

# 钢铁制造过程中安全隐患排查与治理策略研究

刘曾琪

宁波钢铁有限公司 浙江 宁波 315000

**摘要：**钢铁制造流程涵盖炼铁、炼钢、轧钢及辅助系统，存在煤气泄漏、钢水喷溅、设备故障等多类安全隐患，且不同环节隐患特征差异显著。本文系统梳理该领域隐患类型与分布，提出四类排查关键方法：基于生产流程的系统性排查、设备状态监测技术应用、环境参数实时感知及人员操作行为核查；进一步构建包含隐患分级治理机制、设备本质安全提升、人员安全能力建设、安全管理体系优化与应急能力强化的治理体系。研究为钢铁企业全面识别隐患、高效管控风险提供科学路径，对保障生产安全、推动行业稳定发展具有重要实践意义。

**关键词：**钢铁制造；安全隐患排查；治理策略；风险管控；设备本质安全

## 引言

钢铁工业是国民经济的基础支柱产业，但其生产流程伴随高温、高压环境及煤气、钢水等危险介质，安全风险贯穿全环节。当前部分钢铁企业在隐患管理中，存在排查覆盖不全面、方法较单一，治理措施缺乏针对性与系统性等问题，导致安全事故防控能力不足。本文以钢铁制造全流程为研究范围，系统分析各环节安全隐患的类型与特征，探索科学高效的隐患排查方法，构建多层次治理策略，旨在解决企业隐患管理痛点，提升安全管控水平，为企业减少人员与财产损失、实现可持续生产提供理论与实践支撑。

### 1 钢铁制造过程中安全隐患的类型与分布

钢铁制造流程的复杂性决定了安全隐患的多样性，且不同生产环节隐患特征存在显著差异。从整体流程看，隐患主要集中于核心生产环节与辅助系统，具体可分为四类。

第一，炼铁环节隐患集中于高炉系统，包括高炉煤气泄漏——煤气成分中一氧化碳含量高，泄漏后易引发中毒或爆炸；高温熔渣处理隐患——熔渣温度超1500℃，若转运过程中容器破损或路径障碍，易导致熔渣飞溅引发烫伤或火灾；此外，高炉冷却系统故障会造成炉体过热，可能引发炉壳开裂等重大隐患。

第二，炼钢环节隐患以转炉、电炉作业为核心，转炉烟气含大量可燃成分与粉尘，若烟气净化系统堵塞或负压不足，易发生烟气外溢与粉尘爆炸；钢水精炼过程中，钢水与合金料反应可能产生喷溅，若钢包衬砖侵蚀或吊运装置故障，会导致钢水倾覆风险；同时，炼钢环节氧气、氮气等高压气体输送管道若存在腐蚀或接口松动，易引发气体泄漏与冲击事故。

第三，轧钢环节隐患多与机械作业相关，包括轧机

传动系统故障——齿轮、轴承等部件磨损或润滑不足，易导致设备卡阻或断裂，引发机械伤害；轧件输送过程中，若辊道对齐偏差或速度控制异常，会造成轧件跑偏、撞击设备，甚至引发连锁停机；此外，轧钢环节高温轧件表面温度超800℃，若防护栏缺失或人员操作距离过近，易发生高温烫伤。

第四，辅助系统隐患具有全域影响性，电气系统中高压配电柜绝缘老化、电缆破损易引发短路或触电事故；循环水系统若管道锈蚀或水泵故障，会导致冷却不足，影响设备运行安全；物料仓储环节，煤、焦炭等易燃物料堆积过高或通风不良，易形成粉尘积聚，存在自然或爆炸隐患<sup>[1]</sup>。

### 2 钢铁制造过程中安全隐患排查的关键方法

#### 2.1 基于生产流程的系统性排查法

该方法以钢铁制造全流程为脉络，按“原料入厂—炼铁—炼钢—轧钢—成品出库”的顺序，逐环节梳理工艺节点与操作步骤，识别每个节点的潜在隐患。排查时需明确各环节核心风险点，如原料破碎环节重点核查破碎机防护装置完整性与物料粒度控制；炼铁环节重点跟踪高炉煤气管道密封性与熔渣转运路径；轧钢环节重点检查轧机安全联锁装置与轧件导向系统。通过建立“环节—节点—隐患”对应表，实现排查范围全覆盖，避免因流程割裂导致隐患遗漏。

#### 2.2 设备状态监测技术应用

依托传感器与数据采集技术，对关键设备运行状态进行实时监测，是提前识别设备类隐患的核心手段。针对高炉、转炉等大型设备，采用振动传感器监测炉体结构振动频率，若频率异常波动，可能预示炉衬侵蚀或支撑结构松动；对轧机传动系统，安装温度传感器实时采集轴承、齿轮箱温度，温度骤升或持续超阈值时，提示

润滑失效或部件磨损隐患；对高压管道（如煤气、氧气管道），采用超声波探伤技术定期检测管道壁厚与焊缝完整性，识别腐蚀或裂纹隐患。同时，通过建立设备运行参数数据库，对比历史数据与标准阈值，实现隐患早期预警。

### 2.3 环境参数实时感知

钢铁制造过程中，环境参数异常往往是隐患的直观表现，需通过在线监测系统实现环境隐患动态排查。针对粉尘隐患，在原料堆场、轧钢车间等区域安装粉尘浓度传感器，实时采集空气中粉尘颗粒浓度，浓度超限时触发预警，提示粉尘积聚或除尘系统故障；针对有毒有害气体，在高炉煤气区、炼钢车间设置一氧化碳、二氧化硫传感器，监测气体泄漏情况；针对高温环境，在熔渣转运通道、轧件冷却区安装温度传感器，避免环境温度过高引发人员中暑或设备过热故障。此外，通过视频监控与AI图像识别结合，对车间烟雾、火焰等异常现象进行自动识别，快速定位火灾等隐性隐患<sup>[2]</sup>。

### 2.4 人员操作行为核查

人员不安全行为是引发安全事故的重要诱因，需通过“现场观察+记录核查+技能评估”相结合的方式排查行为类隐患。现场观察聚焦关键操作环节，如钢水吊运时操作人员是否确认吊具锁闭状态、设备启停时是否执行确认程序、人员是否按规范佩戴防护用品（如耐高温手套、防尘口罩）；记录核查通过调取设备操作日志、巡检记录，检查操作步骤是否符合规程、巡检是否覆盖关键隐患点、异常情况是否及时上报；技能评估通过理论考核与实操测试，检验员工对隐患识别方法、应急处置流程的掌握程度，排查因技能不足导致的隐患误判或处置不当风险。

## 3 钢铁制造过程中安全隐患的治理策略

### 3.1 隐患分级治理机制构建

根据隐患的危害后果、整改周期与资源需求，将隐患划分为一般隐患、较大隐患与重大隐患三级，实施差异化治理。一般隐患（如防护栏松动、粉尘浓度轻微超标）由车间负责人牵头，明确整改责任人与时限（通常不超过3个工作日），整改完成后由车间安全员验收，验收合格后闭环；较大隐患（如设备轴承温度持续偏高、煤气管道轻微腐蚀）由企业安全管理部门协调，组织技术人员制定整改方案，明确整改所需设备、资金与工期（通常1-2周），整改过程中需暂停相关设备或区域作业，避免隐患扩大，整改后由安全管理部门联合技术部门验收；重大隐患（如高炉冷却系统故障、钢包衬砖严重侵蚀）由企业主要负责人统筹，成立专项整改小组，

邀请外部技术专家参与方案制定，整改期间需停止相关生产环节，投入专项资金与资源，整改完成后需经过多轮测试（如设备空载运行、压力测试），确认隐患彻底消除后，方可恢复生产。同时，建立隐患台账，记录隐患排查时间、类型、整改措施、验收结果，实现全流程可追溯，避免整改流于形式。

### 3.2 设备本质安全提升

设备本质安全是从源头降低隐患风险的核心，需通过“设计优化—改造升级—定期维护”三阶段实现。设计优化方面，在新设备采购或生产线建设时，优先选择具备安全防护功能的设备，如轧机配备紧急制动联锁装置（触发异常时自动停机）、高炉煤气管道设置双重密封与泄漏报警装置、钢水包采用高强度衬砖与防倾覆结构；改造升级方面，对老旧设备进行安全改造，如为传统起重机加装称重传感器与限位装置，避免超载或超行程运行；为原料破碎机加装异物检测装置，防止金属异物进入设备引发部件损坏；对高压管道进行防腐处理，采用耐腐蚀材料更换老化管道；定期维护方面，建立设备全生命周期维护计划，按周期对关键设备进行拆解检查（如轧机齿轮箱每半年拆解一次）、润滑系统清洁与油品更换、传感器校准与数据传输测试，通过预防性维护减少设备故障隐患，延长设备安全运行周期。

### 3.3 人员安全能力建设

人员安全能力不足易导致隐患识别不及时、处置不当，需通过系统化培训与激励机制提升员工安全素养。培训内容需分层分类设计，对一线操作人员，重点培训岗位隐患识别方法（如如何通过声音、温度判断设备异常）、操作规程（如高压设备启停步骤、危险区域进入流程）、个人防护用品使用方法（如耐高温防护装备穿戴规范、防毒面具佩戴技巧）；对技术人员，重点培训设备状态监测数据解读（如振动频率异常与设备故障的关联）、隐患整改方案制定（如管道腐蚀整改的技术参数选择）；对管理人员，重点培训隐患分级标准、治理资源协调、应急指挥流程。培训形式采用“理论+实操”结合，如组织员工在模拟车间进行设备隐患排查演练、钢水泄漏应急处置实操；定期开展安全技能竞赛，设置隐患识别速度、处置方案合理性等竞赛项目，激发员工学习积极性。同时，建立安全绩效考评机制，将隐患识别数量、整改参与度、操作规范程度纳入考评，与薪酬、晋升挂钩，引导员工主动关注安全隐患，形成“人人查隐患、人人管安全”的氛围<sup>[3]</sup>。

### 3.4 安全管理体系优化

完善的管理体系是隐患排查与治理落地的保障，需

从制度、流程、监督三个维度优化。制度层面，制定《安全隐患排查管理办法》，明确排查周期（如日常排查每日1次、专项排查每月1次、全面排查每季度1次）、排查责任主体（如车间安全员负责日常排查、安全管理部门负责专项排查）、隐患上报流程（如现场发现隐患需1小时内上报至车间负责人，重大隐患立即上报企业负责人）；制定《隐患整改验收标准》，明确不同类型隐患的整改技术要求（如粉尘浓度需降至 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 以下、管道焊缝探伤合格率需100%）与验收流程，避免整改不彻底。流程层面，建立“排查—上报—整改—验收—复盘”闭环管理流程，排查发现隐患后，通过信息化系统（如安全管理平台）实时上报，系统自动分配整改责任人与时限，整改过程中责任人需定期更新进展，验收合格后由系统记录闭环；定期对已闭环隐患进行复盘，分析隐患产生原因（如设备隐患是否因维护不到位、行为隐患是否因培训不足），制定针对性改进措施，避免同类隐患重复出现。监督层面，成立安全监督小组，采用“随机抽查+专项督查”方式，检查隐患排查记录真实性、整改措施落实情况，对排查遗漏、整改拖延的部门或个人进行通报，确保管理体系有效执行。

### 3.5 应急能力强化

尽管通过排查与治理可降低隐患风险，但突发因素仍可能引发事故，需通过系统性措施强化应急能力，最大限度减少损失。（1）需要针对钢铁制造典型隐患制定专项应急预案。针对煤气泄漏，明确泄漏点快速隔离流程（如关闭上下游阀门）、划定警戒区域与人员疏散路线、启动轴流风机稀释煤气浓度，同时细化中毒人员现场急救步骤（如转移至通风处、吸氧支持）；针对钢水喷溅，制定钢水导流通道启用方案、周边火源切断流程及人员横向撤离路径；针对设备故障停机，明确备用设备启动时序与主生产线负荷转移方案，避免连锁停产。（2）按隐患类型与车间分布完善应急物资储备。高炉区

域重点配置一氧化碳检测仪、正压式呼吸器及应急堵漏工具；轧钢车间储备灭火毯、耐高温防护手套及轧件阻挡装置；电气车间配备绝缘手套、应急照明设备及短路故障检测仪。建立物资周检机制，核查呼吸器压力、灭火器有效期及检测仪校准状态，确保应急时物资可用。

（3）定期开展场景化应急演练。选取高炉煤气轻微泄漏、轧机轴承温度超标停机等高频隐患场景，组织操作人员参与隐患识别、应急响应及现场处置全流程。演练后通过视频回放复盘响应速度、流程衔接问题，优化应急预案条款与人员配合机制，提升团队应对突发隐患的实战能力<sup>[4]</sup>。

### 结语

本文围绕钢铁制造过程安全隐患管理展开系统性研究，全面梳理了炼铁、炼钢、轧钢及辅助系统的隐患类型，明确了流程排查、设备监测、环境感知、人员核查四类排查方法，构建了“分级治理—设备本质安全—人员能力—管理体系—应急强化”的完整治理框架。未来，随着数字孪生、AI监测等智能化技术在钢铁行业的深度应用，隐患排查的精准度与治理的高效性将进一步提升。钢铁企业需持续优化隐患管理体系，将安全理念融入生产全流程，以安全管理升级推动行业高质量发展，为工业体系安全稳定运行奠定坚实基础。

### 参考文献

- [1] 闫晓, 郝勇露. 钢铁行业尘泥回收利用及处理技术分析[J]. 山西冶金, 2024, 47(05): 86-88.
- [2] 刘力维. 以大数据为基础的钢铁智能制造体系架构分析[J]. 设备管理与维修, 2024(12): 1-3.
- [3] 杨海峰. 钢铁高新制造企业财务管理的税收筹划及风险防范研究[J]. 中国产经, 2024(11): 158-160.
- [4] 侯建勇. 钢铁冶炼废气治理工程安全管理相关研究[J]. 河南冶金, 2021, 29(03): 52-56.