

长输管道外防腐层的选择

陈向新* 李 莲

(中国石油天然气管道勘察设计院)

陈向新 李 莲:长输管道外防腐层的选择,油气储运,1999,18(8) 20~24。

摘 要 对长输管道防腐层的质量标准及应具备的性能进行了分析,总结了近期国内外管道防腐层的应用情况。近年来我国长输管道选用的防腐层以煤焦油瓷漆、聚乙烯二层或三层结构占多数,对各种防腐覆盖层的性能、适应条件以及优缺点进行了分析比较,提出了防腐层的选用原则。

主题词 长输管道 防腐材料 对比 选择

长输管道外防腐层的选择是否科学合理,直接关系到管道建设投资和质量的可靠性,更决定着管道建成运行中的安全及使用寿命。

一、防腐层应具备的性能

按照有关规范要求,管道防腐层应具备的性能为:有良好的绝缘性,覆盖层电阻不小于 $1 \times 10^4 \Omega \cdot m^2$;有良好的稳定性,耐老化、耐水、耐温度变化;有较好的阴极剥离强度;有足够的机械强度;与管道有良好的粘接性;抗植物根茎穿透能力;涂料来源广泛、质量可靠、价格低廉;能机械化连续生产,满足工程建设需要;易于现场补口补伤。

二、防腐层质量标准

为了有效的保证各种防腐覆盖层的质量和实际使用效果,延长管道的使用寿命,提高综合经济效益,必须严格控制防腐覆盖层的质量标准。国内管道防腐行业标准的编制在通过多年努力后已具备了覆盖面较广、较易于使用操作等特点,现将石油天然气现行的行业标准介绍如下。

1、石油沥青

《埋地钢质管道石油沥青防腐层技术标准》(SYJ/T0420-97)是一项既包含设计内容又有生产

及施工验收规定的综合性标准,包括沥青补口补伤。该标准代替了《埋地钢质管道石油沥青防腐层技术标准》(SYJ8-84)和《埋地钢质管道石油沥青防腐层施工及验收规范》(SYJ4020-88)。在原标准的基础上进行了修改、补充,指标较先进,检测方法科学,实用性较强。

2、煤焦油瓷漆

《埋地钢质管道煤焦油瓷漆外覆盖层技术标准》(SY/T0079-93)适用于煤焦油瓷漆外防腐层的设计、材料检验、施工和验收,包括采用热烤缠带或煤焦油瓷漆材料补口补伤的施工及验收。该标准参考了英国、美国、日本等国家标准以及其他国际标准,并结合试验数据和我国国情制定而成,1993年开始在长输管道上应用,目前已完成了1998年更新标准工作。

3、聚乙烯

《埋地钢质管道聚乙烯防腐层技术标准》(SY/T4013-95)是一项设计、施工和验收的综合性标准,包括辐射交联聚乙烯热收缩套补口补伤。该标准代替了《埋地钢质管道聚乙烯防腐层施工及验收规范》(SYJ4013-87)。SYJ4013-87只是施工及验收规范,并限于挤压聚乙烯防腐管,SY/T4013-95适用于聚乙烯包覆和三层结构挤压聚乙烯防腐管。

该标准等效采用了德国、加拿大、意大利等国标准,较好地体现了聚乙烯防腐层的先进性和技术特

* 065000,河北省廊坊市金光道22号;电话:(0316)2073795。

点,并在总体技术要求及性能指标上达到了国外同类标准的先进水平。

4、环氧粉末

《钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术标准》(SY/T0315-97)适用于环氧粉末一次喷涂成膜,单层结构的钢质管道外防腐层的设计、生产及施工验收,包括局部修补和环氧粉末现场热喷补口。该标准主要是以加拿大国家标准为版本,参照中国石油天然气管道局企标《钢质管道熔结环氧粉末外覆盖层技术规定》(Q/GD0150-93),结合我国具体国情而编制的,具有国外同类标准水平。

5、环氧煤沥青

《埋地钢质管道环氧煤沥青防腐层技术标准》(SY/T0447-96)是将《埋地钢质管道环氧煤沥青防腐层技术标准》(SYJ28-87)和《埋地钢质管道环氧煤沥青防腐层施工及验收规范》(SYJ4047-90)合并为一项综合性标准,包括环氧煤沥青补口补伤。该标

准可保证工程质量,满足设计和施工要求,总结了环氧煤沥青多年使用的经验和存在的问题,参照了美国和日本标准的相关内容,对涂料的质量标准进行了修改,对施工验收要求作出了具体规定。

三、管道防腐层的性能比较及选择

1、应用情况

表1、表2列出了近期国内外管道各类防腐层的应用状况。

从表2可知,近几年来,国内长输管道选用的防腐层以煤焦油瓷漆、聚乙烯二层或三层结构占多数。与国外应用情况相同点是,石油沥青的应用呈下降趋势;不同点为,因多种原因致使环氧粉末的应用尚未普及,但从诸如苏丹管道等国际工程建设后,环氧粉末的优势已逐步为人们所认识,应用呈上升趋势。

表1 1992~1996年管道覆盖层用量所占比例调查结果

年份	环氧粉末 %	煤焦油瓷漆 %	二层聚乙烯 %	石油沥青 %	混凝土覆盖层 %	胶粘带 %	环氧煤沥青 %	粘结聚乙烯 %	三层聚乙烯 %	内覆盖层 %	煤焦油聚氨酯 %	硬质聚氨酯 %	其它 %
1992	53.79	15.39	10.11	5.87	5.57	0.39	0.29	0.15					8.26
1993	42.11	19.39	18.86	0.53	14.04	1.70	1.14						2.23
1994	34.11	10.32	10.01	9.90	17.31	1.51	0.27		13.46	1.39	0.76		0.96
1995	37.33	15.60	7.30	4.17	15.71	0.20	0.11		2.00	15.35		2.05	0.18
1996	38.24	7.26	9.82	1.19	10.59	1.07	0.34		25.07	3.23			3.19

2、性能比较

经过多年实践应用,石油沥青、煤焦油瓷漆、环氧粉末、聚乙烯二层、聚乙烯三层结构、环氧煤沥青已适用于长输埋地管道的外防腐,而聚乙烯胶带等使用效果则不理想。为了便于根据各工程实际情况和现场条件选择适宜的覆盖层材料,现将这几种防腐覆盖层的性能和适应条件作简单的比较(见表3)。

3、选用原则

防腐层的选择应根据技术、经济、施工、业主的承受能力和要求等多方面考虑,一般应遵循下列原则。

(1) 技术可靠 外防腐层须满足文中所提到防腐层应具备的各种性能,如具有良好的绝缘性,有一定的阴极剥离强度,有足够的机械强度和良好的稳定性等,以能够适应长输管道沿线各种不同的自然环境,包括恶劣的地质、腐蚀环境以及输送工艺等方面要求。

(2) 施工可行 在满足技术可靠的前提下,应考虑在工程特定环境下施工的可行性,一般应注意以下几个方面。

①参考国内(或工程所在地附近)施工涂敷线所能达到的作业水平,以免影响整体质量。

②防腐层应能适应工程所在地区的地形、交通等条件的要求,以免在两次或多次倒运中碰撞受损。

③根据工程所在地气候影响的因素如温度、日照、风沙等,所选覆盖层应能抵御外界因素的侵蚀和破坏。

④管道现场补口的可操作性。

(3)经济合理 经济合理性受多方因素制约,表现在长输管道防腐层选用上更为明显。一般应考虑以下因素。

①在满足沿线环境条件(如地形、地质、土壤腐蚀性等)的前提下,应选用经济性好的覆盖层。

②需参照施工时一次投资与长期运营费用(阴极保护、管理、维护、大修)对比。

表 2 1985~1998 年国内主要新建(在建)长输管道防腐层选用概况

序号	管道起终点	建成时间	管径 (mm)	长度 (km)	防腐层	输送介质
1	中原油田—开封	1985 年	377.0	148.9	石油沥青	天然气
2	中原油田—洛阳	1985 年	273.0	282.0	泡沫夹克	原油
3	中原油田—沧州	1986 年	426.0	362.0	石油沥青	天然气
4	东营—黄岛	1986 年	711.0	248.5	石油沥青	原油
5	沈阳—抚顺	1987 年	426.0	64.0	泡沫夹克	原油
6	胶州—青岛	1988 年	273.0	53.0	泡沫夹克	原油
7	濮阳—临邑(复线)	1989 年	529.0	130.0	石油沥青	原油
8	花土沟—格尔木	1989 年	273.0	432.0	泡沫夹克	原油
9	阿尔善—赛汗塔拉	1989 年	273.0	361.0	泡沫夹克	原油
10	中原油田—洛阳(复线)	1991 年	426.0	280.0	石油沥青	原油
11	依兰—哈尔滨	1992 年	630/711	172.5	石油沥青	煤气
				75.0	环氧煤沥青	
12	轮台—库尔勒	1992 年	377.0	193.0	石油沥青	原油
13	金山—闵行	1993 年	159.0	43.0	二层聚乙烯	液化石油气
14	崖 13-1—香港	1995 年	711.0	800.0	煤焦油瓷漆	天然气
15	崖 13-1—南山	1995 年	355.0	100.0	煤焦油瓷漆	天然气
16	南山—八所	1995 年	323.0	122.0	二层聚乙烯	天然气
17	轮台—库尔勒(复线)	1996 年	508.0	161.0	煤焦油瓷漆	原油
18	鄯善—乌鲁木齐	1996 年	457.0	250.0	石油沥青	天然气
				60.0	环氧粉末	
19	塔中—轮南(1)	1996 年	426.0	310.0	煤焦油瓷漆	原油
20	塔中—轮南(2)	1996 年	426.0	310.0	煤焦油瓷漆	天然气
21	天津新港—张贵庄	1996 年	323.9	52.0	环氧粉末	航空煤油
22	库尔勒—鄯善	1997 年	610.0	481.0	三层聚乙烯	原油
23	尖山铁矿—太钢	1997 年	323.9	102.0	二层聚乙烯	矿浆
24	靖边—北京	1997 年	660.0	900.0	三层聚乙烯	天然气
25	靖边—西安	1997 年	426.0	370.0	煤焦油瓷漆	天然气
				110.0	三层聚乙烯	
26	东海平湖陆上管道	1997 年	355.6	22.0	煤焦油瓷漆	天然气
27	广饶—齐鲁石化	1998 年	529/711	46.0	煤焦油瓷漆	原油
28	东营—临邑(复线)	1998 年	711/630	154.0	石油沥青	原油
29	靖边—银川	1998 年	426.0	313.0	二层聚乙烯	天然气
30	轮台—库尔勒	1998 年	610.0	192.0	煤焦油瓷漆	天然气
31	义马—郑州	1999 年	426.0	193.0	二层聚乙烯	煤气
32	朔州气化	1998 年	159.0	20.0	环氧煤沥青	天然气
33	天津机场—北京机场	1999 年	325.0	131.0	环氧粉末	成品油

表 3 管道外覆盖层性能及适用条件比较

覆盖层种类	推荐标准	结构	材料	涂敷工艺	适用温度(°C)
环氧粉末	SY/T0315-97	单层薄膜	环氧树脂粉末	静电喷涂	-30~110
煤焦油瓷漆	SY/T0079-93	多层厚涂 增强缠绕	底漆+瓷漆 +内外包扎带	热涂缠绕	A 型: -13~35 B 型: -8~60 C 型: -3~80
聚乙烯二层结构	SY/T4013-95	二层厚涂	胶粘剂+聚乙烯		≤80
聚乙烯三层结构	SY/T4013-95	三层厚涂	环氧粉末+共聚物 +聚乙烯	静电喷涂+挤出 或缠绕包覆	
石油沥青	SY/T0420-97	多层厚涂增强缠绕	石油沥青+玻璃布 +塑料布	热涂缠绕	-15~80
环氧煤沥青	SY/T0447-96	多层薄涂增强缠绕	底漆+面漆+玻璃布	冷涂缠绕	<110

覆盖层种类	除锈要求	覆盖层厚度 (mm)	补口工艺	材料国产化
环氧粉末	Sa2.5	0.3~0.5	环氧粉末喷涂或热收缩套	已通过部级鉴定,但尚未大规模应用且质量不稳定
煤焦油瓷漆	Sa2.0	3.0~5.0	煤焦油瓷漆热烤缠带或热收缩套	材料已国产化
聚乙烯二层结构	Sa2.0	1.8~3.7	聚乙烯热熔套或热收缩套	材料已国产化
聚乙烯三层结构	Sa2.5	1.8~3.7	聚乙烯热熔套或热收缩套	部分材料已国产化
石油沥青	St3 或 Sa2.0	4.0~7.0	石油沥青现场浇涂或热收缩套	国产化合格但应注意材料指标符合标准
环氧煤沥青	Sa2.0	0.3~0.6	环氧煤沥青或热收缩套	材料已国产化,但应注意材料指标符合标准

覆盖层种类	主要优点	缺点	适用地区
环氧粉末	粘结力强,使用温度范围较宽,涂敷管可冷弯,具有极好的耐土壤应力和耐阴极剥离性能	易冲击破坏,吸水敏感,涂装过程要求十分严格,耐光老化性能差	大部分土壤环境,特别适用于定向钻穿越段及粘质土壤
煤焦油瓷漆	耐石油产品、植物根茎、微生物,国内原料充足,吸水率低,使用寿命长	机械强度较低,环境温度受限制,环境污染较重	大部分土壤环境,人烟稀少的沙漠、戈壁地区和水位高、植物根茎茂盛、生物活动频繁的沼泽或灌木丛生地区。
聚乙烯二层结构	绝缘性能好、机械强度高、吸水率低、抗透湿性强、耐土壤应力好	粘结力较差,失去粘接后易造成阴保屏蔽,与焊缝较高的钢管结合较差,阳光下易老化	大部分土壤环境,特别是机械强度要求高、土壤应力破坏作用较大的地区
聚乙烯三层结构	综合性能优异,既有 FBE 的强粘结,良好的耐阴极剥离和防腐性能,又有 PE 良好的机械性能,抗透湿性和高度绝缘性	造价高,涂敷工艺复杂	各类环境,特别适用于对覆盖层机械性能、耐土壤应力及阻水屏障性能要求较高的苛刻环境,如碎(卵)石土壤、石方段、土壤含水量高、植物根系发达地区
石油沥青	价格便宜,来源广泛,漏点及损伤易修复	吸水率高,不耐微生物腐蚀,易被植物根茎空透,使用过程中容易损坏或老化,耐土壤应力差	对覆盖层性能要求不高,地下水位较低的一般土壤环境,如:沙土、壤土
环氧煤沥青	耐土壤应力较好(但比 PE 差),耐水、耐微生物及植物根茎,可常温冷涂施工,自然固化	固化时间长,生产规模受限制,覆盖层质量易受天气影响;双组分很难保证始终混合均匀,适用期短;施工中溶剂挥发,有一定环境污染;使用过程中(尤其热管道)绝缘性能下降很快,导致阴保电流很快上升	可用于规模较小、管径较小的管道工程,穿越套管及金属构件的防腐。同时对覆盖层机械性能要求不高,但要求耐水、微生物及植物根茎的地区

覆盖层种类	环境污染程度	慎用或禁用环境	待解决的问题
环氧粉末	很小	碎(卵)石土、石方段、地下水位较高土壤含水量较高地区	国产材料的质量及防腐涂敷线水平有待提高
煤焦油瓷漆	较大	碎(卵)石土壤、石方段	涂敷厂的烟气处理要得当,减少环境污染
聚乙烯二层结构	很小	架空管段,另外由于其对钢管粘结较差,温差较大的地区应慎重考虑	胶粘剂质量有待提高
聚乙烯三层结构	很小	架空管段,另外由于其造价高,一般土壤环境慎用	降低造价,补口结构需匹配
石油沥青	较大	碎(卵)石土壤、石方段、土壤含水量高,生物活动频繁,植物根系发达地区	
环氧煤沥青	较大	多石土壤,石方段,强土壤应力地区,大规模大口径管道工程	规范市场,提高涂料产品质量,以确保防腐工程质量

注 环氧粉末、煤焦油瓷漆、聚乙烯二层结构、聚乙烯三层结构、石油沥青和环氧煤沥青的国外应用时间分别为约 30 年、大于 70 年、约 10 年、约 10 年、大于 50 年和约 40 年;国内应用时间分别为:约 10 年、5 年、大于 15 年、4 年、大于 30 年和 20 年。

③在满足管道重要性、输送条件、设计寿命等条件下,应考虑业主单位的意见和经济承受能力。

④综合考虑相关专业的结合问题(涉及到今后的管理、维护费用),如站场、阴极保护站的设置等。

⑤综合考虑与防腐层经济性相关的条件,如防腐作业线位置、运输条件、道路条件(可能在运输过程中对防腐层造成损坏)。

另外,因地制宜是防腐层选用中很重要的因素,尤其在拟建国内长输管道所处外部环境复杂多变、影响因素多的情况下,必须充分考虑当地的各种条件,制定出合理可靠的方案。

四、几点建议

根据以上原则,结合近年来工程的经验,对于各类地区管道防腐层的选择有以下建议。

(1)沙漠、戈壁及植物根茎发达、腐蚀性强、地下水位高的地段,应采用煤焦油瓷漆、二层聚乙烯、环氧粉末等覆盖层(其中环氧粉末在地下水位高的地段慎用)。

(2)岩石(含碎石、卵石)山区、丘陵等运输条件差,倒运次数多的地区宜选用抗冲击能力强的二层聚乙烯包覆(中、小管径)及三层结构覆盖层。

(3)平原地段宜采用环氧粉末、煤焦油瓷漆等覆盖层,对于腐蚀性较弱、无深根植物、地下水位不高、介质输送温度较低的地段,可采用石油沥青。

(4)聚乙烯三层结构综合性能好,适应性广,但价格较高,选用时应根据沿线条件、工程重要性及业主意见确定,建议在地形复杂、维护维修困难、石方地段及大型穿跨越(尤其定向钻穿越段)中采用。

(5)聚乙烯包覆分纵向挤出和侧向挤出缠绕两种类型,从经济条件及费用因素考虑,在中小管径(DN400以下)宜采用纵向挤出型;DN400以上宜采用侧向挤出缠绕型。

(6)对于距离较短的小口径管道在附近作业线条件不具备时,可采用环氧煤沥青覆盖层,应格外重视材料及涂敷质量。

(7)站场工艺埋地管道防腐(尤其在与长输管道干线管径一致的情况下)应采取与干线相同的防腐层,以达到方便施工减少投资的目的。

(8)补口、补伤及弯头防腐应与管体防腐相匹配,不降低管道防腐整体水平,且易于现场施工、保

证质量和高效率。

(收稿日期:1999-02-10)

编辑:吕彦

(上接第7页)

这种变化有规律可寻。因此,对目前采用加降凝剂运行的管道应根据管道实际运行情况综合分析,找出变化规律,确定有效途径,制定合理运行方案。

(2)1998年全线进行反输后,当量管径恢复到338mm。由此可见管壁结蜡严重段在各站正输流程的进站段,再次证明了加降凝剂低温运行导致管壁结蜡加剧的结论。因此,在工艺条件允许的情况下,适当进行反输运行,可延长机械清管周期,有利于管道平稳运行。

(3)当量管径变小对小输量运行有利。当量管径变小等于实际小口径管道运行,可一定程度满足小输量水力要求;同时,管壁变厚增加了保温层厚度,有利于减少热损耗。

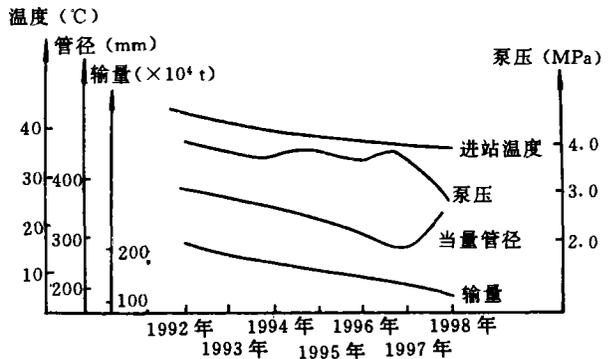


图1 各项运行参数的年平均值曲线

魏荆管道自1978年投产运行至今,因不具备机械清蜡条件,管道结蜡严重,当量管径严重缩小,沿线摩阻增高;自1993年8月起,常年加降凝剂超低温运行,使管道结蜡速度加快,管道水力运行条件进一步恶化,最高站间摩阻升高近60%,同时,也正是这种当量管径的不断缩小,满足了近几年南阳油田供油量递减的管输水力需要。魏荆管道这种加剂输送、低温运行、管壁增厚、口径减小的情况是加降凝剂输送的必然结果。由此,对管道当量管径变化带来的利弊进行综合分析,辩证认识,合理利用,避免盲目反输、机械清管等造成的浪费,进而找出适合管道的最佳运行方案,确保管道高效、平稳运行。

(收稿日期:1999-02-13)

编辑:张彦敏