

## 海底复合软管新型接头

庞树民<sup>1</sup>, 唐建华<sup>2</sup>, 王琳<sup>3</sup>, 曲志<sup>2</sup>

(1.中海石油技术检测有限公司, 天津 300452; 2.中海油能源发展股份有限公司油田建设工程分公司, 天津 300452; 3.中国船级社海工审图中心, 天津 300384)

**摘要:**传统的复合软管内胀外扣接头型式在较大口径、较高压力的情况下, 其连接强度明显不足; 扣压过程中容易对接头和软管本身造成一定的损伤, 需要对接头金属进行冷变形加工, 这对接头金属的强度、硬度、延展性等提出了较高的要求, 严重限制了金属材料的选择。这就要求设计一种新型软管接头。文章介绍了新型注胶接头的结构和静压爆破试验结果, 表明该接头型式满足压力、密封性、防腐性和可靠性等各方面的要求。

**关键词:**海底管道; 复合软管; 注胶接头; 防腐性能; 密封性能

doi:10.3969/j.issn.1001-2206.2012.04.005

### 0 引言

在海洋石油开采工程中, 海底管道将海上油气田、储油设施或陆上终端连接成一个有机的整体, 使海上生产设施的各个环节通过管道形成相互关联、相互协调作业的生产操作系统。

随着海上油气田的不断开发, 管道输送工艺

已被广泛应用于海洋石油工业。全世界已经有超过 175 000 km 的海底管道, 这个长度相当于地球周长的 4.4 倍, 墨西哥湾最深的海底管道的工作深度达到了 2 743 m, 挪威最长的海底管道长度达到了 120 km<sup>[1]</sup>。

随着海洋石油工业的发展, 软管技术发展迅

好风险识别判断和控制工作, 落实好作业许可制度, 确保调试过程安全顺利进行。

### 3 结束语

热介质供热系统调试工作是海洋石油平台按期投产和油气处理系统安全、稳定运行必不可少的一个环节, 而该系统调试顺利与否又跟施工状态有很大的关系。在施工过程中应加强技术环节上的监督与沟通, 采用计算机辅助管理, 完善优化施工和管理流程, 更加科学地组织施工, 确保系统处于良好完工状态; 制订完备的调试方案, 优化热介质脱水过程工艺, 充分考虑系统自身工艺特点, 考虑过程的经济性, 缩短系统调试时间, 在保证系统调试安全、有序、可行的前提下, 为平台按时投产奠定技术基础。

### 参考文献:

- [1] GB/T 17410-1998, 有机热载体炉[S].
- [2] 化工部工业炉设计技术中心站. 化学工业炉设计手册[M]. 北京:

化学工业出版社, 1988.

- [3] 汪琦. 载热体加热系统的工艺流程[J]. 化工装备技术, 1994, 15(1): 8-10.
- [4] 张玉琴. 有机热载体的特点及使用中应注意的问题[J]. 锅炉压力容器安全技术, 1999, (5): 53-54.
- [5] 霍春艳, 葛荣华. 导热油的选用及延长其使用寿命的方法[J]. 沈阳电力高等专科学校学报, 2001, 3(2): 11-14.
- [6] 施建新. 导热油锅炉技术特性和发展概况综述[J]. 导热油锅炉技术, 1992, (2): 1-6.
- [7] 施建新. 有机热载体加热炉新技术及其应用[J]. 设备管理与维修, 1997, (3): 13-15.
- [8] 汤汉文. 有机载热体炉脱水新法初探 [J]. 染整技术, 1996, 18(5): 40-41.
- [9] 赵刚山, 甘李军. 导热油系统的设计及应用[J]. 燃料与化工, 2003, 34(2): 98-100.
- [10] 德清. 导热油与导热油加热系统[J]. 化工设计, 1995, (2): 24-26.

作者简介: 鹿栋梁 (1979-), 男, 江苏徐州人, 工程师, 2004年毕业于郑州大学化学工程与工艺专业, 从事海洋石油平台、FPSO、钻井船舶建造及系统调试工作。

收稿日期: 2011-08-19



营风险。

#### 1.2.4 新型接头的其他优点

新型接头没有内胀过程,可以使接头内径和复合软管内径设计制作得完全相同,这不但避免了接头缩径对整条管道输送量的影响,而且方便了日后的通球清扫工作,避免了因缩径产生卡球现象。

同时,新型接头在设计上可以预留很大的空腔,方便日后设计安装排气阀、通电装置、监测装置等,而且这些装置都可以安装在接头外套内部,避免施工过程对它们造成损坏。

## 2 注胶接头试验

### 2.1 注胶接头静压试验

截取一段复合软管,两端安装上新型注胶接头,根据 API 17B-2002 “Recommended Practice for Flexible Pipe” 要求,通过高压水泵向软管中缓慢注水加压,当压力大于设计压力的 1.3 倍时关闭接头两端的阀门,通过压力传感器记录 24 h 内软管内部压力变化情况,以此验证新型接头密封性能<sup>[3-4]</sup>。

#### 2.1.1 测试方案

(1) 试件两端用接头封堵,将其中一端连接阀门,再接高压注水管道,另一端接上阀门及压力表。

(2) 将试件平置在支架上,试件两端允许自由伸长,测量并记录下打压前试件的长度,用  $\pi$  尺测量打压前试件两端及试件中段处的外径,标记测量点的位置。

(3) 安装压力表,并用管道连接试件与加压泵,如图 2 所示。

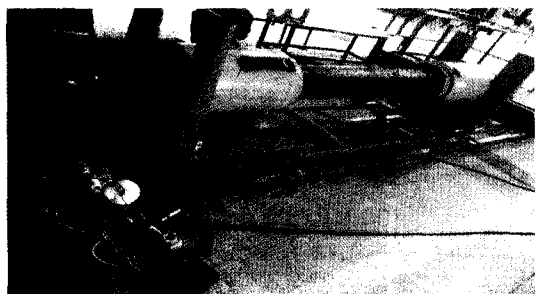


图2 接头静压试验装置

(4) 打开放气阀门放气,同时向管内注水,直到有水冒出,并排放约 10 min,保证软管内的气体全部排净,以避免保压时由于气体存在引起的压力不稳。

(5) 关闭放气阀门,对试件内部进行打压,随

着压力的升高,观察设备和软管有无泄漏。逐步加压到 32 MPa 以上 ( $\geq$  设计压力  $\times 1.3$ )。

(6) 保持压力稳定,根据 API 17B 规范,稳压持续期至少 24 h。

(7) 对压力表 24 h 内的压力数据进行记录,检查试样是否有漏水、鼓包现象,测量并记录打压后试件的长度以及试件两端和中段打压后的外径。

(8) 测试结束后开始泄压,泄压从打压泵端开始,泄压要缓慢进行,否则容易引起软管的变形。

(9) 泄压后测量并记录打压后试件的长度、两端及中段打压后的外径。

#### 2.1.2 测试结果

图 3 为 2010 年 10 月 8 日至 10 日的试验曲线。D 152 mm (6 in) 22 MPa 复合软管安装新型接头后在 32 MPa ( $\geq$  设计压力  $\times 1.3$ ) 压力条件下维持 24 h,压力下降 0.6 MPa,压降为 1.89%,小于阀门关闭前压力的 4%;伸长 16.1 mm,伸长率为 1.20%。复合软管无破坏、无泄漏,接头无变形和损坏,满足 API 规范要求,证明新型接头密封性能良好。

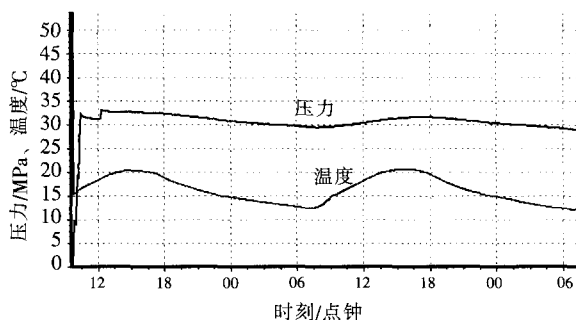


图3 24 h 温度、压力变化曲线

### 2.2 爆破试验

截取一段复合软管,两端安装上新型注胶接头,通过高压水泵向软管不停地注水加压,直到软管破坏为止,根据 API 规范要求,软管的破坏压力应大于设计压力的 3 倍,以此验证复合软管及接头的强度<sup>[3-4]</sup>。

#### 2.2.1 试验过程

(1) 测量试验用管的内径、外径、长度等参数,用焊接好的接头完成扣压。

(2) 通过三通和转换接头连接压力表和阀门,并用管道将试件与加压泵连接。

(3) 将试件放置在挖好的沟槽中,测量并记录打压前试件的长度。用  $\pi$  尺测量打压前试件两端

及试件中段处的外径，标记测量点的位置，如图 4 所示。

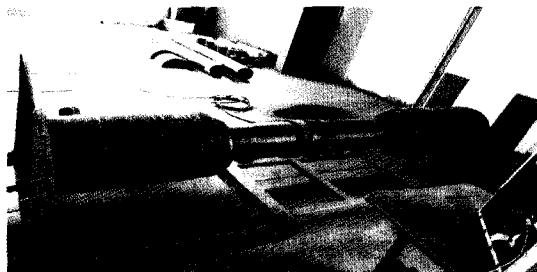


图 4 爆破试验照片

- (4) 打开放气阀门放气，同时向管内注水，直到有水冒出，并排放约 10 min，排净软管内的气体。
- (5) 关闭放气阀门，对试件内部进行打压，随着压力的升高，观察设备和软管有无泄漏。逐步缓慢加压，直到试件破坏为止。结束打压，记录试件破坏时压力表的读数。
- (6) 测量并记录试件的长度以及试件两端和中段处的外径。

2.2.2 试验结果

表 1 为爆破试验压力数据，图 5 为压力随时间的变化曲线。

表 1 爆破试验压力数据

| 序号 | 试压泵压力/MPa | 压力表压力/MPa |
|----|-----------|-----------|
| 1  | 7         | 3         |
| 2  | 9         | 5         |
| 3  | 11        | 9         |
| 4  | 15        | 13        |
| 5  | 19        | 17        |
| 6  | 21        | 19        |
| 7  | 24        | 22        |
| 8  | 27        | 25        |
| 9  | 30        | 28        |
| 10 | 33        | 31        |
| 11 | 36        | 34        |
| 12 | 41        | 39        |
| 13 | 44        | 42        |
| 14 | 47        | 45        |
| 15 | 51        | 49        |
| 16 | 54        | 52        |
| 17 | 58        | 56        |
| 18 | 61        | 59        |
| 19 | 65        | 63        |
| 20 | 68        | 66.3      |

注：加压至最大压力后，管道开裂，压力急速降为零。

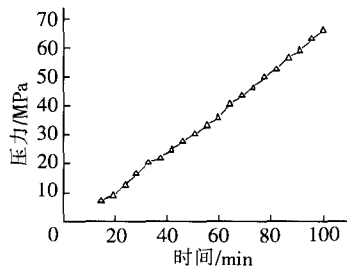


图 5 压力—时间曲线

试验结果表明，D 152 mm 复合软管注胶接头爆破压力均达到 66 MPa 以上，而且都是软管本体发生爆破，接头完好无损，证明新型注胶接头强度性能良好，超过软管本体，满足设计要求。

3 存在的问题及解决方案

(1) 金属增强层通过焊接的方式与接头连接，为了使金属增强层的每根扁钢都能起到很好的连接作用，需要使每根扁钢独立与接头连接，这就要求接头空腔有较大的空间；另外，为提供足够的强度，需要有足够厚度的环氧树脂，这也需要接头空腔有足够大的体积。这些都造成新型注胶接头体积过大，给新型接头的生产上盘、安装铺设造成了一定的困难。

(2) 在新型接头的制作过程中需要安装的部件较多，而且这些部件无法提前组装；许多根扁钢都要和接头进行独立焊接；接头内部的环氧树脂还需要进行长时间的固化。这些都造成了新型接头制作时间过长，一旦在海上施工过程中出现问题，将严重影响施工工期，产生大量额外费用。

(3) 该新型接头应用于柔性立管时，与复合软管接触的根部容易产生过度的弯曲，需要增加抗弯装置才能作为柔性立管接头应用。

参考文献：

[1] 周俊. 深水海底管道 S 型铺管形态及施工工艺研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2008.  
[2] APISPEC 17J-2002, Specification for Unbonded Flexible Pipe[S].  
[3] ISO/DIS 13628-2-2004, Flexible Pipe Systems for Subsea and Marine Application[S].  
[4] API RP 17B-2002, Recommended Practice for Flexible Pipe[S].  
[5] DNV-OS-F101-2002, Submarine Pipeline Systems[S].

作者简介：庞树民（1961-），男，天津人，高级工程师，1982 年毕业于吉林工业大学工程机械专业，从事海洋石油管道设计工作。

收稿日期：2011-08-21；修回日期：2012-04-24