

应用技术

深井阳极技术在城市大口径供水旧管线 阴极保护中的应用

孟繁强¹, 王宝林², 韩砚萍², 田利², 王宏², 宋宝强², 毛长国², 王复齐²,
袁学军¹, 刘津祥¹, 张雪丽¹, 高媛¹, 熊信勇³

(1. 天津市管道工程集团有限公司, 天津 300041; 2. 天津市自来水集团有限公司, 天津 300041;
3. 中科院福建物质结构研究所二部, 厦门 361012)

摘 要: 天津市自来水集团对两条已运行 20 年的大口径水源管道补加了阴极保护, 采用了深井阳极技术, 阳极井深达 120m, 解决了气阻和干扰问题, 全线达到保护电位, 延长了管道的使用寿命, 节约了大量资金。本文介绍了此类型管道的保护电流密度选取、深井阳极形式、绝缘处理方式及干扰解决办法。

关键词: 阴极保护; 深井阳极; 气阻; 干扰; 绝缘处理; 保护电流密度; 旧管线

中图分类号: TG174.41 **文献标识码:** B **文章编号:** 1005-748X(2003)12-0531-04

DEEP GROUNDBEDS IN IMPRESSED CURRENT CATHODIC PROTECTION FOR OLD URBAN WATER-PIPELINE WITH LARGE DIAMETER

MENG Fan-qiang¹, WANG Bao-lin², HAN Yan-ping², TIAN Li², WANG Hong², SONG Bao-qiang²,
MAO Chang-guo², WANG Fu-qiang², YUAN Xue-jun¹, LIU Jin-xiang¹,
ZHANG Xue-li¹, GAO Yuan¹, XIONG Xin-yong³

(1. Tianjin Pipeline Engineering Group Co., Ltd., Tianjin 300041; 2. Tianjin Water Group Co., Ltd., Tianjin 300040;
3. Xiamen Corrosion and Protection Branch, FIRSM, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361012, China)

Abstract: Cathodic protection was used in a big diameter water pipeline which had worked for 20 years in Tianjin. Six sets of 120m deep groundbeds were used in this project, to resolve the gas blockage and interference. The potential of the pipeline reaches protection standard. This paper introduces the selection of protection current density, type of deep groundbeds, insulation of pipeline.

Key words: Cathodic protection; Deep groundbed; Gas blockage; Interference; Insulation; Protection current density; Old pipeline

1 引言

深井阳极是外加电流阴极保护中阳极地床的一种形式, 与常用的浅埋阳极地床相比, 具有应用不受地形限制、干扰小、接地电阻小、保护效果好的特点, 在国外广泛应用于城市、管网密集区、表层土壤率高的地区埋地金属构筑物的阴极保护中。

所谓深井阳极是指阳极顶部距地面等于或大于 15m 的阳极地床^[1], 它是区别于普通的浅埋阳极方式而言的。

本文将天津市水源管道采用深井阳极技术的经验介绍给读者。

2 水源管道情况

天津市自来水集团所管辖的水源厂至西河水厂 DN2500、水源厂至新开河水厂 DN1800 两条输水钢管是天津市供水的主要管道, 占全市输水总量的 60%, 是天津市的生命线。然而近期检测结果表明, 管材本身已有相当程度的腐蚀, 因此必须采取有效措施来防止管道的进一步腐蚀。

两条管道全长 14.34km, 总外表面积 10.45 万 m², 管道壁厚 18~20mm, 此管线已于 1998 年进行过腐蚀调研工作, 管道外防护层为石油沥青加强级, 防护层的绝缘电阻值为 0.7~4.98kΩ·m², 已探明的腐蚀坑深度为 7mm。管道平面示意图见图 1。

收稿日期: 2003-03-19; 修订日期: 2003-06-12

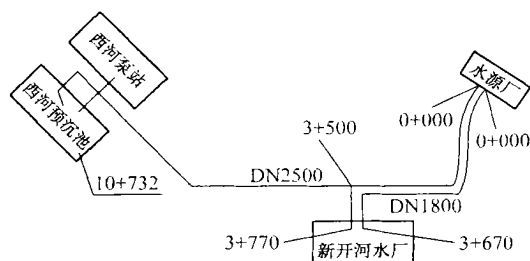


图1 管道平面示意图

经过多方论证,决定对原有管线采取阴极保护。

3 阴极保护方案的确定

方案1:牺牲阳极方式

每50m埋设一组牺牲阳极,每组由6支14.5kg/支的镁合金阳极组成,则每公里阳极用量为1740kg,条件允许情况下间隔布置在管道两侧,阳极距管道中心线3m,埋深为2m。

优点:无干扰,施工工艺简单。

缺点:电流输出小,在市区内施工困难,拆迁费用高。施工周期长,对保护管道底部不利。

方案2:外加电流的深井阳极方式

在水源厂、新开河水厂、西河水厂院内做6~10套深井阳极系统。

深井阳极外加电流与浅埋阳极的保护原理相同,但是由于其结构的特点,具备了其它方面的性能。和牺牲阳极方式、浅埋阳极方式相比具有如下优点。

(1) 施工速度快,施工作业面小,不用大量开挖路面。前期费用极少。以此水源管道阴极保护来说,其施工周期为二个月,没有赔偿费,但如采用牺牲阳极,将增加路面及绿化赔偿费用500万元。施工周期延长到一年,并且有的地方根本无法施工。

(2) 保护电流可调,可以适应防护层逐渐老化,保护电流需求不断增大的要求。这一点牺牲阳极无法做到。

(3) 深井阳极设计寿命为20年左右,维护管理难度不大。牺牲阳极易遭破坏。

(4) 输出电流大,适合防护层较差的管道。防护层较差的管道不适宜做牺牲阳极保护。

(5) 对于保护大口径管道的底部非常有利,这一点牺牲阳极很难做到(阳极埋到管底深度施工难度极大)。

(6) 对周围管线的干扰极小。国内已有实际验证^[3]。

综合上述原因,采用了深井阳极外加电流技术。

4 设计要点

4.1 保护电流的确定

管道保护面积为10万 m^2 ,防护层绝缘电阻为 $0.7 \sim 4.98 \text{k}\Omega \cdot \text{m}^2$,支线泄露点较多,绝缘法兰可能无法实施,因此取电流密度为 $3 \text{mA}/\text{m}^2$,总电流为300A。

4.2 深井阳极布置

根据现场实际情况,只能在水源厂、新开河水厂、西河水厂设站点,每站设深井阳极2~4套,每深井输出电流40A,共设置8套深井阳极,初定三个点各设深井阳极2套,最后两套做机动。

4.3 阳极井结构

井的深度为120m,安装40支阳极,阳极位于地下72~120m处,阳极周围有焦炭包围,阳极顶部为焦炭层和卵石层,阳极和焦炭间有导气系统。

4.4 测试点

为工程测试需要,管道沿线应有可测量电位的测试点不少于每公里1个,可利用沿线的阀门井、放气井、柔口井等设施井,将 $\text{VV1} \times 10 \text{mm}^2$ 的电缆通过铝热焊焊在管身上,并引至井口以外供测试电位用。

4.5 管道的绝缘

对管线以外的管道进行绝缘处理,在原有管线法兰上逐根更换细一些的高强螺栓,并在此螺栓上加绝缘套管及绝缘垫圈,使每一根螺栓均与两片法兰绝缘。

5 工程实施

由于本工程具有摸索性质,必须分步骤进行,每步完成后,通过测试再决定下一步的实施方案。

5.1 测试点

沿线共设测试点60个,并进行了原始电位的测量工作。

5.2 管道的绝缘

对进入新开河水厂的管道的两个部位进行了绝缘处理,对原管线中的法兰进行绝缘处理,将该法兰的所有螺栓进行了绝缘处理。

5.3 深井阳极安装及直流电源的安装

用钻机在新开河水厂院内钻出两口直径为400mm的深井,井深为123~125m,每井内安装阳极40支,阳极采用 $\phi 75 \text{mm} \times 1000 \text{mm}$ 的高硅含铬铸

铁阳极,周围充以焦炭,以导气管将阳极产生的气体导出。每支阳极引线单独引到设备间进行汇流,中间没有接头。直流电源规格为 60A/75V。安装时应反复核对阳极与阴极导线,千万不可接错。阳、阴极电缆均采用 35mm² 的铜芯电缆。

5.4 安装后的测试及问题对策实施

两口试验井通电后,对沿线电位进行了测试后,保护管道长度达到 4km,此时发现如下问题:

(1) 管道上的柔口部位的电连续性不好,电位在柔口两侧明显不同,因此又对沿线的 26 个点(遇阀门、柔口时)进行了跨接,跨接线选用 VV1 × 35mm² 电缆,焊接采用铝热焊。跨接后保护管道长度达到 6km。

(2) 由于设施井均为钢混结构,井内管道处于阴极保护屏蔽状态。经测量确定井内、外电位明显不一致。因此对 72 个设施井内管道实施局部牺牲阳极保护,每个井内安装 2 支 8kg 的镁阳极,加装镁阳极后管道电位均达到阴极保护的标准。

(3) 对进入新开河水厂的管道的两个部位进行了绝缘处理,对原管线中的法兰及螺栓进行绝缘处理,绝缘电阻在线测量达到 0.51kΩ 及 1.3kΩ,两侧电位明显不同,达到了预期效果,当两口试验井通电电流达到 80A 时,非保护侧电位正移至 - 0.203V 及 - 0.470V,出现了干扰腐蚀,经反复测试,决定将此两法兰导通,则原非保护侧管道也得到了保护,经测试主管道上的保护电位基本不受影响。

(4) 每口阳极井输出电流 40A,此时阳、阴极之间的槽压为 14.6 ~ 14.7V。输出功率为 0.6kW,总回路电阻为 0.37Ω。阳极接地电阻为 0.35 ~ 0.335Ω,由于槽压低,且阳极深度大,干扰很小。

(5) DN2500 管道汇流点正上方有两根热力管受到干扰影响,其电位正移至 - 0.259V,经通阴极电流 10mA,其电位达到 - 0.83V,因此在此两根管道上各焊接 1 支 25kg 的锌阳极作为排流措施,电位达到 - 1.056V,效果很好。

5.5 完成水源厂、西河北的深井阳极系统

根据新开河水厂 2 套深井阳极已保护 6km 管道的情况,决定按新开河水厂的标准在水源厂和西河北泵站再加 2 套深井阳极系统,一共为 6 套深井阳极系统。每套系统输出电流 40A,每个保护站输出 80A 保护电流。总的保护电流为 240A (DN2500 管道保护电流为 160A, DN1800 管道保护电流为 80A)。主管线与其它管线不做绝缘处理。6

套深井阳极系统全部完成后,对管道全线进行了保护电位的测试工作,结果 DN2500、DN1800 两条管道的所有测试点均达到保护电位标准,同时发现有的部位电位较负,于是在保证达到保护电位的前提下,通过降低保护电流的输出值来防止过保护造成的不利影响,通过反复调试,确定了 6 套深井阳极系统一个比较合理的电流输出值,具体见表 1。

表 1 6 套深井阳极系统电流输出值

保护站名称	阳极系统数量(套)	井深(m)	DN2500 管(A)	DN1800 管(A)	合计(A)
水源厂	2	120、123	40	30	70
新开河	2	124、118	40	30	70
西河北泵站	2	120、120	40 × 2 = 80	0	80
总计	6		160	60	220

最终确定管道的保护电流为 220A (DN2500 管道保护电流为 160A, DN1800 管道保护电流为 60A)。此时管道保护电位与原始电位对比见图 2。

5.6 深井阳极干扰情况测试

对阳极井及水源、管道周围的金属构筑物进行了阴极保护实施前后的电位测量,数据见表 2。

表 2 周围金属构筑物的电位测量

序号	测试点	与阳极井间距	阳极输出电流(A)	测试电位(V)	与通电前电位差(mV)
1	氯库前消防栓	20m	0	- 0.527	0
			15	- 0.537	- 10
			40	- 0.543	- 16
			50	- 0.543	- 16
2	某配电间前铁柱	40m	0	- 0.559	0
			15	- 0.580	- 21
			40	- 0.585	- 26
			50	- 0.586	- 27
3	职工澡堂东南侧消防栓	80m	0	- 0.516	0
			15	- 0.514	2
			40	- 0.513	3
			50	- 0.509	7

分析数据表明:几个测试点的电位偏移较小,1 号、2 号测试点电位负移,表明由于没有绝缘法兰,管线受到了阴极保护,3 号测试点仅在 50A 时电位正移 7mV,未超过 20mV 的标准^[4,5]。根据此项测量结果以及前面提到的受干扰的两条热力管采取排流措施。可以断定,外加电流应用于城区内的干扰问题,已得到解决。

5.7 气阻

由于气阻的外部表现形式为阳极接地电阻增

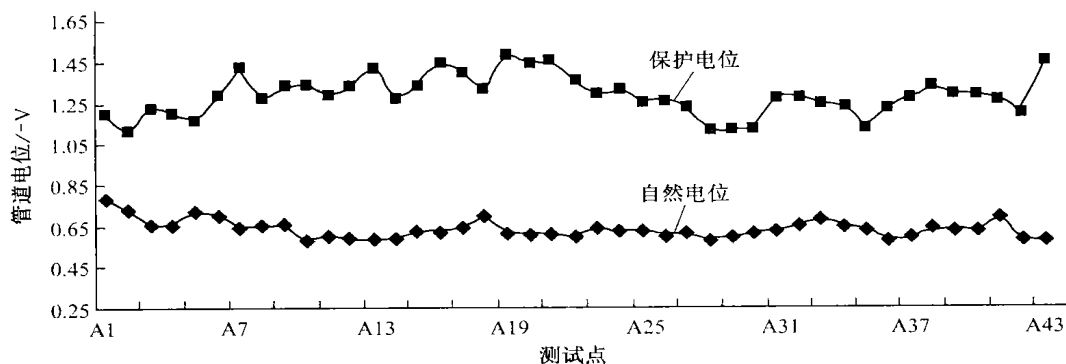


图2 管道电位变化图

大,从直流电源上表现是电压值不变时,电流减小,电流不变时,电压增大。即电压电流比(整个回路电阻)增大。此项目的六个直流电源的电压电流比一直没有变化(2002年7月~2003年5月),整个回路电阻始终保持在 $0.3 \sim 0.4\Omega$ 之间,表明没有气阻现象出现。

6 总结

(1) 对于与此工程类似的管道,采用的阴极保护电流密度应取 $2 \sim 3\text{mA}/\text{m}^2$ 为宜,有条件时可先对绝缘层进行检测。

(2) 沿线设计井内柔口(补偿器)必须进行跨接处理,跨接电缆的截面应不小于 10mm^2 。

(3) 对于大口径的水管线,可以不考虑对原有管线的绝缘处理,管道中的很多附属设施(如补偿器)可起到理想的绝缘效果。不设绝缘法兰可减少大量的干扰。若非做绝缘不可,推荐采用对管线中的法兰的螺栓进行逐根替换的方式,使其绝缘电阻大于 500Ω (在线测量),主要看其两侧是否能出现一定的电位差。并注意对绝缘法兰周围的干扰的检测和控制。

(4) 对于位于钢筋混凝土设施井中的管道及附属设施来说,阴极保护电流是屏蔽的,得不到保护。应在其内建立独立体系的牺牲阳极保护系统。

(5) 阳极井的接地电阻要尽可能小,不仅可以降低电能消耗,更重要的是在输出同等保护电流的情况下,产生的干扰最小,并且处理较容易。

(6) 阳极地床要有切实措施防止气阻产生,结合第4条,每支高硅铸铁阳极额定输出电流定为 1A 较妥。

(7) 阳极井深度达到 120m ,施工难度稍有增加,但其干扰性能和保护电位均匀性均较好。建议在地层中无岩石层时采用此类深度。

(8) 深井阳极技术应用于城市内大口径钢管是可行的,是其它方法所不可比拟的,其经济效益和社会效益非常巨大。

参考文献:

- [1] 强制电流深阳极地床技术规范(SY/T 0096 - 2000)及条文说明[S]. 石油工业出版社, 2001.
- [2] 天津市自来水集团公司输水管线防腐层及土壤腐蚀性调查评价报告[R]. 1998.
- [3] 林长植. 深井阳极外加电流阴极保护技术在城市煤气管网中的应用[A]. '99全国第三届埋地管线防腐蚀工程技术交流会论文集[C]. 1999. 228~231.
- [4] 钢制管道及储罐腐蚀控制工程设计规范(SY0007 - 1999)及条文说明[S]. 石油工业出版社, 2000.
- [5] 埋地钢质管道直流排流保护技术标准(SY/T 0017 - 96)及条文说明[S]. 石油工业出版社, 1997.

上海永丰一超大型镀锌炉成功点火

上海永丰热镀锌有限公司又一座超大型镀锌炉于十月十四日成功点火。该镀锌炉配装的锌锅系德国产品,锌锅长 16.2m 、宽 $2 \sim 2.8\text{m}$ 、深 3.6m ,其宽度、深度及熔锌量均为国内第一。锌炉的燃烧设备和燃烧控制装置从美国引进,具微电脑全程自动控温之功能,可满足各种对镀锌温度控制的要求。整个车间长度 180m ,主厂房占地 5000 多 m^2 。

中国腐蚀与防护学会、上海金属结构行业协会、上海市电镀协会等行业单位,还有维蒙特、振华港机、江南重工、沪东中华造船等百家客户代表以及上海交大、华南理工大和中国船舶公司711研究所等高等院校和科研所代表参加了点火仪式。

上海永丰厂的新车间于11月初正式投产。