

炼钢结晶器漏钢事故案例分析与全流程安全防控体系构建

郭合海

安徽思危特安全技术服务有限公司

【摘要】在现代炼钢生产中，连铸工艺已成为主流的铸坯生产方式。而结晶器作为连铸机的关键部件，承担着将高温钢水凝固成具有一定形状和尺寸坯壳的重要任务。然而，由于结晶器工作环境极为恶劣，承受着高温、高压、高速钢水冲刷以及机械振动等多种复杂载荷的作用，使得漏钢事故时有发生。漏钢事故一旦发生，不仅会导致铸坯报废、生产中断，造成巨大的经济损失，还可能引发严重的安全事故，对企业的安全生产和可持续发展构成严重威胁。因此，深入研究炼钢结晶器漏钢事故的发生机理，通过对实际案例的分析总结经验教训，并构建科学有效的全流程安全防控体系，对于保障炼钢生产的安全、稳定运行具有至关重要的现实意义。

【关键词】炼钢结晶器；漏钢事故；案例分析；安全防控体系

Case analysis of steel leakage accident in steelmaking mold and construction of whole process safety prevention and control system

Guo Hehai

Anhui Siwei Special Safety Technology Service Co., LTD

【Abstract】In modern steelmaking, continuous casting has become the primary method for producing cast billets. The mold, a critical component of the continuous casting machine, is responsible for solidifying high-temperature molten steel into billets with specific shapes and sizes. However, due to the harsh working conditions of the mold, which include exposure to high temperatures, high pressure, high-speed molten steel, and mechanical vibrations, leakage accidents frequently occur. Such accidents can lead to billet scrapping, production interruptions, significant economic losses, and serious safety incidents, posing a severe threat to the safe production and sustainable development of enterprises. Therefore, it is crucial to conduct in-depth research on the mechanisms behind steelmaking mold leakage accidents, summarize lessons from actual cases, and establish a scientific and effective full-process safety prevention system. This is essential for ensuring the safe and stable operation of steelmaking processes.

【Key words】 steelmaking mold; leakage accident; case analysis; safety prevention and control system

1 炼钢结晶器漏钢事故案例分析

1.1 漏钢事故案例概述

在钢铁生产中，炼钢结晶器漏钢事故时有发生，给企业带来了巨大的损失。例如某钢厂一炼轧厂曾发生过一起严重的漏钢事故。2018年10月23日，该厂在进行连铸作业时，结晶器突然发生漏钢，大量高温钢水瞬间涌出。事故发生时，

现场操作人员立即采取了紧急措施，但由于钢水流速过快，仍造成了部分设备损坏，所幸未造成人员伤亡。经初步调查，事故原因可能是结晶器铜板磨损严重，导致坯壳厚度不均匀，最终在薄弱处破裂引发漏钢。

1.2 漏钢原因分析

炼钢结晶器漏钢的原因复杂多样，涉及到多个方面。从钢液温度来看，钢水过热度越高，坯壳厚度越薄。钢液温度

过高会导致结晶器内钢水的凝固速度变慢,使得坯壳在出结晶器时强度不够,无法抵抗钢水静压力,容易发生破裂漏钢。

结晶器液面波动也是一个重要因素。液面波动过大,会使坯壳生长不均匀,造成局部薄弱。当液面突然下降时,坯壳与结晶器壁之间的润滑层变薄,增加了拉坯阻力,可能导致坯壳被拉裂而发生漏钢。

保护渣性能不佳也会引发漏钢。保护渣的作用是为坯壳提供润滑和保温,如果保护渣的熔点过高或过低,或者粘度不合适,都会导致其无法在坯壳表面形成稳定的渣膜,使坯壳与结晶器壁之间的润滑不良,增加拉坯阻力,容易产生裂纹,最终导致漏钢。

结晶器振动偏差也是常见原因。振动偏差会使结晶器与坯壳之间的相对运动不稳定,导致坯壳受力不均匀,容易产生裂纹。当振动频率和振幅不符合工艺要求时,坯壳在结晶器内的生长会受到干扰,强度降低,从而增加漏钢的风险。

冷却系统故障造成漏钢的原因:在钢铁生产中,冷却系统故障是引发漏钢事故的重要诱因。结晶器作为钢水凝固的起始部位,若出现冷却水量不足、流速异常或水温过高,会导致坯壳厚度不足或不均,在拉坯力作用下极易破裂。例如,水泵故障、管道堵塞或水源中断,都会使冷却效率下降,引发粘结漏钢。

二次冷却区的故障同样不容忽视。喷嘴堵塞、水压不足或喷淋系统控制失效,会造成铸坯局部冷却不足或回温,致使坯壳强度降低,产生裂纹甚至鼓肚破裂。此外,冷却水循环系统的水质恶化,如结垢、腐蚀和杂质堆积,会减小管道内径、降低热交换效率,形成冷却盲区。而监测报警系统失灵、备用冷却系统失效等问题,也会使操作人员无法及时应对冷却异常,最终导致漏钢事故发生。

2 炼钢结晶器漏钢事故全流程安全防控体系构建

2.1 危险源识别与分析

在浇铸过程中,诸多因素都可能成为引发结晶器漏钢事故的危险源。设备方面,结晶器的铜板磨损严重,会使

得坯壳厚度不均匀,当坯壳无法承受钢水静压力时,就容易发生漏钢。结晶器振动装置若出现故障,导致振动偏差,会使坯壳受力不均,产生裂纹,增加漏钢风险。冷却系统若存在问题,如冷却水流量不足或温度过高,会影响坯壳的正常凝固,降低坯壳强度,从而可能导致漏钢。

工艺参数上,钢液温度控制不当,过热度过高会使得坯壳厚度变薄,强度降低。结晶器液面波动过大,会使坯壳生长不均匀,造成局部薄弱,当液面突然下降时,坯壳与结晶器壁之间的润滑层变薄,增加了拉坯阻力,可能导致坯壳被拉裂而发生漏钢。保护渣性能不佳也是一个重要危险源,保护渣的熔点、粘度等特性不符合要求,无法在坯壳表面形成稳定的渣膜,导致坯壳与结晶器壁之间的润滑不良,容易产生裂纹,最终引发漏钢。拉速变化也会带来危险,拉速过快或过慢都会使坯壳无法承受钢水的静压力而发生漏钢。

2.2 综合应急预案编制

依据相关标准,炼钢结晶器漏钢事故综合应急预案的编制需全面细致。在应急组织架构方面,应成立以企业主要负责人为总指挥的应急指挥中心,下设现场指挥组、抢险救援组、医疗救护组、后勤保障组等。各小组明确职责分工,现场指挥组负责统筹协调现场救援工作,抢险救援组负责具体的抢险作业,医疗救护组负责伤员救治,后勤保障组负责物资供应和通讯保障等。

预警机制的建立至关重要。通过安装先进的监测设备,实时监测结晶器温度、液面高度、振动参数等,一旦监测数据超出安全范围,立即发出预警信号。同时,建立人工巡检制度,安排专人定期对结晶器及相关设备进行检查,及时发现潜在隐患。制定预警等级,根据危险程度划分为不同级别,明确不同级别的预警响应措施。

在应急响应程序上,当监测系统或巡检人员发现异常情况时,应立即向应急指挥中心报告。指挥中心根据预警等级,迅速启动相应级别的应急响应。抢险救援组迅速到达现场,采取措施控制事态发展,如调整工艺参数、停止拉坯等。医疗救护组做好伤员救治准备,后勤保障组确保物资及时供

应。现场指挥组要及时向上级部门和相关部门报告事故情况，必要时请求外部支援。应急响应结束后，组织人员进行事故调查，总结经验教训，对应急预案进行修订和完善。

2.3 专项应急预案编制

针对不同类型的漏钢事故，需要编制专项应急预案，以更精准地应对。例如粘结漏钢，当结晶器内钢水与铜板发生粘结，导致坯壳无法正常生长，极易引发漏钢。此时，应立即停止拉坯，降低钢水温度，调整结晶器振动参数，以减少粘结程度。同时，向结晶器内注入适量的脱模剂，以改善润滑条件。如果情况无法控制，应立即启动紧急停机程序，切断钢水供应，确保人员安全。

对于裂纹漏钢，专项应急预案要求操作人员密切关注铸坯表面情况，一旦发现裂纹，立即降低拉速，调整冷却水流量和温度，以减缓裂纹扩展速度。若裂纹不断扩大，应及时停止拉坯，对铸坯进行切割处理，防止裂纹进一步扩大导致漏钢。在处理过程中，要确保人员与高温钢水保持安全距离，穿戴好防护用品。

2.4 应急演练和培训方案制定

为确保应急预案的有效实施，必须制定科学合理的应急演练和培训方案。在演练类型上，可分为桌面演练和实战演练。桌面演练主要通过模拟事故场景，让参与人员在会议室等场所讨论应急响应流程和措施，熟悉应急预案内容。实战演练则是在实际生产环境中，模拟真实的事故情况，让人员实际操作演练，包括紧急停机、抢险救援、伤员救治等环节。

演练流程包括演练准备、演练实施和演练总结。演练准

备阶段，要制定详细的演练计划，明确演练时间、地点、参与人员、演练场景等，准备好所需的物资和设备。演练实施阶段，严格按照预案要求进行，各小组按照职责分工协同配合，完成各项演练任务。演练结束后，组织人员进行总结，分析演练过程中存在的问题和不足，提出改进措施。

在准备工作方面，要组建专业的演练团队，包括指挥人员、抢险人员、医疗人员等。对演练场地进行安全检查，确保演练过程中人员的安全。准备好演练所需的通讯设备、防护装备、救援工具等物资。还要提前对参与演练的人员进行培训，使其了解演练的目的、内容和要求，掌握必要的应急知识和技能。

结论

本文对炼钢结晶器漏钢事故进行了深入分析与全流程安全防控体系构建。在案例分析方面，剖析了多起典型事故，如安钢一炼轧厂事故等，明确了钢液温度过高、结晶器液面波动、保护渣性能不佳、结晶器振动偏差及拉速变化等因素是导致漏钢的关键原因。在安全防控体系构建上，首先全面识别了设备、工艺参数、人员操作和管理等方面的危险源。接着从应急组织架构、预警机制、应急响应程序等方面编制了综合应急预案，还针对粘结漏钢、裂纹漏钢、开浇漏钢等制定了专项应急预案。最后制定了包含桌面演练和实战演练的应急演练方案，以及针对不同岗位人员的培训方案，以提升应急响应能力。

参考文献

- [1]张剑君,毛新平,王春峰,等.薄板坯连铸连轧炼钢高效生产技术与展望[J].钢铁,2019,54(05):1-8.
- [2]王士彬,魏鹏,包福军.降低结晶器漏钢预报系统误报率的措施[J].包钢科技,2015,41(06):37-40.
- [3]任祎龙.连铸结晶器粘结性漏钢预报系统设计[D].内蒙古科技大学,2015.
- [4]钱宏智,胡丕俊,邱成国,等.基于洁净钢制造平台的智能控制系统[J].冶金自动化,2013,37(04):1-6.
- [5]陶乃标.宽厚板坯连铸结晶器漏钢预报模型研究[D].东北大学,2012.