

学者书屋系列

石油腐蚀与管道防护学术会议论文集

齐振林 周抚生◎主编 朱殿瑞 万德利◎主审



2

出版
社

TE98-532

Q514

学者书屋系列

石油腐蚀与管道防护学术会议论文集

主编 齐振林 周抚生
主审 朱殿瑞 万德利

内 容 简 介

本书包含七十多篇石油石化防腐专业的学术论文,是作者们长期参加石油石化防腐技术攻关的科研成果总结,也是作者们科学智慧的结晶。

本书可为相关行业的学者和科学技术人员借鉴参考。

图书在版编目(CIP)数据

石油腐蚀与管道防护学术会议论文集/齐振林,周抚生主编.
哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2007

ISBN 978-7-81073-553-7

I. 大… II. ①齐…②周… III. ①石油工程-机械
设备-腐蚀-文集②石油工程-机械设备-防腐-文集
IV. TE98-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 001725 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 黑龙江省教育厅印刷厂
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 25.25
字 数 615 千字
版 次 2007 年 8 月修订
定 价 60.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

编 委 会

主 编	齐振林	周抚生		
副主编	赵伯超	焦桐祥	郭亚新	曲广学
编 委	苗丰裕	白云飞	李福军	曾凡军
	夏智富	李善春	黄海威	齐振玲
	朱艳坤	陈月勋	王 莉	
主 审	朱殿瑞	万德利		

前 言

我国部分地区石油、石化经过四十多年的开发建设,石油石化输油管线、储罐、炼油石化装置、油水井油管、套管在长期的使用过程中,很多已超过了正常的使用寿命,随着服役时间的延长,逐渐暴露出腐蚀与老化的现象,普遍存在着较为严重的腐蚀问题,已多次出现生产安全事故,造成了巨大的经济损失。为了更好地解决这一问题,防腐与防护学会在近两年的时间里,收集了长期工作在一线的科研技术人员撰写的具有较高学术价值的优秀论文,进行学术交流。本论文集反映了科研人员针对石油石化企业生产中普遍存在的腐蚀问题进行了多方面的、具有较强理论水平的研究应用,并根据现场的实际条件,充分地进行了技术性的经济论证;在不同层次上对油田管线、储罐、油水井、油管、套管、炼油石化装置的腐蚀现象进行了探讨和研究;利用一定的方法和手段,能够有效地检测出腐蚀状况,研究腐蚀机理及腐蚀预测,这些科研成果为防腐材料的选择、施工方法的优选、防腐层大修、优化阴极保护方式、提高防腐工程质量提供了可靠的理论依据与实践基础。

本书是作者们长期参加石油石化防腐技术攻关的科研成果总结,也是作者们科学智慧的结晶。本书在编审时聘请了防腐专家朱殿瑞教授、万德利教授为主审,大庆油田设计院曲良山先生、大庆石油学院东油公司董事长李福军博士为此书出版给予大力支持与资助,学会副秘书长齐振玲女士担任了论文的收集工作。该书的统稿工作由大庆石油学院朱艳坤、陈月勋老师担任,尽管担任该书编辑与主审的同志们做了细致的审查工作,但仍会出现一些疏忽和漏洞,书中缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

编委会秘书处

目 录

大庆石油管理局油田建设设计研究院

憎水型沥青膨胀珍珠岩在油田基地保温管道上的应用	黄桂柏(1)
油、水井套管阴极保护技术在油田生产中的应用	王海娟(6)
对埋地金属管道外防腐的几点认识	黄桂柏 张 丽(10)

大庆油田有限责任公司

分散控制式区域性阴极保护技术在萨中油田南一区

规模试验研究	何 斌 朴新国 贾明岩(15)
采油一厂输油气干线牺牲阳极防腐保护	何 斌 朴新国 王仲环(22)
埋地管道防腐检测技术应用研究	赵宗和 蔡卫军 刘利宇(28)
玻璃钢-不锈钢复合管道在油田建设工程中的应用	蔡卫军(39)
牺牲阳极保护设计中几个问题的探讨	蔡卫军 刘利宇(44)
非金属管道在油田中的应用评价	徐文杰 赵力成 张绍奎(47)
评价涂层防腐性能的一种新方法	徐文杰 苏庆菊 黄桂柏(52)
长输管道防腐保温优化设计	曾 黎 徐文杰 杜久恒(56)
聚合物水泥砂浆衬里在油水罐中的应用	赵力成 徐文杰 王明信(59)
埋地管道防腐层不开挖检测技术探讨及应用	刘 合 王淑英(63)
杏北油田埋地钢质管道防腐大修技术探讨	王淑英 曹立民(67)
大庆油田金属容器防腐保温大修技术研究	曹立民 王淑英(80)
填充式保温材料-DQ99(阿米诺赛尔)在容器保温上的应用	王淑英 袁国英(87)
罐顶气相阴极保护技术研究与应用	黄宪春(90)
埋地管道阴极保护优化设计软件研制	黄学昌 李艳芳 杨志勇(96)
一种新型复合管防腐材料在油田上的应用	苏振东 解红军 卢东风(99)
几种金属材料在油田常用介质中耐蚀性的室内评价	解红军 罗 震 王 伟(103)
非金属管道在喇嘛甸油田中的使用情况及分析	卢东风 王 伟 解红军(107)
多频管中电流法在埋地管道防腐层腐蚀评价中的应用	卢东风 解红军 王 伟(111)
钢骨架类复合管解决管道腐蚀问题的可行性研究	杨功伟 王 伟 张明月(117)
喇嘛甸油田阴极保护工程经济分析	张秀丽 邵文静 黄学昌(123)
喇嘛甸油田防腐工程技术综合评价	赵如生 邵守斌 黄学昌(131)
电化学测试法在喇嘛甸油田土壤腐蚀性评价中的应用	齐振玲 王 伟 黄学昌(135)
浅层套管阴极保护效果评价的再认识	张建军 任成锋 梁志武(140)
葡萄花油田管道大修技术应用及评价	王 峰 郑武龙 严文庆(147)

CTM 远程遥测防腐管理系统技术总结	郑武龙	严文庆	王 峰(154)
集输管网区域集中阴极保护的应用研究	邱 是	曲 森	赵 越(160)

大庆油建公司研究所

NUKOTE(纽科)聚脲涂层在管道外防腐上的应用	邵玉新	潘少华	王天才(165)
NUKOTE(纽科)聚脲保温管道的开发应用	邵玉新	刘玉峰	王天才(171)
国外旧油罐修复技术			范晓东(176)
中口径管道水泥砂浆衬里补口机的研制	刘 凤	吴乃瑞	姜祖周(183)
管道内防腐整体挤涂工艺和试验情况			刘玉玲(187)
国外玻璃钢管的施工技术	董大勇		王英群(191)
涂装前钢管表面处理的新技术	王英群	董大勇	张晶鑫(197)
双层环氧粉末防腐体系简介	霍兴利	陈守平	温慧芬(203)
国外旧管道衬里修复技术	曹帼英	刘 凤	马志峰(207)
浅谈在施工中如何预防管道的腐蚀	王少春	崔景韶	刘志义(211)
用改性聚乙烯衬里修复输气管线		刘金英	牛 蕊(217)
管道内防腐现场补口新方法	樊三新		刘玉玲(221)
金属管道的涂敷及清管技术			张雅杰(225)
国内外钢质管道内涂层的新技术		苏 丽	(229)
美国塑料天然气管道技术发展现状	卢维信		范晓东(234)
大庆油田防腐涂料使用调查	马永军		高 峰(239)
杏 V-1 联合站 20000m ³ 储罐防腐修复技术	呼延鑫		肖玉刚(245)
油田气深冷装置腐蚀与防护对策	赵守辉	田一华	白云飞(249)
大口径铸铁管道内防腐现场施工技术及质量控制	周朝辉	刘喜才	马永军(253)

大庆石化分公司炼油厂

浅谈炼油厂设备腐蚀与防护管理		王 巍	(257)
Ni-P 化学镀层在糠醛换热器上的应用	王 巍	孙洪滨	柁亚彬(269)
浅谈炼油厂冷却器的腐蚀与对策	王 巍	杨 友	(273)
重油催化裂化再生器应力腐蚀开裂分析及处理	刘立林	杨 友	高 仲(280)
阴极保护技术在地下输水管网中的应用	唐 华	夏智富	马立华(287)
腈纶设备腐蚀问题探讨	邓爱琴	刘传明	赵春波(293)
稳定性二氧化氯活化剂的筛选及应用	唐 华		冯国红(300)
甲烷化反应器进料加热器断裂原因分析	李秀伟	夏智富	(304)
湿表面施工涂料的应用	周建平	李生华	田 野(309)
EPH 型涂料在砼结构污水池上的应用与探讨	王 巍	高 仲	赵国辉(314)
冷却器浮头螺栓断裂分析及改进措施			张柏成(320)
铁基形状记忆合金管接头在碱线上的应用	王 巍	杨 友	赵国辉(325)
碳素钢分布器在反应器中的腐蚀分析			刘国辉(329)

丙烯腈焚烧炉烟道膨胀节的腐蚀与防护	范士义(334)
硫氰酸钠生产过程中的腐蚀分析	魏文涛 隋祥波(339)
电弧喷涂技术在 ABS 料仓制作中的应用	李 颖(345)
有机氟涂料(PFA)性能及应用	李 颖(350)
牺牲阳极法在换热器防腐蚀中的应用	张作为(354)
浅谈防腐施工管理	乔士超 卑 林 王 巍(357)
磷酸浸蚀工艺在冷却器防腐表面处理的应用	刘 明 孙书恒(362)

大庆石油学院

油水井套管深井牺牲阳极保护模拟试验研究	李福军 张大伟 王文生(366)
深井牺牲阳极保护技术在油水井套管上的应用	李福军 张大伟 曹广前(372)
交流腐蚀特点及其对牺牲阳极保护性能的影响	李福军 张大伟 张佳民(378)
浅析金属储罐的内腐蚀与防护	李福军 孙 岩 窦志坚(383)
油管防腐表面处理新技术——高压水液体喷砂	鲍春雷 李福军 刘鸿彬(386)
油管锌、铝合金热喷涂防腐技术 ——水井油、套管系统防腐	鲍春雷 孟令尊 黄友全(390)

憎水型沥青膨胀珍珠岩在油田基地 保温管道上的应用

黄桂柏

(大庆石油管理局油田建设设计研究院)

摘 要 在沥青膨胀珍珠岩的基础上,作者研制憎水型产品,通过室内实验与现场试验数据分析,后者比前者的防水性大大提高,同时综合经济效益有所提高。

关键词 亲水性 憎水性 吸水率 导热系数

The application of hydrophobic pitch expanding perlite in thermal pipe-line oil field foundation

Huang Guibai

(Daqing Oil Field Construction Design Academy)

Abstract On the base of pitch expanding perlite, the writer studied and made out hydrophobic product, analyzing through the testing data of laboratory experiment and field experiment. The waterproof property of the later is much more than the former, at the same time the integration economic benefit also has improved.

Key words hydrophilic property hydrophobic property water-absorption thermal conductivity

1 前言

目前,在大庆油田的低洼地带,埋地保温管道的保温材料多采用聚氨酯泡沫塑料和普通型沥青膨胀珍珠岩。前者的质量控制对生产和施工的管理要求较严,后者存在吸水率大,保温效果差的问题。为此,我们从 1989 年开始研制憎水型膨胀珍珠岩,进而开发出憎水型沥青膨胀珍珠岩埋地保温管道,并在大庆油田进行工业应用试验一年。

2 憎水型膨胀珍珠岩的物理性能

1991 年,憎水型膨胀珍珠岩研制成功,解决了普通型膨胀珍珠岩因其高孔隙率和颗粒表面亲水性,吸水率大,导致导热系数增大的问题。在珍珠岩膨化过程中,用憎水剂对其颗粒表面进行处理,使颗粒表面由亲水性变为憎水性,便得到憎水型膨胀珍珠岩。其与普通膨胀珍珠岩的热物理性能对比见表 1。

表 1 憎水型膨胀珍珠岩的热物理性能

性 能 类 别	松散堆积密度 /(kg/m ³)	吸湿率 /%	饱和吸水率 /%	干态导热系数 /(W/(m·K))	湿态导热系数 /(W/(m·K))
普通型膨胀珍珠岩	55 ~ 230	8 ~ 12	200 ~ 900	0.04 ~ 0.06	0.65 ~ 0.80
憎水型膨胀珍珠岩	55 ~ 230	0	50 ~ 70	0.04 ~ 0.06	0.09 ~ 0.15

憎水型膨胀珍珠岩的憎水稳定性试验,证明了其憎水稳定性良好,部分试验结果见表 2,其中试样密度均为 70kg/m³,憎水处理前,其憎水量为 165ml。

表 2 憎水型膨胀珍珠岩的憎水稳定性试验结果

浸泡时间 /天	试样 A 的憎水量/ml		试样 B 的憎水量/ml	
	自来水浸泡前	自来水浸泡后	自来水浸泡前	自来水浸泡后
30	240.0	238.0	243.0	240.0
60	240.0	237.0	243.0	239.5
90	240.0	220.0	243.0	231.5
150	240.0	215.0	243.0	225.0

注:①试样 A 和试样 B 分别为不同憎水剂处理后的憎水型膨胀珍珠岩。
②憎水量的测试采用美国杜邦标准:取 10g 膨胀珍珠岩,加 250ml 水,摇 15 次,网滤静置 3min,测量过滤的水量,即为憎水量,憎水量不小于 20%为合格。

3 憎水型沥青膨胀珍珠岩保温管道的研制

以憎水型膨胀珍珠岩为基料,以改性沥青为胶结剂,复合为憎水型沥青珍珠岩保温层;以沥青-玻璃布复合层为防护层,在管道上采用整体成型的憎水型沥青膨胀珍珠岩制成保温管道。憎水型沥青膨胀珍珠岩制品的特性见表 3。

表 3 憎水型沥青膨胀珍珠岩制品的部分性能指标

制 品 密 度/(kg/m ³)	抗 压 强 度/kPa	干 态 导 热 系 数/(W/(m·K))
300 ~ 350	> 300	0.07 ~ 0.08

4 工业应用试验

4.1 试验内容

通过测试普通型沥青膨胀珍珠岩保温管道(以下简称普通型管)、憎水型沥青膨胀珍珠岩保温管道(以下简称憎水型管)、聚氨酯泡沫塑料夹克管(以下简称泡夹管)的散热热流密度(q),计算出总传热系数(K)和每公里保温管道全年损失(Q),并测试埋地保温管道保温层的吸水率和导热系数,评价三种保温管道的保温效果及经济效益。

试验依据标准:SYJ4018-87 设备及管道散热损失测试方法。

试验地点在大庆油田采油五厂,所选三口井的集输保温管道(试验管道)均处在低洼地带,各井条件见表4。试验是与大庆采油五厂共同完成的。

表4 试验条件

井号	集输管线类别	管长 /m	埋地投产时间 /年月日	测点埋深 /m	土质
4-丙423井	泡夹管	140	93.5.22	0.5-1.0	黏性土
3-丙431井	普通型管	400	93.5.22	0.5-1.0	黏性土
4-丙463井	憎水型管	560	93.8.21	0.5-1.0	黏性土

三口井所处地下水位基本相同,介质温度及流量尽量控制一致,以提高试验的可比性。测试时间从1993年9月至1994年8月,约为一年,每月测试1次。

4.2 试验结果

(1) 保温效果测试

试验结果以掺水管的测试数据为基准。

每次测试的结果表明,三种保温管的各测试截面的各测点所测取的散热热流密度 q ,均小于GB4272-84所规定的相应温度下的常年运行工况允许最大散热损失,计算出 K 值和运行时间的关系(图略)。

试验数据处理结果见表5。

表5 采油五厂试验结果

类别	普通型管 ($d_1 = 0.160\text{m}$)	憎水型管 ($d_1 = 0.150\text{m}$)	泡夹管 ($d_1 = 0.120\text{m}$)
全年总传热系数加权平均值 K ($W/(m^2 \cdot K)$)	0.88	0.60	0.74
年平均地温下的散热损失 $a = K(t_o - t_g)$	49.28	33.6	41.40
每公里管线全年热损失 $Q = qm \cdot \pi d_1 L \cdot T$	7.13×1011	4.56×1011	4.49×1011
每公里管线全年热损失 Q (折算值)吨标煤	24.37	15.58	15.36
备 注	取全年平均地温 t_g 为 4°C , 全年平均输送介质温度 t_o 为 60°C , 全年运行时间 T 为 8000 小时, 试验管道为 $\phi 60 \times 4$ 管道, d_1 为保温层外径, L 为管长, 另查得 1kg 标准煤相当于低位发热量为 7000kcal 的固体燃料。		

由表5可知,普通型管比憎水型管多耗能5%,每年每公里多耗能8吨标煤。随着使用年限的延长,憎水型沥青珍珠岩因其稳定的憎水性及良好的保温性,相对于普通型管在节能方面的优势将更明显。另外,憎水型管和泡夹管的保温效果基本相当。

(2) 吸水率和导热系数的现场取样测试

从上述三口井的埋地集输管线的保温层上取样,测试样品的吸水率和导热系数。1994

年 10 月 8 日取样,取样处的防护层无操作且远离补口处。试验结果见表 6。

试验结果表明,憎水型管的防水性较好,埋地使用一年后,其保温层的导热系数变化率较小。另外,在取样时发现,聚氨酯泡沫塑料样品颜色开始变黄。

表 6 样品的吸水率和导热系数测试结果

类 别 测 试 内 容	样品密度(烘干后) /(kg/m ³)	取样处土壤含水率 /%	样品含水率 /%	样品导热系数 /(W/(m·K))	样品导热系数(烘干后) /(W/(m·K))
普通型管保温层	420	20.0	43.8	0.2788	0.1037
憎水型管保温层	350	36.4	25.0	0.1376	0.0932
泡夹管保温层	32	17.9	19.8	0.0408	0.0272

5 经济效益分析

5.1 保温管的价格

表 7 两种保温管的价格对比(1994 年 9 月)

规 格	普通型管单价/(元/公里)	憎水型管单价/(元/公里)	两管差价/(元/公里)
φ60×4	69584	71584	2000

5.2 热损失费用

热损失费用计算以上述工业应用试验为基准。

表 8 两种保温管道热损失费用对比表

类 别 内 容	普 通 型 管	憎 水 型 管
每公里全年热损失 Q /kJ	7.13×10^8	4.56×10^8
Q 相当的大庆渣油量/(t/km)	20.72	13.25
全年热损失费用/(元/公里)	10360	6625
两种管线全年热损失费用差/(元/公里)	3735	
备 注	假设是以大庆渣油为管线供热,其低位发热量为 10291 kcal/kg,目前价格约为 500 元/吨,取供热系数热效率为 80%。	

5.3 经济效益分析

综上所述,憎水型管的单价比普通型管高出 2000 元/公里,而采用前者比采用后者每年每公里管线节约能源开支 3735 元,管线运行半年多,便可收回多投资的部分,经济效益明显。

6 结论

6.1 保温效果和经济效益

憎水型沥青珍珠岩埋地保温管道经过一年多的工业性试验和生产应用,证明在油田地热低洼、地下水位高的地带,其保温效果优于普通型沥青珍珠岩。1993 年度,大庆油田推广应用憎水型沥青珍珠岩保温管道 50km,取得了良好的经济效益。

6.2 需继续进行的工作

(1)为了全面地掌握憎水型沥青珍珠岩在不同地带、不同水位和不同季节的使用性能和变化规律,使产品系列化,以适应不同环境的需要,还需做大量的现场试验。

(2)需做人为破坏防护层后保温材料的吸水率变化试验。

作者简介 黄桂柏,男,1969 年出生,大庆油田建设设计研究院土建及防腐研究室主任工程师,高级工程师。长期从事油田腐蚀与防护及油田保温技术研究,目前已取得各项研究成果 8 项,发表论文 20 余篇。

油、水井套管阴极保护技术在油田生产中的应用

王海娟

(大庆石油管理局油田建设设计研究院)

摘 要 油、水井套管普遍存在腐蚀问题。本文分析了油、水井套管的腐蚀原因,介绍油井套管阴极保护技术在大庆油田的实践情况。

关键词 阴极保护 井套管

Application of oil and water well casing cathodic protection technology on oil-field production

Wang Haijuan

(Daqing Oil Field Construction Design Academy)

Abstract The corrosion problem is very common to oil and water well casing. This paper analyzed the corrosion reasons of oil and water well casing, and introduced the practice of oil well casing cathodic protection technology in Daqing oil-field.

Key words cathodic protection well casing

1 引言

随着油田开发时间的延长,油、水井的使用年限将大大缩短,直接威胁油田的进一步开采。因此,防止和减缓井套管腐蚀的阴极保护技术逐步被采用及推广。

2 油、水井套管腐蚀的原因及阴极保护原因

2.1 腐蚀的原因

(1)水泥的不完全填充

井套管与周围土壤间的环形区域由水泥填充。腐蚀发生在水泥的不完全填充处。在完全填充和不完全填充的过渡区,未被水泥覆盖的套管部分作为阳极,水泥覆盖的套管部分作为阴极,形成腐蚀电池。腐蚀速率与水泥中含氧量、阳极/阴极区面积比、土壤含盐量等因素有关。实际生产中都存在水泥的不完全填充处。因此,井套管普遍存在腐蚀危险性。

(2)存在不同地层过渡区

整个井套管经过不同的地层,不同地层中套管的自然电位存在着差异。腐蚀电池形成

在不同地层的过渡区。电位较正的套管部分充当阳极,电位较负的部分充当阴极。腐蚀速率与不同地层中井套管电位差的大小、土壤含盐量、土壤电阻率有关。

2.2 阴极保护原理

井套管阴极保护就是通过直流电源和辅助阳极给套管施加阴极电流,使之阴极极化到一定电位,使套管表面的还原反应速度增大,而金属离子化的氧化反应的速度却减小了。从而达到保护井套管金属的目的。

3 国内外技术现状及应用情况

井套管阴极保护技术从 1938 年开始研究。20 世纪 50 年代后期在美国开始广泛应用。1986 年美国腐蚀工程师协会制定了相关标准,使这一技术向标准化迈进了一步。美国到 80 年代中期有 80% 的油井套管采用了阴极保护技术;科威特普遍采用了这一技术;德国在 90 年代初,曾在利比亚实施了 550 口油井的套管阴极保护,生产运行效果良好,取得了很好的效益。

4 油、水井套管阴极保护技术在大庆油田的实践

为了防止和减缓油、水井套管的腐蚀破坏,保证油田的稳产、高产,大庆油田首先在采油二厂开展了油井套管的阴极保护试验工程。该工程采用外加电流阴极保护法。

保护范围是 6 口油井套管。

4.1 外加电流阴极保护参数的研究

(1) 保护电流量的确定

采用 E-logI 法确定保护电流量。这种方法的原理是把套管看成一氢电极,给套管提供保护电流,当保护电流不断增大但未使套管完全极化时,其电位(绝对值)上升缓慢;当保护电流增大到使套管完全极化时,其电位将随电流的对数而变化。这两条曲线的切线交点对应的电流值就认为是该井套管所需的保护电流。通过现场测试数据绘制出 E-logI 曲线,从中得出保护电流为 4A。

表 1 E-logI 测试数据表

时 间/min	断电电位/mV	电 流/A
10	730	1.0
20	740	1.5
30	750	2.0
40	760	2.5
50	770	3.0
60	790	3.5
70	800	4.0
80	810	4.5
90	820	5.0
100	830	5.5

表 1(续)

时 间/min	断电电位/mV	电 流/A
110	840	6.0
120	860	6.5
130	880	7.0
140	890	7.5
150	900	8.0
160	910	8.5
170	920	9.0
180		9.5
190		10.0

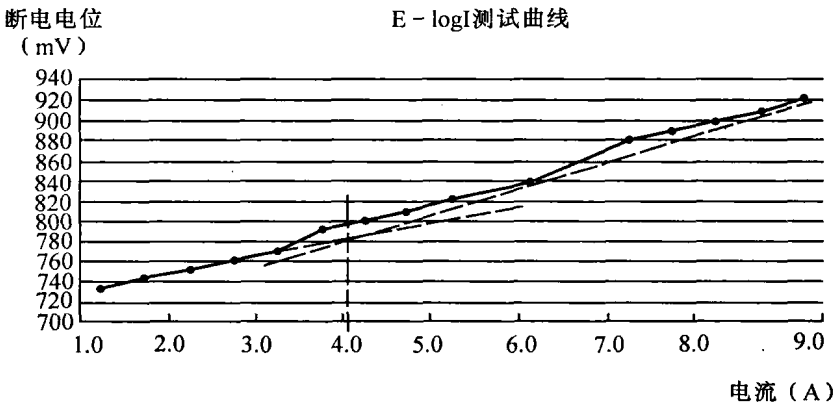


图 1

(2)土壤电阻率及其他参数的确定

除了保护电流量之外,阳极地床所在位置的土壤电阻率也是阴极保护的重要参数。这两个参数决定着阳极地床的类型、阳极数量、阳极井深及整流器类型。土壤电阻率由深层土壤电阻率测试仪测得。通过现场测试,选定土壤电阻率 $16.0\Omega\cdot\text{m}$ 。

表 2 土壤电阻率测试数据表

地层深度/m	5	7.5	12.5	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
土壤电阻率/($\Omega\cdot\text{m}$)	30	35.7	422	42.4	33.2	26.9	22.5	19.1	16.4	13.9	10.7	9.0	9.5	8.2

表 3 其他阴极保护参数数据表

保护电 流密度 /(mA/m ²)	单支 阳极重 /kg	阳极接 地电阻 /Ω	电缆 电阻 /Ω	接地 总电阻 /Ω	阳 极 利用率	阳极 消耗率 /(kg/(A·y))	保护 年限 /a	整流器 电 压 /V	整流器 输出功率 /W
6.42	4.70	0.912	0.06	0.972	0.90	0.02	> 30	50	2400

4.2 外加电流阴极保护系统设备材料的选用

通过现场测试数据确定出阴极保护系统设备材料的选用方案。采用油降温型整流器 1 台,共 6 组输出,为 6 口油井套管提供保护电流;阳极地床为开口的可替换型深井阳极地床;采用磁性氧化铁阳极,5 支一组组装成阳极链,共 6 组,放于 PVC 套管中;阳极分线箱 1 个,安装在阳极井口旁;每口油井 1 个阴极分线箱,共 6 个;电缆采用带有绝缘的 PVC 壳的铜芯电缆,阳极引线带有 PVDF 壳。

4.3 保护程度

理论上,井套管底部达到完全保护的断电电位应为 -0.85V ;井口保护电位依井口装置类型而定。考虑到这 6 口井周围地下构筑物的环境,以及井套管电化学极化时间要长于具有涂层的钢质管道,因此达到完全极化时间将长于一般埋地管道。投产后通过对 6 口井保护电位进行测量,结果表明阴极保护系统运行状况良好,达到了设计要求。

表 4 保护电位测量数据表

井 号	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]
通 电 电 位/V	-0.91	-0.87	-0.89	-0.90	-0.89	-0.88
断 电 电 位/V	-0.86	-0.83	-0.86	-0.87	-0.85	-0.82

5 存在的问题

由于在油、水井套管的阴极保护效果评价中,存在着很难把参比电极放在地下井套管外壁附近的特殊困难,迄今为止,在这方面尚未建立起类似我国石油部标准 SYF-84 的保护效果判定指标,而只是根据电化学原理借助于一些间接的测量和推断的方法来评价油、水井套管的阴极保护效果和保护深度。这方面的问题有待解决。

作者简介 王海娟,女,1973 年 12 月出生,大庆油田工程设计技术开发有限公司机构室。从事油田地面工程防腐保温设计工作。