

铅冶炼行业清洁生产评价指标体系

(征求意见稿)

编制说明

《铅冶炼行业清洁生产评价指标体系》编制组
二零二二年七月

目 录

1 前言.....	1
2 编制过程.....	3
3 适用范围.....	4
4 指标体系编制指导思想	4
5 编制方法和技术路线	4
6 铅冶炼行业现状.....	7
7 评价指标体系.....	27
8 评价指标体系实施的可行性分析	46
9 评价指标体系实施的污染减排潜力分析	46
附件一 标准征求意见情况汇总处理表	47
附件二 《铅冶炼行业清洁生产评价指标体系》意见分类汇总情况.....	52
附件三 标准报批审议会专家意见汇总	60
附件四 企业试算.....	61
附件五 部委征求意见情况汇总处理表	74

1 前言

1.1 指标体系编制背景

《清洁生产评价指标体系制（修）订计划（第一批）》（国家发改委、生态环境部、工业和信息化部公告 2014 年第 16 号公告）公布以来，计划任务基本完成。按照中央编办要求，为加快清洁生产评价指标体系修编整合工作，指导重点行业推行清洁生产，国家发改委会同生态环境部、工业和信息化部制定了《清洁生产评价指标体系制（修）订计划（第二批）》（国家发改委、生态环境部、工业和信息化部公告 2016 年第 8 号公告），其中包含了铅冶炼行业清洁生产评价指标体系的编制计划。

根据项目技术服务合同书，本标准制（修）订承担单位：矿冶科技集团有限公司、中国环境科学研究院、广西南丹南方金属有限公司、北京高能时代环境技术股份有限公司、北京轩昂环保科技股份有限公司、河南豫光金铅集团有限责任公司、河北圣洁环境生物科技工程有限公司、宁波太极环保设备有限公司。项目组接到任务后，项目组组织制订指标体系编制工作计划，在现场调研、征求企业意见的基础上，开展指标体系编制工作。

1.2 指标体系编制的必要性与紧迫性

1.2.1 对铅冶炼企业实施清洁生产提供有力的支持和指导

清洁生产是工业污染防治的最佳模式，是转变经济增长方式的重要举措，也是实现工业可持续发展的必由之路。搞好清洁生产就能最终实现经济效益和环境效益的统一，为实现循环经济提供基础，对实现我国铅冶炼行业可持续发展具有重要作用。

作为抽象理念被接受的清洁生产同可进入操作层的清洁生产之间依然有着很大的距离。因此，推行清洁生产，首先需要解决的一个问题就是：清洁生产的状态和清洁生产程度的评价指标以及如何通过这些指标来评估目前清洁生产状况和未来拟采取的清洁生产方案。

为此，建立起一套比较完整的铅冶炼行业清洁生产评价体系，将对铅冶炼生产企业实施清洁生产提供有力的支持和指导。

1.2.2 为政府主管部门提供对铅冶炼行业的清洁生产管理手段

政府主管部门需了解铅冶炼行业清洁生产水平状况、评估铅冶炼企业清洁生产绩效、设置铅冶炼行业节能减排导向目标；以及需要制定铅冶炼产业发展政策，促进铅冶炼行业实施清洁生产，进而规范和指导铅冶炼行业清洁生产持续有效地向前发展，在铅冶炼企业中建立并形成长期有效的清洁生产机制。因此需要尽快编制和出台《铅冶炼行业清洁生产评价指标体系》，为政府主管部门提供对铅冶炼行业实施清洁生产的有效管理工具和评价手段。

1.2.3 铅冶炼行业节能减排存在巨大压力

铅是十大有色金属之一，铅冶炼行业在国民经济发展中占有重要的地位。在为国民经济发展做出重大经济贡献的同时，也大量地消耗着国内外资源与能源，向铅冶炼企业周边环境

排放大量的污染物。为推动铅冶炼企业实施清洁生产，持续减少资源与能源消耗、减少污染物的产生与排放就成为紧迫的任务。如何判断铅冶炼企业清洁生产水平，如何判断铅冶炼企业清洁生产方面存在的潜力和机会，如何推动铅冶炼企业自觉实施清洁生产，迫切需要由国家政府主管部门出台一部《铅冶炼行业清洁生产评价指标体系》，提出导向目标，规范铅冶炼企业行为，引领铅冶炼企业实施清洁生产。

采用清洁生产技术可彻底解决我国铅冶炼行业的环境污染问题，可以起着短期强制性行政措施所起不到的作用。而铅冶炼行业清洁生产评价指标体系的建立，将在全行业内推动清洁生产的顺利开展，使铅冶炼行业的生产过程朝清洁、标准和规范化迈进。这将大大有利于从源头上减少污染物的排放，减轻环境污染，提高环境质量，以促进铅冶炼行业可持续发展，意义非常重大。

1.2.4 指标体系修订的迫切性

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国清洁生产促进法》等法律法规的要求，国家发展和改革委员会、生态环境部先后发布了《铅锌行业清洁生产评价指标体系（试行）》（2007年4月）、《清洁生产标准 粗铅冶炼业》（HJ 512-2009）、《清洁生产标准 铅电解业》（HJ 513-2009）等，对降低铅冶炼行业资源、能源消耗，削减污染物排放强度，提高行业清洁生产水平，促进铅冶炼行业可持续、健康发展起了重要的作用。

2007年以来，国家和地方出台了一批新的法律、法规、污染防治政策，需结合这些政策修订原指标体系；同时，随着我国铅冶炼行业不断发展壮大，落后产能大批淘汰，行业平均技术水平快速提高，技术、装备研发的成果也越来越多，这些技术、装备的研发、推广和应用，大幅提高了整个行业的工艺技术指标，“原标准体系”已经不能满足铅冶炼行业发展的需要。

根据2007年发布的原指标体系中的建议条款，指标体系修订周期为3~5年。伴随着铅冶炼行业发展现状，环境压力持续加大。目前，一批大型铅冶炼企业已经建成或正在建设中，亟需修订原有的“评价基准值”，为新建企业建设和现有企业发展提供技术指导。指导新建企业或项目在工程设计、施工、投产阶段就要达到国内铅冶炼行业清洁生产先进水平，从而在项目投产运行的起始阶段就能满足节能、降耗、减污、增效的清洁生产要求。针对现有铅冶炼企业清洁生产方面存在的问题，从定量和定性指标两个方面提出清洁生产改进的方向，以引导铅冶炼企业有效实施清洁生产，不断减少资源与能源消耗，减少污染物的产生与排放，提升清洁生产水平，促进企业的持续、有效、健康发展。新修订的指标体系将由国家发展和改革委员会、生态环境部和工业和信息化部统一发布。

1.3 指标体系编制的主要依据

(1) 2007年4月，国家发展改革委2007年第24号公告，《铅锌行业清洁生产评价指标体系（试行）》，北京矿冶研究总院起草。

(2) 2009年11月13日生态环境部发布，《清洁生产标准 粗铅冶炼业》(HJ 512-2009)。

(3) 2009年11月13日生态环境部发布,《清洁生产标准 铅电解业》(HJ 513-2009)。

(4) 2012年1月,生态环境部2012年第4号公告,《铅冶炼污染防治最佳可行性技术指南(试行)》(HJ-BAT-7)。

(5) 2013年6月5日,国家发展和改革委员会、生态环境部、工业和信息化部第33号公告,《清洁生产评价指标体系编制通则》(试行稿),中国标准化研究院、中国环境科学研究院起草。

(6) 2016年4月8日,国家发展和改革委员会、生态环境部、工业和信息化部第8号公告,《清洁生产评价指标体系制(修)订计划(第二批)》。

(7) 2020年2月28日,《铅锌行业规范条件》(工业和信息化部2020年第7号公告)。

2 编制过程

2016年4月矿冶科技集团有限公司、中国环境科学研究院、广西南丹南方金属有限公司、北京高能时代环境技术股份有限公司、北京轩昂环保科技股份有限公司、河南豫光金铅集团有限责任公司、河北圣洁环境生物科技工程有限公司、宁波太极环保设备有限公司共同承担了《铅冶炼行业清洁生产评价指标体系》的编制工作,成立了铅冶炼行业清洁生产评价指标体系编制课题组,根据《清洁生产评价指标体系编制通则》(试行稿),制定了铅冶炼行业清洁生产评价指标体系的工作计划。按照工作计划,课题组首先进行了铅冶炼行业清洁生产相关资料收集,国家法律法规、相关产业政策与标准等文件研究,启动指标体系编制工作。

在2016年5月~2016年6月,课题组按工作计划进行了铅冶炼行业清洁生产评价指标体系调研阶段的工作,对广西南丹南方金属有限公司、河南豫光金铅集团有限责任公司等企业进行了调研,并对国内外铅冶炼企业清洁生产情况进行了分析,同时聘请了铅冶炼行业的专家进行技术指导,于2016年6月下旬完成了指标体系草稿及修订说明。

在2016年7月~2016年8月,课题组按工作计划进行了铅冶炼行业清洁生产评价指标体系资料梳理研讨、编制阶段,对国内外铅冶炼企业清洁生产进展情况进行了分析,同时聘请了铅冶炼行业的专家进行技术指导,于2016年8月中旬完成了指标体系开题报告、初稿及编制说明的编制工作。

2016年8月26日召开《铅冶炼行业清洁生产评价指标体系》开题论证会,对项目开题报告、初稿及编制说明征求专家意见;根据专家意见对标准的初稿进行了认真修改,并进一步对相关代表性企业进行了现场调研工作,收集了大量现场资料,在此基础上编制完成了《铅冶炼行业清洁生产评价指标体系》(征求意见稿)及修订说明。

2017年12月18日召开了《铅冶炼行业清洁生产评价指标体系》(征求意见稿)的专家咨询会。与会专家对征求意见稿进行了质询并提出了专家意见,工作组对专家意见进行了认真修改并完善了《铅冶炼行业清洁生产评价指标体系》(征求意见稿)。

2019年10月24日召开了《铅冶炼行业清洁生产评价指标体系》(送审稿)的专家咨询会。与会专家对送审稿进行了质询并提出了专家意见,工作组对专家意见进行了认真修改并

完善了《铅冶炼行业清洁生产评价指标体系》（送审稿）。

2020年12月至今，生态环境部相关部门（包括生态环境部科技与财务司、生态环境部气候司等）对本标准提出了相关修改意见，工作组对提出的意见进行了认真修改并完善了《铅冶炼行业清洁生产评价指标体系》（报批稿）。

3 适用范围

本指标体系规定了铅冶炼生产企业清洁生产的一般要求。本指标体系将清洁生产指标分为八类，即生产工艺及装备指标、能源消耗指标、水资源消耗指标、资源综合利用指标、污染物产生与排放指标、温室气体排放指标、产品特征指标、清洁生产管理指标。

本指标体系适用于铅冶炼生产企业的清洁生产审核、清洁生产潜力与机会的判断、清洁生产绩效评定和清洁生产绩效公告制度，也适用于环境影响评价、排污许可证、环保领跑者等管理制度。

本指标体系不适用于再生铅冶炼生产企业。

4 指标体系编制指导思想

本指标体系遵循“科学、合理、易操作”的原则进行编制。指标体系的编制体现了产品生命周期分析、生产全过程预防控制和源头削减的思想。本指标体系框架及定量、定性指标内容的确定，充分依据现行的产业政策及节能减排政策，并充分考虑了国内外已有的清洁生产技术成果和成功的清洁生产管理经验、铅冶炼行业未来的发展趋势等信息内容。指标体系中指标的选取考虑了铅冶炼生产特点和指标的典型性、代表性、统计指标数据容易获得等因素，使编制的指标体系具有可操作性。

5 编制方法和技术路线

5.1 编制方法

本指标体系在编制过程中具体采用了以下方法：

（1）资料收集法

为编制本指标体系，项目组先后收集了国家《产业结构调整指导目录》、《铅锌行业规范条件》、《铅冶炼污染防治最佳可行技术指南（试行）》、现行的铅冶炼行业清洁生产标准、铅锌行业清洁生产评价指标体系、铅冶炼产排污系数等大量资料，并将其作为编制本指标体系的支撑性资料。

（2）标准框架法

针对铅冶炼行业工艺流程特点，根据《清洁生产评价指标体系编制通则（试行稿）》、国家清洁生产与循环经济研究中心《我国清洁生产技术规范整合研究报告》等有关编制要求，确定了本指标体系框架。

（3）现场调研法

赴不同规模铅冶炼企业进行现场调研，详细了解铅冶炼工艺流程、关键生产技术和装备的研发应用情况以及主要工艺参数和污染物指标水平。

（4）指标值确定法

定量指标的值主要根据国家《产业结构调整指导目录》、《铅锌行业规范条件》、《铅冶炼污染防治最佳可行技术指南（试行）》、现行的铅冶炼行业清洁生产标准、指标体系以及现场调查的成果来确定。

定性指标的内容主要根据有关文件、技术规范对铅冶炼企业清洁生产审核的管理要求来设定。

（5）专家评审法

组织铅冶炼专家对指标体系意见进行调研，提出修改完善意见。

5.2 编制技术路线

本指标体系的制订严格按照《清洁生产评价指标体系编制通则》（试行稿），遵循生命周期分析的方法确定八个方面的指标，即生产工艺及装备指标、能源消耗指标、水资源消耗指标、资源综合利用指标、污染物产生与排放指标、温室气体排放指标、产品特征指标、清洁生产管理指标。立足行业特征和企业实际，根据国家颁布的清洁生产促进法、环境保护法等法律法规，以及有关清洁生产、环境保护的标准和规范，参照国内外先进经验，将行业发展和环保法规有机地结合，通过对企业生产环节提出要求，实现环境保护和可持续发展的协调统一。评价指标体系编制技术路线见图 1。

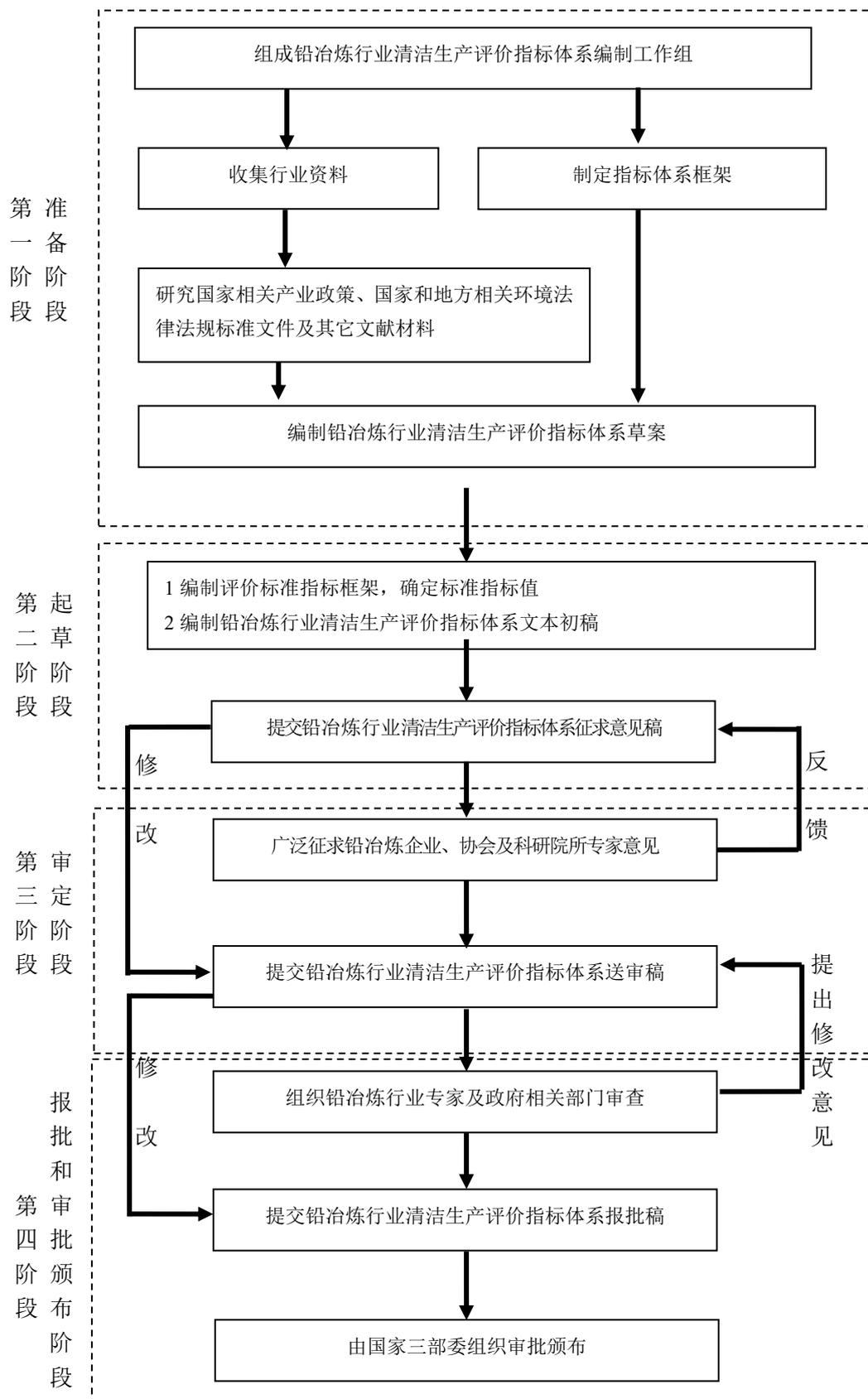


图 1 铅冶炼行业清洁生产评价指标体系编制技术路线图

6 铅冶炼行业现状

6.1 铅冶炼行业在国民经济中的重要地位

中国由于近 20 多年来经济高速增长，铅锌冶炼工业也得到迅速发展，铅连续多年产量位居世界第一。铅是最软的重金属，目前铅最大的用处是制成铅蓄电池、颜料、油漆、光学仪器、原子能工业及 X 射线仪器设备的防护材料。从我国及世界的铅冶炼发展趋势上看，传统的烧结鼓风工艺已逐步被淘汰，直接炼铅工艺将得以发展。铅是十大有色金属之一，铅冶炼行业在国民经济发展中占有重要的地位，铅已成为我国的有色金属优势资源之一。

中国是铅锌资源十分丰富的国家，铅锌资源总量居世界第二位。丰富的资源为中国铅冶炼工业的发展提供了良好的基础，经过多年的发展，我国铅冶炼工业取得了长足的进展，铅产量逐年攀升，并在国际市场上逐渐占据龙头地位。2017 年 1-7 月中国铅产量为 295.3 万吨，同比增长 6.1%；2016 年中国铅产量为 466.5 万吨，同比增长 5.7%，2016 年全球铅总产量为 1152 万吨，我国铅产量占全球产量的 40.5%。2016 年全国铅产业排名前 10 的省份有河南、湖南、湖北、云南、江西、江苏、广西、辽宁、内蒙和广东，10 个省份铅产量 369.9 万吨，占全国总产量的 79.3%。从整体说，铅冶炼已完全融合到相关产业领域中，成为国民经济不可或缺的重要组成部分。

6.2 铅冶炼行业发展历程

我国铅冶炼行业从 60 年代至今，共经历了四次发展：从 1968 年至 2003 年，铅冶炼以烧结锅-鼓风机工艺为主导工艺，企业多为小规模发展，生产过程以人工生产为主，二氧化硫直接通过烟囱排放，硫利用率为零，污染较大；从 1993 年至 2009 年，以烧结机-鼓风机工艺为主导工艺，制酸采用一转一吸非稳态制酸，企业达到了大规模机械化生产的程度，如豫光金铅达到年产粗铅 25000 吨~55000 吨，二氧化硫制酸后尾气吸收治理，硫综合利用率达 88~92%，年产硫酸 4 万吨；从 2000 年至今，富氧熔池熔炼-鼓风炉的工艺逐步取代传统的烧结机-鼓风机工艺，制酸采用“二转二吸”稳态制酸工艺，企业生产达到了自动控制和高效连续规模生产，二氧化硫制酸尾气吸收治理后达标排放，硫利用率达 97~99%，如豫光金铅达到年产粗铅 65000 吨~185000 吨，年产硫酸 14 万吨、蒸汽 16 万吨，吨铅节标煤 168kg；从 2008 年至今，富氧熔池熔炼-液态高铅渣直接还原工艺渐渐成为最先进的炼铅工艺，制酸采用“二转二吸”稳态制酸工艺，企业生产达到了自动控制和高效连续规模生产，二氧化硫制酸尾气吸收治理后达标排放，硫利用率 97~99%，各项指标比起前述工艺更清洁。

6.3 中国铅冶炼清洁生产技术发展现状

经过近年来的快速发展，铅冶炼的生产的工艺技术和装备不断改进，各项工艺指标均有不同程度的提高。

粗铅冶炼方面，近年来，我国建设的铅冶炼项目大多以富氧熔炼炼铅工艺为主，一些大中型冶炼企业也多建设富氧炼铅系统，对原有的传统冶炼工艺进行替代。此外，国外引进的

铅冶炼技术也得到逐步应用。如株州冶炼厂、江铜九江冶炼厂等引进基夫塞特炉、云南曲靖有色基地引进 ISA（艾萨法）、西部矿业有限责任公司引进卡尔多炉等。部分国内设计院与企业合作，在富氧底吹-鼓风机技术基础上开发了液态高铅渣直接还原技术，如河南豫光金铅公司开发的 YGL 冶炼法（底吹还原炉）、北京矿冶研究总院和河南济源市金利公司开发的氧气底吹熔炼-侧吹还原联合技术。火法炼铅和硫酸铅渣湿法炼铅工艺等技术进步，进一步降低产品的综合能耗，同时减少污染物排放，把我国铅冶炼技术提高到一个新水平。

粗铅精炼方面，目前世界上大部分西方国家粗铅采用火法精炼工艺，世界上仅我国、日本和加拿大采用粗铅电解精炼工艺，我国的粗铅精炼基本上全部采用火法初步精炼除铜—湿法电解工艺。与近年来工艺、装备上均取得长足发展的粗铅冶炼不同的是，一直以来，国内铅电解精炼工艺本身发展变化不大，但设备机械化和自动化程度发生了一些显著变革，提高了劳动生产率，减轻了劳动强度，改善了劳动条件，但在能效、污染控制、自动化控制与成套装备方面与国外仍有较大差距。

6.3.1 中国铅冶炼主要清洁生产工艺与技术水平

6.3.1.1 粗铅冶炼工艺

目前世界上粗铅的生产方法主要采用火法工艺，火法炼铅可分为传统炼铅法和直接炼铅法。

粗铅的生产方法中湿法炼铅工艺工业化生产实例仅有硫酸铅渣湿法炼铅工艺，即 2016 年 7 月 28 日世界上首个硫湿法炼铅工程化项目—祥云飞龙硫酸铅渣湿法处理资源化循环利用示范项目投产。

（1）火法炼铅工艺

1) 传统炼铅法

包括烧结—鼓风机熔炼法、电炉熔炼法等。根据《产业结构调整指导目录》的要求，烧结—鼓风机法属于淘汰的炼铅工艺，但仍有企业采用高能耗、高污染的传统工艺（烧结—鼓风机法）进行生产，其中包括国家明令要求淘汰的能耗高、污染大的烧结锅炼铅等工艺。另外我国部分企业仍以烧结—密闭鼓风机工艺进行生产。

我国采用该工艺的烧结设备主要有烧结机、烧结锅和烧结盘，还原设备主要是鼓风机。硫化铅精矿采用烧结机脱硫烧结后，烧结块送鼓风机进行还原熔炼，大量的返粉返回烧结配料工序；鼓风机渣进烟化炉回收锌，烟化炉渣水淬后排放。

该工艺简单、生产稳定、金属直收率高；但返料循环量大、烟气含尘量高、劳动条件差、铅尘排放量较大，烧结机烟气含二氧化硫浓度低、烟气二氧化硫浓度一般为 3%-4%，无法采用“二转二吸”工艺制酸，因此硫利用率低，烟气污染严重。若采用烧结锅和烧结盘烧结脱硫，烟风量较难控制，烟气二氧化硫浓度低，无法制酸，而其他烟气处理方法成本较高，难度大，因此只能直接排放，对大气环境造成严重污染。部分企业对烧结机烟气采用低浓度制酸技术制酸（WAS 法和非稳态制酸法），回收其中的二氧化硫，对于非稳态制酸工艺，制酸尾气需经吸收处理方可达标排放。该工艺能耗较直接炼铅工艺高。因此烧结—鼓风机炼铅

法属于高能耗、高污染的传统炼铅工艺，属于淘汰工艺；《有色金属产业调整和振兴规划》提出“按期完成淘汰烧结锅炼铅产能、逐步淘汰能耗高、污染重的落后烧结机铅冶炼产能。”此种炼铅设备系国家明令禁止的落后生产工艺和设备。传统烧结—鼓风炉炼铅工艺流程图见图2。

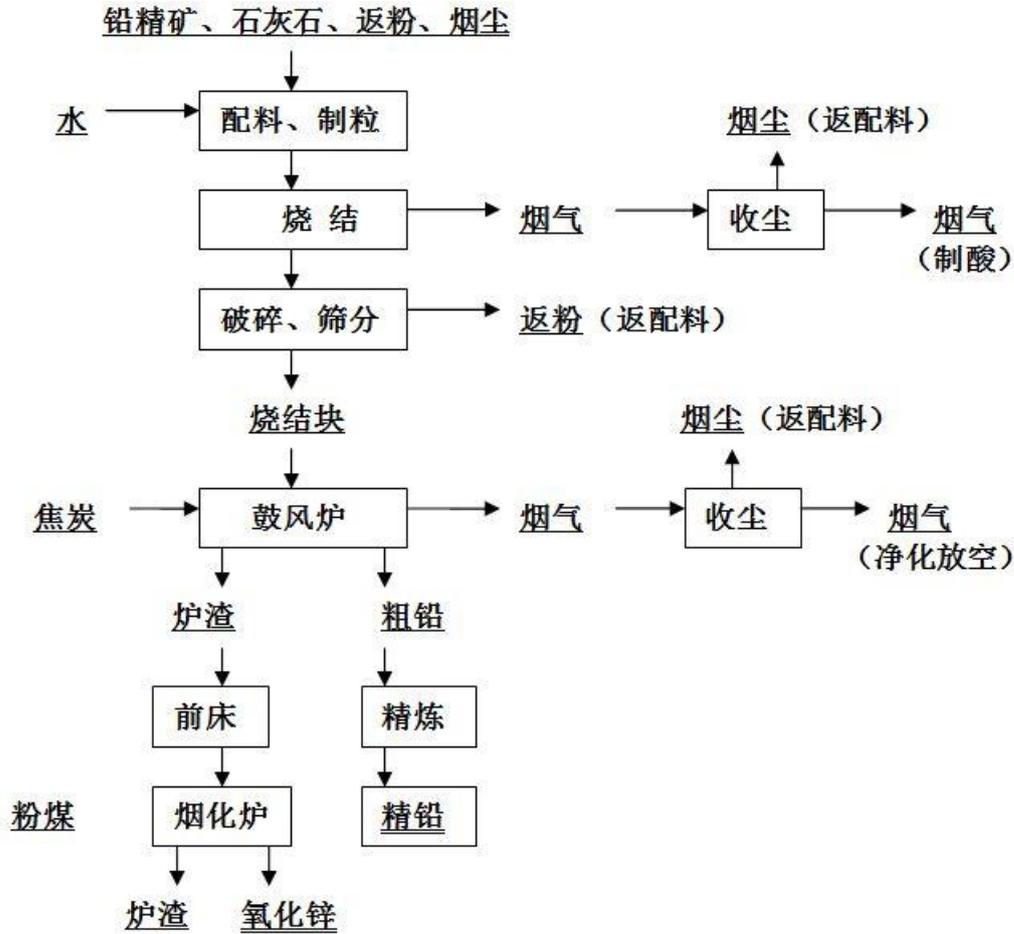


图2 传统烧结—鼓风炉炼铅工艺流程图

2) 直接炼铅工艺

近年来，我国建设的铅冶炼项目大多以直接炼铅工艺为主，一些大中型冶炼企业也多建设直接炼铅系统，对原有的传统冶炼工艺进行改造。与传统的烧结—鼓风炉熔炼法相比，直接炼铅法具有流程短，自动化水平高，设备紧凑、占地面积少，烟气二氧化硫浓度高，自热熔炼能耗低，铅、锌、硫回收率高，环保和劳动卫生水平条件好等优点。

我国采用的直接炼铅法包括富氧底吹/侧吹/顶吹熔炼+熔融高铅渣直接还原法、富氧闪速熔炼法等直接炼铅工艺、富氧底吹炉+鼓风炉、富氧顶吹炉+鼓风炉等炼铅工艺等。目前，株洲冶炼厂采用基夫赛特法炼铅，西北冶炼厂采用氧气底吹炼铅法炼铅，但未达到理想状态，现已停产。国内目前直接炼铅法采用较多的是富氧底吹—鼓风炉炼铅工艺和富氧顶吹熔炼法。

①富氧底吹—鼓风炉炼铅工艺

富氧底吹—鼓风炉炼铅工艺是我国具有自主知识产权的先进工艺。目前已建成和在建

项目产能已接近我国铅总产能的 40%。

铅精矿、铅烟尘、熔剂及少量粉煤经计量、配料、制粒后，由炉子上方的加料口加入炉内，工业氧气从炉底的氧枪喷入熔池，氧气进入熔池后，首先和铅液接触反应，生成氧化铅，其中一部分氧化铅在激烈的搅动状态下和位于熔池上部的硫化铅进行交互反应生一次粗铅、氧化铅和二氧化硫；所生成的一次粗铅和铅氧化渣沉淀分离后，粗铅虹吸或直接放出，铅氧化渣则由铸锭机铸块后，送往鼓风机还原熔炼，产出二次粗铅。氧化熔炼产生的二氧化硫烟气经余热锅炉和电收尘器后送硫酸车间制酸。氧气底吹熔炼—鼓风机还原炼铅工艺流程图见图 3。

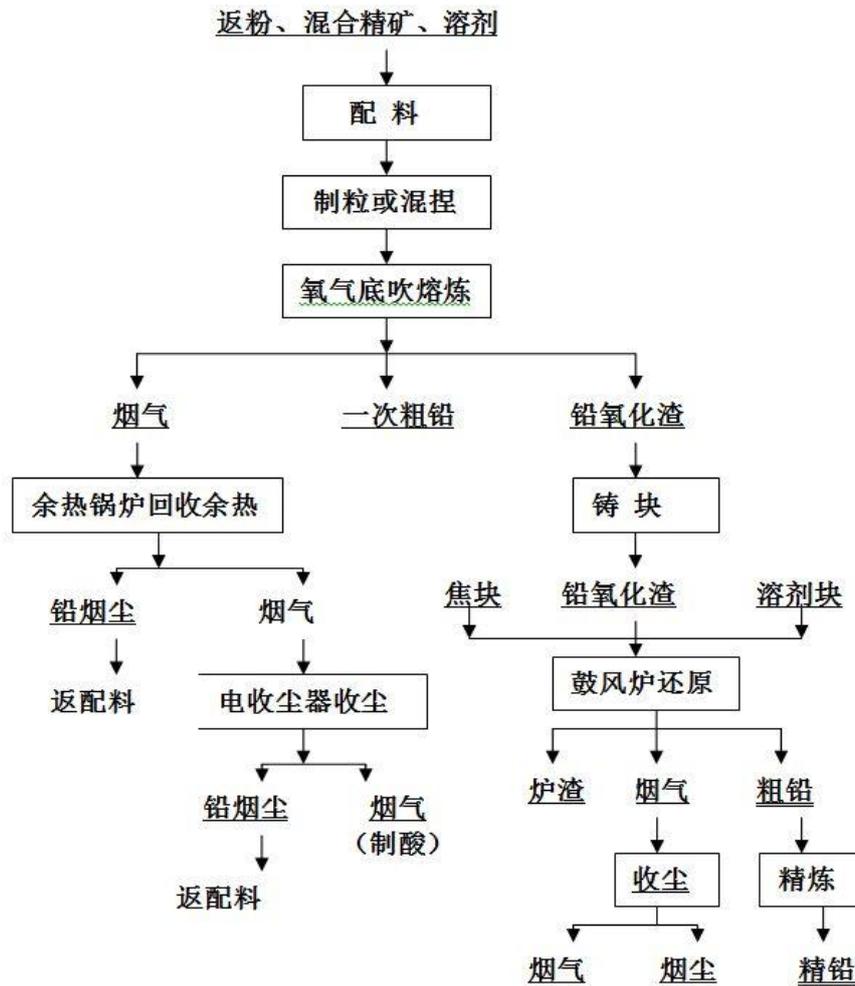


图 3 氧气底吹熔炼—鼓风机还原炼铅工艺流程图

由于硫化矿的氧化脱硫是在一个密闭的卧式筒型炉内进行的，所以确保了作业环境条件良好，从而解决了铅冶炼过程中严重污染环境的问题。氧气底吹熔炼过程是纯氧熔炼，因此底吹熔炼烟气二氧化硫浓度较高，可采用“二转二吸”制酸工艺回收硫，经处理后的尾气含二氧化硫、硫酸雾浓度均低于国家允许排放标准。厂区二氧化硫的低空污染也得到了较好的解决。由于取消烧结过程，从而大大降低返粉量，生产过程中产出的铅烟尘均密封输送并返回配料，有效防止了铅尘的弥散污染。由于底吹炉采用纯氧熔炼，实现了完全自热，入炉原料中不需要配煤补热；工艺还回收了底吹炉烟气中的余热。

从采用该技术工厂运行的情况看，该工艺投资省，综合能耗低，环保好，金属回收率高，生产成本比传统工艺低。

②富氧底吹熔炼-熔融高铅渣直接还原法熔炼技术

铅精矿、熔剂和工艺返回的铅烟尘经配料、造粒后，送底吹炉进行氧化熔炼，产出一一次粗铅和高铅渣。一次粗铅铸锭后送精炼车间，熔融高铅渣经溜槽直接加入到还原炉内。氧气底吹熔炼—熔融高铅渣直接还原炼铅工艺流程图见图 4。

该技术可有效减少烟气的无组织排放，且粗铅冶炼过程综合能耗低，可实现无焦冶炼，降低粗铅生产成本。适用于以铅精矿为原料的粗铅冶炼，也可合并处理铅膏泥及锌浸出的铅银渣。

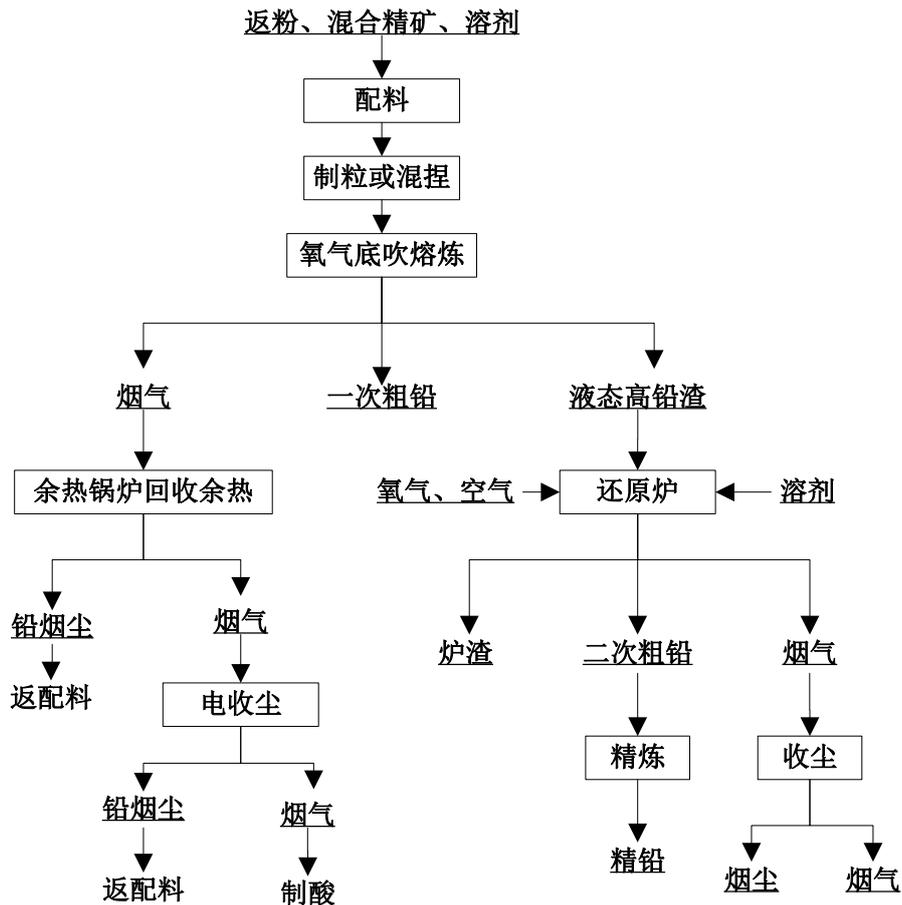


图 4 氧气底吹熔炼—熔融高铅渣直接还原炼铅工艺流程图

③富氧顶吹熔炼—鼓风炉还原炼铅工艺

富氧顶吹熔炼—鼓风炉还原炼铅工艺（I-Y 铅冶炼方法）利用艾萨炉氧化熔炼和鼓风炉还原熔炼的优势，同时考虑湿法炼锌浸出渣的处理问题，增加了烟化炉系统。富氧顶吹熔炼—鼓风炉还原炼铅工艺流程图见图 5。

富氧顶吹熔炼法系富氧顶吹浸没式熔池熔炼过程，艾萨法与奥斯麦特法均为顶吹熔炼，核心设备分别为艾萨炉和奥斯麦特炉，其工作原理基本相同，只是在炉子结构上各有特点。铅精矿、铅烟尘、熔剂及少量粉煤经计量、配料、制粒后，由炉子上方的加料口加入炉内，

富氧空气从炉顶的喷枪喷入熔池，氧气进入熔池后，首先和铅液接触反应，生成氧化铅，其中一部分氧化铅在激烈的搅动状态下和位于熔池上部的硫化铅进行交互反应生成一次粗铅、氧化铅和二氧化硫；所生成的一次粗铅和铅氧化渣沉淀分离后，粗铅虹吸或直接放出，铅氧化渣则由铸锭机铸块后，送往鼓风机还原熔炼，产出二次粗铅。氧化熔炼产生的二氧化硫烟气经余热锅炉和电收尘器后送硫酸车间制酸。

硫化铅精矿采用 ISA 炉富氧顶吹氧化熔炼，在熔池内熔体-炉料-富氧空气之间强烈的搅拌和混合，大大强化热量传递、质量传递和化学反应速度，物料入炉就开始反应，相应的延长反应时间，因此反应过程更充分；还原熔炼基于鼓风机熔炼，增加热风技术、富氧供风技术和粉煤喷吹技术，形成独特的 YMG 炉还原技术，处理能力大幅度提高，降低了焦炭消耗和渣含铅率。

富氧顶吹熔炼—鼓风机还原炼铅工艺（I-Y 铅冶炼方法），环保效果好，ISA 炉的密封性比较好，冶炼过程中烟气泄漏点少，作业环境好；同时产生的烟气二氧化硫浓度高，完全满足“二转二吸”制酸工艺要求，硫回收利用率高；目前云南驰宏公司规模为粗铅 8 万吨/年的曲靖铅冶炼工厂已投入生产运行，效果良好，该公司会泽铅冶炼厂将采用从 I-Y 铅冶炼法发展的“ISA 炉熔炼—高铅渣直接还原”新工艺。

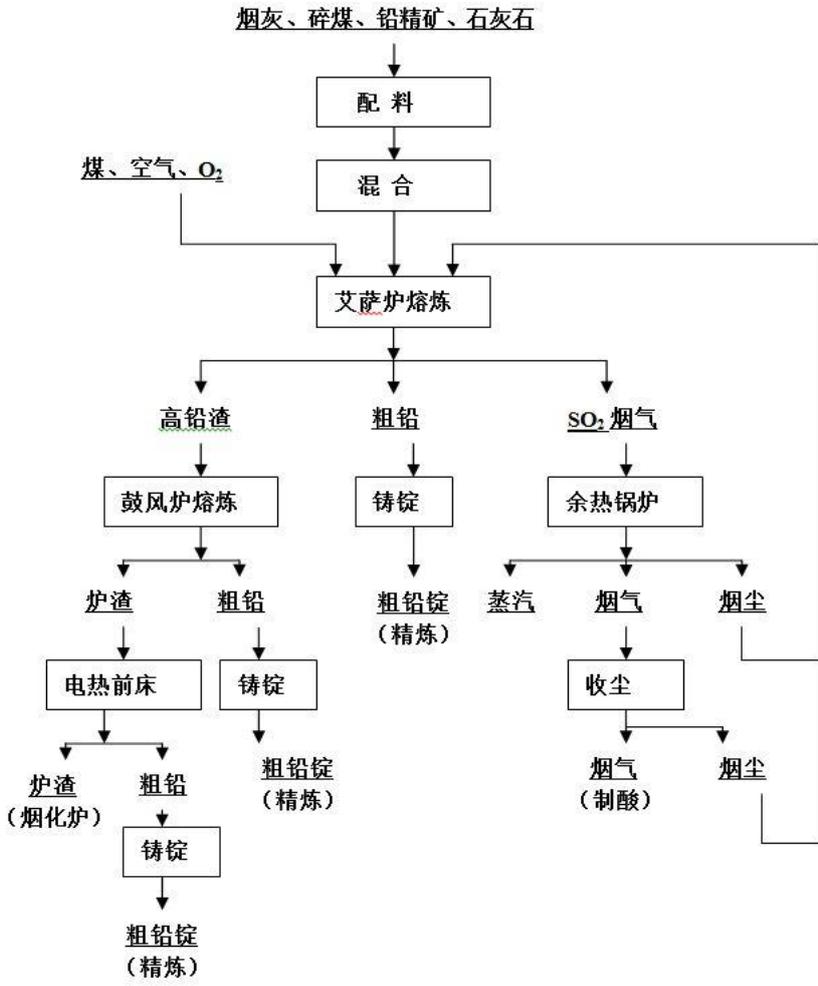


图 5 富氧顶吹熔炼—鼓风机还原炼铅工艺流程图

④氧气底吹直接炼铅工艺

氧气底吹直接炼铅法是利用熔池熔炼的原理和浸没底吹氧气的强烈搅动，使硫化物精矿，含铅二次物料与熔剂等原料在反应器（熔炼炉）的熔池中充分搅动，迅速熔化、氧化、交互反应和还原，生成粗铅和炉渣。氧气底吹直接炼铅法工艺流程图见图 6。

氧气底吹直接炼铅法的特点是氧的利用率高（近乎 100%），脱硫率高（大于 97.5%），烟气二氧化硫浓度高（进余热锅炉烟气二氧化硫浓度约 8%~12%），适于“二转二吸”制酸工艺，操作简单，劳动条件好及成本低。



图 6 氧气底吹直接炼铅工艺流程图

⑤基夫赛特炼铅法

基夫赛特法为前苏联开发的一步炼铅法工艺，其主要设备是基夫赛特炉，由熔炼竖炉、炉缸、电热区和烟道四部分组成。基夫赛特炉电热区的电能由碳电极提供，以维持熔体处于熔融状态，从电炉区拱顶的氮气密封加料口加入焦粒，还原熔体中的氧化锌和剩余的氧化铅。电炉区端墙下部设有虹吸放铅，侧下部设有渣口，定期排渣。为进一步回收渣中残余的铅、锌，通常采用烟化炉处理炉渣。电炉区含铅、锌的蒸气经过后燃烧室吸入空气氧化后再经余热锅炉、热交换器、布袋收尘器除尘后排空，热交换器产出的热空气用于炉料的干燥。

该法特点是作业连续，氧化脱硫和还原在一座炉内连续完成；原料适应性强，含铅 20~70%、硫 13.5~28%、银 100~8000 克/吨的原料均可适用。金属的回收率高，铅回收率 > 97%，金、银入粗铅率达 98% 以上，回收原料中锌 60% 以上；烟尘率低（4%~8%），烟气二氧化硫浓度高（20%~50%），可直接制酸，烟气量少，带走热量少，且余热利用好，从而减小冷却和净化设备；能耗低，炉子寿命长，炉寿可达 3 年，维修费用低。其主要缺点是原料准备复杂，炉料粒度要求 < 1 毫米，需干燥至含水 1% 以下，且投资偏高。

⑥铅富氧闪速熔炼法

铅富氧闪速熔炼法为北京矿冶研究总院借鉴基夫赛特直接炼铅工艺及镍闪速熔炼工艺，与河南灵宝市华宝产业集团合作开发，目前使用该工艺技术的年产 10 万吨粗铅的冶炼厂已于 2009 年 9 月投产。

铅富氧闪速熔炼法技术主体设备由一座闪速熔炼炉和一座矿热贫化电炉组成。闪速熔炼炉由三部分组成：带氧焰喷嘴的反应塔、设有热焦虑层的沉淀池和上升烟道。反应塔和上升烟道架设在沉淀池上，反应塔在前，上升烟道在尾部。塔顶中央设有一个精矿喷咀，粉状炉料和碎焦混合后通过下料管从咽喉口处给出，氧气在咽喉口成高速射流，将炉料引入并经喇叭口分散成雾状送入反应塔。中央喷咀将反应空气，炉料混合分散并送入塔，风料呈悬浮状，进入高温区即发生冶金化学反应。反应后的铅与渣在沉淀池分离，大部分粗铅从沉淀池放铅口虹吸放出，至浇铸机浇筑成粗铅锭，送铅精炼车间电解精炼；少部分铅呈氧化铅进入炉渣，自流至矿热贫化电炉进行深度还原。贫化电炉的粗铅从放铅口虹吸放出浇铸成铅锭，送铅精炼车间电解精炼。冰铜定期由冰铜口虹吸放出。

铅富氧闪速熔炼法工艺物料适应性强，不仅适用于铅精矿的处理，还可以处理湿法炼锌渣、湿法炼铜渣和铅贵金属系统渣。该工艺烟气量小，热量损失小，烟气二氧化硫浓度高。炉体烟尘烟气逸散少、操作条件好、劳动安全、工业卫生条件好，烟尘排放少，降低冶炼过程的环境污染程度。

（2）湿法炼铅工艺

铅精矿经浸出和熔盐电解产出金属铅的过程。包括铅精矿用盐类或碱溶液的浸出和熔盐电解两个主要过程。从热力学角度分析，铅矿湿法处理归纳为 3 个途径：硫化铅矿直接还原成金属铅；硫化铅矿的非氧化浸出；硫化铅矿的氧化浸出。湿法炼铅早期研究的对象为难选矿物及不适宜火法处理的成分复杂的低品位铅矿和含铅物料，如浮选中矿、含铅灰渣、烟尘与废料以及氧化铅锌矿等。近年来对硫化铅矿也进行了大量的湿法冶炼的试验。湿法炼铅概括起来大致可分为下列四类方法：氯化浸出法；碱浸出法；胺浸出法；含胺硫酸铵浸出。湿法炼铅至今仅 2016 年 7 月 28 日，祥云飞龙再生科技股份有限公司湿法炼铅生产线建成投产，这是世界上首条采用全湿法工艺流程处理硫酸铅渣的生产线。由于传统的火法炼铅严重污染环境，以及伴生在铅精矿中的有价元素需用低温的湿法冶金方法回收，使湿法炼铅成为评述铅冶金发展趋势时必然会提出的一种方法。

浸出所用的水溶液浸出剂有氯盐溶液和碱溶液。如用三氯化铁溶液浸出硫化铅精矿，用氯化钠水溶液浸出含有硫酸铅的物料，用氢氧化钠溶液浸出氧化铅锌矿等。研究得最多又比较成功的是用三氯化铁溶液浸出硫化铅精矿。三氯化铁溶液浸出氯化铅熔盐电解提铅工艺流程图见图 7。

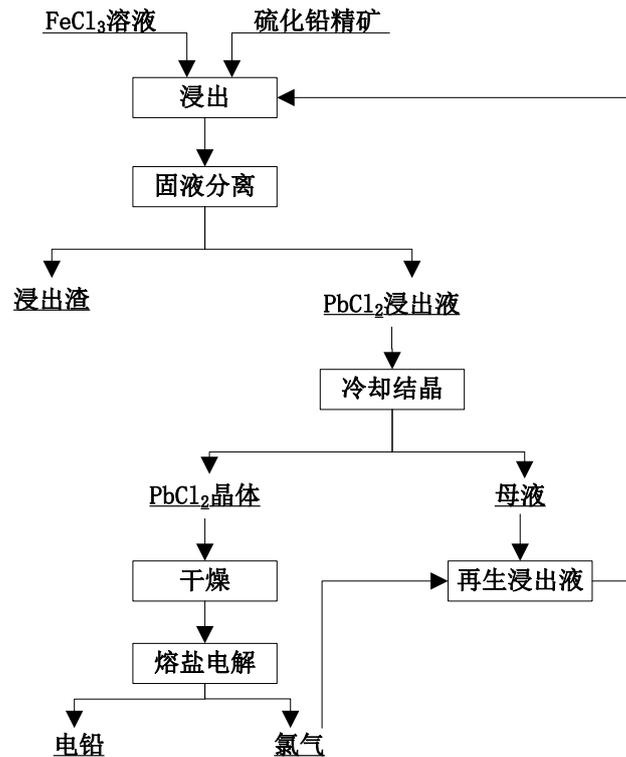


图 7 三氯化铁溶液浸出氯化铅熔盐电解提铅工艺流程图

用三氯化铁溶液浸出硫化铅精矿的总反应为： $\text{PbS} + 2\text{FeCl}_3 = \text{PbCl}_2 + 2\text{FeCl}_2 + \text{S}$ 。试验表明，在 368K 下浸出 15 分钟，铅的浸出率达到 99%。硫以元素硫进入浸出渣中，然后从渣中回收。由于氯化铅在水中的溶解度很小，所以在浸出过程中，一般是采用 $\text{FeCl}_3 + \text{HCl}$ 或 $\text{FeCl}_3 + \text{NaCl}$ 的混合溶液作浸出剂。三氯化铁实质上起氧化剂作用，使精矿中的硫氧化为元素硫。

浸出的矿浆经液固分离后得到的氯化铅溶液，经冷却便结晶出氯化铅晶体。氯化铅晶体在 378K 干燥后，便可送去电解。当处理的精矿含有铜、铋、砷、锑、锌等伴生元素时，得到的氯化铅溶液要在冷却结晶前分离除去。

熔盐电解所用的电解质体系是二元或三元的氯盐体系。除了氯化铅之外，还加入氯化钾、氯化钠或氯化锂等，以降低熔盐的熔点及提高电解质的导电性。在电解温度 723~773K、电流密度 4000~10000A/m² 和槽电压 2.5V 的条件下，电流效率可达 95% 左右。只要获得比较纯的氯化铅晶体，就可以产出杂质含量很少的电铅。产出一吨电铅的电耗约为 1000~1300kW·h。

采用全新开发的硫酸铅渣湿法炼铅工艺，克服了火法处理硫酸铅渣生产过程中的能耗高、污染严重、劳动强度大、有价金属回收率低等缺点，可以高效处理锌冶炼渣中的硫酸铅，综合回收铅、锌、金、银、铜、镉等有价金属，能够显著降低生产成本，具有良好的环保效益和经济效益。此外，该项技术还可以广泛用于废旧铅酸蓄电池的回收利用，实现了铅锌联合冶炼和资源循环利用，符合产业转型、低碳、绿色发展的方向。

6.3.1.2 粗铅精炼工艺

我国的粗铅电解基本上均采用湿法电解工艺，仅在电解前熔铅锅部分根据粗铅成份有一小段火法除铜过程，除铜通常是采用熔析及硫化除铜法，典型铅电解精炼工艺流程图见图8。

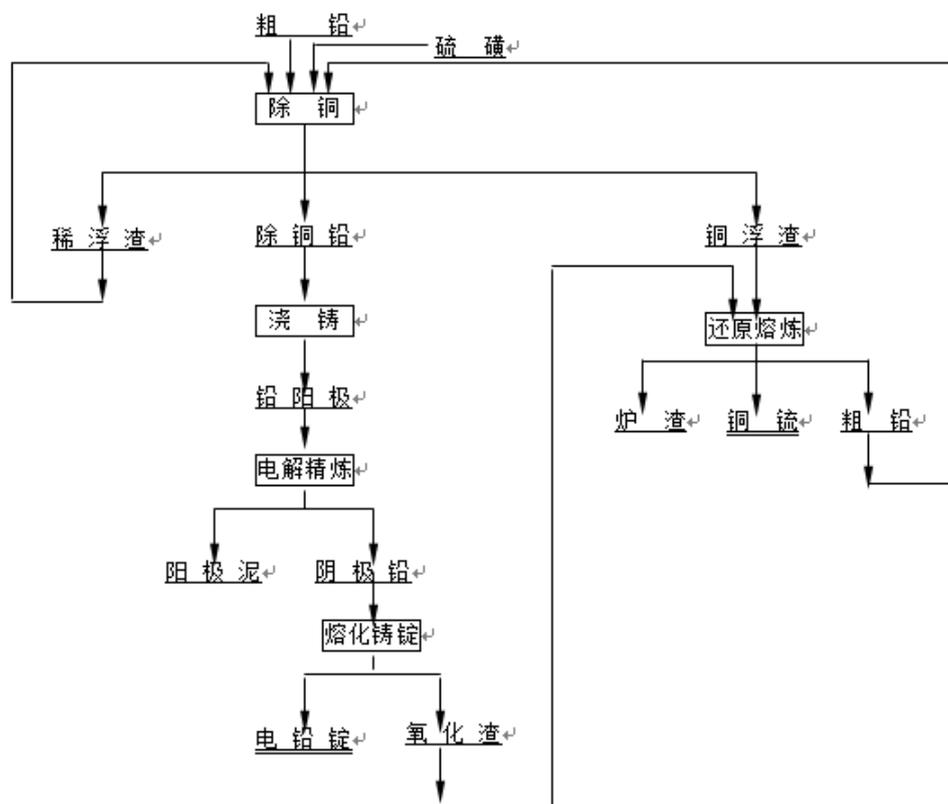


图8 典型铅电解精炼工艺流程图

6.3.2 关键技术应用前景分析

铅冶炼关键技术现状及应用前景分析见表1。

表 1 铅冶炼关键技术现状及应用前景分析

序号	技术名称	适用范围	技术主要内容	解决的主要问题	技术来源	所处阶段	应用前景分析
1	氧气底吹—液态高铅渣直接还原铅冶炼技术	铅冶炼企业	以液态高铅渣直接还原炉取代高铅渣铸块、鼓风机还原工序。包括氧气底吹熔炼—侧吹还原炼铅工艺和氧气底吹熔炼—底吹还原炼铅工艺（YGL 法）。	<ol style="list-style-type: none"> 1.降低铅冶炼过程污染物（二氧化硫、烟粉尘、铅尘）排放量。 2.减少生产车间污染物无组织排放量。 3.提高金属回收率。 4.大幅度降低产品综合能耗。 	自主研发	推广应用阶段	该技术具有能耗低、环境条件好、投资少、自动化水平高、劳动生产率高等优点。该技术还原炉排放二氧化硫比鼓风机减少 85%，且扬尘点大幅度减少，降低无组织排放铅尘量，粗铅综合能耗可达到 245kgce/t 粗铅。该技术可在铅冶炼行业中广泛推广应用，预计普及率可达到 40%，技术推广后可削减二氧化硫排放量：4.5 万 t/a，节约标准煤 35 万 t/a，减少工业废气排放量 104.5 亿 Nm ³ /a，减少烟尘排放量 1.3 万 t/a，减少铅尘排放 0.2 万 t/a，推广前景广阔。
2	艾萨炉熔炼—鼓风机还原炼铅技术	铅冶炼企业	通过炉子顶部中心位置喷枪口，垂直插入一支特制喷枪，喷枪端部浸没到炉内的熔池中，空气或富氧空气通过喷枪以漩涡状直接喷射到高温熔融渣层中，使熔池剧烈搅动，保证气-固-液三相的充分接触和迅速反应，加速了冶炼过程的传热和传质速度，使炉料发生强烈的熔化、氧化、还原、造渣等物化过程。	<ol style="list-style-type: none"> 1.降低铅冶炼过程污染物（二氧化硫、烟粉尘、铅尘）排放量。 2.减少生产车间污染物无组织排放量。 3.提高金属回收率。 4.大幅度降低产品综合能耗。 	引进、消化吸收	推广应用阶段	该技术综合能耗：250 kgce/t 粗铅；电耗：400 kWh /t 粗铅；焦炭单耗：160~170 kg/t 粗铅；氧气单耗：64~78 m ³ /t 粗铅；烟煤单耗：65~80 kg/t 粗铅；重油单耗：18~21 kg/t 粗铅。该技术可在铅冶炼行业中广泛推广应用，预计普及率可达到 10%。
3	氧气底吹熔炼—鼓风机还原炼铅技术	铅冶炼企业	铅精矿和辅料进行配料混合后，经过圆筒制粒机制成球料，送入氧气底吹炉进行熔炼，产出粗铅、液态高铅渣和含尘烟气。高铅渣经铸渣机铸渣，破碎后送入鼓风机，加焦炭进行还原熔炼，生成粗铅和炉渣。	该技术硫的利用率高，能耗较低，有效根治了烧结机的二氧化硫及铅尘污染。老厂改造投资省，铅银回收率高，冶炼成本低，但铸渣机无法密封，形成扬尘点，仍有铅尘逸散。	自主研发	推广应用阶段	该技术综合能耗：250kgce/t 粗铅；氧气单耗：270~280m ³ /t 炉料；焦炭单耗：160~170kg/t 炉料；电耗：80-90kWh/t 炉料；硫总回收率：96%。该技术可在铅冶炼行业中广泛推广应用，预计普及率可达到 35%。
4	立模浇铸铅大极板电解技术	铅冶炼企业	电解精炼是利用不同元素在电解过程中的阳极溶解或阴极析出难易程度的差异而提纯金属，使粗铅中的杂质因电解时不溶解而以元素（如金，银）或化合物形态	该技术采用国际先进技术装备和国内配套部分设备的技术路线，适应机械化、自动化和设备大型化的发展趋势，以	引进、消化吸收	推广应用阶段	该技术铅回收率≥99%，综合能耗≤100kgce/t 铅；单位产品铅尘产生量≤8kg/t 铅。该技术可在铅冶炼行业中广泛推广应用，预计普及率可达到 20%。

			进入阳极泥。该项技术采用立模浇铸技术和大极板电解工艺。	提高劳动生产率。			
5	铅锌冶炼废水分质回用集成技术	铅冶炼企业用水调控和处理回用	<p>该技术为多项废水回用技术集成，包括节水优化管理技术，分质处理、分质回用技术，深度处理回用等技术。</p> <p>该技术按照清洁生产审核方法对冶炼企业用水、排水进行全面管理，以达到从生产过程减少废水产生，循环利用水资源，减少污染物排放量的目的。</p>	<p>1.解决铅锌冶炼废水重金属污染问题。</p> <p>2.提高水资源利用率，减少废水产生量和排放量。</p>	自主研发	推广应用阶段	<p>该技术采用“节水优化管理—分质处理回用—深度处理回用”集成技术处理回用铅锌冶炼废水，通过全过程减排，废水排放量减少70%以上，显著降低了末端污水处理负荷，处理后废水水质满足生产工艺要求，水重复利用率97%以上。</p> <p>该技术可在铅锌冶炼行业广泛应用，预计普及率可达50%以上，技术推广后可回收废水资源7000万t/a，废水减排铅60t/a、镉7.5t/a、砷27t/a。推广前景广阔。</p>

6.3.3 铅冶炼过程污染物排放特征及治理技术

中国铅冶炼以火法工艺为主，冶炼过程产生废气、废水和固废。铅冶炼污染治理一直以来受到各级政府部门和企业的重视，积极采取措施予以处理处置，铅冶炼污染得到了控制，治理技术水平有了较大提高，单位产量排污量减少。

6.3.3.1 工业废气治理技术

铅冶炼过程中，许多工序均有废气产生，如鼓风机熔炼或直接熔炼、粗铅火法精炼、阴极铅精炼铸锭、硅氟酸制造、鼓风机渣处理、各类中间产物（如铜浮渣）的处理及鼓风机烟尘综合回收等。废气中主要包括粉尘、烟尘和烟气，烟尘主要污染物为铅、锌、砷、镉、铜、汞、碲等重金属及其氧化物，烟气中主要污染物有二氧化硫、一氧化碳、氟等。各工序收尘器所收烟尘均返回生产工艺回收金属。目前铅冶炼企业的废气治理仍主要是针对颗粒物和二氧化硫的去除，烟气收尘和烟气脱硫是铅冶炼废气治理的两大重点。

（1）烟气收尘

备料工序在原、辅材料和燃料的储存、输送和配料过程，会产生含工业粉尘的废气，通过对节点扬尘废气收集，该废气经收尘器除尘后排放，一般采用布袋干法收尘或湿式收尘器，设计收尘效率均可达 99.5%。但个别冶炼企业对收尘器维护管理不够，致使收尘效率下降。收尘器所收工业粉尘返回工艺。

烟气收尘分干式、湿式两类。干式收尘的整个作业过程都是在烟气温度大于露点条件下进行，目前，铅冶炼 90%以上含尘烟气都采用干式收尘。常用的干式收尘设备有降尘室、旋风除尘器、布袋收尘器和电除尘器等，可以单独使用，也可以组合使用。铅冶炼中的炉窑绝大多数均可采用干式收尘，如直接炼铅炉等一般采用电除尘器或旋风除尘器与电除尘器的组合进行收尘，炼铅鼓风机、烟化炉、反射炉、多膛炉、电炉等一般采用布袋收尘。

湿式收尘适用于净化含湿量大的含尘烟气。由于整个作业过程都处于湿式状态，容易造成设备管道腐蚀，且收下的烟尘呈浆状并有废水产生，难于处理，因此，在铅冶炼烟气治理中用的较少。一般情况下，湿式收尘器仅适用于处理如精矿干燥窑和浸出渣干燥窑产生的含水率较高的烟气。在实际生产操作中，有些工序产生的金属细尘由于粘度较大，如铅精炼锅生产等，采用布袋收尘器容易造成阻塞，一些厂家也采用湿式收尘。铅冶炼主要采用的湿式收尘设备有水膜旋风收尘器、冲击式收尘器、自激式收尘器和文丘里管等。

（2）烟气制酸和脱硫

传统烟气脱硫技术根据不同的划分方法可以分为多种，其中最常用的是根据操作过程的物相不同，脱硫方法可分为湿法和干法，这些方法各有优缺点。随着人们对环境治理的日益重视和工业烟气排放量的不断增加，投资和运行费用少、脱硫效率高、脱硫剂利用率高、污染少、无二次污染的脱硫技术必将成为今后烟气脱硫技术发展的主要趋势。

铅冶炼烟气中的气态污染物主要是二氧化硫。当烟气中二氧化硫含量在 3.5%以上时，

就可以采用接触法进行制酸。直接炼铅炉烟气二氧化硫含量在 8%以上,均采用双接触法(二转二吸)制酸。鼓风烧结烟气二氧化硫浓度一般不会大于 7%,实践中 ISP 法铅锌烧结比单纯的铅烧结二氧化硫浓度要略高,可达到 5%以上,可以采用二转二吸制酸,而普通的铅烧结烟气二氧化硫浓度则在 3~5%之间,难以采用二转二吸,目前国内部分的铅冶炼烧结烟气制酸仍采用单接触法(一转一吸),出口烟气二氧化硫排放浓度难以达标。为此,《有色金属工业环境保护设计规范》规定烟气制酸采用一转一吸时,尾气应脱硫或采取其他方法处理。

至于二氧化硫含量在 3%以下的烧结机烟气,由于热量难以平衡,制酸难度较大,致使一些炼铅厂将这部分烟气直接排放,严重污染大气环境。各炼铅厂针对此情况采取的有效解决措施有烧结机分段排气及尾气处理、贫二氧化硫烟气循环、将贫二氧化硫烟气鼓入焙烧炉烟气,以及改革现有工艺等。炼铅鼓风炉、铅浮渣反射炉等炉窑出口烟气二氧化硫含量虽大多在 1%以下,但二氧化硫浓度仍远远超出排放标准。目前我国越来越多的铅冶炼企业已经开始对二氧化硫含量不足以制酸的低浓度二氧化硫烟气进行脱硫处理,新建项目则均配备脱硫设施。国内采用的主要脱硫工艺有石灰石/石灰法、钠碱法、双碱法、氨法、氧化锌法等。石灰石/石灰法应用较广,但该法的主要缺陷是产生大量石膏,影响正常生产。钠碱法、氨法运行费用高昂,双碱法则采用氢氧化钠作循环,消耗的仍是石灰。氧化锌法由于原料易得,且产品可回用于生产,烟气中的硫可以回收,得到了越来越多的利用,但有时由于杂质的累积,难以真正做到闭路,不得不生产硫酸锌作为产品销售,受到市场销路影响。

1) 常规湿法烟气脱硫技术

常用的湿法烟气脱硫技术有石灰石-石膏法、间接的石灰石-石膏法、柠檬吸收法等。

优点:湿法烟气脱硫技术为气液反应,反应速度快,脱硫效率高,一般均高于 90%,技术成熟,适用面广。湿法脱硫技术比较成熟,生产运行安全可靠,在众多的脱硫技术中,始终占据主导地位,占脱硫总装机容量的 80%以上。缺点:生成物是液体或淤渣,较难处理,设备腐蚀性严重,洗涤后烟气需再热,能耗高,占地面积大,投资和运行费用高。系统复杂、设备庞大、耗水量大、一次性投资高。

①石灰/石灰石-石膏法废气脱硫

石灰或石灰石母液吸收烟气中的二氧化硫,反应生成硫酸钙。脱硫吸收塔多采用空塔形式,吸收液与烟气接触过程中,烟气中二氧化硫与浆液中的碳酸钙进行化学反应被脱除,最终产物为石膏,硫石膏经脱水装置脱水后回收。

石灰/石灰石-石膏法需要消耗石灰石、电能和水。其脱硫效率可达 95%以上,当烟气二氧化硫含量在 $3000\text{mg}/\text{m}^3$ 以下时,二氧化硫排放浓度可控制在 $150\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。脱硫系统产生脱硫石膏副产物。

该方法所用的吸收剂石灰/石灰石来源广、价格低廉、成本低、技术成熟可靠,在满足铅冶炼企业低浓度二氧化硫治理的同时,还可以部分去除烟气中的三氧化硫、重金属离子、氟化物、氯化物等,适用于冶炼厂锅炉烟气及低浓度二氧化硫烟气污染源处理系统。

石灰/石灰石-石膏法脱硫装置占地面积相对较大、吸收剂运输量较大、运输成本较高、副产物脱硫石膏处置困难，不适合脱硫剂资源短缺、场地有限的冶炼企业。

②氨法脱硫

碱法脱硫以气氨、氨水或碳铵为原料，在水溶液中吸收二氧化硫形成亚硫酸盐，经硫酸分解，解析出 8%~10%的二氧化硫返回制酸，同时得到硫酸铵产品。进一步利用吸收形成的亚硫酸盐直接同步催化氧化得到硫酸铵溶液，再与氯化钾反应生成硫酸钾及副产品氯化铵。氨法可分为氨-酸法及氨-亚硫酸铵法等。

氨法脱硫需要消耗脱硫剂和电能，氨-亚硫酸铵法需要有一定的蒸汽消耗，吸收 1 吨二氧化硫需要消耗约 0.5 吨液氨。采用该方法应有可靠的氨源，电力消耗主要为烟气增压风机和吸收剂循环泵。

氨法脱硫效率可达 95%以上，当烟气二氧化硫含量在 3000mg/m³ 以下时，二氧化硫排放浓度可控制在 150mg/m³ 以下。

该工艺具有工程投入和运行费用低、占地面积小、处理率高、氨耗低、回收过程不会产生二次污染等特点，适用于液氨供应充足、且对副产物有一定需求的冶炼企业。

③钠碱法

钠碱法，或称钠钙双碱法，其技术原理为二氧化硫与氢氧化钠发生化学反应，反应生成物亚硫酸钠溶于水，含亚硫酸钠的脱硫循环水与投加的氢氧化钙反应可生成氢氧化钠。

钠碱法需要消耗碳酸钠或氢氧化钠、电能和水，主要污染物为废水。

该技术避免了设备腐蚀与堵塞，便于设备运行与保养，运行可靠性增加，运行费用降低；同时系统更紧凑，脱硫效率提高。该技术适用于氢氧化钠来源较充足的地区。

④有机溶液循环吸收脱硫技术

有机溶液循环吸收脱硫技术采用的吸收剂是以离子液体或有机胺类为主，添加少量活化剂、抗氧化剂和缓蚀剂组成的水溶液。该吸收剂对二氧化硫气体具有良好的吸收和解吸能力，在低温下吸收二氧化硫，高温下将吸收剂中二氧化硫再生出来，从而达到脱除和回收烟气中二氧化硫的目的。工艺过程包括二氧化硫的吸收、解析、冷凝、气液分离等过程，得到纯度为 99%以上的二氧化硫气体送制酸工艺。

溶液循环吸收法需要消耗有机吸收剂、低压蒸汽、除盐水和电能。有机溶剂年消耗量约占系统溶剂总量的 5%~10%，溶液再生低压蒸汽压力为 0.4MPa~0.6MPa。除盐水主要用于吸收剂的配制、系统补水和净化系统的再生。溶液循环吸收法脱硫效率可达 99%，在烟气除尘降温单元有含氯离子及重金属离子酸性废水排放。

适用于厂内低压蒸汽易得，烟气二氧化硫浓度较高、波动较大，副产物二氧化硫可回收利用的冶炼企业。该技术不需要运输大量的吸收剂，流程简单，自动化程度高，副产高浓度二氧化硫。但该技术一次性投资大，再生蒸汽能耗较高，同时存在较严重的设备腐蚀问题，运行维护成本高。

2) 干法烟气脱硫技术

常用的干法烟气脱硫技术有活性炭吸附法、电子束辐射法、荷电干式吸收剂喷射法、金属氧化物脱硫法等。

干法烟气脱硫技术为气固反应，相对于湿法脱硫系统来说，设备简单，占地面积小、投资和运行费用较低、操作方便、能耗低、生成物便于处置、无污水处理系统等。但反应速度慢，脱硫率低，先进的可达 60~80%。目前此种方法脱硫效率较低，吸收剂利用率低，磨损、结垢现象比较严重，在设备维护方面难度较大，设备运行的稳定性、可靠性不高，且寿命较短，限制了此种方法的应用。

① 活性焦吸附法脱硫技术

活性焦吸附污染物时有两种作用机理，一种为物理吸附，一种为化学吸附。活性焦脱硫系统由烟气系统、吸附系统、解析系统、活性焦储存及输送系统、硫回收系统等组成。活性焦吸附二氧化硫后，在其表面形成硫酸存在于活性焦的微孔中，降低其吸附能力，可采用洗涤法和加热法再生。再生回收的高浓度二氧化硫混合气体送入硫回收系统作为生产浓硫酸的原料。

需要消耗活性焦、电能和（或）蒸汽。脱硫效率可达 95.6%，同时具有脱尘、脱硝、除汞等重金属的功能，无二次污染排放。

适用于厂内蒸汽供应充足，场地宽裕，副产物二氧化硫可回收利用的冶炼企业。工艺流程简单，活性焦廉价易得，再生过程中副反应少。吸附容量有限，需要在低气速（0.3m/s~1.2m/s）下运行，因而吸附体积较大。化学再生和物理循环过程中活性焦会气化变脆、破碎及磨损而粉化，并因微孔堵塞丧失活性。

② 金属氧化物脱硫技术

金属氧化物脱硫法将金属氧化物制成浆液洗涤气体，吸收处理低浓度的二氧化硫废气。国内已有工业装置的有氧化锌法、氧化镁法和氧化锰法。

金属氧化物吸收需要消耗金属氧化物、电能和水。金属氧化物法脱硫效率可达 90%以上。

该技术适用于具有金属氧化物副产物的冶炼厂进行烟气脱硫。

③ 催化法烟气脱硫技术

催化法采用炭材料为载体，负载活性催化成分，制备成催化剂，利用烟气中的水分、氧气、二氧化硫和热量，生产一定浓度的硫酸。新型催化法不同于传统的炭法烟气脱硫技术。传统的炭法烟气脱硫是利用活性炭孔隙的吸附作用将烟气中的二氧化硫吸附富集，饱和后加热再生，解析出高浓度的二氧化硫气体，再经过硫酸生产工艺制备硫酸或进一步生产液态二氧化硫。新型催化法技术既具有活性炭的吸附功能，又具有催化剂的催化功能。烟气中的二氧化硫、水、氧气被吸附在催化剂的孔隙中，在活性组分的催化作用下变为具有活性的分子，同时反应生成硫酸。催化反应生成的硫酸富集在炭基孔隙内，当脱硫一段时间孔隙内硫

酸达到饱和后再生,释放出催化剂的活性位,催化剂的脱硫能力得到恢复。与传统炭法比较,催化法脱硫能耗少、脱硫剂损耗小,使工艺流程变短,运行更稳定可靠。

催化法烟气脱硫技术的核心是脱硫剂,该脱硫剂不同于传统脱硫活性焦、活性炭,它是 以炭材料为载体,负载一定活性组分,使其对二氧化硫氧化制酸过程具有催化性。因此,该 脱硫剂具有吸附功能,对硫酸有一定储存能力,更重要的是具有催化功能,将脱硫过程变为 硫酸生产过程。脱硫剂使用寿命较长,不需持续添加,每年维护即可。

催化法烟气脱硫技术可以有效适应熔炼鼓风炉、还原炉等烟气成分反复波动,含尘高的 情况。催化法技术由于采取的是吸附加催化的方法,不论烟气的量如何变化,烟气中二氧化 硫浓度如何变化,脱硫剂对通过的烟气都能进行有效的脱硫,因此对熔炼炉、还原炉等烟气不 断变化的特点适应性很强。有助于解决腐蚀的问题,还原炉烟气中的水分含量在催化法技术 要求的范围内,但在脱硫的过程中,烟气中的水分会被消耗掉一部分,降低了腐蚀的风险。 另外干法脱硫技术可以将烟气的处理温度提高到 80~1000℃,且脱硫过程为微放热过程, 烟气温度不会下降,因此可以更加降低腐蚀的风险。而常规吸收法技术,不仅水分含量会增 加,烟气温度也会被降低,就更加剧了腐蚀的进行。

(3) 脱硝技术

在铅冶炼中,除去二氧化硫(二氧化硫)、铅等特征污染物以外,烟气中的氮氧化物(氮 氧化物)也是一个不可忽视的污染因子。有学者在有色冶炼烟气中氮氧化物排放状况的调查 中发现,在铅冶炼工艺中,采用富氧熔炼工艺炼铅所产生的烟气中,在烟气制酸以后其尾气 中氮氧化物浓度在 20~100mg/m³,还原炉、烟化炉、反射炉混合烟气氮氧化物浓度在 80~ 600mg/m³,烟化炉烟气氮氧化物浓度则在 80~200mg/m³。

根据对铅冶炼企业烟气中氮氧化物排放情况的调查,对照现行的氮氧化物控制指标,其 中需要进行烟气脱硝处理的有三类:第 I 类,处理后满足成品硫酸质量要求的炉窑烟气;第 II 类,处理后满足氮氧化物排放要求的炉窑烟气;第 III 类,湿法冶炼硝酸使用过程中产生的 含氮氧化物烟气。

1) 第 I 类烟气脱硝技术

第 I 类含高浓度二氧化硫的冶炼烟气主要用于制酸。从制酸尾气中氮氧化物排放浓度情 况来看,其浓度符合国家氮氧化物排放要求。因此国内对冶炼制酸烟气中的氮氧化物关注很 少。国外已经成功把选择性催化还原法(SCR 法)应用于冶炼烟气制酸中去除氮氧化物。主 要原理是还原剂(氨水、尿素)在催化剂作用下选择性地与氮氧化物反应生成氮气和水。用 于冶炼制酸烟气脱硝是将脱硝反应器放置于制酸一段转化前,此时烟气已经得到充分的净 化,也经过气-气换热器的升温满足反应温度(320~400℃)要求。制酸烟气后续生产过程中 含有的高浓度三氧化硫,在送第一吸收塔之前要降温到约 190℃,满足硫酸铵的形成温度 (低于 280℃),因此,在应用 SCR 法时氨水喷入的控制要严格控制。冶炼制酸烟气其他脱 硝方法暂未见报道和应用。除烟气脱硝外,也可以采用直接去除成品硫酸中氮氧化物的方法。

2) 第 II 类烟气脱硝技术

第 II 类含低浓度二氧化硫的冶炼烟气脱硫处理后排放。对于烟气脱硝来说,从有色炉窑出来的烟气基本可以满足 SNCR 法脱硝技术对于“温度窗”的要求,烟气经过余热锅炉(或不设)、收尘过程,温度不断降低到 120~300℃。这个过程中,烟气中含有的重金属氧化物烟尘,会使催化剂迅速失活。后续的烟气脱硫过程,无论是干法脱硫还是湿法脱硫,都不存在制酸过程的高温洁净烟气。针对这类冶炼烟气,可采用的脱硝技术包括:

①选择性非催化还原法(SNCR 法)

SNCR 脱硝技术现主要用于小的燃煤机组和几乎所有的水泥窑的烟气脱硝。对于有色炉窑来说,应用 SNCR 技术的优势在于炉窑后的上升烟道为脱硝过程提供最好的反应场所,在约 1s 的停留时间内可以完成脱硝反应;其次第 II 类烟气中二氧化硫含量也不高,为反应提供了充分的条件。不利之处在于,有色炉窑具有不同的生产周期,不同周期的温度、氧化氛围也不尽相同,这需要精确地控制还原剂喷入量和喷入点。

国内某冶炼厂铅系统烟化炉采用 SNCR 技术脱硝,炉窑出口烟气的氮氧化物浓度在 600~700mg/m³,脱硝后出口的浓度在 100~150mg/m³,考虑系统漏风的因素,脱硝效率达到 65%以上。该系统运行基本正常,布袋收尘器在炉窑进料含水高时阻力增大,推测低温下硫酸铵的形成对其有一定的影响。

②低温氧化法

低温氧化法现已应用于中小型燃煤机组以及石化系统裂化气脱硝。该工艺主要原理是在低于 180℃的烟气温度下,利用一定浓度的臭氧作为氧化剂在气相中将不溶于水的一氧化氮转化为可与水完全反应的高价态氮氧化物,利用碱性吸收剂(或水)将生成的高价态氮氧化物捕集下来。而在这一温度区间,臭氧对于二氧化硫的氧化非常缓慢,可以忽略不计。

对于有色炉窑来说,应用低温氧化法脱硝的优势在于,不存在重金属氧化物使催化剂中毒问题;脱硝过程位于收尘和脱硫之间,对冶炼和收尘过程没有影响;脱硝效率较高。不利之处在于,高价态的氮氧化物与碱性吸收剂反应的副产物硝酸盐和亚硝酸盐,与脱硫产物混合在一起,而硝酸盐在水中的溶解度比较高,给副产物的处理带来一定麻烦。

国外在 Calilomia 地区,利用低温氧化技术脱除了熔铅炉烟气中 80%的氮氧化物。

③活性焦脱硫脱硝一体化法

活性焦脱硫脱硝一体化法已应用于烟气脱硫脱硝。该工艺采用氨水为还原剂,将氨水喷入活性炭体系中,副产物为氮气和和水。其脱硝反应温度不低于 100℃,且脱硝过程要在脱硫过程之后,反应温度要求脱硫必须采用干法,因此形成活性焦脱硫脱硝一体化技术。

对于有色炉窑来说,活性焦脱硫脱硝一体化技术的优势在于,不存在重金属氧化物使催化剂中毒问题;脱硝过程位于收尘和脱硫之后,对冶炼、收尘、脱硫过程没有影响。不利之处在于,采用活性焦脱硫脱硝反应效率都不高,更适合处理氮氧化物浓度 300~500mg/m³,含二氧化硫浓度 1000~3000 mg/m³的烟气,否则一次性投资和运行成本会大大增加。

3) 第 III 类烟气脱硝技术

第 III 类烟气来源于有色冶炼稀贵金属车间湿法冶炼硝酸使用过程中收集的环境烟气。这类烟气不是有色企业所特有的,和其它硝酸使用过程中产生的氮氧化物的治理方法相近。它的特点是烟气温度不高但氮氧化物浓度非常高,随生产周期变化波动大,烟气含水高,经测定含有氮氧化物的比例最多达到了 90%。

该类烟气处理困难,流程相对较长,处理方法也比较多。其中技术成熟、有成功应用的方法有:液体(碱、水、尿素)吸收法、组合 SCR 法、吸附法等。

第三类烟气中氮氧化物比例高,采用碱液吸收的方法有比较好的脱硝效率,并生成硝酸盐、亚硝酸盐副产物。但是这两种副产物都需要经过进一步处理才能排放,副产物生成量越少越好,因此现在主要将碱洗工艺用于 SCR 法处理的烟气净化工序,大量的氮氧化物采用 SCR 法去除。烟气中氮氧化物在 $1000\sim 20000\text{mg}/\text{m}^3$ 时,经过碱洗预洗涤和 SCR 法脱硝处理,氮氧化物浓度可达到 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。韶关冶炼厂采用 DBS 干法吸附处理金银工段造液、电解液浓缩烟气,处理后氮氧化物浓度分别达 $230\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $106\text{mg}/\text{m}^3$ 。

6.3.3.2 工业废水治理技术

铅冶炼厂工业废水处理系统一般采用物化法处理工业废水,经处理后废水可达到国家有关排放标准;近年来,一些国有大中型企业进行了增加工业用水回用率的技术改造,提出废水不外排的目标。铅冶炼行业产生废水主要有以下四类:①炉窑设备冷却水,冷却冶炼炉窑等设备产生,废水排放量大,约占总水量的 40%,基本不含污染物;②烟气净化废水,对冶炼、制酸等烟气进行洗涤所产生的,废水排放量较大,含有酸碱及重金属离子和非金属化合物;③水淬渣水(冲渣水),对火法冶炼中产生的熔融态炉渣进行水淬冷却时产生的废水含有炉渣微粒及少量重金属离子等;④冲洗废水,对设备、地板、滤料等进行冲洗所产生的废水,包括电解或其它湿法工艺操作中因泄漏而产生的废水,含重金属和酸。

铅冶炼行业废水水质复杂,多呈酸性,含有毒物质较多,对环境污染重。其处理方法可分为两大类:①使污水中呈溶解状态的重金属转变为不溶的重金属化合物,经沉淀和浮上法从污水中除去。具体方法有中和法、硫化法、还原法、氧化法、离子交换法、离子浮上法、活性炭法、铁氧体法、电解法和隔膜电解法等。②将污水中的重金属在不改变其化学形态的条件下,进行浓缩和分离,具体方法有反渗透法、电渗析法、蒸发浓缩法等。

目前国内外污水处理技术以中和法、硫化法为主,但也采用其他一些处理方法。在装备上,发达国家的污水处理具有较高的自动化控制水平,能保证污水处理达到预期目标,这是国内污水处理所不及的。我国铅锌工业应用最为普遍的依然是氢氧化物沉淀法,仅少数厂家采用硫化法与铁氧体法。

氢氧化物沉淀法处理重金属污水具有流程简单、处理效果好、操作管理便利、处理成本低廉的特点,但采用石灰时,渣量大,含水率高,脱水困难。另外,两性金属氢氧化物在高

pH 值时能生成羟基络合物，出现返溶现象，使污水中金属离子浓度再次升高。因此，氢氧化物沉淀法处理重金属污水对 pH 值调整控制要求较高，理论计算得到的 pH 值只能作为参考，污水处理最佳 pH 值及碱性沉淀剂投加量应根据试验确定。

相比来说，硫化法比石灰中和法更为有效，且具有渣量小，易脱水，沉渣金属品位高、利于回收等优点。但其缺点是硫化钠价格较高，处理过程中会产生硫化氢气体，处理后出水硫离子超标需进一步处理，生成的金属硫化物非常细小难以沉降等。在有良好的沉淀设备条件下，其净化效果是显著的。国外一般在硫化法工艺后设铁盐沉淀去除水中的硫离子。

铁氧体法处理重金属污水效果好，处理范围广，可一次除去污水中多种重金属离子，沉淀物具磁性且颗粒较大，容易分离，投资省，沉渣量少，且产物化学性质比较稳定无返溶现象。该法的主要缺点是铁氧体沉淀颗粒的成长及反应过程需要通空气氧化，且反应温度要求 60~80℃，污水升温耗能过高。目前，一种 Galva-nictrea 法（简称 GT 铁氧体法）克服了传统的需升温和鼓风才能完成氧化过程的缺点，能在常温、不通氧的情况下形成稳定的铁氧体。

6.3.3.3 工业固体废物处置及综合利用技术

铅鼓风炉熔炼的产物为粗铅、炉渣、铅冰铜、烟尘和烟气。其中，铅炉渣的一般成分为二氧化硅 19%~35%，氧化铁 28%~40%，氧化钙 0~20%，氧化镁 <3%~5%，臭氧 <3%~5%，渣含铅 1%~3.5%。炉渣中除含铅较高外，大约含有炉料中 80%的锌以及稀散金属，炉渣中由于含铅、锌较高，因此需要对炉渣进行处理以提取其中的铅、锌。目前广泛采用烟化炉烟化法处理这种炉渣以提取其中的锌。铅冶炼过程中的固废产生较多，其中的大部分为中间产物，有价元素含量较高，有必要进行回收。铅冶炼固体废物来源及处置技术，主要包括：

- 1) 鼓风炉熔炼或直接熔炼产生的铅鼓风炉渣，采用烟化炉吹炼或经水淬后送回转窑挥发或堆存留待处理；
- 2) 小型鼓风炉熔炼，铜浮渣处理产生铜铈，处理后回收铜；
- 3) 当炉料中的砷、锑或镍、钴含量高的情况下，鼓风炉熔炼可产生黄渣，经进一步回收有价金属；
- 4) 粗铅电解前的火法精炼产生铜浮渣，经还原熔炼回收粗铅，制铜铈；
- 5) 高锡粗铅电解前火法精炼产生锡渣，先用选矿方法选出高锡部分，再分别熔炼得到焊锡，后者送炼锡系统回收铅和锡；
- 6) 高锡粗铅电解后的阴极铅碱性精炼产生稀碱渣，经水淬，分离铅料，制锡酸钠；
- 7) 电解精炼产生阳极泥，经过滤洗涤后回收金银铋等稀贵金属；
- 8) 阴极铅精炼铸锭工序产生氧化铅渣及碱渣，回收铅；
- 9) 萤石法制硅氟酸工序产生硫酸钙渣，弃去；
- 10) 鼓风炉渣烟化炉吹炼或挥发窑熔炼产生废（弃）渣，送渣场；
- 11) 烧结、鼓风炉熔炼等产生烟尘，回收铈、硒、碲等；
- 12) 从铅烧结烟尘中回收铈工序产生残渣、浸出渣，送铅烧结系统；
- 13) 从铅鼓风炉烟尘中回收硒工序产生水淬渣、浸出渣，送铅烧结系统；
- 14) 冶炼废水处理污泥产生污水处理渣，进一步回收有价金属。

6.4 铅冶炼行业发展面临的资源环境问题

6.4.1 资源“瓶颈”的制约越发突出

在国内大中型冶炼企业中，除了少数一到两家冶炼厂原料可以自给外，其他几家拥有自有矿山的冶炼企业的原料自给率均不足 50%。绝大部分冶炼厂都没有稳定可靠的原料供应保证，在国内原料供应中，长期合同比例不足 30%。近年来，我国铅锌矿业投资比重不断提高，国内铅冶炼原料供应能力得到明显改善，采选和冶炼能力之间的矛盾得到一定程度缓解，但铅冶炼原料仍呈供不应求之势。

6.4.2 行业集中度不高，集约化经营优势有待进一步发挥

我国铅冶炼业的特点之一是行业集中度不高。近年来规模以上铅锌冶炼企业数量增多，但每户平均铅锌产量变化不大。

6.4.3 潜在的环境污染源仍未根除

铅冶炼行业是有色金属工业中的污染大户，二氧化硫与烟、粉尘排放量大，且冶炼过程产生的烟尘或粉尘含有铅、镉等重金属，无组织排放或低矮排气筒产生的烟气在近地面扩散可造成小范围空气质量显著下降。

此外，铅冶炼生产过程还产生大量含重金属的有毒废水，由于重金属可在地表水体及其底泥中累积，因此，即使废水达标排放，仍将对地表水体造成不可逆的影响，而当企业发生事故排放时，其环境影响更为严重。

我国炼铅至今仍以火法冶炼为主，湿法冶炼进展较缓。火法冶炼的二氧化硫烟气治理，目前主要采用石灰吸收法，吸收液的循环净化问题，所产出的石膏渣的应用问题尚未引起足够的重视，需要着手研究解决。

7 评价指标体系

7.1 指标体系框架的确定

行业清洁生产评价指标体系由一级指标和二级指标组成。本指标体系框架的确立，主要依据《清洁生产评价指标体系编制通则（试行稿）》，将《铅锌行业清洁生产评价指标体系（试行）》（发改委发布）、《清洁生产标准 粗铅冶炼业》（环保部发布）和《清洁生产标准 铅电解业》（环保部发布）三套标准体系进行整合，并根据铅冶炼行业生产特点，新增部分考核指标。

7.1.1 原标准体系内容

《铅锌行业清洁生产评价指标体系（试行）》分为铅锌矿采矿企业、铅锌矿选矿企业和铅锌冶炼企业清洁生产评价指标体系，其中铅冶炼企业清洁生产评价指标体系根据工艺不

同分烧结-鼓风熔炼工艺企业和直接熔炼工艺企业清洁生产评价指标体系，其中烧结-鼓风熔炼工艺企业共有二级指标 32 项（定量指标 19 项、定性指标 13 项），直接熔炼工艺企业共有二级指标 31 项（定量指标 18 项、定性指标 13 项）。《清洁生产标准 粗铅冶炼行业》设置二级指标 39 项，《清洁生产标准 铅电解业》设置二级指标 25 项，基本涵盖了铅冶炼生产及污染治理的全部过程。由于烧结-鼓风熔炼工艺已被淘汰，因此不考虑铅锌行业清洁生产评价指标体系中的烧结-鼓风熔炼工艺企业，将《铅锌行业清洁生产评价指标体系（试行）》中直接熔炼工艺企业清洁生产指标体系和《清洁生产标准 粗铅冶炼行业》、《清洁生产标准 铅电解业》中的指标体系分别列表，见表 2-表 4。

表 2 《铅锌行业清洁生产评价指标体系（试行）》直接熔炼工艺指标一览表

序号	一级指标	二级指标	单位	评价基准
1	资源与能源利用指标	铅冶炼综合能耗	kgce/t Pb	600
2		粗铅焦耗	kg/t Pb	300
3		电铅直流电耗	kWh/t Pb	120
4		新水用量	m ³ /t Pb	10
5	生产技术特征指标	铅冶炼总回收率	%	94
6		粗铅冶炼总回收率	%	95
7		铅电解回收率	%	99.2
8		脱硫率	%	95
9		烟尘率	%	8
10		烟气二氧化硫的浓度	%	12
11		炉渣含铅	%	1.5
12		采用安全高效能耗低的新工艺、新技术	定性指标	凡采用的按其指标分值给分，未采用的不给分。
13		冶炼成套机械设备具有较高的自动化水平	定性指标	
14	采用短流程工艺	定性指标		
15	产品特征指标	铅金属含量	%	99.994
16		可二次回收	定性指标	可二次回收的给 5 分，安全无毒性，可降解的给 5 分。
17		安全无毒性，可降解	定性指标	
18	污染排放指标	允许废水排放量	m ³ /t Pb	1.5
19		允许废渣排放量	t/t Pb	0.8
20		排空烟尘固体物含量	mg/m ³	150
21	综合利用指标	有价元素综合利用率	%	70
22		二氧化硫利用率	%	95
23		废水回收利用率	%	92
24	环境管理体系建立及清洁生产审核	开展清洁生产审核	定性指标	凡已建立环境管理体系并通过认证的给 10 分，只建立环境管理体系但尚未通过认证的则给 5 分；凡已进行清洁生产审核的给 15 分。
25		建立环境管理体系并通过认证	定性指标	
26	环境管理与劳动安全卫生指标	建立实施安全生产责任制度	定性指标	如能按要求执行的，则按其指标分值给分；对建设项目环保“三同时”、建设项目环境影响评价、老污染源限期治理指标未能按要求完成的则不给分；对污染物排放总量控制要求，凡水
27		建设项目环保“三同时”执行情况	定性指标	
28		建设项目环境影响评价制度执行情况	定性指标	
29		老污染源限期治理项目完成情况	定性指标	
30		污染物排放总量控制情况	定性指标	
31		现场防尘、防噪声达标情况	定性指标	

				污染物和大气污染物均有超总量要求的则不给分；凡仅有水污染物或大气污染物超总量要求，则给 5 分。
--	--	--	--	--

表 3 《清洁生产标准 粗铅冶炼行业》指标一览表

序号	一级指标	二级指标	单位	I 级	II 级	III 级	
1	生产工艺与装备要求	冶炼工艺	定性指标	基夫赛特炉、氧气底吹炼铅法（QSL）、卡尔多炉等直接炼铅工艺	水口山（SKS）炼铅法+鼓风机、富氧顶吹炉+鼓风机等炼铅工艺	鼓风机烧结机烧结-鼓风机还原熔炼工艺、密闭鼓风机熔炼（ISP）工艺等炼铅工艺	
2		制酸工艺	定性指标	二转二吸制酸、低浓度二氧化硫制酸工艺		单次接触、二转二吸或其他制酸工艺	
3		规模	定性指标	单系列>5 万 t/a			
4		自动控制系统	定性指标	计算机控制进料和冶炼过程，具有炉内温度、压力、振动、气体成分、废气流量或速率等的在线监测与报警装置，自动化水平高	计算机控制进料和冶炼过程，具有炉温、压力等关键参数的在线监测，自动化水平较高		
5		废气的收集与处理	定性指标	炉体密闭化，具有防止废气逸出措施。在易产生废气无组织排放的位置设有废气收集与净化装置			
6		粉状物料储运	定性指标	采用封闭式仓储，贮存仓库配通风设施；采用封闭式输送			
7		余热利用装置	定性指标	具有余热锅炉等余热回收装置			
8	资源利用指标	铅总回收率	%	≥97		>96	
9		金入粗铅率	%	≥96			
10		银入粗铅率	%	≥95			
11		总硫利用率	%	≥96	≥95	>94	
12		二氧化硫转化率	二转二吸	%	≥99.8	≥99.6	≥99
13			低浓度二氧化硫制酸	%	≥99.5	≥99	≥99
14			单位产品新鲜水用量	t/t	≤10	≤15	≤25
15		单位产品综合能耗	kgce/t	≤450			
16	产品指标	硫酸中汞含量	%	0.001	0.01	-	
17		硫酸中砷含量	%	0.0001	0.005	-	
18	污染物产生指标	单位产品废水产生量	t/t	≤4	≤8	≤12	
19		单位产品制酸尾气	kg/t	≤2	≤4	≤8	

序号	一级指标	二级指标	单位	I 级	II 级	III 级		
20		二氧化硫产生量	kg/t	≤2	≤4	≤8		
21		单位产品颗粒物产生量	kg/t	≤1.5	≤3.0	≤5.0		
22	废物回收	工业用水重复利用率	%	≥98	≥95	≥90		
23	利用指标	固体废物综合利用率	%	≥90	≥80	≥60		
24	环境管理要求	环境法律法规标准	定性指标	符合国家和地方有关环境法律、法规，污染物排放达到国家和地方排放标准、总量控制和排污许可证管理要求				
25		组织机构	定性指标	有完善的环境管理机构和专业环境管理人员	有专门的环境管理机构和专业环境管理人员	有基本的环境管理机构和专职环境管理人员		
26		环境审核	定性指标	按照《清洁生产审核暂行办法》完成了清洁生产审核，有完善的清洁生产管理机构，并持续开展清洁生产；按照 GB/T 24001 建立并有效运行环境管理体系，环境管理手册，程序文件及作业文件齐备	按照《清洁生产审核暂行办法》进行了审核；环境管理制度健全，原始记录及统计数据齐全、有效			
27		固体废物管理	定性指标	对一般废物进行妥善处理，对铅尘、废甘汞、鼓风机黄渣、酸泥、污水处理渣等危险废物按照有关要求进行了无害化处置。制定并向所在地县级以上地方人民政府环境行政主管部门备案危险废物管理计划（包括减少危险废物产生量和危害性的措施以及危险废物贮存、利用、处置措施），向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门申报危险废物产生种类、产生量、流向、贮存、处置等有关资料。针对危险废物的产生、收集、贮存、运输、利用、处置，制定意外事故的防范和应急预案，并向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门备案				
28		生产过程环境管理		定性指标	对于所有原辅材料均有质检制度和消耗定额管理制度	对于主要原辅材料有质检制度和消耗定额管理制度		
29				定性指标	所有生产工序有操作规程，主要岗位有作业指导书		主要生产工序有操作规程，重点岗位有作业指导书	
30				定性指标	对各工序能耗及水耗有考核，生产工序能分级考核	对主要工序能耗及水耗有考核，生产工序能分级考核	生产工序能分级考核	
31				定性指标	环境设施正常运行，无跑、冒、滴、漏现象，易造成污染的设备和废物产生部位要有警示牌，生产环境整洁			
32				定性指标	原料处理、中间物料破碎、烧结、熔炼、装卸等所有产生粉尘部位，均要配备集气、除尘及回收处理等污染控制措施			
33				定性指标	对于炉窑进料口、出渣口、烧结机头、机尾等易产生二氧化硫无组织排放的位置，应配备集气与处理装置			
34				定性指标	主要污染源安装有经国家相关部门检测合格的自动监控系统	重点污染源安装有经国家相关检测合格的自动监控系统		
35		定性指标	开停工及停工检修时的环境管理程序					
36		定性指标	新、改、扩建项目管理及验收程序					
37	定性指标	具备环境监测管理制度，记录运行数据并建立环保档案；制定了企业环境风险预案						

序号	一级指标	二级指标	单位	I 级	II 级	III 级
38			定性指标	建立重大风险事故定期应急演练制度	建立重大风险事故应急预案制度	
39		相关方环境管理	定性指标	服务协议中明确原辅料的包装、运输、装卸等过程中的安全及环保要求		

表 4 《清洁生产标准 铅电解业》指标一览表

序号	一级指标	二级指标	单位	I 级	II 级	III 级
1	生产工艺与装备要求	工艺	定性指标	采用大极板工艺（单块阳极板≥300kg）		单块阳极板≥90kg
2		火法精炼工艺	定性指标	冶炼产粗铅不需铸锭，直接液态入锅，熔铅锅锅面固定	冶炼产粗铅铸锭后冷态入锅	
3		熔铅锅	t	≥100	≥75	≥60
4		机械化与自动化水平	定性指标	全过程自动化水平高。熔铅锅面固定，自动加药，残极连续机械加入，连续机械捞取铜浮渣；阴、阳极自动铸造，阴阳极自动排距并同时放入电解槽；电铅锅机械耙渣；生产过程产生的废气具备有效的收集与处理措施	自动化水平较高。阴、阳极自动铸造，阴、阳极自动排距；电铅锅机械耙渣；生产过程产生的废气具备有效的收集与处理措施	自动化水平一般。阴、阳极自动铸造、自动排距；生产过程产生的废气具备有效的收集与处理措施
5	资源能源利用指标	铅回收率	%	≥99		≥98
6		单位产品直流电耗	kw·h/t	≤120		
7		残极率	%	≤38	≤40	≤45
8		单位产品硅氟酸耗	kg/t	≤2.5	≤3.5	≤4.0
9	产品指标	电铅质量要求	定性指标	符合 GB/T 469 中一号铅锭的质量要求		符合 GB/T 469 中相应牌号铅锭的质量要求
10	污染物产生指标	单位产品铅尘产生量（以 Pb 计）	kg/t	≤8	≤12	≤20
11	环境管理要求	环境法律法规标准	定性指标	符合国家和地方有关环境法律、法规，污染物排放达到国家和地方排放标准、总量控制和排污许可证管理要求		
12		组织机构	定性指标	有完善的环境管理机构和专业环境管理人员	有专门的环境管理机构和专业环境管理人员	有基本的环境管理机构 and 专职环境管理人员
13		环境审核	定性指标	按照《清洁生产审核暂行办法》完成了清洁生产审核，有完善的清洁生产管理机构，并持续开展清洁生产；按照 GB/T 24001 建立并有效运行环境管理体系，环境管理手册，程序文件及作业文件齐备	按照《清洁生产审核暂行办法》进行了审核；环境管理制度健全，原始记录及统计数据齐全、有效	
14		固体废物管理	定性指标	对一般废物进行妥善处理，对铅浮渣、阳极泥、氧化铅渣及碱渣等危险废物按照有关要求进行了无害化处置。制		

序号	一级指标	二级指标	单位	I级	II级	III级	
				定并向所在地县级以上地方人民政府环境行政主管部门备案危险废物管理计划（包括减少危险废物产生量和危害性的措施以及危险废物贮存、利用、处置措施），向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门申报危险废物产生种类、产生量、流向、贮存、处置等有关资料。针对危险废物的产生、收集、贮存、运输、利用、处置，制定意外事故的防范措施和应急预案，并向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门备案			
15		生产过程环境管理	定性指标	对于所有原辅材料均有质检制度和消耗定额管理制度	对于主要原辅材料有质检制度和消耗定额管理制度		
16	定性指标		所有生产工序有操作规程，主要岗位有作业指导书	主要生产工序有操作规程，重点岗位有作业指导书			
17	定性指标		对各工序能耗及水耗有考核，生产工序能分级考核	对主要工序能耗及水耗有考核，生产工序能分级考核	生产工序能分级考核		
18	定性指标		环境设施正常运行，无跑、冒、滴、漏现象，易造成污染的设备和废物产生部位要有警示牌，生产环境整洁				
19	定性指标		熔铅锅、电铅锅等产生粉尘部分，均要配备控制与处理装置				
20			电解槽应采取覆盖剂酸雾抑制措施	--			
21	定性指标		开停工及停工检修时的环境管理程序				
22	定性指标		新、改、扩建项目管理及验收程序				
23	定性指标		具备环境监测管理制度，记录运行数据并建立环保档案；制定了企业环境风险预案				
24	定性指标		建立重大风险事故定期应急演练制度	建立重大风险事故应急预案制度			
25			相关方环境管理	定性指标	服务协议中明确原辅料的包装、运输、装卸等过程中的安全及环保要求		

7.1.2 主要修订情况

项目组在“原标准体系”各项指标的基础上，对多家铅冶炼企业进行了现场调研、并召开项目开题会议、咨询会议等，征求专家意见。项目组根据《清洁生产评价指标体系编制通则（试行稿）》和其他相关标准的要求，充分考虑专家的修改建议，提出了本稿指标体系。粗铅冶炼业的清洁生产评价指标体系合计 56 项指标，其中，相比于《清洁生产标准 粗铅冶炼业》，新增指标 33 项；删除指标 16 项；合并、修订指标 23 项。铅电解企业的清洁生产评价指标体系合计 23 项指标，其中，相比于《清洁生产标准 铅电解业》，新增指标 9 项；删除指标 11 项；合并、修订指标 11 项；保留指标 3 项（熔铅锅、单位产品硅氟酸耗、残极率）。具体见表 5-表 10。

表 5 粗铅冶炼业新增指标表

序号	二级指标	增加原因
1	烟化工艺	提高对烟化炉工艺清洁生产的要求
2	单位产品 Pb 产生量（废水）	将废水、废气中重金属等产生与排放指标纳入清洁生产评价指标中，可有效解决重金属污染防控，为污染物总量控制做参考，推动排污许可制度的实施
3	单位产品 Zn 产生量（废水）	
4	单位产品 As 产生量（废水）	
5	单位产品 Cd 产生量（废水）	
6	单位产品 Hg 产生量（废水）	
7	单位产品 Pb 排放量（废水）	
8	单位产品 Zn 排放量（废水）	
9	单位产品 As 排放量（废水）	
10	单位产品 Cd 排放量（废水）	
11	单位产品 Hg 排放量（废水）	
12	单位产品 Pb 产生量（废气）	
13	单位产品 Zn 产生量（废气）	
14	单位产品 As 产生量（废气）	
15	单位产品 Cd 产生量（废气）	
16	单位产品 Hg 产生量（废气）	
17	单位产品氮氧化物产生量（废气）	
18	单位产品 Pb 排放量（废气）	
19	单位产品 Zn 排放量（废气）	
20	单位产品 As 排放量（废气）	
21	单位产品 Cd 排放量（废气）	
22	单位产品 Hg 排放量（废气）	
23	单位产品二氧化硫排放量（废气）	
24	单位产品颗粒物排放量（废气）	
25	单位产品氮氧化物排放量（废气）	
26	硫酸中铅含量	
27	粗铅	《粗铅》（YS/T 71）要求
28	单位产品二氧化碳排放量	保障我国二氧化碳的减排规划，促进二氧化碳减排
29	产业政策符合性	符合《产业结构调整指导目录（2019 年本）》
30	危险化学品管理	符合《危险化学品安全管理条例》
31	计量器具配备情况	符合国家标准 GB17167、GB24789 三级计量配备要求
32	土壤污染隐患排查	《中华人民共和国土壤污染防治法》第 21 条规定，土壤污染重点监管单位应当建立土壤污染隐患排查制度，保证持续有效防止有毒有害物质渗漏、流失、扬散
33	运输方式	符合《打赢蓝天保卫战三年行动计划》（国发〔2018〕22 号）及《推进运输结构调整三年行动计划（2018—2020 年）》（国办发〔2018〕91 号）中关于推进运输结构调整，提高铁路货运比例的要求

表 6 粗铅冶炼业修订指标表

序号	指标名称	修订后指标值	修订（合并）前指标名称	修订前指标值	修改原因
1	熔炼-还原工艺	I级、II级：富氧熔池熔炼-液态高铅渣直接还原工艺、富氧闪速熔炼工艺 III级：富氧熔池熔炼-鼓风机还原工艺、密闭鼓风机熔炼（ISP）工艺	冶炼工艺	I级：基夫赛特炉、氧气底吹炼铅法（QSL）、卡尔多炉等直接炼铅工艺 II级：水口山（SKS）炼铅法+鼓风机、富氧顶吹炉+鼓风机等炼铅工艺 III级：鼓风烧结机烧结-鼓风机还原熔炼工艺、密闭鼓风机熔炼（ISP）工艺等炼铅工艺	随着铅冶炼行业的发展，一些落后工艺被淘汰，一些先进工艺渐渐成为主流，一些工艺经过实践检验，有的停产，有的改进，因此根据目前的铅冶炼生产现状对过去的指标分级进行了修改
2	制酸工艺	I~III级：双转双吸或其他先进制酸工艺	制酸工艺	I级和II级：二转二吸制酸、低浓度二氧化硫制酸工艺 III级：单次接触、二转二吸或其他制酸工艺	低浓度二氧化硫制酸工艺、单次接触制酸工艺已逐渐被淘汰，双转双吸已被普遍采用
3	单系列规模	I级：≥10 II级、III级：>5	规模	单系列>5	根据行业代表性铅冶炼企业的实际情况综合确定，引导企业提升清洁生产水平
4	自动控制系统	I级：计算机控制进料及冶炼过程，具有炉内温度、压力、气体成分、废气流量或速率等的在线监测与报警装置，自动化水平高 II级、III级：计算机控制进料及冶炼过程，具有炉温、压力等关键参数的在线监测，自动化水平较高	自动控制系统	I级：计算机控制进料及冶炼过程，具有炉内温度、压力、振动、气体成分、废气流量或速率等的在线监测与报警装置，自动化水平高 II级、III级：计算机控制进料及冶炼过程，具有炉温、压力等关键参数的在线监测，自动化水平较高	I级指标中去掉了振动等不需要的指标
5	废气的收集与处理	I~III级：精矿备料过程产尘点应设置集气收尘设施；各炉体加料口、出料口、出渣口等设置集气罩，并配套除尘脱硫设施，溜槽设置盖板	废气的收集与处理	I~III级：炉体密闭化，具有防止废气逸出措施。在易产生废气无组织排放的位置设有废气收集与净化装置	对无组织废气的收集与处理的要求更加具体化
6	物料储运	I~III级：粉状物料采用封闭式仓储，贮存仓库配通风设施，采用封闭式输送；厂内大宗物料转移、输送应采取皮带通廊、封闭式皮带输送机或流态化输送等输送方式，皮带通廊应封闭，带式输送机的受料点、卸料点采取喷雾等抑尘措施或设置集气除尘设施	粉状物料储运	采用封闭式仓储，贮存仓库配通风设施；采用封闭式输送	增加了对厂内大宗物料储运的要求，引导企业提升清洁生产水平

序号	指标名称	修订后指标值	修订(合并)前指标名称	修订前指标值	修改原因
7	单位产品综合能耗	I级: ≤220kgce/t (粗铅) II级: ≤240kgce/t (粗铅) III级: ≤250 kgce/t (粗铅)	单位产品综合能耗	I级、II级、III级: ≤450 kgce/t (粗铅)	根据《铅锌行业规范条件》(2020)及《铅冶炼企业单位产品能源消耗限额》(GB21250-2014)的相关要求综合确定
8	单位产品新鲜水耗	I级: ≤3 m ³ /t (粗铅) II级: ≤4 m ³ /t (粗铅) III级: ≤4.5 m ³ /t (粗铅)	单位产品新鲜水耗	I级: ≤10 m ³ /t (粗铅) II级: ≤15 m ³ /t (粗铅) III级: ≤25 m ³ /t (粗铅)	根据《取水定额第19部分: 铅冶炼生产》(GB/T 18916.19)及根据行业代表性铅冶炼企业的实际情况综合确定
9	铅总回收率	I级: ≥98.5% II级: ≥98% III级: ≥97.5%	铅总回收率	I级、II级: ≥97% III级: ≥96%	根据《铅锌行业规范条件》(2020)及根据行业代表性铅冶炼企业的实际情况综合确定
10	总硫利用率	I级: ≥97% II级: ≥96.5% III级: ≥96%	总硫利用率	I级: ≥96% II级: ≥95% III级: ≥94%	根据《铅锌行业规范条件》(2020)及行业代表性铅冶炼企业的实际情况综合确定
11	工业用水重复利用率	I、II、III级: ≥98%	工业用水重复利用率	I级: ≥98% II级: ≥95% III级: ≥90%	根据《铅锌行业规范条件》(2020)及行业代表性铅冶炼企业的实际情况综合确定
12	一般工业固体废物综合利用率	I级: ≥90% II级: ≥80% III级: ≥70%	固体废物综合利用率	I级: ≥90% II级: ≥80% III级: ≥60%	对固体废物进行了分类明确, 引导企业提升清洁生产水平
13	危险废物安全处置率	I、II、III级: 100%			
14	单位产品特征污染物产生量(废气)二氧化硫	I级: ≤20 kg/t (粗铅) II级: ≤40 kg/t (粗铅) III级: ≤60 kg/t (粗铅)	单位产品二氧化硫产生量	制酸尾气: I级≤2kg/t (粗铅) II级≤4kg/t (粗铅) III级≤8kg/t (粗铅) 其他: I级≤2kg/t (粗铅) II级≤4kg/t (粗铅) III级≤8kg/t (粗铅)	结合行业实际情况修订, 并明确废气中污染物的产生量是指进入末端处理设施之前的污染物的量
15	单位产品特征污染物产生量(废气)颗粒物	I级: ≤90 kg/t (粗铅) II级: ≤130 kg/t (粗铅) III级: ≤170 kg/t (粗铅)	单位产品颗粒物产生量	I级: ≤1.5 kg/t (粗铅) II级: ≤3.0 kg/t (粗铅) III级: ≤5.0 kg/t (粗铅)	
16	硫酸中汞含量	I级: ≤0.001% II、III级: ≤0.01%	硫酸中汞含量	I级: ≤0.001% II级: ≤0.01% III级: -	根据《工业硫酸》(GB/T534-2014)要求提高了III级的要求, 引导企业提升清洁生产水平
17	硫酸中砷	I级: ≤0.0001%	硫酸中砷含量	I级: ≤0.0001%	根据《工业硫酸》

序号	指标名称	修订后指标值	修订（合并）前指标名称	修订前指标值	修改原因
	含量	II、III级：≤0.001%	量	II级：≤0.005% III级：-	（GB/T534—2014）要求提高了II、III级的要求，引导企业提升清洁生产水平
18	环保法律法规标准执行情况	I、II、III级：符合国家和地方有关环境法律、法规，企业污染物排放总量及能源消耗总量满足国家及地方政府相关标准，满足环评批复、环保“三同时”制度、总量控制和排污许可证管理要求	环境法律法规标准	I、II、III级：符合国家和地方有关环境法律、法规，污染物排放达到国家和地方排放标准、总量控制和排污许可证管理要求	增加环境影响评价和“三同时”制度要求
19	固体废物处理处置	I、II、III级：通过当地环保主管部门组织的危险废物规范化管理考核，综合评估结果为“达标” I、II、III级：按照GB 18599相关规定对暂时不利用或者不能利用的一般工业固体废物进行贮存或处置	固体废物管理	对一般废物进行妥善处理，对铅浮渣、阳极泥、氧化铅渣及碱渣等危险废物按照有关要求进行了无害化处置。制定并向所在地县级以上地方人民政府环境行政主管部门备案危险废物管理计划（包括减少危险废物产生量和危害性的措施以及危险废物贮存、利用、处置措施），向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门申报危险废物产生种类、产生量、流向、贮存、处置等有关资料。针对危险废物的产生、收集、贮存、运输、利用、处置，制定意外事故的防范和应急预案，并向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门备案	明确了危险废物规范化管理考核要求；提出了一般工业固体废物利用率、贮存或处置的要求
20	清洁生产管理	I、II、III级：按照GB/T 24001建立并运行环境管理体系，建有专门负责清洁生产的领导机构，各成员单位及主管人员职责分工明确；有健全的清洁生产管理制度和奖励管理办法，有执行情况检查记录；制定有清洁生产工作规划及年度工作计划，对规划、计划提出的目标、指标、清洁生产方案，认真组织落实；资源、能源、环保设施运行统计台账齐全；建立、制定环境突发性事件应急预案（预案要通过相应环保部门备案）并定期演练。按行业无组织排放监管的相关政策要求，加强对无组织排放的防控措施，减少生产过程无组织排放	组织机构	I级：有完善的环境管理机构和专业环境管理人员 II级：有专门的环境管理机构和专业环境管理人员 III级：有基本的环境管理机构和专业环境管理人员	对清洁生产管理的机构、人员职责、制度、规划进行了详细的规定，并对应急预案及无组织排放提出了相关要求
21	清洁生产	I、II、III级：按政府规定要	环境审核	I级：按照《清洁生产审	对清洁生产审核中

序号	指标名称	修订后指标值	修订（合并）前指标名称	修订前指标值	修改原因
	审核	求，制订有清洁生产审核工作计划，对原料及生产全流程定期开展清洁生产审核活动，中、高费方案实施率（I级：高于80%；II级：高于60%；III级：高于50%）		核暂行办法》完成了清洁生产审核，有完善的清洁生产管理机构，并持续开展清洁生产；按照GB/T24001建立并有效运行环境管理体系，环境管理手册，程序文件及作业文件齐备 II、III级：按照《清洁生产审核暂行办法》进行了审核；环境管理制度健全，原始记录及统计数据齐全、有效	提出的中、高费方案实施率给出了定量要求
22	节能管理	I、II、III级：按国家规定要求，组织开展节能评估与能源审计工作，实施节能改造项目完成率为（I级：高于90%；II级：高于70%；III级：高于50%）	生产过程环境管理	I级：对各工序能耗及水耗有考核，生产工序能分级考核 II级：对主要工序能耗及水耗有考核，生产工序能分级考核 III级：生产工序能分级考核	对节能改造项目完成率给出了定量要求。
23	污染物排放监测	I、II、III级：满足国家相关监测技术规范要求；按照排污许可证规定的自行监测方案自行或委托第三方检测机构开展监测工作，安排专人专职对监测数据进行记录、整理、统计和分析，公开自行监测信息	生产过程环境管理	I、II、III级：具备环境监测管理制度，记录运行数据并建立环保档案；制定了企业环境风险预案	对污染物排放监测提出了更详细的要求。

表 7 粗铅冶炼业删除指标表

序号	指标名称		指标值	删除原因
1	余热利用装置		I~III级：具有余热锅炉等余热回收装置	是否配备余热锅炉应根据实际情况来确定，不能作为强制措施进行约束
2	金入粗铅率		I、II级：≥97%； III级：≥96%	实际情况很难准确量化
3	银入粗铅率		I~III级：≥95	
4	二氧化硫转化率	二转二吸	I级：≥99.8% II级：≥99.6% III级：≥99%	根据《铅锌行业规范条件》（2020），已修改为硫捕集率
5		低浓度二氧化硫制酸	I级：≥99.5% II级：≥99% III级：≥99%	
6	单位产品废水产生量		I级：≤4 t/t（粗铅） II级：≤8 t/t（粗铅） III级：≤12 t/t（粗铅）	主要关注的是单位产品废水中特征污染物的产生量
7	生产过程环境管理		I级：对于所有原辅材料均有质检制度和消耗定额管理制度 II、III级：对于主要原辅材料有质检制度和消耗定额管理制度	简化过多不重要的定性指标，且主要的定性管理指标均在修订后的“清洁生产管理指标”中体现

序号	指标名称	指标值	删除原因
8	生产过程环境管理	I、II级：所有生产工序有操作规程，主要岗位有作业指导书 III级：主要生产工序有操作规程，重点岗位有作业指导书	
9	生产过程环境管理	I、II、III级：环境设施正常运行，无跑、冒、滴、漏现象，易造成污染的设备和废物产生部位要有警示牌，生产环境整洁	
10	生产过程环境管理	I、II、III级：原料处理、中间物料破碎、烧结、熔炼、装卸等所有产生粉尘部位，均要配备集气、除尘及回收处理等污染控制措施	
11	生产过程环境管理	I、II、III级：对于炉窑喂料口、出渣口、烧结机头、机尾等易产生二氧化硫无组织排放的位置，应配备集气与处理装置	
12	生产过程环境管理	I级：主要污染源安装有经国家相关部门检测合格的自动监控系统 II、III级：重点污染源安装有经国家相关检测合格的自动监控系统	
13	生产过程环境管理	I、II、III级：开停工及停工检修时的环境管理程序	
14	生产过程环境管理	I、II、III级：新、改、扩建项目管理及验收程序	
15	生产过程环境管理	I级：建立重大风险事故定期应急演练制度 II、III级：建立重大风险事故应急预案制度	
16	相关方环境管理	I、II、III级：服务协议中明确原辅料的包装、运输、装卸等过程中的安全及环保要求	

表 8 铅电解企业新增指标表

序号	二级指标	增加原因
1	废气的收集与处理	《排污许可证申请与核发技术规范 有色金属工业-铅锌冶炼》中有对相关无组织废气收集的要求：熔铅（电铅）锅生产过程密闭，加料口、出铅口及扒渣过程设置集气收尘设施
2	单位产品综合能耗	对清洁生产有重大影响，《铅冶炼企业单位产品能源消耗限额》规定现有铅冶炼企业铅电解精炼工序的单位产品综合能耗要低于 140kgce/t，新建铅冶炼企业铅电解精炼工序的单位产品综合能耗准入值为 110kgce/t，先进值为 105kgce/t
3	单位产品 Pb 的排放量（废气）	将废气中特征污染物排放指标纳入清洁生产评价指标中，可有效解决重金属污染防控，为污染物总量控制做参考，推动排污许可制度的实施
4	单位产品二氧化碳排放量	保障我国二氧化碳的减排规划，促进二氧化碳减排
5	产业政策符合性	符合《产业结构调整指导目录（2019 年本）》

6	危险化学品管理	符合《危险化学品安全管理条例》
7	计量器具配备情况	符合国家标准 GB17167、GB24789 三级计量配备要求
8	土壤污染隐患排查	《中华人民共和国土壤污染防治法》第 21 条规定，土壤污染重点监管单位应当建立土壤污染隐患排查制度，保证持续有效防止有毒有害物质渗漏、流失、扬散
9	运输方式	符合《打赢蓝天保卫战三年行动计划》（国发〔2018〕22 号）及《推进运输结构调整三年行动计划（2018—2020 年）》（国办发〔2018〕91 号）中关于推进运输结构调整，提高铁路货运比例的要求

表 9 铅电解企业修订指标表

序号	指标名称	修订后指标值	修订（合并）前指标名称	修订前指标值	修改原因
1	电解工艺	I 级、II 级：采用大极板工艺 III 级：采用小极板工艺	工艺	I、II 级：采用大极板工艺（单块阳极板≥300kg） III 级：单块阳极板≥90kg	根据《铅冶炼污染防治最佳可行技术指南（试行）》（HJ-BAT-7）确定
2	火法精炼工艺	I 级：冶炼产粗铅不需铸锭，直接液态入锅，熔铅锅锅面固定，除铜除杂工序，全密闭进行 II、III 级：冶炼产粗铅铸锭后冷态入锅	火法精炼工艺	I 级：冶炼产粗铅不需铸锭，直接液态入锅，熔铅锅锅面固定 II、III 级：冶炼产粗铅铸锭后冷态入锅	根据行业代表性铅冶炼企业的实际情况，I 级提出除铜除杂工序全部密闭进行
3	铅总回收率	I 级：≥99.5% II 级：≥99.2% III 级：≥99%	铅回收率	I、II 级：≥99% III 级：≥98%	根据《铅锌行业规范条件》（2020）及行业代表性铅冶炼企业的实际情况综合确定
4	单位产品特征污染物产生量（废气）Pb	I 级：≤450 g/t II 级：≤550 g/t III 级：≤650 g/t	单位产品铅尘产生量（以 Pb 计）	I 级：≤8kg/t II 级：≤12kg/t III 级：≤20kg/t	结合行业实际情况修订
5	电铅	I、II、III 级：符合 GB/T 469 的质量要求	电铅质量要求	I、II 级：符合 GB/T 469 中一号铅锭的质量要求 III 级：符合 GB/T 469 中相应牌号铅锭的质量要求	根据最新的《铅锭》（GB/T469），已经删除了“一号铅锭”的定义，且生产何种牌号的电铅产品是根据企业的目标和产品种类而定的，无需进行清洁生产指标分级
6	环保法律法规标准执行情况	I、II、III 级：符合国家和地方有关环境法律、法规，企业污染物排放总量及能源消耗总量满足国家及地方政府相关标准，满足环评批复、环保“三同时”制度、总量控制和排污许可证管理要求	环境法律法规标准	I、II、III 级：符合国家和地方有关环境法律、法规，污染物排放达到国家和地方排放标准、总量控制和排污许可证管理要求	增加环境影响评价和“三同时”制度要求
7	固体废物处理处置	I、II、III 级：通过当地环保主管部门组织的危险废物规范化管理考核，综合评估结果为“达标”	固体废物管理	I、II、III 级：对一般废物进行妥善处理，对铅浮渣、阳极泥、氧化铅渣及碱渣等危险废物按照有关	明确了危险废物规范化管理考核要求；提出了一般工业固体废物利用

序号	指标名称	修订后指标值	修订（合并）前指标名称	修订前指标值	修改原因
		I、II、III级：按照 GB 18599 相关规定对暂时不利用或者不能利用的一般工业固体废物进行贮存或处置		要求进行无害化处置。制定并向所在地县级以上地方人民政府环境行政主管部门备案危险废物管理计划（包括减少危险废物产生量和危害性的措施以及危险废物贮存、利用、处置措施），向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门申报危险废物产生种类、产生量、流向、贮存、处置等有关资料。针对危险废物的产生、收集、贮存、运输、利用、处置，制定意外事故的防范措施和应急预案，并向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门备案	率、贮存或处置的要求
8	清洁生产管理	I、II、III级：按照 GB/T 24001 建立并运行环境管理体系，建有专门负责清洁生产的领导机构，各成员单位及主管人员职责分工明确；有健全的清洁生产管理制度和奖励管理办法，有执行情况检查记录；制定有清洁生产工作规划及年度工作计划，对规划、计划提出的目标、指标、清洁生产方案，认真组织落实；资源、能源、环保设施运行统计台账齐全；建立、制定环境突发性事件应急预案（预案要通过相应环保部门备案）并定期演练。按行业无组织排放监管的相关政策要求，加强对无组织排放的防控措施，减少生产过程无组织排放	组织机构	I级：有完善的环境管理机构和专业环境管理人员 II级：有专门的环境管理机构和专业环境管理人员 III级：有基本的环境管理机构 and 专职环境管理人员	对清洁生产管理的管理机构、人员职责、制度、规划进行了详细的规定，并对应急预案及无组织排放提出了相关要求
9	清洁生产审核	I、II、III级：按政府规定要求，制订有清洁生产审核工作计划，对原料及生产全流程定期开展清洁生产审核活动，中、高费方案实施率（I级：高于 80%；II级：高于 60%；III级：高于 50%）	环境审核	I级：按照《清洁生产审核暂行办法》完成了清洁生产审核，有完善的清洁生产管理机构，并持续开展清洁生产；按照 GB/T 24001 建立并有效运行环境管理体系，环境管理手册，程序文件及作业文件齐备 II、II级：按照《清洁生产审核暂行办法》进行了审核；环境管理制度健全，原始记录及统计数据齐全、有效	对清洁生产审核中提出的中、高费方案实施率给出了定量要求

序号	指标名称	修订后指标值	修订(合并)前指标名称	修订前指标值	修改原因
10	节能管理	I、II、III级:组织开展节能评估与能源审计工作,实施节能改造项目完成率为(I级:高于90%;II级:高于70%;III级:高于50%)	生产过程环境管理	I级:对各工序能耗及水耗有考核,生产工序能分级考核 II级:对主要工序能耗及水耗有考核,生产工序能分级考核 III级:生产工序能分级考核	对节能改造项目完成率给出了定量要求。
11	污染物排放监测	I、II、III级:满足国家相关监测技术规范要求;按照排污许可证规定的自行监测方案自行或委托第三方监测机构开展监测工作,安排专人专职对监测数据进行记录、整理、统计和分析,公开自行监测信息	生产过程环境管理	I、II、III级:具备环境监测管理制度,记录运行数据并建立环保档案;制定了企业环境风险预案	对污染物排放监测提出了更详细的要求。

表 10 铅电解企业删除指标表

序号	指标名称	指标值	删除原因
1	机械化与自动化水平	I级:全过程自动化水平高。熔铅锅面固定,自动加药,残极连续机械加入,连续机械捞取铜浮渣;阴、阳极自动铸造,阴阳极自动排距并同时放入电解槽;电铅锅机械耙渣;生产过程产生的废气具备有效的收集与处理措施 II级:自动化水平较高。阴、阳极自动铸造,阴、阳极自动排距;电铅锅机械耙渣;生产过程产生的废气具备有效的收集与处理措施 III级:自动化水平一般。阴、阳极自动铸造、自动排距;生产过程产生的废气具备有效的收集与处理措施	实际情况难以界定机械化与自动化水平的高低程度,可操作性较低
2	单位产品直流电耗	I、II、III级: ≤120 kw·h/t	由于铅电解业的综合能耗主要为直流电耗,因此与“单位产品综合能耗”指标重复了
3	生产过程环境管理	I级:对于所有原辅材料均有质检制度和消耗定额管理制度; II、III级:对于主要原辅材料有质检制度和消耗定额管理制度	简化过多的不重要的定性指标,且主要的定性管理指标均在修订后的“清洁生产管理指标”中体现
4	生产过程环境管理	I、II级:所有生产工序有操作规程,主要岗位有作业指导书 III级:主要生产工序有操作规程,重点岗位有作业指导书	
5	生产过程环境管理	I、II、III级:环境设施正常运行,无跑、冒、滴、漏现象,易造成污染的设备和废物产生部位要有警示牌,生产环境整洁	
6	生产过程环境管理	I、II、III级:熔铅锅、电铅锅	

序号	指标名称	指标值	删除原因
		等产生粉尘部分，均要配备控制与处理装置	
7	生产过程环境管理	I级：电解槽应采取覆盖剂等酸雾抑制措施 II、III级：--	
8	生产过程环境管理	I、II、III级：开停工及停工检修时的环境管理程序	
9	生产过程环境管理	I、II、III级：新、改、扩建项目管理及验收程序	
10	生产过程环境管理	I级：建立重大风险事故定期应急演练制度 II、III级：建立重大风险事故应急预案制度	
11	相关方环境管理	I、II、III级：服务协议中明确原辅料的包装、运输、装卸等过程中的安全及环保要求	

7.2 指标选取

7.2.1 指标分类

生产工艺及装备指标：采用先进的生产工艺与装备是实现清洁生产的重要途径。其先进水平直接影响着生产的能耗、劳动生产率及生产技术指标等参数，决定了对环境产生影响的大小。通过调查国内外同行业的先进生产工艺与装备水平，在满足国家产业政策要求的基础上，采用资源消耗低、污染排放少的清洁生产工艺、装备和制造技术。由于工艺与装备水平大多不易定量测量，在本标准中主要以定性描述为主。

能源消耗指标：行业常用的经济指标。该指标目的是促进企业采用节能工艺和装备，最大限度降低能源的消耗，提高能源利用效率。具体指标包括单位产品综合能耗。

水资源消耗指标：行业常用的经济指标。该指标目的是促进企业最大限度降低资源的消耗，提高资源利用效率。具体指标包括单位产品新鲜水耗、工业用水重复利用率、单位产品硅氟酸耗等，全部为定量指标。

资源综合利用指标：目的是促进企业采取综合利用措施，充分利用企业内部产生的废物和副产品，减少废物的最终产生和排放。包括铅总回收率、总硫利用率、一般工业固体废物综合利用率、危险废物安全处理处置率、残极率等，全部为定量指标。

污染物产生与排放指标：根据国家和地方污染物排放要求，结合行业的污染特征而确定的，其目的是从源头上采取有效措施，减少重点污染物的产生和排放。粗铅冶炼业的污染物产生和排放指标包括单位产品废水特征污染物产生和排放量，单位产品废气特征污染物产生和排放量，铅电解企业的污染物产生和排放指标包括单位产品废气特征污染物产生和排放量。单位产品特征污染物产生量（废水）的计算节点为综合废水处理站进口，不包含生产循环用水。单位产品特征污染物产生量（废气）的计算节点为末端治理技术之前，其中制酸工序的单位产品特征污染物产生量（废气）的计算节点为制酸之后，末端治理技术之前。

温室气体排放指标：为保障我国二氧化碳的减排规划，促进二氧化碳减排而设定。包括

单位产品二氧化碳排放量。

产品特征指标：影响污染物种类和数量的产品性能、种类和包装，以及反映产品贮存、运输、使用和废弃后可能造成的环境影响等的指标。粗铅冶炼的二级指标包括硫酸中的汞、铅、砷含量，其含量均应达到 GB/T534—2014《工业硫酸》相关要求，以及粗铅指标。铅电解企业的二级指标是电铅，其标准参照 GB/T 469《铅锭》确定。

清洁生产管理指标是影响各行业清洁生产绩效的重要因素。清洁生产管理指标要求企业从清洁生产审核制度执行、清洁生产部门设置和人员配备、清洁生产管理制度等管理环境中对环境影响大的方面，根据各行业的具体情况提出规范性要求。

其中限定性指标指对清洁生产有重大影响或者法律法规明确规定必须严格执行、在对铅生产企业进行清洁生产水平评定时必须首先满足的先决指标。本指标体系将限定性指标确定为：单位产品综合能耗、单位产品新鲜水耗、铅总回收率、工业用水重复利用率、单位产品特征污染物产生和排放量（废水污染物包括铅；废气污染物包括铅、汞、二氧化硫）、环保法律法规标准执行情况、产业政策符合性、危险化学品管理等指标。

指标构成见表 11。

表 11 指标构成表

第一层次指标	第二层次指标			
	粗铅冶炼		铅电解	
	指标名称	指标分类	指标名称	指标分类
生产工艺及装备指标	熔炼-还原工艺	定性	电解工艺	定性
	烟化工艺	定性	火法精炼工艺	定性
	制酸工艺	定性	熔铅锅	定量
	单系列规模	定量	废气的收集与处理	定性
	自动控制系统	定性		
	废气的收集与处理	定性		
	物料储运	定性		
能源消耗指标	单位产品综合能耗	定量	单位产品综合能耗	定量
水资源消耗指标	单位产品新鲜水耗	定量	单位产品硅氟酸耗	定量
	工业用水重复利用率	定量		
资源综合利用指标	铅总回收率	定量	铅总回收率	定量
	总硫利用率	定量	残极率	定量
	一般工业固体废物综合利用率	定量		
	危险废物安全处置率	定量		
污染物产生与排放指标	单位产品污染物的产生与排放量（废水）	定量	单位产品污染物的产生与排放量（废气）	定量
	单位产品污染物的产生与排放量（废气）	定量		
温室气体排放指标	单位产品二氧化碳排放量	定量	单位产品二氧化碳排放量	定量
产品特征指标	硫酸中汞含量	定量	电铅	定性
	硫酸中铅含量	定量		
	硫酸中砷含量	定量		
	粗铅	定性		
清洁生产管理指标	环保法律法规标准执行情况	定性	环保法律法规标准执行情况	定性

	产业政策符合性	定性	产业政策符合性	定性
	清洁生产管理	定性	清洁生产管理	定性
	清洁生产审核	定性	清洁生产审核	定性
	节能管理	定性	节能管理	定性
	污染物排放监测	定性	污染物排放监测	定性
	危险化学品管理	定性	危险化学品管理	定性
	计量器具配备情况	定性	计量器具配备情况	定性
	固体废物处理处置	定性	固体废物处理处置	定性
	土壤污染隐患排查	定性	土壤污染隐患排查	定性
	运输方式	定性	运输方式	定性

7.2.2 二级指标基准值的确定

1、原则满足通则中清洁生产各级水平的总体要求

应根据当前行业清洁生产情况，合理确定 I 级、II 级和 III 级基准值。根据《清洁生产评价指标体系编制通则》（试行稿），确定 I 级基准值时，应参考国际清洁生产指标领先水平，以当前国内 5% 的企业达到该基准值要求为取值原则；确定 II 级基准值时，应以当前国内 20% 的企业达到该基准值要求为取值原则；确定 III 级基准值时，以当前国内 50% 的企业达到该基准值要求为取值原则。

2、参考原有清洁生产标准和指标体系指标值，适应企业技术水平现状

各指标确定过程以原有清洁生产标准和指标体系指标值为基础，结合大量调查数据，提出各指标建议值，再经过多轮企业现场座谈征询和专家研讨确定最终各级指标值。

3、与现有政策规范的一致性

本指标体系各指标值与《铅锌行业规范条件》（2020）、《铅冶炼企业单位产品能源消耗限额》、《铅冶炼污染防治最佳可行技术指南（试行）》、《工业硫酸》等对应的指标值总体是一致的，但因本指标体系有一、二、三级指标基准值，需考虑企业实际达到的比例，进而通过调查和测算后科学设置。

综合能耗指标按照《GB/T 2589 综合能耗计算通则》进行计算，计算范围包括实际消耗的一次能源和二次能源等各种能源，含用作原料的能源。还应将耗能工质消耗的能源、能源及耗能工质在用能单位内部储存、转换及分配供应（包括外销）过程中的损耗也纳入计算。计算时各种能源折算为标准煤，实际消耗的燃料能源应以其收到基低位发热量为计算依据折算为标准煤量，消耗的电力、热力和主要耗能工质按系数折算为标准煤。

参考《其他有色金属冶炼和压延加工业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》，其中单位产品化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量按照下式计算：

$$E_{\text{燃烧}} = A \times 0.0293 \times \eta \times CC_i \times OF_i \times \frac{44}{12} \quad (7-1)$$

其中：

$E_{\text{燃烧}}$ — 单位产品化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量，单位为 tCO₂/t；

A — 行业清洁生产指标体系综合能耗指标的各级基准值，单位为 kgce/t 产品；

0.0293—根据《GB/T 2589-2020 综合能耗计算通则》的规定，1 千克标准煤的低位热值为 29307.6 千焦=0.0293GJ/kgce；

η —行业清洁生产指标体系综合能耗指标的各级基准值中化石燃料一次能源的占比，单位为%；

CC_i —该行业企业主要使用的化石燃料的单位热值含碳量，单位为吨碳/百万千焦（tC/GJ），参考《工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》附录二表 2.1 选取；

OF_i —该行业企业主要使用的化石燃料对应的碳氧化率（%），参考《工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》附录二表 2.1 选取。

单位产品二氧化碳排放量指标各级基准值计算见表 12，由于粗铅冶炼企业和铅电解企业分别计算的单位产品二氧化碳排放量较为接近，因此分别取一个基准值，即粗铅冶炼企业取 1.3tCO₂/t（粗铅），铅电解企业取 0.6tCO₂/t（电铅）。

表 12 单位产品二氧化碳排放量指标各级基准值计算表

分类	单位产品综合能耗基准值 (kgce/t 产品)		行业主要使用的能源名称	该种能源在单位产品综合能耗中的占比 (%)	该种能源对应的单位热值含碳量 (tC/GJ)	该种燃料对应的碳氧化率 (%)	单位产品二氧化碳排放量 (tCO ₂ /t)
粗铅冶炼企业	I 级	≤240	无烟煤	≥60%	0.0274	94	≤1.21
	II 级	≤245	无烟煤	≥60%	0.0274	94	≤1.23
	III 级	≤250	无烟煤	≥60%	0.0274	94	≤1.26
铅电解企业	I 级	≤100	折标煤	≥60%	0.0274	94	≤0.50
	II 级	≤105	折标煤	≥60%	0.0274	94	≤0.53
	III 级	≤110	折标煤	≥60%	0.0274	94	≤0.55

7.2.3 指标权重值的确定

评价指标权重的确定是多目标决策的一个重要环节，因为多目标决策的基本思想是将多目标决策结果值纯量化，也就是应用一定的方法、技术、规则将各目标的实际值转化为一个综合值。指标权重是指在评价过程中不同重要程度的反映，是评价问题中指标相对重要程度的一种主观评价和客观反映的综合度量。权重的赋值合理与否对评价结果的科学合理性起着至关重要的作用。

本指标体系包括生产工艺及装备指标、能源消耗指标、水资源消耗指标、资源综合利用指标、污染物产生与排放指标、温室气体排放指标、产品特征指标、清洁生产管理指标等八类清洁生产一级指标，粗铅冶炼业下含 56 个二级指标，铅电解企业下含 23 个二级指标。一级指标及相应二级指标的权重均采用专家咨询法（Delphi 法）确定，该方法的特点在于集中专家的知识 and 经验，确定各指标的权重，并在不断的反馈和修改中得到比较满意的结果。

8 评价指标体系实施的可行性分析

（1）经济合理性

本指标体系颁布后对推动铅冶炼企业提高清洁生产水平将有积极的促进作用，通过推动铅冶炼企业节能、降耗、减污、增效，进一步改善环境质量，提高经济效益。

（2）指标体系的可操作性

本指标体系从清洁生产与环境保护的角度出发，立足于铅冶炼生产工艺，兼顾铅冶炼生产全流程综合性指标和各生产工序重点关键性指标，能够客观真实地反映铅冶炼企业清洁生产水平。各个定量、定性指标的确定参考了《铅锌行业规范条件》（2020年）、《产业结构调整指导目录》、现行的粗铅冶炼、铅电解清洁生产标准及国内铅冶炼企业实施成功的清洁生产技术和管理经验。因此，本指标体系在技术上是可行的、可操作的。

（3）对铅冶炼行业节能、降耗、减污、增效的推动

本指标体系针对铅冶炼生产过程提出了定量与定性的清洁生产要求，所提出的清洁生产指标基准值、清洁生产工艺技术装备以及环保与清洁生产管理要求，均考虑了企业的生产实践。本指标体系的出台必将推动我国铅冶炼行业提升生产工艺技术装备水平、减少资源与能源消耗、减少污染物的产生与排放，促进资源综合利用与循环利用，改进和完善环保与清洁生产管理，提升各企业清洁生产水平，促进行业的可持续发展。

9 评价指标体系实施的污染减排潜力分析

（1）生产工艺技术设备的改进

本指标体系参照国家出台的原《铅锌行业清洁生产评价指标体系（试行）》、《清洁生产标准 粗铅冶炼行业》、《清洁生产标准 铅电解业》，以及《铅锌行业规范条件》、《产业结构调整指导目录》、《铅冶炼污染防治最佳可行技术指南（试行）》、《铅冶炼企业单位产品能源消耗限额》、《铅、锌工业污染物排放标准》、铅冶炼生产工艺装备未来发展趋势等，提出了适合我国铅冶炼行业的清洁生产定量与定性指标内容，将有助于我国铅冶炼生产企业提升工艺技术设备水平，从生产硬件建设上为节能减排夯实基础。

（2）完善企业清洁生产组织管理

运用管理手段可以全面、系统、自觉地对企业生产过程资源与能源消耗、污染物的产生和排放进行有效地控制，但目前我国大多数铅冶炼企业没有能够有效地建立起清洁生产领导机构和管理制度。本指标体系强化了清洁生产管理指标，从而推动铅冶炼生产企业建立并形成清洁生产长效机制，使开展清洁生产活动成为企业自觉、主动、持续有效的行为。

附件一 标准征求意见情况汇总处理表

表 1 标准征求意见情况汇总处理表

标准名称		铅冶炼行业清洁生产评价指标体系		
标准主编单位		矿冶科技集团有限公司、中国环境科学研究院、广西南丹南方金属有限公司、北京高能时代环境技术股份有限公司、北京轩昂环保科技股份有限公司、河南豫光金铅集团有限责任公司、河北圣洁环境生物科技工程有限公司、宁波太极环保设备有限公司		
序号	标准条款编号	意见内容	提出单位	处理意见及理由
一、意见				
1	4.3 表 2	建议将“单位产品硅氟酸耗”的 I 级、II 级、III 级基准值分别调整为 ≤ 3.5 、 ≤ 4.5 、 ≤ 5 。	河南豫光金铅集团有限责任公司	未采纳。本指标体系对该项的设定值与《清洁生产标准 铅电解业》（HJ513-2009）中的设定值一致，作为修订的指标体系不宜比旧标准宽松。
2	4.3 表 2	建议将“残极率”的 I 级、II 级、III 级基准值分别调整为 ≤ 40 、 ≤ 45 、 ≤ 50 。		部分采纳。本指标体系征求意见稿“残极率”的 I 级、II 级、III 级基准值分别 ≤ 30 、 ≤ 35 、 ≤ 40 ，根据建议，应当适当放宽，但作为修订的指标体系不宜比旧标准宽松，因此将“残极率”的 I 级、II 级、III 级基准值分别调整为 ≤ 38 、 ≤ 40 、 ≤ 45 。
3	/	我公司对该评价指标体系无意见。	广西南丹南方金属有限公司	/
4	3.2	指利用纯铅（建议改为粗铅）制作的阴极板，按一定间距装入盛有电解液的电解槽，在电流的作用下，铅自阳极溶解进入电解液，并在阴极放电（建议去除“放电”）析出，得到电铅的过程。适用于粗铅初步火法精炼除铜（锡）后的进一步精炼提纯。	安阳市岷山有色金属有限责任公司	未采纳。铅电解所用阴极板为纯铅，阳极板为粗铅；所谓放电，即阴离子失去电子而阳离子得到电子的过程，在铅电解过程中，电解液中的正价铅离子在阴极得到电子，由正价变为零价，属放电过程。
5	3.4	建议“污染物产生指标（末端处理前）”改为末端处理后的排放标准。		未采纳。本清洁生产指标体系规定的污染物产生指标是指产物系数，体现了企业生产工艺、生产过程等的先进性，而不是末端环保措施处理后的排放指标。
6	4.3 表 1	建议将“规模”调整为“单系列 >10 ”		部分采纳。本指标体系“规模”I 级、II 级、III 级基准值原为“单系列 >5 ”，根据建议调整为“单系列规模”I 级基准值为“ ≥ 10 ”，II 级、III 级基准值为“ >5 ”。
7	6.1.4	冶炼回收率公式的分子（冶炼产品中铅的质量）应包含次氧化锌中的铅，原来标准把次氧化锌中的铅含量视为铅的回收量，我们公司用次氧化锌生产电解锌，铅形成铅泥，返熔炼使用。		未采纳。冶炼回收率的定义与原标准不矛盾，冶炼产品中铅的质量包含了作为产品的粗铅、次氧化锌、铜铈等的金属铅量，但次氧化锌作为中间原料返回熔炼的不应计算其含铅量，属于重复计算。
8	4.3 表 2	“电解工艺”中将采用大极板工艺列为一、二级，将采用小极板工艺列为三	河南金利金铅集团有	未采纳。大极板工艺不仅起到降低能耗的作用，其对提升

		级，我公司现采用的小极板采用立模浇铸，同时增加极板厚度，在电解过程中通过强化电解也可起到降低单位产品电耗的作用，因此建议对该项进行调整，采用单位产品电耗指标作为衡量标准。	限公司	规模化、集成化及自动化生产、提高劳动生产率、提高资源利用率等方面均具有重要意义，因此将采用大极板工艺列为一、二级，将采用小极板工艺列为三级。另外表 2 中已有“单位产品综合能耗”指标。
9	编制说明	由于铅冶炼企业现有排放口氮氧化物急需治理，而脱硝工艺种类较多，建议在编制说明中对脱硝工艺予以分析，以便对下一步清洁生产方向进行指导。		采纳。在编制说明中进行了完善。
10	/	我公司对该评价指标体系无意见。	济源市万洋冶炼（集团）有限公司	/
11	4.3 表 1	建议该评价体系包括烟化炉（氧化锌副产品）。		采纳。在表 1 中增加了烟化炉指标。
12	4.3 表 1	粗铅生产系统中的“单位产品新鲜水耗”应明确是否包括其他辅助系统。	云南沙甸铅业股份有限公司	采纳。“单位产品新鲜水耗”包括生产粗铅所涉及的所有生产系统，包括其他辅助系统。
13	6.1.5	QYD：每年产品总产量，应明确是否特指粗铅总产量，含不含其他产品。		采纳。每年产品总产量是指主产品产量，即粗铅或电铅产量，不包括其他产品。
14	4.3 表 1	ISP 冶炼技术在处理难以分选的铅锌混合矿、小矿山杂矿、钢厂锌烟灰等具有独特的技术优势，从整个社会来看，其资源的综合利用水平具有较高的清洁生产效能。随着环保技术的发展，国内 ISP 厂家全部实现了工业废水零排放，废气排放能够达到《铅锌工业污染物排放标准》中的特别排放限值水平，工业固废全部能够综合利用，具有较高的清洁生产水平。因此建议将 ISP 工艺列入 I 级基准熔炼—还原工艺。		部分采纳。本征求意见稿未将 ISP 工艺列入基准值指标中，根据企业建议，并考虑到此工艺的清洁生产水平，将密闭鼓风机熔炼（ISP）工艺列入“熔炼-还原工艺”的 III 级基准值。
15	4.3	指标体系中仅列入“污染物产生指标（末端处理前）”，很难量化监测，且不能反映企业真实的清洁生产水平，建议将吨产品污染物排放指标列入指标体系，更符合清洁生产要求。	深圳市中金岭南有色金属股份有限公司韶关冶炼厂	采纳。已在表 1 中增加了污染物排放指标。
16	4.3	建议将“工业废水零排放”列入指标体系。		未采纳。本清洁生产指标体系规定的污染物产生指标是指产物系数，体现了企业生产工艺、生产过程等的先进性，而不是末端环保措施处理后的排放指标。
17	4.3	建议保留原指标体系中“固体废弃物综合利用率%”		采纳。已在“资源综合利用指标”中分别设置“一般工业固体废物安全处置率”和“危险废物安全处置率”。
18	前言	本次的征求意见稿，对此前国家发改委出台的“铅锌行业清洁生产评价指标体系（试行）”和原环保部出台的“清洁生产标准 粗铅冶炼业”（HJ512—2009）未作明确说明是否废止，建议说明。		采纳。在前言中进行了补充。
19	前言	“企业清洁生产等级划分为三级，I 级为国际清洁生产领先水平；II 级为国内清洁生产先进水平；III 级为国内清洁生产基本水平”。I 级的“国际领先”与 II 级的“国内先进”中间差距较大。建议改为“I 级为国际清洁生产先进水平；II 级为国内清洁生产领先水平”。	云南驰宏锌锗股份有限公司	未采纳。与已发布的系列清洁生产评价指标体系保持一致。
20	2	规范性引用文件：“……其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。”建议改为“……其最新版本（包括所有的修改单）适用于本体系或本		采纳。已对其进行了修改完善。

		标准。”		
21	3.1	粗铅冶炼是指将铅精矿熔炼，使硫化铅氧化为氧化铅，再利用碳质还原剂在高温下使氧化铅还原为粗铅的过程。该定义只适合火法炼铅，现国内已有湿法炼铅，建议定义重新修订。		未采纳。粗铅是指单质铅含量为94%~98%的冶炼产品，而湿法炼铅的浸出工序得到的是铅的化合物晶体。
22	3.3	限定性指标：“指对清洁生产有重大影响或者法律法规明确规定必须严格执行……”——“法律法规明确规定必须严格执行”这句话不知是否真有规定，建议进一步核实。		采纳。已核实“铅锌行业规范条件”等法律法规文件对某些重要指标有相关规定。
23	3.4	污染物产生指标（末端处理前）：“……废水中污染物的产生量是指废酸处理后进入废水处理总站装置入口的污染量。”——实际中有的企业水处理系统是紧密联系的，不一定有明显的“分段”，更不一定有“总站”之称。建议将“废水处理总站装置”改为“深度处理”。此类描述在操作中尺度的把握受人为控制较大，建议明确。		部分采纳。根据《铅冶炼废水治理工程技术规范》，将“废水处理总站装置入口”改为“含重金属酸性废水处理装置入口”。
24	3.4	污染物产生指标（末端处理前）：“……废气中污染物的产生量是指进入末端处理设施之前的废气，不包括制酸系统产生的废气，其中二氧化硫产生量是指脱硫工序之前的量。”——实际中铅冶炼烟气存在工艺烟气与环境集烟之分，该段描述不明确，有些笼统。另外因工艺原因，多数企业铅冶炼烟气是用于制酸，不是送去脱硫，建议修改或进一步明确。		采纳。进入末端处理设施之前的废气包括工艺烟气与环境集烟的废气；同时修改了“污染物产生指标（末端处理前）”的定义；另外，存在工艺中产生二氧化硫但不制酸而直接脱硫外排的烟气。
25	4.1 和 4.2	“4.1”与“4.2”中的主要内容重复，没必要。		未采纳。其内容有各自的侧重点。
26	4.3 表 1	表 1 的“自动控制系统”I 级基准值要求有“气体成分”，但未明确是哪一种成分或哪些主要成分。建议根据现有技术条件及可行性予以明确。		未采纳。在线监测的气体成分为各企业冶炼过程中的主要气体成分，不需规定详细的种类。
27	4.3 表 1	表 1 的二级指标“铅回收率”，建议改为“铅总回收率”。		采纳。已修改。
28	4.3 表 1	表 1 的二级指标“工业用水重复利用率”，I 级基准值、II 级基准值、III 级基准值，建议分别调整为 98、97.5、97。		采纳。对相关限值进行了修改。
29	4.3 表 1	表 1 的二级指标“单位产品特征污染物产生量（废水）”。按照体系内容前后逻辑推理，该处的废水应是“废酸”，建议调整。因废水可能包括循环排污水、生活废水、初期雨水等，如此则不明确。		未采纳。不是指废酸，是指废酸处理后进入含重金属酸性废水处理装置入口的综合性废水，为废酸处理后液和厂区其他含重金属酸性废水的混合废水，见 3.4 定义。
30	4.3 表 1	表 1 的二级指标“单位产品特征污染物产生量（废气）”，对 Pb、Zn、As、Cd、Hg 以及二氧化硫、氮氧化物、颗粒物提出基准值要求，且根据体系内容前后逻辑推理是指“末端处理之前”，这不太科学。因为：一是各企业虽工艺相同但因原料不一样、差距大，其基准值是不可能一样的；二是“末端处理”界线划分也难统一，有的企业处理环节多、有的企业处理环节少；三是“处理之前”的烟气一般都带高温、高压、高浓度，测量仪器无法适应。总之，“处理之前”的指标不应控制，关键是“处理之后”要达到什么标准要求，这样控制同样可实现保护环境的目的，且具有更强的操作性和监督性。		采纳。已在表 1 中增加了污染物排放指标。
31	4.3 表 1	表 1 的二级指标“清洁生产审核”，要求“定期完成新一轮清洁生产审核，并		采纳。已修改。

		通过验收”。全国各省对清洁生产审核的程序及要求可能存在差异，即清洁生产审核是必须开展的，但有的省份是采用“评估”的方式认可，不一定“验收”。故建议改为“定期完成新一轮清洁生产审核，并通过验收或评估”。			
32	4.3 表 1	建议表 1 中“污染物产生指标（末端处理前）”，增加吨铅固体废弃物产生量。	北京有色金属研究总院	未采纳。固体废物产生量的多少取决于原料里的各元素含量，不能利用的成分多，则固废产生量就大，与清洁生产没有关系。	
33	总体	现有执行的铅冶炼企业清洁生产评价指标体系存在什么问题？原有的评价指标体系近几年对铅冶炼企业新工艺、新装备评价存在什么问题？可否说明。	湖南有色金属研究院	采纳。已在编制说明中进行了说明。	
34	1	该评价体系适用范围是否包含以铅（铋、金、银）二次资源为原料回收的冶炼企业，如永兴国家循环工业园区的企业（这些企业处理含铅二次资源，不加硫化铅精矿）。		未采纳。本指标体系不适用于再生铅冶炼生产企业。	
35	总体	由于铅资源不断贫乏，各铅冶炼企业处理的原料品位、杂质含量不同（如 As、Sb、Cu、Zn、Hg 等），其评价体系是否考虑变化（如能耗、回收率）。粗铅电解对高铋、锑、金、银粗铅电解的电耗、硅氟酸消耗、残极率、回收率是否按《清洁生产标准 铅电解业》（HJ513-2009）确定。		未采纳。本指标体系不考虑原料品位、杂质含量不同带来的产污变化；粗铅电解对高铋、锑、金、银粗铅电解的电耗、硅氟酸消耗、残极率、回收率等参照本指标体系。	
36	4.3 表 1、表 2	建议固废综合利用应将一般固废和危废分开。	北京高能时代环境技术股份有限公司	采纳。已在“资源综合利用指标”中分别设置“一般工业固体废物安全处置率”和“危险废物安全处置率”。	
37	4.3 表 1、表 2	建议在“资源综合利用指标”中分别设置“一般工业固体废物综合利用率”和“危险废物处置率”。	生态环境部科技与财务司	采纳。已在“资源综合利用指标”中分别设置“一般工业固体废物安全处置率”和“危险废物安全处置率”。	
38	4.3 表 1、表 2	建议在“清洁生产管理指标”中分别提出危险废物和一般工业固体废物处理处置的评价要求。		采纳。在表 1、表 2 的“清洁生产管理指标”中分别提出了“危险废物处理处置”和“一般工业固体废物处理处置”的评价要求。	
39	4.3 表 1、表 2	建议在表 1、表 2 中的“环境法律法规标准”中，增加“采取有效措施，防止有毒有害物质渗漏、流失、扬散，避免土壤受到污染，并建立土壤污染隐患排查制度，制定、实施土壤自行监测方案，并将监测数据报生态环境主管部门”。		采纳。已在表 1、表 2 的“环境法律法规标准”中补充完善。	
40	4.3 表 1、表 2	建议在表 1、表 2“生产工艺与设备指标”的二级指标中增加“废气的收集与处理”指标，明确无组织排放相关要求。		采纳。已在表 1 中增加了“废气的收集与处理”、“物料储运”指标；在表 2 中增加了“废气的收集与处理”指标。明确了无组织排放相关要求。	
四、征求意见单位名单及返回意见情况：					
序号	发送征求意见稿单位名称		是否复函	是否提出书面意见	备注
1	河南豫光金铅集团有限责任公司		是	是	
2	广西南丹南方金属有限公司		是	是	
3	安阳市岷山有色金属有限责任公司		是	是	
4	河南金利金铅集团有限公司		是	是	

5	济源市万洋冶炼（集团）有限公司	是	是	
6	云南沙甸铝业股份有限公司	是	是	
7	深圳市中金岭南有色金属股份有限公司韶关冶炼厂	是	是	
8	云南驰宏锌锗股份有限公司	是	是	
9	北京有色金属研究总院	是	是	
10	湖南有色金属研究院	是	是	
11	北京高能时代环境技术股份有限公司	是	是	
12	赤峰山金银铅有限公司	否	否	
13	湖南省桂阳银星有色冶炼有限公司	否	否	
14	湖南水口山有色金属集团有限公司	否	否	
15	湖南宇腾有色金属股份有限公司	否	否	
16	内蒙古兴安银铅冶炼有限公司	否	否	
17	江西铜业铅锌金属有限公司	否	否	
五、附加说明				
<p>征求意见单位为 17 个；收到回函和书面意见的单位为 11 个，占征求意见单位总数的 64.7%；征求意见期间未回函单位 6 家，占征求意见单位总数的 35.3%。返回意见经归纳整理后共为 40 条，其中采纳意见 24 条，占所提意见总数的 60%；未采纳意见有 16 条，占所提意见总数的 40%。</p>				

附件二 《铅冶炼行业清洁生产评价指标体系》意见分类汇总情况

一、征求意见统计情况

征求意见单位为 17 个；收到回函和书面意见的单位为 11 个，占征求意见单位总数的 64.7%；征求意见期间未回函单位 6 家，占征求意见单位总数的 35.3%。返回意见经归纳整理后共为 40 条，其中采纳意见 24 条，占所提意见总数的 60%；未采纳意见有 16 条，占所提意见总数的 40%。

反馈意见主要集中在以下几方面：

（一）对指标体系框架设置意见汇总

云南驰宏锌锗股份有限公司、湖南有色金属研究院等单位提出：对此前国家发改委出台的“铅锌行业清洁生产评价指标体系（试行）”和原环保部出台的“清洁生产标准 粗铅冶炼业”（HJ512—2009）等应作明确说明是否废止、企业清洁生产等级划分中 I 级的“国际领先”与 II 级的“国内先进”中间差距较大、是否考虑各铅冶炼企业由于处理的原料品位及杂质含量不同而导致的评价体系的变化（如能耗、回收率）等的相关问题。

（二）对评价指标项限定性指标和非限定性指标设置合理性意见汇总

部分单位对污染物产生指标（末端处理前）、冶炼工艺等指标设置的合理性提出了建议。

（三）对评价指标项权重和数值设定科学性意见汇总

部分单位提出：应对单位产品硅氟酸耗、残极率、规模、电解工艺、工业用水重复利用率、环境法律法规标准等指标值进行核实修改，以确保合理性。

（四）对评价指标体系标准术语和文字表达意见汇总

部分单位提出：对铅电解定义、冶炼回收率公式、单位产品新鲜水耗公式、粗铅冶炼定义、废水中污染物的产生量描述、废气中污染物的产生量描述等的修改建议。

(五) 其他

对编制说明当中的内容进行修改完善。

二、征求意见处理情况

表 2 标准征求意见情况汇总处理表

标准名称		铅冶炼行业清洁生产评价指标体系		
标准主编单位		矿冶科技集团有限公司、中国环境科学研究院、广西南丹南方金属有限公司、北京高能时代环境技术股份有限公司、北京轩昂环保科技股份有限公司、河南豫光金铅集团有限责任公司、河北圣洁环境生物科技工程有限公司、宁波太极环保设备有限公司		
对指标体系框架设置意见汇总				
序号	标准条款编号	意见内容	提出单位	处理意见及理由
1	前言	本次的征求意见稿，对此前国家发改委出台的“铅锌行业清洁生产评价指标体系（试行）”和原环保部出台的“清洁生产标准 粗铅冶炼”（HJ512—2009）未作明确说明是否废止，建议说明。	云南驰宏锌锗股份有限公司	采纳。在前言中进行了补充。
2	前言	“企业清洁生产等级划分为三级，I级为国际清洁生产领先水平；II级为国内清洁生产先进水平；III级为国内清洁生产基本水平”。I级的“国际领先”与II级的“国内先进”中间差距较大。建议改为“I级为国际清洁生产先进水平；II级为国内清洁生产领先水平”。		未采纳。与已发布的系列清洁生产评价指标体系保持一致。
3	4.1 和 4.2	“4.1”与“4.2”中的主要内容重复，没必要。		未采纳。其内容有各自的侧重点。
4	1	该评价体系适用范围是否包含以铅（铋、金、银）二次资源为原料回收的冶炼企业，如永兴国家循环工业园区的企业（这些企业处理含铅二次资源，不加硫化铅精矿）。	湖南有色金属研究院	未采纳。本指标体系不适用于再生铅冶炼生产企业。
5	总体	由于铅资源不断贫乏，各铅冶炼企业处理的原料品位、杂质含量不同（如As、Sb、Cu、Zn、Hg等），其评价体系是否考虑变化（如能耗、回收率）。粗铅电解对高铋、锑、金、银粗铅电解的电耗、硅氟酸消耗、残极率、回收率是否按《清洁生产标准 铅电解业》（HJ513-2009）确定。		未采纳。本指标体系不考虑原料品位、杂质含量不同带来的产污变化；粗铅电解对高铋、锑、金、银粗铅电解的电耗、硅氟酸消耗、残极率、回收率等参照本指标体系。
二、对评价指标项限定性指标和非限定性指标设置合理性意见汇总				
6	3.4	建议“污染物产生指标（末端处理前）”改为末端处理后的排放标准。	安阳市岷山有色金属有限责任公司	未采纳。本清洁生产指标体系规定的污染物产生指标是指产物系数，体现了企业生产工艺、生产过程等的先进性，而不是末端环保措施处理后的排放指标。
7	4.3 表 1	建议该评价体系包括烟化炉（氧化锌副产品）。	云南沙甸铝业股份有限公司	采纳。在表 1 中增加了烟化炉指标。
8	4.3 表 1	ISP 冶炼技术在处理难以分选的铅锌混合矿、小矿山杂矿、钢厂锌	深圳市中金岭南有色	部分采纳。本征求意见稿未将 ISP 工艺列入基准值指标中，根

		烟灰等具有独特的技术优势，从整个社会来看，其资源的综合利用水平具有较高的清洁生产效能。随着环保技术的发展，国内 ISP 厂家全部实现了工业废水零排放，废气排放能够达到《铅锌工业污染物排放标准》中的特别排放限值水平，工业固废全部能够综合利用，具有较高的清洁生产水平。因此建议将 ISP 工艺列入 I 级基准熔炼—还原工艺。	金属股份有限公司韶关冶炼厂	据企业建议，并考虑到此工艺的清洁生产水平，将密闭鼓风炉熔炼（ISP）工艺列入“熔炼-还原工艺”的 III 级基准值。
9	4.3	指标体系中仅列入“污染物产生指标（末端处理前）”，很难量化监测，且不能反映企业真实的清洁生产水平，建议将吨产品污染物排放指标列入指标体系，更符合清洁生产要求。		未采纳。本清洁生产指标体系规定的污染物产生指标是指产物系数，体现了企业生产工艺、生产过程等的先进性，而不是末端环保措施处理后的排放指标。
10	4.3	建议将“工业废水零排放”列入指标体系。		未采纳。本清洁生产指标体系规定的污染物产生指标是指产物系数，体现了企业生产工艺、生产过程等的先进性，而不是末端环保措施处理后的排放指标。
11	4.3	建议保留原指标体系中“固体废弃物综合利用率%”		采纳。已在“资源综合利用指标”中分别设置“一般工业固体废物安全处置率”和“危险废物安全处置率”。
12	4.3 表 1	表 1 的二级指标“单位产品特征污染物产生量（废气）”，对 Pb、Zn、As、Cd、Hg 以及二氧化硫、氮氧化物、颗粒物提出基准值要求，且根据体系内容前后逻辑推理是指“末端处理之前”，这不太科学。因为：一是各企业虽工艺相同但因原料不一样、差距大，其基准值是不可能一样的；二是“末端处理”界线划分也难统一，有的企业处理环节多、有的企业处理环节少；三是“处理之前”的烟气一般都带高温、高压、高浓度，测量仪器无法适应。总之，“处理之前”的指标不应控制，关键是“处理之后”要达到什么标准要求，这样控制同样可实现保护环境的目的，且具有更强的操作性和监督性。	云南驰宏锌锗股份有限公司	未采纳。“末端处理前”指第一级环保措施之前的位置。本清洁生产指标体系规定的污染物产生指标是指产物系数，体现了企业生产工艺、生产过程等的先进性，而不是末端环保措施处理后的排放指标。
13	4.3 表 1	建议表 1 中“污染物产生指标（末端处理前）”，增加吨铅固体废弃物产生量。	北京有色金属研究总院	未采纳。固体废物产生量的多少取决于原料里的各元素含量，不能利用的成分多，则固废产生量就大，与清洁生产没有关系。
14	4.3 表 1、表 2	建议固废综合利用应将一般固废和危废分开。	北京高能时代环境技术股份有限公司	采纳。已在“资源综合利用指标”中分别设置“一般工业固体废物安全处置率”和“危险废物安全处置率”。
15	4.3 表 1、表 2	建议在“资源综合利用指标”中分别设置“一般工业固体废物综合利用率”和“危险废物处置率”。		采纳。已在“资源综合利用指标”中分别设置“一般工业固体废物安全处置率”和“危险废物安全处置率”。
16	4.3 表 1、表 2	建议在“清洁生产管理指标”中分别提出危险废物和一般工业固体废物处理处置的评价要求。	生态环境部科技与财务司	采纳。在表 1、表 2 的“清洁生产管理指标”中分别提出了“危险废物处理处置”和“一般工业固体废物处理处置”的评价要求。
17	4.3 表 1、表 2	建议在表 1、表 2“生产工艺与设备指标”的二级指标中增加“废气的收集与处理”指标，明确无组织排放相关要求。		采纳。已在表 1 中增加了“废气的收集与处理”、“物料储运”指标；在表 2 中增加了“废气的收集与处理”指标。明确了无组织排放相关要求。
三、对评价指标项权重和数值设定科学性意见汇总				

18	4.3 表 2	建议将“单位产品硅氟酸耗”的 I 级、II 级、III 级基准值分别调整为 ≤ 3.5 、 ≤ 4.5 、 ≤ 5 。	河南豫光金铅集团有 限责任公司	未采纳。本指标体系对该项的设定值与《清洁生产标准 铅电 解业》（HJ513-2009）中的设定值一致，作为修订的指标体系 不宜比旧标准宽松。
19	4.3 表 2	建议将“残极率”的 I 级、II 级、III 级基准值分别调整为 ≤ 40 、 ≤ 45 、 ≤ 50 。		部分采纳。本指标体系征求意见稿“残极率”的 I 级、II 级、III 级基准值分别 ≤ 30 、 ≤ 35 、 ≤ 40 ，根据建议，应适当放宽，但作 为修订的指标体系不宜比旧标准宽松，因此将“残极率”的 I 级、II 级、III 级基准值分别调整为 ≤ 38 、 ≤ 40 、 ≤ 45 。
20	4.3 表 1	建议将“规模”调整为“单系列 >10 ”	安阳市岷山有色金属 有限责任公司	部分采纳。本指标体系“规模”I 级、II 级、III 级基准值原为“单 系列 >5 ”，根据建议调整为“单系列规模”I 级基准值为“ ≥ 10 ”， II 级、III 级基准值为“ >5 ”。
21	4.3 表 2	“电解工艺”中将采用大极板工艺列为一、二级，将采用小极板工 艺列为三级，我公司现采用的小极板采用立模浇铸，同时增加极 板厚度，在电解过程中通过强化电解也可起到降低单位产品电耗 的作用，因此建议对该项进行调整，采用单位产品电耗指标作为 衡量标准。	河南金利金铅集团有 限公司	未采纳。大极板工艺不仅起到降低能耗的作用，其对提升规模 化、集成化及自动化生产、提高劳动生产率、提高资源利用率 等方面均具有重要意义，因此将采用大极板工艺列为一、二 级，将采用小极板工艺列为三级。另外表 2 中已有“单位产品 综合能耗”指标。
22	4.3 表 1	表 1 的“自动控制系统”I 级基准值要求有“气体成分”，但未明确是 哪一种成分或哪些主要成分。建议根据现有技术条件及可行性予 以明确。	云南驰宏锌铅股份有 限公司	未采纳。在线监测的气体成分为各企业冶炼过程中的主要气体 成分，不需规定详细的种类。
23	4.3 表 1	表 1 的二级指标“工业用水重复利用率”，I 级基准值、II 级基准 值、III 级基准值，建议分别调整为 98、97.5、97。		采纳。对相关限值进行了修改。
24	4.3 表 1	表 1 的二级指标“清洁生产审核”，要求“定期完成新一轮清洁生 产审核，并通过验收”。全国各省对清洁生产审核的程序及要求可能 存在差异，即清洁生产审核是必须开展的，但有的省份是采取“评 估”的方式认可，不一定“验收”。故建议改为“定期完成新一轮清 洁生产审核，并通过验收或评估”。		采纳。已修改。
25	4.3 表 1、表 2	建议在表 1、表 2 中的“环境法律法规标准”中，增加“采取有效措 施，防止有毒有害物质渗漏、流失、扬散，避免土壤受到污染， 并建立土壤污染隐患排查制度，制定、实施土壤自行监测方案， 并将监测数据报生态环境主管部门”。	生态环境部科技与财 务司	采纳。已在表 1、表 2 的“环境法律法规标准”中补充完善。
四、对评价指标体系标准术语和文字表达意见汇总				
26	3.2	指利用纯铅（建议改为粗铅）制作的阴极板，按一定间距装入盛 有电解液的电解槽，在电流的作用下，铅自阳极溶解进入电解 液，并在阴极放电（建议去除“放电”）析出，得到电铅的过程。 适用于粗铅初步火法精炼除铜（锡）后的进一步精炼提纯。	安阳市岷山有色金属 有限责任公司	未采纳。铅电解所用阴极板为纯铅，阳极板为粗铅；所谓放 电，即阴离子失去电子而阳离子得到电子的过程，在铅电解过 程中，电解液中的正价铅离子在阴极得到电子，由正价变为零 价，属放电过程。
27	6.1.4	冶炼回收率公式的分子（冶炼产品中铅的质量）应包含次氧化锌 中的铅，原来标准把次氧化锌中的铅含量视为铅的回收量，我 们公司用次氧化锌生产电解锌，铅形成铅泥，返熔炼使用。		未采纳。冶炼回收率的定义与原标准不矛盾，冶炼产品中铅的 质量包含了作为产品的粗铅、次氧化锌、铜铈等的金属铅量， 但次氧化锌作为中间原料返回熔炼的不应计算其含铅量，属于

				重复计算。
28	4.3 表 1	粗铅生产系统中的“单位产品新鲜水耗”应明确是否包括其他辅助系统。	云南沙甸铝业股份有限公司	采纳。“单位产品新鲜水耗”包括生产粗铅所涉及的所有生产系统，包括其他辅助系统。
29	6.1.5	QYD：每年产品总产量，应明确是否特指粗铅总产量，含不含其他产品。		采纳。每年产品总产量是指主产品产量，即粗铅或电铅产量，不包括其他产品。
30	2	规范性引用文件：“……其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。”建议改为“……其最新版本（包括所有的修改单）适用于本体系或本标准。”		采纳。已对其进行了修改完善。
31	3.1	粗铅冶炼是指将铅精矿熔炼，使硫化铅氧化为氧化铅，再利用碳质还原剂在高温下使氧化铅还原为粗铅的过程。该定义只适合火法炼铅，现国内已有湿法炼铅，建议定义重新修订。		未采纳。粗铅是指单质铅含量为 94%~98%的冶炼产品，而湿法炼铅的浸出工序得到的是铅的化合物晶体。
32	3.3	限定性指标：“指对清洁生产有重大影响或者法律法规明确规定必须严格执行……”“法律法规明确规定必须严格执行”这句话不知是否真有规定，建议进一步核实。		采纳。已核实“铅锌行业规范条件”等法律法规文件对某些重要指标有相关规定。
33	3.4	污染物产生指标（末端处理前）：“……废水中污染物的产生量是指废酸处理后进入废水处理总站装置入口的污染量。”——实际中有的企业水处理系统是紧密联系的，不一定有明显的“分段”，更不一定有“总站”之称。建议将“废水处理总站装置”改为“深度处理”。此类描述在操作中尺度的把握受人为控制较大，建议明确。	云南驰宏锌锗股份有限公司	部分采纳。根据《铅冶炼废水治理工程技术规范》，将“废水处理总站装置入口”改为“含重金属酸性废水处理装置入口”。
34	3.4	污染物产生指标（末端处理前）：“……废气中污染物的产生量是指进入末端处理设施之前的废气，不包括制酸系统产生的废气，其中二氧化硫产生量是指脱硫工序之前的量。”——实际中铅冶炼烟气存在工艺烟气与环境集烟之分，该段描述不明确，有些笼统。另外因工艺原因，多数企业铅冶炼烟气是用于制酸，不是送去脱硫，建议修改或进一步明确。		采纳。进入末端处理设施之前的废气包括工艺烟气与环境集烟的废气；同时修改了“污染物产生指标（末端处理前）”的定义；另外，存在工艺中产生二氧化硫但不制酸而直接脱硫外排的烟气。
35	4.3 表 1	表 1 的二级指标“铅回收率”，建议改为“铅总回收率”。		采纳。已修改。
36	4.3 表 1	表 1 的二级指标“单位产品特征污染物产生量（废水）”。按照体系内容前后逻辑推理，该处的废水应是“废酸”，建议调整。因废水可能包括循环排污水、生活废水、初期雨水等，如此则不明确。		未采纳。不是指废酸，是指废酸处理后进入含重金属酸性废水处理装置入口的综合性废水，为废酸处理后液和厂区其他含重金属酸性废水的混合废水，见 3.4 定义。
五、其他				
37	/	我公司对该评价指标体系无意见。	广西南丹南方金属有限公司	/
38	编制说明	由于铅冶炼企业现有排放口氮氧化物急需治理，而脱硝工艺种类较多，建议在编制说明中对脱硝工艺予以分析，以便对下一步清洁生产方向进行指导。	河南金利金铅集团有限公司	采纳。在编制说明中进行了完善。
39	/	我公司对该评价指标体系无意见。	济源市万洋冶炼（集	/

			团)有限公司	
40	总体	现有执行的铅冶炼企业清洁生产评价指标体系存在什么问题?原有的评价指标体系近几年对铅冶炼企业新工艺、新装备评价存在什么问题?可否说明。	湖南有色金属研究院	采纳。已在编制说明中进行了说明。

三、具体指标修改情况

表 3 指标修改情况

序号	类别	指标项目	原指标	新指标
1	表 1：生产工艺与设备指标	熔炼-还原工艺	Ⅲ级基准值：富氧熔池熔炼-鼓风机还原工艺	Ⅲ级基准值：富氧熔池熔炼-鼓风机还原工艺、密闭鼓风机熔炼（ISP）工艺
2		烟化工艺	/	I-II级基准值：烟化炉-余热锅炉一体化技术；Ⅲ级基准值：单一烟化炉烟化技术
3		单系列规模（万 t/a）	I-Ⅲ级基准值：>5	I级基准值：≥10；II-Ⅲ级基准值：>5
4		废气的收集与处理	/	I-Ⅲ级基准值：精矿备料过程产尘点应设置集气收尘设施；各炉体加料口、出料口、出渣口等设置集气罩，并配套除尘脱硫设施，溜槽设置盖板
5		物料储运	/	I-Ⅲ级基准值：粉状物料采用封闭式仓储，贮存仓库配通风设施，采用封闭式输送；厂内大宗物料转移、输送应采取皮带走廊、封闭式皮带输送机或流态化输送等输送方式，皮带走廊应封闭，带式输送机的受料点、卸料点采取喷雾等抑尘措施或设置集气除尘设施
6	表 1：资源综合利用指标	工业用水重复利用率※（%）	I级基准值：≥98.2；II级基准值：≥98；Ⅲ级基准值：≥97.8	I级基准值：≥98；II级基准值：≥97.5；Ⅲ级基准值：≥97
7		一般工业固体废物安全处置率（%）	/	I-Ⅲ级基准值：100
8		危险废物安全处置率（%）	/	I-Ⅲ级基准值：100
9	表 1：清洁生产管理指标	环境法律法规标准※	I-Ⅲ级基准值：符合国家和地方有关环境法律、法规，污染物排放达到国家和地方排放标准、总量控制和排污许可证管理要求，严格执行建设项目环境影响评价制度和建设项目环保“三同时”制度	I-Ⅲ级基准值：符合国家和地方有关环境法律、法规，污染物排放达到国家和地方排放标准、总量控制和排污许可证管理要求，严格执行建设项目环境影响评价制度和建设项目环保“三同时”制度。采取有效措施，防止有毒有害物质渗漏、流失、扬散，避免土壤受到污染，并建立土壤污染隐患排查制度，制定、实施土壤自行监测方案，并将监测数据报生态环境主管部门
10		危险废物处理处置※	I-Ⅲ级基准值：根据固体废物性质鉴别的结果，一般工业固体废物按照 GB18599 的要求进行处置，危险废物按照 GB18597，GB18598 的要求进行处置	I-Ⅲ级基准值：根据固体废物性质鉴别结果，危险废物按照 GB18597，GB18598 的要求进行贮存、处置。建立危险废物标识制度，制定危险废物管理计划，建立危险废物申报登记制度，收集、贮存危险废物，必须分类进行，建立转移联单制度
11		一般工业固体废物处理处置		I-Ⅲ级基准值：根据固体废物性质鉴别的结果，一般工业固体废物按照 GB18599 的要求进行贮存、处置。建立一般工业固体废物标识制度，对暂时不利用或者不能利用的一般工业固体废物

序号	类别	指标项目	原指标	新指标
				物，必须安全分类存放
12		清洁生产审核	I-III级基准值：按照 GB/T 24001 建立并有效运行环境管理体系，环境管理手册、程序文件及作业文件齐备，定期完成新一轮清洁生产审核，并通过验收	I-III级基准值：按照 GB/T 24001 建立并有效运行环境管理体系，环境管理手册、程序文件及作业文件齐备，定期完成新一轮清洁生产审核，并通过验收或评估
13	表 2：生产工艺与设备指标	废气的收集与处理	/	I-III级基准值：熔铅（电铅）锅生产过程密闭，加料口、出铅口及扒渣过程设置集气收尘设施
14	表 2：资源综合利用指标	残极率（%）	I 级基准值：≤30；II 级基准值：≤35；III 级基准值：≤40	I 级基准值：≤38；II 级基准值：≤40；III 级基准值：≤45
15	表 2：清洁生产管理指标	环境法律法规标准※	I-III级基准值：符合国家和地方有关环境法律、法规，污染物排放达到国家和地方排放标准、总量控制和排污许可证管理要求，严格执行建设项目环境影响评价制度和建设项目环保“三同时”制度	I-III级基准值：符合国家和地方有关环境法律、法规，污染物排放达到国家和地方排放标准、总量控制和排污许可证管理要求，严格执行建设项目环境影响评价制度和建设项目环保“三同时”制度。采取有效措施，防止有毒有害物质渗漏、流失、扬散，避免土壤受到污染，并建立土壤污染隐患排查制度，制定、实施土壤自行监测方案，并将监测数据报生态环境主管部门
16		危险废物处理处置※	I-III级基准值：根据固体废物性质鉴别的结果，一般工业固体废物按照 GB18599 的要求进行处置，危险废物按照 GB18597，GB18598 的要求进行处置	I-III级基准值：根据固体废物性质鉴别结果，危险废物按照 GB18597，GB18598 的要求进行贮存、处置。建立危险废物标识制度，制定危险废物管理计划，建立危险废物申报登记制度，收集、贮存危险废物，必须分类进行，建立转移联单制度
17		一般工业固体废物处理处置		I-III级基准值：根据固体废物性质鉴别的结果，一般工业固体废物按照 GB18599 的要求进行贮存、处置。建立一般工业固体废物标识制度，对暂时不利用或者不能利用的一般工业固体废物，必须安全分类存放
18		清洁生产审核		I-III级基准值：按照 GB/T 24001 建立并有效运行环境管理体系，环境管理手册、程序文件及作业文件齐备，定期完成新一轮清洁生产审核，并通过验收

附件三 标准报批审议会专家意见汇总

表 4 审议会专家意见汇总

标准名称		铅冶炼行业清洁生产评价指标体系		
标准主编单位		矿冶科技集团有限公司、中国环境科学研究院、广西南丹南方金属有限公司、北京高能时代环境技术股份有限公司、北京轩昂环保科技股份有限公司、河南豫光金铅集团有限责任公司、河北圣洁环境生物科技工程有限公司、宁波太极环保设备有限公司		
序号	标准条款编号	意见内容	提出单位	处理意见及理由
1	3.4	“污染物产生指标（末端处理前）”术语不严谨	生态环境部环境规划院	采纳，已经修改
2	表 1	一般工业固体废物安全处置率、危险废物安全处置率，应为 100%	生态环境部评估中心	采纳，已经修改
3	表 1	熔炼-还原工艺中应将“密闭鼓风炉熔炼（ISP）工艺”放入 III 级基准值	中国恩菲工程技术有限公司	采纳，已经修改
4	表 1	单位产品新鲜水耗和单位产品废水产生量的单位需统一	北京师范大学	采纳，已经修改
5	表 1	烟化工艺的 III 级基准值中删掉“单一回转窑烟化技术”	湖南株洲冶炼集团股份有限公司	采纳，已经修改

表 5 指标二次修改情况

序号	类别	指标项目	一次修改情况	二次修改情况
1	表 1 生产工艺与设备指标	熔炼-还原工艺	I - II 级基准值：富氧熔池熔炼-液态高铅渣直接还原工艺、富氧闪速熔炼工艺、密闭鼓风炉熔炼（ISP）工艺；III 级基准值：富氧熔池熔炼-鼓风炉还原工艺	I - II 级基准值：富氧熔池熔炼-液态高铅渣直接还原工艺、富氧闪速熔炼工艺；III 级基准值：富氧熔池熔炼-鼓风炉还原工艺、密闭鼓风炉熔炼（ISP）工艺
2	表 1 生产工艺与设备指标	烟化工艺	I - II 级基准值：烟化炉-余热锅炉一体化技术；III 级基准值：单一烟化炉烟化技术、单一回转窑烟化技术	I - II 级基准值：烟化炉-余热锅炉一体化技术；III 级基准值：单一烟化炉烟化技术
3	表 1 资源综合利用指标	一般工业固体废物安全处置率（%）	I 级基准值：≥100；II 级基准值：≥95；III 级基准值：≥90	I - III 级基准值：100
4	表 1 资源综合利用指标	危险废物安全处置率（%）	I 级基准值：≥100；II 级基准值：≥95；III 级基准值：≥90	I - III 级基准值：100

附件四 企业试算

以某大型铅冶炼企业为例进行试算，其粗铅冶炼部分及铅电解部分的试算过程如表 6、表 7。

由试算过程表可知，该铅冶炼企业，粗铅冶炼部分为Ⅱ级（清洁生产准入水平），铅电解部分为Ⅱ级（清洁生产准入水平）。

表 6 某铅冶炼企业粗铅冶炼部分清洁生产水平试算

序号	一级指标	一级指标权重值	二级指标	单位	二级指标权重值	Ⅰ级清洁生产水平基准值	Ⅱ级清洁生产水平基准值	Ⅲ级清洁生产水平基准值	企业实际情况	级别
1	生产工艺及装备指标	0.22	熔炼-还原工艺	/	0.30	富氧熔池熔炼-液态高铅渣直接还原工艺、富氧闪速熔炼工艺	富氧熔池熔炼-鼓风炉还原工艺、密闭鼓风炉熔炼（ISP）工艺	富氧熔池熔炼-鼓风炉还原工艺、密闭鼓风炉熔炼（ISP）工艺	富氧闪速熔炼工艺	I
2			烟化工艺	/	0.10	烟化炉-余热锅炉一体化技术	单一烟化炉技术	单一烟化炉技术	烟化炉-余热锅炉一体化	I
3			制酸工艺	/	0.20	双转双吸或其他先进制酸工艺			双转双吸	I
4			单系列规模	万 t/a	0.05	≥10	>5		10	I
5			自动控制系统	/	0.05	计算机控制进料及冶炼过程，具有炉内温度、压力、气体成分、废气流量或速率等的在线监测与报警装置，自动化水平高	计算机控制进料及冶炼过程，具有炉温、压力等关键参数的在线监测，自动化水平较高		计算机控制进料及冶炼过程，具有炉内温度、压力、气体成分、废气流量或速率等的在线监测与报警装置，自动化水平高	I
6			废气的收集与处理	/	0.15	精矿备料过程产尘点应设置集气收尘设施；各炉体加料口、出铅口、出渣口等设置集气罩，并配套除尘脱硫设施，溜槽设置盖板	精矿备料过程产尘点设置了集气收尘设施；各炉体加料口、出料口、出渣口等设置了集气罩，并配套除尘脱硫设施，溜槽设置了盖板		精矿备料过程产尘点设置了集气收尘设施；各炉体加料口、出料口、出渣口等设置了集气罩，并配套除尘脱硫设施，溜槽设置了盖板	I
7			物料储运	/	0.15	粉状物料采用封闭式仓储，贮存仓库配通风设施，采用封闭式输送；厂内大宗物料转移、输送应采取皮带通廊、封闭式皮带输送机或流态化输送等输送方式，皮带通廊应封闭，带式输送机的受料点、卸料点采取喷雾等抑尘措施或	粉状物料采用了封闭式仓储，贮存仓库配套了通风设施，采用了廊道封闭式输送；厂内大宗物料转移、输送均采取了皮		粉状物料采用了封闭式仓储，贮存仓库配套了通风设施，采用了廊道封闭式输送；厂内大宗物料转移、输送均采取了皮	I

序号	一级指标	一级指标权重值	二级指标	单位	二级指标权重值	I级清洁生产水平基准值	II级清洁生产水平基准值	III级清洁生产水平基准值	企业实际情况	级别	
						设置集气除尘设施			带通廊等输送方式，带式输送机的受料点、卸料点设置了集气除尘设施		
8	能源消耗指标	0.12	*单位产品综合能耗	kgce/t (粗铅)	1	≤220	≤240	≤250	240	II	
9	水资源消耗指标	0.12	*单位产品新鲜水耗	m ³ /t (粗铅)	0.60	≤3	≤4	≤4.5	3.8	II	
10			*工业用水重复利用率	%	0.40	≥98			98.3	I	
11	资源综合利用指标	0.18	*铅总回收率	%	0.35	≥98.5	≥98	≥97.5	98.3	II	
12			总硫利用率	%	0.15	≥97	≥96.5	≥96	96.46	III	
13			一般工业固体废物综合利用率	%	0.20	≥90	≥80	≥70	95	I	
14			危险废物安全处理处置率	%	0.30	100			100	I	
15	污染物产生与排放指标	0.15	单位产品特征污染物产生量(废水)	*Pb	g/t (粗铅)	0.037	≤70	≤120	≤170	96	II
16				Zn	g/t (粗铅)	0.037	≤70	≤150	≤230	196	III
17				As	g/t (粗铅)	0.037	≤30	≤50	≤70	28	I
18				Cd	g/t (粗铅)	0.037	≤10	≤15	≤20	9	I
19				Hg	g/t (粗铅)	0.037	≤2.0	≤2.5	≤3.0	0.002	I
20			单位产品特征污染物排放量	*Pb	g/t (粗铅)	0.037	≤0.8	≤2.4	≤4	0.86	II
21				Zn	g/t (粗铅)	0.037	≤4	≤8	≤12	9.8	III
22				As	g/t (粗铅)	0.037	≤0.4	≤1.4	≤2.4	0.43	II

序号	一级指标	一级指标权重值	二级指标	单位	二级指标权重值	I级清洁生产水平基准值	II级清洁生产水平基准值	III级清洁生产水平基准值	企业实际情况	级别		
23			(废水)	Cd	g/t(粗铅)	0.037	≤0.08	≤0.24	≤0.4	0.2	II	
24				Hg	g/t(粗铅)	0.037	≤0.04	≤0.14	≤0.24	0.00004	I	
25			单位产品特征污染物产生量(废气)	*Pb	g/t(粗铅)	0.037	≤2500	≤3000	≤3500	1950	I	
26				Zn	g/t(粗铅)	0.037	≤600	≤800	≤1000	390	I	
27				As	g/t(粗铅)	0.037	≤200	≤260	≤320	174	I	
28				Cd	g/t(粗铅)	0.037	≤80	≤110	≤140	67	I	
29				*Hg	g/t(粗铅)	0.037	≤1	≤2	≤3	1.8	II	
30				*二氧化硫	kg/t(粗铅)	0.056	≤20	≤40	≤60	25	II	
31				氮氧化物	kg/t(粗铅)	0.037	≤3	≤6.5	≤10	1.1	I	
32				颗粒物	kg/t(粗铅)	0.037	≤90	≤130	≤170	105	II	
33				单位产品特征污染物排放量(废气)	*Pb	g/t(粗铅)	0.037	≤10	≤20	≤30	9.75	I
34					Zn	g/t(粗铅)	0.037	≤4	≤8	≤12	1.95	I
35			As		g/t(粗铅)	0.037	≤1	≤3.5	≤6	0.87	I	
36			Cd		g/t(粗铅)	0.037	≤0.4	≤1.5	≤2.6	0.34	I	
37			*Hg		g/t(粗铅)	0.037	≤0.04	≤0.08	≤0.12	0.01	I	
38			*二氧化硫		kg/t(粗铅)	0.056	≤2.9	≤7.2	≤11.5	2.5	I	

序号	一级指标	一级指标权重值	二级指标		单位	二级指标权重值	I级清洁生产水平基准值	II级清洁生产水平基准值	III级清洁生产水平基准值	企业实际情况	级别
39				氮氧化物	kg/t(粗铅)	0.037	≤2	≤5	≤8	0.88	I
40				颗粒物	kg/t(粗铅)	0.037	≤0.30	≤1.35	≤2.40	0.53	II
41	温室气体排放指标	0.05	单位产品二氧化碳排放量		tCO ₂ /t(粗铅)	1	≤1.3			1.1	I
42	产品特征指标	0.04	硫酸中汞含量		%	0.20	≤0.001	≤0.01		0.00001	I
43			硫酸中铅含量		%	0.20	≤0.005	≤0.02		≤0.005	I
44			硫酸中砷含量		%	0.20	≤0.0001	≤0.001		≤0.0001	I
45			粗铅		/	0.40	符合 YS/T 71 的质量要求			符合	I
46	清洁生产管理指标	0.12	*环保法律法规标准执行情况		/	0.10	符合国家和地方有关环境法律、法规，企业污染物排放总量及能源消耗总量满足国家及地方政府相关标准，满足环评批复、环保“三同时”制度、总量控制和排污许可证管理要求			符合	I
47			*产业政策符合性		/	0.10	生产规模符合国家和地方相关产业政策，不采用国家限制、淘汰类的生产工艺、装备，不生产国家限制、淘汰类的产品	生产规模符合国家和地方相关产业政策，但采用国家限制类的生产工艺、装备，或生产国家限制类的产品	生产规模符合国家和地方相关产业政策，不采用国家限制、淘汰类的生产工艺、装备，不生产国家限制、淘汰类的产品		I
48			清洁生产管理		/	0.10	按照 GB/T 24001 建立并运行环境管理体系，建有专门负责清洁生产的领导机构，各成员单位及主管人员职责分工明确；有健全的清洁生产管理制度和奖励管理办法，有执行情况检查记录；制定有清洁生产工作规划及年度工作计划，对规划、计划提出的目标、指标、清洁生产方案，认真组织落实；资源、能源、环保设施运行统计台账齐全；建立、制定环境突发性事件应急预案（预案要通过相应环保部门备案）并定期演练。按行业无组织排放监管的相关政策要求，加强对无组织排放的防控措施，减少生产过程无组织排放			符合	I
49			清洁生产审核		/	0.10	按政府规定要	按政府规定要	按政府规定要	按政府规定要求，制订有清洁	

序号	一级指标	一级指标权重值	二级指标	单位	二级指标权重值	I级清洁生产水平基准值	II级清洁生产水平基准值	III级清洁生产水平基准值	企业实际情况	级别
						求，制订有清洁生产审核工作计划，对原料及生产全流程定期开展清洁生产审核活动，中、高费方案实施率≥80%	求，制订有清洁生产审核工作计划，对原料及生产全流程定期开展清洁生产审核活动，中、高费方案实施率≥60%	求，制订有清洁生产审核工作计划，原料及生产全流程中部分生产工序定期开展清洁生产审核活动，中、高费方案实施率≥50%	生产审核工作计划，对原料及生产全流程定期开展清洁生产审核活动，中、高费方案实施率≥80%	
50			节能管理	/	0.10	按国家规定要求，组织开展节能评估与能源审计工作，实施节能改造项目完成率为90%	按国家规定要求，组织开展节能评估与能源审计工作，实施节能改造项目完成率≥70%	按国家规定要求，组织开展节能评估与能源审计工作，实施节能改造项目完成率≥50%	按国家规定要求，组织开展节能评估与能源审计工作，实施节能改造项目完成率为90%	I
51			污染物排放监测	/	0.10	满足国家相关监测技术规范要求；按照排污许可证规定的自行监测方案自行或委托第三方监测机构开展监测工作，安排专人专职对监测数据进行记录、整理、统计和分析，公开自行监测信息			符合	I
52			*危险化学品管理	/	0.10	符合《危险化学品安全管理条例》相关要求			符合	I
53			计量器具配备情况	/	0.10	计量器具配备满足符合国家标准 GB17167、GB24789 三级计量配备要求			符合	I
54			固体废物处理处置	/	0.10	通过当地环保主管部门组织的危险废物规范化管理考核，综合评估结果为“达标” 按照 GB 18599 相关规定对暂时不利用或者不能利用的一般工业固体废物进行贮存或处置			符合	I
55			土壤污染隐患排查	/	0.05	属于土壤污染重点监管单位的企业应参照国家有关技术规范，建立土壤污染隐患排查制度，保证持续有效防止有毒有害物质渗漏、流失、扬散			符合	I
56			运输方式	/	0.05	物料公路运输全部使用达到国五及以上排放标准的重型载货车辆	物料公路运输全部使用达到国五及以上排放标准的重型载货车辆	物料公路运输全部使用达到国五及以上排放标准的重型载货车辆	物料公路运输全部使用达到国五及以上排放标准的重型载货车辆（含燃气）或新能源汽车比例不低于70%，其他车辆	II

序号	一级指标	一级指标权重值	二级指标	单位	二级指标权重值	I级清洁生产水平基准值	II级清洁生产水平基准值	III级清洁生产水平基准值	企业实际情况	级别
						(含燃气)或新能源汽车; 厂内运输车辆全部达到国五及以上排放标准的重型载货车辆(含燃气)或新能源汽车; 厂内非道路移动机械全部达到国三及以上排放标准或使用新能源机械	(含燃气)或新能源汽车比例不低于70%,其他车辆达到国四排放标准; 厂内运输车辆全部达到国五及以上排放标准的重型载货车辆(含燃气)或新能源汽车比例不低于70%,其他车辆达到国四排放标准; 厂内非道路移动机械全部达到国三及以上排放标准或使用新能源机械比例不低于70%	(含燃气)或新能源汽车比例不低于50%,其他车辆达到国四排放标准; 厂内运输车辆全部达到国五及以上排放标准的重型载货车辆(含燃气)或新能源汽车比例不低于50%,其他车辆达到国四排放标准; 厂内非道路移动机械全部达到国三及以上排放标准或使用新能源机械比例不低于50%	达到国四排放标准; 厂内运输车辆全部达到国五及以上排放标准的重型载货车辆(含燃气)或新能源汽车比例不低于70%,其他车辆达到国四排放标准; 厂内非道路移动机械全部达到国三及以上排放标准或使用新能源机械比例不低于70%	

续表 6 某铅冶炼企业粗铅冶炼部分清洁生产水平试算

序号	级别	一级指标权重值 W	二级指标权重值 ω	I级基准值得分 $Y_{gk}(x)$	II级基准值得分 $Y_{gk}(x)$	III级基准值得分 $Y_{gk}(x)$	I级综合评价指数计算过程			II级综合评价指数计算过程			III级综合评价指数计算过程		
							$\omega Y_{gk}(x)$	$\sum \omega Y_{gk}(x)$	$W \sum \omega Y_{gk}(x)$	$\omega Y_{gk}(x)$	$\sum \omega Y_{gk}(x)$	$W \sum \omega Y_{gk}(x)$	$\omega Y_{gk}(x)$	$\sum \omega Y_{gk}(x)$	$W \sum \omega Y_{gk}(x)$
1	I	0.22	0.3	100	100	100	30			30			30		
2	I		0.1	100	100	100	10			10			10		
3	I		0.2	100	100	100	20			20			20		

4	I		0.05	100	100	100	5			5			5		
5	I		0.05	100	100	100	5			5			5		
6	I		0.15	100	100	100	15			15			15		
7	I		0.15	100	100	100	15	100	22	15	100	22	15	100	22
8	II	0.12	1	0	100	100	0	0	0	100	100	12	100	100	12
9	II	0.12	0.6	0	100	100	0			60			60		
10	I		0.4	100	100	100	40	40	4.8	40	100	12	40	100	12
11	II	0.18	0.35	0	100	100	0			35			35		
12	III		0.15	0	0	100	0			0			15		
13	I		0.2	100	100	100	20			20			20		
14	I		0.3	100	100	100	30	50	9	30	85	15.3	30	100	18
15	II	0.15	0.037	0	100	100	0			3.7			3.7		
16	III		0.037	0	0	100	0			0			3.7		
17	I		0.037	100	100	100	3.7			3.7			3.7		
18	I		0.037	100	100	100	3.7			3.7			3.7		
19	I		0.037	100	100	100	3.7			3.7			3.7		
20	II		0.037	0	100	100	0			3.7			3.7		
21	III		0.037	0	0	100	0			0			3.7		
22	II		0.037	0	100	100	0			3.7			3.7		
23	II		0.037	0	100	100	0			3.7			3.7		
24	I		0.037	100	100	100	3.7			3.7			3.7		
25	I		0.037	100	100	100	3.7			3.7			3.7		
26	I		0.037	100	100	100	3.7			3.7			3.7		
27	I		0.037	100	100	100	3.7			3.7			3.7		
28	I		0.037	100	100	100	3.7			3.7			3.7		
29	II		0.037	0	100	100	0			3.7			3.7		
30	II		0.056	0	100	100	0			5.6			5.6		
31	I	0.037	100	100	100	3.7			3.7			3.7			
32	II	0.037	0	100	100	0			3.7			3.7			

33	I		0.037	100	100	100	3.7			3.7			3.7		
34	I		0.037	100	100	100	3.7			3.7			3.7		
35	I		0.037	100	100	100	3.7			3.7			3.7		
36	I		0.037	100	100	100	3.7			3.7			3.7		
37	I		0.037	100	100	100	3.7			3.7			3.7		
38	I		0.056	100	100	100	5.6			5.6			5.6		
39	I		0.037	100	100	100	3.7			3.7			3.7		
40	II		0.037	0	100	100	0	61.1	9.165	3.7	92.6	13.89	3.7	100	15
41	I	0.05	1	100	100	100	100	100	5	100	100	5	100	100	5
42	I	0.04	0.2	100	100	100	20			20			20		
43	I		0.2	100	100	100	20			20			20		
44	I		0.2	100	100	100	20			20			20		
45	I		0.4	100	100	100	40	100	4	40	100	4	40	100	4
46	I	0.12	0.1	100	100	100	10			10			10		
47	I		0.1	100	100	100	10			10			10		
48	I		0.1	100	100	100	10			10			10		
49	I		0.1	100	100	100	10			10			10		
50	I		0.1	100	100	100	10			10			10		
51	I		0.1	100	100	100	10			10			10		
52	I		0.1	100	100	100	10			10			10		
53	I		0.1	100	100	100	10			10			10		
54	I		0.1	100	100	100	10			10			10		
55	I		0.05	100	100	100	5			5			5		
56	II		0.05	0	100	100	0	95	11.4	5	100	12	5	100	12
综合评价指数 $Y_{gk} = \sum (W \sum \omega Y_{gk}(x))$							65.4			96.2			100.0		

表 7 某铅冶炼企业电解部分清洁生产水平试算

序号	一级指标	一级指标权重值	二级指标	单位	二级指标权重值	I级清洁生产水平基准值	II级清洁生产水平基准值	III级清洁生产水平基准值	企业实际情况	级别
1	生产工艺及装备指标	0.22	电解工艺	/	0.30	采用大极板工艺		采用小极板工艺	采用大极板工艺	I
2			火法精炼工艺	/	0.30	冶炼产粗铅不需铸锭，直接液态入锅，熔铅锅锅面固定，除铜除杂工序，全密闭进行	冶炼产粗铅铸锭后冷态入锅		冶炼产粗铅直接液态入锅，熔铅锅锅面固定，除铜除杂工序，全密闭进行	I
3			熔铅锅	t	0.20	≥100	≥75	≥60	100	I
4			废气的收集与处理	/	0.20	熔铅（电铅）锅生产过程密闭，加料口、出铅口及扒渣过程设置集气收尘设施			熔铅（电铅）锅生产过程密闭，加料口、出铅口及扒渣过程设置了集气收尘设施	I
5	能源消耗指标	0.12	*单位产品综合能耗	kgce/t（电铅）	1	≤100	≤105	≤110	98	I
6	水资源消耗指标	0.12	单位产品硅氟酸耗	kg/t（电铅）	1	≤2.5	≤3.5	≤4	3	II
7	资源综合利用指标	0.18	*铅总回收率	%	0.70	≥99.5	≥99.2	≥99	99.5	I
8			残极率	%	0.30	≤38	≤40	≤45	40	II
9	污染物产生与排放指标	0.15	单位产品特征污染物产生量（废气）	*Pb g/t（电铅）	0.5	≤450	≤550	≤650	285	I
10			单位产品特征污染物排放量（废气）	*Pb g/t（电铅）	0.5	≤2	≤4	≤6	1.43	I
11	温室气体排放指标	0.05	单位产品二氧化碳排放量	tCO ₂ /t（电铅）	1	≤0.6			0.45	I
12	产品特征指标	0.04	电铅	/	1	符合 GB/T 469 的质量要求			符合	I

序号	一级指标	一级指标权重	二级指标	单位	二级指标权重	I级清洁生产水平基准值	II级清洁生产水平基准值	III级清洁生产水平基准值	企业实际情况	级别
13	清洁生产管理指标	0.12	*环保法律法规标准执行情况	/	0.10	符合国家和地方有关环境法律、法规，企业污染物排放总量及能源消耗总量满足国家及地方政府相关标准，满足环评批复、环保“三同时”制度、总量控制和排污许可证管理要求			符合	I
14			*产业政策符合性	/	0.10	生产规模符合国家和地方相关政策，不采用国家限制、淘汰类的生产工艺、装备，不生产国家限制、淘汰类的产品	生产规模符合国家和地方相关政策，但采用国家限制类的生产工艺、装备，或生产国家限制类的产品	生产规模符合国家和地方相关政策，不采用国家限制、淘汰类的生产工艺、装备，不生产国家限制、淘汰类的产品	I	
15			清洁生产管理	/	0.10	按照 GB/T 24001 建立并运行环境管理体系，建有专门负责清洁生产的领导机构，各成员单位及主管人员职责分工明确；有健全的清洁生产管理制度和奖励管理办法，有执行情况检查记录；制定有清洁生产工作规划及年度工作计划，对规划、计划提出的目标、指标、清洁生产方案，认真组织落实；资源、能源、环保设施运行统计台账齐全；建立、制定环境突发性事件应急预案（预案要通过相应环保部门备案）并定期演练。按行业无组织排放监管的相关政策要求，加强对无组织排放的防控措施，减少生产过程无组织排放			符合	I
16			清洁生产审核	/	0.10	按政府规定要求，制订有清洁生产审核工作计划，对原料及生产全流程定期开展清洁生产审核活动，中、高费方案实施率≥80%	按政府规定要求，制订有清洁生产审核工作计划，对原料及生产全流程定期开展清洁生产审核活动，中、高费方案实施率≥60%	按政府规定要求，制订有清洁生产审核工作计划，原料及生产全流程中部分生产工序定期开展清洁生产审核活动，中、高费方案实施率≥50%	按政府规定要求，制订有清洁生产审核工作计划，对原料及生产全流程定期开展清洁生产审核活动，中、高费方案实施率≥80%	I
17			节能管理	/	0.10	按国家规定要求，组织开展节能评估与能源审计工作，实施节能改造项目完成率为90%	按国家规定要求，组织开展节能评估与能源审计工作，实施节能改造项目完成率≥70%	按国家规定要求，组织开展节能评估与能源审计工作，实施节能改造项目完成率≥50%	按国家规定要求，组织开展节能评估与能源审计工作，实施节能改造项目完成率为90%	I
18			污染物排放监测	/	0.10	满足国家相关监测技术规范要求；按照排污许可证规定的自行监测方案自行或委托第三方监测机构开展监测工作，安排专人专职对监测数据进行记录、整理、统计和分析，公开自			符合	I

序号	一级指标	一级指标权重值	二级指标	单位	二级指标权重值	I级清洁生产水平基准值	II级清洁生产水平基准值	III级清洁生产水平基准值	企业实际情况	级别
						行监测信息				
19			*危险化学品管理	/	0.10	符合《危险化学品安全管理条例》相关要求			符合	I
20			计量器具配备情况	/	0.10	计量器具配备满足符合国家标准 GB17167、GB24789 三级计量配备要求			符合	I
21			固体废物处理处置	/	0.10	通过当地环保主管部门组织的危险废物规范化管理考核，综合评估结果为“达标” 按照 GB 18599 相关规定对暂时不利用或者不能利用的一般工业固体废物进行贮存或处置			符合	I
22			土壤污染隐患排查	/	0.05	属于土壤污染重点监管单位的企业应参照国家有关技术规范，建立土壤污染隐患排查制度，保证持续有效防止有毒有害物质渗漏、流失、扬散			符合	I
23			运输方式	/	0.05	物料公路运输全部使用达到国五及以上排放标准的重型载货车辆（含燃气）或新能源汽车； 厂内运输车辆全部达到国五及以上排放标准的重型载货车辆（含燃气）或新能源汽车； 厂内非道路移动机械全部达到国三及以上排放标准或使用新能源机械	物料公路运输全部使用达到国五及以上排放标准的重型载货车辆（含燃气）或新能源汽车比例不低于70%，其他车辆达到国四排放标准； 厂内运输车辆全部达到国五及以上排放标准的重型载货车辆（含燃气）或新能源汽车比例不低于70%，其他车辆达到国四排放标准； 厂内非道路移动机械全部达到国三及以上排放标准或使用新能源机械比例不低于70%	物料公路运输全部使用达到国五及以上排放标准的重型载货车辆（含燃气）或新能源汽车比例不低于50%，其他车辆达到国四排放标准； 厂内运输车辆全部达到国五及以上排放标准的重型载货车辆（含燃气）或新能源汽车比例不低于50%，其他车辆达到国四排放标准； 厂内非道路移动机械全部达到国三及以上排放标准或使用新能源机械比例不低于50%	物料公路运输全部使用达到国五及以上排放标准的重型载货车辆（含燃气）或新能源汽车比例不低于70%，其他车辆达到国四排放标准； 厂内运输车辆全部达到国五及以上排放标准的重型载货车辆（含燃气）或新能源汽车比例不低于70%，其他车辆达到国四排放标准； 厂内非道路移动机械全部达到国三及以上排放标准或使用新能源机械比例不低于70%	II

续表 7 某铅冶炼企业电解部分清洁生产水平试算

序号	级别	一级指标权重值 W	二级指标权重值 ω	I 级基准值得分 $Y_{gk}(x)$	II 级基准值得分 $Y_{gk}(x)$	III 级基准值得分 $Y_{gk}(x)$	I 级综合评价指数计算过程			II 级综合评价指数计算过程			III 级综合评价指数计算过程		
							$\omega Y_{gk}(x)$	$\Sigma \omega Y_{gk}(x)$	$W \Sigma \omega Y_{gk}(x)$	$\omega Y_{gk}(x)$	$\Sigma \omega Y_{gk}(x)$	$W \Sigma \omega Y_{gk}(x)$	$\omega Y_{gk}(x)$	$\Sigma \omega Y_{gk}(x)$	$W \Sigma \omega Y_{gk}(x)$
1	I	0.22	0.3	100	100	100	30			30			30		
2	I		0.3	100	100	100	30			30			30		
3	I		0.2	100	100	100	20			20			20		
4	I		0.2	100	100	100	20	100	22	20	100	22	20	100	22
5	I	0.12	1	100	100	100	100	100	12	100	100	12	100	100	12
6	II	0.12	1	0	100	100	0	0	0	100	100	12	100	100	12
7	I	0.18	0.7	100	100	100	70			70			70		
8	II		0.3	0	100	100	0	70	12.6	30	100	18	30	100	18
9	I	0.15	0.5	100	100	100	50			50			50		
10	I		0.5	100	100	100	50	100	15	50	100	15	50	100	15
11	I	0.05	1	100	100	100	100	100	5	100	100	5	100	100	5
12	I	0.04	1	100	100	100	100	100	4	100	100	4	100	100	4
13	I	0.12	0.1	100	100	100	10			10			10		
14	I		0.1	100	100	100	10			10			10		
15	I		0.1	100	100	100	10			10			10		
16	I		0.1	100	100	100	10			10			10		
17	I		0.1	100	100	100	10			10			10		
18	I		0.1	100	100	100	10			10			10		
19	I		0.1	100	100	100	10			10			10		
20	I		0.1	100	100	100	10			10			10		
21	I		0.1	100	100	100	10			10			10		
22	I		0.05	100	100	100	5			5			5		
23	II	0.05	0	100	100	0	95	11.4	5	100	12	5	100	12	
综合评价指数 $Y_{gk} = \Sigma (W \Sigma \omega Y_{gk}(x))$							82			100			100		

附件五 部委征求意见情况汇总处理表

表 8 部委征求意见情况汇总处理表

名称		铅冶炼行业清洁生产评价指标体系		
主编单位		矿冶科技集团有限公司、中国环境科学研究院、广西南丹南方金属有限公司、北京高能时代环境技术股份有限公司、北京轩昂环保科技股份有限公司、河南豫光金铅集团有限责任公司、河北圣洁环境生物科技工程有限公司、宁波太极环保设备有限公司		
序号	条款编号	意见内容	提出单位	处理意见及理由
一、意见				
1	4.3 表 1、表 2	增加二级指标“土壤污染隐患排查”，其基准值内容为“参照国家有关技术规范，建立土壤污染隐患排查制度，保证持续有效防止有毒有害物质渗漏、流失、扬散”。	生态环境部科技与财务司	采纳。《中华人民共和国土壤污染防治法》第 21 条规定，土壤污染重点监管单位应当建立土壤污染隐患排查制度，保证持续有效防止有毒有害物质渗漏、流失、扬散。
2	4.3 表 1、表 2	建议将大宗货物清洁方式运输（铁路、水路及管道）比例纳入到相关清洁生产评价指标体系。	生态环境部科技与财务司	采纳。根据《打赢蓝天保卫战三年行动计划》（国发〔2018〕22 号）及《推进运输结构调整三年行动计划（2018—2020 年）》（国办发〔2018〕91 号）中关于推进运输结构调整，提高铁路货运比例的要求，大宗货物年货运量 150 万吨及以上企业铁路运输比例应达到 80% 以上。
3	4.3 表 1、表 2	建议增加“单位产品二氧化碳排放量”指标，并提出相应的权重及基准值。	生态环境部气候司	采纳。保障我国二氧化碳的减排规划，促进二氧化碳减排。