

不同类型土壤和植物对柴油微生物降解的影响

陆泗进, 何立环, 孙 聪, 彭福利

(中国环境监测总站, 北京 100012)

摘要: 本研究拟从加油站油污染土壤中筛选出对柴油具有较强降解能力的菌株, 研究不同类型土壤和植物对菌株降解柴油的影响。实验主要结论如下: ①通过富集培养的方法分离得到1株对柴油具有较强降解能力的菌株 Q18, 经鉴定分析, 初步确定其为红球菌 (*Rhodococcus sp.*); ②菌株 Q18 对柴油的降解率在砂壤土中最高, 达到 46.28%, 其次为砂土, 在粘土中降解率最低。③苜蓿和芥菜都能显著强化菌株 Q18 对柴油的降解, 但其能力在不同类型土壤中不尽相同, 在砂土中, 苜蓿强化菌株 Q18 降解柴油的能力强于芥菜; 而在砂壤土和粘土中, 芥菜强化菌株 Q18 降解柴油的能力强于苜蓿。

关键词: 降解; 柴油; 菌株; 植物; 土壤

中图分类号: X17 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0001-05

加油站地下储藏罐 (underground storage tanks, USTs) 泄漏引起土壤及地下水遭受柴油等油类污染物的污染是一个严重而普遍的环境问题。美国环保局对 2001 年 9 月以前的有关地下油罐污染状况的数据进行了统计, 全美国已被确认的有渗 (泄) 漏问题的地下油罐接近 42 万个^[1]。到 2003 年仍有 14 万由于渗 (泄) 漏造成污染的地点在等待清理整治^[2]。中国的加油站渗 (泄) 漏状况比美国要严重得多, 虽然尚无这方面的系统调查工作, 但已是一个不争的事实^[3]。这些泄露的柴油等污染物, 可轻易进入包气带土壤, 进而渗入到地下水系统, 污染地下水^[4,5]。其具有致癌、致变、致畸等作用, 并易于在生物体内富集, 严重危及人类健康和影响生态平衡。

大量研究表明, 在土壤油类污染净化的综合因素中, 微生物降解起着重要作用, 很多具有降解特性的菌株也陆续被分离出来。如何提高降解菌株在土壤中的数量和活性, 最大程度促进降解, 成为人们亟待解决的问题。但微生物降解污染物往往受到很多环境因素的影响, 如在不同类型土壤中, 菌株降解污染物能力可能都不尽相同, 而且植物根系的生长以及分泌物都有可能对微生物的生长和降解造成一定的影响^[6,7]。为此, 本研究拟从加油站污染土壤中筛选出对柴油具较强降解能力的菌株, 比较研究在存在植物 (苜蓿和芥菜) 情况下, 菌株在

不同类型土壤中对柴油污染物降解情况。通过以上研究以期将来进行加油站汽泄漏油污染现场修复提供理论参考和新的思路。

1 材料与方法

1.1 菌株的分离与鉴定

污染土壤样品取至已建站 4a 的北京市某加油站的储油罐附近 (2m 深)。

采用富集培养的方法分离出一株对柴油具有较强降解能力的菌株 Q18。结合形态特征以及生理生化特征分析, 初步确定菌株 Q18 为红球菌 (*Rhodococcus sp.*)。

1.2 供试植物

本实验供试植物采用苜蓿和芥菜。将买至种子站的苜蓿和芥菜的种子放在 4℃ 冰箱中, 低温催化, 放置 7d 后, 种子采用 10% H₂O₂ 浸泡 10min, 去离子水冲洗, 然后用水浸泡催芽。苗床育苗, 14d 后, 从苗床上挖取长势一致的幼苗, 用蒸馏水洗净根系泥土, 供栽培用。

实验采用 250W 照明金属卤化物灯为植物提供生长所需的光能, 光强为 4900 μW/cm², 光照长度为 12h/d。

1.3 柴油降解实验

采用温室土培的方式进行土壤柴油降解实验。按照实验设计 (表 1), 将需要污染的土盆按 5g/kg 的油土比加入 500mg 柴油, 充分混匀; 然后向需要加入降解菌的土盆中加入 25ml 菌悬液; 最后按照实验设计, 从苗床上挖取长势一致的植物幼苗, 用蒸馏水洗净根系泥土, 移栽到土盆里。同时

收稿日期: 2012-12-04

作者简介: 陆泗进 (1979-), 男, 博士, 主要研究方向为水土环境污染控制与修复。

设空白对照试验。各实验均做3次重复。培养1d、2d、3d、4d和5d后，从土盆中三处不同部位分别取一定量土壤，充分混匀后，取5g土样分别测定土壤中柴油含量。采用Schwab等的方法提取土壤中柴油^[8]，含量测定采用紫外分光光度计法（Varian Cary-50 Probe）。

表1 降解实验设计

编号	是否污染	有无植物	有无菌株
1	否	无	无
2	是	无	无
3	是	无	有
4	是	有	有

考虑到柴油的挥发性，以及某些非生物降解损失，设计了2组空白实验（表1）。第一组实验，作为整个实验的空白对照，土壤中除没有加入柴油、植物

和菌株外，其余条件保持一致。第二组实验，土壤加入柴油污染，而无植物和菌株，即除不加菌株和植物外，其余条件保持一致，通过测定实验前后柴油含量的变化得到因挥发和非生物降解等原因减少的柴油量，然后在各实验结果中进行相应扣除即可消除柴油挥发、淋失及其它非生物降解等的影响。

为了得到菌株单独降解土壤中柴油污染物的能力，设计了第三组实验，即污染土壤，并加入菌株，但没有植物；为了考察菌株和植物复合系统降解柴油的能力，设计了第四组实验，即污染土壤，并加入菌株和植物。具体的降解实验设计见表1。

土培试验采用的土壤取自无油类污染场地，土样室温下风干后，过2mm的筛，然后将土样分2次在120℃下加热30min进行灭菌。土壤的基本性质见表2。

表2 土培降解实验土壤的基本性质

土样	土壤类型 (USDA)	颗粒组成	总有机碳 wt/%	总有机氮 wt/%	pH (0.01M CaCl ₂)
1	砂壤土	砂粒 69.5%，粘粒 18.1%，粉粒 12.4%	1.14	0.37	6.70
2	砂土	砂粒 89.3%，粘粒 10.7%	0.78	0.05	6.89
3	粘土	砂粒 17.5%，粘粒 55.7%，粉粒 26.8%	0.32	0.16	6.35

2 结果与讨论

2.1 砂壤土中的柴油降解

实验中的温度、pH和土壤含水量分别控制为30℃、6.0和30%。在此条件下，菌株和植物均生

长良好。

菌株Q18以及菌株与植物苜蓿、芥菜的复合体系在砂壤土中，培养一定时间后，剩余柴油的浓度列于表3。

表3 降解后剩余柴油的浓度（平均值±方差）

	柴油的浓度 (g/kg)				
	1d	2d	3d	4d	5d
Q18	456.576 ± 2.645	405.327 ± 2.682	343.773 ± 2.812	296.297 ± 8.706	268.600 ± 1.595
Q18-苜蓿	448.917 ± 6.874	385.020 ± 6.276	305.593 ± 2.898	238.460 ± 4.354	182.267 ± 6.657
Q18-芥菜	443.110 ± 5.229	372.910 ± 5.337	288.937 ± 6.099	215.973 ± 9.474	154.123 ± 8.875

由表3可以看出，随着时间的增加，土壤中残留的柴油浓度逐渐减少，即降解的柴油量逐渐增加。很容易计算出，菌株Q18、菌株Q18-苜蓿以及菌株Q18-芥菜复合体系5d内柴油总的降解率依次为46.28%、63.55%和69.18%。可见，菌株Q18对土壤中柴油污染物具有较强的降解能力，而且菌株Q18复合植物苜蓿和芥菜后，柴油降解率大大提高。其降解能力顺序为：菌株Q18-芥菜 > 菌株Q18-苜蓿 > 菌株Q18。

在不同的时间段内，柴油的降解率也很容易

计算出，其结果见图1。由图1可以看出，在砂壤土中，随着时间的增加，菌株Q18对柴油的降解率先依次增大后逐渐减少，在3d时降解率达到最大(9.50%)。这说明，菌株投入土壤后，可能需要一定的时间来适应土壤环境条件，随着对土壤环境的适应，菌株开始逐渐增殖、扩散，数量及活性增加，导致降解率提高，但随着菌株的成熟和衰老，菌株数量及活性又会下降，这样降解率也会逐渐降低。因此，曲线整体呈现钟形。菌株与植物的复合体系对柴油的降解率随时间的变化关系也与此基本

类似。不过曲线上升更快,下降也更为平缓。这表明,植物苜蓿和芥菜的存在可能对菌株 Q18 的数量和活性有较大的影响。

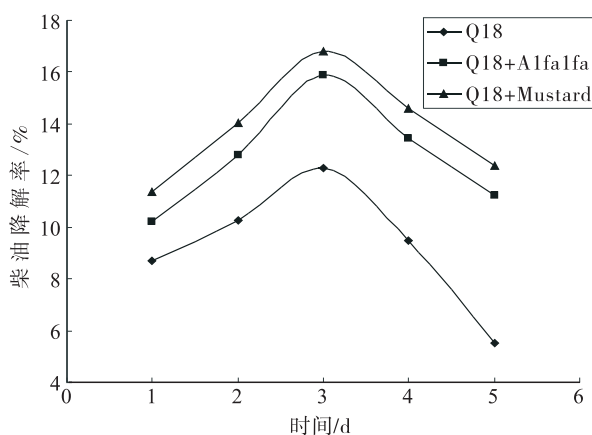


图1 砂壤土中柴油降解率随时间的变化

另外,由图1也可以看出,在每个时间段菌株 Q18 和芥菜的复合体系对柴油的降解率都最大,其次为菌株 Q18 和苜蓿的复合体系,菌株 Q18 最小。这说明,不论芥菜还是苜蓿与菌株 Q18 复合,都能有效提高柴油的降解,且菌株 Q18 和芥菜的复合体系降解柴油能力更强。

在预备实验中,研究了植物芥菜和苜蓿单独对土壤中柴油的降解能力。实验结果表明,在本实验

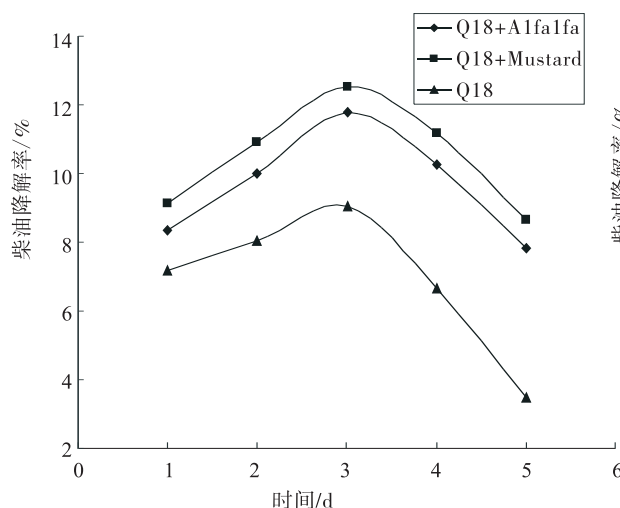


图2 粘土中柴油降解率随时间的变化

由图2、图3可以看出,在砂土和粘土中,柴油的降解率也是随时间增加先依次增大而后逐渐减少,在3d时降解率最大,降解能力大小顺序也是菌株 Q18 和植物的复合体系大于菌株 Q18,这也与图1变化趋势基本类似。不过,曲线增长和下降幅

条件下,种植植物芥菜和苜蓿前后(5d),土壤中柴油的浓度基本没有变化,即植物芥菜和苜蓿对柴油可能基本没有降解能力。这说明,柴油主要还是被菌株 Q18 所降解,苜蓿和芥菜可能主要起到强化菌株 Q18 降解柴油的作用。菌株与植物复合体系之所以能提高降解率,主要原因可能是植物和菌株间的相互作用。可能由于植物的存在,提高了菌株 Q18 的数量和活性,强化了降解。由于植物芥菜和苜蓿都具有较为发达的根系,且能深入土壤,表面积也较大,在其生长过程中,根系疏松了土壤,使土壤更为通气,还可能分散了柴油。此外,根系的分泌物不仅能为菌株提供营养物质从而活化菌株,还可能与柴油螯合而活化柴油,促进了降解的发生。因此,植物的存在及根系的生长可能改变了土壤环境,使其更适宜菌株的生长和降解,在这些因素的综合作用下导致菌株 Q18 数量和活性的提高,促进了柴油污染物的降解。

2.2 砂土和粘土中柴油的降解

为了考察不同类型土壤对菌株降解柴油的影响,实验研究了在砂土和粘土中,菌株 Q18 及菌株植物复合体系对柴油的降解情况。实验条件均与上述实验一致。

菌株对柴油的降解率随时间的关系如图2和图3。

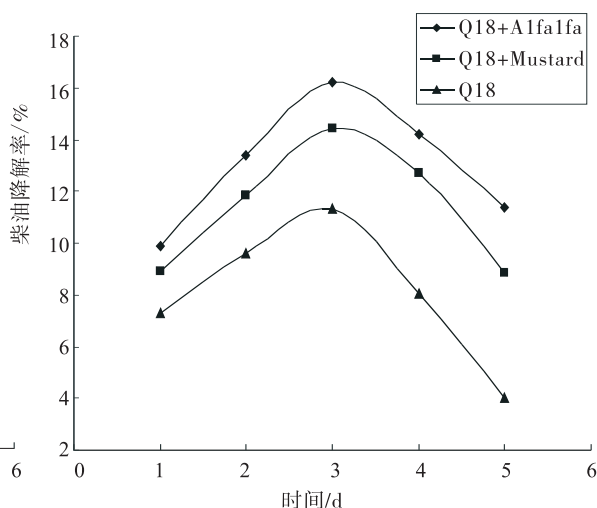


图3 砂土中柴油降解率随时间的变化

度不尽相同,而且在砂土中,菌株 Q18 与苜蓿复合体系降解柴油能力最强;在粘土中,则是菌株 Q18 与芥菜复合体系降解柴油能力最强。这说明,不同的土壤类型对于菌株 Q18 及菌株植物复合体系降解柴油具有明显的影响,但不管在哪种类型土壤中,

植物活化作用都是显著存在的。只是,植物强化菌株降解柴油的能力可能在不同类型土壤中并不相同。

表4列出了菌株 Q18、菌株 Q18 与苜蓿已及菌株 Q18 与芥菜复合体系在 3 种不同类型土壤中 5d 内总的降解率。

表4 不同类型土壤中 5d 内柴油总降解率 (%)

	砂土	砂壤土	粘土
Q18	40.28	46.28	34.39
Q18 - 苜蓿	65.05	63.55	48.17
Q18 - 芥菜	56.68	69.17	53.04

由表4可以清楚看出,5d内,菌株 Q18 对柴油的降解率在砂壤土中最高,达到 46.28%,其次为砂土,在粘土中降解率最低,大小顺序为砂壤土 > 砂土 > 粘土。菌株 Q18 与芥菜复合体系对柴油降解也表现出同样的规律,对柴油的降解率也是在砂壤土中最高(69.17%),然后依次为砂土,粘土。但是菌株 Q18 与苜蓿复合体系则不同,其对柴油的降解率是在砂土中最高,达到 65.05%,其次为砂壤土,粘土中最低。可见,不同的土壤类型,对柴油的降解是有显著影响的,而且在不同类型的土壤中,植物苜蓿和芥菜强化菌株 Q18 降解柴油的能力也是不同的。在砂土中,苜蓿强化菌株 Q18 降解柴油的能力强于芥菜;在砂壤土和黏土中,芥菜强化菌株 Q18 降解柴油的能力强于苜蓿。由于苜蓿和芥菜生长的差异,根际环境也不同,因此可能是植物不同的生长特性导致了苜蓿和芥菜活化菌株 Q18 的差异,造成了降解柴油的能力的差异。

另外,在粘土中,菌株以及菌株植物的复合体系对柴油降解率普遍都低于在砂土和砂壤土中的降解率。原因可能是由于砂土及砂壤土具有良好的孔隙度,通透性好,表面积也较大,适宜菌株和植物生长,而孔隙小、易板结的粘土环境可能并不适宜于菌株及植物的生长的缘故。

总体而言,在不同类型土壤中,植物苜蓿和芥菜都表现出很强的强化菌株降解柴油的能力。在本实验条件下,菌株 Q18 与芥菜复合体系在砂壤土中降解柴油能力最强,菌株 Q18 与苜蓿复合体系在砂土中降解柴油能力次之。

总之,不同类型的土壤对柴油微生物降解的影响显著,这对于今后开展油污土壤现场修复具有重要意义。同时,复合植物条件下的微生物降解也为污染土壤修复提供了新的思路。

3 结论

(1) 菌株 Q18 对土壤中柴油具有较强的降解能力,而且植物苜蓿和芥菜都能显著强化菌株 Q18 对柴油的降解。

(2) 不同的土壤类型,能影响菌株 Q18 对柴油的降解,菌株 Q18 对柴油的降解率在砂壤土中最高,达到 46.28%,其次为砂土,在粘土中降解率最低。

(3) 植物苜蓿和芥菜强化菌株 Q18 降解柴油的能力也受不同土壤类型的影响,在砂土中,苜蓿强化菌株 Q18 降解柴油的能力强于芥菜;而在砂壤土和粘土中,芥菜强化菌株 Q18 降解柴油的能力强于苜蓿。总体而言,菌株 Q18 与芥菜复合体系在砂壤土中降解柴油能力最强,菌株 Q18 与苜蓿复合体系在砂土中降解柴油能力次之。

参考文献:

- [1] US Environmental Protection Agency. Cleaning Up Underground Storage Tank System Releases [EB/OL]. <http://www.epa.gov/swrustl/cat/>, 2005.
- [2] Cliff Rothenstein. FY 2003 Semi - Annual End - of - Year Activity Report. Office of Underground Storage Tanks [J]. US Environmental Protection Agency, 2003.
- [3] 薛健. 加油站污染与防治 [J]. 黑龙江环境通报, 2003, 27 (4): 27 - 28.
- [4] Pelletiera E, Delille B, Delille B. Crude oil bioremediation in sub - Antarctic intertidal sediments: chemistry and toxicity of oiled residues [J]. Marine Environmental Research, 2004, (57): 311 - 327.
- [5] Wong J W C, Fang M, Zhao Z. et al. Effect of surfactants on solubilization and degradation of phenanthrene under thermophilic conditions [J]. Journal of Environmental Quality, 2004, (33): 2015 - 2025.
- [6] Sorkhoh N A, Ibrahim A S, Ghannoum M A, et al. High temperature hydrocarbon degradation by *Bacillus stearothermophilus* from oil - polluted Kuwait desert [J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 1993, (39): 123 - 126.
- [7] Ijah U J J, Antai S P. Removal of Nigerian light crude oil in soil over a 12 - month period [J]. International Biodeterioration & Biodegradation, 2003, (51): 93 - 99.
- [8] Schwab A P, Su J, Eetzel S, Pekarek et al. Extraction of petroleum hydrocarbons from soils by mechanical shaking. Environmental [J]. Science and Technology, 1999, (33): 1940 - 1945.
- [9] 周启星, 宋玉芳. 污染土壤修复原理与方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [10] Samanta S K, Singh O V, Jain R K. Polycyclic aromatic hydrocarbons: environmental pollution and bioremediation [J]. Trends in Biotechnology, 2002, (20): 243 - 248.
- [11] Alvarez P J, Vogel T M. Substrate Interactions of benzene, toluene, and para - xylene during microbial degradation by pure cultures and mixed culture aquifer slurries [J]. Appl Environ Micro-

biol, 1991, 57 (10): 2981-2985.

bic bacterial strains that degrade efficiently ethyl t-butyl ether (ETBE) [J]. Biotechnol Letts, 1998, (20): 283-286.

[12] Fayolle F, Hernandez G, Le Roux F, et al. Isolation of two aéro-

Effect of Different Types of Plants and Soils on the Biodegradation of Diesel Oil

LU Si-jin, HE Li-huan, SUN Cong, PENG Fu-li

(China National Environmental Monitoring Centre, Beijing100012 China)

Abstract: In this study, the more effective bacteria in biodegrading the diesel oil was screened out from the contaminated soil at the oil station, and the association of the plants and bacteria in biodegradation was studied. The main results are summarized as follows. The bacteria (strain Q18) that efficiently degrade the diesel oil were isolated and identified as *Pseudomonas* sp. This bacteria strain Q18 has the greatest degradation efficiency of 46.28% for the diesel oil in the sandy loam, but has the less efficiency in the sandy soil and the least in the clay. Both alfalfa and mustard could facilitate the bacteria in its degradation of the diesel oil, and the ability of the plants varies with the types of soil. The alfalfa performs better than the mustard in the sandy soil, while the mustard has greater ability in the sandy loam and clay.

Key words: biodegradation; diesel oil; bacteria; plant; soil

《环境科学导刊》 征稿简则

《环境科学导刊》，投稿及联系邮箱：ynhjkd@yies.org.cn；电话（传真）：0871-64142389；国内统一刊号：CN53-1205/X；国际标准刊号：ISSN1673-9655。

《环境科学导刊》是云南省环境保护厅主管，云南省环境科学研究院主办的学术类环境科技双月刊。刊物力求反映环境科学的研究成果、应用技术、新理论、新方法，活跃学术气氛，促进学术交流。《环境科学导刊》设置有科研专题研究、环境管理、水环境保护、生态环境保护、污染防治、污染治理技术、农业环境保护、环境与人体健康、环境监测、环境影响评价等栏目。欢迎广大作者惠赐文稿。为使杂志严谨、规范，特对来稿作如下要求：

1. 文章论点明确，数据准确、可靠，文约字简，以8000字以内为宜；
2. 来稿应附有200字以内的中英文摘要、关键词和英文题目；
3. 稿件需留足够行距以备修改用，并附详细地址、邮编及联系电话或e-mail地址；
4. 文内标题序号、层次按国家标准用阿拉伯数字连续编号；
5. 严格按《中华人民共和国法定计量单位》标称，表达量值时一律使用国际符号；
6. 附图及图内文字、字母、数字等均清晰、规范；
7. 参考文献标注齐全。

来稿文责自负，本刊编辑可作必要删改，一经选用即酌付稿酬，并赠当期刊物两本。因人力有限，来稿未录用恕不退还，1个月内未收到录用通知，作者可另行处理。

《环境科学导刊》的数字版本已全文入编《中国期刊网》、《中国知网》、《万方数据——数字化期刊群》、《中国核心期刊（遴选）数据库》、《中国学术期刊综合评价数据库》、《中文科技期刊数据库（全文版）》、《教育阅读网》等。所有被本刊录用并发表的稿件文章，将一律由本刊编辑部统一制作成数字版本在以上各数据库发布，并参与光盘版汇编，同时在我刊网站 [Http://hjkd.k.yies.org.cn](http://hjkd.k.yies.org.cn) 发布。若作者不同意稿件参与数字版发行，请另投他刊。本刊所付稿酬包含刊物数字版发行的稿酬，不再另付。

《环境科学导刊》编辑部

矿化度对清水型水生生态系统结构的影响

龙伦明, 柴夏, 蒋伟

(南京中科水治理股份有限公司, 江苏 南京 210008)

摘要: 对比分析大源公园湖和麓湖水生态系统, 得出矿化度对湖泊水质的好坏、沉水植物和浮游生物种类演替的影响。结果表明: 矿化度对沉水植物和浮游动植物影响较显著。大源公园湖的沉水植物以马来眼子菜和篦齿眼子菜为优势种群, 浮游藻类以硅藻和蓝藻为优势种群, 浮游动物种类稀少; 麓湖的沉水植物以黑藻和苦草为优势种群, 浮游植物以蓝藻和绿藻为优势种群, 浮游动物以轮虫为主。

关键词: 矿化度; 水生生态系统; 沉水植物; 浮游生物; 影响

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0006-05

矿化度是水中所含各种离子、分子及化合物的总量, 表示水的矿化程度, 是水体化学成分的重要标志^[1]。近年来, 矿化度已成为湖泊研究的重点^[2], 特别是沙漠湖泊。Bowers^[3]等研究了叶绿素 a 与矿化度之间的线性关系, Rozema^[4]等认为矿化度在紫外光段的相关性可能是由于咸水促进了硅藻等藻类的生长, 巫文文^[5]等对高矿化度沙漠湖泊水体的光学特性做了深入研究。某些沙漠湖由于水浅、蒸发量大等原因导致部分湖水矿化度偏高^[6], 一些通江湖泊、水库、人工湖因为水源条件的差异也会使湖水呈现不同的矿化度。然而, 对这些水体的矿化度的研究甚少。本文以矿化度差异较显著的大源公园湖和麓湖为例, 通过水体营养盐、沉水植物、浮游动植物对两湖进行分析比较, 得出不同矿化度情况下水生生态系统的特征。

1 研究方法

1.1 研究概况

大源公园湖 (30°42'N, 104°2'E) 与麓湖 (30°25'N, 104°3'E) 都为地产人工湖, 位于四川省成都市境内, 属于亚热带湿润季风气候, 年均温为 16.7℃, 年均降水量为 945.6mm^[7]。大源公园湖水面面积约 2.75 万 m², 水深 1~3m, 主要补水源为地下水, 矿化度在 1500mg/L 左右。麓湖水面面积约 35.04 万 m², 水深 1~4m, 主要补水源为府南河, 矿化度在 170mg/L 左右。两湖水生态系统相对稳定, 已成为典型的草型湖泊^[8]。矿物质

对水生生态系统的演替起了至关重要的作用, 在两湖矿化度差异明显的情况下, 都表现出各自水生生态系统的特征。

1.2 材料与方法

于 2012 年 4~5 月, 对大源公园湖和麓湖进行水样采集和浮游动植物采集, 根据湖泊形态特征, 大源公园湖和麓湖各自选取了 4 个采样点 (图 1、图 2)。水样分析指标主要包括: TN、TP、Chla 和 TDS, 其实验方法参照地表水环境标准^[9], 并运用综合营养状态指数法 (TLI) 评价湖泊的富营养化程度^[10]。浮游动植物的定性分析: 1L 水样用 15ml 鲁哥氏液固定, 室内静置 48h 后浓缩至 30ml, 用 0.1ml 浮游动植物计数框在 10×40 倍下镜检计数, 并鉴定种类^[11]。对全湖的沉水植物种类和生物量进行统计, 植物群落分类标准采用姜汉侨等的《植物生物学》^[12]。

2 结果分析

2.1 水质的理化指标分析

两湖的水质理化指标如图 3 所示, 大源公园湖 TP 含量比麓湖低, 平均含量为 0.015mg/L, 在监测期间略有降低; 麓湖 TP 平均含量为 0.034mg/L, 为大源公园湖 TP 含量的 2 倍左右, 总体含量维持在同一水平。大源公园湖 TN 含量为 0.203~0.494mg/L, 随着时间的推移不断减小, 一段时间后趋于稳定; 麓湖 TN 含量与变化趋势与大源公园湖基本一致。大源公园湖 Chla 含量为 1.81~3.34mg/m³, 并稍有升高; 而麓湖 Chla 含量相对较小, 为 1.37~2.19mg/m³, 平均含量为 1.8mg/m³ 左右, 但相对稳定。两湖水质的最大差异表现于 TDS 含量, 前者为 1240~1500mg/L, 平均含量

收稿日期: 2012-12-01

作者简介: 龙伦明 (1986-), 男, 重庆万州人, 硕士, 工程师, 主要从事湖泊生态研究。

为 1370mg/L, 而后者平均含量只有 180mg/L 左右, 两者平均含量相差近 10 倍。大源公园湖与麓

湖的平均 TLI 维持在 30 左右, 两者都处于中营养状态。

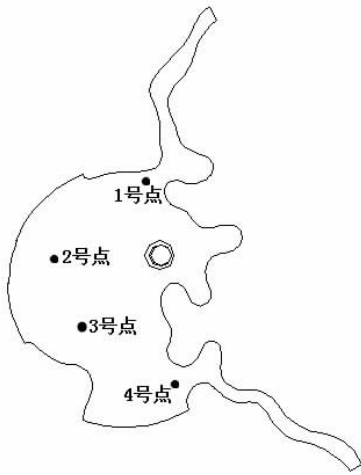


图1 大源公园湖采样点分布

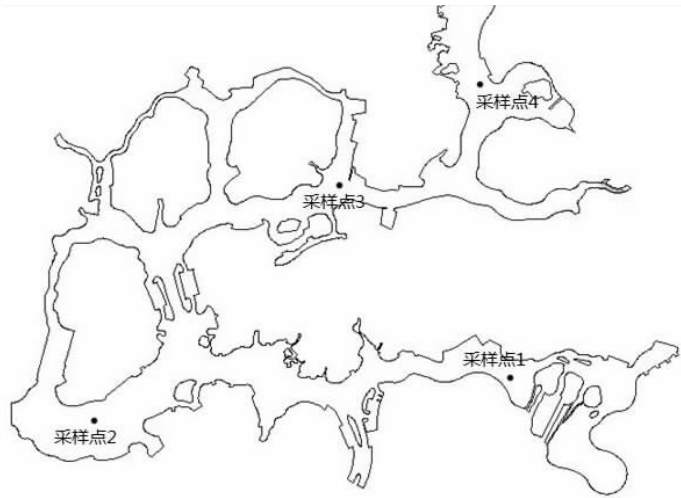


图2 麓湖采样点分布

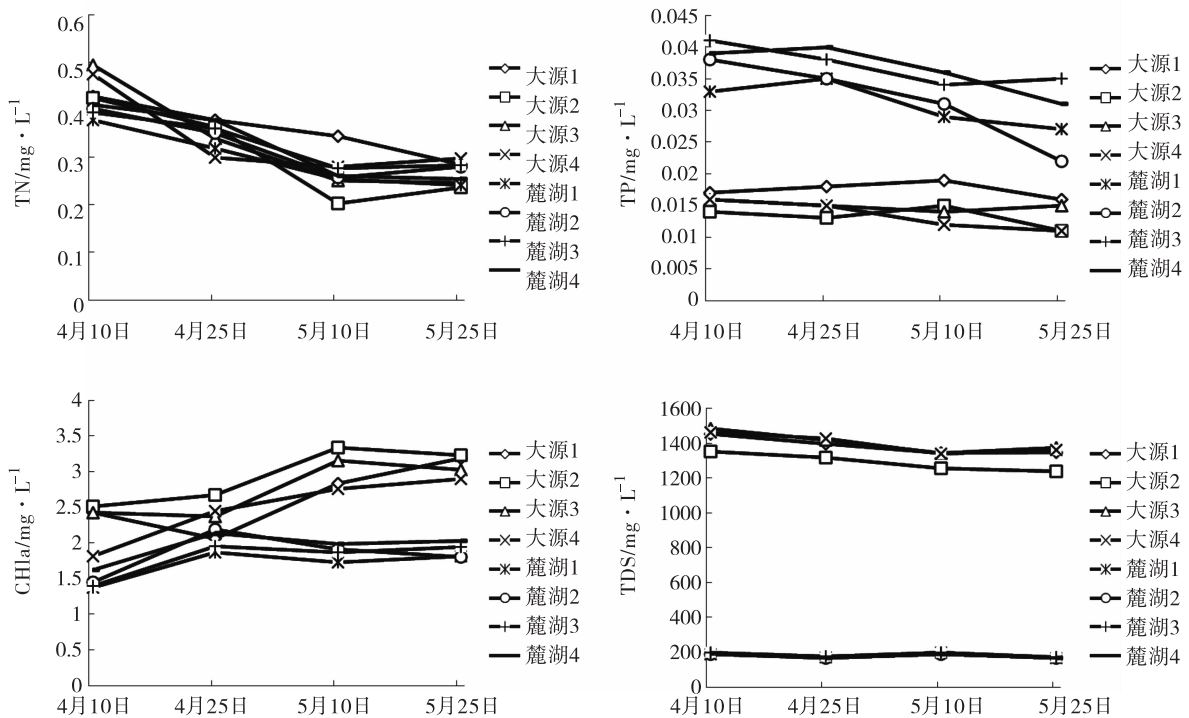


图3 2012年大源公园湖与麓湖水质变化

2.2 沉水植物的生物量分析

出于生物多样性的考虑, 大源公园湖和麓湖种植了 8 种沉水植物, 主要种类有: 苦草 (*Vallisneria spiralis*)、黑藻 (*Hydrilla verticillata*)、马来眼子菜 (*Potamogeton malaianus*)、伊乐藻 (*Elodea*)、篦齿眼子菜 (*Potamogeton pectinatus*)、狐尾藻 (*Myriophyllum*) 等。因水体环境的差异性, 沉水植物种植后呈现出不同的优势种群 (表 1)。大源

公园湖沉水植物覆盖率达到 78.3%, 水深 1 ~ 3m 区域以马来眼子菜群丛和篦齿眼子菜群丛为主, 所占生物量分别为 38.1% 和 22.5%, 有少量的狐尾藻和苦草伴生; 水深 1m 以下区域以苦草群丛和黑藻群丛为主要优势种群, 但此区域面积较小, 只有总生物量的 7.6% 和 11.2%, 生长受到明显抑制。麓湖中沉水植物覆盖率达到 51.4%, 主要分布在 3m 以下区域。1 ~ 3m 区域广泛分布着苦草

群丛, 占总生物量的 35.4%, 1~2m 区域黑藻群丛较多, 占总生物量的 27.5%, 苦草群丛和黑藻群丛之间零星分布着狐尾藻、伊乐藻、马来眼子菜、金鱼藻等, 其中狐尾藻占总生物量的 14.3%, 其它种类所占比例较小。由于季节原因未发现菹草。

表1 大源公园湖与麓湖各沉水植物生物量所占百分比

种类 Type	大源公园湖/%	麓湖/%
苦草 <i>Vallisneria spiralis</i>	7.6	35.4
黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>	11.2	27.5
马来眼子菜 <i>Potamogeton malaianus</i>	38.1	4.7
蓖齿眼子菜 <i>Potamogeton pectinatus</i>	22.5	3.4
狐尾藻 <i>Myriophyllum</i>	3.4	14.3
菹草 <i>Potamogeton crispus</i>	-	-
金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum L.</i>	2.1	1.9
伊乐藻 <i>Elodea</i>	-	7.2
其它种类 <i>Other types</i>	15.1	5.6

2.3 浮游生物种类组成

对大源公园湖和麓湖各自的 4 个采样点的浮游生物进行种类鉴定, 共检出 9 大类群 40 种小型浮游生物 (表 2、表 3)。

2.3.1 浮游动物种类组成

大源公园湖浮游动物种类较少, 只鉴定出 5 种。桡足类 2 种, 为无节幼体 (*Nauplius*) 和桡足类幼体 (*Copepod larva*); 枝角类 1 种, 为长肢秀体溞 (*Diaphanosoma leuchtenbergianum*); 轮虫 1 种, 为曲腿龟甲轮虫 (*Keratella valga*)。

麓湖浮游动物种类丰富, 鉴定出 16 种。桡足类 4 种, 包括无节幼体、温中剑水蚤 (*Mesocyclops thermocycloides*)、桡足类幼体和桡足类残体 (*Copepod residual body*); 枝角类 4 种, 包括长额象鼻溞 (*Bosmina longirostris*)、长肢秀体溞、蚤体溞 (*Daphnia pulex*)、枝角类残体; 轮虫种类最多, 有 8 种, 为其优势种群, 包括卜氏晶囊轮虫 (*Asplanchna brightwelli*)、前节晶囊轮虫 (*Asplanchna priodonta Gosse*)、钩状狭甲轮虫 (*Colurella uncinata*) 等种类。

2.3.2 浮游植物种类组成

大源公园湖藻类丰富, 共鉴定出 14 种。蓝藻 (*Cyanophyta*) 5 种, 包括假鱼腥藻 (*Pseudanabaena limnetica*)、拟柱孢藻 (*Cylindrospermopsis sp.*)、色球藻 (*Chroococcus sp.*)、颤藻 (*Oscillatoria sp.*)、点形平裂藻 (*Merismopedia punctata*); 绿藻 (*Chlo-*

rophyta) 只鉴定出 1 种, 为空球藻 (*Eudorina elegans*); 硅藻 (*Bacillariophyta*) 有 6 种, 包括小环藻 (*Cyclotella sp.*)、肘状针杆藻 (*Synedra ulna*)、曲壳藻 (*Achnanthes sp.*) 等; 裸藻 (*Euglenophyta*) 2 种, 为裸藻 (*Euglena sp.*) 和梭形裸藻 (*Euglena caux sp.*)。藻类优势种群为蓝藻和硅藻。

麓湖藻类种类也较为丰富, 共鉴定出 14 种。蓝藻种类最多, 共 6 种, 包括色球藻、螺旋藻 (*Spirulina Turp.*)、点形平裂藻、铜绿微囊藻 (*Microcystis aeruginosa*)、水华微囊藻 (*Microcystis flosaquae*); 绿藻 4 种, 包括单角盘星藻具孔变种 (*Pediastrum simplex var duodenarium*)、小球藻、空球藻 (*Eudorina elegans*)、实球藻 (*Pandorina morum sp.*); 硅藻 2 种, 为小环藻 (*Cyclotella sp.*) 和针杆藻 (*Synedra sp.*); 甲藻 (*Pyrrophyta*) 1 种, 为飞燕角藻 (*Ceratium hirundinell*); 隐藻 (*Cryptophyta*) 1 种, 为蚀蓝隐藻 (*Cryptomonas acuta*)。藻类优势种群为蓝藻和绿藻。

表2 大源公园湖与麓湖浮游动物种类

类群	种类	大源 公园湖	麓 湖
桡足类 Copepods	1 无节幼体 <i>Nauplius</i>	+	+
	2 温中剑水蚤 <i>Mesocyclops thermocycloides</i>		+
	3 桡足类幼体 <i>Copepod larva</i>	+	+
	4 桡足类残体 <i>Copepod residual body</i>		+
枝角类 Cladocera	1 长额象鼻溞 <i>Bosmina longirostris</i>		+
	2 长肢秀体溞 <i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i>		+
	3 蚤体溞 <i>Daphnia pulex</i>		+
	4 枝角类残体 <i>Cladocera residual body</i>	+	+
轮虫 Rotifera	1 卜氏晶囊轮虫 <i>Asplanchna brightwelli</i>		+
	2 前节晶囊轮虫 <i>Asplanchna priodonta Gosse</i>		+
	3 钩状狭甲轮虫 <i>Colurella uncinata</i>		+
轮虫 Rotifera	4 曲腿龟甲轮虫 <i>Keratella valga</i>	+	+
	5 长三支轮虫 <i>Filinia longiseta Ehrenberg</i>		+
	6 广布多肢轮虫 <i>Polyarthra vulgaris</i>		+
	7 罗氏异尾轮虫 <i>Trichocerca rousseleti</i>		+
	8 热带龟甲轮虫 <i>Keratella tropica</i>	+	+

3 讨论

大源公园湖进水口的矿化度在 1000mg/L 以上, 大量矿物盐的输入使得水体矿化度维持在较高水平。有研究表明, 湖泊固定大气中的 N 量可达湖泊需 N 量的 50%^[13], 因此 N 源主要来源于藻类和水生植物固定, 与矿化度关系不大。大源公园湖 TP 含量只有麓湖的 50%, 这与大源公园湖水体矿物盐含量丰富, 能吸附一部分 P, 使其沉淀于底质中有关。

表3 大源公园湖与麓湖浮游植物种类

类群	种类	大源公园湖	麓湖
蓝藻门 Cyanophyta	1 假鱼腥藻 <i>Pseudanabaena limnetica</i>	+	
	2 拟柱孢藻 <i>Cylindrospermopsis</i> sp.	+	
	3 色球藻 <i>Chroococcus</i> sp.	+	+
	4 螺旋藻 <i>Spirulina Turp.</i>		+
	5 颤藻 <i>Oscillatoria</i> sp.	+	+
	6 点形平裂藻 <i>Merismopedia punctata</i>	+	+
	7 铜绿微囊藻 <i>Microcystis aeruginosa</i>		+
	8 水华微囊藻 <i>Microcystis flos-aquae</i>		+
绿藻门 Chlorophyta	1 小球藻 <i>Chlorella vulgaris</i>		+
	2 空球藻 <i>Eudorina elegans</i>	+	+
	3 实球藻 <i>Pandorina morum</i> sp.		+
	4 单角盘星藻具孔变种 <i>Pediastrum simplex</i> var <i>duodenarium</i>		+
硅藻门 Bacillariophyta	1 小环藻 <i>Cyclotella</i> sp.	+	+
	2 肘状针杆藻 <i>Synedra ulna</i>	+	
	3 针杆藻 <i>Synedra</i> sp.		+
	4 曲壳藻 <i>Achnanthes</i> sp.	+	
	5 模糊直链藻 <i>Melosira ambigua</i> (Grunow) O. mull	+	
	6 舟形藻 <i>Navicula</i> sp.	+	
	7 菱形藻 <i>Nitzschia</i> sp.	+	
甲藻门 Pyrophyta	1 飞燕角藻 <i>Ceratium hirundinell</i>		+
裸藻门 Euglenophyta	1 裸藻 <i>Euglena</i> sp.	+	
	2 梭形裸藻 <i>Euglena caua</i> sp.	+	
隐藻门 Cryptophyta	1 蚀蓝隐藻 <i>Cryptomonas acuta</i>		+

不同类型、不同生长年龄植被对矿化度的忍耐程度不同^[14]，矿物盐胁迫对植物体的影响包括渗透胁迫、离子毒害、营养亏缺和打破植物的能量平衡等^[15]。矿化度较高还会降低植物光合作用速率，并影响某些特定酶的作用效能^[16~17]。大源公园湖水体矿物盐丰富，耐盐性较强的水生植物才能不受盐胁迫而正常生长。王卫红^[18]等对一些沉水植物进行耐盐性比较，结果表明，马来眼子菜、篦齿眼子菜和穗花狐尾藻的耐盐性较好，黑藻和苦草的耐盐性相对较弱，这与两湖的植物群落结构一致。要维持稳态清水型水生态系统，不但要有较强的耐盐性，对N、P等营养盐也要有较强的去除能力。宋福等^[19]利用狐尾藻、菹草、苦草、伊乐藻、金鱼藻、篦齿眼子菜、轮藻等7种沉水植物对受污染的草海水体N、P去除速率进行了试验研究，结果表明，每种沉水植物对水体TN、TP均有显著去除作用，狐尾藻、苦草和篦齿眼子菜对N、P的去除能力最强。两湖的沉水植物优势种群也是苦草、眼子菜等对N、P去除能力较强的种类。

由于浮游动物是单细胞动物，环境对其种群的数量有较大的影响^[20]。不同水域类型的环境有不同优势种群的浮游动物。大源公园湖的矿化度较

高，对浮游动物的生存影响很大，多数轮虫都不能存活。麓湖矿化度较低，浮游动物种类丰富，轮虫种类较多，说明在清洁的低矿化度水体中更有利于轮虫的生存。浮游藻类生物量主要受水体营养盐含量、水温、光照、浮游动物和滤食性鱼类摄食、沉水植物等因素的影响^[21]。蓝藻普遍适应性较强，其种类仍很丰富。绿藻对矿化度较敏感，因此在大源公园湖中几乎不能生存，而麓湖中种类丰富。曲壳藻、直链藻、舟形藻等硅藻种类喜好盐碱环境，大源公园的高矿化度正好适宜多种硅藻的生长繁殖，而麓湖不适于硅藻的生存。

4 结论

矿化度对水体营养盐含量、沉水植物种类、浮游生物群落结构都有显著影响，主要表现为：矿化度不同的水体，TDS相差甚大，TP含量差异明显。矿化度对沉水植物优势种群的选择起了至关重要的作用，大源公园湖以马来眼子菜和篦齿眼子菜为主要优势种群，而麓湖以苦草和黑藻为主要优势种群。大源公园浮游动物种类稀少，而麓湖种类相对丰富，这与矿化度影响了浮游动物的生命活动有关。矿化度对浮游藻类的种群结构有较显著的影响，大源公园湖藻类优势种群以喜盐的硅藻和适应

性强的蓝藻为主,而麓湖的优势种群以适应性强的蓝藻和耐盐性弱的绿藻为主。

湖泊生态系统是一个复杂的体系,关于矿化度和湖泊生态系统的关系还需进行更深入的研究,为湖泊富营养化的防治提供更加完善的参考依据。

参考文献:

- [1] Wilson WJ, Yueh SH, Dianardo SJ, et al. Passive Active L and S band (PALS) microwave sensor for ocean salinity and soil moisture measurements [J]. IEEE Trans Geosci Remote Sensing, 2001, 39 (5): 1039 - 1048.
- [2] 王跃峰,陈瑞保,白朝军,等. 西藏盐湖 TM 影像遥感分析 [J]. 盐湖研究, 2002, 12 (2): 1 - 7.
- [3] Bowers DG, Michelson, Jacob EG. Inherent optical properties of the Irish Sea determined from underwater irradiance measurements [J]. Estuar Coast and Shelf Sci, 1996, 43: 433 - 447.
- [4] Rozema J, Birn O, Borrmann JF, et al. The role of UV - B radiation in aquatic and terrestrial ecosystems - an experimental and functional analysis of the evolution of UV - absorbing compounds [J]. Photochem Photobiol - B: Biol, 2002, 66: 2 - 12.
- [5] 巫文文,关洪军,段洪涛,等. 高矿化度沙漠湖泊水体的光学特性 [J]. 湖泊科学, 2011, 23 (2): 209 - 216.
- [6] 陈善科,吴平. 腾格里沙漠对周边地区生态环境的影响及其综合治理措施 [J]. 草业科学, 2003, 20 (2): 1 - 3.
- [7] 郝丽萍,方之芳,李子良,等. 成都市近 50a 气候年代际变化特征及其热岛效应 [J]. 气象科学, 2007, 27 (6): 648 - 654.
- [8] 濮培民,李裕红,张晋芳,等. 用生态修复调控浮游植物种群局部控制富营养化 - 以贵州红枫湖水质生态修复工程为例 [J]. 湖泊科学, 2012, 24 (4): 503 - 512.
- [9] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法 (第 4 版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 32 - 70.
- [10] 王明翠,刘雪芹,张建辉. 湖泊富营养化评价方法及分级标准 [J]. 中国环境监测, 2002, 18 (5): 47 - 49.
- [11] 周凤霞,陈剑虹. 淡水微生物图谱 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 35 - 178.
- [12] 姜汉侨,段昌群,杨树华,等. 植物生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 92 - 114, 265.
- [13] 翁酥颖,戚蓓静,史家樑,等. 环境微生物学 [M]. 北京: 科学出版社, 1985: 134 - 146.
- [14] 孙才志,刘玉玉. 地下水生态系统健康评价指标体系的构建 [J]. 生态学报, 2009, 29 (10): 105 - 114.
- [15] 邱金泉,王静,张雨山. 人工湿地处理高盐度污水的适用性及研究进展 [J]. 工业水处理, 2009, 29 (11): 1 - 3.
- [16] Adams P, Thomas JC, Vernon D M, et al. Distinct cellular and organismic responses to salt stress [J]. Plant and Cell Physiology, 1992, 33 (8): 1215 - 1223.
- [17] Munns R. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses [J]. Plant, Cell and Environment, 1993, 16 (1): 1336 - 1341.
- [18] 王卫红,季民. 9 种沉水植物的耐盐性比较 [J]. 农业环境科学学报, 2007, 26 (4): 1259 - 1263.
- [19] 宋福,陈艳卿,乔建荣,等. 常见沉水植物对草海水体 (含底泥) 总氮去除速率的研究 [J]. 环境科学研究, 1997, 10 (4): 47 - 50.
- [20] 赵文. 水生生物学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 7 - 259.
- [21] 王丽卿,施荣,季高华,等. 淀山湖浮游植物群落特征及其演替规律 [J]. 生物多样性, 2011, 19 (1): 48 - 56.

Salinity Influence on the Structure of the Clear Water Ecosystem

LONG Lun-ming, CHAI Xia, JIANG Wei

(Nanjing Zhongke Water Environment Engineering CO., Ltd, Nanjing Jiangsu 210008 China)

Abstract: The ecological system of Dayuan Park Lake and Lu Lake is compared to study the influence of the salinity on the lake water quality and the succession of the submerged plants and plankton. The results show that the salinity greatly influences the submerged plants and plankton. In Dayuan Park Lake, *Potamogeton malaianus* and *Potamogeton pectinatus* are the dominant submerged plants, and *Cyanobacteria* and *Bacillariophyta* are the dominant phytoplankton, but the plankton is rarely seen. In Lu Lake, the submerged plants are dominated by *Hydrilla verticillata* and *Allisneria spiralis*, the dominant phytoplankton is *Cyanobacteria* and *Chlorophyta*, and the zooplankton is mainly *Abundant* and *Rotifer*.

Key words: salinity; ecological system; submerged plant; plankton; influence

生态环境利益相关者的界定与分类

——基于环境外部性视角

王晓亮, 杨裕钦, 曾春媛

(北京理工大学管理与经济学院, 北京 100081)

摘要: 分析了企业利益相关者界定和分类方法在生态环境问题上的局限, 从环境外部性视角出发, 总结了生态环境利益相关者关联的特征, 在此基础上提出将主体在产生、承担和消除环境外部性过程中的影响作为标准来界定和划分利益相关者, 而生态环境治理的目标就是消除或将环境外部性内部化。

关键词: 利益相关者; 生态环境; 环境外部性; 界定; 划分

中图分类号: X196 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0011-05

利益相关者理论一般被认为产生于 20 世纪 30 年代的托德 (Dodd)^[1], 60 年代斯坦福研究所 (SRI) 的相关研究扩大了该理论的影响。20 世纪 80 年代, 它受到经济与管理学家们更加广泛的关注, 影响到了英美等国的公司治理模式的选择, 并促进了企业管理方式的转变。同时, 利益相关者理论与 20 世纪 80 年代后逐步兴起的企业社会责任 (Corporate Social Responsibility) 和企业环境管理 (Enterprise Environment Management) 的观点十分契合, 也大大促进了企业社会责任与环境保护责任研究的进展。

利益相关者理论所蕴含的管理思想及其解决问题的视角引起了生态环境学家的兴趣和重视, 从 20 世纪 90 年中后期起开始大量运用于相关研究。有学者利用 ISI 检索系统检索发现, 截至 2005 年 6 月底, 除了商业管理领域外, 利益相关者理论在环境科学、水资源、生态、地理以及交叉学科的研究论文达到 1572 篇, 占到了利益相关者研究论文的 40.5%, 远超过商业、经济及管理学科相关研究论文所占的比例 29.3%^[2]。

对于分析和解决涉及多种利益主体, 相互关系复杂且具有一定不确定性的问题, 利益相关者是一种较好的工具。但是, 由于生态环境问题具有明显不同于企业管理的环境外部性特征, 不可直接套用

企业利益相关者理论, 而应该构建适合生态环境问题的新的分析框架。

1 企业利益相关者研究

利益相关者理论在企业治理中的应用日益成熟, 其理论的核心部分是对利益相关者的界定和分类。利益相关者概念自从出现后有许多种表述, 米切尔和伍德 (Mitchell & Wood) 曾总结了从 1963 年之后的 27 种代表性概念表述, 其中弗里曼 (Freeman) 与克拉克森 (Clarkson) 的表述最具代表性。弗里曼认为“利益相关者是能够影响一个组织目标的实现, 或者受到一个组织实现其目标过程影响的人”, 该定义以利益相关者与企业之间的关联为出发点, 略显宽泛。卡拉克森认为“利益相关者在企业中投入了一些实物资本、人力资本、财务资本或一些有价值的东西, 并由此而承担了某些形式的风险; 或者说, 他们因企业活动而承受风险”, 此定义强调专用性投资, 将有些集体或个人如媒体排除在外。

国内学者贾生华、陈宏辉对利益相关者界定的研究有一定代表性, 他们认为“利益相关者是指那些在企业中进行了一定的专用性投资, 并承担了一定风险的个体和群体, 其活动能够影响该企业目标的实现, 或者受到该企业实现其目标过程的影响”^[3]。这一概念既强调专用性投资, 又强调利益相关者与企业的关联性。

利益相关者的分类方法同样不一而足, 不同类型的利益相关者对于企业管理决策的影响以及受企业活动影响的程度各不相同, 为了适应现实中企业活动、治理目标和社会环境多样性的需要, 学者们

收稿日期: 2012-01-09

基金项目: 国家自然科学基金项目“基于利益相关者的流域生态共同治理机制研究”(70973010)。

作者简介: 王晓亮, 讲师, 主要研究方向为企业管理和环境经济学。

从不同角度对企业利益相关者进行了分类。20世纪90年代中期之后，“多维细分法”在利益相关者分类中逐渐成为最常用的分析工具^[3]。笔者借鉴和补

充了国内学者杨秀琼^[4]对国内外利益相关者分类研究的总结并作了补充，见表1和表2。其中，国外研究以米切尔为代表，国内以陈宏辉为代表。

表1 国外利益相关者分类的部分研究

分类标准	类别	研究者	时间
所有权、经济依赖性、社会利益	对企业拥有所有权和利益相关者；与企业在经济上有依赖关系的利益相关者；与企业在社会利益上有关系的利益相关者	弗里曼	1984
是否与企业发生市场交易关系	直接利益相关者；间接利益相关者	弗雷德里克	1988
是否存在交易性合同	契约型利益相关者；公众型利益相关者	查克汉姆	1992
在公司经营活动中承担的风险种类	自愿利益相关者；非自愿利益相关者	克拉克逊	1994
与企业联系的紧密性	首要利益相关者；次要利益相关者	克拉克逊	1995
与企业发生联系的社会性与紧密性	首要社会利益相关者；次要社会利益相关者；首要非社会利益相关者；次要非社会利益相关者	威勒	1998
对企业承诺的不同层次对其加以评估，按态度和行为的忠诚度	完全忠诚型利益相关者；易受影响型利益相关者；可保有型利益相关者；高风险型利益相关者	沃克	2002
权力性、合法性、紧急性	确定型利益相关者；预期型利益相关者	米切尔	1997
	潜伏型利益相关者	科鲁克，斯文	2001
	确定型利益相关者；非确定型利益相关者	雷切尔	2004

表2 国内利益相关者分类的部分研究

分类标准	类别	研究者	时间
是否与企业有正式的、官方的契约	一级利益相关者；二级利益相关者	万建华	1998 ^[5]
合作潜在性或威胁潜在性	支持型利益相关者；边缘型利益相关者；不支持型利益相关者；混合型利益相关者	李心合	2001 ^[6]
利益相关者的主动性、重要性和紧急性	核心利益相关者；蛰伏利益相关者；边缘利益相关者	陈宏辉	2003 ^[7]
企业重合周期特征、企业各阶段面临的危机和关键利益相关者的特征	关键利益相关者；非关键利益相关者；边缘利益相关者	吴玲，贺红梅	2005 ^[8]
资源基础理论、资源依赖理论	关键利益相关者；重要利益相关者；一般利益相关者；边缘利益相关者	吴玲	2006 ^[9]
企业实力和企业需求	重要利益相关者；次要利益相关者；一般利益相关者	郝桂敏	2007 ^[10]
大型事件中的主动性、重要性和紧急性	核心利益相关者；蛰伏利益相关者；边缘利益相关者	刘松萍	2009 ^[11]

从对相关研究的回顾可以发现，企业利益相关者的界定和分类都是基于与企业活动之间的利益关联，这种利益关联的形式、强度和频度等特征决定了利益相关者的类别。每一种界定与分类方法都从某个角度为处理利益相关者之间关系提供了合理的依据。

2 生态环境利益相关者的特征

在生态环境领域中，利益相关者之间的关联是基于环境外部性发生的。也就是说，只有发生污

染、损害等外部性现象时，利益相关者之间才有关联，如果没有影响利益的外部性事件发生，当事人就不属于利益相关者范畴。因此，生态环境的利益相关者之间的关联特征取决于环境外部性。

鲍莫尔和奥谢 (Baumol & Oates)^[12]以及达尔曼 (Dahlman)^[13]等人都对环境外部性问题做过论述，它在经济学中被认为是一种典型的外部性，“一个经济当事人对另一个经济当事人的福利产生

的影响，但这种影响没有并非通过市场途径发生。”国内学者李寿德和柯大钢^[14]、沈满洪和何灵巧^[15]、朱国伟^[16]和孙鳌^[17]等也对环境外部性进行了研究，他们的定义基本一致，即“经济主体对其没有直接的市场合约关系的人们的环境福利所产生的有害影响^[17]”。

李寿德和柯大钢^[14]对环境外部性的特征作了如下总结：①非市场性。这是最重要的一个特征，环境外部性的影响不通过市场发挥作用，不属于双方正常的买卖关系范畴，市场机制无力对相关主体给予奖励和惩罚。②决策的伴生性。排污主体的决策动机不是为了产生环境污染的外部性，外部性是生产过程的伴随物。③关联性。环境污染的外部性与受损者之间具有关联关系，它降低了福利水平。④强制性。环境污染的外部性加在承受者身上，具有某种强制性，这种强制性不能通过市场机制来解决。

以此为基础，我们可以得出生态环境利益相关者关联的三大特征：①不确定性。由于生态环境事件发生的不确定性，其影响范围和程度难以预期，所以几乎无法事先准确确定利益相关者的数量与类型。②非市场性。对于多数企业利益相关者，尤其是最核心和最确定的成员，可以通过市场交易方式进行利益交换或调整，而生态环境利益相关者之间一般事先并不存在固定、长久的关于损害或赔偿的市场交易或合同契约关系。③被动性。与主动参与企业治理活动谋求收益的多数企业利益相关者不同，生态环境利益相关者对自身卷入生态环境事件大都是没有事先预期的，即使那些造成污染的主体事先也不会预期将来会为此承担成本，因此具有被动性。鉴于上述三个特征，主要用于企业治理的传统利益相关者理论，特别是其分类方法就不再适用于生态环境利益相关者。

首先以查克汉姆（Charkham）方法为例，它以是否存在交易性合同为标准将利益相关者划分为契约型利益相关者和公众型利益相关者，前者的重要程度高于后者。但在生态环境利益相关者中，很少属于契约型利益相关者，大多数和最重要的反而属于公众型利益相关者，这与企业利益相关者分类顺序相反。

然后以克拉克森方法为例，它以在公司经营活动中承担的风险种类为标准，将利益相关者划分为自愿利益相关者和非自愿利益相关者，前者重要程度高于后者。而生态环境利益相关者的大多数是被动承担风险和成本的，属于非自愿的利益相关者，

这与企业自愿利益相关者占主要地位的情形相反。

再来看威勒（Wheeler）的理论，他将社会性维度引入到利益相关者的界定中，认为有些利益相关者是有社会性的，即他们与企业的关系直接通过人的参与而形成；有些利益相关者不具有社会性，即他们并不是通过“实际存在的具体人”和企业发生联系的，比如自然环境、人类后代、非人物种等。结合克拉克森提出的紧密性维度，威勒将所有的利益相关者分为以下四种，见图1。

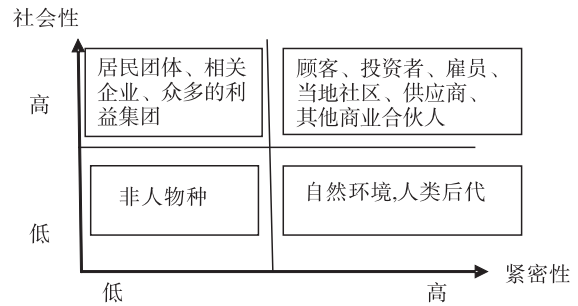


图1 威勒对企业利益相关者的分类

如果将图1中四个类型视作生态环境利益相关者，根据它们与生态环境的相关程度进行比较，却得到了几乎相反的顺序（见图2）。其原因在于考察角度不同，对企业治理重要的相关者对生态环境可能并非重要，而对生态环境影响重大的相关者对企业的影响则可能不明显。

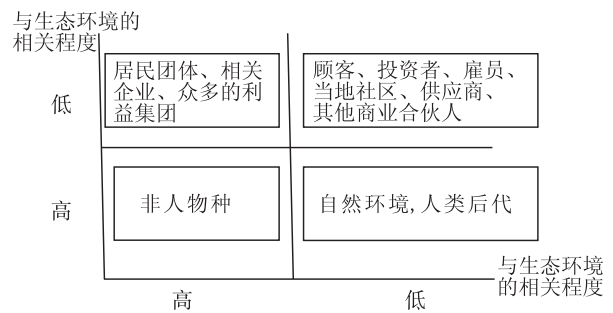


图2 利益相关者在生态环境中的地位

最后来看米切尔方法，由于生态环境问题的公共性和重要性，米切尔方法中的合法性、紧急性属性对于界定和划分生态环境利益相关者意义不大。至于权力性，则决定于各自影响生态环境的主观愿望和客观能力。环境外部性的不确定性使得大部分重要的利益相关者在不出现在事件的时候都处于蛰伏状态（Dormant Status），属于最外围的“潜在的利益相关者（Latent Stakeholders）”，而与企业联系密切的股东、雇员、顾客、投资者、政府部门等在生态环境中并不一定比潜在的利益相关者更具重

要性，因此这种划分方法也不适用于生态环境利益相关者（见图3）。

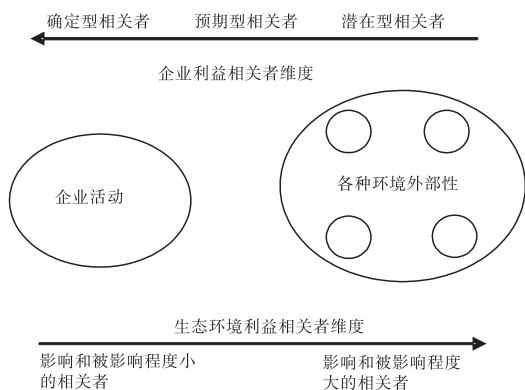


图3 企业与生态环境利益相关者的不同

综上所述，企业与生态环境利益相关者的考察维度存在着明显的不同。多数企业利益相关者与企业的关系比较固定，其自身既是影响者也是被影响者，大部分核心成员的投入产出关系比较稳定，从而它们参与企业治理的激励也较明确。相比之下，生态环境利益相关者之间的关系既不固定，也不稳定，而且相互影响的方向与力度复杂多样（有的影响是单方向，有的则是双向的），这些源于环境外部性的特点给利益相关者的界定和分类带来了困难。

3 生态治理利益相关者分析思路

目前国内外利益相关者理论在生态环境领域中的应用大多数与自然资源的开发利用相结合，将生态环境利益相关者与企业利益相关者放在同一个框架中研究，如旅游、森林、渔业、畜牧业等行业。就国内文献来看，最多的应用集中在生态旅游和生态补偿两个领域，此外在环境政策制定、大型工程项目、市政建设、资源开发管理等领域中也有相关研究。由于企业经营和生态环境治理是两种具有不同追求目标的活动，若使用同一框架研究企业利益相关者和生态环境利益相关者就必然会遇到难以调和的矛盾。这导致在许多研究中，生态环境利益相关者大多被归到辅从于企业核心利益相关者的“次要”、“蛰伏”或“边缘”类别，得不到应有的重视，从而难以真正起到促进生态治理和环境保护的作用。

笔者以环境外部性为理论依据，提出构建生态环境利益相关者分析的基本框架。生态环境利益相关者的界定应该以是否产生、承担和消除环境外部性为标准，不管是主动影响他人还是被动接受他人影响的当事人，都应被界定为利益相关者。至于利

益相关者的分类，则以主体在产生、承担和消除环境外部性方面的综合作用和相关程度为标准，从大到小依次划分为“核心（或关键）利益相关者”、“次要利益相关者”和“边缘利益相关者”三大类。这种界定与划分方法，对生态环境治理工作的进行具有较强的针对性和实用性。

笔者认为生态环境利益相关者分析是以环境外部性为核心的，原因至少有两个：第一，在生态环境领域中，利益相关者存在的基础和依据是环境外部性，如果没有环境外部性它们之间也就不存在关联。其次，正如公司治理的目标被认为是“使得管理者能将利益相关者的福利内在化^[18]”，那么生态环境治理工作的目标就可以认为是消除环境外部性，或者将环境外部性进行内部化。

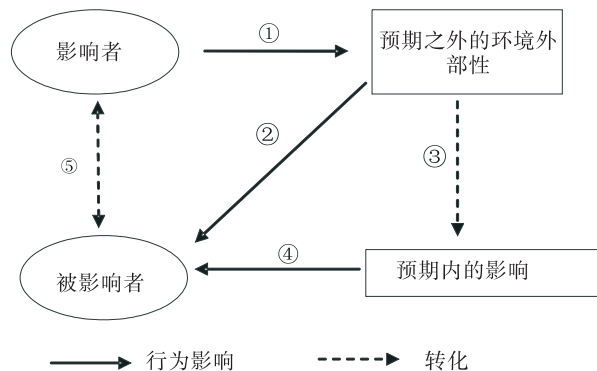


图4 生态环境利益相关者分析框架

如图4所示，全部生态环境利益相关者可划分为影响者和被影响者，也存在着某些主体既是影响者同时也是被影响者的情况。污染事件发生时，即产生了预期之外的环境外部性，对应图中的①；被污染主体作为被影响者承担外部性成本，对应图中的②；治理工作的任务是将环境外部性内部化，设计某种机制分摊或补偿污染带来的成本，从而将预期之外的影响转化为预期内的影响，对应图中的③；当外部性实现内部化后，被影响者通过谈判、调解或交易等方式获得补偿，对应图中的④；当治理平台足够完善时，被影响者可以通过治理参与机制，主动对生态环境施加影响，从而转化为影响者的角色，这个转化对应图中的⑤。

生态环境治理工作的关键可由图中③和⑤两个转化表示，前者是将环境外部性内部化的过程，需要建设相应的信息手段、知情和协商机制，后者是利益相关者主动参与治理的过程，需要相应的参与、决策和监督机制提供保障。这两个转化过程能否得以顺利进行，决定着生态环境治理工作的实际效果。治理工作的最终目标，就是让原来的预期外

的环境外部性即图中的②全部得以消除和内部化。

已有国内学者从新的角度对利益相关者的界定与划分做了创新尝试,典型代表是郑海霞等^[19]对金华江流域生态服务补偿的研究。他们通过问卷调查,从影响或被影响程度、积极性、参与性、权力4个维度对12个利益相关者群体在流域补偿中的地位和作用进行了研究。他们将利益相关者划分为核心利益相关者、次核心利益相关者和边缘利益相关者3个类别,结合对各类别影响能力、利益重要性和权力等指标的分析,对生态补偿的现状作出了评价,并提出了改进方向。该研究突破了传统的利益相关者分类方法,对于生态环境利益相关者理论的发展具有较大借鉴价值。

4 结论

利益相关者理论自20世纪90年代起在包括生态环境在内的诸多公共事务领域得到日益广泛的应用,这和当今人类对自然资源开发加快而导致生态环境问题日益突出,以及各种群体和组织之间利益冲突的增加和复杂化有极大的关系。利益相关者理论的战略视野使其成为研究如何解决这种涉及多主体、多区域、多目标的矛盾和纠纷的有力工具。

由于生态环境事务不同于公司治理,在该领域运用利益相关者理论必须做相应的调整才能保证科学有效。本文从环境外部性出发,对生态环境利益相关者的界定与分类提出了设想。这些设想在理论上仍需进一步修正和丰富,尤其是分类方法的具体设计和实际应用,更需要在实践中结合实证研究作深入的探索。

参考文献:

- [1] 李洋,王辉. 利益相关者理论的动态发展与启示 [J]. 现代财经, 2004, 24 (7): 32-35.
[2] 程励. 生态旅游脆弱区利益相关者和谐发展研究 [D]. 成

- 都: 电子科技大学, 2006.
[3] 贾生华, 陈宏辉. 利益相关者的界定方法述评 [J]. 外国经济与管理, 2002, 24 (5): 13-18.
[4] 杨秀琼. 利益相关者的分类研究综述 [J]. 阜阳师范学院学报 (社会科学版), 2009 (4): 58-61.
[5] 万健华. 利益相关者管理 [M]. 深圳: 海天出版社, 1998: 33.
[6] 李心合. 面向可持续发展的利益相关者管理 [J]. 当代财经, 2001, (1): 66-70.
[7] 陈宏辉, 贾生华. 企业利益相关者三维分类的实证分析 [J]. 经济研究, 2004, (4): 32-36.
[8] 吴玲, 贺红梅. 基于企业生命周期的利益相关者分类及其实证研究 [J]. 四川大学学报 (哲学社会科学版), 2005, (6): 37-38.
[9] 吴玲, 陈维政. 企业对利益相关者实施分类管理的定量模式研究 [J]. 中国工业经济, 2003 (6): 70-73.
[10] 郝桂敏. 企业需求、企业实力对利益相关者分类的影响 [D]. 长春: 吉林大学, 2007.
[11] 刘松萍, 郭彦娜. 论大型事件利益相关者分类及其相互关系 [J]. 广州大学学报 (社会科学版), 2009, 8 (10): 35-39.
[12] Baumol W. J., Oates W. E. The Theory of Environmental Policy [M]. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1988: 14-35.
[13] Carl J. Dahlman. The Problem of Externality [J]. Journal of Law and Economics, 1979, 22 (1): 141-162.
[14] 李寿德, 柯大钢. 环境外部性起源理论研究述评 [J]. 经济理论与经济管理, 2000 (5): 63-66.
[15] 沈满洪, 何灵巧. 外部性的分类及外部性理论的演化 [J]. 浙江大学学报 (人文社会科学版), 2002, 23 (1): 152-160.
[16] 朱国伟. 环境外部性的经济分析 [D]. 南京: 南京农业大学, 2003.
[17] 孙鳌. 环境外部性非内部化的原因与对策: 政府的视角 [J]. 学海, 2010 (1): 107-111.
[18] Tirole J. Corporate governance [J]. Econometrica, 2001, 69 (1): 1-35.
[19] 郑海霞, 陆彪. 金华江流域生态服务补偿的利益相关者分析 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37 (25): 12111-12115.

Definition and Division of Ecological Environmental Stakeholders: Based on the Perspective of Environmental Externality

WANG Xiao-liang, YANG Yu-qin, ZENG Chun-yuan

(School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081 China)

Abstract: The author analyzes the limits of enterprise stakeholder theory while being applied to ecological environmental problems. Based on the features of ecological environmental stakeholders, from the perspective of environmental externality, the author suggests that stakeholders should be defined and divided according to their roles in producing, undertaking and eliminating environmental externalities, and the aim of ecological environmental governance is to remove or internalize all environmental externalities.

Key words: stakeholder; ecological environment; environmental externality; definition; division

云南省安宁市村庄环境综合整治的思考与探索

李燕琼

(安宁市环境保护局, 云南 安宁 650300)

摘要: 阐述了村庄环境综合整治的意义、指导思想、原则和重点, 安宁市村庄环境综合整治工作的进展, 以及村庄环境综合整治建议及措施。

关键词: 村庄; 环境综合整治; 思考; 探索; 安宁

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0016-04

近年来, 安宁市委、市人民政府高度重视农村环境保护工作, 经过多年努力, 农村环境保护工作取得了较大进展。但是, 农村环境形势仍然十分严峻, 点源污染与面源污染共存, 农村工业、农业生产、农村生活等污染日益突出, 严重影响到农村群众生活质量, 已成为农村环境保护关注的问题, 也引起了市委、市政府的高度重视。

1 村庄环境综合整治的意义

1.1 实施农村环境综合整治是推进生态文明建设的重要举措

党的“十八大”报告指出, 要大力推进生态文明建设, 着力推进绿色发展、循环发展、低碳发展, 形成节约资源和保护环境的空间格局、产业结构、生产方式, 从源头上扭转生态环境恶化趋势。农村环境保护是我国环境保护的重要组成部分, 是着力解决影响广大人民群众身体健康的突出问题的有效手段, 是提高经济发展的稳定性、协调性和可持续性的重要内容, 在建设生态文明进程中占有极其重要的战略地位。长期以来, 农村环境基础设施建设资金投入不足, 环境治理严重滞后, 已成为推进生态文明建设的薄弱环节。实施农村环境综合整治, 就是要加大对农村基础设施建设资金投入, 逐步完善农村环境基础设施, 调动广大农民投身农村环境保护的积极性和主动性, 切实推进农村生态文明建设。

1.2 实施农村环境综合整治是实现城乡统筹发展的迫切需要

统筹城乡发展是贯彻落实科学发展观的根本方法, 是促进社会协调发展的紧迫任务。我国环境保护事业是从工业污染防治、城市环境综合整治起步

的, 由于历史的原因而形成的环境保护“重城市、轻农村, 重工业、轻农业”的问题一直没有得到很好解决。城乡环境保护差距较大, 农村环境基础设施差, 农村人居环境“脏、乱、差”, “污水乱流、垃圾乱倒、粪土乱堆、柴草乱踩”的现象普遍存在。实施农村环境综合整治, 就是要将环保基础设施向农村延伸, 提高农民环境意识, 为建设水源清洁、田园清洁、家园清洁的社会主义新农村做出贡献。

1.3 实施农村环境综合整治是改善民生的重要手段

农村环境污染直接危害农民身体健康, 一些地方受生产生活污染的影响, 村民饮水安全得不到保障, 部分小型矿山乱采滥挖引发的生态环境问题突出, 农药、化肥等农用化学物质的大量使用, 造成土壤污染和农业面源污染严重。实施农村环境综合整治, 就是要解决农村群众反映强烈的突出环境问题, 改善农村环境质量, 保障群众饮食饮水安全, 维护社会和谐稳定。

2 农村环境综合整治的指导思想

开展农村环境综合整治要以科学发展观为指导, 按照建设资源节约型和环境友好型社会的要求, 以普遍改善村庄环境面貌、提高农民生活质量为目标, 坚持以人为本和城乡统筹, 把农村环境保护与改善农村人居环境、促进农业可持续发展、提高农民生活质量和健康水平以及保障农产品质量安全结合起来, 切实抓好源头控制、过程管理、废弃物资源化利用, 着力推进环境友好型的农村生产生活方式, 切实解决农村环境问题, 促进社会主义新农村建设, 为构建社会主义和谐社会提供环境安全保障。

3 村庄环境综合整治的原则和重点

3.1 村庄环境综合整治的原则

村庄环境整治要坚持以下几项原则: 第一, 要坚持以规划为引领, 因地制宜, 防止建设和投入上

的浪费；第二，要注重村庄特色塑造，体现各村各寨的特色风貌；第三，要研究和建立长效管理机制，尤其是要让广大农民参与进来；第四，要坚持生活污水、生活垃圾治理，“绿、亮、美”等整治工作从实际出发，因地制宜，既实用、易管，又受农民欢迎；第五，突出重点，动员村民积极参与，投工投劳，以最少的钱做最多、最有效的事，全面推动农村环境综合整治任务的落实。

3.2 村庄环境综合整治的重点

3.2.1 全力保障农村饮用水源安全

“让人民群众喝上干净的水”是实施村庄环境综合整治的首要任务。近年来，中央和地方政府加大了解决农村饮水问题的投资力度，先后实施了引水工程、打井工程，解决了一部分农民的饮水问题。但这主要是解决农村缺水的问题，农村饮水安全形势仍然十分严峻，农业面源污染、生活污染和工矿企业污染对农村饮用水源安全构成严重威胁。为保障村民饮水安全，一是要做好农村集中式饮用水源地的区划和保护工作，建立一定范围的饮用水源保护区，保护区内不得修建规模化畜禽养殖场，不得随意倾倒、堆放垃圾。二是加强饮用水源地防护设施建设，设立必要的安全围栏和警示标志。三是要加强管理，投入资金加强湖库型水源地水源涵养林、湖滨带等建设。建立相应的管理制度和突发环境事件应急预案，切实防止污染、治理、再污染、再治理的现象。

3.2.2 妥善处置农村生活污染

(1) 加强农村生活污水治理。要确立源头削减、回收利用和全过程控制思路，推广“三低一少”技术，即低建设费用，低运行管理费用，低操作管理需求，二次污染物排放少的新型村镇污水处理技术。大力提倡“一水多用”的节约用水方式和村庄绿化、美化、硬化，减少生活污水排放量。整治村庄内的生活污水收集沟道，做到污水不流淌路面，沟道畅通，沟道内不积污水。规模较大、村民住房相对集中成片的村庄应建设集中污水处理设施。居住分散的村庄可利用地形，因地制宜地进行人工湿地、氧化塘、氧化沟等分散式污水处理设施建设。村庄周围的人工湿地、氧化塘、氧化沟等污水处理设施规划建设管理好后，还能美化村庄的环境。

(2) 加强农村生活垃圾处理。大力倡导“户分类、村收集、镇转运、县（市）处理”的城乡生活垃圾一体化处置模式，要引导农村居民改变不

良生活习惯，禁止随意倾倒垃圾、随意堆肥和采取简易填埋方式处理垃圾。加大资金投入，根据村庄建设规划，建设有顶、有投放窗、有清运门的密闭垃圾收集房。投放窗、清运门大小及方位建设既要方便群众投放和清运，又要能保证长期使用。垃圾收集房选址尽量避开水源点等环境敏感点，选址时可征求村民和环保、水务、城管、住建等部门的意见，做到一次投入，全面达标。

(3) 加强农村厕所整治。根据农户居住特别是无卫生厕所农居分布情况，建立、改造无害化卫生公厕，全面消除农村原有的老式露天粪坑厕所（简称“旱厕”）。大力宣传老式露天粪坑厕所对人体健康和村庄环境的不利影响，动员农户拆除或改造，指导帮助农户建造能有效处理粪便的有顶、有清粪口、贮粪池密闭的卫生厕所或三格式卫生厕所。集中成片的厕所，动员农户可综合考虑拆除建设卫生公厕，其他余留地作为村庄公共绿化用地。积极探索农村改厕与庭院生活污水处理相结合的模式，保护农村水体和环境卫生。

(4) 加强畜禽养殖污染治理。不重视或不加强规模化畜禽养殖场污染防治，不仅会带来地表水的有机污染、甚至污染地下水，畜禽粪便中所含病原体也对人群健康造成了威胁。实施农村环境综合整治的村庄，要依据自然条件，科学划定禁养区、限养区和养殖区。要引导农户开展小区式、生态化养殖，改变传统落后的养殖方式和人畜混居现象，这样既有利于争取国家的专项治理资金，改善农民的生活环境，也有利于遵循资源化、无害化和减量化原则。与建设生态农业相结合，综合利用和处置畜禽排放的污染物，最大限度地减少畜禽养殖污染带来的危害。对于散养农户，可通过村规民约规范村庄不整洁、不卫生的堆放行为，畜禽粪便随清随运，禁止在村庄内堆放粪便，减少“脏、乱、差”现象和农村面源污染源，保障村容村貌整洁。

(5) 有效控制农业面源污染。目前，农业生产过量使用化肥、农药，对土壤及地表水体造成不同程度的污染和破坏，因此，必须有效控制农业面源污染。解决农业面源污染问题，根本出路在于大力发展高效、生态和安全农业。要积极引导农民科学使用化肥、农药，推动无公害农产品、绿色食品和有机食品的规模化生产，减少面源污染。要重视秸秆资源利用，大力推广秸秆还田、食用菌生产等技术，探索利用秸秆生产燃气、炭棒等综合利用途径，通过推广新能源，减少农村污染因素。

4 农村环境综合整治主要工作取得的进展

2012年,安宁市下辖9个街道办事处56个村委会和1个涉农居委会。2011年末,全市常住人口34.4万人,城镇化率68.4%,城镇人口23.53万人,乡村人口10.87万人。年末户籍人口26.5万人,其中:农业人口12.08万人,非农业人口14.42万人。

2004年以来,安宁市委、市政府坚持“环境立市”战略不动摇,坚持把生态环境建设作为工作的重中之重,以“四创两争”为抓手,以农村环境综合整治为重点,认真贯彻执行“以奖促治”政策,市、街道、村、组四级联动,加大工作力度,狠抓工作落实,全面推进生态环境建设工程化、项目化、具体化和量化,全面推进农村环境保护工作。在环保、农业、住建、城管、卫生等相关部门和全市9个街道办事处的共同努力下,连然、金方、县街、温泉街道办事处集镇生活污水已进入安宁市污水处理厂集中处理,八街、青龙街道已建成集镇生活污水处理厂。全市9个街道办事处及下辖村庄生活垃圾均遵循“组保洁、村收集、镇转运、市处理”的生活垃圾处理模式,生活垃圾经街道中转站转运至安宁市生活垃圾处理中心集中处理。2005年,温泉街道办事处创建为国家级生态乡镇,2008年,7个街道办事处成功创建为云南省级生态乡镇,2个创建为国家卫生镇。至2012年,县街、八街、青龙、禄脬4个街道办事处创建国家级生态乡镇通过云南省环保厅专家组审核,上报国家环保部待复审。2010年,安宁市再次掀起村庄环境综合整治热潮,已完成56个行政村和1个涉农居委会的村庄环境综合整治任务,被昆明市人民政府命名为昆明市级生态村。农村环境综合整治工作取得明显成效,一批群众反映强烈的突出环境问题得到解决,许多村庄的村容村貌明显改善,一些项目实现了生态、社会和经济效益的统一。

5 村庄环境综合整治建议

5.1 加强宣传教育,营造浓厚整治氛围

以改善群众人居环境质量,提高群众生活质量,营造生态文明建设氛围等方面为主要内容,通过村庄文化墙(墙体画)、宣传栏、黑板报、广播等渠道,发布图文并茂的环境整治宣传材料,发放“致村民的一封信”、“村民告知书”、“环境保护可做的100件事”等生态环境保护材料;召开村民会议、党员会议等,深入宣传村庄环境整治的重大意义、示范村整治成果和有关法律法规,提高群众

对村庄环境整治的知晓率,努力提高村庄环境综合整治工作的科学决策、民主决策、民主管理水平。动员广大群众积极参与村庄环境整治。充分发挥村组干部和基层党员干部的示范带动作用,率先整治村庄公共用地和党员、干部门前屋后环境“脏、乱、差”等不达标问题,积极引导各个村(社区)完善村规民约,形成文明自觉、卫生整洁、爱护环境的农村生活新风尚。

5.2 突出典型引路,发挥示范带动效应

按照“先点后面,先重要窗口地带、后全面整治”的工作思路,着重打造1~2个村庄环境整治的先进示范典型,通过典型示范带动其他村(居)环境整治工作加快推进。首先,要组成由市政府环保、住建、城管、农业、卫生等相关部门为成员单位的村庄环境整治专家指导组,负责专业综合指导村庄环境综合整治相关工作。其次,加强专家组的现场检查指导,实行一线服务指导、一线跟踪检查、一线推进落实。村庄环境整治专家组举办街道、村委会领导及村庄环境综合整治具体工作人员业务知识专题培训;组织现场观摩学习,着力形成村民主动参与整治,各村组间找差距、比进度、比成效的进取精神和良好创建氛围,共建幸福家园的良好风气,实现“要我整治”向“我要整治”的认识和思想的转变。

5.3 狠抓关键环节,确保整治工作成效

进一步细化落实村庄环境整治的时序进度、重点任务和保障措施,加强部门协调、明确责任分工,扎实深入地推进建设工作。要积极推进,注重实效,量力而行,突出特色。大力推进村庄净化、绿化、美化和道路硬化,确保村庄环境面貌得到彻底改善。对规划布点村庄,突出抓好饮用水源地保护、生活垃圾、生活污水、“五堆”、厕所、河道沟塘等集中整治,着力提升村庄环境公共设施配套、建筑风貌特色化、村庄环境管理等水平。

5.4 健全长效机制,巩固扩大整治成果

(1) 建立环境与发展综合决策机制。坚持“三同步”方针,从源头上避免走“先污染、后治理”的老路子。在制定产业、价格、税收、进出口等经济政策时,要考虑环境保护的要求。

(2) 建立环保资金筹措机制,逐步建立“污染者治理、利用者付费、开发者保护、破坏者补偿、政府增加投入”的机制。进一步整合现有各类涉农资金、项目资金、补助资金向村庄环境整治倾斜,各乡街也要千方百计筹措资金,实现财政补

助、村级“一事一议”、村级集体收入、社会捐资捐助的多元化投入。环保、科技、文体、卫生、城管、住建、农业、新农办等部门协调联动，按照“整合资金、优先投入、各记其功”的原则，加大资金、项目向有整治任务的行政村和涉农社区倾斜，确保整治一个、达标一个，努力实现整治一村、发展一村的根本目标。

(3) 建立加强科学研究，发展适用技术的机制，鼓励科技人员科学开发利用自然资源的适用技术，提高资源的开采率、利用率，减少浪费。提高环境预测、预报工作水平和减轻污染的决策水平。构建生态文明建设的环境安全体系，促进资源节约型、环境友好型社会和社会主义新农村建设，努力构建社会主义和谐社会。

(4) 健全业务培训机制，大力开展科技、规划、环保技术下乡活动，住建局、环保局、城管局等部门将经常性开展村庄环境整治和规划建设业务轮训，组织专业技术人员进村入户给予技术指导。健全农村基础设施管养机制，落实设施维护、河道管护、绿化养护、垃圾收运、公厕保洁等工作责任，组建专业管养队伍，做到治管并重、即治即管。

5.5 强化督查考核，确保整治持续推进

市委、市政府制定村庄环境综合整治实施方案，明确村庄整治目标，市级各部门、各街道责任。整治村庄所在乡（镇）政府作为整治工作的

责任主体，负责整治工作的具体实施。将村庄环境整治推进工作列为各街道年度工作目标任务，纳入年终工作考核责任制中。市人大、市政协监督工作推进情况。牵头组织部门定期、不定期进行各街道抽查和暗访，并将检查考核结果作为工作考核的重要依据。同时，各街道将村庄环境整治推进工作列为街道考核村委会的重点工作，加强工作统筹和组织，明确各村庄的环境综合整治重点和时限，督促各村、社区按时序进度做好综合整治工作。各街道及其下属各村委均实行“包村责任制”，即街道领导负责村委会，村委会领导负责各村小组，做到目标、任务责任明确细化到个人，层层落实整治工作任务。各村委会每月向街道、街道每月向市级牵头部门汇总上报工作推进情况。市级牵头部门定期到各街道、各村小组检查整治工作情况，针对检查中发现问题，分别提出整改意见和限期整改要求，确保按时完成整治任务。对达到整治要求的村委会，由街道统一提出现场考核验收资料，由市级牵头部门组织专家组进行现场考核验收。

村庄环境综合整治是生态建设的一项重点工程，也是一项系统工程和一项长期的任务，要把这项工作真正做成德政工程、民心工程。在扎实推进中要做到点面结合，城镇与农村同步推进，造福广大人民群众，实现由环境换取经济增长向环境优化经济发展转变，为经济社会的发展创造良好的和谐环境，推动地区社会经济可持续发展。

Reflection on the Comprehensive Village Environmental Treatment in Anning of Yunnan Province

LI Yan-qiong

(Anning Municipal Environmental Protection Bureau, Anning Yunnan 650300 China)

Abstract: The author discusses the significance, guiding ideology, principles and focus of the village environmental treatment program. The suggestions and measures are given after the introduction of the implementation progress of the program in Anning Municipality.

Key words: village; comprehensive environmental treatment; reflection; exploration; Anning

移动通信基站电磁辐射环境保护与管理

黄晓华, 姚颖, 杨斌, 陈帅

(南通市环境监测中心站, 江苏南通 226006)

摘要: 对移动通信基站在地址选取、环境影响评价、基站建设、环保验收等程序中存在的突出问题进行分析, 提出了相应的改善措施。

关键词: 通信基站; 环境保护; 问题; 措施

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0020-02

移动通信技术的蓬勃发展, 使人与人之间的沟通实现前所未有的方便快捷, 推动了整个经济社会的飞速发展, 但同时也引起了人们对于电磁辐射影响的担忧。公众对于移动基站的建设, 特别在居民集中区的建设十分抵触, 甚至出现阻挠施工、破坏设备, 与施工人员产生冲突等行为, 造成许多基站不能如期建成或者被迫拆除。类似问题已经阻碍了通信技术的发展, 影响了社会的稳定团结。为此, 本文对移动通信基站在环评、基站建设、验收等程序中存在的突出问题进行分析, 并提出相应的改善措施。

1 移动基站建设、营运期间存在的突出问题

1.1 环评阶段存在的问题

按照《中华人民共和国环境影响评价法》、《电磁辐射环境保护办法》、《环境影响评价分类管理目录》规定, 无线通讯类按照不同类型需要编制环境影响评价报告表或报告书, 目前各地普遍做法是运营商根据全省的建设规划将需要拟建的所有县(市)的基站打包编制环评, 往往一本环评报告表(书)涉及几百个乃至上千个基站, 这样的模式虽然比单个报批节约成本, 但由于涉及的站点多, 环评编制和审批周期大大延长, 而时间的延长往往会给信访调处带来很多遗留问题, 主要体现在以下两个方面: ①环评阶段定位选址难度大。从目前的情况看, 环评阶段基站的选址往往不能确定, 且如果等批文拿到再建设, 好多站点情况发生了变化, 无法进行建设。这就造成实际建设站点和环评描述站点位置不一致, 或者环评站点位置描述不清晰, 进而给信访调处造成了困难。公众对于这种模

糊选址的环评不能理解, 由此对于环保部门的审批存在质疑; ②未批先建时有发生。基站建设周期短, 环评手续办理周期相对较长, 目前很多运营商为了完成总部的建设任务, 未批先建的情况时有发生, 这造成信访调处的又一个问题。这样未批先建的问题从目前环保管理的角度很难做到全面覆盖管理。

1.2 验收阶段存在的问题

按照《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收管理办法》、《电磁辐射环境保护办法》规定, 建设项目经验收合格后方可正式投入生产或者使用。移动通讯基站虽然属于建设项目, 但是也有它自身的特殊性, 基站的打包环评制度造成了建设项目数量多、分布广等问题。按照目前现有的管理能力, 逐个进行验收监测和点位核查是不可能的, 各地普遍采取抽测一定比例进行类比监测, 这样就给信访调处时遗留了技术漏洞, 具体体现在以下几个方面: ①点位变更、拆除存在遗漏。在基站验收核查阶段, 环保部门经常会遇到报送验收的基站存在拆迁、迁建、更改建设类型的情况, 而验收报告中不能充分体现; ②点位不符合保护距离要求。基站建设期间往往会根据实际情况进行建设, 由于环保部门不能一一核查点位情况, 有些点位在实际建设过程中存在不符合保护距离要求的现象; ③未验收先投运。目前运营商为了达到建设任务, 普遍存在基站建成之后立即增挂天线投入运行, 由于不能一一核查点位, 这样的情况只有在信访调处的过程中才能被发现。

1.3 移动基站建设不规范

由于现在群众的维权意识较高, 加之对于移动基站电磁辐射的影响存在疑虑, 往往对于在人口集中区新建基站存在抵触情绪。运营商为了完成建设

收稿日期: 2012-12-27

作者简介: 黄晓华(1976-), 男, 江苏南通人, 本科, 主要从事辐射监管工作。

任务,经常会采取隐瞒、掩饰,深夜施工或强行施工等办法达到建设目的。由于沟通和宣传的力度不够,造成群众矛盾升级,阻挠事件频频发生。其次,基站建设缺乏统一的公开化管理,在城市中随处可见一根根发射天线,可是公众和环保部门都不能清楚地了解基站的站名和主要参数。基站实名制的管理切实可行,这样不仅有利于群众了解情况,更方便环保部门进行管理。

2 改善措施探讨

(1) 合理选址,以新带老:基站运营商在选址阶段要符合最优化的原则,根据用户的需求和网络覆盖的情况来确定选址,要统筹安排整个区域的信号覆盖情况,最大限度地避免场强叠加的问题。在基站建设的同时要尽量减少重复建设,逐步淘汰一些重复覆盖的老基站,优化选址布局。逐步建立起将基站选址建设结合城市发展规划的模式,加强选址规划环境影响评价的分析,优化基站的前瞻性布局,避免对公众和周围环境造成电磁辐射污染。

(2) 简化环评编制、降低审批门槛:南通地区几个具有代表性的类比基站的监测数据表明,移动通讯基站的电磁辐射影响在防护距离外影响很小,其辐射值远远低于国家标准。如果可以把移动通讯基站的审批管理权限下放到省辖市或者县市级,对于低功率的基站可以采取环评登记表的形式简化手续,缩短环评手续的时间。通过属地管理,可以有效地减少环评手续的周期,提高现场核查的比例,逐步实现每个基站逐个核查审批,这样就可以从根源上有效地避免建设地点重大变更和未批先建的情况。

(3) 加强宣传、缓解矛盾:营运商应该尊重公众的知情权,有义务将基站建设的详细情况公开告知周围群众,应加强对电磁辐射有关知识的宣传

和解释工作,环保部门也应通过各种行之有效的活动,积极主动地开展电磁辐射的知识的普及和宣传工作,努力化解社会矛盾,消除群众的疑虑。营运商建设期间要严格按照保护距离的要求进行建设,确保电磁辐射环境水平在国家限定的标准范围内。

(4) 出台政策、规范建设:为了加强移动通信基站设置的管理,维护移动通信用户、业务经营者和社会公众的权益,保障公用移动通信的健康发展,很多地方出台了移动通讯基站设置的管理办法,上海市2001就出台了《上海市公用移动通信基站设置管理办法》,要求企事业单位给基站建设提供方便,规范了基站的设置,公开基站建设的发展规划,信息公开、透明,使移动通讯基站的建设朝着规范、透明、合法的方向发展。只有这样才能减少建设中产生的各种矛盾,促进社会的稳定团结。

(5) 简化验收,出台办法:现有的验收监测管理办法适用于建设项目的验收监测,对于移动通讯基站这样的特殊建设项目存在一些不适用的情形,出台切实可行的移动通讯基站验收管理办法很有必要。只有这样环保部门在处理各类信访的时候才能做到有法可依。验收手续可采用按比例抽测,或只须考核其是否符合防护距离要求等做法,简化验收程序,确保其既满足辐射防护要求、手续齐全,又能尽快投入使用,服务人民群众。有利于信访投诉的处理。

参考文献:

- [1] 缪尔康. 公众对手机基站电磁辐射投诉典型问题及解答 [J]. 四川环境, 2011, (3).
- [2] 邱秋. 我国电磁辐射污染防治的法律分析 [J]. 上海环境科学, 2007, (1).
- [3] 谢志勇, 金焰. 移动通信基站电磁辐射对周围环境影响的研究 [J]. 湖北师范学院学报 (自然科学版), 2004, (3).

Environmental Protection and Management of the Electromagnetic Radiation at the Mobile Communication Base

HUANG Xiao-hua, YAO Ying, YANG Bin, CHEN Shuai

(Nantong Municipal Environmental Monitoring Center, Nantong Jiangsu 226006 China)

Abstract: This paper analyzes the issues related to the site selection, environmental impact assessment, base construction, and the check - and - acceptance of the mobile communication base. The measures are suggested to improve the situation.

Key words: mobile communication base; environmental protection; issue; measure

燃煤电厂环境监理报告内容框架实践与分析

濮文青¹, 刘红志², 王 圣¹

(1. 国电环境保护研究院, 江苏 南京 210031; 2. 四川省电力公司, 四川 成都 610041)

摘 要: 从环境监理的发展过程出发, 详细论述了其法律法规体系。在此基础上, 以江苏淮阴发电有限公司 300MW 机组的环境监理工作为例, 从七个方面深入总结了燃煤电厂环境监理报告编制的内容框架, 并突出了燃煤电厂环境监理报告中应重视的系列问题。

关键词: 燃煤电厂; 环境监理; 报告; 框架; 实践

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0022-04

当前燃煤电厂环境影响评价以及竣工环境保护验收已经纳入全国环境管理的正常工作中, 成为我国电厂环境保护的支柱性工作。同时, 燃煤电厂环境监理工作也逐步得到重视。燃煤电厂环境监理报告是其工作的重要组成部分, 目前尚没有统一的监理报告内容格式与要求。本文通过作者对燃煤电厂环境监理工作的实践与总结, 提出燃煤电厂环境监理报告的总体框架。

1 环境监理发展及相关法律法规体系

截至目前, 我国在环境监理方面经过了两个阶段, 包括: 1995 年至 2010 年的局部探索阶段, 以及 2010 年至现在的全面探索阶段^[1]。从我国目前的环境监理发展形势看, 环境监理还算是新事物, 所以尚没有一个完整的法律法规体系^[2~4]。目前能够代表环境监理法律法规体系的主要是部委的行政规章, 按照出台时间序列如下:

(1) 《建设项目竣工环境保护验收管理办法》(2001 年 12 月 11 月, 原国家环境保护总局令 第 13 号)。第十六条明确了建设项目竣工环境保护验收系列条件, 其中包括“环境影响报告书(表)提出需对环境保护敏感点进行环境影响验证, 对清洁生产进行指标考核, 对施工期环境保护措施落实情况工程环境监理的, 已按规定要求完成。”

(2) 《关于在重点建设项目中开展工程环境监理试点的通知》(环发[2002]141号)。要求青藏铁路、西气东输管道工程等 13 项建在生态敏感

区、对生态环境影响突出的国家重点工程实施工程环境监理试点工作, 其中有 6 个是水利水电工程。

(3) 《环境保护部建设项目“三同时”监督检查和竣工环保验收管理规程(试行)》(环发[2009]150号)。第九条将施工期环境监理的实施情况作为环境保护督查中心监督检查和省级环境保护行政主管部门日常监督管理的主要内容之一; 第十一条对环境影响评价审批文件要求开展施工期环境监理的建设项目, 建设项目建成后, 环境监理单位应当编制施工期环境监理报告, 作为该建设项目竣工环保验收的依据之一。

(4) 《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》(国发[2011]35号)。第九条明确“着重发展环保设施社会化运营、环境咨询、环境监理、工程技术服务、认证评估等环境服务业。”

(5) 《关于加强西部地区环境影响评价工作的通知》(环发[2011]150号)。第十条“强化建设项目环境监理: 鼓励和支持西部地区根据管理需求开展建设项目环境监理, 培育环境监理队伍, 推荐环境监理工作开展较好的省份作为环境监理试点省。对涉及国家级自然保护区、国家级风景名胜区、国家重点生态功能区、世界遗产地、饮用水水源保护区等环境敏感区域的矿产资源开发、水利水电、公路、铁路、石油采运等工程, 以及污染较重或环境风险较高的石化化工、钢铁、有色等建设项目, 应强化环境监理工作。”第十一条要求将“三同时”监督检查报告和环境监理报告作为批准试生产和环境保护验收的重要依据。

(6) 《关于进一步推进建设项目环境监理试点工作的通知》(环办[2012]5号)。从技术方法层面而言, 该文件是当前指导环境监理全面工作的

收稿日期: 2012-09-21

基金项目: 环保部环监局项目(10286)。

作者简介: 濮文青(1966-), 女, 江苏南京人, 高级工程师, 主要从事电力环评、规划环评、电力环境保护等方面的研究。

通讯作者: 王圣。

主导性文件。文件明确了建设项目环境监理工作的重要性、环境监理的内涵、环境监理的主要功能等重要问题，同时还对需要进行环境监理的建设项目进行了分类，以及建设项目环境监理重点内容。

(7) 行业及地方相关法规及制度。

除了上述国务院、环保部出台的行政规章和部门规章之外，在试点期间，行业部门也出台了一些文件，包括：《交通部关于开展交通工程环境监理工作的通知》（交环发〔2004〕314号）、《关于开展水利工程建设环境保护监理工作的通知》（水资源〔2009〕7号）。

同时，我国地方省份还出台了一些地方法规及制度，例如：《辽宁省建设项目环境监督管理暂行办法》、《江苏省建设项目环境监理试点工作方案》、山西省《关于进一步加强建设项目环境工程监理工作的通知》、《甘肃省建设项目环境监督管理办法（试行）》、《青海省建设项目环境监督管理办法（试行）》、《河南省建设项目环境监督管理暂行办法》等。

2 燃煤电厂环境监理报告内容编制

以江苏淮阴发电有限公司1×300MW级上大压小热电联产二期环境监理工程为实践，对燃煤电厂建设期环境监理报告内容编制进行分析与探讨，作者建议燃煤电厂环境监理报告包括以下几个部分内容：

2.1 总论

总论部分需要包括：项目由来、编制依据、功能区划和环境标准、环境监理范围、环境监理目标和方法等五方面内容。

项目由来需要交代项目的发展过程，包括可研编制完成情况、环评报告完成情况、环境主管部门审批情况、项目核准情况、项目初步设计情况、项目开工建设时间、竣工时间，以及环境监理单位接受委托情况。

编制依据主要包括：国家、地方环保法律法规、标准；项目环境影响评价报告文件；环评批复、环保方案批复；项目环境监理合同、与项目相关的标准和技术规范等。

功能区划和环境标准主要包括：项目的环境功能区划、环境质量标准，以及项目水、气、声、渣等污染物的排放标准等。

环境监理范围明确建设单位与环境监理单位之间的工作合约，主要包括：环保达标监理、环保设施监理、生态保护措施监理。

环境监理目标和方法明确对项目环境监理的三大目标：实现工程建设项目环保目标；落实环境保护设施与措施、防止环境污染和生态破坏；满足工程竣工环境保护验收要求。环境监理方法简单交代对于本项目实施环境监理的方法，包括：日常巡视、环境监测等^[5-7]。

2.2 建设项目批建符合性调查

建设项目批建符合性调查部分需要包括：建设项目基本情况、总平面布置调查、生产设备符合性调查、生产工艺符合性调查、施工期产量和原辅料消耗量调查、（试）运营期产量和原辅料消耗量调查、批建符合性调查结论等七方面内容。

建设项目基本情况包括：项目名称、建设单位、地理位置、建设性质、投资规模、环评单位、审批部门等，对工程的工艺流程和产排污环节需要单独交代，同时建议用列表的方式详细表达有关建设情况以及工程概况。

总平面布置调查需要详细说明项目的设备布置情况，尤其是环保设施在项目平面布置中的位置，以及平面布置与环评报告、环评批文以及相关技术规范的符合情况，并需要附图。

生产设备符合性调查、生产工艺符合性调查，主要是对生产设备及生产工艺与环评报告、环评批文以及相关技术规范的符合情况进行调查，并需要附图或附表说明。

施工期产量和原辅料消耗量调查主要是在环境监理报告中说明，施工期产量和原辅料消耗情况与环评报告、环评批复及相关技术规范的符合情况，并需要附图或附表说明。

（试）运营期产量和原辅料消耗量调查主要是在环境监理报告中说明，（试）运营期产量和原辅料消耗情况与环评报告、环评批复及相关技术规范的符合情况，并需要附图或附表说明。

通过上述几个方面的调查，最后在环境监理报告中要得到该项目的批建符合性调查结论。

2.3 施工期环境污染控制及生态保护与修复监理

主要是总结燃煤电厂施工期，由施工引起的环境污染控制及对其实施的环境监理，包括：水环境影响控制、大气环境影响控制、声环境影响控制、固体废物污染控制、生态环境保护与修复、环境保护教育与宣传^[8]。

在环境监理报告中，对上述的污染因子的污染物及污染源要明确，并进一步明确在施工过程中采取的措施。例如：对于水污染控制，要明确建设期

废水主要为施工人员生活污水、施工废水等。施工废水是施工机械维护和冲洗产生含 SS、石油类废水；建、构筑物的养护、冲洗、打磨、清洗道路等产生含 SS 废水等。施工废水以无机的 SS 为主，含少量跑、冒、滴、漏的油类。生活污水是施工人员及现场临时办公产生的生活污水。采取的措施主要是设沉淀池、隔油池等污水临时处理设施，以及生活污水处理设施等。环境监理单位需要随机采样进行检测，获得是否达标的现场资料，并存档。

需要注意的是，对燃煤电厂灰场的环境监理也是工作的主要部分，当涉及到“以新带老”工程时，需要对已有灰场进行封场，要从环境监理的角度予以重点关注，要对封场措施予以充分落实。有些燃煤电厂还会涉及到码头施工，也要作为单项环保工程进行环境监理。

2.4 环保“三同时”落实情况监理

凡是在建设项目环境影响评价报告书、环评批复、设计文件涉及到的环保设施，均应纳入环境监理范围。

主要包括：废水治理设施、废气治理设施、固体废物治理设施、噪声治理设施、环境保护敏感点达标情况、事故应急措施等，要对其建设情况与环评报告、环评批复等文件进行认真比较，得出结论。

首先在环境监理报告的这个章节开始，用列表形式给出本项目环评报告、环评批复中对环保设施的要求，排放源及其防治措施等。例如，针对江苏淮阴电厂的大气防治措施，列表给出：①控制燃煤的硫份在 0.75% 以内，配套建设脱硫设施，拟采用石灰石 - 石膏湿法烟气脱硫工艺，脱硫效率为 90%；②本期工程采用低氮燃烧装置，并采取 SCR 脱硝装置，脱硝效率 80%，NO_x 排放浓度低于 90mg/Nm³；③本期工程采用四电场静电除尘装置，除尘效率为 99.7%；④本期工程应装设烟气连续监测装置，并应符合《固定污染源烟气排放连续监测技术规范》(HJ/T75 - 2007) 的要求；⑤本期工程新建一座 180m 烟囱。

在环境监理报告中，必须对建设项目所有治理设施的安装、运行情况予以重点环境监理。这部分内容是环境监理实践中的重点工作，也是环境监理报告中的重点内容。

2.5 环境监理工作情况

要详细并简要说明环境监理机构设置、人员组成、监理设施组成（重点是检测仪器）、进场时

间、出场时间等，并重点阐述环境监理任务完成的情况。

要附不同环境监理阶段的有代表性的照片，作为环境监理报告的重要附件。

2.6 结论与建议

主要包括：批建符合性调查结论、施工期环境污染控制及生态保护与修复监理情况汇总、环保“三同时”落实情况汇总、存在的问题及建议。

对于问题的发现，应及时与建设单位沟通，并提出建设性意见，免得影响项目的竣工环保验收。

2.7 附件

附件是环境监理报告的重要组成部分。应包括：附图和有关文件、日常工作表单。

附图主要是指工程照片、项目地理位置图、厂区平面布置图、环境污染处理设施平面布置图、工艺流程图、污染治理措施、预防措施照片等。还要有项目建成前后的对比照片。

附件主要是指项目核准文件、项目环评的批复、环保设计方案、有关设备和材料购销协议等。另外还需要附有环境监理单位的资质证书。

日常工作表单主要是环境监理周报、月报、环境监理工作联系单、环境监理整改通知单、环保工程设计变更申请单等在工程建设过程中实际发生的代表性表单。

3 燃煤电厂环境监理报告中应重视的几个问题

在燃煤电厂环境监理的具体实践过程中，针对电厂的差异性，还会出现一些个别的环境监理问题，容易被忽视。针对这些容易被忽略的问题，在环境监理报告中更要重视和体现，主要包括：

(1) 未批先建问题。针对“未批先建”项目的环境监理，首要问题是让项目合法化，要在满足项目业主合同的同时，科学指导项目业主尽快完成环评手续报批的补充工作，并作为首要的重点工作，以避免后面继续出现“未验先投”现象。

(2) “上大压小”的环境监理。需要明确本期电厂建设的电厂装机容量的替代来源，并在环境监理过程中予以跟踪落实，尤其是电力替代容量不是来自于同一个电厂或同一个地区时。

(3) “区域替代”的环境监理。现在热电联产项目很多，一定会涉及到小锅炉的区域替代，从而实现区域内的增产减污。对于这种情况，一定要将区域内替代小锅炉统一纳入环境监理过程中。

(4) 总量指标的环境监理。在环境监理工作开展之前，一定要对项目的二氧化硫和氮氧化物总

量指标来源进行研究与确认,无论是在本电厂内部实现,还是在集团内部实现,均要作为重点落实。

(5) 对于已经处于封场状态或在本期电厂建设过程中即将封场的灰场,也要从环境监理的角度予以重点关注。尤其是对即将封场的封场措施予以落实,并充分研究封场的环境影响评价报告。

(6) 码头的环境监理。需要明确本期电厂建设是否包括新建码头,对以前码头的验收情况以及现在是否具有环境问题需要落实。

(7) 拆迁安置的环境监理。在燃煤电厂建设过程中,对拆迁安置要提前考虑,提前准备拆迁安置计划和方案,不要把拆迁问题留到运行阶段。

上述几个问题,不仅要在环境监理过程中得到落实,在环境监理报告中也要单独形成章节进行落实。

4 结束语

环境监理是一项新型产业,也是一项涉及范围广、内容错综复杂、专业性较强的环保产业。燃煤电厂建设期环境监理,是落实建设项目全过程控制的一个重要环节,也是落实建设项目环境保护“三同时”的一个重要手段,可以有效地控制并减

少燃煤发电厂环境污染物的排放。然而,燃煤发电行业的环境监理在2011年之后才逐步发展,目前尚处在发展初期。作为燃煤电厂环境监理工作的重要体现形式,对环境监理报告内容框架的完善很有必要。

参考文献:

- [1] 王圣,杨凯. 建设期环境监理实践与相关问题思考 [J]. 电力科技与环保, 2012, 28 (4): 1-4.
- [2] 朱京海. 建设项目环境监理概论 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2010.
- [3] 谭民强,步青云,蔡梅,等. 关于建立环境监理制度的问题分析与对策探索 [J]. 环境保护, 2009 (4B): 60-63.
- [4] 林鑫海,潘哲明,胡桂昌. 工业类建设项目环境监理制度的实践和思考 [J]. 环境科学与管理, 2008, 33 (2): 10-17.
- [5] 张志强,焦德富,王子玉,等. 建设项目环境监理初探 [J]. 环境保护与循环经济, 2009 (2): 36-39.
- [6] 谢建宇,马晓明. 工程环境监理与工程监理的比较及发展建议 [J]. 四川环境, 2007, 26 (2): 109-112.
- [7] 曹晓红,李继文. 建设项目工程环境监理中的问题和建议 [J]. 环境与可持续发展, 2006 (2): 14-15.
- [8] 沐永生,刘红志,王圣. 燃煤电厂建设期环境监理重点内容探讨 [J]. 能源环境保护, 2012, 26 (5): 39-41.

Practice and Analysis on the Framework of Environmental Supervision Report of Thermal Power Plant

PU Wen-qing¹, LIU Hong-zhi², WANG Sheng¹

(1. State Power Environmental Protection Research Institute, Nanjing Jiangsu 210031 China)

Abstract: From the development of the environmental supervision, the paper gives a detailed analysis of its legal system. Then a case of the unit of 300MW of Jiangsu Huaiyin Power Generation Company is studied to sum up the framework for writing the environmental supervision report of the thermal power plant, in order to address a series of the important issues.

Key words: thermal power plants; environmental supervision; report; framework; practice

2011年抚仙湖浮游植物群落结构研究

此里能布¹, 毛建忠¹, 赵华刚², 田伟²

(1. 云南省水文水资源局, 云南 昆明 650106; 2. 青岛本源水务技术发展有限公司, 山东 青岛 266555)

摘要: 对抚仙湖水域浮游植物进行了调查, 共发现浮游植物 54 种, 隶属于 6 门 48 属, 绿藻门种类最多, 占调查区总物种数的 56.25%, 硅藻门占 18.75%, 蓝藻门占 14.58%, 前三个门类共占 89% 以上。细胞丰度也以绿藻占绝对优势, 约占 56.13%, 其次是蓝藻门。优势种依次为蓝藻门隐球藻 (*Aphanocapsa* sp.), 裸藻门分歧锥囊藻 (*Dinoryon divergens*), 绿藻门简单衣藻 (*Chlamydononas simplex*)、弯曲栅藻 (*Scenedesmus arcuatus*), 小球藻 (*Chlorella* sp.), 单生卵囊藻 (*Oocystis solitaria*)。植物细胞丰度介于 $5.069 \sim 9.275 \times 10^5$ cells/L, 香农-威纳多样性指数介于 3.181 ~ 3.717, Pielou 均匀度指数介于 0.628 ~ 0.750。在本次调查中, 抚仙湖浮游植物细胞南区大于北区, 利用浮游植物和物化因子对抚仙湖水进行营养状况的评价, 抚仙湖综合水平为贫营养化水体。

关键词: 浮游植物; 群落结构; 抚仙湖

中图分类号: X524 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0026-05

抚仙湖作为我国第二大深水湖泊, 最大水深超过 157m^[1], 同时也是典型的深水湖泊^[2], 其水质一直处于 I 类水质, 营养状况处于贫营养阶段^[3]。但是近年来, 随着入湖污染的加剧, 抚仙湖的透明度呈现出下降的趋势^[4]。

浮游植物作为湖泊生态系统的初级生产者, 是食物链的重要组成部分, 因其个体微小, 对外界的反映灵敏, 其群落组成和丰度变化也对湖水的水质营养状况和健康水平起到一定的指示作用^[5]。从 20 世纪 60 年代就有学者对抚仙湖的浮游植物进行调查^[6], 李荫玺等^[7]则通过对 4 个常规监测点近 20a 的数据分析了抚仙湖浮游植物种类和数量发展趋势。本研究依托云南省河湖健康评估试点项目, 在湖中设置了 7 个采样点, 分析其群落结构组成及分布情况, 包括物种组成、细胞丰度、优势种组成与分布、多样性指数的分布等, 以为抚仙湖水域的富营养化研究和生态系统的保护提供基础资料, 同时也为高原深水湖泊生态系统长期变化规律研究积累资料。

1 研究方法

1.1 样品的采集和处理

抚仙湖共设立 7 个站点进行浮游植物取样 (图 1), 5L 有机采水器采集 0 ~ 2 m 混合样 1000 ml,

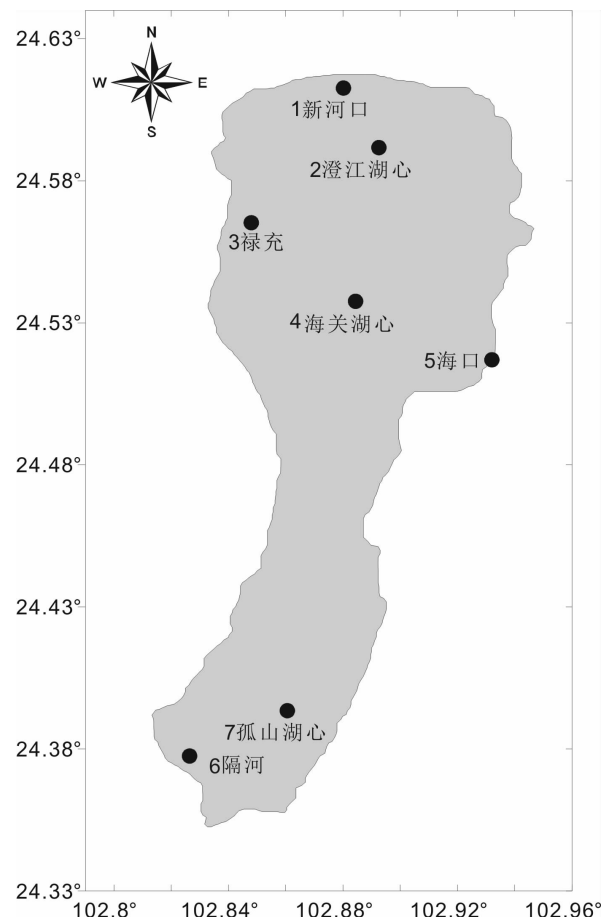


图1 调查站点

15ml 鲁格氏液固定, 实验室静置 24h 以上, 虹吸管浓缩至 30 ml, 分析前充分摇匀, 吸取 0.1ml 样

收稿日期: 2012-12-27

基金项目: 本项目受云南省河湖健康评估试点项目支持。

作者简介: 此里能布 (1966-), 男, 藏族, 云南香格里拉人, 工程师, 研究方向: 水体生态学。

通讯作者: 赵华刚 (1975-), 男, 汉族, 山东东营人, 工程师, 研究方向: 水体生态学。

品于0.1ml计数框内，在显微镜下进行物种鉴定和个体计数^[8]。环境因子的采样与浮游植物采样同时进行，并带回实验室进行各指标的检验。

1.2 浮游植物指数计算

物种多样性指数的计算采用香农-威纳指数 (H' Shannon - Wiener index)^[9]

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i \quad (1)$$

物种均匀度采用 Pielou 指数 (J)^[10]，计算公式为：

$$J = \frac{H'}{\log_2 S} \quad (2)$$

优势度指数 (Y)^[11]，其计算公式为：

$$Y = \frac{n_i f_i}{N} \quad (3)$$

式中： N 为采集样品中所有物种的总个体数， S 为样品中的物种总数， n_i 为第*i*种的总个体数， $P_i = n_i/N$ 为第*i*种在样品中的细胞丰度概率， f_i 为该种在各样品中出现的频率。

2 结果与分析

2.1 浮游植物群落组成

本次实验发现浮游植物 54 种，隶属于 6 门 48 属。其中绿藻门种类最多，有 26 属 31 种（图 2），占调查区总物种数的 57.4%，硅藻门 9 属 11 种，占 20.4%，蓝藻门 7 属 7 种，占 13.0%，前三个门类所占比例超过 89%。绿藻在占细胞丰度的比例上也有绝对的优势，约占 54.3%，其次是蓝藻门，占细胞丰度的比例为 38.7%。

2.2 优势种

浮游植物在调查区优势种有蓝藻门的隐球藻 (*Aphanocapsa sp.*)（表 1），裸藻门的分歧锥囊藻 (*Dinoryon divergens*)，绿藻门的简单衣藻 (*Chlamydononas simplex*)，弯曲栅藻 (*Scenedesmus arcuatus*)，小球藻 (*Chlorella sp.*)，单生卵囊藻 (*Oocystis solitaria*) 等。隐球藻具有较高的出现频率和优势度，细胞丰度介于 $13.30 \sim 25.02 \times 10^4$ cells/L，平均为 19.23×10^4 cells/L。

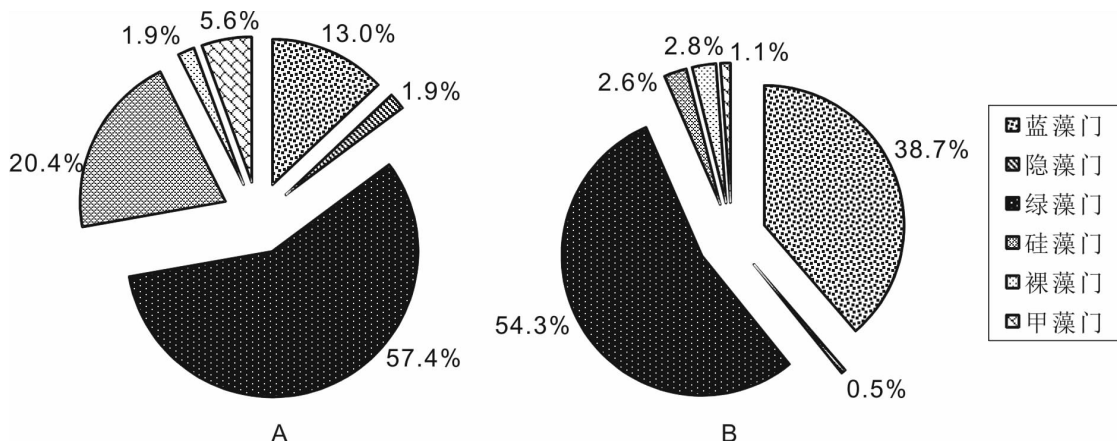


图2 抚仙湖浮游植物组成 (A. 物种组成 B. 细胞丰度组成)

表 1 抚仙湖浮游植物优势种及细胞丰度 (10^4 cells/L)

中文名	拉丁文名	频率	优势度	平均丰度	细胞丰度
隐球藻	<i>Aphanocapsa sp.</i>	1.000	0.284	19.23	13.30 ~ 25.02
简单衣藻	<i>Chlamydononas simplex</i>	0.857	0.070	6.47	0.28 ~ 12.64
弯曲栅藻	<i>Scenedesmus arcuatus</i>	0.857	0.067	6.15	4.16 ~ 8.40
小球藻	<i>Chlorella sp.</i>	1.000	0.064	4.30	1.05 ~ 8.23
单生卵囊藻	<i>Oocystis solitaria</i>	1.000	0.040	2.71	0.91 ~ 5.20
并联藻	<i>Quadrigula chodatii</i>	0.857	0.037	3.37	0.85 ~ 9.10
小型卵囊藻	<i>Oocystis parva</i>	1.000	0.029	1.95	0.13 ~ 5.20
分歧锥囊藻	<i>Dinoryon divergens</i>	1.000	0.028	1.86	0.28 ~ 6.52
空星藻	<i>Coelastrum sp.</i>	0.714	0.027	3.53	2.11 ~ 5.60
肾形藻	<i>Nephrocitium agardhianum</i>	1.000	0.025	1.71	0.30 ~ 4.23

2.3 细胞丰度

植物细胞丰度介于 $5.069 \sim 9.275 \times 10^5$ cells/L (表2), 6号站最大, 2号站最小。在各门类所占细胞丰

度的比例上, 绿藻门北部湖区的比例较高, 而在南部湖区, 蓝藻细胞所占有的比例有所升高。蓝藻比例比较高的站点主要位于抚仙湖的海口和隔河附近。

表2 调查区浮游植物细胞丰度

站位	细胞丰度	蓝藻门		绿藻门		硅藻门	
		细胞丰度	百分比/%	细胞丰度	百分比/%	细胞丰度	百分比/%
1	63.57	13.30	20.92	45.58	71.69	1.56	2.45
2	50.69	15.93	31.42	32.00	63.12	1.54	3.05
3	54.48	16.62	30.51	34.07	62.53	1.67	3.06
4	60.75	23.47	38.64	32.35	53.25	2.17	3.58
5	81.41	46.52	57.15	30.46	37.42	2.30	2.82
6	92.75	51.59	55.62	37.71	40.66	1.98	2.13
7	69.67	15.61	22.40	44.77	64.26	1.18	1.70

2.4 与历史资料的对比

抚仙湖近30a浮游植物的群落组成及细胞丰度的变化如图3所示^[7]。在抚仙湖浮游植物的群落组成上, 以绿藻门和硅藻门为主, 而隐藻门、裸藻门等所占份额及比例变化都不明显。蓝藻门呈现出一定的增长, 尤其是2011年, 蓝藻门细胞丰度超过了硅藻门。从1980年到2004年, 抚仙湖浮游植物的细胞丰度呈现上升的趋势。

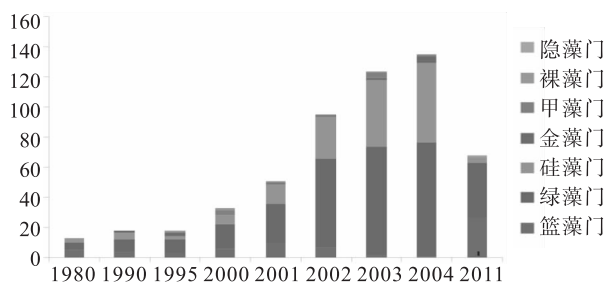


图3 浮游植物细胞丰度与历史资料的对比

2.5 浮游植物的多样性指数

抚仙湖香农-威纳多样性指数介于 3.181 ~ 3.717, Pielou 均匀度指数介于 0.628 ~ 0.750 (图4), 二者随站位的变化趋势相对一致, 与浮游植物细胞丰度的变化趋势相反, 即细胞丰度高的站位, 多样性指数较低。两者的低值出现在6号站, 而在此站位同时存在细胞丰度的高值, 可能是高细胞丰度的单一物种, 使得群落结构的多样性较低。

2.6 调查区环境因子及与浮游植物指标的相关性分析

调查区总氮及总磷在各调查站位变化不大, 而叶绿素和溶解氧含量在7号站存在最大值。浮游植

物各指数与物化因子的关系如表3, 其中藻类总数与总叶绿素和溶解氧呈正相关, 而与其它因子相关性不明显, 在浮游植物的组成的各门类中, 裸藻与溶解氧存在正相关性, 其他门类与物化因子相关性不强。

2.7 浮游植物与水质评价

目前评价湖泊营养状况的指标主要有细胞丰度、叶绿素的含量^[12]、总氮、总磷、高锰酸钾指数^[13]、多样性指数、Pielou 均匀度指数^[14]等 (表4)。从生物方面对水质进行评价, 细胞丰度和叶绿素处于中营养水平, 多样性指数和均匀度指数对应贫营养水平; 从环境因子方面对水质进行评价, 总氮和总磷评价的水质状况为贫营养水平, 高锰酸钾指数则指示该水质营养化程度较高。总体而言, 抚仙湖水质评价水平仍处于贫营养状况。

3 讨论

随着抚仙湖的周边旅游景点以及人类活动的增加, 水质也在不断地受到影响, 浮游植物细胞丰度也逐年增长。本次调查浮游植物细胞丰度的高值, 与潘继征等^[15]的研究相似, 在抚仙南部存在高值,

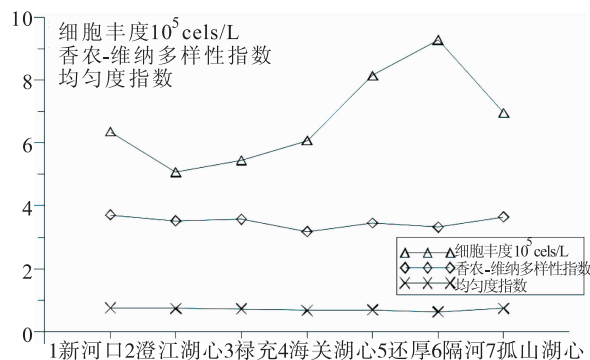


图4 调查区细胞丰度与多样性指数的关系

表3 调查区物化与浮游植物计算指标

站位	总叶绿素 / $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	溶解氧 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	总氮 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	氨氮 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	高锰酸盐指数 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	总磷 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	细胞丰度 / $10^4 \text{cells} \cdot \text{L}^{-1}$	香农-威纳 多样性指数	均匀度 指数
1	0.91	6.85	0.18	0.13	1.40	<0.010	63.57	3.717	0.750
2	0.91	6.78	0.19	0.10	1.20	<0.010	50.69	3.521	0.740
3	0.80	6.89	0.18	0.11	1.50	<0.010	54.48	3.572	0.721
4	0.76	6.78	0.18	0.10	1.40	<0.010	60.75	3.181	0.669
5	0.93	6.93	0.18	0.12	1.30	<0.010	81.41	3.455	0.691
6	1.17	6.86	0.18	0.15	1.20	<0.010	92.75	3.321	0.628
7	1.38	7.18	0.18	0.10	1.20	<0.010	69.67	3.644	0.743
平均	0.98	6.90	0.18	0.12	1.31	<0.010	67.62	3.49	0.71

表4 浮游植物细胞丰度与环境因子的相关因子

	DO / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	TDS / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	pH	总叶绿素 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	蓝藻叶绿素 / $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	氨氮 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	硝酸盐氮 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	总氮 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	高锰酸盐指数 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
藻类总数	0.790 *	0.216	-0.43	1.000 * *	-0.665	0.156	-0.066	-0.342	-0.733
蓝藻门	-0.082	0.492	-0.707	0.17	0.04	0.664	0.457	-0.111	-0.336
隐藻门	0.199	-0.439	0.189	0.434	-0.75	0.536	-0.164	-0.528	-0.333
绿藻门	0.53	-0.229	0.363	0.595	-0.609	0.199	-0.506	-0.541	-0.113
硅藻门	-0.514	0.382	-0.414	-0.5	0.566	0.332	0.387	0.011	0.205
裸藻门	0.842 *	0.224	-0.275	0.697	-0.27	-0.443	-0.417	-0.495	-0.355
甲藻门	0.382	0.359	0.222	-0.034	0.421	-0.212	-0.715	-0.218	0.622
香农-威纳 多样性指数	0.458	-0.483	0.47	0.267	-0.467	-0.149	-0.676	-0.358	0.05
均匀度指数	0.292	-0.592	0.555	0.006	-0.266	-0.599	-0.584	-0.125	0.132

注: * * 和 * 显著性检验分别为0.01和0.05水平。

表5 评价湖泊营养状况各指标

	总叶绿素 / $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	总氮 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	高锰酸盐指数 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	总磷 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	细胞丰度 / $10^4 \text{cells} \cdot \text{L}^{-1}$	多样性	均匀度
贫营养	0.3~3	0~0.4	0~0.40	0~0.004	<30	>3	0.5~0.8
中营养	2~15	1~4	1~4	0.01~0.05	30~100	1~3	0.3~0.5
富营养	10~500	8~60	8~60	0.1~1.3	>100	0~1	0~0.3
结果	中营养	贫营养	中营养	贫营养	中营养	贫营养	贫营养

隔河附近是与南部星云湖相通的要道,星云湖水可能通过扩散作用对抚仙湖有一定的影响。存在于抚仙湖北部的细胞丰度的另一个高值区位于海口附近,周围较多的旅游景点以及度假村等人类活动,对水质情况有一定的影响。浮游植物的细胞丰度已达到贫营养界限($30 \times 10^4 \text{cells/L}$)的2倍,而群落结构上则处于贫营养水平,说明群落结构还较稳定,生态水平比较健康。而从环境因子上来分析,抚仙湖的高锰酸钾指数较高,已达到富营养水平。

氨氮是表征水体富营养化的主要指标,根据抚仙湖周边的地理环境以及本次采样的氨氮的平面分布,将抚仙湖水体分为三个区(图5)。

A区:位于抚仙湖的北部和东部,本区域旅游景点和度假村较多,同时在北部也有农田等较多的

人为活动。

B区:位于抚仙湖的西南部和南部,包括孤山、隔河。星云湖的水体通过隔河与抚仙湖相通,而孤山则存在较多的景点和度假村,人为的污染较多。

C区:位于抚仙湖的湖心区域,水质情况相对稳定,受外界影响较少。

除B区以外,其他各区水质监测调查布点上应该相对密集和频繁,尤其是在旅游季节,更需要重视,应该在布点和采样频率上都进行加强。

此次调查抚仙湖仅设置了7个站位,获得的数据量相对较少,虽能在一定程度上代表湖体的情况,但是为保证监测的质量,抚仙湖北部水域和南部隔河、孤岛水域应适时增加采样点和频率。

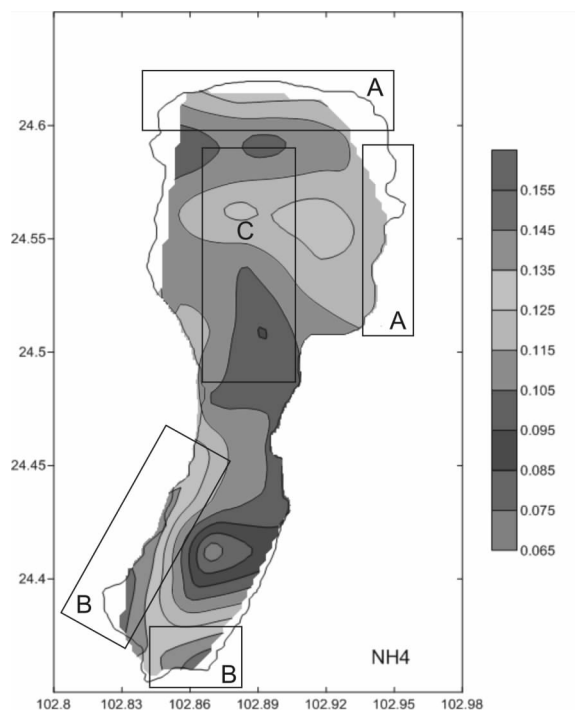


图5 抚仙湖分区

4 结论

(1) 本次调查采样共发现浮游植物 54 种，隶属于 6 门 48 属。绿藻为最主要的组成部分。

(2) 浮游植物细胞丰度介于 $5.069 \sim 9.275 \times 10^5$ 个/L，最高值出现在 6 号站，最低值出现在 2 号站。

(3) 浮游植物的优势种以绿藻、蓝藻、硅藻为主，为绿藻 - 蓝藻型水体。

(4) 浮游植物的香农 - 威纳多样性指数与均匀度指数分布相吻合，在细胞丰度的高值区存在低值。

(5) 通过浮游植物的相关指标以及环境因子的指标对抚仙湖进行评价，抚仙湖综合水平为贫营养水体。

参考文献:

- [1] 王苏民, 窦鸿身. 中国湖泊志 [M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [2] 中国科学院南京地理与湖泊研究所. 抚仙湖 [M]. 北京: 海洋出版社, 1990.
- [3] 金相灿. 中国湖泊富营养化 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [4] 潘继征, 熊飞, 李文朝, 等. 云南抚仙湖透明度的时空变化及影响因子分析 [J]. 湖泊科学, 2008, 20 (5): 681 - 686.
- [5] Robert G Wetzel. Limnology, Lakes and River Ecosystems [M]. New York: Academic Press, 2001.
- [6] 黎尚豪, 俞敏娟, 李光正, 等. 云南高原湖泊调查 [J]. 海洋与湖沼, 1963, 5 (2): 100 - 110.
- [7] 李萌玺, 王林, 祁云宽, 等. 抚仙湖浮游植物发展趋势分析 [J]. 湖泊科学, 2007, 19 (2): 223 - 226.
- [8] 金相灿. 湖泊富营养化调查规范 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [9] Shannon, C. E., and W. Weaver. The Mathematical Theory of Communication [D]. University of Illinois Press, 1949; 1 - 117.
- [10] Pielou, E. C. An Introduction to Mathematical Ecology [D]. New York: Wiley - Interscience, 1969; 1 - 286.
- [11] 孙军, 刘东艳, 徐俊, 等. 1999 年春季渤海中部及其邻近海域的网采浮游植物群落 [J]. 生态学报, 2004, 24 (9): 2003 - 2016.
- [12] 邓新晏, 许继宏. 澄江抚仙湖藻类植物研究 [J]. 云南大学学报, 1996, 18 (2): 139 - 145.
- [13] 水利部水利水电规划设计总院. 全国水资源综合规划技术细则 [EB/OL]. <http://ghjh.mwr.gov.cn/upload>.
- [14] 张婷, 李德亮, 许宝红, 等. 西洞庭湖区养殖水体浮游植物调查与水质评价 [J]. 水生态学杂志, 2009, 2 (5): 12 - 18.
- [15] 潘继征, 熊飞, 李文朝, 等. 抚仙湖浮游植物群落结构、分布及其影响因子 [J]. 生态学报, 2009, 29 (10): 5376 - 5385.

The Phytoplankton Community Structure in Fuxian Lake in the Autumn of 2011

Cilinengbu¹, MAO Jian-zhong¹, ZHAO Hua-gang², TIAN Wei²

(1. Yunnan Provincial Hydrology and Water Resources Bureau, Kunming Yunnan 650106 China)

Abstract: The investigation of the phytoplankton in Fuxian Lake finds 54 species of them, belonging to 48 genera of 6 phyla. Most of them belong to the chlorophyta, accounting for 56.25% of the total species; and the bacillariophyta covers 18.75% and the cyanophyta is 14.58%. All of the three takes up 89% of the total amount. The chlorophyta is of the absolute advantage in the cell abundance, accounting for 56.13%. The cyanophyta comes next. The dominant species are (from more to less): *Aphanocapsa* sp., *Dinoryon divergens*, *Chlamydononas simplex*, *Scenedesmus arcuatus*, *Chlorella* sp. and *Oocystis solitaria*. The cell abundance of the phytoplankton ranges from $5.069 \sim 9.275 \times 10^5$ cells/L. The Shannon - Wiener diversity index is between 3.181 ~ 3.717. The Pielou evenness index is at 0.628 ~ 0.750. We also find that there is more phytoplankton cell in the southern area than the north of the lake. The lake is oligotrophic when being evaluated by using the phytoplankton and the physiochemical factors.

Key words: phytoplankton; community structure; Fuxian Lake

河口前置库对水土流失防治效果研究

杨 琏, 何 锋

(昆明市滇池生态研究所, 云南 昆明 650228)

摘 要: 通过水土流失预测、典型区域泥沙沉积量监测、实测水下地形图三种方法, 对滇池东大河河口前置库水土流失防治效果进行了分析研究, 研究结论表明: 前置库面源污染的削减作用明显, 同时有效地减缓了泥沙游动速度, 为泥沙沉淀提供了有效的空间场所, 在入滇池泥沙量的削减上发挥了重要作用, 对东大河入滇池水土流失的防治效果明显。

关键词: 河口前置库; 水土流失; 泥沙沉积; 防治; 滇池

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0031-05

1 前言

河口前置库技术 20 世纪 50 年代起源于欧洲, 是一种针对小流域面源污染控制的综合技术。关于前置库的研究, 国内外目前主要集中于对面源污染的削减、泥沙去除等方面。而关于综合系统和综合结构的研究开发方面还比较缺乏。此外, 关于提高前置库净化系统的环境效益、生态效益和景观效益方面也仍然有很多的空缺^[1,2]。在学习总结日本、欧洲等国家前置库技术应用和研究基础上, 2007 年昆明市在晋宁县开展了“滇池东大河河口前置库净化效果研究项目”, 项目就河口前置库对流域内面源污染控制、入湖泥沙沉积的减少效果进行示范研究。

东大河水系位于晋宁县境内, 东大河发源于东南部的干海子(海龙)白泥箐, 由昆阳镇兴旺村流入滇池, 全长 21km, 是昆阳坝区的主河道。流域面积 195.44km², 总落差 120m, 平均坡降 5‰。丰水期流量 16m³/s, 枯水期流量 0.2m³/s。区域内属于富磷矿区, 土壤磷素背景高。下游周边为传统的集花卉、蔬菜、渔业为一体的产业区。由于水土流失严重, 地表径流携带大量的泥沙和磷等污染物进入滇池, 使滇池湖盆不断浅化, 污染加重。

东大河河口前置库总面积 64380m², 总容积 89290m³, 东西向长约 520m, 南北向宽约 150m。沉砂池紧接河口布置, 为扩散梯形状, 平均长 140m, 平均宽度 110m, 面积 15580m³, 设计底高程 1885.0m。沉砂池后为一般沉淀区, 面积为

48800m³, 水深 0.75 ~ 1.75m^[3]。

2 东大河前置库水土保持效果分析

2.1 入库水土流失量分析

2.1.1 东大河流域水土流失现状分析

东大河流经乌龙、储英、旺兴等 11 个村委会, 涉及 7139 户、20512 人, 受益土地面积 1082.13hm²。2004 年昆明市各县(市)土壤侵蚀遥感^[4]调查表明: 晋宁县土地总面积 1225.41km², 土壤侵蚀面积 331.2km², 土壤侵蚀以轻度和中度侵蚀为主, 全县平均土壤侵蚀模数为 949t/km²·a。

东大河前置库的水土流失主要来源于河道下游, 上游河水中携带的泥沙大部分被双龙水库、大春河水库、洛武河水库拦截, 在三座水库以下的水土流失大部分是通过径流、暴雨进入前置库, 三座水库以下汇水面积为 109.04km²。经计算, 东大河流域平均土壤侵蚀模数 460t/km²·a。

表 1 流域不同侵蚀强度分级表^[5]

级别	侵蚀模数 /t·km ⁻² ·a ⁻¹	平均流失厚度 /mm·a ⁻¹
微度侵蚀	<200	<0.15
轻度	500	0.37
中度	2500	1.9
强度	5000	3.7

2.1.2 流域内水土保持综合整治情况

流域内水土流失类型主要是水力侵蚀, 流域上游分大春河、中和铺、宝峰三个小流域开展水土流失综合整治, 至 2010 年已完成治理面积 51.94km², 生态修复面积 37.10km²。治理情况详见表 2。

收稿日期: 2012-12-26

作者简介: 杨琏(1971-), 女, 安徽肥东人, 高级工程师, 主要从事水土保持、水污染防治等生态建设领域的设计、研究。

表2 东大河上游小流域水土保持综合整治情况表

小流域名	项目	治理面积 /km ²	生态修复面积 /km ²	分项措施						小型水利水保工程					工程量/万 m ³	
				坡改梯 /hm ²	水保林 /hm ²	经果林 /hm ²	种草 /hm ²	封禁治理 /hm ²	保土耕作 /hm ²	塘坝 /座	蓄水池(窖) /口	沟渠 /km	沉沙凼 /口	谷坊 /座		拦沙坝 /座
大春河	规划	18.93	12.49	1000	4730	1790		18740	2130		11	4			1	19.8
	完成	18.96	12.49	580	2860	3020		18740	3240		28	5.95			0	13
中和铺	规划	15.89	11.74	1220	1156	670	0	17604	3187	3	122	14.72	122	3	2	18.3
	完成	14.60	10.74	1220	880	511	0	16105	3187	3	122	13.12	122	2	2	17.6
宝峰	规划	19.20	13.97	1551	448.65	365	245	20959	5232	5		4.51	622	2	2	21.6
	完成	18.38	13.87	1372	450	287	224	20809	4422	5	48	3.64	480	2	2	19.6
合计	规划	54.02	38.20	3771	6334.65	2825	245	57303	10549	8	133	23.23	744	5	5	59.7
	完成	51.94	37.10	3172	4190	3818	224	55654	10849	8	198	22.71	602	4	17	53.5

2.1.3 上游主要水库入库水土流失量分析

东大河流域上游主要有中型水库 1 座，小(一)型水库 2 座，分别是双龙水库、大春河水库、洛武河水库，水库蓄水拦截了上游径流区大部分的水土流失。然而，水库定期的排沙是水库对下

游东大河流域的主要水土流失贡献。

东大河流域内无泥沙实测资料，在现有资料情况下，泥沙计算采用土壤侵蚀模数图法进行估算^[3]。查 1:20 万《云南省土壤侵蚀图》(2000 年版)，东大河上游三座水库入库泥沙量汇总于表 3。

表3 水库入库泥沙量表

水库名称	无明显侵蚀		轻度侵蚀		泥沙量/t		
	侵蚀模数/t · km ⁻² · a ⁻¹	面积/ km ⁻²	侵蚀模数/t · km ⁻² · a ⁻¹	面积/ km ⁻²	悬移质	推移质	小计
双龙	200	52.3	500	14.4	14717	2943	17660
大春河	200	6.4	500	4.4	2900	580	3480
洛武河	200	7.7	500	1.2	1783	357	2140
合计		66.4		20	19400	3880	23280

参照昆明市大多数中小型水库的一般运行管理经验，经综合考虑，3 座水库排沙率均按 20% 计，因此 3 座水库多年平均排沙量合计为 3880t (只考虑推移质)。

2.1.4 东大河流域入库水土流失量分析

东大河流域在 3 座水库以下的水土流失大部分是通过径流、暴雨进入前置库，3 座水库以下汇水面积为 109.04km²。其中：微度侵蚀面积 79.57km²，土壤侵蚀面积 29.47km²。土壤侵蚀面积中：轻度侵蚀面积 19.66km²，中度侵蚀面积 9.73km²，强度侵蚀面积 0.06km²。

按各级水土流失面积和不同级别侵蚀模数计算，下游区间流域年平均水土流失总量为 50169t。通过实测，可能通过河道、雨水冲刷等方式进入东大河前置库的水土流失量约占水土流失总量的 8%，由此计算得到东大河前置库年水土流失量为 4013.52t。

2.1.5 分析结论

东大河入滇池口断面年平均水土流失主要来

源于水库排沙和径流区汇水推移质入河、入库水土流失，年拦截水土流失总量为：上游主要水库多年平均排沙量 + 入库水土流失量 = 3880 + 4013.52 = 7893.52t。按照东大河前置库 2008 年初至 2010 年底，3 年计算，拦截水土流失总量为 23680.56t。

表4 东大河流域入库水土流失量分析

项目名称	三座水库以下汇水区域 /km ²	侵蚀模数 /t · km ⁻² · a ⁻¹	水土流失量 /t · a ⁻¹
总面积	109.04		
微度侵蚀	78.57	200	15714
土壤侵蚀	29.47		
其中：轻度	19.66	500	9830
中度	9.73	2500	24325
强度	0.06	5000	300
合计			50169
可能入库水土流失量		8%	4013.52

2.2 入库泥沙沉积规律监测研究分析

2.2.1 开展监测研究基本情况

自2008年东大河前置库建设完成后，就泥沙沉积情况进行了为期三年的监测研究。底泥沉积监测点为S1~S5点，分别是进水点、泥沙中心区、泥沙-生物塘边缘区、生物塘中心区和出水点。泥沙一大部分来自暴雨期间径流经河道携带进入；一部分则由于风浪扰动底泥，由外海涌入库中，在库中进行沉积。通过对水深和水位测定，对各点底高程可进行推算，进而推测泥沙的堆积状况。

2.2.2 研究内容与成果

2008年为建设完工第一年，也是沉积效果最明显的一年。在泥沙中心区，堆积厚度最大，为0.33m，泥沙-生物塘边缘区、生物塘中心区和出水点分别堆积厚度为0.16m、0.15m和0.17m。泥沙区泥沙堆积量为5141m³，一般沉淀区为7808m³，总泥沙堆积量为12949m³。2009年与2010年泥沙堆积厚度与沉积量基本稳定一致，泥沙堆积厚度在0.123~0.125m，泥沙沉积量分别为7840m³和8214m³。监测分析详见表5。

表5 2008年前置库各监测点泥沙沉积情况监测分析表

日期	外海水位	S1		S2		S3		S4		S5	
		水深	底高程	水深	底高程	水深	底高程	水深	底高程	水深	底高程
4月24日	1886.98	0.4	1886.58	1.9	1885.08	1.67	1885.31	1.74	1885.24		
5月29日	1886.97	0.49	1886.48	1.82	1885.15	1.64	1885.33	1.72	1885.25	1.72	1885.25
6月19日	1887.06	0.89	1886.17	1.78	1885.28	1.74	1885.32	1.76	1885.3	1.79	1885.27
7月22日	1887.21	0.91	1886.3	1.88	1885.33	1.79	1885.42	1.85	1885.36	1.82	1885.39
8月28日	1887.19	1.26	1885.93	1.78	1885.41	1.72	1885.47	1.8	1885.39	1.78	1885.41
堆积厚度/m				0.33		0.16		0.15		0.17	
泥沙中心泥沙堆积量/m ³				5141				=15580m ² ×0.33m			
一般沉淀区泥沙堆积量/m ³				7808				=48800m ² ×0.16m			

表6 2009年前置库各监测点泥沙沉积情况监测分析表 (m)

编号	点位名称	2009年1月初始底高程	2009年12月底高程	泥沙厚度
S2	沉淀区	1885.41	1885.60	0.19
S3	沉淀-水生植物塘交错区	1885.47	1885.57	0.10
S4	水生植物区中心	1885.39	1885.55	0.16
S5	出水	1885.41	1885.45	0.04
平均沉积厚度				0.123
泥沙沉积量/m ³				7840

表7 2010年前置库各监测点泥沙沉积情况监测分析表 (m)

编号	点位名称	2010年初始底高程	2010年12月底高程	泥沙厚度
S2	沉淀区	1885.60	1885.72	0.12
S3	沉淀-水生植物塘交错区	1885.57	1885.62	0.05
S4	水生植物区中心	1885.55	1885.82	0.27
S5	出水	1885.45	1885.52	0.07
平均沉积厚度				0.125
泥沙沉积量/m ³				8214

2.2.3 研究结论

前置库库体内有4个常规监测点，从2008年年初开始，至2010年12月，沉淀区、沉淀-水生

植物塘交错区、水生植物区中心、出水口内侧泥沙堆积厚度分别为0.64、0.31、0.58、0.28m，平均淤积厚度为0.452m，泥沙淤积量达29003m³。

表8 2008年~2010年东大河前置库泥沙沉积情况分析表/m

编号	点位名称	2008年初始底高程	2010年12月底高程	泥沙厚度
S2	沉淀区	1885.08	1885.72	0.64
S3	沉淀-水生植物塘交错区	1885.31	1885.62	0.31
S4	水生植物区中心	1885.24	1885.82	0.58
S5	出水	1885.24	1885.52	0.28
平均沉积厚度				0.452
泥沙沉积量/m ³				29003

2.3 实测地形图泥沙沉积量分析

2.3.1 水下地形测量

2008年5月、2010年6月对东大河前置库进行了两次水下地形测量。通过水下地形图测量结果发现：2008年测量地形，对应于滇池正常水位1887.4m的库容为105496m³，整个前置库分为河道进口段、沉淀区、水生植物净化区、出口四个部分，从地形图中可以看出，沉淀区地形由于疏挖控制的原因，地形起伏不定，在疏挖中心区最低高程达到1884.49m，最高高程1886.19m，高差达到1.7m。

2010年测量地形，对应于滇池正常水位1887.4m的库容为99355m³，从地形图中可以看出，沉淀区地形经过两年多的沉淀，地形起伏高差较两年前平缓。

2.3.2 泥沙沉积量

通过两次测量比较，2010年6月前置库库容相对于2008年5月减少了6141m³，年均沉沙量2856m³。由此推算，2008~2010年三年泥沙沉积量为8568m³。

2.3.3 泥沙沉积范围

针对水下地形的变化，我们对前置库延水流方

向中轴线各画一条地形高程线，对泥沙沉积情况进行对比分析，图3、图4中里程0m为河道上小铁桥处，里程80~320m为沉淀区，320~600m为水生植物净化区，600m为前置库开口入滇池处。

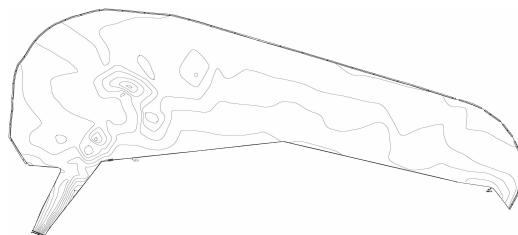


图1 2008年5月前置库水下地形图



图2 2010年6月前置库水下地形图

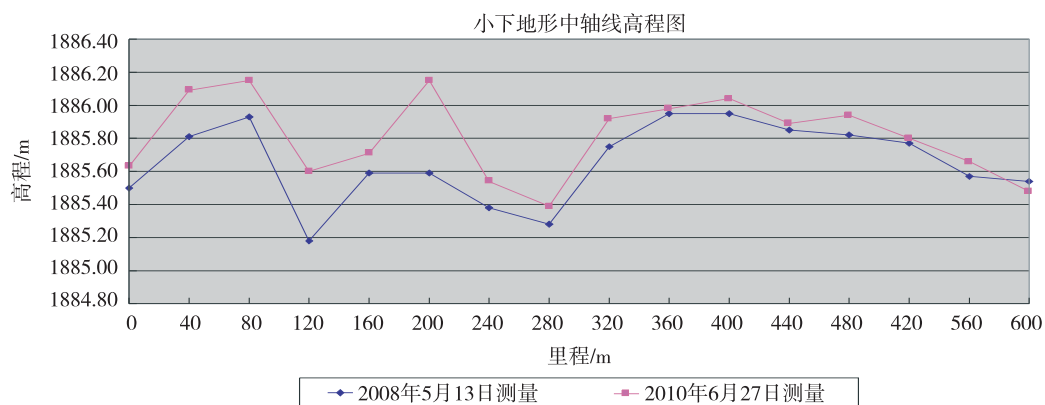


图3 水下地形中轴线高程图

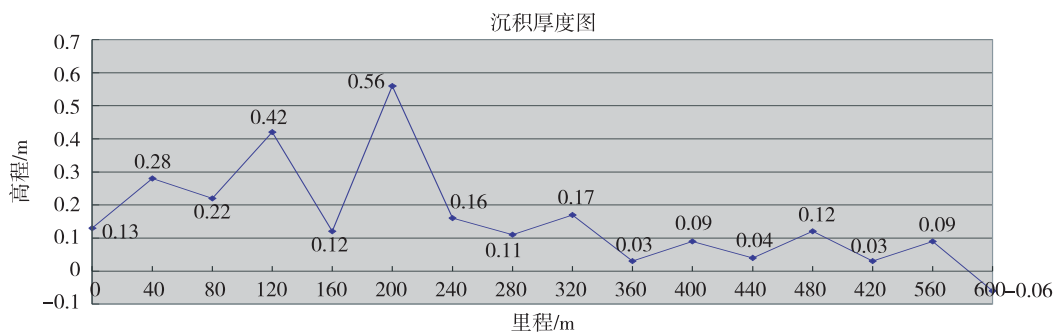


图4 泥沙水下沉积厚度图

从图3、图4中可以看出,泥沙沉积主要发生在河道段及沉淀区,河道段平均沉积厚度为20cm;沉淀区平均沉积厚度为28cm,最大沉积厚度为56cm,最小沉积厚度11cm,水流至里程240m处,泥沙沉积情况开始减弱,从以上数据可以看出,东大河水流在水面扩大5倍以上后,前160m段为泥沙主要沉淀区。

在数据中可以看出沉淀区里程160m处沉淀厚度较薄,与前后数据衔接不是很好,通过对地形图分析后认为,在2008年水下地形中,里程160m处北部有一个疏挖较深的低洼地,造成该点地形相对周围较高,泥沙在沉积中流向低洼处,对照2010年水下地形,可以发现该点北部低洼地沉积厚度较厚,与分析情况符合。

2.4 三种方法获得的泥沙沉积效果分析

通过水土流失预测、典型区域泥沙沉积量监测、实测水下地形图三种方法,预测的水土流失量分别为23681t、29003t和8568t。预测结果表明:东大河前置库有效地减缓了泥沙游动速度,为泥沙沉淀提供了有效的空间场所,在入滇池泥沙量的削减上发挥了重要作用,对东大河入滇池水土流失的防治效果明显。

3 结果与分析

(1) 水土流失预测、典型区域泥沙沉积量监测、实测水下地形图三种方法,预测的水土流失量分别为23681t、29003t和8568t。预测结果表明:东大河前置库有效地减缓了泥沙游动速度,为泥沙沉淀提供了有效的空间场所,在入滇池泥沙量的削减上发挥了重要作用,对东大河入滇池水土流失的

防治效果明显。

(2) 东大河流域上游主要水库蓄水拦截了上游径流区大部分的水土流失。经分析,在上游水库拦蓄的23280t泥沙中,仅有3880t通过水库排沙排至下游河道,因此可以看出,水库蓄水对泥沙的沉淀及下游的水土流失的控制作用明显。

(3) 季节因素对前置库泥沙拦蓄效果影响作用较大。东大河水量受上游水库及沿途生活和灌溉取水影响,流量常年均较低。旱季,东大河流量约在 $0.287 \sim 1.52 \text{m}^3/\text{s}$,河道水多被水库蓄积和被提供为其它农业和生活用水。河内汇集了部分的生活和农业排灌水,因此,固体悬浮物相对很低,为 $17.4 \pm 5.92 \text{mg/L}$;雨季东大河流量相对有所增大,约 $4.44 \sim 5.94 \text{m}^3/\text{s}$,河道水汇集了部分地表径流的泥沙,因此,固体悬浮物相对有所增加,为 $10 \sim 118.5 \text{mg/L}$ 。通过研究,前置库雨季对固体悬浮物去除率 $> 74\%$,对透明度的改善,最大可提高77.4%。

参考文献:

- [1] Klaus Pütz, Jürgen Benndorf. The importance of pre-reservoirs for the control of eutrophication of reservoirs [J]. *Wat. Sc. Tech.*, 1998, 37 (2): 317-324.
- [2] 张毅敏,张永春. 前置库技术在太湖流域面源污染控制中的应用探讨 [J]. *环境污染与防治*, 2003, 12 (6): 342-344.
- [3] 昆明市滇池生态研究所. 滇池东大河河口前置库净化示范项目可行性研究报告 [R]. 2007.
- [4] 云南省水利厅. 云南省2004年土壤侵蚀现状遥感调查报告 [R]. 2006.
- [5] SL190-2007, 土壤侵蚀分类分级标准 [S].

Effect of the Estuary Pre-Reservoir on Soil Conservation

YANG Lian, HE Feng

(Kunming Municipal Dianchi Ecological Institute, Kunming Yunnan 650228 China)

Abstract: The effect of the pre-reservoir at the estuary of Dongda River of Dianchi Lake on the soil conservation is studied by using the three methodologies, such as soil erosion prediction, monitoring of the sedimentation in the typical area and surveying the underwater topographic map. The result shows that the pre-reservoir could significantly eliminate the non-point source pollution and slow down the velocity of the moving silt by providing an effective space for holding the sediment. Therefore it plays an important role in reduction of the sedimentation in Dianchi Lake coming from Dongda River.

Key words: estuary pre-reservoir; soil erosion; sedimentation; prevention and control; Dianchi Lake

辽河流域水生态环境问题分析

刘光辉

(辽宁省水利水电勘测设计研究院, 辽宁 沈阳 110006)

摘要:重点分析了辽河流域出现的水生态条件恶化、河湖萎缩、湿地退化、地表地下水体污染、灌区次生盐渍化、河床淤积以及地下水大面积超采等严重的水生态环境问题,提出了预留生态环境需水量的解决途径。

关键词:水生态环境;环境需水量;问题;解决途径;辽河

中图分类号:X52 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-9655(2013)03-0036-03

生态环境建设是我国实施可持续发展战略中一项十分重要的内容,生态环境建设与水资源的保护和利用有着非常密切的关系,水资源是生态环境的基本因素,是生态环境建设中最重要、不可替代的物质。要想建设良好的生态环境,保护生物多样性和完整性,防治沙漠化和水土流失,改善人居环境和城市功能,维护生态平衡,其根本保证就是水。水资源的量和质,是生态环境建设的关键,因此,水生态环境建设已日益引起社会各界的广泛关注。

多年来,辽宁省为改善和建设生态环境做出了巨大的努力,采取了一系列保护和改善生态环境的重要措施,取得了一定成绩,并积累了大量宝贵经验。但是,随着辽宁省社会经济的快速发展,工农业生产和生活用水的不断增长,水资源供需矛盾日益尖锐,形成了城市用水和工业用水挤占农业用水,农业用水又挤占生态用水的局面,进而导致水生态条件恶化、河湖萎缩、湿地退化、地表地下水体污染、灌区次生盐渍化、河床淤积以及地下水大面积超采等一系列水生态环境问题。

因此,充分认识辽宁省目前水生态环境所面临的主要问题,积极采取有效措施,合理调配水资源,促进生态环境的恢复和生态系统的良性循环,已成为当务之急。

1 主要水生态环境问题分析

1.1 河流及近岸海域水质污染严重

由于水资源严重短缺,多年来为满足辽宁省社

会经济的快速发展,城市和灌区都在尽最大可能取用河道径流和地下水,致使水环境不断恶化。枯水季节河道径流几乎全部被取用,河道断流现象时有发生。据统计,1990~2010年,浑河邢家窝铺站年断流天数多在10~40d,太子河辽阳站年断流天数多在30~80d。大型水利控制性工程因无环境水量可放,河流污染负荷不能得到稀释,水体自净能力基本丧失,一些河段自上而下平水期与枯水期的污染负荷比平均增加50%以上。现状浑河抚顺以下、太子河辽阳以下河段水质大部分为V类,有的为劣V类。而且随着地表水对地下水的补给,沿河地下水污染有进一步加重趋势。

据近年河流水质监测数据显示,辽宁省辽河、浑河、太子河及大辽河、鸭绿江、大凌河等主要河流的中下游,尤其是城市河段的水体都受到了不同程度的污染,主要污染物指标如COD、BOD₅、NH₄-N、石油类、挥发酚等含量超过《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的几倍甚至十几倍,由此导致下游河段的水体也基本丧失了应有的生态价值。

由于入海水量减少,河流污染严重,加之盲目围垦造田,随意排放“三废”,近海海域污染严重,尤其是大连湾、辽东湾、锦州湾等半封闭式内海,污染更为严重。据1999年统计,辽宁省大连、丹东、营口、盘锦、锦州、葫芦岛六座沿海城市共有排污口240处,年排污水总量达10亿m³,其中直接排海量2.5亿m³。大量污水排入近海,受潮汐及海洋环流影响,污染物质往复运动,海水污染指标居高不下。从近年海域水质监测结果看,辽宁省枯水期除丹东海域外,大连、营口、盘锦、锦州、葫芦岛等海域水质均超过国家海水水质标准

收稿日期:2012-12-31

作者简介:刘光辉,高级工程师、注册环境影响评价工程师,从事水利工程设计、环境影响评价、水土保持、水资源论证等工作。

(GB3097—1997)中的Ⅲ类水质标准,丰水期则全部超过Ⅲ类水质标准。多数近岸海域海水主要污染因子均为无机氮、无机磷和化学需氧量,六个近岸海域无机氮全部超标,其中营口、盘锦尤为严重,最大超标值达61.8倍,且呈逐年上升趋势。

1.2 地下水过量开采

由于缺水,地下水超采严重,一些地区已形成一定范围的地下水降落漏斗,部分地区上部含水层已被疏干。如沈阳市区的地下水位已由1949年的3.78m下降到目前的21.5m,最深处达30m,枯水期漏斗面积约83.8km²;辽阳、鞍山两市的首山水源地亦严重超采,枯水期地下水漏斗面积达300km²,最大降深超过了20m。这对周围生态环境及地下水的动态平衡造成了极大破坏,压缩地下水超采量,恢复其采补平衡已十分迫切。

1.3 污水灌溉影响农田

由于河流水质的污染及大量城市污水因农业缺水而直接用于灌溉,使河流沿岸的农田灌区受到严重污染。如浑河沿岸的张士灌区,污灌面积0.2万hm²,污水灌溉长达20余a,污水中大量的重金属沉积于农田,影响深度达50cm,耕层20cm以内镉超标达4.6倍,严重影响了农作物质量;沈阳市的苏家屯灌区,由于利用一些工业污水灌溉农田,使灌区内有近53.33hm²水田受到重金属铜的污染,检出度达28~290mg/kg。大量污水灌溉的结果,使土壤遭受污染,有机质含量下降,农作物有害物质超标,严重影响人群健康。

1.4 河口海水入侵及滨海湿地退缩

由于河口地区入海水量日益减少,导致海水上溯,沿海地区地下水氯离子含量和矿化度明显增高,同时也使河口生态系统受到较大影响。如地处营口、盘锦附近的滨海湿地双台子河口国家级自然保护区,总面积达22.3万hm²,动植物资源十分丰富,有鱼类45种,鸟类253种,其中国家一级保护动物5种,二级保护动物29种,列入中日共同保护候鸟协定名单的就有145种,丹顶鹤、黑嘴鸥及其它涉禽分布广、数量多。芦苇沼泽湿地面积为亚洲之首,居世界第二位。其主要保护对象是丹顶鹤、黑嘴鸥、白鹤、天鹅、斑海豹等野生动物及其栖息的湿地生态环境。综合价值较高,主要为研究鸟类迁徙、生活习性、种群数量演替规律,建立湿地生物物种基因库等科研价值;保护鱼类、贝类等重要海产品和重要造纸工业原料芦苇等经济价值;保护黑嘴鸥等国家重点保护和珍稀濒危鸟类,

发挥湿地蓄水、调节气候、净化水质功能等环境价值。但由于河道下泄水量的日益减少,湿地的水量保证受到威胁,致使湿地面积逐渐减小,加之排污增加,稀释水量减少,近岸海域水质污染,湿地的各种功能正日益减退。

1.5 城市河(湖)景观补水及绿化用水不足

随着经济建设的发展,人民生活水平的提高,人们对城区周围环境质量的要求也日益提高,美化、绿化、净化城市的呼声已很普遍。但由于辽宁省水资源紧缺,普遍存在工业用水挤占农业用水、农业用水又挤占生态用水的问题,城市景观、绿化用水严重不足,使城区绿化受到较大影响。大部分城市河湖(公园)水体交换过程缓慢,交换次数过少,水体污染或富营养化程度较高,严重影响城市景观。这与国家生态环境保护纲要中提出的深入开展园林城市创建活动,加强城市公园、绿化带、片林、草坪建设,推进环保模范城市和环境优美城镇创建工作的要求很不相称。

1.6 土壤次生盐碱化日益严重

盐渍化又称“盐碱化”,是土壤中盐分积聚形成盐渍化的过程。主要发生在干旱和半干旱地区及滨海地区。底土层和地下水中所含的盐分,由于地面蒸发作用,随着土壤毛细管水上升积聚于表层,因而使土壤盐渍化。在不合理的水资源开发利用和耕作灌溉条件下,地下水位上升易溶性盐类在表土层积聚,也能引起土壤盐渍化,称为“次生盐渍化”。它主要是由于不合理的耕作灌溉方式(造成排水不畅、地下水位上升),河道断流,湖泊、湿地水源补给状况恶化等引起的。

土壤次生盐碱化表现在使土壤有机质减少、保水保肥能力降低、土地板结、土地生产力下降、植被退化、农作物产量降低等方面。

2 生态用水解决措施与途径

要保护生态环境,合理利用有限的水资源,实现辽宁省国民经济的可持续发展,就必须科学研究生态环境需水量问题。

生态环境需水量,指维持地球生物地理生态系统水分平衡所需要的水量,包括水热平衡、生物平衡、水沙平衡、水盐平衡等所需的用水都是生态环境用水。生态环境用水必须满足生态环境系统的生态或环境功能,即必须满足一定的最小水量要求和水质标准,以改善生态环境或维持生态环境质量不至于下降。

如何合理计算和预留必需的生态环境水量,使

其既不影响国民经济持续发展和水资源可持续利用,又能满足生态环境建设的需要,已成为当前在水资源配置规划及开发利用过程中迫切需要解决的关键问题。

2.1 维持水体一定自净能力的河川最小基流量

指河流各控制断面及水库坝下需水量按水质保护目标维持最小的泄流量,也称环境用水量。可根据各流域水资源供需分析结果计算求得,有两种计算方法:一是按历年各月平均最小月流量进行长系列频率计算,求得频率为90%的流量作为最小流量,二是按历年二月份平均流量进行长系列频率计算,求得频率为90%的流量作为最小流量。通过合理性分析与比较确定采用的最小流量。

2.2 城市绿化及河湖(公园)景观用水量

人工生态中的城镇绿化用水、防护林草用水量等以植被需水为主的生态环境需水量,采用灌溉定额的预测方法确定。

2.3 维持河口生态及保护湿地用水量

湖泊与湿地功能一般包括重要水禽栖息地、水资源蓄积(最大水资源量)、涵养水源、调节气候、控制侵蚀等。湿地保护生态环境用水量,以其规划保护水面面积的水面蒸发水量作为其生态环境需水量。

2.4 防止海水入侵所需的河口压盐水量

沿海河口地区的压盐水量及盐碱地区土壤改良压盐用水量,目前基本维持一个固定的需水量。尤其是对水田地区,应结合灌溉制度调整,进行压盐用水定额分析。在海岸附近,海水的含盐度一般在20‰~30‰,在河口区与淡水混合后含盐度逐渐降低,当降到2‰~3‰以后,就不影响作物生长和一般饮用,符合河口区淡水水域生态环境建设需要。因此,一般把2‰含盐度所在地点称为咸水界。

2.5 地下水超采区回补用水量

地下水超采回补需水是为减缓地下水开采过程中所造成的环境地质问题而需要的用水,可根据现状的超采水量情况,以逐年压缩开采量为原则,确定地下水超采回补需水量。

3 结论

明确辽宁省水生态环境所面临的新课题,是保护水生态环境的前提,而预测生态环境需水量则是保护水生态环境的基础。水生态环境问题是一项全新的工作,其研究方法、研究技术均不完善。党的十八大提出“把生态文明建设放在突出地位,实现中华民族永续发展”,因此,探讨水生态环境研究的先进技术和方法,将是摆在我们水利环保工作者面前的重要任务。

Aquatic Ecological Environmental Issues of Liao River Catchment

LIU Guang-hui

(Liaoning Provincial Hydrological and Hydropower Reconnaissance and Design Institute,
Shenyang Liaoning 110006 China)

Abstract: This paper analyzes the aquatic ecological environmental issues in Liao River Catchment, such as degrading aquatic ecological conditions, shrinking rivers and lakes, degrading wetland, pollution of the surface and underground water, secondary salinization in the irrigated area, river sedimentation and over abstraction of the groundwater. It is recommended to reserve the environmental water need as a solution.

Key words: aquatic ecological environment; environmental water need; issue; solution; Liao River

哈尔滨市冬季局部空气污染原因分析

李 雷, 滕世长, 徐盛荣

(哈尔滨市环境监测中心站, 黑龙江 哈尔滨 150076)

摘 要: 进入一月份以来, 哈尔滨市南直路与长江路交汇一带, 出现了局部空气污染较重现象。通过对哈尔滨市环境空气污染空间分布特点、市区冬季污染物的日变化特点和市区地势特征分析研究, 得出市区局部空气污染原因。

关键词: 空气污染; 冬季; 局部; 严重污染; 原因

中图分类号: X51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0039-02

进入一月份以来, 哈尔滨市南直路与长江路交汇一带, 出现了局部空气污染较重现象, 能见度较低, 且伴随着熏烟现象出现。

本文对哈尔滨市环境监测中心站 2010~2012 年一月份市区各监测点位环境质量监测数据进行了研究, 结合哈尔滨市冬季日变化特点、市区地势特征, 对哈尔滨市冬季局部污染原因进行了分析。

1 哈尔滨市环境空气污染空间分布特点

统计 2010~2012 年一月哈尔滨市各监测点位环境质量监测数据, 全市首要污染物可吸入颗粒物污染最重的是道外宏伟路, 三年平均值为 $0.148\text{mg}/\text{m}^3$, 超二级标准 $0.048\text{mg}/\text{m}^3$; 其次是香坊红旗大街和和平桥, 三年平均值分别为 0.136 和 $0.134\text{mg}/\text{m}^3$, 超二级标准 0.036 和 $0.034\text{mg}/\text{m}^3$; 污染最轻的是松北商大, 三年平均值为 $0.097\text{mg}/\text{m}^3$ 。道外宏伟路、香坊红旗大街和和平桥分别比松北商大高 52.6%、40.2% 和 38.1%。

表 1 2010~2012 年一月哈尔滨市可吸入颗粒物监测数据

监测点位	2010 年	2011 年	2012 年	平均值 (mg/m^3)
宏伟路	0.126	0.166	0.152	0.148
红旗大街	0.130	0.155	0.122	0.136
和平桥	0.128	0.144	0.129	0.134
承德广场	0.119	0.146	0.105	0.123
建国街	0.114	0.133	0.112	0.120
学府路	0.083	0.143	0.123	0.116
平房东轻厂	0.114	0.122	0.075	0.104
松北商大	0.107	0.095	0.089	0.097

从市区空间分布来看, 除平房东轻厂和松北商大外, 污染较轻的分别是道外承德广场、道里建国

街和南岗学府路, 主要是由于此三监测点处于城市盛行风的上风向, 而污染较重的道外宏伟路、香坊红旗大街和和平桥监测点则处于城市盛行风的下风向。

2 哈尔滨市冬季污染物的日变化特点

哈尔滨市冬季空气污染日变化规律十分明显, 其特点是早晚污染较重, 全天污染呈双驼峰型。经常年统计, 全市空气污染从早 5 时开始明显加重, 至 8 时为第一高峰, 而后呈减轻趋势, 从 16 时开始又呈加重趋势, 并持续到 21 时形成第二高值。形成此规律的主要原因是早 5 时至 8 时和 16 时至 20 时为取暖高峰期, 并且此两个时段大气扩散条件较差。

3 哈尔滨市地势特征

哈尔滨市地势特征总体上是西南高、东北低。南岗区是市区地势最高的区域, 东西走向的大直街被称为“龙脊”, 道外宏伟路和香坊红旗大街处在城市的相对低洼处。哈尔滨市冬季盛行风向为西南偏南风 and 西南风, 大气污染物伴随着空气流动沿着西南向东北方向进行输送, 因此, 在逆温和弱风天气条件下, 污染物极易在地势比较低且处在城市盛行风下风向的道外宏伟路、香坊红旗大街处集聚, 从而形成局部较重的空气污染。

4 哈尔滨市局部空气污染原因分析

2012 年 1 月 13 日气象条件: 5~8 时风向西南偏南风和东南风, 风速 $1\text{m}/\text{s}$, 12 日夜间至 13 日凌晨有逆温。在此气象条件下, 夜间排放的污染物停留于逆温层内, 不能向高空扩散, 形成近地面污染; 日出后, 随着地面温度的升高, 夜间产生的贴地逆温自下而上消失, 新的混合层形成, 停留在逆温层内的污染物通过混合层夹卷和湍流被完全混合

至地面。此时风向正好与城市盛行风向一致，使得污染物由西南向东北方向缓慢输送，大气污染物在

地势低洼处不断集聚，从而造成南直路、长江路交汇处一带局部较重污染。

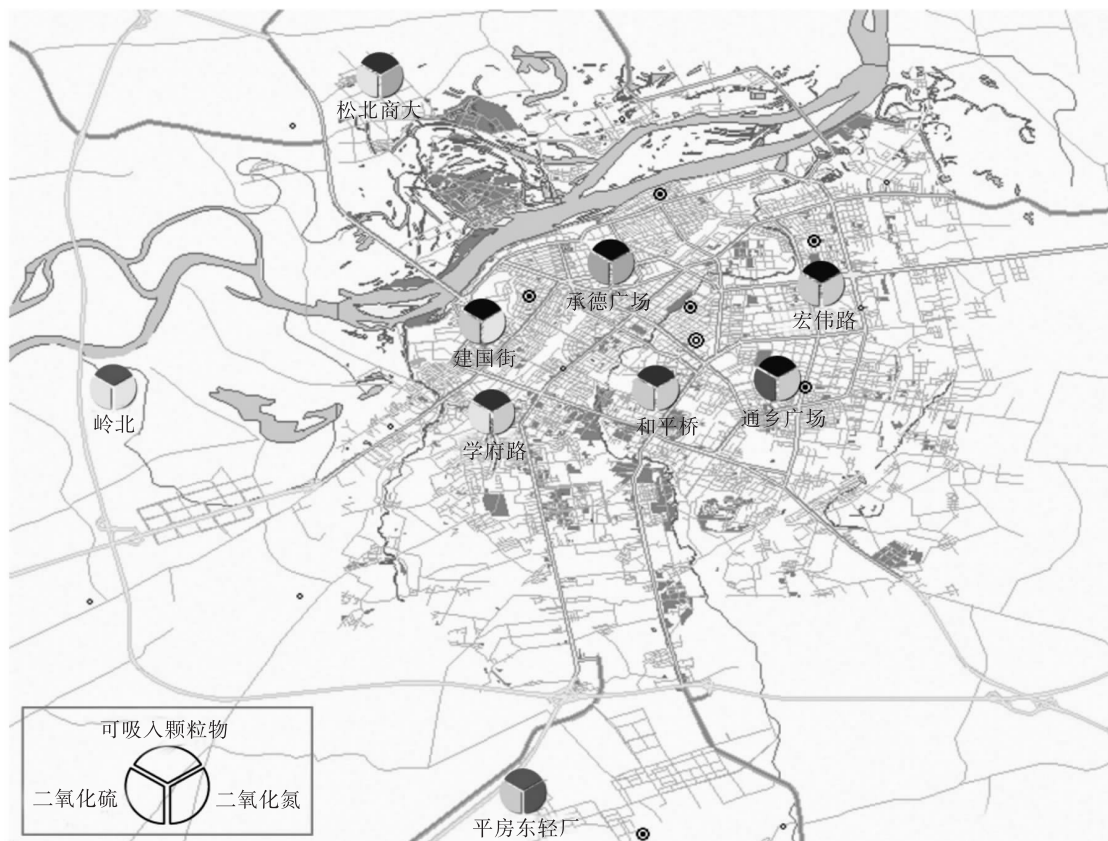


图1 哈尔滨市各监测点污染物示意图

5 结语

通过分析可以看出，在哈尔滨等北方工业城市中，冬季逆温天气往往容易造成污染天气。在逆温天气下，大气稳定性越强，地面排放大气污染物越不易扩散，污染也就越重，也就越容易出现污染天气，加上哈尔滨市地势特征总体上是西南高，东北低，当风向与城市盛行风向一致时，污染物由西南向东北方向缓慢输送，使得大气污染物在地势低洼处不断集聚，从而造成局部较重污染。

参考文献：

- [1] 朱乾根, 林锦瑞. 天气学原理和方法 [M]. 北京: 气象出版社, 1992.
- [2] 哈尔滨市环境监测中心站, 哈尔滨市环境保护局. 哈尔滨市环境质量概要 (2010年) [R], 2011.
- [3] 哈尔滨市环境监测中心站, 哈尔滨市环境保护局. 哈尔滨市环境质量概要 (2011年) [R], 2012.
- [4] 黑龙江省气象中心. 大气污染变化潜势与空气质量预报方法研究 [R]. 2004.

Causes for Local Air Pollution in Winter in the Urban Center of Ha'erbin

LI Lei, TENG Shi-chang, XU Sheng-rong

(Ha'erbin Municipal Environmental Monitoring Center, Ha'erbin Heilongjiang 150076 China)

Abstract: Since January there is serious air pollution in the area where Nanzhi Road meets Changjiang Road in Ha'erbin. Its causes are found out after the analysis of the spatial distribution of the environmental air pollution, daily variation of the winter pollutants in the urban center and the landform of the urban center.

Key words: air pollution; winter; local; serious pollution; causes

我国重点城市功能区噪声监测现状及存在问题

滕世长¹, 李雷¹, 李冰菲²

(1. 哈尔滨市环境监测中心站, 黑龙江 哈尔滨 150076;

2. 黑龙江中医药大学, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要:通过对我国重点城市功能区噪声监测点位布设情况的调查, 指出目前功能区监测点位布设在点位偏少、布点仅凭经验无科学依据等问题。分析了我国城市功能区声环境质量现状, 从分析中得出: 我国城市各类功能区噪声监测点位昼间达标率高于夜间, 工业区达标率好于其他类功能区, 交通干线两侧区域夜间超标严重。

关键词:功能区噪声; 监测现状; 问题; 重点城市

中图分类号: TB53 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0041-03

近几十年来, 随着工业化和城市化建设的不断发展以及机动车保有量的快速增长, 噪声污染已经成为各级城市日趋严重的环境问题之一^[1]。环境噪声污染会干扰人们正常工作、生活和休息, 污染严重时甚至影响人们的身体健康^[2-5]。

1 我国环境噪声污染特点

(1) 交通噪声是城市最主要噪声污染。交通噪声能量占环境噪声能量的 70%~80%, 受交通噪声影响的人口占受环境噪声影响人口的 60%~70%, 受交通噪声影响的面积占受环境噪声影响面积的 30%~40%。以交通噪声为主要声源的环境噪声, 其影响程度持续增长, 影响范围不断扩大。近些年, 一些城市的交通干线和城市快速路距离敏感建筑物仅为 10~20m, 有些道路夜间噪声几乎和昼间噪声水平一致, 甚至高于昼间, 高达 70dB(A) 左右。

(2) 社会生活噪声扰民现象日益突出。社会生活噪声中以建筑、服务设备噪声和经营场所噪声污染更加突出, 约占社会生活噪声投诉的 60% 以上。根据 2005~2008 年《全国环境质量公报》^[6] 113 个重点城市区域环境噪声声源统计, 影响的覆盖面积达到 47.2%, 特别是由各类服务设施 (空调、冷热机组、供水系统、供电系统等) 通过固体结构传导所产生的噪声影响, 也逐步引起人们的广泛关注。

(3) 建筑施工噪声扰民现象严重。施工中产

生的高强度噪声对周围群众的影响持续增加, 特别是夜间施工噪声更加突出, 在一些城市环境噪声投诉中占首位。建筑施工噪声源一般在 5~10m 距离内, 声级一般为 80~100 dB(A), 是各类环境噪声源强度最高的声源, 影响范围一般可以达到 100~200m, 同时室内装修带来的噪声污染, 也逐步影响到了人们的正常生活。

(4) 工业噪声在特大城市逐步减少, 在中小城市逐步增加。近些年来, 随着经济的飞速发展, 城市规模不断扩大, 人口也不断增加, 伴随而来的环境问题也越来越多。交通噪声扰民、社会生活噪声扰民、群众信访等噪声问题也日益增多, 有些噪声问题甚至影响人们的正常休息。针对这些问题国家环境监测总站要求各地市每年进行交通噪声、区域环境噪声、功能区噪声等例行监测, 其中功能区噪声监测直接反映城市中各类声环境功能区现状, 通过对历史数据进行分析, 可以得出各类声环境功能区的变化趋势, 从而为管理部门针对某些特定声源进行管理提供依据。

2 我国重点城市功能区声环境监测现状

2008 年中国环境状况公报发布的关于声环境状况: 全国 71.7% 的城市区域声环境质量处于好或较好水平, 环境保护重点城市区域声环境质量处于好或较好水平的占 75.2%。全国 65.3% 的城市道路交通声环境质量为好, 环境保护重点城市道路交通声环境质量处于好或较好水平的占 93.8%。城市各类功能区昼间达标率为 86.4%, 夜间达标率为 74.7%。

2.1 重点城市功能区声环境监测点位布设现状及存

收稿日期: 2013-01-08

作者简介: 滕世长 (1980-), 男, 汉族, 出生于黑龙江省齐齐哈尔市, 研究生学历, 工程师, 环境监测专业领域工作。

在问题

功能区噪声监测的首要问题就是监测点位的选择,各个地区或城市要根据当地的声环境功能区类型、分布和大小,合理布设监测点位。以往点位的布设多以经验为主,兼顾各个类型的功能区,面积大就多布,面积小就少布,布点个数也没有明确规定,有条件的地区就多布,没有条件的地区就少布,造成了各地功能区噪声监测布点方式的不统一,而且现有的功能区噪声监测点位多为20世纪90年代初选择的,随着经济的发展,各城市城区面积不断扩大,多数城市现有的功能区噪声监测点位已经不能满足监测数据的需要。因此,急需出台相应的国家标准,规范功能区噪声布点工作,从而为管理部门更准确地提供城市的功能区噪声污染状况。

我们对国内部分重点城市的各类功能区监测点位布设以及相应的城市人口、城区面积等现状进行了调查、统计,见表1。由表1可以看出各城市在1类和3类功能区布设的噪声监测点位数明显偏少,大多集中在1~2个,部分城市则为3个及以上;2类功能区噪声监测点位数相应地根据城市规模不同而布设不同,但仍有部分城市布设的监测点数为1~2个。根据噪声具有局部污染的特征、城市环境噪声污染主要来源以及在城市中分布来看,在各类功能区中仅布设1~2个监测点显然无法全面客观地反映其所代表的声环境质量水平,通过对各城市的调查也说明了这一点。因此,根据城市的经济发展情况和各类功能区的分布情况,合理布设功能区噪声监测点位就成为目前亟待研究的问题。

2.2 城市功能区声环境质量现状

2009年全国112个环保重点城市(未包括遵义市,以下同)区域环境噪声等效声级范围为47.0~62.7dB(A),等效声级面积加权平均值为54.5dB(A)。城市区域声环境质量处于较好水平的城市78个(占69.6%)、处于轻度污染水平的城市32个(占28.6%)、处于中度污染水平的城市2个(占1.8%)。2009年哈尔滨市区域环境噪声等效声级范围为48.2~66.8dB(A),平均等效声级为56.0dB(A),在全国处于中下水平。与上年相比,可比的111个城市中,城市区域噪声平均等效声级下降超过1dB(A)(含1dB(A))的城市有17个;城市区域

噪声平均等效声级上升超过1dB(A)(含1dB(A))的城市有11个,见图1。

表1 重点城市各类功能区监测点位设置情况表

城市名称	功能区				城市人口 /万人	城区面积 /km ²
	1类	2类	3类	4类		
北京	1	1	1	1	917	1282
上海	9	14	13	0	1098	920
天津	2	5	2	3	531	630
重庆	3	11	3	4	498	492
广州	2	6	2	2	523	834
沈阳	2	3	1	1	487	310
武汉	2	3	2	2	503	218
成都	1	1	1	2	334	395
南京	3	8	1	4	398	573
哈尔滨	3	6	4	4	464	331
济南	3	2	2	2	281	238
郑州	1	1	1	1	260	292
西安	1	3	1	2	336	247
兰州	1	3	1	2	206	161
长沙	1	3	1	2	232	183
杭州	1	2	1	2	291	314
乌鲁木齐	1	1	1	2	208	176
深圳	2	2	1	2	226	516
青岛	2	2	1	2	276	179
珠海	1	1	1	2	141	58
厦门	2	3	2	2	131	127

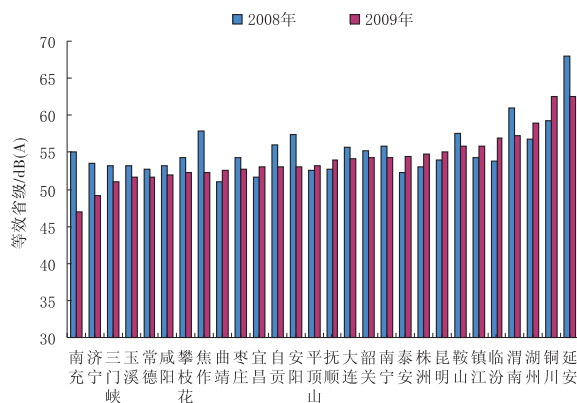


图1 2009年环境保护重点城市区域环境噪声等效声级与上年比较

在2007年监测的175个城市中,各类功能区监测点位全年昼间达标3863点次,占昼间监测点次的84.7%;夜间达标2925点次,占夜间监测点次的64.1%。各类功能区昼间达标率高于夜间,3类功能区好于其他类功能区,见表2、图2。总体上看:各类功能区噪声监测点位昼间达标率高于夜间,工业区达标率好于其他类功能区,交通干线两侧区域夜间超标严重。

表2 2007年175个重点城市城市功能区监测点位达标情况表

功能区类别	0类		1类		2类		3类		4类	
	昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜
达标点次	76	42	489	630	1078	885	831	691	1029	677
监测点次	128	128	1045	1045	1276	1276	871	871	1240	1240
达标率/%	59.4	32.8	81.2	60.3	84.5	69.4	95.4	79.3	83.0	54.6

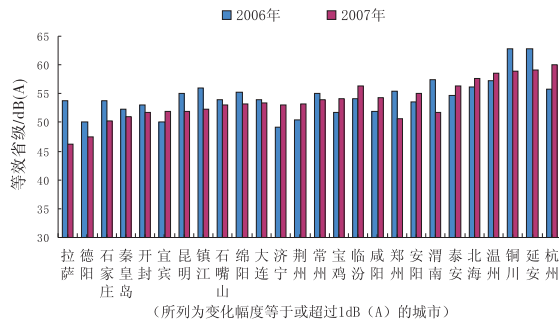


图2 2007年环境保护重点城市区域环境噪声等效声级与上年比较
(所列变化幅度等于或超过1dB(A)的城市)

3 结论

对我国重点城市功能区噪声监测点位布设情况的调查显示：目前功能区监测点位布设存在点位偏少、布点仅凭经验无科学依据等问题。对我国城市功能区声环境质量现状的分析得出：我国城市各类功能区噪声监测点位昼间达标率高于夜间，工业区达标率好于其他类功能区，交通干线两侧区域夜间

超标严重。

参考文献：

- [1] 张艳红, 韩少军. 城市环境噪声污染的特征与防治对策 [J]. 环境, 2007, (7): 92-102.
- [2] Caldwell Jack. Does Air-gun Noise Harm Marine Mammals [J]. Leading Edge (T-alsa, OK), 2002, 2 (1): 75-78.
- [3] R. Reijnen, R. Foppen, G. D. Veenba. Asisturbance by Traffic on Breeding Birds: Evaluation of The Effect and Considerations in Planning and Managing Road Eorridors [J]. Biodiversity and Conservation, 1997, (6): 567-581.
- [4] Gotfried Konecny. State of The Art Operational Remote Sensing for Development Remote [J]. Sensing for Sustainable Development, 1998: 19-23.
- [5] G. Mol, S. P. Vrien, P. F. M. Van Gaans. Environmental Monitoring in The Netherl-ands; Past Developments and Futuer Challenges [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2001, 68: 313-335.
- [6] 国家环保总局. 2005~2008年中国环境状况公报 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008.

Current Noise Monitoring Situation and Issues in the Functional Zones of Chinese Major Cities

TENG Shi-chang¹, LI Lei¹, LI Bing-fei²

(1. Ha'erbín Municipal Environmental Monitoring Center, Ha'erbín Heilongjiang 150076 China)

Abstract: The investigation of the distribution and location of the noise monitoring points in the functional zones of the Chinese major cities shows that there are not sufficient monitoring points and the location of these points is solely based on the experience. After the analysis of the acoustic environmental quality in these zones, we could see that the compliance ratio in daytime is higher than nighttime in general. The compliance ratio in the industrial parks is higher than the other functional zones. The noise along the two sides of the trunk roads is much worse than the standards at night.

Key words: noise of functional zone; current monitoring situation; issue; major cities

废水生态处理技术研究

闫佩^{1,2}, 常文韬^{1,3}, 袁向华¹

1. 天津市环境保护科学研究院, 天津 300191;
2. 天津市联合环保工程设计有限公司, 天津 300191;
3. 河北工业大学经济管理学院, 天津 300130)

摘要:从生态学的角度介绍了污水土地处理系统、湿地系统、稳定塘处理废水的技术方法, 具体分析了其各自的机理、优缺点以及研究进展。

关键词:水污染治理; 污水土地处理系统; 人工湿地; 稳定塘

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0044-03

我国水情复杂, 水资源问题由来已久, 特别是随着工业化、城镇化快速发展和全球气候变化影响的不断加大, 水资源面临的形势越来越严峻, 水资源短缺、水污染严重、水生态环境恶化等问题越来越突出。特别是“十二五”期间, 国家在水体污染控制与治理的观念上发生了新变化, 由以前的“污染防治”向“污染防治加生态修复”转变^[1]。加之, 废水生态处理技术对水环境保护和水资源循环利用方面具有独特的优势, 使得近年来在理论和实际应用方面都得到了迅速发展。本文着重介绍和分析了几种处理污水的生态技术, 以期能为今后的研究者提供有益的资料。

1 污水土地处理系统

1.1 污水土地处理系统的概念

污水土地处理系统是以治理水污染为目的, 以土地为处理构筑物, 利用土壤—微生物—植物组成的生态系统对污染物进行一系列物理、化学和生物学的净化过程, 使污水得到净化。同时通过该系统中营养物质和水分的循环利用, 促进绿色植物的生长繁殖, 从而实现污水的无害化、资源化的生态系统工程。特别是利用微生物相互依赖共同作用的生态学方法, 同时实现对污水中污染物“处理”与“利用”的两大功能。污水土地处理系统是由若干部分组成的整体, 完整的土地处理系统由预处理、水量调节与储存、配水与步水、土地处理田间工程、植物、排水及监测等七部分组成。根据处理目标、处理对象的不同, 该系统可分为快速渗滤处理

系统 (RI)、慢速渗滤处理系统 (SR)、地表漫流系统 (OF)、地下渗滤 (UG) 系统、湿地系统 (WL) 等 5 种工艺类型^[2,3]。

1.2 污水土地处理系统的机理

污水土地处理系统的机理: ①物理过滤: 废水流经土壤时, 悬浮物被表层土壤团粒间的空隙过滤截留; ②物理和化学吸附: 土壤中的粘土矿物颗粒能吸附水中的中性分子, 废水中的各种离子则因离子交换作用被置换吸附并固定在矿物晶格中; ③络合反应和化学沉淀; ④微生物的氧化分解: 土壤中种类繁多的大量微生物, 能与被截留、吸附的污染物一起形成生物膜, 对有机物有很强的降解转化能力。影响工程设计的主要因素包括: 土壤渗透系数、年水力负荷、年有机负荷以及有关场地的工艺参数 (地面坡度、土层厚度等)。不同工艺类型之间可进行相关技术整合以提高整个系统的运行效果。

1.3 污水土地处理系统的优缺点

该系统具有投资低、能耗少、无须投放化学试剂、维护和运行费用低廉、出水水质好、改善及净化自然环境效果良好等优点; 同时从生态学的角度, 该系统不破坏自然的生态环境, 使人与环境能够和谐地共处、污水处理与环境生态建设有机地结合。

缺点是占用土地面积相比其它传统工艺要大。土壤的堵塞问题是污水土地处理系统中最经常发生的问题, 也是阻碍土地处理技术推广的最重要原因之一。另外, 土地处理系统的冬季运行问题也一直是困扰人们的一个主要问题。由于土地处理系统的净化功能主要依赖于天然状态下的微生物, 因此冬

收稿日期: 2012-09-28

作者简介: 闫佩, 女, 天津人, 学士, 工程师, 主要从事环境规划、环境影响预测与评价。

通讯作者: 袁向华。

季较低的气温使得微生物活性变差, 污水处理效果也就随之受到很大影响。

1.4 污水土地处理系统的研究进展

土地处理系统在实际应用中主要是土地的占用, 这在我国广大地区都具有很强的适用性。我国虽然土地资源十分紧缺, 但在一些不发达地区, 如西北等地区地广人稀, 闲置了一些土地、荒山, 这为土地处理系统提供了廉价的土地资源。在农村和中小城镇, 可以利用这一优势建造土地处理系统, 不仅可以净化污水, 还可以与农业利用相结合浇灌绿地、农田, 使土壤肥力增加, 提高农作物产量, 从而带来更多经济效益。同时随着我国工业化进程的不断深入, 废水中污染物的种类不断增多, 即使经过污水二级处理, 仍有一些污染物(生物难以降解的物质)存在于水体中, 进一步促使了污水土地处理系统的深入研究和发 展, 如在生物填料方面的研究。

2 湿地系统

在污水土地处理系统的几种工艺中, 人工湿地系统应用最为广泛, 因此以该系统为例进行具体的说明和阐释。

2.1 湿地系统的概念

湿地是由水、永久性或间歇性处于水饱和状态下的基质以及水生生物所组成, 是一个具有较高生产力和较大活性的相当复杂的生态系统。而人工湿地则是为处理污水人为设计建造的、工程化的湿地系统, 是通过人工挖掘、增加水负荷、并移栽植物形成的。人工湿地系统可按照不同的布水方式和水流方式, 分为自由表面流人工湿地、水平潜流人工湿地、垂直潜流人工湿地和潮汐潜流人工湿地四种类型^[4]。

2.2 湿地系统的相关机理

这种人工湿地植物对重金属的去除主要是通过3种途径实现的: ①植物吸附, 利用耐受重金属植物的根茎叶表面吸附作用将重金属固定, 降低土壤中的重金属移动, 从而减少其进一步在环境中扩散的可能性; ②植物挥发, 吸收到植物体内的重金属通过植物本身的作用, 转化为毒性较小的挥发态, 最终释放到大气中; ③植物吸收, 利用植物的根茎吸收重金属, 将其储存在植物的茎叶中, 最后经收割植物茎叶以达到去除的目的。

2.3 湿地系统的优缺点

人工湿地系统是一个综合的生态系统, 其具有以下优点: ①建造和运行费用经济合理; ②可进行有效可靠的废水处理; ③可缓冲对水力和污染负

荷的冲击; ④可提供和间接提供环境效益和经济效益, 如水产、造纸原料、建材、绿化、野生动物栖息等。缺点在于: ①占地面积大; ②易受病虫害影响; ③为了提高人工湿地系统处理的效率, 进而达到其最优效率, 一般需要2~3个生长周期, 所以需建成几年后才能达到完全稳定的运行。

2.4 湿地系统的研究进展

对于我国的水资源污染来说, 重金属污染的治理已迫在眉睫。由于重金属元素的去除主要靠植物的吸收, 因此人工湿地的研究也就越来越受到科研工作者的重视。阳承胜对人工湿地中4种优势植物的根、茎、叶及凋落物中的Pb、Zn、Cu和Cd含量进行分析表明^[5,6], 被检测的植物体都具有极强的吸收和富集重金属的能力。张学洪等通过野外调查研究结果表明, 多年生禾本科李氏禾对铬具有明显的超积累特性^[7]。黄泽春等人的研究结果进一步确认了大叶井口边草是一种砷超积累植物^[8]。

3 稳定塘

3.1 稳定塘的概念

稳定塘又称氧化塘, 是利用藻类和细菌两类生物间功能上的协同作用处理污水的一种生态系统。其净化过程与自然水体的自净过程相似, 通常是将土地进行适当的人工修整, 建成池塘并设置围堤和防渗层, 依靠塘内生长的微生物来处理废水。为了达到较好的处理效果, 可以将不同功能的塘单元组成一个生物稳定塘系统。

3.2 稳定塘的机理

稳定塘净化的基本原理是利用了细菌与藻类的互生关系。藻类进行光合作用释放氧气, 细菌利用藻类产生的氧气分解流入塘内的有机物, 分解产物中的CO₂、N、P等无机物以及一部分小分子有机物成为藻类的营养源, 增殖的细菌和藻类细胞为微型动物所捕食。稳定塘内的反应过程包括藻类和光合细菌的光合放氧过程、好氧反应、厌氧反应、发酵反应等。

3.3 稳定塘的优缺点

稳定塘的优缺点: ①处理能耗低、维护和运行成本低; ②可实现污水资源化 and 回收再利用, 实现水资源的循环利用; ③能承受污水水量大范围的波动, 其适应能力和抗冲击能力强。缺点: ①基建费用高; ②水力停留时间较长, 效率低下; ③若运行管理不当, 容易造成二次污染。

3.4 稳定塘的研究进展

赵学敏等人的研究表明^[9]: 采用生物稳定塘

对滇池流域大清河的水质净化产生了良好的效果,整个系统的TN、TP、BOD₅、COD的去除率分别达到29.29%、48.68%、68.14%和71.25%,该系统是一种行之有效的废水处理系统。同时发现为了克服稳定塘自身存在的缺陷,通过对其进行改良出现了许多新型塘。不仅如此,研究者们更多地关注组合塘的工艺,进而提高污水的处理效率^[10]。

4 结语

废水的生态处理技术已经成为我国水污染处理的重要组成部分。该领域的未来发展趋势和方向是利用现有工艺系统的机理,开发新的生态污水处理技术;同时积极发展不同工艺之间的复合系统,从而进一步提高系统的稳定性和高效性。

参考文献:

- [1] 水体污染治理:从“控源减排”走向环境修复 [EB/OL]. <http://info.water.hc360.com/2012/03/090904362819-2.shtml>, 2012-03-09.
- [2] 王辉. 废水生态处理技术及方法 [J]. 生态与环境工程, 2010, (17): 189.
- [3] 刘娜, 马敏杰. 污水生态工程处理技术概述 [J]. 中国新技术新产品, 2009, (10): 42.
- [4] 林武, 陈敏, 罗建中, 等. 生态工程技术治理污染水体的研究进展 [J]. 广东化工, 2008, 35 (4): 42-46.
- [5] 戈舒昱, 万红友. 人工湿地植物及其去污效果研究进展 [J]. 环境保护科学, 2012, 38 (1): 19-22.
- [6] 阳承胜, 蓝崇钰, 束文圣. 重金属在宽叶香蒲人工湿地系统中的分布与积累 [J]. 水处理技术, 2002, 27 (6): 101-104.
- [7] 张学洪, 罗亚平, 黄海涛, 等. 一种新发现的湿生铬超积累植物李氏禾 (*Leersia hexandra Swartz*) [J]. 生态学报, 2006, 26 (3): 950-954.
- [8] 黄泽春, 陈同斌, 雷梅, 等. 神超富集植物中砷化学形态及其转化的EXAFS研究 [J]. 中国科学 (C辑), 2003, 33 (6): 488-494.
- [9] 赵学敏, 魏清伟, 周广杰, 等. 改良型生物稳定塘对滇池流域受污染河流净化效果 [J]. 湖泊科学, 2010, 22 (1): 35-43.
- [10] 何小莲, 李俊峰, 何新林, 等. 稳定塘污水处理技术的研究进展 [J]. 水资源与水工程学报, 2007, 18 (5): 75-77.

Research of Ecological Wastewater Treatment Technology

YAN Pei^{1,2}, CHANG Wen-tao^{1,3}, YUAN Xiang-hua¹

(1. Tianjin Academy of Environmental Science, Tianjin 300191 China)

Abstract: From the ecological viewpoint, the author introduces the different wastewater treatment technologies, such as the land treatment system, the constructed wetland system and the stabilization pond. The mechanism, advantage and disadvantage of these technical methodologies are discussed, as well as their research progress.

Key words: water pollution treatment; sewage land treatment system; constructed wetland; stabilization pond

云南省固体废物污染 DPSIR 模型指标体系的构建

胡玉之¹, 朱翔²

(1. 云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034; 2. 云南省环境监测中心站, 云南 昆明 650034)

摘要: 根据云南省的固体废物处置现状及可获取原则建立了云南省固体废物污染 DPSIR 模型指标体系, 初步分析了各个指标随时间变化的特征, 为进一步定量评估云南省固体废物污染状况奠定了基础。

关键词: 固体废物; DPSIR 模型; 指标体系; 云南省

中图分类号: X705 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0047-04

1 前言

固体废物来自于人们生产和生活过程中的许多环节, 按其来源可分为工业固体废弃物、农业固体废弃物和生活垃圾, 按其特性可分为危险废弃物和一般废弃物。随着我国社会经济发展和人口增长, 固体废物污染日趋严重。本文以云南省为例, 依据云南省的固体废物处置现状及可获取原则建立了云南省固体废物处置 DPSIR 模型指标体系, 并依次分析了各个指标随时间变化趋势, 运用 DPSIR 模型对云南省的固体废物处置现状做了初步分析。考虑到收集资料的有限性, 本文数据来源于《云南省环境公报》, 并且仅选择工业固体废弃物和生活垃圾来分析。

2 研究区域与方法

2.1 研究区域概况

云南省地处我国西南边陲, 东部与贵州省、广西壮族自治区为邻, 北部与四川省相连, 西北部紧依西藏自治区, 西部与缅甸接壤, 南部和老挝、越南毗邻。地理位置为北纬 21°9' ~ 29°15'、东经 97°39' ~ 106°12', 全省国土总面积约 39 万 km², 2008 年末总人口 4543 万人。云南属山地高原地形, 地势西北高、东南低, 自北向南呈阶梯状下降, 自然资源丰富, 工业起步较晚, 污染在一些工业较发达地区和城市区域较为严重。

2.2 研究方法

DPSIR 概念模型是从系统分析的角度来综合分析、描述环境和社会关系的一种基于因果关系组织信息及相关指数的框架。根据这一框架, 存在着驱动力 (Driving forces) → 压力 (Pressure) → 状态 (State) → 影响 (Impact) → 响应 (Responses) 的因果关系链^[1~3]。

模型就社会需求产生经济增长驱动力 (D),

人类活动给环境和自然资源施加压力 (P), 以至于改变环境与自然资源的状态 (S), 反过来又对人类健康和社会经济结构带来影响 (I), 人类社会再通过环境、经济等政策、决策或管理措施对这些状态变化和影响做出响应 (R), 减缓对环境的压力, 实现可持续发展。一定程度上揭示了人类与环境、资源相互作用的链式因果关系。

3 指标体系

3.1 指标体系的建立

参照 OECD 环境绩效评估 (EPA) 和 GMS 环境绩效评估 (EPA) 指标选取原则, 提出固体废物污染评估指标体系构建的基本原则: 政策导向性 (与环境政策导向一致, 要反映环境政策执行的效果); 科学性 (选取有科学依据和物理意义的指标); 可获得性 (指标数据是能够获得的公开数据); 连续性 (能形成一个时间序列, 以此反映一个历史时期的变化趋势); 代表性和针对性 (指标选择要区分主次, 突出重点问题)。

依据上述原则构建云南省固体废物污染 DPSIR 模型评价指标体系框架如图 1。对云南省固体废物污染问题, 选取了 13 个指标进行评价分析。其中云南省固体废物污染驱动力因子选择工业生产总值和城镇人口数量指标。污染压力来自于社会经济生活中固体废物污染的排放量, 因此选择 3 个压力指标: 城镇生活垃圾产生量、工业固体废弃物产生量及危险废物产生量。状态因子所表述的是云南省固体废物的最终排放量的情况, 选择了两个驱动因子指标: 工业固体废弃物排放量、危险废物排放量。由于缺乏合适的可以表征固体废物污染数据, 本文影响因子只能是对环境的污染和威胁人群健康的抽象概念。云南省应对固体废物处置所做的努力是响应因子, 选择 4 个响应指标来说明: 工业固体废物污染治理投资、城镇生活垃圾无害化处理率、工业固体废弃物综合利用率、工业固体废弃物贮存率。

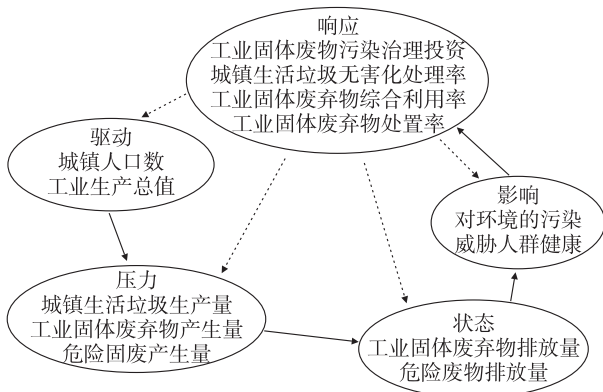


图1 云南省固体废物污染DPSIR框架

3.2 指标体系分析

3.2.1 驱动力指标

随着城市经济发展和居民生活水平的提高，城镇垃圾产生量的变化受到城市人口、消费习惯、饮食习惯、经济水平、居民文化素质等因素彼此相互关联、影响，其中人口数量的变化起着重要的作用，是城镇生活垃圾产生的重要驱动力。据统计，云南省城镇人口数量从2000年的990.6万人增加到2008年的1487.0万人（见图2），9年来人口增长了50%，人口驱动因素呈增加趋势。

工业固体废物是在工业过程产生的，工业生产总值一定程度上反映了固废产生的压力，是工业固废污染的驱动因子。从图3可以看出云南省工业总产值呈增加趋势（从1990年的157.8亿元增加到2008年2056.95亿元），固废污染的工业总产值驱动呈增加趋势。

3.2.2 压力指标

据统计，由于城市化进程的发展，云南省工业固体废物产生量正随着工业的快速发展而快速增加（见图4），城镇生活垃圾产生量也有逐年增加的趋势（见图5）。危险废物是列入国家危险废物名录或者根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的具有危险特性的固体废物。图6中云南省工业危险废物产生量的波动变化趋势表明危险废物仍然对固体废物污染产生较大压力。因此云南省固体污染问题压力日益加大。

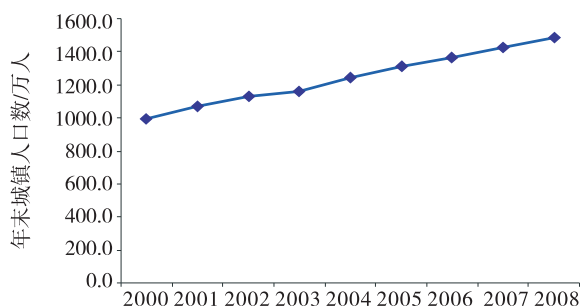


图2 云南省城镇人口数量 (2000~2008)

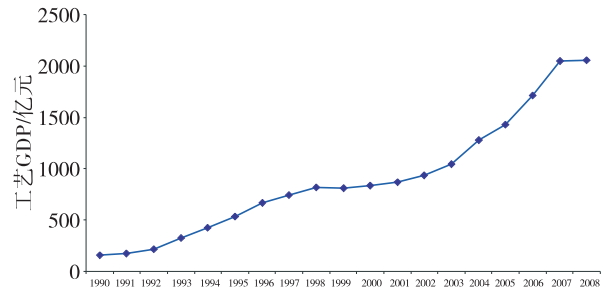


图3 云南省工业总产值统计 (2000~2008)

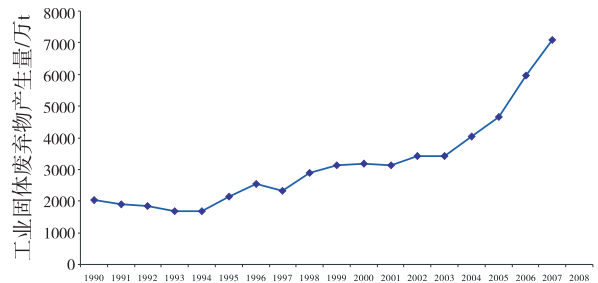


图4 云南省工业固体废物产生量 (1990~2008)

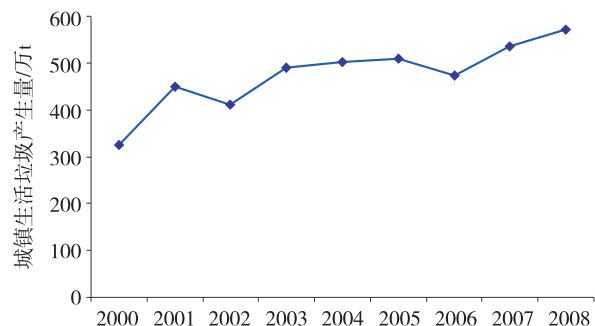


图5 云南省城镇垃圾产生量 (2000~2008)

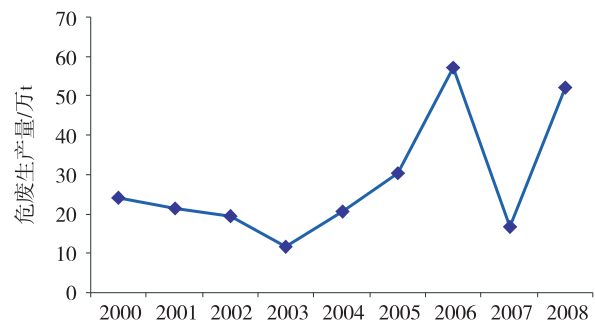


图6 云南省危险废物产生量 (2000~2008)

3.2.3 状态指标

由图7可看出，在2000年到2004年期间，云南省工业固体废物排放量逐年快速减少；2005年到2007年期间排放量在70万t到100万t间小幅波动，2008年排放量减少到39.4万t。说明目前云南省工业固体废物污染问题已经由高排放量转变为低排放量。

由图8变化趋势可看出，2000年到2003年期

间, 云南省危险废物的排放量逐年快速减少, 由 5 万 t 减少到 0.06 万 t。经过“十一五”规划, 到 2010 年, 云南省在昆明、曲靖、红河建设三处危险废物处置场, 总规模为 11 万 t/a。有数据表明, 到 2009 年实现了零排放。

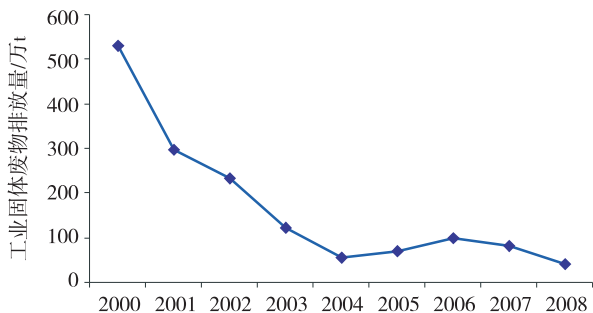


图 7 云南省工业固体废弃物排放量 (2000~2008)

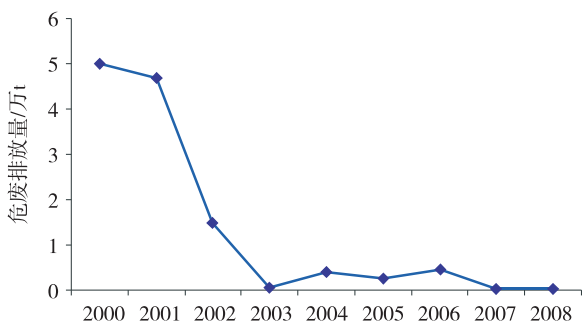


图 8 云南省危险废物排放量(2000~2008)

综上所述, 云南省固体废物污染面临来自工业、农业和城镇生活的大量排放。工业上的排放由于近年政府的重视和企业技术升级以及产业结构调整, 维持在一个比较稳定的状态。但农业方面产生的固体废物缺乏有效利用手段和监测手段, 问题严峻但真实状况难以说清。城镇生活垃圾基本得到及时集中处理, 但在偏远地区及郊区, 垃圾集中区通常是开放式的, 并且不能得到及时的清运, 因此城镇生活垃圾处理问题仍然十分严峻。危险废物处理虽然起步较晚, 但短时间内取得了重大进步。表明云南省固体废物污染问题得到一定控制, 但形势依然严峻。

3.2.4 响应指标

云南省为治理固体废物污染做出了很大的努力, 治理投资逐年增加 (见图 9), 其中 2002 年共投入 3223 万元, 完成治理项目 19 项, 2008 年完成投资 2163.1 万元, 完成治理项目 30 个, 比较 2002~2008 年, 投资力度增加了 6 倍多。

垃圾无害化处理是指通过填埋处理、焚烧处理、堆肥处理等使垃圾不再威胁人类健康和污染环境的处理手段。城镇生活垃圾无害化处理率反映了

城市生活垃圾无害化处置的能力。随着城市化进程不断快速发展, 如果没有高效的无害化处理, 那生活垃圾作为城市代谢的产物必然成为城市发展的负担。由图 10 可看出, 2001 年以前云南省城镇生活垃圾无害化处理率偏低。随着政府的投入, 2001 年后城镇生活垃圾无害化处理率有明显提高, 但仍然处于波动变化, 2006 年的处理率仅为 24.9%, 2008 年达到了 49.5%。

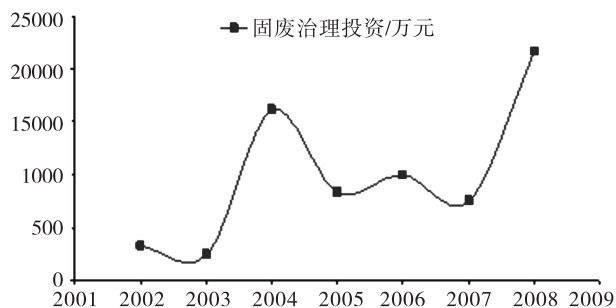


图 9 云南省工业固体废物污染治理投资 (2000~2008)

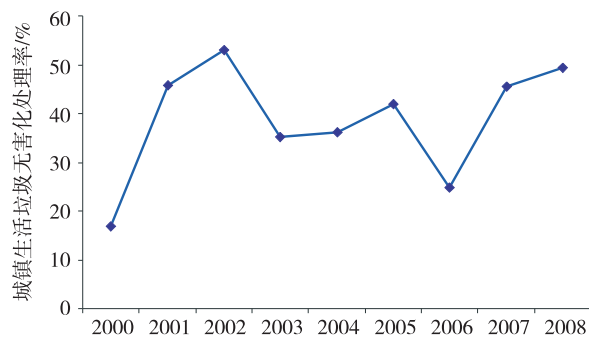


图 10 云南省城镇生活垃圾无害处理率 (2000~2008)

固体废弃物的综合利用指通过回收、加工、循环、交换等方式, 从固体废物中提取或者使其转化为可以利用的资源、能源和其他原材料的固体废物量 (包括当年利用往年的工业固体废物累计贮存量), 如用作农业肥料、生产建筑材料、筑路等。工业固体废物综合利用率指每年综合利用工业固体废物的总量与当年工业固体废物产生量的百分比。由图 11 可看出, 随着云南省不断加大对工业固体废物污染治理投资, 云南省工业固体废物综合利用率逐年增加。根据 2007 年全国统计, 我国工业固体废物综合利用率达到 56%, 因此云南省的综合利用能力较全国平均水平还有较大差距。

工业固体废物可以通过一系列的处置方式来减少固体废物带来的环境污染问题, 例如焚烧、填埋等处置措施。工业固体废物处置率是指每年通过一系列处置方式综合处理的工业固体废物总量与当年工业固体废物产生量的百分比。由图 12 可看出, 云南省工业固体废物综合利用率在 1997 年到

2005年期间,工业固体废物处置率快速上升,2006年后趋于稳定。

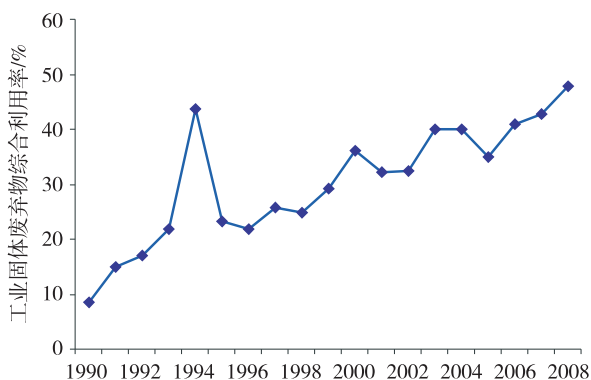


图11 云南省工业固体废物综合利用率 (1990~2008)

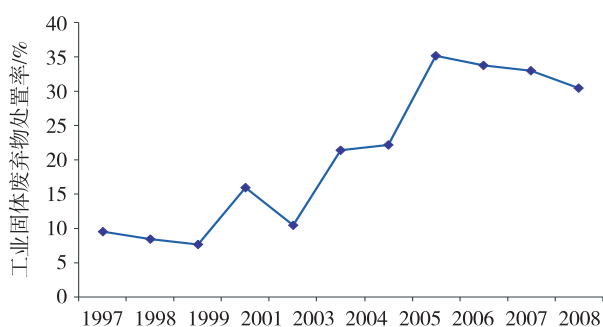


图12 云南省工业固体废物处置率 (1997~2008)

4 讨论

云南省固体废物污染问题来自云南省社会经济发展对固体废物产生的驱动和压力因子还在加强。城镇人口、工业GDP的持续增长,使得工业固体废物生产量和城镇生活垃圾生产量维持在一个不断上升的水平。总体来说,云南省固体废物污染所面临的驱动和压力还在不断加强。

从固体废物环境的状态因子看,云南省工业固体废物排放量和危险废物排放量不断减少并趋于稳定,但由于农田固体废物和城镇生活垃圾处理问题依然严峻,总体上并不乐观。固体废物污染对社

会经济的影响缺乏广泛关注,急需加强。

对响应因子的分析说明,为改善云南省固体废物环境污染状况,云南省采取了大量的对策措施,尤其在“十一五”期间投入大量资金进行治理,在工业固体废物综合利用、危险废物贮存方面取得显著成效;由于起步较晚,综合利用率较全国平均水平还有较大距离,工业固体废物贮存量也有小幅增加,城镇生活垃圾无害化处理能力需要进一步加强。对农田固废缺乏有效利用和监测,需要引起重视。

为此建议加大城市生活垃圾无害化处理的资金投入,加快无害化处理设施建设。针对城市生活垃圾处理存在的关键技术问题,组织技术开发、示范和推广,不断提高城市生活垃圾无害化处理水平。促进工业清洁生产,提高工业固体废弃物的重复利用率。

5 结论

本文基于DPSIR模型框架,结合云南省固体废物污染现状,构建了云南省固体废物污染DPSIR模型指标体系,并对各个指标的变化趋势进行分析,为下一步定量分析云南省固体废物污染奠定了基础。

参考文献:

- [1] Organization of Economic Cooperation and Development OECD core set of indicators for environmental performance [M]. Paris: Environment directorate, 1993.
- [2] European Environmental Agency. Europe's Environment: the second assessment [M]. Oxford: Elsevier Science Ltd, 1998.
- [3] Smeets E, Weterings R. Environmental Indicators Typology and Overview [M]. Technical Report NO. 25 European Environmental Agency, Copenhagen, 1999.
- [4] 曹红军. 浅评DPSIR模型[J]. 环境科学与技术, 2005, 28(6).
- [5] 马杏, 朱翔, 赵睿. 云南省水土流失DPSIR模型指标体系的构建[J]. 环境科学导刊, 2009, 28(6).
- [6] 朱翔, 马杏, 胡玉之, 等. (CEP III项目成果) 云南省环境绩效评估报告(国家研讨会征求意见稿)[R]. 昆明: 云南省环境科学研究院, 2010.
- [7] 孙汗文, 安建华, 梁淑轩, 等. 固体废物污染状况分析与废物资源化的思考[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2006, 26(5).

Establishment of Index System for Yunnan Solid Waste Pollution DPSIR Model

HU Yu-zhi¹, ZHU Xiang²

(1. Yunnan Institute of Environmental Science, Kunming Yunnan 650034 China)

Abstract: The index system is set up for the solid waste pollution DPSIR model of Yunnan based on the current situation of the solid waste disposal and availability in the province. A preliminary analysis is conducted on the variation of different index with time. It provides a basis for the quantitative evaluation of the solid waste pollution in Yunnan.

Key words: solid waste; DPSIR model; index system; Yunnan Province

冷轧酸性废水处理设施的设计与运行

金亚鹰¹, 刘勇², 袁军³, 王乐为¹, 李志霞¹, 王倩煜¹

(1. 宝钢工程技术集团有限公司, 上海 201900; 2. 宝钢不锈钢有限公司, 上海 200431;
3. 上海遂川环保有限公司, 上海 200941)

摘要: 冷轧废水是冶金行业内最难处理的废水之一。冷轧废水包括中性盐及含铬废水、酸性废水、浓油废水、稀油含碱废水、平整液废水等。本文就宝钢不锈钢有限公司配套建设的冷轧酸性废水处理设施的设计和运行进行了介绍和分析, 可作为相似工程中的借鉴和参考。

关键词: 冷轧; 酸性废水; 处理设施; 运行管理

中图分类号: X75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0051-04

1 概述

宝钢不锈钢有限公司拥有国内先进的冷轧生产线, 年产冷轧不锈钢和碳钢二百余万吨, 是国内重要的冷轧不锈钢和碳钢生产基地之一。冷轧废水是冶金行业内最难处理的废水之一。冷轧废水包括中性盐及含铬废水、酸性废水、浓油废水、稀油含碱废水、平整液废水等。

本文就宝钢不锈钢有限公司配套建设的冷轧废水处理的酸性废水处理设施的设计与运行进行了介绍和分析, 供实际工程或生产实践参考。

2 冷轧酸性废水的来源

酸性废水主要来自于不锈钢热带退火酸洗机组、不锈钢冷带酸洗机组、碳钢酸洗机组以及酸再生站等排放的废水, 主要成分包括 HNO_3 、 HF 、 HCl 、 H_2SO_4 以及金属元素, 具有很强的腐蚀性。TFe 约为 1500 ~ 7000mg/L, SS 约为 100 ~ 200mg/L, $\text{pH} < 2$ 。

3 冷轧酸性废水处理工艺流程

酸性废水处理设计能力为 $150\text{m}^3/\text{h}$ 。

来自主生产线的酸性废水以及含铬废水处理设施处理后的出水首先进入调节池储存, 调节池起到水量调节的功能, 保证后续处理线能在相对稳定的流量下运行。

调节池内废水经提升泵进入一级 pH 调节池, 一级 pH 调节池内投加石灰, 搅拌中和废水; 为了保证废水完全中和, 废水重力自流至二级 pH 调节池, 在二级 pH 调节池内投加石灰, 进行中和, 同

时为了保证污泥絮凝效果, 在二级 pH 调节池内投加 PAC; 因废水中还有一定量的亚铁离子 (Fe^{2+}), 在一级、二级 pH 调节池内均进行曝气, 将亚铁离子 (Fe^{2+}) 氧化成铁离子 (Fe^{3+}), 以污泥的形式除去废水中的铁离子; 中和后的废水重力自流至反应澄清池。

反应澄清池内投加 PAM, 废水经两个中和罐后形成了大量的污泥, 污泥在反应澄清池内沉淀, 上清液溢流至清水池; 为了减少石灰耗量, 提高絮凝反应效果, 反应澄清池部分污泥回流至一级 pH 调节池; 清水池废水经提升泵送至冷轧废水过滤系统做进一步处理, 废水过滤后达标排放。

整个工艺流程主要是化学反应过程, 发生的主要化学反应有: $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$; $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$; $\text{Ni}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2$; $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{HF} \rightarrow \text{CaF}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{Ti}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Ti}(\text{OH})_2$; $\text{Cr}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3$; $2\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3$; $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{Mo}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Mo}(\text{OH})_2$ 。

酸性废水处理工艺流程为: 酸性废水→调节池→一级 pH 调节池→二级 pH 调节池→反应澄清池→清水池→冷轧废水过滤系统。

4 冷轧酸性废水处理设施的主要构筑物和设备

4.1 含酸废水调节池和分配池

含酸废水调节池用于接收钢厂的含酸废水, 钢厂排出的流量不定的间歇流废水在该池得到均化, 从而为系统的后续构筑物提供稳定流量的废水。

两个调节池尺寸分别为 $22\text{m} \times 5\text{m} \times 6.5\text{m}$, 总有效容积约 1320m^3 。分配池尺寸为 $2\text{m} \times 2\text{m} \times 2\text{m}$ 。位于两个调节池之上的分配池用于混合钢厂来

收稿日期: 2012-12-18

作者简介: 金亚鹰 (1975-), 男, 高级工程师, 学士, 主要从事工业水处理研究。

的各种类废水并通过分配池上的出口阀门将其分配入一个或两个调节池中。调节池设计成两种运行模式，一是同时将废水排入两个调节池，此时在 $120\text{m}^3/\text{h}$ 的流量下废水停留时间为 11h。二是仅将废水排入一个调节池，则在 $120\text{m}^3/\text{h}$ 的流量下废水停留时间为 5.5h，而另一个调节池则用于紧急事故排放并保证在调节池检修期间系统也能正常运行。

调节池出水通过耐腐蚀离心泵送入一级 pH 调节池。

调节池、分配池均采用钢筋混凝土池内衬玻璃钢。

4.2 一级、二级 pH 调节池

一级和二级 pH 调节池用于调节含酸含铬废水的 pH。 $30\text{m}^3/\text{h}$ 含铬废水和 $120\text{m}^3/\text{h}$ 含酸废水混合后，总流量达到 $150\text{m}^3/\text{h}$ 。每座 pH 调节池的尺寸为 $\Phi 5\text{m} \times 4\text{m}$ ，有效容积为 75m^3 。设污泥回流量为 $160\text{m}^3/\text{h}$ ，则各 pH 调节池的停留时间约为 15min。

池中的 pH 计用于检测并调节 pH 调节池内含酸废水的 pH。废水 pH 通过投加石灰浆后，被调节到 8~11 的范围内。每个 pH 调节池设置 pH 计以控制石灰投加量。此外，压缩空气将通过一个池子底部的布气系统通入 pH 调节池内，将亚铁离子氧化为三价铁离子。并且，在二级 pH 调节池中，加药剂量泵将会投加 PAC 以帮助颗粒物混凝。各池内还设有单速搅拌机，用于保证废水充分混合同时避免污泥在 pH 调节池内沉积。

从污泥回流槽回流的加石灰的污泥从污泥回流槽自流入一级 pH 调节池。加过石灰的污泥有助于提高废水 pH 和金属沉淀。

回流污泥加石灰工艺有两个目的。首先减小石灰的加药量，从而减少污泥产生量和石灰总用量。并且，更重要的是，由此可形成更密实的污泥颗粒，从而相对于一般金属氢氧化物污泥来说，能够得到更好的沉淀和浓缩效果和过滤性能。设一台单速搅拌机混合含酸废水、石灰浆和回流污泥。

一级 pH 调节池出水自流入二级 pH 调节池，然后二级 pH 调节池出水自流入两个反应澄清池进行污泥沉淀。调节池下游的流量计用于控制到一级 pH 调节池的废水流量。

一级、二级 pH 调节池工作原理见图 1。

一级、二级 pH 调节池均为碳钢内衬 FRP 材质。搅拌机的轴和叶片材质为碳钢衬胶。调节池顶部加盖。

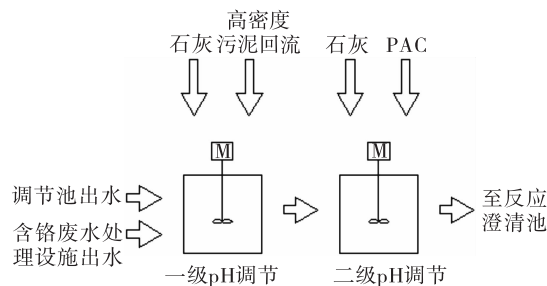


图1 pH调节池工作原理图

4.3 反应澄清池

反应澄清池是在一个池子内集合了混合、混凝、絮凝、固/液分离、自动污泥沉淀和固体回流等功能。反应澄清池为上流式固体接触单元。二级 pH 调节池出水平均分配入两个澄清池。单个反应澄清池容积约为 470m^3 ，在最大流量 $75\text{m}^3/\text{h}$ ，停留时间约为 6h。每个澄清池有效表面积约为 78m^2 ，因此，在设计最大流量 $75\text{m}^3/\text{h}$ 下，每个澄清池表面溢流率约为 $1.0\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ 。

阴离子絮凝剂在反应澄清池内，通过澄清池中心锥筒内的单速搅拌机与废水充分混合。阴离子絮凝剂有助于含酸废水中悬浮固体的混凝和絮凝。当废水上流式运动时，固体颗粒沉淀形成污泥床，该污泥床可作为一个滤床过滤更小的颗粒，从而进一步促进沉淀反应的完成。

每个反应澄清池出水通过池顶边缘的 V 形堰溢流进入集水槽，然后流入清水池。沉淀的污泥通过澄清池底部的污泥耙不断搅拌。反应澄清池底污泥通过螺杆泵不断送入污泥浓缩池脱水和污泥回流池。

反应澄清池工作原理见图 2。

反应澄清池为钢筋混凝土结构内壁防腐，反应刮泥设备采用碳钢衬胶涂环氧。

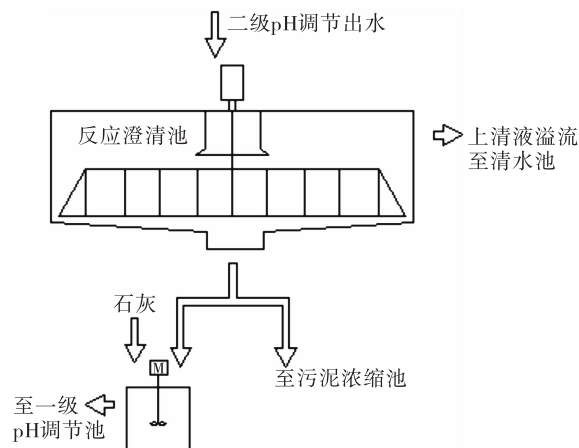


图2 反应澄清池工作原理

4.4 污泥回流池

反应澄清池底部沉淀的部分污泥用污泥泵送入污泥回流池,在此投加石灰从而得到敷有石灰的污泥。通过该工艺形成密实的固体颗粒,然后污泥自流入一级 pH 调节池。污泥回流池尺寸为 $\Phi 3\text{m} \times 2.5\text{m}$ 。

污泥回流工艺受一个位于排泥管线上的带可调节控制器的气动管夹阀控制,使污泥回流率达到 15:1。回流污泥添加石灰。污泥回流池内污泥排入一级 pH 调节池处理。回流加石灰污泥将使进入反应澄清池的废水中固体含量达到 10% (质量百分比)。反应澄清池排泥含固率超过 10% (质量百分比)。

污泥回流池为碳钢内衬 FRP 材质。搅拌机的轴和叶片材质为碳钢衬胶。污泥回流池顶部不加盖,仅设搅拌机桥架。

4.5 清水池

清水池用于储存反应澄清池出水。此外,清水池用于检测含酸含铬废水在排出含酸废水处理系统之前是否达到了废水排放标准。因此,清水池安装有铬检测装置,用于检测该池内废水的铬含量。清水池为不规则形状,有效容积约为 70m^3 ,在流量 $150\text{m}^3/\text{h}$ 时停留时间约为 30min。清水池出水送冷轧废水过滤系统。清水池为钢筋混凝土结构内壁防腐。

5 冷轧酸性废水处理设施的运行管理

5.1 含酸废水调节池和分配池的运行管理

调节池出水提升泵可在现场手动开/停或通过控制室自动控制。当该泵自动运行时,主要受控于泵下游的电磁流量计。该流量计用于检测废水流量并跟踪含酸废水系统处理废水总量。操作员在控制室输入所需流量,流量计将调节泵的变频器以维持该流量恒定。但当调节池液位太高或者太低时,泵优先受两个调节池的液位计控制。

调节池上液位计设超高、高、低和超低液位。若其中一个调节池液位达到高位,液位计发出高位报警。但此时系统不动作,因为在两个调节池的共用池壁上端设有三角堰用于使废水自动溢流至第二个调节池。因此如果第二个调节池正用作紧急事故池并没有装满,则该溢流堰将避免第一个调节池的液位升到超高位。如果两个调节池的液位都达到超高,控制室将会显示超高液位报警。此时操作员必须关闭钢厂总进水管上的手动阀,以避免含酸废水处理系统漫溢。

若调节池液位降至低位以下,液位计发出调节

池低位报警,但系统不动作。

若调节池液位降至超低位以下,控制室提示调节池超低位报警,则调节池出水提升泵停止运行。

5.2 一级、二级 pH 调节池和污泥回流池的运行管理

一级 pH 调节池出水、二级 pH 调节池出水和污泥回流池出水皆是通过重力自流,因此这三个池子没有流量控制。

单速搅拌机可在现场手动开/停或通过控制室自动控制。

一级 pH 调节池出水、二级 pH 调节池内的 pH 计将分别控制一个石灰投加管线上的气动控制隔膜管夹阀,从而使 pH 被调节到 8~11。石灰加药管线上还设有一个手动隔膜阀,在必要的时候可手动切断石灰加药线。

加入二级 pH 调节池的混凝剂投加量根据含酸废水处理系统调节。

5.3 反应澄清池的运行管理

反应澄清池内快速搅拌机和泥耙可在现场手动开/停或通过控制室自动控制。扭矩仪可在泥耙扭矩到达最大允许值时停止泥耙电机。此外,当扭矩达到高位时将会报警。

阴离子絮凝剂加入反应澄清池帮助污泥沉淀。为保证合适的絮凝剂加药量,絮凝剂加药泵可通过主控制室控制。

反应澄清池污泥泵 2 用 1 备,可在现场手动开/停或通过控制室自动控制。只要澄清池内有污泥,污泥泵都应保证连续运行。此外,操作人员应定期切换运行的泵和备用泵,以保证所用泵都能运行良好。

反应澄清池内的污泥界面仪设高位、正常和低位。在正常运行过程中,泥位应维持在正常位置(在试车时确定)。泥位可通过排泥管线上的气动管夹阀控制。该管夹阀将使特定流量的污泥进入污泥浓缩池,其余污泥进入污泥回流池。回流污泥和废弃污泥比约为 15~30:1。当澄清池内正常污泥泥位下降,则管夹阀稍微关闭,从而使更多污泥回流。当澄清池内正常污泥泥位上升,则管夹阀稍微开大,使更多污泥进入污泥浓缩池。从而可维持反应澄清池内恒定的污泥位。如果反应澄清池泥位达到高位(在试车时确定),则污泥界面仪将报警提示澄清池内污泥正在不受控制地增加。如果反应澄清池泥位达到低位(在试车时确定),则污泥界面仪将报警提示澄清池内污泥正在不受控制地流失。

当泥位高位或者低位报警时，操作人员必须重新设置回流污泥比，使泥位回到正常位置。排泥气动管夹阀位于污泥泵下游。污泥界面仪的设定值应在试车时调节。此外，控制排泥管夹阀的另一个方案是，当澄清池内扭矩超过高位（在试车时确定）时，管夹阀打开使更多的污泥排入浓缩池。

5.4 清水池的运行管理

液位计用于控制清水池内废水液位。清水池出水泵1用1备，可在现场手动开/停或通过控制室自动控制。液位计设超高、高、低和超低液位。由液位控制水泵的启停。

一个铬检测装置用于控制清水池出水管上两个气动蝶阀。 Cr^{6+} 监测器通过一个分光光度计在线监

测废水中 Cr^{6+} 的含量。如果 Cr^{6+} 浓度低于排放限值，通往冷轧废水过滤系统的蝶阀将会开启。如果 Cr^{6+} 浓度高于排放限值，通往冷轧废水过滤系统的蝶阀将会关闭，通往含酸废水分配池的蝶阀将会开启。此时，废水需要经过整个含酸废水处理系统重新处理。

6 冷轧酸性废水处理设施出水水质

酸性废水处理设施出水水质：TFe 约为 10 ~ 20mg/L，SS 约为 100 ~ 200mg/L，pH 约为 8 ~ 11（在冷轧废水过滤系统中会进一步调节 pH）。

7 小结

冷轧酸性废水处理设施自 2007 年建成投产以来，一直运行稳定，满足生产要求。

Design and Operation of the Acid Wastewater Treatment Facility of Cold Rolling Mill

JIN Ya-biao¹, LIU Yong², YUAN Jun³, WANG Le-wei¹, LI Zhi-xia¹, WANG Qian-yi¹

(1. BAOSTEEL Engineering & Technology Group Company Limited. Shanghai 201900 China)

Abstract: The cold rolling mill waste water is difficult to treat in the steeling works. It consists of the neutral salt and chromium - containing wastewater, acid waste water, heavy oil wastewater, light oil wastewater, flat liquid wastewater. This paper introduces the design and operation of the acid wastewater treatment facility of the cold rolling mill of BAOSTEEL Stainless Steel Company. It can be used for reference in the similar engineering.

Key words: cold rolling; acid wastewater; treatment facility; operational management

土霉素废水的强化臭氧化试验研究

刁玲玲¹, 王 帅¹, 王忠岱²

(1. 青岛市环境保护局城阳分局, 山东 青岛 266109;

2. 交通运输部规划研究院环境资源所, 北京 100028)

摘 要: 对土霉素废水进行臭氧化及强化臭氧化试验研究。考察了土霉素废水臭氧化降解过程中 pH 值、初始浓度和气相臭氧浓度等对降解反应速率的影响, 并进行了超声、微波强化试验。结果表明, 反应的最佳 pH 值范围位于弱碱性条件, 气相臭氧浓度越高土霉素的降解反应速率越快; 超声和微波强化后, 反应速率分别提高到未强化前的 1.61 倍和 1.85 倍。

关键词: 土霉素废水; 臭氧化; 强化; 降解

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0055-03

土霉素是一种四环素类抗菌药物, 在水产养殖和畜牧业中应用广泛。这种抗生素水溶性好, 代谢效率低, 在环境中易于储存和蓄积^[1,2]。常规水处理方法对水中的四环素类抗生素处理效果不佳^[3,4], 造成对水环境和人类健康的潜在威胁。

近年来, 臭氧化技术已成功应用于水质深度净化领域, 具备氧化能力强、反应速率快、无二次污染等特点^[5-8]。国内外对土霉素等四环素类抗生素的臭氧化降解已有初步研究。王春平等^[9]采用锰催化剂强化臭氧化降解土霉素废水, 但 60min 的降解效率不高。这是由于臭氧的化学性质极不稳定, 在空气和水中都会慢慢分解成氧气, 以致降解效率低^[10]。因此, 必须寻找其他强化技术与臭氧化技术结合来提高·OH 的产率。本文以土霉素废水为处理对象, 考察了溶液 pH 值、土霉素初始浓度、臭氧气相浓度对臭氧化效率的影响, 在此基础上辅以超声、微波强化, 以期能较大幅度提高土霉素废水的降解效率。

1 材料与方法

1.1 试验材料

土霉素为标准品, 其余试剂均为分析纯, 试验用水为去离子水。反应体系的 pH 值由 $H_3PO_4 - NaOH$ 缓冲溶液调节。臭氧发生器为 KT-OZ-7G 型, 超声波仪为 KQ50 型, 微波仪为 G8023ESL-V8 型。

1.2 试验方法

臭氧发生器以空气为气源, 臭氧产量 7.0g/h,

臭氧流量由管路上的气体流量计精确控制, 剩余尾气中的臭氧通入装有 2% KI 溶液的吸收瓶吸收。臭氧化反应在玻璃反应器内完成, 反应器内装有 30mg/L 的土霉素溶液, 底部有砂芯布气装置。臭氧停止通入后, 立即用 0.1mol/L 的亚硫酸钠终止溶液中的氧化反应进程。将反应器置入超声波仪或微波仪中, 进行强化臭氧化试验。超声功率为 120W, 微波功率 450W。试验工艺流程如图 1 所示。采用 HANNA 公司 pH211 型台式酸度计测定 pH 值。用上海光谱 UV-2102 PC 型紫外可见分光光度计测定液相中土霉素浓度变化。

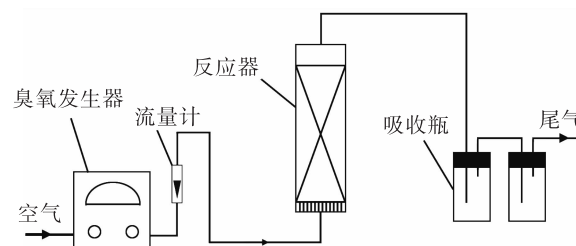


图1 土霉素臭氧化降解试验工艺流程示意图

2 结果与讨论

2.1 pH 值的影响

pH 值对土霉素在水溶液中的形态有较大影响, 进而影响其迁移转化^[11,12]。当气相臭氧浓度 50mg/L, 初始土霉素浓度为 25mg/L 时, 不同初始 pH 值下土霉素的臭氧化降解结果如图 2 所示。

由图 2 可见, 随着 pH 值在 4.06 ~ 10.05 逐渐升高, 土霉素的降解速率逐渐加快, pH 进入碱性范围后, 降解速率变化不明显。这可能是由于在酸性条件下, 土霉素表面会得到 H^+ 从而带上正电

收稿日期: 2012-12-03

作者简介: 刁玲玲 (1982-), 女, 山东胶州人, 工程师, 主要从事环境监测及环境污染防治技术研究。

荷，离子化的土霉素分子与臭氧的二级反应速率常数较分子水平的反应速率高4~6个数量级^[13]，进而使土霉素的降解速率大大加快。但是在中性或碱性条件下，臭氧分子的分解速率加快，以致·OH的产生速率加快^[14]，但土霉素的离子化水平降低，导致其降解速率比酸性条件下降低。

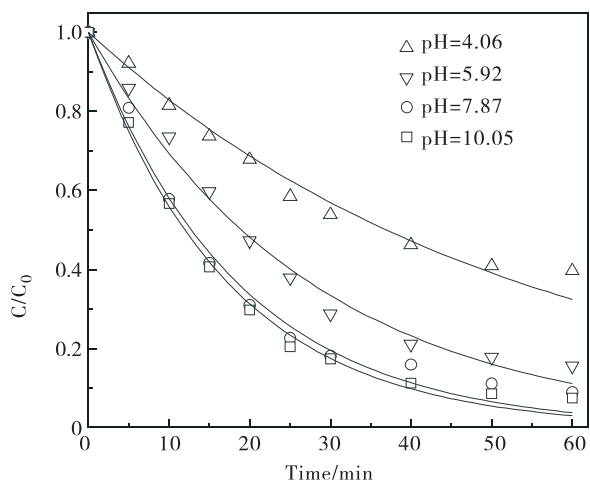


图2 pH对土霉素臭氧氧化降解的影响

2.2 土霉素初始浓度的影响

当气相臭氧浓度50mg/L，未调节pH条件下，不同初始浓度下土霉素的臭氧氧化降解结果如图3所示。结果表明，不同初始浓度下土霉素均能被有效降解，降解率均在75%以上。可以看出初始浓度越高反应速率k反而越小，这是因为pH值是臭氧氧化反应的一个重要影响因素，初始浓度越大，反应过程中产生的有机酸也越多，pH值下降得越快，导致反应速率降低，此外土霉素臭氧氧化中间产物与臭氧反应迅速，会与土霉素发生竞争反应而消耗臭氧，导致土霉素的降解效率降低。

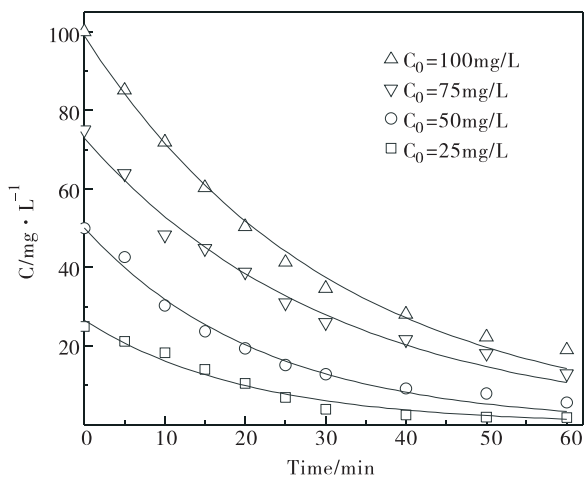


图3 土霉素初始浓度对臭氧氧化降解的影响

2.3 气相臭氧浓度的影响

当土霉素初始浓度为50mg/L，未调节溶液pH值条件下，不同气相臭氧浓度下土霉素的降解结果如图4所示。

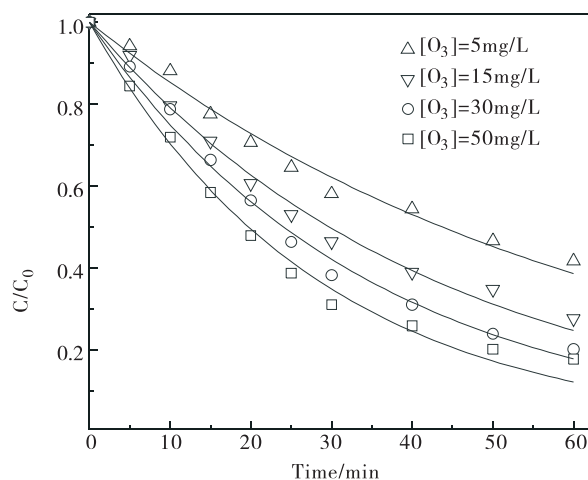


图4 气相臭氧浓度对土霉素降解的影响

由图4可见，气相中臭氧浓度越高，臭氧向液相传递的推动力就越大，进入液相的臭氧就越多，土霉素的降解速率越快。不同臭氧浓度下的k按臭氧浓度由小到大分别为：0.0159、0.0233、0.0288和0.0352/min。

2.4 强化臭氧氧化试验

当气相臭氧浓度30mg/L，土霉素初始浓度为50mg/L，未调节溶液pH值条件下，进行了超声、微波强化臭氧氧化试验，结果见图5。

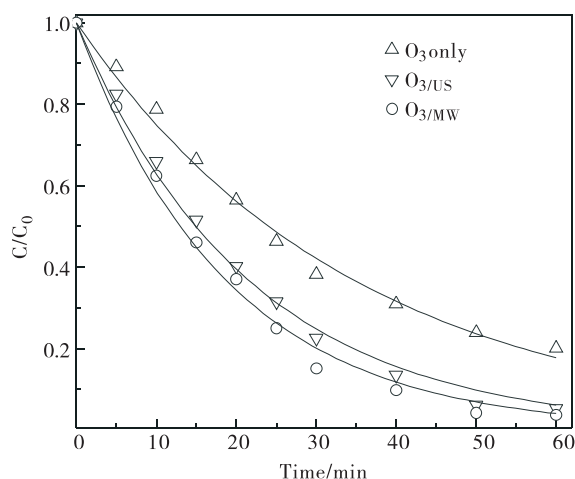


图5 超声和微波强化对土霉素臭氧氧化降解的影响

由图5可见，单纯臭氧氧化的土霉素降解反应速率常数为0.0288/min，超声强化、微波强化后土霉素降解反应速率常数有了明显提高，分别提高到0.0464/min和0.0534/min，分别提高了1.61倍和1.85倍，强化臭氧氧化对土霉素降解速率有较

大幅提高。通常认为^[15], 超声降解的机理是形成超声空化, 超声强化臭氧化反应过程中, 空化泡中的热解反应和气液界面产生一系列链式自由基反应, 进入液相主体参与反应的·OH等自由基大量增加, 使得土霉素降解效率提高。微波强化臭氧化试验中, 液相中的水分子作为微波吸收剂, 对土霉素臭氧降解过程起到敏化作用, 具有加速反应速率的作用, 使土霉素降解效率也得到提高。

3 结论

土霉素臭氧化降解的最佳液相 pH 值为弱碱性, 气相臭氧浓度与降解反应速率常数成正比。超声和微波均可对土霉素的臭氧化降解起到强化作用, 反应速率常数可分别提高 1.61 倍和 1.85 倍。

参考文献:

- [1] Richardson B J, Lam P K, Martin M. Emerging chemicals of concern: pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in Asia, with particular reference to Southern China [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2005, 50 (9): 913–920.
- [2] Hirsch R, Ternes T, Haberer K, et al. Occurrence of antibiotics in the aquatic environment [J]. *Science of the Total Environment*, 1999, 225 (1–2): 109–118.
- [3] Watkinson A J, Murby E J, Costanzo S D. Removal of antibiotics in conventional and advanced wastewater treatment; Implications for environmental discharge and wastewater recycling [J]. *Water Research*, 2007, 41 (18): 4164–4176.
- [4] 黄丽萍, 陈东辉, 黄满红, 等. TiO₂ 光催化降解水中土霉素的动力学研究 [J]. *环境工程学报*, 2012, 6 (1): 57–62.
- [5] 刘则华, 刘锡建, 张文启. 臭氧技术在污水处理中的应用研究进展 [J]. *上海工程技术大学学报*, 2008, 22 (2): 141–145.
- [6] Von Gunten U. Ozonation of drinking water: Part I. Oxidation kinetics and product formation [J]. *Water Research*, 2003, 37 (7): 1443–1467.
- [7] 胡翔, 李进, 皮运正, 等. 臭氧氧化水中壬基酚的反应机理研究 [J]. *环境科学*, 2007, 28 (3): 584–587.
- [8] Rosenfeldt E J, Linden K G, Canonica S, et al. Comparison of the efficiency of center dot OH radical formation during ozonation and the advanced oxidation processes O₃/H₂O₂ and UV/H₂O₂ [J]. *Water Research*, 2006, 40 (20): 3695–3704.
- [9] 王春平, 刘清福, 马子川. 催化臭氧氧化法降解土霉素废水 [J]. *工业水处理*, 2005, 25 (4): 56–58.
- [10] 储金宇, 吴春笃. 臭氧技术及应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [11] Fujishima A, Zhang X T. Titanium dioxide photocatalysis: Present situation and future approaches [J]. *Comptes Rendus Chimie*, 2006, 9 (5–6): 750–760.
- [12] Rubert K, Pedersen J A. Kinetics of oxytetracycline reaction with a hydrous manganese oxide [J]. *Environmental Science and Technology*, 2006, 40 (23): 7216–7221.
- [13] 刘桂芳, 马军, 秦庆东, 等. 水中典型内分泌干扰物质的臭氧氧化研究 [J]. *环境科学*, 2007, 28 (7): 1466–1471.
- [14] Deborde M, Rabouan S, Duguet J P, et al. Kinetics of aqueous ozone-induced oxidation of some endocrine disruptors [J]. *Environmental Science and Technology*, 2005, 39 (16): 6086–6092.
- [15] 魏红, 李娟, 李克斌, 等. CCl₄ 对左旋氧氟沙星超声降解的影响 [J]. *高等学校化学学报*, 2012, 33 (7): 1438–1443.

Modified Ozonization of the Oxytetracycline Wastewater

DIAO Ling-ling¹, WANG Shuai¹, WANG Zhong-dai²

(1. Chengyang Branch of Qingdao Environmental Protection Bureau, Qingdao Shandong 266109 China)

Abstract: An experimental research is carried out on the ozonization and modified ozonization of the oxytetracycline wastewater. The pH value, the original concentration and the gaseous ozone concentration are studied to see their impact on the degradation process. Ultrasonic and microwave methods are employed to modify the ozonization rate. The results show that the optimum pH value for the ozonation reaction is light alkaline. The higher the ozone concentration is, the faster the reaction rate goes. The ultrasonic and microwave methods could speed up the reaction ratio by 1.61 and 1.85 times.

Key words: oxytetracycline wastewater; ozonization; modified; degradation

尾砂充填技术在大红山铜矿的运用与研究

赵丽琼, 张应平

(玉溪矿业有限公司, 云南 玉溪 653100)

摘要: 简述了大红山铜矿基本概况和尾砂充填技术的基本工艺流程, 采用立式砂仓自然沉淀分级制备工艺, 将沉砂制备成平均浓度 65%~70% 的矿浆, 用管道自流输送到采空区充填。通过充填减少尾矿排放量, 提高矿柱的安全回采, 降低贫化率, 延长矿山服务年限。

关键词: 尾砂充填技术; 采空区; 运用与研究; 大红山铜矿

中图分类号: X75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0058-03

尾砂充填采矿技术是现代矿山开采经济环保的一种新技术, 与其它采矿方法相比, 具有工艺简单、成本低、回采率高、作业安全、保护环境等优点。并且能回采复杂地质条件下的难采矿体和深部矿体, 因此充填采矿技术也越来越受重视, 充填技术工艺也在不断创新和发展。同时也是把尾矿视为一种远景资源储存于井下, 待将来技术经济成熟再对其进行资源二次开发利用。

1 大红山铜矿简介

大红山铜矿位于云南省玉溪市戛洒镇境内, 地理坐标为东经 $101^{\circ}35'30'' \sim 101^{\circ}38'50''$, 北纬 $24^{\circ}05'30'' \sim 24^{\circ}08'00''$, 矿区范围海拔高度 600~1350m。大红山铜矿一期工程于 1997 年 7 月 1 日正式建成投产, 工程设计采选能力 2400t/d, 采用胶带斜井、辅助斜井开拓, 中段有轨运输。采矿方法为电耙出矿的有底部结构分段空场法 (占 70%), YGZ-90 型凿岩机钻凿落矿炮孔; 电耙出矿的房柱法 (占 30%), 用浅眼凿岩机凿岩落矿; 嗣后用废石和自然分级尾砂充填采空区。

二期工程在二期基础上新增采矿能力 2400t/d。采用胶带斜井、箕斗斜井、辅助斜坡道开拓, 中段有轨运输, 采矿方法以分段空场法为主、其次为房柱法, 采用进口先进的全液压台车凿岩、 4m^3 电动铲运机出矿为主的机械化无轨开采工艺, 采后均采用废石及尾砂充填采空区。

大红山铜矿西部矿段采矿工程也采用空场出矿嗣后废石及分级尾砂充填的采矿法。

2 大红山铜矿充填系统和工艺

2.1 充填材料

大红山铜矿矿床属缓倾斜多层矿体, 埋深较

大, 矿岩稳固, 地温高, 采用空场类采矿法。为及时处理采空区, 有效控制地压, 确保井下生产工作及人员安全, 防止空区大面积垮落产生灾害性破坏事故, 减少矿石损失及顶板冒落造成的贫化, 减少地表尾矿库库容和废石堆场, 根据空场采矿法采空区嗣后一次充填处理的特点, 结合大红山铜矿的具体情况, 选取来源丰富、可靠、经济、能满足充填要求、运送方便的选矿尾砂及坑内采掘废石作为充填料。

2.2 充填设施

2.2.1 本区充填站

大红山铜矿一、二期工程建设有充填站 (简称: 第一充填站), 充填站设施包括: 两组 (4 个) 直径为 $\phi 9\text{m}$ 的立式砂仓 (有效容积 $1000\text{m}^3/\text{个}$), 1 组 (2 个) $\phi 7\text{m}$ 立式砂仓 (有效容积 $560\text{m}^3/\text{个}$), 2 台处理溢流的 $\phi 15\text{m}$ 浓密机和 1 台 $\phi 30\text{m}$ 浓密机及回水泵站、充填高位水池、浓密机底流泵站等。

2.2.2 第二充填站

第二充填站布置在二选厂后山坡 810~842m 标高间, 立式砂仓置于 842m 平台, $\Phi 30\text{m}$ 浓密机置于 830m 平台, 回水泵站置于 810m 平台, $\phi 30\text{m}$ 浓密机底流加压泵站置于 807m 平台, 充填站高位水池置于 930m 标高, 827m 平台设置用于本区东部充填的充填加压泵站。

2.2.3 胶结搅拌站

胶结搅拌站设置在 923m 平台, 设置 3 套水泥添加和搅拌装置。搅拌站为钢筋混凝土框剪结构, 水泥仓和搅拌设施在同一建筑物内设置, 水泥仓 3 个, 容积 $300\text{m}^3/\text{个}$, 配套设置 3 套双管螺旋给料机, 3 台 $\phi 2.6\text{m} \times 2.4\text{m}$ 高浓度强力搅拌槽。

2.3 充填料制备工艺

一选厂 843m 平台水隔离泵站共设 3 台水隔离泵, 选厂浓度池底流经渣浆泵打入水隔泵喂料浆池, 由水隔泵加压 (重量浓度 45% ~ 50%), 送往充填制备站 933m 平台立式砂仓, 尾矿经立式砂仓分级及沉淀储存再造浆 (重量浓度 60% ~ 70%), 通过管道自流输送到采空区充填, 立式砂溢流水进入浓密池沉淀细粒, 溢流水再送回水处理系统。细泥由一期充填站渣浆泵加压进入由水隔离泵站引出的尾矿库输送管排入尾矿库。

二选厂尾矿浓密机底流由渣浆泵扬送到 675m 平台水隔泵站喂料浆池, 再由水隔泵加压扬送到 842m 平台立式砂仓。立式砂仓沉砂 ($C_w = 80\% \sim 85\%$) 通过在底部松动和兑水造浆形成浓度 68% ~ 72%、平均 70% 的矿浆, 用管道经充填回风斜坡道及下部中央进风充填斜井送往各采区井下采空区充填; 立式砂仓溢流 ($C_w = 20\% \sim 25\%$) 进入 830m 平台 $\Phi 30m$ 浓密机浓缩脱水, 底流 ($C_w = 30\% \sim 35\%$) 由设于 807m 平台的加压泵站加压扬送至 865m 尾矿结合池, 之后自流到龙都尾矿库。

西矿段按机械化点柱式上向水平分层充填法的工艺要求, 尾砂充填分为分级尾砂充填和胶结尾砂铺面两个环节。分级尾砂充填直接采用立式砂仓制备工艺, 胶结尾砂充填需增加水泥等胶结材料添加和搅拌系统, 立式砂仓放砂放出浓度 68% ~ 70% 的尾砂浆, 自流进入搅拌槽, 由螺旋给料机按 1:4 ~ 1:5 的灰砂比例添加 Ps42.5 水泥, 每个系列充填制备能力 80 ~ 100 m^3/h 。经搅拌均匀后, 再经管道自流进入分层回采工作面充填。要求胶结尾砂强度 3d 达 1 ~ 1.5MPa, 7d > 2MPa。

3 实际运用

3.1 充填准备

采矿场出矿完成后交付充填, 进行采空区密闭构筑物 (密闭墙封口) 的施工及滤水设施的安装, 在充填盘区各回采分段进行装矿进路砌筑滤水墙, 沿分段穿脉和盘区矿柱内的穿脉巷道, 向采空区钻凿中深孔做溢流透水钻孔。盘区充填以矿块为单元进行, 对于全面法, 由于矿体厚度相对较薄, 每一矿块空间尺寸较小, 因此在每一矿块开采后进行一次充填; 对于房柱法和分段空场法, 由于矿体厚度相对较大, 采 2 ~ 3 个矿块后, 充填 2 个矿块, 按采 3 充 2 考虑, 每两个条带回采完毕, 即进行充填准备工作。

3.2 输送管道铺设

井下尾砂采用 DN150 管道输送, 一、二期的充填管道均由二期的充填进风斜井进入到井下各水平, 在斜井中共铺设 3 管道 (2 条工作, 1 条备用), 在回风顶沿铺设一条管道, 设计输送重量浓度 65% ~ 70%, 输送能力 130 ~ 200 m^3/h , 输送流速控制在 2 ~ 3m/s, 再根据具体的充填采区铺设相应的管道到充填采空区。

西矿段井下充填输送管径选择 DN150, 在充填回风斜坡道、500m 充填回风斜坡道至充填进风斜井间的联道、充填进风斜井内铺设 DN150 耐磨陶瓷钢管三根, 两根工作一根备用, 各中段充填回风平巷及充填回风平巷至充填进风斜井联道内铺设 DN150 无缝钢管一根, 中段充填回风平巷至各充填盘区铺设 DN100 无缝钢管一根。

3.3 立式砂仓装载及溢流脱水

由于尾砂粒度细, 立式砂仓沉降面积小、浆量大的特点, 在砂仓数量有限的条件下, 采取立式砂仓, 分两组, 每组两个。采取间隔进料、交替溢流, 延长砂仓装载时间, 以控制溢流粒度。 $\phi 9m$ 的立式砂仓装载时间 19 ~ 23.8h, 制备充填时间为 8 ~ 10h; $\phi 7m$ 的立式砂仓装载时间 13 ~ 15.5h, 制备充填时间为 5 ~ 6h。

砂仓溢流水在上半部仓身溢流圈以下, 沿竖向布置 3 层溢流排水孔 (间隔 2.0m), 和仓顶溢流圈将两个砂仓沟通排出。通过间隔进料, 流出颗粒沉降时间, 控制溢流浓度 $C_w \leq 20\%$, 确保浓密池的处理效果。立式砂仓入料口设置滴落散流器, 减小对砂仓内浆面的冲击, 改善尾砂沉降环境。

3.4 充填作业

根据充填采矿法的要求, 分层采空区先用井下采掘废石和自然沉淀分级尾砂充填, 之后再胶结尾砂浆铺面, 每一次分层开采高度 3.3m, 废石和自然沉淀分级尾砂充填 2.7 ~ 2.8m, 胶结尾砂浆铺面 0.5 ~ 0.6m。胶结充填比例 18.15%, 分级尾砂和废石充填比例占 81.85%。尾砂充填前、结束后用清水清洗管道 5 ~ 10min, 并有专人负责充填管道的巡视和采场充填管理, 如有充填跑漏现象要及时进行处理或停充, 当溢流放水孔出沙时, 应及时堵孔。

4 结论

(1) 大红山铜矿采用尾砂和废石充填工艺, 有效地充填采空区, 充分回采矿石资源, 矿石回采率可达 90% 以上, 矿产资源可得到有效利用, 创

造了较大的经济效益、环境效益和社会效益，同时可延长矿山生产服务年限。

(2) 采用空场出矿嗣后尾砂及废石充填采矿法，可有效防治矿山采空区崩落，防止上覆盖层塌陷，地表、村庄和农田被毁。

(3) 有效地保护地表生态环境。每年按 450 万 t/a 总规模考虑，尾矿产出量 371.56 万 t/a，按采空区充填率 80%，尾砂充填率 61.34% 计算，每

年充填尾矿 227.92 万 t，节约尾矿库的建设和管理维护费用，减少尾砂库占地面积，减少地表尾砂扬尘污染空气、尾矿坝下游水质污染，采用尾砂充填井下采空区，不仅尾砂得到充分利用，而且有效保护了地表生态环境。

参考文献：

- [1] 张新立. 全尾砂胶结充填技术在李楼铁矿的应用 [J]. 有色金属 (矿山部分), 2012, 64 (2).

Application of Tailings Filling Technology in Dahongshan Copper Mine

ZHAO Li-qiong, ZHANG Ying-ping

(Yuxi Mining Limited Company, Yuxi Yunnan 653100 China)

Abstract: This paper gives a brief introduction about Dahongshan Mine and the process of the tailings filling technology. The sediment is made up as the mineral pulp with an average concentration of 65% - 70% by using the vertical sand bin in which the natural sedimentation and graded preparation take place. The pulp is conveyed to fill the gob through pipelines and by gravity flow. It could reduce the discharge of the tailings, and enhance the safe extraction of the ore pillar. The dilution rate is less, and the service of the mine is prolonged.

Key words: tailings filling technology; worked - out section; application and research; Dahongshan Mine

稀土湿法分解工艺过程中铅分布及排放量研究

帅 星

(西南交通大学, 四川 成都 610031)

摘 要: 采用 X 射线荧光法光谱法 (XPF) 对稀土精矿、产品及废渣中的铅进行测定, 采用电感耦合等离子原子发射光谱方法 (ICP-AES) 对废水的铅进行测定。根据测试数据, 分析了稀土湿法分解过程中铅的分布及排放量。

关键词: 稀土湿法分解; 铅分布; 排放量; 研究

中图分类号: X705 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0061-03

稀土资源是最重要的战略物资之一, 也是我国优势矿产资源。我国稀土储量居世界第一位。四川冕宁氟碳铈矿保有储量为 173 万 t, 远景储量为 239 万 t, 居全国第二位, 仅次于内蒙。四川形成了以冕宁氟碳铈矿为原料的三大稀土工业生产基地。稀土资源的开发给生态环境带来了一定的破坏, 环保问题严峻, 环境污染仍是制约我国稀土发展的一个重要瓶颈。国家《重金属污染综合防治“十二五”规划》以及《四川省重金属污染综合防治“十二五”规划》将重金属排放纳入总量控制, 因此, 开展四川冕宁稀土矿湿法分解过程中重金属铅的来源、在生产工艺过程中的转化状态、分布规律、铅排放量研究, 对促进稀土工业生产工艺和技术的进步, 保护环境和保障公众健康具有非常重要的意义。

1 氟碳铈稀土精矿、产品、废渣的铅分布

1.1 稀土湿法分解过程中铅的转化状态

铅是一种重金属, 广泛存在于自然界, 天然环境中多以不溶性铅盐存在。天然矿石铅以硫化铅、氧化铅或碳酸铅的形态存在。四川冕宁牦牛坪稀土矿为氟碳铈稀土矿, 稀土矿中的铅以碳酸铅的形态存在, 在焙烧过程中转化为氧化铅, 在酸浸工段氧化铅与盐酸反应形成可溶性铅盐, 一部分进入稀土溶液, 部分富集在稀土富集物, 在除铅工段, 铅富集在铅渣中, 极小部分进入废水中。稀土工业在生产过程中排放的含铅废水或固体废物进入环境, 会导致环境污染, 影响公众健康。

1.2 氟碳铈稀土精矿、产品、废渣的铅含量测试

1.2.1 铅的测定方法

测定方法: X 射线荧光法光谱法 (XPF)^[1,2]。

测量仪器: 岛津公司 XPF 荧光法光谱仪。

1.2.2 样品来源

2010 年 12 月 22 日茂源新材料有限公司湿法分离厂精矿原料和富铈渣, 该精矿为在选矿中未采取分离铅的工艺时获得的精矿。2011 年 10 月 28 日冕宁方兴稀土公司湿法分离厂使用的精矿原料和富铈渣, 该精矿为在选矿中已采取分离铅的工艺时获得的精矿。2011 年 10 月 20 日锐丰公司湿法分离厂使用的精矿原料和产品。

1.2.3 样品制作

将样品研磨细, 过 200 目筛, 250 ~ 300℃ 烘 2h, 压片测定^[3,4]。

1.2.4 工作曲线

以标准样品的铅的化学分析值为横坐标, 以所测得的各组分的 X 荧光强度为纵坐标, 制作标准工作曲线^[5]。

1.3 氟碳铈稀土精矿、产品、废渣的铅含量 (%) 测试结果

氟碳铈稀土精矿、稀土富集物 (富铈渣) 的铅含量测试结果见表 1, 产品、废渣的铅含量测试结果见表 2。

表 1 氟碳铈稀土精矿、富铈渣

产品名称	茂源公司 (选矿未分离铅)			方兴公司 (选矿已分离铅)			
	1#样品	2#样品	均值	1#样品	2#样品	3#样品	均值
稀土精矿	0.76	0.82	0.79	0.20	0.16	0.21	0.19
富铈渣	1.36	1.46	1.41	0.18	0.17	0.19	0.18

收稿日期: 2012-01-15

作者简介: 帅星 (1983-), 女, 西南交通大学硕士研究生。研究方向: 环境科学及污染治理。

表2 产品及废物中的铅含量 (%)

产品名称	茂源科技公司均值	方兴公司均值	锐丰均值
优溶渣		0.044	0.098
铁钽渣		0.17	0.15
铅渣	6.50	6.79	6.77
废水污泥	0.02	0.01	0.02
氧化镧	0.001	0.01	0.01
氧化镨钕	0.001	0.01	0.01
钆铈	0.001	0.01	0.01

2 废水中铅的测量

2.1 废水中铅的测定方法

采用电感耦合等离子体质谱法 (ICP - AES) 测定废水中可溶性铅和铅的总量。仪器: IRIS Adv. 电感耦合等离子体原子发射光谱仪, 美国热电元素公司。

试剂: Pb. 标准试剂: 国家标准物质研究中心, 硝酸, 优级纯, 高纯氦气 (99.99%)。

标准溶液与回收率: Pb 元素的国家标准溶液配制系列混标溶液, 浓度为 0、0.1、0.5、1.0 μg/ml。Pb 的加标回收率为 97.9%, 相对标准偏差为 0.38%。

方法检出限: 取 10 次平均测定空白溶液的结果, 按 $X + 2.82SD$ 计算方法检出限^[7]。铅的实际定量下限 5 μg/L。

操作要点: 样品采用硝酸 - 高氯酸进行消解, 有沉淀物的进行过滤, 定容; 将预处理好的样品及全程序空白溶液, 在仪器最佳工作参数条件下, 按照仪器使用说明书的有关规定, 两点标准化后, 做样品及空白测定。扣除背景或以干扰系数法修正干扰。

2.2 湿法分解工艺的废水中铅浓度

2.2.1 精矿湿法分解工艺的废水中铅浓度

成都新津高远新材料有限公司精矿湿法分解工艺产生废水量为 12000 m³/a, 废水处理量 40 m³/d, 该公司废水中铅测定结果见表 3。

表3 成都新津高远新材料有限公司废水中铅浓度 (mg/L)

项目名称	采样时间 2011.01.06			平均值
	15:00	16:00	17:00	
废水设施进口 Pb	2.12	2.07	2.23	2.14
废水设施进口中间池 Pb	0.890	0.868	0.876	0.878
废水设施出口 Pb	0.429	0.406	0.414	0.416

2.2.2 精矿湿法分解 + 萃取工艺的废水中铅浓度

方兴稀土公司精矿分解 + 萃取工艺产生废水量为 66400 m³/a, 废水处理量 221 m³/d。生产废水进入污水处理站处理达标排放, 其流程为: 石灰中和滤池、中和沉淀 (加石灰乳)、间歇式生物处理、加速澄清。

方兴稀土公司工艺废水处理设施进出口废水测定结果见表 4。

表4 方兴稀土公司工艺废水处理设施进出口废水测定结果 (mg/L)

项目名称	采样时间 2011.10.28			平均值
	15:00	17:00	19:00	
处理单元后 (进口) Pb	0.0565	0.0544	0.0553	0.0554
废水处理总出口 Pb	0.005	0.005	0.005	0.005

乐山盛和稀土公司精矿湿法分解 + 萃取工艺废水排放量为 84000 m³/a, 废水处理量 280 m³/d。含氟碱性废水: 先用在盐酸浸取工段的酸雾吸收, 降低 pH 值进入废水处理, 在弱碱性条件或中性条件下加石灰乳除氟, 其工艺废水处理设施进出口水测定结果见表 5。

表5 废水处理设施进出口水测定结果 (mg/L)

项目名称	采样时间 2011.04.03			平均值
	10:00	12:00	14:00	
废水设施进口 Pb	1.911	1.56	1.82	1.83
废水设施出口 Pb	0.0358	0.0366	0.0327	0.0350

2.3 测定结果及分析

监测结果表明, 四川冕宁精矿湿法分解工艺废水处理设施进口水中铅浓度为 0.055 ~ 2.14 mg/L, 废水处理设施出口水中铅浓度为未检出 ~ 0.416 mg/L。含铅废水经化学沉淀法处理后, 能够满足《稀土工业污染物排放标准》(GB26451 - 2011) 规定的现有企业水污染物排放限值 (0.5 mg/m³) 要求。

3 重金属铅平衡估算

以四川江铜稀土有限责任公司 (方兴公司) 年处理氟碳铈精矿 (REO = 70%) 4000t 为例, 估算铅在生产过程中的分布规律, 依据的产品规模: 年产氧化镨钕 (≥ 99.9%) 360t、氧化镧 (≥ 99.95%) 800t、钆铈富集物 41t、钽富集物 7.64t。工艺废水年排放总量为 66400 m³, 处理 1t 精矿排水 16.6t。

方兴公司铅平衡估算见表 6。

表6 方兴公司铅平衡估算

产品名称	数量/t	铅/%	铅/t
稀土精矿	4000	0.19	7.60
富铈渣	2136	0.18	3.84
氧化镨钕	360	0.01	0.036
氧化镧	800	0.01	0.08
钕铈铈	41	0.01	0.004
铅渣	48	6.79	3.26
钪富集物	7.6	0.105	0.017
废水污泥	546	0.01	0.055
废水/mg·m ⁻³	66400	0.054	0.0036
粉尘(回收)	149	0.19	0.284

研究表明：冕宁稀土精矿中重金属 Pb 主要以碳酸铅的形式存在于精矿中，在选矿中未采取分离铅的工艺时获得的精矿中碳酸铅的含量为 0.76% ~ 0.82%；在选矿中已采取分离铅的工艺时获得的精矿中碳酸铅的含量为 0.16% ~ 0.21%，精矿中的绝大部分重金属铅可以进入富铈渣、铅渣、铁钪渣中；富铈渣中铅的含量 0.105% ~ 0.19%，铁钪渣中铅的含量 0.15% ~ 0.17%，铅渣中铅的含量 6.50% ~ 6.79%。进入废水中的铅很少，废水中铅的含量很低。方兴公司年处理精矿

4000t，年排放的废水 66400m³，废水中重金属铅排放量为 3.6kg/a，铅浓度为 0.05 mg/L，占总铅量的 0.047%。锐丰公司年处理精矿 4180t，年排放废水 24000m³，废水中的重金属铅为 7.4 kg/a，铅浓度为 0.31mg/L。均低于《稀土工业污染物排放标准》(GB26451-2011)规定的现有企业水污染物排放限值(0.5mg/L)，不会对环境产生明显影响。

参考文献:

- [1] 徐秋心. 实用发射光谱分析 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1993.
- [2] 唐侠, 刘新. X 荧光光谱分析镍基合金中铅 [J]. 理化检验 - 化学分册, 2005, 41 (增刊): 60-61.
- [3] 苗国玉, 董中华, 胡树戈. 硅铁合金粉末直接压片法 X 荧光分析研究 [J]. 理化检验 - 化学分册, 2000, 36 (10): 447.
- [4] 袁蕴璞, 胡立设, 汪松柏. XPF 法粉末压片分析富铈混合稀土 [J]. 江西冶金, 2000, 20 (6): 39.
- [5] 岛津应用技术部. X 射线荧光分析法 [Z].
- [6] 陈新坤. 电感耦合等离子体质谱法 (ICP-AES 法) 原理和应用 [M]. 天津: 南开大学出版社, 1987.
- [7] 帅星, 谢家理. 工业废水中钼的排放限值研究 [J]. 环境环保科学, 2011, 37 (4): 10-12.

Distribution and Discharge of Lead during Extracting and Refining of the Rare Earth Ore

SHUAI Xing

(Southwest Jiaotong University, Chungdu Sichuan 610031 China)

Abstract: The lead in the fine rare earth ore, its products and solid waste is determined by the method of XPF. The lead in the wastewater is tested by means of ICP-AES. These data is used to analyze the distribution and discharge of the lead during the extraction and refining process of the rare earth ore.

Key words: extracting and refining process of rare earth ore; lead distribution; discharge; research

生态治污工艺与污水零排放方案及实践

王文明¹, 危建新^{1,2}, 聂世辉², 左锋¹, 李毅¹

(1. 湖南先导洋湖再生水有限公司, 湖南长沙 410006;

2. 长沙先导洋湖建设投资有限公司, 湖南长沙 410006)

摘要: 洋湖再生水厂一期工程污水处理规模为 4 万 m³/d, 是长沙市大河西先导区“两型”社会建设示范工程, 采用“MSBR+人工湿地”污水生态处理工艺, 出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 排放标准, 出水作为洋湖生态湿地公园的景观用水和片区中水从而实现污水零排放。本文着重介绍洋湖再生水厂生态治污工艺和污水零排放经验。

关键词: 生态治污; MSBR; 人工湿地; 零排放; 再生水; 中水回用

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0064-04

1 工程概况

洋湖再生水厂(坪塘污水处理厂及中水回用工程)位于长沙市岳麓区洋湖大道南侧、靳江河东侧的洋湖生态湿地公园科教区内。工程总占地面积 21.67hm², 厂区 5.67hm², 人工湿地 16.00hm²。规划分三期建设, 一期(2012年)4万 t/d, 二期(2016年)8万 t/d, 远期(2020年)12万 t/d。工程服务范围为长沙市先导区西二环线和白鹤天池以南的坪浦组团区域, 包括含浦科教产业园、坪塘和洋湖三个片区, 纳污面积约 50km², 服务人口约 60 万, 配套污水收集管网 40.43km, 中水管网 26.5km。

一期厂区建安工程于 2010 年 4 月开工建设, 2011 年 8 月底竣工, 10 月开始试运行。人工湿地工程于 2012 年 7 月初竣工, 一期工程于 7 月 31 日通过竣工环境保护验收, 8 月 11 日零时零分起进入商业试运行。项目以 BOO (Building - Owning - Operation) 模式运作, 由湖南先导洋湖再生水有限公司负责运营管理。

2 生态治污工艺方案

2.1 工艺流程

洋湖再生水厂生态治污工艺流程见图 1。

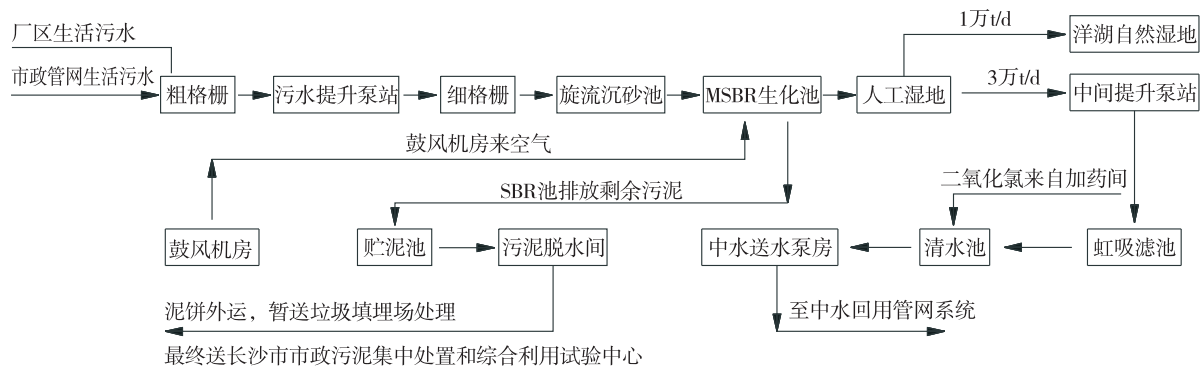


图1 洋湖再生水厂生态治污工艺流程图

由图 1 可知, 污水处理工艺包括三个环节, 即预处理、MSBR 二级生化处理和人工湿地深度净化处理, 后两个环节为污水生态处理工艺过程。

2.2 水质数据

洋湖再生水厂相关水质数据见表 1。由表 1 可知, 污水经 MSBR 二级生化处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 B 标准, MSBR 池排放尾水经人工湿地深度净化处理达到一级 A 标准, 部分进入洋湖生态湿地公园作景观补水经自然水体自净达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III 类水质标准; 部分

收稿日期: 2012-11-23

基金项目: 长沙市“两型”社会建设示范工程项目。

作者简介: 王文明(1982-), 男, 硕士, 工程师, 中国科学院研究生院毕业, 已发表学术论文 14 篇, 获他引 200 多次, 获授权发明专利 1 项。

通讯作者: 危建新。

经过滤消毒处理后作为片区中水，水质达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)和《城市污水再生利用景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)。

表1 洋湖再生水厂相关水质数据表 (mg/L)

	设计进水	MSBR池出水	人工湿地出水	自然湿地水系	中水
pH	-	6~9	6~9	6~9	6~9
SS	220	≤20	≤10	-	≤10
BOD ₅	120	≤20	≤10	≤4	≤6 (8)
COD _{Cr}	250	≤60	≤50	≤20	≤50
NH ₃ -N	30	≤8 (15)	≤5 (8)	≤1	≤5
TN	40	≤20	≤15	≤1	≤15
TP	3	≤1	≤0.5	≤0.2	≤0.5
粪大肠菌群 (个/L)	-	≤10000	≤1000	≤10000	≤3

2.3 主要工艺

2.3.1 MSBR 工艺

经预处理后的污水自流进入二级生化处理系统，一期工程设 MSBR 池 2 组，每组处理能力为 2 万 t/d，每组尺寸为 52.7 × 39m，水力停留时间 15.29h，泥龄 14.59d。MSBR 系统曝气用气源由鼓风机提供，设置鼓风机 3 台，2 用 1 备。MSBR 系统排放的剩余污泥经脱水处理后外运，设置离心脱水机 2 台，1 用 1 备。

MSBR (Modified Sequencing Batch Reactor) 为改良式连续流序批反应池，它是在 A²/O 工艺基础上结合 SBR 工艺和接触絮凝过滤理论发展而成的一种污水处理新工艺^[1]。MSBR 工艺采用组合式一体化结构，具有占地面积小、运行费用低和自动化程度高等优点^[2]。MSBR 系统由 7 个单元格组成，平面布置情况如图 2。

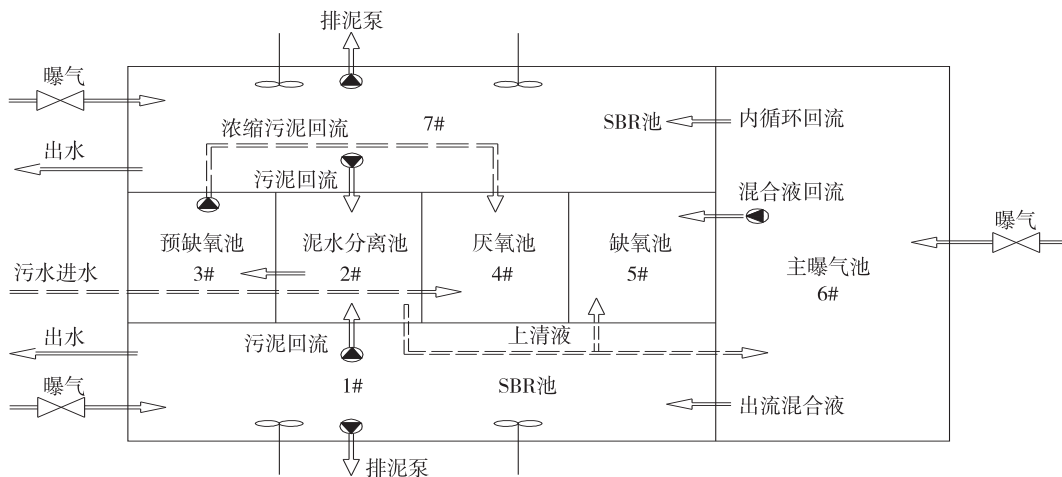


图2 MSBR池平面布置示意图

通过试运行工艺调试，将 MSBR 池一个运转周期设置为 240min，分为 2 个半周期，上半周期为 120min，由 3 个时段组成：时段 1 为缺氧搅拌阶段，30min；时段 2 为曝气搅拌阶段，30min；时段 3 为预沉淀阶段，60min；下半周期（时段 4、5 和 6）120min 为沉淀出水阶段。在相邻的两个半周期内，单元 1 和 7 交替运行，可设置为上半周期由单元 7 沉淀出水，下半周期由单元 1 沉淀出水，一个周期内各单元各时段的工作状态如表 2^[2-3]。

MSBR 系统的回流包括混合液回流和污泥回流^[3]，混合液回流较为简单，在各时段均为从单元 6 回流至单元 5、再由单元 5 至单元 6，周而复始连续运行。如表 2 所示，时段 1 和 2，单元 1 的

污泥提升至单元 2，在单元 2 发生泥水分离，上清液从单元 2 回流至单元 6，沉淀污泥进入单元 3 形成浓缩污泥，浓缩污泥则从单元 3 提升至单元 4 和进水混合，时段 3，浓缩污泥回流和上清液回流停止工作。在下半周期，单元 7 重复单元 1 的工作过程。

表2 MSBR 系统各单元各时段的工作状态表

	时段	单元1	单元2	单元3	单元4	单元5	单元6	单元7
上半周期	1	搅拌	浓缩	搅拌	搅拌	搅拌	曝气	沉淀
	2	曝气	浓缩	搅拌	搅拌	搅拌	曝气	沉淀
	3	预沉	浓缩	搅拌	搅拌	搅拌	曝气	沉淀
下半周期	4	沉淀	浓缩	搅拌	搅拌	搅拌	曝气	搅拌
	5	沉淀	浓缩	搅拌	搅拌	搅拌	曝气	曝气
	6	沉淀	浓缩	搅拌	搅拌	搅拌	曝气	预沉

2.3.2 人工湿地工艺

洋湖人工湿地作为污水深度处理系统^[4-5]，总规模为4万t/d，总水力负荷 $0.76\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ，总 BOD_5 表面负荷 $15.29\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ，洋湖人工湿地工艺流程见图3。

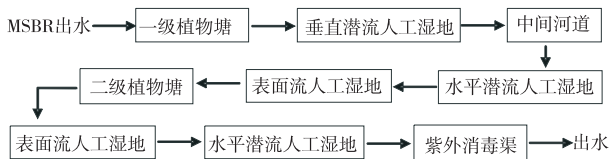


图3 洋湖人工湿地工艺流程图

由图3可知，洋湖人工湿地分为三级处理系统，每级系统采用“植物塘+人工湿地”组合工艺。MSBR池出水首先自流进入一级植物塘，利用植物塘对一级人工湿地配水。一级人工湿地系统由2组4座并联运行的垂直潜流人工湿地组成。中间河道收集一级湿地系统出水，并对二级湿地系统布水。二级湿地系统采用2组4座并联运行的“水平潜流湿地+表面流湿地”，该系统出水经集水渠进入二级植物塘，二级植物塘出水经布水渠进入三级湿地系统，该系统由2组4座并联的“表面流湿地+水平潜流湿地”组成，在水平潜流湿地末端设小粒径碎石过滤区以保证人工湿地出水悬浮物达标，三级湿地出水经集水区自流进入紫外光消毒渠，经消毒处理后在片区回用。

3 污水零排放方案

在水环境污染严重或淡水资源短缺的今天，我

们应视城市污水为一种宝贵的第二水源，污水被净化处理的过程也应是再生利用的过程。通过工艺筛选，洋湖再生水厂最终首创性选用“MSBR+人工湿地+自然湿地/中水”生态治污工艺，同时也实现了污水梯级利用和零排放，保护了洋湖片区的生态环境和湘江一级饮用水源地水质。

3.1 一级B尾水利用情况

传统意义的城市污水处理，一般经二级生化工艺（如 A^2/O 、MSBR或氧化沟）处理后达到一级B标准，直接外排进入地表水系，这可能会加剧环境污染（如富营养化等），使环境容量受到挑战。洋湖再生水厂位于湘江上游，一级B尾水若直接排入湘江，将会影响长沙市一半以上的饮用水安全。洋湖人工湿地面积约 16.00hm^2 ，通过人工湿地生态系统的构建，不仅可以将厂区排放一级B尾水全部提质到一级A标准，还可以营造城市生态景观，扩大城市生态面积，丰富城市生态多样性，为“绿色湖南”建设一道亮丽的风景线。

洋湖人工湿地实景照片如图4，在碎石填料上种植有美人蕉、香蒲、黄菖蒲、芦苇、千屈菜、风车草等20多种水生植物，在碎石填料下则有污水流过并被净化处理，这里发生物理、化学、生物等多重直接或协同作用实现一级B到一级A水质的提升^[3-4]。洋湖人工湿地还配套建设有景观河道、市民广场、水上栈道等休闲场所，致力于将洋湖人工湿地打造为一个集污水净化和生态景观环境于一体的市民公园。



图4 洋湖人工湿地实景照片

3.2 一级A再生水利用情况

洋湖片区是长沙市大河西先导区起步区的五大核心片区之一，规划面积 19.8km^2 ，包括洋湖生态湿地公园、总部经济区、绿色生态宜居区三个功能分区。洋湖生态湿地公园面积 4.85km^2 ，是中国中南部最大的城市湿地公园，是湘江流域生态治理的开篇之作，其功能分区包括休闲区、展示区、科教

区、保育区以及河流湿地地区等。洋湖汇集湘江、靳江河、雅河，曾经洪涝严重，我们秉承尊重自然、保护环境的理念，将水系与湿地公园整合，让三条河流成为洋湖最大的宝库，湿地生态系统达到 7km^2 。

洋湖再生水厂结合所在洋湖片区的规划，最终一级A标准再生水也没有直接排入湘江，而是在洋

湖生态片区再生利用实现污水零排放和水资源循环,一部分经紫外消毒后自流进入洋湖生态湿地公园作为景观用水补水,并被自然水体自净到地表Ⅲ类水质标准;一部分经过滤消毒处理在洋湖片区实现中水回用、分质供水,主要用于绿化浇灌、消防、洗车、冲厕和建筑施工等城市杂用水。此外,洋湖片区居民家庭都将提供包括上水(自来水)、中水和下水(排污水)在内的三套管网系统。

4 前景展望

在“两型”社会建设探索先行的道路上,洋湖再生水厂迈出了坚定的步伐;在建立节水型社会和人水和谐社会道路上,洋湖再生水厂书写了浓墨重彩的一笔。作为国内首个大型生态再生水厂,洋湖再生水厂发挥着“两型”示范效应和科普教育

作用;通过创新型生态示范基地和科普教育基地的创建,洋湖再生水厂将展示出积极的环境效应和社会效应,这将会强有力地在全国范围内推进生态文明建设和人与自然和谐社会建立的步伐。

参考文献:

- [1] 张玉魁. 污水脱氮除磷 MSBR 系统特点及工艺设计 [J]. 市政技术, 2008, 26 (1): 31-35.
- [2] 李宁, 赵修华, 王华, 等. 改良型序批式活性污泥反应器系统及其应用 [J]. 环境科学与技术, 2005, 28 (2): 110-113.
- [3] 罗万申. 新型污水处理工艺—MSBR [J]. 中国给水排水, 1999, 15 (6): 22-24.
- [4] 陈永华, 吴晓芙. 人工湿地植物配置与管理 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2012.
- [5] 王世和. 人工湿地污水处理理论与技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.

The Scheme and Practice of Ecological Sewage Treatment Process and Sewage Zero Discharge

WANG Wen-ming¹, WEI Jian-xin^{1,2}, NIE Shi-hui², ZUO Feng¹, LI Yi¹

(1. Hunan Pilot Yanghu Reclaimed Water Company Limited, Changsha Hunan 410006 China)

Abstract: Yanghu Reclaimed Water Plant, with a capacity of 40000 m³/d, has been constructed as a demonstration of the environmentally friendly society establishment in Dahexi Pilot Area of Changsha. The Water Plant adopts the "MSBR + constructed wetland" ecological sewage treatment process, and its effluent quality reaches Class A of Grade I of Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant. Instead of being discharged, the water is totally used as scenic water for Yanghu Wetland Park and being recycled. This paper gives an introduction of the wastewater treatment process and the experience of the zero discharge.

Key words: ecological sewage treatment; MSBR; constructed wetland; zero discharge; reclaimed water; intermediate water recycling

《环境科学导刊》发行数字期刊的声明

《环境科学导刊》, 投稿及联系邮箱: ynhjkx@yies.org.cn; 电话(传真): 0871-64142389; 国内统一刊号: CN53-1205/X; 国际标准刊号: ISSN1673-9655。

《环境科学导刊》的数字版本已全文入编《中国期刊网》、《中国知网》、《万方数据-数字化期刊群》、《中国核心期刊(遴选)数据库》、《中国学术期刊综合评价数据库》、《中文科技期刊数据库(全文版)》、《教育阅读网》等。所有被本刊录用并发表的稿件文章, 将一律由本刊编辑部统一制作成数字版本在以上各数据库发布, 并参与光盘版汇编, 同时在我刊网站 Http://hjkxdk.yies.org.cn 发布。若作者不同意稿件参与数字版发行, 请另投他刊。本刊所付稿酬包含刊物数字版发行的稿酬, 不再另付。

《环境科学导刊》编辑部

活性炭-Fe组成的微电池净化印染废水的研究

孙伟华¹, 徐长城², 宁平³

(1. 大理白族自治州环境监测站, 云南 大理 671000; 2. 云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034;
3. 昆明理工大学, 云南 昆明 650093)

摘要: 主要研究了活性炭-Fe组成的微电池处理印染废水的净化处理技术。由最佳工艺流程处理后的出水COD浓度最低为34.1mg/L(此时COD净化效率为98.79%,色度净化效率为98.62%)。出水水质可达到国家《污水综合排放标准(GB8978-1996)》一级标准的规定。采用该工艺处理后的出水COD平均净化效率为96.67%,色度平均净化效率为96.46%。

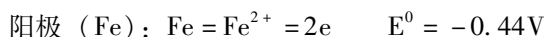
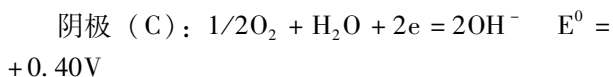
关键词: 微电池; 活性炭-Fe; 印染废水; 研究

中图分类号: X791 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655(2013)03-0068-04

随着工业的迅猛发展,环境水污染问题日趋严重。印染废水是我国工业废水的主要来源之一,而其中的染料废水更因其浓度高、污染物成分复杂、可生化降解性较差、色度深、水质变化大而成为极难处理的工业有机废水之一。因此,探求有效经济地处理染料废水的技术,正成为国内外学术界的研究热点。微电池法是近年来新兴的一种处理染料废水的方法。它能有效地去除有机废水的色度、COD、BOD₅和SS,且无二次污染。

1 反应原理

微电池法的基本原理是利用铁屑中的铁和炭组分构成微小的原电池的阴阳极,以充入的废水为电解质溶液,形成微电池。其电极反应如下:



在此反应中产生的Fe²⁺活性极高,能有效氧化废水中的有机污染物,改变其结构形态,从而有效地降解这些污染物质,并大大降低废水的色度。Fe²⁺可与阴极产生的OH⁻反应生成Fe(OH)₂胶体,由于反应体系为开放体系,有O₂存在,所以Fe²⁺可以转化成Fe³⁺并生成Fe(OH)₃。新生的Fe(OH)₂与Fe(OH)₃是吸附能力较高的胶体絮凝剂,而产生的Fe²⁺、Fe³⁺还能将废水中的染料粒子等胶凝在一起,形成以Fe²⁺、Fe³⁺为胶凝中心

的絮凝体,捕集、挟裹和吸附悬浮的胶体共沉^[1]。所以用活性炭-Fe组成的微电解处理染料废水时,同时发生氧化还原降解、电化学、电吸附和电絮凝等作用,可有效地去除污染物。

2 实验方法及工艺流程

2.1 实验废水

本研究采用自配废水,主要用的染料是甲基橙。其COD浓度为3000mg/L左右,pH值约为5。

2.2 铁炭滤料

本次研究选取的活性炭的规格为40目。

实验所用铁粉为还原铁粉(800目,分析纯)。催化剂为FeSO₄和Fe₂(SO₄)₃(分析纯)。

2.3 实验流程、方法及仪器

实验采用直径50mm、管长700mm的有机玻璃柱和萃取水瓶作为反应器。实验操作时,废水从萃取水瓶自上而下流过反应器,其流速的大小由有机玻璃柱底部胶管处的止水夹控制。为保证反应器内水压的稳定,特采用萃取水瓶作为进水入口,通过保持萃取水瓶出水流速与反应器内流速相同来保持反应器内水压的稳定。经处理后的出水,由放在下部的烧杯收集,并用于水质分析。共有两套反应器。实验工艺流程如图1所示。

实验条件为:废水pH值约为5,活性炭用量为100g,FeSO₄和Fe₂(SO₄)₃用量均为5g,铁粉用量为2g。

化学耗氧量测定仪:型号HH-6江苏电分析仪器厂。

3 实验结果与讨论

3.1 活性炭+铁粉体系的净化性能研究

收稿日期:2012-01-17

作者简介:孙伟华(1978-),女,硕士,主要从事环境工程和环境监测工作。

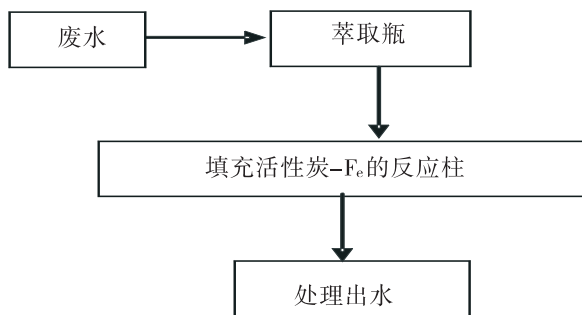


图1 活性炭-Fe系列处理印染废水实验工艺流程

取相同质量的活性炭两份。一份直接作为填料，另一份将铁粉加入其中，混合均匀后填充在反应柱内。其实验结果见图2~图4。

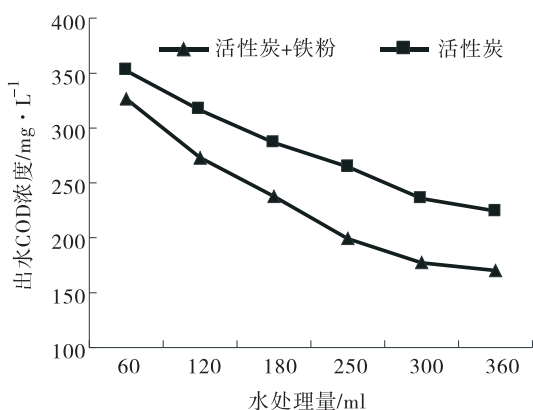


图2 活性炭+铁粉与活性炭对COD出水浓度的比较

由图2可见，用活性炭+铁粉处理废水时，出水COD浓度明显低于用活性炭的处理效果；用活性炭+铁粉处理废水时，出水COD浓度比用活性炭处理废水时平均低19%左右。用活性炭处理废水时，出水COD浓度最低为224.2mg/L；而用活性炭+铁粉处理废水时，出水COD浓度最低为170.1mg/L。这说明，活性炭+铁粉对废水中COD的净化效果明显优于只用活性炭的处理效果。

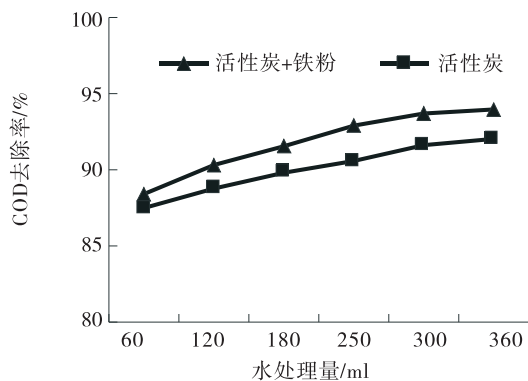


图3 活性炭+铁粉与活性炭对COD去除率的比较

由图3可见，用活性炭+铁粉处理废水对COD去除率明显高于使用活性炭的处理效果。而且这种优势从初次出水时就表现出来并一直延续。用活性炭处理废水时，对COD去除率最高可达92.03%；而用活性炭+铁粉处理废水对COD去除率最高可达93.95%。这一情况说明，活性炭+铁粉对废水中COD浓度的去除效果明显优于用活性炭处理废水的处理效果。

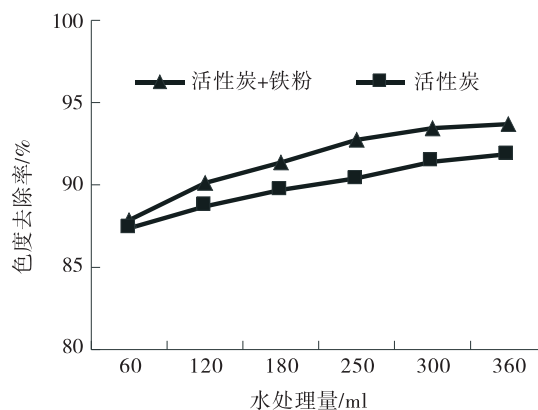


图4 活性炭+铁粉与活性炭对色度去除率的比较

由图4可知，用活性炭及活性炭+铁粉作填料处理废水时，都可显著地降低废水的色度。用活性炭处理废水，对水中的色度去除率最高可达91.88%；而用活性炭+铁粉处理废水，对水中的色度去除率最高可达93.69%。这一情况说明，活性炭+铁粉对废水中色度的净化效果明显优于用活性炭处理废水的处理效果，且从初次出水时就表现出来并一直延续。

上述实验说明，在活性炭中添加铁粉，除了活性炭的吸附作用外还发生了微电池反应，这些物理化学作用不仅可以提高COD的去除率，还可以提高色度的去除率。

3.2 活性炭 - Fe - Fe²⁺ - Fe³⁺ 体系的净化性能研究

称取与前述实验相同质量的活性炭，加入与前述实验相同质量的铁粉，并加入催化剂FeSO₄和Fe₂(SO₄)₃混合均匀后填充在反应柱内。实验结果见图5~图7。

由图5可见，在活性炭+铁粉体系中添加催化剂FeSO₄和Fe₂(SO₄)₃之后，出水COD浓度比用活性炭和活性炭+铁粉体系处理出水COD浓度明显降低。用活性炭处理时，出水COD浓度最低为224.2mg/L；用活性炭+铁粉处理时，出水COD浓度最低为170.1mg/L；而在添加FeSO₄和Fe₂

(SO₄)₃ 之后, 出水 COD 浓度最低为 34.1mg/L。

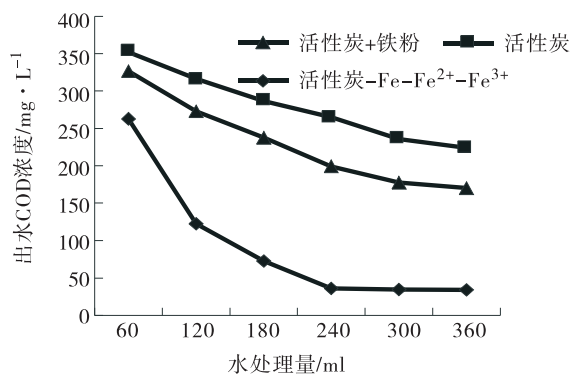


图5 在活性炭+铁粉体系中加入催化剂后对出水COD浓度的影响

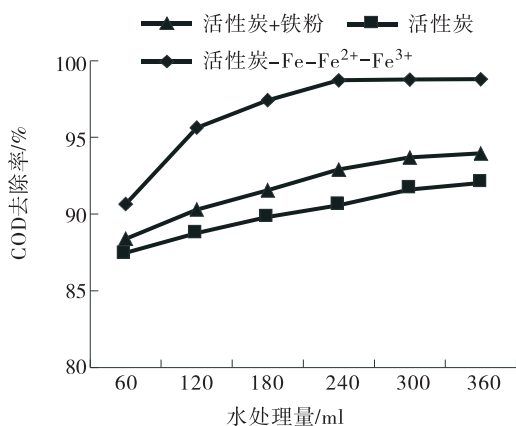


图6 在活性炭+铁粉体系中加入催化剂后对COD去除率的影响

由图 6 可见, 在活性炭 + 铁粉体系中添加催化剂 FeSO₄ 和 Fe₂ (SO₄)₃ 之后, 对 COD 的去除率明显提高, 用活性炭处理时, COD 去除率最高可达 92.03%; 用活性炭 + 铁粉处理时, COD 去除率最高可达 93.95%; 而在添加 FeSO₄ 和 Fe₂ (SO₄)₃ 之后, COD 去除率最高可达 98.79%。图 5 和图 6 的结果说明在活性炭 + 铁粉体系中添加催化剂对废水中 COD 的净化效果明显高于未添加催化剂的净化效果。

由图 7 可见, 在活性炭 + 铁粉体系中添加催化剂 FeSO₄ 和 Fe₂ (SO₄)₃ 之后, 对色度的去除率明显提高, 用活性炭处理时, 色度去除率最高可达 91.88%; 用活性炭 + 铁粉处理时, 色度去除率最高可达 93.69%; 而在添加 FeSO₄ 和 Fe₂ (SO₄)₃ 之后, 色度去除率最高可达 98.62%, 出水呈无色透明。这说明在活性炭 + 铁粉体系中添加催化剂对废水中色度的净化效果明显高于未添加催化剂的处理效果。

上述实验说明, 在活性炭 + 铁粉体系中加入催化剂 FeSO₄ 和 Fe₂ (SO₄)₃ 对废水的净化效果明显高于未添加催化剂的净化效果。这是因为在活性炭 + 铁粉体系中加入 FeSO₄ 和 Fe₂ (SO₄)₃ 之后, 使得溶液里的离子增多, 可增强溶液的导电性能, 促进微电池反应的进行, 而加入的 FeSO₄ 和 Fe₂ (SO₄)₃ 还可引起氧化还原反应和絮凝反应。这说明 FeSO₄ 和 Fe₂ (SO₄)₃ 确实起到了催化剂的作用。

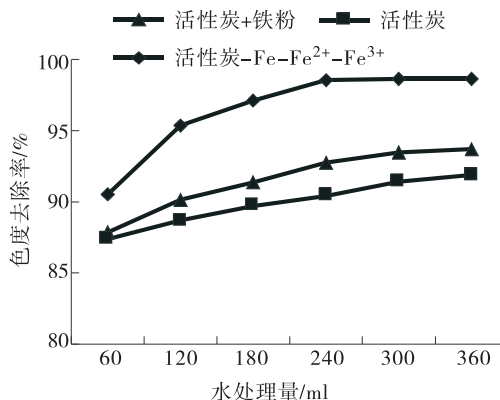


图7 在活性炭+铁粉体系中加入催化剂后对色度去除率的影响

4 结论

(1) 活性炭 - Fe 组成的微电池净化印染废水的最佳工艺为活性炭 + 铁粉 + 催化剂。用此工艺处理出水脱色率可达 90% 以上, COD 去除率在 90% 以上, 出水中 COD 浓度最低可在 50mg/L 以内, 出水呈无色透明。

(2) 由于铁碳微电池反应起主要作用的是腐蚀微电池作用, 加入 FeSO₄ 和 Fe₂ (SO₄)₃ 后溶液里的离子增多, 使溶液的导电性能增大, 容易发生铁碳微电池反应, 增大微电流使腐蚀增加, 从而提高了处理效率。FeSO₄ 和 Fe₂ (SO₄)₃ 溶于水中还发生水解反应, 可起混凝作用, 而且 Fe²⁺ 和 Fe³⁺ 本身又可引起一系列氧化还原反应破坏发色物质的发色结构, 使偶氮基断裂、大分子分解为小分子、硝基化合物还原为胺基化合物, 达到脱色目的; 新生的 H⁺ 还能氧化还原降解废水中多种组分。因此, 实验中添加的 FeSO₄ 和 Fe₂ (SO₄)₃ 起到了催化剂的作用。

(3) 实验研究表明, 活性炭 - Fe 组成的微电池净化处理印染废水, 不仅脱色效果好, 而且可提高废水的可生化性。具有工艺简单、处理效果好、无二次污染等优点, 是很有发展前景的一项“绿色环保”技术。

参考文献:

[1] Feofanov VA, Pilot BV, Zhda - novich L P, et al. Process and

appa - ratus for purifying effluentsand liquors [Z]. US Pat: 45252 - 541985 - 06 - 25.

Purification of Printing and Dyeing Wastewater by Micro - Cell Process Composed of Activated Carbon and Fe

SUN Wei-hua¹, XU Chang-cheng², NING Ping³

(1. DaLi Bai Autonomous Prefecture Environmental Monitoring Station, DaLi XiaGuan 671000 China)

Abstract: The treatment of the printing and dyeing wastewater by the process of activated carbon and Fe micro - cell is studied. The COD concentration of the treated water outlet could reach the minimum level of 34.1mg/L by the optimum treatment process, when the removal rate of COD and chrome is respectively 98.79% and 98.62%. The outlet water quality meets the Grade I of Comprehensive Wastewater Discharge Standard (GB8978 - 1996). In average, the removal rate of COD and chrome of the outlet water is 96.67% and 96.46%.

Key words: micro - cell; activated Carbon and Fe; dying and printing wastewater; research

金属氧化物在沈阳锅炉烟气 脱硫脱氮过程中的研究应用

周娜¹, 金洪涛², 钟甦¹, 张嘉治¹, 贾玉鹤¹

(1. 沈阳市环境技术评估中心, 辽宁 沈阳 110014; 2. 辽宁省锅炉技术研究所, 辽宁 沈阳 110024)

摘要: 许多金属氧化物在烟气脱硫脱氮技术中可用作反应的催化剂或 SO₂ 的吸收剂, 文章针对其不同的功能, 对国内外开发研究的金属氧化物烟气脱硫脱氮方法进行了分类归纳, 并分析了各自的优缺点, 指出了 Fe₂O₃、MnO₂、CuO 等金属氧化物在烟气脱硫脱氮领域中的应用前景和进一步的研究方向。

关键词: 金属氧化物; 脱硫; 脱氮; 综述

中图分类号: X701 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0072-04

1 研究背景

面临自然灾害频发、气候异常、空气环境质量差等环境问题, 世界各国都在积极寻找改善环境方式和有效治理措施, 尽量减少 CO₂、SO₂、NO_x 等有害气体排放。对于在治理锅炉排出的尘、二氧化硫 (SO₂)、氮氧化物 (NO_x) 等污染物排放, 最常见的处理方式分为两种, 即大部分飞灰尘粒由多管除尘器、电除尘器、布袋除尘器等单独处理, SO₂、NO_x 则是利用液体洗涤、吸收方式进行吸收净化处理^[1,5]。

以飞灰作为“介质”的来源, 让尘中各种化学物质发挥作用, 实现以废制废, 让 SO₂、NO_x 之间互为氧化剂—还原剂, 可以有效减少脱硫、脱氮系统运行中所需的“外加介子”的数量, 降低运行中使用“药剂”费用成本, 简化系统附属设备, 减少运行成本^[6,7]; 同时, 可以明显减少因采用其它添加药剂脱硫、脱硝而增加的废物排放量, 极大地避免二次污染和减少 CO₂ 排放; 提高废渣、废液中和利用率, 变消极治理为积极治理。

2 技术原理

本研究跳出传统的酸碱中和脱硫工艺技术路线, 用化学分析中的氧化分解理论, 综合利用烟尘中可以同 SO₂、NO_x 反应、反应后可溶于酸的碱性金属氧化物和过渡金属氧化物。根据系统运行中所发生的固态、气态、液态系列物理化学变化, 以废制废, 最终做到不外加药剂, 脱除烟气中 SO₂、

NO_x 等有害物质的目地。

2.1 利用烟尘脱除 SO₂ 的技术原理

燃煤含量中的指标之一“全硫份”包括有机硫、硫铁矿、硫酸盐, 前两部分具有可燃性, 可燃硫一般占全硫份的 70%~90%。这些可燃硫燃烧后生成 SO₂、Fe₂O₃ 等, 它们随烟气中的尘一起被脱硫循环溶液溶解、反应, 进入循环沉降池中^[2,3]。同时, 对大量烟尘成分及脱硫循环液体成分的分析表明, 其中除了有 Ca²⁺ 存在外, 还有大量的 Fe²⁺、Al³⁺、Si⁴⁺、K⁺ 等存在, 详见表 1。

表 1 沈阳热电厂燃煤灰尘分析数据 (%)

成份	含量	成份	含量	成份	含量
SiO ₂	49.75	Al ₂ O ₃	20.98	CaO	4.23
Fe ₂ O ₃	9.46	MgO	1.34	K ₂ O	1.82
Na ₂ O	0.49	TiO ₂	0.92	P ₂ O ₅	0.64
SO ₃	3.08				

将湿法脱硫系统中循环液体中的 pH 值控制在一定范围内以后, 表 1 中这些物质与烟尘中的 SO₂ 在系统内的反应类似于双碱法脱硫过程。随着循环洗涤液体的不断循环, 各种“碱性”离子浓度也在增加。所带来的效果是在反应速度提高的同时, 洗涤脱硫效率也越高, 当然反应所需的液气比也相应减少。

在 Fe₂O₃ 溶解沉降过程中, Fe³⁺ 不仅中和了循环液中的 H⁺, 还将循环液中的 SO₃²⁻ 氧化成了 SO₄²⁻, 自身还原成了 Fe²⁺。液体循环中, Fe²⁺ 容易被烟气中的剩余 O₂ 氧化, Fe²⁺ 被氧化成 Fe³⁺ 的同时, Fe³⁺ 又中和了循环液中的 H⁺, 将循环液中的 SO₃²⁻ 氧化成了 SO₄²⁻……。尤其是反应后生成

收稿日期: 2012-11-21

作者简介: 周娜 (1968-), 女, 大学本科, 辽宁沈阳人, 高级工程师, 从事环境管理工作。

的 Fe^{2+} 的大量存在, 会产生更优越的脱硫效果。

循环往复, 正是由于烟尘中有 Fe_2O_3 的 Fe^{3+} 存在, 在中和了循环液体中 H^+ 的同时, 还使循环液体中的 SO_3^- 变成了稳定的 SO_4^- 。而这一系列过程正是利用了污染物自身的特点, 通过不外加添加剂, 实现比酸碱中和法更有效的烟气脱硫方式。

需要说明的是, pH 值的有效控制, 灰份中所含有的金属氧化物 Al^{3+} 、 K^+ 、 Si^{4+} 、 Mg^{2+} 存在, 也能较好地发挥中和酸的作用, 结晶出硫酸盐。

2.2 利用烟尘脱除 NO_x 的技术原理

同利用烟尘脱除 SO_2 的技术原理相同, 灰尘中的金属元素、过渡金属元素也会与 NO_x 发生一系列化学反应。

以灰尘中的燃烧后的硫铁矿为例, 无机硫燃烧后生成 SO_2 、 Fe_2O_3 的同时, 与进入洗涤塔内的循环洗涤水相遇后, Fe^{3+} 被溶于水中的由 SO_2 转化生成的亚硫酸盐 (SO_3^-) 还原成 Fe^{2+} 。反过来说, 因为 Fe^{3+} 使亚硫酸盐 (SO_3^-) 的原子结构关系显示出较强的正电性, 因此它能够把烟气中难溶于水的 NO_x 迅速络合吸收于水, 并与嵌入水中的“亚硫酸亚铁”组合, 成为“亚硝基—亚硫酸硫酸亚铁”。在烟气中的过剩空气中 O_2 的共同作用下, “亚硝基亚硫酸亚铁”中的“亚硝基”被还原成氮气 (N_2), 随烟气返回大气中。“亚硫酸亚铁”则被氧化成硫酸。

循环往复, 促进了 SO_2 迅速向水中溶解, “亚硝基”被还原成 N_2 。在发生一系列的化学反应同时, 生成的 SO_4^- 不断地与溶存于水中的金属氧化物、过渡金属氧化物发生综合反应, 生成相应的硫酸盐。

因此, 在一定意义上说, 正是烟气中的 NO_x 存在, 才可以促使 SO_2 的迅速脱出。在所发生的一系列物理化学变化中, 废气中的 SO_2 、 NO_x 之间有着相互作用、相互利用、相互依托的关系, 这也正是本技术的价值所在。

3 系统设备结构特点

本系统的结构特点就是同一系统内, 完成 SO_2 、 NO_x 治理。既缩短了工艺过程, 也简化了附属设备的运行投入, 同时使系统无废液排放, 废渣可以得到有效利用。

(1) 采用湿法除尘、脱硫、脱氮系统, 结合利用烟气预处理系统及填料塔共同处理烟尘及去除 SO_2 、 NO 等有害气体。经填料塔洗涤后的烟尘直接进入脱硫循环液池, 循环利用循环液体中的有效

金属离子和过渡金属离子溶解成分。

(2) 烟气经烟气预处理的同时, 对灰尘也进行了加湿、浸润, 并有较大颗粒尘下降, 不断进入循环水池。

(3) 脱硫塔中脱硫液体与烟气间形成的 SO_2 吸收表面积, 由填料被湿润的表面积决定。填料的优势在于: 比表面积大、自由空间及空隙率高、塔内气液两项可充分传质换热、液/气比低、脱硫效率高、除尘效果好。

(4) 烟气进入脱硫塔后, 在有效时间内, 通过填料层与填料层表面洗涤液及塔内液滴充分接触, 经过降尘—洗涤—上升, 即烟气在塔内上升过程中, 循环洗涤液的有效成份 Fe^{2+} 、 Al^{3+} 、 K^+ 等, 与 SO_2 等有害气体接触—反应—净化—上升, 经气水分离—脱水层后, 净化气体排放。

(5) 填料塔高度相对较低, 可由不锈钢制造; 或塔体外部采用钢质外板制作, 中间附有高强度耐蚀胶泥层, 内衬空心陶瓷砖。

(6) 在塔体顶部的除雾—脱水装置配有压差变送器。可以根据系统压差变化启动清洗喷头, 在保证除雾、脱水效果的前提下, 使系统安全、可靠运行。

(7) 系统的控制与启动: 本技术实施的目标是综合利用尘、渣中的有效成分, 以废制废, 不外加药剂, 最终脱出 SO_2 、 NO_x 等有害物质。但在实际运行中, 尤其是系统启动初期, 当系统暂时不能满足环保排放标准要求时, 必须通过控制装置, 并借助外加化学成分, 使中和反应效果及烟气排放满足要求。随着系统循环运行时间增加, 有效成分也在不断增加, 系统稳定运行后, 取消外加药剂, 仍然可以保证系统运行要求。

4 系统设备技术优势

(1) 无加药装置。本技术直接利用烟尘中的有效成分, 中和处理有害粉尘和气体, 系统简单, 运行可靠。除系统设备启动之初, 以及在必要的情况下需要专用启动方式, 配合系统催化反应保证系统科学、合理运行外, 日常运行基本无需使用化学药剂即可保证系统运行, 可节省大量的系统运行成本和费用。

(2) 与同类设备系统比较, 在特定控制要求和 pH 值控制范围内运行, 液、气中和反应速度快, 液/气比明显少于其它湿法脱硫方式, 循环系统运行功耗少。

(3) 沉降池容积要求低。与其他脱硫方法比

较,灰渣沉降速度成倍提高,因此循环水池占地面积可明显减少。

(4) 辅助设备少, 日常运行无药剂补充、添加系统, 系统实际运行功耗少。

(5) 循环液采用闭路循环运行, 汽水分离系统的定期清洗用水可以满足系统补水需求; 循环使用的液体具有沉渣沉降速度快, 灰水分离容易等优点。

(6) 特定的循环液体不会产生过饱和现象, 灰渣沥水性好。解除了因产生硫酸钙等沉淀物对系统造成堵塞、结晶等情况, 提高和保证了填料塔系统、循环管路等安全性。

(7) 与其它湿法脱硫技术相比较, 因无需外加诸如石灰等, 废渣排放量明显减少。

(8) 由于沉渣中 Al_2O_3 等的溶出, 其它杂质少, 残渣可用作水泥厂生产高标号水泥原料, 增加了废渣利用价值。

(9) 系统控制点少, 循环液化学性质稳定, 容易实现控制。

(10) 各项监测数据完全可以满足国家和地方环保部门相关测试指标要求。

5 经济效益分析 (以 50 t/h 锅炉改造为例)

5.1 设备投入情况分析

与目前使用最普遍的双碱法 (石灰/石膏法) 脱硫系统、氧化镁法脱硫系统相比较, 本技术与其他技术各项指标对比情况见表 2。

表 2 本技术与双碱法、氧化镁法各项技术指标对比情况一览表

	双碱法	氧化镁法	本技术方案
循环水池/ m^3	≥ 300	≥ 250	≤ 150
循环水泵/kW	2×30	2×30	2×18.5
NaOH (溶解池及加药泵)	有	有	无
CaO (MgO) 溶解池乳液泵	有	有	无
爆气风机	有	有	无

5.2 运行使用药剂相关费用投入比较 (表 3、表 4)

表 3 双碱法脱硫效果表

脱硫效率/%	SO_2 排放浓度/ $mg \cdot m^{-3}$	脱出 SO_2 / $t \cdot a^{-1}$	CaO 用量 / $t \cdot a^{-1}$	CaO 费用 / $元 \cdot a^{-1}$
65	313	500	775	193750
70	268	537	832	208000
75	223	576	892	223000
80	179	614	951	237750
85	134	653	1012	253000
90	89	691	1070	267500

表 4 氧化镁法脱硫效果表

系统脱硫效率/%	SO_2 排放浓度 / $mg \cdot m^{-3}$	脱出 SO_2 / $t \cdot a^{-1}$	MgO 用量 / $t \cdot a^{-1}$	MgO 费用 / $元 \cdot a^{-1}$
65	313	500	600	252000
70	268	537	644	270480
75	223	576	691	290220
80	179	614	737	309540
85	134	653	784	329280
90	89	691	829	348180

备注:

①氧化钙 250 元/t、氧化镁 420 元/t, CaO、MgO 纯度 85%。

②NaOH + CaO 或 MgO, 计算的药剂费用中, 仅计算 CaO 或 MgO 的理论加入量, NaOH 使用费用也十分可观, 实际费用比理论计算量高出许多。

③计算依据: 锅炉耗煤量: 60000t/a, 燃料全硫基成分: 0.8%; 二氧化硫排放量计算式: $G_{SO_2} = 1.6 \times B \times S (1 - \eta)$, 式中 G_{SO_2} — SO_2 排放量, B—耗煤量, S—全硫基含量, η —脱硫效率; 理论计算: 每脱出 1000kg SO_2 , 需要投入 CaO 1550kg, 或投入 MgO 1200kg。

5.3 系统设备运行功耗比较分析

双碱法或氧化镁法系统运行除循环水泵以外, 还需要配置 NaOH 搅拌机、碱液泵, CaO (MgO) 乳液搅拌机、CaO (MgO) 加药泵等, 这里计算功耗仅以循环水泵为计算参考。

表 5 本技术与双碱法、氧化镁法系统设备运行功耗情况对比表

	双碱 (CaO) 脱硫	MgO 法脱硫	本技术方案
水泵功耗/ $kW \cdot a^{-1}$	60	60	37
电量/ $kW \cdot a^{-1}$	420000	420000	259000
电费/ $元 \cdot a^{-1}$	294000	294000	181300

备注: 电费为 0.7 元/($kW \cdot h$), 以设备全年运行 7000h 计算。

5.4 脱氮费用

目前, 我国脱氮技术还主要依靠国外技术和设备, 而无论采用哪一种脱氮技术, 从设备投入到药剂投入, 都存在费用高、工艺复杂、电耗高、控制难、系统占地面积大、维护难等缺点^[1,4]。本技术方案工艺简单, 只要在改造脱硫设备时适当增加和考虑脱氮设备投入, 甚至可以在投资与脱硫设备费用等同的情况下, 就可以做到同时解决脱硫脱氮问题, 而且运行中会节省大量的运行费用。

5.5 对已有的脱硫系统实施改造

对已经完成脱硫系统改造的设备, 经过改造, 也可以实现运行中不添加药剂完成脱硫、脱氮的目标。改造内容主要有:

(1) 增加烟气预处理系统装置 (包括自然催化氧化还原装置)。烟气预处理系统装置的功能是: 根据系统运行情况, 通过控制系统指令, 调解

和完成系统一部分所需的物理变化条件、化学反应速度等,为在洗涤塔内进一步完成所需的化学反应变化做准备。

(2) 增设系统启动装置。系统启动装置的设立,是为尽快使初启动系统达到不外加药剂运行的目的,以及在必要的情况下弥补循环液体的金属离子浓度不能满足要求时备用。

(3) 对循环液系统改造。改造后的循环液系统的液体化学性质稳定,无异味,灰渣沉降速度快,气、液接触反应速度快,液气比低,可明显减少原循环水泵功耗,并能充分利用锅炉废水和其中有效成分,保证不外排循环液,不造成二次污染。

(4) 对控制系统改造。循环液化学性质稳定,系统控制容易实现,通过改造可简化原系统控制条件,简化工艺条件,减少人工操作困难。

(5) 对原脱硫塔改造。通过对脱硫塔局部改造,使系统符合相关化学反应的时间、温度等要求,气、液分离要求等,保证系统安全可靠运行。

综上所述,不外加净化剂——中和氧化法脱

硫、脱氮工艺与其他脱硫脱氮工艺相比较,具有设备辅机数量少,运行费用低,管理简单等诸多优势^[6,7]。对于电厂锅炉、工业锅炉、窑炉等设备的烟气净化,其经济效益和社会效益十分显著,具有良好的市场前景。

参考文献:

- [1] 南京化学工业公司研究院《硫酸工业6》编辑部. 低浓度二氧化硫烟气脱硫 [M]. 上海:上海科学技术出版社,1981.
- [2] 刘守军. 新型低温 CuO/Ac 脱硫剂制备——煅烧温度对脱硫活性的影响 [J]. 环境科学, 2000, (1): 12-17.
- [3] 李彦旭, 韩镇海, 李存儒, 等. 移动床复合金属氧化物烟气脱硫的研究 [J]. 环境科学学报, 1994, (12): 49-57.
- [4] 余文峰, 程祖海, 张耀宁. 干式高效超微粒子烟气脱硫技术 [J]. 环境工程, 2001, 19 (4): 35-37.
- [5] 林建波, 孙文涛, 岳菲菲. 煤浆法烟气脱硫过程中二硫化铁浸出的研究 [J]. 上海化工, 2008, 33 (12): 26-29.
- [6] 张玉, 周集体. 铁离子液相催化烟气脱硫研究 [J]. 科学环境与技术, 2003, 26 (5): 15-18.
- [7] 谢载衡. 一种全新的燃煤锅炉排气净化法 [J]. 城市管理与科技, 1999, 1 (4): 34-36.

Application of Metal Oxides in Desulfurization and Denitration of Flue Gas in Shenyang

ZHOU Na¹, JIN Hong-tao², ZHONG Sheng¹, ZHANG Jia-zhi¹, JIA Yu-he¹

(1. Shenyang Municipal Environmental Technology Evaluation Center, Shenyang Liaoning 110014 China)

Abstract: Many metal oxides can be used as adsorbent or catalyst in the desulfurization or denitration of the flue gas. This paper provides a summary of different methods of using the metal oxides in those reactions, being applied abroad or domestically. Their advantages and disadvantages are respectively analyzed. The prospect and the research development of applying such metal oxides as Fe₂O₃, MnO₂, CuO in desulfurization and denitration are discussed.

Key words: metal oxides; desulfurization; denitration; review

陆良西桥工业园区循环经济中产业链修复研究

罗友明

(云南省环境监测中心站, 云南 昆明 650034)

摘要: 通过研究陆良西桥工业园区现有产业链的结构, 提出现有产业链存在的污染问题, 利用循环经济的原则和原理, 提出了产业链的修复思路和方案。做到既保证了经济发展, 也削减了污染物排放。

关键词: 循环经济; 产业链修复; 西桥工业园区; 陆良

中图分类号: X38 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0076-04

中华人民共和国循环经济促进法定义循环经济是指在生产、流通和消费等过程中进行的减量化、再利用、资源化活动的总称^[1]。刘贵富^[2]指出一个产业产生的废物可以被另一个产业利用, 如此往复, 形成闭路循环, 少产生甚至不产生废弃物, 最大限度地提高资源利用率。是循环经济的原则, 也是产业链形成的源动力之一。

陆良西桥面积 4.69km², 已入驻 42 户工业企业 (其中规模以上工业企业 22 户)。2008 年完成现价工业产值 24.6 亿元, 占全县工业总产值的 34.66%; 工业增加值 8.1 亿元, 占全县工业增加值的 34.84%, 在陆良经济中举足轻重。但是工业园区位于云南省曲靖市南部陆良县城的西南面, 为县城的常年主导风向的上风向, 基本形成了造纸、化工、水泥、石材等工业产业, 是污染陆良县城的主要污染源。为了保证工业园区的经济可持续发展, 同时, 减少该园区对县城的环境影响, 本文研究了园区的现有主要产业链, 分析出现有产业链存在的问题, 提出现有产业链的修复方案, 为政府决策提供区域产业调整的依据。

1 现有产业链分析

1.1 纸浆产业链

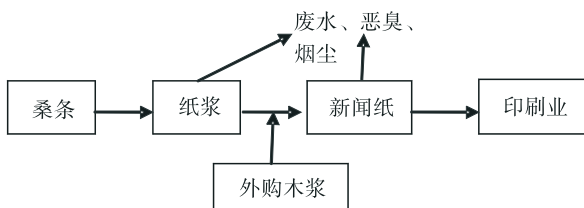


图1 纸浆现有产业链

该产业链中污染较重的污染节点:

(1) 纸浆生产产生大量废水外排, 每天排水

量为 1500m³/d, 对河流下游产生较大污染;

(2) 纸浆工业中建设大型锅炉, 热能富余, 锅炉常有大量余热不能得到充分利用。

1.2 铬盐产业链

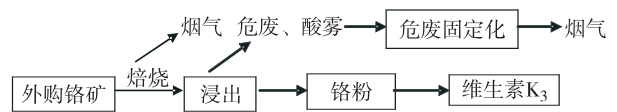


图2 铬盐产业链

该产业链中污染较重的污染节点:

(1) 铬矿的氧化焙烧, 在强氧化条件下, 铬矿被氧化成毒性很高的 7 价铬, 所产生的含有 7 价铬的烟气毒性很大;

(2) 浸出废渣也含有毒性很高的 7 价铬, 属于危险废弃物, 国家环境保护部专门为此特批一条处置含 7 价铬危险废弃物的立式水泥窑, 处置该危险废弃物;

(3) 铬渣堆场污染周边地表水、地下水和土壤, 对生态环境构成巨大威胁。

1.3 建材产业链

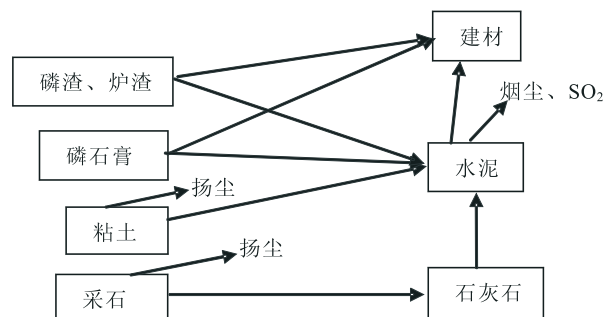


图3 现有建材产业链

该产业链污染较重的污染节点:

(1) 磷渣、炉渣、磷石膏在片区内长期堆存, 形成地表扬尘;

(2) 水泥生产企业管理粗放，地表扬尘较严重；

(3) 片区内采石厂规模较大，石料、产品露天堆放，没有采取必要的环保措施，地表扬尘较严重。

2 工业发展思路 and 战略

2.1 发展思路

根据区域资源优势和产业基础，以生态环境保

护和资源合理开发利用为前提，以产品深加工、精加工为主线，以工业废物（水）的再利用和循环利用为纽带，遵循“3R”原则，通过工业产品及废物链的补链及延伸，改变产品及废物流动的方向，实现产业内部及产业之间物质的多级利用和废物循环利用，大幅度提高资源的综合利用率，实现工业经济增长和环境保护的双赢。

(1) 在产业链延伸方面

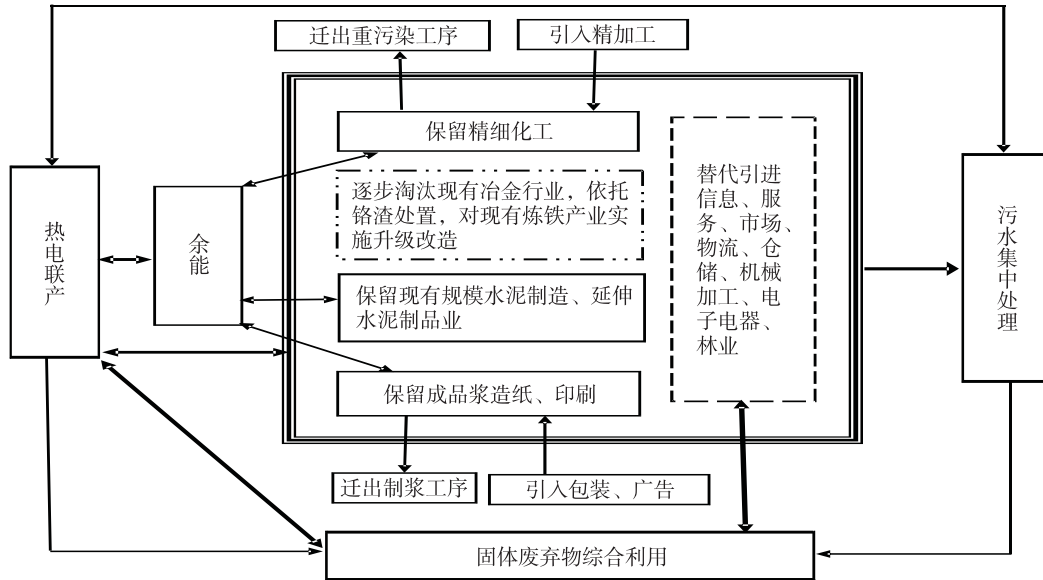


图4 产业链延伸示意图

如图4所示，依据自然资源保护原则，以片区造纸、化工、建材产业为重点，延长产业链、增加附加值和资源的耦合效率。产业链延伸主要包括三个方面：一是延伸产业链的长度，尽可能提高精深加工业的比重，实现价值增值；二是扩展产业链的宽度，尽可能提高产品的综合利用程度，实现产供销一体化；三是增大产业链的厚度，尽可能壮大产业链的规模，实现规模效益。四是对于污染较严重的如铬盐初加工工序予以迁出。

(2) 在产品链延伸方面

依据“3R”原则的减量化和再利用原则，以水泥、铬盐、造纸为重点，延伸下游产品，提高优势资源综合利用率，增加产品附加值和经济效益，实现规划区经济总量的增长和经济质量的提升。

(3) 在废物链延伸方面

一方面依据“3R”原则的再利用原则，以造纸、化工、建材生产过程中副产品的多级利用为重点，提高资源的再利用率。如工业废渣用于水泥、免烧砖等建材生产；另一方面依据“3R”原则的再循环原则，以工业系统为考虑对象，对排放的废

物（水）进行循环利用。如对废水进行生化处理后中水回用及污泥的资源化利用。

3 产业链构建

(1) 在现有的产业链基础上，基于产品代谢和废物代谢两条主线，以项目为骨干，构建企业内部链接和企业之间的链接。从正向产品链及侧向废物链进行分析，总体遵循“减量化、再利用、再循环”的原则，但侧重点各有不同。产品链分析注重优势下游产品的深度加工及利用，即纵向延伸，追求资源利用率的提高，故主要遵循“减量化、再利用”原则；废物链注重生产过程及末端产生的废物（水）的多级利用和循环利用，即横向耦合，主要遵循“再利用、再循环”的原则。

(2) 造纸业、林业、纸加工、印刷、包装和运输综合发展。如将大的树木用于锯木、刨木等建筑业和家具的生产，碎木片用以制浆，纸用于印刷、纸加工，产品纸用于包装，减少木材浪费，提高纸的生产量。铬渣中CaO、MgO的含量与炼铁使用的白云石、石灰石相近，不可以替代；在高炉

冶炼过程中，铬渣中的 Cr^{6+} 可完全还原，脱除率达97%以上，生铁中含铬量的增加，使机械性能硬度、耐磨性、耐腐蚀性提高。每炼1t生铁，可耗

用600kg铬渣。含铬生铁可促进片区的铸造、机械加工行业的生产，形成以机械加工为龙头的冶金、机械产业链。

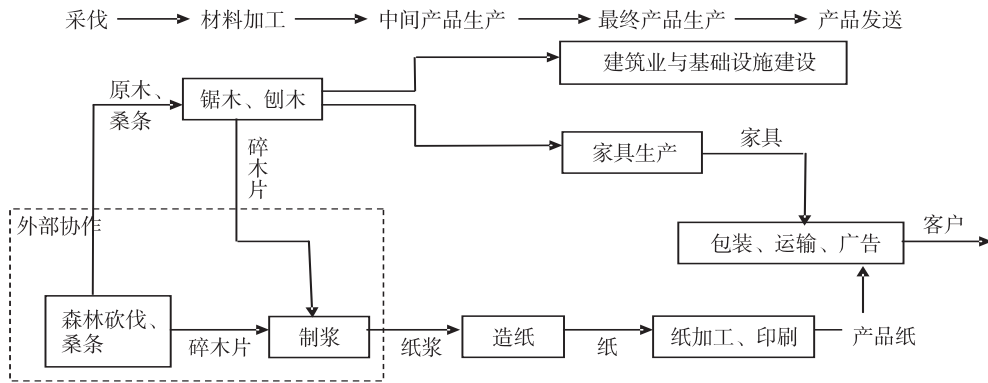


图5 造纸产业链的延伸与耦合图

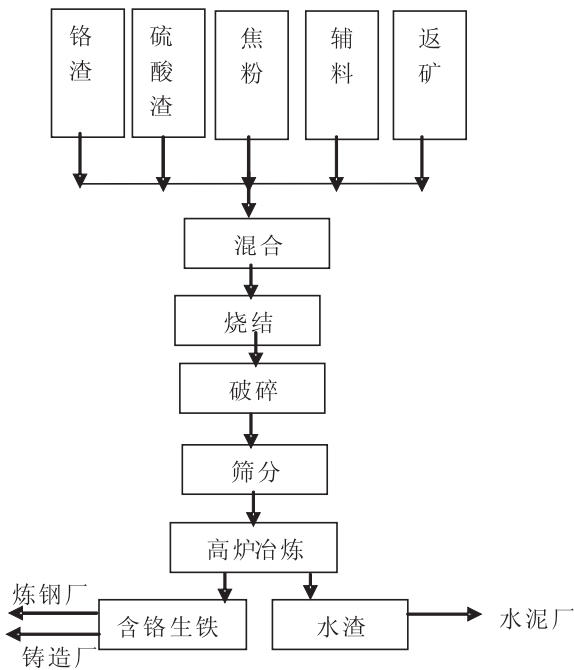


图6 铬硫酸渣炼铁工艺图

(3) 废水处理及中水回用方案

工业和生活污水经集中处理后，部分用于工业生产或冲洗、绿化、污灌、林灌等用水。划定特定的种植区域作为林灌、污灌区域，建设“种植—加工—污灌”一体化的循环经济体系。污染严重的企业自建污水处理系统和回用系统。

4 效益分析

4.1 经济效益

(1) 根据国内循环经济的实践，循环经济生产链初步形成，可增强区域可持续发展的能力，有效控制环境污染。

(2) 通过清洁生产、产业结构调整、工业链

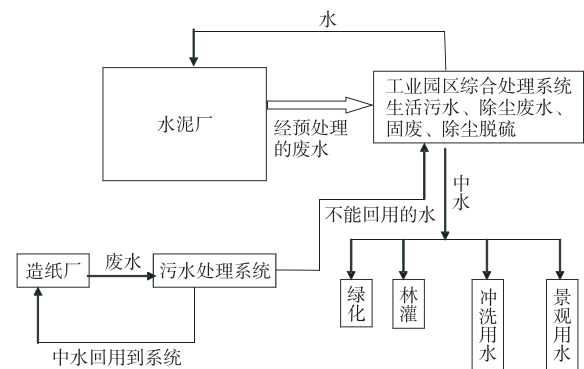


图7 废水处理及中水回用示意图

的链接耦合，不仅可以解决产业规模小、资源和能源浪费大的问题，达到做强做大优势企业、振兴区域经济的目标；而且能够充分发挥主导产业在区域经济发展中的龙头作用，为企业提供新的发展和提升机遇，形成新的经济增长点。

(3) 循环经济工业上、下游系统存在的各种物质代谢关系和物料的综合利用，减少了企业部分原材料投入，节省了生产成本。如污水的再生利用，可节约企业用水成本；利用粉煤灰生产的加气混凝土制品和粉煤灰砖，作为废物综合利用项目和建筑节能产品，可享受国家规定的税收优惠政策。

(4) 各类循环经济项目实施后通常投资回收期为5~15a。预计近期产生经济效益每年约为1.29亿元，税收0.21亿元；远期经济效益每年约为3.50亿元，税收0.57亿元。

4.2 环境效益

通过循环经济项目的实施，促进整个片区物质利用最大化和废物产生最小化，产业产品链和废弃物产生链不断完善，基础设施和生态环境得到改

善。整个片区蒸气用量现为 72 万 t/a，经产业调整和改造升级后蒸气用量约为 47 万 t/a，新增项目蒸气用量预计 3 万 t/a，片区蒸气用量约为 50 万 t/a，减少了蒸气量的消耗。热电联产系统使用剩余蒸气热能发电，可进一步保障生产生活用电需求。可削减烟尘量 200t/a，占现有烟尘排放量的 48.92%；削减排放气体含硫量 1447.94 t/a，占现有排放气体含硫量的 66.64%。污水集中处理可降低治污费用，实现整体利益的最大化，且水资源得到了循环使用，减少了排污量，原污水排放量为 188.7 万 t/a，经集中处理后用于绿化灌溉、农田灌溉和商业用水，实现达标排放。固体废弃物产生量从 75530t/a 降到 50000t/a，其再利用和资源化可进一步减少废物堆存，减轻扬尘和渗漏产生的环境污染。

4.3 社会效益

(1) 提高就业率，增加当地经济收入

在发展循环经济过程中，基础设施建设投资增加，补链及产业链拓展后企业数量增加，劳动力资源的可用性显著提高，就业率不断提高，经济收入相应增加。

(2) 提高人民的生活水平和生活质量

随着循环经济内各种产品和代谢产物的循环利用，可大量削减各种污染物的产生，控制环境污

染，改善区域环境质量，提升公众的生活质量。

(3) 探索可持续发展的新模式

循环经济建设，依据工业生态学的原理，将能源梯级利用及工业废物的综合利用进行系统和有机的整合，并以先进的科学技术为核心，以现代化的信息网络为支撑，以规范的环境管理为手段，改变区域工业经济发展的传统思路，减轻环境污染和对资源和能源无序的消耗，为可持续发展探索和开拓新的道路。

5 结论

(1) 在陆良西桥工业园区内利用循环经济的理念，完善修复现有工业园区的产业链，可最大限度地削减现有产业链所产生的污染，并产生较大的社会效益、经济效益、环境效益。

(2) 可以通过能源整合、集中供热，大幅度地减少能源消耗，削减 SO₂、烟尘的排放。

(3) 可以通过整合污水的分级回用，固体废弃物链的延伸，彻底消除污水、固废的污染，变废为宝。

参考文献：

- [1] 刘贵富. 产业链基本内涵研究 [J]. 工业技术经济, 2007, (8): 95.
- [2] 杨晓航. 循环经济实践中存在的问题与对策研究 [J]. 中国建材资讯, 2010, (1): 51.

Restoration of the Industrial Chain in Recycling Economy of Xiqiao Industrial Park in Luniang

LUO You-ming

(Yunnan Provincial Environmental Monitoring Center, Kunming Yunnan 650034 China)

Abstract: The current structure of the industrial chain in Xiqiao Industrial Park is studied to identify its pollution issues. Based on the principle and theory of the recycling economy, it is proposed on how to restore the industrial chains to develop the economy and reduce the pollutant discharge.

Key words: recycling economy; restoration of industrial chain; Xiqiao Industrial Park; Luniang

硫铁矿制酸企业强制性清洁生产审核潜力分析

孔慈明

(曲靖市环境科学研究所, 云南 曲靖 655000)

摘要: 在认真的现状调研和审核重点物料平衡的基础上, 结合企业的实际情况、生产特点、产排污特点, 从影响生产的原辅料和能源、技术工艺、设备、过程控制、产品、废弃物、管理、员工八个方面分析了硫铁矿制酸企业强制性清洁生产审核潜力。

关键词: 硫铁矿制酸; 清洁生产审核; 潜力分析

中图分类号: X38 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673 - 9655 (2013) 03 - 0080 - 08

近年来全国重金属环境污染事件频频发生, 国家对涉重企业的环保监督管理正逐步加强, 作为节能、减排较好的抓手—清洁生产审核也把涉重企业纳入了强制性审核的范围。硫铁矿制酸企业是涉“砷”企业的典型代表, 这类企业一般生产规模小、能耗物耗高、排污量大, 在强制性清洁生产审核中要做好潜力分析。最关键的就是要认真进行企业现状调研和审核重点物料平衡分析, 在掌握企业生产工艺流程、产排污节点、主要生产设备情况、环保设施现状、排污现状、环境监测情况、环境风

险防治情况、环保守法情况、清洁生产现状、近三年原辅材料及能源消耗、近三年产品产量以及危险化学品管理及应急管理等情况后, 从影响生产过程的八个方面来进行清洁生产潜力分析, 最后以检查清单的方式得出分析成果—清洁生产方案。

本文以陆良县某公司硫铁矿制酸生产过程及清洁生产审核报告为基础进行分析, 硫铁矿企业生产工艺主要包含: 备料工序、沸腾焙烧工序、烟气净化工序、干吸转化工序(二转二吸, 转化采用“3+1”工艺)、尾吸工序等, 生产工艺流程见图1。

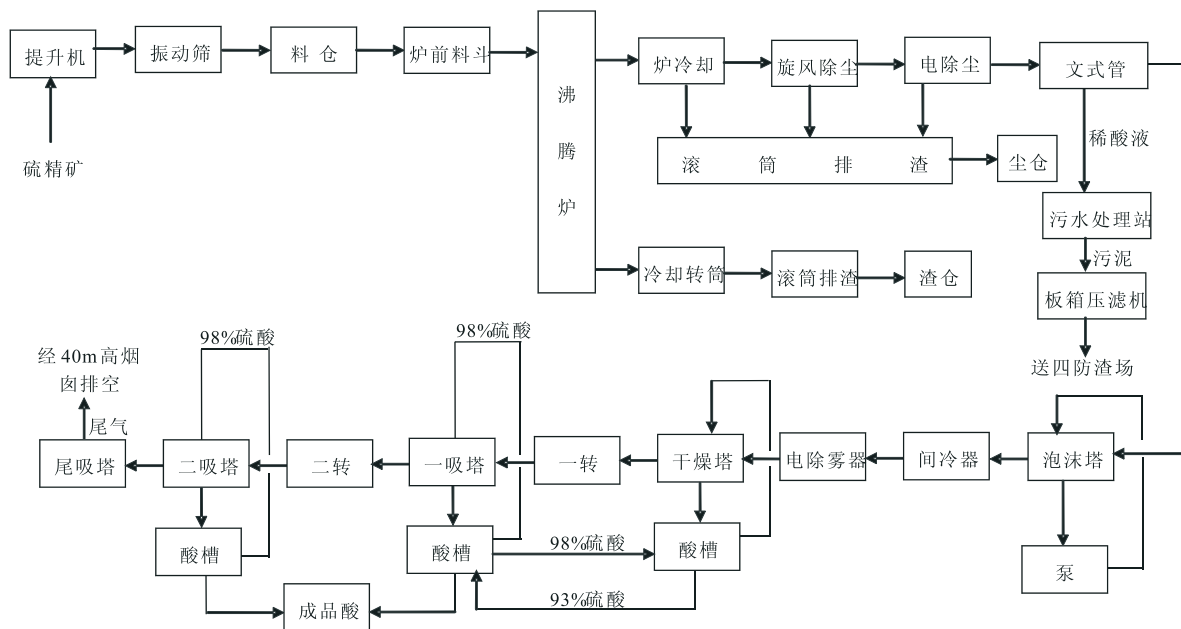


图1 硫铁矿制酸生产工艺流程

1 原辅料和能源方面清洁生产潜力

硫铁矿制酸企业生产原料是硫铁矿, 辅料为水、钒触媒(五氧化二钒), 能源为电。

收稿日期: 2012 - 01 - 06

作者简介: 孔慈明, 曲靖市环境科学研究所副所长, 注册环评工程师, 国家清洁生产审核师, 长期从事环境监测、环境影响评价、清洁生产审核工作。

1.1 原料的粒径是否符合生产要求

公司外购已经磨细的精矿，该生产工艺要求硫铁矿粒径 < 10mm，若不满足要求，还需在厂内进行破碎，破碎产生的粉尘是否采取了措施及治理效果是否达标。

1.2 原料储存、发放、运输的流失

由于外购原料为粉末状，粒径较小，运输、储存、发放过程中将会产生粉尘排放。粉尘的产生量与是否袋装运输，运输工具类型，运输工具的密封性，是否堆存于专用原料仓库，原料仓库容积，防尘、防流失设施是否完善，卸料是否有防尘设施，原料提升进料工序是否有防尘设施等有关系。公司直接外购满足生产工艺要求的原料，厂内不需要再破碎，运输过程使用普通载重货车散装运输，但加盖了篷布，考虑到减小袋装运输增加的成本，提出了使用密封性较好车辆运输原料的方案，减少运输工程造成的原料流失。公司原料堆存于专用仓库内，仓库屋顶为彩钢瓦，多年的使用已经被腐蚀、锈蚀得千疮百孔，雨季漏雨严重，造成了原料的流失，应进行仓库屋顶的大修。卸料及原料提升入炉工序没有降尘设施，应安装洒水降尘设施，在卸料和堆存时进行人工洒水降尘，但根据生产工艺要

求，入炉原料含水率要求控制在 12% 以下。原料提升入炉工序应采用密闭输送。通过调查公司原料采购清单发现，原料不是按照生产计划进行采购，而是按原料的市场价格波动，价格低的时候会大量购入，经常出现原料露天堆存的情况。鉴于这种不可避免的情况，公司进行了原料仓库的扩建，作为备用仓库，并认真进行原料采购的研究，制定较为合理的采购计划。

1.3 是否建立了原料的化验和控制制度

原料的含硫率高低影响硫酸产品的产量和单位产品的原料消耗量，含砷、铅、锌、氟率则影响生产废水中重金属及氟化物的浓度高低、污水处理的难易程度及污水处理污泥中重金属、氟化物的含量和处置的难易程度。因此公司每个批次的原料都应进行重金属、氟化物、含硫率的化验分析，并制定相应的控制制度，特别应严格控制外购原料含硫率 > 35%，含砷率 < 0.15%，公司已经对每批次的原料进行了相关的化验，但对含硫率、含砷率、含氟率控制不严格。

1.4 原辅料及能源消耗定额是否超过行业清洁生产评价指标体系定额

公司原辅料及能源消耗定额分析见表 1。

表 1 企业历年原辅料和能源消耗表

主要原辅料和能源	使用部位	近三年年消耗量			近三年单位产品消耗量			国内清洁生产定额	分析结果
		2008	2009	2010	2008	2009	2010		
硫精矿/t	沸腾炉	59847.1	15364.79	50264.41	1.35	1.25	1.23	0.985	超定额
电力/kWh	生产系统	5615017	1824402	5089173	127	149	124	-	-
水/m ³	生产系统	299430.3	70715	278695.6	6.75	5.76	6.77	6.0	超定额
催化剂/kg	转化工序	5323.20	1596.49	4116.63	0.12	0.13	0.10	0.07	超定额

从表 1 可以看出公司原料、水、催化剂的使用超过清洁生产定额，具有清洁生产的潜力。

1.5 催化剂催化效率是否符合要求

查看公司辅料钒触媒购买资料，了解生产厂家、使用说明、参数，排放废气环境监测报告数据以及查阅相关资料，初步判断该催化剂是否符合生产要求，要求转化效率达到 99.7%。

2 技术工艺方面清洁生产潜力

2.1 技术工艺是否落后

公司采用的沸腾炉焙烧制二氧化硫烟气、烟气净化、干吸转化制酸（二转二吸，转化采用“3+1”工艺）工艺技术、生产规模符合国家、云南省产业政策及国家《淘汰落后生产能力、工艺和产品目录》要求。

2.2 设备布置、传输线路、反应步骤是否不合理

公司场地小，设备布置紧凑，但符合安全、环保及化工设计的相关要求，危险化学品（硫酸）储罐区独立，安全及环境风险防范措施到位，各工序紧密相连，没有无效的传输线路。工艺中主要的反应步骤是 SO₂ 转化为 SO₃，直接影响硫酸的产量，根据对比历年来的硫酸产品产量和单位产品原料消耗量及尾气监测结果，可初步判断转化效率是否达到设计要求，然后通过转化吸收工序的物料分析确定转化效率的大小。公司转化吸收工序物料平衡见图 2。

通过采用烟气净化工序的理论计算干燥后烟气中 SO₂ 的量 (98.96t/d)，实测的 SO₂ 排放量、SO₃ 排放量、尾吸废水量、30% Na₂CO₃ 溶液用量

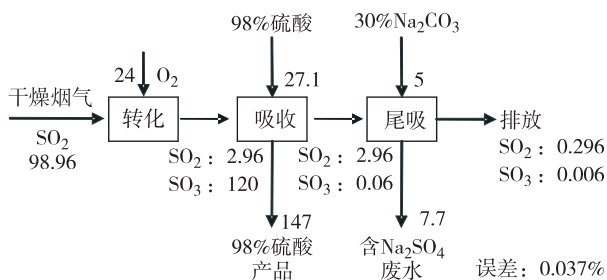


图2 制酸系统转化工序物料平衡图 (t/d)

及吸收率 (一般不受外因素影响)、硫酸产量进行计算,转化后烟气中 SO₂ 为 2.96t/d、SO₃ 为 120t/d,再采用化学方程式的关系进行计算,在转化工序 SO₂ 的转化率为 97%,而设计值为 99.7%,转化效率降低的唯一原因就是催化剂的活性降低。调查发现,公司目前在用催化剂 (钒触媒) 已有两年多没有进行更换了,活性正逐渐降低,应进行更换,最好选择使用催化效果更好的产品。

2.3 生产是否稳定、连续

检查公司生产记录,可以看出连续生产和稳定生产性较差,每年开停车次数较多,带来了一系列的问题,如废气污染物排放量大、单位产品电耗高、设备腐蚀加重等。开停车的时候二氧化硫、硫酸雾一般都会超标排放,沸腾炉加热升温将加大用电量,硫酸生产设备在停用后的腐蚀性往往是使用过程的几倍。公司多年来一直以市场需求波动来控制生产,需求大时就满负荷生产,需求小时就降低负荷或停产,应研究市场多年的变化规律来合理制定生产计划,保障连续生产和稳定生产。

2.4 是否使用了对环境有害的物料

通过对原辅料、能源的分析可知,原料硫铁矿中含砷、铅、锌、氟等有害物质,这些都是硫铁矿伴生物质,不能从根本上消除。但在采购时应先进行化验,除了要化验含硫率、含铁率外,也要化验其他有害物质,并制定严格控制制度,如砷含量不能超过 0.15%。转化工序使用的催化剂主要物质是五氧化二钒,废旧催化剂属危险废物。

3 设备方面清洁生产潜力

3.1 检查所有主要设备是否符合国家要求

深入生产现场,逐一查看各种主要生产设备的铭牌,登记设备名称、型号、功率、数量,然后与国家工业和信息化部《部分工业行业淘汰落后生产工艺装备和产品指导目录 (2010 年本)》及国家《淘汰落后生产能力、工艺和产品目录》进行对照,分析主要生产设备是否有国家明令淘汰和限期整改的,如果有,应该提出相应的方案进行整改。

3.2 设备是否破旧、漏损及缺乏有效的维护和保养

经现场检查发现公司生活用自来水管、水龙头有漏水现象,沸腾炉外部腐蚀严重,稀酸储槽、法兰有漏损,烟气净化工序文氏管底部有漏损,除尘器破损存在漏风可能性等。特别是旋风除尘、静电除尘器自建厂以来还从来没有进行过检修。据了解,由于工作人员责任心不高及公司管理制度的不健全,在多年的生产管理中经常会有设备带病工作,设备基本上不存在维修,发现有问题了也是带病工作,直到不能使用了就更换新的,既增加了生产成本,也存在一定的安全、环境风险。应建立设备保养、维修制度,发现问题及时解决,完善操作过程,定期进行培训,提高员工素质。

针对发现的除尘器破损存在漏风的可能性应进行物料平衡分析。公司烟气净化系统物料平衡见图 3。

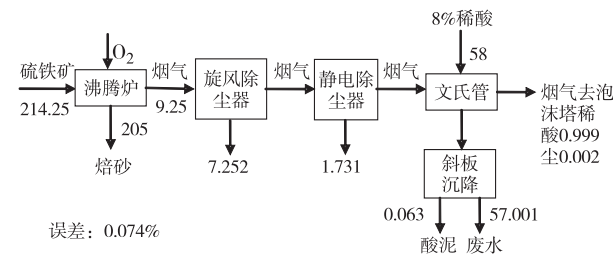


图3 沸腾炉烟气净化物料平衡图 (t/d)

在沸腾炉烟气净化工序中,根据实测物料数据及鼓风机供气量、原料含 S 量计算,沸腾炉烟气中产生量为 312213m³/d,烟气烟尘量为 9.25t/d、SO₂ 量为 100.949t/d,而尾气排放量实测值为 306000m³/d,则烟气净化工序漏风率为 1.99%。经现场查看,存在漏风的设备为旋风除尘器和静电除尘器,漏风会引起除尘效率下降,并导致酸泥、废水产生量大以及砷进入生产废水。

采用各除尘器收尘量与沸腾炉烟气中计算尘量进行计算:

$$\text{旋风除尘器效率} = \frac{7.252}{9.25} \times 100\% = 78.4\%$$

$$\text{静电除尘器效率} = \frac{1.731}{9.25 - 7.252} \times 100\% = 86.6\%$$

旋风、静电除尘器效率明显低于公司设计的旋风除尘效率 85%、静电除尘效率 99%,造成了物料流失,增大了烟气的洗涤工序对烟尘的去除率的要求,导致文氏管、泡沫塔稀酸洗涤负荷加大,增加了生产废水、酸泥、污水处理污泥的量及废水、污泥中砷含量。应该对除尘系统进行大修,静电除

尘器大修内容：调节烟气温度、湿度，使比电阻在 $105 \sim 1011 \Omega \text{cm}$ 范围；漏风检查，检查本体屋面板区域出料口、检修孔、观察孔、振打机构的穿过处、绝缘子安装处等是否漏风；进口粉尘浓度控制在 $40 \text{g}/\text{m}^3$ 以下，气体流速控制在 $0.6 \sim 1.3 \text{m}/\text{s}$ ；改进清灰方式，调节适宜的清灰周期，将现有的振打清灰改为声波清灰；更换集尘极、电晕极等受腐蚀及老化的设备和配件。旋风除尘器大修内容：检查维修漏风点。

根据公司的化验结果：原料硫铁矿平均含砷率 0.143% 、焙砂（铁粉渣）及除尘器收尘含砷率 0.10% 、硫酸产品含砷率 0.0002% ，使用图 2、图 3 的物料平衡来计算，每天生产中的原料带入砷 306.4kg ，焙砂及收尘带走砷 214kg ，硫酸产品带走 0.3kg ，那么在需净化的烟气中含砷 92.1kg ，在文氏管中酸洗烟气净化后全部进入生产废水中，生产废水经处理后循环使用，根据处理后水质监测结果，循环水含砷量为 $2.3 \text{kg}/\text{d}$ ，每天将有 89.8kg 砷进入污水处理污泥中。若提高除尘系统的效率，可减少文氏管酸洗废水量和含砷污泥量。

3.3 设备自动化水平是否合理

公司焙烧、烟气净化、转化吸收、污水处理等主要工序都是自动化控制，在粉尘产生量大的原料卸载、上料，焙砂出料、装车，静电收尘排尘收集等工序还是人工操作，应加大防尘设施的建设、完善和员工的个体防护。

4 过程控制方面清洁生产潜力

4.1 计量检测、分析仪表及监测精度是否符合要求

通过检查发现公司现有的计量、检测设备主要有原料、产品分析化验设备、新鲜水水表 1 块、电表 1 块、过磅设备 1 台、硫酸计量设备 1 台及主要工序温度、压力控制设备 1 套，只能计量生产、生活总用水、电量和运入原料量、运出硫酸和焙砂量，生产过程中间环节、主要用水设备、用电设备没有计量仪器，这使得生产记录单一，无法分析确定公司水、电、原料消耗量大的生产环节，这也是形成公司多年来职工工资和奖金只与产量挂钩的原因。为了企业能更好地掌握原辅料、能源的消耗情况及清洁生产的需要，企业应安装循环水、生产废水、主要用电设备、原料入炉、出炉焙砂计量设备，完善生产记录，将单位产品水耗、电耗、原料消耗及排污量纳入生产考核，及时发现生产系统中存在的问题，逐步形成工资、奖金与单位产品能

耗、物耗、排污、安全挂钩的劳动分配制度。

4.2 工艺参数是否严格控制

硫铁矿制酸生产中转化、吸收工序烟气温度、压力等工艺参数控制要求较为严格，若控制不严会导致转化、吸收效率低于设计值，既减小了硫酸产量，又增加了二氧化硫、硫酸雾的排放。比如转化阶段需控制转化器一段进口温度在 $425 \sim 430^\circ\text{C}$ ，二段进口烟气温度为 $455 \sim 460^\circ\text{C}$ ，三段进口烟气温度在 $435 \sim 440^\circ\text{C}$ ，四段进口温度 $425 \sim 430^\circ\text{C}$ ；吸收阶段控制温度在 120°C 。

5 产品方面清洁生产潜力

硫铁矿制酸企业主要产品是 98% 的硫酸，副产品为铁矿焙砂。

5.1 产品储存和搬运过程中是否有流失

吸收工序产出的 98% 硫酸通过管道输送至硫酸储罐，硫酸储罐区设置有安全、环境风险防范措施，外运时使用专用危货运输车辆，装载时储罐与运输车辆连接管道的法兰会出现滴漏现象，应安排专人负责在产品装车时负责收集这些滴漏的硫酸。

副产品铁矿焙砂出料口处温度还有 200°C 以上，易烫伤工人，出料口距离地面约 2m 高，出料时极易形成扬尘，可在出料口安装洒水装置，既可以降温，又能降尘。焙砂粒径小，含水率低，必须堆存于专用库房内，设置洒水压尘设施，公司配套建有专用库房，但屋顶彩钢瓦腐蚀破损严重，应进行大修，避免雨水冲刷流失。焙砂散装外运，应采用密封性较好的车辆并加盖布蓬，减小运输过程的流失。静电收尘器收集下来的尘全部是副产品焙砂，每间隔一段时间排一次收尘，直接排至地面，再由工人铲入手推车运至焙砂库房，收尘粒径小，含水率低，排尘时及铲入手推车时都将产生大量粉尘，形成二次污染，造成副产品的流失。可设专人负责收集这些排尘，排尘直接排入手推车，在排尘口安装自制排灰袋，高度以到手推车车厢底部为佳。

6 废弃物方面清洁生产潜力

6.1 可利用废弃物是否进行了再用和循环使用

废水：经调查公司生产废水采用电石渣中和、曝气氧化、二氧化锰氧化及硫酸亚铁絮凝沉淀处理工艺处理达标后封闭循环使用，不外排。生活污水没有收集和处理系统，直接外排。厂区内建有初期雨水收集池，没有雨污水外排。

污水处理污泥：按照国家《危险废物名录》，硫铁矿制酸企业污水处理污泥为含砷的危险废物，

经调查公司目前还没有开展如何处置的相关研究, 污水处理产生的污泥经压滤处理后堆存于公司建设的“四防”渣场内, 今后应从清洁生产产生的效益中专门拿出一定数量的资金用于污水处理处置及综合利用的研究, 尽快合理处置这些污泥。

废旧催化剂: 公司使用的催化剂只有五氧化二钒, 属危险废物。从转化工序换下的废旧催化剂使用塑料桶包装后堆存于库房内, 然后外售专业回收公司进行再生利用。但公司在管理中设有与这些回收公司签订销售合同, 也没有废旧催化剂管理台帐, 应加强这方面管理制度的建设工作, 建立废旧催化剂管理台帐。

沸腾炉及烟气余热: 沸腾炉及高温烟气温度

1000 ~ 1100℃, SO₂ 转化为 SO₃ 放出的中温 200℃ 左右, 余热生产中压过热蒸汽, 配套汽轮发电机发电 (《国家重点行业清洁生产技术指导目录》(第一批) 推荐)。蒸气量达到 0.9t/t 酸, 蒸汽消耗指标为 5.94kg/kWh。汽轮机采用凝结式汽机, 冷凝水可回收利用。公司由于场地限制和生产规模较小, 没有建设余热锅炉, 使用冷却水降温, 这也是导致新鲜水用量大的原因。综合考虑, 公司决定使用部分间接冷却水作为职工洗澡用水, 洗澡废水经处理后再作为冷却补充水, 进行了部分余热的综合利用。

6.2 废弃物排放是否超过定额

公司近三年废弃物排放情况见表 2。

表 2 企业历年废弃物流情况表

类别	名称	近三年废弃物年排放量			近三年单位产品废弃物排放量			国内清洁生产定额	
		2008	2009	2010	2008	2009	2010		
废水	废水量	82066.07t	21245.58t	72864.28t	1.85t/t	1.73t/t	1.77t/t	1.0t/t	超定额
	废气量	10459.61 万 m ³	3010.47 万 m ³	9180 万 m ³	2357.89m ³ /t	2451.39m ³ /t	2230.0m ³ /t	-	-
废气	二氧化硫	101.05t	27.72t	92.13t	2.278kg/t	2.257kg/t	2.238kg/t	2.208kg/t	超定额
	硫酸雾	4.76t	1.36t	4.47t	107.3g/t	110.4g/t	108.7g/t	103.5kg/t	超定额
固废	总废渣量	2957.3t	773.7t	2881.6t	0.067t/t	0.063t/t	0.070t/t	综合利用率 70%	超定额
	有毒废渣	2957.3t	773.7t	2881.6t	0.067t/t	0.063t/t	0.070t/t	综合利用率 70%	超定额
其他	废催化剂	5323.20kg	1596.49kg	4116.63kg	0.12kg/t	0.13kg/t	0.10kg/t	0.10kg/t	达到定额

由近三年废弃物排放量分析可知, 公司单位产品废水量、二氧化硫、硫酸雾排放量超过清洁生产国内清洁生产定额, 废催化剂排放量达到定额, 废渣 (污水处理污泥) 还没有综合利用, 不能达到国内清洁生产定额。对超国内清洁生产定额的指标应制定相应的方案进行削减。

此外, 公司主要噪声源二氧化硫风机噪声级为 105dB (A), 目前只安装了减振垫, 由于其特殊的工作原理, 不能通过安装消声器、机房密封、吸声等降噪措施来降低其噪声级, 建议在风机房外设隔声墙或挂降噪门帘, 机房内墙壁安装吸声材料, 在与风机相连的管道内安装减振抗酸腐蚀材料, 另外还可考虑更换节电、噪声级小的风机。

6.3 污染物排放浓度及排放总量是否达标

公司生产废水经处理后封闭循环使用, 不外排。制酸生产尾气经尾吸塔处理后排放, 通过近三年的年检监测结果及在线监测结果可知, 尾气可达标排放。由于公司属于“厂中厂”, 厂界无法界定, 厂界噪声是否达标很难用监测结果判断, 但公司还需在持续清洁生产中进一步实施主要噪声源降

噪方案。公司排污许可证只允许排放废气污染物, 经核算实际排放总量低于允许排放量。但公司没有生产污水收集和处理设施, 存在外排情况。

6.4 污染治理设施及环境风险防范设施运行是否正常

经检查, 公司污水处理站、污泥压滤设备、“四防”渣场、尾吸塔、洒水降尘设施、硫酸储罐围堰、事故排放池、雨污水收集池、雨污分流设施等污染治理设施及环境风险防范设施运行正常。

7 管理方面清洁生产潜力

7.1 环保机构、环保管理制度及环境风险应急预案是否建立

公司管理层没有设专门的环保部门, 但建立了环境管理制度, 有兼职的环保、安全员。检查发现公司严格执行环评制度、环保“三同时”制度、排污许可证制度, 环境风险应急制度。环保管理档案基本健全, 但管理不规范。建立了环境风险应急预案, 但还没有组织演练过, 应设专门的环保机构负责公司环境保护工作和环保档案的管理。

7.2 是否建立了有利于清洁生产的管理制度和清

洁生产机构

公司是第一次开展清洁生产审核工作，没有与清洁生产有关的管理制度，应结合公司的实际情况建立清洁生产管理制度，组建公司清洁生产办公室，全面负责公司的清洁生产工作，可设在环保部门内，也可单独设立。

7.3 岗位操作规程是否严格和完善

通过对公司制定的操作规程进行查看，该操作规程中只规定操作步骤、安全要求、控制要求等，忽略了节能、减排的要求，应进行完善。公司操作规程是纸质版的，仅有少数几个岗位悬挂了岗位操作规程牌，也没有操作规程执行情况的检查记录，执行不严格，应按照岗位设置在相应位置悬挂该岗位操作规程，并安排专人不定期、不定时地进行相关岗位操作规程执行情况的检查，并进行相应的奖惩。

7.4 生产记录是否完善

由于公司过去没有清洁生产的概念以及管理上的松散，生产记录比较粗糙，只有大项的数据记录，如原料购入量、焙砂销售量、硫酸产量、全公司自来水用量和电量、营业收入等。无法进行全厂单位产品原辅料及能源消耗、废弃物排放量的核算分析和某一个工序物料平衡分析。公司可按照清洁生产审核的要求细化生产记录的内容。

7.5 信息交换是否通畅

通过跟公司领导、部门负责人及职工的座谈调查了解信息交换是否通畅，发现公司各部门之间、部门与公司领导之间信息的交换是不通畅的。该公司组织机构不完善，没有专门的安全、环保、生产

等的管理部门，只有一些兼职人员，管理较松散，所有的对外业务全部由总经理办理，厂内的一切指令也都是由总经理发出，职工只知道完成产量，对其他的事情不关心。比如要打扫卫生，必须每个岗位都由总经理亲自通知到。特别是在座谈中公司经理谈到的当班的某岗位职工发现生产设备不正常了，在交班的时候不会告诉接班的职工，直到影响正常生产了才会报告。

7.6 是否制定了有效的奖惩办法

公司的奖惩办法内容较为单一，产品产量高即奖励，产量低则惩罚。应将节能、减排、安全的考核指标纳入奖惩办法。

8 员工方面清洁生产潜力

8.1 员工的素质是否能满足生产要求

经调查，公司员工普遍学历不高，仅有少数几位是专业技术人员，优秀的管理人员少，员工稳定性差，熟练操作水平不高。应培养优秀的管理人员，完善组织机构，定期组织岗位操作规程的培训及竞赛。

8.2 是否全员参与清洁生产

公司领导和员工没有清洁生产的概念，应通过宣传、教育、培训，灌输清洁生产相关知识。要让领导和职工了解什么是清洁生产，清洁生产要做什么，会带来那些好处等。此外制定清洁生产激励措施来调动全体员工的积极性是必要的，要让员工主动参与清洁生产，提出合理化的清洁生产方案。

9 分析成果

硫铁矿制酸企业清洁生产审核潜力分析成果见表3。

表3 清洁生产审核检查清单

影响生产的八方面	检查项目	检查结果	清洁生产方案产生
原辅料和能源	1、原料粒径是否符合生产需要？厂内是否设原料破碎工序？	外购原料粒径符合生产需要，不设破碎工序	-
	2、原料储存、发放、运输是否存在流失？	运输过程使用普通载重货车散装运输，但加盖了篷布	采用密封性较好的车辆运输原料
		原料堆存于专用仓库内，但仓库屋顶的彩钢瓦，多年的使用已经被腐蚀、锈蚀得千疮百孔，雨季漏雨严重，造成了原料的流失；原料采购，而是按原料的市场价格波动，价格低的时候会大量的购入，经常出现原料露天堆存的情况	仓库屋顶维修及扩建
	3、是否建立了原料的化验和控制制度？	卸料及原料提升入炉工序没有降尘设施	原料防护堆存及洒水降尘
	4、生产过程产生的废热是否综合利用了？	公司已经对每批次的原料进行了相关的化验，但对含硫率、含砷率、含氟率控制不严格	建立健全原料检验制度，原料含硫大于35%，砷含量低于0.15%
5、催化剂催化效率是否符合要求	没有利用废热。	通过物料平衡计算，催化效率达不到设计要求	远期考虑利用，近期使用间接冷却水用作职工沐浴用水 更换钼触媒

影响生产的八方面	检查项目	检查结果	清洁生产方案产生
技术工艺	1、技术工艺是否落后?	技术工艺先进	-
	2、设备布置、传输线路、反应步骤是否不合理?	公司场地小,设备布置紧凑,但符合安全、环保及化工设计的相关要求,危险化学品(硫酸)储罐区独立,安全及环境风险防范措施到位,各工序紧密相连,没有无效的传输线路	-
	3、生产是否稳定、连续?	检查公司生产记录,可以看出连续生产和稳定生产性较差,每年开停车次数较多,带来了一系列的问题,如废气污染物排放量大、单位产品电耗高、设备腐蚀加重等	科学合理的制定生产计划,提高生产连续性
	4、是否使用了对环境有害的物料?	使用了,原料硫铁矿中含砷、铅、锌、氟等有害物质,这些都是硫铁矿伴生物质,不能从根本上去消除,但在采购时应先进行化验,除了要化验含硫率、含铁率外,也要化验其他有害物质,并制定严格控制制度,如砷含量不能超过0.15%。转化工序使用的催化剂主要物质是五氧化二钒,废旧催化剂属危险废物。	按照危险废物管理规定严格废旧催化剂的管理工作
设备	1、检查所有主要设备是否符合国家要求?	符合	-
	2 设备是否破旧、漏损及缺乏有效的维护和保养?	生活用自来水管、水龙头有漏水现象,沸腾炉外部腐蚀严重,稀酸储槽、法兰有漏损,烟气净化工序文氏管底部有漏损;烟气净化系统物料平衡分析,除尘器破损存在漏风、除尘效率低于设计值,并导致酸泥、废水产生量;在多年的生产管理中经常会有设备带病工作,设备基本上不存在维修,发现问题了也是带病工作,直到不能使用了就更换新的,既增加了生产成本,也存在一定的安全、环境风险	维修漏水自来水管及部分龙头、法兰;维修漏损储罐;制定设备维护和保养制度;烟气除尘系统大修
	3 设备自动化水平是否合理?	基本合理,主要生产、污染处理设施均为自动化控制,但原料、产品等主要产生工序基本是人工控制	加强人工操作工序人员的个体防护
过程控制	1、计量检测、分析仪表及监测精度是否符合要求?	现有的计量、检测设备主要有原料、产品分析化验设备、新鲜水水表一块、电表一块、过磅设备一台、硫酸计量设备一台及主要工序温度、压力控制设备一套安装了烟气在线监测仪器,但主要生产用水、用电没有计量仪器	在办公、车间各主要用水、用电点及主要耗电设备处分别安装水表、电表,进行用水用电分析、考核
	2、工艺参数是否严格控制?	中转化、吸收工序烟气温度、压力等工艺参数控制不够严格	按照设计要求严格控制各工序温度
产品	产品、副产品的输送、贮存、运输是否有流失?	硫酸储罐区及输送管道符合安全要求,装车外运时输送管法兰会产生滴酸;焙砂出口口温度高、粉尘产生量大;焙砂散装外运	焙砂出口处安装洒水装置增湿、降温;采用密封性较好的车辆运输焙砂产品;安排专人负责收集硫酸装车时产生的滴酸
废弃物	1、可利用废弃物是否进行了再用和循环使用?	生产废水、雨污水处理后封闭循环使用;废催化剂交专业公司回收综合利用,但没有管理台帐;污水处理污泥存放于“四防渣场”,废热没有综合利用;生活污水没有收集处理和回用	建立废催化剂管理台帐;远期考虑建生活污水处理站和废热发电项目
	2 废弃物排放是否超过国家清洁生产定额?	单位产品废水量、二氧化硫、硫酸雾排放量超过清洁生产国内清洁生产定额,废催化剂排放量达到定额,废渣(污水处理污泥)还没有综合利用,不能达到国内清洁生产定额	通过更换效率较高的催化剂、严格控制工艺参数等提高转化率,减少二氧化硫、硫酸雾排放量;通过烟气除尘系统的大修提高烟气除尘率,减少酸洗废水量和废水中砷的含量,均为中/高费方案
	3 污染物排放浓度及排放总量是否达标?	废气排放浓度、总量达标;废水不外排;由于是厂中厂,噪声是否达标,不好界定	二氧化硫风机房挂降噪门帘
	4 污染治理设施及环境风险防范设施运行是否正常?	污水处理站、污泥压滤设备、“四防”渣场、尾吸塔、洒水降尘设施、硫酸储罐围堰、事故排放池、雨污水收集池、雨污分流设施等污染治理实施及环境风险防范设施运行正常	-

影响生产的八方面	检查项目	检查结果	清洁生产方案产生
管理	1、环保机构、环保管理制度及环境风险应急预案是否建立?	没有环保机构,只有兼职的环保、安全员,有环境风险应急预案,但还没演练过	建立安全、环保专职机构;定期演练应急预案
	2、是否建立了有利于清洁生产的管理制度和清洁生产机构?	没有清洁生产机构和相应的管理制度	制定清洁生产管理制度;建立清洁生产办公室
	3、岗位操作规程是否严格和完善?	已经制定了操作规程,但不够完善	完善操作规程,严格执行,定期进行培训、考试
	4 生产记录是否完善?	有生产记录,但只有大项的数据	按照清洁生产需要的数据要求,进一步完善生产记录
	5、信息交换是否通畅?	不畅通,组织机构不完善	健全组织机构,确保信息交换通畅
	6、是否制定了有效的奖惩办法?	没有节能、减排的奖惩办法	制定有效的清洁生产奖励办法
员工	1、员工的素质是否能满足生产要求?	学历普遍较低、操作水平不高,员工稳定性差	培养优秀管理人员,定期组织职工参加操作规程的培训
	2、是否全员参与清洁生产?	公司管理人员、班组长参与较多	宣传、动员全员参与

10 结语

硫铁矿制酸企业强制性清洁生产审核应从影响生产过程的八个方面进行详细的分析,并紧扣“砷”的转移和硫的利用两条主线,最后采用检查表的形式得出审核的成果,才能全面地挖掘出其潜力。

参考文献:

- [1] 郭显锋,张新力,方平. 清洁生产审核指南 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007.
- [2] 国家环境保护总局. 企业清洁生产审计手册 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996.
- [3] 国家清洁生产中心. 国家清洁生产审核师培训教材 [M]. 北京: 国家清洁生产中心, 2001.

Potential of Pyrite – Based Sulphuric Acid Enterprises for Compulsory Clean Production Audit

KONG Ci-ming

(Qujing Institute of Environmental Science, Qujing Yunnan 655000 China)

Abstract: Based on the investigation of the current situation and auditing the material balance, the potential of the sulphuric acid enterprises for the compulsory clean production audit is discussed in respect of raw and auxiliary material, technical process, equipment, process control, product, solid waste, management and staff, in view of the actual situation of the enterprise, production and pollution discharge characteristics.

Key words: pyrite-based sulphuric acid production; clean production audit; potential analysis

云南省重点企业清洁生产审核现状及对策

常蓉¹, 李炎昆², 陶豫萍²

(1. 云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034; 2. 云南省环境保护厅, 云南 昆明 650228)

摘要: 介绍了重点企业清洁生产审核的发展情况和工作范围, 阐述了云南省实施重点企业清洁生产审核概况、存在问题, 提出了对策和建议。

关键词: 清洁生产; 审核; 重点企业; 现状; 对策

中图分类号: X38 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0088-05

1 重点企业清洁生产审核的发展

清洁生产自 20 世纪 80 年代在美国等发达国家提出以后, 得到国际社会的普遍响应, 成为一种环保潮流, 被认作是环境战略由被动反应转向主动行动的转折点。西方发达国家经历数十年工业污染, 在环境方面付出沉重代价之后, 于 20 世纪 80 年代开始走出“先污染后治理”的泥潭, 其法宝便是清洁生产。

20 世纪 90 年代初期, 中国从发达国家引入清洁生产理念, 与多个国家和国际组织开展清洁生产合作。1993 年 10 月, 国家出台了清洁生产的相关文件。2003 年 1 月 1 日, 世界上第一个《清洁生产促进法》在中国正式实施。清洁生产要求把污染物消除在它产生之前, 提倡从产品设计开始, 到生产过程的各个环节, 通过不断地加强管理和技术进步, 提高资源利用率, 减少乃至消除污染物的产生, 确保实现经济效益与环境效益的统一。经过 20 多年的发展, 清洁生产已经成为公认的预防性的环境管理策略和实现可持续发展的重要技术手段, 并形成了自愿性审核和强制性审核并存发展的格局。清洁生产是一种以“源消减”和“污染预防”为主要特征的环境战略。《节能减排综合性工作方案》中提出了工程减排、结构调整减排、管理减排三大措施, 清洁生产审核作为管理减排的主要抓手, 对于节能减排, 实现经济、社会和环境的可持续发展具有重要意义。

强制性清洁生产审核亦称为重点企业清洁生产审核, 即强制性地要求重点企业进行的清洁生产审核。强制性清洁生产审核由我国政府首次提出, 是在清洁生产审核的基础上进一步强调了“强制

性”, 其原理和思路依然遵循清洁生产审核, 具有独创性和新颖性。2004 年原国家环保总局、国家发改委发布了《清洁生产审核暂行办法》(16 号令), 明确提出了强制性清洁生产审核的概念。2005 年原国家环保总局为了落实《清洁生产审核暂行办法》中关于强制性清洁生产审核的要求, 发布了指导各地政府部门开展强制性清洁生产审核的《重点企业清洁生产审核程序的规定》(151 号文), 使强制性清洁生产审核有了操作层面实质性的法律依据。2008 年环境保护部颁布了《关于进一步加强重点企业清洁生产审核工作的通知》(60 号文), 发布了《重点企业清洁生产审核评估验收实施指南》, 明确提出要开展重点企业清洁生产审核评估与验收工作, 完善了清洁生产审核制度, 有效地保障了重点企业清洁生产审核质量。

2 重点企业清洁生产审核的工作范围

“十二五”是全面建设小康社会的关键时期。深入贯彻落实科学发展观, 转变经济发展方式, 建设资源节约型、环境友好型社会, 对节约资源、保护环境提出了新的更高的要求。“十二五”期间, 国家进一步加大环境保护力度, 明确 4 种主要污染物总量减排约束性指标, 并对重金属污染和持久性有机污染物防治提出要求。为从源头减少污染物产生量, 尽可能降低末端治理压力, 促进国家“十二五”规划纲要提出的各项资源节约和环境保护指标完成, 必须进一步加大推行清洁生产力度, 全面提升清洁生产水平。

2012 年 2 月 29 日第十一届全国人民代表大会常务委员第二十五次会议通过《中华人民共和国清洁生产促进法》(修订), 明确了强制性清洁生产审核的企业范围:

(1) 污染物排放超过国家或者地方规定的排

排放标准,或者虽未超过国家或者地方规定的排放标准,但超过重点污染物排放总量控制指标的;

(2) 超过单位产品能源消耗限额标准构成高耗能的;

(3) 使用有毒、有害原料进行生产或者在生产中排放有毒、有害物质的。

重点企业清洁生产审核是通过环境保护对生产过程再设计、对产业结构再调整,是优化经济发展模式的最直接手段;强制性清洁生产审核弥补了长期以来环境管理制度没有渗透到生产过程的缺陷,

加强了对工业污染源的管理,作为对现有环境管理制度的有效补充,以一种操作性很强的方式将环境管理引入生产过程的污染防治,通过源头削减、生产过程减排,对我国企业污染物达标排放和节能减排具有明显作用。

节能减排是清洁生产的宗旨,稳定达标排放是强制性清洁生产审核的直接目的。2010年环境保护部颁布环发[2010]54号《关于深入推进重点企业清洁生产的通知》,进一步明确了重点企业清洁生产审核周期(见表1)。

表1 重点企业清洁生产审核周期

企业类别	审核周期	第一轮完成时间要求 (完成第一轮审核、评估、验收)
第一类企业	“双超”企业	名单公布之日内一年
	“双有”企业	至少每五年完成一轮
第二类企业	五个重金属污染防治重点防控行业的企业	每两年完成一轮 2011年年底前
	七个产能过剩主要行业的企业	每三年完成一轮 2012年年底前
	《名录》所列其他重污染行业的企业	每五年完成一轮 2014年年底前

备注:《名录》为《需重点审核的有毒有害物质名录》(第一批、第二批)。

3 云南省实施重点企业清洁生产审核概况

云南省重点企业清洁生产审核工作从2004年8月开始,近几年对“双超”“双有”企业清洁生产审核的工作已经颇有成效,从公布强审企业名单到开展清洁生产审核、组织评估验收已形成一套完整的体系,制定了《云南省重点企业清洁生产审核项目跟踪备案制度》、《云南省重点企业清洁生产审核评估标准》、《重点企业清洁生产审核验收要求》等,强制性清洁生产审核工作有章可依、有规可循,强制性清洁生产审核企业数量有了快速增长,带动了一大批重点企业主动开展设备更新和技术改造,截止2013年1月共发布10批审核名录,涉及工业企业874家(见表2)。

4 云南省重点企业清洁生产审核存在的问题

4.1 企业对实施清洁生产缺乏足够的重视

部分工业企业实行清洁生产的热情不高。由于一些工业企业管理层的环境意识淡薄,加之对清洁生产了解不够,甚至有些误解,把清洁生产看成是单纯解决环境问题的措施,参与清洁生产审核是把环境问题暴露给社会,花费大、受益少,还可能影响企业发展,不了解清洁生产对促进技术进步、提高劳动生产率,降低成本、提高经济效益,优化生产程序、提高企业的管理水平,减少污染危害、提

高企业社会信誉等方面的作用。部分企业一味追逐利益最大化,存在重竞技效益、轻环境效益,重眼前利益、轻长远发展的短视行为,为降低改造成本,不顾企业生产经营状况选择无低费方案,许多有利于降低企业经营成本和污染能耗的中高费方案实施率较低。

4.2 企业清洁生产技术改造缺乏资金支持

《清洁生产促进法》对清洁生产技术进步专项资金的出处及建立、有利于清洁生产的财政税收政策做了规定。但实际情况是,企业清洁生产技术改造缺乏畅通的融资渠道,中小企业技术改造融资更难。目前国家鼓励企业清洁生产的财政资金中,缺乏扶持企业清洁生产技术改造的专项资金。可以安排清洁生产技术推广和应用的财政资金(技术进步专项资金、中小企业发展基金、排污费中部分资金)数量很少,没有明确规定的使用比例,资金管理渠道分散。目前查不到权威的统计数字,促进法中要求的财税鼓励企业清洁生产技术改造的作用甚微。

4.3 清洁生产推进工作的协同机制亟需完善

推行清洁生产工作是一个复杂的系统工程,需要各有关部门共同努力、密切配合,形成在各级政府的统一领导下,各部门分工合作、齐抓共管的运作机制。但目前发改委、环保、工信等各部门间存

在部门职能交叉现象，缺乏协调与配合，自愿性清洁生产审核和强制性清洁生产审核不能有机结合，

缺少政府部门和相关政策支撑，这种局面影响了清洁生产工作的整体推进。

表2 云南省清洁生产强制审核一览表

强审批次	审核期限	企业/家	类别	备注
1	2004年8月2日公布，要求1年内完成审核并进行评估。	30	第一类重点企业	按全面达标限期治理要求，完成污染治理任务，实施清洁生产审核
2	2005年10月26日公布，要求1年内完成审核并进行评估。	50	第一类重点企业	云环发[2005]665号
3	2008年4月8日公布，要求在1年内完成审核、评估和验收工作。	36(34+2)	第一类重点企业 第二类重点企业	云环发[2008]59号云环发[2008]191号
4	2009年3月19日公布，要求要求1年内完成审核并进行评估。	24(22+2)	第一类重点企业 第二类重点企业 第三类重点企业	云环发[2009]50号云环发[2009]128号
5	2010年6月3日公布，要求1年内完成审核并进行评估，2011年底前通过验收。	56(54+2)	第二类重点企业	云环发[2010]86号云环发[2010]154号
6	2010年8月24日发布，要求在1年内完成审核、评估和验收工作。	88	第二类重点企业	云环发[2010]143号，昆明市创建国家环境保护模范城市要求重点企业清洁生产审核。
7	2011年4月8日公布，要求在1年内完成审核、评估工作。	98	第二类重点企业 第三类重点企业	云环通[2011]67号
8	2012年5月28日公布，要去1年完成审核和评估，2年内完成验收。	184	第二类重点企业 第三类重点企业	云环通[2012]68号
9	2012年6月12日公布，要去1年完成审核和评估，2年内完成验收。	87	第二类重点企业 第三类重点企业	云环通[2012]82号，昆明市、玉溪市创建国家环境保护模范城市要求重点企业清洁生产审核。
10	2013年1月11日公布，要去1年完成审核和评估，2年内完成验收。	211	第二类重点企业 第三类重点企业	云环通[2013]7号
	合计	874		

备注：(1) 第一类重点企业为污染物超标排放或者污染物排放总量超过规定限额的污染严重企业；
 (2) 第二类重点企业为生产中或使用或排放有毒有害物质的企业；
 (3) 第三类重点企业为位于国家节能减排重点地区和流域，能耗和排放超过同行业平均水平的企业。

4.4 清洁生产技术服务机构管理混乱

我国出台了较完善的清洁生产法律、法规和制度，尤其是对重点企业清洁生产审核的法律体系和规章制度体系已经基本建成。但是，国家推进清洁生产的组织管理体系相对落后，《清洁生产促进法》中有关清洁生产的推行和实施条款中没有明确对清洁生产技术服务人员及机构的资质要求和管理，导致清洁生产审核咨询机构、人员的技术服务缺少规范管理，审核中发现咨询机构不聘请行业专家、审核过程敷衍了事，对审核企业的现状未进行真实、全面、准确的分析，虚报、谎报经济和环境效益的现象时有发生，没有明确专门的机构对其进行指导和监督。承担重点企业清洁生产审核评估的评估机构至今未能正式建立，影响了工作的整体推进。

5 关于强制性清洁生产审核工作的对策和建议

5.1 摸清企业生产和环保管理家底，有效开展重点企业清洁生产审核

结合重点企业清洁生产审核特点，从生产过程到现行的环保管理，需要对审核企业开展以下几个方面的核实，从而真实反映企业在生产工艺装备、环境保护等方面存在的欠缺和不足，寻找清洁生产方案。

(1) 工艺、技术装备。符合国家产业结构调整和行业政策要求；在评估中查实存在国家明令限期淘汰的生产工艺、装备情况应予以明晰，原有不符合国家产业政策或仍在使用的国家明令淘汰工艺装备、设备的企业，按照国家的时效要求，制定结构调整和更新替代计划，通过中/高费方案实施后的验证，在时效期限内达到国家政策法规要求。

(2) 产品。没有生产国家明令淘汰的落后产品。

(3) 企业重大危险源及应急设施情况、环境风险事故应急预案。

(4) 查证环保设施采用的工艺流程适用性、环保设施的完好和完备性；重点核实实施污染物总量控制、重金属污染防治、环境风险防范等建设的环保设施与运行效果。

(5) 纳入审核范围的生产企业生产设施和环保设施建设与环保审批要求的一致性：①各建设项目环评文件及审批情况；②各建设项目环保设施竣工验收文件及审查情况；③查证企业配套的主要生产设施、环保设施、应急设施建设和运行与环保法律法规、政策、标准要求的一致性。

(6) 排污申报等级文件、排污许可证、排污费缴纳通知单和缴纳凭证。

(7) 污染物总量控制指标分配、污染物减排任务文件。

(8) 固体废弃物综合利用和处理处置。一般工业固体废弃物综合利用和处理处置；危险废物综合利用和处理处置、综合利用和处理处置企业单位的资质证书、历次危险废物转移联单。

(9) 与生产设施及配套环保设施运行和维护相关记录的真实、可信及原始记录规范性。企业清洁生产审核的主要工作是通过对公司各个环节的调研评估，挖潜节能减排的空间，制定并实施节能、节水、节材、减排、加强管理等各类无费低费方案或中费高费方案，从而达到提高企业形象和降低生产成本的目的。结合审核重点工艺流程图、工艺设备图以及排污流程节点和各单元操作流程图、物料平衡图，按生产工艺以及清洁生产的要求，在行业专家的指导下开展审计重点的物料平衡，并进行废弃物产生原因分析（正确表达审核重点物料、能耗情况），同时补充企业对报告中的数据真实性负责的相关承诺。

5.2 加强与节能减排工作的结合，树立清洁生产示范企业

一些重点企业清洁生产审核的目的仅仅是通过验收，未能有效开展持续性清洁生产。应加强与污染减排等环保重点工作的融合，将清洁生产审核主要污染物削减量纳入减排核算及地方政府环保考核体系中，逐步将清洁生产审核新增污染物削减量与国家主要污染物减排核算目标和现行环境管理政策（如排污许可证等）挂钩。加强对重点企业实施清

洁生产的后监督检查，通过梳理一批清洁生产示范企业，倡导清洁生产理念，引导更多企业转变发展思路，实现和指导企业将上一轮清洁生产审核成果纳入日常管理，推进清洁生产的持续发展。

5.3 加大企业实施清洁生产政策扶持力度

清洁生产审核中提出的一些中高费项目，资金需求大，必须建立相应的保障机制。一是将清洁生产绩效纳入地方政府环境考核体系，督促各级政府制定和实施重点投资计划时，把节能、节水、综合利用、提高资源利用率、预防工业污染等清洁生产项目列为重点，加大投资力度；二是综合运用行政、税收、金融等调控手段，最大限度调动企业实施清洁生产项目的积极性，鼓励和吸引社会资金及银行贷款投入企业实施清洁生产；三是进一步加大专项资金投入，鼓励具备条件的新、改、扩建项目优先安排清洁生产审核项目；四是建议政府财政划拨专项资金对重点企业中清洁生产审核中高费项目进行补助，提高中高费项目实施率；五是对按规定应进行强制性清洁生产审核的企业申请省级污染防治资金的项目提出要求，企业必须通过清洁生产审核验收，方具备申报条件。

5.4 健全重点企业清洁生产管理环节，完善清洁生产奖惩机制

健全重点企业清洁生产管理环节，确保清洁生产审核、评估验收和清洁生产方案的实施效果；对未按规定要求开展清洁生产审核和审核不符合要求的企业，严格按照《清洁生产促进法》的规定进行处罚。

5.5 健全促进清洁生产审核的管理机制

各级环保部门要加强对各类中介机构的监管和引导，统一收费标准，规范审核市场秩序，避免低价承揽业务导致恶性竞争。同时，加大重点企业清洁生产审核管理和咨询人员的培训力度，进一步加强清洁生产技术支撑和专业人才队伍的建设，对咨询机构审核人员实行年度考核，不定期抽查审核项目报告，淘汰一批不按规定内容、程序进行清洁生产审核、弄虚作假或者技术水平低、服务能力达不到要求的咨询机构，提升全省清洁生产审核咨询机构整体服务质量。

参考文献：

- [1] 于秀玲，马妍. 我国推行清洁生产面临的问题及对策 [J]. 环境保护，2010，(6).
- [2] 马妍，白艳英，于秀玲. 中国清洁生产发展历程回顾分析 [J]. 环境与可持续发展，2010，(6).

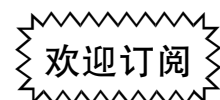
Current Situation of Clean Production Audit of Major Enterprises in Yunnan and Its Countermeasures

CHANG Rong¹, LI Yan-kun², TAO Yu-ping²

(1. Yunnan Institute of Environmental Science, Kunming Yunnan 650034 China)

Abstract: This paper gives an introduction of the development and working scope of the clean production audit of the major enterprises, and discusses the general work and current issues of the clean production audit. The countermeasures and suggestions are proposed.

Key words: clean production; audit; major enterprises; current situation; countermeasures



《环境科学导刊》杂志

《环境科学导刊》，投稿及联系邮箱：ynhjx@yies.org.cn；电话（传真）：0871-64142389；国内统一刊号：CN53-1205/X；国际标准刊号：ISSN1673-9655。

《环境科学导刊》（原《云南环境科学》）创刊于1982年，是云南省环境保护厅主管，云南省环境科学研究院主办，全国公开发行的环保科技期刊。本刊主要刊登环境科学学术性论文、环境科研报告及介绍环境工程应用技术的文章。主要栏目有：科研专题研究、环境管理、水环境保护、生态环境保护、污染防治、污染治理技术、农业环境保护、环境与人体健康、环境监测、环境影响评价等。适合所有从事环境保护工作的人员和大专院校有关专业的师生阅读，也可供规划、农、林、水、土、卫生等部门的有关人员参阅。

《环境科学导刊》为双月刊，每双月25日出版，全年定价60元。读者可通过邮局汇款到本刊编辑部或通过银行转帐到云南省环境科学研究院订阅。

邮局汇款

邮政编码：650034

汇款地址：昆明市西山区气象路王家坝23号

收款人：《环境科学导刊》杂志社

电话：0871-64142389

银行转帐

开户名：云南省环境科学研究院

开户银行：建行昆明市西园南路支行

帐号：53001615637050309169

E-mail：ynhjx@yies.org.cn

建设项目影响地表水环境 水量工作等级划分初步研究

叶长兵^{1,2}, 李文朝², 刘 琴¹, 张晶晶¹

(1. 玉溪师范学院资源环境学院, 云南 玉溪 653100;

2. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008)

摘 要: 在阅读大量相关文献资料和综合分析的基础上, 构建了包括建设项目所在区域水资源量、供水水体规模、建设项目用水规模、地表水环境敏感程度、可能造成的生态环境问题等指标的建设项目地表水环境水量影响工作等级划分指标体系。并在所构建指标体系的基础上, 初步提出了建设项目地表水环境水量影响工作等级划分的依据, 为完善地表水环境影响评价技术导则的工作等级划分提供参考。

关键词: 水量影响; 工作等级; 指标体系; 地表水

中图分类号: X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0093-03

作为一种技术方法和制度, 环境影响评价在国内外已多有应用和研究^[1~5], 所制定的各环境要素技术导则在实际环境影响评价工作中具有重大的指导意义。以往的科研成果和实际工程表明, 建设项目对地表水环境的影响主要表现在水质和水量的影响上。然而, 现行的地表水环境影响评价技术导则仅对建设项目地表水环境水质影响作了工作等级的划分规定, 而对水量产生影响的工作等级未作规定, 且国内外亦未见相关学术报道。若能构建建设项目地表水环境水量影响工作等级划分指标体系, 并据此确定其对地表水环境水量影响的工作等级, 则可进一步完善建设项目地表水环境影响评价技术导则中关于工作等级划分的依据。

1 建设项目影响地表水体水量工作等级划分指标体系的构建

在阅读大量相关文献资料和综合分析的基础上, 本研究认为建设项目地表水环境水量影响工作等级划分的指标体系可由建设项目所在区域水资源量、供水水体规模、建设项目用水规模、地表水环境敏感程度、可能造成的生态环境问题等指标构成。

1.1 评价区域水资源量等级划分

建设项目对地表水环境水量的影响程度与该区

域水资源量成负相关性, 即水资源量越大, 造成的影响则越小。基于一个区域的降水量与该区域水资源量具有较强的线性正相关性, 本研究以降水量的大小代表该区域的水资源量。我国降水量由东南沿海向西北内陆逐渐减少, 大致可划分为 >1600mm、800~1600mm、400~800mm、200~400mm、<200mm 五个降水带。根据这一降水量分布特点, 本研究将我国水资源量等级划分为丰富、中等、缺少三个档次, 具体如表 1 所示。

表 1 评价区域降水量等级划分表 (mm)

分级	降水量
丰富	≥800
中等	200~800
少	<200

1.2 供水水体规模

建设项目对地表水环境的水量影响与供水水体规模呈负相关性, 即供水水体规模越大, 造成的影响越小。若建设项目供水地表水体为河流或河口, 根据供水河段的多年平均流量或平水期平均流量可将其分为大河、中河、小河三种类型。参考现行的地表水环境影响评价导则, 河流或河口供水规模划分如表 2 所示。

表 2 河流或河口水体规模划分表 (m³/s)

分级	流量
大	≥150
中	15~150
小	<15

收稿日期: 2012-11-14

基金项目: 云南省科技厅项目 (2009CD099); 云南省教育厅重点项目 (2012Z147C); 玉溪市科技局项目。

作者简介: 叶长兵 (1975-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为污水处理。

若建设项目供水地表水体为湖泊或水库，根据枯水期或水库的平均水深以及水面面积，可将其规模划分为大湖（库）、中湖（库）、小湖（库）三种类型。参考现行的地表水环境影响评价导则，湖泊或水库供水规模划分如表3所示。

表3 湖泊或水库水体规模划分表 (km²)

分级	平均水深 < 10m	平均水深 ≥ 10m
	水面面积	水面面积
大	≥ 50	≥ 25
中	5 ~ 50	2.5 ~ 25
小	< 5	< 2.5

1.3 建设项目用水规模

建设项目对地表水环境水量的影响与该项目用水量呈正相关性，即用水量越大，造成的影响也越大。我国现行的地表水环境影响评价技术导则将建设项目产生污水排放量分为五档，分别为 ≥ 20000m³/d；10000 ~ 20000m³/d；5000 ~ 10000m³/d；1000 ~ 5000m³/d；200 ~ 1000m³/d。由此可知，污水排水量 ≥ 20000m³/d 即为大排放量；综合工业用水量产污系数（按 0.8 计），结合我国工业发展现有水平，本研究将建设项目用水量 < 5000m³/d 视为小用水量，将建设项目地表水用水规模按用水量大小分为大、中、小三级，具体如表4所示。

表4 建设项目用水量等级划分表 (mm)

分级	降水量
大	≥ 25000
中	5000 ~ 25000
小	≤ 5000

1.4 地表水环境敏感程度

建设项目对地表水环境水量影响的程度与该水体敏感程度呈正相关性，即该水环境越敏感，造成的影响越大。根据使用目的和保护目标，我国将地表水域功能划分为五类。根据地表水域的使用功能，本研究将地表水环境敏感程度划分为敏感、较敏感、不敏感三级，具体如表5所示。

表5 评地表水环境敏感程度划分表

分级	地表水使用功能
敏感	I、II 水域，以及 III 类水域中划定的保护区、重要湿地，以及其他对水量增多或减少特别敏感的区域
较敏感	III 类水域（除划定的保护区外）和 IV 类水体；地下水补给区
不敏感	V 类及以下水体

1.5 造成的生态环境影响问题

建设项目消耗地表水水量而产生的生态环境影响问题主要因为生态用水量不足而导致，主要包括：地表水体水量减少而产生的土地次荒漠化、海水入侵、湿地退化、水生生物生存与繁衍受到影响等，本研究将建设项目因消耗地表水水量而产生的生态环境影响程度分为强、中等、弱三级，具体如表6所示。

表6 生态环境影响问题分级表

分级	可能造成的生态环境影响问题
强	土地次荒漠化、海水入侵、湿地退化显著；珍稀濒危水生生物生存与繁衍受到影响；建设项目减少地表水体水量 70% 者。
中	有土地次荒漠化、海水入侵、湿地退化、地下水位有下降的趋势；水生生物生存与繁衍受到影响；建设项目减少地表水体水量 30% ~ 70% 者。
弱	无上述生态环境问题。

需要说明的是，表6中“建设项目减少地表水体水量 70%”确定为“强”，生态环境影响的依据是参照以往研究成果查明了生态环境需水量约占河流或其他地表水资源来水量的 30% 而定^[6-8]；生态环境影响问题分级为“强”项中其他指标的确定较容易理解，勿需过多解释；而“减少地表水体水量 30% ~ 70%”确定为“中”生态环境影响。

2 建设项目影响地表水环境水量工作等级的初步确定

根据上述指标体系的选取与等级划分，在较为深入研究各种环境影响和系统分析的基础上，本研究对各等级指标做有机组合，初步确定了建设项目影响地表水环境水量工作等级的技术导则。确定为一级评价工作等级的组合有：凡建设项目所在区域水资源量等级划分为“缺水”者，且项目用水量规模为“中-大”的，或供水水体规模为“小”的，其与其他指标的组合为一级评价；凡建设项目地表水体供水规模划分为“小”者，且项目用水量规模为“中-大”的，其与其他指标的组合为一级评价；凡建设项目用水规模划分为“大”者，且供水规模为“小-中”的，其与其他指标的组合为一级评价；凡地表水环境敏感程度划分为“敏感”者，其与其他指标的组合均为一级评价；凡生态环境影响程度为“强”者，其与其他指标的组合均为一级评价；若水资源量等级为“中”、供水水体规模为“中”、项目用水量规模为

“中”、地表水环境敏感程度划分为“较敏感-敏感”、生态环境影响程度为“中等-强”者，评价工作等级为一级。确定为三级评价工作等级的组合有：水资源量等级为“丰-中”、供水水体规模为“大-中”、项目用水规模为“小-中”、地表水敏

感程度为“较敏感-不敏感”、生态环境影响程度为“弱-中”的组合时，评价工作等级为三级评价。其他组合为二级评价。

综上所述，可得如表7所示的建设项目影响地表水环境水量工作等级划分表。

表7 建设项目影响地表水环境水量工作等级划分表

评价等级	水资源量等级	供水水体规模	项目用水规模	地表水敏感程度	生态环境影响程度
一级评价	丰-少	小-大	小-大	敏感	弱-强
		小-大	小-大	敏感-不敏感	强
		小-中	大	敏感-不敏感	弱-强
	中等	中等	中等	较敏感-敏感	中等-强
二级评价	少	小-大	中-大	敏感-不敏感	弱-强
		小	小-大	敏感-不敏感	弱-强
三级评价	丰-中	大-中	小-中	较敏感-不敏感	弱-中

3 结论与建议

(1) 本研究构建了包括建设项目所在区域水资源量、供水水体规模、建设项目用水规模、地表水环境敏感程度、因水量减少而造成的生态环境问题等指标的建设项目地表水环境水量影响工作等级划分的指标体系。并在所构建指标体系的基础上，初步提出了建设项目地表水环境水量影响工作等级划分的依据，为完善地表水环境影响评价技术导则工作等级划分提供参考。

(2) 本研究是在阅读大量相关文献资料和综合分析的基础上而完成，研究成果在环境影响评价中具有一定的指导意义。但由于研究时间短，人员构成较为单一，难免会导致所选取的指标体系不够系统以及各指标等级划分不够深入科学。因此，本研究成果仅具有一定的参考价值，其可操作性需在实际环境影响评价工作中作进一步的检验。建议在今后的相关研究中，进一步完善建设项目地表水环境水量影响工作等级划分的指标体系，并对各指标

的等级划分作更为科学系统的研究。

参考文献：

- [1] 申云, 王朝品. 城市污水处理厂建设程序中的环境影响评价研究 [J]. 中国人口、资源与环境, 2011, 32 (3): 62-64.
- [2] 常琳娜, 高丹, 周嘉. 生态城市规划的环境影响评价研究—以哈尔滨市为例 [J]. 中国农学通报, 2011, 27 (26): 254-259.
- [3] 吕培茹, 陆建接, 王秀丽, 等. 山东省孔孟文化遗产地建设生态环境影响评价 [J]. 中国人口、资源与环境, 2011, 21 (3): 227-230.
- [4] 向晓军, 李保珠. 云南临沧盆地土壤天然放射性测定及环境影响评价 [J]. 中国人口、资源与环境, 2011, 21 (3): 90-92.
- [5] 王栋成, 林国栋. 大气环境影响评价工作等级划分技术方法探讨 [J]. 环境工程, 2008, 28 (4): 105-110.
- [6] 石维, 侯思琰, 崔文彦, 等. 基于河流生态类型划分的海河流域平原河流生态需水量计算 [J]. 农业环境科学学报, 2010, 29 (10): 1892-1899.
- [7] 冯夏清, 章光新, 尹雄锐. 基于生态保护目标的太子河下游河道生态需水量计算 [J]. 环境科学学报, 2010, 30 (7): 1466-1471.
- [8] 姜秀娜, 权建民, 史晓昆. 工程减水河段生态需水量计算方法的探讨 [J]. 东北水利水电, 2009, 27 (2): 61-63.

Grading of Environmental Impact of Construction Project on Surface Water Quantity

YE Chang-bing^{1,2}, LI Wen-chao², LIU Qin¹, ZHANG Jing-jing¹

(1. College of Resources and Environment, Yuxi Normal University, Yuxi Yunnan 653100 China)

Abstract: The index system is established, based on the review and analysis of the relative literatures, for grading the environmental impact of the construction project on the surface water quantity. It reflects the issues such as the regional water resources of the project site, the capacity of water supply, amount of water use, environmental sensitivity of the surface water and the possible ecological issues. The paper also provides the guiding principles for the work of grading, and it is helpful for improving the technical guideline for the environmental impact assessment on surface water.

Key words: water quantity impact; assessment grade; index system; surface water

320 国道保山段绿化带 Cr、Pb 污染的考察

侯洪波, 杨保海, 杨鸾芳

(保山学院资源环境学院, 云南 保山 678000)

摘要: 采用火焰原子吸收法测定了 320 国道保山段中心绿化带土壤的 Cr、Pb 污染情况, 结果显示绿化带土壤受到一定程度的重金属污染。Cr 污染达到国标三类土壤标准的重度污染, Pb 污染达到二类土壤的中度污染。考察了绿化带三种植物华灰莉、金叶连翘、金边冬青对两种重金属富集特性, 富集系数均 < 1。华灰莉可以用作 Cr 的植物修复植物。

关键词: 火焰原子吸收; Cr、Pb 重金属污染; 测定; 320 国道保山段

中图分类号: X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0096-02

汽车运输可对大气和土壤造成一定的重金属污染^[1-4], 含铅汽油、润滑油的燃烧, 汽车轮胎、刹车里衬的机械磨损等是公路两侧土壤和灰尘中 Cr、Pb 等重金属污染的重要来源。Cr、Pb 是对人体有害的重金属元素^[5]。植物修复及植物固定技术^[6-7]是重金属污染治理的热门课题, 开发既美观又对 Cr、Pb 等重金属具超富集作用的植物资源具有重要的意义。

本文采用火焰原子吸收法测定了保山市主要交通路线绿化带的土壤及三种绿化植物华灰莉 (*Fagraea ceilanica*)、金叶连翘 (*Forsythia koreana* "Sun Gold")、金边冬青 (*Euonymus japonicus var. aureo-marginata* Regel) 的 Cr、Pb 污染情况。

1 实验部分

1.1 主要实验仪器及药品

240FS 型原子吸收分光光度计 (美国安捷伦公司), 磁力加热搅拌器, SGM240HA 型人工智能式电阻炉, DHG-9075 型电热恒温鼓干燥箱 (上海-恒科仪器有限公司), 超纯水仪 (南京易普达仪器有限公司), 玻璃仪器均用 1% 的硝酸浸泡过夜, 用超纯水清洗。硝酸 (优级纯); 高氯酸 (优级纯)。各元素标准溶液原溶液浓度 1000 μg/ml, 购至百灵威公司。

本文考察的 320 国道保山段 (保山永昌路中段) 中心绿化带建成 1 年 3 个月, 绿化带两侧日经车辆平均 3 万辆 (一个星期内观测星期一、三、六 3d 的平

均值), 沿路途间隔 300m 平行取绿化带土壤及 3 种植物 3 组。背景土壤样本取自公路侧旁 100m。

1.2 样品前处理

将 3 种植物用超纯水洗净和土壤分别放入干燥箱内 102℃ 条件下烘干至恒重。用粉碎机粉碎后过 60 目筛子, 密封待用。

称取各样品干粉 0.5g (精确到 0.0001g) 于 100ml 聚四氟乙烯烧杯中, 加 6ml 硝酸, 静置 6h, 在可控温的磁力加热搅拌器上 150℃ 加热 (搅拌磁子有聚四氟乙烯的外壳) 至近干, 冷却加入 HNO₃-HClO₄ (3:1) 混酸 10ml, 升高温度到 150℃, 低速搅拌, 待硝酸反应完全后升高温度到 200℃, 有高氯酸分解的白色烟雾冒出, 蒸至近干, 有白色结晶出现, 冷却加入 0.5% 硝酸 10ml, 微热溶解, 转入 50.00ml 容量瓶, 用少量 0.5% 硝酸洗涤烧杯 4~6 次, 洗液并入容量瓶, 定容。每样平行测量 3 组取平均值。

1.3 实验条件及标准曲线的绘制

Cr 是在 357.9nm 波长下测定, 灯电流 5mA, 狭缝宽度 0.2nm; 乙炔、助燃气流量分别为 2.90L/min、13.50L/min; Pb 的测量波长 214.0nm, 灯电流 4mA, 狭缝宽度为 1.0nm。乙炔、助燃气流量分别为 2.00L/min、13.50L/min。

两元素的标准溶液用 10³mg/L 的标准溶液原溶液逐级稀释而成, 在上述条件下测量。由吸光度值计算标准曲线的一元线性回归方程及相关系数。Cr 标准溶液分别为 1.0mg/L、3.0mg/L、6.0mg/L, 一元线性回归方程 $Y = 2.5018x - 1.4665$, 相关性系数 0.9973; Pb 的标准溶液 2.0 mg/L、4.0 mg/L、8.0 mg/L, 一元线性回归方程 $Y = 0.0130x + 0.0080$, 相关性系数 0.9996。

收稿日期: 2012-11-30

基金项目: 保山学院科研基金重点项目 (09B001K)。

作者简介: 侯洪波 (1979-), 男, 河南开封人, 硕士研究生, 主要从事环境化学教学及相关科研工作。

2 实验数据及分析

实验数据显示 (见表 1), 处于污染中心的公路绿化带的土壤的 Cr、Pb 含量高于背景土壤 (公路侧面 100m 处), 其中的 Cr 高出背景值 3 倍, 达到国家土壤环境质量标准^[8] GB 15618-95 规定三类土壤标准 (150~200), 属于重度污染。Pb 高于背景值 5 倍, 达到国家土壤环境质量标准 GB 15618-95 规定的二类土壤标准 (35~250), 属于中度污染水平。富集系数是某元素在植株中的含量和其生长的基质中该元素的含量的比值, 富集系数越大, 植株对该种元素的富集能力越大。华灰莉、金叶连翘、金边冬青等三种绿化植物对两种重金属富集系数均 < 1, 同种植物不同部位对同一金属元素的含量不同, 这是同一植物不同部位对同一元素的富集能力不同造成的。

表 1 各样品中 Cr、Pb 的含量 (g/kg)

	Cr		Pb		
	含量	富集系数	含量	富集系数	
背景土壤	45.20		16.97		
绿化带土壤	170.67		82.00		
灰莉	根	127.95	0.750	17.51	0.214
	茎	78.30	0.459	20.50	0.250
	叶	58.65	0.344	19.50	0.238
金叶连翘	根	2.77	0.016	3.43	0.042
	茎	3.15	0.018	4.95	0.060
	叶	4.32	0.025	6.81	0.083
金边冬青	根	3.95	0.023	3.50	0.043
	茎	2.82	0.017	5.67	0.069
	叶	2.93	0.017	5.01	0.061

3 结论

实验结果显示公路中心绿化带的土壤明显受到 Cr、Pb 重金属的污染, 其中 Cr 高出背景值的 3 倍, 达到国家土壤环境质量标准 GB 15618-95 规定三类土壤标准, 属于重度污染。Pb 高于背景值 5 倍, 达到国家土壤环境质量标准 GB 15618-95 规定的二类土壤标准, 属于中度污染水平。华灰莉、金叶连翘、金边冬青三种植物对 Cr、Pb 的富集能力有一定的差异, 华灰莉对 Cr 的富集最强。绿化带对重金属有一定的固定作用, 华灰莉对 Cr 的富集系数接近于 1, 可以用于公路沿途重金属污染的固定、修复。

参考文献:

- [1] 李滨丹, 吴宁. 探讨汽车尾气污染危害与对策 [J]. 环境科学与管理, 2009, 34 (7): 174-177.
- [2] 甄宏. 沈大高速公路两侧土壤重金属污染分布特征研究 [J]. 气象与环境学报, 2008, 24 (2): 6-9.
- [3] 王超, 周继良, 陈向明, 等. 高速公路两侧土壤中重金属污染的测定和环境影响评价 [J]. 信阳农业高等专科学校学报, 2010, 20 (3): 129-130
- [4] 徐学华, 黄大庄, 王秀彦, 等. 河道公路绿化植物毛白杨对重金属元素的吸收与分布 [J]. 水土保持学报, 2009, 23 (3): 78-106.
- [5] 常学秀, 文传浩, 王焕校. 重金属污染与人体健康 [J]. 云南环境科学, 2010, 19 (1): 59-61.
- [6] 旷远文, 温志达, 周国逸. 有机物及重金属植物修复研究进展 [J]. 生态学杂志, 2004, (23): 90.
- [7] 戴树桂. 环境化学 [M]. 北京: 高等教育出版社. 2006: 444.
- [8] GB15618-1995, 土壤环境质量标准 [S].

Chromium and Lead Pollution of the Green Belts on Baoshan Section of 320 National Road

HOU Hong-bo, YANG Bao-hai, YANG Luan-fang

(Department of Biology and Chemistry, Bao Shan College, Baoshan Yunnan 678000 China)

Abstract: The chromium and lead is determined by the flame atomic absorption method in the soil of the central green belt on Baoshan section of 320 National Road. The soil is polluted by the heavy metals to some degree. The soil is seriously polluted with Cr against the National Grade III Soil Standard, but it is medium polluted with Pb against the Grade II Standard. *Stephanotis floribunda*, *Forsythia koreana* and *Euonymus japonicus* are examined to see their enrichment with the two heavy metals. All the three plants have the enrichment coefficient lower than one. *Stephanotis floribunda* could be used for rehabilitating the polluted soil with the chromium.

Key words: flame atomic absorption; heavy metal (Cr, Pb) pollution; determination; 320 National Road

LM-BP 神经网络在湖泊营养状态评价中的应用

王泽平

(云南省水文水资源局丽江分局, 云南 丽江 674100)

摘要: 依据我国湖泊营养状态价标准和 BP 神经网络原理及方法, 构建 BP 神经网络湖泊营养状态评价模型。针对标准 BP 神经网络学习收敛速度慢、易陷入局部极值的缺点, 提出 LM-BP 神经网络湖泊营养状态评价模型, 采用随机内插的方法在各分级标准阈值间生成训练样本和检验样本, 在训练样本和检验样本达到期望的精度要求后, 用于丽江程海及泸沽湖 2008~2012 年营养状态评价, 并构建 RBF 神经网络模型作为对比。结果表明: LM-BP 模型对于训练样本和检验样本的平均相对误差和最大相对误差分别为 0.31%、0.47% 和 2.68%、5.71%, 均优于 RBF 模型, 表明建立的 LM-BP 模型用于湖泊营养状态评价具有较好的泛化能力和评价精度, 可为湖泊营养状态评价提供新的途径和方法。LM-BP 模型对程海及泸沽湖 2008~2012 年营养状态评价结果表明, 程海营养状态处于中营养~富营养之间, 泸沽湖处于贫营养~中营养之间, 均有下降趋势。

关键词: 神经网络; 营养状态; 湖泊; 评价

中图分类号: X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0098-04

湖泊营养状态的客观评价对于湖泊的可持续管理和保护都具有重要意义。目前湖泊营养状态的评价方法主要有模糊度法、多目标模糊灰色决策法、模糊数学运算法、灰色局势决策、灰色聚类法、灰色层次决策法、主分量分析法等等, 这些研究取得了一定的成果, 但也存在一些问题。由于湖泊营养状态的评价是通过与湖泊营养状态有关的一系列指标及指标间的相互关系, 对湖泊的营养状态做出准确的判断^[1], 识别过程具有高维、非线性的特征, 适宜借助诸如人工智能、模糊识别、知识工程等方法建立模型, 以处理多指标系统的综合识别问题^[2]。人工神经网络 (Artificial Neural Network, ANN) 具有较强的非线性映射能力、鲁棒性、容错性和自适应、自组织、自学习等许多特性, 适宜解决高维、非线性系统问题, BP 网络 (Back-Propagation Network, BP) 无疑是 ANN 最为常用的神经网络模型之一, 广泛应用于湖库营养状态研究中^[3-5]。然而, 标准 BP 神经网络存在着学习收敛速度慢、易陷入局部极值的不足, 针对这一缺点, 笔者依据我国湖泊营养状态评价标准和 BP 原理及方法, 提出 LM-BP 神经网络湖泊库营养状态评价

模型, 采用随机内插的方法在各分级标准阈值间生成训练样本和检验样本, 在训练样本和检验样本达到期望的精度要求后, 用于丽江程海及泸沽湖 2008~2012 年营养状态评价, 并构建 RBF 神经网络模型作为对比, 为湖泊营养状态的评价提供新的途径和方法。

1 LM-BP 富营养化程度评价模型

1.1 BP 神经网络概述

BP 神经网络是一种单向传播的多层前馈神经网络, 其主要特点是信号前向传播, 误差反向传播。在前向传播中, 输入信号从输入层经隐含层逐层处理, 直至输出层。每一层的神经元状态只影响下一层神经元状态, 如果输出层得不到期望输出, 则转入反向传播, 根据预测误差调整网络权值和阈值, 从而使 BP 神经网络预测输出不断逼近期望输出。由非线性变换单元组成的 BP 神经网络, 不仅结构简单 (仅含输入、输出和隐节点 3 层), 而且具有良好的非线性映射能力。BP 网络主要应用于函数逼近、模式识别、分类和数据压缩等领域。限于篇幅, 其网络的拓扑结构及算法步骤可参阅相关文献 [6~9]。

1.2 Levenberg-Marquardt 改进算法

由于标准梯度 BP 算法在最初几步下降较快, 但随着接近最优值, 梯度趋于零, 导致误差函数下

收稿日期: 2012-01-15

作者简介: 王泽平 (1976-), 男, 汉族, 云南丽江人, 工程师, 学士, 主要从事水环境监测、评价及水资源保护等工作。

降缓慢，而牛顿法则可在最优值附近产生一个理想的搜索方向。Levenberg - Marquardt 法实际上是梯度下降法和牛顿法的结合，其比传统的 BP 及其他改进算法有迭代次数少、收敛速度快和精确度高等优点。L - M 算法基本思想是使其每次迭代不再沿着单一负梯度方向，而是允许误差沿着恶化的方向进行搜索，同时通过在最速梯度下降和高斯 - 牛顿法之间自适应调整来优化网络权值，使网络能够有效收敛，提高网络的收敛速度和泛化能力。

其权值调整公式为：

$$\Delta w = (J^T J + \mu I)^{-1} J^T e \quad (1)$$

式中： e 为误差向量； J^T 为误差对权值微分的雅可比矩阵； μ 为标量。MATLAB 中的工具函数

trainlm () 即对应 Levenberg - Marquardt 法的改进算法^[8]。

2 湖泊营养状态评价

2.1 评价指标及标准

依据水利部《地表水资源质量评价技术规程》(SL395 - 2007) 湖泊营养状态评价标准^[10]，选取叶绿素 a (Chla)、总磷 (TP)、总氮 (TN)、高锰酸盐指数 (COD_{Mn}) 和透明度 (SD) 作为湖库营养状态评价指标，并参考文献 [7, 11]，选取重富营养临界值的 2 倍作为评价指标极大值 (上限值)，贫营养临界值的 0.5 倍作为评价指标极小值 (下限值)，并以其上下限值作为评价对象评价指标的极点值，见表 1。

表 1 我国湖泊营养状态评价标准及分级标准

富营养化程度	富营养化等级	评价指标				
		ρ (Chla/mg · m ⁻³)	ρ (TP/mg · m ⁻³)	ρ (TN/mg · m ⁻³)	ρ (COD _{Mn} /mg · L ⁻¹)	SD/m
贫营养	1	≤1.0	≤2.5	≤30.0	≤0.3	≥10.0
贫中营养	2	(1.0, 2.0]	(2.5, 5.0]	(30.0, 50.0]	(0.3, 0.4]	[5.0, 10.0]
中营养	3	(2.0, 4.0]	(5.0, 25.0]	(50.0, 300.0]	(0.4, 2.0]	[1.5, 5.0]
中富营养	4	(4.0, 10.0]	(25.0, 50.0]	(300.0, 500.0]	(2.0, 4.0]	[1.0, 1.5]
富营养	5	(10.0, 64.0]	(50.0, 200.0]	(500.0, 2000.0]	(4.0, 10.0]	[0.4, 1.0]
重富营养	6	>64.0	>200.0	>2000.0	>10.0	<0.4
极大值		128	400	4000	20	20
极小值		0.5	1.25	15	0.15	0.2

2.2 营养状态评价的实现

2.2.1 数据的标准化处理

表 1 中湖泊营养状态评价指标分为正向指标和负向指标，为了消除不同量纲对评价结果的影响，首先需对评价指标数据进行标准化处理。对湖泊营养状态评价等级起正作用的指标，如叶绿素、总磷等，其处理方法为：

$$\hat{x} = (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (2)$$

对湖泊营养状态评价等级起负作用的指标，如透明度，其处理方法为：

$$\hat{x} = 1 - (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (3)$$

式中， \hat{x} 为经过标准化处理的数据， x 为原始数据， x_{\max} 为数据序列中的最大数。

经过标准化处理后，数据处于 [0 ~ 1] 范围，有利于网络训练。

2.2.2 训练及测试样本设计

依据表 1，为不失一般性，采用随机内插的方法在各分级阈值间生成 30 个样本，随机选取 20 个作为训练样本，10 个作为测试样本，以此计算共

随机内插得到 180 个样本，其中 120 个作为训练样本，60 个作为测试样本。并用表 2 中的输入、输出对模型参数进行率定。

表 2 湖泊营养状态评价学习及检验样本及期望输出

训练/检验样本	湖泊富营养化程度	期望输出
1 ~ 30	贫营养	1
31 ~ 60	贫中营养	2
61 ~ 90	中营养	3
91 ~ 120	中富营养	4
121 ~ 150	富营养	5
151 ~ 180	重富营养	6

2.2.3 性能评价

本文选用的模型性能评价指标有：平均相对误差和最大相对误差 2 个统计学指标，各评价指标越小，表明模型的性能越好。各统计量的具体公式如下：

$$e_{MRE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|\hat{y}_i - y_i|}{y_i} \times 100\% \quad (4)$$

$$e_{MaxRE} = \max_{1 \leq i \leq n} \frac{|\hat{y}_i - y_i|}{y_i} \times 100\% \quad (5)$$

式中， \hat{y}_i 为第 i 个样本模拟值； y_i 为第 i 个样本实测值， $i=1, 2, \dots, n$ ， n 为模拟样本数。

2.2.4 网络训练

本文基于 MATLAB 环境，创建及训练 LM - BP、RBF 2 种模型湖泊营养状态评价。LM - BP 模型，由于隐含层节点数、期望误差、训练次数、传递函数和训练函数等参数目前并没有较理想的确定和选择方法，主要是凭经验确定和选取。对于 RBF 模型，人为调节的参数少，只有径向基函数系数 SPREAD，利用逐步增加或减小 SPREAD 取值的方法获得具有最佳评价效果时的 SPREAD 值。经反复调试，在下述参数设置条件下，LM - BP、RBF 2 种模型具有较好的评价效果。

LM - BP 模型：模型在结构为 5—10—1，隐含层和输出层传递函数分别采用 tansig 和 purelin，学习速率 lr 为 0.01，设定期望误差为 0.0001，最大训练轮回为 1000 次时模型达到了较好的评价效果。

RBF 模型：RBF 模型在 SPREAD 为 0.4 时具

有较好的评价效果。

LM - BP 与 RBF 模型对训练样本和检验样本评价精度比较结果见表 3。

表 3 LM - BP 与 RBF 模型对训练及检验样本评价比较

评价指标	训练/检验样本	平均相对误差/%	最大相对误差/%
LM - BP 模型	训练样本	0.31	2.68
	检验样本	0.47	5.71
RBF 模型	训练样本	8.41	36.61
	检验样本	9.57	34.74

从表 3 可以看出，LM - BP 模型的训练样本和检验样本的评价（拟合）精度明显优于 RBF 评价模型，因此本文采用 LM - BP 模型对丽江程海及泸沽湖 2008 ~ 2012 年的营养状态进行评价。

2.3 程海及泸沽湖富营养化程度评价及分析

利用上述训练好的 LM - BP 湖泊营养状态评价模型对丽江程海及泸沽湖 2008 年 ~ 2012 年营养状态进行评价，评价结果见表 4。

表 4 2008 ~ 2012 年程海及泸沽湖营养状态评价结果

名称	年份	ρ (Chla) /mg · m ⁻³	ρ (TP) /mg · m ⁻³	ρ (TN) /mg · m ⁻³	ρ (COD _{Mn}) /mg · L ⁻³	SD/m	LM - BP 输出值	期望输出值	LM - BP 评价结果
泸沽湖	2008	1.00	< 检出限	69.42	1.08	9.73	1.0063	1	贫营养
	2009	1.00	< 检出限	87.38	0.93	9.58	1.9949	2	贫中营养
	2010	0.50	< 检出限	62.00	1.00	9.60	1.9989	2	贫中营养
	2011	0.40	< 检出限	56.58	1.18	9.88	2.9988	3	中营养
	2012	0.70	< 检出限	92.58	1.08	11.5	1.9957	2	贫中营养
程海	2008	5.0	32.5	695.7	4.10	2.95	2.9731	3	中营养
	2009	4.0	25.2	668.2	3.53	3.20	3.9994	4	中富营养
	2010	6.3	31.0	797.0	4.10	1.97	4.1043	4	中富营养
	2011	9.4	33.8	740.7	4.47	1.90	4.9844	5	富营养
	2012	7.5	31.3	734.2	4.13	2.26	3.8860	4	中富营养

根据表 4 可以得出以下结论：泸沽湖 LM - BP 输出值约在 1 ~ 3，表明泸沽湖营养状态处于贫营养 ~ 中营养，营养化程度有下降趋势；程海 LM - BP 输出值约在 3 ~ 5，表明程海营养状态处于中营养 ~ 富营养，营养化程度同样具有下降趋势。从 LM - BP 输出值与期望输出值比较来看，最大相对误差为 2.85%，平均相对误差为 0.79%，LM - BP 湖泊营养状态评价模型具有较好的泛化能力和评价精度，表明研究建立的 LM - BP 模型应用于湖泊营养状态的评价是合理可行的，可为湖泊营养状态的评价提供新的途径和方法。

3 结语

本文针对标准梯度 BP 算法在实际应用中存在着收敛速度较慢、易陷入局部极小值的不足，采用梯度下降法和牛顿法相结合的 Levenberg - Marquardt，提出 LM - BP 湖泊营养状态评价模型，并构建 RBF 模型作为对比模型。鉴于模型训练样本难以获取的缺点，利用随机内插的方法构造网络训练样本和检验样本。在经过一定次数的训练后，模型达到精度要求，训练及检验结果表明，LM - BP 模型评价精度优于 RBF 模型。最后将训练好的 LM - BP 模型运用于丽江程海及泸沽湖营养状态的评价。

价, 评价结果令人满意。

参考文献:

- [1] 舒金华. 我国主要湖泊富营养化程度的评价 [J]. 海洋与湖沼, 1993, 24 (6): 616 - 620.
- [2] 金菊良, 王文圣, 洪天求, 等. 流域水安全智能评价方法的理论基础探讨 [J]. 水利学报, 2006, 37 (8): 918 - 925.
- [3] 邓大鹏, 刘刚, 李学德, 等. 基于神经网络简单集成的湖库富营养化综合评价模型 [J]. 生态学报, 2007, 27 (2): 725 - 731.
- [4] 任黎, 董增川, 李少华. 神经网络模型在太湖富营养化评价中的应用 [J]. 河海大学学报 (自然科学版), 2004, 32 (2): 147 - 150.
- [5] 楼文高. 湖库富营养化人工神经网络评价模型 [J]. 水产学报, 2001, 25 (5): 474 - 478.
- [6] 崔东文. 基于 BP 神经网络的文山州水资源承载能力评价分析 [J]. 长江科学院报, 2012, 29 (5): 9 - 15.
- [7] 崔东文. 几种神经网络模型在湖库富营养化程度评价中的应用 [J]. 水资源保护, 2012, 28 (6): 1 - 8.
- [8] 张德丰. MATLAB 神经网络应用设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [9] MATLAB 中文论坛. MATLAB 神经网络 30 个案例分析 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2010.
- [10] SL395 - 2007, 地表水资源质量评价技术规程 [S].
- [11] 王贵作, 任立良, 王斌, 等. 基于投影寻踪的湖泊富营养化程度评价模型 [J]. 水资源保护, 2009, 25 (5): 14 - 18.

Application of LM - BP Neural Network in Lake Trophic Evaluation

WANG Ze-ping

(Lijiang Branch of Yunnan Provincial Hydrology and Water Resources Bureau, Lijiang Yunnan 674100 China)

Abstract: A model is set up to evaluate the lake trophic status with the BP neural network. It is in accordance with the Chinese lake trophic evaluation standards and the principle and theory of the BP neural network. To overcome the shortcomings of the standardized BP neural network learning, that is the slow convergence and susceptible to partial peak value, the model is set up to get the training and test samples at different range of grading by random inter - plug. When both samples meet the required accuracy, they are used for evaluating the trophic level of Chenghai Lake and Lugu Lake from 2008 to 2012. RBF neural network is established for making comparison. The results show that the average relative error and the maximum relative error for the training and test samples of LM - BP model is respectively 0.31%, 0.47% and 2.68%, 5.71%, which is better than RBF model. Therefore, LM - BP model has a good ability of generalization and evaluation accuracy, and it could provide a new way for the lake trophic evaluation. The evaluation results of LM - BP model for the two lakes tell us that Chenghai Lake varies between mesotrophic and eutrophic, and Lugu Lake is between oligotrophic and mesotrophic. But the trophic level of the two lakes is descending.

Key words: neural network; trophic level; lake; evaluation

昆明市生态环境状况评价及对策

赵世民^{1,2}, 王道玮¹, 王江涛²

(1. 昆明理工大学环境科学与工程学院, 云南 昆明 650093; 2. 昆明市环境监测中心, 云南 昆明 650028)

摘要: 根据昆明市生态环境质量调查统计数据, 以生物丰度、植被覆盖、水网密度、土地退化、环境质量等指数为指标, 对昆明市生态环境质量现状进行了客观评价。结果表明: 2010年昆明市的生态环境状况指数为57.28, 总体生态环境状况良好; 生态环境质量在西部地区处于优势地位, 在全国处于中等偏上水平; 与2005年比较, 生态环境质量略有改善。最后, 结合昆明市的生态建设规划目标, 对今后5a昆明市的生态环境质量进行了预测, 并提出了合理化的生态环境保护 and 建设对策措施。

关键词: 生态环境状况; 评价; 对策; 昆明市

中图分类号: X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0102-04

生态环境是一切生物和人类生存的基础, 为人类社会提供了物质保障和生活生态环境服务^[1]。生态环境质量的优劣程度与人类社会经济能否健康可持续发展息息相关。当今中国正处在社会经济跨越式发展阶段, GDP快速增长, 城市规模无限扩张, 局部地区人口剧增, 高污染高能耗企业仍有市场, 各种资源不合理开发和利用, 生态环境遭到破坏, 已严重威胁到人类生活生存环境和社会经济的健康发展^[1,2]。

生态环境质量评价是通过对比生态环境的优劣程度进行定量描述和评价, 准确反映生态环境质量及污染状况, 找出存在的主要环境问题, 为有针对性地采取措施, 制订生态环境规划以及相关管理防治对策提供科学依据^[3]。生态环境质量评价对实现区域生态环境有效管理和可持续发展具有重要意义。

本文以昆明市为研究区域, 根据其生态环境的特点, 依据中华人民共和国环境保护行业标准—《生态环境状况评价技术规范(试行)》(HJ/T192-2006), 定量分析和评价了昆明市的生态环境质量状况。针对其生态环境现状, 提出了合理的建议措施, 旨在为昆明市的生态环境保护和规划, 及其国家生态城市的创建提供决策依据。

1 研究区域基本概况

昆明市位于东经102°10'~103°40', 北纬24°23'~26°22', 地处云南中部湖盆群的中心地带, 以高原丘陵地貌为主, 属北纬低纬度亚热带—高原山地

季风气候, 受印度洋西南暖湿气流的影响, 日照长、霜期短、多年平均气温14.7℃。气候温和, 四季如春, 气候宜人, 多年平均降雨量为1011.2mm。昆明东西最大横距140km, 南北最大纵距220km, 全市面积21473km², 市区面积330km² (其中主城区290km², 呈贡新区40km²)。昆明共辖6个区、7个县、代管安宁一市, 另管辖3个国家级开发区。全市人口765万, 常住人口629万, 人口密度356.26人/km²。境内主要有滇池、阳宗海、清水海等三大湖泊, 分属金沙江、珠江和红河三大水系。以红壤为基带土壤, 土壤类型复杂多样, 共有12个土类。植被类型属高原亚热带北部常绿阔叶林地带, 生物多样性特征显著。

2 研究方法

在生态环境质量状况的评价过程中, 正确的评价方法对评价结果的可靠程度有着重要的意义。生态环境质量评价方法大致分为两类: 一类是作为生态系统质量的评价方法; 另一类是从社会、经济的观点评价生态环境质量^[4-6]。目前国内外主要应用的生态环境质量评价方法有: 综合评价法、模糊综合评判法、指数评价法、物元分析评价法、人工神经网络评价法、密切值法、评分迭加法、主分量法、景观生态法、灰色评价法等^[7-13]。

昆明市的生态环境状况评价指标及方法参照《生态环境状况评价技术规范(试行)》(HJ/T192-2006)的规定。按照代表性、全面性、简明性、结合性、方便性和适用性的原则, 选取生物丰度指数、植被覆盖指数、水网密度指数、土地退化指数、环境质量指数等评价指标, 对区域内的生物、植被、水资源、土地和主要污染物排放等情况进行

收稿日期: 2012-12-27

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2010ZX07102-006)。

作者简介: 赵世民(1977-), 男, 汉族, 湖南双峰人, 在读博士, 工程师, 研究方向: 环境科学。

合理的分析，并对上述 5 个指标赋予不同的权重，对区域的生态环境状况指数 (Ecological Index, EI) 进行计算、分析和评价。EI 的计算公式： $EI = 0.25 \times \text{生物丰度指数} + 0.2 \times \text{植被覆盖指数} + 0.2 \times \text{水网密度指数} + 0.2 \times (100 - \text{土地退化指数}) + 0.15 \times \text{环境质量指数}$ ^[14,15]。各指标的权重见表 1。依据生态环境质量指数，生态环境分为优、良、一般、较差和差 5 个等级，每个等级的含义见表 2。

表 1 生态环境质量状况评价指标体系及其权重

评价指标	指标权重	评价因子	因子权重
生物丰度指数	0.25	林地	0.35
		草地	0.21
		水域湿地	0.28
		耕地	0.11
		建筑用地	0.04
		未利用地	0.01
植被覆盖指数	0.2	林地	0.38
		草地	0.34
		耕地	0.19
		建设用地	0.07
		未利用地	0.02
		河流长度	-
水网密度指数	0.2	湖库面积	-
		水资源量	-
		轻度侵蚀	0.05
土地退化指数	0.2	中度侵蚀	0.25
		重度侵蚀	0.7
		二氧化硫	0.4
环境质量指数	0.15	化学需氧量	0.4
		固体废物	0.2

表 2 生态环境状况等级

级别	指数	状态
优	$EI \geq 75$	植被覆盖度高，生物多样性丰富，生态系统稳定，最适合人类生存
良	$55 \leq EI < 75$	植被覆盖度较高，生物多样性较丰富，基本适合人类生存
一般	$35 \leq EI < 55$	植被覆盖度中等，生物多样性一般水平，较适合人类生存，但有不适人类生存的制约性因子
较差	$20 \leq EI < 35$	植被覆盖较差，严重干旱少雨，物种较少，存在着明显限制人类生存的因素
差	$EI < 20$	条件较恶劣，人类生存环境恶劣

3 基础数据及其来源

3.1 数据及来源

本文根据生态环境状况评价对土地利用分类的要求，将土地利用类型划分为林地、草地、水域湿地、耕地、建筑用地、未利用地等 6 种类型，相关

数据主要源于昆明市国土资源局和昆明市生态遥感调查研究成果；包括河长、湖库面积、年降水量和水资源量等基础数据主要源自《昆明市水资源公报》和昆明市生态遥感调查研究成果；土壤侵蚀基础数据主要源于昆明市生态遥感调查和昆明市水利局提供的研究成果；SO₂、COD 和固体废物等主要污染物年排放量源自昆明市环境统计资料。

3.2 归一化系数^[16]

归一化系数 = $100/A_{max}$ ，式中： A_{max} 指某指数归一化处理前的最大值。

为了与全国其他地区的生态环境质量进行比较，更准确、更客观地对昆明地区的生态环境质量进行评价和定位，本次评价采用全国归一化系数，具体见表 3。

表 3 归一化系数

归一化系数	A_{bio}	A_{veg}	A_{riv}	A_{lak}	A_{res}	A_{ero}	A_{SO_2}	A_{COD}	A_{sol}
数值	400.62	355.24	46.43	61.42	17.88	146.33	0.06	0.33	0.07

4 评价结果与分析

4.1 评价结果

根据所选方法和评价指标，分别计算得出 2005 年和 2010 年昆明市的生物丰度指数、植被覆盖指数、水网密度指数、土地退化指数和环境质量指数等指标，具体见表 4；再根据 EI 的计算方法、各评价指标值及其权重，计算得出 2005 年和 2010 年的生态环境状况指数 (EI) 分别为 56.40 和 57.28。根据生态环境状况指数分级标准，“十五”和“十一五”期间，昆明市的生态环境质量状况均为良，即植被覆盖度较高，生物多样性较为丰富，基本适合人类生存。

表 4 2005 年、2010 年昆明市生态环境指数表

指标	生物丰度指数	植被覆盖指数	水网密度指数	土地退化指数	环境质量指数
2005 年	42.95	45.42	24.34	13.13	95.56
2010 年	45.41	46.66	23.79	14.03	97.59
变化 ΔI	+2.46	+1.24	-0.55	+0.9	+2.03

4.2 昆明与全国生态环境质量的比较分析^[17]

根据中国环境监测总站刘海江等 2008 年对全国 2476 个县 (市、区) 进行的生态环境质量状况评价结果：生态环境质量“优”、“良”、“一般”、“较差”、“差”占全国国土总面积比例分别为 8.7%、33.9%、38.1%、16.3% 和 3.1%；而西部地区的生态环境质量状况一般，“优”、“良”、“一般”、“较差”和“差”占西部地区面积比例

分别为4.6%、28.1%、40.3%、22.7%和4.3%。可见,昆明市的生态环境质量状况在西部地区中总体处于优势地位,即使与全国所有的地区比较,也处于中上水平。但昆明的EI值仅略高于生态环境状况“良”的临界值55,参照全国归一化系数计算,要达到“优”值75这一标准还有很大的差距。因此,昆明的生态环境质量还有很大的提升空间,生态环境保护和建设工作仍然任重道远。

4.3 与“十五”期间的生态环境质量比较分析

与“十五”末期2005年比较,2010年昆明市的EI值增加了0.88,从生态环境状况变化度分级来看,无明显变化,但从变化趋势来看,昆明地区“十一五”的生态环境状况较“十五”略有改善。

从表4列出的生态环境状况各评价指标值的变化可以看出,2010年昆明地区的生物丰度、植被覆盖和环境质量等生态评价指数均有所上升,表明“十一五”以来,昆明地区的植被覆盖和生物多样性有所改善;同时也表明“十一五”以来,昆明大力开展的节能减排以及“四创两争”工作取得了一定的成效。据统计,“十一五”期间,昆明市共计完成造林18.59万 hm^2 ,实施退耕还林4.62万 hm^2 ;城市绿地建设2842.7 hm^2 ,绿化覆盖面积9880.57 hm^2 ,人均公共绿地8.45 m^2 ;完成水土流失治理面积75.68 km^2 ;二氧化硫、化学需氧量和固体废物等主要污染物的排放量均有较明显的下降,2010年较2005年分别下降了23.3%、48.2%和70.1%,生态环境得到一定程度的改善。土地退化指数较2005年增加了0.9,说明近几年昆明的土壤侵蚀程度略有加重,从土壤侵蚀统计资料来看,主要是重度侵蚀面积有所增加,“十一五”期间昆明地区城市化和道路建设的快速发展可能是致使土壤侵蚀加重的原因之一,而随着城市和道路等基础设施建设的逐步完善,以及植树造林和土壤侵蚀治理等工作的大力开展,可以预见未来几年昆明的土地退化指数值将会有明显的下降。水网密度指数下降主要是由于“十一五”期间昆明遭遇百年一遇的大干旱,降水明显减少,从而导致“十一五”期间的水资源量较往常减少了约14.2%。

4.4 “十二五”生态规划及生态环境质量的预测

《昆明市环境保护与生态建设“十二五”规划》的目标是:“努力争创国家生态城市和国家森林城市,到2015年,饮用水源保护区、生态功能保护区、自然保护区生态环境得到有效保护;外来物种入侵得到大规模控制;水土流失与石漠化问题得到全面遏制;人居生态环境得到全面改善,形成景观生态安全格局构架;生态环境质量评价指数在

云南省要名列前茅”。按照生态规划方案,将昆明划分为禁止开发区、重点保护区、优先治理区和优化发展区四大类。禁止开发区包括自然保护区、水源保护区、陡坡地及土壤侵蚀极度敏感区,涉及面积1282 km^2 ,占总面积的6.1%;重点保护区包括对维护区域生态完整性具有重要意义的生态功能良好地区,涉及面积6156 km^2 ,占总面积的29.3%;优先治理区指污染物排放强度显著超出环境容量的地区,涉及面积10022 km^2 ,占总面积的47.7%,对该区域重点实施污染物总量控制与生态修复工作;优化发展区指上述三个区以外的区域,涉及面积3551 km^2 ,占总面积的16.9%,优化调整城市和产业布局与结构,提高土地的集约化利用程度。

按照《昆明市环境保护与生态建设“十二五”规划》,可以预计未来5a,通过争创国家生态城市和国家森林城市,昆明市的植被覆盖面积和植被质量将较大幅度提高,生物多样性得到很大程度的丰富,生物丰度指数值和植被覆盖指数值将有所增加;通过对陡坡地和土壤侵蚀极度敏感区域水土流失的治理,重度和中度侵蚀土壤面积将进一步减少,土地退化指数值将有所下降;通过对优先治理区域污染物排放的严格控制和治理,可以很大程度上提高区域环境质量指数值;随着未来几年昆明“牛栏江调水工程”的顺利实施,降水量恢复到历年正常水平,昆明地区的水资源量将大大增加,水网密度指数值将大幅度增加。通过对影响生态环境质量状况指标的分析,可以初步预测,“十二五”期间昆明市的生态环境质量状况会持续改善,生物多样性越来越丰富,生态系统更加稳定,越来越适合人类居住。

5 建议措施

2010年昆明的生态环境状况为良,并且较2005年略有改善。但从生态环境评价的指标因素来看,昆明市的生物丰度和植被覆盖指数得分均不高,并且土地退化指数偏高,这说明昆明市的土地利用结构及其比重不合理,植被(森林)覆盖偏低,生物多样性匮乏,林地和草地的数量和质量均不高,建筑用地面积所占比例偏高,还存在很多土壤侵蚀较严重的区域。

因此,结合《昆明市环境保护与生态建设“十二五”规划》提出的生态建设规划目标,要全面提升昆明的生态环境质量,今后应从以下几个方面采取相应的保护措施:

(1) 做好环境保护知识的宣传工作,提高全市人民改善生态环境的责任意识,广泛发动社会力量参与环境保护和生态建设,加强对“退耕还林

还草”政策的宣传,严禁滥砍滥伐。

(2) 提高植被(森林)覆盖率。坡度 $>25^\circ$ 以上的坡耕地全部退耕还草还林,加大植树造林造草的力度,积极营造薪炭林、水土保持林和经济林,并提高林地草地的质量。

(3) 合理规划城乡发展。城乡建设不仅仅是经济问题,它还是一个生态环境问题,城市化进程的不断推进,侵占了大面积的耕地和绿地,在不同程度上改变了城乡的空间环境和生物生存环境,从而导致各种污染问题不断出现。为了从根本上防止城市的无限制性扩张,要合理规划城乡发展,以城乡生态环境保护为重,可开发的适度开发,不可开发的坚决不开发,实现可持续发展。

(4) 加强水土流失治理工作。坚决关停对生态环境破坏较严重的采砂采石采矿厂,并恢复原有的生态环境面貌;在坡度 $5^\circ\sim 25^\circ$ 的耕地,实施坡改梯,增强水土保持能力。

(5) 深入开展“节能减排”工作。加快淘汰生产能力落后和污染较严重的企业,进一步完善促进产业结构调整的政策措施;加快节能减排技术的研发及产业化示范和推广;强化环境执法监督,强化对重点减排项目的建设和运营监管,有效削减二氧化硫、化学需氧量、固体废物等污染物的排放量。

参考文献:

- [1] 李仕川,马泽忠.基于GIS和AHP法的大宁河流域生态环境质量评价分区[J].重庆工学院学报(社会科学),2008,22(5):5-9.
- [2] 张华,曹月,武晶.科尔沁沙地生态环境质量综合评价[J].

- 中国人口·资源与环境,2008,18(2):125-128.
- [3] 伍玉容,王洁.公路网规划环境影响跟踪评价初探[J].环境科学与技术,2007,30(11):70-71.
- [4] 李凤霞,郭建平.中国生态环境评价研究进展[J].青海气象,2007,(1):11-14.
- [5] 寇俊卿,张海涛,杨德五,等.生态风险分析及研究进展[J].河南科技大学学报(农学版),2003,23(1):71-74.
- [6] 陈正.中国生态环境现状的统计评价分析[J].统计与信息论坛,2009,24(3):13-19.
- [7] 徐晰,高峻,汪琴,等.城市生态遥感监测与质量评价——以上海市为例[J].上海师范大学学报(自然科学版),2008,37(2):206-211.
- [8] 贾艳红,赵军.白银市区域生态环境质量评价研究[J].西北师范大学学报(自然科学版),2004,40(4):91-95.
- [9] 郝永红,周海潮.区域生态环境质量的灰色评价模型及其应用[J].环境工程,2002,20(4):66-68.
- [10] 刘琦,任志远.陕西省区域生态环境质量的灰色综合评估[J].江西农业学报,2007,19(3):86-88.
- [11] 谢志仁,刘庄.江苏省区域生态环境综合评价研究[J].中国人口·资源与环境,2001,11(3):85-88.
- [12] 陈润羊,齐普荣.浅议我国生态环境评价研究的进展[J].科技情报开发与经济,2006,16(20):169-170.
- [13] 王乃茜,徐浩.云南省丽江市农业生态系统协调度评价[J].昆明理工大学学报(社会科学版),2010,10(3):78-83.
- [14] HJ/T192—2006,生态环境状况评价技术规范(试行)[S].
- [15] 王璐.生态环境质量评价方法的综述[J].科技信息,2007,(35):193-195.
- [16] 刘忠民.鞍山市生态环境状况评价[J].环境保护与循环经济,2008,(4):52-54.
- [17] 刘海江,张建辉,何立环,等.我国县域尺度生态环境质量状况及空间格局分析[J].中国环境监测,2010,26(6):62-65.

Evaluation on the Eco - environmental Status of Kunming and Countermeasures

ZHAO Shi-min^{1,2}, WANG Dao-wei¹, WANG Jiang-tao²

(1. Faculty of Environmental Science and Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming Yunnan 650093 China)

Abstract: According to the statistics from the investigation on the eco - environment in Kunming, the status of eco - environmental quality (EQ) in Kunming was evaluated objectively by the biological abundance index, the vegetation index, the density index of the rivers (lakes) network, the land degradation index, the environmental quality index. The results showed that: the eco - environmental index (EI) in Kunming was 57.28 in 2010, and the general eco - environmental status was good; the EQ was in a dominant position in the western region, and an above average level in China. Compared with the situation in 2005, the EQ has been improved slightly. Finally, in line with the objectives of the eco - environmental construction planning of Kunming, the EQ of Kunming in the next five years was forecasted, and the rational countermeasures on eco - environmental protection and construction were proposed.

Key words: eco - environmental status; evaluation; countermeasure; Kunming City

浅析总氮测定中的影响因素

张锦鹏

(德宏州环境监测站, 云南 芒市 678400)

摘要: 对总氮测试中常见的试剂影响、实验室用水影响、器皿影响、分光光度计和实验室环境条件的控制等方面进行了简要论述。重点叙述了过硫酸钾经二次提纯后对分析结果的影响, 得出经二次提纯后的过硫酸钾能够满足实验室分析工作需要的结论。

关键词: 总氮; 过硫酸钾; 二次提纯; 影响

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0106-02

伴随着社会的不断进步, 工业化大生产的不断发展, 大量生活污水、农田排水和含氮工业废水持续排入水体, 使水中有机氮和各种无机氮化合物含量增加, 生物和微生物类大量繁殖, 消耗水体中的溶解氧, 使水体质量恶化。湖泊、水库中含有超标的氮、磷类物质时, 造成浮游植物繁殖旺盛, 出现湖库富营养化状态。因此, 总氮是衡量水质好坏的重要指标之一^[1]。现行的《水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾紫外分光光度法 (HJ636-2012)》操作简便, 准确度高, 对环境污染小, 与其他分析方法相比有较明显的优势, 是总氮测定的主要分析方法。但该实验对所用的实验用水、器皿、试剂纯度等有较严格的要求, 任何一处实验环节出现偏差, 都会对实验的结果造成影响。本文就此作一些浅析, 希望能对相关分析人员有所帮助。

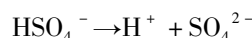
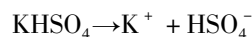
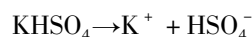
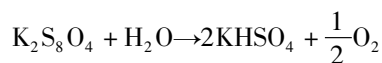
1 实验部分

1.1 适用范围

本标准适用于地表水、地下水、工业废水和生活污水中总氮的测定。当样品量为 10ml 时, 本方法的检出限为 0.05mg/L, 测定范围为 0.02 ~ 7.00mg/L。

1.2 原理

该方法的原理^[1]是在 60℃ 以上水溶液中, 过硫酸钾分解产生硫酸氢钾和原子态氧, 分解出的原子态氧在 120 ~ 124℃, 可使水样中含氮化合物中的氮元素转化为硝酸盐, 在此过程中有机物同时被氧化分解, 消解后的溶液用紫外分光光度计于不同波长 (220nm、275nm) 下测得吸光度值, 按 $A = A_{220} - 2A_{275}$ 计算硝酸盐氮的吸光度值, 从而根据校准曲线计算总氮的含量。



此时加入氢氧化钠可以中和反应中的氢离子, 使过硫酸钾分解趋近于完全。而在计算中之所以要扣除 $2A_{275}$ 的吸光度值, 是因为溶液中的有机物在此波长处有吸收, 而硝酸盐氮没有吸收, 用以扣除有机物的影响。

1.3 实验仪器及主要试剂

UVmini-1240 紫外分光光度计; 立式蒸汽压力灭菌器; 25ml 具塞玻璃磨口比色管; 无氨水 (优普超纯水); 硝酸钾标准使用液 (10mg/L): 取 10ml 硝酸盐氮标准溶液 (500mg/L, 102106) 定容至 500ml; 碱性过硫酸钾溶液: 称取 40g 过硫酸钾, 15g 氢氧化钠, 溶于无氨水中, 稀释至 1000ml。

2 结果及讨论

2.1 试剂的影响

2.1.1 过硫酸钾的影响

过硫酸钾的纯度至关重要, 它直接影响空白值的高低和实验结果的准确性。在 HJ636-2012 中要求, 过硫酸钾的含氮量应 < 0.0005%, 但由于生产厂家不同, 各家的试剂质量均存在不同程度的差异, 有些厂家、批号的试剂含氮量甚至不能达到这个要求, 杂质较多, 从而造成空白值偏高, 影响测定结果的准确性。因此过硫酸钾应该经提纯后使用, 有些厂家的试剂经一次提纯后即可满足要求, 有些厂家的试剂需经多次提纯后才能满足要求。本次实验所用的过硫酸钾经二次提纯, 提纯方法是在 1L 广口瓶中置 800ml 无氨水, 置于 55℃ 的水浴锅

中加热,缓慢加入过硫酸钾,直至不能溶解为止,这个过程比较耗费时间,接下来把完全溶解的饱和溶液放在室温中自然冷却(广口瓶加盖,防止引入其他污染),待完全冷却后放入4℃冰柜过夜,第二天倒掉上清液,并用无氨水清洗结晶体,倾去清洗水,再重复第一天的溶解—冷却—结晶步骤,进行二次提纯;二次提纯后的过硫酸钾,经55℃的干燥箱干燥后保存。二次提纯后,过硫酸钾样品损失量约为50%,但相比较进口过硫酸钾(1瓶,500g)动折几百乃至近千元的价格,二次提纯的成本还是远低于进口过硫酸钾的购买成本。

表1 未提纯过硫酸钾标准曲线的吸光度

吸光度值	总氮含量(以N计)/μg							
	0	5	10	30	30	50	70	80
A ₂₂₀	0.407	0.487	0.525	0.612	0.718	0.909	1.127	1.207
A ₂₇₅	0.186	0.200	0.193	0.193	0.192	0.188	0.197	0.193
A ₂₂₀ -2A ₂₇₅	0.035	0.087	0.139	0.226	0.334	0.533	0.733	0.821
扣减空白	0.000	0.052	0.104	0.191	0.299	0.498	0.698	0.786

标准曲线及相关系数: $y=0.0099x+0.0013$, $r=0.9998$

表2 经二次提纯的过硫酸钾标准曲线的吸光度

吸光度值	总氮含量(以N计)/μg							
	0	5	10	30	30	50	70	80
A ₂₂₀	0.034	0.085	0.155	0.243	0.35	0.537	0.737	0.833
A ₂₇₅	0.004	0.004	0.013	0.005	0.012	0.005	0.009	0.009
A ₂₂₀ -2A ₂₇₅	0.026	0.077	0.129	0.233	0.326	0.527	0.719	0.815
扣减空白	0.000	0.051	0.103	0.207	0.300	0.501	0.693	0.789

标准曲线及相关系数: $y=0.0099x+0.0041$, $r=0.9999$

从表1可知,未进行提纯前,虽然标准曲线及斜率比较好,但在220nm处有两个吸光度值超过1;而275nm处的吸光度值均在0.2左右,吸光度值均较高,说明在该溶液中存在不少的有机物,这些有机物有可能会影响到样品特别是低浓度样品的测定。并且部分样品的吸光度比值 $A_{275}/A_{220} \times 100% > 20%$, 应予以鉴别^[1]。

而从表2可以看到,在经过二次提纯后,220nm处的吸光度值没有超过1,275nm处的吸光度值也仅在0.01附近,说明经过二次提纯后,过硫酸钾中的杂质得到进一步去除,有可能对实验结果产生不利影响因素也得到控制。所有样品的吸光度比值 $A_{275}/A_{220} \times 100%$ 均 $< 20%$ 。

从以上对比可以看出,通过对过硫酸钾进行二次提纯,能够有效地去除过硫酸钾中杂质对实验结果的影响,并且经过提纯后的过硫酸钾能够满足分

析工作的要求,尽管二次提纯有近50%的试剂损耗,但相比较昂贵的进口过硫酸钾,二次提纯仍有较高的性价比。另外,溶解过硫酸钾时水温不要超过60℃,以免造成过硫酸钾分解,影响分析结果。

2.1.2 氢氧化钠的影响

在多年的总氮实验中,笔者一直使用分析纯的氢氧化钠,期间换过不同品牌的生产厂家,通过这几年的分析,目前尚未发现分析纯的氢氧化钠对实验结果有较大的影响。

2.2 实验室用水的影响

总氮的国家标准测定方法要求实验室用水为无氨水,但由于无氨水的制备较为麻烦,在实际分析工作中,我们分别选用过蒸馏水、优普超纯水和市售娃哈哈纯净水作为实验用水进行分析,其实验结果均能够满足要求,因此可以这样认为:按规范要求制作的实验室用水不会对本实验产生较大的不利影响,除非该水水质不纯^[2]。

2.3 实验室环境的影响

实验过程特别容易引入空气中的氨,从而对实验结果造成影响,因此,总氮应与氨、硝酸盐氮等含氮类项目分开,不宜在同一个实验室,避免造成交叉污染。另外如有必要的话,在试验进行前,可用新制备的无氨水将已洗净的玻璃器皿再冲洗几遍,以洗净有可能吸附在玻璃器皿上的氨,减少环境空气中氨的影响,提高结果的准确性。

2.4 分光光度计的影响

由于总氮的测定需要使用两个紫外波长,建议使用紫外双光束分光光度计,这样引起的波长误差较小。如果只有紫外单光束分光光度计,建议先将所有样品进行一个波长的测量后,再进行另一个波长的测量,这样能够最大程度上减少波长引起的误差。

3 结论

影响总氮测定结果的因素较多,主要有:试剂纯度、实验室用水、实验室交叉污染、分光光度计等。其中最关键的因素是过硫酸钾的纯度问题,由于过硫酸钾质量不过关而导致实验结果不准确的例子比比皆是。本实验的结果表明,经过二次提纯的过硫酸钾能够满足实验室分析工作的要求,且提纯成本相比较进口过硫酸钾有较大优势。

参考文献:

- [1] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法(第四版)(增补版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2011.
- [2] 王毛兰, 胡春华, 周文斌. 碱性过硫酸钾法测定水质总氮的影响因素[J]. 光谱实验室, 2006, 23(5).

(下转第123页)

浅析环评中监测工作的新挑战

姜建华

(云南省环境监测中心站, 云南 昆明 650034)

摘要: 分析了环评监测面临的新挑战, 探讨了环评监测中存在的监测技术、个人素质、适应市场化、制度配套性等问题, 提出了加强技术学习、提高个人素质、因地制宜地适应市场化的发展趋势、完善法律和制度等对策措施。

关键词: 环境影响评价; 环境监测; 问题; 对策

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0108-03

自 20 世纪 80 年代至今, 环评工作已历近 30 年的发展历程, 为保护我国环境做出巨大贡献。环境监测作为政府、企业、社会团体通过环评报告进行决策、监督的重要依据^[1], 伴随环评的发展过程, 技术更加完善, 设备更加先进, 数据更加及时, 已成为环评不可分割的基础之一。环评工作离不开环境监测, 环境监测也随着环评工作的开展日趋成熟, 如监测布点有导则, 化验有国标等规范。但随着环评发展, 如评价类别的不断多样化, 污染物类别、污染方式更新快, 环境监测也面临新的挑战。本文从几十年的工作经验出发, 总结了环评监测所遇到的难点和挑战, 加以分析后提出解决的方案与大家分享。

1 面临的挑战

1.1 数据的代表性

环评中环境监测有四个方面的职能: 进行本底值的监测、补办手续的监测、竣工验收监测、日常监督监测^[2]。在这些监测过程中监测数据的代表性是在有限的监测次数中反映被检测目标环境污染状况的保证。代表性好的监测数据可以保证环评决策的针对性, 而监测数据的失真, 往往造成不恰当的决策, 甚至是错误的决策。特别是关于低浓度限制的污染物质如有毒有害的一类污染物质、有毒有机物质的监测时。如有一案例, 甲醛、甲醇的监测, 在周边 5000m 范围内没有任何工业污染源的情况下, 本底数据超标 10~20 倍, 最后发现原因是周围有人在监测时吸烟。还有一个案例, 针对焦化厂的苯并吡监测, 评价范围内仅有一家焦化厂, 为其补办手续, 在焦化厂停工一段时间的情况下, 敏感目标的苯并吡监测超标 20~30 倍, 按此数据推断, 该焦化

厂生产了十年, 该敏感目标的人畜该出现重大健康问题才对。复测数据才恢复到正常范围以内, 最终超标原因没有发现。以上两次监测数据均来自长期从事监测, 且有较高资质的监测部门。这些单位不可能说技术力量不强; 每个监测数据的来龙去脉都有相关的记录、人员签字、总工把关, 也不应该是管理问题。这就是数据的代表性发生了问题^[3]。

1.2 监测与评价的衔接

有些环评环境监测单位有时也会与环评单位沟通, 但主动进行沟通的不多。在主动进行沟通的监测单位中, 较多是需要环评单位在具体的地方指定监测位置。这样可由环评单位对采样的代表性负责。问题是现在的环评单位从事过监测工作的人员较少, 缺乏经验。出问题的情况是, 环评单位去指定监测点位的人员没有经验, 同时, 监测部门派去定点的人员也没有经验, 此时, 采样的代表性便很难保证。到出数据的时候, 数据通过一系列的质量控制手段以后, 其结果有时与实际状况相去甚远, 造成环评方和监测方的时间和经费的浪费, 以及其他不必要的纠纷。

1.3 新的监测需求

当今的工业技术层出不穷, 污染物也不断翻新, 给环评部门和环评监测部门带来了新的问题。首先面临的是标准问题。如有一个制药企业, 其排出的有机溶剂种类较多, 合计有 5 种以上。这些有机溶剂很少部分有排放标准, 查属性后排放的污染物质有一定的毒性, 要严格进行评价和监测。但找不到相应的排放和质量标准, 更不能确定监测方法, 最终耽搁了业主的立项和项目进度。还有一个问题是关于环评的生态调查。现在非工业类型的项目很多, 但监测部门具有生态调查能力的很少, 而

且生态调查没有资质,造成环评单位不能在监测单位同时完成环境监测和生态调查的任务。

1.4 监测业务的时空分布不协调

监测业务一般受环评单位和建设单位的委托进行。现在的监测收费每个地方都有统一的收费参照标准,但执行起来收费各异,导致监测业务的时空分布与监测实力不协调。按理说监测设备齐全先进,人员素质、管理好的监测部门应该容易承揽环评业务,但事实并非如此。大型区域性单位的收费高,设备齐全,监测质量、水平相对较好,数据真实性强,但大多不受环评部门和建设单位的青睐。反而是那些地方监测部门,虽然人手少,设备看起来没有那么先进,却能够较多地承揽环评监测任务。

1.5 监测资源的稀缺

监测资源包括设备、人员、资质。在现行未放开的监测市场环境中,这些资源均集中在省级、市级环境监测部门中,他们是监测实力最强、监测质量最好的部门。但这些部门人员编制有限,接受环保局的制度性监测任务较多,导致他们不能更多地承接环评监测业务。同时由于省级、市级环境监测部门大多是全额拨款部门,监测费收支两条线,也大大削弱了这些部门承揽监测业务的积极性。因此本来稀缺的强势稀缺监测资源,变得更加稀缺。更有甚者,某些专业性很强的监测项目如固体废弃物的浸出实验、二噁英监测,在地方上几乎无法进行,都需要在指定的省级以上的监测部门进行,结果这些监测数据需要累年才能得到,拉长了项目的立项过程。

2 存在问题

2.1 技术薄弱

监测是一门实践性很强的技术性工作,需要较扎实的理论基础、较强的动手能力和实践经验。环评也是如此。只有两方面业务水平都强的人员,才能做好环评工作中的环境监测工作。一般的环境监测站人员,长期从事专业的企业、区域的日常监测工作和项目的竣工验收工作,环评工作涉及较少。按现行制度,监测站是不允许进行环评工作的,因为它同时负责竣工验收,环评和竣工验收属于同一单位,环评制度将失去客观性和有效的监督职能。这种情况下造成监测人员只有一方面能力强,而另外一方面则比较薄弱,不能深入了解环评工作对环境监测的要求,更不能在环评提出的监测方案不足时提出改进意见。很大程度上影响了环境评价中的

监测质量,产生一定数量的返工监测,耽误了环评的进度。

2.2 个人素质不足

现在各级监测部门的人员一般都是通过事业单位考试进行录用的,人员学历和整体素质都较为优秀。但这里需要强调的是政治素养和经营素养。政治素养是环境监测工作的基本素养,不论什么时候都要学政治、讲政治、实践我们的政治路线和主张。否则,敏感的监测数据一旦发布容易引起社会的很大反响。经营素质就是要讲市场、会服务^[4]、能砍价^[5],市场的要求就是做好环评监测工作中的要求。这个要求就是服务到位、占领市场份额。不讲市场就是守株待兔,最后只能坐视业务量的枯竭。不会砍价,服务到位了,结果自己经济上吃亏,甚至造成亏损。因此,做好环评工作中的监测要政治素养和经营素养同时加强,缺一不可。

2.3 市场化的趋势

监测资源是稀缺的资源,这个资源用在环评工作中的份额从现在的情况看不大。这些资源份额中大部分来源于技术力量不强的县级监测单位和部门。而那些技术力量较强的和很强的省、市级监测部门,大部分精力集中于日常监督监测和竣工验收监测上。这样便造成优势资源不能在环境影响评价中发挥更大的作用。环评监测本身是一个有较大价值和理论的市场,可以通过市场机制来调节资源的配置。但由于现在监测市场未放开,优势资源配置受行政干预的程度较大,造成优势监测资源不能在环评监测中充分发挥作用。

2.4 制度配套性的制约

既然环评中的监测业务属于市场行为,那么就应该有相应的制度进行管理和制约。长期以来,监测部门认为环评监测属于副业,没有得到相应的重视。因此,在制度上往往不能配套起来,实现合理、合法的管理。监测站本身是全额拨款的事业单位,其收入应归国家,属于国有资产,单位对这部分资产应按国有资产管理,但这样从事这项工作的个人收入就变得十分有限,大大地减弱了从业人员的积极性。结果环评编制速度受到环境监测的极大制约。现在环评事业蓬勃开展,监测部门却被局限在事业单位体制的框框内,使得环境监测成了环评事业发展的瓶颈之一。

3 对策措施

3.1 加强技术学习

首先是监测的本职技术,如仪器的操作要做到

熟练化。每次对监测设备的调整和升级，都会使一些污染参数出现大幅度波动，或数据关联性出现断层，这就要求环境监测人员不断学习新知识、掌握现代化工作手段^[6]，通过提高环境监测现代化水平并加强国内外环境监测技术的交流与合作，提高环境监测水平。其次，是学习不断更新的环境监测规范，在实践中不断消化，做到掌握，且及时更新。再次还要学习环评的基本知识，特别重视对新导则、新规范的理解和了解，做到能基本判断环评监测方案的合理性，找出其中的瑕疵。

3.2 提高个人素质

监测部门应扩大编制，给站内人员留出学习和升级的时间。同时应该建立轮岗制度，也就是使工作人员一段时间从事政府指令下的工作，一段时间到市场上去历练，产生前面提到的“两栖”人才。此外，还应该注意提高与人沟通的能力。要做好环评监测，需要与环评建设单位沟通、与环评单位沟通、与监测当地的老乡沟通。没有较强的沟通能力，就不能处理好与上述几个利益相关方的关系。

3.3 因地制宜地适应市场化的发展趋势

因体制、资金、设备、技术条件等原因，目前环境监测的市场主要由事业单位主导。1987年1月19日国务院批准的《中华人民共和国计量法实施细则》规定：为社会提供公证数据的产品质量检验机构，必须经省级以上人民政府计量行政部门计量认证。一方面政府机构要依据有关检测结果来制定和实施各种方针、政策；另一方面科研部门利用检测数据来发现新现象、开发新技术；而目前能达到实验室计量认证条件的机构很少，大多是由于资金、设备、资质等方面的不足导致，事业单位垄断环境监测市场。因此，应该根据国家的规范给予有条件的机构一些鼓励政策，同时对申请认证的机构进行严格的考核，并定期抽查检验，提高监测的水平。逐步开放环境监测市场能促进各研究机构的

竞争，一方面促使监测水平和能力的提高，另一方面也构建了技术交流、业务拓展的良好环境。

3.4 加强法律和制度建设

《环境保护法》是环境监测所依据的法律，1983年原城乡建设环境保护部发布了《全国环境监测管理条例》，2007年原国家环保总局发布了《环境监测管理办法》，是环境监测的良好秩序在法律的监督和制度的约束层面的保障。针对各个具体的监测单位，应首先制定适应于市场机制，而在法律、法规上站得住脚的内部管理机制，做到既不违反相应的法律法规，同时也能提高从业人员的积极性。从现行法律的角度看，还需要进行制度创新。如在监测部门分流部分人员，或者外聘一些编外人员，充分利用现有的设备优势和技术优势，满足服务市场的需要。其次是做到外聘和正式员工同工同酬，这样才能充分发挥各类人员的积极性和创造性。再次，针对管理部门和环境监测计量认证部门，应加强对有资质单位的监督，特别是对监测数据质量的监督，对监测数据质量出问题的，应予以一定的处罚。针对长期以来，监测数据质量出了问题，建设单位和环评单位投诉的过程相当复杂的情况，应建立中立的监测数据监控机构监管机构，监督监测机构认真负责地做好每个规范性动作。

参考文献：

- [1] 郝大举, 王世林. 环境监测在环境影响评价中的作用分析 [J]. 污染防治技术, 2010, 23 (2): 65.
- [2] 邓林, 岳力. 环境监测在环境影响评价中的地位作用和基本原则 [J]. 辽宁城乡环境科技, 2000, 20 (2): 64.
- [3] 姚宇. 环境监测工作在环境影响评价中的应用分析 [J]. 中小企业管理与科技 (下旬刊), 2010, (3): 130.
- [4] 张伟涛, 王龙胜. 环境监测在环境影响评价中的分析 [J]. Value Engineering, 2011, (3): 283.
- [5] 张艺, 刘文威, 孙杰. 环境影响评价中的环境监测工作 [J]. 安全与环境工程, 2008, 15 (4): 10-11.
- [6] 王淑霞, 曹杨. 环境监测的机遇挑战与对策 [J]. 环境监测管理与技术, 2001, 13 (4): 8-9.

New Challenges for Monitoring in Environmental Impact Assessment

JIANG Jian-hua

(Yunnan Provincial Environmental Monitoring Center, Kunming Yunnan 650034 China)

Abstract: This paper discusses the new challenges for the monitoring work in the environmental impact assessment. Some issues are identified such as the monitoring technology, staff qualification, marketization and the relative institution. It is proposed to enhance the technical training to improve the staff qualification, and to adapt to the marketization development, and to improve the legal and institutional institutions.

Key words: environmental impact assessment; environmental monitoring; issue; countermeasure

活性炭吸附-气相色谱法测定大气中的辛醇

徐 兰

(江苏康达检测技术有限公司, 江苏 苏州 215001)

摘 要:用活性炭吸附环境空气中辛醇, 二硫化碳解吸, 用 DB-624 毛细管柱分离, 氢火焰离子化检测器检测。辛醇回收率在 93.7% ~ 103.6%, 当采样体积为 20L 时, 辛醇最低检出质量浓度均为 0.005mg/m³。本方法前处理简便, 分离度好, 干扰少, 分析灵敏度高, 有机试剂使用量少, 满足环境分析要求。

关键词:辛醇; 大气; 活性炭吸附; 气相色谱法; 测定

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0111-02

辛醇是无色有特殊臭味的可燃性液体, 沸点 183.5℃, 不溶于水, 可与多数有机溶剂互溶。辛醇主要用于制邻苯二甲酸酯类及脂肪族二元酸酯类增塑剂, 分别用作塑料的主增塑剂和耐寒辅助增塑剂、消泡剂、分散剂、选矿剂和石油添加剂, 也用于印染、油漆、胶片等方面。本文通过实验, 建立了活性炭吸附, 二硫化碳解吸, 毛细管柱气相色谱测定大气中辛醇的准确方法。该法操作简单方便, 活性炭吸附采集大气中的有机污染物技术成熟, 方法的线性范围比较宽, 最低检出浓度低, 适用于环境空气和废气监测。

1 试验

1.1 试验仪器和试剂

气相色谱仪, Agilent6890N, 具火焰离子化检测器, 美国 Agilent 仪器公司; 二硫化碳、辛醇均为色谱纯; 2ml 安捷伦螺纹口样品瓶; 10ml 溶剂解吸瓶; 活性炭吸附采样管; 安捷伦微量注射器 10μl、25μl; 1000μl 移液器。

1.2 色谱条件

DB-624 毛细管色谱柱 (30m × 0.53mm × 3μm); 载气为高纯氮 (> 99.999%); 柱温: 100℃; 汽化室温度: 210℃; 检测器温度: 250℃; 空气流量: 400ml/min; 氢气流量: 60ml/min; 载气为高纯氮气, 流量: 5.0ml/min, 分流进样, 分流比为 10:1, 进样量为 1μl。

1.3 样品采集和前处理

环境空气样品中的辛醇的浓度一般较低, 常用活性炭吸附采样管进行富集浓缩, 按文献 [1]

进行环境空气样品的采集。用活性炭管采集空气样品, 同时在现场作样品空白。采样后将活性炭管两端套上塑料帽, 带回实验室分析。将上述采过样的活性炭倒入 10ml 具塞比色管中, 加 1ml 二硫化碳, 塞紧管塞, 放置 30min (或稍长) 并不时振摇, 在与校准曲线相同条件下进样分离测定。

2 结果与讨论

2.1 色谱柱的选择

根据辛醇的理化性质, 比较了 NNOWAX 型, HP-5 型以及 DB-624 型毛细管气相色谱柱对辛醇的测定结果, 结果表明 DB-624 型毛细管气相色谱柱能很好地将环境空气中辛醇与二硫化碳、甲醇、乙醇、丁醇及其它醇类很好地分离, 见图 1。

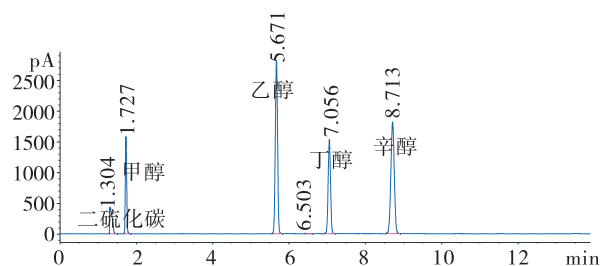


图1 辛醇的色谱分离图

2.2 校准曲线配制

用 1000μl 移液器移取 1000μl 二硫化碳到螺纹口样品瓶中, 用 10μl 微量注射器移去 2μl, 再补充加入 2μl 辛醇, 配制成标准贮备液, 浓度为 1668mg/L。用 1000μl 移液器移取 1000μl 二硫化碳到螺纹口样品瓶中, 用 25μl 微量注射器分别移去 2、5、10、15、25μl, 再补充加入相同量的辛醇标准贮备液, 以辛醇保留时间定性, 色谱峰面积外标曲线法定量进行线性回归, 得线性回归方程为 $Y = 1.231X - 0.08$, 相关系数 $r = 0.9999$ 。

收稿日期: 2012-12-13

作者简介: 徐兰 (1982-), 女, 江苏省苏州市人, 汉, 江苏康达检测技术有限公司, 硕士, 工程师, 从事工作: 环境检测与评价。

2.3 检出限的测定

用该方法对 8.34 mg/L 辛醇标准溶液做 7 次平行测定, 按 $MDL = t_{(n-1, 0.99)} \times s$ 计算检出限, 式中 $(n-1, 0.99)$ 为置信度 99%、自由度 $(n-1)$ 时的 t 值, 当 $n=7$ 时, t 值取 3.143; s 为标准偏差^[2]。根据上式计算该方法检出限均为 0.10mg/L, 在采样体积为 20L 的条件下, 辛醇最低检出质量浓度为 0.005mg/m³。

2.4 精密度

分别测定线性范围内的低、中、高 3 个浓度 (3.34、16.7 和 41.7mg/L), 在 3d 内进行 6 次重复测定。结果显示: 浓度为 3.34 mg/L 的样品, 测定值为 (3.34 ± 0.8) mg/L, RSD 为 0.54%; 浓度为 16.7mg/L 的样品, 测定值为 (16.7 ± 1.1) mg/L, RSD 为 0.63%; 浓度为 41.7mg/L 的样品, 测定值 (41.7 ± 1.5) mg/L, RSD 为 0.56%。试验结果表明, 该方法测定结果重现性比较好, 符合分析测试质量控制要求。

2.5 准确度

采用加标回收法, 在活性炭管中加入 2.0、5.0、10.0 μ l 辛醇标准贮备溶液, 分别加入 1.0ml 解吸液解吸, 使浓度分别为 3.34、8.34、16.7mg/L, 然后测定加标样品各 3 次, 计算平均回收率。辛醇的加标回收率分别为 93.7%、95.6%、103.6%。

2.6 解吸效率

取 18 支活性炭管, 分成 3 组, 用微量注射器分别加入 5.0、15.0、20.0 μ l 辛醇标准贮备溶液, 立即将断开的活性炭管两端套上塑料帽, 放置过

夜。第 2d 解吸并测定每支活性炭管辛醇的含量, 同时做样品空白, 计算解吸效率。结果显示: 浓度值为 8.34mg/L 的样品解吸效率为 93.6%, 浓度值为 25.0mg/L 的样品解吸效率为 96.8%, 浓度值为 33.4mg/L 的样品解吸效率为 97.6%。因此解吸效率平均值为 96.0%。

2.7 辛醇浓度的计算方法

辛醇浓度的计算见公式: $C = c / (V_0 \times D)$

式中: C —空气中辛醇的浓度, mg/m³; c —测得解吸液中辛醇的浓度, mg/L; V_0 —标准采样体积, L; D —解吸效率, %。

2.8 现场应用

该方法已成功应用于环境评价中特征污染因子的分析, 效果良好。对某工厂不同车间空气用活性炭采样测定分析, 大部分车间检出了辛醇, 有些车间辛醇浓度较高, 测定结果与现在情况相符合。

3 结论

应用活性炭采集大气中的辛醇, 用二硫化碳解吸, 气相色谱法测定其质量浓度, 操作简单方便, 回收率高, 精密度好, 检出限低。大气中辛醇与二硫化碳、甲醇、乙醇、丁醇及其它醇类在该法条件下得到很好地分离。经实际操作证明, 该法能满足对空气与废气中的辛醇的监测要求。

参考文献:

- [1] 国家环保总局. 空气和废气监测分析方法指南 (第四版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004.
- [2] HJ168-2010, 环境监测分析方法标准修订技术导则 [S].

Determination of Atmospheric Octanol by Activated Carbon Adsorption – Gas Chromatographic Method

XU Lan

(Jiangsu Kangda Detection Technology Limited Company, Suzhou Jiangsu 215001 China)

Abstract: The method is established to detect the octanol in the ambient air by the hydrogen flame ionization detector. By which, the octanol is adsorbed by the activated carbon, desorbed by the carbon disulfide and separated by the DB-624 capillary column. Alcohol recovery rate is between 93.7% and 103.6%. When the sampling volume is 20L, and the minimum detectable concentration of alcohol is 0.005mg/m³. This method could meet the demands of environmental analysis, with easy pretreatment, little disturbed and good separation, high analysis sensitivity and less use of the organic reagents.

Key words: octanol; air; activated carbon; gas chromatography; determination

火焰原子吸收光度法连续测定 电镀污水中的锌和铜

樊霞, 蔡裕丰

(启东市环境监测站, 江苏 启东 226200)

摘要:以锌空心阴极灯作为光源, 用火焰原子吸收光度法连续测定电镀污水中的锌和铜, 测定锌和铜的精密度 (RSD) 均 < 2.52%, 加标回收率均在 95.6% ~ 104%。对用锌空心阴极灯和铜空心阴极灯分别测定铜标准曲线、检出限, 和实际水样进行了比较, 发现两者的标准曲线的斜率极为一致, 相关系数均较好, 检出限均小于标准方法 0.05mg/L 的要求, 实际水样测定的相对误差 < 3.45%。

关键词: 锌空心阴极灯; 火焰原子吸收光度法; 电镀污水; 锌; 铜

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0113-02

在对电镀污水的分析中, 往往要同时测定锌和铜。因原子吸收光度法具有操作简单、分析快速、抗干扰能力强等优点, 成为测定锌和铜的国家标准分析方法^[1]。在火焰原子吸收光度分析中, 所使用的光源多为单元素空心阴极灯。因此在测定多种元素时, 就需频繁更换不同的空心阴极灯。而在更换新的空心阴极灯后, 需要对灯的波长、灯电流、光谱宽度、负高压和灯的位置重新调整, 而且空心阴极灯必须预热至少 20min 后待灯的发光强度稳定后才能重新测定样品。因此操作较麻烦, 费时费力。由于锌空心阴极灯的阴极多以锌铜合金制成^[2], 用能量最大值校准波长的方法对锌灯扫描, 发现不仅在 213.9nm 处有锌的共振线, 且在 324.8nm 处有铜的共振线, 并有足够的发射强度。因此锌灯不仅发射锌的谱线, 同时也发射铜的谱线。据此笔者用锌空心阴极灯在测定污水中的锌后, 把波长调到 324.8nm 后, 接着测定污水中的铜, 省时省力, 提高了工作效率。同时对用锌灯和铜灯分别测定铜标准曲线及其检出限和实际电镀污水样品进行了比较。

1 试验

1.1 主要仪器与试剂

WFX-1F2B2 型原子吸收分光光度计 (北京瑞利光学仪器厂)、锌空心阴极灯、铜空心阴极灯。

收稿日期: 2012-11-26

作者简介: 樊霞 (1975-), 女, 江苏启东人, 工程师, 主要从事环境监测工作。

锌标准溶液 (500mg/L)、铜标准溶液 (500mg/L): 均为国家环保总局标样研究所购得。

硝酸: GR。

1.2 仪器工作条件 (表 1)

表 1 锌、铜测定的仪器工作条件

分析元素	分析线/nm	灯电流/mA	负高压/V	光谱通带宽度/nm	空气流量 /L·min ⁻¹	乙炔流量 /L·min ⁻¹
锌	213.9	3.0	353.2	0.4	6.0	0.6
铜	324.8	3.0	254.4	0.4	5.5	0.5

1.3 试验方法

1.3.1 样品的预处理

电镀污水样品如浑浊、有沉淀, 需要进行预处理。将污水样摇匀后, 取 100ml 放入 200ml 烧杯中, 加入 5ml 硝酸, 在电热板上低温加热消解, 待沉淀溶解、水样清澈透明后停止加热, 冷却后定容至 100ml, 摇匀后上机分析。

1.3.2 标准曲线的制作和样品中锌、铜的测定

打开仪器, 装上锌空心阴极灯, 按表 1 仪器工作条件调试好仪器, 预热锌灯 20min 后, 测定锌标准曲线和污水中锌含量, 然后把锌灯的分析线调到 324.8nm 处, 测定铜标准曲线和污水中的铜含量。

2 结果与讨论

2.1 锌空心阴极灯连续测定电镀污水中锌、铜的精密度试验

用锌空心阴极灯对样品编号为 SFR148 的电镀污水中的锌、铜进行 4 次平行测定 (见表 2),

结果表明,测定的相对标准偏差(RSD) < 2.52%。

表2 锌灯测定电镀污水中锌、铜的精密度试验

测定元素	测定结果 /mg · L ⁻¹				均值/ \bar{x}	相对标准偏差 /%
	2.36	2.42	2.40	2.38		
锌	2.36	2.42	2.40	2.38	2.39	1.08
铜	0.85	0.83	0.80	0.82	0.82	2.52

2.2 锌空心阴极灯连续测定电镀污水中锌、铜的准确度试验

用锌空心阴极灯对样品编号为SFR148的电镀污水的锌、铜进行加标回收率试验(测定锌时样品稀释5倍)(表3),结果表明,加标回收率范围在95.6%~104%。

2.3 锌灯和铜灯分别测定铜标准曲线及其检出限的比较

用锌灯和铜灯分别测定铜标准曲线,对铜的空白溶液平行测定20次,记录其吸光度,计算标准偏

差 S ,以 $3S$ 除以标准曲线斜率 R 计算检出限,结果见表4,两者标准曲线的斜率非常接近,相关系数均较好,检出限均小于标准方法0.05mg/L的要求。

2.4 锌灯和铜灯分别测定电镀污水样品的比较

用锌灯和铜灯分别对编号为SFR163、SFR175、SFR188、SFR202的电镀污水中的铜进行测定(表5),两者的相对误差<3.45%。

表3 锌灯测定电镀污水中锌、铜的加标回收率试验

测定元素	本底值 / μg	加标量 / μg	加标样品测定值/ μg	回收率/%
锌	23.9	25.0	48.2	97.2
		25.0	47.8	95.6
		25.0	49.5	102
		25.0	50.0	104
铜	41.0	50.0	92.8	104
		50.0	89.2	96.4
		50.0	91.6	101
		50.0	90.2	98.4

表4 锌灯、铜灯测定铜标准曲线及检出限

铜含量/ μg	0.00	0.25	0.50	1.00	1.50	2.00	标准曲线	相关系数 γ	检出限 $\rho/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
锌灯测定吸光度	0.000	0.044	0.087	0.175	0.260	0.355	$y = 0.176x - 0.0008$	0.9998	0.0122
铜灯测定吸光度	0.000	0.046	0.091	0.178	0.264	0.363	$y = 0.179x - 0.0002$	0.9997	0.0048

表5 锌灯、铜灯测定电镀污水中铜的结果比较

样品编号	铜灯	锌灯	相对误差/%
SFR163	0.58	0.56	3.45
SFR175	2.62	2.58	1.53
SFR188	8.48	8.22	3.07
SFR202	12.5	12.1	3.20

3 结论

以锌空心阴极灯作为光源,用火焰原子吸收光度法测定完电镀污水中的锌后,把波长调节到铜的共振线,接着测定污水中的铜。测定锌和铜的精密度(RSD) < 2.52%,加标回收率在95.6%~

104%。用锌灯和铜灯分别测定铜标准系列及其检出限和多个电镀污水中的铜,发现两者的标准曲线的斜率非常一致,相关系数均较好,检出限均小于标准法0.05mg/L的要求,实际水样测定的相对误差<3.45%。因此用锌灯连续测定电镀污水中的锌、铜是可行的,避免了频繁更换空心阴极灯,省时省力,提高了工作效率。

参考文献:

- [1] 本书编委会. 水和废水监测分析方法(第4版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 324-326.
- [2] 陈江, 刘慧, 凌立峰. 原子吸收一灯多用技术在环境样品分析中的应用[J]. 中国卫生检验杂志, 2008, 18(1): 24-25.

(下转第123页)

毛细管气相色谱法测定环境空气中的丙二醇

吴红星

(江苏康达检测技术有限公司, 江苏 苏州 215001)

摘要:建立了毛细管气相色谱法测定环境空气中丙二醇的含量,以甲醇为溶剂,活性炭富集空气中丙二醇,再用DB-624毛细管柱分离甲醇中的丙二醇,氢火焰离子化检测器检测,时间定性,峰面积定量。丙二醇回收率为98.2%~102.2%,当采样体积为30L,丙二醇最低检出质量浓度均为0.009mg/m³。

关键词:丙二醇;环境空气;甲醇;气相色谱法;活性炭

中图分类号:X83 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-9655(2013)03-0115-02

丙二醇,无色粘稠稳定的吸水性液体,几乎无味无臭,易燃,低毒,与水、甲醇、乙醇及多种有机溶剂混溶。在工业用途上,丙二醇可用作不饱和聚酯树脂的原料,也是增塑剂、表面活性剂、乳化剂和破乳剂的原料,也可用作防霉剂、水果催熟剂、防腐剂、防冻剂及烟草保湿剂。气相色谱法对空气中丙二醇的测定还没有过文献报道,目前国内也无环境空气中丙二醇的标准分析方法。今采用活性炭吸附环境空气中丙二醇,用甲醇洗脱,以DB-624毛细管柱分离气相色谱法测定,取得了良好的测定效果。

1 试验

1.1 试验仪器和试剂

气相色谱仪,Agilent6890N,具火焰离子化检测器,美国Agilent仪器公司;二硫化碳、丙二醇标准品均为色谱纯;活性炭吸附采样管(内装100mg活性炭),北京市劳保所科技发展有限公司;2020空气采样器。

10.4g/L丙二醇标准储备液:准备称取104mg丙二醇标准品于10ml容量瓶中,用甲醇定容至标线。

1.2 色谱条件

色谱:DB-624毛细管色谱柱(30m×0.53mm×3μm);载气为高纯氮(>99.999%),柱流量4.0ml/min,进样口温度220℃,检测器温度250℃,氢气流量60ml/min,空气流量400ml/min,柱温150℃。分流比10:1,进样量为1μl。

1.3 样品采集和前处理

采用富集采样方法,用橡胶管将活性炭采样管与采样器连接,进行环境空气样品的采集。环境空气样品中的丙二醇浓度一般较低,在采样过程中采样流量设为0.5ml/min,采样时间为60min。同时将空白活性炭采样管带到现场,打开不抽空气,作空白样品分析。采样后将活性炭管两端套上塑料帽,带回实验室分析^[1]。将上述采过样的活性炭倒入10ml具塞比色管中,加1ml二硫化碳,塞紧管塞,放置30min并不时振摇,解吸液供测定,取1μl进样分析。

2 结果与讨论

2.1 校准曲线与方法检出限

用甲醇将丙二醇标准储备液系列稀释后配制成8.30、12.5、20.8、33.2、41.5mg/L标准溶液系列,取1.0μl在上述色谱条件下测定,以丙二醇保留时间定性,色谱峰面积外标曲线法定量进行线性回归,得线性回归方程为 $Y=1.437X+1.04$,相关系数 $r=0.9992$ 。

丙二醇标准用甲醇稀释成从高到低的溶液,在上述色谱条件下经气相色谱分析,以仪器恰好能产生与噪声相区别的响应信号时,以3倍信噪比计,进入色谱柱的丙二醇最低检出浓度为0.26mg/L,在采样体积为30L的条件下,丙二醇最低检出质量浓度为0.009mg/m³。

2.2 精密度试验

配制丙二醇质量浓度为12.5mg/L标准溶液(配制方法与校准一致),在给定的色谱条件下进行色谱分析并记录峰面积,重复进样6次,计算峰面积的PSD为2.13%,试验结果表明,该方法测定结果重现性比较好,符合精密度试验要求。

2.3 回收率试验

收稿日期:2012-12-14

作者简介:吴红星(1978-),男,江苏省泰兴市人,汉族,本科毕业,江苏康达检测技术有限公司工程师,主要从事环境检测与评价工作。

用10 μ l微量注射器精密吸取2 μ l丙二醇标准储备液置于活性炭吸收管中,将上述活性炭倒入10ml具塞比色管中,加入1ml浓度为12.5mg/L的丙二醇对照品溶液为解吸剂,按1.3步骤对活性炭进行解吸,制备5份样品依本法进行测定,计算加标回收率,结果见表1。

表1 回收率测定结果 (mg/L)

样品	成份	已知量	加入量	测定值	回收率/%
1	丙二醇	4.15	12.5	16.60	99.6
2	丙二醇	4.15	12.5	16.43	98.2
3	丙二醇	4.15	12.5	16.83	101.4
4	丙二醇	4.15	12.5	16.31	97.3
5	丙二醇	4.15	12.5	16.92	102.2

表1中结果显示,本方法加标回收稳定性较好,回收率为98.2%~102.2%,符合分析测试质量控制要求。

2.4 样品的测定

该方法已成功应用于环境评价中特征污染因子的分析,效果良好。对某化工区周围的环境空气进行采样监测,没有检出丙二醇。

3 结论

有关环境空气中丙二醇的测定方法国内尚无标准,丙二醇沸点为187.3 $^{\circ}$ C,常温下不易挥发,但在长期、大量使用丙二醇情况下,监测表明,环境空气中存在一定量的丙二醇。本研究建立了环境空气中丙二醇的检测方法,采用活性炭采样管采集,甲醇溶液解吸后进样,经DB-624毛细管色谱柱分离,氢焰离子化检测器检测(FID)。结果表明该方法线性关系良好,且回收率高,精密度好,检出限低,能满足环境中大批样品的监测和需要。

参考文献:

- [1] 国家环保总局. 空气和废气监测分析方法指南(第四版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004.

Determination of Propylene Glycol in Ambient Air by Capillary Gas Chromatography

WU Hong-xing

(Jiangsu Kangda Detection Technology Limited Company, Suzhou Jiangsu 215001 China)

Abstract: The method is established to detect the content of the propylene glycol in the air by the capillary gas chromatography. By which, the methanol is used as solvent, and the activated carbon is used to adsorb the propylene glycol in the air. Then it is separated by the DB-624 capillary column and tested by the hydrogen flame ionization detector. The time is qualitative and the peak area is quantified in this method. Propylene glycol recovery rate is between 98.2%~102.2%. When the sampling volume is 30L, the minimum detectable concentration for propylene glycol is 0.009mg/m³.

Key words: propylene glycol; ambient air; methanol; gas chromatography; activated carbon

气相色谱法测定工业废气中的四氢呋喃

赵雅芳

(江苏康达检测技术有限公司, 江苏 苏州 215001)

摘要:建立了用气相色谱法测定空气和工业废气中四氢呋喃的方法。四氢呋喃活性炭吸附, 二硫化碳解吸, DB-200 毛细管柱分离, 氢火焰离子化检测器检测, 时间定性, 峰面积定量, 其四氢呋喃回收率为 95.5%~103.4%, 当采样体积为 20L 时, 四氢呋喃最低检出质量浓度为 0.006mg/m³。本方法前处理简便, 分离度好, 分析灵敏度高, 满足环境分析要求。

关键词:四氢呋喃; 工业废气; 气相色谱法; 活性炭

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0117-02

四氢呋喃是一类杂环有机化合物。它是最强的极性醚类之一, 在化学反应和萃取时用做一种中等极性的溶剂, 特别适用于溶解 PVC, 聚偏氯乙烯和丁苯胺, 广泛用作表面涂料、防腐涂料、印刷油墨、磁带和薄膜涂料的溶剂, 并用作反应溶剂。四氢呋喃是无色易挥发液体, 有类似乙醚的气味, 溶于水、乙醇、乙醚、丙酮、苯等大多数有机溶剂^[1]。四氢呋喃有毒有害, 在生产和使用过程中不可避免地会造成对人体的损害和对环境的污染。四氢呋喃在生产过程中逸出以蒸汽状态存在于空气中, 长期接触会对人体健康造成不同程度的伤害。

活性炭吸附采集大气中的有机污染物技术成熟, 操作方便, 适用范围较广, 对仪器设备要求较低。本文通过实验, 建立了活性炭吸附, 二硫化碳解吸, 毛细管柱气相色谱测定空气中四氢呋喃的方法。该法操作简单方便, 提高了解吸效率和精密度, 线性范围比较宽, 最低检出浓度低, 适用于环境空气和废气监测。

1 试验

1.1 试验仪器和试剂

气相色谱仪, Agilent6890N, 具火焰离子化检测器, 美国 Agilent 仪器公司; DB-200 毛细管色谱柱 (30m×0.53mm×1μm)。

2ml 安捷伦螺纹口样品瓶; 10ml 溶剂解吸瓶活性炭吸附采样管 (内装 100mg 活性炭), 北京市劳保所科技发展有限公司; KB-120TSP 大气采样器, 青岛崂山电子仪器实验所。

二硫化碳、四氢呋喃 (均为色谱纯)。

安捷伦微量注射器 10μl、25μl, 1000μl 移液器。

1.2 色谱条件

初始温度 50℃, 保持 1min, 然后以 10℃/min 升至 100℃; 进样口温度: 200℃; 检测器温度: 250℃; 载气为高纯氮气流量: 2.0ml/min 分流进样, 分流比为 20:1, 进样量为 1μl。

1.3 样品采集和前处理

环境空气样品中的四氢呋喃浓度一般较低, 常用活性炭吸附采样管进行富集浓缩。用橡胶管将活性炭采样管与采样器连接, 进行环境空气样品的采集, 采样流量为 0.5ml/min, 采样时间为 40min。同时将活性炭带到现场, 打开不抽空气, 作空白样品分析。采样后将活性炭管两端套上塑料帽, 带回实验室分析^[2]。将上述采过样的活性炭倒入 10ml 具塞比色管中, 加 1ml 二硫化碳, 塞紧管塞, 放置 30min 并不时振摇, 解析液供色谱测定用, 在与校准曲线相同条件下进样分离测定。

2 结果与讨论

2.1 校准曲线配制

用 1000μl 移液器移取 1000μl 二硫化碳到螺纹口样品瓶中, 用 10μl 微量注射器移去 2μl, 再补充加入 2μl 四氢呋喃, 配制成标准贮备液, 浓度分别为 1780mg/L。用 1000μl 移液器移取 1000μl 二硫化碳到螺纹口样品瓶中, 用 25μl 微量注射器分别移去 3、5、10、15、20μl, 再补充加入相同量的四氢呋喃标准贮备液, 以四氢呋喃保留时间定性, 色谱峰面积外标曲线法定量进行线性回归, 实验测得四氢呋喃标准曲线 5.34~35.6mg/L 呈直线, 相关系数 $r=0.9998$, 回归方程 $Y=0.880X+0.901$ 。

2.2 样品测定

用测定校准曲线的操作条件, 测定样品和空白

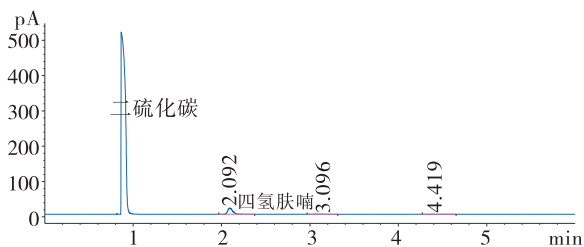
收稿日期: 2012-11-19

作者简介: 赵雅芳 (1965-), 女, 甘肃兰州市人, 江苏康达检测技术有限公司, 本科, 从事工作: 职业卫生检测、评价与环境检测。

样品,测定样品的峰面积减去空白样品的峰面积后,由标准曲线得出四氢呋喃的样品浓度,保留时间为定性指标。

2.3 标准气相色谱峰

在上述色谱条件下测定 8.90mg/L 四氢呋喃标准溶液,气相色谱峰见图 1。



1. 二硫化碳, 2. 四氢呋喃

图1 四氢呋喃气相的色谱分离图

由图 1 可见,四氢呋喃和二硫化碳分离与响应良好。

2.4 检出限的测定

用该方法对 1.78 mg/L 四氢呋喃标准溶液做 7 次平行测定,按 $MDL = t_{(n-1,0.99)} \times s$ 计算检出限,式中 $(n-1, 0.99)$ 为置信度 99%、自由度 $(n-1)$ 时的 t 值,当 $n=7$ 时, t 值取 3.143; s 为标准偏差^[3]。根据上式计算该方法检出限为 0.11mg/L,在采样体积为 20L 的条件下,四氢呋喃最低检出质量浓度为 0.006mg/m³。

2.5 精密度和准确度

取 10 个空白活性炭管,分成 2 组,向第一组 5 个活性炭管中依次加入 3 μ l 的四氢呋喃标准中间溶液,向第二组 5 个活性炭管中依次加入 5 μ l 的四氢呋喃标准中间溶液,最后再按 1.3 进行样品处理后进入色谱柱测定,结果见表 1。

由表 1 可见,两种浓度标准溶液测定的结果重现性较好,四氢呋喃相对标准偏差范围 <8%,四氢呋喃加标回收率为 95.5% ~ 103.4%,因此该方法精密度和准确度均符合分析测试质量控制要求。

表 1 四氢呋喃精密度与回收率的测定结果

							平均值/mg · L ⁻¹	RSD/%
1	加标值/mg · L ⁻¹	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34	5.44	5.61
	测定值/mg · L ⁻¹	5.38	5.47	5.40	5.43	5.52		
	回收率/%	100.7	102.4	101.1	101.7	103.4		
2	加标值/mg · L ⁻¹	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90	8.60	7.40
	测定值/mg · L ⁻¹	8.70	8.60	8.50	8.64	8.58		
	回收率/%	97.8	96.6	95.5	97.1	96.4		

3 结论

应用活性炭采集废气中的四氢呋喃,用二硫化碳解吸,气相色谱法测定。采用保留时间定性,色谱峰面积外标曲线法定量。结果表明该方法线性关系良好,且回收率高,精密度好,检出限为 0.11mg/L,当采样体积为 20L 时,最低检出质量浓度为 0.006mg/m³。

经上述分析,该法操作简便、分析速度快、回

收率高、精密度好、对仪器设备要求较低,能满足工作场所空气和废气中的四氢呋喃的监测要求。

参考文献:

- [1] 韩志辉,付胜,余克平. 顶空固相微萃取-气相色谱法测定水中四氢呋喃的研究 [J]. 工业水处理, 2011, 31 (1): 68-70.
- [2] 国家环保总局. 空气和废气监测分析方法指南 (第四版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004.
- [3] HJ168-2010, 环境监测分析方法标准制订技术导则 [S].

Determination of Tetrahydrofuran in Industrial Exhaust Gas by Gas Chromatographic Method

ZHAO Yafang

(Jiangsu Kangda Detection Technology Limited Company, Suzhou Jiangsu 215001 China)

Abstract: The method is established to detect the tetrahydrofuran (THF) in the industrial exhaust gas by the gas chromatographic method. By which, the THF is adsorbed by the activated carbon, desorbed by the carbon disulfide and separated by the DB-624 capillary column. It is detected by the hydrogen flame ionization detector. The time is qualitative and the peak area is quantified in this method. The THF recovery rate is 95.5% ~ 103.4%. When the sampling volume is 20L, the minimum detectable concentration of THF is 0.006mg/m³. This method could meet the demands of environmental analysis, with easy pretreatment, good separation, high analysis sensitivity.

Key words: tetrahydrofuran; industrial exhaust gas; gas chromatography; activated carbon

十通阀切换气相色谱法测定空气中甲烷和非甲烷总烃

马小杰¹, 房贤文²

(1. 临沂市环境监测站, 山东 临沂 276000;
2. 青岛市环境监测中心站, 山东 青岛 266003)

摘要: 采用柱切换反吹气相色谱法测定环境空气中的甲烷和非甲烷总烃。通过十通阀切换使甲烷与所有非甲烷烃类化合物彻底分离开来, 一次进样可直接测定甲烷和非甲烷总烃。该方法可消除双离子化检测器因灵敏度的差异性引起的误差。方法简单、快速, 分析结果准确。

关键词: 十通阀切换; 气相色谱法; 甲烷; 非甲烷总烃; 测定

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0119-02

非甲烷总烃通常是指除甲烷以外的所有可挥发的碳氢化合物 (其中主要是 C2 ~ C8)。大气中的非甲烷总烃超过一定浓度, 除直接对人体健康有害外, 在一定条件下经日光照射还能产生光化学烟雾, 对环境和人类造成危害。环境空气和工业废气中的非甲烷总烃多采用气相色谱法测定^[1-3]。常需要双柱双离子火焰检测器, 或更换色谱柱单离子火焰检测器分别测定, 且分别测出总烃和甲烷的含量, 两者之差为非甲烷总烃的含量, 分析测定比较繁琐, 不能保证很好的进样一致性^[4,5]。本文建立了一次进样可直接测定甲烷和非甲烷总烃的方法, 该方法直接通过十通阀进样定量环, 进样后甲烷与非甲烷烃类化合物彻底分离开来。

1 实验部分

1.1 方法原理

将已知量体积的空气样品收集在采样环上, 随后被输送到十通阀上。随着载气的流动, 样品被注射进分离柱。甲烷分子的移动速度最快, 最先从色谱柱上解吸出来, 并被载气带回检测器中由火焰离子化检测器检测。十通阀随后回到初始状态, 非甲烷烃类被反吹到检测器中并被火焰离子化检测器检测。

1.2 仪器与设备

Echrom A90 气相色谱仪, 附火焰离子化检测器、十通阀; teco 2M 1/8 填充柱; HV-3A 静音无

油空压机; ZA-1000 零级空气发生器; 20ml 注射器, 100ml 注射器。

1.3 主要试剂

甲烷混合标准气: 底气为空气, 甲烷 (以碳计) 浓度为 10.48mg/m³, 非甲烷 (以碳计) 浓度为 34.54mg/m³; 高纯氢气; 高纯氮气。

1.4 分析条件

色谱分析条件: 柱温 50℃; 载气: 高纯氮气; 进样定量环体积: 1.0ml; 阀切换时间: 0.01 秒打开, 0.23 秒关闭; 辅助加热区 1: 温度 100℃; 辅助 3: 压力 35psi 以 80psi/min 升至 60psi; 辅助 4: 压力 40psi; 柱流量: 5ml/min; 检测器: 温度 250℃; 空气 400ml/min; 氢气 50ml/min。

1.5 样品测定

用 100ml 针筒抽取 100ml 现场空气或废气, 用乳胶帽封住管口, 当天分析。将充有气体样品的注射器注入十通阀, 运行分析程序。以保留时间定性, 峰面积定量。

2 结果和讨论

2.1 校准曲线和检出限

用除烃空气将甲烷混合标准气逐级稀释得到标准系列进行测定, 以保留时间定性, 峰面积定量。以标准系列各点响应峰面积对浓度进行线性回归, 得到响应线性方程, 结果见表 1。甲烷及非甲烷总烃标准的色谱图见图 1。方法具有良好的线性, 线性相关系数均达 0.999 以上。检出限按信噪比 S/N = 3:1 计算, 甲烷为 0.1mg/m³, 总烃为 0.04mg/m³。

收稿日期: 2012-11-16

作者简介: 马小杰 (1981-), 女, 山东潍坊人, 工程师, 硕士, 主要从事仪器分析工作。

表1 工作曲线各点浓度及色谱峰面积

编号	甲烷浓度 (以碳计) /mg · m ⁻³	甲烷峰面积	非甲烷浓度 (以碳计) /mg · m ⁻³	非甲烷峰面积
1	2.24	17.89	6.91	40.15
2	4.48	34.94	13.82	90.23
3	6.72	55.62	20.73	130.25
4	8.96	74.91	27.63	181.41
5	10.48	89.93	34.54	230.29
线性方程	$y = 8.7648x - 2.9796$ $r = 0.9992$		$y = 6.8258x - 7.0055$ $r = 0.9993$	

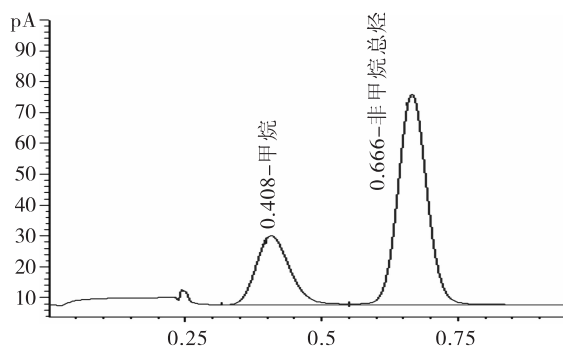


图1 甲烷和非甲烷总烃的色谱图

表2 精密度试验

甲烷		非甲烷总烃	
浓度均值 /mg · m ⁻³	相对标准偏差/%	浓度均值 /mg · m ⁻³	相对标准偏差/%
2.24	3.0	6.91	4.1
10.48	1.2	34.54	1.8

2.2 精密度

本方法选择两种浓度的标准气样进行精密度试验, 两个样品重复进样7次, 得到甲烷和非甲烷总烃的相对标准偏差, 结果见表2。由表2可知, 测定方法的精密度较好。

2.3 准确度

选用实际样品进行甲烷和非甲烷总烃加标回收率试验, 结果见表3。由表3可见, 分析方法回收率在95%以上。因此, 该方法适合于空气中总烃及非甲烷总烃的测定。

表3 样品加标回收率

样品名称	样品浓度 /mg · m ⁻³	加标量 /mg · m ⁻³	测定浓度值 /mg · m ⁻³	回收率/%	
样品 1	甲烷	4.28	2.24	6.42	95.5
	非甲烷总烃	29.45	6.91	36.05	95.5
样品 2	甲烷	3.51	4.48	7.83	96.4
	非甲烷总烃	18.67	13.82	31.94	96.0

2.4 干扰及排除

在该色谱条件下测定甲烷时, 氧气与其它峰分离, 避免了常规方法中空气峰干扰测定。

2.5 讨论

本文建立了一种同时测定甲烷和非甲烷总烃的方法。方法检出限低, 精密度良好, 测定时间短, 可消除双火焰离子化检测器因灵敏度的差异性引起误差。

参考文献:

- [1] 本书编委会. 空气和废气监测分析方法第四版增补版 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [2] 潘金芳, 赵一先, 张大年. 气相色谱法测定大气和废气中非甲烷总烃 [J]. 化工环保, 1999, (3): 155.
- [3] HJ/T38-1999, 固定污染源排气中非甲烷总烃的测定气相色谱法 [S].
- [4] 吕鸿, 刘志娟, 许峰, 等. 气相色谱仪灵敏度及检测限的测量不确定度评定 [J]. 化学分析计量, 2010, 19 (1): 15-18.
- [5] 吴爱梅. 气相色谱仪测定结果的不确定度评定 [J]. 化学分析计量, 2006, 15 (5): 14-15.

Determination of Methane and Non - Methane Hydrocarbons in Air by Ten Way Valve Switching Gas Chromatography

MA Xiao-jie¹, FANG Xian-wen²

(1. Linyi Environmental Monitoring Center, Linyi Shandong 276000 China)

Abstract: The methane and the non - methane hydrocarbons in air are determined by the column switching back flushing chromatography. The methane and all non - methane hydrocarbons compounds are separated completely through the ten valve switching. Total hydrocarbons and methane are determined directly. The method can eliminate the error by double ionization detector for sensitivity differences. The method is simple and fast with accurate results.

Key words: gas chromatography; methane; non - methane hydrocarbons; determination

湖泊水体中 COD_{Cr} 、 COD_{Mn} 、 BOD_5 、DO 之间相互关系的研究

高明¹，黄绍祥²，彭小明³

(1. 江西省环境监测中心站，江西 南昌 330000；2. 南康市环境监测站，江西 南康 341400；
3. 上饶县环保局，江西 上饶 334000)

摘要：对湖泊水体中 COD_{Cr} 、 COD_{Mn} 、 BOD_5 、DO 4 个水质指标进行了测定，通过测量数据分析研究湖泊水体 COD_{Cr} 、 COD_{Mn} 、 BOD_5 、DO 之间的相互关系。通过数据的测量和四者关系的研究，为湖泊水质监测的质量控制、数据分析和综合评价等提供技术支持。

关键词：湖泊水体；DO； COD_{Cr} ； COD_{Mn} ； BOD_5 ；相互关系

中图分类号：X83 **文献标识码：**A **文章编号：**1673-9655 (2013) 03-0121-03

水体中溶解氧 (DO) 的含量过低会使大量的水生生物窒息死亡，水体中的生化需氧量 (BOD)、化学需氧量 (COD_{Cr}) 和高锰酸盐指数 (COD_{Mn}) 过高则是表明水体中有大量可被微生物或者化学试剂氧化分解的有机物污染物，在微生物降解有机物过程中，水中溶解氧减少，水体变浑浊，透明度降低，散发出恶臭味，破坏水体的生态平衡^[1]，这些不但污染水体周围的景观，而且影响湖内水产资源。 BOD_5 的测定需要较长的时间 (5d)，而 COD_{Cr} 指标的实用性在于它可在短时间内 (1~2h) 取得结果，测定过程中影响因素少，测定工作简单易行^[2]。因此研究 BOD_5 和 COD_{Cr} 的关系，找出它们之间的内在联系，对于需要连续、快速监测的水体其现实意义是显而易见的。

COD_{Cr} 、 COD_{Mn} 通常被作为直接表示水体中有机物相对含量的指标^[3]，都是地表水评价的指标项目。如果相关两者在特定区域有线性关系性的话，则可以在选定湖泊区域水质较好情况下，用 COD_{Mn} 值估算 COD_{Cr} 结果，可以减少 COD_{Cr} 的监测频次，降低分析产生的 Cr^{6+} 的二次污染。

本文就地表水中 COD_{Cr} 、 COD_{Mn} 、 BOD_5 、DO 之间的相关性进行分析和探讨，研究其相互之间的关系，对建立预防水体污染机制，水体连续、快速监测，质量控制措施，减少选定湖泊区域中 COD_{Cr} 监测频次具有重要的指导作用。

1 实验部分

1.1 实验水样的选取

试验监测点的布设遵循《水和废水监测分析方法》^[4]并结合具体情况，于 2010 年期间在鄱阳湖南矶山、伍湖分场、金溪嘴、南湖村处定期采集水样。

1.2 主要仪器

酸式滴定管、生化培养箱 (SPX-250BIII, 天津市泰斯特仪器有限公司)。

1.3 水样的处理

参考 HJ505-2009、GB/T11892-1989、GB/T11914-1989 和 GB/T11892-1989 对水样的 COD_{Cr} 、 COD_{Mn} 、 BOD_5 、DO 进行测定

2 结果与讨论

2.1 COD_{Mn} 与 COD_{Cr} 的相互关系

从图 1 可见， COD_{Mn} 的值是随 COD_{Cr} 的值增大而增大。以 COD_{Cr} 为变量 x ，以 COD_{Mn} 为变量 y ，统计计算得到线性回归方程为 $y = 0.3072x - 0.1420$ ，相关系数 $R = 0.961$ ，表明 COD_{Cr} 与 COD_{Mn} 具有较好的相关性。

选定置信为 99%，样本数 $n = 14$ ， $f = 14 - 2 = 12$ ，查相关系数的临界表 γ_a ， $\gamma_{0.01} = 0.661$ ，且 $R = 0.961 > \gamma_{0.01} = 0.881$ ，可见，选定湖泊区域水体中 COD_{Cr} 和 COD_{Mn} 存在明显的线性关系。

2.2 BOD_5 与 COD_{Cr} 的相互关系

从图 2 可见， BOD_5 值总体趋势随 COD_{Cr} 值的增大而增大，这两个参数之间的关系可用下式表达 $\text{BOD}_5 = a \times \text{COD} + b$ 式中 a 和 b 是常数，且 $a < 1$ 。以 COD_{Cr} 为变量 x ， BOD_5 为变量 y ，统计得到线性回归方程为 $y = 0.5984x - 4.147$ ，相关系数 R

= 0.899。

选定置信为 99%，样本数 $n = 24$ ， $f = 24 - 2 = 22$ ，查相关系数的临界表 γ_α ， $\gamma_{0.01} = 0.518$ ，且 $R = 0.899 > \gamma_{0.01} = 0.515$ ，可见，选定的湖泊区域水体中 COD_{Cr} 和 BOD_5 存在明显的线性关系。

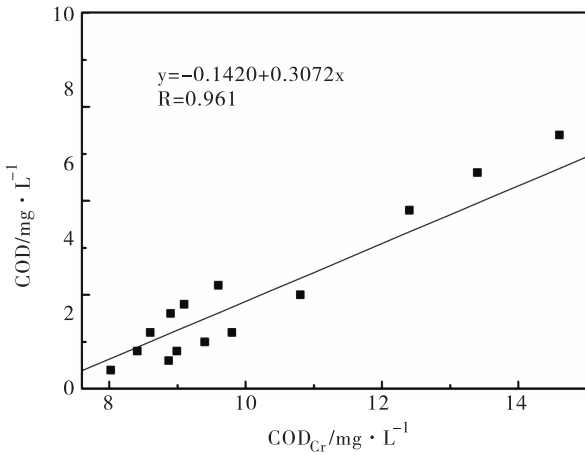


图1 COD_{Cr} 与 COD_{Mn} 的关系曲线

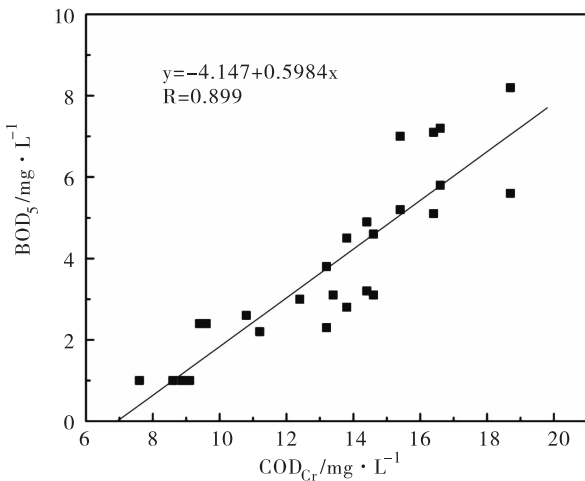


图2 COD_{Cr} 和 BOD_5 的关系曲线

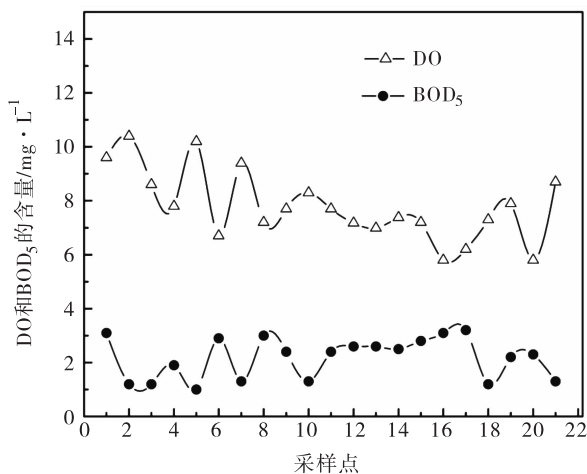


图3 BOD 与 DO 的变化曲线

2.3 DO 与 BOD_5 的关系

BOD_5 值表明可被微生物降解的有机物，这些有机物降解过程中，微生物降解有机物时需要消耗大量的氧气^[5]，由于大量的有机物分解，耗氧速率大于复氧速率，DO 也就迅速下降，反之亦然。这就出现了图 3 中 DO 值和 BOD_5 此涨彼消的负相互关系。

3 结果与讨论

(1) 通过对选定湖泊区域水体中 COD_{Cr} 、 COD_{Mn} 、 BOD_5 三项参数关系的探讨，得出选定研究湖泊区域水体中 COD_{Cr} 与 COD_{Mn} ， COD_{Cr} 与 BOD_5 之间具有较好的相关性，相关系数分别为 0.961、0.899，通过相关检验具有显著相关性。

(2) 通过对湖泊水体 COD_{Cr} 和 BOD_5 关系的探讨，得到的回归方程 $y = 0.5984x - 4.147$ 。 COD_{Cr} 和 BOD_5 回归方程建立后，可以通过回归计算把 COD_{Cr} 测定值换算成 BOD_5 测定值，即可用 COD_{Cr} 值计算出 BOD_5 值，为快速掌握地表水质状况提供支持，这对水体连续、快速监测工作本身来讲具有一定的积极作用。

(3) 通过对湖泊水体 COD_{Cr} 与 COD_{Mn} 关系的探讨，得到的回归方程 $y = 0.3072x - 0.1420$ 。 COD_{Cr} 和 BOD_5 法回归方程建立后，可以通过回归计算把 COD_{Mn} 测定值换算成 COD_{Cr} 测定值，为快速掌握地表水质状况提供支持，这对水体连续、快速监测工作本身来讲具有一定的积极作用。大大节省了人力和物力，减少了二次污染。

(4) BOD_5 与 DO 的关系曲线图表明了 BOD_5 与 DO 存在着负相互关系。

(5) 对于同一湖泊水体，由于水质会随着季节、周边环境等的变化或多或少有所变化，其回归方程中斜率、截距也会有所不同，不能一概而论。当你确定同一湖泊水体有变化时应重新确定方程中的斜率和截距方可应用。对于其他湖泊水体亦然。

参考文献：

[1] 王妮娜, 李浩飞. 江汉中段水体 COD 、 BOD 与 DO 相互关系的研究 [J]. 化工技术与开发, 2011, 400 (3).
 [2] 黄慧坤. 辨析高锰酸盐指数、化学需氧量、生化需氧量 [J]. 云南环境科学, 2004, 23 (S1).
 [3] 奚旦立, 孙裕生, 刘秀英. 环境监测 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
 [4] 国家环境保护总局编委会. 水与废水监测分析方法 (第四版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
 [5] 张最, 李崇明. 三峡水库成库后水体中 COD_{Mn} 、 BOD_5 空间变化 [J]. 湖泊科学, 2007, 19 (1), 70-76.

The Study of the Relationship between COD_{Cr} , COD_{Mn} , BOD_5 and DO in the Lake

GAO Ming¹, HUANG Shao-xiang², PENG Xiao-ming³

(1. Jiangxi Provincial Environmental Monitoring Center, Nanchang Jiangxi 330000 China)

Abstract: The COD_{Cr} , COD_{Mn} , BOD_5 and DO have been tested for the lake water, and the relationships among these four indexes have also been analyzed. It provides technical support for the quality control, data analysis, and comprehensive assessment of the lake water monitoring.

Key words: lake water; DO; COD_{Cr} ; COD_{Mn} ; BOD_5 ; correlation

~~~~~

(上接第 107 页)

## The Factors Influencing the Total Nitrogen Determination

ZHANG Jin-peng

(Dehong Environmental Monitoring Station, Mangshi Yunnan 678400 China)

**Abstract:** This paper briefly discusses the impact of the reagents, laboratory water, container, spectrophotometer and the environmental conditions of laboratory on measuring the total nitrogen. The impact of the potassium sulfate after secondary purification on the analysis results is mainly discussed, and we conclude that it meets the needs of the laboratory analysis.

**Key words:** total nitrogen; potassium sulfate; secondary purification; impact

~~~~~

(上接第 114 页)

Continuous Determination of Zinc and Copper in Electroplating Wastewater by Flame Atomic Absorption Spectrophotometer

FAN Xia, CAI Yu-feng

(Qidong Environmental Monitoring Station, Qidong Jiangsu 226200 China)

Abstract: With the zinc hollow cathode lamp as the light source, the zinc and copper in the electroplating wastewater is continuously tested by the flame atomic absorption spectrophotometer. The precision (RSD) of determination is less than 2.52%. The spiked recoveries are between 95.6% and 104%. The zinc hollow cathode lamp and copper hollow cathode lamp are both used respectively to measure the copper standard curve and the limit of detection. The results are compared with the actual samples. It is found that the slope of the standard curve is very consistent, the correlation coefficients is relatively good, and the detection limit is less than the standard method requirements of 0.05mg/L. The relative error of the actual sample determination is less than 3.45%.

Key words: zinc hollow cathode lamp; flame atomic absorption spectrophotometry; electroplating wastewater; zinc; copper

广州大学城内珠江流域 不同流段的水质监测及分析

耿新华, 沈为真, 陈火玲, 黄丹虹, 许琼娜, 曾娟, 刘冰梅
(广州大学化学化工学院, 广东 广州 510006)

摘要:通过对广州大学城内珠江流域不同流段近3a的水质监测, 定期检测水域 pH、电导率(TDS)、COD、氨氮、 Mn^{2+} 含量。结果表明: 广州大学的水质指标中, pH 为中性偏碱, TDS 和 COD 成负相关, 重金属 Mn^{2+} 含量、COD 含量、 NH_3-N 含量均达到水质标准规定的限值。

关键词: 水环境质量; 监测; 分析; 广州大学城

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0124-04

广州大学城选址于广州市海珠区南侧, 原番禺区所辖的小谷围岛, 四面环水, 其东南西北分别为珠江水系的新造水道、海心江水道、汾水头水道、小洲水道及官洲水道所环绕, 东北角与长洲岛相连处为小河涌所隔。在开发前, 该岛是幽静的农村, 保持着植被丰厚、农耕有序的原始生态, 村民用的是天然水源^[1]。

自2004年学生开始陆续迁入大学城以后, 岛内居民逐渐增多, 到2010年, 岛内人口约达35万^[2]。随着大学城的规划与完善, 及各大高校的扩招, 该人口数据呈逐年上升趋势。岛内人口主要是城中村居民及各高校的教职人员及学生, 是一个集学、研、产为一体的特殊城市。岛内村民主要以种植蔬菜水果和经营商铺、旅店为主, 而学生主要以学习、生活、研发为主。村民及校舍排放的生活用水和实验室及研发基地排放的实验室用水, 都排放到环绕其四周的珠江水域。因此, 监测大学城珠江流域不同流段的水质指标, 评估岛内水域的污染状况, 对岛内居民的健康和岛内环境的保护, 有着科学的指导意义^[3]。

本研究利用大学城取水方便, 实验室仪器及药品充足之便, 选取大学城内具代表性的7处取水点, 监测国标法确定的水质检测指标中的三类五种指标 pH、TDS (电导率)、COD、氨氮、

Mn^{2+} 含量, 以科学评估大学城内水域水质状况, 为大学城日后的城市建设可持续发展提供可靠数据。

1 实验部分

1.1 仪器

TAS-990F 型原子吸收分光光度计 (北京普析通用仪器有限公司);

WFJ2000 型可见分光光度计 (尤尼柯仪器有限公司)。

1.2 实验步骤

实验前1d查询广州天气情况, 并于实验当日于预定地点取水。根据各方法需要, 对水样进行预处理, 备用。其中 pH 按照 GB/T6920-1986 测定; COD 按照 GB/T11914-1989 测定; NH_3-N 按照 GB/T7479-1987 测定; Mn^{2+} 按照 GB/T 11911-1989 测定。

2 结果与分析

2.1 2012年广州大学城各取水点水质指标分析

水样采自广州大学城内以下各地方: 广州大学珠江、广州大学实验楼、广州大学商业中心、广州工业大学图书馆、华南理工大学校园、中山大学教学区、大学城中心湖公园。

实验日期以及天气情况: 7月17日~7月21日连续5d, 7月16日大雨, 17~18日为多云天气, 7月19日为晴天, 20日雷阵雨, 21日转晴。

7月19日, 各个取水点的 Mn^{2+} 含量 (图1)、电导率 TDS (图2)、 NH_3-N 含量 (图3) 均达到最大。其可能的原因是: 由于无降水, 环境温度高等导致水量蒸发、水位下降, 流动频率高等, 使水

收稿日期: 2012-12-11

基金项目: 国家自然科学基金项目 (No. 41101456); 国家级大学生创新创业训练计划项目 (201211078008)。

作者简介: 耿新华 (1974-), 女, 汉, 河南焦作人, 博士, 讲师。

样浓度整体趋高。其中，中山大学教学区的 TDS 在 7 月 19 日增大的程度最明显（图 2）。7 月 20 日为雷阵雨天气，各个水域水电导率均下降。21 日天气转晴，电导率上升。因此，地表水的水质与天气有着密切的联系。

根据图 1、2、3 分析：在此 7 个水域中，广州大学实验楼的离子浓度最低，电导率最低，而广州大学商业中心（取水点 3）的 TDS 最大，NH₃-N 含量最高。同时其各项水质指标相对其他取水点都偏高。该区域是广州大学生活区中商业密集的区域，周围遍布着饭店，人口密集。因此，人口密集、商业繁荣的区域，水质偏差。

另外由于大学城各学校的水域与珠江相通，属于半流动水域区，因此各高校的水域水质与珠江水质有着密切的联系。一旦出现阴雨天气，珠江水涨，江水倒流进入大学城高校水域，使水中的离子浓度降低，电导率下降。说明水质受水域流动状况的影响较大。

如图 1、3 中 7 月 20 日各点水中离子的浓度（图 1 至图 7 横坐标均表示取水点顺序：1、珠江；2、广州大学实验楼；3、广州大学商业中心；4、广州工业大学图书馆；5、华南理工大学校园；6、中山大学教学区；7、大学城中心公园）。可以很明显地看出，广州大学实验楼、广州大学商业中心这两个检测点在 7 月 17 日至 7 月 19 日，水中离子的浓度不再呈现逐渐升高的趋势，而是先降低后增加的。由此可知，人为的因素影响着水域中离子的浓度。

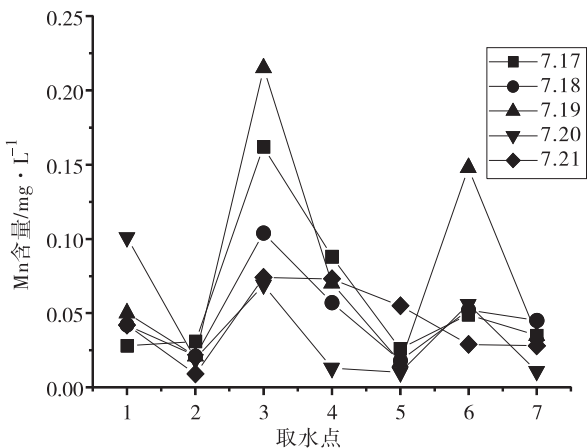


图1 2012年广州大学城各取水点Mn²⁺含量状况

由分析结果得出结论：在半流动水域中，离子的浓度、电导率受天气因素的影响。晴天时，水域的水蒸发，水中离子浓度、电导率逐渐增

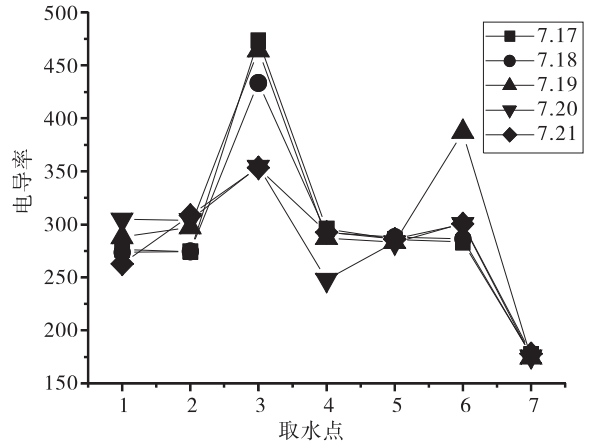


图2 2012年广州大学城各取水点TDS含量状况

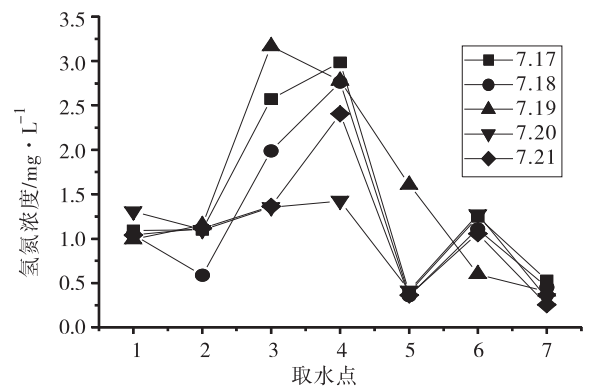


图3 2012年广州大学城各取水点NH₃-N含量状况

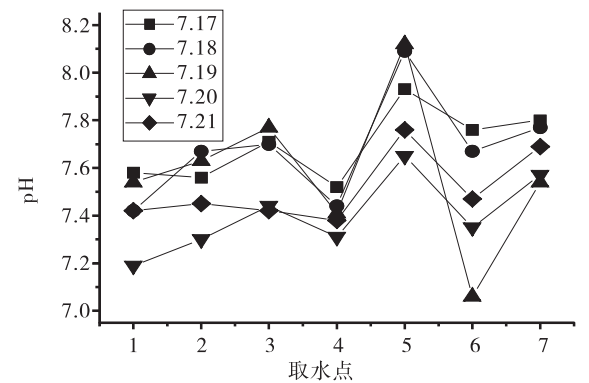


图4 2012年广州大学城各取水点pH值变化状况

大；一旦有降水，水中离子浓度就降低，电导率降低。同时，水质还受水域流动状况和人为因素的影响。

液体 pH 与液体中离子浓度有关，观察图 1、3、4，pH 随着离子浓度的增高而降低，与离子浓度成反比。这是由于锰离子、氨氮是碱性离子，在水中发生电离，产生氢离子，使水溶液 pH 降低。例如：在图 1、3 中，华南理工大学校园水域的离子在 7 个区域、在同一天中的浓

度最低，在图4中，pH在同一天中处于最高值。

由图5可知，7个水域中的有机物含量随时间的变化趋势和图1、3中离子浓度的变化趋势相似。

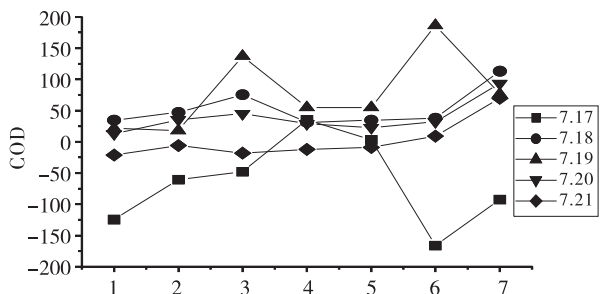


图5 2012年广州大学城各取水点COD含量变化状况

在晴天，水中有机物质不断增多，下雨之后，有机物质减少。7.17和7.21的数据发生错误，得出的COD耗氧量为负值，根据经验，水质的有机物含量不可能出现负值。

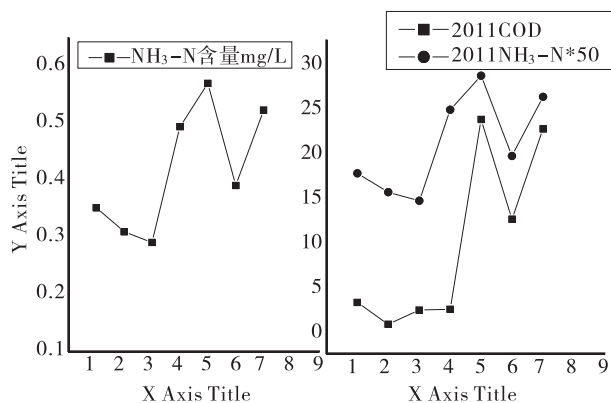


图6 2011年广大外环西路取水点COD和NH₃-N含量对比

2.2 广州大学外环西路广大珠江岸边取水点2010各水质指标的对比

根据2010年9月至12月(秋季)广州大学外环西路广大取水点各水质指标，得出其电导率TDS、pH、Mn²⁺浓度、COD含量平均分别为：291.23、7.08、0.09、79.87。其pH曲线

变化趋势比较平缓，Mn²⁺离子的含量突跃较大，而电导率、COD均呈现由低到高再降低的周期性变化。同时，电导率和COD的曲线呈现出了较为明显的反比例关系。COD值变化与有机物中还原物质的含量有关，而电导率的变化与水体中离子浓度有关。

表1 2010年环西路广大取水点水质指标数据

日期	9.28	10.12	10.27	10.31	11.02	11.06	11.14	11.16	11.17	11.18	11.2	12.02
电导率/ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	149.1	287.6	306.9	323.2	311.7	333	194	366.5	338	276.1	341.8	266.8
pH值	7.36	7.36	7.26	7.56	7.33	7.35	7.25	7.22	7.15	7.4	4.56	7.13
Mn ²⁺ 浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	/	0.095	0.149	0.06	0.068	0.067	0.123	0.083	0.071	0.144	0.054	0.116
COD/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	/	112.91	89.36	76.91	65.64	58.64	90.78	60.88	45.2	48.52	120.87	77.39

2.3 2011年水质氨氮指标和COD指标的情况分析(广州大学外环西路珠江岸边取水点)

将结果的氨氮含量与COD含量图对比(图6)。2011年10月至11月水质状况比较良好，其中COD含量和氨氮含量都达到水质标准规定的限值，这得益于大学城环境优良，周围化工厂、车辆等较少，且自有杂水处理厂的缘故。通过对比，发现两种评估水中有机物含量的指标，2011年10月到11月的水质变化趋势较为相近。因此可通过在平行条件下的多指标多方法检测来实现水质情况的准确度评估。

2.4 2010和2011年10月中旬到11月下旬水质情况对比(广州大学外环西路珠江岸边取水点)

2010年和2011年在同一时期的水质状况监测显示(图7)，在2011年10月中至11月末水质指标与2010年同一时期相比，TDS、pH值偏高，COD含量偏低；而Mn含量在一定范围内波动。TDS偏高说明该时期内水中离子浓度大，COD含量偏低则表明该时期内水中有机物和营养盐浓度偏低，而重金属离子Mn²⁺在一定范围内波动则说明重金属污染的控制良好。综合以上数据分析，可判定2011年广大取水点水质情况也比较好。

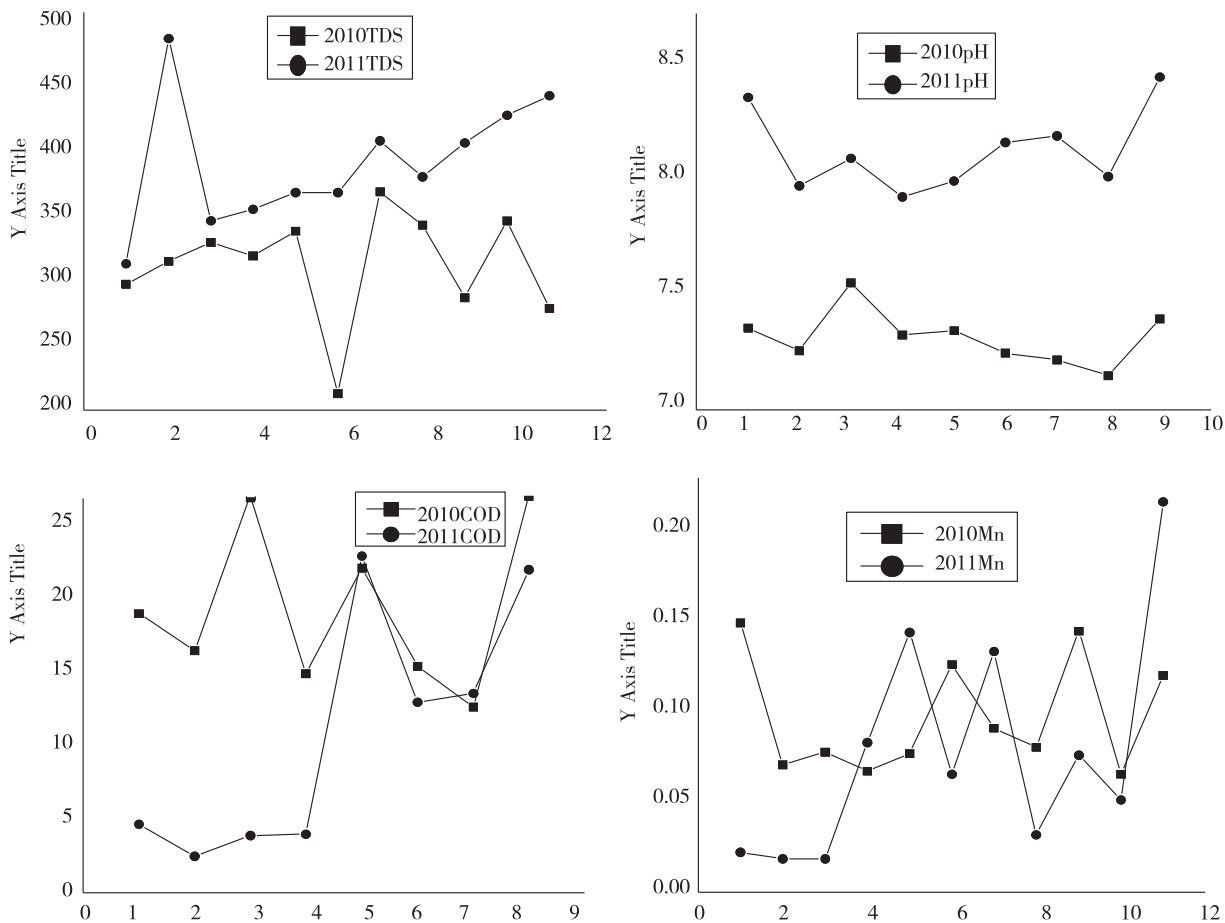


图7 2010年10月中至11月末各水质指标的对比

3 结论

通过 2010 ~ 2012 年 3a 水质的监测, 可以确定大学城的水质状况相较而言比较良好, 但切不可盲目乐观。随着商铺、学生、教工、车辆、企业等的不断增多, 大学城水质状况需定期监控, 及时反馈, 及时处理, 才能保证岛内人民的环境和健康状况良好。

参考文献:

- [1] 周金伦. 广州大学城供水管网系统介绍 [J]. 给水排水, 2006, 32 (9), 31 - 33.
- [2] 张云, 徐峰俊, 黄胜伟. 广州大学城取水工程对附近河道演变的影响分析 [J]. 城市道桥与防洪, 2008, (7), 177 - 181.
- [3] 陈敏建, 陈炼钢, 丰华丽. 基于健康风险评价的饮用水水质安全管理 [J]. 中国水利, 2007, (7): 12 - 15.

Water Quality Monitoring and Analysis of Different Flow Sections of the Pearl River in Guangzhou University City

GENG Xin-hua, SHEN Wei-zhen, CHEN Huo-ling, HUANG Dan-hong, XU Qiong-na, ZENG Juan, LIU Bing-mei (College of Chemistry and Chemical Engineering, GuangZhou University, Guangzhou Guangdong 510006 China)

Abstract: The water quality of the Pearl River in Guangzhou University City has been monitored for nearly 3 years, when the pH, TDS, the concent of COD, nitrogen ammonia and Mn²⁺ have been regularly tested. The results show that the pH of the water is neutral to alkaline, and the correlation of TDS and COD is negative. The content of the heavy metal (Mn²⁺), COD and NH₃ - N is in compliance with the water standards.

Key words: water environment; monitoring; analysis; Guangzhou University City

开展 PM_{2.5} 监测对昆明市环境空气质量影响的探讨

殷丽萍

(云南省环境监测中心站, 云南 昆明 650034)

摘要: 随机抽取 2006~2011 年昆明市 6 年的城考数据, 对环境空气质量评价指标 PM₁₀、SO₂、NO₂ 的年均浓度值进行了趋势变化分析。以此探讨按照环境空气质量新标准开展 PM_{2.5} 监测后对昆明市环境空气质量报告的影响。提出了应采取的措施。

关键词: 城考数据; 新标准; PM_{2.5} 监测; 空气质量; 影响; 昆明

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0128-03

1 前言

随着我国经济高速发展, 环境空气污染特征已由煤烟型向复合型转变, 区域性大气细颗粒物和臭氧污染不断加重, 一些城市经常出现长时间灰霾天气, 空气污染对公众健康产生了严重威胁。原有标准的评价结果与人民群众主观感受存在差异。为适应我国经济发展水平和人民群众对空气质量要求, 2012 年 2 月 29 日, 国务院常务会议发布新修订的《环境空气质量标准》, 可入肺颗粒物 (PM_{2.5}) 终于写入“国标”, 纳入各省市强制监测范畴。昆明市作为全国第一批实施空气质量新标准的省会城市, 启动 PM_{2.5} 监测, 将进一步扩大昆明市大气污染因子监测范围。

2 评价标准

(1) 旧标准《环境空气质量标准》(GB3095-1996), 采用 API 空气污染指数来评价环境空气质量。PM₁₀ 年均值, 一级标准为 0.04mg/m³, 二级标准为 0.10mg/m³, 三级标准为 0.15mg/m³; SO₂ 年均值, 一级标准为 0.02mg/m³, 二级标准为 0.06mg/m³, 三级标准为 0.10mg/m³; NO₂ 年均值, 一级标准为 0.04mg/m³, 二级标准为 0.04mg/m³, 三级标准为 0.08mg/m³。

(2) 新标准《环境空气质量标准》(GB3095-2012), 采用 AQI 空气质量指数评价环境空气质量。PM_{2.5} 年均值, 一级标准为 15μg/m³, 二级标准为 35μg/m³; PM₁₀ 年均值, 一级标准为 40μg/m³, 二级标准为 70μg/m³; SO₂ 年均值, 一级标准为

20μg/m³, 二级标准为 60μg/m³; NO₂ 年均值, 一级标准为 40μg/m³, 二级标准为 40μg/m³。

3 昆明市环境空气质量的变化趋势

昆明市自 1989 年参加城市环境综合整治定量考核以来, 环境空气质量一直处于全国的前列。特别是“十一五”期间, 昆明市的“城考”排名一直处于全省第一。截至 2012 年底, 昆明市已累计建成“烟尘控制区”298km², 烟尘控制区覆盖率达 100%。本文抽取 2006~2011 年“城考”中环境空气污染指标 (PM₁₀、SO₂、NO₂) 的监测数据, 采用旧标准《环境空气质量标准》(GB3095-1996) 对三项指标进行评价。通过表 1 和图 1, 分析昆明市环境空气质量的变化趋势。

表 1 昆明市 (2006~2011) 环境空气污染

年度	指标监测年均值 (mg/m ³)		
	PM ₁₀ 年均值	SO ₂ 年均值	NO ₂ 年均值
2006	0.029	0.031	0.013
2007	0.075	0.068	0.041
2008	0.067	0.051	0.039
2009	0.067	0.041	0.046
2010	0.072	0.040	0.046
2011	0.065	0.037	0.044

从表 1 和图 1 可以看出, 2006 年空气污染物评价指标 (PM₁₀、SO₂、NO₂) 为最低浓度值, 除 SO₂ 以外的其余两项指标均达到环境空气质量一级标准; 2007 年, PM₁₀ 和 SO₂ 年均浓度值较高, 除 SO₂ 以外的其余两项指标均达到环境空气质量二级标准; 2008~2011 年空气污染物评价指标 (PM₁₀、SO₂、NO₂) 均在环境空气质量二级标准

范围内。从图 1 上分析 2007 ~ 2011 年 PM₁₀、SO₂、NO₂ 三项污染物浓度值, PM₁₀ 波动不大, SO₂ 逐年下降, NO₂ 从 2009 年开始有上升的趋势。

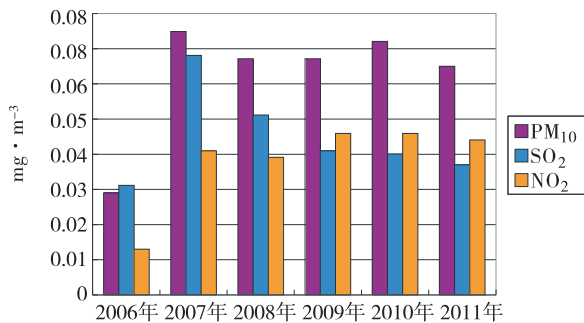


图1 昆明市 (2006~2011) 环境空气污染指标监测年均值变化情况

4 PM_{2.5} 来源

PM_{2.5}是指大气中直径小于或等于 2.5 μ m 的颗粒物,也称为可入肺颗粒物。虽然 PM_{2.5}只是地球大气成分中含量很少的组分,但它对空气质量和能见度等有重要的影响。PM_{2.5}主要来自于人为排放,包括一次排放和二次转化生成。一次排放主要来自燃烧过程及粉尘、扬尘。二次转化由二氧化硫、氨、氮氧化物和挥发性有机物等气态前体物在大气中通过化学反应生成。自然过程也会产生少量 PM_{2.5},如沙尘暴、火山灰、森林火灾、花粉、海盐等。昆明市的 PM_{2.5}主要来源于城市扬尘、汽车尾气、生活源能源消耗、工业排放、燃煤、燃油锅炉、餐饮业油烟和加油站(储油库)油气挥发等。其中约 49% 来源于城市扬尘, 25% 来源于汽车尾气, 16% 来源于工业排放, 10% 来源于生活源及第三产业燃煤、燃油等。

2007 ~ 2011 年,昆明市的空气污染问题比较严重。虽然污染较重的企业大部分都已经关闭或搬迁,工业污染源已逐步撤出主城区外,但城中村改造、拆迁造成的扬尘污染,容易导致 PM_{2.5} 升高。好在拆迁只是一个短期的行为,一旦拆迁结束,它对空气带来的影响也随之消失。拆迁产生的污染主要以扬尘为主,并不产生二氧化硫、氮氧化物等。从空气污染指数(API)来看,主要污染物是 PM₁₀、SO₂、NO₂ 等;从空气质量指数(AQI)来看,首要污染物将转变为 PM_{2.5}、O₃ 及 NO₂。

5 开展 PM_{2.5} 监测,对昆明市的环境空气质量影响不大

昆明市作为全国第一批实施空气质量新标准的

省会城市,已按照空气质量新国标开始监测 PM_{2.5}。在长达 16a 的 PM₁₀ 监测中,昆明市的空气质量稳步提升,空气的优良天数不断增加。当 PM_{2.5} 纳入新国标后,从昆明市 2012 年 12 月 21 日首次发布空气质量 PM_{2.5} 数值看,7 个监测点中,呈贡新区没有数据显示,金鼎山、东风广场、关上、龙泉镇 4 个监测点黄色圆点闪动,碧鸡广场橙色圆点闪动,西山森林公园(清洁对照点)绿点闪动。绿黄为主,说明监测点属于优良天气,首要污染物 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 均有。空气质量指数在 50 ~ 100,空气质量属于良,达到二级标准。说明开展 PM_{2.5} 监测对昆明市的环境空气质量评价结果影响不大。

由于评价时段、指标限值、因子不同,导致 AQI 与 API 数值出现差异,首要污染物也出现不同,但空气质量并没有下降。与新标准相比,旧标准项目少,限值偏低。新标准强调了“调整”、“收严”等内容,调整了污染物项目及限值,增设了 PM_{2.5} 平均浓度限值和臭氧 8 小时平均浓度限值,收紧了 PM₁₀、NO₂ 等污染物的浓度限值,PM₁₀ 年均值由 100 μ g/m³ 调整到了 70 μ g/m³,限值降低了将近一倍,收严了监测数据统计的有效性规定。把 PM_{2.5} 等更多的污染因子纳入监测范畴,目的是让我们更清楚这个区域的大气环境状况,以便更有针对性地开展大气污染防治工作,确保昆明市的空气质量继续在全国省会城市及云南省的“城考”城市中处于领先地位。

6 对策及措施

(1) 大力推动清洁生产审核,从源头减少大气污染物排放量;

(2) 加大重点工业污染源治理力度,减少污染物排放总量;

(3) 研究开发新型能源,加大能源结构优化调整;

(4) 完善绿色大公交系统,使低碳出行成为自觉行动;

(5) 强化机动车排气污染监督管理,防治机动车尾气污染;

(6) 强化扬尘污染控制,实施增雨减污工程。利用遮挡、洒水等方式控制建筑、施工等动土工程中的扬尘。施工运输车辆必须加盖,以免运输途中泼洒,造成污染。

7 结论

(1) 2006 年昆明市环境空气质量较好,除 SO₂ 以外其余两项指标均达到环境空气质量一级标

准; 2007年, PM_{10} 和 SO_2 年均浓度值较高, 除 SO_2 以外的其余两项指标均达到环境空气质量二级标准; 2008~2011年空气污染物评价指标(PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2)均在环境空气质量二级标准范围内。 PM_{10} 波动不大; SO_2 逐年下降; NO_2 从2009年开始有上升的趋势。

(2) 因新标准的指标限值比旧标准更加严格,

按照新标准AQI统计, 出现轻度污染的情况较原使用API统计明显增多, 且首要污染物为 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 NO_2 等污染物的情况均有出现。实施新的空气质量标准后, 昆明市的空气质量评价为优良的天数可能会有所“下降”, 但环境空气质量仍然能达到二级标准。开展 $PM_{2.5}$ 监测, 对昆明市环境空气质量评价结果影响不大。

Monitoring of Impact of $PM_{2.5}$ on the Environmental Air Quality in Kunming City

YIN Li-ping

(Yunnan Provincial Environmental Monitoring Center, Kunming Yunnan 650034 China)

Abstract: Based on the randomly sampling data of Kunming City Comprehensive Environmental Evaluation from 2006 to 2011, the development trend of PM_{10} , SO_2 and NO_2 is analyzed in this paper for their annual average concentration. Then the author discusses the impact of monitoring $PM_{2.5}$ on the environmental air quality report of Kunming City in accordance with the new standards, and the measures are suggested.

Key words: comprehensive city environmental evaluation data; new standards; monitoring of ; air quality; impact; Kunming

实验室分析测量中的质量保证

——以云南省辐射环境监督站为例

张召文

(云南省辐射环境监督站, 云南 昆明 650034)

摘要: 阐述了实验室分析测量中质量保证的意义, 以云南省辐射环境监督站为例, 论述了质量保证的内容。

关键词: 实验室; 分析; 质量; 保证

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 03-0131-02

1 质量保证的意义

实验室分析的数据是环境科学的基础, 是环境管理的依据。因此, 实验室质量控制可使监测结果准确可信, 保证数据的代表性、精密性、完整性和可追溯性, 也可及时发现布点、采样、测量分析中的问题并能及时地予以补救。质量控制的目的主要是为了发现问题和解决问题, 监视过程并排除在质量环的所有阶段中导致不满的原因。在实验室分析中, 它的作用是鉴别采样、制样到分析测量的全过程中造成缺陷的一些操作, 以便采取改进的措施。因此, 过程控制的出发点是预防不合格, 而不是为了证明过程的正确, 更不是为了掩盖过程的缺陷。

2 质量保证的内容

质量保证的基本内容可以描述为: 为了提供足够的信任, 表明实体能够满足质量要求, 在质量体系中实施并根据需要进行证实的全部有计划和有系统的活动。其中有计划和有系统的活动可以归纳为: 严密的组织, 文件化管理, 规范化操作, 有效的控制。

2.1 建立质量保证机构

云南省辐射环境监督站成立了质量保证小组, 定期对实验室进行内部审核, 提出整改意见, 确保质量体系的有效运行。

2.2 监测人员素质要求

云南省辐射环境监督站对实验室的人员进行严格管理, 要求实验室人员必须持证上岗。另外, 实验室实行岗位制度, 严把分析质量关。每一个项目的分析均设置了 2 个分析岗位 (即 A 角为主, B 角为辅), 要求 A、B 角中至少有一人从事此项目

的分析 1 年以上, 以确保分析过程的熟练, 分析结果的可靠。

2.3 仪器设备质量保证

云南省辐射环境监督站分析过程使用的设备都会定期送检, 确保设备在检定期内, 且正常稳定。对部分设备还要求定期进行仪器长期稳定性的测量。

2.4 标准物质和化学试剂的选用及配制

(1) 云南省辐射环境监督站要求必须使用经过国家计量部门或国际权威实验室认可的放射性标准物质, 某些天然放射性核素的标准, 可用高纯度化学物质来制备。

(2) 准确地配制标准溶液。一般采用平行配制及母液稀释的方法提高其准确性。

2.5 分析方法的可靠性

云南省辐射环境监督站首次于 2003 年 5 月通过了国家认证。到目前为止放化实验室主要针对水样品中放射性核素进行分析, 开展了水样品中总 α 、总 β 、铀、钍、镭-226、钾-40、铯-90、铍-137 的分析, 所采用的方法如下:

(1) 水样品中总 α 、总 β 的分析: 依据 GB/T5750.13-2006《生活饮用水标准检验方法》, 分别采用了低本底总 α 检测法和薄样法。

(2) 水样品中铀的分析: 依据 GB6768-86《水中微量铀分析方法》, 采用了液体激光荧光法。

(3) 水样品中钍的分析: 依据 GB11224-89《水中钍的分析方法》, 由于无法购买到 TRPO (三烷基氧膦萃淋树脂), 目前暂采用了 N-235 萃取的方法。

(4) 水样品中镭-226 的分析: 依据 GB11214-1989《水中镭的分析测定》, 采用了氢氧化铁-

碳酸钙共沉淀法。

(5) 水样品中钾-40的分析:依据GB11338-89《水中钾的分析方法》,采用了火焰光度法。

(6) 水样品中铯-90的分析:依据GB6766-86《水中铯-90放射化学分析方法》,采用了P204萃淋树脂(涂有二-(2-乙基己基)磷酸脂的聚三氟氯乙烯)萃取色层法。

(7) 样品中铯-137的分析:依据GB6767-86《水中铯-137放射化学分析方法》。

2.6 分析过程的质量控制

云南省辐射环境监督站主要采取空白样、平行样、加标样、盲样的方式对分析过程进行控制:

(1) 空白样品的分析是为了发现和量度样品在预处理和分析过程中沾污和提供适当扣除本底的资料。一批样品的测定要求有1~2个空白样。

(2) 平行样的分析是为了确定分析测量的精密密度。为此,要求采样过程中每批样品都有1~2个采样的平行样,分析过程中要求分析样品的平行双样不得少于该批样品的20%,且平行双样总的合格率要求达到 $\geq 95\%$ 。

(3) 加标样的分析是为了确定分析测量的准

确度。为此,分析过程中要求每一批样品都有1~2个加标样,且测量结果与参考值的相对偏差应 $< 30\%$ 。

2.7 强化实验室登记制度管理

云南省辐射环境监督站建立了质量体系文件,对实验室进行严格的制度管理。

(1) 建立标准化操作规程及实施细则,完善实验室的制度管理。

(2) 对危险药品实行专人、专管,领用登记管理制度。

(3) 严格分析前、分析中、分析后的质量控制,最终形成质控报告随分析数据一并上报。

2.8 外部质量控制

(1) 加强信息交流。为提高人员的专业技术水平,云南省辐射环境监督站不定期组织一线人员到各兄弟站学习交流。

(2) 积极参加各种监测比对,寻找原因,总结经验。实践证明,实验室的硬件条件和人员的素质是做好质保工作的重要因素,但不是决定因素,更重要的因素是分析人员的质量意识和工作态度。

Quality Guarantee of Analysis and Measurement in Laboratory: A Case of Yunnan Radiation Environmental Supervision Station

ZHANG Zhao-wen

(Yunnan Provincial Radiation Environmental Supervision Station, Kunming Yunnan 650034 China)

Abstract: This paper explains the significance of guaranteeing the quality of the analysis and measurement in the laboratory. Yunnan Provincial Radiation Environmental Supervision Station is taken as an example to discuss the content of the quality guarantee.

Key words: laboratory; analysis; quality; guarantee