

地下供水金属管线探测方法试验

Test on Detection Method of Underground Water Supply Metal Pipeline

黄喜才

Xicai Huang

哈尔滨市市政工程设计院有限公司 中国·黑龙江 哈尔滨 150001

Harbin Municipal Engineering Design Institute Co., Ltd., Harbin, Heilongjiang, 150001, China

摘要: 城市地下管线是城市赖以生存和发展的生命线, 地下管线的走向、埋深等主要参数是城市基础设施施工设计的必要条件。地下管线探测主要是以电磁法理论为依据。探测方法分为主动源和被动源方法。结合中国哈尔滨市江南主城区二次供水设施节水维修工程管线探测项目, 在施测现场对最佳收发距进行试验数据记录, 根据采集的数据进行整理分析, 绘制曲线图及制作误差分析表。根据误差表进行分析对比, 得出在最佳收发距之间的修正参数: $H\alpha = \frac{L-3\sqrt{L}}{L}$ 。

Abstract: Urban underground pipeline is the lifeline of urban survival and development, and the main parameters such as underground pipeline direction and buried depth are the necessary conditions for urban infrastructure construction design. Underground pipeline detection is mainly based on the theory of electromagnetic method. The detection methods are divided into active and passive source methods. Combined with the pipeline detection project of water-saving maintenance project of secondary water supply facilities in Jiangnan main urban area of Harbin, China, the test data of the best transmission distance was recorded at the test site, sorted out and analyzed according to the collected data, and the curve map and error analysis table were drawn. According to the error table, the correction parameter between the best sending and receiving distance: $H\alpha = \frac{L-3\sqrt{L}}{L}$.

关键词: 城市地下给水管线; 探测方法; 最佳收发距; 修正参数; 研究

Keywords: urban underground water supply line; detection method; best distance; correction parameters; research

DOI: 10.12346/se.v4i1.6411

1 概述

1.1 研究背景及意义

城市地下管线是城市中重要基础设施, 被视为城市的生命线, 由于许多城市老旧地下管网错综复杂, 档案资料管理很不完善, 常常引发管线爆破, 停水停电、人员伤亡等重大事故。据调查, 全国因施工引发的管线事故, 造成的直接经济损失达 50 亿元, 间接经济损失高达 400 亿元, 所以高精度、高准确的管线探测方法已成为减少和解决现状问题的首要任务。中国及其他国家对地下管线探测方法的研究范围比较广泛, 主要阐述普遍规律及方法, 针对性不强, 我们立足从生产实际出发, 通过地下管线探测项目, 反复试验, 总结出最佳收发距及管线埋深修正参数, 这样可以解决地下给水管线探测中的实际问题, 提高工作效率和探测质量。

通过使用这该项目成果探测的数据, 可以为施工提供地下管线精准的定位和准确无误的埋深, 在施工中可以快速准确地处理问题管线, 如自来水管线的漏点、煤气管线的泄露等, 从而降低管线维修给人民群众带来生活的困扰和生命财

产安全, 本项目研究成果符合中国地下管线智慧管网、三维管理、数字城市的需求, 具有良好的市场前景和显著的社会、经济效益。

1.2 主要研究内容及实施方案

1.2.1 拟解决的关键技术问题

①研发最佳收发距探测法。针对地下供水金属管线在不同介质中, 根据不同的管径、不同的埋深, 试验获得最佳收发距。②通过数据统计分析, 总结出管线节点埋深修正参数。

1.2.2 研究目标

①总结 RD8000 探测仪在不同介质中的最佳收发距。②通过数据统计分析, 总结出管线节点埋深修正参数。

1.2.3 实施方案

本项目拟在实际探测项目基础上, 对提高工作效率及精度进行的研究, 研发一种方法可以提高工作效率及精度, 确定方法的可行性及实用性。实施方案如下:

管线探测仪工作原理是对目标金属管线施加一定频率和适当强度的交变电磁场, 该目标管线与大地之间便有相应的

【作者简介】黄喜才(1975-), 男, 中国黑龙江大庆人, 本科, 从事工程测量(市政测绘)研究。

交变电流通过，该交变电流在其周围空间产生相同频率的交变电磁场，即在目标管线周围形成二次交变电磁场异常，用接收装置检测该异常，便能确定目标管线的位置及埋深，达到探测地下管线之目的。从这个特性出发，以接收距离与信号强度之间的关系，根据自来水管线埋深和常见管径规律，设置数据采集间隔。通过数据生成图表进行对比分析并得出结论，最后进行结论验证。

探测方法分为主动源和被动源方法，其中主动源法包括直接法、夹钳法。

①直接法主要利用地下管线露头，如阀门，检修井，各种表具箱等探测金属管线。方法原理为：发射机一端接到被查目标管线上，另一端接地，利用发射机将信号直接加到目标管线上，用接收机接收该信号并分析其信号特征，即能确定地下管线所处的位置^[1]，如图1所示。②夹钳法利用专用地下管线探测仪配备的夹钳，夹套在金属管线上，通过夹钳上的感应线圈把信号直接加到目标管线上，用接收机接收该信号并分析其分布特征，即能确定地下管线的所处位置。本次项目使用的就是以上两种方法，采用雷迪公司的探测仪型号为RD-8000，进行

数据采集、记录，根据信号强度和收发机距离等数据绘制曲线观察总结规律，并求得修正参数^[2]。

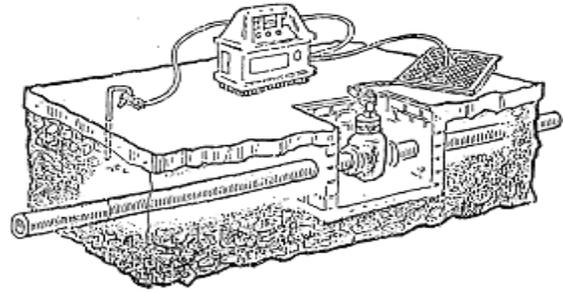


图1 地下管线探测示意图

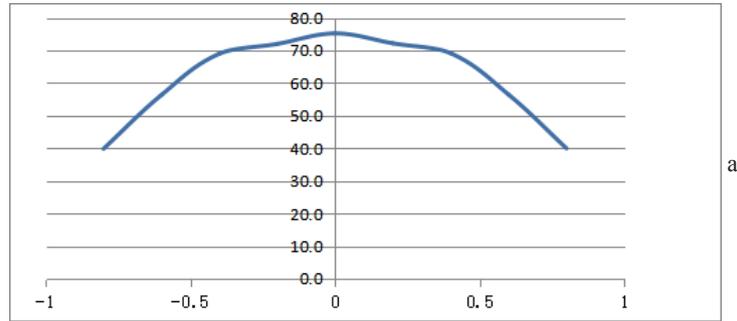
2 对最佳收发距的研究

结合中国哈尔滨市江南主城区二次供水设施节水维修工程管线探测项目，在施测现场对最佳收发距进行试验数据记录，根据采集的数据进行整理分析，绘制曲线图及制作误差分析表，其中一组试验数据记录表、曲线图、误差分析表如表1、图2、表2所示。

表1 试验数据记录表

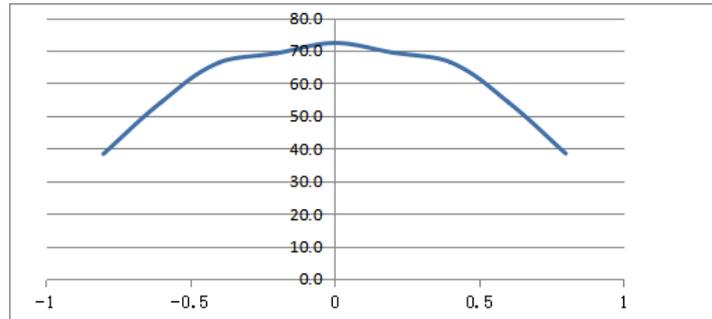
距离 单位: m	信号强度(管径: 100)埋深0.5~1.6m									
	左0.8	左0.6	左0.4	左0.2	峰值	右0.2	右0.4	右0.6	右0.8	
5.5	39.9	56.3	69	72	75.2	72.2	69.1	56.4	40	
5.8	38.3	54.2	66.3	69.2	72.3	69.4	66.4	54.3	38.4	
5.9	36.3	51.3	62.8	65.6	68.5	65.8	63	51.4	36.4	
6	35.4	53.1	71.1	83.8	89.2	83.6	71	52.9	35.2	
7	34.8	52.2	69.9	82.4	87.7	82.2	69.8	52	34.6	
8	33.7	50.6	67.7	79.9	85	79.7	67.6	50.4	33.5	
9	33.1	49.7	66.5	78.5	83.5	78.3	66.4	49.5	32.9	
10	32.1	48.1	64.4	76	80.8	75.8	64.3	47.9	31.9	
11	31	46.5	62.2	73.4	78.1	73.2	62.1	46.3	30.8	
12	29.8	44.7	59.9	70.6	75.1	70.4	59.8	44.5	29.6	
13	28.6	42.9	57.5	67.8	72.1	67.6	57.4	42.7	28.4	
15	27.7	41.5	55.6	65.5	69.7	65.3	55.5	41.3	27.5	
20	26.5	39.7	53.2	62.7	66.7	62.5	53.1	39.5	26.3	
25	25.6	38.4	51.5	60.7	64.6	60.5	51.4	38.3	25.4	
30	24.1	36.1	48.4	57.1	60.7	56.9	48.3	36	23.9	
35	22.8	34.2	45.7	54	57.4	53.8	45.6	34	22.6	
40	21.8	32.7	43.8	51.7	55	51.5	43.7	32.6	21.6	
45	33.4	50	67	79.1	84.1	78.9	66.9	49.9	33.2	
50	32.7	49	65.6	77.4	82.3	77.2	65.5	48.8	32.5	
55	32	47.9	64.2	75.7	80.5	75.5	64.1	47.7	31.8	
60	31.4	47	63	74.3	79	74.1	62.9	46.9	31.2	
65	30.9	46.3	62	73.1	77.8	72.9	61.9	46.1	30.7	
66	29.9	44.9	60.1	70.9	75.4	70.7	60	44.7	29.7	
66.1	28.7	43.1	57.7	68.1	72.4	67.9	57.6	42.9	28.5	
66.2	28.5	42.7	57.2	67.5	71.8	67.3	57.1	42.6	28.3	
66.3	28.1	42.2	56.5	66.6	70.9	66.4	56.4	42	27.9	
66.4	27.8	41.6	55.8	65.8	70	65.6	55.7	41.5	27.6	
66.5	21.2	31.8	42.6	50.3	53.5	50.1	42.5	31.7	21	
66.6	16	38.1	58.4	76.1	76.3	76	58.4	38.1	16.8	
66.7	15.2	36.2	55.5	72.3	72.5	72.2	55.5	36.2	16	
66.8	14.7	35	53.7	69.9	70.1	69.8	53.7	35	15.4	
66.9	14.4	34.3	52.6	68.5	68.7	68.4	52.6	34.3	15.1	
70	13.7	32.4	49.8	64.8	65	64.7	49.8	32.5	14.3	
有效距离6~66.5m										

5.5



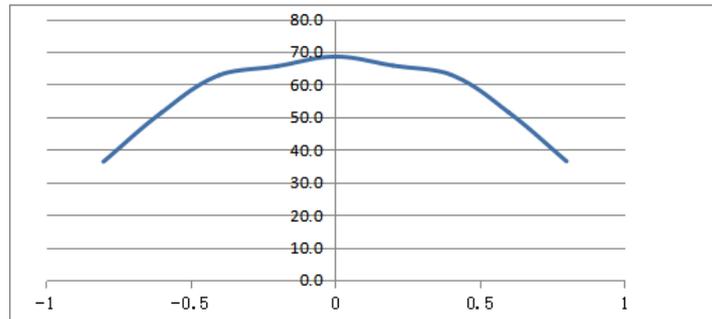
a

5.8



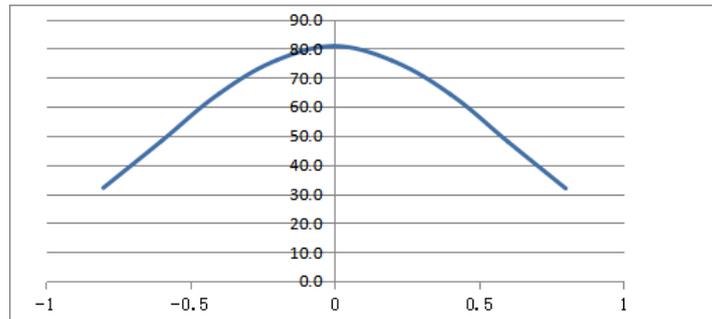
b

5.9



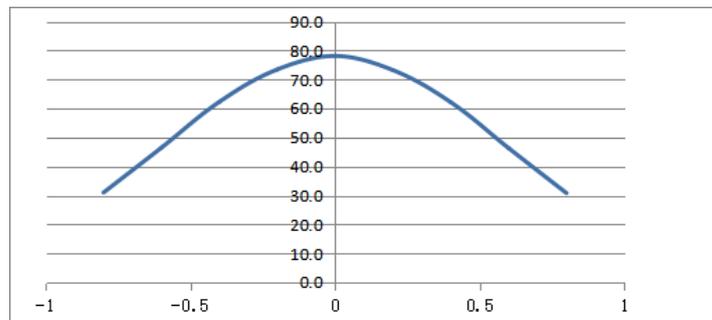
c

0



d

11



e

图 2 实验数据曲线图

注：图上方的数字为收发距离（基站与接收机距离）单位为：m。

表 2 误差分析表

管径#埋深#	φ 100	1.0~1.6m	管径#埋深#	φ 200	1.0~1.6m	管径#埋深#	φ 300	1.0~1.6m
收发距离	埋深误差 (最大0.15m)	平面位置误差 (最大0.1m)	收发距离	埋深误差 (最大0.15m)	平面位置误差 (最大0.1m)	收发距离	埋深误差 (最大0.15m)	平面位置误差 (最大0.1m)
6	-0.065	0.01	6	-0.062	0.04	6	-0.064	0.02
7	-0.056	0.03	7	-0.054	0.02	7	-0.055	0.02
8	-0.054	0.02	8	-0.058	0.04	8	-0.051	0.03
9	-0.044	0.02	9	-0.045	0.02	9	-0.047	0.03
10	-0.038	0.03	10	-0.034	0.01	10	-0.038	0.02
11	-0.031	0.02	11	-0.036	0.03	11	-0.037	0.01
12	-0.035	0.05	12	-0.036	0.02	12	-0.033	0.02
13	-0.022	0.03	13	-0.026	0.01	13	-0.022	0.06
15	-0.028	0.04	15	-0.023	0.05	15	-0.026	0.05
20	-0.012	0.02	20	-0.016	0.04	20	-0.015	0.05
25	-0.002	0.06	25	-0.004	0.06	25	-0.006	0.07
30	0.003	0.05	30	0.006	0.05	30	0.004	0.07
35	0.007	0.05	35	0.006	0.07	35	0.005	0.07
40	0.016	0.05	40	0.013	0.07	40	0.017	0.06
45	0.012	0.06	45	0.013	0.08	45	0.016	0.09
50	0.018	0.09	50	0.017	0.06	50	0.019	0.09
55	0.025	0.08	55	0.021	0.07	55	0.026	0.08
60	0.024	0.07	60	0.025	0.08	60	0.027	0.09
65	0.026	0.06	61	0.028	0.09	61	0.025	0.09
66	0.025	0.09	62	0.027	0.09	62	0.025	0.08
66.1	0.026	0.09	63	0.025	0.08	62.1	0.024	0.09
66.2	0.028	0.08	64	0.024	0.09	62.2	0.196	0.08
66.3	0.022	0.09	64.1	0.029	0.08	62.3	0.245	0.09
66.4	0.168	0.09	64.2	0.025	0.09	62.4	0.211	0.1
66.5	0.183	0.09	64.3	0.024	0.08	62.5	0.263	0.14
66.6	0.344	0.14	64.4	0.275	0.09			
66.7	0.246	0.18	64.5	0.345	0.1			
			64.6	0.186	0.09			
			64.7	0.276	0.15			
			64.8	0.346	0.19			
	最佳收发距离:	6-66.3m		最佳收发距离:	6-64.3m		最佳收发距离:	6-62.1m
	有效收发距离:	6-66.6m		有效收发距离:	6-64.6m		有效收发距离:	6-62.4m

通过大量试验数据总结出最佳收发距规律如下^[3]:

- ①埋深 0.5~1.6m, 管径 (单位: mm) 50~600, 最佳收发距为 6.0~62.1m。
- ②埋深 1.6~2.4m, 管径 (单位: mm) 50~600, 最佳收发距为 8.0~46.2m。
- ③埋深 2.4~3.5m, 管径 (单位: mm) 100~600, 最佳收发距为 9.0~44.3m。

3 管线埋深修正参数的研究

根据误差表进行分析比对, 得出在最佳收发距之间的修正参数:

$$H_{\alpha} = \frac{L-3\sqrt{L}}{L}$$

实际埋深 = H_{α} + 探测埋深

公式推导如下:

假设 ΔH 与 L 的关系是:

$$\Delta H = \frac{L - CL^t}{L}$$

由 $y = a + bx$, 把 ΔH 转换成 $\ln(1 - \Delta H) = \ln C - (t - 1) \ln L$,

然后利用最小二乘法公式把所选取的数据点带入得:

最小二乘法公式:

$$\begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{bmatrix}$$

求得

$$C = 3 \quad t = \frac{1}{2}$$

所以

$$\ln(1 - \Delta H) = \ln 3 - \frac{1}{2} \ln L$$

即

$$\Delta H = \frac{L - 3\sqrt{L}}{L}$$

4 结论

4.1 主要研究结论

本项目研发出各种管线最佳收发距探测法,并根据误差表进行分析比对,得出在最佳收发距之间的修正参数:

$$H_{\alpha} = \frac{L-3\sqrt{L}}{L}; \text{实际埋深} = H_{\alpha} + \text{探测埋深}.$$

4.2 创新点

①研发出种管线最佳收发距探测法。

②根据误差表进行分析比对,得出在最佳收发距之间的修正参数:

$$H_{\alpha} = \frac{L-3\sqrt{L}}{L}$$

实际埋深 = H_{α} + 探测埋深

4.3 进一步研究建议

由于种种条件限制,项目虽取得了一定的研究成果,但仍有一些问题值得深入研究,还需在以下方面做进一步的深化:

①本项目研发的最佳收发距探测法,还需更多的项目进

一步完善。

②随着探测方法及探测仪器的发展,可对探测平面位置修正参数进一步研究。

5 结语

本项目严格按照技术设计书,进行试验,数据采集、分析,并得出结论,验证结论。针对地下管线探测效率低、精度差的问题,研发一种提高效率且能最大限度地改善精度的方法,可显著改善工作效率低、精度差的问题,降低生产成本,保障成果的精度对于处理管线爆裂、停水停电等问题能够提供准确的数据,快速准确的处理,减少人民群众生活的困扰,具有显著的经济社会效益。研发出新的探测方法及精度修正参数,为后续完善研究打下了坚实的基础。

参考文献

- [1] 刘子嘉,薛晓轩.城市地下管网物探方法分析与验证[J].测绘与空间地理信息,2015,38(12):12.
- [2] 陈谦,梁延广,王争明,等.提高管线探测水平分辨率的技术方法[J].中国煤炭地质,2008,20(9):3-5.
- [3] 张汉春,莫国军.特深地下管线的电磁场特性分析及探测[J].地球物理学进展,2006,21(4):4.

(上接第94页)

6 结论

①四棵树凹陷总共经历了晚海西一印支期、燕山期、喜山期三期构造运动,其中喜山末期构造运动影响较大。受盆地整体升降过程影响,整体沉积演化过程表现为:晚二叠纪湖相—三叠纪扇三角洲—侏罗纪辫状河三角洲—早白垩纪扇三角洲。

②准噶尔盆地南缘四棵树凹陷下组合侏罗系八道湾组、头屯河组发育辫状河三角洲沉积体系,其中八道湾组发育南、北两大物源体系,主要为辫状河三角洲前缘亚相;头屯河组发育南、北两大物源体系,南部山前高泉地区、固尔图地区发育辫状河三角洲平原亚相,向北发育辫状河三角洲前缘亚相;白垩系清水河组发育扇三角洲沉积体系,以南物源为主,山前带主要发育扇三角洲平原亚相,远端斜坡区发育扇三角洲前缘亚相。

参考文献

- [1] 陈新发,支东明,王小军,等.准噶尔盆地典型油气田油气藏(南缘分册)[M].北京:石油工业出版社,2018.
- [2] 何海清,支东明,雷德文,等.准噶尔盆地南缘高泉背斜战略突破与下组合勘探领域评价[J].中国石油勘探,2019,24(1):137-146.
- [3] 邵雨,李学义,杨迪生,等.准噶尔盆地南缘新生代构造特征及演化[M].北京:科学出版社,2016.
- [4] 李学义,邵雨,李天明.准噶尔盆地南缘三个油气成藏组合研究[J].石油勘探与开发,2003,30(6):32-34.
- [5] 方世虎,郭召杰,宋岩,等.准噶尔盆地南缘侏罗纪沉积相演化与盆地格局[J].古地理学报,2005,7(3):347-356.
- [6] 鲍志东,刘凌,张冬玲,等.准噶尔盆地侏罗系沉积体系纲要[J].沉积学报,2005,23(2):194-202.