

国家标准《有色重金属冶炼单位产品能源消耗限额》

（送审稿）编制说明

一、工作简况

1.1 任务来源

根据国标委《关于印发强制性标准整合精简结论的通知》（国标委综合函[2017]4号）的文件要求，原修订计划项目 20141762-Q-469《再生铅单位产品能源消耗限额》需与 GB 21248-2014《铜冶炼企业单位产品能源消耗限额》、GB 21249-2014《锌冶炼企业单位产品能源消耗限额》、GB 21250-2014《铅冶炼企业单位产品能源消耗限额》、GB 21251-2014《镍冶炼企业单位产品能源消耗限额》、GB 21348-2014《锡冶炼企业单位产品能源消耗限额》、GB 21349-2014《锑冶炼企业单位产品能源消耗限额》、GB 25323-2010《再生铅单位产品能源消耗限额》进行合并修订，并增加《钴冶炼企业单位产品能源消耗限额》及《铋冶炼企业单位产品能源消耗限额》部分，整合后的强制性标准名称为《有色重金属冶炼单位产品能源消耗限额》。其中再生铅冶炼部分由湖北金洋冶金股份有限公司负责起草，铜冶炼部分由江西铜业股份有限公司负责起草，锌冶炼部分由葫芦岛锌业股份有限公司负责起草，铅冶炼部分由河南豫光金铅股份有限公司负责起草，镍冶炼部分由金川集团股份有限公司负责起草，锡冶炼部分由云南锡业股份有限公司负责起草，锑冶炼部分由锡矿山闪星锑业有限责任公司负责起草，钴冶炼部分由金川集团股份有限公司负责起草，铋冶炼部分由阳谷祥光铜业有限公司负责起草；9个部分的整合修订工作由中国有色金属工业标准计量质量研究所完成。项目的完成年限为 2021 年 12 月。

1.2 目的和意义

现行的《铜冶炼企业单位产品能源消耗限额》等几项重金属冶炼产品能耗国家标准基本为 2014 年发布实施的，距今已 7 年。随着冶炼行业在十三五期间的快速发展，新工艺、新装备也加快得到应用，环保等新理念也在迅速普及，因此，企业生产的能源消耗水平也在不断提升。为使能耗标准切实反映现阶段企业生产实际情况，满足《有色金属工业“十四五”发展规划》的要求，为企业未来发展提供思路，并为环保等监管部门提供监督和核查依据，有必要对九种主要重金属冶炼产品能耗进行修订和制定，并借此引导企业全面开展固废综合利用和加大环保投入，对于提升产品质量水平、推动有色金属节能技术发展具有十分重要的作用。

1.3 项目编制成员及其所作工作

本项目涉及修订的标准部分数量较多，在任务下达后，立即成立了标准编制组，并对起草任务进行了落实，确定了标准总体合稿人，以及各部分内容的起草单位及起草人，拟定了该标准的工作计划。具体分工为：

（一）负责单位：中国有色金属工业标准质量计量研究所；

（二）铜冶炼部分起草单位：江西铜业股份有限公司、云南铜业股份有限公司、阳谷祥光铜业有限公司、大冶有色金属集团有限公司、铜陵有色金属集团控股有限公司、金川集团

铜业有限公司、中条山有色金属集团有限公司、紫金矿业集团股份有限公司、浙江富冶集团有限公司、白银有色集团股份有限公司、南京海关工业产品检测中心；

（三）锌冶炼部分起草单位：葫芦岛锌业股份有限公司、河南豫光锌业有限公司、云南驰宏锌锗股份有限公司、株洲冶炼集团股份有限公司、紫金矿业集团股份有限公司、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司韶关冶炼厂、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司、南丹县南方有色金属有限责任公司、江西铜业铅锌金属有限公司、南京海关工业产品检测中心、白银有色集团股份有限公司、陕西东岭冶炼有限公司、安徽铜冠有色金属（池州）有限责任公司、鑫联环保科技股份有限公司、广西梧州市永鑫环保科技有限公司；

（四）铅冶炼部分起草单位：河南豫光金铅股份有限公司、济源市万洋冶炼（集团）有限公司、岷山环能高科股份公司、云南驰宏锌锗股份有限公司、湖南水口山有色金属集团有限公司、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司；

（五）镍冶炼部分起草单位：金川集团股份有限公司、新疆有色金属工业（集团）有限责任公司、吉林吉恩镍业股份有限公司、天津茂联科技有限公司、中合镍业有限公司；

（六）锡冶炼部分起草单位：云南锡业股份有限公司、广西华锡集团股份有限公司、郴州云湘矿冶有限责任公司；

（七）锑冶炼部分起草单位：锡矿山闪星锑业有限责任公司、广西华锡集团股份有限公司、云南木利锑业有限公司、湖南安化渣滓溪矿业有限公司、贵州东峰锑业有限公司；

（八）再生铅冶炼部分起草单位：湖北金洋冶金股份有限公司、河南豫光金铅股份有限公司、江苏新春兴再生资源有限责任公司、安徽省华鑫铅业集团有限公司、安徽华铂再生资源科技有限公司、云南驰宏锌锗股份有限公司、浙江天能资源循环科技公司；

（九）钴冶炼部分起草单位：金川集团股份有限公司、浙江华友钴业股份有限公司、新疆新鑫矿业股份有限公司阜康冶炼厂、格林美股份有限公司、衢州华友钴新材料有限公司、江苏雄风科技有限公司、广东邦普循环科技有限公司；

（十）铋冶炼部分起草单位：阳谷祥光铜业有限公司、湖南柿竹园有色金属有限公司。

1.3.1 合稿单位及各部分牵头单位的技术基础

中国有色金属工业标准质量计量研究所是我国有色金属标准归口单位，业务工作隶属国家市场监管总局（国家标准化管理委员会）和工业和信息化部以及中国人民解放军总装备部，同时是国际标准化组织ISO / TC 79 / SC 5 和ISO/TC26秘书处挂靠单位。主要负责我国有色金属（含稀土）国家标准、行业标准及国家军用标准的项目计划、制修订和复审工作等。

江西铜业股份有限公司成立于1979年，为目前中国最大的阴极铜生产商之一，阴极铜产能达到120万吨/年，在铜以及相关有色金属领域，拥有勘探、采矿、冶炼、加工为一体的完整产业链，并通过对贸易、金融、物流等相关资源的有效整合，构成领先于国内同行的发展优势；为国内铜精矿自给率最高的公司，是国内最大、最现代化的铜生产和加工基地，黄金、白银、硒、碲、铼等稀贵金属和硫化工的重要生产基地；拥有八家矿山（含权益），五家冶炼厂，六家铜加工企业，三家稀散金属生产单位，一家稀土公司，以及财务公司、金瑞期货公司、国际贸易公司、物流公司等增值服务体系。公司坚持落实科学发展观，以先进企业文化为依托，走建设“资源节约型、环境友好型”企业道路，使企业成为全面、协调、可持续

发展的典范。2016年2月21日公司荣获国家环保最高奖“第三届中华环境奖——2005年绿色东方企业环保奖”。2020年1月8日德兴铜矿、银山矿业、武山铜矿纳入自然资源部发的绿色矿山名录，2021年1月11日城门山铜矿、七宝山铅锌矿纳入2020年度国家级绿色矿山名录（自然资源部2021年第2号）。

葫芦岛锌业股份有限公司成立于1992年，1997年在深圳交易所挂牌上市。其前身葫芦岛锌厂始建于1937年，诞生了我国的第一块锌锭。公司拥有火法炼锌系统、湿法炼新系统、铜冶炼系统及综合回收系统，采用先进的生产工艺、生产装备及分析检测手段，拥有专业的管理、生产、研发、服务的团队，主导产品生产能力为：锌39万吨、黄金4吨、白银300吨、硫酸100万吨。公司依据标准建立了质量管理体系、环境管理体系、职业健康安全管理体系、能源管理体系，并保持持续有效运行；公司始终坚持“高起点、高标准、严要求”产品质量及管理理念，主导产品锌锭分别在伦敦交易所和上海期货交易所注册，多种产品曾获国家级、省级奖项；致力于环保发展，严格执行环保排放限值排放标准，实行绿色生产发展低碳经济，2020年，锌业股份跻身国家工信部“第五批绿色工厂”名单；公司拥有雄厚的技术创新力量，技术中心为辽宁省省级企业技术中心，所属实验室为国家级实验室，是国家标准化管理委员会认可的镉锭、锌锭、锌合金、锌精矿等一系列重金属矿及产品标样的定点研制单位；公司拥有发明专利20项，先后获得科技进步奖33项，主持或参与了80余项国家/行业标准研制工作，近年来，公司主持起草了《锌冶炼企业单位产品能源消耗限额》、《有色金属平衡管理规范第3部分：锌选矿冶炼》、《冶炼副产品 铅铋合金锭》、《低铁锌锭》、《锌精矿》等国家、行业标准，参与起草了《取水定额 锌冶炼》、《铅精矿化学分析方法 第11部分汞含量的测定原子荧光光谱法和固体进样直接法》等国家、行业标准。

河南豫光金铅股份有限公司是河南豫光金铅集团公司控股的一家子公司，成立于2000年，是中国大型电解铅和白银生产企业。2002年“豫光金铅”股票在上海交易所挂牌交易。公司主要从事电解铅、白银、黄金等产品的冶炼及进出口贸易。主要产品产能为：铅40万吨、黄金7000公斤、白银1000吨。主导产品“豫光”牌电解铅和白银分别在伦敦金属交易所和伦敦贵金属协会注册，产品畅销10多个国家和地区。“豫光”牌白银被用做2008年北京奥运会奖牌专用银。多年来，公司始终致力于环保发展，不断加大节能减排力度，发展低碳经济，建设绿色环保和谐企业。2011年公司“铅高效清洁冶金及资源循环利用关键技术与产业化”获国家科技进步二等奖。2020年被工信部评为铅冶炼行业能效“领跑者”。公司建成了三条废旧铅酸蓄电池预处理生产线，年回收处理废铅酸蓄电池54万吨，年产再生铅20万吨。公司先后主持和参与了100余项国家、行业及团体标准的制修订工作。近几年主持起草了《铅冶炼企业单位产品能源消耗限额》、《铅冶炼行业绿色工厂评价要求》、《绿色设计产品评价技术规范 铅锭》、《铅膏》、《铅阳极泥》《取水定额 第19部分：铅冶炼生产》等6项国家、行业及团体标准。

金川集团股份有限公司是甘肃省人民政府控股的以矿业和金属为核心的垂直一体化、相关多元化的大型矿业集团，是国内最大的镍钴铂族金属生产企业，也是中国北方最大的铜生产企业，主要生产镍、铜、钴、铂族贵金属、有色金属压延加工产品、化工产品、有色金属化学品等，被誉为中国的“镍都”。金川集团股份有限公司的发展战略是：构筑资源优势、深化科技创新、加强资本运作、实施跨国经营。具体为：实施矿业和金属为核心的垂直一体

化和相关多元化发展的企业定位战略；扩大资源拥有量和不断提高资源利用水平的资源控制战略；金融资本助力产业资本、推动资源拓展和结构优化的资本运营战略；市场为导向、效益为中心的营销战略；增强自主研发能力和强化知识产权保护的技术创新战略；资源节约和环境友好发展的循环经济战略；提高运营效率和实现卓越绩效的企业管理战略；发挥员工潜能和培育优秀人才的人力资源战略；把党的政治优势转化为企业核心竞争力的党建创新战略；以责任、人本、创新、共赢为核心价值观的企业文化战略。

云南锡业股份有限公司于1998年11月由云南锡业公司作为主要发起人设立，于2000年2月21日获准在深圳证券交易所上市挂牌交易，是国内锡行业唯一的上市公司。经过十多年的发展，公司由单一的生产锡金属产品发展到了锡金属加工、锡化工以及多种金属冶炼加工的大型冶炼企业，生产规模、产品种类和资产规模不断扩大，现有年产8万吨锡、10万吨铜、10万吨锌（锌精矿含锌）、2.4万吨锡化工、2.9万吨锡材深加工生产能力是我国最大的锡生产、加工、出口基地。2000年以来先后主持或参与制、修订了122个国家标准，36个行业标准27个标准达到国际先进水平，87个标准达到国内先进水平，有多个标准填补了国内空白。

锡矿山闪星锑业有限责任公司隶属于中国五矿集团公司。作为世界最大的锑品生产商和供应商，经过120多年的不断发展，一直以锑资源之丰富、品质之优、产量之大、技术之强享誉全球，产品遍及美国、日本、欧洲等50多个国家和地区，素有“世界锑都”之美称。公司先后荣获“中国名牌产品”、“中国驰名商标”、“出口免验产品”、“中国质量诚信AAA企业”、“全国自主创新能力行业十强企业”、“中国出口质量安全示范企业”以及“国家重金属污染防治工程技术研究中心产业化示范基地”等多项国家级荣誉。公司总资产216621万元，精锑的生产能力达2万t/a；氧化锑系列产品生产能力3万t/a，拥有2座锑矿山、1个锑冶炼厂、1个锑深加工厂、1个国家企业技术中心（包括1个国家认可实验室和1个乙级设计研究院）。公司拥有国家级企业技术中心、国家认可实验室等科技平台，是我国锑行业唯一的国家认可实验室和“国家级技术中心”。公司自主研发的4.5平方米富氧挥发鼓风炉工艺是世界最先进的炼锑初炼工艺，自主研发了粗锑精炼除铅、砷等除杂技术和空气离液顶吹生产三氧化二锑法。公司是有关锑的国家、行业标准的主要负责起草单位，负责起草了国家锑品产品标准、锑品理化检测方法标准、能源消耗标准等43项；参与了锑行业清洁生产评价指标体系和锑行业准入条件的起草，为中国锑行业发展提供了有力保障和支撑。

湖北金洋冶金股份有限公司成立于1985年，是国家级经济循环试点示范单位、湖北谷城国家“城市矿产”示范基地龙头企业、全国循环经济工作先进单位、全国有色金属行业先进集体、湖北省优秀民营企业。公司致力于发展循环经济，专业从事再生资源回收、废铅酸蓄电池处理及铅基合金的研制与生产。目前已形成年处理废铅酸蓄电池20万吨、年产铅及铅合金15万吨的能力，成为中国再生有色金属行业骨干企业。“金洋”商标被国家工商行政总局认定为中国驰名商标。公司坚持自主创新，致力于品牌建设，是有色金属行业首批工程研究中心、武汉城市圈废弃电池集中收集网络承建单位。建有湖北省企业技术中心、湖北省有色金属资源化利用工程技术研究中心、湖北省再生金属产品质量监督检验中心、湖北省博士后产业基地，与高校共建废铅酸蓄电池资源化研究中心。湖北金洋冶金股份有限公司主持参与完成制定GB/T 40662-2021《废铅蓄电池再生处理技术规范》、GB/T 21181-2017《再生铅

及铅合金锭》等7项国家标准及YS/T 1091-2015《铅膏》、YS/T 915-2013《蓄电池板栅用铅锑合金锭》2项行业标准。

阳谷祥光铜业有限公司凭借技术、环保、节能优势，先后被国家发改委列入符合《铜冶炼行业规范条件》的七家企业之一，被环境保护部评为十家“国家环境友好工程”之一，被工信部、科技部、财政部联合评定为第一批“资源节约型和环境友好型试点企业”等称号，并成功入选工信部首批绿色工厂。荣获中国企业社会责任绿色环保奖及优秀能源管理案例等，是国内同行业中最早获得质量管理体系、环境管理体系、职业健康安全管理体系、能源管理体系四标一体认证的企业之一。阳谷祥光铜业是国家高新技术企业，建设有国家级企业技术中心、山东省示范工程技术研究中心、国家认可实验室等创新平台。祥光铜业长期专注于铜冶炼技术与装备的研究、开发与制造，通过自主创新，形成了一套完整的铜冶炼及稀散稀贵金属清洁高效提取的工艺体系，多项科技成果通过国家科技成果鉴定，达到国际领先水平。拥有国家授权专利160余项，制修订国家行业标准80余项，获国家科技进步二等奖1项，中国专利金奖1项，省部级一等奖8项。

1.3.2 编制单位及起草人分工情况

1.3.2.1 负责单位

姓名	所在单位	分工
林若虚	有色金属技术经济研究院有限责任公司	负责标准修订定的组织工作，标准文本和标准编制说明的编制、讨论。
赵永善	有色金属技术经济研究院有限责任公司	负责标准修订工作计划的审定，组织标准技术指标、编制说明的讨论、研究。
吴帅锦	有色金属技术经济研究院有限责任公司	负责标准技术指标修订科学性、先进性的审核、把关。
韩知为	有色金属技术经济研究院有限责任公司	负责标准技术指标修订科学性、先进性的审核、把关。
杨丽娟	有色金属技术经济研究院有限责任公司	负责标准技术指标修订科学性、先进性的审核、把关。

1.3.2.2 铜冶炼部分

姓名	所在单位	分工
吴军	江西铜业股份有限公司	负责标准修订定的组织工作。
赵大华	江西铜业股份有限公司	全程参与标准文本和标准编制说明的编制、讨论，编写立项目的、任务来源以及主要工作过程等相关内容，就技术指标确定、能源计算方法等提供专业指导。
简志超	江西铜业股份有限公司	负责标准修订过程的日常协调工作，参与标准文本和标准编制说明的编制、讨论，
张鹏洲	江西铜业股份有限公司	负责标准修订过程的日常协调工作，参与标准文本和标准编制说明的编制、讨论，对标准相关引用文件及标准内容进行校准。
郭胜祥	江西铜业股份有限公司	负责标准修订过程的日常协调工作，参与标准文本和标准编制说明的编制、讨论，
赵莉	江西铜业股份有限公司	草拟标准文本和标准编制说明，编制调研函，汇总

姓名	所在单位	分工
		调研反馈意见和支撑数据。
马英奕	江西铜业股份有限公司	负责标准修订工作计划的审定，组织标准技术指标、编制说明的讨论、研究。
文仁	江西铜业股份有限公司	负责标准技术指标修订科学性、先进性的审核、把关。
王峰	江西铜业股份有限公司	负责标准技术指标修订科学性、先进性的审核、把关。
李潇慧	江西铜业股份有限公司	参与标准文本和标准编制说明的编制、讨论。
刘煜	江西铜业股份有限公司	参与标准文本和标准编制说明的编制、讨论。
黄春燕	江西铜业股份有限公司	参与标准文本和标准编制说明的编制、讨论。
欧阳晓辉	云南铜业股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
谢文敏	云南铜业股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
陈迎武	阳谷祥光铜业有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
张煜	阳谷祥光铜业有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
罗义	大冶有色金属集团控股有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
葛国群	大冶有色金属集团控股有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
杨威	铜陵有色金属集团控股有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
汪为生	铜陵有色金属集团控股有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
李玉芳	金川集团铜业有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
朱启保	金川集团股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
柴胜利	中条山有色金属集团有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
高红霞	中条山有色金属集团有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
曾东富	紫金矿业集团股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
张 宏	紫金矿业集团股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
李先华	浙江富冶集团有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
廖家章	浙江富冶集团有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
吴克富	白银有色集团股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
许建	白银有色集团股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
封亚辉	南京海关工业产品检测中心	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作
严文勋	南京海关工业产品检测中心	提供标准起草意见/建议及单位数据，配合做好调研工作

1.3.2.3 锌冶炼部分

姓名	所在单位	分工
刘斌莲	葫芦岛锌业股份有限公司	负责锌冶炼部分调研稿设计、调研材料汇总、提出技术指标建议、标准文本及编制说明编写等
于恩沅	葫芦岛锌业股份有限公司	协调标准起草相关事宜/提出标准起草意见
于 跃	葫芦岛锌业股份有限公司	协调标准起草相关事宜/提出标准起草意见
郭天立	葫芦岛锌业股份有限公司	协调标准起草相关事宜/提出标准起草意见
姜洪波	葫芦岛锌业股份有限公司	协调标准起草相关事宜/提出标准起草意见
奚英州	葫芦岛锌业股份有限公司	协调标准起草相关事宜/提出标准起草意见

刘原野	葫芦岛锌业股份有限公司	协调标准起草相关事宜/提出标准起草意见
刘贵德	葫芦岛锌业股份有限公司	协调标准起草相关事宜/提出标准起草意见
杨士跃	葫芦岛锌业股份有限公司	参与调研稿设计/参与调研材料汇总
张 斌	葫芦岛锌业股份有限公司	参与调研材料汇总
田承飞	葫芦岛锌业股份有限公司	参与调研材料汇总
陈立华	葫芦岛锌业股份有限公司	参与调研材料汇总
郝长夷	河南豫光锌业有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
赵迎峰	河南豫光锌业有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
侯丰	云南驰宏锌锗股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
朱家锐	云南驰宏锌锗股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
贾邵凯	株洲冶炼集团股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
郭照满	株洲冶炼集团股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
蔡创开	紫金矿业集团股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
孙艳群	紫金矿业集团股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
曾平生	深圳市中金岭南有色金属股份有限公司韶关冶炼厂	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
江秋月	深圳市中金岭南有色金属股份有限公司韶关冶炼厂	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
郭跃宇	深圳市中金岭南有色金属股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
张登凯	深圳市中金岭南有色金属股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
刘旭升	南丹县南方有色金属有限责任公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
王智	南丹县南方有色金属有限责任公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
吴明华	江西铜业铅锌金属有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
王峰	江西铜业铅锌金属有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
封亚辉	南京海关工业产品检测中心	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
严文勋	南京海关工业产品检测中心	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
苟有强	白银有色集团股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
蔡征	白银有色集团股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
王红哲	陕西东岭冶炼有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
郭艳平	陕西东岭冶炼有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
唐卫国	安徽铜冠有色金属(池州)有限责任公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
吴旺顺	安徽铜冠有色金属(池州)有限责任公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
林琳	鑫联环保科技股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
李春林	鑫联环保科技股份有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
黄木俊	广西梧州市永鑫环保科技有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作
陈雪云	广西梧州市永鑫环保科技有限公司	提供标准起草意见/建议及单位数据, 配合做好调研工作

	公司	
--	----	--

1.3.2.4 铅冶炼部分

姓名	所在单位	工作职责
赵迎峰	河南豫光金铅股份有限公司	标准材料、编制说明的主要编制及修订，组织开展行业能耗数据调研，参加讨论会议及审定会议，各种修订意见的归纳、整理、采用及处理。项目相关组织协调
原和平	河南豫光金铅股份有限公司	负责标准的工作指导，编写材料的收集及组织协调
赵波	河南豫光金铅股份有限公司	负责标准的工作指导，编写材料的收集及组织协调
李泽	河南豫光金铅股份有限公司	联系有关单位完成标准的能耗调研、意见征集
李伟伟	济源市万洋冶炼（集团）有限公司	负责相关能耗调研数据核实，指导标准部分内容编制
卢海军	济源市万洋冶炼（集团）有限公司	负责相关能耗调研数据核实，指导标准部分内容编制
陈会成	岷山环能高科股份公司	提供理论技术支撑及相关技术研讨，本单位及相关工艺技术能耗核算及参加标准会议
何志军	岷山环能高科股份公司	负责标准组织协调，参加标准讨论会议
夏丽优	云南驰宏锌锗股份有限公司	提供理论技术支撑及相关技术研讨，本单位及相关工艺技术能耗核算及参加标准会议
黄云东	云南驰宏锌锗股份有限公司	负责标准组织协调，参加标准讨论会议
黄安平	湖南水口山有色金属集团有限公司	协调项目工作，组织落实各阶段标准制修订工作会，组织落实单位各阶段标准讨论及修订本工作
李加生	湖南水口山有色金属集团有限公司	收集汇总近年单位铅冶炼生产的实际情况，参加完成各阶段标准资料的编制，参加标准会议
刘冬根	深圳市中金岭南有色金属股份有限公司韶关冶炼厂	提供标准起草意见/建议及收集汇总本单位近年数据，配合做好调研工作，参加标准会议讨论
苏飞	深圳市中金岭南有色金属股份有限公司韶关冶炼厂	提供标准起草意见/建议及收集汇总本单位近年数据，配合做好调研工作，参加标准会议讨论

1.3.2.5 镍冶炼部分

姓名	起草单位	职责及分工
朱启保	金川集团股份有限公司	负责编制说明和修订草案审核
赵洪	金川集团股份有限公司	负责实地考察、数据收集、编制说明和修订草案的起草。
张豫川	新疆有色金属工业(集团)有限责任公司	负责实地考察、数据提供和收集，工艺技术指导。
张东	吉恩镍业股份有限公司	提供数据和工艺技术资料，火法工艺技术支持。
严楼杨	天津茂联科技有限公司	提供数据和工艺技术资料，湿法工艺技术支持。
胡晓雷	中合镍业有限公司	提供数据和工艺技术资料，火法工艺技术支持。
高双飞	金川集团股份有限公司	提供数据和装备技术资料，装备技术指导。
高俊兴	金川集团股份有限公司	装备技术指导。
徐欣	金川集团股份有限公司	装备技术指导。
杨贵严	金川集团股份有限公司	工艺技术指导。
吴川眉	金川集团股份有限公司	工艺技术支持。
魏文斌	金川集团股份有限公司	工艺技术支持。
张英建	金川集团股份有限公司	装备技术支持。

衣淑立	金川集团股份有限公司	工艺技术支持。
陈大林	金川集团股份有限公司	工艺技术支持。

1.3.2.6 锡冶炼部分

姓名	起草单位	职责及分工
邱文顺	云南锡业股份有限公司	组织协调项目各项工作。
汤粉兰	云南锡业股份有限公司	联系有关单位完成标准的意见征集、联系云锡以外单位收集近5年实际单位产品生产能耗情况，提出修订意见，比对标准水平，组织单位及人员参加标准的讨论会、审定会。
雷震彬	广西华锡集团股份有限公司	组织参加锡冶炼企业的生产工艺和能源消耗情况的调研，协调项目工作。
杨砾淞	云南锡业股份有限公司	组织项目起草标准所需能耗数据，参加完成各阶段标准资料的编制，参加标准会议。
赵玲	云南锡业股份有限公司	收集汇总起草标准所需单位能耗数据，参加调研工作，参加标准会议。
余忠保	广西华锡集团股份有限公司	协调项目各项工作，组织落实单位各阶段标准讨论及修订本工作。
刘永松	广西华锡集团股份有限公司	提供公司各年度实际单位产品能耗情况，为指标修订提供依据，反馈意见；组织公司人员参加标准讨论、审定会议。
赵林丽	云南锡业股份有限公司	收集分析有关能耗数据信息，参加完成各阶段标准资料的编制，参加标准会议。
陈日凡	广西华锡集团股份有限公司	收集单位产品生产能耗实际情况，汇总分析比对标准水平，参加能耗标准讨论和标准会议。
廖理	广西华锡集团股份有限公司	收集单位各阶段生产能耗数据，参加完成各阶段标准资料的编制，提出修订意见，参加标准会议
李学兴	郴州云湘矿冶有限责任公司	提供公司各年度实际单位产品能耗情况，为指标修订提供依据，反馈意见。
黄万权	云南锡业股份有限公司	收集分析能耗数据，提出修改意见，参加标准会议。
汤鹏威	云南锡业股份有限公司	收集分析能耗数据，参加资料编制，参加标准会议。

1.3.2.7 锑冶炼部分

姓名	单位	在项目中的职责及分工
李志强	锡矿山闪星锑业有限责任公司	草拟标准文本和编制说明，编制调研函，汇总反馈意见和数据。负责标准技术指标修订科学性、先进性审核把关。
金贵忠	锡矿山闪星锑业有限责任公司	负责标准修订定的组织工作计划的审定，组织协调标准修订定各项工作。负责标准技术指标修订科学性、先进性审核把关。
李文梅	锡矿山闪星锑业有限责任公司	负责标准修订定过程的日常协调工作，参与标准和编制说明的编制、讨论，对标准相关内容进行校准。

康东升	锡矿山闪星锑业有限责任公司	负责标准技术指标修订科学性、先进性审核把关。
何光文	云南木利锑业股份有限公司质量管理部	提供标准起草意见、建议及单位数据，配合做好调研工作。
覃事敦	贵州东峰锑业股份有限公司	提供标准起草意见、建议及单位数据，配合做好调研工作。
曾东平	广西华锡集团股份有限公司	提供标准起草意见、建议及单位数据，配合做好调研工作。
梁俊杰	锡矿山闪星锑业有限责任公司	参加标准文本和编制说明的编制、讨论。
韦熱鬧	广西华锡集团股份有限公司	提供标准起草意见、建议及单位数据，配合做好调研工作。
钱昌华	云南木利锑业股份有限公司技术中心	提供标准起草意见、建议及单位数据，配合做好调研工作。
何南湘	锡矿山闪星锑业有限责任公司	参加标准文本和编制说明的编制、讨论。
孙旭	中国有色金属工业协会锑业分会	协调锑冶炼企业的生产工艺和能源消耗情况的调研工作。
鄢昌松	湖南安化渣滓溪矿业有限公司	提供标准起草意见、建议及单位数据，配合做好调研工作。
欧阳景权	湖南安化渣滓溪矿业有限公司	提供标准起草意见、建议及单位数据，配合做好调研工作。

1.3.2.8 再生铅冶炼部分

姓名	所在单位	分工
刘长来	湖北金洋冶金股份有限公司	负责标准的工作指导，编写材料的收集及组织协调；项目相关组织协调；
高国兴	湖北金洋冶金股份有限公司	负责标准的工作指导，编写材料的收集及组织协调；项目相关组织协调；
舒绍明	湖北金洋冶金股份有限公司	标准材料、编制说明的主要编制及修订，组织开展行业能耗数据调研，参加讨论会议及审定会议，各种修订意见的归纳、整理、采用及处理。
赵迎峰	河南豫光金铅股份有限公司	本单位及相关工艺技术能耗核算及参加标准会议；
原和平	河南豫光金铅股份有限公司	参加标准讨论会议；
马永刚	江苏新春兴再生资源有限责任公司	本单位及相关工艺技术能耗核算及参加标准会议；
陈建芳	江苏新春兴再生资源有限责任公司	参加标准讨论会议；
朱鹏飞	安徽省华鑫铝业集团有限公司	本单位及相关工艺技术能耗核算及参加标准会议；
应允峰	安徽省华鑫铝业集团有限公司	参加标准讨论会议；

王武钧	安徽华铂再生资源科技有限公司	本单位及相关工艺技术能耗核算及参加标准会议；
吴国庆	安徽华铂再生资源科技有限公司	参加标准讨论会议；
周锋	浙江天能资源循环科技有限公司	本单位及相关工艺技术能耗核算及参加标准会议；
张春强	浙江天能资源循环科技有限公司	参加标准讨论会议；
李宗兴	云南驰宏锌锗股份有限公司	本单位及相关工艺技术能耗核算及参加标准会议；
吴富祥	云南驰宏锌锗股份有限公司	参加标准讨论会议；

1.3.2.9 钴冶炼部分

起草人	所在单位	工作职责
朱启保	金川集团股份有限公司	标准材料、编制说明的主要编制及修订，组织开展行业能耗数据调研，参加讨论会议及审定会议，各种修订意见的归纳、整理、采用及处理。项目相关组织协调
陈婷	浙江华友钴业股份有限公司	负责标准的工作指导，编写材料的收集及组织协调
张胜荣	金川集团股份有限公司	负责标准的工作指导，编写材料的收集及组织协调
刘凤梅	浙江华友钴业股份有限公司	联系有关单位完成标准的能耗调研、意见征集
张豫川	新疆新鑫矿业股份有限公司	负责相关能耗调研数据核实，指导标准部分内容编制
魏琼	格林美股份有限公司	负责相关能耗调研数据核实，指导标准部分内容编制
王松辉	江苏雄风科技有限公司	提供理论技术支撑及相关技术研讨，本单位及相关工艺技术能耗核算及参加标准会议
许开华	格林美股份有限公司	负责编写材料的收集及组织协调
魏文斌	金川集团股份有限公司	负责标准组织协调，参加标准讨论会议
朱永泽	金川集团股份有限公司	协调项目工作，组织落实各阶段标准制修订工作会，组织落实单位各阶段标准讨论及修订本工作
赵洪	金川集团股份有限公司	收集汇总近年单位钴冶炼生产的实际情况，参加完成各阶段标准资料的编制，参加标准会议
吴川眉	金川集团股份有限公司	提供标准起草意见/建议及收集汇总本单位近年数据，配合做好调研工作，参加标准会议讨论

1.3.2.8 铋冶炼部分

姓名	所在单位	分工
陈迎武	阳谷祥光铜业有限公司	负责标准的工作指导、标准相关材料审阅及组织协调
李俊杰	阳谷祥光铜业有限公司	负责标准相关资料编制，收集汇总起草标准所需单位能耗数据和整理，参加调研工作和意见反馈征集，参加标

		准会议
张煜	阳谷祥光铜业有限公司	负责标准内容编写把关、提供企业的现场调研、配合标准编写、调研材料收集及整理
周松林	阳谷祥光铜业有限公司	负责配合标准编写、调研材料收集及整理
张碧兰	湖南柿竹园有色金属有限公司	标准相关材料信息提供及配合完成其它工作事宜

1.4 主要工作过程

1.4.1 标准起草阶段

任务下达后,全国有色金属标准化技术委员会于2020年7月20日以网络会议的形式召开《有色重金属冶炼产品能源消耗限额》强制性国家标准整合任务落实会议。来自中国有色金属工业标准计量质量研究所、江西铜业股份有限公司、葫芦岛锌业股份有限公司、河南豫光金铅股份有限公司、金川集团股份有限公司、云南锡业股份有限公司、锡矿山闪星锑业有限责任公司、湖北金洋冶金股份有限公司、阳谷祥光铜业有限公司等37个单位59位代表参加了会议。会上确定了本次修订的几项基本原则如下:

(一)标准适用范围应覆盖单独冶炼生产的全部有色重金属元素,增加《钴冶炼企业单位产品能源消耗限额》和《铋冶炼企业单位产品能源消耗限额》部分,与原有七个部分进行整合修订;

(二)能耗指标应全面覆盖所有重金属冶炼企业;根据原料(如原生矿、二次资源等)和生产工艺流程(如火法冶炼、湿法冶炼)的不同,给出相应的能耗指标;应明确指标的计算原则,统计范围和计算方法;

(三)本次修订应重点关注和解决生产企业因在资源综合回收和环保设施等方面的投入所造成的能耗增加问题,在计算原则以及统计范围中,单独考虑资源综合回收和环保设施等对能耗指标的影响,引导企业全面开展固废综合回收利用和加大环保投入;

(四)原标准中除强制性指标以外的推荐性条款(如统计范围、计算方法等)分每个品种单独以附录形式进行编写。

同时,会议确定成立九个工作组分别开展各部分修订工作。

会议结束后,接到任务的各冶炼部分的牵头单位迅速成立标准修订专项工作组,根据修订原则组织开展各部分的数据收集、文本编写等工作,经过各标准编制组及有关人员的共同努力,通过对国内外现状及发展趋势的分析,并结合国内的实际情况,形成了各部分的《讨论稿》及其编制说明。

2020年11月2日~4日由全国有色金属标准化技术委员会组织在浙江省桐乡市召开该标准的讨论会。编制组根据标准讨论会会议精神和各专家意见,对9个部分的标准进行修改,于2021年1月形成了各部分的第一次《征求意见稿》。各编制组根据反馈意见,对征求意见稿进行修改和完善,形成了9个部分的《预审稿》及《编制说明》。

2021年4月20日~22日由全国有色金属标准化技术委员会组织在贵州省贵阳市召开该标准预审会,对各部分预审稿进行了预审。

1.4.2 标准征求意见阶段

为确保征集数据的客观性,以及标准制定的科学性,进一步确定本次整合修订的原则及

标准编写的内容结构,明确指标设置依据及实际统计情况,全国有色金属标准化技术委员会分别于2021年6月21日~24日、7月20日~23日以及9月1日以现场会议及网络会议的形式对铜镍钴、铅锌再生铅、锡锑铋部分进行了研讨,会后各编制组根据会上专家的意见和建议对各部分预审稿进行了修改,并对统计数据进行了补充和完善。9月上旬,中国有色金属工业标准质量计量研究所对9个部分的预审稿进行汇总及整合,根据本次修订标准的基本原则撰写并形成第二次《征求意见稿(整合版)》及《编制说明》,并广泛征求意见。

鉴于能耗指标将作为确定高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平,以及加快重金属重点领域阶梯电价政策落地实施的重要依据,为确保有色重金属冶炼产品能耗限额数值修订的科学性和客观性,使标准符合有色重金属冶炼企业实际生产情况,有效推动行业节能降耗工作的开展,2022年4月27日-29日,全国有色金属标准化技术委员会以网络会议的形式召开强制性国家标准《有色重金属冶炼产品能源消耗限额》讨论会议。会议分组对“铜、镍、钴”、“铅、锌、再生铅”、“锡、锑、铋”部分进行讨论,会后根据建议继续开展对部分企业征集数据的工作,并根据修改意见形成《送审稿》及《编制说明》。2022年7月及8月,全国有色金属标准化技术委员会对九个部分进行了行业内审查,会上要求再次核实能耗统计口径,并应按现有原则明确各冶炼部分指标(有色标委[2022]101号、有色标委[2022]106号)。

1.4.3 审查阶段

二、标准编制原则

本标准基于《铜冶炼企业单位产品能源消耗限额》(GB 21248-2014)等现行的7项重金属冶炼产品能耗限额标准,根据国内几种主要重金属的生产能力及冶炼能耗情况,并结合冶炼行业的发展水平趋势进行的修订。标准的编制原则和编制依据如下:

- 1) 本标准按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分:标准化文件的结构和起草规则》的规定起草;
- 2) 查阅相关标准和国内外冶炼企业的实际生产情况;
- 3) 根据国内重金属冶炼行业的特点及实际用能情况,力求做到标准的合理与实用;
- 4) 完全按照 GB/T 1.1 和冶炼产品能耗标准和国家标准编写示例的要求进行格式和结构编写。

三、本标准与 GB 21248-2014、GB 21249-2014、GB 21250-2014、GB 21251-2014、GB 21348-2014、GB 21349-2014、GB 25323-2010 标准的比较

本标准整合修订标准,与原标准相比,主要变化如下:

3.1 标准名称

整合修订后的标准名称修改为《有色重金属冶炼单位产品能源消耗限额》。

3.2 范围

对标准所适用的铜、锌、铅等9类冶炼企业进行了统一描述。

3.3 术语和定义

增加“GB/T 2589 和 GB/T 12723 界定的术语和定义适用于本文件。”,删除了其他名词的定义。

3.4 技术要求

- (一) 原标准中的“限定值”、“准入值”及“先进值”更改为“3级”、“2级”及“1级”；
- (二) 保留工艺能耗限值，为部分非全流程的冶炼企业提供评价依据；
- (三) 能耗限额的数值调整（其中表格中括号内的数值为原标准所规定的数值）：

a. 铜冶炼部分

铜精矿冶炼工艺：

工序、工艺	一级值/(kgce/t)		二级值/(kgce/t)		三级值/(kgce/t)	
	工艺能耗	综合能耗	工艺能耗	综合能耗	工艺能耗	综合能耗
铜冶炼工艺 (铜精矿-阴极铜)	删除	≤210 (原 280)	删除	≤230 (原 320)	删除	≤340 (原 420)
粗铜工艺 (铜精矿-粗铜)		≤100 (原 150)		≤125 (原 180)		≤175 (原 300)
阳极铜工艺 (铜精矿-阳极铜)		≤125 (原 190)		≤140 (原 220)		≤235 (原 340)
电解工序 (阳极铜-阴极铜)		≤70 (原 90)		≤90 (原 100)		≤120 (原 140)

粗、杂铜冶炼工艺：

工序、工艺		综合能耗/(kgce/t)		
		一级值	二级值	三级值
粗铜工艺 (杂铜-粗铜)		≤140 (原 200)	≤170 (原 240)	≤220 (原 260)
阳极铜工艺	(杂铜-阳极铜)	≤160 (原 280)	≤210 (原 290)	≤270 (原 360)
	(粗铜-阳极铜)	≤140 (原 220)	≤190 (原 270)	≤240 (原 290)
铜精炼工艺	(杂铜-阴极铜)	≤290 (原 350)	≤310 (原 360)	≤370 (原 430)

	(粗铜-阴极铜)	≤240 (原 310)	≤280 (原 350)	≤330 (原 370)
--	----------	--------------	--------------	--------------

b. 锌冶炼部分

精矿冶炼工艺:

工艺、工序		综合能耗/(kgce/t)		
		一级值	二级值	三级值
火法炼锌工艺	粗锌锭(精矿—粗锌锭)	≤1250 (原 1500)	≤1400 (原 1600)	≤1470 (原 1650)
	粗锌精馏(粗锌锭—精锌锭)	≤290	≤300	≤420
	精馏锌锭(精矿—精锌锭)	≤1540 (原 1850)	≤1700 (原 2000)	≤1890 (原 2100)
湿法炼锌工艺	电镀锌锭(含浸出渣火法处理工艺)(精矿—电镀锌锭)	≤1010 (原 1150)	≤1100 (原 1250)	≤1260 (原 1300)
	电镀锌锭(无浸出渣火法处理工艺)(精矿—电镀锌锭)	≤550 (原 850)	≤660 (原 900)	≤820 (原 1000)

含锌二次资源锌冶炼工艺:

工艺	指标		能耗限额等级		
			1 级	2 级	3 级
含锌二次资源火法富集工序	富集氧化锌能耗 (含锌二次资源—富集氧化锌)	入炉二次资源锌含量平均约 12%时	≤1300	≤1600	≤2000
		入炉二次资源锌含量平均约 8%时	≤2200	≤2500	≤2800
		入炉二次资源锌含量平均约 5%时	≤2500	≤2800	≤3000
	富集锌焙砂能耗(富集氧化锌—富集锌焙砂)(进一步富集并脱除氟、氯)		≤300	≤330	≤350
	富集锌焙砂能耗	入炉二次资源锌含量平均约 12%时	≤1600	≤1930	≤2350

	(含锌二次资源——富集锌焙砂)	入炉二次资源锌含量平均约 8%时	≤2500	≤2830	≤3150
		入炉二次资源锌含量平均约 5%时	≤2800	≤3130	≤3350
湿法炼 锌工序	电镀锌锭能耗（不含渣处理工艺）（富集氧化锌-电镀锌锭）		≤750	≤800	≤860
	电镀锌锭能耗（含渣处理工艺）（富集氧化锌-电镀锌锭）		≤1100	≤1200	≤1400
注：1. 富集氧化锌能耗、富集锌焙砂能耗在计算时以产出两种合格产品中的金属锌量计； 2. 富集锌焙砂——电镀锌锭，富集锌焙砂——粗镀锌锭，富集锌焙砂——精馏锌锭的相关指标分别参见表 3 中的同类指标，即精矿——电镀锌锭，精矿——粗镀锌锭，精矿——精馏锌锭的相关指标。					

c. 铅冶炼部分

工序、工艺	综合能耗/(kgce/t)		
	一级值	二级值	三级值
粗铅工艺	≤220（原 250）	≤250（原 260）	≤340（原 400）
铅电解精炼工序	≤80（原 105）	≤100（原 110）	≤120（原 140）
铅冶炼工艺	≤300（原 355）	≤350（原 370）	≤465（原 540）

d. 镍冶炼部分

工 序、 工 艺	一级值 (kgce/t)		二级值 (kgce/t)		三级值 (kgce/t)	
	工 艺 能 耗	综 合 能 耗	工 艺 能 耗	综 合 能 耗	工 艺 能 耗	综 合 能耗
高镍铑工 艺（镍精 矿-高镍 铑）	删除	≤540（原 550）	删除	≤1160 （原 680）	删除	≤1400 （原 980）
电解工序 （阳极镍 -电解镍）		≤1040 （原 1060）		≤1150 （原 1155）		≤1300 （原 1350）
镍精炼工 艺（高镍 铑-电解		≤1300 （原 1450）		≤1380 （原 1550）		≤2000 （原 2000）

镍)				
镍冶炼工 艺(镍精 矿-电解 镍)		≤3450 (原 3580)	≤3650 (原 3920)	≤4680 (原 5200)

e. 锡冶炼部分

工序名称	一级值 (kgce/t)	二级值 (kgce/t)	三级值 (kgce/t)	说明
炼前工序	≤25 (原 40)	≤35 (原 45)	≤45 (原 50)	适用于单一沸腾炉生产
	≤60	≤70	≤90	适用于单一回转窑生产
还原熔炼工序	≤600 (原 750)	≤750 (原 850)	≤900 (原 1050)	-
炼渣工序	≤2300 (原 2500)	≤2750 (原 2800)	≤3200 (富渣冷料 ≥40%) (原 3100)	适用于处理物料平均含锡≤6%
	≤1800 (原 2200)	≤2200 (原 2400)	≤2600 (原 2600)	适用于处理物料平均含锡>6%
精炼工序	≤120 (原 120)	≤160 (原 160)	≤200 (原 200)	-
单位产品	≤1500 (原 1700)	≤1800 (原 2000)	≤2200 (原 2400)	-

f. 锑冶炼部分

以硫化锑、硫氧混合锑精矿为原料:

工艺、工序	一级值/ (kgce/t)		二级值/ (kgce/t)		三级值/ (kgce/t)	
	硫化锑矿	硫氧混合锑矿	硫化锑矿	硫氧混合锑矿	硫化锑矿	硫氧混合锑矿
粗炼工序(锑精矿—锑氧)	≤560 (原 590)	≤760 (原 800)	≤620 (原 640)	≤900 (原 890)	≤700 (原 700)	≤950 (原 950)
精炼工序(锑氧—锑锭)	≤370 (原 380)	≤370 (原 380)	≤410 (原 420)	≤390 (原 400)	≤440 (原 440)	≤440 (原 440)
锑冶炼工艺(锑精矿—锑锭)	≤950 (原 1000)	≤1050 (原 1100)	≤1100 (原 1150)	≤1250 (原 1300)	≤1250 (原 1250)	≤1400 (原 1400)

以脆硫铅锑精矿为原料:

工艺、工序	一级值 / (kgce/t)	二级值/ (kgce/t)	三级值/ (kgce/t)
粗炼、吹炼工序(脆硫	≤836 (原 880)	≤890 (原 900)	≤950 (原 950)

铅锑精矿—锑氧、底铅)			
炼渣工序(鼓风炉渣—粗锑氧、铅锑粗合金)	≤500 (原 500)	≤540 (原 540)	≤600 (原 600)
精炼工序(底铅、锑氧—铅锭、锑锭、高铅锑锭)	≤390 (原 400)	≤440 (原 450)	≤500 (原 500)
脆硫铅锑矿冶炼工艺 (脆硫铅锑精矿—锑锭、铅锭、高铅锑锭)	≤1710 (原 1800)	≤1820 (原 1900)	≤2100 (原 2100)

g. 再生铅冶炼部分

工序、工艺	一级值 (kgce/t)	二级值 (kgce/t)	三级值 (kgce/t)
废电池-再生铅	≤125 (原120)	≤175 (原130)	≤200 (原185)
废电池预处理工序	≤3 (原3)	≤3.5 (原3.5)	≤4 (原4)
铅膏冶炼工序(铅膏-再生铅)	≤145 (原220)	≤180 (原280)	≤250 (原400)
铅屑冶炼工序能耗(铅屑-再生粗铅)	≤12 (原20)	≤13 (原30)	≤15 (原35)
金属态含铅废料-再生铅	≤15 (原15)	≤18 (原20)	≤20 (原20)
火法精炼工序	≤20 (原-)	≤22 (原-)	≤25 (原-)

h. 钴冶炼部分

工序、工艺	一级值/ (kgce/t)		二级值/ (kgce/t)		三级值/ (kgce/t)	
	工艺能耗	综合能耗	工艺能耗	综合能耗	工艺能耗	综合能耗
钴冶炼工艺(钴原料-电积钴)	删除	≤3350 原 3400	删除	≤3500	删除	≤3600
氯化钴工艺(钴原料-氯化钴溶液)		≤1300 原 1800		≤2000		≤2050

电积钴工艺（氯化钴溶液-电积钴）	≤1380	≤1510	≤1540
四氧化三钴工艺（氯化钴溶液或硝酸钴溶液或硫酸钴溶液-四氧化三钴）	≤1300 原 1200	≤1900	≤2000
氯化钴工艺能耗（钴原料-氯化钴晶体）	≤2100	≤2400	≤2500
硫酸钴工艺能耗（钴原料-硫酸钴晶体）	≤2700	≤2800	≤2900

i. 铋冶炼部分

铋冶炼单位产品能耗为本标准新增内容。

工序、工艺	一级值（kgce/kg）	二级值（kgce/t）	三级值（kgce/t）
硫化铋精矿-铋锭	≤2500	≤2800	≤3300
氧化铋原料-铋锭	≤2100	≤2300	≤2800

3.4 统计范围、计算方法及计算范围

在正文中删除“统计范围、计算方法及计算范围”章节，该部分内容以附录的形式编写，且各冶炼部分分开撰写。

四、标准主要内容的确定依据

4.1 铜冶炼部分

目前世界上生产电解铜的冶炼方法主分为两大类：火法冶炼和湿法冶炼。由于目前精炼铜产量的 80%以上是用火法冶炼生产的，湿法冶炼生产的精炼铜仅占 20%左右，本文件规定的能耗值暂不包含湿法炼铜工艺。

火法炼铜是当今生产铜的主要方法，占铜产量的 80%左右，主要是处理硫化矿。火法炼铜的优点是原料适应性强，能耗低，效率高，金属回收率高。火法炼铜可分两类：一是传统工艺：如鼓风炉熔炼、反射炉熔炼、电炉熔炼。二是现代强化工艺：如闪速炉熔炼、熔池熔炼。由于 20 世纪中叶以来全球性的能源和环境问题突出，能源日趋紧张，环境保护法规日

益严格，劳动成本逐步上涨，促使铜冶炼技术从 20 世纪 80 年代起获得飞速发展，迫使传统的方法不得不被新的强化方法来代替，传统冶炼方法逐渐被淘汰。随之兴起的是以闪速熔炼和熔池熔炼为代表的强化冶炼先进技术，其中最重要的突破是氧气或富氧的广泛应用。经过几十年的努力，闪速熔炼与熔池熔炼已基本取代传统火法冶炼工艺。

闪速熔炼(flash smelting)包括国际镍公司因科(Inco)闪速炉、奥托昆普(Outokumpu)闪速炉和旋涡顶吹熔炼(ConTop)3 种。闪速熔炼在 20 世纪 50 年代末开始生产，已在四十多家企业推广应用，因为不断改进在节能环保方面有着显著成绩。该工艺技术具有生产能力大、能耗低、污染少等优点，被称之为标准的清洁炼铜工艺。

熔池熔炼包括特尼恩特炼铜法、三菱法、奥斯麦特法、瓦纽柯夫炼铜法、艾萨熔炼法、诺兰达法、顶吹旋转转炉法(TBRC)、白银炼铜法、水口山炼铜法和东营底吹富氧熔炼法等。熔池熔炼是 20 世纪 70 年代开始在工业上应用。由于熔池熔炼过程中的传热与传质效果好，可大大强化冶金过程，达到了提高设备生产率和降低冶炼过程能耗的目的。而且对炉料的要求不高，各种类型的精矿，干的、湿的、大粒的、粉状的都适用，炉子容积小，热损失小，节能环保都比较好，特别是烟尘率明显低于闪速熔炼。

再生铜冶炼也是火法冶炼的一种，铜本身是可再生资源，再生铜是炼铜的重要原料，再生铜处理工艺取决于原料，约 2/3 的高品位铜废料不需要熔炼处理而直接用于铜产品生产，1/3 的废杂铜需要熔炼处理。目前国内外回收利用废杂铜的方法很多，主要可分为两大类：第一类是将高质量的废杂铜直接冶炼成紫精铜或铜合金后供用户使用，称作直接利用；第二类是将废杂铜冶炼成阳极板后经电解精炼成电解铜后供用户使用，称为间接利用。其中，第二类方法根据原料分为高品位和低品位，从冶炼工艺上分为一段、二段和三段法冶炼。再生铜的冶炼一般采用两段法与三段法相结合的工艺流程，此法有利于降低能耗并提高有价金属的综合回收利用。

本次调研的企业除一家采用湿法工艺，其余均采用以上火法冶炼工艺。

4.1.1 适用范围说明

本部分规定了铜冶炼企业单位产品的能源消耗(以下简称能耗)限额的要求、统计范围、计算方法、计算范围和节能管理与措施、。

本部分适用于以铜精矿、粗铜、废杂铜为原料的铜冶炼企业产品能耗的计算、考核，以及新建项目准入评价的依据。

本部分不适用于处理含铜电子废料的粗铜冶炼工艺及含铜矿石直接堆浸工艺，能耗指标不适用于企业内部含铜废料的综合回收。

将原标准中的“控制”替换为“准入评价的依据”，使描述更加准确。

4.1.2 能耗指标的确定依据

(1) 被调研企业的情况

表 4.1 所调研企业近三年产量占比

调研企业	2019 年产量 (万吨)	2020 年产量 (万吨)	2021 年产量 (万吨)
企业 1	13.8	1.3	12.8

调研企业	2019 年产量 (万吨)	2020 年产量 (万吨)	2021 年产量 (万吨)
企业 2	36.2	37.6	36.4
企业 3	40.3	41.6	46.4
企业 4	46.1	46.5	44.5
企业 5	41.4	42.6	41.8
企业 6	10	17	23.8
企业 7	30.5	29.1	34.5
企业 8	13.9	12.6	11.1
企业 9	12.2	13.2	15.5
企业 10	52.6	53.7	50.3
企业 11	32.1	35.4	41.5
企业 12	26.8	41.8	42.9
企业 13	/	/	/
企业 25	/	/	/
企业 14	/	/	/
企业 15	52.7	50.2	46.2
企业 16	100	100	100
企业 17	32.7	33.5	39.9
企业 18	12	18.3	18.6
企业 19	11	9.6	9.7
企业 20	40.3	41	40.9
企业 23	29.2	25.1	28.1
企业 21	9.7	10.7	11.5
企业 22	43.1	47.3	40.8
企业 24	10.3	10.8	9
企业 25	3.8	4.2	5.2
企业 26	/	/	/

调研企业	2019 年产量 (万吨)	2020 年产量 (万吨)	2021 年产量 (万吨)
企业 27	5.4	5.7	5.9
企业 28	/	/	5.9
合 计	706.1	728.8	763.2
全国总产量	978.4	1002.5	1048.7
调研占比	72.2%	72.7%	72.8%

由表 4.1 可见，所调研企业近三年产量均达到全国铜产量 70%以上，企业年产量几乎均在 10 万吨以上，能够代表我国铜冶炼企业总体水平。

(2) 各工艺综合能耗值一级值、二级值、三级值取值原则

综合考虑有价金属综合回收、地域差异、工艺差异、有无渣处理工艺、二次能耗以及环保设施的应用对能耗指标的影响，结合调研数据及企业的意见和建议，同时参照《有色金属工业十三五发展规划》《铜行业规范条件》等国家相关政策及文件精神，工作组按照一级值为行业中 2~3 家企业能达到或前 5%企业；二级值为行业前 25%~30%企业；三级值为行业前 80%企业的原则，对各工艺综合能耗值进行如下确认。由于部分调研企业数据接近，且调研企业仅占全国 70%，所以各工艺综合能耗取值占比略有波动。

1) 铜冶炼工艺（铜精矿-阴极铜）综合能耗

表 4.2 铜冶炼工艺（铜精矿-阴极铜）工艺能耗及综合能耗（略）

表 4.3 铜冶炼工艺（铜精矿-阴极铜）能耗取值占比

累计产量 能耗限额	综合能耗区间/ (kgce/t)		
	≤210	≤230	≤340
企业个数	2	5	19
企业个数占比	10%	25%	95%

其中 2 家未提供综合能耗值，按实际数据统计，在提供能耗值的 20 家企业中满足一级值企业 2 家，占比 10%；满足二级值企业 5 家，占比 25%；满足三级值企业 19 家，占比 95%。因此建议调整铜冶炼工艺（铜精矿-阴极铜）综合能耗一级值≤210，二级值≤230，三级值≤340。其中，企业 1 未扣除工艺回收的余热，企业 11 为湿法工艺，数据不具有代表性。

2) 粗铜工艺（铜精矿-粗铜）工艺能耗及综合能耗

各企业能耗的统计情况如下表所示：

表 4.4 粗铜工艺（铜精矿-粗铜）综合能耗（略）

表 4.5 粗铜工艺（铜精矿-粗铜）能耗取值占比

累计产量 能耗限额	综合能耗区间/ (kgce/t)		
	≤100	≤125	≤175

企业个数	3	8	14
企业个数占比	18%	50%	88%

其中 11 家未提供工艺能耗值，按实际数据统计，在提供能耗值的 16 家企业中满足一级值企业 3 家，占比 18%；满足二级值企业 8 家，占比 50%；满足三级值企业 14 家，占比 88%。因此建议调整粗铜工艺（铜精矿-粗铜）综合能耗一级值 ≤ 100 ，二级值 ≤ 125 ，三级值 ≤ 175 。

3) 阳极铜工艺（铜精矿-阳极铜）综合能耗

表 4.6 阳极铜工艺（铜精矿-阳极铜）工艺能耗及综合能耗（略）

表 4.7 阳极铜工艺（铜精矿-阳极铜）能耗取值占比

能耗限额 累计产量	综合能耗区间/（kgce/t）		
	≤ 125	≤ 140	≤ 235
企业个数	2	9	20
企业个数占比	14.3%	42%	95.2%

按实际数据统计，在提供能耗值的 21 家企业中满足一级值企业 2 家，占比 14.3%；满足二级值企业 9 家，占比 42%；满足三级值企业 20 家，占比 95.2%。因此建议调整阳极铜工艺（铜精矿-阳极铜）综合能耗一级值 ≤ 125 ，二级值 ≤ 140 ，三级值 ≤ 235 。

4) 电解工序（阳极铜-阴极铜）工艺能耗及综合能耗

表 4.8 电解工序（阳极铜-阴极铜）工艺能耗及综合能耗（略）

表 4.9 电解工序（阳极铜-阴极铜）能耗取值占比

能耗限额 累计产量	综合能耗区间/（kgce/t）		
	≤ 70	≤ 90	≤ 120
企业个数	4	13	21
企业个数占比	15%	55%	95.5%

按实际数据统计，在提供能耗值的 22 家企业中满足一级值企业 4 家，占比 15%；满足二级值企业 13 家，占比 55%；满足三级值企业 21 家，占比 95.5%。因此建议调整电解工序（阳极铜-阴极铜）综合能耗一级值 ≤ 70 ，二级值 ≤ 90 ，三级值 ≤ 120 。

5) 铜冶炼企业单位产品综合能耗（粗、杂铜冶炼工艺）

表 4.10 铜冶炼企业单位产品综合能耗（粗、杂铜冶炼工艺）（略）

根据行业标准 YS/T 70-2015《粗铜》Cu 含量需大于等于 97.5%的要求划定粗铜冶炼工艺和杂铜冶炼工艺的界限：当入炉原料平均 Cu 含量大于等于 97.5%时，属于粗铜冶炼工艺；当入炉原料平均 Cu 含量小于 97.5%时，属于杂铜冶炼工艺。

采用杂铜冶炼工艺的企业大型企业不多，大多数为小型企业，而这些小型企业的能源统计数据不够健全，难以提供准确的数据，通过调研采集到了 9 家规模较大、管理相对规范的

企业提供的数据，能耗限值的先进可以得到保证。根据表 4.10 中铜冶炼企业综合能耗数据：杂铜冶炼工艺（杂铜-阴极铜）综合能耗小于 290 kgce/t 的企业有 2 家（占比 22%）、综合能耗小于 310kgce/t 的企业有 3 家（占比 33%）、综合能耗大于 370kgce/t 的企业有 1 家（占比 11%）；杂铜冶炼工艺（杂铜-阳极铜）综合能耗小于 160 kgce/t 的企业有 4 家（占比 44%）、综合能耗小于 210kgce/t 的企业有 7 家（占比 78%）、综合能耗大于 270kgce/t 的企业有 1 家（占比 11%）；杂铜冶炼工艺（杂铜-粗铜）没有调研数据，可根据表 4.4、表 4.6 测算出从粗铜到阳极铜综合能耗平均增加 40 kgce/t，再根据杂铜冶炼工艺（杂铜-阳极铜）综合能耗限制和 2014 版标准值，设定杂铜冶炼工艺（杂铜-粗铜）一级值为 140kgce/t、二级值为 170kgce/t、三级值为 220kgce/t。数据列表 4.11。

行业标准 YS/T 70-2015《粗铜》要求粗铜 Cu 含量需大于等于 97.5%，采用 Cu 含量大于等于 97.5%的粗铜作为原料的粗铜冶炼工艺企业较少，企业 16 采用的原料比较接近粗铜，该企业工艺采用相对先进的卡尔多炉工艺，以企业 16 为参照有利于标准的先进性，也有利于促进行业的进步，再结合 2014 版标准值，分别确定粗铜冶炼工艺（粗铜-阴极铜）、粗铜冶炼工艺（粗铜-阳极铜）的综合能耗限额。具体数据见表 4.11：

表 4.11 铜冶炼企业单位产品综合能耗限额（粗、杂铜冶炼工艺）

工序、工艺		综合能耗/(kgce/t)		
		一级值	二级值	三级值
粗铜冶炼工艺	粗铜-阴极铜	≤240（原 310）	≤280（原 350）	≤330（原 370）
	粗铜-阳极铜	≤140（原 220）	≤190（原 270）	≤240（原 290）
杂铜冶炼工艺	杂铜-阴极铜	≤290（原 350）	≤310（原 360）	≤370（原 430）
	杂铜-粗铜	≤140（原 200）	≤170（原 240）	≤220（原 260）
	杂铜-阳极铜	≤160（原 280）	≤210（原 290）	≤270（原 360）
注：当入炉原料平均 Cu 含量大于等于 97.5%时，属于粗铜冶炼工艺；当入炉原料平均 Cu 含量小于 97.5%时，属于杂铜冶炼工艺。				

4.1.3 环保能耗数据的确定

对铜冶炼企业在环保设施所产生的能源消耗量进行了统计，表 4.12 中列出了部分企业给出的能耗数值。

表 4.12 部分企业环保能耗数据

分段工艺 调研企业		粗铜工艺(kgce/t) (铜精矿-粗铜)	阳极铜工艺(kgce/t) (铜精矿-阳极铜)	电解工艺(kgce/t) (阳极铜-阴极铜)	铜冶炼工艺(kgce/t) (铜精矿-阴极铜)
企业 2	2018	/	/	/	13.36
	2019	/	/	/	30.35
	2020	/	/	/	66.69
企业	2018	/	8.38	1.09	9.95
	2019	/	9.74	1.22	11.07

5	2020	/	12.68	1.15	13.8
企业10	2018	7.09	8.06	0.77	10.34
	2019	6.76	8.16	0.72	10.4
	2020	7.09	9	0.74	10.68
企业16	2018	21.53	25.01	0.76	20.02
	2019	27.95	31.06	0.77	25.44
	2020	30.47	33.62	0.77	28.20
企业17	2018	/	/	/	5.05
	2019	/	/	/	6.06
	2020	/	/	/	2.99
企业18	2018	13.28	/	/	/
	2019	12.63	/	/	/
	2020	12.45	/	/	/
企业24	2018	/	/	/	/
	2019	/	/	/	/
	2020	7.86	/	/	/

其中企业2环保能耗较高是由于该企业部分冶炼和制酸环保处理合在一起，无法区分。从目前数据看，铜冶炼环保能耗（铜精矿-阴极铜）大概在10~20 kgce/t，但随着环保的严加，环保能耗还可能进一步提高。

4.1.4 铜精矿品味情况及能耗下降原因调研

对铜精矿平均入炉品位及平均铜硫比进行汇总分析，由下表可以看出，铜精矿平均入炉品位及平均铜硫比逐年下降：

调研单位	铜精矿平均入炉品位(%)			平均铜硫比		
	2019 年	2020 年	2021 年	2019 年	2020 年	2021 年
企业1	25.31	24.75	25.27	/	/	/
企业3	21.47	21.31	21.05	1.41	1.4	1.36
企业4	26.79	26.13	25.89	1.08	1.1	1.09
企业5/6	26	25.64	24.87	0.81	0.81	0.79
企业7	25.21	24.81	24.71	0.78	0.77	0.76
企业8	20.36	21.83	19.47	0.76	0.69	0.77
企业10	22.45	21.87	21.89	0.84	0.84	0.84
企业11	25.95	25.11	/	0.87	0.89	0.82
企业12	23.79	23.57	23.78	0.89	0.94	0.88
企业13	21.7	21.38	20.44	0.93	0.93	0.91
企业25	19.51	19.78	19.02	0.8	0.84	0.85
企业14	22.24	20.59	20.36	0.91	0.85	0.83

调研单位	铜精矿平均入炉品位(%)			平均铜硫比		
	2019 年	2020 年	2021 年	2019 年	2020 年	2021 年
企业 16	/	21.28	21.35	/	0.83	0.83
企业 17	23.81	23.49	22.2	0.79	0.8	0.78
企业 18	20.58	20.01	19.81	0.83	0.83	0.8
企业 19	15.26	13.33	12.9	0.61	0.53	0.52

由上表可以看出，铜精矿平均入炉品位及平均铜硫比逐年下降。

在原料品位下降、环保设施增加的情况下，能耗下降的原因包括：

企业	能耗下降原因
企业 1	2021 年能耗下降较大原因是煤炭和天然气消耗量降幅较大，熔炼余热回收蒸汽使用量增加，能源下降较明显。
企业 7	2020 年进行 40 万吨产能技改，其中原有能源重油和液化石油气由天然气替代，所以 2021 年开始无重油和液化石油气能源消耗。
企业 25	2021 年使用清洁能源天然气代替柴油作为底吹炉、转炉日常保温，提高了能源利用效率，较柴油相比，全年能源消耗减少 103tce；近三年综合能源消耗逐年增加一方面是由于产量增加，另外一方面是由于铜精矿中含硫逐年下降，补入的粉煤逐年增加；近几年通过系统工艺控制优化、设备变频改造等项目，也一定程度上降低了粗铜产品综合能耗指标。
企业 15	节能改造、优化工艺、规范操作。

4.1.5 与国外水平比较

2019 年，部分具有代表性的国外冶炼厂能耗指标如下：

国 家	冶炼厂	火法综合能耗 (kgce/t. cu)
日 本	玉野冶炼厂	168.5351464
日 本	东予冶炼厂	175.7006164
西班牙	韦尔瓦冶炼 厂	177.1325974
韩 国	温山冶炼厂	190.938429
赞比亚	穆富利拉冶炼 厂	193.6885791
日 本	佐贺关冶炼厂	197.486212
德 国	汉堡冶炼厂	215.4609364
波 兰	格沃古夫冶炼厂	224.0345445
波 兰	利格尼兹冶炼厂	236.8646309
秘 鲁	伊洛冶炼厂	242.2237008
日 本	直岛/香川冶炼厂	247.4343138
平 均		206.32

本次修订后，通过新标准的实施，铜冶炼产品能源消耗限额的火法段二级值能够达到 200 kgce/t. cu，优于上述国外厂家的平均水平。

4.1.6 标准实施带来的节能效益测算

与 2014 年版标准相比，本文件所规定的能耗下降达 60 kgce/t. cu，按 2020 年全国电解铜产能计算，一年能节约 50 多万吨标准煤。

4.1.7 标准的实施阶段

①现有铜冶炼企业单位产品能耗限额等级要求

自 2022 年 7 月 1 日起至 2024 年 12 月 31 日止（第一阶段），现有铜冶炼企业单位产品能耗应符合三级值的规定。自 2025 年 1 月 1 日起（第二阶段），现有铜冶炼企业单位产品能耗应符合二级值的规定。

②新建或改、扩建企业铜冶炼企业单位产品能耗限额等级要求

自 2025 年 1 月 1 日起（第二阶段），新建或改、扩建铜冶炼企业单位产品综合能耗应符合二级值的规定。

4.2 锌冶炼部分

近年来，国内锌冶炼产能不断扩大，2020 年实际产量达 642.5 万吨，据调查，其中近 60 万吨为以含锌二次资源为原料生产所得，其余为矿产锌锭。

锌冶炼工艺起初以火法为主，后来逐步被湿法取代，其原因主要是由于湿法炼锌具有生产规模大、能耗较低、劳动条件较好、易于实现机械化和自动化等优点；但由于火法炼锌具有自己的独特优势，如原料适应性强、产品质量优越（能够生产低铁锌锭和电池锌锭）、渣含锌低（火法炼锌残渣为固化渣，且残渣含锌低于 1.5% 以下，无毒无害，可以随意堆放，也可以再次利用，葫芦岛锌业股份有限公司竖罐炼锌产出的残渣（含碳 30%，还含有少量的 Zn、Pb、Ag），经旋涡炉处理（已获专利），产出蒸汽用于发电和自用，残渣里的 Zn、Pb、Ag 等 70% 得到回收。旋涡炉产出的水淬渣和鼓风炉炼锌产出的烟化水淬渣，含 Fe、Ca、SiO₂ 等，是生产水泥的最好原料，以 200 元/t 以上出售水泥厂）、综合利用优势（含量低的金、银、锑、镉、铟等有色金属可通过该工艺最大限度的富集和回收）、符合循环经济综合利用的国家产业政策等原因，仍然被选用。我国现存使用火法炼锌工艺的厂家有葫芦岛锌业股份有限公司、陕西东岭锌业、深圳中金岭南股份有限公司、白银有色金属集团股份有限公司第三冶炼厂、和云贵桂地区电炉炼锌（主要使用含锌二次资源）等。

本次修订对国内近几年的产量与能耗情况开展了多轮调研，以 2020 年为例，国内火法炼锌产量约 43 万吨（不含完全用含锌二次资源企业产量），100% 调研；湿法炼锌产量约 540 万吨（不含完全用含锌二次资源企业产量），调研约 406 万吨（其中含浸出渣处理工艺的约 355 万吨，无浸出渣处理工艺的约 51 万吨），调研量约占 75.2%；全国 10 多家完全利用含锌二次资源生产锌锭的企业，产量近 60 万吨，调研量约 46 万吨，占 76.7%；总调研量达到 479 万吨，约为 2020 年总产量 642.5 万吨的 75%。

4.2.1 适用范围说明

本部分规定了锌冶炼企业单位产品能源消耗（以下简称能耗）限额的技术要求、统计范

围、计算方法及计算范围和节能管理与措施。

本部分适用于以锌精矿、铅锌混合精矿、含锌二次资源为原料的锌冶炼企业单位产品能耗的计算和考核评定，以及新建项目的准入评价依据。

4.2.2 计算范围

锌冶炼工艺划分为：火法炼锌工艺（包括竖罐炼锌工艺和密闭鼓风炉炼锌工艺）和湿法炼锌工艺。火法炼锌工序划分：粗锌生产工序（竖罐炼锌工艺包括备料、氧化焙烧、制团、焦结蒸馏等工序；密闭鼓风炉炼锌工艺包括备料、烧结、熔炼、烟化等工序）和精馏锌生产工序。湿法炼锌工序划分：阴极锌生产工序（包括备料、酸化焙烧、浸出净液、浸出渣处理、锌电积或其他相似工序等）和电锌生产工序。

对于以含锌二次资源为原料的冶炼工艺划分：第一类：含锌二次资源火法富集工序（只包括含锌二次资源到富集氧化锌）和富集氧化锌湿法炼锌工序；第二类：含锌二次资源火法富集工序（包括从含锌二次资源到富集氧化锌，从富集氧化锌到富集锌焙砂）和富集锌焙砂湿法炼锌工序；第三类：含锌二次资源火法富集工序（包括从含锌二次资源到富集氧化锌，从富集氧化锌到富集锌焙砂）和富集锌焙砂火法炼锌工序（包括竖罐炼锌工艺、密闭鼓风炉炼锌和电炉炼锌工艺（其中电炉炼锌工艺粗锌生产工序包括焦炭烘干、备料、还原熔炼、尾气回收等工序））。

1、火法炼锌工艺的计算范围

粗锌生产工序产品能耗：竖罐炼锌工艺粗锌生产工序的产品能耗：包括从备料、氧化焙烧、制团、焦结蒸馏等到产出合格粗锌所有消耗的各种能源量，不包括综合回收硫酸所消耗的能源量。密闭鼓风炉炼锌工艺粗锌生产工序产品能耗：包括备料、烧结、熔炼等到产出合格粗锌（综合回收铅）所消耗的各种能源量及烟化回收氧化锌的有关能源量，不包括综合回收硫酸所消耗的能源量，再扣除粗铅工艺产品综合能耗限额限定值能源量。

精馏锌生产工序产品能耗：包括粗锌分馏、除杂等到产出精馏锌所有消耗的能源量。

火法炼锌产品工艺能耗计算范围：包括粗锌生产工序产品能耗和精馏锌生产工序产品能耗。

火法炼锌综合能源单耗的计算范围包括工艺能耗、辅助能耗（辅助生产系统用于产品生产的能源消耗，以下相同）分摊量及损耗量。

2、湿法炼锌工艺的计算范围

阴极锌生产工序产品能耗：包括备料、酸化焙烧、浸出净液、浸出渣处理（含浸出渣火法处理后所得的氧化锌进一步处理）、锌电积或其他相似工序等到产出合格阴极锌所有消耗的各种能源量，不包括硫酸（含污酸处理）、资源回收（镉回收、镉回收、银回收等）及浸出渣火法处理后的窑渣进一步处理所消耗的能源量。

电锌生产工序产品能耗：包括从阴极锌输送、电炉、熔铸等到产出电锌锭所有消耗的能源量。

湿法炼锌产品工艺能耗：包括阴极锌生产工序产品能耗和电锌生产工序产品能耗。

湿法炼锌产品综合能耗：包括产品工艺能耗、辅助能耗分摊量及损耗量。

3、含锌二次资源冶炼工艺的计算范围：

含锌二次资源火法富集工序产品能耗：包括富集过程（从含锌二次资源到富集氧化锌）与脱除氟、氯过程（从富集氧化锌到富集锌焙砂）消耗的能量量。即包括利用一种或多种含锌二次资源，或者存在于自然界中的不适宜直接用于冶炼企业的含锌氧化矿经配料后通过火法富集加工到产出合格的可用于湿法冶炼工序或火法冶炼工序的富集氧化锌或富集锌焙砂消耗的全部能量量。

富集锌焙砂火法炼锌工序产品能耗：本次收集到的富集氧化锌焙砂采用电炉炼锌工艺能耗指标与传统竖罐炼锌工艺和密闭鼓风炉炼锌接近，具体计算参见上述同类指标。

富集氧化锌或富集锌焙砂湿法炼锌工序产品能耗：参见上述同类指标。

4.2.3 能耗指标的确定依据

①火法炼锌工艺能耗

目前我国火法炼锌工艺主要包括竖罐炼锌工艺、密闭鼓风炉炼锌工艺，我们调研了国内所有采用竖罐炼锌工艺和密闭鼓风炉炼锌工艺的企业，单位产品综合能耗调查情况（见表 4.13）：

表4.13 火法炼锌工艺单位产品综合能耗统计（略）

单位： kgce/t

从表中可以看出，现有火法炼锌企业，精馏锌综合能耗为 1530kgce/t 到 2011kgce/t 之间。

表 4.14 火法炼锌能耗取值占比

调研企业共计 6 家， 均反馈数据	能耗区间（kgce/t）			
	≤1540	1540—1700	1700--1890	>1890
企业数量（家）	2	2	1	1
产量总和（万吨）	11.1	12.5	6.3	13.1
数量占比%	33.33%	33.33%	16.67%	16.67%
累计数量占比%	33.33%	66.66%	83.33%	100%
产量占比%	25.8%	29.1%	14.7%	30.4%
累计产量占比%	25.8%	54.9%	69.6%	100%

目前国内采用火法冶炼的企业有 4 家公司，其中两家公司分别有两个冶炼厂，我们以冶炼厂为单位，按 6 家企业展开调研，100%调研。

以 2020 年统计数值为依据，全国火法冶炼锌总产量约为 43 万吨。为使能耗三级值设定的合理、适宜，分别以累计产量占比 25%，55%，70%为限值区间，按实际统计，满足一级值的企业有 2 家，数量占比 33.33%，产量占比 25.6%，以此类推。

②湿法炼锌工艺（有浸出渣火法处理）能耗

近几年湿法炼锌工艺（有浸出渣火法处理）主要企业单位产品综合能耗见表 4.15。

表 4.15 湿法炼锌工艺单位产品综合能耗（有浸出渣火法处理）统计（略）

从表中可以看出，现有湿法炼锌企业单位产品综合能耗（有浸出渣火法处理）在 940kgce/t 到 1314kgce/t 之间。

渣处理工艺的普及使湿法炼锌能耗普遍上升。从调查的结果来看，现有湿法炼锌企业，浸出渣处理工艺综合能耗为 230-700 之间（具体见表 4.16），一般采用采用炼铅工艺处理渣时能耗稍低（企业将部分能耗计入铅冶炼工艺），一般为 100-250kgce/t 左右，挥发窑处理浸出渣时能耗约为 300-500kgce/t，而采用其他工艺处理浸出渣时能耗则可能更高。可以得出结论：浸出渣处理工艺的增设大大提高了原有采用氧压浸出和热酸浸出湿法炼锌工艺的单位产品综合能耗。

表 4.16 处理浸出渣工艺能耗统计（略）

单位： kgce/t

表 4.17 湿法炼锌（有浸出渣处理）能耗取值占比

调研企业共计 22 家，书面反馈能耗数据的 15 家，电话反馈的能耗数据的 3 家，未反馈的 4 家	能耗区间（kgce/t）			
	≤1010	1010--1100	1100--1260	>1260 及未反馈数据的
企业数量（家）	2	10	5	6
产量总和（万吨）	42.89	189.68	56.86	69.68
数量占比%	8.7%	43.47%	21.7%	26.1%
累计数量占比%	8.7%	52.1%	73.9%	100%
产量占比%	11.94%	52.81%	15.83%	19.4%
累计产量占比%	11.94%	64.75%	80.58%	100%

对目前国内采用湿法冶炼含浸出渣处理工艺的主要企业 23 家展开调研，以 2020 年的统计数据为依据，所调研企业的产量总和达 359.12 万吨。为使能耗三级值设定的合理、适宜，我们分别以累计产量占比 11.94%，64.75%，80.58%为限值区间，按实际统计，满足一级值的企业有 2 家，数量占比 8.7%，产量占比 11.94%，以此类推。

③湿法炼锌工艺（无浸出渣火法处理）能耗

表 4.18 湿法炼锌工艺单位产品综合能耗（无浸出渣火法处理）统计表（略）

在调查的湿法炼锌企业中，除了采用常规浸出法的企业原本就都有浸出渣处理工艺外，其余采用氧压浸出和热酸浸出的湿法炼锌企业，也都表示已经增建了渣处理工艺。以 2020 年为例，在所调研企业的中只有《湿法炼锌工艺单位产品综合能耗（无浸出渣火法处理）统计表》所列几家企业（产量总和约 51 万吨）暂无渣处理工艺，从表中可以看出，现有湿

法炼锌企业（无浸出渣火法处理工艺）因浸出工艺不同、南北气候差异、使用原料不同等因素影响，其单位产品综合能耗相差很大，云南两家企业均为 555kgce/t 左右，而位于北方的两家企业则在 820kgce/t 左右。

④含锌二次资源冶炼企业能耗

据调研，目前国内使用含锌二次资源的企业大致分为以下几种情况：1）使用含锌二次资源经火法富集工序产出富集氧化锌，再经湿法炼锌生产电解锌锭；2）使用含锌二次资源经火法富集工序产出富集氧化锌，以氧化锌富集物为产品出售；3）使用含锌二次资源经火法富集工序产出富集氧化锌（或者购买氧化锌富集物），再经过进一步火法脱除氟、氯产出富集锌焙砂，以富集锌焙砂为产品出售；4）使用富集氧化锌经火法脱除氟、氯产出富集锌焙砂，利用电炉生产粗锌锭，以粗锌锭为产品出售，主要分布在云南、广西一带；5）常规冶炼厂火法处理浸出渣等含锌物料生产氧化锌，并返回生产系统生产锌锭；6）常规冶炼厂购买富集锌焙砂经常规的火法炼锌工艺或湿法炼锌工艺生产锌锭。

据统计，全国有十多家完全采用含锌二次资源的冶炼企业，年产能近六十万吨。本次调研产量达 46 万吨，占比 76.7%。

使用含锌二次资源经火法富集工序产出富集氧化锌（不需要再火法富集工序脱除氟、氯），再经湿法炼锌生产电解锌锭，以云南祥云飞龙再生科技股份有限公司（年产量 8 万吨左右）和鑫联环保科技股份有限公司（年产量 7 万吨左右）为代表；使用含锌二次资源经火法富集工序产出富集氧化锌——火法富集工序脱除氟、氯产出富集锌焙砂——电炉还原熔炼生产粗锌锭——精馏工序生产 0#锌锭，以广西梧州市永鑫环保科技有限公司为代表（年产生锌锭 10 万吨左右）。

在广西梧州市永鑫环保科技有限公司、鑫联环保科技股份有限公司等企业的积极配合下，我们对含锌二次资源——富集氧化锌工序能耗情况进行了调研（见表 19）。据调研，入炉原料含锌二次资源情况不同（含锌、含水、含热值及原料的物相等）、工艺不同（采用高温焙烧入炉热值 2000KCal/Kg 或低温焙烧炉热值 1500KCal/Kg、有无余热锅炉、有无窑渣选铁、选煤等）会导致挥发窑工序（含锌二次资源——富集氧化锌）能耗的差异很大。

表 4.19 含锌二次资源——富集氧化锌工序能耗调查表

	原料情况	工艺说明	产 能	能耗情况 kg.ce/tZn		备 注
				含自带热 能耗	外加能 耗	
企业 1	入炉原料平均含锌 12%，平均配入热值 1600KCal/Kg，平均自带热值约 400KCal/Kg	有 8t/h 余热锅炉、窑渣选铁工艺	年处置含锌物料量 8 万吨，产次氧化锌 1.1 万金吨	1900	1300	处理锌冶炼渣、钢铁烟尘减蒸汽所折能耗 300kg/tZn
企业 2	入炉原料平均含锌 8%，平均配入热值 1800KCal/Kg，平均自带热值约 500KCal/Kg	有 6t/h 余热锅炉、窑渣选铁工艺	年处置含锌物料量 16 万吨产次氧化锌 1.2 万金吨	2500	1700	减蒸汽所折能耗 300kg/tZn

企业 3	入炉原料平均含锌约 5%，平均配入热值 2000KCal/Kg，原料平均自带热值约 500KCal/Kg	有 6t/h 余热锅炉、窑渣选铁工艺	年处置含锌物料量 7.31 万吨，产次氧化锌 0.4 万金吨	3200	2700	减蒸汽所折能耗 300kg/tZn
企业 3（2021 年）	入炉原料平均含锌 5%，平均配入热值 2000KCal/Kg，原料平均自带热值约 500KCal/Kg	有 6t/h 余热锅炉、窑渣选铁工艺	年处置含锌物料量 5.66 万吨，产次氧化锌 0.54 万金吨	3500	3000	减蒸汽所折能耗 300kg/tZn
企业 4	入炉原料平均含锌 8%，平均配入热值 1500KCal/Kg，原料平均自带热值约 700KCal/Kg	无余热锅炉、无窑渣选铁工艺	年处置含锌物料量 8 万吨，产次氧化锌 0.73 万金吨	2500	1500	
企业 5	入炉原料平均含锌 8%，平均配入热值 2000KCal/Kg，平均自带热值约 1500KCal/Kg	无余热锅炉、有窑渣选铁工艺	年处置含锌物料量 15 万吨，产次氧化锌 1.1 万金吨	3200	1000	处理钢铁烟尘
企业 6	入炉原料平均含锌 5%	有窑渣选铁工艺		3250	2800	处理钢铁烟尘、镀锌灰
	入炉原料平均含锌 8%	有窑渣选铁工艺		2547	2250	处理钢铁烟尘、电镀污泥
	入炉原料平均含锌 11%	无窑渣选铁工艺		2355	2355	处理钢铁烟尘、锌冶炼渣

表 4.20 以含锌二次资源为原料的某企业能耗情况（略）

b. 一些企业以富集锌焙砂为产品，调研情况见下表：

表 4.21 富集锌焙砂能耗调研情况（略）

据调研，含锌二次资源火法富集工序的综合能耗（含锌二次资源—氧化锌富集物）与原料中锌的含量关系很大，以 20%计，则一般富集工序每产出一金属吨的氧化锌富集物综合能耗约 1385kgce/t_{zn}；若二次资源平均含锌以 15%计，则富集工序每产出一金属吨的氧化锌富集物综合能耗约 1850kgce/t_{zn}；若二次资源平均含锌以 10%计，则富集工序每产出一金属吨的氧化锌富集物综合能耗约 2770kgce/t_{zn}

c. 对几家使用富集氧化锌经火法脱除氟、氯产出富集锌焙砂，再以富集锌焙砂为原料，利用电炉生产粗锌锭，以粗锌锭为产品出售的企业进行了调研，具体见下表

表 4.22 利用含锌二次资源以电炉生产粗锌调研情况

企业	富集氧化锌—富集锌焙砂（火法脱除氟、氯） (kgce/tzn)	富集锌焙砂—粗锌（电炉炼锌）工序综合能耗(kgce/t)	粗锌产量（t/年）
粗锌产量合计（t/年）			23500
企业 1	327	1210	30000

企业 2	335	1207	30000
企业 3	340	1230	30000
企业 4	350	1350	50000
企业 5	348	1350	50000
企业 6	370	1380	20000
企业 7	210	960	25000

可以看出，富集氧化锌—富集锌焙砂（火法脱除氟、氯）的综合能耗基本在 300–350kgce/tzn，个别高的达 370kgce/tzn，个别低的为 210kgce/tzn。而电炉炼锌工序的粗锌综合能耗则在 1200–1380kgce/t，与常规火法炼锌工艺相比粗锌锭综合能耗略水平相差不大。

d. 根据调研情况常规冶炼厂购买富集锌焙砂经常规的火法炼锌工艺或湿法炼锌工艺生产锌锭时对能耗的影响不是特别明显，也有企业认为会略微上升，即单位产品能耗增加 50–100kgce/t。

基于上述情况，本文件将含锌二次资源火法富集工序的工序产品划分为：富集氧化锌（含锌二次资源—富集氧化锌）和富集锌焙砂（富集氧化锌—富集锌焙砂）。将湿法炼锌工序根据使用原料不同分为两种情况：即电镀锌锭（富集氧化锌—电镀锌锭）和电镀锌锭（富集锌焙砂—电镀锌锭）。

表 4.23 锌冶炼企业单位产品综合能耗限额（含锌二次资源锌冶炼工艺）

工序	其中		一级值	二级值	三级值
含锌二次资源火法富集工序	富集氧化锌（含锌二次资源—富集氧化锌）（kgce/t _{zn} ）	入炉二次资源锌含量平均约 12%时	≤1300	≤1600	≤2000
		入炉二次资源锌含量平均约 8%时	≤2200	≤2500	≤2800
		入炉二次资源锌含量平均约 5%时	≤2500	≤2800	≤3000
	富集锌焙砂（富集氧化锌—富集锌焙砂）（进一步富集并脱除氟、氯）（kgce/t _{zn} ）		≤300	≤330	≤350
	富集锌焙砂（含锌二次资源—富集锌焙砂）（kgce/t _{zn} ）	入炉二次资源锌含量平均约 12%时	≤1600	≤1930	≤2350
		入炉二次资源锌含量平均约 8%时	≤2500	≤2830	≤3150
		入炉二次资源锌含量平均约 5%时	≤2800	≤3130	≤3350
湿法	电镀锌锭（不含渣处理工艺）（富集氧化锌—电镀锌锭）		≤750	≤800	≤860

炼锌 工序	(kgce/t)			
	电镀锌锭（含渣处理工艺）（富集氧化锌-电镀锌锭） (kgce/t)	≤1100	≤1200	≤1400
注：1. 富集氧化锌能耗、富集锌焙砂能耗在计算时以产出两种合格产品中的金属锌量计； 2. 富集锌焙砂——电镀锌锭，富集锌焙砂——粗镀锌锭，富集锌焙砂——精馏锌锭的相关指标分别参见同类指标，即精矿——电镀锌锭，精矿——粗镀锌锭，精矿——精馏锌锭的相关指标				

4.2.4 指标影响因素分析

目前影响锌冶炼企业单位产品能源消耗指标的因素很多，诸如采用工艺的差异；地域的差异；使用原料的不同；含锌二次资源的使用；热源的不同；余热的利用水平；环保设施的投入、渣处理的要求、物料使用量的增加、极板的大型化等等。

A) 工艺的差异：按目前的折标系数，火法炼锌工艺与湿法炼锌工艺相比，因使用化石燃料多而用电少，表面看来火法炼锌工艺单位产品综合能耗普遍高于湿法炼锌工艺。但是，假如电的折标系统采用等价值，而非现在用的当量值（0.1229kgce/kw.h），即使用当年火电发电标准煤耗计算（目前一般为0.308-0.404kgce/kw.h），则湿法治炼工艺能耗比火法治炼更高（据调研湿法炼锌的电耗在3200-4500kw.h/tzn，如果用等价折标系数，即使去按0.308kgce/kw.h计算，则仅仅电耗就需要986-1294kgce/tzn）。

B) 地域的差异：北方与南方相比，高海拔地区与低海拔地区相比，冬季采暖、保温所需能耗相差很大。

C) 使用原料主品位不断下降：由于资源不断减少，采选企业生产的锌精矿和混合精矿含主品位有降低趋势，锌冶炼企业使用原料主品位下降，含杂越来越高，造成冶炼过程中造渣率提高，导致能耗一定程度地提高。此外，使用原料品位不断下降也使得选矿企业避免了对一些难选品种进一步精选，可以说上游企业的部分能耗转嫁到了冶炼企业。密闭鼓风炉炼锌（ISP法）由于近年来所使用原料铅锌混合精矿一般含锌品位在30%以上，而含铅品位只有8-10%，即便是配料后的入炉原料含铅品位也只有15%-20%左右，远远低于其他冶炼工艺使用原料锌精矿、铅精矿的品位，单位产品能耗也相应高些。据调研含锌二次资源火法富集工序的综合能耗（含锌二次资源——富集氧化锌）与原料中锌的含量关系很大，随着原料含锌品位的下降，其火法富集工序的能耗显著上升。

近年来冶炼入炉原料主品位呈现逐年下降态势，对能耗水平影响很大。

表 4.24 近年入炉锌品位调研（含zn：%）

年份	2019 年	2020 年	2021 年	备注
企业 1	46.85	46.38	46.28	

企业 2	45.66-51.13	45.59-50.91	45.04-48.26	
企业 3	48.9	48.4	47.2	
企业 4	52.36	51.47	50.34	
企业 5	46.23	45.86	45.49	
企业 6		48.55	46.48	

表 4.25 近年入炉混合矿品位调研（含 Zn：%；Pb：%）

年份	金属品位	2014 年	2019 年	2020 年	2021 年	备注
企业 1	Zn	33.86	32.06	32.71	31.63	
	Pb	19.39	21.1	20.23	20.08	
企业 2	Zn	30.44	42.74	44.07	44.84	
	Pb	17.04	15.03	15.25	16.02	
企业 3	Zn		38.35	36.09	35.62	
	Pb		18.03	17.99	17.36	
企业 4	Zn			38.79	36.39	
	Pb			17.39	17.35	

D) 含锌二次资源的使用：基于矿产资源的贫化、生产经营的需要、国家对资源综合回收的要求，企业自身渣处理能力逐年提高，同时一部分常规冶炼企业为了追求经济效益也会使用部分含锌二次资源，从而在一定程度上增加了企业的能源消耗。

E) 热源的不同：主要消耗能源品种、品质的不同，低热值能源的大量使用均会不同程度地影响单位产品综合能耗。为了充分利用资源，提高经济效益，企业纷纷使用低热值煤、低热值焦炭代替以往使用的高热值煤、高热值焦炭，能源利用率降低，此外也导致冶炼过程造渣率提高，也会在一定程度上提高产品能源单耗。

F) 余热的利用水平：余热的回收利用水平直接影响着企业的能效水平。

G) 环保设施的投入：随着环境保护和质量发展的高要求，锌冶炼企业处理低品位渣物料将成为必然趋势，固废的无害化处理、工业废水的零排放、废气排放的控制等要求必然迫使企业进行技改和环保设施的投运，将会带来一定的能耗增加。

据调研脱硫、脱硝因采用工艺不同，耗能也有所差异，一般“离子交换法”设备耗电

50-80kw.h/tzn, 蒸汽约 1t/tzn; “双氧水法”设备耗电 50-80kw.h/tzn; “氧化锌、氢氧化钙法”设备耗电 100-120kw.h/tzn。2) 污水治理的能源消耗一般不超过 40kgce/t_{zn}。

由于各企业采用的环保设施、工艺不同, 治理的程度不同, 能耗消耗差异比较大, 分布在 2.07-132kgce/t_{zn} 区间内。

H) 阴极板面积的扩大使得电解锌电耗增加: 近年来许多企业改用面积 1.6m² 以上阴极板, 使得电解锌综合电耗增加 (据调研湿法炼锌的电耗在 3200-4500kw.h/tzn)。

I) 渣处理工艺的普及使湿法炼锌能耗普遍上升: 矿的贫化一定程度上增加了冶炼的渣产出率, 环保要求的提高, 要求企业对固废无害化、资源化, 一些无渣处理的企业增设渣处理工艺成为必然。从调查的结果来看, 现有湿法炼锌企业, 浸出渣处理工艺综合能耗为 230-700 之间, 一般采用采用炼铅工艺处理渣时能耗稍低 (企业将部分能耗计入铅冶炼工艺), 一般为 100-250kgce/t 左右, 挥发窑处理浸出渣时能耗约为 400-600kgce/t, 而采用其他工艺处理浸出渣时能耗则可能更高, 达到 700kgce/t。可以得出结论: 浸出渣处理工艺的增设大大提高了原有采用氧压浸出和热酸浸出湿法炼锌工艺的单位产品综合能耗。

J) 资源回收能耗:

锌冶炼过程中, 有价金属的回收极大程度地减少了环境污染, 促进了资源的综合利用, 提高了企业和社会的经济效益, 关于资源回收的能耗怎么计算, 是否从主产品能耗中冲减, 怎么冲减, 目前没有统一的规定。

4.2.5 与国外水平对比分析

全球精锌主要生产国为中国、韩国、加拿大、印度、日本等, 2017 年世界前 10 个国家精锌产量占全球 79.1%。其中, 中国是全球最大的精锌生产国, 产量占全球的 43.7%; 其次是韩国、印度, 我们认为中国的锌冶炼水平基本可以代表国际水平。

火法炼锌工艺: 国内四家企业, 以及原设计单位长沙有色设计院多年来一直保持着紧密的沟通与交流, 每年都有不同层次的技术和管理人员相互考察, 也组建了技术创新战略联盟, 相互间能够取长补短又各具特色。2017 年, 葫芦岛锌业组团赴日本八户 ISP 厂交流考察, 和八户厂进行了全面的对标。从对标情况看, 国内四家 ISP 厂, 工艺及装备水平与日本八户 ISP 厂已经没有差别。我们认为能耗水平基本处于同一水平线上。

湿法炼锌工艺: 湿法炼锌 (又称电解法炼锌) 最早于 1913 年投入工业生产并得到迅速发展。自 20 世纪 80 年代以来, 世界锌产量的 80%—85% 以上是由湿法炼锌生产的。湿法炼锌包括常规浸出法、热酸浸出法、氧压浸出法三大类, 其中热酸浸出法又可分为黄钾铁矾法、针铁矿法、赤铁矿法 (加压除铁) 三类。常规浸出法在世界炼锌中应用较早, 近年来该法有了很大的改进和完善, 目前仍被广泛使用。热酸浸出法国内外也有很多厂家使用, 氧压浸出法在加拿大等国家应用较多, 近年来我国中金岭南丹霞冶炼厂、驰宏锌锗 (呼伦贝尔)、西部矿业先后引进氧压浸出法。目前我国的锌冶炼企业的能耗水平基本能够代表世界锌冶炼能耗先进水平。

4.2.6 标准实施带来的节能效益测算

本标准指标的确定是以大量调研数据为基础，结合国家相关政策确定的，具有较强的实用性、指导性和可操作性。同时有利于规范行业投资行为，促进行业转型升级和持续健康发展；有利于促进公平竞争，保护企业和社会利益；有利于有效、合理利用和保护国家能源、推广科技成果、提高经济效益。

本次确定的指标值与现行标准指标值相比大幅度下降，具体如下：

工 艺	指标名称		现行标准指标值 (GB21249-2014) (kgce/t)	本次确定指 标值 (kgce/t)	下降率 (%)	效益测算
火 法 炼 锌 工 艺	一级值 (先进值)	粗锌锭（精矿--粗锌锭）	≤1500	≤1250	↓ 16.67	
		精馏锌锭（精矿--精锌锭）	≤1850	≤1540	↓ 16.76	
	二级值 (准入值)	粗锌锭（精矿--粗锌锭）	≤1600	≤1400	↓ 12.5	
		精馏锌锭（精矿--精锌锭）	≤2000	≤1700	↓ 15	
	三级值 (现有值)	粗锌锭（精矿--粗锌锭）	≤1650	≤1470	↓ 10.91	
		精馏锌锭（精矿--精锌锭）	≤2100	≤1890	↓ 10	
湿 法 炼 锌 工 艺	一级值 (先进值)	电镀锌锭（含浸出渣火法 处理工艺）（精矿--电锌 锌锭）	≤1150	≤1010	↓ 12.17	
		电镀锌锭（无浸出渣火法 处理工艺）（精矿--电锌 锌锭）	≤850	≤550	↓ 35.29	
	二级值 (准入值)	电镀锌锭（含浸出渣火法 处理工艺）（精矿--电锌 锌锭）	≤1250	≤1100	↓ 12	
		电镀锌锭（无浸出渣火法 处理工艺）（精矿--电锌 锌锭）	≤900	≤660	↓ 26.67	
	三级值 (现有值)	电镀锌锭（含浸出渣火法 处理工艺）（精矿--电锌 锌锭）	≤1300	≤1260	↓ 3.08	
		电镀锌锭（无浸出渣火法 处理工艺）（精矿--电锌 锌锭）	≤1000	≤820	↓ 18.00	

4.2.7 标准的实施阶段

该标准自发布日期至实施日期之间的过渡期建议为一年，据调研，一些采用湿法炼锌无渣处理工艺的企业目前正准备增加渣处理工艺，一些已经增加渣处理工艺的企业目前正在试运行，这类企业的渣处理工艺正常运行后应执行有渣处理工艺的指标规定，基于此建议该过

渡期为一年。

4.3 铅冶炼部分

4.3.1 适用范围说明

本部分规定了铅冶炼企业产品能源消耗限额的技术要求、统计范围和计算方法，计算范围和节能管理与措施。

本部分适用于以铅精矿、粗铅为主要原料的铅冶炼企业单位产品能源消耗的计算、考核，以及对新建项目的能耗控制。本标准也适用于以粗铅为原料的铅电解精炼企业。

4.3.2 计算范围

粗铅工艺产品能耗计算范围，应包括备料、熔炼、收尘、通风、尾气治理、配套氧气站等整个与粗铅生产有关的过程所消耗的各种能源量，不包括综合回收硫酸以及烟化回收氧化锌的有关能源消耗量。

铅电解精炼工序产品能耗计算范围，应包括熔铅脱铜、阴阳极制造、电解、阳极泥过滤、浮渣处理、铸锭、供风、排烟收尘等所消耗的各种能源量。

以粗铅工艺产品能耗计算，一定时期内，生产粗铅过程所消耗的各种能源消费，折合标准煤以后，除以同一计划统计期内产出的合格粗铅产量，即得出粗铅工艺综合能耗。

4.3.3 能耗指标的确定依据

①国内产量情况

2021 年全国矿产铅产量 310 万吨，本次技术指标数据调研了行业内有代表性企业共 24 家，其中 1 家仅粗铅冶炼生产部分，23 家电解铅生产企业铅锭产量总和 263.72 万吨，数据调研产量覆盖面达 85%以上。各参与单位产量数据如下表：

表 4.26 各参与单位产量数据表

序号	单位名称	产量（万吨）	备注
1	企业 1	41.45	
2	企业 2	8.55	
3	企业 3	9.95	
4	企业 4	9.46	
5	企业 5	2.82	
6	企业 6	3.15	
7	企业 7	9.05	
8	企业 8	3.15	
9	企业 9	26.48	
10	企业 10	4.45	
11	企业 11	9.87	
12	企业 12	6.74	
13	企业 13	7.98	
14	企业 14	4.34	
15	企业 15	10.14	

16	企业 16	6.60	
17	企业 17	40.15	
18	企业 18	13.98	
19	企业 19	10.44	
20	企业 20	0.23	
21	企业 21	8.11	
22	企业 22	17.05	
23	企业 23	9.61	
产量累计		263.72	

②国内铅冶炼企业能耗统计情况

部分企业铅冶炼产品综合能耗数据如下表：

表 4.27 部分企业综合能耗数据表（略）

为确保三级指标值设置合理性，对各生产企业实际能耗数据进行统计和分析，一级值指标原则上为 1-2 家企业，但考虑到处于该指标段企业较为密集，且能耗较接近根据实际情况适当放宽至 3 家企业。三级指标基本分别以累计比例约 10%、40%、80%作为限定值分析区间。按该划分依据以及实际调研统计数据进行分析，满足一级值企业 3 家，数量占比 13.04%，产量占比约 20.99%，以此类推。根据上表分析表显示，所划分的能耗区间基本可满足相关限定值设定要求。以下是对各调研企业产量及能耗数据进行分析：

表 4.28 能耗数据区间分布分析表

项目	能耗区间分布（kgce/t）			
	≤300	300~350	350~465	>465
企业数量	3	6	9	5
数量占比	13.04%	26.09%	39.13%	21.74%
累计数量占比	13.04%	39.13%	78.26%	100%
产量合计（万吨）	55.35	102.02	85.38	20.97
产量占比	20.99%	38.69%	32.37%	7.95%
累计产量占比	20.99%	59.68%	92.05%	100%

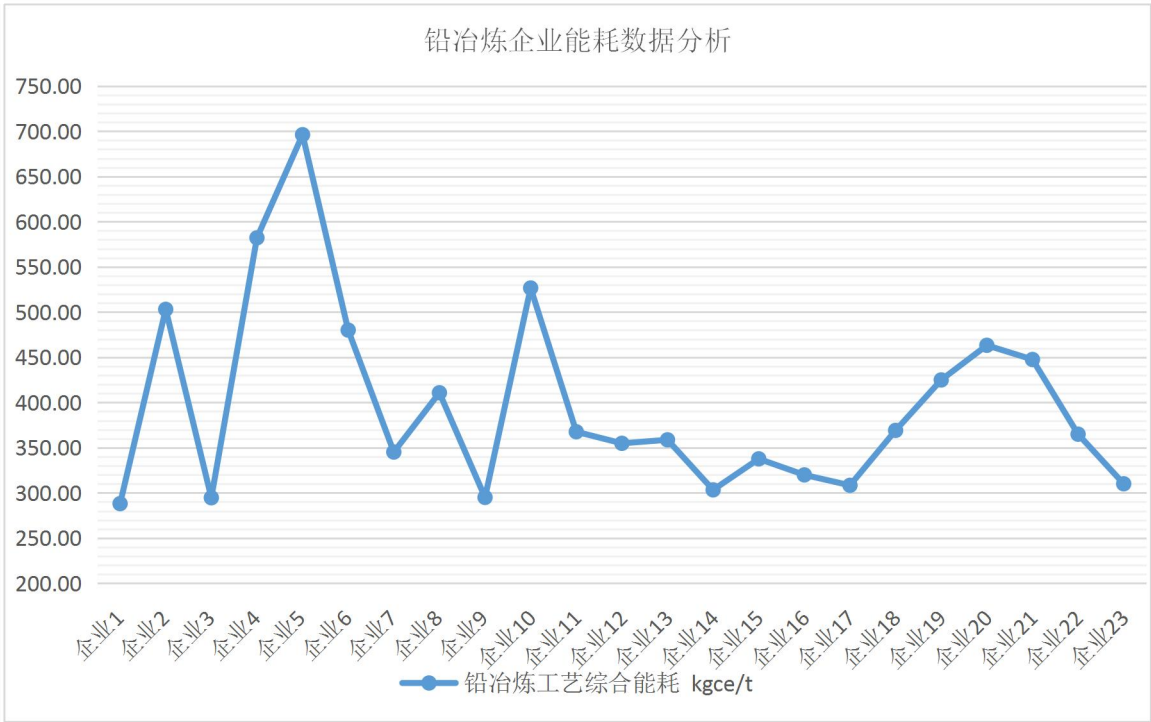


表 4.29 粗铅工艺能耗数据区间分布

项目	能耗区间分布（kgce/t）			
	≤ 220	220~250	250~340	> 340
企业数量	3	6	11	4
数量占比	12.50%	25.00%	45.83%	16.67%
累计数量占比	12.50%	37.5%	83.33%	100%

表 4.30 铅电解精炼工序能耗数据区间分布

项目	能耗区间分布（kgce/t）			
	≤ 80	80~100	100~120	> 120
企业数量	6	11	5	1
数量占比	26.09%	47.83%	21.74%	4.35%
累计数量占比	26.09%	73.91%	95.65%	100%

4.3.4 指标影响因素分析

铅冶炼综合能耗指标影响因素有多方面的，有不同工艺水平影响、生产条件、系统配置、能耗管理水平等多方面的因素制约，变化较大。其中的原因主要有以下几个方面：

（1）冶炼工艺不同

目前，现有的在用的粗铅冶炼工艺有富氧底吹+还原炉熔炼、富氧底吹+侧吹炉熔炼、

双侧吹熔炼、艾萨炉、基夫赛特炉直接炼铅以及铅锌混合熔炼等多种工艺，冶炼工艺的使用直接影响到各企业能耗指标。相比而言，富氧底吹+还原炉熔炼和富氧底吹+侧吹炉熔炼两种工艺能耗指标较低，粗铅冶炼综合能耗指标可达 230 kgce/t 以下。

（2）铅原料品位的偏差

目前铅矿粉原料品位较以往有所下降，原铅矿粉基本含量达到 50%左右，目前相当一部分企业为了效益化生产，投入较低品位铅矿粉，铅矿粉基本含量 40%-45%左右，部分企业入炉铅矿粉含量 40%以下，且铅矿粉入炉占比也越来越低，杂料越来越多，这造成粗铅产出率下降，能耗指标上升，由于该因素影响，会造成能耗指标由于投入原料前后变化不同，指标会上升（10~30）kgce/t。

表 4.31 部分单位入炉矿品位数据表（含 Pb：%）

序号	单位名称	入炉矿品位 (%)	备注
1	企业 1	43.2	
2	企业 2	39.9	
3	企业 3	39.1	
4	企业 4	35	
5	企业 5	48.68	
6	企业 6	43.1	
7	企业 7	35.82	
8	企业 8	44.18	

（3）铅、金、银等物料混合熔炼及折算

在目前粗铅熔炼工序中，相当一部分企业考虑到效益化生产，存在铅精矿、金精矿（包含金块矿）、银精矿或其他金银物料等混合熔炼的情况。该情况对能耗影响较为复杂，综合考虑各种因素，本标准设定两大扣减原则：一是考虑投入的金精矿、银精矿或其他金银物料的重量占总入炉物料量的比例；二是考虑该物料含铅品位高低。

物料重量占比。考虑到入炉其他物料基本都富含铅品味，按照简易性原则对单项入炉物料重量占比较少少的金精矿、银精矿或其他金银物料，不再考虑能耗分摊、扣减。目前以单项重量占比 10%作为是否进行能耗分摊和扣减的划定依据，即金精矿或银精矿等单项物料的重量占总入炉物料重量的比例大于 10%的，才考虑分摊折算扣减。

物料含铅品位。由于金精矿、银精矿或其他物料里均含有不同程度的铅品位，金精矿含铅品位一般低于 10%以下。银精矿含铅品位平均 20%-30%，也有部分高含铅银精矿，含铅品位基本达到铅精矿标准。考虑到含铅品位不同能耗应有差异，以及目前铅精矿含铅基本由原来的 45%品位下降到目前的 40%品位，铅精矿含铅品位不断下探，所以对部分含铅品位高的非铅精矿物料，折算扣减明显不科学、不合理。鉴于此种情况，综合考虑设定含铅品位 40%为基准值，金精矿或银精矿等非铅精矿物料，如含铅品位大于等于 40%及以上的，不再考虑能耗分摊、扣减。

综合考虑，本标准对铅、金、银等物料混合熔炼分摊设定分摊原则：金精矿或银精矿等

单项物料的重量占总入炉物料重量 10%以上且该物料含铅品位低于 40%的，可按混合熔炼能源单耗分摊量进行分摊计算。

（4）系统配置不同

除辅助分摊的差异外，主要的配套环保设施及新增环保设施存在差异。

在行业数据调研时，标准编制小组专门针对环保设施/设备等能耗进行了调研，由于各企业所处地域不同，不同地域的环保部门对各企业环保排放不一致，企业对环保设施等投入及运行也有很大差异，环保设施/设备由于工艺处理不一致相关耗能设施配备也不同，耗能差异较大。相当一部分企业由于生产线投入较早，配套的环保处理设施/设备投入较早，所以相关能源计量器具不完善，造成无法单独进行计算和分析。

从部分企业反馈的环保设施/设备能耗情况来看，各企业可能由于统计范围出入，造成差异较大，所以本次仅按照目前正常范围区间进行了有效性判定和筛选。各工艺环保设施/设备耗能影响工艺段综合能耗指标如下：

粗铅段工艺环保设施/设备耗能会影响该工艺段综合能耗（4.5~12）kgce/t，铅电解段工序环保设施/设备耗能会影响该工艺段综合能耗（1.5~6）kgce/t，全铅冶炼段环保设施/设备耗能会影响综合能耗（6~20）kgce/t。本次调研数据各被调研企业均包含了目前所有环保耗能数据。

（5）企业能源管理水平不同

调研过程中，能源计量、统计等基础管理水平差异较大，导致指标核算的统一性、规范性也较差。能源利用水平，特别是余热能源的利用水平不同，导致指标存在一定偏差。

4.3.5 水平分析

国外铅的生产目前二次铅原料占比较大，占铅总量的 60%以上，我国目前原生铅生产工艺大部分采用铅液态渣直接还原技术，铅冶炼技术近年来通过升级工艺装备、淘汰落后产能等措施，综合能耗指标有极大的提升。目前，如我们将铅冶炼工艺综合能耗一级标准提高为 305 千克标煤/吨，与国外先进水平 300 千克标煤/吨相比，基本处于相当水平。部分企业综合能耗指标甚至已优于目前国外先进水平。

4.3.6 标准实施带来的节能效益测算

本标准各级指标的确定是在大量同行业实际生产数据的基础上，结合国家相关政策和要求而研制和确定的。本标准实施后，预计会有 30 万吨铅冶炼产能需要升级改造或淘汰，按照落后产能平均能耗 540 千克标准煤/吨，升级后达到二级指标值标准 350 千克标准煤/吨进行测算：

$$(540-350) \times 30 \text{ 万} = 5.7 \text{ (万 tce)}$$

则得出：本标准实施后整个行业部分产能升级改造或淘汰可节约 5.7 万吨标准煤。

4.4 镍冶炼部分

自 2014 年以来，镍冶炼无论从工艺水平、生产规模还是市场拓展都发生了较大的变化，以氧化镍矿为原料进行镍冶炼的产能不断增加；工艺技术不断创新，富氧侧吹炉、全湿法工艺应用于镍冶炼行业；镍铁占领市场份额不断增加；年产万吨镍生产企业不断涌现。进入 2016 年后，主要矿产品和冶炼产品价格普遍上涨，大部分大宗商品价格已恢复到 2012 年的

水平，矿业领域的投资活动趋于活跃。有色金属行业总体预期继续向好，“中国制造 2025”和新能源汽车产业的发展带动有色金属市场需求增长，镍、铜、钴等产品价格运行中枢继续上移，未来有望继续升高。

《镍冶炼企业单位产品能源消耗限额》国家标准发布于 2014 年，执行时间较长，随着镍冶炼技术的发展，新技术和新设备不断应用，镍冶炼能耗指标得到了进一步优化。但随着矿山资源的减少、开采难度的加大，造成矿石贫化率加大、原料品位下降、杂质成份上升、生产规模无法扩大，同时环保要求逐年提高，造成镍产品能耗上升。同时行业面临调整产业结构、淘汰落后产能的挑战和机遇。为此，现有《镍冶炼企业单位产品能源消耗限额》国家标准能耗限额值，需要增强其先进性和科学性，提高现实指导意义，满足有色金属工业转型升级、供给侧结构改革和创新发展的需要，与当前的经济增长模式相适应，有效地指导镍冶炼生产企业节能降耗工作的深入开展，修订《镍冶炼企业单位产品能源消耗限额》国家标准势在必行。

4.4.1 适用范围说明

本部分适用于处理硫化镍精矿的镍熔炼、镍精炼企业产品能源消耗的计算、考核，以及对新建项目的能耗控制。

本部分不适用于以氧化镍矿为原料的镍冶炼企业。主要是因为：国内氧化镍矿储量较少，氧化镍矿的冶炼工序绝大多数在所在国，因此，未对氧化镍矿冶炼能耗进行调研，亦未补充氧化镍冶炼内容。

4.4.2 计算范围

根据镍冶炼实际生产工艺的不同，分为以下几种主要工艺并进行计算：

1、高镍铈工艺（镍精矿→高镍铈），电解工序（镍阳极板→电解镍），镍精炼工艺（高镍铈→电解镍），镍冶炼工艺（镍精矿→电解镍）。

2、高镍铈工艺（镍精矿→高镍铈）→电积工序（酸浸→电积镍），该流程虽然没有高镍铈磨浮和阳极板生产工序，但是电积工序的原料镍品位与传统的电解工序的原料镍品位相当，可以将电积工序与现行标准的镍精炼工序相对应，与现行标准的统计范围一致。

3、高镍铈工艺（混合精矿、特富矿、镍精矿→高镍铈（水淬金属化高冰镍））→电积工序（酸浸→电积镍），该流程虽然没有高镍铈磨浮和阳极板生产工序，但是电积工序的原料镍品位与传统的电解工序的原料镍品位相当，可以将电积工序与现行标准的镍精炼工序相对应，与现行标准的统计范围一致。

4、高镍铈工艺（镍精矿→镍阳极板）→电解工序（镍阳极板→电解镍）。与现行标准的统计范围相比，该工艺中，镍熔炼与镍熔铸工序连续生产，产出阳极板后进入电解工序，可将该工艺全流程能耗与现行标准的镍冶炼工艺的能耗相对应；电解工序与现行标准的电解工序相对应。

5、硫化镍原料→加压浸出→萃取→电积镍。该企业为全湿法工艺的代表，原料品位与镍精矿接近，可将该工艺全流程能耗与现行标准的镍精炼工艺的能耗相对应。

虽然硫化镍冶炼工艺技术发展变化较快，但是还是以火法工艺粗炼和湿法工艺精炼为分水岭，标准的统计范围仍然适用。如表所示。（实线为火法工艺。虚线为湿法工艺）。

表 4.32 镍冶炼行业主要生产工艺统计范围对比表

工艺	镍冶炼工艺				
	高镍硫工艺		镍精炼工艺		
	熔炼	吹炼	高硫磨浮	熔铸	电解工序
			酸浸、净化、电积		
产品	低镍硫	高镍硫	二次镍精矿	镍阳极板	电镍
产品镍品位 (%) ≥20	≥20	≥40	≥60	≥65	≥98
金川集团	→		→		
			→		
喀拉通克矿业公司	→				
新疆阜康冶炼厂			→		
吉恩镍业			→		
天津茂联			→		
中和镍业	→				

4.4.3 能耗指标的确定依据

4.4.3.1 国内产量情况

目前全国精炼镍的产能约为 27 万吨,但是,从 2019 年以来逐年降低,2021 年低至 16.28 万吨,但是精炼镍与硫酸镍之间的转化成为常态。根据本标准目前的适用范围,15%的产能约为 4 万吨/年,而国内产量如表 4.28 所示,2021 年金川集团占比达到 90%以上。为满足国家节能减排和调整产业结构的需要,重点淘汰能耗高和污染大的高镍硫火法冶炼生产工艺,比较落后的鼓风炉和电炉工艺将被淘汰,基本达到国家节能减排政策要求。

表 4.33 2019-2021 年中国电解镍产量 (吨)

年份	甘肃	新疆	吉林	广西	山东	天津	大连	合计
2019	140200	11082	3750	1111	3250	2980	22817	185115
2020	145462	11818	3300	-	2470	1530	10926	176066
2021	148800	12103	1859	-	-	-	-	162762
占比 (2021 年)	91.42%	7.44%	1.14%	-	-	-	-	

4.4.3.2 镍冶炼能耗数据统计情况

4.4.4 能耗指标的确定方法

4.4.4.1 高镍硫能耗指标值的确定方法

根据理论计算及三家主要高镍硫生产企业的能耗数据，以下游水平企业实际完成值提升 10%作为 3 级值（限定值），以中游水平企业实际完成值作为 2 级（准入值），以上游水平企业实际完成值作为 1 级（先进值），具体见表 4.30。“下游水平企业实际完成值提升 10%作为 3 级”的目的是满足“80%、20%、5%的取值的要求。

表 4.35 高镍硫生产企业能耗指标优化核算表

工序名称	产品名称	调查项目	计量单位	2021 年企业实际完成值		
				下游企业	中游企业	上游企业
高镍硫综合能耗（镍精矿-高镍硫）	高镍硫	能耗	吨标煤	36015	32906	178841
		产量	吨	22902	28330	331499
		单耗	标煤/产量	1573	1162	0.539
修订值				1400	1160	540

表 4.36 现有镍冶炼企业单位产品能耗限额 3 级值

工序、工艺	能耗限额限定值（kgce/t，≤）					
	工艺能耗			综合能耗		
	修订值	原值	降（-）或增（+）幅	修订值	原值	降（-）或增（+）幅
高镍硫工艺（镍精矿-高镍硫）	1270	920	350	1400	980	420
电解工序（阳极镍-电解镍）	1170	1250	-80	1300	-	-
镍精炼工艺（高镍硫-电解镍）	1800	1900	-100	2000	2000	0
镍冶炼工艺（镍精矿-电解镍）	4200	4900	-700	4680	5200	-520

4.4.4.2 3级值（限定值）的确定方法

按照“3级值应按调研数据的前20%取值”的要求，据三家主要镍冶炼生产企业的能耗数据，以下游水平企业实际完成值提升10%作为限定值

4.4.4.3 2级（准入值）的确定方法

按照“2级值应按调研数据的前20%取值”的要求，根据三家主要镍冶炼生产企业的能耗数据，以中游水平企业实际完成值作为准入值。

4.4.4.4 1级（先进值）的确定方法

按照“1级值应按调研数据的前5%取值”的要求，根据三家主要镍冶炼生产企业的能耗数据，以上游水平企业实际完成值作为准入值。

4.4.4.5 工艺能耗的确定方法

经调查，主要镍冶炼企业各工序辅助能耗占比在10%左右。因此，在工序的综合能耗确定后，按综合能耗的90%核定工艺能耗。

4.4.4.6 电解工序（阳极镍-电解镍）综合能耗值的确定方法

电解工序（阳极镍-电解镍）能耗值亦遵循以上2-5的方法确定，但是由于下游企业2021年产量仅有产能的37%，为非正常数据，因此，电解工序综合能耗的3级值取下游企业三年平均值。

由于国内镍冶炼行业集中度较高，并存在一家企业的产量占比较大的情况，综合当前镍冶炼企业的实际能源消耗量及2014版的能耗限定值，按比例对其进行调整，其中满足一级值的企业1家，满足二级值累计的企业2-3家，满足三级值累计的企业4-5家，调整后的能耗限额如上表所示。

表 4.37 新建镍冶炼企业单位产品能耗限额 2 级值

工序、工艺	能耗限额准入值 (kgce/t, ≤)					
	工艺能耗			综合能耗		
	修订值	原值	降(-)或增(+) 幅	修订值	原值	降(-)或增(+) 幅
高镍铈工艺（镍精矿-高镍铈）	1040	650	390	1160	680	480
电解工序（阳极镍-电解镍）	1035	1100	-65	1150	-	-
镍精炼工艺（高镍铈-电解镍）	1240	1480	-240	1380	1550	-170
镍冶炼工艺（镍精矿-电解镍）	3285	3700	-415	3650	3920	-270

表4.38 镍冶炼企业单位产品能耗限额1级值

工序、工艺	能耗限额先进值 (kgce/t, ≤)					
	工艺能耗			综合能耗		
	修订值	原值	降(-)或增(+) 幅	修订值	原值	降(-)或增(+) 幅
高镍铈工艺（镍精矿-高镍铈）	485	500	-15	540	550	-10
电解工序（阳极镍-电解镍）	940	1050	-110	1040	-	-

镍精炼工艺（高镍硫-电解镍）	1170	1350	-180	1300	1450	-150
镍冶炼工艺（镍精矿-电解镍）	3100	3490	-390	3450	3580	-130

如表所示，在高镍硫工艺的 2、3 级值设定上，在原工艺和综合能耗值的基础上均有所增加，2 级增幅分别为 390 以及 480kgce/t，3 级值增幅分别为 350 以及 420kgce/t。由于现行标准高镍硫工艺能耗限定值自 2015 年实施后，各个未达标企业通过节能技术改造和加强节能管理，能耗指标大幅下降，但是仍然较标准有很大距离。由企业调研数据表可以看到，国内四家高镍硫主要生产企业中，三家企业均未能达到现行标准的限定值，并且差距较大，如按照现行标准，这两家主要镍生产企业的生产单元只能关停。因此，综合考虑目前国内主要镍冶炼企业的实际生产情况，将现有高镍硫工艺能耗适当进行调整，并在今后几年继续通过技改降低工艺能耗，达到二级或一级的规定值。

在调研过程中发现，某企业铜镍矿镍冶炼单位产品能耗明显高于同行业先进水平，根本原因是冶炼入炉精矿因矿石性质原料品位较其他几家生产企业差距较大、物料和燃料含水量较大、周边无高品质燃煤、冬季生产周期长、氧化镁含量偏高，且物料（混合精矿）含硫量偏低，加之企业近年来受市场环境和硫酸销售的影响，未能满负荷生产，生产波动较大，远未得到设计床能力，从而造成企业水淬高冰镍能耗水平较先进企业高，对硫酸的生产也造成了较大的影响。同时，原料中含硫量的大小也会处理硫化镍精矿过程中能耗大小的变化，而对于原料中氧化镁的影响，增加 1%，澳炉渣熔点增加约 30℃，一吨物料需要增加约 50kg 的煤。尽管如此，调研小组收集了大量的数据，试图找到入炉精矿（原料）品位与高镍硫能耗变化的关系，但是由于影响高镍硫能耗的因素繁多：包括原料因素（精矿品位、精矿氧化镁含量、精矿水份、精矿硫含量以及精矿其他杂质含量等）、工艺技术、节能技术、生产组织、环保设施等，目前难以在诸多因素变化条件下得到二者能耗的变化关系，因此，本部分暂不设置相关的换算系数，而是使用实际测算值进行计算。

4.4.5 指标影响因素分析

本次修订，对高镍硫能耗的限定值和准入值进行了放宽调整，主要目的一是要保持镍资源的自给能力，支持对小规模贫矿资源利用的最大化。

①中国镍资源对外依存度较高是国内镍冶炼发展的动因：我国是贫镍国，同时也是镍的消费大国，从产量口径来统计，2021 年我国镍资源对外依存度为 84.6%，2015 年以来我国镍对外依存度也均在 80%以上，从消费的口径来计算，我国原生镍对外依存度在 93.5%以上。随着我国新能源汽车的快速发展以及原生镍产品的结构变化，未来无论是从产量口径还是消费口径，我国镍资源的对外依存度都将呈现增长趋势。因此维持和发展国内镍冶炼能力和镍资源开发能力是保证国家产业体系完整的必要手段，作为国内有限的硫化镍矿山资源应当继续开采和生产，以达到资源利用最大化的目的。

②标准现值执行困难：现行标准高镍硫工艺能耗限定值自 2015 年实施后，各个未达标企业通过节能技术改造和加强节能管理，能耗指标下降明显，高镍硫生产新鑫矿业和吉恩镍业的高镍硫工艺能耗 2019 年较 2017 年分别下降 5.81%和 24.47%。但是仍然较标准有很大距离。从表 3 可以看到，国内四家高镍硫主要生产企业中，三家企业均未能达到现行标准的限定值，并且差距较大，如按照现行标准，三家企业的高镍硫生产单元只能关停。

③国内主要高镍硫生产企业规模差异较大：国内目前以硫化镍精矿为原料生产高镍硫的

企业主要有企业 1、企业 2、企业 3 和企业 4，四家企业的产量规模（实物量）分别为 32 万吨、2.9 万吨、2.3 万吨和 0.5 万吨，其中企业 1 占 85%，企业 2、企业 3 和企业 4 分别占 8%、6%和 1%，规模差异是造成各企之间能耗水平差异的重要原因。

④国内主要企业矿石镍品位贫化明显：从下表可以看到，从 2012 年至 2019 年，两大企业矿石镍品位下降幅度较大，导致单位金属量冶炼效率下降，能耗上升；企业 1 自有矿山也已进入服役后期，入炉品位主要通过外购原料进行平衡。

表 4.39 两大高镍铈生产企业矿石镍品位下降情况

年度	2012 年	2013 年	2020 年	2021 年	降幅
企业 2 矿石镍品位 (%)	0.44	0.45	0.39	0.40	11.24%
企业 3 矿石镍品位 (%)	1.41	1.31	1.15	0.98	21.49%

⑤企业 2 的具体影响因素

（1）原料为高镁低镍型：该企业矿石属高氧化镁低品位镍矿，硫化镍占 79.41%，硫酸镍占 1.34%，硅酸镍 19.24%，无氧化镍，氧化镁含量达到 29.41%；其中硅酸镍及氧化镁含量偏高，由于硅酸镍属难选物相，选矿镍回收率相对较低，在 71-73%之间，据此产出的镍精矿含氧化镁达到 7.5%左右，导致入炉精矿物料和燃料含水量较大、炉温控制较高，增加了能源投入；

（2）不能满负荷生产：企业近年来受市场环境和硫酸滞销的影响，生产负荷远未得到设计床能力，从而造成企业高镍铈能耗水平较高。

⑥企业 3 的具体影响因素

（1）原料中氧化矿占比较设计值高：设计值原料中含镍杂料占 6.95%，目前占比为 16%，增加了 9.05 个百分点。氧化矿不含硫，能耗高于处理硫化镍精矿，对于能耗指标影响较大。

（2）原料中氧化镁含量上升：生产线设计时，原料氧化镁含量为 9.7%，而目前原料氧化镁含量为 11.2%，增加了 1.5 个百分点，原料中的氧化镁增加 1%，澳炉渣熔点增加约 30℃，1 吨物料需要增加约 50 公斤的煤。每天按 500 吨料量计算，每月多增加 750 吨煤，占总粉煤消耗量的 20%左右。

⑦高镍铈三级值确定为 1400kg 的理论计算

根据相关企业提供的入炉物料（表 4.35 所示），某设计单位按照侧吹熔炼+P-S 转炉吹炼的工艺流程进行理论测算，测算条件的入炉物料如表 4.36、4.37 所示，测算结果如表所示。

表 4.40 入炉物料成份表

入炉物料量 (万吨)	元素 (%)									
	Ni	Cu	Fe	S	SiO ₂	CaO	MgO	Co	Al ₂ O ₃	水份
28	4.21	3.24	33.39	23.9	12.94	3.36	6.68	0.16	2.25	10.48

表 4.41 工况测算指标表

序号	名称	单位	入炉物料
1	入炉物料量	t/a	280000
	Ni%	%	4.21
	Cu%	%	3.24

	Fe%	%	33.39
	S%	%	23.9
	MgO%	%	6.68
	H ₂ O%	%	10.48
2	水淬金属化高镍铈成分		
	Ni%	%	45.44
	Cu%	%	32.9
	Fe%	%	1
3	硫酸产量	t/a	188921
4	富氧浓度	%	80
5	氧气用量	Nm ³ /h	~13200
6	侧吹炉工作时间	d/a	320
7	侧吹炉规格	m ²	24
8	炉床能力	t/m ² ·d	36.5

根据工艺流程的测算，估算的综合能耗值和工艺能耗值如表 11、表 12 所示：

表 4.42 估算综合能耗

综合能耗				
序号	能源种类	单位	入炉物料	
			实物消耗量	折合标煤
				tce/a
1	电力	kkWh/a	130011	15978
2	焦炭	t/a	24197	23505
3	电极糊	t/a	257	184
4	柴油	t/a	100	146
5	新水	km ³ /a	1760	453
	小计			40265
6	扣减余热发电	kkWh/a	25340	3114
	合计			37151
7	Ni 金属量	t/a	11788	
8	产品量	t/a		
	高镍铈	t/a	25439	
9	综合单耗	kgce/t		1460

从表 4.37 可以看到，入炉物料采用合适流程的处理时，单位综合能耗和单位工艺能耗均高于标准，原因主要有以下几点：

（1）入炉物料的处理量虽然达到了年 28 万吨，但是镍铜比接近，并且含量~7.5%，镍金属量规模为 11788t/a。因此处理量加大后，单实际金属量未增加太多，因此规模化效应小，能耗也较高。

(2) 入炉物料的精矿含 S 较低, 含水较高, 熔炼低镍钼过程搭配的焦炭量较大, 配煤率为[^]8%。

(3) 除参与精矿氧化反应的氧气外, 焦炭也需要消耗氧气; 同时增加了二次燃烧风。因此熔炼系统的供气和后续的烟气系统增大, 电耗增加。

(表 4. 37 中的电力消耗、新水消耗、余热发电值为估算值, 焦炭以及电极糊为测算值) 以上为理论测算结果, 实际生产过程中由于回收率降低, 故实际单位综合能耗和单位工艺能耗值会高于测算值。4. 4. 6 环保能耗数据的确定

镍冶炼企业环保能耗呈以下特点:

1、污染物主要集中在火法冶炼过程中。镍精矿中的杂质绝大部分通过火法冶炼渣排出体系, 包括湿法冶炼的中间渣由于有价金属含量较高也返回熔炼系统再次冶炼除杂。污染物以冶炼渣和二氧化硫烟气为主。

2、高浓度二氧化硫烟气进入硫酸系统制酸。废气主要是二氧化硫烟气, 烟气制酸能耗归属 GB29141 《工业硫酸单位产品能源消耗限额》统计范畴。

3、低浓度逸散烟气进入环集烟气处理系统提高浓度后进入制酸系统或进行中和处理。环集烟气处理工序的能耗纳入生产工序即高镍钼能源消耗的统计范畴, 在高镍钼单位产品能耗占比在 10-20%, 是影响能耗指标的重要因素。

镍冶炼企业的环保设施耗能情况见下表。

表 4. 43 镍冶炼企业环保能耗调查表

企业名称	主产品名称	环保工序			主工序		指标		数据来源(设计值或实际值)
		工序名称	工艺原理	能耗 (ce t)	主产品产量 (t)	主产品单耗 (t/t)	主产品环保单耗 (t/t)	环保单耗占比 (%)	
企业 2	高镍钼	环集烟气环保工序	有机胺脱硫脱硫	2788	15000	1. 4	0. 1858	13. 29%	设计值(无整月生产数据)
企业 1	高镍钼	环集烟气环保工序	离子液脱硫	8875	22533	1. 9	0. 3939	20. 73%	设计值
企业 3	高镍钼	闪速炉炉环集烟气环保工序	钠碱法脱硫	509	185400	0. 3	0. 0027	1. 07%	实际值
	高镍钼	顶吹炉环集烟气环保工序	离子液脱硫	10237	132451	0. 6	0. 0773	12. 02%	即将改造, 使用设计值
	小计			10746	317851	0. 4	0. 0338	7. 98%	

备注：1、“主产品名称”是指生产工序的产品；2、“环保工艺原理”需要对工艺原理进行简单介绍；3、“主产品环保单耗”是指环保能耗与主产品产量的比值；4、“环保能耗占比”是指“主产品环保单耗”占“主产品单耗”的比例，主产品单耗的统计包括环保能耗；5、本调查表的统计范围不包括烟气制酸能耗。

根据统计，将环保能耗值设定为不超过 200kgce/t。

4.4.7 标准实施带来的节能效益测算

以国内三大全流程镍冶炼企业 2019 年实际完成的能耗指标与修订后的能耗标准进行对比，如全部达到限定值，每年将节约 1.35 万吨标准煤；如全部达到准入值，每年将节约 2.79 万吨标准煤；如全部达到先进值，每年将节约 3.24 万吨标准煤。

4.4.8 与国外水平对比分析

由于缺少国外同类企业的能源消耗数据和统计口径，无法进行对比分析。

4.4.9 标准实施带来的节能效益测算结果

以国内三大全流程镍冶炼企业 2021 年实际完成的能耗指标与修订后的能耗标准进行对比，如全部达到限定值，每年将节约 6686 吨标准煤；如全部达到准入值，每年将节约 2.08 万吨标准煤；如全部达到先进值，每年将节约 5.11 万吨标准煤。详见：表 12 国内主要镍冶炼企业能耗达标节能量测算表（略）。

4.5 锡冶炼部分

从含锡物料进入生产流程到合格锡产品的产出，通常要经过四个工序处理，这四个工序分别是炼前工序、还原熔炼工序、炼渣工序、精炼工序，即“炼前处理——还原熔炼——火法精炼或湿法精炼——烟化炼渣”是锡冶炼工艺的基本流程。

还原熔炼工序是锡冶炼企业的核心工序，任何一个锡冶炼企业都不能缺少还原熔炼工序。部分的小型锡冶炼企业，其生产流程会缺少其它的一个或多个工序，如不产精锡的企业缺少精炼工序，不处理渣的企业缺少炼渣工序，精矿质量很好的企业缺少炼前工序。

长期以来，锡冶炼工艺的基本流程没有发生原则上的变化，但在各个过程的技术应用上取得了不断发展。在二十世纪后期，炼前处理工序出现了流化态沸腾焙烧炉，炼渣工序出现了烟化炼渣炉，火法精炼工序出现了电热连续机械结晶机，焊锡处理采用真空蒸馏电阻炉，还原熔炼工序电炉、反射炉替代鼓风炉。进入二十一世纪，顶吹炉成为还原熔炼设备在锡冶炼企业成功运用，此外，相应的配套设施，如粉煤制备、煤气生产、余热回收、蒸汽发电、富氧制取、物料计量及有价金属的综合回收等都取得了长足进步，这也极大地推进了锡冶炼应用技术的发展，使得锡冶炼的生产成本和能源消耗得到了较大幅度的降低。

在锡冶炼生产流程中，还原熔炼工序是核心工序，还原熔炼工序采用的技术，决定了整个锡冶炼企业的生产特征和技术指标。经过几十年的生产实践和市场的优胜劣汰，目前的还原熔炼技术主要是顶吹炉、电炉两种还原熔炼技术并存的格局，其代表性的工艺流程简图分别见图 1、图 2。在调研的锡冶炼企业，没有使用其它的生产工艺，通过网上查阅和电话沟通，没有发现国内锡冶炼企业使用其它的生产工艺。

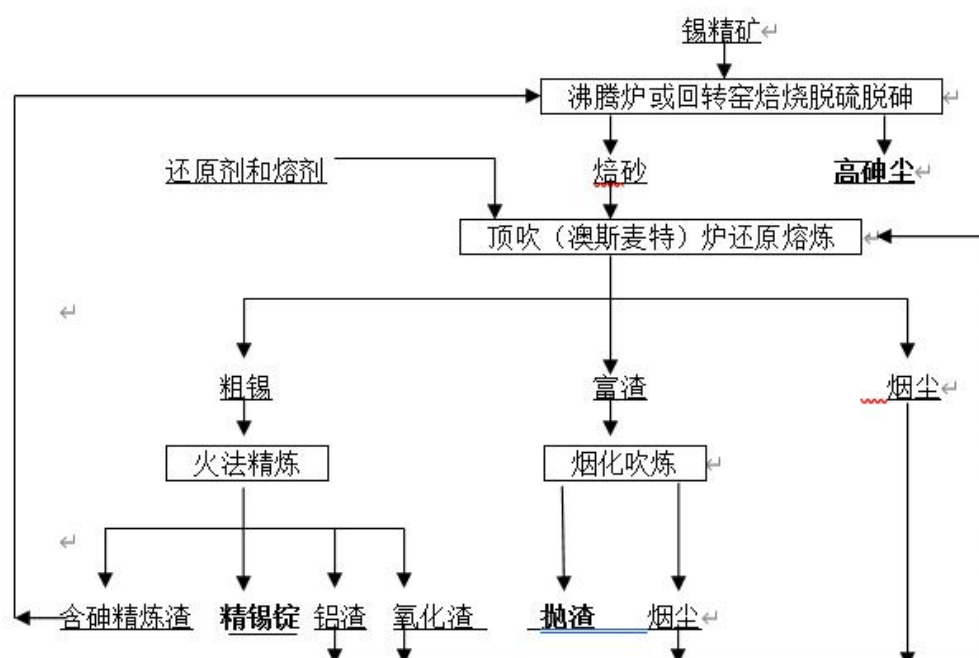


图 1 顶吹(澳斯麦特)炉还原熔炼的锡冶炼工艺流程简图

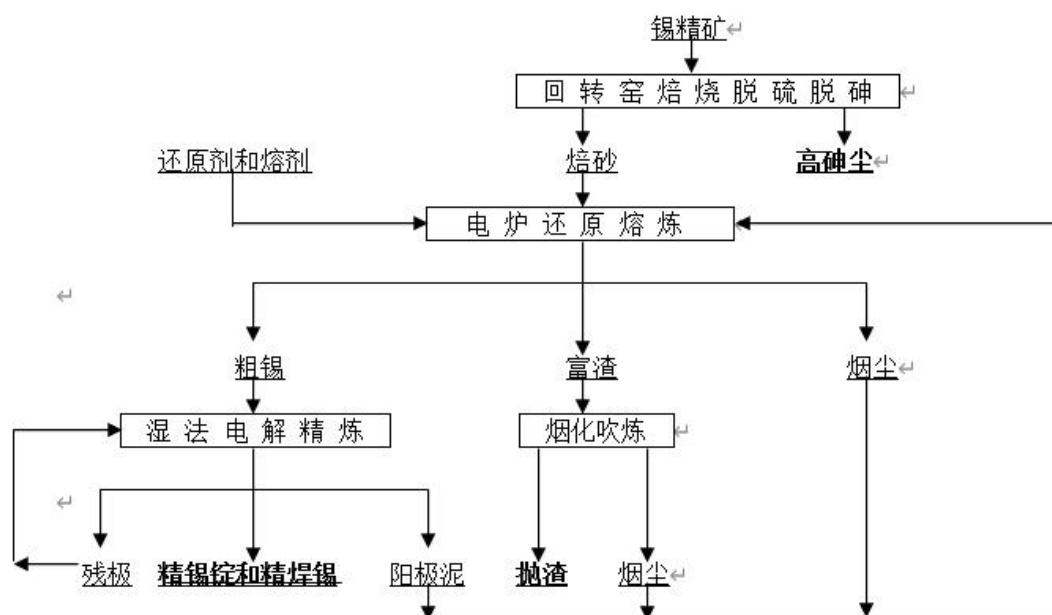


图2 电炉还原熔炼的锡冶炼工艺流程简图

在顶吹炉、电炉还原熔炼技术中，顶吹炉还原熔炼技术集动态熔炼、熔池熔炼、过程自动化控制、高温余热回收四项现代技术于一体，并有可能结合富氧熔炼、低温余热回收等现代技术，具有传质传热快，热利用率高，设备效率大，生产运行稳定，现场环境好等优点，是锡冶炼行业技术发展方向，代表了锡冶炼企业的国际领先水平，特别适用于生产规模较大的锡冶炼企业。电炉还原熔炼技术，具有原料适应能力强，热能利用率高，渣锡分离好，过程能够实现自动化等优点，锡金属冶炼回收率、产品综合能源消耗指标达到国际领先水平，生产作业环境、生产成本消耗为行业一般水平，总体技术水平为国内先进水平，适用于中等规模的锡冶炼企业或以处理二次资源比重较大的锡冶炼企业。

4.5.1 适用范围说明

标准适用于以锡精矿为主要原料的锡冶炼企业。与 GB21348—2014《锡冶炼企业单位产品能源消耗限额》标准不同，适用范围是以“本标准适用于以锡精矿（占比 55%以上）为主要原料的所有锡冶炼企业的单位产品能耗的计算、考核，以及新建锡冶炼项目的能耗控制”，修订后的标准，对适用范围进行了更明确的限制，即“以锡精矿为主要原料的所有锡冶炼企业”以外的“以综合回收为主的锡冶炼企业的单位产品能耗的计算、考核，不适合本标准”。即以含锡废料、锡渣、锡泥等含锡二次物料为主要原料的锡冶炼企业，不适用本标准。客观考虑了锡精矿原料的供应不足，锡冶炼的二次原料的供给变化，因此，修订后的标准更具有适应性。

4.5.2 计算范围

1) 炼前处理工序产品能耗计算范围

从含锡物料（以锡精矿为主）进入炼前工序开始到处理后的含锡产物（焙砂）离开炼前工序止。

2) 还原熔炼工序产品能耗计算范围

从含锡物料（以锡焙砂、锡焙烧渣、锡精矿为主）进入还原熔炼工序开始到粗锡离开还原熔炼工序止。

3) 精炼工序产品能耗计算范围

火法精炼：从粗锡开始到产出合格锡产品（锡锭、焊锡、锡基合金）为止。

湿法电解精炼：从粗锡开始到产出精锡（锡锭）为止。

4) 炼渣工序产品能耗计算范围

从富渣、锡富中矿进入炼渣工序开始到产出含锡烟尘为止。包括从备料、进料、硫化挥发、供排水、收尘、供排风、粉煤制备、辅助设备、环保设施及照明等所有消耗的能源量。

5) 各工序实物单耗、能耗计算

各工序能耗计算中，当含回收余热时，按“企业的辅助、附属生产系统的能源消耗量和能源及耗能工质在企业内部贮存、转换与分配供应及外销中的损耗，应根据各产品工艺能耗占企业生产工艺能耗量的比例，分摊给各个产品”的规定执行。

根据条款的描述规定，锡冶炼企业单位产品能源消耗，就是在冶炼过程中的消耗的与锡产品有直接和间接相关的能源。这些能源消耗仅限于与锡冶炼直接相关或间接相关的能源，简称生产能源，不包括建设用能，也不包括生活用能。

此外，综合回收有价金属消耗的能源可以进行扣除，不计入锡冶炼企业单位产品能源消耗中。在锡冶炼过程中，产出的二次能源，如蒸汽等，转到其它锡冶炼以外的工序使用的，也可以进行扣除，不计入锡冶炼企业单位产品能源消耗中。

4.5.3 能耗指标的确定依据

① 国内产能情况

在二十世纪中后期的锡冶炼企业，所处理的原料均以锡精矿为主。进入二十一世纪后，由于锡金属价格的走高，及锡冶炼企业产能的扩张，导致锡精矿供不应求，部分锡冶炼企业对锡中矿、杂锡物料、锡渣等原料资源进行了开发，以弥补锡精矿原料的不足。由于锡中矿、杂锡物料、锡渣原料价格便宜，因此，尽管处理锡中矿、杂锡物料、锡渣消耗的冶炼成本高，企业最终还是可以获得一定的经济效益。伴随着一次资源的不断开发与消耗，锡精矿作为锡冶炼企业的原料比重会逐步降低，而锡中矿、杂锡物料、锡渣等二次资源的比重会逐步上升。

以下表 4-3 是调研的部分锡产能情况。

表 4.45 调研的企业锡产能情况表

产量 (T) 份 单位	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
企业 1	59909	62763	55045	56518
企业 2	——	——	——	30561 (2021 年 1-7 月数据)

企业 3	5330	4887	6989	7100
企业 4	11499	9387	8152	10119
企业 5	6239	8906	8266	8000
企业 6	20000	22991	19004	16361
企业 7	5000 (年产量)	5000 (年产量)	5000 (年产量)	5000 (年产量)
企业 8	——	——	2000 (年产量)	3200 (年产量)
企业 9	4500 (产能)	4500 (产能)	4500 (产能)	4500 (产能)
企业 10	9000 (产能)	9000 (产能)	9000 (产能)	8000 (产量)
企业 11	4500 (产能)	4500 (产能)	4500 (产能)	3500 (产量)
企业 12	5000 (产能)	5000 (产能)	5000 (产能)	4500 (产量)
企业 13	15000 (产能)	15000 (产能)	15000 (产能)	8000 (产量)
企业 14	10000 (产能)	10000 (产能)	10000 (产能)	8000 (产量)
合计(万吨)	15. 798	16. 393	15. 246	17. 336
占全国锡产量比例, %	93. 42 (16. 91 万 吨)	89. 14 (18. 39 万 吨)	84. 00 (18. 15 万 吨)	85. 44 (20. 29 万吨)
提供数据单位占全国锡产量比 例, %	65. 04	63. 04	57. 55	67. 45

②锡冶炼能耗情况

自 2014 年实施 GB21348—2014《锡冶炼企业单位产品能源消耗限额》标准以来,在标准的指导和推动下,锡冶炼企业大力推广应用先进技术和新设备,不断优化工艺参数和强化过程管控,整体上带动了锡冶炼行业单位产品能源消耗的下降。从能源消耗总体水平看,顶

吹炉还原熔炼和电炉还原熔炼技术能源消耗较低，达到国际领先水平。

本次能源消耗数据来源于所调查的 14 家锡冶炼企业，基本覆盖了国内有规模的锡冶炼企业，其中有部分企业未反馈数据，反馈意见是保持原版冶炼工艺能耗值不变；另有 8 家企业提供了 2017 年到 2021 年（个别企业提供 2022 年数据）的本企业能源消耗情况。所调研的 14 家企业（其中企业 1 和企业 2 为一个企业，提供的 2021 年数据是厂址搬迁后实际情况）冶炼工艺分别包括了顶吹炉还原熔炼 3 家，电炉还原熔炼 12 家，包括了国内的 2 种还原熔炼冶炼工艺；这 8 家提供产量数据的企业，产能 10 万吨以上，约占全国锡产品产量的 63%，因此，本次调查具有广泛性和代表性，所取得的数据可以作为标准修订的依据之一。

从各工序应用的技术看，对个别工序现有值冶炼能耗的定值需要结合入炉物料的品位、综合回收、产品情况等实际增加适用范围的定值。炼前工序采用沸腾炉焙烧技术的能源消耗仅是回转窑焙烧技术的 40~50%但沸腾炉仅能处理粒级较细的矿产品，而回转窑处理的物料范围有锡泥、块状固体锡渣、矿产品等矿产品、二次原料等，具有更加广泛的普适性，考虑应收尽收原则，在单一冶金炉窑的前提下，增加炼前处理工序的现有能耗限定值（三级指标）、准入值（二级指标）、先进值（一级指标）指标。炼渣工序的通用技术为烟化炉硫化挥发，能源消耗与炉床面积有直接关系，4 平方米以上的大型烟化炉，具有较好的能源消耗指标，另外，炼渣工序的能源消耗也与处理的物料及余热回收有关，如果处理的物料为熔融渣且含锡较高，又对余热进行回收利用，则能源消耗较低（因为统计时，是以烟尘产品锡为计算依据），反之则高。精炼工序的能源消耗，与粗锡质量有关，也与热源的提供方式有关，如果粗锡质量好，含杂质铁、砷、铜、铅、铋、铟较低，则能源消耗较低，处理熔融粗锡比处理固体粗锡时的能源消耗低，燃烧过程能够实现自动化控制，会降低能源消耗；另外，大型真空炉的投入使用，有价金属综合回收利用水平的提高，也能进一步降低精炼工序的能源消耗；火法精炼和湿法精炼各有优点，能源消耗水平总体相当，火法精炼有存在湿法岗位如焊锡电解提取银、铟，湿法精炼也存在火法岗位如结晶机或真空炉脱铅。

表 4.46 调研企业锡综合能耗统计表（略）

有部分企业未反馈数据，反馈意见是保持原版冶炼工艺能耗值不变。

表 4.47 调研企业锡工序能耗统计表（略）

单位： kgce/t

表 4.48 标准修订版与原版（2014 版）综合能耗比较表

综合能耗（kgce/t） 标准牌号	限额类别	三级	二级	一级
		2200	1800	1500
标准修订版				

原版（2014 版）	2400	2000	1700
------------	------	------	------

根据国内锡冶炼企业处理的物料情况，结合锡冶炼企业的现有技术，合理评估各工序的技术状况和最基本节能措施，经过讨论，考虑二次锡原料占比增加。考虑原生锡精矿产品锡品位以及锡冶炼入炉品位逐渐下降，提高锡冶炼综合回收利用率等因素，如炼前工序、还原熔炼、精炼工序入炉品位对能耗的影响以降低锡含量 1% 计算，约 3%~24%，平均 17%，烟化炉工序入炉品位对能耗的影响平均为 21% (表 5-1，最大达到 29%)。

① 锡冶炼综合能耗指标的确定：

依据调研单位提供 2017 年~2021 年能耗平均值划分区间，综合考虑入炉品位逐年下降对能耗影响确定能耗指标；

表 4.48-1 指标设定区间值统计

调研企业共 14 家， 产量总和 18.43 万吨， 有能耗数据的 8 家	能耗区间值/(kgce/t)			
	≤1500	>1500~≤1800	>1800~≤2200	>2200 及未提供能耗数据的企业
企业数量	1	0	3	10
产量综合	5.85	0	1.99	10.59
数量占比	7.14	0	21.43	71.43
累计数量占比	7.14	7.14	28.57	100
产量占比	31.76	0	10.82	57.45
累计产量占比	31.76	31.76	42.58	100

被调研企业共计 14 家，近几年产量总和 18.435 万吨，约占全国总产量的 85% 以上。其中 6 家未提供工艺能耗值，有 2 家缺烟化工序，按实际数据统计满足一级值 1 家，占比 7.14%，产量占比约为 31.76%，二级值 0 家，三级值企业 3 家，占比 21.43%，产量占比约为 10.82%，大于三级值及未提供数据的 10 家，占比 71.43%，产量占比 57.45%。建议调整锡冶炼综合能耗一级值≤1500，二级值≤1800，三级值≤2200。

② 炼前工序能耗指标的确定

依据调研单位提供 2017 年~2021 年能耗值平均值划分区间；

表 4.48-2 炼前工序能耗指标设定区间值统计

调研企业共 14 家， 产量总和 18.43 万吨， 有能耗数据的 8 家。	沸腾炉能耗区间值/(kgce/t)				回转窑能耗区间值/(kgce/t)				未提供能耗数据的企业
	≤25	>25~ ≤35	>35~ ≤45	>45	≤60	>60~ ≤70	>70~ ≤90	>90	

企业数量（个）	1	0	1	1	2	1	1	1	6
产量综合（万吨）	0.98	0	5.86	3.06	0.73	0.78	1.96	0.61	4.28
数量占比（%）	7.14	0	7.14	7.14	14.28	7.14	7.14	7.14	42.85
累计数量占比（%）	—	—	—	—	—	—	—	—	100
产量占比（%）	5.32	0	31.76	16.58	3.96	4.26	10.62	3.30	18.90
累计产量占比（%）	—	—	—	—	—	—	—	—	100

被调研企业共计 14 家，近几年产量总和 18.435 万吨，约占全国总产量的 85%以上。其中沸腾炉为主的 3 家，回转窑为主的 5 家，6 家未提供能耗值。按实际数据统计满足一级值 3 家，占比 21.43%，产量占比约为 9.28%，二级值 1 家，占比 7.14%，产量占比约为 4.26%，三级值企业 2 家，占比 14.28%，产量占比约为 42.38%，大于三级值及未提供数据的 8 家，占比 57.13%，产量占比 38.78%。建议调整炼前工序能耗以沸腾炉为主的一级值 ≤ 25 ，二级值 ≤ 35 ，三级值 ≤ 45 ，回转窑为主的一级值 ≤ 60 ，二级值 ≤ 70 ，三级值 ≤ 90 。

③ 还原熔炼工序能耗指标的确定

依据调研单位提供 2017 年~2021 年能耗值平均值划分区间；

表 4.48-3 还原熔炼工序能耗指标设定区间值统计

调研企业共 14 家， 产量总和 18.43 万吨， 有能耗数据的 8 家。	还原熔炼工序能耗区间值/(kgce/t)			
	≤ 600	$> 600 \sim \leq 750$	$> 750 \sim \leq 900$	> 900 未提供能耗的企业耗数
企业数量（个）	3	1	1	9
产量综合（万吨）	3.35	5.86	3.05	6.17
数量占比（%）	21.42	7.14	7.14	64.28
累计数量占比（%）	21.42	28.56	35.72	100
产量占比（%）	18.18	31.76	16.58	33.46
累计产量占比（%）	18.18	49.94	66.52	100

被调研企业共计 14 家，近几年产量总和 18.435 万吨，约占全国总产量的 85%以上。提供能耗数据的 8 家，6 家未提供能耗值。按实际数据统计满足一级值 3 家，占比 21.42%，产量占比约为 18.18%，二级值 1 家，占比 7.14%，产量占比约为 31.76%，三级值企业 1 家，占比 7.14%，产量占比约为 16.58%，大于三级值及未提供数据的 9 家，占比 64.28%，产量占比 33.46%。建议调整还原熔炼工序能耗一级值 ≤ 600 ，二级值 ≤ 750 ，三级值 ≤ 900 。

④ 炼渣工序能耗指标的确定

依据调研单位提供 2017 年~2021 年能耗值平均值划分区间；保持处理物料平均含锡>6%的工序能耗值不变，对处理物料平均含锡≤6%、富渣冷料≥40%的炼渣工序情况进行统计。

表 4.48-4 炼渣工序能耗指标设定区间值统计

调研企业共 12 家， 产量总和 17.33 万吨， 有能耗数据的 6 家， 无烟化工序的 2 家。	炼渣工序能耗区间值/(kgce/t)			
	≤ 2300	>2300~≤2750	>2750~ ≤3200	>3200 未提供能耗据的 企业数
企业数量（个）	1	2	2	7
产量综合（万吨）	1.95	6.64	3.56	5.18
数量占比（%）	8.33	16.67	16.67	58.33
累计数量占比（%）	8.33	25.00	41.67	100
产量占比（%）	11.30	38.31	20.54	29.85
累计产量占比（%）	11.30	49.61	70.15	100

被调研企业共计 14 家，没有炼渣及烟化炉的 2 家，统计 12 家企业近几年产量总和 17.33 万吨，约占全国总产量的 85%。提供能耗数据的 6 家，有 6 家未提供能耗值。按实际数据统计满足一级值 1 家，占比 8.33%，产量占比约为 11.30%，二级值 2 家，占比 16.67%，产量占比约为 38.31%，三级值企业 2 家，占比 41.67%，产量占比约为 20.54%，大于三级值及未提供数据的 7 家，占比 58.33%，产量占比 29.85%。建议调整炼渣工序（处理物料平均含锡≤6%、富渣冷料≥40%）能耗一级值≤2300，二级值≤2750，三级值≤3200。

⑤ 精炼工序能耗指标的确定

依据调研单位提供 2017 年~2021 年能耗值平均值划分区间。

表 4.48-5 精炼工序能耗指标设定区间值统计

调研企业共 14 家， 产量总和 18.43 万吨， 有能耗数据的 8 家。	精炼工序能耗区间值/(kgce/t)			
	≤120	>120~≤160	>160~ ≤200	>200 及未提供能耗数 据的企业
企业数量（个）	2	1	2	9
产量综合（万吨）	8.90	0.50	1.02	8.01
数量占比（%）	14.28	7.14	14.28	64.30

累计数量占比 (%)	14.28	21.42	35.70	100
产量占比 (%)	48.34	2.71	5.51	43.44
累计产量占比 (%)	48.34	51.05	56.56	100

被调研企业共计 14 家，企业近几年产量总和 18.43 万吨，约占全国总产量的 85%。提供能耗数据的 8 家，未提供能耗值的 6 家。按实际数据统计满足一级值 2 家，占比 14.28%，产量占比约为 48.34%，二级值 1 家，占比 7.14%，产量占比约为 2.71%，三级值企业 2 家，占比 14.28%，产量占比约为 5.51%，大于三级值及未提供数据的 9 家，占比 64.3%，产量占比 43.44%。精炼工序能耗与产能有强关联性，能达到一级指标的实际为同一冶炼企业的新、旧厂址生产。建议调整精炼工序能耗一级值 ≤ 120 ，二级值 ≤ 160 ，三级值 ≤ 200 。

4.5.4 影响因素分析

对于锡冶炼企业单位产品能源消耗，影响因素较多且复杂，不可能全部在标准中区分开。重要的影响有：生产工艺、生产规模、所处理物料的含锡品位、所处理物料的结构及比例、能源消耗种类、余热回收情况、有价金属回收、环境治理等。

生产工艺。生产工艺越先进，能源消耗越低，反之，生产工艺越落后，能源消耗越高。采用澳斯麦特技术炼锡，并结合富氧熔炼，为目前世界锡冶炼行业的领先技术，能源消耗是最低的；电炉熔炼具有热能利用率高的优点，但余热无法回收利用，其能源消耗总体代表锡冶炼行业的一般水平。

生产规模。生产规模较大的锡冶炼企业，其生产设备也规模化，设备效率高，能源浪费小，停开机也少，因此能源消耗相对较低。

所处理的物料含锡品位。物料含锡品位越高，所需要处理的物料越少，能耗消耗越低；反之，品位越低，需要处理的物料越多，能源消耗越高。冶炼锡精矿的企业，单位产品能源消耗低于冶炼锡中矿的企业。回收处理高品位杂锡的企业，单位产品能源消耗低于处理富渣为原料的企业。同样是用烟化炉处理冷、热富渣，处理含锡 15%的富渣，其能源消耗与处理含锡 3%的富渣是有较大区别的，为此，针对烟化炉炼渣工序，作了处理含锡大于 6%和小于 6%及冷富渣含量占比大于 40%两种情况描述。

能源消耗种类。按等热值计算，电能的利用效率高于煤和煤气的利用率，原因很简单，电能使用过程中，基本上不产出废气，带走热量少，而燃烧煤和燃烧煤气时，产出大量的烟气，烟气带走了很大一部分热量。

余热回收。由于回收和余热能源可以二次使用，也可以进行扣除，因此，能够降低能源消耗。余热回收，也是锡冶炼企业降低能源消耗的有效途径。

有价金属回收。有价金属回收，不仅可以为企业增加经济效益，也可以在能源消耗计算时，进行合理扣除。因此，进行有价金属回收，可以降低能源消耗，在一般情况下，降低的幅度较小。

环境治理。环境治理是企业生存与发展的基本义务，也是企业的责任，环境治理是需要消耗

能源，因此，环境治理越全面，越完善，消耗的能源越高。因此，标准的修订，考虑了环境治理留存一定的合理能耗指标。提供数据的企业，环保设施对锡冶炼综合能耗的影响最大占比 5.53%，最小占比 4.9%，平均 4.8%（见表 5-1）。锡冶炼企业配置了硫酸生产系统的，从冶炼烟气进入制酸工序（混气室）到产出硫酸为止全过程（包括净化洗涤、吸收、解析、转化、干吸，不包含脱硝系统）的耗能，不列入环保设施耗能统计。

表 4.49 入炉锡品位与环保设施、能耗关系表（略）

4.5.5 水平分析

经查询，国外无相应标准。

本标准在修订过程中，广泛征集了同行业的意见，同时考虑行业实际情况，该标准客观反应了目前锡冶炼企业的能耗水平，具有适用性、指导性。

本标准为国家强制性标准，对现有锡冶炼企业的能耗有强制限定作用，对新建锡冶炼企业的能耗有强制准入作用，有效避免低水平重复建设和行业内的无序竞争，同时起到鼓励先进、淘汰落后的作用。

本标准给出的能耗三级指标为 2200kgce/t，比 GB21348—2014《锡冶炼企业单位产品能耗限额》标准的 2400kgce/t 加严了 8.3%，二级指标为 1800kgce/t，比 GB21348—2014《锡冶炼企业单位产品能耗限额》标准的 2000kgce/t 加严了 10%，一级指标为 1500kgce/t，比 GB21348—2014《锡冶炼企业单位产品能耗限额》标准的 1700kgce/t 加严了 11.7%，为行业建立节能型、环保型锡冶炼企业提供了能耗指南，具有明显的先进性和前瞻性，符合国家产业政策要求。

4.5.6 标准实施带来的节能效益测算

锡冶炼综合能耗三级指标提升了 8.3%，二级指标提升了 10%，一级指标提升了 11.7%。以现有企业生产能力及综合能耗情况，参考 2021 年度锡产品计算，预计综合能耗减少 23043 吨标准煤/年。

表 4.50 标准修订版与原版（2014 版）综合能耗比较表

综合 标准号 限额类别能耗 (kgce/t)	三级	二级	一级
标准修订版	2200	1800	1500
提升率%	↓ 8.3	↓ 10	↓ 11.7
原版（2014 版）	2400	2000	1700

4.6 锡冶炼部分

我国锡资源主要由二类矿床构成，一是单一的硫化锡矿（辉锡矿），如我国湖南锡矿山矿田，广西南丹茶山锡矿等。二是与其它金属共生的复合矿，如广西大厂矿田 100#、105#矿

体的锡铋铅多金属复合矿，经选矿后得的脆硫铅铋矿($\text{Pb}_4\text{FeSb}_6\text{S}_{14}$ 或 $4\text{PbS} \cdot \text{FeS} \cdot 3\text{Sb}_2\text{S}_3$)。

以硫化铋精矿、硫氧混合铋精矿为原料的铋冶炼企业，工艺包括粗炼工序和精炼工序(包括鼓风机、反射炉)，工艺流程为铋精矿—铋氧—铋锭。

以脆硫铅铋矿生产的铋为原料的铋冶炼企业，包括粗精炼工序(包括沸腾炉、烧结炉、鼓风机、反射炉)，工艺流程为脆硫铅铋精矿—铅铋粗合金—铋氧—铋锭和炼渣工序(包括烟化炉、反射炉)，鼓风机渣—粗铋氧—铋锭。

长期以来，铋冶炼工艺的基本流程没有发生原则上的变化，进入二十一世纪，富氧鼓风机成为粗炼熔炼设备在铋冶炼企业成功运用，此外，相应的配套设施，如余热回收、蒸汽发电、富氧制取、物料计量及有价金属的综合回收等都取得了长足进步，这也极大地推进了铋冶炼应用技术的发展，使得铋冶炼的生产成本和能源消耗得到了较大幅度的降低。

铋鼓风机富氧熔炼工艺具有传质传热快，热利用率高，设备效率大，生产运行稳定，现场环境好等优点，是铋冶炼行业技术发展方向，代表了铋冶炼企业的国际领先水平，特别适用于生产规模较大的铋冶炼企业。

与传统铋鼓风机工艺相比，铋鼓风机富氧熔炼工艺具有能耗低、铋及贵金属回收率高、生产效率高、环保效益好、自动化程度高等优点，是一个国际先进水平的新型技术。

在铋冶炼生产流程中，粗炼工序是核心工序，粗炼工序采用的技术，决定了整个铋冶炼企业的生产特征和技术指标。

以硫化铋精矿、硫氧混合铋精矿为原料的铋冶炼企业，工艺包括粗炼工序和精炼工序(包括鼓风机、反射炉)，工艺流程为铋精矿—铋氧—铋锭。

以脆硫铅铋矿生产的铋为原料的铋冶炼企业，包括粗精炼工序(包括沸腾炉、烧结炉、鼓风机、反射炉)，工艺流程为脆硫铅铋精矿—铅铋粗合金—铋氧—铋锭和炼渣工序(包括烟化炉、反射炉)，鼓风机渣—粗铋氧—铋锭。

4.6.1 适用范围说明

本部分适用于以铋精矿为主要原料的所有铋冶炼企业。与 GB21348—2014《铋冶炼企业单位产品能源消耗限额》标准不同，适用范围是以“本标准适用于以硫化铋精矿、硫氧混合铋精矿和脆硫铅铋精矿为主要原料的所有铋冶炼企业的单位产品能耗的计算、考核，以及新建铋冶炼项目的能耗控制”，修订后的标准，对适用范围进行了更明确的限制，即“以铋精矿为主要原料的所有铋冶炼企业”以外的以铋中矿、含铋废料、铋渣等含铋物料为原料的铋冶炼企业，不适用本标准。客观考虑了铋精矿原料的供应不足，铋冶炼的二次原料的供给变化，因此，修订后的标准更具有适应性。

4.6.2 计算范围

1、以硫化铋精矿、硫氧混合铋精矿为原料的铋冶炼企业产品能耗的计算范围

①粗炼工序

粗炼工序产品能耗计算范围，包括从精矿备料开始到铋氧产出的整个生产过程所消耗的各种能源量，其中包括余热回收。

②精炼工序

精炼工序产品能耗计算范围包括还原熔炼、浮渣分离、脱砷、脱铅、铸锭等工艺过程及相关配套系统所消耗的各种能源，其中包括余热回收。

2、以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业产品能耗计算范围

①粗炼、吹炼工序

粗炼、吹炼工序包括氧化焙烧、烧结、熔炼、、吹炼四个冶炼过程。铅锑工序能耗计算范围，包括从精矿备料开始到锑氧（底铅），整个生产过程所消耗的各种能源，其中包括余热回收。

②炼渣工序

炼渣工序包括鼓风炉炼渣和反射炉炼渣两个过程，炼渣工序能耗计算范围，包括从水渣或各种渣熔炼开始到铅锑粗合金或锑氧，整个生产过程所消耗的各种能源，其中包括余热回收。

③精炼工序

精炼工序的产品为锑锭、高铅锑锭和铅锭。

当精炼工序的产品为精锑时，产品能耗计算范围包括还原熔炼、浮渣分离、脱砷、脱铅、铸锭等工序所消耗的各种能源，其中包括余热回收。

当锑精炼工序的产品为高铅锑时，产品能耗计算范围包括还原熔炼、浮渣分离、脱砷、铸锭等工序所消耗的各种能源，其中包括余热回收。

当锑精炼工序的产品为铅锭时，产品能耗计算范围包括粗铅脱铜、铅阳极板浇铸、铅阴极板浇铸、铅电解、阴极铅脱砷、阴极铅铸锭等工序所消耗的各种能源，其中包括余热回收。

4.6.3 能耗指标的确定依据

①国内锑产量情况

在二十世纪中后期的锑冶炼企业，所处理的原料均以锑精矿为主。进入二十一世纪后，由于锑金属价格的走高，及锑冶炼企业产能的扩张，导致锑精矿供不应求，部分锑冶炼企业对锑中矿、杂锑物料、锑渣等原料资源进行了开发，以弥补锑精矿原料的不足。由于锑中矿、杂锑物料、锑渣原料价格便宜，因此，尽管处理锑中矿、杂锑物料、锑渣消耗的冶炼成本高，企业最终还是可以获得一定的经济效益。伴随着一次资源的不断开发与消耗，锑精矿作为锑冶炼企业的原料比重会逐步降低，而锑中矿、杂锑物料、锑渣等二次资源的比重会逐步上升。

以下是调研的部分锑产量情况。

表 4.51 调研的企业锑产量情况表

产量 (T) / 单位 \ 年份	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
企业 1	16511	12593	19220	15650
企业 2	15017	15391	16714	16426
企业 3	2679	2655	2577	2484
企业 4	4589	3464	4458	4376
企业 5	1685	1824	2358	2297

企业 6	2658	2515	2184	2653
企业 7	1495	1706	1560	1392
企业 8	5400	5680	6331	6310
合计	50034 吨	45828 吨	55402 吨	51588 吨
占全国锑产量比例, %	约 60	约 55	约 65	约 61
提供数据单位占世界锑产量比例, %	约 52	约 51	约 60	约 56

本次能源消耗数据来源于所调查的 17 家锑冶炼企业, 基本覆盖了国内有规模的锑冶炼企业, 其中有部分企业未反馈数据, 反馈意见是保持原版冶炼工艺能耗值不变; 另有 8 家企业提供了 2017 年到 2021 年 6 月的本企业能源消耗情况。所调研的 17 家企业冶炼工艺分别包括了以硫化锑精矿、硫氧混合锑精矿为原料的锑冶炼企业, 以脆硫铅锑矿生产的锑为原料的锑冶炼企业, 这 8 家提供产量数据的企业, 产能 5~8 万吨, 约占全国锑产品产量的 60%, 约占世界锑产品产量的 55%, 因此, 本次调查具有广泛性和代表性, 所取得的数据可以作为标准修订的依据之一。

在提供能源消耗数据中, 既有工序能耗, 也有产品能耗, 由于部分企业并不具备全流程工艺, 因此仍在标准中保留工序能耗, 作为该类企业能耗的评价要求, 也为标准的修订提供了全面的参考。

②综合能耗及工序能耗的确定依据

从各工序应用的技术看, 对个别工序现有值冶炼能耗的定值需要结合入炉物料的品位、综合回收、产品情况等实际增加适用范围的定值。精炼工序的能源消耗, 与粗锑质量有关, 也与热源的提供方式有关, 如果粗锑质量好, 含杂质铁、砷、铜、铅、铋较低, 则能源消耗较低, 处理熔融粗锑比处理固体粗锑时的能源消耗低, 燃烧过程能够实现自动化控制, 会降低能源消耗。以下表调研的部分企业近四年锑综合能耗情况及表 8 标准修订版与原版(2014 版)综合能耗比较表。

表 4.52 调研企业锑综合能耗统计表(略)

有部分企业未反馈数据, 反馈意见是保持原版冶炼工艺能耗值不变。

表 4.53 标准修订版与原版(2014 版)综合能耗比较表

综合能耗(kgce/t) 标准牌号	限定值(三级)			准入值(二级)			先进值(一级)		
	以硫 化锑 为原 料	以硫 氧混 合锑 精矿 为原 料	以脆 硫铅 锑精 矿为 原料	以硫 化锑 为原 料	以硫 氧混 合锑 精矿 为原 料	以脆 硫铅 锑精 矿为 原料	以硫 化锑 为原 料	以硫 氧混 合锑 精矿 为原 料	以脆 硫铅 锑精 矿为 原料

标准修订版	1200	1400	2100	1100	1250	1820	950	1050	1710
原版（2014 版）	1250	1400	2100	1150	1300	1900	1000	1100	1800

三级指标的确定：

（1）综合能耗指标确定

与原标准 GB 21348-2014 限定值指标一致：以硫化锑为原料的冶炼企业单位产品综合能耗 1250kgce/t 产品；以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品综合能耗 1400kgce/t 产品；以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业单位产品综合能耗 2100kgce/t 产品。在确定标准的三级指标时，因为随着锑开采年限增加，锑原矿品位逐年下降，锑冶炼企业单位产品能源消耗如果不考虑科技进步的话，是逐年升高的；可以说现在已经没有单纯冶炼以硫化锑为原料的企业了，所以主要考虑以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品综合能耗；并且现在锑冶炼企业处理锑精矿品位比上次修订国标时下降 5%以上，对应能耗比上次修订国标时升高 5%以上。从表 6 看，以调研的 5 家处理硫氧混合锑和硫化锑精矿并配置相应工序的企业能源消耗数据为基础，对这 5 家企业 2017 年~2021 年最小值的综合能源消耗进行分析，基本上都可以达到 1400kgce/t 产品；以调研的 1 家处理脆硫铅锑精矿并配置相应工序的企业能源消耗数据为基础，对这家企业 2017 年~2021 年最大值 2102kgce/t 产品的综合能源消耗进行分析；定三级指标。

据调研数据分析，环保能耗普遍将锑冶炼企业单位产品综合能耗升高了 5%（见表 15）以上，如果规模小，可达 10%以上。

如果不考虑科技进步的话，锑原矿品位逐年下降和环保能耗两项因素的影响，锑冶炼工艺综合能耗三级指标至少要升高 10%才合理。

综合考虑科技进步和定级要求，确定锑冶炼工艺综合能耗三级指标保持不变。

（2）粗炼工序能耗指标确定

与原标准 GB 21348-2014 限定值指标一致：以硫化锑为原料的冶炼企业单位产品粗炼工序能耗指标 700kgce/t 产品；以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品粗炼工序能耗指标 950kgce/t 产品；以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业单位产品粗炼工序能耗指标 950kgce/t 产品。从表 8 看，采用处理硫氧混合锑精矿工艺粗炼工序 2017 年~2021 年最小值的能源消耗进行计算，距离 950kgce/吨产品只有 5%左右差距，确定指标≤950 公斤标准煤/吨产品。

如果不考虑科技进步的话，锑原矿品位逐年下降和环保能耗两项因素的影响，锑冶炼粗炼工序能耗三级指标至少要升高 10%才合理。

综合考虑科技进步和定级要求，确定粗炼工序能耗指标三级指标保持不变。

表 4.54 调研企业粗炼工序能耗统计表（略）

（3）精炼工序能耗指标确定

与原标准 GB 21348-2014 限定值指标一致：以硫化锑为原料的冶炼企业单位产品精炼工序能耗指标 440kgce/t 产品；以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品精炼工序能耗指标 440kgce/t 产品；以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业单位产品精炼工序能耗指标 450kgce/t 产品。从表 10 看，采用处理硫氧混合锑精矿工艺 2017 年~2021 年最小值的能源消耗进行计算，只有一家与 440kgce/t 产品只有 5%以内差距，其余都达到标准要求，确定指标 ≤ 440 公斤标准煤/吨产品。考虑到锑原料为买方市场，锑冶炼厂处理锑矿品位逐年下降，杂质成分越来越高，环保能耗越来越高，确定现有企业精炼工序能耗三级指标保持不变。

表 4.55 调研企业精炼工序能耗统计表（略）

（4）各工序及产品能源消耗具体指标见表。

根据标准确定的指标在提供锑冶炼综合能耗指标调查数据的 8 家企业中，有 5 家达到，分别为企业 1、企业 2、企业 3、企业 4、企业 5。这 5 家企业近年来年锑产品产量占提供能源消耗 8 家企业总产量的 81%以上。有 3 家企业达不到，2 家企业年锑产品产量占提供能源消耗 8 家企业总产量 8%，这两家企业主要是以处理中锑物料为主要原料，不在本标准覆盖范围内；另一家企业年锑产品产量占提供能源消耗 8 家企业总产量 11%，可通过强化熔炼及回收余热等技术改造后，达到标准要求。

表 4.56 现有以硫化锑、硫氧混合锑精矿为原料的锑冶炼企业单位产品能耗三级指标

工艺、工序	综合能耗限额限定值 / (kgce/t)	
	硫化锑矿	硫氧混合锑矿
粗炼工序（锑精矿——锑氧）	≤ 700	≤ 950
精炼工序（锑氧——锑锭）	≤ 440	≤ 440
锑冶炼工艺（锑精矿—锑锭）	≤ 1250	≤ 1400

表 4.47 现有以脆硫铅锑精矿为原料的锑冶炼企业单位产品能耗三级指标

工艺、工序	综合能耗限额限定值 / (kgce/t)
粗炼、吹炼工序（脆硫铅锑精矿—锑氧、底铅）	≤ 950
炼渣工序（鼓风炉渣—粗锑氧、铅锑粗合金）	≤ 600
精炼工序（底铅、锑氧——铅锭、锑锭、高铅锑锭）	≤ 500
脆硫铅锑矿冶炼工艺（脆硫铅锑精矿—铅锭、锑锭、高铅锑锭）	≤ 2100

二级指标的确定：

在确定标准的二级指标时，以使用鼓风炉技术回收高温余热的家企业能源消耗为基础，并结合锑冶炼企业的现有技术，合理评估各工序的基本节能措施及节能潜力，经过分析，确定修订后的标准能耗二级指标，具体指标见表。

（1）综合能耗指标确定

比原标准 GB 21348-2014 限定值升高 5%：以硫化锑为原料的冶炼企业单位产品综合能耗 1150kgce/t 升高到 1100kgce/t 产品；以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品综合能耗 1300kgce/t 升高到 1250kgce/t 产品；以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业单位产品综合能耗 1900kgce/t 升高到 1820kgce/t 产品。在确定标准的二级指标时，从表 6 看，以调研的 5 家处理硫氧混合锑和硫化锑精矿并配置相应工序的企业能源消耗数据为基础，对这 5 家企业 2017 年~2021 年 4 年最小值的综合能源消耗进行分析，3 家可以达到 1250kgce/t 产品标准；以调研的 1 家处理脆硫铅锑精矿并配置相应工序的企业能源消耗数据为基础，对这家企业 2017 年~2021 年 4 年最小值的综合能源消耗 1592kgce/t 产品进行分析，可达标；定二级指标。

如果不考虑科技进步的话，锑原矿品位逐年下降和环保能耗两项因素的影响，锑冶炼工艺综合能耗二级指标至少要升高 10%才合理。

综合考虑科技进步和定级要求，确定锑冶炼工艺综合能耗二级指标比原标准 GB 21348-2014 限定值升高 5%。

（2）粗炼工序能耗指标确定

比原标准 GB 21348-2014 限定值升高 5%：以硫化锑为原料的冶炼企业单位产品粗炼工序能耗指标升高到 620kgce/t 产品；以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品粗炼工序能耗指标升高到 900kgce/t 产品；以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业单位产品粗炼工序能耗指标升高到 890kgce/t 产品。从表 8 看，采用处理硫氧混合锑精矿工艺粗炼工序能耗指标 2017 年~2021 年 4 年最小值的能源消耗进行计算，2 家可以达到 900kgce/t 产品标准，确定指标 $\leq$ 900kgce/t 产品。

如果不考虑科技进步的话，锑原矿品位逐年下降和环保能耗两项因素的影响，现有企业粗炼工序能耗二级指标至少要升高 10%才合理。

综合考虑科技进步和定级要求，确定现有企业粗炼工序能耗二级指标升高 5%。

（3）精炼工序能耗指标确定

与原标准 GB 21348-2014 限定值指标略有升高：以硫化锑为原料的冶炼企业单位产品精炼工序能耗指标从 420kgce/t 升高到 410kgce/t 产品；以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品精炼工序能耗指标从 400kgce/t 升高到 390kgce/t 产品；以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业单位产品精炼工序能耗指标从 450kgce/t 升高到 440kgce/t 产品。从表 9 看，采用处理硫氧混合锑精矿工艺精炼工序能耗指标 2017 年~2021 年 4 年最小值的能源消耗进行计算，均可达到 410kgce/t 产品，确定指标 $\leq$ 410kgce/t 产品。

（4）各工序及产品能源消耗具体指标见表。

根据标准确定的指标在提供锑冶炼综合能耗指标调查数据的 8 家企业中，有 3 家达到，分别为企业 1、企业 2、企业 5。这 3 家企业近年来年锑产品产量占提供能源消耗 8 家企业总产量的 64%以上。有 5 家企业达不到，2 家企业年锑产品产量占提供能源消耗 8 家企业总产量 8%，这两家企业主要是以处理中锑物料为主要原料，不在本标准覆盖范围内；另 3 家企业年锑产品产量占提供能源消耗 8 家企业总产量 28%，可通过强化熔炼及回收余热等技术改造后，达到标准要求。

表 4.57 新建硫化锑、硫氧混合锑精矿为原料的锑冶炼企业单位产品能耗二级指标

工艺、工序	综合能耗限额准入值 / (kgce/t)	
	硫化锑矿	硫氧混合锑矿
粗炼工序（锑精矿——锑氧）	≤620	≤900
精炼工序（锑氧——锑锭）	≤410	≤390
锑冶炼工艺（锑精矿—锑锭）	≤1100	≤1250

表 4.58 以脆硫铅锑精矿为原料的锑冶炼企业单位产品能耗二级指标

工艺、工序	综合能耗限额准入值 / (kgce/t)
粗炼、吹炼工序（脆硫铅锑精矿—锑氧、底铅）	≤890
炼渣工序（鼓风炉渣—粗锑氧、铅锑粗合金）	≤540
精炼工序（底铅、锑氧——铅锭、锑锭、高铅锑锭）	≤440
脆硫铅锑矿冶炼工艺（脆硫铅锑精矿—锑锭、铅锭、高铅锑锭）	≤1820

一级指标的确定：

在确定标准的一级指标时，以使用国际领先水平的富氧鼓风炉技术并成功应用于生产多年的锡矿山闪星锑业有限责任公司能源消耗为基础，并结合有色行业其它领域的现有技术，合理评估各工序存在的节能潜力，经分析，确定修订后的标准能耗一级指标，具体指标见表 13、表 14。

（1）综合能耗指标确定

比原标准 GB 21348-2014 限定值升高 5%：以硫化锑为原料的冶炼企业单位产品综合能耗 1000kgce/t 升高到 950kgce/t 产品；以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品综合能耗 1100kgce/t 升高到 1040kgce/t 产品；以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业单位产品综合能耗 1800kgce/t 升高到 1710kgce/t 产品。在确定标准的一级指标时，从表 8 看，以调研的 5 家处理硫氧混合锑和硫化锑精矿并配置相应工序的企业能源消耗数据为基础，对这 5 家企业 2017 年~2021 年最小值的综合能源消耗进行分析，2 家可以达到 1040kgce/t 产品；以调研的 1 家处理脆硫铅锑精矿并配置相应工序的企业能源消耗数据为基础，对这家企业 2017 年~2021 年 4 年最好综合能源消耗 1592kgce/t 产品进行分析；定一级指标。

如果不考虑科技进步的话，锑原矿品位逐年下降和环保能耗两项因素的影响，锑冶炼工艺综合能耗一级指标至少要升高 10%才合理。

综合考虑科技进步和定级要求，确定锑冶炼工艺综合能耗一级指标比原标准 GB 21348-2014 限定值升高 5%。

（2）粗炼工序能耗指标确定

比原标准 GB 21348-2014 限定值升高 5%：以硫化锑为原料的冶炼企业单位产品粗炼工序能耗指标从 590kgce/t 升高到 560kgce/t 产品；以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品粗炼工序能耗指标从 800kgce/t 升高到 760kgce/t 产品；以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业单位产品粗炼工序能耗指标从 880kgce/t 升高到 836kgce/t 产品。从表 9 看，以调研的 3 家处理硫氧混合锑和硫化锑精矿并配置相应工序的企业能源消耗数据为基础，对这 3 家企

业 2017 年~2021 年最小值的综合能源消耗进行分析, 1 家可以达到 760kgce/t 产品, 确定指标 ≤ 760 公斤标准煤/吨产品。

如果不考虑科技进步的话, 锑原矿品位逐年下降和环保能耗两项因素的影响, 现有企业粗炼工序能耗一级指标至少要升高 10%才合理。

综合考虑科技进步和定级要求, 确定现有企业粗炼工序能耗一级指标升高 5%。

(3) 精炼工序能耗指标确定

与原标准 GB 21348-2014 限定值指标略有升高: 以硫化锑为原料的冶炼企业单位产品精炼工序能耗指标从 380kgce/t 升高到 370kgce/t 产品; 以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品精炼工序能耗指标从 380kgce/t 升高到 370kgce/t 产品; 以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业单位产品精炼工序能耗指标从 400kgce/t 升高到 390kgce/t 产品。从表 10 看, 采用处理硫氧混合锑精矿工艺精炼工序能耗指标 2017 年~2021 年 4 年最小值的能源消耗进行计算, 2 家可以达到 370kgce/t 产品, 确定指标 ≤ 370 kgce/t 产品。

(4) 各工序及产品能源消耗具体指标见表。

根据标准确定的指标在提供锑冶炼综合能耗指标调查数据的 8 家企业中, 有 3 家达到, 分别为企业 1、企业 2、企业 5。这 3 家企业近年来年锑产品产量占提供能源消耗 8 家企业总产量的 64%以上。有 5 家企业达不到, 2 家企业年锑产品产量占提供能源消耗 8 家企业总产量 8%, 这两家企业主要是以处理中锑物料为主要原料, 不在本标准覆盖范围内; 另 3 家企业年锑产品产量占提供能源消耗 8 家企业总产量 28%, 可通过强化熔炼及回收余热等技术改造后, 达到标准要求。

表 4.59 以硫化锑、硫氧混合锑精矿为原料的锑冶炼企业单位产品能耗一级指标

工艺、工序	综合能耗限额先进值 / (kgce/t)	
	硫化锑矿	硫氧混合锑矿
粗炼工序 (锑精矿——锑氧)	≤ 560	≤ 760
精炼工序 (锑氧——锑锭)	≤ 370	≤ 370
锑冶炼工艺 (锑精矿—锑锭)	≤ 950	≤ 1040

表 4.60 以脆硫铅锑精矿为原料的锑冶炼企业单位产品能耗一级指标

工艺、工序	综合能耗限额先进值 / (kgce/t)
粗炼、吹炼工序 (脆硫铅锑精矿—锑氧、底铅)	≤ 836
炼渣工序 (鼓风炉渣—粗锑氧、铅锑粗合金)	≤ 500
精炼工序 (底铅、锑氧——铅锭、锑锭、高铅锑锭)	≤ 390
脆硫铅锑矿冶炼工艺 (脆硫铅锑精矿—锑锭、铅锭、高铅锑锭)	≤ 1710

4.6.4 指标影响因素分析

对于锑冶炼企业单位产品能源消耗, 影响因素较多且复杂, 不可能全部在标准中区分开。

重要的影响有：生产工艺、生产规模、所处理物料的含锑品位、所处理物料的结构及比例、能源消耗种类、余热回收情况、有价金属回收、环境治理等。

生产工艺。生产工艺越先进，能源消耗越低，反之，生产工艺越落后，能源消耗越高。采用富氧鼓风炉挥发熔炼工艺，为目前世界锑冶炼行业的领先技术，能源消耗是最低的；鼓风炉挥发熔炼工艺具有热能利用率高的优点，其能源消耗总体代表锑冶炼行业的一般水平。

生产规模。生产规模较大的锑冶炼企业，其生产设备也规模化，设备效率高，能源浪费小，停开机也少，因此能源消耗相对较低。

所处理的物料含锑品位。物料含锑品位越高，所需要处理的物料越少，能耗消耗越低；反之，品位越低，需要处理的物料越多，能源消耗越高。冶炼锑精矿的企业，单位产品能源消耗低于冶炼锑中矿的企业。回收处理高品位杂锑的企业，单位产品能源消耗低于处理富渣为原料的企业。

能源消耗种类。按等热值计算，电能的利用效率高于煤和煤气的利用率，原因很简单，电能使用过程中，基本上不产出废气，带走热量少，而燃烧煤和燃烧煤气时，产出大量的烟气，烟气带走了很大一部分热量。

余热回收。由于回收和余热能源可以二次使用，也可以进行扣除，因此，能够降低能源消耗。余热回收，也是锑冶炼企业降低能源消耗的有效途径。

有价金属回收。有价金属回收，不仅可以为企业增加经济效益，也可以在能源消耗计算时，进行合理扣除；应根据各产品工艺能耗占企业生产工艺能耗量的比例，分摊给各个产品。因此，进行有价金属回收，可以降低能源消耗。

环境治理。环境治理是企业生存与发展的基本义务，也是企业的责任，环境治理是需要消耗能源，因此，环境治理越全面，越完善，消耗的能源越高。因此，标准的修订，应为环境治理留存一定的合理能耗指标。

4.6.5 水平分析

经查询，国外无相应标准。截止 2020 年全球锑冶炼产能 20 万 t/a，我国锑冶炼产能 18 万 t/a，占世界总产能的 90%；东南亚锑冶炼产能 1 万 t/a，占世界总产能的 5%；南美锑冶炼产能 0.6 万 t/a，占世界总产能的 3%；土耳其锑冶炼产能 0.5 万 t/a，占全球总产能的 2%；可以说我国锑冶炼产能和技术在世界上处主导地位。

本标准在修订过程中，广泛征集了同行业的意见，同时考虑行业实际情况，该标准客观反应了目前锑冶炼企业的能耗水平，具有适用性、指导性。

本标准为国家强制性标准，对现有锑冶炼企业的能耗有强制限定作用，对新建锑冶炼企业的能耗有强制准入作用，有效避免低水平重复建设和行业内的无序竞争，同时起到鼓励先进、淘汰落后的作用。

本标准比 GB21348—2014《锑冶炼企业单位产品能耗限额》标准降低了 5%，为国际领先水平，为行业建立节能型、环保型锑冶炼企业提供了能耗指南，具有明显的先进性和前瞻性，符合国家产业政策要求，修订后的标准达到国际领先水平。

4.6.6 标准实施带来的节能效益测算

锑冶炼综合能耗二级指标（准入值）较上一版标准提升了 5%。以现有企业生产能力及综合能耗情况，参考 2020 年度锑产品计算，预计综合能耗减少 6750 吨标准煤/年。

4.7 再生铅冶炼部分

目前,再生铅冶炼现有的冶炼工艺包括转炉、富氧侧吹熔炼炉、双侧吹熔炼炉等,冶炼工艺的使用直接影响到各企业能耗指标。我国再生铅行业,经过近二十年快速发展时期,特别国家产业政策和行业规范下,淘汰人工拆解,以及燃煤反射炉、烧结机鼓风机和坩埚炉熔炼工艺,广泛吸纳国外先进预处理技术,自主创新熔炼技术,基本形成了从废铅蓄电池等含铅废料回收再生铅三段工艺。

一是预处理工序,废旧铅酸蓄电池由振动进料器送入输送带输送至破碎机进行破碎。破碎分选出铅膏、塑料和铅屑。铅屑直接输送至熔炼。铅膏送至粗铅冶炼粗铅。塑料和隔板清洗后外售。废电池预处理工序一般 MA 或 CX 破碎分选技术,处理废铅酸蓄电池主要能源电和蒸气分别为 30-50kWh/t 和 0.3-0.4t/t。

二是火法冶炼工序,铅屑采用低温熔炼技术、回转窑生产粗铅。铅屑采用低温熔炼、回转窑综合能耗低于 30kgce/t。铅膏冶炼工序采用中国恩菲、中联、豫光、春林等设计院技术,其包含有富氧侧吹熔炼技术、富氧底吹熔炼技术、有相关实践数据表明:富氧侧吹炉综合能耗一般在 155-220kgce/t 铅,富氧底吹熔炼综合能耗一般 220-250kgce/t 铅。还有少数几家铅膏冶炼采用国外引进短窑熔炼技术,短窑综合能耗 150-180Kgce/t。

三是精炼工序,粗铅采用火法精炼成精铅或加金属元素配制为铅合金,该产品符合 GB/T469 或 GB/T 21181 标准要求。根据 2016 年再生铅行业规范以及实际调研数据,再生铅火法精炼工序综合小于 22Kgce/t。

同时,不同企业系统配置不同,除辅助分摊的差异外,主要的配套环保设施及新增环保设施存在差异。

4.7.1 适用范围说明

本部分规定了再生铅冶炼企业单位产品能源消耗限额的技术要求、统计范围和计算方法、计算范围和节能管理与措施。

本部分适用于以废铅酸蓄电池、金属态铅废料为原料的火法再生铅冶炼企业单位产品能源消耗的计算、考核以及对新建项目的能耗控制。

4.7.2 计算范围

再生铅工艺产品能耗范围应包括从整只废铅酸蓄电池开始到产出再生铅为止,包括预处理系统、熔炼、精炼系统及相关配套系统(风机、冶炼附属设备、余热回收、收尘、高温风机等消耗的各种能源量,不包含为烟气制酸等环境治理设施耗能、不包含工厂其它非铅类延伸制品生产耗能。

废铅酸蓄电池-再生铅工艺中再生粗铅工序计算单位产品能耗,应采用同一报告期内以废铅酸蓄电池为原料产出的再生粗铅产量,不包含外购铅量;

废铅酸蓄电池-再生铅工艺中再生精炼工序,应采用同一报告期内以再生粗铅为原料产出的精铅及铅合金合格产量;

金属态铅废料-再生铅工艺,应采用同一报告期内以金属态铅废料为原料产出的再生铅合格产量。

4.7.2 能耗指标的确定依据

根据中国有色金属工业协会数据,2020 年全国铅产量为 644.3 万吨,其中全国再生铅

产量 240 万吨。2021 年 7 月调研小组考察了行业内有代表性再生铅企业 14 家，规划总产能 313 万吨铅/年，按照环评验收要求生产符合大于或等于 75%负荷，被调研企业年总产能不低于 234.75 万吨，产能覆盖全国 80%以上相关企业。各企业产量数据如下表：

表 4.61 各再生铅企业产量数据表

序号	单位名称	铅产量（万吨/a）	备注
1	企业 1	15	
2	企业 2	36	
3	企业 3	55	
4	企业 4	6	
5	企业 5	35	
6	企业 6	20	
7	企业 7	21	
8	企业 8	20	
9	企业 9	20	
10	企业 10	30	
11	企业 11	20	
12	企业 12	10	
13	企业 13	10	
14	企业 14	15	
综合		313	
环评验收规定必须达产产能比例 75%		234.75	

2022 年 4 月 28 日，受原材料供应不足，部分企业未达产情况较为普遍。依据会议要求，再次统计各企业 2021 年全年实际产量及全年能源消耗数据。被调研企业 2021 年实际总产量 176.87 万吨，占全国产量 63.03%。各企业产量数据如下表：

表 4.62 被调研企业 2021 年全年实际产量数据表

序号	单位名称	实际铅产量（万吨/a）	备注
1	企业 1	10.64	
2	企业 2	5.79	
3	企业 3	11.16	
4	企业 4	34	
5	企业 5	20.98	
6	企业 6	22.90	
7	企业 7	20.4	
8	企业 8	11	
9	企业 9	40	

2021 年实际总产量	176.87	
被调研单位实际产量占全国比例	63.03%	

（备注：再次调研共收到盖章回复文件 9 份，较前 14 家被调研单位少 5 家。）

2021 年 7 月，标委会组织修订小组成员对行业内企业进行现场调研及沟通交流。各企业再生铅单位产品能源消耗如下表：

表 4.63 部分企业再生铅单位产品能源消耗表（2021 年 7 月调研）（略）

表 4.64 调研再生铅冶炼企业各区间单位产品能耗分布表

一次调研收到反馈数据企业共 计 14 家	能耗区间（kgce/t）		
	≤130	130~185	185~250
企业数量（家）	2	10	2
产能总和（万吨）	55	217	41
数量占比	14.29%	71.43%	14.29%
累计数量占比	14.29%	85.71%	100.00%
产能占比%	17.57%	69.33%	13.10%
累计产能占比%	17.57%	86.90%	100.00%

应 2022 年 4 月会议要求，2022 年 5 月，各再生铅企业再次提交单位产品能源消耗数据至标委会。各企业再生铅单位产品能源消耗如下表：

表 4.65 部分企业再生铅单位产品能源消耗表（2022 年 5 月调研）（略）

表 4.66 调研再生铅冶炼企业各区间单位产品能耗分布表（废电池-再生粗铅工艺）

调研收到反馈数据企业共计 9 家	能耗区间（kgce/t）		
	≤125	125~175	175~200
企业数量（家）	1	2	5
产量总和（万吨）	40	56.9	68.97
数量占比	11%	22%	55.6%
累计数量占比	11%	33%	88.8%
产量占比%	22.6%	32.2%	34%
累计产量占比%	22.6%	54.8%	93.7%

表 4.67 调研再生铅冶炼企业各区间单位产品能耗分布表（铅膏冶炼工序）

调研收到反馈数据企业共计 9 家	能耗区间（kgce/t）		
	≤145	145~180	180~250
企业数量（家）	1	2	5

产量总和（万吨）	40	39.79	86.08
数量占比	11%	22%	55.6%
累计数量占比	11%	33%	88.8%
产量占比%	22.6%	22.5%	35.92%
累计产量占比%	22.6%	45.1%	81%

表 4.68 调研再生铅冶炼企业各区间单位产品能耗分布表（铅屑-再生铅）

调研收到反馈数据企业共计 7 家	能耗区间（kgce/t）		
	≤12	12~13	13~15
企业数量（家）	1	2	4
产量总和（万吨）	22.9	41.38	96.16
数量占比	11%	22%	44.4%
累计数量占比	11%	33%	77.4%
产量占比%	13%	23.4%	54.3%
累计产量占比%	13%	36.4%	90.7%

表 4.69 调研再生铅冶炼企业各区间单位产品能耗分布表（火法精炼工艺）

调研收到反馈数据企业共计 8 家	能耗区间（kgce/t）		
	≤10	10~16	16~22
企业数量（家）	1	2	5
产量总和（万吨）	11.16	43.88	110.83
数量占比	11%	22%	55.6%
累计数量占比	11%	33%	88.6%
产量占比%	13%	24.8%	62.7%
累计产量占比%	13%	37.8%	93.7%

金属态铅废料-再生铅工艺，本次调研未收到单独反馈数据，采用搭配冶炼方式。

根据目前各企业现有情况，结合工信部对行业规范的相关要求，考虑行业整体能耗水平的不断提升和环保用能的增加对能耗数据的影响。本次修订的能耗数据变动计划如下：

再生铅单位产品综合能源指标分为三级，其中一级能耗值最低。再生铅单位产品能耗指标值应符合下表要求。

表 4.70 再生铅冶炼企业单位产品能耗限额变化对比分析表

能耗等级指标修订		拟定	2010 标准	拟定	2010 标准	拟定	2010 标准
工序、工艺		一级	先进值	二级	准入值	三级	限定值
废电池-再生铅	废电池-再生粗铅工艺	≤125	≤120	≤175	≤130	≤200	≤185
	废电池预处理工序（废电池-铅屑/铅膏）	≤3	≤3	≤3.5	≤3.5	≤4	≤4
	铅膏冶炼工序（铅膏-再	≤145↓	≤220	≤180↓	≤280	≤250↓	≤400

生铅)						
铅屑冶炼工序(铅屑-再生铅)	≤12↓	≤30	≤13↓	≤35	≤15↓	≤40
火法精炼工艺	≤20	-	≤22	-	≤25	-
金属态铅废料-再生铅工艺	≤15	≤15	≤18↓	≤20	≤20	≤20

注 1：该能耗等级指上文本中 2.1 能耗边界所包含的内容；

注 2：按照最新调研数据，废电池中铅屑出铅占总铅量为 20%，铅膏出铅占总铅量 80%，废电池——再生铅工艺能耗为铅屑铅、铅膏铅的加权值以及预处理工序能耗（废电池再生铅工艺能耗=铅屑冶炼工序*20%+铅膏冶炼工序*80%+预处理工序能耗）；

注 3：受益于行业发展，先进技术推广，拟定标准较 2010 年标准三级指标，铅膏冶炼降低值分别为 65、60、100kgce/t，铅屑冶炼降低值分别为 5、17、15kgce/t。

注 4：因 2016 年再生铅行业规范中涉及火法精炼工艺能耗，拟定标准增加火法精炼能耗数据。

4.7.4 指标影响因素分析

再生铅冶炼单位产品综合能耗影响因素有多方面的，有不同工艺路线、原材料差异、合规化程度、能耗管理水平等多方面因素的制约，变化较大。其中的原因主要有以下几个方面：

1、工艺路线不同

目前，再生铅冶炼现有的冶炼工艺包括转炉、富氧侧吹熔炼炉、双侧吹熔炼炉等，冶炼工艺的使用直接影响到各企业能耗指标。我国再生铅行业，经过近二十年快速发展时期，特别国家产业政策和行业规范下，淘汰人工拆解，以及燃煤反射炉、烧结机鼓风机和坩埚炉熔炼工艺，广泛吸纳国外先进预处理技术，自主创新熔炼技术，基本形成了从废铅蓄电池等含铅废料回收再生铅三段工艺。

一是预处理工序，废旧铅酸蓄电池由振动进料器送入输送带输送至破碎机进行破碎。破碎分选出铅膏、塑料和铅屑。铅屑直接输送至熔炼。铅膏送至粗铅冶炼粗铅。塑料和隔板清洗后外售。废电池预处理工序一般 MA 或 CX 破碎分选技术，处理废铅酸蓄电池主要能源电和蒸气分别为 30-50kWh/t 和 0.3-0.4t/t。

二是火法冶炼工序，铅屑采用低温熔炼技术、回转窑生产粗铅。铅屑采用低温熔炼、回转窑综合能耗低于 30kgce/t。铅膏冶炼工序采用中国恩菲、中联、豫光、春林等设计院技术，其包含有富氧侧吹熔炼技术、富氧底吹熔炼技术、有相关实践数据表明：富氧侧吹炉综合能耗一般在 155-250kgce/t 铅，富氧底吹熔炼综合能耗一般 200-250kgce/t 铅。还有少数几家铅膏冶炼采用国外引进短窑熔炼技术，短窑综合能耗 150-180Kgcce/t。

三是精炼工序，粗铅采用火法精炼成精铅或加金属元素配制为铅合金，该产品符合 GB/T469 或 GB/T 21181 标准要求。根据 2016 年再生铅行业规范以及实际调研数据，再生铅火法精炼工序综合小于 22Kgcce/t。

同时，不同企业系统配置不同，除辅助分摊的差异外，主要的配套环保设施及新增环保设施存在差异。

2、原材料的影响

目前再生铅冶炼原材料为废铅酸蓄电池及各种金属态含铅废料。不同物料冶炼过程中能

耗差异较大，不同原材料的使用比例会影响到企业能耗指标。2010 年市场报废电池主要以汽车电池为主，生产技术普遍采用重力铸造，铅板栅及铅零件用铅占比整只电池达到 46%。本标准调研期间市场回收报废电池主要以电动车电池为主，采用拉网技术，报废电池中板栅及铅零件占比不足 23%。对比 2010 年标准数据、2015 年调研数据以及本标准调研数据，受铅酸蓄电池降铅耗、板栅减薄、板栅腐蚀等因素影响，本标准调研期间统计数据，再生铅厂采用低温熔炼技术生产再生粗铅占工厂再生铅产量在 18~25%之间。

3、企业能源管理不同

不同企业能源计量、统计等基础管理水平差异较大，导致指标核算的统一性、规范性也较差。能源利用水平，特别是余热能源的利用水平不同，导致指标存在一定偏差。

4.7.5 标准实施带来的节能效益测算

综合调研数据，再生铅行业能源消耗远比原生铅企业低。受益于国家政策、行业发展、先进节能、环保技术的应用，再生铅行业于 2010——2020 年期间已淘汰人工拆解、鼓风炉、反射炉、竖炉等作业方式。同时废铅蓄电池预处理项目规模应在 10 万吨/年以上，预处理-熔炼项目再生铅规模应在 6 万吨/年以上，行业已经淘汰了大量落后产能。

据统计，再生铅产能已超过全国铅产量的 50%以上。相交于原生铅企业，再生粗铅的每吨产量的提升，按二级指标粗铅工艺可节能耗值 65 kgce/tpb，按产品铅（电解铅与精铅）可节能耗值 143kgce/tpb。

相比于 2010 年标准，得益于技术进步，行业发展，本标准铅膏冶炼、铅屑冶炼能耗均大幅度降低。然而因蓄电池行业技术发展、板栅减薄，腐蚀严重，现铅屑出铅比例大幅度降低，占比仅为 20%左右，导致单位再生铅能耗加权值有所升高。

4.8 钴冶炼部分

2015 年，我国已探明钴资源储量为 8 万吨，占全球总储量的 1.13%。目前已知的钴矿产地有 170 余处，分布于 24 个省（区），主要分布在甘肃、山东、云南、湖北、河北、青海、山西等 7 省，以甘肃省储量最多，约占全国的 30%，以上 7 省储量之和约占全国总储量的 70%，其余 30%的储量分布在新疆、四川、西藏、海南、安徽等省（自治区）。我国钴矿分布地区较广，但钴资源仍相对匮乏，具体表现为储量小、矿石品位低、贫矿多、伴生成矿多，钴资源主要依赖于进口。

在过去的 20 多年里，世界精炼钴的主要产地由欧洲转向了中国。上世纪 90 年代末，芬兰为全球最大的精炼钴生产国，2001 年芬兰精炼钴产量占到全球总产量的 21.27%，其次为俄罗斯占 12.08%和挪威占 8.71%；近年来，国内钴行业由于下游锂电池及合金行业的带动，同时还受到冶炼、深加工产能向中国集中的影响，钴产品的消费量呈快速上升的态势，中国成为钴的主要生产国，已经连续 10 余年成为第一大精炼钴供应国，根据 CDI（钴发展协会）资料显示，2015 年中国精炼钴产量 4.87 万吨，占全球总产量的 49.66%。但由于中国钴矿资源相对贫乏，钴原材料主要依赖从刚果（金）进口。

钴矿物多伴生于其他矿物之中，常以砷化物、硫化物和氧化物存在。主要钴矿有四种类型：镍钴硫化矿和氧化矿、铜钴矿、砷钴矿、含钴黄铁矿；再生资源主要是指废旧的硬质合金、废旧电池等含钴废料。钴冶炼的特点是原料品位低，提取流程长，方法多。主要的冶炼

方法有以下四种：高温熔炼富集后湿法提取钴，硫酸化焙烧后浸出提炼钴，还原焙烧氨浸法和加压浸出法。主要步骤有四部，先由钴矿石或者再生资源冶炼得到普通的化工中间产品，如氯化钴、硫酸钴等，该步骤技术含量较低，基本所有的钴行业公司均能生产；以中间产品为原料合成制备得到氧化钴、碳酸钴、草酸钴等化合物；进一步生产制备四氧化三钴材料，最终得到金属钴粉、钴酸锂等材料。

钴矿物的赋存状态复杂，矿石品位低，所以提取方法很多而且工艺复杂，回收率较低。钴矿的选矿一般是将钴矿石通过手选、重选、泡沫浮选可提取到含钴 15-25%的钴精矿。钴的冶炼一般先用火法将钴精矿、砷钴精矿、含钴硫化镍精矿、铜钴矿、钴硫精矿中的钴富集或转化为可溶性状态，然后再用湿法冶炼方法制成氯化钴溶液或硫酸钴溶液，再用化学沉淀和萃取等方法进一步使钴富集和提纯，最后得到钴化合物或金属钴。

钴矿主要是伴生矿，目前国内外产钴矿山主要有铜钴矿、镍钴矿和红土矿。目前这些矿山钴的产出形式主要有粗制氢氧化钴、碳酸钴等钴的湿法中间品、火法冶炼钴或含钴冶炼富集矿渣。

不同于铜和镍的提取以火法为主，钴的提取工艺大都采用湿法工艺，然而因矿石来源不同，各生产厂家采用的工艺流程有较大差异。国外提钴主要流程可分为：

（1）从铜—钴硫化矿中提钴

硫化矿硫酸化焙烧后和氧化矿一起进行硫酸浸出，浸出液除铁后电解提铜，电解母液除铁、铝后沉钴，钴渣重落后电解提钴。

（2）从镍铜硫化矿湿法过程的副产品中提钴

镍系统中以混合硫化物、氢氧化物或碳酸盐形式沉淀的含钴副产品，经酸浸或加压酸浸获得含钴溶液，净化除杂，电解提钴；或用于生产其他钴产品。

（3）从砷钴矿中提钴

鼓风炉熔炼→加压碱浸除砷→硫酸浸出→提钴：加压酸浸→净化→电解。

（4）从黄铁矿中提钴

硫酸化焙烧→浸出→净化除杂→氧化水解沉钴→还原熔炼→电解。

（5）从氧化矿（红土矿）中提钴

红土矿加压酸浸液硫化沉淀得到镍钴混合硫化物→氨浸→镍钴分离→硫酸钴渣高压氢还原→钴粉。

（6）从转炉渣中回收钴

电炉贫化熔炼→钴冰铜转炉吹炼→富钴硫水淬→加压氧化酸浸→除铁→溶剂萃取分离→沉钴→煅烧生产氧化钴。

根据我国钴生产的实际情况，主要生产工艺为：

（1）以镍系统钴渣为原料，采用还原溶解→除铁→沉钴→煅烧→还原熔炼→钴阳极电解精炼生产电钴的工艺；

采用还原溶解→除铁→萃取除杂→镍钴分离→草酸沉钴→煅烧生产氧化钴的工艺；

采用还原溶解→除铁→萃取→电积生产电钴的工艺。

（2）以钴硫精矿为原料，采用硫酸化焙烧→浸出→萃取→电积或氧化钴生产工艺。

(3) 以砷钴矿为原料, 采用焙烧脱砷→浸出→萃钴→草酸沉钴→煅烧生产氧化钴的工艺。

(4) 以水淬富钴钨为原料, 采用氧气加压浸出→除铁→萃取除杂→镍钴分离→草酸沉钴→煅烧生产氧化钴的工艺。

(5) 以钴土矿为原料, 采用电炉熔炼→转炉吹炼→水淬→盐酸浸出→除杂→沉钴→煅烧生产氧化钴的工艺;

采用细磨→亚硫酸钠酸浸→硫化沉淀→硫化钴氧化浸出→除铁→萃取除杂、镍钴分离→氯化钴液草酸沉淀→煅烧生产精制氧化钴的工艺。

(6) 含钴原料→破碎浆化→浸出→除铁→萃取→蒸发结晶生产氯化钴或硫酸钴晶体。

4.8.1 适用范围说明

本部分规定了钴冶炼企业产品能源消耗(以下简称能耗)限额的要求、统计范围、计算方法和节能管理与措施。

本部分适用于以硫化钴铜矿、粗碳酸钴、粗氢氧化钴、白合金、电池废料以及镍冶炼钴渣等为原料的钴冶炼企业产品能耗的计算、考核, 以及对新建项目的能耗要求。主要以钴的湿法冶炼工艺为主, 暂不包含火法冶炼等工艺。

4.8.2 能耗指标的确定依据

指标的制定主要遵循的原则为: 一是要符合国家能源方针政策; 二是要结合国内大多数钴冶炼企业现状; 三是要起到鼓励先进淘汰落后的原则, 要有 20% 高能耗的钴冶炼落后企业被淘汰, 四是要推动钴冶炼生产企业整体进步。根据这些原则, 结合钴冶炼生产企业能源消耗的调研结果, 对 1 级值、2 级值和 3 级值进行制定。

(1) 能源消耗限额 3 级值

即现有钴冶炼企业单位产品能源消耗限额三级值, 要求现有钴冶炼生产企业单位产品能耗不得高于此值, 高者或将被淘汰, 其值来源主要参考了全国现有钴冶炼企业能耗水平。根据历年来收集到的钴冶炼生产能耗数据, 以及国内主要钴冶炼企业近四年的能耗数据为基础确定的。

从各钴冶炼生产企业收集的能耗数据统计范围和计算方法都是一致的, 其中, 氯化钴工艺综合能耗统计范围包括浆化、溶解、净化、萃取和车间、厂内部直接辅助能耗分摊量, 产品产量均按氯化钴含钴量计算; 电积钴工艺综合能耗统计范围包括净化、电积和车间、厂内部直接辅助能耗分摊量, 产品产量均按电积钴量计算。钴冶炼工艺产品综合能耗包括浆化、溶解、净化、萃取、净化、电积和车间、厂内部直接辅助能耗分摊量, 产品产量按电积钴量计算。氯化钴或硫酸钴晶体工艺综合能耗包括配料、溶解、浸出、萃取、蒸发结晶、环保等消耗的各种能源量和车间、厂内部直接辅助能耗分摊量, 氯化钴或硫酸钴晶体各工序能耗均按每吨氯化钴或硫酸钴晶体含金属钴耗能量计算。

在调查的四家钴冶炼生产企业中, 在生产规模方面, 年产钴产品 4500 吨以上的企业二家, 年产钴产品 1300 吨以上的企业一家, 年产钴产品 100 吨左右的企业一家; 在生产工艺方面, 三家均采用浆化、溶解、净化、萃取、电积等主要工序生产电积钴, 即四家钴冶炼企业生产工艺基本相同。

在调查的四家四氧化三钴生产企业中, 在生产规模方面, 一家年产四氧化三钴 11000

吨以上，三家年产三氧化二钴产品 7500 吨以上；在生产工艺方面，喷雾系三氧化二钴生产工艺较硝酸系三氧化二钴生产工艺复杂，能耗较高。

因此，所调查的钴冶炼生产企业，具有合理的代表性。根据调研的生产企业近四年钴冶炼生产工艺综合能源单耗，结合国家节能减碳政策，以及要有 20%钴冶炼落后企业被淘汰的原则，经综合分析，确定将 3600kgce/t 作为现有钴冶炼企业单位产品综合能源消耗 3 级值，在调研的四家钴冶炼生产企业中，现有三家企业的单位产品综合能源消耗达到了该要求，有一家企业达不到能源消耗 3 级值，必须通过对供热系统进行节能技术改造和优化生产工艺，才有可能达到能源消耗 3 级值。因此，将现有钴冶炼生产企业钴冶炼工艺单位产品综合能耗限额 3 级值确定为 3600kgce/t 是合理的。

在三氧化二钴生产工艺上，根据所调查的生产企业近四年三氧化二钴工艺综合能源单耗，结合国家节能减碳政策，以及要有 20%三氧化二钴冶炼落后企业被淘汰的原则，经综合分析，确定将 2000 kgce/t 作为现有三氧化二钴生产企业三氧化二钴单位产品综合能源消耗 3 级值。在调研的四家三氧化二钴冶炼生产企业中，现有三家企业的单位产品综合能源消耗达到了该要求，有一家企业达不到能源消耗 3 级值，必须通过优化生产工艺，才有可能达到能源消耗 3 级值。因此，将现有三氧化二钴冶炼生产企业三氧化二钴工艺单位产品综合能耗限额 3 级值确定为 2000kgce/t 是合理的。

在氯化钴晶体生产工艺上，根据所调查的生产企业近四年氯化钴晶体工艺综合能源单耗，结合国家节能减碳政策，以及要有 20%氯化钴晶体落后企业被淘汰的原则，经综合分析，确定将 2500kgce/t 作为现有氯化钴生产企业氯化钴单位产品综合能源消耗 3 级值。

在硫酸钴晶体生产工艺上，根据所调查的生产企业近四年硫酸钴晶体工艺综合能源单耗，结合国家节能减碳政策，以及要有 20%硫酸钴晶体落后企业被淘汰的原则，经综合分析，确定将 2900kgce/t 作为现有硫酸钴生产企业硫酸钴单位产品综合能源消耗 3 级值。

（2）能源消耗限额 2 级值

新建钴冶炼生产企业单位产品能源消耗限额 2 级值，即要求新建钴冶炼生产企业单位产品能源消耗应达到行业的先进水平，总体来说，就是在现有钴冶炼生产企业单位产品能源消耗的基础上下降 1~5%。由于钴行业在十种主要有色金属生产行业中，规模偏小，且生产工艺基本定型，能源消耗下降的难度偏大，因此新建准入值的能源下降幅度取值分别为：钴冶炼工艺综合能源消耗下降 2.5%，三氧化二钴冶炼工艺能源消耗下降幅度为 5%，氯化钴或硫酸钴晶体工艺能源消耗下降幅度均为 2.5%。现有钴冶炼生产企业钴冶炼工艺单位产品综合能源消耗限额 2 级值为 3600kgce/t，下降 2.5%后为 3510kgce/t，通过适当调整后初步确定，将 3500kgce/t 作为新建钴冶炼生产企业单位产品综合能源消耗的限额 2 级值。现有三氧化二钴生产企业三氧化二钴单位产品综合能源消耗 2 级值为 2000 kgce/t，下降 5%后为 1900 kgce/t，通过适当调整后初步确定，将 1900kgce/t 作为新建三氧化二钴生产企业单位产品综合能源消耗限额 2 级值。

现有氯化钴生产企业氯化钴晶体单位产品综合能源消耗 2 级值为 2500kgce/t，下降 2.5%后为 2437kgce/t，通过适当调整后初步确定，将 2400kgce/t 作为新建氯化钴晶体生产企业单位产品综合能源消耗限额 2 级值。

现有硫酸钴晶体生产企业硫酸钴晶体单位产品综合能源消耗 2 级值为 2900kgce/t，下

降 2.5%后为 2827.5kgce/t, 通过适当调整后初步确定, 将 2800kgce/t 作为新建硫酸钴晶体生产企业单位产品综合能源消耗限额 2 级值。

(3) 能源消耗限额 1 级值

钴冶炼生产企业单位产品能源消耗限额 1 级值, 要求钴冶炼生产企业通过加强内部管理, 推进技术进步, 引进和消化新工艺、新技术、新设备和新材料, 使企业单位产品能源消耗达到行业的世界先进水平。

在调研的四家钴冶炼生产企业中, 一家钴冶炼企业钴冶炼单位产品综合能耗最低值为 3365.56kgce/t, 经与另三家钴冶炼生产企业沟通, 将 3350kgce/t 作为钴冶炼工艺单位产品综合能源消耗 1 级值。

在调研的四家四氧化三钴冶炼生产企业中, 一家四氧化三钴冶炼单位产品综合能耗最低值为 1313.18kgce/t, 经与另三家四氧化三钴冶炼生产企业沟通, 将 1300kgce/t 作为四氧化三钴冶炼工艺单位产品综合能源消耗 1 级值。

在调研的五家氯化钴晶体生产企业中, 一家氯化钴晶体单位产品综合能耗最低值为 2091.48kgce/t, 经与另四家氯化钴晶体冶炼生产企业沟通, 将 2100kgce/t 作为氯化钴晶体工艺单位产品综合能源消耗 1 级值。

在调研的四家硫酸钴晶体生产企业中, 一家硫酸钴晶体单位产品综合能耗最低值为 2722.45kgce/t, 经与另三家硫酸钴晶体冶炼生产企业沟通, 将 2700kgce/t 作为硫酸钴晶体工艺单位产品综合能源消耗 1 级值。

4.8.3 指标影响因素分析

对于钴冶炼企业单位产品能源消耗, 影响因素较多且复杂, 不可能全部在标准中区分开。主要影响因素有: 生产工艺、生产规模、处理物料含钴品位、物料成分及比例、能源消耗种类、余热回收、金属回收率以及环境治理等。

生产工艺。生产工艺越先进, 能源消耗越低, 反之, 生产工艺落后, 能源消耗高。目前国内钴的提取工艺大都采用湿法冶炼工艺, 氯化钴溶液经过浓缩、焙烧产出最终产品喷雾四氧化三钴, 焙烧产生的烟气余热可进行回收, 生产工艺先进, 能耗低。

生产规模。生产规模较大的钴冶炼生产企业, 其生产设备也规模化, 设备效率高, 自动化程度高, 能源利用效率高, 产品能耗低。

所处理的物料含钴品位。物料含钴品位越高, 所需要处理的物料越少, 能耗越低; 反之, 品位越低, 需要处理的物料越多, 能耗越高。

能源消耗各类。按等热值计算, 电能的利用效率高于蒸汽的利用率, 原因很简单, 电能属于高级能, 而蒸汽属于中级能, 电能使用过程中, 基本上不产生废气, 带走热量少, 而蒸汽在使用过程中, 凝结水带走很大一部分热量。

余热回收。由于回收的余热可以二次使用, 可以扣减余热产生的工序能耗, 因此, 充分回收四氧化三钴生产过程中的余热, 是钴冶炼生产企业降低能源消耗的有效途径。

4.8.4 标准实施带来的节能效益测算

以国内主要钴冶炼企业 2018 年实际完成的能耗指标与修订后的能耗标准进行对比:

钴冶炼企业如全部达到 3 级值, 每年将节约 23.6 吨标准煤; 如全部达到 2 级值, 每年将节约 165.7 吨标准煤; 如全部达到 1 级值, 每年将节约 307.8 吨标准煤。

四氧化三钴生产企业如全部达到 1 级值，每年将节约 1334.43 吨标准煤；如全部达到 2 级值，每年将节约 2378.53 吨标准煤；如全部达到 1 级值，每年将节约 9756.79 吨标准煤。

4.9 铋冶炼部分

据不完全统计，2018 年以前中国铋生产企业约有 50 余家，主要集中在湖南、江西、云南等省份，其中中小规模民营生产企业占据了一半以上(图 1 中为 2014 年至 2020 年期间，全球铋冶炼产量的分布情况；表 7 为主要的铋冶炼生产企业和产能情况)。

中国铋冶炼厂的主要原料分为两种，一种是铋原矿及钨、锡、铜、钼等与铋共生矿经选矿富集的铋精矿，大约占整个铋冶炼原料的 40%，近几年，该部分铋精矿量已大幅度减少；另外一种是通过火法、湿法冶炼铜、铅、锌、镍等金属过程产生的含铋物料经化学富集后形成的氧化铋原料，物料形式主要为冶炼过程中产生含铋的渣、灰等物料，这种原料来源广，含量复杂，品位高低不等，是当前中国铋冶炼厂的主要原料。

2018 年以来，中国铋市在近十年来从未有过的消极情绪下度过。供应方面，在 2018 上半年环保督查及价格低迷的影响下，中国铋锭年产总量约 14000 吨，全年月度开工率基本维持在 20%-30%之间，全年预计铋产量金属量为 14146 金属吨。其中主要产区中湖南地区产量约为 9680 金属吨，江西约为 2680 金属吨，其他地区约为 1786 金属吨。据智研咨询发布的数据，2020 年中国铋产量基本与 2018 年持平，约为 14000 吨，较 2019 年减少了 2000 吨。



图 1 2014—2020 年全球铋产量统计

表 4.88 中国铋矿主要生产企业及产能情况

铋锭年产量/吨	主要生产公司及产地
---------	-----------

1000~2000	江西稀有稀土金属钨业集团公司、江钨集团赣州有色金属冶炼有限公司、江西铜业集团（贵溪）新材料有限公司、 阳谷祥光铜业有限公司、云南铜业集团昆明云铜稀贵铋业有限公司、湖南柿竹园有色金属有限责任公司、湖南柏林铋业（集团）有限公司等
2000~3000	湖南铋业有限责任公司、郴州雄风稀贵金属股份有限公司、湖南金旺铋业有限责任公司、郴州市金贵银业股份有限公司、湖南昭山冶金化工有限公司等

传统铋冶炼生产企业在生产技术相差不大，其主要生产工艺流程大致可分为粗炼和精炼两个阶段。粗炼的方法因原料而异，以硫化铋精矿、氧化铋原料和铋的混合矿、氧化铋渣以及氯化铋等作为炼铋原料时，采用混合熔炼法，配入适量的铁屑、纯碱、萤石粉、煤粉等，在反射炉中进行混合熔炼，得到粗铋，送去精炼；以铅的火法精炼过程中产生的钙镁铋浮渣为原料的炼制方法是：先将浮渣加热，使其中所含的铅下沉取出。继续加热熔渣，熔化后，加入氯化铅或通入氯气，以除去钙和镁，得到富含铋的铅铋合金，再送精炼。精炼过程一般包括氧化除砷锑碲、加锌除银、氯化除铅锌、高温除氯四个步骤。

根据查阅资料及调研相关企业得知，当前我国的铋冶炼企业生产用原料主要有两种：硫化铋精矿和氧化铋原料（铜、铅、锌等冶炼过程中产生的渣、灰）。铋冶炼过程中主要生产原理基本一致，影响铋冶炼生产企业发展水平的主要为冶炼炉窑设备不同，根据主要生产设备的不同，基本可分为两种：

一种为传统冶炼炉窑为生产基础的冶炼技术，其中以湖南某生产企业为例：铋精矿与还原剂煤粉、置换剂铁屑、熔剂纯碱等配料混合后，进行熔炼，产出渣、冰铜与粗铋，粗铋经各种除杂工序后，制备出精铋（生产工艺流程如图 2 所示）。其生产过程中的主要特点为：生产过程复杂、难操作；污染高、不易控制；生产成本低，在当前高压环保压力下，生产企业难以生存和持续发展。该冶炼生产过程所用生产原料包含硫化铋精矿和氧化铋原料两种，其中根据调研发现，两种生产原料生产过程能耗情况各不相同，其中，以氧化铋为原料的生产过程能源消耗较以硫化铋精矿为原料的生产过程更低。

另外一种主要是以利用先进生产设备的铋冶炼生产方式，其生产设备主要为以卡尔多炉生产设备为代表的生产工艺过程，该生产工艺应用在以铜、铅、锌等冶炼企业中铋作为伴生金属的冶炼过程，所用原料全部为铜、铅、锌等冶炼过程中产生的渣、灰等。由于铜、铅、锌电解精炼后产生的阳极泥经火法处理后的熔炼渣含有大量的有价金属，特别是金、银、铅、铋等，熔炼渣还原熔炼制备出粗铅铋合金，铋含量在 20%以上，然后经火法精炼后，制备出铅铋合金阳极板，经电解精炼制备精铅得到的阳极泥（如图 3 所示）。此阶段为铋富集的过程，最终形成富含铋物料，铋金属含量在 70%左右，按照铋精矿冶炼工艺路线制备出精铋锭。该冶炼过程相对传统冶炼设备生产，具有操作过程简单；生产过程产生的烟气、废水容易收集和处理，环境污染小；能耗指标低等特点。然而，应用该种生产设备进行精铋冶炼生产的企业较少。

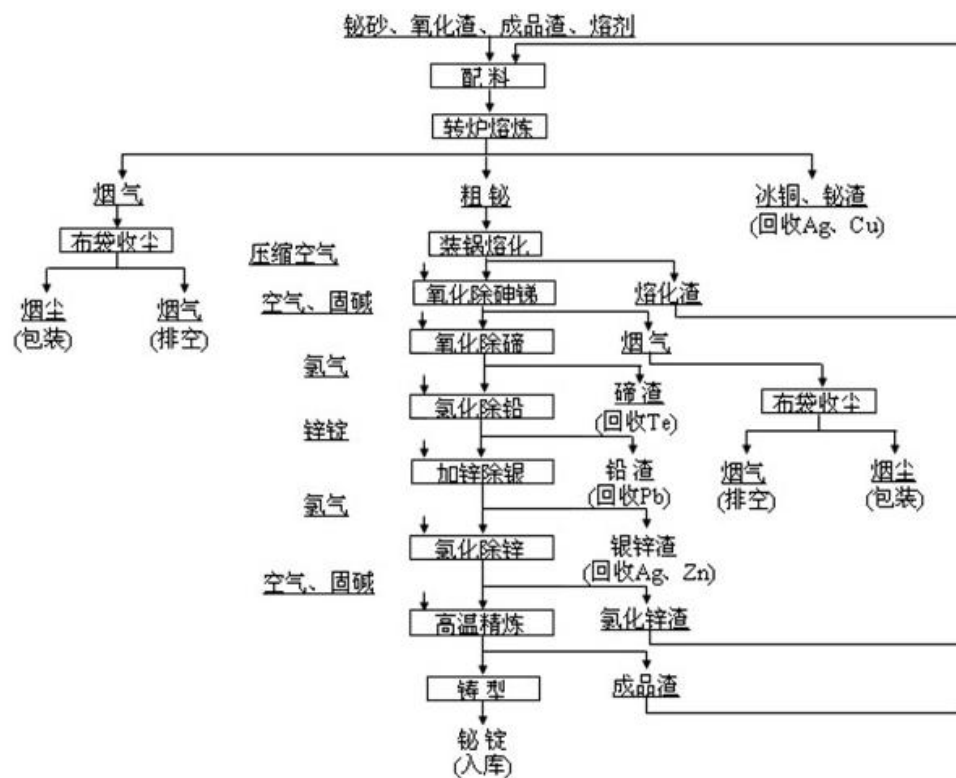


图 2 传统冶炼炉窑为生产基础的冶炼技术

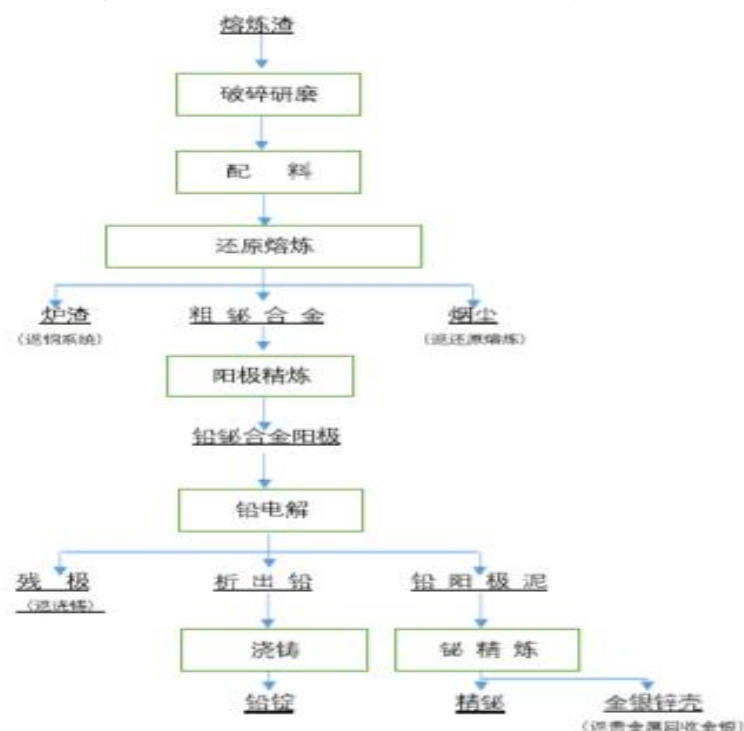


图 3 以卡尔多炉为生产基础的冶炼技术

根据对铋冶炼企业生产现状，从铋冶炼生产规模、生产设备应用及生产原料情况等方面调研综合分析，当前铋冶炼企业在铋冶炼生产过程中能耗影响的主要因素表现为原料种类的不同所导致。因此，制定该标准主要技术指标单位产品能耗限额根据原料分类为两种：硫

化铋精矿-精铋及氧化铋精矿-精铋两种类型。

4.9.1 适用范围说明

本部分适用于以硫化铋精矿和氧化铋原料为主要原料的所有铋冶炼企业，该标准为新建标准，用以所有铋冶炼企业的单位产品能耗的计算、考核，以及新建铋冶炼项目的能耗控制”。本标准明确了原料范围即为铋精矿原料，不包含其它不符合铋精矿要求的含铋物料的冶炼工艺。

4.9.2 能耗指标的确定依据

本次标准制定过程共计调研铋生产相关企业的 14 家，对于铋冶炼上游原料提供和冶炼生产方均以达到了全覆盖，调研中了解到，铋冶炼生产企业主要集中在以湖南、江西两省，受当前环保压力的影响，2018 年以来，部分生产铋锭企业处于关停、重组、整改（因此调研企业主要以企业设定产能作为参考）。据统计，调研企业中包含了为铋冶炼企业提供了全国约 70%以上氧化铋精矿生产原料的铜、铅、锌等大型冶炼企业 6 家；调研能够生产精铋的企业共计 8 家，近三年产量总合约为 10130 吨/年，按照近三年铋锭产量 14000 吨/年统计，调研企业铋锭产能占据了全国铋锭总产能的约 80%以上，近三年，每年实际生产铋锭产量也能够占据全国铋锭总产量的 72%左右，具体情况见表 8。因此，本次调查具有广泛性和代表性，所取得的数据可以作为标准制定的依据。

表 4.89 铋锭生产企业调研信息（略）

1、硫化铋精矿-精铋指标确定依据：

表 4.90 硫化铋精矿-精铋冶炼企业能耗指标情况

	能耗区间（kgce/t）			
	≤2500	2500—2800	2800—3300	>3300
企业数量（家）	1	1	2 家+部分小规模生产企业	小规模生产企业为主
产量总和（吨）	1180	620	2875	1000
数量占比%	<10	<10	企业数量多	
产量占比%	20.8	10.9	50.7	17.6
注：1. 以硫化铋精矿生产企业主要集中在湖南地区，具有一定生产规模的企业数量少但产量占比大，其余为小规模生产企业数量多，本次调研到以该种原料生产的企业共计 4 家，书面反馈能耗数据的 2 家，电话反馈的能耗数据的 2 家，未反馈的 0 家 2. 调研企业中的 1 家以硫化铋精矿为原料的铋冶炼企业在生产规模、企业引导力、技术水平具备明显优越性，单位产品综合能耗水平可达到先进水平指标为 2500 kgce/t，产量占比约为 20.8%左右；能耗指标在 2500—2800kgce/t 的生产企业数量为 1 家，产量占比约为 10.9%； 3. 以硫化铋精矿为原料生产精铋产品单位产品能耗值低于 3300kgce/t 的企业生产产量占比约 82.4%。				

2、氧化铋原料-精铋指标确定依据：

表 4.91 氧化铋原料-精铋冶炼企业能耗指标情况

	能耗区间 (kgce/t)			
	≤2100	2100—2300	2300—2800	>2800
企业数量 (家)	1	1	5 家+部分小规模生产企业	小规模生产企业为主
产量总和 (吨)	679	820	4656	1250
数量占比%	<10	<10	企业数量多	
产量占比%	9.1	11.1	62.9	16.9
注：1. 以氧化铋原料生产企业具有一定生产规模的企业数量少但产量占比大，其余为小规模生产企业数量多产量占比小，调研企业共计 7 家，书面反馈能耗数据具体值的 4 家，电话反馈的能耗数据的 3 家，未反馈的 0 家； 2. 研企业中的 1 家以硫化铋精矿为原料的铋冶炼企业在生产规模、企业引导力、技术水平具备明显优越性，单位产品综合能耗水平可达到先进水平能耗指标为 2100 kgce/t，产量占比约为 9.1%，能耗指标在 2100—2300kgce/t 的生产企业数量为 1 家，产能占比约为 11.1%； 3. 以氧化铋原料生产精铋产品，单位产品能耗值低于 2800kgce/t 的企业总产能占比约为 83.1%。				

通过相关资料查询，我国的中大型铋冶炼企业数量有限，共计十余家，该部分企业铋产能基本可以达到全国铋冶炼产能的 80%左右，小规模冶炼企业产能约占 20%。通过对调研企业和相关数据分析，小型生产规模企业生产过程基本无节能控制措施，此部分企业能源消耗数据指标远高于其它中大生产企业，而对于生产规模较大的冶炼企业，其生产设备、工艺流程和管理模式等主要方面相差不大，能耗指标相差不大。本标准在制定能源消耗指标时，采用生产设备较为先进、生产规模大及实际生产持续性长的铋冶炼企业单位产品能耗数据指标作为单位产品能源消耗一级值。

4.9.3 指标影响因素的分析及折算系数的确定

①影响因素分析

对于铋冶炼企业单位产品能源消耗，影响因素较多且复杂，不可能全部在标准中区分开。重要的影响有：生产工艺、生产规模、所处理物料的含铋品位、所处理物料的结构及比例、能源消耗种类、余热回收情况、有价金属回收、环境治理等。

生产工艺：生产工艺越先进，能源消耗越低，反之，生产工艺越落后，能源消耗越高。当前采用反射炉、回转炉等传统冶炼炉窑炼铋的企业占据整个铋冶炼企业的 80%以上，生产设备传统，无余热回收装备，环保设施设备差，能耗高；采用卡尔多炉炼铅铋，为目前世界铋冶炼行业的领先技术，能源消耗低。

生产规模：生产规模较大的铋冶炼企业，其生产设备也规模化，设备效率高，能源浪费小，停开机也少，因此能源消耗相对较低。

所处理的物料含铋品位：物料含铋品位越高，所需要处理的物料越少，能耗消耗越低；反之，品位越低，需要处理的物料越多，能源消耗越高。

生产物料种类：冶炼硫化铋精矿的生产过程能耗指标比冶炼氧化铋原料生产过程的能耗指标高。

能源消耗种类：按等热值计算，电能的利用效率高于其他能源介质的利用率，原因很简单，电能使用过程中，基本上不产出废气，带走热量少，而其他能源介质会产出大量的烟气，烟气带走了很大一部分热量。

余热回收：由于回收和余热能源可以二次使用，也可以进行扣除，因此，能够降低能源消耗，但是，铋冶炼企业大多数采用传统炉窑冶炼方式，因此余热回收这块在各个生产企业中未能得到有效利用。

有价金属回收：有价金属回收，不仅可以为企业增加经济效益，也可以在能源消耗计算时，进行合理扣除。因此，进行有价金属回收，可以降低能源消耗，在一般情况下，降低的幅度较小。

环保设施的投入：随着环境保护和质量发展的高要求，铋冶炼企业在环保设施设备方面势必加大投资，固废的无害化处理、工业废水的零排放、废气排放的控制等要求必然迫使企业进行技改和环保设施的投运，将会带来一定的能耗增加。然而，对于铋冶炼企业环保设备能耗情况调研得知，当前铋冶炼企业应用冶炼的设备多数为相对传统的冶金炉窑，原有的环保配套设备技术水平低，随着环保要求的不断加大，尤其是从2018年以来，多数铋冶炼企业进行停业整顿，正在逐步的建立和完善环保设施和设备。因此，冶炼企业综合回收部分，环保设施完善，但未在铋冶炼回收系统中单独分摊计算，而建在工业园内铋冶炼企业，环保设施采用共用的设施，能耗暂未分摊，当前统计能耗指标为工艺能耗数据，不包括铋冶炼企业生产过程中环保设备设施产生的能耗数据部分，调研企业中，现有一家提供单位产品环保能耗指标，如下表所示。

表 4.92 某铋冶炼企业环保设施及单位产品环保能耗指标

设备名称	单位	数量	单耗
铋精炼布袋收尘器	台	1	90.1kgce/t
附：高温卸料器	台	2	
铋精炼布袋收尘尾气玻璃钢离心风机	台	1	
液氯吸收塔循环泵	台	2	
附：电动机	台	2	
液氯吸收塔排污泵	台	1	
氯气尾气送风玻璃钢风机	台	1	

②折算系数确定：

应用传统生产装备进行铋冶炼生产企业，尽管影响单位产品能源消耗的因素很多，也很重要，但从总体上看，一个有相当规模的企业，全年所处理的物料变化不可能很大，也不会带来系统性的影响，因此，对各种因素的影响不进行具体折算。另外，对于以处理不属于铋

精矿的低品位的含铋物料冶炼企业，已经明确规定不适用本标准。由于氧化铋原料中铅铋含量相差较大，对于能源消耗分配系数不进行统一，各生产单位按实际产量进行分配。

4.9.4 能耗指标确定及测算情况说明

根据本次调研情况，依据本次调研数据中能耗指标值最低的 1 家企业的指标为依据，制定了 1 级值为 2500 kgce/t，其能够到达该指标的生产企业在调研企业中以硫化铋精矿为生产原料的铋冶炼产量的 20.8%左右，本企业铋锭产量占比大且能耗指标在行业内处于领先，该指标符合 1 级指标设定要求；设定 2 级值为 2800 kgce/t，其能够到达该指标的生产企业在调研企业中以硫化铋精矿为生产原料的铋冶炼产量的 31.7%左右，满足 2 级值指标设定要求；设定 3 级值为 3300 kgce/t，其能够到达该指标的生产企业在调研企业中以硫化铋精矿为生产原料的铋冶炼产量的 82.4%左右，满足 3 级值指标设定要求。

依据本次调研数据中能耗指标值最低的 1 家企业的指标为依据，制定了 1 级值为 2100 kgce/t，其能够到达该指标的生产企业在调研企业中以氧化铋原料为生产原料的铋冶炼产量的 9.1%左右，满足 1 级值指标设定要求。设定 2 级值为 2300 kgce/t，其能够到达该指标的生产企业在调研企业中以氧化铋原料为生产原料的铋冶炼产量的 20.2%左右，满足 2 级值指标设定要求；设定 3 级值为 2800 kgce/t，其能够到达该指标的生产企业在调研企业中以氧化铋原料为生产原料的铋冶炼产量的 83.1%左右，满足 3 级值指标设定要求。

由于当前铋冶炼企业受环保压力的背景下，当前对于小型冶炼企业来讲，生产处于停顿、整改或者倒闭状态，该部分企业的能耗指标相对于中大型铋冶炼企业相差较大，能耗差别大，相关数据查询得知该部分企业能够占据铋冶炼生产量的 30%左右，未来该部分企业，如果不对自身工艺、生产过程控制、生产设备等进行改造和改进，那么其不会达到标准中单位产品能源消耗限定值，将会处于首批被淘汰的铋冶炼企业。

表 4.93 铋冶炼企业单位产品综合能耗限额

工艺	1 级 kgce/t	2 级 kgce/t	3 级 kgce/t
硫化铋精矿-铋锭	≤2500	≤2800	≤3300
氧化铋原料-铋锭	≤2100	≤2300	≤2800

4.9.5 标准实施带来的节能效益测算

随着国家对环保要求的提高，清洁生产的思想也越来越多地应用到生产中去，特别是对能耗及污染较多的冶炼行业。铋的冶炼归根到底是电铅的精炼，其冶炼行业的发展历史，是一部以鼓风炉、反射炉、转炉为依托的历史。当前，在国家范围内，尚未对铋冶炼企业单位产品能耗限额有明确的规定，但是针对该行业能耗高的特点，迫切需要制定标准对技术工艺水平低的企业进行约束，提升行业技术发展水平。

本部分的制定旨在推动铋金属冶炼企业采用先进适用的高效节能技术装备，降低水、电等能源消耗，转变铋金属产业“高投入、高排放、低效率”的增长方式，推动铋金属冶炼产业节能与绿色发展，为企业带来良好的经济效益同时创造良好的社会效益和环境效益。例如国内铋冶炼企业目前只有 10%左右能够达到铋冶炼综合能耗先进值，标准实施后将会有 10%~20%的铋冶炼生产企业（小型冶炼企业）达不到能耗指标限定值，企业被淘汰；标准中对铋

冶炼企业新建准入值的设定将会促进新建铋冶炼企业打破原有铋冶炼企业发展模式,按照先进生产工艺和生产设备进行建设和生产,有效引导铋冶炼企业向节能、环保方向发展。

5 与有关的现行法律、法规、和强制性国家标准的关系

本标准的制定过程、技术指标的选定、检验项目的设置符合现行法律、法规和强制性国家标准的规定。与各行业现有的其它标准协调配套,没有冲突。

6 与国际标准化组织、其他国家或者地区有关法律法规和标准的对比分析

目前国际标准化组织、其他国家或者地区暂无相关的标准。

7 重大分歧意见的处理过程和依据

本标准整合修订过程中无重大分歧意见。

8 对强制性国家标准自发布日期至实施日期之间的过渡期的建议及理由

本文件是国家强制性标准,分步实施的建议请参考编制说明中各冶炼部分相关章节的内容。

9 与实施强制性国家标准有关的政策措施,包括实施监督管理部门以及对违反强制性国家标准的行为进行处理的有关法律、行政法规、部门规章依据等

标准实施监督管理部门为:国家发展和改革委员会、工业和信息化部、县级以上人民政府管理节能工作的部门和有关部门。

《中华人民共和国节约能源法》

第十二条县级以上人民政府管理节能工作的部门和有关部门应当在各自的职责范围内,加强对节能法律、法规和节能标准执行情况的监督检查,依法查处违法用能行为。

第十三条 国务院标准化主管部门会同国务院管理节能工作的部门和国务院有关部门制定强制性的用能产品、设备能源效率标准和生产过程中耗能高的产品的单位产品能耗限额标准。

省、自治区、直辖市制定严于强制性国家标准、行业标准的地方节能标准,由省、自治区、直辖市人民政府报经国务院批准

——第十五条规定:国家实行固定资产投资项目节能评估和审查制度。不符合强制性节能标准的项目,依法负责项目审批或者核准的机关不得批准或者核准建设;建设单位不得开工建设;已经建成的,不得投入生产、使用。

——第十六条规定:生产过程中耗能高的产品的生产单位,应当执行单位产品能耗限额标准。对超过单位产品能耗限额标准用能的生产单位,由管理节能工作的部门按照国务院规定的权限责令限期治理。

——罚则第六十八条规定:负责审批或者核准固定资产投资项目的机关违反本法规定,对不符合强制性节能标准的项目予以批准或者核准建设的,对直接负责的主管人员和其他责

任人员依法给予处分。

固定资产投资项目建设单位开工建设不符合强制性节能标准的项目或者将该项目投入生产、使用的，由管理节能工作的部门责令停止建设或者停止生产、使用，限期改造；不能改造或者逾期不改造的生产性项目，由管理节能工作的部门报请本级人民政府按照国务院规定权限责令关闭。

——罚则第七十二条规定：生产单位超过单位产品能耗限额标准用能，情节严重，经限期治理逾期不治理或者没有达到治理要求的，可以由管理节能工作的部门提出意见，报请本级人民政府按照国务院规定的权限责令停业整顿或者关闭。

《节能监察办法》（国家发展改革委[2016]第 33 号令）

第六条 节能监察机构应当开展下列工作：

（一） 监督检查被监察单位执行节能法律、法规、规章和强制性节能标准的情况，督促被监察单位依法用能、合理用能，依法处理违法违规行为；

第十一条 节能监察机构依照授权或者委托，具体实施节能监察工作。节能监察应当包括下列内容：

（四）执行强制性节能标准的情况；

第十八条 被监察单位有违反节能法律、法规、规章和强制性节能标准行为的，节能监察机构应当下达限期整改通知书。

第二十四条 被监察单位在整改期限届满后，整改未达到要求的，由节能监察机构将相关情况向社会公布，并纳入社会信用体系记录。被监察单位仍有违反节能法律、法规、规章和强制性节能标准的用能行为的，由节能监察机构将有关线索转交有处罚权的机关进行处理。

《重点用能单位节能管理办法》（国家发改委令 （2018） 15 号）

第十七条 重点用能单位应当执行单位产品能耗限额强制性国家标准和能源效率强制性国家标准。鼓励重点用能单位制定严于国家标准、行业标准、地方标准的企业节能标准。

第三十二条 重点用能单位超过单位产品能耗限额标准用能，限期治理，逾期不治理或者没有达到治理要求的，由管理节能工作的部门提请执行惩罚性电价。

10 是否需要对外通报的建议及理由

本标准只对企业在国内的生产过程和新建项目进行监管，不涉及国际贸易，不需要进行 WTO/TBT 通报。

11 废止现有有关标准的建议

本标准发布实施后，建议废止 GB 21248-2014、GB 21249-2014、GB 21250-2014、GB 21251-2014、GB 21348-2014、GB 21349-2014、GB 25323-2014、YS/T 1412-2021。

12 涉及专利的有关说明

本标准不涉及专利。

13 强制性国家标准所涉及的产品、过程或者服务目录

本标准涉及的产品包括阴极铜、锌锭、铅锭及再生铅锭、锡锭、锑锭、四氧化三钴、氯化钴、硫酸钴及铋锭等。

14 其他应当予以说明的事项

无。