价值工程在解决地下管道外壁腐蚀上的应用

王巍

大庆石化分公司

价值工程在解决地下管道外壁腐蚀上的应用

大庆石化分公司

王巍

内容提要：通过应用价值工程这一管理方法，对我厂地下管道泄漏频繁，维修任务大等问题。地下管道外壁防腐层易破损，效果不好，管道腐蚀严重等腐蚀原因进行了分析。对所用的防腐材料进行价值筛选后，采用了价值高的 TO 树脂做管道外壁防腐层。通过 11 年多使用，效果很好，经济效益显著。

主 题 词：地下管道、功能分析、选择、评价

1.对象选择和情况分析

1.1 概况

我厂净化水场至红旗泡地下管道长约 10 多公里，管道规格为Φ720×8。现已使用十多年，由于管道外壁采用沥青做防腐层，玻璃布做加强层的加强级防腐。防腐效果不好，逐年出现腐蚀穿孔，给生产带来了一定的困难。因采用沥青做防腐层的防护方法已经逐渐被淘汰。因为沥青本身做防腐层附着力差，不耐微生物腐蚀、易被植物根茎

穿透、易老化、脆裂。从目前大庆地区的一些地下管道采用该方法看，使用 6-7 年，防腐层受到土壤的严重腐蚀，管道外壁大部分有点蚀坑，有的点蚀很严重，各别的地方腐蚀穿孔，每次管道穿孔动用了大量的人力、物力等。严重时给生产造成威胁。同事使管道使用寿命大大缩短。

2.腐蚀原因分析

2.1 防腐绝缘层效果不好

石油沥青涂层是较原始的方法，这种涂层物理性能差。如涂层的强度不好，极易造成划痕、附着力不好、易受细菌腐蚀。并且施工麻烦，劳动条件差，同时施工后的防腐厚度很难均匀，随着时间的延长防护层易脆裂等。这样就造成管道的部分金属表面与土壤直接接触。

2.2 土壤的电化学腐蚀过程

因大庆地区的水位较高，有的深挖 2 米左右就有水，

所以该管道有相当一大部分浸泡在非常潮湿的土壤中。根据该地区有关土质资料介绍：该地区的土质一般呈中性或碱性。因为金属在土壤的腐蚀与电解液中的腐蚀本质是一样的。大多数的金属在土壤中的腐蚀都是属于氧去极化腐蚀，过程如下：

⑴阳级过程碳钢进行溶解并放出电子。

Fe ------ $FenH_2O + 2e$

铁离子与氢氧根离子进一步生成氢氧化

$Fe^{2+} + 2OH^{-}$ ------- $Fe(OH)_2$

氢氧化亚铁在氧和水的作用下，生成氢氧化铁。

$2\ Fe(OH)_2 + 1/2O_2 + H_2O$ ------$2\ Fe(OH)_3$

氢氧化铁的溶解度很小，但比较疏松，覆盖在钢铁表面使上述腐蚀过程继续进行。

⑵阴极过程：阴极过程主要是氧的去极化的作用。在土壤中，氧的去极化也是氧与电子结合生成氢氧根离子。

但氧到达阴极过程比较复杂。进行得比较慢。如：空气中的氧，首先通过相当厚的土层，然后在通过金属表面上的一层静止液层到达阴极。因此土壤的结构和温度，对氧的流动有很大的影响。在干燥疏松的土壤中，氧的渗透和流动比较容易，金属的腐蚀就严重。在潮湿的粘性土壤中，氧的渗透和流动速度均较小。所以腐蚀过程主要受阴极过程控制，因此在土壤中腐蚀主要是氧的去极化作用，而当土壤层的厚度相等时，则决定土壤的结构和湿度。

该管道为水平埋放的，因管道直径较大，各处深度不同，构成氧浓差电池，埋得较深的地方（如在管子的下部），由于氧到达困难，便成为阳极区，腐蚀就发生在这个区域。

另外该管道外壁腐蚀防腐层为石油沥青，不耐微生物的腐蚀，易造成老化、脆裂。同时土壤中的细菌对金属也有腐蚀作用。

这样由于管道外防腐层耐腐蚀性差，造成管道外壁腐

蚀严重，给安全生产带来了困难。

2.功能分析

在满足地下管道外防腐的情况下，要求其所选的防腐材料在使用过程中抗老化性、耐水性、机械强度、使用寿命长、施工过程中的难易程度等。这些功能的实现主要取决于所选的防腐材料的各项指标和施工中质量控制。通过绘制耐腐蚀功能系统图（见图 1），可以找出影响功能的主要因素和应采取顶措施。

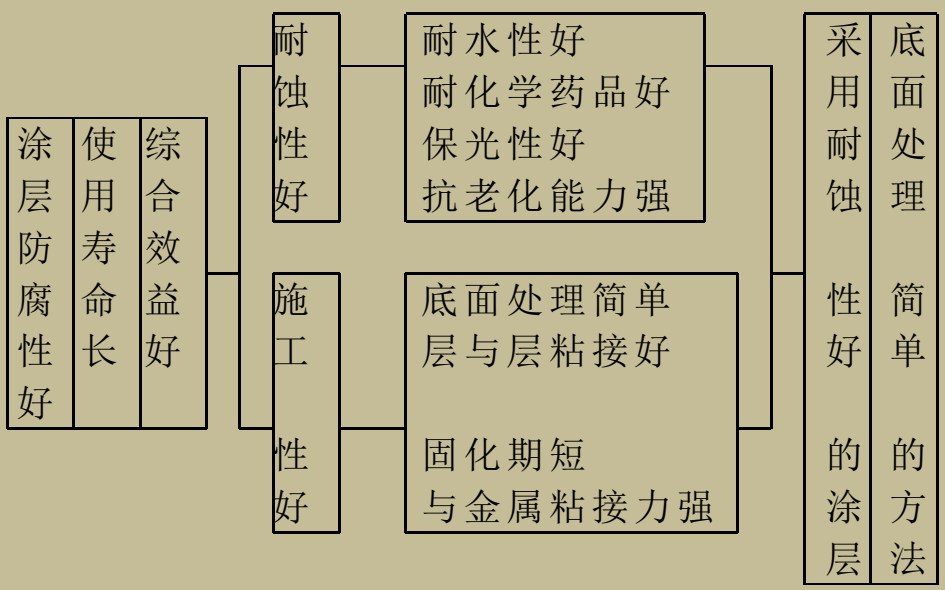


图 1

从基本系统功能图可以看出，要保证地下管道防腐层使用寿命长，要从采用耐蚀性能好的涂层与施工简单的两大方面考虑。但是从我厂实际情况出发，要想解决所选的涂料耐蚀性好同时又能满足使用寿命长施工简单这一要求，经成本分析采用 TO 树脂防腐涂料比较合适（见成本分析表 1）。

表 1　　成本分析

项目 材料	价格 （万元/吨）	使用年限 （年）	单位造价 （元/平方米）
石油沥青	**0.5**	**8**	**51**
环氧煤沥青	**2.0**	**10**	**120**
TO 树脂	**2.2**	**30**	**140**

从表中可以看出采用 TO 树脂做玻璃钢用来解决地下

管道外防腐是一种经济综合性较好的防腐材料。

3.方案的选择与实施

3.1 方案的选择

原我厂埋地钢质管道外壁防腐绝缘层,主要采用煤沥青或改性沥青、环氧煤沥青做为防腐基料，另加玻璃纤维进行加强。这些材料有的耐蚀性差，有的耐蚀性较好，但是其机械强度如表面硬度相对不理想。如在施工运输中极易造成玻璃钢层破损。更重要的是在于它们的施工条件苛刻，易造成施工质量不稳定，质量不符合要求。尤其是补口和损伤部位不易处理好，给工程留下隐患。而埋地管道大多数是这些部位腐蚀严重。所以说原采用的材料效果不理想。

对目前我国现有的钢质埋地管道外防腐材料，进行了筛选，认为“中国科学院长春应用化学研究所研制的新型

多功能防腐防水材料（简称 TO-树脂）。应用在钢质地下管道外壁防腐是一种很好的材料，因为该材料施工方便、性能优越、质量可靠，其物理机械性能、防腐、防水、耐老化等各项化学性能指标用于该条件下是可以满足要求的。

通过试验应用后，用价值工程的观点，对几种材料进行了分析，分析结果如下：

根据：V = F/C

式中：V---价值　F---功能（使用年限）　C---成本（单位造价）

从式中可以看出 V 的数值较大，说明它越有利用价值。

表 2　　分析结果

项目 材料	F （年）	C （元/平方米）	V (价值)
石油沥青	**8**	**51**	**0.157**
环氧煤沥青	**10**	**120**	**0.083**
TO 树脂	**30**	**140**	**0.214**

从表 2 可以看出采用 TO 树脂价值最大，所以用该树脂做管道外壁防腐层是较好的一种方法。

3.2 方案的推广应用

因为该材料在其综合性能的指标优于其它防腐材料，所以 1995 年 5 月首先在我厂铁路西部分的红旗泡管道更新 4 公里，Φ720×8 的水线试用。施工面积约 8600 平方米。本次施工采用特加强级防腐施工。即：基面处理—一道底漆—三布的玻璃钢—两道面漆—质量检查—竣工验收。

该管道于当年 9 月投入运行，使用 2 年多，于 97 年

10 月份对其管道挖开检查，可以看出：防腐层的玻璃钢无任何变化，玻璃钢表面仍保持原有的光泽、无老化。用锤子轻轻敲击玻璃钢表面没有空鼓声，说明与金属表面结合牢固。玻璃钢表面的硬度与强度比其它的材料要好的多。以后每年对该管线外壁都进行跟踪检查，使用近 7 年没有发现该管道泄漏现象，现仍在使用中。

4.方案的评价

4.1 技术可行性评价

TO 树脂是以我国盛产的植物油为主体原料，经过聚合加工并加入多种功能的助剂、复合固化剂形成不溶不熔结构的粘接材料及新型快速固化材料。

该材料耐酸碱、耐海水、耐磨、耐热、耐老化、附着力强、涂层坚韧光亮、被敷物整体性好，使用寿命长。另外，该涂层韧性和抗冲击性强、施工工艺简便、使用温度

宽，从-60℃到 150℃均可长期使用，常年暴露日光下寿命可达 30 年以上。

TO 树脂做为地下管道外防腐材料性能之所以性能优越，是由于它本身分子结构决定的。因为该防腐材料，是在粘合剂的基础上，从化学分子结构设计起，先合成带活性官能团的液体聚合物，再加入带反应基团的橡胶和复合型固化剂及各种功能活性添加剂，令其在金属表面进行化学反应，常温固化成网状结构高分子材料。在其网格中既有树脂链段，又有橡胶链段，最终固化成的膜介于树脂、橡胶材料性能之间，因此其综合性能优异，它既是涂料，又是粘合剂和绝缘材料。这是目前我国所有防腐材料都不具备的。该材料用在地下钢质管道外壁防腐是一种很好的材料。TO 树脂涂料技术指标见表 3：

表 3　　TO 树脂涂料技术指标

项目	指标	项目	指标
外观	**清澈透明，无机械杂质呈琥珀色**	光泽%	**95**
干燥时间 表干≤ 实干≤ 完全固化 h≥	 **4** **24** **48**	耐冻融性 -60℃-+60℃	**100 次不起泡、不起皱、不脱落。**
粘度 秒（涂-4）	**14-20**	耐霉菌性 级	**1**
密度 克/cm^3	**0.95-0.98**	粘接性、抗拉强度 MPa	**20**
固含量%≥	**47**	耐水性、浸 1 年、沸水 4 小时	**无变化**
附着力 级	**1**	耐介质性：海水、饱和氢氧化钙 20%、盐酸	**一年无变化**
冲击强度 MPa≥	**5**		
柔韧性 mm	**1**		

从表中可以看出作为防腐涂料与施工其性能指标比一般的防腐涂料要好。

该材料以获得中国科学院科技进步一等奖。属于国内首创，防腐防水性能达到国际先进水平。

金属表面处理要求相对较低。除锈等级达人工机械除锈 St2 级即可（国家级 GB8923-88），不需要喷砂处理。

这样可以降底面处理的工程费用。

4.2 效益评价

经济效益相比见表 4：

表 4：　　经济效益分析

项目 材料	达到 TO 树脂相同使用年限费用（元/平方米）	使用年限（年）	单位造价（元/平方米）
石油沥青	**191.25**	**8**	**51**
环氧煤沥青	**360**	**10**	**120**
TO 树脂	**140**	**30**	**140**

从表中可以看出，采用 TO 树脂做地下管道外壁防腐是最为经济的一种方法。他们每平方米分别相差的价格为：石油沥青 191.25—140=51.25 元，环氧煤沥青 360—140=220 元。

从另一个角度看，采用 TO 树脂可以保证管道不渗漏，

而其它的方法在实际使用中经常发生泄漏，这样维修费用是比较大的，同时对安全生产也有一定的影响。

该材料与传统的石油沥青及环氧煤沥青比较有较大的经济效益优势。如：仅就这次施工的工程面积看，石油沥青与 TO 树脂同时做成特加强级防腐。根据有关国家劳动定额采用沥青上述施工费用 43.4 万元，采用 TO 树脂防腐费用 76.86 万元。虽然采用 TO 树脂防腐比沥青防腐费用提高了 0.77 倍，即增加了 33.46 万元的费用。但是按照沥青使用寿命 8 年，TO 树脂使用 30 年（科研部门提供的数据）计。所以采用 TO 树脂可以提高使用寿命 3 倍以上，一次性节约防腐费用 85 万元左右（不包括换管的费用），效益是可观的。更重要的意义在于采用该树脂做防腐层（在有效期内），可以延长管道的使用寿命，可以避免因管线腐蚀造成水泄漏，影响生产。

所以说：该材料用在埋地钢质管道做为外防腐层是目

前我国防腐材料中比较优秀的材料。应当优先考虑地下钢质管道外防腐采用该材料做为防腐层的材料。

5.讨论

通过对 TO 树脂在地下管道近 7 年的使用有如下特点：

5.1 附着力强，与金属粘接强度可达 18Mpa 以上，这是其它管道防腐材料达不到的。用铁锤敲击很难打掉。

5.2 韧性和抗冲击性强，涂层反复弯曲，不脱层、不裂纹。

5.3 施工工艺简便，涂层常温固化，不受场地环境的限制，即可机械化预制生产，又可现场施工。金属基面除锈要求级别不高，达到 St2 即可。补口、损伤部位施工，比其它材料简便，而且质量有保证。只要补口、损伤部位涂上涂料包上玻璃布，即可形成牢固的整体。

5.4 使用寿命及温度。据有关资料介绍埋地管道可以使用 30 年以上。常年暴露在日光下可达 10 年。使用温度从-60℃到 150℃均可长期使用。以上几点是沥青、环氧沥青、环氧粉末等涂层所不具备的。

5.5 该材料耐霉菌性能好，这是沥青防腐涂层所不能比的。

5.6 耐介质性。海水、汽油、原油、饱和氢氧化钙水溶液，20%酸中，浸泡一年无变化。所以说该材料在一般土壤上做为埋地钢质管道外壁防腐是没有问题的。

该材料与我国其它现有的地下管道防腐材料相比，其综合性能指标是优越的，是埋地管道外壁防腐层可优先考虑的材料，可以给企业带来较大的经济效益。

在炼油厂及石化系统的地下管道的外壁防腐中已经逐步大量的采用了该方法。

参考资料

1、《新型多功能防腐防水材料》中国科学院长春应用研究所科鹰保温公司，1990 年 10 月。

2、《金属腐蚀理论应用》南京化工学院等合编，魏宝明主编。

3、《红旗泡地下管道外壁防腐施工总结》大庆石化总厂炼油厂机动处，1995 年。

4、《化工防腐》化学工业部防腐蚀技术咨询中心，1996 年第 3 期，“TO 树脂在地下管道外壁防腐应用”。