

海管设计中锚固件及阻水器选用原则分析

李 旭, 李 庆, 杨 琥, 冯现洪, 于 萱

(海洋石油工程股份有限公司, 天津 300451)

摘要 目前海底输送原油管线基本采用双层保温结构。分析了双层保温海管设计中锚固件及阻水器的设计原则。介绍了锚固件及阻水器的结构形式、安装方式以及对海管力学性能的影响,并作了经济性比较。最后,对锚固件及阻水器各自的优缺点进行比较分析,给出设计中选用锚固件或阻水器的数量和结构形式的原则。结合陆丰 13-2 海管更换项目的应用情况,对分析结论进行了验证。

关键词 海底管线; 锚固件; 阻水器; 保温失效长度

中图分类号 TE53

文献标志码 A

文章编号: 2095-7297(2014)02-0177-03

Application of Bulkhead and Water Stop in Marine Pipeline Design

LI Xu, LI Qing, YANG Hu, FENG Xian-hong, YU Xuan

(Offshore Oil Engineering Co., Ltd., Tianjin 300451, China)

Abstract The pipe-in-pipe (PIP) insulation pipeline configuration has been widely used in crude oil transportation. We analyze the selection principles of bulkhead and water stop in PIP insulation pipeline design. The structure configuration, installation method, mechanical property and economy are compared between the bulkhead and water stop. Their advantages and disadvantages are given. The selection principles for number and configuration of the bulkheads and water stops are described. Finally, the conclusion is verified in the LF13-2 pipeline replacement project.

Key words marine pipeline; anchor; water stop; insulation failure length

0 引言

目前常用的原油输送海底管线绝大部分采用双层保温管结构,在双层保温海管设计中根据破损降温计算得出保温失效长度。为满足工艺输送的要求,项目中常采用阻水器和锚固件的设计。锚固件是一种用于海底双层保温管线结构连接的锻造件,主要功能为实现内管与外管的运动耦合以及在内外管间进水后起到阻水作用。阻水器是一种安装在内外管之间的部件,在内外管间进水后起到阻水作用。本文从结构形式、阻水方式、安装方式、对海管力学性能的影响和经济性等方面对锚固件和阻水器进行比较,得出了海管设计中这两种部件的选用原则。

1 结构形式

锚固件边缘通过单面坡口焊分别与内管和外管焊接。其焊接形式与海管对接的焊接形式相同,锚固件材料强度等级也与海管相同。通过图1所示结构形式,在实现阻水作用的同时实现了内管与外管运动变形的耦合。

根据已有项目情况,目前已使用的阻水器主要包括用于西江 23-1 及陆丰 13-2 项目海管中的 DUNLAW 阻水器和用于惠州 25-3/1 项目海管中的 TEKSEAL 阻水器。两种类型的阻水器从原理上来说基本相同,均是通过各自的安装工具,将阻水器安装至内外管之间,通过阻水器与内外管之间的过盈密封实现阻水的效果。区别在于 TEKSEAL 阻水器可承受更大的压力和温度,而且安装也更为可靠。

收稿日期:2014-05-29

作者简介:李旭(1982—),男,工程师,主要从事海底管线设计方面的研究。

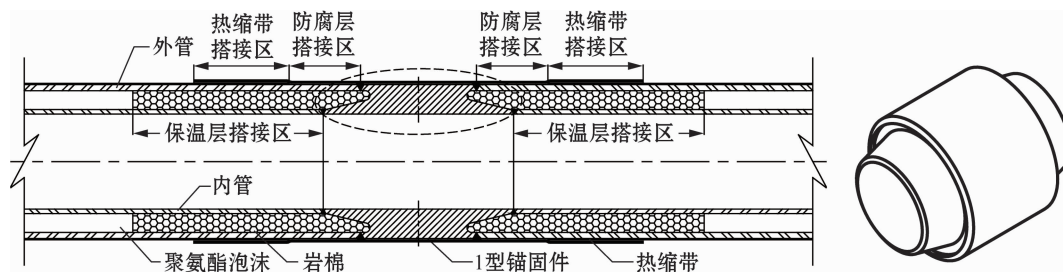


图1 锚固件结构形式

Fig. 1 Structure configuration of bulkhead

2 安装方式比较

2.1 锚固件的安装

锚固件的安装主要是焊接。根据锚固件安装地点的不同可分为两种类型:铺管过程中在作业线第一个焊接站上焊接锚固件;在陆上预制场地内焊接锚固件。

在作业线上焊节锚固件的方式主要是在第一站先将锚固件一端与已连接段海管的内管焊接,而后使用半瓦将锚固件与外管连接;焊接完成后再将锚固件的另一端与新上线的海管内管连接,最后将新上线海管的外管拉过来与锚固件焊接。陆地焊接锚固件主要是先将一个涂覆完成的双层海管从指定位置剖开,再将剖开后的两段海管分别与锚固件焊接,组成一根包含锚固件的双层海管;在铺设过程中内管之间在作业线第一站焊接,外管通过半瓦连接。

锚固件的安装对海管铺设的效率有很大影响。采用作业线安装方式,会多增加1道外管环焊和1道内管环焊的焊接时间、半瓦环焊及纵焊缝各两道的焊接时间以及射线检验(RT)的时间。采用陆地预制安装锚固件的方式虽然可以省去海上安装额外增加的1道外管环焊和1道内管环焊的焊接时间以及RT检验时间,但是半瓦的焊接则必须增加。

2.2 阻水器的安装

根据已有阻水器的使用经验,阻水器一般在铺管过程中于铺管作业线上完成安装。TEKSEAL阻水器的安装,在铺管船第一站上方小吊车梁上合适位置布置厂家提供的滑车吊卡,使用滑车吊卡将松弛的阻水器套于内管外,切掉吊卡后,拧紧紧固螺栓,就可以启动内部的锯齿卡子,将阻水器紧紧固定在内管上,然后待内管焊接检验、节点采用岩棉填充

完成后将外管拉过来,焊接外管,完成阻水器的安装过程。此类型阻水器安装完成后相对外管可以移动,且不会损坏密封圈,可承受质量约20 t。DUNLAW阻水器同样在铺管船第一站位置进行安装,使用专用的气动工具将阻水器推入内管和外管之间,而后组对焊接海管。此种阻水器虽然安装方式比较简单,但可靠程度较低,容易出现损坏,而且此类型阻水器安装完成后,虽然理论上允许内外管之间的相当错动,但由于安装可靠度问题,一旦内外管错动就较容易造成阻水器错位,影响阻水效果。所以此类型阻水器安装完成后,不宜错动外管。

这两种阻水器虽然需要在铺设过程中安装,增加了铺管工作环节,但是由于没有增加焊接工作量,故对于海管铺设施工效率的影响较小。

3 功能性比较

锚固件与阻水器在阻水效果方面基本相同,区别仅在于锚固件可承受更高的压力。由于锚固件两端使用环焊缝全焊透方式与海管焊接,所以其压力承受能力基本与所属海管相同,在深水海管中同样可以应用。阻水器的密封仅是通过物理接触密封,承受水压力的能力有限。在浅水海管外压不大的情况下,锚固件与阻水器的阻水效果相当。

锚固件与阻水器的另一功能性差别在于锚固件可以实现内管外管的耦合运动。双层保温管在运行过程中会发生热膨胀,内外管之间通过锚固件连接,内管由于温差以及内压产生的轴向力通过锚固件传到外管,促使外管也发生相应的膨胀,所以最后内外管产生相同的膨胀位移^[1]。为了实现运动耦合,双层保温海管至少在海管两端焊接锚固件。此外,根据热膨胀段长度可以将管线分为长管线和短管线,管线长度的一半大于热膨胀段长度的为长管线,管线长度的一半小于热膨胀段长度的为短管线,

且将一半管线长度作为热膨胀段。对于短管线情况,内外管耦合得越紧密,管端锚固件的受力情况越好^[2]。也就是说对于短管线,除在两端焊接锚固件,在管段中也采用锚固件作为阻水部件,将大大改善管端锚固件的受力情况,将管线频繁关断引起的管端疲劳损伤的风险大大降低。由于阻水器允许内外管的相对错动,所以阻水器并不具有将内外管耦合的作用。对于两端采用锚固件耦合、管段中采用阻水器设计的短管线,其管端锚固件的受力状况较管段中使用锚固件的情况差,管端锚固件与外管连接处易发生疲劳破坏。

4 经济性比较

锚固件制造成本较阻水器高。单个锚固件的采办费用达几十万元人民币,而性能较好的阻水器每个费用在1万元人民币左右。采办同样数量的锚固件比阻水器的费用高。

锚固件的安装成本较阻水器高。锚固件的安装增加了海管铺设的焊接量,且增加了铺管船的船天。阻水器的安装虽然也增加了海管铺设时间,但是由于其安装不涉及焊接工作,所以对海管铺设效率的影响较小,船舶费用增加不多。运行阶段,锚固件的可靠性较阻水器高,因阻水失效而引起管线报废的风险较阻水器低得多。由于阻水器允许内外管相对错动,故而存在摩擦力作用,加之阻水器安装过程中可能存在问题,就会使得阻水器存在失效的风险;而且使用阻水器并不能改善海管两端锚固件的受力情况,也增加了管端疲劳破损的风险^[3]。在陆丰13-2项目中使用的DUNLAW阻水器就因此发生过管线失效的事故,致使整条管线更换,导致经济损失。锚固件由于是锻造件且与海管通过焊接连接,可靠地保证了阻水作用,不会发生系统的保温失效,保障管线稳定可靠运行,不会因此而发生管线维修更换费用。

5 对比总结

根据对阻水器及锚固件的性能介绍,将对比结果汇总在表1中。

综上所述,锚固件和阻水器的设计方案,要综合考虑项目成本、管线长度、保温失效长度设计,以及潜在的管线失效而带来的经济损伤、社会影响等因素,采用锚固件和阻水器配合使用。锚固件与阻水器选取比例、分配比例根据所设计管线海管安全稳定运行要求确定。如果设计管线注重运行可靠安全

表1 阻水器及锚固件性能对比
Table1 Performance comparison between bulkhead and water stop

项 目	锚固件	阻水器
安装形式	通过焊接与海管内外管实现对接	使用专业安装工具,将阻水器套在内管上塞入内外管之间的空隙
内外管相对运动	不能相对错动,可以实现内外管运动耦合	可以相当错动,无法实现内外管耦合
安装成本	大幅增加海管铺设时间及安装成本	对海管铺设及安装成本增加有限
采办费用	高	低
管端锚固件受力状况	可以传递温度应力,减小管道膨胀量,改善管端受力状况	无法传递内外管之间的温度应力,管端受力大,疲劳损伤风险增加
阻水可靠性	安装及阻水性能可靠,不易损坏	结构强度低,在内外管发生错动的情况下可能造成保温失效

及社会效应,则应以锚固件为主;如果更多的是考虑项目开发成本,则可以适当增加阻水器,减少锚固件。应根据项目的实际情况合理设计、选取锚固件和阻水器数量及布置。关于锚固件及阻水器的这一选用原则已经在陆丰13-2海管更换项目中成功运用。此项目将海管的整体安全性放在首位,同时要避免海管再次泄漏引起的巨大经济损失及不良的社会影响,所以基于安全性及社会效应的考虑,决定全程使用锚固件,锚固件的间距为500 m。陆丰13-2海管更换项目在2011年施工完成,至今仍在安全运行。

6 结 论

通过对锚固件和阻水器的比较分析,得出了在海管设计中选用的原则:应根据项目的实际情况合理设计,选取锚固件和阻水器。将该原则应用于陆丰13-2海管更换项目,收到了很好的效果。

参 考 文 献

- [1] 石云,曹静. 海底双层保温管热膨胀分析[J]. 中国造船,2009,50(增刊): 436.
- [2] Det Norske Veritas. DNV OS F101. Submarine pipeline system[S]. Oslo: Det Norske Veritas, 2006. 88.
- [3] 马洪新. 南海超百米水深海底油管道泄露修复实例[J]. 海洋石油,2010,30(3): 93.