

天然气管道运行中常见设备故障及处理对策

李 林（国家石油天然气管网集团有限公司华南分公司，广东 广州 510000）

摘 要：随着全球能源结构的转型，天然气作为一种清洁、高效的能源，受到越来越多国家的重视。在天然气管道的运营过程中，管道泄漏、阀门故障、压缩机故障以及安全监测设备的故障是常见的问题。这些故障不仅可能导致经济损失，还可能引发环境污染及安全事故。本文将重点分析天然气管道运行中常见的设备故障，探讨其成因、检测方法及处理对策，并提出设备故障的预防措施，以提高整体运行效率，降低潜在风险，确保能源的安全供应。

关键词：管道运行；设备故障；处理对策

1 天然气管道设备概述

天然气管道是现代能源运输的重要组成部分，其主要功能是将天然气从生产地输送至消费市场。天然气管道设备的组成主要包括管道本体、阀门、压缩机、调压设备、安全监测设备等。每一部分在整个系统中都有其独特的作用，确保天然气的安全、稳定和高效输送。天然气管道的运行原理是通过压缩机将天然气加压后，利用管道的压力差进行输送。压缩机通过增加气体的压力，使其能够克服管道阻力并有效地输送到目的地。在输送过程中，阀门用于控制气流的开启与关闭，调压设备则用于维持管道内的压力在安全范围内。此外，安全监测设备实时监控管道的运行状态，及时发现并报警潜在的故障隐患。然而，在实际运行中，天然气管道的设备也面临诸多故障风险。管道泄漏、阀门失效、压缩机故障及安全监测设备失灵等问题，均可能导致严重的安全隐患和经济损失。因此，对天然气管道设备的全面了解和故障处理对策的制定显得尤为重要，以确保天然气供应的安全和稳定。

2 天然气管道的运行原理

天然气管道运行原理涵盖气体输送、调压、计量与安全监测等方面。天然气在管道中呈气态，借压力差与泵送设备，从气田高效输往终端用户。天然气经采气井抽取后，先处理除去杂质与水分，再进入压缩机增压。压缩机将气体压缩至适宜输送压力，克服管道摩擦阻力、提升输送效率，一般设置在管道起点或中间，形成多个压缩站。增压后的天然气经管道送往目的地。管道设计需考量自然地形、气候变化等，保障气体稳定输送。在关键节点，会设调压设备，依实际需求调控气体压力，确保下游用户正常用气。天然气管道还配备计量设备，监测管内气体流量与压力，这些数据对安全运行意义重大，便于及时察觉异常并

应对。安全监测设备也是保障管道安全运行的关键，能实时监测压力、温度、气体成分等参数，一旦出现故障或异常，可迅速响应，降低事故风险。凭借上述原理的合理运用，天然气管道得以实现安全、稳定且高效的运行。

3 常见设备故障分析

3.1 管道泄漏故障

管道泄漏是天然气管道运行中常见且严重的故障，严重影响安全与环境。泄漏会造成天然气浪费，还可能引发火灾、爆炸等安全事故，所以研究其原因与检测方法意义重大。天然气管道泄漏原因多样。材料缺陷是重要因素，比如管道制造时存在缺陷，或长期使用致使材料疲劳、老化。外部因素如地质运动、车辆撞击、施工损坏等，也会损伤管道。管道连接部位及阀门等附件是泄漏薄弱点，安装不当或维护不善易引发泄漏。操作不当和压力过高同样是常见泄漏诱因。针对管道泄漏，有效检测方法是预防事故的关键。常用检测方法有：一是声学检测法，监测管道周围声波变化判断是否泄漏；二是气体成分分析法，借传感器检测管道内气体成分变化，及时发现泄漏；三是红外热成像技术，通过分析管道表面温度变化识别泄漏点；四是液体探漏剂法，向管道注入探漏剂，利用其在泄漏点产生气泡的特性检测。这些方法能快速定位泄漏点，为及时处理和修复提供依据。

3.2 阀门故障

在天然气管道系统里，阀门是重要控制设备，其故障会给管道带来安全隐患，降低运行效率。阀门故障主要有以下几类：密封故障、操作故障、腐蚀故障、振动故障、温度故障。在天然气管道运行中，阀门作为关键设备，其故障对系统安全与稳定性影响巨大，因此及时有效处理阀门故障至关重要。针对常见阀门

故障，处理措施如下：

①故障识别诊断：发现阀门故障，要先精准识别诊断。通过观察阀门外观、听运转声音，监测管道压力、流量等参数，初步判断故障性质，必要时借助仪器设备详细检测。

②紧急处理：若遇严重阀门故障，如阀门无法关闭致泄漏，应立即启动应急预案，迅速切断阀门前后气源保障安全。同时设立警戒区域，禁止人员靠近。

③维修更换：依据故障性质选定维修或更换方案。像密封圈老化、阀体有污垢这类轻微故障，可通过清洁、更换密封件等简单维修解决。若阀门严重损坏，则需更换整个阀门，且新阀门规格、性能要符合系统要求。

④测试验证：完成维修或更换后，要对阀门进行功能测试，确保能正常开启、关闭，承受规定压力。测试合格后，方可恢复正常运行。

⑤记录反馈：详细记录阀门故障处理过程及结果，并反馈给管理部门，便于后续分析故障、改进工作，减少类似故障再次发生。通过这些措施，可有效降低阀门故障对天然气管道运行的影响，保障系统安全稳定运行。

3.3 压缩机故障

在天然气管道系统里，压缩机是保障气体输送效率和维持管道压力的关键设备。不过，压缩机运行时易出现多种故障，主要有以下几类：机械故障、润滑系统故障、冷却系统故障、气体泄漏、控制系统故障。以下为压缩机故障处理措施：

①故障诊断分析：借助监测系统收集压缩机运行数据，分析运行状态来判断故障类型。如依据振动、温度、压力等异常指标，判断故障性质与严重程度。必要时用振动分析仪、红外热像仪等专业工具深入分析。

②及时停机与安全排气：一旦察觉压缩机有严重故障迹象，要立即停机并安全排气，防止故障引发更严重事故。同时对周边环境作安全评估，保障工作人员安全。

③故障部件更换修复：依据故障分析结果，更换或修复受损部件。比如轴承磨损严重就及时更换，气阀损坏则进行更换或修理。更换部件需符合设备原始规格标准，确保压缩机正常运行。

④系统清洗维护：维修时，建议清洗压缩机内部系统，清除积聚的油污和杂质，保证系统清洁流畅。维护工作包括检查润滑系统，确保润滑油品质和流量

达标。

⑤运行调试监测：维修完成后，全面调试压缩机运行，观察工作状态。运行中实时监测各项参数，确保在正常范围，并记录数据，为后续维护提供参考。

⑥建立故障记录与管理系统：详细记录每次故障处理过程，涵盖故障类型、处理措施及结果等信息，方便后续分析改进。建立有效管理系统，提高故障处理效率与准确性。通过这些措施，可有效降低压缩机故障对天然气管道运行的影响，保障系统安全高效运行。

3.4 安全监测设备故障

在天然气管道运行中，安全监测设备正常运作极为关键。监测设备故障会致使对管道状态误判，危及安全性与可靠性。常见监测设备故障类型如下：传感器故障、信号传输故障、软件故障、电源故障、校准失效。一旦监测设备故障，需迅速采取有效处理措施，降低潜在安全隐患。常见处理措施如下：

①故障排查诊断：监测设备故障时，先全面排查。检查电源供应、连接线路、传感器状态及软件系统是否正常。可采用替换法或对比法，以正常设备作参照，快速定位故障点。

②设备校准测试：定期校准监测设备并测试功能，确保检测精度和响应速度达标。若设备读数异常，应立即校准，保障其正常工作。

③及时更换故障部件：确定故障部件后，及时更换。做好备件储备与管理，保证关键部件备件能迅速到位，缩短维修时间。

④信息反馈记录：详细记录监测设备故障情况，涵盖故障发生时间、类型、处理措施及结果等。这些信息利于后续故障分析，也为设备维护与改进提供依据。

⑤培训与应急演练：定期对操作人员开展监测设备使用培训和故障处理演练，提升其应对故障能力。故障发生时，操作人员能迅速反应，采取正确处理措施，保障天然气管道安全运行。通过这些措施，可有效降低监测设备故障对天然气管道安全运行的影响，提高整体运行效率。

4 设备故障的预防措施

4.1 日常维护与保养

在天然气管道运行中，日常维护保养是保障设备正常运转、预防故障的关键环节，能延长设备寿命，提升运行安全性与可靠性。其主要内容如下：

①设备巡检：定期巡查管道及附属设备，查看管

道外观、阀门状态、压缩机运转情况,确保无明显泄漏、腐蚀、变形等问题。同时检查压力表、温度计、流量计等监测设备,保证其正常工作。

②清洁保养:清洁管道及设备,清除灰尘、油污和杂物,防止影响设备正常运转。尤其要保证阀门、过滤器等关键部件畅通,定期清洗。

③润滑维护:对机械运动部件进行润滑,减少磨损与摩擦,提升设备运转效率。依据设备说明书选择适配润滑剂,并定期检查润滑状态。

④紧固检查:定期检查各连接部位,尤其是法兰、螺栓等关键处的紧固情况,确保不松动,避免因连接不牢引发泄漏或故障。

⑤记录与反馈:详细记录日常维护情况,包括巡检结果、清洁状况、润滑状态及发现的问题,及时反馈给相关技术人员,方便后续分析处理。通过这些日常维护保养措施,可有效降低天然气管道设备故障发生率,保障管道系统安全稳定运行。

4.2 定期检修与测试

定期检修与测试是保障天然气管道安全、稳定运行的关键举措,能及时排查隐患,大幅降低设备故障发生几率。定期检修要全面覆盖管道整体结构、阀门、压缩机以及安全监测设备等关键部件。对管道表面与焊接接头开展无损检测,查看有无腐蚀、裂纹、变形等状况。同时,检查阀门的启闭灵活性与密封性能,确保其关键时刻正常运作。测试包含压力测试和流量测试等。压力测试时,对管道实施超压和真空测试,检验其承压能力与密封性;流量测试则用于确认管道输送能力,保证满足实际需求。将测试结果与设计参数对比,及时察觉潜在问题并调整。设备的定期检修与测试需结合记录和分析工作。详细记录所有检修和测试结果,定期分析数据,以此识别设备性能变化趋势与潜在故障迹象。这些数据为后续维护提供依据,也助力设备设计改进与运行管理优化。总之,定期检修与测试是天然气管道管理的必要环节,唯有严格落实,才能切实保障天然气管道安全、高效运行。

4.3 技术培训与应急演练

在天然气管道运行维护里,技术培训与应急演练是保障设备安全、提升突发事件应对能力的关键环节。经系统培训和演练,可切实增强工作人员专业技能与应急处理能力,降低设备故障发生率,维护天然气管道安全运行。其一,技术培训内容技术培训涵盖天然气管道基础知识、设备操作规程及故障处理技巧等方面,主要有:

①设备操作培训:详细讲解管道设备(如阀门、压缩机、监测设备等)操作流程,确保操作人员熟知设备功能与使用方法。

②故障诊断与处理:培训员工识别常见故障症状、分析原因,并传授应对措施,使其在故障发生时能迅速反应。

③安全知识教育:传授安全操作规范与应急避险知识,增强员工安全意识,确保意外发生时能冷静应对、采取有效措施。

其二,应急演练内容应急演练是检验培训成效的重要方式,主要包括:

①应急预案演练:模拟天然气泄漏、设备故障等突发事件,演练应急预案实施流程,保障各部门协调配合。

②现场处置演练:在真实环境开展设备故障现场处理演练,提升员工实战能力,加快应急响应速度。

③评估与反馈:演练结束后组织评估会议,剖析演练不足,提出改进方案,持续提升应急处理能力。技术培训与应急演练能有效提升员工综合素质,确保天然气管道运行中,员工可及时、有效应对各类设备故障,保障管道安全稳定运行。

5 结束语

综上所述,天然气管道运行中,设备故障类型多样,管道泄漏、阀门故障、压缩机故障、安全监测设备故障等,各自成因不同,却都对管道安全与运行效率构成潜在威胁,影响不容小觑。面对这些状况,强化日常维护保养、定期检修测试以及开展人员技术培训与应急演练等处理对策必不可少。它们不仅能提升设备运行可靠性,还能在故障突发时实现快速响应,有力降低损失。天然气管道安全运行,离不开对设备故障的深度剖析与科学应对。唯有借助系统化管理与技术手段,才能切实保障管道高效、安全输送天然气。

参考文献:

- [1] 邓俊超,戴智勇.天然气管道运行中常见设备故障及处理对策[J].化工设计通讯,2024,50(02):34-37.
- [2] 王立国.天然气管道运行中常见设备故障及处理对策[J].现代工业经济和信息化,2022,12(08):324-326.
- [3] 蔡智,王竞辉.天然气管道运行中常见设备故障及处理对策[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(05):36-37.
- [4] 甄同贺,夏子杰,翟增志.天然气管道运行中常见设备故障及处理对策[J].中国化工贸易,2023,15(20):97-99.