

工程测量GNSS测量技术应用探讨

饶国坤

孝感市城乡规划设计院有限责任公司 湖北 孝感 432000

摘要：GNSS测量技术因为其自身的优越性与特殊性，被应用到工程中。为此，本章专门探讨了国际工程导航与卫星技术（GNSS）在工程测量中的综合运用，包括了其主要技术特征、常规和特种测量模型，及其在工程测量领域中的实际运用案例。并通过剖析，GNSS工程测量技术的高精度、无需通视、操作简便等优势，结合其在静态测量、快速静态测量、准动态测量等方面的实践，本文展示了GNSS技术如何有效提升工程测量的效率与精度，并探讨了其在工程变形监测、RTK碎部测量与放样、水准测量及虚拟现实技术中的创新应用。

关键词：工程测量；GNSS测量；技术应用；探讨

引言：随着科技的飞速发展，工程测量技术正经历着前所未有的变革。全球导航卫星系统（GNSS）作为现代测绘技术的核心，以其独特的优势在工程测量领域发挥着越来越重要的作用。本文将从GNSS测量技术的特点出发，详细阐述其不同测量模式中的应用，并探讨其在工程测绘中的创新实践。

1 GNSS 测量技术特点

1.1 测站之间无需通视

GNSS的测试系统对各个测站之间的距离要求比较简单，因为彼此间并不需要通视，仅需注意测站的上部位置一定要开阔，以保证GNSS系统在接收卫星的指令时不被影响。因为不同测量地点间没有通视，所以地点的选择也就更加灵活、简便，并可以根据具体工作的需要来选择位置，因此大大减少了在大地网络测量中的过测站、传算点的测量工作。

1.2 定位精度高

GNSS技术的定位精度之卓越，不仅体现在短距离内的精确无误，更在于其随距离增长而愈发凸显的优势。在超长基线测量中，如跨越数百乃至上千公里的定位任务中，GNSS的相对定位精度能达到惊人的 10^{-9} 量级，这一精度水平远远超越了传统测量手段，为大地测量、地壳形变监测等领域提供了前所未有的数据支持。在工程精密定位领域，尤其是在300米至1500米的范围内，GNSS接收机通过长时间的稳定观测（如1小时以上），能够实现平面位置误差小于1毫米的极致精度。这一表现与高精度测距仪器如ME-5000电磁波测距仪相比，也毫不逊色，甚至在部分场景下展现出更高的稳定性和一致性。在边长测量对比中，GNSS测定结果与电磁波测距仪的最大差异仅为0.5毫米，校差中误差更是低至0.3毫米，充分证明了GNSS技术在精密工程测量中的可靠性和优越性^[1]。

1.3 操作简便

GNSS测量系统接收机性能也在不断的增加、完善，其自动化的程度也在逐步提高：由于接收机的尺寸愈来愈小，载荷也愈来愈低，这在当时很大程度上减轻了外业测量技术人员的作业紧急范围和劳动强度。而今，GNSS接收机已趋向于仪器小型化和应用简便化，观测人员只需将天线着地、整平，再通过量取双极化天线的高度、开启电源就进行了自动检测，并依据已获取的数据，利用各种资料处理软件进行处理，即获取了对观测点三维的坐标。而且，由于GNSS的业务活动能够在一年中的任意一段时间里都可以进行，因而任何不良气候、特殊天气条件都对它的业务活动影响也并不是很大。

2 GNSS 在工程测量中的应用

2.1 常规静态测量

常规静态检测作为GNSS方法中的一个典型方法，因其精确和长基线检测的优势，在大地测量行业占有着重要的位置。这种方法采用了2个或者多个GNSS接收器在基线二端同时探测，保证至少跟踪到了4个以上卫星目标，以获得长期（通常每时段不少于45分钟，依据基线长度和测量等级而定）的相对稳定探测结果。通过这样长期的探测，有效减少了对大气误差、卫星轨迹偏差和多源误差的干扰，也因此达到了中微米级或者亚微米级别的相对稳定定位精度（通常可以达到 $5\text{mm}+1\text{ppm}$ ）。正是依靠着这样的高精度特点，通常静态监测被广泛应用于建立世界性及国家级的大地控制网，监视地壳微小变化，通过设置长距离检校建筑基线以保证监测基线的一致性，以及进行对海岛和大陆边缘地区的高精度检测等。即使在精密施工中，在大规模桥梁、隧道和高层建筑的施工控网建设中，通常静态监测也起到了无法取代的重要功能，为工程提供了强有力的大数据支持。

2.2 快速静态测量

快速静态测量模式凭借其高效与精准的特点,在测绘领域得到了广泛应用。在此模式下,基准站的GNSS接收机作为稳定的数据源,持续锁定并追踪天空中所有可视的GNSS卫星信号,确保数据的连续性和稳定性。而移动站接收机则灵活移动至各个预设的待测站点,通过短时间(通常几分钟内)的观测,即可采集到足够的数据量以进行后续处理。为了确保测量结果的可靠性和精度,快速静态测量对观测条件有严格要求。在观测时段内,必须保证至少有5颗以上GNSS卫星处于良好跟踪状态,以减少多路径效应和其他误差源的影响。此外,移动站与基准站之间的距离也是关键因素,一般建议两者相距不超过20公里,以保证差分信号的强度和稳定性,进而确保测量结果的精确性。这一模式的广泛应用,不仅提高了测绘作业的效率,也进一步推动了测绘技术的进步与发展。

2.3 准动态测量

一种方法是在一个已知测点上安装一个GNSS接收机的基准点,连续追踪所有可见卫星。移动台接收机在每次初始化时都会分别在不同待测台站上,每个测台站都只能监测一个经历的元数据。这种方法不同于快速静态化,因为除了观测方法的不一样以外,它还必须保证在移场和迁场的过程中不失锁,同时也需要事先在已知区域上或以其它方式进行初始化工作。通过这种方式,将有助于实现对开阔范围内的加密控制测量、工程定位,以及对碎部的测量、剖面检测和线路测量等。需要注意的是,该方法必须在观测时段内保证有5个以上卫星可被同时观测;流动点与基准点的间隔应该不超过20km。另外,另一方法向流动点发送数据。移动站接收机通过移动站数据链路接收由基准站发送过来的数据,并在机上完成信息处理工作,以便于及时掌握移动站的精确定位^[2]。

3 工程测绘中GNSS测绘技术的应用

3.1 准动态测量

准动态测量是一种结合了静态测量高精度与动态测量灵活性的GNSS技术应用模式。在这种模式下,一个已知且稳定的测站作为基准站,持续追踪并锁定所有可观测的卫星信号,为整个测量系统提供高精度的差分基准。移动站接收机在完成初始化过程后,即开始时分别前往不同待测站进行观测,每站只需要观测一个经历元数据即可得到相应的信号值。与高速静态测量比较,水准移动测试对移动站和搬站过程中的稳定性要求较高,因此需要保证信号不失锁,以便于保证测试的稳定性和精度。此方法尤其适合于对开阔区域的加密控制检测、

工程定位、碎部检测、剖面测试和线路检测等应用中。它也可以实现对检测准确度的严格要求,并可满足在指定区域内的动态作业要求。但是,为保证观测成果的可信度,也就必须确保在规定观测时间内有适当数量的卫星(至少5颗)可供观测,并且流动点与基准点之间的距离应控制在合理范围内(一般不超过20km),以降低距离因素对信号品质和定位精度的干扰。另外,连续移动观测也成为水准移动观测的一种扩展应用,从而提高了观测质量的实时性与连续性。在这种状态下,运动接收机在进行初始化后,能够持续运动并按时间间隔自动记录结果,用以进行精确测量运输目标的轨迹、交通中心线、断面和航线的动态变化的检测工作。这些高新技术的运用,不但大大提高了检测效果,还为相关领域的研究和工程实践提供了更为丰富和准确的数据支持。

3.2 工程测绘中对GNSS测绘技术可以有效监测工程变形

在复杂的工程建设环境中,GNSS测绘技术以其独特的优势,成为监测工程变形不可或缺的工具。面对自然环境的变迁,如地壳运动、水位升降等自然原因,或是人为施工活动、材料老化等因素导致的工程结构变形,GNSS测绘技术能够提供持续、高精度的监测数据,为工程师们及时捕捉变形迹象、评估变形程度提供了可靠依据。该技术通过卫星信号的实时接收与解析,实现了对监测点三维坐标的精准定位,即使在复杂多变的施工现场或恶劣的自然条件下,也能保持稳定的测量精度。此外,GNSS测绘技术结合先进的数据传输与处理系统,能够实现测量数据的即时传输与在线分析,大大缩短了数据处理周期,提高了变形监测的时效性。工程师们可以迅速获取到最新的变形数据,及时作出反应,采取必要的补救措施,防止变形进一步恶化,确保工程安全。GNSS测绘技术在工程变形监测中的应用,不仅提升了监测的精度与效率,还拓宽了监测的时空范围,为工程建设的安全与质量提供了有力保障。随着技术的不断进步,GNSS测绘技术将在更多领域展现其卓越性能,为工程建设贡献更大力量。

3.3 RTK的碎部测量与放样

RTK技术的碎部测量与放样功能,在现代测绘工程中发挥着举足轻重的作用。在碎部测量环节,RTK以其高精度、高效率的特点,极大地简化了传统测绘的复杂流程。操作人员只需携带轻便的GNSS接收机,在选定的工作区域内快速移动,对地形、地貌上的特征点进行精确采集。这些特征点包括但不限于山脊、山谷、道路交叉口、建筑边界等,它们共同构成了地形图的基本骨

架。随着特征点数据的不断积累,并通过无线传输技术实时回传至数据中心,结合先进的成图软件,即可在短时间内自动生成高精度、高清晰度的地形图或地籍图。而在施工放样方面,RTK技术同样展现出了非凡的便捷性。通过预设设计坐标,RTK系统能够实时计算并指示出当前位置与设计位置的偏差,引导施工人员准确到达预定位置进行作业。这种“所见即所得”的放样方式,不仅大大提高了放样的精度和效率,还有效降低了人为误差,确保了工程建设的顺利进行。此外,RTK技术还支持多点放样、线放样等多种模式,满足不同施工场景下的多样化需求。

3.4 在水准测量中的应用

水准测量作为工程测量中构建高程基准框架的核心手段,尽管在精度上具备显著优势,但其传统实施方式确实面临着诸多挑战,如现场作业强度高、对自然地形条件依赖性大、需确保良好的通视条件,以及易受天气、植被覆盖等外界因素干扰,这些都限制了测量效率和覆盖范围的进一步扩展。相比之下,GNSS(全球导航卫星系统)水准技术的引入,为高程测量领域带来了革命性的变革。该技术不仅显著降低了测量成本,还极大地提升了作业效率,尤其是在地形复杂、通视困难或传统方法难以施展的区域,GNSS水准展现出了无可比拟的优势。通过卫星信号的实时接收与处理,GNSS能够快速、准确地获取测点的三维坐标,包括高精度的大地高。进一步地,结合最新的全球重力场模型、详尽的地面重力测量数据、GNSS观测成果以及精密水准测量资料,科研人员能够构建出高精度的区域性水准面或似大地水准面模型。这一过程不仅实现了对高程异常的精细刻画,还极大地丰富了高程数据的密度和覆盖范围,为大规模基础设施建设、环境监测、灾害预警等领域提供了坚实的数据支撑,推动了测绘地理信息行业的智能化、精细化发展。

3.5 虚拟现实技术的应用

以往的测量涉及到的测量工作十分繁琐,不但难度偏高,而且非常容易受到外部各种因素变动的干扰而妨碍测量工作的顺利完成。如果在开展测量中突遇沙尘、阴雨天气,或是在边坡较陡的峭壁上开展工作,不仅未能获取准确的测量信息,而且可能给人身、设施安全带来危害。而在建筑测量领域应用GNSS测量设备则能够有效应对上述问题,合理避免上述不良的风险条件,进而减少隐患。利用计算机软件的优势条件提供三维立体影像,更为直接的看到画面,并把仿真技术运用到测绘设计中,使每一环节都可以得以全面反映。在测量项目的勘测地貌时,使用搭建好的三维立体视图观测项目的细节,确保测量数据更加准确、可信。关于其中最关键的安全问题,从事检测的人员应及时发现问题并进行记录,在经过研究后作出合理的解决办法,以便减少意外事故出现的概率,并防患于未然,以免产生较重的损失^[3]。

结束语

综上所述,GNSS测量技术以其高精度、无需通视、操作简便等显著优势,已成为现代工程测量不可或缺的重要工具。从常规静态测量到快速静态、准动态测量,再到RTK碎部测量、水准测量及虚拟现实技术的融合应用,GNSS技术不断拓宽工程测量的应用边界,提升了测量效率与精度。随着技术的不断进步,我们有理由相信,GNSS测量技术将在未来工程测量领域发挥更加重要的作用,为工程建设提供更加精准、高效的支持。

参考文献

- [1]冯黎,郭承军.基于GNSS/SINS/双目视觉里程计的车载导航系统分析与设计[J].汽车技术,2019(10):34-54
- [2]莫善会.GNSS与视觉里程计辅助IMU的行人导航方法研究[D].电子科技大学,2019:45-47
- [3]王东,范叶满,薛金儒,等.基于GNSS与视觉融合的山地果园无人机航迹控制[J].农业机械学报,2019,050(004):20-28