

多源测绘技术在城市轨道交通结构断面测量中的应用

孙普卫

西安铁一院工程咨询管理有限公司 陕西 西安 710065

摘要: 本文探讨了多源测绘技术在城市轨道交通结构断面测量中的应用。通过分析城市轨道交通结构的复杂性和特殊性,结合多源测绘技术的多样性和高精度特点,详细介绍了全站仪、三维激光扫描仪、测量机器人等技术在结构断面测量中的具体应用案例。文章旨在展示多源测绘技术如何为城市轨道交通工程提供全面、准确的测量数据支持,提升测量效率和精度,保障工程质量和运营安全。

关键词: 多源测绘技术;城市轨道交通;结构断面测量;应用

引言:随着城市轨道交通建设的快速发展,对结构断面测量的精度和效率提出了更高要求。传统单一的测绘技术已难以满足复杂多变的工程需求。多源测绘技术通过整合多种测绘手段和数据源,实现对目标区域的多角度、多维度观测,为城市轨道交通结构断面测量提供了新的解决方案。本文旨在探讨多源测绘技术在城市轨道交通结构断面测量中的应用,以为相关工程提供科学参考和技术支持。

1 多源测绘技术概述

1.1 多源测绘技术的基本概念

多源测绘技术是指综合运用多种不同的测绘手段和数据源,以获取更全面、准确和丰富的地理空间信息的技术体系。在当今数字化时代,单一的测绘技术往往难以满足复杂的工程需求和高精度的测量要求。多源测绘技术通过整合不同测绘方法的优势,实现对目标区域的多角度、多维度观测,从而为各类工程项目提供可靠的基础数据支持。它涵盖了从传统的测量仪器到先进的遥感技术、三维激光扫描技术、摄影测量技术等多种手段,能够适应不同的地形地貌、工程规模和测量精度要求。多源测绘技术的核心在于数据融合和协同工作,通过将不同来源的数据进行整合、处理和分析,提取出更有价值的信息,为工程决策和设计提供科学依据。

1.2 多源测绘技术的分类

多源测绘技术可以根据不同的分类标准进行划分。按测量手段分类,主要包括全站仪测量、GPS测量、三维激光扫描、摄影测量等。全站仪测量是一种传统的高精度测量方法,适用于小范围、高精度的测量任务,如工程施工中的点位放样和变形监测。GPS测量则具有全球覆盖、实时定位的优势,可用于大范围的地形测量和控制网建立。三维激光扫描技术能够快速获取物体表面的三维坐标信息,生成高精度的点云数据,适用于复杂物体

的三维建模和变形分析。摄影测量则通过拍摄照片,利用影像处理技术获取目标的几何信息和纹理信息,可进行大面积的地形测绘和建筑物建模。

按数据源分类,可分为地面测量数据、航空遥感数据、卫星遥感数据等。地面测量数据主要由全站仪、GPS等测量仪器获取,具有高精度、高分辨率的特点,但测量范围有限。航空遥感数据通过飞机搭载传感器获取,具有较高的分辨率和覆盖范围,适用于大面积的地形测绘和资源调查。卫星遥感数据则由卫星平台获取,具有全球覆盖、多时相的特点,可用于宏观的地理监测和环境变化分析。此外,多源测绘技术还可以根据数据处理方法、应用领域等进行分类,不同的分类方式相互交叉,共同构成了多源测绘技术的丰富体系^[1]。

2 城市轨道交通结构断面测量的需求分析

2.1 城市轨道交通结构的特点

城市轨道交通结构具有复杂性、多样性和特殊性。首先,城市轨道交通包括地下隧道、高架桥梁、地面轨道等多种形式,不同结构形式的受力特点、空间布局和建设要求各异。地下隧道通常处于复杂的地质环境中,受地下水、土压力等因素影响,其结构稳定性至关重要。高架桥梁则需要考虑风荷载、地震作用等因素,对结构的强度和刚度要求较高。地面轨道则需要与城市道路、周边建筑等协调配合,同时要保证轨道的平整度和稳定性。其次,城市轨道交通线路长、跨度大,穿越不同的地形地貌和地质条件,这给结构设计和施工带来了很大的挑战。此外,城市轨道交通结构通常需要长期服役,承受频繁的列车荷载和环境因素的影响,因此对结构的耐久性和可靠性要求极高。

2.2 结构断面测量的目的与任务

结构断面测量的主要目的是为城市轨道交通的设计、施工和运营提供准确的几何信息。在设计阶段,通

通过对结构断面的测量，可以确定合理的结构尺寸和形状，优化设计方案。在施工阶段，结构断面测量可以用于控制施工质量，确保结构的尺寸和位置符合设计要求。同时，还可以对施工过程中的变形进行监测，及时发现和处理问题。在运营阶段，结构断面测量可以用于检测结构的变形和损伤，评估结构的安全性和可靠性，为维修和加固提供依据。具体任务包括测量结构的断面尺寸、形状、位置等几何参数，监测结构的变形和位移，分析结构的受力状态和稳定性等。

2.3 测量精度与观测条件的要求

城市轨道交通结构断面测量对精度要求较高。平面位置精度通常要求在几毫米以内，高程精度要求也较为严格。这是因为城市轨道交通对线路的平顺性和安全性要求极高，微小的误差都可能影响列车的运行安全和舒适性。在观测条件方面，由于城市轨道交通结构通常处于复杂的城市环境中，受到周边建筑物、地下管线、交通干扰等因素的影响，观测条件较为复杂。因此，需要选择合适的测量时间和方法，尽量减少外界干扰^[2]。对于地下隧道等特殊环境，还需要考虑通风、照明等条件，确保测量工作的顺利进行。另外，对于一些特殊部位的测量，如隧道与车站连接处、桥梁与路基过渡段等，需要采用特殊的测量方法和技术，以满足精度要求。

3 多源测绘技术在城市轨道交通结构断面测量中的应用

3.1 全站仪在结构断面测量中的应用

全站仪作为传统且经典的测量工具，在城市轨道交通结构断面测量中发挥着不可替代的作用。全站仪集电子测距、测角、自动记录于一体，能够直接测量出测点到目标点的水平距离、垂直距离和高差，以及相应的角度信息。在结构断面测量中，全站仪通过精确布设测站，利用棱镜或反射片作为目标，逐点测量结构断面的轮廓线。其优势在于测量精度高、适应性强，可在各种复杂环境下进行作业。此外，全站仪还支持自动化测量和数据记录，大大提高测量效率和数据处理速度。在城市轨道交通隧道断面测量中，全站仪被广泛应用于隧道开挖轮廓线、初衬、二衬等关键施工阶段的监测。通过定期测量，可以实时监测隧道的变形情况，确保隧道结构的安全稳定；全站仪还可以与专业的测量软件结合，实现测量数据的快速处理和分析，生成直观的三维模型和报表，为施工管理和质量控制提供有力支持。

3.2 断面仪在结构断面测量中的应用

虽然“断面仪”这一术语在常规的测绘仪器分类中不如全站仪、三维激光扫描仪等广为人知，但在此我们

可以将其理解为一种专门用于断面测量的设备或系统，如隧道断面仪等。隧道断面仪通过预设的测量程序和传感器，能够快速、准确地测量出隧道断面的形状、尺寸和位置信息。这类设备通常具有结构紧凑、操作简便、测量速度快等优点，特别适用于隧道等大型地下工程的断面测量。在城市轨道交通隧道结构断面测量中，隧道断面仪能够快速采集大量断面数据，并通过内置的软件进行数据处理和分析。它可以自动计算出隧道断面的面积、周长、超欠挖情况等关键指标，并生成详细的测量报告。这些数据和报告对于评估隧道施工质量、优化施工方案具有重要意义；隧道断面仪还可以与全站仪等其他测量设备配合使用，形成多源数据融合的断面测量系统，进一步提升测量精度和效率。

3.3 三维激光扫描仪在结构断面测量中的应用

三维激光扫描仪以其非接触、高密度、高精度的特点，在城市轨道交通结构断面测量中展现出了巨大的应用潜力。三维激光扫描仪通过发射激光束并接收反射回来的光信号，能够快速准确地获取目标物体的三维点云数据。这些数据经过后处理，可以生成精确的三维模型，直观地展示结构断面的形状和细节。在结构断面测量中，三维激光扫描仪可以快速扫描整个断面区域，获取高精度的点云数据。这些数据不仅可以用于测量断面的尺寸和形状，还可以进行复杂的几何分析和体积计算。通过三维建模软件，可以将点云数据转换成三维模型，并进行多角度、全方位的查看和测量。另外，三维激光扫描仪还具有数据处理自动化程度高、测量速度快、适应性强等优点，特别适用于城市轨道交通隧道、高架桥等复杂结构的断面测量^[3]。在实际应用中，三维激光扫描仪还可以与全站仪等其他测量设备结合使用，形成多源测绘技术体系。通过数据融合和互补，可以进一步提高测量精度和效率，为城市轨道交通建设提供更加全面、准确的测量数据支持。

3.4 测量机器人在结构断面测量中的应用

测量机器人作为现代测绘技术的杰出代表，其自动化、智能化水平达到了前所未有的高度。在城市轨道交通结构断面测量中，测量机器人通过预设的程序和传感器，能够自动完成测量任务，并实时记录和处理测量数据。它们不仅具有高精度、高效率的优点，还能够适应各种复杂环境和测量要求。测量机器人在结构断面测量中的应用主要体现在以下几个方面：首先，它们能够自动导航至预定的测量位置，并根据预设的测量程序进行作业。这大大减少了人工操作的需求和人为误差的可能性。其次，测量机器人具备高精度的测量能力，能够

确保测量结果的准确性和可靠性。它们通常配备了先进的传感器和数据处理系统,能够实时进行误差修正和补偿。最后,测量机器人还能够自动记录和处理测量数据,并生成详细的测量报告。这些报告可以为施工管理和质量控制提供有力的数据支持。在城市轨道交通隧道和高架桥等复杂结构的断面测量中,测量机器人尤其发挥重要作用。它们能够快速、准确地完成大范围的断面扫描和测量任务,大大提高测量效率和精度;测量机器人还具备远程控制和无线通信功能,使得测量人员可以在安全距离外进行操作和监控,进一步提高作业的安全性和可靠性。

4 多源测绘技术在城市轨道交通结构断面测量中的案例分析

4.1 案例一:某城市轨道交通隧道结构断面测量的优化实践

在北京地铁某号线隧道的结构断面测量项目中,多源测绘技术的优势得到充分展现。本次测量不仅采用了传统且可靠的全站仪技术来精确布设并测量控制点,确保隧道空间定位的准确性,还创新性地引入三维激光扫描仪。扫描仪在隧道内部高效运作,通过激光束的精准发射与接收,快速捕捉隧道壁面的详细三维坐标信息,生成高密度、高精度的点云数据。这些点云数据经过专业软件的精细处理,如去噪、拼接与智能分析,直接转化为清晰的隧道断面图,极大地提升测量效率和精度。另外,为实现隧道变形的实时监测,项目团队在隧道内的关键位置部署了高精度测量机器人。这些机器人能够自主导航至预设点,执行连续的高精度测量任务,并通过无线网络即时传输数据至控制中心。数据的实时分析不仅能帮助工程师迅速识别隧道的微小变形,还能预测潜在的安全风险,为隧道的长期维护与安全运营提供强有力的数据支持^[4]。

4.2 案例二:某城市轨道交通车站结构断面测量的多维度解析

上海地铁某号线车站的结构断面测量项目,面对复杂的车站结构和多样的测量需求,采用了多源测绘技术的集成解决方案。在此项目中,全站仪首先发挥其高精度测量的优势,对车站的关键节点和特征点进行精准

定位,确保平面位置和高程的准确性。随后,为获取更全面的车站内部结构信息,项目引入了隧道断面仪和三维激光扫描仪。隧道断面仪针对车站隧道部分进行了高效、精准的断面扫描,快速生成了隧道断面的详细数据。而三维激光扫描仪则在整个车站范围内展开工作,从站台层到站厅层,再到出入口通道,全方位捕捉车站的三维形态,生成详尽的三维模型。这一模型不仅展示了车站的整体结构布局,还详细记录了各部位的尺寸关系,为设计复核与施工指导提供了直观的视觉支持。针对车站内复杂的局部结构,如楼梯、扶梯及通风口等,项目团队还采用了摄影测量技术。高分辨率的影像数据通过先进的影像处理软件被解析,提取出这些部位的精准几何信息,进一步丰富车站结构断面的测量成果。通过多源测绘技术的综合应用,本项目成功克服了车站结构复杂、测量精度要求高的挑战,为车站的设计优化、施工质量控制和后期运营维护提供全面、准确的数据支撑。

结束语

综上所述,多源测绘技术在城市轨道交通结构断面测量中展现出了显著的优势和广阔的应用前景。通过综合运用全站仪、三维激光扫描仪、测量机器人等多种技术手段,可以实现对复杂结构断面的高精度、高效率测量,为城市轨道交通工程的设计、施工和运营提供全面、准确的数据支持。未来,随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展,多源测绘技术将在城市轨道交通建设中发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]胡圣武,范远芳.城市轨道交通的隧道结构断面测量方法研究[J].测绘科学,2021(05):38-41.
- [2]赵文银.Zhao,Wen-yin.城市轨道交通工程隧道结构断面测量技术[J].建筑技术开发,2022(07):49-52.
- [3]王智,夏春初.地铁工程隧道断面测量方法及对比分析[J].中国(青岛)城市轨道交通管理和技术创新研讨会.2020(06):221-223.
- [4]张胜军,杨志刚,康妍斐.三维激光扫描技术在地铁隧道断面测量中的应用[J].测绘与空间地理信息,2019,242(6):207-210.