

天然气高压管道智能内检测项目实施方案及安全控制对策

梅玉杰（新天绿色能源股份有限公司，河北 石家庄 050000）

摘要：随着能源需求的日益增长，天然气在现代能源配置中的位置逐渐显得尤为关键。高压管道身为天然气传输的关键设备，它的稳固与安全运作显得尤为重要。本文目标是推出一套针对天然气高压管道智能内部检测项目的详细实施计划，并配套相关的安全管理措施。目的是确保该管道能够长期稳定地进行操作，从而预防和降低任何形式的潜在安全隐患，以确保人民的生命和财产安全得到充分保障。

关键词：天然气；高压管道；智能内检测；项目实施方案；安全控制

0 引言

天然气管道智能内检测项目包括多类型清管器清管、变形检测、三轴漏磁腐蚀检测带 mapping，应力分析及评估，以便全面了解管道的腐蚀及防护状况，综合评价管道的服役现状，对下步维护管理工作提供可靠依据及技术指导，以到达管道长期安全使用的目的。虽管道智能内检测技术已相对成熟，在油气行业广泛应用，但就实施结果有成功亦有失败。

1 受检管线必要工艺条件、参数

1.1 管线参数

在进行天然气高压管道的智能内检测项目之前，务必保障管道能遵循一系列核心的操作条件和规定参数。这些所提及的参数涉及到设计的压力和温度、管线的各种规格，例如口径和壁厚，还有其材料的选择和性质。弯头的设计需要确保其曲率半径至少达到管径的三倍，并确保其夹角不低于 90 度，以此来减轻流体带来的阻力和压力损失。在连续弯头内应设有足量的直线管道部分，长度应至少与清管检测器的全长相等，以保证检测器能够顺畅地穿越。为了避免部分地方的摩擦，阀门的设计应采用全通径策略。管道操作中的应压力至少达到 1.5MPa 以上，而且在清管器或者检测器操作的过程中，管道内部的压力差异应保持在 0.2 至 0.5MPa 的范围内，以确保检测活动能够无障碍地进行。

1.2 收发球筒参数

收发球筒其设计和工作效能直接关联到清管器的无阻进出及检测任务的高效率，为了保证清管器能够正常地运行，收发球筒的直径需与管道的直径一致。球形筒体的长度必须足够大，以便能够安置清理管器以完成必要的操作，包括收发、检验和保养。为降低运动时清管器的摩擦与磨耗，球筒内部的表面处理应当保持平整。选择适当的球筒材料也是至关重要的，

需要具备出色的抗腐蚀性能和机械稳定性，以便能适应各种工作环境的需要。球形筒的封闭性绝不能忽视，需要在高压和温度变化环境中依然保证其密封性，以避免天然气的泄露行为。

2 项目实施前期准备

2.1 管线参数核查

进行核查工作时，需要核实管道的设计压力、设计温度、所选材料和规格等核心信息，这些都是为评估管道的当前状况和未来的承载潜力提供关键参考的依据。同时，要对管道进行全面的检查，包括焊接的历史记录、防腐措施的执行状况以及以前的修理记录，以便准确评估管道的整体完整性和耐用度。对于管道中关键部件，如三通、弯头和阀门的具体分布及状态，进行实地考察，以确认这些部分满足清管检测器所需的技术规格。对于那些特定的组件，例如具有较大开口直径的通管，需要确认是否已设置了必要的挡风板，防止在清管操作中发生堵塞。

2.2 球筒改造

2.2.1 球筒改造设计

在对球筒进行改良设计时，务必要确保球筒的直径与其管道的直径匹配，这样的匹配度通常要保证至少达到 DN500，以满足标准清管器所需的尺寸。为了确保清管器操作有足够的空间，球筒的长度必须设计成不少于 5m。球筒内部分的表面处理需要确保平滑性，以便在清管器动作过程中显著减少摩擦和磨损。当挑选球筒材料时，建议使用强度较高的碳钢或不锈钢，以应对高压与温度变动所带来的挑战。关于球筒的安全性能，其改进设计必须配备诸如压力计、温度显示器、应急切断阀以及排气阀门这样的必要安全配件，以确保其能够进行实时的监督和迅速的操作反应。借助这些综合性的设计策略，球筒的改进将极大地增强整体内部检验项目的安全与效益。

2.2.2 球筒改造施工方案

对于 DN500 规格的球筒来说，在施工方案的设计时需要特别关注，以确保其工艺与安全标准得到满足。在初始的施工阶段，对已有的球筒进行深入的检查，记录下它的尺度、所选材料和当前状态，为后续的设计改革提供准确的参考资料。在选择材料时，计划选用符合 API 5L 准则的 X60 钢材，以确保球筒有充足的压力耐受与持久性。施工的过程将严格按照技术交底进行，确保从拆卸旧球筒到新球筒的安装、焊接和无损检查都是精确进行的步骤。预估施工的全部时间为 30 天，这其中会有 5 天的拆装，15 天用于新球筒的安装和焊接，还有接下来的 10 天是用于检验和调试的。在资源的分配方面，配置专门的建筑团队，并为他们提供必要的设备，包括起重机、焊接工具以及检测工具。在建设过程中，安全被视为首要任务，因此将拟定详尽的安全规定，这包括了对工人的安全培训、现场安全监督及应急预案。严格依照 ISO 9001 的质量管理制度来监控质量，确保工程建设的品质达到设计标准。另外，为了在施工过程中减少噪声和尘埃，并保护建筑场地的环境，需要计划在施工计划中加入各种环境保护措施。

3 项目实施中期环节操作及风险管控

3.1 现场踏勘选择设标点及跟球

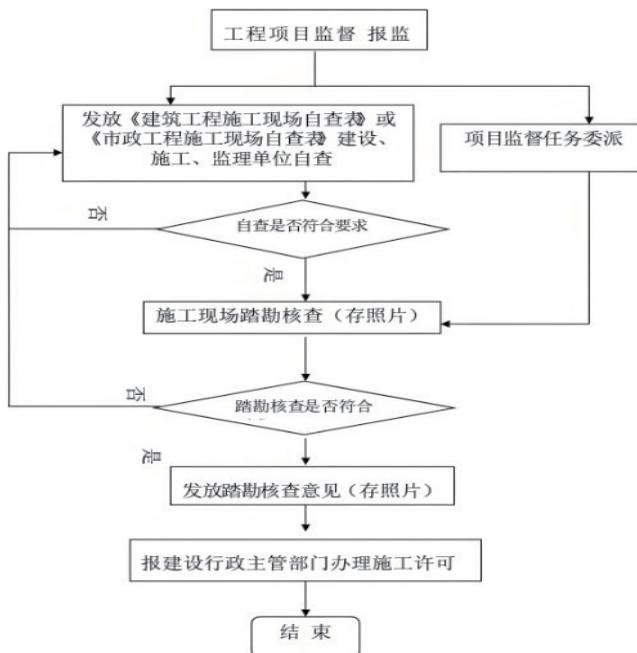


图 1 工程现场踏勘流程图

踏勘团队负责对管线进行详尽的现场考察，以确定并登记可能对清管器操作造成影响的所有关键参

数，踏勘流程如图 1 所示。基于这些数据，挑选出最合适的位置，这些位置将作为传感器安装的依据和相应的标签，从而更方便实时监控清管器的具体位置和功能状况。通过连续追踪清管机，跟球操作的目的是确保它沿预定通道移动。采用了尖端的追踪技术，例如 GPS 定位、管道内部传感器网络等，以实时搜集和分析清管器的运动状态，对其速度、压力和温度等关键参数进行深入考察，以确保测量流程的精确性和稳定性。在这个关键环节中，风险监管手段也将获得加强，经过对现场状况的细致考察，对可能的危险要素做出评估，并据此拟定合适的预警和应急策略。

3.2 清管检测步骤

3.2.1 球速、管网压力流量控制

球速的控制对清管器能否顺畅经过管道系统极为关键，确保清管球在管道内的运动速率在一个适宜的区间内，以便能够高效地维护管道并防止对该管道造成潜在损害。为了对管网的整体状况进行即时的观察，应该广泛监测其压力和流量的站点。通常，可以以每 5~15 分钟为频率进行管网流量与压力的监控。如果有需要，可以将其调整为更高的频率，例如每隔 1 分钟监测一次或达到秒级。这种细致的监测手段将极大地促进管网漏损的迅速检测，并为之提供稳固的支持。在操作实施中，需要根据管道网络的特定参数和运行情况，运用像遗传算法和 BP 神经网络这样的智能方法，以预测并优化流量和压力，从而更精确地控制系统。例如，智慧调控技术在管道压力方面具有多重效益，能够进行恒定压力调节、按时间段调整以及在最不有利的地方进行调节，这不仅能显著降低水的使用量，还能减少水的使用成本，并大幅提升水处理厂的供水能力。

3.2.2 清管检测器运行计划

依据《国内外油气田集输管道清管技术及规范发展现状》的指导，清管设备的选型应根据具体管道环境和目标进行，具体包括凝胶 - 机械清管器、射流清管器等多种型号，以适应各种不同的需求。对于新建的或需要定期清洁的管道，建议采用机械清管装置，但对于天然气管道，更适合选择清管球式和皮碗清管器。在制定公司的运营计划中，必须考虑到清管器的超载、操作的速度等各种参数。根据中国石油塔里木油田分公司公布的企业标准 Q/SY TZ 0475—2016，泡沫型清管器推荐的过盈量范围是 3%~5%，而皮碗清管器和直板清管器的过盈量为 1%~4%。同时，清管

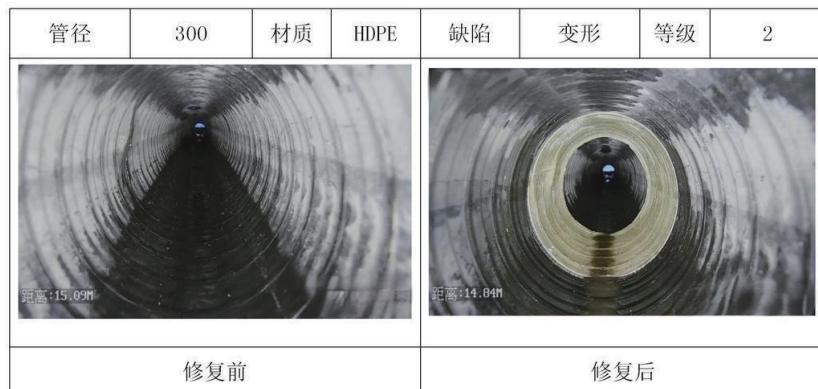


图 2 二型缺陷管道修复前后对比

器的运行速度推荐范围为 1~5 m/s。另外，在清管器处于管道中操作的时候，应在指定的地方放置标点点进行精确跟踪，以保障检测设备的精确定位及其数据的可信度。在开始进行管道清洗检查之前，应该利用带有测径板的清洗器或几何检测器来确定管道的通畅量，尤其是在管道存在严重变形或影响内部检测器通行的情况下，需要进行相应的改建以满足未来智慧型内部检测的需要。

3.2.3 清管检测器收发球操作步骤

根据《GB/T51172-2016 在役油气管道工程检测技术规范》的指导，执行步骤最初需要有足够的准备工作，以确保所有相关设备和工具都处于可操作的范围内。接下来，将详尽地检查清管检测器，确认其整体结构的完整性及功能表现。当管道达到检测标准时，使用发送设备将清洁器稳定地送至其内部，并同时进行了数据收集的活动。在清管器进行操作时，可以通过管道上的标点点确保实时追踪，保障其能够沿着既定路径前行。在清管器抵达预定终点时，操作人员必须迅捷且精确地完成接收工作，并迅速拿起清管器，接着马上进行外观的观察和数据的下载操作，从而确保数据的完全和准确。

3.3 收发清管器后场站设备保养

保养工作首先涵盖了对发送器及其相关设备的全盘检查，对任何磨损或损毁的痕迹进行详细记录，并在出现问题时迅速进行修复或替换。对于关键的组件如阀门、测量仪器、放空管和排污管，应当进行彻底的清洗和后续维护，以便确保它们在运行中处于正常状态，不会出现泄漏或阻塞的问题。对场站内的自动控制系统执行更新和调整，以增加其在监控和控制中的精准度，保证在接下来的管线操作过程中能够实时和准确地展现管线的状况。与此同时，在场站内对所有安全设备进行全面的检测和检验，包含了紧急状态

下的切断系统、消防设备以及泄漏报警装置，目的是确保它们在可靠性和响应速度方面都达到了预定标准。

4 项目实施后期站区设备缺陷点开挖验证修复

根据内检测数据确定缺陷的精确位置，并进行有计划的开挖，以便对管道进行直接评估。现场评价过程涵盖了对管道实际壁厚的测量和确定缺陷的具体尺寸等方面的工作，例如，天然气管道材质为 HDPE，开挖处，原始壁厚测得为 6.77 mm，凹陷区域轴向的长度是 440 mm 长，环形长度为 220 mm，而最深的凹陷部分可达到 25 mm。依据《Q/SY 1592-2013 油气管道管体修复技术规范》的相关指导原则，需要挑选合适的修复方案进行操作。当管道的缺陷深度不超过 80% 时，或许应该考虑堆焊或是补板作为替代措施；对于那些更为根本的缺点，可能考虑使用 B 型套筒或进行管道更换的修复方法。当面临管道机械划痕的问题时，在内压为 7.1 MPa 的条件下，通过应用有限元分析，得出管道预定设计压力可以减少到 2.56 MPa 的结论。在这个情况下，建议使用 B 型套筒进行修复，以确保管道能够承受压力并具备安全性，维修前后的对比可参见图 2。

5 结语

天然气高压管道智能内检测项目不仅确保了整个管道系统的完好无损和高度安全性，还通过精确的数据统计和标准化的维修流程，大大提高了管道的工作效率和稳定性。展望未来，需要不断使用先进的检测工具和严谨的风险管理方法，为确保天然气管道的平稳和安全操作提供坚固的屏障。

参考文献：

- [1] 曹炳峰, 戴慧芳. 高安全可检测压力的天然气管道应用 [J]. 煤气与热力, 2021, 41(03):19-20+23+95.
- [2] 马吉. 天然气高压管道泄漏扩散检测及其应用研究 [D]. 华北科技学院, 2018.