

天然气长输管道伴行光缆检测方法研究

刘 宁 罗 茜 韩永垚 李曼琳

(国家管网集团西气东输公司湖广输气分公司, 湖南 长沙 410000)

摘 要:天然气管道的地下伴行光缆是天然气管道系统实现远程控制和数字化管理的基石, 其安全性至关重要。但由于光缆本身抗冲击能力较弱, 一旦存在违法施工或施工不规范现象, 就极易发生光缆损失甚至断缆事件。本文旨在通过光缆检测技术, 同时结合光缆开挖验证及预埋试验, 研究光缆检测方法、参数设置及检测精度影响因素, 形成一套相对可靠的光缆检测方法。

关键词:光缆埋深及走向检测; 参数设置; 检测精度; 开挖验证; 影响因素

0 前言

天然气管道的伴行光缆是现代化管道完整性系统的重要组成部分, 利用光纤通信可以实现 SCADA 系统的数据采集和远程监控功能。伴行光缆一旦受损, 可能会导致通讯中断, 从而使调控中心失去对整个管道系统的掌握, 甚至延误对突发事件的控制, 造成严重后果。随着城乡建设发展速度加快, 沟渠清淤、新建道路、农田改造等机械开挖工程逐年增多, 对管道光缆安全构成一定威胁, 而保证伴行光缆安全的首要条件就是要全面、动态掌握埋深、位置等基础数据。因此, 对光缆位置及埋深数据的集中收集和统筹测量显得极为重要。

1 工作原理

光缆是用以实现光信号传输的一种通信线路, 以一定数量的光纤按照一定方式组成缆芯, 6 跟束管围绕 1 根金属芯, 光缆外包层内有金属护铠, 如图 1, 使里面纤芯受到保护, 具有抗压抗拉性, 防鼠咬虫蛀。

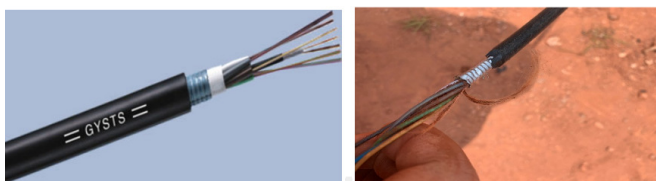


图 1 光缆结构

此次研究选用的检测工具有雷迪 8100 管线探测仪、夹钳等。

1.1 夹钳法发射系统工作原理

RD8100 管线探测仪根据电磁感应相关原理, 以地下管线与附近其他介质的导电性和导磁性差异为主要物性基础。由发射机产生电磁波, 在地下光缆金属芯或护铠表面产生相应感应电流, 周围产生交变电磁

场。当探测仪接收机在地面探测时, 会在地下光缆正上方的地面接收到电磁波信号, 通过接收到的信号强弱变化, 达到探测光缆走向、位置与埋深的目的。

1.2 直连法发射系统工作原理

当在光缆的金属芯或护铠上施加某一特定频率电流信号, 激励信号从发射点开始向两侧传输, 由于光缆与地面之间存在分布电容和防腐层电阻, 电流信号强度也会随着传输距离的变长而呈现缓慢的指数衰减趋势。

1.3 接收系统工作原理

当光缆的金属加强芯或护铠受到激励信号产生与电流相对应的磁场后, 所施加信号在远端通过大地返回到发射机接地端, 从而形成回路。这时在光缆上方手持接收机能检测到经加强芯或护铠传送的信号, 通过对信号的追踪和采集, 测绘出各处的电流强度, 便可以对光缆路线定位和深度测量。

2 常用的测量方法

RD8100 管线探测仪探测方法根据发射机连接模式的不同, 方法共有两种, 分别为: 直连法、夹钳法。

2.1 夹钳法

夹钳法是将 RD8100 探测仪配套带有环形磁芯的夹钳 (亦称耦合环) 一端与发射机连接, 另一端套至光缆上, 如图 2、图 3 所示。

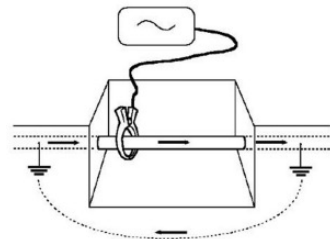


图 2 夹钳法示意图



图3 夹钳法光缆检测现场图

2.2 直连法

直连法是将发射机直连线的正极直接连接到要探测的金属加强芯上，负极通过地棒接地，并且方向要垂直于管线走向，如图4所示。

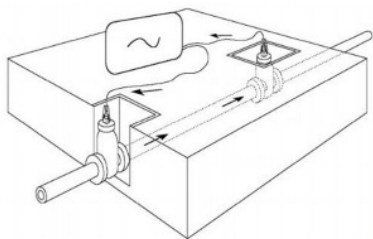


图4 直连法示意图

2.2.1 光缆测试桩直连法

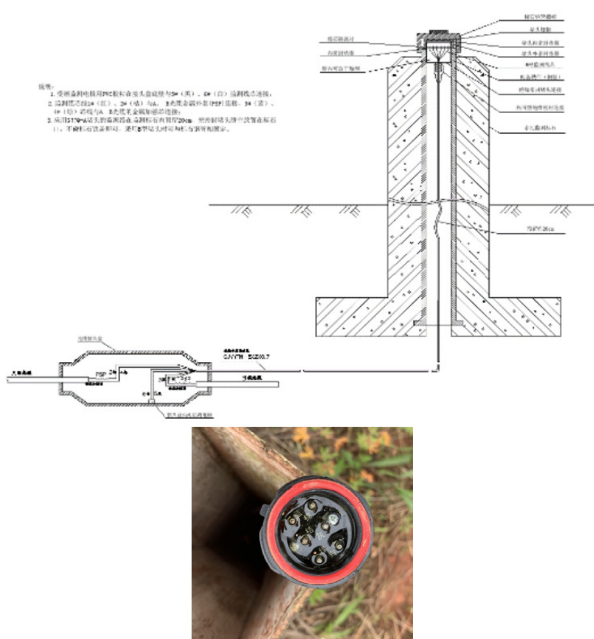


图5 光缆测试桩图纸及现场实际图



图6 光缆测试桩直连法检测现场设备连接图

研究现场实际情况为每隔2km会设置一个光缆测试桩，光缆测试桩内有6根监测线芯，颜色分别为黑

(灰)、白、红(棕)、桔、蓝、绿。具体连接情况如图5-图7所示。

2.2.2 阀室机柜直连法

如图7，阀室机柜间内有光缆加强芯露出，并进行了缠绕固定，可直接将发射机与机柜内金属加强芯进行连接，从而实现光缆检测的目的。



图7 阀室机柜内直连法检测现场图

3 光缆检测方法对比分析及参数设置

3.1 光缆检测方法对比

通过整理夹钳法与直连法的现场试验数据，发现两种检测方法差异较大，优缺点明显。

3.1.1 夹钳法特点

以往光缆检测中较多采用夹钳法，但是夹钳法有以下不容忽视的局限性。

HD076-HD077夹钳法电流值分布曲线图

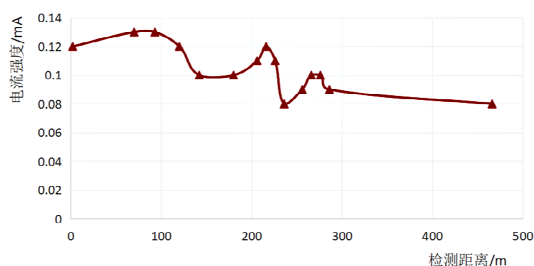


图8 HD076-HD077 夹钳法电流值分布曲线图

HD129-HD132夹钳法电流值分布曲线图

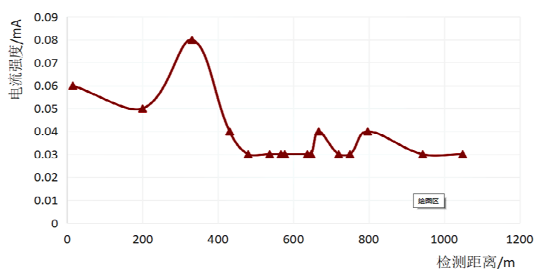


图9 HD129-HD132 夹钳法电流值分布曲线图

①通过耦合夹产生在光缆加强芯内的感应电流值很小，通常在0.03mA-0.15mA之间，随着检测距离的增加，电流衰减快，相应的检测距离较短，如图8、图9；②夹钳法需要进行开挖找到光缆或者手孔井，耗时较长，耗费人力，并可能会涉及到相关费用支出，如人工费用及青苗补偿费用；③夹钳法也容易将信号耦合

到相邻管线中,虽然较感应法影响小,但仍然会影响探测精度。通过现场开挖验证,夹钳法检测精度较低,误差通常在 21%~62% 之间,平均误差为 40%,误差值较大,如图 10。

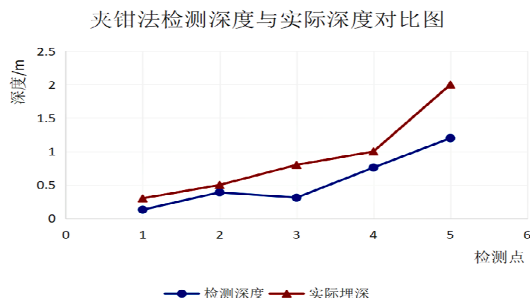


图 10 夹钳法检测深度与实际深度对比图

3.1.2 直连法特点

①直连法不易产生干扰信号,产生在光缆加强芯内的电流强度更高。如图 11~ 图 13,为采用不同直连方式在不同管段的电流值曲线图;②随着检测距离的增加,电流衰减与夹钳法相比较慢。如图 14,为直连法下检测距离与电流值关系。

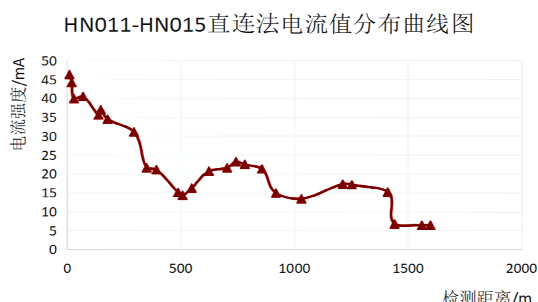


图 11 HN011-HN015 直连法电流值分布曲线图

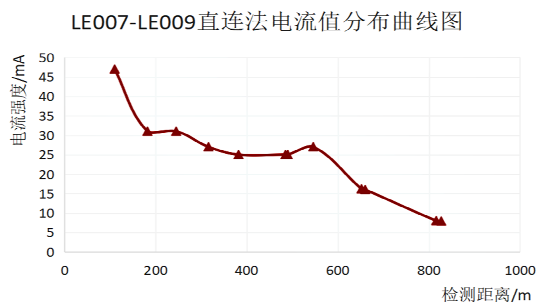


图 12 LE007-LE009 直连法电流值分布曲线图
阀室直连法电流值分布曲线图

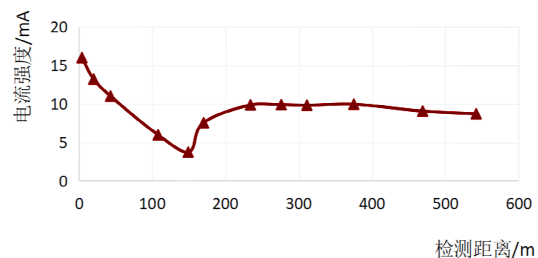


图 13 阀室直连法电流值分布曲线图

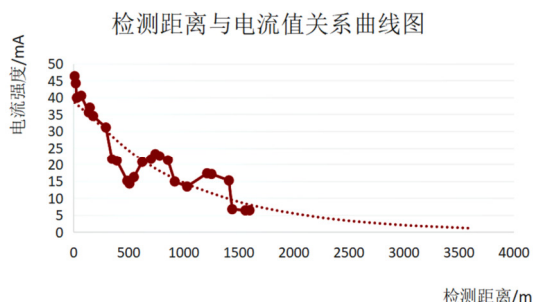


图 14 检测距离与电流值关系曲线图

通过以上数据进行分析,直连法电流强度及检测距离优势都远高于夹钳法,同时结合开挖验证,直连法检测精度更高,故采用直连法检测光缆更为准确。

3.2 光缆检测参数设置

为了优选出检测光缆最准确的参数设置,开展了光缆预埋试验,将光缆分别埋至 0.3m、0.5m、0.8m、1m 深度进行探测试验,并将试验数据进行汇总分析。

通过分析不同频率下的检测值与实际埋深值对比,直连法检测光缆的最优参数为 8kHz 或者 33kHz,平均误差值均在 3% 以内,考虑到高频易耦合激发出其他线缆电流,可能导致检测假象的出现,光缆检测最优参数选择为 8kHz。如表 1 所示。

表 1 直连法下不同频率检测精度对比分析

频率	实际埋深 0.3m	误差比	实际埋深 0.5m	误差比	实际埋深 1m	误差比	平均误差
512Hz	0.29	3%	0.47	6%	/	/	4.5%
640Hz	0.29	3%	0.45	10%	0.81	19%	10.7%
4kHz	0.29	3%	0.48	4%	0.92	8%	5%
8kHz	0.29	3%	0.48	4%	0.99	1%	2.67%
33kHz	0.29	3%	0.49	2%	1	0	2.5%
65kHz	0.29	3%	0.46	8%	0.96	4%	5%

4 结论

随着城镇的快速发展,第三方施工日渐增多,对管道光缆的威胁日益加剧,及时掌握光缆的埋深与走向,对于保护光缆具有重要的意义,本文通过分析了光缆检测的工作原理,介绍了直连法与夹钳法两种检测方法的特点与优缺点分析,根据对比分析确定了直连法为相对精度较高的检测方法,结合光缆预埋实验综合分析确定出光缆检测的最佳频率,为后续开展光缆检测工作提供了参考。

参考文献:

- [1] 刘振华. 地下金属管线探测与数据库建设实践研究 [J]. 世界有色金属, 2021(03):229-230.
- [2] 吴瑞琰. 光缆与油气管道同沟敷设应用实践 [J]. 油气储运, 2011,30(7):547-549.