

《纯氢竖炉余热梯级回收与绿电耦合技术导则》

征求意见稿团体标准编制说明

一、任务来源

在双碳目标落地、工业低碳转型的宏观背景下，纯氢竖炉作为低碳冶金核心装备，亟需提升余热高效利用与绿电协同调控能力。纯氢竖炉工艺广泛应用于直接还原铁生产、低碳冶金示范工程及可再生能源消纳场景，传统竖炉余热利用方式粗放，能量品位匹配不合理，余热资源难以分级高效提取，绿电与冶金工序协同耦合水平亟待提升。

随着氢基冶金产业化进程持续推进，行业对纯氢竖炉余热梯级回收系统、绿电耦合调控的安全性、能效性要求不断提高。生产单位需采集炉体温度、烟气参数、介质流量、绿电出力及负荷匹配状态等信息，支撑能量系统评价与生产流程优化。目前国内纯氢竖炉余热梯级回收与绿电耦合相关技术要求不统一，存在余热利用方案、能量测控指标、系统接口策略、工况调控逻辑不一致，能效评估结果难以横向对比等问题，影响余热深度回收与绿电柔性耦合技术规模化落地。不同产能、不同工艺路线纯氢竖炉的余热回收配置、绿电接入方案差异明显，缺少统一、可溯源的技术导则，给系统方案设计、装备选型、工程调试与验收带来诸多不确定性。因此，编制本导则，是支撑氢基竖炉安全高效运行、推进钢铁

行业深度脱碳的迫切需求。

本团体标准的制定实施，将规范纯氢竖炉余热梯级回收系统架构、绿电耦合模式要求，统一余热梯级利用与耦合调控评价规则，推动余热回收装备、绿电调控终端与能源管理平台迭代，促进上下游主体技术协同与数据互通，助力钢铁工业低碳转型，提升氢基冶金系统能源综合利用水平。综上所述，《纯氢竖炉余热梯级回收与绿电耦合技术导则》团体标准的编制是行业内的一项重要工作，对于规范市场秩序、提高产品质量、促进技术创新和推动行业发展具有重要意义。根据《团体标准管理规定》、《中国西部开发促进会团体标准管理办法》有关规定，特立项本标准。本标准项目计划编号为 2026-325-CWDPA。

二、起草单位

本标准由中国西部开发促进会提出，由中国西部开发促进会归口。本标准由北京钢研氢冶金技术研究院有限公司、宝钢湛江钢铁有限公司、内蒙古包钢钢联股份有限公司、上海大学、东方电气（成都）氢能科技有限公司共同起草。

三、标准的编制原则

标准起草小组在编制标准过程中，以国家、行业现有的标准为制订基础，结合我国目前的氢冶金行业现状，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》的规定及相关要求编制。

四、标准编制过程

1、项目调研阶段

2026年3月，围绕导则框架开展条款研究与文稿编制，统筹竖炉本体、余热采集单元、能量调控链路、能源管理平台全环节技术要求，厘清余热监测指标、测点布设方案、绿电耦合策略、数据交互规则、试验方法等关键内容。组织多轮行业专家研讨，面向装备制造企业、冶金生产单位、第三方检测机构广泛征求意见，针对不同产能竖炉系统配置差异、现场工程实施痛点开展专题论证，对重点条款反复校核打磨完善，保障导则内容科学合理、工程可行。

2、项目立项阶段

2026年5月15日，中国西部开发促进会正式立项《纯氢竖炉余热梯级回收与绿电耦合技术导则》团体标准，明确标准立项获批，正式启动该团体标准的规范化编制流程。

3、标准起草阶段

立项后，成立标准编制工作起草小组，全面统筹标准编制组织工作，同步开展标准起草单位的筹备与征集，经严格征集、评审与筛选，确定标准起草工作组核心成员单位。工作组基于前期调研成果，于2026年9月完成《纯氢竖炉余热梯级回收与绿电耦合技术导则》团体标准草案稿编写；并于9月

30日召开标准专题会议，针对草案稿内容研讨优化，完善标准框架与核心条款。

4、意见征集阶段

2026年10月，中国西部开发促进会发布通知，面向行业公开征集《纯氢竖炉余热梯级回收与绿电耦合技术导则》团体标准修改意见，广泛吸纳各方专业建议，对标准内容进行全面优化完善。

后续，标准起草工作组将结合意见征集阶段收集的反馈建议，对标准草案稿进行修订完善，并按流程进行送审及报批等工作。

五、标准主要内容

1、范围

本文件规定了纯氢竖炉余热梯级回收与绿电耦合系统（以下简称为“系统”）的总则、余热梯级回收系统、绿电耦合系统、运行与控制、安全、环保与职业健康要求等内容。

本文件适用于以体积分数不低于99%的氢气为唯一还原剂、采用竖炉作为反应器的铁矿石及其他含铁原料直接还原生产系统中，余热回收与可再生能源电力耦合设施的新建、改建、扩建和运行管理。

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/T 150（所有部分） 压力容器

GB/T 151 热交换器

GB 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求

GB/T 4272 设备及管道绝热技术通则

GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB/T 20801.1 压力管道规范 第1部分：工业管道

GB/T 21109.1 过程工业领域安全仪表系统的功能安全
第1部分：框架、定义、系统、硬件和应用编程要求

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范

GB 50177 氢气站设计规范

GB 50235 工业金属管道工程施工规范

DL/T 5044 电力工程直流电源系统设计技术规程（附
条文说明）

TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程

3、术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

纯氢竖炉 pure hydrogen shaft furnace

采用高纯度氢气作为还原气源，生产直接还原铁的装置。

3.2

炉顶气 top gas

从纯氢竖炉炉顶排出的、主要含未反应氢气和水蒸气的气体混合物。

3.3

余热 waste heat

在生产经营过程中由某一工艺环节产生、排出，且在当时技术经济条件下未被利用的热量。

3.4

温度品位 temperature grade

表征余热做功能力或可用性的参数，通常以余热载体（烟气、蒸汽、热水、固体物料等）的特征温度划分。

3.5

梯级回收 cascade recovery

根据纯氢竖炉不同部位余热温度、品位、介质特性进行分级利用，实现发电、供热、预热介质的分级回收利用方式。

3.6

绿电 green electricity

来自光伏发电、风力发电、水力发电、生物质发电、核能发电、潮汐能发电等可再生能源产生的电力，无化石能源燃烧碳排放的清洁电能。

3.7

绿氢 green hydrogen

利用绿电通过电解水工艺、生物质制氢等制备得到的氢气，全生命周期碳排放极低，又称可再生能源制氢。

3.8

余热介质 wste heat medium

纯氢竖炉运行过程中产生的高温炉气、炉壁辐射热、冷却水、排汽等携带热量的流体与载体。

3.9

绿电耦合 green electricity coupling

将波动性可再生能源电力通过电气连接、储能、可中断或可调节负荷及控制策略，与电解水制氢、纯氢竖炉及其余热回收系统实现时空匹配与协同运行的技术方式。

3.10

可调节负荷 adjustable load

能够在一定时间尺度内、在允许范围内主动改变用电功率而不影响主体工艺安全的负荷。

3.11

能量管理系统 energy management system; EMS

对电、氢、热、气等多能流进行实时监测、预测、优化调度与协调控制的软硬件系统。

3.12

综合能源利用效率 overall energy efficiency

余热梯级回收与绿电耦合系统输出的全部有效能量（含热量、冷量、功及氢化学能增量）与输入系统的全部一次能量之比。

4、缩略语

给出了本文件中涉及到的缩略语。

5、总则

规定了余热梯级回收与绿电耦合系统的总体要求、原则及系统组成等内容。

6、余热梯级回收系统

规定了余热梯级回收系统的相关要求，包括一般规定、余热资源分类与品位、各温段余热回收等。

7、绿电耦合系统

规定了绿电耦合系统的相关要求，包括总体要求、绿电要求、储能系统、制氢系统等。

8、运行与控制

给出余热梯级回收与绿电耦合系统运行控制的相关要求，包括自动化与信息化、运行模式、报警与联锁等。

9、安全、环保与职业健康要求

给出系统的安全、环保与职业健康相关要求。

六、标准水平分析

6.1 采用国际标准和国外先进标准的程度

经查，国内外无相同类型的标准，故没有相应的国内外标准可采用。

6.2 与国际标准及国外标准水平对比

本标准达到国内先进水平。

6.3 与现有标准及制定中的标准协调配套情况

本标准的制定与现有的标准及制定中的标准协调配套，无重复交叉现象。

6.4 设计国内外专利及处置情况

经查，本标准没有涉及国内外专利。

七、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准及相关标准协调配套情况

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。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准作为强制性或推荐性标准的建议

建议该标准作为推荐性团体标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议，包括（组织措施、技术措施、过渡办法）

由于本标准首次制定，没有特殊要求。

十一、废止现有有关标准的建议

无。

《纯氢竖炉余热梯级回收与绿电耦合技术导则》

团体标准起草组

2026年10月