

# 基于共抓大保护视角的长江经济带矿业城市 水生态环境质量评价研究

成金华, 王 然

**摘 要:** 从水环境质量、水生生态安全、人居安全三方面构建矿业城市水生态环境质量评价指标体系, 分析了不同区域、不同矿种、不同发展阶段的长江经济带矿业城市水生态环境质量综合指数的差异性和各维度指数的区域差异性。研究结果表明: (1) 长江经济带上下游区域矿业城市水生态环境问题较严峻; (2) 相比于以金属矿为主要矿种的矿业城市, 以煤矿为主要矿种的矿业城市在资源开发利用过程中面临更严峻的水生态环境问题; (3) 衰退型矿业城市水生态环境质量状况优于处于其他发展阶段的矿业城市, 而再生型矿业城市水生态环境质量状况差于处于其他发展阶段的矿业城市; (4) 中下游区域矿业城市水环境质量和上游区域矿业城市水生生态安全面临较大挑战。要根据“共抓大保护、不搞大开发”所倡导的生态保护优先、绿色发展、高质量发展的要求, 针对不同区域、不同矿种、不同发展阶段的矿业城市制定不同的发展策略, 必须开发的战略性矿产资源要走绿色矿业道路, 实行最严格的环保管理, 矿业城市的发展要以人为本, 建设生态宜居城市。

**关键词:** 长江经济带; 矿业城市; 水生态环境; 质量评价; 共抓大保护

**中图分类号:** F124.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0169(2018)04-0001-11

**DOI:**10.16493/j.cnki.42-1627/c.2018.04.001

## 一、引 言

从党的十八大和习近平总书记 2016 年在重庆关于长江经济带的系列重要讲话以来, 长江经济带生态环境保护得到空前重视。党的十九大报告指出, 以共抓大保护、不搞大开发为导向推动长江经济带发展<sup>[1]</sup>。习近平总书记强调, 推动长江经济带发展必须走生态优先、绿色发展之路, 涉及长江的一切经济活动都要以不破坏生态环境为前提, 长江生态环境只能优化、不能恶化; 长江经济带共抓大保护、不搞大开发, 不是说不要大的发展, 而是首先立个规矩, 把长江生态修复放在首位, 保护好中华民族的母亲河, 不能搞破坏性开发。矿业城市是环境污染和生态破坏较严重的区域, 矿业城市的发展包括对长江流域矿产资源、水资源和土地资源的开发利用, 首先必须要立好生态保护优先的规矩, 走绿色发展、可持续发展和高质量发展的道路。

长江经济带水生态环境保护是长江经济带生态环境保护工作的重中之重, 是第一要务<sup>[2]</sup>, 然而, 由于受传统经济发展道路的影响, 长江经济带水生态环境形势依然严峻<sup>[3]</sup>。矿业城市是以本地

基金项目: 研究阐释党的十九大精神国家社科专项“加快生态文明体制改革, 建设美丽中国研究”(18VJSJ037)

作者简介: 成金华, 中国地质大学(武汉)经济管理学院教授、博士生导师(湖北武汉 430074); 王然, 管理学博士, 中国地质大学(武汉)经济管理学院讲师

区矿产资源开采、加工为主导产业的城市(包括地级市、地区等地级行政区和县级市、县等县级行政区),其面临的水生态环境问题更为突出<sup>[4][5]</sup>。首先,长江经济带矿业城市水体污染严重。长江经济带上游矿业城市的矿山群存在污水直排长江现象,造成水体污染,对长江水环境质量安全造成威胁。其次,长江经济带水生生态安全面临较大挑战。一方面,矿业城市水体污染对水生动植物的数量和质量有较强的负面影响<sup>[6][7]</sup>;另一方面,矿业城市的矿权区域、工业用地和自然保护区重叠面积高,矿产资源开发利用活动对生物多样性会产生影响<sup>[8]</sup>。最后,对长江经济带矿业城市饮水安全和农产品安全造成威胁。部分矿区、化工企业靠近水源地,威胁岷江、嘉陵江、洞庭湖、巢湖、太湖、湘江等流域饮用水水源安全;此外,矿业城市重金属污染严重,重金属污染通过水、土等介质影响城镇居民饮食安全,如湖南、江西、广东、广西四地的镉大米<sup>[9]</sup>等。

已有相关研究主要集中在水环境质量和生态环境质量评价两个方面。水环境质量方面的研究在国内外已比较成熟,主要包括关键指标评价和综合指数评价。郁达伟等<sup>[10]</sup>、李洪庆等<sup>[11]</sup>、Silva等<sup>[12]</sup>选取COD、NH<sub>4</sub>-N等污染物浓度关键指标评价水环境质量。Avila等以大肠杆菌的数量作为衡量淡水水质的指示器<sup>[13]</sup>。李名升等以Ⅲ类水以上(含)占比和劣Ⅴ类水质比例等流域水质断面比例变化情况反映水环境质量<sup>[14]</sup>。黄沈发等<sup>[15]</sup>、李忠武等<sup>[16]</sup>、方琳等<sup>[17]</sup>在运用BOD、NH<sub>3</sub>-N、COD等指标计算综合指数的基础上,评价水环境质量。关于生态环境质量评价的研究,孙东琪等从生态破坏因素、自然资源因素、环境污染因素和社会经济因素四方面,选取12个三级指标构建了区域生态环境质量评价指标体系,其中与水环境质量相关的具体指标包括水土流失率、水土流失强度、水土流失治理率、人均水资源、干燥指数、人均废水排放量等<sup>[18]</sup>;李静怡等从气候、水、地形、土壤、植被等方面选取年均降水量与蒸发量的差值、河网密度、地形起伏度等指标评价吕梁地区生态环境质量<sup>[19]</sup>;陈振武等从环境污染因素、废弃物排放因素、土地影响因素、地质灾害因素、环境治理因素五方面,选取COD值、BOD值等指标构建了矿山生态环境质量评价指标体系<sup>[20]</sup>。王晓君等选取灌溉用水量、水土流失治理面积等指标构建了我国农村生态环境质量评价指标体系<sup>[21]</sup>。具体在水生态环境质量评价方面,阴琨等从生境要素、生物要素、水质理化要素三个维度选取底质组成、生境复杂性、底栖生物、着生藻类、COD等构建了我国水生态环境评价要素和指标,并提出了我国水生态环境质量评价技术体系<sup>[22]</sup>。一些学者对长江经济带矿业城市水生态环境质量方面也进行了研究,李璇琼等以长江上游金沙江的支流雅砻江为研究对象,通过野外实地采样调查,结合GIS和遥感技术研究了雅砻江某铜矿区矿产资源开发的重金属污染分布特征<sup>[23]</sup>。Zhang等<sup>[24]</sup>、Dong等<sup>[25]</sup>则以长江流域支流为研究对象,评价了重金属污染状况。

综上,水环境质量评价研究已相对比较成熟,生态环境质量研究也较多,但水生态环境质量,尤其是关于长江经济带矿业城市水生态环境质量方面的研究并不多见。当前,水资源承载力超载或临近阈值已成为矿业集中区域发展的短板<sup>[26]</sup>。长江经济带矿业城市水生态环境质量不仅关系着自身的经济社会健康发展,同时对整个长江流域以及国家的水生态环境有着重要影响。基于此,本文以长江经济带矿业城市为研究对象,从水环境质量、水生生态安全、人居安全三方面构建水生态环境质量评价指标体系,分析不同区域、不同矿种、不同发展阶段的矿业城市水生态环境质量综合指数的差异性和各维度指数的区域差异性,以期为矿业城市水生态环境保护提供决策依据和数据支撑。

## 二、研究方法和研究区域的选取

### (一) 矿业城市水生态环境质量评价指标体系的构建

指标体系评价方法已在大量研究<sup>[25][27]</sup>中被应用,是资源环境领域研究中最普遍的方法之一<sup>[28]</sup>。本文运用指标体系方法评价长江经济带矿业城市水生态环境质量。

基于前述论及的长江经济带矿业城市存在的水体污染严重、水生生态安全、饮水安全和农产品安全等水生态环境问题, 结合指标科学性、指标数据可操作性、数据来源权威性原则, 从水环境质量、水生生态安全、人居安全三方面构建矿业城市水生态环境质量评价指标体系。具体指标内容、指标来源及属性如表 1 所示。本文所选取的矿业城市为地级市行政区域, COD 排放量、氨氮排放量、废水排放量等指标来源于中国城市统计年鉴、各城市统计年鉴以及各城市环境状况公报。DO 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  两项指标采用省内监测点加权平均<sup>①</sup>。

表 1 矿业城市水生态环境质量评价指标

一级指标	二级指标	三级指标	指标来源	指标属性	备注
水生态环境质量	水环境质量	COD 排放量	中国城市统计年鉴、各城市统计年鉴、各城市环境状况公报等	逆向	污染物排放情况
		氨氮排放量		逆向	
		废水排放量		逆向	
	水生生态安全	湿地面积	中国城市统计年鉴、各城市统计年鉴、各城市环境状况公报等	正向	生物多样性
		DO		逆向	
		$\text{NH}_3\text{-N}$		逆向	
人居安全	水质达标率	中国城市统计年鉴、各城市统计年鉴、各城市环境状况公报等	正向	水源质量	
	优良水体比例		正向		

## (二) 指标体系综合评价法

在构建指标体系的基础上, 运用指标体系综合评价法测算矿业城市水生态环境质量指数。考虑指标体系的构建具有一定的主观性, 采用客观确定权重的方法——熵权法确定各指标的权重。

1. 对原始数据分正向指标和逆向指标进行最大值、最小值标准化处理, 并向右平移 1 个单位:

$$\text{正向指标 } Y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(X_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} + 1$$

$$\text{逆向指标 } Y_{ij} = \frac{\max(x_{ij}) - X_{ij}}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} + 1$$

其中,  $X_{ij}$  表示第  $i$  个矿业城市的第  $j$  个指标的取值 ( $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ );  $Y_{ij}$  是  $X_{ij}$  经过标准化处理后并向右平移 1 个单位的值。

2. 运用熵权法确定权重:

$$W_j = \frac{1 + (1/\ln m) \sum_{i=1}^m (Y_{ij} / \sum_{i=1}^m Y_{ij}) \ln(Y_{ij} / \sum_{i=1}^m Y_{ij})}{\sum_{j=1}^n (1 + (1/\ln m) \sum_{i=1}^m (Y_{ij} / \sum_{i=1}^m Y_{ij}) \ln(Y_{ij} / \sum_{i=1}^m Y_{ij}))}$$

3. 计算出综合指数:

$$I_i = \sum_{j=1}^n W_j Y_{ij}$$

其中,  $I_i$  表示第  $i$  个矿业城市水生态环境质量指数。由于已对指标数据分正向指标、逆向指标进行归一化处理, 此处矿业城市水生态环境质量指数越高, 表明矿业城市发展面临的水生态环境问题就越小。

<sup>①</sup> 因无法直接获取各矿业城市的具体数值, 故以各省省内监测点加权平均值表示矿业城市的 DO 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  指标值。

### (三) 研究区域的选取

长江经济带域内有铜陵、淮南、淮北、马鞍山、黄石、鄂州、郴州、攀枝花等矿业城市 98 座，主要集中在长江中上游地区（如图 1 所示）。本文选取曲靖、毕节、攀枝花、郴州、黄石、赣州、铜陵、徐州、湖州 9 个矿业城市作为研究对象（如图 2 所示），各矿业城市所属省域、主要矿种、发展阶段如表 2 所示。具体的选取思路如下。

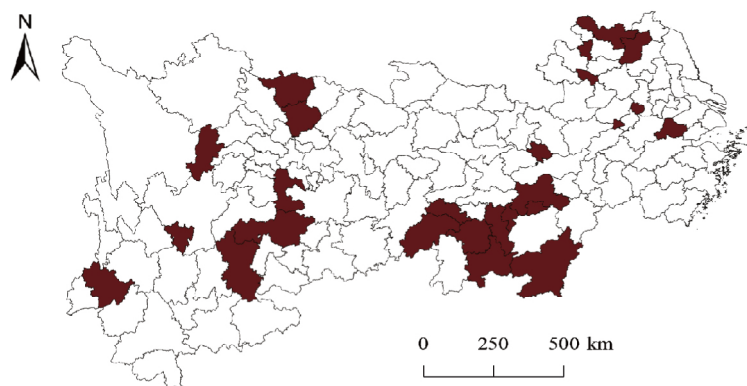


图 1 长江经济带重要矿业城市分布

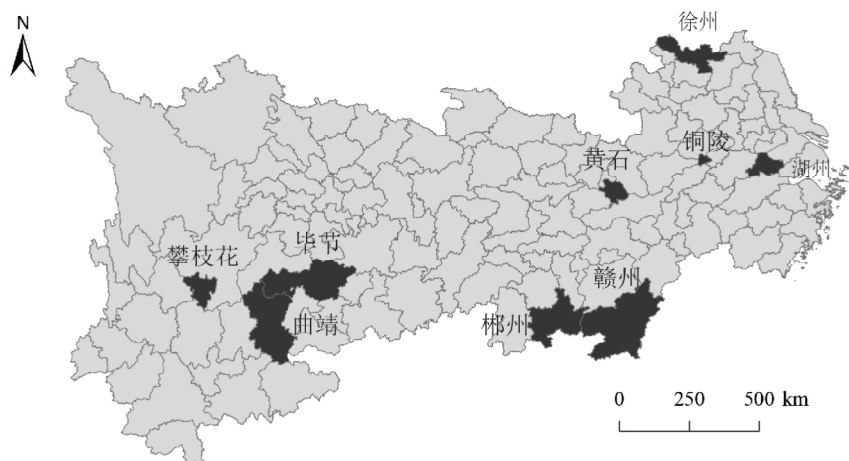


图 2 研究区域及分布

表 2 研究区域一览表

序号	城市	所属省域	主要矿种	发展阶段
1	湖州	浙江	煤、铁、石灰石	成熟型
2	徐州	江苏	煤	再生型
3	铜陵	安徽	铜	衰退型
4	赣州	江西	稀土、钨	成熟型
5	黄石	湖北	铁、铜、金	衰退型
6	郴州	湖南	有色金属（钨、铋、钼、石墨等）	成熟型
7	攀枝花	四川	钛、钒、石墨	成熟型
8	毕节	贵州	煤、铁	成长型
9	曲靖	云南	煤、铅、锌	成熟型

1. 按照分布格局, 突出丰富区域。本文所选取的矿业城市尽量覆盖长江经济带矿产资源丰富的省域。长江经济带尤其是上中游地区矿产资源十分丰富。为了能够完整分析上中下游不同的区域条件下产生的不同影响, 保证尽量覆盖所有区域的原则, 选择长江经济带包含各省市地区的各一个矿业城市作为研究对象。考虑到上海没有丰富的矿产资源, 而重庆市作为直辖市, 虽然有 9 个矿业城市, 但均属于县级市、开发区或管理区类型的矿业城市, 从矿产资源的丰富程度和同等级别行政区域可比性的角度, 未将上海、重庆纳入所选矿业城市覆盖区域。本文所选矿业城市覆盖浙江、江苏、安徽、江西、湖北、湖南、四川、云南、贵州等九个矿产资源较丰富的省域。

2. 依据赋存特点, 锁定优势矿种。本文所选取的矿业城市尽量覆盖长江经济带的主要矿产资源种类。因为不同矿种矿山的开发可能会导致的污染类型存在较大差异, 所以, 在研究区域的选择方面, 本文也兼顾到矿业城市的代表性矿产品, 尽量覆盖所有的主要矿种<sup>[29]</sup>。长江经济带主要矿产资源包括原生钛铁矿、钒矿、铜矿、磷矿、硫铁矿、天然气、铅矿、锌矿等多种矿产资源 (如图 3 所示)。本文所选取的矿业城市覆盖长江经济带原生钛铁矿、钒矿、铜矿、磷矿、硫铁矿、铅矿、锌矿、煤矿等主要矿产资源。需要说明的是, 天然气是长江经济带的主要矿产资源, 但并没有被包含在所选取的矿业城市里, 原因在于长江经济带丰富的天然气资源位于四川龙岗气田, 即四川南充仪陇县。该区域不属于矿业城市, 故本文没有将仪陇县纳入研究区域。

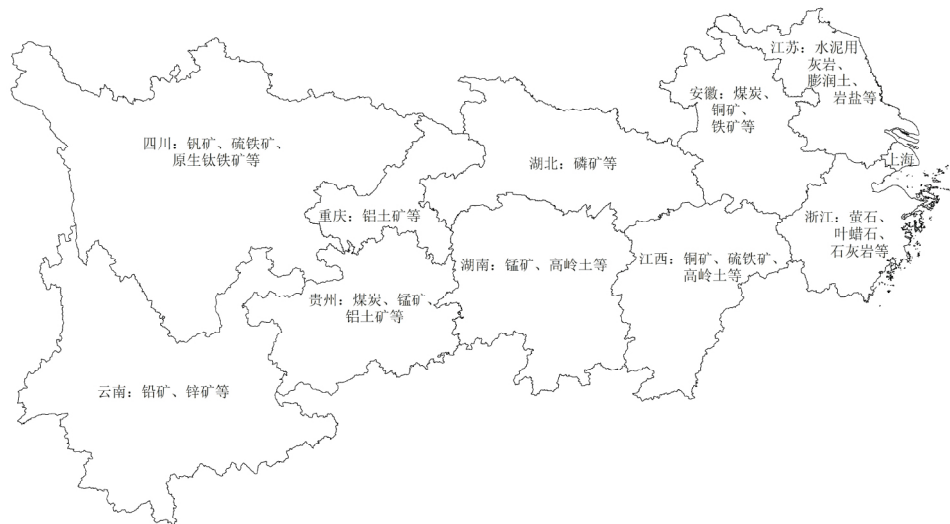


图 3 长江经济带主要矿产资源种类及分布

3. 参考发展阶段, 兼顾比例平衡。2013 年, 国家发改委明确了 31 个成长型、141 个成熟型、67 个衰退型和 23 个再生型资源型城市。其中, 长江经济带包含了 44 个地级市的矿业城市 (成长型矿业城市 7 个、成熟型矿业城市 26 个、衰退型矿业城市 7 个、再生型矿业城市 4 个)。本文在选取成长型、成熟型、衰退型、再生型矿业城市时, 尽量兼顾比例平衡<sup>[30]</sup>, 选取了 1 个成长型、5 个成熟型、2 个衰退型和 1 个再生型矿业城市。

### 三、长江经济带矿业城市水生态环境质量指数分析

#### (一) 长江经济带矿业城市水生态环境质量综合指数分析

基于上述指标体系和综合评价方法, 测算长江经济带矿业城市水生态环境质量综合指数 (如表 3 所示)。

表3 长江经济带矿业城市水生态环境质量综合指数

年份 城市	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	平均
湖州	0.43	0.43	0.50	0.59	0.53	0.54	0.47	0.49	0.48	0.53	0.50
徐州	0.21	0.24	0.22	0.21	0.22	0.23	0.24	0.34	0.27	0.24	0.24
铜陵	0.72	0.76	0.76	0.75	0.75	0.73	0.81	0.85	0.88	0.86	0.79
赣州	0.61	0.62	0.62	0.60	0.59	0.59	0.60	0.63	0.60	0.58	0.60
黄石	0.69	0.66	0.63	0.65	0.59	0.64	0.69	0.73	0.65	0.67	0.66
郴州	0.64	0.61	0.64	0.57	0.58	0.56	0.63	0.63	0.54	0.67	0.61
攀枝花	0.68	0.71	0.68	0.67	0.68	0.67	0.65	0.65	0.61	0.64	0.66
毕节	0.55	0.53	0.52	0.51	0.44	0.48	0.59	0.52	0.53	0.57	0.52
曲靖	0.59	0.63	0.59	0.55	0.46	0.51	0.46	0.54	0.44	0.52	0.53
下游平均	0.46	0.48	0.49	0.51	0.50	0.50	0.51	0.56	0.54	0.54	0.51
中游平均	0.64	0.63	0.63	0.61	0.59	0.60	0.64	0.66	0.60	0.64	0.62
上游平均	0.60	0.62	0.60	0.58	0.53	0.55	0.57	0.57	0.53	0.58	0.57
总体平均	0.57	0.58	0.57	0.57	0.54	0.55	0.57	0.60	0.56	0.59	0.57

1. 空间角度分析。如图4所示,长江经济带中游区域矿业城市水生态环境质量平均综合指数高于上游区域,上游区域高于下游区域。2011—2016年上游区域矿业城市水生态环境质量平均综合指数与总体平均综合指数比较接近,而下游区域与总体平均综合指数有一定差距,表明上游和下游区域矿业城市发展面临的水生态环境问题比中游区域更严峻。就单个矿业城市水生态环境质量平均综合指数而言,近十年该指数由低到高排序依次为:徐州、湖州、毕节、曲靖、赣州、郴州、黄石、攀枝花、铜陵。相比于其他矿业城市,目前徐州市由于重化工产业发展较好,矿产资源开发量并不大,属于矿产资源利用的聚集地区。矿产资源利用比矿产资源开发对生态环境的影响更大、更广,使徐州相比其他矿业城市的矿业发展面临更严峻的水生态环境问题。

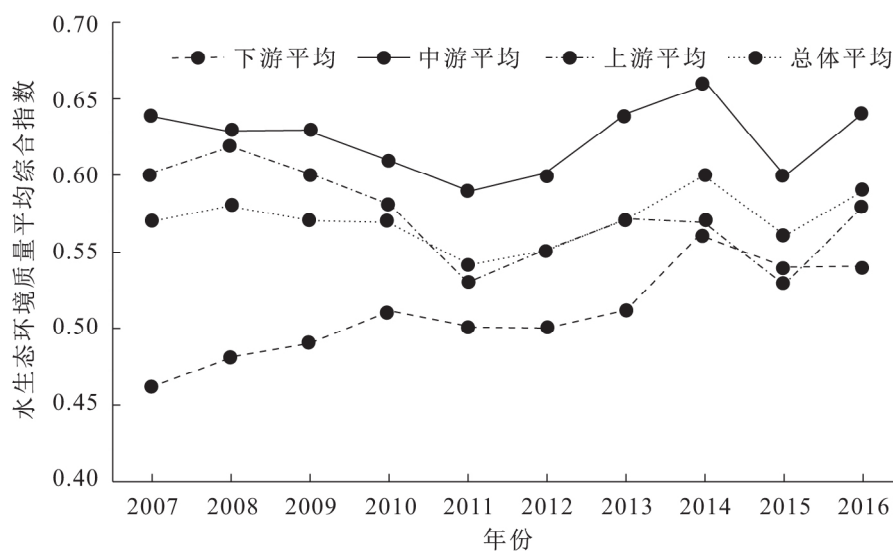


图4 长江经济带上中下游矿业城市水生态环境质量平均综合指数

2. 矿种角度分析。以煤矿为主要矿种的矿业城市水生态环境质量综合指数较低, 以金属矿为主要矿种的矿业城市水生态环境质量综合指数较高, 表明以煤矿为主要矿种的矿业城市的矿业发展面临更严峻的水生态环境问题。该结论与中国不同矿种矿产资源开发利用的环境影响结果相近<sup>[31][32]</sup>。2007—2016年, 以煤矿为主要矿种的矿业城市, 如徐州、湖州、毕节、曲靖的水生态环境质量平均综合指数分别为0.24、0.50、0.52和0.53, 位于所选矿业城市平均综合指数最低的前4位。以金属矿为主要矿种的矿业城市, 如铜陵、攀枝花、黄石、柳州的水生态环境质量平均综合指数分别为0.79、0.66、0.66和0.61, 位于所选矿业城市平均综合指数最高的前4位。以煤矿为主要矿种的矿业城市比以金属矿为主要矿种的矿业城市的矿业发展面临更严峻的水生态环境问题, 这与矿产资源的开采方式、运输过程、生产过程等有关。通常金属类矿产的开采主要在地下进行, 运输过程也大多是密封的, 生产过程的技术和设备要求较严格<sup>[32]</sup>。

3. 发展阶段角度分析。如图5所示, 衰退型矿业城市水生态环境质量状况优于处于其他发展阶段的矿业城市, 而再生型矿业城市水生态环境质量状况差于处于其他发展阶段的矿业城市。处于衰退型的矿业城市, 如黄石、铜陵的水生态环境质量平均综合指数分别为0.66和0.79, 位于所选矿业城市平均综合指数的前2位。处于成熟型的矿业城市, 如湖州、赣州、柳州、攀枝花、曲靖的平均综合指数多处于中上水平, 其中赣州、柳州、攀枝花的平均综合指数高于0.6。处于再生型的矿业城市, 如徐州的平均综合指数远低于处于其他发展阶段的矿业城市。衰退型矿业城市在经历了成熟的发展阶段之后, 在资源节约集约利用、生态环境保护等方面有着更丰富的经验, 使衰退型矿业城市的水生态环境状况, 成熟型矿业城市次之<sup>[27]</sup>。

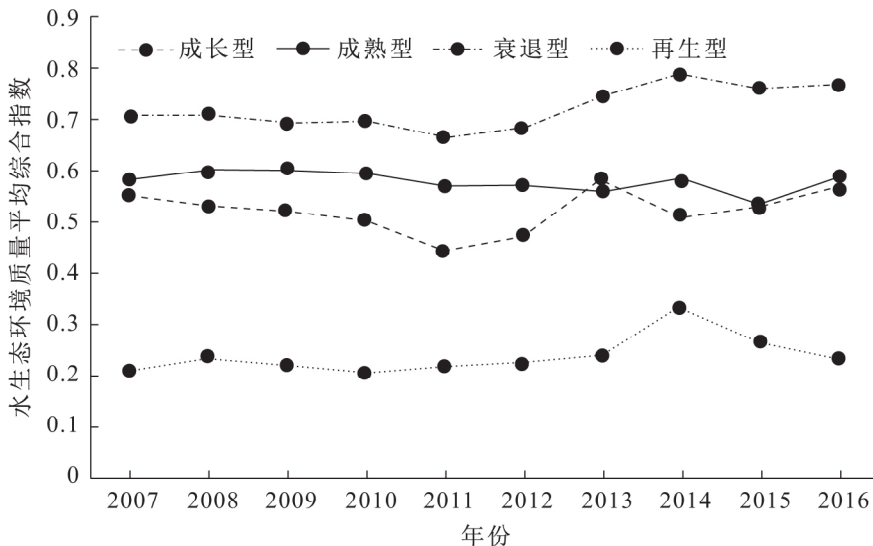


图5 长江经济带不同发展阶段矿业城市水生态环境质量平均综合指数

## (二) 长江经济带矿业城市水生态环境质量各维度指数分析

从三个维度指数来看, 水环境质量平均指数高于水生生态安全平均指数和人居安全平均指数(如表4所示)。

中下游区域矿业城市水环境质量面临较大的挑战。下游区域矿业城市的水环境质量平均指数为0.2, 中游区域矿业城市该指数为0.23, 明显低于上游区域矿业城市的0.29。从具体指标来看, 近年上游区域矿业城市的COD平均排放量、废水平均排放量分别为3.48吨和1.12万吨, 远低于下游区域的6.69吨和2.64万吨, 以及中游区域的7.51吨和2.35万吨。就氨氮排放量来说, 下游区

域的氨氮平均排放量 0.71 吨, 远高于中游区域的 0.39 吨和上游区域的 0.49 吨。

表 4 长江经济带矿业城市水生态环境质量各维度指数

维度	区域	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	平均
水环境质量	下游	0.20	0.20	0.20	0.20	0.19	0.20	0.20	0.20	0.21	0.21	0.20
	中游	0.24	0.24	0.24	0.23	0.22	0.22	0.24	0.22	0.22	0.25	0.23
	上游	0.33	0.32	0.32	0.32	0.27	0.28	0.27	0.27	0.27	0.28	0.29
	平均	0.26	0.25	0.25	0.25	0.23	0.23	0.24	0.23	0.23	0.25	0.24
水生生态安全	下游	0.20	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.20	0.21	0.20	0.19	0.20
	中游	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.27	0.28	0.24	0.25	0.25
	上游	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15	0.18	0.15	0.14	0.16	0.15
	平均	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.22	0.22	0.19	0.20	0.20
人居安全	下游	0.06	0.09	0.10	0.12	0.11	0.11	0.10	0.15	0.14	0.14	0.11
	中游	0.15	0.14	0.14	0.13	0.11	0.13	0.13	0.16	0.13	0.15	0.14
	上游	0.13	0.16	0.13	0.12	0.11	0.13	0.11	0.14	0.12	0.14	0.13
	平均	0.11	0.13	0.13	0.12	0.11	0.12	0.12	0.15	0.13	0.14	0.13

上游区域水生生态安全存在较大的威胁。中游区域矿业城市的水生生态安全平均指数为 0.25, 高于下游区域矿业城市的该指数 0.2 和上游区域矿业城市的该指数 0.15。近年来, 上游区域矿业城市无论从平均湿地面积、DO 平均值, 还是  $\text{NH}_3\text{-N}$  平均值, 均低于中游区域和下游区域。具体而言, 上游区域矿业城市平均湿地面积 20.05 万公顷, 低于中下游区域矿业城市的平均湿地面积; 上游区域矿业城市 DO 平均值 8.46、 $\text{NH}_3\text{-N}$  平均值 0.23, 高于中下游区域矿业城市的 DO 平均值和  $\text{NH}_3\text{-N}$  平均值。

上中下游区域矿业城市人居安全状况比较接近。中游区域矿业城市的人居安全指数 0.14, 略高于上游区域矿业城市的 0.13, 且高于下游区域矿业城市的 0.11。其中, 中游区域矿业城市的平均水质达标率和优良水体比例分别为 85.58% 和 81.44%, 处于上中下游区域的中上水平; 上游区域矿业城市的水质达标率 88.91%, 处于上中下游的最优状态, 但优良水体比例仅为 75.84%, 明显低于下游区域矿业城市的 81.22% 和中游区域矿业城市的 81.44%。

#### 四、结论与建议

本文运用熵权法和指标体系综合评价法, 测算了长江经济带矿业城市水生态环境质量综合指数和各维度指数, 分析了不同空间、不同矿种、不同发展阶段的矿业城市水生态环境质量指数的差异性和各维度指数的空间差异性。得出以下主要认识:

首先, 长江经济带上下游区域矿业城市水生态环境问题较严峻。从空间角度来看, 长江经济带中游区域矿业城市水生态环境质量平均综合指数高于上游区域, 上游区域高于下游区域。其中, 下游区域矿业城市平均综合指数低, 主要是受徐州市极低的平均综合指数的影响较大。以上表明, 相比于中游区域矿业城市, 上游区域矿业城市和下游区域的徐州市矿业发展面临更为严峻的水生态环境问题。

其次, 主要矿种不同的矿业城市水生态环境质量状况存在差异。从矿种角度来看, 以煤矿为主要矿种的矿业城市水生态环境质量综合指数低于以金属矿为主要矿种的矿业城市水生态环境质量综合指数。这表明, 以煤矿为主要矿种的矿业城市在煤矿资源开发利用过程中面临更严峻的水生态环境问题, 长江经济带要针对不同种类矿产资源制定差异化的开发战略。

再次, 衰退型矿业城市水生态环境质量状况优于处于其他发展阶段的矿业城市, 而再生型矿业城市水生态环境质量状况差于处于其他发展阶段的矿业城市。从不同发展阶段角度来看, 衰退型和成熟型矿业城市的平均综合指数高于处于其他发展阶段矿业城市的该指数。

最后, 中下游区域矿业城市水环境质量和上游区域矿业城市水生生态安全面临较大的挑战。从各维度指数来看, 上游区域矿业城市的水环境质量指数明显高于中下游区域, 上游区域矿业城市水生生态安全指数明显低于中下游区域, 上中下游矿业城市人居安全指数较接近。这表明, 不同区域矿业城市矿业发展所面临的水生态环境问题存在差异性。

根据党的十九大精神和习近平总书记关于长江经济带“共抓大保护、不搞大开发”的思想内涵, 结合上述研究结论, 提出如下建议:

第一, 适当降低长江上游沿线矿业城市的矿业发展强度。长江经济带上游区域矿业城市的水生态环境质量指数较低, 上游地区的水质对中下游地区有明显的影响, 应重点控制长江经济带上游地区矿业城市的矿业发展强度。以矿业发展为主的上游矿业城市, 要严格控制矿产资源开发利用行为, 禁止煤炭、有色金属、磷矿等资源的无序开发, 优化和规范沿江矿业发展, 降低重化工产业的布局密度, 加强云贵川喀斯特地区、金沙江中下游、嘉陵江流域、沱江流域、乌江中上游、三峡库区等长江上游区域的水土治理与生态修复, 保护水生生态系统, 恢复沿江沿岸湿地。

第二, 长江经济带要限制煤炭资源和非战略性矿产资源的开发。贵州、云南、四川和江苏四省作为长江经济带煤矿较为丰富的区域, 虽然煤矿的开采利用对当地经济发展有一定重要作用, 但从保护长江流域整体生态环境出发, 应严格控制开发强度。同时, 也要逐步减少开发贵州的冶金用砂岩、四川的芒硝等非战略性矿产资源。

第三, 处于不同发展阶段的矿业城市有着不同的主体功能定位, 要结合“治未病”的思想, 预防成长型、成熟型矿业城市面临更加严峻的水生态环境问题。成长型、成熟型、衰退型、再生型矿业城市的发展有一个逐步步入的过程。目前, 衰退型矿业城市面临更优的水生态环境状况, 成熟型矿业城市次之。成长型矿业城市应结合自身城市特色, 学习成熟型、衰退型矿业城市水资源开发利用的经验, 在水资源承载力范围内开发利用矿产资源。再生型矿业城市作为转变经济发展方式的先行区, 可结合自身特色, 借鉴田纳西河、莱茵河等国外相关区域发展经验, 增强城市竞争力。

第四, 必须开发的战略性矿产资源要走绿色矿业道路。长江经济带区域内钨、锡、铀、稀土等国家战略性矿产资源丰富, 这些资源对于保障国家重大安全和经济社会发展有着重大作用, 且尚未寻找到能够完全替代的矿产资源, 因此必须得到开发。对于这类战略性矿产资源, 要坚持生态优先、保护优先的原则, 根据绿色矿山建设标准和条件严格准入。这些矿业城市的国土资源管理部门要把发展绿色矿业、建设绿色矿山的要求贯彻于矿产资源管理的始终, 构建集约、高效、协调的矿山开发格局。

第五, 长江经济带“共抓大保护、不搞大开发”, 不是不发展, 而是要走生态优先、绿色发展的道路。长江经济带矿业城市发展也是如此。要以人为本, 建设生态宜居城市, 走低碳、绿色、循环的发展道路, 提高经济发展质量, 创新发展, 节约资源, 实行严格的环保管理。矿业城市矿产资源基地以及通道的建设, 要充分考虑长江经济带城市化战略格局的需要, 充分考虑农业战略格局和生态安全战略格局的约束; 矿产资源的开发, 要最大限度地保护和修复生态环境, 尽量避免形成新的孤立的居民点。推广和创新环境保护技术、清洁生产技术, 加强尾矿、重金属等的污染防治, 走资源优化利用、循环经济的开发道路。实施最严格的环境管理, 以绿色矿山建设标准严格规范矿产资源勘查、开发利用与保护的各项活动, 严格矿业城市矿产资源开发利用的环境保护准入管理。

#### 参考文献

- [1] 习近平. 在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告 [EB/OL]. <http://cpc.people.com.cn/n1/2017/>

- 1028/c64094-29613660.html 2017-10-28.
- [2] 姚瑞华,王东,孙宏亮,等.长江流域水问题基本态势与防控策略[J].环境保护 2017(19).
- [3] 环境保护部,国家发展改革委,水利部.长江经济带生态环境保护规划[EB/OL].http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/qt/201707/t20170718\_418074.htm 2017-07-18.
- [4] 景普秋,张复明.面向可持续发展的可耗竭资源管理[J].管理世界 2007(7).
- [5] 张复明.资源型区域面临的发展难题及其破解思路[J].中国软科学 2011(6).
- [6] Peng K, C. Luo J, Lou et al. Bioaccumulation of heavy metals by the aquatic plants *Potamogeton pectinatus* L. and *Potamogeton malaianus* Miq. and their potential use for contamination indicators and in wastewater treatment [J]. *Science of the Total Environment* 2008(1).
- [7] 马陶武,朱程,王桂岩,等.铜锈环棱螺对沉积物中重金属的生物积累及其与重金属赋存形态的关系[J].应用生态学报 2010(3).
- [8] 耿海清,杨玖贤,熊伟,等.甘孜州矿产资源开发利用与保护规划对生物多样性的影响[J].生态学杂志 2013(2).
- [9] 陈海波.重金属污染应该怎么看? [N].光明日报 2013-06-15(007).
- [10] 郁达伟,于淼,魏源送,等.1980—2010年温榆河的水环境质量时空演变特征[J].环境科学学报 2012(11).
- [11] 李洪庆,刘黎明,郑菲,等.基于水环境质量控制的高集约化农业景观格局优化研究[J].资源科学 2018(1).
- [12] Silva D, S. E. P. P. P. Lopes S, P. H. Da et al. The impact of channel capture on estuarine hydro-morphodynamics and water quality in the Amazon delta [J]. *Science of the Total Environment* 2018 624.
- [13] Avila R, B. Horn, E. Moriarty, et al. Evaluating statistical model performance in water quality prediction [J]. *Journal of Environmental Management* 2018 206.
- [14] 李名升,张建辉,罗海江,等.“十一五”期间中国化学需氧量减排与水环境质量变化关联分析[J].生态环境学报 2011(3).
- [15] 黄沈发,王敏,杨泽生,黄浦江上游地区水环境质量演变趋势[J].中国人口·资源与环境 2007(2).
- [16] 李忠武,赵新娜,谢更新,等.三峡工程蓄水对洞庭湖水环境质量特征的影响[J].地理研究 2013(11).
- [17] 方琳,吴凤平,张庆海.流域内经济结构性调整对水环境质量的长短期效应分析[J].中国人口·资源与环境 2017(11).
- [18] 孙东琪,张京祥,朱传耿,等.中国生态环境质量变化态势及其空间分异分析[J].地理学报 2012(12).
- [19] 李静怡,王艳慧,吕梁地区生态环境质量与经济贫困的空间耦合特征[J].应用生态学报 2014(6).
- [20] 陈振武,许福美.基于AHP与FUZZY的矿山生态环境综合评价研究[J].科技通报 2017(12).
- [21] 王晓君,吴敬学,蒋和平.中国农村生态环境质量动态评价及未来发展趋势预测[J].自然资源学报 2017(5).
- [22] 阴琨,王业耀.水生态环境质量评价体系研究[J].中国环境监测 2018(1).
- [23] 李璇琼,李永树,卢正.矿产资源开发的重金属污染分布特征研究——以雅砻江流域某铜矿区为例[J].矿产保护与利用 2016(1).
- [24] Zhang C, Q. Qiao J, D. Piper et al. Assessment of heavy metal pollution from a Fe-smelting plant in urban river sediments using environmental magnetic and geochemical methods [J]. *Environmental Pollution* 2011(10).
- [25] Dong C, W. Zhang, H. Ma, et al. A magnetic record of heavy metal pollution in the Yangtze River subaqueous delta [J]. *Science of the Total Environment* 2014 476-478.
- [26] Wang R, J. Cheng, Y. Zhu et al. Evaluation on the coupling coordination of resources and environment carrying capacity in Chinese mining economic zones [J]. *Resources Policy* 2017 53.
- [27] Birch G, F. C. H. Chang J, H. Lee et al. The use of vintage surficial sediment data and sedimentary cores to determine past and future trends in estuarine metal contamination (Sydney estuary, Australia) [J]. *Science of the Total Environment* 2013(5).
- [28] 刘刚,沈镭.能源环境研究的理论、方法及其主要进展[J].地理科学进展 2006(6).

- [29] Wang R, J. Cheng, Y. Zhu et al. Research on diversity of mineral resources carrying capacity in Chinese mining cities [J]. *Resources Policy* 2016 47.
- [30] 王然, 成金华, 王小林. 中国矿业经济区矿产资源保障程度差异性研究 [J]. *中国人口·资源与环境* 2015(12).
- [31] 陈军, 成金华. 中国矿产资源开发利用的环境影响 [J]. *中国人口·资源与环境* 2015(3).
- [32] 高苇, 李永盛. 矿产资源开发利用的环境效应: 空间格局和演化趋势 [J]. *环境经济研究* 2018(1).

## Research on Water Ecological Environment Quality Evaluation of Mining Cities in the Yangtze River Economic Belt from the Perspective of Common Protection

CHENG Jin-hua, WANG Ran

**Abstract:** The quality evaluation index system of the water ecological environment of the mining city is constructed from water environment quality, aquatic ecological safety and human settlement. The difference of the quality index and the regional differences of the index of each dimension were analyzed in the mining cities of different regions, different types of mineral resources and different stages of development. The results show that: (1) water ecological environment of the mining cities in the upper and lower reaches is severe; (2) compared with the mining city with metal ore as the main mineral, mining city with coal mine as the main mineral is facing more severe water ecological environment problem; (3) the quality of the water ecological environment in the mining city of recession type is better than that of other development stages, while the quality of the environment of re-generative mining city is worse than that of other mining cities; (4) water environment quality of the mining city in the middle and lower reaches and aquatic ecological safety of the cities in the upstream region are facing great challenges. According to the requirements for the priority of ecological protection, green development and high quality development advocated by the concept of “common protection and no big development”, different development strategies are formulated for the mining cities of different regions, different types of mines and different stages. In developing the indispensable strategic mineral resources, the road of green mining must be taken and the strict environmental protection management must be carried out. The development of the whole mining city should be people-oriented for the purpose of building the ecological livable city.

**Key words:** Yangtze River economic belt; mining city; water ecological environment; quality evaluation; common protection

(责任编辑 朱 蓓)