

# 靖边气田集气南干线 A 段防腐层检测 与阴极保护效果评价

贺华镭<sup>1</sup>, 何永宏<sup>2</sup>, 张军峰<sup>1</sup>, 何宏伟<sup>3</sup>

1. 长庆石油勘探局工程技术研究院, 西安 710021;  
2. 长庆油田勘探开发研究院, 西安 710021; 3. 西北机器厂, 宝鸡 722405

**摘要:**靖边气田集气干线外防腐主要采用外加绝缘层及阴极保护的方法. 通过对南干线密间隔电位测试, 绘制通、断电位曲线, 判断管道受保护程度和达到保护要求的区域; 同时运用电流衰减法测试管道电流衰减程度, 推算防腐层绝缘电阻, 评价绝缘质量; 利用漏点检测仪对干线绝缘层漏点作检测, 并进行开挖修复; 通过测试土壤电阻率, 评价土壤腐蚀性, 为气田生产决策及管理提供参考依据.

**关键词:**靖边气田; 腐蚀检测; 腐蚀调查; 阴极保护

中图分类号: TG174 文献标识码: A 文章编号: 1002-6495(2008)01-0070-03

## INSPECTION OF ANTI-CORROSION COATING AND EVALUATION OF CATHODIC PROTECTION EFFECTIVENESS FOR A SECTION OF SOUTH MAIN LINE OF GAS GATHERING SYSTEM IN JINGBIAN GAS FIELD

HE Hua-ei<sup>1</sup>, HE Yong-hong<sup>2</sup>, ZHANG Jun-feng<sup>1</sup>, HE Hong-wei<sup>3</sup>

1. Engineering and Technical Institute of CPEB, Xi'an;  
2. Research Institute of Changqing Petroleum Exploration and Development, Xi'an 710021;  
3. Northwest Enginery Manufactory, Baoji 722405

**Abstract:** For anti-corrosion of the main pipeline of gas gathering system, Jingbian gas field commonly used a combined method of external insulation coating and cathode protection. Through close-interval measuring the electrical potential for the south main pipeline, and drawing electrical potential curves, degree of the protectiveness of pipeline and the area of requested protection then were evaluated. At the same time, by measuring the decay degree of protective current of pipeline by using the way of current attenuation, calculating the insulation resistance of anti-corrosion layer, so that the insulation quality of the coating was evaluated, as well as any leakage of the insulation layer was found out by leak-check apparatus which was finally restored. Moreover, though measuring the soil resistance, the corrosivity of soil was also evaluated which would offer a reference to decision-making and production management of the gas field.

**Keywords:** Jingbian gas field; corrosion; investigation; cathodic protection

靖边气田集气管线敷设外防腐绝缘层, 通过已有的 15 座阴极保护站(图 1)保护 605.504km 的集气支、干线. 本课题通过对南干线密间隔电位测试<sup>[1-3]</sup>, 绘制通、断电位曲线, 判断管道受保护程度和达到保护要求的区域; 同时运用电流衰减法<sup>[1,4]</sup>测试管道电流衰减程度, 推算防腐层绝缘电阻, 评价绝缘质量; 利用漏点检测仪对干线绝缘层漏点作检测,

并进行开挖修复; 测试土壤电阻率, 评价土壤腐蚀性, 为气田生产决策及管理提供参考依据.

### 1 运行环境

#### 1.1 气候环境

截至 2001 年底靖边气田探明含气面积 4093.4 m<sup>2</sup>, 开发区域内年平均气温 7.8℃, 最高 35.9℃, 最低 -28.5℃, 最大冻土深度 106 cm; 平均日照 2768.7 h; 年降雨量最大 744 mm, 而蒸发量高达 1809 mm, 属典型的沙漠气候. 平均大风天数 59 天, 沙暴 30 天, 平均风速 3.24 m/s, 最大风速 24 m/s. 由于沙丘的流动性, 使得埋地管线经常出现裸露, 外防腐涂

收稿日期: 2006-09-18 初稿; 2007-03-03 修改稿

作者简介: 贺华镭(1974 - ), 女, 学士, 工程师, 从事防腐涂料的研发及防腐方案设计.

Tel: 13659202128 E-mail: hehualai - cq@163.com

Table 1 analysis result of soils by south main line of Jingbian gas field

取样点, km	1. 171	3. 506	6. 559	9. 457	10. 229	22. 391	27. 156	27. 803	34. 859	44. 4	48. 479
pH	8. 37	8. 61	9. 09	8. 63	9. 18	9. 14	8. 97	8. 67	9. 2	8. 47	8. 86
Cl <sup>-</sup> , %	0. 003	0. 0025	0. 002	0. 0011	0. 003	0. 003	0. 003	0. 0016	0. 003	0. 0169	0. 03
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , %	0. 003	0. 0023	0. 001	0. 0014	0. 002	0. 003	0. 004	0. 0014	0. 003	0. 0368	0. 002

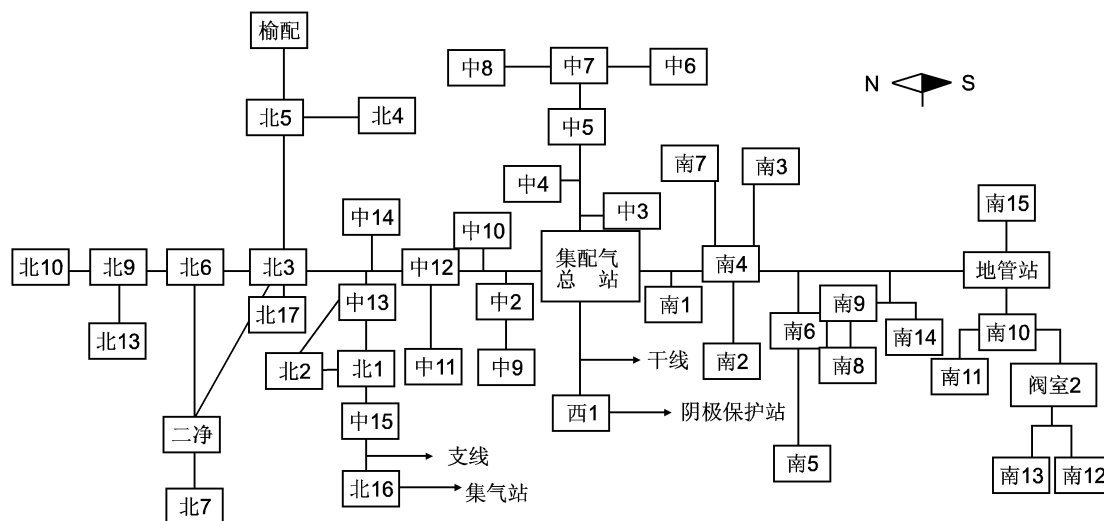


Fig. 1 Cathodic protection area of gas gathering main line of Jingbian gas field

层损害较大. 气田南部区域则由于雨水冲刷, 水土流失, 易形成管线裸露、悬空, 横向受力.

## 1.2 沿线地貌与阴极保护区域划分

图 1 为靖边气田集气干线阴极保护示意图. 南干线恒电位仪分布: 南 10、南 9、南 1 为南干线和其余支线供电. 南 4 站为南 7 - 南 4、南 3 - 南 4、南 2 - 南 4 三条支线供电. 根据地貌和供电保护区域将南干线阴极保护区人为划分为 A、B 两段: 从南 4 站向北傍延-靖公路, 穿过明长城缺口经南 1 站、民兵万亩林, 穿越芦河后到达第一净化厂, 长 27. 123 km 的区域为 B 段. 从靖边县天赐弯乡的王家庄(清管站), 向北到南 9 站傍延-靖公路, 经天赐弯、西梁、大湾、南 6 站后, 继续向北穿过郭家洼子沟、店子沟到达南 4 站, 长 23. 163 km 的区域为 A 段; 该地段地形复杂, 为黄土高原梁、涧、沟壑区, 黄土冲沟切割剧烈, 地形破碎, 水土流失严重. 由南至北地势由低渐高, 到天赐弯西北梁后逐渐降低. 断面观察为中间高, 两边低形状. 最高点在 9. 5 km 处, 位于杨渠附近, 海拔 1678. 3 m, 与 B 段最低点相差 362. 6 m.

## 2 腐蚀性调查

### 2.1 土壤物性参数测定

电阻率. 靖边气田集气南干线区域沙质黄土较多, 但其中所含的有机质微弱, 表面植被少, 固水能力差, 实测电阻率范围在 100 Ω·m ~ 500 Ω·m 之间, 由土壤腐蚀性分级标准判定腐蚀等级为弱, 土壤导电能力弱.

含盐量、pH 值. 干线土壤分析结果显示, 靖边气田土壤呈碱性, 微含 Cl<sup>-</sup> 与 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (表 1), 土壤腐蚀等级极低.

### 2.2 阴极保护参数测定

集输管道参数. 南干线管道规格 Φ457 mm × 7. 1 mm × 49. 707 mm. APIX52 双面直焊缝, A 段 B 段分别于 1997 年、1998 年投入运行. 外防蚀为环氧粉末, 阴极保护. 遇特殊情况时, 对更换下的管道进行内防蚀检测与分析.

保护电位. 图 2 为靖边气田集气南干线电位曲线图, 由图可见南干线最低电位 0. 916 V, 保护电位波动幅度小. 电位曲线上存在两处波动, 分别位于 6. 559 km 和 19. 577 km 处. 这两处对应的地况都是黄土山坡. 此外管线穿越芦河河床后保护电位下降幅度很小, 说明该段涂层完好, 管线处于有效保护状态.

保护电流密度. 电流密度是衡量阴极保护效果的一个重

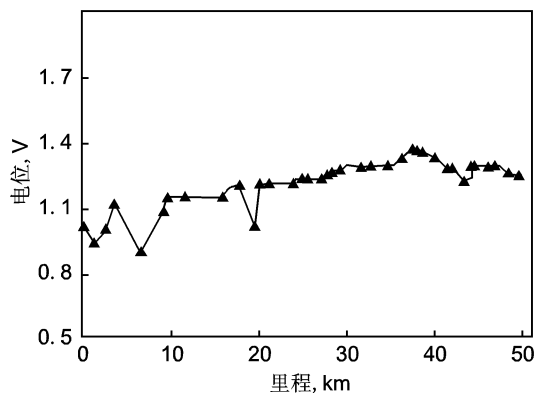


Fig. 2 Electric potential curve by gas gathering south main line of Jingbian gas field

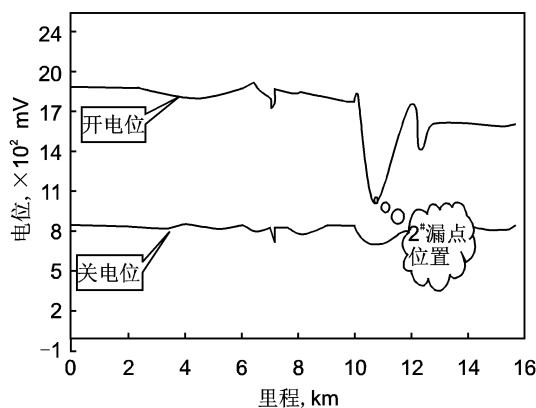


Fig. 3 Unqualified pipe section interval potential current chart in south main line

Table 2 Distribution of a defect spot of south main line section A

序号	位置描述	距离 m	所属 类别	修复 期限
1	从 001# 电位测试桩向北 13 m, 埋深 1.87 m	115.3	三	3 年
2	天赐弯 59# 和 60# 标志桩之间的柏油公路上	10723.3	二	1 ~ 2 年
3	小河乡王家洼村标志桩南 32.5 m	12115.6	三	3 年

要指标,受管道材质、绝缘层质量、管道绝缘性能等因素影响,其值越小越好。南干线全段采用环氧粉末防腐涂层计算的实际电流密度值为 ( $\text{mA}/\text{m}^2$ ): 2000 年 0.0136, 2001 年 0.0186, 2002 年 0.0211, 2003 年 0.0228; 保护电位为  $-0.916 \text{ V} \sim -1.389 \text{ V}$ , 这些值均高于标准值。

绝缘法兰性能测试。这次评价中共测绝缘法兰 58 处, 干线系统绝缘法兰的绝缘性能达标, 支线系统南 15 - 清管站、南 4 - 南 3、南 4 - 南 7 绝缘法兰存在轻微漏电。法兰绝缘性能合格率 94.8%, 优良率 93.1%, 不合格率占 5.2%。

辅助阳极接地散流电阻测试。靖边气田阴极保护系统所使用的阳极材料是高硅铸铁。测试结果显示, 南 1 站的散流电阻明显偏高, 恒电位仪的电压输出和电流输出提高, 阴极保护的距離縮短。

### 3 阴极保护效果评价

#### 3.1 密间隔电位 (CIPS) 测定

用中断器将阴极保护电流周期性地中断, 达到测量瞬间的电流值为“0”, 将土壤 IR 降消除, 获得管道表面的保护电位, 即密间隔电位测量技术, 可真实反映管道被保护的状况, 确定管道被保护的程。测试范围: 王家庄清管站 - 南 4, 长度: 23.163 km。南 9 站恒电位仪运行参数: 保护电位 1300 mV, 输出电流 2.8 A, 输出电压 9.6 V。开电位:  $-1998 \text{ mV} \sim -1300 \text{ mV}$  关电位:  $-710 \text{ mV} \sim -1200 \text{ mV}$ 。

关电位大于  $-850 \text{ mV}$  的管道主要集中在里程为 0 ~ 15.77 km 的部分 (图 3)。说明该段管道实际保护电位未达要求, 通过调整南 9 站恒电位仪输出, 使该段管线处于有效保护范围之内。其余部分管段的保护电位达标。

南 4 站附近从 23.09 km ~ 23.16 km, 开电位和关电位均符合阴极保护要求, 但从 23.09 km 开始开、关电位出现突降, 衰减幅度近 200 mV, 说明南 4 站内有严重漏电现象。

## 4 干线防腐层检测

### 4.1 PCM 测定

判断管道防腐层绝缘质量的方法是测量电流衰减率, 即 PCM 法。测量 (读数) 间隔以管道涂层质量和管道所经过的区域自行确定的, 一般不超过 200 m, 出现异常则加密测量。测得的电流值通过专用软件换算, 即可得出绝缘层面电阻大小, 与标准值 (优、良、可、差、劣等级的绝缘电阻依次为 ( $\Omega \cdot \text{m}^2$ )  $> 10000$ ,  $5000 \sim 10000$ ,  $3000 \sim 5000$ ,  $1000 \sim 3000$ ,  $< 1000$ 。) 比较用以评价涂层等级。统计得知: 优级占 73.4%, 良 12.2%, 中 5.3%, 差 7.1%, 劣 2.0%。

### 4.2 漏点检测

利用 Pearson 法检测绝缘层漏点, 通过发射机向被测管段施加交变电流信号, 沿管段传输, 当存在缺陷时会在破损点周围形成一个附加的交变电场, 缺陷处的电场梯度最大, 检测电场和电场中心的位置 (强度最大处) 即可判断防腐层缺陷和破损点。

在王家庄清管站 - 南 4 站的干线绝缘层检测中, 使用 SL-6 检漏仪共检出漏点三处 (如图 3), 检测段平均为 1.3 个/10 km, 根据上述绝缘层电阻的标准, 仅从防腐层缺陷指标衡量, 该段管线的绝缘层质量达优级。为了确定防腐层缺陷的破损程度, 对检出漏点进行分, 用缺陷正上方中心位置 (30m ~ 50 m 垂直距离) 至无穷远处测得的电位  $V_{re}$  占缺陷处正常保护电位的百分数 %IR (其值  $\leq 15$ ,  $16 \sim 35$ ,  $\geq 36$  依次为三类, 二类, 一类) 判定缺陷点的严重程度 (表 2)。

## 5 结论

1. 靖边气田阴极保护站分配较合理, 能满足各区域管线阴极保护的需求。施加在被保护区域内的最低电压 (负值) 没有超过氢气析出的电位, 阴极保护过程中不会出现管道绝缘层剥离现象。

2. 南干线土壤腐蚀性为中级, 土壤盐份含量属弱腐蚀环境; 南干线阴极保护电位的达标, 全程被有效保护; 南干线环氧粉末绝缘层质量明显好于环氧煤沥青, 优良率 85.6%。

3. 靖边气田的冻土层在 1.06 m 以下, 由于沙漠的流动性, 气田的部分管段埋深小于 1 m, 冬季土壤冻结时易对管外部产生外作用力, 会缩短管道使用寿命, 须强定期巡线。

## 参考文献:

- [1] 吴荫顺, 方智, 何积铨, 等. 腐蚀试验方法与腐蚀监测技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1996. 168.
- [2] 高志明, 宋师哲, 王守琰. 埋地管道防护层缺陷现场检测与评价 [J]. 中国腐蚀与防护学报, 2004, 24: 100.
- [3] Perdomo Jorge J, Song Inho. Cathodically protecting underground asphalt enamel coated pipes [J]. Corr. Reviews, 2000, 18(2): 221.
- [4] 董振丰. 埋地钢质管道防腐层性能的在线测量技术 [J]. 油气田地面工程, 1999, 18(6): 36.