

燃气管道输配调度中的风险预测与应对策略

黄 翾（重庆燃气集团股份有限公司南岸分公司，重庆 400000）

摘要：燃气管道输配调度涉及复杂的系统管理和安全控制，面临设备故障、气源供应波动、管道泄漏及外部环境影响等多重风险。本文分析了燃气管道输配调度中的主要风险类型，并探讨了基于历史数据、人工智能、大数据技术、实时监测等多种风险预测方法。同时，提出优化调度方案、加强设备维护、完善应急机制和强化行业监管等应对策略，以提升燃气输配系统的安全性和稳定性。

关键词：燃气管道；输配调度；风险预测；应急管理；安全防控

1 燃气管道输配调度中的主要风险分析

1.1 设备故障风险

管道系统由多个关键设备组成，包括阀门、压缩机、调压装置以及监控系统等，这些设备的任何故障都可能导致系统的瘫痪。例如，阀门的失灵可能导致气流无法按预定方式调节，压缩机的故障可能影响气体的输送压力，而调压装置的失效则可能使燃气压力超标或不足，从而影响用气安全。设备故障通常由长期的运行磨损、设计缺陷、维护不足或者外部因素的干扰所引发。为了降低设备故障风险，定期检查和维护是必不可少的。此外，建设冗余系统，增加关键设备的备份，以及引入智能监测技术，可以帮助及早发现故障隐患，减少设备故障引发的事故。

1.2 气源供应波动风险

燃气供应的稳定性受到诸多因素的影响，其中气源的波动是影响燃气管道输配调度的重要风险之一。在气源的上游，天然气供应可能因天气变化、地质勘探、市场波动、国际能源政策等因素而产生较大波动。例如，极端天气可能导致天然气田开采受限，国际能源价格波动会影响进口气源的成本和供应量，甚至地缘政治冲突可能造成天然气进口渠道受阻。这些因素都会直接影响下游燃气管网的稳定运行。

尤其是在冬季用气高峰期，居民采暖需求大幅上升，工业生产对燃气的依赖程度也明显提高，这使得天然气的供应压力骤增。如果气源供应紧张或价格大幅波动，可能导致管道输配系统的负荷过大，甚至出现气源短缺的情况。一旦供应不足，燃气调度系统可能无法有效协调不同区域的用气需求，从而引发局部供应中断或压力不足，影响居民生活和企业生产。

为应对这一风险，燃气公司应采取多种措施来提升供应的稳定性。首先，与多个气源供应商建立长期合作关系，确保气源的多元化，避免单一供应渠道可

能带来的断供风险。其次，优化燃气储备体系，通过增加储气库建设、LNG接收站等方式，在气源充足时储备天然气，以备高峰期使用。

1.3 管道泄漏与爆炸风险

燃气管道长期暴露在外部环境中，受到气候变化、土壤沉降、外力破坏等多方面因素的影响，管道发生泄漏和爆炸的风险始终存在。泄漏的气体如果未及时发现并得到处理，可能会引发火灾、爆炸等严重后果。管道的老化、焊接质量不佳或者施工质量问题也常常是泄漏发生的根本原因。针对这一风险，管道的定期检修和检测至关重要，特别是对老旧管道进行强化监测，使用高科技的泄漏检测设备，能够迅速定位问题，并进行及时修复。管道布局上，也可以考虑采用地下埋设方式，减少外界对管道的破坏。另外，建立应急预案，增强员工的应急处置能力，可以在管道泄漏事故发生时，迅速采取措施，降低事故的损害程度。

1.4 外部环境及人为因素风险

外部环境如极端天气、自然灾害（如地震、洪水）等，往往会导致管道系统的损坏或运行异常，影响气体的正常输配。此外，人为因素如施工破坏、盗窃以及人为操作失误等，也可能给管道系统带来极大风险。例如，施工单位在建设过程中误挖管道，或者不当操作造成气体泄漏，都会影响系统的安全运行。为此，必须加强管道周围环境的监控，制定科学的风险评估模型，以便在极端天气发生时提前做好防范工作。同时，加强对施工单位的监管，确保施工安全，防止人为破坏。对于管道运营人员来说，定期的安全培训和应急演练，能够有效提升其应对突发事件的能力，避免人为失误对系统安全的影响。

2 燃气管道输配调度的风险预测方法

2.1 基于历史数据的风险分析

基于历史数据的风险分析是一种传统但仍然有效

的风险预测方法。燃气管道系统运行多年，积累了大量的历史数据，包括设备故障记录、泄漏事故报告、气源波动情况、外部环境影响等。这些数据能够反映过去的风险发生规律，为未来的风险预测提供参考。通过对历史数据进行统计分析，可以找出事故的高发时段、关键影响因素以及潜在的系统弱点。例如，通过分析管道泄漏的历史数据，可以发现哪些管段事故的发生率较高，并针对这些区域加强监测和维护。此外，结合时间序列分析、回归分析等数据处理方法，可以预测未来可能出现的设备故障或管道破损情况，从而提前采取预防措施，降低事故发生率。

2.2 人工智能与大数据技术的应用

人工智能与大数据技术的应用正在推动燃气管道风险预测的智能化发展。传统的风险分析方法往往依赖人工经验，存在主观性强、数据处理能力有限的问题，而人工智能与大数据技术的结合，可以更高效地识别风险模式，提高预测的精准度。通过机器学习算法，燃气企业可以构建风险预测模型，自动分析海量数据，找出事故发生的潜在规律。例如，利用深度学习技术，可以建立故障预测模型，通过实时监测数据和历史数据的比对，自动识别异常情况，并提前预警。此外，大数据技术可以整合多种数据来源，包括气象信息、地理数据、设备运行状态等，综合评估燃气管道的安全状况，提高整体的风险预测能力。

2.3 实时监测与预警系统

传统的安全监测往往依赖人工巡检，但这种方式存在滞后性，难以及时发现问题。现代燃气管道系统广泛采用传感器技术，能够实时监测管道的运行状态，并在发现异常时迅速发出警报。例如，通过安装压力传感器、流量计、气体泄漏探测器等设备，可以实时获取管道内部的气体压力、流速、浓度等数据，并将这些数据上传至中央控制系统进行分析。一旦检测到压力异常或气体泄漏，系统可以自动触发警报，并通知相关人员进行应急处理。此外，结合物联网技术，监测数据可以通过远程传输至云端，实现跨区域的统一管理，提高燃气管道系统的安全性。

2.4 数值模拟与风险评估模型

燃气输配系统的运行涉及多种复杂的物理和化学过程，包括流体力学、热力学、材料力学等，因此，基于数学建模和数值模拟的方法，可以对燃气管道的运行状态进行精确分析。例如，采用计算流体动力学（CFD）技术，可以模拟燃气在管道中的流动情况，

分析不同压力、流速下的输配效果，评估可能存在的风险点。此外，基于概率风险评估（PRA）和故障树分析（FTA）等方法，可以建立燃气管道的安全评估模型，量化不同因素对管道安全的影响，从而帮助决策者制定科学的风险应对策略。这些模拟和评估方法不仅可以用于日常运行风险的预测，还可以用于应对突发事件，如地震、洪水等极端条件下管道的受损情况预测，帮助燃气企业提前制定应急预案，减少灾害对燃气输配系统的影响。

3 燃气管道输配调度的风险应对策略

3.1 优化调度方案，提升系统稳定性

燃气需求存在周期性波动，调度系统需要具备灵活的调节能力，以应对高峰期的供应压力和低谷期的储存需求。通过引入智能化调度系统，可以利用大数据分析用户用气规律，优化气源配置，提高输配效率。例如，在冬季用气高峰期，可以提前储备天然气，合理调整输配路径，确保各区域的供气平衡。此外，采用多气源供气模式，避免对单一气源的依赖，可以降低气源波动带来的影响。对于长距离输送的燃气管道，建立分布式调度中心，结合实时监测数据进行动态调整，能够有效防止局部管道过载或气压不足的情况。

3.2 加强设备维护与检测管理

设备巡检制度的建立，可以有效发现潜在的安全隐患，减少故障发生的概率。定期对阀门、调压装置、压缩机等关键设备进行检测，不仅可以确保其功能正常，还能预防因设备老化导致的运行故障。管道运行过程中，气压、流量、温度等参数的变化是判断系统健康状态的重要依据，通过智能监测手段，可以实时掌握这些关键数据，并在异常出现时及时发出警报，避免问题扩大化。

智能传感技术的应用，使燃气管道的实时监测更加精准和高效。智能传感器能够采集压力、温度、流速等数据，并通过物联网技术将信息传输至中央监控系统，工作人员可以随时掌握燃气输配网络的运行情况。一旦发现压力异常、气体泄漏或管道温度变化过大，系统能够自动报警，并结合历史数据分析问题可能发生的原因，为维护人员提供精准的故障定位信息，提高故障处理效率。

3.3 完善应急预案与快速响应机制

燃气管道输配过程中，一旦发生泄漏、爆炸等突发事件，必须迅速采取行动，将损失降到最低。建立完善的应急响应体系，包括风险预警、事故处理、人

员疏散等多个方面,确保在事故发生时能够快速反应。针对不同类型的事故,如管道破裂、气体泄漏、火灾爆炸等,制定详细的应急处置流程,明确各部门的职责,确保救援工作的高效协调。

燃气泄漏是管道输配过程中最常见的突发事件之一,其主要原因包括管道老化、第三方施工破坏、地质灾害等。建立完善的气体泄漏预警系统,可以大幅提升事故响应速度。高灵敏度的泄漏检测传感器能够实时监测气体浓度变化,一旦检测到可燃气体泄漏,系统会自动报警,并通过监控平台显示泄漏点的具体位置,便于应急人员迅速定位并采取处置措施。同时,在高风险区域,如人口密集区、学校、医院等公共场所,加强燃气泄漏监测和安全巡查,降低事故发生的可能性。

针对燃气爆炸等严重事故,必须制定详细的应急救援方案,并明确不同部门的分工。消防、燃气公司、应急管理部门等相关单位需要建立协同机制,在事故发生后能够快速联动,提高救援效率。定期组织联合应急演练,使相关人员熟悉事故处理流程,确保在紧急情况下能够迅速作出正确决策。此外,通过演练还可以发现应急预案的不足之处,及时进行改进,提高应急响应能力。

快速抢修队伍的建立,是应急处置体系的重要组成部分。抢修队伍需要配备专业的检测仪器、抢修设备和燃气泄漏处理工具,以便在事故发生后,能够迅速到达现场,进行管道抢修、泄漏封堵、压力调整等作业,尽快恢复燃气供应。为了提高抢修工作的效率,可以在城市各区域设立应急维修站点,确保在最短时间内调派人员和设备。同时,配备移动检测车和远程监控无人机,可以在事故发生后第一时间获取现场情况,为决策提供数据支持。

对于居民用户,加强燃气安全宣传,提高公众的安全意识,也是在事故应对中不可忽视的一环。通过开展燃气安全培训,普及燃气使用规范,增强居民的自我防护能力。例如,可以通过社区活动、线上宣传等方式,向公众普及燃气泄漏的识别方法、紧急情况下的应对措施,以及如何正确使用燃气报警器等设备。

3.4 加强法规政策支持与行业监管

燃气行业涉及公共安全,需要完善的法律法规进行规范,确保企业在燃气输配过程中严格遵守安全标准。政府部门应制定严格的管道建设、运行和维护规范,明确燃气企业的安全责任,并定期开展安全检查,

确保燃气输配系统符合标准要求。

管道建设过程中,必须遵循严格的设计和施工标准,确保管道的材料、焊接工艺、防腐措施等符合国家标准。对于穿越高风险区域的管道,应采取额外的安全防护措施,例如增加管道壁厚、设置防护围栏、建立远程监测系统等。

燃气输配运营过程中,需要建立严格的行业监管体系。政府部门应加强对燃气企业的安全管理评估,定期审查企业的安全生产状况,并对不符合要求的企业采取惩罚措施。鼓励企业引入先进的风险管理技术,如人工智能预测、远程监控等,提高行业整体的安全管理水平。同时,加强对第三方施工的监管,避免因施工不当造成管道损坏,提高施工单位的安全责任意识。

推动燃气行业标准化建设,有助于提升燃气输配系统的安全性和稳定性。通过制定统一的安全检测标准、应急处置流程、设备维护规范等,使不同企业的安全管理工作更加规范化和可操作性。

4 结论

综上所述,燃气管道输配系统的安全性和稳定性直接影响社会生产与居民生活。通过智能化调度、设备维护、实时监测及应急响应等措施,可以有效降低设备故障、气源供应波动、管道泄漏等风险。同时,利用人工智能、大数据等技术手段提升风险预测能力,有助于提前防范事故,减少突发事件的影响。未来,燃气行业应加强技术创新和法规监管,以提高燃气输配系统的整体安全性和运营效率。

参考文献:

- [1] 邓剑. 浅谈如何加强城市燃气输配调度管理 [J]. 华东科技: 综合, 2018(11):2.
- [2] 马杰. 浅谈城市燃气输配调度管理 [J]. 大科技, 2018(24):28.
- [3] 张鹏. 关于城市燃气管理定位与思路的分析 [J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2021(23):2.
- [4] 王德志. 城市燃气的调度运行及管理 [J]. 化工管理, 2020(19):2.
- [5] 黄权. 城市燃气智慧调度运营管理平台建设与实践 [J]. 化工设计通讯, 2020, 46(08):2.

作者简介:

黄翩 (1991-), 女, 汉族, 重庆市人, 硕士研究生, 助理工程师, 研究方向为燃气输配。