doi:10.3969/j.issn.1005-3158.2011.05.012

玻璃钢管线在英买力潜山原油集输中的应用

朱树兵[1] 崔永峰[2] 于兴龙[3] 史 健[2] 冷洪卫[1] 马 曦[3]

(1.中国石油塔里木油田分公司物资采办事业部;2.中国石油塔里木油田分公司建设工程有限责任公司;3.中国石油塔里木油田分公司质量安全环保处)

摘 要 埋地管道的腐蚀是影响油气田地面工程安全运行的重要因素之一,玻璃钢管道的非金属特性根除了腐蚀环境的形成,杜绝了管道腐蚀穿孔事件的发生,降低了污染土壤等环境问题发生的机率,塔里木油田管道服役现状、史密斯公司 30a 的研究结果对此做了充分的诠释。英—红外输油管道和哈森-威廉姆斯公式分别从实践和理论上展示了玻璃钢管卓越的水力特性,英买力潜山玻璃钢管线具有良好的经济和社会效益。

关键词 玻璃钢 管道 腐蚀 节能

中图分类号:TE832 **文献标识码**:A **文章编号**:1005-3158(2011)05-0034-03

0 引 言

埋地管道的腐蚀是影响油气田地面工程安全运行的重要因素之一,从热力学观点看,除少数贵金属(如 Au、Pt)外,其余金属都有转变成离子的趋势,当金属和周围介质接触时,由于发生化学和电化学作用所起的金属腐蚀现象在自然界普遍存在。

金属管道腐蚀时刻在发生,若腐蚀一旦上升为穿孔,就会造成停输、停注等生产事件,溢出流体污染土壤、大气等周围环境,若对穿孔泄漏处理不当,可能会失去处理事故的最佳时机,引发火灾、爆炸、中毒等更大的恶性事故。

如何缓解或防止埋地管道的腐蚀,工程界进行了不懈的探索,目前金属管道腐蚀的防护方法主要有:①改变金属的内部结构,例如,把铬、镍加入普通钢中制成不锈钢;②通过氧化、磷化、非金属涂层、金属涂层等方法在金属表面覆盖保护层,例如,在金属表面涂漆、电镀或用化学方法形成致密耐腐蚀的氧化膜等;③电化学保护法,例如,外加电流的保护法、牺牲阳极保护法等;④改善腐蚀环境保护法,例如,减少腐蚀介质的浓度,除去介质中的氧,控制环境温度、湿度等都可以减少和防止金属腐蚀。也可以采用在腐蚀介质中添加能降低腐蚀速率的缓蚀剂等物质来减少和防止金属腐蚀。目前,以上防止金属管道腐蚀的方法在油田已大量使用,金属管道腐蚀的速度有所减慢,但还不能从根本上杜绝腐蚀的发生。

1 塔里木油田管道服役现状

截止 2010 年,塔里木油田建成各类地面管线 2289 km,其中金属管线 1813.389 km,非金属管线 475.611 km(玻璃钢管线 129.926 km),仅在 2010 年,油田累计发生金属管道穿孔达 500 余次,平均穿孔次数为 0.33 次/km,而玻璃钢管线仅发生了 2 例,公路穿越段因扶正定位器不牢固造成服役 6a 的 DN100PN16 管线振动泄漏、因钢制转换接头腐蚀造成服役 10a 的 DN80PN17 管线接头泄漏,年平均穿孔次数为 0.015 次/km,若平均到 30a 的服役期内,发生的频率更低,且发生的这两次泄漏事故通过加强监控是完全可以避免的。

2 在英买力潜山原油集输中的应用

从全国各油田的管道实践来看,玻璃钢管道是英买力潜山 20×10^4 t/a 集油管道的最佳选择。

2.1 玻璃钢管道的低环境污染性

玻璃钢产品根除了腐蚀环境的形成,从根本上降低了管道的腐蚀穿孔、土壤污染等环境问题发生的可能性。玻璃钢管道是用纤维缠绕工艺制作,管道材料质量百分含量中 70%~82%为树脂基体(由酸酐、胺类固化环氧树脂而形成的塑料体),18%~30%为增强材料,系由 E-玻璃纤维无捻粗纱以 54°45′缠绕角排列的层状结构组成。树脂基体、缠绕增强材料均为惰

朱树兵,1990 年毕业于四川石油财经学校物资供应专业,经济师,现在中国石油塔里木油田分公司物资采办事业部从事物资计划管理工作。通信地址:新疆库尔勒 81 号中国石油塔里木油田分公司物资采办事业部,841000

性，能够从根本上防止腐蚀、电化学腐蚀的产生，减少腐蚀穿孔现象，并且在工程实践中得到证实。

史密斯公司与得克萨斯州一家石油公司合作，对玻璃钢管的耐腐蚀性能进行了长达 30 年的研究工作[1]。管线是 2″(50 mm)无内衬环氧玻璃钢埋地管线，工作压力0.28～0.48MPa，输送介质为盐水、酸性原油和天然气，介质温度为 27℃。管线于 1962 年安装使用，经过 4、8、15、20、25 a 后分别取样，进行外观检验、爆破强度实验结果，见表 1，循环压力实验结果见表 2，计算强度保留率。

表 1　爆破强度实验结果①

使用年限/a	试样数	环向应力/MPa		
		最高值	最低值	平均值
4	7	439	236	366
8	2	349	346	48
15	5	337	291	371
20	5	345	343	371
25	5	328	139	277
0②	—	—	—	276

注：①试样加压速度为 6.9Mpa/min，环向应力按总管壁计算，实验方法按 ASTM1599；②管制造时最低质量控制标准。

由实验结果可知：

◆ 经过 4、8 a 之后，管道外观与强度没有变化。

◆ 经过 15 a，管道内表面没有变化，没有化学腐蚀的迹象，管道表面变黑；管子强度有所降低但不严重，其爆破强度仍然超过 1962 年管道生产初始强度的最小值。循环实验压力低于 1962 年回归曲线，但高于 97.5%的置信下限。

◆ 经过 20 a，管道内表面无变化，外表面变黑加重；爆破强度不变；循环实验压力下降，但仍高于 97.5%的置信下限。

◆ 经过 25 a，管道内表面光滑，外表面变黑无加重趋势。爆破强度不变，失效形式有变化。循环实验取两个压力水平，8.3 MPa 离散大；而在 6.8 MPa 的实验数据仍在 97.5%的置信下限之内。

◆ 15、25 a 的管道强度保留率分别为 85%、75%，这两个值都超过了对化学工业用玻璃钢制品使用一年后所要求的最小强度保留率。

◆ 爆破压力数据、循环压力数据与分离盘拉伸强度保留率实验数据表明，该管道在这一工程中仍可使用多年。

优良的耐腐蚀性使此条 60 年代安装的玻璃钢管线至今已达 48 a，目前仍正常运行。塔里木油田第一条玻璃钢管线 LN2-5-15 井 DN50PN170 截至目前亦安全运行了 12 a。

目前国内玻璃钢管线生产商的质量承诺均为 30 a 以上的使用寿命，从塔里木油田的管道实践来看，玻璃钢的低环境污染性是英买力输油管道的第一选择。

2.2 玻璃钢管道的优异节能性

玻璃钢管内表面极其光滑，绝对粗糙度仅为 0.0053 mm，具有极佳的节能效果，吉林油田英台采油厂英—红外输油管道即是最佳例证之一。

表 2　循环压力实验结果①

使用年限/a	试样数	失效循环数②			环向应力/MPa		
		最高值	最低值	平均值	最高值	最低值	平均值
4	6	2775	302	1250	150	142	145
8	3	1845	892	1271	154	148	152
15	6	2259	262	779	155	143	148
20	6	287	44	166	151	148	150
25③	3	3800	2	1270	157	150	154
25③	2	4008	3055	3531	127	126	126.7
0④	—	—	—	780	—	—	—

注：①环向应力按总管壁计算，并按选定的应力水平进行循环实验，实验方法按 ASTM D2143；

②该试样于 3800 次循环时未发生失效，于 14531 次循环时设备出现故障；

③管道制造时最低质量控制标准。

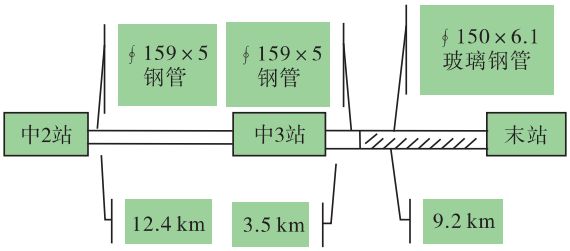

图 1 管线分布

表 3 第二次测试结果

参数	测试点				
	中 2 站出口	中 3 站入口	中 3 站出口	玻璃钢管起点	末站入口
输油量/(m^3/h)	48	48	48	48	48
压力/MPa	1.6	0.75	0.725	0.49	0.175
温度/℃	73	40	73	62.5	55

测试日期:1997 年 5 月 16 日

吉林油田英台采油厂英—红外输油管道[2],建于 1986 年,全长 50.5 km,首站英台联合站,末站红岗油库,全线设有 3 座中间站,中 1 站、中 3 站是加热站,中 2 站是热泵站管线分布见图 1。投产 10 年后开始大面积穿孔,特别是低洼地带的 9.2 km 每年穿孔 10 余处,于 1996 年 7 月在此段更换为 6"(150 mm 6.9 MPa)玻璃钢管线 9.2 km,并对此管线设立 5 个检测点进行节能检测,检测结果见表 3。

中 3 站至末站之间为 12.7 km 的混合管线,包含 3.5 km 钢管及更换的9.2 km玻璃钢管,3.5 km钢管的压降为 0.235 MPa,从而计算出此段摩阻为 6.72 m,9.2 km 玻璃钢管线的压降为0.315 MPa,从而计算出此段摩阻是 3.42 m,对比混合段钢管、玻璃钢管的摩阻可以得出如下结论:同流量、单位长度、公称直径相同的钢管的沿程摩阻是玻璃钢的 2 倍,也就是说采用玻璃钢管比钢管降低摩阻 50%。

为了进一步推导英买力潜山输油管线的能耗水平,借助哈森-威廉姆斯公式进行推导计算。

英买力潜山管线长度 47.5×10^3 m,管径为 150 mm,年输油量 20×10^4 m^3。玻璃钢管线哈森-威廉姆斯系数为 $C=150$,输送流体平均密度为 0.87×10^3 kg/m^3,泵的总效率设为 80%。

2.2.1 计算水头损失

$$h_f = [3.35\times10^6 Q/(C\times D^{2.63})]^{1.852} \quad (1)$$

式中:h_f—摩阻系数,每百米损失水头,m;

Q—输量,m^3/s;

C—哈森-威廉姆斯系数;

D—管线直径,mm。

2.2.2 补偿水头损失所需泵功率

$$H_p = QP_1H_f/102 \quad (2)$$

式中:H_P—所需水泵功率,kW;

p_1—流体密度,kg/m^3;

H_f—总水头损失=$h_f\times$(L/100),m;

L—管线长度,m。

2.2.3 年耗能量

$$E_C = H_p\times24\times365/eff \quad (3)$$

式中:E_C—年能耗量,kW·h/a;

24—每天按 24h 计;

365—每年按 365d 计;

eff—总效率(泵和电机),80%。

将玻璃钢管相关数据代入以上公式,计算出采用玻璃钢管年输送能耗为 1.75×10^8 kW·h;

钢质管道哈森-威廉姆斯系数为 $C=100$,并将(1)、(2)代入公式(3),玻璃钢管与钢管的能耗比值为:

$$E_C(\text{玻璃}):E_C(\text{钢管}) = (C_{\text{玻璃}}:C_{\text{钢管}})^{1.852} = 47.2\%$$

玻璃钢管输油的能耗水平为钢管的 47.2%,相对钢管输送而言,每年节能 1.93×10^8 kW·h。

3 结束语

英买力潜山地面输油选择玻璃钢管线能够从根本上解决腐蚀穿孔造成的环境事故,同时提升了运行的节能水平,只要在产品生产中严格过程控制、施工中规范操作、运行中适时监控,玻璃钢管线会带来长期的经济和社会效益。

参考文献

[1] 陈宏章,孙雨虹.中、高压玻璃钢管在中国油田中的应用[J].纤维复合材料,2000,3:36-39.

[2] 王亚林,翁玉武,于景龙.高压玻璃钢管在英—红输油管道上的应用[J].油气田地面工程,2000,19(1):22-25.

(收稿日期 2011-06-09)

(编辑 王 蕊)