

金属冶炼行业煤气安全管理的探讨

杨 彬

宝钢集团新疆八一钢铁有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要：随着金属冶炼规模扩张与技术迭代，煤气安全管理已成为行业稳定发展的核心命题。本文聚焦金属冶炼行业煤气安全管理展开探讨。首先阐述其重要性，涵盖事故预防、生命安全保障、提升能源利用效率与经济效益、环保合规、增强行业竞争力及履行社会责任等方面。接着介绍关键技术，包括本质安全设计、泄漏检测预警、应急处置救援、精脱硫净化技术及人员培训认证体系。最后分析发展趋势，涉及数字化智能化融合、人工智能应用、绿色低碳技术集成以及全生命周期安全管理，为金属冶炼行业煤气安全管理提供参考。

关键词：金属冶炼；煤气安全管理；关键技术；发展趋势

引言：金属冶炼行业作为国民经济重要支柱产业，在生产过程中广泛使用煤气。煤气具有易燃易爆、有毒有害等特性，一旦管理不善，极易引发重大安全事故，不仅威胁员工生命安全，还会造成巨大经济损失，影响企业声誉与行业稳定发展。同时，煤气的高效利用与安全管控也关乎利用效率、环保合规以及行业竞争力。在此背景下，深入探讨金属冶炼行业煤气安全管理，提升安全水平，实现可持续发展，具有重要的现实意义与紧迫性。

1 金属冶炼行业煤气安全管理的重要性

1.1 事故预防与生命安全保障

金属冶炼现场煤气系统复杂，泄漏、爆炸等风险高，直接威胁人员生命安全。强化煤气安全管理，通过本质安全设计，如优化设备布局、采用防爆材质，能从源头降低事故概率。运用先进的泄漏检测与预警技术，如红外成像、激光传感器，可实时捕捉微小泄漏，及时启动应急处置，避免事故扩大。规范人员操作流程，加强安全培训与演练，提升员工应急能力，形成“人-机-环”协同防护体系，为现场作业人员构筑坚实生命安全保障，减少人员伤亡风险。

1.2 能源利用效率与经济效益提升

煤气是金属冶炼关键能源，高效利用关乎企业成本与效益。科学规划煤气分配，依据不同工序需求精准供气，避免能源浪费。采用先进的煤气净化与精脱硫技术，提升煤气质量，确保燃烧充分，提高热能转化效率。引入数字化能源管理系统，实时监控煤气消耗，通过数据分析优化生产参数，降低空散损失。企业通过精细化管理，可显著减少煤气采购量，降低能源成本，提升产品市场竞争力，实现经济效益最大化。

1.3 环保合规与可持续发展

金属冶炼煤气燃烧产生大量污染物，环保压力巨大。严格落实煤气安全管理，采用高效精脱硫与净化技术，降低煤气中硫、氮等污染物含量，减少二氧化硫、氮氧化物排放，满足环保法规要求。加强煤气泄漏监测与防控，避免无组织排放对土壤、水体造成污染。企业通过环保合规生产，不仅能规避罚款、停产整顿等风险，还能树立绿色形象，赢得社会认可，为可持续发展奠定基础，助力行业向低碳、环保方向转型。

1.4 行业竞争力与社会责任

在激烈的市场竞争中，煤气安全管理水平成为企业核心竞争力的重要体现。先进的安全管理模式和技术应用，能确保生产稳定运行，提高产品质量和交付可靠性，增强客户信任，拓展市场份额。同时，企业积极履行社会责任，通过公开安全信息、开展社区安全宣传、参与应急救援等方式，提升社会形象。良好的社会声誉有助于企业获得政策支持、融资便利等资源，形成良性发展循环，推动整个金属冶炼行业安全、健康、可持续发展^[1]。

2 金属冶炼行业煤气安全管理关键技术

2.1 本质安全设计技术

(1) 设备可靠性提升。选用高强度、耐腐蚀的优质材料制造煤气设备，如采用特种合金钢制作煤气管道，可增强设备抗压能力，减少因材质缺陷引发的泄漏风险。优化设备结构设计，合理布局部件，避免应力集中，降低疲劳损坏概率。同时，严格把控设备制造工艺，通过精密加工、无损检测等手段，确保设备质量符合高标准。定期对设备进行全面检测与维护，运用先进的检测技术，如超声波探伤、磁粉检测等，及时发现潜在隐患并修复，保证设备始终处于良好运行状态，从硬件层面保障煤气系统安全。(2) 自动化控制技术。通

过安装高精度的传感器,实时监测煤气压力、流量、温度等关键参数,并将数据准确传输至控制系统。利用可编程逻辑控制器(PLC)或分布式控制系统(DCS),根据预设的安全阈值自动调节设备运行状态。当参数异常时,系统能迅速发出警报,并自动采取切断气源、启动通风等应急措施,避免事故扩大。此外,自动化控制可实现远程操作与监控,减少人员在危险区域的暴露时间,降低人为失误风险,提升煤气系统运行的稳定性和安全性,为金属冶炼生产筑牢安全防线。

2.2 泄漏检测与预警技术

(1)多参数监测系统。该系统集成了多种高精度传感器,可同时对煤气的浓度、压力、温度以及流速等关键参数进行实时、精准监测。不同参数之间相互关联、综合分析,能更全面地反映煤气系统的运行状态。当某一参数出现异常波动时,系统会迅速结合其他参数的变化情况,准确判断是否存在泄漏风险以及泄漏的大致位置和程度。这种多参数协同监测的方式,有效克服了单一参数监测可能存在的误判问题,大大提高了泄漏检测的准确性和及时性,为后续的预警和处置争取宝贵时间。(2)联网预警平台。通过物联网技术,各监测点采集到的数据实时上传至平台,平台利用大数据分析和智能算法对海量数据进行深度挖掘。一旦发现异常数据,平台会立即发出预警信息,并通过多种渠道,如短信、APP推送、声光报警器等,及时通知相关人员。同时,平台还能根据泄漏的严重程度和位置,自动生成应急处置方案,指导现场人员快速、有效地进行处置。联网预警平台打破了信息孤岛,提升了应急响应速度和协同处置能力。

2.3 应急处置与救援技术

(1)快速堵漏工具。常见的快速堵漏工具类型多样,如磁压堵漏器,它利用磁性吸附原理,能迅速吸附在泄漏的金属管道或设备表面,通过施加压力使密封垫与泄漏部位紧密贴合,实现快速止漏,尤其适用于平面泄漏点的处理。还有哈夫节堵漏器,由两个半圆形的壳体组成,可快速套在泄漏管道上,通过螺栓紧固,对管道的环向泄漏点进行有效封堵。此外,注胶堵漏枪通过向泄漏部位注入专用密封胶,填充缝隙,达到堵漏目的,适用于不规则形状的泄漏孔洞。(2)智能呼吸防护装备。现代智能呼吸防护装备集成了多种先进技术,具备实时监测功能,可精准检测装备内部的氧气浓度、有害气体浓度以及呼吸阻力等参数。当氧气浓度过低或有害气体浓度超标时,会立即发出警报,提醒救援人员及时撤离危险区域。同时,部分智能呼吸防护装备还配备

了通信模块,救援人员可通过它与外界保持联系,及时汇报现场情况并获取指挥指令。此外,其采用舒适的材质和人体工程学设计,减轻救援人员长时间佩戴的疲劳感。智能呼吸防护装备为救援人员在复杂危险的煤气泄漏环境中提供了可靠的安全保障,提高了应急救援的有效性和成功率。

2.4 精脱硫与净化技术

(1)有机硫脱除工艺。当前有机硫脱除工艺聚焦高效转化与深度净化,采用“水解转化+湿法氧化”组合技术。前端通过高温水解催化剂将羰基硫(COS)转化为 H_2S ,催化剂采用钴-钼复合金属氧化物,抗中毒能力提升30%,反应温度优化至180-200℃以降低能耗。后端衔接湿式氧化装置,利用高硫容抑盐催化剂实现 H_2S 深度脱除,该催化剂通过多金属活性中心设计,同步抑制硫代硫酸盐和硫酸盐生成,两盐浓度稳定控制,减少废液排放。工艺中引入多级流化床反应器,降低床层压降40%,提升处理量,适应高炉煤气波动特性。(2)副产物资源化利用。脱硫过程产生的硫代硫酸盐和硫酸盐混合液,经多效蒸发结晶系统分离,得到纯度 $\geq 99.5\%$ 的工业硫磺,可作为化工原料直接销售。针对镁法脱硫废水,通过选择性除钙技术保留镁离子,采用“低温冷冻结晶+离心干燥”工艺回收七水硫酸镁,产物纯度达98%,满足肥料级标准。资源化系统集成余热回收装置,利用脱硫塔出口烟气预热原料液,降低蒸汽消耗量。该技术使硫资源回收率提升至92%,每吨高炉煤气处理成本降低18元,形成经济效益与环境效益双赢模式。

2.5 人员培训与认证体系

(1)虚拟仿真培训。金属冶炼行业引入虚拟仿真技术构建煤气安全培训体系,通过高精度三维建模还原煤气生产、输送、净化全流程场景。培训系统集成力学反馈装置与AR交互模块,模拟煤气泄漏、爆炸等事故的视觉、听觉及触觉反馈,使学员沉浸式体验应急处置流程。系统内置智能纠错功能,可实时分析学员操作是否符合安全规范,如阀门启闭顺序、防护装备穿戴等,并生成个性化改进报告。培训内容涵盖煤气特性认知、设备操作规范、应急预案演练等模块,支持多工种协同训练。该技术突破传统实操培训的场地与安全限制,使学员在无风险环境中完成高危场景训练,提升培训效率与效果。(2)持证上岗制度。当前金属冶炼行业推行分级分类持证上岗制度,依据岗位风险等级设置初级、中级、高级三级认证体系。初级认证聚焦煤气安全基础知识与基础操作技能,通过理论考试与实操考核颁发合格证书;中级认证增加应急处置能力评估,要求学员独立

完成泄漏处置模拟任务；高级认证侧重系统管理与风险研判能力，需通过案例分析答辩。认证考试引入第三方机构监督，采用人脸识别与行为分析技术确保考核公正性。证书有效期设为三年，期满前需完成继续教育并重新考核^[2]。

3 金属冶炼行业煤气安全管理技术的发展趋势

3.1 数字化与智能化深度融合

未来金属冶炼行业煤气安全管理将加速数字化与智能化深度融合。借助5G、物联网技术，构建全要素感知网络，实时采集煤气压力、浓度、温度等参数，实现数据毫秒级传输与动态更新。通过数字孪生技术构建煤气系统虚拟模型，模拟运行状态与故障场景，为决策提供精准依据。智能化方面，边缘计算与云计算协同，在设备端实现本地快速响应，在云端完成大数据分析与复杂决策。智能算法可自动识别异常数据，预测设备故障与泄漏风险，提前触发预警并联动控制装置。同时，数字化平台整合管理流程，实现从监测、预警到处置的全流程线上化，提升管理效率与透明度，推动煤气安全管理向主动防控、精准治理转型。

3.2 人工智能广泛应用

人工智能将在煤气安全管理中发挥核心作用。机器学习算法可分析海量历史数据，挖掘煤气泄漏、设备故障的潜在规律，建立高精度风险预测模型，实现事故提前预警。计算机视觉技术通过部署高清摄像头与智能分析系统，实时监测煤气管道、阀门等关键部位的外观变化，自动识别裂纹、腐蚀等缺陷，精度达毫米级。自然语言处理技术可解析设备运行日志、报警信息等文本数据，提取关键安全信息并生成报告。此外，AI驱动的智能机器人将承担高危环境巡检、应急处置等任务，配备多传感器与机械臂，可自主完成泄漏点定位、临时堵漏等操作，降低人员风险，提升应急响应速度与处置能力。

3.3 绿色低碳技术集成

绿色低碳技术将成为煤气安全管理的重要方向。在脱硫净化环节，开发新型催化剂与工艺，降低能耗与化学品消耗，如低温催化水解技术可将反应温度降至120℃以下，减少能源需求。同时，探索生物脱硫技术，利用微生物代谢作用去除有机硫，实现无二次污染的绿色脱

硫。副产物资源化方面，深化硫磺、硫酸镁等产品的深加工，开发高附加值化工原料，如将硫磺转化为硫化亚铁等电池材料。此外，集成余热回收、碳捕集技术，利用煤气净化过程产生的废热发电，捕集二氧化碳并转化为燃料或建材，构建“减排-利用-再循环”的低碳闭环，推动行业向绿色、可持续方向转型。

3.4 全生命周期安全管理

全生命周期安全管理将贯穿煤气系统规划、设计、建设、运行到退役的全过程。在规划阶段，引入风险评估与安全设计标准，确保系统本质安全。设计阶段采用模块化、标准化设计，提升设备互换性与可维护性。建设阶段强化施工质量控制，利用BIM技术模拟施工过程，提前发现并解决安全隐患。运行阶段建立动态监测与健康管理体系，通过传感器与AI算法实时评估设备状态，制定预防性维护策略。退役阶段制定安全拆除与废弃物处理方案，避免残留煤气引发事故。同时，构建全生命周期数据平台，整合各阶段信息，实现数据共享与追溯，为安全管理提供全链条支持，提升系统整体安全性与可靠性^[3]。

结束语

金属冶炼行业煤气安全管理是保障生产安全、推动行业可持续发展的关键所在。随着技术进步与管理理念升级，数字化、智能化、绿色化已成为必然趋势。通过深度融合新兴技术，构建全生命周期安全管理体系，不仅能有效防控煤气事故风险，更能提升资源利用效率，实现环境效益与经济效益的双赢。未来，行业需持续强化技术创新与标准完善，培养高素质专业人才，形成相关部门、企业、社会协同共治的良好格局，为金属冶炼行业的高质量发展筑牢安全基石，迈向更安全、更高效、更绿色的新阶段。

参考文献

- [1] 郝文龙. 浅谈冶金企业煤气安全管理[J]. 石化技术, 2021, 26(07): 371-372.
- [2] 罗贤英. 冶金规范在产品质量管理方面的应用[J]. 工程技术研究, 2022, (7): 147.
- [3] 苏进德. 浅谈冶金企业煤气安全管理[J]. 福建冶金, 2021, 46(2): 50-51.