

# Discussion on the Application of 3D Design in Power Pipeline Engineering

Youjun Cai Ming Yang Zhaofang Han Gaihua Guo

Beijing Jingdian Electric Power Engineering Design Co., Ltd., Beijing, 100007, China

## Abstract

Electric power buried pipes are widely used in urban power construction due to their characteristics of small footprint, large channel capacity, and strong scalability. However, there are also difficulties in site selection and route selection during the early stage of construction for buried power pipelines, which can easily damage and affect surrounding pipelines during the construction process, pose significant safety risks, and make progress and quality management difficult. This paper discusses the advantages of buried power pipes, analyzes the possible problems in the construction process of buried power pipes, elaborates on the characteristics of 3D design and its advantages and effects in the construction process of buried power pipes, as well as the application of 3D design in the full life cycle management of power engineering design, construction, and operation, it provides a feasibility study for the role of 3D design in power engineering construction and management in the future.

## Keywords

power system; buried pipe engineering; 3D design applications; management quality and efficiency

## 浅谈三维设计在电力埋管工程的应用

蔡有军 杨名 韩召芳 郭改华

北京京电电力工程设计有限公司, 中国·北京 100007

## 摘要

电力埋管因具有占地少、通道容量大、可扩展性强等特点,在城市电力建设中被推广应用。然而,电力埋管也存在施工前期选址选线困难,施工过程易破坏、影响周边管线,安全风险大,进度质量管理难度大等问题。论文通过论述电力埋管的优点,分析电力埋管施工过程中可能存在的问题,阐述三维设计的特点及其在电力埋管施工过程中应用的优点及效果以及三维设计在电力工程设计、施工、运维全寿命周期管理中的应用,为今后三维设计在电力工程建设及管理中发挥作用提供可行性研究。

## 关键词

电力系统;埋管工程;三维设计应用;管理质效

## 1 引言

随着经济进入高质量发展阶段,中国城市化进程不断加快,通讯、水、电、气、暖等各类市政基础设施需求日益增强,由于原有规划建设理念的相对保守和投资限制,市政各行业的管道路径缺乏统筹布置,通讯、水、电、气、暖等建设、运行矛盾日益尖锐,严重影响各管线安全运行与城市道路景观。

传统电力线路通常采用架空方式,但电力架空方式存在占用通道大、运行维护风险大、可扩展性小、易形成搭挂等问题,严重影响安全运行和城市景观,制约用电负荷的未来发展。因此,大力推广建设电力埋管工程势在必行。但是电

力埋管工程涉及多专业的协同与整合,在施工过程中常常面临特殊的地质与环境状况,加之时常伴随有工期紧、作业面小、参与单位多等情况,更是增加了电力埋管施工管理的难度<sup>[1]</sup>。

传统的地下管线设计大多基于二维图纸,难以准备、直观地显示地下管线三维空间关系。近年来,随着三维技术和BIM理念应用不断深入,利用三维技术在工程设计、施工阶段创建虚拟现场,利用图形建模、GIS、物联网、移动互联网等技术进行标准化管理、进度管理、安全风险、质量管理、成本管理等方面的应用较为广泛,有利于推动施工管理由传统的流程化管理模式向数字化管理模式转变。在电力埋管工程中应用三维设计,利用其空间处理能力,为错综复杂的地下管线提供有效的信息化解决方案,更有利于提升工程的精细化管理水平。

目前,BIM技术和三维设计在工程领域中已有应用,论文以北京架空线入地工程为例,基于三维设计在电力埋管

**【作者简介】**蔡有军(1975-),男,中国北京人,硕士,高级工程师,从事电气工程、电力系统、电气设计、工程管理研究。

中的应用,分析其应用效果和优点,为后续工程设计、施工以及电力埋管运维和信息管理提供有力支撑<sup>[2]</sup>。

## 2 电力埋管的优点

### 2.1 具有高可靠性

传统的电力架空线路建在地面上,埋管在地下,相较于架空线路,电力埋管可以有效避免管线受到风、雨、雷、雪、冰等极端天气环境的影响,可以杜绝车辆撞击、吊车碰线、异物搭挂,减少盗窃、放风筝等人为破坏。

### 2.2 具有高安全性

与架空线路相比,电力埋管位于地下,其正常运行和事故状态下都不会对周边人群和动物造成任何危险,而且不会有其他专业线路的搭挂影响线路本体安全,不会对周边环境造成污染。

### 2.3 具有高适应性

埋管可以适应各种不同的地形环境条件和各种不同的气候条件,占用空间小、灵活性大,在城市和居民拥挤狭窄地区同样具有优势。

### 2.4 具有扩展性

中低压配电线路习惯上采用架空方式建设,占用通道大、同杆架设只能四回线路。埋管工程一般为 $2 \times 12$ 根,最大可以做到 $3 \times 6$ 根,可以通过1~18条配电电缆线路,极大地满足日后用电负荷的增长和配电网的发展。

### 2.5 具有景观性

中低压架空线路杆塔建成后,通讯、光缆等各种搭挂大量存在,乱作一团形成“蜘蛛网”,严重影响城市景观,埋管工程由于在地下,所以不会产生搭挂问题,造成环境污染。

### 2.6 具有经济性

投资相对较低,在同等容量情况下,与电缆隧道相比,由于埋管开挖工作量小、占地少、工艺简单、工序少等诸多因素,埋管造价低、投资少,更便于施工建设。

## 3 电力埋管施工过程中的问题

### 3.1 路径选线困难

随着中国城市化进程不断加快,对通讯、水、电、气、暖等各类市政基础设施需求日益增强,由于原有规划建设理念的保守,原有通道成为瓶颈,范围内无法承载市政基础设施的建设发展。由于公共走廊狭窄受限,市政管线建设上谁先下手谁先强,谁先干、路径就是谁的,施工的随意性较强,规划执行的刚性不强,提升选线难度。

### 3.2 施工方案不严谨

现场施工人员基础文化素质普遍不高,专业能力也各有不同,对二维平面设计图纸的识图能力有待提高,如何读懂图纸、指导施工成为现场实施最大的问题。

采用二维平面设计成果编制施工方案,与周边其他管线的平行、交叉、碰撞情况不清,无法提前制定规避、调整、迁移施工方案和安全措施,给现场施工带来隐患<sup>[3]</sup>。

### 3.3 施工过程不可控

通讯、水、电、气、暖等各行业隶属不同,建设投资主体不同,缺乏各个行业的统筹协调,再加上建设时序以及投资额度的限制,建设、改造步调不一致,反复开挖、反复占路,形成开挖过程中的安全隐患。

竣工后没有按照要求到相关档案馆进行备案,其他管线施工无处查阅地下原本管线相关资料,再加上部分施工过程中位置的调整未在竣工资料上体现,开挖过程中极易造成供水、燃气、通讯、热力等其他管线故障,造成相应的人身、设备事故,影响周边居民的生产和生活,不能实现建设和运维之间相关数据的有效、及时贯通。

施工过程管理难度大,现场工序、机械设备、人力资源等需要大量的协调管理,安全、质量、进度存在较多的不确定性,只是“摸着石头过河”,没有前瞻性,对现场施工人员的技能水平要求较高。

## 4 三维设计的特点

三维设计是指基于工程信息、地理信息数据等各相关信息数据为基础,以三维立体等数字化表达形式为主,建立的工程信息集合,具备完备性、关联性、一致性、唯一性、扩展性,满足可视化、可分析、可编辑、可出图等工程全寿命周期应用需求的设计。通常是通过三维建模技术、数字化协同设计技术的集成应用,实现工程的全过程三维可视化设计和信息一体化,实现三维设计成果跨专业应用。

三维设计应用是促使工程管理模式由传统化管理向数字化管理转变的重要推手,将给工程建设管理,甚至企业管理,带来革命性变化。相关应用工作将涉及工程招标、工程设计、设计评审、物资采购、施工及验收、建设管理、数据管理、资产管理等工程建设过程中的各个环节<sup>[4]</sup>。

三维设计通过构建数字化、结构化的设计成果,满足工程数据信息在建设、运行等全寿命周期内成果共用;依托三维设计数据信息和工程数据中心,能够实现规划、设计、物资、施工、运行等各阶段数据共享;针对设计本身,实现设计各专业协同设计,有利于提升工程设计的质量和效率。

电力工程中应用三维设计是电力公司落实数字化建设的需求,对开展高质量工程建设具有重要意义。

## 5 三维设计在埋管施工过程中应用与效果

### 5.1 三维设计优化设计方案

基于数字BIM技术,三维设计能够将勘测人员现场测量的地理数据、测绘图、地下管线表等测绘成果,形成埋管及直线、三通、四通等各种井室的模型,将测绘提供的综合管线数字化进行建模处理,根据管线类别逐字区分,自动形成地下三维空间场景;选择所需电力井、敷设段型号在三维场景中进行土建路径编辑、电力井编辑,根据土建路径自动生成纵断面。

根据设计规范进行自动校核,开展错、漏、碰检查,

形成碰撞检测报告并可自动定位提示问题,设计人员检查校核,及时进行方案调整与优化,形成设计说明书、平面图、断面图、材料表等二维设计成果,同时提供空间三维数据。

设计评审时可直观观察到规划线路在三维地形上的设计效果,便于专家进行评审决策。

### 5.2 三维设计交底、图纸会审

业主、设计、监理、施工等各参建方能够看到模拟现场的虚拟三维场景,对现场的描述更加简单、直观、明了;不需要具有很高的专业识图能力,现场人员就可以直观读懂设计图纸,了解现场实际情况,相较传统的二维图纸会审耗时短、效率高、不易发现问题;减少了现场勘察次数、降低了参建方沟通成本,方便更好地进行路径优化、精准设计;在施工之前解决了设计问题,掌握了现场高风险作业内容,利于有效减少施工中的安全隐患和返工成本<sup>[9]</sup>。

### 5.3 三维设计编制施工方案

通过三维场景模拟施工并开展数据分析,能够提前对埋管工程物料充分做好统计、分析,避免不必要的损耗,合理地安排材料进场和堆放;方便对现场工序、施工机械、人力资源进行合理的规划,确保合理施工和紧凑开展流水作业,从而更好地指导施工,为施工企业降低安全风险与施工成本。

精准地进行设计管线与周边管线的平行交叉碰撞的复核与探测,准确地计算开挖工作量、占地范围,对施工场地进行合理布置,最大限度地减少占地赔偿与开挖工作量。

预测在实际施工过程中可能碰到的问题,提前编制有针对性的保护、迁移施工方案,进行隐患分析制定应对措施,进而对已有的施工方案进行验证、优化和完善,合理配置施工资源,提前避免和减少返工以及资源浪费,保证施工安全,节省施工成本,加快施工进度,控制施工质量,提高施工效率。

### 5.4 三维设计指导施工

三维设计可使用平板电脑(简称PAD)进行现场指导施工作业,其比纸质图纸更便于携带、使用,可视化更加简单、直观、明了,方便读懂设计图纸。现场施工人员使用PAD组织学习培训、安全交底、技术会商、召开班前会等,可视化具体地呈现地下情况与下道工序的内容及工法,各工种人员能清楚了解自己的工作内容和工作条件等。

现场施工人员使用PAD与开挖、验槽、垫层、铺管、包封等工序实时比照参考,直接通过三维场景讨论存在的问题,第一时间发现、解决问题,减少错挖、破坏管线的风险,降低返工成本,提升工程质量,保证施工安全。

优化施工过程管控,随时随地直观快速地将施工计划与实际进展进行对比,实现计划制定、实施、检查、调整、验收的良性循环。

### 5.5 三维成果移交

向业主单位及政府部门进行数字化移交,实现设计、施工、运维阶段数据贯通,实现工程管理全过程、全生命周期成果一体化应用,为后期安全运行和数字城市的建设奠定了基础。

## 6 三维设计在电力埋管工程的应用效果

三维设计技术在输电线路设计中已有应用。在电力埋管工程中使用,三维设计能够真实展示地下管线的分布情况,便于在设计初期掌握路径全局,有利于路径选择和优化。进行交叉跨越物、线路走廊等安全距离的校验,能够有效提高设计的精益化水平和工作效率。三维设计存储在PAD中,便于施工现场携带及展示,使施工管理人员更为直观获得在建区域的地上地下三维空间数据,降低施工安全风险,提升工程安全、质量、进度管理水平。在北京地区架空线入地工程中进行了应用,检查出近80处存在交叉碰撞情况,避免了工程设计、施工中存在的盲点、漏点及错误,降低了施工成本,提升了工程质量,保证了施工安全,取得了良好应用效果。

## 7 结语

论文主要从北京架空线入地工程中的三维设计应用中总结分析应用效果及优势,介绍了电力埋管的优点、施工过程中可能存在的问题和三维设计的特点,简述了三维设计在设计交底、图纸会审、编制施工方案、指导现场施工和成果移交中的应用优势。三维设计集成应用建模、信息、网络等技术,能够实现设计各专业在统一平台上开展协同设计,有效避免专业间错、漏、碰、缺,实现工程量准确统计,提升工程设计质量,有效指导现场施工。在电力埋管工程中,三维设计方便开展自动校、便于评审,PAD三维图纸展示更为清晰简明,更便于指导现场施工,减少各参建方的沟通成本,三维设计图纸的信息资料完整丰富,便于其他专业的采纳应用,能够有效降低多专业多次勘察成本。展望未来,业主、施工、运维等各参建方对于建设过程管理和相关数据精细化,电力建设行业必将从二维向三维转变,以三维、互联、协同和数字化的理念重塑建设模式,集成设计、施工、运维等全生命周期数据和项目业务管理流程数据,打通多阶段的数据流通,为参建各方的全寿命周期内的经营管理决策提供有力的数据支撑,成为电力工程建设发展的必然趋势。值得注意点是,在推广应用三维设计时,还应注重建立三维设计技术标准体系,规范三维设计和评审过程,加强三维设计的成果管控和工程数据中心的建立。

### 参考文献

- [1] 曹卢佳.基于GIS的地下管线全周期动态管理研究[J].测绘与空间地理信息,2023,46(11):121-124.
- [2] 商志伟,叶丽莎.三维设计技术在输电线路设计中的应用研究[J].低碳世界,2023,13(11):70-72.
- [3] 王东.电力系统智能配电网设计研究[J].光源与照明,2022(6):187-189.
- [4] 杨锐,马丁山,雷文书,等.城市地下管网参数化建模关键技术研究及应用[J].城市勘测,2023(5):51-55.
- [5] 高远,邓雪原.基于BIM的建筑MEP设计技术研究[J].土木工程信息技术,2010(2):91-96.