

长输管网关键节点应力特性探究

徐海峰（清徐县凯通天然气有限公司，山西 太原 030400）

摘 要：随着国家经济的发展和能源需求的迅速增长，长输管网也在不断增多。管网的关键节点应力是管网敷设作业和后期的大修工程中经常遇到的难题。为了解决这一问题，文章对长输管网中的关键节点进行了研究，希望能给相关企业带来一些帮助。

关键词：长输管网；关键节点；应力特性

0 引言

石油和天然气作为不可或缺的能源，在国民经济、国防乃至生产生活中占有举足轻重的地位，天然气作为一种新的、洁净的能源，其市场潜力更大。在油气输送中，管网运输具有如连续、安全、稳定、快速、大运量等其他运输方式无法比拟的优点，相比之下占地面积小，相对运输成本低，自动化程度高，受天气影响少等优点，得到业界的普遍认可。

1 长输管网主要失效模式

1.1 变形及断裂

当管网的应力超出其弹性变形范围时，就会进入塑性变形区。这将降低管网的局部承压能力。当管网的承压能力不能承受管网的压力时，就会出现变形。而在交变应力的反复作用下，管网内、外表面的缺陷会不断长大、扩展，最终导致管网的断裂。

1.2 爆炸

管网在承受能力不够时，或者由于介质中的化学变化，会导致管网内的压力突然升高，一旦超出管网的承载能力，就有可能导致管网爆炸。爆炸型故障将严重影响管网的正常工作，使运输流程中断，其后果将是灾难性的。

1.3 表面损伤

管网的表层损伤既有腐蚀，也有机械损伤。管网运行在一个复杂的外界环境中，如土壤侵蚀等，以及在管网内壁受到介质腐蚀的影响。在此过程中，由于内部和外部的双重腐蚀，容易造成管网的腐蚀穿孔和泄漏，造成严重的后果。

2 管网两管口空间位置测量

在工程建设过程中，管网两个端口的空间定位测量是一个十分关键的环节，其精确程度及耗时将直接关系到工程的质量与效率。所以，精确测量和计算双喷管的空间位置十分重要。经过实地调查，发现我国长输管网的建设仍然停留在手工测绘阶段。人工测绘

是指施工人员利用一些简单的工具进行下场测量，一般来说工地上使用的主要是皮尺、钢尺、红外线测距机和激光测距机等。其中，皮尺和钢尺的精度是最大的，也是工程中最常用的工具，同一种量具，在不同的人手里，得到的结果是不一样的，因此，就会出现很大的差异，比如：手握皮尺，钢尺的拉力，标尺的确定，施工环境的影响等。

随后的人工划线是以测量为基础，只有精确地测量到所需的数据，才能确保划线的精度，但是，得到的数据通常都会有一些误差，人工划线时也会有一些偏差，此外，还有一些不能忽略的因素，这就造成了管网对口接管的施工比较困难，工作效率也比较低。目前，我国建筑行业对此问题的重视程度较高，因此，在日常训练中，如何对有关参数进行快速、精确的测量和计算，已是一个不可或缺的环节。

3 长输管网分布式应力监测光纤传感技术基础

3.1 光纤传感技术概述

光纤也叫做光导纤维，大致来说是一种用来导电的玻璃或塑料纤维，纤维被包裹在一个塑料外壳里，这样它就可以被弯曲而不会折断。一般来说，在一根纤维的一端，利用一种发光二极管（LED）或一种激光，向纤维输送一种光脉冲，而在另一端的一种接受器件，利用感光元件来探测该脉冲。

按照目前的光纤信号输送模式分类来说，大致可以将其分为单模光纤和多模光纤两种：

①单模光纤：单模光纤的纤芯非常薄（纤芯直径通常为 $9\sim 10\mu\text{m}$ ），仅能传输单一模态的光。然而，由于物质频散、波导色散等因素的影响，使得单模光纤对光源的光谱宽度和稳定性提出了更高的要求，如光谱宽度、稳定性等。与多模光纤的色散不同，单模光纤的色散特性与多模光纤的色散特性有很大的不同。与多模光纤相比，单模光纤具有更好的远距离传输精度。

②多模光纤：多模光纤在一个特定的工作波长内传送。根据其折射率的分布，可将其划分为突变型和渐变型。目前常用的多模光纤，其数值孔径为 0.2 ± 0.02 ，纤芯直径/外径 $50 \mu\text{m}/125 \mu\text{m}$ 。多模光纤中有上百种模式，每一种模式的传输系数、群率等均不相同，导致其工作带宽较窄、色散较大、损耗较大，仅适用于中短距离、小容量光纤通信。多模光纤允许在同一条光纤中同时传送多个波长的光，而多模光纤的纤芯直径在 $50 \mu\text{m}$ – $100 \mu\text{m}$ 之间。

3.2 光纤传感器

光纤传感是将被测量物体的运动状态转化为光学信号的一种传感技术。该方法通过光纤将光源的入射光引入到调制器中，通过与外部参量的交互作用，改变光场的强度、波长、频率、相位和偏振态等光学特性，形成可调制的光信号，然后通过光纤传输到光电器件中，通过解调得到待测量的参量。在这个过程中，光被引入到光纤中，经过调制器，然后被发射出去。光纤传感技术的核心技术是将光源发出的光通过光纤注入到调制器中，在调制区域内与待测参量作用后，产生的光的强度、波长、频率、相位、偏振态等都会发生改变，从而实现对光的调制。

光纤传感技术以光为媒介，以光纤为传感介质，以光为敏感信息的传输介质，结合了光纤和光学检测技术的优势，具有诸多优势。具有良好的电气绝缘特性、良好的抗 EMI、无侵入性、高灵敏度、易于远程监测被测试信号、防腐、防爆、光路具有柔性，易于与电脑连接。

传感器具有灵敏、准确、适应性强、体积小、智能化等特点，可以在人体接触不到的区域（例如：高温区域或对人体有害的区域，如核辐射区等），充当人类的听觉和嗅觉器官，并且可以突破人体的生理极限，接受人类感官无法感知的外部信息。

图 1 中 (a) 是单根 FBG，它只能探测和记录被测点的位置，其他光纤携带着信号介质，适合测量一点上的一些参数。(b) 一种基于光纤传感阵列、多个光纤光栅等组成的一种能够一次性实现多个点转移测量的准分布光纤传感系统。(c) 是在光纤既是传送媒介又是感测元件的分布光纤传感器系统，能够进行大范围的连续测量。

3.3 光纤中的光散射

光波通过媒质时，与无规则粒子之间的弹性或无弹性碰撞，就会发生光散射，形成散射光。如果传输介质是均匀的，那么散射的光线将会沿传输方向传输；在非均匀传输的情况下，光在传输过程中的传输性质会发生改变，并且会沿与传输方向相反的方向传输。从图 2 可以看出，在光纤中的散射光有三种：瑞利散射光，拉曼散射光，布里渊散射光。

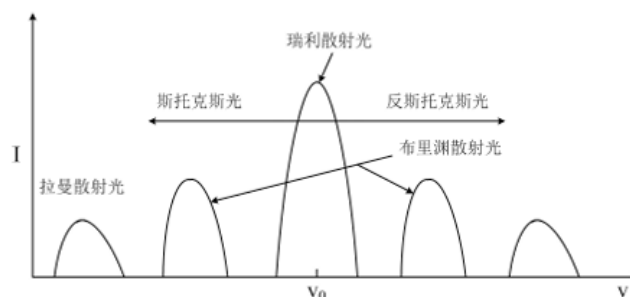


图 2 散射光中光强和频率的分布

4 管网对口接管应力分析

对于长输管网，如果出现渗漏或因线路变更等情况，需开挖管网上、周边土层，在管沟中进行相应的施工操作。在施工过程中，由于现场温度和压力的存在，对管网的应力状态产生一定的影响。对未截断的管网，可将其视为两端固定的约束。在开挖周边土层后，所需要的管网的仿真图见图 3，由于管网没有被截断，所以两头都是固定的，所以是有约束力的。

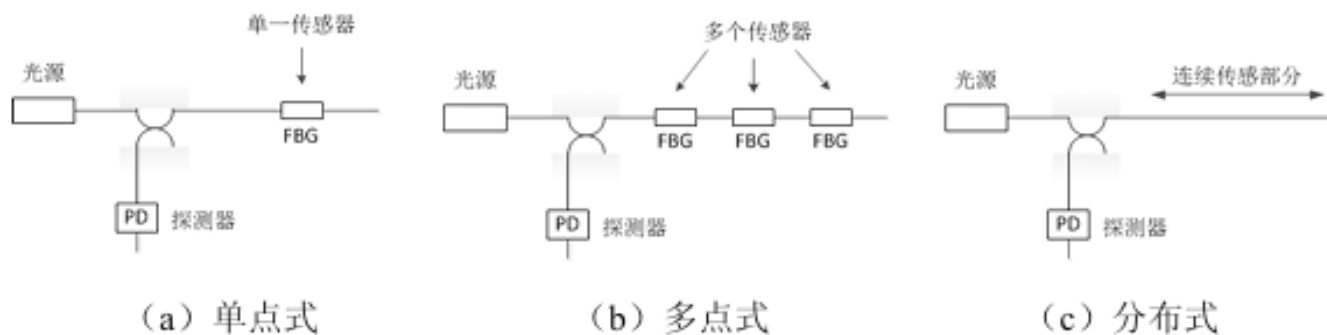


图 1 三类光纤传感器



图3 挖开土壤后管网模拟图

将受损部位的管子截断后,由于应力的释放和温度的作用,切断的一端将产生一些变形。在工地上,白天和晚上的温差很大,尤其是冬季和夏季,在野外施工的时候,在阳光下,钢管的表面温度可以达到 60°C ,但是晚上的温度却可以达到 25°C ,两者之间的温差大约是 35°C ,所以要考虑到建筑的热胀冷缩。

钢管使用的钢材的膨胀系数是 0.0000119 ,假定施工过程中的温度是 25°C ,切断后的管子外露的长度是 40 m ,由于热胀冷缩引起的膨胀,它的伸长量是 11.9 mm ,所以,热胀冷缩对管网的施工有很大的影响。图4是以AL表示的,在该长度中,由于温度作用于自由端B而延伸。



图4 自由端B受温度的影响

5 加强长输管网安全管理的有效策略

5.1 建立健全安全管控机制

最理想的安全生产管理方式就是把事故发生率控制在最小程度上,因此,要树立预防为主的理念,领导要带头,制订相应的安全管控机制,并在具体工作中进行严格的监管,同时,安全生产管理要与时俱进。在理论、机制和科学技术等三个层面上都要有所创新,在理论上要跟上时代的步伐,要适应工人在时代发展特点下的思维转变,而不是固步自封,要切实可行,行之有效。要建立奖惩机制,使参加工程建设的各方都能充分体会到参与性和积极性,不要搞大锅饭;在科学技术方面,能够充分发挥现代信息技术的优势,实现对油气收集现场的全面监测,保证安全生产管理

的高效执行。

5.2 加强的安全检测监控技术

充分利用现代科学技术和网络技术,将监测系统和监测系统通过网络连接起来,实现对长输管网的全面安全管理。利用现代的设备如光纤感应器、压力变送器、温度传感器等,对分离器等设备的测量资料进行实时的实时显示,使长输管网现场状况一目了然。利用先进的防腐蚀检测技术,如超声波、电化学保护、无损检测等,对集输管线的腐蚀状态进行检测,从而实现对管线的早期预防、早期发现、早期处理,使其能够更好地发挥出更大的作用。

5.3 管网设计优化

为了保证油气的安全运输,必须从设计自身着手,保证长输管网的设计和发展。在正式安装之前,设计者需要对管网进行科学的设计,做好充足的前期调研,在调研的基础上,选择最佳的设计路线,并针对不同的运输状况、地理环境等因素,来对其进行合理的分区,确保运输的安全性和高效性。其次,运用已有的专业知识和技术,并与过去的工作经验相结合,在有关的理论基础上,对管线内部的流量、参数等进行计算,从而确定最优的设计方案,使企业能够最大限度地节省集输系统的投资。设计人员在进行长输管网工程造价的时候,也应该考虑各种参数之间的关系,以连续变量的函数模型为主要方法,以求出最优的方案,确保企业的全部资金都能被完全使用,严格按照安全、经济性的设计原则来设计,提升管网施工的质量。

5.4 管网运行优化

管网铺设完毕后,将会通过管网输送到各大城市,但因为燃气的易燃、易爆等特点,在操作过程中出现问题,将会造成严重的后果。为此,需要对其进行科学有效的后续管理,并结合集输管网的建设、使用和环境的变化,制订出一套更有效、更严密的操作管理计划,以保证整个长输管网都能在安全的条件下正常运转,将安全事故降到最低。一方面,从时间的角度出发,考虑到集输网络在服役过程中可能出现的损耗状况,应与前期的设计资料相结合,对今后可能出现的集输网络问题进行预测,然后有计划地有针对性地调整管线的结构和分布模式,以便在以后的使用中,能够不断地优化和改进,确保天然气的运输流畅,更好地满足社会对天然气的需要。另一方面,对集输网络的运营管理进行不断的优化,也必须依赖于更详尽的数据支持,相关人员要科学地考虑产量、运输量、流速等,

并对市场的变化情况进行动态的了解,对管网中的燃气压力进行定期的测定,从而对管网内的燃气压力进行宏观和科学的调节,降低集输网络的输送压力,达到安全、稳定地运行。这样,才能对天然气资源进行合理的配置,避免出现供大于求、供不应求的状况,同时也会对企业生产成本和利润的获得产生影响,这对公司的长期可持续发展来说是非常重要的。

5.5 气井组区域优化

在长输管网中,要根据工程地点的地理位置、地质情况、储量和发展情况,选择合适的气井进行划分。在对气藏地层进行划分时,应以气井间距及各气井产能为依据。通过对各因素的分析,可以对气井、井组、气站等各个环节进行合理的划分,从而确保井组系统的正常工作。同时,在各气井群实施区域开采时,管理人员要细化开采工作,制定完善的工作制度,保证开采工作的专业化、安全。因此,通过优化气井群区域,合理地划分气井和周围的油井群,可以有效地减少成本,实现长输管网的流量、管径和长度等方面的优化。

6 结束语

综上所述,本文根据分析长输管网主要失效模式,

引申出对长输管网关键节点应力特性的探究,以管网两管口位置为主要描述对象,对管网两管口空间位置测量概述,而后对长输管网分布式应力监测光纤传感技术基础进行分析,最后对管网对口接管应力进行研究,希望对相关从业人员有所帮助。

参考文献:

- [1] 魏俊杰.长输管网的优化探究[J].石油石化物资采购,2021(29):31-33.
- [2] 陶冶,余苏兴,孙文栋.探讨天然气长输管网建设工程管理[J].石油石化物资采购,2021(31):163-165.
- [3] 方忠,徐勇俊.探究长输管网长输管网优化设计[J].化工管理,2021(12):193-194.
- [4] 段振茹.长输管网长输管网优化设计探讨[J].石化技术,2019,26(5):318,341.
- [5] 戴金宏,张翔,王鼎玺.长输管网的优化刍议[J].数字化用户,2019(7):90.
- [6] 朴云鹏,吴丽云,周海燕.石油长输管网集输安全管理措施[J].中国石油和化工标准与质量,2019(16):116-116.

广告

得到的不是永恒的拥有,失去的将永不再来

——保护环境人人有责