

天然气长输管道工程设计及施工策略

赵陆阳 孙 鹏 (山东中石大工程设计有限公司青岛分公司 山东 青岛 266580)

摘 要:长输管道作为具有安全优势的一种运输形式,是长距离输送天然气的重要运输方式。但基于天然气长输管道在投入使用中可能受到的来自于自然、管材质量和其他人为因素的影响,需要在设计天然气长输管道工程中革新设计理念,有效避免现阶段管道工程设计中存在的设计质量参差不齐、设计理念墨守成规、设计质量管理相对滞后等一系列问题,从设计阶段即保证天然气长输管道工程的质量。

关键词:天然气长输管道;管道设计;施工策略

1 天然气长输管道概述

目前我国天然气仍处于快速发展期,天然气作为一种特殊商品,管道、输气站等基础设施是保证拓市增销的关键载体,是销售的重要支撑。随着国家油气体制改革逐渐推进,全国性管网初具雏形,价格市场化改革日渐成型,大力推进区域环网、省网建设,已成为提升各大企业天然气市场竞争力的必由之路。由之前的产供销一体化逐渐转向根据区域性用气需求,充分依托现有基础设施资源,选取合适的接口,快速建设区域性供气管道,以实现各地终端燃气市场的开发。因此对于一般企业而言,天然气长输管道建设逐渐由大投资、长周期一体化建设转向分段核准、分段建设、快速推进转变,以实现区域性管网快速布局。长输管道建设的高速高效推进,对天然气长输管道建设管理提出了更高的要求,如何利用科学的管理方法、合理的技术手段,实现设计过程优化、管理效率提升、降本增效,已成为各大企业建设项目管理的发展方向。

2 天然气长输管道工程设计施工

2.1 长输管道线路设计重点

长输管道一般具有输送距离长(经常穿越多个行政区、省、市)、管径大、输量大、中途设有加压站、穿跨越工程多等特点,管道工艺流程比较简单,但由于输送距离长,要求输送压力高。

管道沿线可能通过各种环境与地质条件的地区,如穿越沙漠、沼泽、湿陷性黄土、永久冻土层、地震带及容易产生泥石流等条件险恶地段,并有可能穿过高山、河流和湖泊,穿越公路和铁路。因此,在设计天然气长输管道工程线路时需要综合考虑沿线客观条件,做好选线工作,根据选择的最佳线路,精心设计,处理好各种不利的地理环境和障碍带来的影响。

选线过程中应遵循低影响、低社会风险、高安全标准的原则确定线路,要求路线尽量依托于已有工程、

已有地形,尽量达到顺直平缓的目标,减少与既有障碍物的交叉,线路要尽量靠近沿线的用气大户或公路,便于对长输管道进行施工和管理。在确定最终的线路之前还需要进行方案的对比分析和优化,选择多个方案中最大程度上可以减少管材投资、获得经济效益的技术路线。

2.2 长输管道线路路由的确定

随着城镇化水平越来越高、政府监管越来越严格、路由资源越来越稀缺、沿线各方的诉求越来越多、自然灾害越来越频发、施工水平向自动化转变,管道路由确定越来越困难,对设计单位和设计人员的要求也越来越高。

因此要求在线路路由踏勘前,需要根据项目起终点位置、沿线用气点位置大致规划线路总体走向,并提前查阅线路沿线的地方规划、环境敏感区、人群聚集区、公路铁路高压线、矿产、地质灾害点等资料,在地形图和卫星影像图上初步拟定站场、阀室位置和管道路由,局部困难地段可提出2-3个可行方案进行比选。

根据图上拟选的路由,在现场踏勘过程中对全线进行细致踏勘,重点踏勘控制型工程(如河流大中型穿跨越、铁路高速公路穿越、上下山位置等),根据现场踏勘情况调整线路路由。

之后拟选定的线路路由需要与沿线规划、国土、环保、河务等主管部门进行对接,根据对接意见调整路由并提交报批文件,最终通过政府主管部门审批后即可确定管道路由。

2.3 管道平纵面设计

天然气长输管道平纵面布置设计步骤:①根据批复的站场、阀室和线路路由位置,结合现场踏勘情况,综合考虑沿线地形地貌、穿跨越、地质条件等情况,在取得的测量图上绘制管道中心线;②根据管道中心

线和地面高程,将管道跟地面的纵断面线绘制出来;
③在纵断面上调整天然气长输管道的覆土深度及穿越方式;④根据调整完的纵断面图生成土石方量、管道实长、弯管的选用角度和数量、标志桩及套管数量等线路工程量。

以下是平纵图设计的几点经验:①管道尽量选择平坦的地方敷设,比如山区可以选择在较为平坦的山谷敷设,或者沿道路敷设;②上山下山的点尽量选择坡度小、地质条件稳定的山坡;③考虑管道路由经过的地表作物,尽量避开经济作物或者大片林地等赔偿较高、协调难度较大的地段;④管道穿越河流和公路视情况合理选择开挖、顶管、定向钻和盾构等施工方法通过;⑤顶管穿越公路时应注意套管长度、套管距离路面及路边沟的净距应满足《输气管道工程设计规范》GB 50251的要求;⑥纵断面设计过程中根据管径大小对土方和弯头数量进行经济对比,一般情况下对于管径 $\geq$ DN500的管道,通常采用牺牲土方量来减少弯头数量,对于管径 $<$ DN500的管道,通常可增加弯头数量来减少土方量,达到减少投资的目的。

2.4 站场选址的优化

在确定管道系统优化方案时,一般要考虑的目标为降低管道系统成本和保证管道系统安全运行。

天然气长输管道存在着最佳的管道参数和运行参数,在建立优化数学模型时将两者结合起来,并在模型中同时求解,这样就同时考虑了管道参数和运行参数对经济目标的影响,使得优化模型更为全面,优化结果更为合理。

优化设计必须从经济方面考虑,天然气长输管道在其设计寿命期内的总费用包括管道线路和压气站的初始投资、运行费用。其中初始投资包括管材费用、管道敷设费用、管道外防腐覆盖层费用、附件费用及压气站投资,它是一次性投资;运行费用包括管道线路的年维护、管理费用,压气站的年维护、管理费用,它是常年性投资。从经济的角度出发,设计时必须同时考虑初始投资和运行费用。根据这一原则,以它们的等额年值费用作为优化设计的目标。由于资金的时间价值,单位初始投资和单位运行费用是不等值的,为了使两者价值相当,将初始投资与运行费用按相同的年利率折算到设备末年时的费用,则管道总折算费用为:

$$F = (F_1 + F_2) E + F_3$$

式中: F 为管道的年折合费用(元/年); F_1 为

管道线路初始投资(元); F_2 为压气站初始投资(元); F_3 为管道系统的年经营费用(元/年); E 为等额支付系列资金恢复系数。

优化目标就是在保证管道终端气体压力为预定值的条件下,通过优化求出各设计参数(管道外径、壁厚)与运行参数(压气站站数、增压比、设计压力),使总折算费用为最小。

2.5 长输管道河流穿越设计及施工

2.5.1 开挖穿越

开挖穿越主要是利用施工设备在河道进行一定深度管沟的挖掘,将管道在管沟内进行敷设,然后进行回填处理,并落实一系列保证管道稳定的措施。开挖穿越主要应用于河床范围较广的环境当中,其特点较为明显,包括施工周期短、工艺不复杂,相较于裸露敷设具有较高的安全性。然而该工艺容易受到季节变化的影响,水下作业工作量较大,会对河道造成一定的破坏,穿越河流主槽时很难达到设计所需的深度,容易出现风险问题。沟埋穿越的地点,应当选择具有较好施工条件的地段,保证岸坡具有较高的稳定性,水流不会出现较大的冲淤变化,不会对水域规划造成影响等,同时要在穿越段两侧进行防护措施的构建。沟埋法穿越施工主要的流程是成沟、敷设、回填,主要的方法包括围堰法、爆破法等。

2.5.2 非开挖穿越

2.5.2.1 定向钻穿越

定向钻穿越是一种较为先进的非开挖施工手段,是近些年来获得大量应用的一种方法。其流程是:先将钻机在河底钻确定好导向孔,在钻头出现在对岸以后,连接好扩孔器,使其转动,配合高压泥浆达到冲切的效果,钻台上的卡盘向着上端移动,牵引扩孔器往前施工,经多次扩孔以后,使钻孔比管路直径更大,然后将穿越管段与扩孔器连接,牵引扩孔器和管段,使其敷设在孔中。在进行设计时,主要针对出土角、入土角、曲率半径、穿越深度等进行确定。对于大型的长输管道来说,应当尽量使敷设保持直线。第一,要确定河流的水文资料和地质资料,从而计算最大的穿越深度;第二,要依据设备性能明确穿越条件;第三,在地质环境不好的区段,要加强对坍塌、沉降等问题的关注;第四,防腐层要具有韧性和强度,对管道的耐磨性要求较高。

2.5.2.2 隧道穿越

①顶管法。利用长度特别大的顶管,通过中继装

置接力顶进。施工过程中需要足够的顶力,才能超过顶进过程中受到的阻力。在进行设备选择时要依据管道顶力的最大值确定;②盾构法。指的是利用专门的盾构机和辅助装置开展地下挖掘前进,并将钢筋混凝土预制环片拼装成管段形成隧道。该方法较多的应用于软地基地质环境当中,可以摆脱气候、水文条件等限制,工程进度和安全性有所保障;③钻爆法。指的是在河床底部某个深度下进行人工钻孔,通过爆破产生通道,从而使管道通过。该方法无需盾构机等设备,投资较小,可以摆脱隧道直径和长度的局限性,适用于坚硬的地层当中,但是工期较长。

3 天然气长输管道施工应注意的问题

管道焊接和防腐补口是管道工程建设的最重要的环节,对于管道后期的安全运行十分关键。

3.1 管道焊接过程存在的问题

天然气管道安装施工现场的焊接经常会采用流水作业方式,焊接机组中每个焊工的焊接位置相对比较固定,但是在一些特殊情况时,比如某位置焊工临时缺位时需要其他焊工补位,一些补位焊工持证项目有时会与焊接工艺要求不符,出现补位焊工超资格范围作业的现象;为了避免出现这种现象,安装施工单位要严控进场焊工人员资质,尽可能使用“全能型”焊工,这些焊工所具备的资格在任何位置施焊都能够满足焊接工艺要求。

管道组对,钢管管口椭圆度,使用外对口器,管工经验不足,坡口角度不足,对口间隙较大,根焊内焊道内凹严重。由于管道现场焊接现场都为野外作业,环境条件较差,现场存在诸多对焊接不利的因素,如现场作业环境温度、风速、地形等极大考验焊工操作,有时在实际焊接作业中不能完全执行焊接工艺纪律,焊接防护措施不能完全到位,实际焊接参数超出规程范围等,这些都直接影响焊缝的外观成型及力学性能,产生焊接缺陷或焊缝性能不合格,不能及时发现就会留下安全隐患。

天然气长输管道安装施工现场要配备专业的焊接技术人员,严格按照焊接工艺规程及验收规范要求,对管道焊接各个环节进行施工和自检,做好各种现场记录,发现问题要及时处理。

3.2 管道防腐补口过程存在的问题

首先是防腐补口工艺作业指导文件不规范问题。安装单位经常使用已有版本的作业指导书实施作业,造成防腐补口质量不合格。实践证明,不同生产厂家

的防腐补口产品在施工过程中的操作不尽相同,安装单位应依据所采购的防腐补口材料厂家验证的操作说明,在施工现场反复验证合格后才能够制定出规范合格的作业指导书。其次是现场操作人员因素影响较突出。目前我国相关规范还未对此类操作人员的作业资格提出要求,现场操作人员水平素质也参差不齐,而野外作业的不利因素又较多,即使是在监理等人员旁站的情况下,最终的防腐补口质量也不能完全保证合格,甚至有时还存在批量连续不合格等严重问题。这就需要安装单位严格管理上岗操作人员,在必要的专业培训后,还应随时掌握操作人员的思想情绪状况。最后是安装单位现场技术人员等对验收标准内容把握不准确。按照施工验收规范中相关内容要求,管道防腐补口质量应至少从以下三方面来判断,分别为防腐补口材料的厚度、防腐补口的外观和防腐补口的剥离试验。一些安装施工单位由于在现场未配置相应防腐层测厚设备,不能判断防腐补口材料的厚度是否满足规范要求。

4 结语

为保证天然气安全输送,在项目前期应严格按照《输气管道工程设计规范》GB50251中的要求进行规划设计,后期施工过程中建设单位和监理单位要尽可能配备专业的技术管理人员,加强项目管理,应在各个关键工序前会同设计人员组织施工技术交底并充分讨论,严格要求管理各参建单位,严把工程各环节尤其是关键工序的施工质量,发现问题应及时组织分析并协调解决。

参考文献:

- [1] 黄艳燕,王辉.天然气长输管道施工对生态环境的影响及防范措施[J].中国资源综合利用,2021,39(08):133-134+146.
- [2] 吴晓锋.石油天然气管道隧道穿越施工技术探究[J].新型工业化,2021,11(08):121-122.
- [3] 李寅赫.在役天然气长输管道输气站场升级改造项目管理[J].化学工程与装备,2021(08):184-185.
- [4] 崔嘉,王帅,刘旭兵,母明,王健.BIM技术在天然气长输管道停气连头中的应用探索[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(14):172-173.
- [5] 卢远成.天然气长输管道建设对生态环境的影响及预防对策[J].化工管理,2021(21):11-12.
- [6] 李红.天然气长输管道线路选择及施工技术研究[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(13):165-166.