

ERW 钢管在气田集输干线中的应用

郭 益¹ 张 璐¹ 张维臣¹ 蒲旭辉² 刘世平² 肖普朝²

1. 中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司, 四川 成都 610017

2. 中国石油西南油气田分公司川西北气矿, 四川 江油 621709

摘要:

ERW 管焊缝易出现的碳偏析、夹渣、制管质量不稳定的缺点, 一直是一些气田拒用 ERW 管的原因。系统列举并介绍了石油天然气输送用管线钢管的种类及其特点, 介绍了 ERW 钢管的生产原理, 浅析了国产 ERW 钢管在焊缝碳偏析、夹渣、制管质量不稳定等方面的改进及解决措施。介绍了 ERW 钢管在国内外天然气管道工程中的运用情况, 着重描述川内某集输工程对 ERW 钢管的选用过程和应用效果, 指出在天然气集输干线工程中进行湿气输送时, 采用 ERW 钢管在节省投资、缩短工期等方面的优点及其他方面的效益。

关键词:

ERW 钢管; HFW 钢管; 碳偏析; 夹渣; 湿天然气; 集输干线

文献标识码: A

文章编号: 1006-5539(2011)05-0021-03

1 天然气输送用管线钢管的种类

目前国内天然气管道工程中使用的管材可分为无缝钢管、高频电阻焊钢管(HFW 即 ERW)、埋弧焊钢管三大类 8 种, 主要使用的有无缝钢管(SML)、螺旋缝埋弧焊管(SSAW)、直缝埋弧焊管(LSAW)、高频直缝电阻焊管(HFW)(即 ERW)等 4 种^[1]。

1.1 无缝钢管(SML)

天然气输送用无缝钢管采用镇静钢热轧成型, 由于无焊缝, 不存在管壁沟状腐蚀问题, 但尺寸偏差较大, 管径过大时壁厚偏差大, 管材耗量多, 延伸率比直缝电阻焊钢管低 8%~10%, 无缝钢管纵向冲击韧性比直缝电阻焊钢管的横向冲击韧性低, 特别是在 0℃以下时冲击韧性下降明显^[2]。国产热轧无缝钢管管径 ≤ DN 600, 多在 DN 400 以下。无缝钢管由于性能优异而

价格最贵, 一般用于口径较小的管道工程或难点控制性工程、站场内的中小管径管道。

1.2 螺旋缝埋弧焊钢管(SSAW)

螺旋埋弧焊钢管采用镇静钢热轧(控轧)钢板(带)卷制、自动埋弧焊焊接成型, 焊缝有熔敷填充金属, 焊缝强度一般不低于母材; 具有壁厚均匀, 规格多, 焊缝受力小, 质量控制较好, 价格较无缝钢管低的优点。我国生产的 DN 300~DN 1000 的螺旋焊缝钢管, 在国内油气长输管道上使用广泛。

1.3 直缝埋弧焊钢管(LSAW)

直缝埋弧焊钢管采用镇静钢热轧(控轧)钢板(带)、以 UOE、JCOE 或 HME 方法成型, 自动埋弧焊焊接, 焊缝有熔敷填充金属, 焊缝强度一般不低于母材; 其特点是焊缝质量好, 端口尺寸精度高, 易于对口焊

收稿日期:

2011-06-10

基金项目:

中国石油集团重点工程资助项目(S2006-338E, S2009-207E)

作者简介:

郭 益(1979-), 男, 四川剑阁人, 工程师, 学士, 2002年毕业于武汉理工大学, 主要从事气田地面工程设计和研究工作。

接;缺点是制管设备投资大、制管费用较高,管材价格高。国产直缝埋弧焊钢管直径 $DN\ 300\sim DN\ 1000$,在重要的工程中广泛应用。

1.4 高频直缝电阻焊钢管(ERW)^[1-7]

高频直缝焊管(ERW)是将热轧卷板经过成型机成型后,利用高频电流的集肤效应和邻近效应,使管坯边缘加热熔化,在挤压辊的作用下进行压力焊接来实现生产的。高频电阻焊方法 20 世纪 50 年代开始应用于焊管生产。近十年来,其生产技术日趋完善,产品质量不断提高。20 世纪末,国际上 ERW 钢管的生产技术已经比较成熟,国外公司在管线设计时并不忌讳使用 ERW 钢管,ERW 钢管无论在陆地还是海洋的油井管、油气输送管方面都得到了较为普遍的使用。除用于常规的油气输送外,新开发的 ERW 钢管已经使用到极地寒冷地区和酸性介质条件下,俄罗斯甚至将其用于西伯利亚的极低气温下输送天然气。21 世纪初,国内就有业内专家公开提倡在油气长输管道中选用 ERW 钢管,只是由于国内生产厂家对该技术的认识、掌握程度不同,产品定位不同,加之 ERW 钢管应用初期曾出现过两起重大质量事故,以及螺旋缝埋弧焊钢管的规格适应能力和国内的生产能力,使 ERW 钢管在长输管线上的使用受到了极大限制,长输管线的设计都极力避免采用 ERW 钢管,ERW 钢管在国内的使用大多用于压力较低的输油管线和城市天然气/煤气管网工程。2003 年,国内的无锡—张家港天然气管线工程选用了日本 JFE 公司的 ERW 钢管;2004 年,山西天然气管网工程选用了国产的 ERW 钢管。这都是 ERW 在国内天然气长输管道中较早的应用。

ERW 管焊缝易出现的碳偏析、夹渣、制管质量不稳定的缺点,一直是前些年 ERW 管在一些气田使用受限的原因。随着各方面技术的进步及经验积累,上述几个问题都已基本得到解决或找到了合适的解决途径。首先,对于碳偏析问题,国内主要的 ERW 管生产厂家,在采购钢制板材时,都非常注重采用资质较高的钢厂产品,从源头上控制母材质量,严格要求采用低碳、低磷、低硫、微合金化的卷板,锰含量也控制在适当范围,近年来冶金技术在该领域的发展完全能满足钢管生产对板材的要求,冶炼过程中的转炉冶

炼、钢包精炼、真空脱气、连铸等新技术的采用;轧制过程中控制轧制、控制冷却技术的使用使得大中口径 ERW 钢管用热轧钢带的外观尺寸、外观质量、理化性能大幅度提高。另外,对钢管生产的热处理过程也进行严格控制,热处理温度的波动范围尽量控制到最小。对于焊缝夹渣问题的解决,首要的是将钢板母材中的锰硅比控制在 3.5 以上;技术实力较强的厂家能够通过控制板边对接形状(在技术条件满足的前提下,开口角尽量大)、焊接速度(尽可能快)、焊接温度(温度适中,各种不同材质及规格的母材适应不同的温度)等手段来避免焊缝夹渣的产生。随着高纯净优质钢材出现、焊接技术成熟、许多新技术的采用和严格的质量控制与完善的检测体系,国产 ERW 管质量已有很大提高,承压等级和使用场合都不断扩大,已大量使用于输气管道。如宝鸡住金、宝钢等国内主要 ERW 生产厂家的产品,一次性合格率能到 92%~93%,碳偏析和夹渣的情况基本得以解决,焊缝的可靠性和防腐性都大幅度提高,满足了各种条件下的使用要求,质量稳定性已达到较高水平。国际上优质的 ERW 钢管不仅无法辨出焊缝,而且焊缝系数达到 1,实现了焊缝区域组织与母材的匹配。

目前,我国的 ERW 钢管产量世界第一,应用范围不断扩大,不仅运用于输送商品气的长输管道线路工程,也运用于重要的站场工程中(如:西气东输二线站场用管就采用了 ERW 钢管)。中国石油集团的相关部门也正专门制定 HFW 使用的相关规定。在此情况下,将 ERW 钢管用于有一定含水量或有一定酸性的湿气输送管道工程中,也是值得探讨和尝试的了。

2 ERW 钢管在工程中的应用

ERW 钢管在 2007 年应用于莲花山构造试采干线工程,该工程输气管道是将雅安地区莲花山、张家坪等构造的天然气使用 $DN\ 300\ L360$ 管道,设计压力 6.3 MPa,经过约 60 km 的距离,输送到平落坝进行脱水处理后,供下游用户并输入川渝地区大管网。莲花山、张家坪等构造产气,主要以须家河气藏为主,基本为含水量低,酸性组分较少,不含硫化氢只含有少量二氧化碳的低酸性气质。其具代表性的气质组分见表 1。

表1 莲花山构造代表性气质分析资料

井号	相对密度	天然气组分/(%)									
		甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷	异戊烷	正戊烷	己烷以上	氮	二氧化碳
1-1	0.581	96.07	2.3	0.29	0.052	0.037	0.008	0.037	0.023	0.15	1.04
0-1	0.569	97.75	0.22	0.01	0	0	0	0	0	0.95	1.05

在管材选型时,有前面提到的几种管材可供比选。

ERW 钢管管坯与无缝钢管(SML)管坯的一大区别是:前者是用热轧钢带冷轧成型制造的,而后者则是圆钢在热轧状态下由穿孔成型的。显然,热轧状态下形成的 SML 管坯的晶粒度及组织的织密程度与 ERW 管坯相比有较大的差距,由此可引起的性能必然也有很大的不同。另外 ERW 钢管比 SML 的尺寸精度高。这是由于无缝管是圆钢在热轧机组中连续穿孔成型的,而 ERW 钢管则是由钢带在冷轧状态下成型的。相比之下,ERW 在外观尺寸方面的控制比 SML 更容易^[4]。正因为如此,ERW 钢管的外观质量缺陷较少,外观质量优于 SML 钢管。由于生产工艺先进和生产效率较高,ERW 钢管生产成本要比无缝钢管低得多。无缝钢管与 ERW 钢管投资比较见表 2。

表 2 无缝钢管与 ERW 钢管投资比较

项目	L360 无缝钢管	L360 ERW 钢管
管材规格	Ø323.9 × 7.1	Ø323.9 × 7.1
长度 / km	60	60
单价 / 元 · t ⁻¹	8 800	6 200
管材总重 / t	3 328	3 328
管材总价 / 万元	2 927	2 063

注:表 2 中单价为 2007 年 6 月厂家报价

ERW 钢管与 SSAW 比较,两者在价格上相差无几。SSAW 焊缝长度大约是 ERW 焊缝长度的 2~3 倍,其内焊瘤无工艺能力去除,因此在输送介质时不可避免地增加了管道内壁的摩阻。而 ERW 焊缝长度短,内焊瘤能去除,介质在管道内流动时,管道内壁产生的摩阻相对螺旋缝埋弧焊钢管来说比较小。根据残余应力测定结果表明,ERW 焊管周向成型内应力较小,对于管材是有利的。对于 SSAW 焊管,由于其焊缝区大,焊缝内应力有拉也有压,应力状态比 ERW 管复杂,这与螺旋焊管的成型工艺有关。SSAW 焊管在焊缝及热影响区内壁的大范围的拉应力将对内壁缺陷的启裂和应力腐蚀产生不利的影响^[5]。由于 SSAW 焊缝长度大约是高频直缝管焊缝长度的 2~3 倍,成品管焊缝的防腐处理比较困难;ERW 钢管具有焊缝短(与螺旋缝钢管相比),钢管壁厚均匀、长度稳定、几何尺寸精度高、防腐及组装焊接的质量易保证。同时,由于本工程气质中含有少量的水和二氧化碳,具有微弱的酸性,更不宜采用 SSAW 焊管。

从技术上讲,ERW 钢管及 LSAW 钢管在与 SML

钢管及 SSAW 钢管的比较中,有相似的优点和特性。此前,LSAW 钢管直焊缝的低温韧性及耐腐蚀性认可度相对较高,并被推荐在 200 mm 以上气田湿气输送的集气支线及干线中选用^[6]。另一方面,LSAW 钢管的价格较高,与无缝钢管价格接近,在 ERW 钢管焊缝质量有保障的前提下,将 ERW 管用于川西地区的湿气输送是可行并能节约大量投资的。

鉴于以上优缺点分析,莲花山构造试采干线工程采用了 ERW 钢管。在采购时特别强调提出了对管道焊缝部位冲击性能的要求和对钢管焊缝无损检测的要求,进一步保证了钢管的质量。管道工程投产后不久,2008 年 5 月 12 日,四川的龙门山脉地区发生了汶川大地震,同样地处龙门山脉的莲花山构造试采干线工程管道,经历了严峻的考验而安然无恙。地震后三年来,该管道安全平稳运行,期间于 2010 年 5 月通过了正式验收。

3 结论

ERW 钢管技术已趋向于成熟和完善,理论和实践证明,ERW 钢管具有可靠性、安全性及经济性等特点。在莲花山构造试采干线工程中首次用于湿气输送的领域后,在九龙山气田试采干线工程(四川广元)的湿气输送中,也得到了应用。当然,其可靠性及焊缝的耐腐蚀性等,都还需要在长期的使用中监测、验证。但都无疑为 ERW 钢管在今后的天然气管道工程中更深入广泛的推广使用,提供了宝贵的借鉴。

参考文献:

- [1] 李记科,严实春,徐爱军,等.高质量 ERW 钢管可用作天然气输送管[J].焊管,2007,30(2):72-75.
- [2] 潘家华.ERW 钢管的发展前景和面临的课题[J].焊管,1989,12(3):1-3.
- [3] 李记科,齐宝钗,高建忠.国内 ERW 钢管生产情况[J].焊管,2006,29(6):63-67.
- [4] 贾十周.直缝电阻焊钢管与无缝钢管对比[J].焊管,1995,18(3):12-15.
- [5] 孙永喜.ERW 钢管在长输管道建设中的应用[J].油气储运,2001,20(4):47-49.
- [6] 刘银春,刘 彬,王登海,等.天然气矿场集输用管类型分析及选择[J].焊管,2007,30(2):83-85.
- [7] 张有渝,谢 兵.管件和钢管几何尺寸偏差及其对组焊质量影响的分析[J].天然气与石油,2008,26(2):24-27.