

河北省质量信息协会团体标准
《结晶器总成修复及质量控制技术规范》
(征求意见稿)

编制说明

标准起草工作组
2025年11月

一、任务来源

依据《河北省质量信息协会团体标准管理办法》，团体标准《结晶器总成修复及质量控制技术规范》由河北省质量信息协会于2025年11月11日批准立项，项目编号为：T2025434。

本标准由北京首钢机电有限公司迁安机械修理分公司提出，由河北省质量信息协会归口。本标准起草单位为：北京首钢机电有限公司迁安机械修理分公司、首钢股份公司迁安钢铁公司、北京首钢机电有限公司。

二、重要意义

结晶器作为连续铸钢生产的核心成型设备，被誉为“连铸机的心脏”，主要由核心工作部件、辅助调节系统、冷却与润滑系统及控制监测组件构成，核心功能是将1500 °C以上的高温钢水通过强制冷却快速凝固成板坯、方坯等特定断面的铸坯雏型，为后续轧钢工序提供精准稳定的半成品，是连接炼钢与轧钢的关键枢纽。其应用覆盖钢铁工业全品类生产，从建筑用钢、工业用钢到特种钢，无论是大型钢铁联合企业还是中小型钢厂，均依赖结晶器实现钢水连续成型，在汽车、机械、建筑、船舶等下游制造业供应链中发挥着不可替代的作用，同时也延伸应用于稀土钢、耐热钢等特种冶金领域，直接决定特种钢材的成型质量与生产效率。

结晶器在运行过程中，需长期承受高温钢水的热冲击、钢水流的冲刷磨损、冷却系统的冷热交替作用，同时还需应对调宽调锥过程中的机械应力，导致其核心部件（如铜板、足辊、密封件等）会随使用时间推移出现性能衰减。例如铜板表面会因钢水冲刷产生划伤、凹坑，冷却水道可能因杂质堆积导致流通效率下降，热电偶可能因高温老化出现测温偏差，足辊则会因长期

接触铸坯产生磨损或卡阻。若缺乏定期维护与修复，轻则导致结晶器性能下降，重则引发生产事故。

结晶器的使用寿命与运行状态直接影响连铸生产线的三大核心指标：一是生产连续性，若结晶器因部件失效突发故障，需停机检修更换，不仅会中断钢水浇铸流程，还可能导致钢水在中间包内凝固报废，造成重大经济损失；二是铸坯质量稳定性，结晶器铜板的平面度、冷却系统的散热均匀性、调宽调锥的精度控制，直接决定铸坯的断面尺寸偏差、内部缺陷及表面质量；三是生产成本控制，结晶器核心部件（如铜模板）单价较高，若因维护不足导致部件过早报废，会显著增加备品备件采购成本；同时，故障停机带来的产能损失、不合格铸坯的返工成本，进一步推高企业生产成本。

因此，为延长结晶器使用寿命、保障设备稳定运行，行业内普遍采用“定期分部件修复检查”的运维模式：即在结晶器下线后，按流程对铜板、足辊、液压管路、热电偶等核心部件逐一进行解体、清理、检测、修复或更换。这一过程中，修复质量直接决定结晶器重新上线后的性能表现。同时，规范的修复作业还能减少钢水凝固过程中的热量损耗，降低冷却系统能耗，实现“提质、增效、降本、节能”的多重有益效果，是钢铁企业保障连铸生产线高效运行、提升市场竞争力的关键环节。

三、编制原则

《结晶器总成修复及质量控制技术规范》团体标准的编制遵循规范性要求、一致性和可操作性的原则。首先，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》、《河北省质量信息协会团体标准管理办法》等编制起草；此外，工作组在制定标准过程中遵循“面向市场、服务产业、自主制定、适时推出、及时修订、不断完善”原则，不

断满足企业内部对修复流程的技术需求，推动结晶器总成修复向着高效率、高质量方向发展。

四、主要工作过程

2025年9月，北京首钢机电有限公司迁安机械修理分公司牵头，组织开展《结晶器总成修复及质量控制技术规范》编制工作。2025年10月，起草组进行了团体标准立项申请书及征求意见稿草案的编制，明确了编制工作机制、目标、进度等主要要求。主要编制过程如下：

(1) 2025年9月：北京首钢机电有限公司迁安机械修理分公司联合其他参编单位召开标准编制预备会，会议组织各单位开展资料收集和编制准备等相关工作。

(2) 2025年9月中旬：召开第一次标准起草讨论会议，初步确定起草小组的成员，成立了标准起草工作组，明确了相关单位和负责人员的职责和任务分工。

(3) 2025年9月下旬-10月上旬：起草工作组积极开展调查研究，检索国家及其他省市相关标准，调研结晶器铜板涂熔修复技术的需求，分析了相关修复、质控过程中积累的技术文件，为标准草案的编写打下基础。

(4) 2025年10月中旬：分析研究调研材料，由标准起草工作组的专业技术人员编写标准草案，通过研讨会、电话会议等多种方式，对标准的主要内容进行了讨论，确定了本标准的名称为《结晶器总成修复及质量控制技术规范》，听取了相关专家和领导的意见和建议，确定了标准的大纲的各条款和指标的调研方案，在各参编单位的积极配合下，调研数据陆续反馈回主编单位。

(5) 2025年10月下旬：本标准起草牵头单位北京首钢机电有限公司迁安机械修理分公司向河北省质量信息协会归口提出立项申请，经归口审核，同意立项。

(6) 2025年11月11日：《结晶器总成修复及质量控制技术规范》团体标准正式立项。

(7) 2025年11月：起草工作组通过讨论，对标准草案进行商讨。确定本标准的主要内容包括结晶器总成修复及质量控制的修复前准备、核心部件修复、辅助系统组装调试、整体检测验收、涂装，初步形成标准草案和编制说明。起草组将标准文件发给相关标准化专家进行初审，根据专家的初审意见和建议进行修改完善，形成征求意见稿。

五、主要内容及依据

本标准总结了结晶器本体、铜板、调宽系统、液压管路、冷却系统等核心部件的常见故障点、有效修复工艺及关键质控节点，将成熟、可行的实践经验转化为标准条款。

1. 范围

基于国内主流连铸设备（板坯连铸机、方坯连铸机等）中结晶器总成的结构共性（均包含本体、铜板、调宽系统、冷却系统等核心模块），确定标准适用对象为“连铸设备中结晶器总成的修复作业及质量管控”，覆盖行业主流设备类型。

调研多个钢铁企业及机械修理单位的实际作业场景，发现其修复流程、质控重点高度相似，因此明确“相关钢铁企业及机械修理单位可参照执行”，确保标准的行业适用性与实操性。

2. 规范性引用文件

本标准没有规范性引用文件。

3. 术语和定义

本标准没有需要界定的术语和定义。

4. 修复前准备

（1）场地与设备

依据机械修理作业安全规范及结晶器修复的精度要求，确定“场地清洁干燥、专用存放区域”，避免杂物影响部件精度；明确“专用吊具、铜板打压工装台、热电偶检测仪”等工具，均为修复过程中保障安全（如吊装防坠落）、检测精度（如热电偶性能验证）的必需设备，且工具“经检查校准”符合计量器具管理要求。

（2）技术文件

参考各单位的修复作业记录，发现“结晶器总成图纸、设备技术说明书、历史修复记录”是明确修复参数（如铜板厚度限值、液压系统压力）、规避重复故障的关键依据，故要求“收集相关文件并制定作业计划”，确保修复流程可追溯、责任可落实。

（3）安全防护

结合结晶器修复中“气焊作业（防烫伤）、液压管路拆装（防泄漏）、吊装操作（防碰撞）”等风险点，明确“穿戴防护手套、安全帽、防护眼镜”及“消防设施齐全有效”，防范机械伤害、火灾等安全事故。

5. 核心部件修复

5.1 修复前清理与检查

结晶器本体：基于结晶器本体“承接钢水、传导热量”的功能，表面锈蚀、泥渣会影响热传导效率，故要求“无锈蚀、无泥渣”；拆除部件“按管理要求存放”，参考企业5S管理标准，避免部件丢失、混淆。

铜板：铜板是铸坯成型的直接接触面，其表面状态决定铸坯质量。结合YB/T 4026《连铸结晶器用铜板》中“铜板表面缺陷限值”及首钢迁安钢铁的生产实践，制定“上三分之一区域划伤长 $\leq 100\text{mm}$ 、宽 $\leq 0.3\text{mm}$ 、深 $\leq 0.5\text{mm}$ ”“下三分之二区域划伤不露铜”等指标，确保铜板满足铸坯成型精度；凹坑限值（深 $< 0.5\text{mm}$ 、直径 $< 5\text{mm}$ ）则基于“避免钢水粘连铜板”的工艺需求制定。

调宽系统：调宽系统控制结晶器断面尺寸，其精度直接影响铸坯规格。依据液压系统设计规范（GB/T 3766《液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求》），要求“液压站压力稳定至工作压力”“油缸运行平稳无卡顿”；锥度偏差（ $\pm 0.5\text{ mm}$ ）、对中偏差（ $\pm 1\text{ mm}$ ）、角缝（ $\leq 0.2\text{ mm}$ ），参考连铸工艺“铸坯断面尺寸公差 $\pm 1\text{ mm}$ ”的要求制定，确保调宽后断面符合生产需求。

液压管路：液压系统需承受高压，依据GB/T 9065《液压系统通用技术条件》，制定“20 MPa保压30 min无泄漏”的指标，防范高压油泄漏引发安全事故；“管夹子齐全无缺失”则基于管路固定规范，避免管路振动导致接头松动。

冷却水管路：冷却系统需快速带走钢水热量，结合结晶器冷却水路的设计压力，制定“1.5 MPa保压40 min无泄漏”，确保冷却效率；排气阀操作则为避免管路气阻影响冷却均匀性。

喷淋管路：喷淋系统用于铸坯二次冷却，参考连铸工艺“喷淋流量与铸坯冷却速度匹配”的要求，结合实际运行数据，制定“内外弧喷淋管单面流量 $\geq 196 \text{ L/min}$ 、窄面 $\geq 65 \text{ L/min}$ ”，确保铸坯冷却均匀；“8 bar压力稳定”则基于喷淋泵的设计输出压力，避免压力波动影响喷淋效果。

5.2 结晶器铜板解体修复

铜板及支撑板拆卸：窄面滑道“无残留螺栓、密封胶”，基于“避免组装后结合面不平整”的需求；铜板吊运“无新增划痕、凹坑”，参考铜板表面质量要求，防止吊运过程损伤铜板功能面；吊具“与铜板重量匹配”符合GB/T 3811《起重机设计规范》的安全要求。

结晶器框架检查：框架水路通道“无杂物堵塞”，基于“保障冷却水流顺畅”的需求，避免局部过热；结合面平面度（ $\leq 0.2 \text{ mm}$ ）依据“与支撑板贴合紧密、防止冷却水泄漏”的密封要求制定，参考GB/T 1184《形状和位置公差 未注公差值》中“精密级平面度公差”。

铜板与支撑板解体：结合面“无油污、金属屑”，为避免密封胶贴合不紧密导致泄漏；水口“橡胶堵头封堵 + 密封胶带增强”，参考液压密封设计规范，防止后续清洗、检测时杂质进入水路。

铜板及支撑板检查：铜板冷却水道“无堵塞、水流顺畅”，基于“均匀散热、避免铜板局部过热开裂”的需求；规定铜板厚度（ $> 25 \text{ mm}$ ），厚度不足会导致导热效率下降、铜板变形，故需报废；结合面平面度（ $< 0.2 \text{ mm}$ ）确保组装后密封可靠。

零散件清洗与检查：螺杆、垫圈“无锈蚀、螺纹完整”，符合GB/T 3098.1《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》的使用要求，避免螺纹损伤导致预

紧力不足；不锈钢栽丝“无松动、螺纹顺畅”，基于“确保铜板与支撑板连接牢固”的需求，防止运行中铜板移位。

密封圈更换：密封圈“规格与图纸一致、无破损”，确保密封效果；“表面涂甘油”为降低安装阻力，避免密封圈变形。

铜板螺丝套检查：螺丝套“无裂纹、坚固无滑丝”，基于“保障螺杆预紧力传递”的需求，防止螺栓松动导致铜板与支撑板分离。

铜板与支撑板组装：螺栓预紧力矩，参考紧固件预紧力计算规范（GB/T 16823.1《螺纹紧固件应力截面积和承载面积》），确保预紧力均匀、连接牢固；热电偶芯杆预紧力矩（30 Nm）则基于“防止芯杆松动导致温度检测偏差”的需求。

水压试验：1.5 MPa保压90 min无泄漏，参考冷却水管路压力标准，结合铜板与支撑板密封面的精密性，延长保压时间以充分验证密封可靠性。

5.3 热电偶安装与测试

热电偶用于实时监测铜板温度，其性能直接影响连铸安全（如防止铜板过热烧穿）。要求“热电偶杆无划痕、导线绝缘完好”；安装位置“宽面3排11列、窄面3排1列”，参考结晶器温度场分布规律（铜板中部、边缘温度差异大），确保温度监测覆盖关键区域；温升灵敏度“响应及时、无跳变”，基于“快速识别温度异常、避免事故扩大”的安全需求；密封处理“无进水进尘、绝缘电阻无下降”，符合电气设备防护等级要求，防止粉尘、水汽影响热电偶性能。

5.4 铜板组装与结晶器合装

新铜板平面度（ ≤ 0.3 mm）、旧铜板（ ≤ 0.5 mm），旧铜板放宽限值基于“修复后仍可满足基本成型需求”的实践经验；框架结合面“无锈迹、油污”，为确保与支撑板贴合紧密；密封圈“无移位、破损”，基于“防止冷却水泄漏”的密封需求。

5.5 足辊修复

足辊用于支撑铸坯、引导其顺利出结晶器，磨损量超过则会导致铸坯跑偏；轴承“无损伤、游隙合格”符合GB/T 307.1《滚动轴承 向心轴承 公差》；对弧精度“足辊与靠弧板贴合紧密”，基于“保障铸坯直线度”的工艺需求；润滑油路“40 bar压力下出油稳定”，参考足辊轴承润滑设计要求，确保轴承充分润滑、延长寿命。

6. 辅助系统组装调试

6.1 甘油系统

甘油用于足辊轴承润滑，依据足辊润滑设计规范（通常润滑压力 ≤ 40 bar），制定“干油泵出口压力 ≤ 40 bar”，防止超压损坏轴承；“出油顺畅无堵塞”基于“确保润滑充分”的需求，避免轴承干摩擦磨损。

6.2 液压系统

阀箱“无油液积存”防止油液污染导致阀组卡滞；电磁阀“无过热、异响”、油缸“动作平稳无卡滞”，基于“保障调宽调锥精度”的需求，避免液压故障影响结晶器断面尺寸。

6.3 调宽调锥

油缸“全行程动作 ≥ 3 次排气”，依据液压系统排气规范，避免气阻导致动作卡顿；20 MPa 保压 30 min 无泄漏、锥度/对中/角缝限值，与“调宽系统修复”保持一致，确保调试后精度符合生产要求。

6.4 自动化系统

电缆阻值（ $<0.3 \Omega$ ）、绝缘阻值（ $>15 M\Omega$ ）确保信号传输稳定、无漏电风险；位置传感器“地址拨码正确”、专家系统“无报错”，基于“保障自动化控制精度”的需求，避免调宽、温度监测异常。

6.5 冷却系统

整体水压“1.5 MPa保压40 min无泄漏”，与“冷却水管路修复”一致，确保系统密封可靠；喷淋流量“内外弧 $\geq 196 \text{ L/min}$ 、窄面 $\geq 65 \text{ L/min}$ ”，与“喷淋管路修复”一致，确保冷却效果；喷嘴“无偏流、不接触足辊”，基于“避免铸坯冷却不均、足辊锈蚀”的需求。

7. 整体检测验收

7.1 锥度、对中、角缝尺寸检查

油缸“动作灵活无卡滞”、缸杆“无渗漏”，参考液压系统验收规范；锥度/对中/角缝限值与“调宽系统修复”一致，确保整体组装后精度达标，符合铸坯成型要求。

7.2 足辊检查

足辊“转动灵活无异响”、对弧“贴合紧密”，与“足辊修复”一致，确保支撑铸坯稳定；润滑油路“40 bar压力出油稳定”，基于“保障足辊长期运行”的需求。

7.3 系统功能综合检查

热电偶“温度响应灵敏”、自动化系统“报警有效”，基于“实时监测、防范事故”的安全需求；回油压力（ ≤ 25 bar）参考液压系统设计规范，避免系统能耗过高；压风“风感明显无泄漏”符合气动系统验收要求；大面开启压力（ ≥ 10 MPa）基于“确保铜板夹紧可靠、防止钢水泄漏”的安全需求。

7.4 间隙与偏心轴调整

铜板角缝（ ≤ 0.2 mm）与前文一致，确保密封可靠；锁紧螺母与限位插板间隙（上部 1.5 mm ± 0.1 mm、下部 0.4 mm ± 0.15 mm），参考调宽系统机械设计参数，确保间隙合理、避免部件碰撞；偏心轴“转动灵活、刻度清晰”，基于“方便后续调整、确保精度可追溯”的需求。

8. 涂装

8.1

涂装前清理：表面“无油污、水分”确保防锈漆附着力良好；“角磨机打磨去除钢渣”为避免锈蚀残留影响涂装效果。

防锈漆涂刷：选用“耐温、耐油型防锈漆”，基于结晶器运行环境（高温、接触润滑油），确保防锈漆不脱落、不失效；“无漏刷、流挂”符合GB/T 3181《漆膜颜色标准》的涂装质量要求，保障设备外观与防锈效果。

管路与部件防护：石棉布缠绕管路用于隔热、防磕碰；电缆插头“防护帽密封”、分配器“塑料膜包裹”，基于“防止运输、存放过程中粉尘、水汽侵入”的需求，保障部件性能。

六、与有关现行法律、政策和标准的关系

本标准符合《中华人民共和国标准化法》等法律法规文件的规定，并在制定过程中参考了相关领域的国家标准、行业标准、团体标准和其他省市地方标准，在对修复前准备、核心部件修复、辅助系统组装调试、整体检测验收、涂装等内容的规范

方面与现行标准保持兼容和一致，便于参考实施。

七、重大意见分歧的处理结果和依据

无。

八、提出标准实施的建议

建立规范的标准化工作机制，制定系统的团体标准管理和知识产权处置等制度，严格履行标准制定的有关程序和要求，加强团体标准全生命周期管理。建立完整、高效的内部标准化工作部门，配备专职的标准化工作人员。

建议加强团体标准的推广实施，充分利用会议、论坛、新媒体等多种形式，开展标准宣传、解读、培训等工作，让更多的同行了解团体标准，不断提高行业内对团体标准的认知，促进团体标准推广和实施。

九、其他应予说明的事项

无。

标准起草工作组

2025年11月