

长江经济带磷矿生产行业水污染防治对策研究

高 涵¹, 张文静², 叶维丽²

(1. 生态环境部环境规划院 长江经济带生态环境联合研究中心, 北京 100012;

2. 生态环境部环境规划院 总量控制与排放交易研究中心, 北京 100012)

摘 要: 通过对我国集中在长江经济带的磷矿行业企业开展调查, 分析认为目前普遍存在矿井水不稳定达标排放、在线监测系统不完善、堆场雨污分流不彻底、扬尘治理与生态恢复措施不到位等问题, 对污染防治工作提出巨大挑战。结合磷矿生产行业水污染防治形势及要求, 提出了涉水整治、扬尘生态整治、问题排查执法和行业整合升级等管控对策建议。

关键词: 长江经济带; 总磷; 磷矿; 水污染防治; 矿井水

中图分类号: X754

文献标志码: A

DOI: 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2020.05.003

Water Pollution Control Countermeasures for Phosphorus Ore Production of Yangtze River Economic Zone

GAO Han¹, ZHANG Wenjing², YE Weili²

(1. United Center for Eco-Environment in Yangtze River Economic Belt, Chinese Academy for Environmental Planning, Beijing

100012, China; 2. Research Center for Total Pollution Load Control and Emission Trading, Chinese Academy for

Environmental Planning, Beijing 100012, China)

Abstract: According to the investigation of the phosphorite production enterprises in Yangtze River Economic Zone, the problems were summarized, such as the excessive discharge of the pollutant in the mine water, lagging of the online monitoring system, ineffectiveness separation of rainwater and sewage, weakness in the dust emission treatment and the ecological restoration. Obviously, these problems posed a great challenge for the pollution control. Considering of the water pollution control trends and requirements of the phosphorous ore production, the countermeasures of the sewage treatment, dust and ecology control, examination and enforcement, industrial consolidation and upgrading were proposed.

Keywords: Yangtze River Economic Zone; Total Phosphorous; Phosphorous Ore; Water Pollution Control; Mine Water
CLC number: X754

在长江经济带“共抓大保护、不搞大开发”的总体战略要求下, 长江的水质状况越来越受关注。2016年, 长江经济带总磷超Ⅲ类的断面比例为18.3%, 超过化学需氧量(COD)成为长江经济带地表水首要污染物^[1], 近几年来这一趋势仍未得到根本改善, 2019年长江经济带以总磷定类的超标断面仍有109个^[2]。长江经济带集中了我国大部分磷矿储量与产量, 储量主要分布于上游地区, 以贵州、云南、四川、湖北和湖南等省份为主, 其储量接近全国的80%^[3]; 产量方面, 云、贵、鄂3省占据全国总产量约84%^[1, 4-5]; 企业数量方面, 根据生态环境部

调查数据, 贵州、云南、四川、湖北、湖南、重庆和江苏等7省市共有磷矿生产企业229家^[6]。磷矿开发对长江流域水生态环境质量存在影响, 造成水体富营养化, 引起地下水环境改变, 且开发规模与恶化程度呈负相关性^[7-10]。磷矿生产行业作为“三磷”污染防治中重要的一环, 亟待开展水污染防治与治理, 助力长江经济带水质改善。

1 磷矿生产行业产排污节点及特征

通过对磷矿分布较多的贵州、云南、四川和湖北进行实地调查, 收集了11家具有代表性的

收稿日期: 2019-11-17

作者简介: 高 涵(1993-), 女, 硕士、助理研究员。研究方向: 污染源水污染防治政策。E-mail: gaohan@caep.org.cn

通信作者: 叶维丽(1984-), 女, 硕士、副研究员。研究方向: 排污许可、排放交易等环境经济政策和污染源管理政策研究。

E-mail: yewl@caep.org.cn (通讯作者和上面的对应不一致)

引用格式: 高 涵, 张文静, 叶维丽. 长江经济带磷矿生产行业水污染防治对策研究[J]. 环境保护科学, 2020, 46(5): 14-18.

磷矿生产企业的开采和废水产排情况数据。我国磷矿开采方式分为地下和露天 2 种,其中地下开采磷矿数量占比 60%^[5],贵州、四川和湖北等省份以地下开采磷矿为主,云南省以露天开采磷矿为主。各省磷矿生产规模分布存在差异,其中贵州省大型磷矿占比最高,云南省中型磷矿占比最

高,湖北省小型磷矿占比最高^[11]。磷矿的废水产生量与企业开采规模存在一定关联,但主要受区域地下水及其他地质条件影响;对于露天开采磷矿,其矿坑水量与矿区汇水面积相关。调查磷矿生产企业开采方式、规模、废水产生量和外排水质情况见表 1。

表 1 磷矿生产企业开采方式、规模、废水产生量和外排水质

磷矿企业	开采方式	开采规模/万t·a ⁻¹	废水产生量/m ³ ·d ⁻¹	处理工艺	外排废水总磷浓度/mg·L ⁻¹
贵州1	地下	30	4 800	混凝沉淀	0.03
贵州2	地下	290	27 000	混凝沉淀	0.08
贵州3	地下	100	29 000	混凝沉淀	0.20
四川1	地下	100	300	沉淀	无数据(回用)
四川2	地下	150	0	无	无数据(回用)
四川3	地下	300	100	沉淀	无数据(回用)
云南1	露天	200	3 000	絮凝沉淀	无数据(回用)
云南2	露天	250	4 800	沉淀	无数据(回用)
湖北1	地下	100	15 000	絮凝沉淀	0.14
湖北2	地下	30	5 000	絮凝沉淀	0.10
湖北3	地下	50	1 000	絮凝沉淀	0.06

磷矿开采、运输和堆存现场是磷矿主要产排污节点^[12]。在磷矿开采过程中,凿岩、爆破和运输等操作过程将形成磷矿石粉尘,经由矿井开凿形成的涌水或矿坑中积攒的雨水冲刷,形成受污染的矿井水或矿坑水。在运输和堆存过程中,磷矿石粉尘形成的扬尘经由雨水冲淋进入水体,以悬浮物形式存在。该类废水中主要污染因子来自于磷矿石粉末,具有一定特殊性,总磷、悬浮物浓度偏高,而其他污

染物(COD、氨氮等)基本不存在超标现象。此外,磷矿的选矿工段将产生含有多种杂质的选矿废水和尾矿库渗滤液,污染因子除总磷外,还根据选矿药剂的不同含有 pH、硫、氟化物或其他有机物等。磷矿企业生活区产生的生活污水为含有 COD、氨氮、总氮和总磷等的有机废水,通常不与生产废水一同处理。磷矿生产企业主要产排污节点、污水来源、主要污染物及去向见表 2。

表 2 磷矿生产企业主要产排污节点、污水来源、主要污染物及去向

产排污节点	污水来源	主要污染物	去向
开采采区	矿井水(地下开采磷矿)、矿坑水(露天开采磷矿)	总磷、悬浮物	进入废水收集池,经污水处理设施处理后排放或回用作为降尘喷淋水、地坪冲洗水或生产用水
矿区内部场地及产品、废石运输道路	地坪冲洗水、污染雨水	总磷、悬浮物	
储矿场、排土场	污染雨水	总磷、悬浮物	
选矿工段	选矿废水、尾矿库渗滤液	pH、悬浮物、总磷、硫和氟化物等	部分回用作为磨矿用水,或送污水处理设施处理后回用或排放
矿区生活区、办公区	生活污水等	COD、氨氮、总氮和总磷等	进入市政管网或矿区生活污水处理设施处理排放

总磷是磷矿开采企业特征污染物。虽然磷矿石中的无机含磷化合物在自然状态下几乎不溶于水,但在与环境水体接触过程中仍有溶出特性。磷矿石及废石的磷溶出量受到水相影响,可累加溶出

量,并且与 pH 值呈负相关关系,弱酸性条件下总磷溶出浓度高达 10.00 mg/L,中性和碱性条件下总磷浸出浓度为 0.40 ~ 1.00 mg/L,超过相关排放限值,在酸雨地区可形成点源形式的磷污染^[13-15]。

磷矿的含磷生产废水主要通过多级混凝沉淀处理并过滤后回用或达标排放。地下开采磷矿通常在井下设置一级沉淀池或水仓进行矿井废水预处理,通过在井下水仓和长距离输水沟中自然沉降或架设多层过滤网,利用重力沉降和过滤对废水中悬浮物进行初步分离。磷矿废水处理工艺通常采用混凝沉淀法,通过投加聚合氯化铝和聚丙烯酰胺等絮凝剂形成絮凝物沉降杂质,经沉淀池沉淀、澄清处理后去除。根据调查,企业矿井水总磷含量最高可达 3.00 mg/L,混凝沉淀处理后总磷浓度通常可达 0.20 mg/L 以下。通过沉淀去除磷矿废水中悬浮物是一种管控总磷污染的主要途径。

2 磷矿生产行业水污染防治管控要求

我国磷矿生产行业水污染防治执行《污水综合排放标准(GB8978—1996)》、《矿山生态环境保护

与恢复治理技术规范(HJ651—2013)》和《化工行业绿色矿山建设规范(DZT0303—2018)》等相关标准,此外,国家于“十三五”期间在系列规划中提出了磷矿治理的要求,包括《“十三五”生态环境保护规划》《长江经济带生态环境保护规划》等,并在《长江保护修复攻坚战行动计划》提出长江“三磷”专项排查整治行动的磷矿治理方案。其中,由于《污水综合排放标准(GB8978—1996)》中仅含有磷酸盐指标,国家环保总局发布的《关于<污水综合排放标准>(GB8978—1996)中磷酸盐及其监测方法的通知》(环函[1998]28号)明确了《污水综合排放标准》中污染物项目磷酸盐指总磷,即废水中溶解的、颗粒的、有机磷和无机磷的总和,监测时按《总磷的测定 钼酸铵分光光度法(GB11893—89)》进行,以总磷报告分析数据。我国磷矿生产行业水污染防治管控要求见表3。

表 3 我国磷矿生产行业水污染防治管控要求

相关要求	相关标准	防治管控要求
行业废水排放 管控相关标准 规范要求	《污水综合排放标准 (GB8978—1996)》	执行一级标准(排入Ⅲ类水体)的磷酸盐排放浓度限值0.5 mg·L ⁻¹ 、悬浮物100 mg·L ⁻¹ ;执行二级标准(排入Ⅳ、Ⅴ类水体)的磷酸盐排放限值1 mg·L ⁻¹ 、悬浮物300 mg·L ⁻¹ 。
	《矿山生态环境保护 与恢复治理技术规范 (HJ651—2013)》	充分利用矿井水、选矿废水和尾矿库废水,避免或减少废水外排。矿井水和露天采场内的季节性和临时性积水应在采取沉淀、过滤等措施去除污染物后重复利用。禁止向河流、湖泊、水库等水体及行洪渠道排放岩土、含油垃圾、泥浆、煤渣、煤矸石和其他固体废物。
	《化工行业绿色矿山 建设规范(DZT 0303—2018)》	矿区生产废水、生活污水妥善处置率达到100%,达标排放;生产废水处理后用作生产补充水,减少新水摄取量,生活废水处理后用于减尘、卫生与绿化;建立选矿厂废水循环处理系统,选矿回水利用率100%;矿区实现雨污分流、清污分流,矿区和贮矿场建有雨水截(排)水沟,收集污染地表径流水沉淀处理并达标排放。
国家“十三五” 磷矿治理要求	《“十三五”生态环境 保护规划》	重点开展100家磷矿采选和磷化工企业生产工艺及污水处理设施建设改造。
	《长江经济带生态环 境保护规划》	治理岷江、沱江流域总磷污染。以成都、乐山、眉山、绵阳和德阳等为重点,关闭生产能力小于50万t·a ⁻¹ 的小磷矿。治理乌江、清水江流域总磷污染,以重庆武隆、酉阳、彭水及贵州贵阳、遵义、铜仁、黔东南州为重点,提升区域内磷矿企业的开采和选矿技术水平,提高磷过滤效率和回收率,规范化建设渣场和尾矿库并严格监管。治理长江干流宜昌段总磷污染,以宜昌市的磷肥制造、磷矿开采等行业为重点,开展工业集中治理,加强宜昌夷陵区、远安县等地区磷矿的尾矿管理,严防尾矿库不达标废水进入地表水体,彻底整治尾矿库危库、险库,严肃查处未按要求治理或未经批准擅自回采尾矿的磷矿企业。
长江“三磷”专 项排查整治行 动要求	《长江保护修复攻坚 战行动计划》	推进“三磷”综合整治,以湖北、四川、贵州、云南、湖南和重庆等省市为主,开展磷矿、磷肥和含磷农药制造等磷化工企业、磷石膏库的专项排查整治行动。
	《长江“三磷”专项 排查整治行动工作 方案》及《长江“三 磷”专项排查整治行 动实施方案》	以湖北、四川、贵州、云南、湖南、重庆和江苏等7省市为重点,对“三磷”企业开展排查整治专项行动,2019年完成排查并建立问题清单,制定实施限期整改方案;2020年,基本完成“三磷”整治任务,推动各地建立长效治理机制,有效缓解长江总磷污染。对于磷矿企业,存在外排矿井水的应重点排查是否建成矿井水处理设施并达标排放;重点排查是否有效控制矿区扬尘,是否按规定实施矿山生态恢复措施。2019年年底,磷矿企业建厂外排矿井水处理设施并达标排放;2020年6月底前,磷矿企业完成全部整治任务。

3 磷矿生产行业污染防治问题

3.1 地下开采磷矿矿井涌水水量不稳定, 达标排放受影响

露天开采磷矿因需露天作业且地表剥离面积大, 其扬尘和生态恢复问题相对突出, 大部分矿坑水在沉淀处理后均用于场区降尘或绿化灌溉, 耗水量较大, 因此总体上超标排放问题不突出。而地下开采磷矿的矿井涌水量受矿山所在地理环境影响较大, 随开采深度、降水条件变化易出现不稳定的激增, 磷矿企业极易出现废水沉淀时间不足、处理能力不够、处理效果差、无法稳定达标排放的情况, 调查中部分磷矿生产企业实际涌水量超过设计涌水量达2倍多, 污水处理能力远不能满足处理需求, 超标问题普遍。

3.2 总磷在线监测系统不完善, 监管存在盲点

总磷是磷矿行业的特征污染物, 但目前并无文件明确要求磷矿生产企业安装总磷在线监测设备, 磷矿企业中总磷在线监测未能实现全覆盖。加之磷矿开采企业废水排放量不稳定, 污水处理效果不理想, 难以监控磷矿生产企业废水稳定达标排放情况。

3.3 贮矿场、排土场雨污分流不彻底, 污染雨水难以应收尽收

在污染防治工作中, 企业往往对于贮矿场、排土场的扬尘防控措施较为重视, 但忽略了贮矿场、排土场的雨污分流措施建设。露天堆放磷矿的矿山在降雨期间汇入河流的径流中总磷含量是非雨期间的20倍以上^[16-17]。进入贮矿场、排土场的受污染雨水若无排水沟收集引流, 极易随地势流出厂界或进入附近水体, 直接造成水环境污染。

3.4 扬尘和生态恢复措施不到位

磷矿生产行业废水中总磷主要来自于涌水、雨水或冲洗水携带进入水体的磷矿石粉尘, 磷矿生产、运输和堆存现场的扬尘控制和生态恢复同样是总磷污染防治中重要措施。但由于露天开采磷矿的采区暴露面积大, 且钻孔、爆破、挖掘和运输等操作均易产生扬尘, 控制难度大。此外, 由于使用完毕的采区和排土场生态恢复比例低, 我国矿山复垦率仅15%^[18], 水土流失或扬尘问题导致的总磷污染问题也相对突出。

4 管控对策建议

4.1 以废水、扬尘和生态恢复为三大要点开展磷矿生产企业排查

地方相关管理部门或企业应开展磷矿生产企业总磷污染防治情况排查。其中磷矿涉水排查要点为“一收二建三运四排”, 包括矿区废水是否完全收集、外排水企业是否建成污水处理设施、污水处理设施是否正常运行、外排水是否达到排放标准; 扬尘排查要点为“一采二运三堆”, 包括采矿扬尘是否得到控制、矿石及废土运输扬尘是否得到有效控制以及堆存扬尘是否得到控制。

4.2 开展涉水问题规范化整治及污染防治能力提升

强化磷矿生产企业污水处理规模及事故应急池建设。以地下开采磷矿为重点, 加大井下废水收集池容量, 预留汛期或突发涌水期间的应急污水处理能力, 使其部分加强沉淀作用, 在保证安全生产的同时稳定外排水质量。

完善自动监测设备建设。以重点排污单位为重点, 逐一核查外排水自动监测设备的建设和运行情况, 尽快安装上线并与当地生态环境主管部门联网。

因地制宜开展雨污分流建设。磷矿或废石应进行集中堆放。堆场上方已建设防雨棚或其他半封闭结构的, 应在堆场周围建设截洪沟, 防止雨水流入堆场, 清洁雨水在截流后可直接排放; 堆场未建设防雨棚或其他半封闭结构的, 应在堆场周围建设排水沟, 尤其是在地势较低的一侧修筑围堰等拦水排水设施, 防止淋滤水或污染雨水未经收集处理直排进入环境水体。

4.3 推进磷矿生产企业积极开展扬尘控制和生态恢复

强化企业“一台账一方案”管理, 建立喷淋降尘台账, 按照生产规模和厂区需要铺设喷淋管线、设置洒水车进行降尘; 编制矿山生态环境保护与恢复治理方案, 重点编制排土场、露天采场、尾矿库、矿区专用道路和矿山工业场地的生态恢复计划, 并要求企业依照实施。

4.4 推进磷矿生产企业能力提升和整合升级

强化磷矿生产企业环境问题源头管控。对于

企业,应加强磷矿生产企业产排污节点的废水、废气收集处理,强化厂区精细化管理水平,降低环境风险;对于地方生态环境主管部门,应按照国家 and 地方相关标准规范严格抓落实,强化企业涉水、涉气达标排放监管,推进生态恢复措施,提高磷矿生产企业整体环保意识和水平。

推进小、散磷矿企业整合升级。我国大型磷矿生产企业已形成一定规模,且集团内产业链条完整,资源及副产物有效利用率高,环保投入高,具备精细化管理能力。但我国仍存在部分生产规模小且分布分散的磷矿企业,其采矿技术、装备机械化水平、管理水平、资源回收和综合利用率与先进水平存在差距,甚至存在一定程度的安全隐患,其环保能力较难提升。建议对于已有采矿权的小磷矿,优化资源配置,提升单个矿山规模;对于分散的磷矿,将矿区内具有探矿权的矿山进行整合,以大并小,以强并弱,连片提升磷矿企业管理能力;对于区域内磷矿行业普遍存在的小、散问题,行产业集聚之路,由生产环保经验丰富的大集团或企业引领带头,同时提升新建企业准入门槛,整体提升管控能力水平。

参考文献

- [1] 续衍雪,吴熙,路瑞,等.长江经济带总磷污染状况与对策建议[J].中国环境管理,2018,10(1):70-74.
- [2] 生态环境部.生态环境部2020年1月例行新闻发布会实录[EB/OL].(2020-01-17)[2020-02-08].http://www.mee.gov.cn/xxgk/2018/xxgk/xxgk15/202001/t20200117_760049.html,2020.
- [3] 中国化学矿业协会.我国重要化工矿产国土资源调查评价需求分析研究[R].北京:国土资源经济研究院,2010.
- [4] 靳利飞,周海东.中国磷矿资源开发利用形势分析及可持续发展对策研究[J].中国人口·资源与环境,2016,26(S1):417-420.
- [5] 魏鹏.我国磷矿分布特点及主要开采技术[J].武汉工程大学学报,2011,33(2):108-110.
- [6] 中国日报.长江经济带“三磷”专项排查取得阶段成果[N/OL].(2019-08-21)[2020-03-08].<https://cn.chinadaily.com.cn/a/201908/21/WS5d5cbdc1a31099ab995dabe1.html>.
- [7] 曾鹏,徐优夫.我国矿产资源开发中水环境保护的现状 & 完善——以湖北宜昌磷矿开发与水环境保护为例[J].三峡大学学报(人文社会科学版),2017,39(4):74-77.
- [8] 杜春丽,黄曼,洪诗佳.我国磷矿资源开发利用研究综述[J].中国国土资源经济,2019,32(4):32-38.
- [9] 张金林,王维,廖明政.宜昌市主要矿山地质环境问题及治理措施与成效[J].科技资讯,2018,16(27):46-49.
- [10] 李贵仁,赵珍.矿山开采对区域地下水环境的影响及防治措施探讨[J].地下水,2019,41(1):130-131.
- [11] 李英华.我国主要磷矿、硫铁矿集中开采区水土污染现状分析[J].化工矿产地质,2018,40(4):241-246.
- [12] 王奕辰,商朋强.中国磷矿矿山地质环境研究进展[J].化工矿产地质,2019,41(3):171-175.
- [13] 梁冰,谭晓引,姜利国,等.树空坪矿区磷矿废石磷素的浸出特性[J].环境工程学报,2016,10(12):7249-7254.
- [14] 张梦舟,徐曾和,梁冰.香溪河流域磷矿废渣堆垒体磷素释放量预测[J].环境化学,2016,35(7):1390-1397.
- [15] 姜利国,尹成薇,梁冰.环境pH对香溪河流域磷矿废石释磷特性的影响[J].环境工程学报,2016,10(5):2674-2680.
- [16] 任红岗,赵旭林,王海军,等.宜昌磷矿采矿活动对黄柏河东支水环境影响及对策[J].有色金属(矿山部分),2018,70(1):90-95.
- [17] 邹莲花,王赣江,葛鑫.金属矿山固体废物的鉴别与处置方法探讨[J].有色冶金设计与研究,2007,28(2/3):50-54.
- [18] 张进.我国矿区复垦率15%远低于国际水平[J].西部资源,2014(5):54.