

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXX—XXXX

无取向硅钢绿色生产与碳减排技术指南

Technical guide for green production and carbon reduction of non-oriented silicon steels

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国西部开发促进会 发 布

目次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 1

5 绿色生产指标要求 2

6 生产工艺要求 2

 6.1 原料准备 2

 6.2 烧结 2

 6.3 焦化 3

 6.4 炼铁 3

 6.5 炼钢连铸 3

 6.6 铁水预处理 4

 6.7 转炉冶炼 4

 6.8 电炉冶炼 错误！未定义书签。

 6.9 炉外精炼 4

 6.10 连铸 4

 6.11 石灰窑 4

7 能源利用 5

 7.1 热力 5

 7.2 燃气 6

 7.3 电力 6

 7.4 给排水 6

 7.5 通风除尘 6

 7.6 清洁能源 6

 7.7 其他 6

8 碳减排要求 7

前 言

本文件按照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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由河北艾柯泰涂料有限公司提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

无取向硅钢绿色生产与碳减排技术指南

1 范围

本文件规定了无取向硅钢绿色生产的基本要求、绿色生产指标要求、生产工艺要求、能源利用要求、碳减排要求。

本文件适用于无取向硅钢绿色生产与碳减排。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 13456 无取向硅钢工业水污染物排放标准
- GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则
- GB 18597 危险废物贮存污染控制标准
- GB 21256 粗钢生产主要工序单位产品能源消耗限额
- GB 28665 轧钢工业大气污染物排放标准
- GB 50427 高炉炼铁工程设计规范（附条文说明）
- GB/T 19001 质量管理体系 要求
- GB/T 24001 环境管理体系 要求及使用指南
- GB/T 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南
- GB/T 45001 职业健康安全管理体系 要求及使用指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

绿色生产 green production

通过采用先进适用的节能低碳技术、优化能源结构、提高资源利用效率、加强清洁生产管理，实现从源头削减污染、减少碳排放的生产方式。

3.2

碳减排 carbon emission reduction

通过技术革新、工艺优化、能源结构升级等措施，减少生产过程中温室气体排放的行为。

4 基本要求

4.1 生产企业应按照 GB/T 19001、GB/T 45001 和 GB/T 24001 分别建立、实施、保持并持续改进质量管理、职业健康安全管理和环境管理等体系。

4.2 生产企业应采用国家鼓励的先进技术和工艺，不应使用国家或有关部门发布的淘汰或禁止的技术、工艺、装备及相关物质。

- 4.3 生产企业固体废物应有专门的贮存场所,避免扬散、流失和渗漏;生产过程应配备粉尘回收装置;减少固体废物的产生量,充分合理利用和无害化处置固体废弃物;生产企业应符合国家和地方有关环境法律、法规,污染物排放达到国家和地方排放总量控制和排污许可管理要求。
- 4.4 生产企业应按照 GB 17167 配备能源计量器具,并根据环保法律法规和标准要求配备污染物监测和在线监控设备。
- 4.5 生产企业碳减排应该遵循降碳、节能、绿色原则,在确保安全、环保等要求前提下,碳减排指标应该符合相应标准要求。
- 4.6 生产企业应优化生产工艺流程,以减污降碳协同理念为出发点,从源头控制,优先采用先进成熟的节能低碳装备、先进低碳材料,采用低碳技术和智能管控技术。
- 4.7 结合建设项目所在区域资源禀赋,积极布局冶金全流程再电气化,加大清洁能源对化石能源的替代。

5 绿色生产指标要求

指标要求见表1。

表 1 指标要求

指标项目		单位	限值
吨钢能耗	焦化工序	kgce/t	≤122
	前工序	kgce/t	≤510
	后工序	kgce/t	≤190
生产过程中污染物排放量	废钢及氯化铁回收率	%	≥98
	轧制机组油雾排放	mg/m ³	≤20
	热处理炉氮氧化物(以NO ₂ 计,烟气含氧量8%前提下)	mg/m ³	≤300
	酸洗污泥回收率	%	≥98
	含铬污水回收率	%	≥98
	涂层机组铬酸雾废气排放	mg/m ³	≤0.07
	废水排放	符合GB 13456要求	

6 生产工艺要求

6.1 原料准备

- 6.1.1 新建无取向硅钢企业应设置全厂各工序用原料、燃料、辅料集中处理的综合料场,料场应采用全封闭式,具有受卸、贮存、配料、混匀、取制样、输送等生产设施。
- 6.1.2 原料场的位置选择应靠近工厂站或原料用户。
- 6.1.3 原料场应选择低库存连续高效工艺,减少重复卸料和非必要倒运,并应减少输送系统启动、停机次数,减少空运行时间。
- 6.1.4 原料场机械设备的驱动装置电动机应选择高效节能电机。
- 6.1.5 原料场除尘系统应与除尘点工作区域的设备联动。
- 6.1.6 解冻库的热源应优先采用烟气余热。
- 6.1.7 封闭料场应充分利用自然采光,减少照明用电。

6.2 烧结

- 6.2.1 生产企业新建烧结机应大型化,采用带式烧结机,采用环冷技术。
- 6.2.2 在保证烧结矿质量的前提下,新建烧结机宜适当提高烧结机的利用系数和作业率。

6.2.3 应注重烧结机头、机尾、台车滑道、风箱及卸灰阀、环冷机的密封性，最大限度降低设备漏风率。烧结混合料宜采用混合料预热技术，并在条件允许情况下宜采用立式或卧式强力混合机。

6.2.4 烧结点火炉应采用节能型点火炉，应采用热风烧结技术。

6.2.5 宜采用厚料层烧结，鼓励采用超厚料层烧结技术。

6.2.6 宜采用低温烧结技术。

6.2.7 烧结点火/助燃气体宜引入部分含氧量 $>21\%$ 的富氧气体实现富氧点火/烧结。

6.2.8 宜采用烧结料面喷吹富氢气体（焦炉煤气、天然气等）技术，降低固体燃料消耗。

6.2.9 采用富氧烧结、料面喷吹工艺、烧结烟气循环工艺时，应确定合理的气体供应量。

6.2.10 各工序产生的返矿、返焦、氧化铁皮、含铁尘泥等，宜经处理后返回烧结再利用。

6.3 焦化

6.3.1 焦化厂应采用大型化筒仓等密闭式储配一体化设施。

6.3.2 焦炉应采用大容积焦炉，多段加热，废气循环，薄炭化室墙厚，薄壁格子砖，新型高导热高致密硅砖、节能型炉盖等技术。

6.3.3 焦炉应采用自动加热控制技术。

6.4 炼铁

6.4.1 高炉应采用富氧鼓风结合燃料喷吹综合技术，高炉富氧宜采用自建的专用低纯度制氧机组提供低纯度氧气，宜采用鼓风机前与机后富氧相结合的方式，在保证鼓风机系统安全的情况下确定适宜的机前富氧率。

6.4.2 高炉应根据气候等条件采用恒湿鼓风技术，有利于高炉稳定操作，减少燃料消耗。

6.4.3 高炉炼铁应以采用精料技术为基础，确定高效、低耗的技术经济指标。

6.4.4 优化高炉炉料结构设计，宜提高球团矿入炉比例，减少烧结矿入炉比例。入炉矿及燃料质量应符合现行 GB 50427 的有关规定。

6.4.5 高炉宜采用风口喷吹富氢气体（焦炉煤气、煤层气、天然气等）技术，有利于降低高炉碳素消耗及 CO_2 排放。

6.4.6 高炉宜采用高顶压操作技术，应采用炉顶煤气余压回收利用装置。

6.4.7 高炉应同步配套放散煤气回收装置，应采用炉顶均压煤气放散全回收系统，宜采用高炉休风煤气回收装置。

6.4.8 高炉宜采用高富氧或纯氧气高炉-炉顶煤气自循环综合技术，降低燃料消耗。

6.4.9 热风炉宜采用长寿新型顶燃式热风炉，优化燃烧器、砌筑结构等；热风炉宜采用全烧高炉煤气或掺烧少量高热值煤气条件下获得 $1250^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ 的高风温的技术。

6.4.10 热风炉应采用空煤气双预热技术，宜采用自动燃烧技术和热均压技术，可采用富氧烧炉技术。

6.5 炼钢连铸

6.5.1 转炉/电炉工序以优化冶炼工艺及操作为主要手段，通过智能炼钢、提高废钢比、中低温余热进步回收等措施，进行低碳设计。

6.5.2 炼钢连铸应采用炼钢炉—炉外精炼炉—连铸“三位一体”的工艺路线，鼓励智能一键炼钢技术应用。

6.5.3 炼钢应采用废钢分选回收加工、废钢预热技术，提高废钢资源利用水平。

6.5.4 新建无取向硅钢企业宜采用氢基竖炉短流程工艺。

6.6 铁水预处理

6.6.1 铁水宜采用铁水罐—罐制机车或过跨车运输工艺,严禁使用混铁炉及化铁炉等落后的工艺装备。

6.6.2 铁水预处理应采用机械搅拌法或喷吹法。

6.6.3 铁水预处理容器应选用转炉专用铁水罐或高炉铁水罐。

6.7 转炉冶炼

6.7.1 转炉应采用顶底复合吹炼技术及溅渣护炉技术。

6.7.2 转炉冶炼应采用微正压控制技术和烟气汽化冷却技术;宜采用煤气干法净化、回收、利用系统。

6.7.3 转炉煤气宜设置自动点火伴烧技术。

6.8 炉外精炼

6.8.1 LF精炼炉应采用水冷铜钢复合或铝合金导电臂,三相阻抗不平衡度应小于5%。包盖应采用管式全水冷钢包盖。

6.8.2 真空精炼炉宜采用机械真空泵作为抽真空设备;当采用蒸汽喷射泵时,优先采用余热锅炉产生的蒸汽。

6.8.3 炼钢用烘烤器应采用高效蓄热式烘烤器;真空室烘烤宜采用富氧烘烤技术。

6.8.4 钢包宜采用全程加盖技术,实现红包出钢;宜采用包壁砖替代打结料降低烘烤煤气消耗技术。

6.9 连铸

6.9.1 连铸宜采用近终形连铸技术。

6.9.2 全连铸车间应根据生产规模、生产钢种、炼钢炉容量和数量以及轧机组成确定,应实现炉机匹配或多台连铸机的协调生产,并应发挥连铸机能力。

6.10 石灰窑

6.10.1 焙烧石灰应采用节能型石灰窑,炉窑应提高窑体严密性、降低窑体蓄热损失、减少窑体散热损失及综合利用废气余热。

6.10.2 焙烧过程宜采用气体燃料。

6.11 热轧

6.11.1 宜采用蓄热式燃烧、富氧燃烧、多孔介质燃烧技术,采用烟气余热回收技术,预热助燃空气和煤气。

6.11.2 应优化热轧工艺,降低开轧温度和终轧温度,减少加热炉能耗;采用控轧控冷技术,精准控制热轧板的组织和晶粒尺寸。

6.11.3 宜收集热轧氧化铁皮,采用还原技术生产高纯铁粉,作为磁性材料、粉末冶金原料,或返回冶炼工序作为铁素原料。

6.12 酸洗

6.12.1 优化酸洗槽流场设计,采用紊流酸洗提升酸洗效率,缩短酸洗时间。

6.12.2 采用喷雾焙烧法盐酸再生工艺,实现废酸中盐酸回收,返回酸洗工序循环利用;副产的氧化铁粉作为高纯铁红原料,用于软磁材料、颜料生产,实现废酸零排放、固废全资源化。

6.12.3 宜采用无酸除磷绿色技术替代传统盐酸酸洗,彻底消除废酸、酸雾污染,实现清洁生产。

6.12.4 中高牌号无取向硅钢宜采用连续常化-酸洗联合生产工艺,集成组织调控与氧化铁皮去除工序,

减少中间贮存、转运与二次加热环节，缩短工艺流程，实现工序集成降碳。

6.12.5 常化炉应采用高效复合保温炉衬与炉端密封设计，降低炉体散热损失与气氛泄漏；燃烧系统宜采用蓄热式燃烧、低氮燃烧技术，提升热利用效率，减少燃气消耗与烟气污染物排放。

6.12.6 常化炉应配套烟气余热回收系统，回收的高温烟气余热可用于酸液预热、助燃空气预热、厂区供暖或工艺用汽，实现余热梯级利用，提升能源综合利用水平。

6.12.7 应根据无取向硅钢牌号与性能要求，精准优化常化温度、保温时间与炉内气氛参数；在保障晶粒细化、组织均匀化效果的前提下，合理控制带钢表面氧化程度，减轻后续酸洗负荷，降低酸液消耗。

6.12.8 鼓励采用数字化智能常化管控模型，实时动态匹配炉温、带钢运行速度与炉内气氛，实现工艺参数精准适配，降低无效能耗与产品性能不合格率。

6.12.9 优化酸洗槽流场设计，采用紊流酸洗提升酸洗效率，缩短酸洗时间。

6.12.10 采用喷雾焙烧法盐酸再生工艺，实现废酸中盐酸回收，返回酸洗工序循环利用；副产的氧化铁粉作为高纯铁红原料，用于软磁材料、颜料生产，实现废酸零排放、固废全资源化。

6.12.11 宜采用无酸除磷绿色技术替代传统盐酸酸洗，彻底消除废酸、酸雾污染，实现清洁生产。

6.13 冷轧

6.13.1 宜采用酸洗-冷轧联合机组（PL-TCM）全连续生产技术。

6.13.2 宜采用乳化液循环利用与清洁处理技术，采用高精度过滤系统，提升乳化液循环利用率，减少新油消耗；采用超滤+反渗透技术处理乳化液废水，废油资源化回收，减少污染物排放。

6.13.3 冷轧废边料精准分类回收技术，将冷轧废边料、头尾料分类收集、精准分选，直接返回冶炼工序作为高纯废钢原料。

6.14 退火

6.14.1 宜采用连续退火炉，优化炉体保温结构，采用高效辐射管燃烧、MILD 燃烧技术，降低煤气消耗；宜采用全氢保护气氛，提升退火效率，缩短退火时间；宜开发数字化智能退火模型，精准控制炉温、气氛、速度，实现脱碳、再结晶一体化控制，提升产品性能，降低能耗和次品率。

6.14.2 应优化前期热轧、冷轧工序的组织调控，实现低温快速再结晶退火，降低退火温度，缩短退火时间，提升产品磁性能。

6.14.3 余热与氢气回收利用技术：回收退火炉烟气余热，用于厂区供暖、工艺预热；采用氢气回收净化技术，将退火炉排出的废氢气净化后循环利用，减少氢气消耗和碳排放。

6.15 涂层

6.15.1 宜采用无铬环保涂层技术，替代传统含铬涂层，实现零铬排放，同时具备优异的绝缘性、附着力、冲片性、耐腐蚀性，适配新能源汽车、高效电机需求。

6.15.2 宜采用低 VOC 水性涂层技术，采用水性无铬涂层替代溶剂型涂层，大幅降低 VOC 排放，实现涂层生产过程清洁化；采用涂层固化余热回收技术，降低固化工序能耗。

6.15.3 宜采用多功能一体化环保涂层技术：开发兼具绝缘、自粘结、自润滑、耐候性的环保涂层，减少下游电机冲片、叠片过程中的涂胶、润滑工序，降低下游生产过程的能耗和污染物排放，实现产品全生命周期绿色化。

7 能源利用

7.1 热力

7.1.1 焦炉应采用装炉煤调湿技术，以焦炉烟道气回收余热为热源；应采用荒煤气显热回收和压力自动调节技术；循环氨水余热回收技术；干熄焦采用高温、高压技术。

7.1.2 烧结烟气宜采用循环技术，回收高温废气并循环利用；烧结大烟道余热宜回收发电或驱动；烧结环冷机余热应回收发电或驱动。

7.1.3 球团焙烧应采用先进的风流系统，回收利用焙烧冷却系统的高温烟气物理显热。

7.1.4 高炉冲渣水循环系统可设置余热回收设施。

7.1.5 转炉宜配套烟气全温域余热回收技术；钢渣一次处理宜采用余热利用技术。

7.1.6 加热炉或热处理炉高温烟道应配置高效余热回收装置。

7.1.7 轧钢生产线余热资源应回收利用，余热资源产生的蒸汽（热水）应就近使用或并入区域管网。

7.2 燃气

7.2.1 燃气应编制煤气平衡，采取减少煤气放散措施，实行各工序燃气消耗定额管理。

7.2.2 无取向硅钢企业必须配备与生产相匹配的煤气柜及全厂煤气管网。

7.2.3 各使用煤气炉窑应根据全厂煤气平衡、超低排放相关要求确定燃料种类。

7.3 电力

7.3.1 根据企业用电容量、用电设备特点，进行技术经济比较确定合适的低能耗供配电方案，内容包括电源和配网电压等级、区域和车间变电所的数量和位置等，鼓励应用电网智能管控系统。

7.3.2 无取向硅钢企业宜建设分布式发电厂及相应管控中心，自发电应以清洁能源发电为主。

7.3.3 根据工艺用电设备分布，应合理设计供电线路路径。

7.3.4 运行工况变化较大的电动设备宜采用变频（永磁）调速技术，如除尘风机、烧结主抽风机、水泵、空压机等。

7.4 给排水

7.4.1 全流程无取向硅钢企业应考虑水系统智慧管控与零排放技术。

7.4.2 无取向硅钢企业应采用分质供水、梯级用水、循环利用节水技术。

7.4.3 冷却塔应采用水电双动力风机节能技术。

7.4.4 地下供水管线应采用精准测漏技术。

7.5 通风除尘

7.5.1 通风机应选用高效、节能和低噪音产品，其工况效率应不小于最高效率的 90%。

7.5.2 涉及多收尘点的除尘系统，应充分考虑各点同时工作系数，宜设置阀门进行风量调节和启闭。

7.5.3 除尘系统管道的设置，应合理选择路由及风速。

7.5.4 各除尘捕集点宜采用双层密封和漏风率低的集气设备。

7.5.5 通风、除尘与烟气净化系统的负荷变化较大时，风机应采用液力耦合器、电机变频等调速措施。

7.6 清洁能源

7.6.1 应因地制宜布局清洁能源，多种清洁能源互补组合，提高风电、光电、水电、生物质等绿色电力使用比例。

7.6.2 结合产线实际，宜采用厂房屋面设置光伏板等方式，充分利用光伏发电等可再生能源。

7.7 其他

7.7.1 鼓励企业采用亚临界、高效超临界煤气发电技术，以及 CCP 燃气蒸汽联合循环发电技术，提高企业自发电比例。

7.7.2 中低温余热宜采用高速磁浮 ORC 发电技术。

7.7.3 空分装置规模应按企业氧气平衡表的平均耗量确定，机组能力和选型应综合考虑用户压力、气体纯度和企业发展等因素。宜采用压缩空气系统集中群控智慧节能技术。

7.7.4 鼓励构建低碳多能互补能源体系以及多能存储的储能系统。

8 碳减排要求

8.1 宜考虑智能低碳工厂建设，以智慧低碳能源系统集成优化为重点，从智能装备、智能控制、智能管理三个维度进行构建。

8.2 建立健全碳管理体系，设计过程中碳排放数据计量检测、监测应设置齐全。
