

果。同时确保屏蔽体的良好接地，可以有效地降低屏蔽体与大地之间的阻抗，使得感应电荷能够迅速地泄放。就电路设计来说，合理地规划接地系统，尽量采用单点接地、多点接地或混合接地方式，能够减少接地回路中的噪声电流。如对于高频电路部分，应该采用多点接地方式，目的是降低接地阻抗；对于低频电路部分，则可以采用单点接地方式，旨在避免接地环路引起的电磁干扰。此外还可以在关键电路模块周围设置屏蔽罩，并且将屏蔽罩可靠接地，从而进一步增强屏蔽的效果。

4.3 优化 PCB 布局与布线

在布局方面，相关人员理应将功率电路和控制电路进行合理地分区，以此减少相互之间的电磁干扰。一方面可以将高频开关器件、电感、电容等噪声源集中布置，并确保其远离敏感电路，如控制芯片、采样电路等。另一方面是在布线方面，应该尽量缩短高频信号的走线长度，进而避免形成过长的天线效应。对于电源线和地线而言，应该采用宽线设计，此设计能够降低线路阻抗，有效地减少了噪声压降。同时还需要合理地设置信号线的布线方式，一般应该采用差分走线、屏蔽走线等技术，进而提高信号的抗干扰能力。

4.4 采用软开关技术

在电力电子设备的优化设计中，软开关技术通过在电力电子器件开关过程中创造零电压或零电流条件，就能够显著地降低开关损耗和电磁辐射噪声。吸纳阶段，最为常见的软开关技术包括零电压开关（ZVS）和零电流开关（ZCS）。以零电压开关技术为例，在 IGBT 开通前，工程师可以通过谐振电路使器件两端的电压降为零，这样在开通瞬间就不会产生过大的电流和电压变化率，从而有效地减少了电磁辐射噪声。而采用软开关技术，不仅可以降低逆变器的辐射噪声水平，同时还能够提高逆变器的效率和可靠性，进而延长电力电子器件的使用寿命。但是软开关技术的实现需要增加额外的电路元件和控制策略，如此一来就增加了电路的复杂性和成本，所以在实际应用的过程当中，技术人员需要在性能提升和成本控制之间进行合理地权衡^[9]。

4.5 散热系统优化

结合实际情况来说，优化散热系统可以有效地降低其

产生的附加噪声。首先在散热风扇选型方面，技术人员应尽量选择低噪声、高可靠性的风扇，为此可优先考虑采用直流无刷风扇，因为相比传统的有刷风扇而言，直流无刷风扇的电磁噪声和机械噪声更低。其次合理地设计风扇的安装位置和转速控制策略也是至关重要的，因为通过根据逆变器的实际运行温度自动地调节风扇转速，即可避免风扇在不必要的高转速下运行而产生过多噪声。此外在散热片设计方面，工程师需要优化散热片的形状、尺寸和布局，确保在提高散热效率的同时可以减少空气流动阻力，以此降低气动噪声。不仅如此，技术人员还可以在散热系统与逆变器主体之间添加减振材料，目的是减少风扇振动传递到逆变器上产生的噪声。

5 结语

综合上述所有内容来看，分布式光伏逆变器辐射噪声的诊断与抑制必然是保障分布式光伏发电系统稳定运行的关键环节。本文则通过对辐射噪声产生机理的深入分析，研究了多种有效的诊断技术和抑制方法。具体而言：从电力电子器件开关动作、电磁耦合、散热系统等多个方面入手揭示了噪声产生的根源，并利用频谱分析、时域分析、近场扫描等技术实现了对噪声的准确诊断，接着通过优化电路拓扑结构、改进屏蔽接地、优化 PCB 布局布线等措施有效地抑制噪声。然而随着分布式光伏发电技术的不断发展，往后对逆变器的性能要求越来越高，那么辐射噪声问题也将面临新的挑战。因此未来还需要进一步深入地研究多因素耦合作用下的噪声产生机理，进而开发出更加高效、智能的诊断与抑制技术，以满足分布式光伏发电系统日益增长的需求，持续地推动清洁能源产业的可持续发展。

参考文献

- [1] 张有兵,顾益娜,肖传亮,等.考虑高比例分布式光伏接入配电网的故障重构[J].浙江工业大学学报,2018,46(01):38-44.
- [2] 戴伟,李保鹏.分布式光伏逆变器辐射噪声诊断与抑制方法[J].科技创新与应用,2013,(33):32.DOI:10.19981/j.cn23-1581/g3.2013.33.031.
- [3] 王少林,唐巍,白牧可,等.考虑分布式电源出力调整的多目标配电网重构[J].电力系统保护与控制,2012,40(18):117-122.

Technical Exploration of Oil Pipeline Protection Scheme in Bridge Engineering Construction

Langqi Li

China Water Resources and Hydropower 16th Engineering Bureau Co., Ltd., Fuzhou, Fujian, 350000, China

Abstract

With the rapid development of transportation infrastructure construction, the spatial intersection between bridge engineering and existing underground oil pipelines is increasing, and the safety threat of construction activities to pipelines cannot be ignored. This article focuses on the special working conditions of adjacent oil pipelines in bridge engineering construction. Taking the construction of the No. 7 pier on the left and right sides of the Yixian Road separated overpass of the Zhongkai Expressway Phase II as an example, the protection plan and safety management measures for oil pipelines are summarized. The purpose of this article is to provide technical references and experience for the protective construction of parallel or intersecting projects of bridges and oil pipelines in similar complex environments.

Keywords

bridge engineering; petroleum pipeline; Protection plan; Construction Safety

桥梁工程施工中输油管道防护方案的技术探讨

李郎奇

中国水利水电第十六工程局有限公司, 中国·福建 福州 350000

摘要

随着交通基础设施建设的快速发展, 桥梁工程与既有地下输油管道的空间交叉日益增多, 施工活动对管道的安全威胁不容忽视。本文针对桥梁工程施工中邻近输油管道的特殊工况, 以中开高速二期逸仙路分离式立交桥左右幅7#墩施工为例, 总结了输油管道的防护方案 and 安全管理措施。本文的探讨旨在为类似复杂环境下桥梁与输油管道并行或交叉工程的防护施工提供技术参考和经验借鉴。

关键词

桥梁工程; 输油管道; 防护方案; 施工安全

1 引言

输油管道承载着易燃易爆的石油介质, 其安全运行关乎公共安全、环境保护以及国家能源供应的稳定性。桥梁建设过程中的诸多活动, 如大型机械的振动、深基坑的开挖卸载、桩基施工引起的土体扰动、施工车辆的重载通行、以及可能发生的地基沉降等, 都可能对邻近或下方的输油管道产生显著影响。这些影响主要表现为: 管道承受额外的附加应力(轴向力、弯矩)、产生不均匀沉降或位移、防腐层破损, 严重时甚至可能导致管道变形、屈曲、泄漏乃至破裂, 引发灾难性后果。因此, 在桥梁工程施工阶段, 制定切实可行、经济有效的防护技术方案, 确保管道的结构完整性和运行安全, 不仅关系到工程自身的顺利实施, 更是一项重大的社会责任和社会责任。

【作者简介】李郎奇(1990-), 男, 中国福建永泰人, 本科, 工程师, 从事土木工程、道路工程、桥梁工程研究。

2 工程概况

中山至开平高速公路中山段二期工程, 逸仙路分离式立交桥起止桩号为: K13+633~K14+634, 桥梁全长1001m, 东西走向。左幅29跨, 右幅27跨。基础采用桩基础及扩大基础, 共计桩基127根, 桩长12m~70m不等, 类型为端承桩及摩擦桩, 设计要求桩基底部嵌入岩面深度不小于2D。其中输油管线位于7#墩与8#墩之间, 距离7#墩承台约5.2米。

3 输油管道防护方案

3.1 管线探测

定位地下石油管道的具体流程分别是: 首先查阅设计资料及输油管线管理单位等提供的管网图纸; 其次, 由产权单位代表在现场指明管道大致区域; 最后, 在该区域内通过人工(使用铁锹谨慎挖掘)或仪器探测手段, 精确确定管道的埋设位置。

现经由前期施工的东二环快线项目及产权单位协助下,

已人工开挖得到管线准确坐标资料，测得两处管线坐标为（X:2492846.7350, Y:511282.033）；（X:2492762.972, Y:511394.530），管线距地面埋深为 5m。

3.2 管线与结构物的位置关系

需要进行保护性施工的桥梁结构物为逸仙路分离式立交左/右幅 7# 墩的桥梁桩基、承台、上部结构。输油管道距离地面埋深约 5 米。

桩基：最靠近石油管线的桥梁桩基为左幅 7-3、7-4；右幅 7-3、7-4 桩基。左幅桩基长度 35.5m，桩径 1.5m，入岩 3m。右幅桩基长度 41.5m，桩径 1.5m，入岩 3m，两处桩基中心均距离管线 6.54m。

承台：左幅 7 号承台尺寸 650*300*650cm，承台底标高 -2.1m，承台顶标高 0.9m。承台最外边沿距离管线 5.23m；右幅 7 号承台：左幅 7 号承台尺寸 650*350*650cm，承台底标高 -2.5m，承台顶标高 1m。承台最外边沿距离管线 5.22m。

为保证承台开挖时管道周围土体稳定，拟在距管 4m 处施做钢板桩，板桩埋深 9m。

3.3 保护性施工方案

管线的保护性施工措施主要体现在桩基施工、承台施工、上部结构施工、现场场地布置四个方面。施工时主要采取如下措施：

（1）桩基施工由冲击钻成孔工艺改为旋挖钻成孔，辅以加深埋设钢护筒措施，有效降低成孔过程中对周围土体的扰动。在施工过程中，需沿管道两侧 3 米范围布设警示带及防护栏，清晰标明管道走向。为防止管道周边土体受到破坏，严禁重型施工机械（如挖掘机、压路机等）在该区域进行碾压作业。对于需跨越管道的临时道路，必须在其表面覆盖钢板以分散荷载。

（2）承台施工采用钢板桩支护垂直开挖方案，减少开挖作业范围。同时钢板桩支撑可以确保承台施工期间，管道周边的土体处于稳定状态，开挖完成后立即回填，不会对管道产生干扰。在进行承台开挖时同样保证在管道两侧 3m 处设置警戒线，并安装护栏，标识清管道位置。开挖的弃土及时外运，确保周围均布荷载不大于 3kN。同时保证基坑周围 3 米范围内无动载。靠近输油管道一侧不允许有外部荷载。承台基坑开挖至设计基底标高时，于坑底设置集水井，并配置两台抽水泵及一名专职排水人员，以防降雨导致基底积水。土方开挖过程中应采用先支撑后开挖的施工顺序，以保证基坑两侧的稳定。

（3）上部结构施工采用双台起重机吊装架设，吊装作业前对场地内的路面进行硬化修复，上部结构预制梁体吊装位置离输油管道平面位置大于 5 米。在施工过程中对管道不产生干扰。

（4）现场布置方面，在管道周边 3m 范围内设置警戒线、安全标志牌。同时现场配置专职安全员一名，进行施工全过程监督。

（5）在确有必要行车的段落包括通行的便道，在管道上部铺设 2cm 厚钢板，减少车辆对管道上部的土体碾压。

禁止大型设备在管道周边作业，碾压管道上部土体。

（6）临时便道施工时需离石油管线 6m 以上，施工现场所有施工机械应距离管道大于 6m，起吊钢筋、模板时不得位于管道上方。

3.4 输油管线位置观测

沉降观测的核心目标是监测管道周边土体是否存在位移风险。施工期间，沿管道轴线方向按 5 米间距设置监测断面，对邻近土体进行位移监测。每个断面均匀布设两个沉降观测点。在桩基及承台施工阶段，每日需进行两次沉降数据采集。

承台施工钢板桩位置的变形施工监测控制的重点，在钢板桩围檩上设置监控点，围檩形变控制值 10mm。监测数据的汇总与分析工作由专职人员承担。一旦发现沉降变形量超出允许阈值，必须立即暂停施工，待查明原因并采取有效处置措施后，方可恢复后续作业。

4 输油管道周围施工过程注意事项

4.1 旋挖桩成孔

（1）7# 墩桩基拟采用履带式旋挖钻机，设备结构紧凑，就位灵活。钻杆采用内伸缩全导杆钻进，可以较好地保证桩基的垂直度。钻机施工进度快、工效高，对地层扰动小，根据不同钻头，一次钻进 0.5~1.2m，平均 1.5min/m，可以很好地保证施工进度。

（2）施工分为三个阶段，第一阶段为施工准备，主要工作是安装施工围挡、对输油管道位置进行警戒、管线结构物改迁、安全技术交底、测量放样等工作。第二阶段为设备进场安装调试、开挖泥浆池、泥浆制备、护筒埋设等准备工作。第三阶段为钻机钻进、渣土外运。钢筋笼制作安装、混凝土灌注等工作。

（3）施工方法

1）护筒埋设：护筒采用 6m 钢护筒，要求护筒底部穿过管线所在区域，对周围土体形成隔绝保护，可以有效减少扰动。护筒埋深应坚固牢靠，回填采用原状土回填，回填后用挖机拍击夯实，对挖机斗无法击实部位采用人工+小型机具夯实，避免因护筒埋设造成的孔口坍塌，影响管线周边土体。

2）泥浆池采用已开挖完成的 9 号墩位泥浆池，距离管道 50 米以上。管线 5m 区域范围内严禁动土开挖。因此，泥浆循环的出浆通道采用黏土包、砂带或烧结砖进行砌筑；送浆采用泥浆泵压力泵送。同时在远离管道 5m 外的设备作业区设置一个小型积浆池，利用泥浆泵往二级制浆池抽浆。

3）钻进过程中钻机设备及泥浆池要求设在原离管道的一侧，护筒埋设深度 5m，要求穿过管道所在土层，防止钻进过程对管道周遭土地造成扰动。进入岩层后减小钻进速度，降低震动。钻出渣土及时清运，在周围内不得堆载。

4）施工道路：对必须经过管线上部的施工道路铺设 2cm 厚钢板，该区域不得动土开挖。

5）吊放钢筋笼及混凝土时，不得在管道中心线周围