

Cable Detection Technology Based on Electromagnetic Method and Its Application in Electric Power Communication Network

Liyan Huang¹, Ming Wang², Yujin Li³

¹State Grid Tianjin Electric Power Corporation Economic and Technology Research Institute, Tianjin

²China Energy Engineering Group Tianjin Electric Power Design Institute Co., Ltd., Tianjin

³State Grid Tianjin Chengnan Electric Power Supply Company, Tianjin

Email: 12979850@qq.com

Received: Sep. 30th, 2016; accepted: Oct. 21st, 2016; published: Oct. 24th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

This paper introduced the common underground pipeline detection technology, and then introduced the cable detection technology based on electromagnetic method, finally proposed the application in electric power communication network.

Keywords

Electromagnetic Method, Cable Detection, Electric Power Communication Network

电磁法光缆探测技术及其在电力通信网中的应用

黄丽妍¹, 王明², 李玉进³

¹国网天津市电力公司经济技术研究院, 天津

²中国能源建设集团天津电力设计院有限公司, 天津

³国网天津市电力公司城南供电分公司, 天津

Email: 12979850@qq.com

收稿日期: 2016年9月30日; 录用日期: 2016年10月21日; 发布日期: 2016年10月24日

摘要

文章介绍了通用的地下管线探测技术，然后介绍了基于电磁法的光缆探查技术，最后提出了该技术在电力通信网中的应用方案。

关键词

电磁法，光缆探测，电力通信网

1. 引言

在当今的电力通信领域，光纤通信得到了广泛的应用，光纤网络的容量不断扩大，承载的业务也不断增加。可以说，光纤通信已经成为电力系统安全稳定运行以及电力系统生产生活中不可缺少的一个重要组成部分。但是光缆不能被安装者一次性地永久放置。由于年代久远，在标识和辨别光缆方面很有可能会导致错误，尤其是在紧急情况下，并且随着时间的推移，那些标识会变坏甚至从光缆上脱落，而在另外一些情况下，由于文档管理的混乱、成本的制约及员工疏忽等因素造成很多错误的放置[1]。因此，探求一种可靠迅速的光缆探查技术有着非常重要的实际工程意义。

2. 目前通用的地下管线探测技术简介

2.1. GPR (探地雷达)

探地雷达是探测非金属管线的一种有效的方法。用于地下的结构和物体的探测。但是存在以下问题：复杂、需要专业的资料解释、对土壤条件要求高、设备较庞大。

2.2. 声学探测

通常用于漏水探测。此方法可用于塑料自来水和煤气管道的追踪，还可以用于电力电缆故障的定位。

2.3. 红外线成像

根据地下管线与周围土壤的温度不同进行工作。此技术在排水管道漏点定位方面有专业的应用，也可以用于供热管道的漏点定位。

2.4. 扎探

最原始的探测方法，还不能称其为技术，操作简单是其唯一的优点。

2.5. 电磁感应法探测

此方法已经成为目前定位和追踪地下管线通用的方法，其优点是能够提供有关地下管线的各种资料，这都是其它方法无法比拟的。基本电磁感应原理表明：导体周围的磁通量变化会在导体上产生一个感应电压。交变的磁通量是持续变化的，从而产生一个相应地交变电压。该原理可以有两方面的应用：A) 通过导体上方的交变信号发射机产生一个交变电磁场，使导体处于电磁场从而给导体施加信号。B) 通过放大接收机内部的线圈感应到的微小的电压，探测地下管线上的信号。如图 1 所示。

2.6. 人工拽拉光缆

最直接的光纤探查的方法是人工拽拉，工人们沿着某一根光缆已知的损坏地点一直拽拉来找出要识

别的光纤，然而这种方法笨拙而且极耗费时间。

3. 基于电磁法光缆探查技术

与传统通信电缆相比较，光缆不具有导电性能，因此光缆路由探测和埋深探查呈现以下新特征：1) 非破坏性接入方式；2) 信号接收灵敏度高；3) 抗干扰性强。

3.1. 工作原理

采用电磁法探测地下光缆，通过发射机对光缆施加信号，在外部缆身的金属加强构件或护套线中生成激励电流并在光缆周围产生二次磁场；在接收机端，通过测定光缆周围的二次磁场进而准确地确定光缆的位置、埋深、走向、路径和信号电流强度。其工作原理如图 2 所示。

3.2. 路由测量

系统测量的基本原理是将信号发生器的信号加在光缆的加强芯线上，然后在地面上探测芯线所发出的电磁波。目前采用这种原理进行测量的方法分两种：最大法(又称峰值法)和最小法(哑点法)。最大法使线圈轴线平行于地面，当线圈位于光缆正上方时，穿过线圈的磁通量最大，电信号最大，偏离正上方

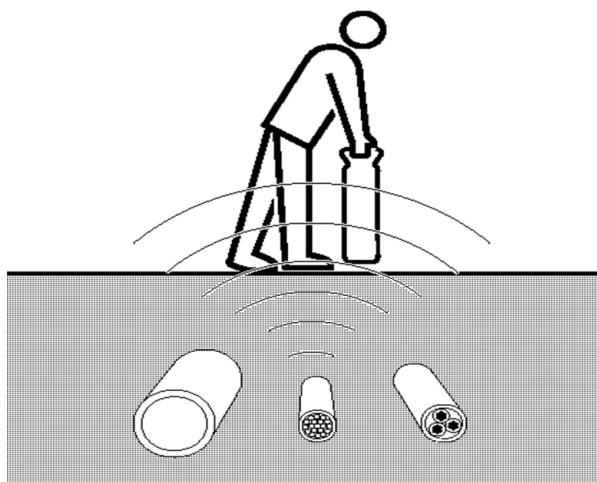


Figure 1. Schematic diagram of electromagnetic induction
图 1. 电磁感应示意图

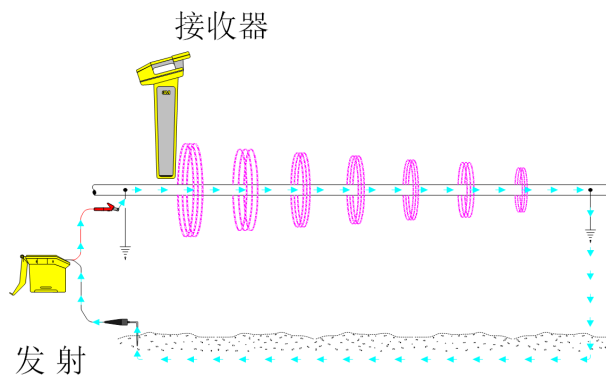


Figure 2. Working principle of electromagnetic method for detecting underground optical cable
图 2. 电磁法探测地下光缆工作原理

位置则信号减小，信号大小与位置关系为一钟形曲线，曲线的峰顶所对应位置即光缆所经过的路径。最小法，利用的是轴线与地面垂直的线圈在光缆正上方信号为零(即哑点)来确定路径。但通过实验发现这两种方法都有一定的局限性：最大法在光缆上方响应较慢因而定位不准，而最小法利用哑点定位，会把因接收机离目标较远所致的线圈中信号小误判为处在光缆正上方，出现定位错误。

环境因素会影响光缆路由探测准确度，主要表现在以下几方面：1) 强电线路影响。光缆结构中存在金属加强构件或护套时，则会受到强电线路影响。无论正常运行或接地状态都会对光缆线路产生严重的危险影响(分为电磁、静电和地电流三种危险影响)；同时，它对光缆路由探测也会造成一定的信号能量损耗，而且输电线路的工频奇次谐波分量会对探测工作模式产生干扰。2) 邻近管线影响。光缆沿线区间一般除了直埋通信光、电缆外，还同时存在直埋信号电缆、电力电缆和其他导电路。因此出现与光缆埋设区段毗邻、交越或同沟的现象，并构成一道天然电磁“屏障”。发射机信号不仅能在光缆的金属构件或护套传递，也能在邻近“屏障”中传递，从而降低光缆路由探测的准确性和有效距离，甚至造成探测假象。

3.3. 深度测量

深度测量方法是在精确定位的基础上，利用两个水平线圈信号经计算后直接提供深度。根据电磁场理论，通电直导线周围的磁场强度与其距离成反比。利用两水平线圈间的距离及两线圈信号可以得出深度的计算公式为 $D = \frac{E_{\text{上}}}{E_{\text{下}} - E_{\text{上}}} \times L$ ，其中 $E_{\text{上}}$ 、 $E_{\text{下}}$ 分别为上下线圈的电信号大小， L 为两线圈间的距离， D 为光缆埋深。在应用实验中发现，应用上面公式所得结果与真实情况有一定的差距。分析产生误差的原因主要有两方面：一是线圈的非线性，二是电磁波在土壤及空气(近似真空)中衰减程度不一样，基于此，需要对该公式根据现场实际进行一定的修正。

4. 电力通信网中的应用方案

针对电力系统特点，将基于电磁法光缆探测技术引入电力通信网中，准确地确定地下光缆位置、埋深及路由，为施工和维护工作提供方便，具体方法如下：

首先进行现场调研，确定系统规模、地理分布范围和现有光纤通信系统不同敷设情况。提出不同敷设情况下光缆探查和定位策略及数据方案。基于电磁法探测技术，提出适合电力系统特点的确定地下光缆位置、埋深及路由的方法。通过现场实测对探查相应公式进行修正，建立光缆探查模型。

(1) 进行现场调研，确定不同敷设情况下光缆探查和定位策略及数据方案

不同的光缆探查技术和监控方式各有利弊，在特定的环境下才能发挥本身的优势，所以要在充分现场调研的基础上，确定不同敷设情况下光缆探查和定位策略及数据方案，根据不同情况灵活的采用不同的监控方式。考虑光源的硬件投入，光源点的配备，以最大程度的使多条光缆共用监控光源，节省设备投资。

(2) 基于电磁法探测技术，提出适合电力系统特点的确定地下光缆位置、埋深及路由的方法。

基于电磁法探测技术，针对最大法和最小法存在的局限性，拟利用水平线圈和垂直线圈信号的差值作为定位的依据。这样，在光缆正上方，差值最大；远离此位置，则差值减小，借此以定位，采用这样的方法，一方面可解决最小法中离目标较远时的误判。另外，差值对位置的关系较单个线圈更敏感，致使在光缆位置响应较最大法更快，定位更准。

(3) 根据电力系统光缆敷设特点，通过现场实测对探查相应公式进行修正；

根据电力系统光缆敷设特点，拟作以下项目测试：1) 光缆定位测试；2) 光缆径路测试；3) 光缆埋深测试。4) 光缆预留圈和光缆接头位置等其他测试。通过实际测试，对探测理论公式进行修正，以获得更准确的电力系统光缆探查模型。

5. 结语

由于光纤通信在技术上具有很大的优越性，其已经成为电力系统安全稳定运行以及电力系统生产生活中不可缺少的一个重要组成部分。因此，开展光缆探查技术的研究，及时有效地对光缆线路[2]进行维护和管理，从而保证通信网络的正常运行，提升通信系统基础网络智能化管理水平，对保证电网运行安全，更好地为一次电网安全稳定运行提供坚强的通信保障具有重要意义。

参考文献 (References)

- [1] 孙强, 秦威, 孙睿嶝. 基于 Sagnac 干涉的新型光缆径路探测方法研究[J]. 铁道学报, 2014, 36(4): 60-64.
- [2] 张永红, 张晓洲. 光缆线路的维护与管理[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: sg@hanspub.org