

附件十三：

清洁生产行业 粗铅冶炼业

编制说明

（征求意见稿）

《清洁生产行业 粗铅冶炼业》编制课题组

二〇〇八年十月

目 次

1 概况	1
1.1 粗铅冶炼行业现状.....	1
1.2 粗铅冶炼主要生产工艺、技术装备及其发展方向	3
1.3 资源能源消耗状况.....	8
1.4 清洁生产进展.....	9
1.5 相关法律法规及行业产业政策.....	11
2 编制过程.....	13
3 适用范围.....	13
4 指导原则.....	13
4.1 制定清洁生产标准的基本原则.....	13
4.2 各项指标等级.....	14
5 制订标准的依据和主要参考资料.....	15
5.1 制订标准的依据.....	15
5.2 主要参考资料.....	15
6 编制标准的基本方法.....	15
6.1 方法概述与技术路线.....	15
6.2 生产工艺与装备要求的确定.....	17
6.3 资源利用指标的确定.....	18
6.4 产品指标.....	20
6.5 污染物产生指标.....	20
6.6 废物回收利用指标.....	21
6.7 环境管理要求指标.....	21
7 标准实施的技术可行性和经济分析.....	22
7.1 标准实施的经济分析.....	22
7.2 标准实施的技术可行性分析.....	22
7.3 标准实施的可操作性分析.....	22
7.4 与同行业排放标准对比分析.....	23
8 标准的实施.....	24

《清洁生产标准 粗铅冶炼业》编制说明

1 概况

节约能源、降低能耗，减少污染物排放，是转变发展思路、创新发展模式、提高发展质量、加快经济结构调整、彻底转变经济增长方式的重要途径，为此，“十一五”规划提出到2010年单位GDP能耗降低20%、主要污染物排放总量减少10%。

要实现“十一五”期间的两个约束性指标，根本的途径是改变过去高投入、高排放的经济增长方式和末端治理的环境保护机制，大力发展循环经济。循环经济是对传统经济发展观念、资源利用模式和环境治理方式的重大变革，有利于提高经济增长质量、节约资源能源和改善生态环境，是建设资源节约型、环境友好型社会，落实科学发展观、实现可持续发展的必然要求。循环经济要求在生产、流通和消费过程中遵循减量化、再使用和资源化原则，其直接效应就是节能、降耗、减排。

清洁生产是实现循环经济的主要方法，是21世纪工业生产的方向，也是我国工业实现可持续发展的重要保证。企业要实现清洁生产，必须有一个努力目标和判断标准。清洁生产标准就是企业努力的目标，也是企业是否实现清洁生产的判断标准。《清洁生产标准 粗铅冶炼业》（以下简称“本标准”）结合粗铅冶炼行业的特点，主要是从粗铅生产工艺过程入手，以矿产粗铅生命周期分析的原理，提出六类指标，即生产工艺与设备要求、能源和资源利用指标、污染物排放指标、产品指标、废物回收利用指标和环境管理要求。考虑我国粗铅冶炼行业的整体状况及各类不同企业之间的差别，将六类指标分为三个级别，以利于企业通过对比，了解同行业在清洁生产方面的国际先进水平、国内先进水平及国内平均水平，采取有效措施，改善生产管理，力争达到清洁生产的国际先进水平。标准的制订将进一步推动我国粗铅冶炼行业清洁生产工作的全面实施和发展，为企业开展清洁生产提供技术支持和导向，也可以为企业清洁生产绩效公告提供依据，使清洁生产工作更加标准化和规范化。

1.1 粗铅冶炼行业现状

1.1.1 铅冶炼行业发展情况

改革开放以来，我国有色金属工业取得了举世瞩目的成就。特别在“十五”期间，我国有色金属工业发展速度最快，经济效益最好，整体实力增长迅速，国际影响力显著提高，产业规模连续跨越，行业实力明显增强。2000~2005年期间，包括铅在内的十种常用有色金属产量增长了3.01倍，年均递增28.7%；2007年达到2360.5万吨，连续七年位居世界第一。铅冶炼行业产能更是持续扩大，2000年~2007年我国铅产量见表1-1和图1-1，从图中可以看出，近年来我国铅金属产量也呈稳步上升趋势。

近三年铅锌冶炼业投资主要发生在现有大型铅锌企业的技术改造、扩建和新建项目上，投资目的的主要还是产能扩大、其次是技术升级。2005-2007年我国精铅生产能力分别是286万吨、325万吨和338万吨左右。

上世纪末我国炼铅工艺仍以传统的烧结一鼓风炉还原熔炼工艺为主，2002年下半年，我国自主开发的富氧底吹熔炼一鼓风炉还原熔炼工艺（SKS法）在豫光金铅集团和池州有色金属公司应用并成功投产，铅冶炼行业取得重大技术突破，自此SKS法在国内得到广泛推广。虽然近年来各种先进的直接炼铅法已越来越多地被采用并投入工业生产，但相对落后的烧结一鼓风炉熔炼工艺在国内仍占相当大的比重，而国家已明令淘汰的落后产能据估算仍有约100万吨左右。据不完全统计，目前仍有400多台烧结锅在继续生产，主要集中在中小企业。本标准的制订，将进一步推动我国粗铅冶炼行业清洁生产工作的全面实施和发展，为企业开展清洁生产提供技术支持和导向，使清洁生产工作更加标准化和规范化。

表 1-1 铅金属近年产量（2000~2007）

年份(年) 项目	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
产量(万 t)	110	119.96	125	168	181.18	238	268	275.7
增幅	/	9.05%	4.2%	34.4%	8.0%	31.3%	12.6%	2.9%

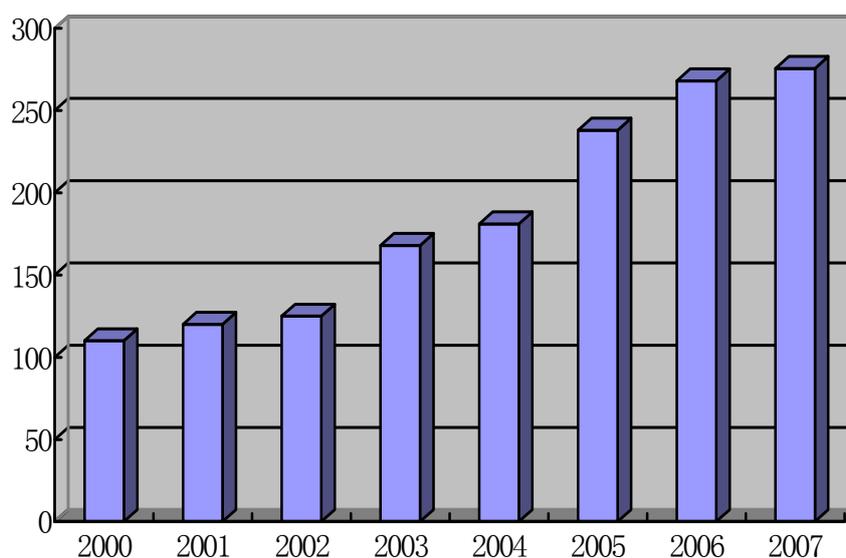


图 1-1 2000 年~2006 年铅金属产量走势图

1.1.2 铅冶炼行业存在的主要问题

(1) 资源形势不容乐观, 原料对进口的依赖越加突出

目前我国铅锌矿资源开发利用程度比较高, 在现有 800 余处矿区中, 已经开发利用 500 余处。铅总储量的 88% 已经开发利用。根据现有地质勘探情况, 在 2010 年以前, 可供建设的大中型铅锌矿山不多, 加上现有矿山的资源逐渐枯竭, 原矿品位下降, 产能逐年下降, 估计国内精矿产量难以大幅增加, 资源供给严重不足, 产业结构性矛盾突出, 国内的精矿资源形势不容乐观。

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, 其它几家自有矿

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%。2003 年，我国几个大型冶炼厂对进口铅锌原料的依赖程度分别为：32%和 15%，个别铅厂进口原料超过需求量的 50%。随着国内产量的进一步扩张，铅锌原料进口形势也将更加严峻，2007 年铅精矿对外依存度为 42.33%。

2007 年，我国铅锌矿业投资比重不断提高，国内铅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。

(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，2003 年国内铅锌冶炼企业的平均生产规模约为 11000 吨。2001 年~2005 年间，铅冶炼行业集中度进一步下降。2001 年我国前 10 位铅企业产量占全国产量比例为 52%，而至 2005 年已降低为 41%。

在国家产业政策多年引导下，近年来铅锌生产企业呈现大型化和综合化趋势，行业规模集中度逐步得到提高。2007 年我国精铅产量在 5 万吨及以上的企业 16 家，比 2006 年增加 1 家，合计产量 137 万吨，占全国总产量的 49.8%，比 2006 年提高 3.6 个百分点。

(3) 环境污染事故频发

2005 年，我国国内连续出现铅锌冶炼企业污染江河，影响下游城市生活用水的环境污染事故，且铅冶炼厂多次引发环境纠纷。

1.2 粗铅冶炼主要生产工艺、技术装备及其发展方向

目前世界铅的生产方法主要采用火法，湿法炼铅尚未实现工业化。火法炼铅可分为传统炼铅法和直接炼铅法。传统炼铅法包括烧结—鼓风炉熔炼法、密闭鼓风炉熔炼法（ISP 法）、电炉熔炼法等。

烧结—鼓风炉法由于工艺简单，生产稳定，回收率高等优点，多年来被广泛采用，目前仍是世界上最主要的铅冶炼方法，所生产的粗铅占世界铅产量的 70~80%，中国大部分的粗铅也是经由该法生产。烧结—鼓风炉熔炼流程主要由原料制备、烧结焙烧、鼓风炉熔炼等工序组成，核心设备为干燥窑、鼓风烧结机、鼓风炉等。该法对生产规模的适应性强，年产铅量可以从 1000t 到 250kt，但因为中、小规模炼铅厂的烧结设备难以解决环保问题，目前中国已不允许建设单系列 5 万 t/a 规模及以下的铅冶炼厂。由于烧结—鼓风炉流程存在返料循环量大、能耗高、烧结机烟气含 SO₂ 浓度偏低、劳动条件差、烟气污染环境等问题，从上世纪 90 年代始，世界各国的炼铅厂就在进行工艺和设备的改进。主要改进措施有烧结机采用刚性滑道密封和柔性传动，返烟鼓风烧结，富氧鼓风烧结，鼓风炉大型化，以及采用无炉缸鼓风炉、放铅放渣连续化等。我国的各大冶炼厂从上世纪 70 年代就着手进行改造，取得了一定的效果，但尚不能真正从根本上解决存在的环境问题。该方法生产工艺流程见图 1-2。

密闭鼓风炉熔炼法（ISP 法）在中国的典型应用实例是韶关冶炼厂，其特点是能同时炼铅、锌，可以处理难选的铅锌混合精矿、低品位复杂精矿及各种含铅、锌的二次物料。该法核心设备是鼓风烧结机、密闭鼓风炉、热风炉、铅雨冷凝器、烟化炉等。该方法工艺流程见图 1-3。

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替代。与传统的烧结一鼓风炉熔炼法相比,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,自热熔炼降低能耗,铅、锌、硫回收率高,烟气 SO₂浓度高,环保和劳动卫生水平高等优点。直接炼铅法包括氧气底吹炼铅法(QSL法)、基夫赛特法、我国自主研发的底吹一鼓风炉炼铅工艺(SKS法)、顶吹旋转转炉法(卡尔多法、TBRC法)、富氧顶吹喷枪熔炼法(ISA或Ausmelt法)、奥托昆普闪速熔炼法、瓦纽可夫法等。

氧气底吹炼铅法(QSL法)核心设备为QSL反应器,工艺过程简单,铅回收率高达98%~99%,硫回收率达99%。由于冶炼过程是在密闭的反应器中进行,车间操作岗位的铅尘含量可达到0.1mg/m³以下。QSL反应器冶炼产生的烟气SO₂浓度可达8%,利于两转两吸制酸。氧气底吹炼铅工艺流程短,投资较省,但技术条件控制要求严,生产过程自动化水平高,适宜于大型冶炼厂的技术改造和新建。

基夫赛特法(Kivcet法)是由前苏联有色金属科学研究院从六十年代开始研究开发的直接炼铅工艺,八十年代用于大型工业生产,是当今世界先进、成熟、有效的直接炼铅工艺。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。该法目前在我国尚没有生产实例。株冶在其循环经济规划方案中将铅系统改造作为一项主要任务,将把现有传统的烧结一鼓风炉炼铅工艺改造为基夫赛特直接炼铅工艺。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100~8000g/t的原料均可适用;主要金属的回收率高,铅回收率>98%,金、银入粗铅率达99%以上,回收原料中锌60%以上;烟尘率低(4%~8%),烟气SO₂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,粗铅能耗一般低于0.35t标煤/t,电铅能耗可控制在0.6t标煤/t;炉子寿命长,炉寿可达3年,维修费用省。其主要缺点是原料准备复杂,炉料粒度要求<1mm,需干燥至含水1%以下,且投资偏高。

水口山炼铅法(SKS法)是我国自行开发的炼铅工艺,主要设备有卧式底吹转炉(SKS炉)、鼓风机,其中SKS炉是由QSL炉变化而来,不同的是水口山炼铅法保留了传统炼铅法中的鼓风机还原系统,因此,水口山炼铅法适于采用烧结一鼓风炉熔炼工艺的老厂的技术改造,其生产工艺流程见附图3。豫光金铅集团和池州有色金属公司两个铅厂的改造即采用该工艺,于2002年下半年投产,在很短时间内达到或超过了预期效果。实践证明,该工艺具有投资省、成本低,烟气SO₂浓度高,硫利用率高,操作环境卫生好等优势,达到了国外新技术水平,为我国炼铅厂技术升级开辟了新的途径。该法的主要缺点是一次粗铅产率低,且液态高铅渣不能直接还原,导致能耗相比其它直接炼铅法偏高。目前,水口山炼铅法在我国得到了大力的推广应用,近期产能预计可以达到100万t,占我国铅年产量的40%,吨粗铅综合能耗降到0.38t标煤。工艺流程见图1-4。

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，只是在结构上各有特点。顶吹炼铅过程分为铅精矿等含铅物料的氧化熔炼和高铅渣的还原两个阶段。与传统粗铅冶炼工艺相比，富氧顶吹熔炼法具有以下特点：对原料适应性强；避免了烧结过程出现的SO₂和粉尘的低空污染；提高了烟气SO₂浓度，利于两转两吸；对入炉料要求不严格，混合料制粒可降低烟尘率；熔炼强度和热利用率较高；占地面积小，自动化水平高。目前曲靖有色基地铅厂引进了富氧顶吹熔炼工艺，采用艾萨法炼铅。

卡尔多炉炼铅法分加料、氧化熔炼、还原和放铅出渣4个阶段，整个冶炼过程周期性进行。卡尔多炉标准炉型为11m³炉，年生产能力为5万t粗铅。氧化熔炼所需要的热量主要来自于精矿含硫，还原阶段的热量则由氧油燃烧喷枪提供。卡尔多炉炼铅一个操作周期的时间一般为240min，其中翻斗车加料10min，氧化熔炼120min，还原熔炼60min，出渣、放铅15min，机动时间35min。由于卡尔多炉的周期性作业，产生的SO₂烟气是不连续的，在氧化熔炼阶段，烟气SO₂含量高达16%，还原阶段及其它时段烟气SO₂含量几乎为零。因此，卡尔多炉烟气在除尘、降温、除雾、干燥后进入SO₂部分冷凝系统，将不连续的SO₂烟气转变为含量为6%的连续稳定的烟气，以满足制酸要求。卡尔多炉炼铅法铅回收率为97.5%，总硫利用率达95.45%，每t粗铅焦炭单耗50kg，电耗265KWh。

除上述几种炼铅工艺之外，国际上近年来发展的直接炼铅工艺还有TBRC法、奥托昆普闪速炉熔炼法、瓦纽可夫法等。今后，我国铅冶炼行业新建项目及改扩建项目将主要向直接炼铅工艺方向发展，整个行业结构将向产能集中化、建设大型联合冶炼企业方向发展。我国部分采用直接炼铅工艺的企业及产能见表1-2。

表 1-2 国内直接炼铅工艺厂家及产能

生产厂家	直接炼铅工艺	建设规模 (万 t/a)	备注
西部矿业公司格尔木冶炼厂	基夫塞特炉	10	
西北铅锌冶炼厂	QSL 法	5.5	长期停产
云南驰宏锌锗股份有限公司	艾萨法	8	
西部矿业公司	卡尔多炉	5	
河南新乡中联总公司	氧气侧吹炼铅法	1.5	停产
河南豫光金铅集团	水口山法	5	实际年产量8万t
河南豫光金铅集团	水口山法	8	2005年投产
池州有色金属公司	水口山法	3	
水口山有色金属有限责任公司	水口山法	8	2005年投产

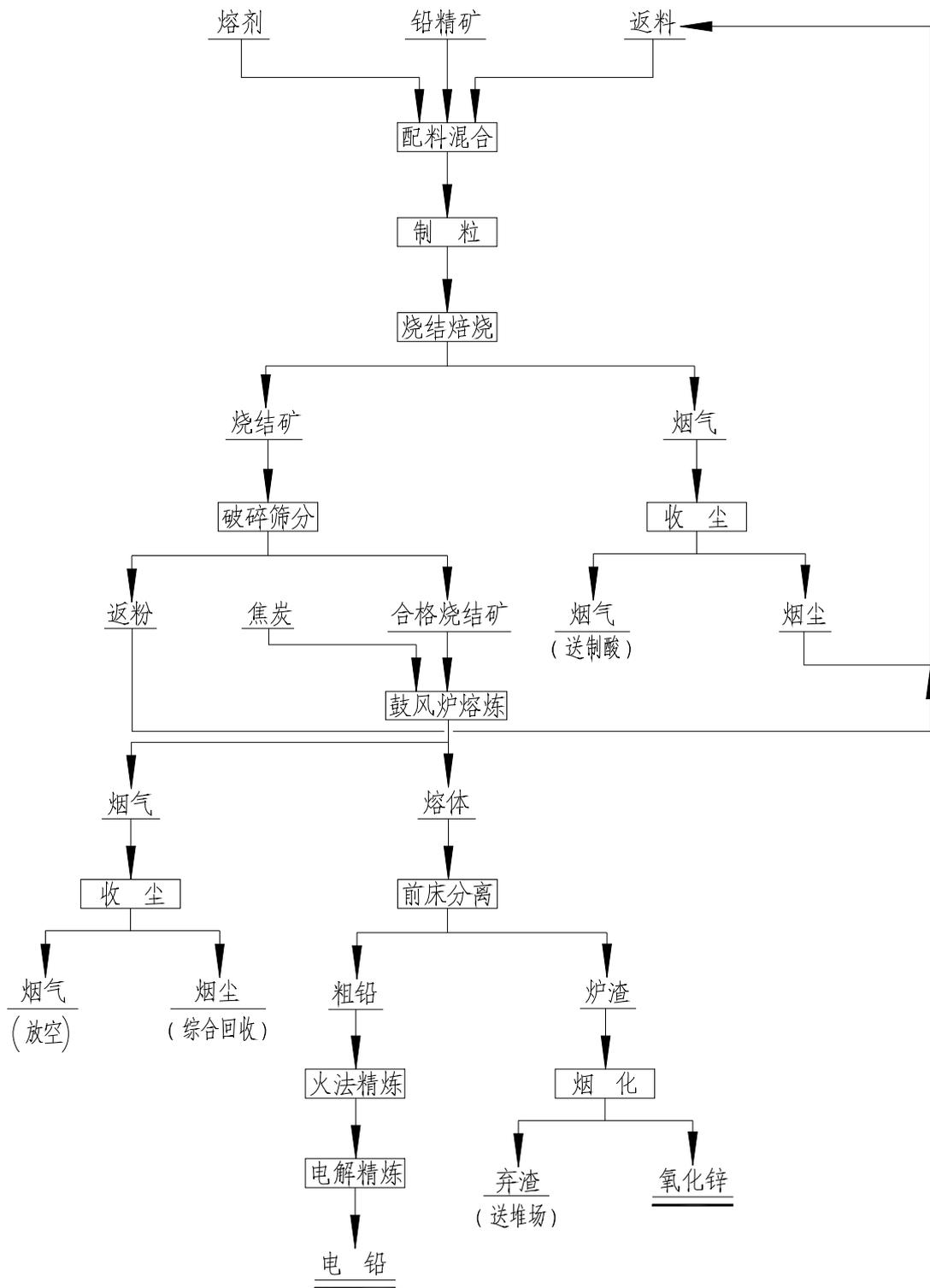


图 1-2 烧结—鼓风炉炼铅法工艺流程

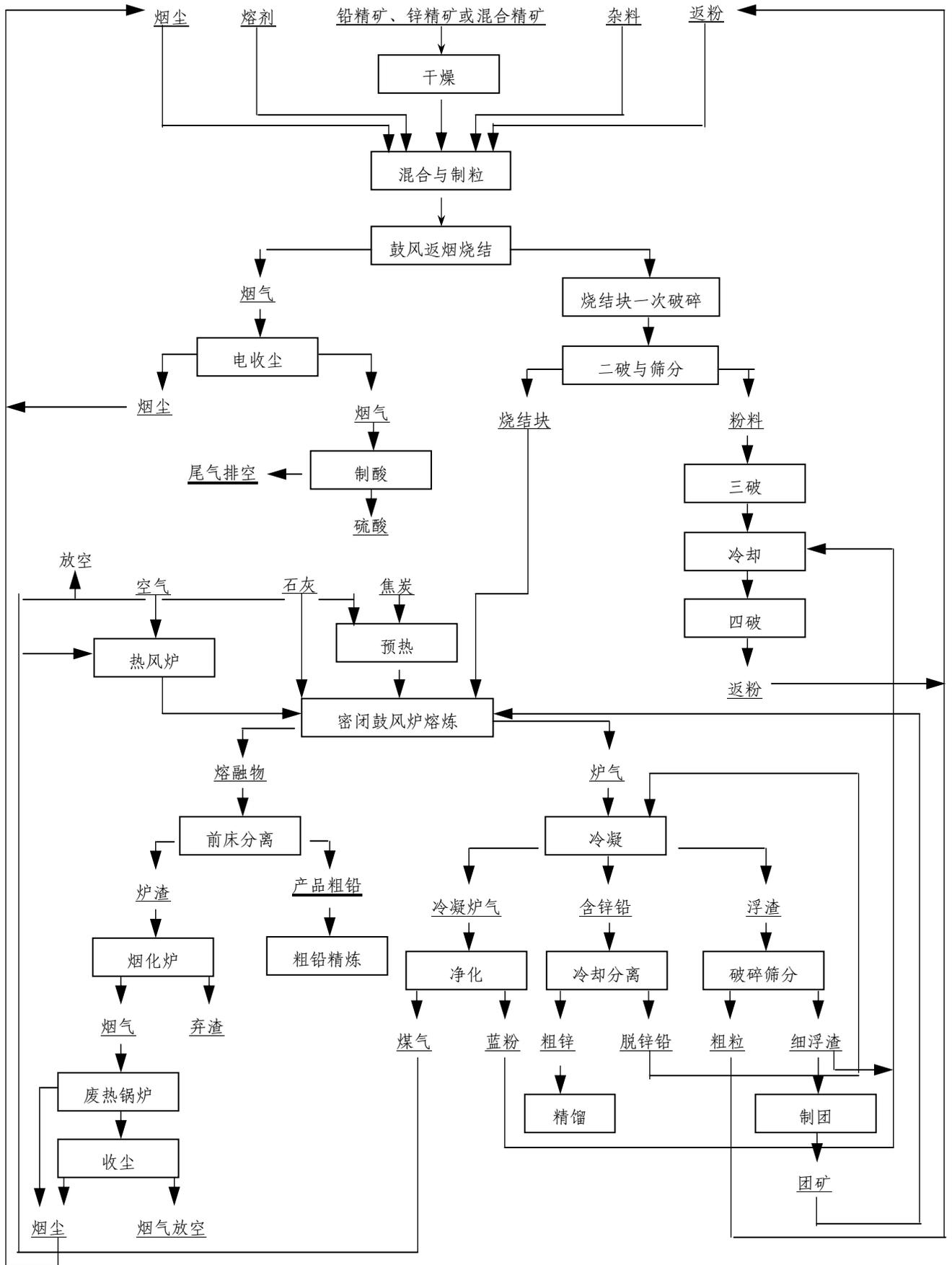


图 1—3 密闭鼓风炉炼铅锌工艺流程

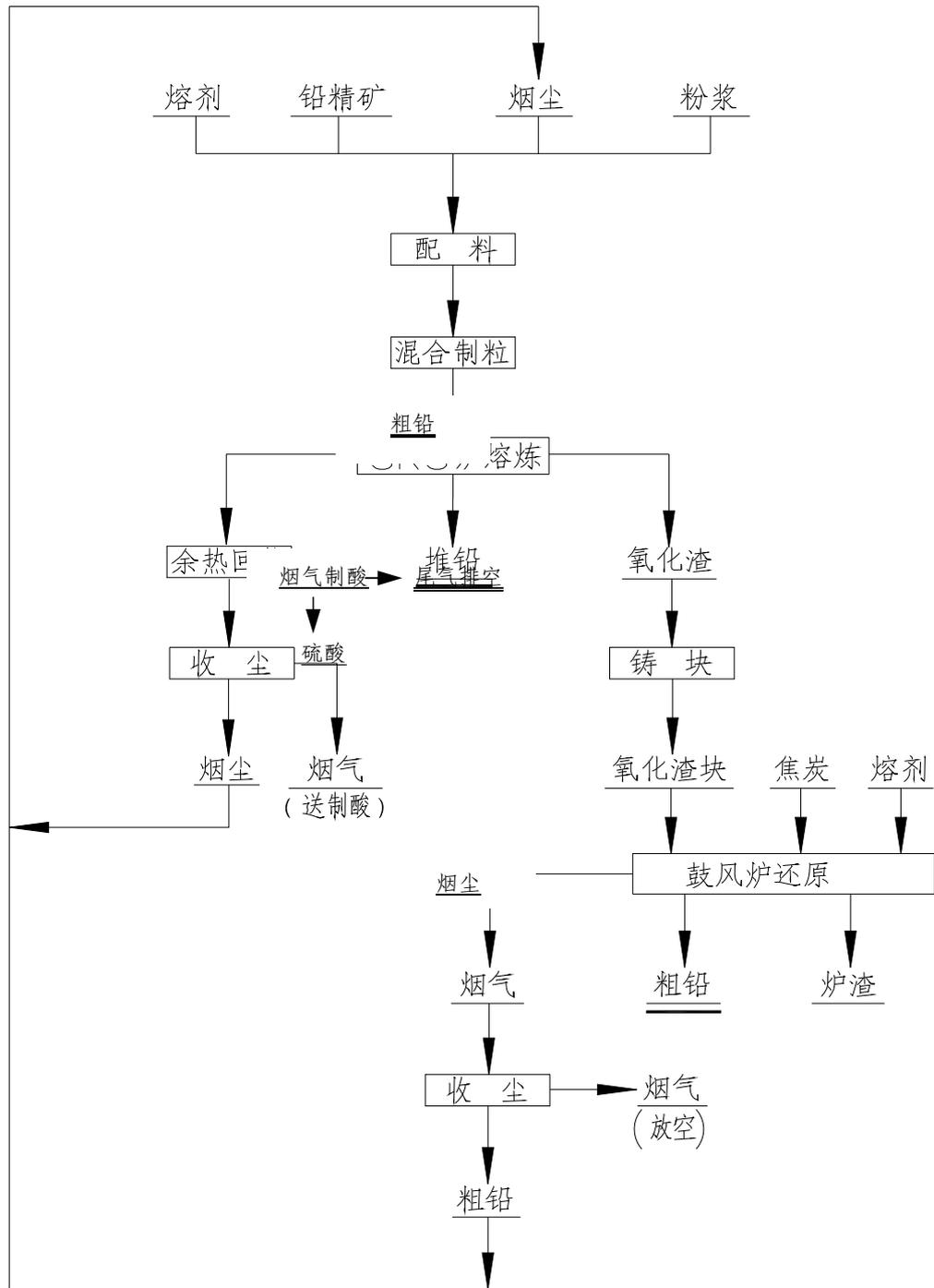


图 1-5 水口山炼铅法（SKS 法）工艺流程

1.3 资源能源消耗状况

采用不同冶炼工艺的企业，其资源、能源消耗水平差距比较大，表 1-3 列出了国内采用不同铅冶炼工艺的典型企业的资源、能源消耗状况。表中数据显示，与传统的冶炼方法相比，直接炼铅工艺物耗、能耗明显较低，具备较大的节约资源、能源优势。

表 1—3 国内铅冶炼典型企业资源、能源消耗情况

企业数	工艺	Pb 总回收率	S 总回收率	综合能耗 (t 标煤/t 粗铅)	新水 (m ³ /t 粗铅)	电	焦炭	燃油 (m ³ /t 粗铅)	氧耗 (m ³ /t 粗铅)
企业 1	烧结鼓风机	95.5~ 97.5	80~90	2.05	41	234.1	0.431	0.021	
企业 2	ISP (以铅 锌总量计)	95.54	92	0.7179	30.04		1.146		
企业 3	SKS	96.5	95	0.38	8.43	210.2	0.190		380
企业 4	卡尔多炉	97.5	96.68	0.479	17.93	992.5	0.04	0.048	330.4

1.4 清洁生产进展

1.4.1 国内清洁生产进展

(1) 采用先进工艺，对传统落后工艺进行替代

当前我国国内铅冶炼行业发展的主要趋势是采用先进的直接炼铅工艺取代原有的烧结鼓风机工艺，而新建铅冶炼厂则基本以直接炼铅法为主。我国自行开发的氧气底吹一鼓风机炼铅新工艺（SKS 法），由于适合我国铅冶炼行业现状、符合我国国情，得到了大力的推广应用，近期产能预计达到 100 万吨，占铅年产量 40%。该工艺适于传统烧结鼓风机工艺的技术改造，改造后吨铅综合能耗可降到 0.38 吨标准煤。但该工艺高铅渣的处理方案仍有缺陷，液态高铅渣尚不能直接还原，仍需用到鼓风机，如能解决这一问题，则综合能耗还将进一步降低，工艺将更为合理，吨铅综合能耗可降到 0.3 吨标准煤以下。

除 SKS 法外，近年我国新建或改造的直接炼铅法还有基夫塞特法、艾萨法、卡尔多法等工艺。

(2) 注重技术创新，提高过程、装备清洁生产水平

除工艺改造外，一些铅冶炼企业致力于自身装备和过程清洁生产水平的提高。传统的烧结鼓风机工艺因烟气中 SO₂ 含量低，采用普通的一转一吸转化率只有 95% 左右，污染严重。国内某些企业从国外引进了湿式制酸工艺（WSA 法），SO₂ 转化率可达到 99% 以上，出口烟气可以满足国家排放标准要求。该方法目前也成为我国鼓励推广的低浓度 SO₂ 烟气制酸技术。

ISP 工艺经过半个多世纪的发展，技术已十分成熟。在国内，最早采用该工艺的韶关冶炼厂在近十余年来，采取了一系列技术和装备改进措施，主要包括：烧结机采用刚性滑道密封和柔性传动，全返烟鼓风烧结，提高出口烟气的 SO₂ 含量，从而可以将一转一吸制酸改造为二转二吸；改进密闭鼓风机及其辅助设备，增大炉身面积和风口区面积，优化工艺技术条件，进一步改善炉内熔炼状况。通过这些措施扩大了企业生产能力，各项技术经济指标也得到大幅度提高。

(3) 将节能和环保作为行业发展规划的重点

我国能源供需矛盾尖锐，有色金属工业单位产品能耗为 4.76 吨标准煤，比国际先进水平高 15% 左右。今后有色金属工业包括铅冶炼工业将必须坚持节能优先，努力推进结构节能、

技术节能、能源转换和梯级利用。主要通过：①提高企业生产能力和集约化程度，采用先进工艺和大型装备，提高能源使用效率。铅冶炼行业大力发展自热强化熔炼工艺，设备和自动控制技术等；②加强炉窑保温，改进燃烧方式和气氛，提高热效率；③余热资源充分回收利用；④以信息技术为核心，节能技术优化集成，把生产过程能源利用效率始终控制在最佳状态，达到系统节能目的；⑤优化原料结构，提倡精料方针，节约能源。

在环保方面，通过强化冶炼废水重金属污染物控制与治理技术，提高废水治理率和工业用水重复利用率，个别大型铅冶炼企业工业废水已可以接近或达到零排放。通过改进冶炼工艺和SO₂回收技术，铅冶炼企业的硫综合回收率得到了较大幅度的提高，从而减少了排入大气SO₂的量。

(4) 大力开展企业清洁生产审计工作

近年来，随着国内清洁生产工作的蓬勃发展，一些大中型铅冶炼企业相继开展了本企业的清洁生产审计工作，对于提高企业自身清洁生产水平带来了积极的意义。

(5) 对行业制定产业政策，调整行业结构，提高清洁生产水平

2006~2007年，国家相继出台了《关于规范铅锌行业投资行为加快结构调整指导意见的通知》（发改运行[2006]1898号）、《铅锌行业准入条件》（国家发改委2007年第13号公告）等铅锌行业的产业政策，通过对铅冶炼行业新建企业和现有企业的规模、工艺及回收率、能耗等相关技术指标进行硬性规定限制，规范铅冶炼行业投资行为，加快铅冶炼行业结构调整，促进企业的技术改造，提高整个行业的清洁生产水平。

1.4.2 国外清洁生产进展

欧盟的铅冶炼工业中，再生铅工业占相当大的比重。据统计，早在上世纪90年代，欧盟再生铅产量已占到铅总产量的52%。而美国铅冶炼工业再生铅的比例则又大得多，占72%。再生铅冶炼工业的壮大不仅极大地节约了铅矿石等不可再生资源，也为这些发达国家带来了循环经济的巨大效益。

与目前我国铅冶炼行业发展趋势相同，欧盟国家早在上世纪就已开始了对传统铅冶炼工艺的改造，获得了显著的环境效益，体现出了工艺改造对于污染控制的重大意义。欧盟在新建或改造铅冶炼厂选择工艺时，会重点考虑：该工艺有多大规模限制？当前最先进和最富于效率的烟气收集和处理技术是否适用于该工艺？所采用的处理技术能否达到最严格的排放标准？由于各种工艺所能达到的产能规模各不相同，因此，受规模影响所选择的不同工艺也伴随不同的处理装置。事实上，在上个世纪末，欧盟国家数家铅冶炼厂的排放水平已经可以达到最严格的排放标准。而最大化的废渣利用和最小量的废水外排也成为衡量冶炼厂工艺水平的重要指标。欧盟铅冶炼工业已经在不断地发展工艺，以最大限度地利用冶炼过程产生的废物或产生出的废物能够用于其它有色金属冶炼工艺。

当前在欧盟铅冶炼行业中，采用新型现代滤料的布袋除尘器被认为是冶炼烟气收尘最有效和可行的处理技术。对于SO₂含量在1~4%的烟气，附加干式或半干式洗刷器的一转一吸或WSA制酸装置被认为是最有效和可行的处理技术；对于SO₂含量在5%以上的烟气，二转二

吸制酸装置以及末端安装除雾器的处理方式被认为是最有效可行的技术。

目前，发达国家铅冶炼工业非常重视冶炼过程控制技术，通过过程控制来达到有效阻止或最小化污染物的排放、提高进程效率和节能降耗的目的。目前已被应用于工业生产的技术主要有：

(1) 原料的采样分析和优化配料；

(2) 喂料计量和转运系统；

(3) 计算机应用控制进料率、关键过程、燃烧条件和气体状态等，主要通过一些参数的检测来加以控制，关键的参数设置警报。主要参数如下：

1) 温度、炉压（或负压）、废气流量或速度的在线检测；

2) 废气成份的检测（O₂、SO₂、CO）；

3) 振动的在线检测以探查是否有堵塞或可能的设备故障；

4) 外排污染物的在线检测。

(4) 检测并控制熔炼炉的温度，以避免因过热而产生大量金属和金属氧化物的烟气；

(5) 使用密闭或半密闭的炉体系统收集过程废气，各种速率的局扇被使用以确保保持最优的废气收集率和最小的能耗。

1.5 相关法律法规及行业产业政策

《中华人民共和国大气污染防治法》第三十六条规定，“向大气排放粉尘的排污单位，必须采取除尘措施。严格限制向大气排放含有毒物质的废气和粉尘；确需排放的，必须经过净化处理，不超过规定的排放标准”。第三十七条规定，“工业生产中产生的可燃性气体应当回收利用，不具备回收利用条件而向大气排放的，应当进行防治污染处理”。第三十八条规定，“有色金属冶炼过程中排放含有硫化物气体的，应当配备脱硫装置或者采取其他脱硫措施”。第四十二条规定，“运输、装卸、贮存能够散发有毒有害气体或者粉尘物质的，必须采取密闭措施或者其他防护措施”。根据法律规定，铅冶炼企业冶炼炉窑及其它生产装置产生的含尘、含SO₂以及其它有毒有害物质的废气均须进行防治污染处理。

《中华人民共和国水污染防治法》第二十二规定，“企业应当采用原材料利用率高、污染物排放量少的清洁生产工艺，并加强管理，减少水污染物的产生”。

《中华人民共和国清洁生产促进法》第二十六条规定，“企业应当在经济技术可行的条件下对生产和服务过程中产生的废物、余热等自行回收利用或者转让给有条件的其他企业和个人利用”。第二十八条规定，“企业应当对生产和服务过程中的资源消耗以及废物的产生情况进行监测，并根据需要对生产和服务实施清洁生产审核。污染物排放超过国家和地方规定的排放标准或者超过经有关地方人民政府核定的污染物排放总量控制指标的企业，应当实施清洁生产审核。使用有毒、有害原料进行生产或者在生产中排放有毒、有害物质的企业，应当定期实施清洁生产审核，并将审核结果报告所在地的县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门和经济贸易行政主管部门。”

《有色金属工业环境保护设计技术规范》（YS5017—2004）规定：“有色金属工业环境

保护设计必须坚持清洁生产、以防为主、防治结合、以新带老、综合治理、达标排放、总量控制的原则。”规范设置了“清洁生产”专章，从原材料、生产工艺、技术和装备、余热利用、废物回收、清洁生产审计等方面作出了规定，要求新建冶炼项目生产用水重复利用率宜在90%以上。另外，该规范还包括以下内容：铅冶炼宜采用强化熔炼工艺和富氧熔炼技术，新建粗铅冶炼企业硫的利用率应达到90%；有色金属硫化矿冶炼烟气含二氧化硫浓度大于3.5%时，应生产硫酸或其它硫产品，烟气制造硫酸工艺，当采用一次转化、一次吸收流程（即单接触法）时，其尾气应脱硫或采取其它方法处理；冶炼过程产出的熔融态渣，宜采用水淬法处理后利用；酸泥应回收其中的主要金属，暂不能利用时，必须妥善堆存于专用库房内；含汞酸泥堆存时间不宜大于3d，并及时采用蒸馏法回收；炼铅黄渣应回收其中的主要金属或妥善处理；铅冶炼宜控制烟化炉渣中磁性氧化铁的含量小于40%，做水泥生产配料。

《铅锌行业准入条件》（2007年第13号公告）中对铅冶炼行业新建和现有项目的规模、工艺与有关技术指标作出了明确规定，具体如下：

（1）“新建铅冶炼项目，单系列铅冶炼能力必须达到5万吨/年（不含5万吨）以上，企业自有矿山原料比例达到30%以上。允许符合有关政策规定企业的现有生产能力通过升级改造淘汰落后工艺改建为单系列铅熔炼能力达到5万吨/年（不含5万吨）以上”；

（2）“新建铅冶炼项目，粗铅冶炼须采用先进的具有自主知识产权的富氧底吹强化熔炼或者富氧顶吹强化熔炼等生产效率高、能耗低、环保达标、资源综合利用效果好的先进炼铅工艺和双转双吸或其他双吸附制酸系统”；

（3）“必须有资源综合利用、余热回收等节能设施。烟气制酸严禁采用热浓酸洗工艺。冶炼尾气余热回收、收尘或尾气低二氧化硫浓度治理工艺及设备必须满足国家《节约能源法》、《清洁生产促进法》、《环境保护法》等法律法规的要求。利用火法冶金工艺进行冶炼的，必须在密闭条件下进行，防止有害气体和粉尘逸出，实现有组织排放；必须设置尾气净化系统、报警系统和应急处理装置”；

（4）“立即淘汰土烧结盘、简易高炉、烧结锅、烧结盘等落后方式炼铅工艺及设备，……禁止新建烧结机一鼓风炉炼铅企业，在2008年底淘汰经改造后虽然已配备制酸系统但尾气及铅尘污染仍达不到环保标准的烧结机炼铅工艺”；

（5）“新建铅冶炼综合能耗低于600千克标准煤/吨；粗铅冶炼综合能耗低于450千克标准煤/吨，粗铅冶炼焦耗低于350千克/吨，……现有铅冶炼企业：综合能耗低于650千克标准煤/吨；粗铅冶炼综合能耗低于460千克标准煤/吨，粗铅冶炼焦耗低于360千克/吨”；

（6）“新建铅冶炼项目：总回收率达到96.5%，粗铅熔炼回收率大于97%、铅精炼回收率大于99%；总硫利用率大于95%，硫捕集率大于99%；水循环利用率达到95%以上。现有铅锌冶炼企业：铅冶炼总回收率达到95%以上，粗铅冶炼回收率96%以上；总硫利用率达到94%以上，硫捕集率达96%以上；水循环利用率90%以上”；

（7）“污染物排放要符合国家《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB9078-1996）、《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）、《污水综合排放标准》（GB8978-1996）、固

体废物污染防治法律法规、危险废物处理处置的有关要求和有关地方标准的规定。防止铅冶炼二氧化硫及含铅粉尘污染以及锌冶炼热酸浸出锌渣中汞、镉、砷等有害重金属离子随意堆放造成的污染。确保二氧化硫、粉尘达标排放。严禁铅锌冶炼厂废水中重金属离子、苯和酚等有害物质超标排放。……铅锌冶炼项目的原料处理、中间物料破碎、熔炼、装卸等所有产生粉尘部位，均要配备除尘及回收处理装置进行处理，并安装经环保总局指定的环境监测仪器检测机构适用性检测合格的自动监控系统进行监测”；

(8) “企业必须依法实施强制性清洁生产审核”。

2 编制过程

2006年11月，承担标准编制工作；

2006年12~2007年3月，通过大量文献、资料调研，完成前期准备工作，按照国家环保部行业清洁生产标准的编制原则和框架要求，拟定开题报告；

2007年4月~7月，对国内粗铅冶炼企业进行现场考察与函件调查，调查对象主要为年产5万吨粗铅以上的大中型企业和部分中小型企业（1~5万t/a），被调查企业总产量占全国粗铅总产量的40%左右；

2007年7月~8月，根据调查数据统计，结合相关文献数据整理调研工作，通过向行业内专家咨询讨论，确定清洁生产指标限值；

2007年9月，按照《清洁生产标准 制订技术导则》，编制完成粗铅冶炼行业清洁生产标准与编制说明征求意见稿初稿；

2008年9月，环境保护部标准处在北京组织召开开题论证会，与会专家对标准框架与技术内容进行了讨论，会后，按照专家意见对标准与编制说明进行了补充完善，形成征求意见稿。

3 适用范围

本标准适用于粗铅冶炼行业的清洁生产审核、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和排污许可证等环境管理制度。

粗铅冶炼行业包括现有、新建、扩建、改建的矿产粗铅生产企业。

4 指导原则

4.1 制定清洁生产标准的基本原则

“清洁生产标准”要符合国家对粗铅冶炼行业现行的各项产业政策、法律、法规，按照产品生命周期分析理论的要求，体现全过程污染预防思想，并覆盖从原材料的选取到生产过程和产品的处理处置等各个环节。具体原则如下：

(1) 符合清洁生产思路，体现预防为主的原则；

(2) 符合粗铅冶炼行业的技术标准和规定，在某种程度上严于本行业的技术标准和规定；

(3) 促进粗铅冶炼行业向产能集中化、设备大型化、工艺先进化、生产清洁型、技术先进型方向发展；

(4) 从工艺、设备、规模、资源与能源消耗、产排污、综合利用、企业生产及环境管理等几个方面定性或定量地设定清洁生产基准值，企业采取的冶炼工艺将成为判定其清洁生产水平的重要依据，国家明令淘汰的工艺、设备及产能不在本标准值设定考虑范围；

(5) 基准值设定时综合考虑国内外的粗铅冶炼工业现有技术水准和管理水平，并要有一定的促进作用；

(6) 铅冶炼行业的主产品为粗铅，副产品为硫酸。对于绝大多数企业来说，粗铅往往只是企业中间产品，且不同冶炼企业产出的粗铅对下阶段电解影响不大，因此，对粗铅质量作出要求并无太大意义。而制酸烟气中的汞、砷等重金属一般易对产出的硫酸质量构成影响，因此，在本标准中将副产品硫酸的汞、砷含量作为产品指标；

(7) 粗铅冶炼由于初始烟气中二氧化硫浓度高，一般均设有制酸装置，将烟气中的二氧化硫转化成硫酸，制酸装置为粗铅冶炼企业的生产装置。因此，本标准中二氧化硫产生指标所考核的是企业制酸后的二氧化硫产生量。

(8) 不论是何种冶炼工艺，其冶炼炉窑产尘率均很高，处于先进水平的闪速熔炼炉产尘率尤其高，其烟气中颗粒物的初始产生量很大，因此，编制组认为，在粗铅冶炼工业中烟尘的产生量难以体现企业的清洁生产水平，将其作为考核指标的实际意义不大。具有考核意义的是企业的颗粒物排放量，其直接取决于企业所采用除尘设施的先进程度，更能体现企业的清洁生产水平，故本标准将颗粒物排放量作为一项指标；

(9) 新发布的《铅锌行业准入条件》中的相关指标已基本达到国外发达国家的水平或国内先进水平，因此，将作为本标准中相关定量指标确定的重要参考依据；

(10) 对难以量化、不宜设定基准值的指标（如环境管理水平等），给出明确的限定或说明；

(11) 力求实用和可操作，尽量选取粗铅冶炼行业 and 环境保护部门常用的指标，以易于企业和审核人员的理解和掌握。

根据前述适用范围的要求，拟将各项指标分为三级，低于三级的为不符合清洁生产要求。

4.2 各项指标等级

(1) 一级指标

基本达到国际上粗铅冶炼行业清洁生产先进水平，此级指标可作为清洁生产审核时的参考，以通过比较发现差距，从而寻找清洁生产机会。国际清洁生产先进水平指标采用公开报道的国际先进水平数据。

(2) 二级指标

达到国内粗铅冶炼行业清洁生产先进水平，此级指标可作为国内企业清洁生产绩效公告评定的依据。国内清洁生产先进水平指标采用公开报道的国内先进水平数据，并参考国内铅冶炼行业先进水平企业的统计数据。

(3) 三级指标

达到国内一般清洁生产水平，即清洁生产的基本要求。该级指标是根据我国粗铅冶炼行业实际情况及有关企业的统计数据，按清洁生产对生产全过程采取污染预防措施要求所应达到的水平指标而形成的。

5 制订标准的依据和主要参考资料

5.1 制订标准的依据

- (1) 2005年环境保护标准计划：“清洁生产标准25项”
- (2) 国家环境保护总局，“清洁生产审核暂行办法”（环发[2004]16号）。
- (3) 中华人民共和国清洁生产促进法（2003年1月1日实施）。
- (4) 发改委、环保总局、科技部等，“关于加快推行清洁生产的意见”（2003年10月20日）。
- (5) 《铅锌行业准入条件》等相关产业政策。
- (6) 《清洁生产标准 制订技术导则》。

5.2 主要参考资料

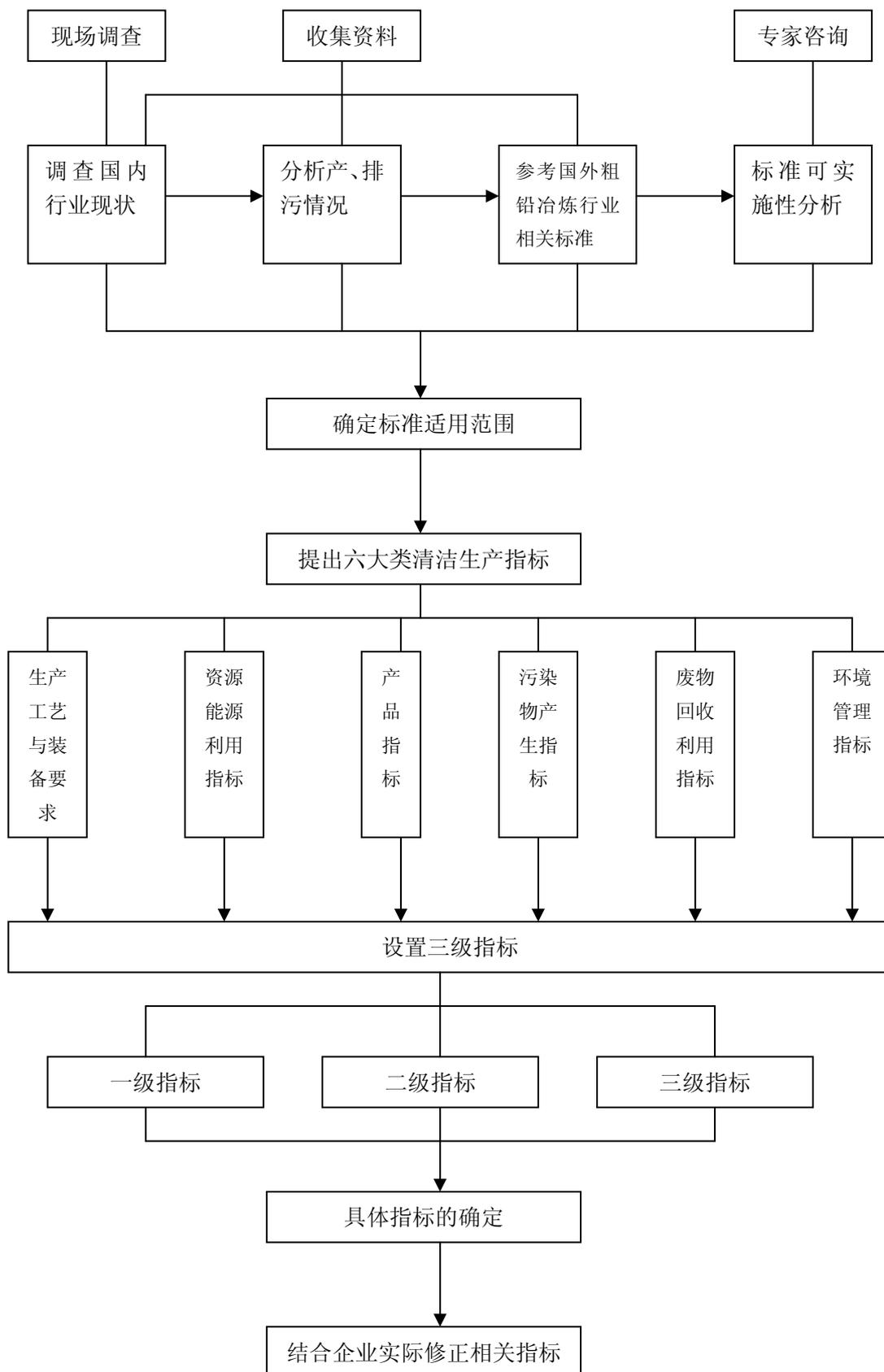
- (1) 《重有色金属冶炼设计手册》编委会，重有色金属冶炼设计手册 铅锌钼卷（铅冶炼篇），北京：冶金工业出版社，1995；
- (2) 《铅锌冶金学》编委会，铅锌冶金学，北京：科学出版社，2003.3；
- (3) Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries, December 2001；
- (4) 张乐如主编，铅锌冶炼新技术，长沙：湖南科学技术出版社，2006.3；
- (5) 《有色金属工程设计项目经理手册》编委会，有色金属工程设计项目经理手册，北京：化学工业出版社，2002.10；
- (6) 中国有色金属学会重冶学术委员会，中国重有色金属工业发展战略研讨会暨重冶学会第四届学术年会论文集，北京，2003。
- (7) 粗铅冶炼企业调查表等资料。

6 编制标准的基本方法

6.1 方法概述与技术路线

本标准的制订严格按照清洁生产的定义，遵循生命周期分析的方法确定六个方面的指标，即：生产工艺与装备要求、资源能源利用、产品、污染物产生、废物回收利用和环境管理。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，以及一系列有关清洁生产、环境保护方面的法规、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。

标准编制技术路线如下。



6.2 生产工艺与装备要求的确定

6.2.1 工艺指标

我国现有的粗铅冶炼工艺主要是传统的烧结—鼓风炉法、ISP法和直接炼铅法。烧结—鼓风炉法由于工艺简单，生产稳定，回收率高等优点，多年来被广泛采用，所生产的粗铅占世界铅产量的80%，中国大部分的粗铅也是经由该法生产，但该方法存在返料循环量大、能耗高、烧结机烟气含SO₂浓度低、劳动条件差、烟气污染环境等问题。近年来，世界各国的炼铅厂都在进行工艺和设备的改进，主要改进措施有：烧结机采用刚性滑道密封和柔性传动，返烟鼓风烧结，富氧鼓风烧结，鼓风炉大型化，以及采用无炉缸鼓风炉、放铅放渣连续化等。

当前我国国内粗铅冶炼行业发展的主要趋势是采用先进的直接炼铅工艺取代原有的烧结鼓风炉工艺，而新建粗铅冶炼厂则基本以直接炼铅法为主。与传统的烧结—鼓风炉熔炼法相比，直接炼铅法具有流程短、占地面积少、自热熔炼降低能耗、铅、硫回收率高、烟气SO₂浓度高、环保和劳动卫生条件好等优点。直接炼铅法包括氧气底吹炼铅法（QSL法）、基夫赛特法、我国自主研发的底吹—鼓风炉炼铅工艺（SKS法）、顶吹旋转转炉法（卡尔多法、TBRC法）、富氧顶吹喷枪熔炼法（ISA或Ausmelt法）、奥托昆普闪速熔炼法、瓦组可夫法等。密闭鼓风炉熔炼法（ISP法）在中国的典型应用实例是韶关冶炼厂，其特点是能同时炼铅、锌，可以处理难选的铅锌混合精矿、低品位复杂精矿及各种含铅、锌的二次物料，也可以用来替代竖罐炼锌。

依据新发布的《铅锌行业准入条件》，新建铅冶炼项目粗铅冶炼须采用先进的具有自主知识产权的富氧底吹强化熔炼，或者富氧顶吹强化熔炼等生产效率高、能耗低、环保达标、资源综合利用效果好的先进炼铅工艺和两转两吸或其它双吸附制酸系统。因此，生产工艺指标主要对主体冶炼工艺与制酸工艺作出要求。

本标准规定，达到清洁生产一级指标要求的企业应采用基夫塞特法、QSL法等直接炼铅方法，采用两转两吸制酸工艺，由于直接炼铅炉二氧化硫浓度较高，其制酸转化率应在99.8%以上；达到清洁生产二级指标要求的企业应采用国内成熟先进的炼铅工艺，采用两转两吸制酸，转化率99.6%以上，且不需增加尾吸设施即能做到制酸尾气达标排放；达到三级指标要求的企业应采用不违背相关产业政策的炼铅工艺，尾气应达标排放。另外，对于低浓度二氧化硫烟气的处理一向是粗铅冶炼行业的难点，为鼓励企业进行低浓度二氧化硫烟气的回收，本标准将采用具有国际先进水平的低浓度二氧化硫制酸工艺也作为二级指标水平。

6.2.2 装备指标

根据我国粗铅冶炼行业的特点和实际现状，将装备指标细分为规模、自动控制系统、废气收集与处理、粉装物料仓储、余热利用等五项指标。

在《铅锌行业准入条件》与《产业结构调整指导目录（2005年本）》中，新建铅冶炼企业单系列产能应在5万吨/年以上，单系列5万吨/年规模及以下属于限制类项目，因此，标准中将>5万t作为达到二、三级清洁水平的要求。国内几家大型冶炼企业单系列产能均在8万t

左右，因此，将 ≥ 8 万t作为达到一级清洁水平的要求。

粗铅冶炼行业所采用的生产装备的先进程度，直接关系到生产过程资源消耗、能耗和劳动生产率的高低。我国粗铅冶炼行业除少数大型企业外，绝大多数中小型粗铅冶炼企业生产装备的机械化与自动化水平均不高，且关于节能降耗、减排方面的设施配备不完备，由此导致粗铅冶炼能耗过高、回收率低、污染严重等问题。

除进行工艺革新外，我国近年来烧结—鼓风炉法和ISP法企业采取的技术和装备改进措施，主要有烧结机采用刚性滑道密封和柔性传动，全返烟鼓风烧结，提高出口烟气的SO₂含量；改进鼓风炉及其辅助设备，增大炉身面积和风口区面积；发展自动控制技术；加强炉窑保温，改进燃烧方式和气氛，提高热效率；余热资源回收利用；优化原料结构等。

对于铅精矿等粉状物料的仓储与输送，标准中也作出了要求：精矿仓等贮存场所应封闭或作防扬散处理，应配通风设施；应采用带式输送机输送，输送廊道应进行封闭。

发达国家粗铅冶炼企业非常重视冶炼过程控制技术，通过过程控制来达到有效阻止或最小化污染物的产生与排放、提高进程效率和节能降耗的目的。被应用于工业生产的过程控制技术主要有：

(1) 原料的采样分析和优化配料；

(2) 喂料计量和转运系统；

(3) 计算机应用控制进料率、关键过程、燃烧条件和气体状态等，主要通过一些参数的检测来加以控制，关键的参数设置警报。主要如下：

1) 温度、炉压（或负压）、废气流量或速度的在线检测；

2) 废气成份的检测（O₂、SO₂、CO）；

3) 振动的在线检测以探查是否有堵塞或可能的设备故障；

4) 外排污染物的在线检测。

(4) 检测并控制熔炼炉的温度，以避免因过热而产生大量金属和金属氧化物的烟气；

(5) 使用密闭或半密闭的炉体系统收集过程废气，各种速率的局扇被使用，以确保最优的废气收集率和最小的能耗。

本标准一、二、三级装备指标的确定主要以国内较先进企业装备水平及发展方向为依据，并综合考虑国外同行业的先进水平。

6.3 资源利用指标的确定

6.3.1 主金属回收率

主金属回收率指铅回收率，与采用的冶炼工艺、设备先进程度、废物的回收利用等因素有关。《铅锌行业准入条件》中规定，新建铅冶炼项目粗铅冶炼回收率大于97%，现有铅锌冶炼企业粗铅冶炼回收率96%以上。据有关资料，基夫赛特法、QSL法、卡尔多炉炼铅总回收率可达到98%以上，水口山法、艾萨法可达到97%以上，烧结—鼓风炉法可达95%以上。2006年全国铅冶炼行业内统计显示，国内平均粗铅熔炼回收率为94.78%。

根据相关产业政策，结合国内粗铅冶炼企业实际生产情况，本指标一、二、三级要求分

别定为98%、97%、96%。

6.3.2 金银入粗铅率

金、银是非常稳定的金属，一般以单质态存在。粗铅冶炼时，不论是采用直接炼铅炉窑或是鼓风炉，金银的挥发量极小，绝大多数以熔融态富集于粗铅中，一般在95%~99.5%之间，另有极少量进入渣中。据有关资料，基夫赛特法炼铅金、银入粗铅率可达到99.5%，烧结一鼓风炉法约97~98%，QSL法金入粗铅率为97%，银入粗铅率为96.4%，卡尔多炉金、银入粗铅率分别为96.22%和95.6%，水口山法金、银入粗铅率分别为98.96%和98.5%。根据企业调查情况，金入粗铅率一、二、三级指标分别定为99%、98%、96%，银入粗铅率一、二、三级指标分别定为99%、97%、95%。

6.3.2 总硫利用率

《铅锌行业准入条件》中规定，新建铅冶炼项目总硫利用率大于95%，现有铅锌冶炼企业总硫利用率达到94%以上。直接炼铅法因其硫回收率高，可以达到96%甚至更高，某卡尔多炉炼铅企业总硫利用率达到96.68%。ISP法在改进设备、工艺后可以达到95%。而目前我国大部分烧结一鼓风炉法炼铅企业尚达不到90%，其原因主要是一转一吸制酸转化率太低，导致尾气中外排二氧化硫浓度较高。如果企业采用氨吸收或碱吸收等尾吸方法对尾气中二氧化硫进行回收的话，烧结一鼓风炉法总硫利用率是可以达到94%的。因此，本标准总硫利用率三级指标分别为96%、95%、94%。

6.3.3 新鲜水用量

根据国内粗铅冶炼企业采用工艺技术先进程度不等，吨铅新鲜水耗量一般在20~60m³/t铅左右。生产实践显示，某ISP法企业原新水耗量在50~60m³/t铅左右，当其进行改造后水循环利用率达到96.5%时，其新水用量为28.2~32m³/t铅。相比之下，直接炼铅法由于一步炼铅，取消了鼓风炉，可大大减少新水用量，国内某新建卡尔多炉粗铅冶炼企业新水用量达到了17.4 m³/t粗铅，某水口山法炼铅企业新水用量则达到了11.24 m³/t粗铅。本标准中新水耗量三级指标分别为15 m³/t粗铅、25 m³/t粗铅、40 m³/t粗铅。

6.3.4 综合能耗

《铅锌行业准入条件》中规定，新建铅冶炼项目粗铅冶炼综合能耗低于450千克标准煤/吨，现有铅锌冶炼企业粗铅冶炼综合能耗低于460千克标准煤/吨。国内水口山法炼铅吨铅综合能耗已降至380标准煤/吨，某些直接炼铅法甚至更低。在《铅冶炼企业产品能耗》（征求意见稿）中，对于粗铅工序，烧结一鼓风炉一级和二级能耗指标为420千克标准煤/吨和480千克标准煤/吨，ISP法一级、二级指标为290千克标准煤/吨和330千克标准煤/吨，富氧底吹法（水口山法）一级、二级指标为340千克标准煤/吨和390千克标准煤/吨。2006年全国粗铅冶炼综合能耗统计数据为397.16千克标准煤/吨。综合以上数据，结合行业现状和准入条件要求，该指标一、二、三级定为320千克标准煤/吨、390千克标准煤/吨、450千克标准煤/吨。

6.4 产品指标

本标准规定，一级指标要求硫酸中的汞、砷含量应达到GB/T534—2002《工业硫酸》优等品要求，二、三级指标要求硫酸中的汞、砷含量应达到GB/T534—2002《工业硫酸》一等品要求。

6.5 污染物产生指标

6.5.1 废水产生量

粗铅冶炼行业废水主要产生于硫酸车间、设备冷却、废气淋洗、循环冷却、地面冲洗等环节。根据粗铅冶炼行业特点和部分企业实际调查，粗铅冶炼废水产生量约为其新水用量的30%~40%不等。按此比例计算单位产品废水产生量一级、二级、三级指标分别6~8 m³/t铅、9~12 m³/t铅、12~16 m³/t铅。从实际生产情况来看，卡尔多炉炼铅企业吨粗铅废水量为4.58 m³/t铅，ISP法企业为12.2 m³/t铅，基本与上述指标相吻合。根据企业调查情况，本标准中废水产生量三级指标分别定为6 m³/t粗铅、12 m³/t粗铅、16 m³/t粗铅。

6.5.2 二氧化硫产生量

本标准中粗铅冶炼二氧化硫产生量指高浓度二氧化硫烟气经制酸后二氧化硫产生量与低浓度二氧化硫烟气的初始产生量。

粗铅冶炼过程中的二氧化硫废气主要包括烧结机或直接炼铅炉等设备产出的高浓度二氧化硫烟气与鼓风机、烟化炉等设备产出的低浓度二氧化硫烟气。对于基夫塞特炉、QSL法、卡尔多炉等直接炼铅工艺，由于不需要后续的鼓风机还原处理，其产生的二氧化硫即以制酸后废气中的残余二氧化硫为主。而对于艾萨法、水口山法等直接炼铅工艺以及传统的烧结机一鼓风机工艺，后续的鼓风机等设备产生的低浓度二氧化硫也占有较大比重。因此，从工艺角度来看，二氧化硫产生量应是基夫塞特法<艾萨法、水口山法<烧结机。

根据物料衡算，生产1t的金属铅约有0.5t的硫进入冶炼流程，因此，生产1吨粗铅进入烟气中的二氧化硫约为1000kg左右。直接炼铅法制酸工艺均为二转二吸，如采用进口触媒，其转化率可达到99.8%（即本标准中一级指标要求），则制酸后的二氧化硫残留量为2kg；但进口触媒价格昂贵，企业难以承受，采用国内触媒转化率可达到99.6%，制酸后二氧化硫量为4kg；而对于传统的烧结一鼓风机工艺，由于烧结烟气中二氧化硫浓度只有约3%，无法采用二转二吸制酸，其转化率最高也只能达到99%，即制酸后残余二氧化硫在10kg以上。另外，鼓风机烟气中二氧化硫浓度可达数千毫克，也是一个较大的二氧化硫产生源，其二氧化硫产生量可达6~8kg。从企业实际产污情况来看，采用水口山法的企业吨粗铅SO₂产生量在8~10 kg/t粗铅左右，采用卡尔多炉法企业吨粗铅SO₂排放量约3.32 kg/t粗铅，而传统工艺的SO₂产生量达到20 kg/t粗铅以上。因此，该项指标一、二、三级定为4kg/t粗铅、10 kg/t粗铅、20 kg/t粗铅。

6.5.3 颗粒物排放量

粗铅冶炼行业颗粒物的排放量主要取决于生产单位粗铅的排气量和废气中颗粒物浓度。企业采取的冶炼工艺不同，单位产品废气量差别也较大。一般来讲，烧结一鼓风机法与ISP

法由于产气点较多，每吨铅废气排放量在50000~100000m³之间，而直接炼铅法废气量则较小，有的企业甚至在10000m³/t铅以内。从调查情况来看，企业颗粒物排放量主要集中在1.12~8.26kg/t铅之间。水口山法炼铅吨粗铅颗粒物排放量为1.854kg/t铅，ISP法企业在进行减排技术改造后可达到3.82kg/t铅，而卡尔多炉颗粒物排放量可达到1kg/t铅以下。因此，该项指标一、二、三级定为1.5kg/t粗铅、3 kg/t粗铅、4 kg/t粗铅。

6.6 废物回收利用指标

6.6.1 水重复利用率

《铅锌行业准入条件》中规定，新建铅冶炼项目水循环利用率达到95%以上，现有铅锌冶炼企业水循环利用率达到90%以上。从国内粗铅冶炼企业现状来看，现在国内众多粗铅冶炼企业正在大力进行废水零排放改造，将废水深度处理达到回用中水标准以代替新水，改造后废水重复利用率大大提高，废水的排放量得到大幅削减，如某家水口山法炼铅企业吨铅排水量仅为2.56 m³，某些大型企业已经有能力做到零排放。与此同时，也有众多中小型企业尚无法达到《污水综合排放标准》中80%的指标要求。为体现政策要求，并促进企业清洁生产，将一、二、三级指标定为98%、95%、90%。

6.6.2 废物综合回收利用率

粗铅冶炼过程产生的废物均含一定量的有价元素，具有回收利用价值，国内绝大多数企业均进行了再利用。最主要的废物是水淬渣，以往一般是堆存于渣场，由于水淬渣性质稳定，不具渗出毒性，现在越来越多的企业开始将往年堆积的水淬渣外卖，用于水泥、砖等建材生产。为鼓励企业对水淬渣进行资源回收利用，发展循环经济，本标准中废物回收利用率一、二、三级指标定为95%、90%、85%。

6.7 环境管理要求指标

在环境管理要求这个指标中无论是达到一级、二级还是三级水平，首先企业在生产活动中必须遵守国家 and 地方有关环境法律、法规，设专门环境管理机构和专职管理人员，并且按照粗铅冶炼企业清洁生产审核指南的要求进行了审核。同时本项指标对生产管理、废物管理、清洁生产审核3个方面提出了要求。

一级指标：要建立国际标准化环境管理体系ISO24001；

二级指标：要对生产过程中的环境因素进行控制，有严格的操作规程。建立相关方管理程序、清洁生产审核制度和各种环境管理制度，特别是固体废弃物转移制度；

三级指标：要对生产过程中的主要环境因素进行控制，有操作规程，建立相关方管理程序、清洁生产审核制度和必要环境管理制度。

7 标准实施的技术可行性和经济分析

7.1 标准实施的经济分析

本标准指标包括定性和定量要求，定性要求给出明确的限定或说明，对粗铅冶炼的工艺、装备和生产过程提出操作和管理上的要求，部分需要投入一定量的资金即可达到，从某种意义上说，企业可以在经济上接受这一要求。

另一类指标是定量要求，其指标用数值表示，例如：新鲜水用量、循环水利用率、综合能耗、铅回收率、总硫利用率等，这些指标是属于粗铅冶炼行业企业内部管理和考核的经济指标，因此，不会给企业增加任何经济负担。至于定量指标，如颗粒物、二氧化硫等污染物排放量，是环保部门最常用的指标，一般都具有测试分析的条件和能力，不需要另行投资。因此，本标准的实施在经济方面是可行的。

7.2 标准实施的技术可行性分析

本标准的提出，是根据清洁生产的基本要求，考虑了我国粗铅冶炼行业的生产特点与现实状况，从当前与未来环境保护形势对行业发展趋势的影响角度出发而制订。标准中各项指标数值的确定主要以国内粗铅冶炼行业的实际技术经济指标为依据，并参考了国外先进水平。

生产工艺与装备指标三级指标以国内企业现有水平为主要依据，一般企业只需进行适当技术改造、加强管理即可达到，一、二级指标则以先进的国内大型企业为标准确定，尤其一级标准更参照了国外现有的先进企业技术水平，对国内新建企业的设计和施工提出了更严格的标准和更高的要求，现有企业通过逐步的技术改造或整体改造也是可以达到的。

资源能源利用指标和产品指标选择了粗铅冶炼行业最常用的技术经济指标，参考了国内粗铅冶炼行业的实际技术水平，达到清洁生产二级水平在技术上难度不大，个别企业在某些指标上甚至已可以达到一级水平。

污染物产生指标针对粗铅冶炼行业的产污特点，选择了行业特征污染物颗粒物与二氧化硫作为考核依据，同时对企业的废水产生量进行了考核，其指标值也以国内企业的实测数据作为确定依据，企业在对工艺、设备进行适当改造并加强生产期管理的前提下，达到标准在技术上的难度不大。

环境管理指标以我国现行的相关法律法规和行业管理制度为依据，对铅冶炼企业的管理水平按清洁生产一、二、三级水平提出了不同的要求，目前国内管理较完善的大型企业已基本可以达到一级水平。

7.3 标准实施的可操作性分析

为使本标准实施具有较强的操作性，根据对本次调查的十余家国内粗铅冶炼企业可得到的技术经济指标数据进行指标测定，部分大型粗铅冶炼企业或铅锌联合企业达到二级水平的难度不大，但各项指标均达到一级指标的企业国内尚未存在，初步测算本标准基本可行。

本标准调查企业达标统计情况见表7-1。

表 7-1 被调查企业达标情况统计

清洁生产指标等级	一级	二级	三级
一、生产工艺与装备要求			
1. 工艺选择 ^①			
1.1 主体冶炼工艺	1	3	12
1.2 制酸工艺	0	4	11
2. 装备			
2.1 生产规模（单系列）	3	8	
2.2 自动控制系统	0	4	7
2.3 废气的收集与处理	15		
2.4 粉状物料储运	12		
2.5 余热利用	2		12
二、资源能源利用指标			
1. 铅总回收率/（%）	1	4	5
2. 金入粗铅率/（%）	1	2	6
3. 银入粗铅率/（%）	1	3	5
4. 总硫利用率/（%）	2	3	5
5. 新鲜水用量/（m ³ /t 粗铅）	1	2	8
6. 单位综合能耗（标煤）/（t/t 粗铅）	0	2	5
三、产品指标			
1. 硫酸汞含量/（%，质量分数）	4	12	
2. 硫酸砷含量/（%，质量分数）			
四、污染物产生指标			
1. 废水产生量/（m ³ /t 粗铅）	2	4	9
2. 二氧化硫产生量/（kg/t 粗铅）	1	2	5
3. 颗粒物排放量/（kg/t 粗铅）	1	3	4
五、废物回收利用指标			
1. 水重复利用率/（%）	2	4	7
2. 废物综合回收利用率/（%）	1	2	2
六、环境管理要求			
1. 环境法律法规标准	16		
2. 组织机构	16		
3. 环境审核	5	9	
4. 废物管理	16		
5. 生产过程管理与环境管理	5		7

7.4 与同行业排放标准对比分析

《铅、锌工业污染物排放标准》目前尚未正式公布，其报批稿中相关标准值列于表7-2。

表 7-2 本标准与该行业污染物排放标准对比

铅锌工业污染物排放标准			本标准			
指标	现有企业	新建企业	指标	一级	二级	三级
单位产品基准排水量 (m ³ /d)	15	8	废水产生量 (m ³ /t粗铅)	6	12	16
颗粒物 (mg/m ³)	干燥: 200 其它: 100	80	颗粒物排放量 (kg/t粗铅)	1.5	3	4
二氧化硫 (mg/m ³)	960	制酸: 800 其它: 400	二氧化硫产生量 (kg/t粗铅)	4	10	20

从表中可以看出，本标准中废水产生量的一、二级指标值分别低于排放标准中新建企业和现有企业的基准排水量标准，三级指标值虽高于现有企业基准排水量，但可通过废水回用措施减小废水排放量，使之达到标准要求。

从国内各大铅锌冶炼厂生产情况来看，采用烧结鼓风机法炼铅每吨铅废气排放量在37060~154110m³/t铅之间，ISP法炼铅锌在100000m³/t金属左右，直接炼铅法废气排放量则在20000~30000m³/t铅以内，平均约55000 m³/t铅，而二氧化硫的主要排放源制酸尾气、鼓风机、烟化炉等的烟气排放量约为6000~15000 m³/t铅。如按排放标准中现有企业的颗粒物与二氧化硫排放标准计，则每吨粗铅颗粒物排放量约为2~15kg/t粗铅，二氧化硫排放量约为6~15kg/t粗铅；如按排放标准中新建企业的颗粒物与二氧化硫排放标准计，则每吨粗铅颗粒物排放量约为1.6~12kg/t粗铅，二氧化硫排放量约为4~10kg/t粗铅。本标准中所定的二氧化硫产生量指标，在考虑鼓风机等炉窑烟气脱硫后完全可达到污染物排放标准。可见，本标准中所定指标值基本与铅冶炼行业排放标准相符合。

8 标准的实施

本标准由各级人民政府环境保护行政主管部门负责监督实施。