



赵其新 马起蓉 李文清

冀东油田设计工程有限公司

马向前

冀东油田采油工程处

摘要 电热熔缩复合补口技术是针对现行的几种硬质聚氨酯泡沫塑料防腐保温管道(夹克保温管)聚乙烯防护层补口方法的缺陷和不足而研制开发成功的一种全新的补口技术,该技术的核心材料——复合补口带是由多种不同性质的材料构成,通过电加热,补口带与聚乙烯防护层相互熔溶形成一个有机的整体,补口处的强度高于聚乙烯防护层基材强度,密封性好,补口带外观平整光滑。多项工程应用证明,该项技术值得推广应用。

关键词 管道 保温 防腐 补口 复合材料 熔化 固化

1 补口技术应用概况

硬质聚氨酯泡沫塑料防腐保温管道(俗称夹克保温管)以其优异的防腐和保温性能,被广泛用于国内外石油化工、城镇热力供应等行业。其原因是硬质聚氨酯泡沫具有优良的隔热性能(导热系数为 $0.03 \text{ W/m}\cdot\text{C}$),高密聚乙烯塑料管又有很高的强度(拉伸、剪切强度可达到 $18\sim 22\text{MPa}$)和很大的弹性,二者有机的结合,在理论上是非常理想的保温方式。

由于管道主体的防护、保温及防腐是在工厂内由专用设备预制完成的,其防护层及保温防腐层的质量一般比较可靠。因而决定管道最终防腐保温性能的关键在于防护层补口(即外层聚乙烯塑料管间接口)的质量。如果补口质量不好(如补口处密封不严、补口处强度低等),在管道下沟或使用中产生热变形时,补

口处即出现裂纹或缝隙,造成地下水侵入内层,破坏了聚氨酯泡沫的绝热性能。更有甚者,水可溶解保温层(聚氨酯泡沫)中的可溶 H^+ 离子,形成酸性腐蚀环境,从而进一步加速管道腐蚀速度,严重影响管道的安全运行和使用寿命。

目前,在硬质聚氨酯泡沫塑料防腐保温管道聚乙烯层的补口方法中,常用的有以下三种:

(1)热收缩(片或套)法。该方法是通过火焰烘烤热缩套或片,使之受热收缩,与两端预制管段的聚乙烯防护层箍紧粘牢。优点是结构简单、施工方便;缺点是现场补口质量不易保证,补口强度低。

(2)热熔法。该方法通常是用夹具将补口片(聚乙烯片)与聚乙烯防护层压紧,然后采用电热丝加热的方式,使补口片与聚乙烯防护

- 赵其新, 1987年毕业于重庆大学机械制造工艺及设备专业, 一直从事设计工作, 多次获得省、市级优秀设计奖, 现任冀东油田设计工程有限公司副经理, 组织并参与了电热熔缩复合补口技术的研究和推广应用, 通讯地址: 河北省唐山市光明西里, 邮编: 063004

层熔接在一起。优点是补口强度较热缩法有所提高；缺点是由于补口片没有收缩性，而压紧用的刚性夹具的自如伸缩性能又较差，影响了密封性能。

(3) 塑料焊法。塑料焊法是采用塑料焊条将补口片（或套袖管）和聚乙烯防护层焊接在一起。优点是施工工艺简单；缺点是受施工时的天气影响极大，焊接质量不易保证，同时，由于其熔接面积小，焊接部位强度较热熔法低得多。

总之，多年来，国内外的科技工作者对硬质聚氨酯泡沫塑料防腐保温管道补口技术及方法的研究从未中断过。首先是在“管中管”法管段预制过程中对夹克管进行电晕，增加聚乙烯夹克管极性，使泡沫层与夹克管能紧密粘接在一起，其次是在每根管段两端增加异型防水帽，但是，这只是一被动的防止水汽从补口处向管道中部侵蚀的措施；再就是在热收缩材料表面增加温感线，即在加热温度达到规定温度时变换颜色，从而避免了加热温度过高或过低的不均匀现象，以保证热缩材料的收缩成型质量。但是，这些改进都无法从根本上克服一般补口技术的缺陷。

2 电热熔缩复合补口技术

针对目前各种常用补口方法存在的缺陷和不足，冀东油田设计工程有限公司和中国石油工程技术研究院共同研制开发了硬质聚氨酯泡沫塑料防腐保温管道电热熔缩复合补口技术，同时研制成功了与之配套的 JDD-1 型电热熔缩复合补口带，并已申报国家专利。

该补口方法，集熔接和收缩功能于一体。它有效地解决了硬质聚氨酯泡沫塑料防腐保温管道补口施工中严密性和高强度不可兼顾的难题。

其原理是用专用电源加热电热熔缩复合补口带，使复合补口带在专用弹性夹具及补口带

自身热缩后形成的环向箍紧力的作用下，与聚乙烯防护层熔接形成一个整体。

由于补口带采用了特殊的加热和熔结材料，一改热熔法熔结面的线接触为面接触，加大了熔结面积，增强了补口带与防护层的连接强度，使熔接部位的拉伸和剪切强度大于或等于基材强度，做到了在遭受破坏性外力时，复合补口带不会先于聚乙烯防护层破坏（随机抽样测试数据及结果见表 1）。

表 1 复合补口结构熔接强度检测结果

试验编号	试件编号	拉伸和剪切强度试验结果 (参照 GB7124-86)	PE 管径 (mm)
BK-1	1-1	21.2MPa PE 夹克管基材破坏	125
	1-2	20.6MPa PE 套袖管基材破坏	
BK-2	2-1	22.7MPa PE 夹克管基材破坏	180
	2-2	20.8MPa PE 夹克管基材破坏	
BK-6	6-1	20.2MPa PE 套袖管基材破坏	125
	6-2	21.5MPa PE 夹克管基材破坏	
BK-10	10-1	19.2MPa PE 套袖管基材破坏	180
	10-2	20.3MPa PE 套袖管基材破坏	
BK-17	17-1	21.9MPa PE 套袖管基材破坏	180
	17-2	22.7MPa PE 夹克管基材破坏	

值得一提的是，在加热、冷却和管道正常使用过程中，补口带的收缩力不受影响，因此在保证了补口部位强度的同时，进一步保证了稳定可靠的密封质量。

在现场施工中，复合补口带自始至终受到由弹性夹具和复合补口带共同作用而产生的均匀的指向管道轴心压紧力的作用，熔接部位任一点的压紧力大小都基本相等，这样使整个熔接层的熔接效果几乎完全一样，摒弃了热熔法的熔结不均匀缺陷，并且整个补口带的外观光滑、平整。

3 复合补口的材质、结构及特点

为了降低补口成本，该技术采用了聚乙烯套袖管与复合补口带组合的补口方法，其补口形式见图 1，内部结构见图 2。

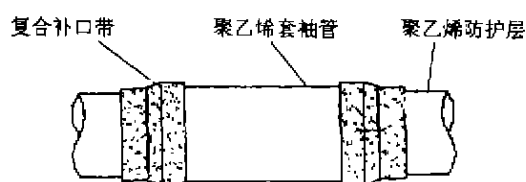


图1 复合补口形式示意

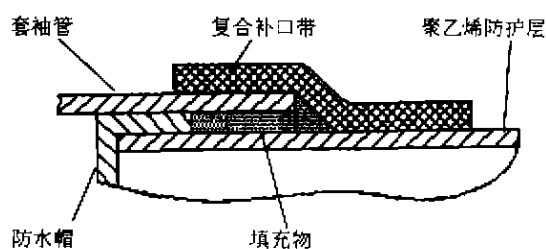


图2 复合补口结构示意图

复合补口技术的特点:

(1) 采用了与聚乙烯防护层同材质的无轴向切口的整体套袖管。一方面使得补口处的整体刚度增强、提高抗破坏能力;另一方面减少了复合补口带的使用面积(复合补口带价格较套袖管高得多),因而节约了补口成本。

(2) 采用了JDD-1复合补口带(结构形式见图3)。JDD-1型复合补口带是本技术的核心。它为多种不同性质材料组成的复合结构,主要由热收缩层、加热层和熔结层构成,在车间用专用设备制造,再运到施工现场使用。由于其特有的技术先进性,使得补口带与管道的聚乙烯防护层熔结质量及强度较其它常用补口方法高得多。

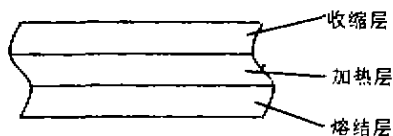


图3 复合补口带结构示意图

4 现场施工工艺

根据硬质聚氨酯泡沫塑料防腐保温管道电热熔缩复合补口技术的原理,经过多年试验及现场施工经验总结,形成了规范、统一的施工

工艺,具体施工步骤如下:

(1) 根据管道外径,制造相应管径的套袖管和弹性夹具。

(2) 在管道接口焊接前,预先将套袖管套在工艺管道上。

(3) 在工艺管道接口焊接完毕后,进行焊口除锈、防腐及发泡,并将套袖管拉到补口位置(也可以先将套袖管拉到补口位置后,在套袖管上开孔发泡,其优点是套袖管内部泡沫充满度好,但是,套袖管上的开孔又需要封堵,不仅增加了施工难度,更增加了可能渗漏点)。然后,填塞工艺管道聚乙烯防护层与套袖管间的缝隙。

(4) 缠绕复合补口带,并用弹性夹具夹紧。

(5) 用专用补口电源加热复合补口带至规定温度。

(6) 待复合补口带表面温度降至规定温度后,拆除弹性夹具。

(7) 进行外观质量检查,由于电热熔缩复合补口技术具有质量稳定的特点,可以根据表面成型质量推断补口质量,如果甲方需要,也可以进行严密性试压(一般规范要求试验达到0.03 MPa保压5min不泄漏),至此全部补口工作完成。

对于特殊部位如阴极保护系统的电缆引线的处理方法是:将电缆引线从工艺管道聚乙烯防护层与套袖管的缝隙间引出,其周围用热熔胶密封。

5 现场应用效果

1999年初,该技术正式通过了现场试验及专家鉴定验收,获得了专家组的好评,并于同年下半年开始在冀东油田全面推广,经多次质监部门的现场破坏性检验,各项工程的补口质量均达到和超过国家及行业标准要求。主要工程实例见表2。

表2 复合补口技术的现场应用实例

工程名称	施工日期	管道规格 (mm)		管道长度 (km)	补口数量 (个)
		直径	厚度		
高尚堡—老谷庙输油管线	1999.10	219	7	20.5	2047
L21 转油站原油外输管线	2000.07	219	7	5.5	450
G17 转油站原油外输管线	2000.05	159	5	1.1	115
G29 转油站原油外输管线	2000.09	159	7	3.2	307
		114	4		
G37 转油站原油外输管线	2000.08	159	5	1.1	100
		114	4		
L103 转油站原油外输管线	2000.11	159	5	1.6	146
柳赞—高尚堡输油管线	2001.02	219	7	13.1	1350

从使用情况来看,使用 JDD-1 型复合补口带的电热熔缩复合补口技术的主要优点:

(1) 由于加大了熔结面积(熔结面宽度 $\geq 50\text{mm}$),不但使补口部位强度高于防护层基材强度,而且也增强了结合面的密封性能。

(2) 由于采用了与补口带同尺寸的特殊加热电极,温升和熔接过程十分均匀,使其严密性优于常用的补口方法。例如:高尚堡—老谷庙输油管线投产后原油温降较原管道减少 5°C ,因此将原来三个加热点中的2号加热点停运,只运行两个加热点,减低了能耗。

(3) 施工技术简单,熔接过程主要由专用夹具及专用补口电源自动控制,因而补口质量不受人为因素影响。

(4) 由于是均匀加热成型,补口带外观光

(上接第25页)焊接、试压均执行 GB50235-97、GB50236-98 标准,其材质的选用要与母材相符合并执行 GB9711 标准。

(2) 以施工周期短、便于拆除为原则,结合现场环境、位置,灵活选择临时导流旁通管的走向,如穿越铁路可走涵洞;穿线公路和水渠可绕行或作临时保护措施,并按有关交通规定执行。

(3) 封堵器一端是硬连接,另一端必须是软连接,以减缓管路中介质流动产生的压力。

滑平整。

(5) 基于可靠的密封质量,可相应提高管道使用寿命 30% 以上。

6 存在问题及今后发展方向

经过几年来的使用,硬质聚氨酯泡沫塑料防腐保温管道电热熔缩复合补口技术主要存在以下问题:

(1) 工程造价略高。复合补口技术集热熔与收缩功能于一体,虽然保证了补口质量,提高了使用寿命,但是其价格比热熔法和热缩法均高出较多。今后,需要在复合补口带制作及现场施工工艺上进行改进,以降低补口成本。

(2) 部分特殊管段配套处理技术还不完善。在管道三通、弯头煨弯处以及变径接头等部位,由于其结构复杂,尚未使用电热熔缩复合补口,目前只能选用厂家成品部件。

综上所述,虽然电热熔缩复合补口技术存在着一些有待完善的地方,但是,从其技术原理及实际使用效果来看,它的补口质量的确优于其它补口方法,综合效益很好。相信在不久的将来,电热熔缩复合补口技术一定会在硬质聚氨酯泡沫塑料防腐保温管道的建设工程中得到全面推广,为提高管道建设单位的投资效益,延长管道的使用寿命发挥作用。

(编辑田哲 收稿日期 2001-04-13)

6 安全环保措施

(1) 两端封堵必须同步进行。

(2) 清油时应有专用工具和配套设备。

(3) 施工作业区设有明显标志疏导交通,夜间施工必须有足够照明设施。

(4) 施工人员必须严格遵守操作规程,穿戴劳动保护。

(5) 施工过程中的所有污染点全部进行密闭控制。

(编辑田哲 收稿日期 2000-11-28)