

天然气场站作业人员安全操作规范构建研究

刘须登

枣庄昆仑能源有限公司 山东省枣庄市 277400

DOI: 10.32629/ems.v8i9.22135

[摘 要] 天然气场站承担调压、过滤、计量等关键功能，属于高压易燃易爆高危作业场所，作业人员的不规范操作是引发泄漏、火灾、爆炸事故的核心诱因。本文基于 事故致因理论，结合国内天然气场站事故案例统计、AHP 层次分析法风险权重计算，从场站作业不安全行为识别、操作规范体系框架、全流程操作标准等方面开展研究，构建全链条安全操作规范体系，同时引入视觉智能识别技术作为规范执行监督手段，以期为天然气场站现场作业安全管理提供理论参考与实操依据。

[关键词] 天然气场站；作业人员；安全操作规范；智能识别；风险管控

引言

随着我国天然气产业快速发展，长输管网与场站设施规模持续扩张，燃气门站、分输站、调压站作为城市供气枢纽，长期处于高压介质环境，工艺复杂、危险源集中。统计数据显示，天然气场站安全事故中，超过 80% 的事故根源来源于人的不安全行为，包括违章操作、作业票证流于形式、防护用品佩戴不规范、风险辨识不到位等问题。现有场站管理制度大多侧重设备管理，针对人员现场操作的标准化、条目化操作规范不完善，部分规程笼统，现场可执行性不足，习惯性违章难以遏制。因此，识别场站典型不安全行为，构建一套覆盖作业前、作业中、作业后，兼顾制度标准、人员能力、装备防护、数字化监督的人员安全操作规范体系，对降低人为事故、提升场站本质安全水平具有现实意义。

1 天然气场站作业人员不安全行为识别与风险数据分析

1.1 场站典型不安全行为分类

结合天然气场站事故调查报告、HAZOP 危险性可操作分析方法，将作业人员不安全行为分为故意违章、非故意违章两大类，覆盖作业全生命周期，分为作业前期、作业实施阶段、作业收尾阶段三个层面。

1) 作业前期不安全行为：作业票证审批流于形式，无证作业、补票作业；未开展现场风险辨识；未落实工艺隔离、盲板隔离；未完成设备泄压；劳动防护用品检查缺失；特种作业人员资质失效；技术交底不到位。

2) 作业实施阶段不安全行为：阀门操作站位错误，正对阀杆；不按步骤拆装设备；违规使用非防爆工具；防护用品不按规定穿戴；监护人员脱岗；现场违章动火；设备检修未断电挂牌；凭经验更改作业方案；发现异常继续冒险作业。

3) 作业收尾阶段不安全行为：检修后未复位设备；未清点工具杂物遗留设备内部；未恢复安全防护设施；未完成现场气体检测即解除作业许可；作业记录填写虚假、漏记关键操作。

表 1 天然气场站作业安全一级风险指标权重

一级指标	权重占比	关键二级影响因素
人员因素	41.30%	作业资质、技术水平、安全意识、工种协同配合度
机械因素	30.19%	设备维护检修、吊具 / 工具选型、设备适配度
管理因素	21.33%	作业监督、安全技术交底、安全培训、应急预案
环境因素	19.80%	恶劣天气、作业能见度、施工现场布局合理性

1.2 风险因素权重分析

参考天然气场站吊装作业 AHP 层次分析法研究成果，将风险划分为人员、机械、环境、管理四大一级指标，各一级指标组合权重如表 1 所示。

从权重结果可见，人员因素权重最高，达到 41.30%，作业资质、人员技术水平、安全意识是场站作业风险管控的重中之重，这也说明构建人员安全操作规范是场站风险防控的关键抓手。当作业人员缺失资质、经验不足时，场站作业事故发生频率等级可从 I 级（几乎不可能发生）上升至 III 级（有可能发生），风险等级显著升高。

1.3 场站违章行为事故统计

收集国内近年天然气场站相关事故案例统计，人员不安全行为诱发事故类型分布见图 1。

场站人员不安全行为诱发事故占比

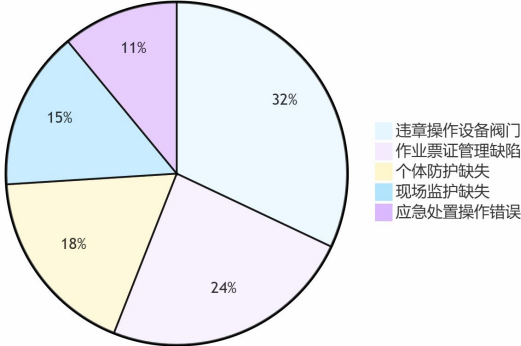


图 1 天然气场站人员不安全行为诱发事故占比 (%)

统计结果显示，阀门等工艺设备违章操作占比最高达

32%，其次是作业票证管理缺陷 24%，防护用品缺失 18%。阀门操作中典型错误是操作人员身体正对阀门手轮，一旦阀杆填料发生喷射泄漏，会直接造成人员伤害；正确操作应站在阀门侧面进行开关操作。

2 天然气场站作业人员安全操作规范体系总体框架

2.1 规范构建原则

1) 风险导向原则：以识别出的不安全行为为约束对象，针对高风险作业设置强制操作条款；

2) 全流程闭环原则：覆盖作业前准备确认、作业过程实

施、作业结束验收复盘完整流程；

3) 现场可落地原则：摒弃笼统文字描述，将操作拆解成可核查、可确认的动作条目，形成作业确认卡；

4) “制度—人—装备—技术”协同原则：规范不仅规定人的动作，同步明确工具装备要求、管理监督要求，结合数字化手段辅助执行监督。

2.2 规范体系整体架构

天然气场站作业人员安全操作规范体系分为 4 个子体系，如图 2 所示。



图2 安全操作规范体系整体架构

3 场站作业全流程安全操作标准

3.1 作业前期准备确认规范

作业前期是风险预防的第一道防线，实行“三方确认制”，作业负责人、现场监护人、作业操作人员三方共同确认，确认内容逐项记录在作业确认卡上，不满足条件禁止开工。

1) 人员资质确认：特种作业人员必须持有效特种作业证，人证一致；外包第三方人员必须完成入场安全交底，考核合格方可进场；严禁无资质人员独立开展动火、吊装、受限空间作业。

2) 作业票证确认：严格执行作业许可管理，动火、受限空间、吊装、临时用电等高风险作业必须办理对应作业票，禁止无票作业、先作业后补票；票证内容需要明确风险点、隔离措施、监护人员，作业范围、时间不得随意变更。

3) 工艺与设备状态确认：工艺系统完成泄压、吹扫置换；盲板按照“盲板图”执行加装、摘除，执行挂牌标识；设备断电执行上锁挂牌程序，悬挂“禁止合闸，有人工作”警示牌。

4) 现场环境与防护确认：检测作业区域可燃气体浓度；检查作业工具为防爆工具；配齐消防、应急救援器材；检查作业人员个体防护用品完好；评估天气条件，大风、雷雨等恶劣天气禁止开展室外高处、吊装作业。

3.2 作业实施过程操作规范

作业实施阶段，严格落实监护制度，高风险作业监护人不得离开作业现场，不得参与作业操作，实时观察作业人员行为、环境介质变化。

1) 通用操作行为准则

①操作阀门：操作人员站立于阀门侧面，禁止正对阀杆；开关阀门匀速操作，禁止蛮力敲击手轮；完成操作做好状态标记；

②拆装检修：严格按照检修规程步骤，禁止随意简化工

序；设备内部检修，定时开展氧含量、可燃气体检测；

③工具使用：全部使用防爆工具；工具完好无裂纹缺陷；禁止抛掷工具；

④个体防护：按作业类型穿戴防静电工作服、安全帽、防护鞋、防护面罩等，不得随意摘除防护用品。

2) 典型高危作业专项操作要点

动火作业：动火点与易燃易爆设备保持安全距离，持续监测可燃气体，清理周边可燃物，配备消防器材。

吊装作业：吊物下方禁止站人，指挥与司机统一信号，严禁斜拉斜吊。

受限空间作业：执行“先通风、再检测、后作业”原则，保持持续通风，定时检测气体，外部监护人全程在岗。

3) 异常处置操作：作业过程中一旦出现泄漏、异响、报警等异常，第一时间停止作业，人员撤离至安全区域，上报处置，严禁冒险继续作业。

3.3 作业结束后验收闭环规范

作业结束不等于风险消除，需要完成现场恢复、检查验收、资料闭环，防止遗留隐患。

1) 现场清理：拆除临时施工设施，工具杂物全部清理出场，不得遗留在设备腔体内部；恢复设备防护设施、安全标识。

2) 工艺复位确认：盲板按照盲板台账核对摘除；阀门状态复位；检修完成后按照要求进行气密性试验。

3) 气体复测：恢复投运前再次检测可燃气体，确认无泄漏。

4) 作业票闭环：监护人、作业负责人共同现场验收合格，方可终结作业票；完整填写作业记录，包含操作时间、关键参数、异常情况。

5) 复盘：高风险作业完成后开展简短复盘，梳理本次作业存在的操作偏差，更新培训案例库。

4 装备防护操作与岗位能力准则

4.1 个体防护装备操作规范

天然气场站常用防护装备包含防静电工作服、安全帽、绝缘手套、防护鞋、防护面罩。操作规范要点：装备使用前外观检查，出现破损、老化立即停用；防静电服装禁止在现场进行脱摘动作；绝缘类防护装备定期开展耐压检测；防护用品定点存放，避免油污、尖锐物损伤。

4.2 岗位能力与准入准则

1) 岗位资质：场站操作人员需要完成理论 + 实操培训，考核合格上岗；特种作业必须取得法定证书；外包、外来作业人员必须完成场站专项安全交底。

2) 培训模式：摒弃单一课堂宣讲，增加事故模拟、VR 场景演练；建立“安全观察员”轮值制度，普通作业人员参与现场风险巡查，内化安全意识。

3) 行为红线：明确作业人员安全操作行为负面清单，如无票作业、违章冒险作业、监护脱岗、拆除安全防护设施、野蛮操作设备，一旦触碰执行相应处罚。

5 数字化智能监督保障方案

单纯依靠制度文本，难以完全杜绝习惯性违章，引入机器视觉技术实现对人员操作行为实时识别预警，弥补人工监督的局限性。选用 YOLOv5s 目标检测网络构建场站作业人员操作识别模型，采集阀门正确、错误操作，防护用品佩戴、违章行为图片数据集，通过图像增强、随机遮挡、亮度变换扩充样本，模型测试集检测准确率可达 93%，能够实现实时视频流推理报警。

5.1 智能识别监控应用场景

1) 阀门操作识别：识别人员是否正对阀门手轮的危险操作，出现错误操作立即现场声光报警，同步推送信息至中控与安全员终端。

2) 防护装备识别：识别未佩戴安全帽、未穿防静电工作服等违章行为。

3) 作业区域管控：识别无关人员进入高危作业区，识别监护人脱岗等行为。

5.2 智能与人工的联合监督模式

智能识别系统主要用于实时预警，不直接作为处罚唯一依据；报警信息推送安全员，现场复核确认。同时建立安全操作电子台账，记录违章类型、频次，用于针对性培训。智能监控与现场巡检、作业三方确认卡相结合，形成“智能预警-人工复核-整改闭环-培训提升”完整链条。

6 规范落地实施保障对策

6.1 完善制度文件，编制岗位作业确认卡

把安全操作规范转化为岗位可随身携带的作业确认卡，把抽象规程转化为一条条勾选确认项，作业过程逐项打勾确

认，避免凭经验作业。同时修订场站管理制度，把规范条款纳入管理文件。

6.2 分层分类培训，强化实操演练

针对正式员工、外包第三方人员分别开展培训。培训内容包含规范条文、事故案例、实操演练；定期开展阀门操作、泄漏应急处置演练；把规范内容纳入岗位月度考核。

6.3 建立考核激励机制

建立正向激励与约束相结合机制。对严格遵守操作规范、主动识别隐患人员予以奖励；对触碰操作红线的人员进行再培训、考核；对多次习惯性违章人员调整岗位。将安全操作执行情况和班组、个人绩效挂钩。

6.4 持续迭代更新规范

建立规范动态更新机制，场站发生未遂事件、异常事件后，分析操作层面存在的漏洞，及时修订完善操作条目；结合新工艺、新设备投用，补充对应的操作要求，保持规范的时效性。

7 结论

天然气场站作业中，人员因素权重占比达到 41.30%，是场站安全风险管控的首要要素。场站作业人员安全操作规范构建不能仅仅是文本制度编写，需要构建完整体系，覆盖作业前期确认、作业过程管控、作业结束闭环管理。

安全规范的刚性约束与操作质量的韧性支撑互为表里、相辅相成，安全是规范操作的底线保障，标准化操作是消除安全隐患、实现场站长效安全运行的核心支撑。本次研究构建的全流程安全操作规范体系，同时融合人员意识培育、智能装备赋能、数字化动态监管、复杂环境适配等多重保障机制，形成了全方位、可落地、可迭代的场站人员操作管控方案。

[参考文献]

[1]薛鲁宁,赵晋云,刘冰,等.基于 AHP 与 BN 的天然气场站吊装作业动态风险评估模型[J].中国安全生产科学技术,2024,20(11):92-100.

[2]孙健.燃气门站安全风险识别与防控措施研究[J].城市燃气,2026,(5):39-43.

[3]赵崇志,卢俊,田源,等.基于 YOLOv5s 的作业现场阀门规范操作识别方法[J].计算机技术与发展,2022,32(5):216-220.

[4]胡伟力,于晶晶,王海鹏.天然气场站消防安全常见问题与对策研究[J].消防界(电子版),2025,11(6):103-105.

[5]陈玉苍.人员素质对天然气安全生产的影响及安全管理提升策略[J].化工管理,2025,(5):99-101.