

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2026.05.008

燃气门站安全风险识别与防控措施研究

孙 健

中石油昆仑燃气有限公司液化气抚顺分公司

摘要：随着我国天然气消费规模的持续扩大，燃气门站在城市输配体系中的关键作用愈发凸显，其运行安全直接关系到供气稳定与公共安全。基于门站过滤和加臭等工艺流程的运行特点，本文系统分析了门站高压力和高敏感度等固有危险属性。在此基础上，从人员操作、设备腐蚀老化与超压失效、天然气泄漏扩散、制度执行不到位、作业票据缺失以及极端天气、防恐与第三方破坏等方面，对主要风险进行了归纳识别。围绕这些高频风险点提出了强化安全培训与作业许可管理，构建设备完整性管理体系，完善泄漏在线监测与AI隐患识别技术，健全制度执行与审核机制、提出布设周界报警与布控球监控等综合防控措施。研究认为，通过提升风险识别精度和加强技术支撑与强化执行闭环的方式，可有效提高燃气门站的本质安全水平，从而为行业安全治理提供实践参考。

关键词：燃气门站；风险识别；设备完整性管理；泄漏监测

Study on Safety Risk Identification and Prevention and Control Measures for Gas City Gate Stations

SUN Jian

Fushun LPG Branch, PetroChina Kunlun Gas Co., Ltd.

Abstract: With the continuous expansion of the scale of natural gas consumption in China, the key role of gas city gate stations in the urban transmission and distribution system becomes increasingly prominent, and their operational safety directly relates to gas supply stability and public safety. Based on the operational characteristics of technological processes such as filtration and odorization of city gate stations, this paper systematically analyzed the inherent hazardous attributes such as high pressure and high sensitivity of city gate stations. On this basis, this paper summarized and identified the main risks from the aspects of personnel operation, equipment corrosion and aging and overpressure failure, natural gas leakage and diffusion, inadequate system execution, lack of operation tickets, as well as extreme weather, anti-terrorism, and third-party damage. Focusing on these high-frequency risk points, this paper proposed comprehensive prevention and control measures, including strengthening safety training and operation permit management, constructing an equipment integrity management system, improving online leakage monitoring and AI hidden danger identification technology, perfecting the system execution and audit mechanism, and setting up perimeter alarms and deployable dome camera monitoring. The research indicates that by improving the accuracy of risk identification, strengthening technical support, and reinforcing the execution closed-loop, the intrinsic safety level of gas city gate stations can be effectively improved, thereby providing a practical reference for safety governance in the industry.

Keywords: gas city gate station; risk identification; equipment integrity management; leakage monitoring

1 引言

近年来，随着我国天然气消费规模的持续增长

和城镇燃气储配系统的布局不断扩大，燃气门站在能源输配体系中的枢纽作用愈加突出。门站承担着过滤调压和计量加臭等关键功能，因此，其安全运

[第一作者简介] 孙健，部门负责人，中级职称，从事燃气安全管理工作。

行直接关系到城市供气稳定和人员生命财产安全^[1]。并且，天然气作为重要的清洁能源，在全球能源结构中占据着重要地位，其储运过程的安全性直接关系到能源供应的稳定以及社会经济的可持续发展。然而，由于天然气具有易燃、易爆特性，门站运行中存在着火灾、爆炸和泄漏等突发事件的高风险。

基于此，本文围绕燃气门站的典型风险来源，以工艺特性和运行特点为基础来系统梳理多方面的安全风险，并结合行业技术发展趋势提出具有可操作性的防控措施，进而为燃气门站的安全运行提供参考与借鉴。

2 燃气门站工艺与安全特性分析

2.1 燃气门站功能与工艺特点

燃气门站作为长输管道和城市配气系统的重要枢纽，其核心任务是将上游输送来的天然气进行过滤稳压和分配等处理，为下游用户提供稳定连续的气源供应。门站内部工艺流程主要包括入口管线和过滤分离设备，由相应的调压系统和计量系统、出口分配管线等环节构成，各单元之间通过阀门组和压力监测系统保持联动来实现平稳过渡^[2]。

在工艺链条中过滤环节主要用于去除杂质和液滴，从而防止固体颗粒磨损阀门和计量装置。调压环节通过调压器和旁通结构实现多级稳压，以此来保证下游管网压力稳定^[3]。而计量系统则一般采用涡轮流量计等装置记录输配量，加臭环节通过加臭泵或蒸发式加臭器向气体中注入臭剂来提高泄漏识别能力。此外，门站设有压力监测点和紧急切断装置，从而能够形成一套完整的工艺保护体系。

2.2 门站运行的主要危险特性

燃气门站在运行过程中具有明显的危险特性，

表1 典型燃气门站工艺单元与运行特征概述

工艺单元	主要设备	运行压力	功能说明
入口管线	进站阀组	高压区段	受气进站
过滤分离	过滤器	中高压	除杂除液
调压系统	调压器	中低压力	稳压压力
安全泄放	安全阀	随系统定	超压卸载
计量系统	超声流量计	中低压力	流量计量
加臭系统	加臭泵	低压区段	加注臭剂
出口管网	分配阀组	中低压力	下游供气

天然气本身属于易燃易爆物质，并且其在特定浓度范围内与空气混合后极易发生燃爆。一旦管线或阀门出现泄漏，若现场通风条件差或监测不及时，容易形成可燃云团，一旦遇到明火或静电极可能引发严重事故。特别是在部分老旧门站因设备服役年限长于早期材料标准低的情景下，其完整性管理压力更大^[4]。

综合来看，燃气门站的危险特性具有“高压、高耦合、高敏感度”的特点，其风险来源既包括天然气物质属性，同时也可能来自设备老化，以及外部环境变化，因此，深入分析工艺特性并识别运行环节的高风险点，是建立有效防控措施的基础。

3 燃气门站主要安全风险识别

3.1 现场人员违章操作风险

人员因素始终是门站安全的基础环节。现场作业人员一旦出现违章操作往往会在极短时间内放大为系统性风险。典型违章包括未按规定执行调压操作和擅自关闭或开启阀门，或者在操作过程中未按要求实施盲板隔离和未完成作业前风险确认就贸然施工等。

部分人员对设备结构和介质特性掌握不充分，面对运行压力波动和仪表参数异常情况时容易采取不规范的处理方式，进而可能导致事故升级。此外部分岗位存在“老经验替代制度”的现象，导致规程执行依赖个人习惯^[5]。这类风险一旦形成，会给调压系统和过滤系统带来不稳定因素，从而为后续事故埋下隐患。

3.2 关键设备腐蚀老化与超压失效风险

燃气门站的设备长期处于高压和周期性启停的综合工况之下，腐蚀老化问题较为突出。过滤器受湿气和杂质影响，壳体和内部结构可能出现点蚀。与此同时，金属管道在冷凝水或加臭剂环境下可能产生内外腐蚀，调压器因频繁启闭导致阀芯磨损则可能出现调压失灵，并且，安全阀在长期未动作的情况下，弹簧疲劳，超压时无法正常泄放。

从燃气门站承压设备的安全运行要求来看，设备失效风险并非单一因素造成，而是长期服役条件、工况变化及管理方式共同作用的结果。相关技

术规范强调，应结合设备在系统中的功能重要性、运行压力等级及失效后果，对调压器、过滤器、管道及安全附件等关键设备实施全过程风险管控。但在实际运行中部分燃气门站仍以固定周期检修和经验判断为主，未能充分考虑设备材料老化、腐蚀介质影响以及历史异常数据的累积效应。

以上这些设备失效风险往往呈现“渐进式发展—瞬时失效”的特点，看似正常运行却在压力波动或操作冲击下突然破裂解体或喷射，这类风险是门站运行中最不易察觉、但实际上却危害最大的隐患之一。

3.3 天然气泄漏扩散与燃爆形成风险

泄漏是燃气门站最核心的风险，泄漏点可能出现在法兰、焊缝、阀门、仪表接口或者加臭装置连接管等部位。泄漏的形成原因多样，包括密封件老化和现场检维修未复位等。

天然气在空气中的爆炸极限范围宽，一旦泄漏量较大且流速高或扩散受限，会在局部形成可燃云团。如果现场存在静电火花、机械摩擦火花或电器故障，极易发生燃爆事故。特别是在调压区域和计量间等空间相对封闭的位置，一次小泄漏即可迅速升级为重大事故。

3.4 制度或规程缺失及执行不到位风险

制度和操作规程是燃气门站安全运行的重要管理基础，其完整性和可执行性直接影响风险防控效果。从实际运行情况来看部分燃气门站在制度建设层面仍存在一定薄弱环节，表现为部分关键作业缺乏针对性规程，或现有制度未能覆盖设备更新、工艺调整和运行模式变化后的新风险，在新型调压装置投用和无人值守或远程监控模式推广后，原有规程未及时修订，导致作业人员在异常工况处置、应急切换和系统联锁操作中缺乏明确依据，只能依赖个人经验进行判断，从而增加了误操作和处置不当的风险。

在制度或规程本身不完善的基础上，执行不到位的问题进一步放大了安全隐患。部分燃气门站存在制度制定与现场实际脱节的情况，规程条款表述原则性较强，缺乏可操作细则，致使执行过程中选择性落实甚至被简化处理。同时，在巡检、交接班和隐患排查等环节，记录不完整或流于形式，使

得运行异常和设备缺陷难以及时暴露和跟踪整改。

3.5 生产作业管控不到位风险

从燃气门站运行管理要求来看，作业票据不仅是作业审批的形式载体，更是对作业风险进行系统识别和控制的重要工具。相关规范明确要求，涉及动火、受限空间、临时用电、吊装等危险作业，应通过作业许可制度对作业条件、隔离措施和监护责任进行逐项确认。然而在实际运行中，部分燃气门站仍存在票据管理流于形式的问题，作业票填写内容笼统、风险辨识不充分，甚至出现作业与票据脱节的现象^[6]。

作业无证漏证或补证的情况使得风险点在作业前未被系统辨识，相关监护条件和隔离措施无法落实。特别是在门站内部设备集中区域，一次无票作业往往会带来链条式影响，从而使得作业风险被进一步扩大。

3.6 极端天气防恐袭击与第三方破坏风险

燃气门站不仅要面对内部风险，还必须应对外部环境带来的挑战。例如，极端天气的影响越来越明显，如暴雨可能导致站区积水致使电气设备短路。冰冻天气会使阀门动作不畅和管线保温失效。雷击可能导致接地系统过载，大风则容易吹落金属物体撞击管线^[7]。

在防恐中，由于门站属于关键基础设施，一旦被蓄意破坏则会造成严重后果，因此必须考虑人为破坏风险，从目前的实践经验来看，第三方施工破坏是近年来事故频发的主要原因之一，外界施工挖掘、车辆碰撞或工程机械误入禁区的情景时有发生，这些都可能造成供气中断或重大事故。同时，这类风险具有突发性且影响范围广，因此也无法完全依靠门站内部管理来控制。

4 燃气门站安全风险防控措施

4.1 强化安全培训与作业许可管理

结合燃气门站安全运行的管理要求，作业许可管理应与人员能力建设同步推进，形成相互支撑的风险防控机制。一方面，培训内容应围绕作业许可制度的实际应用展开，使作业人员不仅掌握操作技能，还能够理解作业票据中各项风险控制措施的

设置逻辑；另一方面，应通过规范作业许可流程，强化作业前风险辨识和条件确认，将人员培训成果真正转化为现场执行能力。

作业许可制度要做实做细，而不是仅仅停留在纸面流程。门站可以通过设立许可前置清单的方式，从风险辨识和监护安排逐项核对，进而形成可追溯的详细记录。对于动火受限空间和临时用电等高风险作业环节，应要求“双签字机制”，同时由班组长和现场监护人共同确认，最终通过这种细化许可流程的方式来大幅度减少无票作业和补票作业，进而为降低操作风险提供制度保障。

4.2 实施设备完整性管理与超压保护提升设备可靠性

设备可靠性直接关系到门站整体安全水平。完整性管理的核心在于识别威胁来评估风险，进而通过制定措施和跟踪验证来形成一套闭环过程。

针对过滤器和关键阀门等重要设备，门站应建立设备台账来记录设备型号，通过分析其运行年限以及历史缺陷和维护情况。对服役时间较长和性能下降明显的设备采取相应措施，以壁厚测量和腐蚀速率评估等方法开展专项检测，并根据评估等级制定维修或更换计划。

结合燃气门站安全运行的技术要求，设备完整性管理应从传统的“事后维修”向“基于风险的全过程管理”转变。在具体实施过程中，可依据设备在工艺系统中的作用和失效后果，对承压设备和超压保护装置进行分级管理，并针对高风险设备制定更为严格的检测、校验和维护策略。例如，对调压系统和安全泄放装置，应重点关注其在极端工况下的响应可靠性，通过定期功能验证和运行状态评估，确保其在压力异常情况下能够及时、有效地发挥保护作用^[8]。

此外，可引入压力在线监测系统，对出入口压力和过滤器压差等关键参数进行实时监控，并相应地设置分级报警线。一旦出现调压失效或压力突升，即可触发保护连锁，进而使装置自动切换或卸载压力，以最大程度避免设备失效扩大为系统事故。

4.3 建立泄漏在线监测与AI隐患识别系统控制泄漏扩散

泄漏是门站运行的首要风险，传统依赖人工巡检的方式难以实现早发现和早处理的目标。为了

进一步的提高泄漏识别效率，门站需要采用气体在线检测与视频识别技术相结合的模式，在调压区和易松动法兰等重点部位布设可燃气体检测器，以实现连续监测与自动报警，同时还需要与上位机系统联动，一旦浓度达到设定阈值，系统则自动触发声光警报与显示报警点位，并能够联动关闭上游切断阀，从而减少泄漏扩散范围。

与此同时，可在站区关键位置布设高清摄像机，通过AI算法识别烟雾和异常蒸汽云等可疑迹象及时推送给值班人员。此类系统还可识别人员未佩戴劳动防护用品和违规操作等行为，为现场管理提供实时监督手段。

在线监测与AI识别技术的结合不仅提高了风险发现速度，同时还能对历史数据进行分析，为设备薄弱点和泄漏高发点提供依据，让风险管理从“经验判断”转向“数据驱动”。

4.4 健全安全管理制度

制度是门站安全管理的基础性保障。要解决制度执行不到位的问题，核心在于制度的可执行与可追溯。应对现有安全制度进行系统梳理，按照“工艺、设备、作业、安全管理”4大类建立制度体系，为巡检作业许可和风险辨识等提供明确条款。制度要避免模糊表述，尽量做到可量化和可检查，例如明确巡检周期和异常处理流程等。

制度要与现场实际紧密结合，对于一些制度存在“好看不好用”的情况，应组织班组一线人员参与修订，从而能够让制度更贴合真实工况。例如在受限空间作业制度中加入通风设备检查清单，同时可以在动火作业制度中加入现场可燃气体连续检测的要求。

制度执行过程必须留痕。可采用电子表单和巡检APP等方式记录操作过程，从而能够使每一项制度落实都有依据可查，现场管理人员可依据这些记录开展抽查或复核，以最大程度的来推动制度落实常态化。

4.5 提升现场审核机制强化执行效果

制度是否落实关键看监督机制，要避免制度流于形式就必须提升审核能力，让管理人员真正看到问题和查到问题，并最终来解决问题。一方面是可以建立“分级审核制度”。门站主任负责重点问题

抽查,同时安全管理人员负责制度执行情况检查,班组长负责日常监督。这种分级审核能够形成管理闭环,从而能够让安全管理不再依赖某一个岗位。

另一方面则是需要发挥现场审核的作用,而非只审材料。审核人员应深入设备间对实际状态进行核查。例如核对阀门开关位置是否与流程一致与检修现场隔离措施是否完善,真实的现场检查更能发现纸面资料难以反映的问题。同时审核结果要形成闭环。对发现的问题应明确责任人和整改时限,并能够跟踪落实情况。对屡次出现的共性问题可组织专题分析会,以此来推动管理方式的改进。

4.6 部署管道卫士周界报警与布控球监控防范外部事件

燃气门站外部风险往往具有突发性和不可控性,尤其是极端天气和周边施工误操作的情况,稍有疏忽就可能对管线或设备造成损伤。因此需要构建覆盖站区及周边范围的立体防护体系。周界报警系统应作为外部防护的基础配置,门站可在门站围界布设红外对射和电子围栏等装置,一旦出现翻越和破坏围栏或大幅度靠近等异常行为,系统能够立即触发警示并将画面推送至值班室。相比传统巡逻方式这种自动化预警能够有效弥补夜间和偏角区域的监管盲点,能够为安保处置争取时间。

对于门站外的长距离管线可引入“管道卫士”等监测系统,通过压力波动和反常数据跳变来判断是否存在第三方施工挤压或始发泄漏等情况,系统还能根据监测信号反算异常点位来使现场人员能够快速定位问题区域,从而避免因发现延迟导致的事扩扩大。

布控球则适用于施工密集或现场监管压力较大的阶段,其布设灵活,可临时安装在动火点以及挖掘作业周边等关键位置,从而来实现全天候视频回传。布控球不仅便于监督施工单位规范操作,也能在发生突发情况时提供完整影像,为事后分析和责任判定提供依据,配合现场的气象监测装置,还可提前掌握大风和雷雨等不利天气,提醒运行岗位提前采取稳压或排水等保护措施。通过这种“周界—管线—施工现场”三层防护的组合应用,门站对外部风险的识别与响应能力将显著提升,并且能够更有效地防范外部因素引发的安全事件。

5 结论

燃气门站作为城市燃气供应体系的重要节点,其运行安全事关供气稳定和周边群众的生命财产安全。通过对门站工艺结构及运行规律的分析发现门站的风险来源具有多样性和隐蔽性,因此,构建一个覆盖全流程、全要素的风险识别体系,是提升门站安全水平的前提。本研究从人员、设备、物料、制度、作业流程和外部环境6个方面对燃气门站典型风险进行了系统梳理,并结合行业运行现状提出了有针对性的防控措施,进而共同构成了门站安全管理的系统化框架,对提高风险防控效率具有现实意义。

综上所述,通过优化燃气门站的风险防控,能够有效提升门站应对突发事件的能力。展望未来,随着智能化技术的不断发展,风险防控将逐步走向数智化、自动化。风险防控部门应不断加强对新技术的应用,并持续完善预案体系和人员培训,推动风险防控的精准化和高效化。

参考文献

- [1]朱勇,王子瑞.天然气场站智能化转型的探究[J].炼油与化工,2022,33(06):53-57.
- [2]蔡玲超.无人值守天然气场站的安全运行管理[J].上海煤气,2022,(05):11-13.
- [3]罗星刚,时元宝,任伟丽,等.天然气场站联合运行风险因素分析及安全管理方法研究[J].化工管理,2022,(34):127-130.
- [4]王扬.天然气场站运行过程中的安全管理[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(21):80-82.
- [5]曹展涛.天然气场站设备及安全管理路径分析[J].中国设备工程,2022,(22):62-64.
- [6]李森.天然气场站运行安全应急管理模式优化研究[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(06):80-82.
- [7]张斌,张鑫,高海洋,等.视频AI识别分析在天然气场站安防预警智能化中的应用研究[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(14):178-180.
- [8]王宝闯,于颜卿,程新求.天然气场站安全事件分析及防控措施研究[J].现代职业安全,2025,(08):90-91.