

煤气回收作业人员的安全培训与操作规范研究

薛波

山西焦化股份有限公司 山西 临汾 041606

摘要: 煤气(主要指高炉煤气、转炉煤气和焦炉煤气)作为钢铁、化工等行业的重要二次能源,在回收利用过程中蕴含着巨大的安全风险。煤气回收作业环境复杂、介质易燃易爆且具有剧毒性,一旦发生泄漏、爆炸或中毒事故,极易造成群死群伤的重大安全事故。因此,对煤气回收作业人员开展系统化、专业化、常态化的安全培训,并建立科学严谨的操作规范体系,是保障企业安全生产、维护员工生命健康、实现绿色低碳发展的关键举措。本文在分析煤气回收工艺特点及典型危险源的基础上,深入探讨当前安全培训与操作规范中存在的主要问题,进而从培训内容体系构建、培训方式创新、操作规程标准化、应急处置能力提升以及安全文化建设等多个维度,提出一套系统性的优化策略,旨在为相关行业提供理论参考与实践指导。

关键词: 焦炉煤气;回收作业;安全培训;操作规范;风险防控;应急管理

引言

随着国家“双碳”战略的深入推进,工业余热的高效回收利用已成为实现节能减排、绿色转型的重要路径。在钢铁联合企业中,高炉、转炉和焦炉在生产过程中产生的大量煤气,其热值虽低于天然气,但总量巨大,若不加以回收,不仅造成能源浪费,还会严重污染环境。因此,焦炉煤气回收系统(如煤气柜储存、管网输送等)已成为现代钢铁厂不可或缺的组成部分。然而,煤气本身具有高度危险性:其主要成分一氧化碳(CO)无色无味,毒性极强,空气中浓度达0.4%即可致人死亡;同时,煤气中含有的氢气、甲烷等可燃气体,使其爆炸极限范围宽(如高炉煤气爆炸极限约为30%~89%),遇明火、静电或高温极易引发爆炸。加之煤气回收系统通常涉及高压、密闭、长距离输送等复杂工况,作业环境多变,人为操作失误、设备老化、管理疏漏等因素叠加,使得该领域成为工业安全事故的高发区。因此,系统研究煤气回收作业人员的安全培训机制与操作规范体系,不仅是技术问题,更是关乎企业可持续发展与社会责任的重大课题。

1 煤气回收作业的主要危险源分析

煤气回收作业中的危险源具有隐蔽性强、突发性高、后果严重等特点。首先,有毒气体泄漏是最常见也最致命的风险。由于管道长期运行可能出现焊缝疲劳开裂,法兰密封因老化失效,或排水器因堵塞、缺水而丧失水封功能,导致高浓度一氧化碳逸散至作业区域,作业人员在毫无察觉的情况下迅速中毒甚至死亡。其次,火灾与爆炸风险始终伴随整个系统运行。一旦煤气泄漏并与空气混合达到爆炸极限,任何微小的点火源——无

论是电气设备产生的火花、金属工具碰撞产生的静电,还是违规吸烟——都可能引发剧烈爆炸。此外,在设备检修过程中,若未严格执行吹扫置换程序,残留煤气被意外引燃,同样会造成灾难性后果。第三,系统压力控制失常亦构成重大隐患。风机突发故障或自动调节阀响应滞后,可能导致管网内出现异常正压或负压,前者可能造成设备破裂、法兰撕裂,后者则可能引发空气倒灌,形成爆炸性混合气体^[1]。第四,在煤气柜内部、地坑、阀门井等密闭空间作业时,氧气含量可能因置换不彻底或生物耗氧而低于安全限值,引发窒息事故。最后,作业过程中还存在高温烫伤、高压气体喷射冲击、旋转机械卷入等物理性伤害风险。这些危险源相互交织,共同构成了煤气回收作业复杂而严峻的安全挑战。

2 当前安全培训与操作规范存在的主要问题

尽管多数企业已建立基本的安全管理制度,但在实际执行中仍存在诸多问题:

2.1 安全培训流于形式

培训教材多年未更新,未涵盖新工艺、新设备、新标准(如GB6222-2020《工业企业煤气安全规程》)。通用安全知识占比过高,缺乏针对焦炉煤气回收岗位的专项培训。例如,在涉及焦炉煤气系统的作业中,未系统讲授焦炉煤气柜的操作规程、焦炉煤气排水器的日常维护要点等关键内容。培训后仅进行简单笔试,未设置实操考核或应急演练评估,无法真实反映人员能力。

2.2 操作规范执行不到位

操作规程过于笼统,缺乏具体步骤、参数阈值、异常判断标准,导致员工“凭经验操作”。设备改造或工艺调整后,未及时修订操作规程,造成“规程与现场脱

节”。为追求效率，存在未办理作业票、未检测气体、未佩戴呼吸器等习惯性违章行为。

2.3 应急处置能力不足

应急演练频率低、场景单一，员工对CO中毒、火灾等突发情况的处置流程不熟悉。部分员工不会正确佩戴正压式空气呼吸器，或在“感觉没事”的情况下擅自摘除。事故初期未能及时报警、疏散或启动联锁，延误最佳处置时机。

2.4 安全文化氛围薄弱

将安全视为成本而非投资，安全投入不足，培训资源匮乏。存在“事故不会轮到我”的侥幸心理，对风险缺乏敬畏。缺乏对安全行为的正向激励和对违章行为的有效惩戒。

3 安全培训体系的优化路径

3.1 构建分层级、模块化的培训内容体系

要提升培训实效，必须打破“一刀切”模式，构建覆盖全员、贯穿职业生涯的分层级培训体系。对于新入职员工，应重点强化煤气基本理化性质、毒性机理、爆炸原理等基础知识，辅以《安全生产法》《职业病防治法》等法律法规教育，筑牢安全底线思维。对于在岗操作人员，则需聚焦专业能力提升，深入讲解焦炉煤气系统的工艺流程、关键设备（如TRT、煤气柜、排水器）的工作原理及常见故障模式。在此基础上，针对具体岗位开发操作层培训模块，详细讲授标准化操作程序（SOP）、受限空间与动火作业管理、气体检测仪使用方法、个体防护装备的正确佩戴与维护等内容^[2]。最后，所有人员均需接受应急层培训，掌握CO中毒的急救流程（包括心肺复苏、呼叫救援、转运要点）、初期火灾扑救技巧、紧急疏散路线及报警程序，确保在突发事件中能够冷静应对、有效自救互救。

3.2 创新培训方式，提升实效性

应积极引入现代教育技术，提升培训的沉浸感与参与度。例如，利用VR/AR技术构建虚拟煤气站场景，模拟管道泄漏、阀门故障、人员中毒等高风险情境，让员工在零风险环境中反复练习应急处置动作，强化肌肉记忆与心理适应能力。同时，大力推行案例教学法，选取国内外典型煤气事故进行深度复盘，引导员工从“旁观者”转变为“当事人”，深刻理解每一个违章行为背后的连锁反应与惨痛代价。此外，可通过组织岗位练兵、技能比武等活动，将呼吸器快速佩戴、气体检测、心肺复苏等关键技能纳入竞赛项目，激发员工主动学习的积极性。配合开发移动端安全微课，支持员工利用碎片化时间复习巩固，实现安全知识的常态化浸润。

3.3 建立严格的培训考核与持证上岗机制

培训效果最终要通过考核来检验。应建立“理论+实操+应急”三位一体的综合评估体系，理论考试侧重风险辨识与规程理解，实操考核聚焦设备操作与PPE使用，应急演练则评估突发情况下的反应速度与协作能力。只有三项均达标者方可获得上岗资格。建议在企业内部推行“煤气岗位能力分级授权”机制，依据员工对焦炉煤气系统（如煤气柜、排水器等）的掌握程度和历史表现，动态授予不同作业权限，并每半年开展一次岗位胜任力复评，确保人岗匹配、能力持续达标。同时，为每位员工建立个人安全培训电子档案，详细记录培训内容、考核成绩、违章记录等信息，并将其与绩效奖金、岗位晋升直接挂钩，形成“培训—考核—应用—激励”的良性循环。

4 操作规范的标准化与智能化建设

4.1 细化操作规程，推行“手指口述”确认法

操作规程的生命力在于可执行性。企业应组织工艺、设备、安全等多部门联合编制岗位级SOP，将每一项操作分解为“准备—执行—确认—记录”四个清晰阶段，明确每一步所需工具、检查项目、参数标准及责任人。例如，在开启煤气排水器前，必须确认上游阀门已关闭、泄压完成、气体检测合格，并由两人共同签字确认。为减少人为疏忽，可全面推广“手指口述”安全确认法：操作人员在执行关键步骤前，需用手指指向目标设备，同时大声口述其状态（如“东侧主阀已全关，确认！”），通过视觉、听觉、语言、动作的多重刺激，强制集中注意力，有效降低误操作概率。

4.2 强化作业许可与能量隔离管理

非常规作业是事故高发区，必须实施最严格的管控。所有涉及受限空间进入、动火、盲板抽堵等高风险作业，必须提前申请作业许可证，经气体检测（O₂、CO、CH₄等）、强制通风、能量隔离、落实专职监护等多项措施全部到位后，方可开始作业。其中，能量隔离（LOTO，上锁挂牌）是防止误启动的核心手段^[3]。作业前，必须对相关设备的电源、气源、液压源等所有能量源进行物理隔离并上锁，钥匙由作业负责人保管，作业结束并清点人员后方可解锁。这一过程应全程录像或电子留痕，确保责任可追溯。

4.3 推进智能监控与预警系统应用

应在煤气管网的关键节点（如阀门组、排水器、煤气柜进出口）部署高精度、防爆型在线气体监测仪，实时采集CO、O₂、CH₄浓度数据，并通过工业物联网平台上传至中央控制室，一旦超限立即触发声光报警并自动启动

连锁（如切断气源、启动风机）。同时，引入AI视频分析技术，在重点区域安装智能摄像头，自动识别未佩戴安全帽、未系安全带、违规穿越警戒线等不安全行为，并实时推送预警至管理人员手机。此外，建立电子巡检系统，通过NFC或二维码打卡，强制巡检人员按预设路线检查排水器水位、阀门开度、设备振动等参数，系统自动记录并生成异常工单，确保隐患早发现、早处理。

5 应急处置能力与安全文化的协同提升

5.1 构建“平战结合”的应急体系

应急能力不能仅靠“战时”发挥，而需在“平时”持续锤炼。企业应制定分级响应预案，明确班组级（小范围泄漏、1人中毒）、车间级（多点泄漏、多人受困）、公司级（重大爆炸、大面积扩散）不同情景下的指挥体系、处置流程与资源调配方案。应急物资如移动式轴流风机、专用堵漏夹具、急救药品、备用呼吸器等必须足额配置，并纳入日常点检清单，确保随时可用。尤为关键的是，应摒弃“演戏式”演练，每季度至少组织一次无预先通知的突击演练，模拟真实断电、通讯中断、多点并发等复杂场景，全面检验一线人员的真实响应速度、协作效率与决策能力，演练后必须进行复盘评估，持续优化预案。

5.2 营造“人人讲安全、事事为安全”的文化氛围

安全文化的培育是一项长期工程。管理层必须以身作则，将安全指标纳入各级管理者KPI，定期公开安全绩效，兑现安全承诺。建立正向激励机制，设立“安全之星”“隐患举报奖”“零违章班组”等荣誉，对主动发现重大隐患、成功避免事故的员工给予物质与精神双重奖励^[4]。同时，将安全理念延伸至员工家庭，通过举办“家属安全开放日”、发放“安全家书”、邀请家属参与安全宣誓等活动，让亲情成为守护安全的另一道防线。利用宣传栏、班前会、企业微信公众号等多元载体，常态化推送安全警示、操作技巧、事故案例，使安全意识内化于心、外化于行。

5.3 推动“本质安全”理念落地

最高级的安全是“无需依赖人的完美操作也能确保安全”，即本质安全。企业应从设计源头减少人工作业风险，例如采用自动补水、自动排污的智能排水器替代传统人工排水，通过DCS系统实现远程阀门开关控制，避免人员频繁进入高风险区域。推行“零泄漏”管理理念，利用红外成像检漏仪、超声波测厚仪等先进工具，对管道、焊缝、法兰进行定期体检，提前发现微小缺陷并修复。最终，构建安全风险分级管控与隐患排查治理双重预防机制，通过风险辨识、评估、管控措施落实、隐患整改、效果验证的闭环管理，将事故消灭在萌芽状态，真正实现从“被动应对”向“主动防御”的根本转变。

6 结语

焦炉煤气回收作业是高风险与高价值并存的关键环节。保障作业安全，绝非仅靠张贴警示标语或召开安全会议所能实现，而必须构建一个以“人”为核心、以“规范”为骨架、以“技术”为支撑、以“文化”为灵魂的系统性安全管理体系。本文提出的优化路径强调：培训要“实”，即内容精准、方式多元、考核严格；操作要“细”，即规程标准、执行刚性、监督闭环；应急要“快”，即预案科学、物资到位、响应迅速；文化要“深”，即全员参与、正向激励、持续改进。唯有如此，才能真正筑牢煤气回收作业的安全防线，实现“零事故、零伤害、零污染”的安全生产目标，为企业高质量发展和员工幸福安康提供坚实保障。

参考文献

- [1]张海澎,马晓芹.关于冶金企业煤气安全管理的研究[J].冶金管理,2025,(09):28-30+59.
- [2]赵文杰.冶金行业煤气回收技术的现状与发展趋势[J].全面腐蚀控制,2025,39(08):198-200.
- [3]郑狄,王志成,蔡宾,等.转炉煤气系统问题分析及优化策略研究[J].山西冶金,2025,48(10):189-191.
- [4]邓振月,闫方兴,陈文彬,等.高炉炉顶料罐煤气全回收技术研究[J].冶金设备,2025,(S1):23-27.