

GPS在工程测量中的应用与精度分析

胡 翔 田 坤

长江三峡勘测研究院有限公司(武汉) 湖北 武汉 430000

摘要: 随着全球定位系统(GPS)技术的不断进步,其在工程测量领域的应用已经变得不可或缺。本文详细探讨了GPS在工程测量中的具体应用,包括建立工程控制网、施工放样与监测、地形测绘等多个方面。同时,对GPS测量的精度进行了深入分析,讨论了影响精度的主要因素,并提出了提高测量精度的方法。

关键词: GPS技术; 工程测量; 精度分析; 应用研究

引言

随着基础设施建设和城市规划的不断发展,工程测量在各类工程项目中扮演着至关重要的角色。传统的测量方法虽然在某些情况下仍然有效,但在大面积、复杂地形的测量中往往存在效率低下、精度不足等问题。GPS技术的引入,为工程测量带来了前所未有的便利和精确性。本文旨在详细探讨GPS在工程测量中的多元化应用,并对其测量精度进行深度剖析。

1 GPS技术概述与测量原理

GPS,全称全球定位系统,它通过接收来自多个卫星的信号,利用三角测量法确定地球上任何一点的精确位置。其基本原理是:通过至少四颗已知位置的卫星,测量出接收机到每颗卫星的距离,然后通过后方交会法解算出接收机的三维坐标和时间误差。

2 GPS在工程测量中的多元化应用

2.1 建立工程控制网

在工程建设的初期阶段,一个精确且稳固的工程控制网是所有后续工作的基石。这一控制网不仅为后续的施工放样提供了准确的基准,还是质量检测、工程监测等多种工作的关键参照。传统的测量方法,虽然历史悠久且在某些特定场合下仍具有其适用性,但在面对大范围、复杂地形的工程测量时,其效率和精度往往难以满足现代工程的需求。GPS技术的引入,为建立高精度的工程控制网带来了革命性的变革。利用GPS技术,可以迅速且准确地建立起覆盖整个工程区域的控制网。这得益于GPS的高精度定位能力和全天候工作的特点,使得在任何天气和地形条件下,都能保证测量的连续性和准确性。在建立工程控制网时,GPS技术通过接收来自多个卫星的信号,能够精确地确定每一个控制点的三维坐标。这些控制点不仅位置准确,而且由于其基于全球统一的坐标系,因此具有极高的兼容性和可转移性。这意味着,无论是在工程的哪一个阶段,或是在不同的工程项目之

间,这些控制点都能提供一致且可靠的基准^[1]。此外,GPS技术还具有自动化程度高、操作简便等优点。在实际操作中,只需在选定的控制点上架设GPS接收机,即可自动完成数据的采集和处理。这不仅大大提高了工作效率,还减少了人为因素导致的误差。

2.2 施工放样与实时监测

施工放样是工程建设中的关键环节,它确保了施工位置的准确性和施工质量的可控性。传统的放样方法往往受到多种因素的限制,如天气、地形等,而GPS的实时动态(RTK)技术则彻底改变了这一状况。利用RTK技术,施工人员能够在任何天气和地形条件下,实现施工现场的精确放样。这一技术通过接收卫星信号并实时解算,能够提供厘米级甚至毫米级的定位精度,从而确保施工位置的准确无误。在实际操作中,施工人员只需根据设计图纸上的坐标信息,利用GPS设备进行放样,即可迅速确定施工点的具体位置,大大提高了施工效率和准确性。除了施工放样,GPS技术还在工程结构的实时监测中发挥着重要作用。在大型工程项目中,如桥梁、高楼等,结构的变形监测是至关重要的。这些结构的沉降、位移等变形情况,直接关系到工程的安全性和使用寿命。传统的变形监测方法往往受到监测周期长、数据处理复杂等因素的限制,而GPS技术则能够实时、准确地监测工程结构的变形情况。通过在关键位置安装GPS接收机,可以实时监测结构的位移和沉降等数据,并通过数据处理软件进行分析和预警。这种方法不仅提高了监测的效率和准确性,还能及时发现潜在的安全隐患,为工程的安全运营提供有力保障。

2.3 地形测绘与土地调查

地形测绘是工程测量中的重要环节,它涉及到对地表形态、地貌特征的详细描绘,为后续的工程设计、施工提供基础数据。传统的地形测绘方法需要大量的人力、物力投入,且测绘周期长、精度受限。然而,GPS

技术的引入,结合GIS(地理信息系统)技术,为地形测绘带来了革命性的变化。GPS与GIS的集成应用,使得地形数据的采集和处理变得更为高效和精确。在实际操作中,利用GPS技术可以快速获取地表各点的精确坐标,这些数据通过GIS系统进行整合、分析和可视化呈现,从而生成详细的地形图。这种方法的优势在于其高精度、高效率以及数据的实时更新能力,大大提升了地形测绘的准确性和工作效率。此外,在土地调查和规划领域,GPS技术同样发挥着不可替代的作用。土地资源的合理利用和规划是城市发展的重要基础,而精确的土地边界界定是这一切的前提。GPS技术能够提供高精度的定位服务,确保土地边界的准确划定^[2]。通过GPS技术,调查人员可以快速、准确地确定土地的四至范围,避免了传统方法中可能出现的误差和争议。同时,GPS数据还可以与GIS系统相结合,对土地资源进行更为深入的分析和评估,为土地规划和利用提供科学依据。

3 GPS 测量精度的影响因素

3.1 卫星几何图形

卫星的分布情况对GPS定位精度有显著影响。理想情况下,观测到的卫星应均匀分布在接收机的周围,以提供良好的几何构型。然而,当卫星分布不佳,例如多颗卫星集中在某一方向或区域时,定位误差会明显增大。这是因为不良的卫星几何图形会导致位置解算的不稳定性增加。

3.2 大气折射

大气层中的电离层和对流层会对GPS信号产生延迟作用,从而影响测量精度。电离层延迟主要是由于太阳辐射引起的电离层中电子密度的变化,而对流层延迟则与大气温度、压力和湿度等因素有关。这些延迟作用会导致信号传播时间的计算误差,进而影响位置确定的准确性。根据研究,电离层和对流层引起的测距误差可能达到数米至数十米。

3.3 多路径效应

当GPS信号在传播过程中遇到障碍物时,如建筑物、树木或地面等,信号会发生反射和折射。这些反射和折射的信号会与直接来自卫星的信号叠加,导致接收机接收到多个路径的信号。多路径效应会引入额外的误差,降低定位精度。特别是在城市峡谷或茂密森林等复杂环境中,多路径效应的影响更为显著。

3.4 接收机性能

接收机的质量、稳定性和处理能力对GPS测量精度也有重要影响。高质量的接收机能够更准确地接收和处理卫星信号,减少误差的引入。稳定性好的接收机在面对

外界干扰时能够保持较高的测量精度。此外,接收机的处理能力也至关重要,它决定了数据处理的速度和准确性。因此,在选择接收机时,应综合考虑其性能参数以满足测量精度的要求。

4 GPS 测量精度的提升策略

4.1 优化观测时段和卫星选择

在GPS测量中,优化观测时段和卫星选择是提高定位精度的关键策略。这一策略的核心在于,通过精心选择观测时间和目标卫星,以获取最佳的卫星几何图形,从而减少误差,提高测量精度。首先,观测时段的选择至关重要。由于卫星的几何分布对定位精度有显著影响,因此,选择那些卫星分布均匀、构型良好的时段进行观测,能够显著提高定位精度。例如,在一天中的某些时段,如上午9:40至10:00,可能会遇到卫星分布的几何图形不佳的情况,这时GDOP值较大,导致定位误差增大。因此,应避免在这些时段进行关键测量。其次,卫星的选择也是提高定位精度的关键。在GPS测量中,并不是所有的卫星都适合用于定位。某些卫星可能由于信号质量不佳、轨道误差较大等原因,会引入较大的测量误差。因此,在选择卫星时,应优先考虑那些信号稳定、轨道精度高的卫星。同时,还可以利用多星座系统,如结合GPS和GLONASS等,以增加可见卫星数量,改善卫星几何图形,从而提高定位精度。此外,还可以采用一些先进的技术手段来优化观测时段和卫星选择。例如,利用卫星预报软件来预测未来一段时间内的卫星分布情况,从而选择合适的观测时段。同时,也可以利用接收机自主完好性监测(RAIM)技术来检测和排除可能存在问题的卫星信号。

4.2 采用差分技术

差分GPS(DGPS)技术是显著提高GPS测量精度的有效方法。该技术主要利用差分原理,通过接收来自基准站和移动站的GPS信号,进行差分处理,以消除或大幅度减弱多种误差源的影响,进而提高定位精度。差分技术依赖于在相近位置设置的一个或多个基准站。这些基准站配备有高精度的GPS接收机,能够持续监测和记录卫星信号。移动站的接收机则同时接收来自卫星和基准站的信号。通过比较基准站和移动站的观测数据,可以精确地计算出两者之间的差异,并据此对移动站的观测结果进行修正。大气延迟,包括电离层和对流层延迟,是GPS测量中的主要误差来源之一。差分技术通过比较基准站和移动站的观测数据,能够有效地识别和消除这些大气延迟引起的误差。因为基准站和移动站通常相距不远,它们受到的大气延迟影响相似,通过差分处理可以

显著减少这种误差^[3]。多路径效应是另一个影响GPS测量精度的因素。当GPS信号在传播过程中遇到障碍物时,会发生反射和折射,导致接收机接收到多个路径的信号。差分技术通过对比基准站和移动站的信号,可以识别并减弱这种多路径效应带来的误差。通过采用差分技术,可以显著提高GPS测量的精度。例如,在某些应用中,DGPS可以将定位精度从原本的数米提升至厘米级甚至毫米级。这种精度的提升对于需要高精度位置信息的领域,如测绘、地质勘探和航空导航等,具有极其重要的意义。

4.3 选用高性能接收机

在GPS测量中,选用高性能接收机是提高信号接收质量和处理速度的关键。高性能接收机具备更强大的信号处理能力,能够更准确地捕捉和跟踪卫星信号,从而在复杂的信号环境中保持高精度定位。高性能接收机通常具有更高的灵敏度和更强的抗干扰能力。这意味着在信号较弱或存在干扰的情况下,它们仍能准确地接收和处理卫星信号。此外,这些接收机还具备快速初始化和重新捕获信号的能力,确保在恶劣条件下也能迅速恢复定位。高稳定性是高性能接收机的另一个重要特点。这种稳定性体现在接收机的时钟精度、抗震动和抗冲击能力等方面。高精度的时钟有助于减少时间误差,从而提高定位精度。同时,抗震动和抗冲击设计确保接收机在恶劣环境中也能正常工作,减少因外界因素导致的测量误差。与高性能接收机相匹配的是优质的天线。天线负责接收卫星信号,其性能直接影响到接收机的信号接收质量。优质天线能够更有效地聚焦和接收卫星信号,减少信号衰减和多径效应的影响。因此,在选择高性能接收机的同时,也应注重天线的选择。

4.4 数据后处理技术

数据后处理技术在GPS测量中扮演着至关重要的角色。通过利用先进的数据处理软件和算法,对原始观测数据进行深入分析和精细处理,可以显著提高测量精度。数据后处理的首要步骤是数据预处理。这一阶段

涉及对原始数据的检查和校正,包括去除异常值、填补缺失数据等。预处理能够确保后续分析的准确性和可靠性。借助专业的GPS数据处理软件,如Trimble GPS Pathfinder Office、GPSBabel等,可以对数据进行高效处理。这些软件通常具备强大的数据解码、校正和分析功能,能够确保数据的准确性,并提供多种数据分析方法,如路径分析和空间分布分析等。高级算法的应用是数据后处理技术的核心。例如,卡尔曼滤波技术,它是一种递归的、自适应的数据处理技术^[4]。在GPS数据后处理中,卡尔曼滤波技术能够有效减少定位误差,提高轨迹的平滑度,从而提升测量精度。针对多路径效应这一影响GPS定位精度的重要因素,数据后处理技术中常采用波束形成和最小二乘等方法来抑制多路径信号,进一步提高定位精度。通过精细的数据预处理、利用专业软件进行处理、应用高级算法以及多路径效应的抑制等后处理技术,可以有效提升GPS测量的精度。这些技术在实际应用中发挥着关键作用,为各种需要高精度定位的场景提供了有力支持。

结语

GPS技术在工程测量中的应用已经深入到各个环节,其高精度、高效率的特点为工程测量带来了革命性的变革。然而,在实际应用中仍需关注并应对各种影响测量精度的因素。随着技术的不断进步和创新,未来GPS在工程测量中的应用将更加广泛和深入,为工程建设提供更加可靠和精确的数据支持。

参考文献

- [1]李亚宏,王永威,马怀玉.GPS测量在工程测量中的应用与发展[J].建筑技术,2023,54(24):3020-3022.
- [2]吴康炜.GPS测量技术及其在工程测量中的应用分析[J].中国设备工程,2024,(07):192-194.
- [3]童宁.工程测量中GPS技术的应用及精度分析[J].智能城市,2019,5(08):65-66.
- [4]周健.GPS测量模式与精度分析[J].计量与测试技术,2020,47(04):61-64.