

高精度GPS测量技术在工程测量中的应用研究

牛志飞

西藏华泰龙矿业开发有限公司 西藏 拉萨 851414

摘要：随着现代科技的飞速发展，高精度GPS测量技术已经成为导航与定位领域的核心力量。其凭借卓越的精度、高效性和可靠性，在工程测量、国土资源管理、城市规划与建设等多个领域发挥着举足轻重的作用。本文旨在深入探讨高精度GPS测量技术的基本原理、特点及其在工程测量中的具体应用，并提出提高测量精度的有效措施，以期对相关领域的研究和实践提供有益的参考和借鉴。

关键词：高精度GPS；测量技术；工程测量；应用

引言：高精度GPS技术助力城市规划可持续发展，其基于空间卫星、地面控制及用户设备的系统架构实现精确定位。该技术以高精度、高效率、高可靠性著称，广泛应用于工程测量，如变形监测、地形测绘、工程建设及大地测量等。本文分析了GPS技术的显著特点及应用价值，并提出优化措施：优化观测方案、采用差分技术、精选测量地点和时间，以进一步提升测量精度和可靠性，这些措施为高精度GPS技术在工程测量领域的深入应用提供了有力保障。

1 高精度 GPS 测量的基本原理

GPS测量技术作为现代导航与定位领域的核心，该技术依托于一个由空间卫星、地面控制及用户设备三大板块紧密协作的系统架构：（1）空间卫星部分，由数十颗精心部署于不同轨道平面的卫星构成，它们如同天空中的灯塔，持续向地球发射精密编码的无线电信号，确保了全球任一角落都能接收到至少四颗卫星的信号，这是实现精确定位的基础。（2）地面控制部分，则是整个GPS系统的神经中枢，它不仅负责监控所有在轨卫星的运行状态，确保它们按照既定轨道稳定运行，还承担着对卫星轨道参数进行精确计算与必要调整的任务，以消除因卫星位置偏差带来的测量误差^[1]。（3）用户设备部分，即GPS接收机，是连接普通用户与GPS系统的桥梁，它巧妙地捕捉来自卫星的微弱信号，通过复杂的算法解析信号中蕴含的时间戳与卫星位置信息，进而利用信号传播速度与时间差计算出接收机自身到每颗卫星的距离；最终通过三维空间中的距离交会法，精确求解出接收机的三维坐标，实现厘米级乃至毫米级的定位精度。

2 高精度 GPS 测量技术的特点

2.1 高精度

高精度GPS测量技术以其卓越的高精度特性而著称，这是其最显著且核心的优势，与传统GPS测量相比，高精

度GPS技术能够实现厘米级甚至更高精度的位置测定。这一非凡的精度得益于多方面技术的综合应用：（1）先进的卫星信号接收与处理系统能够精准捕捉并分析来自GPS卫星的微弱信号；（2）通过对诸如电离层延迟、对流层延迟、卫星轨道误差、接收机钟差等多种误差源的精细校正，进一步提升了定位的准确性。例如，在短基线（小于50km）的相对定位中，高精度GPS技术能够达到 1×10^{-8} 左右的相对定位精度，这对于构建高精度水准面、执行国土测量、地形测绘、河流水文监测以及各类精密工程测量等任务而言，无疑是理想的技术选择。

2.2 高效率

高精度GPS测量技术以其高效率的特性，在工程测量领域独树一帜；与传统测量手段如全站仪、水准仪等相比，GPS测量无需在测站之间建立繁琐的视线通视，这一革新极大地简化了测量工作的流程，降低了测量成本。只要测站上空保持开阔，确保卫星信号畅通无阻，测量作业即可顺利进行，这种灵活性不仅节省了造标费用，还为选点工作提供了更多的选择和便利。随着GPS系统的不断升级和测量软件的持续优化，高精度GPS测量的观测时间也实现了显著缩短，以20km以内的相对静态定位为例，如今的观测时间通常仅需15-20分钟，甚至更短。而在快速静态相对定位测量中，当流动站与基准站的距离在15km以内时，流动站的观测时间更是惊人地缩短至1-2分钟，这种高效率的测量速度，无疑为工程测量工作带来了前所未有的便捷和高效^[2]。

2.3 高可靠性

高精度GPS测量技术之所以能够在众多领域中脱颖而出，其高度的可靠性是不可或缺的关键因素。这项技术巧妙地支持多站同步观测，能够同时接收来自多颗卫星的信号，形成数据的冗余和交叉验证机制，这种设计不仅增强了测量的稳健性，还有效降低了因单一信号源故

障或异常而导致的测量误差,确保了测量结果的准确性和稳定性。更为值得一提的是,高精度GPS测量技术还融入了多种先进的误差校正机制;例如,针对大气折射对信号传播路径的影响,技术中包含了大气折射校正机制,能够精确修正因大气折射而产生的测量偏差。多路径效应校正机制也被巧妙地融入其中,有效消除了信号在传播过程中可能遇到的反射、散射等干扰,进一步提升了测量数据的准确性和可靠性。

3 高精度 GPS 测量技术在工程测量中的应用

3.1 工程变形监测

在工程变形监测这一关键领域中,高精度GPS测量技术发挥着举足轻重的作用;由于地壳的微小运动,各类工程在建设 and 运营过程中不可避免地会产生一定程度的位移,进而可能引发结构形变,对工程的稳定性和安全性构成威胁。而高精度GPS测量技术,凭借其卓越的实时监测能力,成为监测这些形变的重要工具,工程的变形形式多样,包括但不限于地表沉降、陆地工程(如桥梁、隧道)的形变,以及围堰大坝等水利设施的形变。针对这些变形现象,GPS测绘技术能够在工程的多个关键阶段提供有力支持:(1)在工程基准设计阶段,GPS技术能够精确测定地理位置,为工程师们提供准确无误的参考坐标,确保设计基础的可靠性。(2)进入工程结构强度设计阶段,GPS技术则通过持续监测结构稳定性,帮助工程师评估结构的承载能力和潜在风险,从而优化设计方案,提升工程的安全性。(3)在工程观测时段的设计上,GPS测绘技术能够依据地壳运动规律和天气条件,协助确定最佳的观测时间窗口,确保获取的数据最为准确可靠。(4)而在工程监测周期的设计方面,GPS技术则通过实时监测和数据分析,指导监测工作的频率和周期安排,使得潜在的变形问题能够及时发现并得到有效处理。

3.2 国土地形地貌测绘

在国土地形地貌测绘这一至关重要的领域中,高精度GPS测量技术以其无与伦比的高效性和精准度,已然成为测绘工作者不可或缺的得力助手。这项技术通过实时动态差分方法的巧妙运用,使得测绘人员能够在各个测定点上迅速且准确地完成数据收集工作,他们只需在各个关键土地权属界点上短暂驻足,便能利用GPS技术捕捉到这些界点的精确位置信息,从而大大简化了原本繁琐复杂的测绘任务。数据收集完成后,这些宝贵的测绘数据会被迅速上传至计算机系统,进行进一步的处理与分析,计算机系统凭借其强大的算法和GPS系统提供的精确定位信息,能够迅速而准确地生成国土地形地貌的精确

测绘图。这一高效的工作流程不仅极大地缩短了测绘周期,更确保了测绘结果的精确性和可靠性,为国土资源的管理和规划奠定了坚实的基础,这些精准的测绘数据对于国土资源的合理开发、生态环境的保护以及可持续发展的推进具有至关重要的意义。它们为相关部门提供了科学、准确的数据支撑,使得土地资源的利用更加合理高效,生态环境的保护更加有针对性,可持续发展的推进更加稳健有力。

3.3 工程建设测绘

在工程建设测绘这一关键领域,高精度GPS测量技术以其无可替代的优势,发挥着举足轻重的作用;特别是在城市规划与建筑布局的精细规划中,GPS测量技术的精准性为城市规划者提供了坚实的数据基石。它使得城市规划区和建成区的边界划分变得前所未有的清晰与准确,为规划者提供了详尽的空间坐标信息,这使得规划者能够高瞻远瞩,制定出既符合城市发展方向,又兼顾环境保护与格局协调的建筑计划,有效规避了对城市整体风貌和生态环境的潜在破坏。而在建筑施工的实地操作中,高精度GPS测量技术同样展现出了其非凡的价值,它不仅能够精确测量建筑物的各项尺寸与高度,为施工人员提供了无可挑剔的数据参照,还通过这一精准的数据支持,助力施工人员严格把控施工质量,确保建筑物的结构安全与稳固^[1]。并且,GPS测量技术的运用还促进了施工流程的优化,提高了施工效率,从而在保障工程质量的同时,有效降低了施工成本,为工程建设的经济性与可行性提供了有力保障。

3.4 大地测量控制网点

在大地测量控制网点这一宏伟而广阔的舞台上,高精度GPS测量技术以其无与伦比的精准度和实时性,展现出了非凡的魅力和强大的实力。我国国土广袤无垠,大地控制网点间的距离往往跨越千山万水,传统的测量工具和方法在面对如此艰巨的测量任务时,往往显得捉襟见肘。借助GPS卫星定位技术,我们能够以前所未有的精度,精准地测定我国基础控制网的各个网点位置,这些网点如同国家的测绘基石,为国土资源的合理开发和利用提供了坚不可摧的数据支撑。高精度GPS测量技术的运用,不仅极大地提升了我国测绘工作的整体水平和效率,更使得测绘工作迈入了科学、准确和高效的新时代,这些精确的测绘数据,如同国家的经济地图,为国家的经济建设和社会发展提供了有力的测绘保障。它们为城市规划、交通建设、资源勘探等各个领域提供了科学的数据依据,为我国的现代化建设事业铺设了坚实的基石。

4 提高高精度 GPS 技术测量精度的措施

4.1 优化观测方案

在追求高精度GPS测量技术的道路上,优化观测方案无疑是一块重要的基石;因此,我们必须从多个维度出发,对观测方案进行精细化的优化。(1)延长观测时间是提高测量精度的重要手段之一。由于卫星轨道误差和钟差是GPS测量中不可忽视的误差源,通过延长观测时间,我们可以有效地减小这些误差对测量结果的影响,对于重要工程或需要特别高精度的测量任务,建议将观测时间延长至十几小时以上,甚至更长。(2)多时段观测也是优化观测方案的重要组成部分,由于不同时段的卫星分布和大气状况存在差异,这些差异会对测量结果产生一定的影响;通过多时段观测,我们可以获取不同时间段的测量数据,并对其进行比较和分析,从而消除部分随机误差,提高测量结果的准确性。(3)在选择观测点时,我们同样需要充分考虑周围环境对测量结果的影响,为了避免多路径效应和大气折射的干扰,我们应选择开阔地带,远离建筑物、水面等可能产生反射和折射的物体。

4.2 采用差分技术

差分GPS技术作为高精度GPS测量的核心手段,其重要性不言而喻;通过基准站和移动站的差分计算,我们可以消除大部分系统误差,从而提高测量结果的准确性。这种技术的核心在于基准站的设立和差分计算的实现,基准站作为差分GPS技术的核心组成部分,负责接收卫星信号并计算出误差。这些误差信息包括卫星轨道误差、钟差、大气延迟等,是影响测量结果准确性的关键因素,基准站将这些误差信息传输至移动站,移动站根据这些信息进行修正,从而得到更为准确的测量结果,RTK(RealTimeKinematic)技术作为差分GPS技术的一种高级形式,实现了实时厘米级的定位精度^[4]。它广泛应用于地形测量、施工放样等领域,为工程测量提供了强有力的支持,RTK技术的核心在于实时差分计算,通过实时接收基准站和移动站的卫星信号,并进行差分计算,从而得到实时的、高精度的测量结果。

4.3 选择合适测量地点和时间

选择合适的测量地点和时间也是提高高精度GPS测量精度的关键要素,在测量地点的选择上,我们需要根据工程的实际情况进行综合考虑。(1)我们应避免选择存在强烈电磁干扰和多路径效应严重的地方,这些地方会对卫星信号的接收和传播产生严重的干扰,从而影响测量结果的准确性;相反,我们应选择高楼顶、公园等开阔地带作为测量点,这些地方视野开阔,卫星信号传播条件良好,有利于进行高精度测量。(2)在选择测量时间时,我们应优先考虑卫星分布良好、大气折射影响较小的时间段;通常,清晨或傍晚时分大气较为稳定,卫星信号传播条件较好,有利于进行高精度测量。(3)还需要注意天气状况对测量结果的影响;在恶劣天气条件下,如暴雨、大风等,卫星信号的接收和传播可能会受到严重的影响,因此我们应尽量避免在这些天气条件下进行测量工作。

结语:综上所述,高精度GPS测量技术以其独特的技术优势和广泛的应用前景,在工程测量领域展现出了非凡的魅力和强大的实力。通过不断优化观测方案、采用差分技术以及选择合适的测量地点和时间,我们可以进一步提高GPS测量的精度和可靠性,为工程测量领域的各项任务提供更为准确、高效的数据支持。展望未来,随着科技的不断进步和GPS技术的持续创新,高精度GPS测量技术必将在更多领域发挥更大的作用,为我国的现代化建设事业贡献更多的智慧和力量。

参考文献

- [1]赵文娇.GNSS定位技术在测绘工程中的应用研究[J].四川建材,2022,48(11):251-253.
- [2]陈壮浩.浅析测绘新技术及其在工程测量中的应用[J].智能城市,2021,7(16):49-50.
- [3]曾强,邹磊.高精度测量技术在矿山法隧道工程中的应用[J].世界有色金属,2021,(11):188-189.
- [4]郑舒允.测绘新技术在测绘工程测量中的应用分析[J].门窗,2019(18):260+263.