

钢骨架塑料复合管在平台海水系统的应用解析

司红涛 刘吉飞 庄福佳

海洋石油工程股份有限公司, 天津 300451

摘要:复杂多变的海洋环境和不同的输送工况介质,对金属管线的内外壁均有千差万别的腐蚀影响,腐蚀事故与案例不胜枚举,在海洋石油领域早已引起关注。钢骨架塑料复合管以优异的性能,低廉的造价,快速成为碳钢等材料的管道替代产品,能够很好地应用于海上石油平台海水系统。

关键词:钢骨架塑料复合管;海水;腐蚀;海洋石油平台

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2016.02.004

0 前言

海洋对于各种金属材料来说是一个非常严酷的腐蚀环境,根据不同海况对金属腐蚀的差异,海洋环境大致可分为五个区带:海洋大气区、浪花飞溅区、潮差区、海水全浸区和海底泥土区。海水是一种高含盐的强电解质溶液,由于含有大量的氯离子,因而对大多数金属结构具有较高的腐蚀活性^[1]。腐蚀损坏经常危及海上平台设施、设备及管线的安全运行,由此造成的经济损失、事故隐患及其严重后果,一直困扰着海上设施的操作者和管理者,腐蚀事故与案例不胜枚举,在海洋石油领域早已引起关注^[2]。在低压工况下,钢骨架塑料复合管(以下简称SRPE)以优异的性能,低廉的造价^[3],快速成为碳钢管、不锈钢管、铜镍管等的替代产品,能够很好地应用在海上石油平台海水系统。

1 海水系统材料

海上石油平台海水管道系统管材的选择一直是个选择难题,常规金属材料耐腐蚀性能不理想,耐腐蚀金属材料非常昂贵,非金属管道耐腐蚀性能好,但也存在一些使用问题^[4]。

1.1 碳钢内涂层管道

碳钢管内涂锌、涂塑等内涂层管道强度高,管道的防腐性能取决于涂层工艺和涂层过程的控制,制作过程复杂,涂层工艺质量不能较好保证,耐海水腐蚀效果

不理想,不能全寿命使用^[4-5]。

1.2 碳钢内衬管道

碳钢管内衬塑、衬橡胶管道强度高,管道在使用过程中衬层容易脱离,其原因是衬层与金属管膨胀系数不一致,制造工艺质量控制不严,管道制作过程复杂,涂层工艺质量不能很好保证,耐海水腐蚀效果不理想,不能全寿命使用。

1.3 合金、双相不锈钢管道

Cu/Ni合金、双相不锈钢管道强度高,在海水中较好的耐腐蚀性,可以全寿命使用,但价格昂贵,费用是碳钢内涂层管道的十几倍,需进口,采办周期长。

1.4 玻璃钢管道

玻璃钢管道(以下简称FRP)强度低,在海水中较好的耐腐蚀性,但FRP的连接过程对施工工艺、环境、固化时间、施工人员的技术要求较高^[6],FRP使用寿命一般在20年左右,FRP连接后耐压能力受各种因素影响较大,在试压过程以及有冲击的管道上易断裂、泄漏,易产生安全隐患和安全风险。FRP在以往项目的试压和调试中出现过一些问题,原因可能是由多种因素引起,如设计、材料、施工工艺、粘接液固化时间等。

渤海某海上石油平台,消防水系统采用FRP,管道施工由FRP提供方进行指导,FRP在平台试压时断裂,见图1。

收稿日期:2015-11-02

作者简介:司红涛(1980-),男,河南许昌人,工程师,学士,主要从事油气田总图与管道设计工作。



图 1 FRP 试压断裂

东海某海上石油平台,消防海水系统采用 FRP,管道施工由 FRP 提供方进行指导,FRP 在起泵憋压时断裂,见图 2。

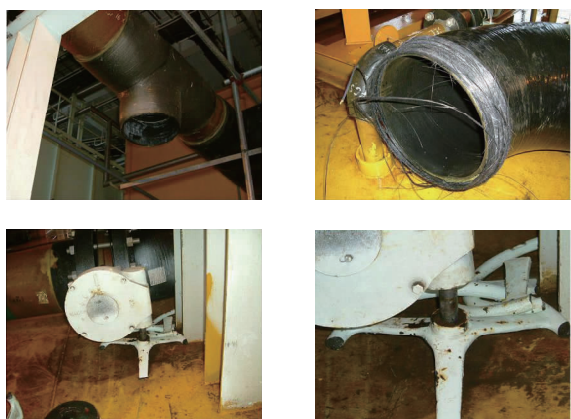


图 2 FRP 在起泵憋压时断裂

1.5 SRPE 管道

SRPE 是以钢网为增强骨架,塑料为内外层填充基体的双面防腐蚀材料复合管,由于 SRPE 结合了 PE80 的耐腐蚀性与金属(钢丝)的高强度优势,管壁的内外层塑料通过管壁中间的金属钢丝网孔连接为一体(如同钢筋混凝土的结构形式)。其特性包括:管道的 PE 材料具有较强的抗老化能力,典型试验是 50 年,使用寿命长;具有较强的抗开裂能力、内壁光滑、抗磨性能较高;抗溶蚀性能好、耐腐蚀能力强;管道使用电熔连接,连接可靠(这点相对其他非金属管尤为突出);管道可供性好、产品工

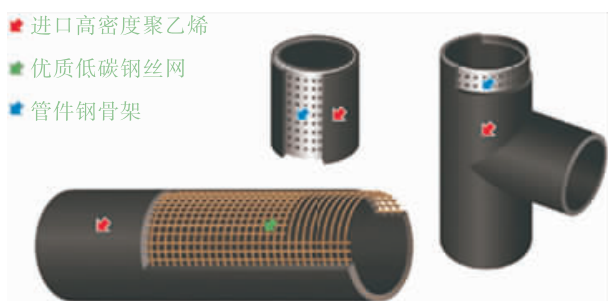


图 3 SRPE 结构

业领域应用成熟;管道适用温度低(小于 80℃),抗高温能力差、抗尖锐破坏能力差;SRPE 硬度低(相对于 FRP)^[7-8]。SRPE 已在燃气、石油、化工等行业中逐渐使用。SRPE 结构见图 3。

2 SRPE 在某海水系统的应用

2.1 管道强度分析

2.1.1 海水系统设计参数

设计压力:系统中最高设计压力 1 350 kPa;

设计温度:30~40℃(除中冷器海水出口以外)^[9-10]。

2.1.2 SRPE 管材特性

选用标准:HG/T 3690~3691-2001;

额定压力等级:1.6 MPa;

温度折减系数选取见表 1^[11-12]:0.9(30~40℃),

0.86(40~50℃);

SRPE 管材耐压能力:额定压力×温度折减系数=

1.6×0.9=1.44 MPa>1.35 MPa,1.6 MPa 等级的 SRPE 管道材料满足设计参数要求。

表 1 公称压力修正系数

温度 t / (℃)	$0 < t \leq 20$	$20 < t \leq 30$	$30 < t \leq 40$	$40 < t \leq 50$	$50 < t \leq 60$	$60 < t \leq 70$
修正系数	1.00	0.95	0.90	0.86	0.81	0.76

2.2 设计性能要求

耐海水腐蚀性能:SRPE 是耐海水腐蚀的特优材料^[13];

抗老化能力:SRPE 具有较强的抗老化能力^[13](优于 FRP,使用寿命 50 年^[14]);

温度限制:SRPE 可在≤70℃环境长期使用;

抗振动、抗开裂能力:SRPE 中 PE 材料具有典型的弹性和流体性的混合性能,具有较强的抗击低周振动的能力,SRPE 是钢丝网和 PE 材料的熔合体,具有较强的抗蠕变和管道开裂的能力;

热膨胀:由于钢丝网的存在控制了 PE 材料的膨胀,SRPE 与钢管有基本相同的膨胀系数;

使用损坏的可能性:SRPE 抗尖锐和高热能力较差(平台日常作业,尖锐和火焰几率较小);

试验方法:水压试验,方便易行;

管道连接:电熔连接^[15](自动焊接,去除人为因素,自动焊合格率 100%,工艺可靠);

气孔和渗透性:无气孔、不吸水(优于 FRP);

管道匹配性:与 ASME 标准元件匹配;

施工风险:风险低,管道连接接头可靠。

鉴于上述设计性能要求 SRPE 管道均能满足,选择 1.6 MPa 等级的 SRPE 材料即可适用于平台海水系统。

且SRPE价格低,国内采购,采办周期短。

2.3 SRPE选用要求

SRPE与其他管道在设计、施工、检验、使用上相比有其特殊性,具体选用要求如下。

2.3.1 设计选用

1)SRPE的公称压力是以20℃条件下输水时(预期寿命50年)允许使用的最大压力。公称压力包括1.0、1.6、2.5、4.0 MPa共5个级别。随着管径的增大,承压能力会相应降低。

2)如果用于输水20℃以上的介质时,SRPE的最大许用应力,应考虑相应的压力折减系数。

3)SRPE兼有非金属管和钢管的优点,但刚度比钢管小,所以其支架的间距应小于同等规格的钢管,需参见厂家的推荐做法。尤其是法兰连接处,是整个管线系统的薄弱点,应在法兰连接处两侧均设置合适的支架。2个法兰连接面之间的阀门应考虑独立支撑,避免大的重量载荷作用在法兰上。

4)SRPE与支架的连接方式建议采用U形钢带方式。如果采用U形管卡,或者直接布置在刚性支架上,中间应加橡胶垫。

5)SRPE采用的非金属材料为高密度聚乙烯,其本身并不耐火。如果用于有耐火要求的场合,应采用外加耐火夹克的方式。

2.3.2 SRPE安装

1)管材搬运时必须采用软保护吊装带进行装卸、严禁剧烈撞击,应小心轻放,排列整齐,不得抛摔和沿地拖拽。

2)SRPE安装采用专用连接机具和焊接设备,焊接电源必须符合焊接工艺要求。SRPE采用电熔连接时,严禁隔夜焊接。SRPE组装时,必须保证管材、管件连接部位(熔区)的清洁,不得污染^[16]。

3)焊接完后在冷却过程中要让接头处于自然状态,且应保证冷却过程中不受外力作用,不得移动、转动接头部位及两侧管道。冷却时间应根据气候条件、管件大小等确定^[16]。

4)法兰接口处存在金属法兰和非金属管端的连接,由于非金属材料刚性差,在法兰螺栓紧固时,应按照中心对称的原则,逐个紧固螺栓,同时各个螺栓的扭矩应一致。避免由于螺栓的受力不均,影响法兰的密封。

5)带密封水线的法兰端面为非金属材料,施工中应做好端部保护,避免受热及硬物的损伤。

2.3.3 SRPE检验

1)支、吊架安装完毕,配置正确,坚固可靠。

2)要保证试压系统的严密性及其安全性能,应对管端堵板的严密性,弯头、三通和管道附件处支撑的牢固

性进行认真检查和确认。

3)管道系统试压时,应分级升压,将管内水压缓慢升至试验压力的1/3,保压30 min;继续升压至试验压力的2/3,保压30 min,同时进行巡视检查;再升压至试验压力,保压10 min,再将试验压力降至设计压力,保压30 min,以压力不降,无渗漏为合格;压力波动范围一般在0.05~0.10 MPa。

4)在试压过程中,一旦发现法兰发生泄漏,必须在管道系统泄压后查找原因,如垫片不对中,螺栓受力不均,重新调整,严禁带压紧固螺栓。在管道系统试压后,所有的法兰螺栓应依次紧固一次,确保管道系统运行中法兰不泄漏。

2.3.4 操作要求

运行过程应定期检查,尤其是在有较大压力和振动工况运行后,有针对性地对法兰部位进行检查,如发现有泄漏,应在减压后紧固法兰。

3 结论

通过上述解析,钢骨架塑料复合管以良好的耐腐蚀性、低廉的造价和安装便捷等优点,在某海水系统成功试用,并获得了项目客户和施工单位的认可,在海上石油平台海水系统可推广应用。但在使用的同时也发现了一些问题,材料的性能有待进一步提高,如防火和阻燃性能应重点研究。

参考文献:

- [1] 侯保荣,张经磊,马士德,等. 海洋腐蚀与防护[M]. 北京: 科学出版社,1997: iii.
 - [2] 赵瑞云. 钢骨架塑料复合管材在海洋平台的应用[J]. 中国造船,2007,48(增刊):576-581.
 - [3] 武海波. 钢骨架塑料复合管在海洋石油工业中的应用和展望[J]. 科技风,2014,(2):82.
 - [4] 阳利军,张国庆,李妍. 海洋平台海水管道管材选择[J]. 全面腐蚀控制,2014,28(10):50-52.
- Hou Baorong, Zhang Jinglei, Ma Shide, et al. Marine Corrosion and Protection [M]. Beijing: Science Press, 1997: iii.
- Zhao Ruiyun. Application of Steel Frame Plastic Pipe in Offshore Platform [J]. Shipbuilding of China, 2007, 48 (Suppl): 576-581.
- Wu Haibo. The Application and Prospect of Steel Skeleton Plastic Composite Pipe in Offshore Oil Industry [J]. Technology Wind, 2014, (2): 82.
- Yang Lijun, Zhang Guoqing, Li Yan. Pipe Material Selection for Seawater Pipe on the Offshore Platform [J]. Total Corro-

- sion Control, 2014, 28 (10): 50-52.
- [5] 许彦滨, 白彩琴, 张运川, 等. 石油化工设备和管道涂料防腐技术规范: SH 3022-1999 [S]. 北京: 中国石化出版社, 1999: 3-9.
- Xu Yanbin, Bai Caiqin, Zhang Yunchuan, et al. Technical Specification for the Coating Anticorrosion of Equipment and Piping in Petrochemical Industry: SH 3022-1999 [S]. Beijing: China Petrochemical Press, 1999: 3-9.
- [6] 黎泽权, 苏维刚, 李伟. 玻璃钢管道的施工技术与质量控制 [J]. 石油工程建设, 2006, 32 (3): 48-50.
- Li Zequan, Su Weigang, Li Wei. Construction Technique and Quality Control of Fiberglass Reinforced Plastic Pipeline [J]. Petroleum Engineering Construction, 2006, 32 (3): 48-50.
- [7] 曹广军, 常亚娜, 韩杰. 钢骨架塑料复合管的性能和应用 [J]. 氯碱工业, 2010, 46 (10): 36-37.
- Cao Guangjun, Chang Yana, Han Jie. Performance and Application of Steel-reinforced Plastic Composite Pipes [J]. Chlor-Alkali Industry, 2010, 46 (10): 36-37.
- [8] 田忠, 赵渊, 李恒欣, 等. 钢骨架塑料复合管的研究进展及对策 [J]. 化工机械, 2008, 35 (5): 310-313.
- Tian Zhong, Zhao Yuan, Li Hengxin, et al. Research Progress of the Steel Reinforced HDPE Pipes and Countermeasures [J]. Chemical Engineering & Machinery, 2008, 35 (5): 310-313.
- [9] 海洋石油工程股份有限公司. 海上生产设施设计压力和设计温度确定的推荐作法: Q/HS GC 009-2009 [S]. 天津: 海洋石油工程股份有限公司, 2009: 3-6.
- Offshore Oil Engineering Co., Ltd. Recommended Practice for Determination of Design Pressure and Design Temperature of Offshore Production Facilities: Q/HS GC 009-2009 [S]. Tianjin: Offshore Oil Engineering Co., Ltd., 2009: 3-6.
- [10] 海洋石油工程设计指南编委会. 海洋石油工程设计指南 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2007: 347-348.
- Offshore Engineering Design Guide Editorial Board. Offshore Engineering Design Guide [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2007: 347-348.
- [11] 全国非金属化工设备标准化技术委员会. 工业用钢骨架聚乙烯塑料复合管件: HG/T3691-2012 [S]. 北京: 化学工业出版社, 2013: 3.
- National Technical Committee on Non-metallic Chemical Equipment of Standardization Administration of China. Fittings of Steel Framed Polyethylene Plastic Pipe for Industry: HG/T3691-2012 [S]. Beijing: Chemical Industry Press, 2013: 3.
- [12] 全国非金属化工设备标准化技术委员会. 工业用钢骨架聚乙烯塑料复合管: HG/T3690-2012 [S]. 北京: 化学工业出版社, 2013: 3.
- National Technical Committee on Non-metallic Chemical Equipment of Standardization Administration of China. Fittings of Steel Framed Polyethylene Plastic Pipes for Industry: HG/T3690-2012 [S]. Beijing: Chemical Industry Press, 2013: 3.
- [13] 宋庆杰, 毕彩玉, 吴勇. 钢骨架塑料复合管在油田的应用 [J]. 油气田地面工程, 2000, 19 (6): 74-76.
- Song Qingjie, Bi Chaiyu, Wu Yong. Application of Steel Frame Plastics Compound Pipeline on Oilfield [J]. Oil-Gas Field Surface Engineering, 2000, 19 (6): 74-76.
- [14] 闫鹏. 钢骨架复合管安装及应用 [J]. 科技风, 2013, (10): 81-81.
- Yan Peng. Installation and Application of Steel Skeleton Composite Pipe [J]. Technology Wind, 2013, (10): 81-81.
- [15] 胡宏志. 浅谈钢骨架塑料复合管在油田上的应用 [J]. 中国化工贸易, 2013, (11): 123.
- Hu Hongzhi. Application of Steel Skeleton Plastic Composite Pipe in Oil Field [J]. China Chemical Trade, 2013, (11): 123.
- [16] 何辉. 钢骨架复合管工艺施工方法及技术研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2012, 33 (16): 94.
- He Hui. Study on Technology and Method of Steel Frame Composite Pipe [J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2012, 33 (16): 94.