

天然气管道防腐检测技术

西南石油局川西采输处 邬云龙 李 渡 孟庆华

新青管线(北起新场气田,南至青白江配气站)是西南石油局 1994 年建成投产的一条输气干线,其中的又称为黄金管线全长 48 km,其中的又称为黄金管线管材采用 f273×8mm 20[#] 无缝钢管,外壁选用环氧煤沥青特加强级防腐,补口采用辐射交联聚乙烯热收缩套。黄金(黄许一金堂)管线是该局 1997 年建成投产的另一条输气干线,全长 44 km,管材采用 f377×6mm X52 螺旋缝埋弧焊钢管,外壁选用环氧煤沥青特加强级防腐,补口采用辐射交联聚乙烯热收缩套。

管道防腐 DCVG 检测

1. 检测原理

直流电压梯度技术的代表仪器是 DCVG 仪器,它对有阴极保护的管道防护层破损点进行检测。施加了阴极保护的埋地管道,当防腐层破损时,阴极保护电流将从破损处土壤介质流入管道防腐层破损而裸露的钢管处。电流流过破损点的周围土壤,会在土壤电阻上产生电压降,在破损点周围形成一个电压梯度场。电压梯度场分布在破损点所在的地面上形成以破损点位置为中心的等压线。在接近破损点的部位,由于电流密度增大,因而电位梯度也越大。DCVG 检测时主要通过检测地面的电压梯度从而判断管道防腐层缺陷。

根据 DCVG 检测原理,一般电压梯度小于 50mV,则管道防腐层无破损等缺陷,当管道的电压梯度大于 50mV,则管道外防腐涂层可能存在缺陷。由于实测管道距离较长,实测 DCVG 数据多,采用实测数据与标准电压梯度相比较判断缺陷工作量十分大,而实际检测过程中由于检测位置的变化,检测的 DCVG 电压梯度变化较大,为方便判断,对 DCVG 数据进行转换并定义了一个标准电压 $V_{I标准}$,其定义为:

$$V_{I标准} = 50mV - V_{实测的绝对值}$$

当 $V_{I标准} \geq 0$ 时,在防腐层基本无缺陷;当 $V_{I标准} < 0$,则防腐层很可能存在缺陷。

2 黄金管线 DCVG 检测及分析

黄金管线的防腐 DCVG 检测结果表明,黄金管线多处存在防腐层破损,甚至有的地方防腐层出现连续大面积破损、剥离情况。同时,根据 DCVG 检测结果进行实地开挖也证实了检测结果的正确性,检测准确率接近 100%,见表 1 所示。

从全线 DCVG 检测分析结果看,从黄金首站出发沿线 1 510.2 m 处开始,管道防腐层多处出现连续大面积缺陷,详

表 1 黄金管线部分管段 DCVG 检测结果及开挖情况统计

管段(m)	电压梯度(mV)	DCVG 检测结果	开挖检测结果
959.3	54	缺陷面积小	顶部防腐层有破损
1510.2	200	大面积缺陷	防腐层多处破损、剥离
1512.0	149	大面积缺陷	防腐层多处破损
1514.6	190	大面积缺陷	防腐层多处破损、剥离
1516.1	188	大面积缺陷	防腐层多处破损、剥离
1567.5	156	大面积缺陷	防腐层多处破损、剥离

表 2 黄金管线连续大面积防腐层缺陷统计管段分析

管段(m)	DCVG 检测结果	开挖检测结果
1510.2~ 1518.1	连续大面积缺陷、地面电场呈带状	防腐层多处破损、连续剥离
1522.2~ 1526.2	多处面积较大缺陷	防腐层多处破损
1552.8~ 1614.4	连续大面积缺陷、地面电场呈带状	防腐层多处连续破损、剥离
4017.2~ 4110.2	连续多处缺陷间杂大面积缺陷	开挖证实
15585.9~ 15627.7	连续大面积缺陷、地面电场呈带状	开挖证实
19092.9~ 19111	连续大面积缺陷、地面电场呈带状	开挖证实
19332.4~ 东河阀室	连续大面积缺陷、地面电场呈带状	防腐层多处连续破损、剥离

见表 2。同时,在大面积出现连续缺陷外,还间断出现一些小块缺陷点。

表 2 中仅给出了部分防腐层缺陷较大的实测数据。实际检测中出现的破损点比表中所列多得多,且部分管段出现连续大面积破损、剥离,特别是东河阀室一带,破损现象尤为严重。此外,在检测过程中,对部分 DCVG 显示有缺陷的管段进行了开挖,开挖结果均发现了防腐层的破损,由 DCVG 检测防腐层缺陷准确率很高。

3. 新青管线 DCVG 检测及分析

新青输气管道 DCVG 检测结果表明,新表管线相对于黄金管线防腐层破损较少,整条管道除少数地面跨越管段防腐层被破坏外,其余埋地管道仅有少数管段出现小部分漏点,其检测结果见表 3。

从全线 DCVG 检测结果看,从新场集输站出发沿线管道

作者简介:邬云龙,请见本刊 2002 年第 6 期。地址: (618000) 四川省德阳。电话: (0838) 2401890。

表 3 新青线部分管段 DCVG 检测结果及开挖情况统计			
管段 (m)	电压梯度 (mV)	DCVG 检测结果	开挖检测结果
0. 3	56	缺陷面积小	防腐层褶皱、表面有磨损现象
143. 7	93	小块缺陷	防腐层多处破损
434. 7	61	漏点缺陷	防腐层漏点、形状像擦伤
2441. 5	70	大面积缺陷	未开挖
5501. 6	95	大面积缺陷	未开挖
6276	78	大面积缺陷	未开挖
6751. 2	149	大面积缺陷	防腐层多处破损、剥离
6832. 6	125	大面积缺陷	未开挖

防腐层缺陷大多为防腐层松散、褶皱、隆起、含水率高、局部破损等。表 4 列出部分防腐层大面积破损的统计结果。

表 4 新青管线连续大面积防腐层缺陷统计管段分析			
管段(m)	DCVG 检测结果	开挖检测结果	备注
6744. 6~ 6768. 8	连续多处缺陷	防腐层多处破损	管道跨越
6916. 2~ 6920. 6	多处缺陷	未开挖	
7461. 8~ 7466. 2	连续大面积缺陷、地面电场呈带状	防腐层连续破损、剥离, 管壁裸露	管道跨越
7666. 4~ 7677. 4	连续大面积缺陷、地面电场呈带状	防腐层连续破损、剥离, 管壁裸露	管道跨越

管道防腐 CIPS 检测

1. 检测原理

当防腐层在某一位置存在破损点时, 破损点的电流密度会增大, 在该点周围的土壤就会产生比其它地方较大的电位降, 使得阴极保护电位较正常时向正的方向漂移, 当这种漂移达到一定值时, 地表就可以测量到。沿管道正上方, 每隔 1 m 连续测量出阴极保护系统各点 ON 状态下管地电位 V_{ON} 和 V_{OFF} 状态的瞬时关电位一极化电位 V_{OFF} , 绘制成管地电位—管道距离曲线图, 通过分析该曲线图, 就可了解防腐层的大体状况保护大致情况。如果破损点的 V_{OFF} 电位低于最低保护下限- 850 mV, 那么该点会发生腐蚀。

2. 黄金管线保护状态评价

根据 CIPS 检测原理, 结合黄金管线 CIPS 检测数据进行黄金管线保护状态评价, 评价结果见表 5, 结果发现该管道有相当部分管段管道电位过高而未受到保护。

3. 新青管线保护评价

根据对黄金管线的评价原则, 对新青管线阴极保护情况进行分析。检测表明新青管线也存在部分管段电位过高而未受到保护, 评价结果见表 6。

CIPS 与 DCVG 相结合评价管道防腐层破损状况

1. 黄金管线腐蚀评价

表 7 列出了黄金管线部分管段防腐层缺陷综合检测结果。

表 5 黄金管线连续大面积防腐层缺陷统计管段分析	
管段(m)	判断依据: $V_{标准}$ (mV)
1030. 3~ 1047. 7	> 0, 最大为 9
1637. 1~ 1685. 8	> 0, 最大为 65
1835. 3~ 1999. 3	> 0, 最大为 42
2012. 3~ 2172. 1	> 0, 最大为 61
2672. 5~ 2727. 6	> 0, 最大为 48
3315. 1~ 11543. 0	> 0, 最大为 143
12874. 8~ 12891. 2	> 0, 最大为 57
24319. 3~ 24599. 6	> 0, 最大为 29
27149. 0~ 32959. 6	> 0, 最大为 153

注: CIPS 检测结果是均未受到保护。

表 6 新青管线连续大面积防腐层缺陷统计管段分析	
管段(m)	判断依据: $V_{标准}$ (mV)
7461. 8~ 7466. 2	> 0, 最大为 373
7655. 4~ 7721. 4	> 0, 最大为 637
7754. 4~ 7765. 4	> 0, 最大为 95

注: CIPS 检测结果是均未受到保护。

表 7 黄金管线部分管段防腐层缺陷管道腐蚀分析			
管段 (m)	DCVG 检测 $V_{标准}$	CIPS 检测 $V_{标准}$	腐蚀情况
964. 1	- 6	9	表面轻微腐蚀
1510. 2~ 1518. 1	- 152~ - 23	31~ 48	表面腐蚀
1522. 2~ 1526. 2	- 44~ - 19	41~ 43	表面轻微腐蚀
1530. 4~ 1532. 2	- 9	43	表面轻微腐蚀
2093. 8~ 2099. 1	- 50~ - 9	41~ 43	表面轻微腐蚀
4084. 7~ 4110. 2	- 138~ - 1	2~ 43	大面积连续腐蚀
5104. 5~ 5872. 0	- 21~ - 16	4~ 9	表面轻微腐蚀
6408. 5~ 7350. 2	- 33	9~ 12	腐蚀有锈迹
7506. 0~ 8744. 8	- 40~ - 4	19~ 43	连续腐蚀
9867. 0~ 10247. 0	- 50~ - 13	34~ 39	腐蚀有锈迹
11345~ 13578	- 108~ - 13	65~ 87	大面积连续腐蚀
14697. 7~ 16211. 0	- 25~ - 1	109~ 140	表面有麻点

2. 新青管线腐蚀评价

新青线部分管段防腐层缺陷综合检测结果见表 8 所示。

根据 CIPS、DCVG 结合评价原则, 结合 CIPS、DCVG 检测数据, 黄金管线未处于阴极保护范围的管道如果防腐层出现破损, 在破损处就很可能发生腐蚀。从黄金管线的开挖情

表 8 新青管线部分管段防腐层缺陷管道腐蚀分析			
管段 (m)	DCVG 检测 $V_{标准}$	CIPS 检测 $V_{标准}$	腐蚀情况
7461. 8~ 7466. 2	- 451~ - 16	75~ 373	连续大面积腐蚀
7666. 4~ 7675. 2	- 350~ - 6	112~ 637	连续大面积腐蚀
7758. 8~ 7761. 0	- 6~ - 4	87~ 95	连续腐蚀
7710. 4~ 7712. 6	- 11~ - 4	61~ 70	连续腐蚀

我国主要气区大中型天然气田未动用储量评价*

石油大学(北京)石油天然气成藏机理教育部重点实验室 刘小平
石油大学(北京)资源与信息学院 吴欣松 王志章 熊琦华

未动用储量的分布特征

截至 1999 年底(含克拉 2 气田),全国探明天然气(气层气) 23 525.82×10⁸m³,可采储量 14 619.61×10⁸m³。而未动用天然气(气层气)探明储量总计为 14 246.34×10⁸m³,其中,中石油集团公司为 10 130.00×10⁸m³,占 70.22%,其次为海洋石油总公司,为 2 778.0×10⁸m³,占 19.26%,原新星公司和中石化集团公司所占比例比较小。气层气未动用储量占整个未动用储量的 85% 以上,其分布较为集中,主要分布于长庆、塔里木、青海、川渝、及南海西部等五大气区。而溶解气的未动用储量所占比例小于 15%,而且分布零散,主要是在中石油集团公司所管辖的新疆、大庆、大港、辽河等油气区。从未动用程度规模分析,规模较大的大中型气田(未动用储量大于 50×10⁸m³)有 34 个,累计有未动用储量 10 290.5×10⁸m³,占整个未动用气层气储量的近 88.78%。这 34 个气田中,除少数分布于东南沿海海域外,其余集中分布于陆上中西部地区。

未动用储量的分类评价

1. 评价对象

鉴于我国天然气未动用储量主要分布于中西部地区的大中型气田中,本文评价对象选定我国中西部地区未动用储量大于 50×10⁸m³的 21 个气田,它们分布在鄂尔多斯、四川、塔里木、柴达木、准噶尔、吐哈等盆地(表 1)。本次评价所用资料截止 1999 年底。

2. 评价标准

对于天然气未动用储量的评价主要是从储量规模、储量

表 1 我国中西部天然气未动用储量主要分布表

气 区	气 田
川渝	温泉井、冯家湾、渡口河
长庆	长庆气田、长东
青海	涩北一号、台南、涩北二号、南八仙
吐哈	温吉桑、丘东
塔里木	羊塔克、吉拉克、英买 7 号、牙哈、塔中 6、玉东 2、和田河、克拉 2
新疆	克拉玛依、莫北

丰度、绝对渗透率、千米井深日产量、气藏埋深、压力系数等六个指标进行,评价标准参照《天然气储量规范》和《天然气分类标准》,具体标准如表 2。

3. 评价结果

根据上述评价标准,从 6 个方面单项指标分析,我国中西部地区 21 个未动用储量较大的气田,其未动用储量具有如下特征:

(1) 特大型气田数量虽然少,但是却拥有一半以上的未动用地质储量。

在 21 个气田中,中型气田 14 个,占 2/3,大型和特大型气田 7 个,占 1/3。特大型气田只有 2 个,即长庆和克拉 2 气田。位于塔里木盆地库车坳陷的克拉 2 号气田,2000 年申报探明含气面积 47.1 km²,天然气地质储量 2 506.1×10⁸m³,目前还没有动用。位于鄂尔多斯盆地的长庆气田探明含气面积 5 316.8 km²,探明地质储量 3 285.23×10⁸m³,目前未动用地质储量 2 415.73×10⁸m³。这两个特大型气田合计未动用储量 4 921.83×10⁸m³,占 21 个气田总未动用储量的 55.12%。而 19 个大型和中型气田的未动用储量 4007.34

况来看也充分说明了这一点,黄金管线的腐蚀程度比新青管线更加严重,全线防腐层质量较差。新青线的防腐层破损较少,但绝缘性能较差。同时,由于部分管道未受到阴极保护,也很可能发生腐蚀。

结 论

1) 从 CIPS、DCVG 的检测结果及现场开挖验证结果可知,应用的现场防腐检测方法科学、准确;

2) 为避免管道发生大面积的腐蚀,有必要对管线进行更为仔细地防腐检测,并对部分管道进行开挖修复,以保证输气管道的长期正常运行;

3) CIPS 与 DCVG 检测相结合评价管道防腐层状况的方法,克服了单一检测方法难于准确评价管道防腐层缺陷的不足,为准确评价管道的腐蚀状况提供了有效的手段。

(收稿日期 2002-02-22 编辑 黄君权)

* 本文为国家“九五”攻关项目“中国大中型气田勘探开发研究”(项目编号:99-110-07)的部分研究成果。

作者简介:刘小平,1971 年生,石油大学(北京)在站博士后;主要从事油气成藏机理与分布规律研究。地址:(102249)北京市昌平区水库路石油大学盆地中心。电话:(010)89733707 转 813。