

## 目次

### · 环境管理 ·

- 实施环境总体规划,推进环境管理转型 ..... 张星梓,任静,陈异晖 (1)  
浅议磷复肥企业生产现场管理的思路和方法 ..... 赵清萍 (5)  
开远市发展循环经济的探讨 ..... 李艳 (9)  
“十三五”时期宁波市加快推进生态文明建设的路径探索 ..... 李红,宋静俏 (12)

### · 水环境保护 ·

- 湖泊沉积物中氮磷源—汇现象影响因素研究进展 ..... 杨赵 (16)  
滇池蓝藻暴发治理思路与措施 ..... 陈旭请,胡明明,朱喜,黄晓莹,孙雯,马建华 (20)  
完善昆明城市污水资源化,保障水资源可持续利用的对策建议  
..... 董海京,刘嫔,董云仙,周庆,曾广权 (24)  
有效实施饮用水水源地综合治理项目 切实保证人民群众饮水安全 ..... 周宇晖 (28)

### · 大气环境保护 ·

- 沈阳市低空大气臭氧污染防治办法 ..... 黄灿 (30)  
禄丰县城区环境空气质量现状及改善对策 ..... 袁应华 (34)

### · 污染防治 ·

- 药物和个人护理品的水环境光化学转化动力学研究 ..... 黄建,田森林,李英杰 (37)  
关于城镇居民生活污水污染负荷核算的探讨——以大理市为例 ..... 孟良,杨建宇 (41)  
关于畜禽粪便污染负荷核算的复杂性探讨——以海东镇为例 ..... 孟良,杨建宇,卫志宏 (44)  
昆明市垃圾分类存在问题及对策分析 ..... 马琼梅 (47)  
云南省“十二五”期间主要污染物排放变化情况分析 ..... 韩静 (50)  
勐海县古树茶生产清洁生产评价 ..... 汪琼,肖凤莲 (52)  
清洁生产审核和制糖业绩同业对标统计 ..... 王瑞波,张逸庭 (54)

### · 污染防治技术 ·

- 油基钻屑热解处理技术 ..... 何敏,张思兰,王丹,王朝强 (57)  
地下水砷污染及其治理技术 ..... 李远,徐洪斌,刘卓 (61)  
医院中水的回用 ..... 朱志 (64)

### · 环境评价与监理 ·

- 德宏州水电站建设对生态环境的影响 ..... 方飞,张杰 (66)  
大理州生态类建设项目环境影响评价审核要点——以茈碧湖湿地恢复建设工程项目为例 ..... 沈溪 (69)  
浅析建设项目环保监管的难点及流程优化 ..... 代佼,李莉,徐琰,杨玖 (72)  
生态类项目环境监理要点及管理建议——以高速公路为例 ..... 邵捷,陈晨 (76)  
“十二五”期间昆明市功能区环境噪声变化趋势分析 ..... 张莹,周圆 (79)

### · 环境监测管理 ·

- 环境监测报告编制中出现的问题及改进方法 ..... 王应珍,刘亚梅 (82)  
基层环境监测站加强质量管理探讨——以砚山县环境监测站为例 ..... 李素梅 (85)  
计量认证体系下的环境分析实验室日常维护管理 ..... 杨剑坤,刘晓海 (89)  
环境空气检测设备简介及使用 ..... 邵涵 (92)  
电导检测器离子色谱的期间核查方法和实例 ..... 张莹,周圆 (94)

### · 环境监测技术 ·

- 重铬酸钾法测定水中 COD 的不确定度评定(线性拟合法) ..... 罗思苑 (97)  
吹扫捕集—气相色谱法测定水中氯丁二烯 ..... 曾艳芹 (101)  
地表水中邻苯二甲酸二丁酯的分析 ..... 袁高群,雷坚志 (104)  
水中6种元素的 ICP 检出限 ..... 张锦鹏,赵斌 (107)  
轧钢工业蓄热式加热炉烟气测试过程应注意的若干问题 ..... 刘军,闫琨,王剑敏 (109)  
不同电压等级变电站作业环境工频电场检测 ..... 曾茂华,毕飞,袁宇,汪丹丹 (112)

封面图片:丽江束河 ..... 张有林 摄

# ENVIRONMENTAL SCIENCE SURVEY

( Bimonthly ) Vol. 36 Special Issue ( 1 ) 2017

## CONTENTS

- Implement Environmental Master Plan and Improve the Transfer of Environmental Management ..... ZHANG Xingzi etc. ( 1 )
- Discussion on the Thinking and Method about On - site Management of Phosphate Compound Fertilizer Enterprises  
..... ZHAO Qingping ( 5 )
- Study on Development of Circular Economy in Kaiyuan City ..... LI Yan ( 9 )
- Discussion on Ecological Civilization Construction in Ningbo City during the Thirteenth Five - year Plan Period  
..... LI Hong etc. 12 )
- Advances in Factors Influencing Release of Nitrogen and Phosphorus in Sediments ..... YANG Zhao ( 16 )
- Ideas and Countermeasures against Blue Algae Bloom in Dianchi Lake ..... CHEN Xuqing etc. ( 20 )
- Suggestions on Reusing Wastewater to Ensure Water Resource Sustainability ..... DONG Haijing etc. ( 24 )
- Implement the Comprehensive Treatment Projects in Drinking Water Sources to Ensure Water Security for the People  
..... ZHOU Yuhui ( 28 )
- Countermeasures against Ozone Pollution in Lower Atmosphere Layer in Shenyang ..... HUANG Can ( 30 )
- Countermeasures and Present Status of Environmental Air Quality in the Urban Area of Lufeng ..... YUAN Yinghua ( 34 )
- Photochemical Transformation Kinetics of Pharmaceuticals and Personal Care Products in Aquatic Environment  
..... HUANG Jian etc. ( 37 )
- Discussion of Calculating Pollution Load of Sewage Water in Dali ..... MENG Liang etc. ( 41 )
- Discussion on the Complexity of Calculating the Pollution Load of Poultry Manure in Haidong Town ..... MENG Liang etc. ( 44 )
- Analysis of Problems and Countermeasures of Garbage Classification in Kunming ..... MA Qiongmei ( 47 )
- The Analysis of Main Pollutants Emissions in Yunnan Province during the Twelfth Five - Year Plan Period ..... HAN Jing ( 50 )
- Evaluation of Cleaner Production in the Production of the old Tree Tea in Menghai County ..... Wang Qiong etc. ( 52 )
- Statistics of Performance Benchmarking of Sugar Plant and Cleaner Production ..... WNAG Ruibo etc. ( 54 )
- Pyrolysis Technology of Oil - based Drill Cuttings ..... HE Min etc. ( 57 )
- Technology of Arsenic Removal from Groundwater Treatment ..... LI Yuan etc. ( 61 )
- Recycling of Reclaimed Water of Hospital ..... ZHU Zhi ( 64 )
- Impact of Hydropower Construction on Ecological Environment in Dehong ..... FANG fei etc. ( 66 )
- The Key Points of Environmental Impact Audit of Ecological Construction Projects in Dali - A Case Study of Wetland  
Restoration Construction Project in Cibi Lake ..... SHEN Xi ( 69 )
- Analysis of the Difficulties and Process Optimization in the Environment Supervision of Construction Projects ... DAI Jiao etc. ( 72 )
- The Key Points and Management Suggestions on Environmental Supervision to Ecological Projects by a Case of Highway  
Construction Project ..... SHAO Jie etc. ( 76 )
- Analysis of the Change Trend of Environmental Noise in Kunming Urban Area during the Twelfth Five - Year Plan Period  
..... ZHANG Ying etc. ( 79 )
- Problems and Improvements of Writing Environmental Monitoring Report ..... WANG Yingzhen etc. ( 82 )
- Discussion on Strengthening Quality Management of Local Environmental Monitoring Station by a Case of Yanshan Environmental  
Monitoring Station ..... LI Sumei ( 85 )
- Daily Maintenance and Management of Environmental Labs under Measuring Approval System ..... YANG Jiankun etc. ( 89 )
- Introduction and Operation of Environmental Air Detecting Instrument ..... SHAO Han ( 92 )
- Intermediate Check and Case study of Ion Chromatography with Suppressed Conductance Detector ..... ZHANG Ying etc. ( 94 )
- Uncertainty Assessment of Chemical Oxygen Demand in Surface Water by Potassium Dichromate Method ( Top - down  
Linear Fitting Method ) ..... LUO Siyuan ( 97 )
- Determination of Chloroprene in Water by Purging Capture - Gas Chromatography ..... ZENG Yanqin ( 101 )
- Analysis of Dibutyl - O - phthalate in Surface Water ..... YUAN Gaoqun etc. ( 104 )
- The ICP Method Detection Limit of Six Elements in Water ..... ZHANG Jinpeng etc. ( 107 )
- Key Points Focused in the Process of Detecting the Flue Gas of the Heat Storage Heating Furnace in Rolling Industry  
..... LIU Jun etc. ( 109 )
- Detection of Power Frequency Electric Field under Different Voltage Level of Transformer Substation ... ZENG Maohua etc. ( 112 )

# 实施环境总体规划，推进环境管理转型

张星梓<sup>1</sup>，任 静<sup>1,2</sup>，陈异晖<sup>1</sup>

(1. 云南省环境科学研究院，云南 昆明 650034；2. 云南师范大学旅游与地理科学学院，高原湖泊生态与全球变化重点实验室，高原地理过程与环境云南省重点实验室，云南 昆明 650500)

**摘 要：**从环境总体规划与环境管理转型的关系入手，从环境总体规划编制体系出发，结合现有工作基础，综合分析环境总体规划在实践中的意义、环境总规核心内容，总结相关经验，指出环境总规在实践中存在的主要问题及难点，针对性地提出云南省环境总体规划工作建议。

**关键词：**环境总体规划；环境管理；空间管控；问题及难点；建议；云南

**中图分类号：**X32 **文献标志码：**A **文章编号：**1673-9655 (2017) 增上-0001-04

“十二五”以来，我国社会经济发展进入转型期，社会各界对于整合行政资源、实行环境保护综合管理、提高管理效率的呼吁越来越强烈，环境管理转型成为深化体制改革的核心之一<sup>[1]</sup>。环境管理以环境质量为核心，向源头控制、精细化管理转型。环境总体规划（简称“环境总规”）是国家环保部“十二五”以来推行的一项重要制度<sup>[2-3]</sup>，是推进环境管理转型和制度改革的重要抓手。环境总体规划核心思路是环境优先、系统管理<sup>[4]</sup>，改变传统环境规划的“软、窄、短、弱”。环境总体规划是适应环境保护新要求和新任务的有益探索，通过把环境总规纳入城市经济社会发展战略规划体系，使之成为重大项目审批的依据，变被动治理为主动管理。通过明确区域环境质量目标、容量时空分布，为区域环境精细化管理打下基础。

## 1 实施环境总规的现实意义

(1) 实施环境总规，为探索环境保护新道路、推进环境管理转型提供有力支撑

党和国家在“十三五”工作部署及生态文明建设过程中，把保护环境作为落实科学发展观的主要内容、转变经济增长方式的重要抓手，谋求在宏观上实现经济社会与环境保护协调发展。新形势对环境保护工作参与区域规划、重大项目落地决策提出了新的要求，环境规划前置、提高约束和实施效力是规划工作改革的重点，环境优先、系统规划、空间管控是新视角，完善环境规划制度和体系是新任务，环境总规是适应新要求和新任务的有益探索。环境总规是区域环境规划的总纲，具有基础性、约束性和前置性，通过把环境总规纳入城市经

济社会发展战略规划体系，成为重大项目审批的依据，能变被动治理为主动管理。通过明确区域环境质量目标、容量时空分布，为精细化管理打下基础。

(2) 实施环境总规，是破解资源环境瓶颈约束、促进城市健康发展的现实需要

近 10a 来，我国城镇化加速，城镇人口陡增，城市经济快速增长的同时，也付出了很高的代价。资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化和气候变化问题突出，对城市发展的制约日益增大。通过环境总规，把环境保护在功能、格局、质量、阈值等方面对区域发展的要求落实于城市具体空间单元，将环境保护工作融入城乡经济社会发展战略全局中统筹谋划，能规避城镇化及产业化发展中的环境问题和风险。

(3) 实施环境总规，是“多规合一”与“空间规划”重要基础保障

推进“多规合一”工作和构建空间规划体系是生态文明建设体制改革的重要内容。环境总规通过统筹区域经济社会发展目标，合理开发利用土地资源，优化城乡经济社会发展空间布局，确定生态红线、排污上限、资源底线、质量基线，构建环境-发展-建设-国土“四划一体、相互融合”的城乡规划体系，明确生态环境管控，是多规合一的基础和空间规划的重要组成部分，也是主体功能区战略在区域层面的具体落实。

## 2 环境总规编制的核心内容

环境总规是地方人民政府以当地自然环境、资源条件为基础，以保障辖区环境安全、维护生态系统健康为根本，通过统筹城乡经济社会发展目标，

合理开发利用土地资源,优化城市经济社会发展空间布局,确保实现区域可持续发展所作出的战略部署<sup>[5]</sup>。环境总规运用科学方法,定位、定量和定线相结合,把环境保护在功能、格局、质量、阈值等方面对区域发展的要求落实于具体空间单元,以环境信息管理平台为载体,落实区域生态红线、排污上限、资源底线、质量基线,是环境管理的一种新模式。

#### (1) 准确把握城市环境定位

环境总规是对城乡区域中长期环境管理的综合安排,是区域最基础、最根本的环境规划,需要更加科学地对环境战略进行定位,体现城市内涵和精神。因此,要把城市看做自然和人工相互作用的系统,突出长周期和大尺度要求,分析城镇化、工业化各个阶段在空间、总量和结构方面与城市环境系统的协调性,客观分析城市、环境演变规律,找准环境功能定位。

#### (2) 构建系统化、精细化空间管控体系,处理好与区域经济社会发展规划、城市总规、土地总规的关系

构建城市格局红线体系,明确生态安全空间控制性要求,由要素领域型规划变空间型规划。“生态红线”根本出发点是城市环境系统本身在空间结构、过程和功能方面的特性,最重要的是明确非发展地域的界限,直接目的是确保城市可持续发展基底格局不受破坏。具体空间管控体系包括生态保护红线、大气环境保护格局及水环境保护格局、环境风险防控格局。要明确环境总规是前置性的规划,空间管控上要促进规划之间的自然渗透和融合,不能硬嫁接,实施联动,取长补短,实现空间“多规融合”。

#### (3) 以资源环境承载力核算调控产业发展

基于城市资源承载力、环境容量和规划期内社会经济发展特征,提出资源消耗和污染物排放总量控制意见,调控城市人口、经济发展规模。通过分析城市资源环境约束条件,提出分阶段资源利用强度和效率、主要污染物排放量限值、强度的指导意见,提出城市发展与经济发展规模、速度的调控策略。

#### (4) 明确环境功能分区目标与管控策略

参照全国环境功能区划标准,根据环境功能的空间分异特征,结合自然环境空间规律,划定不同类型的环境功能区和环境功能亚区,形成功能区和功能亚区组成的环境功能区划体系。以综合环境功

能区划为基础,划定水、气、土单要素环境质量目标要求,制定维护和提升分区环境质量目标的管控措施。

#### (5) 专项做好重点区域、重点行业环境保护规划

以重点区域、重点行业为研究对象,分析城市重点环境风险单位与高环境风险行业分布,识别城市需要优先保护或重点治理的区域和行业,划定环境风险红线,明确需要重点保护的敏感目标,通过环境风险控制管理,提高重点区域、重点行业环境保护水平,减少环境风险事故对人群健康及环境造成的危害。

#### (6) 构建环境基本公共服务体系

构建城市层面环境基本公共服务体系,保障人民环境权,实现环境基本公共服务均等化。一是将人居环境健康、环境设施、信息和管理服务统一纳入环境基本公共服务体系,明确城市环境基本公共服务范畴和模式。二是拟定分阶段推进环境公共服务的路线图,提出城市提升重点领域,依据人民基本环境权益需求对既有规划目标任务进行反向校核。

#### (7) 建设环境总规信息管理平台

遵循环境总规“一张图和一张表”核心理念,基于建设项目预审机制、合规评估机制、决策优化机制等管理和实施办法,建成环境总体规划信息管理平台,实现全市环境总体规划成果的统一管理、数据共享和决策应用,创新环境管理体制和机制,利用环境规划信息管理平台为总量控制、生态保护红线管理、排污许可、环评审查等环境管理提供基础支撑,有力促进环境管理向质量导向、源头控制和精细化管理转型。

### 3 国家及云南省环境总规试点工作进展

#### (1) 国家级试点工作

2012年9月,环境保护部印发了《环办函〔2012〕1088号关于开展城市环境总体规划编制试点工作的通知》,率先在全国28个试点城市正式启动环境总规编制试点工作,目前大部分试点城市规划编制都进入收尾阶段。其中:正式文本经政府研究通过并经人大常委会审议同意的有厦门(2015年6月3日《厦府〔2015〕148号》)、宜昌(2015年1月8日);通过专家组审查的有广州市、威海市、贵阳市、福州市、北海市、乌鲁木齐市、成都市等。

#### (2) 省级试点工作

为落实国家对环境总体规划编制工作的部署,

2013年10月，云南省环境保护厅启动城乡环境总体规划编制和管理的试点，批准瑞丽市、腾冲县为云南省首批试点城市。《国家重点开发开放试验区瑞丽市城乡环境总体规划（2015—2030）》已于2016年3月经瑞丽市人大常委会正式批准实施；腾冲县城乡环境总体规划进入收尾阶段。当前，正在进一步探索制定环境总体规划管理和实施办法，基于“一张图”和“一张表”的环境总规成果数据，构建环境管理主要业务平台，促进环境管理转型。

#### 4 环境总规实践中存在的主要问题及难点

##### (1) 对城市环境总体规划缺乏认识

城市环境总体规划是环境规划从经济约束型向环境约束型转变的产物，是环境保护部门参与综合决策的又一重大举措。自2012年开始在全国推广，2013年云南省开启瑞丽试点工作，目前环境总规仍处于试点及探索阶段，试点成果还未充分总结，成效还未完全凸显。环境总规的实施主体地方政府甚至环保部门，对规划仍然缺乏科学的认识和应有的重视，致使环境总规推进力度不足。

##### (2) 国家、省级政策引导不足

环境总规体系建设仍然处于初步阶段，规划编制和实施缺乏法律依据和制度保障，还不具有与城市总体规划、土地利用总体规划相应的法定地位。除仅有的《国家环境保护“十二五”规划》及环境保护部印发《环办函〔2012〕1088号关于开展城市环境总体规划编制试点工作的通知》对环境总体规划提出了直接的要求以外，近几年国家尚未出台直接关于环境总规编制及实施的政策文件、法律法规。云南省的环境总规工作也尚未出台对全省的指导性意见文件。缺乏政策引导，使环境总规工作推进面临不确定性和动力不足。

##### (3) 缺乏健全的审批实施机制

环境总规作为一项新的工作任务，工作机制体制尚待健全。环境总规的组织、审批程序没有规范性文件依据和指导。实施机制没有建立，瑞丽试点的实施办法正在研究。目前，云南省开展环境总规编制的10多个“四规合一”试点县陆续完成编制，不加快出台审批办法和开展实施机制研究，将进一步迟滞环境总规推进。

##### (4) 规划技术方法体系还不尽完善

环境总规的实践期还较短，规划体系研究还较欠缺，以总规为上位规划，不同尺度、不同层级的规划体系尚未建立。完善的环境总规编制技术指南

和相关规范还未出台。规划编制需要环境模拟、预测评价、优化决策等多种模型的应用，相关模型建立、参数选择及反向校验流程还不完善。在规划指标体系科学性、资源环境承载力与环境准入、生态阈值与空间协调发展、空间落地规则等关键领域还亟待加强研究和科技攻关。

##### (5) 规划能力建设相对薄弱

环境总规涉及到较强的专业性和技术性，环境模拟、基础评估等都涉及到大量的计算，是以往的环境保护规划不能比拟的，而规划编制的工作基础却相对薄弱。一方面地方各类环境空间信息及信息管理设备处于一片空白，缺乏规划必要的基础信息；另一方面，规划能力建设有待进一步加强。虽然云南省已初步形成了一支环境总规技术力量，但与环境总规编制相匹配的软硬件能力、人才储备、技术团队相关专业配置还有缺口，经验和专业性还有待进一步提升。

#### 5 推进云南省环境总规工作的建议

##### (1) 深化试点工作

积极推进环境总体规划试点工作。总结和推广瑞丽市城乡环境总体规划试点的成功经验，对其他地区起到示范作用，从而加快云南省环境总规的推进。进一步推动云南省23个“四规合一”试点县（市、区）开展环境总规工作，作为“四规合一”的必要基础，逐步进行完成地区的试点验收和总结。开展以州市行政区为对象的环境总规试点工作。推动云南省重点区域、典型区域的环境总规工作，为区域环境管理提供有力支撑。鼓励有条件但不是试点县（市、区）的地方自主开展环境总规编制工作。启动瑞丽全省环境总体规划管理平台建设试点工作。对工作推动有成效的地区给予宣传表彰和经费补助。

##### (2) 加强政策引导与机制完善

建议尽快出台云南省环境总规试点工作指导意见。规范规划编制组织及审批工作程序，制定云南省环境总规技术审查和审批办法，建立省级技术审查专家库。研究出台云南省环境总规编制技术指南和相关规范。试点研究并制定环境总规实施机制及与“多规合一”的衔接机制。

##### (3) 加强规划技术支撑能力建设

积极开展规划体系、规划指标体系、资源环境承载力与环境准入、生态阈值与空间协调发展等方面的专项研究。加大国内外环境模拟、预测评价、决策优化等模型的引进、消化和吸收，完善建模、

参数选择、校验等技术流程。提升相关的软硬件能力建设。以云南省环境科学研究院为重点,加强环境总规技术人才队伍培养和建设,省厅给予规划技术支撑能力建设经费支持。

#### (4) 加强宣传培训与合作交流

加强“四规合一”以及环境总规的宣传,提高对规划重要性的认识。加大培训力度,从技术和管理两个层面,增加相关专题、专项培训,强化规划管理的培训;把培训对象扩大到政府主要领导层面,提升规划的组织者和实施者对这一工作的理解和认识。进一步通过召开各种层级审查会、技术交流会、现场调研会等形式,以会代训,加强对试点县市的指导。加强与云南省规划委员会的衔接和合

作,推广宣传环境总规。强化与省外试点地区、研究机构的交流合作。

#### 参考文献:

- [1] 中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定(2013年11月12日中国共产党第十八届中央委员会第三次全体会议通过)[J]. 求是, 2013(22).
- [2] 环境保护部发布. 国家环境保护“十二五”规划[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012.
- [3] 刘瑜, 廖文辉, 石广明. 长沙市开展城市环境保护总体规划试点工作的思考[J]. 环境与可持续发展, 2014, 39(6): 203-206.
- [4] 洪亚雄. 以环境总体规划参与“多规合一”[N]. 中国环境报, 2016-6-20(3).
- [5] 环境保护部环境规划院. 城市环境总体规划理论方法探索与实践[M]. 北京: 中国环境出版社, 2014.

## Implement Environmental Master Plan and Improve the Transfer of Environmental Management

ZHANG Xing - zi<sup>1</sup>, REN Jing<sup>1,2</sup>, CHEN Yi - hui<sup>1</sup>

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

**Abstract:** The significance of practicing environmental master plan and its key content were comprehensively analyzed on the basis of the transfer between environmental management and environmental master plan. The related experiences of implementing environmental master plan were summarized according to the scope of plan system combining with the practices. The major issues and difficulties of conducting the plan were pointed out as well as the suggestions on improving environmental master plan in Yunnan.

**Key words:** environmental master plan; environmental management; spatial control; issues and difficulties; suggestion; Yunnan

# 浅议磷复肥企业生产现场管理的思路和方法

赵清萍

(云南天安化工有限公司, 云南 安宁 650300)

**摘要:** 生产现场管理是每个生产型企业生产经营过程中的重要管理过程, 磷复肥生产企业也不例外, 由于它涉及危险化学品生产的行业特点, 生产现场管理尤显重要。本文就磷复肥企业生产现场管理思路进行浅析, 提出磷复肥企业生产现场管理系统化、标准化、规范化的方法, 并总结了公司现场管理的实施过程和取得的绩效。

**关键词:** 磷复肥企业; 生产现场管理; 思路; 方法; 绩效

**中图分类号:** X32 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0005-04

磷复肥企业既有粉尘多、噪音大的装置, 也有高温、高压连续性生产的装置, 还有危化品、重大危险源等风险大的装置, 当然, 同样也有环境相对好、现场相对较好管理的金工装置。这些造成了磷复肥企业生产现场管理的相对复杂性。

生产现场, 就是企业为顾客设计、生产、销售产品和服务以及与顾客交流的场所。现场为企业创造附加值, 是企业活动最活跃的地方, 也是为企业增值的地方。磷复肥企业从原料进入到产品销售直至到终端用户, 输入—生产过程—输出—销售物流—用户, 整个过程都是现场。有现场就有现场管理。本文所探讨的重点是现场管理的中心环节—生产现场, 但其中现场管理的原则对其他部门的现场管理也应当适用。

生产现场管理是用科学的标准和方法对生产现场各生产要素, 包括人(所有从业人员)、机(装置、设备、工具、厂房、工位器具)、料(原材料、中间产品、化工辅料、最终产品)、法(操作规程、相关标准、检测方法)、环(环境)、信(信息)等进行合理有效的计划、组织、协调、控制和检测, 使其处于良好的结合状态, 以达到优质、高效、低耗、均衡、精细、安全、文明生产的目的。

以下将结合磷复肥企业生产现场的实际, 浅议磷复肥企业生产现场管理思路和方法。

## 1 生产现场管理的三角度

### 1.1 生产现场管理的战略角度

把生产现场管理提升到战略层面, 肯定会有不同意见, 因为在较多人思维中, 一个企业的生产现

场是难于与战略联系起来。战略往往是高大上的东西, 而生产现场最多是管理层面的事。

其实不然, 生产现场管理不是我们简单理解的可见的现场, 而是与工艺、设备、质量、计量、工具、文明生产密切联系的, 生产现场管理贯穿整个生产过程。所以, 一个企业生产现场管理战略规划其实是企业战略的一个重要部分, 是对企业整体战略的有力支撑。

生产现场管理战略策划, 按 PDCA 的原则, 结合不同装置特点, 从工艺、设备、质量、计量、工具、文明生产各方面制定、规划。形成系统化文件, 之后按计划开展生产现场管理工作, 一步一步达到目标。

### 1.2 生产现场管理角度

管理角度是生产现场管理的具体保障, 包涵生产现场管理中各种管理制度、流程和技术标准。这一角度, 需要大量的文件支撑, 就是制定标准化、规范化的制度、规定、实施细则及流程, 来保证工艺、设备、质量、计量、工具、文明生产在可控的范围内有效运行, 达到生产现场管理的目标。

如工艺管理, 制定符合生产实际、可操作性的工艺操作规程; 安全管理, 以安全标准化为基准开展工作。这一切标准化、规范化, 保证了生产现场管理标准、规范, 达成生产现场管理的目标。

### 1.3 运行、技术角度

当企业制定了相对完善的生产现场战略、生产现场管理制度、流程和技术标准后, 运行和技术角度就是保证他们实现的关键。运行不仅仅是操作层面的事, 企业应当明确负责生产现场管理的高层领导, 设置生产现场的归口管理部门(如生产运营

部或企业管理部)、主责部门及责任部门。

主管的高层领导要对生产现场管理充分了解和把握,要把生产现场管理合理有效贯穿到工艺、设备、质量、计量、工具、文明生产中。同时,要有坚决实施生产现场战略的决心和意志,组织和指导企业各部门生产现场管理战略的实施,保障必要的资金投入。并在过程中,根据发展的变化及时调整,持续改进。

企业的生产现场管理不是抽象化的概念,运行的好坏,需要技术的保障。生产现场管理包涵有工艺、设备、质量、计量、工具、文明生产各方面的技术。企业对于这些技术的发展,应及时把握,尽可能跟上先进企业的步伐。

## 2 生产现场管理推进重点

### 2.1 领导的推进力

在生产现场管理中,领导的推进力的力度大小,是生产现场管理成败的关键。在企业中,员工往往不太会听领导说什么,而是看你做什么。领导推进生产现场管理,首先只有领导坚定相信生产现场管理有益于企业的发展,员工也才会相信,如果连领导说的自己都不相信,自己制定的标准都不执行,生产现场管理结果可想而知。

增强领导的推进力,必须建立领导的自我管理机制,领导的自我管理有三个方面:

(1) 时常反思自身行为是否与生产现场管理战略保持一致。领导的行为对推进生产现场管理有非常重要的作用,所以当领导的行为与生产现场管理有偏离时,必须及时纠偏,回到正确的生产现场管理战略方向。对自身行为纠偏的过程往往是痛苦的,但这样的痛苦是值得的。比如联想发展初期的开会迟到者必须在门口站立几分钟才能进场,几个高管都有这样站立经历。迟到站立是较为伤面子的,但这样伤面子也保证了联想领导层思想的统一。

(2) 领导要亲自参与生产现场管理具体实施,让员工看到、感受到领导对生产现场管理的重视不是停留在书面上、嘴上和宣传报道上。领导应参加生产现场管理,亲自主持一个生产现场案例分析,亲自做一个生产现场管理的培训,分享一个自己的生产现场管理经验等。

(3) 当然,领导没有分身术,领导要充分利用资源,通过归口部门、主责部门、内部网络、视频、企业微信等让员工感受企业对生产现场管理的重视。

总之,领导的推进力总结起来就是领导的“言传身教”、就是领导的“知行合一”。

### 2.2 因地制宜地推进生产现场管理

磷复肥企业的生产现场管理要有全局性、普遍性,当然也要根据不同的装置的生产特性和管理难易,有区别、有针对性地、合理地、结合实际地管理。例如,不能以金工装置的现场标准来要求复肥生产现场,同样,磷酸装置与硫酸装置进行简单类比,简单管理。

同样,一个化工企业可以学习华为和联想企业生产现场管理中好的理念和方法,但如果无条件全盘导入,无疑作茧自缚,效果适得其反。

### 2.3 培训在推进生产现场管理中的重要意义

领导重视仅仅是管理中领导作用的一方面,要完全做好生产现场管理,全员参与是必须的。如何让生产现场管理成为员工自觉行为,除领导推进、以身作则外,必须抓好学习培训。因为生产现场管理涵盖生产过程的各个方面,不仅仅是较多人的意识,6S、现场检查,甚至卫生检查而已。生产现场管理需要从意识、技术层面不断提高,才能做好。

学习培训生产现场管理的重要环节,通过培训让员工正确地理解生产现场管理的重要性、确切含义及生产现场管理方法内容,了解生产现场管理与公司战略目标的关系,掌握生产现场管理技能,熟悉生产现场管理中的各种标准。逐步引导员工采取符合生产现场管理的行为,自觉管理和规范自身行为。

生产现场管理的学习培训不是独立的,要同企业完整的培训体系与培训制度有效结合。

培训中要注意:

(1) 因材施教,针对不同层级的管理者或员工,设计不同的培训目标与计划。高层专重战略、管理和方法;中层管理者重点是生产现场管理推进方法、管理技能;基层员工培训的重点是生产现场管理理念的理解、工艺、设备、质量、计量、工具、文明生产规范、标准制度等内容。

(2) 掌握员工学习程度,设计适合的课程,逐步提高培训水平和内容。

(3) 培训方式形式多样,应有授课、游戏、活动、交流及经验分享等,不断提升培训质量。

### 2.4 持续改进的生产现场管理

生产现场管理是一个不断“内化于心,外化于行”的践行过程,生产现场管理需要系统化、标准化和规范化。同时,持续改进是任何管理活动

不断完善的核心过程，能定期评估生产现场管理有效性和适宜性，改进不标准、不规范、甚至非正式的习惯、传统、作风及潜规则等，将不标准、不规范、甚至非正式标准、制度及时纠偏。

### 2.5 生产现场管理推进效果的参与和体验

在生产现场管理不断推进过程中，需要让员工看到和感受到生产现场管理推进给企业和自身带来的效果和效益。让员工看到和感受到最好的方法就是参与体验。通过组织员工进行各装置相互参观、改进项目参与、合理化建议、生产现场管理论文、现场管理星级员工等活动，可提升员工参与热情，通过参与和体验，能不断提高员工对生产现场管理推进的认可度，并且对这些活动给予支持。

除企业内部的感受外，还可组织员工代表到先进企业参观交流，到企业产品投放的区域走访经销商和最终客户。通过体验和感受，学习先进生产现场管理经验，获取各方意见，持续改进，更坚定生产现场管理推进的信心，更规范自身行为。

### 2.6 长期不懈地坚持推进，建立长效推进机制

生产现场管理不是想起来就做，没想起来就不做，有一搭没一搭的过程，更不是一蹴而就，疾风暴雨的过程。而是贯穿于整个企业生产过程的始终。生产现场管理应持久而透彻。

企业要设置现场管理的归口部门、主责部门，由这些部门按企业战略部署，实施现场管理的落地要求，持续推进现场管理。持续推进过程中，应重视几个问题：

(1) 建立激励奖惩制度，正激励为主，负激励为辅。

(2) 在推进过程中，一定要遵循 PDCA 管理循环，持续改进和提升。

(3) 重视方法，灵活运用，使方法多样并有针对性。如大部分地方可目视管理，形成标准化、规范化。包装现场、机械加工现场，可重点采用看板管理、定置管理。难于形成标准化作业的现场，以 6S 活动为重点，并以素养为核心开展活动。设备现场以 TPM 为重点，做好全员全过程生产设备保全。仓储物流以 JIT 管理为重点，以销定产，树立零库存理念。现场的异常处理，落实“三即三现”，即即时赶往现场、即时了解现场及即刻处理现况。在解决问题时用 5W2H 的方法分析解决，即什么事情（What）、什么地方（Where）、什么时间（When）、什么人（Who）、什么原因

（Why）、怎样做（How）、成本和代价是什么（How much）。

### 3 具体实施过程和取得的绩效

(1) 成立以总经理为组长的现场管理项目组，并下设实施推进办公室，明确各部门职责。将总体目标写入 5 年规划中，制定分部战略，设置年度工作目标，协调资金、人员、设备等资源开展工作。

(2) 公司是磷复肥生产企业，项目组从人（所有从业人员）、机（装置、设备、工具、厂房、工位器具）、料（原材料、中间产品、化工辅料、最终产品）、法（操作规程、相关标准、检测方法）、环（环境）、信（信息）等 17 类别进行识别。进行系统、规范化、标准化现场管理工作。

(3) 实施推进办公室定时、定员对现场管理进行监督检查，并协调出现的问题。

(4) 经过公司持续推进现场管理，取得良好的效果，为公司带来经济效益和社会效益：

①公司现场管理战略清晰，明确了各部门工作职责和具体实施计划。

②制定了《公司提升现场管理水平行动方案及规划》、《公司现场管理策划方案》、《现场管理实施考核办法》、各类别《现场管理实施标准》和规范对物资配送、临时停车、工具箱、办公室（操作室）管理、门卫管理等系列管理要求，使现场管理系统化、规范化、标准化。

③预算投入近 2000 万元提升现场管理水平。

④现场管理定期组织专项检查，有效地监督了现场整改工作的落实，形成长效机制。

⑤绿化美化了现场环境，对现场的各类标识进行规范化设置。

⑥为员工创造了安全、整洁、高效的生产工作及办公条件，体现公司的人性化管理。

⑦加强水资源平衡利用，2010 年 6 月 30 日实现污水零排放，既有经济效益，更有社会效益。

⑧生产的安、稳、长、满、优得到充分保障，硫酸、合成氨装置运行多次打破长周期运行记录，节约装置检修资金 2 亿余元。

⑨节能减排工作成绩显著，淘汰落后或高能耗产能（硫铁矿制硫酸装置、化肥厂落后的热风锅炉），“十一五”期间累计实现节能量 200325.63t 标准煤，完成与云南省人民政府签订的“十一五”节能量 44600t 标准煤的 4.49 倍。

### 4 结语

只要循序渐进、认认真真地推进生产现场管

理, 不搞价值与功能脱节的事情, 通过有效的手段和方法, 生产现场管理就一定能很好地在企业推进。同时, 现场管理扎实推进, 确实能给企业带来好的经济效益和社会效益。

当然, 生产现场管理是艰难甚至漫长的, 必须一步一步、实实在在地坚持推进和建设。生产现场

管理终会由量变到质变, 深深植入企业管理过程中, 成为企业增值的重要过程。

参考文献:

- [1] 陈国华. 现场管理 [M] 北京: 北京大学出版社, 2013.
- [2] 大野耐一. 大野耐一的现场管理 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.

## Discussion on the Thinking and Method about On – site Management of Phosphate Compound Fertilizer Enterprises

ZHAO Qing – ping

(Yunnan Tian'an Chemical Co. Ltd, Anning Kunming 650300, China)

**Abstract:** On – site management of production is an important management process in every manufacturing – type enterprise's daily management. There is no exception to phosphate and compound fertilizer production enterprises. On – site management is particularly important because it involves the production of hazardous chemicals. Many problems were found out in the on – site management process of production of phosphate and compound fertilizer. In this paper, the on – site management process in compound phosphate fertilizer enterprise was analyzed. A Standardized and normalized on – site management process in compound phosphate fertilizer enterprise was put forward. Its implementation process and the performance were briefly introduced.

**Key words:** compound phosphate fertilizer enterprises; on – site management of production; idea; method; performance

# 开远市发展循环经济的探讨

李 艳

(开远市环境科研监测所, 云南 开远 661699)

**摘 要:** 循环经济本质上是一种生态经济。循环经济的核心是以物质封闭循环流动为基本特征, 运用生态学规律把经济活动组成一个“资源—产品—再生资源”的反馈式流程和“低开采—高利用—低排放”的循环经济利用模式, 使得经济系统和谐地纳入自然生态经济系统的物质循环过程中, 从而实现经济活动生态化。介绍了开远市发展循环经济面临的问题和机遇, 并提出了措施。

**关键词:** 循环经济; 生态经济; 问题; 机遇; 措施

**中图分类号:** X22      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0009-03

所谓循环经济, 一般认为它是环境和经济密切结合的产物, 本质上是一种生态经济。循环经济的内在运行机理是按照自然生态系统内部物质循环规律和方式, 用绿色经济运行模式来指导人类的经济活动, 使整个生产、经济和消费过程不产生或少产生废物, 在物质不断循环的基础上发展经济, 从而使经济活动对自然环境的影响降低到最小程度。循环经济的核心是以物质封闭循环流动为基本特征, 运用生态学规律把经济活动组成一个“资源—产品—再生资源”的反馈式流程和“低开采—高利用—低排放”的循环经济利用模式, 使得经济系统和谐地纳入自然生态经济系统的物质循环过程中, 从而实现经济活动生态化。

## 1 循环经济发展现状

在污染防治, 达标排放、清洁生产, 废物利用之后, 20 世纪 80 年代初, 一个全新的环境保护理念——循环经济, 被环境理论学家们首次提出, 并立即受到世界各国的广泛关注。一些发达国家, 如德国、日本、美国、英国、法国等, 相继将循环经济作为本国可持续发展战略, 并在循环经济的探索 and 实践中取得显著成效。我国在这方面尽管起步较晚, 但循环经济作为环境与经济协调发展的一大趋势已在全国各级政府形成共识, 并被广大人民群众所接受。一些省市如辽宁、贵州、上海、广州等还率先开展了循环经济生态实验工作。自 2004 年以来, “循环经济”在开远市逐步深入人心, 进而影响人们的思维方式和行动。越来越多的企业决策者也越来越体会到“循环经济”的魅力, 积极探索发展循环经济之路。

经过多年的探索, 我国的循环经济建设取得了巨大的成就。如上海化工区, 借鉴其他世界级化工区的成功模式, 根据化工产业链的特点, 合理布局产品项目, 将不同企业联结起来, 一家企业在化学反应中产生的热量, 又为另一家企业提供能源, 从而大大提高了资源利用率, 减少了企业的投资。还有, 上海创立的“在线收废”新模式, 市民只要登录废品交投网络中心网站, 就可以将日常生活中的废旧物品轻易出手, 这些产品经过简单分类, 有的通过二手交易市场重新返回消费领域, 有的成为企业生产原料。又如江苏沙钢集团有限公司: 新建的 20 万 kW 煤气发电厂, 改造轧钢加热炉后, 使用收集煤气取代重油作为能源, 不仅一年节约 18 万 t 重油, 而且还少排放二氧化硫 1200 万 t。95% 废水重复利用: 生产过程中产生的废水不排放, 而经过水处理系统达标后再次应用到生产中, 一年可重复利用水约 2 亿多 t, 减排有机污染物 8500 多 t, 节约水费 2000 多万元, 同时也使得生产性废水接近了零排放。江苏华电扬州发电有限公司: 实施“副产品利用型简易脱硫系统实用化研究合作项目”。该项目采用石灰石—石膏湿法脱硫工艺, 脱硫效率 > 92%, 二氧化硫排放浓度在 80mg/L 以下。脱硫副产品——脱硫石膏可代替天然石膏, 仅此一项增加年收益 120 万元。江苏洋河酒厂股份有限公司: 水、糟、泥的再利用。水: 实施清污分流工程和可回收水循环利用工程。年节约用水量达 230t, 打井用电减少 177 万 kW·h, 节约电费达 110 万元。糟: 通过对酒糟进行二次发酵, 每年节约酿酒用粮达 2500 万 t, 再次发酵后的酒糟出

售给各农户做家畜饲料, 每年可创造经济效益600万元以上。泥: 以生物工程技术导入现代传统产业, 此项技术经2003年试验, 2004年推广, 年增经济效益620万元。

党的十六大以后, 我国明确提出了发展循环经济的指导思想, 要求以科学发展观为指导, 以优先利用资源方式为核心, 以提高资源生产率和减低废弃物排放为目标, 以技术创新和制度创新为动力, 加强制度建设, 完善政策措施, 形成政府大力推进、市场有效驱动、公众自觉参与的机制, 逐步建立适合我国国情的, 有利于循环经济发展的宏观调控体系和运行机制, 形成中国特色的循环经济发展模式, 加快建设资源节约型社会。

在发展循环经济的过程中, 要坚持以下主要原则: 坚持以经济社会可持续发展为根本目的, 实现人与人自然和谐统一; 坚持走新型工业化道路, 形成有利于节约资源, 保护环境的生产方式和消费模式; 坚持推进结构调整, 依靠科技进步和强化管理, 提高资源利用效率; 坚持发挥市场机制作用与政府宏观调控相结合、依法管理与政府激励相结合、政府推动与社会参与相结合, 努力形成促进循环经济发展的政策体系和社会氛围。

建立比较完善的循环经济法律法规体系、政策支持体系, 制定循环经济发展中长期战略目标和分阶段推进计划。力争重点行业资源利用效率有较大幅度提高, 形成一批具有较高资源生产率, 较低污染排放率的清洁生产企业; 重点领域建立和完善资源循环利用体系和机制; 形成若干符合循环经济发展模式的生态工业(农业)园区和资源节约型城市。全国资源生产率大幅度提高, 废弃物排放量显著削减, 为初步建立资源消耗低、环境污染少、经济效益好的国民经济体系和资源节约型社会奠定基础。

## 2 开远市发展循环经济面临的问题和机遇

### 2.1 开远市发展循环经济面临的问题

#### 2.1.1 产业格局不尽合理, 污染比较严重

由于历史原因, 在城市建设的初期缺乏总体规划和对环境保护的认识, 造成开远市城市布局不合理, 功能组织混乱, 形成投入高、产出低的粗放型经济模式, 同时造成严重的生态环境污染问题。开远市主要以发展工业为主, 受各种条件的限制, 能源、化工、建材、造纸工业的污染较大。多年来经过治理, 已基本实现达标排放, 但排放总量仍较

高, 污染治理还需进一步加强。

#### 2.1.2 经济总量偏低, 产业集群尚未形成

经济总量相对低, 产业集中度低, 规模经济效益差, 竞争力较弱, 没有形成大、中、小企业合理分工协作、规模适当的市场结构。

#### 2.1.3 产品科技含量不高, 附加值低

煤、电、磷肥、化肥传统产品多, 利润高的精细化工类产品少, 产品结构单一, 科技含量不高, 附加值低, 产业链短。

开远工业企业产品结构不合理, 产品技术含量低, 初级产品、粗加工产品和低档产品多, “名、特、优、新”产品少, 市场开拓能力较弱, 导致大部分产品销售困难。

#### 2.1.4 原材料上涨的压力

众所周知, 资源的大多数如石油、煤炭、矿产等是不可再生的。随着越来越多的资源被开发利用, 资源的短缺必然导致价格的升高。开远市工业经济对资源的依赖性特别大。开远的产业结构如化工、建材、电力等都是高耗能、高排放、高污染的行业, 因此, 原材料价格上涨对开远的工业经济影响更大。

#### 2.1.5 环保压力

随着工业总产值的增加, 尽管从20世纪80年代以后逐年加大工业污染治理, 开远市的环境压力还是越来越大。1987年废水排放总量为5474万余t, 废气为1257513万余标 $m^3$ , 固体废物排放为0.419万t。1990年上述三废情况分别为7446万余t, 1367201万余标 $m^3$ 和0.3015万t; 2000年为1997万余t, 2356943万余标 $m^3$ 和0.2万t。环保压力的一个重要方面是随着国家对环境污染治理力度的加大, 越来越严格的环保政策、环保法律法规、环保标准的出台实施, 加大了企业的环保成本支出。

#### 2.1.6 企业间竞争、生存的压力

企业面临的各方面的压力最终必然影响到企业的成本并最终影响到企业的竞争能力和生存问题。如果我们的经济发展模式和思路还是靠惯性的量的扩张, 管理、技术、工艺还是过去的粗放式的高资源消耗型的, 在越来越强的资源、环保压力面前, 就不知道有多少家企业要“关门”了。

### 2.2 开远市发展循环经济充满了机遇

#### 2.2.1 政府对发展循环经济的政策支持

由中国环境科学研究院编制的《开远市发展经济规划大纲》顺利通过专家评审后, 开远市发

展循环经济加快了步伐。市委、市政府成立了由市长任组长，市委副书记、分管副市长任副组长，相关部门和驻开企业主要领导为成员的“开远市创建循环经济示范区领导小组”后，环保局抽调精干力量成立了环保局循环经济办公室；解化、红磷、水泥、小龙潭电厂，小龙潭矿务局等企业也成立了循环经济领导小组和办公室。

### 2.2.2 可供利用的工业废品资源

开远是工业城市，有众多的工业废品可利用与发展循环经济。如解化集团的废品炉渣、粉煤灰、脱硫石膏，红磷公司的废品炉渣、磷石膏，都可用于省国资水泥红河有限公司生产水泥，而水泥厂的钾灰、SO<sub>2</sub>又可用于解化集团、红磷公司的氮磷肥生产等等。

### 2.2.3 资金支持

国家、省、州相关领导十分关心开远市循环经济的试点工作，给予了极大支持。国家环保总局科技司副司长和中国环境科学院副院长先后亲临开远市调研指导循环经济工作。省内给予500万元的资金支持，省政府给予30万元的资金支持和部分循环经济项目的贷款贴息支持。

### 2.2.4 开远市有发展循环经济的基础

通过科技进步、技术改造、发展清洁生产、探索资源的重复利用等方式发展循环经济，已经在开远市的一些企业里取得了明显成效。红磷公司通过对硫酸厂和磷酸厂的冷凝水等设备的清洁生产改造，有效地减少了成本支出。解化分公司投入了3亿元，先后完成了工艺废气硫化氢、硝酸尾气回收，二期煤制氨废水治理等治理工程，不仅减少了废气、废物排放，还以废治废、变废为宝，生产出硫磺、硝酸钙、轻油、酚、硫酸铵等副产品。云南国资水泥红河有限公司引进先进生产工艺，安装先进环保设备，加大煤渣、矿渣、磷渣等废物利用。另外，小龙潭矿务局、开远市泸江纸业有限责任公司等企业也结合自身实际，治理“三废”，清洁生产，变废为宝，循环利用，取得明显经济效益和环保效益。

## 3 发展开远市循环经济的主要措施

### 3.1 市委、市政府加强领导，组织实施好循环经济试点示范工作

发展循环经济，是一项带动全局和长远的战略，是一项宏大的系统工程。市委、市政府要进一

步加强认识，必须着眼长远，立足当前，始终把发展循环经济，实现可持续发展放在加快经济社会发展的重要位置，以更大的决心，采取更加有力的措施，坚持不懈地抓好落实。要把发展循环经济纳入各部门的重要议事日程，实行目标责任制。要坚持按照“政府引导、项目推动、主体运作、社会参与、三生共赢”的思路来推进。在具体的工作中，要按照中央、省委省政府、州委州政府的要求，按照中央、省、州环保等部门的要求认真做好各项工作。

### 3.2 制定发展循环经济的长远规划

规范的、科学的、可操作性强的规划，是发展循环经济的基础。规划必须遵循以科学发展观为指导，以可持续发展为统领，以经济结构调整为主线，提高资源利用率为核心的主线，提高资源利用率为核心的原则，坚持高标准、高起点。规划的初稿出来以后，市委、政府要认真学习，结合实际召开各种会议进行研究，集中市里各方面意见补充完善到规划中来，使规划既能描绘一个开远发展循环经济试点示范的宏伟美好蓝图，又能在实际工作中具有实实在在的可操作性。

### 3.3 以先进的科学技术作为支撑

要实现资源的永续利用，必须依靠科技进步。要促进开远的经济发展，尤其是工业经济的发展，不断完善产业布局，扩大区域经济总量，真正形成以科技进步全面引领企业的核心竞争力，以企业的内生式扩张和寻求战略合作来培育壮大产业集群的发展格局，必须加快用先进科学技术提升循环经济发展水平。

### 3.4 广泛宣传动员、全社会参与

要利用多种渠道、采取多种形式，加大循环经济知识的宣传力度，加大对各级干部的培训力度，使循环经济深入人心，提高广大群众和各级干部对循环经济重要性的认识，充分调动广大干部群众的积极性和创造性，使发展循环经济成为全市人民的自觉行动。

## 4 结束语

循环经济是一种新的发展理念，在发展壮大的过程中，不会是一帆风顺的，要有各级领导的正确指导，各行业部门和广大群众的大力支持。发展循环经济是一个系统性工程，任务是长期而艰巨的。

(下转第36页)

# “十三五”时期宁波市加快推进生态文明建设的途径探索

李红<sup>1</sup>, 宋静俏<sup>2</sup>

(1. 宁波市环境保护科学研究设计院, 浙江 宁波 315012; 2. 宁波市环境监测中心, 浙江 宁波 315012)

**摘要:**“十三五”时期是宁波市加快推进生态文明建设、全面建成小康社会的关键时期, 宁波开展生态文明建设已具备了一定的基础条件, 但也面临着生态环境质量不容乐观、产业体系亟待优化升级、资源环境承载力相对较低、生态文明理念亟待加强、生态文明体制机制尚需健全等现实压力。从加快构建城市生态安全格局、加速培育现代产业体系、构建资源循环利用体系、切实改善生态环境质量、打造城乡优美生态人居、建设深厚生态文化底蕴等方面提出建议。

**关键词:**生态文明建设; 现状; 问题; 对策; 宁波

**中图分类号:** X32   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0012-04

党的“十八届五中全会”审议通过的“十三五”规划建议, 把生态环保放在空前高度, 生态文明首次列入十大规划目标。2015年4月, 中共中央国务院印发了《关于加快推进生态文明建设的意见》, 对我国生态文明建设作出全面部署, 是当前和今后一段时期推进生态文明建设的纲领性文件。生态文明作为亮点和焦点在我国将得到更深入、更有力的推进。

宁波市作为长三角南翼经济区的核心城市, 开展生态文明建设具有紧迫性和必要性, 市委、市政府对此高度重视, 明确提出了“加快发展生态文明, 建设美丽宁波”的决定。2016年1月, 宁波市依托独特的生态区域优势和良好的生态基础, 被列入全国第二批生态文明先行示范区试点城市, 加快推进生态文明建设, 将成为“十三五”时期宁波市着力推进的一项重要任务。这对加快形成人与自然和谐的现代化建设新格局, 构建绿色发展的“宁波样本”具有重要意义。

## 1 宁波市生态文明建设的基础条件

### 1.1 生态文明政策有效落实

2010年以来, 宁波市委、市政府先后出台《关于推进生态文明建设的决定》、《宁波市加快建设生态文明行动纲要(2011-2015年)》、《关于加快发展生态文明努力建设美丽宁波的决定》等一系列推进生态文明建设的文件, 将保护生态环境

和节约资源贯穿于经济社会各个领域, 将生态文明优先方针化成全市经济、社会发展的战略导向, 将努力建设“美丽宁波”作为城市发展的目标定位和价值取向, 有效促进了生态文明建设工作健康发展。

### 1.2 生态经济成可持续发展态势

宁波城市综合实力不断增强, 2015年, 全市地区生产总值8011.5亿元, 第三产业增加值比重达到47.4%, 较“十一五”末增加7.2个百分点。建成宁海农业循环经济示范区、宁海化工区循环经济试点园区、镇海炼化资源回收项目和宁海国华电厂资源综合利用项目等一批循环经济典型。目前, 全市人均GDP突破1.6万美元, 充分具备了进入生态环境实现“转折”的经济基础条件。

### 1.3 环境治理力度不断加大

实施清洁水源、清洁空气、清洁土壤等一系列专项治理行动, 在区域联防联控、遏制扬尘污染、机动车尾气污染、改善水环境等方面取得了积极进展。重要生态功能保护区得到优先保护, 森林覆盖率达48.78%、人均公共绿地面积达11.45m<sup>2</sup>, 居全国同类城市前列。环境基础设施不断完善, 实现中心城区污水处理率达94%, 县(市)生活污水处理率达88%, 建制镇污水处理率达45%, 农村生活污水处理率达75%, 工业危险废物和医疗废弃物处置率达100%, 城市生活垃圾无害化处理能力达100%, 农村垃圾集中处理率达100%。

## 2 宁波市生态文明建设面临的挑战

近年来, 宁波市资源瓶颈制约和环境压力日益

收稿日期: 2016-07-28

作者简介: 李红, 宁波市环境保护科学研究设计院工作, 主要从事环境规划与政策研究方面的工作。

突出,集中体现为存在“三个矛盾”:环境质量改善滞后与社会公众环境诉求提高的矛盾;经济规模日益扩大与资源环境承载不足的矛盾;公众生态文明价值观紊乱与社会生态文明理念不断升华的矛盾。

### 2.1 生态环境质量不容乐观

宁波市作为经济大市,资源小市,生态环境脆弱,环境容量已极为有限,环境容量的有限性与经济总量的扩张性矛盾比国内其他城市表现得更为突出。2015年,宁波市地表水环境形势依然严峻,部分平原河网污染较重,地表水水质优良率和功能达标率较低,分别为45%和66.3%,劣V类水质断面还占一定比例,近岸海域水质较差,无机氮、无机磷污染严重,富营养化程度总体较高,海水均为劣IV类水质。环境空气中各污染物浓度变化区域性、季节性明显,秋冬季节污染天数持续出现,灰霾现象相对严重,市区环境空气复合污染特征明显,首要污染物为 $PM_{2.5}$ ,主要污染物中 $PM_{2.5}$ 和 $NO_2$ 年平均浓度超标<sup>[1]</sup>。

### 2.2 产业体系亟待优化升级

宁波作为全省乃至全国重要的能源石化基地,火力发电、热力生产、原油加工、化工生产能力规模大,电力装机容量占全省的27.5%,社会用煤总量占全省的30%,规上重工业产值占全市规上工业总产值的72%,带动能源消费总量和工业排污总量刚性增加。虽然“十二五”以来,节能减排力度持续加大,但相对于轻工业和服务业为主的地区,宁波市污染物排放总量依然较大,“十三五”节能减排任务重,产业体系调整迫在眉睫。

### 2.3 资源环境承载力相对较低

在全面建成小康社会的过程中,资源环境约束将更加突出,难以支撑原有发展模式下的持续高速增长<sup>[2]</sup>。当前自然资源过度开发、生态环境质量难以全面改善已成为宁波加快推进生态文明建设的短板。宁波土地资源空间有限,人均占地面积为 $0.001254km^2$ ,仅为浙江平均水平的68%,全国平均水平的17%;宁波人均水资源占有量 $990m^3$ ,仅为浙江平均水平的57%,全国平均水平的48%。同时2015年宁波单位GDP能耗和人均能源消费量又均高于浙江省平均水平,分别是全省水平的1.04倍和1.3倍。此外,受行政区域限制和局部利益驱动,宁波部分沿海产业和空间发展存在随意性和盲目性,近岸海域湿地减少、生物多样性降低,海洋生态环境压力不断加大。

### 2.4 生态文明理念有待加强

少数党政领导干部还是把GDP增长作为硬任务,把生态文明建设作为软指标,仍存在重经济发展、轻生态环保的倾向;多数基层地区生态文明建设工作处于经济社会发展薄弱环节,县(市)区管理能力不足,乡镇(街道)、村(社区)管理机构缺失,难以承担日益繁重的生态文明建设任务;不少企业缺乏社会责任感,违法建筑、违法生产和违法排污的现象时有发生;社会公众虽已成为生态环保的监督者,但参与度不高,参与领域较窄,全社会共建共享生态文明发展的理念还没有完全树立。

### 2.5 生态文明体制机制尚需健全

宁波已初步形成了涉及节能减排、循环经济、生态保护等的政策、法规、标准体系,但现有的体制机制还不能完全适应生态文明建设的需要。宁波目前还未从全局的角度规划生态文明建设问题,支撑生态文明建设有序推进的体制、机制、制度等还未全面形成成熟的体系;有利于生态环境保护的政策机制需要进一步建立健全;生态监管机制效率不高,环境与发展综合决策的运行和统筹协调体系尚不够完善,环保规划、环保政策执法难以到位。

## 3 宁波市加快推进生态文明建设的探索

### 3.1 加快构建城市生态安全格局

一是严格实施主体功能区战略。强化主体功能区划与现有的城市总体规划、土地利用总体规划、生态环境功能区划、生态红线保护规划等重要规划之间的“多规融合”。实行基于生态保护红线、永久基本农田红线、城镇开发边界划定的空间管控制度,实现空间协调有序开发。二是推进新型城镇化建设布局,注重协调和错位发展,形成“一核两翼、两带三湾”多节点网络化的现代都市格局。三是建设生态安全屏障,推动形成西部、南部山地生态管控区,北部平原、南部丘陵农林生态控制区,城镇及城乡发展生态重建区,近岸海域生态区等覆盖全市域的生态安全功能区。

### 3.2 加速培育现代产业体系

一是推动临港重化工业绿色发展。通过强化污染物排放、碳排放和能源消耗总量控制,深入实施临港工业园区循环化改造及燃煤电厂机组能效提升等措施,实现临港重化工业产业升级。二是优化提升产业发展结构。指定实施“宁波制造2025”计划,形成全市上下以高新技术产业为主导、现代服务业为引领、先进制造业为支撑、现代高效生态农

业为基础的产业发展体系,打造国际贸易物流中心、全国先进制造中心和“互联网+”应用引领城市。三是优化能源消费模式。严控煤炭消费总量和加快新能源、可再生能源开发相结合,中心城区全面建成“禁燃区”,确保全市原煤消费总量控制在2011年水平。四是推进低碳城市试点。深入实施国家低碳城市试点工作,加快推进先进适用节能环保低碳技术改造升级,在冶金、建材、石化等重点行业实施低碳技术产业化示范项目,打造一批低碳产业园区,主动融入全国碳排放权交易市场建设,引导企业参与碳减排工作。

### 3.3 构建资源循环利用体系

一是强化各类资源节约、高效利用。推进工业、建筑、交通等6大重点领域节能降耗工作,建立能源消耗强度与能源消费总量“双控”制度。二是提高土地集约节约利用水平。结合“多规融合”工作,统筹安排各类设施用地,优化整合城镇建设用地空间布局,科学规划城市立体空间及其功能布局,促进用地规模、功能布局和开发时序相协调。三是落实最严格水资源管理制度。突出水资源开发利用控制、用水效率控制、水功能区闲置纳污“三条红线”管理,基本建成较为完善的水资源管理制度和监督管理体系。四是发展循环经济和清洁生产。深化国家循环经济试点示范城市建设,推进开发园区(工业园区)生态化、循环化改造。强制实施重污染行业的清洁生产审计,持续开展ISO14000环境管理体系、环境标志产品和其他绿色认证。完善城乡废旧物资回收利用网络,实施城镇生活垃圾资源化、减量化。

### 3.4 切实改善生态环境质量

一是强化大气污染防治。以能源结构调整、产业结构调整、工业企业污染整治、机动车污染防治、扬尘治理、农村面源防治等为突破口,实施二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等多污染物的协同控制,建立健全大气污染联防联控管理机制。二是强化水污染防治。按照《国务院水污染防治行动计划》,健全“河长制”长效管理机制,实施新建一批城镇污水集中处理设施及加快现有城市污水处理厂提标改造工程,全面消除劣V类水体。三是强化土壤污染防治。贯彻《国务院土壤污染防治行动计划》,深化重金属、持久性有机物综合防治,做好已关停、搬迁企业污染场地治理修复。建立覆盖危险废物和污泥产生、贮存、转运及处置的全过程监管体系。构建土壤环境监测体系,逐步实现主

要农产品产地土壤环境状况动态监控。四是提升生态服务功能。深入实施“森林宁波”建设,建立以四明山为重点的绿色生态涵养区、以象山港为重点的蓝色生态海岸带、以长江流域为重点的休闲生态走廊等重点生态系统,形成覆盖城乡绿网系统。

### 3.5 打造城乡优美生态人居

一是提升城乡品质。全面提升全市域人居环境、功能品质、特色景观、人文生态。在中心城市范围,实施核心景观、形象品质、文化特色、基础设施、民生服务、生态环境等六大品质提升。在县城范围,形成符合生态文明要求的产业结构、生产方式和生活方式,基本建成天蓝水清、山绿地净、幸福和谐的美丽县城。在农村范围,实施农村环境卫生整治、生态环境建设、安居宜居美居、美丽乡村示范创建行动,把美丽乡村打造为宁波市城乡统筹发展的响亮品牌。二是推动生态文明生活方式。提高绿色产品生产比例,完善政府绿色采购制度,积极发展电子商务,增加网购比例。通过综合运用财税、市场和法律手段,倡导节约简朴的绿色生活理念,引导公众改变不符合生态文明要求的生活习惯。

### 3.6 建设深厚生态文化底蕴

一是培育具有地方特色的生态文化。紧密联系宁波生态文明建设实践,继续发扬浙东学术文化、宁波商帮文化、慈孝文化等宁波传统优秀历史文化,形成具有时代特征、宁波特色的生态文化体系。二是建立完善的生态文明教育机制。将生态文明内容纳入各级党政领导培训、各类大中专院校及小学课程、公民日常行为规范等。充分利用各类传统和新型媒体,大力普及宣贯生态文明知识,将生态文明、绿色消费等理念、科普知识渗透到生产、生活各个层面和千家万户<sup>[3]</sup>。三是坚持推进生态文明建设信息公开及公众参与。全面公开环境质量和环境监管信息,推进企业环境信息全要素公开,进一步完善建设开发活动生态环境决策过程公众参与机制。

### 3.7 健全生态文明建设长效管理机制

一是破解生态文明建设体制障碍。贯彻落实中央国务院《生态文明体制改革总体方案》精神,不断完善生态文明地方法规体系建设,实现地方立法“经济优先”向“生态优先”转变。二是健全生态文明考核机制。持续完善各级领导干部生态文明建设绩效考核机制,加快完善地方政府生态环境质量目标责任考核体系,落实生态环境损害终身追

责机制。三是强化环境资源市场化配置机制。推进气、水、点等资源性产品价格改革，实行差别化排污收费政策，完善绿色信贷、保险、证券等环境经济政策，建立起有利于资源节约使用、废弃物循环利用的市场机制。四是加强生态文明建设统计监测和执法监督。确立具有宁波地方特色的生态文明建设评价和统计体系，探索建设地方绿色 GDP 核算体系，动态评估生态文明建设水平，大力推进环境

监测及信息化建设，形成覆盖全市域的生态环保监管网络，实现对环境污染的“零容忍”。

参考文献：

- [1] 宁波市环保局. 2015 年宁波市环境状况公报 [R]. 2016.
- [2] 孟伟, 舒俭民, 张林波, 罗上华, 杜加强, 梁广林. 十三五”生态文明建设的目标与重点任务 [J]. 中国工程科学, 2015, 17 (8): 39 - 45.
- [3] 高珊. 城市生态文明建设的问题与对策 [J]. 湖北函授大学学报, 2012, 25 (11): 50 - 51.

## Discussion on Ecological Civilization Construction in Ningbo City during the Thirteenth Five - year Plan Period

LI Hong<sup>1</sup>, SONG Jing - qiao<sup>2</sup>

(1. Environmental Protection Science Research and Design Institute of Ningbo, Ningbo Zhejiang 315012, China)

**Abstract:** The 13th Five - Year Plan period is a crucial stage for Ningbo to accelerate eco - civilization construction and to complete the moderately prosperity society. This article, with regard to Ningbo's socio - ecological circumstance, pointed out the city's potentialities of conducting eco - civilization. However, the possible drawbacks such as the poor quality of the environment, self - limiting industrial structure, relatively inadequate environment volume, insufficient acknowledgement of ecological ethics by the society and its less - optimized eco - civilizational development policy still existed. Several strategies, including accelerating the construction of ecological security structure, enhancing industrial restructure, setting up resource recycle, raising eco - environment quality, constructing ecological human - settlement environment, and enriching social base of eco - civilization were put forward in the hope of boosting eco - civilizational development of Ningbo during the 13th Five Year plan period.

**Key words:** ecological civilization (eco - civilization); present status; problems; countermeasures; Ningbo

# 湖泊沉积物中氮磷源—汇现象影响因素研究进展

杨 赵

(云南环境工程设计研究中心, 云南 昆明 650034)

**摘 要:** 沉积物中氮磷是湖泊的重要污染源。近年来内源污染日益受到重视。相对湖泊上覆水而言, 沉积物既是污染物的汇也是源, 存在源—汇转换现象。文章就溶解氧、氧化还原电位、pH、氮磷元素形态、生物及风浪等因素对湖泊沉积物氮磷释放的影响研究结果进行了综述。指出目前研究主要存在的问题是室内模拟研究较多, 野外原位研究较少; 单项因子研究较多, 多因子交互作用研究较少, 研究结果不能有效指导内源治理。

**关键词:** 湖泊沉积物; 内源; 氮磷释放; 源—汇

**中图分类号:** X52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0016-04

近年来富营养化湖泊点源及非点源污染治理工作取得了突破性的进展, 但湖泊水质并未明显好转, 使得内源问题日益凸显。在湖泊富营养化防治实践中, 一般认为当外源得到有效控制后内源将成为上覆水氮磷主要的来源。湖泊内源污染物主要来源于沉积物。一方面进入湖泊的污染物随泥沙沉积于水体底部形成沉积物, 是湖泊及其流域中营养盐及其它污染物的重要归宿和蓄积库, 成为湖泊污染物的汇。另一方面在一定的环境条件下湖泊沉积物中蕴藏的营养盐可以向上覆水体释放, 成为内源。有研究表明大多数湖泊在一年中至少经历一次沉积物的源—汇转换过程<sup>[1]</sup>。源—汇转换现象比较复杂, 受多种因素的影响。本文根据已有研究结果对湖泊沉积物氮磷释放影响因素进行小结, 以期科学有效地治理湖泊内源污染提供参考。

沉积物潜在释放能力的大小主要取决于湖泊沉积物及其上覆水体的物理化学和生物特性的改变。在湖泊底泥营养盐释放风险的研究中, 沉积物的物理和化学特性 (包括其含量和地球化学形态) 是影响沉积物中氮磷营养要素迁移、转化以及生态效应的重要参数, 同时沉积物蓄积的氮磷等养分元素向上覆水释放还受生物 (藻类、水草、底栖动物) 和水文气象因子的影响<sup>[2]</sup>。

## 1 沉积物及其上覆水物理化学特性对沉积物源—汇现象的影响

### 1.1 溶解氧和氧化还原电位

溶解氧和氧化还原电位是一对密切相关的指

标, 溶解氧含量高表现为氧化状态, 厌氧条件下则表现为还原状态。沉积物向上浮水释放氮磷主要是通过有机质分解矿化后以可溶态由间隙水再释放到上覆水中。含氧量及氧化还原电位的高低是决定有机质分解快慢和养分元素存在形态的关键因素。所以溶解氧和氧化还原电位是控制沉积物氮磷释放的重要因素。一般而言, 在高溶解氧水平下, 水体呈现出好氧状态, 会抑制沉积物中反硝化作用, 使  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  消耗减少, 同时, 好氧条件能够抑制  $\text{NO}_3^-$  异化还原为  $\text{NH}_4^+$ , 促进硝化作用, 有利于抑制底泥释放, 也会限制间隙水中  $\text{PO}_4^{3-}$  向上覆水中的扩散。反之, 厌氧条件下将加速沉积物中污染物释放。室内静态模拟研究结果表明, 溶解氧  $< 0.5 \text{ mg/L}$  的厌氧状况能加速沉积物中磷的释放, 溶解氧  $> 5.0 \text{ mg/L}$  的好氧状况则抑制沉积物中磷的释放<sup>[3]</sup>。滨海水库模拟试验结果也表明好氧条件下上覆水  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量和释放通量有所增加, 但是上覆水  $\text{NH}_3^- - \text{N}$ 、TN 浓度及其释放通量大幅降低, 上覆水 TP 浓度和释放通量分别降低 85.6% 和 92.1%<sup>[4]</sup>。因此要提高水质, 降低内源负荷磷的释放, 应该控制水体中的各种耗氧物, 提高水体的溶解氧水平。而曝气、投加过氧化氢和投加过氧化钙等措施均能显著提高底部水体的溶氧水平, 并能有效抑制底泥氮磷的释放<sup>[5]</sup>。

当水体中有足够的溶解氧时, 湖水—沉积物界面处于氧化状态,  $\text{Fe}^{3+}$  与磷结合, 以磷酸铁的形式沉积到沉积物中; 当水体溶解氧下降, 出现厌氧状态, 此时水—土界面氧化还原电位较低,  $\text{Fe}^{3+}$  被还原成  $\text{Fe}^{2+}$ , 胶体状的氢氧化铁变成可溶性的氢氧

收稿日期: 2017-02-03

作者简介: 杨赵 (1982-), 男, 工程师。

化亚铁使磷酸根脱离沉积物进入间隙水,进而向上覆水扩散。也有学者认为,沉积物富含有机物时,好氧条件可能比厌氧条件更有利于沉积物内源磷的释放<sup>[6]</sup>。

### 1.2 pH 值

pH 通过影响沉积物的物质形态而影响物质间的化学结合从而影响沉积物-上覆水间的养分元素交换。由于  $\text{PO}_4^{3-}$  与不同的阳离子结合后,表现出不同的溶解性,因此关于 pH 值对沉积物养分释放的研究多以磷的释放为主。一般认为在中性条件下,磷释放量最小;升高或降低 pH 值时释放磷倍增。总溶解磷释放量与 pH 值呈抛物线相关;pH 值成为最终控制沉积物磷生物有效性和加速湖泊富营养化的重要因素<sup>[7]</sup>。其机理在于沉积物中磷的存在形态有铝结合态磷、铁结合态磷、钙结合态磷等多种形态,这些形态的磷在环境改变的环境下可以转化成可溶性磷而进入间隙水,进而释放入上覆水体,这几种类型的磷形态是内源负荷的重要来源。pH 值对沉积物磷释放的影响主要表现在 pH 值影响 Fe、Al、Ca 等元素与磷的结合状态。铁结合态磷、铝结合态磷在 pH 值高时易溶出;钙结合态磷在酸性条件下更容易释放,但一般状况下,钙结合态磷很难释出<sup>[8]</sup>。

### 1.3 营养元素的形态

如上所述,不同的营养元素形态影响其释放的难易程度,如钙结合态磷和闭蓄态磷不容易释放进入水体,而水溶性磷则有利于界面交换。检测结果显示滇池沉积物中以钙结合态磷和铁结合态磷为主<sup>[9]</sup>。试验表明滇池沉积物具有较强的磷释放能力。沉积磷释放是滇池水体中磷负荷的重要来源,尤其是在外源得到控制后,沉积内源的释放问题更为突出。滇池沉积物磷释放强度的空间分布草海和外海明显不同。尽管滇池草海经过了局部疏浚,该湖区仍然是磷累积最高的区域,沉积磷的释放强度远高于全湖平均水平。滇池外海沉积磷释放通量强度的空间分区不显著,外海强烈的水动力条件下,沉积磷分布和释放趋于均一化。滇池沉积磷释放通量与沉积物有机质呈显著正相关,而与沉积物中无机形态磷的含量没有显著相关性。分析表明,滇池沉积物释磷的主要机制是有机质矿化分解,而非深水湖泊的典型无机磷,如铁磷、还原溶解释放<sup>[10]</sup>。

一般来说,沉积物间隙水的磷可以直接通过再悬浮或者渗透被带到上覆水中,直接参与生态系统

循环,这部分磷是沉积物中最具活性磷。可交换态磷主要是那些通过物理吸附到沉积物固体表面的磷,当水体磷浓度发生变化时很容易解析到水而保持吸附-解吸的浓度平衡,也具有较高的活性。铝磷和铁磷主要是通过一些物理和化学作用吸附在铁氧化物胶体表面上的磷。由于氧化铁很容易受到氧化还原电位变化的影响,而沉积物的氧化还原电位很容易变化<sup>[11]</sup>。

## 2 水生生物对沉积物源-汇现象的影响

### 2.1 藻类

沉积物-上覆水间的氮磷变化是彼此联系的,它们互为源/汇,相互转换。以浓度梯度为动力,趋向于从高浓度的一侧向低浓度一侧扩散。藻类的爆发性生长要消耗水体中大量的可利用氮磷,使水体中的可利用氮磷浓度大幅降低从而改变之前沉积物-上覆水之间的氮磷平衡,引起沉积物的源-汇转换。围隔研究发现<sup>[12]</sup>,夏季藻类生长会对沉积物形成磷的“泵吸”作用。随着对水体磷需求速率剧增,完全通过自主扩散对上覆水进行磷补充已不能得到满足,藻类对水体吸收磷的需求就像一台无法停止的“磷泵”对沉积物进行超负荷的抽吸,最终使底泥间隙水产生区域性缺磷状态。虽然在此过程中,通过酶和细菌活动增加水体磷的供应量可能占主导地位<sup>[13]</sup>,但在藻类生长旺盛的环境下,沉积物的供磷能力往往会被被动地发挥至较高或最高水平。沉积物磷枯竭不可避免地发生,其结果就是形成沉积物磷汇,即在上覆水正常磷水平下,沉积物将对磷进行吸收,促使磷向沉积物-水界面迁移。

研究表明,处于对数生长期的铜绿微囊藻可以引起底泥放磷,适宜的扰动强度可以促进对数生长期的铜绿微囊藻从底泥中吸收磷并促进藻的生长。而处于衰亡期铜绿微囊藻中磷却向底泥中迁移,提高扰动强度可以促进磷从微囊藻向底泥迁移<sup>[14]</sup>。

### 2.2 水生植物

水生植物由于生长于湖泊中,对沉积物的理化环境有着较明显的作用。特别是沉水植物能够通过光合作用改善沉积物的溶氧条件,同时水生植物的存在可以消解风浪扰动,减少沉积物的再悬浮,从而影响养分元素在沉积物-上覆水间的交换。通过人工模拟的方法,进行了用狐尾藻、凤眼莲2种水生植物来控制湖泊底泥营养盐释放的研究。研究表明,水生植物能有效抑制底泥中 TN、TP、硝

态氮和氨态氮的释放; 沉水植物狐尾藻比漂浮植物凤眼莲的效果好<sup>[15]</sup>。沉水植物苦草在生长期通过对沉积物 Eh 升高和 pH 降低的方式影响沉积物中磷的含量, 将沉积物和水中的磷聚集于植物体内, 以降低沉积物磷向上覆水释放的风险<sup>[16]</sup>。

### 2.3 底栖动物

底栖动物由于栖息在水体沉积物表面或中间, 其摄食、排泄、挖洞或建立管状洞穴结构等途径会改变底质的间隙率、表面组成、沉积能力以及底质中微生物的数量和群落结构, 刺激硝化作用和反硝化作用, 进而影响沉积物中营养盐通量。室内培养实验研究结果表明水丝蚓扰动能够增大沉积物氮磷的释放<sup>[17,18]</sup>。对软体动物的试验表明短期内铜锈环棱螺的生物干扰增加了底泥耗氧率, 但其长期效应可使底泥耗氧率下降, 铜锈环棱螺的存在促进了沉积物中的总体硝化速率, 加快了沉积物中的 N 循环<sup>[19]</sup>。

## 3 水文气象条件对沉积物源-汇现象的影响

### 3.1 风浪

风浪和湖流是湖泊沉积物扰动的主要动力源。特别是在滇池这样的高原浅水湖泊, 风浪对沉积物扰动具有明显的季节性, 具有更为突出的作用。通过试验研究, 国内学者提出了大型浅水湖泊内源释放的一般性模式, 即在无风情况下, 沉积物中营养盐的释放主要靠浓度梯度释放, 当有风浪作用的情况下, 将导致沉积物大量悬浮, 沉积物中的营养盐得以释放。但是, 由于风浪作用的复氧, 将部分抵消由于扰动导致的营养盐从沉积物释放进入上覆水中, 而当风浪过程过后, 悬浮物质沉降并将部分释放的营养盐通过吸附作用带入沉积物中去, 有机颗粒物在沉积环境中降解析出进入间隙水中, 等待下一次风浪过程<sup>[20]</sup>。对太湖一次大风过程的监测结果表明, 8 m/s 的风速持续 1 h 以后, 水体 SS 平均含量达 258 mg/L, 大风浪持续 1 d 后并且风速增至 12 m/s 时, 水体 SS 含量也增至 507 mg/L, 当风速减弱到 2 m/s 以下持续 0.5 d 后, 水体 SS 含量降至 51 mg/L, 而继续保持静风 5 d 后, 水体 SS 含量又降至 21 mg/L。说明 8 m/s 以上的风速可以引起太湖沉积物的大量悬浮, 且悬浮量随风力的增加而增加。伴随着底泥的大量悬浮, 大风浪期间的水体总磷、总溶解性磷和反应性活性磷含量分别达 0.210, 0.048, 0.035, 0.299, 0.054 及 0.026 mg/L, 而静风期则分别为 0.076, 0.045 和 0.017 mg/L, 说明风浪扰动引起的底泥悬浮也引起了内源磷

的爆发性释放。风浪引起的水体反应性活性磷含量变化可达 100%。另外, 大风浪期间的水体悬浮物中的藻类可利用磷含量分别为 132.97 mg/kg 和 226 mg/kg, 证明大风浪也带入水体大量的藻类可利用磷。据此观测结果估算, 一次风浪过程可以增加太湖水体 987 t 的总磷和 80 t 的反应性活性磷以及 167 t 的藻类可利用磷<sup>[21]</sup>。

滇池地区每年 12 月一次年 4 月盛行 3~5 级的西南季风, 且风速具有明显的日变化特征, 表现为夜间和上午风速较小, 午后 14—17 时风速突然增大, 达 4~5 级 (6~10 m/s), 甚至可以达到 7~8 级 (14~20 m/s)。可以说滇池春季的西南季风对滇池沉积物的扰动及养分的释放具有较大的影响。虽然滇池平均水深为 5.03 m, 远高于太湖平均水深的 1.89 m, 但滇池东岸沿岸带普遍水深不足 2 m, 这些区域既是滇池流域主要的入湖河道入湖区, 也是西南季风影响较为突出的区域。因此风浪引起的滇池沉积物内源释放不容忽视。

### 3.2 入湖径流

入湖径流的水质及水量是导致河口区上覆水水质变化及沉积物再悬浮的主要原因。大多研究结果表明上覆水污染越严重越不利于沉积物中污染物的释放, 水质改善后易促进沉积物中污染物的释放<sup>[22,23]</sup>。如果入湖径流的水质好于上覆水水质, 且水量大足以稀释上覆水, 使其污染物浓度降低, 将有利于促进沉积物中污染物的释放; 当入湖径流的水质劣于上覆水水质, 且使上覆水污染物含量升高后, 沉积物将成为污染物的汇。

以上影响沉积物源-汇转换现象的因素彼此间也是相互影响的。溶解氧的增加使氧化还原电位升高, 同时也影响了污染物的蓄存形态和水生生物的栖息环境。而丰茂的水生植物, 特别是沉水植物对缓冲风浪对沉积物的扰动、改善底质的溶氧条件等方面都有积极作用。风浪扰动对水生植物、底质溶氧、沉积物再悬浮都有显著的影响。各种因素相互交织在一起互为因果, 使影响沉积物源-汇转换现象的因素更为复杂。

外部原因主要是湖泊上覆水中的磷含量在转折点前后发生较大的含量增加或减少, 从而促使界面两边的浓度梯度矢量值大大削弱甚至倒转。内部原因则较复杂, 如沉积物中解磷生物活性的增强或减弱, 沉积物内部与磷有关的早期成岩作用的活动变化, 以及近期受足够强度外力作用的表层沉积物的扰动等, 均有可能发生源-汇的转

换,但实质性的问题则可能主要是与生物地球化学过程有关。

#### 4 存在问题及研究展望

尽管国内外学者已就沉积物的物理和化学特性、生物特性及水文气象等因素对沉积物内源释放的影响作了广泛的研究,并有学者对不同湖泊的沉积物-上覆水间营养盐通量进行了量化研究<sup>[24-26]</sup>,但这些研究多局限于室内模拟条件下的单因子试验研究,而对原位条件下的多因子交互作用的研究还是空白。内源污染的关键在于沉积物,目前国内关于内源污染治理的措施还多集中于底泥清淤或水生植被恢复,而与沉积物营养元素释放密切相关的水文气象、物理化学及生物因素则少有人关注,只有个别学者对其进行尝试性研究<sup>[5,27,28]</sup>。为科学有效地治理由沉积物引起的内源污染,应对原位条件下污染物的释放机理、营养元素通量、各种处置措施效果进行深入研究。

##### 参考文献:

- [1] 范成新,张路,包先明,等.太湖沉积物-水界面生源要素迁移机制及其定量化—2.磷释放的热力学机制及源-汇转换[J].湖泊科学,2006,18(3):207-217.
- [2] 张路,范成新,王建军,等.长江中下游湖泊沉积物氮磷形态与释放风险关系[J].湖泊科学,2008,20(3):263-270.
- [3] 冯海艳,李文霞,杨忠芳,等.上覆水溶解氧水平对苏州城市河道底泥吸附/释放磷影响的研究[J].地学前沿,2008,15(5):227-234.
- [4] 代政,祁艳丽,唐永杰,等.上覆水环境因子对滨海水库沉积物氮磷释放的影响[J].环境科学研究,2016,29(12):1766-1772.
- [5] 袁文权,张锡辉,张丽萍.不同供氧方式对水库底泥氮磷释放的影响[J].湖泊科学,2004,16(1):28-34.
- [6] 董浩平,姚琪.水体沉积物磷释放及控制[J].水资源保护,2004(6):20-23.
- [7] 李兵,袁旭音,邓旭.不同pH条件下太湖入湖河道沉积物磷的释放[J].生态与农村环境学报,2008,24(4):57-62.
- [8] 傅庆红,蒋新.湖泊沉积物中磷的形态分析及其释放研究[J].四川环境,1994,13(4):21-24.
- [9] 陈永川,汤利.沉积物-水体界面氮磷的迁移转化规律研究进展[J].云南农业大学学报,20(4):527-533.
- [10] 毛建忠,王雨春,赵琼美,吴秀萍.滇池沉积物内源磷释放初步研究[J].中国水利水电科学研究院学报,2005,3(3):229-233.
- [11] 朱广伟,高光,秦伯强,等.浅水湖泊沉积物中磷的地球化学特征[J].水科学进展,2003,14(6):714-719.
- [12] Xie Liqiang, Xie Ping, Li Sixin, et al. The low TN: TP ratio, aeause or a result of Myeroecystis blooms [J]. Water Research, 2003 (37): 2073-2080.
- [13] 高光,秦伯强,朱广伟,等.太湖梅梁湾中碱性磷酸酶的活性及其与藻类生长关系[J].湖泊科学,2004,16(3):245-251.
- [14] 杨柳燕,钟寰,秦伯强,等.底泥和铜绿微囊藻的磷迁移[C].第二届全国环境化学学术报告会论文集,2004.
- [15] 童昌华,杨肖娥,濮培民.水生植物控制湖泊底泥营养盐释放的效果与机理[J].农业环境科学学报,2003,22(6):673-676.
- [16] 王立志,王国祥,俞振飞,等.苦草(Vallisneria natans)生长期对沉积物磷形态及迁移的影响[J].湖泊科学,2011,23(5):753-760.
- [17] 张雷,古小治,王兆德.水丝蚓(Tubificid worms)扰动对磷在湖泊沉积物-水界面迁移的影响[J].湖泊科学,2010,22(5):666-674.
- [18] 吴方同,陈锦秀,闫艳红,等.水丝蚓生物扰动对东洞庭湖沉积物氮释放的影响[J].湖泊科学,2011,23(5):731-737.
- [19] 孙思志,郑忠明,陆开宏,等.铜锈环棱螺对藻华水体沉积物-水界面营养盐通量的影响[J].生态学杂志,2010,29(4):730-734.
- [20] 秦伯强,胡维平,高光,等.太湖沉积物悬浮的动力机制及内源释放的概念性模式[J].科学通报,2003,48(17):1822-1831.
- [21] 朱广伟,秦伯强,高光.风浪扰动引起大型浅水湖泊内源磷暴发性释放的直接证据[J].科学通报,2005,50(1):66-71.
- [22] 吴群河,曾学云,黄钥.溶解氧对河流底泥中三氮释放的影响[J].环境污染与防治,2005,27(1):21-24.
- [23] Hua W F, Lob W, Chua H, et al. Nutrient release and sediment oxygen demand in a eutrophic land-locked embayment in Hong Kong [J]. Environmental International, 2001 (26): 369-375.
- [24] 王建军,沈吉,张路,等.云南滇池和抚仙湖沉积物-水界面营养盐通量及氧气对其的影响[J].湖泊科学,2010,22(5):640-648.
- [25] 张路,范成新,王建军,等.太湖水土界面氮磷交换通量的时空差异[J].环境科学,2006,27(8):1537-1543.
- [26] 夏守先,杨丽标,张广萍,等.巢湖沉积物-水界面磷酸盐释放通量研究[J].农业环境科学学报,2011,30(2):322-327.
- [27] 刘国锋,范成新,钟继承,等.风浪作用下太湖改性沉积物对藻体絮凝去除效果研究[J].环境科学,2009,30(1):52-57.
- [28] 吴娟,吴振斌,成水平.黑藻对水体和沉积物理化性质的改善和营养元素的去除作用[J].水生生物学报,2009,33(4):589-595.

(下转第29页)

# 滇池蓝藻暴发治理思路与措施

陈旭请<sup>1</sup>, 胡明明<sup>2</sup>, 朱喜<sup>3</sup>, 黄晓莹<sup>4</sup>, 孙雯<sup>5</sup>, 马建华<sup>2</sup>

- (1. 无锡市蓝藻治理办公室, 江苏 无锡 214071; 2. 无锡德林海环保科技股份有限公司, 江苏 无锡 214071;  
3. 无锡市水利局, 江苏 无锡 214031; 4. 无锡市政府投资评审管理处, 江苏 无锡 214031;  
5. 无锡市太湖闸站工程管理处, 江苏 无锡 214071)

**摘要:** 滇池自 20 世纪 80 年代起至今年年蓝藻暴发, 成为全国蓝藻严重暴发三大湖泊之一。近年滇池北部草海水污染严重但蓝藻暴发不严重或不暴发。经 10 多年治理, 滇池水质有所改善、蓝藻暴发程度有所减轻。总体治理思路: 把消除蓝藻暴发列入治理滇池目标, 才能激发责任领导和科研人员的积极性或创造性; 把提高污水厂处理标准放在控源首位; 实行分区治理; 深度彻底打捞消除蓝藻; 大规模生态修复; 取消使用微生物禁令。治理措施: 控源截污; 建设足量高标准的污水处理厂; 封闭排污口; 综合措施治理每条河道; 分片消除蓝藻暴发; 清淤; 生态修复; “引江济滇”调水; 把草海建成全国不全封闭小型湖泊治理典型, 并保持蓝藻不暴发。

**关键词:** 蓝藻暴发; 治理; 思路; 措施; 滇池

**中图分类号:** X52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0020-04

滇池, 面积 310km<sup>2</sup>, 蓄水 15.6 亿 m<sup>3</sup>, 构造断陷湖, 昆明高原景观湖泊, 平均深 5m, 湖岸线长 163km<sup>[1]</sup>。滇池分南北两部分, 中间有海埂大堤 (1996 年建) 相隔。南部为外海, 300km<sup>2</sup>; 北部为草海, 10km<sup>2</sup>; 海口闸以上流域面积 2920km<sup>2</sup>。2015 年, 流域常住人口 523 万, 为昆明的 72%, 城镇化率 80%; GDP 3160 亿元, 为昆明市的 80%。

## 1 蓝藻暴发

由于水污染造成富营养化、建成人工控制湖泊后水文水动力条件变差、水生态系统退化、近些年的年均气温较以往升高 1~3℃ 等原因, 20 世纪 90 年代起至今, 滇池几乎年年发生蓝藻暴发, 成为全国蓝藻严重暴发的三大湖泊 (太湖、巢湖、滇池) 之一。蓝藻暴发最大规模曾达到近百平方公里。滇池蓝藻暴发以微囊藻为主, 其次为束丝藻、鱼腥藻<sup>[2]</sup>。外海北部为蓝藻暴发主要水域<sup>[3]</sup>。

## 2 滇池治理取得阶段性成果

滇池治理起点是“零点行动” (1999. 4. 1—5. 1), 取得减慢富营养化进程的效果, 并在 2007 年后实施控源、清淤、水生态修复、机械除藻、牛

栏江调水、四退三还破堤还湖等六大工程, 取得一定的阶段性成果。

(1) 减轻富营养化程度。已削减大部分的工业和畜禽集中养殖污染, 生活污水大部分进污水厂处理, 草海由异常富营养改善为重富营养化, 外海中富营养程度略有改善。但 2015 年滇池水质仍为劣 V 类<sup>[4]</sup>。

(2) 降低蓝藻密度, 减轻蓝藻暴发程度, 消除了漂浮在水面的一层绿油漆似的高密度蓝藻斑块。

(3) 水生态系统得到初步改善。湖周围湿地增加, 净化水体和抑藻除藻能力增强。

## 3 治理滇池蓝藻暴发总体思路

### 3.1 应在治理滇池目标中列入消除蓝藻暴发

滇池治理, 须有治理直至消除蓝藻暴发的目标, 及达到目标的相应治理措施和强度。但在“零点行动”及以后数次的滇池治理规划或方案中均无消除蓝藻暴发的目标。只有有了消除蓝藻暴发目标, 才能激发各级政府及部门消除蓝藻暴发的积极性, 制定有关政策法规, 同时也能激发各研究机构、专家的积极性, 去研究消除蓝藻暴发的技术集成或创新。滇池面积和水量在“三湖”中最小, 相对较易治理, 可以首先攻克“三湖”消除蓝藻暴发这一难点。建议治理目标: 2020 年滇池水质 V 类<sup>[5]</sup>, 主要入湖河道 IV~V 类; 外海蓝藻暴发

收稿日期: 2016-11-24

作者简介: 陈旭请 (1964-), 无锡市蓝藻治理办公室, 工程师, 从事水环境、水生态和蓝藻治理工作。

通信作者: 朱喜 (1945-), 男, 高工, 多年从事水环境、水生态、水资源研究。

程度有较大幅度减轻, 草海保持蓝藻基本不暴发; 2030 年滇池水质达到Ⅲ类和主要入湖河道达到Ⅲ类, 外海消除蓝藻暴发, 草海保持蓝藻不暴发。

### 3.2 仅依靠治理水污染难以消除蓝藻暴发

滇池流域社会经济较发达、人口稠密, 进入湖泊的污染负荷较多, 难以恢复至蓝藻暴发以前的 20 世纪 50~70 年代的富营养化水平, 也不可能达到消除蓝藻暴发的公认的氮磷营养标准 TN 0.1mg/L、TP 0.01 mg/L。如具有良好的Ⅱ类水质的富春江在 2016 年 9 月中旬的 G20 峰会期间也发生相当规模的蓝藻暴发, 就是一个难以控制水体蓝藻暴发的例子。所以只有治理富营养化与削减蓝藻数量结合, 并且蓝藻自然增殖量不大于削减蓝藻数量, 才能使蓝藻暴发规模逐渐减小直至消除。不一定要同时改善水质至Ⅰ~Ⅱ类, 只要能改善至Ⅲ~Ⅳ类, 并且配合其它措施, 就有可能最终消除蓝藻暴发。

### 3.3 把提高污水厂处理标准放在控源首位

城市污水厂若仍按一级 A 标准<sup>[6]</sup>排放, 据测算至 2030 年污水厂排放的 TN、TP 就要超过环境容量, 成为流域最大点源群。若再加上农业、地面径流等各类污染负荷, 特别是流域 P 本底值高, 必然使入湖污染负荷大幅度超过环境容量。所以必须把提高污水厂处理标准放在控制污染源的首位。

### 3.4 分区治理水环境

打捞和清除蓝藻分片进行, 各片保持蓝藻不暴发, 其后连成为一整片; 河道一河一策逐条治理; 点源逐个彻底治理; 面源分区逐片治理; 生态修复区建设一块保持一片。科学分析外海和草海的水质、藻密度、生物多样性、入湖污染负荷和不同的自然地理条件, 采用适合其实际情况的治理措施。

### 3.5 分片深度彻底打捞削减蓝藻

滇池应分区深度彻底打捞、清除蓝藻, 并保持水域无蓝藻暴发状态数年, 最后把各片连成整片无蓝藻暴发水域。想一次性消除大中型湖泊蓝藻暴发难以做到。

### 3.6 实施大规模生态修复

水污染、建成人工控制湖泊后水位升高、建设环湖大堤等原因, 使植被覆盖率大幅度降低。所以应大规模修复生态, 恢复蓝藻暴发以前的植被覆盖率。

### 3.7 科学调水

“引江济滇”牛栏江泵引调水已实施, 年调水量 6 亿 m<sup>3</sup>, 科学调水有效改善滇池水环境。

### 3.8 农业和工业已不是主要污染源

经前一阶段治理, 农业、工业已不再是流域主要污染源, 主要污染源是生活源。

### 3.9 技术集成

现有的工程技术应进行技术集成及集成创新, 使之适合于滇池治理蓝藻暴发。

### 3.10 解除使用微生物治理湖泊及蓝藻暴发禁令

滇池有禁止使用微生物治理蓝藻暴发的内部规定。但实际证明及大部分专家认为, 与蓝藻进行种间竞争最有力的生物是微生物, 所以使用微生物治理湖泊及控制蓝藻暴发最具潜力, 应取消此禁令。措施: 一是研究高效安全微生物; 二是建立对除藻和改善水环境的微生物进行安全性监测鉴定的权威机构; 三是全国诸多微生物的研究、生产和使用单位大量尝试在多个非水源地的中小型湖泊使用微生物安全除藻和净化水体的试验、推广, 增加微生物能高效安全除藻和净化水体的事实依据, 促进有关部门取消大中型湖泊使用微生物除藻和改善水环境的禁令, 加快消除蓝藻暴发步伐。

## 4 今后治理措施

### 4.1 控源截污减少入湖污染负荷

控源减少污染物排放量。改变传统生活消费和生产方式, 在采用技术集成综合措施大幅度减少生活污染负荷的基础上, 同时有效削减工业、养殖、种植、城市村镇和山林的地面径流、垃圾或废弃物等污染负荷的产生量和进入滇池数量。其中特别要注重流域富 P 地层的水土流失治理。

### 4.2 建设足量高标准的污水处理厂

(1) 建设足量污水处理厂。至 2015 年已建 17 个污水厂, 处理能力 160 万 m<sup>3</sup>/d, 污水排放标准一级 A<sup>[6]</sup>, 其中数个污水厂优于一级 A; 随着昆明社会经济持续发展, 城市化率提高, 总人口增加, 将大幅度增加生活污水和其它各类污水的需处理量, 预测 2020、2030 年需有超过 180 万、250 万 m<sup>3</sup>/d 污水处理能力。所以必须建设足够的污水处理能力及全面铺设污水收集管网, 使污水管网全覆盖。

(2) 提高污水厂排放标准。污水厂是流域主要点源群, 所以昆明市应制订较污水处理一级 A 标准更高的地方污水排放标准, 以大幅度削减污水厂的污染负荷量。建议污水处理标准提高至: NH<sub>3</sub>-N 0.1~0.3mg/L, TP 0.05~0.1mg/L, TN 2~3mg/L。其中 TN 可分期提高, 如近期 2020 年可达到 5~8mg/L; 处理分散污水的简易设施至少达到一级 B 标准。

(3) 昆明第一、二污水厂已做出了更高处理

标准处理污水的榜样。提高污水处理标准主要是采用先进工艺、高效复合微生物、精准管理、多点进水、严控各反应阶段的氧含量、适当延长反应时间等措施。昆明第一、二污水厂已基本达到上述标准,且费用基本未增加,只有TP提标需增加一些药剂费用。其它污水厂均应以此为榜样。至于远期达到TN<sub>2</sub>~3mg/L标准,费用要增加多一些。

(4) 污水厂尾水进行大规模再生利用,但不宜进入金沙江。

#### 4.3 封闭排污口推进治污

封闭城市村镇的全部排污口是控源截污必不可少的保障措施。地方应立法,明确提出封闭排污口的时间表。

#### 4.4 综合治理净化河道

滇池共有大小入湖河道36条,较大29条。其中入外海22条,入草海7条。最大河道为盘龙江,水量2~3亿m<sup>3</sup>/a,其它主要有宝象河、大河、柴河、东大河等<sup>[1]</sup>。目前大部分河流水质劣V类。所以全部入湖河道应在实行河长制基础上,进一步净化水体和降低N、P入湖量。

(1) 河道水体综合治理。主要是控源截污和封闭排污口,同时采用技术集成措施直接净化污染的小河道水体。可首先采用安全高效复合微生物治理,配合曝气造流增氧或纯氧曝气净化水体,也可用磁分离或混凝过滤等方法治理。或可在适当区域设置一级或多级净化池或前置库配合治理河道污水。

(2) 实施以植物为主的生物修复。可在河道适当水域实施,合理选用各类植物或生态浮床,选用以本地为主的合适植物品种。其中若修复沉水植物,则需要在净化水体提高透明度后实施。

(3) 清除垃圾和污染底泥,建设生态护岸。

#### 4.5 深度彻底分片打捞消除蓝藻

以往打捞蓝藻一般仅打捞水面蓝藻。深度彻底打捞消除蓝藻应包括水面、水体和水底蓝藻。主要有以下方法:①气浮法:先使蓝藻浮于水面,再打捞运走;②采用改性粘土除藻等沉降技术,使蓝藻沉于水底并予以固定;③用安全高效复合微生物除藻具有巨大潜力,也是今后的方向,有专家研究显示,蓝藻死亡主因之一是水体中微生物作用破坏了蓝藻的相关功能、结构,关键是要取消使用微生物禁令;④用超声波、高压除藻等方法抑制蓝藻生长繁殖、破坏蓝藻结构、直接杀死蓝藻;⑤直接降低营养物质氮或磷含量至蓝藻不暴发程度,其中用锁磷剂降磷较容易;⑥除藻提高透明度后再种植沉水

植物,抑制蓝藻生长;⑦适当放养有直接除藻作用的紫根水葫芦,但应适时收获和资源化利用,放养时注意削减风浪、改善生境,否则其消除蓝藻的作用将减弱;⑧放养鲢鳙鱼和其它动物滤食消除蓝藻。

分片打捞消除蓝藻,即把大水域分成若干片(如1~5km<sup>2</sup>为一片)打捞消除蓝藻,并保持无蓝藻暴发,后连成一整片无蓝藻暴发水域。期间分区建设富集蓝藻围隔、藻水打捞和分离系统,增加能力和提高效率;全部实施蓝藻资源化利用。

需权威机构制定分区(片)深度彻底打捞削减蓝藻的规划、方案。需立项进行水上气浮船研制,可把陆上普遍使用的藻水分离的气浮技术用于气浮船及创新;进行使用改性粘土、微生物、超声波、高压除藻和降磷除藻等技术试验及结合修复沉水植物试验。

#### 4.6 清淤清除蓝藻种源

在滇池外海北部等蓝藻暴发、死亡和沉积的局部区域实施清淤除藻,清淤深度10~40cm,用环保型设备连片清淤削减蓝藻种源。已清淤区一般可不再清;多年放养水葫芦或紫根水葫芦的水域应根据底泥淤积和污染情况实施适时适度清淤。清淤土方一般可与抬高芦苇修复区基底结合。

#### 4.7 湖滨水域实施生态修复

以往由于各种原因使滇池芦苇湿地大量减少,需在浅水区域恢复至20世纪50~70年代蓝藻暴发前的湿地面积。人工修复与自然修复结合,人工修复促进自然修复。各类植物合理搭配,并与景观相协调。

芦苇湿地修复方法:①湖滨浅水区,在适当改善生境如风浪、湖底高程、水质、蓝藻暴发等的基础上实施人工修复。②在以往拆除48km环湖大堤恢复9km<sup>2</sup>水面的基础上继续拆除对防洪安全无影响的下游海口闸以外的全部环湖大堤,恢复芦苇湿地。③在可能情况下适当降低冬春水位,增加一定芦苇湿地。

改善拟建芦苇湿地生境时,其周围一般应建挡风浪、挡藻的设施。至于放养水葫芦或紫根水葫芦,宜作为先锋(先导)植物进行临时放养,不宜连续很多年放养,否则可能加重底泥污染。

#### 4.8 科学“引江济滇”调水

牛栏江泵引调水工程在解决昆明安全用水基础上,实施科学调度、选择合理的湖体调水路径,以最大限度起到净化水体和降低藻密度作用。

#### 4.9 把草海建成全国非全封闭小型湖泊治理的典型

草海与百姓生活、居住、休闲活动密切相关,并

且是昆明的城市内湖和风景旅游区,应尽快治好。

(1) 保持蓝藻不暴发和净化水体。以往草海水水质差致蓝藻基本不暴发,后虽经治理水质有较好改善,但仍为大幅度劣V类。故应全力控制水污染和尽快改善水质至Ⅲ~Ⅳ类。草海治理可与蠡湖(太湖北部的小湖湾)治理相比较,两者面积相仿,蠡湖略小(8.5km<sup>2</sup>)。蠡湖经数年治理,已建成为全封闭水域,水质已改善至Ⅳ类并保持至今,蓝藻基本不暴发。所以草海的治理目标经过数年努力是完全可达到的。

(2) 草海治理措施。①域内污水厂大幅度提高排放标准,或其尾水再生利用,不进草海;②封闭全部入湖排污口;③继续调水入湖,增加环境容量,调水经过的大观河等河道和小湖泊严控污染,用微生物、曝气、增氧、造流、过滤等技术净化水体,确保调入之水达到Ⅳ类;④全面综合整治全部入湖小河道达到Ⅳ类水;⑤利用微生物、曝气、增氧、造流和锁磷剂降磷等技术净化湖泊水体、消除有机底泥,提高透明度,或配合适当放养紫根水葫芦净化水体、抑藻除藻;⑥没有生长沉水植物的部分水域适时适度清淤;⑦在实施改善生境如提高透明度后进行适当面积的人工修复,修复以植物为主的生态系统,促进草海的自然修复,特别是诱发草海底泥中原有植物种子的发芽生根,使湖底植被覆盖率达到70%~80%;⑧适当降低水位,利于

增加湖底光照和沉水植物生长;⑨分片治理,分片修复生态、分片抑藻除藻,保持蓝藻不暴发,并最终连成一个整体。成为名副其实的草海和健康的水生生态系统,可建成如蠡湖一样的全国小型湖泊(湖湾)治理的典范,而且是非全封闭湖泊的榜样,更具全国学习价值。

也可在外海北部等水域,在总结以往经验教训的基础上,建设能够消除蓝藻暴发的示范区,以带动滇池全部水域消除蓝藻暴发。

#### 4.10 保障措施

滇池保护管理局充分发挥统一领导滇池治理工作的领导作用;制定一个科学和适当的消除蓝藻暴发的目标和规划、方案;提高认识,各部门密切协调,完善和健全管理体制和机制;加强执法力度和生态补偿;加强对责任人考核;加大资金投入;增强群众参与程度和监督能力。

##### 参考文献:

- [1] 刘玉生,郑丙辉,戴树桂,等. 滇池富营养化及其综合治理技术研究[M]. 北京:海洋出版社,2004:3.
- [2] 孔繁祥,宋立荣. 蓝藻水华形成过程及其环境特征研究[M]. 北京:科学出版社,2011:10.
- [3] 中国国际工程咨询公司. 滇池流域水环境综合治理总体方案[R]. 北京:中国国际工程咨询公司,2008:93.
- [4] 中国环境保护部. 2015全国环境公报[Z]. 2016.
- [5] 地表水环境治理标准:GB3838-2002[S].
- [6] 城镇污水处理厂污染物排放标准:GB18918-2002[S].

## Ideas and Countermeasures against Blue Algae Bloom in Dianchi Lake

CHEN Xu-qing<sup>1</sup>, HU Ming-ming<sup>2</sup>, ZHU Xi<sup>3</sup>, HUANG Xiao-ying<sup>4</sup>, SUN Wen<sup>5</sup>, MA Jian-hua<sup>2</sup>

(1. Wuxi Blue Algae Treatment office, Wuxi Jiangsu 214071, China)

**Abstract:** Dianchi Lake has been one of the three most serious blue algae bloom lakes in China since 1980's. The blue algae bloom occurred less serious in recent years even though the water was seriously polluted in the north of the Lake. The water quality of the lake has been improved. The blue algae bloom has alleviated after ten year's treatment. Therefore, some ideas to treat algae bloom were put forward covering Setting up the goal of eliminating blue algae bloom to encourage researcher and governor to put more efforts on this issue, rising the water discharge standard of the wastewater treatment plants, implementing zoning treatment, getting the blue algae out of water completely, ecological restoration in a large scale, and cancelling the prohibition of using microorganism. The treatment measures included constructing high standard wastewater treatment plant, shutting off all wastewater discharge outlets, comprehensively treating each river channel, eliminating blue algae bloom by zones, dredging, ecological restoration, and water transfer from Niulanjiang River to Dianchi Lake. It is meaningful to promote Caohai Lake as a typical model of half-closed lake without blue algae bloom in China.

**Key words:** blue algae bloom; treatment; idea; countermeasures; Dianchi Lake

# 完善昆明城市污水资源化, 保障水资源 可持续利用的对策建议

董海京, 刘嫔, 董云仙, 周庆, 曾广权  
(云南省环境科学研究院, 云南昆明 650034)

**摘要:** 昆明市主城区人均拥有水资源量不足  $300\text{m}^3$ , 低于全国、全省人均水资源拥有量; 水资源短缺和水污染严重, 成为制约昆明市经济社会发展的一个重要因素。分析了昆明城市水资源利用概况: 牛栏江—滇池补水工程情况, 昆明市主城区污水处理厂尾水外排工程情况, 昆明市再生水利用情况, 分析了城市污水资源化利用中存在的主要问题, 提出了相应的对策建议。

**关键词:** 水资源; 可持续利用; 牛栏江—滇池补水工程; 城市污水资源化; 昆明

**中图分类号:** X52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0024-04

## 1 昆明市水资源短缺基本情况

### 1.1 昆明市水资源短缺现状

昆明市地处金沙江、珠江、红河分水岭, 地势高, 且无大江大河过境。水的主要来源靠季节性降雨。昆明市多年平均降水量  $980.4\text{mm}$ , 水资源总量  $73.59\text{亿}\text{m}^3$ , 其中: 地表水资源量  $70.64\text{亿}\text{m}^3$ ; 地下水资源量  $19.77\text{亿}\text{m}^3$ 。主城水资源人均拥有量不足  $300\text{m}^3$ , 低于全国、全省人均水资源拥有量。水资源短缺和水污染严重, 成为制约昆明市经济社会发展的一个重要因素。自 2009 年以来, 昆明市连续 4 年干旱少雨, 城市供水面临严峻考验。对于昆明这样一个严重缺水城市而言, 如何合理利用水资源, 加强再生水的利用无疑是生态文明建设的重要内容。

### 1.2 昆明市水环境质量现状

近 20 年以来, 昆明市人口持续增长, 城建区面积持续扩大, 污染物排放已经超出环境的承载能力。滇池及其 35 条入湖河道水环境质量下降。滇池为劣 V 类水质, 水体主要污染物为 COD、TN、TP 等, 表现为有机污染。湖泊富营养化严重, 蓝藻水华频繁发生, 进一步恶化湖泊水生态系统健康状况。水资源短缺和水污染严重, 成为制约昆明市经济社会发展的一个重要因素。

## 2 昆明城市污水资源化利用概况

### 2.1 牛栏江—滇池补水工程

牛栏江—滇池补水工程是滇中引水工程近、

中期实施的一项重要工程, 是解决昆明“水少”、滇池“水脏”的现实选择, 是加快现代新昆明建设与实施滇池综合治理的关键性工程。工程建设对增加滇池流域水资源量, 提高水资源承载能力, 改善水环境容量具有重要意义, 对加速水体置换具有重要作用, 可改善滇池流域的水资源条件。

#### (1) 工程任务

2020 水平年: 重点向滇池补充生态水量, 改善滇池水环境, 并在昆明发生供水危机时, 提供城市生活及工业用水。计划在牛栏江公园瀑布取水口取牛栏江水, 通过  $11.6\text{km}$  长的配水管道将  $30\text{万}\text{m}^3/\text{d}$  的水分别分配至第一、第五自来水厂。

2030 水平年: 主要任务为曲靖市生产、生活供水, 其次与金沙江调水工程共同向滇池补水, 并作为昆明市的后备水源提供供水安全保障。

#### (2) 可调水量分析

德泽断面以上流域径流面积  $4551\text{km}^2$ , 多年平均水资源总量  $17.05\text{亿}\text{m}^3$ , 牛栏江德泽断面以下区域多年平均水资源总量  $26.45\text{亿}\text{m}^3$ 。2020 水平年, 牛栏江—滇池补水工程调水量  $5.72\text{亿}\text{m}^3$  左右。2030 水平年, 工程的总调水量为  $1.38\text{亿}\text{m}^3$ , 规划牛栏江—滇池补水工程补至滇池的水质为地表水 III 类水。

#### (3) 工程总体布局

工程方案布局为在德泽大桥上游  $4.2\text{km}$  的牛栏江干流修建德泽水库调蓄径流, 在库区设干河泵站提水, 进入德泽干河—盘龙江输水线路 (盘龙江清水通道) 自流引水至滇池流域, 于松华坝水库下游注入盘龙江进入滇池。

#### (4) 牛栏江——滇池补水工程作为昆明市备用水源利用情况

2014年6月上旬,由于云龙水库蓄水已低于死水位,昆明市出现城市供水告急,经水利厅研究决定,先后启动3台泵组向昆明市应急供水,共实施了2次昆明城市生活应急供水。第一次是2014年4月2日—5月14日,提供468万 $m^3$ ;第二次是2014年6月9日—7月14日,提供787万 $m^3$ ,两次合计向昆明城市生活提供原水1255万 $m^3$ 。

#### 2.2 昆明主城区污水处理厂尾水外排工程概况

根据《昆明主城区污水处理厂尾水外排及资源化利用建设工程(一期)可行性研究报告》,目前主城昆明投入运行的污水处理厂有8座,总处理规模110.5万 $m^3/d$ ,尾水已达到了《GB18918-2002 城镇污水处理厂污染物排放标准》一级A标准;经与《GB3838-2002 地表水环境质量标准》中的标准限制对比,污水处理厂尾水中 $COD_{Cr}$ 达到Ⅳ类、 $BOD_5$ 稳定达到Ⅲ类、总氮高于Ⅴ类、总磷达到Ⅴ类,总体水质达不到Ⅴ类水标准;但是经过过滤和消毒处理,尾水的色度、透明度、浊度等指标优良。工程将主城区污水处理厂尾水除少量再生回用外全部收集,在河道末端将这部分尾水截流,输送到草海西园隧洞外排至安宁,使其不进入外海;工程分期实施,一期工程实施范围为第二、四、五、七、八污水处理厂和在建的第十污水处理厂,总规模78.5万 $m^3/d$ 。

#### 2.3 昆明市再生水利用情况

昆明市再生水利用起步于较早的20世纪90年代,发展到目前,可概括为集中式和分散式处理利用相结合。其中分散式(各企事业单位、小区自建)中水处理设施390多个,处理污水13万 $m^3/d$ ,主要用于各自单位的绿化、冲厕、景观等。

昆明市主城区8座污水处理厂尾水的深度开发利用运营管理权,由云南中水工业有限公司(简称中水公司)独家拥有。公司自2006年12月成立以来,已先后在第一、第二、第三、第四、第五、第六污水处理厂投资建设了再生水回用站,日处理能力3.2万 $m^3$ 。再生水供水范围为:市政道路冲洗、冲厕、景观、绿化用水;单位小区绿化浇洒、车辆清洁、工业用水;河道、公园、水体景观补水等。

公司现有再生水管网有82km左右,设立40多个环卫取水点。公司现有用户137家单位(小

区)。2013年1—6月销售再生水量为250万 $m^3$ ,其余第一至第八污水厂处理的再生水全部用于周边河道景观补水。其中管网覆盖区域内的翠湖、莲花池、月芽塘、西华园及阳光高尔夫、主城四区绿化环卫(除西山绿化外)都已使用公司的再生水。

昆明市的再生水利用率总体可达88%,其中大部分用于河道景观及生态补水,主城区用于绿化、浇洒、冲厕等中水回用量不足10%。

### 3 存在的主要环境问题

#### 3.1 牛栏江——滇池补水工程

##### (1) 牛栏江提供城市生活用水未作长远考虑

牛栏江滇池补水工程的任务之一是在昆明发生供水危机时,提供城市生活及工业用水,城市生活供水没有作为长远考虑,存在水质与水量风险。

##### (2) 牛栏江滇池补水工程实施后,污水处理厂尾水优化调度需研究完善

牛栏江调入的水通过盘龙江清水通道自流至滇池,主城区的尾水将逐步截流输送到草海西园隧洞外排至安宁,但该工程还存在诸多生态问题,需进一步研究完善。

##### (3) 牛栏江水质不稳定,部分断面水质不达标

据云南省环保厅对牛栏江水质状况2014年1—8月监测月报,牛栏江6个断面均达到水环境功能Ⅲ类水标准要求的仅有1月,其余2—8月均有不同监测断面出现超标现象,其中超标断面较多的月份为7月、8月,均有4个断面超标;主要超标因子为 $COD$ 、 $BOD_5$ 、氨氮、总磷、溶解氧、高锰酸盐指数,水质从轻度污染到重度污染(即Ⅳ类~劣Ⅴ类)均有发生;值得关注的是德泽水库调水取水口断面在7月、8月均未达到Ⅲ类功能水质标准要求,分别为中度污染和轻度污染(Ⅴ类和Ⅳ类)。

另据2015年1—12月监测月报结果,德泽水库调水取水口断面没有出现超过水功能Ⅲ类标准现象,但其它断面仍有超标现象。

#### 3.2 中水利用存在问题

(1) 缺乏专项规划的指导。中水公司在实施管网建设中,仅能依靠市场调查的情况结合离再生水厂站就近的原则提出实施建议,致使管网建设的全局性、长远性及效益都难以保障。

(2) 再生水使用存在处罚难的问题。根据《昆明市城市节约用水管理处罚办法》,新改扩建项目、原已建成项目,可以使用其他再生水利用设施但未使用再生水的,可处以一定数额罚款;在再

生水供水区域内的道路清洁、园林、绿化、景观、洗车等用水,未按规定首选使用再生水的,责令限期改正;逾期不改的,对责任单位处以1000元罚款。但执法难以到位,尤其是再生水管网覆盖区域内可用而不用情况督促力度需加强。

(3) 管网建设投资的资金压力、建设难度大。

(4) 对于分散式再生水处理监管难度大。对于已建设投入运营的分散式再生水处理设施,存在出水水质有波动、监管难度大、缺乏维修资金等问题。

#### 4 对策及建议

4.1 加强牛栏江补水工程水质-水量联合调控,积极推进《牛栏江流域水污染综合防治规划》,建立流域管理机制,保障水资源的永续利用

牛栏江补水工程,在增强昆明主城供水保障的同时,应进一步优化滇池流域水资源调配,实现由单纯补水向恢复流域自然水循环转变,由单纯水资源利用向为滇池水质改善提供最佳水量水动力条件转变,由单纯水量调度向水质-水量联合调控转变。

按照《云南省牛栏江保护条例》、《牛栏江流域水污染综合防治规划》等法律法规的支撑性文件,完善由省、市、县(区)各级有关部门参加的牛栏江流域保护协调工作机制,行使独立的管理职责,全面负责牛栏江流域保护工作。鉴于牛栏江水质已受到不同程度污染的现状,在实施牛栏江滇池补水工程的同时,研究与制定生态补偿方案,大力恢复与建设牛栏江流域生态环境,坚持牛栏江流域水源保护优先于发展经济的思路,加强污染源控制,加大执法力度,将水源地保护落到实处,保障水资源的永续利用。

4.2 牛栏江引水作为城市供水水源,应加强防突发性水污染事件应急预警体系建设

在严格论证的基础上,应长远谋划,建立优化调度的方案,将牛栏江原水作为城市供水的水源宜做长远考虑,并进行饮水安全评估,建立风险预警机制,以便安全稳定将该部分水作为昆明城市供水的后备水源。应加强立法,在立法中强制要求制定水污染事故应急预案;在预警应急预案中明确各级人民政府行政首长负责制;对有关饮用水源地保护监督管理部门的事故调查、监测、处理、报告和通报及应急措施进行规定;实行抢险救灾强制应急制度;规定强制应急的善后工作的指导原则;按分阶段建设的原则尽快建设水源地及城市供水风险预

警应急系统。

4.3 昆明主城区污水处理厂的尾水应进入滇池外海作为生态补水

除涉及盘龙江清水通道外的污水处理厂尾水,应坚持昆明主城区污水处理厂的尾水进入滇池外海作为生态补水的做法,但在进入滇池前应经过滇池沿岸湿地进一步净化,进一步降低污水处理厂尾水中的氮、磷等污染物。抓紧研究流域内污水处理厂尾水及再生水优化调度方案,使其经济效益、环境效益最大化。

4.4 充分发挥沿湖湿地净化水质的生态服务功能,建立健全湖滨带管护机制

环湖人工湿地建设不仅要有景观功能,还要发挥对污水处理厂尾水及河流水质的治污功能。环湖湿地只有与滇池水体相连,才能充分发挥湿地净化水质的“肾脏”功能。实现滇池湿地“肾脏”功能,一是要将防浪堤拆除;二是要让湿地与入湖河道联动布水,实现滇池湿地生态良性循环。

4.5 依靠自然的力量,恢复滇池湖泊生态系统的结构与功能

恢复滇池湖泊生态系统的结构与功能,发挥湖泊生态系统净化水质的功能是滇池治理的根本出路。滇池湖泊生态系统由沿岸带、浮游带、底栖带三个不同类型的子系统构成,为了恢复子系统的生物多样性,首先必须恢复沿岸带、浮游带、底栖带的生境。为此,在削减氮、磷的同时,必须提高水体的透明度,让沉水维管束植物(沉水植物)生长起来。长起来的沉水植物可通过光合作用放出大量氧气,控制水体中溶解氧的含量。溶解氧含量提高后,就为恢复生物多样性创造了条件。生物多样性恢复后,通过生物之间的相生相克作用就能抑制蓝藻的暴发,滇池水质恢复到Ⅲ类,实现滇池由藻型湖向草型湖的转变才有希望。所以,一定要树立依靠自然的力量修复自然,以自然修复为主、工程为辅的理念。当前,污水处理厂尾水透明度较高,应充分利用好尾水,尾水通过湿地净化后再进入外海应该比较好的思路。

4.6 城市再生水(中水)利用对策建议

(1) 统筹城建规划,提高污水再生利用在城市水资源规划中的地位。各级领导要充分认识到滇池流域水资源环境的严重性,确立废水也是可利用资源的观念,应当从社会成本与社会收益的角度来考虑再生水所带来的外部经济性——水资源的节约和水环境污染的缓减,做好“中水中用”。

(2) 坚持“政府主导,企业运作”的原则,实现多水源联合调度,优化配置,循环利用。省、市级行政主管部门应将集中式再生资源与流域水资源统一调配,实现多水源联合调度,优化配置,循环利用。应围绕滇池污染治理,结合海绵城市建设,加大城市排水管网的投入和建设力度。应结合实际情况,理清区域内可用再生水替代的行业、区域和范围、单位,按近远、使用规模大小次序,拟定集中式和分散式再生水利用三年规划及年度工作计划,督促推进再生水利用。

(3) 以创建节水型城市为抓手,全面推进城市节水管理工作。创建节水型城市涉及到城市节水规划及法规等的完善、污水处理及再生水回用、雨水收集利用、供水管理等众多方面,是深入开展城市节水管理工作的有效平台。集中式再生水供水管道建设应结合市政道路和排水管网同步实施,管网

建设应纳入市政基础设施的规划与建设一并实施。

(4) 建立再生水利用设施运营经费保障机制。污水处理和再生水回用都是一项民生工程,政府应提供必要的条件和相关的优惠政策作为保证措施。对于将集中式再生水输送用于河道、景观环境补充及其它公益性用水的,应采取市级统筹、分级承担的原则,按区域由同级财政按实际运行费用及回补水量,给予运营单位运行费用补助;根据再生水运营企业运营情况予以适度补偿,扶持再生水设施运营企业良性、健康发展。

#### 参考文献:

- [1] 陈欣,周云,顾世祥.牛栏江-滇池补水工程运行调度管理研究[J].中国水利,2013(20).
- [2] 中华人民共和国国务院令 第641号:城镇排水与污水处理条例[Z].
- [3] 张国涵,高原.牛栏江——滇池补水工程对滇池外海总磷和总氮含量的影响[J].环境科学导刊,2015(5).

## Suggestions on Reusing Wastewater to Ensure Water Resource Sustainability

DONG Hai-jing, LIU Bin, DONG Yun-xian, ZHOU Qing, ZENG Guang-quan  
(Yunnan Institute of Environmental Science, Kunming Yunnan 650034, China)

**Abstract:** The water resource of per capita of urban residents in Kunming is less than  $300 \text{ m}^3$ , which is lower than the average level of the whole province and whole nation. The shortage of water resource and the water pollution are serious in Kunming. It has constrained the economic and social development of Kunming. The present water resource usage situation was analyzed covering the water transfer of Niulanjiang River - Dianchi Lake, the discharge of tail water of the wastewater treatment plants in urban area, and the usage of renovated water. The major problems of reusing wastewater resource in Kunming were identified. The corresponding suggestions were put forward.

**Key words:** water resource; sustainable use; water transfer of Niulanjiang River - Dianchi; reuse wastewater resource; Kunming

# 有效实施饮用水水源地综合治理项目 切实保证人民群众饮水安全

周宇晖

(楚雄州环境监测站, 云南 楚雄 675000)

**摘要:** 对楚雄州集中式饮用水水源地综合治理项目实施方案编制过程中发现的问题进行分析研究, 提出保证饮用水水源地综合治理项目省级专项资金能够合理使用、发挥最大效益的对策建议。

**关键词:** 饮用水源地; 水源保护; 专项资金; 实施方案; 楚雄州

**中图分类号:** X52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0028-02

从2009年开始至2015年, 云南省遭遇了史无前例的连年干旱, 楚雄州是云南省干旱的重灾区。持续的干旱导致了不同程度的饮水困难, 楚雄州的18个集中式饮用水水源地中的部分饮用水源地出现了水质超标现象。为了确保完成集中式饮用水水源地水质达标率100%的目标, 各县市人民政府高度重视饮用水安全工作和污染治理工作, 积极申请省级资金, 对集中式饮用水水源地保护区开展综合整治, 积极推进水资源保护和水污染防治, 以切实保证好人民群众的饮水安全。

保障饮水安全是新时期贯彻落实科学发展观的重要举措, 也是生态文明建设、构建和谐社会的重要内容, 是一项与公众健康密切相关的民生工程。党中央国务院对饮水安全工作高度重视, 先后下发了《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》、《国务院办公厅关于加强饮用水安全保障工作的通知》等文件。省委省政府也发布了《云南省人民政府办公厅关于加强城镇集中式饮用水水源保护工作的通知》。文件中均明确要求“严格保护饮用水水源, 综合防治水污染”。

省级财政部门也根据各县市人民政府的申请, 下达了专项资金用于集中式饮用水水源地的污染治理工作。

楚雄州的楚雄市尹家嘴水库、永仁县尼白租水库、大姚县大坝水库、石洞水库等多个集中式饮用水水源地都先后获得了省级资金的扶持, 编制了各个水库的综合治理实施方案, 对辖区内的集中式饮用水水源地进行综合治理。但在实施方案的编制过程中, 均存在一些问题。为了能够将专项资金切实

使用好, 能够切实改善水质, 确保完成集中式饮用水水源地水质达标率100%的目标, 切实保证好人民群众的饮水安全, 本文结合楚雄州集中式饮用水水源地综合治理项目实施方案编制过程中发现的问题进行分析研究, 提出以下几点对策建议, 以保证下一步争取到的省级专项资金能够合理使用, 发挥好最大效益。

## 1 结合水质现状, 查清污染源头

各个饮用水源地都有监测部门的基础监测资料, 首先应该根据监测资料找出近年来水库水质出现超标的主要污染因子, 根据污染因子找出水库超标的主要污染原因。如果近年来出现超标的主要污染因子是氨氮、总磷或化学需氧量等, 那么水质超标的原因主要应该是上游来水受到了面源污染, 那就必须对上游污染源进行调查分析。调查重点应是上游村庄的生活污水、生活垃圾排放情况, 农作物施肥情况和畜禽养殖等情况。通过调查分析, 弄清水库上游来水主要污染物种类和产生量, 才能有针对性地提出改善水库水质所需重点治理污染物的种类和需要削减的数量, 才能把握好污染治理的方向, 才能使饮用水水源地综合治理项目目的明确, 有针对性和方向性。

## 2 合理规划实施方案, 保证资金的有效利用

省级下达的资金主要是用于污染物的治理和削减使用, 所以应该根据查清的污染物种类和数量因地制宜地制定合理的实施方案。治理工程应该具体明确, 治理工艺应该进行类比分析, 对污染物的去除效率应该有明确结论, 工程内容和资金概算应该相对应, 保证资金投入一批, 见效一批。有的饮用水水源地资金使用主要用于安装购置在线监测设备, 这样的方案对于污染物的治理没有切实有效的效

果，不能保证资金的有效利用，所以这样的方案应该及时调整，保证资金使用于污染物的削减。

### 3 明确各部门主体责任，确保治理工程的有效实施

各个水库的治理方案各不相同，有在来水河段建设湿地工程的，有建拦砂坝的，有上游村落污水、垃圾集中收集处理的，有进行河道清淤的，有河道杂草清理的，有在水源保护区设置铁丝护栏、警示牌的。这些工程在项目实施阶段会对污染物产生一定的去除作用，但要保证污染物去除能够长期

有效，就必须明确各部门主体责任。如湿地工程水生植物的落叶清理工作，污水、垃圾集中收集处理设施的运行维护管理工作，拦砂坝前的清淤工作，铁丝护栏、警示牌的检查维护工作等。这些后续工作必须明确由什么部门负责，污染物的治理和去除才能得以延续，否则就只能成为临时应付工程，工程结束后又慢慢恢复原状，失去了治理的意义。

综上所述，各级环境管理部门应该对饮用水源地综合治理实施方案严格把关，确保专项资金的有效实施，确保人民群众能够喝上放心水。

## Implement the Comprehensive Treatment Projects in Drinking Water Sources to Ensure Water Security for the People

ZHOU Yu - hui

(Chuxiong Environmental Monitoring Station, Chuxiong Yunnan 675000, China)

**Abstract:** The problems of protecting drinking water resources found in the process of writing the treatment proposal were analyzed. Suggestions on how to effectively use the provincial special investment to implement the comprehensive treatment projects in Chuxiong were pointed out.

**Key words:** drinking water source; drinking water source protection; special investment; proposal; Chuxiong

(上接第 19 页)

## Advances in Factors Influencing Release of Nitrogen and Phosphorus in Sediments

YANG Zhao

(Yunnan Environmental Engineering Design Center, Kunming Yunnan 650034, China)

**Abstract:** The release of nitrogen and phosphorus from sediment is an important pollution source of lakes. Great attentions have been paid on internal source pollution. Sediment could be sink and source of pollutants in the meantime. They could switch. This paper summarized the current research advance in the factors influencing the release of nitrogen and phosphorus in sediments by dissolved oxygen, oxidation reduction potential, pH, nitrogen and phosphorus element speciation, biology, and wind. The problems existed in present research were as follows: there was less field research but more laboratory experiments. Multi-factor interaction research was lacked of. The research results could not provide an efficient guide for internal source control.

**Key words:** sediment; internal source; nitrogen and phosphorus release; source-sink

# 沈阳市低空大气臭氧污染防治办法

黄 灿

(沈阳市环境监测中心站, 辽宁 沈阳 110000)

**摘 要:**以2013年沈阳市11个空气质量自动监测站的大气臭氧自动连续监测数据为基础,对臭氧浓度的区域分布、季节变化、日变化特征进行分析。结果表明:O<sub>3</sub>浓度在午后15:00左右出现峰值,O<sub>3</sub>浓度最高的月份为4—9月,中心城区O<sub>3</sub>浓度低于外围。在此基础上提出了沈阳市低空大气臭氧污染防治办法。

**关键词:**臭氧;时空分布;污染防治;对策;沈阳

**中图分类号:**X51 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-9655(2017)增上-0030-04

近年来,随着城市化的加快,机动车保有量直线上升,沈阳市臭氧浓度持续上升,已成为沈阳市大气污染的主要影响因素之一。尽管国内外学者就臭氧分布规律、化学反应机理、来源与识别、模式预报等开展了诸多研究<sup>[1-4]</sup>,但对臭氧污染控制管理措施的研究相对滞后。本文从环境管理的角度,在研究沈阳市臭氧分布规律的基础上,对沈阳市臭氧污染控制管理提出了建议。

## 1 采样设备及采样方案

### 1.1 采样地点

沈阳市环境空气国控自动监测点位11个,具体位置如图1所示。



图1 沈阳市环境空气监测点位图

### 1.2 数据采集

臭氧的采样采用的是美国热电公司生产的型号为TE 491的O<sub>3</sub>分析仪,原理是利用紫外分光光度法测量气体样品中臭氧的浓度。其检测量程为0~500μg/L,最低检出限为0.50μg/L。

## 2 数据与分析

### 2.1 监测数据

采用2013年1—12月沈阳市11个自动点位子

站累计运行4015d,除去零值、负值等异常值后,共得到臭氧浓度有效日均值数据4000余个,小时数据9万个以上。

### 2.2 结果与分析

#### 2.2.1 O<sub>3</sub>区域分布特征

图2是沈阳市环境空气11个点位的浓度图,从图中可以看出,中心城区的G、D、A、C4个点位的O<sub>3</sub>日最大8h滑动平均值的第90百分位数浓度明显低于城市外围的J、F、K点位,其中G点位的浓度最低,为114μg/m<sup>3</sup>,J点位浓度最高,为162μg/m<sup>3</sup>,位于城市的偏北部。从各点位超标天数来看,城市外围的点位超标天数较多,在20~103d;相反,中心城区各点位的超标天数较少,在3~18d。图3为各点位O<sub>3</sub>1h平均浓度日变化图,图中显示,各点位O<sub>3</sub>1h平均浓度变化情况并不完全一致,达到最大值的时间也不相同,中心城区的A、B、C、D、F、H、I点位均是在14:00左右出现峰值,而城市外围的E、J、K、G4个点位峰值出现的时间则是在15:00左右。综上所述,沈阳市O<sub>3</sub>的空间分布整体上呈现出外围高、中心城区低、东北部较高、西南部较低,且出现最大值时间外围较中心城区点位延迟的特征。

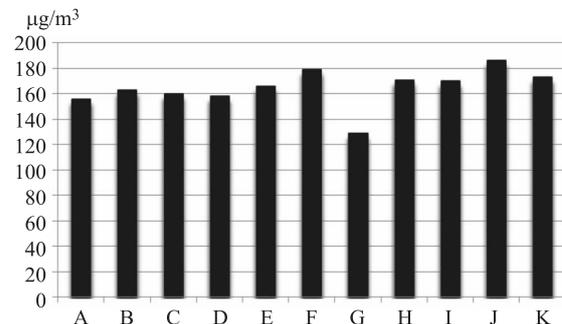
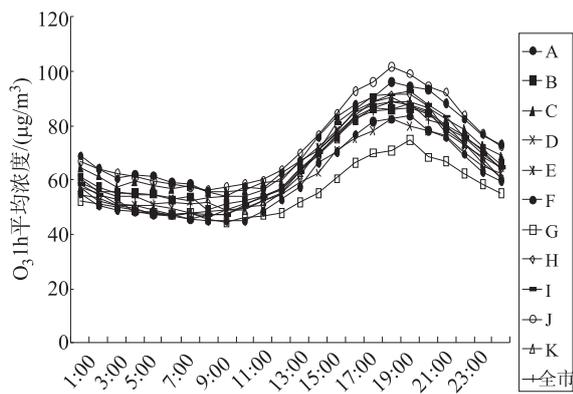
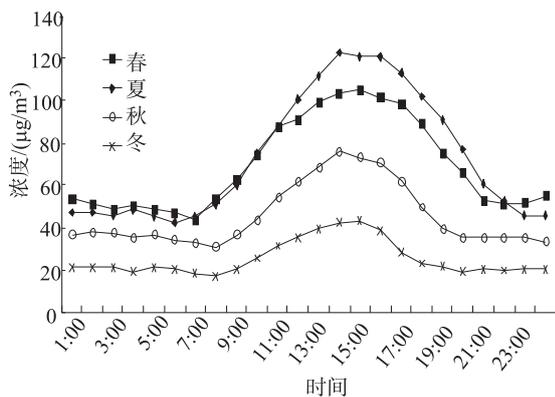
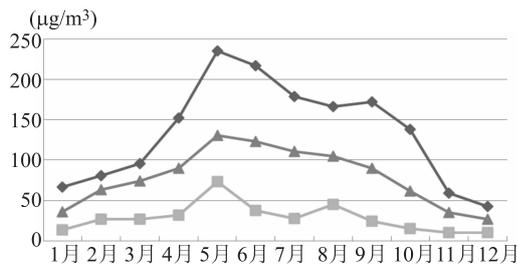


图2 不同点位臭氧日最大8小时平均第90百分位

图3 不同点位O<sub>3</sub> 1h平均浓度日分布曲线

综合图2和图3进行分析,原因在于由城市污染源排放的O<sub>3</sub>前体物从排放到形成O<sub>3</sub>,再到O<sub>3</sub>升至峰值,一般需要数个小时的时间,这期间臭氧前体物及新形成的O<sub>3</sub>可随风输送到其排放源的下风向地区,而沈阳市O<sub>3</sub>前体物排放强度较大的区域多数集中在中心城区<sup>[6]</sup>。O<sub>3</sub>污染程度较重的春、夏、秋三个季节的主导风向是西南风,从而导致位于这些中心点位下风向的城市外围点位,尤其是东北方向的J、K等点位的O<sub>3</sub>浓度明显较中心城区高,并且呈现出最大值延时的情况。

图4 O<sub>3</sub> 1h平均浓度日变化图5 O<sub>3</sub>日最大8h平均浓度统计特征图

### 2.2.2 O<sub>3</sub>小时浓度日变化特征

图4是不同季节下,O<sub>3</sub> 1h平均浓度24h平均变化曲线图。其中3—5月为春季,其余季节依次类推。从图中可以看出,各季节O<sub>3</sub> 1h平均浓度变

化曲线均呈明显的单峰型,但峰值出现的时间略有不同。春、夏两季早上7:00左右开始O<sub>3</sub>小时浓度逐渐升高,至15:00左右升至最大值,随后开始下降,至次日7:00达最低值后再一次升高,夏季昼夜的变化振幅大于春季,为60µg/m<sup>3</sup>。秋、冬季O<sub>3</sub>浓度明显升高的时间较春、夏两季推迟了2h,下降的时间较春、夏提前了2h,且变化振幅明显小于春、夏两季。这可能与光化学反应的活性有关,也可能与气象条件如温度、风速、太阳辐射、尤其是湿度的影响和水汽输送的季节差异有关<sup>[3-5]</sup>。

图5是不同月份的臭氧8h平均浓度统计特征图。从图中可以看出,沈阳市环境空气中臭氧日最大8h平均值从1月开始上升,到5月份达最大值后开始下降,在12月末至1月初达最低值。

### 3 低空大气臭氧主要来源

对流层臭氧主要有两个来源,即平流层的输送和低空大气光化学反应生成。

对流层顶附近的风切变造成平流层空气中高浓度O<sub>3</sub>通过小尺度湍流进入对流层,可能发生在所有纬度上<sup>[7]</sup>。对于上对流层,这种平流层与对流层的交换影响很大。对于下对流层,只有辐射和光化学不活跃地区的O<sub>3</sub>受这种影响很大,而污染相对较重的近地面的季节循环则主要受光化学过程控制。

O<sub>3</sub>作为一种二次污染物,是由人为源和天然源排放的挥发性有机物和氮氧化物在太阳光照射下发生光化学反应产生的。其他污染物(如CO、CH<sub>4</sub>)、太阳辐射、温度、相对湿度、风速和天气形势等条件均可对其造成影响。

### 4 沈阳市大气中臭氧前体物的主要排放源

大气中的氮氧化物(NO<sub>x</sub>)和挥发性有机物(VOC<sub>s</sub>)是对流层臭氧的最主要的两种前体物。

氮氧化物的排放主要来自锅炉燃烧、工业生产、机动车尾气等方面。其中2005年的统计数据表明,火力发电已成为NO<sub>x</sub>排放的最大污染源,年排放量约700万t<sup>[8]</sup>;其次是工业生产,对NO<sub>x</sub>排放量的贡献率约占NO<sub>x</sub>排放总量的23%;交通尾气对NO<sub>x</sub>排放总量的贡献率约占NO<sub>x</sub>排放总量的20%。但近年来,随着机动车保有量的增加,交通尾气对NO<sub>x</sub>排放总量的贡献率有增加的趋势。

VOC<sub>s</sub>有两类主要来源,天然源和人为源。天然源排放的VOC<sub>s</sub>以异戊二烯和单萜烯为主。人为

源则十分复杂,可分为流动源、固定源和无组织源三大类。其中流动源包括与飞机、轮船及机动车等交通工具相关的 VOC<sub>s</sub> 排放及非道路源的发动机排放;固定源包括化石燃料燃烧、废弃物的焚烧、溶剂的使用、工业生产过程等;无组织源包括生物质的燃烧、溶剂的挥发等过程。人为源最大的特点是多数与燃烧有关。如垃圾焚烧炉和汽车尾气等。

## 5 沈阳市低空大气臭氧污染防治措施

### 5.1 继续调整产业结构,优化能源构成

由于臭氧是一种二次污染物,而 NO<sub>x</sub> 和 VOC<sub>s</sub> 是臭氧形成的两类重要前体物,所以控制 O<sub>3</sub> 污染应从控制臭氧前体物排放方面着手。首先应继续调整产业结构,加大第三产业在三大产构成中的比例。优化能源构成,加快发展清洁能源技术。降低煤炭在能源消费中的比例,尤其是降低火点的比例,从源头上减少 NO<sub>x</sub>、VOC<sub>s</sub> 的生成量。

### 5.2 加大减排力度,加强脱硝设施监控

短期内通过实行“上大压小”,逐步关停小火电、小锅炉是最快速有效的方法。对暂时无法取替的重污染工业,则安装脱硝设备并保证其有效运行,对重点排放源加强监控。

在机动车生产和使用方面,应严格控制排放标准,实施国4排放标准,采取限行、限购、控制车牌发放量等方式,控制机动车总量增长速度。

### 5.3 制定臭氧前体物排放标准

对区域范围内重要 O<sub>3</sub> 前体物源的排放源加以控制。改善相关设备密封条件、严格规范操作流程等措施,以减少因石油的装载、运输和储存造成的 NO<sub>x</sub>、VOC<sub>s</sub> 泄露;对市内的印刷行业、工业用锅炉等制定 NO<sub>x</sub>、VOC<sub>s</sub> 的排放限值;对油漆、涂料等含有机溶剂的产品进行 VOC<sub>s</sub> 含量限定。

### 5.4 实行总量控制和排污交易

在环境管理中对污染物排放仅实行浓度控制是远远不够的,要保证环境保护的成效必须浓度控制和总量控制双管齐下。若想使 O<sub>3</sub> 污染防治取得实效,必须将 O<sub>3</sub> 的主要前体物 NO<sub>x</sub> 和 VOC<sub>s</sub> 纳入到总量控制之中,并将其上升至法律高度。

同时,实行区域清洁空气市场激励机制。由环境管理部门制定出总体的污染物削减目标(NO<sub>x</sub> 和 VOC<sub>s</sub>),并根据企业的实际工作情况进行分配。各企业可以自行制定削减方案,对于超额完成的削减量,可像产品一样公开出售,而未达到削减目标的企业,则可在市场上用钱购买这种削减量。这样,在经济激励下,原来对每个企业污染源进行控

制的管理就可以简化为对区域的管理,从而达到总量控制的目标。

沈阳市臭氧分布特征和臭氧前体物分布特征显示,沈阳市各区域间臭氧污染程度并不完全一致。臭氧污染较重的区域,往往前体物的排放量也较大,这说明沈阳市各区域之间存在 O<sub>3</sub> 前体物排放交易的潜力。此外,还可以推行行业内部的排污交易。沈阳市臭氧前体物 VOC<sub>s</sub> 的主要排放源为电厂、制药等工厂,因此可以在规定所有行业 VOC<sub>s</sub> 排放总量的基础上,在区域内的大型工业企业间实行 VOC<sub>s</sub> 排污交易;NO<sub>x</sub> 的主要排放源为火电厂,因此可以在区域内的大型工业企业间实行 NO<sub>x</sub> 的排污交易。对于机动车尾气排放源,可以在对机动车总量进行控制的基础上,以交换机动车牌照的方式来实施 NO<sub>x</sub> 和 VOC<sub>s</sub> 排污交易。

但是,要使 NO<sub>x</sub> 和 VOC<sub>s</sub> 的总量控制措施真正起到作用,还需要一些探索,其难点在于为沈阳市各个地区合理分配 NO<sub>x</sub> 和 VOC<sub>s</sub> 的总量,在地区承担共同而有差别总量控制任务的基础上对 O<sub>3</sub> 污染进行控制管理。

### 5.5 建立 O<sub>3</sub> 前体物源清单

要了解 O<sub>3</sub> 的污染情况,合理制定臭氧污染削减目标,建立 O<sub>3</sub> 前体物排放清单是关键。目前,沈阳市尚未出现系统的 O<sub>3</sub> 前体物排放清单。少数研究中涉及了人为源或者生物源的估算。环保局和环境监测部门也仅是对 NO<sub>x</sub> 的工业源进行了统计记录,到目前为止,还没有一个非常系统和完善的沈阳地区 O<sub>3</sub> 前体物排放清单公布出来。因此,要解决 O<sub>3</sub> 污染控制管理的问题,首先要尽快建立起一套系统的、完善的包含人为源和自然源的 O<sub>3</sub> 前体物排放清单系统。为完成清单的建立,需要对工业源排放进行监测、对流动源污染排放因子进行计算、对生物源污染物排放速度进行测量等一些列工作,并且这些参数是不断变化的,一旦地区特征发生变化,这些参数也将对应着发生变化。因此只有根据沈阳市的实际情况选择相应的参数,并对参数进行不断的评估和修改,才有可能获得较为准确的 O<sub>3</sub> 前体物排放清单。这项工作最好以环保部门为主导,联合一些科研单位,共同研发适合于沈阳地区的 O<sub>3</sub> 前体物动态排放清单系统。在此基础上,制定关于 NO<sub>x</sub> 和 VOC<sub>s</sub> 等 O<sub>3</sub> 前体物详细的行业排放清单,并每年更新一次。

### 5.6 建设光化学监测网络

目前, O<sub>3</sub> 的监测数据尚不完善,这极大地限

制了对 O<sub>3</sub> 污染原理研究和 O<sub>3</sub> 控制策略的制定。沈阳市在空气质量监测方面的工作是较为先行的。现已开展二毛等 11 个点位的 O<sub>3</sub>1h、O<sub>3</sub>8h 和 NO<sub>x</sub> 的日常监测,但是对非甲烷总烃和 VOC<sub>s</sub> 的监测只有北陵 1 个站点,这种监测现状不能完全满足臭氧污染防治的管理要求。

为了更好地了解 O<sub>3</sub> 污染的区域性,反应沈阳市整体的 O<sub>3</sub> 污染情况,应至少应再建立 3 个臭氧前体物监测子站,包括:①背景区或上风向子站:沈阳市盛行风的上风向且背景 O<sub>3</sub> 前体物的浓度最高的地区,以提供上风向 O<sub>3</sub> 传输影响的数据;② O<sub>3</sub> 前体物浓度最高区子站:通过手工监测设备,在全市范围内监测 O<sub>3</sub> 前体物的浓度,通过比对,挑选出其中浓度最高的区域,在此区域中位于城市盛行下风向的位置设置 O<sub>3</sub> 前体物浓度最高区子站;③下风向区子站:在接近沈阳市边缘,并且处于城市盛行下风向的位置设下风向区子站。设置用于了解区域内 O<sub>3</sub> 及其前体物的长距离传输。通过以上分析,建议增加二毛、张士和小河沿 3 个点位的臭氧前体物非甲烷总烃和 VOC<sub>s</sub> 的监测。为节省开

支,新建子站可以按时段运行。例如:在每年的 4—9 月实行 24h 连续监测,非控制时段则可选择特定时段进行监测。

#### 参考文献:

- [1] 张天航,银燕,高晋徽,等. 中国华东高海拔地区春夏季臭氧质量浓度变化特征及来源分析 [J]. 大气科学学报, 2013, 36 (6): 684-689.
- [2] 陈宜然,陈长虹,王红丽,等. 上海臭氧及前体物变化特征相关性研究 [J]. 中国环境监测, 2011, 27 (5): 44-49.
- [3] 洪盛茂,焦荔,何曦,等. 杭州市区大气臭氧浓度变化及气象要素影响 [J]. 应用气象学报, 2009, 20 (5): 602-610.
- [4] 张世国,苑克娥,胡顺星,等. 北京地区大气臭氧与氮氧化物测量分析 [J]. 大气与环境光学学报, 2012, 7 (5): 322-326.
- [5] 于基广,王燕,王敏铃,等. 烟台市大气臭氧近地面分布特征初探 [J]. 黑龙江环境通报, 2011, 35 (3): 45-48.
- [6] 曹文文,史建武,韩斌,等. 我国北方典型城市大气中 VOCs 的组成及分布特征 [J]. 中国环境科学, 2012, 32 (2): 200-206.
- [7] 黄美元,徐华英,等. 大气环境化学 [M]. 北京:气象出版社, 2005: 118-119.
- [8] 苟永桃,张饶. 氮氧化物排放现状及防治对策分析 [J]. 泸天化科技, 2014 (2): 101-107.

## Countermeasures against Ozone Pollution in Lower Atmosphere Layer in Shenyang

HUANG Can

(Shenyang Environmental Monitoring Center, Shenyang Liaoning 110000, China)

**Abstract:** Continuous monitoring in 11 ozone monitoring stations was conducted during January to December 2013 in Shenyang. The data was applied to analyze the spatial distribution, seasonal change, and daily change of ozone. The results showed that the peak O<sub>3</sub> concentrations in Shenyang often appeared at about 3 pm. However, its concentrations varied in twelve months. The highest concentrations appeared in the central urban area in April to September. Above all, pollution prevention approaches were put forward.

**Key words:** ozone; spatial and temporal distribution; pollution prevention; countermeasures; Shenyang

# 禄丰县城区环境空气质量现状及改善对策

袁应华

(禄丰县环境监测站, 云南 禄丰 651299)

**摘要:** 以禄丰县城区环境空气质量监测数据为依据, 分析了禄丰县城区环境空气质量的污染特点、禄丰县大气污染物的来源及特征, 提出适合于改善禄丰县当地大气环境的措施。

**关键词:** 空气质量现状; 污染特征; 对策; 禄丰县

**中图分类号:** X51 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0034-03

## 1 禄丰县环境质量监测概况

### 1.1 禄丰城区基本情况

禄丰县城区属金山镇辖区, 位于云南省中部, 楚雄州东部。距昆明 103km, 距楚雄 87km, 320 国道及安楚高速公路禄丰联络线和成昆铁路穿境而过。年平均气温 16.2℃, 年降雨量 1123.9mm, 平均海拔 1560~1640m, 属于中亚热带季风气候。全年主导风向西南风。全镇辖 21 个村(居)委会, 272 个自然村, 340 个村(居)民小组。据 2015 年末统计, 全镇有总人口 77291 人 25201 户, 其中: 农业人口 50726 人, 占总人口的 65.6%; 非农人口 26565 人, 占总人口的 34.4%。全镇有国土面积 419.3km<sup>2</sup>, 其中城区面积 5km<sup>2</sup>。是滇中地区重要的工业城市, 周边有冶金、化工、建材等企业。

### 1.2 环境空气质量监测点位布设

禄丰县于 2009 年 12 月建成环境空气监测自动站, 禄丰县环境监测站对城区大气环境质量进行了自动监测。城区为以商业、居住、文教、办公和服务产业为主的区域。近年来城市燃料结构得到改善, 逐步形成以电石油液化气为主的燃烧方式, 使城市大气环境质量得到有效改善。

## 2 环境空气质量现状

### 2.1 禄丰县城区环境空气污染特征

禄丰县城区空气污染特征分析采用空气污染指数 API 进行统计分析, 2011—2015 年禄丰县城区环境污染指数统计值见表 1。

2011—2015 年, 禄丰县城区环境空气质量连续 5a 达到 I 级, 空气质量状况为优。5a 中空气质量污染指数最大的均为 PM<sub>10</sub>, 说明主要影响禄丰县城区环境空气质量的污染物是 PM<sub>10</sub>, 即 PM<sub>10</sub> 为首要污染物。

表 1 禄丰县城区环境污染指数统计表

年度	污染物	空气污染指数 API	空气质量状况
2011	SO <sub>2</sub>	43	优
	NO <sub>2</sub>	24	优
	PM <sub>10</sub>	46	优
2012	SO <sub>2</sub>	38	优
	NO <sub>2</sub>	7	优
	PM <sub>10</sub>	39	优
2013	SO <sub>2</sub>	27	优
	NO <sub>2</sub>	15	优
	PM <sub>10</sub>	41	优
2014	SO <sub>2</sub>	22	优
	NO <sub>2</sub>	12	优
	PM <sub>10</sub>	46	优
2015	SO <sub>2</sub>	19	优
	NO <sub>2</sub>	12	优
	PM <sub>10</sub>	48	优

### 2.2 禄丰县城区环境空气季节变化特征

表 2 禄丰城区环境空气季节变化统计表

年份	季度	空气污染物浓度日平均值/(mg/m <sup>3</sup> )		
		SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
2011 年	1 季度	0.053	0.043	0.060
	2 季度	0.039	0.068	0.052
	3 季度	0.055	0.023	0.043
	4 季度	0.048	0.016	0.051
2012 年	1 季度	0.037	0.013	0.075
	2 季度	0.040	0.015	0.039
	3 季度	0.052	0.007	0.033
	4 季度	0.035	0.018	0.040
2013 年	1 季度	0.044	0.029	0.049
	2 季度	0.025	0.023	0.036
	3 季度	0.016	0.019	0.033
	4 季度	0.026	0.026	0.061
2014 年	1 季度	0.027	0.023	0.059
	2 季度	0.018	0.016	0.040
	3 季度	0.017	0.015	0.035
	4 季度	0.029	0.021	0.057
2015 年	1 季度	0.026	0.021	0.062
	2 季度	0.017	0.016	0.052
	3 季度	0.008	0.015	0.052
	4 季度	0.027	0.022	0.050

收稿日期: 2016-07-21

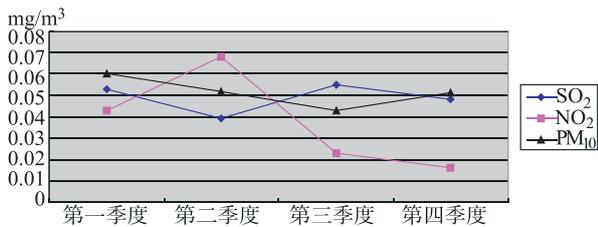


图1 2011年环境空气质量季均变化特征

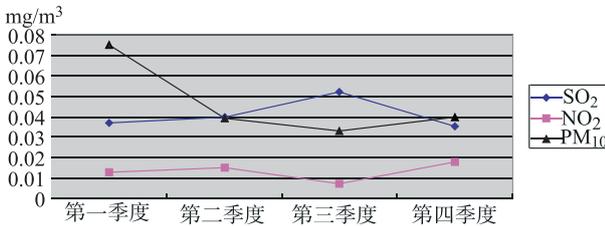


图2 2012年环境空气质量季均变化特征

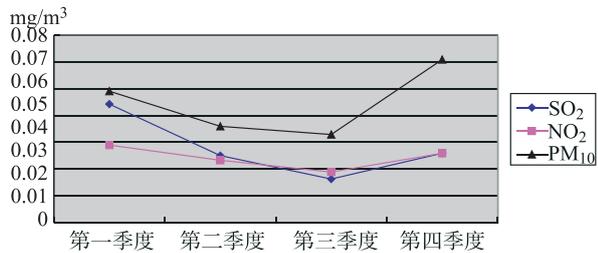


图3 2013年环境空气质量季均变化特征

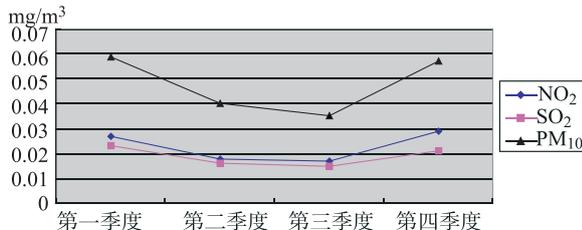


图4 2014年环境空气质量季均变化特征

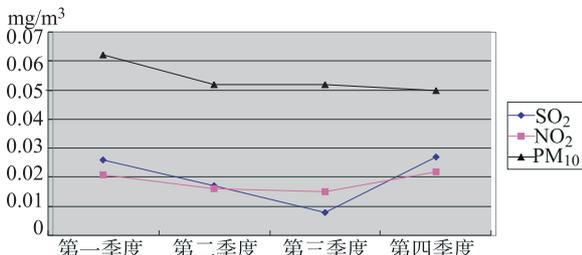


图5 2015年环境空气质量季均变化特征

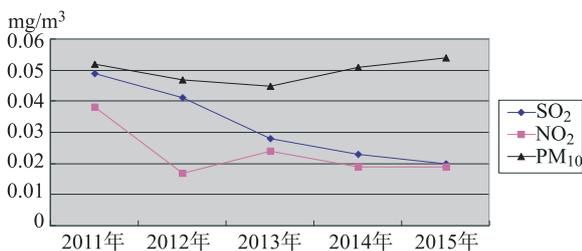


图6 2011—2015年禄丰县城区环境空气污染物年均变化特征

表3 禄丰县城区环境空气污染物年均值统计

	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年
SO <sub>2</sub>	0.049	0.041	0.028	0.023	0.020
NO <sub>2</sub>	0.038	0.017	0.024	0.019	0.019
PM <sub>10</sub>	0.052	0.047	0.045	0.051	0.054

从2011—2015年禄丰县城区环境空气季节变化结果统计图可看出：3种污染物浓度最高值均在第一季度，浓度最低值均在第三季度，且3种污染物浓度变化与季节扩散条件趋势一致。说明禄丰县城区环境空气污染物浓度的高低随季节性大气扩散条件的变化而变化。2011—2015年禄丰县城区环境空气中PM<sub>10</sub>略有升高，SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>保持平稳略有下降。

### 3 禄丰县城区环境空气污染主要原因分析

#### 3.1 交通运输流动源对禄丰城区环境空气质量的影响

近年来，由于机动车保有量的不断增加，导致道路交通环境空气质量问题日益突出。禄丰县城区主要交通要道分布在城区上风向，有320国道、龙城大道、禄武公路（禄丰至武定），每天有大量的运输车辆通过。部分车辆超载，运输易扬散、易散落物料的车辆未加盖篷布，造成沿途路面扬尘飞扬。特别是云南德胜钢铁有限公司现已形成150万t铁、150万t钢、150万t材的建设规模，所有原料和产品的运输车辆都要由城区通过。

#### 3.2 建筑施工对禄丰城区环境空气质量的影响

近年来，禄丰县对南市区和北市区进行开发，并在2015年完成火车南站的基础设施建设，城市不断向外扩张。建筑施工对禄丰城区空气质量的影响有：土石方开挖装卸、出渣装卸、建筑材料运输及砂石料堆存，混凝土搅拌、拆迁施工、堆存的建筑垃圾、平整场地、回填土等产生的扬尘。

#### 3.3 工业污染源对禄丰城区环境空气质量的影响

工业污染源仍是主要影响因素。虽然经过多年的治理和监管，排污企业也投入了巨额的治理资金，采用了较为先进的治理技术，污染物的排放浓度能够做到达标排放，但由于企业的生产总量提高较快，生产规模不断扩大，导致污染物的排放总量也随之增大，环境容量下降。例如：云南德胜钢铁有限公司及楚雄德胜煤化工有限公司两家企业污染源点多面广，运输扬尘、场地粉尘及无组织排放仍然存在，间歇性、突发性及事故性排放大气污染物的情况时有发生。

### 4 对策与建议

(1) 做好城区交通的合理规划，加快外环路

的建设,使大量过境车辆和运输车辆能够避开城区,减少扬尘的污染。

(2) 加强城市的综合整治力度。对违法超限超载运输行为,无牌无证、报废车上路行驶、超速行驶等交通安全违法行为,对运输易洒落、易扬散的行为:公安、运政、综合执法、住建、环保等部门各负其责,齐抓共管。

(3) 建筑施工采取密闭措施运输物料、渣土、垃圾等,施工车辆进出路线经常洒水,加强裸露施工场地的覆盖、施工道路的保洁工作。砂

石料采取密封堆放,混凝土使用定点供给的商混。

(4) 加强企业的监管力度,严防“跑、冒、滴、漏”及运输扬尘和场地扬尘对环境的影响。加快节能环保技术改造,做到经济发展与环境保护双赢。

(5) 加强对城区的绿化建设,提高城区绿色覆盖面积。大力宣传环境保护知识,不断提高每个公民的环保意识。

注:监测数据来源于禄丰县环境监测站。

## Countermeasures and Present Status of Environmental Air Quality in the Urban Area of Lufeng

YUAN Ying - hua

(Lufeng Environmental Monitoring Station, Lufeng Yunnan 651299, China)

**Abstract:** The pollution characteristics of air quality and the sources of air pollutants in the urban area of Lufeng were analyzed on the basis of the air quality monitoring data. The countermeasures against air problems were put forward.

**Key words:** present status of air quality; pollution characteristics; countermeasures; Lufeng County

(上接第11页)

## Study on Development of Circular Economy in Kaiyuan City

LI Yan

(Kaiyuan Environmental Research and Monitoring Institute, Kaiyuan Yunnan 661699, China)

**Abstract:** Circular economy is essentially a kind of ecological economy. The core characteristic of circular economy is based on the matter closed cycle flow using the ecology rule to set up a resources - products feedback process and “low mining, high use, low emissions” recycling economy mode, which would bring the economic system harmoniously into the material recycling process of the natural ecological economy in the system in order to achieve the ecological economic activity. The problems of developing circular economy in Kaiyuan were introduced. The corresponding countermeasures were put forward.

**Key words:** circular economy; ecological economy; problem; opportunity; countermeasures

# 药物和个人护理品的水环境 光化学转化动力学研究

黄建<sup>1</sup>, 田森林<sup>2</sup>, 李英杰<sup>2</sup>

(1. 澄江县环境监测站, 云南 澄江 652500; 2. 昆明理工大学环境科学与工程学院, 云南 昆明 650500)

**摘要:** 药物和个人护理品 (PPCPs) 是水环境中经常检出的一类新型微量有机污染物, 因其具有潜在的健康和生态风险而备受关注。光化学转化是 PPCPs 在表层水体中的重要降解途径, 且影响其环境归趋和生态风险。本文综述了 PPCPs 的直接光解和间接光解动力学过程, 探讨了 pH 和水中共存组分对 PPCPs 光解动力学的影响, 对 PPCPs 水环境光解动力学的研究方向进行了展望。

**关键词:** 药物和个人护理品; 光解动力学; 水环境; 综述

**中图分类号:** X13 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0037-04

药物和个人护理品 (PPCPs) 包括各种处方药和非处方药, 如抗生素、镇痛药、消炎药、荷尔蒙、阻滞剂、以及化妆品等。PPCPs 广泛应用于人类医疗、水产和畜牧业养殖等行业, 其大量使用导致 PPCPs 不可避免地进入水环境<sup>[1,2]</sup>。例如, 在地表水、地下水、饮用水和海水中均检出 PPCPs 类污染物, 一些 PPCPs 的浓度高达  $\mu\text{g/L}$  量级<sup>[3]</sup>。研究表明, 许多 PPCPs 类物质具有潜在的健康生态风险, 例如, 诱导产生抗性基因、内分泌干扰活性、生殖发育毒性和光致毒性等效应<sup>[2,3]</sup>。目前, PPCPs 类污染物的环境来源、迁移转化行为和毒性效应是国际研究的前沿和热点领域。

光化学转化是决定有机污染物环境归趋的重要途径, 且影响其毒性。许多 PPCPs 可以吸光发生直接光解, 也可以与水环境中的激发三重态溶解性有机质 ( $^3\text{DOM}^*$ )、羟基自由基 ( $\cdot\text{OH}$ )、单重态氧 ( $^1\text{O}_2$ )、超氧阴离子 ( $\text{O}_2\cdot^-$ ) 等活性物种 (ROS) 反应发生间接光解<sup>[4-6]</sup>。此外, 水中共存的溶解性组分, 例如  $\text{DOM}$ ,  $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-/\text{Br}^-$ ,  $\text{Fe(III)}$ , 可影响 PPCPs 的光降解<sup>[6]</sup>。本文重点综述了 PPCPs 的光解动力学以及水环境共存组分对其光解动力学的影响机理, 并展望了 PPCPs 水环境光解动力学的研究。

## 1 PPCPs 的光解动力学

### 1.1 直接光解动力学

抗生素、镇痛药、荷尔蒙类物质、防晒剂等 PPCPs 在太阳光和模拟太阳光 ( $\lambda > 290\text{nm}$ ) 辐照下, 均可吸光发生直接光解, 且其光降解反应遵循准一级反应动力学。污染物的表观光解速率常数 ( $k$ ) 可由下式获得<sup>[7]</sup>:

$$-\frac{dC}{dt} = \Phi (\sum L_\lambda \epsilon_\lambda) C = kC \quad (1)$$

式中:  $\Phi$  为污染物的表观量子产量;  $L_\lambda$  为污染物在波长  $\lambda$  处的吸收光强, 单位  $10^{-3} \text{ einsteins cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ;  $\sum L_\lambda \epsilon_\lambda$  为污染物在所有吸收波长下的累计光吸收;  $k$  为污染物的表观光解速率常数,  $k = \Phi \sum L_\lambda \epsilon_\lambda$ ;  $C$  为污染物在  $t$  时刻的浓度, 单位  $\text{mol/L}$ 。 $\Phi$  一般通过化学露光计法测定, 可由式 (2) 计算获得:

$$\Phi_s = \frac{k_s \sum L_\lambda \epsilon_\lambda^{\text{PNA}}}{k_{\text{PNA}} \sum L_\lambda \epsilon_\lambda^s} \Phi_{\text{PNA}} \quad (2)$$

其中:  $s$  为待测量子产率的目标化合物;  $k_s$  和  $k_{\text{PNA}}$  分别为目标化合物和 PNA 的准一级光解速率常数。

依据污染物的直接光解量子产率、摩尔消光系数以及不同维度太阳光的强度, 便可计算污染物在太阳光辐照下的光解半衰期 ( $t_{1/2}$ ), 即:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k_p} \quad (3)$$

已有研究表明, 同一种 PPCPs 随季节和纬度等环境条件的差异, 半衰期变化很大; 在同一季节, 其半衰期随纬度升高而增加<sup>[8]</sup>。另外, 在相同的日光条件下, 不同 PPCPs 的  $t_{1/2}$  存在很大差异。

收稿日期: 2015-08-05

作者简介: 黄建, 男, 总工程师, 主要从事环境监测分析方面的研究工作。

由于不同 PPCPs 分子的发色团结构存在显著的差异, 因此光吸收特性也可能是导致  $t_{1/2}$  相差较大的原因。

## 1.2 间接光解动力学

太阳光照射下的表层水体可产生多种 ROS,  $\cdot\text{OH}$  的浓度约为  $10^{-17} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $^1\text{O}_2$  约为  $10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $^3\text{DOM}^*$  约为  $10^{-15} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ [9,10]。污染物与 ROS 反应引发的间接降解是表层水体中污染物的重要削减途径, 其降解反应一般遵循二级反应动力学:

$$-\frac{dC}{dt} = k_{\text{ROS}} [\text{ROS}] C = kC \quad (4)$$

其中:  $k_{\text{ROS}}$  为污染物与 ROS 反应的二级反应速率常数, 单位  $\text{L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ , 可用于衡量污染物与 ROS 的反应活性。 $k_{\text{ROS}}$  的测定主要采用瞬态实验和竞争动力学实验。激光闪光光解技术 (LFP) 是目前用于测定  $k_{\text{ROS}}$  最主要的瞬态实验方法,  $k_{\text{ROS}}$  可通过 Stern - Volmer 公式进行线性拟合计算获得:

$$k_p = k_0 + k_{\text{ROS}} C \quad (5)$$

式中:  $k$  可直接采用 LFP 获得;  $k_0$  为溶液中未加入污染物时的表观光解速率常数, 单位  $\text{s}^{-1}$ ;  $C$  为污染物的初始浓度, 单位  $\text{mol/L}$ 。目前, 该方法还广泛用于测定  $^3\text{DOM}^*$  直接氧化污染物的二级速率常数[11-13]。除此之外, 还可用于测定  $^1\text{O}_2$ [14] 和  $\cdot\text{OH}$ [15,16] 的二级反应速率常数。

竞争动力学因其操作简便, 且不依赖高端仪器而得到广泛应用。该方法是通过加入可光致产生 ROS 的特定化合物, 并将待测物和已知  $k_{\text{ROS}}$  的参比化合物同时暴露于 ROS 环境中, 通过测定待测物和参比化合物的反应速率常数来计算待测化合物的  $k_{\text{ROS}}$ , 具体可通过下式获得:

$$k_{\text{ROS}} = \frac{\ln(C_t^s/C_0^s)}{\ln(C_t^R/C_0^R)} k_{\text{ROS}}^R \quad (6)$$

其中:  $C_t^s$  和  $C_0^s$  分别为目标物和参比化合物 (R) 在  $t$  时刻的浓度, 单位  $\text{mol/L}$ ;  $k_{\text{ROS}}^R$  为 R 与 ROS 反应的二级速率常数, 单位  $\text{L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 。例如, 对于  $^1\text{O}_2$  与污染物反应的二级速率常数, 常采用玫瑰红、萘嵌苯酮等敏化剂光致产生  $^1\text{O}_2$ , 糠醇 (FFA) 作为参比化合物, FFA 与  $^1\text{O}_2$  反应的二级速率常数为  $1.2 \times 10^8 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ [17]; 对于  $\cdot\text{OH}$  反应, 常采用 Fenton 法产生  $\cdot\text{OH}$ , 苯乙酮是常用的参比化合物, 二级反应速率常数为  $5.9 \times 10^9 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ [18]; 但是,  $^3\text{DOM}^*$  直接氧化污染物的  $k_{\text{ROS}}$  因没有合适

的  $^3\text{DOM}^*$  参比化合物而不能通过竞争动力学实验测定。在光化学实验中常采用与 DOM 类似且具有羰基结构的芳香酮类、醌类和醛类等化合物作为  $^3\text{DOM}^*$  的类似物, 研究  $^3\text{DOM}^*$  与污染物的反应活性。

## 2 水环境因素对 PPCPs 光解动力学的影响

### 2.1 pH 的影响

许多 PPCPs 类物质分子中含有酸碱解离基团, 在水溶液中容易电离产生多种解离形态。不同 pH 条件下, PPCPs 可能具有不同的存在形态, 这也导致 PPCPs 的光解动力学存在差异。例如, 磺胺抗生素存在苯胺基 N 原子和磺酰胺基 N 原子两个酸碱解离位点, 在  $\text{pH} = 2 \sim 3$  时磺胺类抗生素的苯胺基 N 原子位点易质子化, 呈现阳离子形态; 而溶液 pH 介于  $4.5 \sim 11$  时, 磺胺类抗生素的磺酰胺基 N 原子位点易去质子化, 呈现阴离子形态[19]。已有研究发现同一种磺胺的阳离子形态、中性形态和阴离子形态的  $k$  值存在很大差异[14], 且随 pH 值变化, 其  $k$  值并无规律可循; Zhang 等人考察了 2-苯基苯并咪唑-5-磺酸的光解动力学, 发现随 pH 升高,  $k$  值呈现先减小后增大的规律[20]。综上可知, pH 对 PPCPs 光解动力学的影响并无统一的规律。这与不同解离形态的 PPCPs 具有不同的吸收光谱以及量子产率相关。

### 2.2 水中溶解性组分的影响

已有研究表明, 水中溶解性组分可显著影响 PPCPs 类污染物的光解动力学。表 1 总结了水中溶解性组分对部分 PPCPs 光解动力学的影响和作用机理。DOM 是水环境中普遍存在的溶解性物质, 其对 PPCPs 光解动力学影响的研究较多。由表 1 可知, DOM 对污染物光解的影响表现为抑制和促进双重效应。DOM 既可通过光敏化污染物或光致产生 ROS 促进其光解, 也可淬灭 ROS 或激发态分子抑制污染物光解[6,12,21,22]。另外, 不同来源的 DOM 对污染物光解的影响也存在差异。例如, 源于高等植物的陆源 DOM 对磺胺间二甲氧基嘧啶的光敏化活性要低于源于浮游植物和细菌的内源 DOM[23], 表明 DOM 的组成结构影响其光化学活性。以上研究多采用商品化的 DOM 开展, 但不同国家和地区的 DOM 的结构和组成存在很大差异, 并不能很好地反映当地的实际环境。因此以后的 DOM 光化学研究中应多关注当地的 DOM。

表1 水中溶解性物质对 PPCPs 光化学转化的影响

共存组分	实验光源	影响示例	影响机理
DOM	450 W 氙灯 ( $\lambda > 290 \text{ nm}$ )	不同来源的 DOM 促进或抑制西维因的光解 <sup>[21]</sup>	光屏蔽效应或光致产生 ROS、 <sup>3</sup> DOM* 直接光氧化
	500 W 氙灯 ( $\lambda > 290 \text{ nm}$ )	对磺胺间二甲氧基嘧啶光解表现为促进作用 <sup>[23]</sup>	光致产生 <sup>3</sup> DOM* 以及 Fe (III) 的光助 Fenton 效应
	高压汞灯 ( $\lambda > 290 \text{ nm}$ )	抑制防晒剂 2-苯基苯并咪唑-5-磺酸光降解 <sup>[20]</sup>	淬灭目标物激发态分子
	1000 W 氙灯 ( $\lambda > 290 \text{ nm}$ )	DOM 促进 17 $\beta$ -雌二醇光解 <sup>[24]</sup>	光致产生 $\cdot\text{OH}$
$\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$	1000 W 氙灯 ( $\lambda > 290 \text{ nm}$ )	抑制氟喹诺酮类抗生素光解 <sup>[25]</sup>	淬灭活性物种
	1000 W 氙灯 ( $\lambda > 295 \text{ nm}$ )	促进双份 A 光解 <sup>[26]</sup>	与 ROS 活性物种反应产 $\text{CO}_3 \cdot^-$
$\text{Cl}^- / \text{Br}^-$	汞灯 ( $\lambda > 290 \text{ nm}$ ) 氙灯 ( $\lambda > 290 \text{ nm}$ )	促进卡马西平 <sup>[27]</sup> 和双酚 A <sup>[28]</sup> 的光解	与 $\cdot\text{OH}$ 反应产生卤素自由基阴离子
	中压汞灯 ( $\lambda > 290 \text{ nm}$ )	促进磺胺二甲基嘧啶光解 <sup>[29]</sup>	激发三重态分子氧化卤素离子产生卤素自由基阴离子
$\text{NO}_3^-$	1000 W 氙灯 ( $\lambda > 300 \text{ nm}$ )	促进 17 $\beta$ -雌二醇光解 <sup>[24]</sup>	光致产生 $\cdot\text{OH}$
Fe (III)	汞灯 (290 nm)	促进叔辛基苯酚降解 <sup>[30]</sup>	光致产生 $\cdot\text{OH}$ 等 ROS

$\text{NO}_3^-$  是水环境中重要的溶解性物质,也是表层水体中  $\cdot\text{OH}$  的重要来源,可能影响 PPCPs 的光化学转化。 $\text{Cl}^-$  和  $\text{Br}^-$  是海水的重要离子组分,可影响某些 PPCPs 的光降解。例如,模拟太阳光条件下,卤素离子与磺胺二甲基嘧啶反应产生卤素自由基,促进磺胺二甲基嘧啶光解。另外,水环境中的共存组分,如 DOM 和  $\text{HCO}_3^-$  等溶解性组分容易与  $\cdot\text{OH}$  反应,导致其淬灭<sup>[31]</sup>。特别需要指出的是, $\text{HCO}_3^-$  可与  $\cdot\text{OH}$  反应产生  $\text{CO}_3 \cdot^-$  而促进某些 PPCPs 光解<sup>[32]</sup>。另外,水环境中多种组分共存,这些组分之间的相互作用可能导致污染物的光化学过程更为复杂。因此,需要开展多环境溶解性组分共存条件下 PPCPs 的光化学行为研究。

### 3 展望

药物和个人护理品 (PPCPs) 是近年来新兴的环境微污染物,阐明其光化学行为对于评价其生态风险具有重要意义。虽然已有一些工作涉及 PPCPs 类污染物的光化学转化,但相关数据非常有限,远不能满足其生态风险评价的需要。此外,大多数 PPCPs 的光化学行为尚不清楚,仍待进一步研究。

由于 PPCPs 数目众多,分子结构复杂多样,通过实验逐一研究其光化学转化,成本高、耗时长,难以满足风险评估的客观需求;另外,受分析手段的限制,揭示光反应途径的中间体、过渡态等活性物种难以捕获和表征,为揭示反应机理带来困

难。近年来,计算能力的大幅提升,使得借助如量子化学计算等手段,阐明有 PPCPs 的光化学反应途径和机制成为可能。因此,发展基于量子化学计算的环境光化学预测模型是环境光化学今后研究的重要方向。

#### 参考文献:

- [1] 王丹,隋倩,赵文涛,等. 中国地表水环境中药物和个人护理品的研究进展 [J]. 科学通报, 2014 (59): 743-745.
- [2] Daughton C. G., Ternes T. A. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: Agents of subtle change [J]. Environmental Health Perspectives, 1999 (107): 907-942.
- [3] Khetan S. K., Collins T. J. Human pharmaceuticals in the aquatic environment: A challenge to green chemistry [J]. Chemical Review, 2007 (107): 2319-2364.
- [4] Canonica S. Oxidation of aquatic organic contaminants induced by excited triplet states [J]. Chimia, 2007 (61): 641-644.
- [5] Ge L., Chen J., Qiao X., et al. Light-source-dependent effects of main water constituents on photodegradation of phenicol antibiotics: Mechanism and kinetics [J]. Environmental Science and Technology, 2009 (43): 3101-3107.
- [6] Vione D., Minella M., Maurino V., et al. Indirect photochemistry in sunlit surface waters: Photoinduced production of reactive transient species [J]. Chemistry - A European Journal, 2014 (20): 10590-10606.
- [7] Dulin, D., Mill, T. Development and evaluation of sunlight actinometers [J]. Environmental Science and Technology, 1982 (16): 815-820.
- [8] Andreozzi R., Caprio V., Ciniglia C., et al. Antibiotics in the environment: Occurrence in Italian STPs, fate, and preliminary as-

- assessment on algal toxicity amoxicillin [J]. *Environmental Science and Technology*, 2004 (38): 6832–6838.
- [9] Zeng T., Arnold W. A. Pesticide photolysis in Prairie Potholes: Probing photosensitized processes [J]. *Environmental Science and Technology*, 2013 (47): 6735–6745.
- [10] Cooper W. J., Zika R. G., Petasne R. G., et al. Sunlight-induced photochemistry of humic substances in natural waters: Major reactive species [M]. Suffet I. H., Maccarthy P., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC, 1989.
- [11] Sharpless C. M., Blough N. V. The importance of charge-transfer interactions in determining chromophoric dissolved organic matter (CDOM) optical and photochemical properties [J]. *Environmental Science: Processes and Impacts*, 2014 (16): 654–671.
- [12] Wenk J., Eustis S. N., McNeill K. et al. Quenching of excited triplet states by dissolved natural organic matter [J]. *Environmental Science and Technology*, 2013 (47): 12802–12810.
- [13] Canonica S., Hellrung B., Wirz J. Oxidation of phenols by triplet aromatic ketones in aqueous solution [J]. *Journal of Physical Chemistry A*, 2000 (104): 1226–1232.
- [14] Boreen A. L., Arnold W. A., McNeill K. Triplet-sensitized photodegradation sulfa drugs containing six-membered heterocyclic groups: Identification of an SO<sub>2</sub> extrusion photoproduct [J]. *Environmental Science and Technology*, 2005 (39): 3630–3638.
- [15] 曹长青, 黄丽, 张仁熙, 等. 瞬态吸收光谱研究水相中三苯基锡与·OH自由基反应机理 [J]. *化学学报*, 2008 (66): 112–116.
- [16] 朱承驻. 利用瞬态吸收光谱技术研究水相中·OH自由基与苯及其衍生物的微观反应机理 [D]. 上海: 复旦大学, 2005.
- [17] Feleyn J. R., Davis J. C. C., Tran L. H., et al. Aquatic photochemistry of isoflavone phytoestrogens: Degradation kinetics and pathways [J]. *Environmental Science and Technology*, 2012 (46): 6698–6704.
- [18] Xie Q., Chen J. W., Zhao H. X., et al. Different photolysis kinetics and photooxidation reactivities of neutral and anionic hydroxylated polybrominated diphenyl ethers [J]. *Chemosphere*, 2013 (90): 188–194.
- [19] Sukul P., Spittler M. Sulfonamides in the environment as veterinary drugs [J]. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 2006 (187): 67–101.
- [20] Zhang S., Chen J., Qiao X., et al. Quantum chemical investigation and experimental verification on the aquatic photochemistry of the sunscreen 2-phenylbenzimidazole-5-sulfonic acid [J]. *Environmental Science and Technology*, 2010 (44): 7484–7490.
- [21] Miller P. L., Chin Y. -P. Photoinduced degradation of carbaryl in a wetland surface water [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002 (50): 6758–6765.
- [22] Janssen E. M. -L., Erickson P. R., McNeill K. Dual roles of dissolved organic matter as sensitizer and quencher in the photooxidation of tryptophan [J]. *Environmental Science and Technology*, 2014 (48): 4916–4924.
- [23] Guerard J. J., Chin Y. -P., Mash H., et al. Photochemical fate of sulfadimethoxine in aquaculture waters [J]. *Environmental Science and Technology*, 2009 (43): 8587–8592.
- [24] Chowdhury R. R., Charpentier P. A., Ray M. B. Photodegradation of 17 $\beta$ -estradiol in aquatic solution under solar irradiation: Kinetics and influencing water parameters [J]. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 2011 (219): 67–75.
- [25] Ge L., Chen J., Wei X., et al. Aquatic photochemistry of fluoroquinolone antibiotics: Kinetics, pathways, and multivariate effects of main water constituents [J]. *Environmental Science and Technology*, 2010 (44): 2400–2405.
- [26] Espinoza L. A. T., Neamtu M., Frimmel F. H. The effect of nitrate, Fe(III) and bicarbonate on the degradation of bisphenol A by simulated solar UV-irradiation [J]. *Water Research*, 2007 (41): 4479–4487.
- [27] Chiron S., Minero C., Vione D. Photodegradation processes of the antiepileptic drug carbamazepine, relevant to estuarine waters [J]. *Environmental Science and Technology*, 2006 (40): 5977–5983.
- [28] Liu H., Zhao H., Quan X., et al. Formation of chlorinated intermediate from bisphenol A in surface saline water under simulated solar light irradiation [J]. *Environmental Science and Technology*, 2009 (43): 7712–7717.
- [29] Li Y., Qiao X., Zhang Y., et al. Effects of halide ions on photodegradation of sulfonamide antibiotics: Formation of halogenated intermediates [J]. *Water Research*, 2016 (102): 405–412.
- [30] Wu Y. L., Yuan H. X., Wei G. R., et al. Photodegradation of 4-tert-octylphenol in aqueous solution promoted by Fe(III) [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2013 (20): 3–9.
- [31] Lin A. Y. -C., Wang X. -H., Lee W. -N. Phototransformation determines the fate of 5-fluorouracil and cyclophosphamide in natural surface waters [J]. *Environmental Science and Technology*, 2013 (47): 4104–4112.
- [32] Canonica S., Kohn T., Mac M., et al. Photosensitizer method to determine rate constants for the reaction of carbonate radical with organic compounds [J]. *Environmental Science and Technology*, 2005 (39): 9182–9188.

(下转第51页)

# 关于城镇居民生活污水污染负荷核算的探讨 ——以大理市为例

孟 良, 杨建宇

(大理白族自治州建设项目环境审核受理中心, 云南 大理 671000)

**摘 要:** 城镇居民生活污水及污染物产生量、排放量的准确核算是改善城镇生活污水接纳水体水环境质量的重要决策基础, 而城镇人口数量、居民生活污水及污染物产排系数都是可以变化的。以大理市城镇居民生活污水污染负荷产生量、排放量来探讨城镇居民生活污水污染负荷核算的复杂性。因此, 城镇居民生活废水产排污量是估算出来的结果, 并不是确切的产排污量。

**关键词:** 城镇居民生活污水; 污染物; 产生量; 排放量; 大理市

**中图分类号:** X708 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0041-03

城镇居民日常生活中的冲厕、洗涤洗浴、做饭等行为会产生生活污水。城镇居民生活污水污染负荷的准确核算, 是改善城镇生活污水接纳水体水环境质量的重要决策依据。城镇居民生活污水指城镇居民在日常生活中所产生的污水, 不包含住宿餐饮业、居民服务和其他服务业、医院等行业产生的污水。城镇生活污水污染物主要包括化学需氧量 (COD)、氨氮、总氮 (TN)、总磷 (TP)、动植物油、生化需氧量 (BOD) 等<sup>[1]</sup>, 其中, 化学需氧量 (COD)、氨氮为国家“十二五”、“十三五”时期水污染物总量控制指标。本文以 2011 年大理市城镇居民生活污水污染负荷产生量、排放量来探讨城镇居民生活污水污染负荷核算的复杂性。

## 1 研究区域与研究方法

### 1.1 研究区域

大理市是大理白族自治州的州府所在地, 辖 11 个乡镇和 1 个经济开发区, 其中下关镇、经济开发区是大理市的主要城区, 海东镇、凤仪镇是大理市未来开发的重点区域, 大理镇、喜洲镇、双廊镇是大理旅游度假区的重要组成部分, 挖色镇、湾桥镇、银桥镇、上关镇、太邑乡发展相对缓慢。2011 年大理市常住人口 65.69 万人, 其中城镇人口 24.6946 万人, 主要居住在大理市城区。

### 1.2 研究方法

城镇居民生活污水及污染物产生量用公式

(1) 计算, 污染物排放量用公式 (2) 计算。

$$G_c = 3650NF_c \quad (1)$$

$$G_p = 3650NF_p \quad (2)$$

式中:  $G_c$ 、 $G_p$  - 城镇居民生活污水或污染物年产生量和排放量, 其中污水量单位: t/a, 污染物量单位: kg/a;  $N$  - 城镇居民常住人口, 指设区城市的区、县城 (县级市)、建制镇的常住人口, 不包括村庄和集镇的农业人口, 单位: 万人;  $F_c$ 、 $F_p$  - 城镇居民生活污水或污染物产生系数和排放系数, 其中污水量系数单位: L/d·人, 污染物系数单位: g/人·d。污水污染物产生系数指城镇居民日均每人产生的生活污水量或污染物量, 包含居民在家庭、工作、学习活动中所产生的量。污水污染物排放系数指城镇居民日均每人排放出户外的生活污水量或污染物量, 包含居民在家庭、工作、学习活动中所排放的量; 污水污染物排放系数分直排、经过化粪池排放两种情况, “直排”指居民生活产生的污水未经任何处理设施直接通过建筑物下水管排放到户外; “经过化粪池排放”指居民生活产生的污水通过建筑物下水系统的化粪池后再排放到环境或其他公共设施<sup>[1]</sup>。

## 2 2011 年大理市城镇居民生活污水及污染物产生量和排放量

在“第一次全国污染源普查”中云南省属于四区, 大理市属于其中的三类城市<sup>[1]</sup>。按照其对应的城镇居民生活污水产生和排放系数, 2011 年大理市城镇人口 24.6946 万人<sup>[3]</sup>, 则 2011 年大理市城镇居民生活污水产生量和排放量均为 3.21 万 t/d, 1171.76 万 t/a。其中, 化学需氧量产生量为 16.05t/d, 5858.79t/a, 直排时排放量与产生量相

同, 经过化粪池后的排放量为 12.84t/d, 4687.04t/a; 氨氮产生量为 2.05t/d, 748.12t/a, 直排时排放量与产生量相同, 经过化粪池后的排放量为 2.00t/d, 730.10t/a。

### 3 讨论

#### 3.1 城镇人口

大理市为最适宜居住的城市之一, 随着城镇化进程的加快, 大理知名度的提高, 预计大理市城镇人口数量增长较快, 则城镇人口产生、排放的污水量及其污染负荷也将随之增长。笔者认为, 在详细调查各个城镇居民家庭有无水冲式厕所的基础上, 不区分城镇农业人口与非农业人口, 应当以城镇范围内污水管网及污水处理系统覆盖范围内的人口数量来动态核算城镇居民生活污水污染负荷。

#### 3.2 城镇居民用水量、污水排放量

城镇居民用水量、排水量与当地水资源禀赋、生活水平、居民文化水平、生活习惯、年龄结构等因素密切相关。城镇居民生活污水排放量是城镇污水处理厂及配套污水管网设计的重要基础。根据 2010 修订的“生活源污水污染物产生系数及使用说明”, 云南省属于四区, 大理市所在的大理州属于其中的四类城市, 大理市城镇居民生活用水量和排水量分别为 147L/人·d、125L/人·d<sup>[2]</sup>, 人均每日排水量为人均每日用水量的 85%, 城镇居民生活用水量较未修订前的 130L/人·d 增加了 13.08%, 排水量较未修订前的 130L/人·d 减少了 3.85%。

根据云南省地方标准用水定额 DB53/T 168 - 2006 和云南省用水定额标准制定研究, 大理市城镇居民生活用水定额为 100 ~ 150 L/人·d<sup>[4-5]</sup>。大理市水资源相对丰富, 所以, 在合理利用的前提下大理市城镇居民生活用水定额可为 150L/人·d。用水定额是对一定时间、一定生产条件下, 生产某种产品或进行某种工作消耗的新水规定的限额<sup>[4]</sup>。在日常生活中, 对于城镇居民生活用水量, 并没有严格的限制措施, 居民生活用水量也可以超过标准规定的用水定额, 只是超出部分按各地相应的阶梯水价付费; 而且, 有些地方还没有制定阶梯水价政策。可见, 城镇居民用水量存在较大波动, 城镇居民排水量也将随之有较大变化。

#### 3.3 生活污水污染物产生、排放系数

王红燕等人的研究表明, 化粪池在春夏秋冬四个季节对氨氮、BOD 的去除率有较大差异<sup>[6]</sup>。《全

国第一次污染源普查城镇生活源产排系数手册》(第一分册: 城镇居民生活源) 中化粪池 COD 去除率按 20% 计。化粪池对污染物的去除率受化粪池规格、服务人口、清理的频率、清理的彻底程度、温度等因素影响, 因此, 化粪池 COD 去除率按 20% 计算出来的 COD 排放量是一个估算数字。COD 排放量的准确确定需详细调查以下内容: 城镇居民住所是否设置“化粪池”, 设置“化粪池”的普查单元数量、每个普查单元化粪池的规格及管理情况等。

在建设部门、环保部门等各行业及实测对象的支持下, 全国污染源普查城镇生活源产排污系数测算项目是由全国环保、建设、高校及有关专业公司等 144 家单位数千人经过 1a 多的时间, 完成的测算。环境保护部华南环境科学研究所 2010 年根据城镇生活源产排污系数核算体系的研究成果, 结合第一次污染源普查数据库, 修订了生活源污水污染物产生系数。根据修订的“生活源污水污染物产生系数及使用说明”, “产污系数”指城镇居民生活行为人均每日产生的生活污水, 经建筑物排水管道、处理设施(如化粪池、隔油池等)进入市政管网前的污染物的量。修订后的大理市城镇居民生活人均每日污染物产污系数中动植物油变化最大, 修订后的人均每日动植物油产污系数为未修订前经过化粪池后的人均每日动植物油排放系数的 87.23%; 修订后的大理市城镇居民生活人均每日化学需氧量产污系数为 51g, 与未修订前经过化粪池后的人均每日化学需氧量排放系数 52g 相比, 略小了 1.92%; 修订后的大理市城镇居民生活人均每日氨氮产污系数为 7.84g, 为未修订前经过化粪池后的人均每日氨氮排放系数 8.1g 的 96.79%<sup>[1-2]</sup>。赵海霞等人的研究表明, 常州市城镇居民生活污染排放系数低于国家污染源普查核定系数。家庭规模、收入水平、文化程度和年龄结构是城镇居民生活污染物排放系数的重要影响因素<sup>[7]</sup>。由此可见, 城镇生活源产排污系数的准确测算是一项非常复杂的工作, 需要投入大量的人力、物力、时间。

城镇生活源产排污系数手册在分区过程中结合行政区划, 并充分考虑地理环境因素、城市经济水平、气候特点和生活习惯等因素<sup>[1]</sup>, 但是城市经济水平和生活习惯会随着时间的推移、人民文化水平的提高等因素而发生较大变化, 从而使各地所属的区域会发生变化。同一区域的城市按城镇居民人

均消费水平划分等级,而城镇居民人均消费水平随着时间的推移会发生较大变化,从而使各地市(州)产排污系数也将发生变化。所以,手册所提供的系数仅适用于第一次全国污染源普查中核算城镇居民生活污水物量。随着城市经济水平和城镇居民生活水平的提高、居民环境保护意识的增强和居民生活习惯的改变,城镇居民生活产生的污水量及其污染物量也会发生变化。

#### 4 结论与建议

城镇居民生活污水及污染物产生、排放系数是准确核算城镇生活污染负荷的基础,而城镇人口、居民用水量及排水量、化粪池处理效率、污染物产排系数等因素都存在一定的变数。因此,城镇居民生活污水产排污量是估算出来的结果,并不是确切的实际产排污量。这也从一个侧面表明,环境保护工作中“轻质量、重总量”的思维是有问题的,“以环境质量改善为核心,推动与环境质量目标关联的总量控制”是十分必要的。大理市辖区内各乡镇水资源禀赋、发展程度,城镇居民家庭规模、收入水平、文化程度与环境保护意识、生活习惯和

年龄结构等方面都不尽相同,有的乡镇之间差异还比较大。因此,为了更准确地动态核算城镇生活污水污染负荷,为切实改善城镇生活污水受纳水体水环境质量提供决策依据,建议加大与城镇生活污水污染负荷相关因素的研究力度。

#### 参考文献:

- [1] 国务院第一次全国污染源普查领导小组办公室. 第一次全国污染源普查 城镇生活源产排污系数手册 [Z]. 2008.
- [2] 环境保护部华南环境科学研究所. 生活源产排污系数及使用说明 [Z]. 2010.
- [3] 大理白族自治州统计局. 大理统计年鉴 [R]. 2012.
- [4], 2013 云南省地方标准用水定额: DB53/T 168 - 2006 [S].
- [5] 顾世祥, 张玉蓉, 谢波, 张德康, 安建伟, 沈碧, 郭兴文. 云南省用水定额标准制定研究 [J]. 节水灌溉, 2012 (11): 46 - 49.
- [6] 王红燕, 李杰, 王亚娥, 郝火凡. 化粪池污水处理能力研究及其评价 [J]. 兰州交通大学学报, 2011, 28 (1): 118 - 120.
- [7] 赵海霞, 王淑芬, 崔建鑫, 于忠华. 城镇生活污染排放系数调查与核算——以常州市为例 [J/OL]. 环境科学学报, <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1843.X.20151203.0842.002.html>.

## Discussion of Calculating Pollution Load of Sewage Water in Dali

MENG Liang, YANG Jian - yu

(Dali Construction Project Environmental Audit and Acceptance Center, Dali Yunnan 671000, China)

**Abstract:** To accurately calculate the production amount and the discharge amount of the sewage water is a significant base for improving the water quality of the receiving water body. However, the coefficients of both production and discharge were changing as well as the number of population. The complexity of calculating the pollution load was tested using Dali as an example. Therefore, the results calculated by the method were not the real production and discharge amounts due to the changing coefficients.

**Key words:** sewage water; pollutant; production amount; discharge amount; Dali

# 关于畜禽粪便污染负荷核算的复杂性探讨 ——以海东镇为例

孟良<sup>1</sup>, 杨建宇<sup>1</sup>, 卫志宏<sup>2</sup>

(1. 大理白族自治州建设项目环境审核受理中心, 云南 大理 671000;

2. 大理州洱海湖泊研究中心, 云南 大理 671000)

**摘要:** 为适应环境管理科学化、精细化的要求, 进一步加大畜禽粪便污染负荷相关因素的研究力度, 以洱海流域的海东镇为例来探讨畜禽粪便污染负荷核算的复杂性, 以便促进畜禽粪便污染负荷相关因素的研究。

**关键词:** 畜禽粪便; 污染物; 饲养周期; 产生量; 排放量; 海东镇

**中图分类号:** X708 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0044-03

农村畜禽养殖是农业面源污染的重要来源, 与氮、磷有关的水体富营养化问题越来越突出<sup>[1]</sup>。第一次全国污染源普查-畜禽养殖业源产排污系数手册中畜禽产污系数和排污系数涉及粪便产生量、尿液产生量、化学需氧量、总氮、总磷、铜、锌<sup>[2]</sup>。畜禽养殖方式、饲养周期、饲养阶段及不同体重对应的畜禽数量等因素是准确核算畜禽粪便及其所含污染物产生量、排放量的前提, 也是环境管理科学化、精细化的基础。为促进畜禽粪便污染负荷相关因素的研究, 本文以洱海流域的海东镇为例来探讨畜禽养殖业污染负荷核算的复杂性。

## 1 研究对象

洱海流域地跨大理市和洱源县, 共有 16 个乡镇 167 个行政村。其中大理市 10 个镇, 包括下关

镇、大理镇、凤仪镇、喜洲镇、海东镇、挖色镇、湾桥镇、银桥镇、双廊镇、上关镇; 洱源县 6 个乡镇, 包括茈碧湖镇、邓川镇、右所镇、三营镇、凤羽镇和牛街乡。洱海流域畜禽养殖业主要为分散养殖, 畜禽养殖业已成为洱海农业面源污染的主要污染源之一<sup>[3-5]</sup>。第一次全国污染源普查-畜禽养殖业源产排污系数手册中, 洱海流域属于西南区<sup>[1]</sup>。海东镇为《大理市城市总体规划(2010-2025年)》中的四个发展组团之一。对洱海流域来说, 海东镇的畜禽养殖业并不发达, 2006年海东镇山羊存栏 2400 多只, 为保护洱海、海东镇的山地植被, 2007年海东镇取缔了山羊养殖。2014年末海东镇主要畜禽种类及数量见表 1<sup>[6-7]</sup>。

表 1 2014 年海东镇主要畜禽种类及数量一览表

	牛				马	驴	骡	猪	鸡	鸭	鹅
	奶牛	水牛	黄牛	合计							
年末存栏	20	180	2291	2491	605	1545	523	28982	90970	17830	2215
当年出栏	16	183	1769	1968	36	57	28	37405	209010	9452	625

## 2 畜禽粪便污染负荷相关因素分析

### 2.1 饲养周期

役用及繁殖用的牛、马、驴、骡等大牲畜的饲养周期一般 >365d, 包括海东镇在内, 洱海流域畜禽养殖以农户散养为主, 与规模化养殖相比, 农户散养畜禽的饲养时间一般较长, 因此, 单个畜禽的粪便及其所含污染物年产生量也较多。黄沈发、丁疆华等人的研究中, 肉鸡的饲养周期分别为 50d、

55d<sup>[8-9]</sup>, 而《全国规模化畜禽养殖业污染情况调查及防治对策》中鸡的饲养周期为 210d<sup>[10]</sup>; 云南省星云湖流域猪的饲养期为 199d<sup>[11]</sup>, 而重庆市肉猪的饲养期约 300d<sup>[12]</sup>。可见, 准确的畜禽饲养周期是畜禽粪便及污染物负荷核算的前提。

### 2.2 畜禽数量

蛋鸡与肉鸡的生长期及粪便日排泄系数有较大差异, 蛋鸡是商品肉鸡粪便排泄量的 2 倍; 保育 21kg、育肥 71kg、妊娠 238kg 重的生猪在畜禽规模化养殖场的粪便排泄系数分别为 0.47kg/(头·

d)、1.34kg/(头·d)、1.41kg/(头·d)<sup>[2]</sup>。可见,准确统计不同品种、不同饲养阶段、不同体重对应的畜禽数量是十分必要的。据笔者调查,除了海东镇饲养的牛、马、驴、骡、猪、鸡、鸭、鹅等畜禽外,洱海流域许多农户都饲养山羊、狗,牦牛、兔、猫等其它畜禽也有少量饲养,并且大理市、洱源县统计年鉴中各乡镇的家禽数量没有详细区分出栏和存栏奶牛、猪、蛋鸡等畜禽的饲养阶段及其体重,鸭、鹅也没有区分蛋禽、肉禽<sup>[6-7]</sup>,因此,各种畜禽各生长阶段不同体重的出栏量、存栏量不清楚。如果按照大理市、洱源县统计年鉴中各乡镇的畜禽数量来估算畜禽粪便及其所含污染物产生量、排放量,那么估算结果将会有一定的偏差。

畜禽粪便及其所含污染物产生量、排放量估算时,畜禽数量如果仅以畜禽的年末存栏量为基础,由于没有考虑当年畜禽的出栏量,所以其估算结果偏小;畜禽数量如果以畜禽的年末存栏量和当年出栏量为基础,由于畜禽存栏量中有些畜禽是在上一年末出生,其饲养时间一般没有达到饲养周期,所以其估算结果偏大。

### 2.3 产污系数、排污系数

畜禽养殖产污系数是指在典型的正常生产和管理条件下,一定时间内单个畜禽所产生的原始污染量,畜禽养殖排污系数是指在典型的正常生产和管理条件下,单个畜禽产生的原始污染物经处理设施削减或利用后,或未经处理利用而直接排放到环境中的污染量<sup>[2]</sup>。

农户散养畜禽的饲料种类、饲喂频次、饲喂时间和饲喂量等具有较大的弹性,所以畜禽的产污系数也会有波动。不同的研究中畜禽粪便日产生量及粪便中污染物含量不尽相同<sup>[2,8-13]</sup>,造成这种差异的原因与所在区域畜禽种类、品种、性别、生长阶段、体重、饲养方式(规模化养殖场、养殖小区、专业养殖户、个体农户卫生圈圈养、传统垫草垫料圈圈养、放养等)、管理水平、饲料种类、自然条件(气候、天气、海拔等)、测定方法、测定时间等因素密切相关。以猪、牛为例,云南省星云湖流域牛的粪、尿排泄系数分别为24kg/(头·d)、11.11kg/(头·d)<sup>[11]</sup>,分别是《全国规模化畜禽养殖业污染情况调查及防治对策》中猪粪排泄系数20kg/(头·d)的120%、猪尿排泄系数10kg/(头·d)的111.1%;育肥阶段71kg重的生猪的粪、尿排泄系数分别为1.34kg/(头·d)、3.08kg(L)/(头·d)<sup>[2]</sup>,分别是《全国规模化畜禽养

殖业污染情况调查及防治对策》中猪粪排泄系数2.0kg/(头·d)的67%、猪尿排泄系数3.3kg/(头·d)的93%。干清粪时,育肥阶段71kg重的生猪在畜禽规模化养殖场、养殖小区、养殖专业户的COD排污系数分别为47.09、98.09、92.94g/(头·d),分别为干清粪时保育阶段21kg重的生猪在畜禽规模化养殖场、养殖小区、养殖专业户的COD排污系数的2.46倍、2.81倍、3.97倍<sup>[2]</sup>。所以,在畜禽种类、饲养阶段及个体体重、粪便收集处理利用方式等方面都相同时,畜禽规模化养殖场、养殖小区、养殖专业户的排污系数也不尽相同,有时差异还比较大;在畜禽种类、饲养方式、粪便收集处理利用方式等方面都相同时,不同饲养阶段、不同体重畜禽的排污系数更是大相径庭。在粪便收集方式不同时,饲养阶段、体重都相同的同一畜禽,排污系数相差也很大,如育肥阶段71kg重的生猪在干清粪、水冲清粪、垫草垫料时COD排污系数分别为47.09、166.97、0g/(头·d)<sup>[2]</sup>。

第一次全国污染源普查-畜禽养殖业源产排污系数手册是在农业部科技教育司、环境保护部指导下,中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、环境保护部南京环境科学研究所共同牵头主持,会同地方农业部门、农业和环保领域的科研单位和大学开展了“畜禽养殖业源产排污系数”核算,历时一年多的辛勤工作,在地方农业和环保部门、科研、检测中心、相关企业的支持下,完成的核算。但是手册只给出了我国大陆范围内规模化饲养的猪(保育猪、育肥猪、妊娠猪)、奶牛(育成牛、产奶牛)、肉牛(育肥牛)、蛋鸡(育雏育成鸡、产蛋鸡)、肉鸡等5种畜禽在不同区域的产、排污系数,没有除牛之外的马、驴、骡、羊、鸭、鹅等其他畜禽的产、排污系数<sup>[2]</sup>。《全国规模化畜禽养殖业污染情况调查及防治对策》中只有牛、猪、羊、鸡、鸭的产污系数<sup>[10]</sup>。羊有山羊、绵羊之分;海东镇牛、马、骡多为役用,兼肉用,母黄牛只用于繁殖,部分水牛为奶水牛;驴除了役用、肉用,还可用于制阿胶;部分鸡为肉蛋兼用型<sup>[6-7,14]</sup>。可见,海东镇的畜禽用途并不单一,而不同用途畜禽粪便的产排污系数差异较大,而且目前驴、骡、鹅、狗、猫等畜禽产排污系数方面的研究还相当少。因此,畜禽粪便污染负荷的准确核算是一项非常复杂的工作,需要投入大量的人力、物力、时间。

### 3 讨论与结论

第一次全国污染源普查-畜禽养殖业源产排污

系数手册给出的产污系数和排污系数是不同区域、不同畜种、不同饲养阶段,在一定的参考体重下的系数,如果本区域畜禽在每个阶段的平均体重与参考体重不符,要按照手册给出的公式进行折算<sup>[2]</sup>。现有研究中海东镇所在的洱海流域畜禽产污量和排污量只考虑了以牛(奶牛)为主的大牲畜、猪、羊、家禽(鸡)<sup>[3-5]</sup>,而洱海流域除牛外的马、驴、骡等大牲畜,狗,鹅,猫等其它畜禽尚有一定的规模。同时大理市、洱源县统计年鉴并没有按照畜禽的饲养阶段及其体重区分相应的畜禽数量,而且,由于洱海流域农村畜禽散养户一般都达不到第一次全国污染源普查-畜禽养殖业源产排污系数手册中畜禽养殖专业户的规模,牛、驴、鸡等畜禽的用途并不单一,仍然有的农户还是用传统的垫草垫料圈养方式养殖等,因此洱海流域畜禽养殖业源产排污系数与畜禽养殖业源产排污系数手册中的系数会有一些偏差。按照大理市、洱源县统计年鉴估算出来的洱海流域畜禽产污量和排污量与实际畜禽产污量和排污量也会有一定偏差。这也从一个侧面表明,环境保护工作中“轻质量、重总量”的思维存在问题,“以环境质量改善为核心,推动与环境质量目标关联的总量控制”是十分必要的。

畜禽数量、饲养期、粪便日排泄量及粪尿成分等畜禽粪便污染负荷相关因素是动态变化的,因此,畜禽粪便污染负荷的准确核算是一项十分复杂的工作。仅仅准确统计不同饲养方式、不同饲养阶段、不同体重对应的出栏及存栏畜禽数量,就需要投入大量的人力、时间。为尽量减少畜禽粪便污染负荷估算误差,动态掌握畜禽粪便污染负荷,建议环保部门加强与农业畜牧部门及统计部门的合作,加大畜禽粪便污染负荷相关因

素的调查和研究力度,准确统计不同饲养方式下所有畜禽种类不同饲养阶段不同体重对应的出栏及存栏的畜禽数量、出栏畜禽的饲养天数、畜禽粪便产生系数及粪便污染物含量,以及卫生圈、传统垫草垫料圈数量等内容,以便适应环境管理科学化、精细化的要求。

参考文献:

- [1] 张维理,武淑霞,冀宏杰,等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 I. 21 世纪初期中国农业面源污染的形势估计 [J]. 中国农业科学, 2004, 37 (7): 1008 - 1017.
- [2] 农业部科技教育司, 第一次全国污染源普查领导小组办公室. 第一次全国污染源普查畜禽养殖业源产排污系数手册 [Z]. 2009.
- [3] 张建华, 赵航, 杨理芳, 等. 洱海湖滨区畜禽粪便污染与资源化利用措施 [J]. 土壤肥料, 2006 (2): 16 - 18.
- [4] 杨怀钦, 杨友仁, 李树清, 等. 洱海流域农业面源污染控制对策建议 [J]. 农业环境与发展, 2007 (5): 74 - 77.
- [5] 卫志宏. 洱海控藻技术研究 [M]. 昆明: 云南人民出版社, 2012.
- [6] 大理市统计局. 大理市统计年鉴 (2014) [Z]. 2015.
- [7] 洱源县统计局. 洱源县国民经济和社会发展统计年鉴 (2014) [Z]. 2015.
- [8] 黄沈发, 陈长虹, 贺军峰. 黄浦江上游汇水区禽畜业污染及其防治对策 [J]. 上海环境科学, 1994, 13 (5): 4 - 8.
- [9] 丁疆华, 张德华, 陈异晖. 广州市畜禽粪便污染与防治对策 [J]. 环境科学研究, 2000, 13 (3): 17 - 19, 22.
- [10] 杨朝飞, 国家环境保护总局自然生态保护司. 全国规模化畜禽养殖业污染情况调查及防治对策 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [11] 王晋虎, 张德华, 陈异晖. 星云湖流域畜禽粪便污染负荷及其环境影响 [J]. 上海环境科学, 2011, 30 (1): 12 - 17, 22.
- [12] 彭里, 王定勇. 重庆市畜禽粪便年排放量的估算研究 [J]. 农业工程学报, 2004 (1): 288 - 292.
- [13] 王新谋. 家畜粪便学 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1997.
- [14] 海东镇志 [M]. 昆明: 云南民族出版社, 2010.

## Discussion on the Complexity of Calculating the Pollution Load of Poultry Manure in Haidong Town

MENG Liang<sup>1</sup>, YANG Jian - yu<sup>1</sup>, WEI Zhi - hong<sup>2</sup>

(1. Dali Construction Project Environmental Audit and Acceptance Center, Dali Yunnan 671000, China)

**Abstract:** The research on the related factor of the calculation of the pollution load of poultry manure should be intensified in order to realize the higher management requirement in the Erhai Lake watershed. The complexity of calculating the pollution load was discussed using Haidong as an example.

**Key words:** poultry manure; pollutant; feeding period; production amount; discharge amount

# 昆明市垃圾分类存在问题及对策分析

马琼梅

(昆明市环境卫生监测中心, 云南 昆明 650500)

**摘要:** 垃圾分类是生活垃圾减量化、资源化和无害化最有效的方式。简要概述了昆明市垃圾分类的实施情况, 对存在问题进行分析, 并提出了实施垃圾分类的对策建议。

**关键词:** 垃圾分类; 存在问题; 对策; 昆明市

**中图分类号:** X705 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0047-03

垃圾分类是人们为减少垃圾排放量和提高垃圾再利用效率, 根据垃圾的属性和回收利用的要求, 对种类相同或相近的垃圾物所进行的分类收集和管理<sup>[1]</sup>。随着城市规模扩大和人口的不断增加, 城市生活垃圾激增, “垃圾围城”现象在全国大部分城市日趋凸显。垃圾混合收集破坏了垃圾中可回收部分的再利用价值, 加大了后续处理的工作量和费用投入。实施垃圾分类, 将可回收垃圾筛选出来, 避免与其它垃圾混合, 使这部分垃圾不进入垃圾终端处理系统, 达到了生活垃圾的减量化和资源化的目的, 同时也节约了垃圾处理成本。开展垃圾分类, 促进垃圾减量化、资源化和无害化, 是治理城市垃圾的必然选择。

## 1 昆明市垃圾分类实施情况

近年来, 昆明市采取多种措施对垃圾分类工作进行了推进, 在垃圾大分类上, 建设了生活垃圾、建筑垃圾、餐厨垃圾处理项目; 在生活垃圾细分类上, 出台了《关于进一步加强城乡生活垃圾分类收运处置工作的实施方案》, 通过建设再生资源回收网点, 开展“垃圾分类资源化、文明昆明文明人”、“垃圾分类共参与, 绿色环保校园行”、“垃圾不着地”等多种活动, 推进垃圾分类试点工作。但由于多种原因, 垃圾分类工作推进缓慢, 生活垃圾收集运输还在以混合收运为主, 没有达到分类的效果。

## 2 存在的问题

### 2.1 垃圾分类缺乏政策保障

昆明市还未针对垃圾分类出台专门的政策法规, 仅在昆明市城市垃圾管理办法中作了原则性的规定: “城市生活垃圾实行分类收集区域内的单位和居民, 应当按规定的分类要求, 将城市生活垃圾

分类投入指定地点”、“城市生活垃圾收集运输单位应当将已分类投放的城市生活垃圾清运到指定的垃圾收集场所”, 缺乏对如何分类、如何收集和处置等实施细则的规定, 分类责任主体不清, 可操作性不强, 无法通过政策法规来约束垃圾分类收集。垃圾分类工作缺少政策的保障, 对不进行垃圾分类的个人和企业没有惩罚的依据, 导致垃圾分类难以推进。

### 2.2 垃圾分类标准不明确

目前, 昆明市垃圾箱、垃圾桶的设置基本上分为可回收、不可回收, 但可回收和不可回收垃圾之间概念模糊, 每个人对可回收和不可回收垃圾的界定不一样, 会导致投放时选择不一样, 相同的一件废弃物, 有的选择投入可回收垃圾桶, 有的选择投入不可回收垃圾桶。缺乏明确的垃圾分类标准的指导, 投放垃圾时大多凭意愿进行, 影响垃圾分类实施的效果。

### 2.3 公众垃圾分类意识淡薄

近年来居民环境保护意识逐渐增强, 认识到垃圾分类能回收资源, 减少垃圾量, 但大部分居民对垃圾分类的认识仍停留在对有用的、价值高的废旧物品的回收上, 对垃圾分类投放的相关知识掌握有限。具体到实施垃圾分类工作上, 绝大部分居民仍认为垃圾处理是政府的事情, 垃圾分类是政府的职责, 垃圾分类的责任意识淡薄, 即使很多居民也意识到垃圾分类的好处, 但长期养成的垃圾混装的习惯难以改变, 认为垃圾分类操作麻烦, 增加了劳动量, 投放垃圾时依然选择混合投放。另外垃圾分类投放后, 收运环节将其混合收集, 打击了居民垃圾分类的积极性, 导致垃圾分类难以开展。

### 2.4 垃圾分类体系建设体系未形成

昆明市道路两侧设置的垃圾箱都有可回收和不

可回收标志,大部分居民小区也设置了可回收和不可回收垃圾桶,但形同虚设,居民在投放生活垃圾时仍是混合投放,即使有垃圾分类意识的市民投放垃圾时分类投放了,由于配套的收集运输处置设施不完备,环卫工人收集垃圾时依旧将可回收垃圾和不可回收混合收集、混合运输。另外,没有垃圾分类监督指导,居民投放垃圾时全凭意愿进行,实施垃圾分类靠公众自愿进行垃圾分类投放,很长一段时间难以见时效。

### 3 对策建议分析

#### 3.1 制定垃圾分类政策法规

相关配套政策和法律的完善是垃圾分类收集工作的前提<sup>[2]</sup>。垃圾分类是一项长期的、需要社会各界共同参与的活动,需要通过制定相关法律法规对垃圾分类工作进行规范,对违反者进行处罚,为垃圾分类的顺利实施提供有力的制度保障。国内垃圾分类实施较好的城市出台了地方性政策法规,对分类主体、分类方法、处罚措施等进行了明确的规定。如广州市出台了《广州市城市生活垃圾分类管理规定》,上海市出台了《上海市促进生活垃圾分类减量办法》,南京市出台了《南京市生活垃圾分类管理办法》等。昆明市应该结合本市的实际情况,制定出符合本市垃圾分类的政策法规,以政策法规的形式提升垃圾分类的地位,明确各责任主体和处罚措施等,使垃圾分类工作的开展有法可依、有据可循。

#### 3.2 建立合理的垃圾分类体系

##### 3.2.1 分类标准

分类的标准划分是否合理,是影响分类成效的重要原因。在生活垃圾分类起步阶段,垃圾分类标准过于细致,分类种类过多,公众实施垃圾分类时操作较困难,同时增加垃圾收集运输环节的成本。鉴于昆明市垃圾分类在起步阶段,可将垃圾分为可回收垃圾、有害垃圾和其他垃圾。并在分类设施上以文字说明和图案标注的形式对可回收垃圾、有害垃圾、其他垃圾的种类给予说明,或者在分类收集设施附近以宣传板报的形式给予说明,方便居民进行分类投放。

##### 3.2.2 分类设施的设置

分类设施的设置上,应该充分考虑城市不同功能区域垃圾的特点,区别对待。城市道路、广场、开放式公园(游园)、商业步行街等城市公共区域一般不会产生有害垃圾,分类设施设置为可回收垃圾与其他垃圾即可;在居住区域,对于大型小区可在小区内设

置2~3个有害垃圾收集站点,对有害垃圾进行集中收集。每栋住宅楼下设置可回收垃圾和其他垃圾收集设施;对分散的居住区、城中村等区域,按需设置可回收与其他垃圾收集设施,在一定范围(如方圆1km内)设置一个有害垃圾收集点。对机关企事业单位等办公区域,废纸的产生量大,可设置专门收集废纸的可回收垃圾桶。同时垃圾分类设施的规格、颜色等应该全市统一,方便市民投放垃圾时一眼就能看出应该投放在哪个垃圾箱(桶)。

##### 3.2.3 分类收集运输处置

垃圾分类的目的是垃圾的减量化、资源化和无害化,因此,要建立与源头垃圾分类相匹配的垃圾收集、清运、处置设施,确保分类出来的垃圾进入不同的处置体系。应有效整合现有的再生资源回收、有害垃圾处理和生活垃圾处理系统,形成完善的末端处理体系,确保分类出来的垃圾有路可去,而末端处理系统能够消纳分类出的垃圾,又能反过来促进垃圾的源头分类。

#### 3.3 建立完善的生活垃圾分类体制机制

##### 3.3.1 建立完善的生活垃圾分类管理体制

垃圾分类是一项涉及城管、商务、环保、住建、教育、宣传、规划等诸多部门职责的系统工程。但在目前的垃圾分类实施中,各部门由于利益差异和管理权限的分割而相互推诿、相互牵制,使垃圾分类管理的协调成本增加,也潜在地导致了居民参与垃圾分类管理的困境<sup>[1]</sup>。因此,应建立垃圾分类管理组织机构,将各个部门职责纳入垃圾分类管理体制,明确主体责任,如商务部门负责再生资源回收系统建设、管理,住建部门协调物业积极参与垃圾分类工作,环保部门在学校、幼儿园进行生活垃圾分类的宣传教育和推广工作等。加强部门之间协调配合,履行职能职责,共同推进垃圾分类的有效实施。

##### 3.3.2 建立生活垃圾分类培训机制

在生活垃圾分类起步阶段,垃圾分类在公众意识中还属于概念性的东西,大部分市民对哪些垃圾是可回收的、哪些是有害垃圾、哪些是其他垃圾还一头雾水,真正能够正确分类投放垃圾的公众极少,需要专业人员的指导和监督。因此,应该定期举办垃圾分类培训班,邀请国内具有垃圾分类先进经验的行业专家对社区、街道、城管环卫等部门工作人员进行系统的培训,培养一大批业务素质高的人员指导垃圾分类的开展。

##### 3.3.3 建立垃圾分类激励机制

公众掌握了垃圾分类的知识,并不等于就能把

垃圾分类做好,还需要一些激励措施,让大家切实感受到垃圾分类与自身利益密切相关,使居民自觉地进行垃圾分类。应研究实施垃圾费变动收取,使垃圾费与垃圾排放量挂钩。目前,昆明市生活垃圾处理费采取定额收费,操作简单,没有完全体现污染者付费原则。垃圾收费标准应该与居民的垃圾排放量密切相关,体现“多扔垃圾多付费,少扔垃圾少付费”的原则,从而形成“垃圾减量化”的激励机制<sup>[3]</sup>。另外,对垃圾分类较好的居民户给予适当奖励,可以借鉴上海市居民垃圾分类“绿色账户”积分制的做法,将部分商家的优惠活动整合到“绿色账户”平台中,利用以积分换取礼品和各类优惠的激励方式,使参与垃圾分类的居民享受到实惠,进而引导居民自觉参与垃圾分类。

### 3.4 加强宣传教育,提高公众垃圾分类积极性

垃圾分类收集的核心是分类投放,分类投放是公众来做的,做好生活垃圾的分类收集工作,离不开公众,只有动员公众参与垃圾分类,让公众认识到自己既是垃圾的制造者,也是受害者,环境保护不仅是政府的事,也是每个居民的事,提高公众的环境意识,才能动员更多的人投入到垃圾分类的行

动中来。第一、政府可以通过电视、广播、报纸、宣传板等手段,开展垃圾分类宣传教育活动,让公众了解垃圾分类的重要意义,提升市民的垃圾分类意识。第二、开展垃圾分类进校园活动,在中小学宣传垃圾分类的好处及分类方法,培养中小学生的垃圾分类习惯,通过“小手牵大手”带动和促进家庭成员的垃圾分类意识。第三、可以组织开展“垃圾分类市民讲堂”,由行业专家、垃圾分类培训师,从不同方面讲述垃圾分类的方式、流程、意义以及本市垃圾分类的开展情况,吸引广大市民参与<sup>[4]</sup>。另外,可以学习借鉴广州的做法,制定并印发垃圾分类指引手册、分类投放指南,向公众介绍垃圾分类的标准、分类方法等,让市民知道如何分类,才能将垃圾分类意识转化为行动。

#### 参考文献:

- [1] 鲁先锋. 垃圾分类管理中的外压机制与诱导机制 [J]. 城市问题, 2013 (1): 86-91.
- [2] 廖如珺. 中国城市生活垃圾分类处理现状与对策 [J]. 职业卫生与伤病, 2012, 27 (1): 30-34.
- [3] 谭文柱. 城市生活垃圾困境与制度创新—以台北生活垃圾分类收集管理为例 [J]. 低碳生态城市, 2011, 18 (7): 95-101.
- [4] 顾旺. 我国城市垃圾分类处理问题研究 [D]. 南京: 南京理工大学.

## Analysis of Problems and Countermeasures of Garbage Classification in Kunming

MA Qiong - mei

(Kunming Environmental Health Monitoring Center, Kunming Yunnan 650500, China)

**Abstract:** Garbage classification is the most effective way to reduce, recycle, and least harm the domestic waste. This paper briefly summarized the implementation of garbage classification in Kunming and analyzed the existing problems and put forward the countermeasures to implement the garbage classification, which would provide reference for the development of garbage classification in Kunming.

**Key words:** garbage classification; existing problems; countermeasures; Kunming

# 云南省“十二五”期间主要污染物排放变化情况分析

韩 静

(云南省环境监测中心站, 云南 昆明 650034)

**摘要:**“十二五”期间, 云南省通过减排各项措施, 污染物排放总量得到了较好的控制, 各项污染物排放总量均有明显下降。依据各年度环境统计数据分析了主要污染物排放总量在工业、农业及城镇生活源中的变化趋势。

**关键词:** 减排; 污染物; 总量; 十二五; 云南

**中图分类号:** X508 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0050-02

## 1 污染物排放变化情况

2015年, 云南省废水中化学需氧量排放量51.03万t, 比2010年下降9.47%; 氨氮排放量5.49万t, 比2010年下降8.45%。其中化学需氧量排放量的净削减量主要集中在工业源和城镇生活源(见图1), 氨氮排放量的净削减量均匀分布在工业源、城镇生活源和农业源(见图2)。

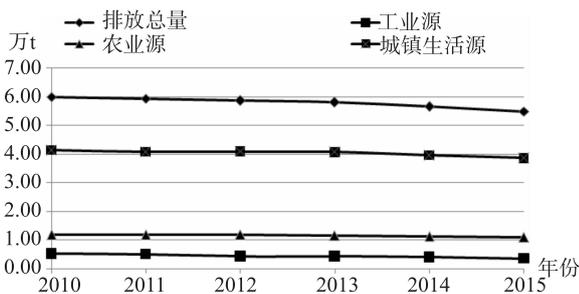


图2 氨氮排放量变化情况

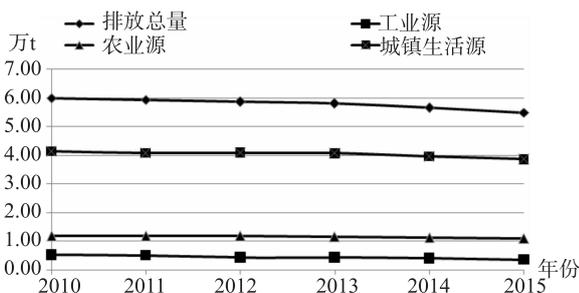


图2 氨氮排放量变化情况

## 2 废气中主要污染物排放变化情况

2015年全省废气中二氧化硫排放量58.37万

t, 比2010年下降17.06%。全省废气中氮氧化物排放量44.94万t, 比2010年下降13.54%。其中, 二氧化硫和氮氧化物排放量的净削减量都主要集中在工业源(见图3、图4)。

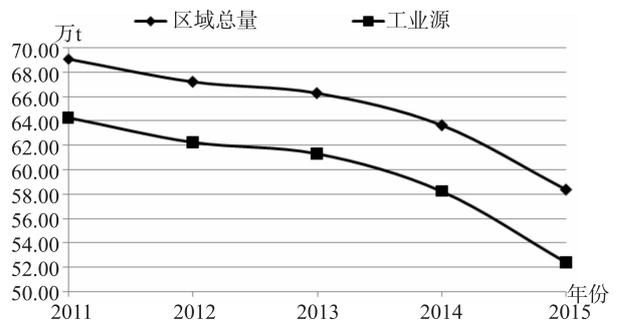


图3 二氧化硫排放量变化情况

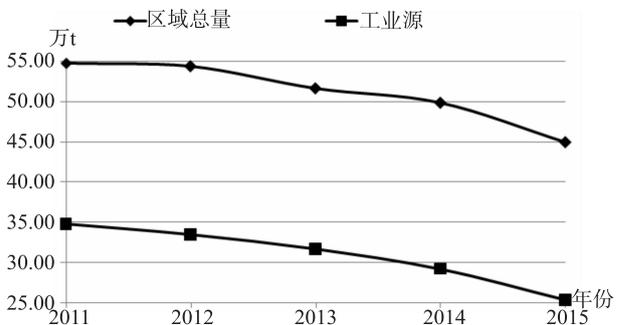


图4 氮氧化物排放量变化情况

## 3 结论

“十二五”期间, 云南省4项主要污染物净削减量主要集中在工业源, 废水中主要污染物净削减量除集中在工业源外, 其次是城镇生活源。

## The Analysis of Main Pollutants Emissions in Yunnan Province during the Twelfth Five – Year Plan Period

HAN Jing

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

**Abstract:** During the “Twelfth five – year” plan period, the pollutant total amount realized good control through a variety of measures. The total amounts of the pollutants were significantly decreasing. This paper analyzed the total discharge of major pollutants in industrial, agricultural, and domestic pollution source based on the annual environmental statistics.

**Key words:** emission reduction; pollutants; total amount; the twelfth five – year plan; Yunnan



(上接第 40 页)

## Photochemical Transformation Kinetics of Pharmaceuticals and Personal Care Products in Aquatic Environment

HUANG Jian<sup>1</sup>, TIAN Sen – lin<sup>2</sup>, LI Ying – jie<sup>2</sup>

(1. Chengjiang Environmental Monitoring Station, Yuxi Yunnan 652500, China)

**Abstract:** Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) as emerging micro – pollutants are frequently detected in aquatic environment. They are of increasing concern due to their potential healthy and ecological risks. Photochemical transformation of PPCPs is an important photo – degradation pathway in surface water, which can impact their environment fate and ecological risks. In this paper, both direct photolytic kinetics and indirect photolytic kinetics for PPCPs were reviewed. The effects of pH and concomitants and water constituents on the photolytic kinetics of PPCPs were discussed. Finally, further studies on the photolytic kinetics of PPCPs were proposed.

**Key words:** pharmaceuticals and personal care products; photolytic kinetics; aquatic environment; summary

# 勐海县古树茶生产清洁生产评价

汪琼<sup>1</sup>, 肖凤莲<sup>2</sup>

(1. 西南林业大学园林学院, 云南 昆明 650224; 2. 勐海县哈尼茶叶专业合作社, 云南 勐海 666200)

**摘要:**以哈尼茶叶专业合作社为研究对象,从生产工艺与装备要求,资源能源利用指标,产品指标,污染物产生指标(末端处理前),废物回收利用指标,环境管理要求6个方面论述古树茶生产的清洁化水平。通过与国内茶生产企业进行对比,得出哈尼茶叶专业合作社古树茶生产符合清洁生产要求。为了提高企业清洁生产水平,企业宜建章立制,提高从业人员素质,从各个方面严格实施清洁生产要求。

**关键词:**古树茶;清洁生产;评价

**中图分类号:**X38 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-9655(2017)增上-0052-02

普洱茶的三大产区为思茅茶区、临沧茶区、勐海茶区。其中勐海县隶属的布朗乡、勐宋乡、格朗和乡,每一个乡都保留面积广阔的古茶树群落。树龄最老,面积最广,莫过于格朗和乡帕沙,从唐代遗留下的古茶树,就生长于帕沙整个山系上。整个帕沙山寨旁的山上分布有2900多亩古茶园,自然生长至今,已形成山中绿树皆茶树的一个情况<sup>[1]</sup>。

茶叶从茶树鲜叶变成人们生活中的饮料,中间经历多个过程,从茶树的种植、管理到鲜叶的采摘、加工,到最后分级、包装,茶叶发生了许多物理、化学变化。在这一系列茶叶生产中不可避免地对环境造成影响<sup>[2]</sup>。茶叶完整的清洁化生产过程应包括茶叶原料的本身清洁,加工过程的清洁和茶

叶产品的清洁。本文以格朗和乡哈尼茶叶专业合作社古树茶生产为例,对古树茶生产全过程进行清洁生产评价。

## 1 茶园的选择

古树茶生长在平均海拔1400m,年降水量1500~1750mm的古茶园中,茶园中腐殖层厚度深达0.3m以上,土质松软。古茶园周边无空气污染源,空气质量优,茶叶生长过程中不施化肥、不打农药,完全原生态。茶园湿度高,水分与矿物渗透较好,能有效提高养分供给的完整性。良好的生长环境,使帕沙古茶树具有油嫩亮绿的色泽的鲜叶,饱满而光泽度好,叶片较厚。茶园土壤成分<sup>[3-4]</sup>见表1。

表1 茶园土壤成分表

(mg/kg)

pH	有机质	碱解氮	速效磷	速效钾	有效硼	有效钙	有效镁	有效铁	有效锰	有效铜	有效锌	全铬	全铅	全汞
4.73	7.39	151.35	8.09	57.77	1.15	193.77	24.7	75.46	14.55	1.02	0.92	75.16	97.79	0.119

## 2 加工中的清洁化

每年2—3月,格朗和乡村民集中1个月对古树茶进行手工采摘,采摘摊晾后进行杀青、揉捻、晒青后制得毛茶。毛茶通过不同的加工工艺分别制成生茶和熟茶,生产过程中对环境有影响的工序有杀青、蒸软、渥堆发酵、潮水。

### 2.1 杀青

古树茶采摘、摊晾后开始进行杀青,杀青是为了破坏酶的活性,使得茶本身的芳香物质得以很好地发挥出来。杀青在村里初制所进行,初制所内除加工所用铁锅,周边无杂物堆存,加工场所2面无墙壁,空旷、干净。杀青所用燃料为木材,杀青产

生少量的燃烧废气自然排放,木料燃烧后产生的草木灰可用于农田种植,整个过程基本不产生废水,对环境污染小。

### 2.2 蒸软

杀青揉捻后在自然条件下晒干后就要进行高温蒸软,就是把晒好的干茶放入做好的容器里,利用电蒸汽锅炉产生的蒸汽将茶叶蒸软,蒸软的普洱茶经过压制、成型、干仓存放后制得生茶的口味较为温和。生茶的制作在哈尼茶叶专业合作社工厂内进行,工厂严格按照中华人民共和国国家标准洁净厂房设计规范进行布设。蒸茶压磨所用的水来自厂区山泉水,符合国家饮用水的卫生标准。蒸软过程中基本不产生废气、废渣,少量锅炉浓水收集后用于

收稿日期:2016-12-02

车间地面清洁,生茶制作对环境影响小。

### 2.3 发酵、潮水

毛茶通过人工发酵、潮水、压制成型最终得到熟茶,渥堆发酵是形成普洱茶品质的关键技术。根据调查,哈尼茶叶合作社熟茶年产量约300t。渥堆发酵约45~60d,茶坯潮水以天然饮用山泉水作为增湿剂,根据研究,45%的潮水量的茶坯中茶多酚、茶黄素、可溶性糖、氨基酸等特征成分减少缓慢<sup>[5]</sup>。发酵、潮水过程基本不产生“三废”。

### 3 清洁的产品

古树茶包装材料的选用,必须对茶叶起防潮、绝气、遮光的作用。古树茶包装一般选用牛皮纸包装,包装物可重复利用或外售。

### 4 清洁生产评述

由于普洱茶生产没有制定专门的清洁生产指标,本文借鉴DB34T773-2008清洁茶生产加工技术规范,即从生产工艺与装备要求,资源能源利用指标,产品指标,污染物产生指标(末端处理前),废物回收利用指标,环境管理要求来评价古树茶生产的清洁化水平。

#### 4.1 生产工艺与装备要求

加工机械及设备安装应符合加工工艺流程的要求。清洁茶加工机械应采用流水加工生产线,在加工过程中人工不得接触茶叶,茶叶不得落地。不宜使用铅及铅锡合金、铅青铜、锰黄铜、铅黄铜、铸铝及铝合金材料制造接触茶叶的加工零部件。

#### 4.2 资源能源利用指标

生产的主要原料为手工采摘的古树茶,生产过程中不需要添加其它辅料,仅在杀青、蒸软、发酵工序需要用木材、水、电。哈尼茶叶专业合作社生产古树茶年耗用木材、电折标煤245.8t/a,水约2400t/a。

#### 4.3 产品指标

哈尼茶叶合作社鲜古树茶年用量1500t,产品生茶、熟茶年产量300t。产品得率为20%。产品指标可以用产品合格率来表示,但由于在资源能源消耗指标中产品得率与产品合格率密切相关,因此不再选取产品合格率指标参予评价。通过对国内茶企业进行调查,产品得率在15%~20%,大多数都在20%左右,因此本文认为产品得率在20%属

于较好水平。

#### 4.4 污染物产生指标

茶叶生产过程中仅在杀青、揉捻过程中会产生少量固体废弃物,蒸软过程中会产生少量的锅炉浓水,杀青过程产生的草木灰量为0.1t/a,茶叶制作过程中产生茶梗、茶末约0.03t/a,用作肥料施用于茶园,杀青过程产生烟尘量为0.005t/a,废水产生量为1.5m<sup>3</sup>/a,锅炉浓水用于车间地面清洁,不外排。

#### 4.5 废物回收利用指标

包装材料必须符合GB11680等相应国家卫生标准的规定。加工废弃物应妥善处理,不污染环境,因此古树茶生产过程中产生的废包装材料100%利用。

#### 4.6 环境管理要求

环境管理要求确定均为定性指标。主要包括遵守国家 and 地方的相关环境法律、法规,开展相应的认证;设置组织机构和人员;对生产协作方和相关服务方提出环境管理要求等几个方面<sup>[6-7]</sup>。

### 5 结论

哈尼茶叶合作社原料来源于帕沙古茶园,茶园生态环境质量、环境管理符合生态茶生长要求;产品加工过程中产生废水1.5m<sup>3</sup>/a,烟尘0.005t/a,固废产生量为0.13t/a,废水回用于车间地面清洁,废气产生量少,只要加强通风,对周边环境影响小,固废用作茶园肥料,固废处置率100%。通过与杭州、安徽知名茶企业进行对比,哈尼茶叶合作社古树茶生产严格按照茶叶清洁生产进行管理,符合清洁生产要求。

#### 参考文献:

- [1] 王广智. 普洱茶名品图鉴 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [2] 甘泉, 邵宛芳. 刍论普洱茶清洁化生产的必要性与主要措施 [C]. 2008年茶科技与产业发展论坛论文集, 2008.
- [3] 梁名志, 李友勇, 马伟. 云南古茶园土壤化学成分研究 [J]. 西南农业学报, 2010, 23 (1): 119-122.
- [4] 夏锐, 刘德和, 梁名志, 等. 云南省中低产茶园土壤化学成分现状调查及分析 [J]. 山东农业科学, 2015 (8): 63-66.
- [5] 韩海华, 梁名志, 周斌星, 等. 普洱茶发酵过程中潮水用量对茶品质的影响 [J]. 湖南农业科学, 2011 (9): 112-114.
- [6] 甘泉, 邵宛芳, 张路. 刍论普洱茶加工过程的清洁化生产 [J]. 中国农学通报, 2009, 25 (18): 122-125.
- [7] 韩新生, 沈欣慰, 沈宏军, 等. 企业实施清洁生产的必要性及效果分析 [J]. 环境保护与循环经济, 2013, 33 (5): 28-30.

(下转第81页)

# 清洁生产审核和制糖业绩效同业对标统计

王瑞波, 张逸庭

(云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

**摘要:** 通过对云南制糖业的清洁生产审核和中国糖业协会云南连续三年的甘蔗制糖企业绩效同业对标的关系进行分析, 说明了甘蔗制糖企业绩效同业对标活动可以促进制糖业清洁生产, 对于提高生产水平、促进技术进步、节能减排起到了积极的推动作用, 是对制糖业清洁生产审核工作非常好的完善。

**关键词:** 制糖业; 清洁生产; 绩效同业对标

**中图分类号:** X38   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0054-03

制糖业是我省高原特色农业的重要支柱, 是我国第二大产糖省和国家重要的糖料基地。制糖业已成为云南省仅次于烟草的第二大特色农产品加工业, 成为边境地区农民增收、地方财政增长、地方税务收入和经济发展的一个重要产业之一。

随着科技的不断发展和环境保护形势的要求, 云南省近年来将制糖业作为清洁生产审核的重点行业和循环经济的可持续发展点。在制糖业引入清洁生产可以促使制糖业的节能减排, 支持可持续发展。

对中国糖业协会连续三年的甘蔗制糖企业绩效同业要求进行对标统计, 发现中国糖业协会绩效同业对标的统计项目都能够很好地要求制糖业节能减排, 从近年制糖业的生产统计资料和环境监测资料可以看出在各级政府的指导要求下, 在科研部门的技术支援和制糖业的不懈努力下, 各项指标都得到了大幅度的提高。

## 1 清洁生产审核

云南省的制糖业从2000年开始在瑞丽糖厂进行清洁生产审核试点, 到目前为止云南省制糖业基本上都进行了一轮清洁生产审核(但有些新建的糖厂还没有进行清洁生产审核), 大部分完成的是强制性清洁生产审核, 少部分是自愿性清洁生产审核。其中云南英茂糖业有限公司、云南南华糖业集团有限公司、康丰糖业有限责任公司和云南力量生物制品集团公司等集团的制糖业大部分已经完成两轮清洁生产审核。

目前云南制糖业的“三废”综合治理利用效

果较好。以制糖业的生产废水为例, 酒精废醪液作为液态肥利用返哺农业, 从而得到彻底资源化利用, 达到废醪液的“零”排放。无滤布真空机普遍使用彻底消除了洗滤布水。近年糖厂废水综合治理项目已普遍开展, 目前制糖业吨糖耗新鲜水已经大幅降低, 如2013/2014榨季云南南华糖业集团有限公司耿马华侨糖厂在生产期间已没有新鲜水消耗, 其他制糖业大量的新鲜水和生产废水都不同程度地降低了。

## 2 甘蔗制糖企业“绩效同业对标”

中国糖业协会从2012/2013年制糖期开始, 在全国制糖行业开展“绩效同业对标”活动, 在行业内掀起了“对照标杆找差距, 制定措施赶标杆”的行动。该活动能够紧密结合制糖业的生产实际制定对标项目, 对于提高生产水平、促进技术进步起到了积极的推动作用, 受到制糖业和行业主管部门的肯定和好评。

对标管理是指企业不断地将自己的产品、服务及管理实践活动与最强的竞争对手或那些被公认为是行业龙头企业的产品、服务及管理实践活动进行对比分析的绩效管理活动。是近些年国内外企业界一种较新的企业绩效管理方法。

制糖行业“绩效同业对标”的意义在于通过以行业协会收集发布的“单项绩效标杆指标”、“单项绩效标杆企业”和“综合绩效标杆企业”为标杆, 供业内企业进行对照分析比较、跟踪学习标杆企业的最佳实践, 综合采取技术、管理措施, 改进本企业的绩效, 进而提升全行业的管理水平和技术水平, 促进产业升级, 提高行业竞争力。

企业“绩效同业对标”活动主要包括以下六个步骤: ①现状分析。针对某项对标指标, 企业首

收稿日期: 2016-07-08

作者简介: 王瑞波(1980-), 硕士, 工程师, 研究方向: 循环经济、环境规划。

先要深入客观地分析本企业该项指标在行业所处的位置,并根据企业中长期发展规划,确定对标内容。②选定标杆。根据所确定的对标内容,结合本企业实际选定标杆企业,制定对标目标值。③制定方案。收集总结标杆企业的先进管理方法、措施手段及最佳实践,结合实际分析比较,制定对标指标改进方案和实施计划。④对标实践。根据改进方案和实施计划,企业进行管理措施和技改措施软硬件

两方面投入,以使对标指标得以改善。⑤对标评估。对标实践实施后,要进行对标成效评估,对改进方案的科学性和有效性进行分析总结。⑥改进提高。将对标实践过程中形成的有效措施、手段和制度进行总结,制定下一阶段对标活动计划,调整对标标杆,进行更高层面的对标。

糖料生产和制糖生产有5个考核指标,具体见表1。节能减排有3个考核指标,具体见表2。

表1 糖料生产和制糖生产5个指标

对标指标	指标内容和指标作用
甘蔗单产	单位面积产甘蔗量为农业甘蔗单产(t/亩); 单位面积产甘蔗入榨量为工业甘蔗单产(t/亩); 用来衡量制糖业原料发展水平。
甘蔗蔗糖分	原料甘蔗中所含纯净蔗糖重量与甘蔗重量百分比(%); 用来衡量制糖业原料的品质。
安全运转率	实际榨蔗时间与实际榨蔗时间和故障时间之和的百分比(%); 衡量制糖业设备安全运转效率及检验职工对设备进行检修和维护质量好坏。
糖分总回收率	成品糖和在制品中可制成糖的蔗糖(或糖度)对糖料中的蔗糖(或糖度)的重量百分比(%); 用来衡量制糖业的工业生产水平。
成品糖优(一)级品率	成品中优级、一级白砂糖之和与优级、一级、二级白砂糖之和的百分比(%); 用来衡量制糖业的工艺和产品质量水平。

表2 节能减排的3个考核指标

对标指标	指标内容和指标作用
吨糖综合能耗	甘蔗制糖业在生产统计期内,生产白糖产品过程中各生产系统内实际消耗的各种能源实物量折算为标准煤的总和与期内合格产品总产量的比值。单位为tce/t。
吨蔗耗新鲜水量	吨蔗耗新鲜水量是指榨季内平均每加工1t甘蔗所耗用的新鲜水量;是衡量制糖业生产水平高低和消耗水资源强度的重要指标。
吨糖COD排放量	吨糖COD排放量是指糖厂生产1t糖产生的废水中COD的量;是衡量制糖业污染物排放强度的重要指标,主要用来核算排污总量和该区域环境总量使用,反映糖厂对水体有机物污染程度。

表1的5个指标是制糖业常用的重要的统计指标,从指标内容仔细分析,这些数据实际上与制糖业生产和清洁生产审核的关系紧密。

表2的3个指标吨糖综合能耗、吨蔗耗新鲜水量、吨糖COD排放量等是判断制糖企业清洁生产水平等级标准和污染物排放的重要指标,这些指标和糖厂的生产实际紧密结合,数据完全来自糖厂生产数据和环保监测的数据,通过活动可以在污染物产生前采取有效措施减少或者降低污染物的产生量,达到减少排放量。

### 3 制糖业清洁生产审核和甘蔗制糖企业“绩效同业对标”的关系

清洁生产审核的目的是促使审核企业进一步

节能减排,根据审核企业的现状,通过对审核单位的人员进行清洁生产知识培训,摸清家底,通过论证选择清洁生产重点和制定清洁生产目标,群策群力产生和实施清洁生产方案并且核实清洁生产审核的效果,从而完成一轮的清洁生产审核。

每轮清洁生产审核是对审核企业进行一次体检,通过清洁生产审核能够发现审核企业的生产和环保问题,找到解决问题的方法。

而甘蔗制糖企业“绩效同业对标”是具体结合糖厂生产的项目指标,完全针对制糖业的,是对审核单位清洁生产审核工作的极大补充。这些统计数据 and 制糖业清洁生产审核没有任何矛盾,由于甘蔗制糖企业“绩效同业对标”是全国性质的统计

工作,充分利用制糖业的生产指标来制定,利用制糖业生产的各项生产数据和当地环境保护监测的数据完成,没有增加制糖业的统计负担,统计后项目结果是全国公开的,可以促使全国制糖业互相学习,共同提高。

在甘蔗制糖企业“绩效同业对标”汇总表上可以看到统计数据,值得清洁生产审核工作学习。云南制糖业的清洁生产审核不应该离开甘蔗制糖企业“绩效同业对标”的指标体系,应该大量采用这些数据。

#### 4 体会

中国糖业协会在全国制糖行业开展“绩效同

业对标”活动,在制糖行业内掀起了“对照标杆找差距,制定措施赶标杆”的行动,该活动紧密结合制糖业的生产实际制定对标项目,对于提高生产水平、促进技术进步、节能减排起到了积极的推动作用,受到了制糖业和行业主管部门的肯定和好评,是对制糖业清洁生产审核工作非常好的完善。该活动能将环保部门统计的减排项目数据和制糖业的生产指标、污染物排放指标有机结合,没有给制糖业带来过多的统计要求。将行业要求和环保指标要求紧密结合,拓宽了制糖业清洁生产审核的思路,给制糖业清洁生产审核、尤其是清洁生产目标的制定带来很好的启发。

## Statistics of Performance Benchmarking of Sugar Plant and Cleaner Production

WNAG Rui-bo, ZHANG Yi-ting

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

**Abstract:** The relations between the cleaner production audit of sugar plants in Yunnan and the performance benchmarking practices of Yunnan sugar plants conducted by China's sugar society were analyzed. It showed that the performance benchmarking could improve the plants to produce much cleaner. It positively promoted production level, technology progress, and energy saving, which would be a useful supplement for the cleaner production of sugar plants.

**Key words:** sugar production industry; cleaner production; performance benchmarking

# 油基钻屑热解处理技术

何敏, 张思兰, 王丹, 王朝强

(重庆市涪陵页岩气环保研发与技术服务中心, 重庆 涪陵 408000)

**摘要:** 介绍了油基钻屑的来源、成分及环境危害, 综述了热解技术原理及工艺, 分析了加热方式、热解温度、油基钻屑原料性质对热解工艺的影响, 探讨了热解技术主要存在的问题及发展方向。

**关键词:** 油基钻屑; 热解技术; 页岩气开发; 污染治理

**中图分类号:** X74 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0057-04

## 1 油基钻屑来源与危害

近年来, 页岩气大规模商业开发已成为我国油田的主攻方向, 其开发对缓减我国天然气供应紧张局面, 降低天然气消费的对外依存度, 保障我国能源安全, 优化能源结构等方面具有十分重要的意义。

针对页岩地层具有易水化膨胀及垮塌堵塞影响产量的特点, 在进入页岩气目的层前需要将水泥泥浆替换为强抑制性、能满足水敏性地层的油气层保护需要的油基泥浆钻井。油基钻井液主要包括全油基钻井液和油包水乳化钻井液, 目前应用范围最广的油基钻井液主要指以柴油或低毒性矿物油作为连续相的油包水乳化钻井液<sup>[1]</sup>, 其含水量一般为10%~50%。

油基钻井钻屑指在使用油基泥浆钻井过程中钻头切屑地层中的岩石而产生并通过油基泥浆的携带作用被带出地面的碎屑。油基钻屑的成分与油基泥浆性质、地层中岩石性质、泥浆循环系统性能相关。其中, 油基钻井液由基础油、水、乳化剂、有机粘土、稳定剂、降滤失剂等添加剂配制而成<sup>[2]</sup>。油基钻屑含油量在10%以上, 含水率在30%左右, 其中主要污染物成份包含: ①有机物。主要来源为人为添加的各种维持泥浆稳定的化学药剂。钻井泥浆助剂大致可以分为造浆材料、降滤失剂、增粘剂、乳化剂、页岩抑制剂、降粘剂、润滑剂、杀菌剂、消泡剂、抗温剂、堵漏剂等16大类, 其中大部分的化学添加剂可降解性较差。②无机盐。油基泥浆中水相一般采用饱和盐水, 或按活度要求调解

其含盐量。钻井泥浆在循环使用过程中也会溶解部分地层中所含有的无机盐类, 造成钻井泥浆水相部分的矿化度升高。③重金属。Pb、Cu、Ni、Hg、As、Cr等重金属以可溶态和离子交换态、吸附态、络合态、碳酸盐态和残渣态多种形态存在于油基钻屑中, 除了伴随钻井泥浆添加剂基础添加材料(如低品质的重晶石)进入体系以外, 也可能是随钻屑由地层中携带出来的。油基钻屑中的重金属元素通常以6种状态存在。其中, 水相中重金属主要以可溶态和离子交换态存在, 固相中重金属多以吸附态、络合态、碳酸盐态和残渣态存在。④油类。油基钻屑泥浆一般为油包水乳化泥浆。基础油一般使用柴油或煤油, 占泥浆的60%~70%, 所以油基钻屑中油含量较高。目前基础油正由柴油、矿物油向含烷烃类、烯烃类、酯类、纤维束的综合性油相发展。油基钻屑含多种化学物质, 其物理、化学作用联合作用, 使油基钻屑中各类污染物之间、与无机固体之间桥联结构稳固, 成分结构更加复杂化。

油基钻屑中含有大量的矿物油, 是国家明文规定的危险废弃物, 若不加处理或者处理不当后排放环境中, 可对其周围环境造成多重影响和危害: 油基钻屑中有机物、重金属会渗入地表或地下水, 造成局部水体污染; 油基钻屑中石油类物质会渗入土壤中, 并长期滞留, 可改变土壤结构、抑制植物发芽、抑制土壤中微生物的生长并降低土壤的润湿性; 此外, 油基钻屑中含有的重金属离子, 若进入土壤后被植物吸收, 并通过食物链进入人体, 会对人体健康造成危害。

油基钻屑的无害化处理与资源化利用是其处置的两种方式。与无害化处理相比, 油基钻屑作为资源化原料进行回收利用, 不仅能最大限度地减轻环

收稿日期: 2016-08-01

作者简介: 何敏, 2015年毕业于西南石油大学环境工程专业, 硕士, 现在重庆市涪陵页岩气环保研发与技术服务中心从事页岩气田废水处理技术、固体废物处理及综合利用技术等方面的研究工作。

境危害,降低固废处理成本,还能创造可观的经济效益。因此,环境友好、技术可行、经济合理的油基钻屑处理工艺,对促进油气勘探开发与环境保护、资源回收协调发展,对石油行业的可持续发展具有重要的意义。

## 2 油基钻屑热解处理工艺

目前,迫切需要针对油基钻屑特性的无害化和资源化处理技术,通过减小油基钻屑体积、降低毒性和阻止毒性扩散的处理处置技术思路实现油基钻屑无害化、资源化。目前国内外主要应用的“末端处理处置”油基钻屑的技术包括:热处理工艺、化学强化固液分离、生物修复、溶剂萃取等。其中,热处理工艺中的热解技术目前国外广泛用于油基钻屑、含油污泥处理处置,具有处置彻底、能完全实现无机化、减量减容效果好、能源回收率高等优点。

### 2.1 热解工艺原理与过程

热解技术的基本原理与过程是将油基钻屑进行预处理后输送到热处理单元,油基钻屑在绝氧条件下加热到使烃类及有机物挥发温度,并保持一定的停留时间直至油气挥发完全,降低钻屑中的油含量。蒸发后的油气通过出气装置进入回收分离单元进行冷凝,馏分经冷凝器冷凝至40℃以下,实现油、水、气的三相分离。其中将不凝气作为热解炉供热系统的燃料循环利用,油与水实现回收利用。处理后的灰分通过卸料装置进行存储收集。目前,油基钻屑的热解技术已经发展得较为成熟,热解吸操作温度广,主体热解设备能达到密闭、控温、控氧,且处理后能达到固相中含油率<2%的要求。

### 2.2 油基钻屑热解工艺影响因素

大量实践证明,油基钻屑热解工艺的加热方式与热解工艺操作条件如温度、停留时间、加热速率及催化剂的种类和数量对油基钻屑热解效率有很大的影响<sup>[3]</sup>。

#### 2.2.1 加热方式对油基钻屑热解的影响

热解吸工艺中最重要的单元就是钻屑脱油处理单元,该单元又可分为直接加热式、间接加热型式、辐射加热式<sup>[4]</sup>。设备主要包括:进料辅助装置、热解装置(主反应器)、油气蒸气冷凝装置、出料辅助装置,设备核心是热解装置的传热系统。

直接加热装置为对流换热,热风与原料直接接触。该技术最早应用于土壤修复技术,目前该技术仍能达到污染治理的目的,但该技术油相资源回收低,造成资源的极大浪费且安全性能较低。间接加

热型指原料与加热介质被固体壁面分隔开,不接触,目前应用最为广泛。间接加热型主要包括滚筒式与螺旋推进式,也是最早成功商业应用的设备。

滚筒式加热式设备包括燃料直接加热滚筒型与导热介质传导型,滚筒内部有原料混匀设计确保油基钻屑在滚筒内均匀被加热。直接加热滚筒型设备对温度控制程度低,对热解吸全过程控制不精确,热解过程易发生裂解等副反应,产生有毒有害气体及不凝气体不仅降低油相回收率还造成二次污染。除此之外,滚筒式加热式设备原料与传热介质换热面积小,换热效率低。滚筒式处理设备多为间接处理,处理量小,在进料升温过程与出料降温过程发生较大的温度波动易发生结焦,严重影响处理效率。

螺旋加热设备是空的螺旋管外加加热套代替旋转加热筒,油基钻屑通过进入螺旋管,螺旋加热器中传导油通过加热系统被加热(回收的油可作为燃料),然后导热油进入加热套通过在密封套加热螺旋管中流动钻屑,钻屑被传导油加热而释放蒸汽,蒸汽在螺旋管内流动并进行收集、冷凝回收。蒸汽再微真空下被收集并通过多级冷凝将水与油分离出来,并通过静置重力沉降后分类回收。烟尘被收集在冷凝的油相中,通过过滤去除。螺旋加热处理设备对温度控制精准,能够将热解温度控制在300℃以下,保证油品的纯正。若油基钻屑中含有沸点较高的回收成分,螺旋加热处理设备能够与螺旋电加热集成提高热解温度,增加对钻屑中油的去除。

传统热解需要较高的系统温度,所需能耗大。因此,在传统热解处理油基钻屑加热方式上进行创新,产生了摩擦热解吸技术、化学放热反应与热解吸相结合的处理等技术。

摩擦热解装置让钻屑进入带有叶片的旋转装置中,转子快速转动使物质间摩擦产生热量,然后激烈搅动过程中物质间的摩擦力对破碎后钻屑进行加热。油基钻屑在高速机械剪切力作用下破碎钻屑,减小钻屑颗粒的粒径,减小油的扩散距离,进而减少油的脱除时间<sup>[5]</sup>。原料经摩擦加热至处理温度300℃左右,保温10~12h<sup>[6]</sup>,足够去除油相与水相。蒸汽在微真空条件下脱去,蒸汽首先经过旋风除尘器去除其中的粉尘,然后经过两级冷凝处理水与油。摩擦热解装置为设计紧凑、质量相对较轻、模块化设备,目前已有商业应用。

化学热解是油基钻屑与高浓度酸混合,通过化

学氧化和酸液的加热对原料进行加热,随后加入碱化合物实现灰分稳定与pH调节,热解产生油水蒸汽在冷凝器中进行冷凝收集。其中热能和化学反应是该技术核心,利用溶液中的酸产生热量,反应迅速,仅需要搅拌反应几分钟。热解过程中钻屑里少量水提供足够多的蒸汽来促进油相的蒸发。该工艺最显著的优点是所需能源较少,因此排放废气就少。目前该工艺已进行中试试验但还未进行商业应用。

### 2.2.2 热解终温与升温速率对油基钻屑热解的影响

热解温度是热解工艺重要的参数,对污染去除效果和产物的吸附性能影响最大<sup>[7]</sup>。油基钻屑是由钻屑、油、水、钻井液添加剂等多种成分构成,各种状态的油蒸发需要的能量不同。油呈多种状态并存在于油基钻屑中,高温高压的情况下钻井液中的油进入钻屑缝隙中,油通过分子间作用力与表面张力与钻屑粘附,乳化态油与水又充分混合。除此之外,热解吸效率还与基础油性质有关,油相中存在多种烃类,不同烃类的理化性质直接影响热解吸过程。一般来说,烃类分子量越高,饱和蒸汽压越低,而饱和蒸汽压的高低直接影响其在钻屑的挥发和解吸能力。因此,具有较低沸点和具有较高的抗裂解能力的基础油是较理想的原料,不仅可以降低处理成本,也能最大化实现油回用。

热解反应过程是在100℃左右,主要为水分等易挥发组分的蒸发,在200℃油基钻屑热解反应开始,在180~370℃温度段,低沸点的轻质油分受热挥发,350~500℃是热解反应中转化速率最快的阶段<sup>[8]</sup>,但在370℃以上随着温度的升高,低分子烃类以及稠环碳氢化合物发生热解半焦、热解半焦发生脱氢、炭化反应及矿物质反应<sup>[9]</sup>。当热解温度达525℃以后,重质成分发生第二次化学键断裂,会形成更轻质的油和气态烃,不凝性气体产生量升高。裂解温度取决于分子的大小,分子量越大裂解需要的温度越低。钻井液中添加的柴油,属于相对于短链、低分子量的烃类,在热解吸的单元中一般不会达到其裂解温度。但钻井液添加剂中某些长链或高分子烃类物质在热解温度下发生裂解,大分子被裂解为小分子。

为保证回收后的油的品质达到作为钻井液基础油指标,热解温度不能过高且必须精确控制才能降低或无油相化学成分的变化。但热解温度较低处理后固相中含油量将增加,不能达标排放。因此,控

制热解温度应结合油基钻屑成分分析与热解过程分析,精确控制热解温度才能有效降低热解副反应的发生,实现最大程度的油相回收,遏制有毒有害气体的产生,减少大气污染。同时低温还原性环境也有利于重金属的稳定化作用<sup>[8]</sup>。

热解升温速率对热解过程也存在影响,有研究表明<sup>[10]</sup>升温速率过快,易造成原料加热不均匀,油基岩屑内核温度低于其表面温度,高温表面对反应生成物逸出的束缚会抑制颗粒内部热解反应的进行,导致热解反应程度降低,热解不彻底。

### 2.2.3 原料性质对热解的影响

油基钻屑中的油相包括烷烃、环烷烃、芳香烃、烯烃、沥青质及胶质等。烃类在热解作用下会发生化学反应,主要包括裂解反应与缩合反应。烷烃类分子量越大越热稳定性越差,分子中C-C键更容易断裂。异构烷烃更容易发生脱氢和断链反应;由于芳香环相对稳定,较低温度下芳环不会断裂,但在较高温下易进行脱氢缩合反应,生成环数较多的芳烃,最终生成焦炭;烯烃在热解过程中裂解和缩合反应同时进行,热解产物有饱和烃、烯烃、芳香烃和环烷烃等多种有机物。除此之外,各种烃类的热解反应过程中易产生各类烯烃,热解过程中易生成成分更加复杂的烃类物质。因此研发具有低沸点和具有较高的抗裂解能力的基础油是油基钻井液研究新方向。

油基钻屑中含有大量来源于地层中的钻屑,矿物质含量丰富,虽然矿物质与油相之间不发生化学反应,但两者在热解过程存在明显的影响。矿物质粒径较小,其表面作用使油相与矿物质形成结合牢固的粘附颗粒,油相受热挥发时需要蒸发热量与脱吸附热量,升高油基钻屑处理反应最佳温度。而且,矿物质为生成焦炭提供沉积表面,使得结焦生炭量增大,热解残渣量升高<sup>[11]</sup>。

## 3 热解技术发展前景

热解吸技术评估应综合固相中含油量、能源消耗、废气排放、污水排放、安全性能、回收油油品、设备体积、实用及化学原料的需求、操作性、灰分资源化利用范围等多因素。目前,在热解过程中废气排放、污水排放是评价处理技术重要的指标。热解过程因原料成分和温度的影响产生的气体成分复杂,目前工艺一般将不凝气体作为燃料进入加热系统进行燃烧,燃烧废气直接排放,排放废气成分不明确,存在较大的环境风险。因此,应根据具体的原料成分、工艺条件及

废气分析测试数据增设尾气净化系统,最大程度降低二次污染。热解过程中产生的废水有机负荷较高,热解处理工艺应配置废水处理单元,对热解冷凝废水进行处理净化并达到可用于灰分出渣降温降尘喷淋的要求。

随着对油基钻屑热解处理的加深,对热解反应过程和控制过程也将进一步成熟化,形成二次污染小、资源回收率高、安全可靠的油基钻屑处理工艺设备。除此之外,计算机模拟软件在环境领域的应用,也将使油基钻屑热解的优化和机理研究得到突破。

**参考文献:**

- [1] 张炜,刘振东,刘宝锋,等. 油基钻井液的推广及循环利用[J]. 石油钻探技术, 2008 (6): 34-38.
- [2] 许毓,史永照,邵奎政,等. 废油基钻井液处理及油回收技术研究[J]. 油气田环境保护, 2007 (1): 8-12.
- [3] 陈超,李水清,岳长涛,等. 含油污泥回转式连续热解——质能平衡及产物分析[J]. 化工学报, 2006 (3): 650-657.
- [4] 胡小刚,康涛,柴占文,等. 国外钻井岩屑处理技术与国内应用研制分析[J]. 石油机械, 2009 (9): 159-161.
- [5] 刘娉婷,黄志宇,邓皓,等. 废弃油基钻井液无害化处理技术与工艺进展[J]. 油气田环境保护, 2012 (6): 57-60.
- [6] Thermal Desorption of Oil from Oil - Based Drilling Fluids Cuttings: Processes and Technologies [J].
- [7] 祝威. 油田含油污泥热解产物分析及性能评价[J]. 环境化学, 2010 (1): 127-131.
- [8] 王万福,金浩,石丰,等. 含油污泥热解技术[J]. 石油与天然气化工, 2010 (2): 173-177.
- [9] 宋薇,刘建国,聂永丰. 含油污泥热解和燃烧的反应过程[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2008 (9): 1453-1457.
- [10] 全翠,李爱民,高宁博,等. 采用热解方法回收油泥中原油[J]. 石油学报(石油加工), 2010 (5): 742-746.
- [11] 宋薇,刘建国,聂永丰. 含油污泥组成及其对热解特性的影响[J]. 环境科学, 2008 (7): 2063-2067.

## Pyrolysis Technology of Oil - based Drill Cuttings

HE Min, ZHANG Si - lan, WANG Dan, WANG Chao - qiang

(Chongqing Fuling Shale Gas Environmental R & D and Technical Service Center, Fuling Chongqing 408000, China)

**Abstract:** This paper introduced the sources and environmental influence of oil - based drill cuttings as well as the technical principles of pyrolysis process. The efficiency of drill cuttings pyrolysis processing was affected by several important conditions, such as heating method, reaction temperature, and material properties of the drill cuttings. Finally, some existing problems and possible research directions in the pyrolysis treatment technology of oil - based drill cuttings were discussed.

**Key words:** oil - based drill cuttings; pyrolysis; shale gas development; pollution treatment

# 地下水砷污染及其治理技术

李远<sup>1</sup>, 徐洪斌<sup>1</sup>, 刘卓<sup>2</sup>

(1. 郑州大学水利与环境学院, 河南 郑州 450001;

2. 南京大学盐城环保技术与工程研究院, 江苏 盐城 224000)

**摘要:** 针对目前我国国内地下水砷污染问题, 介绍了国内地下水砷污染的来源、分布, 并对含砷地下水的处理方法进行了比较。其中混凝沉淀法及吸附法应用广泛、工艺简单, 但对三价砷处理效果不好, 含砷地下水必须经过预氧化后才能进入处理单元。离子交换法及膜分离法处理效率高, 但运行费用高, 操作复杂, 在含砷地下水处理中应用较少。生物法是新兴的含砷地下水处理方法, 工艺简单, 成本低, 无二次污染, 但目前工艺并不成熟。

**关键词:** 地下水; 砷污染; 处理方法

**中图分类号:** X703 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0061-03

目前地球上可供人类使用的淡水资源中, 地下水资源占了68%<sup>[1]</sup>, 随着工业化以及城市化的发展, 地下水源的砷污染问题开始显现。郭华明<sup>[2]</sup>等的研究表明, 中国境内有超过1500万人饮用水砷含量超过《GB5749-2006 生活饮用水卫生标准》规定的0.01mg/L。高砷地下水, 也即含砷浓度超过50μg/L的地下水, 在我国主要分布在吉林、江苏、山东、河南、湖南、安徽、内蒙古自治区、新疆、山西、云南等地。2001—2005年间中国卫生部实施的“中国全国水砷污染抽样筛选计划”的调查结果表明, 我国饮用高砷地下水的人口已超过560万人<sup>[3]</sup>。

砷是一种类金属元素, 只需摄入量达到1~4 mg As/kg<sup>[4]</sup>便可致命。地下水砷污染来源可分为两个方面, 一是自然因素, 一是人为活动。由自然因素引起的砷污染一是沉积物向地下水中释放的砷; 二是在含砷硫化矿物易被氧化的地区, 大量的砷向地下水中释放<sup>[5]</sup>。人类活动引起的砷污染主要是冶金、制药, 化工、含砷矿床的开采等工业中高含砷废水排放。姜建惠<sup>[6]</sup>等的研究表明, 我国饮用水的砷污染与砷矿资源分布呈现较高的相关性。

## 1 高砷地下水处理技术

地下水的除砷技术中一般会将As(III)氧化成毒性比As(III)小且易被吸附或沉淀的As(V), 再通过其它方法将As(V)去除。As(III)氧化一般是向含砷地下水添加空气、臭氧、液

氯、次氯酸、芬顿试剂、过氧化氢、三价铁、高锰酸钾等氧化剂来进行, 目前对高砷地下水中As(V)的处理的方法有: 混凝沉淀法、离子交换法、吸附法、膜分离法、氧化法及生物处理法。

### 1.1 混凝沉淀法

利用投加混凝剂与水中砷发生化学或物化反应, 通过将形成的絮凝体沉淀去除或过滤去除使砷从水中分离出来。常用的混凝剂有铁盐、铝盐及硅酸盐, 碳酸钙等, 最常见的有硫酸铝、三氯化铁、硫酸亚铁<sup>[7]</sup>。图1为混凝沉淀法除砷工艺流程图。

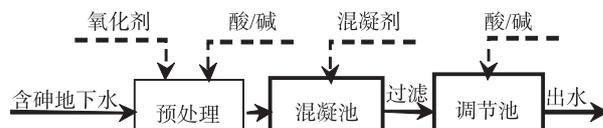


图1 混凝沉淀法除砷工艺流程图

### 1.2 离子交换法

离子交换法即利用交换剂中离子和溶液中离子进行的可逆性化学反应分离液相中某种特定物质。含砷地下水中的离子交换工艺主要是利用阴离子交换树脂上的可交换离子与水中的砷离子发生交换反应来去除砷。Byungryul等<sup>[8]</sup>用改良的离子交换树脂组成的PLE反应器, 将砷浓度由10mg/L降到0.01mg/L。图2为离子交换法除砷工艺流程图。

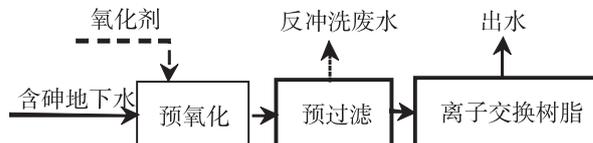


图2 离子交换法除砷工艺流程图

收稿日期: 2016-07-26

作者简介: 李远, 女, 郑州大学水利与环境学院环境工程专业在读硕士, 研究方向: 水处理与水污染控制技术。

### 1.3 吸附法

吸附法是利用活性氧化铝、活性炭、涂铁砂、改性沸石等高比表面积、不溶性的固体材料作吸附剂，含砷地下水流经装有吸附剂的滤柱时，水中的砷通过物理吸附作用、化学吸附作用或离子交换作用等机制被固定在吸附剂表面上而得到去除。

吸附法是处理含砷水应用最广泛的方法之一。由于传统吸附剂对三价砷的吸附能力不足、吸附稳定性差等缺点，目前国内外研究者研发了几种新型吸附剂用于含砷水的处理。MOSAFERIM 等<sup>[9]</sup>研发的载铁纤维吸附剂，对砷的吸附能力极强且吸附非常稳定；CAPOALE A G. 等<sup>[10]</sup>研发的含铁双金属氢氧化物吸附剂，制备简单，操作方便，对砷的吸附容量较大，处理含砷水的效果比传统吸附剂要高。图3为吸附法除砷工艺流程图。

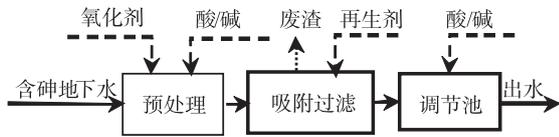


图3 吸附法除砷工艺流程图

### 1.4 膜分离法

膜分离法即利用膜对溶液中不同组分选择渗透作用的不同，使溶液中各组分进行分离和富集的方法。通常来说膜工艺分四种，即微滤（MF）、超滤（UF）、纳滤（NF）和反渗透（RO）。在含砷地下水处理中通常用到的是NF膜与RO膜。Rob-

ert 等<sup>[11]</sup>研究显示，RO 对生活饮用水中五价砷的去除率高达 96% ~ 99%。Hatice 等<sup>[12]</sup>利用胶束增强的超滤技术处理美国内华达州沃肖郡井水中的砷，去除率接近 100%。图4为膜分离法除砷工艺流程图。

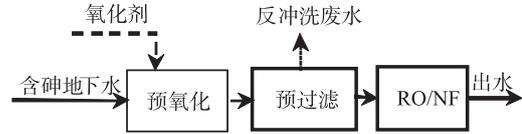


图4 膜分离法除砷工艺流程图

### 1.5 生物法

生物法是利用环境中的微生物或动植物，通过转化、富集、浓缩等作用去除砷。微生物能够将无机砷转化成甲基砷或其它低毒、无毒物质排出<sup>[13]</sup>。肖细元等<sup>[14]</sup>研究指出，蜈蚣草可在含砷量达到 23.4 g/kg 砷的矿渣上正常生长并对砷有着巨大的富集作用。许涛<sup>[15]</sup>利用藻类复育技术和基因转殖技术，增强淡水藻移除砷的能力。杨柳<sup>[16]</sup>等研究表明，利用生物-曝气氧化过滤工艺可以同步去除地下水中的铁、锰、砷。国外对生物法除砷的研究进展主要在发现新的可用来除砷的植物及微生物方面。Freemantle<sup>[17]</sup>等的研究成果表明，向含砷水中投加适量水葫芦粉末，对 As (V) 和 As (III) 的去除率可达到 95% 和 93%。Murugesan 等<sup>[18]</sup>发现，经 FeCl<sub>3</sub> 改性后的红茶菌对含砷水中 As (III) 去除率能达到 99%。

表1 砷处理工艺比较

处理工艺	材料/试剂	优点	缺点
混凝沉淀法	碳酸钙、硫酸铝、三氯化铁、硫酸亚铁等混凝剂	工艺简单，成本较低，操作简单。	复杂环境除砷效果不好，产生大量其他化合物。
离子交换法	离子交换树脂	除砷效率高，可回收吸附的砷。	投资高，工艺复杂，运行成本高，需要离子交换树脂再生或反冲洗
吸附法	活性氧化铝、活性炭、涂铁砂、改性沸石、载铁纤维吸附剂、铁双金属氢氧化物吸附剂等	工艺成熟、成本可控	传统吸附剂除砷效果受 pH 影响较大，且对三价砷去除能力差，需要预氧化；新型吸附剂除砷能力好，但开发应用不成熟，造价高。吸附剂的再生回收等问题也较复杂。
膜分离法	RO/NF/高分子膜等	无二次污染，砷可回收利用，节能，常温下即可操作。	生产运行投资高，管理复杂，需要大量回流水。
生物法	植物或微生物	无二次污染，成本低	工艺技术尚未成熟，基建费用高。

## 2 讨论

(1) 本文中各种含砷地下水的处理技术方法中，由于技术经济限制，目前国内应用最广泛的是

吸附法与混凝沉淀法。这两种方法的研究方向主要是开发新型吸附剂以及开发更高效的混凝剂。

(2) 膜分离法及离子交换法除砷效率很高，

但二者皆须要预氧化和预过滤,以防污染离子交换树脂或RO/NF膜。膜分离法及离子交换法操作复杂,设备材料费用高昂,在国内的应用没有吸附法及混凝沉淀法广泛。

(3) 目前国内外对于生物法处理含砷水的研究比较少,技术尚未成熟,但生物法没有二次污染,且成本极低、操作简单,是一种有前景的含砷水处理技术。

### 3 结语

地下水中的砷污染对人身健康产生了巨大威胁,是我国社会亟待解决的环境问题。笔者认为新型吸附剂具有除砷能力好,工艺简单等优点,是未来治理砷污染最有效的途径。

#### 参考文献:

- [1] 申亮. 地下水硝酸盐污染的固相反硝化原位修复技术研究 [D]. 北京: 中国地质大学, 2012.
- [2] 郭华明, 杨素珍, 沈照理. 富砷地下水研究进展 [J]. 地球科学进展, 2007 (11): 1109 - 1117.
- [3] RODRIGUEZ - LADO L, SUN G, BERG M, et al. Groundwater arsenic contamination throughout China [J]. Science, 2013, 341 (6148): 866 - 868.
- [4] Bissen M, Frimmel F H. Arsenic - a review. - Part I: Occurrence, toxicity, speciation, mobility [J]. ACTA HYDROCHIMICA ET HYDROBIOLOGICA, 2003, 31 (1): 9 - 18.
- [5] 王焰新, 郭华明, 阎世龙, 等. 浅层孔隙地下水系统环境演化及污染敏感性研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [6] 姜建惠, 张建英. 中国饮用水源砷污染分布特征与可持续管理对策 [C]. 第六届全国环境化学大会暨环境科学仪器与分析仪器展览会摘要集, 2011.
- [7] EDWARDS M. CHEMISTRY OF ARSENIC REMOVAL DURING COAGULATION AND FE - MN OXIDATION [J]. JOURNAL AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, 1994, 86 (9): 64 - 78.
- [8] An B, Steinwinder T R, Zhao D Y. Selective removal of arsenate from drinking water using a polymeric ligand exchanger [J]. WATER RESEARCH, 2005, 39 (20): 4993 - 5004.
- [9] MOSAFERIM, NEMATI S, KHATAEE A, et al. Removal of Arsenic (III, V) from aqueous solution by nanoscale zerovalent iron stabilized with starch and carboxymethyl cellulose [J]. Journal of Environmental Health Science & Engineering, 2014, 12 (4): 607 - 607.
- [10] CAPORALE A G, PIGNA M, AZAMSMG G, et al. Effect of competing ligands on the sorption desorption of arsenite on / from Fe - Mg - Layered Double Hydroxides (Fe - Mg - LDH) [J]. Chemical Engineering Journal, 2013, 225 (4): 704 - 709.
- [11] Ning R Y. Arsenic removal by reverse osmosis [J]. DESALINATION, 2002, 143 (PII S0011 - 9164 (02) 00262 - X3): 237 - 241.
- [12] Gecol H, Ergican E, Fuchs A. Molecular level separation of arsenic (V) from water using cationic surfactant micelles and ultrafiltration membrane [J]. Journal of Membrane Science, 2004, 241 (1): 105 - 119.
- [13] 叶雪松. 改性滤料去除地下水中 As 的研究 [D]. 青岛: 青岛理工大学, 2011.
- [14] 肖细元, 廖晓勇, 陈同斌, 等. 砷、钙对蜈蚣草中金属元素吸收和转运的影响 [J]. 生态学报, 2003 (8): 1477 - 1487.
- [15] 许涛. 藻类生物修复技术 [J]. 高科技与产业化, 2007 (2): 108 - 109.
- [16] 杨柳, 张杰. 砷污染地下水的处理技术及工艺研究 [J]. 给水排水, 2013 (11): 164 - 168.
- [17] Al R S, Harrington C F, Ayub M, et al. A biomaterial based approach for arsenic removal from water [J]. J Environ Monit, 2005, 7 (4): 279 - 282.
- [18] Murugesan G S, Sathishkumar M, Swaminathan K. Arsenic removal from groundwater by pretreated waste tea fungal biomass [J]. Bioresour Technol, 2006, 97 (3): 483 - 487.

## Technology of Arsenic Removal from Groundwater Treatment

LI Yuan<sup>1</sup>, XU Hong-bin<sup>1</sup>, LIU Zhuo<sup>2</sup>

(1. College of Water Conservancy and Environmental Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou Henan 450001, China)

**Abstract:** Based on the serious situation of arsenic contamination in groundwater, the sources and distribution of arsenic contamination were introduced as well as the groundwater treatment methods of arsenic removal. Although coagulating sedimentation and adsorption were widely used, their removal efficiency for trivalent arsenic was unsatisfactory. Therefore, groundwater with arsenic must be pre-oxidized before entering the processing unit. Ion-exchange and membrane separation had high efficiency. However, their high operating costs and complex operations make them seldom used. Biological method was a new and immature arsenic treatment method at present with simple process, low cost, and no secondary pollution.

**Key words:** groundwater; arsenic contamination; treatment method

# 医院中水的回用

朱志

(云南省第二人民医院, 云南昆明 650000)

**摘要:** 以某医院污水回用为例, 介绍了医院污水现状、处理工艺流程、回用的效果, 结果表明: 医院污水经过处理, 达到了生活杂用水的标准, 可以循环利用。

**关键词:** 处理系统; 污水处理; 回用; 医院

**中图分类号:** X703 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0064-02

根据统计, 我国人均年淡水资源占有量为 2720m<sup>3</sup>, 只相当于世界人均占有量的 1%, 属于资源贫乏的国家之一。目前我国有 200 多个城市缺水, 40 多个城市严重缺水, 每天缺水 200 多万 m<sup>3</sup>, 由于缺水所造成的经济损失每年达 200 多亿元左右, 水资源匮乏已经成为制约社会经济发展的主要因素之一。另一方面, 我国目前的年污水排放量为 400 亿 m<sup>3</sup>, 约每天排放污水 1 亿多 m<sup>3</sup>。

大量未经处理或经处理未达标的污水排入江河湖海, 造成水资源严重污染, 全国 85% (436 条) 河流受到不同程度污染, 65% 以上的人饮用受污染的水。水污染促使水资源短缺进一步加剧, 形成恶性循环。因此, 治理水污染, 保护水资源已经迫在眉睫。

## 1 医院的污水现状

### 1.1 医院的污水排放流程

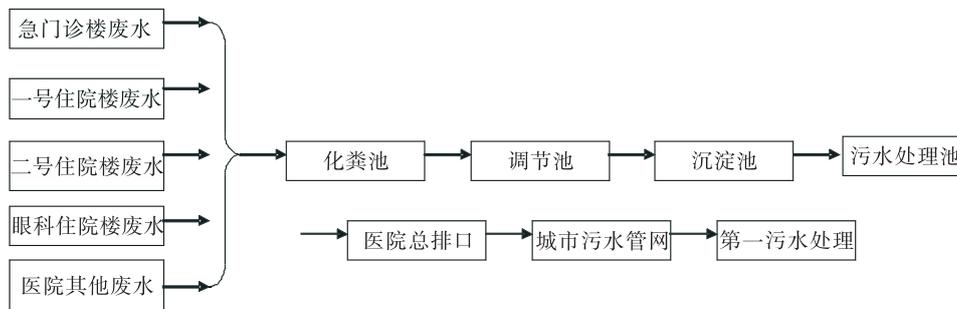


图1 医院污水排放流程图

### 1.2 医院污水的现状

某医院改造前污水处理能力仅为 600m<sup>3</sup>/d, 处理量小。根据医院发展现改进为 2000m<sup>3</sup>/d 的中水处理项目。医院废水经过处理达标后回用。全院新鲜用水量为 847m<sup>3</sup>/d, 排水量为 720m<sup>3</sup>/d, 主要污染物为化学需氧量、悬浮物、氨氮、动植物油、磷酸盐、粪大肠菌群、余氯。污水处理处理工艺为 A/O, 并采用微絮凝过滤 + 臭氧消毒技术。

### 1.3 医院污水处理工艺流程 (图 2)

### 1.4 医院固体废弃物

污水站污泥产生量为 50kg/d, 经医院收集后,

单独存放。做到日产日清, 不混入普通垃圾。采用次氯酸钠消毒, 脱水后委托云南大地丰源环保有限公司处置。

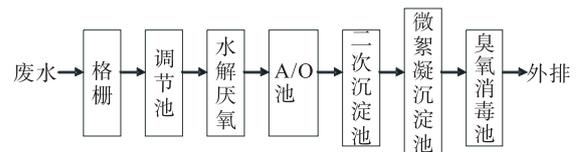


图2 污水工艺流程图

## 2 医院污水处理前后的水质情况分析

进口检测频率为 1 次/d, 测 2d, 出口检测频率为 3 次/d, 测 2d, 每次采样间隔时间为 2h, 执行标准《GB8978-1996 污水综合排放标准》三级标准、《CT3082-1999 污水排入城市下水道水质标准》、《GB18466-2005 医疗机构水污染物排放标准》。

表1 污水处理前后的水质情况分析

(mg/L)

检测项	检测结果						去除效率	执行标准	医疗废水排放标准
	进口	出口第一次	出口第二次	出口第三次	出口日均量				
第一天	化学需氧量	981	32	23	20	25	97.5	500	250
	动植物油	0.22	0.04	0.05	0.07	0.05	77.3	100	20
	悬浮物	91	10	10	9	10	89.0	400	60
	氨氮	41.72	2.621	2.734	2.671	2.675	93.6	35	
	磷酸盐	9.08	4.37	4.27	4.29	4.31	52.5	8	
	大肠菌群	>24000	<20	<20	<20	20		≤5000	<5000
	总余氯		4.01	4.05	4.17			>2	
第二天	化学需氧量	877	31	35	30	32	96.4	500	250
	动植物油	0.27	0.05	0.06	0.04	0.05	81.5	100	20
	悬浮物	115	11	10	11	11	904	400	60
	氨氮	42.66	2.722	2.571	2.5960	2.630	93.8	35	
	磷酸盐	8.74	4.25	4.12	4.36	4.24	51.5	8	
	大肠菌群	>24000	<20	<20	<20	20		≤5000	<5000
	总余氯		4.49	4.21	4.07			>2	

### 3 回用的效率

表2 污水回用效率

时间	回用吨位/t	节约水费/元	
2015	7-8	3148	20776.8
	9	2630	17358
	10	2647	17470.2
	11	2650	17490
	12	2644	17450.4
2016	1	2640	17424
	2	2612	17239.2
	3	2658	17542.8
	4	2640	17424
	5	2638	17410.8
	6	2639	17417.4

医院对医院门诊部和一号住院楼的卫生间用水管道改造后,形成独立的封闭中水供水体系后开始使用回用水。中水回用近1a时间,共回用中水29546t,节约195003.6元。

### 4 结论与建议

(1) 与《GB/T18920-2002 城市污水再利用城市杂用水水质》对比,处理后的中水达到了生活杂用水水质标准<sup>[1]</sup>,可以循环利用。

(2) 医院污水检出率细菌总数为23.63%,生活污水检出率32.63%,所以医院污水完全可以回用,不能回用完全是主观臆断。

(3) 中水回用符合当前节约用水,保护环境资源的基本方针,也是医院资源开发的研究方向之一<sup>[2-4]</sup>。

(4) 中水回用的循环利用系统,管道要涂成绿色,以便和生活饮用水分开。

(5) 为了使用安全,一定要保持足够的余氯,虽然大肠杆菌无法检出,但仍有一定量的病毒和沙门氏菌存在,所以不能单纯只用大肠杆菌为指示菌来指示病毒和致病菌是否被灭杀<sup>[5]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国建设部. 生活杂用水水质标准及标准检验法 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [2] 郑江萍, 梁可中, 询艳青, 等. 医院污水处理后的再生综合利用研究进展 [J]. 华夏医学, 2002, 15 (3).
- [3] 周永林. 医院污水处理的系列研究报告 [J]. 中国公共卫生学报, 1990, 9 (1).
- [4] 张选歧, 袁延伟. 医院污水处理与水资源综合利用 [J]. 重庆环境科学, 2002, 24 (2).
- [5] 关碧玮, 吴惠霞. 医院污水处理中病毒、致病菌、指示菌的消亡规律 [J]. 环境与健康杂志, 1990, 7 (4).

(下转第68页)

# 德宏州水电站建设对生态环境的影响

方飞<sup>1</sup>, 张杰<sup>2</sup>

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

**摘要:** 阐述了水电站的建设对植被、生物多样性、水生生物等生态方面产生的影响, 并提出水电站建设后可可持续发展的建议。

**关键词:** 水电站; 生态环境; 影响; 德宏州

**中图分类号:** X82 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0066-03

## 0 引言

德宏傣族景颇族自治州位于云南省西南边陲, 属于中缅边境线, 地理位置为东经 97°31' ~ 98°43'、北纬 23°50' ~ 25°20', 德宏州的地势特点是东北高而陡峭, 西南低而宽缓。全州按海拔可以分为七类地质地貌, 最高海拔 3404.6m, 最低海拔 210m, 江河纵横交错, 水网密集, “三江四河”贯穿整个德宏州, “三江”指的是怒江、大盈江、瑞丽江, “四河”指的是芒市河、南宛河、户撒河、罗卜坝河, 大盈江和瑞丽江属于伊洛瓦底江流域, 四河属于大盈江和瑞丽江。大盈江和瑞丽江流经德宏州 80% 的土地面积, 贯穿 9 个坝区, 对德宏州社会经济发展起着重要的作用。

随着社会经济的快速发展, 人类对生活质量要求越来越高, 食品要求“绿色”、“生态”, 环境更加追求自然、空气清新无污染。生态环境已经变成人类赖以生存所不可或缺的条件, 而水资源环境又是贯穿在生态环境中最重要的环境条件之一, 水是生命之源, 人类和社会的发展都离不开水资源的运用, 河流是地球上人类能直接利用的少数水资源。随着社会经济的发展, 河流成为人类赖以生存的重要资源, 也为人类的生存和发展提供了灌溉、养殖等多种功能。人类对河流的建设开发日益剧增, 其中在河流上大规模筑坝拦截修建开发水电站是一个典型的代表, 电站的开发建设给人类带来巨大的经济效益, 但开发建设同时又是一把双刃剑, 在给人类带来了经济效益的同时, 也给整个生态环境带来的带来一定的不利影响。

## 1 水电站的建设开发

1882 年我国第一家发电厂的投入使用至今已

有 134 年的历史, 电的使用已经越来越深入到人们的日常生活, 人类已经越来越离不开电。常见的发电方式有火力发电、水力发电、风力发电等, 火力发电因效率低、环境污染严重在电站中所占比例逐年降低, 现在最常见的是水力发电和风力发电。截止 2007 年底, 中国水电总装机容量达到 1.45 亿 kW, 约占总容量的 20.3%, 同比增长 11.49%。到 2008 年底, 全国水电装机达到 1.75 亿 kW, 在世界居第一位, 占全国发电装机容量的 21.6%, 仅次于以煤发电, 居第二位。

德宏州大部分河流都属于山区间河流, 水头高, 落差大, 非常适合高水头电站开发。到目前为止, 德宏州已经投入使用的水电站有 114 座, 其中规模在 10 万 kW 以上的电站有 6 座, 规模在 5 万 kW 以上的有 8 座, 其余的均在 5 万 kW 以下。电站工程建设的施工开挖、占地等活动会对地形、土壤、植被、野生动植物产生影响, 同时新增水土流失和自然植被的破坏; 在工程运行期间水库的淹没、大坝的隔断、改变水文产生情势、河段减水等会对水生生物、陆生生物和水环境产生影响。整个工程的建设根本上改变了河流原来的水位情势, 改变了水文时空分布不均的现象, 阻断了天然河流的连续性, 阻断了鱼类回游的天然通道, 河流的深度、宽度、水温、流量都发生改变, 河流的动植物的生态环境受到破坏。在筑坝和取水过程中, 可能会对河流生态系统的连通性和整体性造成严重的影响, 因为大坝的建设会改变自然水文情势, 不同程度地切断了水生生物的生态环境, 也隔断了河流系统的空间连通, 使回游性鱼类种群下降, 甚至会导致特殊种群的毁灭。

## 2 水电站对生态环境的影响

### 2.1 直接生态破坏

水电站的工程建设规模较大, 在工程开工建设

中直接破坏陆生植被,导致陆生动植物的生产环境和栖息地减少及陆生动植物个体数量的减少,危及重要动植物物种和整个生态系统的生存和存在。施工期间,施工人员、机械设备相对集中,带来的“三废”及粉尘、噪声污染,对当地环境会产生一定的影响。电站大坝蓄水后,会使库区水位上升,使得流水上游许多山体被淹,山体上的植物被毁,栖息的生物基本消失。

某些电站的建设位于自然保护区的不同分区内或者自然保护区的边缘,电站的建设势必对自然保护区内保护的动植物造成直接影响。电站建设位置选择也是极其重要的,若电站建设位置在自然保护区的边缘,建设时必须考虑自然保护区内的重点保护野生动植物和珍稀濒危动植物,要采取重点保护措施,确保珍稀动植物得到保护。

## 2.2 对水生生态环境的影响

水电站的大坝建设直接将山川河流拦腰截断,阻断了河流中鱼类的游动通道,对鱼类回游影响很大。回游是指水生动物为了繁殖、越冬或索饵的需要定期地从一个水域到另一个水域集体群迁移的现象。水电站的工程建设直接阻断了回游性鱼类的回游通道,会导致河流中的鱼类不能回游到河流的另一端繁殖、越冬,造成鱼类种类减少或灭绝、鱼类资源数量减少。水电站的大坝拦截修建直接淹没使某些鱼类特有的产卵场和栖息地不复存在,使鱼类产卵的生态环境不复存在,水电站将河流阻断修成大坝,大坝变成水库,水库区面积扩大、水流的流速减缓使上游产下的漂流性鱼卵的可漂流里程缩短,严重时导致鱼卵下沉死亡。水库流速减缓和静水性鱼类种群的发展将使急流行鱼类种群受到抑制。水电站的建成对整个河流水生生物的生态环境造成了直接和间接地影响,在水电站建成或修建的过程中应该建立水生生物的生态环境保护措施。

## 2.3 对水土流失的影响

水电站建设过程中,整个水电站项目的施工将对植被地表有不同程度的破坏,局部地貌也发生较大的改变,在水电站建设期内和运行初期都会造成严重的水土流失。工程施工期间,会直接破坏原有的植被,降低土壤侵蚀力,重塑的地表植被在雨季会发生细沟侵蚀。工程建设中开挖与回填使原有地表植被、地面组成物质、土壤结构及地形地貌受到直接或间接的破坏、扰动,以致地表出现裸露状态,失去原有植被的防冲、固土能力;同时,在水

电工程的开挖与回填过程中所形成的裸露地表和高陡边坡,使其自然稳定状态性受到破坏,增加水土流失量,易产生冲刷、垮塌现象。工程建设过程中产生的弃渣、边坡若不采取适当的拦挡、护坡等防护措施,弃渣表面长时间无植被覆盖,在洪水和雨水的冲刷下,会造成渣体冲刷、坍塌,引起严重的水土流失。水土流失强度最大的是渣场区,各存弃渣场均达到剧烈侵蚀,土料场水土流失强度达到极强度侵蚀,其它如施工道路、施工场地多数区域达到强度侵蚀。运行初期,由于各施工扰动已结束,水土流失强度较施工期有大幅度的降低。如果不采取水土保持措施,松散的弃土弃渣遭遇暴雨、洪水的冲蚀,很容易对整个水电站区域生态环境、河流水质及土地造成不同程度的危害。

## 3 展望

长期以来各种水电站的建设,为各地生产建设提供了大量清洁能源,也有效推动了德宏州能源结构转型,但水电站的开发也直接影响到了生态环境。在“十三五”期间,云南省原则上不再核准审批新开工所有类型的中小水电项目,水电站的建设直接破坏生态环境,减少生物多样性,使物种减少及濒临,导致水土流失和居民搬迁等问题。水电站的开发对整个生态环境的影响,从工程施工期间开始,一直延续到电站运行期,电站的长期运作对水生生态环境也造成很大的影响。水电站的开发造福人类,也为人类生活居住的环境带来了一系列不可避免的问题,解决问题的关键并非要否定水电开发,而是要在于转变发展理念,在发展和保护之间找到平衡。水电站项目要考虑河流的生态和景观用水,制定合理的流域使用调度方案,并安装生态流量在线监控装置,保障生态下泄流量,严格执行保护环境、生态优先的方针,在保护中开发、在开发中保护。

### 参考文献:

- [1] 陈国阶,陈治谏. 三峡工程对生态与环境影响的综合评价[M]. 北京:科学出版社,1993.
- [2] 朱世伟. 开发我国云南水电能源基础战略和对策[J]. 生产力研究,1996(4).
- [3] 何玉芹,欧晓昆. 云南省水电站开发对生态环境的影响及保护对策[J]. 云南环境科学,2006,25(2).
- [4] 樊远坤. 团坡水电站生态环境影响评价、预测及保护措施[J]. 贵州水利发电,2006,20(1).
- [5] 李锦胜. 水电站建设对生态环境的影响及评价[J]. 环境科学导刊,2011,30(5).
- [6] 赫尚丽,杜凡,曾辉,罗柏青. 云南水电站开发对生态环境的影响[J]. 西南林学院学报,2008,28(4).
- [7] 宋靖国. 大型水电站建设的环境影响及生态修复[J]. 北方

环境, 2011, 23 (9).  
[8] 余波, 黄成敏, 黄正文, 文星跃, 邓茂林. 水电开发对云南

生态环境的影响及对策研究 [J]. 水土保持通报, 2011, 31  
(1).

## Impact of Hydropower Construction on Ecological Environment in Dehong

FANG fei<sup>1</sup>, ZHANG Jie<sup>2</sup>

(1. Dehong Environmental Protection Bureau, Mangshi Yunnan 678400, China)

**Abstract:** The impacts of hydropower stations construction on vegetation, plant diversity, and aquatic organisms and so on in Dehong were presented. Recommendations for sustainable development of hydropower station construction were proposed

**Key words:** hydropower station; ecological environment; impact; Dehong



(上接第 65 页)

## Recycling of Reclaimed Water of Hospital

ZHU Zhi

(Yunnan the Second People's Hospital, Kunming Yunnan 650000, China)

**Abstract:** The present situation of hospital wastewater, the treatment process, and the effectiveness of recycling of reclaimed water were introduced using a hospital as a case. The results showed that the wastewater after treatment could meet the water quality standard for urban miscellaneous water consumption and be reused safely.

**Key words:** treatment system; wastewater treatment; recycling; hospital

# 大理州生态类建设项目环境影响评价审核要点 ——以茈碧湖湿地恢复建设工程项目为例

沈 溪

(大理州建设项目环境审核受理中心, 云南 大理 671000)

**摘 要:** 对建设项目实行环评审核并做出环境准入许可是法律法规赋予环保部门的职能和职责, 其目的是预防和减小建设项目对外环境的影响及生态破坏, 强化风险管控。以茈碧湖湿地修复建设工程项目环境影响评价审核实践为例, 对在生态类建设项目环评审核中如何把握正确的评价方向、重点, 进行了探讨。

**关键词:** 生态类建设项目; 环评审核; 审核重点; 风险防范; 茈碧湖

**中图分类号:** X82   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0069-02

生态环境是人类社会赖以生存和发展的各种自然条件的总和。环境整体及其各组成要素都是人类生存与发展的基础, 也是经济和社会发展的基础。生态环境在人类社会的发展中起着重要的作用。大理州生态环境脆弱, 人均资源不足, 部份建设项目和新建项目存在违反生态规律、滥用资源和破坏资源的情况, 从而造成人与自然、发展与环境的矛盾以及自然生态环境的破坏。如何避免、减缓或消除这些负面影响, 特别是在生态类建设项目环境影响评价审核中如何依法依规把握方向, 对规划或建设项目潜在的环境影响进行科学、客观预测判别, 从源头预防环境污染和生态破坏, 强化风险管控, 严把环境准入关, 是环评审核受理工作者必须掌握的基本技能。

## 1 生态类建设项目环境影响评价审核重点及实践

在生态类项目环境影响评价工作中, 首先应该确定该项目是否符合国家、省、州相关法律法规或地方特有的相关条例规定, 其次应确定环评编制文本是否符合国家相关环评导则和技术规范的要求。在满足这两个大的前提的情况下, 才能进一步开展后续工作。

### 1.1 确定敏感保护目标

确定敏感保护目标, 包括敏感区域、敏感点、敏感生态问题。敏感区域包括自然遗产、人文遗产、自然保护区、风景名胜区、水源保护区、重要生态功能区等; 敏感点主要指居民区、学校、医院、文物古迹、名木古树等; 敏感生态问题如珍稀濒危物种消失等。这是评价的重点, 也是衡量评价

工作是否深入、是否完成任务的标志。按照约定俗成的含义, 敏感目标包括一切重要的、值得保护、或需要保护的目标, 其中最主要的是法律法规已明确其保护地位的目标。

以《茈碧湖环湖湿地恢复建设及湖滨带修复建设工程项目》为例。项目区位于洱源县境内茈碧湖流域, 北起龙王庙、南至大庄村、西至海口村、东止茈碧湖里海东岸。环湖湿地建设面积 99.8hm<sup>2</sup>, 接纳及处理水规模为 15000m<sup>3</sup>/d, 其中包括官营湿地 18.27hm<sup>2</sup>, 海口湿地 31.7hm<sup>2</sup>, 大庄湿地 49.83hm<sup>2</sup>。主要种植水生及陆生植物。建设湖滨带修复约 8.25km, 其中包括官营村至龙王庙段湖滨带修复, 长约 1700m, 湖滨带面积约 117867m<sup>2</sup>; 西岸滩涂地湖滨带生态修复长约 2.75km, 涉及面积约 257000m<sup>2</sup>; 东岸湖滨带生态修复长约 3.8km, 涉及面积约 250600m<sup>2</sup>。主要种植陆生植物。

该项目是一个典型的生态类建设工程项目。在审核受理评价工作中, 确定了茈碧湖以及茈碧湖周边湿地为该项目的主要敏感点。茈碧湖本身为州级自然保护区、洱源县城饮用水源地保护区。项目重点关注在建设过程(施工期)中如何避免或减缓对敏感点的影响。在施工期环境影响评价中, 根据法律法规、环评导则和技术规范, 重点对施工期水环境及固体废物的处置提出相关环保要求。如水环境中, 要求建设单位合理布置施工场地, 选择合适的地点设置混凝土拌合点, 并在附近设置沉砂池和临时储存池; 混凝土拌合及其它施工工序产生的施工废水经沉淀后雨天储存, 非雨天用于洒水降尘, 不外排; 禁止施工废水排入茈碧湖、茈碧湖泄洪沟等附近河流; 合理选择物料堆放及临时储水池地

点,必须尽量远离茈碧湖、茈碧湖泄洪沟一侧,且在靠茈碧湖、茈碧湖泄洪沟一侧设置拦挡设施,设置临时引水渠,保证雨季储水池溢出水及雨水径流流至截洪沟;施工人员产生的少量洗涤污水经收集沉淀处理后雨天储存,非雨天用于洒水降尘,不外排。生活污水严禁排入茈碧湖、茈碧湖泄洪沟及附近河流、沟渠;分区分段施工,降雨期间禁止进行挖填方作业,做好施工场地的水土流失防治工作,避免场地的物料等因降雨地表径流引起冲刷并进入茈碧湖;施工期间应加强管理,特别要注意的是在饮用水水源地保护区范围内施工时,要根据湿地的实际情况,尽可能减少对原有植物的清除和更新,减少同一区域的施工规模,减少对水体的扰动。

在落实各项环境保护措施前提下,从生态环境保护技术角度审核分析,可以认为该工程的建设是可行的。这就是确定敏感目标后,根据实际情况提出相应环保对策措施以避免和减缓环境影响的典型案例。

## 1.2 敏感保护目标识别

生态类建设项目环境影响评价工作中还应该关注的是敏感保护目标的识别:环境影响评价中,除进行依法评价,贯彻执行法规规定之外,很重要的一个评价任务是进行科学性评价,评价建设项目布局或生产建设行为的环境合理性。从以人为本和可持续发展角度出发,保护那些对人类长远的生存与发展具有重大意义的环境事物(即敏感保护目标),是评价中最应关注的问题。敏感保护目标主要依据下述指标进行判别。

### 1.2.1 具有生态学意义的保护目标

如重要生态系统、重要保护生物及其生境,包括国家级一、二级和省级保护名录的动植物及其生境,列入红皮书的珍稀濒危动植物及其生境,地方特有的和土著的动植物及其生境,以及具有重要经济价值和社会价值的动植物及其生境等。

以《茈碧湖环湖湿地恢复建设及湖滨带修复工程项目》为例。该项目所在地为国家二级保护动物白鹭的栖息地,在环境影响评价审核受理中我们提出,须严格落实施工期各项环保措施和补偿措施,对项目区国家二级保护动物(白鹭)进行重点保护,禁止猎捕和妨碍野生动物的生息繁衍。

同时,茈碧湖中拥有着地方“土著”特有种植物——茈碧莲。在环境影响评价审核当中我们提出,《茈碧湖环湖湿地恢复建设及湖滨带修复工程项目》生态保护措施,应按“避让、减缓、补偿、

重建”等次序提出生态影响防护与生态恢复措施。在湿地恢复建设中选择植物种类时,要注意生态系统完整性修补措施,要合理选择及配置物种,做到设计与当地实际情况相结合,对种植的植物进行严格的检疫检验,严防外来物种入侵造成特有种植物的消失和生态破坏;在湿地恢复建设中对特有种植物——茈碧莲必须有稳妥的保护措施,首先要考虑避让。同时尽量采用本地植物进行植被恢复种植,如确需要种植外来物种,建设单位须制定详细的工作计划并报相关管理部门审查备案。

### 1.2.2 具有美学意义的保护目标

如风景名胜区、森林公园及旅游度假区等。

经查证,《茈碧湖环湖湿地恢复建设及湖滨带修复工程项目》区亦是国家级大理风景名胜区茈碧湖温泉疗养片区的重要组成部分。所以,我们要求工程各类基础设施的建设必须同茈碧湖周围自然景观和谐一致,不影响或损害古树名木、风景林、风景石等,不得破坏自然景观和动植物栖息环境。

### 1.2.3 具有重要生态功能区和经济价值的保护目标

如生物多样性保护区、水资源和水源涵养区等。

以《茈碧湖环湖湿地恢复建设及湖滨带修复工程项目》为例。该项目位处云南省滇西北生物多样性保护区,是大理州重要湿地、洱海重要补给水源地,具有重要的生态功能,以及水源补给、防洪及蓄水保水功能。在环境影响评价审核受理中,我们要求工程项目建设不得破坏和改变项目区域的功能性质,禁止随意加大土建内容,破坏湿地、污染水体。

### 1.2.4 生态脆弱区

如农牧交错带、高原湖泊等。

茈碧湖属高原湖泊,高原湖泊生态脆弱具有容易破坏又不容易恢复的特点,同样应作为环评中特别关注的保护目标。

## 2 审核结果

在识别、确定《茈碧湖环湖湿地恢复建设及湖滨带修复工程项目》敏感保护目标后,我们在环评技术审核中重点对敏感区域、敏感点、敏感生态问题等进行了把握掌控,最终出具了该项目建设的环评审核结果:一是该项目敏感保护目标及识别、评价因子基本选择合理,生态保护及污染防治措施较为完善可行,评价结论明确,符合国家相关

环境影响评价技术规范。在对技术审核中提出的相关环境敏感保护目标、评价因子、生态保护、污染防治、风险防范措施等内容进行补充完善后,该项目可以实施。二是通过对原有茈碧湖湖滨带进行生态恢复及环湖湿地建设,使茈碧湖流域自然生态环境得到恢复,通过配置主要植物品种及湿地水动力的改造,构建了茈碧湖湿生植物、水生植物的适宜生长区,同时也为底栖生物、鱼类、鸟类提供了重要栖息地和繁殖场所,对保护茈碧湖生态系统、保护动植物野生资源、提高生物多样性具有重要的意义。三是茈碧湖环湖湿地恢复建设及湖滨带修复工程项目完成后,可以截流茈碧湖流域部分村落污水、农田尾水等进入茈碧湖环湖湿地,绕行净化后还河,可有效削减入海尾河、弥苴河污染负荷量,有效治理工程区村落生活污染、畜禽养殖污染、农田尾水污染等,对入湖河流水质改善及洱海保护具有积极的作用。

### 3 结语

做好建设项目环境影响评价审核工作,把好环境准入关,做好风险防范,是我们的职责和职能所在。在可预见和风险管控的前提下对拟建项目在建设之前有针对性地提出技术性指导意见,可最大程度地保护和避免破坏人类赖以生存、生产的生态环境。

2015年1月,习近平总书记在视察大理时明确指出“一定要保护好洱海”,总书记的一句话,包含着诸多深层次含义。生态环境是一个宏观的概

念,洱海只是生态环境中的一部分,要保护好洱海就必须保护好与洱海相关的其他生态环境,如洱海湖滨带、入湖河流等。现阶段虽然还面临着许多问题,而且也有部分问题是目前难以克服和解决的,但是作为社会活动的主体,人类在关注自身发展的同时,势必要关注生态环境保护的可持续发展,人类的活动必须在生态环境保护的框架限度内合理运行。对于我们这样一个世界上最大的发展中国家来说,保护生态环境是可持续发展的必要战略选择,生态兴则文明兴,生态衰则文明衰。正如习近平总书记所指出的:“我们既要绿水青山,也要金山银山。宁要绿水青山,不要金山银山,而且绿水青山就是金山银山。”大理天蓝、水清、山绿、生物多样性丰富、人与自然和谐、空气质量优良。良好的生态环境是大理的亮丽名片和宝贵财富,是大理实现跨越发展的独特优势和核心竞争力。这就要求我们要把保护好生态环境作为大理的生存之基、发展之本,我们必须尊重自然,坚持绿色发展,严把环境准入关,强化风险管控。决不能以牺牲环境为代价换取一时的发展。要坚决维护好大理的绿水青山、蓝天白云,擦亮“绿色发展、美丽大理”这块金字招牌。要把生态环境作为跨越式发展的重要保障,着眼于长远利益和可持续发展,坚定不移走好生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路,要把生态文明建设放在突出地位,融入经济、政治、文化、社会建设的各方面和全过程,努力构建幸福新大理,最终实现百姓富、生态美的有机统一。

## The Key Points of Environmental Impact Audit of Ecological Construction Projects in Dali – A Case Study of Wetland Restoration Construction Project in Cibi Lake

SHEN Xi

(Dali Construction Project Environmental Audit and Acceptance Center, Dali Yunnan 671000, China)

**Abstract:** It is the obligation of environmental protection authorities to assess environmental impacts of construction projects and permit environmental licensing. Its purpose is to prevent and minimize the environmental impacts of the projects on ecological environment and to strengthen risk management. The wetland restoration construction project in Cibi Lake was taken as a case to correctly identify the key points and directions of environmental audit for ecological construction projects.

**Key words:** ecological construction projects; environmental audit; key point; risk control; Cibi Lake

# 浅析建设项目环保监管的难点及流程优化

代佼<sup>1,2</sup>, 李莉<sup>1</sup>, 徐琰<sup>1</sup>, 杨玖<sup>2</sup>

(1. 攀枝花市西区环境保护局, 四川 攀枝花 617068; 2. 攀枝花市环境监测中心站, 四川 攀枝花 617000)

**摘要:** 环保监管贯穿建设项目的前端控制、过程监管、末端治理三个阶段, 但实施过程有时存在审批衔接进度不一、监管精细化不够、监管专业性不强的弊端, 亟待对体制机制、技术手段、管理模式等进行调整优化。提出了建立灵活机制、强化分类分级、探索专业监管的优化措施, 并结合环保工作实际对优化措施进行了详细的阐释。

**关键词:** 建设项目; 项目监管; 流程优化; 环境保护

**中图分类号:** X32 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0072-04

## 0 引言

流程重构又称为流程再造或流程重组, 起源于现代企业管理, 由美国管理学家 Michael Hammer 在 1990 年最早提出。主要内容是对企业业务流程进行根本性的再思考和彻底性的再设计, 以使企业在成本、质量、服务和速度等衡量企业绩效的关键指标上取得显著性的进展<sup>[1]</sup>。流程优化是流程重构理论的具体应用, 企业管理者分析现有流程中影响系统运行效率的不合理要素, 通过剔除、合并、调整等优化手段, 达到提高流程运行效率的目标。政府管理也开始逐渐引入流程优化的管理方式以促进政府自身建设和管理创新, 主要涉及审批<sup>[2]</sup>、监管<sup>[3]</sup>、服务<sup>[4]</sup>等业务, 经过分析、改进、实施、评价等步骤完成流程优化。过去粗放式的经济发展模式虽获得了短期的经济效益, 却给环境留下了错综复杂的“后遗症”, 现今环境保护与经济关系的复杂关系造就了环保监管效率低和执行难等问题, 两者共同造成了当前环保工作的特殊性和敏感性。在此背景下, 基层环保工作者多将精力投放到公众舆论较为关注的环境质量和信访投诉等问题上, 对项目监管流程中各环节的难点和问题缺乏深入考虑。本文重点梳理了环保部门在建设项目监管流程中的职能职责, 分析了建设项目各阶段环保监管的难点, 如前端控制阶段审批衔接进度不一致、过程监管阶段监管精细化不够、末端治理阶段监管专业性不强等, 从体

制机制、技术手段、管理模式等方面着手进行了关键环节的流程优化, 为提高环保监管效率和提升环保执行力提供参考, 推动项目健康协调发展。

## 1 建设项目环保监管流程难点分析

### 1.1 前端控制把关严格, 但审批衔接进度不一

《中华人民共和国环境影响评价法》第二条规定规划类和建设类项目必须经过环评程序纳入环保监管。前端控制, 是项目建设前环保把控的第一道关口, 运用相关法律法规和技术方法, 计算项目需求的环境容量, 评估项目可能引发的环境风险, 采用审批、行政许可等手段, 将不符合环保标准的产业项目拒之门外, 起到初步的项目过滤作用。针对环境风险预测可控的重点项目, 指导设计对应的环保措施, 避免项目实施后对环境造成不良影响, 引导区域社会经济的健康可持续发展。环保部门在源头预防控制上做出了巨大的贡献, 充当着把关人和预警员的合格角色, 采用严格环评审批的方式, 极大地缓解了后期环保过程监管和末端治理的压力, 避免了项目“带病运转”, 同时有效地降低了重点项目运行后企业的环境治理成本。但是项目审批流程由各政府部门间审批流程和环保部门内部各科室工作流程共同组成, 各分段流程进度不一或衔接不畅导致项目推进缓慢的问题日益突出。一是部门间审批流程难以协调一致。建设项目依次需要发改局的项目申请评估报告、经信局的节能评估报告、涉及土地使用的还需要国土局的建设项目用地申请报告, 这些都是环评审批的前置条件。经常遇到的情况就是前置手续还未完毕, 项目方就直接开始进行后续申请报告的编制, 直接导致报告书不符合要求, 产生反复审批的情况。前置部门流程进度间接

收稿日期: 2017-01-11

作者简介: 代佼 (1986-), 男, 汉族, 四川安岳人, 2011 年毕业于西南大学食品科学专业, 硕士, 工程师, 主要研究方向为环境监测与分析。

通信作者: 杨玖 (1989-), 女, 硕士研究生, 从事环境监测工作。

影响环审批效率。二是部门内部工作进度不一。环审批涉及环评科、执法支队、监测站等各个部门的密切配合。无论是针对环境影响登记表、环境影响报告表或环境影响报告书，各部门均会按照统一的流程，环评科只先负责资料初审，随后执法支

队负责现场勘察，最后监测站负责环境现状监测。各科室没有根据项目审批流程的不同协调形成有针对性的科室工作流程，工作进度快慢不一，最终导致一个项目审批结果往往需要开几次业务讨论会才能确定，直接影响环审批效率。

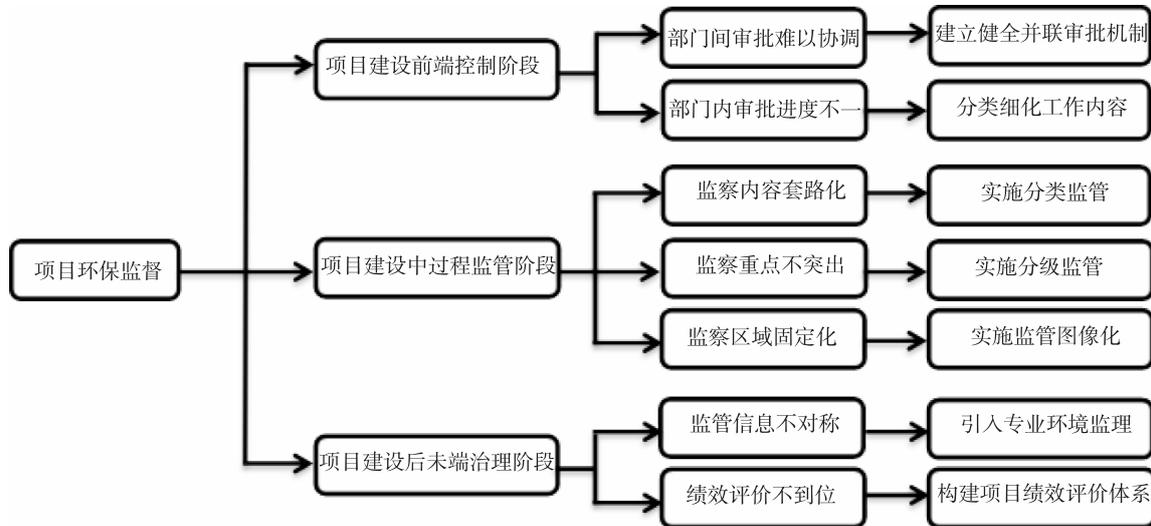


图1 建设项目各阶段环保监管流程优化示意图

### 1.2 过程监管执法严厉，但精细化程度不够

项目在建设和运行期间均有可能对环境产生不同程度的负面影响，如果在严格执行前端控制的基础上，根据一定的标准规范，采取先进的生产工艺，采用有效的污染处理技术，确保环保设施正常运行，将有效降低或消除项目对周边环境的不利影响。环保部门对项目运行期间进行环境控制和监督管理，主要包括以下阶段<sup>[5]</sup>：建设项目“三同时”监管阶段，建设项目竣工环境保护验收阶段，项目运行过程中污染源日常监管阶段。监管是推进项目健康运行的关键环节，监管工作的不到位是诱发环境风险的重要因素，而现场环境监察是履行环保职能职责的主要手段。目前环保部针对不同行业均印发了现场环境监察指南，明确规定了监察工作程序和要点，但是具体实施流程仍然较为粗放，某些监察环节很难从根源上发现问题。一是监察内容套路化。执法监察工作人员一般只检查固定的项目，如生产工况情况、环保设施运行情况、环保制度执行情况、应急管理情况等，而对企业的隐秘排污行为，如偷排漏排、私设暗管、伪造篡改监测数据等严重的违法行为，监察流程并未明确细化，发现该类问题的办法不多。二是监察区域固定化。在日常监察中执法点位往往是有合法环保手续的企业，对于未办理任何环保手续的小微隐蔽企业，发现问题

的手段不多。即便是固定的点位检查区域也仅仅停留在厂区内，对于厂区外或环境敏感点周围的违法排污行为缺乏细致深入的了解。三是监察重点不突出。环境监察执法主要采用日常巡查和随机抽查方式，检查企业往往带有随机性，检查的重点也基本相同，但是各行业的排污类别不同，特征污染物的危险等级也不同，若采用不分类别、不论级别的检查方式，难以发现同行业落实环保工作出现的共性问题，难以针对同类的违法行为进行集中清查，难以在同一时间进行集中指导。随着国家环保督察制度日趋完善，督察重心由督企向督政转移，如不及时对监管流程中这些关键环节进行优化，隐蔽的违法问题得不到及早发现和及时处理，环保工作将面临极大的问责风险。

### 1.3 末端治理成效明显，但监管专业性不强

末端治理并非传统意义上的“先污染后治理”，是项目建设后对污染物的治理，主要包含以下两方面：一是新生污染物的治理。即在现有生产工艺和处理技术下，针对生产过程中新生的污染物开发并实施有效的治理。这种治理方式将环境责任更多地划分到环保研究、环保管理等人为因素上，把关注焦点集中在生产过程中已经产生的污染物的处理上，例如煤矸石、粉煤灰等各类工业废弃物如何处理甚至变废为宝是一个重大课题。二是遗留性

环境问题的治理。在良好的前端控制和有效的过程监管前提下,有计划、有步骤地对历史遗留的环境问题进行生态修复与综合治理,逐步使环境质量持续改善。末端治理主要采取以生态建设项目和污染治理项目为依托,以环保部门监管,其他部门或机构具体实施的运行模式,这类涉及多部门的项目单一部门很难进行有效监管。一是监管信息不对称。一般情况下生态建设项目主要实施部门是国土、水利、农业、住建、城管等部门,项目验收和监管部门是环保。例如部分生态修复项目中涉及部分无污染或低污染的经营性活动,如生态果园、观光旅游、湿地娱乐等,需要建设相应的配套设施,而项目方出于经济利益的考虑和抱着“打擦边球”的心态,擅自扩大配套设施规模或将用途改变,而环保部门缺乏建设项目监管专业能力导致信息不对称的现象,对这些行为难以进行有效监管。二是项目绩效评价不到位。对已经开展污染治理项目且符合环保专项资金申请的企业,环保部门负责协助进行环保专项资金的申请并监管资金使用,出于技术保密等原因环保部门很难及时掌握项目运行的真实情况,难以实施切实有效的监管。根据《环境保护专项资金管理办法》,治理效果、项目进度、自筹配套资金到位程度是专项资金拨付的重要指标,企业出于自身利益的考虑,往往夸大污染治理项目的效果,导致环保专项资金使用效能大打折扣。另外缺乏针对环境治理项目社会效益、经济效益和生态效益的评估方法和反馈机制,难以对项目运行绩效进行全面评估。

## 2 环保监管流程优化

### 2.1 建立灵活机制,促使审批衔接无缝化

针对不同部门流程不畅、衔接不良的现状,合理设计并建立灵活机制是应对的良方。一是建立健全“并联审批”机制。并联审批是指由政府牵头,成立并联审批管理组织,对申请涉及需要政府其他职能部门审批的在同一时间进行联合审批。目前针对建设项目各部门审批的焦点是土地使用问题,可由政府牵头成立由发改、经信、规划、国土、住建等部门的主要业务负责同志组成的“并联审批”工作小组,通过提前介入、专业指导、实地勘察、限期审批等方式,在较短的时间提出审批意见,对不符合条件的项目及时告知业主,实现部门间审批流程的无缝衔接。同时通过集中办公的方式,各部门对进度缓慢的项目进行沟通交流,并为协商解决一些历史遗留项目的问题提供条件。二是细化部门

内部工作内容。根据环境影响备案表、报告表、报告书三类项目,采取分类管理的原则,由审批科牵头制定具有针对性的审批工作进度表,实现部门内流程的有机衔接。审批科及时与业主沟通,提醒审批时间节点的重要事宜。执法支队和监测站根据项目对环境影响的不同,分别制定详细的勘察内容、记录表格、监测项目等,共同组织人员进行实地勘察和环境监测,最后各科室通过集中讨论的形式确定审批意见,最终形成小项目简化手续,大项目精准服务的审批体系。

### 2.2 强化分类分级,推进监管流程精细化

在环保相关政策和法律法规更新迅速的大背景下,过去传统粗犷的监管方式已不能满足环保大局的需要,流程精细化势在必行。一是实施分类监管。根据不同行业特点实施有效的分类监管,在日常巡查计划制定时将具有相同或相似排污特征的企业列为一组,统一检查生产工况情况、环保设施运行情况、环保制度执行情况、应急管理情况等。另外针对偷排漏排、私设暗管、伪造篡改监测数据等严重的违法行为,要提前研究并专门制定详细的检查方案,主要采用查看工况、检查环保设施、收集反馈意见、暗访周围群众等方式得出综合判断。一般情况下同类企业的违法行为具有较大共性,通过研究企业违法现象和共性问题,可全面掌握该行业环保监管的重点和难点,同时执法人员综合素质将得到显著提升。二是实施分级监管。根据《重点监管危险化工工艺目录》,按照污染物的危险等级对企业进行分级监管,对于涉重金属、涉剧毒污染物严禁外排的企业进行重点监管,加大检查频次和增加检查项目,从原料到产品安排技术人员进行一个生产周期内的全程监控;对于涉有毒有害污染物的企业进行经常巡查,确保污染物稳定达标排放;对于涉一般污染物的企业进行一般监管,可适当降低检查频次和监测项目,但必须确保污染物稳定达标排放。三是实施监管“图像化”。针对检查区域套路化问题,可组织技术人员对辖区内重点监管区域进行全面勘察,收集周围环境敏感点的资料,包括饮用水水源保护区、自然保护区、基本农业划定区、居民聚集区等环保敏感区域,汇总后将这些信息采用不同颜色标注在行政区域地图上,围绕这些区域再次设计检查路线和区域,最终形成辖区环保监管地图。另外将极易埋设暗管的沿江区域、雨水沟、泄洪沟等点位标

注在环保监管地图上,并加大频次进行重点排查。环保监管图像化可以直观地显示各点位和区域的具体位置,使监管监测工作清晰明了,将极大提高发现问题的几率。

### 2.3 探索专业监管,引导绩效评价科学化

环保部门与承建方针对建设项目技术细节的信息不对称导致项目运行期实施专业监管难度较大。应积极探索第三方专业监管模式,构建项目运行绩效评价体系,从而促进项目健康运行和发挥预期绩效。一是引入环境监理单位。建设项目环境监理是指建设项目环境监理单位受建设单位委托,依据有关环保法律法规、建设项目环评及其批复文件、环境监理合同等,对建设项目实施专业化的环境保护咨询和技术服务,协助和指导建设单位全面落实建设项目各项环保措施,对承建方的不合理要求和随意需求变更予以约束,促使生态建设项目按照最初规划健康运行。针对生态建设项目中部分无污染或低污染的配套设施环保难以监管到位的问题,适当引入第三方环境监理并明确其监理范围和责任,将极大提高项目监管的专业性和科学性,预防环保部门由于专业限制等原因导致监管不到位,保证项目健康运行。二是构建项目绩效评价体系。选用科学的计算模型和评价方法,从业务、财务、效益三方面内容入手,评价项目运行后的社会、经济和环境效

益。绩效评价作为分包项目融入到整个项目建设中,费用纳入项目资金预算,通过公开招投标的形式引入有资质的绩效评估机构,全面构建项目的绩效评价体系。同时完善评价结果反馈机制,将评价结果作为建设项目环境监管报告的重要内容及时向上级主管部门和当地政府反馈,为上级部门项目审批和管理提供科学的参考依据。

### 3 结语

立足建设项目开展环保监管工作,既是严峻形势的迫切需要,也是战略任务的迫切需要,同时为环保部门取得突破性成绩和亮点提供了重大机遇。环保工作者更应该认清形势、找准定位、突出重点、主动作为,从体制机制、技术手段、管理模式等方面积极思考并探索项目监管流程的优化措施,为项目绿色发展提供支持和保障。

#### 参考文献:

- [1] 郭忠金,李非. 业务流程再造理论的起源、演进及发展趋势[J]. 现代管理科学, 2007(11): 8-9.
- [2] 柳海利,郭捷楠,任旭. 保障房建设项目前期审批流程优化[J]. 建筑经济, 2016, 31(1): 100-104.
- [3] 赵丽,丁堃,邓峰. 关于环保污染源管理流程优化的SWOT分析[J]. 环境保护与循环经济, 2014(11): 67-71.
- [4] 郑重. 宁波保税区管委会企业服务流程优化研究[D]. 宁波:宁波大学, 2015: 27-53.
- [5] 赵世磊. 建设项目环境保护过程监管研究[D]. 宁波:宁波大学, 2014: 9-12.

## Analysis of the Difficulties and Process Optimization in the Environment Supervision of Construction Projects

DAI Jiao<sup>1,2</sup>, LI Li<sup>1</sup>, XU Yan<sup>1</sup>, YANG Jiu<sup>2</sup>

(1. Panzhihua Western Environmental Protection Bureau, Panzhihua Sichuan 617068, China)

**Abstract:** The problems of discordant connection of administrative approval, rough and less professional supervision in the whole process (front control, and less process supervision and end treatment) were analyzed. These required an improvement of environmental management system, technological tactics, and environmental management mode. Therefore, this paper optimized the key link in all stages and provided measures such as setting up flexible mechanism, strengthening the classification and gradation, and exploring the professional supervision. Some optimum measures combining with the reality of environmental protection practices were discussed in detail.

**Key words:** construction project; project supervision; process optimization; environmental protection

# 生态类项目环境监理要点及管理建议 ——以高速公路为例

邵捷, 陈晨

(云南省环境工程评估中心, 云南昆明 650032)

**摘要:** 以陆良西桥至石林高速公路为例, 分析了工程准备及设计阶段、施工阶段、试运行阶段环境监理过程和要点, 总结了存在问题, 提出了相应的建议。

**关键词:** 环境监理; 环境管理; 生态类项目; 要点; 建议

**中图分类号:** X32 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0076-03

随着国民经济的快速发展, 建设项目的数量持续上升。现阶段, 发展与保护依然是社会的主要矛盾之一。虽然公众环保认知在不断深化, 环境管理要求也不断提高, 但和习总书记“绿水青山就是金山银山”的生态文明建设理念还有很大差距。建设项目环保措施“三同时”制度落实不到位, 未批先建、批建不符等违法违规现象较为突出, 由此引发的生态破坏和环境污染事件时有发生, 有些环境影响不可逆转, 环保措施也难以补救。在国家简政放权的新常态下, 各级环保部门现有监管力量难以应对所有建设项目全面的环保措施“三同时”日常监督和检查, 给后续竣工环保验收及环境管理带来较大压力。

环境监理作为第三方咨询服务活动, 借助其在环保专业及环境管理等业务领域的技术优势, 能引导和帮助建设单位有效落实环评文件和设计文件提出的各项要求, 在建设单位授权范围内, 协助建设单位强化对承包商的指导和监督。

环境监理作为环境管理的又一重要抓手, 体现了环境管理由事后管理向全过程管理的转变, 由单一环保行政监管向行政监管与建设单位内部监管相结合的转变, 为建设项目环保措施“三同时”制度的科学有效落实提供了强有力的支持。

## 1 工程及环境概况

陆良西桥至石林高速公路位于曲靖市陆良县和昆明市石林县境内, 为改扩建工程。主线全长 39.78km, 改建路段 33.31km, 新建路段 6.47km。线路按双向四车道高速公路标准建设, 路基宽

26m, 行车道宽  $4 \times 3.75\text{m}$ , 沥青混凝土路面, 设计行车速度 100km/h。

工程设置桥梁 11 座, 互通式立交 5 处, 分离式立交 12 处, 收费站 3 处, 综合服务区 1 处, 停车区 2 处, 养护工区 1 处。主要施工辅企为取、弃土场各 1 个, 临时堆土场 11 个, 施工生产生活区 15 个。

工程土石方开挖 236.06 万  $\text{m}^3$ , 外借 81.62 万  $\text{m}^3$ , 回填利用 248.32 万  $\text{m}^3$ , 产生弃渣 69.36 万  $\text{m}^3$ 。工程总占地 356.17  $\text{hm}^2$ , 永久占地 322.64  $\text{hm}^2$ , 临时占地 33.53  $\text{hm}^2$ 。占地涉及基本农田 96.45  $\text{hm}^2$ , 公益林 5.12  $\text{hm}^2$ 。工程拆迁安置采取货币补偿的形式, 由地方政府负责实施。

工程 2014 年 4 月开工建设, 2015 年 2 月通车投入试运行。

工程区地势较平坦, 属喀斯特地貌特征。区内人类耕作、活动频繁, 自然植被主要为暖温性针叶林和暖温性灌丛, 人工植被主要为用材林、经济林和农田植被。

工程线路 12.003km 位于中国南方喀斯特世界自然遗产地石林片区缓冲区; 1.506km、10.577km 分别位于石林国家级风景名胜区二级、三级保护区; 1.8km、3.533km、6.45km 分别位于云南石林岩溶峰林国家地质公园一级、二级、三级保护区; 6.2km 位于石林地下水库水文地质单元。

## 2 环境监理过程及要点

该项目涉及世界自然遗产地、国家级风景名胜区、国家地质公园、地下水库等环境敏感区, 占用基本农田和公益林, 环评批复明确要求须开展专项环境监理和环保工程专项设计。

根据工程地理位置, 结合项目特点和环境特

征，本次环境监理依据为环评报告书及环评批复环保措施、要求，环保工程专项设计文件和环境监理实施方案；监理内容为环境达标监理和环保工程监理；监理范围为施工影响范围内的生态保护及污染防治目标，重点为环境敏感区路段；监理时段为施工期至竣工环保验收结束；监理方式为独立式定期现场巡查；提交成果为环境监理月报、季报、总结报告。

### 2.1 准备及设计阶段

(1) 根据环评批复要求，与建设单位签订环境监理合同，明确环境监理工作范围、工作内容、工作方式、工作时限等。

(2) 成立环境监理办公室，组建环境监理机构、人员。熟悉工程组成、规模及特性，环评报告书及环评批复环保措施、要求。在建设单位带领下，对工程全线进行详细现场踏勘，重点关注各施工辅企布设情况，环境敏感区、各环境要素保护目标与线路位置关系。

### 2.2 施工阶段

(1) 受交通运输部邀请，参与工程《环境监理（环保、水保）实施方案》、《环保工程专项设计》文件审查，与建设单位、设计单位交换意见，核实环评报告书及环评批复环保措施、要求，提出环保措施优化、完善建议。批复的《环境监理（环保、水保）实施方案》、《环保工程专项设计》报环保厅备案。

(2) 建设单位正式发文，告知参建方环境监理机构人员组成、权力及职责。在建设单位带领下，对工程全线进行第二次现场踏勘，与各标段项目负责人及工程监理人员对接、交流，便于开展环境监理工作。

(3) 参与建设单位组织的《环境监理（环保、水保）实施方案》暨工程环保、水保宣讲培训会，与环保、水保专家一并对工程各参建方负责人进行环保教育，提高施工单位人员环保意识。

(4) 结合工程进度，施工期按月开展环境监理工作，特别对世界自然遗产地、国家级风景名胜区、国家地质公园、地下水库的环境敏感区路段进行重点巡查。

环境敏感区，核查工程是否有违反《世界自然遗产、自然与文化双遗产申报和保护管理办法（试行）》、《风景名胜区条例》等要求的违法行为，如弃渣场、施工场地的临时占地、设施布设跨界是否进入明令禁止区域内，施工人员在敏感区内是否

有违法行为等。环境敏感区路段拌合站、预制场等施工场地选址是否合理，是否避让环境保护目标或利用原有路面布设，减少占地。

一般区域，环境敏感区以外区域，生态环境不敏感、植被类型较单一，且不涉及重点保护野生植物和古树名木，现场巡查主要关注沿线声环境、环境空气、水环境保护目标。

根据环评批复及环保工程专项设计，核实全线污染防治，环境风险防范，生态与景观保护，水土保持工程及管理设施、措施落实情况，如声屏障、除尘设备、桥面径流收集系统、事故应急池等是否满足环保设计要求。结合施工期环境监测报告和公众意见调查，明确工程施工是否对工程区环境要素质量功能产生影响，是否收到环境投诉。

(5) 根据现场巡查发现的环境问题，与建设单位、施工单位交换意见。结合工程监理月报，编写环境监理月报，提出环境问题整改要求和时限。下一次现场巡查，重点对上一次提出的环境问题整改措施落实情况进行检查，明确整改结论。

### 2.3 试运行阶段

(1) 试运行期，按季度开展环境监理工作。选取代表性点位，主要对沿线声环境敏感点、综合服务区、收费站污水处理设施进行监测。根据监测结果，及时增补、完善环保措施，确保声环境敏感点质量达标、污水处理设施出水达标。

(2) 编写环境监理季报，对施工期遗留的环境问题，督促施工单位进行整改，确保其满足竣工环保验收要求。

## 3 存在问题

陆良西桥至石林高速公路项目，充分体现了环境监理在施工期、试运行期环境管理过程中的重要作用。但受环境监理起步较晚、推行滞后、缺乏配套技术规范、施工单位环保认识不到位等因素限制，整个环境监理过程中，依然存在问题。

准备及设计阶段，环境监理办公室为建设单位下设的三级处室，环境监理地位、作用依然没有得到突显，致使参建方对环境监理工作重视不够。

施工及试运行阶段，作为环保行政主管部门管理要求，项目配套的《环境监理（环保、水保）实施方案》、《环保工程专项设计》等技术文件的审查应由环保行政主管部门负责，或由环保行政主管部门组织，交通等相关行政主管部门配合参与。环保技术文件审查主体颠倒，会导致环境管理主体责任不清、底气不足。同时，《环保工程专项设

计》编制及审查滞后,会导致部分环保设施、措施未能与工程同步建设。

现场巡查过程中,环境问题时有发生:如施工临时占地压占农地,弃渣场拦挡措施不到位、渣体未平整压实,施工高峰期扬尘较大,施工人员生活垃圾随意丢弃,试运行期综合服务区地埋式生化污水处理设施未同步投入试运行,食堂油污水未经处理直接外排,生活垃圾于区内垃圾房焚烧处理等。环境监理月报、季报均已提出相应整改要求,但建设单位对环境监理工作授权有限,未对参建方形成有震慑力的环境监理压力,致使整改措施不能及时落实或落实不到位。

#### 4 思考与建议

在国家简政放权,取消、简化行政审批项目、程序,提高行政审批效率的新形势下,环保系统也适时进行了调整,各级环保部门加大下放审批权限,进一步推进项目前期进度,拉动经济发展。但现阶段,省级以下环保系统人员匮乏,技术力量薄弱,受物资保障和自然条件限制,难以对所有建设项目进行全过程的有效环境监管,致使环保措施“三同时”制度落实不到位,可能会造成环境影响。

我国环境监理工作起步较晚,不同试点省份要求不统一,制度建设不完善。近期,《关于进一步推进建设项目环境监理试点工作的通知》(环发〔2012〕5号)已被环保部废止,下一步将全面推进环境监理。同时,在新的《建设项目环境保护管理条例(修订送审稿)》中,已明确将环境监理单位专门条款予以明确,对环境监理的法律地位、作

用、范围、要求等进行了规范要求,后续将配套出台环境监理办法及技术规范。

环境监理作为环境管理的又一重要抓手,依靠第三方技术咨询服务,可有效弥补建设项目环境保护行政监管的不足,对建设项目环保措施“三同时”制度科学有效落实的重要性不言而喻。今后将被积极推行,并使其法律化。

应尽快形成全国性的建设项目环境监理管理办法,确定建设项目环境监理的法律地位,进一步明确环境监理工作范围、程序、内容、方法和要求;确定建设项目环境监理单位准入条件,建立环境监理人员的培训和资格管理制度,从业人员定期参加环境监理业务培训。

要逐步建立建设项目环境监理技术规范体系,颁布环境监理技术规范、细则、标准等配套文件,推动建设项目环境监理工作的科学规范化发展。积极探索并发展环境监理方案和技术报告审查咨询制度。

环评批复明确要求开展环境监理的建设项目,工程概预算应包括环境监理相关费用,建设单位应将环境监理作为该项目的一项重要环保要求予以认真落实。建设单位应定期向环保行政主管部门报送建设项目环境监理报告,并将环境监理报告作为工程竣工环保验收的重要依据之一。

应积极探索符合环境监理发展实际的人才培养机制,全面提高环境监理人员业务素质。大力开展行业间、行业内部环境监理业务互访和合作,取长补短、交流提高。环境监理单位应以良好的工作条件和待遇吸引高素质、高水平人才。

## The Key Points and Management Suggestions on Environmental Supervision to Ecological Projects by a Case of Highway Construction Project

SHAO Jie, CHEN Chen

(Yunnan Appraisal Center for Environment & Engineering, Kunming Yunnan 650032, China)

**Abstract:** The process and key points of environmental supervision in different stages of preparation and design, construction, and test run of the highway construction project of Xiqiao of Luliang to Shilin were analyzed. The existing problems were pointed out. The corresponding suggestions were put forward as well.

**Key words:** environmental supervision; environmental management; ecological project; key point; suggestion

# “十二五”期间昆明市功能区环境噪声变化趋势分析

张 莹, 周 圆

(昆明市环境监测中心, 云南 昆明 650228)

**摘 要:** 对“十二五”期间昆明市功能区环境噪声现状及变化趋势进行了综合分析, 在此基础上提出了相应的防治对策。

**关键词:** 功能区; 环境噪声; 变化趋势; 昆明市

**中图分类号:** TB53 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0079-03

噪声污染自 20 世纪 70 年代以来被称为城市环境问题的四大公害(水污染、空气污染、噪声污染和固体废物污染)之一, 是 21 世纪环境污染控制的主要对象<sup>[1]</sup>。

随着 21 世纪中国城市化进程的继续推进, 城市区域环境噪声监测与评价愈来愈紧迫与重要。作为云南省的省会城市, 昆明市人口密集, 汽车保有量较高, 是重要的交通枢纽。本项目对昆明市“十二五”期间主城区的功能区环境噪声进行变化趋势和规律分析, 以了解各类噪声源的污染程度和范围, 为城市噪声管理和治理、改善城市的声环境、提高人们的生活质量提供基础支撑。

## 1 昆明市功能区环境噪声监测概况

### 1.1 声环境质量标准

2008 年 10 月 1 日起执行《GB 3096-2008 声环境质量标准》<sup>[2]</sup>。该标准规定了五类声环境功能区的环境噪声限值及测量方法。

### 1.2 监测基本情况

昆明市功能区噪声每季度监测 1 次, 每次连续

监测 24h。2011—2012 年布设点位 4 个, 其中, 0~3 类区各 3 个, 4 类区 1 个。由于昆明市噪声功能区划调整, 未设 0 类区, 2011—2015 年, 布设点位 8 个, 其中, 0~3 类区各 6 个, 4 类区 2 个。

## 2 “十二五”期间昆明市功能区环境噪声监测结果

昆明市功能区噪声 2011—2015 年按 1 类、2 类、3 类、4 类功能区设点进行昼夜监测。2011—2015 年各类功能区监测情况如下:

1 类区(居民文教区): 年平均等效声级范围昼间为 46.4~52.9dB(A), 夜间为 37.1~46.7dB(A)。

2 类区(混合区): 年平均等效声级范围昼间为 43.2~52.4dB(A), 夜间为 38.6~48.2dB(A)。

3 类区(工业集中区): 年平均等效声级范围昼间为 47.5~59.6dB(A), 夜间为 38.9~54.1dB(A)。

4 类区(交通干线两侧): 年平均等效声级范围昼间为 54.2~65.2dB(A), 夜间为 49.3~61.2dB(A)。

各类功能区监测情况详见表 1。

表 1 “十二五”期间昆明市功能区噪声统计结果(dB(A))

功能区类别	1 类区		2 类区		3 类区		4 类区	
	标准	指标	标准	指标	标准	指标	标准	指标
2011 年	55	Ld	60	Ld	65	Ld	70	Ld
2012 年	45	Ln	50	Ln	55	Ln	55	Ln
2013 年	47.0	Ld	43.2	Ld	47.5	Ld	54.2	Ld
2014 年	41.3	Ln	38.6	Ln	38.9	Ln	49.3	Ln
2015 年	52.9	Ld	47.9	Ld	52.4	Ld	60.2	Ld
	46.4	Ln	48.2	Ln	41.4	Ln	57.1	Ln
	43.3	Ld	52.4	Ld	49.3	Ld	60.5	Ld
	46.7	Ln	51.0	Ln	54.1	Ln	56.6	Ln
	40.2	Ld	42.9	Ld	59.6	Ld	63.5	Ld
	44.4	Ln	47.3	Ln	47.9	Ln	59.7	Ln
	37.1	Ld	52.4	Ld	58.7	Ld	65.2	Ld
	37.1	Ln	47.3	Ln	47.9	Ln	61.2	Ln

### 3 “十二五”期间昆明市功能区环境噪声变化趋势分析

除2012年1类功能区夜间等效声级、2013—2015年4类功能区夜间等效声级超标外,其它功能区2011年—2015年昼间、夜间均达标。

Spearman秩相关系数法分析结果表明,2011—2015年昆明市功能区噪声中,1类区昼间、夜间除2012年较高以外,其余年平均等效声级无明显变化;2~4类区昼间、夜间年平均

等效声级均呈一定上升趋势。具体情况如下(图2):

1类区(居民文教区):除2012年夜间超标,其余年度昼间、夜间均达标。

2类区(混合区):5a昼间、夜间均达标。

3类区(工业集中区):5a昼间、夜间均达标。

4类区(交通干线两侧):昼间5a均达标,夜间除2011年达标外,其余年度夜间均超标。

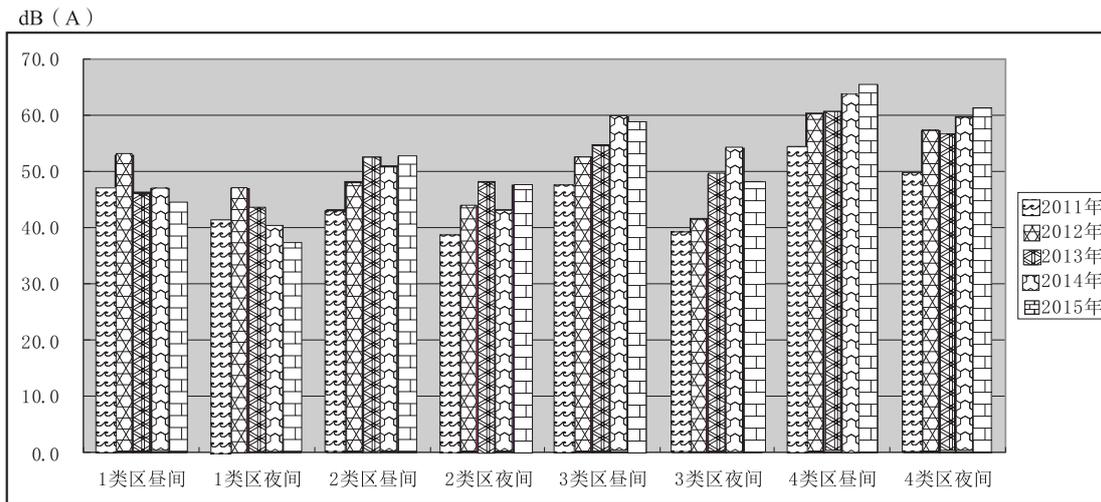


图1 2011—2015年昆明市功能区噪声变化情况

### 4 “十二五”期间昆明市功能区环境噪声与“十一五”比较

“十二五”末期(2015年)与“十一五”末期(2010年)相比,功能区环境噪声平均等效声级由2010年的52.9dB(A)小幅下降到2015年的51.8dB(A),下降了1.1dB(A)。

### 5 “十二五”期间昆明市功能区环境噪声变化原因分析

昆明市在整个“十二五”期间处于经济快速增长状态,人口总量也在低速平稳增长,而噪声污染主要来源于交通运输、车辆鸣笛、工业噪声、建筑工地、社会噪音等。所以伴随经济发展而来的是汽车保有量的逐年增加、工业发展、城市改扩建等,势必造成噪声污染呈逐年上升趋势。

### 6 对策与建议

(1) 控制或消除噪声发生的根源。首先从城市布局入手,在进行城市总体布局时就考虑防止噪声的产生,对各交通干线两侧和各类噪声源进行合理布局。其次把对噪声要求不高的公共建筑如剧院、商店、餐馆等布置在临街一面,以形成隔音障

壁,使内侧居住区比较安静。还应该大力发展城市绿化,利用绿化带减弱噪声传播。实测表明,10m、20m、30m、40m宽的绿化带可以分别减弱噪声30%、40%、50%、60%<sup>[3]</sup>。

(2) 政府制定并颁布相应的防治管理办法,建立完善的道路交通噪声管理体系。从道路规划和交通管理等方面,从噪声源头和传播途径,到最后的污染末端,通过管理减弱噪声,从被动防控制到主动规避<sup>[4]</sup>。有了相应的管理办法,相关执法主体部门就可以有理有据地开展工作,保障市民能够拥有一个宁静舒适的大环境。

(3) 改善城市交通状况、控制汽车保有量并提倡绿色出行。城市交通阻塞原因主要是道路面积严重不足、汽车增长速度过快及道路规划不合理。所以应相应地限制车辆的使用,交通规划要有民本意识,建立公交优先系统。

(4) 让噪声接受者增加相应的防护措施。首先对市民进行宣传教育,让大家意识到噪声的危害和治理噪声的重要性。其次是建议采用个人防护措施,例如佩戴耳塞、耳罩、放声头盔等。

参考文献:

- [1] 田玉军, 巨天珍, 任正武. 国内城市环境噪声污染研究进展 [J]. 重庆环境科学, 2003, 25 (3): 37-39.
- [2] 声环境质量标准: GB 3096-2008 [S].
- [3] 王慧, 郭晋平, 张芸香, 等. 公路绿化带降噪效应及其影响因素研究 [J]. 生态环境学报, 2010, 19 (6): 1403-1408.
- [4] 张守斌, 魏峻山, 刘砚华. 浅析美国和澳大利亚及新加坡道路交通管理与监测 [J]. 中国环境监测, 2012 (5): 143-146.

## Analysis of the Change Trend of Environmental Noise in Kunming Urban Area during the Twelfth Five – Year Plan Period

ZHANG Ying, ZHOU Yuan

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

**Abstract:** Synthesis analysis of the change trend of environmental noise in Kunming during the 12th Five – Year plan period was conducted, based on which, suggestions on noise prevention were put forward.

**Key words:** function zoning; environmental noise; change trend; Kunming



(上接第 53 页)

## Evaluation of Cleaner Production in the Production of the old Tree Tea in Menghai County

Wang Qiong<sup>1</sup>, Xiao Feng – lian<sup>2</sup>

(1. Southwest Forestry University School of Landscape Architecture, Kunming Yunnan 650224, China)

**Abstract:** It is imperative to carry out cleaner production in tea production. This paper used Hani tea cooperatives as the research target to evaluate the clean level of the production of old Pu'er tea from tea garden construction, garden management, tea processing, waste disposal, and environmental management. The tea production in Hani tea cooperatives was in line with the requirements of cleaner production comparing with the domestic tea production. In order to improve the level of cleaner production, enterprises should establish a systematic way to improve the quality of employees to implement cleaner production requirements from all aspects.

**Key words:** old tree tea; cleaner production; evaluate

# 环境监测报告编制中出现的问题及改进方法

王应珍, 刘亚梅

(新平县环境监测站, 云南 新平 653400)

**摘要:** 针对当前编制环境监测报告中存在的问题进行分析, 并对存在的问题提出相应的方法对策, 以提高环境监测报告的编制水平。

**关键词:** 环境监测报告; 报告编制; 问题; 改进方法

**中图分类号:** X83   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0082-03

监测报告是监测站监测工作的最终产品, 是环境监测质量最直接的体现, 出具内容完整、信息全面、合法有效的监测报告是监测机构履行其基本职责和承担社会义务、服务客户的重要形式之一。监测报告为环境管理和环境决策提供重要依据, 因此提高环境监测报告的质量在环境工作中显得尤为重要。

## 1 环境监测报告编制中存在的问题

### 1.1 环境监测报告编写不规范

环境监测报告编写不规范包括报告的格式不规范、内容不完整等, 监测报告的内容应齐全, 应包括结果表达所必需的信息及检验方法所要求的全部信息, 格式要满足适用、合理的原则。

### 1.2 信息和数据的准确性有误

信息及数据准确无误是报告最基本的要求, 报告的准确性应包括报告的基本信息、企业基本信息、现场采样及监测最原始的基本信息、实验室分析原始记录表的基本信息等所有监测报告副本相关的原始记录表的基本信息。报告基本信息包括报告名称、委托单位、监测类别、报告日期、格式是否选择正确, 检验检测专用章是否正确, 报告编号是否前后一致, 页码和总页数是否正确。企业基本信息包括企业名称、联系人、电话、地址、项目名称是否与企业登记信息一致。监测基本信息包括监测性质、目的、监测类别、监测点位、监测项目、监测频次、样品编号、监测数据的录入等监测要求是否选择正确。

### 1.3 监测数据的合理性和相关性有误

编制报告时应该注意数据的合理性和相关性。

数据合理性主要是通过参照历史监测数据或根据经验、专业知识对数据合理性进行判定; 如饮用水中溶解氧低于  $3\text{mg/L}$ , 就要考虑数据的合理性, 可能是采样、监测分析或数据计算时出现了错误, 一般情况溶解氧低于  $3\text{mg/L}$  鱼都难存活。数据相关性是对有相关性的监测项目、监测指标的合理性进行判定, 如监测项目中总氮  $>$  硝酸盐氮 + 氨氮、化学需氧量  $>$  生化需氧量的关系等。对数据合理性和相关性进行判断, 可以提高编制环境监测报告质量。

### 1.4 评价标准的选用不合理

能否采用合理的方法标准评价环境要素, 反映环境质量的总体状况, 关系到环境监测数据客观合理利用和环境监测报告的质量。国家环境标准更新较慢, 经常采用单因子进行评价。此外报告编写员经常不注意标准已更新, 评价时往往用废止的标准, 降低环境监测报告的质量, 监测数据将得不到合理应用。

### 1.5 计量单位和名词术语的不规范性

环境监测工作中涉及到大量的计量单位和专业名词术语, 正确使用法定计量单位和名词专业术语是保证环境监测质量的重要基础, 但在实际工作中常出现计量单位和名词术语的不规范表达和错误用法。例如: 《GB3095-1996 环境空气质量标准》中环境空气的单位为  $\text{mg/m}^3$ , 而《GB3095-2012 环境空气质量标准》中环境空气的单位为  $\mu\text{g/m}^3$ 。但报告中还经常出现单位为  $\text{mg/m}^3$ ; pH 写成 PH 等等。

### 1.6 方法检出限和仪器检出限混淆不清

检出限是分析测试的重要指标, 对检出限的忽视有可能导致检测结果的不确定度增大。仪器检出限: 指分析仪器能够检测的被分析物的最低量或最低浓度。仪器检出限一般用于不同仪器的性能比

收稿日期: 2016-08-22

作者简介: 王应珍 (1985-), 女, 云南省玉溪市人, 助理工程师, 本科, 现从事环境监测工作。

较。国家标准给出的检出限都是相对比较高的,不然很多仪器都达不到要求。方法检出限:指测定该项目的相关方法能够检测的被分析物的最低量或最低浓度。方法检出限与取样量、定容体积、仪器灵敏度、处理方法等等很多因素有关;而仪器检出限一般只跟仪器本身有关。所以报告中一般体现的是方法检出限。

### 1.7 有效数据的使用不规范

对监测数据有效位数的保留有一定的要求,报告中经常出现各项目有效位数的保留错误,一般情况有效位数的保留与检出限的有效位数一致,监测数据有效位数不能多于检出限的有效位数,同一项目不同方法的有效位数也可能不一样。

### 1.8 综合分析能力低

一份监测报告除了专业人士外,只能简单地根据评价标准从报告上看出项目的合格与否。报告应该完整、准确、真实地反映监测结果的全部信息,并做相应的综合分析,使行外人也能看懂报告上所要表达的环境质量状况。

## 2 提高环境监测报告编制质量的改进方法

### 2.1 认真研究国家编制报告的相关标准

认真研究国家编制报告和项目方法更新的相关标准。例如:经常关注中国环境保护网中相关项目的方法标准、方法检出限及方法适用范围;检测和校准实验室能力认可准则(ISO/IEC 17025:2005);研究环境监测报告编写的规范和管理等。

### 2.2 提高报告编制人员的专业技术水平

学习研究国家的相关环境标准;尽量参与报告中所涉及的各项项目的实验室分析,掌握该项目可能存在的稳定性、误差等相关问题;编制报告管理程序,认真研究和推敲报告编写的规范和管理;多参与相关专业技能的培训,提高自己的专业水平等。

### 2.3 提高环境监测数据综合分析的能力

提高环境监测数据分析能力是保证环境监测报告质量、环境工作质量和监测数据结果准确性的基础和前提,为环境保护提供科学可靠的决策性依据。提高环境监测数据的综合分析可以从以下几点出发:①要认真仔细地对待每一个监测数据;②查看原始记录表,审核从采样质量的控制、实验室分析、项目的质控措施等一系列的步骤是否存在问题,同时将各种数据分析方法结合起来,综合使用,以此来有效提高环境监测数据分析的质量;③记录每次实验的数据,将相关点及项目的数据进行

统计分析,出现偏差较大时分析原因;④报告的合理性分析及项目之间的相关性,这样能及时发现监测数据的异常。例如:同一水体中氟化物和总硬度、色度和pH的关系、氨氮和总氮之间的相关性等;⑤积累经验,根据经验判断数据的准确性。总之,监测数据综合分析能力不是一朝一夕能形成的,主要是认真仔细,专业能力和长期经验积累。

### 2.4 加强报告的三级审核

监测报告均须经过校核、审核、批准严格的三级审核程序。报告编制人负责录入现场采样(或监测)信息、录入方法、检出限、设备相关信息、原始分析数据,编制报告。

报告的校核由业务室主任负责,校核时重点关注采样具体信息、实验室分析原始数据录入是否完整、正确;分析具体信息、报告唯一性标识、方法检出限、监测数据的合理性、项目数据之间的逻辑性、报告数据与记录表数据的一致性等;报告质量审核由质量主管负责,把关质量控制措施是否按要求落实;分析方法是否合理;审核质控报告表填报是否符合规范;评价质控结果是否达到要求,若发现失控,打回重做。报告技术审核由授权签字人负责,重点把握报告总体结构、结论等综合情况。判断标准是否恰当;判断项目名称、监测分类是否恰当;判断报告编制格式是否合格;判断分析数据是否犯逻辑错误等。

### 2.5 存在问题的汇总及总结

长期从事监测和编制报告工作的技术人员,对每次工作出现的问题要进行记录,并总结出出现问题的原因,争取做到同一错误不犯两次。

## 3 结语

环境监测报告是环境监测为环境管理服务最直接的表现形式,提高环境监测报告的质量能更好地为环境管理服务,所以报告编制人要提高自己的专业技能,积累经验,杜绝编制报告中可能存在的问题,出具一份较高水平的监测报告,为改善环境质量尽一份责,出一份力。

#### 参考文献:

- [1] 董瑞. 环境监测工作中计量单位正误辨[J]. 中国计量, 2000(3).
- [2] 李霞. 关于编制环境监测报告的注意事项[J]. 北方环境, 2012(3).
- [3] 陆锦标. 环境监测报告编制中应关注的若干问题[J]. 环境科学导刊, 2012, 31(4).
- [4] 王慧玲. 三级环境监测站监测报告存在的问题及改进对策[J]. 环境与生活, 2014(5).
- [5] 检测和校准实验室能力认可准则: ISO/IEC 17025:2005[S].

## Problems and Improvements of Writing Environmental Monitoring Report

WANG Ying - zhen, LIU Ya - mei

(Xinping Environmental Monitoring Station, Xinping Yunnan 653400, China)

**Abstract:** The existing problems of writing environmental monitoring report were analyzed. The corresponding improvements were presented as well in order to promote the quality of the report.

**Key words:** environmental monitoring report; writing report; problems; improvement



## 《环境科学导刊》发行数字期刊的声明

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

《环境科学导刊》的数字版本已全文入编《中国期刊网》、《中国知网》、《万方数据 - 数字化期刊群》、《中国核心期刊（遴选）数据库》、《中国学术期刊综合评价数据库》、《中文科技期刊数据库（全文版）》、“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，同时在我刊网站 [Http://hjkxdk.yies.org.cn](http://hjkxdk.yies.org.cn) 发布。若作者不同意稿件参与数字版发行，请另投他刊。本刊所付稿酬包含刊物数字版发行的稿酬，不再另付。

《环境科学导刊》编辑部

# 基层环境监测站加强质量管理探讨 ——以砚山县环境监测站为例

李素梅

(砚山县环境监测站, 云南 砚山 663100)

**摘要:** 针对基层环境监测站存在的人少事杂、人员素质偏低、人员流动性大、实验室用房环境不达标、设施及仪器设备等硬件条件落后、全程质量监督不到位、质量体系文件的宣贯与运行不彻底、监测分析方法未及时更新等问题, 以砚山县环境监测站为例, 提出要重视专业技术人员的引进和培养, 加强持证上岗考核, 改善实验室工作环境, 加大能力验证、比对, 建立健全环境监测质量管理体系并使之有效运行、持续改进, 将环境监测质量管理贯穿于监测工作全过程, 全面提升环境监测整体水平。

**关键词:** 环境监测; 质量管理; 存在问题; 对策措施

**中图分类号:** X83      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0085-04

环境监测质量是环境监测工作的生命线, 环境监测质量的提高靠的是管理。环境监测质量管理, 是检验检测机构在进行检验检测时, 与工作质量有关的相互协调的活动。质量管理分为质量策划、质量控制、质量保证、质量改进和质量监督等内容。质量管理可保障技术管理, 规范行政管理。对于基层环境监测站, 在实际监测工作中, 由于人少事杂、人员素质偏低、人员流动性大、实验室用房环境、设施及仪器设备等硬件条件落后、全程质量监督不到位、质量体系文件的宣贯与运行不彻底、监测分析方法未及时更新等质量管理方面存在的问题, 难以保障技术管理, 导致行政管理不规范。因此要重视专业技术人员的引进和培养, 加强持证上岗考核, 改善实验室工作环境, 加大能力验证、比对, 建立健全环境监测质量管理体系并使之有效运行、持续改进, 将环境监测质量管理贯穿于监测工作全过程, 全面提升环境监测整体水平。

## 1 基层环境监测站在质量管理工作中存在的突出问题

### 1.1 基层人员素质参差不齐、专业技术人员匮乏, 开展质量管理困难

以砚山站为例, 由于特殊原因及历史遗留问题, 基层监测站工作人员大部分文化程度偏低, 非专业人员比例、年龄结构比例、男女结构比例严重失调, 导致监测工作无法合理分配, 存在“累

死、闲的闲死”现象。其次是基层监测站工作条件比较艰苦, 留不住高层次人才。再加之基层监测站经费紧张, 无法采取有效的激励机制, 人员缺乏工作责任心, 人员不稳定, 人员调出调入频繁, 导致监测工作难以衔接, 影响了监测工作的顺利开展, 质量管理成了纸上谈兵。

### 1.2 人少事杂, 监测任务重, 质量管理难以兼顾

由于大部分基层监测站核准的人员编制数少, 甚至难以达到国家建站标准(三级站)的10人标准。有的监测站工作人员被下派企业、抽调新农村指导员、借调至其他股室, 因此实际从事监测岗位的人员数量更少。很多基层监测站虽然设立了质量管理机构, 但质量管理工作很被动。如砚山站, 设立了综合管理室兼质量管理室, 任命了质量负责人、质量控制员、质量监督员, 但受监测技术人员缺乏、工作业务量大的限制, 很多人都是身兼数职, 这些人员要加入到现场采样、实验分析、报告编制、生态考核、环境统计等繁杂的工作中, 很多质量工作仅仅是质量负责人一人应对, 难免有顾及不到的地方。如监测分析方法、执行评价标准未及时更新等; 组织参加能力验证少、比对次数少。质量管理人员参加质量管理专业培训较少, 主要是通过查阅质量管理书籍自学, 或采取与上级监测站交流询问的方式来学习质量管理知识。管理能力薄弱, 缺乏实际管理经验, 质量管理水平不高。

### 1.3 实验室用房、环境设施条件滞后、仪器设备不全, 质量管理难以提高

很多基层环境监测站实验室用房未严格按照

收稿日期: 2016-08-04

作者简介: 李素梅(1979-), 女, 云南砚山人, 工程师, 从事环境监测工作。

国家有关实验室标准化要求建设,未充分考虑水、电、采光、通风、防腐蚀等要求,也未认真考虑环境因素(如温湿度、电磁干扰、噪声、电源电压、灰尘、雷电等)对分析工作可能造成的不利影响。很多基层环境监测站实验室面积不足1000m<sup>2</sup>。人员自我保护能力意识低,实验室通风条件差,未安装抽风换气设施。监测人员长期在这样的实验室环境中做化验,会给身体健康带来隐患。健康无保障,质量管理便无从谈起。有些实验室(如电子天平室、离子色谱室)环境条件要求必须安装空调控制温湿度,无菌室安装紫外灯消毒才能减少质量误差,由于基层监测站缺乏资金,这些配套设施无法及时配备。

基层环境监测站应急监测能力普遍偏弱。主要是缺乏应急设备,如便捷式溶解氧测定仪、便携式气体检测仪、个人防护设备、水上救生设备等专项设备;缺乏应急知识,造成面对应急监测手忙脚乱。有些监测站虽然配备了个人防护设备,但无防爆功能,应急监测时,人身安全无保障,质量也就无法保障。

#### 1.4 质量管理体系文件未持续改进、有效运行,宣贯不到位

基层监测站质量管理体系文件运行与贯彻不彻底,质量管理体系未充分发挥作用,实际监测工作与文件运行存在“两张皮”现象。如砚山站也存在这些问题。主要原因是《管理手册》、《程序文件》、《实验室规章制度》、《计量认证复评审申请书》、复评审后的整改报告等一系列材料都是质量负责人独自编写,而质量负责人同时承担着分析化验、酸雨监测、生态考核、报告审核、环境统计、组织持证上岗考核、内审、管理评审等工作,手头事杂,体系文件未能适时持续改进,对体系文件的修订只局限于复评审时才全面修改一次,新版本的体系文件对全站人员宣贯不到位,有效运行不彻底,监测人员对体系文件了解不深、理解不透,对实验分析工作程序模糊,条理不清。

#### 1.5 环境监测质量管理未贯穿于监测工作全过程

监测全程序质量监督检查是样品监测布点、采样、样品运输、保存、分析测试、数据评价、综合报告、数据传输等监测全过程的质量控制。据调查,大多数基层环境监测站仅忙于样品采样和实验分析,把完成监测任务放在前,质量管理放在后,监测成了走过场、填表格、应付差事,甚至有事后补记现象。有时该用标气、标液标定校准监测的,

未按要求校准校正,仪器、标准物质未做期间核查,仪器逾期未检定。用未检定的仪器设备监测化验,监测结果发生偏离,出现异常值,不会从试剂、方法、操作、计算等环节查找原因,导致平行样相对误差大,加标样回收率、标样控制不在合格范围。缺乏质量控制的结果,是可靠性降低,还可能造成误导,严重时将影响到环境决策和环境执法。

## 2 基层环境监测站加强质量管理的对策措施

### 2.1 严把进人关,重视监测人员的培养、培训

环境监测是一项专业技术性强的工作,应配备一支专业技术水平高、业务精的监测队伍。针对基层监测站监测人员不稳定、专业差异大、业务素质低等情况,近几年,砚山县对进入监测站人员严把进人关,通过招考专业技术人员充实监测力量,并以“以老带新”的方式,由质量监督员组织对新进入人员开展内部质量管理培训,主要从实验室安全、监测采样、数据分析、玻璃器具的校准、标准曲线及质控图的绘制、正确填写原始记录等每一个环节认真培训,来提高监测人员的质量意识;结合以“送出去、请进来”的方式,分批选派技术人员至省站、州站跟班学习,同时,选派2名技术骨干远赴省外(上海、广东)监测站交流学习,并请省级监测专业老师到砚山站指导监测工作。近3年来,砚山站共选派技术人员41人(次)分别参加了国家、省、州环保部门举办的8期业务技术培训,提高了环境监测人员的业务技能,为提高质量管理奠定了坚实的基础。

### 2.2 加强持证上岗考核,提高质量管理

为进一步规范环境监测人员持证上岗考核工作,提高监测数据的质量,砚山站对新从事环境监测及持证项目少的人员组织开展标样、实样考核。考核促进了监测站能力建设,也是提高监测数据质量的有力措施,又是解决环境监测人员持证上岗问题的有效途径。“十一五”期间,砚山站从事环境监测的人员都参加了持证上岗考核,确保在岗人员持证率达100%。

### 2.3 改善实验室环境设施条件、配置仪器设备,达到标准化建站标准

基层环境监测站只有通过争取国家、省、州上级业务主管部门的大力支持和帮助,监测仪器设备才能逐年配套完善,监测站自身能力建设才能不断得到加强。砚山站近几年得到中央环境保护专项资金环境监管能力建设、省级主要污染物减排专项资金、各级

财政及环境保护行政主管部门的大力支持, 每年均有 10 余万元用于仪器设备检定、维护、购置、实验室改造、人员培训。监测仪器设备的配套完善、实验用房条件不断改善。现有仪器设备 130 台(套), 价值 170 万元; 实验室用房 1625.61m<sup>2</sup>, 已达到实验用房 1000m<sup>2</sup> 的标准。实验室建设充分考虑水、电、采光、通风、防腐蚀等要求, 并考虑环境因素(如温湿度、

电磁干扰、噪声、电源电压、灰尘、雷电等)对分析工作可能造成的不利影响, 采取适当的有效预防措施, 建立了《实验室环境与设施控制程序》进行质量控制。砚山站已荣获由中华人民共和国环境保护部授予的《全国环境监测站标准化建设(三级站)达标单位》, 成为云南省文山州首家全国监测站标准化达标单位, 这必将提升质量管理。

表 1 砚山县环境监测持证上岗考核情况表

监测站名称	年度	参考人数	考核项目数	考核总项次	合格总项次	合格率/%
砚山县站	2011	8	17	43	23	53.5
	2012	5	10	9	7	77.8
	2013	-	-	-	-	-
	2014	9	31	42	41	97.0
	2015	7	26	42	38	90.5
	合计	29	84	136	109	-

#### 2.4 重视质量管理体系文件的宣贯学习, 不断提高质量管理

为保证质量管理体系文件持续有效运行, 砚山站对照新颁布的《检验检测机构资质认定评审准则》, 对《管理手册》、《程序文件》进行换版, 并由质量负责人对全站人员开展改版后的《管理手册》、《程序文件》等质量管理体系文件宣贯。为使管理体系的运作符合《检验检测机构资质认定评审准则》要求, 对质量管理体系文件进行修改和完善, 每年开展 1 次内审, 1 次管理评审, 确保监测工作、质量体系运行能适应质量体系变化的发展要求。为确保使用最新监测方法、标准, 指定综合室主任负责利用网络、电话向州站、省站咨询等方式, 不定期地对监测项目发布新标准、新方法进行确认, 确保监测标准、方法为最新的有效版本。

#### 2.5 加大质量控制, 实验室能力验证、比对

为加强日常质量管理, 做好质量管理的基础工作, 要坚持质量管理例行检查, 检查信息及时反馈、落实整改、跟踪验证; 做好日常质控数据统计分析, 及时发现不足, 采取必要的纠正、预防措施。砚山站在监测实验中, 为减少实验误差, 从源头抓监测数据质量, 对每次从仓库新领用的刻度吸管、无分度吸管都进行自校并记录; 在监测工作中, 对每次水样监测采取空白、现场平行样、实验室平行样、加标样、标样控制等质控措施。针对二氧化硫、氮氧化物等不稳定项目, 要求在每次测定时均做标准曲线; 对较稳定的总磷、总氮、氨氮等

项目, 每 3 个月做 1 次标准曲线或在每次配制相关化学试剂(絮凝剂、显色剂等)时做标准曲线进行验证; 对稳定的挥发酚、阴离子表面活性剂、总氰化物等项目, 每半年做 1 次标准曲线; 对原子荧光光度法测定的砷、汞、硒, 在每次做样时均要测定标准曲线。为检验监测质量水平, 砚山站参加了省中心站组织的铜、铅、锌、镉、BOD<sub>5</sub> 能力验证, 结果均为满意。为加强污染源监督性监测工作的质量管理, 提高监测数据质量, 每季度开展 1 次比对监测。

#### 2.6 环境监测质量管理贯穿到环境监测工作的全过程

砚山站承担的任务包括环境质量例行监测、污染源监督性监测、污染事故监测、建设项目竣工环境保护验收监测、考核验证监测等, 任务非常繁重。在确保任务完成的基础上, 应对现场和操作过程、关键环节、主要步骤、新上岗人员进行重点监督, 强化监测全过程的质量控制, 积极督促监测人员处理好环境监测任务中量与质的关系。在环境监测工作的各环节, 从监测方案的制定、样品的采集, 到监测报告的编写, 都应当执行好相关质量体系规定。这样才能为环保行政管理部门提供准确的环境决策依据与环境执法数据。

##### 参考文献:

- [1] 夏新, 付强. 环境监测质量管理技术 [M]. 北京: 中国环境出版社, 2014.
- [2] 李素梅. 砚山县环境监测站管理手册、程序文件 [Z]. 2015.
- [3] 国家质量监督检验检疫总局. 检验检测机构资质认定管理办法 [Z]. 2015.

## Discussion on Strengthening Quality Management of Local Environmental Monitoring Station by a Case of Yanshan Environmental Monitoring Station

LI Su - mei

(Yanshan Environmental Monitoring Station, Yanshan Yunnan 663100, China)

**Abstract:** The problems of quality control in local environmental monitoring station, such as the shortage of personals, low quality of workers, high followability of personals, inadequate labs, backward experimental equipment, incomplete quality supervision, unaccomplished implementation of quality control system, and outdated monitoring methods, were presented. The Yanshan Environmental Monitoring station was taken as an example to put forward countermeasures against these issues covering focusing on introducing and fostering talented persons, strengthening certificate examination, promoting lab situation, building and improving environmental monitoring management system to the whole process, and leveling up the environmental monitoring capability.

**Key words:** environmental monitoring; quality management; problems; countermeasures

# 计量认证体系下的环境分析实验室日常维护管理

杨剑坤, 刘晓海

(云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

**摘要:** 实验室的日常管理要满足计量认证的要求, 制定相应的质量手册和程序文件, 严格按照质量手册和程序文件的要求执行, 降低随机误差, 消除系统误差。确保实验室安全、保证检测数据的正式、客观、准确、可追溯性。

**关键词:** 计量认证; 实验室管理; 质量手册; 程序文件; 维护管理

**中图分类号:** X83 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0089-03

计量认证是我国通过计量立法对凡是为社会出具公正数据的检验机构(实验室)进行强制考核的一种手段, 是政府计量行政部门对有关技术机构计量检定、测试能力和可靠性进行的考核和证明。通过计量认证的实验室出具的数据具有法律效力。

通过计量认证的检验机构(实验室)日常维护管理应满足通过评审的最新版的“质量手册”和“程序文件”要求:

(1) 确保检验检测数据、结果的真实、客观、准确和可追溯。

(2) 检验机构(实验室)应保护客户秘密和所有权, 对其在检验检测活动中所知悉的国家秘密、商业秘密和技术秘密负有保密义务。

(3) 检验机构(实验室)应具有满足计量认证要求的检验检测技术人员和管理人员, 明确技术人员和管理人员的岗位职责、任职要求和工作关系, 确保检测数据公正、科学、准确、高效。

(4) 检验机构(实验室)的工作环境应满足检验检测要求。

## 1 实验室内的日常管理

实验室规范化的日常管理是计量认证的要求, 也是检测工作正常进行的保证。实验室管理人员要经常对实验室进行检查。

(1) 节假日和实验室没有使用人员时, 水电门窗应关好, 防止无关人员误入, 造成安全隐患。

(2) 保证废液收集桶的正常使用, 不允许把废液随便倾倒, 造成环境污染。

(3) 检查配好的化学试剂标签填写是否准确规范, 标签内容要包括试剂配制人、试剂名称、试

剂浓度、配制日期, 确保正在使用中的试剂在有效期内。

(4) 实验室管理人员要保证实验室的干净卫生, 有一个整洁的工作环境。

(5) 保证实验室使用记录本、仪器设备使用记录本等相关记录齐全完备。

(6) 各个实验室内的每个检测项目都要有通过计量认证审核的操作手册。

## 2 实验室记录管理

实验室记录主要包括仪器设备使用记录、实验室使用记录、人员培训记录、实验室定期检查记录。

仪器设备使用记录要有使用时间、样品编号、项目编号、使用人、仪器状况等要素, 一些仪器设备对检测环境有特定要求(温度、湿度等), 在登记时要实时记录。同时要保存好大型仪器内部保存的使用电子记录, 要同手写的“原始记录”相对应, 确保可追溯性。

严格填写实验室使用记录可以确保实验室正常运行, 及时发现实验室的问题隐患。内容主要包括使用时间、使用人员、工作内容、水电安全。

不同实验室承担的检测项目是不同的, 完善的人员培训工作可以保证实验室使用人员具备检测该实验室承担检测项目的检测能力, 满足计量认证的要求, 保证所出数据的可靠性, 保证实验室的安全运行。培训记录主要包括安全培训、检测技能原始记录培训、仪器使用技能培训。

为了确保实验室按照计量认证的相应要求长期、稳定、安全地运行, 质量及业务部门应定期对实验室进行检查, 发现各个检测实验室存在的问题, 记录在案, 要求定期整改, 并追踪整改的全部过程, 必要时责成测试人员终止试验, 同时

对此期间出示的检测数据的有效性进行分析和判断。

### 3 实验室使用仪器、玻璃器皿、试剂、化学药品的管理

实验室正在使用的试验设备可以分作强检仪器和自检仪器,要标识清楚,是否在用也要标识清楚。凡是能提供定量指标、参数、数据的必须经过计量检定部门的检定或者依据校准仪器自校合格,同时确保在有效期内。未检定校准的仪器设备只能作为辅助仪器设备,不能出具定量的指标、数据、参数,不能作为检测结果。每台强检仪器都应有“仪器设备使用登记表”来记录该仪器设备的使用情况。

使用的量具如天平、移液管、容量瓶、滴定管等,必须经过计量检定部门的检定或者依据校准仪器自校合格,降低系统误差。

每间实验室领用的试剂、化学药品,必须保证在有效期内,同时要有领用记录。不能长期在实验室内贮存剧毒化学品和危险废物,需要使用时按照规定程序向仓库保管员领用,未用完的应及时归入保险柜保存,所有过程必须有相应表格记录。

### 4 实验室的安全管理

实验室内存放着各种化学试剂、强酸强碱、各种大功率电器,实验室的安全管理十分重要。

(1) 各个实验室要有专门的管理人员,明确其职责。

(2) 要针对实验室的具体情况制定相应的《安全作业管理规程》,对水、火、点、盗、有毒有害气体等可能造成的危害加以防范。实验室内要按照相应要求配备消防设施(包括灭火器、沙桶、铁铲等)、人员急救设施(包括急救箱、急救药品、喷淋冲洗设施等)。要有良好的用电接地装置和安全保护装置,保证检测人员不受电源漏电、静电和雷击的影响。

(3) 测试样品有易燃易爆危险时,应该限定场所进行实验,采取有效的隔离和防范措施。

(4) 在有安全隐患的地方应设立安全警示牌。

(5) 针对易燃易爆、有毒有害物品的保管和使用,应该制定《危险物品和化学试剂的保管和使用规程》,并严格按照该规程执行。

(6) 对首次进入实验室的工作人员进行安全培训并记录在案,内容包括消防、用电设施的安全使用、强酸强碱和化学试剂的安全使用、易燃易爆和有毒化学试剂的保管和使用、发生安全事故时的应急措施和自救等。

### 5 天平间和安装有大型检测仪器实验室的管理

天平和大型检测仪器对外部环境的温度、湿度、震动、电磁干扰等因素有各自的要求,管理人员要按照相应规定进行管理。要敦促、检查使用者按要求操作和填写使用记录,确保仪器的正常使用,使一旦发现异常能及时发现,采取相应措施。

### 6 按照计量认证的要求管理好实验室,消除系统误差

实验室的检测数据会受到误差的影响,测量误差分为随机误差和系统误差。随机误差是在检测过程中可能影响检测结果的许多因素未加控制或不可控制的随机变化引起的,随机误差是客观存在的,不可避免的。系统误差是由一些固定的因素引起的,可以消除。做好实验室的管理工作,可使随机误差降低到最低水平,消除系统误差,保证检测数据的准确性、可靠性。

#### 参考文献:

- [1] 全国人大常委会. 中华人民共和国计量法 [Z].
- [2] 中华人民共和国国务院. 中华人民共和国认证认可条例 [第390号] [Z].
- [3] 国家质量监督检验检疫总局. 检验检测机构资质认定管理办法 [第136号] [Z].

## Daily Maintenance and Management of Environmental Labs under Measuring Approval System

YANG Jian - kun, LIU Xiao - hai

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

**Abstract:** The daily maintenance and management of environmental labs is required to meet the requirements of measuring approval. The quality control manual and management process documents were needed to achieve the re-

quirements. It would help to reduce the random and systematic errors. It also ensured the secure labs and formal, objective, accurate, and traceable monitoring data.

**Key words:** measuring approval; lab management; quality manual; management process documents; maintenance and management

---

## 《环境科学导刊》 征稿简则

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

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

1. 文章论点明确，数据准确、可靠，文约字简，以8000字以内为宜；
2. 来稿应附有200字以内的中英文摘要、关键词和英文题目；
3. 稿件需留足够行距以备修改用，并附详细地址、邮编及联系电话或E-mail地址；
4. 文内标题序号、层次按国家统一标准用阿拉伯数字连续编号；
5. 严格按《中华人民共和国法定计量单位》标称，表达量值时一律使用国际符号；
6. 附图及图内文字、字母、数字等均清晰、规范；
7. 参考文献标注齐全。

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

《环境科学导刊》的数字版本已全文入编《中国期刊网》、《中国知网》、《万方数据——数字化期刊群》、《中国核心期刊（遴选）数据库》、《中国学术期刊综合评价数据库》、《中文科技期刊数据库（全文版）》、“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，同时在我刊网站 [Http://hjkxdk.yies.org.cn](http://hjkxdk.yies.org.cn) 发布。若作者不同意稿件参与数字版发行，请另投他刊。本刊所付稿酬包含刊物数字版发行的稿酬，不再另付。

《环境科学导刊》编辑部

# 环境空气检测设备简介及使用

邵涵

(腾冲市环境监测站, 云南 腾冲 679100)

**摘要:**介绍了环境空气检测设备的特征;总结了在使用过程中出现异常数据的情况和原因,根据经验提出了处理办法;提出了设备需改进的方向。

**关键词:**环境空气检测;检测设备;数据分析;处理方法

**中图分类号:** X83 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0092-02

随着环境逐渐被破坏,人们的身体安全遭受到环境污染的威胁,环境空气的检测成了人们重点关注的中心问题,环境空气检测设备应运而生。本套检测设备可以使人们在较短的时间之内,熟悉当前城市的空气质量,因此在我国每个城市都得到了大量的使用。检测环境空气设备主要的作用是对城市空气是否污染、大气中的污染物含量实行有效检查,以便及时找到治理空气污染物的措施。

## 1 我国环境空气质量近况

目前,我国空气污染情况显著增加:化学污染物随意排放的现象普遍增多,空气污染逐渐加重,污染指数直线上升。我国在面对空气污染等问题时有很大的挑战。

## 2 环境空气质量检测设备的特征

首先,环境空气质量检测设备对空气质量问题能够及时发现。第二,环境空气质量检测设备节省了人工行为的成本,在进行数据的计算时,能够运用本身的数据计算功能,正确快捷地将计算数值导出,避免了人工计算可能会出现的误差,而且该套设备配备了全自动化操作系统,节约了操作人员的成本。第三,环境空气质量检测设备可以对空气进行全天候的检测,无论白天还是晚上,都可以对空气进行实时检测。

## 3 环境空气质量检测设备的组成和检测项目

环境空气质量检测设备主要由中心检测站、质量实验室以及检测站3个点组成。

检测项目一般是CO、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>,以及气象参数风速、空气湿度、风向、温度、大气压强等。

## 4 对空气质量异常数据的分析

环境空气质量检测设备是进行全天候24h的检

测,设备是全自动操作的,难免会因为一些原因出现不能正常运转的状况,从而出现异常数据。

### (1) 可提前预知的不正常数据

这种类型的异常数据主要产生于设备的异常停电现象,而这类异常现象是可以提前预知的。

### (2) 检测数据产生负值

检测环境中的空气浓度很低,与设备的零点值相接近,会因设备零点漂移而出现负值数据;因为设备本身发生了故障,进而产生负值数据,这种数据成为无用数据,不需要分析。

### (3) 突然发生异常数据情况

当周围环境产生剧烈变化时,会使空气质量的检测数据出现突然的异常情况。发生这种情况一般是因为出现了突然的空气质量问题,即空气里的某种或几种污染物质浓度突然增加。出现这种情况需要相关工作人员依据周围环境与自身的经验对数据进行分析判断,将无用数值摒弃不参与计算。

### (4) 完备档案管理,为最终决策提供根据

空气质量出现了异常情况,应该仔细记录环境空气检测设备的运转进程,例如环境检测站所在区域、经纬度、海拔、采样、检测过程、检测站四周的环境情况等;需要对仪器的运用过程进行跟踪记录,例如标识记录、使用记录、维修记录、试验记录等;需要对环境空气检测设备的异常数据进行定时处理,保障原始记录的不可更改与完整性,并且将相关资料整理归档。

## 5 环境空气检测设备的使用分析

环境空气检测设备的使用日趋完善,相关技术也得到了广泛运用。这套检测设备还可以和其它高科技设备、技术相结合,进而研发出其它科技电子设备。

目前,在我国的数百个城市,环境空气的检测

设备正在投入使用，并且得到了极高的评价与反应。但是从另一个角度来看，环境空气检测设备不是完美无缺的，它会因为天气、气候等影响其正常运转。如果出现了不好的天气现象或者是出现断电等问题，环境空气检测设备不但不可以做出及时反应，而且还会因为受到干扰，出现异常反应得到不准确的空气质量数据，从而给技术人员带来困扰，技术人员需要对数据进行重新整合，会增加很多工作量。所以，相关的技术研究需要加快研究步伐，完善检测设备，让其可以及时高效地服务于检测工作。

#### 6 环境空气检测设备非正常情况的处理办法

如果检测站出现了临时停电现象，那么从停电的时候算起，到恢复电量之后设备预热完成截止，在这期间产生的全部数据都可被视为无效数据，不进行统计。当电量恢复后，完成预热普遍需要 1h。

如果空气中的气体浓度比较低，而且不能在空气检测设备中测出结果，并在设备上出现了负值，那么应该取设备检测的最低值的 1/2 值，并将其作为监测成果参与均值计算。

有些检测站会使用能够自动校准的设备，设备一般会校准在零跨度之间。如果出现了设备零点漂移的情况或者跨度漂移超过了漂移控制线，那么就应该从发现超过控制线时期的前一天开始算起，

一直到设备恢复到控制线之下，这段时间里的检测数据会被当成无用数据，不参与统计，但是可以标注这些数据，将其当做参考数据并对其进行保留。

#### 7 结束语

随着时代的进步，人们将关注重点渐渐地放在了环境污染的问题上；科技的快速发展及城乡规模的扩大，给环境造成了极大的压力，也对人们的生命健康造成了影响。环境空气检测设备可以节省人工成本，并且避免因人工计算失误产生的误差，这套设备可以及时反应空气质量的全天候变化情况，让相关技术人员可以依此找出高效的处理方法。当然，环境空气检测设备还需对自身进行不断完善，提升使用效率。

#### 参考文献：

- [1] 陈国伟. 环境空气自动监测在线质控技术研究 [J]. 科技与创新, 2014 (17): 158.
- [2] 刘涛, 李帅, 邢小茹, 马小爽, 田文, 孙自杰. 线性最小二乘法在环境空气检测领域能力验证结果评价中的应用 [J]. 分析试验室, 2014 (8): 893 - 897.
- [3] 邢梦林, 张军, 王潇磊, 郑瑶, 李明. 河南省环境空气自动监控系统设计与研究 [J]. 环境科学与管理, 2013 (11): 111 - 116.
- [4] 包振虎, 刘涛, 骆继花, 孙建国. 我国环境空气质量时空分布特征分析 [J]. 地理信息世界, 2014 (6): 17 - 21.
- [5] 江伟武. 环境空气检测的方法检出限探讨 [J]. 工程质量, 2014 (S2): 293 - 295.

## Introduction and Operation of Environmental Air Detecting Instrument

SHAO Han

(Tengchong Environmental Monitoring Station, Baoshan Yunnan 679100, China)

**Abstract:** The characteristics of environmental air detecting instrument were introduced. The reasons of abnormal data emerged from the operation process were summarized. The measures were put forward based on previous experiences as well as the improvements for the instrument.

**Key words:** environmental air detection; detecting instrument; data analysis; disposal ways

# 电导检测器离子色谱的期间核查方法和实例

张 莹, 周 圆

(昆明市环境监测中心, 云南 昆明 650228)

**摘 要:** 根据期间核查的标准和程序, 用配备电导检测器离子色谱作为实例, 用氯离子标准溶液作为标准物质, 从基线噪声、检出限计算、重复性校准、曲线线性 and 准确度校准等方面对离子色谱的期间核查做了详细说明和描述。

**关键词:** 电导检测器; 离子色谱; 期间核查; 实例

**中图分类号:** X83 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0094-03

## 0 引言

离子色谱 (Ion Chromatography, IC) 是高效液相色谱 (High Performance liquid Chromatography, HPLC) 的一种, 离子色谱仪从问世初期发展至今, 已经从早期单一的阴离子分析, 到现在成为在无机和有机阴、阳离子分析中起重要作用的分析技术。在环境监测中, 常用的监测器有电导检测器和电化学检测器。电导检测器基本原理是用两个相对电极测量水溶液中离子型溶质的电导, 由电导的变化测定淋洗液中溶质浓度。电化学检测器即安培检测器, 其基本原理是被测组分在适宜的施加电位作用下, 在工作电极表面发生氧化还原反应 (淋洗液和样品中其他组分不发生反应), 从而在电化学池中产生电流, 电流与被测物质的浓度呈正比关系。与光度法和原子吸收法相比, IC 的主要优点是同时检测样品中的多种成分, 分析时间短, 定性准确, 定量精确, 是环境样品监测与分析中的重要仪器<sup>[1-2]</sup>。

仪器设备期间核查就是在两次正规的检定/校准间隔的期间, 进行仪器的核查。通过检查测量仪器的校准状态, 可确定在校准有效期内仪器状态是否得到保持, 增加设备校准状态的可信度, 防止使用不符合技术规范要求的仪器设备, 减少和降低由于校准状态失效而产生的成本和风险, 确保实验室检测数据的准确、可靠, 有效地维护实验室和顾客的利益。

仪器设备在下列情况下须安排期间核查: 仪器设备性能不够稳定; 使用频率高; 检定或校准周期较长; 检测数据有争议、其波动或漂移较大; 仪器设备易发生故障时期或排除故障后, 不进行校准时; 在拆卸、搬运和携带到现场进行检测的仪器设备, 可能导致性能发生改变时<sup>[3-5]</sup>。

## 1 仪器条件

### 1.1 仪器和试剂

Metrohm (万通) 883Basic IC Plus 离子色谱仪; 919ICA Autosampler plus 自动进样器; MagIC Net 3.0 色谱工作站; Metrohm 850 电导检测器。标准物质采用水中氯离子溶液, 浓度为 1000mg/L, 编号 161997, 北京坛墨质检科技有限公司。实验用水为超纯水 (电导率 25℃,  $\leq 0.1 \mu\text{s/cm}$ )。实验室工作条件 20.2 ~ 20.6℃, 柱温箱温度: 40℃。

### 1.2 色谱条件

色谱柱: Metrosep A Supp5 - 150/4.0 阴离子柱; Metrosep RP2 Guard 保护柱; 采用电导检测模式检测; 平衡时间 25 ~ 35min。

淋洗液: 分别称取 8.401g 碳酸氢钠 (0.1mol, 105℃烘干 2h, 干燥器中保存) 和 33.9170g 的碳酸钠 (0.32mol, 105℃烘干 2h, 干燥器中保存), 用超纯水溶解后, 混合定容至 1000mL, 摇匀。过 0.45 $\mu\text{m}$  滤膜, 贮存于聚乙烯瓶中, 于 4℃冰箱中保存<sup>[6]</sup>。使用时吸取 20mL 淋洗储备液, 超纯水定容至 2L, 淋洗液流速为 0.7mL/min; 再生液为浓度 0.5% 稀硫酸 (5mL 硫酸溶于 1000mL 超纯水); 外接超纯水。采用氯离子作为仪器检定的标准物质。进样体积: 20 $\mu\text{L}$ 。

## 2 校准项目和方法

### 2.1 外观

电源连接、信号线连接正常, 工作指示灯显示正常, 控制软件连接正常。

### 2.2 基线噪声

按照仪器性能, 开机走基线 30 ~ 40min, 保存基线。基线噪声为 30min 内最大峰峰高对应的信号值, 基线记录见图 1, 基线噪声最大峰峰高对应的

信号值为 0.001 $\mu$ S, 氯离子出峰时间在 4.87min, 色谱图见图 2。

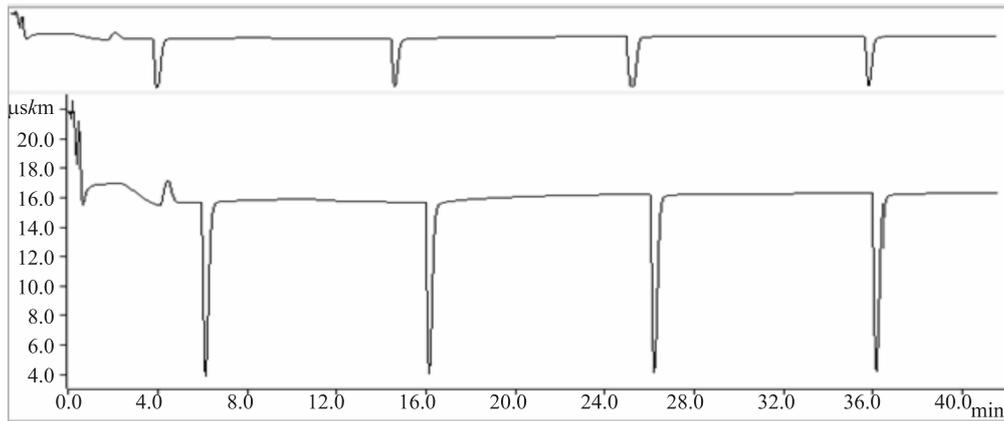


图1 基线记录图

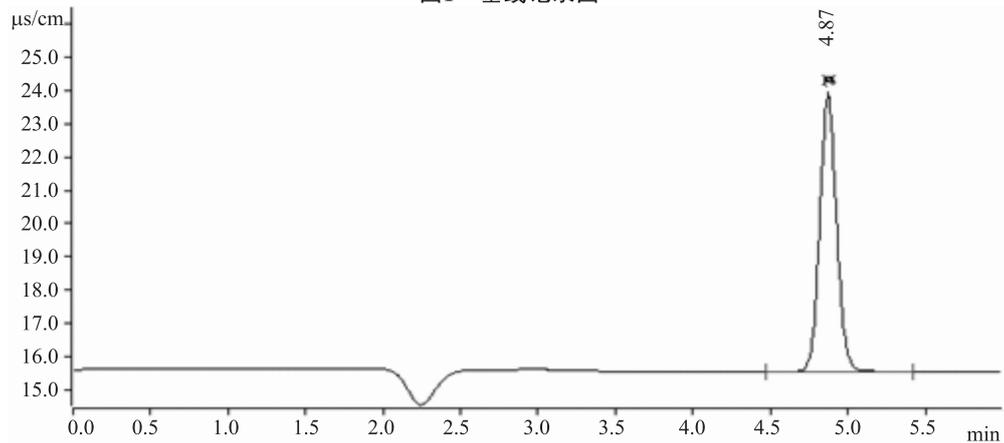


图2 氯离子标准溶液色谱图

2.3 检出限计算

以 0.5mg/L 氯离子浓度作为计算浓度, 平行测定 7 次, 计算标准偏差  $\delta$ , 对照  $T$  检验取置信度

99.8%,  $T$  值为 3.143:

$$MDL = 3.143\delta$$

计算结果见表 1。

表 1 检出限计算表 (0.5mg/L)

第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次
0.502	0.497	0.508	0.493	0.495	0.497	0.507
标准偏差 $\delta$ : 0.0059			检出限 0.018mg/L			

2.4 定性定量的重复性校准

对定性 (即保留时间) 与定量 (即峰面积) 的重复性校准。用 0.5mg/L 的氯离子标准溶液, 连续进样 6 次, 记录保留时间和峰面积, 计算标准偏差  $RSD$ :

$$RSD_6 = \frac{1}{\bar{X}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (X_i - \bar{X})^2}{6-1}} \times 100\%$$

式中:  $RSD_6$ —定量测量重复性相对标准偏差;  $X_i$ —第  $i$  次测量的峰面积;  $\bar{X}$ —6 次测量结果的算术平均值;  $i$ —测量序号。

保留时间重复性校准结果见表 2。

峰面积重复性校准结果见表 3。

表 2 保留时间重复性校准表

第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	$RSD$
4.87	4.91	4.89	4.88	4.86	4.88	1.4%

保留时间重复性:  $\leq 1.5\%$

表3 峰面积重复性校准表

第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	RSD
0.084	0.081	0.078	0.081	0.079	0.071	0.44%

保留时间重复性: ≤3.0%

### 2.5 标准曲线线性校准

配制5个浓度梯度的氯离子标准溶液, 计算标准曲线回归方程和相关系数, 见表4。

表4 标准曲线和相关系数表

峰面积/ (μs/cm)	浓度/ (mg/L)
0.097	0.531
0.182	1.87
0.370	3.78
0.940	9.44
2.03	20.3
标准曲线 $y = 10.089x - 0.1183$	相关系数 $r = 0.994$ (电导检测器 $r \geq 0.995$ )

### 2.6 准确度校准

选取标准曲线上的高中低三个浓度点, 分别测定3次, 计算示值误差, 取最大值为仪器的准确度校准结果, 见表5。

$$\Delta C_A = \frac{\bar{C}_A - C_s}{C_s} \times 100$$

式中:  $\Delta C_A$ —仪器准确度;  $\bar{C}_A$ —3次测量平均值, mg/L;  $C_s$ —溶液的标准值, mg/L。

### 3 结果讨论

仪器设备多数依据国家计量检定规程进行期间核查, 在期间核查完成后, 应认真分析数据并撰写核查报告, 见表6, 并将核查报告与原始记录存档<sup>[7]</sup>。

表5 仪器准确度校准表

标准物质浓度 10.5 mg/L			标准物质浓度 24.0 mg/L			标准物质浓度 320.0 mg/L		
第1次	第2次	第3次	第1次	第2次	第3次	第1次	第2次	第3次
0.514	0.510	0.516	4.10	3.78	3.79	20.4	20.2	20.3
平均测量值: 0.513 mg/L			平均测量值: 3.89 mg/L			平均测量值: 20.3 mg/L		
示值误差: 2.7%			示值误差: 2.8%			示值误差: 1.5%		
仪器准确度: 2.8%								

表6 期间核查结果

核查项目	性能指标	核查结果	是否满意
基线噪声/ (μS)	≤0.005	0.001	满意
检出限/ (mg/L)	≤0.02	0.018	满意
仪器线性	$r \geq 0.995$	0.9994	满意
标准物测定准确度/%	≤5.0	2.8	满意

对照国家计量检定规程和 CNAS - CL01 等规范性文件, 结合实验室的情况, 建立和完善实验室期间核查工作程序, 并按规定的程序和日程开展期间核查, 确保实验室出具准确、可靠的数据。

数据。

#### 参考文献:

- [1] 牟世芬. 离子色谱方法及应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [2] 本书编委会. 水和废水监测分析方法 (第四版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [3] 检测和校准实验室能力认可准则: CNAS - CL01 [S]. 2012.
- [4] 中华人民共和国计量法实施细则 [S].
- [5] 离子色谱仪国家计量检定规程: JJG823 - 2014 [S].
- [6] 中华人民共和国环境保护行业标准 水质 无机阴离子的测定 离子色谱法: HJ/T 84 - 2001 [S].
- [7] 杜鹃. 实验室实施期间核查的有效方法 [J]. 中国质量技术监督, 2015 (2): 68 - 69.

(下转第 106 页)

# 重铬酸钾法测定水中 COD 的不确定度评定 (线性拟合法)

罗思苑

(广东肇庆环境保护监测站, 广东 肇庆 526040)

**摘要:** 用 top-down 线性拟合法评定重铬酸钾法测定水中 COD 的不确定度, 分析了该方法测定过程中的不确定度来源, 建立了数学模型, 并计算其不确定度。

**关键词:** 不确定度; COD; 比例模型法

**中图分类号:** X83 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0097-04

化学需氧量 (COD) 是指在强酸环境下, 加热氧化水体中还原性物质 (如有机质) 时, 所消耗的氧化剂的量, 并换算成氧的浓度, 单位以 mg/L 计<sup>[1]</sup>。COD 是评价水体污染程度的综合指标, 是印染、造纸、电镀、化纤、炼钢等行业排放的工业废水和居民生活污水进行水质监测分析中必测的一个项目, 也是污染物排放总量控制重要指标之一。

用 top-down 技术进行不确定度的评定, 主要有四种方法: 精密度法、控制图法、线性拟合法和经验模型法<sup>[2]</sup>。为规范实验室管理, 保证监测工作质量, 作者采用线性拟合法对测定水中 COD 的不确定度进行分析。

## 1 实验部分

### 1.1 仪器与试剂

YHCOD-100 型 COD 自动消解回流仪。

20.4 ± 1.4mg/L (编码 200160) COD 质控样;  
31.3 ± 3.1mg/L (编码 200167) COD 质控样;  
34.4 ± 3.4mg/L (编码 200154) COD 质控样;  
61.0 ± 4.3mg/L (编码 200163) COD 质控样;  
71.6 ± 4.5mg/L (编码 200168) COD 质控样;  
185 ± 8mg/L (编码 200164) COD 质控样;  
310 ± 19mg/L (编码 200161) COD 质控样。

### 1.2 实验步骤。

检测方法依据《GB/T11914-1989 水质 化学需氧量的测定 重铬酸钾法》。对 7 个 COD 标准样品分别做 4 次平行测定, 重复测定的间隔至少为 14d, 以保证测定的独立性。建立工作曲线, 对线性拟合后得到的工作曲线进行方差分析, 以确保拟合的误差小于重复测量的实验误差。表 1 给出了 7 个标样 4 次重复测定的数据, 并附有标准样品的 RQV 值。

表 1 工作曲线数据汇总

RQV, $x$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	平均值 $\bar{y}$	标准误差 $s$
20.4	22.2	22.0	21.8	21.5	21.58	0.2986
31.3	34.8	33.6	35.0	32.4	33.42	1.2042
34.4	38.2	34.8	36.0	37.8	36.24	1.5875
61.0	63.4	61.8	65.0	64.8	63.20	1.4821
71.6	74.9	73.0	75.2	71.6	73.26	1.6919
185	188	186	188	189	187.20	1.2583
310	317	312	310	314	312.60	2.9861

## 2 不确定计算

### 2.1 常数标准偏差假定下残差值的计算与作图

(1) 用标准样品的 RQV,  $x$  值与平均值, 作

拟合的工作曲线,  $\hat{y}_n = 1.0026x_n + 1.7505$ 。

(2) 使用表 1 所列 RQV,  $x$  值替换  $\hat{y}_n = 1.0026x_n + 1.7505$  中的  $x_n$ , 求得拟合值  $\hat{y}_n$ 。

(3) 残差值由式  $e_{nk} = y_{nk} - \hat{y}_n$  求得, 列入表 2。

表2  $\hat{y}_n = 1.0026x_n + 1.7505$  的常数残差值

RQV, $x$	拟合值 $\hat{y}_n$	$e_{n1}$	$e_{n2}$	$e_{n3}$	$e_{n4}$
20.4	22.2035	-0.0035	-0.2035	-0.4035	-0.7035
31.3	33.1319	1.6681	0.4681	1.8681	-0.7319
34.4	36.2399	1.9601	-1.4399	-0.2399	1.5601
61.0	62.9091	0.4909	-1.1091	2.0909	1.8909
71.6	73.5367	1.3633	-0.5367	1.6633	-1.9367
185	187.2315	0.7685	-1.2315	0.7685	1.7685
310	312.5565	4.4435	-0.5565	-2.5565	1.4435

(4) 将  $e_{nk}$  对应于  $\hat{y}_n$  进行作图分析 (图1), 显示出以0点为中心的随机分布点, 表明没有偏离线性的假定。但由于数据散布随拟合值而增大, 表明常数剩余标准差的假定不成立。

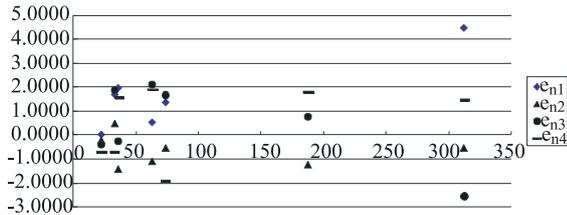


图1 常数残差标准偏差假定下拟合值的残差图

(5) 将 RQV,  $x$  值与标准差作图, 如图2。图2也表明了常数剩余标准差的假定不能成立。所以有必要考虑比例剩余标准差的假定。

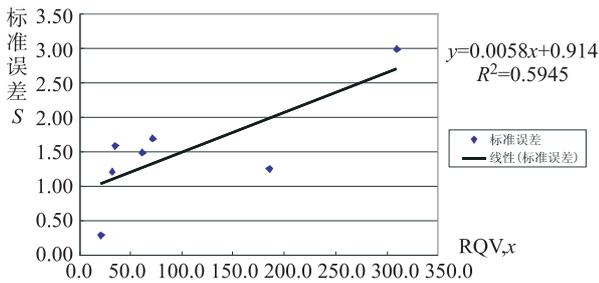


图2 对应RQV值得线距重复测量标准差图

2.2 比例标准偏差假定下残差值的计算与作图

(1) 当工作曲线为线性, 但残差随标准物质的 RQV,  $x$  而增大时, 选用以下模型:

$$z_{nk} = \hat{\gamma}_1 + \hat{\gamma}_0 w_n \tag{公式1}$$

式中:  $z_{nk} = \frac{y_{nk}}{x_n}$ , 其中  $y_{nk}$  为第  $n$  个标准物质的平均值,  $x_n$  为第  $n$  个标准物质的 RQV,  $x$  值;  $w_n = \frac{1}{X_n}$ ;  $\hat{\gamma}_1$  为工作曲线的斜率估计值,  $\hat{\gamma}_1 = \bar{z} - 0\bar{w}$ , 其中,  $\bar{z}$  为  $z_{nk}$  的平均值,  $\bar{w}$  为  $w_n$  的平均值;  $\hat{\gamma}_0$  为工作曲线的截距估计值, 计算有:

$$\hat{\gamma}_0 = \frac{\sum_{n=1}^N (w_n - \bar{w})(z_n - \bar{z})}{\sum_{n=1}^N (w_n - \bar{w})^2}$$

最后得:  $\hat{\gamma}_0 = 1.2851$ ,  $\hat{\gamma}_1 = 1.0096$ 。

根据以上公式, 得表3数据。

(2) 工作曲线的线性拟合过程中, 获得的变异估计值可按式计算:

$$\hat{\tau} = \sqrt{\frac{WSSE}{(NK - 2)}}$$

式中:  $WSSE = \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K (t_{nk})^2$ , 其中加权残差值  $u_{nk} = z_{nk} - \hat{z}_n$ , 加权拟合值  $\hat{z}_n = \hat{\gamma}_1 + \hat{\gamma}_0 w_n$ ;  $NK - 2$  为  $i$  估计的自由度 ( $N = 7, K = 4$ )。

(3) 计算加权拟合的工作曲线得  $\hat{y}_n = 1.2851 + 1.0096x_n$ 。

(4) 使用表3所列 RQV,  $x$  值替换  $\hat{y}_n = 1.2851 + 1.0096x_n$  中的  $x_n$ , 求得拟合值  $\hat{y}_n$ 。

表3  $z_{nk}$  的计算值

RQV, $x$	测量值 $y_n$	$w = 1/x$	$z = y/x$	A: $(w, n)$ - $(w, \text{bar})$	B: $(z, n)$ - $(z, \text{bar})$	$A \times B$	$A \times A$
20.4	21.58	0.0490	1.0578	0.0277	0.0209	0.000580	0.000769
31.3	33.42	0.0319	1.0677	0.0107	0.0308	0.000328	0.000114
34.4	36.24	0.0291	1.0535	0.0078	0.0165	0.000129	0.000061
61.0	63.20	0.0164	1.0361	-0.0049	-0.0009	0.000004	0.000024
71.6	73.26	0.0140	1.0232	-0.0073	-0.0138	0.000101	0.000054
185	187.20	0.0054	1.0119	-0.0159	-0.0250	0.000398	0.000252
310	312.60	0.0032	1.0084	-0.0181	-0.0286	0.000516	0.000326

(5) 将  $\hat{z}_n = 1.0096 + 1.2851/x_n$  中的  $x_n$  替换 RQV,  $x$  值, 求得  $\hat{z}_n$  和  $u_{nk}$ , 见表 4。

表 4  $\hat{z}_n$  的加权残差值

RQV, $x$	拟合值	加权值 $z$	$u_{n1}$	$u_{n2}$	$u_{n3}$	$u_{n4}$	SS (D)
20.4	23.7	1.0726	0.0157	0.0059	-0.0039	-0.0187	0.000643
31.3	34.6	1.0506	0.0612	0.0228	0.0676	-0.0155	0.009071
34.4	37.7	1.0469	0.0635	-0.0353	-0.0004	0.0519	0.007976
61.0	64.3	1.0306	0.0087	-0.0175	0.0349	0.0316	0.002604
71.6	74.9	1.0275	0.0186	-0.0080	0.0227	-0.0275	0.001684
185	188.3	1.0165	-0.0003	-0.0111	-0.0003	0.0051	0.000150
310	313.3	1.0137	0.0089	-0.0073	-0.0137	-0.0008	0.000320

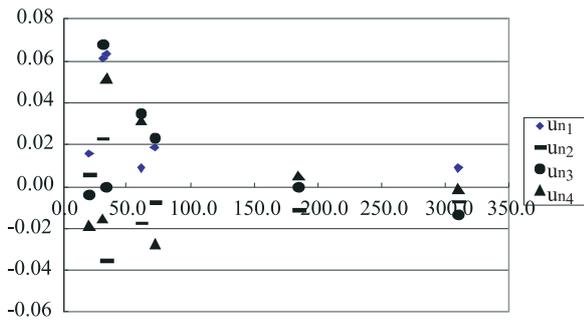


图3 比例剩余标准偏差假定下线距的校准曲线图

(6) 图 3 给出了比例残差标准偏差假定下的残差作图。图中,  $u_{nk}$  值呈随机分布 (图 1 中残差散布范围增大的现象消失), 故更有理由接受比例残差标准差的假定。

### 2.3 工作曲线失拟误差检验

表 5 给出了比例残差标准偏差假定下的方差分析,  $F < F_{0.95}(5, 21) = 2.6848$ , 表明该示例中所描述的工作曲线建立正确。

表 5  $\hat{z}_n$  的失拟误差与实验误差比较

来源	自由度 $v$	平方和 SS	均方 $MSS = SS/v$	F 比值 ( $SSL/SSP$ )
残差 SSE	26	68.7148	2.6429	
失拟误差 ( $SSL = SSE - SSP$ )	5	9.8598	1.9720	0.7036
纯试验误差 SSP	21	58.8550	2.8026	

注:  $SSP = \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K (z_{nk} - \bar{z}_n)^2$ , 其中,  $\bar{z}_n = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K z_{nk}$ 。

表 6 后续测量值及其变换值

时间	RQV 值	测量值, $y_i$	变换值 $x^*$	控制值 $c_i$
第 1d	20.4	22.3	20.815	0.020
	310	315	310.732	0.002
第 2d	20.4	21.5	20.023	-0.018
	310	318	313.703	0.012
第 3d	20.4	21.6	20.122	-0.014
	310	310	305.779	-0.014
第 4d	20.4	22.1	20.617	0.011
	310	312	307.760	-0.007
第 5d	20.4	22.0	20.518	0.006
	310	314	309.741	-0.001
第 6d	20.4	22.0	20.518	0.006
	310	306	301.817	-0.026
第 7d	20.4	22.2	20.716	0.015
	310	315	310.732	0.002

注:  $x_0^* = \frac{\bar{y}_0 - 1.2851}{1.0096}$ ;  $c_i = \frac{x^* - RQV}{RQV}$ 。

### 2.4 控制限的确定和后续测量值的转换

$$U_c = \frac{t}{\gamma_1} \times 3$$

$$U_1 = \frac{t}{\gamma_1} \times 3$$

(1) 根据  $\hat{\tau}^2 = 8.63 \times 10^{-4}$ ,  $\hat{\gamma}_1 = 1.0096$ ,  $NK - 2 = 26$ ,  $\xi = 0.025$ , 控制限因子为 3, 得到  $U_c = 0.0873$ ,  $U_1 = -0.0873$ 。

(2) 比例剩余标准差模型下的后续测量值可通过下式进行转换:

$$x_0^* = \frac{\bar{y}_0 - \bar{y}_1}{\gamma_1}$$

式中:  $x_0^*$  为变换值;  $\bar{y}_0$  为未知量的重复测量平均值。

(3) 选择 2 个标样用于控制方法 ( $m = 2$ ), 这 2 个被选的标样浓度间隔应尽可能覆盖正常操作条件下的测量值, 每天对这 2 个标样做测量。表 6 给出了前 7d 获得的测量值及对应的  $RQV$  值。

(4) 绘制时间序列控制图, 见图 4。图中显示测量系统的  $c_i$  值落在控制限内, 表明处于受控状态, 工作曲线在 7d 内无需更新。

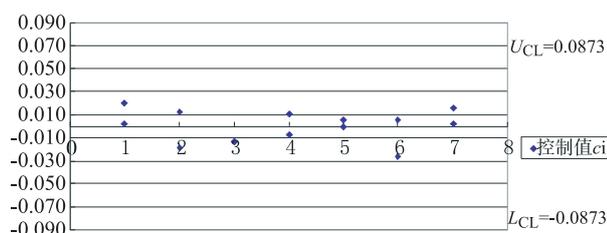


图4 检查比例剩余标准差假定下线距校准曲线有效性的控制图

### 2.5 不确定度评定

$$\hat{\tau}_{\text{cai}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^j (C_{ij}^2 + C_{mj}^2)}{2J}} \quad (\text{自由度为 } 2J)$$

$$x_0^* \pm \hat{\tau}_{\text{cai}} t (1 - \vartheta / 2) (2j) \chi_0^*$$

(1) 因控制图中采用了 2 个标准样品, 根据公式, 所有控制值  $c_i$  的估计值为 0.0132, 其中自由度为 14。  $t_{(0.05, 14)} = 2.145$ 。

(2) 在包含概率 95% 下,  $U = 0.0132 \times 2.145 \times \chi_0^*$ 。

### 2.6 示例

测试样品给出水的 COD 量,  $x_0 = 188 \text{mg/L}$ , 包含概率 95% 下, 不确定度  $U = 0.0132 \times 2.145 \times 188 = 5 \text{mg/L}$ 。

结果报告:  $188 \pm 5 \text{ (mg/L)}$ 。

### 3 小结

测量不确定度可以反映误差值的范围, 所以对测量结果进行不确定程度评定成为检测行业的一项重要工作。在环境检测领域研究测量不确定度评定尤其重要, 特别是当环境检测结果出现临界值数据时, 以及在进行特殊因子、敏感因子 (比如二噁英) 检测时, 实验室提供的测量不确定度对于数据使用者具有重要的指导意义。

通过 top-down 技术的线性拟合法评定重铬酸钾法测定 COD 的 7 个质控样, 得出 COD 的不确定度计算公式为  $U = 0.0132 \times 2.145 \times \chi_0^*$ 。

#### 参考文献:

- [1] 水质化学需氧量的测定重铬酸钾法: GB11914-89 [S].
- [2] 中国合格评定国家认可委员会认可中心. 环境检测领域应用 top-down 技术评定测量不确定度指南 [Z].

## Uncertainty Assessment of Chemical Oxygen Demand in Surface Water by Potassium Dichromate Method (Top-down Linear Fitting Method)

LUO Si-yuan

(Zhaoqing Environmental Monitoring Station, Zhaoqing Guangdong 526040, China)

**Abstract:** The top-down linear fitting method to evaluate the potassium dichromate method was developed for the determination of the uncertainty of COD in water. The sources of uncertainty in the process of this method were analyzed. The mathematical model was established to calculate its uncertainty.

**Key words:** uncertainty; COD; scale model method

# 吹扫捕集-气相色谱法测定水中氯丁二烯

曾艳芹

(枝江市环境监测站, 湖北 枝江 443200)

**摘要:** 优化了吹扫捕集条件和氯化钠的加入量, 建立了吹扫捕集气相色谱法测定水中氯丁二烯的方法。实验结果表明, 本方法操作简便, 检出限低, 灵敏度高, 实际样品的加标回收率在 94.9% ~ 104.2%, 相对标准偏差 < 2%, 可满足《地表水环境质量标准》中氯丁二烯的监测要求。

**关键词:** 吹扫捕集-气相色谱法; 氯丁二烯; 测定

**中图分类号:** X83    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0101-03

氯丁二烯为无色有特殊刺鼻气味的易挥发液体, 稍溶于水, 易溶于乙醇、乙醚、苯、氯仿等有机溶剂, 是生产各种合成橡胶的化工原料。氯丁二烯对人体呼吸系统和神经系统有毒害作用, 长期摄入会逐渐出现神经系统受损表现<sup>[1]</sup>。水中氯丁二烯主要来源于橡胶企业排放的废水, 《GB3838-2002 地表水环境质量标准》规定氯丁二烯的标准限值为 0.0002mg/L。目前, 水中氯丁二烯的测定一般采用顶空气相色谱法, 但方法存在灵敏度低, 检出限高等问题, 而采用液液萃取法或固相萃取法对水样进行富集前处理会消耗大量有机试剂<sup>[2-3]</sup>。吹扫捕集法具有操作方便、取样量少、浓缩倍数高、基体干扰小等优点, 已广泛应用于水中有机物的分析<sup>[4]</sup>。本文采用吹扫捕集-气相色谱法测定水中氯丁二烯, 预处理简便快速, 方法灵敏度高, 检出限低。

## 1 实验部分

### 1.1 主要试验仪器和试剂

安捷伦 6890A 型气相色谱仪, 配氢火焰离子化检测器; HP-INNOWAX 毛细管色谱柱 (30m × 0.32mm × 0.50μm); Tekmar Vebcit XPT 型吹扫捕集浓缩仪, 配 25mL 吹扫管和 5mL 气密性注射器; 10μL、25μL 微量注射器; 实验用水由 Milli-Q A10 型超纯水系统提供。

200mg/L 氯丁二烯标准溶液, 国家标准物质中心; 色谱纯甲醇; 优级纯盐酸; 分析纯氯化钠; 高纯氮气 (纯度不低于 99.999%)。

### 1.2 吹扫捕集条件

吹扫捕集采用高纯氮气为吹扫载气; 样品体积 5mL; 吹扫温度 40℃, 流速为 40mL/min, 时间为 13min; 脱附温度 220℃, 时间为 2 min; 烘焙温度 250℃; 时间 4min。

### 1.3 色谱条件

气相色谱柱: HP-INNOWAX 毛细管柱 (30m × 0.32mm × 0.50μm); 载气为高纯氮气, 载气流速 1.0mL/min, 分流进样, 分流比为 10:1; 进样口温度为 200℃; FID 检测器温度为 250℃; 程序升温: 初始温度 40℃ 保持 2min, 然后以 10℃/min 升至 100℃, 保持 1min, 再以 20℃/min 升至 160℃, 保持 2min。

### 1.4 水样采集及保存

用经 125℃ 烘烤的棕色磨口玻璃瓶采集水样, 将水样沿瓶壁缓缓注入瓶中至采样瓶内液面不留空间, 加入盐酸调节水样 pH 值 < 2 以防水样发生生物降解, 密封瓶塞。每批样品采集 10% 平行样和一个现场空白, 样品应在 4℃ 条件下无有机气体干扰的冰箱中保存, 7d 内分析<sup>[1]</sup>。样品分析前, 应在上述仪器测定条件进行空白试验, 检查仪器设备是否受到污染。

## 2 结果与讨论

### 2.1 氯化钠用量优化

在水样中加入无机盐可增加溶液离子强度, 降低有机物的溶解度, 有利于待测组份从水中挥发, 从而提高方法的灵敏度。水样中加入不同的无机盐对方法灵敏度影响较大, 氯化钠是强电解质的盐, 在水中可完全电离, 因此本文采用氯化钠作为离子强度调节剂。分别在 5mL 浓度相同的氯丁二烯水样中加入 0、0.59、1.5 和 2.5g (饱

收稿日期: 2015-12-16

作者简介: 曾艳芹 (1975-), 汉, 女, 本科, 高级工程师, 湖北省枝江市环境监测站, 从事环境监测工作。

和)氯化钠,按上述吹扫和色谱条件进行测试。氯丁二烯信号响应值随着氯化钠量的增加而变大,当氯化钠处于饱和状态时,氯丁二烯信号响应值最大,实验结果表明氯化钠的用量以饱和状态为好。

## 2.2 标准曲线的绘制

将200mg/L氯丁二烯标准溶液用甲醇配制成浓度为10mg/L的氯丁二烯标准工作液。用10 $\mu$ L和25 $\mu$ L微量注射器分别移取0、2、5、10、15、25 $\mu$ L氯丁二烯标准工作液到含有2.5g氯化钠的5mL超纯水中,配制质量浓度为0、4.00、10.0、20.0、30.0、50.0 $\mu$ g/L的氯丁二烯标准系列。将标准系列从低浓度到高浓度按1.2步骤进行吹扫处理后采用气相色谱法进行分析。以氯丁二烯保留时间定性,峰面积为纵坐标,质量浓度为横坐标进行线性回归。结果表明,氯丁二烯在4.00

~50.0 $\mu$ g/L浓度范围内呈较好的线性关系,标准曲线方程为 $Y = 2568.3X - 91.6$ ,相关系数 $r = 0.9994$ 。

## 2.3 方法检出限

按照上述吹扫和色谱条件对浓度为4.00 $\mu$ g/L的氯丁二烯溶液连续测定7次,计算其7次测定结果的标准偏差 $S$ 为0.127 $\mu$ g/L。根据公式 $MDL = S \cdot t_{(n-1,0.99)}$ (在99%的置信区间 $t_{(n-1,0.99)} = 3.143$ , $S$ 为7次测定结果的标准偏差),计算出水中氯丁二烯的检出限为0.4 $\mu$ g/L<sup>[5]</sup>。

## 2.4 气相色谱图

氯丁二烯色谱见图1,从图可以看出采用强极性HP-INNOWAX毛细管色谱柱在上述吹扫和色谱条件下测定氯丁二烯标准溶液,氯丁二烯分离效果好,峰形尖锐。

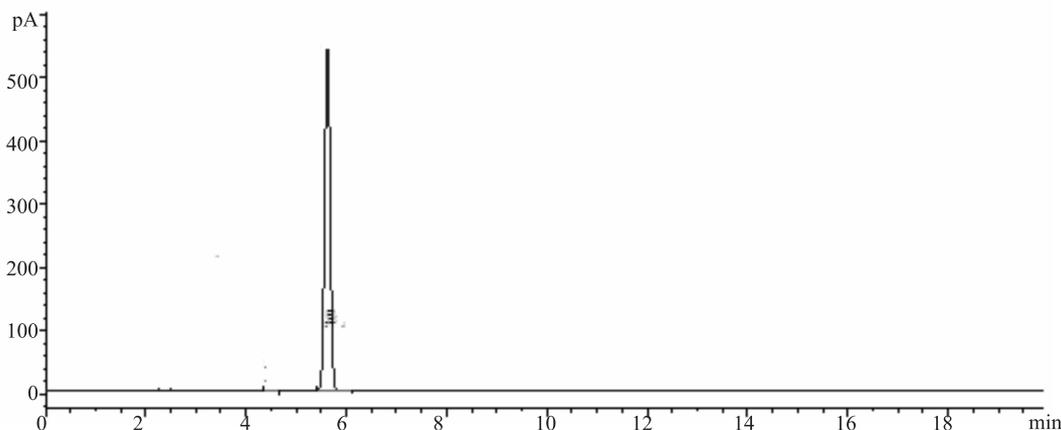


图1 氯丁二烯色谱图

## 2.5 吹扫捕集条件优化

吹扫温度、吹扫流速、吹扫时间是影响吹扫捕集效率的主要因素之一。在室温下吹扫水样,只要吹扫时间足够长就能满足测试要求。为提高工作效率缩短分析时间,可对水样进行加热,但吹扫温度过高会增加水的挥发造成仪器与色谱柱的损伤。因此在吹扫过程中,吹扫温度不宜过高,本文采用吹扫温度为40 $^{\circ}$ C。吹扫流速过大会影响捕集阱对水样中氯丁二烯的吸附,但过小又不能将氯丁二烯从水样中充分吹出。实验结果表明,吹扫流速为40mL/min左右时氯丁二烯测定结果的回收率较高,因此本文采用吹扫流速为40mL/min。

在吹扫温度为40 $^{\circ}$ C和吹扫流速为40mL/min条

件下,随着吹扫时间的延长,氯丁二烯的色谱信号响应值呈增大趋势,当吹扫时间为13min时,色谱信号响应值最大,之后继续对水样进行吹扫信号响应值变化不明显,因此试验选择吹扫时间为13min。

## 2.6 方法的精密度和准确度

在超纯水、自来水和地表水中分别加入一定量的氯丁二烯标准液,配制成浓度为4.00、6.00和8.00 $\mu$ g/L的加标样品。在上述仪器条件下对加标样品进行色谱分析,每个样品平行测定7次,计算氯丁二烯的平均加标回收率和相对标准偏差,见表1。在超纯水、自来水和地表水中未检出氯丁二烯成份,其加标回收率在94.9%~104.2%,相对标准偏差均<2%。

表1 加标回收率和精密度试验

(μg/L)

化合物名称	样品类别	测定值	加标量	回收量	平均回收率/%	RSD/%
氯丁二烯	超纯水	0.00	4.00	4.08、4.15、4.26、4.19、4.11、4.18、4.20	104.2	1.44
	自来水	0.00	6.00	5.81、5.76、5.89、5.84、5.79、5.76、5.68	96.5	1.15
	地表水	0.00	8.00	7.67、7.53、7.60、7.71、7.55、7.49、7.58	94.9	1.02

### 3 结论

本文建立了吹扫捕集-气相色谱法测定水中氯丁二烯的方法,并对吹扫捕集条件进行了优化。氯丁二烯在4.00~50.0μg/L浓度范围内线性关系良好,检出限为0.4μg/L,实际样品的加标回收率在94.9%~104.2%,相对标准偏差均<2%。本方法操作简便,检出限低,灵敏度高,精密度和准确度能满足分析测试要求,在水样前处理过程中不需使用有机溶剂,避免了对环境和分析人员的危害。本方法适用于地表水、地下水和工业废水中氯丁二烯的测定。

#### 参考文献:

[1] 国家环境保护总局,《水和废水监测分析方法》编委会. 水和

废水监测分析方法(第4版)[M]. 北京:中国环境科学出版社,2002.

[2] 王小菊,刘保献,张大伟,等. 液液萃取-气相色谱/质谱法测定地表水中的15种酞酸酯[J]. 分析试验室,2015,34(3):331-336.

[3] 梁存珍,董思远,李丽,等. 固相萃取-气相色谱-质谱法测定地下水中酚类物质[J]. 理化检验-化学分册,2013,49(3):349-351.

[4] 吕桂宾,陈勇,黄龙. 吹扫捕集-气相色谱法同时测定水中的乙醛、丙烯醛和甲醛[J]. 中国环境监测,2011,27(6):20-22.

[5] 中华人民共和国环境保护部. 环境监测分析方法标准制订技术导则:HJ168-2010[S].

## Determination of Chloroprene in Water by Purging Capture - Gas Chromatography

ZENG Yan - qin

(Zhijiang Environmental Monitoring Station, Zhijiang Hubei 443200, China)

**Abstract:** The conditions of purge and trap and the addition of sodium chloride were optimized in order to establish chloroprene gas chromatography to determine chloroprene in water. Experimental results showed that the method is simple, low detection limit, high sensitivity, the actual samples of standard addition between 94.9% ~ 104.2% recovery, and the relative standard deviation less than 2%, which could meet the chloroprene monitoring requirement in surface water environmental quality standard.

**Key words:** purge and trap gas chromatography; chloroprene; detection

# 地表水中邻苯二甲酸二丁酯的分析

袁高群, 雷坚志

(娄底市环境监测站, 湖南 娄底 417000)

**摘要:** 建立了液液萃取-液相色谱测定地表水中邻苯二甲酸二丁酯的分析方法。用正己烷萃取 DBP, 以甲醇和水为流动相 (流量为 1.2 mL/min, 比例为 80:20), ODS 柱分离, 用紫外检测器进行检测, 检出限为 0.6 μg/L, 加标量为 0.1 μg 时, 空白加标回收率为 89%。该方法可有效用于地表水中 DBP 的分析。

**关键词:** 液液萃取; 液相色谱法; 地表水; 邻苯二甲酸二丁酯

**中图分类号:** X83 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0104-03

邻苯二甲酸酯 (PAEs) 是持久性有毒物质和环境激素, 已成为环境中无所不在的污染物, 极为普遍地存在于土壤、底泥、大气、水体和生物体等环境样品中。美国 EPA 将 DEHP、DOP、BBP、DBP、DEP、DMP 6 种 PAEs 化合物列为优先控制的有毒污染物<sup>[1-3]</sup>。我国《地表水环境质量标准》将 DEHP (邻苯二甲酸二(2-乙基己酯))、DBP (邻苯二甲酸二丁酯) 二种 PAEs 化合物列为集中式生活饮用水地表水源地特定监测项目<sup>[4]</sup>。

目前 DEHP 和 DBP 的分析方法有薄层色谱法、液相色谱法、气相色谱-质谱联用法和液相色谱-质谱联用法等<sup>[5-7]</sup>。样品前处理方法有液液萃取、固相萃取、直接进样等<sup>[5,8-10]</sup>。本文研究了地表水中 DBP 的一种分析方法, 对水样进行液液萃取, 萃取液直接用液相色谱进行分析。

## 1 实验部分

### 1.1 仪器和试剂

岛津 LC-20 高效液相色谱仪, Thermo ODS-2 HYPERSIL 色谱柱 (Dim: 250mm × 4.6 mm, Particle Size: 5 μm), 垂直振荡器 (北京国环), 试剂甲醇为 HPLC 级 (美国 Tedia), 正己烷 HPLC 级 (德国 CNW), 丙酮分析纯级 (天津富宇), DBP 标准溶液来源于环境保护部标准样品研究所。100 mL 带玻璃磨口塞的细口容量瓶, 用蒸馏水、丙酮清洗, 然后吹干。为尽量减少邻苯二甲酸二丁酯的污染, 实验过程中避免使用塑料制品。

### 1.2 标准溶液的配制

准确移取一定量 DBP 标准溶液, 于 10 mL 容量

瓶中, 以甲醇稀释, 配制成 10 mg/L 的标准储备液, 置于冰箱中 4℃ 保存备用。移取适量的标准储备液, 用甲醇逐级稀释, 配制成 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 和 3.0 mg/L 标准溶液。

### 1.3 样品前处理

将水样转移至 100 mL 细口容量瓶中, 准确移取 5.0 mL 正己烷, 盖好玻璃塞摇动 1 min, 再在垂直振荡器上震荡 5 min (300 转/min), 用玻璃巴氏吸管提取正己烷相供液相色谱分析。

### 1.4 色谱条件

色谱条件为: 紫外检测器, 波长 224 nm, 柱温 40℃, 进样体积 10 μL。

#### 1.4.1 流动相的选择

液相色谱分析中常用的流动相有甲醇-水、乙腈-水和正己烷-水, 而正己烷-水一般用于正相分析。在满足分离目标物的情况下, 考虑甲醇毒性较乙腈小, 故选择甲醇-水作为流动相。

#### 1.4.2 流动相流量

在流动相的比例固定为甲醇:水 (80:20) 时, 改变流量分别为 0.9 mL/min、1.0 mL/min、1.1 mL/min、1.2 mL/min, 流量与 DBP 的出峰时间如图 1 所示。随着流量增加, 出峰时间缩短 (流量从右到左依次增加), 基线渐趋平稳。

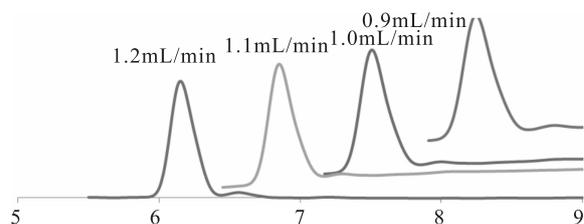


图1 流动相流速对分析的影响

收稿日期: 2016-11-04

作者简介: 袁高群 (1979-), 男, 汉, 湖南省双峰县人, 工程师。

### 1.4.3 流动相比例

在流动相流量固定为 1.2 mL/L 时, 改变甲醇和水的比例分别为 90:10、80:20 和 70:30,

出峰时间和峰形如图 2 所示。随着水的比例增加, 出峰时间增加, 峰形变宽。另外柱压随着上升。

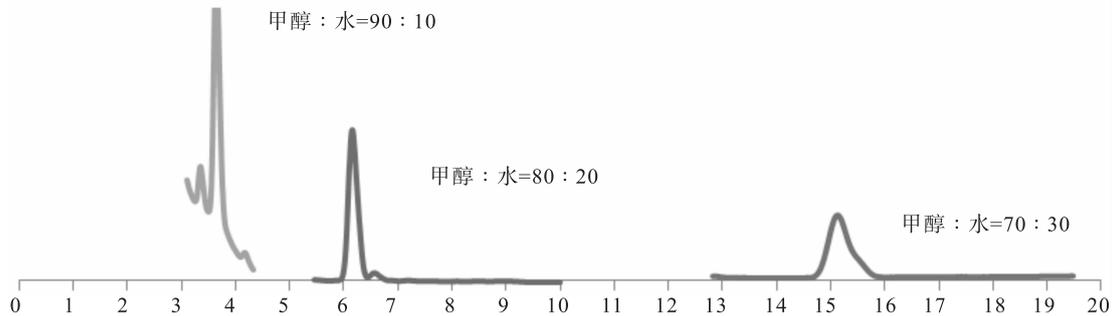


图2 流动相比例对分析的影响

## 2 结果与讨论

以甲醇-水为流动相, 经过对流动相流量和比例的优化, 选择流动相比例为 80:20, 流速为 1.2 mL/min, 紫外检测器波长 224 nm, 柱温 40℃,

进样体积 10 μL 时, 整个分析时间为 10 min, DBP 能较好地分离。使用上述方法绘制 DBP 标准曲线, 结果如表 1 所示。加标量为 0.1 μg 时, 样品回收率为 89%。

表 1 线性关系、回归方程及检出限 (MDL)

目标物	线性范围/(mg/L)	回归方程	相关系数	MDL/(μg/L)
DBP	0.5~3.0	$y = 24508x$	0.999	0.6

如表 2 所示, 从仪器、样品前处理和检出限综合考虑, 该方法所需仪器要求低, 样品前处理过程相对简单, 能尽量避免污染, 虽然检出限较

高, 但是能满足地表水分析要求。总之, 该方法简单、可靠, 可有效用于地表水中 DBP 的分析。

表 2 仪器、样品前处理及检出限 (MDL)

仪器	方法来源	样品前处理	MDL (μg/L)
液相色谱-质谱联用仪	参考文献 [3]	取 100 mL 水样, 置于 250 mL 分液漏斗中, 以 10 mL 正己烷萃取三次, 有机相经无水硫酸钠脱水后, 氮气浓缩至 1 mL 分析。	0.40
气相色谱-质谱联用仪			0.20
气相色谱-质谱联用仪	参考文献 [5]	取 100 mL 水样用 5 mL 正己烷萃取后, 取萃取液直接分析。	0.1
液相色谱	参考文献 [6]	取 100 mL 水样用 10 mL 正己烷萃取浓缩至 1 mL 分析。	0.1
液相色谱-质谱联用仪	参考文献 [10]	取 5 mL 水样于 10 mL 离心管中, 离心后取上清液直接分析。	0.35
液相色谱	本文	取 100 mL 水样用 5 mL 正己烷萃取后, 取萃取液直接分析。	0.6

#### 参考文献:

- [1] 林兴桃, 王小逸, 陈明, 等. 固相萃取高效液相色谱法测定水中邻苯二甲酸酯类环境激素 [J]. 环境科学研究, 2004, 17 (5): 71-74.
- [2] 张彦鹏, 周爱国, 刘存富, 等. 长江流域武汉段水体中邻苯二甲酸酯含量研究 [J]. 环境科学与技术, 2011, 34 (11): 130-134.
- [3] 赵起越, 赵红帅, 刘保献. 使用气相色谱-质谱联用与高效液相色谱法分析水中邻苯二甲酸酯类化合物 [J]. 化学工程与装备, 2016 (1): 193-195.
- [4] 中华人民共和国国家环境保护总局. 地表水环境质量标准: GB3838-2002 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.

- [5] 水和废水监测分析方法 (第四版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 606-615.
- [6] 中华人民共和国国家环境保护总局. 水质 邻苯二甲酸二甲(二丁、二辛)酯的测定 液相色谱法: HJ/T 72-2001 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2001.
- [7] 张海婧, 胡小键, 林少彬. 固相萃取-超高效液相色谱串联质谱法测定饮用水中 15 种邻苯二甲酸酯 [J]. 分析化学, 2014 (9): 1281-1287.
- [8] 章勇, 张蓓蓓, 赵永刚, 等. 液相色谱/串联质谱法测定水中邻苯二甲酸酯类化合物 [J]. 分析试验室, 2014 (3): 303-307.
- [9] 徐磊, 夏宁. 在线固相萃取/高效液相色谱法测定环境水样中

的4中痕量邻苯二甲酸酯[J]. 分析测试学报, 2011, 30  
(5): 558-561.

定饮用水源水中邻苯二甲酸酯类化合物[J]. 绿色科技,  
2016 (10): 77-79.

[10] 王晓红, 曾芃斐, 余志铨, 等. 超高效液相色谱-质谱法测

## Analysis of Dibutyl - O - phthalate in Surface Water

YUAN Gao - qun, LEI Jian - zhi

(Loudi Environment Monitoring Station, Loudi Hunan 417000, China)

**Abstract:** The analysis method of dibutyl - o - phthalate (DBP) in surface water was established using liquid chromatography with Liquid - Liquid extraction. DBP sample was extracted with n - hexane, then was separated on ODS column with methanol and water (flow 1.2mL/min, volume fraction 80:20) as mobile phase and detected by ultraviolet detector. The limit of detection was 0.6 $\mu$ g/L. When adding 0.1 $\mu$ g standard solution, the blank recovery was 89%. The results showed that the developed method was suitable for the analysis of DBP in surface water.

**Key words:** Liquid - Liquid extraction; liquid chromatography; surface water; DBP

~~~~~  
(上接第96页)

## Intermediate Check and Case study of Ion Chromatography with Suppressed Conductance Detector

ZHANG Ying, ZHOU Yuan

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

**Abstract:** According to the standard and procedure of intermediate check, ion chromatography with suppressed conductance detector was taken as an example. Chlorine standardsolution was used as standard material. The detailed introduction and description of intermediate check were made on the basis of baseline noise, detection limit, repetitioncalibration, linearity, and accuracy.

**Key words:** conductance detector; ion chromatography; intermediate check; case

# 水中6种元素的ICP检出限

张锦鹏, 赵 斌

(德宏州环境监测站, 云南 芒市 678400)

**摘要:** 通过实验对 ICP 测试钒、硼、钡、钼、钴、铍等 6 种元素的检出限进行了计算, 得出 ICP 测试结果能够满足《GB3838-2002 地表水环境质量标准》和《GB5749-2006 生活饮用水卫生标准》要求的结论。

**关键词:** 水质检测; ICP; 元素检测; 检出限

**中图分类号:** X83 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0107-02

2012 年 11 月, 环保部办公厅印发《关于印发〈全国集中式生活饮用水源地水质监测实施方案〉的函》(环办函〔2012〕1266 号), 要求自 2013 年 1 月起, 对地级以上城市、县级行政单位所在城镇的所有在用集中式生活饮用水水源地开展地表水 61 项、地下水 23 项的常规监测和地级城市每年、县级城镇每 2 年 1 次的水质全分析。其中每月均需分析的元素除铜、铅、锌、镉、铁、锰外, 新增加钼、钴、铍、钡、钒、铈、硼、锑、镍等 9 种元素, 这些元素的分析方法有 ICP 法、原子吸收法、原子荧光法和 ICP-MS 法等。原子荧光法不能同时对多元素进行分析, 耗时较多, 稳定性及重复性均有待提高; ICP-MS 设备昂贵, 使用成本较高; ICP 具有检出限低, 能多元素同时测量, 稳定性和重复性好, 操作简单, 购买及使用成本不太高等优点, 近年来被广泛使用。

本文使用 ICP 对地表水中钒、硼、钡、钼、钴、铍等 6 种元素的检出限进行了计算, 结果表明 ICP 的测试结果能够满足《GB3838-2002 地表水环境质量标准》和《GB5749-2006 生活饮用水卫生标准》的要求。

## 1 实验部分

### 1.1 实验仪器及主要试剂

iCAP6300-DUO 电感耦合等离子体发射光谱仪(双向观测); 50mL 容量瓶; 去离子水(优普超纯水); 混合标准溶液(1000mg/L): 购买有标准证书的标准溶液, 临用时用 2% 的 HNO<sub>3</sub> 逐级稀释; HNO<sub>3</sub>: 优级纯; 氩气(Ar<sub>2</sub>): 纯度 >99.999%。

### 1.2 仪器条件

RF 发生器功率: 1150W; 辅助气流量: 0.5L/min; 冷却气模式: 一般; 蠕动泵转速: 50 转/min; 积分时间: 0.5min; 观测方式为双向观测, 雾化器为同心雾化器。

## 2 结果及讨论

### 2.1 标准曲线配制

准确移取混合标准溶液及贮备液, 用 2% HNO<sub>3</sub> 配制成 0.0mg/L, 0.1mg/L, 0.5mg/L, 1.0mg/L, 2.0mg/L, 10.0mg/L 的浓度系列, 上机测定。计算机自动绘制工作曲线, 并计算出回归方程及相关系数。标准曲线绘制结果见表 1。

表 1 6 种元素的回归方程及相关系数

| 元素 | 回归方程                       | 相关系数         | 分析波长/nm |
|----|----------------------------|--------------|---------|
| 钒  | $y = 51837.34x - 1223.32$  | $r = 0.9999$ | 309.311 |
| 硼  | $y = 6830.17x + 68.78$     | $r = 1.0000$ | 249.773 |
| 钡  | $y = 479476.23x + 1003.64$ | $r = 0.9998$ | 455.403 |
| 钼  | $y = 2750.92x + 2.66$      | $r = 0.9997$ | 202.030 |
| 钴  | $y = 4917.00x + 3.54$      | $r = 0.9999$ | 228.616 |
| 铍  | $y = 65688.23x - 5.83$     | $r = 0.9998$ | 234.861 |

### 2.2 检出限

按照《HJ168-2010 环境监测 分析方法标准制修订技术导则》附录 A 中“A.1.1 方法检出限

的一般确定方法”中“空白试验中未检测出目标物质”要求的测定步骤,对浓度为估计方法检出限2~5倍的样品进行  $n$  ( $n \geq 7$ ) 次平行测定,计算  $n$  次平行测定的标准偏差,按公式  $MDL = t_{(n-1,0.99)} \times S$  计算方法检出限。

式中:  $MDL$ —方法检出限;  $n$ —样品的平行测定次数;  $t$ —自由度为  $n-1$ ,置信度为99%时的  $t$  分布(单侧);  $S$ — $n$  次平行测定的标准偏差。

实际测试时,由于各元素的估计方法检出限并不一致,配制以下混合溶液用于检出限测定:钒、硼最终浓度为0.01 mg/L,钡、钼最终浓度为0.002 mg/L,钴最终浓度为0.0015mg/L,铍最终浓度为0.001 mg/L。

实际测试时平行测定7次,则自由度=6,  $t_{(6,0.99)} = 3.143$ ,计算出检出限以后,以4倍检出限作为测定下限,测试结果见表2。

表2 6种元素检出限测试结果(平行测定7次)

| 元素 | 标准偏差     | 检出限/( $\mu\text{g/L}$ ) | 测定下限/( $\mu\text{g/L}$ ) |
|----|----------|-------------------------|--------------------------|
| 钒  | 0.001245 | 3.92                    | 16                       |
| 硼  | 0.000446 | 1.41                    | 5.7                      |
| 钡  | 0.000151 | 0.476                   | 2.0                      |
| 钼  | 0.000167 | 0.527                   | 2.2                      |
| 钴  | 0.000139 | 0.440                   | 1.8                      |
| 铍  | 0.000053 | 0.168                   | 0.68                     |

### 2.3 标准限值

根据《GB3838-2002 地表水环境质量标准》

和《GB5749-2006 生活饮用水卫生标准》,6种元素的标准限值见表3。

表3 6种元素的标准限值 ( $\mu\text{g/L}$ )

| 元素 | 《地表水环境质量标准》限值 | 《生活饮用水卫生标准》限值 |
|----|---------------|---------------|
| 钒  | 50            | 无要求           |
| 硼  | 500           | 500           |
| 钡  | 700           | 700           |
| 钼  | 70            | 70            |
| 钴  | 1000          | 无要求           |
| 铍  | 2             | 2             |

从表2及表3可以看出,ICP在对钒、硼、钡、钼、钴、铍等6种元素测试时能够取得较低的检出限,并且检出限均小于标准限值的1/4,说明ICP测试结果完全能够满足相关标准的要求。

### 3 结论

ICP具有检出限低、稳定性重复性好、能同时对多元素进行分析、操作维护简单、购买及使用成本均不太高等优点,近年来被广泛使用,能够节省大量人力物力。本文实验结果说明,ICP对钒、钼、铍、钡、钒、硼等6种元素均有较低的检出限,测试结果能够满足相关环境质量标准的要求。

#### 参考文献:

- [1] 环境监测 分析方法标准制修订技术导则: HJ168-2010 [S].
- [2] 地表水环境质量标准: GB3838-2002 [S].
- [3] 生活饮用水卫生标准: GB5749-2006 [S].

## The ICP Method Detection Limit of Six Elements in Water

ZHANG Jin-peng, ZHAO Bin

(Dehong Environmental Monitoring Station, Mangshi Yunnan, 678400)

**Abstract:** In this paper, the ICP method detection limit of six elements (V, B, Ba, Mo, Co, Be) were calculated. The results could meet the requirements of 《Environmental quality standards for surface water》 (GB3838-2002) and 《Standards for drinking water quality》 (GB5749-2006).

**Key words:** water quality detection; ICP; element detection; method detection limit

# 轧钢工业蓄热式加热炉烟气测试过程 应注意的若干问题

刘 军, 闫 琨, 王剑敏

(云南省环境监测中心站, 云南 昆明 650032)

**摘 要:** 分析了轧钢工业蓄热式加热炉原理, 提出在蓄热式加热炉烟气监测过程中应随时观测工况、压力、温度、氧量的变化, 准确掌握蓄热式加热炉在生产时所产生的污染物的浓度、排放量, 以保证监测数据的真实性、代表性。

**关键词:** 蓄热式加热炉; 固定污染源废气; 环境监测; 注意事项

**中图分类号:** X831 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0109-03

随着现代钢铁产品、质量、品种的升级, 深加工能力不断增长, 轧钢工序能耗以及与之相对应的污染物排放量不断增加。加热炉是轧钢厂主要产生大气污染物的设备之一。本文主要探讨以高炉煤气为燃料的蓄热式加热炉烟气排放测量过程中应注意的问题。

## 1 蓄热式加热炉的基本原理

蓄热式煤气加热炉由炉体、空气和煤气烧嘴、蓄热体、换向阀、换向控制系统以及管道等组成。煤气和来自鼓风机的助燃空气经换向系统进入炉子的一侧通道, 由下而上通过蓄热室的蓄热体, 空气和煤气分别被预热到 1000℃ 以上, 预热后的空气和煤气从炉子喷口喷出, 经混合燃烧后产生的高温火焰流经炉膛对钢坯进行加热。与此同时, 另一侧的蓄热室全部处于排烟状态, 高温烟气经炉子喷口进入该侧的蓄热室, 在蓄热室内进行热交换后, 进入换向系统, 以 150℃ 左右温度经引风机排入大气。40~90s 后 (换向时间因不同型号的设备而不同), 换向控制系统发出换向指令, 空气、煤气换向阀同时换向, 整个加热炉加热过程则由一侧燃烧另一侧排气, 这样周而复始地交替, 完成燃烧、加热、余热回收过程, 而加热炉外排烟气中各污染物的浓度也随之呈现出周期性的变化。

## 2 监测过程应注意的事项

(1) 在测量蓄热式加热炉烟气排放前, 应首先排除因炉子出现故障, 炉内装填量明显不合理,

炉子运行的各项技术参数与正常运行的技术参数偏离较大, 及其它不适于监测的炉况, 应在蓄热式加热炉处于正常生产实际运行工况下开展监测, 使监测结果能反映炉子正常生产的实际运行下废气真实的排放状况。

(2) 监测采样应严格按 GB/T16157、HJ/T397 规定实施。监测前应做好监测设备校准、气密性检查等各项准备工作。考虑到以煤气作为燃料, 在换向过程中, 蓄热箱中的部分煤气随废气一同排出, 致使一氧化碳的浓度可能较高, 而一氧化碳对定电位电解法烟气传感器有较强的干扰, 因此应采用非分散红外法或其它能够有效避免干扰的方法进行测量。

(3) 监测时应在连续运行的蓄热式加热炉工况达到稳定状态时开始监测, 监测时间应根据蓄热式加热炉的大小、风机额定风量以及排烟烟道的截面积大小而定, 一般应设置不少于 2h 的总监测和采样时间, 如果是间歇性蓄热式加热炉, 每一个监测采样频次还应能够完全覆盖两个加热周期。

(4) 加热炉炉内过剩空气过多将使烟气体量增加, 带走大量热能, 使炉温降低, 不利于燃烧。反之则不能保证燃料完全燃烧, 使能耗增加, 也不利于烟气的排放。氧含量的高低能影响加热炉的效率和主要气态污染物的排放浓度, 因此在监测时应同步对排气中氧含量进行监测, 并根据《GB28665-2012 轧钢工业大气污染物排放标准》规定的以含氧量 8% 为基准, 来折算并判断排气中污染物浓度是否达标。折算公式如下:

$$C_{\text{基-}} = \frac{21-8}{21-O_{2\text{实}}} \times C_{\text{实}}$$

式中:  $C_{\text{基-}}$  大气污染物基准排放浓度,  $\text{mg}/\text{m}^3$ ;

收稿日期: 2017-02-13

作者简介: 刘军 (1970-), 男, 湖南长沙人, 专科, 助理工程师。

$C_{\text{实}}$ -实测排气筒中污染物排放浓度,  $\text{mg}/\text{m}^3$ ;  $O_{2\text{实}}$ -实测干烟气中含氧量百分比, %。

在实际监测过程中, 应随时注意观察烟气中氧含量的变化, 氧含量低于8%说明炉内燃烧较充分, 污染物的产生量也较高, 一般氧含量过低的情况相对较少。氧含量过高时, 说明加热炉工况及运行负荷低, 过量空气进入炉内将带走大量热能及降低炉内热效率。如果出现氧含量异常则要检查风机送风量与燃料的理论配比率(一般高炉煤气与空气燃烧的比值为1.0:1.07, 具体根据煤气的纯度而定), 其次检查环保设施和管道有没有漏风现象, 如果监测孔处烟道烟气呈负压的状况, 测氧仪器转子流量计前负压值必须大于烟道的负压值, 并检查测孔堵塞是否漏风使得烟道氧含量增高。炉内

压力大小及其分布是调整温度场、控制火焰及炉内温度的一个重要手段, 炉压是通过设于排烟道上的调节阀的开度进行调节, 正常时应保持炉腔微正压0~30Pa左右。炉压过大则装料口、观察孔等开口部位都会往外冒火, 造成炉气热损失增大、二氧化硫等有害气体溢出进入车间污染作业环境, 使监测到的污染因子浓度及排放量降低。反之, 炉压过低, 则吸收车间冷空气使炉温降低燃料消耗量增加。根据轧钢工业蓄热式加热炉的燃烧特点, 监测到的外排烟气氧含量若位于7%~10%, 说明加热炉运转基本正常。

表1和表2分别是对某企业高速线材生产线蓄热式加热炉外排烟气在非正常工况和正常工况下测得的二氧化硫污染因子及烟气参数值。

表1 第一次(非正常工况下)测量数据

| 监测断面名称        | 污染物名称 | 监测频次 | 烟气流量<br>/ $(\text{m}^3/\text{h})$ | 排放浓度<br>/ $(\text{mg}/\text{m}^3)$ | 监测时间/min | 氧含量/% |
|---------------|-------|------|-----------------------------------|------------------------------------|----------|-------|
| 高线加热<br>炉煤烟排口 | 二氧化硫  | 第一次  | 8979                              | 57                                 | 15       | 14.1  |
|               |       | 第二次  | 9016                              | 81                                 | 15       | 12.7  |
|               |       | 第三次  | 9127                              | 79                                 | 15       | 12.9  |
|               |       | 第四次  | 8663                              | 43                                 | 15       | 12.5  |
|               |       | 第五次  | 8595                              | 46                                 | 15       | 13.9  |
|               |       | 第六次  | 8734                              | 39                                 | 15       | 13.2  |
|               |       | 平均值  | 8852                              | 58                                 | 15       | 13.2  |

尽管表1中测得的数据中烟气流量、污染物排放浓度都较低, 但根据氧含量以及污染物排放浓度测量值的波动可以看出, 测量过程中, 加热炉的工

况非常不稳定, 并且氧含量较高, 燃烧效率低, 本次测量数据可以认定为无效。

表2 第二次(正常工况下)测量数据

| 监测断面名称        | 污染物名称 | 监测频次 | 烟气流量<br>/ $(\text{m}^3/\text{h})$ | 排放浓度<br>/ $(\text{mg}/\text{m}^3)$ | 监测时间/min | 氧含量/% |
|---------------|-------|------|-----------------------------------|------------------------------------|----------|-------|
| 高线加热炉<br>煤烟排口 | 二氧化硫  | 第一次  | 12559                             | 114                                | 15       | 9.0   |
|               |       | 第二次  | 11454                             | 109                                | 15       | 9.0   |
|               |       | 第三次  | 11201                             | 112                                | 15       | 9.1   |
|               |       | 第四次  | 10681                             | 99                                 | 15       | 9.2   |
|               |       | 第五次  | 11109                             | 105                                | 15       | 9.1   |
|               |       | 第六次  | 10878                             | 113                                | 15       | 9.0   |
|               |       | 平均值  | 11314                             | 109                                | 15       | 9.1   |

对表2中第二次测量的6组、每次15min外排烟气的流量、污染因子的浓度和氧含量测量数据进行分析, 可以判断该企业高线加热炉的工况正常、稳定, 测量数据可靠并有效。

烟一侧转换成另一侧时间是同时进行, 所以应同时测量空烟和煤烟尾气。在空烟和煤烟一侧转换成另一侧过程中测量污染因子浓度有波动(在一定范围内)正常, 取其均值作为一次的测量数据。如果出现某一两次的均值数据与其它均

(5) 由于轧钢工业蓄热式加热炉的空烟和煤

值数据偏差大则说明工况负荷不正常,应查明原因。

(6) 测量时还应随时观察烟气温度的变化,有时测量到的外排烟气的温度过低,也说明炉内燃烧不正常,或烟道可能存在漏风现象,但要注意结合对监测点位置距离加热炉废气出口远近的具体情况加以分析。测点位置距离加热炉较远,烟气温度会随着在烟道的流动而损耗热值,导致烟温的降低,一般监测点烟气温度位于 90 ~ 170℃ 较为正常。

### 3 结语

为规范、有效开展好轧钢工业蓄热式加热炉废气固定污染源的监测工作,做好质量保证和质量控制,保证监测数据的真实性、代表性,对监测过程应注意的事项归纳如下:

(1) 监测人员要熟练掌握轧钢工业炉窑工艺

以及污染物排放的特征,依标准开展监测。

(2) 正确选择适合排放源特点的监测方法和仪器设备,采样前、后检查仪器设备的性能,必要时用标准气体准确标定传感器。

(3) 监测过程应随时对加热炉运转工况进行观测,结合氧含量、烟气流量、烟温等烟气参数数值的变化,分析并研判工况是否正常,遇到非正常状况,应立刻停止监测并督促被测企业查明原因,解决后方可继续测量。

#### 参考文献:

- [1] 轧钢工业大气污染物排放标准: GB28665 - 2012 [S].
- [2] 钢铁行业轧钢工艺污染防治最佳可行技术指南(试行): HJ - BAT - 006 [S].
- [3] 固定污染源排气中颗粒物的测定与气态污染物采样方法: GB/T16157 - 1996 [S].
- [4] 周晖,王浩,朱宗铭,韩洪涛,吴荣祥,等. 蓄热式加热炉平衡计算及节能技术研究 [J]. 冶金能源, 2008 (6).

## Key Points Focused in the Process of Detecting the Flue Gas of the Heat Storage Heating Furnace in Rolling Industry

LIU Jun, YAN Kun, WANG Jian - min

(Yunnan Environmental Monitoring Center, Kunming Yunnan 650032, China)

**Abstract:** The principles of the heat storage heating furnace in rolling industry were analyzed. The changes of pressures, temperature, oxygen amount should be paid attention to in order to accurately detect the concentrations of pollutants and the emission amount of flue gas of the furnace when detecting the flue gas, which would ensure the reality and typicality of the monitoring data.

**Key words:** heat storage heating furnace; flue gas of stationary pollution source; environmental monitoring; key points

# 不同电压等级变电站作业环境工频电场检测

曾茂华, 毕飞, 袁宇, 汪丹丹  
(云南省交通中心医院, 云南昆明 650041)

**摘要:** 通过对云南电网有限责任公司不同电压等级的变电站作业环境进行工频电场实际检测, 探讨变电站主要电器设备产生的工频电场对作业环境的影响, 并提出防护措施建议。

**关键词:** 变电站; 工频电场; 作业环境; 检测

**中图分类号:** X837 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2017) 增上-0112-03

云南电网有限责任公司目前在全省范围内拥有 24 座 500kV 变电站, 112 座 220kV 变电站, 363 座 110kV 变电站和数座 35kV 及以下的变电站, 这些变电站的高压设备会产生一定强度的工频电场, 电磁场能量从带电载体向外辐射较弱, 而其中高压母线的工频电场是高压变电站内的主要来源。在生产条件下高压作业人员进行进行高压电力运行、检修、维护和巡视带电的高压电器设备时会受到高压电场的影响, 在高压输电线路附近的居民也会受到高压电场的影响<sup>[1]</sup>。

工频电场是指频率为 50Hz 的极低频电场<sup>[2]</sup>。变电站的电压分为不同等级, 输电电压范围在 35kV ~ 220kV 的称为高压; 330kV ~ 750kV 称为超高压; 1000kV 及以上的称为特高压<sup>[3]</sup>。本文主要针对 35kV ~ 500kV 电压等级变电站产生的工频电场进行检测和探讨。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象选择

分别选取云南电网有限责任公司不同地域的 35kV 变电站、110kV 变电站、220kV 变电站、500kV 变电站各 1 座, 针对主要设备及作业人员经常巡视和停留的地点进行工频电场的检测。

### 1.2 检测、布点、评价方法

检测、布点、评价方法标准按照中华人民共和国职业卫生标准《GBZ159-2004 工作场所空气中有害物质监测的采样规范》、《GBZ/T189.3-2007 工作场所物理因素测量第 3 部分: 工频电场》、《GBZ2.2-2007 工作场所有害因素职业接触限值第 2 部分: 物理因素》和中华人民共和国电力行业标准国家能源局发布的《DL/T799.7-2010 电

力行业劳动环境监测技术规范 第 7 部分: 工频电场、磁场监测》、《DLT988-2005 高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》规定方法进行。

分别对 35kV 某变电站、110kV 某变电站、220kV 某变电站、500kV 某变电站内的中控室控制柜、主变、隔离开关、断路器、电流互感器、电压互感器、避雷器、母线桥等主要设备近旁 1m 处, 检测仪器的探头距地面高度约 1.5m 处检测。

### 1.3 检测仪器

美国 Holaday Industries Inc 公司生产的 HI-3604 低频电磁场综合测量仪, 量程: 电场 0.1V/m ~ 200kV/m; 最低检出限 0.1V/m, 仪器通过云南省计量测试研究检定, 在检定期内。

### 1.4 检测条件

气象: 检测期间为多云转晴天气, 气温 21.5 ~ 27.8℃, 气压 81.3 ~ 90.5kPa, 相对湿度 40.5% ~ 55.7%, 属于常态气候。

工况: 检测期间各变电站设备正常运行, 属于正常工况。

## 2 结果与分析

### 2.1 检测结果

分别对 35kV 某变电站、110kV 某变电站、220kV 某变电站、500kV 某变电站相同设备产生的工频电场进行检测, 检测结果见表 1 ~ 表 4。

### 2.2 检测结果分析

由表 5 可知, 检测是在不同电压等级相同设备情况下进行的, 35kV 某变电站工频电场的检测结果超标率为 0, 随着电压等级增大, 超标率也随之增大, 电压等级达到 500kV 时, 超标率高达 77.8%。

表1 35kV 某变电站作业环境工频电场检测结果

(V/m)

| 测量设备(地点) | 电场强度范围        | 几何均值   | 接触限值 | 结果判定 |
|----------|---------------|--------|------|------|
| 中控室控制柜   | 1.6~7.5       | 3.8    | 5000 | 不超标  |
| 主变(低压侧)  | 536.0~1800.0  | 940.0  | 5000 | 不超标  |
| 主变(高压侧)  | 1500.0~1987.0 | 1710.8 | 5000 | 不超标  |
| 隔离开关     | 771.0~1468.0  | 973.4  | 5000 | 不超标  |
| 断路器      | 1550.0~2700.0 | 2127.2 | 5000 | 不超标  |
| 电流互感器    | 489.0~1995.0  | 903.5  | 5000 | 不超标  |
| 电压互感器    | 503.0~2050.0  | 1240.2 | 5000 | 不超标  |
| 避雷器      | 590.0~1776.0  | 876.7  | 5000 | 不超标  |
| 母线桥      | 511.0~2650.0  | 1464.6 | 5000 | 不超标  |

表2 110kV 某变电站作业环境工频电场检测结果

(V/m)

| 测量设备(地点) | 电场强度范围        | 几何均值   | 接触限值 | 结果判定 |
|----------|---------------|--------|------|------|
| 中控室控制柜   | 22.6~76.1     | 47.8   | 5000 | 不超标  |
| 主变(低压侧)  | 1364.0~1384.0 | 1371.3 | 5000 | 不超标  |
| 主变(高压侧)  | 1444.0~1547.0 | 1477.5 | 5000 | 不超标  |
| 隔离开关     | 2010.0~2110.0 | 2046.2 | 5000 | 不超标  |
| 断路器      | 6030.0~6060.0 | 6043.3 | 5000 | 超标   |
| 电流互感器    | 6910.0~6930.0 | 6920.0 | 5000 | 超标   |
| 电压互感器    | 6850.0~6965.0 | 6901.5 | 5000 | 超标   |
| 避雷器      | 3150.0~3230.0 | 3186.5 | 5000 | 不超标  |
| 母线桥      | 6860.0~6910.0 | 6880.0 | 5000 | 超标   |

表3 220kV 某变电站作业环境工频电场检测结果

(V/m)

| 测量设备(地点) | 电场强度范围        | 几何均值   | 接触限值 | 结果判定 |
|----------|---------------|--------|------|------|
| 中控室控制柜   | 19.0~31.0     | 25.5   | 5000 | 不超标  |
| 主变(低压侧)  | 915.0~1930.0  | 1372.2 | 5000 | 不超标  |
| 主变(高压侧)  | 820.0~4100.0  | 1839.0 | 5000 | 不超标  |
| 隔离开关     | 3810.0~3820.0 | 3816.7 | 5000 | 不超标  |
| 断路器      | 5200.0~5240.0 | 5216.6 | 5000 | 超标   |
| 电流互感器    | 6940.0~6960.0 | 6950.0 | 5000 | 超标   |
| 电压互感器    | 6750.0~6810.0 | 6775.0 | 5000 | 超标   |
| 避雷器      | 7410.0~7460.0 | 7440.0 | 5000 | 超标   |
| 母线桥      | 6080.0~6200.0 | 6123.1 | 5000 | 超标   |

表4 500kV 某变电站作业环境工频电场检测结果

(V/m)

| 测量设备(地点) | 电场强度范围          | 几何均值    | 接触限值 | 结果判定 |
|----------|-----------------|---------|------|------|
| 中控室控制柜   | 25.0~27.5       | 26.0    | 5000 | 不超标  |
| 主变(低压侧)  | 1701.0~2220.0   | 1689.5  | 5000 | 不超标  |
| 主变(高压侧)  | 1624.0~15910.0  | 5946.9  | 5000 | 超标   |
| 隔离开关     | 6140.0~8230.0   | 7135.6  | 5000 | 超标   |
| 断路器      | 5520.0~16060.0  | 9850.0  | 5000 | 超标   |
| 电流互感器    | 11280.0~13910.0 | 12714.6 | 5000 | 超标   |
| 电压互感器    | 1505.0~14980.0  | 5794.5  | 5000 | 超标   |
| 避雷器      | 2840.0~19137.0  | 9488.9  | 5000 | 超标   |
| 母线桥      | 13970.0~16780.0 | 15419.7 | 5000 | 超标   |

表5 不同电压等级变电工频电场检测结果超标率统计

| 不同电压等级变电站  | 检测点数 | 不超标点数 | 超标点数 | 超标率/% |
|------------|------|-------|------|-------|
| 35kV 某变电站  | 9    | 9     | 0    | 0.0   |
| 110kV 某变电站 | 9    | 5     | 4    | 44.4  |
| 220kV 某变电站 | 9    | 4     | 5    | 55.6  |
| 500kV 某变电站 | 9    | 2     | 7    | 77.8  |

### 3 结论

由检测结果可知,随着变电站电压等级的增大,站内主要电器设备产生的工频电场也随之增大,当电压等级达到110kV时,已有部分电器设备超标,电压等级达到500kV时,多数电器设备工频电场超标。

因此,35kV及以下电压等级的变电站产生的工频电场可以达到《GBZ2.2-2007工作场所有害因素职业接触限值第2部分:物理因素》和《DL/T799.7-2010电力行业劳动环境监测技术规范第7部分:工频电场、磁场监测》的限值要求,110kV以上电压等级的变电站需采取防护措施。

### 4 措施建议

为了减少变电站作业人员及周边居民受到工频电场的影响,保护劳动者和广大居民身体健康,建议变电站采取以下措施建议:

(1)变电站周边采用金属网屏蔽,作业环境中的主要高压电器设备采用屏蔽线、屏蔽网环、遮

板等。应有良好的接地。

(2)作业人员必须穿合格的以金属丝织成的屏蔽服。

(3)建议变电站实行无人值守,定期进行巡检、维护。

(4)作业人员巡检、维护时,在高压电器设备处尽量缩短巡检时间、频次。

(5)应定期安排作业人员进行健康检查,有明显的神衰症和血液、心血管病变患者不宜参加接触工频电场的工作<sup>[4]</sup>。

#### 参考文献:

[1] 卢伟. 工作场所有害因素危害特性实用手册 [J]. 北京: 化学工业出版社, 2008.  
 [2] 中华人民共和国卫生部. 工作场所有害因素职业接触限值第2部分: 物理因素: GBZ 2.2-2007 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2008.  
 [3] 中华人民共和国卫生部. 职业卫生名词术语: GBZ/T 224-2010 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2010.  
 [4] 国家能源局. 电力行业职业健康监护技术规范: DL/T 325-2010 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2011.

## Detection of Power Frequency Electric Field under Different Voltage Level of Transformer Substation

ZENG Mao-hua, BI Fei, YUAN Yu, WANG Dan-dan  
 (Yunnan Traffic Center Hospital, Kunming Yunnan 650041, China)

**Abstract:** The power frequency electric field in different voltage level of transformer substations of Yunnan power grid Co. LTD. was detected. The impacts of the different radiations of electrical equipment in transformer substation on environmental radiation were discussed. The protection measures were put forward.

**Key words:** substation; power frequency electric field; working environment; detection