

环境科学导刊 (双月刊)
HUANJING KEXUE DAOKAN

第 38 卷 增刊 1 总第 187 期
2019 年 6 月 25 日出版

目 次

· 专题研究 ·

- 铬污染土壤微生物修复机制及其研究进展 晏晓丹, 刘卫国, 史学峰, 韩宝禄, 叶明强 (1)
土壤中 PAHs 的污染现状及修复对策 韩金涛, 彭思毅, 杨玉春 (7)
根分泌物有机酸的研究方法 钟正燕, 陈炳发, 宋雁辉, 马丽 (12)
新型 CO₂ 捕集材料的研究进展 黄田, 黎阳明 (19)

· 环境保护 ·

- 云南省水生生态现状及其保护对策 杨育华, 杨洪福, 段燕楠, 张文丽, 闻睿 (22)
浅析高黎贡山自然保护区生态补偿机制的建立 和建华 (27)
云南省进一步深入推进生态文明创建的对策建议 李庆华, 王瑞波 (31)

· 环境管理 ·

- 昆明市移动通信基站环保管理现状研究 杨倩, 支国强, 李田富 (34)
对污染源自动监控设施监督管理研究 吕娜 (38)
云南印刷企业绿色发展前景探究 刘铁波 (42)

· 污染防治 ·

- 春节期间燃放烟花爆竹对句容市环境空气的影响分析 李骏 (46)
典型污染天气下 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 成因分析 黄绍祥, 高明 (48)
珠海市不同前体物削减比例对臭氧的影响 丁博昊, 赖丽芳 (51)
上海市施工扬尘污染环境管理体系探索与实践 陈晓婷 (54)
浅析农村环境综合整治中道路建设的突出问题及对策 尹德智, 张福庆 (57)

· 环境评价 ·

- 浅析抚仙湖主要入湖河流污染物特征 杨淑香 (62)
“十二五”期间西山区国控入滇河流水质环境质量状况分析与评价 彭雅, 瓦武奎, 梁贵芬 (66)
红河州瓶(桶)装饮用水厂灌装车间空气洁净度调查 刘春艳, 董建平, 李春江, 倪涵 (69)
场地修复建设项目环境影响评价及审批要点分析 汪超, 申晓霞, 周健飞, 薛琦 (72)
某铅锌污染场地污染调查与评估 孙晶, 潘学军 (76)
云南省风电建设项目对环境的影响及对策措施 杜文静, 关佳杰 (79)
云南省电网规划建设重点关注环境保护问题分析 陈晨, 邵捷, 李增加 (82)
在环评技术评估中如何落实环境影响评价制度与排污许可制衔接
..... 李田富, 杨聪高 (84)

· 环境监测 ·

- 加强环境监测全过程质量管理的几点建议 杨墩 (86)
浅谈环境水质现场监测技术规范建设 柘元蒙 (88)
浅谈提高环境监测分析效率在监管企业中的重要作用 黄彦明, 彭梦微, 邓元秋, 陆山 (90)
未按规定保存期限标准贮备液的使用 张金艳 (92)
基于视觉传感器的水体透明度在线监测系统研究 刘飞达, 谢广群, 杜伟 (93)
稀释与接种法测定水质 BOD₅ 质量控制技术及建议 张莉萍, 王瑞波, 杨再荣 (97)
空气氨检测中纳氏试剂对空白影响的探讨 崔悦, 黎芳, 王菊花, 刘卫东, 张桃英 (103)
某医院伽马刀治疗中心放射源钴-60 更换前后辐射环境监测 杨渐文, 马艳芳, 李程 (106)
云南省放射性废物收贮工作人员 2014—2015 年个人剂量监测结果与分析
..... 杨渐文, 李媛媛, 黄兵, 李程 (108)

封面图片: 1992 年的昆明长春路全貌 张卫民 摄

期刊基本参数: CN53-1205/X * 1982 * b * A4 * 112 * zh * P * ¥15.0 * 2000 * 32 * 2019-06

ENVIRONMENTAL SCIENCE SURVEY

(Bimonthly) Vol. 38 Special Issue 2019

CONTENTS

Mechanism and Research Progress of Microbial Remediation of Chromium Contaminated Soil	YAN Xiaodan <i>etc.</i>	(1)
The Pollution Status and Remediation Methods of PAHs in Soil	HAN Jintao <i>etc.</i>	(7)
Research Methods on Organic Acids in Root Exudates	ZHONG Zhengyan <i>etc.</i>	(12)
Research Progress of New Materials for CO ₂ Capture	HUANG Tian <i>etc.</i>	(19)
The Status of Aquatic Ecosystem and Countermeasures of Yunnan	YANG Yuhua <i>etc.</i>	(22)
Analysis on the Establishment of Ecological Compensation Mechanism in the Gaoligongshan Nature Reserve	HE Jianhua	(27)
Countermeasures on Further Improving the Establishment of Ecological Civilization in Yunnan Province	LI Qinghua <i>etc.</i>	(31)
Study on the Environmental Management of the Mobile Communication Base Station in Kunming	YANG Qian <i>etc.</i>	(34)
Research on the Supervision and Management of Auto – monitoring Facilities of Pollution Sources	LV Na	(38)
Study on the Prospects of Green Development of Printing Industry in Yunnan	LIU Tiebo	(42)
Impacts of Setting off Fireworks and Firecrackers on Air Quality of Jurong City during Spring Festival	LI Jun	(46)
Cause Analysis of PM _{2.5} and PM ₁₀ under Typical Pollution Weather Conditions	HUANG Shaoxiang <i>etc.</i>	(48)
Impact of Different Precursors Reduction Ratio on Ozone in Zhuhai	DING Bohao <i>etc.</i>	(51)
Exploration and Practice of Pollution Control on Dust from Construction Site in Shanghai	CHEN Xiaoting	(54)
Analysis on the Marked Problems and Countermeasures of Road in Comprehensive Improvement in Rural Environment	YIN Dezhi <i>etc.</i>	(57)
Analysis of the Pollution Characteristics of the Main Rivers Following into Fuxian Lake	YANG Shuxiang	(62)
Analysis and Evaluation of the State – controlled Water Quality of the Rivers Flowing into Dianchi Lake in Xishan District during the 12th Five – year Plan Period	PENG Ya <i>etc.</i>	(66)
Indoor Air Clean Investigation of the Filling Workshop of Bottled Water Production Factory in Honghe	LIU Chunyan <i>etc.</i>	(69)
Key Points of Environmental Impact Assessment and Approval for Site Remediation Projects	WANG Chao <i>etc.</i>	(72)
Survey and Evaluation of a Lead and Zinc Polluted Site	SUN Jing <i>etc.</i>	(76)
Environmental Impact and Countermeasures of Wind Power Construction in Yunnan	DU Wenjing <i>etc.</i>	(79)
Analysis of Environmental Protection in the Planning and Construction of Yunnan Power Grid	CHEN Chen <i>etc.</i>	(82)
Brief Talk on How to Implement the Connection between Environmental Impact Assessment System and Discharge Permit System in EIA Technical Assessment	LI Tianfu <i>etc.</i>	(84)
Suggestions on Strengthening Quality Management in the Whole Process of Environmental Monitoring	YANG Dun	(86)
Standardization Construction of On – site Water Monitoring Technology	ZHE Yuanmeng	(88)
Discussion on the Important Role of Improving the Efficiency of Environmental Monitoring and Analysis in the Supervision Enterprises	HUANG Yanming <i>etc.</i>	(90)
The usage of Standard Stock Solution with Un – specified Storage Life	ZHANG Jinyan	(92)
Research on On – line Monitoring System of Water Transparency Based on Vision Sensor	LIU Feida <i>etc.</i>	(93)
Measures and Suggestions for Quality Control of BOD ₅ Determination in Industrial Wastewater by Dilution and Inoculation Method	ZHANG Liping <i>etc.</i>	(97)
Effect of Nessler Reagent on Blank in Ammonia Detection	CUI Yue <i>etc.</i>	(103)
Radiation Environment Monitoring before and after Switching the Radiation Source Cobalt in the Gamma Knife Treatment Center of a Hospital	YANG Jianwen <i>etc.</i>	(106)
The Monitoring Results and Analysis of Personnel Radiation Dose of the Staff of Yunnan Radiation Waste Storage Site in the Year of 2014 and 2015	YANG Jianwen <i>etc.</i>	(108)

铬污染土壤微生物修复机制及其研究进展

晏晓丹, 刘卫国, 史学峰, 韩宝禄, 叶明强

(航天凯天环保科技股份有限公司, 湖南长沙 410100)

摘要: 概述了铬在土壤中的形态及其迁移转化过程。阐述了微生物与土壤铬之间的作用机制及其影响因素。结合国内外微生物修复技术的最新研究进展, 提出了在微生物修复技术发展方向上的建议和展望。

关键词: 污染土壤; 微生物; 铬; 修复机制

中图分类号: X131.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0001-06

铬(chromium)是地球地幔中第十大丰富的元素^[1], 属VIB族元素, 含铬的矿物约占地球陆地表面的1%, 在自然界中不存在游离态的铬, 它主要存在于聚合版块边缘的超镁铁质岩或蛇纹石中^[2-3]。随着工业的快速发展以及可利用资源的过度开发, 六价铬Cr(VI)在电镀、不锈钢行业、染料、皮革鞣制厂, 以及木材防腐工艺等方面得到了广泛的应用。美国环境保护署(美国环保署)已确认Cr(VI)是对人类构成威胁的十七种化学物质之一^[4]。它可以通过一些自然过程以及采矿、冶炼、金属加工、工业生产、家庭和农业用金属等人为因素的途径进入环境系统(如空气、水、土壤等)。在环境中暴露的Cr(VI)会对动植物的健康造成严重的威胁和危害。因此, 世界各地的专家学者都在致力于研究Cr(VI)的高效去除或者转化技术, 以期把环境中的Cr(VI)转变成一种毒性更小的形式存在。

目前常用的土壤铬污染的处理方法主要包括物理、化学和生物法。根据铬的物理性质, 物理方法主要有吸附、电渗析、膜过滤、光催化以及土壤洗涤法等。化学法是通过使用化学物质, 包括二氧化硫、亚硫酸钠、硫酸亚铁、亚硫酸钠、亚硫酸钡、石灰和石灰石等使Cr(VI)还原成三价铬[Cr(III)]^[5-6], 降低铬的污染毒性。此外, 土壤中的有机酸、锰[Mn(II)]、铁[Fe(II)、Fe(III)]也会对Cr(VI)的还原过程产生较大的影响^[8]。虽然物理、化学方法对于铬污染的处理工艺较为简单便捷, 也可能有助于金属

的回收, 但是这些方法的处理成本都相对较高, 能耗较大, 且容易产生二次污染。生物修复是一种有效且经济的处理土壤铬污染的修复技术, 同时对生态环境较为友好, 因此是目前土壤铬污染修复技术研究的重点和热点^[9-10]。

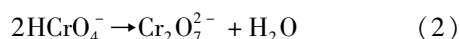
本文通过分析铬的形态及其迁移转化, 着重介绍了微生物修复技术(如细菌、真菌等)的作用机制, 并对国内外学者在微生物修复方面的研究进展进行了总结和回顾, 同时对未来的技术发展方向进行了展望。

1 土壤铬的赋存形态及其迁移转化

1.1 土壤铬的赋存形态

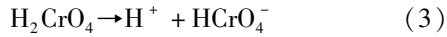
在自然环境中, 铬通常以Cr(III)和Cr(VI)两种主要形态存在, 且它们之间的物理和化学特征相对较明显。土壤中Cr(III)的存在形态主要有: Cr^{3+} 、 $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$ 、 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$ 、 $\text{Cr}(\text{OH})_5^{2-}$ 等。当土壤呈酸性时, Cr(III)主要以 Cr^{3+} 、 $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$ 的形式存在; 当pH在7~11时, Cr(III)主要以 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 这种难溶化合物形式存在; 而当pH>11时, Cr(III)则以 $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$ 、 $\text{Cr}(\text{OH})_5^{2-}$ 等形式存在。

在土壤溶液中, Cr(VI)根据体系的pH、总铬浓度、氧化还原化合物的种类以及氧化还原电位的不同而具有不同的存在形式。比如 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 、 CrO_4^{2-} 、 H_2CrO_4 和 HCrO_4^- 等。当土壤溶液中的pH>7时, Cr(VI)只以铬酸盐(CrO_4^{2-})的形式存在, 如式(1)和(2)所示, 而当pH在1~6时, Cr(VI)主要以重铬酸盐(HCrO_4^-)的形式存在^[5], 如式(3)所示。



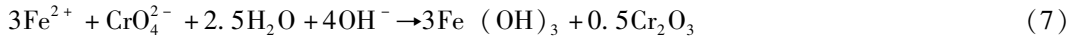
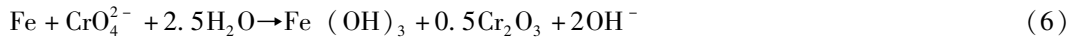
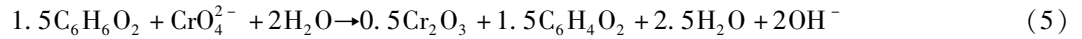
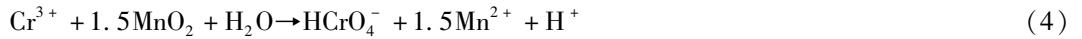
收稿日期: 2018-11-07

作者简介: 晏晓丹(1990-), 男, 博士, 技术工程师, 研究方向: 土壤修复。



1.2 土壤铬的迁移转化

在土壤中，Cr(III)是土壤中铬的主要形态。Cr(III)流动性较低，相对稳定且几乎无毒性，土壤中Cr(III)的化合物超过90%可以被土壤进行吸附固定，以铬的氢氧化物形式存在，具有不溶性且较难迁移。而Cr(VI)具有一定的流动性，很难被土壤胶体所吸附，并且具有较强的活性和毒性。在土壤溶液中游离的Cr(VI)仅有8.5%~36.2%的Cr(VI)可以被土壤所吸附^[10]。此外，Cr(III)容易被土壤中的MnO₂氧化成Cr(VI)，



并释放出Mn²⁺，土壤中MnO₂的含量与对Cr(III)的氧化能力呈正相关，反应过程如式(4)所示。在土壤中Cr(VI)也容易被土壤中含碳有机化合物还原成Cr(III)，如式(5)所示。此外，土壤中的Fe、Fe²⁺以及S²⁻也具有一定的还原性，可以使土壤中的Cr(VI)还原成Cr(III)，反应过程分别如式(6)、(7)、(8)所示。因此，铬通过氧化还原在土壤中的迁移转化也与土壤本身氧化还原性物质含量相关，图1描绘了自然界中的铬循环示意图^[12]，说明土壤中铬的迁移转化主要与氧化还原、沉淀溶解以及吸附解吸作用有关。

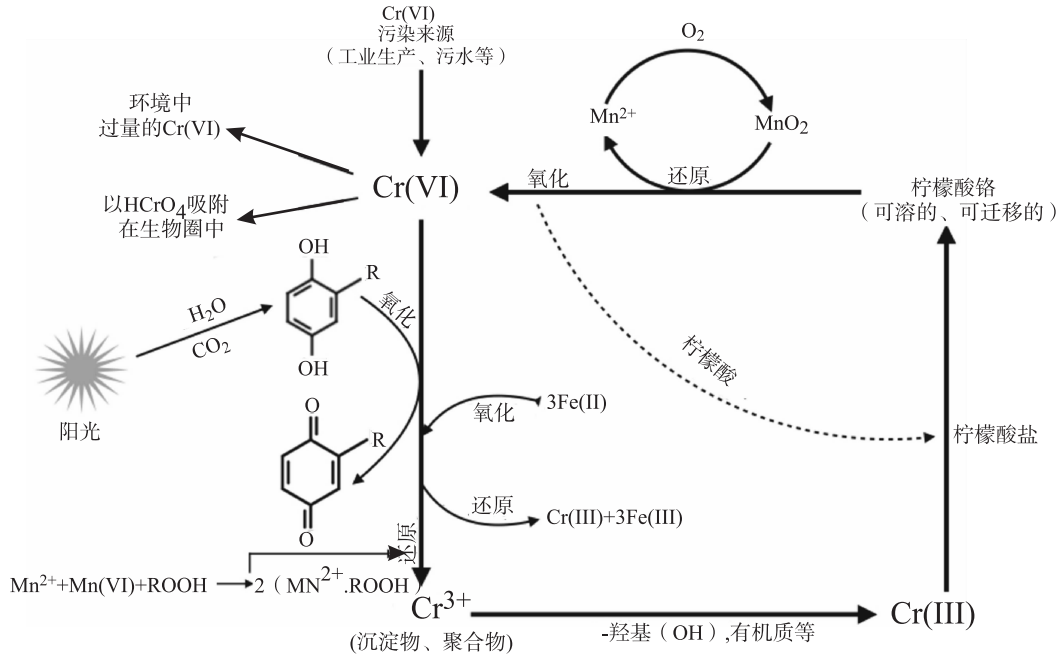


图1 自然环境中的铬循环

2 微生物修复土壤铬污染的作用机制

2.1 影响微生物修复作用的主要因素

微生物修复是指通过微生物将有毒有害的污染物转化为无毒化合物的过程^[12]。微生物通常使用金属作为一种营养或能量来源以满足其生长需求^[13]。它们可以通过一种特有的酶催化途径使金属转化成CO₂、CH₄、水和生物质等无害化合物^[14]。因此，通过微生物修复，可以使铬污染场地恢复到未污染前的状态并且不会对环境产生任何有害影响^[15]。影响微生物修复的因素主要有：①

污染物的化学性质及其浓度；②土壤的含水量、含氧量、结构、营养状态、水文地质及pH值等；③污染场地微生物群落；④温度^[13]。

2.2 微生物修复的作用机制

微生物修复利用的对象主要包括细菌以及真菌等，它们对土壤铬污染的修复作用机制主要体现在生物吸附、生物体内积累、生物转化上^[16]，其次还有部分的作用机制是利用生物矿化或者细胞外沉淀来进行土壤修复。生物吸附是一个物理化学过程，某些生物由于自身的特性，将重金属污染物附

着在细胞表面结构上并形成化学键，如络合、螯合、离子交换、静电吸附、共价吸附以及无机微沉淀等作用，它与死亡的、活性或非活性的生物表面呈正相关。类似地，生物体内积累是指微生物通过新陈代谢以及生物的有氧呼吸产生的能量，使 Cr (VI) 吸附在细胞壁上。而生物转化是指微生物通过生物氧化还原、生物甲基化/去甲基化等转化重金属，改变其毒性，通常应用于污染的工业场地上，它是通过建立一个生物系统，使土壤中的 Cr (VI) 转化成 Cr (III)^[16]。

图 2 展示了微生物细胞去除 Cr (VI) 的各种可能途径。Cr (VI) 通过微生物间的化学键附着在微生物细胞表面。由于微生物细胞表面结构上含

有多种蛋白质、糖蛋白、多糖、糖脂等官能团，Cr (VI) 可以通过与这些官能团形成化学键而附着在微生物细胞表面。吸附之后，可以通过微生物细胞表面形成沉淀，也通过铬酸还原酶催化或者自发直接转化成 Cr (III)^[18-19]。在原核生物和真核生物中，无论厌氧还是好氧菌，都有将 Cr (VI) 还原成 Cr (III) 的能力，铬酸盐可以通过硫酸盐转运蛋白由微生物细胞膜直接进行转运。而在细胞内部，Cr (VI) 借助于特异性金属结合蛋白还原成 Cr (III)，也有可能由于不稳定的氧化过程还原成中间产物 Cr (IV) 或者 Cr (V)^[18-19]。另外，Cr (VI) 经过质粒基因 *chr A* 编码后，也可以将微生物细胞中过量的 Cr (VI) 通过跨膜蛋白进行外排。

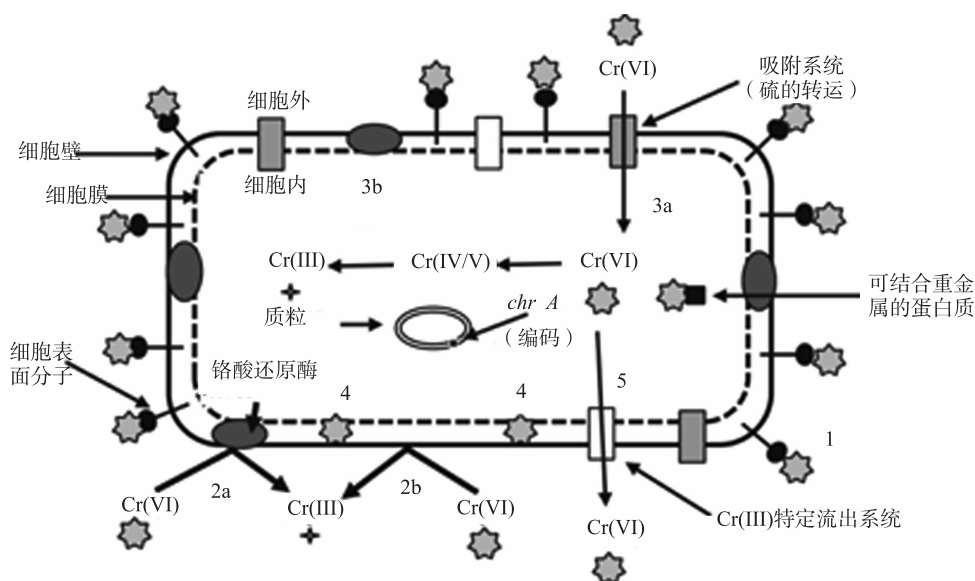


图2 微生物细胞去除Cr(VI)的各种可能途径

3 微生物修复土壤铬污染的国内外研究进展

微生物修复技术通过引入土著微生物或者外添微生物可以减少无机污染物溶解度，或者降低其迁移性或者毒性。大部分的微生物都有着特殊的能力使得 Cr (VI) 转化成 Cr (III) 这种低毒性且难迁移的形态。

在土壤铬污染修复过程中，常用到天然的、无危害的细菌菌株来实现，同时也具有快速、经济、无毒、能量消耗少的特点^[21-22]。真菌也通常用于修复铬污染场地。在真菌中，与修复铬污染场地的生物转化作用相比，生物吸附作用被认为是一种更有效的方法。例如研究发现几种真菌 *Aspergillus oryzae*^[23]，*A. niger*^[24]，*Trichoderma sp.*^[25] 和 *Fusarium oxysporum*^[26] 对于铬的生物吸附作用效果较好，它们通过真菌寄生或者独立新陈代谢两种方式来进行铬的生物吸

附。Cr (VI) 则通过形成化学键的形式吸附在真菌细胞表面上，并且由于细胞表面蛋白上官能团的不同，可以通过傅里叶变换红外光谱法分析与真菌细胞壁表面结合的羰基、羧基、氨基和羟基等官能团类型^[25-26]。

表 1 显示了细菌和真菌在土壤铬污染修复过程中，不同菌种对于铬的修复机理，也展示了在不同铬污染初始浓度下，修复铬污染土壤的最佳条件。此外，革兰氏阴性菌和革兰氏阳性菌通过生物吸附或生物转化作用均被证明了 Cr (VI) 的去除能力。Srinath 等^[28] 通过对 *B. circulans* (34.5mg Cr/g 干重)，*B. megaterium* (32.0mg Cr/g 干重) 和 *B. coagulans* (39.9mg Cr/g 干重) 三种细菌的活细胞和死细胞的分析，比较了 *B. megaterium* 和 *B. coagulans* 的活细胞和死细胞对于铬的生物吸附能力，发现死细胞对于铬的生物吸附更有效，同时

B. coagulans 的活细胞对于铬的生物吸附量为 23.8mg Cr/g 干重，而死细胞对于铬的生物吸附量为 39.9mg Cr/g 干重。类似地，*B. megaterium* 的活细胞和死细胞对于铬的生物吸附量分别为 15.7 和 30.7 mg Cr/g 干重。这可能是由于活细胞对于重金属离子的毒性的敏感程度更强，使得在重金属去除过程中逐渐转换成非活性或死亡的细胞。Kapoor 等^[28]也验证了 *Pseudomonas putida* 细菌中一种可溶

性蛋白的存在，它可以通过这种蛋白质使 Cr (VI) 转化成 Cr (III)，这种蛋白质本质是一种铬酸盐还原酶，它可以用 NADH 或 NADPH 作为电子供体。Martorell 等^[30]研究了酵母菌对 Cr (VI) 的还原能力，他们通过从纺织工业废水中分离出的两种酵母菌种 *Pichia jadinii* M9 和 *Pichia anomala* M10，发现酵母菌也有使 Cr (VI) 转化成 Cr (III) 的铬酸还原酶。

表1 不同微生物对六价铬修复的工艺参数及其原理

编号	菌种名称	来源	铬去除机理	初始 Cr (VI) 浓度	最优 pH & 温度	去除率 /%	时间	参考文献
1	<i>B. coagulans</i>	电镀废渣堆放污染场地	生物转化	26mg/L	7; NA	100	72h	[31]
2	<i>Arthrobacter oxydans</i>	高污染场地玄武岩中土著细菌	还原作用	35mg/L	NA	100	10d	[32]
3	<i>Providencia</i> sp.	铬污染化学工业区	还原作用	400mg/L	7; 37℃	99.3	NA	[33]
4	<i>Pannonibacter phragmitetus</i>	钢铁合金工业区	还原作用	462mg/L	NA	97.8	10d	[34]
5	<i>Acinetobacter junii</i>	铬铁矿矿区	还原作用	54mg/L	9; 37.5℃	99.95	12h	[35]
6	<i>Corynebacterium paurometabolum</i>	产于培养基	生物吸附, 生物还原	4mg/L	2	55	2h	[36]
7	<i>Cellulosimicrobium funkei</i> strain AR6	皮革工业废水污染土壤	生物吸附, 生物体内积累, 还原作用	250mg/L	7.0; 35℃	80.43	120h	[37]
8	<i>Ochrobactrum</i> sp.	电镀工业周围土壤	还原作用	300mg/L	7.0; 30℃	96.5	NA	[38]
9	<i>Aspergillus niger</i>	制革废水污染土壤	生物吸附	500mg/L	6; 30℃	70	NA	[25]
10	<i>Trichoderma</i> sp.	产于培养基	生物吸附	4mg/L	5.5	97.39	2h	[26]
11	<i>Hypocrea tawa</i>	产于培养基	还原作用	0.59 ~ 4.13mmol/L	NA	100	NA	[39]
12	<i>Fusarium oxysporum</i> NCBT - 156	制革废水污染土壤	生物吸附, 生物体内积累	100 ~ 200mg/L	5.8	90	120	[27]
13	<i>Phanerochaete chrysosporium</i> (viable cells)	产于培养基	生物吸附	100mg/L	7; 40℃	99.7	72h	[40]
14	<i>Pleurotus ostreatus</i>	蘑菇种植业	生物吸附	500mg/L	<65℃	80	12h	[41]
15	<i>Acremonium</i> sp. (as fungalbacterial biofilm)	制革废水污染土壤	生物吸附, 生物转化	100mg/L	5.6	90	10d	[42]
16	<i>A. niger</i>	污染场地	生物吸附	18.125mg/L	3	96.3	7d	[43]
17	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (immobilized beads)	产于培养基	生物吸附	200mg/L	3.5; 5℃	85	24h	[44]
18	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	铬铁矿	还原作用	100mg/L	7; 35℃	100	45h	[45]
19	<i>Bacillus cereus</i>	制革废水污染土壤	还原作用	60mg/L	6.5	96.7	6h	[46]
20	<i>Pseudochrobactrum asaccharolyticum</i>	铬污染土壤	还原作用	104mg/L	8.5	80	60h	[47]

4 微生物修复技术的建议及展望

前文综述了各类细菌或真菌通过生物吸附或者生物转化作用使得 Cr (VI) 有效地转化成了 Cr (III)，通过研究其作用机制，也更好地了解了微生物去除 Cr (VI) 的反应过程。微生物修复技术相比于传统技术的优势在于：①它可以在进行原位修复

无需开挖污染土壤；②可应用于高水位的地下水污染；③可以使污染场地得到修复但不会破坏原场地。

实验室的小试与工程实际应用之间有较大的差距，尤其是在修复铬污染土壤的过程中时间较为缓慢。因此，催化微生物还原 Cr (VI) 的新陈代谢过程十分必要。一方面需要了解微生物新城代谢的

作用机制以及一些非生物因素（如初始铬酸盐浓度、温度、pH、碳源、电子受体等）对还原 Cr (VI) 的速率影响。另一方面，可以通过引入与污染修复场地特性相关的土著微生物，并且量化它们将 Cr (VI) 还原成 Cr (III) 的最适生长条件，以提高这些土著微生物新陈代谢的能力，使它们在较恶劣的土壤铬污染环境也能适应生长环境。另外，可以利用细菌和真菌制成一种生物材料，例如生物膜等，对于去除 Cr (VI) 具有相当大的应用前景^[41]。

微生物修复技术对于污染场地 Cr (VI) 的修复具有巨大的潜力和适应性，与物理化学方法相比，是一种创新的、安全的重金属去除方法。基于微生物对 Cr (VI) 的转化机制，可以更好地开发现有的微生物修复技术。该技术作为一种对环境友好的处理方法，可以进行进一步无害化处置研究，作为重金属管理的最终途径。

参考文献：

- [1] Fendorf S. E. Surface reactions of chromium in soils and waters [J]. *Geoderma*, 1995 (67): 55–71.
- [2] Oze C., Bird D. K., Fendorf S. Genesis of hexavalent chromium from natural sources in soil and groundwater [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2007 (104): 6544–6549.
- [3] Oze C., Fendorf S., Bird D., et al. Chromium geochemistry of serpentine soils [J]. *International Geology Review*, 2004 (46): 97–126.
- [4] McCullough J., Hazen T., Benson S. Bioremediation of metals and radionuclides – what It is and how It works [J]. US Dept. of Energy, Office of Biological and Environmental Research, Germantown, MC 20874. 1999.
- [5] Jacobs J., Hardison R. L., Rouse J. V. In-situ remediation of heavy metals using sulfur-based treatment technologies [J]. *Hydrovisions*, 2001 (10): 1–4.
- [6] Kato I., Nagai S. Kato I and Nagai S. Treatment of chromium containing wastewater [J]. *Japan Kokai Tokkyo Koho*, 1991 (3): 224–691.
- [7] Garg U. K., Kaur M. P., Garg V. K., et al. Removal of hexavalent chromium from aqueous solution by agricultural waste biomass [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2007 (140): 60–68.
- [8] 闫华, 欧阳明, 张旭辉, 等. 不同程度重金属污染对稻田土壤真菌群落结构的影响 [J]. *土壤*, 2018 (50): 513–521.
- [9] 应滕, 骆永明, 李振高. 污染土壤的微生物修复原理与技术进展 [J]. *土壤*, 2007 (39): 497–502.
- [10] 夏家淇. 土壤环境质量标准详解 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996: 45–58.
- [11] Dhal B., Thatoi H. N., Das N. N., et al. Chemical and microbial remediation of hexavalent chromium from contaminated soil and mining/metallurgical solid waste: a review [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2013 (250–251): 272–291.
- [12] Asha L. P., Sandeep R. S. Review on bioremediation potential tool for removing environmental pollution [J]. *International Journal of Basic and Applied Chemical Sciences*, 2013 (3): 21–33.
- [13] Tang C. Y., Fu Q. S., Criddle C. S., et al. Effect of flux (transmembrane pressure) and membranes properties on fouling and rejection of reverse osmosis and nanofiltration membranes treating perfluorooctane sulfonate containing waste water [J]. *Environmental Science & Technology*, 2007 (41): 2008–2014.
- [14] Vidali M. Bioremediation. An overview [J]. *Pure & Applied Chemistry*, 2013 (73): 1163–1172.
- [15] Adhikari T., Manna M. C., Singh M. V., et al. Bioremediation measure to minimize heavy metals accumulation in soils and crops irrigated with city effluent [J]. *Journal of Food Agriculture & Environment*, 2015 (2): 266–270.
- [16] Jobby R., Shah K., Shah R., et al. Differential expression of antioxidant enzymes under arsenic stress in *Enterobacter* sp [J]. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 2016 (35): 1642–1645.
- [17] Wang P. C., Mori T., Komori K., et al. Isolation and characterization of an *Enterobacter cloacae* strain that reduces hexavalent chromium under anaerobic conditions [J]. *Applied & Environmental Microbiology*, 1989 (55): 1665–1669.
- [18] Singh S., Kang S. H., Mulchandani A., et al. Bioremediation: environmental clean-up through pathway engineering [J]. *Henan Chemical Industry*, 2008 (19): 437–444.
- [19] Thatheyas A. J., Ramya D. Biosorption of chromium using bacteria: an overview [J]. *Science International*, 2016 (4): 74–79.
- [20] Wielinga B., Mizuba M. M., Hansel C. M., et al. Iron promoted reduction of chromate by dissimilatory iron-reducing bacteria [J]. *Environmental Science & Technology*, 2001 (35): 522–527.
- [21] Badar U., Ahmed N., Beswick A. J., et al. Reduction of chromate by microorganisms isolated from metal contaminated sites of Karachi, Pakistan [J]. *Biotechnology Letters*, 2000 (22): 829–836.
- [22] Kanmani P., Aravind J. Remediation of chromium contaminants using bacteria [J]. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2012 (9): 183–193.
- [23] Igwe J. C., Abia A. A. A bioseparation process for removing heavy metals from waste water using biosorbents [J]. *African Journal of Biotechnology*, 2006 (5): 1167–1179.
- [24] Srivastava S., Thakur I. S. Evaluation of bioremediation and detoxification potentiality of *Aspergillus niger* for removal of hexavalent chromium in soil microcosm [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2006 (38): 1904–1911.
- [25] Vankar P. S., Bajpaia D. Phytoremediation of chrome-VI of tannery effluent by *Trichoderma* species [J]. *Desalination*, 2008 (222): 255–262.
- [26] Amatussalam A., Abubacker M. N., Rajendran R. B. In situ Carica papaya stem matrix and *Fusarium oxysporum* (NCBT-156) mediated bioremediation of chromium [J]. *Indian Journal of Experimental Biology*, 2011 (49): 925–931.
- [27] Srinath T., Verma T., Ramteke P. W., et al. Chromium (VI) biosorption and bioaccumulation by chromate resistant bacteria

- [J]. *Chemosphere*, 2002 (48): 427–435.
- [28] Kapoor A., Viraraghavan T., Cullimore D. R. Removal of heavy metals using the fungus *Aspergillus niger* [J]. *Bioresource Technology*, 1999 (70): 95–104.
- [29] Martorell M. M., Fernández P. M., Fari? a J. I., et al. Cr (VI) reduction by cell-free extracts of *Pichia jadinii* and *Pichia anomala* isolated from textile-dye factory effluents [J]. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2012 (71): 80–85.
- [30] Philip L., Iyengar L., Venkobachar C. Cr (VI) reduction by *Bacillus coagulans* isolated from contaminated soils [J]. *Journal of Environmental Engineering*, 1998 (124): 1165–1170.
- [31] Asatiani N. V., Abuladze M. K., Kartvelishvili T. M., et al. Effect of chromium (VI) action on *arthrobacter oxydans* [J]. *Current Microbiology*, 2004 (49): 321–326.
- [32] Thacker U., Madamwar D. Reduction of toxic chromium and partial localization of chromium reductase activity in bacterial isolate DM1 [J]. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 2005 (21): 891–899.
- [33] Chai L., Huang S., Yang Z., et al. Cr (VI) remediation by indigenous bacteria in soils contaminated by chromium-containing slag [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2009 (167): 516–522.
- [34] Pulimi M., Jamwal S., Samuel J., et al. Enhancing the hexavalent chromium bioremediation potential of *Acinetobacter junii* VIT-SUKMW2 using statistical design experiments [J]. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2012 (22): 1767–1775.
- [35] Prabhakaran D. C., Subramanian S. Studies on the bioremediation of chromium from aqueous solutions using *Corynebacterium paurometabolum* [J]. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 2017 (70): 1–13.
- [36] Karthik C., Ramkumar V. S., Pugazhendhi A., et al. Biosorption and biotransformation of Cr (VI) by novel *Cellulosimicrobium funkei* strain AR6 [J]. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 2017 (70): 282–290.
- [37] Chen C. Y., Cheng C. Y., Chen C. K., et al. Hexavalent chromium removal and bioelectricity generation by *Ochrobactrum* sp. YC211 under different oxygen conditions [J]. *Environmental Letters*, 2016 (51): 502–508.
- [38] Moralesbarrera L., Contrerasjuárez C. M., Súnchezpardo M. E., et al. Isolation, identification and characterization of a *Fusarium lichenicola* strain with high Cr (VI) reduction potential [J]. *Biochemical Engineering Journal*, 2008 (40): 284–292.
- [39] Pal S., Vimala Y. Bioremediation of chromium from fortified solutions by *Phanerochaete chrysosporium* MTCC787 [J]. *Journal of Bioremediation & Biodegradation*, 2011 (2): 1–5.
- [40] Carol D., Kingsley S. J., Vincent S. Hexavalent chromium removal from aqueous solutions by *Pleurotus ostreatus* spent biomass [J]. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2012 (4): 7–22.
- [41] Herath H. M. L. I., Rajapaksha A. U., Vithanage M., et al. Developed fungal? “bacterial biofilms as a novel tool for bioremoval of hexavalent chromium from wastewater [J]. *Chemistry & Ecology*, 2014 (30): 418–427.
- [42] Durairaj S. Biosorption of hexavalent chromium in a tannery industry wastewater using fungi species [J]. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 2016 (3): 105–124.
- [43] Mahmoud M. S., Mohamed S. A. Calcium alginate as an eco-friendly supporting material for Baker’s yeast strain in chromium bioremediation [J]. *HBRC Journal*, 2017 (13): 245–254.
- [44] Das S., Mishra J., Das S. K., et al. Investigation on mechanism of Cr (VI) reduction and removal by *Bacillus amyloliquefaciens*, a novel chromate tolerant bacterium isolated from chromite mine soil [J]. *Chemosphere*, 2014 (96): 112–121.
- [45] Murugavelh S., Mohanty K. Isolation, identification and characterization of Cr (VI) reducing *Bacillus cereus* from chromium contaminated soil [J]. *Chemical Engineering Journal*, 2013 (230): 1–9.
- [46] Long D. Y., Tang X. J., Cai K., et al. Cr (VI) resistance and removal by indigenous bacteria isolated from chromium-contaminated soil [J]. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2013 (23): 1123–1132.

Mechanism and Research Progress of Microbial Remediation of Chromium Contaminated Soil

YAN Xiao-dan, LIU Wei-guo, SHI Xue-feng, HAN Bao-lu, YE Ming-qiang
(AerospaceKaitian Environmental Technology Co., Ltd., Changsha Hunan 410100, China)

Abstract: This paper summarized the behavior and transformation of chromium in soil. The mechanisms and influencing factors between microorganisms and chromium were investigated. Combined with the latest research progress on the chromium bioremediation technologies, the development suggestions and prospects of bioremediation technology were proposed.

Key words: contaminated soil; microorganism; chromium; remediation mechanism

土壤中 PAHs 的污染现状及修复对策

韩金涛¹, 彭思毅¹, 杨玉春^{1,2}

(1. 德宏州环境保护局, 云南 芒市 678400; 2. 德宏州环境监测站, 云南 芒市 678400)

摘要: 概述了我国土壤受多环芳烃 (PAHs) 污染的水平及多环芳烃 (PAHs) 的分布特点: ①我国土壤已普遍受到多环芳烃 (PAHs) 的污染, 但大多是中低污染水平; ②北京、上海、大连、天津等地土壤受多环芳烃 (PAHs) 污染较为严重, 属严重污染水平, 存在较大的生态风险; ③在同一个研究区, 农村、郊区、城区土壤中多环芳烃 (PAHs) 的污染逐渐加重, 而且不同土壤利用下多环芳烃 (PAHs) 的污染也存在差异。总结了受多环芳烃 (PAHs) 污染土壤的修复对策: 植物修复; 微生物修复; 植物-微生物联合修复。植物-微生物联合修复的效率较高。

关键词: 多环芳烃污染; 土壤污染; 土壤修复; 现状

中图分类号: X53 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0007-05

0 引言

多环芳烃 (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon, 简称 PAHs), 是具有两个或两个以上苯环的有机化合物, 包括萘、蒽、菲、芘等 150 余种化合物。常见的多环芳烃 (PAHs) 多为四到六环的稠环化合物, 具有致癌、致畸、致突变性。国际癌研究中心 (IARC) (1976 年) 列出的对实验动物有致癌性的化合物有 94 种, 其中多环芳烃 (PAHs) 占 15 种。苯并 (a) 芘是第一个被发现的环境化学致癌物, 且致癌性很强, 占全部致癌性多环芳烃 (PAHs) 的 1% ~ 20%, 故常以苯并 (a) 芘作为多环芳烃的代表。

多环芳烃 (PAHs) 的来源有 2 种, 自然源和人为源。自然源主要包括火山爆发、森林火灾和生物合成等自然因素所形成的污染; 人为源包括各种矿物燃料 (如煤、石油、天然气等)、木材、纸以及其他含碳氢化合物的不完全燃烧或在还原状态下热解而形成的污染。在中国有机物燃烧、燃煤和炼焦工业是 PAHs 最重要的排放源。90% 以上排放到环境中的 PAHs 通过各种途径进入到土壤中, 使土壤成为 PAHs 最主要的储存库^[1]。

多环芳烃 (PAHs) 对人体和动植物都会造成严重危害。PAHs 对人体的危害主要是作用于呼吸道和皮肤。人长期处于多环芳烃 (PAHs) 污染的环境中, 可引起急性或慢性伤害。其对植物的伤害

主要是不仅会堵塞叶片呼吸孔, 还会使叶片变色、萎缩、卷曲、脱落, 影响植物的正常生长和结果。

多环芳烃 (PAHs) 对环境的污染是全世界各国所面临的重大环境问题, 最为突出的是其对土壤的污染问题^[2]。针对多环芳烃 (PAHs) 对土壤的污染问题, 许多发达国家非常重视, 而且也做了很多的研究工作。研究的焦点多为多环芳烃 (PAHs) 对土壤污染的过程及机理、分析其来源、评价在研究区域内多环芳烃 (PAHs) 污染土壤的生态风险和水平以及提出污染控制的相应措施^[3]。现阶段的研究方向主要在多环芳烃 (PAHs) 在土壤中迁移与修复方面^[4]。

近些年来, 国内许多学者针对我国不同地区的多环芳烃 (PAHs) 对土壤的污染水平及现状、分布特点等方面做了许多研究工作, 针对多环芳烃 (PAHs) 在土壤中的污染特点得出许多成果。一些学者还评述了多环芳烃 (PAHs) 在我国土壤中的污染特点和发展趋势, 针对我国土壤中的多环芳烃 (PAHs) 的污染提出了控制对策。

本文对前人对多环芳烃 (PAHs) 污染水平、污染特点和控制对策的研究进行了总结, 以期为我国研究和控制土壤中多环芳烃 (PAHs) 的污染问题提供支持。

1 我国土壤中多环芳烃 (PAHs) 的污染水平

近些年来, 国内许多学者对我国土壤中多环芳烃 (PAHs) 的污染进行了大量的现场调查评估。研究表明, 美国环保局 (US EPA) 规定的 16

收稿日期: 2018-10-22

作者简介: 韩金涛 (1984-), 男, 硕士研究生, 工程师, 主要从事环境监测、污染治理方面工作。

通信作者: 彭思毅。

种优先控制的多环芳烃 (PAHs) 污染物, 在我国土壤中都不同程度地被检测出来, 而且检出率还非常高。参照荷兰 Maliszewska - Kordybach 建议的多环芳烃 (PAHs) 在土壤中污染程度的分类标准^[5], 我国北方许多区域以及东部沿海地区土壤中多环芳烃 (PAHs) 属于严重的污染水平。例如: 辽宁、天津、北京、上海、厦门等地区多环芳烃 (PAHs) 在土壤中的平均含量达到 1000ng/g 以上^[6]; 江苏地区部分土壤中多环芳烃 (PAHs) 的污染属中等污染水平, 平均含量为 801.1ng/g^[7-9]; 珠江三角洲、山东、浙江、河北、福州、贵州等地多环芳烃 (PAHs) 在土壤中的平均含量都低于 600ng/g, 属轻微污染水平^[10-13]; 香港、西藏和新疆等地区多环芳烃 (PAHs) 在土壤中的平均含量在 200 ng/g 以下, 属无污染水平^[14-16]。事实上, 香港土壤中多环芳烃 (PAHs) 的含量在 2000 年与南极土壤 (34.9 ~ 171 ng/g) 中的含量差不多, 但到了 2003 年, 香港土壤中多环芳烃 (PAHs) 的含量约是南极土壤中近 3 倍, 说明香港地区土壤中多环芳烃 (PAHs) 的污染程度的趋势不断上升。总体上说, 在我国, 土壤中多环芳烃 (PAHs) 的总含量在 0.83 ~ 146689ng/g, 平均含量在 3.98 ~ 56883ng/g, 共跨越了 4 个污染水平^[17]: 严重污染水平、中等污染水平、轻微污染水平和无污染水平。而且我国的多环芳烃 (PAHs) 土壤污染水平主要是中低污染。

2 我国土壤中多环芳烃 (PAHs) 的地区分布状况

2.1 城乡差异

一般来说, 城市及工业区及周边地区的土壤中检测出的多环芳烃 (PAHs) 的污染水平要高于山区、农业区及远郊区, 而且城市城区要高于郊区^[18]。这主要是因为城市交通比较发达, 燃煤取暖多而集中, 而工业区主要由于工业燃煤、废渣、工业副产物等的使用及排放堆置等。城区及工业区多环芳烃 (PAHs) 的污染由污染源向无污染区扩散, 在更大的土壤范围内进行分布、积累, 从而威胁人类的健康和生存发展。

2.2 不同土壤利用地区污染差异

在我国, 不同土壤利用下多环芳烃 (PAHs) 的含量也存在明显的差异。以大连和厦门为例, 王震等人对大连的交通区、城市住宅区、郊区以及农村的土壤进行研究发现, 土壤中的多环芳烃 (PAHs) 浓度在上述 4 个区域依次呈现递减的趋势, 而且在 4 个不同土壤利用区域, 环数不同的多

环芳烃 (PAHs) 占总的多环芳烃 (PAHs) 的比例也呈现出一定的规律: 4 环多环芳烃 (PAHs) 离城市越远所占比例逐渐降低, 相反, 3 环的所占的比例呈上升的趋势, 表现在较小的区域范围, 多环芳烃 (PAHs) 表现出了长距离迁移能力的差异。卢敏等人对厦门进行研究, 发现不同土壤利用下多环芳烃 (PAHs) 的浓度有以下规律: 工业区 > 商业区 > 居民区 > 风景区 > 农业用地。以上 2 个例子说明人类活动对土壤中多环芳烃 (PAHs) 的浓度有很大的影响。

2.3 不同组分的多环芳烃 (PAHs) 的分布

我国各个地区多环芳烃 (PAHs) 在土壤中各组分含量分布规律相似, 影响多环芳烃 (PAHs) 各组分在土壤中分布含量的影响因素有: 多环芳烃 (PAHs) 的物理和化学性质、土壤的物理化学性质以及环境条件等, 从而使不同的多环芳烃 (PAHs) 组分在土壤中呈现明显的区域分布特征。如大连的土壤中的多环芳烃 (PAHs) 主要是 4 环和 5 环, 其中芘占总浓度的比例最高, 其次是菲和荧蒹。在南方农业用地土壤中多环芳烃 (PAHs) 主要是 3 环和 4 环, 菲、萘、荧蒹和苯并比、荧蒹占比较大。香港城区土壤中的多环芳烃 (PAHs) 主要是 5 环的, 而郊区主要是 ≤4 环的。

2.4 PAHs 在土壤中分布的影响因素

除土壤自身性质和多环芳烃 (PAHs) 的物理化学性质之外, 多环芳烃 (PAHs) 的来源和源强也严重影响多环芳烃 (PAHs) 在土壤中的分布特征^[19]。通过对长江三角洲、珠江三角洲、天津和辽宁土壤中多环芳烃 (PAHs) 的含量进行对比和分析发现, 影响土壤中多环芳烃 (PAHs) 的含量的因素有污染源类型、污染源的强度、气候因素等, 其中, 污染源的类型和源强对区域土壤多环芳烃 (PAHs) 的含量有很大影响。

3 我国多环芳烃 (PAHs) 在土层中的分布规律

在我国, 多环芳烃 (PAHs) 的分布有一定的规律, 在土层深度 0 ~ 100cm 范围, 多环芳烃 (PAHs) 多分布在土壤表层 (0 ~ 20cm) 及亚表层 (20 ~ 40cm), 一般多环芳烃 (PAHs) 含量随土层深度的增加呈降低的趋势, 当土层深度 ≥40cm 时, 多环芳烃 (PAHs) 在土壤中的含量和组成特征没有显著性差异^[20-22]。高环的多环芳烃 (PAHs) 不易迁移到土壤深层, 主要是因为其与土壤有机质胶体结合。相反, 低环的主要是以溶解的形式发生迁移, 容易对地下水造成污染。影响土壤中多环芳烃

(PAHs) 的分布和迁移的因素有很多, 主要有土壤性质、多环芳烃 (PAHs) 的理化性质、土壤扰动、淋溶等, 从而使得多环芳烃 (PAHs) 在土壤中的分布和迁移转化十分复杂。

4 多环芳烃 (PAHs) 污染后土壤的修复对策

多环芳烃 (PAHs) 具有水溶性差、辛醇-水分配系数高的特点, 经常被吸附在土壤颗粒的表面上, 所以, 土壤是多环芳烃 (PAHs) 的主要载体。植物根系可以吸收土壤中的多环芳烃 (PAHs), 从而使其在植物体内积累、代谢以及迁移, 最终进入食物链对人类的健康造成危害, 因而受多环芳烃 (PAHs) 污染的土壤的修复方面的研究受到诸多关注。

针对受多环芳烃 (PAHs) 污染的土壤的修复主要有以下 3 种: ①植物修复。植物修复的关键是应用植物吸收、降解和植物根际圈降解的方式将环境中的污染物去除, 它的优点是处理费用低、对环境破坏小、资源可持续利用^[23]。②微生物修复。土壤中存在许多如细菌、真菌、放线菌等利用有机物的微生物, 它们可以氧化分解有机物释放出能量。③植物-微生物联合修复。植物在自身生长时, 其根系为微生物的生长繁殖提供了良好的场所, 使微生物对有机污染物的降解增强。

4.1 植物修复

许多研究证明, 植物可以修复多环芳烃 (PAHs) 污染的土壤^[24]。这主要是因为: ①植物自身可以直接吸收多环芳烃 (PAHs) 类有机化合物, 并且在自身组织中积累没有毒性的代谢物, 主要因为植物体内分泌的酶对多环芳烃 (PAHs) 有促进吸收的效应^[25], Edwards^[26] 等人应用同位素示踪进行了矮菜豆对 C-葱的吸收及净化的研究, 这种矮菜豆生长在营养液中, 并且研究主要是在其开花期和结实期, 研究结果表明, 葱的代谢作用主要发生于植物的组织中, 被植物吸收的代谢有极性和非极性产物。姜霞^[27] 等人也得出了相同的结论, 其研究了在自然条件中菲在火山石-植物系统中的迁移转化。②植物根系为微生物的生长繁殖提供空间表面积, 进而增加了微生物的种类及数量, 而且根系分泌的物质也增加了多环芳烃 (PAHs) 的降解率。陈嫣^[28] 等人研究发现植物根系可以改善微生物的活性, 利于被多环芳烃 (PAHs) 污染土壤的生物修复。③植物的根系在土壤中会分泌一种特有的酶, 可以直接降解有机污染物, 而且根际的低分子量有机酸可促进土壤中多环芳烃 (PAHs) 被

植物吸收^[29]。总体而言, 植物可以吸收、降解、转移低环、低分子量的多环芳烃 (PAHs) 组分。

4.2 微生物修复

微生物降解多环芳烃 (PAHs) 的方式有 2 种, 一种是把多环芳烃 (PAHs) 作为唯一的能源和碳源; 另一种是多环芳烃 (PAHs) 与其他的有机物质共同代谢。

近些年, 人们对受多环芳烃 (PAHs) 污染的土壤的微生物修复进行过大量的研究, 筛选出的可降解多环芳烃 (PAHs) 的微生物有假单胞菌属 *Pseudomonas*、拜叶林克氏菌属 *Beijerinckia*、红球菌 *Rhodococcus*、芽孢杆菌属 *Bacillus*、棒状杆菌属 *Corynebacterium*、分枝杆菌 *Mycobacterium*、气单胞菌属 *Aeromonas*、诺卡氏菌属 *Nocardia*、黄杆菌属 *Flavobacterium*、蓝细菌 *Cyanobacteria*、弧菌属 *Vibrio*、微球菌属 *Micrococcus* 等。但是, 由于高环的多环芳烃 (PAHs) 比较稳定而且难降解, 而且微生物的种类也较多, 为了促进微生物的降解, 常采用的措施有: 投加优势微生物种群、施加氮肥、添加表面活性剂等。

4.3 植物-微生物联合修复

近些年, 受多环芳烃 (PAHs) 污染的土壤的植物-微生物联合修复已成为研究的热点。这种方法的优点是可以将植物修复和微生物修复的优点结合, 促进植物根际圈有机污染物的降解。研究发现, 当有植物存在时, 微生物对多环芳烃 (PAHs) 的降解效率可以提高到 2% ~ 4.7%^[30]。应用盆栽的试验方法, 高彦征等^[31] 研究发现, 黑麦草对土壤中菲和芘具有修复作用, 并且黑麦草在土壤中可显著促进菲和芘的降解。研究还发现, 虽然黑麦草自身可以吸收菲和芘, 但在土壤中菲和芘的降解的关键原因并不是植物的吸收积累; 把微生物作对照, 植物对土壤修复效率的提高, 是因为植物促进了微生物的代谢活动, 进而促进了土壤中菲和芘的降解, 应用植物和根际微生物的共存体系可以有效去除土壤中的有机污染物。在这个过程中, 还有一个重要的过程是菌根修复。菌根是一种互惠共同体, 它包括一定种类的真菌及植物根系。菌根菌生长在许多植物的根上, 菌根菌和植物的共生体有特殊的代谢途径, 可以代谢植物自生菌不能降解的有机污染物^[32]。由于存在菌根, 明显地提高了污染条件下生物量和植物的存活率^[33], 在土壤中明显地促进了多环芳烃 (PAHs) 的降解。

5 结论

当前, 我国针对土壤中多环芳烃 (PAHs) 的

污染研究及修复对策已经取得了一些进展，但在很多方面还有待进一步研究。

一是要进一步加强我国土壤中多环芳烃 (PAHs) 的污染现状的调查。土壤中多环芳烃 (PAHs) 污染的数据库在很多国外城市已被建立，近些年来，关于我国土壤中多环芳烃 (PAHs) 的来源及分布的研究持续增加，但是还有一些地区尚未进行调查研究；另外，针对我国土壤中多环芳烃 (PAHs) 的来源的分析还处在探索阶段，多环芳烃 (PAHs) 的来源及对土壤的污染程度大多参照国外的研究方法，土壤中多环芳烃 (PAHs) 的风险评价也都基于国外的标准。今后应重点强化多环芳烃 (PAHs) 的污染调查，研究并制定符合我国土壤类型的多环芳烃 (PAHs) 污染的分析方法和环境评价标准。二是要强化我国土壤中多环芳烃 (PAHs) 的污染机理、污染归宿以及污染控制的研究。土壤中的多环芳烃 (PAHs) 会被淋溶到地下水中、挥发到大气中、迁移到地表水中、通过一系列的物理和化学作用产生有毒性的物质或者进入到生物体中，从而对人类的健康及生存造成损害。所以强化我国土壤中多环芳烃 (PAHs) 的污染机理、污染归宿以及污染控制的研究可以弥补我国当前在这方面的基础理论的不足。三是要构建我国土壤多环芳烃 (PAHs) 污染的环境安全管理体系及政策。针对国外受多环芳烃 (PAHs) 污染的土壤的管理法规及政策，选择典型的受多环芳烃 (PAHs) 污染的土壤类型，在污染机制、污染途径以及合适的处理技术上，建立一套完整的适合我国土壤现状的可实施的多环芳烃 (PAHs) 污染的管理和技术措施，对于构建我国的多环芳烃 (PAHs) 污染土壤的环境管理体系及政策非常重要。

土壤-植物修复体系对多环芳烃 (PAHs) 的修复是国内外研究的热点问题，目前，在这方面已经取得许多的研究成果。但是，大多数的研究都只是处于试验阶段，将其大规模地应用在实际环境中还未见报道，主要是因为土壤-植物体系比较复杂。事实上，污染区域的气象条件、土壤的物理和化学性质、复杂的污染环境以及共同存在的污染物的性质及之间的相互作用都对污染修复的效率及质量产生影响。在以后的研究中：一是要强化对高环的多环芳烃 (PAHs) 的修复和毒性试验的研究；二是要强化对城市绿化所需要的木本植物对多环芳烃 (PAHs) 的污染修复的研究，选出抗污染性强的树种；三是在实验室进行研究时尽可能地使环

境条件与实际的环境条件保持一致，以保证实验结果在外界大规模的应用时有较好的前景。

参考文献：

- [1] 俞飞, 林玉锁. 城市典型工业生产区及附近居住区土壤中 PAHs 污染特征 [J]. 生态环境, 2005, 14 (1): 6-9.
- [2] Barth J A C, Steidle D, Kuntz D, et al. Deposition, persistence and turnover of pollutants: First results from the EU project Aqua Terra for selected river basins and aquifers [J]. Science of the Total Environment, 2007, 376 (1/3): 40-50.
- [3] Ahn S, Werner D, Luthy R G. Modeling PAH mass transfer in a slurry of contaminated soil or sediment amended with organic sorbents [J]. Water Research, 2008, 42 (12): 2931-2942.
- [4] Simmons R N, McGuffin V L. Modeling transport effects of perfluorinated and hydrocarbon surfactants in groundwater by using micellar liquid chromatography [J]. Analytica Chimica Acta, 2007, 603 (1): 93-100.
- [5] Maliszewska - Kordybach B. Polycyclic aromatic hydrocarbons in agricultural soils in Poland; preliminary proposals for criteria to evaluate the level of soil contamination [J]. Applied Geochemistry, 1996, 11 (1/2): 121-127.
- [6] LI Xinghong, MA Lingling, LIU Xiufen, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbon in urban soil from Beijing, China [J]. Journal Environmental Science, 2006, 18 (5): 944-950.
- [7] Ping L F, Luo Y M, Zhang H B, et al. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in thirty typical soil profiles in the Yangtze River Delta region, east China [J]. Environmental Pollution, 2007, 147 (2): 358-365.
- [8] Yin Chunqin, Jiang Xin, Yang Xinglun, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in soils in the vicinity of Nanjing, China [J]. Chemosphere, 2008, 73 (3): 389-394.
- [9] 丁爱芳, 潘根兴, 李恋卿. 江苏省部分地区农田表土多环芳烃含量比较及来源分析 [J]. 生态与农村环境学报, 2007, 23 (2): 71-75.
- [10] 左谦, 刘文新, 陶澍, 等. 环渤海西部地区表层土壤中的多环芳烃 (PAHs) [J]. 环境科学学报, 2007, 27 (4): 667-671.
- [11] 倪进治, 骆永明, 魏然, 等. 长江三角洲地区土壤环境质量与修复研究——V. 典型地区农业土壤中多环芳烃的污染状况及其源解析 [J]. 土壤学报, 2008 (2): 234-239.
- [12] 李久海, 董元华, 曹志洪, 等. 慈溪市农田表层、亚表层土壤中多环芳烃 (PAHs) 的分布特征 [J]. 环境科学学报, 2007, 27 (11): 1909-1914.
- [13] Zhu Lizhong, Chen Yuyun, Zhou Rongbing. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in water, sediment and soil in drinking water resource of zhejiang Province, China [J]. Journal of Hazardous Materials, 2008, 150 (2): 308-316.
- [14] Zhang H B, Luo Y M, Wong M H, et al. Distributions and concentrations of PAHs in Hong Kong Soils [J]. Environmental Pollution, 2006, 141 (1): 107-114.
- [15] Chung M K, HU R, Cheung K C, et al. Pollutants in Hong Kong soils: Polycyclic aromatic hydrocarbons [J]. Chemosphere, 2007, 67 (3): 464-473.

- [16] Sun Na, Lu Chengang, Gao Xiang, et al. Distribution and source of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Soil of East Qingzang Plateau [J]. *Environmental Science*, 2007, 28 (3): 664 - 668.
- [17] 姜永海, 韦尚正, 席北斗, 张化永, 李红江. PAHs 在我国土壤中的污染现状及其研究进展 [J]. *Ecology and Environmental Science*, 2009, 18 (3): 1176 - 1181.
- [18] Nadal M, Schuhmacher M, Domingo J L. Levels of PAHs in soil and vegetation samples from Tarragona County, Spain [J]. *Environmental Pollution*, 2004, 132 (1): 1 - 11.
- [19] 郝蓉, 万洪富, 杜卫兵, 等. 亚热带地区农业土壤和植物中多环芳烃 (PAHs) 的分布 [J]. *浙江大学学报 (农业与生命科学版)*, 2005, 31 (4): 374 - 380.
- [20] 陈静, 王学军, 陶澍, 等. 天津地区土壤多环芳烃在剖面中的纵向分布特征 [J]. *环境科学学报*, 2004, 24 (2): 286 - 290.
- [21] 陈静, 王学军, 陶澍. 天津地区土壤有机碳和粘粒对 PAHs 纵向分布的影响 [J]. *环境科学研究*, 2005, 18 (4): 79 - 83.
- [22] 张枝焕, 王学军, 陶澍, 等. 天津地区典型土壤剖面多环芳烃的垂向分布特征 [J]. *地理科学*, 2004, 24 (5): 562 - 567.
- [23] 魏树和, 周启星. 有机污染环境植物修复技术 [J]. *生态学杂志*, 2006, 25 (6): 716 - 721.
- [24] Patryk Ohszczuk, Stanislaw Baran. Polycyclic aromatic hydrocarbons content in shoots and leaves of willow (*Salix viminalis*) cultivated on the sewage sludge - amended soil [J]. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2005 (168): 91 - 111.
- [25] 杨振亚, 卢晓丹, 高彦征. 植物多酚氧化酶对多环芳烃污染的体外诱导效应 [J]. *生态与农村环境学报*, 2016, 32 (4): 687 - 690.
- [26] Edwards N T. Uptake translocation and metabolism of anthracene in bush bean (*Phaseolus vulgaris* L) [J]. *Environ Toxicol Chem*, 1986 (5): 659 - 665.
- [27] 姜霞, 区自清, 应佩峰, 等. (14) - C 菲在“植物 - 火山石 - 营养液 - 空气”系统中的迁移和转化 [J]. *应用生态学报*, 2001, 12 (3): 451 - 454.
- [28] 陈嫣, 李广贺, 张旭, 等. 石油污染土壤植物根际微生态环境与降解效应 [J]. *清华大学学报 (自然科学版)*, 2005, 45 (6): 784 - 787.
- [29] Low - molecular - weight organic acids enhance the release of bound PAH residues in soils [J]. *Soil & Tillage Research*, 2015 (145): 103 - 110.
- [30] Narayanan M, Dads L C, Tracy J C, et al. Experimental and modeling studies of the fate of organic contaminants in the presence of alfalfa plants [J]. *Hazard. Materials*, 1995 (41): 229 - 241.
- [31] 高彦征, 凌婉婷, 朱利中, 等. 黑麦草对多环芳烃污染土壤的修复作用及机制 [J]. *农业环境科学学报*, 2005, 24 (3): 498 - 502.
- [32] 王曙光, 林先贵. 菌根在污染土壤生物修复中的作用 [J]. *农村生态环境*, 2001, 17 (1): 56 - 59.
- [33] Meharg A A, Cairney J W G. Ecotomycorrhizas extending the capabilities of rhizosphere remediation [J]. *Soil Biol, Biochem*, 2000 (32): 1475 - 1484.

The Pollution Status and Remediation Methods of PAHs in Soil

HAN Jin - tao¹, PENG Si - yi¹, YANG Yu - chun^{1,2}

(1. Dehong Environmental Protection Bureau, MangshiDehong 678400, China)

Abstract: This paper briefly summarized the current PAHs pollution levels and PAHs distribution characteristics in China and introduced three remediation methods for polluted soils as well as the future scientific research needs. The results showed that most of the soil in China have been polluted by polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), but most of them were of medium and low pollution levels. PAHs pollution in Beijing, Shanghai, Dalian and Tianjin was much more seriously, which would cause a great ecological risk. In the same study area, PAHs pollution in rural, suburban and urban soils gradually increased, and the pollution of PAHs in different kinds of soil was also different. Phytoremediation, microbial remediation and phyto - microbial remediation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contaminated soils were presented, among which, plant - microbial remediation indicated more efficient effect.

Key words: PAHs; soil pollution; soil remediation; current status

根分泌物有机酸的研究方法

钟正燕¹, 陈炳发², 宋雁辉³, 马丽³

(1. 云南得善环保科技有限公司, 云南 昆明 650034; 2. 德宏州环境保护局, 云南 德宏 678400;

3. 云南省环境工程评估中心, 云南 昆明 650033)

摘要: 根分泌物主要是以碳为基础的低分子化合物和高分子化合物。植物分泌的有机酸主要有乙酸、草酸、柠檬酸、苹果酸、酒石酸和琥珀酸等, 它们调节细胞代谢, 为根际和微生物提供营养。植物根系分泌有机酸的研究对于了解植物的根际效应具有重要的学术意义。简述了根系分泌物有机酸的收集、分离和检测方法。

关键词: 根分泌物; 有机酸; 收集; 分离; 检测

中图分类号: X171 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0012-07

0 引言

根际作为植物、微生物和土壤之间的交互作用区域, 是根-土界面微生物生态系统的物质基础和核心内容。植物在混杂的土壤环境中获取营养物质时, 根际系统起到重要作用^[1]: 从土壤中吸收水分、无机盐的同时向周围释放各种化合物。土壤有机碳很大一部分来自于植物根系^[2], 同时根为根际微生物生长提供特定营养物质^[3]。引起根系周边微生物发生改变, 很重要的一个原因就是根系分泌物的快速释放^[4]。

根分泌物是生长过程中植物根系主动或被动向根系周边分泌各种有机化合物的总称^[5]。根据分子量不同可分为2类^[6]: 一类为氨基酸、有机酸、脂肪酸、糖、酚、黄酮和一些次生代谢物等的低分子化合物; 另一类为蛋白质、酶和异源外激素等的高分子化合物。根据性质不同可分为3类: 细胞脱落物和裂解物; 高分子量凝胶状物; 低分子量有机化合物。根据来源不同可分为3类: 分泌物、渗出物和裂解物^[7]。

植物分泌的有机酸在根际活化营养和改善环境胁迫方面起着至关重要的作用。研究表明^[8-9], 重金属胁迫下植物根系会大量分泌多种分泌物, 引起根际周边的 Eh 和 pH 改变, 从而影响根吸收重金属的能力。有机酸与重金属结合, 发生螯合、络合或沉淀作用, 或将金属滞留在土壤中, 或进入到植物体内, 同时使根际微生物的活性和组成发生变

化, 从而间接改变重金属的活度、含量。这是植物抵抗重金属毒性的一种有效机制, 同时也是某些超富集植物能在体内吸收更多重金属的原因。有机酸主要络合 Fe (III)、Zn (II)、Al (III), 柠檬酸、草酸络合铝的能力最大, 还能有效提高 Cd、Pb 溶解度^[10]。

许多研究证实^[11-14] 铝胁迫下, 大豆能在根尖分泌柠檬酸以缓解或解除铝的毒性。Tu 等^[15] 研究显示, As 超富集植物蜈蚣草 (*Pteris vittata* L.) 在 As 胁迫下根分泌物以草酸和植酸为主, 虽然在 As 诱导下, 非超富集植物波士顿蕨 (*Nephrolepis exaltata*) 也可以产生草酸和植酸, 但前者分泌的草酸和植酸是波士顿蕨类植物的 3~5 倍、0.46~1.06 倍, 有机酸能活化 As 并将其转移到叶片中。陈英旭等^[16] 对萝卜的研究表明, 在不同浓度的铅/镉营养液中加入柠檬酸和酒石酸, 柠檬酸对铅、酒石酸对镉具有显著的解毒作用, 柠檬酸能抑制萝卜根系对铅的吸收, 酒石酸可降低对镉的吸收。

1 植物培养方法和根分泌物收集方法

根据植株根系所处培养环境的不同, 研究根系分泌物的植物培养方法包括土培法、砂培法、营养液培养法 (水培法) 和琼脂培养法。

1.1 土培法

土培法是在土壤基质上种植植物, 土壤用作植物生长培养基。当植物生长到一定阶段后, 将根际土壤直接收取, 适量加入杀菌剂, 并添加浸提剂进行振荡提取, 通过过滤和离心后获得的上清液即是根分泌物^[8]。土培法是反映植物自然生长和根系实际分泌的最合适栽培方法, 因为机械阻力大, 根

分泌作用旺盛。与其他培养方式相比,土培法可以收集到更多的分泌物。但土培法难以收集根系分泌物,并且不能反映植物特定部位分泌特性,而分泌物原位收集更加困难。

1.2 砂培法

砂培法是将植物种植在石英砂中一段时间后,将石英砂泡入有机溶剂或蒸馏水中得到的溶液浓缩,浓缩液中含有根分泌物。相对于土培法而言,砂培法的栽培条件更易控制,管理方便,生长时不需支撑物,植物根系通气性更好,能得到更多的分泌物。徐婉明等人^[17]研究香蕉根分泌物就采用砂培法。

然而砂培法也有其缺点。植物根系生长受到很大阻力,植物在外源胁迫下会诱导分泌更多有机质,无法准确反映植物自然生长环境下根系分泌物的分泌。且砂培法洗砂、淘砂繁琐^[18]。在植物栽培过程中,应注意石英砂容易生长苔藓,这会对整个实验造成一定干扰^[19]。

1.3 营养液培养法

营养液培养法是将幼苗或无菌种子移植到营养液中,进行一段时间的胁迫处理,无菌水冲洗后,放入有微生物抑制剂的溶液中培养一定时间得到溶液(即浸根法收集),或利用外源胁迫一定时间得到营养液(即特定营养液收集),收集到的溶液为根系分泌物^[20]。Tu等^[15]利用营养液培养植株,用浸根法收集分泌物,分离并测定草酸和植酸。李勇等^[21]利用营养液培养法培养人参种苗,将第3次换下的营养液分离出来研究营养元素亏缺下人参根分泌物的主要成分。

溶液培养法简单易操作,反映了全部根系分泌物的变化^[22],容易排除外来物质干扰^[23]。但对于特定营养液收集而言,营养液中盐分含量较高,需要脱盐,脱盐方法繁琐,容易影响实验结果。

王树起等^[24]的研究显示,大豆分别用水培法和砂培法培养,其根系分泌的有机酸各组分基本相同,主要是草酸、柠檬酸、苹果酸和酒石酸。与水培条件相比,砂培条件下分泌的有机酸是水培的2~3倍。

收集根系分泌物的最常用方法是浸根法,取出根后先用蒸馏水清洗根部3~5次,再用去离子水或重蒸水清洗,用滤纸吸干根部表面水分,将根置于盛有去离子水的烧杯中,烧杯用黑色塑料布包裹,放入植物培养箱内不断通气收集数小时,得到的溶液即为根系分泌物。徐根娣等^[25]在收集铝胁迫下大豆根系分泌的有机酸时就采用浸根法。收集根分泌物时须加入微生物抑制剂,如CaCl₂^[26]、百里

酚^[24]、氯霉素^[15]等防止微生物分解有机质,收集时需过滤去除残根、杂质。根分泌物有机酸会被溶液大量稀释,收集液体积大、浓度低^[27],因此,必须进行冷冻干燥或用真空旋转蒸发仪减压浓缩等前处理,需要专门设备,耗能较大,周期长、误差较大。

1.4 琼脂培养法

琼脂培养法是现在较为流行的培养方法,它是将经消毒、浸泡等处理后的种子播于经处理的琼脂培养基上进行培养,或者将幼苗种植在琼脂培养基,经过一段时间的胁迫后,收集附着在根部和根部周边的琼脂,经加热、溶解、过滤,收集的溶液即为根分泌物。虽然该方法是目前比较流行的培育方式,但只适用于体积较小的植物或幼苗阶段,培养过程中应注意防止微生物污染。

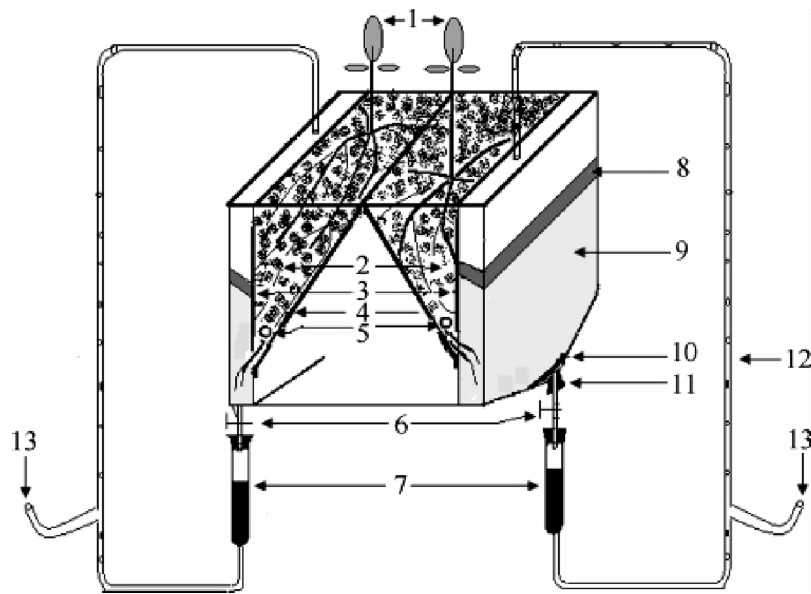
2 几种新型原位根分泌物收集系统

根分泌物原位收集比较困难,一般是直接取植物根际土壤,而原位根分泌物收集系统就能有效解决这个问题^[28]。原位收集是将植物移栽到底部有收集器的培养容器中,培养液向下渗流的同时根分泌物被淋洗到收集器内。该方法不仅可原位收集根分泌物,还可连续收集而不破坏根系环境。

贾黎明等^[29]和廖继佩等^[30]设计出一种原位收集根分泌物的连续装置,该装置是让植物在石英砂、河砂和鹅卵石的混合基质内生长,用水定期洗脱根部,分泌物与淋洗液一起循环,从而在树脂管中收集分泌物,然后洗脱树脂,最终得到根分泌物。

王占义等^[31]研究设计的土壤栽培条件下植物根分泌物的收集装置如图1所示。将植物栽培到生长箱内,重力作用下玻璃板壁对根系造成定向引导,根系通过琼脂后进入收集箱内,累积达到所需体积后,对收集介质进行淋洗,定期洗脱树脂。研究表明,该装置收集有机酸加标回收率>70%,苹果酸回收率为81%。

罗小三等^[32]等设计的原位溶液采样器,可动态地研究根分泌物的组成。该装置是将原位采样管环平置放在所需土层,填入土壤后压实,然后种植相关植物,当需要采集土壤溶液或根分泌物时,土壤保持一定的湿度,通过收集器对管路施加负压,土壤溶液会流入收集器中,满足所需的收集量后,收集器和输送管断开连接,收集到的溶液可用于后续测定和分析。该装置埋置可多次抽取,并且可收集多个土壤断面(横/竖)溶液,具有不会扰动、损伤根系和土壤环境、操作简单、价格低廉的优点。该装置还用于土壤重金属迁移的研究^[33]。



1.供试植物; 2.供试土壤; 3.琼脂; 4.斜面有机玻璃板; 5.出水孔; 6.开关; 7.XAD-4树脂; 8.海绵条; 9.石英砂与玻璃珠混合物; 10.尼龙网(防石英砂泄漏); 11.带孔橡皮瓶塞; 12.玻璃管; 13.吹气口

图1 植物根分泌物连续收集装置

为了解根际分泌物不同距离对外源污染物的降解效果,并对根际分泌物进行原位收集,何艳设计了利用特殊的层片根箱的水平多层法,如图2所示。根际培养箱大小为150mm×140mm×230mm;分为三个区域:根系生长室(中室),宽20mm,根系生长区;左右两边的根际室,60mm宽,根际室又被分成6个室,包括1mm、2mm、3mm、4mm、5mm的近根区,>5mm的远根区,每个室用尼龙网分隔(<25μm)。利用水平多层法,He等^[34]研究黑麦草幼苗根际土壤不同距离降解五氯苯酚(PCP)的能力,结果显示:能快速和大量降解PCP的是根表面附近3mm的土壤,分别将PCP浓度为 $8.7 \pm 0.5 \text{ mg/kg}$ 和 $18 \pm 0.5 \text{ mg/kg}$ 降低到了 0.20 mg/kg 和 0.65 mg/kg ,降解能力大小为根际附近>根系生长室>远根际室,而没有根系的土壤PCP浓度在各个土壤位置相同,和非根际土壤相比,根际附近的土壤通过增加土壤微生物量、磷酸酶和尿素酶等的活性来增强对PCP的降解能力。He等^[35]用同样的装置,调查了黑麦草在根际利用磷脂脂肪酸(PLAF)含量,反映根际微生物群落在毫米范围内,说明根际表面距离对PCP的非线性降解机制。He等^[36]利用相同的装置证实,不同于根分泌物和矿物营养物质随根际表面距离的增加呈线性的逐渐减少,PCP变化呈非线性规律,并且快速消失是在离根际2mm或3mm的根际层。根际土壤的原位采集用水平多隔层法效果较好,能较为准确地

反应根际周围不同距离根际分泌物的情况。

原位收集应该注意防止培养容器、收集装置被细菌污染,对培养液循环的流速要严格控制。

3 根分泌物有机酸的分离及后续处理

根分泌物成分比较复杂,需进行分离预处理后才能用于检测和分析。

3.1 萃取法

萃取法是利用有机酸和其他物质在溶剂中不同分配能力,而实现分离和纯化。徐婉明等^[17]用 CH_2Cl_2 萃取了根分泌物,其方法是提取15mL的根分泌物,然后加入等体积的 CH_2Cl_2 来提取根,再将 CH_2Cl_2 过 $0.45 \mu\text{m}$ 膜,于旋转蒸发仪上 45°C 减压至干,加入 CH_2Cl_2 2mL,以备GC-MS分析。在对橡胶树幼苗根分泌物进行测定时,王文斌等^[23]先将过滤液用45mL乙酸乙酯(EAC)萃取得到中性成分,然后用1mol/L HCl将水相pH值调节到3,用45mL EAC萃取得到酸性成分,最后用1 mol/L NaOH将水相调节pH值到8,用45mLEAC萃取后得到碱性组分,在减压条件下分别将酸性、碱性和中性(原液)的EAC萃取液浓缩至1mL(35°C),用于GC-MS测定分析。

3.2 树脂法

树脂法分为交换树脂法和吸附树脂法两种。交换树脂法是利用各种有机酸之间极性差异,使用特定填料作为固定相,并且根据固定相上各组分的交换能力差异实现分离。吸附树脂法利用吸附树脂吸附、富集有机酸,以实现分离和纯化^[21-37]。

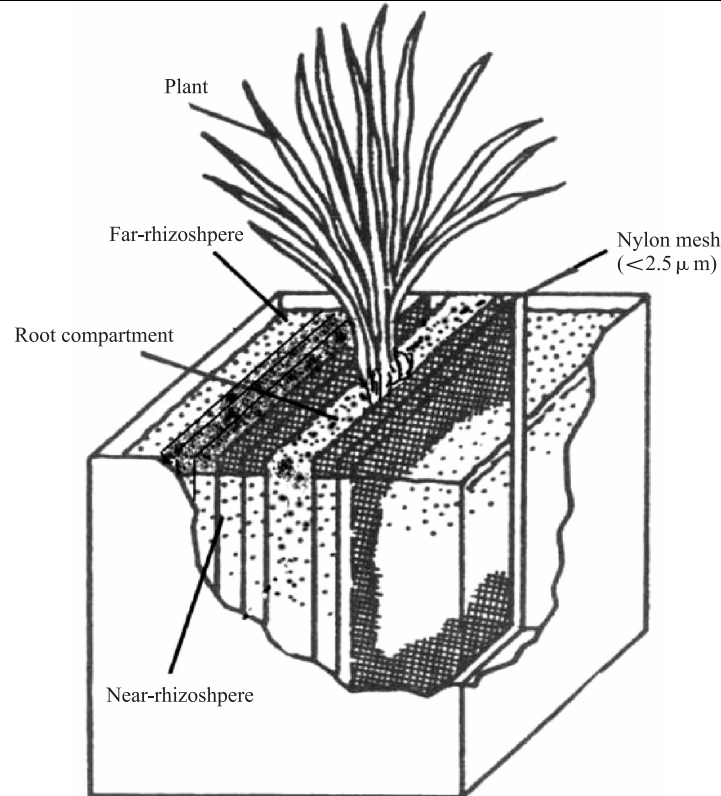


图2 水平多层次层片根箱

尤江峰等^[38]在研究脱落酸在铝胁迫下调控有机酸分泌机理时,溶液通过装有5g H^+ 型阳离子交换树脂(Amberlite IR-120B型)的阳离子交换柱(16mm×14mm),然后通过装有2.5g AG1-X8型阴离子交换树脂(100-200目,甲酸型)的阴离子交换柱(16mm×14mm),控制流速保证过柱时间约为3h,从而完全吸附。再用1mol/L HCl(10mL)分3次洗脱阴离子树脂,然后收集洗脱液到蒸馏瓶中,在40℃条件下将洗脱液旋转蒸发至干后定容,用反相高效液相色谱(RP-HPLC)测定有机酸种类、含量。 $\text{Tu}^{[15]}$ 等用树脂膜法提取和分离在蜈蚣草和波士顿蕨在As胁迫下的根分泌物低分子量有机酸,成功地分离出了植酸和草酸。在研究越橘根分泌物中有机酸时,李学淳等^[39]将浓缩后的溶液先流过732型阳离子交换树脂柱,用去离子水洗脱后,通过低温旋转蒸发浓缩,然后通过717型阴离子交换树脂柱,用1mol/L的HCl洗脱有机酸,将洗脱液在低温浓缩至微量后用pH值为2.1的 HClO_4 溶液定容至1.00mL后,用于高效液相色谱(HPLC)分析。

杨建峰^[40]等用HPD-400型大孔吸附树脂比较苹果酸、柠檬酸和酒石酸在水溶液中的吸附能力,结果表明,HPD-400型大孔吸附树脂在相同条件下吸附能力强弱依次是柠檬酸>苹果酸>酒石

酸,均符合Freundlich等温吸附方程。李勇等^[21]测定有机酸是将第3次换下的溶液以25mL/min的流速通过XAD-4大孔吸附树脂柱,用去离子水冲洗多次,再用300mL甲醇洗脱吸附在XAD-4大孔吸附树脂柱上的分泌物组分,在旋转蒸发仪上洗脱液在50℃减压条件下浓缩至微量后,转入5mL储液瓶后减压浓缩至干后,于-20℃保存用以GC-MS测定。研究铝胁迫下诱导决明子分泌特定柠檬酸时,Ma等^[41]用树脂法对有机酸进行分离时是将溶液先通过5g Amberlite IR-120B型阳离子交换树脂的阳离子交换柱,然后通过内装2gDovex 1×8阴离子树脂的阴离子交换柱,再用10mL 1mol/L HCl洗脱阴离子树脂上的保留物,减压浓缩干后,用 HClO_4 溶解定容,以备HPLC分析。

树脂法是分离有机酸常用的方法,实用性强、吸附容量高,对低浓度有机酸具有良好吸附效果,脱附再生容易,稳定性好,使用寿命长,操作简单,可脱附再生,无二次污染^[40]。

3.3 层析法

层析法是通过利用固定相和流动相中组分的分配平衡常数的差异,在固定相中经反复平衡后分离组分的方法。李德华等^[27]比较研究了有机酸采用DEAE纤维素层析柱和阴离子交换树脂层析柱的分离效果,结果表明,DEAE纤维素层析柱比阴离子

交换树脂层析柱具有更好的分离效果,各有机酸的回收率在93.7%~102.3%。利用层析法在玉米根分泌物中分离并检测出柠檬酸、苹果酸、琥珀酸、乙酸、马来酸等。

4 有机酸的鉴定和检测技术

分析测定有机酸的方法包括色谱法、毛细管电泳法、比色法、分光光度法和酶法等^[42]。但根分泌物中物质很复杂,且有机酸含量很低,有机酸的鉴定和检测很困难,这里主要介绍色谱法和毛细管电泳(CE)。

4.1 高效液相色谱法(HPLC)

HPLC对低分子有机酸测定分离效果好,灵敏度高,分析速度快,测定准确,并且能连续进样,操作方便,因此在有机酸测定方面运用广泛。HPLC测定的有机酸包括:乙酸、草酸、丙二酸、苹果酸、柠檬酸、琥珀酸、乳酸、酒石酸、马来酸、乙醇酸、富马酸等。HPLC的测定条件基本一致^[43-46],色谱柱C18反相柱,4.6mm×250mm,5 μ m,流动相是20~25mmol/L的KH₂PO₄溶液,用H₃PO₄调节pH值到2.5左右,流速0.5~1ml/min,检测波长210~220nm,柱温30 $^{\circ}$ C,进样量为10mL。为保持柱效,样品的测定时间应比标准品的测定时间长,使色谱柱里的各种物质充分洗脱,使下一样品的测定不受影响。施积炎等^[26]用HPLC分析测定了根分泌物中的草酸、柠檬酸、苹果酸和琥珀酸等。

HPLC分离过程中,硝酸、硫酸等无机酸易干扰有机酸的分离,俞乐等^[43]在流动相中添加了配对的离子四丁基硫酸铵(TBA),并延长草酸停留时间,消除了无机酸的干扰。为保证测定质量,田中民等^[22]在测定缺磷情况下根分泌的有机酸时,每测10个样品加测1次标准品,对难以确定有机酸的吸收峰,改变流动相的pH值和流速。

4.2 气质联用法(GC-MS)

GC-MS是以气体作为流动相,测试样能在流动相和固定相间瞬间平衡,分离效率高,并能同时测定多种有机酸,且对样品需求量小、灵敏度高,能对有机酸有效鉴定。有机酸的测定条件基本一致^[17-21,23-47],毛细管柱为30mm×0.25mm×0.25 μ m,进样1 μ L,进样口温度为250 $^{\circ}$ C,载气为He,离子源:EI⁺,70eV,扫描范围30~600amu,离子源温度230 $^{\circ}$ C。

检测出来的物质不仅包括有机酸,还有醇类、脂肪酸、酚酸、酮类、烷烃等,但对热稳定性

差的草酸、柠檬酸等却不能检测出来。所以对于热稳定性差、易于分解的有机酸,需在测定之前进行衍生化,如甲酯化^[48]。李勇等^[21]在检测根分泌物时,向1.5mL样品中加入足量的CaCl₂,75 $^{\circ}$ C下放置1h,确保样品彻底干燥,再在样品中加入250 μ L硅烷化试剂,75 $^{\circ}$ C衍生化1.5h再进行GC-MS的测定。

4.3 荧光光谱分析法

荧光光谱分析法测定植物根分泌物的种类,具有操作简便、快速、高效的优点。陆松柳等^[7]用此法检测了三种湿地植物美人蕉、茭白、水柳的根分泌物,主要为小分子有机酸和芳香族蛋白质。

4.4 毛细管电泳法

毛细管电泳(CE)是一种强大的非分离技术,样品盒溶剂具有用量少、毛细管便宜、更换简单的优点,可快速、准确地测定植物根系土壤中的有机酸^[49]。但和其他方法相比,其灵敏度和重现性相对较差^[42]。

大部分低分子有机酸以离子形式存在于中性介质中,因此采用毛细管区带电泳模式较多,影响分离的因素主要是电解质溶液的pH值、类型、电渗流改性剂和添加剂。Mala等人^[50]利用含有染料的电解质溶液和图层毛细管分离并测定了丙二酸、柠檬酸、富马酸。徐根娣等^[25]用CE分离、测定出了大豆根分泌物中的草酸、柠檬酸和琥珀酸。林琦等^[10]在研究根分泌物与重金属间的化学行为时,用CE测定了烟草和玉米分泌物中的有机酸、糖类、氨基酸。

5 研究展望

由于技术上的困难,对根分泌物的机理研究大都局限于外在的根分泌物种类和含量,分泌物是由哪些特定的细胞(根冠、侧根、表皮细胞、根毛细胞)分泌出的不详,对其内在分泌机理的研究较少。更深一层的机理研究需要更精密的仪器和实验设计来揭示。根际土壤和微生物之间的关系,应多利用分子技术、基因工程、同位素跟踪法等方法来研究内在机理。

大部分植物的培养和收集都是采用水培或砂培,使根际生长条件和实际情况差异较大,忽视了土壤微生物、动物及土壤温度等的影响。应多考虑实际情况,采用与实际土壤差别较小的实验方案,从而反映根分泌物与土壤之间的真实关联。

针对污染物的降解或重金属的吸收,是分泌物在起主要作用,还是其周围微生物的作用,还是二

者协同作用的结果, 仍需考证。

对根分泌有机酸的研究大多限于理论方面, 实际运用较少。应多加研究, 以利用特定分泌物的理化性质、外源添加提高植物对重金属的吸收或抵御、对有毒化合物的去除和妨害。

参考文献:

- [1] Lynch J P, Brown K M. Topsoil foraging – an architectural adaptation of plants to low phosphorus availability [J]. *Plant and Soil*, 2001 (237): 225–237.
- [2] Nguyen C. Rhizodeposition of organic C by plants: mechanisms and controls [J]. *Agronomy for Sustainable Development*, 2003 (23): 375–396.
- [3] Chen S T, Huang Y. Determination of respiration, gross nitrification and denitrification in soil profile using BaPS system [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2006, 18 (5): 937–943.
- [4] Zheng Y, Zhang F S. Effect of soil moisture on release of low – molecular – weight organic acids in root exudates and the accumulation of iron in root apoplasm of peanut [J]. *Pedosphere*, 2000, 10 (4): 333–338.
- [5] Graham J H, Leonard RT, Menge J A. Membrane – mediated decrease in root exudation responsible for phosphorus inhibition of vesicular – arbuscular mycorrhiza formation [J]. *Plant Physiol*, 1981 (68): 548–552.
- [6] Dayakra V, Badri, Jorge M, Vivanco. Regulation and function of root exudates [J]. *Plant, Cell and Environment*, 2009 (32): 666–681.
- [7] 陆松柳, 胡洪营, 孙迎雪, 等. 3种湿地植物在水培条件下的生长状况及根系分泌物研究 [J]. *环境科学*, 2009, 30 (7): 1901–1905.
- [8] McGrath S P, Shen Z G, Zhao F J. Heavy metal uptake and chemical changes in the rhizosphere of *Thlaspi caerulescens* and *Thlaspi ochroleucum* grown in contaminated soils [J]. *Plant and Soil*, 1997, 188 (1): 153–159.
- [9] Hammer D, Keller C. Change in the rhizosphere of metal – accumulating plants evidenced by chemical extractants [J]. *Journal of Environmental Quality*, 2002 (31): 1561–1569.
- [10] 林琦, 陈英旭, 陈怀满, 等. 根系分泌物与重金属的化学行为研究 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2003, 9 (4): 425–431.
- [11] MA J F. Role of organic acid in detoxification of aluminum in higher plants [J]. *Plant and Cell Physiology*, 2000, 41 (4): 383–390.
- [12] Shen H, He L F, Sasaki T, et al. Citrate secretion coupled with the modulation of soybean root tip under aluminum stress, Up – regulation of transcription, translation, and threonine – oriented phosphorylation of plasma membrane H^+ ATPase [J]. *Plant Physiology*, 2005, 138 (1): 287–296.
- [13] 黄鹤, 赵月春, 郭秀兰. 大豆在铝胁迫下分泌的柠檬酸与品种的耐酸铝性无关 [J]. *大豆科学*, 2003, 22 (3): 218–222.
- [14] Silva I R, Smyth T J, Raper C D, et al. Differential aluminum tolerance in soybean: an evaluation of the role for organic acid [J]. *Physiologia Plantarum*, 2001, 112 (2): 200–210.
- [15] Tu S X, Ma L, Luongo T. Root exudates and arsenic accumulation in arsenic hyperaccumulating *Pteris vittata* and non – hyperaccumulating *Nephrolepis exaltata* [J]. *Plant and Soil*, 2004 (258): 9–19.
- [16] 陈英旭, 林琦, 陆芳, 等. 有机酸对铅、镉植株危害的解毒作用研究 [J]. *环境科学学报*, 2007, 20 (4): 467–472.
- [17] 徐婉明, 张志红, 雷艳宜, 等. 气质联用方法测定香蕉根系分泌物 [J]. *热带作物学报*, 2010, 31 (8): 1403–1408.
- [18] El – Halmouch Y, Benharrat H, Thalouarn P. Effect of root exudates from different tomato genotypes on broomrape (*O. aegyptiaca*) seed germination and tubercle development [J]. *Crop Protection*, 2006, 25 (5): 501–507.
- [19] Marscher H. *Mineral in High Plant* [M]. London: Academic Press, 1995: 23–50.
- [20] Muratova A, Pozdnyakova N, Golubev S, et al. Oxidoreductase activity of sorghum root exudates in a phenanthrene – contaminated environment [J]. *Chemosphere*, 2009, 74 (8): 1031–1036.
- [21] 李勇, 黄小芳, 丁万隆. 营养元素亏缺对人参根分泌物主要成分的影响 [J]. *应用生态学报*, 2008, 19 (8): 1688–1693.
- [22] 田中民, 秦芳玲, 王波. 缺磷白羽扇豆根系分泌物收集方法的比较研究 [J]. *西北农林科技大学学报 (自然科学版)*, 2003, 31 (4): 154–158.
- [23] 王文斌, 吴小平, 尹玉莲, 等. 水培条件下橡胶树幼苗根系分泌物的 GC – MS 分析 [J]. *热带作物学报*, 2010, 31 (12): 2281–2286.
- [24] 王树起, 韩晓增, 乔云发, 等. 缺磷胁迫条件下大豆根系有机酸的分泌特性 [J]. *大豆科学*, 2009, 28 (3): 409–414.
- [25] 徐根娣, 金婷婷, 刘鹏, 等. 铝胁迫下大豆根系分泌有机酸和氨基酸的特性 [J]. *生态环境*, 2008, 17 (3): 1204–1209.
- [26] 施积炎, 陈英旭, 林琦, 等. 根分泌物与微生物对污染土壤重金属活性的影响 [J]. *中国环境科学*, 2004, 24 (3): 316–319.
- [27] 李德华, 贺立源, 李建生, 等. 一种根系分泌物中有机酸的前处理和高效液相色谱检测方法 [J]. *植物生理学通讯*, 2004, 40 (2): 219–222.
- [28] Neumann G, Römheld V. Root excretion of carboxylic acids and protons in phosphorus – deficient plants [J]. *Plant and Soil*, 1999 (211): 121–130.
- [29] 贾黎明, 冯菊芬, 文学军, 等. 循环水根系分泌物收集技术的研究及应用 [J]. *北京林业大学学报*, 2003, 25 (6): 6–10.
- [30] 廖继佩, 林先贵, 曹志洪, 等. 一种新型连续根分泌物收集装置 [J]. *土壤*, 2003, 35 (4): 311–313.
- [31] 王占义, 潘宁, 罗茜, 等. 一种新型根系分泌物收集装置与收集方法的介绍 [J]. *土壤学报*, 2010, 47 (4): 747–752.
- [32] 罗小三, 仓龙, 郝秀珍, 等. 原位土壤溶液采样及可溶性有机碳 (DOC) 的紫外吸收光谱直接测定探讨 [J]. *土壤*, 2007, 39 (6): 943–947.
- [33] 陈海峰, 周东美, 仓龙. 垂直电场对重金属络合物在土壤中迁移过程的影响 [J]. *中国环境科学*, 2006 (26): 78–82.
- [34] He Y, Xu J M, Tang C X, et al. Facilitation of pentachlorophenol degradation in the rhizosphere of ryegrass (*Lolium perenne* L.) [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2005, 37 (11): 2017–2024.

- [35] He Y, Xu J M, Ma Z H, et al. Proling of PLFA; Implications for nonlinear spatial gradient of PCP degradation in the vicinity of *Lolium perenne* L. roots [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2007, 39 (5): 1121 – 1129.
- [36] He Y, Xu J M, Lv X F, et al. Does the depletion of pentachlorophenol in root – soil interface follow a simple linear dependence on the distance to root surfaces [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2009, 41 (9): 1807 – 1813.
- [37] Muratova A, Golubev S, Wittenmayer L, et al. Effect of the polycyclic aromatic hydrocarbon phenanthrene on root exudation of *Sorghum bicolor* (L.) Moench [J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2009, 66 (3): 514 – 521.
- [38] 尤江峰, 候宁宁, 徐睦芸, 等. 铝胁迫下大豆根系脱落酸积累与柠檬酸分泌的关系研究 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2010, 16 (4): 899 – 905.
- [39] 李学淳, 杨忠, 李亚东. 越橘根系分泌物中有机组分及动态变化 [J]. *吉林农业大学学报*, 2009, 31 (5): 578 – 580.
- [40] 杨建峰, 贺立源, 左雪东, 等. 有潜在性的大孔吸附树脂模拟植物根系分泌有机酸吸附的方法 [J]. *华北农学报*, 2007, 22 (3): 127 – 131.
- [41] Ma J F, Zheng S J, Matsumoto H. Specific secretion of citric acid induced by Al stress in *Cassia tora* L [J]. *Plant and Cell Physiol*, 1997, 38 (9): 1019 – 1025.
- [42] 王敏, 屈峰, 林金明. 毛细管电泳在低分子量有机酸分析中的应用 [J]. *分析科学学报*, 2005, 21 (4): 454 – 458.
- [43] 俞乐, 彭新湘, 杨崇, 等. 反相高效液相色谱法测定植物组织及根分泌物中的草酸 [J]. *分析化学研究简报*, 2002, 30 (9): 1119 – 1122.
- [44] 邓云, 官会林, 戴开结, 等. 不同供磷水平对云南松幼苗形态建成及根际有机酸分泌的影响 [J]. *云南大学学报 (自然科学版)*, 2006, 28 (4): 358 – 363.
- [45] 王君, 王东升. 大豆、小麦根系分泌物中低分子量有机酸分析方法 [J]. *辽宁工程技术大学学报 (自然科学版)*, 2009 (28): 240 – 242.
- [46] 谢明吉, 严重玲, 叶箐. 菲对黑麦草根系几种低分子量分泌物的影响 [J]. *生态环境*, 2008, 17 (2): 576 – 579.
- [47] 柴强, 黄高宝, 黄鹏, 等. 鹰咀豆根系分泌物的分离鉴定及典型分泌物苯甲醛的化感效应 [J]. *草业学报*, 2005, 14 (1): 106 – 111.
- [48] Wang H B, Wong W H, Lan C Y, et al. Organic acids in two arsenic hyperaccumulators and a non – hyperaccumulator of *Pteris* exposed to elevated arsenic concentrations [J]. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 2011, 91 (3): 241 – 254.
- [49] Westergaard B, Hansen H C B. Determination of anions in soil solutions by capillary zone electrophoresis [J]. *Analyst*, 1998, 123 (4): 721 – 724.
- [50] Malú Z, Vespalec R, Böcek P. Capillary zone electrophoresis with indirect photometric detection in the visible range [J]. *Electrophoresis*, 1994, 15 (1): 1526 – 1530.

Research Methods on Organic Acids in Root Exudates

ZHONG Zheng – yan¹, CHEN Bing – fa², SONG Yan – hui³, MA Li³

(1. Yunnan Deshan Environmental Protection Science & Technology Co. , Ltd. ,
Kunming Yunnan 650034, China)

Abstract: Root exudates include low molecular compounds, high molecular compounds, and primarily carbon – based compounds. The organic acids secreted by plants are mainly acetic acid, oxalic acid, citric acid, malic acid, tartaric acid and succinic acid, which regulate cell metabolism and provide nutrients for the rhizosphere and microorganisms. The study of plant root exudates of organic acids has important academic significance for understanding the rhizosphere effects of plants. This paper briefly described the methods of collection, separation and detection of organic acids in root exudates.

Key words: root exudates; organic acid; collection; separation; detection

新型 CO₂ 捕集材料的研究进展

黄田, 黎阳明

(云南省环境监测中心站, 云南昆明)

摘要: 综述了近几年来国内外关于 CO₂ 捕集方面的先进技术和理念, 介绍了其相对于传统捕集方法的特点和优势。

关键词: 温室效应; CO₂; 捕集材料; 新型材料; 综述

中图分类号: X38 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0019-03

0 引言

随着全球经济的飞速发展, 环境问题已经成为制约经济可持续发展的一个重要因素。尤其是碳基化石能源的过度消耗, 直接导致大气中 CO₂ 的含量急剧上升, 引起了全球范围内严峻的环境问题。大气中的 CO₂ 气体是温室效应的主要贡献者, 因此控制 CO₂ 的排放量是有效减缓温室效应行之有效的方法。CO₂ 的捕集与封存技术 (carbon capture and storage, CCS) 是控制 CO₂ 排放量的最有效手段之一^[1]。目前, 用于 CO₂ 捕集的材料主要有: 传统的液氨、氨基液体、含胺化官能团的固体材料、多孔活性炭、沸石分子筛和金属有机框架材料等。其中, 传统的氨基吸附材料属于化学吸附, 再生耗能高; 而活性炭和沸石分子筛虽然属于物理吸附, 但是它们在 CO₂ 选择性分离上又存在一定的局限性, 其显著的缺陷就是吸附容量低、选择性不佳和再生困难等^[2]。

共价有机骨架 (COFs) 和金属有机骨架 (MOFs) 作为新型材料, 由于巨大的比表面积、可调控的结构和易于再生等优点, 相对于传统的材料有着巨大的优势, 加之其在 CO₂ 捕集技术中的巨大潜力, 被认为最有可能成为下一代的“清洁”CO₂ 捕集材料, 受到了各国研究者的广泛关注^[3-6]。本文就近年来国内外新型的 CO₂ 捕集材料的发展及现状进行了详细的介绍与阐述。

1 传统的化学吸附方法

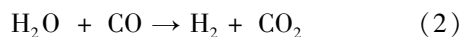
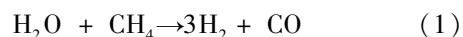
“湿法洗涤”去除 CO₂ 是使用比较成熟的技术, 到目前已经应用了 50 多年, 工业上主要使用烷醇胺单乙醇胺 (MEA) 作为洗涤剂^[7]。其原理为将含有 CO₂ 气体烟气自下而上通过含有胺溶液 (浓度一般为 25 ~ 30wt. %) 的吸收塔, 过滤后的

空气排出, CO₂ 则被截留在吸收塔下部, 同时需要用鼓风机往吸收塔鼓气^[8]。每 1mol 胺溶液可吸收 0.5 ~ 1.0mol 的 CO₂ 气体, 因为部分吸附剂可能水解为碳酸氢盐。N-甲基二乙醇胺 (MDEA) 也是一种常用的 CO₂ 吸收溶液, 其对 CO₂ 具有更高的吸收效率, 大约每 1mol 可吸收 1.01mol CO₂ 气体。

此外, 一些无机溶液也被用于 CO₂ 的吸收, 例如: 碳酸钾、碳酸钠和氨等。冷氨吸收过程为可逆反应, 其正反应为捕集的 CO₂ 与氨反应产物为碳酸氢氨, 在 20℃ 以下进行^[9-10]。其再生过程为将富含 CO₂ 的碳酸氨水溶液加热至 80℃ 使固体溶解。碳酸钾水溶液主要用于火力发电厂或石油和天然气开采井的 CO₂ 捕集技术^[9]。其他的利用碱的氢氧化物的水溶液从外界捕集 CO₂ 的技术也被大量报道^[11]。

2 CO₂ 捕集的新兴技术

虽然使用二次燃烧技术对现有电厂的 CO₂ 捕集过程进行改造, 可使其运行成本更低, 但是还存在其他两个替代方案: 预燃捕集和富氧燃烧过程。它们作为 CO₂ 捕集的新兴技术预计将实现更高的 CO₂ 分离和捕集效率^[12]。预燃烧方法常被用在高分压下捕集天然气工业排放的 CO₂^[13]。其燃烧过程包含一个燃烧 CH₄ 制 H₂ 的过程, 原理如公式 (1)、(2) 所示:



富氧燃烧技术是基于“零排放理论”开发的, 被认为是最有可能替代二次燃烧捕集技术的一种新兴的 CO₂ 气体捕集技术。通过降低熔炉中惰性气体 (一般为 N₂) 的含量, 可使锅炉的热效应得到显著的增加, 能有效地降低成本。其中 CO₂ 选择性膜是该分离最有前景的新技术之一。

3 新型 CO₂ 捕集材料

3.1 微孔和介孔无机材料

在大多数专利和文献报道中沸石被认为是应用最广泛的 CO₂ 物理吸附剂材料^[14]。它们常被用于商业制氢气生产（涉及 H₂/CO₂ 分离）的变压吸附分离材料，其中最常见的是基于沸石 13X 的材料。近年，利用实验和计算机模拟技术开发新的用于 CO₂ 捕集的沸石材料得到了很高的关注，例如：X 和 Y 型的八面沸石（Faujasite）系统，以及包含 5A 和 13X 的合成沸石材料^[15]。

多孔固体材料的一个显著的优点是可以通过将活性基团（如烷基氨等）经过浸渍负载在其表面来改变其性能。这种方法通常被用来提高多孔材料在低压条件下对气体的吸附性能，例如对烟道气或大气中的某些成分的捕集。值得注意的是，大量的氨基修饰的二氧化硅材料被报道^[14-16]。主要是通过氨基的表面修饰来改进多孔材料的 CO₂ 吸附能力，其吸附原理与直接用胺溶液洗涤的原理相似。但是，吸附剂再生所需的能量比胺溶液（>100℃）更低，可以有效节约吸附剂再生成本。但是这种材料在浸渍负载氨基的时候通常稳定性较差。随后研究人员在介孔材料表面引入烷基胺试图来提高材料的稳定性。例如使用氮杂环丙烷聚合物修饰的介孔二氧化硅材料表现出了较好的稳定性^[16]。

3.2 有机固体吸附材料

最近的研究表明，共价有机骨架（COFs）材料对 CO₂ 的捕集有着巨大的潜力。这种微孔晶体材料与金属有机骨架（MOFs）材料非常类似，是一种利用有机化合物合成的重量极轻的骨架材料。Yaghi 等^[17]利用四（4-（羟基）丁基苯基）甲烷合成的 COF-102（C₂₅H₂₄B₄O₈）骨架材料对 CO₂ 表现出及其优异的吸附性能，在 55bar 和 298K 条件下对 CO₂ 的吸附量为 27mmol/g。此外，研究人员还利用分子模拟技术对实验结果进行了论证，并预测了这种材料对 CO₂ 具有高的吸附能力^[18]。

3.3 金属有机骨架（MOFs）吸附材料

金属有机骨架（metal-organic frameworks, MOFs）材料是一类由金属离子与有机配体杂化生成的一种大分子新型多孔材料。其通过“自组装”不同的二级结构单元（secondary building unit, SBU）使材料在各种纳微尺度下具有骨架型规整孔道结构、超大的比表面积、较高的孔隙率和极小的固体密度^[19-20]。由于 MOFs 材料所具备的这些优异的性能，使得它们在气体储存与分离、光电催化、离子交换、生物活性及分子识别等领域展现出

潜在的应用前景，成为当前材料领域的研究热点与前沿之一。

Millwrtd 和 Yaghi 等^[21]利用水热法合成的金属有机骨架材料 MOF-177 比表面积达到 4500m²/g，孔径约为 1.1nm。在 35bar 条件下 CO₂ 的吸附量为 33.5mmol/g，比之前报道的任何多孔材料都要高。Aprea 等^[22]，用 HKUST-1 与标准材料沸石 13X 进行了对比。结果表明，HKUST-1 相比于后者对 CO₂ 具有更高的吸附能力。

MOFs 材料吸附 CO₂ 主要受其比表面积及官能团的影响，虽然近几年来 MOFs 在增加比表面积上取得了巨大的进展，但是其结构仍是影响吸附量的一个重要因素。Denayer 等^[23]，对具有稳定的双笼式结构的 MIL-53 进行研究，结果表明不论在低压还是高压条件下，其对 CO₂ 均表现出较高的吸附性能。Sun 等^[24]通过氨基修饰的方法合成了 NH₂-UiO-66（Zr），其对 CO₂ 的吸附量相比未经过修饰的 UiO-66 有了很大的提高，结果表明氨基可以有效地提高 MOFs 材料对 CO₂ 的吸附性能。这可能是由于氨基的加入改变了 MOFs 材料的性质，增加了额外的吸附活性位点，导致 CO₂ 的吸附能力提高。Yaghi 等^[25]利用具有 Lewis 碱性质的氨基来修饰 MOFs 材料 IRMOF-1，修饰后的材料 IRMOF-3 对 CO₂ 吸附量相比前者提高了约 9%。

4 结论及展望

随着全球经济的不断发展，越来越多的环境问题日渐成了人们关注的焦点之一。其中，全球性的日益严重的“温室效应”无疑是焦点中的热点问题。而 CO₂ 气体作为温室效应的主要贡献者之一，控制全球 CO₂ 的制约条件将逐渐被淘汰。相比不可再生或再生费用高的 CO₂ 吸附剂，新兴的多孔固体材料由于其优异的性能得到了越来越多的关注。其中，COFs 和 MOFs 材料因为巨大的比表面积和多样化的晶体结构在这方面表现尤为突出，成为最有可能的下一代 CO₂ 捕集材料。但是，目前仍然有很多问题没有解决，如：如何提高材料在潮湿条件下的稳定性、如何更加有效地提升材料对 CO₂ 的吸附性能等。随着化石能源的持续使用，全球温室效应的加剧，开发适用于 CO₂ 高效捕集的新型材料还有很长的路要走。

参考文献：

- [1] Sumida K, Rogow D L, Mason J A, et al. Carbon Dioxide Capture in Metal-Organic Frameworks [J]. Chemical Reviews, 2011, 112 (2): 724-81.
- [2] McEwen J, Hayman J D, Yazaydin A O. A comparative study of CO₂, CH₄, and N₂, adsorption in ZIF-8, Zeolite-13X and BPL activated

- carbon [J]. *Chemical Physics*, 2013, 412 (412): 72–76.
- [3] Li J R, Ma Y, Mccarthy M C, et al. Carbon dioxide capture – related gas adsorption and separation in metal – organic frameworks [J]. *Coordination Chemistry Reviews*, 2011, 255 (15–16): 1791–1823.
- [4] SubhadeepChandra, SumanGarai, BikashBanerjee, et al. Carbon dioxide capture by metal organic frameworks [J]. *Indian Journal of Chemistry*, 2012, 51 (9): 1223–1230.
- [5] Zhang Z. Perspective of microporous metal – organic frameworks for CO₂ capture and separation [J]. *Energy & Environmental Science*, 2014, 7 (9): 2868–2899.
- [6] Liu Y, Kasik A, Linneen N, et al. Adsorption and diffusion of carbon dioxide on ZIF–68 [J]. *Chemical Engineering Science*, 2014 (118): 32–40.
- [7] Rochelle G T. Amine scrubbing for CO₂ capture. [J]. *Science*, 2009, 325 (5948): 1652–4.
- [8] Vaidya P D, Kenig E Y. CO₂ – Alkanolamine Reaction Kinetics: A Review of Recent Studies [J]. *Chemical Engineering & Technology*, 2007, 30 (11): 1467–1474.
- [9] Rao A B, Rubin E S. A technical, economic, and environmental assessment of amine – based CO₂ capture technology for power plant greenhouse gas control [J]. *Environmental science & technology*, 2002, 36 (20): 4467–4475.
- [10] Johnson J. Dust is likely cause of deadly blast [J]. *Chemical & Engineering News*, 2008, 86 (7).
- [11] Keith D W, Haduong M, Stolaroff J K. Climate Strategy with CO₂ Capture from the Air [J]. *Climatic Change*, 2006, 74 (1–3): 2006.
- [12] Figueroa J D, Fout T, Plasynski S, et al. Advances in CO₂, capture technology—The U. S. Department of Energy’s Carbon Sequestration Program [J]. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 2008, 2 (1): 9–20.
- [13] Eide L I, Bailey D W. Precombustion decarbonisation processes [J]. *Oil & gas science and technology*, 2005, 60 (3): 475–484.
- [14] Choi S, Drese J H, Jones C W. ChemInform Abstract: Adsorbent Materials for Carbon Dioxide Capture from Large Anthropogenic Point Sources [J]. *Cheminform*, 2009, 41 (6): 796–854.
- [15] Harlick P J E, Sayari A. Applications of pore – expanded mesoporous silicas. 3. Triamine silane grafting for enhanced CO₂ adsorption [J]. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2006, 45 (9): 3248–3255.
- [16] Hicks J C, Drese J H, Fauth D J, et al. Designing adsorbents for CO₂ capture from flue gas – hyperbranched aminosilicas capable of capturing CO₂ reversibly. [J]. *Journal of the American Chemical Society*, 2008, 130 (10): 2902–3.
- [17] Banerjee R, Furukawa H, Britt D, et al. Control of pore size and functionality in isoreticular zeolitic imidazolate frameworks and their carbon dioxide selective capture properties. [J]. *Journal of the American Chemical Society*, 2009, 131 (11): 3875–7.
- [18] Babarao R, Jiang J. Unprecedentedly high selective adsorption of gas mixtures in rho zeolite – like metal? organic framework: a molecular simulation study [J]. *Journal of the American Chemical Society*, 2009, 131 (32): 11417–11425.
- [19] Banerjee R, Pachfule P, Balan B K, et al. One – dimensional Confinement of Nanosized Metal Organic Framework in Carbon Nanofibers for Improved Gas Adsorption [J]. *Chemical Communications*, 2012, 48 (14): 2009–11.
- [20] Qian D, Lei C, Hao G P, et al. Synthesis of Hierarchical Porous Carbon Monoliths with Incorporated Metal – Organic Frameworks for Enhancing Volumetric Based CO₂ Capture Capability [J]. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2012, 4 (11): 6125–6132.
- [21] Millward A R, Yaghi O M. Metal – organic frameworks with exceptionally high capacity for storage of carbon dioxide at room temperature. [J]. *Journal of the American Chemical Society*, 2005, 127 (51): 17998–9.
- [22] Aprea P, Caputo D, Gargiulo N, et al. Modeling Carbon Dioxide Adsorption on Microporous Substrates; Comparison between Cu – BTC Metal? Organic Framework and 13X Zeolitic Molecular Sieve [J]. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 2010, 55 (9): 3655–3661.
- [23] Finsy V, Ma L, Alaerts L, et al. Separation of CO₂/CH₄, mixtures with the MIL–53 (Al) metal – organic framework [J]. *Microporous & Mesoporous Materials*, 2009, 120 (3): 221–227.
- [24] Sun D, Fu Y, Liu W, et al. Studies on Photocatalytic CO₂, Reduction over NH₂ – UiO–66 (Zr) and Its Derivatives; Towards Better Understanding of Photocatalysis on Metal – Organic Frameworks [J]. *Chemistry – A European Journal*, 2013, 19 (42): 14279–85.
- [25] Yaghi O M, Millward A R. Metal – organic frameworks with exceptionally high capacity for storage of carbon dioxide at room – temperature; U. S. Patent 7, 799, 120 [P]. 2010–9–21.

Research Progress of New Materials for CO₂ Capture

HUANG Tian, LI Yang – ming

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

Abstract: With the development of the global economy, a large amount of fossil energy consumption has led to a sharp increase of CO₂ content in air, which would result in a serious environmental problem, the global “greenhouse effect”. This paper summarized the advanced technologies and concepts of CO₂ capture at home and abroad in recent years and introduced its characteristics and advantages over conventional capture methods.

Key words: greenhouse effect; CO₂; capture material; new material; summary

云南省水生生态现状及其保护对策

杨育华¹, 杨洪福¹, 段燕楠², 张文丽³, 闻睿¹

(1. 昆明市环境科学研究院, 云南 昆明 650032; 2. 昆明市气象局, 云南 昆明 650034;

3. 云南高科环境保护科技有限公司, 云南 昆明 650032)

摘要: 介绍了云南省情, 从水生生态系统、水资源情况、水环境质量方面分析了云南省水生生态系统现状, 提出了开展水生生态系统调查摸清底子、加快地方法律法规建设、推进保护机制体制建设、探索建立完善新标准、加强公众保护知识宣传等保护对策。

关键词: 水生生态保护; 现状; 对策; 云南

中图分类号: X52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0022-05

0 引言

水生生态系统是自然生态系统的基础和重要组成部分, 进行水生生态系统的保护是推进生态文明建设的重要工作, 建设生态文明必须把保护水生态放在突出位置^[1]。云南省生态环境独特, 生物多样性丰富, 是我国西南重要的生态安全屏障, 承担着维护区域乃至国际生态安全的战略任务。总体而言, 云南水生态环境存在人均占有量少, 空间分布不均, 年际和季节变化大, 水资源短缺的问题。随着城市化进程的加快, 有些地区污水排放量逐年增加, 加之面源污染仍未得到有效控制, 导致局部水域、部分支流和湖泊污染, 部分湖泊富营养化依然严重。我国《中华人民共和国水法》《中华人民共和国水污染防治法》《中华人民共和国环境保护法》等有关法律法规基本构建了水生态保护的管理体系。总体来看, 这些法规规定的水功能区、水质监测、入河排污口管理、排污许可、排污收费等制度是符合我国实际的, 但在实际工作中, 这些规定没有得到全面贯彻执行, 流域与区域之间、水利与环保等有关部门之间的信息渠道还不畅通, 联合防污、控污机制还没有建立。因此除需要进一步加强地区和部门之间的沟通, 还需建立并完善流域与区域管理相结合、环保与水利相联合的管理机制。

从20世纪60年代起, 为了控制山区洪水, 减少洪涝灾害, 满足地区用水需要, 云南省陆续修建了大量的水库和水闸, 促进了经济社会可持续发展,

改善了周边的景观和水生态。但众多的水库、水闸在一定程度上改变了河流水文特性, 破坏了河流水系的连通性, 甚至有些河道断流, 导致水生生态系统退化。

自然湿地也存在面积萎缩。滇中、滇东北地区湿地沼泽化草甸、淡水湿地在10余年间消失近40%, 湿地破碎化, 部分湿地生态功能退化, 28%的自然湿地外来生物入侵严重, 25%的湿地污染严重且治理难度大, 超过50%的沼泽及其沼泽化草甸湿地过度放牧, 18%的湿地存在不规范旅游现象^[2]。随意开垦、围垦、侵占、改变湿地用途等现象日益突出。究其原因主要是对湿地功能的生态价值认识不足, 湿地保护管理能力薄弱; 其次是湿地保护重大事项协调、鼓励社会力量参与湿地公益保护、湿地生态补偿、湿地保护管理评估等长效机制还没有建立和完善, 各地湿地管理机构还不健全, 管理技术人才缺乏, 保护经费投入严重不足, 湿地科技支撑滞后。使得云南省的自然湿地保护率低于全国平均水平。在此基础上提出相应的保护对策, 对于完善水生生态系统保护相关机制体制, 逐步恢复和提升水生生态系统功能, 促进云南省生态文明排头兵建设具有重要的意义^[3]。

1 云南基本省情

云南省地处祖国西南边疆, 位于东经97°32'39"~106°11'47"、北纬21°8'32"~29°15'8", 与越南、缅甸、老挝三个国家接壤, 边境线长4060km。云南立体气候特点显著, 有北热带、亚热带、中亚热带、北亚热带、南温带、中温带和高原气候区共7个气候类型^[4]。全省河川纵横, 湖泊众多, 境内径流面积在100km²以上的河流有889条, 分属

收稿日期: 2018-08-15

作者简介: 杨育华 (1976-), 男, 高级工程师, 研究方向: 生态环境领域。

通信作者: 段燕楠 (1986-), 女, 工程师, 研究方向: 应用气象与气象服务。

长江、珠江、元江、澜沧江、怒江和大盈江等6大水系。全省有高原湖泊40多个,湖泊水域面积约1100km², 占全省总面积的0.28%, 总蓄水量约1480.19亿m³。云南是全国植物种类最多的省份,在全国3万种高等植物中,云南占60%以上,列入国家一、二、三级重点保护和发展的树种有150多种^[5]。截止2016年,全省常住人口为4770.5万人,城镇人口2148.2万人,乡村人口2622.3万人,城镇化率达45.03%。全省生产总值(GDP)14869.95亿元,其中,第一产业完成增加值2195.04亿元,增长5.6%;第二产业完成增加值5799.34亿元,增长8.9%;第三产业完成增加值6875.57亿元,增长9.5%。

2 云南省水生生态系统现状

云南省属低纬度内陆高原山区省份,地形地貌复杂,海拔高差悬殊,自然环境与土壤类型多样,气候垂直差异显著,生物、旅游、水能和矿产资源丰富,水生态环境相对而言较为优越。但是随着城市化进程加快,城市人口稠密,人均占有量少,再加上自然分配过程中的空间分布不均,年际和季节变化大,导致水资源短缺的矛盾突出^[6]。

2.1 水生生态系统

云南省水生生态系统主要有湖泊、水库、湿地、河流等类型。湖泊类主要分布在滇中地区,水库类主要分布在滇西南地区。根据《云南省湿地资源第二次调查公报》,全省湿地总面积56.35万hm², 河流湿地24.18万hm², 湖泊湿地11.85万hm², 沼泽湿地3.22万hm², 人工湿地17.10万hm²。全省湿地总面积占国土总面积的1.47%, 自然湿地总面积39.25万hm², 占国土总面积的1.02%, 自然湿地总面积占湿地总面积的69.67%^[7]。经调查发现云南省湿地植被型有12个,湿地植物群系有189个,湿地高等植物有2274种,其中,国家重点保护野生植物12种,云南特有植物116种。湿地脊椎动物1006种,其中,国家重点保护野生动物67种,云南特有野生动物237种^[8]。从区域分布看,滇中区域湖泊面积最大,占全省湖泊面积的56.13%,滇东北和滇西南湖泊面积最小,均为0.07%。其中昆明、玉溪、大理、丽江、红河等州市湖泊面积居前5位,占云南省湖泊总面积的91.54%。滇西南区域水库面积最大,占全省水库面积的31.72%,滇西北区域面积最小占4.13%。

2.2 水资源情况

全省年均降水量为1278.8mm,折合水量4900

亿m³,西部、西南部和东南部年降水量较大,中部和北部的干热河谷(坝子)地区的降水量较少。各地降水量的集中程度不一,集中度最小的是滇西、滇南等丰水地区,最大的是宾川坝区等干旱地区。全省年均地表水资源量为2210亿m³,约占全国的1/13^[9],年均地下水资源量为771.5亿m³,地下水资源量约为全国地下水资源总量的9.54%。全省多年平均径流深为576.7mm,多年平均产水模数为每年57.7万m³/km²,约为全国平均水平的2倍。

2.3 水环境质量

在100条主要河流(河段)的186个国控省控监测断面中,112个断面水质优,符合I~II类标准,占60.2%;40个断面水质良好,符合III类水标准,占17.7%;2个水质轻度污染,符合IV类水标准,占10.2%;5个断面水质中度污染,符合V类水标准,占2.7%;10个断面水质重度污染,劣于V类标准,占5.4%。共有152个断面水质优良,优良率为81.7%。按断面水质达到水环境功能类别衡量,165个断面水环境功能达标,占88.7%,与2015年相比提高了2.8%。根据《云南省水资源公报》的评价成果,全省监测评价河长16831.2km,符合地表水I~III类水质标准的河长13785.2km,占评价河长的81.9%,但是龙川江、滇池流域等水资源开发利用程度高的区域,由于过度开发利用水资源,不仅进一步加剧了区域性水资源供需矛盾,而且造成局部地区水污染严重和生态缺水严重,引发一系列生态环境问题,严重影响人民群众健康和人居环境改善。

据2016年云南省环境公报内容,全省湖泊、水库水质总体良好,优良率为83.8%。在62个开展水质监测的主要湖库中,41个水质优,符合I~II类标准,占66.1%;11个水质良好,符合III类标准,占17.7%;2个水质轻度污染,符合IV类标准,占3.2%;4个水质中度污染,符合V类标准,占6.5%;4个水质重度污染,劣于V标准,占6.5%。44个湖库水质达到水环境功能要求,达标率为71%,与2015年相比下降5.7%。56个湖库(水体)开展了营养状况监测,其中3个湖库处于贫营养状态,45个处于中营养状态,2个处于轻度富营养状态,6个处于中度富营养状态。九大高原湖泊中泸沽湖、抚仙湖水质优,符合I类标准;洱海、阳宗海水质良好,符合III类标准;程海水质轻度污染,符合IV类标准;滇池草海、滇池外

海、杞麓湖水质中度污染,符合V类标准;异龙湖、星云湖水质重度污染,劣于V类标准。

3 保护对策

3.1 开展水生态系统调查摸清本底

随着云南经济社会快速发展,大规模的水利建设、以及气候变化的影响,云南省江河湖泊的自然资源状况、水土资源开发利用情况、水利基础设施建设和运行状况等都发生了巨大的变化。迄今为止,云南省尚未开展过全面系统的普查,对江河湖泊的基本情况及其污染状况的本底不是十分清楚,对江河湖泊的开发治理保护情况的了解也不是十分全面。随着人口的增加和不断提高的物质生活水平的需要,人们对良好的、稳定的水生态要求也在不断提高,因此对河流和湖库的主要特征进行全面、系统、准确、完整的研究势在必行。这也将对云南区域内自身的水生态能够持续支撑经济社会发展、并维系良好生态系统的水环境承载能力以及对云南省加快江河、湖泊治理步伐,减少洪、旱灾害损失,构筑坚固安全的防洪体系产生重要影响。

因此理清过度排放、过度开发利用或者是不合理开发利用等水生态环境问题,才能有针对性地提出解决办法、措施,水生态保护与修复的效果才能事半功倍,同时也是加强水生态系统保护与修复的重要基础。其次全面查清云南省河流湖泊数量、分布及其水生态等基本情况,也是全省经济社会可持续发展战略的必然要求。

通过水生态状况摸底调查,运用 ArcGis 等空间分析技术,采用定量和定性的方法,理论分析和现场调查研究相结合,客观、全面地分析全省水生态状况,才能摸清经济社会发展水生态面临的形势,实现水资源的科学开发、合理利用、优化配置,为有效保护水生态提供科学的基础依据,才能为推动和促进云南经济社会持续、健康、协调发展提供有力支撑。

3.2 加快地方法律法规建设

我国幅员辽阔,各地水生态环境复杂多样,千差万别。我国在保护水生态方面出台了一系列法律法规,修订后的中华人民共和国水污染防治法明确规定国务院环境主管部门负责水资源的统一管理和监督工作,并赋予其防治水污染、保护水生态、保障饮用水安全的职能。这对我国及云南水生态的保护具有里程碑式的意义。然而云南独特的自然生态环境与水生态保护配套的地方法律法规还不健全,从保护成效来看依然相对薄弱。比如云南省针对

“九大高原湖泊”的自身特点,通过“一湖一法”的模式对湖泊水生态进行立法保护,但是,在具体实践过程中,常常因为立法精细度不够,原则性规定过多,法规体系不完善等因素造成执法体系混乱以及权责边界不清晰等诸多问题,未能达到立法最初的湖泊保护目标。

因此必须加强地方法律法规立法工作,尽快制定云南省水生态保护条例,完善水功能区管理办法、排污口管理等系列的法律法规,加快云南省水生态保护工作的法制化建设进程。江苏省颁布了《江苏湖泊保护条例》,对于此《条例》,有以下几个方面值得云南省借鉴:第一,特别强调“保护”的理念。第二,强调湖泊保护规划的作用。第三,加强水行政部门对湖泊的主管地位。第四,将行政机关的法律责任具体化。《湖北省湖泊保护条例》是湖北省专门针对省内湖泊保护颁布的省级地方性法规。条例依据一湖一法,然后再根据湖北省湖泊的实际情况制定,真正地将湖泊环境保护落到实处。其次,条例明确了湖泊保护的责权。这一情况与云南省有相同之处。云南省在已经先有“一湖一法”的现实情况下,如何让这些既有的“一湖一法”保护条例成为一个统一的整体,可以参考湖北立法实践^[10]。

3.3 推进保护机制体制建设

通过湿地资源监测、资源有偿使用、保护成效评估、生态效益补偿、湿地红线管理等相关配套政策,逐步建立湿地保护长效机制,推进法规体系建设,以此制止侵占和破坏自然湿地的行为,确保生态结构和功能基本稳定。“十二五”期间云南省陆续颁布了《云南省湿地保护条例》以及建立国家湿地公园建设评估机制,新建国家湿地公园11处,湿地保护步入法制轨道。“十三五”期间,云南湿地保护主要以保护特有湿地、恢复一批自然湿地生态系统为重点,力争到2020年,全省自然湿地保有量达到42万 hm^2 ,自然湿地保护率达到45%,国家湿地公园数量达到15处。

3.3.1 建立健全水生态保护综合管理机制

长期以来,多个部门管水的体制反应出许多弊端:供水不管用水,用水不管排水,排水不管治污。这种局面与水生态保护所面临的形势极不匹配,必须在管理体制上有突破。要完善水资源保护与水污染防治协调机制,建立水利、环保等部门间交流平台,推进水资源保护和水污染防治协同管理,实现水质水量、污染源与入河排污口的信息共

享和信息公开。加强各级水行政主管部门水资源保护机构和执法队伍建设。创新河湖管理模式,推行政府行政首长负责、有关部门根据职责分工协作的水体治理及管护“河长”制。区域水生态保护和修复是一个系统工程,涉及环保、农业、发改、规划、国土、财政、水利等多个部门,要达到标本兼治的目的,必须坚持强化管理原则,运用法律的、行政的、经济的手段,完善环境管理制度,协同做好水生态保护、治理恢复工作,为治理与修复目标的实现提供保障。

3.3.2 建立健全水生态补偿和激励约束机制

要建立稳定的水生态文明建设的资金政策,针对重要水源涵养区域、江河源头区、生态保护区及重要跨流域调水水源地加大均衡性财政转移支付力度,并由受益单位或地区对工程造成的资源环境保护和修复费用、保护地区发展机会成本等给予相应补偿。探索以流域为单元的跨州(市)水生态补偿机制,推动下游对上游进行水资源水生态保护补偿,上游水质不达标或超标排污对下游进行损害赔偿的双向责任机制,探索跨行政区域的纠纷调节机制。搭建协商平台,引导和鼓励开发地区、受益地区与生态保护地区、流域上游与下游通过自愿协商建立横向补偿关系,采取资金补助、对口协作、产业转移、人才培养、共建园区等多种形式实施横向生态补偿。强化事中事后监管,加强对生态补偿资金使用、项目建设等补偿措施的全过程监督管理。

3.3.3 完善水生态保护执法监督机制

完善和落实水资源保护行政执法责任、执法巡查、评议考核和监察员行为规范等制度,做到执法有章可循、管理有序。推行执法责任制度,加强执法的外部监督,接受社会公众监督,同时加大内部监督和督查,定期或不定期对执法单位或执法人员执法工作进行全面检查,落实执行过错责任追究制,建立执法巡查制度,提高日常巡查频率,落实巡查责任制,明确巡查责任人。

加强执法基础设施建设,保障工作经费。建立执法基地,配备交通、通讯、录音、录像取证等执法装备,财政上应保障正常的执法工作经费。加强执法队伍建设。理顺执法机构内部管理关系,解决执法队伍编制问题,加强对执法人员的培训,建立业务培训制度。

3.4 探索建立完善的新标准

我国现行的《地表水水环境质量标准》是一个综合性的标准,依据地表水使用功能和保护目

标,将自然保护区、饮用水源地、渔业、工业、农业分为5类功能区,按照功能的高低不同依次分为I类到V类的水质标准。全省各地自然条件、经济状况差异较大、环境容量各不相同,因地制宜的污染物排放标准更有利于当地经济与水生态保护协调发展。如滇池流域的污水处理厂排放标准为一级A标,其负荷对于滇池水体来说仍相对较高,与加快滇池水质改善提升背道而驰。因此,可参照国外或国内一些成功做法。例如美国的水质标准分基准和标准两个层面,其中关于人体健康、营养物质、水生动植物等水质基准项目由美国环保局公布,水质标准由各州参照水质基准和依据自身水体环境情况制定。探索建立地方环境标准的差异化制定与执行,以改善提升水环境质量为先导,制定更具科学性、更具实效性的污染物排放标准势在必行。

3.5 加强公众保护知识宣传

无论是社会普通大众还是决策者,目前对水生态的保护都缺乏足够的重视,没有强烈的保护水、水环境和水生态的意识。河道和水流是城市的血管和血液。自然河道的水生态系统是城市水生态安全的基础,也是城市生态景观的重要组成部分。但长期以来,由于人们“人水相亲、自然和谐”的城市水生态安全意识淡薄,企业废水不经过处理直接排入河道,居民生活垃圾随意丢弃在河道,加之不合理的人为整治和市政工程建设,使得城市的自然河道系统与自然景观遭到破坏。一些城市在市政工程建设 and 城市治理过程中,往往只注重河道的引排防洪、河岸稳定防冲刷,普遍采用混凝土、石材等硬质材料护坡护底,形成“三面光”河道,使水相、土壤相和生物相三相之间的物质循环和能量交换过程被阻断,生物在河道中的栖息环境不复存在,也就没有了生物多样性的基础,水体的自净能力大大降低。

提高全民的城市水生态安全的意识,加大对水生态安全的保护力度,首先要向公众传达“人水相亲、自然和谐”的水生态理念,使公众认识到保护水环境就是保护社会生产力,就是保护社会的可持续发展。

应增加环境资源管理的公开性和透明度,完善公众参与途径。可以采取调查公众意见、咨询专家意见、座谈会、论证会、听证会等形式,通过多种形式的宣传,提高公众参与水生态保护的自觉性。要依靠媒体将水生态环境保护作为宣传的一项重要

内容,设立水生态环境防治专版、专栏,开展公益宣传。充分发挥新闻媒体的新闻舆论监督作用,定期或不定期开展明察暗访、媒体曝光违法排污企业和单位。要加强环保知识培训,开展绿色系列创建活动。广泛动员全社会力量,深入开展环境保护宣传教育,普及湖泊保护知识,弘扬保护水生态文化,倡导水生态文明,在全社会营造人人爱护水环境的良好社会氛围。建立水环境质量信息公布制度,定期向社会公布水环境质量信息,把年度检查情况与总体评估结果报告向社会大众公布,接受社会监督。要不断完善公众参与机制,切实维护公众环境保护知情权和环境权益。

4 结论与展望

(1) 云南水生态环境相对而言较为优越,但是随着城市化进程加快,城市人口稠密,人均占有量少,再加上自然分配过程中的空间分布不均,年际和季节变化大,导致水资源短缺的矛盾突出。随着城市化进程加快,有些地区废污水排放量逐年增加,加之面源污染仍未得到有效控制,导致局部水域、部分支流河段和湖泊污染严重,部分湖泊富营养化严重。

(2) 我国在保护水生态方面出台了一系列法律法规,中华人民共和国水污染防治法是云南省水污染防治的依据,但与云南独特的自然生态环境与水生态保护相配套的地方法律法规还不健全,管理体制机制滞后,保护标准规范不健全,公众保护意识薄弱,使得水生态保护成效依然相对薄弱。

(3) 开展水生生态系统调查,摸清本底,加

快地方法律法规建设,推进保护机制体制建设,探索建立完善新标准,加强公众保护知识宣传,才能够使云南的水生态持续支撑经济社会发展,维系良好的水环境承载能力,并对云南省加快江河、湖泊治理步伐,减少洪、旱灾害损失,构筑坚固安全的防洪体系产生重要影响,也才能为实现水资源的科学开发、合理利用、优化配置,有效保护水生态提供科学的基础依据,推动和促进云南经济社会持续、健康、协调发展。

参考文献:

- [1] 黄茜. 水生态文明建设的指标体系探讨 [J]. 中国水利, 2013 (6): 17-19, 9.
- [2] 尹斌. 云南湿地资源及保护对策研究 [J]. 黑龙江农业科学, 2016 (3): 160-163.
- [3] 周琼. 云南生态文明排头兵建设的历史动因与现实基础 [J]. 昆明理工大学学报(社会科学版), 2017, 17 (2): 26-32.
- [4] 余志坚. 气候对云南变成植物王国中的作用探讨 [J]. 农业与技术, 2014, 34 (1): 178.
- [5] 何小龙. 云南省水资源可持续开发利用模糊综合评价 [D]. 成都: 四川大学, 2006.
- [6] 刘斌涛, 陶和平, 孔博, 何兵. 云南省水资源时空分布格局及综合评价 [J]. 自然资源学报, 2014, 29 (3): 454-465.
- [7] 宋劲忻, 温庆忠, 华朝朗, 陶晶, 余昌元. 云南省湿地生态状况评价 [J]. 湿地科学, 2015, 13 (1): 35-42.
- [8] 云南省林业厅湿地办. 云南的湿地资源 [J]. 云南林业, 2014, 35 (5): 23-24.
- [9] 董徐艳, 陆颖. 云南省降雨量时空变化及其对水资源量分布格局的影响研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27 (S2): 140-144.
- [10] 于潇泓. 云南省湖泊保护立法体系研究 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2017.

The Status of Aquatic Ecosystem and Countermeasures of Yunnan

YANG Yu-hua¹, YANG Hong-fu¹, DUAN Yan-nan², ZHANG Wen-li³, WEN Rui¹

(1. Kunming Institute of Environmental Science, Kunming Yunnan, 650032)

Abstract: The status of aquatic ecosystem of Yunnan province was presented from the aspects of water ecosystem, water resources, and water environmental quality. Countermeasures were pointed out involving in conducting the basic study of aquatic ecosystem, framing local rules and regulation, preventing the construction of environmental protection mechanism, perfecting new standard, and strengthening public environmental education.

Key words: aquatic ecosystems; situations; protection countermeasures; Yunnan

浅析高黎贡山自然保护区生态补偿机制的建立

和建华

(怒江州建设项目环境审核受理中心, 云南 怒江 673100)

摘要: 介绍了高黎贡山自然保护区概况, 分析了保护区多样性保护中存在的问题。提出通过建立生态补偿机制来解决保护区的困境: 界定生态补偿的主客体, 严格界定林地产权制度, 构建高效的保护区管理机构, 多渠道融资, 项目形式补偿、积极争取国际资金支持, 设立自然保护区生态补偿专项基金等。建议核算保护区生态服务功能价值, 确定生态补偿标准。

关键词: 自然保护区; 生物多样性; 生态补偿; 机制; 高黎贡山

中图分类号: X171.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0027-04

0 引言

高黎贡山自然保护区于1986年获国务院批准, 为国家级自然保护区。其以丰富的动植物资源闻名于世, 享有“世界物种基因库”“自然博物馆”等美誉。保护区周边为多民族聚居区, 分布有傈僳、怒、独龙、藏、彝、纳西、傣、景颇、德昂等16个民族。拥有丰富的自然资源却挣扎在贫困线以下, 这样的经济现状是高黎贡山自然保护区周边居民的真实写照, 这是一个值得深思的问题。自然保护区建立的目的是保护生态和资源, 这要求周边村民肩负起更多的生态环境保护责任, 因此, 处理好生态环境保护与经济发展之间的矛盾是必要的^[1]。本文通过对高黎贡山自然保护区丰富动植物资源的调查了解, 分析其生物多样性的价值及保护区管理存在的问题, 提出通过建立生态补偿机制来解决保护区的困境, 为高黎贡山自然保护区生物多样性的保护途径和方法提供参考。

1 高黎贡山自然保护区概况

1.1 高黎贡山保护区区域概况

高黎贡山自然保护区地处云南省西部, 位于北纬 $24^{\circ}56' \sim 28^{\circ}22'$, 东经 $98^{\circ}08' \sim 98^{\circ}50'$, 由北片(北纬 $27^{\circ}31' \sim 28^{\circ}22'$, 东经 $98^{\circ}08' \sim 98^{\circ}37'$)、中片(北纬 $25^{\circ}11' \sim 26^{\circ}15'$, 东经 $98^{\circ}40' \sim 98^{\circ}49'$)、南片(北纬 $24^{\circ}56' \sim 26^{\circ}09'$, 东经 $98^{\circ}34' \sim 98^{\circ}50'$)等互不相连的3片组成, 全长约600km, 总面积达 $4.055 \times 10^7 \text{hm}^2$ 。高黎贡山自然保护区跨越5个纬度, 形成了特殊的地理位置环境, 地势北高南低, 高差达3000m有余, 造就了别具一格的自

然景观^[2-3]。由于高黎贡山自然保护区独特的自然条件, 该地区的生物也呈现出自南向北由热带型向寒带型逐渐变化的趋势^[3]。

1.2 高黎贡山保护区生物多样性

高黎贡山自然保护区是云南省最大的自然保护区, 由于其独特的地理位置形成了特殊的气候特征, 涵盖了十分丰富珍贵的动植物资源^[2]。除此之外, 高黎贡山保护区还是野生动植物南北过渡的走廊。据调查统计, 高黎贡山有种子植物4303种, 其中高黎贡山特有植物434种, 国家级保护植物34种, 省级保护植物45种; 有脊椎动物699种, 昆虫1690种, 其中国家保护的珍稀濒危动物82种, 大型真菌203种。是中国生物多样性最丰富的地区之一^[4-5]。

1.3 高黎贡山保护区生物多样性的价值

生物多样性是生物及其相关联环境之间的各种生态过程的总和, 是人类赖以生存的物质基础, 是一种在供人类使用生物资源的同时还受生物影响的环境资源^[6]。其价值分为直接价值和间接价值。一是直接价值。生物资源的直接价值体现在直接为人类提供食物的同时还能从生物多样性的野生和驯化的组分中得到人类生活所需的可用于食品、药品和能源等行业的工业原料。除此之外, 它在娱乐和旅游中也起着重要的作用。二是间接价值。间接价值主要与生态系统的功能息息相关, 主要体现在维持生态和环境的平衡, 通常不以国家核算体制来对它进行计算衡量, 但如果计算出来, 它的价值会远远超过其在消费和生产性方面的直接价值。藻类固定太阳能, 调节水文, 保持水土, 调节气候, 对污染物的吸收和分解, 碳、氮、磷元素的循环和维持

进化等都是生物多样性间接价值的体现。高黎贡山自然保护区是以保护为主的自然保护区,其生物多样性的价值主要体现在间接价值上。随着时间的推移,保护区生物多样性的最大价值可能在于为人类提供适应当地和全球变化的机会。生物多样性的未知潜力为人类的生存与发展展示了不可估量的美好前景。

2 高黎贡山自然保护区多样性保护中存在的问题

首先,高黎贡山自然保护区自1983年建立以来,先后建立健全了管理机构,但由于存在土地和法律、社会经济、缺乏系统完善的管理体系等问题,加之高黎贡山自然保护区面积较大,给保护区管理工作带来了巨大的压力。

其次,保护区的区域划分不清晰,村民保护意识不足。例如,在高黎贡山自然保护区(南片)试验区外围局部地段,保护区与集体林的林地权属争议较多,一是林权定界不清晰,与保护区规划设计不符;二是社区村民对林权界限理解存在偏差,最后导致农民将森林毁坏,将经济作物种植到保护区范围内。

最后,在对生物多样性保护方面,还存在着技术、资金、装备等客观因素不足,保护与发展矛盾突出,使生物多样性保护工作开展困难。具体表现在:①保护区所处地理位置交通条件较差,保护区日常巡护管理基本靠步行,非常艰辛且效率较低;②村民所需的农业和畜牧业等生产技术、知识的提高、更新速度缓慢,保护区对收容拯救野生动物方面基本处于空白阶段;③社区发展经济与森林保护、保护区管理存在冲突。社区发展经济以森林资源为基础,种植经济作物需要占用大量的森林面积,在保护区内进行频繁的采集活动,包括薪柴、非林产品采集、偷猎等活动,给自然保护区管理带来了空前的压力。

3 生态补偿机制的建立

生态补偿机制是指人类在使用自然资源的过程中,为保护区域生态环境,促进人与自然和谐发展,根据生态系统服务价值、生态保护成本、发展机会成本,运用政府和市场手段,调节生态保护利益相关者之间利益关系从而弥补其成本支出以及其他相关损失的行为的公共制度^[7]。结合国家生态文明建设的契机,以保护自然保护区生物多样性为目标,应适时提出尽快建立有效的生态补偿机制。为科学合理地构建一个全面系统完善有效的生态补偿机制,必须对其在实施过程中将会涉及到的主客

体、补偿对象、补偿方式、补偿标准等方法路径问题加以确定^[8]。本文针对高黎贡山自然保护区多样性保护存在的困境,提出高黎贡山自然保护区生态补偿机制的建立。

3.1 生态补偿的主客体界定

高黎贡山自然保护区生态系统服务功能的(主要是生物多样性)意义大概分为:本地区、区域、全球三个层面。因本地区意义的生态服务功能受益者主要为本地政府和居民,因而不纳入生态补偿的范围。本文涉及的生态补偿主客体主要按其区域和全球两个层面进行界定。补偿客体主要是当地政府和居民,统称为生态环境资源的保护者。生态环境资源保护者通过对当地生态环境的保护和恢复,为周边区域乃至全球提供优美的景观资源和生物多样性、碳汇、水分氧气循环等具有全球意义的生态系统服务功能,同时牺牲了自身经济发展的机会,因此,大部分居民仍挣扎在贫困线上。由于当地政府和居民在传统的生态经济发展模式中权利和义务不平衡,无法获得应有的经济效益,在这种不合理的机制下,缺乏足够的经济动力和能力持续进行生态保护工作和发展生态经济。因此,补偿主体主要为中央政府、下游政府和居民;在具有全球意义的服务提供中为各国政府和居民。

3.2 严格界定林地产权制度

目前保护区存在林地产权不清晰、不明确,村民对林权界限理解存在偏差的问题。要解决这些问题,建立契约化方式来划清彼此的权利和责任是不可或缺的。这就对土地所有者在土地的使用上进行了严格的限定,不可对契约进行随意的更改,也不能重新分配。在规定承包、租赁、购买的使用权的使用年限之外,还必须对承包、租赁、购买农民、企业等途径所获取的长期的资源使用权进行严格保护,避免他人的破坏和掠夺。

3.3 构建高效的保护区管理机构

鼓励建立以生态保护区的资源进行严格保护为目标的跨部门的共同保护区管理机制,成立专门的管理委员会,例如土地资源部门、水利部门、农林部门、环保部门等,但要求各部门对该部门责任、权利和利益明确。除此之外,对于这种跨部门的生态补偿工作,上级部门应协调好社区和原有保护区管理局之间的关系。因为同时发挥好两者之间的共同作用是确保保护区生物多样性和社区社会发展的重要基础,而且机构间的相互配合与协调,还能增加管理的力度、透明度和公平性。

3.4 多渠道融资途径

应完善生态补偿的财政政策体系,建立以政府投入为主导的多渠道的融资机制。目前生态补偿的主要措施仍然是政府手段,但生态补偿单靠政府补贴是不现实的,应积极引导社会各方的参与,探索多渠道多形式使用市场手段补偿生态效益的生态补偿方式,建立健全的补偿途径^[9-10]。公共产品由政府提供已经成为各国政府的共识和基本职责。自然保护区的公共物品性质决定了政府在这种物品的提供中应该负首要责任。从一般意义上讲,收益范围与某一特定辖区的保护区就应该属于地方性公共产品;如果其收益范围是跨辖区的,甚至是全国范围内获益的,则该保护区就是全国性公共产品^[11]。高黎贡山自然保护区提供的是具有国家安全意义、受益范围为跨辖区的生态系统服务功能,因而属于全国性公共产品。根据保护区的受益范围和成本原则,应通过由政府为主导的、合理分配主要通过税费机制筹集的资金,通过政府购买、转移支付、政策优惠、税收减免、发放补贴等具体方式来进行生态补偿,为高黎贡山自然保护区管理工作的有效开展提供保障。

3.5 项目形式补偿,积极争取国际资金支持

目前我国多数生态保护和恢复项目都与自然保护区有着密切的关系,如野生动植物保护工程、天然林保护工程等。另外,保护区管理部门需要通过各种途径争取更多的项目支持,其中生物多样性保护项目与碳汇项目需要引起保护区的广泛关注。应积极争取世界银行、联合国开发计划署、联合国规划署、全球环境基金等相关的项目支持。

3.6 设立自然保护区生态补偿专项基金

凡是给自然保护区生态补偿框架所得到的资金,例如,国际、国内机构、企业、个人对基于自然保护区保护进行的捐助得到的资金,都应纳入自然保护区生态补偿专项基金,通过基金管理委员会进行统一管理。基金管理应按照国家发布的“基金会管理办法”及民政部、中国人民银行对于基金会管理的原则进行统一管理。应着重强调的是基金的使用,基金的使用需要根据生态补偿的对象进行科学的界定,按自然保护区的保护目标以及捐赠者意愿进行确定。

4 建议

随着生态补偿机制相关工作在自然保护区的推

广和研究深度广度的不断扩展,为了能更好地解决经济建设与环境保护之间的矛盾,加强对生物多样性的保护,促进我国生态资源保护工作的发展,对高黎贡山自然保护区生态补偿机制工作的深入研究提出以下建议:

(1) 保护区生态服务功能价值的核算。虽然保护区生态服务功能类型多样,且部分服务功能存在相互交叉的现象,统计保护区生态服务功能价值存在一定的难度,但为了更好地保护其生态服务功能,确定生态补偿标准,需要综合环境科学、生态学以及相关学科的研究成果,选取合理、科学的统计方式对保护区生态服务功能价值进行核算。

(2) 生态补偿标准的确定。保护区生态补偿机制建立的难点是如何确定合理的生态补偿标准。补偿标准过低或过高都会影响生态补偿机制的有效施行。目前生态补偿标准的确定主要有核算法和协商法两种,两种方法各有其合理性,同时也存在缺陷。核算法计算出的生态标准较低,协商法的自由协商往往难以达成保护—补偿的协议,需要国家在法规和政策层面提供协商与仲裁机制,促进其达成协议。因此确定合理有效的生态补偿标准的方式,是值得深入研究和探讨的。

参考文献:

- [1] 梁青青. 高黎贡山自然保护区周边少数民族村寨经济现状调查研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2017 (S2): 248-251.
- [2] 王燕荣. 高黎保护区生物多样性及其保护方案 [J]. 现代园艺, 2018 (2): 153-153.
- [3] 张育梅, 陈桂首. 高黎贡山国家级自然保护区怒江片区生物多样性现状与保护对策 [J]. 绿色科技, 2017 (18): 47-48.
- [4] 沈秀英. 高黎贡山地区生物多样性及其保护措施分析 [J]. 绿色科技, 2015 (10): 26-27.
- [5] 张绍辉. 高黎贡山自然保护区生物多样性受威胁因素及可持续发展对策 [J]. 林业调查规划, 2013 (5): 45-49.
- [6] 宫焕智. 论生物多样性的价值及其保护对策 [J]. 化工设计通讯, 2017, 43 (10): 186-186.
- [7] 李云燕. 我国自然保护区生态补偿机制的构建方法与实施途径研究 [J]. 生态环境学报, 2011, 20 (12): 1957-1965.
- [8] 郭辉军, 施本植. 自然保护区生态补偿机制研究 [J]. 经济问题探索, 2013 (8): 135-142.
- [9] 邓爱林, 赵静静. 对我国生态补偿机制的建议——以浙江省的经验为例 [J]. 经营与管理, 2014 (1): 86-88.
- [10] 李宏伟. 生态补偿机制的实施困境与对策 [J]. 中国党政干部论坛, 2017 (11): 57-61.
- [11] 闵庆文, 甄霖, 杨光梅, 等. 自然保护区生态补偿机制与政策研究 [J]. 环境保护, 2006 (19): 55-58.

Analysis on the Establishment of Ecological Compensation Mechanism in the Gaoligongshan Nature Reserve

HE Jian - hua

(Nujiang State Construction Project Environmental Audit Acceptance Center, Nujiang Yunnan 673100, China)

Abstract: Based on the analysis of the biodiversity value and the problems of the diversity protection in the Gaoligongshan Nature Reserve, this paper proposed countermeasures to solve the dilemma of the difficulties of protecting the biodiversity of the Nature Reserve by establishing an ecological compensation mechanism. The mechanism could cover the following measures, defining the subject and object of the compensation, strictly identifying woodland property system, building highly efficient management organization, collecting money through multi - channels, introducing project compensation; actively applying for the support of international foundation, and establishing the special foundation for the nature reserve. Additionally, the ecological service value needs to be calculated to set up the ecological compensation standard.

Key words: nature reserve; biological diversity; ecological compensation; mechanism; Gaoligong Mountain

《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：hjkxdk@163.com；电话（传真）：0871 - 64142389；国内统一连续出版物号：CN53 - 1205/X；国际标准连续出版物号：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）》、“超星移动图书馆”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。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

云南省进一步深入推进生态文明创建的对策建议

李庆华, 王瑞波

(云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

摘要: 解析了顶层设计对生态文明建设的要求, 总结了省级生态文明创建的探索和实践、生态文明建设过程中在机制、技术、基础设施方面存在的问题, 提出进一步提升巩固创建成效的对策建议。

关键词: 生态文明; 创建; 存在的问题; 建议; 云南

中图分类号: X32 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0031-03

1 顶层设计对生态文明建设的要求

党的“十七大”将建设生态文明确立为一项重大的国家战略, 使之成为中国特色社会主义事业总体布局的重要组成部分。“十八大”报告中提出“大力推进生态文明建设”“努力建设美丽中国”; 把生态文明建设纳入中国特色社会主义事业“五位一体”总体布局: 对生态文明建设进行全面部署, 任务更加明确。“十九大”报告对生态文明建设作出顶层设计, 同时强调要“着力解决突出环境问题”“改革生态环境监管体制”等两个主要问题, 对生态文明建设理论提出了“对生态文明建设中存在的问题具有清醒的认识”“对解决生态文明建设中存在的问题有清晰的思路和举措”“向全世界发出了中国建设生态文明的庄严承诺”等三个创新, 突出了“全球生态文明建设”“中国要成为全球生态文明建设的引领者”等两个“靓点”, 并将生态文明上升到“中华民族永续发展的千年大计”的高度。

2008年11月, 习近平同志视察云南期间提出“努力争当生态文明建设排头兵”的殷切希望。云南省按照“努力争当全国生态文明建设排头兵”的要求, 出台了《中共云南省委云南省人民政府关于加强生态文明建设的决定》《七彩云南生态文明建设规划纲要(2009—2020)》并成立了云南省生态文明建设领导小组。2013年在《中共云南省委云南省人民政府关于争当全国生态文明建设排头兵的决定》中, 提出了争当全国生态文明建设排

头兵的重要目标, 明确到2020年努力把云南建设成为美丽中国示范区。为进一步贯彻落实生态文明建设工作, 先后制定实施了《云南省国家生态文明先行示范区建设实施方案》(2013—2017年)《关于努力成为生态文明建设排头兵的实施意见》《关于贯彻落实生态文明体制改革总体方案的实施意见》《云南省生态文明建设排头兵规划(2016—2020年)》。

2 省级生态文明创建的探索和实践

生态省、生态市、生态县、生态乡镇、生态村以及生态文明建设示范市县等生态文明创建工作作为贯彻落实生态文明建设工作的重要抓手之一, 在全国得到积极推广。1999年海南率先开展生态省建设, 其后全国先后有16个省(自治区、直辖市)开展了生态省建设, 并有1000多个县(市、区)开展了生态县(市、区)的建设。目前共有74个县(市、区)、2986个乡镇、46个县(市、区)分别获得国家级生态县(市、区)、国家级生态乡镇、国家生态文明建设示范市县的命名。

云南省是开展生态省建设的16个省(自治区、直辖市)之一, 创建工作也取得了积极进展。截止2017年底, 云南省有1个州(西双版纳州)和1个县(石林县)分别获得了“国家生态文明建设示范州”和“国家生态文明建设示范县”的授牌, 有1个州(西双版纳州)和4个县通过了国家环保部的“国家生态州”和“国家生态县”的考核验收等待命名, 有21个县获得了云南省政府“云南省生态文明县”的命名, 有1个市(保山市)和23个县通过了省环保厅组织的“云南省生态文明州”和“云南省生态文明县”的考核验收; 此外, 昆明市、普洱市和约20个县也已开展

收稿日期: 2018-06-10

作者简介: 李庆华(1968-), 本科学历, 工程师, 研究方向: 环境规划、循环经济、生态文明建设理论和机制。

“云南省生态文明州”和“云南省生态文明县”的创建工作，昆明、玉溪、景洪等城市开展了环保模范城市的创建工作；细胞工程的创建也积极推进，目前已创建绿色学校3000多所、绿色社区近600个、绿色教育基地近80个。

3 云南省生态文明创建存在的主要问题

(1) 虽然各级州市、县、乡政府均对生态文明建设具有了高度的认识和重视，但如何从本地实际出发，具体从哪些方面入手并落实好，部分地区仍缺乏系统全面的了解和认识。

(2) 随着生态创建工作的不断深入推进，生态创建工作涉及的部门不断增加，目前最新开展的“生态文明建设示范市县”的建设已涵盖组织、宣传、财政、审计、环保、发改、统计、工信、农业、林业、水利、国土、住建、卫生、教育、商业、交通等多个部门，创建组织难度进一步加大、指标考核数量也进一步增多。

(3) 基层专业技术人员严重不足，对基层创建的系统性、科学性构成了较大的影响。

(4) 部分指标的统计尚不系统完善，数据不够精确，对其存在问题的分析及对应策措施的提出和工程项目的实施构成一定影响（如工业用水数据涉及多个部门，水务部门主要针对大型用水企业和自来水厂供水的企业进行了统计，没有对大量小型企业的自备水的取用进行统计；工信部门或统计部门主要对规模以上的工业企业进行了统计；环保部门主要对重点污染企业进行了统计；几类部门的统计均不完全。又如农业净灌溉用水量由于基础设施的局限目前仍是一个粗略的统计数据。再如在“生态文明建设示范市县指标体系”中新增的公众绿色出行率、新建绿色建筑比例、节能节水器具普及率等指标的统计均不全面，等等）。

(5) 部分环境基础设施、特别是乡镇和农村生活污水和生活垃圾治理等环境基础设施的建设和完善由于资金等原因仍存在较大缺口。

(6) 部分地区仅满足于“拿牌子”，获得荣誉后工作懈怠，长效机制缺失，出现环境质量下降或监管不到位情况，全面参与生态文明建设的氛围也还不浓厚。

4 对策建议

实践证明，生态创建工作已成为生态文明建设的有效载体，是践行“绿水青山就是金山银山”和绿色发展理念的具体行动，是筑牢西南生态安全屏障的有力支撑，对区域生态文明水平提升和绿色

“一带一路”建设具有重要意义。现对云南省进一步深入开展生态创建提出以下对策建议：

(1) 进一步加强对领导干部关于生态文明建设的培训工作，巩固提高各级领导干部特别是乡镇领导干部的认识，结合本地实际，将生态创建作为生态文明建设的重要抓手和有效载体，全方面、高位推动生态创建工作。

(2) 加强市县两级责任部门的专业培训，使各个相关职能部门明确各自在创建中的职责、难点和重点工作，制定各个部门的工作计划，全面、有序、科学地开展创建。

(3) 建立基层专业技术人员培训机制，加强基层专业技术人员的培训，加强基层与专业技术单位、院校的合作，培养基层创建人才和队伍。

(4) 因势利导规范、核实难点指标的统计工作（如借助污染源普查工作进一步核实工业企业用水量和重复用水量、化肥施用量、规模化养殖场粪便产生量和综合利用量等数据；借助河长制和最严格的水资源管理制度的全面推行进一步核实农业、工业、生活等方面用水量；借助生态红线的划定进一步确认受保护地面积等）以及规范公众绿色出行率、新建绿色建筑比例、节能节水器具普及率等新增指标的统计。

(5) 加大财政投入、建立多元化融资渠道、推进生态建设市场化和产业化进程，整合农村环境综合整治、新农村建设、特色村寨建设等资金，以乡镇所在地和农村污水综合治理、垃圾资源化利用和无害化治理、公共绿地建设等基础设施的建设和农产品“三品建设”等当地难点指标的建设为重点，全面开展并提升创建水平。

(6) 进一步加强地方人大、政协以及新闻媒体、社会各界和群众的监督力度，建立和规范创建工作年度评估制度，完善有奖举报制度，建立生态环保问题公众听证会制度，完善生态环保村规民约，促进科学传播、号召全民参与，使生态文明建设工作持续、有效推进。

参考文献：

- [1] 党的十八届中央委员会向中国共产党第十九次全国代表大会的报告 [Z].
- [2] 关于命名第一批国家生态文明建设示范市县的公告（公告2017年第48号）[Z].
- [3] 云南省人民政府办公厅关于命名第一批云南省生态文明县市区的通知 [Z].
- [4] 云南省人民政府关于命名第一批云南省生态文明州市第二批云南省生态文明县市区和第十批云南省生态文明乡镇街道的通知（云政函〔2017〕25号）[Z].

- [5] 李鑫. 生态文明视角下的农村社区治理研究 [J]. 农村经济与科技, 2016 (7): 199 - 201, 29.
- [6] 孔四新, 崔旭盛, 李海奎. 中国当代生态文明建设中的农业问题及其对策 [J]. 农学学报, 2013 (11): 14 - 19.
- [7] 杜香玉. 协调与保障: 云南生态文明政绩考核对策研究 [J]. 保山学院学报, 2017 (3): 33 - 43.
- [8] 郑彩红. 福州生态市建设指标体系与对策研究 [J]. 环境科学导刊, 2013 (5): 35 - 38.

Countermeasures on Further Improving the Establishment of Ecological Civilization in Yunnan Province

LI Qing - hua, WANG Rui - bo

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

Abstract: The requirements of top - level design of the construction of ecological civilization were analyzed. The exploration and practice of the establishment of ecological civilization were summarized. The problems in terms of mechanism, technology, and basis of establishing ecological civilization were presented. The countermeasures on promoting the practical effects of ecological civilization were put forward.

Key words: ecological civilization; establish; problems; countermeasures; Yunnan

昆明市移动通信基站环保管理现状研究

杨 倩, 支国强, 李田富

(昆明市环境工程评估中心, 云南 昆明 650021)

摘 要: 对昆明市当前移动通信基站环保管理工作现状进行了研究, 分析了目前基站建设中存在的问题以及环保管理上面临的难点。在此基础上, 从推进基站规划环评、加强属地监管、严格基站选址等方面, 提出对策和建议。

关键词: 基站; 环保管理; 难点; 对策; 昆明

中图分类号: X820.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0034-04

移动通信指移动用户之间, 或移动用户与固定用户之间的通信^[1]。移动通信基站是指在一定的无线电覆盖区域中, 通过移动通信交换中心, 与移动电话终端之间进行信息传递的一种无线电台。随着电子技术的发展, 移动通信业已成为我国重点发展产业之一。

国家工信部 2013 年 12 月 4 日向国内三大通信运营商颁发了三张 TDD (TD-LTE) 牌照, 从此, 中国移动通信正式进入 4G 时代。2014 年 7 月, 国内三大通信运营商移动、联通、电信共同发起设立了中国铁塔股份有限公司 (以下简称“铁塔公司”)。铁塔公司的成立大力推进了移动通信基站的共建共享, 减少了相关基础设施的重复建设, 但同时也带来了管理责任难以划分、环评手续滞后、电磁辐射影响叠加等环保管理问题。本文分析了昆明市移动通信基站项目建设现状及存在问题, 提出目前基站建设项目环保管理工作中的难点, 并就此给出了相关对策建议, 旨在为移动通信基站环保管理工作提供支持。

1 昆明市移动通信基站建设现状及存在问题

1.1 基站建设数量多、分布广、多网共存

近年来, 随着国家对信息化建设的日益重视和“宽带中国”战略的实施, 全国掀起了多轮通信基站建网的高潮, 基站建设在全国范围内普遍呈现出建设数量多、建设速度快的特点。以昆明市为例, 根据昆明市环境工程评估中心统计数据, 2016 年 1 月 10 日—2017 年 9 月 30 日, 共受理基站建设项目

环境影响报告表 12 个, 全市共建设移动通信基站 22288 个, 其中中国移动基站 16634 个, 中国联通基站 740 个, 中国电信基站 4914 个。根据基站建设数量逐年统计数据可知, 除 2013 年受原有基站补办环评手续导致数量较大外, 2014—2017 年昆明市新建的移动通信基站总数在逐年递增。

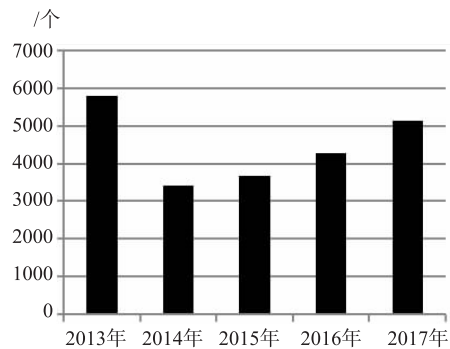


图1 昆明市2013—2017年新建移动通信基站数量

移动通信基站覆盖面日渐扩大, 遍布在市区及市郊的各个角落。以昆明市为例, 近五年来, 昆明市主城四区官渡区、盘龙区、五华区、西山区新建基站总数占比最大, 安宁市、呈贡区、禄劝县、寻甸县等县 (市) 区的基站建设工作也在逐步推进, 移动通信基站的分布范围日益广阔。

三大运营商的移动通信网络基站目前多依托铁塔公司建设的物理站址进行建设, 网络建设情况各不相同, 有的单网有的双网甚至三网共址, 同时也存在不同运营商使用同一个物理站址的情况。就昆明市目前基站共址现状而言, 根据昆明市环境工程评估中心近五年来基站建设项目环评数据统计, 三大运营商建设的双网或多网共址基站总数约为 15722 个, 其中又以中国移动的共址基站占比最大, 约占共址基站总数的 84.94%。

收稿日期: 2018-07-12

作者简介: 杨倩 (1983-), 女, 陕西宝鸡人, 硕士研究生, 工程师。主要从事环境影响评估、环保管理研究等工作。

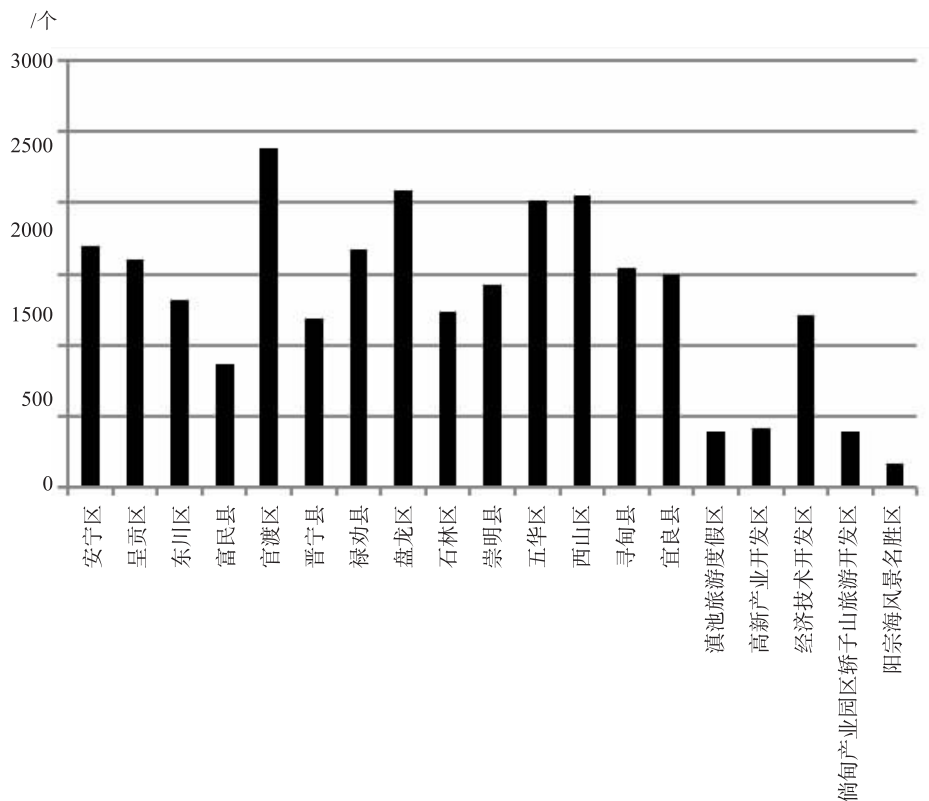


图2 2013—2017年昆明市移动通信基站建设总数各区县分布图

1.2 基站建设环境复杂、批次众多、审核困难

移动通信基站属于通信服务设施，大部分选址都位于城市建成区，基站周边多有居民小区、学校、医院、办公区等较为敏感的环境保护目标，区域电磁环境质量要求较高，因此基站对周围环境的影响大小是基站选址的一项重要考虑因素。研究表明，移动通信基站电磁辐射对周围环境的影响大小通常受以下因素的干扰：第一，天线架设方式。基站天线的俯仰角、方位角、挂高等决定了基站的主要辐射平面位置，进而决定了电磁辐射的影响范围。第二，地形地物。基站所处的地理位置会影响电磁辐射的水平，电磁波在传播过程中遇到不同的地形地貌、植被建筑都可能产生吸收、反射、折射与绕射，最终导致电磁波在传播中信号减弱。第三，话务量。话务量对电磁辐射水平具有一定影响，研究表明在正常的工作时间段内，各时段平均话务量会随时间发生变化，通常峰值出现在下午一点和晚上九点半^[1,10]。数量庞大、位置分散的移动通信基站在前期审核、后期管理上都给环保管理部门带来了众多难题。对于环保管理部门来说，要一一掌握清楚每个基站周边环境关系、敏感点分布位置、区域电磁环境质量、基站对区域环境及敏感目标的电磁辐射影响是一项非常艰巨的任务。

为保障各自运营网络的通信质量，同时提高各自的网络优势以增加市场竞争力，移动、联通、电信三大国内运营商每年均投入大量资金、人力、物力资源进行物理站点的建设。在2017年7月1日之前三大运营商每年均会多批次、大批量向环境管理部门上报审核基站项目的环境影响评价报告及竣工环保验收调查报告。在每本报告编制过程中，运营商和编制单位都要花费大量的时间、资金和人力对各个典型基站的周围环境关系、环境保护目标、区域电磁环境质量现状进行调查和监测；环境管理部门每年也要投入大量的人力物力来受理、公示、审批、核查如此多批次的基站项目，并对报告中调查的环境保护目标、区域电磁环境质量现状等进行复核。

1.3 基站建设变化多，管理难度增加

基站项目的建设主要是通信设备的安装，普遍特点是工期短、建设快、易受规划、市场、资金等多方因素影响，导致基站项目的变化性较大。若这些变化未能及时反馈给环境管理部门，则易导致环保管理中出现问题，主要表现为：①先建后报。2009年，云南省环保厅发布了几个关于加强全省电磁辐射类建设项目环境管理的通知，自此，云南省移动通信基站的辐射环境管理才日趋规范，在此

之前,由于基站建设数量多任务重,建设要求又注重时效性,各运营商在基站建设时又很少考虑到其对环境的辐射影响,也未履行相应的环保程序,导致基站边建设边报批甚至未批先建的情况屡有发生。②变更不报。基站在建设过程中,可能会根据实际需要调整基站站址、设备参数和天线类型等,但运营商未及时将所有变更情况通报环境管理部门,部分基站建成运行后遭到公众投诉,环境管理部门进行现场调查时才发现基站建设情况已发生变更,直接影响了环境管理部门后期对基站的有效监管。总体来说,环境管理部门对基站项目的审批和管理工作相当重视,投入了大量人力物力,工作成效有了显著提高,但由于客观情况的存在,目前对基站的环保管理工作仍有不尽如人意之处^[2]。

1.4 公众意见众口难调

基站选址一直是通信网络建设中的难题,在公众的环境意识和权益保护意识日益增强的今天,仅凭加强对电磁辐射等相关知识的正面宣传与引导,远远解决不了移动基站选址难的问题,基站建设成本和难度更是大幅攀升。很多情况下部分群众对基站建设进行阻挠的主要原因是电磁辐射不了解而产生对基站铁塔、天线的恐慌^[3],这种恐慌引起的反对意见又与部分公众要求增强基站信号强度保障通信质量的要求相违背。

2 移动基站建设项目环保管理工作中的难点

2.1 省内无环评单位开展基站项目环评

目前云南省现有开展业务的环评机构共有202家,其中省内单位共有25家,省外备案单位共有177家。省内单位无一家承接基站电磁辐射项目环评编制,2016—2017年昆明市环境工程评估中心受理的12个基站建设项目环境影响报告表均由省外环评机构编制完成。省外单位多采取当地办事处人员进行现场踏勘并完成编制,再由总公司人员进行审核,或由当地办事处人员进行现场踏勘后,将踏勘资料传回总公司,由总公司人员完成报告编制的方式进行工作。由于编制人员或审核人员对项目所在地周边敏感点、区域环境现状、当地环保管理要求等不熟悉、不了解,最终直接导致基站建设项目环评文件编制周期长、费用高、编制质量不满足当地环保管理要求等问题。从而加大了基站建设项目环保管理的难度。

2.2 基站规划环评缺失

各地管理部门为了规范管理城市布局、合理配置资源,已开始将基站作为基础设施纳入城市总体

规划^[4]。基站规划环评是进行区域性基站建设、区域环境容量分析及环境影响预测的重要技术文件,在现今基站规划如火如荼进行时,针对基站规划的环境影响评价工作却未及时开展^[2]。目前由于基站规划环评工作的编制主体和编制流程尚不明确,三大运营商在昆明市均未开展过移动通信基站的规划及规划环评工作。

2.3 基站建设不确定性强

基站建设项目环评文件的编制依据多为三大运营商各自的网络建设规划。环评阶段基站站址尚未最终确定,环评文件对站址位置和周围环境状况表述不清,易出现实际建设站点和环评文件描述不一致或环保批复后站址变更,形成“批建不符”的问题^[5]。

3 加强基站项目环保管理的对策建议

新的《建设项目环境影响评价分类管理名录》(环境保护部令第44号)从2017年7月1日起开始施行,其中“无线通讯”项目编制形式全部由“报告表”改为“登记表”^[6],基站建设项目正式纳入《建设项目环境影响登记表备案管理办法》(环保部令第41号)进行登记备案管理^[7]。基站建设项目环评程序的简化为运营商提供了便捷,但随之而来的是环保管理部门的管理难度也有所增加。针对加强基站项目的环保管理提出以下几点建议:

第一,加快昆明市基站建设规划及规划环评推进。规划环评在移动通信网络规划的研究和编制阶段的介入,有利于将环境保护的思想尽早地纳入到决策过程,是合理布置基站、避开环境敏感区、保证区域电磁环境质量、减少后期公众质疑及投诉的重要手段^[8]。应对网络覆盖区域、基站选址、天线架设方式、区域环境容量等方面进行统筹规划,重点关注基站网络建设与环境保护之间的协调性。

第二,强化基站项目属地环保管理。进一步推进运营商对基站的登记备案,完善备案信息,加强与属地环保管理部门之间的沟通交流,根据基站建设地点发挥基层作用,落实属地管理,提高监管能力,完善跟踪监测等监管体制。

第三,综合考虑天线架设方式、话务量、周边环境等因素进行基站选址,根据需求及时调整天线架设方式、天线角度、高度、与敏感点之间的距离,从技术角度减少基站建设对公众的影响,消除公众疑虑,破解移动基站选址难题。

第四,要积极、正面开展电磁辐射知识的普及

和宣传工作。各大运营商在工程建设、市场营销或对外宣传等方面,都要以正面宣传为导向,严禁针对其他通信运营企业开展基站及相关辐射影响等负面宣传,以免公众在认识过程中形成不良印象,对基站建设产生抵触情绪,阻碍公众参与环境保护工作正常进行^[9]。

4 小结

移动通讯业已成为我国重点发展产业之一,三大运营商4G网络建设的战略发展和铁塔公司的成立,为当下移动通信基站的建设带来了机遇和挑战。本文主要研究昆明市当前移动通信基站环保管理工作现状,以充分了解目前基站建设中存在的问题以及管理上面临的难点。在此基础上,从基站的统筹规划、建设要求、属地监管、审批流程等方面,从可持续性发展的角度,提出对策和工作建议。

参考文献:

[1] 张海鸥,潘超,夏远芬,等.移动通信基站电磁辐射时空分

布及衰减特征[J].电力环境保护,2009,25(4):57.

- [2] 李璇,王文兵,林炬.移动通信基站项目环境管理工作现状及解决方案初探[J].资源节约与环保,2016(1):149-153.
- [3] 王旭.鉴于移动通信基站选址的环评标准典型应用[J].电信工程技术与标准化,2016(4):26-29.
- [4] 李璇,胡建伟,王文兵.区域基站规划环评工作现状与对策研究[J].污染防治技术,2015,28(5):20-23.
- [5] 李国庆,史德年,刘博.我国基站电磁辐射环境影响评价现状与工作建议[J].现代电信科技,2015(4):34-40.
- [6] 环境保护部.环境保护部令44号建设项目环境影响评价分类管理名录[Z].2017-6-29.
- [7] 环境保护部.环保部令41号建设项目环境影响登记表备案管理办法[Z].2016-11-16.
- [8] 李璇,林炬,王文兵.共建共享区域基站规划环评中存在问题及建议[J].环境影响评价,2016,38(1):44-46.
- [9] 张滨,倪伟东,吴柳芳,等.移动通信基站环评的公众参与探讨[J].中国环境管理干部学院学报,2015,25(4):28-31.
- [10] 杨春玲.定期监测移动通信基站电磁辐射水平对环境管理工作的意义[J].环境与发展,2017(4):178-179.

Study on the Environmental Management of the Mobile Communication Base Station in Kunming

YANG Qian, ZHI Guo-qiang, LI Tian-fu

(Kunming Appraisal Center for Environmental Engineering, Kunming Yunnan 650021, China)

Abstract: The current situation of the environmental protection management of the mobile communication base station in Kunming was studied, and the existing problems in the construction of the base station and the difficulties in the environmental management were analyzed. The countermeasures and suggestions were proposed from the aspects of promoting environmental planning impact assessment (EIA) for the regional base stations, strengthening localization management, and strictly locating the base stations and so on.

Key words: mobile communication base station; environmental management; difficulties; countermeasures; Kunming

对污染源自动监控设施监督管理研究

吕娜

(云南省环境科学研究院, 云南昆明 650034)

摘要: 分析了污染源自动监控设施监督管理的相关政策法规的发展及要求, 指出不同环境监管部门的监督管理职责, 为保障污染源自动监控设施监督管理的实施, 环境监管部门需要加强对工作人员的培训, 加强对违法排污单位的处罚力度。

关键词: 污染源; 自动监控设施; 环境执法; 监督管理

中图分类号: X83 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0038-04

为了加强对排污企业的监督管理, 提高环境监管的有效性, 我国大部分污染源都安装了污染源自动监控设施, 环境监管部门会根据污染源自动监控设施提供的数据进行企业的监管。但是由于不同环境监管部门对自身职责的不明确, 监管人员的专业知识不足, 以及污染源自动监控设施管理水平低下, 导致污染源自动监控设施采集的数据难以准确体现企业的污染物排放状况, 很容易出现违法排污现象。因此, 环境监管部门需要加强对污染源自动监控设施的监督管理。

1 污染源自动监控设施监督管理相关的政策法规

1.1 政策法规的发展

2005年, 原国家环境保护总局制定并实施了《污染源自动监控管理办法》, 明确指出了污染源自动监控设施的管理主体及主体的具体职责, 并对污染源自动监控设施建设给出了相应的指导。在该管理办法实施初期, 虽然取得了一定的成效, 但是由于污染源自动监控设施的运行管理规定不够精细化, 导致污染源自动监控设施的重要作用得不到发挥, 难以有效监管排污单位的污染物排放状况, 甚至有些地区的污染源自动监控设施不能正常运行, 对环境执法工作的开展及生态环境保护造成了严重的负面影响。在此基础上, 国务院颁布了《污染源自动监控设施运行管理办法》(下文简称《运行办法》), 自2008年5月1日起施行, 适用于县级以上的污染源。

1.2 政策法规的要求

在《运行办法》中有多项关于运行单位的内容, 主要对运行单位提出了如下要求:

(1) 污染源自动监控设施的选型、安装、运行、审查及数据采集传输等工作, 需要严格遵循国家相关标准要求; 污染源自动监控设施需要通过县级以上环保局的审核, 才可以正式投入运行; 污染源自动监控设施需要遵循相关标准要求, 和环保局进行联网, 确保环保部门可以实时掌握重点污染源的状况。

(2) 在污染源自动监控设施管理方面, 既可以交由排污单位进行设施管理, 也可以交由有资质的第三方运维单位负责。其中, 由排污单位负责污染源自动监控设施管理, 保障设施正常运行的方式被称作“自运行”; 由第三方运维单位负责污染源自动监控设施管理, 保障设施正常运行的方式被称作“社会化运行”。我国政府部门更鼓励排污单位将污染源自动监控设施的管理工作交由第三方运维单位。在“社会化运行”单位开展设施管理工作之前, 需要获得环保部门核发的“环境污染治理设施运营资质证书”。与此同时, 在设施运行过程中, 从事设施管理工作的人员需要在省级环保局委托的中介机构进行培训, 只有在培训中获得相关岗位资格证书的人员, 才可以持证上岗^[1]。

(3) 对自动监控设施维护管理的要求。在污染源自动监控设施运行的过程中, 不可避免地会出现故障, 不得不进行设施的维修、更换或者拆除处理。一旦发生上述状况, 污染源自动监控设施的运行单位需要及时将状况上报给县级以上的环保局, 在报告中明确指出污染源自动监控设施不能正常运行的原因及时段, 并在报告中附上人工监测获得的相关数据。在进行污染源自动监控设施的维修或者更换处理时, 需要将维修和更换时间控制在48h内, 确保污染源自动监控设施可以在48h内恢复正

常运行；如果污染源自动监控设施不能在48h内恢复正常运行，运行单位需要每天开展人工采样监测工作，并将数据结果定期上交给县级以上环保局，要求数据上交频率超过每天4次，每次上交数据的间隔不可以超过6h。

(4) 运行单位需要严格遵循相关政策法规，构建完善的人员培训制度、岗位责任制度、污染源自动监控设施操作规程、污染源自动监控设施运行信息公开制度、设施故障预防制度、定期比对检测制度、定期校准维护记录、应急处理制度等八项管理制度，并在运行单位内部配备完善的运行维护材料、污染源自动监控设施的备用整机或者关键部件，从而保障污染源自动监控设施的稳定运行^[2]。

2 污染源自动监控设施监督管理策略

2.1 环境监察部门开展的监督管理工作

《运行办法》明确指出，环境监察部门在开展污染源自动监控设施的监督管理工作时，需要做好现场执法检查以及设施的日常监督工作。环境监察部门需要到污染源自动监控现场，检查污染源自动监控设施的参数规格、安装方法及运行状况是否符合相关标准要求；检查污染源自动监控设施的使用单位是否通过县级以上环保局的审核。具体而言，现场执法检查以及日常监督工作内容涉及到以下方面：

(1) 设施运行单位是否具备运营资质证书，且证书是否处于有效期内；

(2) 设施运行单位是否按照规范实施八项自动监控设施运行管理制度；

(3) 设施运行单位开展的设施运维管理工作是否通过批准；

(4) 设施运行单位和委托单位签署的运行服务合同，是否满足环境保护要求，且内容是否切实落实；

(5) 污染源自动监控设施不可以正常运行时，设施运行单位利用人工采样监测获取的数据是否满足标准要求；

(6) 设施运行单位的岗位工作状况以及岗位工作人员是否持有相应资格证。

在实际的环境监察部门监督管理工作中，管理人员需要安排专业工作人员利用信息化监控系统，对污染源自动监控设施运行现场进行监督管理，一旦发现设施的运行出现异常，应立即安排监察人员到污染源自动监控设施运行现场取证，保障污染源自动监控设施的有效管理。一旦监察人员发现运行单位不按照规定安装或者私自拆除、关闭污染源自动监控设施，需要立即上报，并将此状况上报给环保局，对违规单位采取相应的处罚，避免环境污染问题出现^[3]。

2.2 环境监测部门开展的监督管理工作

在污染源自动监控设施监督管理工作中，环境监测部门不仅要遵循《运行办法》，还需要遵循《七项技术规范》，提升环境监测的有效性，避免环境污染问题的出现。在开展污染源自动监控设施的监督管理工作之前，环境监测部门需要根据不同的监督内容，进行环境监测人员的培训，提升其专业水平，保障环境监测工作及监督管理工作的有效开展。比如，针对水污染源自动监控设施的环境监测人员，环境监测部门需要进行HJ/T354-2007相关内容的培训；针对烟气污染源自动监控设施的环境监测人员，环境监测部门需要进行HJ/T76-2007相关内容的培训。这样才能够使环境监测人员科学合理地应用监测仪器，规范环境监测人员的监测流程与监测行为。以废水污染监测为例，工作人员需要按照表1提到的方法进行监测。

表1 废水监测方法统计表

序号	监测项目	监测方法	遵循的标准
1	氨氮	纳氏试剂分光光度法	HJ 535
2	总磷	钼酸铵分光光度法	GB 11893
3	总氮	碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法	GB/T 11894
4	pH值	玻璃电极法	GB 6920

与此同时，在实际的污染源自动监控设施监督管理工作中，环境监测人员需获取相应的数据信息，环境监测部门需要在此基础上进行数据分析，通过一周监测数据、一月监测数据的对比分析，明

确污染源的状况，并定期将分析结果上交给环保局。一旦发现污染源存在严重污染问题，需要立即检查排污单位。另外，如果运行委托单位对污染源自动监测设施的数据存在异议，可以安排县级以上

的环境监测部门遵循相关标准要求，开展对比试验，保障污染源自动监测设施的正常运行。

2.3 环境保护行政部门开展的监督管理工作

在《运行办法》的规定下，县级以上的环保局需要定期开展污染源自动监测设施的检查工作，主要检查设施的具体运行状况。如果检查过程中发现设施不合格，应要求相关部门在一定期限内进行设施的整改；如果检查过程中发现运行单位不属于“社会化”运行，环保局需要降低运行单位的运营资质，严重时甚至可以停用甚至吊销运行单位的运营资质；如果检查过程中发现运行单位逃避污染物自动监测设施的监测，环保局需要对其进行处罚。比如，某运行单位私自关闭并拆除了污染源自动监测设施，环保局可以按照《水污染防治法》第七十二条及第七十五条的条例，对该运行单位进行处罚，加强污染物监管的效果，促进环境友好型社会的构建^[4]。

3 污染源自动监测设施监督管理的实施保障

为了保障各个职能部门监督管理工作的有效落实，提高污染源自动监测设施监督管理的有效性，相关单位需要实施监督管理工作的保障措施，切实发挥出污染源自动监测设施的重要作用。

3.1 加强对监管人员的培训

针对《运行办法》对污染源自动监测设施监督管理提出的要求，以及对各个职能部门的管理要求，环境监管部门需要加强对监管人员的培训。随着生态环境污染问题的加重及环保技术的不断研发，污染源自动监测设施的管理不仅涉及到传统的水污染、大气污染以及固废污染等理论知识，还涉及到土建技术、自动化技术等先进技术知识。与此

同时，在将污染源自动监测设施管理工作交由第三方运维单位后，很容易出现监守自盗问题。因此，环境监管部门的管理人员需要明确污染源自动监测设施的结构及操作规程，掌握第三方运维单位的作弊原理及作弊手段。

在实际培训活动开展过程中，为了节约环境监管部门的成本，环境监管部门可以与第三方运维单位进行合作，要求单位的技术骨干作为培训师，向环境监管部门的工作人员讲述污染源自动监测设备的运行原理，使工作人员可以明确污染源自动监测设施的正常运行标志及不正常运行特征；明确污染源自动监测设施内部的易损件及消耗件是否及时更换；明确第三方运维单位提交的污染源自动监测设施人工监测数据是否存在造假等；保障污染源自动监测设施的稳定运行，切实发挥出第三方运维单位的作用。

以某市环保局为例。该环保局为了提高各级环境监管部门工作人员的专业水平，要求各县及各区的污染源自动监测监管人员与监察人员参与培训活动。培训内容包括：污染源自动监测设施的作用、运维管理及监察要求；TOC-4110、NHN-4200在线检测仪的结构、工作原理以及故障处理方法；TGH-YX烟气连续监测系统的结构、工作原理及故障处理方法。在培训活动开展期间，培训师还进行了现场答疑及监测设备的现场操作，切实提升了污染源自动监测监管人员的专业水平，有助于污染源自动监测设施的稳定运行。与此同时，该环保局还讲解了废气监测方法及遵循的标准，具体如表2所示。

表2 废气监测方法统计表

序号	监测项目	监测方法	遵循标准
1	颗粒物	重量法	GB/T 16157
2	二氧化碳	定电位电解法	HK/T 57
3	氮氧化物	定电位电解法	HJ693-2014
4	烟气	流速监测采用皮托管法 温度监测采用电阻温度计	GB/T 16157

3.2 加强对违法单位的处罚力度

在环境保护工作中，排污单位缺乏环保意识，不断违规排放污染物的关键就在于排污的违法成本过低，企业排放污染物缴纳的罚款远远低于企业生产带来的经济效益。与此同时，有些排污单位利用污染源自动监测设施的漏洞，进行间歇性超标排

放，或者与第三方运维企业串通，进行污染源自动监测设施数据的篡改，导致环境监管部门难以及时发现排污问题。因此，环境监管部门需要及时发现违法单位的违法行为，并加强对违法单位的处罚力度，避免违法排污行为的出现。

首先，拓宽排污单位监管渠道。排污单位、环

境监管部门、社会公众存在严重的信息不对称现象,环境监管部门可以通过信息披露的监督管理方式,利用公告公开或者网络公开等方式,将排污企业的排污生产工艺、污染物排放量以及污染物浓度等相关信息进行披露,充分利用社会公众的监督职能,对排污单位进行全面监督,避免环境监管盲区的出现。比如,各级环保部门可开通群众的举报热线、网络举报邮箱及举报信箱,根据群众提供的线索对排污单位进行深度调查,及时发现排污单位存在的违法排污行为,避免作弊现象的出现,确保污染源自动监控设施作用的有效发挥。然后,加强排污单位处罚力度,为了提高排污单位的违法成本,环境监管部门可以通过限制生产或者停业整顿等方式,提高对排污单位的处罚力度,并追究第三方运维单位的连带责任,加强第三方运维单位对污染源自动监控设施的管理,避免排污单位出现违法行为^[5]。

4 结论

污染源自动监控设施在运行过程中存在不足,

需要环境监管部门加强管理。环境监管部门需要贯彻落实《运行办法》,根据《运行办法》对污染源自动监控设施的管理要求,加强对监管人员的培训工作,保障污染源自动监控设施的正常运行,切实发挥出污染源自动监控设施的监督管理作用,避免排污单位出现违法排污行为,促进环境友好型社会的建设。

参考文献:

- [1] 李恒振. 污染源自动监控设施第三方运维中的政府管理机制研究 [D]. 南宁: 广西大学, 2018.
- [2] 陆默涛. 环境保护工作中污染源自动监测系统分析 [J]. 农家参谋, 2018 (9): 297, 279.
- [3] 汪一帆. 宁波: 推进污染源自动监控第三方运维监管 [J]. 中国环境监察, 2018 (4): 28 - 29.
- [4] 马骏, 沈学崑. 关于污染源自动监控系统运维管理的几点思考 [J]. 环境保护与循环经济, 2017, 37 (12): 59 - 60, 63.
- [5] 于晓勇. 太原市污染源在线监控系统发展现状及对策研究 [J]. 山西科技, 2017, 32 (06): 88 - 91, 96.

Research on the Supervision and Management of Auto - monitoring Facilities of Pollution Sources

LV Na

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

Abstract: The development and requirements of the related policies of the supervision and management of auto - monitoring facilities were analyzed. The various responsibilities of the different environmental supervision and management authorities were distinguished. The authorities should train their staff to ensure the implementation of the facilities. In an addition, the enterprises that illegally discharge pollutants should be strictly penalized.

Key words: pollution source; auto - monitoring facilities; environmental enforcement; supervision and management

云南印刷企业绿色发展前景探究

刘铁波

(云南省新闻出版广电局产业发展中心, 云南 昆明 650034)

摘要: 调查了云南实施绿色印刷现状, 分析了绿色印刷发展带来的新问题, 认为云南绿色印刷新时代到来, 提出了云南绿色印刷新时代发展路径。

关键词: 绿色印刷; 转型升级; 现状; 前景; 云南

中图分类号: X38 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0042-04

0 前言

绿色印刷是20世纪80年代西方发达国家提出的一个新理念, 是指对生态环境影响小、污染少、节约资源和能源的印刷方式, 主要包括“环境友好”和“有益健康”两个核心内涵。实施绿色印刷的范围包括印刷的生产设备、原辅材料、生产过程、生产产品、废物的处理和回收、废物的降解, 涉及印刷产品生产全过程。2011年10月8日, 新闻出版总署和环境保护部共同发布《关于实施绿色印刷的公告》, 目标即通过实施中国绿色印刷战略淘汰一批落后的印刷工艺、技术和产能, 促进印刷行业实现节能减排, 引导中国印刷产业加快转型和升级, 使中国印刷业生产布局更加合理, 促进印刷行业可持续发展。

绿色印刷在我国推行多年, 已经基本使用环保型材料。在我国环保政策和行业环保规章法规的规范下, 印刷所使用的油墨、耗材、纸张和印刷中的清洗材料、废气、废物、废水的排放都经过环保处理。各级主管部门对印刷企业环保生产资质做认证, 监督检测部门按照标准对印刷产品进行环保监测。我国绿色印刷产业近年来顺利发展, 企业在环保生产的同时实现可持续发展。印刷业与当地经济发展联系紧密, 经济发展好的地方文化产业升温, 印刷随之兴旺, 反之相反。云南经济发展滞后于全国水平, 印刷业在发展的同时要兼顾环保是一个难题, 国家对企业的环保资质要求对云南印刷企业冲击很大, 平均每户企业10%~20%的利润要投入到三废(废水、废气、废物)治理中。当前我国印刷企业面临的现状是原材料上涨、人工费上涨、印刷工价低、利润薄, 云南印刷业也一样。在困难

中如何抓住机遇, 成功实现转型升级, 勇于突破现状, 开拓新领域, 是云南印刷企业实现绿色发展、进入新时代面临的挑战和机遇。

本文通过对云南省不同类型印刷企业的实际调查, 研究云南印刷企业近年来对绿色印刷的认知、接受、发展情况和遇到的困难; 对企业的环保资金投入和利润进行分析研究, 对云南绿色印刷发展做出一个客观的评价; 对今后云南绿色印刷发展前景做出预见性判断。对行业发展具有一定指导意义。

1 云南实施绿色印刷现状

在云南省传统印刷中, 在印刷前的材料供应中主要有几项是必须要采购的。

首先是纸张。纸的类型很多。纸的生产从纸浆开始, 在纸的生产过程中要对纸浆进行去油墨处理, 需要加入去污剂, 这是一种极强的除色化学原料。经过除油墨的纸浆还要进行增白处理, 要加入化学材料。这些用完的化学材料要被排放。传统的排放未经任何环保处理直接排放到河道和下水管道, 最终流入河流和湖泊, 造成环境的污染。造纸厂对环境的污染早已被国家列为治污重点, 近几年来国家对沿江和环湖泊的造纸厂制定了严格的污染治理规定, 实施了严格的污水排放管理, 对未经处理擅自排污的造纸企业进行处理, 关闭和搬迁严重污染企业(见表1)。使造纸企业不仅环保而且造出了环保的纸。

印刷工艺中目前使用的是环保水性油墨。传统油墨中的一些化学成分是污染环境的, 废弃的油墨桶对环境有污染。目前我国使用的油墨是国家近年来允许生产且经过绿色环保认证的环保油墨, 主要品牌有杭华、牡丹等。

绿色印刷首先在一些较大的印刷厂实施, 对于书刊印刷或者包装类产品能起到积极的作用。因为

教材与中小學生直接接触，于是先对云南的教材印刷企业进行了规范。由于印刷纸张的选取、油墨的使用、印刷生产环节的工艺和印刷工序都符合国家绿色环保规定，所有承接教科书的印刷厂都通过了国家绿色环保认证。

云南省的包装印刷企业以印刷香烟商标和药品、食品包装盒为主，香烟商标印刷企业由于技术要求高，应用工艺设备先进，在绿色环保方面采取的技术也更先进，成本也更高。食品包装在所有印刷包装中由于对环保和卫生要求最高，所以对生产工艺流程和印刷各个环节的要求非常严格，印刷企

业也都具备较高的环保和卫生条件。云南省此类印刷企业如昆明九九彩印包装有限公司、万红印刷包装有限公司等都达到国家环保要求。

云南省的新华印刷实业集团等中小学教材印刷企业、侨通印刷包装有限公司等印刷香烟商标和药品、食品包装盒的包装印刷企业都属于达标企业。这些企业每年接受国家绿色环保认证部门的环保检测，有不合格的地方要及时整改至合格。由表2可知，印刷企业的环保投入和效益产出呈正相关关系，即企业的环保投入对增长效益具有积极的推动作用。

表1 云南省2013—2017年关闭污染造纸、印刷企业统计表

(家)

	2013年		2014年		2015年		2016年		2017年	
	造纸	印刷	造纸	印刷	造纸	印刷	造纸	印刷	造纸	印刷
关闭污染企业数	24	17	26	8	14	9	7	6	8	11
占本行业比重/%	21	25	23	17	18	15	14	20	16	26

2 绿色印刷发展带来的新问题

首先是高标准的环保投入带来了企业印刷成本的上涨。企业几乎将原来利润的20%投入到环保工作中，成本的上涨必然带来企业利润的减少，导致行业竞争更加激烈。一些不太规范的印刷企业在没有环保负担的情况下，与进行环保改造和投入的企业竞争，势必会对后者造成一定压力。云南新华印刷集团所属几家印刷企业就承受着这样的压力。但小印刷企业所面对的长远的市场竞争远远不是环保成本所能抵消的，最终可能在行业和客户的选择下还是会退出市场，竞争的结果会导致市场的规范，不符合环保要求的产品和厂家将被淘汰退出市场。

实行绿色印刷产生的另一个问题是目前我国印

刷业没有对环保印刷产品制定统一标准。在印刷材料采购中可以按照环保要求进行资格认证，不达标的产品不允许进入市场销售。但是在具体生产环节中没有制定出具体标准，比如在印刷工艺环节什么才算是环保印刷操作。因为在印刷环节中有温度和湿度的要求和变化，油墨也会挥发，会造成空气的污染。在胶订环节中，胶水在高温融化会蒸发，会有废气产生，一些企业采取了废气的收集措施，对排放的废气进行了处理，一些企业则没有。在生产各个环节都会产生一些汞、硫、铅和苯等有害物质，在生产过程中会释放和被排放掉，对环境造成污染，但是这些有害物质在产品检验中却检测不出来。所以需要制定更加完备和具体的针对印刷环节的绿色环保印刷标准。

表2 云南省部分书刊、包装印刷企业环保投入与效益产出对照表

(亿元)

	2012—2013年		2014—2015年		2016—2017年	
	环保投入	效益产出	环保投入	效益产出	环保投入	效益产出
云南新华印刷一厂	0.02	1.47	0.03	1.52	0.03	1.56
侨通印刷包装有限公司	0.11	6.83	0.12	7.10	0.14	7.00
昆明九九彩印包装有限公司	0.05	3.19	0.06	3.23	0.06	3.17

造成这些问题的原因非常复杂，有国家经济发展和行业发展中的历史原因，也有各地经济发展和印刷业自身发展的经济原因，还有人为原因，主要是如何认识印刷业绿色发展在经济发展中的定位所造成的，与各地经济发展不平衡和地方经济保护

有关。

3 云南绿色印刷新时代的到来

从政策上看，国家“一带一路”经济带建设和云南跨越式发展目标为云南绿色印刷发展提供了巨大发展空间，展现了乐观的发展前景。

当前,虽然云南经济的发展滞后于全国经济的发展,绿色印刷业的发展优势还没有得到充分体现,但是在云南实现跨越式发展目标推动下,经济的增速发展为印刷业绿色环保发展目标提出了要求和方向,极大地激发和推动了绿色印刷发展,卷烟、药品和食品业的发展为绿色印刷发展开辟了道路和前景。

从地缘特征看,云南具有的独特的面向东南亚、南亚的区位优势,使云南省绿色印刷未来的发展潜力大、空间广、发展前景好。

为迎接云南绿色印刷新时代的到来,云南省印刷企业需要不断加大企业技术改造投入,研发出更适应市场需要和客户满意的绿色环保产品,不断增强企业的市场竞争力,扩大产品市场,增大收益,进入良性循环,让企业从环保中获益,在环保中发展。云南省的绿色印刷应牢牢抓住“一带一路”建设发展战略机遇,进一步创新发展模式,扩大市场开放和交流程度,采取主动服务融入国家发展战略的方式,实现跨越式发展。

从云南省印刷企业自身发展看,云南省绿色印刷在全国属于先进水平,发展前景会更好。

4 云南绿色印刷新时代发展路径

(1) 实现绿色环保印刷原辅材料的升级换代。

目前市场上供应的所有印刷材料都是经过国家认证的环保产品,但是在具体印刷环节中还存在生产设备不达标,排放不达标,废水、废气、废物处理不达标的情况。主要原因一是企业环保设备的投入和使用效率不对称,二是企业在环保生产中获得的经济效益不高。同样一个环保产品在不同企业中发挥的作用是不一样的,这就是绿色印刷在云南省印刷行业中经过多年推行但是效果不平衡的原因之一。同样是经过绿色环保认证的企业,生产相同产品获得的经济效益也不一样。经过认证的绿色环保产品应该不断地升级换代达到更高的绿色标准。

(2) 行政管理部门应出台更加规范具体的环保政策,印刷行业应制定出更加公正客观、符合行业健康发展的绿色印刷标准,以便于企业实施执行。行政管理部门对印刷业的管理是宏观的,也是具有引导性的,云南省印刷业的绿色环保发展与云南省经济发展计划是紧密联系的,国家政策对印刷业绿色发展的要求应该积极而且具有前瞻性。

绿色印刷理念符合当今世界产业发展要求,也是未来产品市场竞争的必然趋势,没有绿色环保认证的企业和产品必然要被淘汰。云南印刷绿色环保

理念与全国同步发展,今后需要不断地发展和创新。云南省印刷行业要从云南的实际情况出发,制定出云南省绿色印刷的行业标准,让所有的印刷企业在一个相对公开透明的环境中实施绿色印刷和市场竞争,使环保投入和产生的效益得到大家的认可和推行,在积极和良性循环中让云南省绿色印刷健康发展。

(3) 加大智能化生产的开发应用。印刷行业是一个应用新技术很快和很广的产业,新的工艺、新的原料和新的市场销售模式的出现,对印刷企业和行业发展都会产生巨大作用和影响。积极的影响会推动企业发展和进步,消极的影响则导致企业衰败和消亡,这就是印刷业作为一个服务性行业的特性。技术设备的升级换代及时体现在印刷行业中,新工艺的应用在最新的印刷产品中得到体现和应用。当前,印刷设备不断推陈出新,让人应接不暇,绿色印刷技术和设备的进步在智能化快速发展的印刷行业中得到充分体现,绿色环保工艺技术的应用在智能化印刷中将会得到更大发展。高智能化印刷设备在很大程度上符合绿色印刷发展的要求,智能化印刷设备为实现绿色印刷发展提供了更广阔的空间,把人们想要达到的绿色环保目标变为了现实。

(4) 探索新型印刷业电子商务模式,让绿色印刷和环保产品公开透明大行其道。目前,云南省曾经出现和在应用的电子商务平台有几家,但规模不是很大,起到的作用有限。这些印刷业电子商务平台建立的主要目的是承接印刷业务和派送印刷业务,为印刷业的发展起到推广和宣传的作用。许多绿色环保产品在电子商城中销售,一些以次充好、假冒伪劣的产品也混杂其中。印刷业电子商城应该成为绿色印刷产品的集散地,从而降低云南省印刷企业使用绿色环保印刷原辅材料的成本。促进云南省印刷业生产、供应、销售一站式发展,应开辟一条适合云南省印刷业发展的网络电子商务发展道路。

(5) 实施云南省印刷业大数据发展战略,推进绿色印刷新时代的发展。大数据的发展应用在中国已经显现出巨大的优势和效果,在经济和社会发展中越来越重要。在许多省份,大数据为印刷行业的发展起到重要作用,降低了企业管理成本,为企业生产效益的提高发挥作用,在市场销售中增强了产品的竞争力,为企业赢得更多的商机。大数据的应用所创造的机会和效益必然为云南绿色印刷新时

代的发展带来巨大的发展前景。

绿色印刷的发展是大势所趋，是客户的需求，也是产业发展的要求，科技的进步带来的不仅仅是技术产品的创新，人们的观念和思想也会随之改变。如何抓住机遇，实现成功转型升级，是云南印刷企业绿色发展进入新时代面临的一个挑战和机遇。

参考文献：

- [1] 唐黎标. 绿色印刷发展浅析 [J]. 印刷质量与标准化, 2013 (8): 20-21.
- [2] 钟玲, 宗佳, 李江, 柳若安, 刘森. 论我国印刷行业的绿色转型 [J]. 环境与可持续发展, 2013 (2): 46-49.
- [3] 付婉莹. 我国绿色印刷产业现状解读 [A]. Scientific Research Publishing. Proceedings of the 4th International Conference on engineering and Business Management [C]. Scientific Research Publishing, 2013: 3.
- [4] 黄孝章, 刘益. 中国绿色印刷发展战略框架设计之我见 [J]. 中国出版, 2013 (17): 61-65.
- [5] 齐福斌. 绿色耗材是发展绿色印刷的基础 [J]. 中国印刷, 2014 (3): 65-67.
- [6] 李平舟. 深度透析绿色印刷技术 [J]. 印刷质量与标准化, 2014 (8): 8-15.
- [7] 钟胤卞. 绿色印刷战略实施进入攻坚阶段 [J]. 中国印刷, 2014 (1): 1.
- [8] 张朝生. 绿色印刷原辅材料成本变动研究 [J]. 印刷技术, 2015 (11): 30-32.
- [9] 刘其红. 对推进绿色印刷战略若干问题的思考 [J]. 今日印刷, 2015 (10): 43-45.
- [10] 王聪聪. 山东省绿色印刷发展 SWOT 分析及发展战略 [J]. 网印工业, 2015 (3): 54-59.
- [11] 姚馨. 浅析印刷企业如何做好绿色印刷 [J]. 今日印刷, 2016 (6).
- [12] 曲淇. 浅谈绿色印刷之认证 [J]. 今日印刷, 2016 (6).

Study on the Prospects of Green Development of Printing Industry in Yunnan

LIU Tie-bo

(Yunnan Provincial Information & Press and Broadcast & Television Administration,
Industrial Development Center, Kunming Yunnan 650034, China)

Abstract: The present status of achieving green printing industry in Yunnan was investigated. The new problems resulted from the development of green printing were analyzed. The new era of green printing of Yunnan has come. The development path of green printing has been proposed.

Key words: green printing; transformation and upgrading; present status; prospect; Yunnan

春节期间燃放烟花爆竹对句容市 环境空气的影响分析

李 骏

(句容市环境监测站, 江苏 句容 212400)

摘要: 利用空气质量自动监测系统分析2017年春节期间句容市城区环境空气中的SO₂、NO₂、CO、O₃、PM₁₀及PM_{2.5}的浓度变化,发现燃放烟花爆竹对PM₁₀及PM_{2.5}的浓度有较大影响。

关键词: 燃放烟花爆竹; PM_{2.5}; PM₁₀; 空气质量; 影响; 句容市

中图分类号: X51 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0046-02

在我国人们每逢喜庆日子,都会燃放烟花爆竹,特别是传统节日——春节。春节家家户户都会或多或少地燃放烟花爆竹,以增浓“年”的味道,也寓意来年红红火火。因整体大气环境质量本底值较高,环境容量不足,加上燃放烟花爆竹的数量增多,燃放时间又比较集中,使得空气质量呈现出一定的波动现象,空气中污染物浓度也呈现明显变化。本文通过春节期间句容市空气自动监测数据的分析,浅析烟花爆竹对环境空气质量的影响。

1 数据来源

1.1 监测点位与指标

句容市城区建有空气自动监测站2座,每天对环境空气中PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、CO以及O₃进行连续24h自动监测。本次分析选取主城区监测位点“消防指挥中心”。

1.2 监测仪器与方法

气态污染物SO₂、NO₂的监测分别采用EC9850二氧化硫分析仪(紫外荧光法)和EC9841氮氧化物分析仪(化学发光法),PM₁₀、PM_{2.5}由BAM1020(β射线法)和TH5030(β射线法)实时监测。

2 春节期间句容市城区空气质量状况

2.1 数据统计

本文选取的数据为2018年2月14日(腊月29)—2月21日(正月初六)空气自动监测日均值数据。

表1 空气质量指数及相关信息

日期	阴历	空气质量指数	空气质量量指数	空气质量指数类别
2018/2/14	29	87	良	二级
2018/2/15	除夕	77	良	二级
2018/2/16	初一	137	轻度污染	三级
2018/2/17	初二	100	良	二级
2018/2/18	初三	60	良	二级
2018/2/19	初四	48	优	一级
2018/2/20	初五	98	良	二级
2018/2/21	初六	85	良	二级

从图1和表1可以看出,2月14日和15日(除夕)环境空气质量变化不大,达到二级标准;初一相对于除夕,空气质量显著恶化;之后空气质量开始好转,初四空气质量达到一级标准;相对于初四,初五空气质量显著恶化,随后开始好转。环境空气污染物中PM₁₀和PM_{2.5}变化显著,CO、NO₂、SO₂和O₃变化不明显。

2.2 数据分析与结论

按照句容当地习俗,除夕年夜饭前燃放烟花爆竹,新年临近时家家户户都开始燃放烟花爆竹,清晨起床也要燃放,初五迎财神更需要燃放烟花爆竹。这些习俗在图1和表1的数据变化趋势中能清楚体现。大量燃放烟花爆竹可使环境空气中污染物浓度短时间内明显上升,其中影响最大的是颗粒物,即PM₁₀和PM_{2.5}。环境空气中细颗粒物(PM_{2.5})浓度升幅最大,污染最严重,经过2d的沉降和扩散,到初三时空气质量已恢复正常水平。初四当天空气质量指数达到“优”,而初五凌晨开始的“迎财神”习俗,又将环境空气质量指数推上了第二个峰值。

收稿日期: 2018-11-12

作者简介: 李骏(1980-),男,工程师,本科,从事环境监测工作。

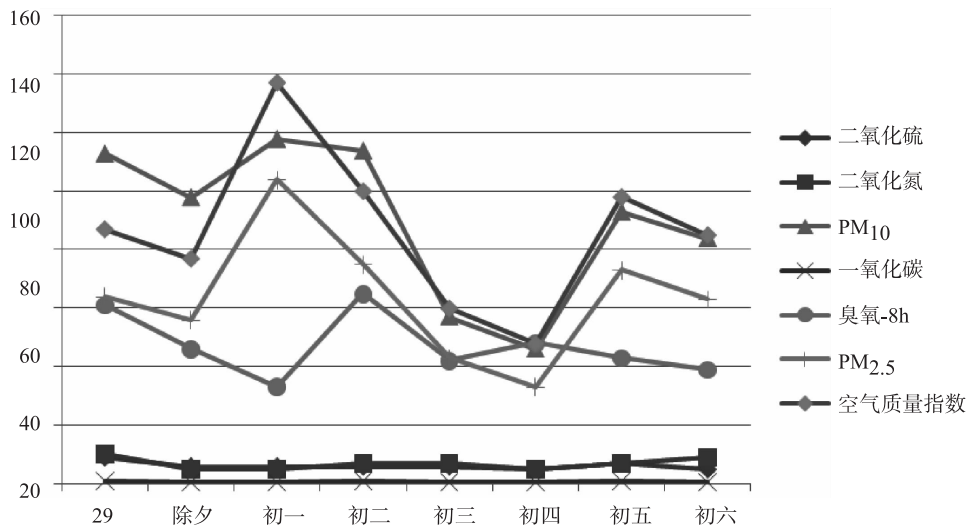


图1 句容市城区春节期间空气质量变化趋势图

综上，大量燃放烟花爆竹可使城市空气瞬间污染。燃放烟花爆竹过程中会产生大量粉尘和有害气体，如果适逢无风或低气压的天气，一时无法飘散，就会强烈刺激人的呼吸道，引起咳嗽、气管炎等呼吸系统疾病。同时，烟花爆竹燃放后的碎片、残留物会严重影响城市市容环境，造成的噪声污染

也相当严重。希望人们充分认识到燃放烟花爆竹对空气状况的影响，做到节日期间不燃放或少燃放烟花爆竹，树立环保过节的理念，积极践行低碳生活、绿色生活，共同营造文明、安全、宜居的环境。

Impacts of Setting off Fireworks and Firecrackers on Air Quality of Jurong City during Spring Festival

LI Jun

(Jurong Environmental Monitoring Station, Jurong Jiangsu 212400, China)

Abstract: The concentration changes of SO₂, NO₂, CO, O₃, PM₁₀, and PM_{2.5} in the air quality of Jurong city during spring festival were analyzed based on the auto monitoring data. It indicated that the concentrations of PM₁₀ and PM_{2.5} were greatly impacted by setting of fireworks and firecrackers.

Key words: set off fireworks and firecrackers; PM_{2.5}; PM₁₀; air quality; impact; Jurong

典型污染天气下 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 成因分析

黄绍祥¹, 高明²

(1. 赣州市南康区环境监测站, 江西 赣州 341400; 2. 江西省环境监测中心站, 江西 南昌 330022)

摘要: 选取秋冬季节典型污染天气作为研究背景, 采集研究区 2018 年 10 月 8 日—10 月 19 日的污染物数据及气象参数数据, 分析 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 之间相关性、两者浓度值每日变化规律及其随风向风速变化的分布特征, 并结合研究区地理位置及产业布局, 全面探究 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 污染成因。结果表明研究区 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 具有良好的相关性, 可能来自同类型污染源。

关键词: 典型污染天气; PM_{2.5}; PM₁₀; 相关性; 变化规律; 污染成因

中图分类号: X51 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0048-03

随着社会发展, 大量的工矿企业排放废气、城市机动车尾气排放、工地施工等都会产生大量污染物, 这些污染物在大气流动的作用下, 会随风向一起传输转移到其他区域, 形成区域污染。区域污染对因地理位置局限和气候条件不好等因素不利于污染物扩散的城市影响较大, 这些污染物长时间停留在空气中, 对人体健康有较大影响^[1]。特别是细颗粒物 PM_{2.5}, 能够富集大量有毒有害物质且能进入人体肺部, 甚至穿过肺泡进入人体血液, 直接危害人类健康^[2], 因此做好大气污染物的监测和研究对于改善城市环境空气质量具有重要的意义。

本文选取研究区秋季典型污染天气作为研究背景, 全面探究研究区 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 污染成因, 以期对环境管理部门科学制定大气污染防治措施提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源

PM_{2.5} 和 PM₁₀ 浓度数值资料: 来源于江西省环境空气质量发布平台。

数据采集时段: 2018 年 10 月 8 日—10 月 19 日。

气象资料: 来自于空气自动监测站常规地面气象观测资料, 包含 10 月 8 日—10 月 19 日风速、风向、降雨量。

1.2 研究方法

本文选取秋季典型污染天气作为研究背景, 其中污染时间段有明显降雨天气。分析 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 的相关性、浓度变化规律、降雨对 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 清

除效果以及污染物浓度随风速风向变化的分布特征, 并结合研究区地理位置和产业布局等方面, 全面探究研究区 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 污染成因。

2 结果和讨论

2.1 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 浓度变化规律

从图 1 可知, PM_{2.5} 和 PM₁₀ 小时值浓度变化规律具有良好的协同性, 有可能遵循相同的迁移转化规律。除 14 日下午至 15 日因持续降雨外, PM_{2.5} 和 PM₁₀ 浓度峰值基本是在每日的 20 时之后, 峰值多出现在 21~24 时, 峰值过后是平稳下降至下午 6 时左右, 之后浓度继而上升到峰值。整体呈现夜间凸型, 白天凹型。呈现此类变化规律的现象主要是因为夜间大气边界层降低, 处于半山谷盆地地带的研究区大气污染扩散较差, 并且此城市为工业型城市, 工业布局在北片东区域, 物流发达, 夜间货车解除限行, 大量重型货车出行在北偏东方向, 结合图 2 可知, 载货机动车尾气排放是导致污染物夜间直接上升的主要原因, 待凌晨后车辆出行较少后, 污染物开始逐步下降。

2.2 降雨对 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 的清除效果

从图 1 可以看出, 10 月 8 日—10 月 19 日经历了 4 个时段降雨, 分别为 10 月 10 日累计 13h 的降雨、10 月 14 日—10 月 15 日累计 27h 的降雨、10 月 16 日累计 3h 降雨、10 月 19 日累计 3h 降雨。从图中可知, 前两阶段降雨对 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 有明显的清除效果, 持续长时间降雨期间 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 下降明显, 雨天过后污染物浓度值又呈阶梯型上涨; 后两阶段短时间降雨对污染物清除效果不明显。出现这类情况的原因可能是由于降雨累积时间越长清除的效果较好。通过国内众多学者研究也表明降雨对

PM_{2.5}和 PM₁₀清除效果受雨量和累计时间的影^[3-5]。

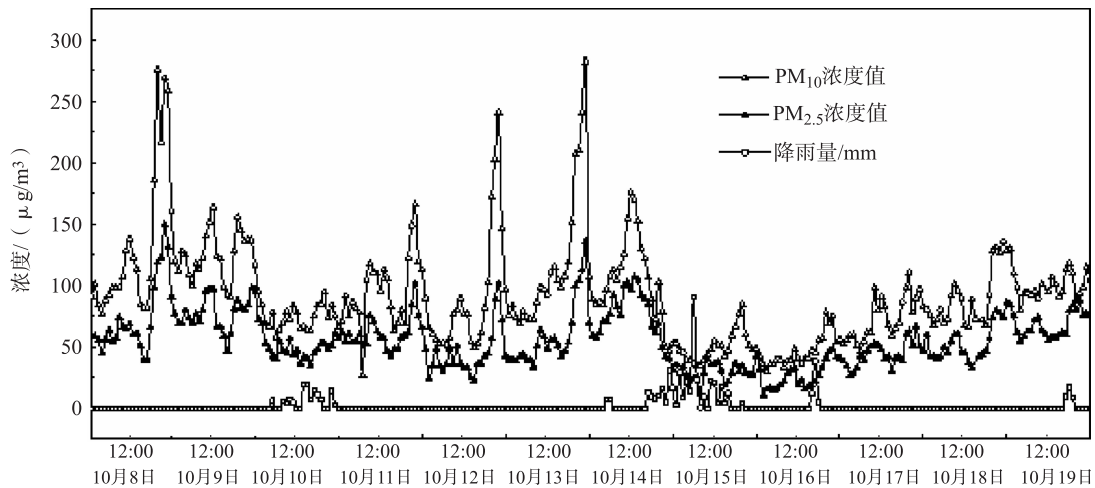


图1 2018年10月8日—10月19日PM_{2.5}和PM₁₀浓度值随时间变化图

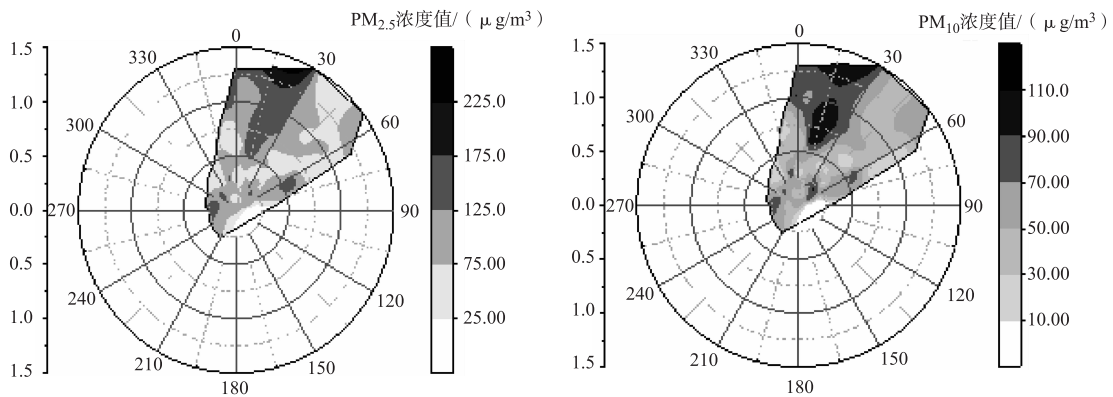


图2 2018年10月8日—10月19日PM_{2.5}和PM₁₀浓度值随风向风速浓度分布图

2.3 风向、风速对 PM_{2.5}和 PM₁₀的影响

从图2可知，研究区 PM_{2.5}和 PM₁₀的浓度受风向影响较大，研究区受北偏东方的风向影响较大，当风向为北偏东时（0°~30°），风速 > 0.5m/s 时区域 PM_{2.5}和 PM₁₀浓度值多数超过 70μg/m³和 125μg/m³，出现这种现象的主要原因是研究区北偏东方向为此城市的工业区，并且北偏东方向县级交界为其他两个发达区，有大量机动车及工矿企业，所以一旦北偏东方向且风速较大，则污染物就随风迁移至研究区，加上研究区为半山谷半盆地地带，不利于大气污染物扩散，长时间停留在研究区不断累积叠加，就形成了 PM_{2.5}和 PM₁₀在北偏东风向时候浓度较大的分布特征。

2.4 PM_{2.5}和 PM₁₀的相关性

通过10月8日—10月19日获取的 PM_{2.5}和 PM₁₀的小时值数据，对两者做相关性分析。从图3可知，PM_{2.5}和 PM₁₀小时值的相关系数 r 为 0.892， r^2 为 0.796，表明 PM_{2.5}和 PM₁₀有很好的相关性，

具有较强的正相关关系，一定程度上表明 PM_{2.5}和 PM₁₀具有同源性。

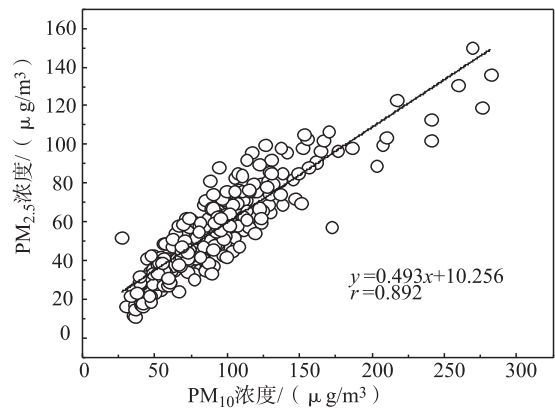


图3 PM_{2.5}和PM₁₀的相关性

3 结论

研究区 PM_{2.5}和 PM₁₀小时值浓度变化规律一致，为夜间呈凸型浓度值缓慢上升，峰值多数呈现在每日的21—24时，白天呈凹型浓度值平稳下降；PM_{2.5}和 PM₁₀具有良好的相关性，具有同源性，主

要污染源可能是研究区夜间交通限行解除后大量载货货车排放污染物引起；在风向为北偏东，风速 $>0.5\text{m/s}$ 时北偏东方向污染源对研究区 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 影响显著。

参考文献:

- [1] 李萍, 田鹏山, 朱珠. 深圳市宝安区 $\text{PM}_{2.5}$ 污染特征及来源分析 [J]. 环境科学导刊, 2018, 37 (5): 51 - 54.
[2] 郑晓霞, 赵文吉, 晏星, 等. 降雨过程后北京城区 $\text{PM}_{2.5}$ 日时

- 空变化研究 [J]. 生态环境学报, 2014, 23 (5): 797 - 805.
[3] 刘星, 黄虹, 左嘉. 夏季降雨对大气污染物的清除影响 [J]. 环境污染与防治, 2016, 38 (3): 20 - 24.
[4] 陈小敏, 邹倩, 周国兵. 重庆主城区冬春季降雨强度对大气污染影响 [J]. 西南师范大学学报 (自然科学版), 2013, 8 (7): 113 - 121.
[5] 张文静, 胡琳, 吴素良, 等. 降雨对西安市大气污染物质量浓度影响分析 [J]. 陕西气象, 2013 (1): 18 - 21.

Cause Analysis of $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} under Typical Pollution Weather Conditions

HUANG Shao - xiang¹, GAO Ming²

(1. Nankang District Environmental Monitoring Station, Ganzhou Jiangxi 341400, China)

Abstract: The pollution data and meteorological parameter data in the target area from Oct. 8th to Oct. 19th in 2018 under the typical pollution weather conditions in autumn and winter were collected in order to reveal the correlations between $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} , the change rules of daily concentrations, and their distribution characteristics with the changes of wind direction and wind speed. The pollution cause of $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} would be overall explored combining with the spatial location and industrial allocation of the study area. The results showed that they were significant correlated. Therefore, they probably came from the same type pollution sources.

Key words: typical pollution weather conditions; $\text{PM}_{2.5}$; PM_{10} ; correlation; change rule; pollution cause

珠海市不同前体物削减比例对臭氧的影响

丁博昊, 赖丽芳

(广东科迪隆科技有限公司, 广东 广州 510308)

摘要: 基于2014年10月的气象场与排放源数据, 使用三维空气质量模型, 通过设置40种不同的区域NO_x与VOCs减排情景, 模拟了不同减排情景下珠海不同点位的臭氧浓度变化。总体而言, 珠海市不同点位的臭氧与区域前体物减排的关系存在一定差别, 表明珠海臭氧污染是区域性污染, 但不同点位的臭氧对前体物排放的敏感性存在差别, 东面的站点需要更大的削减量才能达到与西部站点相同的臭氧浓度下降率。VOCs:NO_x削减比率越大, 珠海市臭氧浓度越容易下降。因此, 要控制珠海的臭氧污染, 应加大对珠三角区域VOCs的控制。

关键词: 前体物排放; 臭氧; 情景分析; 珠海

中图分类号: X52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0051-03

0 前言

在珠三角地区, 细颗粒物已经达到了国家二级标准^[1], 目前珠三角空气污染最突出的问题是臭氧污染^[2]。珠海是珠江口地区的沿海城市, 长期受海陆风等影响, 扩散条件较好, 细颗粒物浓度不高, 2017年年均值仅为30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 但臭氧污染形势不容乐观, 臭氧日最大8h浓度的年度第90百分位数达160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 刚好达到国家二级标准, 存在较大的超标风险。

近地层的臭氧主要由臭氧前体物NO_x与VOCs在光辐射条件下发生系列光化学反应生成^[3]。在大城市或城市群的下风向农村或郊区等低排放的地区, 由于污染物的输送及化学反应, 也常会出现相对严重的臭氧污染^[4]。在城市中心地带, 机动车辆排放较多的NO, 会与臭氧发生反应, 消耗臭氧, 由于这种臭氧滴定效应, 拥有较高NO_x浓度的城市中心地区臭氧浓度会较周边低^[5]。目前珠三角城市群已经连成片, 夏季整个地区以偏南风为主导风向, 珠海位于上风向地区, 空气污染较轻; 秋冬季珠三角以东北风或偏北风为主导, 珠海处于珠三角下风向地区, 臭氧污染比较严重。目前已有研究表明NO_x的减排也可能导致某些区域臭氧浓度上升^[6], 要实现臭氧浓度的下降应重点减排VOCs, 而NO_x与VOCs减排比例会非线性地影响到臭氧防治效果^[7]。研究区域前体物减排比例有

利于选取合适的调控手段实现珠海臭氧浓度控制的目标, 本研究主要聚焦于珠海市臭氧浓度下降与区域前体物减排之间的关系研究。

1 数据与方法

10月一般是珠海臭氧污染最严重的月份, 而2014年10月是近年污染最严重的月份之一。本研究主要基于三维空气质量模型, 模型的相关设置借鉴了文献资料^[8]。通过设置40种不同的珠三角NO_x与VOCs减排情景, 固定气象场, 定量研究不同减排情景下珠海的臭氧浓度下降比例。由于只是做有限的情景模拟, 在进行分析时, 采用插值的方式, 算出不同前体物减排比例下臭氧的下降率。

2 结果分析与讨论

目前的珠三角控制实施方案, 是以削减10%臭氧第90百分位浓度为目的, 基于现有的NO_x控制力度(约每年下降10%), 加强VOCs控制力度, 每个城市VOCs:NO_x削减比率在2:1到4:1之间波动。

对于珠海的不同点位, VOCs:NO_x削减比率越大越有利于臭氧的下降。以吉大为例, 要实现臭氧浓度下降10%的目标, 若VOCs:NO_x削减比率为2:1, 则NO_x必须至少下降17%, 即VOCs排放同时至少要减少34%; 若VOCs:NO_x削减比率为3:1, 则NO_x必须至少下降8%, 即VOCs排放同时至少要减少24%; 若VOCs:NO_x削减比率为4:1, 则NO_x必须至少下降5%, 即VOCs排放同时至少要减少20%。由此可见, 若要以最少的减排代价实现臭氧浓度下降目标, 则NO_x的减排力度不能太

收稿日期: 2018-09-11

作者简介: 丁博昊(1986-), 男, 四川广安人, 本科, 环境监测工程师, 从事环境监测与管理工作。

大, VOCs 的减排幅度最好要远大于 NO_x 的减排幅度。

对于现有的 NO_x 控制力度 (约每年下降 10%), 若 VOCs:NO_x 削减比率为 2:1, 即 VOCs 排放同时要减少 20%, 则吉大的臭氧会下降 6%; 若 VOCs:NO_x 削减比率为 3:1, 即 VOCs 排放同时

要减少 30%, 则吉大的臭氧会下降 13%; 若 VOCs:NO_x 削减比率为 4:1, 即 VOCs 排放同时要减少 40%, 则吉大的臭氧会下降 19%。所以在 NO_x 减排目标已确定的情况下, VOCs:NO_x 削减比率为 2:1 不能满足臭氧控制目标, VOCs:NO_x 削减比率为 3:1 以上方能达到臭氧控制目标。

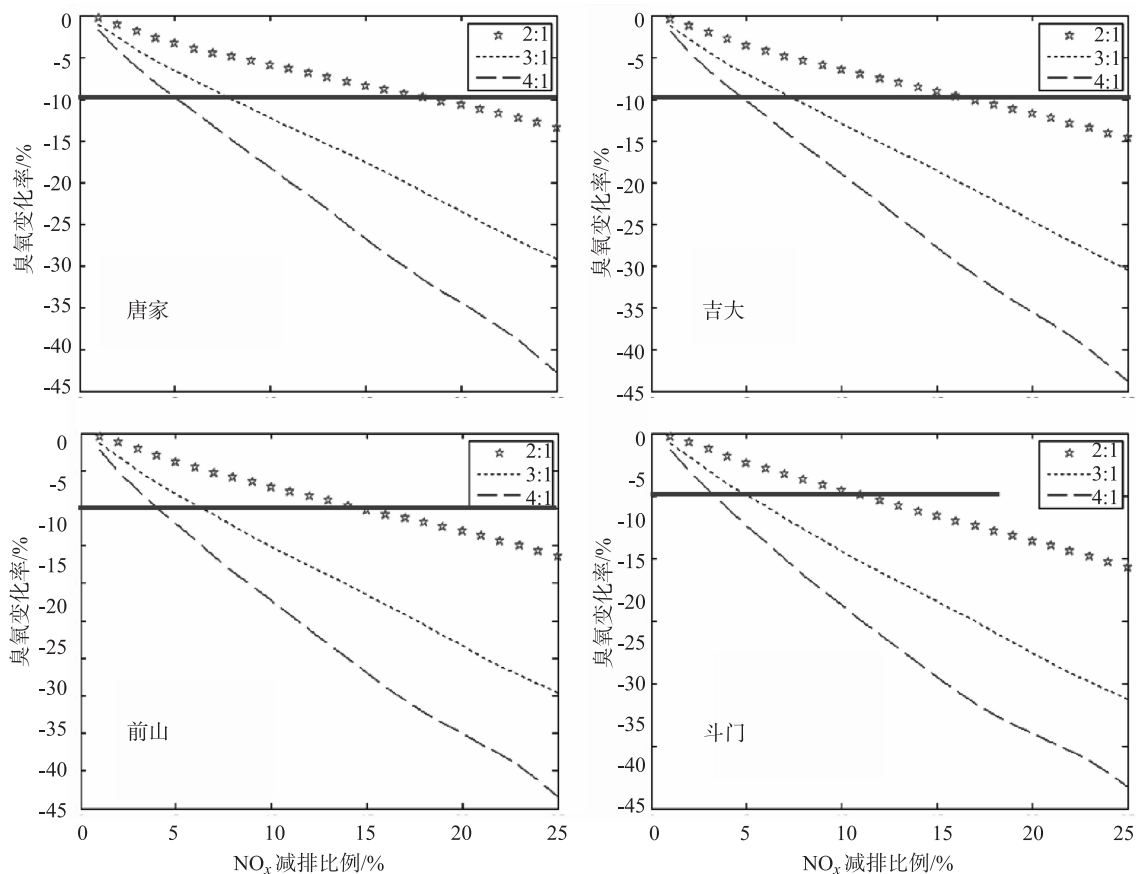


图1 珠江三角洲不同VOCs:NO_x削减比率情景下珠海的O₃浓度变化

3 结论

基于 2014 年 10 月的气象场与排放源数据, 使用三维空气质量模型, 通过设置 40 种不同的区域 NO_x 与 VOCs 减排情景, 模拟了不同减排情景下珠海不同点位的臭氧浓度变化。总体而言, 珠海市不同点位的臭氧与区域前体物减排的关系存在一定差别, 表明珠海臭氧污染是区域性问題, 但不同点位的臭氧对前体物排放的敏感性存在差别, 东面的站点需要更大的削减量才能达到与西部站点相同的臭氧浓度下降率。VOCs:NO_x 削减比率越大, 珠海市臭氧浓度越容易下降。若 VOCs:NO_x 削减比率为 4:1, 则只需要削减 5% 的 NO_x 与 20% 的 VOCs 排放, 就可以使珠海臭氧浓度下降 10%; 若 VOCs:NO_x 削减比率为 2:1, 则需要削减 15% 左右的 NO_x 与 30% 的 VOCs 排放, 才可以使珠海臭氧浓度下降 10%。

参考文献:

- [1] 谢庆裕. 广东空气质量连续三年全面达标 [N]. 南方日报, 2018-01-12 (A01).
- [2] 叶绿萌, 樊少芬, 常鸣, 等. 珠三角地区秋季臭氧生成敏感性时空变化模拟研究 [J]. 南京大学学报 (自然科学版), 2016, 52 (6): 977-988.
- [3] Zheng J, Zhong L, Wang T, et al. 2010 Ground-level ozone in the Pearl River Delta region: analysis of data from a recently established regional air quality monitoring network [J]. Atmospheric Environment, 44 (6): 814-823.
- [4] Zhang H, Kamens R M. The influence of isoprene peroxy radical isomerization mechanisms on ozone simulation with the presence of NO_x [J]. Journal of Atmospheric Chemistry, 2012, 69 (1): 67-81.
- [5] Murphy, J. G., Day, D. A., Cleary, P. A., et al. The weekend effect within and downwind of Sacramento: Part 2. Observational evidence for chemical and dynamical contributions [J]. Atmos. Chem. Phys., 2006 (6): 11971-12019.
- [6] Zhang, Y. H., Su, H., Zhong, L., et al. Regional ozone pollu-

- tion and observation – based approach for analyzing ozone – precursor relationship during the PRIDE – PRD2004 campaign [J]. Atmospheric Environment, 2008 (42): 6203 – 6218.
- [7] Shao, M. , Zhang, Y. , Zeng, L. , et al. Ground – level ozone in the Pearl River Delta and the roles of VOC and NO_x in its production [J]. Journal of Environmental Management, 2009 (90): 512 – 518.
- [8] 沈劲, 汪宇, 曹静, 等. 粤东北地区秋季臭氧来源解析与生成敏感性研究 [J]. 环境科学与技术, 2017, 40 (4): 100 – 106.

Impact of Different Precursors Reduction Ratio on Ozone in Zhuhai

DING Bo – hao, LAI Li – fang

(Guangdong kedilong Technology Co. Ltd. , Guangzhou Guangdong 510308, China)

Abstract: Based on the data of meteorological field and emission sources in October 2014, the ozone concentration changes at different sites in Zhuhai were simulated using a three – dimensional air quality model with 40 different regional NO_x and VOCs emission reduction scenarios. Generally, the relationship between ozone and regional precursor emission reduction at different locations in Zhuhai was various, indicating that ozone pollution in Zhuhai was a regional problem, but the sensitivity of ozone to precursor emission at different locations was different. The eastern sites needed more precursors' reductions to achieve the same ozone reduction rate than the Western sites. The greater the VOCs:NO_x reduction rate, the easier the ozone concentration in Zhuhai would drop. If the reduction ratio of VOCs:NO_x was 4:1, only 5% reduction of NO_x and 20% reduction of VOCs emissions were needed to reduce the ozone concentration by 10%. If the reduction ratio of VOCs:NO_x was 2:1, the ozone concentration could be reduced by 10% only by decreasing the emission of NO_x by about 15% and VOCs by 30%. Therefore, to control ozone pollution in Zhuhai, the control of VOCs in the Pearl River Delta should be strengthened.

Key words: precursors'emission; ozone; scenario analysis; Zhuhai

上海市施工扬尘污染环境管理体系探索与实践

陈晓婷

(上海市环境监测中心, 上海 200030)

摘要: 在分析我国扬尘污染环境管控现状的基础上, 结合上海市扬尘管理工作经验, 从职能管理、法规标准、执法要求、在线监控等方面阐述上海市扬尘管理的经验, 提出了建立和完善监管体系, 通过在线监测、物联网等技术手段, 形成由环保管理部门、行业管理部门、施工单位、运维单位、第三方监督治理单位及社会公众共同参与的扬尘污染监督治理模式。

关键词: 扬尘污染; 环境管理; 监管体系; 治理模式

中图分类号: X513 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0054-03

扬尘, 是指地表松散颗粒物在自然力或人力作用下进入到环境空气中形成的一定粒径范围的空气颗粒物, 主要分为土壤扬尘、施工扬尘、道路扬尘和堆场扬尘。在工业生产快速增长下, 中国已成为全球 $PM_{2.5}$ 污染最为严重的国家之一^[1]。通过对我国多个城市环境空气颗粒物进行来源解析发现, 施工扬尘是城市颗粒物污染的重要原因之一。各地 $PM_{2.5}$ 源解析结果显示, 京津冀地区扬尘贡献占本地源的比例为 14.3% ~ 30%, 长三角地区扬尘贡献占本地源的比例为 13.4% ~ 19.9%, 珠三角地区扬尘贡献占本地源的比例为 6% ~ 12%^[2]。扬尘污染逐渐引起管理部门和城市居民的关注, 而有效控制扬尘污染已成为我国亟待解决的重要城市大气污染问题之一。

1 施工扬尘污染环境管理概况

我国的环境管理体制从原来的各部门分工管理发展为统一监督管理和各分工负责相结合的模式。环境保护法规定了实行环境保护行政主管部门和其他相关部门分管相结合的管理模式, 有权行使环境行政管理权的机构众多, 从而在同一客体上同时存在两套管理班子甚至多套管理班子的情况。扬尘污染的特征决定了对应的管理涉及到住房城乡建设、市容环境卫生、交通运输、国土资源等多个部门。《大气污染防治法》中明确了政府应当加强对建设施工的管理, 规定住房城乡建设、市容环境卫生、交通运输、国土资源等有关部门应当根据本级人民政府确定的职责, 做好扬尘污染防治工作。

2 存在的问题

2.1 监管主体责任不清

国家及地方性法规均要求各级环境保护行政主管部门对本辖区的扬尘污染实施统一监督和管理, 其他部门则是按照各自职责负责扬尘污染防治的管理工作。其中概括性的规定较多, 而对于作为统一监督和管理的主体, 地方环保行政主管部门的组织和实施要求不明确, 难以协调相关工作; 尚未建立统一的沟通机制, 对于管理中发现的问题、工作的部署以及经验总结和相关的重难点缺乏一个系统的整合与分析, 使得部门之间的工作存在着重复和推诿。

2.2 缺少监测方法和控制标准

由于扬尘的排放受到污染源类型、工程阶段、气象条件的共同作用, 不同方法对采集的各类扬尘中颗粒物的粒径、范围、实时性均各有优缺点, 导致在世界范围内有关扬尘的监测与控制标准主要以管理防治标准的形式出现^[3-5]。原国家环保总局于 2007 年发布了《防治城市扬尘污染技术规范》, 规定了各类易扬尘场所在生产活动中产生扬尘污染的防治措施。但从监管和执法的角度, 尚缺少统一的监测方法和控制标准。

2.3 污染防治措施落实不到位

扬尘污染防治是一项系统工程, 源头管控是根本。国家及地方性法规中对易扬尘单位的主体责任均有要求。但从实际情况来看, 效果并不理想。部分施工单位将物料等杂乱地堆放在裸露的地面上, 工地的防护池、洒水、硬化、洗车设备等等也只是应付相关部门的检查; 不少工地往往是执法人员一来, 马上派人洒水降尘冲洗进出混凝土搅拌车、工

收稿日期: 2019-01-26

作者简介: 陈晓婷 (1982-), 女, 福建泉州人, 毕业于上海师范大学, 大学本科, 工程师。从事环境监测领域工作, 主要研究方向为环境监测现场采样技术和质量保证。

程渣土运输车，执法人员一走马上就停；在平时工作中为了节省时间和节约成本，相关的防尘设备大都处于闲置状态。

2.4 执法与惩戒机制

《大气污染防治法》第一百一十五条对于施工单位与建设单位未采取扬尘污染防治措施作出了相应的处罚规定。对比修改之前的大气污染防治法，罚款幅度由原来的“二万元以下”修改为“一万元以上十万元以下”，体现了对于施工扬尘污染防治的决心。而各个部门之间出于利益考虑和立场的不同，对于同一问题会出现截然不同的态度，难以达成共识。缺少以排放限值为基础的量化考核扬尘排放强度的标准等原因，导致企业违法行为成本较低。

3 上海市管理与实践

3.1 完善法规，厘清责任

上海市是全国范围内较早开展扬尘污染防治工作的城市之一。2004—2016年，上海市先后颁布了《上海市扬尘污染防治管理办法》，《上海市大气污染防治条例》和《上海市环境保护条例》等相关法规。明确了各级政府、相关部门、易扬尘单位等在扬尘污染防治工作中的职责和惩罚机制。其中各区（县）政府履行扬尘污染防治监管责任，督促各有关部门按照责任分工，做好源头控制、过程监管工作；行业主管部门做好框架设计，明确行业工作重点，制定、完善行业标准，指导、督促区（县）管理部门开展工作；易扬尘单位落实扬尘防治措施，按照规定要求安装扬尘污染在线监控系统，与环保部门联网，保证监测设备正常运行，并对数据的真实性和准确性负责；环保部门加强对扬尘污染的执法监管，对相关违法行为进行处罚。

3.2 建立规范标准

针对扬尘监测方法以及相关控制标准缺失而带来的一系列管理问题，上海市环保局开展了相关试点工作，于2015年发布了《上海市建筑施工颗粒物与噪声在线监测技术规范（试行）》，建立了基于光散射原理为主的扬尘连续自动监测方法。规定了各类在建工程（包括建筑工地、市政工程、交通工程）、混凝土搅拌站、干散货码头等易扬尘场所颗粒物在线监测系统的系统组成与技术指标、设备安装、信息处理和运行维护要求；制定并于2016年颁布实施《DB31/964-2016 建筑施工颗粒物控制标准》，规定了各类易扬尘单位排放颗粒物浓度限值、达标判定依据。上述扬尘在线监测技术规范和控制标准的制定，为扬尘污染长效管理提供

了有效的技术手段。

3.3 明确执法要求

2017年，上海市环保局制定了《上海市扬尘在线监测数据执法应用规定（试行）》，对扬尘在线监测设施不正常运行、超标排放或数据弄虚作假的易扬尘单位或运维单位，细化了扬尘污染排放的监管要求，规范了扬尘在线监测数据的执法应用。根据责任划分，按照上述条例中的有关规定对易扬尘单位和运维单位予以处罚。对于易扬尘单位擅自拆除、闲置或者停运扬尘在线监测设施，或设施发生故障且不按照规定报告或者修复的，以及其他造成在线监测设施不正常运行的情况，视为扬尘在线监测设施的不正常运行，由市、区两级住建、交通部门予以处理和处罚；对于易扬尘单位或运维单位存在弄虚作假行为的，由市、区两级环保部门予以处理和处罚。

3.4 监控平台

为了保证扬尘监管的有效性和科学性，上海市环境监测中心于2013年联合相关高校和企业集成开发了基于光散射原理测量扬尘质量浓度的建设工程颗粒物在线监控系统^[6-7]，该系统重点针对建设工程扬尘污染，采用先进的颗粒物在线监测技术、物联网和云平台计算技术，可实现颗粒物浓度和现场视频图像等远程监控，数据采用网络实时传输、智能移动平台等为一体的新型“建设工程污染实时监控系”，从而满足实时监控的需求。系统由下列六部分组成：颗粒物和气象参数实时监测仪、视频监控仪、数据采集和传输系统、后台数据处理系统、信息监控平台和客户终端。图1为应用模式。

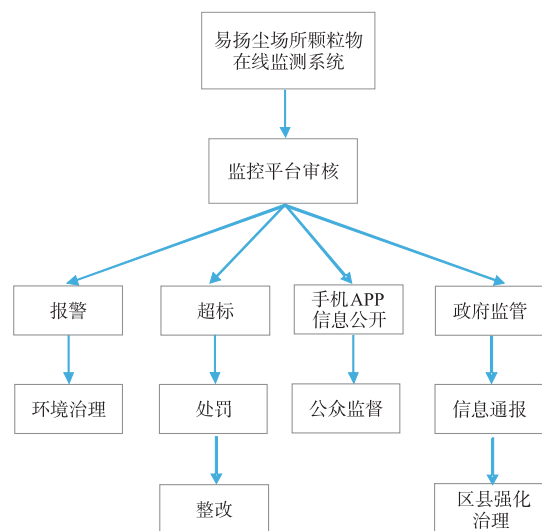


图1 应用模式

通过扬尘在线监测设备每分钟获取实时数据并直传到监控平台；平台对数据进行自动审核，结合控制标准对于临近超标数据进行报警，促使业主单位加强扬尘污染治理；每日对超标或异常情况进行人工复核，出具超标处罚单据，由执法机构进行监察处罚，督促并强化整改；扬尘在线监测数据通过手机 APP 软件向公众开放，实时接受监督；环保主管部门汇总扬尘污染情况，定期向各区县政府、相关委办局通报。

目前，该平台已接入各类颗粒物在线监测系统1000余套，直接接收及汇总统计的业务数据超过4亿条，组建了全市扬尘动态网格化管理体系。

4 结论与建议

建立和完善监管体系，通过颗粒物在线监测系统、物联网、大数据及移动互联网等先进技术，形成由环保管理部门、行业管理部门、施工单位、运维单位、第三方监督治理单位及社会公众共同参与的扬尘污染监督治理模式，从而实现精细化的环境管理。

施工扬尘污染环境管理是一项系统工程，通过上海的经验，建议在完善监管体系和定量考核机制

的基础上，进一步建立施工扬尘污染环境管理工作联席会议机制，完善绩效考核体系，建立通报、反馈机制，督促各级政府、有关部门不断提高扬尘污染防治的实效。

参考文献：

- [1] 吕守军, 沈星迟, 张晓敏. 中国 $PM_{2.5}$ 治理困局及对策研究——基于环境规制理论视角的分析 [J]. 上海交通大学学报 (哲学社会科学版), 2015, 23 (6): 50-59.
- [2] 李云燕, 葛畅. 我国三大区域 $PM_{2.5}$ 源解析研究进展 [J]. 现代化工, 2017, 37 (4): 1-5+7.
- [3] 谷书杰, 李亚林. 浅析建筑施工扬尘治理现状与管理措施 [J]. 建材与装饰, 2018 (3): 169.
- [4] 樊守彬, 张东旭, 田灵娣, 李雪峰, 郭津津, 林雅妮. 北京市交通扬尘 $PM_{2.5}$ 排放清单及空间分布特征 [J]. 环境科学研究, 2016, 29 (1): 20-28.
- [5] 李明光, 周娜. 城市施工扬尘控制管理先进经验及启示 [J]. 环境科学与管理, 2015, 40 (5): 66-69.
- [6] 孙猛, 高翔, 刘茂辉, 张骥, 展先辉, 刘佳泓, 徐媛. 扬尘在线监测在施工地扬尘污染监管中的应用研究 [J]. 环境科学与管理, 2016, 41 (11): 142-145.
- [7] 王跃. 城市建设工程扬尘监控管理平台研究与应用 [A]. 2016 全国环境信息技术与应用交流大会暨中国环境科学学会环境信息化分会年会论文集.

Exploration and Practice of Pollution Control on Dust from Construction Site in Shanghai

CHEN Xiao-ting

(Shanghai Environmental Monitoring Center, Shanghai 200030, China)

Abstract: Dust from construction sites is a vital source of particle pollution in cities. Based on an analysis of the current situation of pollution control on dust in China, and combined with the experience of Shanghai in dust management, this paper expounded on the experience of dust management in Shanghai from the aspects of function management, regulations and standards, law enforcement requirements and on-line monitoring. It put forward the establishment and improvement of supervision system through on-line monitoring and Internet of Things as well. In order to provide references for the environmental management of dust pollution in different places, a supervision and control mode of dust pollution involving environmental protection management departments, industry management departments, construction units, operation and maintenance units, third-party supervision and control units and the public was formed.

Key words: dust; environmental management; supervision system; treatment mode; Shanghai

浅析农村环境综合整治中道路建设的突出问题及对策

尹德智, 张福庆

(云南省环境科学研究院, 云南环境工程设计研究中心, 云南 昆明 650034)

摘要: 介绍了农村道路在环保工程中的地位, 分析了农村道路不合理因素带来的弊端, 探讨了环保项目中道路建设的突出问题, 提出了提升农村道路建设的建议。

关键词: 农村环境整治; 道路建设; 问题; 对策

中图分类号: X50 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0057-05

1 农村道路在环保工程中的地位

农村环境综合整治包括了以行政村为治理单元的村庄整治及多村庄的连片整治。其中常见的工作内容为农村饮用水水源地保护、农村生活污水处理、农村生活垃圾处理、畜禽养殖污染治理、历史遗留的农村工矿污染治理等。这其中少不了村内道路、农田机耕路或环保设施管护道路的建设。本文所讨论的道路不包括主要交通网内用于交通运输的道路。

1.1 沟带路的建设

在农村生活污水收集工程中, 往往在原有路面上开挖水沟。如果开挖水沟的路段为泥土路面, 路面泥沙容易在雨水冲刷下沉入沟底, 造成沟渠淤塞。所以在建设过程中一般考虑将沟渠经过的路段进行硬化, 沟路同建。不但有利于提高污水收集效率, 还有利于改善农村环境, 顺从村民意愿。

1.2 污水处理系统管护道路

在污水处理系统、河道治理或湿地建设运营过程中, 需要投入大量的人力和机械。为方便出行, 有提升道路建设的必要性。植物残体的运输、填料的更换、管理人员的巡查等, 都需要有完善的路网来为系统的运行提供基础设施保障。

1.3 垃圾处理站进场道路

农村垃圾处理方式一般为集中热解焚烧或者转运至城镇垃圾场进行填埋。无论是热解站还是填埋场都离村镇较远, 需要修建、改建(或利用现有道路)垃圾清运道路, 实现垃圾收集转运的目的。垃圾清运道路的路线选择及行车路况在项目运营过

程中扮演着重要角色。

1.4 路面开挖与恢复

农村污水收集系统需要在村落内部沿路铺设管道或暗沟, 会对原有道路水泥混凝土路面或沥青路面造成不同程度的损伤。实际工作中对路面的恢复十分困难, 处理不当将对路面造成永久性创伤, 甚至无法继续发挥道路交通功能。

1.5 特殊路段的建设

在环境综合整治项目中, 因占地需要对原有道路进行改线; 应村民要求需要对某些路段进行硬化, 方可继续开展工程项目的建设; 需增加路线, 以完善农村机耕路交通网; 在有景观要求的特殊地段, 道路需适当考虑景观设计及休闲运动功能。

1.6 小结

农村环境综合整治工程中的配套道路虽为低等级道路, 但不仅仅局限于为环保项目服务, 而是以各种不同的功能发挥着重要作用。

2 农村道路不合理因素带来的弊端

2.1 交通事故频发

农村地区交通工具欠缺, 交通路网不够完善。间接导致环保项目的配套道路用于村内或田间生产运输, 并经常发生摩托车超载, 货车、拖拉机、农用车、三轮汽车非法载客等交通违法行为。

农民交通意识淡薄。由于受文化程度的影响, 一些农村地区农民交通安全意识淡薄, 交通法规意识差, 在行驶过程中随意掉头、转弯、不守交通安全法规、横冲直撞等现象非常普遍。这是农村交通事故频发的根本原因。

农村地区道路状况差。由于发达程度的差距, 许多农村地区道路状况差, 路面标示、标牌、标线极不完善。路面坑坑洼洼, 道路安全系数差。这成

为交通事故的潜在隐患。

2.2 行车舒适性差

由于道路建设等级低,无规范可参考等种种原因,无法按照规范建设。很多道路的设计及施工随意性强,路面只有简易硬化甚至是砂石路面,导致道路行车性能较差。

2.3 路面排水不畅,道路绿化缺失

因资金、人的意识或用地等原因,导致道路宽度不合理,缺少附属设施。建设过程中没有考虑道路排水,尤其是村内路面每遇暴雨避免不了大量积水。道路两旁无行道树或其他绿化面积,景观性差,与现行推行的美丽乡村建设不符。

3 环保项目中道路建设的突出问题

3.1 道路定义及等级划分

农村道路按路网连接情况一般划分为县、乡、村道三个等级。县道和乡道相对等级较高,属于农村交通网络主要道路。村道是指直接为农民群众生产、生活服务,不属于乡道及以上公路的建制村与建制村之间和建制村与外部联络的主要道路。本文重点针对村道建设的相关问题进行探讨。

符合下列条件之一的农村路可确定为村道:①建制村内部各自然村之间的主要连接线;②建制村与乡道及以上公路的主要连接线;③建制村所辖区域内,已建成通车并达到四级及接近四级技术标准的道路;④村内以通行车辆为主的硬化道路;⑤田间道、用于环保设施管理或生产劳动的通行道路。

3.2 产生弊端的根本原因探究

3.2.1 规划建设技术性较差

环保项目的设计及施工团队缺少道路专业技术人员,对道路等级划定不合理,用途不明确,施工图不规范。农村房屋排列密集且不整齐,在巷道内修路空间位置狭小,施工难度大。

农村经济相对落后,基本上都在原有老路上改建,既受地形环境限制,规划技术性差,又受贫穷的经济条件制约,农村公路建设没有考虑整个公路网络协调。大多数地区农村经济薄弱,不少道路建设由村民委员会组织、村民大会讨论决定。乡村公路的建设造价低,村民们自行规划和建设并纳入环保项目,占用环保资金。施工队伍技术力量薄弱,偷工减料的情况时有发生。路面结构不合理,用料不规范,线路、弯道、宽度、视距等不符合行车要求。主要为满足农村分散居住条件下的交通需求,造成部分地段乡村公路路况较差。乡自为“阵”,各村为线,未能起到为农民提供交通服务的作用。

3.2.2 建设资金短缺

道路工程往往是主项目的配套项目,其重要性得不到重视,没有充足资金支持,建设质量较差,耐久性得不到保障。

建设资金短缺、投入分散,是直接制约道路质量的瓶颈。只靠目前的国家环保专项资金,直接投入严重不足。受益农民不愿出资,环保项目中道路的建设主体成了环保部门。一般情况下,县级以上政府投入资金很少,投资分散,导致道路建设用料严重不足。

3.2.3 运营管理不规范

农村环境综合整治项目的主管部门通常为环保部门。项目运营管理的投入主要放在了环保工艺本身,对道路等配套基础设施缺乏有力的管理手段和相关的技术支持。路政管理的最低级别单位是县级公路主管部门的路政机构,主要对乡道以上的公路实施路政管理。县级以下未设专门的路管机构,不能完全获得群众信任,村道也未纳入路政法规管理之中。村级公路的路产、路权和设施管理力量极为有限。

3.2.4 养护难度大

按公路“分级管理”原则,乡村公路两边的违章建(构)筑物较多,乡村道路养护未纳入交通系统统筹资金养护范围。项目建设部门“重建轻养”,管护责权不清,致使乡村公路缺管失修,经常出现“晴通雨不通,通车路难行”的现象。乡镇、村和群众在实际管护中经常互相推诿。

3.2.5 农民群众交通意识淡薄

每当到了收割季节,很多村内道路就变成了打谷场、晒粮场。甚至平时也占用道路堆积柴草秸秆、煤炭、砂石等建筑材料。大车、挖掘机等直接行驶于村道上,导致道路面层结构破坏严重,年久失修。

4 提升农村道路服务功能的建议

农村环境综合整治中的道路应根据用地范围及车辆通行情况合理制定规格、宽度,并考虑排水措施,尽可能参照正规道路进行设计和施工。

4.1 合理的规划布局

农村公路线长面广,分散在一个地区的各个角落。针对不同地形、地质状况的农村道路,设计时除要充分考虑经济发展、交通量、人口密度、资源分布状况,还应突出乡村特色、地方特色和民族特色。应本着“统筹规划、保护耕地、因地制宜”的原则,提高农村公路的交通服务功能。不同地段,不同功能的道路应设计不同的标准横断面,路

面结构根据行车荷载设计。

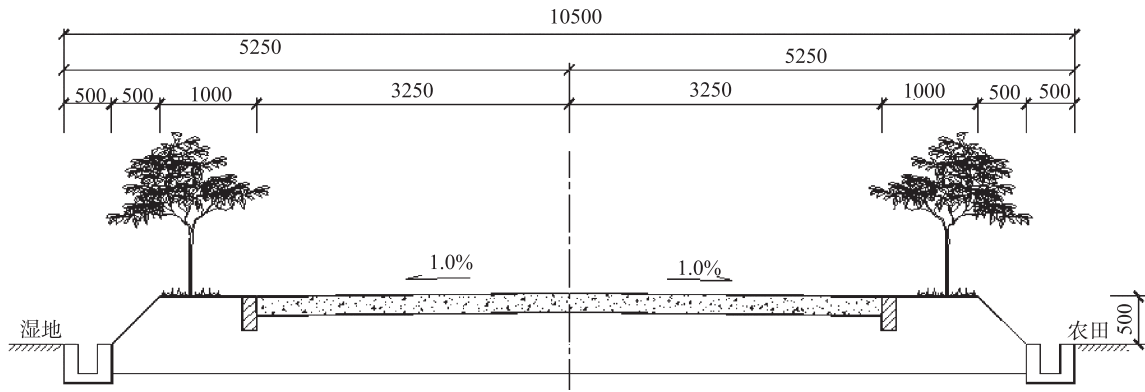


图1 湿地、唐库系统管护道路标准横断面图

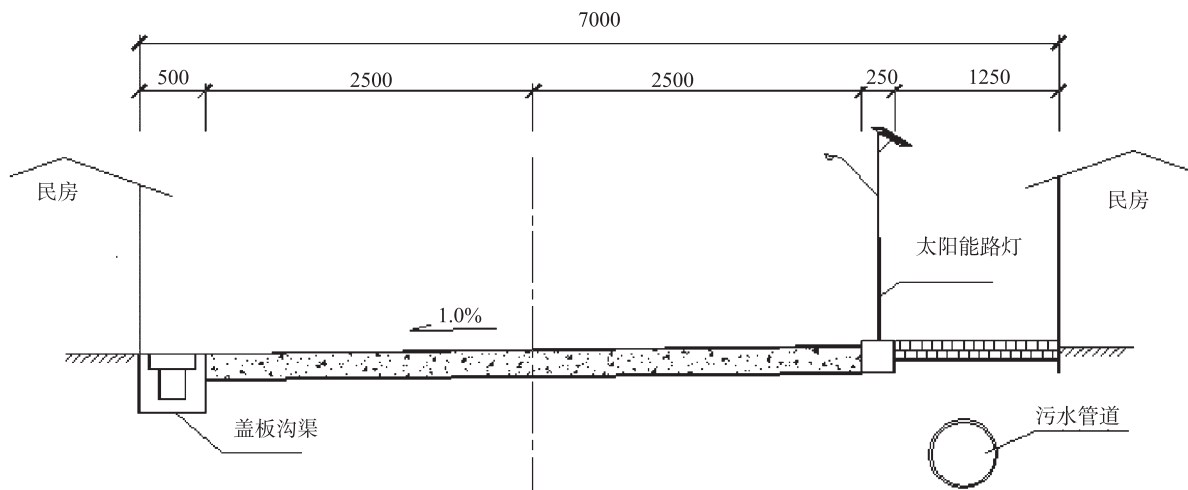


图2 村内道路标准横断面图

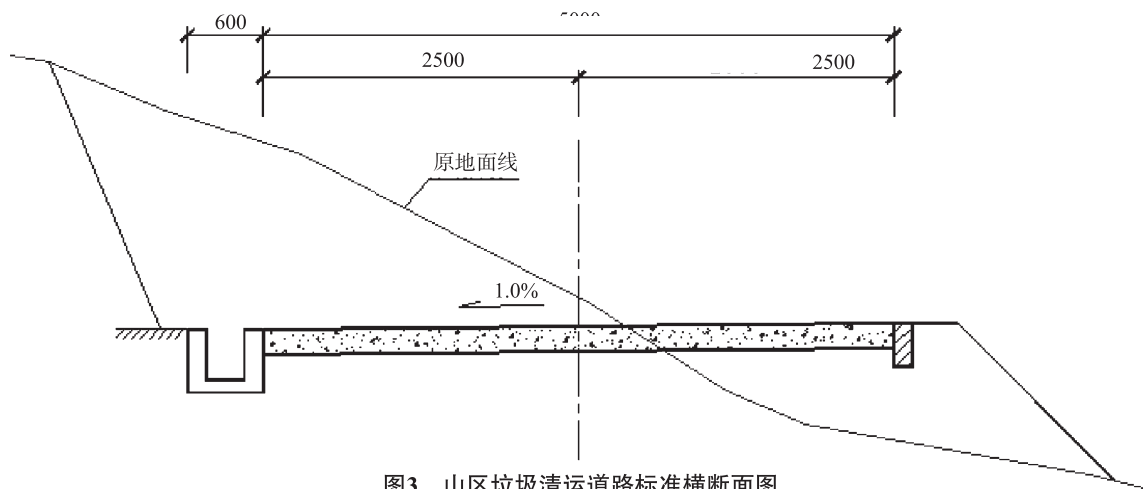


图3 山区垃圾清运道路标准横断面图

4.2 从技术上解决道路质量问题

从设计入手，一直贯穿到施工结束，都应有专职技术员配合指导，提供技术支持。

4.2.1 委托有设计能力或有经验的技术人员进行道路的勘测设计

目前的村级道路建设基本省略了设计环节而直

接进入现场施工，团队缺少基本的工程知识，对道路结构把握不准确，这是造成道路早期破坏或车辆行驶不安全的直接原因。

4.2.2 合理选择设计荷载

由于社会经济的发展，大型重载车辆越来越多，农村车辆类型比较复杂，超重超载对农村公路

造成了不可避免的破坏。所以,选择农村公路设计的荷载标准一定要准确,应以观察或了解到的最大汽车荷载轴载为基础,结合技术标准,合理选择设计荷载等级。

4.2.3 合理选择路线,设计中应遵循设计原则

(1) 建设规划要同当地景观相协调,发挥道路总体综合效益;

(2) 充分利用旧路,减少占用耕地,保护生态环境;

(3) 便于施工,采用的施工工艺应满足质量检验评定标准。

4.2.4 合理设计安全设施

以人为本、使用功能优先,是当前工程设计的重大主题。按照“保障安全、提供服务、利于管理”的原则,结合交通量的增长与技术状况,完善补充安全设施设计。

4.2.5 增加道路排水设施,适当考虑景观绿化

老村的房屋建设规划不合理,房屋排列密集,道路狭窄,村民进行道路建设时以牺牲排水沟为代价来满足道路通行宽度。最终导致了连年雨季村内大面积积水,甚至雨水灌入屋内,严重影响居民生活。所以,在进行村内污水收集系统设计、道路硬化时应充分考虑道路污水及雨水的排放,在宽度有限的路段可建设盖板沟渠以同时满足排水和路面通行要求。在路边多余的公共用地处,可进行景观小品设计或绿化种植,美化村庄。

4.3 从管理维护上延长道路使用寿命

由于农村道路量大面广,养护经费全部由国家承担或从环保项目里分摊目前尚不可能,应不断拓宽多种资金筹措渠道,因地制宜,采取多种养护管理模式。

4.3.1 分段承包、计量支付式

这是目前农村道路使用最为广泛的一种方式,尤其是县、乡级道路使用最多。是由县级公路管理部门负责,以道班的形式在重要农村道路(县道)沿线布设的养护模式。村级道路也可借鉴此模式进行养护管理,通过协商将服务功能覆盖面广、道路等级较高的路段纳入养护范围。

4.3.2 专业公司养护式

养护公司是拥有独立注册资金、相应设备及技术人员和施工资格,在工商税务部门注册登记,具有独立资金调配和人事权利,在法律上与公路管理部门处于独立平等地位,真正面向市场的经济实体。此种形式把农村公路养护由分散养护变为专业

养护,逐渐向市场化推进。

4.3.3 政府和受益企业共养式

受益企业参与农村公路养护,是保障企业利益和提高企业知名度的有效措施,既保证了本企业的产品、货源运进运出,又便于沿线村民的出行,赢得了良好的社会效益。同时缓解了养护资金压力,保证了路况。此种模式不仅极大地方便了村民的生产、生活,保障了当地企业运输车辆快捷、安全行驶,得到了当地群众和企业的一致好评,而且为探索吸纳社会资金参与地方道路建设提供了宝贵经验。环保项目的配套道路,可由相应的垃圾清运承包公司、环保设施运营管理公司等直接使用道路的机构进行养护管理。

4.3.4 村委承包式

即由村委会和乡地方道路管理所承包该乡村道,乡、村两委班子和村民代表研究讨论,选定若干名责任心强、责任田距离养护路段较近的村民为养护人。这样,不仅使村民可以利用农闲或早晚进行养护,而且农活、养护两不误,同时方便了公路养护用料的取用,既节约了资金,又减少了用料矛盾。

4.3.5 联户承包式

为了养好路,结合本地实际,乡所属各村都采用“联户承包养护”模式。即由本村的几家农户联合承包养护路段,农忙时轮流上路,农闲时集体作业,既不误农活,又不误养护,还能增加家庭收入。

4.3.6 土地置换式

环保项目配套道路因建设资金等因素,修建标准普遍较低,大部分都是穿农田而过,可以说庄稼地中间有条路,庄稼就在路边种。就是有边沟慢慢也变为平地,种上了庄稼,路基掏空、路肩毁坏、路面损坏现象十分普遍。要实现真正的“田路分家”,土地置换工作能否顺利进行是关键之举。为了搞好此项工作,可以采用先易后难、先搞试点的原则。试点确定后,积极和当地政府协商,谋划土地置换的方式,解决田路争地矛盾。

5 结语

随着国家对环保工作的重视,环保项目在全国各地到处开花,环保资金投入的力度越来越大。环保产业逐渐由城市发展到农村。农村环境综合整治项目涉的面广、项目涉及的专业多。其中的配套道路不仅为环保本身服务,也成为农村道路网的重要组成部分,连接广大的县、乡、村,直接服务于农

业、农村经济发展和农民出行，是解决“三农”问题的基础条件之一。道路的建设需要全民的参与，需要完善的修路制度，更需要完善的养路制度。

参考文献：

[1] 叶齐茂. 村庄整治技术手册 村内道路 [M]. 北京：中国建筑

工业出版社，2009.

[2] 村庄整治技术规范：GB 50445-2008 [S].

[3] 云南省环境保护厅. 云南省农村环境综合整治项目工作指南 [Z]. 2015.

[4] 环发〔2013〕130号：关于印发〈农村生活污水处理项目建设与投资指南〉等四项文件的通知 [Z].

Analysis on the Marked Problems and Countermeasures of Road in Comprehensive Improvement in Rural Environment

YIN De-zhi, ZHANG Fu-qing

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

Abstract: The roads in rural villages have played a vital role. The mixed and disorder roads system has brought difficulties for implementing environmental protection projects. The problems of the roads were presented. The suggestions on promoting the construction of the roads were put forward.

Key words: comprehensive improvement in rural environment; road construction; problem; countermeasures

浅析抚仙湖主要入湖河流污染物特征

杨淑香

(澄江县环境监测站, 云南 玉溪 652599)

摘要: 根据抚仙湖流域河流目标考核的要求, 以及综合各污染因子的污染特征, 选取了5个污染指标即高锰酸盐指数 (I_{Mn})、化学需氧量 (COD_{Cr})、氨氮 ($NH_3 - N$)、总磷 (TP)、总氮 (TN) 对抚仙湖水质状况进行评价。通过分析, 从首要污染因子的结果可以明确看出: 抚仙湖17条入湖河流中, 主要污染因子是总氮和总磷, 绝大部分入湖河流综合水质总体上有逐年改善的趋势, 其中山冲河水质好转最明显。

关键词: 入湖河流; 水质指数评价方法; 污染因子; 抚仙湖

中图分类号: X824 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673 - 9655 (2019) 增1 - 0062 - 04

抚仙湖是我国最大蓄水量湖泊、最大高原深水湖、云南省第一深水湖泊, 抚仙湖流域面积达 $1084 km^2$, 径流区内大小入湖河流有103条, 多年平均入湖径流量 $16723 万 m^3$ 。抚仙湖是云南乃至全国淡水湖中极少未被污染的湖泊, 它属于生态环境较脆弱的内陆断陷湖, 湖体主要污染指标总体呈上升趋势, 总磷、总氮等已接近或达到 I 类标准限值。在湖泊水质污染及富营养化过程中, 其中绝大部分的面源污染物主要是通过入湖河流进入湖泊的, 入湖河流的水质和营养状态与水质密切相关, 因此控制入湖河流的污染物对于湖泊水质的治理至关重要, 而科学客观地评价主要入湖河流的水质污染状况, 是进行入湖河流水环境综合治理前的基本工作。

1 监测数据的收集

1.1 样品的采集

抚仙湖主要入湖河流共有梁王河、东大河、马料河等103条, 其中主要河流有17条省控、市控河道, 其余大部分是季节性河流和农灌沟渠, 本次选取了17条主要入湖河流为本次分析对象。每月月初由澄江县环境监测站采集17条主要入湖河道水样, 采样点均设置在入湖河流的入湖口, 现场观察是否有回灌水, 将采样地点往上移至无回灌的河段。

1.2 分析方法

入湖河流的样品采集和样品的实验室分析按照国家地表水环境质量监测网监测任务作业指导书(试行)进行, 评价标准执行《GB3838 - 2002 地表水环境质量标准》。

表1 水质主要指标分析方法

监测指标	测定方法
高锰酸盐指数	《GB/T11892 - 1989 水质 高锰酸盐指数的测定》
化学需氧量	《HJ11914 - 1989 水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法》
氨氮	《HJ535 - 2009 水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法》
总磷	《GB/T11893 - 1989 水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法》
总氮	《HJ636 - 2012 水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法》

1.3 监测数据的来源

本文使用的监测数据为澄江县环境监测站2017年1—12月每月1次对抚仙湖17条主要入湖河流的监测结果, 所有采样点均设置在入湖河流的入湖口。污染指标包括高锰酸盐指数 (I_{Mn})、化学需氧量 (COD_{Cr})、氨氮 ($NH_3 - N$)、总磷 (TP)、

总氮 (TN)。

2 水质指数评价方法

江苏省太湖流域河流水质评价中, 根据河流污染的特点, 综合考虑了单因子指数评价、综合污染指数评价和综合水质标识指数评价方法。

水质指数组成为: $WQI = X1 1X2 (X3)$

式中: $X1$ 为水质类别; $X2$ 为水质在该类别变化区

间中所处的位置; X_3 为首要污染因子, 其水质指数的计算公式为:

$$X_1, X_2 = \text{MAX} (X_1, X_{2TP}, X_1, X_{2TN}, X_1, X_{2NH_3-N}, \dots),$$

式中: $X_1, X_{2TP}, X_1, X_{2TN}, X_1, X_{2NH_3-N}$ 等指总磷、总氮、氨氮和其它参加评价指标的单因子水质指数; MAX 指取所有参加评价指标的单因子水质指数的最大值^[1]。

3 监测结果与分析

3.1 监测数据

3.1.1 抚仙湖主要入湖河流水质状况

由于部分入湖河流的监测断面只监测了

2014—2018 年 5 个主要指标, 即高锰酸盐指数 (I_{Mn})、化学需氧量 (COD_{Cr})、氨氮 ($NH_3 - N$)、总磷 (TP)、总氮 (TN) 的监测数值, 结合抚仙湖入湖河流的实际监测情况和国内外水质评价的经验, 根据抚仙湖流域河流目标考核的要求, 以及综合各污染因子的污染特征, 选取了高锰酸盐指数 (I_{Mn})、化学需氧量 (COD_C)、氨氮 ($NH_3 - N$)、总磷 (TP)、总氮 (TN) 5 个指标作为河流的评价因子, 具体监测数据见表 2。

3.1.2 抚仙湖主要入湖河流 2014—2017 年水质状况

表 2 2017 年 17 条入湖河流水质监测结果和评价表

(mg/L)

河流名称	高锰酸盐指数	化学需氧量	氨氮	总磷	总氮	水质综合评价	水质指数评价
东大河	2.76	10	0.316	0.161	3.60 (劣 V 类)	Ⅲ类	3.6 (总磷)
代村河	7.01	12	1.26	0.230	2.05 (劣 V 类)	Ⅳ类	4.3 (总磷)
尖山河	3.05	10	0.269	0.090	1.99 (V 类)	Ⅱ类	2.9 (总磷)
梁王河	2.44	10	0.763	0.101	4.25 (劣 V 类)	Ⅲ类	3.5 (氨氮)
抚澄河	3.82	13	0.727	0.238	3.70 (劣 V 类)	Ⅳ类	4.4 (总磷)
山冲河	3.57	15	0.861	0.195	5.65 (劣 V 类)	Ⅲ类	3.9 (总磷)
路居河	4.15	10	0.622	0.158	9.57 (劣 V 类)	Ⅳ类	4.1 (高锰酸盐指数)
隔河	1.60	10	0.313	0.024	0.44 (劣 V 类)	Ⅱ类	2.5 (氨氮)
牛摩河	5.15	17	0.968	0.265	6.78 (劣 V 类)	Ⅳ类	4.6 (总磷)
洗菜沟	3.54	10	0.665	0.124	5.39 (劣 V 类)	Ⅲ类	3.3 (氨氮)
马房中沟	6.70	26	1.85	2.13	6.04 (劣 V 类)	劣 V 类	10.3 (总磷)
马房西沟	6.64	26	1.79	0.476	5.70 (劣 V 类)	劣 V 类	6.2 (总磷)
窑泥沟	5.34	22	2.616	1.060	10.52 (劣 V 类)	劣 V 类	7.6 (总磷)
大清沟	6.34	19	1.566	0.370	11.55 (劣 V 类)	V 类	5.7 (总磷)
居乐河	3.39	10L	0.320	0.116	11.04 (劣 V 类)	Ⅲ类	3.2 (总磷)
五车大河	5.93	22	0.231	0.217	3.28 (劣 V 类)	Ⅳ类	4.2 (化学需氧量)
矣度河	2.22	11	0.324	0.101	5.31 (劣 V 类)	Ⅲ类	3.0 (总磷)

注: 评价标准执行《GB3838-2002 地表水环境质量标准》; 按照《环保部 环办〔2011〕22 号地表水环境质量评价办法》中规定, 河流中总氮不参与评价。

3.2 结果分析与讨论

(1) 从表 2 可以看出, 本文所选用的水质指数评价方法明确显示了河流的水质类别和首要污染物, 从首要污染因子的结果可以明确看出: 抚仙湖 17 条入湖河流中, 其中有 12 条入湖河流的首要污染因子为总磷, 3 条入湖河流的首要污染因子为氨氮, 1 条入湖河流的首要污染因子为高锰酸盐指数, 1 条入湖河流的首要污染因子为化学需氧量

(其中有 16 条入湖河流的总氮为劣 V 类, 不参与评价), 由此反映出影响抚仙湖入湖河流的主要污染因子是总氮和总磷。

(2) 抚仙湖 17 条入湖河流的污染分级排序为: 马房中沟 > 窑泥沟 > 马房西沟 > 大清沟 > 牛摩河 > 抚澄河 > 代村河 > 五车大河 > 路居河 > 山冲河 > 东大河 > 梁王河 > 洗菜沟 > 居乐河 > 矣度河 > 尖山河 > 隔河。

(3) 抚仙湖入湖河流水质有明显改善趋势。通过对抚仙湖17条入湖河流的综合评价可以看出,综合水质总体上有逐年改善的趋势,其中东大河、代村河、尖山河、梁王河、抚澄河、山冲河、路居河、隔河、洗菜沟、居乐河、五车大河和矣度河12条入湖河流水质较好,基本

达到功能区水质标准;其中山冲河水质明显好转,由劣V类到2016年转为V类,到2017年Ⅲ类;大清沟由劣V类到2017年转为V类,水质好转;而马房中沟、马房西沟和窑泥沟水质最差,污染严重,为劣V类,与功能区水质标准相差较大。

表3 2014—2017年抚仙湖主要入湖河流水质综合评价

河流名称	2014年	2015年	2016年	2017年
东大河	劣V类	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类
代村河	劣V类	Ⅳ类	Ⅲ类	Ⅳ类
尖山河	劣V类	Ⅲ类	Ⅱ类	Ⅱ类
梁王河	劣V类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅲ类
抚澄河	劣V类	Ⅳ类	Ⅳ类	Ⅳ类
山冲河	劣V类	劣V类	V类	Ⅲ类
路居河	-	-	Ⅳ类	Ⅳ类
隔河	-	-	Ⅱ类	Ⅱ类
牛摩河	-	-	劣V类	Ⅳ类
洗菜沟	劣V类	Ⅲ类	Ⅳ类	Ⅲ类
马房中沟	劣V类	劣V类	劣V类	劣V类
马房西沟	劣V类	劣V类	劣V类	劣V类
窑泥沟	劣V类	劣V类	劣V类	劣V类
大清沟	劣V类	劣V类	劣V类	V类
居乐河	-	-	Ⅳ类	Ⅲ类
五车大河	-	-	Ⅲ类	Ⅳ类
矣度河	-	-	Ⅱ类	Ⅲ类

注:评价标准执行《GB3838-2002地表水环境质量标准》;按照《环保部环办[2011]22号地表水环境质量评价办法》中规定,河流中总氮不参与评价。“-”表示未测项目。

为改善入湖河道水环境质量,近年来,澄江县通过采取系列工程和非工程措施对主要入湖河道进行综合治理,部分入湖河道基本实现了绿色视廊、生态湿地、休闲通道、达标水体、城乡景观的目标。“十二五”期间,河道治理累计投资10.21亿元,完成16条主要入湖河道水环境综合治理,入湖水水质得到有效改善和提升,抚仙湖流域年削减化学需氧量5149.87t、总氮1028.28t、总磷215.24t、氨氮170.68t,流域内工业污染达标排放率实现100%。

4 建议

抚仙湖入湖河道的治理是一项长期的系统工程,并不是一朝一夕就能完成的,所以在治理工作中需要充分发挥人的主观能动性,对社会生产力进

行有效的协调,加快对河道治理的力度,从而使其更好的为人们的生活和发展服务,发挥更好的保护生态环境的作用。

(1) 进一步完善流域内截污治污体系。

(2) 充分发挥企业、乡镇、村落、学校、机关团体等力量,加强环保宣传教育力度,提高全民环保意识。

(3) 在重视河道整治的同时,切实履行河道长管理制度,同时做好整个流域生态系统的恢复建设。

参考文献:

[1] 陆卫军,张涛. 几种河流水质评价与方法的比较分析[J]. 环境科学与管理, 2009, 34(6): 174-176.
 [2] 唐立新,王文微. 单因子水质标识指数法在布尔哈通河水质评价中的应用[J]. 吉林水利, 2010(12): 38-40.

- [3] 胡成, 苏丹. 综合水质标识指数法在浑河水质评价中的应用 [J]. 生态环境学报, 2011, 20 (1): 186 - 192.
- [4] 王林, 吴献花, 郭红, 吴贤学. 抚仙湖入湖河流水质的调查分析 [J]. 玉溪师范学院学报, 2006, 22 (12): 64 - 68.

Analysis of the Pollution Characteristics of the Main Rivers Following into Fuxian Lake

YANG Shu - xiang

(Chengjiang county environmental monitoring station, Yuxi Yunnan 652599, China)

Abstract: The change of lake water quality is closely related to the pollution of main rivers following into Fuxian Lake. It is very important to control the pollutants in the rivers. At present, there are many evaluation methods to access river water quality. The evaluation model suitable for the river following into Fuxian Lake was selected based on many factors. It could accurately reflect the main factors affecting the water quality of the rivers, at the same time, the water quality of the rivers could be compared by quantitative method, simple to understand, and the results are clear at a glance. According to the requirements of the river target assessment in the Fuxian Lake basin and the pollution characteristics of various pollution factors, five pollution indexes, I_{Mn} , COD_{Cr} , $NH_3 - N$, TP, and TN were selected. It can be clearly seen from the results of the primary pollution factors that the main pollution factors are total nitrogen and total phosphorus in 17 rivers, and the overall comprehensive water quality of most rivers was improving year by year, especially Shanchong River.

Key words: rivers following into lake; water quality index evaluation method; pollution factor; Fuxian Lake

“十二五”期间西山区国控入滇河流 水环境质量状况分析与评价

彭雅¹, 瓦武奎², 梁贵芬¹

(1. 西山区环境保护监测站, 云南昆明 650100; 2. 云南华电昆明发电有限公司, 云南安宁 650308)

摘要:以“十二五”期间西山区国控入滇河流监测数据为基础, 采用综合污染指数法对西山区国控入滇河流水环境质量进行分析, 分析结果表明: 与“十一五”相比, “十二五”期间国控入滇河流水质明显好转, 河流截污效果显著; “十二五”期间劣V类水体居多, 均未达到各水体水质保护目标要求, 5条河流均存在不同程度的污染。提出了建议对策。

关键词:入滇河流; 水质状况; 国控; 评价; 西山区; 昆明

中图分类号: X824 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0066-03

西山区地处滇中高原昆明断陷湖盆的西北部, 地理坐标为东经 102°21′~102°45′, 北纬 24°41′~25°26′, 国土面积 881.32km²。西山区原为昆明市的老工业区, 目前区域内分布着建材、化工、制药、机械、轻工、食品等诸多行业。

西山区水系属金沙江水系, 水资源丰富, 境内最为重要的湖泊为处于南部的滇池。滇池水面面积 300km², 流域汇水面积达 2920km²。滇池北部有东西向长 3.5km 的海埂, 将湖体分隔为南北两部, 滇池草海位于滇池北部, 滇池外海位于滇池南部^[1]。

1 水环境监测概况

西山区境内国控河流有 5 条: 新运粮河、老运粮河、乌龙河、西坝河、大观河, 监测点位分别为积善村桥、积中村入湖口、西南建材市场东门桥头、新河村入湖口、航运公司码头旁。以上 5 条河流均流入滇池草海, 均属于国控点, 以下统称为“国控入滇河流”。

2 监测频次和评价标准

国控入滇河流监测频次为每月监测 1 次, 监测项目为《环境监测技术规范》要求的必测项目和部分选测项目。本文选取超标频次比较高的几项主要污染物进行分析, 即: 化学需氧量、氨氮、高锰酸盐指数、总磷、五日生化需氧量。评价标准为《GB3838-2002 地表水环境质量标准》^[2], 并结合昆明市实际情况, 采用市政府下发的各水体考核目

标作为评价标准, 即: 乌龙河、西坝河、大观河 3 条河流按 IV 类水进行保护, 新运粮河、老运粮河 2 条河流按 V 类水进行保护。

3 “十二五”期间入滇河流水质状况

3.1 新运粮河水水质状况

新运粮河是滇池草海入湖河流之一, 属国控点, 水质保护目标为 V 类。“十二五”期间水质为劣 V 类, 未达到水质保护目标要求。超 V 类水标准的指标有 2 项: 氨氮、总磷。五年平均值分别为 7.31mg/L、0.56mg/L, 超标倍数分别为 2.66 倍、0.40 倍。

与“十一五”同期相比较, “十二五”期间几项主要污染物浓度均明显下降, 最低降幅 64% 以上。由表 1 可见, 化学需氧量由 219mg/L 下降为 33mg/L, 下降了 84.9%; 氨氮由 22.2mg/L 下降为 7.31mg/L, 下降了 67.1%; 高锰酸盐指数由 24.0mg/L 下降为 8.6mg/L, 下降了 64.2%; 总磷由 2.27mg/L 下降为 0.56mg/L, 下降了 75.3%; 五日生化需氧量由 81.8mg/L 下降为 10.4mg/L, 下降了 87.3%。

3.2 老运粮河水水质状况

老运粮河是滇池草海入湖河流之一, 属国控点, 水质保护目标为 V 类。“十二五”期间水质为劣 V 类, 未达到水质保护目标要求。超 V 类水标准的指标有 1 项: 氨氮。五年平均值为 3.49mg/L, 超标 0.74 倍。

与“十一五”同期相比较, “十二五”期间几项主要污染物浓度均明显下降, 最低降幅 40% 以上。由表 1 可见, 化学需氧量由 64mg/L 下降为

收稿日期: 2018-08-27

作者简介: 彭雅 (1984-), 女, 汉族, 云南宣威人, 硕士研究生学历, 昆明市西山区环境保护监测站工程师, 研究方向: 环境监测。

23mg/L, 下降了 64.1%; 氨氮由 8.47mg/L 下降为 3.49mg/L, 下降了 58.8%; 高锰酸盐指数由 9.7mg/L 下降为 5.8mg/L, 下降了 40.2%; 总磷由 1.48mg/L 下降为 0.34mg/L, 下降了 77.0%; 五日生化需氧量由 13.9mg/L 下降为 6.9mg/L, 下降了 50.4%。

3.3 乌龙河水质状况

乌龙河是滇池草海入湖河流之一, 属国控点, 水质保护目标为Ⅳ类。“十二五”期间水质为劣Ⅴ类, 未达到水质保护目标要求。超Ⅳ类水标准的指标有 1 项: 氨氮。五年平均值为 2.21mg/L, 超标 0.47 倍。

与“十一五”同期相比较, “十二五”期间几项主要污染物浓度均明显下降, 最低降幅 73% 以上。由表 1 可见, 化学需氧量由 198mg/L 下降为 23mg/L, 下降了 88.4%; 氨氮由 14.2mg/L 下降为 2.21mg/L, 下降了 84.4%; 高锰酸盐指数由 22.0mg/L 下降为 5.8mg/L, 下降了 73.6%; 总磷由 2.04mg/L 下降为 0.21mg/L, 下降了 89.7%; 五日生化需氧量由 89.8mg/L 下降为 6.5mg/L, 下降了 92.8%。

3.4 西坝河水质状况

西坝河是滇池草海入湖河流之一, 属国控点, 水质保护目标为Ⅳ类。“十二五”期间水质为劣Ⅴ类, 未达到水质保护目标要求。超Ⅳ类水标准的指标有 4 项: 氨氮、总磷、五日生化需氧量、化学需氧量。五年平均值分别为 6.73mg/L、0.69mg/L、

10.7mg/L、33mg/L, 超标倍数分别为 3.49 倍、1.30 倍、0.78 倍、0.10 倍。

与“十一五”同期相比较, “十二五”期间几项主要污染物浓度均明显下降, 最低降幅 42% 以上。由表 1 可见, 化学需氧量由 98mg/L 下降为 33mg/L, 下降了 66.3%; 氨氮由 11.7mg/L 下降为 6.73mg/L, 下降了 42.5%; 高锰酸盐指数由 16.5mg/L 下降为 8.6mg/L, 下降了 47.9%; 总磷由 1.36mg/L 下降为 0.69mg/L, 下降了 49.3%; 五日生化需氧量由 26.3mg/L 下降为 10.7mg/L, 下降了 59.3%。

3.5 大观河水质状况

大观河是滇池草海入湖河流之一, 属国控点, 水质保护目标为Ⅳ类。“十二五”期间水质为Ⅴ类, 未达到水质保护目标要求。超Ⅳ类水标准的指标有 2 项: 氨氮、五日生化需氧量。五年平均值分别为 1.90mg/L、6.3mg/L, 超标倍数分别为 0.27 倍、0.05 倍。

与“十一五”同期相比较, “十二五”期间几项主要污染物浓度均明显下降, 最低降幅 34% 以上。由表 1 可见, 化学需氧量由 54mg/L 下降为 23mg/L, 下降了 57.4%; 氨氮由 7.02mg/L 下降为 1.90mg/L, 下降了 72.9%; 高锰酸盐指数由 9.3mg/L 下降为 5.6mg/L, 下降了 39.8%; 总磷由 1.02mg/L 下降为 0.17mg/L, 下降了 83.3%; 五日生化需氧量由 9.6mg/L 下降为 6.3mg/L, 下降了 34.4%。

表 1 西山区入滇河流主要指标监测结果统计表

(mg/L)

河流名称	“十一五”期间五年平均值					“十二五”期间五年平均值化学需氧量				
	化学需氧量	氨氮	高锰酸盐指数	总磷	五日生化需氧量	化学需氧量	氨氮	高锰酸盐指数	总磷	五日生化需氧量
新运粮河	219	22.2	24.0	2.27	81.8	33	7.31	8.6	0.56	10.4
老运粮河	64	8.47	9.7	1.48	13.9	23	3.49	5.8	0.34	6.9
乌龙河	198	14.2	22.0	2.04	89.8	23	2.21	5.8	0.21	6.5
西坝河	98	11.7	16.5	1.36	26.3	33	6.73	8.6	0.69	10.7
大观河	54	7.02	9.3	1.02	9.6	23	1.90	5.6	0.17	6.3

4 “十二五”期间入滇河流水质环境质量评价

河流评价标准选用《GB3838-2002 地表水环境质量标准》中的Ⅲ类水标准进行评价, 评价方法采用综合污染指数法, 其数字表达式为:

$$P_j = \sum_{i=1}^n P_{ij} = C_{ij}/C_{io}$$

式中: P_j : j 断面水污染综合指数; P_{ij} : j 断面 i 项污染物的污染指数; C_{ij} : j 断面 i 项污染物的年平均值; C_{io} : i 项污染物评价标准值。

按各河流综合污染指数大小进行分级, 以便于比较各断面污染程度。分级标准按照国家环境监测总站推荐的分级标准, 将其污染程度分为 6 个级

别, 划分标准见表2, 5条河流综合污染指数计算结果见表3。

表2 水质污染分级表

	污染等级					
	1	2	3	4	5	6
断面污染指数	<1	1~5	>5~10	>10~50	>50~100	>100
污染程度	清洁	轻度污染	中度污染	重污染	严重污染	极严重污染

表3 入滇河流综合污染指数表

河流名称	综合污染指数
新运粮河	21.53
老运粮河	11.59
乌龙河	8.83
西坝河	21.09
大观河	8.12

由表3可见, 乌龙河、大观河属中度污染, 新运粮河、老运粮河、西坝河属重污染。5条入滇河流综合污染指数从大到小排序为: 新运粮河 > 西坝河 > 老运粮河 > 乌龙河 > 大观河。

5 小结

与“十一五”同期相比较, “十二五”期间5条国控入滇河流中的主要污染物(化学需氧量、氨氮、高锰酸盐指数、总磷、五日生化需氧量)均明显下降, 最低降幅达30以上。“十二五”期间5条国控入滇河流整体水质较“十一五”期间明显好转, 河流截污效果显著。但“十二五”期

间劣V类水体居多, 均未达到各水体水质保护目标要求, 5条河流均存在不同程度的污染。

6 建议

高度重视水污染防控, 制定实施汛期“一河一策”的水污染防治工作方案和应急预案。加强环境监管, 进一步加强对污水处理厂、涉水排污企业的监管, 加大巡查、抽查、暗查频次, 严防企业直排、偷排污水。依法严肃查处各类环境违法行为。

参考文献:

- [1] 丁绍晖. 昆明市西山区环境质量报告书 [Z]. 昆明市西山区环境保护局, 2016: 1-3.
- [2] 地表水环境质量标准: GB3838-2002 [S].
- [3] 刘丽萍, 于洋. 滇池水环境质量综合评价指标优选 [J]. 中国环境监测, 2016, 32 (6): 7-12.
- [4] 张军莉, 严谷芬. 滇池水质 1999-2008 年时空变化特征 [J]. 环境科学导刊, 2014, 33 (3): 1-7.
- [5] 杨小珊. 云龙水库和主要入库河流水质环境质量状况及保护措施 [J]. 环境科学导刊, 2012, 31 (6): 42-46.

Analysis and Evaluation of the State – controlled Water Quality of the Rivers Flowing into Dianchi Lake in Xishan District during the 12th Five – year Plan Period

PENG Ya¹, WA Wu – kui², LIANG Gui – fen¹

(1. Xishan District Environmental protection monitoring station, Kunming Yunnan 650100, China)

Abstract: Based on the monitoring data of the State – controlled rivers of Dianchi Lake in Xishan District during the 12th five – year plan period, the trend of the water quality of the rivers was analyzed by the comprehensive pollution index method. The analysis results showed that the water quality of the State – controlled rivers in the 12th five – year plan period has improved significantly, and the river decontamination effect was significant. However, most of the rivers remained less than the fifth class, which could not achieve the water protection goals. Various pollution degrees were found among five rivers. Countermeasures were pointed out.

Key words: rivers following into Dianchi Lake; water quality status; the State – controlled rivers; assessment; Xishan District; Kunming rivers following into Dianchi Lake; water quality status; the State – controlled rivers; assessment; Xishan District; Kunming

红河州瓶（桶）装饮用水厂灌装车间 空气洁净度调查

刘春艳, 董建平, 李春江, 倪 涵

(红河州质量技术监督综合检测中心 云南 蒙自 661100)

摘 要:通过对红河州辖区内的瓶（桶）装饮用水灌装间进行空气洁净度检测, 了解饮用水厂灌装车间的空气洁净度水平。依据《GB50073-2013 洁净厂房设计规范》《GB50591-2010 洁净室施工及验收规范》和《GB50687-2011 食品工业洁净用房建筑技术规范》, 于2015年1月—2017年12月对红河州内64间饮用水厂灌装车间的悬浮粒子、压差、换气次数等参数进行检测和评价。结果表明: 千级洁净间的悬浮粒子合格率为95%, 压差合格率为91%, 换气次数合格率为45%; 万级背景下百级洁净间的悬浮粒子合格率为90%, 压差合格率为70%, 换气次数合格率为50%。

关键词: 空气洁净度; 灌装车间; 饮用水; 红河州

中图分类号: X82 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0069-03

生产饮用水具有投入成本低、回报高等特点, 生产瓶（桶）装饮用水的企业也越来越多^[1]。现行的瓶（桶）装饮用水生产许可证审查细则及相应的标准规范要求灌装车间的空气洁净度应达到10000级且灌装局部空气洁净度应达到100级, 或灌装车间的整体空气洁净度达到1000级^[2-4]。为了解红河州内瓶（桶）装饮用水厂灌装车间空气洁净度情况, 笔者于2015年1月—2017年12月对64间灌装车间进行了检测。

1 材料与方法

1.1 检测对象

红河州内64间瓶（桶）装饮用水灌装车间。

1.2 仪器

3910型尘埃粒子计数器（日本KANOMAX公司）；6710型风量罩（日本KANOMAX公司）；405-V1热敏风速仪（德国德图公司）；HAD-CENTER322型声级仪（台湾群特科技股份有限公司）；Testo 174H型温湿度记录仪（德国德图公司）；Testo 512型差压仪（德国德图公司）；Testo 540型照度仪（德国德图公司）。

1.3 检测指标

主要的评价指标为压差、换气次数、悬浮粒子数（粒径 $\geq 0.5\mu\text{m}$ 和 $\geq 5\mu\text{m}$ 的尘埃），参考指标为

噪声、温度、相对湿度、照度、沉降菌（万级背景下百级设计灌装车间为主要评价指标）。

1.4 检测方法及评价标准方法

根据标准《洁净厂房设计规范》《洁净室施工及验收规范》和《食品工业洁净用房建筑技术规范》^[5-7], 对饮用水厂灌装车间进行静态检测和评价。对于1000级（空气洁净度6级）的灌装车间, 要求 $\geq 0.5\mu\text{m}$ 的悬浮粒子数不高于35200pc/m³, $\geq 5\mu\text{m}$ 的悬浮粒子数不高于293pc/m³, 换气次数为50~60次/h; 对于全室10000级（空气洁净度7级）的灌装车间, 要求 $\geq 0.5\mu\text{m}$ 的悬浮粒子数不高于352000pc/m³, $\geq 5\mu\text{m}$ 的悬浮粒子数不高于2930pc/m³, 局部灌装口达到100级（空气洁净度5级），即 $\geq 0.5\mu\text{m}$ 的悬浮粒子数不高于3520pc/m³, $\geq 5\mu\text{m}$ 的悬浮粒子数不高于29pc/m³, 换气次数 ≥ 20 次/h, 沉降菌 $\leq 1.5\text{cfu}/30\text{min}$ 。要求两种类型的灌装车间压差均不低于5Pa。

2 结果

分别对44个设计级别为千级和20个设计级别为万级背景下百级的灌装车间进行静态检测。

2.1 千级灌装车间的空气洁净度检测

表1为在静态检测时千级设计灌装车间空气洁净度的主要技术指标。从表中可知, 压差合格率为91%, 悬浮粒子数（ $\geq 0.5\mu\text{m}$ 和 $\geq 5\mu\text{m}$ ）的合格率为95%, 而换气次数的合格率仅为45%。表2为该设计级别下的参考检测指标, 从表中数据可得到, 温度、相对湿度、照度值和噪声均存在较大的

收稿日期: 2019-06-22

作者简介: 刘春艳 (1983-), 女, 汉族, 云南弥勒人, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 食品与化工检验。

变动性。这与绝大部分灌装车间没有配置空调系统 有关。

表1 千级设计洁净间的主要检测指标

检测项目	标准值	检测范围	合格数/间	合格率/%
压差/(Pa)	≥5	3~28	40	91
换气次数/(次/h)	50~60	11~151	20	45
悬浮粒子/(pc/m ³)	≥35200	5688~30458	44	95
悬浮粒子/(pc/m ³)	≥293	0~1571	44	95

表3 千级设计洁净间的参考检测指标

检测项目	检测范围	检测数/间
温度/℃	10.2~29.2	44
相对湿度/(RH%)	30.9~91.2	44
照度值/lx	168~420	44
噪声/dB	59.0~73.9	44
沉降菌/(cfu/30min)	0~1	44

2.2 万级背景下百级灌装车间的空气洁净度检测

如表3所示,万级背景下百级设计灌装车间在静态检测时的压差和沉降菌合格率均为75%,全室和灌装口悬浮粒子数的合格率均为90%,换气次数的合格率为50%。表4与表2数据均有类似的情况,即温度、相对湿度、照度值和噪声均存在较大的变动性。

表3 万级背景下百级设计洁净间的主要检测指标

检测指标	标准值	检测范围	合格数/间	合格率/%
压差/Pa	≥5	1~18	15	75
换气次数/(次/h)	≥20	12~168	15	75
悬浮粒子 (pc/m ³) ≥0.5μm	≤352000	33633~279636	18	90
悬浮粒子 (pc/m ³) ≥5μm	≤2930	120~2387	18	90
悬浮粒子 (pc/m ³) ≥0.5μm (灌装口)	≤3520	0~2250	18	90
悬浮粒子 (pc/m ³) ≥5μm (灌装口)	≤29	0	18	90
沉降菌/(cfu/30min)	≤1.5	0~3	15	75

表4 万级背景下百级设计洁净间的参考检测指标

检测项目	检测范围	检测数/间
温度/℃	10.1~35.4	20
相对湿度/(RH%)	45.5~89.7	20
照度值/lx	100~439	20
噪声/dB	45~73	20

3 讨论

目前尚无统一的标准对瓶(桶)装饮用水厂灌装车间的空气洁净度进行检测和评价^[8-11],笔者在实验室检测和评价时采用《洁净厂房设计规范》《洁净室施工及验收规范》以及《食品工业洁净用房建筑技术规范》三个标准。标准规定了万级背景下百级设计灌装车间的沉降菌指标不>1.5,而对千级设计灌装车间的此项指标未作要求。对于换气次数指标,万级背景下百级设计的灌装车间能够达到标准要求,而千级洁净间要求换气次数达到50~60次/h,因控制范围比较窄,很多厂房则很

难达到这一要求。在检测过程中还发现,当灌装车间的压差和悬浮粒子数指标能达标时,换气次数指标不一定达标。

因水厂情况较为特殊,其湿度较大,对温度亦无特别要求。在检测过程中发现几乎所有的灌装车间仅配备了空气净化系统,而无控温控湿系统,并且照明系统也不完善。这是因为现在绝大部分水厂的灌装车间中均配备自动化灌装设备,较少人工操作,对照度值、噪声也无特别要求。因此这些参数不能用于评价水厂的灌装车间的空气洁净程度。

另外,在检测过程中还发现,目前水厂灌装车间在设计建造和管理过程中均存在较多的问题。有的厂房在设计、建筑用料、施工等环节均缺少专业技术支撑,致使灌装车间的空气洁净度在初次检验时达不到标准要求,需要进行整改,有的甚至进行多次整改后才能达标。有的厂由于监督管理不到位,质量意识淡薄,灌装车间的空气净化系统只有在应对检查、检测时才处于开启状态;有些厂房的卫生环境甚至得不到保障。

4 结论

通过对红河州内 64 间洁净灌装间进行空气洁净度检测,了解到对于关键指标,绝大部分水厂均能达到要求,而水厂有限的投入却难以让其他指标得到保证。目前,瓶(桶)装饮用水标准把菌落总数指标删除,这就要求水厂有一个好的生产环境,管理者和经营者重视生产饮用水的各个环节,并进行有效管理。

此次检验结果同时暴露出的问题是,由于缺乏针对饮用水厂灌装车间空气洁净度的检测和评价体系,各个机构评价类似厂房时采用的标准和参数均不一致,这就要求相关部门尽快出台相应的措施来解决这一问题。

参考文献:

- [1] 金建潮. 2006~2009 年龙岩市售桶装饮用水不合格原因分析 [J]. 河南预防医学杂志, 2010, 21 (6).
- [2] 中国预防医学科学院环境卫生与卫生研究所. 定型包装饮用水企业生产卫生规范: GB19304-2003 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [3] 天津市卫生局公共卫生监督所, 辽宁省卫生监督所. 瓶(桶)装饮用纯净水卫生标准: GB17324-2003 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [4] 卫生部食品卫生监督检验所. 饮用天然矿泉水厂卫生规范: GB16330-1996 [S]. 北京: 中国标准出版社 1996.
- [5] 中华人民共和国工业和信息化部. 洁净厂房设计规范: GB50073-2013 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2013.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 洁净室施工及验收规范: GB50591-2010 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社 2010
- [7] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 食品工业洁净用房建筑技术规范: GB50687-2011 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [8] 王刚林. 重庆市桶装水厂灌装车间空气洁净度评价 [J]. 环境与健康杂志, 2006, 23 (6).
- [9] 高群. 哈尔滨市桶装水厂灌装车间空气洁净度评价 [J]. 中国公共卫生管理, 2009, 25 (6).
- [10] 张慧. 广州市饮用水厂灌装车间空气洁净度调查 [J]. 环境与健康杂志, 2012, 29 (6).
- [11] 任郑骅. 广州市饮用水厂灌装车间空气洁净度调查 [J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8 (7).

Indoor Air Clean Investigation of the Filling Workshop of Bottled Water Production Factory in Honghe

LIU Chun - yan, DONG Jian - ping, LI Chun - jiang, NI Han

(Honghe Comprehensive Technical Testing Center, Mengzi Yunnan 661100, China)

Abstract: The indoor air clean of the filling workshop of bottled water production factory was tested in order to access the air clean level of the production workshop. According to “Code for design of clean room GB50073 - 2013”, “Code for construction and acceptance of cleanroom GB50591 - 2010”, and “Architectural and technical code for cleanroom in food industry GB50687 - 2011”, the suspended particle, differential pressure, and times of aeration were tested and evaluated. The results indicated that the percent of pass of the suspended particle differential pressure, and times of aeration in class 1000 clean room were 95%, 91%, and 45%, respectively. the percent of pass of the suspended particle differential pressure, and times of aeration in class 10000 clean room were 90%, 70%, and 50%, respectively.

Key words: air clean; filling workshop; drinking water; Honghe

场地修复建设项目环境影响评价 及审批要点分析

汪超, 申晓霞, 周健飞, 薛琦

(江苏龙环环境科技有限公司 环评二部, 江苏 常州 213000)

摘要: 详细分析总结了近年来场地修复项目环评编制和审批中需关注的要点和重点。

关键词: 场地修复; 环境影响评价; 审批; 要点

中图分类号: X82 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0072-04

0 引言

在我国经济快速发展的过程中, 由于各种历史原因, 如矿产资源采掘、工业管理不足、废弃物处理不当、工程措施不合理等, 导致大量的土壤环境问题。伴随我国城区规模的快速扩张, 大量的工业企业由原来的郊区, 逐渐变成城区。导致大量传统工业企业搬迁或改制, 工业类棕地大面积暴露。因工业企业搬迁或关停所形成的城市棕地往往位于城市的中心区或近郊, 是城市建设的重要储备地段, 基础设施齐备, 交通便利。因以往工业运输的需要, 很多工业与基础设施类棕地位于河道、湖泊、海港的滨水地带, 在城市滨水空间的建设中占据重要的位置。然而由于污染问题, 一些位于城市中的老工业区迟迟不能进行再开发。《国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知》(国发〔2016〕31号)、《污染地块土壤环境管理办法(试行)》(环境保护部令第42号)和各地城市制定了一系列对污染土壤管控的政府规章。棕色地块经过相应的调查及评估后, 面临着开展修复及再利用的过程, 而土壤修复过程中土壤的挖掘、地下水的抽提及化学修复过程中, 各种形式的污染物由于扰动, 成为新的二次污染源, 有些污染物甚至迁移至地下水并扩散导致更大范围的污染^[1]。

某场地修复类项目环境影响评价属于环境治理类项目环境影响评价范畴^[2], 本次主要涉及环评技术文件的编制及环评审批两个方面。建设项目环评编制主要包括: 建设项目基本情况, 环境影响评

价使用标准, 建设项目工程分析, 环境风险防范措施的可靠性, 环保对策措施的可行性, 环境风险防范措施的可靠性, 环境影响程度与范围的可接受性。项目环评文件审批主要包括: 批复建设内容的范围, 各项污染防治措施的落实内容及排放标准, 环境管理的落实内容。本文总结归纳了场地修复项目环评技术文件编制及审批中需要关注的要点和重点, 以期能指导场地修复项目环境影响评价工作。

1 总体编制内容

编制内容主要包含建设项目基本情况、建设项目所在地自然环境社会环境简况、评价适用标准、环境质量状况、建设项目工程分析、项目运营期主要污染物产生及预计排放情况、环境影响分析、环境管理及环境监测计划、结论与建议。

1.1 建设项目基本情况

1.1.1 本项目工程内容及规模

关注项目概况, 主要介绍项目的由来、前期工作的开展情况、总体修复方案、项目投资金额及修复工期。依据地块场地环境调查结果及修复方案, 明确污染地块修复的范围、修复量、土壤重点污染因子、场地修复目标。介绍修复工程所涉及的主体工程、公辅工程、贮运工程建设情况。明确修复后续用地的规划用途。综合考虑场地未来开发规划情况和场地周边环境状况, 确定施工现场平面布置。介绍场地周围环境概况, 重点关注厂区周边敏感点信息。

1.1.2 与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题

须介绍地块历史企业情况、地块原有环境问题。主要包括原有企业环保手续履行情况, 历史沿革, 企业主要生产产品内容及工艺流程, 企业厂区内主要生产单位等。原有环境问题主要包括企业生

收稿日期: 2018-08-22

作者简介: 汪超(1989-), 男, 江苏常州人, 硕士研究生, 注册环境影响评价工程师, 主要从事环境影响评价工作。

通信作者: 申晓霞(1982-), 女, 江苏常州人, 环保工程师, 主要从事生态环境管理工作。

产历程中火灾、泄露等环境事故的发生情况。

1.2 建设项目所在地自然环境社会环境简况

环评文件的环境现状调查是环评技术文件编制工作的基础，需关注自然环境、生态环境、水环境、社会环境等环境现状调查是否能反映工程区实际。对于涉及环境敏感区的项目，明确工程与敏感区的位置关系，敏感区的范围、区划、类型、级别、功能、保护目标等。场地修复项目主要位于已建设用地，并且大部分开展修复工程的用地位于城区，濒临河道、湖泊、海港的滨水地带，并且较多需修复的棕地附近居住有大量居民，而地块修复过程中会产生二次污染等问题，容易对周边水体及大气环境产生不利影响。因此，场地修复项目需要特别关注区域水环境和社会环境现状调查。水环境调查主要关注修复地块的周边水系情况，特别是修复地块下游河段是否有居民生产生活用水及其他水资源利用需求。社会环境现状调查主要关注周边环境敏感点的分布，特别是修复区域下风向附近是否存在医院、学校、住宅小区等环境敏感目标，评价过程中需明确各环境敏感点的位置分布、距离、规模及敏感点保护要求。

1.3 评价适用标准

环评技术文件的使用标准作为环评报告的主要组成部分，是监督管理的最重要的措施之一，是行使管理职能和执法的依据。也是处理环境纠纷和进行环境质量评价的依据，是衡量排污状况和环境质量状况的主要尺度。场地修复项目中的标准主要涉及两个方面：环境质量标准、污染物排放标准。环境质量标准主要包括水环境质量标准、大气环境质量标准、声环境质量标准、土壤环境质量标准、地下水质量标准。污染物排放标准主要包括废水排放标准、废气排放标准、噪声排放标准、固体废物暂存场地设置标准等。

环境质量指在一个具体的环境内，环境的总体或环境的某些要素对人类以及社会经济发展的适宜程度，是衡量环境素质优劣的程度。主要根据项目所在地的环境功能区划确定，其中土壤及地下水环境质量标准需根据地块后续利用情况对应相应的标准。

污染物排放标准需要根据修复方案中的不同修复工艺路线中污染物的产生情况确定。目前，修复技术的分类方法有多种：根据修复处理工程的位置可以分为原位修复技术与异位修复技术；根据修复介质的不同可分为污染源（是指污染场地的土壤、

污泥、沉积物、非水相液体和固体废物等）修复技术和地下水修复技术^[3]；根据修复原理可分为物理技术、化学技术、热处理技术、生物技术、自然衰减和其他技术等^[4]。修复方案中不同的修复技术会产生不同的污染物及污染因子，主要有地块内的特征污染因子，施工机械排放的二氧化硫、氮氧化物，施工过程中产生的噪声、扬尘等。

1.4 环境质量状况

环境质量状况是项目实施前的环境质量现状，是用于对比和监控场地修复项目实施过程中对于环境影响参照的背景值。环境质量现状的监测需根据建设项目所在地的环境敏感目标、环境功能区划及场地修复所设计的特征因子合理地选择监测点位及监测因子，为评估修复过程中的环境影响提供相应背景值。

1.5 建设项目工程分析

建设项目工程分析应突出重点。根据各类型建设项目的工程内容及特征，对环境可能产生较大影响的主要因素要进行深入分析。需根据不同的修复技术方案进行详细分析，主要分为以下几个部分：

废水。主要来自于地下水修复过程中产生的井点抽提水，土壤异位修复开挖过程中的基坑废水和涌水，土壤淋洗修复过程中产生的废水，车辆清洗废水及员工生活污水等。

废气。主要来源于车辆运输扬尘尾气，机械挖掘工段扬尘、挥发性气体，修复过程中产生的粉尘及挥发性气体。

固废。主要来源于员工生活垃圾，污染土开挖分选过程中产生的建筑垃圾，需处置的污染土壤，废个人防护用品，修复大棚或车间配备的污染防治措施产生的废活性炭或喷淋液等，重污染地下水预处理过程中产生的废活性炭、废石英砂和污泥等水处理废物，修复药剂的废包装物等。

噪声。主要来源于开挖设备、钻孔设备、风机及水泵等设备。

对于上述污染物通常需采用相应的污染防治措施以保障污染物的达标排放，避免因修复施工产生二次污染，防治措施主要有以下方式：

废水。修复过程中的工艺废水根据废水产生量的多少及项目所在地现有管网的配套情况，采取预处理达标后罐车托运及接入附近市政管网的形式进行处理，生活污水根据现场施工人员的数量及周边配套情况，依托附近市政管网及公共生活设施等处理。废水接管可行性论证内容需重点关注废水接入

污水处理厂的处理能力、处理工艺及接管指标的匹配性。

废气。车辆运输扬尘尾气、机械挖掘工段扬尘等主要通过如喷水保持湿润、合理安排施工计划、覆以防尘网来尽量减少扬尘的产生。开挖过程中的异味及有机污染物的挥发主要通过开挖土壤尽快转运至密闭处理大棚，现场喷洒气味抑制剂或气味隔离剂，分区分层清挖的方式。对于暴露于大气环境中污染土壤的裸露表面，采取边开挖边铺设1mm厚的HDPE覆盖膜的方式，对已开挖面进行覆盖，控制有机污染物的挥发。修复大棚内产生的有机废气及粉尘主要通过配套相应的除尘和有机废气处理措施进行处理后达标排放。

固废。产生的固废需根据《固体废物鉴别标准 通则》《国家危险废物名录》合理判定固废属性，危险固废需委托有资质单位处置，一般固废需按照相应管理要求进行处置，固废处理处置率100%，固体废物排放不直接排向外环境。堆场需按照《关于发布一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准（GB18599-2001）等3项国家污染物控制标准修改单的公告》（环保部公告2013年第36号）中要求做好防渗防腐工作。

噪声。由于施工为露天作业，流动性和间歇性较强，对各生产环节中的噪声治理有一定难度。结合施工特点，建设单位在施工期间应从各个方面采取降噪、防噪措施避免对周边噪声敏感点产生不利影响。

最终，根据工程分析内容对项目最终排放的污染物浓度及排放量进行核算。

1.6 环境影响分析

场地修复项目环境影响主要产生在施工期，修复工程结束后对周围环境影响较小。场地修复实施后土壤中污染物浓度将显著降低。地下水修复实施可以使污染区局部地下水及土壤污染物浓度得以降低，从而能改善环境质量。基坑开挖及地下水抽提修复过程中可能会造成开挖基坑区域及周边地下水水位的下降，但在大气降水、侧向径流等补给条件下，区域地下水水位会趋于恢复至修复前水位，对地下水水位影响较小。如项目修复需使用大量药剂，需关注修复药剂中危险化学品的环境风险，但本类型项目非生产型项目，药剂存储量一般较小，环境风险也较小。

通过采取合理的污染防治措施，修复施工对于环境的影响可以明显降低，并且施工期为中、短期

过程，施工期结束后污染随之消失。经采取措施后，施工期的影响主要体现在废气及固废方面。需根据修复的影响情况对周边的敏感点进行提前告知，避免发生群众投诉等事件。

1.7 环境管理及环境监测计划

由于场地修复项目的敏感性，环境管理的目的是保证本项目各项环境保护措施的顺利落实，预防和减轻修复工程的实施对环境的不利影响。需要在修复项目机构内设置专门的环境管理机构管理整个修复施工过程。对修复实施过程做好全过程监理，重点检查修复工程的工艺路线是否与环评及其批复中的工艺一致，是否发生重大变化，如果发生重大变化，应要求建设单位重新进行环评；审查项目的环境保护措施的落实情况，在修复过程中对每个环节进行跟踪核实，做好监理日志，项目修复完成后编制项目环境监理报告，报建设单位和环保部门，作为项目竣工验收的依据之一。

场地修复项目由于实际产污及修复实施情况存在不确定性，在场地修复过程时，应对进场修复施工人员进行安全教育及污染防治培训，将风险防范措施落实到位，事故发生时立刻启动应急预案。在对存在污染区域的土壤和地下水进行修复时，施工人员必须采取安全防护措施。场地修复过程中，若在修复区域内发现疑似固废，修复单位应立即停止该区域的施工，并通知相关单位对疑似固体废物进行判别或采样分析，确定属于一般固体废物还是危险废物，然后制定相应的处理处置方案，不得随意处置。发现不明潜在爆炸物时，立即停止清挖工作，并及时上报，之后请相关单位进行鉴定，确认为潜在爆炸物后，由专业的爆炸物排除人员进行排除，在确认施工现场安全后方可继续清挖作业。

修复工程施工全过程中的污染物排放监测为废水、废气及大气环境质量、噪声的监测。废水主要监测、修复工艺废水及污水预处理设施尾水。废气的固定源主要为密闭的修复大棚废气排放口，无组织废气分别在场地的上风向、下风向和场界四周敏感点设置大气采样点。由施工方组织专业人员和环境监测方对现场清挖区域以及修复作业面、场区边界、环境敏感点等区域的无组织排放进行PID监测。

声环境监测点设在场界外1m，高度1.2m以上的位置及噪声敏感建筑物外，距墙壁或窗户1m处，距地面高度1.2m以上的位置。在场区的四周场界共布设4个点。

1.8 环境管理及环境监测计划

根据《中华人民共和国环境保护法》规定,建设项目污染防治设施建成后,方可开始修复工程,污染防治设施建设“三同时”验收是严格控制新污染源和污染物排放总量、遏制环境恶化趋势的有力措施。本项目在修复过程中分阶段及时进行“三同时验收”:建设单位在施工开始前及修复过程中请环境监测部门对污染土壤、地下水及修复完成的土壤、地下水污染物浓度进行监测,同时,对于异位修复土壤开挖的区域基坑周边开挖情况进行验收,对现场可能产生的废水进行验收,对现场的噪声和大气环境进行验收。

1.9 环评结论与建议

对项目的由来及基本情况进行总结,对照相关产业政策、规划的符合性进行分析;环境质量现状是否达标;污染防治措施总结及排放总量情况介绍;施工期环境影响是否满足相应要求;项目可行的综合结论。

2 项目环评文件审批

2.1 批复建设内容的范围

由于修复项目涉及的内容较多,除修复地块内进行的施工内容还涉及其他,如异位修复采取“水泥窑协同处置”工艺,则修复过程中的产污将涉及水泥窑协同处置过程中的污染物产排情况。因此,批复过程中需限定本次批复内容的范围,如仅包含修复施工及污染土壤转运等过程,对于协同处置过程需另行环保手续。

2.2 各项污染防治措施的落实内容及排放标准

环评批复是国家主管部门对新开工项目的管理权限的确定,作为企业参照执行的重要依据,因此批复中需对照环评明确企业修复施工过程中废水、

废气、固废和噪声需采取的污染防治措施及排放标准。同时,在项目环评批复中须明确要求项目单位必须严格执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”管理制度^[5]。

2.3 环境管理的落实内容

环评批复中对于修复过程中的环境管理、环境监测、环境风险防控措施需提出要求。如修复过程做好全过程环境监理,合理的公众信息公开,修复施工完成与后续管理工作的衔接(如在施工完成后对于修复成果提交环保局验收备案)等。

3 结论

环境影响评价是指对拟议中的人为活动可能造成的环境影响进行分析论证,并在此基础上提出采取的防治措施和对策。环境影响评价作为一项科学方法和技术手段,对建设项目实施的环境可行性及环境影响进行分析及预测^[6]。因此,评估人员应该加强掌握相关法律法规及政策知识、环境影响评价知识以期能够全面客观地对项目建设及环评文件进行科学评估。

参考文献:

- [1] 王涛. 我国土壤修复行业现状及亟待解决的问题 [J]. 中国环保产业, 2014 (1): 15-18.
- [2] 生态环境部. 建设项目环境影响评价分类管理名录 (2018年4月28日修正版) [Z].
- [3] 谷庆宝, 郭观林, 周友亚, 等. 污染场地修复技术的分类、应用与筛选方法探讨 [J]. 环境科学研究, 2008, 21 (2): 197-202.
- [4] 杨晶媛, 和丽萍. 土壤重金属污染的修复技术研究及进展 [J]. 环境科学导刊, 2014 (2): 87-91.
- [5] 孙博. 建设项目环评审批优化研究 [D]. 天津: 天津大学, 2014.
- [6] 钱瑜. 环境影响评价 [M]. 南京: 南京大学出版社, 2009.

Key Points of Environmental Impact Assessment and Approval for Site Remediation Projects

WANG Chao, SHEN Xiao-xia, ZHOU Jian-fei, XUE Qi

(Jiangsu Longhuan Environmental Technology Co., Ltd. EIA Department 2, Changzhou Jiangsu 213000, China)

Abstract: On the basis of technical appraisal and practical investigation on Environmental Impact Assessment (EIA) reports of site remediation projects, this paper summarized the key points that should be focused on during the process of EIA and administration on site remediation projects. The viewpoints put forward could be adopted to improve the effective reference of EIA reports.

Key words: site remediation; EIA; examine and approve; key points

某铅锌污染场地污染调查与评估

孙 晶¹, 潘学军²

(1. 云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034;

2. 昆明理工大学, 云南 昆明 650000)

摘 要: 对某铅锌污染场地土壤重金属污染特征及环境风险进行全面评价。结果表明: 土样整体呈弱酸性; 调查区域所在地的土壤主要污染物为重金属污染, 部分污染土壤已达到了危险废物浸出毒性级别。

关键词: 污染场地; 重金属; 调查; 风险评估

中图分类号: X825 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0076-03

土壤是生态环境的重要组成部分, 也是人类赖以生存的主要自然资源^[1]。随着我国产业结构调整, 深入推进城镇建设速度的加快, 大量企业被关停运转、破产或搬迁, 腾出的工业场地会被再次开发。一些重污染企业遗留了大量因为企业生产及有组织、无组织排放污染了厂区及周边的土壤、建筑物。被污染的废旧设备设施、遗留的废弃物还会持续造成污染, 随着城市和社会的发展, 遗留污染场地的污染问题显得异常突出。目前, 根据环境保护部关于重金属污染环境管理要求, 土壤重金属污染主要涉及 Pb、Cr、Hg、Cd、Cu、Zn 以及类金属 As 等元素^[2-3]。本文对某铅锌污染场地进行了全面的污染调查与评估, 为后续污染治理奠定坚实的基础。

1 污染识别阶段

通过资料收集与分析、现场踏勘、人员访谈等方式开展调查, 初步分析场地的环境污染状况。通过对调查收集的大量资料进行分析, 初步确定调查的土壤范围及监测指标。重点调查与评价区域面积约为 12.74km², 主要重金属监测项目包括: 砷、镉、铬、铅、铜、锌、汞等。

2 布点采样

根据前期大量的调查工作确定出的修复地块, 按照《HJ25.2-2014 污染场地环境检测技术导则》中的要求进项详细布点采样, 每 40 * 40m 布设一个采样点, 重度、中度和轻度污染地块各 17 个, 共 51 个。采样深度为 0 ~ 0.3m。

3 样品检测方法

检测项目为土壤重金属铅、锌、砷、镉的浸出

浓度及 pH 值, 浸出方法采用《HJ/T299-2007 固体废物进出毒性浸出方法硫酸硝酸法》和《HJ557-2010 固体废物浸出毒性浸出方法水平振荡法》。

4 监测结果分析

重度、中度、轻度污染区土壤样品重金属浸出毒性的检测结果统计分析见表 1 ~ 表 3。

5 评价标准

根据国家环保总局颁布的《HJ/T 166-2004 土壤环境监测技术规范》规定, 土壤环境质量评价采用: 国家土壤环境质量标准、区域土壤背景值。

项目区域土壤环境质量属 III 类, 即“主要适用于林地土壤和污染容量较大的高背景值土壤和矿产附近等地的农田土壤 (蔬菜地除外), 使土壤质量基本上对植物和环境不造成危害和污染”, 执行三类标准。评价标准值见表 4。

项目区缺乏土壤环境背景值数据, 距项目区修复前最近的数据为项目区所处州市“十一五”土壤重金属背景值数据, 见表 5。背景值远低于土壤环境质量三级标准。但由于项目区处于铅锌矿成矿带区域, 加之采选冶历史悠久, 因此不能采用该地区“十一五”土壤重金属背景值。决定采用土壤环境质量标准三级标准值作为背景值对项目区域进行评价。

6 评价方法及评价结果

本项目采用单项污染指数法、内罗梅综合污染指数法分别对区域各评价因子污染现状及土壤环境综合质量现状进行评价。根据单项污染指数和内梅罗污染指数评价结果, 将划定区域划分为 3 类区域, 分别为重度污染区、中度污染区、轻度污染区。

表 1 重度污染区修复前土壤样品重金属浸出浓度检测结果统计分析

项目	元素浓度 / (mg/L)				pH 值
	铅	锌	砷	镉	
平均值/ (mg/L)	0.458	106.85	0.0009	0.2974	5.54
标准差/ (mg/L)	0.519	76.83	0.0004	0.1897	0.81
最大值/ (mg/L)	1.916	204.25	0.0016	0.6360	7.49
最小值/ (mg/L)	0.001	0.13	0.0003	0.0001	4.78
标准限值/ (mg/L)	0.05	1.00	0.05	0.01	6.5~8.5
超标点位数/个	14	15	0	15	15
超标点位比例/%	82.35	88.24	0.00	88.24	88.24
平均超标 (倍数)	9.15	106.85	0.02	29.74	/
最高超标 (倍数)	38.32	204.25	0.03	63.60	/

注:¹《GB/T14848-2017 地下水质量标准》Ⅲ类标准限值。

表 2 中度污染区修复前土壤样品重金属浸出浓度检测结果统计分析

项目	元素浓度 / (mg/L)				pH 值
	铅	锌	砷	镉	
平均值/ (mg/L)	0.059	41.95	0.0004	0.1004	4.93
标准差/ (mg/L)	0.039	51.00	0.0003	0.0512	0.44
最大值/ (mg/L)	0.137	208.00	0.0010	0.1740	5.92
最小值/ (mg/L)	0.001	1.77	0.0001	0.0010	4.19
¹ 标准限值/ (mg/L)	0.05	1.00	0.05	0.01	6.5~8.5
超标点位数/个	9	17	0	16	17
超标点位比例/%	52.94	100.00	0.00	94.12	100.00
平均超标 (倍数)	0.19	41.95	0.01	10.04	/
最高超标 (倍数)	2.74	208	0.02	17.4	/

注:¹《GB/T14848-2017 地下水质量标准》Ⅲ类标准限值。

表 3 轻度污染区修复前土壤样品重金属浸出浓度检测结果统计分析

项目	元素浓度 / (mg/L)				pH 值
	铅	锌	砷	镉	
平均值/ (mg/L)	0.008	1.87	0.0004	0.0089	5.40
标准差/ (mg/L)	0.011	2.43	0.0004	0.0131	0.59
最大值/ (mg/L)	0.042	10.85	0.0016	0.0446	6.49
最小值/ (mg/L)	0.001	0.16	0.0003	0.0001	4.27
¹ 标准限值/ (mg/L)	0.05	1.00	0.05	0.01	6.5~8.5
超标点位数/个	0	9	0	4	17
超标点位比例/%	0.00	52.94	0.00	23.53	100.00
平均超标 (倍数)	0.16	1.87	0.01	0.89	/
最高超标 (倍数)	0.84	10.85	0.03	4.46	/

注:¹《GB/T14848-2017 地下水质量标准》Ⅲ类标准限值。

表4 土壤环境质量标准值 (mg/kg)

项目	级别				
	一级		二级		三级
	自然背景	<6.5	6.5-7.5	>7.5	>6.5
镉≤	0.20	0.30	0.30	0.60	1.0
汞≤	0.15	0.30	0.50	1.0	1.5
砷水田≤	15	30	25	20	30
砷旱地≤	15	40	30	25	40
铜农田≤	35	50	100	100	400
铜果园≤	-	150	200	200	400
铅≤	35	250	300	350	500
铬水田≤	90	250	300	350	400
铬旱地≤	90	150	200	250	300
锌≤	100	200	250	300	500

表5 项目区“十一五”土壤重金属背景值

	铅	镉	砷	锌
背景值	37	0.153	13.14	112.9

采用单项污染指数法评价：拟修复区域范围土壤各重金属元素属于重度污染占46%，中度污染占16%，污染区域比例占68%；其中Pb、Zn多数点位为中度及重度污染，污染贡献率大；Cd重度污染为主，污染贡献率较大；As只有少数点位为重度、中度污染。

内梅罗污染指数评价：土壤不仅受到单一重金属污染，同时也存在复合污染。通过内梅罗综合指数法进行污染评价，由于受到锌元素影响，示范区内梅罗综合指数重度污染在80%以上，区域土壤污染严重。

7 结论

本文对场地环境进行了三个阶段的调查、污染

识别、现场采样分析及风险评估调查。调查结果显示：土样整体呈弱酸性；调查区域所在地的土壤主要污染物为重金属污染，部分污染土壤已达到了危险废物浸出毒性级别。部分土壤存在明确的健康风险，深层土壤中，唯一超标的重金属镉浓度为11.3 mg/kg，超标量较少，且深层土壤没有暴露途径，即对人体健康没有潜在危害、风险。本项目同时采用了单项污染指数法和内罗梅综合污染指数法，分别对区域各评价因子污染现状及土壤环境综合质量现状进行评价。

参考文献：

- [1] 崔德杰, 张玉龙. 土壤重金属污染现状与修复技术研究进展 [J]. 土壤通报, 2004 (6): 27-31.
- [2] Duruibe J. O., Ogwuegbu M. O. C. Heavy metal pollution and human biotoxic effects [J]. International Journal of Physical Sciences, 2007, 2 (5): 112-118.
- [3] Little P., Martin M. H. Biological monitoring of heavy metal pollution [J]. Environmental Pollution, 1974, 6 (6): 1-19.

Survey and Evaluation of a Lead and Zinc Polluted Site

SUN Jing¹, PAN Xue-jun²

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

Abstract: A overall evaluation of the pollution characteristics of heavy metal polluted site and its environmental risk in a lead and zinc polluted site was conducted. The results showed that the soil was weak acid. The major pollutants in the target area were heavy metals. Part of polluted soil has met the hazardous waste leaching toxicity level.

Key words: polluted site; heavy metal; survey; risk assessment

云南省风电建设项目对环境的影响及对策措施

杜文静, 关佳杰

(云南省环境工程评估中心, 云南 昆明 650032)

摘要: 介绍了云南省风力资源特点, 并在此基础上分析了风电建设对环境可能造成的影响, 最后提出相应的对策措施。

关键词: 风电; 环境; 影响; 对策措施; 清洁能源; 云南

中图分类号: X82 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0079-03

1 云南省风力发电现状

风力发电是一种可再生的清洁能源, 从保护环境方面, 风电不会对环境造成污染。云南省特殊的低纬度高原山区地理位置使其立体气候特征和季风气候特征较为明显, 夏季海洋季风气候盛行, 冬季干暖的南支西风气流盛行, 大部分地区风资源的时空分布特征较为复杂。通常情况, 风速随着海拔高度的升高而增大, 海拔越高, 风速越大, 与风向垂直的单位面积中风所具有的功率越大, 有效时数等也随之增大。此外, 由于云南省高原地区山地面积占比较大 (占全省面积的94%), 其海拔高度远高于山间盆地, 云南风资源非常显著的特点之一是山区风速的地形效应特征明显, 风速随着高度的升高增加较快, 因此, 山区面积较大的云南省风资源开发空间较大。

云南省特殊的地理气候特征, 使其风能资源分布较好的有昆明市、曲靖市、大理州、丽江市、迪庆州, 从区域上看, 主要分布在滇东、滇中和滇西的高海拔区域。适宜风能资源开发的区域有: 楚雄州至大理州片区; 玉溪南部至红河州中南部片区; 曲靖东部片区; 昆明市与曲靖市交界片区; 丽江至永胜片区。

2 风电建设对环境的影响

2.1 风电建设对生态环境的影响

风电建设对生态环境的影响较为突出, 主要表现为风电机组区、进场及场内道路、弃渣场区、施工生产生活区等的影响, 项目建设占地将使部分植被类型面积减小, 植物种群数量减少。因此, 必须采取有效的水土保持措施减少影响, 否则, 项目建设形成的裸露地表和弃渣可能会造成区域水土流

失, 从而对建设区域的土地功能、周边水系和生态环境以及自身建设造成巨大危害。

此外, 风电建设造成的水土流失特点主要是风力侵蚀, 其次为水力侵蚀。施工期开挖土石方, 修建道路, 场地平整, 风机平台工程, 线路工程等都会不同程度对地表形态造成破坏, 导致植被破坏, 裸露地表, 从而引起水土流失现象^[1]。水土保持工作不到位, 水土流失会延续到运营期。

风电建设对建设区的野生动物以及鸟类的栖息地以及迁徙通道会造成一定的影响, 工程施工占地、风机运转会对鸟类产生一定影响, 当风机运行时, 风轮转动对鸟类起到驱赶和惊扰效应, 还可能发生鸟类撞击风机的事件^[2]。

2.2 风电建设对噪声环境的影响

施工期, 风电建设不可避免会产生噪声污染, 主要来源有: 工程区土地开挖、道路修建以及风机机组区施工过程中使用的施工机械产生的机械噪声, 此外, 还有平整场地噪声、车辆运输产生的交通噪声等。

风电建设是一项大规模的施工过程, 其施工过程中所使用的各类施工机械有挖掘机、推土机、压路机、发电机等, 根据有关资料统计, 该类机械噪声源强在90~110dB, 此外, 混凝土拌和系统等运行中产生噪声值也约在该范围内, 交通运输噪声源强在70~90dB。云南省风电建设均在高海拔区, 周边人口稀少, 施工噪声主要是对现场施工人员的影响。

工程运行期的主要噪声源是风电机组运转。风机机组噪声功率级一般在96~104dB, 风电建设在选择风机时应选用低噪声设备, 其风机控制系统需有降低噪声的系统, 其降噪原理为通过变换变桨系统和风轮的转动速度从而降低运行过程的噪声大

收稿日期: 2018-07-12

作者简介: 杜文静 (1982-) 女, 硕士研究生。

小,根据同类工程类比结果,在距离声源300m以外,噪声即降至45dB以下,可满足《GB3096-2008声环境质量标准》1类区标准昼间 ≤ 55 dB,夜间 ≤ 45 dB的要求。

2.3 风电建设对水环境的影响

(1) 施工生产废水

风电建设生产废水主要是施工期的混凝土拌和站、搅拌机冲洗废水、砂石料加工系统废水以及混凝土运输车辆产生的废水。云南省风电建设项目多处于山脊,取水困难,砂石料加工和混凝土拌和系统废水回用,冲洗废水可通过设置临时沉淀池进行处置,然后作为下一次混凝土拌和用水、冲洗用水或道路洒水。

(2) 生活污水

主要来自施工人员及建成后的运营人员。风电场工程高峰期施工人数一般不超过300人,生活用水按 $0.1\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{d}$ 考虑,生活污水排放系数取0.8,高峰日排放量 $20\text{m}^3/\text{d}$ 。通过设置旱厕,生活污水经化粪池处理后用于绿化或农灌用水。

2.4 风电建设对大气环境的影响

风电建设对环境空气的影响主要是施工期,污染源主要是施工机械消耗油料排放的有害物质及项目场地平整、材料运输和装卸、场内道路修建等施工活动产生的粉尘。

2.5 风电建设固体废物对环境的影响

施工期,固体废物分为施工弃渣及施工生活区人员日常产生的垃圾。针对施工弃渣,风电场需通过建设弃渣场对弃渣进行处理,弃渣场通过“先挡后弃”,施工结束后采取覆土绿化等措施减少弃渣对周围环境的影响;生活垃圾需集中收集后交由相关单位进行处置。

运行期,生活垃圾来源于升压站,产生量较少。风电场升压站建设均会设置事故油池及特殊品仓库,项目设备维护中产生的废油集中收集后在特殊品仓库暂存后交有资质的单位处理。特殊品仓库地面进行防渗处理,以减少固体废物对环境的影响。

3 风电建设对环境影响的对策措施

3.1 生态环境影响措施

(1) 植被保护措施

云南省植被资源丰富,因此,规划风电场的前期,应对项目所处的地理环境进行现场踏勘调查,总结项目生态环境特点,从规划阶段做到合理布局并优化工程选址。施工过程中,应尽量避让植被

区,对于临时占地,施工结束后应及时进行植被恢复,植被恢复过程中应尽量选择当地树种,确保树种的成活率。

(2) 鸟类保护措施

云南省分布有候鸟迁徙通道,生态环境较为敏感,因此,项目建设应从规划选址开始尽量避开鸟类集中迁徙通道,对已建成处于鸟类通道的风电场,需根据鸟类迁徙的特点,适时关闭通道周边风机以减少对鸟类的影响。此外,还需对风电场区的鸟类进行长期的观测,最大程度地将风电建设对鸟类的影响降到最低^[3]。

(3) 水土流失保护措施

风电建设最直接的影响就是扰动土壤,因此,应将施工开挖的表层土壤充分用于施工区的迹地恢复。施工期,风机建设平台、线路工程区、升压站、道路工程区、施工生产生活区等都会对建设区地表造成破坏,永久占地将使该类型土地功能改变,临时占地施工结束后通过植被恢复措施可有效降低其造成的影响。风电建设应合理安排施工工作时间,云南省大部分地区雨季分布在7、8、9月份,应避免在雨季施工,这样可明显降低风电建设对项目区水土流失的影响,

3.2 噪声环境影响措施

项目施工期声环境影响主要来源于各种施工机械运行、爆破、石料破碎、搅拌站、汽车运输等。风电建设单位需采取措施减少噪声对现场施工人员的影响,如发放劳保用品(耳塞、耳罩等),实行轮岗施工作业,减少每个施工人员在高噪声设备下的工作时间。运行期,风机叶片旋转过程中会产生空气动力噪声,风电机组内部的机器设备工作中会产生机械噪声。高海拔山区是云南省风电项目的建设区域,虽然这些地方人口密度较少,但仍有居民点分布,因此,工程建设需对距离项目较近的居民点进行噪声监测,若监测值超标,需采取有效措施减少噪声影响。

3.3 水环境影响措施

(1) 生产废水

风电建设施工期,建议施工区设置污水隔油池,施工废水经隔油沉淀处理后回用,不外排。生活废水经处理后产生的沉淀物收集后运至渣场进行填埋,废水处理,全部回用于施工道路、渣场喷洒或生活区绿化用水。

(2) 生活污水

主要来自施工人员及建成后的运营人员。建议

设置旱厕，生活污水经化粪池处理后用于绿化或农灌用水。

3.4 大气环境影响措施

施工期，建议配备洒水车，施工期间对施工现场进行洒水降尘。合理安排施工作业时间，避免在大风天气施工，施工中及时对施工剩余土石方进行处理，对施工道路采用土工布覆盖临时防护，挖填方量大或边坡较高的路段，在道路的下边坡修建挡墙，严格规范车辆运输方式，对易飞洒物料进行遮盖运输。

运行期，风电作为一种清洁能源不产生废气污染。

3.5 风电建设对固体废物环境影响措施

风电建设施工期产生的弃渣运至渣场进行填埋，渣场在施工结束及时进行覆土恢复和绿化；项目施工营地设置垃圾收集桶，集中收集后运送至当地的垃圾处理厂进行处置。风机主要使用脂类消耗性润滑剂进行润滑；变压器废油用专门容器收集后交由有资质的单位处置。

3.6 环境管理措施

风电建设单位应加强对人员的管理，随时进行保护环境的教育宣传，提高人员保护环境的理念意识，禁止捕杀鸟类及野生动物，严禁破坏项目区周

边植被。在风机运行期，应在风机机组的适当位置设置闪烁灯，使飞行鸟类能够趋避风机，减少鸟撞风险^[4]。

4 结论

本文从风电建设对生态环境、噪声、水环境、大气环境、固体废物的影响及对策措施方面阐述了风电建设产生的影响和对策措施。风电建设不可避免对环境会造成影响，云南省地处低纬度高海拔地区，山区面积占绝大部分，云南的风电场大多建在高山上，有的风电场人迹罕至，交通条件差，生态环境较为敏感。因此，风电建设要以保护环境为主导，以尽量减少风电建设造成的环境影响为主线进行规划、设计、施工、运行。

参考文献：

- [1] 周艳芬, 耿玉杰, 吕红转. 风电场对环境的影响及控制 [J]. 湖北农业科学, 2011 (7): 50-4.
- [2] 王焜平. 风电场建设对周边生态环境的影响及其恢复措施 [J]. 环境保护科学, 2015 (4): 41-2.
- [3] 朱永可, 李阳瑞, 楼瑛强, 周江, 孙悦华. 风力发电对鸟类的影响以及应对措施 [J]. 动物学杂志, 2016, 51 (4): 682-691.
- [4] 桂青. 陆上风电场建设对生态环境的影响及缓解措施 [J]. 能源与节能, 2012 (4): 0057-03.

Environmental Impact and Countermeasures of Wind Power Construction in Yunnan

DU Wen-jing, GUAN Jia-jie

(Yunnan Appraisal Center for Environmental Engineering, Kunming Yunnan 650032, China)

Abstract: The wind power construction is a renewable clean energy compared to the high pollution coal, thermal power, cement, paper making and other industries. However, the environmental impact of wind power construction cannot be avoided. Based on introducing the characteristics of the wind resources in Yunnan Province, this paper analyzed the influence of the wind power construction on the environment, and finally put forward the corresponding countermeasures.

Key words: wind power; environment; influence; countermeasures; clean energy; Yunnan

云南省电网规划建设重点关注环境保护问题分析

陈晨, 邵捷, 李增加

(云南省环境工程评估中心, 云南昆明 650032)

摘要: 通过对云南省电网规划建设存在的环境保护问题进行总结, 提出了云南省电网规划建设的环境保护建议。

关键词: 电网规划; 输变电; 环境保护; 云南省

中图分类号: X82 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0082-02

云南省是我国重要的水能资源大省, 是南方电网最重要的西电东送基地, 加快云南电力基础设施建设是实现云南电力工业和全省经济社会和谐健康发展的先决条件。同时, 云南省又是我国的生物多样性保护最关键地区之一, 生态环境是云南旅游最大吸引力所在。电力基础设施特别是输变电工程的建设对生态景观环境产生了一定的不利影响, 如何协调电网规划建设与生态环境和旅游资源的关系, 是电网规划建设中需要重点关注的问题。

1 云南省电网规划建设概述

根据《云南省能源发展规划(2016—2020年)》, 到2020年, 全省电力装机9300万kW左右, 35kV及以上电压等级电网交流线路总长度超过10万km。“十三五”期间, 云南省将新建500kV输电线路约3700km, 新建220kV输电线路约4700km, 新建改造110kV输电线路约4500km^[1]。

云南水电站又主要分布于滇西北高山峡谷地区, 且随着云南金沙江溪洛渡、向家坝等巨型水电站的建设, 金沙江中下游规划建设的龙盘、白鹤滩、乌东德、观音岩水电站及滇西北“三江地区”以及缅甸水电站的开发外送, 超高压、特高压输电线路将日益增多, 线路经过地区越来越复杂, 线路通道资源日益紧张^[2]。另一方面由于云南省自然保护区、风景名胜区、世界遗产地等环境敏感区数量多、面积大、分布广, 且云南省地形地貌复杂, 境内多高山峡谷, 矿藏分布众多, 通道资源有限。因此, 有必要重点关注环境保护问题对云南省水电资源外送和整个电网通道资源的制约, 加强前期规划环评研究, 结合现行国土空间管制的相关要求,

探讨电网建设中应注意的环境保护问题, 确保输变电线路送出通道顺利实施。这也是云南省电网规划建设中需要统筹考虑的现实问题。

2 电网规划建设运行的主要环境影响

电网规划建设运行将会对环境造成一定的不利影响, 主要环境影响为输电线路塔基占地及线路走廊的建立, 改变土地功能、用途, 并导致项目占地范围内的植物和野生动物生存环境受到影响, 工频电场、工频磁场对周边环境的影响, 输电线路对景观环境的影响, 运行噪声对附近声环境的影响, 冷却废油泄露对水环境的影响等。需要在规划设计阶段和施工阶段做好电网规划建设的环境保护工作, 采取相应的环境保护措施, 减少对生态环境和景观的破坏, 实现电网建设运营与环境保护的协调。

3 电力发展规划的环境限制性因素及敏感问题

云南省电力发展规划的环境限制性因素及敏感问题主要有四个方面。一是环境敏感区问题, 云南省环境敏感区众多, 由于云南省电源点组成和分布的特殊性, 电力设施的建设无法回避大量不同类型的环境敏感区域; 二是景观影响问题, 由于电力设施建设对景观影响这一问题是客观存在的, 并且随着居民对生活质量要求的提高, 电力设施影响城市和旅游景区景观及居民生活质量方面越来越明显, 这一问题在旅游区和城镇区域表现尤为突出; 三是土地资源问题, 由于土地资源特别是滇西北地区土地资源的日益紧张、城市土地资源的紧张, 很容易形成电力设施落脚十分困难; 四是电力设施建设产生的电磁环境影响与公众对这一环境影响的知晓程度的矛盾越来越突出, 公众基本不同意输电线路经过居民居住区。

4 云南省电网建设存在的主要环保问题

(1) 按照建设项目环境影响评价审批程序的

收稿日期: 2018-07-11

作者简介: 陈晨(1985-), 女, 汉族, 助理工程师, 本科, 主要从事环境管理方面的研究。

相关要求,建设单位应当在建设项目可行性研究阶段报批环境影响报告书,而电网项目与电源项目是分别立项、分别审批的,立项程序也有所不同,加之目前国家对电力项目采取核准制,很多工作程序与以往又有进一步的变化。

(2) 输变电项目工程项目建议书阶段的调研工作一般较为粗略,甚至在可行性研究报告中,除线路走向可能大致确定外,具体的变电站址、路径方案都必须等到初步设计阶段才能完成。而核准制审批程序要求环评工作提前介入,此时的可研难以满足环境影响评价工作的深度要求。

(3) 根据国家关于规划评价的要求,建设项目环评的发展趋势要求与行业规划密切联系,从而带来一些问题,比如线路或变电站的设置能否完全符合行业规划,是否可以根据需要临时增加变电站或临时增加调整线路,城市发展规划与电力部门的规划如何协调统一等等。

(4) 对于输变电项目,特别是在居民密集的城市建成区内实施的项目,在进行公众调查时,往往会出现大比例的反对意见,虽然在环评报告中可以就具体的反对意见提出采纳或不采纳的结论,但管理部门看到如此高的反对比例,在其审批时也不无顾虑。

(5) 变电站、线路塔基征地及拆迁补偿难。由于部分公众对输变电工程的电磁环境影响程度及范围没有客观、科学的认识,对安全、健康方面的担忧,给相关政府部门在变电站/线路路径用地审批、办理施工手续等环节造成巨大压力,造成云南省电网建设征地难;以及提出不合理的拆迁范围及补偿要求,使得建设单位很难按照现行法规政策、相关规范、环境保护要求进行拆迁及补偿,致使电网工程建设拆迁补偿困难。

(7) 云南省自然保护区、风景名胜区等环境敏感区数量多、面积大、分布广,加之本省适宜建设的国土面积有限以及电源结构以水电为主的特点,决定了输电线路可能经过环境敏感区域,带来审批上的困难。其中,由于环评调查不足和与相关管理部门沟通不及时,部分输电线路在建设过程中经过了自然保护区等敏感区,导致工程竣工环保验收困难。

(8) 工程建设期的施工活动,如塔基、牵张场、施工道路、临时占地等场地的开挖平整和基础清理,场地开挖清理产生的弃渣堆存,施工道路建设等活动对地表的开挖、扰动和再塑及使表层植被受到破坏,失去固土防冲的能力,导致水土流失。

5 今后云南电网规划建设中的环境保护对策建议

(1) 建议将云南省电网规划的相关内容进一步纳入国民经济发展规划、土地利用总体规划、环境保护规划、重点城市发展规划、多规合一等规划中,进一步协调与相关规划的关系。

(2) 云南省电网规划建设必须严格遵守国家法律法规,科学合理地协调好电网建设与各类法定保护区和环境敏感区的关系。输变电工程的建设原则上要避让自然保护区、风景名胜区、饮用水源地保护区、文物古迹、历史文化名地、重要采矿区、集中居民区等环境敏感区域,必须避让自然保护区核心区和缓冲区以及风景名胜区的核心景区。对于经过综合论证后,避让不开的应提前沟通,采取相应补偿措施,并根据相应敏感区的管理条例,征求相关主管部门的意见,经主管部门同意后方可实施,或由主管部门依法合理调整规划。

(3) 落实科学发展观和正确的政绩观,加强部门协商,制定环境保护措施落实机制。应建立相应的环境管理机构,全面履行国家和地方制定的环境保护法规、政策,切实加强对规划环评和项目环评工作的组织领导和监督管理,确保环评工作及尽早介入;建立各级部门和政府目标责任制、问责制和行政监察制,建立环境保护目标责任制和考核制度,项目实施单位应对项目建设、营运过程中的环境保护负责,重视环境管理和监理工作;加强统一领导和部门协调,建立与各级政府和有关部门的协商机制,妥善解决规划实施中遇到的环境保护问题。

(4) 落实环境保护措施,加强施工环境监理。积极落实各项环境保护措施,加强施工过程中的环境监理,避让各类环境敏感区,经过居民区时避让或抬高导线对地距离等措施,从管理上减缓规划实施对环境的影响。

(5) 超前开展前期工作,实现规划有序推进。电网规划实施应充分考虑云南生态环境的复杂性和敏感区的多样性,充分考虑到电网前期工作的艰巨性和复杂性,超前开展前期工作,规划、前期、建设密切衔接,实现电网项目均衡有序开工和投产。

参考文献:

- [1] 云南省人民政府. 云南省人民政府关于印发云南省能源发展规划(2016—2020年)和云南省能源保障网五年行动计划(2016—2020年)的通知[Z]. 2016-10-10.
- [2] 云南省电力设计院. 云南电网500kV及以上主干电网通道资源规划研究报告[R]. 2010-10.

(下转第102页)

在环评技术评估中如何落实环境影响评价制度与排污许可制衔接

李田富, 杨聪高

(昆明市环境工程评估中心, 云南 昆明 650093)

摘要: 从国家发布的相关环保政策入手, 结合环评技术评估工作的实际, 分析了在环评技术评估工作中如何落实环境影响评价制度与排污许可制衔接, 对环评技术评估工作和落实排污许可制度具有一定指导意义。

关键词: 环境影响评价; 排污许可制; 衔接

中图分类号: X820 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0084-02

2017年11月14日, 环保部办公厅下发了《环办环评〔2017〕84号关于做好环境影响评价制度与排污许可制衔接相关工作的通知》, 要求各级环保部门认真落实环境影响评价制度与排污许可制衔接, 作为环境影响评价技术评估机构, 在技术评估中如何落实环境影响评价制度与排污许可制衔接, 值得探讨。

1 国家相关政策具体要求

2016、2017年国务院、环保部相继发布了《国办发〔2016〕81号国务院办公厅关于印发控制污染物排放许可制实施方案的通知》《环环评〔2016〕95号环境保护部关于印发(“十三五”环境影响评价改革实施方案)的通知》《环办环评〔2017〕84号关于做好环境影响评价制度与排污许可制衔接相关工作的通知》等相关环境影响评价与排污许可衔接的相关政策要求。

其中, 国办发〔2016〕81号文明确了申请排污许可证的时间, 并要求将项目环评文件及批复中与污染物排放相关的内容纳入排污许可证。环环评〔2016〕95号文明确要建立环评、“三同时”和排污许可衔接的管理机制。

环办环评〔2017〕84号文认为环评制度项目的环境准入门槛, 是排污许可证申请的前提和重要依据。排污许可制是企业生产运营期排污的法律依据。环评审批部门要结合排污许可证申请与核发技术规范, 核定建设项目的产排污环节、污染物种类及污染防治措施等内容。针对改扩建项目环评, 要

求将排污许可执行情况作为现有工程回顾性评价的主要依据。

综上, 国家相关政策已对环评制度与排污许可制度的衔接提出了明确的要求, 要求在执行环评制度的同时, 要执行排污许可证制度, 二者密不可分, 相辅相成。只有实现二者的有机结合, 才能落实项目整个生命周期内的环保管理要求, 才能充分发挥环境影响评价制度在环保管理中的作用。

2 环评技术评估中如何落实环境影响评价制度与排污许可制衔接

国家发布的关于环境影响评价制度与排污许可制衔接相关政策、实施方案及通知, 提出了在执行环境影响评价制度和排污许可制度过程中的相关要求以及环评审批过程的要求, 并没有对环评技术评估过程提出相关要求。

作为环评技术评估机构, 主要依据国家的法律、法规、环评技术导则、标准进行环评的技术评估, 为环评审批部门提供技术支撑, 也必须落实环境影响评价制度与排污许可制衔接的要求。

2.1 环评文件受理阶段

环评文件中没有明确排污许可制度相关要求的, 技术评估机构不受理该项目环评文件, 要求环评机构补充排污许可制度相关要求后, 再受理该环评文件。

2.2 技术评估阶段

2.2.1 项目产排污环节、污染物种类、允许排放浓度和允许排放量、排放口数量、位置、排放方式及去向的技术评估要求

项目工程分析中产排污情况是技术评估的重

点,直接影响后续的环境影响预测,产排污情况分析核算不清楚,数据不准确,后续的环境影响预测结果就会偏离实际,不科学、不可信。

故在环评技术评估中,除依据国家或地方污染物排放标准、环境质量标准和总量控制要求等管理规定,按照污染源源强核算技术指南、环境影响评价要素导则等技术文件要求外,还应结合国家目前已发布的行业排污许可证申请与核发技术规范,审查同行业项目环评文件中的产排污情况,包括产排污环节、污染物种类、允许排放浓度和允许排放量、排放口数量、位置、排放方式、排放去向等相关内容,审查其是否符合污染源源强核算技术指南的要求,是否符合该行业排污许可证申请与核发技术规范的要求,若有不符合的情况,则要求环评机构说明原因并进行修改完善。

另外,在对项目产排污情况进行技术评估时,要求相关的污染物产排污情况统计的表格要采用排污许可证申请与核发技术规范要求的统计表格。

2.2.2 污染防治措施有效性的技术评估要求

污染物措施有效性评估是环评技术评估的又一个重点,是污染防治效果的重要评判,是环境影响评价的重要目的,故在技术评估中至关重要。

在技术评估中要根据《排污许可管理办法(试行)》中对污染防治措施可行性的几种具体判定,来论证环评文件提出的污染防治措施的有效性。具体如下:

(1) 判断该污染防治措施是否属于可行技术。对采用污染防治可行技术指南中提出可行技术的,环评文件无需论证该可行技术的有效性。对采用环评批复意见要求的污染治理技术的,环保许可部门可以认为企业采用的污染防治设施有能力达到许可的排放浓度要求。

(2) 判断污染防治措施是否有符合规范的监测数据。若项目未采用污染防治可行技术指南中提出的可行技术,则需提供符合规范的监测数据。

(3) 对于国内首次采用的污染治理技术,需提供工程试验数据,说明该污染治理措施的处理效率和达标排放情况。

2.2.3 改扩建项目环评文件的技术评估要求

针对改扩建项目环评的技术评估,除了分析原有项目环评手续执行履行情况、产排污情况,原有项目存在的环保问题及“以新带老”措施外,还要将原有项目排污许可证执行情况作为现有工程回

顾评价的主要内容,并将原有项目排污许可证执行情况作为重要附件。

2.2.4 污染物排放总量控制的技术评估要求

在以改善环境质量为目标的新的环保总体要求下,污染物排放总量控制仍然不可忽视,仍是环评文件技术评估的重要内容之一。

在技术评估中,要结合《排污许可管理办法(试行)》中关于总量控制的相关要求进行技术评估。具体如下:

(1) 满足达标排放原则,环评文件核算的主要污染物排放量不得超出排污许可证技术规范核定的允许排放量。

(2) 满足环境质量改善目标要求,这是当前环境保护的主要目标,要求环评文件核算的主要污染物的排放速率、排放总量要以改善项目所在区域环境质量为最终目标。对于已存在环境质量超标的区域,若没有区域削减方案或区域达标控制方案的,则可以判断该项目环境影响不可行。

(3) 满足总量控制要求,环评文件需明确主要污染和特征污染物总量控制的具体要求。具体的核算方法要依据排污许可证申请与核发技术规范规定的行业重点污染物允许排放量的核算方法进行核算。

2.2.5 企业自行监测的技术评估

企业自行监测是《排污许可管理办法(试行)》明确提出来的要求,在技术评估中也要进行审核。具体技术评估要求如下:

(1) 针对颁布了行业自行监测指南的,环评要明确提出按照行业指南说明自行监测要求进行监测;

(2) 针对未颁布行业自行监测指南的,环评要提出按照技术规范明确自行监测要求;

(3) 自行监测因子应涵盖给定许可排放限值的所有因子,覆盖所有排放口和无组织排放。

2.3 对环评文件技术评估意见的要求

要求环评文件技术评估意见,要体现排污许可证制度的相关要求,特别是要体现排污许可证制度对规范产排污环节、排放口数量、位置、排放方式等相关要求,以及污染物总量控制和企业自行监测的相关要求。

另外环评文件技术评估意见还要提出企业在生产运营过程要严格执行排污许可制的要求。

(下转第 102 页)

加强环境监测全过程质量管理的几点建议

杨 墩

(个旧市环境科研监测站, 云南 个旧 661000)

摘 要: 通过深入分析当前环境监测全过程质量管理中存在的问题, 提出了切实可行的解决对策。

关键词: 环境监测; 全过程质量管理; 存在问题; 建议

中图分类号: X83 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0083-02

近年来我国高度重视环境保护工作, 也出台实施了一系列政策法规, 环境监测工作的重要性越来越突出, 为提升环境监测工作质量, 应该严格实行全过程质量管理。目前环境监测中存在很多问题, 不利污染减排目标的实现。通过加强环境监测全过程质量管理, 可以有效提升环境监测数据的准确性、精密性和完整性, 为环境保护工作的顺利开展创造良好条件。

1 环境监测全过程质量管理概述

对环境监测全过程质量管理来说, 不仅要将对环境监测质量方针、目标及职责确定下来, 还要将其落到实处, 在实施过程中主要包括质量策划、质量保证、质量控制、质量监督和质量改进等内容。尤其是我国在实行《环境监测管理办法》以后, 让环境监测全过程质量管理有了实施依据。加快环境监测站标准建设, 既要加大对环境监测人员的培训与考核工作, 还要明确规定持证上岗, 完善环境监测数据质量管理体系。对布点、采样、样品贮运至实验室分析、数据处理审核、监测报告等环节的整个监测工作都处于可控状态, 并可以进行追溯。

2 环境监测全过程质量管理存在的问题

(1) 环境监测数据与参数不准确。环境监测中数据信息与各项参数对环境监测质量影响很大, 要求监测获得的数据有较强代表性, 能够提升完整性和准确性, 若是数据出现失真的问题, 将导致环境监测质量降低。

(2) 技术水平落后。在环境监测过程中若是不注重提升实验水平, 也会给环境监测质量带来一定的影响, 让环境监测结果准确性降低^[1]。此外, 若是环境监测技术水平降低, 操作上比较简单, 同时在实验评估过程中也未根据正常程序进行, 也会

降低环境监测的质量。

(3) 缺乏完善的监测管理体系。大多数地方环境监测站在监测管理体系上还存在问题, 如监测仪器与设备不能满足要求, 硬件设施不完善等, 势必导致监测获得的数据与相关参数出现误差。分析其原因可知, 主要是缺乏足够的经费, 工作人员也缺乏较强的管理意识等。

3 加强环境监测全过程质量管理的建议

3.1 建立完善的质量管理机制

为了有效提升环境监测数据质量, 应该在管理工作上下功夫, 采取质量记录、作业指导书、程序文件和质量手册等方法, 让环境监测中所有员工操作行为得到规范。在环境监测全过程质量管理过程中, 重点是打造环境监测质量管理体系, 根据文件要求开展工作, 及时解决工作中出现的问题^[2]。对此要从环境监测质量管理体系要求出发, 以制定相关技术文件的方式, 不断规范报告编写、数据处理、分析测试、原始记录和样品采集等工作, 同时还要制定科学合理的环境监测方案, 促使管理评审与内部审核等工作有效实施。要从质量体系出发, 结合工作中出现的问题, 尽快对质量体系作出相应修改, 通过对规章制度的完善, 让环境监测中出现的问题得以妥善解决, 让质量管理体系发挥出更大作用。

3.2 加强现场监督质量管理

现场监测为环境监测全过程质量管理中的关键环节, 若是工作上出现失误, 将产生巨大的误差。现场监测影响因素众多, 而人为因素是最为重要的一个, 主要体现在工作人员缺乏足够经验, 技术技能偏低, 无法有效分析与解决实际问题。导致环境监测全过程质量管理难以取得良好效果, 并发生各种漏洞, 影响数据准确率。现场监测中要强化监测点位、采样频次及时间管理, 让样品更具代表性, 真实性也能获得提升, 让现场仪器设备始终处于高

效工作状态^[3]。应大力开展现场监测全程序空白样与现场平行样的质量监督工作,为工作人员提供更多业务培训机会,了解现场监测具体流程,学习更多专业理论知识,能够懂得气象学、流体动力学等内容,清楚相关生产步骤与工艺。这样监测布点、样品采集以及固定、保存、运输等现场监测质量管理效果才能提升,真正避免现场监测为监测数据准确性带来不利影响。

3.3 全过程质量保障措施

环境监测工作中要采取全过程质量保障措施,让数据处理、数据记录、标准物质使用、试剂选择、仪器校准、测定方法运用、样品保存、样品处理、采样方式、布点方法和监测计划等环节质量管理效果都能够得到提升。第一,提升布点质量。在确定环境监测布点的时候,需要对相关条件、污染物特点和监测对象等进行分析,确保每个布点要满足规范要求,达到国家与行业的标准,让最终环境监测信息更具代表性与完整性。第二,提升测试质量。要以国家与行业标准为前提,开展对样品、现场测试等分析试验工作,如果用国际标准开展分析测试工作,应进行适用性与等效性检验。在环境监测质量控制过程中,应做好人员方法、平行样、加标回收、空白样、明码样和密码样等环节的工作。第三,提升数据处理质量。要根据国家标准检验和计算环境监测数据,并将异常值予以剔除,提升监测报告记录、原始记录等的规范性与完整性。第四,提升采样质量。从分析方法与监测对象需求出发,进行环境监测时将采用的方法、时间与频次确定下来。通过提升环境监测质量,才能让数据全面、准确地反映出监测对象变化规律、波动范围和具体情况。

3.4 以人为本,实行全员参与

为提升环境监测全过程管理质量,除了需要领导重视并提供支持以外,所有监测人员也要有

清晰的认识,能够将自身职能履行到位。人为因素对环境监测全过程质量管理效果影响较大,在建立起完善的质量管理体系以后,若是监测人员执行不到位,也很难发挥出其应有的作用,需要增强监测人员思想意识,提升综合素质与能力,促使其对待工作认真负责,形成爱岗敬业的精神,才能确保环境监测全过程质量管理工作高效开展,实现既定的目标^[4]。应将每个环境监测人员的具体工作责任确定下来,纳入到质量管理体系之中,通过层层分解质量管理目标,让各部门及相关人员各司其职,做好协调,密切配合,真正将自身职责履行到位。这样监测人员才会重视、认真主动开展工作。制定科学合理的培训计划,采取专家授课的方式,让监测人员掌握丰富的专业知识,提升操作技能。同时还要采取外出参观的方法,开阔监测人员眼界,增强质量意识,提升业务素质与水平。

4 结语

为了有效提升环境监测全过程质量管理效率,既要建立完善的质量管理体系,还要促使其高效运行,坚持以人为本的理念,发动全员参与进来,做好各个环节的工作,如布点、采样、样品贮运、实验室分析、数据处理审核和监测报告发出等。这样才能提升环境监测数据的可靠性与准确性,让环境管理、规划、执法及政策决策获得有效参考依据。

参考文献:

- [1] 徐瑾. 浅谈全过程质量管理对环境监测水平的提升 [J]. 资源节约与环保, 2015 (12): 112.
- [2] 李洪坤. 关于加强环境监测全过程质量管理的几点思考 [J]. 科技与企业, 2015 (21): 122.
- [3] 谢婧. 加强环境监测全过程质量管理全面提升环境监测水平 [J]. 化工管理, 2014 (21): 164.
- [4] 梁家智. 加强环境监测全过程质量管理的措施 [J]. 资源节约与环保, 2014 (5): 55.

Suggestions on Strengthening Quality Management in the Whole Process of Environmental Monitoring

YANG Dun

(Gejiu Environmental Research Station Gejiu Yunnan 661000, China)

Abstract: This article presented practical and feasible solutions to the problems in the current process of environmental monitoring.

Key words: environmental monitoring; whole process quality management; problem; suggestion

浅谈环境水质现场监测技术规范建设

柘元蒙

(昆明市环境监测中心, 云南 昆明 650228)

摘要: 分析了水质环境现场监测在监测布点、采集方法和注意事项, 样品的保存、运输和预处理技术及现场监测, 评价技术标准规范, 监测机构的人员现状和监测管理方面等存在的问题。提出实现环境现场监测规范化建设, 应从完善现场监测质量控制体系入手, 加强监测队伍、监测装备、现场监测管理制度建设, 改进和提高现场监测技术, 以此满足和适应环保新形势对环境现场监测工作的要求。

关键词: 水质; 现场监测; 规范化

中图分类号: X83 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0088-02

随着我国环境监测技术水平的发展和监测能力的不断提高, 监测标准方法的发展和环境监测机构的监测能力远不能满足形势发展的要求。环境监测是环环相扣的流水作业, 只有每个环节都处于完全受控状态, 才能保证最终监测结果的唯一性, 所有监测结果的可比性。为此, 要加强水质环境现场监测工作的标准化建设, 并要求各监测机构共同严格执行监测技术标准及规范, 才能提高监测技术水平和满足环境管理的需要。

1 水质环境现场监测存在的问题

1.1 监测点位的布设与技术规范要求的差距

(1) 监测点位的布设与技术规范要求的差距

地表水监测点位的布设, 包含采样断面、断面垂线和采样点的布设, 而部分监测机构在实施地表水采样的时候并未严格按照断面垂线和采样点布设的技术要求进行样品采集。有的监测断面在布设的时候, 未考虑样品采集时监测断面的条件是否满足其技术规范要求, 方便监测人员能按技术规范的要求去实施。如有的监测断面, 监测人员只能在岸边进行样品采集, 这与技术规范的要求是存在差距的。

(2) 监测点位的管理

监测点位的等级有国控、省控、市控和县控等, 监测点位的管理也是按等级管理的, 但市控和县控监测点位的管理相对薄弱, 即使是一些国控和省控的监测点位的监测条件(采样条件)与技术规范要求也是存在差距的, 但没有具体的管理部门进行跟进和进行必要的调整。

1.2 采集的方法和样品的保存及运输

(1) 样品采集方式不同, 往往决定监测结果是否具有比较价值。在河流、湖泊采集地表水样, 各监测机构对什么情况下设断面, 左、中、右采样, 以及采样深度等执行是不尽相同的。样品采集中有用的监测机构用铁桶或塑料桶采水, 有的用瓢舀水样等等。

(2) 样品的保存及运输。样品容器的材质除选择符合技术规范要求外, 样品容器的洗涤方法也是我们应该重视的关键点, 极少部分的监测机构没有引起重视, 有的未按监测项目分开装水样, 有的未按技术规范要求将相关样品放入冷藏设备中保存。

(3) 样品的预处理。样品前处理也会导致数据差异。样品采集后, 要进行一系列的物理或化学前处理, 方法不一样, 不可避免地会引入一些差异。有的静置半小时后加酸, 有的不静置即加酸, 有的因为分析人员不希望加保存剂, 而未按技术规范要求加入保存剂。

1.3 水质现场监测

现场监测仪器设备功能和校准状态有时不符合技术规范要求, 有的在现场未进行校准。样品采集设备不统一, 不规范。

1.4 现场监测质控体系不够完善

在环境监测工作中, 实验室的质量控制体系相对比较完善, 而现场监测由于现场情况复杂, 不确定因素太多, 现场监测的质量控制工作成为一个难点。

1.5 监测人员的业务能力不能满足要求

水质环境现场监测对许多人来说, 觉得太简单了, 就是打点水, 没技术含量, 故没有系统地对水质环境现场监测的知识及技术规范进行培训和学

收稿日期: 2018-08-13

作者简介: 柘元蒙, 高级工程师, 昆明市环境监测中心质量管理室工作。

习,有的是跟着去现场几次,就上手了。

1.6 监测标准方法不够完善

水质环境现场监测的一些比较详细的需要明确的操作步骤在已颁布的监测标准方法中没有规定。如采水沉降 30min 的较详细的需要明确的操作步骤等。

2 水质环境现场监测技术的规范化建设

2.1 进一步完善环境监测技术标准和规范的系统性和科学性

尽快完善水质环境现场监测相关的监测技术标准及规范。由于现场情况复杂,不确定因素太多,现场监测的质量控制工作成为难点,所以水质环境现场监测标准中如果规定比较详细及明确的操作步骤,整合重复、矛盾的规定,补充缺失的规定,能确保水质环境现场监测全过程的工作均有据可依。对于各监测机构水质环境现场监测工作的开展和完成的质量就能起到事半功倍的作用。

2.2 完善水质环境现场监测质量控制体系

在原有的环境监测质量体系,对水质环境现场监测质量控制进行进一步的完善,按照水质环境现场监测的相关监测技术标准及规范,从监测方案、监测断面(采样断面、断面垂线和采样点)的布设,采样的前期准备工作(样品容器的材质、样品容器的洗涤、样品保存的设备、样品运输工具和现场监测仪器等),在现场监测过程中按照水质环境现场监测的相关监测技术标准及规范实施质量监督,以及飞行检查等。

2.3 加强监测人员的能力培训和考核

制定培训计划,对新进及转岗人员进行相关水质环境现场监测的业务技术和监测技能培训,并进

行考核和发证。还要进行水质环境现场监测的相关监测技术标准及规范培训和学习,现场监测仪器设备的使用和维护知识的培训,系统和完整地培训水质环境现场监测的相关的业务技术和监测技能,达到该岗位所需的知识要求和技能要求。

2.4 加强水质环境现场监测仪器设备的建设

应配置不同监测条件下的各种不同的水质采集设备,以符合水质环境现场监测的相关监测技术标准及规范的相关要求;配置相应的样品保存设备、GPS 定位设备及监测点位的视频记录设备,符合技术要求的现场监测仪器及采样安全防护装备。利用物联网技术,无人机技术进行样品的采集,按照标准要求控制。

2.5 加强环境监测管理制度建设,提高环境监测业务技术和环境监测水平

每一个监测机构的管理体系或制度各不相同,但目的是一致的,是使环境监测工作的质量达到一定的要求。要做好水质环境现场监测工作,鉴于现场监测工作的特殊性,应制定现场监测工作的相关管理制度,以制度管事、管人和管物,以此来提高监测机构的环境监测业务技术和环境监测水平。

3 结语

针对水质环境现场监测中出现的以上问题,应从完善监测技术标准及规范和现场监测质量控制体系入手,加强监测队伍、监测装备建设,改进和提高现场监测技术和管理水平,实现水质环境现场监测规范化建设来满足和适应环保新形势对水环境现场监测工作的要求,达到各个监测机构的监测结果都有代表性和可比性。

Standardization Construction of On-site Water Monitoring Technology

ZHE Yuan-meng

(Kunming Environmental Monitoring Center, Kunming Yunnan 650228, China)

Abstract: The problems on monitoring sites distribution, water collecting and dos and don'ts, the sample conservation and transporting and pre-treatment and on-site monitoring of water monitoring technology were analyzed as well as the assessment standard, monitoring management and personals in monitoring organizations. The standardization construction of on-site water monitoring technology should proceed from improving on-site quality control system, strengthen monitoring capacity building, provide monitoring facilities, promote on-site monitoring management system, and apply the latest on-site monitoring technologies to meet the new requirements of water monitoring.

Key words: water quality; on-site monitoring; standardization

浅谈提高环境监测分析效率在监管企业中的重要作用

黄彦明, 彭梦微, 邓元秋, 陆山

(广西壮族自治区海洋环境监测中心站, 广西北海 536000)

摘要: 以查办广西某企业 4 万 t 含镍危险废物案件为例, 介绍提高环境监测分析效率在监管企业中的重要作用。提出了通过配强环境监测分析仪器、提升环境监测和环境监管人员专业水平、加强环境监测人员与环境监管人员联动等方面提高环境监测分析效率, 为环境监管部门实现快速、准确甄别企业违法行为, 科学有效地监管企业提供了强有力的技术支持。

关键词: 含镍危险废物; 环境监测分析效率; 环境监管; 作用

中图分类号: X83 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0090-02

随着生态文明建设纳入中国特色社会主义事业“五位一体”总体布局, 生态文明建设显得尤为重要, 而做好生态文明建设工作, 环境保护工作则是核心。近年来, 党中央、国务院启动了中央环境保护督察工作, 许多长期想解决但是又未能解决的环境保护问题得到了解决, 使得环境保护督察工作在社会中引起了广泛关注。在环境保护督察工作中, 通报环境违法事件时, 环境监测数据是最强有力的直接证据。环境监测分析效率直接影响着环境监管部门监督企业的工作质量, 也对环境风险防控起到关键性的作用。因此, 如何提高环境监测分析效率, 保证监测数据准确、有效成为了重中之重。饶焕友^[1]认为环境监测工作对企业生产中污染物的安全排放具有保障功能。王庆松^[2]等人认为环境监测数据能有效监督企业, 实现环境保护与经济建设协调发展。

2018 年, 广西某企业将 4 万 t 含镍废物堆存在原固废堆场并用泥土进行覆盖, 企图侥幸逃过环境保护管理部门的监管, 但是职业敏锐的当地环境保护管理部门及时组织了当地环境监测站突击检查该企业, 最终严厉打击了该企业环境违法行为, 使得已经覆盖的 4 万 t 含镍危险废物按照危险废物处置规范进行了处置, 消除了企业含镍危险废物对当地环境产生的重大影响。在查处该起环境违法案件中, 环境监测站技术人员应用先进仪器对含镍危险废物进行了快速定性, 有了初步判断后, 再进行准确定量。高效的环境监测分析效率在整个工作过程

中起到了关键性的作用。今以该起环境违法案件为例, 介绍环境监测分析效率在环境监管过程中的重要作用以及在实际工作中如何提高环境监测效率, 以期对环境保护管理部门在监管企业过程中准确、高效地工作提供基本思路。

1 配强环境监测分析仪器

为适应监测技术人员高效、准确的分析要求, 环境监测分析仪器不断推陈出新, 仪器的准确度、精确度随着科技进步也在不断提高。虽然环境监测分析仪器不断更新以适应监测需要, 但是许多不重视环境保护的企业也不断想出各种办法来对付环境保护管理人员的检查。广西某企业将生产过程中产生的含镍废物堆存在原 200 万 t 的一般固体废物堆场中, 并在含镍危险废物上撒上石灰, 最后再用一层较厚的泥土覆盖后平整。环境监测人员在采集该企业掩埋的含镍废物样品时, 需拨开含镍废物上面的石灰和泥土才能采集到具有代表性的含镍废物样品。环境监测人员虽然采用了专业的固废采样器对样品进行采集, 但是要按照危险废物采样标准采集到具有代表性样品, 完全依靠人工开挖, 消耗了采样人员大量时间和精力。在分析阶段, 由于采集含镍废物的碱性较大及渗滤液样品盐分较高, 对分析结果产生了很大干扰, 分析人员需要进行一系列的前处理先消除干扰, 再配备高灵敏度的分析仪器进行分析, 才能得到准确、有效的数据。

在强调环境监测快速、准确的大环境下, 配强环境监测分析仪器是环境监测站开展好工作的前提。高效率的环境监测分析仪器才能成就高效率的

监测分析结果,才能及时为环境保护管理部门决策提供支撑,才能震慑环境违法企业并及时消除可能存在的环境风险隐患,最终为打好污染防治攻坚战提供强有力的技术支持。

2 提升环境监测和环境监管人员专业水平

在查处违法企业时,环境监测人员和环境监管人员专业知识水平很重要。在查处广西某企业违规处置4万t含镍危险废物案件中,带队组长在环境监测和环境监管两个部门都工作过,积累了丰富的环境监测和监督企业的经验,为此在进入违法企业后,带队组长能迅速抓住企业生产过程中主要产生固体废物的环节并当场控制现场产生的固体废物,这种快而准的工作能让环境监测技术人员顺利地按照相关技术规范采集到真实的企业固体废物样品,有效地预防了可能发生企业人员迅速转移固体废物逃避监管或企业人员快速撒播石灰至固体废物干扰监测的事情,确保了查处环境违法案件的确定性。

在环境监测分析过程中,带队组长指导环境监测人员将样品打上封条,从运输到拆开封条进行样品分析整个环节均全程录像,严防被查处企业人员对环境监测分析数据提出质疑,同时,也在某种程度上保护了环境监测分析人员。

3 加强环境监测人员与环境监管人员联动

加强环境监测人员与环境监管人员联动在查处违法企业过程中尤为重要。据调查,目前我国较多的环境监管人员对环境监测分析业务了解较少,在日常开展环境监督工作中,环境监测人员基本上是

按照环境监管人员的要求开展工作,鲜有环境监测人员对环境监管人员提出建设性意见的情况,这也导致了部分环境监管人员要求环境监测人员开展一些不切实际的监测分析工作,造成监测分析工作最终达不到预想结果。在查处此次广西某企业4万t含镍危险废物案件中,环境监管人员召开了协调会,邀请环境监测人员参会并充分听取了环境监测分析人员的意见,提前解决了查处该案件过程中可能存在的环境监测方面问题,有效地避免了工作过程中出现不切实际的监测分析工作,进一步提高了环境监测分析的针对性,为顺利完成案件的查处打下了坚实的基础。

4 结语

以查处广西某企业违规处置4万t含镍危险废物为例,本文认为高效的环境监测分析效率能够为环境保护管理部门科学、准确、高效处置违法企业提供可靠的信息,在快速降低环境风险中也起到了关键性的作用。同时,可通过配强环境监测分析仪器、提升环境监测和环境监管人员专业水平、加强环境监测人员与环境监管人员联动等方面来提高环境监测分析效率。

参考文献:

- [1] 饶焕友. 环境监测在企业生产中的作用分析 [J]. 科技与企业, 2015, 10 (2): 108.
- [2] 王庆松, 李智勇, 魏现凤. 环境监测数据在企业生产管理中的应用 [J]. 环境监测管理与技术, 2003, 15 (5): 35-36.

Discussion on the Important Role of Improving the Efficiency of Environmental Monitoring and Analysis in the Supervision Enterprises

HUANG Yan - ming, PENG Mei - wei, DENG Yuan - qiu, LU Shan

(Guangxi Marine Environmental Monitoring Center, Beihai Guangxi 536000, China)

Abstract: The important role of improving the efficiency of environmental monitoring and analysis in the supervision of an enterprise in Guangxi province was introduced. The case of 40 thousand tons of nickel containing hazardous waste was taken as an example. It was proposed to improve the efficiency of environmental monitoring and analysis through strengthening environmental monitoring and analysis instruments, improving the quality of environmental monitoring and environmental supervision capacity, and deepening the linkage between environmental monitoring personnel and environmental supervision personnel. It provided strong technical support for environmental supervision departments to quickly and accurately identify enterprises' illegal behaviors and scientifically and effectively supervise enterprises.

Key words: hazardous waste containing nickel; efficiency of environmental monitoring and analysis; environmental regulation; role

未规定保存期限标准贮备液的使用

张金艳

(开远市环境科研监测所, 云南 开远 661600)

摘要: 对在标准方法中没有规定保存期限的标准贮备液进行了实验验证, 并针对该问题进行了探索总结。

关键词: 标准贮备液; 合格; 保存期限

中图分类号: X83 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0092-01

标准曲线法是环境监测中常用的方法之一, 用来求得未知样品的浓度。要绘制一条合格的标准曲线, 其中一个重要因素就是配制准确浓度的标准溶液。对于标准贮备液而言, 有的在标准方法中规定了保存期限 (如苯酚标准贮备液是至少稳定 30d), 有的却没有规定保存期限 (如氯化钾标准贮备液)。那么, 对于没有规定保存期限的标准贮备液, 保存时间过长, 能否使用, 用它所制作的标准曲线有什么影响呢。

1 实验

以硫氰酸汞分光光度法测定氯离子为例。

1.1 使用保存时间长的标准贮备液

在测定氯离子时, 使用一瓶配制了 8 个月的 1000mg/L 的氯化物标准贮备液, 由于在标准方法中查询不到该标准贮备液的稳定时间, 假设该标准贮备液浓度还是 1000mg/L, 用它稀释成 10mg/L 的氯化物标准使用液, 按照《GB13580.9-92 大气降水中氯化物的测定 硫氰酸汞高铁光度法》规定的步骤, 得到标准曲线如下:

$$y = 0.01455x + 0.00708, \text{ 其中 } r = 0.9995 \quad (1)$$

可以看到标准曲线 (1) 的相关系数 r 合格; 对于斜率 b 的判断, 由于 GB13580.9-92 中没有规定斜率范围, 而且这是笔者第一次用该方法做标准曲线, 没有可以参考的曲线。此时, 要判断该曲线是否合格, 可以使用环境标准样品进行实验。

按照方法规定的步骤, 使用环境标准样品 GSB07-1195-2000 氯化物 (201837) 来进行测试, 把该样品配制成浓度为 77.3 mg/L (不确定度: 2.5) 的标准后, 再稀释 5 倍进行测试, 得到吸光度为 0.240, 空白吸光度为 0.063, 代入曲线

(1), 求出浓度为 $11.68 \times 5 = 58.4$ mg/L, 远远低于已知浓度, 所得结果不准确。

1.2 现配标准贮备液

假设是因为标准贮备液保存时间过长使得标准曲线不合格造成, 笔者重新配制标准贮备液, 其它试剂不变, 按照同样的步骤得到标准曲线如下:

$$y = 0.01137x + 0.00046, \text{ 其中 } r = 0.9991 \quad (2)$$

再按照 1.1 检验标准曲线合格的方法, 用环境标准样品氯化物 (201837) 进行检验, 得到的结果 (吸光度 - 空白吸光度 = 0.240 - 0.063) 代入曲线 (2), 求出浓度为 $15.53 \times 5 = 77.63$ mg/L, 所得结果合格。

1.3 原因分析

曲线 (1) 的斜率、截距均大于曲线 (2)。由于两条曲线所用的试剂相同、方法相同, 可以认为, 导致曲线 (1) 不合格的原因是使用了保存时间过长的标准贮备液。

2 结论

(1) 对于没有规定保存期限的标准贮备液, 当保存时间过长, 在使用前, 应该首先把该标准视为未知样, 进行实验测定其浓度 (前提是有已经合格的标准曲线和配套试剂)。

(2) 当第一次进行标准曲线的绘制, 使用配制时间较长但没有规定保存期限的标准贮备液时, 判断得到的曲线方程是否合格 (相关系数 $r > 0.999$ 合格, 查不到斜率、截距时), 可以使用环境标准样品进行测定看其浓度是否正确来判断, 测得的样品浓度正确则该曲线合格, 该标准贮备液还能使用。

参考文献:

[1] 大气降水中氯化物的测定 硫氰酸汞高铁光度法: GB13580.9-92 [S].

收稿日期: 2018-12-17

作者简介: 张金艳 (1984-), 女, 汉族, 云南人, 本科, 工程师, 开远市环境科研监测所, 从事环境监测工作 10 年。

(下转第 96 页)

基于视觉传感器的水体透明度在线监测系统研究

刘飞达¹, 谢广群¹, 杜伟²

(1. 广东上风环保科技有限公司 技术研发部, 广东 佛山 528300;

2. 宇星科技发展(深圳)有限公司 技术研发部, 广东 深圳 518057)

摘要: 传统透明度的测量方法有铅字法、塞氏盘法、十字法等, 测量过程十分复杂且受诸多因素干扰较大。本文提出了一种基于视觉传感器, 实现水体透明度在线监测的测量系统。该系统主要在铅字法透明度测量的基础上, 采用视觉传感器代替人眼识别, 通过图像匹配算法, 判定临界状态, 从而反控水样的进液量, 再通过液位传感器进行透明度计的测量值读取。测试结果表明: 本方法可实现高效、快速、准确、在线分析, 稳定的测试环境减少了人为主观判断的干扰, 更提高了测量数值的真实性。

关键词: 透明度监测; 监测系统; 监测技术; 视觉传感器; 在线监测

中图分类号: X83 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0093-04

透明度是水体能见程度的一个量度, 取决于水体的光学特性, 也是衡量水质优劣最直观的指标之一。透明度与叶绿素 a、营养状态评价指数等都有相关性, 是水库湖泊地表水水质调查中不可缺少的项目^[1]。传统透明度的测量方法主要是铅字法、十字法、塞氏盘法。前 2 种方法是使用透明度计对被测水样进行目视测量, 由于受外部光线以及人为主观判断的影响, 测量值往往差异较大。塞氏盘法是将直径为 20cm、黑白各半的圆盘沉入水中, 圆盘刚好看不见时的水深即为透明度, 此方法操作起来较为复杂, 而且天气环境对测试结果有较大的影响。针对上述透明度测量存在的问题, 本文利用视觉传感器对传统测量方法进行改进, 用视觉传感器代替人眼观测, 配合进样系统、清洗系统、液位传感器实现透明度的实时在线监测。

1 视觉传感器图像匹配计算

图像匹配可定义为两幅图像在位置空间和灰度空间的配准。假设图像 I_1 , I_2 是待配准的图像, 我们分别以 $I_1(x, y)$ 和 $I_2(x, y)$ 表示对应空间位置处的像素值 (即灰度值), 则匹配问题在数学上可表述为:

$$I_2(x, y) = f(I_1(g(x, y))) \quad (1)$$

式中: g 是二维空间的一个坐标变换, 即 $(x', y') = g(x, y)$; f 是一维灰度的变换函数^[2]。

由上述数学模型可知, 若 f 一维灰度的变换函

数为线性的, 那么该数学模型会简单很多。被测物体为水体透明度, 透明度的光度学定义为: 一平行光束在水中传播一定距离后, 其光能流与原来光能流之比^[3]。国内一些学者就透明度的倒数和光学衰减系数进行了线性回归, 得到部分水域的光学衰减系数与透明度的关系^[4]:

$$K_d = 0.096 + \frac{1.852}{T} \quad (2)$$

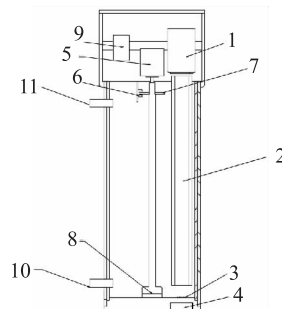
式中: T 为透明度; K_d 为光学衰减系数; 可见透明度与光学衰减系数成负相关。结合图像匹配模型中 f 灰度变换函数可知:

$$f \propto K_d \quad (3)$$

由此可见, 水体透明度的变化与图像匹配模型中灰度变化是线性相关的。

2 透明度测量系统设计原理

本系统主要由图像采集模块、铅字透明度计、超声波液位传感器、清洗模块、进样模块和控制系统组成。图 1 为系统组成示意图。



1. 视觉传感器 2. 透明度计筒 3. 字母“E” 4. 背光
5. 电机 6. 光电开关 7. 码盘 8. 毛刷 9. 超声波液位传感器

图1 透明度测量系统结构

收稿日期: 2018-08-27

基金项目: 深圳市科技计划项目 (JSGG20170413153220228)。

作者简介: 刘飞达 (1991-), 男, 学士学位, 目前主要从事环境监测仪器设备开发工作。

通信作者: 杜伟 (1973-), 硕士, 汉族, 研究方向为环境监测仪器仪表的研发。

当被测水体通过控制模块进入仪器内部时，铅字透明度计底部 LED 背光会发出均匀的白光，将“E”边缘点亮。视觉传感器进行图像采集并进行图像匹配分析。由于被测水体是按照一定流速注入仪器内腔的，所以图像分析的过程是个实时动态的过程。当视觉传感器图像匹配度下降到一定区间时，I/O 端口会输出相应反馈信号，此时停止进样。超声波液位传感器准确读取桶内液位高度，即为透明度值。一次测量结束后清洗模块会进行仪器底面的清洗，保证下次测量。



图2 透明度测量系统实物图

3 系统详细设计

3.1 视觉传感器设计

视觉传感器部分主要涉及到镜头、背光光源和软件处理的设计。本系统采用 200 万像素 1/3 英寸 CMOS 图像接受元件、HP - QUAD 镜头。物距在 300 ~ 500mm 镜头像差低、畸变较小，确保透明度计底部“E”清晰成像。背光选用白光 LED 方形光源，其光谱响应波段为 400 ~ 750nm，光源做柔化处理，亮度均匀，可以提供一个长期稳定的测试环境。软件设计部分使用图像匹配算法。通过对比各像素点的灰度值，反演匹配度。边缘轮廓识别算法辅助进行图像定位。图 3 为算法处理前后透明度底部“E”图像对比。

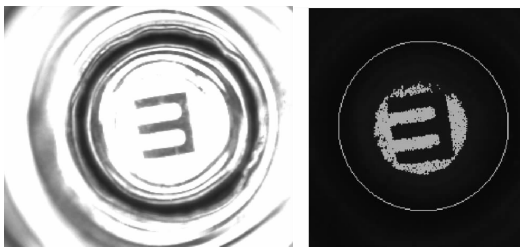


图3 图像匹配算法处理前后对比

3.2 超声波液位测量模块

铅字法透明度计的测量范围是 0 ~ 330mm，所以在超声波模块设计中，主要考虑盲区距离、超声波检测范围和测量精度。本系统中超声波主控芯片采用 STM32F031 芯片，48MHz 主频，强大的处理能力，轻松应对超声波测距；五级模拟信号处理，探测精度更高。探头采用 200kHz 超声波收发一体式探头，能有效提高探测精度，同时减少桶壁反射干扰，探测距离更长，盲区更短。其检测范围可以达到 80 ~ 1000mm，测量精度可达到 1mm。

3.3 清洗模块设计

清洗模块采用直流电机带动毛刷进行底部沉积物清洗。当控制模块进行清洗流程时，毛刷不断地清扫“E”字表面杂物，经过清水冲洗后确保下次测量的准确性。当测量水体污染严重时，还可采取清洗剂进行清洗。本系统使用一定浓度的氮三甲撑磷酸钠作为清洗剂，这种清洗剂无色无毒，既不会对测量产生影响，也不会造成二次污染，是较为理想的清洗剂。

3.4 控制模块设计

控制模块是整个系统的核心，从流程上主要划分以下几个动作：测量水体进样、实时图像匹配、超声波液位测量、数据保存上传、系统清洗。考虑到仪器长时间运行的稳定性，控制系统采用 PLC 为核心控制模块，配合蠕动泵、三通阀、开关电源等电气元件，结合具体工况进行编程。图 4 为常规系统流程示意图。

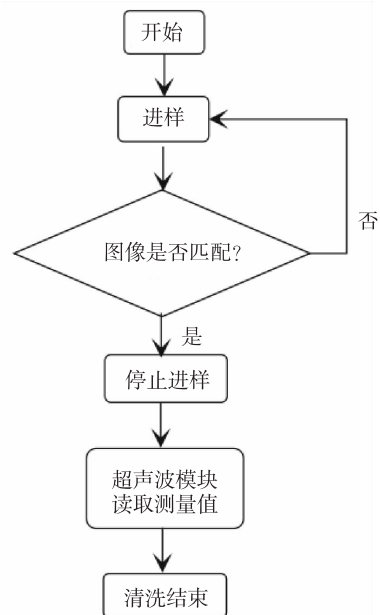


图4 透明度测量系统流程图

4 测量结果与分析

测试过程中共准备 14 种水样，实验人员使用

透明度计进行数值读取并记录。将同样的水样在本系统进行 3 次测量，数值记录见表 1。

表 1 实验室测量值与系统测量值对比

水样序号	透明度计读数	在线监测系统读数		
	/cm	1/cm	2/cm	3/cm
1	8	7.8	7.7	7.8
2	21.2	22.6	22.5	22.3
3	27	28.5	28.7	28.5
4	25	25.7	25.5	25.6
5	10.2	10.9	10.9	10.8
6	9	9.1	9.2	9.2
7	11	11.3	11.5	11.5
8	25	26	25.7	25.8
9	20.8	21.3	21.3	21.1
10	15.4	16.1	16	15.9
11	24.5	25	25.1	25
12	10	10.4	10.3	10.3
13	10.5	11.3	10.9	11.1
14	26	26.9	26.8	26.8

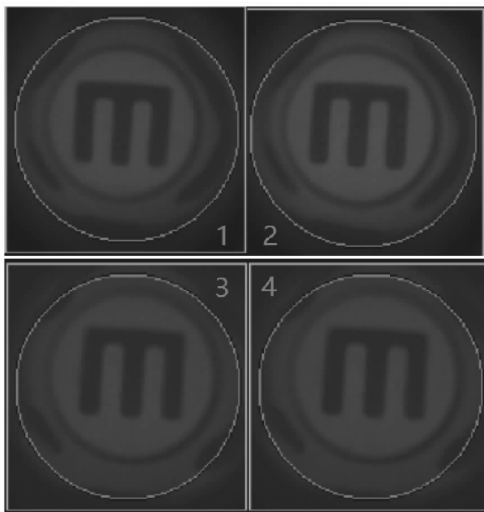


图 5 不同透明度值“E”字图像

表 1 中测量值为 9.1cm、11.3cm、22.6cm 时，视觉传感器捕捉的图像如图 5。

实际测试结果表明，本系统与实验室测试数值基本一致，证明此方法是可行有效的。得益于稳定的测试环境，本系统测量数值的重复性可以保证在 5% 以内，整个测量过程 20min 左右，可

以实现实时在线监测，这是传统透明度测量无法具有的优势。

5 结束语

与传统透明度测量方法相比，本文提出的基于视觉传感器的透明度在线监测系统，具有高效、快速、准确、在线分析等特点。大大节约了透明度测试的人力成本。而且系统稳定的测试环境不受外界时间、天气、测试人员主观判断等影响，测试数值更为准确可信。本系统还可实现对部分流域的实时在线监控，给出透明度变化的趋势，方便管控流域水体质量。

参考文献：

- [1] 吕跃明. 浅谈地表水透明度监测结果与现场光线的关系 [J]. 四川环境, 2003, 22 (6): 35-38.
- [2] Lisa Gottesfeld Brown. A survey of image registration techniques [J]. ACM Computing Surveys (CSUR), 1992, 24 (4): 325-376.
- [3] 侍茂崇, 高郭平, 鲍献文. 海洋调查方法 [M]. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 2000.
- [4] 张运林, 秦伯强, 陈伟民. 太湖水体光学衰减系数的特征及参数化 [J]. 海洋与湖沼, 2004, 32 (3): 210-213.

Research on On – line Monitoring System of Water Transparency Based on Vision Sensor

LIU Fei – da¹, XIE Guang – qun², DU Wei²

(1. R&D Guangdong Shangfeng Environmental Technology Co. , Ltd. , Foshan Guangdong 528312 China)

Abstract: Transparency is gradually being taken seriously as an important reference for the evaluation of water quality and water pollution control. Traditional methods for measuring transparency include lead characters method, secchi method, cross method, etc. The measurement process is very complicated, and the measurements are greatly affected by many factors. This paper presented a measurement system based on visual sensor to realize on – line monitoring of water transparency. The system mainly used the visual sensor instead of the human eye recognition based on the transparency measurement of lead characters method, and adopted the image matching algorithm to determine the critical state controlling the amount of liquid in the water sample, and then read the measurements of the transparency meter by the liquid level sensor. The test results showed that this method could achieve high – efficiency, rapid, accurate and on – line analysis. The stable test environment reduced the subjective judgment of the interference, and it also improved the authenticity of the measured value.

Key words: transparency; monitoring system; monitoring technology; vision sensor; online monitoring



(上接第92页)

The Usage of Standard Stock Solution with Un – specified Storage Life

ZHANG Jin – yan

(Kaiyuan Environmental Science and Monitoring Institute, Kaiyuan Yunnan 661600, China)

Abstract: Some standard stock solutions with un – specified storage life were tested to examine their effects. On the basis of experiments, the issue was explored and summarized.

Key words: standard stock solution; qualify; storage life

稀释与接种法测定水质 BOD₅ 质量控制技术及建议

张莉萍¹, 王瑞波², 杨再荣³

(1. 耿马县环境监测站, 云南 临沧 677500; 2. 云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034;
3. 永善县环境监测站, 云南 昭通 657300)

摘要: 针对稀释与接种法测定 (HJ505-2009) 水质 BOD₅ 的技术特点, 结合实验条件和工作实际, 从样品采样、运输及保存、试剂配制、接种稀释水配制、稀释倍数的确定、实验操作全过程及结果处理计算等环节总结了水质 BOD₅ 测定的内部质量控制技术, 提出了建议。

关键词: 稀释与接种法; BOD₅ 测定; 水质监测; 质量控制

中图分类号: X83 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0097-06

BOD₅ 作为水和废水必测项目之一, 测定方法较多。国内最初沿用的是 1987 年制定的 (GB7488-87) 标准, 2009 年经环保部严格修订, 发布了环境标准《HJ505-2009 水质 五日生化需氧量 (BOD₅) 的测定 稀释与接种法》。新方法从样品检出限、前处理方法、稀释方法和接种液的选取、培养温度和时间、质量保证和质量控制等方面进行了补充完善, 更具有实际意义。

稀释与接种法测定原理和分析过程比较复杂, 本文结合多年监测操作实践, 从采样瓶清洗、样品采集、试剂配制、接种液获取方法、稀释水配制、稀释倍数确定、实验操作和 5d 培养过程、数据计算、实验室内部质量控制和数据报出等环节, 充实了国家环境标准 (HJ505-2009) 分析方法, 提出了水质 BOD₅ 测定稀释与接种法内部质量控制技术及建议, 供同行参考。

1 准备工作要求

1.1 所用仪器设备要求

所用的玻璃器皿要认真清洗 (用水达三级以上实验室用水), 不能吸附有毒或可降解的物质, 并防止沾污。除另有说明外, 所使用的移液管、滴定管、分度吸管必须符合国家玻璃仪器 A 级标准。主要的分析仪器设备要求如下:

培养瓶: 容量在 250~300mL 左右, 带有磨口玻璃塞, 具有供水封的中型口;

恒温培养箱: 必须经检定或核准后才能使用, 能控制温度在 $20 \pm 1^\circ\text{C}$;

酸式滴定管: 必须经校准后才能使用, 刻度为 50mL, 最小分度为 0.1mL;

稀释容器: 2000mL 量筒, 刻度精确到 mL, 用于稀释样品, 其容积大小按需而定;

试剂瓶: 2000mL 带塞玻璃瓶, 刻度精确到 mL, 用于稀释水或稀释接种液的准备, 其容积大小按需而定;

虹吸管: 供分取水样或添加稀释水用, 可采用质量好的医用乳胶管, 使用前清洗干净;

电探头溶解氧测定仪: 传感器或探头必须在保质期内方可使用。

1.2 采样过程中的质量要求

采样时要严格按照规定执行, 用虹吸法注满 1000mL 有刻度棕色玻璃瓶, 瓶中严禁气泡产生, 待水样溢出 1/3 后再盖上瓶塞密封。采样不能少于 1000mL, 以减少误差。

1.3 水样保存过程中的质量要求

水样采回实验室后必须在 $0 \sim 4^\circ\text{C}$ 保存, 并尽量在规定的时间内 (24h) 进行分析; 若需远距离转运不得超过 24h, 并严格控制环境条件为: 暗处 $0 \sim 4^\circ\text{C}$ 。不能在 24h 内分析的, 可冷冻保存。

1.4 所需试剂质量要求

(1) 重铬酸钾标准溶液、硫酸锰、碱性碘化钾溶液、硫代硫酸钠溶液、四类盐溶液 (氯化钙溶液、硫酸镁溶液、氯化铁溶液、磷酸盐缓冲溶液)、淀粉溶液等均按 HJ505-2009 标准分析方法要求配制。四类盐溶液、淀粉溶液均应放在冰箱里

1~4℃贮存,保质期为6个月,如发现有沉淀物或絮状物产生时,说明试剂已变质,不能再使用,应统一收集于废液桶中。

(2) 浓硫酸密度要求

要求硫酸密度为1.84g/mL的分析纯试剂。

1.5 稀释水质量要求

根据水样个数计算出大概稀释水用量,然后准确量取所需蒸馏水加入到2~5L的具塞试剂玻璃瓶中,控制蒸馏水水温在20℃左右。然后用无油空气曝氧机将此蒸馏水曝气2~8h(无曝气装置的实验室,可人工摇动玻璃瓶40min左右曝气,实验表明,此法可行),使蒸馏水中的溶解氧接近饱和,也可以鼓入适量纯氧,在玻璃瓶口盖两层经洗净晾干的纱布,置于20℃左右的培养箱中放置1h左右,使溶解氧含量达到8mg/L左右,临用前取出。稀释水pH值调至7.2为最佳,其BOD₅值应不超过0.5mg/L。稀释水配好后,应立即使用,用不完应弃之。

1.6 接种液的质量要求

(1) 花园土或花盆植物生长土壤浸出液。取100g花园土或花盆植物生长土壤,加入1L水,混合并静置10min后取5mg加入到1L中水备用;一般每1L稀释水中加入3~4mL接种液即可。此法简单方便,微生物生长稳定。

(2) 未受工业污染的城市生活污水接种液。采取生活污水100mL,在室温下放置30min左右,取上清液使用,加入量视其生活污水浓度定(可通过测定其COD值来判定)。一般1L稀释水中加入2~3mL即可。此法缺点是微生物繁殖比较快,浓度不稳定,加入的量难以把握,如能在平时测定时积累一定经验,此法获得的接种液方便、快捷。

(3) 当分析难于降解的工业废水时,在其排污口下游适当位置处取水样作为废水的驯化接种液,若无此种接种液,可取中和或适当稀释后的废水进行连续曝气,每天加入适量该种废水,同时加入少量表层土壤或生活污水使能适应该种废水的微生物大量繁殖。当水中出现大量絮状物时,表明适用的微生物已繁殖,可用作接种液。一般驯化过程需3~8d,加入量视其工业废水浓度高低和接种液微生物多少而定(可通过测定其COD值来判定),一般每1L水中加入2~3mL即可。

1.7 接种稀释水配制质量要求

稀释水配好后,根据需要加入适量接种液,且每1L稀释水中分别加入4种微生物生长剂(氯化

钙溶液、氯化铁溶液、硫酸镁溶液、磷酸盐缓冲溶液)各1mL,混合均匀。接种稀释水pH值调至7.2为最佳,其BOD₅值应不超过1.5mg/L。稀释接种水配好后,应立即使用,用不完的应弃之。

2 样品前处理的质量要求

(1) 水样在测定前应放入培养箱中,在20℃下放置20min左右后取出,测其pH值,如不在6.5~7.5,应加酸或碱中和至7.2,再按所选测定方法步骤测定BOD₅。

(2) 余氯和结合氯的去除:必须加入硫代硫酸钠去除余氯和结合氯。

(3) 样品均质化:当样品中含有大量的颗粒物、需较大稀释倍数或为冰冻样品时,测定前需搅拌均匀。

(4) 样品中含藻类:用滤孔子为1.6μm滤膜过滤,在检测报告中注明滤膜滤孔大小。

3 空白样、样品分析过程中的质量要求

3.1 溶解氧测定质量要求

溶解氧含量测定方法:碘量法和电化学探头法,两者之间存在一定误差,在日常操作中,可根据各实验室条件选取任一种方法测定。

3.1.1 碘量法

按GB/T7489进行操作。

(1) 培养瓶体积要求:使用250mL溶解氧瓶,用虹吸法充满水时容积约为300mL左右,整个过程不能人为充氧产生气泡,以避免影响测定结果。

(2) 空白样:参照清洁水样测定溶解氧的含量。

(3) 待测试样:对清洁水样直接采用碘量法测定;对有颜色的工业废水选用叠氮化钠改良法测定,以减少杂质对实验结果产生的影响。

碘量法测定试样中溶解氧:将试样缓慢用虹吸法充满两个溶解氧瓶中,使试样少量溢出,以防止试样中的溶解氧含量改变,使瓶中存在的气泡靠瓶壁排出。一瓶盖上瓶塞,拧紧,加上水封水,在瓶盖外罩上一个密封罩(可用剪刀把适当大小的干净矿泉水瓶从中上部平齐剪下,取用上面带盖部分作为罩子),后放入培养箱中培养5d±4h或(2+5)d±4h后测定试样中溶解氧的含量。另一瓶于15min后测定试样在培养前溶解氧的含量。

3.1.2 电化学探头法测定

按照环标HJ/506-2009进行。

3.2 培养过程中水封和时间的质量要求

溶解氧注满水后,盖上瓶塞,拧紧,加上水封

水，在瓶盖外罩上一个密封罩（密封罩制作如上），后放入培养箱中培养。在恒温培养箱中培养 $5d \pm 4h$ 或 $(2+5)d \pm 4h$ 后测定试样中溶解氧的含量，培养期间应每天关注培养瓶水封水，按需要添加。

4 测定方法的选择

稀释与接种法分为两大类：非稀释法及稀释接种法。

4.1 非稀释法

非稀释法分为两种情况：非稀释法和非稀释接种法。

4.1.1 试样的准备

(1) 待测试样

测定前使待测试样的温度达到 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ ，若样品中溶解氧浓度低，需要用曝气装置曝气 15min，充分震荡赶走样品中残留的空气泡；若样品中氧过饱和，须将容器 2/3 体积充满样品，用力震荡赶出过饱和氧，然后根据待测试样中含有有机物和微生物情况确定测定方法。

非稀释法：如样品中的有机物含量较少，BOD₅ 的质量浓度不大于 6mg/L，且样品中有足够的微生物，采用非稀释法测定；清洁工业废水可用此法测定。

非稀释接种法：如样品中的有机物含量较少，BOD₅ 的质量浓度不大于 6mg/L，但样品中无足够的微生物，如酸性废水、碱性废水、高温废水、冷冻保存的废水或经过氯化处理等的废水，采用非稀释接种法测定。若试样中含有消化细菌（现在大多废水都经过生化处理，含有消化细菌），有可能发生硝化反应，需在每升试样中加入 2mL 丙烯基硫脲硝化抑制剂。

(2) 空白试样

非稀释法无需准备空白试样。

非稀释接种法空白试样：每升稀释水中加入一定量的接种液后，测其培养前、后溶解氧含量。

4.1.2 试样的测定

非稀释法测定：样品无需稀释，也无需加入菌种，直接按碘量法或电化学探头法测定样品培养前、后的溶解氧含量。

非稀释接种法测定：样品无需稀释，但应加入接种液（接种液的加入量应和空白试样的加入量一致，接种液按 1.6 准备），再按碘量法或电化学探头法测定培养前、后的溶解氧含量。

4.2 稀释接种法

稀释接种法分为稀释法和稀释接种法两种。

4.2.1 试样的准备

(1) 待测试样

测定前使待测试样的温度达到 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ ，若样品中溶解氧浓度低，需要用曝气装置曝气 15min，充分震荡赶走样品中残留的空气泡；若样品中氧过饱和，将容器 2/3 体积充满样品，用力震荡赶出过饱和氧，然后根据试样中有机物、微生物情况确定测定方法。

稀释法：如样品中的有机物含量较多，BOD₅ 的浓度 > 6mg/L，且样品中有足够的微生物，用稀释法测定。

稀释接种法：若样品中的有机物含量较少，BOD₅ 的质量浓度 > 6mg/L，但样品中无足够的微生物，采用稀释接种法测定。

(2) 空白试样

稀释法空白试样按 1.5 准备后，测其培养前、后溶解氧含量。

稀释接种法的空白试样按 1.7 准备后，测其培养前、后溶解氧含量；接种液按 1.6 准备。

4.2.2 试样的测定

稀释法测定：稀释倍数确定后，在稀释器中先加入少量稀释水，再加入样品，搅拌均匀，用虹吸法分别装入 2 个溶解氧瓶，按碘量法或电化学探头法测定其培养前、后溶解氧含量，此法无需加入接种液。

稀释接种法测定：稀释倍数确定后，按前述 1.5 准备稀释水和按前述 1.7 准备接种稀释水，用接种稀释水稀释样品，按需要在每升试样中加入 2mL 丙烯基硫脲硝化抑制剂，再按碘量法或电化学探头法测其试样培养前、后的溶解氧含量。

5 质量控制和质量保证要求

5.1 配带质控样

标准样品对于质量控制起着重要的作用。在样品分析过程中，须配带 COD_C 标准样品进行自控，以便尽早发现技术操作上是否存在问题，并注意标准样品和实际样品间的差异。标准 COD 值乘以 2/3，可以获得较好的 BOD₅ 值，结果都在真值范围内。但实际水样有的比较复杂，还需具体水样具体分析。

5.2 空白样

满足前述 1.5、1.7 要求。

5.3 精密度

在实际分析中，没有必要每个样品都做平行双样，分析人员可以通过一定时间积累经验，找出相

同类型的废水 BOD₅ 浓度的大致范围, 这样稀释倍数就不必选取多个, 但仍然需要增加样品平行样来控制样品的精密度。

当样品 BOD₅ 的浓度 < 3mg/L 时, 平行样相对偏差 ≤ ±15%; 当样品 BOD₅ 的浓度在 3 ~ 100mg/L 时, 平行样相对偏差 ≤ ±20%; 当样品 BOD₅ 的浓度 > 100mg/L 时, 平行样相对偏差 ≤ ±25%。

5.4 数据处理及上报的质量要求

严格按“消耗溶解氧不小于 2mg/L, 剩余溶解氧不小于 2mg/L”的计算结果报出。取其均值, BOD₅ < 100mg/L 时, 保留 1 位小数; BOD₅ 在 100 ~ 1000mg/L 时, 取整数; BOD₅ > 1000mg/L 时, 按科学计数法报出。

非稀释法水样公式:

$$BOD_5 \text{ (mg/L)} = \rho_1 - \rho_2$$

式中: ρ_1 —水样在培养前的溶解氧浓度 (mg/L); ρ_2 —水样经 5d 培养后, 剩余溶解氧浓度 (mg/L)。

稀释法水样公式:

$$BOD_5 \text{ (mg/L)} = (\rho_1 - \rho_2) - (\rho_3 - \rho_4)$$

式中: ρ_1 —水样在培养前的溶解氧浓度 (mg/L); ρ_2 —水样经 5d 培养后, 剩余溶解氧浓度 (mg/L); ρ_3 —稀释水在培养前的溶解氧浓度 (mg/L); ρ_4 —稀释水在培养后的溶解氧浓度 (mg/L)。

稀释接种法水样公式:

$$BOD_5 \text{ (mg/L)} = \frac{(\rho_1 - \rho_2) - (\rho_3 - \rho_4) f_1}{f_2}$$

式中: ρ_1 —水样在培养前的溶解氧浓度 (mg/L); ρ_2 —水样经 5d 培养后, 剩余溶解氧浓度 (mg/L); ρ_3 —稀释水在培养前的溶解氧浓度 (mg/L); ρ_4 —稀释水在培养后的溶解氧浓度 (mg/L); f_1 —稀释水在培养液中所占比例; f_2 —水样在培养液中所占比例。

6 注意事项

(1) 采样和运输环节必须严格按照要求进行; 若含有大量颗粒物或需较大稀释倍数时, 需将样品搅拌均匀; 解冻后样品需搅拌均匀、接种; 若含有毒的重金属类银、汞等或酚、醇类物质时, 应除去这些物质或加入驯化过的菌种。

(2) 硝化抑制剂丙烯基硫脲、重铬酸钾属有毒化合物, 操作时应按要求佩戴防护器具, 避免接触皮肤; 加浓硫酸时, 应佩戴防护器具, 如溅到皮肤立即用水冲洗后涂上肥皂。

(3) 稀释水空白值浓度必须控制在 0.3 ~ 0.5mg/L, 稀释接种水空白值浓度必须控制在 0.5

~ 1.5mg/L。

(4) 用曝气装置曝气, 可能带来稀释水和样品污染, 必须过滤后再使用。

(5) 含有大量氯离子的水样, 必须加入硫代硫酸钠去除余氯和结合氯, 加入方式和加入量按以下方法确定: 取中和至 pH 为 7.2 的水样 100mL 放入 250mL 的三角瓶中→加入 10mL 已酸溶液→再加入 1mL 碘化钾溶液→混匀、暗处静置 5min→用亚硫酸钠滴定至淡黄色→加入 1mL 淀粉指示剂呈蓝色→继续滴定至无色为终点, 记录所消耗的硫代硫酸钠体积, 由公式计算出需加入硫代硫酸钠的体积:

$$V = (100 \times V_1) / \times V_2$$

式中: V_1 —消耗的硫代硫酸钠体积; V_2 —中和后样品需加入硫代硫酸钠的体积。

样品加入硫代硫酸钠后, 需将样品搅拌均匀。

(6) 滴定环节 (用碘量法测定溶解氧时): 酸式滴定管活塞加入适量的凡士林, 排尽活塞挡住部分的气泡, 调准零点; 滴定过程中, 滴定液速度控制为: 线滴→点滴→半点滴; 切忌用力摇动锥形瓶以免液体溅出瓶外影响结果, 滴定管尖端始终处于锥形瓶中心, 如果锥形瓶内壁粘附滴定液, 用蒸馏水冲之。

(7) 凡是消耗的溶解氧质量浓度不小于 2mg/L, 培养后样品中剩余溶解氧质量浓度不小于 2mg/L, 且试样中剩余的溶解氧质量浓度为开始浓度的 1/3 ~ 2/3 的样品, 都应纳入计算。

(8) 溶解氧含量测定方法必须保持前后一致。

(9) 测定样品时, 必须做好质量控制措施, 按需要冰冻后留样复测。

(10) 废液处理: 实验室废液按要求申报、统一收集, 委托有资质的单位集中处理。

7 建议

(1) 在实际分析中, 可按下列步骤完成测定工作: 采样瓶准备→采样→运输→贮存→样品前处理→确定测试方法 (非稀释法、非稀释接种法、稀释法、稀释与接种法)→按前述步骤测定样品含氧量→计算。此步骤能理清监测工作思路, 提高工作效率。

(2) 经过生化处理后的废水大部分都含有硝化细菌, 应在空白和水样中加入 2mL 硝化抑制剂丙烯基硫脲。

(3) 《HJ505 - 2009 水质 五日生化需氧量 (BOD₅) 的测定 稀释与接种法》电化学探头法测定

样品中的溶解氧含量 (GB/711913) 已废止, 应改为新方法 HJ506-2009 测定样品中的溶解氧含量。

(4) 稀释倍数确定至关重要: 稀释倍数过大或过小, 可致 5d 耗氧量过小或过多而无氧, 超出耗氧范围致实验失败, 为避免盲目性, 稀释倍数确定可参考以下方法:

稀释倍数的确定: 样品稀释的程度应使消耗的溶解氧质量浓度不小于 2mg/L, 培养后样品中剩余溶解氧质量浓度不小于 2mg/L, 且试样中剩余的溶

解氧质量浓度为开始浓度的 1/3 ~ 2/3 为最佳。

稀释倍数可根据样品总有机碳 (TOC)、高锰酸盐指数 (I_{Mn})、化学需氧量 (COD_{Cr}) 的测定值确定, 按照表 1 列出的 BOD₅、总有机碳 (TOC)、高锰酸盐指数 (I_{Mn})、化学需氧量 (COD_{Cr}) 的比值 R 估计 BOD₅ 的期望值 (R 与样品的类型有关), 再根据表 2 确定稀释因子。当不能准确地选择稀释倍数时, 一个样品做 2 ~ 3 个不同的稀释倍数。

表 1 典型的比值 R

水样的类型	总有机碳 R (BOD_5/TOC)	高锰酸盐指数 R (BOD_5/I_{Mn})	化学需氧量 R (BOD_5/COD_{Cr})
未处理的废水	1.2 ~ 2.8	1.2 ~ 1.5	0.35 ~ 0.65
生化处理的废水	0.3 ~ 1.0	0.5 ~ 1.2	0.20 ~ 0.35

由表 1 选择适当的 R 值, 计算 BOD₅ 的期望值:

$$P = R \cdot Y \quad (2)$$

式中: P —五日生化需氧量浓度的期望值, mg/L;

Y —总有机碳 (TOC) 或化学需氧量 (COD_{Cr}) 的值, mg/L。

由估算出的 BOD₅ 的期望值, 按表 2 确定样品的稀释倍数。

表 2 BOD₅ 测定的稀释倍数

BOD ₅ 的期望值/ (mg/L)	稀释倍数	水样类型
6 ~ 12	2	河水, 生物净化的城市污水
10 ~ 30	5	河水, 生物净化的城市污水
20 ~ 60	10	生物净化的城市污水
40 ~ 120	20	澄清的城市污水或轻度污染的工业废水
100 ~ 300	50	轻度污染的工业废水或原城市污水
200 ~ 600	100	轻度污染的工业废水或原城市污水
400 ~ 1200	200	重度污染的工业废水或原城市污水
1000 ~ 3000	500	重度污染的工业废水
2000 ~ 6000	1000	重度污染的工业废水

稀释步骤: 按照确定的稀释倍数, 将一定体积的试样或者处理后的试样用虹吸管加入已加部分稀释水或接种稀释水的稀释容器中, 加稀释水或接种稀释水至刻度, 轻轻混合避免残留气泡, 待测定。若稀释倍数超过 100 倍, 可进行两步或者多步稀释。

8 结论

稀释与接种法存在着干扰性大、操作复杂、费时耗力等不足之处。本文根据多年基层监测工作实

践, 总结和提炼出操作流程和方法, 有助于提高监测分析结果的准确性和监测数据的可信度。

参考文献:

- [1] 本书编委会. 水和废水监测分析方法 (第四版) [M]. 北京: 环境科学出版社, 2002.
- [2] 稀释与接种法: HJ/505—2009 [S]. 2009.
- [3] 李晓曼, 舒丽, 李敏, 蔡伊莎. 稀释与接种法在分析 BOD₅ 过程中系列问题探讨 [J]. 环境科学导刊, 2018, 37 (增): 164-167.

Measures and Suggestions for Quality Control of BOD₅ Determination in Industrial Wastewater by Dilution and Inoculation Method

ZHANG Li - ping¹, WANG Rui - bo², YANG Zai - rong³

(1. Gengma Environmental Monitoring Station, Lincang Yunnan 677500, China)

Abstract: According to water quality determination of BOD₅ dilution and inoculation method (HJ505 - 2009) and the technical characteristics, taking account of experimental conditions in the primary monitoring stations and the author's long - time actual work experience, internal quality control measures and suggestions for analyzing BOD₅ in the primary monitoring station was put forward on sampling, transport and preservation, reagent preparation, sample vaccination dilution water preparation, diluted times, the experiment operating process, and the result processing calculation.

Key words: dilution and inoculation; BOD₅ determination; water quality monitoring; quality control

(上接第 83 页)

Analysis of Environmental Protection in the Planning and Construction of Yunnan Power Grid

CHEN Chen, SHAO Jie, LI Zeng - Jia

(Yunnan Assessment Center of Environmental Engineering, Kunming Yunnan 650032, China)

Abstract: Based on the summary of the environmental protection problems in the planning and construction of Yunnan power grid, this paper put forward suggestions for environmental protection in Yunnan power grid planning and construction, so as to provide reference for Yunnan power grid planning and construction.

Key words: power grid planning; power transmission & distribution; environmental protection; Yunnan

(上接第 85 页)

Brief Talk on How to Implement the Connection between Environmental Impact Assessment System and Discharge Permit System in EIA Technical Assessment

LI Tian - fu, YANG Cong - gao

(Kunming Environmental Engineering Assessment Center, Kunming Yunnan 650093, China)

Abstract: This paper started with the relevant environmental protection policies issued by the state, and analyzed how to implement the environmental impact assessment system and the discharge permit system in the EIA technical assessment work. It has certain guiding significance for the EIA technical assessment work and the implementation of the Emission Permit System.

Key words: Environmental impact assessment; sewage permit system; connection

空气氨检测中纳氏试剂对空白影响的探讨

崔悦, 黎芳, 王菊光, 刘卫东, 张桃英
(北京市海淀区疾病预防控制中心, 北京 100094)

摘要: 采用国标方法比较了5种纳氏试剂测定的空白值、标准曲线线性、斜率和质控样结果。考察不同来源的纳氏试剂对氨检测空白的影响, 有个别市售成品纳氏试剂空白吸光值不符合实验要求, 降低了结果的精密度。所以纳氏试剂使用前必须进行空白检验, 并注意试剂的保存条件。

关键词: 氨; 纳氏试剂; 空白; 影响

中图分类号: X83 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0103-03

空气中氨的检测方法主要有靛酚蓝比色法、纳氏试剂比色法、亚硝酸盐比色法、离子选择电极法等, 其中纳氏试剂比色法是测定氨的常用方法, 也是公共场所空气中氨测定的国家标准方法 GB/T 18204.2-2014, 该方法操作简便快速^[1]。但是在实际应用中经常出现由于使用的纳氏试剂不同而影响检测结果的情况, 因此如何选用适宜的纳氏试剂是十分重要的问题。本文对试剂空白和校准曲线的斜率等相关问题进行大量实验并加以讨论。

1 实验设备及试剂

1.1 实验设备

TU-1950 紫外可见分光光度计 (北京普析通用仪器有限责任公司)、1cm 比色皿、10mL 具塞比色管。

1.2 实验试剂

(1) 纳氏试剂 5 种, 来源分别为本实验室自制、国内和国外正规试剂厂家, 试剂均在有效期内;

(2) 浓硫酸 (优级纯);

(3) 酒石酸钾钠 (分析纯, 国药集团化学试剂有限公司);

(4) 实验用水经 Millipore 纯水机制备;

(5) 氨标准溶液 (水剂) 500mg/L \pm 1%、0.698 mg/L \pm 0.026 mg/L、1.53 mg/L \pm 0.06 mg/L, 均购自环境保护部标准样品研究所。

2 实验方法

2.1 不同温度条件下的试剂空白实验

在 10mL 具塞比色管中加入 10 mL 新制备的纯水, 加入 0.1mL 酒石酸钾钠溶液, 再加入 0.5mL

纳氏试剂 (本实验室自制), 用 1cm 比色皿, 于波长 425nm 处, 以水作参比, 在不同室温下测定试剂空白值^[2]。

2.2 不同来源纳氏试剂空白值实验

使用 5 种不同来源的纳氏试剂以及新制备的纯水分别测定试剂空白, 每种纳氏试剂测定 6 次。

2.3 不同来源纳氏试剂绘制标准曲线

按照国家标准方法 GB/T 18204.2-2014 纳氏试剂分光光度法, 分别使用不同来源的纳氏试剂绘制标准曲线, 以氨含量 (μg) 做横坐标, 吸光度为纵坐标, 绘制标准曲线, 并计算标准曲线的斜率。

2.4 质控样的测定

使用不同来源的纳氏试剂对高 (1.53 mg/L \pm 0.06 mg/L)、低 (0.698 mg/L \pm 0.026 mg/L) 两种浓度的质控样进行测定, 每个质控样平行测定 6 次, 计算相对标准偏差。

3 实验结果分析

3.1 室内温度对试剂空白的影

不同室温下试剂空白的测定结果见表 1, 可以看出试剂空白受室内温度的影响不大。

3.2 纳氏试剂对空白值的影响

选择实验室自行配制的纳氏试剂和市售的成品纳氏试剂, 测得的试剂空白吸光值见表 2。由结果可以看出, 使用不同来源的纳氏试剂测得的试剂空白吸光值差别较大, 5 种纳氏试剂空白吸光值在 0.0087 ~ 0.0473。国标中规定此方法的空白吸光度应不超过 0.030^[3], 经测试成品纳氏试剂 3 的空白值高达 0.0473, 不符合实验要求。

3.3 纳氏试剂对标准曲线的影响

不同的纳氏试剂绘制的标准曲线的斜率和相关

系数见表3, 5种纳氏试剂测得的标准曲线斜率均(0.002), 标准曲线相关系数均 ≥ 0.9990 , 总体上差别不大。

表1 不同室温下试剂空白值的测定结果

次数	室温/°C	空白吸光值	次数	室温/°C	空白吸光值
1	16	0.0082	13	23	0.0104
2	16	0.0082	14	23	0.0111
3	16	0.0092	15	23	0.0095
4	17	0.0080	16	24	0.0107
5	18	0.0093	17	25	0.0082
6	18	0.0075	18	25	0.0096
7	18	0.0094	19	25	0.0087
8	19	0.0081	20	25	0.0088
9	21	0.0094	21	25	0.0103
10	21	0.0106	22	26	0.0105
11	23	0.0101	23	26	0.0099
12	23	0.0087	24	26	0.0084

表2 纳氏试剂空白吸光值的测定结果

次数	本实验室自制	成品试剂1	成品试剂2	成品试剂3	成品试剂4
1	0.0103	0.0141	0.0150	0.0338	0.0186
2	0.0087	0.0140	0.0147	0.0339	0.0185
3	0.0105	0.0132	0.0149	0.0395	0.0145
4	0.0094	0.0133	0.0146	0.0473	0.0145
5	0.0089	0.0138	0.0130	0.0337	0.0137
6	0.0099	0.0137	0.0140	0.0338	0.0137

表3 使用不同的纳氏试剂绘制的标准曲线

	校准曲线	斜率	相关系数 <i>r</i>
本实验室自制	$y = 0.0138x + 0.008$	0.0138	0.9999
成品试剂1	$y = 0.0153x + 0.012$	0.0153	0.9993
成品试剂2	$y = 0.0137x + 0.011$	0.0137	0.9999
成品试剂3	$y = 0.0147x + 0.030$	0.0147	0.9995
成品试剂4	$y = 0.0130x + 0.006$	0.0130	0.9990

3.4 准确度和精密度的检验

使用不同的纳氏试剂对氨质控样进行测定, 每个质控样品连续测定6次, 结果和相对标准偏差见表4, 结果显示这几种纳氏试剂测定的结果准确度

均能达到分析要求, 相对标准偏差在2.7% ~ 11.0%, 其中成品纳氏试剂3测定的氨低浓度的质控样的相对标准偏差明显高于其它几种纳氏试剂测定得到的相对标准偏差。

表4 使用不同的纳氏试剂的准确度和精密度

(*n* = 6)

试剂种类	质控样1 (1.53 ± 0.06) mg/L		质控样2 (0.698 ± 0.026) mg/L	
	测得值/ (mg/L)	RSD/%	测得值/ (mg/L)	RSD/%
本实验室自制	1.49	2.7	0.679	3.0
成品试剂1	1.50	3.0	0.700	2.8
成品试剂2	1.47	3.2	0.676	2.9
成品试剂3	1.54	5.7	0.719	11.0
成品试剂4	1.53	3.1	0.701	5.5

4 结论及经验

(1) 配制纳氏试剂所使用的氯化汞毒性较大, 目前实验室大多选用市面上出售的成品纳氏试剂。但是大多数生产纳氏试剂的厂家并未提供其中氯化汞和碘化钾的配比, 而实践证明试剂中氯化汞含量越高, 试剂的空白值就会越高, 直接影响实验的精密度和准确度^[4]。

(2) 纳氏试剂的质量是否合格不仅要从外观上进行鉴别, 更要通过实验检验判定其是否符合要求, 纳氏试剂使用前必须进行空白检验, 空白值直接关系到测定的最终结果的准确性。空白值低, 数据离散程度小, 分析结果的精度随之提高^[5]。国标规定此方法的试剂空白吸光度应不超过 0.030, 若因纳氏试剂导致空白值高, 将会降低实验的精密度, 不能保证较低浓度的样品的准确性。

(3) 纳氏试剂不仅要求购买时要符合实验要

求, 在使用期内也应注意试剂的保存, 开封后的纳氏试剂密闭储存于聚乙烯瓶中, 应置于冰箱中 2 ~ 4℃ 低温冷藏存放, 可延长试剂的保存期。

参考文献:

- [1] 毕勇, 李玉博, 张哲. 纳氏试剂比色法测定环境空气中氨有关问题的探讨 [J]. 环境科学导刊, 2012, 31 (2): 117 - 118.
- [2] 中国国家标准化管理委员会. 公共场所卫生检验方法 第 2 部分: 化学污染物: GB/T 18204. 2 - 2014 [S]. 北京: 国家标准出版社, 2014.
- [3] 中华人民共和国环境保护部. 环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法: HJ533 - 2009 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2010.
- [4] 靳立民. 纳氏试剂测定氨氮问题对策研究 [D]. 西安: 西安石油大学, 2010: 23 - 24.
- [5] 王卓. 两种不同纳氏试剂对氨氮测定结果的比较 [J]. 环境研究与监测, 2013, 26 (1): 31 - 33.

Effect of Nessler Reagent on Blank in Ammonia Detection

CUI Yue, LI fang, WANG Jui - guang, LIU Wei - dong, ZHANG Tao - ying

(Center for Disease Control and Prevention of Haidian District, Beijing 100094, China)

Abstract: To examine the effects of different sources of nessler reagent on blank in ammonia detection, the blank values, standard curve linearity, slope and quality control results of five kinds of Nessler reagent were compared by national standard method. The individual Nessler reagent's blank absorbance could not meet the experimental requirements, which reduced the accuracy of the results. Therefore, the blank test of Nessler reagents must be conducted before used, and the preservation conditions of reagents needed to be focused on.

Key words: ammonia; Nessler reagent; blank value; effect

某医院伽马刀治疗中心放射源钴-60 更换前后辐射环境监测

杨渐文¹, 马艳芳¹, 李程²

(1. 云南省辐射环境监督站, 云南 昆明 650032; 2. 云南省安全生产监督管理局, 云南 昆明 650041)

摘要: 采用便携式 X-γ 剂量率仪对伽马刀治疗机表面及治疗室周围进行 γ 辐射空气吸收剂量率监测。通过对比换源前后监测数据的变化, 估算治疗中心工作人员所受个人有效剂量是否在国家标准允许范围内。换源前后治疗机全年可能给工作人员带来的个人局部附加剂量满足《GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的要求, 且换源前后治疗室周围开机、关机状态下测值无异常。

关键词: 伽马刀; 辐射环境监测; 有效剂量

中图分类号: X837 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-0106-02

某医院 γ 刀治疗中心有头部和体部 γ 刀远距离治疗机各一台, 头部 γ 刀有⁶⁰Co 放射源 30 枚, 出厂活度是 6522.69Ci, 体部 γ 刀有⁶⁰Co 放射源 18 枚, 出厂活度是 6476.65Ci, 这 48 枚源均于 2004 年 12 月购买, 截止 2010 年 7 月头刀和体刀放射源的活度已经难以达到治疗剂量的要求, 故于 2010 年 7 月更换新源。

为了掌握换源前后头刀和体刀表面及治疗室周围环境辐射水平的变化, 在换源启动前及换源结束且仪器运行正常后对头刀和体刀治疗机表面、治疗室周围进行全面的辐射环境监测^[2]。

1 监测布点情况

伽马刀治疗中心位于医院门诊大楼负一楼半地面下的位置, 监测点位情况见表 1^[1]。

表 1 监测点位情况表

监测点位描述	监测点数
头刀表面 5cm 处	4
体刀表面 5cm 处	4
头刀治疗室墙外及治疗室楼顶位置	6
体刀治疗室墙外及治疗室楼顶位置	7

2 监测仪器及监测方法

根据监测项目的实际情况, 针对监测对象按照国家标准, 选择监测仪器和监测方法, 见表 2^[1]。

表 2 监测方法及监测仪器

监测项目	监测方法	监测仪器	检定情况
γ 辐射空气吸收剂量率	《环境地表 γ 辐射剂量率 L 测定规范》(GB/T14583-93)	BH3103B 型便携式 χ-γ 剂量率仪	已检定, 且在检定周期内
	《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)		

表 3 换源前后 γ 刀治疗机表面 γ 辐射空气吸收剂量率 (×10⁻⁸Gy/h)

监测点位描述	测量值 (均值 ± 标准差)		备注
	换源前	换源后	
体刀表面 5cm	25.0 ~ 41.8	21.2 ~ 26.0	关机
头刀表面 5cm	7.3 ~ 43.1	37.3 ~ 63.0	关机
监测数据统计	7.3 ~ 43.1	21.2 ~ 63.0	关机

表 4 头刀、体刀机房周围 γ 辐射空气吸收剂量率 (×10⁻⁸Gy/h)

监测点位描述	测量值 (均值 ± 标准差)		备注
	换源前	换源后	
体刀机房周围	8.8 ~ 9.9	6.8 ~ 9.1	关机
头刀机房周围	- -	7.0 ~ 9.5	开机
	- -	7.7 ~ 9.3	关机
监测数据统计	8.7 ~ 9.9	6.8 ~ 9.1	关机
	- -	7.0 ~ 9.5	开机

3 结果

检测结果见表 3^[1]、表 4^[1]。

收稿日期: 2019-05-21

作者简介: 杨渐文 (1984-), 女, 汉族, 云南人, 本科, 工程师, 主要从事环境放射性监测工作。

4 讨论

γ 头刀、体刀在装有旧源关机状态下, 表面 γ 辐射空气吸收剂量率测值为 $(7.3 \sim 43.1) \times 10^{-8}$ Gy/h; 换新源后关机状态下表面 γ 辐射空气吸收剂量率测值为 $(21.2 \sim 63.0) \times 10^{-8}$ Gy/h, 换新源后 γ 头刀、体刀表面 γ 辐射空气吸收剂量率测值有所增加。工作人员所受剂量来自于辅助病人上机摆位过程, 该治疗中心年均病人量约 600 人, 每个病人治疗 10 次, 每次医务人员辅助摆位 2min, 医务人员分为三组轮流上班, 且按最大表面 γ 辐射空气吸收剂量率 63×10^{-8} Gy/h 来计算, 全年可能带来的个人局部附加剂量为 2.9×10^{-2} mSv, 满足《GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全

基本标准》^[3] 对职业辐射个人受照剂量约束值 5mSv。 γ 头刀、体刀机房外部环境监测中, 在旧源关机状态下 γ 辐射剂量率测值为 $(8.7 \sim 9.9) \times 10^{-8}$ Gy/h; 换新源关机状态下测值为 $(6.8 \sim 9.1) \times 10^{-8}$ Gy/h, 开机状态下则为 $(7.0 \sim 9.5) \times 10^{-8}$ Gy/h, 换源前后和开机、关机状态下测值无异常, 对公众不会造成辐射危害。

参考文献:

- [1] 杨渐文. 云南省辐射环境监督站云辐环监(2010)第36号监测报告[R]. 昆明: 云南省辐射环境监督站, 2010.
- [2] 郑钧正. 电离辐射医学应用的防护与安全[M]. 北京: 原子能出版社, 2009: 162-165.
- [3] 电离辐射防护与辐射源安全基本标准: GB18871-2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.

Radiation Environment Monitoring before and after Switching the Radiation Source Cobalt in the Gamma Knife Treatment Center of a Hospital

YANG Jian-wen¹, MA Yan-fang¹, LI Cheng²

(1. Yunnan Radiation Environmental Supervision Station, Kunming Yunnan 650032, China)

Abstract: Portable X- γ dosimeter was used to monitor the gamma radiation absorbed dose rate in the environment of the treatment room and the surface of the gamma knife machine. The changes of the monitoring data before and after switching the cobalt were compared to estimate if the effective dose exposed to the staff was under the permitted national standard range. The results showed that the possible additional dose exposed to personnel could meet the requirements of "Basic standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources GB18871-2002". Furthermore, no abnormal monitoring data were tested around the treatment room when turning on and off the machine before and after the change of cobalt.

Key words: gamma knife; radiation environment monitoring; effective dose

云南省放射性废物收贮工作人员 2014—2015 年个人剂量监测结果与分析

杨渐文^{1,2}, 李媛媛¹, 黄兵², 李程³

(1. 云南省辐射环境监督站, 云南 昆明 650034; 2. 昆明理工大学, 云南 昆明 650093;

3. 云南省安全生产监督管理局; 云南 昆明 650041)

摘要: 采用热释光累积剂量测量方法, 对云南省放射性废物收贮工作人员 2014 年、2015 年个人剂量进行监测, 了解工作人员受照剂量情况。结果表明: 4 名放射性收贮工作人员 2014 年、2015 年个人有效剂量范围为 0.647~1.624mSv, 低于《GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准》对职业辐射个人受照剂量约束值 5mSv 限值。

关键词: 放射性废物收贮工作人员; 个人剂量; 监测

中图分类号: X837 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 增1-00108-03

现代社会, 核技术利用单位越来越多, 云南省省境内一些活度达不到使用要求、暂时闲置不用的废旧放射源以及科研、教学、医疗及其它核技术应用过程中产生的放射性废物(不包括放射性废液)也随之增多。为了保证辐射环境安全及社会秩序稳定, 放射性收贮部门对废旧放射源及放射性废物进行收贮。随着工作量增大, 定期对收贮人员进行个人剂量监测, 了解工作人员受照剂量, 可为其健康评价提供重要依据, 对放射病的预防、诊断和治疗具有重要参考价值, 同时个人剂量监测也是辐射防护管理工作的重要内容。

1 监测情况

1.1 监测对象

放射性废物收贮部门 4 名工作人员, 包括该部门专职司机在内。

1.2 监测仪器

个人剂量测量系统由 FJ-427A1 型微机热释光测量仪, FJ-411B 型退火炉, FJ-417 型辐照器及 LiF (Mg, Cu, P)^[1,2] 热释光剂量片(分散性≤10%)组成^[3]。该系统在 2014 年、2015 年均通过了中国计量科学院检定, 使用时仪器正常且在检定有效期内。

1.3 监测方法

根据《GB10264-88 个人和环境监测用热释光剂量测量系统》对回收剂量片进行测量^[4], 每

个剂量计包含 3 个热释光剂量片, 收贮人员每个季度的个人累积剂量测值是 3 个剂量片读数的均值。放射性收贮工作人员在进行收贮工作期间将各自专属有编码字样的剂量计佩戴于胸前^[5], 以三个月(一个季度)为一个测量周期, 定期将剂量计送到有分析资质实验室进行分析, 连续 4 个周期剂量值之和作为放射性收贮工作人员全年个人累积剂量。

2 结果与分析

2014 年和 2015 年对云南省放射性废物收贮部门 4 名工作人员进行每季度一次的个人剂量监测, 监测结果见表 1。

(1) 从表 1、表 2 数据看, 4 名放射性废物收贮人员在 2014 年和 2015 年间年度个人剂量测值范围为 0.647~1.624mSv, 满足《GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准》对职业辐射个人受照剂量约束值 5mSv 限值^[6]; 收贮人员季度个人剂量计佩戴时间有的时候超过 90d, 佩戴时间过长。

(2) 从图 1 看, 放射性废物收贮人员 2015 年度个人剂量值与 2014 年度个人剂量值相比, 有增大趋势。

3 讨论

该放射性废物收贮部门 2014 年、2015 年工作人员个人年度累积剂量均在国家标准之内, 反映出这两年收贮工作期间人员个人防护措施做的比较到位。但是存在部分季度佩戴时间过长, 超过 90d 的情况, 对个人剂量监测结果的准确性有一定的影响, 也不利于个人剂量监测结果的及时获取, 建议

收稿日期: 2019-06-01

作者简介: 杨渐文(1984-), 女, 汉族, 云南人, 本科, 工程师, 主要从事环境放射性监测工作。

表 1 2014 年云南省放射性废物收贮人员个人剂量

人员编号	性别	佩戴起 始日期	佩戴结 束日期	佩戴 天数	个人剂量 /mSv	年度个人累积 剂量/mSv
1001	男	2014-01-23	2014-04-27	94	0.183	0.810
		2014-04-27	2014-07-23	87	0.210	
		2014-07-23	2014-11-24	124	0.324	
		2014-11-24	2014-12-30	36	0.093	
1002	男	2014-01-23	2014-04-27	94	0.174	0.774
		2014-04-27	2014-07-23	87	0.207	
		2014-07-23	2014-11-24	124	0.323	
		2014-11-24	2014-12-30	36	0.070	
1003	男	2014-01-23	2014-04-27	94	0.180	0.647
		2014-04-27	2014-07-23	87	0.128	
		2014-07-23	2014-11-24	124	0.257	
		2014-11-24	2014-12-30	36	0.082	
1004	男	2014-01-23	2014-04-27	94	0.180	0.695
		2014-04-27	2014-07-23	87	0.107	
		2014-07-23	2014-11-24	124	0.327	
		2014-11-24	2014-12-30	36	0.081	

表 2 2015 年云南省放射性废物收贮人员个人剂量

人员编号	性别	佩戴起 始日期	佩戴结 束日期	佩戴 天数	个人剂量 /mSv	年度个人累积 剂量/mSv
1001	男	2015-12-30	2015-03-01	61	0.234	1.624
		2015-03-01	2015-05-05	65	0.249	
		2015-05-05	2015-11-05	184	0.422	
		2015-11-05	2016-02-04	91	0.719	
1002	男	2015-12-30	2015-03-01	61	0.275	1.550
		2015-03-01	2015-05-05	65	0.219	
		2015-05-05	2015-11-05	184	0.359	
		2015-11-05	2016-02-04	91	0.697	
1003	男	2015-12-30	2015-03-01	61	0.172	1.321
		2015-03-01	2015-05-05	65	0.133	
		2015-05-05	2015-11-05	184	0.279	
		2015-11-05	2016-02-04	91	0.737	
1004	男	2014-12-30	2015-03-01	61	0.119	1.076
		2015-03-01	2015-05-05	65	0.092	
		2015-05-05	2015-11-05	184	0.193	
		2015-11-05	2016-02-04	91	0.672	

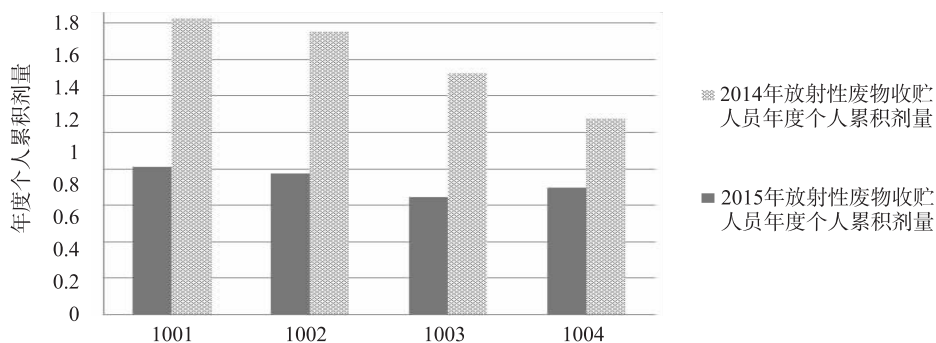


图1 2014年—2015年放射性废物收贮人员年度个人累积剂量柱状图

尽量在90d左右送到有资质单位监测。随着废旧放射源及放射性废物逐渐增多,放射性废物收贮人员个人年度累积剂量有增加趋势,需要引起管理部门及一线收贮人员的足够重视,收贮人员在收贮作业时,必须规范佩戴个人剂量计,管理部门应配备与工作量相匹配的辐射防护用品,不定期对工作人员进行核安全文化宣贯,让一线收贮工作人员时刻牢记安全第一的原则。

参考文献:

[1] NaKajima T. Development of a new highly sensitive LiF thermoluminescence dosimeter and its application [J]. Nucl Instrum Meth-

ods, 1978 (157): 155.

[2] Horowitz YS. LiF: Mg Ti Versus LiF: Mg Cu P: The completion Heats up [J]. Radiat prot Dosim, 1993 (47): 114, 135.

[3] 杨渐文, 文自富, 李程. 热释光测量法在云南省辐射环境质量监测中的应用 [J]. 环境科学导刊, 2012, 31 (5).

[4] 个人和环境监测用热释光剂量测量系统: GB10264-88 [S].

[5] 鄢立刚. 沈阳军区介入放射工作人员受照剂量的调查 [J]. 中国辐射卫生, 2013, 22 (1): 32-33.

[6] 寇庆河, 鄢立刚, 董玉, 等. 某军区2006-2008年放射工作人员个人剂量监测结果与分析 [J]. 中国辐射卫生, 2010, 19 (1): 43.

The Monitoring Results and Analysis of Personnel Radiation Dose of the Staff of Yunnan Radiation Waste Storage Site in the Year of 2014 and 2015

YANG Jian-wen^{1,2}, LI Yuan-yuan¹, HUANG Bing², LI Cheng³

(1. Yunnan Supervision Station of Radiation Environment, Kunming Yunnan 650034, China)

Abstract: The general status of personnel radiation dose of the staff working in Yunnan radiation waste storage site in 2014 and 2015 was measured by thermoluminescent dosimeter. The results showed that the valid range of radiation dose was between 0.647 ~ 1.624 mSv, which is lower than the constrain value of 5 mSv for the personnel exposed dose in professional environment in "Basic standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources" (GB 18871-2002).

Key words: staff working in radiation waste storage site; personnel dose; monitor

