

# 滇池水质 1999—2008 年时空变化特征

张军莉<sup>1,2</sup>, 严谷芬<sup>2</sup>

(1. 云南高原湖泊流域污染过程与管理重点实验室, 云南 昆明 650034;

2. 云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

**摘要:**以滇池常规的水质监测数据为基础, 运用因子分析法对滇池 1999—2008 年的水质进行综合评价, 并以水质综合评价得分作为监测点位的空间属性值, 采用空间插值法定量分析 10 年间滇池水质的时空变化特征。研究期间内, 滇池水质总体呈现不断恶化的趋势, 氮磷污染一直是滇池的主要污染类型。滇池南部区域水质一直优于北部和中部区域, 尤其是草海和外海交界区域的水质在全湖是最差的。南部片区水质在整个滇池最好, 但也呈现出不断恶化的趋势。

**关键词:** 时空变化; 特征; 水质; 滇池

**中图分类号:** X52      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0001-07

滇池水质的时空变化特征一直是滇池保护研究的热点, 可揭示滇池水质的变化规律, 已成为滇池水体研究不可缺少的内容, 为滇池的保护和治理提供科学依据。然而, 滇池水质长时间系列时空变化的研究不多, 见报道的研究成果多以短期高密度的监测对个别或者多个水质指标为研究对象进行。如方涛等关注了五个水质指标一年内的变化规律<sup>[1]</sup>。刘辉宁等<sup>[2]</sup>、李蒙等<sup>[3]</sup>着重分析了叶绿素 a 在短期内的时空变化。刘永川等<sup>[4]</sup>对磷在 2004 至 2005 年 1 年内的年内变化进行观测和分析。上述研究均侧重于某个或者某几个水质指标短期内的时空变化特征。

滇池长时间系列水质时空变化的研究多以某个特定指标为研究对象, 采用不同的研究方法, 从不同的角度解析滇池水质时空变化的规律。王红梅等以滇池富营养化状态指数为研究对象, 考察了将近 20 年滇池富营养化的时空变化规律<sup>[5]</sup>。梁中耀等应用 STL (Seasonal - Trend Decomposition LOESS) 方法对滇池近 12 年来多个水质指标的变化趋势进行了分析<sup>[6]</sup>。黎海林等采用水质综合污染指数法对滇池水质进行综合评价<sup>[7]</sup>。以上研究更多关注的是滇池水质时间上的年际变化特征, 水质空间上的变化规律以单点定性研究为主。陈联君运用遥感技术对滇池水质的不同年份间的变化进行了比较<sup>[8]</sup>, 然而此方法暂未见定量的对比研究。因此, 钟艳霞等提出天然湖泊水质分析应进一步开展多点位综合评价和污染物空间分布研究<sup>[9]</sup>。

综上所述, 滇池水质长时间系列的时空变化研

究对于了解湖泊长期的水质变化规律至关重要。然而, 现有的多个研究均侧重于短期的水质时空变化研究, 采用空间技术方法定量研究滇池水质空间变化的研究不多。滇池由于常规监测采样点位少, 以单点为基础分析水质的空间分布, 不足以准确反映其空间分布的状况。本文采用因子分析法以滇池 1999—2008 年的水质监测数据为基础, 综合评价滇池的水质数据, 计算滇池每个监测点位和每年的水质综合评价得分, 以此综合评价得分作为滇池水质监测点位的空间属性数据, 采用 ArcGIS 软件的空间插值法, 尝试定量分析 10 年间滇池水质的时空分布变化特征。

## 1 研究区域概况

滇池属长江流域金沙江水系, 位于昆明市城区西南面, 属断陷构造湖泊, 是云贵高原上湖面最大的淡水湖泊。滇池平均水深 4.4m, 湖水面积 309km<sup>2</sup>, 湖容 12.9 亿 m<sup>3</sup>。多年平均水资源量 9.7 亿 m<sup>3</sup>, 扣除多年平均蒸发量 4.4 亿 m<sup>3</sup>, 实有水资源量 5.3 亿 m<sup>3</sup>。湖泊补给系数 9.9, 湖水滞留期约为 981d。滇池水域分为草海、外海两部分, 现由人工闸分隔。草海位于滇池北部, 外海位于滇池中南部, 为滇池的主体, 面积大约占全湖的 96.7%, 草海、外海各有一个人工控制出口, 分别为西北端的西园隧道和西南端的海口中滩闸。

## 2 研究方法

### 2.1 因子分析法

因子分析由 Charles Spearman 在 1904 年首次提出, 通过研究多个变量间相关系数矩阵 (或协方

差矩阵)的内部依赖关系,找出能综合所有变量主要信息的少数几个随机变量,通常称为因子。各个因子间互不相关,所有变量都可以表示成公因子的线性组合。因子分析的目的就是减少变量的数目,用少数因子代替多个变量去分析整个问题<sup>[10]</sup>。

水质评价是一个多指标的综合评价。因子分析法广泛用于水质的综合评价中,以解决水质多指标综合评价带来的难度和工作量。因子分析法可确保原始数据所携带的信息量丢失最少,同时在尽量保留所有变量对综合水质贡献的情况下,能减少评价指标,达到综合评价的目的,客观反映不同水质间的差异。同时,在水质的综合评价中,根据提取的公因子的累积贡献率大小和公因子中变量载荷的大小,对影响水质的主要污染类型进行分析。多个运用多因子法进行水质综合评价的结果均显示:因子分析法是一种将多变量纳入同一系统中进行定量研究且理论较完善的多元统计分析方法,在解决国内外关于地表水污染等其他实际问题时取得了较好效果,且方法简便,准确率高<sup>[11~18]</sup>。该方法尽管无法对应国家地表水环境质量标准对水质综合类别进行判定,但可揭示水质的性质和时空变化规律,同时对水质的主要污染类型进行定性分析。

本文在上述研究的基础上,采用IBM SPSS Statistics 21 软件对滇池10个常规监测点位的监测数据进行多元分析处理,综合评价研究期内滇池每年的主要污染物类型,并计算每个监测点位的综合评价得分。分析采用的方法和步骤参考上述文献和《SPSS 统计分析高级教程(第2版)》<sup>[10]</sup>,文内不再赘述。

### 2.2 反距离加权插值法 (Inverse Distance Weighted, 简称为: IDW)

IDW 是用于散乱数据插值的技术之一。利用邻域内已知点,采用距离加权反比法的属性值进行插值,计算空间待插点值。待插点的属性值是待插点邻域内已知点属性值的加权平均,权的大小与待插点与邻域内点之间的距离有关,是一种跟距离的倒数成反比关系的插值方法。它以插值点与采样点间的距离为权重进行加权平均,离插值点越近的采样点赋予的权重越大,配给的权重是分数,所有权重的总和等于1,当插值点与采样点重合时,该采样点被分配全部的权重<sup>[19]</sup>。该方法广泛运用于地理学、环保、医学、气象等领域。刘光孟等总结:IDW 节约成本,普适性强,方法灵活,无需根据数据的特点对方法加以调整,当样本数据的密度足够大时,几何方法一般能达到满意的精度<sup>[20]</sup>。

### 3 数据来源与处理

数据来源于昆明市环境监测中心站常规的水质监测数据,采用每个监测点不同年份的年均值和每年所有监测点位全湖的平均值为分析对象。1999—2008年,滇池全湖共设置了10个常规监测点位,监测点位分布见图1。其中草海有2个监测点(草海中和段桥),外海有8个监测点。由于长期的监测数据有限,本次的水质指标仅包括:溶解氧(DO)、氨氮(NH<sub>3</sub>-N)、总氮(TN)、总磷(TP)、生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)、高锰酸盐指数(COD<sub>Mn</sub>)、叶绿素a(Chl-a),共计7个水质指标。原始数据为每个月每个点位的水质指标监测值,全湖水水质指标年均值的计算方法为:先平均每个点位1—12月的均值,再将所有点位的均值进行平均得到一年的均值。以10年间每一年参与研究的指标值为分析对象进行因子分析得到每年的水质综合评价得分。以每一年所有点位的数据为分析对象进行因子分析,得到每一年每一个监测点位的水质综合评价得分,以该得分作为空间属性数据进行空间分析。

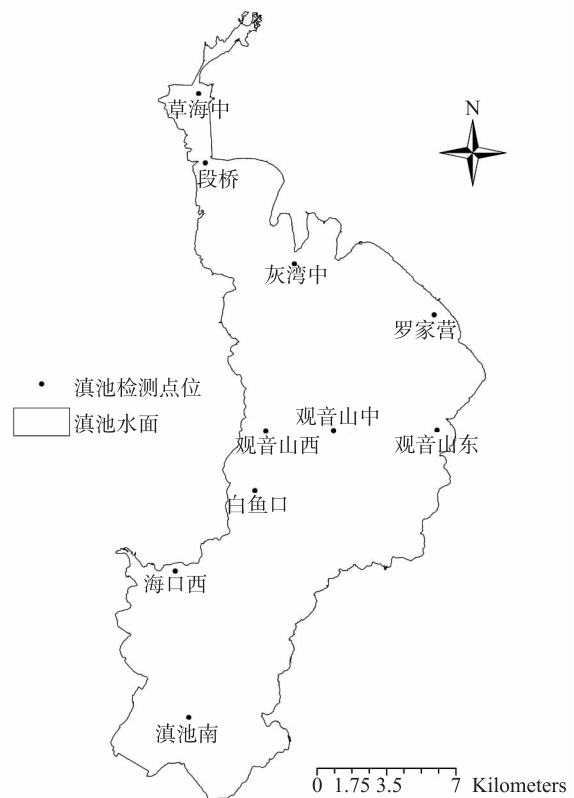


图1 滇池水质监测点位图

在进行因子分析时,由于溶解氧为反向指标,参考李文生等的数据处理方式<sup>[18]</sup>,将其取倒数后带入计算。首先对上述数据进行标准化处理

(SPSS 软件自动完成), 对所得到的相关系数矩阵进行 Kaiser - Meyer - Olkin (KMO) 和 Bartlett's test of Sphericity) 统计学检验; 然后再进行统计分析, 用回归因子得分的方法估计因子得分系数, 然后对提取的因子载荷矩阵进行正交旋转, 最终得出各主因子得分, 以此计算各监测点和每年的水质综合评价得分。所有的计算都在 SPSS

软件下完成 (IBM SPSS Statistics 21)。每个监测点位计算得出的综合评价得分作为监测点位的空间属性数据加入到 ArcMap 中, 运用反距离加权插值法进行湖泊水质的空间分布特征分析。

#### 4 结果与分析

##### 4.1 分析数据描述

全湖水质指标年均值的描述见表 1。

表 1 滇池 1999—2008 年全湖水质平均值统计描述

指标	全距	极小值	极大值	均值	标准差	方差
DO	0.023	0.135	0.158	0.146	0.009	0.000
COD <sub>Mn</sub>	4.257	6.420	10.678	7.859	1.338	1.791
BOD <sub>5</sub>	5.383	4.332	9.7162	7.299	1.843	3.400
NH <sub>3</sub> -N	3.575	1.349	4.925	2.800	1.124	1.265
TP	0.268	0.430	0.698	0.565	0.093	0.009
TN	3.241	4.471	7.712	5.791	1.062	1.129
Chl - a	0.114	0.056	0.171	0.111	0.036	0.001

##### 4.2 滇池水质 1999—2008 年变化分析

KMO 和 Bartlett 检验结果显示, 变量间具有较强的相关性, 且 KMO 检验值为 0.646, >0.5, 适合应用因子分析法<sup>[10]</sup>。分析中指定提取 3 个公因子, 其累计方差贡献率为 91.252%, 因此该 3 个公因子已经足够描述水质的情况。3 个因子旋转成分矩阵见表 2。

从表 2 可知, 在研究期 10 年内, 第一公因子在叶绿素 - a、BOD<sub>5</sub> 和 NH<sub>3</sub> - N 有较大载荷, NH<sub>3</sub> - N 比 TN 的载荷大, 显示了 NH<sub>3</sub> - N 在该 10 年间的污染贡献比 TN 大, 且第一公因子的累积方差贡献率接近 70%, 说明 10 年间, 滇池水质污染以富营养化为主要特征, 且以氮污染为主要污染特征; 第二公因子在 TP 上有较大载荷, 磷污染物对滇池水质污染的贡献不如氮污染物; 第三公因子在高锰酸盐指数上有较大载荷。

表 2 因子旋转成份矩阵

水质指标	成份		
	1	2	3
Chl - a	-0.939	-0.173	
BOD <sub>5</sub>	-0.794	-0.332	-0.268
NH <sub>3</sub> - N	0.589	0.506	0.545
TP	0.157	0.923	0.243
DO	0.418	0.799	0.211
TN	0.546	0.585	0.578
COD <sub>Mn</sub>	0.143	0.225	0.957

提取方法: 主成份。旋转法: 具有 Kaiser 标准化的正交旋转法。<sup>a</sup>a. 旋转在 4 次迭代后收敛。

根据上述结果计算每年的水质综合评价得分。结果见图 2。图 2 显示出 1999 年以来, 滇池水质总体出现了不断恶化的趋势, 虽 2008 年水质较 2007 年略有所好转, 但仍未回到 2006 年水平。本研究结果与王红梅等<sup>[5]</sup>和黎海林等<sup>[7]</sup>的研究结果类似。

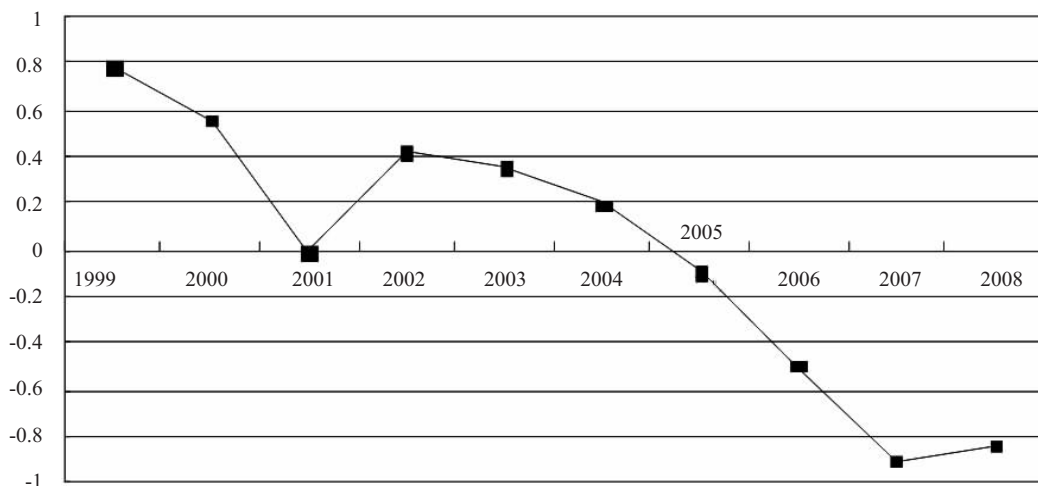


图 2 滇池 1999—2008 年水质综合评价结果得分

对1999—2008年每个点位每年的年均值进行因子分析，计算得到每年每个监测点位的水质综合评价得分。进行因子分析时采用同上述一样的分析方法，先进行KMO和Bartlett检验，制定提取2个公因子，然后计算综合评价得分，以综合评价得分作为监测点位的属性数据导入ArcMap，

进行空间插值。KMO和Bartlett检验的检验结果，除2001年的KMO值低于0.5外，其它年份的数值均适用因子分析方法，为确保结果的一致性，对2002年的数据结果，仍旧采用因子分析方法进行计算。

表3 滇池水质1999—2008年主要水质指标因子分析年旋转成份矩阵表

1999年旋转成份矩阵			2000年旋转成份矩阵			2001年旋转成份矩阵			2002年旋转成份矩阵		
水质指标	成份		水质指标	成份		水质指标	成份		水质指标	成份	
	1	2		1	2		1	2		1	2
NH <sub>3</sub> -N	0.998		NH <sub>3</sub> -N	0.955	0.268	DO	0.996		DO	0.965	0.236
TP	0.976	0.206	TN	0.926	0.363	NH <sub>3</sub> -N	0.988	0.143	NH <sub>3</sub> -N	0.940	0.338
DO	0.971	-0.178	TP	0.904	0.423	TN	0.986	0.165	TN	0.908	0.416
TN	0.965	0.254	BOD <sub>5</sub>	0.759	0.647	TP	0.964	0.255	TP	0.898	0.435
COD <sub>Mn</sub>	-0.195	0.965	DO	0.757	0.559	BOD <sub>5</sub>	0.832	0.547	COD <sub>Mn</sub>	0.206	0.968
Chl-a	0.109	0.955	Chl-a	0.356	0.925	COD <sub>Mn</sub>		0.987	BOD <sub>5</sub>	0.504	0.851
BOD <sub>5</sub>	0.346	0.919	COD <sub>Mn</sub>	0.335	0.909	Chl-a	0.364	0.916	Chl-a	0.683	0.699
2003年旋转成份矩阵			2004年旋转成份矩阵			2005年旋转成份矩阵			2006年旋转成份矩阵		
水质指标	成份		水质指标	成份		水质指标	成份		水质指标	成份	
	1	2		1	2		1	2		1	2
DO	0.982		NH <sub>3</sub> -N	0.961	0.269	TP	0.926	0.318	NH <sub>3</sub> -N	1.000	
NH <sub>3</sub> -N	0.977	0.207	DO	0.945	0.314	DO	0.914	0.383	TN	0.997	
TN	0.923	0.376	TN	0.906	0.420	TN	0.909	0.399	DO	0.984	-0.115
TP	0.888	0.444	TP	0.816	0.575	NH <sub>3</sub> -N	0.906	0.370	BOD <sub>5</sub>	0.978	0.194
BOD <sub>5</sub>	0.755	0.628	Chl-a	0.191	0.975	BOD <sub>5</sub>	0.866	0.427	TP	0.975	0.184
Chl-a	0.110	0.966	COD <sub>Mn</sub>	0.505	0.840	Chl-a	0.824	0.489	Chl-a		0.903
COD <sub>Mn</sub>	0.338	0.890	BOD <sub>5</sub>	0.558	0.824	COD <sub>Mn</sub>	0.377	0.924	COD <sub>Mn</sub>		-0.453
2007年旋转成份矩阵			2008年旋转成份矩阵								
水质指标	成份		水质指标	成份							
	1	2		1	2						
TN	0.998		NH <sub>3</sub> -N	0.992							
BOD <sub>5</sub>	0.997		BOD <sub>5</sub>	0.992							
TP	0.994		TN	0.992							
NH <sub>3</sub> -N	0.979		TP	0.975							
DO	0.973		DO	0.819							
Chl-a	0.844		COD <sub>Mn</sub>		0.896						
COD <sub>Mn</sub>		0.999	Chl-a		0.893						

提取方法：主成份。旋转法：具有Kaiser标准化的正交旋转法。旋转在3次迭代后收敛。表中空格是在处理过程中，软件自动舍弃了的小系数值。

基于每年10个监测点位的因子分析结果（见表3），对研究期内每年的主要污染类型进行分析。1999年因子分析显示，指定的2个主成份的累积贡献率达到97.4%，说明2个主成份可代表所有指标对水质状况进行解释。第一主成份中，氨氮、总磷、溶解氧和总氮的载荷最大，表明氮磷污染物是滇池水质的主要污染物，而第二主成份以有机污染物（高锰酸盐指数和五日生化需氧量）和叶绿

素-a为代表。2000年分析的2个公因子的累积贡献率达到96.7%，氮磷污染是水体的主要污染物，五日生化需氧量的影响较1999年对水质污染的贡献加大，高锰酸盐指数和叶绿素-a在第二个主成份中载荷最大。2001年呈现出与2000年相似的水质状况，氮磷仍旧是水体的主要污染物，五日生化需氧量的影响持续增加。2002年和2003年的结果表明，以氨氮为主要污染物的氮污染物仍旧是滇池

水质的主要污染物。2004 年水质因子分析的第一主成份中氨氮的载荷保持最大,其次是溶解氧、总氮和总磷。第二主成份中叶绿素 - a 的载荷最大,说明滇池富营养化水平不断增加。2005 年的分析中,第一主成份中总磷的载荷最大,叶绿素 - a 在第一主成份中的载荷不断增强。第二主成份中以高锰酸盐指数的载荷最为突出。这个结果显示滇池氮磷污染突出,其湖泊的富营养化水平持续增加。2006 年的氨氮表现出了突出的水质污染贡献,五日生化需氧量的影响也日渐突出。2007 年结果仍旧体现出氮磷依然是滇池水质主要的污染类型,氨氮的影响相应减少,但是,五日生化需氧量和叶绿素 - a 的影响却在不断增加。2008 年的结果表明氮磷污染物是滇池水质主要的污染物,五日生化需氧量对水质的贡献不断增加。

#### 4.3 滇池水质 1999—2008 年的空间变化特征

各监测点位 10 年的水质综合评价得分变化见图 3。图中显示:草海片区的 2 个监测点位草海中和段桥是所有监测点位中得分最低的,尤以段桥点位最低,说明草海片区水质在整个滇池中是最差的区域。

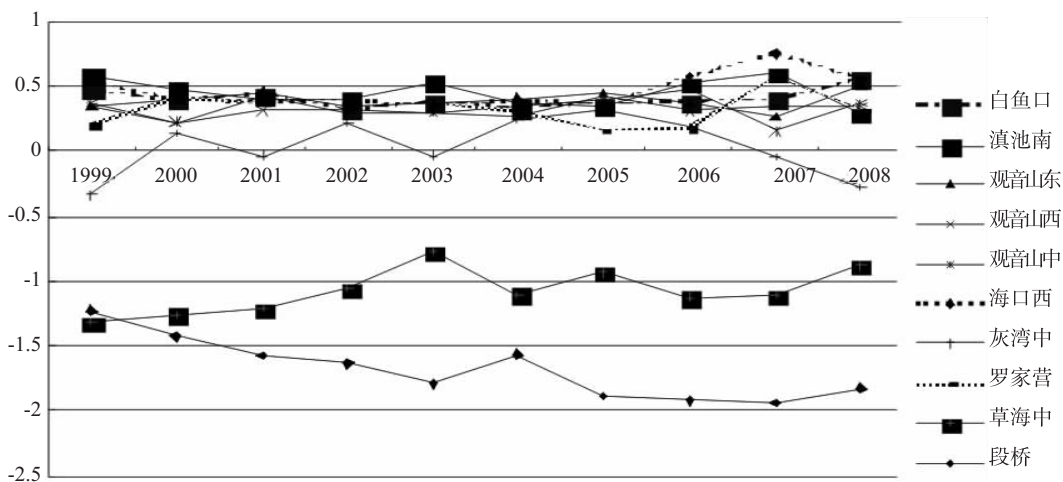


图3 滇池监测点位1999—2008年水质综合评价得分变化图

2004 年和 2005 年滇池南部水质再次下降,2006 年和 2007 年出现好转,到 2008 年,南部水质又呈现出恶化趋势。

滇池中部区域水质呈现出与南部区域水质不同的变化趋势。1999 和 2003 年中部区域水质不如南部区域。在 2002 年,中部和南部区域水质状况基本相同。2004 年和 2005 年在中部区域出现小范围的水质较南部区域好,到 2006 年和 2007 年,南部区域水质优于中部区域,2008 年中西部和中东部区域水质较南部水质好。

其它外海的 8 个监测点位中,以灰湾中的综合评价得分最低,该点位于外海北部,正处于草海水域和外海水域的结合地带。其它点位的综合评价得分均差别不大,在一定范围内浮动。

滇池水质在空间分布上呈现出南部片区水质优于北部草海片区,在 10 年间,水质由北向南逐步恶化。中部区域和南部区域 10 年间水质变化在一定范围内徘徊,时好时差。采用 IDW 空间插值法基于 ArcGIS10.2 软件计算每年的水质空间分布图,结果见图 4。从图 4 可知,总体看来,滇池南部水质好于北部水质,水质从北到南逐步下降。这与多个研究结论相同<sup>[1,6]</sup>。同时,结合图例,从 1999—2008 年的水质空间变化趋势看,滇池北部区域(主要是草海片区)的水质综合评价得分逐年降低,显示出北部区域水质不断恶化的趋势。南部区域水质呈现出波动变化的趋势,在 1999 年,南部区域水质好于中部和北部区域,在 2001 和 2002 年,南部区域水质综合评价得分持续下降,而到 2003 年,最南部小范围内水质较 2001 和 2002 年好。

#### 4 结论

1999—2008 年,滇池水质综合评价得分不断降低,说明滇池水体总体出现了不断恶化的趋势。多年的水质数据分析表明,氮磷污染在 10 年间一直是滇池水质的主要污染物,其中以氨氮的污染最为突出,五日生化需氧量和叶绿素 - a 对水质综合评价得分的贡献也不容忽视。总体来说,在研究期内,滇池水质富营养化的程度不断加深。

滇池南部区域水质优于中部和北部区域,其中

以北部的草海区域的水质最差。特别是在草海和  
 外海交界的段桥监测点位的水质多年来一直是水质最  
 差的区域。草海北部片区，即草海中监测点位片区  
 的水质呈现出稳中有升的趋势。中部区域的水质  
 10年间在一定范围内波动，整体出现不断恶化的  
 趋势。较之北部区域，南部区域的水质在整个滇池  
 水质中最好，然而，同样出现了水质在一定范围内

上下波动的趋势，预示着南部区域的水质正逐步  
 恶化。

本文在尝试采用空间插值法对滇池水质空间特  
 征进行定量分析时，由于监测点位的数量有限，计  
 算结果未能真实反映实际情况，但在一定程度上对  
 滇池水质的时空分布特征进行了分析。

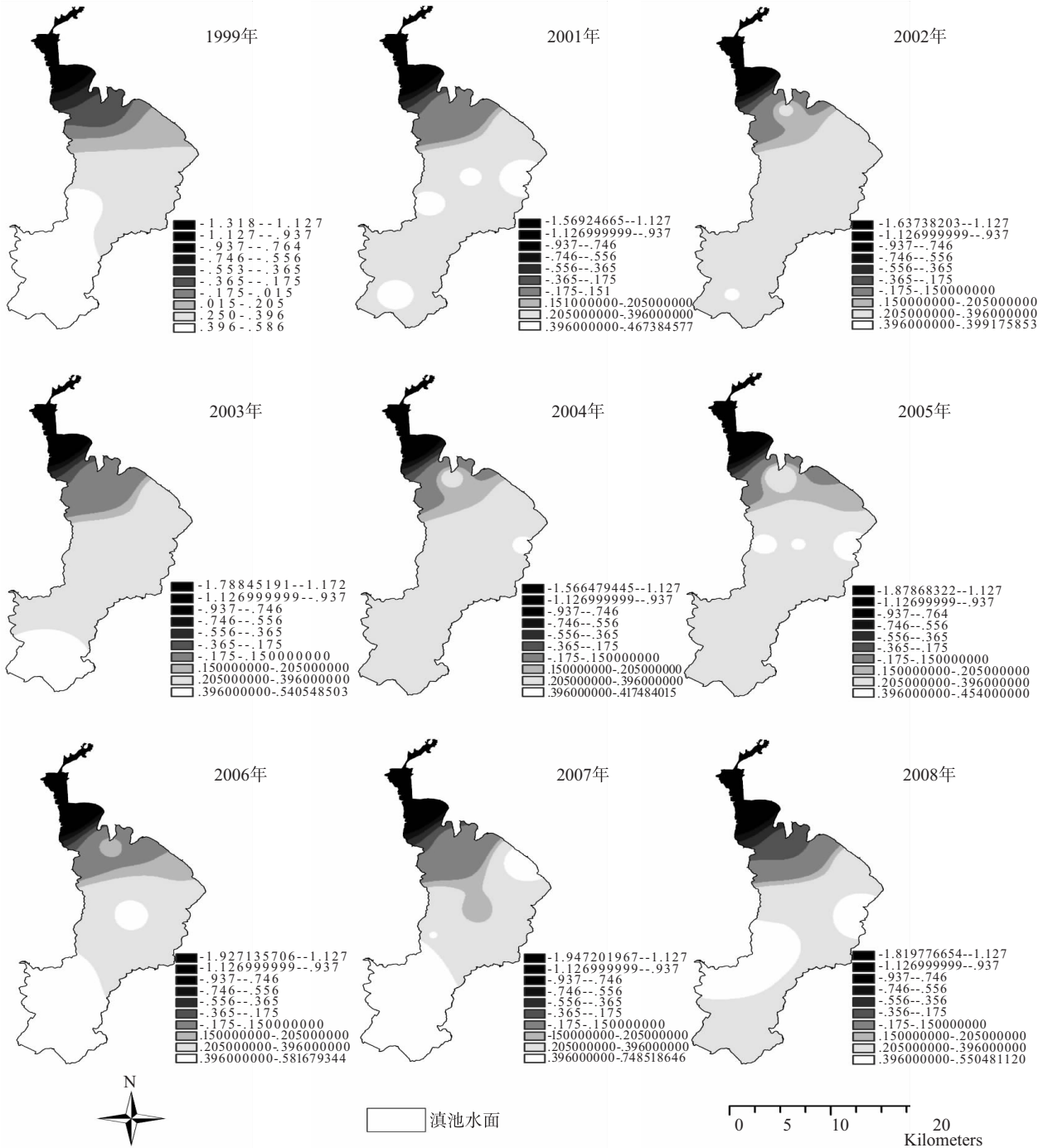


图4 滇池水质1999-2008年水质空间变化图

参考文献:

[1] 方涛, 敖鸿毅, 刘剑彤, 等. 滇池水体理化环境状况时空分

布格局研究 [J]. 水生生物学报, 2004, 28 (2): 124-130.

[2] 刘辉宇, 宋立荣, 万能, 等. 滇池水体叶绿素 a 与相关环境

- 因子的多元分析 [J]. 汉江大学学报 (自然科学版), 2007, 35 (4): 87-90.
- [3] 李蒙, 谢国清, 戴丛蕊, 等. 滇池外海水体叶绿素 a 与水质因子关系研究 [J]. 云南地理环境研究, 2009, 21 (2): 102-106.
- [4] 陈永川, 汤利, 谌丽, 等. 滇池水体中磷的时空变化特征研究 [J]. 农业环境科学学报, 2005, 24 (6): 1145-1151.
- [5] 王红梅, 陈燕. 滇池近 20a 富营养化变化趋势及原因分析 [J]. 环境科学导刊, 2009, 28 (3): 57-60.
- [6] 梁中耀, 刘永, 盛虎, 等. 滇池水质时间序列变化趋势识别及特征分析 [J]. 环境科学学报, 2014, 34 (3): 754-762.
- [7] 黎海林, 张洪, 金杰. 昆明城市化进程及对滇池水环境的影响研究 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40 (9): 5493-5495.
- [8] 陈联君. 基于遥感的滇池水环境变化研究 [J]. 科技传播, 2012, (4): 179-180.
- [9] 钟艳霞, 罗玲玲, 虎雪姣, 等. 银川市鸣翠湖湿地水质评价与污染物空间分布研究 [J]. 中国农学通报, 2013, 29 (26): 100-105.
- [10] 张文彤, 董伟. SPSS 统计分析高级教程 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [11] 道里刚, 唐亚, 王安. 因子分析法在江安河地表水水质评价中的应用 [J]. 四川环境, 2004, 23 (2): 75-77.
- [12] 杨苏才, 南忠仁, 牛亚萍, 等. 因子分析在水质评价与成因分析中的应用 [J]. 人民黄河, 2006, 28 (5): 37-39.
- [13] 张彩香, 王焰新, 张兆年. 因子分析法在黄柏河下游水质评价中的应用 [J]. 水资源保护, 2005, 21 (4): 11-14.
- [14] 王丽婧, 汪星, 刘录三, 等. 洞庭湖水质因子的多元分析 [J]. 环境科学研究, 2013, 26 (1): 1-7.
- [15] 陈东景, 马安青, 徐中民, 等. 因子分析法在水质评价中的应用 [J]. 水文, 2002, 22 (3): 29-31.
- [16] 申明金, 曹洪斌. 因子分析法在水质评价中的应用 [J]. 环境科学与管理, 2013, 38 (1): 192-194.
- [17] 张骥, 高翔, 周晶. 因子分析法在天津市主要河流水质污染程度综合评价中的应用 [J]. 安全与环境工程, 2013, 20 (1): 65-68.
- [18] 李文生, 许士国. 基于因子分析的水质综合指标评价法及其应用 [J]. 中北大学学报 (自然科学版), 2011, 27 (3): 207-211.
- [19] 周敏, 黄芳. IDW 在医学断层图像可视化中的应用 [J]. 计算机系统应用, 2009, (10): 160-163.
- [20] 刘光孟, 汪云甲, 张海荣, 等. 空间分析中几种插值方法的比较研究 [J]. 地理信息世界, 2011, (9): 41-45.

## Spatial and Temporal Trends in Water Quality of Dianchi Lake from 1999 to 2008

ZHANG Jun - li<sup>1,2</sup>, YAN Gu - fen<sup>2</sup>

(1. Yunnan Key Laboratory of Pollution Process and Management of Plateau Lake Watershed, Kunming Yunnan 650034 China)

**Abstract:** The study on the long-term change of water quality in Dianchi Lake discloses the changes of water quality. It will provide a base for the water management of Dianchi Lake. Multivariate analysis was employed to evaluate the water quality of Dianchi lake from the year of 1999 to 2008 based on the water monitoring data. The scores of the evaluation were exported as the attribute values of the monitoring sites in ArcGIS software. Inverse distance weighted (IDW) method was adopted to quantify the spatial trends of water quality of Dianchi Lake. The water quality of Dianchi lake has become worse and worse during the study period. Nitrogen and phosphorus have been the main pollutants. The water quality in the south of Dianchi lake is better than that in the center and the north. The intersection area between Caohai lake and Waihai lake had the worst water quality. Although the southern part of Dianchi lake had a better water quality relatively than other areas, the scores indicated a degrading trend from 1999 to 2008.

**Key words:** spatial and temporal change; water quality; Dianchi Lake

# 西湖不同湖区营养盐特征及富营养化现状研究

杨俊, 吴芝瑛, 徐骏, 姚思鹏, 陈望, 蔡婷婷, 丁秀颖

(杭州西湖风景名胜区环境监测站, 浙江 杭州 310008)

**摘要:**以西湖不同湖区(北里湖、外湖、西里湖、茅家埠)2012年的逐月监测资料为基础,分析了西湖不同湖区氮磷营养盐以及浮游植物的时空变化特征,并采用综合营养状态指数法,对不同湖区富营养化现状进行了评价。结果表明,氮磷营养盐及浮游植物随时间和空间的不同呈现不同的变化规律。受引水及水生生态系统的影响,西湖水域茅家埠和西里湖自我修复能力较强,水质明显优于北里湖和外湖,全年稳定地处在中营养水平,北里湖和外湖总体处于轻度富营养化,季节变化明显,夏秋季节营养值数明显高于秋冬季节。相关性分析表明,北里湖、外湖、茅家埠三个湖区的综合营养指数与叶绿素a、总磷、水温有显著的正相关关系,西里湖由于受引水影响较大,其综合营养值数与各营养因子及环境因子都没有明显的相关性。

**关键词:**营养盐;富营养化水平;时空特征;相关性;西湖湖区

**中图分类号:** X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0008-05

杭州西湖是中国主要的观赏性淡水湖泊之一,面积约6.39km<sup>2</sup>,平均水深2.27m,水体容量约为1429万m<sup>3</sup>[1]。苏堤、白堤横贯湖中,把西湖分割成外湖、北里湖、西里湖、岳湖和小南湖5个主湖区。2002年底,杭州市政府启动“西湖西进工程”恢复了茅家埠、乌龟潭等共计70hm<sup>2</sup>的水面面积,并与西里湖水面贯通,从而保持整个西湖地区生态系统的良性循环[2]。考虑到钱塘江引水、入湖溪流的补给、截污、水生植物种植等举措对各湖区的影响不同[3~4],本文以西湖最具代表性的几块水域为研究对象,在2012年1—12月每月监测1次,利用所取得的原位数据分析各湖区的水体富营养化水平以及水中营养盐和浮游植物的季节性变化特征,并探讨各因素之间的相互关系,为进一步治理西湖提供参考。

## 1 监测与分析、评价方法

### 1.1 监测布点

以苏堤为界,2012年1—12月在西湖东西水域各取两个湖区开展采样监测,湖泊监测点位设置如图1所示,1~4号点分别为北里湖、外湖、西里湖、茅家埠,在0.5m左右深处采集亚表层水样,采样频次为每月1次。

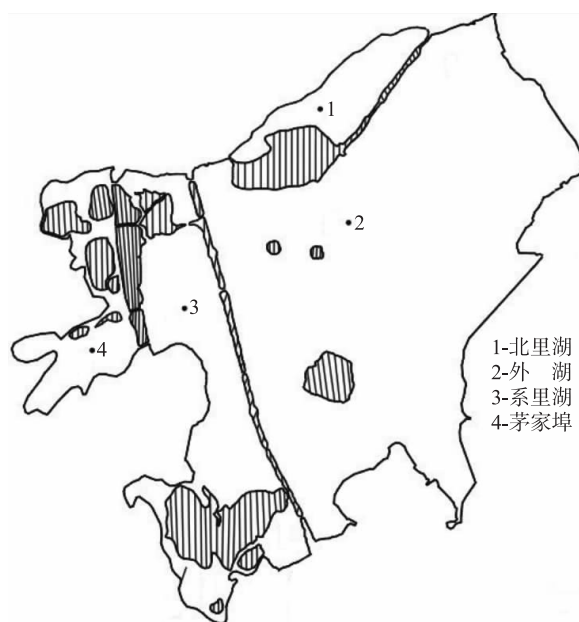


图1 西湖采样点位示意图

### 1.2 监测项目与分析方法

重点选取与水体富营养化密切相关的监测项目:水温、pH、透明度、溶解氧、高锰酸盐指数、总磷、总氮、氨氮、硝氮、叶绿素a以及浮游植物群落分析。其中水温、pH、溶解氧在现场通过YSI多功能水质仪测得,透明度使用白色塞克圆盘进行测量,其它监测项目检测方法按照《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)以及《水和废水监测分析方法》(第四版)中要求的方法测定。

收稿日期:2014-01-14

作者简介:杨俊(1985-),女,汉族,硕士研究生,工程师,任职于西湖风景名胜区环境监测站。



### 1.3 评价方法

水体富营养化程度按评价湖泊富营养化的统一方法综合营养指数法<sup>[5]</sup>进行评价,本文评价项目选取了反映水体营养程度的主要指标:叶绿素、总磷、总氮、透明度、高锰酸盐指数5项。综合营养状态指数公式为:

$$TLI(\Sigma) = \sum_{j=1}^m W_j \times TLI(j)$$

式中:  $TLI(\Sigma)$  表示综合营养状态指数;  $TLI(j)$  代表第  $j$  种参数的营养状态指数;  $W_j$  为第  $j$  种参数的营养状态指数的相关权重。

$$W_j = r_{ij}^2 / \sum_{j=1}^m r_{ij}^2$$

式中:  $r_{ij}$  为第  $j$  种参数与基准参数 Chla 的相关系数;  $m$  为评价参数的个数。

采用 0~100 的一系列连续数字对湖泊营养状态进行分级:  $TLI(\Sigma) < 30$  为贫营养;  $30 \leq TLI(\Sigma) \leq 50$  为中营养;  $TLI(\Sigma) > 50$  为富营养,其中  $50 < TLI(\Sigma) \leq 60$  为轻度富营养;  $60 < TLI(\Sigma) \leq 70$  为中度富营养;  $TLI(\Sigma) > 70$  为重度富营养。

## 2 结果与讨论

### 2.1 营养盐变化特征分析

#### (1) 氮盐

西湖 4 个监测湖区 TN 含量差异较大,茅家埠、西里湖、外湖、北里湖 TN 年均值分别为 3.015mg/L、2.433mg/L、1.802mg/L、1.679mg/L。这一结果与钱塘江引水有着很大的关系,自 2003 年起,钱塘江水经沉淀池处理后引入西湖,由表 1 可以看出,经过脱磷降浊后西湖引水中的 TN 年均值为 2.68mg/L。西里湖是西湖引水的主要配水区域,茅家埠有两个钱塘江引水口,且湖区较小,使得引水带来的氮盐有部分在这两个湖区聚集,此外携带氮盐污染物的上游溪流也是通过湖西区域进入西湖。北里湖距引水口较远,外湖湖面面积、库容较大,边界线较为复杂,而且这两个湖区浮游植物密度较高,会消耗部分氮盐,因此北里湖、外湖的氮盐含量总体低于西部湖区的茅家埠和西里湖。

就全年季节变化趋势来看,北里湖、外湖都表现为 2 月份达到最大值后开始呈下降趋势,夏秋季节处于一年中较低水平,11 月份起缓慢升高。春季气候转暖,水温回升,水体中微生物活动开始活跃起来,氮盐的吸收加快,夏季湖水  $O_2$  的含量较低,反硝化作用的速率较快<sup>[6]</sup>,冬季水温较低,生物活动受到抑制,植物对氮盐的吸收

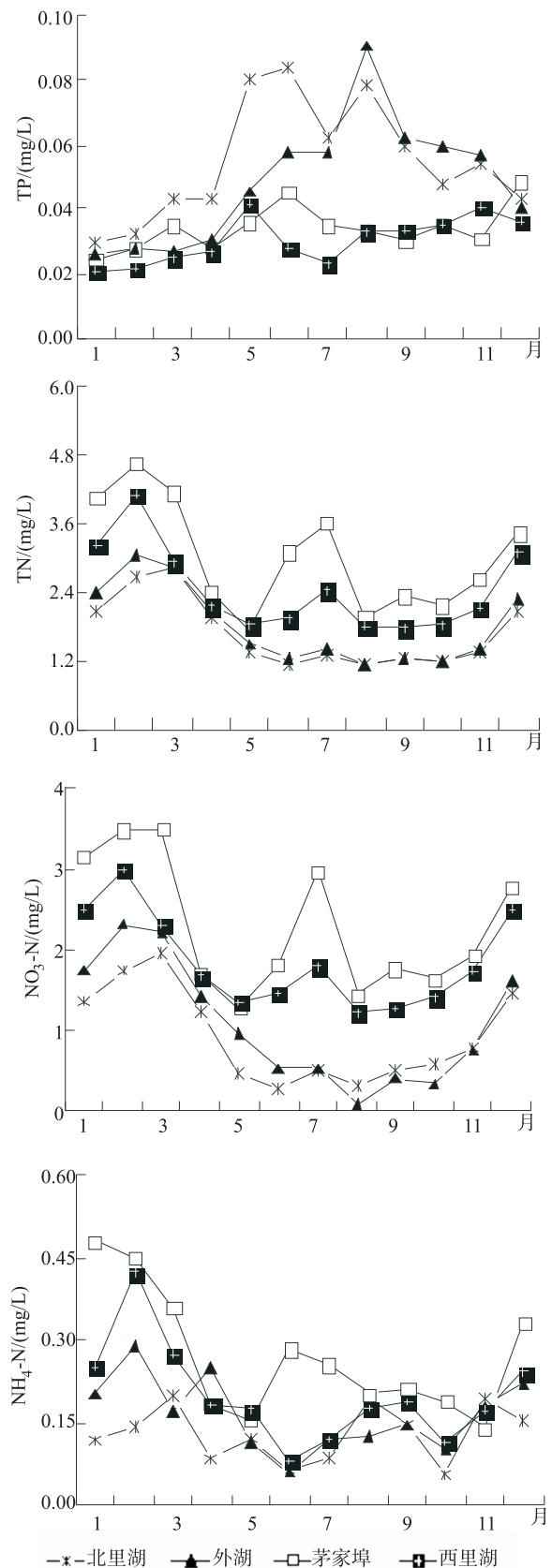


图2 西湖不同湖区2012年氮磷营养盐月变化曲线

速率降低应是北里湖、外湖 TN 季节变化的主要原因。茅家埠、西里湖季节变化较为相似,春季

呈下降趋势，秋冬季呈上升趋势。这两个湖区总氮季节变化与温度有一定关系，但表1引水监测数据表明这一变化特征更大程度上是受引水的影响。

从图2中可以看出，监测湖区NO<sub>3</sub>-N季节变化趋势与TN基本相同，由计算可知北里湖、外湖、茅家埠、西里湖中NO<sub>3</sub>-N占TN的比例分别为55%、60%、76%、76%，而NH<sub>4</sub>-N占TN比例则分别为7.7%、9%、2%、9%、8.2%。造成这一比例的主要原因可能是钱塘江引水中硝氮比例远高于NH<sub>4</sub>-N，从表1中的年均值来看，引水中NO<sub>3</sub>-N为2.18mg/L，占TN

含量的81.3%；NH<sub>4</sub>-N仅为0.367mg/L，占总氮比例13.7%。4个监测湖区NH<sub>4</sub>-N的季节变化趋势总体表现为冬季较高，春秋季节较低，虽然大部分植物都可吸收多种氮源，但通常倾向于吸收氨氮<sup>[7]</sup>。冬季水温较低，生物活动受到抑制，植物对氨氮的吸收速率降低应该是冬季氨氮较高的主要原因。春季气候转暖，水温回升，水体中微生物活动开始活跃起来，促进氨氮的转化，然后随温度进一步上升，氨氮含量迅速降低，转化为稳定的硝氮。氨氮的这种转化规律可能影响到水体氮盐浓度的季节变化。

表1 2012年西湖引水的氮磷值 (mg/L)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年均值
TN	5.48	2.82	2.42	2.41	1.80	3.52	2.19	2.66	2.56	2.60	2.88	3.29	2.68
NO <sub>3</sub> -N	3.15	2.29	2.00	1.80	1.30	2.90	1.88	1.98	2.03	2.15	2.26	2.43	2.18
NH <sub>4</sub> -N	1.21	0.443	0.330	0.450	0.230	0.327	0.291	0.181	0.117	0.056	0.250	0.526	0.367
TP	0.057	0.032	0.025	0.043	0.035	0.019	0.026	0.040	0.044	0.038	0.035	0.049	0.037

(2) 总磷

西湖不同点位TP的时空差异较大，北里湖、外湖总磷年均值分别为0.055mg/L、0.049mg/L，季节变化幅度很大，冬季总磷处在较低水平，夏季较高。北里湖极大值为0.084mg/L，出现在6月份，极小值在1月出现，为0.030mg/L。外湖极大值为0.090mg/L，出现在8月份，极小值在1月出现，为0.026mg/L。在水温相对较低的1—4月份，西湖上游溪流输入的磷大部分被底泥吸附，同时由于微生物活动受到抑制，有机磷的分解速度较慢，沉积物中磷的释放量较少，所以这两个湖区的总磷浓度都处在较低水平。6月份以后，水温逐渐升高，被吸附的磷重新释放进入水体，使水体中的总磷含量明显回升。研究表明<sup>[8]</sup>，无论好氧还是厌氧条件，底泥释磷都是随温度升高而增加，因此夏秋季节温度高内源磷释放最强，同时由于浮游生物活动强烈，可能进一步增加了磷酸盐的释放，释放的磷酸盐也随之增大。

西里湖、茅家埠总磷年均值分别为0.030mg/L、0.034mg/L，季节变化幅度较小，波动不太明显，全年处在一个较低水平。这主要是由于西里湖为引水的主要扩散区域，引水含磷量年均约为0.035mg/L，大量引水进入西里湖后稀释作用非常

明显。茅家埠是西湖综合整治工程中开发的新湖区，水生植物丰富，受到的外界磷营养盐负荷较少，同时茅家埠也有两个引水口，因此西湖西部两个湖区的总磷全年含量都是比较低的。

2.2 浮游植物变化特征分析

从图3浮游植物的检测结果可以看出，4个监测湖区浮游植物生物量及优势藻类有很大差异，北里湖、外湖夏秋季节生物量明显高于冬春两季，北里湖7月份藻类密度最高，达到了31.1 × 10<sup>6</sup> cells/L，外湖同样在7月份达到最高值53.4 × 10<sup>6</sup> cells/L。从生物量来看这两个湖区的季节变化都呈现夏 > 秋 > 春 > 冬的特征。从西里湖的生物量来看，1—8月份生物量相对9—12月份较高，2月份最高达到3.07 × 10<sup>6</sup> cells/L，也仅为北里湖的1/10。茅家埠除6月最高值达到6.93 × 10<sup>6</sup> cells/L，其他月份生物量季节变化并不明显，在0.7 ~ 2.6 × 10<sup>6</sup> cells/L波动。从浮游植物组成来看，北里湖在夏秋季节为蓝藻型，而春冬季节为隐藻 + 硅藻型。外湖1—5月份隐藻、硅藻占优势，而6—12月份则是蓝藻占绝对优势。西里湖主要优势种群以隐藻为主，全年有6个月的时间隐藻比例在60%以上。茅家埠秋冬季为隐藻 + 硅藻型，其他月份没有明显的优势种群。

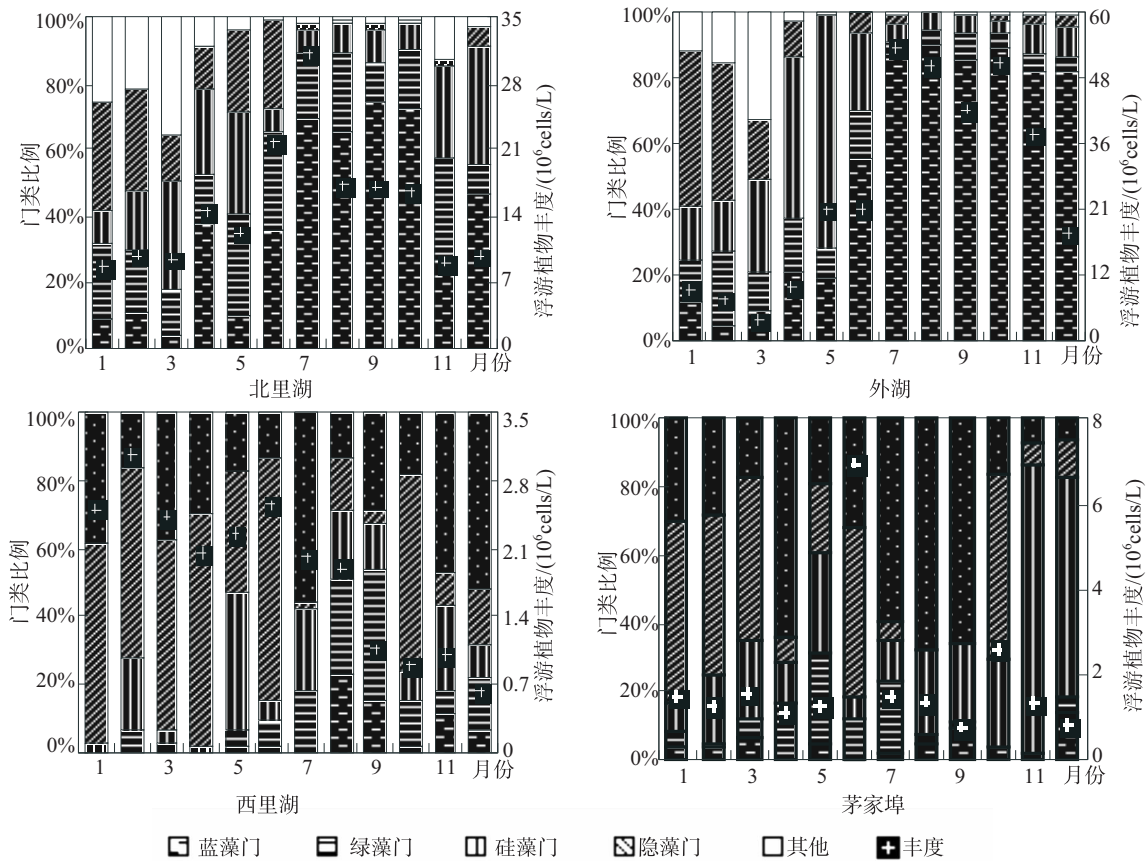


图3 2012年西湖不同湖区浮游生物逐月变化情况

### 2.3 不同湖区富营养化现状和特征

结合图4中2012年西湖不同湖区富营养化评价结果,就年均综合营养值数来看,北里湖(53.08) > 外湖(51.99) > 西里湖(42.32) > 茅家埠(41.45)。就季节变化趋势来看,北里湖、外湖富营养化水平季节变化显著并且有相似的趋势,二者的营养值数都是在8月份达到最大,在8月份之前呈上升趋势,从9月份开始逐月下降。同时从图4也可以看出,北里湖1、2月份处于中营养水平,而外湖全年则有5个月都是处在中营养状态的。与北里湖、外湖不同,西部湖区西里湖、茅家埠营养指数全年都处在中营养水平,并且季节变化比较稳定,茅家埠在36.5~47.5波动,西里湖则更为平稳,营养值在40.4~46.0波动。结合相关资料<sup>[9-10]</sup>可以看出,西湖水体的富营养化状态已经得到了较好的控制。

4个监测湖区综合营养值数的季节变化特征,与各个湖区不同的自净能力有很大关系。北里湖距引水口较远,附近的出水口较小,水流缓慢,引水稀释作用相对较差,外湖湖面面积较大,库容大,受引水的影响反而比较小,水交换能力较弱。因此北里湖、外湖的水体自净能力相对较差,水体中的

营养盐与温度、风力、降水等气候因素关系较大,营养值数季节波动较为明显。茅家埠水域透明度高,光照充足,水草生长茂盛,同时又有引水口,西里湖湖区较小,并且是西湖重要的引水扩散区域,这些因素使得这两个湖区的水体更新速度较快,自净能力较强,水质指标受气候影响相对较小,能够全年都处在较低的营养水平。

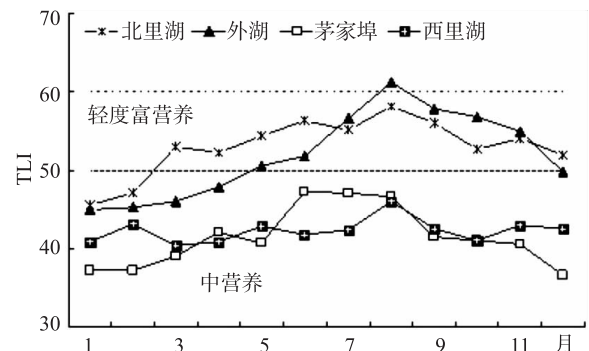


图4 2012年西湖不同湖区综合营养指数逐月变化趋势

### 2.4 营养元素与营养值数相关性分析

本文采用SPSS对西湖水体不同点位营养因子、主要水环境因子与综合营养值数进行K-S检验,通过Pearson相关分析方法对各因子与营养值数间的相关性进行研究。从表2中的相关性指数可以看

出,各营养因子、浮游植物密度和营养综合指数分布的相关性各不相同。北里湖与外湖在相关性方面有一定的相似表现,两个湖区的营养值都与叶绿素、总磷、化学需氧量、温度、pH呈显著正相关。与总氮、硝氮、透明度、DO呈现较为显著的负相关。两个湖区的不同点表现在北里湖营养值与氨氮、浮游植物呈不明显正相关,而外湖营养值与氨氮在0.05水平上显著负相关,与浮游植物在0.01

水平上显著正相关。西里湖的营养值只与叶绿素在0.01显著性水平上呈正相关,与化学需氧量在0.05显著性水平上呈正相关,与其他指标的相关性均不够显著。与西里湖不同的是,茅家埠的营养值数与叶绿素、总磷、化学需氧量、温度、pH均呈显著的正相关,与透明度、溶氧呈显著负相关,与氨盐均呈负相关但其相关性并不明显,与浮游植物呈现不显著正相关。

表2 不同湖区水质指标与综合营养值数的相关性分析

	叶绿素	总磷	总氮	氨氮	硝氮	浮游植物	化学需氧量	透明度	温度	pH	DO
北里湖	0.916**	0.854**	-0.688*	0.098	-0.729*	0.555	0.873**	-0.928**	0.863**	0.616*	-0.874**
外湖	0.968**	0.955**	-0.876**	-0.608*	-0.926**	0.957**	0.951**	-0.965**	0.821**	0.781*	-0.843**
西里湖	0.891**	0.346	-0.182	0.040	-0.292	-0.060	0.654*	-0.511	0.432	0.303	-0.336
茅家埠	0.975**	0.650*	-0.390	-0.471	-0.437	0.468	0.666*	-0.807**	0.888**	0.749**	-0.844**

注:\*\*在0.01水平上显著相关,\*在0.05水平上显著相关。

### 3 结论与建议

(1) 西湖不同湖区营养盐及浮游生物的时空差异很大,北里湖、外湖的氮盐含量总体低于西部湖区,总磷则反之。北里湖、外湖的浮游生物量远高于西部湖区,浮游生物种类也有很大差别。引起此季节及区域差异性的原因与西湖引水关系密切,同时也与藻类及水生生物的分布以及各湖区的水环境条件有关。

(2) 2012年西湖四湖区富营养化水平空间差异较大,其中北里湖、外湖总体处于轻度富营养化水平,季节变化明显,茅家埠和西里湖全年平稳地处于中营养水平,这与各个湖区的水体自净能力有关。

(3) 尽管受引水影响,北里湖、外湖的自我修复能力差于西部湖区茅家埠及西里湖,但这两个湖区在冬季的综合营养值数仍然处在一个较低的水平,因此可以考虑在冬季适当减少引水稀释,以减少氮盐的入湖量。

(4) 外湖、北里湖、茅家埠三个湖区的综合营养指数与叶绿素、总磷、水温有显著的正相关关系,这说明西湖仍属于磷限制性湖泊<sup>[11]</sup>。西里湖营养值数与各营养盐及环境因子都没有明显的相关性,这与西里湖是钱塘江引水的主要配水区有关。

#### 参考文献:

[1] 施奠东. 历史的回归——西湖湖西地区综合保护与治理

[A]. 中国风景园林学会第四次全国会员代表大会论文集 [C]. 2008: 11-12.

[2] 陈相强. 新西湖博览 [M]. 杭州: 浙江科技技术出版社, 2004.

[3] 邓开宇, 吴芝瑛, 张国亮, 等. 从叶绿素 a 的变化浅析西湖综合保护工程效益 (1998-2007年) [J]. 湖泊科学, 2009, 2 (4): 518-522.

[4] 唐孟成, 俞秋红, 王寿祥. 雨后入湖溪流磷污染对西湖的影响及其对策 [J]. 环境污染与防治, 2003, 25 (1): 12-15.

[5] 王明翠, 刘雪芹, 张建辉. 湖泊富营养化评价方法及分级标准 [J]. 中国环境监测, 2002, 18 (5): 47-49.

[6] 杨柳, 章铭, 刘正文. 太湖春季浮游植物群落对不同形态氮的吸收 [J]. 湖泊科学, 2011, 23 (4): 605-611.

[7] Presing M, Herodek S, Preston T, et al. Nitrogen uptake and the importance of internal nitrogen loading in Lake Balaton [J]. Freshwater Biology, 2001, 46 (1): 125-139.

[8] Liikanen A, Murtoniemi T, Tanskanen H, et al. Effects of temperature and oxygen availability on greenhouse gas and nutrient dynamics in sediment of a eutrophic mid-boreal lake [J]. Biogeochemistry, 2002, 59 (3): 269-286.

[9] 毛成泽, 余雪芳, 邵晓阳. 杭州西湖总氮、总磷周年变化与水体富营养化研究 [J]. 水生态学杂志, 2010, 3 (4): 1-6.

[10] 楼威, 周佳音, 李共国, 等. 疏浚后杭州西湖富营养化评价 [J]. 中国环境监测, 2007, 23 (1): 63-66.

[11] 钱天鸣, 陈超, 程咏. 杭州西湖水体生态环境参数的相互关系 [J]. 中国环境监测, 2002, 18 (3): 41-45.

(下转第32页)

# 程海流域陆生生态系统健康评价

谭志卫<sup>1,2</sup>, 董云仙<sup>1,2</sup>, 赵润<sup>1,2</sup>

(云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034;

云南省高原湖泊流域污染过程与管理重点实验室, 云南 昆明 650034)

**摘要:**应用景观生态学理论, 根据程海流域生态系统现状, 构建了程海流域陆生生态系统健康评价指标体系。采用综合参数评价模型评价了1989年、2000年、2012年三个年份的陆生生态系统健康状况。评价结果表明: 1989年、2000年、2012年的陆生生态系统健康状态都为不健康状态。陆生生态系统不健康的原因是陆生生态系统景观被破坏, 系统结构出现缺陷, 活力较低。提出了措施和建议。

**关键词:**生态系统; 陆生; 健康; 评价; 指标体系; 程海

**中图分类号:** X82    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0013-05

近年来, 生态系统健康成为生态系统管理领域的一个热点问题<sup>[1]</sup>, 客观、科学、全面的评价是管理的前提和基础, 其作为资源环境管理的新方法, 被众多的学者重视, 逐渐成为生态学研究的一个重要方向<sup>[2]</sup>。由于人口增加和工农业生产的发展, 人类赖以生存的生态环境日益退化, 特别是湖泊水域富营养化问题, 已严重影响并威胁到社会经济和人类健康<sup>[3]</sup>。对湖泊生态系统进行研究, 建立湖泊生态系统健康评价体系和指标阈值, 不但可以为我国湖泊环境综合治理提供可操作的依据, 而且还有利于湖泊生态系统的可持续性管理和合理利用, 实现生态、社会、经济三方面效益的协调。

## 1 研究区概况

程海湖又名黑伍海, 位于永胜县中部, 属永胜县程海镇管辖。流域面积318.3km<sup>2</sup>, 其中陆地面积243.2km<sup>2</sup>, 水域面积75.8km<sup>2</sup>。湖南北长19.15km, 东西最大宽度5.2km, 平均宽度4.3km, 湖岸线长45.1km, 蓄水量19.8亿m<sup>3</sup>, 平均水深25.7m, 最大水深35.1m。湖泊地处滇西北高原与云贵高原的衔接部位, 世界自然遗产“三江并流”金沙江中段, 属中亚热带高原季风气候, 主要盛行南风, 年平均气温19.1℃, 最冷月平均气温8~11℃。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源及处理

程海流域1:25万数字高程模型(DEM); 1989年、2000年、2012年程海流域土地利用状

况, 其数据从这三期TM影像解译获取, 数据格式为ArcGIS的Shp文件; 1989年、2000年、2012年程海镇统计年鉴及经济年鉴。

用ArcGIS软件将Shp格式的程海流域土地利用/覆盖图处理成Coverage格式, 并利用景观格局分析软件Fragstas3.3计算出3个时段各类景观结构指数并进行分析。

### 2.2 评价方法

二十多年来, 程海流域随着社会经济的发展及各种自然、地域、水资源利用等因素的影响, 流域的土地利用发生了较大变化, 从而使得流域的景观格局发生变化, 这必然影响到了区域的生态系统健康。人类活动对生态系统的健康也尤为重要, 人类活动会威胁生态系统健康, 导致生态系统结构发生变化, 从而影响生态系统的服务功能。因此, 本次评估采用系统本身的生态指标和区域的社会、经济、人类活动等方面的指标进行评价。生态学指标与经济学指标相结合使指标系统更为全面, 评价结果更可靠。

### 2.3 生态系统评价指标体系

在综合考虑了国内外有关流域生态系统健康评价指标体系的基础上, 以景观生态学、生态系统健康理论为基础, 结合程海流域当地实际情况, 从流域景观格局、自然生态系统和人类活动干扰3个方面, 共选取了10项指标来评价, 如图1。

#### (1) 多样性指数

景观多样性指数是借用生物多样性提出的用来描述和评价景观异质性水平的一个概念, 有多种不同的

测度指标。本次评估采用 Shannon - Weaner 指数。

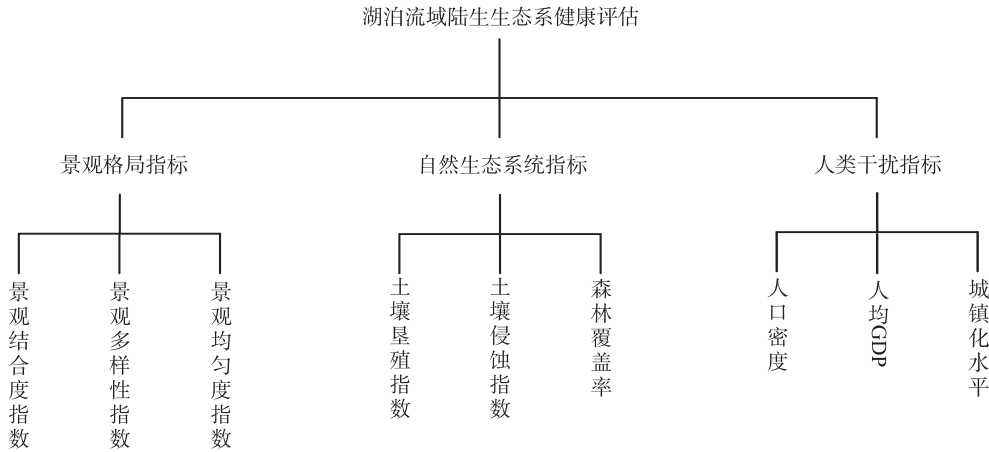


图1 程海陆生生态系统健康的综合评价指标体系

$$H = - \sum_{i=1}^M AP_i \log_2 AP_i$$

其中:  $AP_i = \sum_{j=1}^{N_i} \frac{A_{ij}}{A}$

式中:  $H$  是景观多样性指数,  $AP_i$  是第  $i$  类景观要素面积占景观总面积的比例,  $M$  指景观要素类型个数。各类景观要素面积相等时的景观多样性指数最大, 用  $H_{max}$  表示:

$$H_{max} = - \log_2 \left( \frac{1}{M} \right)$$

(2) 景观均匀度指数

景观均匀度指数指实际多样性和最大多样性之比, 是景观多样性的相对值。其计算公式为:

$$E = \frac{H}{H_{max}}$$

景观多样性可以定量地描述为景观中景观要素斑块的不确定性, 可以反映景观异质性和景观中不同景观类型分布的均匀化和复杂程度。由其计算公式可见, 影响景观多样性指数大小的因素一是景观中景观要素类型的数量, 这决定研究对象的生态学尺度和空间分辨率; 二是各景观要素类型间的面积分配关系。

(3) 斑块密度指数

斑块密度包括景观斑块密度和景观要素斑块密度。景观斑块密度是指景观中所有异质性景观要素中斑块的单位面积斑块数; 景观要素斑块面积则是指景观要素中某类景观要素的单位面积斑块数。斑块密度反映景观的破碎化程度与景观空间异质性程度。斑块密度越大, 破碎化程度越大, 空间异质性程度也愈大, 反之亦然。

$$PD = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^m N_i$$

式中:  $PD$  为景观斑块密度;  $m$  为景观要素类型总数;  $A$  为研究地区景观总面积。

(4) 土壤垦殖指数

土壤垦殖指数即耕地面积占区域总面积的百分比, 表示土地持续提供人类生存资源的能力。该指数越大, 土地的利用潜力越弱, 可开发余地越小。

(5) 土壤侵蚀指数

土壤侵蚀指数指轻度以上侵蚀面积占区域总面积的百分比。该指数越大, 说明被破坏的土地面积越大, 土地保水保肥能力差。

(6) 森林覆盖率

森林覆盖率指林地占区域总面积的百分比。

3 综合参数评价模型

为了避免人为主观判断的片面性, 本评估选用客观赋权法来进行评价。客观赋权法中的熵值法是在客观条件下, 由评估指标值构成的判断矩阵来确定指标权重的一种方法, 它能尽量消除各因素权重的主观性, 使评估结果更符合实际。

在信息论中, 熵是无系统无序程度的度量, 它还可以度量数据所提供的有效信息。信息熵越小, 系统无序度越小, 信息的效用值越大; 信息熵越大, 系统无序度越高, 其信息的效用值越小。其计算步骤如下:

- (1) 构建  $n$  个样本  $m$  个评估指标的判断矩阵。
- (2) 将判断矩阵归一化处理, 得到归一化判断矩阵  $B$ 。

在实际决策中, 评估指标通常分为越大越优型和越小越优型两类, 各类指标对优的相对隶属度计算公式分别如下:

越大越优型:

$$r_{ij} = (x_{ij} - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (1)$$

越小越优型:

$$r_{ij} = (x_{\max} - x_{ij}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (2)$$

式中:  $x_{\max}$ ,  $x_{\min}$  一 同指标下不同样本中最满意或最不满意者 (越小越满意或越大越满意)。

根据式①和式②可将评估指标特征值矩阵转换为其对优的相对隶属度矩阵:

$$R = r_{ij}$$

式中:  $r_{ij}$  一 方案  $j$  指标  $i$  的特征值对优的相对隶属度。

(3) 根据熵的定义, 对于  $n$  个样本  $m$  个评估指标, 可确定评估指标的熵为:

$$H_i = - \frac{1}{LNn} \left( \sum_{j=1}^n f_{ij} LNf_{ij} \right) \quad (3)$$

$$f_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_{i=1}^n b_{ij}}$$

式中:  $0 \leq H_i \leq 1$ , 为使  $LNf_{ij}$  有意义, 假定  $f_{ij} = 0, f_{ij} LNf_{ij} = 0, i = 1, 2, 3, \dots, m, j = 1, 2, 3, \dots, n$ 。

(4) 利用熵值计算评估指数的熵权:

$$W_i = - \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i} \quad (4)$$

(5) 生态系统健康综合指数:

$$EHCI = \sum_{i=1}^n W_i I_i \quad (5)$$

式中:  $EHCI$ —生态系统健康综合指数, 其值在 0 与 1 之间;

$W_i$ —评估指标在综合评估指标体系中的权重值, 其值在 0 与 1 之间;

$I_i$ —评估指标的归一化值, 其值在 0 与 1 之间。

#### 4 生态系统健康等级划分

本研究参考了国内外相关研究的有关标准, 结合程海流域的实际情况, 提出生态系统健康评估标准, 把生态系统健康状态分为 5 个等级, 取值范围分别为很健康 (80 ~ 100)、健康 (60 ~ 80)、亚健康 (40 ~ 60)、不健康 (20 ~ 40)、病态 (0 ~ 20)。各级具体含义见表 1。

#### 5 结果与分析

本评估选取 1989 年、2000 年、2012 年的结合度指数、多样性指数、均匀度指数、斑块密度指数、人口密度、人均 GDP、城镇化水平、土壤垦殖水平、土壤侵蚀指数、森林覆盖率 10 个指标进行客观评估。结合度指数、多样性指数、均匀度指数、斑块密度指数采用景观生态学的方法, 在 Arcview3.3 和 Fragstat3.3 的结合下完成了研究区景观格局的分析, 得出相关指数值。人口密度、人均 GDP、城镇化水平、土壤垦殖水平、土壤侵蚀指数、森林覆盖率参考研究年年鉴及土地利用现状数据得出。各指标具体数值见表 2。

表 1 综合生态系统健康等级划分

健康等级	健康状态	综合指数	生态系统特征
一级	很健康	80 ~ 100	陆生生态系统状态良好, 生态结构十分合理, 外界压力小, 活力极强, 生态系统的生态功能完善, 系统稳定。
二级	健康	60 ~ 80	陆生生态系统景观维持自然状态, 活力较强, 系统结构比较合理, 外界压力小, 系统尚稳定, 功能较完善。
三级	亚健康	40 ~ 60	陆生生态系统景观有一定变化, 系统结构较合理, 有一定的活力, 外界压力大, 系统尚稳定, 但较敏感。
四级	不健康	20 ~ 40	陆生生态系统景观被破坏, 系统结构出现缺陷, 活力较低, 外界压力大, 生态系统功能不能满足需要。
五级	病态	0 ~ 20	陆生生态系统结构不合理, 活力极低, 外界压力很大, 生态系统严重恶化。

表 2 程海陆生生态系统健康综合评估指标体系

指标	2012 年	2000 年	1989 年
结合度指数	97.4834	97.2624	96.6944
多样性指数	1.8353	1.8068	1.7889
均匀度指数	0.7970	0.7847	0.7769
人口密度 / (人/km <sup>2</sup> )	95.8553	100.7625	91.8653
人均 GDP / (元/人)	7916	1729	637
城镇化水平	0.0028	0.0022	0.0010
土壤垦殖指数	0.0539	0.0646	0.0649
土壤侵蚀指数 / (km <sup>2</sup> )	75.7900	86.4710	94.9562
森林覆盖率	0.3826	0.3926	0.3790

(1) 首先构建程海陆生生态系统健康评估 3 个样本 9 个指标的判断矩阵  $R$ :

$$R = \begin{cases} 97.483 & 1.835 & 0.797 & 95.855 & 7916 & 0.003 & 0.054 & 75.790 & 0.383 \\ 97.262 & 1.807 & 0.785 & 100.763 & 1729 & 0.002 & 0.065 & 86.471 & 0.393 \\ 96.694 & 1.789 & 0.777 & 91.865 & 637 & 0.001 & 0.065 & 94.956 & 0.379 \end{cases}$$

(2) 对判断矩阵  $R$  进行归一化处理, 得到归一化判断矩阵  $B$ :

$$B = \begin{cases} 1.000 & 0.000 & 1.000 & 0.552 & 0.000 & 0.000 & 1.000 & 1.000 & 0.269 \\ 0.720 & 0.386 & 0.388 & 0.000 & 0.850 & 0.325 & 0.031 & 0.443 & 1.000 \\ 0.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \end{cases}$$

(3) 根据熵的定义, 可确定评估指标的熵:

$$H = [0.6188 \quad 0.5383 \quad 0.5394 \quad 0.5924 \quad 0.6279 \quad 0.5069 \quad 0.1221 \quad 0.5612 \quad 0.4705]$$

(4) 计算评估指标的熵权:

$$W = [0.0447 \quad 0.0541 \quad 0.0540 \quad 0.0478 \quad 0.0436 \quad 0.0578 \quad 0.1029 \quad 0.0514 \quad 0.0621]$$

(5) 计算程海陆生生态系统健康综合指数

将表3 评估指标的归一化值及熵权代入式⑤, 可得程海陆生生态系统的健康综合指数, 见表4。

表3 程海陆生生态系统健康综合评估指标归一化值

指标	2012年	2000年	1989年
结合度指数	1.0000	0.7199	0.0000
多样性指数	0.0000	0.3858	1.0000
均匀度指数	1.0000	0.3881	1.0000
人口密度/(人/km <sup>2</sup> )	0.5515	0.0000	1.0000
人均GDP/(元/人)	0.0000	0.8500	1.0000
城镇化水平	0.0000	0.3246	1.0000
土壤垦殖指数	1.0000	0.0307	0.0000
土壤侵蚀指数/(km <sup>2</sup> )	1.0000	0.4427	0.0000
森林覆盖率	0.2694	1.0000	0.0000

表4 程海陆生生态系统健康综合指数

时间	2012年	2000年	1989年
生态系统综合健康指数	0.2962	0.2179	0.2574

表5 程海陆生生态系统健康评估结果

时间	2012年	2000年	1989年
生态系统综合健康指数(×100)	0.2962	0.2179	0.2574
生态系统健康状态	不健康	不健康	不健康

从评价结果可以看出, 1989年、2000年、2012年的陆生生态系统健康状态都为不健康状态。陆生生态系统景观被破坏, 系统结构出现缺陷, 活力较低, 外界压力大, 不能满足生态系统功能正常发挥的需要。究其原因, 主要是由于一直以来程海流域森林覆盖率偏低, 远低于云南省森林覆盖率(52.93%)的平均水平; 另一方面, 程海流域位于金沙江干热河谷地带, 属中亚热带高原季风气候, 全年受热带大陆性气团和海洋东南季风影响,

降雨不丰富, 加上当地的成母质主要为玄武岩、石灰岩风化土, 雨热条件和土壤结构造成了程海流域植被类型少。流域主要乔木植被为云南松林和华山松林, 而广泛分布的是灌草丛和中山湿性常绿栎类灌丛, 树种结构不合理, 群落结构简单, 生物多样性降低, 保水保土能力差, 不利于生态系统的良好发展; 第三, 程海流域长期以来社会经济发展以传统农业为主, 由于当地水利设施不健全, 降雨偏少, 使靠天吃饭成为当地主要的生产方式, 粗放的生产生活方式给生态环境带来了人为压力和胁迫; 第四, 从土地利用景观格局动态变化来看, 20年来, 在政府针对林业“宜封则封, 宜造则造, 封山育林与人工造林相结合”的强有力政策下, 森林覆盖率有所提高, 同时区域内的景观结合度越来越好, 有利于生物物质的交流, 但是总体水平不高, 影响整个生态系统物质和能量的交流。虽然程海流域三个时段的生态系统健康状态都为不健康, 但是2012年的健康指数比2000年和1989年都高, 说明生态系统健康状态有所改善, 森林覆盖率的提高、水土流失面积的减少对其也起到了印证作用。



## 6 措施建议

(1) 继续实施“宜封则封, 宜造则造, 封山育林与人工造林相结合”的政策, 加快林分改造, 增强水源林的“清水产流”功能。封山育林简单易行, 经济省事, 可为乡土树种创造适宜的生态生境, 促使林木生长, 进而演替为地带性植被——中山湿性常绿阔叶林。通过封山育林、自然演替和林分改造提高演替速率。

(2) 加强对土地使用方式的管理, 保护生态用地资源。保护耕地资源的数量稳定, 严守“耕地红线”。提高土地集约利用水平, 避免对生态保护用地和耕地的侵占。

(3) 优化产业结构, “一调二控三促”。调整第一产业的产业结构, 改变传统农业的生产方式, 发展生态农业和有机农业, 加大农业面源污染治理力度。控制“螺旋藻”养殖业的发展速度, 并且加

强“螺旋藻”养殖业污染的治理。促进第三产业的发展。

(4) 加强水土流失治理。加强程海流域境内小流域治理力度, 减少水土流失。

## 7 结语

本文由于资料有限, 仅对三个时段进行了健康评价, 在今后的理论研究和实践中应补充其它时间序列。

### 参考文献:

- [1] 罗跃初, 周忠轩, 孙轶, 等. 流域生态系统健康评价方法 [J]. 生态学报, 2003, 23 (8): 1066 - 1075.
- [2] 方庆, 董增川, 刘晨, 等. 基于景观格局的区域生态系统健康评价——以滦河流域行政区为例 [J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10 (6): 37 - 41.
- [3] 濮培民. 健康水生态系统的退化及其修复——理论、技术及应用 [J]. 湖泊科学, 2001, 13 (3): 193 - 203.

# Terrestrial Ecosystem Health Assessment in the Chenghai Lake Basin

TAN Zhi - wei<sup>1,2</sup>, DONG Yun - xian<sup>1,2</sup>, ZHAO Run<sup>1,2</sup>

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

**Abstract:** Landscape ecology theory was applied to build up a terrestrial ecosystem health assessment index system in the Chenghai Lake basin based on the current terrestrial ecological status. The health status of the terrestrial ecosystem in the year of 1989, 2000, and 2012 in the Chenghai Lake basin was evaluated using a comprehensive parameter model. The results showed that the terrestrial ecosystem in these three years were in the unhealthy status. The factors could be a destruction of landscape ecology causing a deficient ecological structure with low activities. Countermeasures and suggestions were put forward to improve the health status.

**Key words:** terrestrial ecosystem; health; evaluation; index system; Chenghai lake

# 2010—2013 年贵州省集中式 饮用水源地环境状况评估

江川<sup>1</sup>, 熊娅<sup>2</sup>

(1. 贵州省环境监测中心站, 贵州 贵阳 550081; 2. 贵州省环境科学研究设计院, 贵州 贵阳 550081)

**摘要:** 以逐年评估报告为基础, 分析评估了 2010—2013 年贵州省集中式饮用水源地环境状况变化。结果表明: 4 年间, 贵州省集中式饮用水源地水质状况一直处于稳定状态; 环境管理逐年加强。分析了存在的问题, 提出了对策建议。

**关键词:** 饮用水源地; 环境状况; 评估; 问题; 对策; 贵州省

**中图分类号:** X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0018-04

饮用水安全事关人民群众身体健康和经济社会可持续发展, 是环境保护工作的重中之重。2010 年开始, 为全面掌握饮用水水源水质状况、加强饮用水水源环境监管, 保障水源水质安全, 贵州省根据环境保护部相关要求和规范组织开展了地级以上、地级以下城市集中式水源环境状况评估工作。

## 1 2010—2013 年贵州省各级饮用水源地水质状况评估

### 1.1 中心城市集中式饮用水源地水质状况

贵州省有贵阳市、遵义市、凯里市、铜仁市等 9 个地级中心城市, 共对红枫湖、兴西湖、鹭鸶岩

水库等 16 个饮用水源地开展集中式饮用水源地水质监测工作, 频次为每月 1 次。水源地中河流、湖库、地下水三种类型分别占总水源地比例的 18.8%、75%、6.2%。2010—2013 年中心城市集中式饮用水源地水质达标情况<sup>[1]</sup> 统计见表 1。

由表 1 可见, 随着城镇化进程的加快, 全省中心城市人口逐年增加, 各中心城市集中式饮用水源地取水量逐年提高, 2013 年达到了 34631.2 万 t, 相较 2010 年提高了 17.7%。所有中心城市集中式饮用水源地水质达标率均能保持在 100% 水平, 均无超标污染物和污染事故发生。

表 1 2010—2013 年中心城市集中式饮用水源地水质达标情况统计

年度	类别	全省	贵阳市	遵义市	六盘水市	安顺市	凯里市	兴义市	都匀市	铜仁市	毕节市
2010	达标率/%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	达标水量/万 t	29431.5	16538	3495	2178	840	1090	1755	1195.5	1080	1260
2011	达标率/%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	达标水量/万 t	30455.2	16733.3	3422	2765.3	840	1080	1665	1250.6	1596	1103
2012	达标率/%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	达标水量/万 t	20131.8	16754.7	4352	1532.6	840	1080	1710	1258.5	1548	1056
2013	达标率/%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	达标水量/万 t	34631.2	18598.1	5231	2756.1	840	846	1788	1575	1548	1449

### 1.2 县级以上集中式饮用水源地水质状况

2010—2012 年 2 月贵州省县级饮用水监测频次为每双月 1 次, 2012 年 3 月起至今调整为每月监测 1 次。水源地中河流、湖库、地下水三种类型分别占总水源地比例的 30.8%、39.3%、29.9%。2010—2013

年县级以上饮用水源地水质达标率<sup>[2]</sup> 统计见表 2。

从表 2 可看出, 全省县级饮水达标率一直呈现上升趋势, 2013 年达到了 91.9%。六盘水市、黔东南州四年间均未出现超标情况; 其余市、州达标率总体在提升。从实验室分析结果可看出: 地表水型水源地出现超标频次较多的污染物为总磷、锰、石油类、铁; 地下水型水源地出现超标频次较多的污染物为总大肠菌群、氨氮。

收稿日期: 2014-03-17

作者简介: 江川 (1955-), 男, 云南省昆明人, 高级工程师, 主要从事环境监测、管理研究。

表2 2010—2013年县级以上集中式饮用水源地水质达标率统计 (%)

	2010	2011	2012	2013
全省	83.1	86.8	91.4	91.9
贵阳市	100.0	98.0	96.3	100.0
遵义市	91.7	96.7	99.3	100.0
六盘水市	100.0	100.0	100.0	100.0
安顺市	94.2	86.5	97.5	97.1
黔东南州	100.0	100.0	100.0	100.0
黔西南州	63.3	62.8	70.0	69.2
黔南州	61.9	73.2	83.7	83.7
铜仁市	76.2	88.6	100.0	85.4
毕节市	82.2	78.6	85.7	100.0

### 1.3 湖库综合营养状态评估

根据历年贵州省城市集中式饮用水水源环境状况评估技术报告统计<sup>[3,4,5]</sup>,三年来贵州省参与评估的11个湖库富营养化水平已发生明显变化,2010年2个中度富营养的湖库已转向轻度富营养,2011年5个轻度富营养的湖库已全部转向中营养。这一现象显示参评湖库水质持续好转,综合营养状态逐渐逆转。湖泊水体初级生产力的主要代表—藻类等浮游植物和水生植物的生长、繁殖需要20多种元素,其

中以碳、氮、磷的需要量最大,因此氮和磷通常是水体中植物生长繁殖的制约因子。表3列出了贵州省2013年参评湖库水源地TN/TP值,统计来看,参评的11个湖库型水源地TN/TP值为15.6:1~984:1。一般来说,湖库的TN/TP>14,通常认为磷是限制性因素,而参评的湖库型水源地TN/TP值远远大于此限制,可见这些水源地都是典型的磷限制性湖库。这一结果表明湖库型饮用水源地在未来的环境保护过程中应重点对含磷污染物进行控制。

表3 贵州省2013年参评湖库水源地TN/TP值统计

湖库名称	TN/TP值	湖库名称	TN/TP值	湖库名称	TN/TP值
贵阳市红枫湖	54.8:1	贵阳市阿哈水库	71.1:1	安顺市夜郎湖	21.4:1
遵义市南郊水库	101.4:1	遵义市北郊水库	95.8:1	都匀市茶园水库	984:1
毕节市利民水库	129.9:1	毕节倒天河水库	218.6:1	兴义市兴西湖	47.3:1
凯里市金泉湖	15.6:1	铜仁市鹭鸶岩	62.7:1		

## 2 环境管理评估

根据贵州省城市集中式饮用水水源环境状况评估技术报告<sup>[3~6]</sup>,可以将饮用水源地水质环境管理状况分为八个方面进行评估:①各层级监测站能力建设:全省除贵阳、遵义能够独立完成109项水质全分析外,其余市州因设备、人员、办公场所等原因不能独立完成;②全省9个市(州)各级水源地均无自动(在线)监测水源及自动(在线)监测指标;③保护区(一级)整治率较低,贵阳、六盘水等3个城市的5个水源地仍存在884515m<sup>2</sup>违章建筑物未清拆;④排污口关闭工作进展顺利,截止2012年底已将存在于一、二级保护区内的排污口全部关闭;⑤全省一、二级保护区内网箱养殖现象已全部取缔,已不存在网箱养殖生产活动;⑥生活污水收集、处

理:全省各级饮用水源地二级保护区生活污水年产生量445.421万t,收集量、处理量均为366.26万t,处理率82.2%;⑦水源风险管理:全省各级水源一级保护区内存在交通穿越的水源地29个,二级保护区内存在交通穿越的水源地38个。地级以上城市水源均已建立风险源名录和危险化学品运输管理制度,94个地级以下水源已建立风险源名录和危险化学品运输管理制度分别为40个和37个;⑧应急管理能力:全省应急管理能力中应急预案建立水平最高(90.8%),水源地应急演练开展率最低(48.6%),应急水源建立、应急管理技术储备、预案定期修改制度分别是67.8%、55%及70.6%。

### 3 存在问题

(1) 环境监测能力有待提高

目前,贵州省各中心城市已具备饮用水源常规指标分析能力,其中仅贵阳市、遵义市具备水质全分析监测能力。9个市(州)无一城市具有自动(在线)监测水源及自动(在线)监测指标。

#### (2) 保护区综合整治需进一步加强

至2012年底,贵州省城市饮用水一级保护区内排污口整治情况较好,排污口实现了全部取缔。但违章建筑物拆除力度依然较弱,拆除的违章建筑物仅占违章建筑物的1.25%,保护区内尚存在884515m<sup>2</sup>的违章建筑。饮用水源二级保护区内具有污水收集及处理设施的水源地只有5个,其中能实现污水全部收集处理的水源地仅4个,占存在生活污染水源地个数的40%。尚有部分水源地未完成水源保护区划定工作。

#### (3) 应急能力建设相对不足

根据评估结果,贵州省9个市(州)除毕节市、黔东南州、黔南州外,应急管理完成率均能达到100%。部分市(州)在应急管理技术储备、应急演练、预案定期修改制度等方面存在不同程度的欠缺。这主要是因为饮用水源地保护工作需要由建设、卫生、水利、环保等多个部门进行联动管理和实施,导致责任主体和责任人不够明确,没有形成比较统一、协调的工作机制。

(4) 工作资金到位率不足,相关工作开展进程待加快<sup>[7]</sup>

自2010年以来贵州省饮用水源水质常规监测指标覆盖率逐步提升但是仍未达到100%水平;水源地一级保护区违章建筑清拆率骤降,至2012年底甚至不足1.5%;在一级保护区隔离防护、一级保护区整治、二级保护区点源整治、保护区非点源防治等系列工程的投资上地方政府资金支持力度最大,也仅能达到20%,中央资金到位率不足1%;水源地生态修复与建设、信息管理、应急能力建设完成率均在50%水平以下。

### 4 对策建议

(1) 从源头上治理农业面源污染,发展环境友好型农业,转变生产生活方式,让保护区内未建立沼气池的农户建设沼气池,对畜禽粪便污染进行治理,控制农村废弃物污染,大力推广测土配方施肥,改进施肥方式。积极推广生态农业,开发绿色农产品和有机食品,种植无公害蔬菜等,减少农药和化肥的施用量。同时大力推进新农村建设,完善农村基础设施,农村生产、生活污水、生活垃圾集中收集、转运,处理设施建设与新农村建设同步规

划建设,严格控制农村面源、点源污染。

(2) 严把项目环保审批关,从源头上控制新污染源的产生。对影响到饮用水源的污染源制定详细的现场监察方案,增加监察频次。加强企业污染源防治,严查环境违法行为。对集中式水源地一级保护区内与供水设施和保护水源无关的项目及建筑物进行清理,清除垃圾堆放场、畜禽养殖场和网箱养殖,逐步实施封闭管理。加大对取缔关闭企业和群众的补偿力度,促进经济与环境保护的协调发展,确保饮用水源安全。

(3) 在有可能的情况下,加大对饮用水水源保护区内农户的搬迁工作,特别是对保护区范围内农户进行分批次的搬迁,确保饮水水质。对饮用水源集雨面积内植被稀疏、人工开垦的地带进行水源涵养林建设及退耕还林。

(4) 加大执法力度,严格按照《中华人民共和国水污染防治法》要求拆除饮用水源保护区内与水源地保护无关的任何项目,坚决杜绝新增排污口。

(5) 随着贵州省城市化进程的加快,城市管网建设滞后的矛盾凸显出来,存在城市污水管网覆盖不全面或是未延伸至饮用水源保护区所在区域的情况,导致了保护区的水质污染。建议协调相关部门,组织专项经费,完善水源地截污工程,实现雨污分流,在尚未建立污水处理设施的水源地建立健全污水收集、处理设施。

(6) 加强城市饮用水水源地预警与应急能力建设。配置必要的预警设备,逐步建立健全饮用水环境预警体系。建设饮用水源地应急系统,建立保障系统有效运行的措施。通过饮用水风险源的识别,指定不同风险源的应急处置方案,形成应对突发事故应急处置能力。

(7) 加强饮用水源保护区日常环境监管能力,建立完善的饮用水源安全监管机制,确保饮用水源安全满足人们正常生活需要。加强对水源保护各职能部门监督管理自身能力建设,培养一批高素质高标准水源保护管理人才,加强水源保护管理队伍相关知识能力培训,逐步建立一支能够处理各种水源应急事故的高素质水源保护人才队伍,以适应城市不断发展需要。成立专门的环境应急指挥机构,增加人员编制和资金投入,建立水污染应急处置专家库,完善应急监测设备,加强环境应急物资储备,提高环境风险防范和污染事故快速处置能力。

(8) 逐步提高除贵阳市站、遵义市站以外的

其他环境监测站 109 项水质监测能力, 加强人才引进和资金投入。

(9) 加强环境保护宣传力度。开展多种形式的宣传教育手段, 使饮用水源保护工作深入农村, 让广大群众充分认识到水源保护的重要性和紧迫性。建立饮用水源地水质和饮水水质公告制度, 确保水质信息的及时发布, 促进公众参与并接受公众监督。对饮用水源保护区损坏的界碑、界桩、宣传牌等基础设施, 按《饮用水源保护区标志技术规范》进行补充完善, 建设防护隔离网。

(10) 多方位拓展资金渠道, 引进推广系列经济、高效、简便、实用的环境污染治理技术, 力争做到从源头上切断污染。

## 5 结语

饮用水是关系到国计民生的大事, 保护好饮用水资源已成为环境保护的重要议题。在贵州省饮用

水源水质及环境管理状况良好的前提下, 如何巩固和加强饮用水的环境安全仍然是一个长期需要思考和实践的课题。

### 参考文献:

- [1] 贵州省环境监测中心站. 贵州省中心城市集中式饮用水源地水质监测月报 (2010-2013 年) [R].
- [2] 贵州省环境监测中心站. 贵州省县级以上城镇集中式饮用水源地水质监测月报 (2010-2013 年) [R].
- [3] 贵州省环保厅. 2010 年度贵州省城市集中式饮用水水源环境基础状况评估报告 [R].
- [4] 贵州省环保厅. 2011 年度贵州省城市集中式饮用水水源环境状况评估报告 [R].
- [5] 贵州省环保厅. 2012 年度贵州省城市集中式饮用水水源环境状况评估报告 [R].
- [6] 贵州省环保厅. 2012 年度贵州省地级以上集中式饮用水水源环境状况评估报告 [R].
- [7] 贵州省环保厅. 贵州省城市饮用水源地环境保护规划 (2008-2020 年) 实施情况评估报告 [R].

## Environmental Status Assessment of Centralized Drinking Water Sources of Guizhou from 2010 to 2013

JIANG Chuan<sup>1</sup>, XIONG Ya<sup>2</sup>

(1. Guizhou Environmental Monitoring Center, Guiyang Guizhou 550081 China)

**Abstract:** The environmental status of centralized drinking water sources of Guizhou was assessed based on the annual assessment reports. The results showed that the water quality of drinking water sources have stayed stable since 2010. Meanwhile, environmental management of drinking water sources in Guizhou has been strengthened. However, problems were still existed and analyzed. Suggestions were put forward to the problems.

**Key words:** drinking water source; environmental status; assess; problem; countermeasures; Guizhou

# 临沧水资源状况及开发利用存在问题分析

周怀兰

(云南省水文水资源局临沧分局, 云南 临沧 677000)

**摘要:** 分析了临沧水资源的整体状况、特点及水资源的供需现状, 提出了开发利用存在的主要问题及相应的保护对策。

**关键词:** 水资源; 状况; 开发; 问题; 对策; 临沧

**中图分类号:** X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0022-04

## 1 临沧概况

临沧地处西南边陲, 属横断山系怒江山脉南延段, 为滇西纵谷区, 总面积 2.45 万  $\text{km}^2$ , 2012 年全市常住人口 246.3 万, 国民生产总值 353.0 亿元, 国民生产总值万元耗水量  $268\text{m}^3$ 。气候属亚热带低纬度山地季风气候, 四季温差不大, 干湿季分明, 雨量充沛。河流分属澜沧江、怒江两大水系, 山高谷深、江河纵横, 河流水系发育, 河长  $>1\text{km}$  的河流有 836 条, 其中集水面积  $100\sim1000\text{km}^2$  的河流有 17 条, 集水面积  $>1000\text{km}^2$  的河流有 6 条, 水资源量较为丰富。

## 2 临沧水资源状况

### 2.1 水资源量

#### 2.1.1 地表水量

临沧境内多年平均降水量为 1349 mm, 2012 年, 全市年平均降水量 1169 mm, 折合降水总量 276.13 亿  $\text{m}^3$ 。地表水资源量 115.20 亿  $\text{m}^3$ , 入境水量 3.95 亿  $\text{m}^3$ , 出境水量 112.48 亿  $\text{m}^3$ , 其中: 澜沧江流域流到邻市 (普洱市) 55.44 亿  $\text{m}^3$ , 怒江流域出境 57.04 亿  $\text{m}^3$ , 直接流到邻国 (缅甸) 50.67 亿  $\text{m}^3$ ; 过境水量 335.7 亿  $\text{m}^3$ , 主要为澜沧江干流。区内耗水资源量 6.55 亿  $\text{m}^3$ , 人均占有水资源量  $4677\text{m}^3$ , 平均产水量  $48.77\text{万}\text{m}^3/\text{km}^2$ 。水资源开发利用率为 6%, 低于全省平均水平。

#### 2.1.2 地下水量

2012 年全市地下水资源量 40.74 亿  $\text{m}^3$ , 比历年偏小 34.4%。地下水径流模数为  $17.25\text{万}\text{m}^3/\text{km}^2$ 。行政分区中, 地下水资源量最多为耿马县 7.69 亿  $\text{m}^3$ , 最小为双江县 3.09 亿  $\text{m}^3$ , 区域分布不均。流域分布: 澜沧江流域 21.73 亿  $\text{m}^3$ , 怒江流域 19.01 亿  $\text{m}^3$ ; 与常年比较: 澜沧江流域偏小

32.2%, 怒江流域偏小 36.7%。主要河流流域分布, 最大为南汀河流域 14.85 亿  $\text{m}^3$ , 最小为永康河流域 1.17 亿  $\text{m}^3$ ; 与常年比, 均偏小, 偏小 9.2%~57.3%。境内地下水开发利用率低, 2012 年地下水开采供水为 0.024 亿  $\text{m}^3$ , 仅占地下水资源量的 0.6%。

### 2.2 水环境现状

境内主要河流有澜沧江、南汀河、勐勐河、小黑江、罗闸河、永康河、凤尾河、勐捧河, 其中澜沧江、南汀河为国界河流。截止 2012 年, 河流水质监测断面 15 个, 代表河段总长 1141.1 km, 全市河流 I 类河段总长 96.9 km, 占全市评价总河长的 8.49%; II 类水水质的河段总长为 499.9 km, 占全市评价总河长的 43.81%; III 类水水质的河段总长为 490 km, 占全市评价总河长的 42.94%; IV 类水水质的河段总长为 54.3 km, 占全市评价总河长的 4.76%。2012 年全市废污水排放量 7088.34 万 t, 生活污水占 29.8%, 第二产业废水占 63.1%, 第三产业废水占 7.1%。

根据水质实测资料, 南汀河上游段、罗闸河中下游、勐勐河中下游、凤尾河水质受到不同程度的污染, 水质常年 III~IV 类, 澜沧江、勐捧河、小黑江水质全年监测达水功能区控制目标, 但是水环境状况受人为活动影响比较严重。

### 2.3 水资源特点

#### (1) 水资源量丰富, 区域分配不均

境内降水时空分配不均, 平均降水量西南、南部山区充沛, 多年平均降水量可达 1600 mm 以上, 云县坝区及澜沧江沿岸降水相对匮乏, 多年平均降水量 600~800 mm。2012 年实测最大年降水量为镇康县凤尾坝水文站, 降雨量 1736.5 mm; 实测最小值为云县气象站, 降雨量为 643.0 mm; 最大与最

小相差1093.5mm。

境内水资源除受降水时空分布影响外,还受水文下垫面因素的影响,使得境内水资源在区域分布上存在很大差异,境内多年平均产水量59.02万 $\text{m}^3/\text{km}^2$ ,西南部部分区域可达100万 $\text{m}^3/\text{km}^2$ 以上,因此,河川径流总体呈西南偏高,北部偏少状况。由于受河川径流量的影响,地下水分布也不均匀,总体西南部地下水蕴藏量比北部高。

#### (2) 水资源丰枯悬殊,年内年际变化大

境内河流多为季节性山区河流,径流均以降水补给为主,受年内降水分配影响大,全年汛期为5—10月,汛期降水量占年降水量的80%以上,降雨量多集中在6—9月,降水量占年降水量的59.4%~76.6%。

2007年为偏丰水年份,全市年平均降水量1681.6mm,全市降雨量的变幅在1000~3000mm,折合水量397.29亿 $\text{m}^3$ ;2003年为枯水年,全市年平均降水量1017.0mm,全区年降水量变化在600~2400mm,折合240.28亿 $\text{m}^3$ 。境内丰水年降水量可为枯水年份的1.65倍。由于受山区季节性降水因素的影响,并且河流比降大,境内在降水量集中时,极易造成洪涝灾害;枯水年份,部分河流会出现断流情况,造成工程性严重缺水。

#### (3) 水资源呈递减趋势

近年来,随着气候环境不断恶化,水资源时空也受到一定影响。2004年平均降水量为1653.2mm,折合水资源量390.58亿 $\text{m}^3$ ;2007年平均降水量为1681.6mm,折合水资源量397.29亿 $\text{m}^3$ ;2010年平均降水量为1311.9mm,折合水资源量309.93亿 $\text{m}^3$ ;2012年平均降水量1168.87mm,折合水资源量276.13亿 $\text{m}^3$ 。近10年来,境内降水量呈递减趋势,但需水文模型模拟对此分析,本文不再论述。

#### (4) 地下水水质较差

根据2008年11月境内地下水普查监测评价结果,总体地下水水质状况不容乐观。水质劣于V类水有4个,占调查总数的11.4%;V类水有1个,占调查总数的2.86%;IV类水有9个,占调查总数的25.7%;I~III类水有21个,占调查总数的60.0%。水化学类型碳酸盐钙型水24个,占调查总数的68.6%;碳酸盐钠型水9个,占调查总数的25.7%;碳酸盐镁型水1个,占调查总数的2.86%;氯化物镁型水1个,占调查总数的2.86%。地下水水质超标项目主要为氨氮、挥发

酚、铁、锰、 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 。

### 3 水资源供需状况

#### 3.1 蓄水工程

2012年全市12座中型水库、1160座小型水库及坝塘,年末蓄水总量2.79亿 $\text{m}^3$ (不含澜沧干流梯级电站开发蓄水量),仅为境内地表水资源量的2.42%。其中,12座中型水库(博尚水库、两岔河水库、正觉庵水库、刘家箐水库、忙海水库、大雪山水库、四楞坝水库、南伞水库、南等水库、弄巴水库、允楞水库、勐懂水库),蓄水量1.55亿 $\text{m}^3$ ,小型水库及坝塘蓄水量1.24亿 $\text{m}^3$ 。

#### 3.2 用水现状

2012年,全市用水消耗水量6.55亿 $\text{m}^3$ ,其中生产消耗水量6.11亿 $\text{m}^3$ ;生活消耗水量0.39亿 $\text{m}^3$ ;生态环境消耗水量0.05亿 $\text{m}^3$ 。第一产业用水消耗量5.78亿 $\text{m}^3$ ,第二产业用水消耗量0.30亿 $\text{m}^3$ ,第三产业用水消耗量0.03亿 $\text{m}^3$ 。2012年全市人均综合用水量401 $\text{m}^3$ ,农田灌溉亩均用水量594 $\text{m}^3$ ,万元国内生产总值(当年价)用水量268 $\text{m}^3$ ,万元工业增加值用水量102 $\text{m}^3$ (按当年价格计算),城镇居民人均用水量119L/d,农村居民人均用水量59L/d。

#### 3.3 供需状况

2012年全市供水量9.87亿 $\text{m}^3$ ,其中,地表水供水量9.84亿 $\text{m}^3$ ,地下水供水量0.024亿 $\text{m}^3$ ,污水处理回用及雨水利用供水量0.006亿 $\text{m}^3$ 。全市8个重要城镇供水量与用水量持平,临沧市建成区总供水量为0.39亿 $\text{m}^3$ ,城市供水以地表水为主要供水水源,供水量最大为临翔区凤翔镇0.103亿 $\text{m}^3$ ,最小为永德县德党镇0.014亿 $\text{m}^3$ 。

### 4 存在的问题

(1) 水能开发利用,对水生态环境产生严重影响

境内河流属于典型的山区季节性河流,水量主要以降水产生的地表径流为主,全年汛期水量丰富,枯期水量递减,随着国家西部大开发、西电东送、云电外送等发展战略的实施,境内水能开发得到较快的发展,并且随着经济社会的发展,水能利用率逐渐提高。水能开发利用为满足发电经济效益,减少投资成本和缩短收益周期,导致境内中小河流的生态环境遭到严重的破坏。澜沧江梯级电站的开发,对水生生态环境及鱼类产生了比较严重的影响,一般而言,大坝截断水生生物的自然通道,对水生生态系统造成危害,并且,下泄水流的流

速、水深、浑浊度和悬浮物质等水流系统的变化,影响鱼类养料来源及栖息地,产卵区生态条件改变。最严重的是阻断鱼类的迁徙,导致流水鱼类的消失<sup>[1]</sup>。

(2) 河道最小生态环境流量缺乏有效的控制措施

境内河流主要为中小河流,水电开发除了澜沧江梯级电站开发外,境内水电装机在“十五”末达到了近45万kW规模,到“十二五”末,水电发展目标要达到新增装机55万kW,累计装机达到90万kW。但是由于水电开发规划、管理、机构上存在的问题,导致小河流枯期出现工程断流,原本在规划论证区内预留的生态环境流量,被用于发电产生经济效益,而众多小河流位于山区,无人监督管理,导致了河段断流,河段的断流对区域内的水生态系统造成严重的破坏。

(3) 不达标废污水排入河道,导致境内河流遭受不同程度的污染

临沧地区经济发展落后,水资源环境保护措施薄弱,直到2011年,全市各县城区才建设完成城市污水处理厂,现阶段,各县区均只有一座污水处理厂在运行,一些大的乡镇,并没有建设污水处理厂。另外,县城大部分属于老城区,污水收集管网规划落后,不能满足城市污水的收集要求,这就导致大部分城市污水未经处理,直接排入附近河道,城市污水为长期性污水,对河道的水环境污染严重。另外,临沧市境内工业基础薄弱,工业主要有冶炼业、制糖业、造纸业、酿酒业,现阶段,制糖业、造纸业基本完成了规划的技改工程,污水经厂区内污水处理厂处理达标后排放;冶炼矿场、酿酒业,污水大部分存在偷排、混排等情况,不仅造成了水环境污染,还浪费了清洁的水资源。

(4) 水资源配置规划滞后,导致水资源纠纷矛盾突出

随着经济社会的发展,用水问题逐渐凸显出来,主要为工业用水与农业、渔业用水的问题。境内经济主要以农业经济为主,农业经济的用水对水资源、水环境的影响较小,但是随着国家西部大开发战略实施,临沧工业经济也得到迅速的发展,对水资源的需求也快速增加。大多数的工业企业临河而建,工业用水部分直接取用河流水。由于工业污水排放量大,偏远地区企业污水得不到有效控制,导致工业废污水直接排入河道,对河道下游造成比较严重的污染,对下游原本的农业经济圈造成不同

程度的冲击,最终导致水事纠纷的发生。

(5) 境内水利工程基础薄弱,用水调节能力不高

近年来,水利工程及配套工程虽然得到较快发展,但由于水利工程建设基础薄弱,蓄水能力低,导致水资源调节能力低,在水资源供需配置上矛盾突出。全市蓄水量为3.7亿m<sup>3</sup>,仅占境内地表水资源量的1%。

(6) 人畜饮用水水资源问题

根据现有的水环境监测现状,水源地监测仅扩展到县级供水水源地,以及较为集中或日供水量较大的乡镇供水,纳入常规月监测的水源地仅为县级供水水源地。因此,大多数乡镇,甚至农村饮水的水质监测属于空白区域,饮水安全得不到有效保障。工业经济的发展,对自然水环境产生影响,部分区域受到较为严重的影响。因此在监测能力建设方面,应该注重农村人畜饮水的监测。

(7) 地下水资源缺乏有效规划

临沧境内对地下水资源量面上基本掌握,但在具体规划及开发利用上还相对滞后。目前,没有可以开发利用依据。部分少量开发的地下水资源,基本为地热水,并且大部分为自然地质形成地热水出露。

## 5 保护对策

(1) 加强水资源保护规划,加大水资源保护力度,满足三条红线的水资源管理要求

水行政主管部门应加强在水资源保护工作中的职能作用,组织专业技术人员,根据临沧地区经济社会发展对水资源的需求,编制水资源保护规划。立足当前经济形势,放眼未来发展需要,做好水资源保护工作。加强在开发利用水资源的同时,提高对水资源的保护力度。严格控制入河污染物,对新增企业入河排污口进行入河排污口论证。满足三条红线的水资源要求,从上层解决污染源问题。

(2) 水行政主管部门提高对生态环境流量的监督管理

临沧境内水系发育,并处于山区,河流水能开发利用具有很好的天然环境,加之临沧近些年的招商引资政策倾向于发展水电资源,因此形成了全面开发临沧水能资源的局面。但是由于大面积开发,监督管理制度落后,企业以利益最大化为重,对生态环境保护意识不高,形成了部分河段在枯期出现断流情况,严重地影响了水生态系统,对生态环境造成了严重破坏。因此,水行政主管部门应当加强



履行职能,加强对生态基流的监督管理控制,保证河道最小生态环境需水量,以保护生态环境系统。

(3) 环境保护部门、水利部门应联合对不达标废水、企业进行整治

水资源环境受到不同程度的污染,主要是由于工业废污水、生活污水、农业面源污染的影响。而对于水体污染的主管部门有环境保护部门、水利部门。两部门在执法监督上的重点不一,并且由于行政关系,联合整治形不成新的、有力的管理方式。环境保护部门主要重于污染源的治理,水利部门主要重于入河排污口的污染物控制。由于缺乏有效的管理体系,导致企业污染源虽得到有效控制,但是入河污染量仍达不到水环境容量的最高允许值,从而导致水环境受到严重污染。因此,应考虑两部门联合执法、加大监督力度,使企业的污染源控制、污染物入河量控制都要达标,减轻对水环境承载污染物容量的影响,保护好水资源。

(4) 加快水资源配置规划,协调工农业、饮水问题,建立和谐的用水调配新制度

由于缺乏有效的水资源配置规划,导致工农业用水、以及人畜饮水的矛盾日益突出。临沧境内水资源丰富,缺水属于工程性缺水,主要原因是蓄水水利工程较少。虽然近年来政府加大了水利蓄水工

程、引水工程的建设力度,但是在工业企业区建设较为集中,并且因工业就近利用资源的规划建设,导致部分地区出现工业、农业的用水矛盾;加之工业用水产生的污水不达标排放,严重影响了农业用水,导致水事纠纷的发生。因此,在建设工业的同时,应充分论证地区间的用水需求,在保证发展工业经济、农业经济的同时,充分论证分析区域的用水形势,充分发挥政府在水资源配置中的主导作用,做到经济增长的同时,用水、饮水问题都得到协调发展,为建立和谐的社会环境做一定的支撑。

(5) 加快水利工程规划建设,提供水资源用水效率

为解决工程性缺水、工业用水、农业用水、人畜饮水的矛盾,必须加大水利工程规划建设。应充分根据区域经济发展形势,以及水资源、地理环境优势,规划建设水利工程和引水工程。发展工业、农业,应尽可能采用节水工艺、建设生态农业,提高水资源用水效率。

参考文献:

- [1] 陈丽晖,何大明. 澜沧江-湄公河水电梯级开发的生态影响[J]. 地理学报, 2000, 55 (5).
- [2] 马建顶,梁云. 临沧市地下水水质现状分析评价[R]. 云南省水文水资源局临沧分局, 2008.

## Problems of Water Resources Development in Lincang

ZHOU Huai - lan

(Lincang Subdivision of Yunnan Bureau of Hydrology and Water Resource, Lincang Yunnan 677000 China)

**Abstract:** The general status, characteristics, and supply and demand of water resources of Lincang were analyzed. The major problems of water resource development were discovered. Countermeasures were put forward as well.

**Key words:** water resource; status; development; problem; countermeasures; Lincang

# 昆明地区危险废物处理处置及防治对策分析

陈 松

(昆明市环境监测中心, 云南 昆明 650228)

**摘 要:**介绍了国内外危险废物管理情况。就昆明地区危险废物的管理, 处理处置现状, 危险废物种类、产生量, 以及管理存在的问题和不足进行了深入分析。在此基础上提出了相应的防治对策。

**关键词:**危险废物; 管理; 处置; 现状; 问题; 对策; 昆明

**中图分类号:** X705    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0026-04

## 1 引言

随着我国经济社会多元化快速发展, 危险废物产生量不断增加, 不仅对生态环境造成污染, 对人类身体健康也构成了潜在的长期性危害。按照我国对危险废物的定义, 危险废物指列入国家危险废物名录或根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的具有危险废物特性的固体废物<sup>[1]</sup>。由于危险废物对环境污染具有隐蔽性和滞后性, 严格控制危险废物对环境 and 人类健康的危害, 已成为各国政府共同面临的重大环境问题<sup>[2]</sup>。昆明是云南省政治、文化、经济的中心, 社会经济较为发达, 其每天产生的各种危险废物, 对环境会产生潜在环境风险。如何科学、规范地管理和处理处置所产生的危险废物, 构建安全可靠的环境具有重要意义。本文就昆明市危险废物管理、处理处置现状, 危险废物种类、产生量, 以及管理存在的问题和不足进行了深入分析, 在此基础上提出了相应的防治对策。

## 2 国内外危险废物污染防治管理

西方发达国家对危险废物防治技术研究开展较早, 已形成一套完整的法律法规体系。美国 20 世纪 70 年代就颁布了《资源保护与回收法》、《固体废物处置法》, 在这两法规的基础上, 美国制定了上百个针对危险废物回收利用、收集、分离、贮存、运输、处理处置的技术规范及条例<sup>[3]</sup>。德国也于 20 世纪 70 年代颁布了《废弃物法》, 鼓励政府部门与私人合作创办危险废物处置企业, 用严格的立法手段对工业危险废物处理处置进行规范化管理, 同时出台鼓励政策帮助危险废物处置企业, 减少危险废物产生量、回收利用及无害化处置危险废物<sup>[4]</sup>。近年来, 由于发达国家不断提高危险废物排放标准, 加上土地资源的限制, 迫使危险废物处

理逐渐从“填埋”转向“焚烧”。欧美一些国家已经实现危险废物焚烧处理企业化、集团化, 并朝着大规模、区域性方向发展。

我国对危险废物污染防治工作起步较晚<sup>[5]</sup>, 1985 年才在国家环保总局污控司成立化学品和固体废物管理处, 负责对固体废物(含危险废物)进行管理工作。当时我国尚无管理危险废物的专门行政法规, 也无危险废物污染控制标准, 致使危险废物污染防治管理难度较大。

直到 1995 年《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》颁布, 才针对危险废物污染环境防治进行特别规定, 第一次明确了危险废物的定义, 分类管理名录、鉴别标准、污染防治技术规范, 这是我国第一部危险废物管理的基础法律及技术依据。依此基础, 我国陆续颁布了《医疗废物管理条例》、《危险废物转移联单管理办法》、《危险废物经营许可证管理办法》等法规和《国家危险废物名录》、《危险废物鉴别技术规范》、《危险废物鉴别标准》、《危险废物焚烧污染控制标准》、《危险废物贮存污染控制标准》、《危险废物填埋污染控制标准》等国家标准及技术规范。虽然我国出台了一系列法律法规, 但是, 由于我国的危险废物处理处置设施非常简陋, 许多省份的危险废物处理处置中心还未建成, 各地职能部门执行力又不够, 导致我国危险废物污染防治管理形势依然严峻。

## 3 昆明地区危险废物管理情况及危险废物处理处置现状

昆明市危险废物污染防治工作较全国经济发达地区起步晚, 在政策法规制定、管理水平、处理处置技术研究上也比发达地区落后。2004 年才成立昆明市危险废物监督管理所, 负责对全市工业危险废物和医疗废物实施监督管理; 制定全市工业危险

废物和医疗废物的防治规划及措施；对工业危险废物和医疗废物产生、收集、处理全过程的管理实施监督；开展医疗废物年度申报登记，对医疗废物的收集储存、处置实施许可证管理；对以进口废物为原料的生产项目，组织环境风险评估和固体废物污染防治技术开发研究，为上级主管部门审批进口废物提供决策依据，为有关部门提供进口危废环保技术、政策咨询服务。

昆明市危险废物监督管理局成立后，积极参与制定地方性法规及规范性文件。陆续出台了《昆明市医疗废物管理规定》、《昆明市边远山区医疗卫生机构医疗废物收集、贮存、运送及处置技术指导意见》、《昆明市危险废物污染防治办法》。从政策法规上细化和完善了危险废物产生、收集、贮存、运输、处置各环节的操作规范、技术要求和管理规定。

在防治治理手段上，昆明市危险废物监督管理局积极组织推进危险废物处置基础设施建设，2007年2月建成昆明市医疗废物集中处置中心，2011年11月建成昆明危险废物处理处置中心。

### 3.1 辖区危险废物经营单位情况

在中华人民共和国境内从事危险废物收集、贮存、处置经营活动的单位，应按规定，领取危险废物经营许可证<sup>[6]</sup>。禁止将危险废物提供或者委托给无经营许可证的单位从事收集、贮存、利用、处置的经营活动<sup>[7]</sup>。昆明地区取得危险废物经营许可证的单位目前有20家，可以处理危险废物类别有：医疗废物（HW01）、含铅废物（HW31）、废氟硅酸（HW34）、废盐酸（HW34）、废矿物油（HW08）、精（蒸）馏残渣（HW11）、有色金属冶炼废物（HW48）、其他废物（HW49）。

昆明危险废物处理处置中心是列入《滇池流域水污染防治“十五”计划》及《全国危险废物和医疗废物处置设施建设规划》中的重点环保设施项目。该项目是一个综合性的危险废物处理处置中心，处置范围为昆明市及周边地区产生的除医疗废物以外的各类危险废物。可研批复规模为处置各类固体废物34000t/a，其中焚烧处理9000t/a、废矿物油回收处理3000t/a、废感光材料回收处理1000t/a、废铅酸蓄电池回收1000t/a、物化处理10000t/a、稳定化/固化处理10000t/a、安全填埋处理14000t/a，填埋场总库容25万m<sup>3</sup>，总投资约1.4亿元。该中心已取得云南省环境保护厅的收集批复，与935家涉危单位签订了处置协议，共收集危险废物8290.6t，处置了6661.7t，贮存1628.9t。经过两年

的试运行，该中心各项设备运行正常，目前正向环保部申请开展环保验收工作。危险废物处理处置中心的建成将大力提升昆明市危险废物的处理处置能力，同时将提高昆明市乃至云南省危险废物管理水平，促进昆明市生态环境的改善，促进昆明市投资环境竞争力的提高。

### 3.2 危险废物种类及产生量

昆明地区危险废物种类产生量极不均衡，主要集中在几种危险类别上。在2011年昆明市危险废物环境风险排查中，共排查危险废物产生企业248家，危险废物97万t，医疗废物8688t。其中化工企业产生危险废物量占工业危险废物总量的82%，有色金属企业、市政工程、垃圾焚烧等其它企业产生的危险废物量占工业危险废物总量的18%（见图1）。企业综合利用率36.8%、自行处置率40.98%、委托处置率21.30%（见图2）。

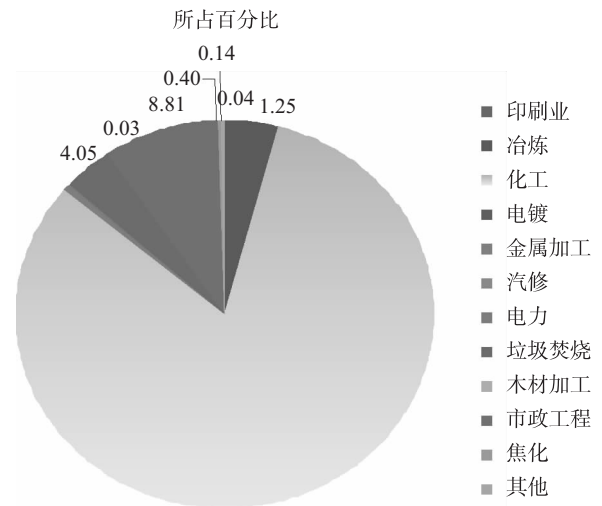


图1 各种危险废物产生量百分比分布图

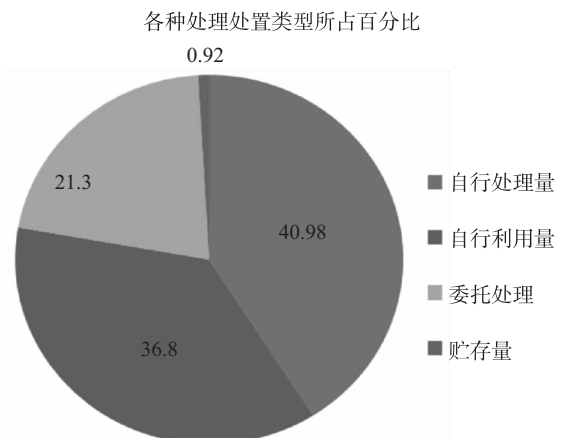


图2 危险废物处理处置类型百分比分布图

### 3.3 危险废物处理处置现状

昆明市医疗废物处置量从2007年的4345.36t

(1534家医疗机构)上升到2012年的8806.39t(2369家医疗机构),医疗废物集中处置率自2007年昆明市医疗废物集中处置中心建成后主城区就已经达到100%,其他地区收集处置率也达85%以上。

昆明地区产生的工业危险废物处理方式主要有:产生单位自行处理处置,委托有资质单位处理处置,转移外省有资质单位处理处置。处置方式有以下几种:综合利用、物化处理、焚烧、固化填埋、贮存。全市纳入环境统计的重点企业的工业危险废物处置率达到了100%。2011年全市持有《危险废物经营许可证》资质的企业共收集危险废物40万t,处理率达99.36%,其中综合利用率95.04%,物化处理率4.17%,其它方式处理率0.15%(见图3)。

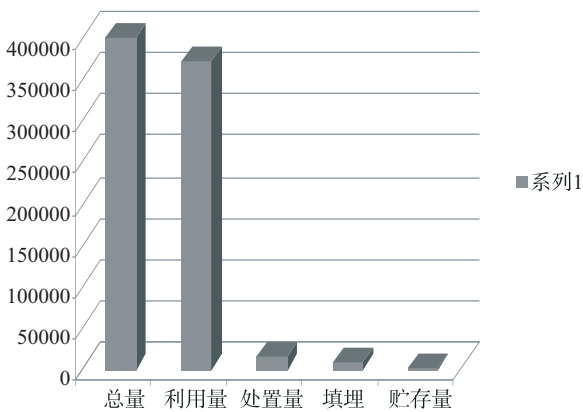


图3 各类型危险废物处理处置量/(万t)

#### 4 存在问题分析

笔者长期在基层环保单位工作,主要负责单位的危废管理工作,经常与危废处置企业接触,发现许多危险废物从业人员对危险废物管理规定不熟悉,业务管理水平低。2006年昆明市第一次危险废物申报登记时,笔者参与全市技术规范解释、审表、复核、统计工作。在走访县区环保部门、涉危企业时,发现部分监管部门对危险废物污染和危害认识不足,污染源底数、危险废物数量掌握不清。归纳有以下几点:

(1) 污染源头控制不严格。部分项目在建设项目环评环节,对危险废物的产生种类和数量未认真核实,造成项目投产后,危险废物实际产生情况、处置去向与环评和审批要求不符,造成日常监管难度大。

(2) 零散社会源危险废物未纳入监管。危险废物的申报登记仅限于纳入环境统计的工业危险废物重点产生源和部分产量较大的工业危险废物产生单位,还有部分企业的工业危险废物和许多社会源

危险废物未纳入监管范围。

(3) 部分企业管理不严谨。部分企业对危险废物危害性及安全管理缺乏认识,管理不严谨,对危险废物的认知程度和环境管理水平有待提高。日常监管及突发事件应急处置能力仍需提高,危险废物的处理处置及管理的关键技术尚需突破。

(4) 小型医疗机构危废未得到有效处置。昆明主城区医疗废物和县城所在地的大型医疗卫生机构的医疗废物虽然实现了集中处置,但偏远农村及交通不便山区小诊所的医疗废物还未能得到安全处置,只是简单的焚烧填埋,存在着很大的环境安全隐患。部分小医疗卫生机构医疗废物管理规章制度不健全,转移联单填写不完整、无转移内部登记记录等。

(5) 危险废物管理体系不健全,技术规范及配套不到位。部分企业对危险废物不按规定申报,或在申报登记时弄虚作假;危险废物存储不规范;将危险废物提供或者委托给无经营许可证的单位进行处置;未制订危险废物发生意外事故防范措施和应急预案,存在台帐及技术资料档案不全、转移联单制度落实不到位的情况,对危险废物运输和接受处置单位是否具有危险废物运输、经营许可证资质审查不严等。

#### 5 危险废物管理、防治对策

笔者在长期的危废管理工作中,体会到危险废物管理是一项专业技术性较强的工作。我国虽然建立了一套完整的法律法规体系,出台了許多危险废物管理制度,但很多制度基本没有实施或者流于形式,主要原因是相关行政管理人员执行力不够,管理人员素质亟待提高。昆明要建立一套行之有效的管理体系,考虑到昆明市危险废物管理现状,结合现有的政策、技术、经济等条件,提出以下解决对策:

(1) 健全完善危险废物管理法规体系,对违规贮存、违规经营,违法处置、违法转移等不法行为立法控制。制定奖励机制,引导企业引进先进技术,淘汰落后的工艺及设备;出台政策鼓励企业对危险废物回收利用、物化处理技术的研究,提升昆明市危险废物的处理处置水平。

(2) 严格把好新建项目环境准入关。在审批新、改、扩建设项目环评时,应着重审查危险废物的产生量、再利用和处置去向,从源头严格把好环境准入关。

(3) 加强对监管人员和企业从业人员危险废

物规范、防治治理标准、危险废物认定、环保刑事、行政执法等相关知识培训。

(4) 加大对危险废物经营单位规范化管理及危险废物的安全处理处置工作的检查监督力度。督促危险废物产生单位执行危险废物申报登记制度,按危险废物贮存污染控制标准建立危险废物贮存库,分类收集、贮存危险废物,设置危险废物标志,制定、完善危险废物管理计划、污染防治规章制度。

(5) 指导危险废物产生单位完善危险废物应急预案编制、演练及危险废物处置规划编制工作。定期举行应急处置安全培训,每年组织1~2家企业进行危险废物污染事故应急演练。

(6) 督促危险废物经营单位完善规范化管理考核体系指标及档案管理细则。严格执行危险废物转移联单制度,建立危险废物管理档案,对危险废物的去向进行跟踪管理,防止危险废物的谎报、漏报、非法转移倾倒等环境违法行为发生。

(7) 严格执行危险废物申报登记制度,要求危险废物产生单位必须如实、认真填报危险废物种类、产生量、流向、贮存、处置等情况。由于危险废物产生情况变动性较大,因此危险废物申报登记工作每年都要开展,建立危险废物产生单位动态管理档案。随着管理要求的深入,逐步增加危险废物处置合同、危险废物台账、危险废物转移联单、危险废物污染防治规章制度、意外事故的防范措施和应急预案等资料。申报登记范围也应包括所有的工

业危险废物产生单位和具有一定规模的社会源危险废物产生单位。

(8) 加强宣传教育,提高民众环保意识,通过各种媒介、环保网站进行危险废物知识宣传,将老百姓常见的危险废物如医疗废物、废矿物油、废铅酸蓄电池等标示出来,将危险废物的危害性及处置方法告知当地民众,鼓励民众参与及监督。加大环境信息公开力度,要求危险废物产生单位每年向社会公布企业年度环境报告。

## 6 结语

随着新昆明社会经济迅猛发展,危险废物产生量必然增加,其环境污染风险也日益增大。要有效地控制和管理好辖区危险废物,一要靠政策、法律法规,二要靠科学技术,三要靠意识提高。

### 参考文献:

- [1] 刘海英. 上海市危险废物处理处置现状及管理对策探讨 [J]. 上海环境科学, 2010, 29 (1).
- [2] 崔小爱. 苏州市危险废物管理现状及对策 [J]. 江苏环境科技, 2007, 20 (1).
- [3] 钱光人, 钟声浩. 危险废物管理 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [4] 李晓. 德国危险废物的监督管理及处置 [J]. 科技情报开发与经济, 2006, 16 (12).
- [5] 李金惠, 聂永丰. 中国危险废物管理国家战略方案研究 [J]. 环境保护, 2000, (3).
- [6] 昆明市卫生局, 昆明市环境保护局. 昆明市边远山区医疗卫生机构医疗废物收集、贮存、运送及处置技术指导意见 [Z]. 2009.
- [7] 中华人民共和国固体废物污染环境防治法 [Z]. 2004.

## Analysis of Precaution and Treatment and Disposal of Hazardous Wastes in Kunming

CHEN Song

(Kunming Environmental Monitoring Center, Kunming Yunnan 650228 China)

**Abstract:** The Management of hazardous wastes at home and aboard was introduced. A deep analysis of how hazardous wastes were managed in Kunming was done. The analysis covered the treatment and disposal status of hazardous wastes, the categories of wastes, the amount of wastes, and problems of waste management. Countermeasures were urged to promote the hazardous waste management in Kunming.

**Key words:** hazardous waste; management; disposal; present status; problem; countermeasures; Kunming

# 我国尾矿库环境问题及对策建议

孙集平

(辽宁省有色地质局一〇一队, 辽宁 抚顺 113015)

**摘要:**介绍了我国尾矿库的现状, 阐述了我国尾矿库现存的选址不合理、环保措施不到位、环境管理制度不完善、法律法规体系不健全、部门联动机制需加强等主要环境问题, 提出了严把尾矿库选址关、完善全过程环境管理、推进尾矿库环境影响后评价、健全环保法律法规、明确尾矿库环境监管责任等对策建议。

**关键词:**尾矿库; 现状; 问题; 建议

**中图分类号:** X75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0030-03

## 1 研究背景

尾矿库是金属矿采选建设项目重要的工程建设内容之一, 是具有高势能的人造泥石流危险源, 存在溃坝危险, 一旦失事, 容易造成重特大事故<sup>[1]</sup>。近年来, 我国尾矿库发生的多起重特大事故说明, 尾矿库一旦溃坝, 将给下游居民生命财产安全造成巨大损失, 造成严重的环境污染和生态破坏, 给当地的经济发展和社会稳定带来严重影响<sup>[1,2]</sup>。鉴于其环境影响较为突出, 因此金属矿采选类项目成为环境影响评价的重点关注对象。

## 2 我国尾矿库现状

我国尾矿库中 90% 以上为小型库, 部分缺乏正规设计, 排洪设施不完善、排洪能力不足; 危、险、病库所占比例高, 坝体存在安全隐患; 部分企业因关、停、并、转等原因, 形成了一批无责任主体的危库、险库和病库, 无法按期闭库, 生态恢复措施难以落实<sup>[2]</sup>。

国家安全生产监督管理总局对全国尾矿库普查数据统计结果显示, 截止 2008 年底, 全国已经普查申报登记的尾矿库有 12655 座。其中, 正常库 7745 座, 占总数的 61.20%; 危库 613 座、险库 1265 座、病库 3032 座, 占总数的 38.80%。到 2010 年底, 我国尾矿库的数量增加到 12718 座。

据统计, 2004—2011 年, 国家环保部批复的 57 座矿山尾矿库中, 53 座开展了尾矿属性鉴别工作, 13 座进行了选址比选工作, 14 座按要求对尾矿库进行了防渗处理, 55 座做到了尾矿水全部回

用, 35 座进行了环境风险评价, 44 座编制了环境风险应急预案, 31 座制定了尾矿综合利用方案。另外, 57 座尾矿库全部编写了生态恢复方案, 并要求尾矿库卫生防护范围内居民全部搬迁。

## 3 我国尾矿库的主要环境问题

### 3.1 尾矿库选址不合理

目前, 我国大部分矿区缺乏统一的尾矿库规划, 部分尾矿库选址时环保意识薄弱, 仅考虑工程经济成本, 不考虑尾矿库环境敏感性, 导致尾矿库选址距离自然保护区、集中式水源地、居民集中区、江河湖泊、水库等敏感区域较近, 选址不合理, 环境风险大, 对土壤和地下水环境构成严重威胁<sup>[2,3]</sup>。

### 3.2 尾矿库环保措施不到位, 环境管理制度不完善

尾矿库建设未全面落实环评报告和环评批复中提出的环保措施, 未严格采取符合环保要求的防渗措施、截渗工程, 施工期环境监理未全面开展, 进而导致尾矿库渗漏, 对地下水造成污染。

部分矿山企业尾矿库未按照《尾矿库环境应急管理工作指南(试行)》(环办〔2010〕138号)的要求建立三级防控体系, 尤其是未建立第三级防控设施(流域级), 缺乏企业和政府之间有效联动机制, 不能有效地应对尾矿库的环境风险。

部分尾矿库未落实环境监测计划, 对建成后的尾矿库环境影响、环境风险隐患掌握不清, 未进行尾矿库环境风险定期应急演练, 联动机制不畅, 环境风险事故应对能力不足<sup>[4]</sup>。

### 3.3 溃坝事故屡屡发生, 环境影响严重

2001—2009 年, 因坝体失稳、渗流破坏、排

收稿日期: 2014-01-16

作者简介: 孙集平 (1966-), 女, 本科, 辽宁普兰店人, 高级工程师, 主要从事地球化学找矿及环境管理研究。

洪设施损坏等原因,全国共发生66起尾矿库溃坝事故,死亡356人。2008年9月8日,山西省临汾市襄汾县新塔矿业有限公司尾矿库发生特大溃坝事故,造成277人死亡,是我国目前发生的损失最为惨重的一次尾矿库事故。

同时,尾矿库事故将导致尾砂压占土地,破坏地表植被;重金属和有毒有害物质污染土壤,影响植物生长;尾砂大量倾入下游河道,堵塞河道,污染地表水体,并对地下水形成潜在影响,给下游居民饮用水安全带来隐患<sup>[5]</sup>。

### 3.4 法律、法规体系不健全,部门联动机制需加强

近年来,国家环境保护主管部门发布了多项有关尾矿库环境风险的监管文件,如原国家环境保护总局颁布的《关于防范尾矿库垮塌引发突发环境事件的通知》、《尾矿库环境应急管理指南(试行)》、《防治尾矿污染环境管理规定》等。但鉴于尾矿库是重大环境风险源的实际状况,环保部还应尽早出台《尾矿库环境管理条例》等针对性强的环境管理规定。

同时,尾矿库的安全事故是以尾矿库下游人员伤亡、财产损失等作为主要影响,其安全监督管理工作主要由国家安全生产监督管理总局负责。尾矿库安全事故会导致环境污染和环境影响,而目前尾矿库安全风险和环境风险的管理评估由不同的管理部门主持,因此,应大力加强部门之间的联动、沟通和协调<sup>[6]</sup>。

## 4 我国尾矿库的环保对策建议

### 4.1 严把尾矿库选址关,从源头控制尾矿库环境风险

选址应综合考虑地方规划、国土、林业、农业、水利等部门的意见。在多方案环境比选的基础上,优先选择环境风险最小的尾矿库库址,实现环境风险可控。

### 4.2 有效落实环保措施,完善全过程环境管理

尾矿库工程勘察、水文地质勘察等资料深度和内容必须满足环评阶段要求。项目建设中严格落实环评报告和环评批复中要求的环保措施,重点关注防排渗、截排洪、渗滤液收集处理、尾矿水回用、风险应急、生态恢复、排洪口设置等环保措施。建立三级防控体系,从工程角度杜绝尾矿库环境污染事件的发生<sup>[7]</sup>。

同时,完善尾矿库的设计、施工、运营、闭库以及后续土地利用与监测的全过程环境监管机制,

落实尾矿库环境监理制度、环境监测上报备案制度、环保专项定期检查制度、环境风险应急演练制度,明确尾矿库闭库和后续土地利用阶段环境影响评价要求,从管理制度上保证尾矿库的环境安全。

### 4.3 推进尾矿库环境影响后评价

对于周边生态环境敏感、环境风险较大的尾矿库,建议工程运行2—3a后,及时开展尾矿库环境影响后评价工作。重点关注尾矿库环保设施运行状况,以及尾矿库运行对库区周边及下游的土壤、地表水和地下水及饮用水源保护区等环境敏感目标的影响,及时提出补救措施和监管要求,防止因尾矿库溃坝事故造成的环境污染<sup>[6,7]</sup>。

### 4.4 健全环保法律、法规,明确尾矿库环境监管责任

尽快制定《尾矿库环境管理条例》,明确尾矿库环境污染事故的监督管理责任主体。制定尾矿库环保定期检查制度,明确环境保护管理部门的尾矿库日常管理责任范围、环境风险应急责任范围,建立安全部门与环保部门的协同管理机制<sup>[8]</sup>。

## 5 结语

矿山尾矿引起的环境污染是一个亟待解决的问题。目前,我国现有的有限资源将承载着超负荷的人口与环境负担,仅靠拼资源、外延扩大再生产的增长是不可能持续的,只有科学、合理开发利用矿产资源,建设生态型矿山,才能实现生态环境和自然资源的可持续利用,实现人与自然的和谐统一<sup>[1,8]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 潘法康. 铁矿尾矿库环境风险分析 [J]. 安徽建筑工业学院学报, 2009, (6): 76-78.
- [2] 王涛, 侯克鹏. 尾矿库的安全管理与环境保护 [J]. 中国矿山工程, 2008, (3): 38-43.
- [3] 王威威. 尾矿库对环境的影响及防治对策 [J]. 黑龙江科技信息, 2011, (20): 155.
- [4] 汪云甲. 关于矿产资源开发管理的几个问题研究 [J]. 自然资源学报, 1998, 13 (2): 126-132.
- [5] 蔡嗣经, 杨鹏. 金属矿山尾矿问题及其综合利用与治理 [J]. 中国工程科学, 2000, 2 (4): 89-92.
- [6] 谢旭阳, 田文旗, 王云海, 等. 我国尾矿库安全现状分析及管理对策研究 [J]. 中国安全生产科学技术, 2009, 5 (2): 5-9.
- [7] 曲业兵. 关于尾矿库的建设与环境保护问题的思考 [J]. 环境保护与循环经济, 2011, (11): 65-68.
- [8] 郭志军, 王艳秋. 乌金塘水库水体中钼污染现状及防治对策 [J]. 环境科学导刊, 2007, 26 (4): 59-60.

## Environmental Problems of Tailing Reservoir and countermeasures in China

SUN Ji - ping

(No 101 Team of the Bureau of Non - Ferrous Geology of Liaoning Province, Fushun Liaoning 113015 China)

**Abstract:** The current status of management of tailings reservoir in China was presented. The major management problems were identified covering unsuitable sites, inadequate environmental measures, incomplete environmental management rules, lack of cooperation between different administration divisions, and so on. Countermeasures to above problems were put forward accordingly.

**Key words:** tailing reservoir; present status; problem; suggestion



(上接第12页)

## Analysis of the Nutrient Characteristics and Eutrophication Status in Different Areas of West Lake

YANG Jun, WU Zhi - ying, XU Jun, YAO Si - peng, CHEN Yun, CAI Ting - ting, DING Xiu - yin

(Hangzhou West Lake Environmental Monitoring Station, Hangzhou Zhejiang 310008 China)

**Abstract:** Based on the monthly monitoring data in different areas of West Lake (Beili, Waihu, Maojiabu, Xili) in 2012, temporal and spatial distributions of nitrogen, phosphorus and phytoplankton were analyzed. The eutrophication status was assessed using comprehensive nutrition state index (TLI). The study showed different variation laws for phytoplankton, inorganic nitrogen, and phosphate over time and space. Because of the influence of water inflow and aquatic ecosystem, Maojiabu and Xili were found to be more capable of self rehabilitation than Beili and Waihu. Therefore, the water quality in Maojiabu and Xili turned out to be better and more stable than that of the other two sites. On the whole, Maojiabu and Xili were mesotropher throughout the whole year of 2012. Beili and Wai were light eutropher. Their seasonal variation trend was quite obvious. The correlation analysis showed that TLI was significantly correlated with Chlorophyll a, total - phosphorus, and water temperature in Beili, Wai and Maojiabu. Due to the impact of water diversion system, the TLI and nutrients and environmental factors seemed not correlated in Xili.

**Key words:** nutrient; eutrophication status; temporal and spatial distributions; correlation; West Lake



# 香根草生态技术综合治理东川 小白泥沟泥石流示范研究

许圆圆<sup>1</sup>, 于良君<sup>2</sup>, 张强<sup>1</sup>, 韩慕萍<sup>1</sup>, 崔红伟<sup>3</sup>

(1. 昆明中稷远创科技有限公司, 云南昆明 650233;

2. 云南农业大学, 云南昆明 650204; 3. 云南兴环科技公司, 云南昆明 650034)

**摘要:** 小白泥沟是东川小江流域的重要泥石流沟, 利用香根草生态技术选取约 2hm<sup>2</sup> 的堆积区进行治理示范, 1a 后对其治理效果进行分析。结果表明: 香根草成活率达 80% 以上, 植被覆盖率达 85%, 4 种土著植物恢复, 土壤养分含量高于对照区, 土壤冲刷量仅为对照区的约 10%, 具有较好的生态效果。

**关键词:** 香根草; 生态技术; 泥石流; 治理; 东川; 小白泥沟

**中图分类号:** X171 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0033-03

泥石流灾害是山地环境恶化的产物, 又与人类不合理的经济活动息息相关<sup>[1]</sup>。东川是我国乃至全世界泥石流最为发育的地区之一<sup>[2]</sup>, 多年来被冠以“泥石流天然博物馆”的称号。其东北部的小江流域更是泥石流极端危险区, 纵横分布着的泥石流沟渠使得小江河床每年抬高 20cm, 流入金沙江的泥沙量达 1900 万 t, 对金沙江乃至长江造成了严重危害。

小白泥沟是小江流域重要的泥石流沟, 为了减轻泥石流危害, 保护生态环境, 控制泥沙向金沙江转移, 在多年研究探索的基础上, 利用香根草生态技术对小白泥沟泥石流进行综合治理, 并对其生态恢复、水土保持效果进行研究, 以期对东川乃至世界泥石流治理作出贡献。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区环境概况

研究区位于东川县阿旺镇小白泥沟, 约 2hm<sup>2</sup> 的泥石流堆积区。年平均气温 14.9℃, 极端最高气温 31.5℃, 极端最低气温 -7.8℃。年平均降水量约为 1000.5mm, 月最大降雨量 208.3mm, 日最大降雨量 153.3mm, 降雨主要集中在 5—9 月。年日照时 2327.5h, 年蒸发量 1856.4mm。最大风速 40m/s, 多西南风, 相对湿度 76%。区内光热资源丰富, 但水热失调, 降雨分配不均, 是当地生态修复的主要限制因素。

研究区及周围生态修复以前, 植被覆盖率极低, 绝大部分地表基本无植被存活。由于长久的泥石流冲刷, 地表已经无土壤覆盖, 30cm 深度之内, 均为大小石砾, 利用普通方法无生态修复的可能性。

### 1.2 香根草生态技术简介

香根草 (*Vetiveria zizanioides* L.) 为禾本科岩兰草属的一种多年生草本植物, 因其发达的根系及极强的生态适应性, 近年来被广泛应用于水土保持、道路塌方滑坡治理、生态环境治理、退化生态系统的恢复、富营养水体的净化, 以及对重金属和污染物的生物恢复和土壤基质的改良等方面<sup>[3~6]</sup>。

香根草生态技术是利用香根草抗旱耐瘠、抗污吸污、抗病虫害、耐粗放管理的特性, 在特别恶劣的土壤环境下加入微生物菌肥及土壤改良剂等专利产品, 增强香根草的耐性及适应性, 促进香根草成活, 为植被多样性恢复创造土肥条件, 进而促进土著植物的恢复。

### 1.3 香根草生态技术治理泥石流方案

选择 1a 以上株龄的香根草, 经分苗及根部处理后放置待种。种植前为了提高香根草成活率, 使用合适的保水材料及土壤改良剂, 香根草种植后, 浇足定根水。技术路线如图 1 所示。

### 1.4 后期生态恢复效果实验

#### 1.4.1 土质改良效果分析实验

##### 1.4.1.1 样品采集及处理

种植 1a 后, 对香根草种植区及对照区的土壤按照 0~20cm、20~40cm 土层采集样品, 弃去动植物残体等杂质, 风干后研磨粉碎分别过 1mm 和 0.25mm 尼龙筛, 保存备用<sup>[7]</sup>。

收稿日期: 2014-02-20

基金项目: 昆明市科技计划重大项目 (2013-02-03-A-H-04-2084)。

作者简介: 许圆圆 (1986-), 女, 汉族, 山东高青人, 硕士研究生, 主要从事受损土壤生态恢复研究。

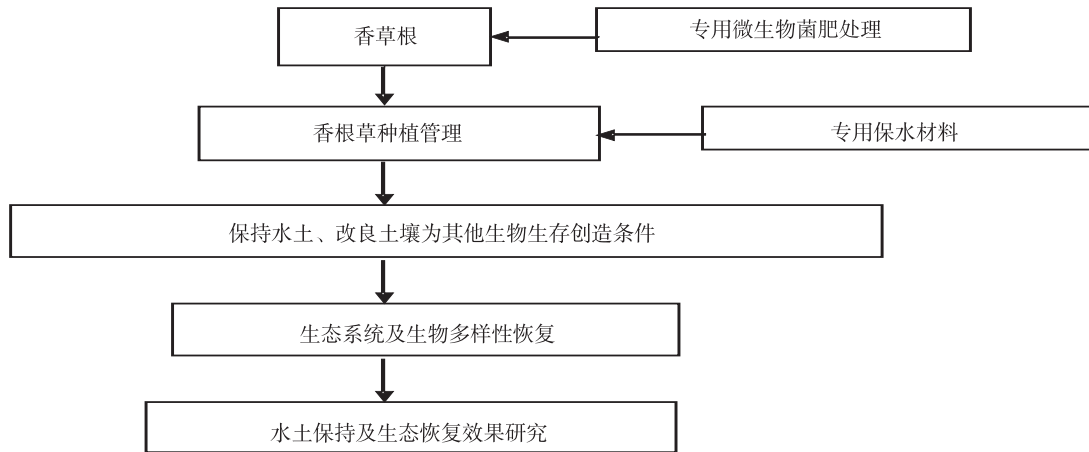


图1 香根草生态技术实施路线图

#### 1.4.1.2 样品分析方法

土壤全 N 采用半微量凯氏法测定，碱解氮采用碱解扩散法测定。

土壤全 P 用 NaOH 熔融 - 钼锑抗比色法测定，速效 P 用 NaHCO<sub>3</sub> 法测定。

有机质采用重铬酸钾容量法 - 外加热法。

速效钾采用 NH<sub>4</sub>OAc 浸提，火焰光度法。

#### 1.4.2 土著群落构建效应分析方法

香根草种植 1a 后，测定种植区的植被覆盖率，在土著植物长势好的地方，设置 3 个 5m × 5m 的样方，分别鉴定恢复的植物种类。

#### 1.4.3 水土保持效应分析方法

在项目区内建设径流监测小区 3 处，并设置对照区 1 处。长 × 宽为 4m × 2m，面积 8m<sup>2</sup>，雨季过

后测定实验区和对照区的泥土冲刷量。

## 2 结果分析

### 2.1 土质改良效应

在香根草种植 1a 后，对项目区及对照区的土壤进行了采样分析，检测分析在昆明光宝生物技术工程有限公司经过国家 CMA 认证的实验室内进行。结果表明，对于 0 ~ 20cm 及 20 ~ 40cm 土层，种植区相比于对照区，全氮、碱解氮、全磷、速效磷、有机质及速效钾的含量均有所提升（表 1）。

对于种植区，全磷及速效钾含量为 0 ~ 20cm 土层大于 20 ~ 40cm 土层，其余 4 项指标均为 20 ~ 40cm 大于 0 ~ 20cm 土层。而对照区也呈现相同的规律（表 1）。

表 1 香根草种植区与对照区各营养元素含量对比

样品名称	全磷 / (g/kg)	速效磷 / (mg/kg)	全氮 / (g/kg)	碱解氮 / (mg/kg)	有机质 / (g/kg)	速效钾 / (mg/kg)
种植区 0 ~ 20cm	0.813	4.041	0.798	32.2	12.459	22.448
对照区 0 ~ 20cm	0.584	3.415	0.644	24.5	10.639	20.035
种植区 20 ~ 40cm	0.673	4.309	0.945	35.7	13.597	20.889
对照区 20 ~ 40cm	0.536	3.951	0.847	27.3	10.753	19.899

### 2.2 土著群落构建效应

香根草种植 1a 后，香根草成活率达到了 80% 以上，种植区内植被覆盖率达到 85%，且种植区内出现了 4 种土著植被，以草本植物扭黄茅 (*Heteropogon contortus* (L.) Beauv.) 为优势种，其他有旱茅 (*Eremopogon delavayi* (Hack.) A. Camus)、黄背草 (*Themeda triandra* var. *japonica* (Willd.) Makino) 及芸香草 (*Cymbopogon distans* (Nees) A. Gamus)，4 种植物耐贫瘠性及耐旱

性均较好。

### 2.3 水土保持效应

雨季过后，对比种植区及对照区的土壤冲刷量，对照区样方 8m<sup>2</sup> 的面积都被冲刷到，且是连片冲刷，而种植区总冲刷面积为 2m<sup>2</sup>，且是点式冲刷。从冲刷深度及冲刷量来看，种植区的冲刷量及深度也远小于对照区。综合面积及深度，种植区的土壤冲刷量仅为对照区的 10%，极大程度地减少了水土流失。

### 3 结论及讨论

(1) 在多年探索经验积累的基础上, 利用香根草生态技术对小白泥沟泥石流堆积区进行了生态治理示范, 1a 后对其治理效果进行分析。从分析结果可以看出, 香根草生态技术用于泥石流生态恢复是可行的, 香根草在自身成活的基础上, 能保持水土、改善土壤养分条件、为其他植物存活创造较好的生存环境, 是一种较好的先锋植物。

(2) 香根草之所以能在如此恶劣的地区成活且长势较好, 是因为其发达的根系, 香根草根一般达 2m 以上, 目前最长记录为泰国的 5.2m。发达的根系深扎入地, 可吸取地层深处的水分及营养物质供自身生长, 从而可以在贫瘠、干旱的环境中存活。

(3) 东川乃至世界泥石流危害日趋严重, 如今当务之急是采取有效的治理及恢复措施。在此示范研究的基础上, 我们将加大对泥石流堆积区生态

恢复的研究, 以建立一种成熟的治理模式。

#### 参考文献:

- [1] 莫美仙, 张世涛, 李杏茹. 昆明东川城区后山泥石流特征及成因分析 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2006, 12 (4).
- [2] 罗正东. 东川生态环境建设与泥石流综合治理 [J]. 水土保持研究, 2003, 10 (4): 234 - 237.
- [3] 陈凯, 胡国谦, 饶辉茂, 等. 红壤坡地柑桔园栽培香根草的生态效应 [J]. 生态学报, 1994, 14 (3): 249 - 254.
- [4] 夏汉平, 束文圣. 香根草和百喜草对铅锌尾矿金属的抗性与吸收差异研究 [J]. 生态学报, 2001, 21: 1121 - 1129.
- [5] National Research Council. Vetiver Grass: A Thin Green Line Against Erosion [M]. Washington D C: National Academy Press, 1993.
- [6] Summer felt S T, Adler P R, Gleen D M, et al. Aquaculture sludge removal and stabilization within created wetlands [J]. Agricultural Engineering, 1999, (19): 81 - 92.
- [7] 曹雪琴, 万军伟, 陈雯, 等. 土壤元素背景值的研究 - 以南方某区域为例 [J]. 安全与环境工程, 2009, 16 (2): 27 - 32.

## Demonstration Research on Treatment of Debris Flow by Planting Vetiver in Xiaobainigou River in Dongchuan

XU Yuan - yuan<sup>1</sup>, YU Liang - jun<sup>2</sup>, ZHANG Qiang<sup>1</sup>, HAN Mu - ping<sup>1</sup>, CUI Hong - wei<sup>3</sup>  
(1. Kunming Zhongjiyuanchuang Technology Co. Ltd., Kunming Yunnan 650233 China)

**Abstract:** Xiaobainigou River is one of the rivers having a debris flow problems in Xiaojiang River basin. A two hm<sup>2</sup> size of demonstration area was outlined by planting vetiver to examine the treatment effects of debris flow. The effects were tested one year later. The results showed that the survival rate of vetiver reached more than 80% with an 85% of vegetation rate. In addition, four kinds of local plants were found to grow well. The nutrient content was higher than that in contrast area. The soil loss was only 10 percent of the contrast area. As a result, a obvious good ecological effects of planting vetiver in Xiaobainigou Piver were found.

**Key words:** vetiver; ecological technology; debris flow; treatment; Xiaobainigou river; Dongchuan

# 环境监测实验室中汞污染的来源及其防治

何 佳

(钦州市环境保护监测站, 广西 钦州 535000)

**摘 要:**介绍了汞的毒性及危害, 全面地分析了实验室中含汞废液的产生来源, 认为应通过提高实验室监测人员的环保意识, 加强对含汞废液的处理和回收, 推行清洁生产、改进监测技术, 以及提高对实验室汞污染治理的经费投入来解决环境监测实验室的汞污染问题。

**关键词:**环境监测; 实验室; 汞污染; 来源; 防治; 对策

**中图分类号:** X83   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0036-03

环境监测站的职能是监测分析当地环境质量和污染物的排放情况, 在监测分析过程中常会产生大量的含汞废液。汞是对人体剧毒的金属元素, 实验室含汞废液的产生, 可能会导致严重的环境污染, 并对监测分析人员的身体健康产生极大的危害。因此有必要对实验室中含汞废液的产生来源进行分析, 找出合理可行的汞污染防治对策。

## 1 汞的毒性及危害<sup>[1]</sup>

汞是常温下唯一的液态金属, 银白色, 易流动, 密度  $13.59\text{g}/\text{m}^3$ , 熔点  $-38.9^\circ\text{C}$ , 沸点  $356.6^\circ\text{C}$ , 蒸气比重 6.9。汞在常温下即能挥发, 汞蒸气易被墙壁或衣物吸附, 常形成持续的污染空气的二次汞源。微量的汞在人体内不致引起危害, 可经尿、粪和汗液等途径排出体外, 如数量过多, 即可损害人体健康。汞对人体的危害主要累及中枢神经系统、消化系统及肾脏, 此外对呼吸系统、皮肤、血液及眼睛也有一定影响。

汞毒可分为金属汞、无机汞和有机汞三种。金属汞和无机汞损伤肝脏和肾脏, 但一般不在身体内长时间停留而形成积累性中毒。有机汞如  $\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$  等不仅毒性高, 能伤害大脑, 而且比较稳定, 在人体内停留的半寿命长达 70d 之久, 所以即使剂量很少也可累计致毒。大多数汞化合物在污泥中微生物的作用下就可转化成  $\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$ 。不同种类的汞及汞化物进入人体后, 会蓄积在不同部位, 从而造成这些部位的损伤。如金属汞主要蓄积在肾和脑, 无机汞主要蓄积在肾脏, 而有机汞主要蓄积在血液及中枢神经系统。汞也可通过胎盘屏障进入胎儿体内, 使胎儿的神经元从中心脑部到外周

皮层部分的移动受到抑制, 导致大脑麻痹。

## 2 环境监测实验室中汞污染的主要来源

(1) 重铬酸钾法测定化学需氧量。测定水中化学需氧量的方法通常是采用《水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法》(GB11914-89)。当被测水样中氯离子含量超过  $30\text{mg}/\text{L}$  时, 需要使用硫酸汞 ( $\text{HgSO}_4$ ) 作为掩蔽剂, 以减少水中的氯离子对测定结果的影响。一般需要在每个水样中加入  $0.4\text{g}$  硫酸汞, 含汞  $270\text{mg}$ 。

(2) 纳氏试剂分光光度法测定水中的氨氮。测定水中氨氮的方法通常是采用《水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法》(HJ535-2009)。此监测方法需用纳氏试剂作显色剂, 而纳氏试剂中含有大量的汞。以 HJ535-2009 中第一种配制方法为例, 配制  $100\text{ml}$  的纳氏试剂需用  $2.5\text{g}$  氯化汞 ( $\text{HgCl}_2$ )、 $5\text{g}$  碘化钾 (KI) 和  $15\text{g}$  氢氧化钾, 相当于含汞量  $18.46\text{g}/\text{L}$ 。测定每个样品需用  $1.5\text{ml}$  纳氏试剂作显色剂, 约含汞  $27.7\text{mg}$ 。

(3) 纳氏试剂分光光度法测定空气和废气中的氨。测定空气和废气中氨的方法通常是采用《环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法》(HJ533-2009)。此监测方法也需用纳氏试剂作显色剂。配制  $100\text{ml}$  的纳氏试剂需用  $1.7\text{g}$  氯化汞 ( $\text{HgCl}_2$ )、 $3.5\text{g}$  碘化钾 (KI) 和  $12\text{g}$  氢氧化钠, 相当于含汞量  $12.56\text{g}/\text{L}$ 。测定每个样品需用  $0.5\text{ml}$  纳氏试剂作显色剂, 约含汞  $6.28\text{mg}$ 。

(4) 纳氏试剂光度法测定大气降水中的铵盐。测定大气降水中铵盐的方法通常是采用《大气降水中铵盐的测定 纳氏试剂光度法》(GB 13580.11-92)。此监测方法也需用纳氏试剂作显色剂。配制  $100\text{ml}$  的纳氏试剂需用  $2.5\text{g}$  氯化汞 ( $\text{HgCl}_2$ )、 $5$

收稿日期: 2014-01-17

作者简介: 何佳 (1983-), 广西灵山县人, 工程师, 主要从事环境监测工作。

g 碘化钾 (KI) 和 15g 氢氧化钾, 相当于含汞量 18.46g/L。测定每个样品需用 0.5ml 纳氏试剂作显色剂, 约含汞 9.23mg。

(5) 原子荧光法测定水和废水中的汞。测定水和废水中汞的方法通常是采用《水质 汞的测定 原子荧光光度法》(SL327.2-2005)。在进行样品测定的同时, 需要配制汞标准溶液。先用汞标准储备液 (1000 mg/L) 配制汞标准中间液 (1.0mg/L), 再用汞标准使用液 (0.01mg/L) 配制标准系列。由于汞标准中间液的保存期只有约 3 个月, 故需经常配制。以每年配制汞标准中间液 4 次来计算, 每次配制 1000ml, 则每年共需要 1000mg/L 的汞标准储备液 4ml, 即含汞 4mg。

(6) 测定环境空气和废气中的汞。测定环境空气和废气中汞的方法通常是采用《环境空气 汞的测定 巯基棉富集-冷原子荧光分光光度法 (暂行)》(HJ542-2009) 以及《固定污染源废气 汞的测定 冷原子吸收分光光度法 (暂行)》(HJ543-2009)。在进行样品测定的同时, 需要配制汞标准溶液。以 HJ543-2009 为例, 先用汞标准贮备液 (1000mg/L) 配制汞标准中间液 (10mg/L), 再用汞标准使用液 (1mg/L) 配制标准系列。由于汞标准中间液的保存期只有约 3 个月, 故需经常配制。以每年配制汞标准中间液 4 次来计算, 每次配制 100ml, 则每年共需要 1000 mg/L 的汞标准储备液 4ml, 即含汞 4mg。

(7) 原子荧光法测定土壤和沉积物中的汞。测定土壤和沉积物中汞的方法通常是采用《土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 (第 1 部分: 土壤中总汞的测定)》(GB/T 22105.1-2008) 以及《土壤和沉积物 汞、砷、硒、铋、锑的测定 微波消解/原子荧光法》(HJ680-2013)。在进行样品测定的同时, 需要配制汞标准溶液。以 GB/T 22105.1-2008 为例, 先用汞标准贮备液 (100mg/L) 配制汞标准中间液 (1.0mg/L), 再用汞标准使用液 (20 $\mu$ g/L) 配制标准系列。由于汞标准中间液的保存期只有约 3 个月, 故需经常配制。以每年配制汞标准中间液 4 次来计算, 每次配制 1000ml, 则每年共需要 100mg/L 的汞标准储备液 40ml, 即含汞 4mg。

(8) 四氯汞盐吸收法测定空气中的二氧化硫。测定空气中二氧化硫的方法通常采用《环境空气 二氧化硫的测定 四氯汞盐吸收-副玫瑰苯胺分光光度法》(HJ483-2009)。此监测方法所用的四氯

汞钾吸收液中含有大量的汞。配制 1000 ml 的 0.04mol/L 四氯汞钾吸收液需用 10.9g 二氯化汞 (HgCl<sub>2</sub>)、6.0g 氯化钾 (KI) 和 0.070g 乙二胺四乙酸二钠盐 (EDTA-Na<sub>2</sub>), 相当于含汞量 8.05g/L。一般测定环境空气样品每个点位每次采样使用吸收液 50ml, 含汞 402.5mg; 污染源监测每个点位每次采样使用吸收液 5ml, 含汞 40.25mg。

其余各监测分析项目中几乎不使用含汞试剂, 故产生的含汞废液可忽略不计。

### 3 环境监测实验室中汞污染的防治对策

#### 3.1 提高实验室监测人员的环保意识

实验室监测人员应充分认识到实验室汞污染的严重性, 加强职业道德修养, 充分发挥主观能动性, 在实验过程中始终坚持环境保护理念。每个人做到自觉地按规定量取用含汞药品和试剂, 规范操作, 注意汞的回收, 及时妥善地处置含汞废液, 养成良好的实验作风和工作习惯。随时关注和研究工作中各个环节是否实现了资源的合理利用, 是否对环境的危害降到最低, 是否对环境造成二次污染。

#### 3.2 加强对含汞废液的处理和回收

含汞废液的处理方法通常使用硫化物沉淀法。即将含汞废液调 pH 至 8~10, 加入过量硫化钠, 使其生成硫化汞沉淀, 再加入硫酸亚铁作为共沉淀剂, 硫化铁将水中悬浮的硫化汞微粒吸附而共沉淀, 清液可排放, 残渣可用熔烧法回收汞, 或再制成汞盐<sup>[2]</sup>。除此之外, 还有许多方法可用于处理含汞废液。如电解法是利用金属的电化学性质, 在直流电作用下汞化合物在阳极分解成汞离子、在阴极还原成金属汞而除去废水中的汞; 离子交换法即用大孔巯基 (-SH) 离子交换树脂吸附汞离子, 达到去除水中汞离子的目的; 金属还原法是利用铜、锌、铝、镁、锰等毒性小而电极电位又低的金属 (屑或粉) 从废水中置换汞离子, 其中以铁和锌效果较好<sup>[3]</sup>。在传统的物理化学方法基础上, 如今又研制出了新的微生物法来处理含汞废水<sup>[3]</sup>。各环境监测实验室应注意选择恰当的方法, 加强对含汞废液的处理和回收, 尽量避免或减少含汞废液对环境的危害。

#### 3.3 推行清洁生产, 改进监测技术

大力推行清洁生产理念, 尽量选择污染较小的分析方法, 从源头上减少含汞废液对环境的污染。在保证监测质量的前提下, 优先采用无毒害、无污染或低毒害、低污染的试剂, 尽量避免强毒性的试剂。广泛采用现代测试仪器, 减少化学试剂的用

量。对于化学需氧量的测定方法,目前国际上有人使用高锰酸钾、臭氧、羟基等作氧化剂来代替重铬酸钾,不仅可以避免使用含汞试剂,还可以减少废水中铬的含量。空气中二氧化硫的测定方法目前许多监测站已逐步转换为甲醛吸收法(HJ482-2009),这样避免了使用大量的含汞试剂。水和废水中氨氮、空气和废气中氨的测定方法应尽快向水杨酸分光光度法(HJ536-2009、HJ534-2009)转换。大气降水中铵盐的测定方法可考虑采用离子色谱法<sup>[4]</sup>。

除此之外,可考虑在保证监测数据准确性的前提下减少含汞试剂的使用量,例如蔡裕丰等<sup>[5]</sup>对纳氏试剂光度法测定水和废水中氨氮的分析方法进行了改进,水样的取样量由50ml改为10ml,纳氏试剂的用量由1.5ml改为0.1ml,实验废液减少了80%,纳氏试剂的用量减少了93.3%,真正符合清洁分析、节能环保的要求,可带来巨大的环境效益和经济效益。

#### 3.4 提高对实验室汞污染治理的经费投入

在实验室建设的经费预算中增加汞污染治理方面的投入,用于进行含汞废水、废气以及固体废物

分类收集处理以及回收设施的建设。另外,可在各项监测收费中收取一定比例的废物处理费,作为实验室污染物处理的专项费用。

#### 4 结语

当前环境监测实验室的汞污染问题已不容忽视,各级环境监测实验室应予以高度重视,采取行之有效的方法和措施来防治实验室汞污染。政府部门也应给予政策、资金的支持,建立全面、系统的污染防治方案,逐步推行,使环境监测实验室真正成为名副其实的环境保护实验室。

#### 参考文献:

- [1] 万双秀,王俊东.汞对人体神经的毒性及其危害[J].微量元素与健康研究,2005,22(2):67-69.
- [2] 王俊荣,苏爱梅,赵荣芹.环境监测实验室存在的污染及处理方法[J].安全与环境工程,2005,12(1):33-34.
- [3] 唐宁,柴立元,闵小波.含汞废水处理技术的研究进展[J].工业水处理,2004,24(8):5-8.
- [4] 本书编委会.空气和废气监测分析方法(第4版)[M].北京:中国环境科学出版社,2003.
- [5] 蔡裕丰,徐立生.纳氏试剂光度法测定水和废水中氨氮方法的改进[J].环境科学导刊,2008,27(1):92-94.

## Source and Control of Mercury Pollution from Environmental Monitoring Laboratory

HE Jia

(Qinzhou Environmental Monitoring Station, Qinzhou Guangxi 535000 China)

**Abstract:** A large number of wastes containing mercury were produced from environmental monitoring laboratories, which may cause unexpected environmental problems. A complete analysis of main source of mercury pollution from laboratory was done. Several countermeasures to control the mercury pollution were put forward. Mercury pollution from environmental monitoring laboratory should be solved by improving the staff's awareness of environmental protection in laboratory, strengthening the treatment and recovery of wastes containing mercury, promoting cleaner production, improving the monitoring technology, and increasing the funds.

**Key words:** environmental monitoring; laboratory; mercury pollution; source; prevention; countermeasures

# 云南省农业面源污染及防治对策

邱 成

(玉溪师范学院资源环境学院, 云南 玉溪 653100)

**摘 要:** 云南省主要农业环境污染问题包括: 化肥使用量不断增加; 地膜使用量及其覆盖面积不断增加; 农药使用量不断增加; 畜禽粪便污染日益加重。分析了问题产生的原因, 提出了防治农业污染的建议。

**关键词:** 农业; 污染; 面源; 原因; 对策; 云南

**中图分类号:** X71 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0039-05

农业面源污染指农村地区在农业生产和农村其他生产及居民生活过程中产生的、未经合理处置的污染物对水体、土壤和空气及农产品造成的污染, 主要包括农业生产过程中不合理使用而流失的农药、化肥, 残留在农田中的农用薄膜和处置不当的农业畜禽粪便、恶臭气体等造成的污染。农业面源污染导致农村土壤污染加重, 河流、库塘等水体富营养化, 造成农村生态环境恶化, 严重影响农产品质量安全, 并通过食物链对人体健康造成危害。农业面源污染已经成为摆在我们面前的一个不可回避的现实问题。

## 1 云南省主要农业环境污染

### 1.1 化肥使用量不断增加

化肥的施用已经成为我国当前提高农业粮食单产的一条重要途径<sup>[1]</sup>。近年来, 云南省的化肥使用量不断增加(表1): 1996年的化肥使用量为88.1万t, 2005年增加到137.2万t, 2012年突破为200万t<sup>[2]</sup>。同时, 农家肥施用量也在不断增加: 据不完全统计, 2004年全省农家肥施用量3600多万t, 2007年增加到7815万t<sup>[3]</sup>。过多的化肥施用不仅导致部分土壤生产盐化、酸化, 土壤质量迅速下降, 还通过农田径流使过量氮、磷向水体迁移, 导致地下水和饮用水硝酸盐含量超标, 造成水体污染及水体富营养化<sup>[4,5]</sup>。据调查, 农村水源污染中, 城市污水和农业污染各占50%左右, 其中农业废弃物污染占35%~40%, 化肥污染占10%~15%<sup>[1]</sup>。云南省使用的大多数复合肥中含有相当数量的酸性成分, 会使弱酸性的土壤更加酸

化, 造成土壤板结, 抑制作物生长。农业部相关资料显示, 农业施用氮磷钾的合理比例为1:0.65:0.47, 但目前云南省的施用比例严重失调<sup>[5,6]</sup>。由于过量施用化肥, 造成粮食、蔬菜中硝酸盐和亚硝酸盐含量不断增加, 粮食、蔬菜质量下降, 引发食品安全问题, 制约了农业的可持续发展。

### 1.2 地膜使用量及其覆盖面积不断增加

云南省的农膜主要用于两个方面: 一是用于建造塑料大棚生产反季节蔬菜、鲜花或水果; 二是直接铺到耕地上, 生产经济价值较高的蔬菜或作物。近年来, 云南省的农膜施用量和地膜覆盖面积飞速增加, 由2001年的1.2万t增加到2005年的6.9万t, 到2010年达到9.4万t(图1), 9年间增加了约7倍; 而地膜覆盖面积2001年是20万hm<sup>2</sup>, 到2010年达到79.62万hm<sup>2</sup><sup>[7]</sup>。由于使用的绝大部分农膜为不可降解塑料, 在土壤中难以自然降解, 云南省的农膜残膜率在40%以上, 2010年就至少有3万t农膜残留在土壤中。这些农膜在15~20cm土壤层形成不易透水、透气很差的难耕作层, 使土壤的结构和可耕性遭到破坏, 地力下降, 对作物生长产生直接影响, 造成粮食减产, 其损失达到产值的20%左右<sup>[8,9]</sup>。由于农膜轻而占满了泥土, 回收利用价值不大, 当农膜积累多了以后, 大多是被农民点火焚烧。焚烧农膜会产生毒杀芬、六氯代苯、二噁英、呋喃以及多氯联二苯等危害极大的化合物<sup>[9,10]</sup>。由于农膜很难降解, 其对环境的影响将长期存在, 严重污染农村生态环境和农业环境, 对农业可持续发展构成不容忽视的威胁。

表1 1996—2012年云南省年化肥施用量

(万t)

年份	化肥使用总量	氮肥	磷肥	钾肥	复合肥
1996	88.1	51.0	15.8	6.9	14.4
1997	97.2	55.6	16.9	8.3	16.4
1998	105.8	59.6	17.5	9.7	19.0
1999	105.2	61.5	17.6	8.8	17.3
2000	90.5	52.9	15.3	7.8	14.5
2001	112.1	66.1	18.3	9.1	18.5
2002	120.0	70.1	19.9	9.7	20.2
2003	125.0	72.2	21.7	9.9	21.2
2004	129.2	74.5	21.5	10.4	22.8
2005	137.2	78.8	22.7	11.2	24.6
2006	142.7	79.9	22.7	12.0	28.0
2007	152.5	83.3	24.2	12.9	32.1
2008	158.3	86.6	24.8	13.6	33.2
2009	167.7	91.9	26.0	15.2	34.5
2010	171.4	92.7	25.4	16.1	37.2
2011	184.6	97.5	27.2	17.9	42.0
2012	200.5	103.2	29.6	19.8	47.8
合计	2288	1277.4	334.4	199.3	443.7

数据来源：中华人民共和国国家统计局。

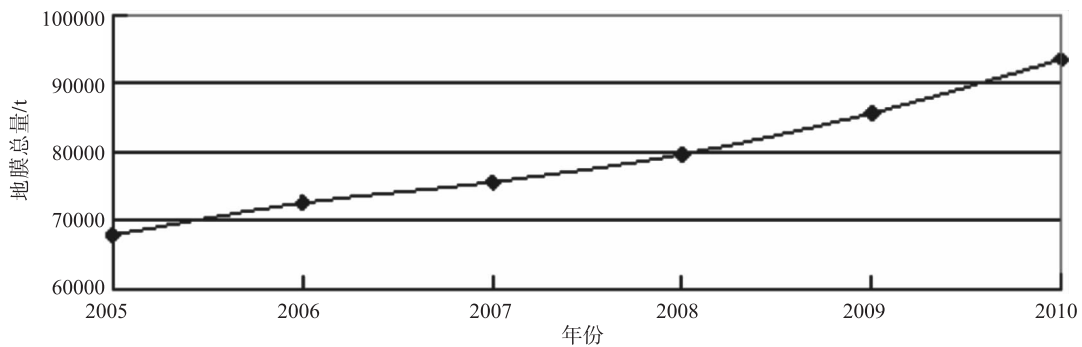


图1 云南省2005—2010年农用地膜总量变化 (数据来源：云南省农业厅官网)

### 1.3 农药使用量不断增加

农药作为控制和消灭植物病虫害的有效方法，对农、牧、林业的增产、保收和保存等方面都起着很大的作用，因此，在农业生产中得到广泛的使用。近年来，云南省农药使用量增加的速度非常快(表2)：2001年，全省的农药施用量为2.5万t，到2010年增加到4.6万t<sup>[2]</sup>，仅5年时间，就增长了约2倍。农药经过喷洒或使用，就能直接进入大

气、水体及土壤环境，其毒性、高残留特性便会发生效应，造成严重的大气、水体及土壤的污染。相关研究表明，云南的水环境中存在着多种农药，包括检出了 DDT<sup>[11,12]</sup>。同时，农药对害虫的天敌和其他益虫、益鸟有杀伤作用，会使害虫产生抗药性，这样就须增加用药的次数和数量<sup>[13]</sup>，从而更加重了环境的污染和危害，造成农药公害问题，影响云南省农业的可持续发展。

表2 2001—2011年云南省农药使用情况

(t)

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
使用量	25000	25738	26873	29096	30576	32891	35206	42875	42567	46191

数据来源：中华人民共和国国家统计局。



#### 1.4 畜禽粪便污染日益加重

随着云南省近年来养殖业的迅猛发展,特别是畜禽养殖的规模化、产业化,加之养殖污水处理设施严重滞后,致使畜禽污染已成为严重的污染源。据统计,云南省2008年末猪出栏数为2669.00万头,2011年增加到3866.48万头;2008年年末禽类出栏数为16547.09万只,2011年达到25369.93万只<sup>[2]</sup>。畜禽产生的粪便、尿水排泄物和冲洗圈舍污水等会污染生态环境和危害公共卫生安全,危害人类、动植物健康<sup>[14,15]</sup>。云南省畜禽污染源点多、面广,养殖污水处理设施严重滞后,养殖厂、村庄周围的沟渠、河流几乎全部成为纳污水体。2003年完成的云南省畜禽养殖业污染源调查显示<sup>[3]</sup>,畜禽养殖污染物产生量及流失量:化学需氧量分别为333万t、37万t;生化需氧量分别为278万t、25万t;氨氮分别为34万t、9万t;总磷分别为17万t、20万t;总氮分别为83万t、43万t。在云南省农业面源污染总负荷中,畜禽养殖业的贡献率仅次于种植业,畜禽污染已经成为制约云南省农业可持续发展的重要因素。

#### 1.5 秸秆焚烧加重了环境污染

由于农村能源结构不合理,农村焚烧农作物秸秆的现象比较普遍,夏秋收获季节秸秆焚烧尤为严重。近年来,云南省农作物秸秆焚烧量都在2000万t以上<sup>[3]</sup>,这些秸秆焚烧,不仅浪费了宝贵的生物资源,而且秸秆露天焚烧后,产生大量浓烟,弥漫的烟雾造成能见度降低,直接威胁机场和公路的交通安全,并极易引发火灾。同时,烟雾中含有大量的有毒有害气体,危害人畜健康,影响作物生长,严重污染环境。

### 2 农业环境污染原因分析

#### 2.1 人口增加

人口的不断增长,是引发环境破坏、资源短缺、食物供应紧张等重大社会发展问题的关键原因。云南省2001年年末全省常住人口为4287万人,到2012年末为4659.0万人<sup>[16]</sup>,增加了372万人,人口增长了8.67%。人口增加,要求农业提供更多的农产品,满足人们生活的需要。而在短期内,提高农产品的一个有效方法,就是大量使用化肥、农膜、农药、调节剂、饲料、激素等。这些物质的大量使用,将导致农业污染,制约农业的可持续发展。因此,人口的增加(不仅是农村人口的增加,也包括城市人口的增加),是农村、农业环境污染加剧的根本原因。

#### 2.2 人民生活水平提高

近年来,随着云南省城乡居民人民生活水平的提高,居民的食品消费呈现出大米消费减少,肉禽蛋、蔬菜、水果、奶及奶制品等消费不断增长的局面。人民食品消费结构的变化,促进了农业产业结构的调整,加快了蔬菜、水果、畜禽养殖业的规模化、产业化,也促进了化肥、农膜、农药、调节剂、饲料、激素等大量和集中使用;同时,使畜禽产生的粪便、尿水排泄物和冲洗圈舍污水、农作物秸秆等集中排放。由于没有得到治理,排放物超过了当地的环境容量,加剧了农业环境污染,使农村的生活环境质量更加恶劣。

#### 2.3 农村环保投入不足、农村环境政策不健全

云南省的环境保护投入,绝大部分投入到了城市,农村的环境保护长期受到忽视,对环保机构、环保人员以及环保基础设施的建设投入严重不足。主要表现在:在县一级建立了最基层的环境保护机构,而在广大农村则缺乏环境保护组织机构与环境保护人员,只有少数乡镇设立了环保组织;大多数农村的环境缺乏监测,甚至有的县都还没有建立环境监测站;污水、垃圾处理设施缺乏。同时,农村环境保护政策不健全:绝大部分农村没有制定农村环境保护规划,即使制订了也缺乏可操作性;农村环境保护的立法严重不足;农村环境管理机构人员的编制匮乏;农村环保设施的资金来源及使用没有相应的政策保障;各机构对农村环境保护的职责权限不明等。这些是导致农村环境污染的重要原因。

#### 2.4 基层组织、群众、农民的环保意识不强

生态环境的保护、改善、恢复,是新农村规划建设面临的一个重大问题。在新农村生态环境的保护、改善、恢复过程中,基层组织、群众,特别是农民的环境意识的高低,对新农村生态环境的好坏起着至关重要的作用<sup>[6]</sup>。部分农村基层政府和领导缺乏环境科学知识,对环境保护法律法规知之甚少,环保意识不强,对环境保护与经济的关系缺乏深刻的认识,因而,出现了在发展经济、招商引资等过程中,没有考虑环境生态成本,乱开发、乱审批、引进污染企业的现象。同时,我国几千年的小农文化非常不利于生态环境保护。小农文化重视个人私有,缺乏集体共享意识;注重现实,缺乏对未来的思考。造成群众,特别是农民的环境意识比较淡薄:为了提高粮食产量,过度使用农药化肥和农膜,乱扔生活垃圾、焚烧秸秆,使农村面源污染加剧。

### 3 防治农业污染建议

#### 3.1 大力发展生态农业,合理施用农药、化肥

生态农业是一种知识密集型和劳动密集型农业,其生产效益比一般农业高15%~25%。它既能提供大量的清洁食品,又能维持农业生态系统的平衡,被誉为21世纪农业的最佳生产模式。近几年来,虽然云南省的生态农业发展取得了良好的成绩,但是还要继续深入开展无公害农产品、绿色食品和有机食品生产基地建设工作,加强绿色、有机食品管理体系建设,组织绿色、有机食品认证工作;结合云南实际,主要发展以山林为基地、种养结合的生态产业园和种养殖和沼气池配套组合的生态产业园。及时回收和贮存旧农膜,提高残留地膜回收及循环利用率,大力推广适期揭膜技术<sup>[17]</sup>,减少白色污染,促进农业发展。同时,大力推广测土配方施肥技术,注重氮、磷、钾之间的合理比例,改善肥料结构,做到平衡、科学施肥,提高化肥利用率,以减少农业面源污染。实行农作物病虫害综合防治,积极控制和削减农药施用量,禁止高毒高残留农药的使用,大力推广高效低毒低残留的生物农药,这样,有利于促进生态农业的快速发展,改善农村生态环境,提高人民的生活质量。

#### 3.2 提高对农村环境保护的资金投入

近年来,云南省大力推进新农村建设,但是,在新农村建设中,必须加大对农村生态环境的环保投入。各级政府应该加大对农村生态环境保护基础设施建设的资金投入力度,加快农村由于化肥、农药、畜禽导致的水污染和农业垃圾无害化处理设施的建设步伐。应逐步建立完善将农村环保设施投入和农村环境保护的监测、防治和管理支出纳入各级财政预算的财政制度,各级政府加大财政资金向农村转移支付力度,提高排污费资金用于农村污染治理的比例。应投入资金,完善人员编制,成立乡镇环保所,加强农村环境保护工作。

#### 3.3 提高基层组织、群众、农民的环保意识

在农村生态环境的保护、改善、恢复过程中,提高基层组织、群众、农民特别是农民的环境意识,对新农村生态环境的改善起着至关重要的作用。首先,应通过广播、电视、报纸等新闻媒体向农民宣传环境保护知识,宣传获得经济、生态效益的典型事例,并让他们参观一些生态农业示范区,调动农民保护环境的积极性。其次,应加强环境教育。加大农村基础教育投入,为农村培养环境教育的教师,把环境教育作为农村基础教育的一个重要

内容。环境教育,在农村与城市,都要从娃娃抓起。同时,在农村成人教育与职业教育中,开设环境科学课程,提高成人的环境科学知识和环境保护素质。最后,发挥农村社区、非政府组织的作用,提高农民的环境意识和参与环境保护的积极性。农村、农业的生态环境保护,需要基层组织、农民的广泛参与,应建立健全农民的公众参与制度;发挥非政府组织在农村环境保护中的积极作用。

#### 3.4 加强农村新能源建设

要继续开展农村沼气和秸秆气化集中供气项目。大力发展以沼气为纽带的“畜(禽)-沼-果(粮、菜、茶、药)”生态养殖-沼气-有机肥料-高效种植的循环农业模式,减少畜禽养殖污染。进行秸秆气化,推广应用秸秆气化炉等。把沼气池与厕所、鸡舍、猪圈等畜禽设施相配套,使畜禽产生的废弃物与秸秆进入沼气池,将沼液、沼渣的综合利用与种养业的高效开发同步进行,既解决了各种秸秆、畜禽的废弃物利用难题,又大大改善了农民的居住环境和卫生条件,能有效减少农业污染。

#### 3.5 加强农业废弃物的综合利用

深入贯彻国家六部委《秸秆禁烧和综合利用管理办法》,做好秸秆禁烧的宣传教育和监督检查工作,开展秸秆的综合利用。如以秸秆氨化作饲料,大力发展肉牛、羊等食草动物养殖;利用稻草、玉米芯、棉壳等农作物秸秆来发展蘑菇产业;利用微生物把秸秆分解成生产肥料或直接粉碎还田;将小麦秸秆粉碎加工成草胚,用作造纸原料等<sup>[18,19]</sup>。对回收后的残留地膜进行熔融再生、热裂解,生产新的农膜或柴油。对畜禽粪便,积极推广干湿分离,生产有机肥。开展秸秆和畜禽粪便资源的综合利用示范工程,整治农村面源污染,改善农村环境。

### 4 结语

近年来,云南省农业环境污染问题日益突出。规模化畜禽养殖,农药、化肥、农膜的不合理使用,农作物秸秆增多,在一定程度上造成了农村环境的污染和破坏,这对云南省社会主义新农村建设提出了挑战。但是,新农村建设的一个重要内容就是农村生态环境的改善,面对云南省农业环境污染加重的现实,我们应该探讨防治农业环境污染的有效措施,结合云南省新农村建设,加大农村生态环境的建设力度,提高农民生活环境质量,促进农村的可持续发展。

参考文献:

- [1] 崔玉亭. 化肥与生态环境保护 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2000: 6-12.
- [2] 云南省统计局, 国家统计局. 云南统计年鉴 2012 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2012: 216-236.
- [3] 云南省环境保护局. 2004 年到 2007 年云南省环境状况公报 [EB/OL]. <http://www.ynepb.gov.cn/listhjgb2004.htm>.
- [4] 宋秀杰. 农村面源污染控制及环境保护 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2011: 16-18.
- [5] 杨硕, 张兴. 云南省农业污染源现状、危害及其防治策略 [J]. 环境科学导刊, 2012, 31 (6), 59-60.
- [6] 苏帆, 洪丽芳. 云南省土壤培肥技术 [M]. 北京: 中国大地出版社, 2008: 25-27.
- [7] 云南省农业厅. 统计数据 [EB/OL]. <http://www.ynagri.gov.cn/Default.shtml>.
- [8] 王海涛, 赵淑丽. 浅析农业白色污染的危害及防治措施 [J]. 论苑, 2011, (5): 19.
- [9] 闫实. 白色污染对农业生态环境安全影响研究 [J]. 农业环境与发展, 2012, (5): 40-42.
- [10] 魏迎春, 唐琳. 农用地膜对土壤的污染及其防治探讨 [J]. 西藏农业科技, 2010, 32 (1): 19-21.
- [11] 吴晓波, 马庭鑫. 云南省农药使用状况、问题及对策 [J]. 农药科学与管理, 2010, 31 (9): 6-8.
- [12] 李志敏, 马雪涛. 滇池面源农药污染的时空分布及综合控制 [J]. 云南农业科技, 2012, (19): 16-21.
- [13] 贾正邦. 环境与健康 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2008: 94-99.
- [14] 曹杰伟. 浅析人畜共患病发生的原因及防范措施 [J]. 农业科学, 2009, (5): 48-49.
- [15] 陈英旭. 农业环境保护 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 66-68.
- [16] 云南省统计局. 云南省 2001 和 2012 年国民经济和社会发展统计公报 [EB/OL]. [http://www.yn.gov.cn/yunnan\\_china/74590868828323840/index.html](http://www.yn.gov.cn/yunnan_china/74590868828323840/index.html).
- [17] 宋言奇, 段进军. 新农村生态环境保护不可忽略的六大环节 [J]. 农业现代化研究, 2007, 28 (1): 79-82.
- [18] 李红霓. 农村污染的治理途径分析——以四川省为例 [J]. 农村经济, 2007, (5): 104-106.
- [19] 张映虹. 浅析新农村建设中主要环境问题及对策措施 [J]. 环境科学导刊, 2007, 26 (3): 32-34.

## Agricultural Non – point Source Pollution and Countermeasures in Yunnan

QIU Cheng

(School of Environment and Resource, Yuxi Normal University, Yuxi Yunnan 653100 China)

**Abstract:** Environmental problems are emerging due to agricultural non – point source pollution in Yunnan. The most serious problems are as follows: an increasing usage of chemical fertilizers and plastics in farm field, a rising release of pesticide, and a growing amount of waste from livestock and poultry. Agricultural non – point sources in Yunnan were identified. Suggestions were put forward to control agricultural pollution.

**Key words:** agriculture; pollution; non – point source; factor; countermeasures; Yunnan

# 地铁上盖开发建设项目环境保护研究

侯可斌

(北京市环境影响评价评估中心, 北京 100089)

**摘要:** 地铁上盖开发建设项目具有广阔的应用前景, 成为目前城市轨道交通建设发展推崇的模式。地铁上盖开发可以分为地铁车站上盖开发、车辆段上盖开发和停车场上盖开发三类。对地铁上盖开发建设项目的特点和环境敏感性进行了分析与总结, 根据敏感性分析结果, 对上盖开发建设的环境保护措施提出了建议。

**关键词:** 地铁上盖; 开发; 噪声; 振动; 分析; 措施; 研究

**中图分类号:** X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0044-05

香港是较早开展地铁上盖物业开发的城市, 港铁因其综合开发利用的盈利模式而闻名<sup>[1]</sup>, 受到国内地铁运营公司的广泛关注和效仿。相关学者以港铁为范例对上盖开发的法律可行性与盈利模式进行了研究<sup>[2~5]</sup>, 一些大中城市积极开展了上盖开发的尝试。目前, 国内深圳、广州、上海、北京、杭州、天津、长沙等城市相继开展了地铁上盖物业开发的相关工作<sup>[6~7]</sup>, 取得了一定的经验。

地铁上盖开发不同于一般的房地产开发项目, 其环境问题(噪声与振动环境影响)尤为突出。因此, 针对上盖开发项目的环境保护设计尤为重要。本文结合北京地区开展的地铁上盖开发项目环境保护设计情况, 对此类项目的环保相关问题进行研究, 并对开发建设提出建议。

## 1 基本概念

### 1.1 车辆段与停车场

**地铁车辆段:** 具有配属车辆, 以及承担车辆的运用管理、整备保养、检查工作和承担较高级别的车辆检修任务的基本生产单位<sup>[8]</sup>。

**地铁停车场:** 具有配属车辆, 以及承担车辆的运用管理、整备保养、检查工作的基本生产单位<sup>[8]</sup>。

车辆段与停车场的主要区别为: 车辆段承担的维修功能级别更高, 停车场一般承担月检、临检的任务, 车辆段在此基础上可实现大修任务, 故一般车辆段的占地较停车场大。

### 1.2 地铁上盖开发

目前, 关于地铁上盖开发没有明确的法律法规

定义, 根据国有用地开发的权属, 可以如下定义: 地铁上盖开发是指在地铁征地范围内的二次开发建设, 其建设内容与地铁无关, 开发内容权属为开发商所得。根据开发场所不同, 可分为三类: 地铁车站上盖开发、车辆段上盖开发和停车场上盖开发。

## 2 地铁车站上盖开发环境影响分析及建议

### 2.1 开发建设特点

地铁车站是乘客进出地铁的通道, 其人流密度大的特点, 使得对车站进行综合开发具有极高的商业价值; 同时, 地铁通行方便, 对其进行办公开发也具有吸引力。目前, 国内对地铁车站上盖开发主要用于商业和办公。通常此类开发, 需结合地铁建设, 在地铁设计阶段予以考虑, 为上盖开发留出实施空间和接入口。

地铁车站一般分为地下车站和地上车站两种, 两者均可进行上盖开发建设。地下车站开发通常可以结合车站的开挖深度, 实现地下多层开发, 如北京地铁九号线六里桥车站综合开发。地上车站因需考虑地铁线路进出, 通常以外包形式进行综合体的开发建设, 如北京地铁13号线西直门站上综合商业体。地下开发建设因受地铁基础及出入口设置限制, 其开发难度较地上线路大。

### 2.2 环境敏感性分析

地铁车辆在车站部分运行速度较低, 处于一个减速、加速的过程, 速度在0至60~80km/h之间变化。因此, 地铁车辆运行带来的噪声、振动影响较正线低, 减速、加速带来的振动修正为 $\pm 1\text{dB}^{[9]}$ , 噪声修正一般可不考虑。根据各地铁线路运行牵引图要求, 地铁开始减速和加速达到正线速度的距离均有所不同, 需根据实际情形分析。

收稿日期: 2014-02-07

作者简介: 侯可斌(1983-), 硕士, 工程师, 主要从事环境影响评价、技术评估研究工作。

(1) 地下车站开发主要环境限制因素为振动、噪声和空气异味。地铁车辆运行产生的振动影响来源于车辆运行产生的振动通过隧道壁向周围空间传递,如图1所示。因地下车站与上盖开发建筑共用基础,振动传播更为直接,距离衰减可不考虑,振动影响更为明显,地下开发部分的振动值接近源强。从环境保护的角度来看,靠近地铁隧道的地下开发内容不宜建设住宅等敏感建筑。

列车进入上盖开发范围的最高车速在40~50km/h时,根据计算可得振动源强为79~81dB<sup>[9]</sup>。因此,若上盖开发建设为住宅等敏感建筑时,室内振动限值需满足昼间70dB、夜间67dB以下<sup>[10]</sup>,则必须实施轨道减振措施。对于地上部分,由于目前对振动传播规律研究尚不完善,可能出现振动放大的问题。因此,需结合实际范例进行类比监测<sup>[11]</sup>,进而分析开发建设敏感建筑的可行性。

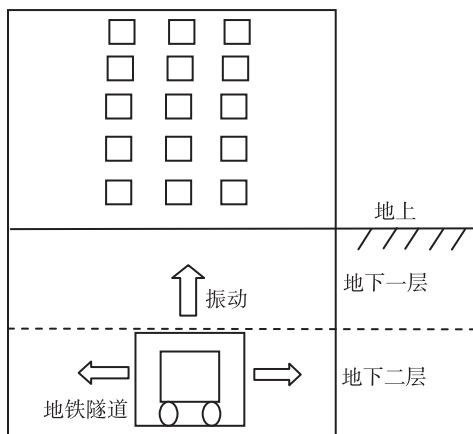


图1 地下车站上盖物业开发示意图

为解决地下车站的空气流通和夏季制冷要求,通常需要在地面设置风亭和冷却塔。地面风亭和冷却塔主要产生噪声和空气异味问题。风亭、冷却塔噪声源强一般在60dB以上,其噪声控制主要手段为降低源强,如选用低噪声设备、加装消声片等;通过设置隔音挡板的措施可以对低层噪声影响进行控制。对于车站异味问题,主要通过将风亭排放口背向建筑设置来控制。根据地铁设计要求,若临近敏感建筑,通常保留15m以上的防护距离,通过距离衰减降低噪声和气味影响。

(2) 地上车站开发如图2所示,因地上车站不需考虑通风和制冷问题,不需设置风亭和冷却塔,所以主要环境限制因素为噪声与振动。地上线路车辆运行由于轮轨摩擦产生的噪声直接向外环境辐射,若列车进入上盖开发范围的最高速度在40~50km/h,计算可得噪声源强在77~

81dB<sup>[9]</sup>,瞬时噪声较高。因列车进出站是一个变速过程,且与开发建筑距离也是变化的,因此噪声影响预测需采用积分方法,或通过实测获得列车通过过程的等效声级进而根据车流量计算等效声级。对于地上线路噪声控制,通常采取声屏障的方法进行控制。一般上盖开发体较大,故采用直立或半封闭式声屏障无法实现对高层建筑的遮挡,宜采取全封闭的形式。

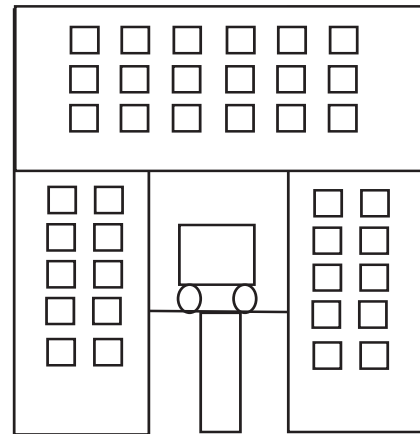


图2 地上车站上盖物业开发示意图

地上线路的振动通过轨面向立柱传播,然后通过立柱地面向外环境进一步传递,其振动能量在几次传递过程中经过衰减已可满足振动环境质量标准要求,振动的环境敏感性相对较弱。若地上车站上盖开发为敏感建筑,保证轨面与开发体没有硬连接,即能量没有直接传递,基本可以满足振动控制要求。

### 2.3 开发建议

根据环评技术导则<sup>[12]</sup>,环境保护更加关注住宅、学校、医院等敏感建筑建设,需详细论证此类建筑开发的环境可行性。地铁车站上盖开发敏感建筑因地铁车辆及环控设备运行影响而敏感,因此,上盖开发需紧密结合地铁设计。若在地铁设计阶段即考虑了上盖开发建设内容,则可从源强角度加以控制,对于控制地铁噪声与振动意义重大。可采取的措施如表1示。

若地铁上盖开发时机较晚,地铁建设过程中未对上盖开发进行考虑,则上盖开发过程中应对噪声、振动、环境空气质量现状进行评价,论证项目建设的环境适宜性。若环境振动现状超标,则实施减振措施的可能性较小,不宜建设敏感建筑;若环境噪声现状超标,可通过采取隔声窗的措施,保证室内环境质量<sup>[13]</sup>;对于空气异味影响,可通过调整上盖敏感建筑设计满足控制距离(15m)要求。

表1 地铁车站开发措施建议

开发类型	实施位置	措施
地下车站	轨道	高级减振（修正量 - 15dB） 特殊减振（修正量 - 20dB）
	风亭	低噪声设备 消声片 背向设置 隔音板
	冷却塔	低噪声设备 隔音板
	管理	轨道和车辆维护、保养
地上车站	轨道管理	全封闭式声屏障 轨道和车辆维护、保养

### 3 车辆段、停车场上盖开发环境影响分析及建议

车辆段和停车场主要差别在于地铁的使用功能，由此导致占地和建筑规模的差别。从环境影响来看两者是一致的，因此，以下分析以车辆段统一代表车辆段和停车场。

#### 3.1 开发建设特点

地铁车辆段一般由运用库（包括停车库、检修库）、出入段线（咽喉区）、试车线和办公用房4个功能组团构成，可以利用的空间主要为除办公用

房区域外的其他3个区域，图3所示为北京地铁九号线郭公庄车辆段平面示意图<sup>[14]</sup>。

地铁车辆段开发充分利用了土地垂向空间，发挥了集约用地的作用。开发建筑可坐落于车辆段内未开发建设的空地，也可坐落于车辆段构筑物之上，与地铁建筑共用基础。此种开发模式充分发挥了地铁车辆段建筑密度小、容积率大的特点，实现了土地空间集约利用。表2对不同功能区开发特点进行了总结。

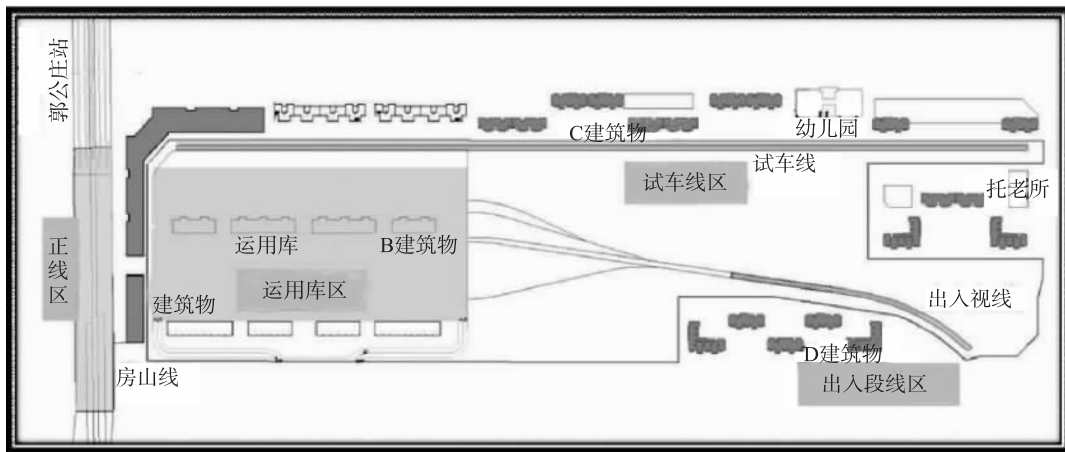


图3 地铁郭公庄车辆段开发示意图

表2 地铁车辆段上盖开发特点总结

功能区	与轨道关系	特点
运用库区	位于轨道线上	库上区建筑与地铁运用库共用基础
咽喉区	位于轨道侧面	轨道基础与开发建筑基础分离
试车线区	位于轨道侧面 位于轨道线上	轨道基础与开发建筑基础分离 开发建筑与试车线轨道共用基础

由表2中可见，试车线既可在线位周边开发，也可在线上开发。试车线上车辆运行速度能达到正线运行速度，振动影响较大。但是试车线使用频次较低，仅当车辆维修后试跑使用，且均在昼间进行，不影响夜间居民休息，因此，试车线上进行开发建设具有可行性。

从场地权属来看，开发建设用地在车辆段征地

过程中已收归国有，车辆段构筑物及运营管理归地铁运营公司，上盖建筑的开发建设则归取得该用地建设权的房地产开发部门，因此，同一土地上产生两家产权单位，两者存在相互协调配合的问题。

#### 3.2 环境敏感性分析

(1) 运用库主要承担车辆的停放、清洗和检修任务。主要的环境影响为振动和噪声。

振动来自于车辆运行和库内设备。车辆入库和出库速度较低，入库速度一般控制在 10km/h 以下，出库速度一般在 20km/h 以下。虽然运行速度较低，但因振动通过立柱直接向上传递，没有经历土层衰减，且上盖建筑与立柱、轨道基础刚性一致，能量传递的损失更小，因此，车辆运行的振动影响十分突出。对于库内振动只能从源强加以控制，如采取轨道减振措施、控制车速等。因库内部分轨道承担列检、清洗等特殊任务，其轨道形式与一般地铁正线不一致，因此，一般地铁正线实施的轨道措施需进行设计调整以适用库内轨道线路。

库内一般设备运行的振动相较运用库来说微不足道，可忽略不计，然而大型设备的振动影响相当突出。车辆段内设有检修库，库内设有列检吊车，吊车运行产生的振动影响突出<sup>[15]</sup>。然而由于建筑设计等多方原因，目前北京已开展上盖开发的三个车辆段（停车场）均未在检修库上进行开发建设，因此，若后续出现检修库的上盖开发利用项目，需对吊车运行的振动影响进行环境影响预测，论证开发的环境可行性。

(2) 咽喉区是地铁出地面进入车库的部分，该段车辆在地面运行，主要环境影响为噪声和振动。

地铁车辆出库集中于早晨 5 点，入库集中于夜间 23 点以后，其他时段偶有车辆进出库，因此，车辆段噪声影响存在明显的特征时段，评价应以集中出入库为主。咽喉区车辆运行的噪声是车辆段的主要噪声源，对所有上盖开发建筑均有影响。因该段车辆运行速度较低，通过车速控制对噪声源强降低的贡献不大，通过传播途径控制是降低声源的有效措施。根据北京地铁 8 号线平西府车辆段、六号线五路停车场项目建设经验，对咽喉区轨道实施全

覆盖措施，使得噪声影响突出的问题迎刃而解。

咽喉区车辆运行速度在 25km/h 以上，振动通过轨道向周围土壤传播，平西府车辆段、五路停车场的实测结果表明振动影响突出，距外轨 30m 处监测值仍不能满足居住文教区振动环境质量标准要求。咽喉区道岔较多，实施轨道减振措施不具备条件；因进入车辆段后，车辆运行速度已经较低，通过车速控制振动效果不明显。所以，可行的振动控制措施是：一方面将上盖开发建筑远离轨道，另一方面在振源与敏感建筑之间设置振动阻隔，降低振动传播。

(3) 试车线区主要环境影响为噪声与振动。

敏感建筑的噪声评价为 1 小时等效声级<sup>[16]</sup>，即 1 小时内声能量的平均值。而试车发生频率低，若进行小时等效，则试车发生过程的噪声在等效声级中贡献相对较小。因此，试车线区域的噪声影响相对不敏感。为了使敏感建筑获得更好的声环境质量，可以通过设置声屏障的措施对试车噪声进行阻隔。

试车线周边开发振动影响特点与咽喉区相似，试车线上开发与运用库上开发相似。由于试车线的使用频率低，且在敏感性相对较弱的昼间，因此较咽喉区和运用库区的开发环境敏感性相对较弱。为了使敏感建筑获得更好的振动环境质量，可在轨道上实施轨道减振措施。

### 3.3 建议

车辆段上盖开发与车辆段建设密切相关，一方面，上盖开发设计需要满足车辆段运营要求和安全防护要求，另一方面，上盖开发依托的地铁措施需在地铁实施过程中同步落实，一旦车辆段建成运营，后补措施难度很大。为配合上盖开发建设，车辆段可实施的措施如表 3 示。

表 3 地铁车辆段开发环保措施建议

开发区域	实施位置	措施
运用库	轨道	适用库内线的轨道减振措施
	车辆	控制进出车库车速 5km/h
咽喉区	轨道	全覆盖 维护保养 轨道降噪措施（如轨道涂油器）
	敏感目标	隔振沟
试车线	轨道旁	声屏障 隔声挡墙
	轨道	轨道减振措施

## 4 总结

地铁上盖开发符合土地集约利用的趋势，拥有

良好的发展前景。在全国轨道交通大发展的背景下，地铁上盖将成为各大城市补贴地铁建设的重要

手段。

地铁上盖开发建设的主要环境问题是地铁运行产生的噪声和振动问题。可根据源强消减-传播途径控制-受体防护的顺序对敏感上盖建筑进行保护。

地铁上盖开发建设的环境可行性需要上盖开发单位与地铁建设积极协调、沟通,从地铁设计阶段对开发建筑形式、建设内容及保护措施予以考虑,纳入地铁建设;地铁建成后的运营管理对于地铁噪声、振动源强影响较大,需要上盖开发单位与地铁运营部门做好沟通协调,达成相关协议,确保上盖开发设计阶段提出的地铁管理要求得以落实。

地铁上盖开发一方面解决了大中城市用地紧张的问题,另一方面解决了地铁建设投资大、收益慢的问题,对于地铁建设单位和房地产开发单位来说,两者紧密合作,可以实现双赢。根据北京已开展的地铁上盖开发经验,只要双方积极沟通、协调,从环境保护的角度出发,该类建设是环境可行的。

#### 参考文献:

- [1] 辛兰. 一体化视角下的深圳地铁上盖物业土地开发策略 [A]. 中国城市规划学会. 多元与包容——2012 中国城市规划年会论文集 [C]. 昆明: 云南科技出版社, 2012: 499-507.
- [2] 林楚娟, 庄毅璇, 戚月昆. 香港地铁及上盖物业开发情况调研及其对深圳市地铁上盖物业开发建设的启示 [J]. 科技和

产业, 2011, 11 (12): 143-146.

- [3] 陈峰, 吴奇兵, 王晓宇. 北京市地铁建设资源开发的法律体系研究 [J]. 城市轨道交通研究, 2006, (6): 19-22.
- [4] 张晓莉, 张泓, 刘勇. “地铁经营+物业发展”盈利模式的内涵与操作思路 [J]. 都市轨道交通, 2008, 21 (2): 1-6.
- [5] 陆靖. 地铁上盖物业合作开发模式浅析 [J]. 特区经济, 2013, (6): 119-121.
- [6] 裘喆. 地铁上盖物业项目开发的探讨 [J]. 天津科技, 2010, (4): 42-43.
- [7] 黄众. 浅析长沙地铁黄兴车辆段上盖物业开发轨道减振降噪 [J]. 铁道勘测与设计, 2013, (3): 24-26.
- [8] GB50157-2003, 地铁设计规范 [S].
- [9] DB11/T838-2011, 地铁噪声与振动控制规范 [S].
- [10] GB10070-88, 城市区域环境振动标准 [S].
- [11] 张继萍, 朱晶文, 金鑫, 等. 一种地铁车辆段振动对上盖综合体影响的简便分析方法 [J]. 噪声与振动控制, 2009, (S2): 78-81.
- [12] HJ2. 1-2011, 环境影响评价技术导则总纲 [S].
- [13] GBJ118-2010, 民用建筑隔声设计规范 [S].
- [14] 周莉. 轨道交通上盖建筑的振动环境影响以及应对措施研究 [A]. 中国环境科学学会. 中国环境科学学会学术年会论文集 (2013) [C]. 北京: 中国环境科学出版社, 2013: 6488-6494.
- [15] 彭颖. 吊车荷载作用下地铁上盖物业振动舒适度和噪声研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学土木工程与建筑学院, 2012.
- [16] GB3096-2008, 声环境质量标准 [S].

## Study on Environmental Protection of Development and Construction of Properties around Subway Station

HOU Ke-bin

(Beijing Appraisal Centre of Environmental Impact Assessment, Beijing 100089 China)

**Abstract:** The development of properties around subway station was predicted to be prosperous in the near future. It has become a popular model for developing the properties around the subway station. The commercial developments of subway station, track, and parking lot are three major categories. The characteristics and environmental sensitivities of the development were examined and summarized. Based on the summaries, countermeasures were put forward.

**Key words:** property around subway station; development; noise; vibrate; analysis; countermeasures; study



# 铁岭市凡河新区环境噪声适用区域划分研究

姜 威

(铁岭市环境保护科学研究院, 辽宁 铁岭 112000)

**摘 要:** 为防治噪声污染, 保障居民正常生活、工作和学习的声环境质量, 按照《城市区域环境噪声适用区划分技术规范》划分铁岭市凡河新区环境噪声适用区域。

**关键词:** 环境噪声; 适用区域; 噪声防治; 划分; 研究; 铁岭; 凡河新区

**中图分类号:** TB53 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0049-03

铁岭市凡河新区位于原铁岭县凡河镇, 2006年开始建设, 目前已形成规模, 但尚未对城区范围划分环境噪声适用区域。为防治噪声污染, 保障居民正常生活、工作和学习的声环境质量, 对铁岭市凡河新区进行环境噪声适用区域划分。

## 1 环境噪声适用区域划分

### 1.1 划分依据

- (1) 《城市区域环境噪声适用区划分技术规范》(GB/T 15190-1994);
- (2) 《声环境质量标准》(GB 3096-2008);
- (3) 《铁岭市城市总体规划(2005—2020年)——近期建设规划》;
- (4) 铁岭市城市规划用地现状;

(5) 区域环境噪声污染特点及环境噪声管理要求;

(6) 铁岭市行政区划。

### 1.2 划分方法

按照《城市区域环境噪声适用区划分技术规范》中规定的划分方法进行。铁岭市凡河新区规划建设范围内无疗养区、高级宾馆区和别墅区, 因此不划分0类标准适用区域。道路交通干线、铁路两侧的环境噪声标准适用区域的划分根据沿线建筑物的分布、高度及功能动态调整, 因此暂不划分道路交通干线、铁路两侧的环境噪声标准适用区域。

1~3类标准适用区域的划分原则见表1。

表1 1~3类标准适用区域划分原则

标准适用区域	占地率/%	
	A类用地	B类+C类用地
1类	≥70	
	60~70(含60)	<20±5
2类	60~70(含60)	>20±5
	35~60(含35)	
	20~35(含20)	<60±5
3类	20~35(含20)	>60±5
	<20	

### 1.3 区划单元

把多个区域类型相同且相邻的单元连成片, 充分利用街、区行政边界, 规划小区边界, 道路, 河流, 沟壑, 绿地等自然地形作为区域边界。将铁岭市凡河新区划分为I、II、III、IV 4个区划单元, 见图1。

### 1.4 环境噪声适用区域划分

#### 1.4.1 各类用地占地率

根据《城市区域环境噪声适用区划分技术规范》, 将用地分为A、B、C类, 见表2。

根据《铁岭市城市总体规划(2005—2020年)——近期建设规划》计算A、B、C类用地的占地率, 计算结果见表3。

收稿日期: 2014-02-13

作者简介: 姜威(1982-), 男, 本科毕业, 铁岭市环境保护科学研究院工程师, 主要从事环境影响评价、环境规划等工作。



图1 区划单元划分图

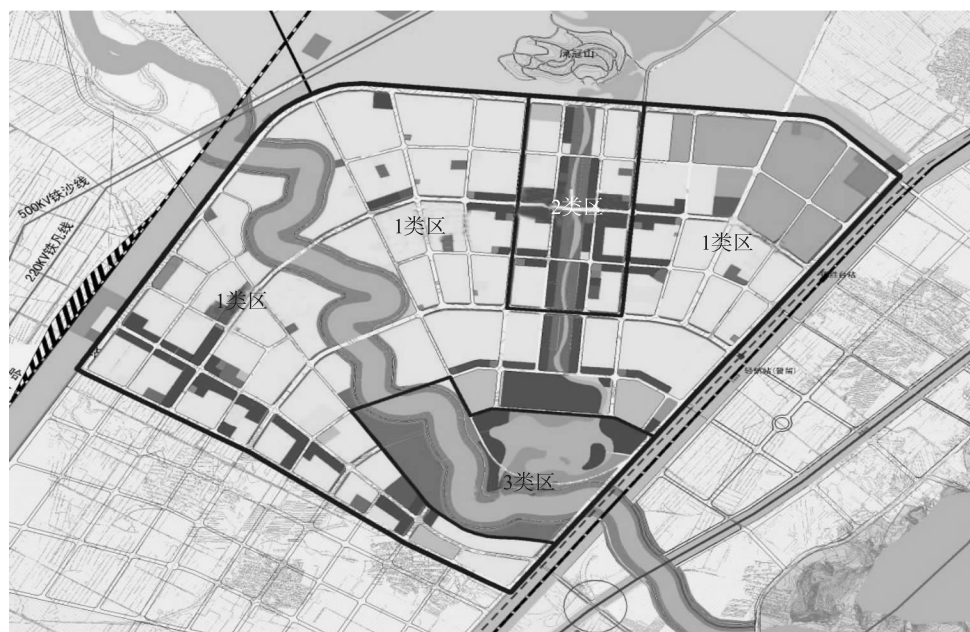


图2 环境噪声标准适用区域划分图 (规划底图)

表2 用地分类原则

类别	规划用地类别
A类用地	居住用地
	公共设施用地
	行政办公用地
	医疗卫生用地
	教育科研设计用地
B类用地	工业用地
	仓储用地
C类用地	对外交通用地
	道路广场用地
	市政公用设施用地
	交通设施用地

表3 A、B、C类用地的占地率

区划单元	用地类别	占地率/%
I	A类用地	60.4
	B类+C类用地	7.2
II	A类用地	60.6
	B类+C类用地	3.2
III	A类用地	35.3
	B类+C类用地	4.0
IV	A类用地	7.8
	B类+C类用地	15.7

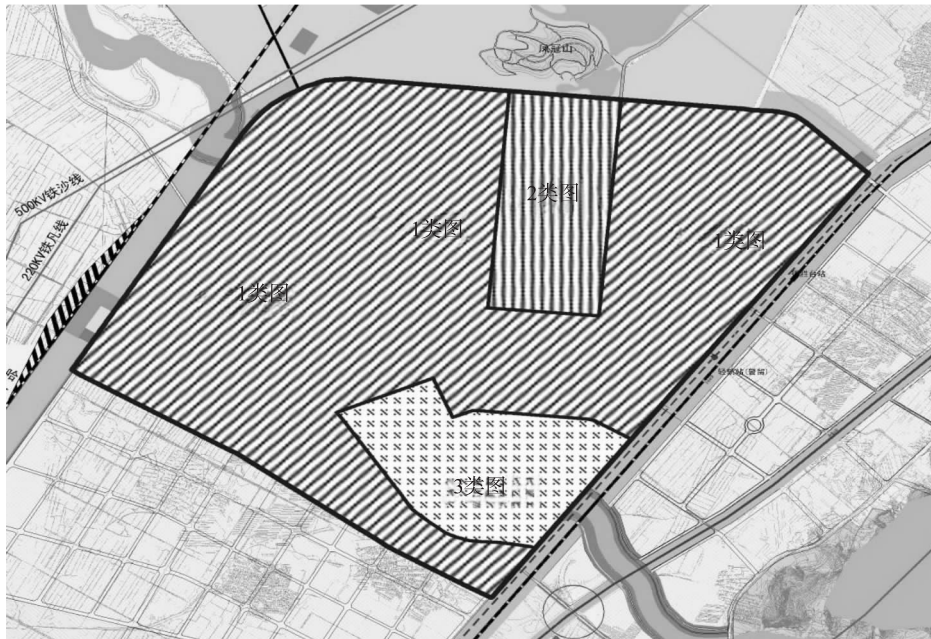


图3 环境噪声标准适用区域划分图（明晰底图）

1.4.2 环境噪声适用区域类别确定

按照 1.2 的划分方法，将上述区划单元分别划分为环境噪声 1、2、3 类标准适用区域，见表 4、图 2、图 3。

表 4 环境噪声标准适用区域划分

区划单元	环境噪声适用区域类别
I	1 类
II	1 类
III	2 类
IV	3 类

2 结语

铁岭市凡河新区目前尚未划分城区环境噪声适用区域，依据《铁岭市城市总体规划（2005—

2020 年）—近期建设规划》等相关资料，按照《城市区域环境噪声适用区划分技术规范》的要求划分环境噪声适用区域，可有效地控制噪声污染的程度和范围，提高声环境质量，保障城市居民正常生活学习和工作的安静，便于城市环境噪声管理和促进噪声治理。

参考文献：

[1] 陈匡阶. 环境区划若干问题探讨 [J]. 环境科学, 1993, 14 (3): 52-56.

[2] 荆春燕, 程卫, 徐海平. 曲靖市环境噪声达标规划 [J]. 环境科学导刊, 2007, 26 (4): 31-34.

[3] 于强, 徐丽冬, 刘晓黎, 等. 城市环境噪声标准适用区域划分的探讨 [J]. 辽宁城乡环境科技, 2003, 26 (3): 37-40.

### Study on Dividing Environmental Noise Suitable Area in New Fanhe Area of Tieling City

JIANG Wei

(TieLing Academy of Environmental Science, Tieling Liaoning 112000 China)

**Abstract:** In order to control noise pollution and ensure high quality sound environment for people, the environmental noise suitable area in New Fanhe area of Tieling city was divided according to a national standard of “Technical Specifications to Determinate the Suitable Area for Environmental Noise of Urban Area”.

**Key words:** environmental noise; suitable area; noise control; divide; study; Tieling; New Fanhe area

# 遥感技术在陆地生态系统修复中的应用

胡霞, 杨春华

(重庆市环境科学研究院, 重庆 401147)

**摘要:** 论述了遥感技术在陆地生态系统修复中的应用, 主要包括森林林地、草地、工矿区、城镇的生态修复以及重庆市 10 年陆地生态系统遥感监测应用实例。分析了该领域的研究现状及不足, 以及未来研究的发展趋势。

**关键词:** 遥感; 生态系统; 陆地; 生态修复; 应用

**中图分类号:** X87 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0052-05

随着科技进步和社会生产力的极大提高, 人口剧增、资源过度消耗、环境污染、生态破坏等问题日益突出, 生态环境问题成为世界各国普遍关注的一个大问题。面对紧迫的生态环境保护压力, 因地制宜地开展生态修复工程刻不容缓。通过生态监测获得的准确信息是保证生态修复工程顺利进行的基础和关键。遥感技术具有获取资料和数据的范围大, 获取信息的速度快、周期短, 获取信息时受限制条件少, 获取信息的手段多、信息量大等特点。将这项技术与地面常规监测相结合, 可以全面、定量地反映工程各项措施的数量和质量, 反映工程实施期间的生态环境状况, 反映工程区生态环境的动态变化、生态修复的总体特征、优势方面和存在问题, 为生态修复工程的开展提供定量的参考。

## 1 遥感技术、陆地生态系统及生态修复定义

遥感技术。遥感 (Remote Sensing), 从广义上说泛指从远处探测、感知物体或事物的技术, 即不直接接触物体本身, 从远处通过仪器 (传感器) 探测和接收来自目标物体的信息 (如电场、磁场、电磁波、地震波等信息), 经过信息的传输及处理分析, 识别物体的属性及其分布特征的技术<sup>[1]</sup>。

陆地生态系统。生态系统 (ecosystem) 就是在一定空间中共同栖居着的所有生物 (即生物群落) 与其环境之间由于不断地进行物质循环和能量流过程而形成的统一整体。陆地生态系统主要以大气和土壤为介质, 生态环境极为复杂, 为人类提供了居住环境以及食物和衣着的主体部分。按其

特点和植物群落的生长类型, 又分为荒漠、冻原、草原、森林等生态系统。

生态修复。以受污染环境为出发点和立足点, 生态修复是在生态学原理指导下, 以生物修复为基础, 结合各种物理修复、化学修复以及工程技术措施, 通过优化组合, 使之达到最佳效果和最低耗费的一种综合的污染环境修复方法<sup>[2]</sup>。

## 2 遥感在陆地生态系统修复中的应用研究

遥感在陆地生态系统修复工程中的应用一般集中在两个方面。一方面是反映生态修复工程的状态, 包括生态修复所采取的措施、实施质量和进度。重点是对生态修复范围内的五大工程进行监测: 退耕还林 (草) 措施类型及其数量、生长状况等; 封山禁牧面积及其范围内的植被类型、生长状况及生长量等; 水土保持综合治理各项措施的数量和质量; 调整产业结构前后典型农户、典型地块各项经济技术指标; 生态移民区的植被。另一方面是反映生态修复工程的效果, 包括生态效果、经济效果、社会效果等三个方面, 重点是监测反映生态修复各个阶段生态效果的指标, 如土壤侵蚀、植被、土地利用等方面情况。

### 2.1 国内外研究现状

#### 2.1.1 森林林地

遥感技术用于森林生态系统修复的监测方法可以归纳为两大类型: 一类是通过不同时间的遥感数据进行分类后, 比较不同时间各土地利用面积/类型的变化; 另一类是通过计算功能反映森林植被变化的相关指数后进行判别。庞国锦、董晓峰等<sup>[3]</sup>选取 4 期 Landsat MSS、TM/ETM 数据, 在 GIS 技术支持下对 1978—2007 年面状林地的动态进行遥感监测, 对中国“三北”防护林工程重点建设区河西走

收稿日期: 2014-03-03

基金项目: 重庆市自然科学基金 (cstc2012jjB20003); 国家水体污染控制与治理专项 (2012ZX07104-003)。

作者简介: 胡霞 (1977-), 女, 四川简阳人, 硕士, 工程师, 主要从事环境监测与科研工作。

廊的防风固沙林工程建设成效进行了客观评估。杨朝俊、胡庭兴等<sup>[4]</sup>以天全河流域中、下游为研究区域,通过遥感技术监测退耕还林工程实施区的土地利用变化,分析土地利用的转移规律和退耕还林地的来源,为监测退耕还林工程提供技术支持。X·Zhan<sup>[5]</sup>等利用 MODIS 空间分辨率为 250m 的红光和近红外波段对变化监测方法进行了研究,并对全球森林覆盖变化进行了监测。胡勇、刘良云等<sup>[6]</sup>基于 Landsat 数据,利用基于植被指数的像元线性分解模型对植被覆盖度进行反演,分析了北京山区植被覆盖的时空动态,并通过提取植被退化和修复的区域,研究了海拔、坡度和土壤类型对生态修复的影响,为区域生态建设和生态修复提供决策支持。

### 2.1.2 草地

遥感信息以其客观、实时、准确、覆盖面积广等优势在草地的生态修复监测和评估中正得到越来越多的应用。一般情况下,植被覆盖度与植被指数具有较强的正相关性:植被指数值越高,其植被覆盖度就越大。同时,植被指数与地上生物量具有较强的正相关<sup>[7,8]</sup>,因此,目前草地退化遥感主要还是基于植被指数的变化检测方法,通过建立植被指数和草原上生物量或植物盖度的关系,对生物量或植物盖度进行计算与分析,或从卫星遥感植被指数图上定性分析牧草的变化。刘同海、吴新宏等<sup>[9]</sup>选取了内蒙古镶黄旗为研究区域,基于 TM 遥感数据,结合对应时期的地面调查数据,从植被覆盖度、植物类组成、地上生物量等方面对退牧还草工程的实施效果进行了分析,对及时掌握退牧还草工程的植被恢复情况、为各级政府部门决策和草原生态建设、保护、利用与规划提供了科学数据。郭铤、韩天虎等<sup>[10]</sup>利用 MODIS 卫星遥感资料、地面草地调查资料等,以植被指数变化为基础,对玛曲 2003 年完成的退牧还草工程对草地资源的恢复效果进行定量、动态与客观的监测和分析,为各级政府科学合理地制定退牧还草工程的规划和宏观管理措施提供参考。随着遥感的发展,高光谱遥感数据具有光谱分辨率高、信息量大的特点,为草地退化监测提供了新的解决方案。王焕炯、范闻捷等<sup>[11]</sup>选择分布在呼伦贝尔草原西部的草甸草原为对象进行草地退化的高光谱遥感监测的研究,研究结论为高光谱图像应用于草地退化监测提供了有力依据。

### 2.1.3 工矿区

复垦、生态修复是解决矿山环境保护和综合治理的最有效途径,主要针对采矿引起的土地功能退

化、生态结构缺损、功能失调等问题。应与采矿活动同步进行,根据矿山不同开采时期的技术特点和自然环境等因素,及时作出相应的复垦或生态修复方案,尽量避免或减少对环境的破坏,实现采矿与生态修复的一体化。<sup>[12]</sup>

植物恢复也是工矿区生态修复中最常用的一种方法。因此,植被变化的遥感监测对矿区生态环境状况评价以及矿区生态修复效果评估具有重大意义。其方法主要还是基于植被指数的变化检测方法。马晓黎、王行风等<sup>[13]</sup>利用神东矿区不同时相的 Landsat 遥感影像经过预处理后计算其植被指数,进而计算植被覆盖度并分析其变化,分析了矿区开采活动对环境的影响。李娜、杨锋杰等<sup>[14]</sup>采用高光谱遥感数据计算植被指数,进而反演叶绿素含量和物种数量,对云南个旧锡矿尾矿的生态恢复效果进行评价。Catherine M. Champagne、Abdelgadir Abuelgasim 等<sup>[15]</sup>利用多光谱遥感技术评估了萨德伯里内受采矿影响地区生态修复情况。

### 2.1.4 城镇

遥感技术以其宏观、实时、快速、动态、客观的特点,为城镇土地利用/覆盖变化及其环境响应的动态监测研究提供了便捷的途径。通过土地利用/覆盖计算得到用于进行生态环境评价的 5 个指数(生物丰度指数、植被覆盖指数、水网密度指数、土地退化指数和环境状况指数)的值,进而得到生态环境状况指数。生态环境状况指数能更加全面地衡量城市生态环境质量。梅卓华、金焰等<sup>[16]</sup>以 2000 年和 2007 年 TM 遥感影像为数据源,利用 GIS 技术,获得了南京市 2 个时期的土地利用动态变化以及生态环境状况指数变化,对于南京市生态环境保护和建设有重要意义。孙德勇、李云梅等<sup>[17]</sup>以南京市区为研究区域,在对 2000 年 TM 和 2004 年的 CBERS-2 星进行影像特征分析的基础上,提取不同年份的土地覆被信息,进而分析土地覆被和生态环境的动态变化,为城市生态环境质量评价和城市发展规划提供客观详实的数据。W. Muttitanon 等<sup>[18]</sup>应用 1990、1993、1996、1999 年的 TM 影像对泰国本东湾进行监督分类,结果表明:在养虾场、红树林区、城镇用地逐渐增长的同时,农田和未开垦土地在逐渐减少。

## 2.2 重庆市 10 年陆地生态系统遥感监测应用实例

以重庆市 2000 年、2005 年及 2010 年三个时期的 TM 数据为依据,找出重庆市森林、灌丛、草地、湿地、农田、城镇和裸地 7 大地类不同时期的

变化规律，寻找重庆市生态环境10年的变化趋势，揭示其生态环境问题，为重庆市的生态系统修复及

环境保护决策和管理提供重要的数据支撑。

不同时期重庆市生态系统空间分布见图1~图3。

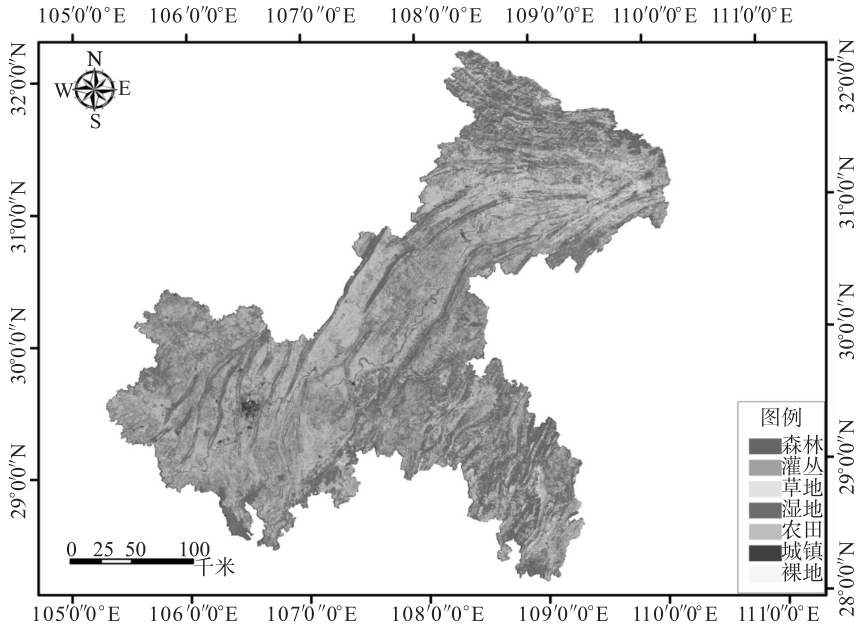


图1 重庆市2000年生态系统一级分类图

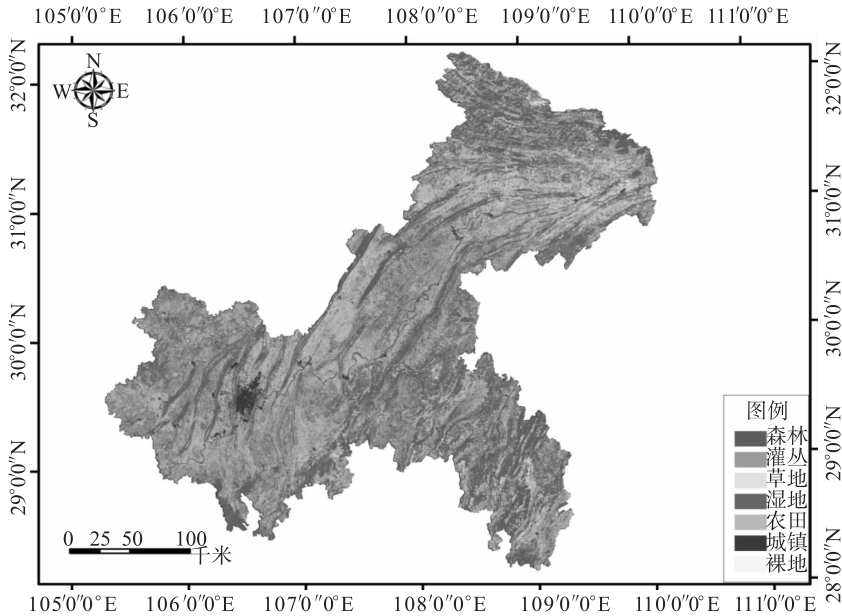


图2 重庆市2005年生态系统一级分类图

分析表明，重庆市2000年土地总面积为82389 km<sup>2</sup>，其生态系统结构以森林和农田为主。森林所占比重最大，达到了41.67%；其次是农田（34.03%）和灌丛（7.50%）；而湿地、城镇和裸地3个地类所占土地总面积的比重较小，均不到1%。2005年生态系统结构仍以森林和农田为主。森林所占比重为41.99%，比2000年略有增加；其次是农田（32.62%），比2000年减少较多，再次为灌丛（14.64%），与2000年相比相差不大；

而湿地、城镇和裸地所占比重仍然都较小，只是与2000年相比，城镇和湿地面积增加明显，裸地有所减少。2010年生态系统结构仍以森林和农田为主，其次为灌丛，而湿地、城镇和裸地较少。与2005年相比，土地面积增加幅度最大的为城镇，增加了71.0%，其次为湿地，为19.6%，森林面积增幅依然较小，为1.1%，略高于前5年；裸地、农田、灌丛和草地的面积均有不同程度的减少，减少幅度最大的为裸地，为57.6%，其次为

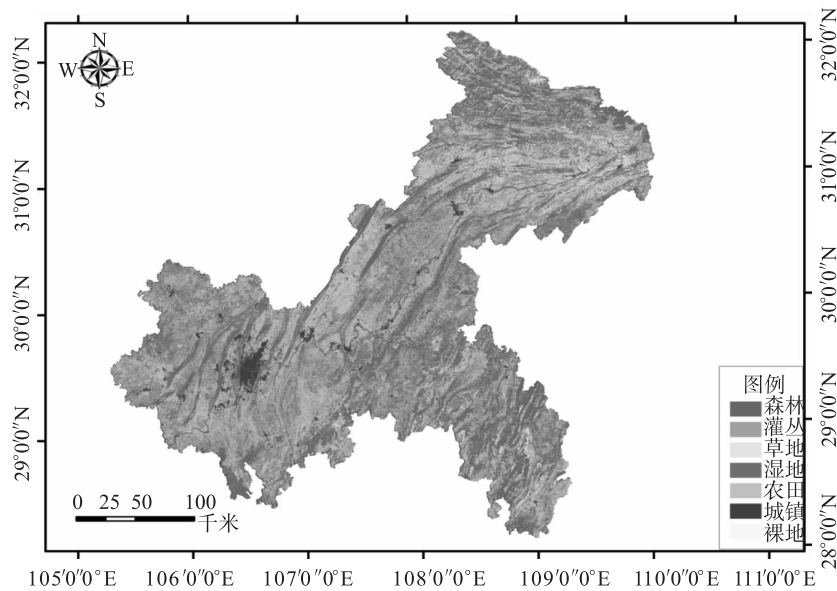


图3 重庆市2010年生态系统一级分类图

农田和灌丛，分别为 5.1% 和 1.0%，而草地仅仅减少了 0.3%。

结果表明：①重庆市的生态系统类型主要集中在森林、农田和灌丛三种类型。②近 10 年，重庆市森林和灌丛生态系统的面积变化不大，而农田、湿地、城镇生态系统的面积变化较大。其中，农田生态系统的面积减少，湿地和城镇生态系统的面积有所增加。遥感技术的运用为重庆市的陆地生态系统修复提供了重要的数据支撑。

### 2.3 存在问题及发展趋势

(1) 遥感技术局限性。在整个遥感技术的流程中，从投影、飞行到色差、扫描以及校正解译都存在着一一定的误差，从而影响监测结果的准确性，导致生态修复决策产生偏差。为从遥感数据中精确提取研究区环境有关信息，必须采用遥感信息和地学资料相结合、定性分析与定量分析相结合、综合分析为主导分析相结合、室内判读与野外调查相结合的办法，尽可能准确获取环境等变化信息。

(2) 量化评价有待提升。生态修复遥感监测技术是一个比较新的研究领域，在植被覆盖、土地利用/土地覆盖分类、生态环境质量动态监测等方面已基本能提供一个定性的分析结果，而对其进行定量、客观和系统的评价，还需进一步研究。

(3) 计算机自动分类技术不能满足研究需求。陆地生态修复研究区域内通常地物复杂，植物组成丰富、多样性较高，群落结构类型多样，变动频繁，导致其研究的空空间尺度较小，空间分辨率要求高，这就带来了巨大的运算数据量。而在对遥感图像进行解译时，目前仍然以目视判读获取，尽管很

多研究者进行了自动分类试验并改进了方法和模型，小区域试验分类精度也很高，但从县级以上区域尺度来看，误差却很大，分类精度还不能满足监测需要。随着遥感空间分辨率、光谱分辨率和时间分辨率的不断突破，影像增强处理技术的发展和智能化专家解译系统的建立，可以在计算机中实现基础信息自动高精度提取和更新，减少繁重的工作量。

(4) 定量研究方法有待提高。目前的定量遥感方法仅仅是 2S (GIS 与 RS) 的结合，只有真正实现 3S (RS、GIS 与 GPS) 的有机结合，才能更有效地、定量地对研究区生态状况进行动态监测以及更有效地进行生态修复效果评估。未来以 3S 作为主体构成的空间信息集成技术系统将形成具有多维信息获取与实时处理特点的新的综合技术领域。“3S”一体化集成正向着快速、精确、实用和深入的方向发展，进而能更有效地、定量地对研究区生态状况进行动态监测以及生态修复效果评估。

### 3 结语

遥感技术作为一种重要的高科技手段，在陆地生态系统修复工作开展过程中具有其自身独特的优势，同时，该领域研究当前面临着许多机遇和挑战，诸多不足之处还有待完善。随着卫星技术的进一步发展，我国的遥感应应用领域也将进一步得到拓宽，遥感技术作为高新科技的先进性也将进一步得到体现，应用前景将更加广阔，能为陆生生态系统修复的研究提供更加强大的技术保障。

#### 参考文献：

[1] 孙玉英, 曹瑞军, 金成德. 遥感技术的发展及应用 [J]. 林

- 业科技情报, 2006, 38 (1): 11-12.
- [2] 周启星, 魏树和, 张倩茹, 等. 生态修复 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006.
- [3] 庞国锦, 董晓峰. “三北”防护林建设以来河西走廊林地变化的遥感监测 [J]. 中国沙漠, 2012, 32 (2): 539-544.
- [4] 杨朝俊, 胡庭兴. 基于 GIS 的退耕还林工程区林地动态变化遥感监测研究 [J]. 应用技术, 2006, (1): 38-40.
- [5] Zhan X, DeFriesR, Townshend JRG, et al. The 250m global landcover change product from themoderate resolution imaging spectro-radiometer of NASA's Earth Observing System [J]. InternationalJournal ofRemote Sensing, 2000, 21 (6): 1433-1460.
- [6] 胡勇, 刘良云. 北京山区植被动态及生态恢复的遥感监测 [J]. 应用生态学报, 2010, 21 (11): 2876-2882.
- [7] 张振锋, 游广永. 我国草原生态系统退化与恢复研究的进展与启示 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37 (20): 9581-9583.
- [8] 杨存建, 刘纪远, 张增祥, 等. 遥感和 GIS 支持下的中国退耕还林还草决策分析 [J]. 遥感学报, 2002, 6 (3): 205-211.
- [9] 刘同海, 吴新宏. 基于 TM 遥感影像的退牧换草工程植被恢复监测研究—以内蒙古自治区镶黄旗为例 [J]. 天津农学院学报, 2006, 13 (1): 1-6.
- [10] 郭锐, 韩天虎. 玛曲退牧还草工程生态效果的遥感监测 [J]. 中国沙漠, 2010, 30 (1): 154-160.
- [11] 王焕炯, 范闻捷. 草原退化的高光谱遥感监测方法 [J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30 (10): 2734-2738.
- [12] 姚国政, 杨婷婷. 矿区土地复垦与生态修复研究综述 [J]. 西部资源, 2006, (12): 34-35.
- [13] 马晓黎, 王行风. 基于植被指数的神东矿区植被盖度变化分析 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39 (21): 12795-12796.
- [14] 李娜, 杨锋杰. 植物光谱效应在尾矿生态恢复评价中的应用 [J]. 国土资源遥感, 2007, (2): 75-77.
- [15] Catherine M. Champagne, Abdelgadir abuelgasim. Ecological restoration from space: The use of remote sensing for monitoring land reclamation in Sudbury [R]. Society for Ecological Restoration, 2004.
- [16] 梅卓华, 金焰. 基于 TM 影像的南京市土地利用变化遥感监测与评价 [J]. 地球与环境, 2010, 38 (1): 63-67.
- [17] 孙德勇, 李云梅. 南京市土地覆被及生态环境遥感动态监测 [J]. 地球信息科学, 2008, 10 (3): 338-343.
- [18] W. Mutitanon. Land use/land cover changes in the coastal zone of Ban Don Bay [J]. International journal of remote sensing, 2005, (26): 2311-2323.

## Application of Remote Sensing on Terrestrial Ecosystem Restoration

HU Xia, YANG Chun-hua

(Chongqing Environmental Science Research Institute, Chongqing 401147 China)

**Abstract:** Applications of remote sensing on terrestrial ecosystem restoration were introduced including the restorations of forest, lawn, industrial and mineral area, and urban area. A case study of ecological system monitoring using remote sensing in Chongqing was presented as well. The current research and the shortages of remote sensing on terrestrial ecosystem restoration were analyzed. The trends to future studies were pointed out in the end.

**Key words:** remote sensing; terrestrial ecosystem; ecosystem restoration; application



# 构建德宏州环境监察移动 执法系统 提高环境执法效率

梁灵华

(德宏州环境保护局, 云南 芒市 678400)

**摘要:** 运用网络技术、信息化技术构建德宏州环境监察移动执法系统。介绍了系统建设的总体目标、建设思路, 对系统设计模块及功能进行了说明。系统建成后, 将实现现场执法和信息查询功能, 提高环境执法效率。

**关键词:** 环境监察; 执法; 移动; 系统; 建设; 德宏州

**中图分类号:** X32   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0057-03

## 1 前言

德宏傣族景颇族自治州地处我国西南边陲, 在云南省西部中缅边境, 位于东经  $97^{\circ}31' \sim 98^{\circ}43'$ 、北纬  $23^{\circ}50' \sim 25^{\circ}20'$ , 是云南省 8 个少数民族自治州之一。德宏, 取傣语意为“怒江下游的地方”, 地势的基本特点是东北高而陡峻, 西南低而宽缓。全州最高点是盈江县北部的大娘山, 海拔 3404.6m; 最低点是盈江县西部的那邦坝的拉沙河与穆雷江交汇处, 海拔 210m; 一般海拔 800 ~ 2100m。按海拔德宏可分为七类地貌地带。

随着经济的发展, 环境污染负荷逐渐增加, 环境问题已经成为关系到国家和人民生存的重大问题。执法工作的开展和管理一直是全社会关注的话题, 环境执法部门的工作人员, 经常需要在事发第一现场进行执法工作。而实际工作中, 执法人员经常受制于地势、时间、空间、交通、设备、网络等因素, 无法高效快速地开展执法工作。面对执法工作的新形势, 现有的执法办公环境已经不能完全满足执法机关的执法需求。如何在现场第一线随时调用污染对象的历史资料、如何将新发现的问题尽快完成上报、在碰到重特大问题时如何快速取得单位系统的有效支援等等, 这些都成为急需解决的问题。

## 2 系统建设的总体目标

(1) 改进现场执法手段, 提高环境执法效率。目前现场环境执法手段比较单一, 执法人员到达现场后, 只能根据排污单位的现场情况以及有限的信息对执法对象进行现场核查, 而无法对排污单位进行全方面的核查。通过对德宏州移动执法系统的建

设, 环保执法人员可以在现场了解排污单位的审批信息、试生产信息、验收信息、排污许可证办理情况、排污口整治情况、监测信息以及该排污单位有无被投诉或者处罚的情况, 并且可以查看相关的法律、法规以及排污单位以往的现场监察记录情况, 以便对现场情况进行处理及提出整改要求。

(2) 解决“执法人员少、执法任务重”的矛盾。由于经济发展, 排污单位逐渐增多, 环境执法人员少, 无法做到对重点污染源、一般污染源、建设项目、限期治理等项目每月不少于 1 次或每季度不少于 1 次的现场监察。将排污单位的基本情况、排污情况、监测信息、限期整改信息、处罚信息添加于德宏州环境监察移动执法系统, 系统使用后可以使执法人员便捷、快速地了解排污单位的排污情况, 便于现场执法、现场查询、现场处理, 从而使少量的执法人员可以完成现有的执法任务。

(3) 提高环境事故应急处理能力, 保障环境安全。社会在逐步进步, 环境污染事故呈现上升趋势; 人民的环保意识不断提高, 人民群众对改善环境质量、方法和处理环境污染事故的呼声越来越高; 环保部门充分认识到加强环境事故应急处理工作的重大意义: 这些都要求加快对德宏州环境监察移动执法系统的建设, 完善环境应急管理体系和全面推进环境应急全过程管理, 积极防范和妥善应对各类突发环境事件。除高度重视环境污染事故的发生, 通过日常监察预防事故的发生外, 还要有效防范、及时处理、妥善应对突发环境事件, 保障人民群众生命财产安全和环境安全, 促进经济全面、协调、可持续发展和社会和谐, 推进生态文明建设。

### 3 建设思路

以面向服务的体系架构(SOA)为基础,运用网格技术、先进的仪器设备,将移动信息化技术应用到环保管理中;以环保行业标准、规范及指南为依据搭建环保信息交换平台,支持基于标准的环保信息的整合与再利用,实现环保信息的共享与交换,进而实现环保信息一体化的目标。通过与现有的审批信息、行政处罚、环境信访、监测信息、在线监测、在线监控、环境统计、排污申报及排污收费等系统有机结合,实现排污单位的信息共享和信息交换,实现对污染源基本信息库、环境管理事件库快捷、迅速的访问,实现对排污单位的环境管理监管全过程。通过建设移动现场执法终端和后台环保执法工作平台,推进环境管理、提高环境执法效率达到主动、精确、快速和统一的目标,整合优化环境管理基本信息资源和各级环保部门相关数据库,建立覆盖全区域的环境管理体系。

### 4 系统设计模块及功能说明

环境监察移动执法系统是指环境监察机构为实现机动、灵活、快捷的现场执法目标,采用现代化的无线通讯、数据库及计算机网络安全等技术,以局域办公网、业务专网为依托,以移动终端设备为载体,实现现场环境执法信息的动态采集和综合应用的一种现代化执法方式。环境监察移动执法系统主要实现信息查询(环境管理数据、执法规范数据)、现场执法(现场数据采集、执法文书生成)、任务管理(常规任务和临时性任务定制、发送、预警)和稽查考核(队伍管理:考勤、痕迹、轨迹、目标管理)等功能。

根据环境监察移动执法系统建设的总体目标及任务要求,将德宏州环境监察移动执法系统划分为2个平台、5个模块,分别为:后台支持和执法终端平台、环保执法、污染源监控基础数据库、环境监察业务数据库、稽查考核、系统管理,具体模块功能说明见表1。

表1 德宏州环境移动执法系统主要模块及功能说明

序号	模块名称	功能简要说明
1	现场执法	提供任务登记、任务分配、待办任务、任务跟踪的功能。
2	行政处罚	执法人员在现场发现违法事实,依据法律需要做出行政处罚的情况下,可以根据办理情况起草行政处罚案件,发起一个案件审判流程。
3	信息查询	提供各类案件信息查询。
4	在线监测	查询污染源企业归档信息,提供企业排污口实时的监测数据信息。
5	视频监控	可实时查看现场的视频画面,并且能进行视频与数据的叠加显示。
6	环保手册	查询法律法规、技术标准、应急手册等的功能。
7	电子地图	在地图上显示某污染源的位置、监测数据及视频图像。
8	污染源监控基础数据库	对污染源基本信息录入及维护。
9	环境监察业务数据库	覆盖环境监察业务过程管理,实现环境执法相关信息和流程的统一集成,满足对执法任务的分配、监督、评价需求,对执法过程进行痕迹管理。
10	稽查考核	现场执法人员上报任务完成情况,领导可以查看任务完成情况,签署意见和批示。此外,领导可以随时查询、统计具体执法人员的工作任务完成情况。
11	系统管理	提供应用、角色、用户及其相关使用权限的管理功能。

### 5 系统功能实现

整个系统从大的方面可以划分为信息查询功能和现场执法功能两个部分。

#### 5.1 信息查询功能

(1) 可访问包括污染源基础信息数据库、自动监控信息数据库、历史执法信息数据库在内的环境管理数据库,并可按照需要取得污染源基本信息、建设项目审批信息、排污许可信息、监督检查信息、监测信息、行政处罚信息、环境信访信息、排污申报及收费信息等数据。

(2) 可通过本地或在线查询的方式获取包括

环境保护法律法规、化学品特性处理处置方法、污染物排放标准、行业环境监察指南、环境应急手册、执法程序与行为规范在内的各项执法规范数据。

#### 5.2 现场执法功能

(1) 可通过现场录音或录制简单的视频方式采集现场信息,并支持格式化地信息录入方式现场生成电子监察记录或执法电子文书。

(2) 应支持使用便携打印机打印相关的文书。

(3) 现场信息和相关文书应能通过移动通讯网络上传至服务器,并按照一定格式形成历史执法

信息数据库。

## 6 展望

德宏州环境监察移动执法系统建成后, 可通过移动现场执法终端应用和后台环保执法工作平台两个平台的运用, 提高环境执法的效率, 推进全面的环境管理, 达到对排污单位的主动、精确、快速和统一管理的目标; 可实现信息查询 (环境管理数据、执法规范数据)、现场执法 (现在数据采集、执法文书生产)、任务管理 (常规任务和临时性任务定制、发送、预警)、稽查考核等功能, 确保提高环境执法效率, 解决“执法人员少, 执法任务重的矛盾”; 能真正整合优化环境管理信息资源和各级环保部门信息数据库, 建立覆盖全空间全区域的环境管理体系, 进一步提高环境监管的科学化、网络化和规范化水平。

## 参考文献:

- [1] 夏韦, 马瑞, 宗亚杰. 推进污染源自动监控提高环保工作水平 [J]. 黑龙江环境通报, 2007, 31 (2): 1-2.
- [2] 喻义勇, 董艳平, 孟磊. 污染源在线监控管理模式探讨 [J]. 环境监测管理与技术, 2008, 20 (5): 5-8.
- [3] 邓洪. 环境保护与中国的可持续发展 [J]. 经济师, 2005, (3): 28-39.
- [4] 黄楨, 黄卫. 环境保护电子档案的归档与管理 [J]. 环境监测管理与技术, 2003, 15 (2): 3-6.
- [5] 董敬, 杨明, 李丛君. 环境噪声自动监测系统的开发研究 [J]. 黑龙江环境通报, 2005, 30 (4), 53-54.
- [6] 张建. 利用 GPRS 构建环境自动监测监控系统 [J]. 福建电脑, 2004, (3): 52-53.
- [7] 边馥苓. GPRS 地理信息系统原理和方法 [M]. 北京: 测绘出版社, 1996.
- [8] 区细成, 李学云. GPRS 与移动 IP 电话应用 [A]. 多媒体技术论坛 2000 论文汇编 [C]. 2000.

# Constructing Mobile Law Enforcement System of Environmental Supervision and Improving Law Enforcement Efficiency in Dehong

LIANG Ling - hua

(Dehong Environmental Protection Bureau, Mangshi Yunnan 678400 China)

**Abstract:** Network technology and information technology were employed to build up the mobile law enforcement system of environmental supervision in Dehong. The goals, outlines, models, and functions of the system were introduced. Information search could be put into practice after the system is done. It will help to improve the law enforcement efficiency in Dehong.

**Key words:** environmental supervision; law enforcement; mobile; system; construction; Dehong

# 《环境污染刑事案件司法解释》第十一条之浅谈

## ——以基层环境监测站为视角

陈树沛

(江门市新会区环境监测站, 广东 江门 529100)

**摘要:**从基层监测站角度出发,就两高院《关于办理环境污染刑事案件适用法律若干问题的解释》中第十一条规定的内容进行探讨,并就基层监测站该如何应对本规定提出了看法。

**关键词:**环境污染;刑事案件;司法解释;第十一条;环境监测站;基层

**中图分类号:** X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0060-02

### 1 引言

鉴于当前环境事件频发的状况,为解决这类刑事案件取证和认定的难题,最高人民法院和最高人民检察院于2013年6月19日发布并于当日施行了《关于办理环境污染刑事案件适用法律若干问题的解释》(下称《解释》)。《解释》为我国环境污染刑事案件的处理提供了司法的依据,为进一步打击污染犯罪提供了有力的法理武器,并织密了刑事法网。纵观《解释》全文内容,与环境监测部门密切相关的是其中的第十一条。

### 2 《解释》第十一条概述

《解释》的第十一条规定:“对案件所涉的环境污染专门性问题难以确定的,由司法鉴定机构出具鉴定意见,或者由国务院环境保护部门指定的机构出具检验报告。县级以上环境保护部门及其所属监测机构出具的监测数据,经省级以上环境保护部门认可的,可以作为证据使用。”

我国目前具有环境污染鉴定资质的机构较少,环保部试点的9家专门的鉴定机构(分别设在环保部环境规划院、环保部环境监测总站、江苏、重庆、山东、湖南、河南、河北、昆明)中只有3家获得了司法鉴定资格<sup>[1]</sup>,昂贵的鉴定费难以满足实际的办案要求。《解释》根据我国环境污染刑事案件的鉴定、认定的实际情况,在本条第一款作了适合国情的规定,让环保部门的监测数据成为鉴定、认定违法行为的第一手证据。同时,考虑到各市县基层监测站的监测条件、能力水平和人员技术相对有限,出具的监测数据不一定能满足刑事案

件审理需要,本条第二款提出监测数据需要省级以上环保部门进行认可,以确保相关数据的客观、准确,使案件得到公正处理。

### 3 关于《解释》第十一条的探讨

#### 3.1 规定报送材料样式

随着《解释》的出台,违法门槛的降低,过去一些尚未达到立案标准,只能进行行政处罚的案件,现在就可达到立案的标准从而进入司法程序。这将使得污染类案件数量大幅上升,各地环保部门向省级环保部门报送的认可工作将越来越多。倘若案件一时激增,且得不到有效解决,案件积压、审理不力,必然会影响打击环境犯罪的力度<sup>[2]</sup>。针对各地方报送材料的内容和形式差异,环保部和各省应尽快明确环境监测机构监测数据认可的相关模板,明确报送的内容、格式和材料清单等,并对其重要细节进行说明,从而加快案件的处理效率。

另外,目前一些省份已出台的环境监测机构监测数据认可工作程序中还有不少细节性内容需具体说明。例如某些地方要求监测报告需包含污染源的概况与生产情况等资料,但很多污染事件发生在一些证照不全的企业单位、黑作坊或者运输途中,监测时往往很难在短时间获得企业信息与工况等资料,难以像企业验收报告那样具体描述生产工艺、生产能力等情况,这些资料往往还需依靠监察部门和公安机关等事后的调查。而这调查往往又需要一段时间,若待相关资料收集完再报送,将影响到案件的处理时间。因此,监测部门作为出具监测数据的机构,笔者认为在数据认可上应该以审核采样的规范性和数据有效性为主,省级环保部门也应对此类要求作相应的说明或者对内容有所规定,以便基层监测站开展工作。

收稿日期: 2014-02-12

作者简介: 陈树沛 (1982-), 男, 汉族, 广东省江门市新会区人, 工程师, 主要从事环境监测与污染防治等相关工作。

### 3.2 定义采样人员的涵盖面

查阅一些省份的发布环境监测机构监测数据认可工作程序,在审核的书面材料中都涉及到采样人员的上岗证问题,而在基层一般只有监测站的人员才有环境监测上岗证,监察人员往往没有该证。

环境污染事件特别污染事故发生往往是在某一段时间甚至瞬间,污染物进入外界环境后常发生稀释净化而消失。因此必须第一时间到达现场进行采样,这样才能对污染事件做出较真实、合理的判断。然而面对现在污染事件频发的情况,很多基层监测站常常显得人手缺乏。监察人员发现污染状况时,监测站的人员不一定能同时到现场,等待会失去获取证据的好时机。

依据《中华人民共和国环境保护法》第十四条“县级以上人民政府环境保护行政主管部门或者其他依照法律规定行使环境监督管理权的部门,有权对管辖范围内的排污单位进行现场检查”,国家环保部《环境行政处罚办法》第二十九条第一项“调查人员有权进入有关场所进行检查、勘察、取样、录音、拍照、录像”,《环境监察办法》第十三条第一项“从事现场执法工作的环境监察人员进行现场检查时”,可以“进入有关场所进行勘察、采样、监测、拍照、录音、录像、制作笔录”等相关法律法规的规定,环境监察人员也有采样的权利。

笔者认为在这个问题上,应该把采样的权利赋予监察部门与监测部门。当然,某些地方的监察人员不一定对污染物采样的方法有过系统的培训学习,或者监察部门未配备采样所需的试剂和设备。可以通过组织专项的培训,并颁发相关的上岗证;加大对监察部门的装备配备等方法解决。这对于保证监测结果的真实、准确有着关键的作用,也有利于减轻基层监测站的工作压力。

### 3.3 明确监测机构

《解释》中提到“国务院环境保护部门指定的机构出具检验报告”,在实际操作中这“国务院环境保护部门指定的机构”一般包括哪些单位或者机构?而且是以名录还是个案指定等方式进行授权?具体适用条件是怎样等,这些细节都需要进一步说明。

## 4 基层监测站的应对措施

环境污染仲裁监测是环境监测部门为解决环保执法过程中发生的矛盾和纠纷,为相关部门解决污染问题而提供的监测数据<sup>[3]</sup>。《解释》的发布对基层监测站的日常工作提出了更高的要求,笔者认为应从整个质量管理体系相关方面着手,提高监测数据的准确性和证据效力。

### 4.1 提高监测人员的业务水平

注重人才的培养和知识更新,加强对监测人员的学习和培训,使相关技术人员真正熟悉、理解国家的相关政策、法律法规以及标准规范,熟练掌握监测分析的方法,并辅以相应的上岗考核制度。广大监测人员也应明白自身在环保执法过程中的作用,提高自身素质,树立较强的责任心,恪守各种规程,积极钻研业务,提高样品采集与分析的质量与速度。

### 4.2 强化管理

要提高环境监测数据的证据效力,关键是要完善和提高环境监测鉴定资质<sup>[4]</sup>。各监测站应该做好计量认证等资质鉴定工作,不断完善与提高鉴定水平。制定并完善各部门的职责与岗位的责任制度,对实验室的各项工作实行规范化管理。进一步加强环境监测上岗考核制度,不断完善与更新监测技术,以保证监测数据的科学性、准确性和可靠性。根据数据认可工作程序,编制污染案件现场监测工作细则,以满足《解释》中对环境监测数据和上级环境监测机构对监测数据的认可要求。

### 4.3 加大资金投入,促进仪器设备更新

不少基层监测站都存在资金和人员不足的问题,《解释》发布后这些问题必将更加凸显。因此,应加大资金的投入,建立和完善融资机制,促进基层监测站仪器设备的更新。先进、可靠的仪器设备不仅能提高分析测试水平,对监测分析的准确性也有着重要的意义,同时,其也是解决新时期某些基层站点人手不足的方法之一。

## 5 结语

《关于办理环境污染刑事案件适用法律若干问题的解释》大大降低了入罪的门槛,在实际操作中应充分考虑本地区基层监测站的能力,结合地区情况以探索出适合的工作模式。同时,《解释》也对基层环境监测站提出了新的要求,各地监测站应作出相应举措以应对,确保切实履行好自己的职责。

#### 参考文献:

- [1] 王炜. 环境污染犯罪若干重要问题辨析——从环保部门的角度解读《关于办理环境污染刑事案件适用法律若干问题的解释》[N]. 中国环境报, 2013-7-15 (3).
- [2] 宋旭娜, 刘文佳. 借力从严从重打击环境污染犯罪——两高院《关于办理环境污染刑事案件适用法律若干问题的解释》的思考[J]. 环境与可持续发展, 2003, (4): 56-58.
- [3] 唐海波, 关晓艳. 新时期环境监测机构在环境污染仲裁中的作用[J]. 中国环境管理, 2009, (3): 46.
- [4] 徐姬. 环境监测数据在环境执法中证据效力的探讨[A]. 广西环境科学学会2002—2003年度学术论文集[C]. 2003: 41-42.

(下转第72页)

# 北戴河及相邻海域沉积物 重金属潜在生态危害评价

李欣阳<sup>1,2</sup>, 张永丰<sup>1,2</sup>, 范子初<sup>1,2</sup>, 张勇<sup>1,2</sup>

(1. 秦皇岛海洋环境监测中心站, 河北 秦皇岛 066002; 2. 河北省海洋环境监测中心, 河北 秦皇岛 066002)

**摘要:**根据2011年和2012年春夏秋三季长时间、大范围的对北戴河及相邻海域沉积物重金属(Cu、Pb、Cd、Zn)的调查结果,通过单因子污染指数、综合生态危害指数、潜在生态危害指数等评价方法,分析北戴河及相邻海域沉积物重金属的含量分布趋势及潜在生态危害。研究表明,整个近岸海域沉积物重金属的含量有从抚宁近岸向两侧逐渐升高的趋势。海港区近岸海域重金属污染相对较严重,之后依次是山海关近岸海域、北戴河近岸海域、昌黎近岸海域和抚宁近岸海域。所有监测站位的重金属要素含量均未超出一类海洋沉积物标准,属于轻微生态危害。

**关键词:**沉积物; 重金属; 生态危害指数; 潜在生态危害; 北戴河

**中图分类号:** X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0062-05

北戴河位于河北省东北部,隶属秦皇岛市,东北与秦皇岛市海港区毗邻,西部、西北部与抚宁县接壤,南邻渤海。北戴河碧海蓝天、沙滩连绵,山岛竦峙,历史悠久,政治文化内涵丰富,建国以后成为“共和国的夏都”,以气候宜人,沙软潮平,自然环境优美而驰名中外,是我国开发最早的滨海度假区,是河北乃至中国的名片。然而,随着区域经济的快速发展,北戴河海域环境承受的压力也愈来愈大,由人类社会、经济活动引发的生态环境恶化问题也日益凸显出来。大量的城市生活污水和工业污染物排入水体,排入海中的重金属被赋存于近海沉积体系中,其危害比常规污染物更为严重,当水体环境条件发生变化时,沉积物中的重金属向上覆水体重新释放,造成对水体的二次污染。目前,对渤海沉积物重金属风险评价有一些成果<sup>[1-2]</sup>,但针对北戴河及其相邻周边海域长时间、大范围的沉积物重金属污染的调查评估几乎没有,本文通过2011年和2012年对北戴及其相邻近岸海域不同区域沉积物中重金属的含量分布进行分析研究,并根据瑞典学者 H kanson<sup>[3]</sup>提出的生态危害指数法对沉积环境中重金属的潜在危害程度进行评价。本研究的目的是进一步了解海域的重金属污染情况,为北戴河滨海旅游及养殖环境质量评价与生态环境保

护提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品采集与分析方法

调查海域北起山海关冀辽海域界线南至滦河口,总面积约1300km<sup>2</sup>,共布设46个站位,具体站位分布见图1。其中秦皇岛市山海关区近岸海域6个站位(41~46)、海港区近岸海域8个站位(34~40)、北戴河近岸海域8个站位(25~33)、抚宁县近岸海域8个站位(17~24)、昌黎县近岸海域16个站位(1~16)。分别于2011年和2012年春季(5月)、夏季(8月)和秋季(10月~11月)在各站位采集沉积物样品。样品采集按照《海洋监测规范》第3部分:样品采集、贮存和运输的方法进行。沉积物分析样品的制备、消化按《海洋监测规范》第5部分:沉积物分析的方法进行<sup>[4]</sup>,并同时消化沉积物标准样品(GBW07314)和消化空白。样品Cu、Pb、Cd用无火焰原子吸收分光光度法测定,Zn用火焰原子吸收分光光度法测定,分析仪器为原子吸收分光光度计(岛津AA6800)。

### 1.2 生态环境质量评价方法

#### 1.2.1 单因子污染指数法

沉积物评价可采用单因子污染指数法进行评价,污染程度随实测浓度增大而加重。公式为:

$$P_i = c_i/x_{io}$$

式中: $P_i$ —某污染因子的污染指数,即单因子污染指数; $C_i$ —某污染因子的实测浓度; $C_{io}$ —某污

收稿日期:2013-03-06

基金项目:海洋公益性行业科研专项经费项目(201305003)。

作者简介:李欣阳,女,硕士,工程师,主要从事海洋环境污染监测与评价研究。

染因子的评价标准。

凡是单因子指数 $\leq 1$ 者,为该监测站位没有遭

受该要素的污染, >1者为遭受污染,该值越大污染越重。

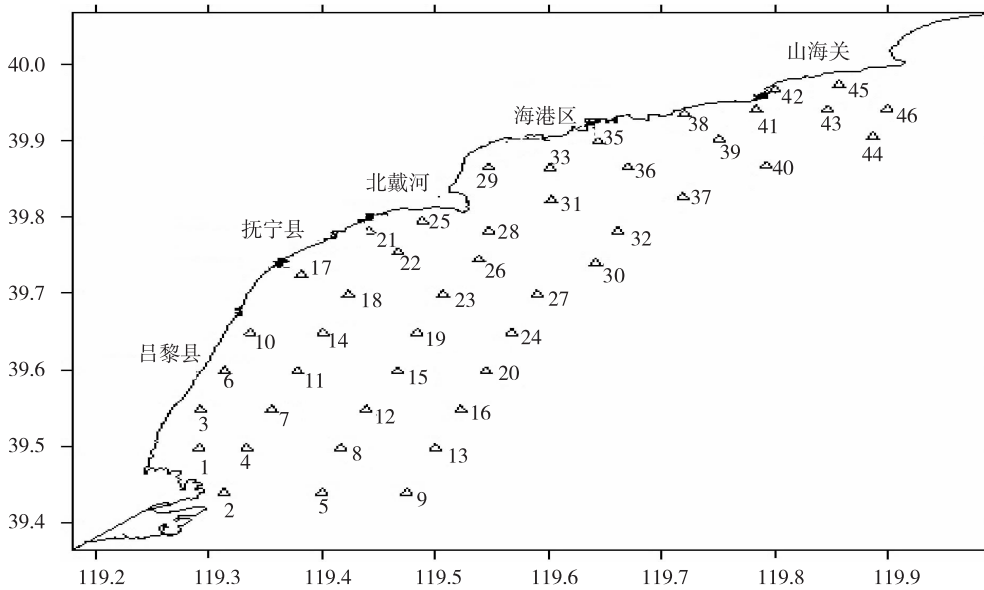


图1 调查海域站位布设图

1.2.2 沉积物重金属的潜在生态危害评价方法<sup>[3]</sup>

单个重金属的污染程度可用第*i*种重金属的污染系数来表征,其公式为:

$$C_f^i = C_i / C_n^i$$

式中:  $C_f^i$  — 某种重金属的污染系数;  
 $C_i$  — 某种重金属的实测浓度;  
 $C_n^i$  — 某种重金属的区域背景值。

判定重金属污染程度的标准为:  $C_f^i < 1$  为低污染;  $1 \leq C_f^i < 3$  为中度污染;  $3 \leq C_f^i < 6$  为重度污染;  $C_f^i > 6$  为高度污染(Kwon, et al., 1998)。

*m*种重金属总污染系数:

$$C_d = \sum_1^m C_f^i$$

其判定标准为:  $C_d < m$  为低度污染;  $m \leq C_d <$

$2m$  为中度污染;  $2m \leq C_d < 4m$  为重度污染;  $C_d > 4m$  为高度污染。

参照 H kanson 提出的生态危害指数法对沉积环境的生态危害程度进行评价。生态危害系数和生态危害指数式分别为:

$$E_r^i = T_r^i \cdot C_f^i$$

$$RI = \sum_{i=1}^n E_r^i = \sum_{i=1}^n T_r^i \cdot C_f^i$$

公式中  $E_r^i$  为第*i*种重金属元素的潜在生态危害系数;  $RI$  为*n*种重金属元素的生态危害指数;  $T_r^i$  为重金属元素*i*的毒性系数;  $C_f^i$  为重金属元素*i*的富集系数( $C_f^i = C_s^i / C_n^i$ , 其中  $C_s^i$  为沉积物重金属元素*i*的实际含量,  $C_n^i$  为沉积物重金属元素*i*的参照值。 $E_r^i$ 、 $RI$  与污染程度的关系见表1。

表1  $E_r^i$ 、 $RI$  与污染程度的关系

指数类型	所处范围	污染程度	指数类型	所处范围	污染程度
潜在生态危害系数	$E_r^i < 40$	轻微的生态危害	潜在生态危害指数	$RI < 150$	轻微的生态危害
	$40 \leq E_r^i < 80$	中等的生态危害		$150 \leq RI < 300$	中等的生态危害
	$80 \leq E_r^i < 160$	强的生态危害		$300 \leq RI < 600$	强的生态危害
	$160 \leq E_r^i < 320$	很强的生态危害		$RI \geq 600$	很强的生态危害
	$E_r^i \geq 320$	极强的生态危害			

2 调查结果

北戴河及相邻近岸海域沉积物重金属的含量分布见表2。总体上,整个近岸海域沉积物中重金属

的含量有从抚宁近岸向两侧逐渐升高的趋势。其中,山海关近岸海域和海港区近岸海域站位的沉积物各项重金属含量明显高于其他区域;北戴河近岸海域

各站位沉积物各项重金属含量又略高于抚宁县和昌黎县近岸海域。除了2011年Cd含量海港区近岸最高之外，Cu、Pb、Cd、Zn的年平均含量分布均是山海关近岸>海港区近岸>北戴河近岸>昌黎近岸>抚宁近岸。这种沉积物中重金属分布情况可能与

海港区 and 山海关工业较多，人口较多，工业废水和生活污水大量排海之后重金属元素常年沉积有关。从调查结果可看出，不同季节各站位重金属含量也略有差异，但差别不大，且没有统一的季节变化规律。

表2 北戴河及相邻近岸海域各区域沉积物重金属含量分布结果

(10<sup>-6</sup>)

区域	年份	铜		铅		镉		锌	
		范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值
昌黎近岸	2011	6.73~20.4	12.4	7.79~20.7	12.5	0.0689~0.228	0.125	21.4~69.1	36.6
	2012	9.78~19.3	13.0	8.02~18.2	12.2	0.0833~0.185	0.121	27.2~58.9	39.2
抚宁近岸	2011	7.33~12.2	9.12	6.79~15.6	11.5	0.0574~0.157	0.0983	20.2~56.6	35.0
	2012	9.35~14.9	12.1	10.0~14.9	12.3	0.0827~0.113	0.101	29.8~37.2	35.0
北戴河近岸	2011	10.5~20.7	16.4	11.4~27.4	20.2	0.124~0.298	0.205	28.3~70.6	48.6
	2012	13.3~22.8	17.8	11.2~23.5	17.2	0.0767~0.250	0.155	32.2~65.3	47.3
海港区近岸	2011	18.1~29.5	22.5	17.4~27.8	22.4	0.170~0.306	0.232	45.0~91.5	76.8
	2012	18.6~24.1	21.0	17.1~25.5	21.1	0.203~0.273	0.227	51.0~82.4	73.0
山海关近岸	2011	15.6~26.6	23.7	15.5~25.6	22.8	0.103~0.263	0.205	62.9~95.2	79.8
	2012	20.3~25.4	22.4	21.0~24.6	22.5	0.195~0.268	0.229	65.3~83.6	73.9

### 3 结果评价

#### 3.1 单因子污染指数法

根据秦皇岛海域海洋功能区划，本次调查沉积

物统一采用《海洋沉积物质量》<sup>[5]</sup>中的第一类标准进行评价。各区域单因子污染指数见表3。

表3 北戴河及相邻近岸海域各区域沉积物重金属单因子污染指数

区域	年份	铜		铅		镉		锌	
		范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值
昌黎近岸	2011	0.19~0.58	0.35	0.13~0.35	0.21	0.14~0.46	0.25	0.14~0.46	0.24
	2012	0.28~0.55	0.37	0.13~0.30	0.20	0.17~0.37	0.24	0.18~0.39	0.26
抚宁近岸	2011	0.21~0.35	0.26	0.11~0.26	0.19	0.11~0.31	0.20	0.13~0.38	0.23
	2012	0.27~0.43	0.34	0.17~0.25	0.21	0.17~0.23	0.20	0.20~0.25	0.23
北戴河近岸	2011	0.30~0.59	0.47	0.19~0.46	0.34	0.25~0.60	0.41	0.19~0.47	0.32
	2012	0.38~0.65	0.51	0.19~0.39	0.29	0.15~0.50	0.31	0.21~0.44	0.32
海港区近岸	2011	0.52~0.84	0.64	0.29~0.46	0.37	0.34~0.61	0.46	0.30~0.61	0.51
	2012	0.53~0.69	0.60	0.29~0.42	0.35	0.41~0.55	0.45	0.34~0.55	0.49
山海关近岸	2011	0.45~0.76	0.68	0.26~0.43	0.38	0.21~0.53	0.41	0.42~0.63	0.53
	2012	0.58~0.72	0.64	0.35~0.41	0.38	0.39~0.54	0.46	0.44~0.56	0.49

由表3可见，各站位各项重金属污染指数均<1，满足海域功能的要求，所有监测的重金属要素含量均未超标，优于一类海洋沉积物质量国家标准的要求。海域沉积物质量状况良好。

#### 3.2 沉积物重金属的潜在生态危害评价

根据调查结果，采用各站位沉积物重金属年均含量进行计算，Cu、Pb、Cd、Zn的参照值采用《渤海沉积物中重金属分布及环境背景值》的监测资料<sup>[6]</sup>，得到各区域重金属元素的单一生态危害指数和综合生态危害指数情况见表4。



表 4 秦皇岛近岸海域沉积物重金属生态风险指数

年份	区域		昌黎近岸	抚宁近岸	北戴河近岸	海港区近岸	山海关近岸
2011 年	铜	范围	0.31 ~ 0.93	0.34 ~ 0.56	0.48 ~ 0.95	0.83 ~ 1.35	0.72 ~ 1.22
		均值	0.57	0.42	0.75	1.03	1.09
	铅	范围	0.55 ~ 1.44	0.47 ~ 1.08	0.79 ~ 1.90	1.21 ~ 1.93	1.07 ~ 1.78
		均值	0.86	0.80	1.40	1.56	1.59
	镉	范围	0.59 ~ 1.95	0.49 ~ 1.34	1.06 ~ 2.54	1.45 ~ 2.62	0.88 ~ 2.25
		均值	1.07	0.84	1.75	1.99	1.76
	锌	范围	0.32 ~ 1.02	0.30 ~ 0.84	0.42 ~ 1.04	0.67 ~ 1.35	0.93 ~ 1.41
		均值	0.54	0.52	0.72	1.14	1.18
	综合生态危害指数	范围	2.02 ~ 4.59	1.91 ~ 3.22	2.91 ~ 6.17	4.16 ~ 7.19	3.60 ~ 6.54
		均值	3.04	2.57	4.63	5.71	5.61
2012 年	铜	范围	0.45 ~ 0.88	0.43 ~ 0.68	0.61 ~ 1.05	0.85 ~ 1.10	0.93 ~ 1.16
		均值	0.60	0.55	0.82	0.96	1.03
	铅	范围	0.56 ~ 1.26	0.70 ~ 1.03	0.78 ~ 1.63	1.19 ~ 1.77	1.45 ~ 1.71
		均值	0.85	0.86	1.20	1.46	1.56
	镉	范围	0.71 ~ 1.58	0.71 ~ 0.97	0.66 ~ 2.13	1.74 ~ 2.34	1.67 ~ 2.29
		均值	1.04	0.87	1.33	1.94	1.96
	锌	范围	0.40 ~ 0.87	0.44 ~ 0.55	0.48 ~ 0.97	0.75 ~ 1.22	0.97 ~ 1.24
		均值	0.58	0.52	0.70	1.08	1.09
	综合生态危害指数	范围	2.40 ~ 4.59	2.39 ~ 3.11	2.57 ~ 5.75	4.60 ~ 5.94	5.07 ~ 6.13
		均值	3.06	2.79	4.04	5.44	5.64

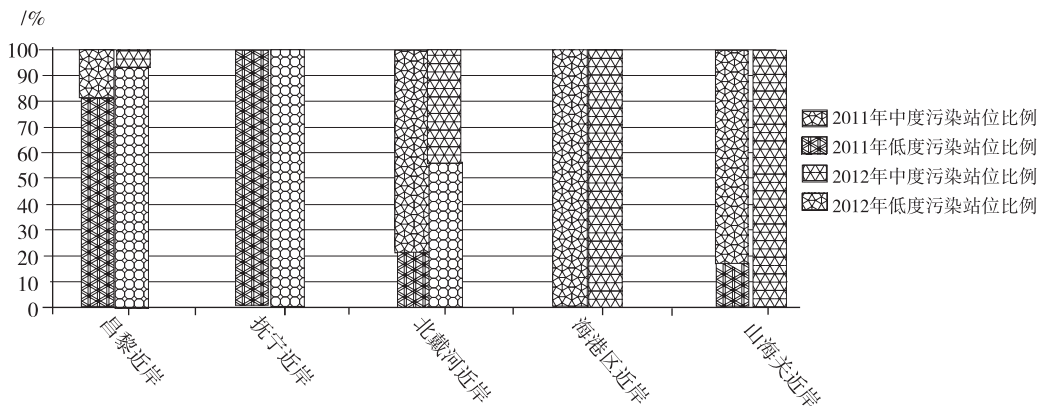


图2 北戴河及相邻近岸海域不同区域各站位沉积物重金属污染情况

本次调查针对的重金属元素有铜、铅、镉、锌四种元素， $C_a < 4$  为低度污染； $4 \leq C_a < 8$  为中度污染； $8 \leq C_a < 16$  为重度污染； $C_a > 16$  为高度污染。由此可得，北戴河及相邻近岸海域不同区域各站位沉积物重金属污染情况如图 2 所示。抚宁近岸海域各站位全部属于低度污染；昌黎县近岸海域近两年分别有 81.2% 和 93.8% 的站位满足低度污染，其他站位为中度污染；北戴河近岸海域近两年分别有 22.2% 和 55.6%

站位是低度污染，其他为中度污染；山海关近岸海域则仅 2011 年有 16.7% 站位属于低度污染，其他均为中度污染；海港区近岸海域重金属污染相对最严重，两年监测中全部站位都是中度污染。综合生态危害指数评价结论与单一生态危害指数评价结论相符。海港区近岸海域重金属污染相对较严重，之后依次是山海关近岸海域、北戴河近岸海域、昌黎近岸海域和抚宁近岸海域。

根据调查结果,采用各站位沉积物重金属年均含量进行计算,Cu、Pb、Cd、Zn的参照值采用《渤海沉积物中重金属分布及环境背景值》的监测资料;金属毒性系数采用H kanson模型中的给定系数,根据金属的主要危害途径是水→沉积物→生

物→人体,提出7种金属元素的毒性水平顺序为Hg > Cd > As > Pb = Cu > Cr > Zn,对毒性系数做规范化处理之后,定值为Cd = 30、Pb = Cu = 5、Zn = 1,得到各区域沉积物中重金属元素潜在的生态风险指数,如表5所示。

表5 北戴河及相邻近岸海域沉积物重金属潜在生态危害系数与潜在生态危害指数

年份	区域		昌黎近岸	抚宁近岸	北戴河近岸	海港区近岸	山海关近岸
2011年	铜	范围	1.54~4.67	1.68~2.81	2.41~4.75	4.15~6.76	3.58~6.11
		均值	2.84	2.09	3.77	5.16	5.44
	铅	范围	2.76~7.19	2.36~5.40	3.97~9.50	6.04~9.65	5.37~8.89
		均值	4.32	3.99	7.00	7.79	7.93
	镉	范围	17.66~58.46	14.73~40.18	31.71~76.32	43.64~78.55	26.40~67.35
		均值	32.11	25.21	52.64	59.59	52.68
	锌	范围	0.32~1.02	0.30~0.84	0.42~1.04	0.67~1.35	0.93~1.41
		均值	0.54	0.52	0.72	1.14	1.18
	潜在生态危害系数	范围	23.37~69.52	20.11~47.81	39.00~90.61	54.50~96.25	36.28~83.18
		均值	39.82	31.81	64.13	73.67	67.24
2012年	铜	范围	2.24~4.42	2.15~3.41	3.05~5.24	4.26~5.52	4.66~5.82
		均值	2.99	2.77	4.08	4.82	5.13
	铅	范围	2.78~6.30	3.48~5.16	3.90~8.16	5.95~8.84	7.27~8.54
		均值	4.25	4.28	5.99	7.32	7.82
	镉	范围	21.35~47.36	21.21~29.10	19.67~64.05	52.15~70.06	50.03~68.74
		均值	31.10	25.96	39.84	58.12	58.72
	锌	范围	0.40~0.87	0.44~0.55	0.48~0.97	0.75~1.22	0.97~1.24
		均值	0.58	0.52	0.700	1.08	1.09
	潜在生态危害指数	范围	29.35~58.95	27.66~37.55	27.33~78.28	63.46~83.19	63.20~83.06
		均值	38.92	33.53	50.61	71.34	72.76

由表4可知,除了海港区近岸、山海关近岸和北戴河近岸部分站位的镉的潜在生态危害系数 > 40,属于中等生态危害以外,其他各元素各站位的潜在生态危害系数均 < 40,属于轻微生态危害。总体上看,整个海域各站位沉积物重金属潜在生态危害指数均 < 150,属于轻微生态危害。

#### 4 结论

通过对北戴河及相邻近岸海域5个区域46个站位的表层沉积物重金属含量的调查评价,得出山海关近岸海域和海港区近岸海域站位的沉积物各项重金属含量明显高于其他区域,北戴河近岸海域各站位沉积物各项重金属含量又略高于抚宁县和昌黎县近岸海域。整个近岸海域沉积物中重金属的含量有从抚宁近岸向两侧逐渐升高的趋势。各站位各项重金属污染指数均 < 1,满足海域功能的要求,所有监测的重金属要素含量均未超出一类海洋沉积物标准。根据多元生态危害的评价,有43.5%的站

位为中度污染,其他为轻度污染,其中海港区近岸海域重金属污染相对较严重,之后依次是山海关近岸海域、北戴河近岸海域、昌黎近岸海域和抚宁近岸海域。沉积物重金属潜在生态危害的评价结果表明,整个海域各站位沉积物重金属潜在生态危害指数均 < 150,属于轻微生态危害。

#### 参考文献:

- [1] 陈江麟,刘文新,刘书臻,等.渤海表层沉积物重金属污染评价[J].海洋科学,2004,28(12):16-21.
- [2] 张雷,秦延文,郑丙辉,等.环境科学学报[J].2011,31(8):1676-1684.
- [3] H K ANSON L. An ecological risk index for aquatic pollution control, A sedimentological approach [J]. Water Res, 1980, (14): 975-1001.
- [4] GB 17378-2007,海洋监测规范[S].
- [5] GB 18668-2002,海洋沉积物质量[S].
- [6] 李淑媛,刘国贤,苗丰民.渤海沉积物中重金属分布及环境背景值[J].中国环境科学,1994,14(3):370-376.

(下转第72页)

# 眉山市城区环境空气质量及变化趋势分析

祝义平, 曾 容, 唐东民, 梁 贇  
(眉山市环境监测中心, 四川 眉山 620020)

**摘 要:** 根据眉山市 2006—2012 年空气质量数据, 采用综合污染指数法对 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub> 进行评价。结果表明: 各污染物季节变化明显, 冬季污染最严重; 7 年年际变化中, SO<sub>2</sub> 浓度先上升后下降, NO<sub>2</sub> 浓度总体呈上升趋势, PM<sub>10</sub> 浓度明显下降; 2012 年全市主要污染物污染负荷系数从大到小排列顺序为: PM<sub>10</sub> (0.39) > SO<sub>2</sub> (0.32) > NO<sub>2</sub> (0.29); 综合污染指数表明眉山市空气质量属于轻污染。

**关键词:** 空气质量; 变化; 趋势; 污染指数; 眉山

**中图分类号:** X 82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0067-03

眉山市位于四川盆地西南部, 成都平原西南边缘。城区位于岷江西岸的河川平坝上, 地势低洼平坦, 东西两侧有低山相对峙。由北至南形成带状浅沟河谷地形。东接资阳、内江, 西连雅安, 南临乐山, 北倚成都。界于东经 102°49' ~ 104°30', 北纬 29°24' ~ 30°21'。虽然眉山市空气质量总体上保持良好水平, 但随着社会经济的持续快速发展, 以城市为中心的环境污染威胁日趋严重, 大气环境质量保护所面临的压力日益增大, 所以掌握全市大气污染特征及变化趋势很有必要。

本文以 2006—2012 年眉山市城区的大气环境监测数据为依据, 按照《环境空气质量标准》(GB3095-1996) 中的二级标准<sup>[1]</sup>, 对大气污染因子二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物近 7 年的变

化趋势进行了统计分析, 以便为进一步加强大气污染治理、促进眉山市经济持续健康发展提供参考依据。

## 1 眉山市城市环境空气监测概况

从 2000 年开始, 国家加大了对重点环境城市的能力建设投入, 眉山市作为西部二级城市于 2006 年新建了 5 个空气自动监测站, 开始正式向国家及地方相关部门上报环境空气质量监测结果。5 个空气自动监测站实现了对城区的全部覆盖, 分别位于蟆颐观、气象局、旭光小区、市环监站、龚村。本文选取除龚村(背景点)之外的 4 个点位的自动监测数据进行分析。

眉山市环境监测项目为二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物, 其监测频率和监测方法见表 1。

表 1 空气监测频率与监测方法一览表

监测项目	监测频率	分析方法	采样方法
二氧化硫	24h 连续	紫外荧光法	自动
二氧化氮	24h 连续	化学发光法	自动
可吸入颗粒物	24h 连续	重量法	自动

## 2 城市环境空气质量变化趋势

### 2.1 空气污染物季节变化规律

以天文季节与气候季节相结合来划分眉山市的四季。即 3、4、5 月为春季, 6、7、8 月为夏季, 9、10、11 月为秋季, 12、1、2 月为冬季。2006—2012 年二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物浓度按季节分别计算出 7 年均值, 列于表 2。

表 2 眉山市大气污染物浓度季节分布 (mg/m<sup>3</sup>)

季节	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
春季	0.047	0.044	0.102
秋季	0.029	0.033	0.067
夏季	0.039	0.039	0.083
冬季	0.055	0.047	0.110

从图 1 中可以看出: 二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物浓度均表现出明显的季节变化规律, 污染程度由高到低的顺序为冬季、春季、秋季、夏季, 冬季污染最严重。这是因为冬春两季气候干

收稿日期: 2014-02-10

作者简介: 祝义平 (1986-), 女, 四川眉山人, 主要从事环境监测分析及评价工作。

燥、少雨，逆温天气出现频繁，下层空气的温度低于上层空气，使污染物不易扩散，积聚在低空，导致污染物浓度升高。而夏秋季降水量增加，雨水对污染物有净化作用；同时夏季因气温高、湿度大，大气边界层厚，也有利于污染物的扩散。

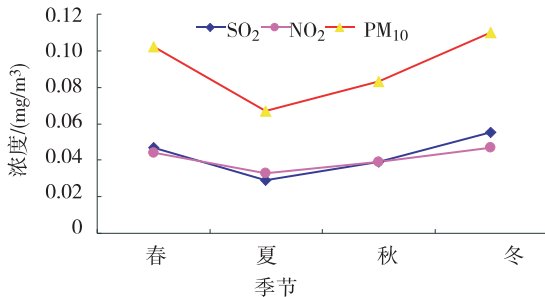


图1 主要污染物季节变化趋势

## 2.2 空气污染物年际变化规律及趋势

2006—2012年眉山市二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物浓度变化趋势见图2。

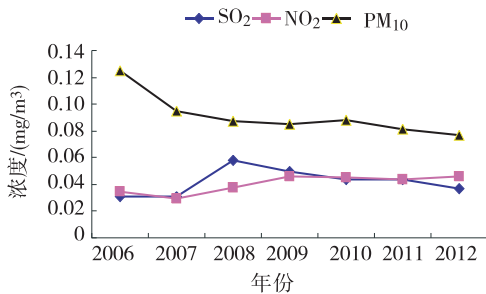


图2 主要污染物年际变化趋势

### 2.2.1 二氧化硫浓度先上升后下降

从图2中可以看出：2006—2012年，眉山市

二氧化硫浓度呈现先上升后下降趋势，年日均值在0.031~0.058mg/m<sup>3</sup>，其中2006—2008年呈现上升趋势，2008—2012年浓度不断下降，2008年达到最高点，浓度为0.058mg/m<sup>3</sup>。

### 2.2.2 二氧化氮浓度总体呈上升趋势

从图2中可以看出，2006—2012年，眉山市二氧化氮年日均值在0.049~0.046mg/m<sup>3</sup>。其中2006—2007年浓度有所下降，随后2007—2009年浓度上升较大，从0.029mg/m<sup>3</sup>上升到0.046mg/m<sup>3</sup>，达到7年来的最高点；2009—2012年，二氧化氮浓度趋于平缓，变化幅度不大。

### 2.2.3 可吸入颗粒物浓度明显下降

从图2中可以看出，2006—2012年，眉山市可吸入颗粒物浓度总体下降明显，年日均值在0.077~0.125mg/m<sup>3</sup>，7年间浓度从2006年的0.125mg/m<sup>3</sup>下降到2012年的0.077mg/m<sup>3</sup>，下降了0.048mg/m<sup>3</sup>。

## 3 环境空气污染特征分析

根据环境空气质量功能区的分类和标准分级，眉山市区应为二类区—“城镇规划中确定的居住区、商业交通居民混合区、文化区、一般工业区和农村地区”，环境空气质量标准执行《环境空气质量标准》(GB3095-1996)中二级标准，详见表3。空气污染综合指数分级标准见表4。

表3 环境空气评价标准 (mg/m<sup>3</sup>)

项目	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
年均值	0.06	0.08	0.10
日均值	0.15	0.12	0.15

表4 空气污染综合指数分级标准表

空气质量状况	清洁	轻污染	中度污染	较重污染	严重污染
综合污染指数 P	P≤1.3	1.3<P≤4	4<P≤8	8<P≤12	>12

### 3.1 评价方法

为评价眉山市城市环境空气质量总体状况以及各种污染物负荷情况，采用空气综合污染指数级污染负荷系数进行分析<sup>[2]</sup>。评价项目为二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物三项。计算公式如下：

综合污染指数：

$$P = \sum_{i=1}^n P_i$$

式中： $P_i = C_i/S_i$

$P$ —综合污染指数； $P_i$ — $i$ 项空气污染物的分指数； $C_i$ — $i$ 项空气污染；年均浓度值； $S_i$ — $i$ 项空气污

染物的环境质量标准限值； $n$ —计入空气综合污染指数的污染物项数。

污染物负荷系数：

$$f_i = \frac{P_i}{p}$$

式中： $f_i$ —污染物 $i$ 的负荷系数； $P_i$ —污染物的分指数； $P$ —环境空气综合污染指数。

### 3.2 评价结果

2006—2012年眉山市城市大气环境综合污染指数年际变化及大气污染物污染负荷系数变化值见

图3。

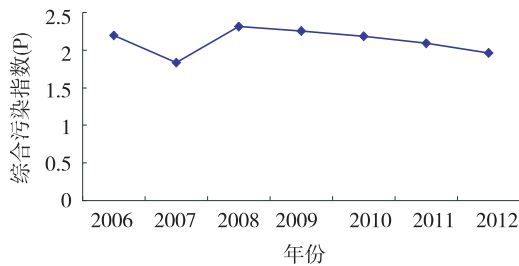


图3 城市环境综合污染指数年际变化

从图3中可以看出,眉山市城市大气主要污染物综合污染指数(P)年际变化为  $P(2007) < P(2012) < P(2011) < P(2010) < P(2006) < P(2009) < P(2008)$ 。数据表明眉山市城市大气主要污染物综合污染指数在  $P(1.83) \sim P(2.31)$  变化,7年以来2007年最低,2008年最高,其中2008—2012年呈不断降低趋势。按照空气污染综合指数分级标准,眉山市空气质量属于轻污染。

表5 大气主要污染物负荷系数

年度	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
2006	0.23	0.20	0.57
2007	0.28	0.20	0.52
2008	0.42	0.20	0.38
2009	0.37	0.25	0.38
2010	0.34	0.26	0.40
2011	0.35	0.26	0.39
2012	0.32	0.29	0.39

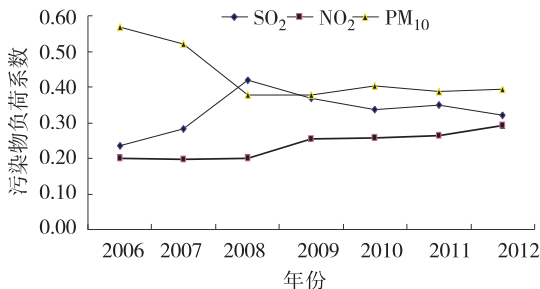


图4 大气污染物污染负荷系数年际变化

从图4可以看出,各污染因子负荷系数随年份不断波动,可吸入颗粒物负荷系数总体呈下降趋势,其污染负荷系数从0.57(2006年)降到0.30

(2012年);二氧化硫污染负荷系数呈先上升后下降趋势,在2008年达到最高,2008—2012年呈下降趋势,从0.42(2008年)降到0.32(2012年);二氧化氮污染负荷系数呈总体上升趋势,从0.20(2006年)上升到0.29(2012年)。在三项污染物中可吸入颗粒物所占比例较高,其次是二氧化硫,二氧化氮最低。2012年全市主要污染物污染负荷系数从大到小排列顺序为:可吸入颗粒物(0.39) > 二氧化硫(0.32) > 二氧化氮(0.29)。

#### 4 结论及建议

##### 4.1 结论

(1) 2006—2012年眉山市城市空气质量均值二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物浓度均表现出明显的季节变化规律,污染程度由高到低的顺序为冬季、春季、秋季、夏季,冬季污染最严重。

(2) 2006—2012年眉山市城市二氧化硫浓度先上升后下降,二氧化氮浓度总体呈上升趋势,可吸入颗粒物浓度明显下降。

(3) 2006—2012年眉山市城市大气主要污染物综合污染指数(P)7年以来2007年最低,2008年最高,其中2008—2012年呈不断降低趋势,表明眉山市空气污染程度得到明显缓解,环境空气质量逐渐变好。按照空气污染综合指数分级标准,眉山市空气质量属于轻污染。

(4) 2006—2012年眉山市城市大气污染负荷计算中,可吸入颗粒物所占比例较高,其次是二氧化硫,二氧化氮最低。2012年全市主要污染物污染负荷系数从大到小排列顺序为:可吸入颗粒物(0.39) > 二氧化硫(0.32) > 二氧化氮(0.29)。

##### 4.2 建议

眉山市城区二氧化氮浓度呈现上升趋势,应引起足够重视:眉山市城区二氧化氮浓度的上升与眉山市机动车保有量的快速增加密切相关,机动车作为流动污染源,是产生二氧化氮污染的主要原因。同时由于城市机动车数量增加较快,交通拥堵也增加了空气污染负荷。

##### 参考文献:

[1] GB3095-1996, 环境空气质量标准 [S].  
 [2] 国家环境保护局. 环境质量报告书编写技术规范 [R]. 1991.

(下转第82页)

# 橡胶制品工业含硫恶臭气体分析与评价

丁学锋<sup>1</sup>, 杨书梅<sup>1</sup>, 张慧君<sup>2</sup>, 曹睿<sup>3</sup>

(1. 浙江省环境工程有限公司, 浙江 杭州 310012; 2. 浙江省工业环保设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310005; 3. 杭州市环境保护科学研究院, 浙江 杭州 310014)

**摘要:**以轮胎企业含硫恶臭气体排放为例,通过引述美国国家环保总局《空气污染物排放系数汇编》(AP-42)的橡胶工业污染物排放因子,与轮胎企业含硫恶臭气体实测数据进行比较分析,结果表明轮胎企业含硫恶臭气体主要为二硫化碳,对轮胎企业建设项目环境影响评价应把二硫化碳作为大气环境影响评价因子,二硫化碳排放系数可参照AP-42确定。

**关键词:**轮胎企业;恶臭;排放系数;二硫化碳

**中图分类号:**X82 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-9655(2014)03-0070-03

恶臭是刺激人的嗅觉器官、引起不愉快或厌恶、损害人体健康的气味。恶臭污染物指一切刺激嗅觉器官引起人们不愉快及损坏生活环境的气体物质<sup>[1]</sup>。1993年我国制定了恶臭污染物的排放标准,对8种单一恶臭物质的一次最大排放浓度、复合恶臭物质的臭气浓度及无组织排放源的厂界浓度限值进行了要求,分别是氨、三甲胺、硫化氢、甲硫醇、甲硫醚、二甲二硫、二硫化碳、苯乙烯,其中含硫类恶臭物质有5种<sup>[2]</sup>。橡胶制品工业污染物排放标准(GB27632-2011)中规定轮胎企业颗粒物、甲苯、二甲苯、非甲烷总烃等大气污染物排放限值<sup>[3]</sup>,未明确恶臭污染物排放标准。目前国内对橡胶行业建设项目一般选取硫化氢作为含硫恶臭气体的环境影响评价因子<sup>[4]</sup>,本文通过引述美国国家环保总局《空气污染物排放系数汇编》(AP-42)的橡胶工业污染物排放系数,结合实际轮胎企业含硫恶臭气体排放监测结果,分析了含硫恶臭气体的主要成分和排放系数,为轮胎企业建设项目环境影响评价和大气污染防治措施提供参考。

## 1 含硫恶臭气体污染源

以某轮胎生产企业为例,该企业年产150万条子午线轮胎。轮胎生产过程大致分为炼胶工艺和轮胎生产工艺,炼胶工艺主要可分为配料和混合炼胶两个工序;轮胎生产工艺一般可分为压延压出、裁断、成型、硫化和检测5个工序。生产过程一般要在加热的条件下进行,其中炼胶、压延、挤出等前工序的加热范围为40~160℃,低挥发点物质在此温度范围内即释出;硫化加热范围为100~200℃,在此条件下,胶料中的挥发物大量释放,形成烟气。轮胎企业废气主要来自于硫化、炼胶车间,具有气量大、温度高、成分复杂、浓度低等特点,且呈恶臭味,给周边环境及车间内操作工人的身体健康造成危害<sup>[5]</sup>。

## 2 橡胶行业空气污染物排放系数

美国国家环保总局编制的《空气污染物排放系数汇编》(AP-42),一直作为美国空气质量管理的主要工具<sup>[6]</sup>。AP-42橡胶行业分别给出了混炼、压延、压出、硫化等各个工序的废气排放系数,其中轮胎制品约63种排放系数,本文摘取轮胎生产工艺中含硫化合物的排放系数<sup>[7]</sup>,具体如表1所示。

表1 轮胎制品生产工艺中含硫化合物的排放系数 (L/t胶)

序号	项目	炼胶	挤出	压延	硫化
1	二硫化碳	4.21E-06	3.74E-07	2.41E-06	6.29E-06
2	羰基硫化物	2.13E-06	-	-	5.44E-07

从表1中可以看出,按照AP-42轮胎生产工艺排放的含硫化合物主要为二硫化碳、羰基硫化物。

## 3 讨论

### 3.1 实测排放系数对比分析

收稿日期:2014-01-24

作者简介:丁学锋(1982-),男,工程师,硕士研究生,浙江省环境工程有限公司工作,主要从事环境影响评价研究。

通讯作者:曹睿(1982-),男,工程师,硕士研究生,杭州市环境保护科学研究院工作,主要从事环境规划与政策研究。

对该轮胎企业的炼胶废气、硫化废气有组织排放口的硫化氢、二硫化碳进行监测,监测技术方法按恶臭污染物排放标准(GB14554-93)规定执

行,获得该轮胎企业含硫恶臭气体的实测排放系数,并与AP-42的排放系数进行对比,具体结果见表2。

表2 某轮胎企业实测排放系数与AP-42对比列表

工序	污染物	某轮胎企业				AP-42	
		平均排放浓度 /(mg/m <sup>3</sup> )	排放速率 /(g/h)	胶用量 /(t/a)	排放系数 /(t/t胶)	排放系数 /(t/t胶)	来源
炼胶工序	硫化氢	0.0041	0.0226	37930	3.2E-08	/	Mixing-30800111
	二硫化碳	0.0275	2.17		3.50E-06	4.21E-06	
硫化工序	硫化氢	0.0039	0.0585	37930	1.36E-07	/	Tire Cure-30800107
	二硫化碳	0.0422	2.66		5.87E-06	6.29E-06	

从表2可以看出,该轮胎企业排放的炼胶废气、硫化废气中二硫化碳与AP-42的排污系数基本保持一致,且硫化氢排放浓度和排放速率极小。

### 3.2 硫化氢因子分析

目前国内对橡胶行业建设项目一般选取硫化氢作

为含硫恶臭气体的环境评价因子,但根据AP-42橡胶行业各个工序排放的污染因子无硫化氢,含硫化合物主要为二硫化碳和羰基硫化物。为了确定企业是否有硫化氢废气排放,对该轮胎企业废气排气口和厂界、厂界外的硫化氢浓度进行监测,具体结果见表3。

表3 某轮胎企业排放口及周边硫化氢监测结果

项目	炼胶废气排气口	硫化废气排气口	厂界	距厂界350m
硫化氢	0.003~0.008	0.004~0.007	0.0021~0.0087	0.0022~0.0060

从表3可对比发现废气排气口与厂界、厂界外的硫化氢监测浓度差别不大,说明轮胎生产工序中硫化氢的产生量极少,这与AP-42橡胶行业中无硫化氢排放因子相吻合。韩博等<sup>[8]</sup>对再生橡胶制造企业恶臭物质排放特征分析表明,恶臭物质主要来自脱硫工序的排放,源成分谱分析显示以硫化物为主,甲硫醇、二甲基硫、二硫化碳、二甲二硫的比例分别为17.5%、21.3%、51.4%和4.4%,二硫化碳是制胶源的标识组分。故轮胎企业含硫恶臭气体主要为二硫化碳。

### 4 结论

通过引述AP-42橡胶工业污染物排放系数,对轮胎企业含硫恶臭气体的实测值进行比较分析,结果表明轮胎生产过程中含硫恶臭气体主要为二硫化碳,硫化氢的产生量极少。轮胎企业建设项目环境影响评价应选取二硫化碳作为大气环境影响评价因子,二硫化碳的排放系数可参照AP-42确定,同时企业应加

强对二硫化碳废气的相关治理措施,避免恶臭污染。

#### 参考文献:

- [1] 常沁春,王小妹,李友鹏,等.石化工业园区恶臭污染防治措施探讨[J].安徽农业科学,2012,40(8):4812-4815.
- [2] GB14554-93,恶臭污染物排放标准[S].
- [3] GB27632-2011,橡胶制品工业污染物排放标准[S].
- [4] 王元刚,郭康伟,李昌建.橡胶工艺废气的污染控制浅析[J].环境化学,1995,14(1):58-61.
- [5] 方美青,黄燕,刘智策,等.臭氧氧化-化学吸收净化橡胶恶臭废气的中试研究[J].安全与环境工程,2010,7(5):23-25.
- [6] 段宁,郭庭政,孙启宏,等.国内外产排污系数开发现状及其启示[J].环境科学研究,2009,22(5):622-626.
- [7] US EPA. AP-42: compilation of air pollutant emission factors [EB/OL]. Washington DC: US EPA, 1996 [2008-06-11]. <http://www.epa.gov/ttn/chiefl/ap42/ch04/>.
- [8] 韩博,吴建会,王凤炜,等.天津滨海新区工业源VOCs及恶臭物质排放特征研究[J].中国环境科学,2011,31(11):1776-1781.

## Analysis and Evaluation of Sulfur Malodor in Rubber Products Industry

DING Xue-feng<sup>1</sup>, YANG Shu-mei<sup>1</sup>, ZHANG Hui-jun<sup>2</sup>, CAO Rui<sup>3</sup>

(1. Zhejiang Environmental Engineering Company Limited, Hangzhou Zhejiang 310012 China)

**Abstract:** Compilation of Air Pollutant Emission Factors (AP-42) published by U. S Environmental Protection A-

agency (EPA) was reviewed to identify the emissions factor from rubber products industry by taking tire enterprises as an example in China. The emission malodor from tire enterprises was monitored and compared with the AP-42. The result indicated that carbon disulfide contributed most to sulfur malodor. Therefore, carbon disulfide should be identified as one of the factors in the air environmental impact assessment of tire enterprises, and its emissions factors can be calculated based on AP-42.

**Key words:** tire enterprises; malodor; emissions factor; carbon disulfide

---

(上接第 61 页)

### **A Brief Review on the Article 11th of “the Interpretation on Handling the Issues Concerning the Application of Law in Environmental Criminal Cases” from the Perspective of the Low-level Environmental Monitoring stations**

CHEN Shu-peí

(Xinhui Environmental Monitoring Station, Jiangmen Guangdong 529100 China)

**Abstract:** The content of the article 11th of “the Interpretation on Handling the Issues Concerning the Application of Law in Environmental Criminal Cases” was discussed from the point of view of the low-level environmental monitoring station. The strategies of dealing with the regulation for environmental monitoring station were put forward.

**Key words:** environmental pollution; criminal case; judicial interpretation; the article 11th; environmental monitoring station; low level

---

(上接第 66 页)

### **Potential Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Sediment in Beidaihe Coastal Area**

LI Xin-yang<sup>1,2</sup>, ZHANG Yong-feng<sup>1,2</sup>, FAN Zi-chu<sup>1,2</sup>, ZHANG Yong<sup>1,2</sup>

(1. Qinhuangdao Marine Environmental Monitoring Central Station, Qinhuangdao Hebei 066002 China)

**Abstract:** A long-term and large-scale survey of Cu, Pb, Cd, and Zn in sediment of Beidaihe coastal area was conducted in spring, summer, and autumn from 2011 to 2012. The spatial distribution of concentrations of these heavy metals and their potential ecological risks were analyzed using the single factor pollution index, multiple ecological risk index, and the potential ecological risk index. The result showed that the content of heavy metals is increasing from the costal area of Funing to its two wings. The harbor area was facing relatively more serious pollution than other areas, followed by Shanhaiguan costal area, Beidaihe costal area, Changli costal area, and Funing costal area. The contents of all heavy metals were not over the first grade standard of the marine sediment standard, which indicated a light ecological harm at present.

**Key words:** sediment; heavy metal; ecological risk index; potential ecological risk; Beidaihe coastal area



# 液液萃取-气相色谱-三重四级杆串联质谱联用检测水体中阿特拉津的方法研究

施艳峰, 李国文, 邵应春, 普学伟  
(玉溪市环境监测站, 云南 玉溪 653100)

**摘要:**建立了一种液液萃取-气相色谱-三重四级杆串联质谱联用(GC-MS/MS)测定水中阿特拉津的检测方法。水中阿特拉津分别在中性、碱性、酸性条件下经二氯甲烷萃取,定量浓缩后,经色谱柱分离,采用多重反应监测模式(MRM)进行定性和定量分析,以外标法定量。水样体积为1L时,方法检出限为0.05 $\mu\text{g/L}$ ,在一定浓度范围内具有良好的线性关系。在所添加的三个浓度水平下,方法回收率为83.3%~97.6%。结果表明:该方法快速、灵敏、选择性及精密度较高,适合水环境中痕量阿特拉津的检测。

**关键词:**液液萃取;气相色谱-串联质谱;阿特拉津;水体;检测

**中图分类号:**X83 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-9655(2014)03-0073-03

阿特拉津(英文名 Atrazine)又名莠去津,为三氯苯类除草剂,化学名称为:2-氯-4-乙氨基-6-异丙氨基-1,3,5-三氮苯,分子式 $\text{C}_8\text{H}_{14}\text{ClN}_3$ ,分子量为215.69,是一种适用于旱地的广泛除草剂,可防除一年生禾本科杂草和阔叶杂草,对某些多年生杂草也有一定的抑制作用,我国目前已大量采用<sup>[1]</sup>。相关毒理学研究发现,阿特拉津是一种环境雌激素,对皮肤和眼睛有刺激作用,动物实验致癌、致畸为阳性,对人有致突变作用。阿特拉津水溶性强,不易降解,施用后容易通过土壤或沉积物向环境迁移,对土壤和水体造成污染,其残留物在世界许多国家和地区的地表水和地下水中有检出,我国已将阿特拉津列为水中优先控制的污染物<sup>[2~3]</sup>。因此,建立一种高效、灵敏、选择性及准确性较高的检测方法,对检测环境水体中的阿特拉津是非常必要的。

目前,阿特拉津检测方法有气相色谱法(GC-ECD、GC-NPD),液相色谱法和气相色谱-质谱(GC-MS)等,样品前处理可采用液液萃取或固相萃取。气相色谱法和液相色谱法都基于保留时间定性,在环境样品基质复杂时极易受共流化合物的干扰而出现假阳性<sup>[4~7]</sup>。GC-MS对于基体复杂的样品也很难进行准确的定性和定量。气相色谱-串联质谱(GC-MS/MS)是目前农残检测中的先进技术<sup>[8,9]</sup>。与单极质谱相比,它的多重反应监测

(MRM)模式可有效消除GC-MS-SIM中存在基体干扰大、定性不准确的问题,大幅提高了检测的准确性<sup>[10]</sup>。本文以二氯甲烷萃取水样中阿特拉津,萃取液经定量浓缩后,通过气相色谱-串联质谱的多重反应监测模式,采用特征离子对定性和定量检测水体中的阿特拉津,提高了分析的灵敏度、准确性和可靠性。

## 1 实验部分

### 1.1 仪器与试剂

仪器:7890A/7000B 三重串联四级杆气相质谱仪(美国安捷伦);Syncore R-12全自动定量浓缩仪(瑞士布奇);SA400水平振荡器(日本YAMATO);带聚四氟乙烯旋塞2000ml分液漏斗;5 $\mu\text{l}$ 、10 $\mu\text{l}$ 、100 $\mu\text{l}$ 微量注射器。

试剂:二氯甲烷纯度为农残级(美国);无水硫酸钠、氯化钠、氢氧化钠均为优级纯(汕头);无水硫酸钠在350 $^{\circ}\text{C}$ 温度下加热4h,在干燥器内保存备用;盐酸(优级纯);阿特拉津标准溶液(标样品牌CHEMSERVICE,浓度100 $\text{mg/L}$ )。

### 1.2 样品处理

取1L水样于2L分液漏斗中,加入30g氯化钠,振荡使全部溶解,加60ml二氯甲烷,振荡10min(注意及时放气),静止分层,用滤纸卷成小条,擦干漏斗茎管内水珠,放出下层二氯甲烷萃取液于三角烧瓶中,盖塞。调节水样 $\text{pH} > 11$ 和 $\text{pH} < 2$ ,往水相中加入60ml二氯甲烷,重复上述萃取过程,合并萃取液于三角烧瓶中。二氯甲烷萃

取液用无水硫酸钠脱水后, 转移至浓缩管, 用定量浓缩仪浓缩至 0.5ml 左右, 转移浓缩液至样品瓶中, 用少量二氯甲烷多次对浓缩瓶内壁进行润洗, 润洗液浓缩后转移至样品瓶中, 最终用二氯甲烷定容至 1.0ml, 进行色谱分析。

### 1.3 分析条件

振荡器: 振荡次数 180 ~ 200 次/min。

色谱条件: HP-5MS 毛细管色谱柱 (30m × 0.25mm × 0.25μm); 载气为高纯氮气 (2.25 ml/min); 碰撞气体为高纯氮气 (1.5 ml/min); 柱流量为 1.0ml/min, 气体总流速为 64.00ml/min, 隔垫吹扫流量 3ml/min, 分流出口吹扫流量 60ml/min; 进样口温度: 270℃, 传输线温度: 280℃; 采用不分流进样, 进样体积为 1μl。色谱柱升温程序为 80℃ 开始, 以 15℃/min 升至 250℃, 保持 1min; 再以 25℃/min 升至 280℃, 保持 1.5min。

色谱工作站: 能连续记录色谱采集数据, 能通过二级质谱图进行定量计算。

质谱条件: MRM 监测模式, 溶剂延迟时间 6.5min。

## 2 结果与讨论

### 2.1 样品前处理选择

目前分析水中阿特拉津的前处理技术主要有液液萃取 (如 EPA3510)、连续液液萃取 (如 EPA3520)、固相萃取 (如 EPA3535)。固相萃取

选择性强, 但需要的有机溶剂种类增多, 操作不便, 在同一条件下无法兼顾其它化合物的分析要求, 致使分析样品局限性较大<sup>[11]</sup>。分液漏斗液液萃取虽然比较耗费人力、物力, 但适用范围广, 适宜推广。因此, 液液萃取仍不失为水质分析经典的前处理技术之一, 基于此, 本方法选用液液萃取, 使用 SA400 水平振荡器对样品进行前处理。

### 2.2 GC-MS/MS 方法建立

使用 MRM 模式测定目标化合物时, 主要是针对特征离子和碰撞能量进行优化。首先是特征离子对的选择, 通过全扫描模式得到母离子, 选择质谱图中的基峰或较大峰, 尽量选择背景干扰少丰度高的分子离子峰。在产物离子模式 (Product ion) 下扫描得到子离子, 一个子离子和一个母离子组成一对特征离子对, 以特征离子对作为 MRM 模式下的定性和定量离子对。特征离子对选定后, 为了达到最佳灵敏度, 碰撞能量是必须优化的关键参数。不同的碰撞能量下扫描化合物, 离子的碎裂程度不同, 母离子和子离子的峰都发生变化, 兼顾母离子和子离子的峰度值, 确定一个最佳碰撞能量。通过方法优化, 确定阿特拉津最优碰撞能量为 25.0eV, 对应两个监测离子对质荷比为 200.1 和 94.2, 215.1 和 199.9。MRM 监测模式下阿特拉津色谱图保留时间为 9.396min, 几乎没有测定干扰, 见图 1。

### 2.3 标准曲线、检出限和精密度

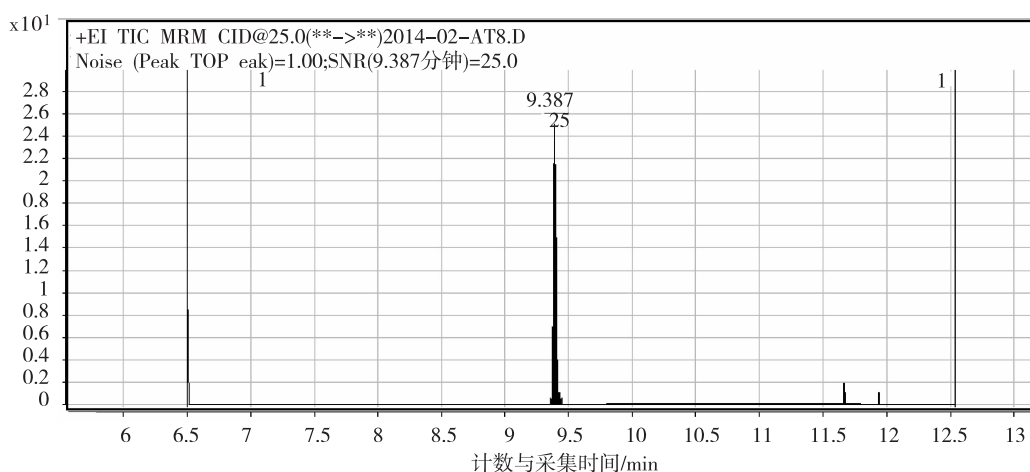


图1 MRM监测模式下阿特拉津色谱流图

使用阿特拉津标准溶液配制质量浓度为 1、2、4、8、20、40μg/L 的标准溶液, 考察方法的线性范围、检出限和精密度。结果表明峰面积与相应质量浓度线性关系良好, 回归方程为  $y = 2.63164x - 19.287567$ , 相关系数 0.9998。

取至少 7 个接近检出限浓度的实验室空白加标样

品, 进行全过程的方法检出限试样, 按  $MDL = t_{(n-1,0.99)} \times s$  计算方法检出限。式中,  $n$  为重复样品数;  $t_{(n-1,0.99)}$  为自由度为  $(n-1)$ 、置信度为 99% 时的  $t$  值,  $n=7$  时,  $t$  值取 3.143;  $s$  为标准偏差<sup>[12-13]</sup>。根据上式计算该方法检出限为 0.05μg/L, 完全可以满足 3μg/L 的地表水环境质量控制标准<sup>[14]</sup>。

对 2、10、100 μg/L 的标准溶液，分别平行测定 6 次，考察方法的精密度。结果显示，低浓度 2 μg/L 的变异系数为 5.17%，中浓度 10 μg/L 的变异系数为 3.14%，高浓度 100 μg/L 的变异系数为 2.11%，精密度好。

#### 2.4 实际环境水样加标回收率和精密度

取玉溪市饮用水源地水样 1L，分别加入 1mg/

ml 的标准储备液 2 μl、10 μl、100 μl，配制含量为 2、10、100 μg/L 的环境模拟水样，按上述方法平行测定 6 次，计算低、中、高浓度样品的回收率和精密度，考察环境水样中基体对检测的干扰。结果表明，实际水样加标回收率和精密度均满足质控要求，方法适合水样分析，见表 1。

表 1 阿特拉津地表水样品加标回收率和精密度实验

模拟水样/μg/L	回收率范围/%	平均回收率/%	变异系数
2	83.3 ~ 89.5	86.5	5.17
10	88.9 ~ 94.6	91.3	3.14
100	94.0 ~ 97.6	96.2	2.11

### 3 结论

采用液液萃取-气相色谱-三重四级杆串联质谱联用建立了一种准确、快速、灵敏度较高测定环境水体中阿特拉津的检测方法。该方法以特征离子对定性和定量，在准确性和灵敏度上更具优势，适合地表水环境中痕量阿特拉津的检测。

#### 参考文献：

[1] 本书编委会. 水和废水监测分析方法 (第四版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 648.  
 [2] 金相灿. 有机化合物污染化学-有毒有机物污染化学 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1990: 266-275.  
 [3] 王岙, 李鱼, 徐自力. 高效液相色谱法测定水体中的阿特拉津 [J]. 生态环境, 2006, 15 (6): 1160-1164.  
 [4] 杨挺, 赵莉, 朱国念. 水样中莠去津分析技术进展 [J]. 农药科学与管理, 2001, 22 (3): 18-20.  
 [5] GB/T5009.132-2003, 食品卫生检验方法: 理化部分 (二) [S].  
 [6] 李清波, 黄国宏, 王颜红, 等. 土壤和玉米籽粒中阿特拉津

残留量的测定方法 [J]. 分析化学, 2003, 31 (3): 383.  
 [7] 徐明华, 胡冠九. 我国环境中需重点控制的农药残留及其检测方法 [J]. 中国环境监测, 2013, 29 (3): 104-105.  
 [8] 余彬彬, 秦榜辉, 牟义军, 等. 气相色谱-串联质谱多离子监测分析土壤中的有机氯农药残留 [J]. 分析实验室, 2008, 27 (增刊 1): 191-195.  
 [9] 贾丽娟, 邓芸芸. 气相色谱-串联质谱多离子监测分析土壤中的有机氯农药 [J]. 色谱, 2008, 26 (6): 697-703.  
 [10] 黄思静, 汪义杰, 许振成, 等. 快速溶剂萃取-气相色谱-串联质谱法测定底泥中的有机氯农药 [J]. 中国环境监测, 2013, 29 (4): 130-131.  
 [11] 杨坪, 钱蜀. 环境样品分析新方法及其应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2010: 233-235.  
 [12] 朱立波, 徐能斌, 张颖, 等. 水中酚类化合物分析方法的比较研究 [J]. 中国环境监测, 2013, 28 (6): 52.  
 [13] HJ168-2010, 环境监测 分析方法标准制修订技术导则 [S].  
 [14] GB3838-2002, 地表水环境质量标准 [S].

## A New Method for Detecting Atrazine in water by Liquid-liquid Extraction - Gas Chromatography - Tandem Mass Spectrometry Triple Quadrupole

SHI Yan-feng, LI Guo-wen, SHAO Ying-chun, PU Xue-wei  
 (Yuxi Environmental Monitoring Station, Yuxi Yunnan 653100 China)

**Abstract:** A new method combining Liquid-liquid Extraction - Gas Chromatography - Tandem Mass Spectrometry triple quadrupole was established to detect atrazine in water. Atrazine was set in neutral, acid, and alkaline environment. Dichloromethane was used to extract atrazine out of different environments. After atrazine was condensed, it was separated by colum. Finally, multiple reaction monitoring (MRM) was employed to detect atrazine quantitatively after the end of pretreatment process. The detection limit was 0.05 μg/L when the volume of water sample was one liter. A close linear relationship was found in a certain concentration range. The recovery rate of the method can reach 83.3% ~ 97.6% under three concentration conditions. This new method was simple and sensitive to detect trace atrazine in water with high selectivity and accuracy.

**Key words:** liquid-liquid extraction; gas chromatography - tandem mass spectrometry; atrazine; water; detect

# 微波消解 - 石墨炉原子吸收法测定土壤中钴

刁小冬

(泰兴市环境监测站, 江苏 泰兴 225400)

**摘要:**以硝酸钯为基体改进剂, 采用微波消解土壤样品, 石墨炉原子吸收法测定土壤中钴。对标准土样的测定结果表明, 方法的准确度和精密度符合分析测试质量控制要求, 方法的加标回收率为 94.4%~104.8%, 能够满足环境监测分析的要求。

**关键词:** 石墨炉原子吸收法; 微波消解; 土壤; 硝酸钯; 钴; 测定

**中图分类号:** X83      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0076-02

作为机体的必需微量元素, 钴具有重要的生理作用。它是维生素 B12 的组成成分, 是某些酶的组分或催化活性的辅助因素, 具有刺激造血的作用, 并对某些微量元素的代谢有一定影响。但长期暴露于过量的钴环境中, 可引起钴中毒。因此, 对环境中特别是农作物土壤中钴的监测是有必要的<sup>[1]</sup>。目前, 常用的土壤试样消解方法主要是硝酸-高氯酸-氢氟酸消解体系湿法前处理样品, 该方法电热板敞式加热, 消解时间长、消耗酸量大, 在消解过程中会产生大量酸雾, 给分析人员身体健康带来极大的危害<sup>[2]</sup>。本文以硝酸钯作为基体改进剂, 使用热涂层石墨管, 采用微波消解石墨炉原子吸收法测定土壤中钴, 较好地消除了基体干扰, 方法灵敏、准确, 用酸量少。

## 1 实验部分

### 1.1 仪器和试剂

PinAAcle-900Z 石墨炉原子吸收光谱仪 (带自动进样器)、热解涂层石墨管; 钴空心阴极灯; Mars6 型微波消解仪; 电子控温电加热器。

钴标准储备溶液 (1000mg/L, 国家钢铁材料测试中心), 使用时用 1% 硝酸溶液稀释至所需要浓度; 硝酸、氢氟酸、盐酸、高氯酸: 均为优级纯; 硝酸钯, 分析纯; ESS-1 环境标准物质: (14.8±0.7) μg/g, 中国环境监测总站。试验用水为二次去离子水。

### 1.2 仪器工作条件

选用钴灯, 塞曼效应扣除背景, 波长 240.7nm, 灯电流 4.0mA, 光谱通带宽度 0.4nm。以氩气为载气, 载气流量 300ml/min, 原子化温度

为 2000℃, 保留时间 4s, 基体改进剂加入体积 5μl, 进样量 10μl。

### 1.3 土壤前处理

准确称取土壤样品 0.4000g 置于微波消解罐中, 用少量水润湿后, 加入 4ml 硝酸、3ml 氢氟酸、2ml 盐酸, 按表 1 中微波消解程序消解。消解结束待消解液冷却后再加入高氯酸 1ml 置于电子控温电加热器上赶酸, 温度控制 140℃, 蒸发至白烟冒尽, 内容物呈白色或淡黄色黏稠状时, 冷却, 加入 1% 硝酸温热溶解可溶性残渣, 全量转移至 50ml 比色管中, 用 1% 硝酸溶液定容, 放置澄清待测。

表 1 微波消解程序

消解步骤	时间/min	功率/kW	温度/℃
1	5	6	室温~120
2	5	6	120~150
3	5	6	150~200
4	10	6	200~220

## 2 结果与讨论

### 2.1 消解体系的选择

经试验, 微波消解采用硝酸-氢氟酸-盐酸体系, 样品的消解效果较好。取土壤样品约 0.4g, 加入硝酸 4ml、氢氟酸 3ml、盐酸 2ml, 消解耗时大约 25min 左右, 冷却、赶酸约需 3h。而采用电热板消解, 共需加入硝酸 20ml、氢氟酸 5ml、高氯酸 3ml, 消解耗时超过 10h。由此可见, 采用微波法消解样品, 比传统的电热板法节约了试剂和时间。

在土壤测定过程中, 酸对金属和原子吸收光谱仪均有影响, 必须在消解后, 将剩余的酸赶走, 大量的酸存在会对测试产生干扰, 严重影响试验效果, 使实验结果产生误差。

收稿日期: 2014-02-26

作者简介: 刁小冬 (1979-), 男, 江苏泰兴人, 本科, 工程师, 江苏省泰兴市环境监测站, 从事环境监测工作。

## 2.2 基体改进剂的确定

加入基体改进剂,可以消除测定干扰,提高灰化温度和分析灵敏度。用于石墨炉原子吸收法测定的基体改进剂有硝酸钡、硝酸镁、抗坏血酸、磷酸二氢铵等。采用上述基体改进剂,对不同基体的土壤中钴的测定,效果不够理想。试验中,采用5g/L硝酸钡溶液作为基体改进剂,可有效地消除基体干扰,测定效果较佳。

## 2.3 标准曲线及检出限

用1%硝酸配制成钴浓度为10.0 $\mu\text{g/L}$ 的标准工作液,再由仪器自动稀释配制成0.00、1.00、3.00、5.00、8.00、10.0 $\mu\text{g/L}$ 的标准系列,按仪器条件测定吸光度,并绘制标准曲线。全程序空白,标准系列和样品溶液注入石墨管,仪器采用硝酸钡溶液作为基体改进剂,实验测得钴回归方程 $Y = 0.0584X + 0.006$ ,相关系数 $r = 0.9993$ 。

按照样品分析的全部步骤,连续分析7个低浓度样品,计算测定结果的标准偏差 $S$ 为0.026 $\mu\text{g/L}$ 。检出限 $MDL = S \cdot t_{(n-1,0.99)}$ ,式中 $t_{(n-1,0.99)}$ 为置信度99%、自由度为 $n-1$ 时的 $t$ 值( $t_{(6,0.99)} = 3.143$ ), $S$ 表示 $n$ 次平行测定的标准偏差<sup>[3]</sup>。计算得出钴检出限为0.082 $\mu\text{g/L}$ 。当称取0.40g土壤样品时,方法检出限为0.01 $\mu\text{g/g}$ 。

## 2.4 精密度和准确度试验

准确称取ESS-1土壤标准参考样0.40g于消解罐中,按1.3步骤消解样品,在上述仪器分析条件下进行样品分析,重复进样6次,测得的土壤钴浓度为14.7 $\mu\text{g/g}$ ,在定值范围内,钴的 $RSD$ 为8.94%,见表2。试验表明,该方法测定结果重现性比较好,符合精密度和准确度试验要求。

## 2.5 加标回收试验

准确称取实际土壤样品3份(均为0.40g),在上述条件下做加标回收试验,结果见表3。

表2 精密度试验 ( $\mu\text{g/g}$ )

项目测定值	钴					
	14.6、14.8、14.7、14.7、14.6、14.8					
平均值	14.7					
RSD/%	8.94					

表3 加标回收试验

样品	本底值	加标量	测定总量	回收率
	/ $\mu\text{g/L}$	/ $\mu\text{g/L}$	/ $\mu\text{g/L}$	/%
1	6.88	5.00	11.6	94.4
2	6.21	6.00	12.5	104.8
3	7.03	7.00	13.8	96.7

## 3 结论

本方法采用微波消解土壤样品,硝酸钡作为基体改进剂,石墨炉原子吸收法测定土壤中的钴。与常规样品电热板消解土壤样品方法相比,微波消解具有用酸量少、消解时间短、样品污染小等特点。实验表明本方法操作简便快捷,方法的精密度与准确度较好,用酸量少,减轻了分析人员的工作强度,适合于土壤中痕量钴的测定。

### 参考文献:

- [1] 本书编委会. 水和废水监测分析方法(第4版) [M] 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 341-344.
- [2] 刘玉兰, 李珊. 环境土壤中痕量钴测定方法的研究 [J]. 化工劳动保护: 工业卫生与职业病分册, 1998, 19(5): 205-206.
- [3] HJ168-2010, 环境监测分析方法标准制订技术导则 [S].

# Determination of Cobalt in Soil by Microwave Digestion and Graphite Furnace Atomic Absorption

DIAO Xiao-dong

(Taixing Environmental Monitoring Station, Taixing Jiangsu 225400 China)

**Abstract:** Microwave digestion and graphite furnace atomic absorption were applied to test cobalt in soil. The soil sample with palladium nitrate as matrix modifier was treated by microwave. The standard soil sample was used. The results showed that the accuracy and precision of the method can reach the quality control standard. The method also can meet the environmental monitoring requirements since its recovery rate has achieved 94.4% ~ 104.8%.

**Key words:** graphite furnace atomic absorption; microwave digestion; soil; palladium nitrate; cobalt; detect

# 罐采样-冷阱富集气相色谱质谱 联用测定空气中挥发性有机物

徐蓬蓬, 沈沁怡, 唐姚瑶

(上海市嘉定区环境监测站, 上海 201822)

**摘要:** 采用罐采样-冷阱富集气相色谱质谱联用技术测定空气中的 VOCs, 优化了升温程序、进样体积等分析条件。实验结果表明, 39 种目标化合物在 0~10.0ppbv 范围内线性良好, 检出限范围为 0.038~0.460ppbv, 即  $0.15\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 3.09\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 标准气体平行测定的相对标准偏差为 1.0%~5.5%。应用于环境等空气样品的测定, 操作分析简便, 目标化合物的分离效果较好。

**关键词:** 挥发性有机物; 苏码罐; 气相色谱质谱联用; 空气; 测定

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0078-05

空气中的挥发性有机物 (VOCs) 大多是有毒有害物质<sup>[1]</sup>, 而且还是参与光化学反应的重要物质, 能够造成臭氧等二次污染<sup>[2]</sup>, 对暴露在其中的人群造成多重的危害。如今, VOCs 的污染问题已经相当突出, 其浓度正呈现大幅上升的趋势, 而且组分也越来越复杂, 尤其是城市中, 工业发达, 加上机动车数量的急剧增长, VOCs 污染频率增加, 空气污染正朝着复杂化、严重化方向发展。目前城市空气中检测到的有机物种类就有数百种之多<sup>[3]</sup>。因此, 准确测定空气中 VOCs 显得尤为重要。有关气体 VOCs 的分析研究国内外已有大量的文献报道, 其测量方法主要有固体吸附/热脱附气相色谱质谱法<sup>[4,5]</sup> 和采样罐采样-气相色谱质谱法<sup>[6]</sup>。前种方法操作繁琐, 且存在选择性、吸附效率不高以及解析不完全等因素的限制, 对检测结果影响较大。

本实验采用罐采样-冷阱富集气相色谱质谱联用法测定空气中 VOCs, 该方法具有采样精准、受干扰少、样品稳定等特点, 全自动进样使得分析更易操作, 分析结果准确度高。

## 1 实验部分

### 1.1 实验原理

用内壁惰性化处理的苏码罐采集空气样品, 然后进行样品预浓缩和除去水及惰性气体<sup>[7]</sup>, 用气相色谱分离、用质谱检测器进行检测。通过质谱图和保留时间进行定性, 用内标法定量。

### 1.2 主要仪器与试剂

SUMMA 罐, 内壁惰性化处理, 体积 6L; Entech 7016 自动进样装置, 可进行 16 个苏码罐样品自动进样; Entech 7100 预冷浓缩仪, 浓缩气体样品中的挥发性有机物并注入气相色谱质谱联用系统; Entech 4600 气体动态稀释仪, 用于将高浓度的混合标准气体稀释到 ppb 级浓度校准标准气体, 也可用于样品稀释, 美国 ENTECH 公司。Agilent 7890A-5975C 气相色谱质谱联用仪, 具有柱箱液氮冷却装置, 美国 Agilent 公司。

TO-14 混合标准气体, 有证标准物质, 1.0ppmv, 相对不确定度 5%, 39 组分, Air Liquide America Specialty Gases LLC; 内标物为溴氯甲烷、氯苯-d5, 替代物为 1, 4-二氟苯、4-溴氟苯, 1.0ppmv, Linde Gas North America LLC。

### 1.3 分析条件

气相色谱毛细管柱为 DB-5MS 柱, 30m × 0.25mm × 1.0 $\mu\text{m}$ , 进样口温度: 140 $^{\circ}\text{C}$ , 溶剂延迟时间: 2 min, 进样分流比 1:10, 恒流操作, 流量 1.0ml/min。程序升温: 初始温度 -35 $^{\circ}\text{C}$ , 保持 7min, 以 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  升至 180 $^{\circ}\text{C}$ , 保持 2min, 以 15 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  升至 220 $^{\circ}\text{C}$ , 保持 3min。

质谱检测器条件: 传输线温度 250 $^{\circ}\text{C}$ ; 离子源温度 230 $^{\circ}\text{C}$ ; 采集质量数范围 35~270amu。

Entech 7100 预冷浓缩仪条件: 一级冷阱捕集温度为 -150 $^{\circ}\text{C}$ , 解析温度为 15 $^{\circ}\text{C}$ , 阀温为 100 $^{\circ}\text{C}$ , 烘烤温度为 150 $^{\circ}\text{C}$ , 烘烤时间为 8min; 二级冷阱捕集温度为 -30 $^{\circ}\text{C}$ , 解析温度为 180 $^{\circ}\text{C}$ , 解析时间 3.5min, 烘烤温度为 190 $^{\circ}\text{C}$ ,

收稿日期: 2014-01-28

作者简介: 徐蓬蓬 (1987-), 男, 上海嘉定人, 大学毕业, 学士, 助理工程师, 从事环境监测工作。

烘烤时间为 8min；三级聚焦温度为 -170℃，解析时间为 3min。

## 2 结果与讨论

### 2.1 分析条件优化

#### 2.1.1 升温程序

GC/MS 炉箱的初始温度分别选择 30℃、-50℃和 -35℃，保持 7min，然后以 10℃/min 升至 180℃，保持 2min，以 15℃/min 升至 220℃，保持 3min。试验结果表明，当初始温度为 30℃ 常温时，对沸点较低、系统保留较弱的化合物出峰不明显，容易受空气峰影响，结果不理想；当初始温度为 -

50℃和 -35℃时，分离度无明显差异，-50℃时各出峰时间分得更开，-35℃时较为紧凑，考虑到节约液氮等因素，选择初始温度为 -35℃。

考察了 4℃/min、10℃/min、15℃/min 的升温速率升至 180℃对试验的影响。结果表明，对于同分异构体以及沸点接近的化合物，选择 4℃/min 和 10℃/min 升温速率时的分离度，明显高于 15℃/min 升温速率时的分离度；而 4℃/min 和 10℃/min 升温速率时，分离度都比较理想，只是 4℃/min 时比 10℃/min 时出峰时间前后间隔要长，为了缩短分析时间，该试验选择 10℃/min 的升温速率。

表 1 保留时间与检出限

编号	化合物名称	保留时间/min	校准曲线 $\gamma$	MDL/ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1	* 溴氯甲烷	15.504	内标	/
2	二氟二氯甲烷	2.562	0.9999	0.29
3	一氯甲烷	3.456	0.9995	0.34
4	1, 1, 2, 2-四氟-1, 2-二氯甲烷	3.888	0.9999	0.49
5	氯乙烯	4.679	0.9998	0.47
6	一溴甲烷	7.527	0.9999	0.18
7	氯乙烷	8.782	0.9997	0.18
8	一氟三氯甲烷	10.675	0.9999	0.29
9	1, 1-二氯乙烯	12.116	0.9999	0.21
10	1, 2, 2-三氟-1, 1, 2-三氯乙烷	12.656	0.9999	0.37
11	二氯甲烷	12.978	0.9998	0.48
12	1, 1-二氯乙烷	14.396	0.9998	0.22
13	顺 1, 2-二氯乙烯	15.171	0.9997	0.20
14	氯仿	15.690	0.9998	0.29
15	1, 1, 1-三氯乙烷	16.181	0.9995	0.41
16	1, 2-二氯乙烷	16.432	0.9998	0.23
17	苯	16.601	0.9999	0.15
18	四氯化碳	16.622	0.9990	1.60
19	1, 4-二氟苯	17.185	替代物	/
20	三氯乙烯	17.599	0.9998	0.20
21	1, 2-二氯丙烷	17.681	0.9999	0.23
22	顺 1, 3-二氯-1-丙烯	18.576	0.9993	0.29
23	反 1, 3-二氯-1-丙烯	19.214	0.9990	0.58
24	甲苯	19.214	0.9999	0.25
25	1, 1, 2-三氯乙烷	19.465	0.9999	0.25
26	四氯乙烯	20.115	0.9996	3.09
27	1, 2-二溴乙烷	20.268	0.9999	0.60
28	* 氯苯-d5	20.982	内标	/
29	氯苯	21.031	0.9997	0.38
30	乙苯	21.304	0.9997	0.25
31	间二甲苯	21.490	0.9998	0.44
32	对二甲苯	21.517	0.9998	0.36
33	苯乙烯	21.954	0.9996	0.31
34	邻二甲苯	21.981	0.9998	0.46
35	四氯乙烷	22.477	0.9996	0.63
36	4-溴氯苯	22.690	替代物	/
37	1, 3, 5-三甲苯	23.465	0.9991	0.66
38	1, 2, 4-三甲苯	23.972	0.9989	0.77
39	1, 3-二氯苯	24.273	0.9992	0.77
40	对二氯苯	24.442	0.9993	0.88
41	邻二氯苯	24.813	0.9992	0.72
42	1, 2, 4-三氯苯	27.339	0.9966	1.39
43	1, 1, 2, 3, 4, 4-六氯-1, 3-丁二烯	27.819	0.9983	1.40

### 2.1.2 进样体积

分别考察了100ml、200ml、400ml、600ml进样体积对试验的影响。结果表明,当进样体积为100ml时,对于低浓度目标化合物容易造成富集倍数不足,检测器响应较弱,结果偏差较大;而对于高浓度样品,当进样体积为600ml时,会造成柱容量和检测器过载。因此,该试验选择进样体积为200~400ml。

### 2.2 方法线性与检出限

TO-14标准气体的浓度为1.0ppmv,使用动态稀释仪将TO-14标准气体稀释至10ppbv,作为工作标准气体。进样分析不同体积的工作标准气体,绘制标准曲线,在校准曲线中每个点的内标、替代物浓度一致。各化合物保留时间与校准曲线相关系数见表1。重复测定1.0ppbv标准气体7次,

进样量为300ml,按照公式  $MDL = t_{(n-1,0.99)} \times s$  计算方法检出限(见表1),式中自由度为6,单侧99%置信区间的t值为3.143,s为标准偏差。该方法对39种目标物的检出限为0.038~0.460ppbv,即  $0.15\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 3.09\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

### 2.3 精密度试验

配制10.0ppbv标准气体,采集于SUMMA罐中,在一个工作日内连续重复测定6次,进样量为300ml,试验结果见表2。相对标准偏差为1.0%~5.5%,符合质量控制的要求。

### 2.4 样品测定

按EPA TO-14方法采集某环境空气样品,在上述优化条件下测定,进样体积为200ml,结果见表2。

表2 精密度试验与样品测定

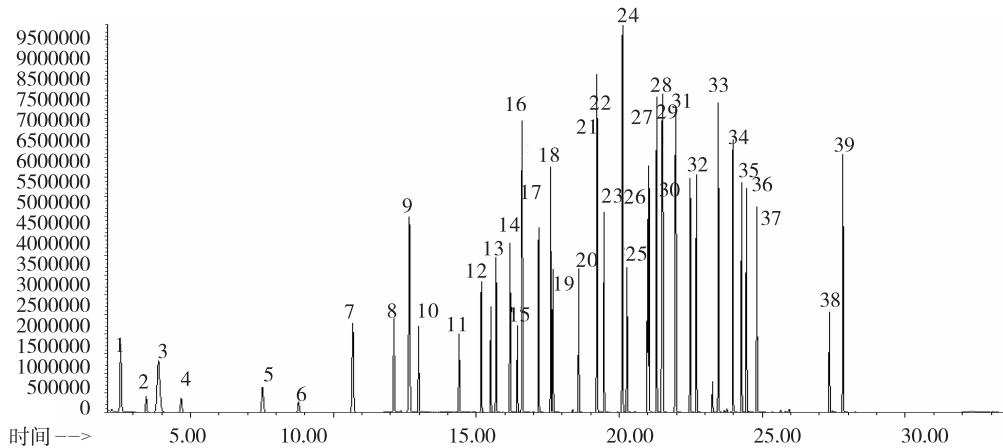
序号	组分	标气测定均值 $\rho/(\text{mg}/\text{m}^3)$	SD	RSD/%	样品测定值 $\rho/(\text{mg}/\text{m}^3)$
1	二氟二氯甲烷	0.047	0.037	1.3	0.005
2	一氯甲烷	0.017	0.091	3.7	0.005
3	1,1,2,2-四氟-1,2-二氯甲烷	0.065	0.043	1.5	-
4	氯乙烯	0.021	0.065	2.6	-
5	一溴甲烷	0.035	0.037	1.3	-
6	氯乙烷	0.023	0.042	1.6	-
7	一氟三氯甲烷	0.055	0.047	1.6	0.004
8	1,1-二氯乙烯	0.036	0.044	1.6	-
9	1,2,2-三氟-1,1,2-三氯乙烷	0.073	0.070	2.4	0.005
10	二氯甲烷	0.029	0.087	3.4	0.005
11	1,1-二氯乙烷	0.036	0.042	1.6	-
12	顺1,2-二氯乙烯	0.036	0.041	1.5	-
13	氯仿	0.046	0.036	1.3	0.004
14	1,1,1-三氯乙烷	0.053	0.047	1.6	-
15	1,2-二氯乙烷	0.038	0.031	1.1	0.004
16	苯	0.029	0.028	1.0	0.005
17	四氯化碳	0.061	0.080	2.7	0.010
18	三氯乙烯	0.049	0.037	1.3	0.009
19	1,2-二氯丙烷	0.040	0.038	1.4	0.005
20	顺1,3-二氯-1-丙烯	0.041	0.038	1.4	-
21	反1,3-二氯-1-丙烯	0.044	0.036	1.2	-
22	甲苯	0.035	0.027	1.0	0.009
23	1,1,2-三氯乙烷	0.050	0.032	1.2	0.007
24	四氯乙烯	0.063	0.041	1.4	0.012
25	1,2-二溴乙烷	0.070	0.040	1.4	-
26	氯苯	0.042	0.050	1.8	0.006
27	乙苯	0.040	0.056	2.0	0.008
28	间二甲苯	0.040	0.072	2.6	0.008
29	对二甲苯	0.041	0.056	2.0	0.008
30	苯乙烯	0.039	0.056	2.1	0.010
31	邻二甲苯	0.041	0.068	2.4	0.007
32	四氯乙烷	0.061	0.075	2.8	0.010
33	1,3,5-三甲苯	0.044	0.078	2.9	0.012
34	1,2,4-三甲苯	0.044	0.074	2.8	0.014
35	间二氯苯	0.056	0.050	1.8	0.013
36	对二氯苯	0.055	0.055	2.0	0.014
37	邻二氯苯	0.055	0.051	1.8	0.013
38	1,2,4-三氯苯	0.057	0.094	4.1	-
39	1,1,2,3,4,4-六氯-1,3-丁二烯	0.101	0.157	5.5	0.031



## 2.5 实验结果

用该试验建立的方法测定空气中挥发性有机物,各目标化合物的校准曲线的线性 $>0.995$ ,通过测定检出限和重复性测试,可说明本法符合质量控制的要求。39种VOCs混合标准气体,谱图见图

1,某样品气体谱图见图2。图1中有43个峰,包括内标和替代物,无基线漂移,各峰分离良好,响应值高,峰形较好。图2中4个明显的峰为内标和替代物,其余目标化合物响应均较小,浓度非常低。



1、二氟二氯甲烷; 2、一氯甲烷; 3、1, 1, 2, 2-四氟-1, 2-二氯甲烷; 4、氯乙烯; 5、一溴甲烷; 6、氯乙烷; 7、一氟三氯甲烷; 8、1, 1-二氯乙烯; 9、1, 2, 2-三氟-1, 1, 2-三氯乙烷; 10、二氯甲烷; 11、1, 1-二氯乙烷; 12、顺, 1, 2-二氯乙烯; 13、氯仿; 14、1, 1, 1-三氯乙烷; 15、1, 2-二氯乙烷; 16、苯; 17、四氯化碳; 18、三氯乙烯; 19、1, 2-二氯丙烷; 20、顺1, 3-二氯-1-丙烯; 21、反1, 3-二氯-1-丙烯; 22、甲苯; 23、1, 1, 2-三氯乙烷; 24、四氯乙烯; 25、1, 2-二溴乙烷; 26、氯苯; 27、乙苯; 28、间二甲苯; 29、对二甲苯; 30、苯乙烯; 31、邻二甲苯; 32、四氯乙烷; 33、1, 3, 5-三甲苯; 34、1, 2, 4-三甲苯; 35、间二氯苯; 36、对二氯苯; 37、邻二氯苯; 38、1, 2, 4-三氯苯; 39、1, 1, 2, 3, 4, 4-六氯-1, 3-丁二烯

图1 标准气体气相色谱峰

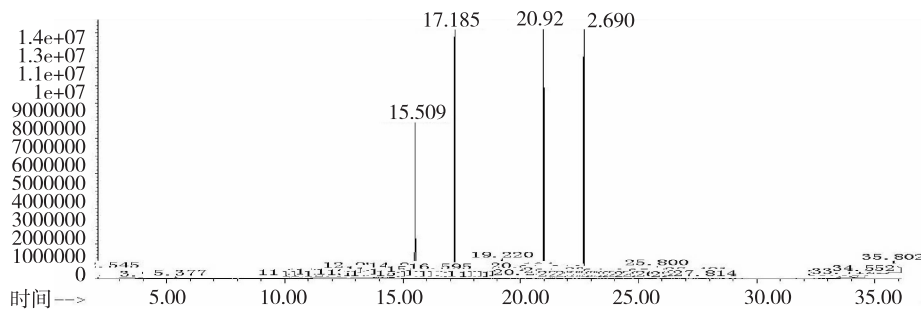


图2 样品气体气相色谱峰

## 3 结语

建立了气相色谱质谱联用结合罐采样-冷阱富集前处理技术测定空气中挥发性有机物的方法,罐采样-冷阱富集前处理技术简化了样品处理程序,GC/MS法则对被测物质能够准确定性和定量。该方法能快速、有效地对39种气体VOCs定性和定量,具有相关性好、检出限低、精密度好、准确度高特点,适用于空气中VOCs的测定。

### 参考文献:

- [1] U. S. EPA. Carcinogenic effects of benzene: an update, EPA Report No. EPA/600/P-97/001F [R]. Washington D. C.: National Center for Environment Assessment, EPA, 1998.
- [2] 张远航, 邵可声, 唐孝炎. 中国城市光化学烟雾污染研究 [J]. 北京大学学报(自然科学版), 1998, 34(2-3): 329-400.
- [3] 张靖, 邵敏, 苏芳. 北京市大气中挥发性有机物的组成特征 [J]. 环境科学研究, 2004, 17(5): 1-5.
- [4] 张小莉, 沈咏洁, 夏琴. 热解析/GC/MS联用测定石化工业区大气环境中挥发性有机物 [J]. 环境监测管理与技术, 2009, 21(4): 40-44.
- [5] 俞是聃, 陈晓秋, 莫秀娟, 等. 热脱附-气相色谱-质谱法测定空气中挥发性有机物 [J]. 理化检验(化学分册), 2011, (11): 1278-1282.
- [6] 杨丽莉, 王美飞, 胡恩宇. SUMMA罐采样-GC/MS法测定吸烟室内空气中挥发性有机物 [J]. 环境监测管理与技术, 2011, 23(6): 52-56.

## Determination of Volatile Organic Compound in Air by SUMMA Canister Sampling and Cold Trapping and Gathering Gas Chromatography Mass Spectrometry

XU Peng - peng, SHEN Qin - yi, TANG Yao - yao

(Environmental Monitoring Station of Jiading District, Shanghai 201822 China)

**Abstract:** The pollution problem of volatile organic compound (VOCs) has become quite prominent now. The harm of VOCs to human body has received much attention. Therefore, it's important to monitor VOCs accurately. SUMMA canister sampling - cold trapping and gathering gas chromatography mass spectrometry method was established to monitor the VOCs in air. The temperature program and sampling volume were optimized firstly. The experimental results indicated that 39 kinds of target compounds showed a good linearity in the range of 0 ~ 10.0ppbv. Detection limits ranged from 0.038 ~ 0.460ppbv, that is  $0.15\mu\text{g}/\text{m}^3$  to  $3.09\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Standard gas parallel determination of RSD was 1.0% ~ 5.5%. This method was simple to be applied to determine the ambient air sample. The target compounds can be separated well using this method as well.

**Key words:** Volatile organic compounds; SUMMA canister; gas chromatography mass spectrometry; air; determination

(上接第69页)

## Trend in Air Quality in Urban Area of Meishan City

ZHU Yi - ping, ZENG Rong, TANG Dong - min, LIANG Yun

(Meishan Environmental Monitoring Station, Meishan Sichuan 620020 China)

**Abstract:** The comprehensive pollution index was used to assess the concentrations of  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , and  $\text{PM}_{10}$  based on the air quality data of 2006 to 2012. The results showed that obvious differences of these pollutants were found between seasons. The winter suffered the most serious pollution. During the study period, the concentration of  $\text{SO}_2$  was increasing first. Then it was falling down. However, the concentration of  $\text{NO}_2$  presented a rising trend.  $\text{PM}_{10}$  showed a decreasing trend. The comprehensive pollution index of these pollutants ranked as  $\text{PM}_{10}$  (0.39) >  $\text{SO}_2$  (0.32) >  $\text{NO}_2$  (0.29). The index indicated a light air pollution status in Meishan city.

**Key words:** air quality; change; trend; pollution index; Meishan

# 钢铁烧结行业烟气中 SO<sub>2</sub> 测试方法比对研究

张迪生, 闻欣, 陆芝伟

(南京市环境监测中心站, 江苏 南京 210013)

**摘要:** 针对钢铁烧结行业烟气的特点, 使用非分散紫外吸收法、定电位电解法与在线 CEMS 系统常用的紫外荧光法对烧结机脱硫后烟气进行 SO<sub>2</sub> 现场比对测试。测试结果表明: 非分散紫外吸收法能够较好地避免烟气中 CO 对 SO<sub>2</sub> 监测的干扰, 且与紫外荧光法无显著性差异; 定电位电解法测量 SO<sub>2</sub> 时受 CO 气体干扰较大。

**关键词:** 钢铁烧结; 烟气; SO<sub>2</sub>; 测试; 方法; 对比

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0083-04

## 1 前言

我国环境保护“十二五”规划要求, “十二五”期间二氧化硫的排放总量要在“十一五”基础上再削减 8%。随着节能减排工作的不断推进, 固定污染源 SO<sub>2</sub> 的排放浓度和排放量均有大幅度的下降。脱硫后烟气中 SO<sub>2</sub> 浓度往往在几十个 ppm 以下<sup>[1]</sup>, 同时烟气中还伴有其它干扰气体, 这就对 SO<sub>2</sub> 烟气分析仪的选择提出了更高的要求。

目前, 各级环境监测站 SO<sub>2</sub> 分析仪中定电位电解法应用最广, 原因在于这种仪器体积小、携带方便, 价格适中。但面对高湿低浓度烟气时, 由于定电位电解法传感器在测量原理及预处理上自身存在局限性, 传感器除对目标气体响应外, 对其它气体也存在不同程度的响应<sup>[3,4]</sup>, 从而导致监测数据的误差较大。在实际监测中发现, 烟气中的多种因素影响了这种仪器测试数据的准确性, 特别是在钢铁烧结行业中, 被测烟气中 CO 含量很高时, 对 SO<sub>2</sub> 的监测结果产生较大的干扰<sup>[5]</sup>。

在烟气排放连续监测系统(以下简称 CEMS) 比对测试中, 定电位电解法测量数据往往同 CEMS 数据的绝对误差或趋势存在较大差异。非分散紫外吸收法(NDUV) 是紫外光谱技术中的一种测量技术, 具有检出限低、准确度高、受干扰小等特点<sup>[6,7]</sup>。为准确了解以上两种方法在烧结机脱硫后高浓度 CO 条件下测定低浓度 SO<sub>2</sub> 的实际效果, 与 CEMS 系统常用的紫外荧光法进行比对试验, 并对不同测试方法间的测量结果的相对偏差进行评价, 从中选择适用性较好的 SO<sub>2</sub> 测试方法。

## 2 方法原理及比对仪器的选择

### 2.1 方法原理

#### 2.1.1 非分散紫外吸收法(NDUV)

非分散紫外吸收法的基本原理为: SO<sub>2</sub> 气体吸收 185~315nm 区域的紫外光, 吸收带的中心波长为 285nm, 通过测量中心波长的 UV 光, 与参比室的标准物质比较, 得到 SO<sub>2</sub> 测定结果<sup>[7]</sup>。图 1 为非分散紫外(NDUV) 吸收技术测量原理图。

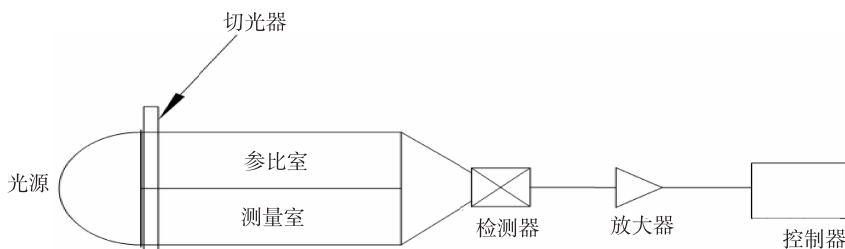


图1 非分散紫外吸收法测量原理

#### 2.1.2 定电位电解法

定电位电解法的基本原理为: 烟气中 SO<sub>2</sub> 扩散

收稿日期: 2014-03-03

作者简介: 张迪生(1971-), 男, 江苏南京人, 汉族, 高工, 学士, 从事环境监测工作。

通过传感器渗透膜，进入电解槽，在恒电位工作电极上发生氧化反应，由此产生极限扩散电流，在一定范围内，其电流大小和SO<sub>2</sub>浓度成正比<sup>[8]</sup>。

### 2.1.3 紫外荧光法

紫外荧光法是目前CEMS在线应用较多的一种方法，其原理为：经稀释过滤了烟尘的样气进入分析仪的反应室时，在190~230nm紫外光照射下生成激发态的SO<sub>2</sub>\*，激发态SO<sub>2</sub>\*分子通过荧光过程

回到基态，其发射的荧光强度与SO<sub>2</sub>分子的浓度成正比。利用光电倍增管测量荧光强度，即可得到待测样气中SO<sub>2</sub>的浓度<sup>[9]</sup>。

### 2.2 比对仪器的选择

选取PAS X6（非分散紫外吸收法）、Testo 350（定电位电解法）和APSA-370（紫外荧光法）三种仪器对SO<sub>2</sub>进行现场比对测试，比较不同方法间的差异。

表1 监测方法和使用仪器

监测方法	监测方式	仪器型号
非分散紫外吸收法	直接抽取式（手工监测）	PAS X6
电化学法	直接抽取式（手工监测）	Testo 350
紫外荧光法	稀释法（烟气排放连续监测系统（CEMS））	APSA-370

## 3 现场比对测试

### 3.1 操作步骤

(1) 比对仪器开机预热后，在实验现场对比对仪器进行零点、跨度校准检查；

(2) 便携式预处理枪预热至150℃，冷凝温度设定为4℃；

(3) 手工比对仪器连接后进行气密性检查；

(4) 用扳手清灰，用布擦拭采样孔套管内壁；

(5) 将手工监测仪器预处理枪插入烟道中，尽可能靠近CEMS监测点，堵严采样孔，进行比对测试；

(6) 读数稳定后，同步记录参与比对测试的手工、在线监测仪器SO<sub>2</sub>、CO的1min均值，共计60组有效数据；

(7) 比对测试期间同步记录烟温、烟气流速、烟气流量等烟气、工况参数及环境参数；

(8) 测试完毕后，将预处理枪从烟道取出置于环境空气中，手工监测仪器抽取干净空气直至仪器示值10mg/m<sup>3</sup>以下，方可关机。

### 3.2 质控措施

(1) 比对仪器进行跨度校准时，应根据污染源烟气中SO<sub>2</sub>浓度，选择浓度相近的标准气体对比对仪器进行现场校准；

(2) 手工监测采样孔应选择尽可能靠近CEMS监测仪器采样孔处；

(3) 比对测试仪器测量起止时间必须严格一致，并充分考虑CEMS系统采样管路过长带来的数据滞后；

(4) 仪器应一次开机直至测试完全结束，中途不能关机重新启动以免仪器零点变化；

(5) 为尽可能减少水分对比对测试的影响，手工比对测试仪器统一使用PCS-C加热式预处理采样枪。

### 3.3 现场比对结果与评价

#### 3.3.1 环境参数、烟气参数监测结果

监测地点：南京某钢铁厂3#烧结机脱硫后。

环境参数、烟气参数监测结果见表2。

表2 3#烧结机脱硫后现场环境参数、烟气参数监测结果表

环境参数		烟气参数	
监测因子	监测结果	监测因子	监测结果
环境温度/℃	24.9	烟气温度/℃	55
		烟气湿度/(Vol%)	17.9
环境相对湿度/%	49	烟气流速/(m/s)	15
		烟气流量/(m <sup>3</sup> /h)	656644
		烟尘/(mg/m <sup>3</sup> )	34~44
大气压/kPa	101.0	CO/ppm	6400~7700
		NO <sub>2</sub> /(mg/m <sup>3</sup> )	3.9~6.5
		O <sub>2</sub> /%	16

从表 2 数据可以看出, CO 浓度范围在 6400 ~ 7700ppm, 属于典型的高浓度 CO 条件下测定低浓度 SO<sub>2</sub>。

### 3.3.2 现场比对测试结果

本次比对测试中, 非分散紫外吸收法、定电位电解法和紫外荧光法三种方法 SO<sub>2</sub> 同步比对测试结果见图 2。

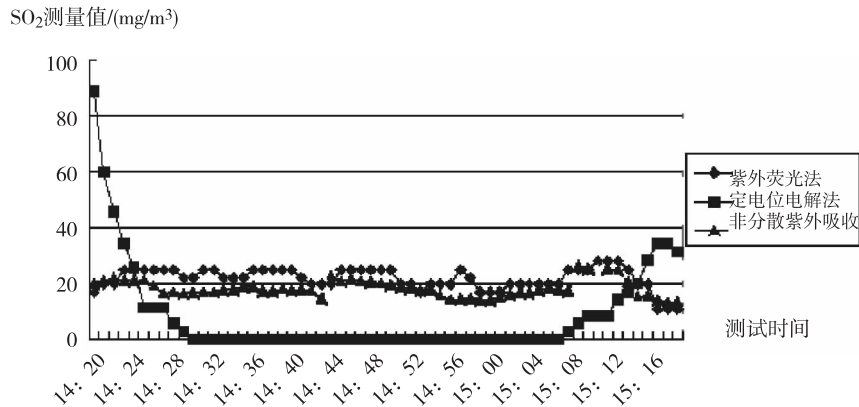


图2 3#烧结机脱硫后SO<sub>2</sub>比对测试结果

从监测曲线来看, 紫外荧光法测量烟气中 SO<sub>2</sub> 采用稀释探头采样, 其测量值略高于非分散紫外吸收法测定的 SO<sub>2</sub> 值, 分析认为稀释法烟气不需要经过冷凝除湿, 故 SO<sub>2</sub> 组分丢失较少。而采用非分散紫外吸收法测定 SO<sub>2</sub> 必须经过冷凝除湿, 在冷凝过程中会造成一定量 SO<sub>2</sub> 的丢失。从以上两种分析方法所获得的监测结果来看, 虽然 SO<sub>2</sub> 测量值存在一定差异, 但变化趋势较为一致, 两种监测方法小时均值分别为 21.9mg/m<sup>3</sup> 和 18.2mg/m<sup>3</sup>, 其绝对误差仅为 3.7mg/m<sup>3</sup>。

定电位电解法测量 SO<sub>2</sub> 小时均值为 8.5mg/m<sup>3</sup>, 观察图 2 可以发现, 其数据曲线与非分散紫外吸收法、紫外荧光法的数据曲线存在较大

差异, 分析认为这主要是由于烟气中存在高浓度 CO 气体所致。刚开始烟道内 CO 浓度超过 6000ppm, 仪器的 SO<sub>2</sub> 显示值直接升至 89mg/m<sup>3</sup>, 随着时间的推移 SO<sub>2</sub> 浓度逐渐下降, 10min 以后 SO<sub>2</sub> 测量值逐渐降低至 0。当 CO 浓度由 6700ppm 升高至 7600ppm 时, SO<sub>2</sub> 测量值从零又上升至 34mg/m<sup>3</sup>, 随着 CO 浓度再次平稳在 7600ppm 左右, SO<sub>2</sub> 测量值又呈现下降趋势。为说明 CO 对定电位电解法测试 SO<sub>2</sub> 结果的影响, 将 CO 测试结果缩小 100 倍, 制作同步测试结果趋势图, 以便观察, 详见图 3。

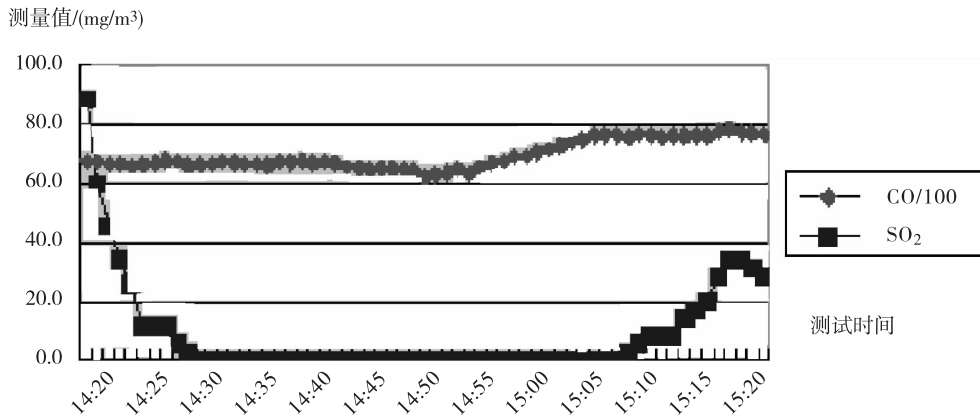


图3 3#烧结机脱硫后定电位电解法SO<sub>2</sub>测试结果与CO测试结果同步趋势图

### 3.3.3 现场比对测试结果评价

为进一步判断不同测试方法间是否存在明显差异, 有必要采用更加严格的评判标准, 对不同方法同步测试的 1min 监测值进行评判, 即: 若两种比

对方法测试结果相对偏差超过 ± 20% 的数据量 ≥ 90%, 认为现场比对测试结果具有显著性差异; 否则则认为两种比对方法测试结果无显著性差异。

从统计结果来看, 非分散紫外吸收法与紫外

荧光法相对偏差超过  $\pm 20\%$  数据量仅占总数的 5%，而定电位电解法与紫外荧光法相对偏差超过  $\pm 20\%$  数据量占总数的 89.9%，定电位电解法与非分散紫外吸收法相对误差超过  $\pm 20\%$  的数据量仅占总数的 90.1%。因此，可以认为，非分散

紫外吸收法与紫外荧光法测试结果无显著性差异，定电位电解法与非分散紫外吸收法、紫外荧光法间的测试结果具有显著性差异。详细统计结果见表3。

表3 SO<sub>2</sub> 分钟值相对偏差统计 (%)

相对偏差 (R)	定电位电解法与紫外荧光法	非分散紫外吸收法与紫外荧光法	定电位电解法与非分散紫外吸收法
R < 5	6.7	15.0	3.3
5 ≤ R < 10	1.7	38.3	3.3
10 ≤ R < 15	1.7	26.7	3.3
15 ≤ R < 20	0.0	15.0	0.0
R ≥ 20	89.9	5.0	90.1

#### 4 结论与建议

##### 4.1 结论

(1) 非分散紫外吸收法测量低浓度 SO<sub>2</sub> 时不受高浓度 CO 气体干扰，与紫外荧光法比较，数据无显著性差异，相对偏差符合比对要求；

(2) 定电位电解法测量 SO<sub>2</sub> 时受 CO 气体干扰较大，与紫外荧光法比较，数据具有显著性差异。

##### 4.2 建议

此次比对测试表明，非分散紫外吸收法在高浓度 CO 条件下测定低浓度 SO<sub>2</sub> 烟气较传统的定电位电解法具备较大的优势，故基于非分散紫外吸收法的便携式烟气分析仪可作为钢铁烧结行业 CEMS 比对的推荐使用仪器，建议有关部门尽快出台非分散紫外吸收法测定烟气中二氧化硫的相关监测技术标准；同时建议在测定钢铁烧结机烟气 SO<sub>2</sub> 时，避免使用定电位电解法。

##### 参考文献:

- [1] 节能减排“十二五”规划 [R].
- [2] GB 13223-2011, 火电厂大气污染物排放标准 [S].
- [3] 廖平德, 王云龙, 卢秋. 定电位电解法测定 SO<sub>2</sub> 过程中出现的问题及解决方式 [J]. 北方环境, 2011, 23 (11).
- [4] 汪楠, 王同健, 许亮, 等. 定电位电解法测定烟道气 SO<sub>2</sub> 过程中的干扰和对策 [J]. 城市环境与城市生态, 2009, 22 (4).
- [5] 宋钊. 便携式烟气分析系统在燃煤电厂比对监测中的应用 [J]. 三峡环境与生态, 2011, (3).
- [6] 易江, 梁永, 李虹杰. 固定源排放废气连续自动监测 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [7] 高奎喜. 在线分析系统工程技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2013.
- [8] HJ/T57-2000, 固定污染源烟气中二氧化硫的测定 定电位电解法 [S].
- [9] 刘凤, 原永涛, 齐立强. 火电厂烟气连续监测系统应用现状 [J]. 工业安全与环保, 2003, 27 (3).

## Comparative Study on Methods of Testing SO<sub>2</sub> from Flue Gas in the Steel Sintering Industry

ZHANG Di - sheng, WEN Xin, LU Zhi - wei

(Nanjing Environmental Monitoring Center, Nanjing Jiangsu 210013 China)

**Abstract:** Given the characteristics of flue gas in the Steel Sintering Industry, the disperse ultraviolet absorption method, the constant potential electrolysis, and the ultraviolet fluorescence method usually used in CEMS were applied to conduct an on - site comparative test of SO<sub>2</sub> after the sintering desulfurization process. The test result showed that the disperse ultraviolet absorption method and the ultraviolet fluorescence method performed better in avoiding the disturbance of CO. There was no significant difference between these two methods. However, CO could influence the accurate determination of SO<sub>2</sub> using the constant potential electrolysis method.

**Key words:** steel sintering; flue gas; SO<sub>2</sub>; test; method; comparison

# 不同容器中操作速度对分光光度法测定氰化物影响的比较

祝旭初<sup>1</sup>, 程军蕊<sup>2</sup>

(1. 宁波市北仑区环境保护监测站, 浙江 宁波 315800;

2. 宁波大学建筑工程与环境学院, 浙江 宁波 315211)

**摘要:** 异烟酸—巴比妥酸分光光度法测定水中氰化物, 在相同的操作速度下, 采用 100ml 容量瓶与 25ml 比色管作为显色容器相比, 前者能很好地抑制氰化物测定过程中的逸出损失, 从而提高测定体系的稳定性、降低操作难度。操作过程中宜保持相同的快速操作节奏, 宜快速一次性测完。

**关键词:** 氰化物; 分光光度法; 异烟酸—巴比妥酸; 容器; 速度; 影响

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0087-03

水质分析中, 氰化物的测定常用的分光光度法有异烟酸—吡啶酮光度法、异烟酸—巴比妥酸光度法和吡啶—巴比妥酸光度法<sup>[1,2]</sup>。其中异烟酸—巴比妥酸光度法在常温下显色、反应时间短、灵敏度高、操作过程不产生恶臭, 因而普遍受到操作者的青睐; 但由于氰化物与氯胺 T 作用是在弱酸性条件下进行的, 相比而言, 体系较不稳定。

氰化物的测定由于显色体系不稳定, 对操作者的技能要求高, 尤其是操作速度对测定结果的影响很大<sup>[3-5]</sup>。本文通过对异烟酸—巴比妥酸光度法试验研究发现, 采用 100ml 容量瓶代替 25ml 比色管, 可以有效减小氰化物测定过程中的逸出损失, 提高测定的准确度。

## 1 试验部分

### 1.1 主要仪器与试剂

Cary60 紫外可见分光光度计 (吸光值可读至小数点后 4 位), 美国安捷伦科技公司。

医用注射器, 规格 10ml 和 1.0ml, 用时经重量法校正。密封容器, 选用国家海洋局第二海洋研究所“营养盐” (如硝酸盐) 50ml 装标准物质瓶, 用时将瓶塞塑料部分钻小孔, 使橡皮垫圈裸露。

氰化物标准溶液 (50.0mg/L), 中国计量科学研究院。氰化物标准使用液, 配制成浓度为 0.50mg/L (介质为 1g/L 的氢氧化钠)。磷酸二氢钾缓冲溶液: 称取 136.1g 无水磷酸二氢钾溶于水, 稀释定容至 1000ml, 加入 2.00ml 冰乙酸摇匀。氢

氧化钠稀溶液, 1g/L; 氯胺 T 溶液, 10g/L, 临用时现配。异烟酸—巴比妥酸显色剂: 称取 1.5g 氢氧化钠, 溶于 60ml 水中, 完全溶解后, 趁热加入 2.5g 异烟酸, 溶解后再加入 1.25g 巴比妥酸, 搅拌溶解, 用水定容至 100ml。

以上试剂除异烟酸 (国药集团化学试剂有限公司) 为化学纯外, 其余均为分析纯。实验用水为不含氰化物的超纯水。

为便于试验对比和操作, 本文所用显色容器均干燥洁净, 最终显色体积统一为 25.30ml。

### 1.2 试验方法

分别选用 25ml 比色管、100ml 容量瓶和 50ml “营养盐” 标准物质瓶作为显色容器。

显色操作如下: 移取 10.00ml 馏出液 (或 1g/L 氢氧化钠为介质的标准使用液), 于干燥洁净的容器中, 加入 5.0ml 磷酸二氢钾缓冲溶液, 混匀, 迅速加入 0.30ml 氯胺 T 溶液, 立即盖塞子, 混匀, 放置 1~2min。加入 6.0ml 异烟酸—巴比妥酸显色剂, 加水 4.0ml, 混匀, 于 25℃ 显色 15min, 以水作参比, 用 10mm 比色皿, 于 600nm 波长处测定吸光度。

对于 50ml “营养盐” 标准物质瓶的操作, 除测试样由移液管移入之外, 其余加液均用医用注射器通过瓶盖处小孔, 经针头扎入垫圈注射入内。

## 2 结果与讨论

### 2.1 标准曲线对比

3 种显色容器的制备标准系列方法和校准曲线结果列于表 1。

收稿日期: 2014-02-08

作者简介: 祝旭初 (1978-), 男, 浙江金华人, 高级工程师, 硕士, 从事环境监测技术与管理工作。

表1 不同容器对标准曲线的影响

序列	0	1	2	3	4	5	6
0.50mg/L 氰化物使用液/ml	0.00	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
1g/L 氢氧化钠稀释液/ml	10.00	9.00	8.00	6.00	4.00	2.00	0.00
氰化物含量/ $\mu\text{g}$	0.00	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
标准曲线	以25ml的比色管作为比色容器		$y = 0.1629x - 0.0049, r = 0.9998$				
	以100ml的容量瓶作为比色容器		$y = 0.1795x - 0.0003, r = 0.9998$				
	以50ml的“营养盐”标准物质瓶作为比色容器		$y = 0.1798x + 0.0001, r = 0.9999$				

由表1可知,用25ml比色管作为显色容器,所得标准曲线的斜率明显小于其它两种方式。“营养盐”标准物质瓶作为比色容器,由于整个加液过程中不开塞,可以认为是完全密封的环境,整个操作过程无氰化物逸出。以100ml容量瓶作为比色容器与以“营养盐”标准物质瓶作为比色容器相比,两者所得曲线的斜率比值接近1。分析表明,

采用100ml容量瓶作为比色容器,快速操作可以抑制氰化物的逸出损失。

### 2.2 操作速度对不同容器作为显色容器的影响

以0.50mg/L氰化物使用液10.00ml(即氰化物含量5.00 $\mu\text{g}$ ,为曲线最高点)作为试验对象,从5种情形来考察操作速度对氰化物逸出损失的影响,结果见表2。

表2 操作速度对氰化物逸出损失的影响

序号	操作方法	考察目的	氰化物逸出损失情况/%		
			25ml 比色管	100ml 容量瓶	50ml 密封容器
1	加入缓冲溶液后,不摇匀,开塞放置15s	考察盖塞速度的影响	23.6	0.32	26.7
2	加入缓冲溶液后,摇匀,开塞放置15s	考察氯胺T加入速度的影响	14.0	8.23	11.8
3	加入氯胺T后,开塞放置15s	考察盖塞速度的影响	19.6	8.54	11.9
4	加入氯胺T后混匀,放置1~2min,再开塞放置15s	考察显色剂加入速度的影响	20.1	7.53	10.0
5	加入缓冲溶液,不摇匀,立即加入氯胺T后,开塞放置15s,盖塞后再放置1~2min	与序号2操作对比,考察加入缓冲溶液后混匀与否对测定结果的影响	10.7	3.68	7.68

注:氰化物损失情况由所测得吸光度代入第三条曲线(认为无氰化物逸出) $y = 0.1798x + 0.0001$ ,计算而得。

分析表2可知:

(1)操作速度对于异烟酸—巴比妥酸测定氰化物的影响很大,每一步骤都需要迅速操作。

(2)总体来看,采用100ml容量瓶作为比色容器,氰化物逸出损失最小。

(3)操作1,对使用25ml比色管和50ml“营养盐”标准物质瓶作为显色容器的影响最大。缓冲溶液加入后,不摇匀,溶液表层酸度高,反应激烈,有氰化氢生成。比较各容器加入缓冲溶液后,液面离瓶口的距离(25ml比色管为10.5cm、100ml容量瓶距离为16.5cm、“营养盐”标准溶液瓶为6.5cm),可见100ml容量瓶距离最长,且由于它的容量最大、瓶口最窄,所以采用100ml容量瓶,其氰化物逸出最少。操作2、3、4、5,情况同操作1。

(4)比较操作2和5,可知,“加入缓冲溶液后,不摇匀,直接加入氯胺T”,比“摇匀后,再

加入氯胺T”,逸出损失少。可以在操作过程中,按照不摇匀操作进行,前提是盖塞速度要快(对比操作1)。

### 2.3 操作心得

(1)以上所得的比较数据均在相同环境条件下、同步操作测定而得。异烟酸—巴比妥酸分光光度法操作过程中宜保持相同的快速操作节奏。不同的环境(温度、试剂等)下,用25ml比色管作显色容器,所得的曲线斜率会有较大的差别,因此,每次测样时宜同步测曲线。

(2)异烟酸—巴比妥酸分光光度法比色操作时,宜快速一次性测完。显色试样接触空气吸光值会显著下降,因此测定好之后不宜回头再次测定。

(3)HJ484-2009方法3,最后操作步骤为“加入显色剂后用水稀释定容至25.0ml”,操作者往往容易忽视这一步的操作速度,造成吸光值偏低。



(4) 实践证明: 采用 100ml 容量瓶作为显色容器, 使得方法操作难度大大降低, 能够轻松获得良好线性的标准曲线。

参考文献:

- [1] HJ484-2009, 水质 氰化物的测定 容量法和分光光度法 [S].
- [2] 本书编委会. 水和废水监测分析方法 (第四版, 增补版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006.
- [3] 曾嘉. 异烟酸-巴比妥酸分光光度法测定水中总氰化物的探

- 讨 [J]. 环境监测管理与技术, 2012, 23 (3): 72-74.
- [4] 李素梅. 探讨总氰化物测定的影响因素及其控制方法——以上半年实样考核为例 [J]. 环境科学导刊, 2013, 32 (4): 126-129.
- [5] 杨凯, 曹巧玲, 田葆萍, 等. 异烟酸-巴比妥酸分光光度法检测水样氰化物影响因素分析 [A]. 第七届全国仪器分析及样品预处理学术研讨会论文集 [C]. 2013: 196-199.

## Comparison of the Impact of Different Volumes of Containers on Detecting Cyanide by Spectrophotometric

ZHU Xu-chu<sup>1</sup>, CHENG Jun-rui<sup>2</sup>

(1. Environmental Monitoring Station of Beilun District of NingBo, Ningbo Zhejiang 315800 China)

**Abstract:** Under the same operating speed, both 100ml volumetric flask and 25ml colorimetric tube were used as the color container in the process of isonicotinic - barbituric acid spectrophotometric to test cyanide in water. The former can better inhibit the escape of cyanide loss, improve the stability of the measurement system, and reduce the operational complexity.

**Key words:** Cyanide; Spectrophotometry; Isonicotinic - barbituric acid; container; speed; impact

---

## 《环境科学导刊》发行数字期刊的声明

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

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

《环境科学导刊》编辑部

# O<sub>3</sub> 42M 型臭氧自动分析仪运行维护探讨

鲍雷<sup>1,2</sup>, 刘敏<sup>1,2</sup>

(1. 重庆市城市大气环境综合观测及污染防治重点实验室, 重庆 401147;

2. 重庆市环境监测中心, 重庆 401147)

**摘要:**介绍了较常用的 O<sub>3</sub>42M 型臭氧自动分析仪的原理、部件组成, 分享了日常运行中常见问题的解决维护经验。

**关键词:** O<sub>3</sub>42M; 臭氧; 自动分析; 原理; 日常维护; 问题; 经验

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0090-04

## 1 引言

地面臭氧主要是由因燃烧等污染源排放的一次污染物氮氧化物 NO<sub>x</sub> 和挥发性有机物 VOC<sub>s</sub> 在太阳紫外线作用下发生一系列光化学反应而生成的<sup>[1]</sup>。臭氧极易分解, 很不稳定, 是一种强氧化剂<sup>[2-3]</sup>。研究表明, 空气中臭氧浓度为 0.5 ~ 1 μmol/mol 会引起人员一定反应, 时间长了会感到口干等不适, 浓度在 1 ~ 4 μmol/mol 会引起人员咳嗽。原因就在于, 作为强氧化剂, 臭氧几乎能与任何生物组织发生反应。当臭氧被吸入呼吸道时, 就会与呼吸道中的细胞、流体和组织很快发生反应, 导致肺功能减弱和组织损伤。对那些患有气喘病、肺气肿和慢性支气管炎的人来说, 臭氧的危害更为明显<sup>[4]</sup>。从保护人体健康及自然生态系统的角度出发, 需要对 O<sub>3</sub> 进行长期、准确的观测, 为政府部门制定大气污染控制政策提供准确的参考分析数据, 同时也为研究 O<sub>3</sub> 形成、变化、传输规律提供参考依据。2012 年初国家环保部发布了环境空气质量新标准 (GB 3095-2012), 对臭氧实施自动监测是新标准监测的基本要求。

目前测定臭氧的方法有紫外分光光度法<sup>[5]</sup>、靛蓝二磺酸钠分光光度法、硼酸碘化钾分光光度法、碘量法、化学发光、荧光分光光度法以及长光程差分吸收光谱法 (DOAS 法) 等。其中在自动监测领域中用得最广泛的是紫外分光光度法。其主要优点是准确度高、干扰较少、易于操作、可在线连续测量。本文以法国 ESA 公司生产的 O<sub>3</sub>42M 型紫外光度法臭氧分析仪为例, 介绍分析仪测量原理,

并对其日常运行、维护、维修进行了探讨和总结。

## 2 测量原理

紫外光度法自动分析仪测量原理为: 空气样气被连续地抽入并通过一个光吸收室, 一个汞灯发出中心波长为 253.7nm 的单频纵向射线照射该光吸收室, 经过吸收室后的紫外线被光电二极管或光电倍增管检测器测量, 并根据在吸收室中被样气吸收的射线计算出环境空气中臭氧浓度<sup>[6]</sup>。此过程遵循朗伯-比尔定律。下式给出了臭氧在 253.7nm 时的吸收系数与臭氧浓度的关系:

$$\text{透光度} = I/I_0 = \exp(-aCd) \quad (1)$$

式中:

$I/I_0$ — 臭氧样气的透光度, 也就是吸收室充满样气时检测器检测到的辐射度 (通常叫做光强度) 与吸收室充满经过过滤器过滤后空白气体 (不含臭氧) 辐射度的比率。

$a$ — 臭氧在 253.7nm 时的吸收系数, 单位:  $\text{m}^2/\mu\text{g}$  ( $a = 1.44 \times 10^{-5} \text{m}^2/\mu\text{g}$ )。

$C$ — 在吸收室中的样气温度和样气压力环境下的臭氧浓度, 单位: ppm。

$d$ — 光程的长度, 单位: m。

由于环境温度和压力都对被测气体的密度有影响, 吸收室内臭氧的数量也会改变光吸收的数量, 因此计算结果将换算为标态浓度, 故上式可以转化成下面的公式来计算臭氧浓度:

$$C = \ln \left( \frac{I_0}{I} \right) \times \left( \frac{10^{-9}}{\alpha d} \right) \times \left( \frac{T}{273^\circ\text{K}} \times \frac{29.92 \text{inHg}}{P} \right) \quad (2)$$

现在的臭氧分析仪均可测量吸收室内的样气的温度和压力, 微处理器自动进行计算。臭氧分析仪结构示意图如图 1 所示, 空气样气和经臭氧去除器的空白样气 (不含臭氧) 轮流进入光吸收室被紫外射线照射

收稿日期: 2014-02-12

作者简介: 鲍雷 (1975-), 男, 高级工程师, 从事空气、水质、噪声自动监测 16 年, 主要从事重庆市各自动监测系统的运行、质量控制以及区域大气环境综合观测与模拟研究方向的工作。

分别得到  $I$  和  $I_0$ ，经计算得到空气样气的浓度。

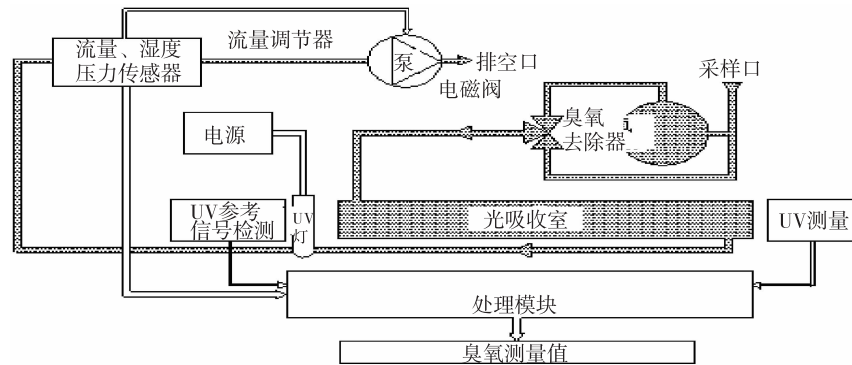


图1 O<sub>3</sub>42M型臭氧分析仪结构示意图

### 3 分析仪部件组成及作用

O<sub>3</sub>42M 型臭氧分析仪结构及其组成如下：

#### (1) 采样气路

采样头设置在采样管户外的采样气体入口端，防止雨水和粗大的颗粒物落入采样管中。采样气路应该尽可能短，气体在采样管停留的时间越短越好。允许停留时间在 5s 之内。采样气路材料必须对臭氧保持惰性，比如玻璃管或聚四氟乙烯管，并防止进样管路内水汽凝结，适当对管路进行加热或制冷除湿。

#### (2) 颗粒物过滤膜

在分析仪进样口处应安装一个吸收颗粒物的过滤器，以保证整个进样系统的干净。根据采样点的环境空气中颗粒物的浓度情况，来确定更换的规律，但过滤膜的更换周期不得超过 7~14d，因为颗粒物过多累积在过滤膜上会使样气中臭氧损失。过滤膜使用孔径的大小为 5 $\mu$ m，在刚更换过新滤膜的 5~15min 内测试得到的臭氧浓度会临时性减少约 5%~10%。

#### (3) 光吸收室

光吸收室由臭氧惰性材料制成，比如碳氟聚合物、硼硅酸盐气体、熔融石英或涂上一层碳氟化合物的金属。必须机械性稳定，任何光学校正、调整都不会因震动或环境温度变化而受到影响。在光吸收室需要测量气体温度和压力。

#### (4) 紫外光灯源

紫外光灯源，也就是汞灯，发射单频中心为 253.7nm 的紫外光。该紫外灯的电流必须稳定以使分析仪达到需要的性能规格；在测量周期中灯光的任何变异都会对结果造成偏差或干扰。

#### (5) 紫外检测器

不同类型仪器使用的检测器不尽相同，如使用带有碲化铯感应的真空光电二极管或光电倍增管均

能满足对 253.7nm 波长光的良好灵敏度及其它波长光可忽略的灵敏度要求。

#### (6) 臭氧去除器

带过滤阀的臭氧去除器，其使用材料应对样气流中的臭氧进行选择性的去除。通常使用一个三通阀来引导环境空气通过或不通过臭氧去除器。该三通阀要求使用对臭氧有惰性的材料制成，比如碳氟聚合物。

紫外臭氧分析器对环境大气中臭氧的测量值明显减少，其原因可能是因为臭氧去除器失效。制造商一般会提供臭氧去除器的平均寿命，但是实际寿命是由采样环境决定的。

#### (7) 流量、温度、压力等参数测量部件

流量的控制通常是通过限流孔来实现的，一般是控制在限定值的  $\pm 2\%$ 。温度检测器能测量在紫外检测部件中采样空气的温度，精确度在  $\pm 5^\circ\text{C}$  范围内。压力检测器，能测量在检测部件中采样空气的压力，精确度在  $\pm 0.2\text{kPa}$ 。

#### (8) 信号处理、控制部分

对于系统中各部分发出相应信号，并根据设定的程序自动反复进行信号处理，应包括以下功能：空气样品、零气、跨气的导入和停止；测量频率和浓度计算；各种运行参数的判断和控制；数据显示、传输和记录等。

#### (9) 样气泵

安装在系统的尾部从仪器中抽去采样空气。

### 4 仪器日常运行维护要点

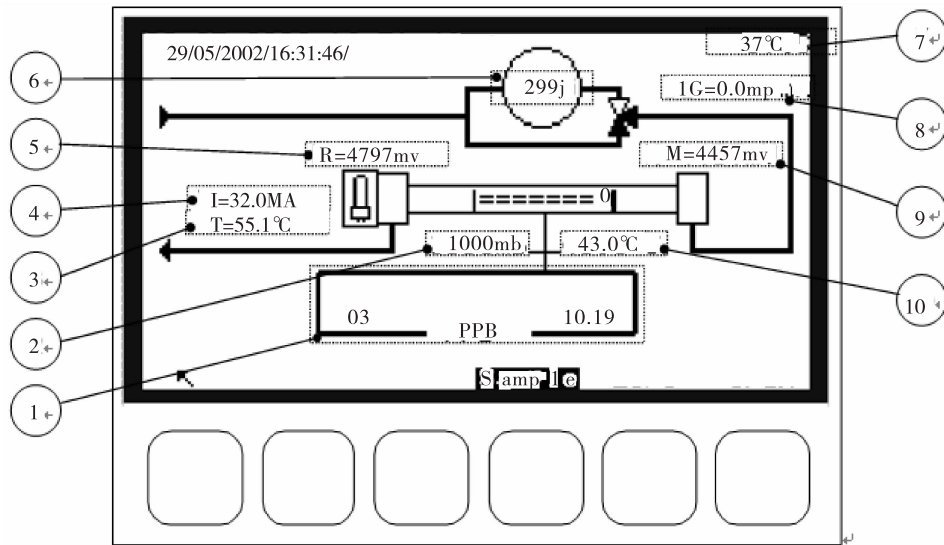
要保证臭氧分析仪器监测的数据质量，必须对仪器进行周期性维护和保养。正确运行保养可以降低仪器故障概率，减少系统的维护工作量和经济成本。

(1) 7~15d 更换采样入口尘过滤膜，及时更换滤膜对于保护气路清洁，防止内部三通阀、限流

孔阻塞非常重要。

(2) 15d左右通过菜单选项检查仪器各个电参数是否正常,重要电参数如图2所示。电参数在日

常运行中可以作相应记录,形成电参数随日期变化的记录表,方便随时了解该仪器各组件性能情况以便做相应的维护或维修。



①气体,浓度和单位;②光吸收室压力;③汞灯温度;④汞灯灯电流;⑤参考紫外检测器信号;⑥臭氧去除器寿命(d);⑦机箱温度;⑧臭氧发生器灯电流(如果带臭氧发生器);⑨紫外检测器信号;⑩光吸收室温度

图2 O<sub>3</sub>42M型臭氧分析仪重要电参数示意图

(3) 1个月检查1次气路气密性,可以使用经过校准的流量计在样气进气口处检查气体流速,应约为1L/min左右。如果流量不足,则可能有漏气,检查接头松紧或用棉花签蘸肥皂水等方式分段检查。

(4) 半年检查气泵阀门和隔膜的状况,清洗泵的隔膜、两个阀门和垫圈,除尘或用酒精清洗不同的元件(如有必要卸下阀门),检查隔膜,如有必要进行更换。

(5) 每年维护光吸收室。注意拆开光吸收室时,将光具座倾斜放置,拉出测量模块,向上松开光具座的玻璃管,注意不要让它相对于支架内部倾斜得太厉害,用沾有酒精的镜头纸清洁玻璃窗,并清洁光具座的玻璃管内部(使用镜头纸可以避免擦伤内表面)。

(6) 每年更换臭氧去除器,更换汞灯。

(7) 1年1次全面清洁,包括三通阀、限流孔、光具座等,检查所有的检测参数,并检查气路连接处的密封。

## 5 仪器常见故障维修

仪器维修包括预防性检修和针对性检修两种,预防性检修主要是指每年定期(或根据使用情况)清洁气路电磁阀和限流孔、气路检漏和流量检查、电路板和各种接头及插座检查和清洁、测试并调节各电参数、泵维护检查等。

针对性检修是指在现场或维修室对于分析仪突发性的故障,能够诊断明确,能有效处理并解决故障。监测人员需要掌握一些维修技巧,能自行对仪器进行简单维修和诊断将大幅降低维修成本和缩短维修时间,以保证仪器尽快恢复运行。以下介绍O<sub>3</sub>42M型臭氧分析仪几种常见故障及维修技巧:

### (1) 测量数据忽高忽低,波动大

首先检查仪器气体流量,如果流量异常,依次检查泵膜和内部气路接头有无松漏。一般泵膜因老化穿孔较为常见。解决方案:更换泵膜。

如果流量无问题,通过菜单检查仪器的测量信号和参比信号。当测量信号和参比信号都低于1000mv,更换汞灯。如果测量信号和参比信号相差较大,可调节两个检测器上的微调电位器。调节零电位器时把汞灯取出,两个检测器的值可调节至10mv。调整过程中检测器必须放在光具座外部,对窗口进行保护,避免紫外光进入。调节增益电位器时装上紫外灯调试,两个检测器的值可调节至4000~4500mv,且两个检测器的值相差10~300mv左右,参比信号大于测量信号。

### (2) 仪器无报警,各电参数均正常,但校标跨点值异常

有可能是CPU主板故障,先更换CPU主板进行测试,待确认CPU板故障后,可以先更换主板上的A/D转换芯片后再进行测试,一般可能是A/

D 转换芯片故障引起的。

### (3) 仪器测值出零值

首先检查是否是臭氧涤除器失效,在仪器菜单中臭氧涤除器离失效有倒数天数指示值,到期后应及时更换,并重新设置时间(一般为365d)。如果臭氧涤除器无问题,就检查是否限流孔或三通螺线阀阀芯因污垢有阻塞,需要就及时更换或清洗。

### (4) 样气流量低或不稳定

检查泵隔膜是否破,检查颗粒物过滤器、限流孔或气路接头是否堵塞,另外可以打开零阀或标阀看流量是否增加,如果流量增加,可以判断是零气、标准气、样入口选择螺线阀组件有堵塞。

### (5) 实际流量与显示值不符

可能是压力、流量传感器读数飘移,需重新校正压力和流量传感器。

### (6) 仪器与数采仪通讯故障

更换仪器通讯板测试,待确认通讯板故障后,检查该通讯板上 MAX232CPE 芯片,该芯片故障率很高。检查方法是用万用表测相应的输入输出引脚电压(13 脚输入、14 脚输出;8 脚输入、7 脚输出),正常通讯时电压会有瞬间跳变<sup>[7]</sup>。如果确定为该芯片故障,只换芯片可节省大量经费(芯片价格只有整个通讯电路板的1%)。

## 6 结束语

目前各地使用臭氧分析仪型号虽各不相同,但

绝大多数采用点式紫外光度法臭氧自动监测仪,其原理和仪器设计思路均大致相同,因此很多仪器部件组成及特点具有一定的通性。按照环保部环境空气质量新标准实施要求,2016年1月1日之前全国将全部执行新标准监测,即全部城市(含区县)各测点均将开展臭氧自动监测。本文有助于监测人员了解臭氧自动分析仪监测技术,提高对臭氧自动分析仪的日常管理、运行维护水平,掌握臭氧分析仪常见故障和比较便捷的处理办法,从而有利于开展大气臭氧自动监测工作。

### 参考文献:

- [1] 戴华茂. 光化学烟雾研分综述 [J]. 广东化工, 2009, 36 (7): 107-108.
- [2] Rice R G, Netzer A. Handbook of ozone technology and applications [M]. UK: Ann Arbor Science, 1982.
- [3] 白希尧, 张宏. 臭氧的发生及其应用研究 [J]. 自然杂志, 1991, (11): 813-817.
- [4] Wentworth P, Nieva J, Takeuchi C, et al. Evidence for ozone formation in human atherosclerotic Arteries [J]. Science, 2003, (302): 1053-1056.
- [5] 崔九思. 大气污染监测方法(第二版) [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [6] 翟崇治, 鲍雷. 环境空气自动监测技术 [M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2013.
- [7] 杨灿. 空气自动监测站 SO<sub>2</sub> 监测仪故障维修 [J]. 分析仪器, 2010, (1): 100-103.

## Discussion on Maintenance of O<sub>3</sub>42M type Automatic Ozone Analyzer

BAO Lei<sup>1,2</sup>, LIU Min<sup>1,2</sup>

(1. Chongqing Urban Key Laboratory of Atmospheric Environment Comprehensive Observation and Pollution Prevention and Control, Chongqing 401147 China)

**Abstract:** The basic principles and major components of O<sub>3</sub>42M type automatic ozone analyzer were introduced. Daily operation and frequently occurring problems were presented. The maintenance experiences of the analyzer were shared in the article.

**Key words:** O<sub>3</sub>42M type; ozone; automatic ozone analyzer; principle; daily maintain; problem; experience

# 化学需氧量样品保存实验研究

张继华<sup>1</sup>, 周莉莉<sup>2</sup>

(1. 昆明市环境监测中心, 云南 昆明 650228;

2. 昆明市绿岛环境保护公司, 云南 昆明 650228)

**摘要:** 对不同类型的水样在不同保存条件下进行化学需氧量变化的分析研究, 研究结果显示: 样品加酸保存和不加酸保存, 以及保存 4h 和保存 24h 对化学需氧量分析无显著影响。

**关键词:** 化学需氧量; 测试; 样品; 保存; 条件; 影响

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2014) 03-0094-03

## 1 实验部分

### 1.1 测试方法和原理

在强酸性溶液及催化剂作用下, 一定量的重铬酸钾会氧化水中还原性物质, 重铬酸钾中的橙色六价铬被还原为绿色三价铬, 反应式为<sup>[1]</sup>  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H} + 6\text{e} = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ 。反应后的水样, 通过 HACH DR/2010 分光光度计比色, 从而得出化学需氧量。

### 1.2 主要仪器和试剂

**仪器:** HACH DR/2010 分光光度计, HACH 45600-18COD 反应器, HACH 专用 COD 反应管。

**试剂:** 0.05mol/L 和 1.00mol/L 重铬酸钾溶液、硫酸-硫酸银溶液、硫酸汞。

## 2 实验内容

### 2.1 采样点位

第一污水处理厂出口, 滇池草海, 西坝河, 中心鱼塘。

### 2.2 采样频次

采样 5d, 每天采样 2 次, 共计分析 160 个水样。

### 2.3 分析测试要求

每个样品分为加酸 (加硫酸至  $\text{pH} \leq 2$ ) 保存和不加酸保存。

再对加酸保存和不加酸保存的样品进行保存时间 4h 和保存时间 24h 的分析。

## 3 实验结果

各采样点分析结果见图 1~图 4。

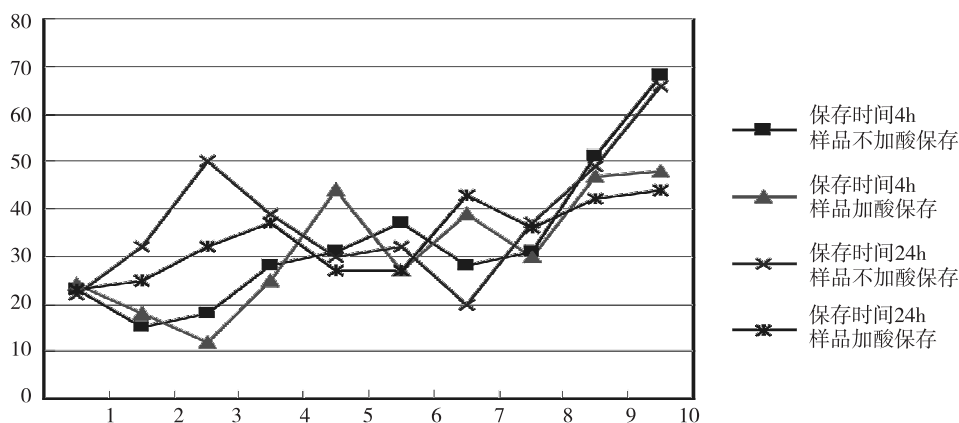


图1 第一污水处理厂出口分析结果

## 4 实验结果数据分析方法<sup>[2]</sup>

对分析数据进行交叉无重复分组实验的方差分析, 分析步骤如下:

(1)  $H_0$ : pH 或保存时间或其相互作用对样品

无显著影响;

(2) 设 pH 水平:  $H_1$  (加酸),  $H_2$  (不加酸);

保存时间水平:  $D_1$  (4h),  $D_2$  (24h);

(3) 列表计算 P、Q、R、T、W;

(4) 列表作方差分析。

计算过程略。

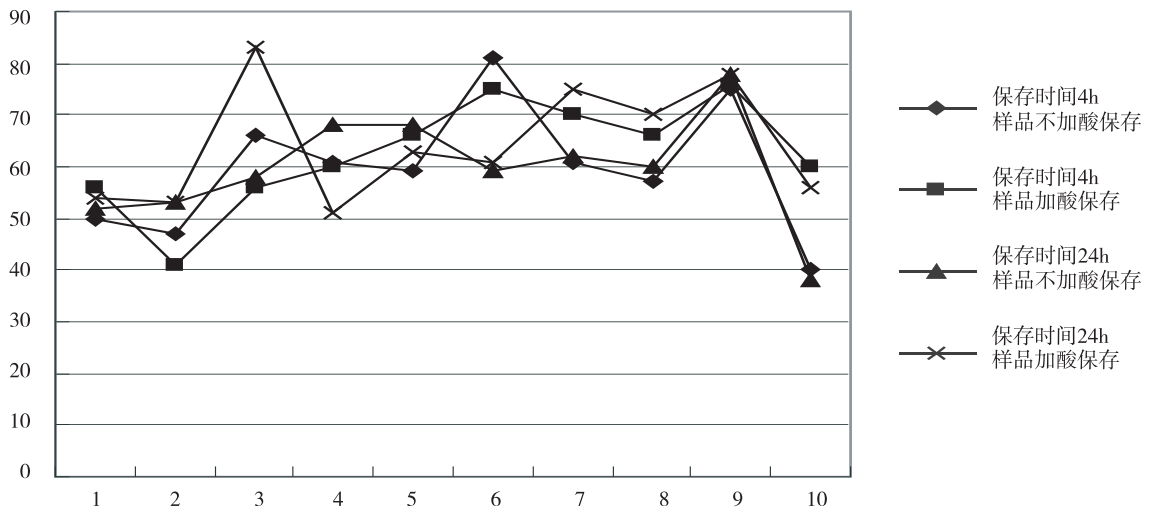


图2 滇池草海水水质分析结果

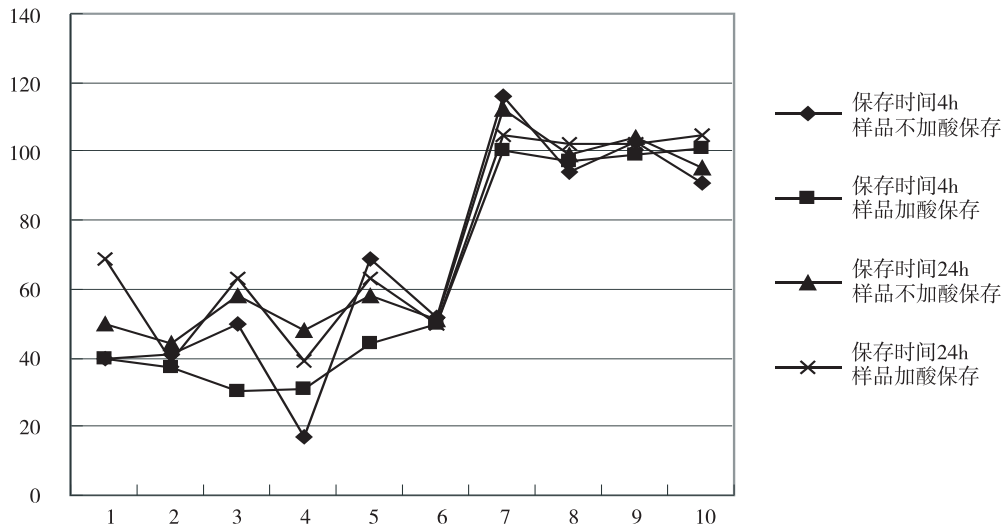


图3 西坝河水水质分析结果

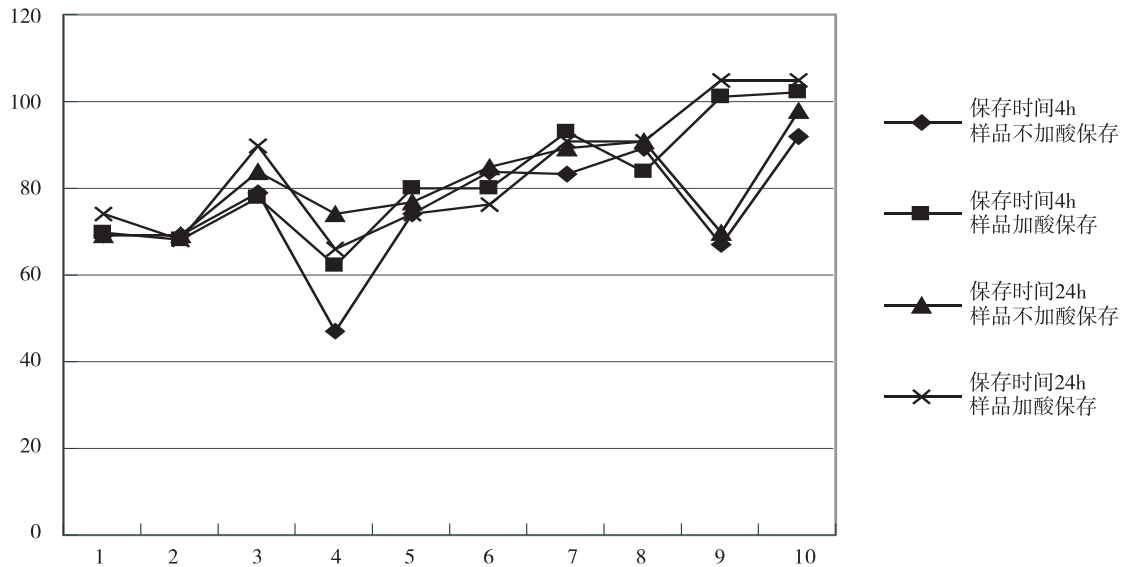


图4 中心鱼塘水质分析结果

## 5 数据分析结果

不同 pH 值与不同保存时间对化学需氧量浓度的影响所占比率见表 1。各采样点不同 pH 值与不

同保存时间对化学需氧量浓度的影响所占比率见表 2。

表 1 不同 pH 值与不同保存时间对化学需氧量浓度影响比率

(%)

条件	不同 pH	不同保存时间
显著	5	3
显著可疑	8	8
不显著	77	79
无法判断	10	10

表 2 各采样点不同 pH 值与不同保存时间对化学需氧量浓度的影响

(%)

	一污出口		滇池草海		西坝河		中心鱼塘	
	不同 pH	不同时间	不同 pH	不同时间	不同 pH	不同时间	不同 pH	不同时间
显著	10	10	0	0	0	0	10	0
显著可疑	0	10	20	10	10	0	0	10
不显著	80	70	80	90	70	80	80	80
无法判断	10	10	0	0	20	20	10	10

## 6 实验结果讨论

方差分析结果表明,对于类似污水处理厂出水(如第一污水处理厂出口)、河道水(如西坝河)、湖库水(如滇池草海)以及封闭的鱼塘水(如中心鱼塘),水样加酸不加酸保存都对化学需氧量的结果无显著影响,保存时间 4h 分析和 24h 分析对化学需氧量的结果也无显著影响,即在研究

条件范围内水样中的化学需氧量是稳定的。

### 参考文献:

- [1] 本书编委会. 分析化学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1978: 381.
- [2] 中国环境监测总站. 环境水质监测质量保证手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1984: 263.

# Study on Impacts of Preservation Conditions on Determination of Chemical Oxygen Demand in Water Sample

ZHANG Ji-hua<sup>1</sup>, ZHOU Li-li<sup>2</sup>

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

**Abstract:** The concentrations of chemical oxygen demand (COD) under different preservation conditions were determined. The results showed that there were no obvious impacts on testing the concentrations of COD when acid was added to the water sample or not. A short preservation time or a long time didn't make a difference either.

**Key words:** COD; test; sample; preservation; condition; impact