

高钢级管材及复合补强管道

刘绍亮 (胜利石油管理局基建处)

1. 高钢级管材的应用

随着输送压力的提高,世界范围内管道用管钢级一直在向高强度及超高强度发展。使用高钢级管材是提高管道设计压力的主要途径;同时,在同样的设计压力下,使用高强度管材可减少管材的消耗量。据统计,世界范围内用于油气输送管道的钢材年消耗量超过 $1000 \times 10^4 \text{t}$,管材成本占管道建设总投资的 30%~35%,因此近年来对优质高钢级管材的使用受到关注。

德国于 1985 年研制成功 X-80 管道钢管,并于 1992~1993 年用 X-80 钢管铺设了长达 250km 的天然气管道,输送压力为 10MPa,迄今运行正常。加拿大于 20 世纪 90 年代初也成功地研制出 X-80 钢管,并在国内的干线上投入使用。加拿大的研究表明,在较高压力下(10MPa)使用 X-80 级钢管比使用 X-65 级钢管可降低投资约 10%。迄今为止,全世界采用 X-80 级钢管共铺设了 8 条、总长度为 462km 的输气管道,标志着 X-80 级钢管的生产和管道施工技术日趋成熟。

2. 超高强度管材的新发展

(1) X-100 钢级管材。2002 年,加拿大 TransCanada 公司与日本 NKK 签订了世界上第一份工业化生产 X-100 级高强度钢管的合同。这批 X-100 级钢管订单约 500t,是世界上强度最大的钢管。据 TransCanada 公司发言人称,管径 48 英寸 X-100 级钢管将被用于目前正在施工的 60km 艾伯塔管道中的 30km 管段。NKK 称,X-100 级钢管能够以更高的压力输送天然气。由于减轻了钢管的重量,故能进一步节省费用。为了预测 X-100 级高强度钢管材的性能及其在管道建设中的应用前景,由 BG Technology、BP Amoco 和 Shell Global Solutions 三家公司制定的工业性合作研究计划已经开始实施。这项研究计划包括为说明这种材料的特性而开展的机械试验和金相试验,以及评估其现场可焊性和焊接件性能而需要进行的多种试验。作为对该项试验工作的补充,还将进行焊接缺陷/破坏允许限度的研究,X-100 级高强度钢管的成本-效益评价,以及承包商将其用于管道建设的发展前景研究。目前制订的合作研究计划,其目的就是钢材的规定最低屈服强度(SMYS)为 689MPa 作为研究目标,以近期内取得可见性结果。为了最大限度地提高经济效益,利用 X-100

钢材优化管道系统设计的意义,必须在设计阶段予以评估。然而,采用更轻、更薄和超高强度的钢管,也可通过管道施工和运行来递增利润。

(2) 高压大口径复合补强管道。天然气管道输送的总体发展趋势是朝着更高强度钢级的高压管道发展。然而,随着钢材强度的不断提高,伴随而来的可焊接性和控制裂缝问题还有待于解决。为此,TransCanada 于 1996 年开始研发和试验一种复合补强管来解决这些问题并获得专利保护。这种复合补强管采用高性能的异丙聚酯树脂玻璃纤维复合材料对高强度低合金钢管进行补强,以此作为 X-100 钢管的替代技术。

(3) 复合补强钢管的技术优势。为了改善长距离输气的经济性,TransCanada 已考虑了许多方案,其中复合补强钢管正在被证明最适合建设操作压力达 25MPa 的高压、大口径管道。较常规钢管而言,X-100 超高强度钢管也是一种选择,虽然钢材成本高,但因钢管壁薄、重量轻而具有成本优势。高强度钢通常没有高压管道所要求的控制裂缝能力,一种选择是用复合材料缠绕更高强度的钢管,使之具有控制裂缝和止裂能力。复合材料补强可以使大口径常规钢管达到建设高压管道所需的强度。异丙聚酯树脂内的玻璃纤维层具有 120000~140000psi 的抗拉强度,使复合层的强度比钢管壁层大一倍,且可以起到防腐的作用。高压天然气管道系统经营者所关心的首要问题是安全和管道的完整性。复合补强钢管可以解决这些问题。随着时间的推移,常规钢管道会因诸如一般腐蚀或应力腐蚀裂纹事故而导致管道泄漏或破裂。对于这类管道事故,复合补强钢管只会发生泄漏,而不会产生破裂,从而降低了泄漏燃爆的可能性。特别是对高压、大口径管道,复合补强钢管具有极强的耐裂缝延伸能力。NCF 和 TransCanada 已进行过广泛的试验,证明复合补强钢管抑制裂缝延伸速度超过 300m/s。复合补强钢管设计的最低安全系数为两倍于最大允许操作压力(MAOP)。管道标准允许 2:1 MAOP 的最低安全系数。根据不同的管径、壁厚、钢材强度和管道压力,可以按已定工况以最佳的平衡方式采用复合材料补强,使天然气管道达到强度更大、重量更轻、更安全、更经济和更耐用。这次建设的高压、大口径管道试验段没有弯管部分。但 2001 年 2 月,TransCanada 在艾伯塔北部建设长 2.4km、口径 610mm 复合补强钢管道中,在 -25℃ 温度下成功地进行了 10~15 个弯管试验。

(栏目主持 樊韶华)