

复杂地形条件下工程测量的精度控制方法与实践研究

邓兆伟

摘要: 论文首先阐述了工程测量的基本原理,详细分析了山区、水下、密林等不同复杂地形的类型及特征。接着从测量仪器的选择与校准、控制网的布设、测量过程的控制与监督以及应对复杂地形特殊情况的策略等方面,深入探讨了精度控制方法的实践要点。通过对这些内容的研究,旨在为复杂地形下的工程测量提供有效的精度控制方法,提高工程测量的质量与可靠性,为相关工程建设提供坚实的技术支持。

关键词: 复杂地形; 工程测量; 精度控制; 实践要点

引言

工程测量作为工程建设的基础工作,其精度直接关系到整个工程的质量和安全。在常规地形条件下,测量工作相对容易开展,测量精度也较易保证。然而,随着工程建设的不断发展,越来越多的项目需要在复杂地形条件下进行,如山区、水下、密林等。这些复杂地形给工程测量带来了极大的挑战,测量精度难以控制,容易出现误差,进而影响工程的顺利进行和最终质量。因此,研究复杂地形条件下工程测量的精度控制方法具有重要的现实意义。本文将对复杂地形条件下工程测量的精度控制方法及实践要点进行深入研究。

一、工程测量的基本原理

工程测量属于应用科学的范畴,主要是利用多种测量仪器与技术手段来确定与刻画地球表面地形、地貌及工程建筑物的位置、形状与尺寸。它的基本原理是建立在几何原理与物理原理的基础上的。

在几何原理上,工程测量多采用三角形边角关系定点点位。例如,在进行平面测量时,我们可以通过测定两点间的距离和角度,并利用三角函数来确定其他点的具体坐标。高程测量时,可通过测得两点间高差并与已知点位高程相结合来反演未知点位高程。

在物理原理上,工程测量是借助于重力、电磁和其他物理现象。例如水准测量是利用重力方向用水准仪设置水平视线来测量两点间高差,并通过电磁波测距,利用电磁波在空中传播的速度及时间进行测距。

作者简介: 邓兆伟(1986.01——),男,汉族,本科学历,中级工程师,主要从事工程测量方面的研究工作。

工程测量的根本任务主要有控制测量、地形测量、施工测量、变形监测。控制测量通过构建高精度控制网来确定控制点坐标与高程,从而为后续测量工作奠定基准。地形测量就是在地表上测量地形、地貌,并测绘地形图。施工测量的目的是将设计图纸上的建筑物的位置、形态等细节,精确地测量到实际位置,为施工过程提供必要的参考。变形监测就是在工程建筑物建设及运行期间对其变形进行监控,以保证建筑物安全。

二、复杂地形的类型及特征

(一) 山区地形

山区地形的主要特征是地势起伏大,地形复杂。山脉、山谷、悬崖等地形地貌广泛分布,通视条件差。在山区进行工程测量时,由于地形的起伏,测量视线容易受到阻碍,难以进行长距离的测量。同时,山区的地质条件也较为复杂,可能存在岩石、断层等,这对测量控制点的稳定性和测量精度都会产生影响。此外,山区的气候条件多变,如暴雨、大风、浓雾等天气,会影响测量仪器的正常使用,增加测量的难度和误差。

(二) 水下地形

水下地形测量面临着诸多特殊的挑战。水下环境具有不可见性,测量人员无法直接观察到水下地形的情况,只能依靠测量仪器来获取数据。水的折射、吸收等特性会对测量信号产生影响,导致测量数据的误差增大。例如,声波在水中传播时,会受到水温、盐度、水压等因素的影响,传播速度会发生变化,从而影响测量的精度。水下地形的复杂性也是一个重要因素,可能存在礁石、沉船、暗流等障碍物,这些都会干扰测量工作,增加测量的难度。

(三) 密林地形

密林地形的特点是植被茂密,通视条件极差。树木、

草丛等植被会遮挡测量视线，使得测量人员难以直接观测到目标点。同时，茂密的植被还会影响测量仪器的信号接收，如GPS信号可能会被树木遮挡，导致定位精度下降。此外，密林中的环境复杂，可能存在野生动物、蚊虫等，对测量人员的安全构成威胁。而且，在密林中进行测量工作，需要砍伐树木或开辟通道，这不仅会破坏生态环境，还会增加测量的成本和工作量。

三、复杂地形条件下工程测量的精度控制方法实践要点

(一) 测量仪器的选择与校准

在复杂地形条件下，选择合适的测量仪器至关重要。不同的复杂地形需要不同类型的测量仪器。例如，在山区地形中，由于通视条件差，GPS-RTK技术、三维激光扫描技术和传统全站仪相结合的方式可能更为合适。GPS-RTK技术可以快速获取高精度的坐标信息，不受地形起伏的影响，适用于大范围的控制点测量。三维激光扫描技术可以快速、准确地获取地形的三维信息，对于复杂的地形地貌能够进行详细的测量和建模。传统全站仪则可以用于局部区域的高精度测量和角度、距离的测量。

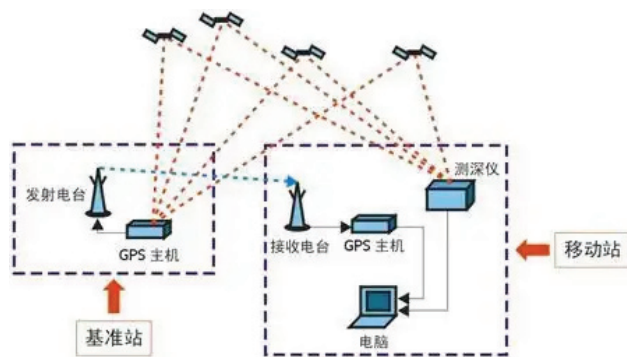


图1 GPS-RTK技术原理

在水下地形测量中，需要使用专门的水下测量仪器，如测深仪、水下定位系统等。测深仪可以通过发射声波并测量声波反射回来的时间来确定水深，水下定位系统则可以确定测量点在水下的位置。

在密林地形中，可以选择轻便、灵活的测量仪器，如手持GPS设备等，便于在密林中携带和操作。同时，为了提高测量精度，还可以结合使用全站仪等高精度仪器。

无论选择何种测量仪器，都需要进行定期的校准和维护。测量仪器在使用过程中，会受到各种因素的影响，如温度、湿度、振动等，导致仪器的精度下降。因此，

需要按照规定的时间间隔对测量仪器进行校准，确保仪器的测量精度符合要求。在校准过程中，要严格按照仪器的校准规程进行操作，使用标准的测量器具进行比对和调整。同时，要做好仪器的日常维护工作，保持仪器的清洁、干燥，避免仪器受到损坏。

(二) 控制网的布设

控制网是工程测量的基础，它为后续的测量工作提供了统一的基准。在复杂地形条件下，控制网的布设需要充分考虑地形的特点和测量的要求。

对于山区地形，由于地势起伏大，通视条件差，控制网的布设应采用分级布网的方式。首先，在整个测区范围内建立首级控制网，首级控制网的控制点应选择在地势较高、通视良好的地方，以确保控制点之间能够相互通视。首级控制网可以采用GPS测量的方法进行布设，以提高测量的精度和效率。然后，在首级控制网的基础上，根据工程的具体需要，建立加密控制网。加密控制网的控制点可以采用全站仪等测量仪器进行测量，以满足局部区域的测量精度要求。

在水下地形测量中，控制网的布设需要考虑水下环境的特殊性。可以在岸边建立岸上控制网，岸上控制网的控制点应选择在地势稳定、通视良好的地方。然后，通过水下定位系统将岸上控制网的坐标传递到水下，建立水下控制网。水下控制网的控制点可以采用水下标志的方式进行设置，以确保控制点的稳定性和可靠性。

在密林地形中，由于通视条件差，控制网的布设可以采用导线网的形式。导线网的控制点可以选择在树木较少、通视相对较好的地方。在布设导线网时，要注意导线的边长不宜过长，以减少测量误差的积累。同时，要对导线进行多次测量和检核，确保导线的精度符合要求。

(三) 测量过程的控制与监督

测量过程的控制与监督是保证工程测量精度的关键环节。在复杂地形条件下，测量过程中容易受到各种因素的影响，因此需要加强对测量过程的控制和监督。

在测量前，要做好充分的准备工作。包括对测量仪器的检查和校准，对测量人员的技术培训和安全培训，对测量方案的制定和审核等。测量方案应根据地形的特点和测量的要求进行制定，确保测量方案的科学性和可行性。

在测量过程中，要严格按照测量规范和操作规程进行操作。测量人员要熟练掌握测量仪器的使用方法，准

确记录测量数据。同时，要对测量数据进行实时检查和分析，及时发现和纠正测量过程中出现的问题。例如，在测量过程中，如果发现测量数据出现异常，要及时对测量仪器进行检查和校准，对测量方法进行调整。

要加强对测量过程的监督。可以设立专门的质量监督小组，对测量过程进行全程监督。质量监督小组要定期对测量数据进行检查和审核，对测量成果进行质量评估。同时，要对测量人员的操作行为进行监督，确保测量人员严格遵守测量规范和操作规程。

（四）应对复杂地形特殊情况的策略

在处理复杂地形这一特殊情况时，需要综合利用各种策略，才能确保工程测量准确、顺利。山区面对悬崖峭壁这样难以到达的地方，可以借助无人机测绘和三维激光扫描技术进行测绘。无人机可以在较低的高度灵活飞行并携带激光雷达或者数码摄影仪进行数据采集，迅速获得大面积的地形影像和高程信息，并通过处理和制作高精度地形图；利用三维激光扫描技术，能够准确捕获复杂地形的三维信息。

在水下测量中，如果遇到暗流和漩涡的情况，则应灵活调整测量方案。选择在水流较缓的时间段进行工作，或者利用水下锚定装置对测量仪器进行稳定，减少水流干扰，保证水下定位系统将岸上控制网坐标精确传输到水下，保证水下控制网测量的稳定性和精度。

对密林地形、面积较大的茂密植被妨碍测量视线的情况，可以适当使用化学除草或者人工砍伐等方式打通通道，但是应注意生态保护。同时加强测量人员安全保护，避免野生动物攻击和蚊虫叮咬。此外，为了提高测量的效率和准确性，可以选择使用如手持GPS这样的轻便且灵活的测量工具，并与全站仪等高精度设备相结合，以应对复杂地形所带来的各种挑战。

结论

复杂地形条件下的工程测量精度控制是一项极具挑战性但又至关重要的工作，工程测量基本原理是开展工作的基石，而不同复杂地形如山区、水下、密林各具独特特征，给测量精度控制带来了不同难题。在实践中，测量仪器的合理选择与定期校准、控制网依据地形特点的科学布设、测量过程严格的控制与监督以及应对特殊情况的有效策略，都是提高测量精度的关键环节。通过运用合适的仪器，像山区的GPS-RTK与全站仪结合、水下的测深仪和水下定位系统等，能更好适应不同地形；精心布设控制网可提供稳定基准；严格把控测量过程可减少误差；应对特殊情况的策略则能解决实际难题。随着科技发展，新测量技术不断涌现，为复杂地形测量带来更多可能。未来需持续深入研究，不断创新精度控制方法，提升工程测量质量与效率，为工程建设提供坚实可靠的技术支撑。

参考文献

- [1] 黄楠. 道路工程测量中GIS技术和数字化测绘技术的应用研究[J]. 交通科技与管理, 2025, 6(19): 25-27.
- [2] 曹宝栋. RTK技术在金属矿山测量中的应用研究[J]. 中国金属通报, 2025, (07): 101-103.
- [3] 陈行, 黄晓华. 无人机机载激光雷达地形测量技术的应用与分析[J]. 四川水力发电, 2025, 44(03): 4-6+10.
- [4] 王昕宇, 丁页, 张艺馨, 等. 面向工程测量的自标定图像系统的设计与精度测量研究[J]. 冶金管理, 2023, (17): 85-87.
- [5] 张代航, 赵浩, 冉怡静. RTK技术在矿山测量工程中的应用研究[J]. 世界有色金属, 2021, (13): 36-37.