

关于河流穿越水下天然气管道埋深非开挖检测技术

胡瑞南（江西省天然气投资有限公司，江西 南昌 330000）

摘要：河流水下天然气管道位于河流下方，铺设较深，具体检测期间，采取传统方法难以完成相应检测工作，针对这一现象，为了做好检测工作，判断天然气管道运行情况，要加强对非开挖检测技术的探究与应用，做好检测工作，为天然气管道运行稳定提供支持。下面，以水下天然气管道非开挖检测技术为切入点，依据工程实例，针对该项技术的应用进行了探究，希望文中内容对相关工作人员能够有所帮助。

关键词：河流穿越；非开挖检测；水下天然气管道；水上检测

管道长距离铺设必然会穿越河流、湖泊，铺设完成后，受水流长期冲刷、采砂、清淤等自然条件和人为因素影响，导致事故隐患。目前，采用常规的雷迪检测设备仅可对埋深较浅的河流区域实现检测，而对于大、中型河流穿越，由于水面较宽、河水较深等原因，常规检测设备不满足检测要求，不能对管道全面检测。

1 水下管道非开挖检测技术

该项技术在具体应用时就是采取人工方式，电磁与声呐等各项设备，完成对水下埋深处管道情况的监测，以及性能的精准评估，确定水下管道运行时存在的安全隐患。采取人工与机器视觉方法开展检测作业时，主要采取人工或机器人方式检测水下管道是否出现了腐蚀、磨损、裂缝等形式损坏情况的检测，然后依据实际反馈结果，采取与需求相符的维护方式进行处理。电磁、声呐设备在应用期间主要是通过向待测水下管道发射信号，信号在管道内传输，管道状态能够在调制信号中体现，收集被测信号，分析管道运行状态，通过分析结果，为后续维护保养工作开展提供支持。

2 待检测管道概况

公司某支线 17#-18# 桩河流穿越段位于某省某市某村，其为非通航河道，通过对河道的进行测量可以确定，三处河道宽分别为 140m、110m、80m，穿越管段管道材质采用的为 L360 高频焊钢管，规格为 $\Phi 355.6\text{mm}$ ，壁厚为 8.0mm，设计压力 6.3MPa。管道运行期间，为了确保铺设的管道运行稳定，避免发生事故，针对管道外部防腐层采用环氧粉末防腐，通过牺牲阳极方法，实现对管道的保护，避免管道遭受腐蚀，影响后续应用。

3 非开挖检测工作探讨

3.1 检测内容

本次检测作业开展时的工作内容主要体现在以下

几个方面：①做好现场踏勘作业，针对现场资料进行收集，加强相应整理工作；定位河流穿越管道，做好相应测绘作业；②检测管道覆土层后，在管道两侧各 30m 处，进行河床等高线测绘作业；在河岸两侧 100m 陆地管道进行埋深检测；③在河岸两侧 100m，开展陆地管道敷设环境调查、阴极保护、防腐层破损情况等各项内容检测。

3.2 检测方法

3.2.1 陆地检测

开展陆地检测作业时，要提前做好准备工作，后续陆地检测作业，依据制定方案开展。探测陆地管径时采用 RD8000 接收机，完成对管道走向与埋深信息的精准探测，做好观测点标记，埋深、坐标、GPS 坐标等各项信息，两个连续记录点距离要控制在 3m 以内，采用 RTK 移动站观测 GPS 坐标，完成数据采集。针对埋深未达到设计规范管道，为了做好检测工作，保证获取的数据精准，要适当加密测点，并且要拍照、描述管道两侧 30m 以内的各个标识桩、建筑物等信息，3.2.2 水上检测

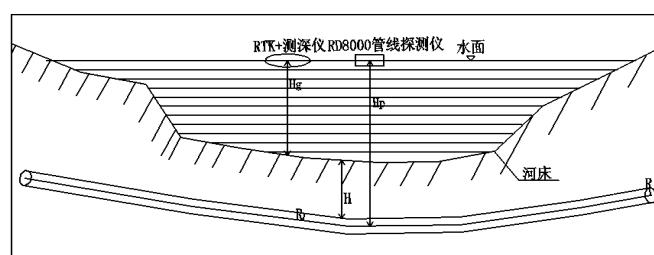


图 1 水下穿越管道河床测绘示意图

水上作业开展具有特殊性，开展管道测量时，水上检测作业与陆地检测存在不同。检测人员在工作开展时，先将探测仪探头与 RTK 移动站连接在一起，固定在船上，调整发射机，让发射机频率处于最佳状态，通过对探管仪 RD8000 接收机进行应用，明确管道中

心位置，实现对管道埋深的精准探测；明确管道位置后，通过 RTK 进行应用，瞬时定位管道位置。工作人员通过手段方式，记录点号与点号对应管道的埋深，采用 RTK 定位测量同时，通过对测深仪进行应用，可以自动测量该处水深。水上检测作业期间，水下穿越管道河床测绘示意图如图 1 所示。

利用 GPS-RTK 与数字测深集成技术进行水下地形测量作业开展步骤如下：第一，全面收集各穿越断面竣工资料，以及已知控制成果，依据获取资料，制定出一套符合需求检测方案。第二，在岸上架设发射动态影像仪和低频电磁信号探管系统发射机，通过对对其进行利用，发射信号，采用双头接地或跨江电缆，确保被检测管道信号强度可以超过 100mA，而且在检测期间能够保持稳定。第三，将探测仪安装在非铁制船体上，连接探测仪与 GPS 移动站，调试信号，利用探测管系统导航，确保船体位于带检测管道上方，需要多次对水深情况进行测试，获取河流河床剖面。第四，如果待测区域内的河流航道较为繁忙，可以通过对机动船进行应用，对安装好测量仪器的非铁制船，在水面上开展测量作业。第五，针对水深不足 0.5m 探测仪盲区，为了确保探测全面，不会出现遗漏情况，针对盲区在检测时，可以采取人工补测方法开展，检测人员通过对移动站和测量杆完成对河床高程信息的全面采集，补测高程点间距要控制在 1m 以内。

3.2.3 超过 30m 水深的水上检测

针对水深超过 30m 穿越段，开展管道检测作业时，通过对安装在船上的接收机进行应用，难以确定管道埋深和位置，在这一情况下，要采用水下天线，开展超出 30m 水深的水深检测作业时，尽量采用低频，大输出功率发射信号。具体作业时应用方式如下：第一，作业人员将水下天线电缆插入接收机附件接口，在长非金属吊杆上固定天线，适当降低，让其位于河床上。第二，负责控制水下天线的操作人员在工作开展时，依据操作接收机人员指示，实现对管线情况的全面跟踪。第三，明确水下管线具体埋深和位置，在此基础上，与 GPS 进行配合，精准记录坐标位置。第四，负责操作船支的人员必须具有丰富工作经验，确保船支稳定，做好检测工作。

3.2.4 数据分析与补测

完成检测作业后，工作人员要分析与处理数据，在这一过程中，需要剔除其中存在的异常、无效数据，明确有效检测点，保证设定的检测点数量符合要求。

针对获取数据中存在的异常数据或无效数据，要在检测现场开展补测作业，具体补测时，要依据水上检测步骤进行，保证经过补测后，获取的数据准确无误。

3.2.5 阴极保护有效性检测

通过对本次项目检测情况进行分析可以确定，检测距离短，测试桩少，采取牺牲阳极法进行保护，为了确保检测的合理性，决定采用极化探头法。利用试片断电法测量断电电位，针对测试桩位置，利用试片断电法完成对断电电位的精准测量，试片极化时间不得短于 24h，完成上述作业后，统计分析断电电位。为了发挥出阴极保护作用，要做好如下工作：第一，在管道附近埋设极化片，如果具体作业开展时，开挖难度大，应当确保极化试片或测试探头埋深 50cm。第二，采用试片充分极化，将数据记录仪安装在管道、试片和参比电极之间。第三，对于采用的数据记录仪，要做好设置工作，通电 9s，断电 1s；断电电位延迟采集时长 0.15–0.20s；采集频率为 1s 采集 1 次。

3.2.6 后期数据处理

开展后期数据处理时，工作人员将手持智能终端在运行过程中采集到的陆地数据，船载计算机中采集水上检数据、差分全球定位系统采集的基准点坐标信息全部输入计算机内，利用数据处理软件编辑各项数据，应用坐标系统筛选与处理数据，选择符合需求比例尺，通过计算与分析后，将信息输入 CAD 绘图软件中，最终形成被检测管道剖面、平面效果图，完成分析作业。

3.3 穿越段检测概述

3.3.1 敷设环境

公司某支线 17#–18# 桩河流穿越段长度约 140m、110m、80m，管道穿越南岸为荒地；管道穿越北岸为荒地和山地，两侧 30m 范围内有 5 处构筑物；管道上方无占压，管道两侧 5m 内不存在违章构筑物。支线 17#–18# 穿越段检测时第一个鱼塘最大水深 3.01m，第二个鱼塘最大水深 2.05m，第三个鱼塘最大水深 1.86m。检测作业要在晴朗天气下开展，而且不得通航。

3.3.2 检测结果

17#–18# 穿越段检测作业的具体工作开展内容情况如表 1 所示。

表 1 17#–18# 穿越段检测工作

施工项目	长度 (个数)	情况描述

穿越管道测绘及埋深检测	653.97m	17#-18# 桩河流穿越段陆地管道埋深均大于 0.8m；穿越段不存在露管段，在第一个鱼塘内埋深小于 1.3m 共计 2 处，长度共计 40.83m，最小埋深为 1.04m。
防腐破损点检测	653.97m	1 处破损点，DB57，土壤电阻率 $62.8\Omega \cdot m$ ，埋深 2.54m，腐蚀活性测试电流流出
阴极保护有效性检测	2 个	3# 测试桩位置处通电电位最大值：-1.1V，通电电位最小值：-1.447V，断电电位最大值：-1.056，断电电位最小值：-1.094V，保护率为 100%，情况如图 3 所示。 4# 测试桩位置处通电电位最大值：-0.872V，通电电位最小值：-1.194V，断电电位最大值：-0.904，断电电位最小值：-1.008V，保护率为 100%，情况如图 4 所示。

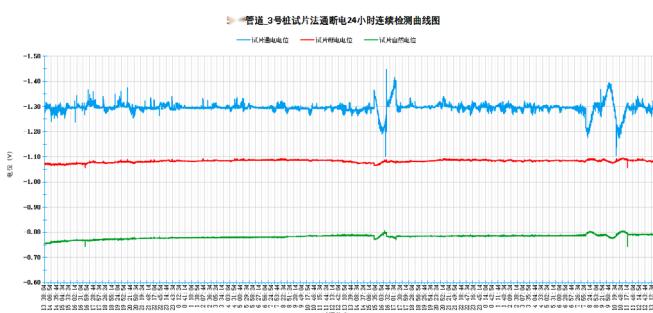


图 3 3# 牺牲阳极电位测试桩电位检测图

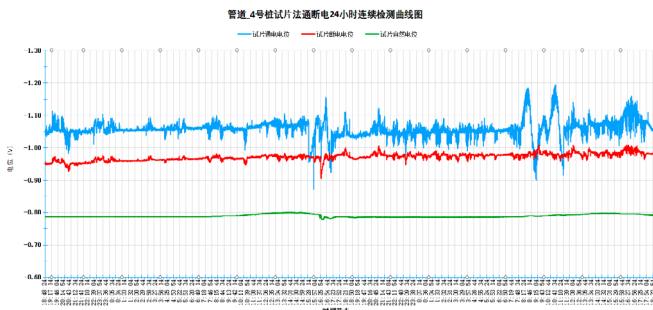


图 4 4# 牺牲阳极电位测试桩电位检测图

3.3.3 检测穿越段埋深与高程

针对河床段管道，采取直埋方式敷设，具体检测管道长度 653.97m，检测开展时，由北向南进行。穿越段检测作业开展时，为了保证检测顺利开展，保证通过检测获取的每一项数据都精准无误，检测作业必须按照设计的起点和终点进行。

3.4 穿越段检测结论分析

通过对现场情况具体内容进行检测可以发现，布置在陆地区域内的管道深度都超过了 0.8m，按照 GB 50253-2014《输油管道工程设计规范》中的内容可以确定，管道埋深情况都符合设计规范要求，投入使用后，管道轻易不会出现问题，运行可以保持稳定。按照 GB 50423-2013《油气输送管道穿越工程设计规范》

及 GB/T 37369-2019《埋地钢质管道穿跨越段检验与评价》中相关内容进行分析可以明确，检测区域内穿越管段穿越类型为中型穿越，具体作业分析时，应当依据中型穿越设计规范进行，检测的管段所在区域无冲刷或疏浚水域，管道埋设时，最小埋设值不小于 1.3m，便可以满足运行要求，不会在后续管道运输后，出现严重安全问题。

通过对现场检测结果进行分析可以确定，17#-18# 桩穿越段并未出现露管段，第一个鱼塘内一共有 2 处埋深小于 1.3m，长 40.83m，其中一处最小埋深为 1.04m。

4 管理与维护管道的合理建议

对于管道在运行期间通过检测探查出的疑似破损点，明确其位置，结合 db 值、电流方向和土壤电阻等数据判断严重程度之后，第一时间采取符合需求的方式，完成破损点修复作业。结束修复后，要对经过修复后的管道性能进行检查，通过检查确定管道能够满足应用要求后，才能投入使用，若未达到要求，需要重新修复，直到管道通过检查，确定管道可以满足应用要求为止。

5 结语

检测水下管道无法采取开挖方式进行检测，因此，为了做好检测工作，要加强对非开挖检测技术的探讨，并且工作人员要不断总结作业经验，做好水下管道检测工作，及时发现问题，解决问题，保证水下管道可以稳定运行。

参考文献：

- [1] 陈邦杰. 市政给排水管网非开挖检测修复技术分析 [J]. 四川水泥, 2022(09):84-86.
- [2] 王伟楠, 刘英, 等. 城市管道病害非开挖检测评估与工程应用 [J]. 中国建筑金属结构, 2022(05):38-41.
- [3] 姜倩, 郑祥玉, 秦敬韩. 直埋供热管道泄漏及保温结构破损非开挖检测 [J]. 煤气与热力, 2021, 41(04):34-37+100.
- [4] 李杨. 城市排水管道非开挖检测及修复技术的应用研究 [J]. 建材与装饰, 2019(27):52-53.
- [5] 莫诚生. 埋地管道检测防腐层破损点与牺牲阳极包的辨别方法 [J]. 科技视界, 2019(19):198-201.
- [6] 岳利强. 城市排水管道非开挖检测及修复技术 [J]. 山西建筑, 2019, 45(02):110-111.
- [7] 秦硕, 陶文亮, 李黑龙江等. 我国埋地管道非开挖检测技术的发展现状 [J]. 现代化工, 2018, 38(02):222-226.