

《钢铁行业清洁生产评价指标体系》

(征求意见稿)

编制说明

标准编制组

2024年5月

目 录

一、目的意义.....	1
二、任务来源.....	19
三、编制过程.....	19
四、标准制修订原则和技术路线.....	20
五、主要内容技术指标确定.....	23
六、与相关法律法规和国家标准的关系.....	30
七、实施推广建议.....	30
参 考 文 献.....	31

一、目的意义

1.1 项目背景

钢铁行业是我省的传统优势产业，钢铁产量连续十多年位居全国第二位。2023年江苏省全行业产值约1.18万亿，不仅拥有沙钢、南钢、兴澄、中天、永钢、梅钢一批大型钢铁企业，还有龙腾、德龙镍业等一大批专业化、特色化的领军企业和单打冠军。但钢铁行业污染物排放、能源消耗量大，也是我省污染防治和源头治理的重点行业。近年来，江苏钢铁行业积极响应国家“打赢蓝天保卫战”“共抓大保护、不搞大开发”“超低排放”“减煤”等要求，对标国际最高标准，加大在节能环保领域投入，推广应用了一批国际、国内先进的环保技术，目前全省钢铁行业重点钢铁企业已全部完成有组织超低排放改造，其中16家钢铁企业已全面完成超低排放改造。但企业之间清洁生产水平不一，企业对清洁生产重要性认识度也不一致。亟须通过钢铁行业清洁生产评价指标体系指导企业清洁化生产，提升钢铁行业清洁化生产水平。

清洁生产是促进源头治理、减污降碳、协同增效的重要举措，是推动我省经济社会绿色低碳转型和高质量发展的重要途径，完善的清洁生产评价指标体系有利于从生产工艺、装备、资源能源利用、污染排放控制等方面加强企业的清洁生产管理。国家发展改革委、生态环境部、工业和信息化部2018年12月29日联合发布了施行钢铁行业烧结、球团、高炉炼铁、炼钢等清洁生产评价指标体系的公告，同时宣布2008年发布的相关清洁生产标准停止实施。但超低排放改造、碳达峰碳中和发展目标对企业工艺技术、污染排放控制、能源利用等提出更高要求，现行钢铁行业清洁生产评价指标体系发布较早，对企业清洁生产发展指引作用较弱，部分指标操作性较差，不利于企业施行。因此有必要开展钢铁行业清洁生产评价指标体系研究，制定符合我省管理需求的清洁生产评价指标体系标准。

1.2 行业概况

2023年，全省粗钢、生铁、钢材累计产量分别为11859万吨、9762万吨、16194万吨，同比分别降低0.4%、增长0.9%和增长2.9%。钢铁产量连续十多年位居全国第二位。江苏省涉及“长流程”、“短流程”和“长流程+短流程”的钢

铁企业共 32 家，按区域划分为苏南地区共 18 家，苏中地区 5 家，苏北地区 12 家。企业数量从多到少依次为：无锡 5 家，连云港 4 家，苏州 4 家，徐州 3 家，常州 3 家，镇江 3 家，扬州 3 家，南京 2 家，泰州 2 家，盐城 2 家，淮安 1 家。其中涉及“长流程”的企业 14 家，涉及“短流程”的企业 9 家，涉及“长流程+短流程”的企业 9 家，长流程制钢法仍占主导地位。

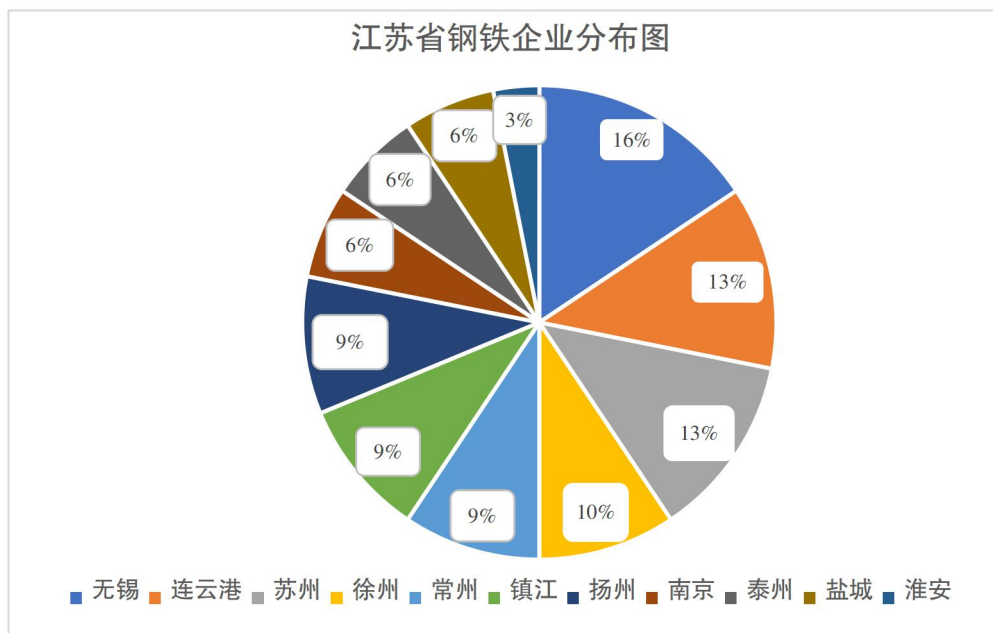


图 1-1 江苏省钢铁企业分布图

编制组对 32 家钢铁企业主要生产装备规模及工艺类型、资源能源消耗、资源综合利用、污染物排放控制等信息进行统计和梳理。根据实地踏勘调研与企业资料反馈信息统计。

工艺装备方面，全省钢铁产业设备大型化、控制自动化、产线集成化取得显著进展。截至 2020 年底，全省 1000 立方米以上的高炉占全省生铁产能的 90%，沙钢 5800 立方米高炉达到国际领先水平，中冶东方 220t 电炉装备是亚洲最大的电炉。2018 年，中国首条、世界第四条工业化超薄带生产线在沙钢建成投产并实现工业化应用。我省是全国电炉钢第一大省，全省电炉钢产量 1900 万吨左右，江苏电炉钢比 16.7%，全国电炉钢比约 10.7%。

产品结构方面，全省钢铁产业在高端特钢生产方面不断取得突破。“十三五”期间，以 2000MPa 级桥梁缆索钢、大型 LNG 船用超低温镍系钢板、高品质轴承钢、高强海工板、100 千克级高强水电钢、高速铁路弹条用钢、超超临界火电机组锅炉用特种不锈钢管、X80 抗大变形管线钢板等为代表的高端钢材实现了国产

化，为海工装备和高技术船舶、汽车及零部件、工程机械、高端装备等先进制造业发展提供了支撑。2022年，优特钢比达70%（全国平均52%），一般特钢比达到38%（全国平均17%），其中高端特钢比达20%（全国平均不到8%）。

资源能源方面，在全行业对标评比中，南钢150t转炉、2000m³高炉在“全国重点大型耗能钢铁生产设备节能降耗对标竞赛”中荣获冠军炉称号，沙钢的高炉、转炉、焦化工序能耗被国家工信部列为能效标杆指标，沙钢、永钢获工信部2022年重点用水企业水效领跑者。

污染控制方面，多家企业开展超低排放改造。**有组织方面**，企业均配套建设脱硫脱硝装置，选用了“干法”脱硫、“SCR”脱硝等成熟工艺，做到烧结“超低排、无异味、无白烟”。加快对除尘器升级改造，颗粒物排放值大幅下降。**无组织方面**，将铁矿石堆场改造为全封闭大棚，实现了“煤进仓、焦进仓、矿进棚”。将高炉出铁场进行封闭改造，做到“出铁不见铁”。将原料、烧结、焦化、高炉等皮带通廊及转运站进行封闭，除尘灰全部采用气力输送和密封罐车密闭运输，现场“运料不见料”。对厂区道路“无死角清扫”，有效减少厂区及道路扬尘。**清洁物流方面**，企业不断加大对物流车辆进行升级配置，将物流运输汽车升级为“国五”以上排放标准，对非道路式工程机械升级“国三”以上。同时细化交通运输管理，减少无效中转环节。在环保监控方面也加大投入，配备智能厂区环境管理系统。

1.3 工艺概况

钢铁行业属于资源密集型工业，其主要是大规模对各种块状金属物、非金属物以及粉状金属物进行加工生产。钢铁行业典型生产工艺包括长流程及短流程，长流程一般包括烧结（球团）、焦化、炼铁、炼钢（转炉、电炉）、连铸、轧钢等。短流程以废钢为主要原料，工艺流程为“电炉(炉外精炼)→连铸→成品连轧”。结合钢铁行业特征，采用典型的高炉炼铁长流程工艺与电炉冶炼短流程工艺分析污染物排放特征。一个该类型典型钢铁企业工艺主要包括原料系统、烧结/球团、炼铁、炼钢、轧钢及公辅等。

钢铁行业大气污染物排放具有①工艺复杂、大气污染物排放点多；②污染因子多；③污染物排放量较大；④烟气阵发性强、无组织排放较大；⑤具有回收价值等特点。

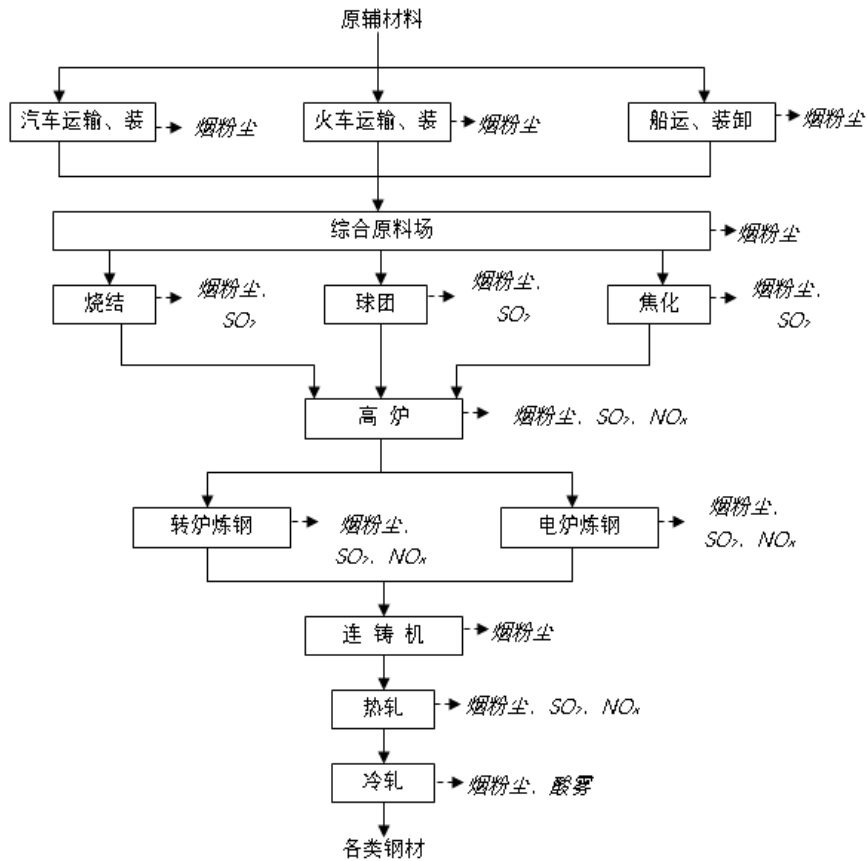


图 1-1 典型钢铁企业生产工艺流程及排污节点图

1.3.1 烧结工序

烧结是将矿粉(包括富矿粉、精矿粉以及其他含铁细粒状物料)、熔剂(石灰石、白云石等粉料)、燃料(焦粉、煤粉)按照一定比例配合后,经混匀、造粒、加温(预热)、布料、点火,借助炉料氧化(主要是燃料燃烧)产生的高温,使烧结料水分蒸发并发生一系列化学反应,产生部分液相黏结,冷却后成块,经合理破碎和筛分,最终得到烧结矿。该工序生产工艺流程图见图 1-2。烧结按其生产工艺的不同可分为抽风法和鼓风法目前普遍采用的是抽风法。烧结矿就其成品是否经过冷却,又有冷矿与热矿之分。不经过冷却和整粒的烧结矿称为热矿,冷矿则需要冷却,可以用皮带运输。

原辅材料：矿粉、石灰石、白云石、焦丁、生石灰、返矿等

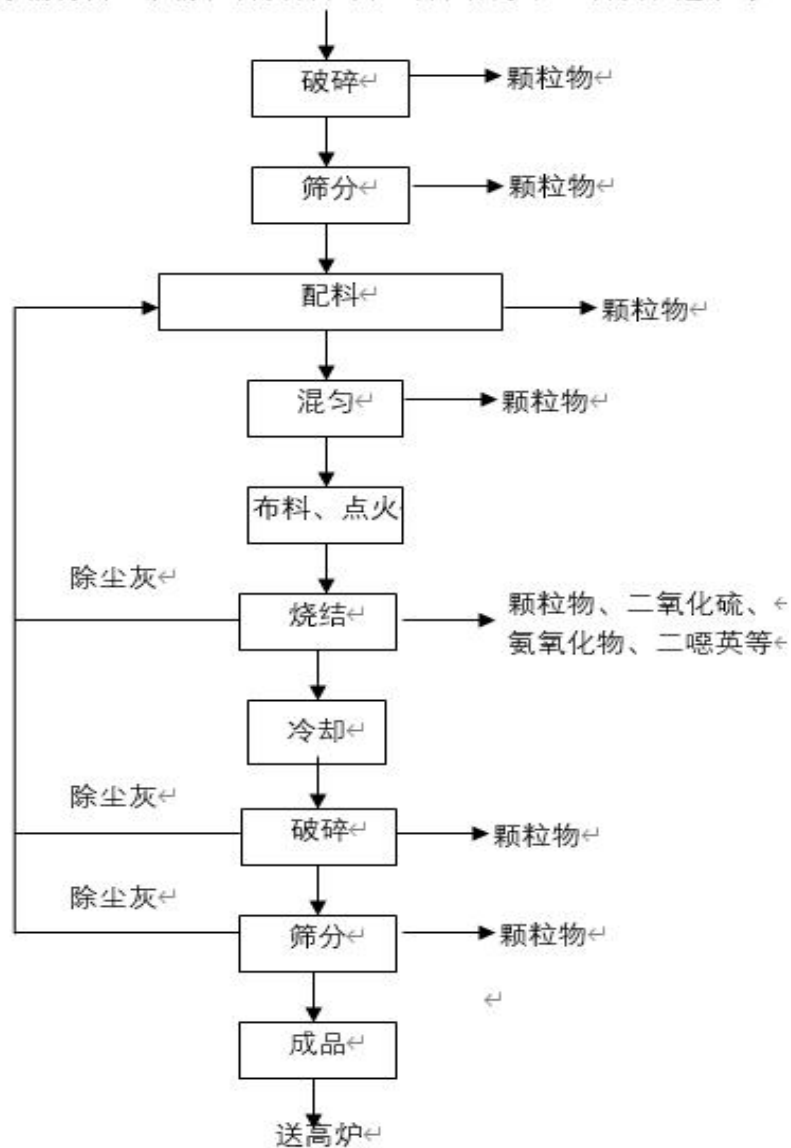


图 1-2 烧结工序工艺流程及排污节点图

1.3.2 球团工序

球团是粉矿造球的重要方法之一。球团工艺先将粉矿加适量的水分和黏结剂制成黏度均匀、具有足够强度的生球，经干燥、预热后在氧化气氛中焙烧，使生球结团，制成球团矿。这种方法适宜处理精矿细粉。球团矿具有较好的冷态强度、还原性和粒度组成。在钢铁工业中，球团矿与烧结矿一样，都是重要的高炉炉料，可一起构成较好的炉料结构。球团生产目前有竖炉法、带式球团机法和链箠机-回转窑法三大类。该工序生产工艺流程图见图 1-3。

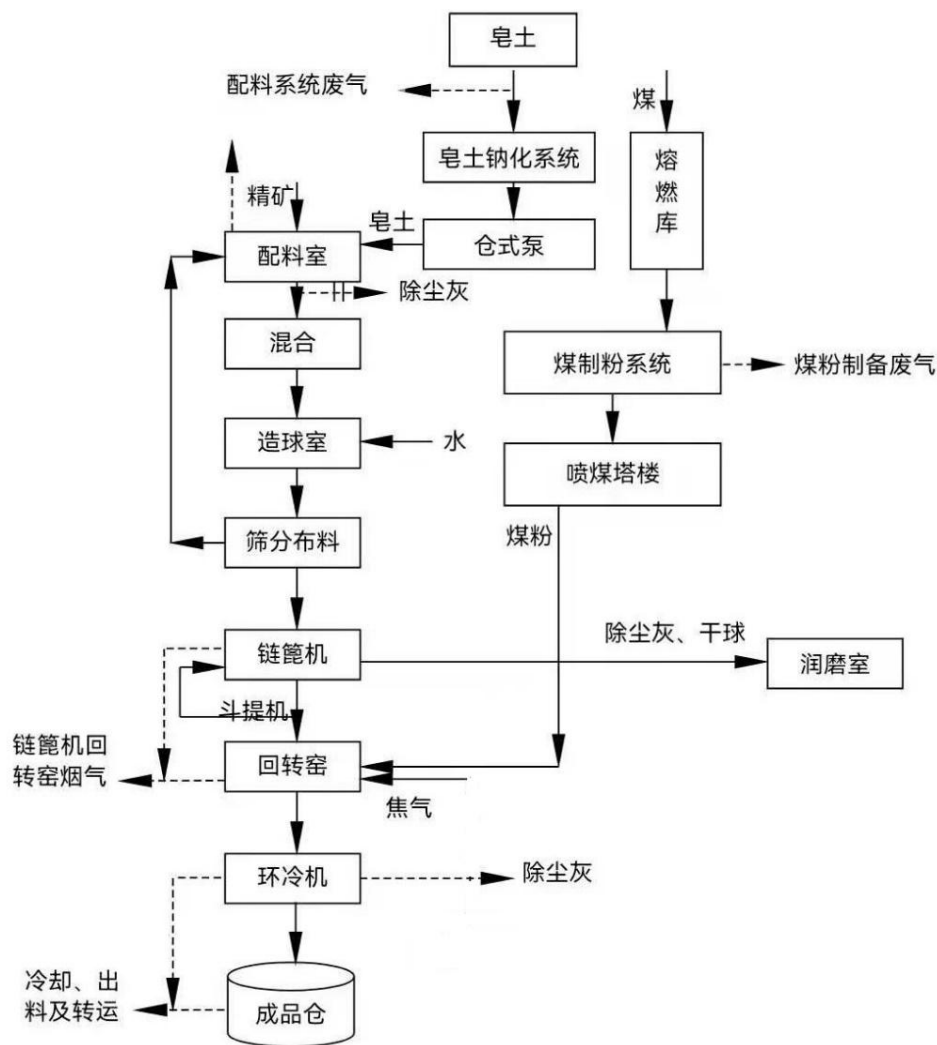


图 1-3 球团工序工艺流程及排污节点图

1.3.3 高炉炼铁工艺

高炉炼铁工艺是从高炉炉顶不断地装入铁矿石、烧结矿(球团)、焦炭、熔剂,从高炉下部的风口吹进热风,喷入煤粉。装入高炉中的铁矿石等铁素原料,主要是铁和氧的化合物。在高温下,焦炭和喷吹煤粉的碳以及碳燃烧生成的一氧化碳将铁素原料中的氧夺取出来,得到铁,这个过程叫做还原。铁矿石等原料通过还原反应炼出生铁,铁水从出铁口放出。原料中的杂质、焦炭及喷吹物中的灰分与加入炉内的石灰石等熔剂结合生成炉渣,从出铁口和出渣口分别排出。煤气从炉顶导出,经除尘后作为工业煤气用。高炉内的一切反应均发生于煤气和炉料的相向运动和相互作用之中。它包括炉料的加热、蒸发、挥发和分解,铁及其他元素的还原,炉料中非铁氧化物的熔化、造渣和生铁的脱硫,铁的渗碳及生铁的形成,炉料和煤气之间的热交换等,是一系列物理化学反应过程的总和。

1.3.4 炼钢工艺

炼钢工艺主要涉及的生产工艺包括:铁水预处理(脱硅、脱磷、脱硫)、冶炼、二次冶金(炉外精炼)、浇铸(连铸)等。任务就是根据所炼钢种的要求,把生铁中的含碳量降到规定范围,并使其他元素的含量减少或增加到规定范围,达到最终钢材所要求的金属成分。炼钢过程基本上是一个氧化过程,这些元素氧化后,有的在高温下与石灰等熔剂起反应,形成炉渣,有的变成气体逸出,留下的金属熔体就是钢水。在炼钢的最后阶段,还要在熔化中和出钢过程中,用脱氧剂进行脱氧。这样,达到一定成分和温度的钢水,用连铸机铸成钢坯,送到轧钢厂轧成各种钢材;以铸钢件为主的铸钢厂,是用钢水直接铸造成铸钢件。

转炉炼钢是利用吹入炉内的氧与铁水中的元素碳、硅、锰、磷、硫反应放出的热量来进行冶炼,可分为氧气顶吹转炉、顶底复合吹炼转炉等。该工序生产工艺流程及产排污节点示意图见图 1-4。

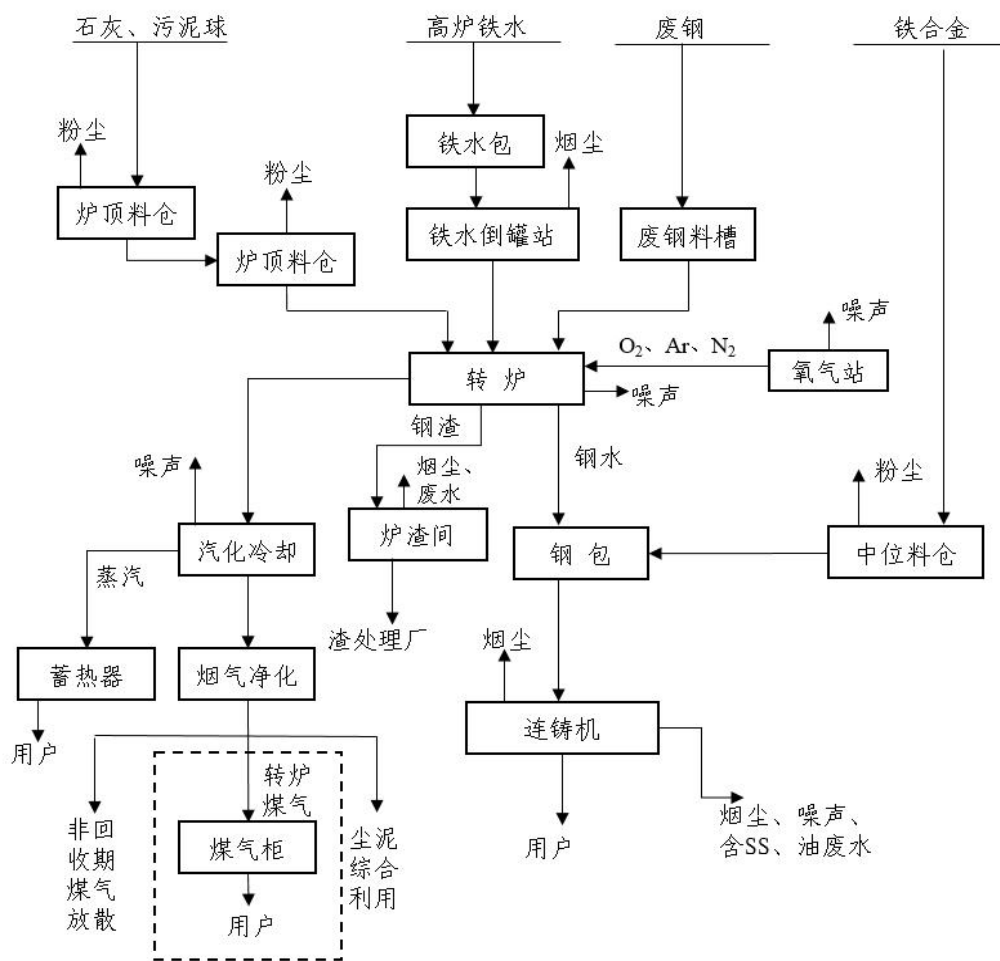


图 1-4 炼钢生产工艺流程及排污节点

1.3.5 产排污情况

钢铁行业各工序排污节点及污染物如表 1-1、表 1-2 所示。

表 1-1 钢铁行业排放典型废气污染源

主要生产工序	典型污染源及污染物
烧结（球团）	<p>(1) 原料准备系统各种原料在卸落、破碎、筛分、混和运过中产生的常温含尘废气；</p> <p>(2) 混合料在烧结或焙烧时，产生含有烟尘、S、NO、CO、CO 等的高温烟尘废气；</p> <p>(3) 烧结矿在破碎、筛分、冷却、贮存和转运过程中产生的具有一定温度的含尘废气。</p>
炼焦	(1) 备煤系统原料破碎、转运时产生的烟尘；

	<p>(2) 焦炉加热燃烧产生的废气；</p> <p>(3) 焦炉装煤时，从装煤孔、上升管及平煤孔等处逸散的烟尘；</p> <p>(4) 焦炉推焦时，从炉门、拦焦车、熄焦车及上升管等处逸散的烟尘；</p> <p>(5) 熄焦时，若采用湿法熄焦，由熄焦塔产生的含尘及挥发物的蒸汽，若采用干法熄焦，在干熄焦槽顶、排焦口及风机放散管等处产生的烟尘等；</p> <p>(6) 焦处理工段焦炭成品筛分、贮存产生焦尘。</p>
高炉炼铁	<p>(1) 矿槽、焦槽供料、上料系统及转运站、点产生的粉尘；</p> <p>(2) 高炉冶炼过程中产生大量含尘和 CO 的烟气；</p> <p>(3) 高炉出铁场作业时产生的烟和有害气体，污染物主要是烟粉尘和 CO、CO₂、SO₂、NO_x、HS 等气态有害物；</p> <p>(4) 热风炉燃烧废气；</p> <p>(5) 煤粉制备系统的储煤仓、磨煤机及煤产生的煤；</p> <p>(6) 铸铁机铁水浇注时产生的烟尘，污染物主要是粉尘、石墨炭等；</p> <p>(7) 碾泥机室在原料输送、卸料及混碾过程中产生的少量粉尘。</p>
转炉炼钢	<p>(1) 转炉在加料、出钢、吹氧和冶炼过程中产生的一次烟气、二次烟气，烟气中含烟尘、CO、氟化物等气态有害物；</p> <p>(2) 散状料上料系统产生的粉尘；</p> <p>(3) LF、VD 等精炼炉冶炼时产生烟尘；</p> <p>(4) 铁水预处理喷粉、吹氧过程中产生的烟尘。</p>
电炉炼钢	<p>(1) 电炉及精炼装置在加料、出钢、吹氧和冶炼过程中产生烟尘、CO、CO₂、少量氟化物等气态有害物；</p> <p>(2) 原、辅料上料系统产生的粉尘。</p>
连铸	<p>(1) 连铸结晶器加保护渣时产生的少量烟尘；</p> <p>(2) 中间罐倾翻及修砌产生的粉尘；</p>

	(3) 火焰清理机产生的烟气
热轧	(1) 钢锭、钢坯在加热过程中，各种燃料在加热炉内燃烧产生的大量废气，含 SO ₂ 、NO _x 和 CO ₂ ，固体颗粒物含量较低； (2) 红热钢坯在轧制过程中，产生大量氧化铁皮、铁屑以及喷水冷却时产生大量水汽
冷轧	(1) 冷轧车间在轧制时，由于冷却、润滑轧辊和轧件而产生乳化液废气； (2) 钢材在酸洗过程中，因酸槽加热，酸液蒸发而散出大量酸雾； (3) 火焰清理钢坯表面氧化铁层时产生氧化铁烟尘； (4) 成品轧件表面镀层时产生各种金属氧化物烟气

表 1-2 钢铁行业排放典型废气污染源

主要生产工序	典型污染源及污染物
烧结(球团)	(1) 湿式除尘废水、冲洗物料输送胶带废水、冲洗地坪废水等，废水中污染物成分简单主要是悬浮物。
炼焦	(1) 含有酚、氰、硫化物和有机油类的酚氰污水： 初冷却器冷凝水(剩余氨水)；煤气终冷的直接冷却水；粗加工的直接蒸汽冷凝分离水；精苯加工过程直接蒸汽冷凝分离水，焦油精制加工过程直接蒸汽冷凝分离水洗涤水；焦炉煤气管道冷凝水含酚、氰化物； (2) 接触煤、焦粉尘等物质的废水：炼焦煤储存、转运、破碎和加工过程中抑尘废水、湿法除尘废水；湿法熄焦水等。
高炉炼铁	(1) 高炉煤气洗涤水——含有大量高浓度的铁氧化物(铁矿粉及其他氧化物、石墨尘等)，并溶有一部分无机盐及少量酚、氰等有害有毒的污染物； (2) 冲废水一含有高浓度颗粒物的热废水； (3) 铸铁机废水一含有大量悬浮物； (4) 设备间接冷却水——净废水，只是温度升高而未受污染。

转炉炼钢	(1) 转炉烟气 (煤气) 湿法净化废水——废水中含悬浮物浓度高(可达 3000-20000mg/L)，其主要成分为氧化铁、氧化钙、二氧化硅等； (2) 生产设备间接冷却水——仅水温度升高，不含其他污染物。
电炉炼钢	生产设备冷却水。
连铸	连铸坯冷却、钢坯火焰清理的设一含有大量氧化铁皮和少量备冷却等所产生的。 废水润滑油脂。
热轧	钢锭或钢坯在热态轧制过程中直接冷却轧辊、轧辊轴承等设备 及主件时产生的废水——含有粒度分布很广的氧化铁皮及为数 不小的润滑油。
冷轧	(1) 冷轧酸洗过程中产生酸洗废水及含油、含乳化液的废水； (2) 冷轧板带钢的后部处理工序较复杂，如碱洗、钝化、涂层 等，由于使用各种化学物质，且不同品种的冷轧产品的成分也 有所不同，因而还产生含碱、含铬(六价)等废水。

1.4 钢铁行业清洁生产技术进步

1.4.1 工艺装备升级

我国钢铁行业装备水平及技术水平参差不齐、产业集中度低、布局不合理是制约我国钢铁行业健康可持续发展的重要原因之一，我们需要认真研究钢铁工业优化流程，从清洁生产、循环经济的角度，以淘汰落后、优化规模布局为目标，逐步建设全新流程的现代钢铁基地，从而实现钢铁行业的节能减排。

钢铁企业未来发展模式将通过合理利用资源、节约能源、清洁生产、绿色制造等过程，走上生态化转型的道路，逐步形成两种主要的、可选择的模式：即城市周边型钢企和海港工业生态（带）型钢企。与此同时，要推进钢企功能的拓展，充分发挥钢企的钢铁产品制造功能、能源转换功能和废弃物消纳——处理、再资源化功能，提升中国钢铁工业的总体水平。通过节能减排、清洁生产和实施绿色制造等途径，促进形成钢铁与发电、建材等行业的工业生态制造链，为钢铁企业

的生态化转型创造条件，融入循环经济社会。

1.4.2 资源能源节约

对现代钢铁生产企业而言，流程高效、连续、紧凑是最重要的节能措施，而且必须把着眼点放在提高能源的利用效率、实现能源的高效转换、回收能源的高效高附加值的利用 3 个重点上面；另外还必须建立和优化以能源（或能源环保）中心为核心的企业节能、CO₂ 减排管控体系。在此基础上，大力推进重点节能减排技术的推广应用和优化，才能真正实践建立钢铁产品从设计、原材料（包括铁矿、耐材、铁合金和能源）准备（开采、提纯、加工和输送）、制造、排放物无害化和资源化处理到产品的使用、再使用和回收利用全过程清洁生产的理念并贯彻实行。

钢铁企业系统节能的研究需要采用模型化的研究方法来描述能源系统内部关系，从注重单位设备、工序的节能向企业整体节能方向转变；要从经验管理节能向现代化企业管理方向转变，提高企业节能工作水平和能源利用效率；节能管理体系要从单一的能源部门纵向管理体系，向计划、生产、技术、原燃料供应、设备等部门与能源管理部门分工协作的综合能源管理体系联合进行能源管理。

1.4.3 污染控制

“十三五”期间涌现的烧结烟气循环、高炉煤气精脱硫、无组织管控治一体化协同控制、高炉均压放散煤气回收、烧结机头烟气脱硫脱硝、“一键炼钢+全自动出钢”智慧炼钢、绿色洁净电炉炼钢、热轧带钢无头轧制等清洁生产技术，从源头减量、过程控制与末端治理等全流程促进减污降碳，提升能源利用水平，为下一阶段贯彻减污降碳、提质增效的核心要求提供了有力的基础保障。相较 2015 年，2020 年颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等主要废气污染物排放强度分别下降 48%、56%、27%。

（1）源头减排技术

① 烧结烟气循环技术

烧结烟气循环技术是将烧结过程排出的一部分载热气体返回烧节点火器以后的台车上再循环使用的一种烧结方法，可回收烧结烟气的余热，提高烧结的热

利用效率，降低固体燃料消耗。烧结烟气循环技术将来自全部或选择部分风箱的烟气收集，循环返回到烧结料层，这部分废气中的有害成分将再进入烧结层中被热分解或转化，二噁英和 NO_x 会部分消除，抑制 NO_x 的生成；粉尘和 SO_x 会被烧结层捕获，减少粉尘、 SO_x 的排放量；烟气中的 CO 作为燃料使用，可降低固体燃料消耗。另外，烟气循环利用减少了烟囱处排放的烟气量，降低了终端处理的负荷，可提高烧结烟气中的 SO_2 浓度和脱硫装置的脱硫效率，减小脱硫装置的规格，降低脱硫系统投资。

（2）末端治理技术

当前钢铁企业在超低排放改造过程中，应用最广泛、技术较为成熟的烧结机头烟气联合脱硫脱硝工艺路线主要包括半干法/湿法/活性炭（焦）干法脱硫+选择性催化还原（SCR）脱硝工艺、活性炭/焦协同一体化脱硫脱硝工艺；此外，高效除尘技术也越来越多地应用在企业中，以达到更严的颗粒物排放控制要求。

①烧结机头烟气脱硫脱硝技术

（a）半干法/湿法脱硫/活性炭（焦）干法脱硫+SCR 脱硝工艺

半干法（湿法）脱硫+SCR 脱硝工艺已成功应用于钢铁行业烧结超低排放改造过程中，脱硫效率 $\geq 95\%$ ，脱硝效率 70%~85%。该组合工艺技术成熟，污染物脱除效率高，适用性强，可满足国家与地方超低排放限值要求，尤其适用于目前我国已建成烧结机头烟气脱硫提标及配套建设脱硝设施的改造项目。但主要问题是催化剂活性温度窗口需进行烟气换热，尤其是湿法脱硫。因此企业往往会首选前置脱硝，节能降成本，但忽视了机头静电除尘颗粒物浓度较高与碱金属灰的掺入，将造成 SCR 催化剂物理与化学失活，大幅降低脱硝活性，增加系统阻力。所以企业在选择此种组合工艺时一定要结合自身烟气工况条件，谨慎选择 SCR 脱硝装置前置的设计。而后置脱硝也需考虑喷氨量较大时所带来氨逃逸的二次污染问题。此外，在超低排放限值出台之前，部分企业建设的活性炭/焦脱硫脱硝设施由于脱硫剂装填量不足、设计排放水平未匹配等问题，导致出口二氧化硫与氮氧化物无法达到超低排放限值要求。因此，钢铁企业结合自身工艺路线，在原有一体化脱硫脱硝装置基础上，采用串联活性炭/焦装置或加设 SCR 来实现氮氧化物的达标排放。针对排口颗粒物超标问题，可通过调整筛板或加装除尘设施予以解决。

（b）活性炭/焦协同一体化脱硫脱硝工艺

活性炭/焦协同净化能实现一体化脱硫、脱硝、脱二噁英、脱重金属及除尘的烟气集成深度净化，解析二氧化硫制硫酸，而氮氧化物则在还原剂氨的气氛下，经由催化作用生成了无害的氮气和水，整个反应过程无废水、废渣排放，无二次污染，是适应烧结烟气脱硫和集成净化的先进环保技术。项目实施过程中需综合考虑活性炭/焦品质、系统装填量与烟气在流动床层的均布情况，设计余量符合要求可达到超低排放限值。此项工艺适合环保管理与运维水平较高、企业操作人员专业素质有保障的国有企业及绩效水平较优的民营钢铁企业，采用活性炭/焦协同净化设施应避免出现因操作不当或关键部件损坏破坏移动性引起的活性炭/焦自燃、板结等问题。

②高效除尘技术

(a) 覆膜滤料袋式除尘技术

袋式除尘的机理主要是依靠含尘气体通过滤袋纤维时产生的筛滤、碰撞、钩住、扩散、静电和重力 6 种效应进行净化，其中以“筛滤效应”为主。在滤料表面复合一层微孔薄膜的过滤称为覆膜过滤，这是一种表面过滤技术。过滤膜通常是由高分子聚合物制成的，厚度一般为 100~150 μm ，有时也可以制成更薄一些或更厚一些微孔滤膜，微孔滤膜孔径小，捕集率很高，即使对 1 μm 以下的微细粒子也有较高的捕集率，并可防止进入滤料深处，不需要形成普通滤料具有的粉尘初层，因此清灰时粉尘很容易脱落，特别是使用表面非常光滑、有憎水性的聚四氟乙烯薄膜时，清灰特别容易。这一特性为袋式除尘器在潮湿条件下工作防止因结露造成滤袋结垢而失效创造了一定的条件，同时防止滤料的堵塞和结垢，降低滤料的阻力，因而有利于降低除尘器系统运行的能耗，若配备变频风机，风机只需达到额定功率的 60%~70% 一般就可满足要求。

(b) 滤筒除尘技术

滤筒除尘技术是袋式除尘器的变种，除尘器内部以折叠滤筒代替了滤袋。折叠滤筒是通过折叠的结构，在不改变除尘器原有尺寸的前提下，将过滤面积增大为原来的 3~5 倍，大大降低了过滤风速，提高了对高比电阻微细粉尘的捕集效率。折叠滤筒采用纺粘聚酯纤维新型材料，该材料具有致密的微孔结构和坚硬的质地，不需要任何辅助支撑材料即可保持折叠形状。折叠滤筒除尘效率一般在达到 99.99% 以上，过滤风速一般在 0.6 m/min 以下，处理后粉尘排放浓度可达 10 mg/m^3 以下。与传统覆膜滤料相比，虽然设计使用寿命较长，但滤筒价格仍相对

较高。

(c) 电袋复合除尘器

静电除尘器改为电袋复合除尘器通常保留一电场或二电场部分分区,利用原有的电除尘器外壳,在顶部进行适当的改造,在拆除后续电场内的芒刺、极板、振打装置、高压硅整流装置和出口喇叭后,顶尾部增加部分壳体,采用布袋除尘器的复合结构,阳极振打器全部更换,并对原有设备的钢结构进行适当的补强,实现电除尘与覆膜布袋除尘的有机结合。电袋除尘技术充分发挥电除尘器和布袋除尘器各自的除尘优势,并且改善了进入袋区的烟尘工况条件,达到除尘效率稳定高效、滤袋阻力低使用寿命长、运行维护费用低、占地面积小等优点。粉尘在电场中充分荷电除去粗尘,也就是说除去粒径较大的,剩下荷电不充分但可在电场中被极化进入滤袋除尘,而覆膜滤袋对微细粉尘有很高的除尘效率。同时,由于荷电效应经过电场荷电后的粉尘排列有序且呈蓬松状态,滤袋形成的粉尘层阻力小,易于清灰,比常规布袋除尘器低 500 Pa 左右的运行阻力,降低除尘器的运行、维护费用。两种除尘机理结合使不同粒径粉尘达到最佳收集效果。此类除尘器改造优势在于可实现就地改造,减少施工周期和停产改造时间,适合生产节奏紧张场景下的静电除尘提标改造。

(d) 转炉一次干法静电除尘

转炉一次干法静电除尘器效率较高,能达到 99.0%,耐温高达 350 °C,阻力小,约为 200~300 Pa,处理风量范围大。但由于其适用粉尘比电阻范围为 $10^4 \sim 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$,受粉尘理化性质变化影响较大,不能适应工艺工况和负荷大的变化。而转炉煤气中烟尘比电阻变化大,且工艺工况存在波动,从而导致其除尘效率不稳定,通常稳定在 90%左右,长期保持排放浓度在 20~30 mg/m^3 。近年来成为钢铁企业转炉一次烟气除尘改造的较佳选择,当前卸爆问题也得到较好解决,较传统新 OG 湿法除尘工艺净化效率高、无耗水、系统阻力小。

(e) 塑烧板除尘技术

塑烧板除尘器以独特的波浪式塑烧板过滤芯取代了传统布袋,塑烧板表面经过深度处理,孔径细小均匀,具有疏水性,不易黏附含水量较高的粉尘,适用于处理板材精轧机组等含湿量较大的废气除尘场景。塑烧板除尘器除尘效率一般在 99%以上。

(f) 软稳高频电源技术

常规静电除尘器配套使用的工频电源，其电源工作频率为 50 Hz 工频，供给电除尘器的高压直流电含有近 30% 的纹波，由于工频电源的电压输出特性脉动波形，且控制特性采用的火花率控制，因此，电源电压不能始终工作在最佳高效值附近，即火花放电电压附近的临界电压值，从而不能使电源电压给粉尘最大程度进行荷电导致除尘效率受到影响，同时由于变压器效率低及采用火花率控制等因素，常规工频电源其自身电耗和电场能耗都较高。

软稳高频电源谐振输出频率可达 40 kHz，经整流以后可输出非常平稳的直流，而高压工频电源输出的是脉动直流，平均电压与峰值电压波动较大；同时软稳高频电源具有根据负载工况变化自动跟踪火花放电电压，从而使电源输出电压始终工作在火花放电临界电压处，此电压值是电晕放电的最高效率，从而最大程度使粉尘荷电，提高收尘效率；软稳高频电源还具有消除反电晕功能，因此在除尘器本体系统状况良好及运行工况一致的状态下，采用软稳高频电源供电比原有的高压工频电源的粉尘排放浓度可降低 30% 以上，从而达到新的排放标准要求。除能提高除尘效率外，软稳高频电源由于其变压器效率高，可达 90% 以上，而工频电源一般在 60% 左右，因此自身电耗大幅降低；软稳高频电源可消除火花放电，节省大量电场火花及电弧放电消耗的能量，还使电晕线的芒刺减少钝化，有效提高除尘器使用寿命和放电频率，除尘系统电耗将大幅降低约 40%~50%。

(g) 临界微脉冲电源

临界微脉冲电源是混合供电模式，即在直流（工频或高频高压）供电的基础上叠加脉冲电压。由于脉冲电压上升沿为纳秒级且脉冲持续时间极短，不易触发电场闪烁。脉冲电压幅值高，可一定程度上提高平均场强，并产生“微火花”以增加空间电荷；间歇脉冲供电技术降低电流，可以克服高比电阻粉尘引起的反电晕。该技术突破了现有工频（单相、三相）、高频及脉冲电源的增效节能的瓶颈。不采用“火花监测”方式控制，系统根据电除尘内部工况变化自动调节动态适应，将输出电压始终控制在瞬时工况下的火花始发点以下临界处，实现了连续场强最高化，同时采用临界区微脉冲（脉动）荷电方式，使电场一直处于“二次电子崩”和“流注初期”的最佳荷电状态。高有效电压、低电流微脉冲（脉动）供电，有效地抑制了反电晕，降低了粉尘层对极板的吸引力，容易振打脱落，拓宽了捕集粉尘比电阻的范围，大幅度提高了除尘效率。由于采用高频技术使其功率因数高，同时避免了火花放电所造成的能耗，实现了更大幅度的节能。由于其避免了火花

放电产生的电腐蚀，使本体性能长期高效稳定运行。

(h) 湿式静电除尘技术

湿式静电除尘工艺具有除尘效率高、克服高比电阻产生的反电晕现象、无运动部件、无二次扬尘、运行稳定、压力损失小、操作简单、能耗低、维护费用低、生产停工短、可工作于烟气露点温度以下、由于结构紧凑而可与其他烟气治理设备相互结合、设计形式多样化等优点。同时，其采用液体冲刷集尘极表面来进行清灰，可有效收集细颗粒物（一次 $PM_{2.5}$ ）、 SO_3 气溶胶、重金属（Hg、As、Se、Pb、Cr）、有机污染物（多环芳烃、二噁英）等，协同治理能力强。使用湿式静电除尘器后，颗粒物排放可达 10 mg/m^3 ，且具备达到 5 mg/m^3 以下的能力。在烧结机头烟气湿法脱硫之后使用，还可解决湿法脱硫带来的石膏雨、蓝烟、酸雾问题，缓解下游烟道、烟囱的腐蚀，节约防腐成本。

(i) 高效湿式除尘技术

高效湿式除尘技术是将含湿量较大粉尘气体经过管道输送至高效喷淋除尘系统中，与经过喷淋处理后的小液滴进行充分混合碰撞吸附后，形成小颗粒聚合物，小颗粒聚合物再碰撞后变成大颗粒聚合物，借助重力及精细水浴双重作用，滴落至蓄水池，含尘污水通过沉淀后污泥泵输送至沉淀池，同时通过对蓄水池进行新水补充，定期清除淤泥，外排废水回用，保持水质指标满足循环要求，从而实现净化后外排烟气中颗粒物浓度达到 10 mg/m^3 以内。

1.4 制定标准的必要性

钢铁行业颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放量分别占全省工业总排放量的 37%、30%、27% 左右，碳排放量约占全省工业领域碳排放量的 20%，是我省的高耗能、高排放行业，也是我省新一轮清洁生产审核、绿色低碳改造、减污降碳重点行业，有必要通过清洁生产评价指标，引导技术创新，增加技术供给。当前国家与江苏省均未发布钢铁行业清洁生产评价指标体系标准，国家发展改革委、生态环境部、工业和信息化部 2018 年联合发布的钢铁行业烧结、球团、高炉炼铁、炼钢等清洁生产评价指标体系发布时间早、部分指标实施难度较大、污染物排放管控等指标落后于超低排放管控要求。为加强对钢铁企业清洁生产发展的指导，指引企业系统、规范、科学评估清洁生产发展水平，有待制定符合江苏省清洁生产、源头治理需要的钢铁行业清洁生产评价指标体系标准，为我省清洁生产

审核、改造、评估提供标准化依据和技术支撑。

1.5 制定标准的可行性

本标准的技术指标借鉴参照国家相关文件，主要包括钢铁行业（烧结、球团）清洁生产评价指标体系、钢铁行业（高炉炼铁）清洁生产评价指标体系、钢铁行业（炼钢）清洁生产评价指标体系等，并根据《关于深入推进重点行业清洁生产审核工作的通知》（环办科财〔2020〕27号）、《江苏省清洁生产审核工作实施方案（2022—2023年）》以及超低排放管控等最新政策要求进行优化和完善。各项指标的计算、权重赋值和综合评价均简便易行，计算方法成熟，具有较强的可操作性，且与江苏清洁生产管控要求契合度高。

标准起草单位前期已对清洁生产评价指标进行评估，分析清洁生产评价指标的先进性、适用性。并开展重点行业清洁生产调研，赴苏州、无锡、南京、宿迁、南通等地实地调研，了解企业清洁生产实施情况以及现行清洁生产评价水平，召开行业协会及标杆企业清洁生产专题座谈会，总结地方实践经验和政策需求，积累了丰富的工作经验，对行业现状有深刻了解。

牵头起草单位江苏省环境科学研究院，成立于1985年，性质为全额拨款事业单位，2017年12月省编办批复为公益二类事业单位，隶属江苏省生态环境厅，承担江苏省生态环境管理标准化技术委员会秘书处工作。经过30多年的发展，现已发展成为集环境科研、管理支撑、工程设计、技术咨询于一体的综合性环境科研机构，各项指标在省级同行中名列前茅，被环保部列为重点关注和支持的省级环境科研院所。近年来，江苏省环境科学研究院强化清洁生产研究与生态环境标准化研究，编制地方标准20余项，2021、2022年在省标准化工作中被评委优秀。研究团队工作基础扎实、技术实力强、有一定标准化研究经费支持。

1.6 经济技术及效益分析

本标准的制定和实施有助于为企业提供更科学合理的清洁生产实施路径，指导企业开展清洁生产绿色化改造，减少不必要的经济成本投入；有助于提升企业工艺技术及管理水平，增强企业市场竞争力，指引企业高质量发展；有利于从生产工艺、装备、资源能源利用、污染排放控制、能源消耗等方面加强企业的清洁生

产管理水平，减少污染物排放、降低能耗水平；有利于促进江苏省钢铁行业清洁生产评价工作的规范化、科学化运行，为生态环境主管部门提供精准的技术与管理支撑。

二、任务来源

2022年4月，省生态环境厅、省发展和改革委员会联合发布《江苏省清洁生产审核工作实施方案（2022-2023年）》（苏环办〔2022〕130号）（以下简称《方案》），提出完善清洁生产相关评价指标，编制钢铁等重点行业清洁生产技术规范。

2023年8月江苏省市场监督管理局《关于下达2023年度江苏省地方标准项目计划的通知》（苏市监标〔2023〕173号），标准正式立项，立项名称为《钢铁行业清洁生产评价指标体系》。

本标准制订任务承担单位为：江苏省环境科学研究院、江苏省冶金行业协会、江苏省金属学会。

三、编制过程

（1）成立编制组

2023年8月标准正式立项后，江苏省环境科学研究院、江苏省冶金行业协会、江苏省金属学会成立钢铁行业清洁生产评价指标体系编制组，按照省生态环境厅要求制定具体月度工作计划安排。

（2）资料收集和典型企业调研

2023年9-11月，编制组开展资料收集工作，梳理国家、我省钢铁行业清洁生产相关标准政策、工艺和技术，与行业专家共同开展全省钢铁行业现状摸底，调研永钢、沙钢、南钢等典型钢铁企业，对企业工艺设备、资源能源利用、污染防治水平、管理体系等方面进行分析和评估。

（3）召开行业座谈会

邀请国内行业专家和32家钢铁企业召开行业座谈会，研讨钢铁行业绿色低碳政策、标准和前沿技术。

（4）编制征求意见稿

充分结合江苏省钢铁企业实际情况，参考《钢铁（烧结、球团）行业清洁生

产评价指标体系》《钢铁（高炉炼铁）行业清洁生产评价指标体系》《钢铁（炼钢）行业清洁生产评价指标体系》等标准中的有关内容，组织编制《钢铁行业清洁生产评价指标体系》征求意见稿，主要内容包括前言、适用范围、规范性引用文件、术语和定义、评价指标体系、评价方法、计算方法与数据来源等。

（5）召开征求意见稿技术审查会

2024年3月，江苏省生态环境厅组织专家在南京召开了《钢铁行业清洁生产评价指标体系》（征求意见稿）技术审查会。根据征求意见稿技术审查会上各专家、江苏省生态环境厅相关业务处室提出的意见和建议，编制组进行补充调研，对标准文本和编制说明进行修改完善，形成公开征求意见稿。

四、标准制修订原则和技术路线

4.1 标准制修订原则

本指标体系要符合产品生命周期分析理论的要求，充分体现全过程污染预防思想，以帮助钢铁企业进行问题排查，生产工艺中清洁生产潜力与机会判断，审核方案的确定等工作，最终实现清洁生产。其具体原则体现在如下几个方面：

（1）符合清洁生产标准编制要求的原则。清洁生产标准按照国家现行通用的清洁生产指标，按照清洁生产标准的“九类”指标要求(生产工艺装备及技术指标、能源消耗指标、水资源消耗指标、原/辅料消耗指标、资源综合利用指标、污染物产生与排放指标、温室气体排放指标、产品特征指标及清洁生产管理指标)，综合考虑钢铁产品生产实际，指标采用定性、定量相结合的方式。

（2）符合清洁生产的思路，体现生产全过程以预防为主的原则。符合产品生命周期分析理论的要求，充分体现全过程污染预防思想，并覆盖从原材料的选取到生产过程和产品的处理处置的各个环节。

（3）考虑清洁生产水平，因地制宜，分阶段实施原则。根据生产特点特别是生产设备和原材料来源不同，技术经济指标不同。考虑到要调动大多数企业的积极性，以及今后进行清洁生产企业的绩效评定和公告制度的需要制定清洁生产标准，并确定了相应的清洁生产分级。

（4）符合产业政策、资源综合利用以及节能减排趋势的要求的原则。根据生产特点，特别是资源综合利用工艺不同，技术经济指标不同，各个企业的指标

均相差较大。因此，考虑到大多数钢铁生产企业的积极性，以及今后进行清洁生产企业的绩效评定和企业清洁生产绩效公告制度的需要。

(5) 与现行管理制度相结合的原则。充分考虑钢铁产品生产工艺特点，与国内现行环境管理制度(环境影响评价、限期治理、排污许可证)相结合，以环境保护为重点，作为污染预防战略的技术支持。

4.2 研究思路

①资料收集法

收集梳理国家、我省钢铁行业清洁生产相关标准政策、工艺和技术，作为编制本指标体系的支撑性资料。

②指标体系框架法

针对钢铁行业烧结、球团、高炉炼铁、炼钢生产工序特点，根据《清洁生产评价指标体系编制通则（GB/T 43329-2023）》《钢铁（烧结、球团）行业清洁生产评价指标体系》《钢铁（高炉炼铁）行业清洁生产评价指标体系》《钢铁（炼钢）行业清洁生产评价指标体系》等要求，确定了本指标体系框架。

③指标值确定法

本指标体系定量指标基准值的确定，主要是参照国家《钢铁产业发展政策》《产业结构调整指导目录》、现行的钢铁行业清洁生产标准、《钢铁企业超低排放改造技术指南》《钢铁企业超低排放改造技术指南》《粗钢生产主要工序单位产品能源消耗限额》、钢铁工业统计年鉴等文献资料。

本指标体系定性指标内容的确定，主要是参照国家《产业结构调整指导目录》《钢铁行业清洁生产评价指标体系》(2014年版)、《国家重点节能低碳技术推广目录》、钢铁行业清洁生产技术导向目录、钢铁行业(烧结、球团)清洁生产标准定性指标、国家对钢铁企业清洁生产审核管理要求等资料。

④专家评审法

组织行业专家、清洁生产专家对指标体系草案、征求意见稿进行内审，提出修改完善意见。由省生态环境厅、省市场监督管理局组织由政府主管部门、行业协会、企业组成的专家评审组对指标体系文本内容进行审核，编制小组根据评审会议专家组提出的修改意见进行修改完善。

4.3 技术路线

本指标体系按以下编制技术路线组织编写工作，有关编制技术路线内容详见下图。

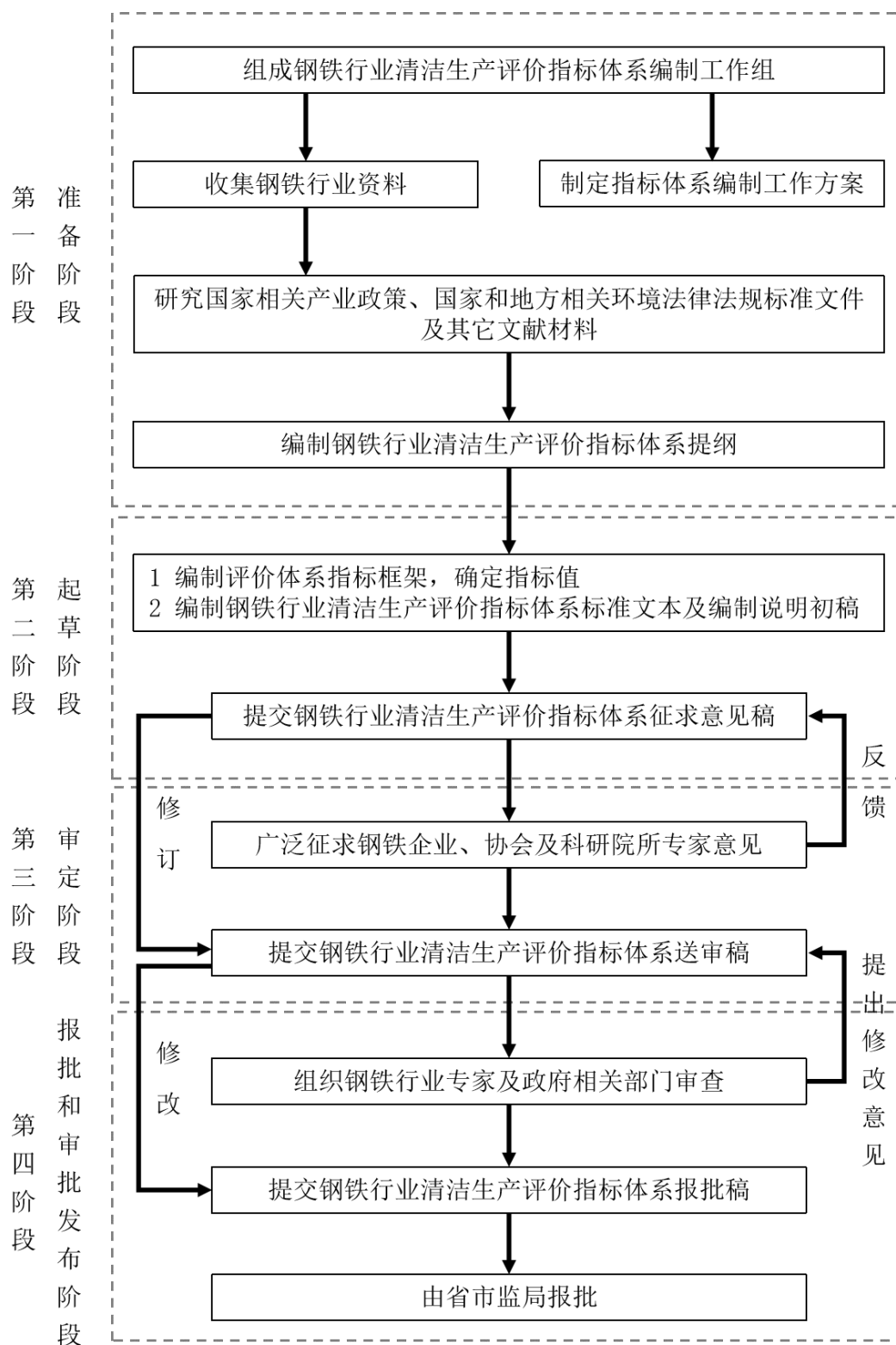


图 4-1 钢铁行业清洁生产评价指标体系编制技术路线图

五、 主要内容技术指标确定

简述标准主要内容技术指标确定的依据,包括实地调研查阅资料、试验论证等。

5.1 指标的选取

本指标体系评价指标体系框架的确立,主要依据《清洁生产评价指标体系编制通则》(GB/T 43329-2023)等文件,根据行业特点编制评价指标体系,做到科学、合理并具备可操作性,指标体系应与国家相关法律法规和政策保持一致,政策包括但不限于以下内容:

- 产业政策;
- 资源与能源的开发利用与节约政策;
- 有关技术装备的示范推广、改造应用、限制淘汰等政策;
- 生态环境保护政策;
- 资源综合利用政策;
- 碳达峰碳中和相关政策。

同时,吸收采纳了已颁布或已编制完成而未颁布清洁生产标准的研究成果,结合国家发展改革委、生态环境部、工业和信息化部 2018 年联合发布的钢铁行业烧结、球团、高炉炼铁、炼钢等清洁生产评价指标体系等文件,并结合江苏省钢铁行业产业现状和生产特点,予以确定。

5.2 指标权重值的确定

5.2.1 一级指标权重值的确定

一级指标包括:生产工艺装备及技术指标、能源消耗指标、水资源消耗指标、原/辅料消耗指标、资源综合利用指标、污染物产生与排放指标、温室气体排放指标、产品特征指标及清洁生产管理指标九类指标,根据这九类指标再对钢铁行业烧结、球团、高炉、炼钢工序清洁生产水平评价中所起的作用和影响程度大小,确定指标权重值如下。

1、烧结工序

生产工艺装备及技术指标权重值确定为 0.2，能源消耗指标权重值确定为 0.12，水资源消耗指标权重值确定为 0.08，原/辅料消耗指标权重值确定为 0.05，资源综合利用指标权重值确定为 0.1，污染物产生与排放指标权重值确定为 0.2，温室气体排放指标权重值确定为 0.1，产品特征指标权重值确定为 0.05，清洁生产管理指标权重值确定为 0.1。

2、球团工序

生产工艺装备及技术指标权重值确定为 0.2，能源消耗指标权重值确定为 0.12，水资源消耗指标权重值确定为 0.08，原/辅料消耗指标权重值确定为 0.05，资源综合利用指标权重值确定为 0.1，污染物产生与排放指标权重值确定为 0.2，温室气体排放指标权重值确定为 0.1，产品特征指标权重值确定为 0.05，清洁生产管理指标权重值确定为 0.1。

3、高炉炼铁工序

生产工艺装备及技术指标权重值确定为 0.25，能源消耗指标权重值确定为 0.12，水资源消耗指标权重值确定为 0.1，原/辅料消耗指标权重值确定为 0.08，资源综合利用指标权重值确定为 0.1，污染物产生与排放指标权重值确定为 0.15，温室气体排放指标权重值确定为 0.1，清洁生产管理指标权重值确定为 0.1。

4、转炉炼钢工序

生产工艺装备及技术指标权重值确定为 0.22，能源消耗指标权重值确定为 0.15，水资源消耗指标权重值确定为 0.08，原/辅料消耗指标权重值确定为 0.05，资源综合利用指标权重值确定为 0.1，污染物产生与排放指标权重值确定为 0.15，温室气体排放指标权重值确定为 0.1，产品特征指标权重值确定为 0.05，清洁生产管理指标权重值确定为 0.1。

5、电炉炼钢工序

生产工艺装备及技术指标权重值确定为 0.22，能源消耗指标权重值确定为 0.15，水资源消耗指标权重值确定为 0.08，原/辅料消耗指标权重值确定为 0.05，资源综合利用指标权重值确定为 0.1，污染物产生与排放指标权重值确定为 0.15，温室气体排放指标权重值确定为 0.1，产品特征指标权重值确定为 0.05，清洁生产管理指标权重值确定为 0.1。

5.2.2 二级指标分权重值的确定

对于隶属于一级指标的二级指标分权重值的确定，主要根据各二级指标在企业钢铁生产过程中对清洁生产的贡献多少，影响程度大小而定，二级指标权重值越大的指标说明其对清洁生产贡献越大、影响程度越大。各二级指标权重值的赋值情况见指标体系文本。

5.3 二级限定性指标的确定

根据《清洁生产评价指标体系编制通则》（GB/T 43329-2023）的规定，结合钢铁企业生产特点，紧扣绿色发展、节能减排、低碳关键、重点问题，从二级指标中选取有代表性的指标作为限定性指标。确定限定性指标如下。

1、烧结工序

确定烧结工序清洁生产评价指标体系中限定性指标为工序能耗、吨产品新水消耗、颗粒物排放量、二氧化硫排放量、氮氧化物（以二氧化氮计）排放量、产业政策符合性、达标排放、总量控制、突发环境事件预防 9 项指标。

2、球团工序

确定球团工序清洁生产评价指标体系中限定性指标为工序能耗、吨产品新水消耗、颗粒物排放量、二氧化硫排放量、氮氧化物（以二氧化氮计）排放量、产业政策符合性、达标排放、总量控制、突发环境事件预防 9 项指标。

3、高炉炼铁工序

确定高炉炼铁工序清洁生产评价指标体系中限定性指标为工序能耗、吨产品新水消耗、颗粒物排放量、二氧化硫排放量、氮氧化物（以二氧化氮计）排放量、产业政策符合性、达标排放、总量控制、突发环境事件预防 9 项指标。

4、转炉炼钢工序

确定转炉炼钢工序清洁生产评价指标体系中限定性指标为工序能耗、吨产品新水消耗、颗粒物排放量、产业政策符合性、达标排放、总量控制、突发环境事件预防 7 项指标。

5、电炉炼钢工序

确定电炉炼钢工序清洁生产评价指标体系中限定性指标为工序能耗、吨产品新水消耗、颗粒物排放量、产业政策符合性、达标排放、总量控制、突发环境事

件预防 7 项指标。

5.4 二级指标基准值的确定

指标基准值的选取，既要考虑政策要求，也要考虑当前的行业实际情况。因此在选取考核基准值时，基于国家发展改革委、生态环境部、工业和信息化部 2018 年联合发布的钢铁行业烧结、球团、高炉炼铁、炼钢等清洁生产评价指标体系，在符合国家现行产业发展、环境保护政策和行业发展规划要求的前提下，充分考虑江苏省钢铁行业的现有水平，对江苏省代表企业生产现状进行调研，将对部分指标基准值进行修订。确定 I 级基准值时，参考国际清洁生产指标领先水平，以当前省内 5%的企业达到该基准值要求为取值原则；确定 II 级基准值时，应以当前省内 20%的企业达到该基准值要求为取值原则；确定 III 级基准值时，以当前省内 50%的企业达到该基准值要求，以及以国家原有指标体系，最新排放标准，最新能源标准省定基准值为取值原则。以下对指标调整情况进行具体说明。

(1) 烧结工序

生产工艺装备及技术指标项：装备配置指标结合《产业结构调整指导目录（2024 本）》和江苏省企业调查情况，将 I 级基准值 360m² 及以上烧结机配置率调整至≥75%；厚料层技术指标根据《极致能效清单》以及江苏省企业调查情况，部分企业应用厚料层达到 900mm 及以上，因此 I 级基准值调整至≥900mm，II 级基准值调整为≥800mm，III 级基准值调整为≥700mm；余热回收利用装备（回收量以蒸汽计）根据江苏省钢铁企业调查情况，5%以上企业可达到余热回收量达到 10kgce/t，因此 I 级基准值调整为余热回收量≥10kgce/t；烟气综合净化技术和除尘设施指标结合《钢铁企业超低排放评估监测技术指南》要求对三级基准值进行相应调整；根据《关于促进钢铁工业高质量发展的指导意见》（工信部联原〔2022〕6 号）要求开展钢铁行业智能制造行动计划，新增数智化生产指标，鼓励钢铁企业实现数字化、网络化、智能化。工序能耗指标参考《钢铁行业(烧结、球团)清洁生产评价指标体系》《粗钢生产主要工序单位产品能源消耗限额标准》予以确定

能源消耗指标项：工序能耗和电力消耗结合《钢铁行业(烧结、球团)清洁生产评价指标体系》和《粗钢生产主要工序单位产品能源消耗限额标准》对基准值

进行相应调整，能耗核算边界根据国家能效相关要求调整，电耗核算边界与能耗核算边界保持一致；

水资源消耗指标项：吨产品新水消耗指标根据《江苏省林牧渔业、工业、服务业和生活用水定额(2019年修订)》确定指标基准值。

资源综合利用指标项：脱硫副产物利用率、水重复利用率、粉尘综合利用率结合江苏省 2022 年钢铁企业实际资源综合利用水平予以确定，具体调整情况见标准。

污染物产生与排放指标项：颗粒物排放量、二氧化硫排放量、氮氧化物（以二氧化氮计）排放量指标，根据 2022 年钢铁企业统计数据按照从优到劣排序分别取 5%、20%、50%排序位置数值，结合《钢铁行业(烧结、球团)清洁生产评价指标体系》确定基准值，具体调整情况见标准。

温室气体排放指标项：根据《清洁生产评价指标体系编制通则（GB/T 43329-2023）》，新增二氧化碳排放指标，根据 2022 年钢铁企业统计数据按照从优到劣排序分别取 5%、20%、50%排序位置数值确定基准值，具体调整情况见标准。

产品特征指标项：产品合格率指标结合江苏省 2022 年企业烧结工序实际产品特征水平予以确定，具体调整情况见标准。

（2）球团工序

生产工艺装备及技术指标项：装备配置指标结合《产业结构调整指导目录（2024 本）》有关要求，将Ⅲ级基准值调整为建有链算机-回转窑或带式焙烧装置，单套设备球团生产规模≥120 万 t；烟气综合净化技术和除尘设施指标结合《钢铁企业超低排放评估监测技术指南》要求对三级基准值进行相应调整；根据《关于促进钢铁工业高质量发展的指导意见》（工信部联原〔2022〕6 号）要求开展钢铁行业智能制造行动计划，新增数智化生产指标，鼓励钢铁企业实现数字化、网络化、智能化。

水资源消耗指标项：吨产品新水消耗指标根据《江苏省林牧渔业、工业、服务业和生活用水定额(2019年修订)》确定指标基准值。

资源综合利用指标项：脱硫副产物利用率、水重复利用率、粉尘综合利用率结合江苏省 2022 年钢铁企业实际资源综合利用水平予以确定，具体调整情况见标准。

污染物产生与排放指标项：颗粒物排放量、二氧化硫排放量、氮氧化物（以二氧化氮计）排放量指标，根据 2022 年钢铁企业统计数据按照从优到劣排序分别取 5%、20%、50%排序位置数值，结合《钢铁行业(烧结、球团)清洁生产评价指标体系》确定基准值，具体调整情况见标准。

温室气体排放指标项：根据《清洁生产评价指标体系编制通则（GB/T 43329-2023）》，新增二氧化碳排放指标，根据 2022 年钢铁企业统计数据按照从优到劣排序分别取 5%、20%、50%排序位置数值确定基准值，具体调整情况见标准。

产品特征指标项：产品合格率指标结合江苏省 2022 年企业球团工序实际产品特征水平予以确定，具体调整情况见标准。

（3）高炉炼铁工序

生产工艺装备及技术指标项：高炉炉容指标综合考虑江苏省钢铁企业实际高炉炉容情况将 I 级基准值调整为 2000m³ 以上高炉配置率≥100%，II 级基准值调整为 1500m³ 以上高炉，配置率≥100%；高炉煤气干法除尘配置脱酸系统指标根据企业实际情况对三级基准值进行相应调整；除尘设施指标结合《钢铁企业超低排放评估监测技术指南》要求对三级基准值进行相应调整；根据《关于促进钢铁工业高质量发展的指导意见》（工信部联原〔2022〕6 号）要求开展钢铁行业智能制造行动计划，新增数智化生产指标，鼓励钢铁企业实现数字化、网络化、智能化。

能源消耗指标项：工序能耗指标根据《工业重点领域能效标杆水平和基准水平(2023 年版)》确定指标基准值。

水资源消耗指标项：吨产品新水消耗指标根据《江苏省林牧渔业、工业、服务业和生活用水定额(2019 年修订)》确定指标基准值。

污染物产生与排放指标项：颗粒物排放量、二氧化硫排放量、氮氧化物（以二氧化氮计）排放量指标，根据 2022 年钢铁企业统计数据按照从优到劣排序分别取 5%、20%、50%排序位置数值，结合《钢铁行业（高炉炼铁）清洁生产评价指标体系》确定基准值，具体调整情况见标准。

温室气体排放指标项：根据《清洁生产评价指标体系编制通则（GB/T 43329-2023）》，新增二氧化碳排放指标，根据 2022 年钢铁企业统计数据按照从优到劣排序分别取 5%、20%、50%排序位置数值确定基准值，具体调整情况见

标准。

(4) 转炉炼钢工序

生产工艺装备及技术指标项：转炉公称容量指标综合考虑江苏省钢铁企业实际转炉情况将 I 级基准值调整为 180 t 以上转炉配置率≥65%，II 级基准值调整为 150 t 以上转炉配置率≥60%，III 级基准值调整为 100t 以上转炉配置率 100%；除尘设施指标结合《钢铁企业超低排放评估监测技术指南》要求对三级基准值进行相应调整。

污染物产生与排放指标项：颗粒物排放量指标，根据 2022 年钢铁企业统计数据按照从优到劣排序分别取 5%、20%、50%排序位置数值，结合《钢铁行业（炼钢）清洁生产评价指标体系》确定基准值，具体调整情况见标准。

温室气体排放指标项：根据《清洁生产评价指标体系编制通则（GB/T 43329-2023）》，新增二氧化碳排放指标，根据 2022 年钢铁企业统计数据按照从优到劣排序分别取 5%、20%、50%排序位置数值确定基准值，具体调整情况见标准。

(5) 电炉炼钢工序

生产工艺装备及技术指标项：电炉公称容量根据江苏省钢铁企业实际电炉情况，将 I 级基准值调整为 100t 以上电炉（合金钢电炉 50t）配置率 100%，II 级基准值调整为 100t 以上电炉（合金钢电炉 50t）配置率 80%，III 级基准值调整为 100t 以上电炉（合金钢电炉 50t）配置率 60%；除尘设施指标结合《钢铁企业超低排放评估监测技术指南》要求对三级基准值进行相应调整。

温室气体排放指标项：根据《清洁生产评价指标体系编制通则（GB/T 43329-2023）》，新增二氧化碳排放指标，根据 2022 年钢铁企业统计数据按照从优到劣排序分别取 5%、20%、50%排序位置数值确定基准值，具体调整情况见标准。

(6) 清洁生产管理

管理类二级指标内容的确定主要是依据国家有关钢铁行业相关产业发展政策、相关清洁生产与环保法律、法规、政策；国家有关绿色发展、节能减排、减碳要求；国家与地方政府有关开展清洁生产审核要求，以及钢铁企业开展清洁生产审核和节能工作先进经验予以确定。

六、与相关法律法规和国家标准的关系

本标准主要技术依据包括钢铁行业（烧结、球团）清洁生产评价指标体系、钢铁行业（高炉炼铁）清洁生产评价指标体系、钢铁行业（炼钢）清洁生产评价指标体系等国家发展改革委、生态环境部、工业和信息化部于 2018 年 12 月 29 日联合发布的公告文件。本标准在国家发布的文件的基础上，结合江苏实际，对指标选取、限值确定、权重设置进行完善。本标准不违反法律法规及强制性标准，与现行国家标准、行业标准不存在内容冲突。

七、实施推广建议

本文件的提出单位和具体归口管理是江苏省生态环境厅，根据相关规定，本文件由各级生态环境保护主管部门负责监督与实施。为确保本文件的顺利实施，切实做到消减污染物排放，保护生态环境，保障人体健康，建议：

（1）加大宣贯培训。本标准发布实施后，建议全省各级生态环境主管部门加大宣贯力度，组织执法单位（如地方生态环境监察队伍）、钢铁企业相关人员培训，使管理部门和企业尽快掌握本标准要求，更好指导清洁生产实践活动。

（2）加强日常监督。本标准发布实施后，建议全省各级生态环境主管部门加强对钢铁企业排污行为的日常监督管理，严格按照法定监测标准和方法开展执法活动，督促钢铁工业排污单位全面稳定达标排放，促进江苏省环境空气质量持续改善。

（3）加强超低排放与低碳协同发展。江苏省当前已实行超低排放差别电价政策，倒逼钢铁企业尽快完成超低排放改造，起到奖优罚劣、鼓励先进的良好作用。同时，应加强低碳与超低排放的协同作用，应出台激励政策，通过金融手段鼓励企业通过煤气精脱硫、烧结烟气内循环等源头减污降低末端治理的碳排放增量的措施，尽可能地实现污染物减量的同时少增碳甚至总体不增碳，为钢铁工业“十四五”期间节能降碳，全力完成“3060”碳达峰与碳中和的低碳目标打下坚实基础。

参 考 文 献

- [1] 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（国家发展改革委2023年第7号令）
- [2] 《钢铁行业清洁生产评价指标体系》（国家发展改革委、环境保护部、工业和信息化部2014年第3号公告）
- [3] 《钢铁行业（烧结、球团）清洁生产评价指标体系》（国家发展改革委、环境保护部、工业和信息化部2018年第17号公告）
- [4] 《钢铁行业（高炉炼铁）清洁生产评价指标体系》（国家发展改革委、环境保护部、工业和信息化部2018年第17号公告）
- [5] 《钢铁行业（炼钢）清洁生产评价指标体系》（国家发展改革委、环境保护部、工业和信息化部2018年第17号公告）
- [6] 《钢铁企业超低排放评估监测技术指南》
- [7] 《企业温室气体排放核算与报告填报说明 钢铁生产》