

天然气管道安全保护距离探讨及防护措施

邓俊超 戴智勇 (江西省天然气集团有限公司管道分公司, 江西 南昌 330069)

摘要: 针对天然气管道安全运行问题, 本次研究首先对天然气管道安全保护距离影响因素进行分析, 在此基础上, 开展天然气管道安全保护距离研究, 并对天然气管道防护措施进行探讨, 为全面保障天然气管道处于安全运行状态奠定基础。研究表明: 天然气管道的安全保护距离受到了管道直径及压力、管道周边环境、管道材料及构造、管道周边设施等因素的影响, 其与公路、铁路、其他管道以及与电力电缆之间都具有一定的安全保护距离要求, 需要从强化防腐处理、穿越段增设套管、定期开展管道检测以及强化管道安全监测等角度出发, 采取多项有效措施, 全面提高天然气管道的运行安全。

关键词: 天然气管道; 安全保护距离; 影响因素; 防护措施; 防腐处理

天然气作为一种清洁、高效的能源资源, 在全球范围内得到了广泛的应用和推广, 但是天然气管道的建设和运营过程中存在着潜在的安全风险, 如果不加以妥善管理和控制, 可能会引发严重的事故, 对人民生命、财产和环境造成不可估量的损害, 因此, 天然气管道的安全保护距离探讨及防护措施成为了一个备受关注的课题^[1]。管道事故可能导致火灾、爆炸、气体泄漏等严重后果, 威胁到周边居民和工业区域的生命和财产安全, 通过开展安全保护距离和防护措施研究, 可以降低潜在风险, 减少事故发生的可能性, 从而保障公众的生命和财产安全。

1 天然气管道安全保护距离影响因素分析

1.1 管道直径及压力

在天然气管道的安全保护距离方面, 管道直径和压力是两个重要的影响因素, 它们对管道安全和防护措施的设计和实施都产生显著影响。管道直径的增加通常伴随着更大的管道容积, 因此在事故发生时, 泄漏的天然气体量可能较大, 这会导致事故的影响范围扩大, 需要更远的安全保护距离来保障周边人员和设施的安全, 管道直径与泄漏速率之间存在一定的关联, 较大直径的管道在相同压力下可能有更高的泄漏速率, 因此需要更远的安全保护距离来确保人员和设施的安全。管道的压力与泄漏速率成正比关系, 较高的压力会导致更快的泄漏速率, 因此, 高压管道可能需要更远的安全保护距离, 以确保人员和设施的安全, 高压管道通常需要更复杂的防护措施, 如高压紧急切断系统和高效的泄漏探测系统。这增加了管道项目的技术难度和成本^[2]。

1.2 管道周边环境

在高人口密度地区, 管道事故可能对更多的人员

和财产造成风险, 因此需要更大的安全保护距离, 此类地区通常需要更严格的规定和紧急应对措施, 以减小潜在的伤害和损失, 在人口稀疏的地区, 安全保护距离可以相对较小, 但是仍然需要确保安全, 特别是保护周边的生态环境。山区、丘陵、平原等不同地形会影响事故的扩散速度和范围, 在山区或丘陵地区, 管道可能需要更远的安全保护距离, 以应对地形的挑战, 地下水水位、土壤类型、地质构造等地质条件会影响泄漏物质的扩散速度和路径, 必须充分了解这些地质条件, 以制定合适的安全保护距离^[3]。管道穿越自然保护区或靠近水源区时, 需要特别注意环境的敏感性, 此类区域通常需要更大的安全保护距离, 以减小环境破坏的风险, 管道周边的生态系统也需要保护, 不同的生态系统可能对污染非常敏感, 因此需要考虑特定生态系统的保护措施和安全保护距离。

1.3 管道材料及构造

许多天然气管道采用钢质管道, 因为钢材具有高强度、抗腐蚀和耐压性能, 钢质管道在一些方面可能要求更小的安全保护距离, 因为其稳定性和强度使其更能抵抗外部压力和振动。大多数天然气管道都是埋在地下, 这种构造特点有助于提供自然的防护, 减小了外部威胁, 但是地下管道需要合理的地下埋深来确保安全^[4]。

1.4 管道周边设施

工业设施的类型和性质会影响安全保护距离的制定, 一些工业设施可能对天然气管道的安全性产生更大的风险, 需要更远的安全保护距离, 工业设施的操作条件和安全措施也是重要因素, 高风险工业设施可能需要更远的安全保护距离, 以减小事故的影响。道路、铁路和机场等交通枢纽周边的管道需要特别关注,

因为事故可能对交通系统和运输安全造成重大影响，这些地点可能需要更大的安全保护距离，以确保交通的畅通和公众的安全^[5]。学校和医院等关键公共设施的周边管道也需要特别保护，因为这些地方通常有更高的人员密集度和安全要求，可能需要更大的安全保护距离，以确保这些设施的安全和正常运营。

2 天然气管道安全保护距离研究

2.1 与公路、铁路之间的安全距离

一般情况下，天然气管道需要与公路应保持一定的安全距离，以确保公路和管道的安全协同运营，这个距离的具体数值应根据管道的压力、直径、管道材质和当地地理条件等因素来确定，管道与公路交叉口应进行充分标识，以提醒驾驶员和行人存在管道，确保他们了解潜在的危险，管道交叉口可能需要设置防护设施，如护栏或障碍物，以防止交通事故对管道造成损害。目前，管道与公路并行敷设的过程中，其安全防火距离需要超过 25m，在对管道或者公路进行改造作业的过程中，公路建设用地与管道之间的距离需要大于 20m。与公路相似，天然气管道与铁路之间的安全距离要求包括一定的安全距离、标识和可能需要的防护设施，在管道与铁路并行敷设时，其安全防火距离需要大于 50m，管道与铁路地界之间的距离需要大于 3m，在铁路周围还需要设置排流设施，以此防止管道出现严重的电化学腐蚀问题。

2.2 与其他管道之间的安全距离

距离较近的管道可能增加相互干扰和安全风险的可能性，例如如果发生天然气管道泄漏或爆炸，相邻的管道可能受到影响，导致连锁事故，天然气泄漏可能对土壤和地下水造成污染，而与其他管道靠近时，污染物扩散的风险也增加。在维护、修复或施工过程中，相邻管道之间的工作可能增加事故的风险，特别是在挖掘或施工中，相邻管道之间距离较近时，管道维护、检修和修复工作可能会变得更加困难，因为需要更小心地协调和实施这些操作，以避免影响相邻管道。管道之间距离较近时，需要特别注意管道的标识和识别，以确保工作人员能够准确识别不同的管道，避免混淆或错误操作，对距离较近的管道进行风险评估和安全规划变得更为复杂，需要综合考虑相邻管道的影响。在管道并行的过程中，两者之间的距离需要大于 6m，如果管道需要进行同沟敷设，其之间的距离需要超过 0.5m，如果管道之间需要交叉，则在交叉点位置处管道之间的距离需要超过 0.3m。

2.3 与电力电缆之间的安全距离

如果电力电缆与天然气管道之间距离较近，电缆维护和施工活动可能导致电缆损坏或损害管道的保护层，这可能导致管道的腐蚀、泄漏或爆炸的风险，电力电缆的维护和修复可能与天然气管道的维护活动产生冲突，尤其是在需要挖掘地下或进行重大维修时，这可能导致协调和时间安排的困难，以避免干扰彼此的工作。电力电缆运行过程中将会产生大量的杂散电流，杂散电流可以引发管道的电化学腐蚀，导致管道金属的损坏，这种腐蚀可能导致管道的薄化、穿孔或裂纹，可以导致金属离子从管道内部溶解并迁移到其他地方，这可能引发管道金属层析的问题，杂散电流可能导致管道的电位升高或降低，这可能会对管道的安全性产生负面影响，电位升高可能导致电火花或爆炸的风险，可能干扰管道的电位监测，阻碍管道的电化学腐蚀监控和维护。因此，在电力电缆与天然气管道交叉时，交叉点位置处两者的距离需要大于 0.5m。在电力电缆与管道距离相对较近时，需要设置专门的排流装置，以此防止杂散电流对管道的安全运行产生影响。

3 天然气管道安全防护措施研究

3.1 强化防腐处理

天然气管道通常会在内外表面涂覆特殊的防腐涂层，以保护管道表面免受腐蚀的影响，这些涂层可以是环氧树脂、聚乙烯或玻璃钢等，防腐涂层的选择取决于管道的材料、用途和环境条件。天然气管道的防腐涂层和材料多种多样，每种都有其优点和缺点，对于环氧树脂涂层而言，其具有良好的抗腐蚀性能、耐高温和耐化学品、附着力强、涂层耐久，但是施工复杂、需要专业工人处理施工、价格较高。对于聚乙烯涂层而言，其具有良好的抗腐蚀性能、适用于地下和地下管道、施工相对简单，但是其较脆、容易受到机械损坏、不适用于高温环境。对于聚氨酯涂层而言，其具有良好的抗腐蚀性能、具有较高的附着力、耐低温和耐水，但是对紫外线敏感、需要额外的防晒措施、应用成本相对较高。对于玻璃钢防腐而言，其具有极佳的抗腐蚀性能、轻质且耐久、适用于地下和地下管道，但是施工较为复杂、制造和安装成本较高。对于富锌涂层而言，其具有优秀的防腐性能，特别是在高腐蚀环境中，但是价格较昂贵、施工要求较高。对于防腐胶带而言，其施工简单、良好的防腐性能，但是对机械损伤敏感，需要额外保护，其不适用于高温环境。

防腐包裹是将管道包裹在防腐材料中，通常是聚乙烯或玻璃钢，这种方法可以提供额外的物理保护，特别是在地下或湿润环境中，定期检查和维护防腐涂层，及时修复或更换受损的部分，以确保涂层的完整性，维护活动通常包括清洁、涂层修复、再涂覆等操作。通过安装地下电位调节器，管理管道的电位，以降低电化学腐蚀的风险，利用防腐监测系统，实时监测管道的腐蚀状况，以及任何可能的问题，这种系统可以提供早期警报，以便采取适当的措施。在新建管道项目中，选择耐腐蚀的材料，以降低腐蚀风险，材料的选择应根据管道用途和环境条件进行合理考虑，管道的埋设深度应合理选择，以确保管道在地下受到足够的保护，不易受到腐蚀或机械损坏。

3.2 穿越段增设套管

选择适当的套管材料，以确保其耐腐蚀性和耐久性，材料选择应考虑穿越地下环境、土壤特性和其他管道的材质，确保套管的内径足够大，以容纳天然气管道，并提供足够的空间，以减小管道之间的摩擦和干扰。套管的安装深度应足够深，以保护天然气管道免受地下挖掘或其他施工活动的影响，通常，套管应埋设在地下的深度达到或超过标准规范的要求，在套管系统中，可以考虑安装地下电位调节器，以管理电位，减小电化学腐蚀的风险。定期监测套管系统的状态，包括检查涂层、维护电位调节设备，以及修复任何受损的部分，确保天然气管道和套管系统都充分标识，以便维护人员和施工人员了解管道的存在和位置。此外需要协调管道和套管的安装和维护活动，以减小冲突和干扰。

3.3 定期开展管道检测

定期巡检和视觉检查管道系统，以寻找任何可见的问题，如外部腐蚀、损坏的防腐涂层、泄漏迹象、管道支架的稳定性等，这些检查可以帮助及早发现问题，采取必要的修复措施，使用电化学腐蚀监测系统来监测管道的腐蚀状况，这些系统可以测量管道的电位和电流密度，以识别腐蚀风险并采取相应的措施。定期监测管道系统的温度和压力，以确保它们在安全范围内运行，异常的温度或压力变化可能表明潜在问题，使用内部检测工具，如内窥镜、漏磁内检测装置和超声波检测装置等，对管道的内部进行检查，这些工具可以检测管道壁的腐蚀、裂纹、焊缝问题等。定期检查和测试阀门、压力安全装置、监测设备和其他管道相关设备的功能，以确保其正常工作，记录和分

析管道系统的运行数据，以识别异常和潜在问题的趋势，以采取预防措施，定期进行维护工作，包括清洁、涂层修复、阀门更换等，以确保管道系统的良好状态，及时修复发现的问题以避免进一步的损害。

3.4 强化管道安全监测

强化管道在线监测是天然气管道安全防护的重要措施之一，常见的监测技术包括在线仿真技术、分布式光纤监测技术以及负压波监测技术等。在线仿真技术使用数学模型和实时数据来模拟管道系统的数据，它比较实际数据与模型数据，以检测是否存在泄漏，其可以检测小型泄漏，可用于长距离管道，不需要额外的硬件设备。分布式光纤监测技术使用光纤电缆作为传感器，通过光纤中的光信号的散射来监测温度和应变变化，当有气体泄漏时，会引发温度和应变变化从而检测泄漏，其可以提供实时数据，可以准确定位泄漏位置。负压波监测技术使用压力波的传播速度来检测泄漏，当有泄漏时，波的传播速度会发生变化，通过监测压力波的变化以及收到压力波的时间，可以对泄漏位置进行定位。

4 结论

为了防止天然气管道与其他设施之间产生相互影响，天然气管道与电力电缆、公路铁路以及其他管道之间都需要保持一定的安全距离，这也是为了防止管道出现事故的过程中威胁其他设施的安全，同时，还需要采取多种类型的安全防护措施，全面提高天然气管道的安全性。

参考文献：

- [1] 王小光, 谭青蓝. 天然气管道安全保护距离及防护措施研究——以广元市某天然气公司为例 [J]. 石化技术, 2023, 30(07): 58-60.
- [2] 宁苇海. 天然气管道安全保护距离及防护措施研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(23): 107-109.
- [3] 陈大胜. 长输天然气管道安全保护距离及管道自身防护措施 [J]. 石化技术, 2019, 26(07): 180+179.
- [4] 熊永伟, 张继永. 天然气管道安全保护距离研究及防护措施 [J]. 化工设计通讯, 2019, 45(05): 221.
- [5] 方毅. 浅谈长输天然气管道安全保护距离及管道自身防护措施 [J]. 石化技术, 2019, 26(05): 368+371.

作者简介：

邓俊超 (1991-), 男, 江西南昌人, 工程师, 从事天然气管道运输生产安全管理工作。