

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.14.025

# 管道电位探测技术用于城市暗涵排口溯源

周景, 程建远, 蒋羲, 张桂庆, 陈再  
(上海交通建设总承包有限公司, 上海 200136)

**摘要:** 南方某城区黑臭水体问题日益突出。控源截污是黑臭水体整治的前提和基础。为了实现控源截污,需对排口进行溯源。而该区路1和路2交叉口管线复杂,采用常规溯源方法如闭路电视监控系统、潜望镜检测等,易受管道和箱涵内水雾影响、耗时长、无法准确溯源到目标排口,而通过管道电位探测技术仅用3 d就溯源到了该路口3个目标排口(PW50、PW51和PW52),同时找出了PW51和PW52上游相连的检查井W3和W1。该方法明显比常规溯源法迅速有效,可为类似项目提供参考和经验。

**关键词:** 管道电位探测技术; 暗涵排口; 溯源

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)14-0142-04

## Application of Pipeline Potential Detection Technology in Tracing the Source of Urban Culvert Outlet

ZHOU Jing, CHENG Jian-yuan, JIANG Xi, ZHANG Gui-qing, CHEN Zai  
(Shanghai Communications Construction Co. Ltd., Shanghai 200136, China)

**Abstract:** The problem of black and odorous water in a district of a southern city is becoming more and more serious. Source control and sewage interception are the premise and foundation of black and odorous water treatment. In order to control the source and cut off the pollution, it is necessary to trace the source. However, the complicated pipelines at the intersection of road 1 and road 2 in the district, make it difficult to use conventional tracing methods, such as CCTV and QV detection technology, which are easy to be affected by the water mist in the pipeline and box culvert, take a long time, and cannot trace the target outlet accurately. It only took 3 days to find out the three outlets including PW50, PW51 and PW52 at the intersection by pipeline potential detection technology, and the upstream checking well W3 and W1 of PW51 and PW52 were found out. Compared with the conventional tracing method, it is more efficient and can provide reference and guidance for other similar projects.

**Key words:** pipeline potential detection technology; culvert outlet; trace the source

随着经济发展及城市化进程加快,南方某城区城市黑臭水体问题也日益突出。城市黑臭水体不仅损害了城市人居环境,也严重影响城市形象。针对黑臭水体问题,该区开展了一系列整治工程,主要包括河道整治、雨污分流、正本清源等项目。

目前,城市雨污水管网普遍存在错接和乱接,雨季大量的雨水进入污水管道,使得污水管道高水位和污水被稀释,难以满足污水处理厂运行要求;污水

通过雨水管从雨水排口直接排入河道,影响河道水质。大多数研究<sup>[1-2]</sup>指出,控源截污是黑臭水体整治的前提和基础,可有效阻止污水未经处理直排入河,达到整治黑臭水体的目标。为了实现控源截污,对地下管线和暗涵排口进行溯源至关重要<sup>[3-5]</sup>。一般来说,从排口开始往上游管道溯源是找出雨水和污水管网是否分离的关键步骤,因此排口探查是溯源的前提和基础。

1 排口溯源方法

1.1 闭路电视(CCTV)检测

CCTV 检测设备主要包括操作牵引车、摄像机、控制系统等,通过摄像机对管道内部实际情况进行录像,并把视频信息实时传输至控制系统,可以有效查明管道内部情况。

1.2 潜望镜(QV)检测

QV 检测设备主要包括主控器、摄像头和手提竿等,通过摄像机对管道内部进行拍摄,并把视频信息实时传输至地面主控机,可以长距离清晰地看见并记录管道内部的状况。

1.3 管道电位探测

图 1 为管道电位探测技术原理简图。

管道电位探测技术是利用直流电供电装置(电压根据现场试验来确定)向探测段管涵供电,通过水来传导电流,同时在管涵上方地面布设探测电极(电极间距一般为 0.5~2 m),来检测管涵周边电信号的一种方法。通常来说,探测段不存在排口时,电信号保持平稳,而存在排口时会出现异常电信号(电位值),并且越靠近排口,异常电位值越明显。此外,该技术还可以判断管涵与周边检查井的连通

性,通过导电性差异(电流值)来探测与已知排口上游相连的检查井。

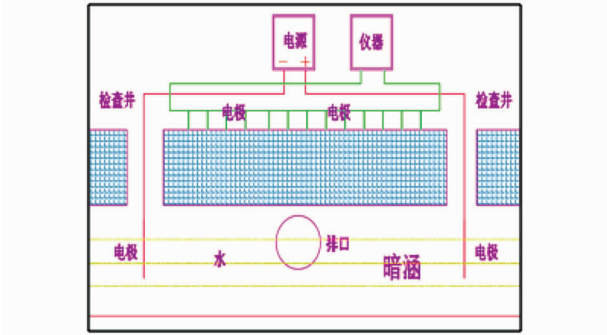


图 1 管道电位探测技术原理简图

Fig. 1 Schematic diagram of pipeline potential detection technology

1.4 3 种排口溯源技术比较

3 种排口探查技术<sup>[6]</sup>的比较见表 1。其中 CCTV 检测技术应用需管道无淤积、结垢、垃圾等,同时易受线缆、管道内雾气影响;QV 检测技术易受探测距离、管道内部环境的影响;管道电位探测技术需要在管涵有水的状态下进行,探测距离、管涵内环境等对探测结果影响不明显。

表 1 3 种排口溯源技术比较

Tab. 1 Comparison of three technologies for tracing the source of urban culvert outlet

| 项 目     | 优点                  | 缺点                                   | 适用范围                            |
|---------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| CCTV 检测 | 准确直观、操作简单、图像记录      | 易受线缆和管道内雾气、管道内淤积厚度和水位高、交通环境影响,辅助工作量大 | 管涵内必须是低水位且无障碍物,管涵直径需在 300 mm 以上 |
| QV 检测   | 准确直观、操作简单、携带方便、图像记录 | 易受探测距离和管道内部环境以及交通环境影响                | 管涵检测长度一般不超过 30 m                |
| 管道电位探测  | 准确率高、快捷和安全          | 不能检测金属材质管涵,不能检测无水的管涵                 | 管涵必须是非金属材质,管涵内需有足够的水            |

探查区域——南方某城区路 1 与路 2 交叉口交通环境复杂,探测暗涵属于非金属材质,暗涵内水位较高且水流湍急,前期采用 CCTV、QV 检测技术,易受暗涵内水雾影响,耗时长且效果不明显,花了半个月也没有准确地探查到目标排口。而管道电位探测技术因其具有探测准确率高、快捷和安全等优点,在城市暗涵排口探查中应用越来越广,因此,采用管道电位探测技术进行探查是十分重要和必要的。

2 研究区域

探查区域概况见图 2。该路口周边是高度建成区,路 1 两边有两条 4.4 m×2.2 m 的雨水箱涵,路 1 和路 2 两边各有两条 DN500 的污水干管于该路口交汇,此外该路口还存在多条 DN400~DN1 250 的

暗管。由于路 2 下是正在施工的地铁,该路口管线大多数迁改过,涉及单位较多,情况十分复杂,探查的目标排口位于交叉路口,排口上游大致走向为路 2 方向。

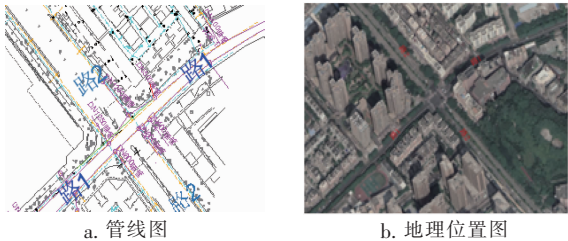


图 2 研究区域概况

Fig. 2 Overview map of the study area

### 3 探测过程

为了快速、准确地探测到目标排口,在探测前,根据前期排摸情况分析出目标排口的大致位置,然后进行试验以确定合适的电压和探测电极间距。

图3为管道电位探测技术在路1上布设测线图和管道电位探测技术现场工作照片。

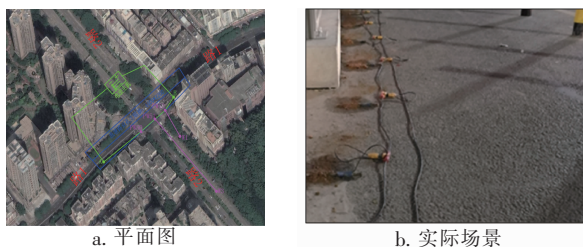


图3 管道电位探测技术测线布设

Fig.3 Pipeline potential detection line layout

A和B为探测段的两个检查井,通过直流电供电装置向这两个检查井内供电,向路1雨水箱涵中供电。从A检查井开始往B检查井方向布设测线,其中探测电极的间距为1 m,测线布设范围覆盖整个探测区域。由于每次测线长度的限制,因此采用分段探测方式来探测目标排口,从A点开始,先布设59个探测电极,探测电位值,探测完成后,继续向B点布设22个探测电极来进行剩余段的探测。探测电极间距会影响结果,在一定范围内间距越小,探测结果越准确。为了保证探测的准确性,探测过程中对某些异常区域进行加密测线,对异常点进行重复探测。

此外,探测过程中还将检查井A、B中的电缆线取出一条,并依次放置在目标排口上游可疑检查井中,并供电形成回路,同时检测该回路的电流值,通过与周边已知排口连通检查井电流值进行比较,并结合管线走向及前期排摸情况,来判断目标排口与上游检查井的连通关系。该探测过程从前期排摸到后期结果分析,仅耗时3 d。

## 4 结果与讨论

### 4.1 排口探测

图4为从起始点A井位往B井位方向探测的探测电位曲线图。距离A井位11 m和56 m处的电位值分别为 $-1.9$  mV和 $15$  mV,与它们周边的电位值相比较,均出现了明显的异常,可以初步判定该位置点与排放口位置相对应,分别标记出该位置点,并命名对应排口为PW50和PW51,同时对这两处电位值进行了复测,探测结果和这两处异常值相同,因此

可以判定这两处电位值突变点所在的位置为排放口PW50和PW51的位置。

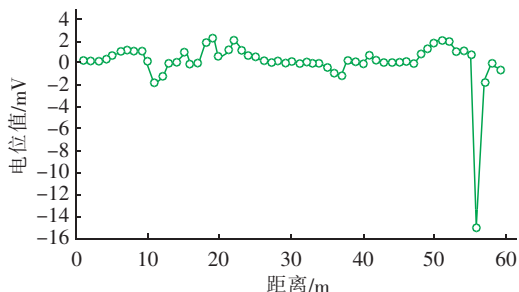


图4 管道电位探测技术前段探测电位曲线

Fig.4 Potential curve of the front section of pipeline potential detection technology

图5为靠近B井位的探测电位曲线图。距离起点17 m处的电位值为 $-30$  mV,与它周边的电位值相比较,存在明显的异常,初步判定该点所在位置为排放口位置,并标记出该位置点,并命名对应排口为PW52。同时对该处电位值进行了复测,探测结果和该位置异常值相同,因此可以判定该电位值突变点所在的位置为排放口PW52的位置。

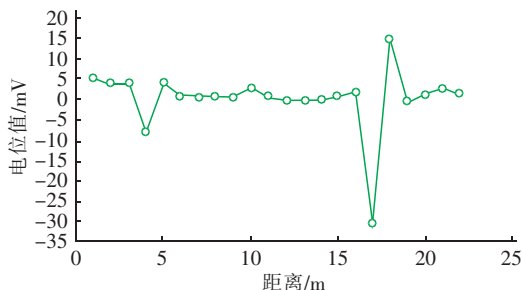


图5 管道电位探测技术后段探测电位曲线图

Fig.5 Potential curve of the back section of pipeline potential detection technology

### 4.2 连通关系

图6、7分别为检查井W3、W1与暗涵排口形成通电回路时的电流值变化曲线。

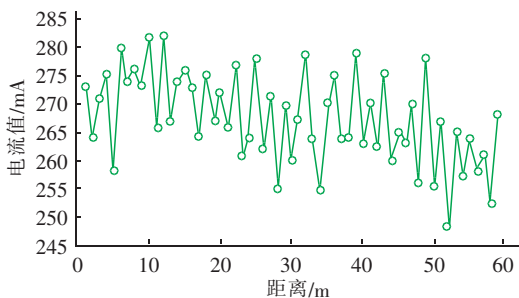


图6 检查井W3检测电流值

Fig.6 Test current value of inspection well W3



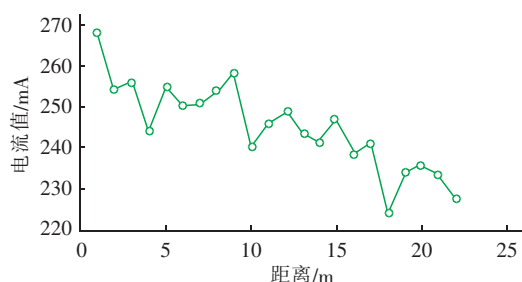


图7 检查井 W1 检测电流值

Fig. 7 Test current value of inspection well W1

由图6、7可以看出,检查井 W3、W1 检测时电流值分别在 270、245 mA 处波动,变化相对稳定且电流值与周边已知排口连通检查井电流值(300 mA)接近,因此可以得出检查井 W3、W1 与暗涵是相互连通的。由于排口 PW51、PW52 在检查井 W3、W1 内管道水流方向的延长线上,而它们周边可疑检查井检测电流值很小,与参考电流值(300 mA)差距较大,因此可以判断检查井 W3、W1 与排口 PW51、PW52 相互连通, W3、W1 为排口 PW51、PW52 上游连通的检查井。排口 PW50 没有发现相连通的检查井,可能是上游连通的检查井埋在路面以下,以致难以找到相关检查井,需要继续溯源。

## 5 结语

由于研究区域环境复杂,采用的 CCTV、QV 检测技术等易受管道和箱涵内水雾影响,耗时长,无法准确溯源到目标排口,而采用的管道电位探测技术快捷、高效和准确率高,仅用 3 d 就探明了某城区路 1 与路 2 交叉口上 3 个排口(PW50、PW51 和 PW52)的位置,同时也探测出了排口 PW51 和 PW52 上游相连的检查井 W3 和 W1。因此,因地制宜采用适合的检测技术,可以大大提高工作效率。

## 参考文献:

- [1] 邹伟国. 城市黑臭水体控源截污技术探讨[J]. 给水排水, 2016, 42(6): 56-58.  
Zou Weiguo. Discussion on pollution control technology of urban black and smelly water[J]. Water & Wastewater Engineering, 2016, 42(6): 56-58 (in Chinese).
- [2] 王少林. 城市黑臭水体整治中控源截污改善措施的思考[J]. 净水技术, 2017, 36(11): 1-6.  
Wang Shaolin. Consideration of the improvement measures for the pollutant source control in remediation of urban black and odorous water body[J]. Water

Purification Technology, 2017, 36 (11): 1-6 (in Chinese).

- [3] 罗蛟均,李威,朱明,等. 浅谈城区暗涵黑臭水体治理方法[J]. 中国资源综合利用, 2018, 36(8): 58-60.  
Luo Jiaojun, Li Wei, Zhu Ming, et al. Discussion on the treatment method of black and smelly water body of urban dark culvert [J]. China's Resources Comprehensive Utilization, 2018, 36(8): 58-60 (in Chinese).
- [4] 吴艳霞,杜海霞,吴慧芳,等. 黑臭水体原位修复技术研究进展[J]. 人民珠江, 2019, 40(7): 84-89.  
Wu Yanxia, Du Haixia, Wu Huifang, et al. Research process of in-situ restoration technology of black and odorous water [J]. Pearl River, 2019, 40(7): 84-89 (in Chinese).
- [5] 刘慧芝. 基于株洲市栗雨湖周边排水管网整治工程对控源截污的探讨[J]. 工程建设与设计, 2018(20): 126-127.  
Liu Huizhi. Discussions on the resource control and pollution interception based on the regulation works of drainage network around Liyu Lake in Zhuzhou City [J]. Construction and Design for Project, 2018(20): 126-127 (in Chinese).
- [6] 李田,郑瑞东,朱军. 排水管道检测技术的发展现状[J]. 中国给水排水, 2006, 22(12): 11-13.  
Li Tian, Zheng Ruidong, Zhu Jun. Development of sewer inspection and assessment technologies [J]. China Water & Wastewater, 2006, 22(12): 11-13 (in Chinese).



**作者简介:**周景(1983-),男,江苏南通人,大学本科,工程师,主要从事市政排水管网、水环境和城市黑臭水体治理等相关工作。

**E-mail:** 94387994@qq.com

**收稿日期:** 2019-07-22