

GPS-RTK 测量与无人机航测技术在水利工程测量中的应用

翟东莹 张倩 衡英

西峡县水利技术服务中心 河南南阳 474550

摘要：近年来受极端的气候影响，水旱灾害频繁，且随着经济社会的发展，人们对水的需求日益增长，因此水利工程的数量也在不断增多。传统的水工测量方法已经不能满足现代化水利工程建设需要，而且传统的水工测量也存在精度低、工作效率低下等许多问题。因此，如何提高水利工程测量的质量与效率成为一个重要课题。本文将探讨GPS-RTK和无人机航测技术在水利工程测量中的应用，以期为相关从业者提供宝贵的实践经验。

关键词：GPS-RTK；无人机航测技术；水利工程；测量应用研究

Application of GPS-RTK survey and UAV aerial survey technology in hydraulic engineering survey

Dongying Zhai Qian Zhang Ying Heng

Xixia County Water Conservancy Technical Service Center, Nanyang 474550, Henan Province, China

Abstract: In recent years, frequent water and drought disasters have been occurring due to extreme climate conditions. Additionally, with the development of the economy and society, the demand for water has been increasing, leading to a rise in the number of water conservancy projects. Traditional methods of hydraulic measurement are no longer able to meet the needs of modern water conservancy project construction. Moreover, these traditional methods suffer from low accuracy and inefficient work processes. Therefore, it has become an important issue to improve the quality and efficiency of hydraulic measurements in water conservancy projects. This paper explores the application of GPS-RTK and unmanned aerial vehicle (UAV) surveying techniques in hydraulic measurements, aiming to provide valuable practical experience for professionals in the field.

Keywords: GPS-RTK; Uav aerial survey technology; Water conservancy engineering; Measurement application research

引言

水利工程对于现代农业和农村的发展至关重要，它是经济和社会发展的基础支柱，也是维护生态环境的必要保障。水利工程建设对于促进国家经济增长起到非常重要的作用。确保水利工程的安全运行，不仅是维护经济稳定发展的必要举措，更是保护人民的生命、财产安全的重要责任。但由于水利工程大多建设在山区等地形复杂多变、环境恶劣的地方，传统的人工现场测量难度较大，成本高昂，难以适应新时期水利工程建设的要求，因此利用先进的科学技术手段来实现现代水利工程测量就显得尤为必要。

一、GPS-RTK 测量的基本原理

GPS-RTK 测量技术被认为是一种具有里程碑意义的革新，它将载波相位测量和数据传输技术有效地融合在一起，使得测量过程能够实时、准确、可靠地进行，从而推动测量行业的发展。该测量系统由（1）基准站接收机、（2）数据链和（3）流动站接收机三个部分构成，能够提供更高精度、更可靠的测量结果。

GPS-RTK 技术的核心思想是：在一个精度较高的基准站上安装 1 台 GPS 接收机，不断监测周围的卫星，并将获取的数据和测量结果实时传输至流动站，使得流动站不仅能够接收卫星信号，还能够获取基准站的数据，从而实现

三维坐标的快速计算和精确校正，从而提高定位精度。

二、GPS-RTK 测量技术在水利工程测量中的应用

1. 加密控制点测量

在进行水利工程测量工作时，控制测量是必不可少的一步。随着技术的发展，GPS RTK 加密测量技术的应用越来越广泛，它不仅能够减轻测量的负担，还能够提升测量的精度。通过这种技术，我们能够更加轻松、快捷地测量 15km 范围内的加密控制点，从而提升测量的效率。

2. 地形测量

通过使用 RTK 技术，我们可以快速定位并实时获取地形坐标。通过精确的测量点设定和数字化地形图生成，我们可以更好地了解现场地形的特征。这样，我们就可以单独进行测量，大大节省人力和时间。

3. 施工放样测量

利用 RTK 技术，我们能够迅速准确地定位和实时获取地形信息，从而更好地利用现场的地貌特征，精确确定测量点，最终利用专业的地理信息处理软件制作出高精度的数字化地形图。这样，我们就可以单独进行测量，大大节省人力和时间。

4. 水下地形测量

水下地形测量是一项极具挑战的任务，由于六分仪、三杆分度仪以及全站仪的复杂性和隐蔽性，其精度已经成

为当今测量技术中不可或缺的一环，以满足各种应用场景的需求但这些方法的缺陷也很明显：精度较低，测量范围受到限制，工作量较大，需要更多的专业技术人员。GPS RTK 技术的飞速进步使得水下地形测量变得更加普遍，并且受到越来越多的关注。

利用 GPS 与测深仪的联网，采用专业的导航软件，精确定位测量船，在特定的海域环境中，将实时测量的数据传输至笔记本电脑，并创建 dat 文件，最终，利用南方测绘 cass 地籍成图软件，精确绘制出完整的水下地形图，从而深入洞察水下地貌的变化。采用 GPS 技术进行水下地形测量，不仅可以有效提高准确性，还可以节省大量的人力物力，同时，这种数字化的水下地形图可以有效支持未来的地理信息系统的构建与运行。

三、GPS-RTK 在水利工程测量中的优势

随着科技水平的不断提升，GPS 技术已经成为现代水利建设领域不可或缺的一部分。GPS 技术具有高效率、高精度、全天候、全球覆盖范围广、工作强度小、成本低等优点，通过提供三维坐标、高程等空间地理信息，我们能够快速准确地完成水利工程的规划、设计、施工和运行管理，为水利工程的可持续发展提供有力的支撑。

1. 测量效率高

采用 GS 测量技术，可以迅速而准确地确定测点的三维坐标，甚至在卫星信号变化剧烈的环境中，也能在几分钟之内实现测量，从而显著提升测量的效率。

2. 测量精度高

GPS 技术能够提供极高的精度，无论是在晴天还是雨天，都能够准确地定位。实际测量结果表明，采用 GPS 静态定位技术进行大地高程测量，其误差仅为 3ppm—4ppm，而且，当测量距离小于等于 20km 时，其准确性将会提升至毫米级别。采用 GS 技术进行测量，可以有效避免传统测量方法中的误差累积，从而获得更高的测量精度。

3. 无需通视

GPS 技术的出现，解决了传统测量中测站之间的通视问题，由于它能够在地形开阔、卫星信号完全不受干扰的情况下，实现高效的通信服务实现测点的灵活布置，从而提高了测量的准确性和可靠性。

4. 工作强度小，成本低

使用 GPS 技术，我们能够克服传统测量方法的局限性，尤其是在处理地貌、地物等因素的影响下。这种方法能够在短时间内完成大范围的测量，并且能够减轻测量人员的负担，降低工作成本。这种方法的优点在于，它能够更好地适应环境，并且能够更快速准确地完成测量任务。

四、无人机航测技术的工作原理

无人机航测是一种比传统测绘手段和技术更具创新性的测绘技术。无人机航测是借助空中无人机实现数据采集和调查分析的先进航测手段，是以无人机装备的空中影像数据和辅助技术实现快速测绘的一种技术手段。

无人机航测的测绘原理是将调查图像以及相关技术软件引擎安装到无人机上，然后无人机按照设定的飞行路径进行航行，在飞行过程中不断拍摄大范围图像，而调查的图像提供精确的定位信息，可以有效的将一片区域的相关

信息准确捕捉。同时，调查图像也可以将相关地理信息映射到坐标系统，最终可以实现精准的测绘与调查。通过无人机航测的方法，可以获取多种信息，例如，可以获取地物信息，比如树木的高度、数量等；森林草地覆盖度等信息；也可以获取水体信息，比如河流水深、水体宽度等；还可以获取道路地形信息，比如道路宽度、坡度等；另外，还可以获取建筑物的真实高度、形状等信息。

无人机航拍测绘包括两个主要步骤：前期准备、测量区域调查、控制系统安装、无人机和云台安装、航线规划、飞行操作、航测数据处理。通过对航测数据的处理，我们可以实现 POS、空中三角加密、控制像平差、三维建模以及 DOM/DSM/DEM 的生成，从而实现对空间信息的有效管理。通过使用数据采集软件，我们可以轻松地加载和构建这些模型，并利用 DLG 线进行精确的表示。

五、无人机航测技术在水利工程勘测中的要点研究

1. 测量航空摄影外业图像时，需要控制点测量。

在图像中，控制点被划分为三个部分：水平、高程、垂直。根据相关规范，在航向方面，应当每隔 4-5 条基线设置一个外业控制点，在旁向方面，则需要每隔 2-3 条基线设置一个，以确保控制点的分布密度均匀，同时，最好在旁向重叠的中线附近进行安装。如果发现重叠部分超出了原本的设计要求，建议将它们分离，并尽可能地放置在物体的转折处，以便获得更高的清晰度和更准确的定位。如果项目区域面积较大，则应使用快速拼图软件来确定控制点。相反，如果项目区域面积较小，且地形平坦，则应直接在单幅照片上确定控制点。随着技术的发展，传统的控点测量方法已经不再适用，现在可以通过小三角测量、导线测量、GPS 定位和 RTK 测量等技术，将测量结果转换为国家坐标系，从而更加准确地反映实际情况。

2. 无人机低空航摄内业处理环节

利用无人机进行水利工程测量时，内部处理包括数据收集和分析两个主要步骤。在完成无人机航测飞行之后，应该特别关注位置和姿态的精确控制，确保航拍的准确性，包括航向和旁向的倾斜角度，以及相片本身的偏转角度，并且加强数据的对比，使其形成一个完善的、有条不紊的整体。为了更准确地设计参数，我们需要精确地调整坐标，并使用有效的图像标记来控制像素。通过数据分析，我们可以完成四个步骤：创建项目、添加控制点、进行数据处理和将结果导出。对于数据的处理，我们应该特别关注初始化的准确性，并采取有效的措施来确保控制点的位置，从而更加高效地实现本地的需求。利用无人机技术，我们能够创造出多种多样的导出模型，从而有效地检测和评估三维空间的精度，然后采用先进的数据分析技术，结合精确的数据测量，最终构建出高质量的数字化图表。

六、无人机航测技术在水利测量中的应用优势

1. 现场监督与取证

水对于社会的进步和人类的日常生活至关重要。因此，加强对水力资源的管理显得尤为重要。中国的地理环境多样性十分显著，许多地方的水土流失情况极为突出，造成了极其复杂的后果。因此，深入研究和把握各地区的水利状况，已成为当前水利管理的关键所在。通过利用无人机

技术, 我们可以根据不同地区的特点进行监控, 从而更有效地收集信息数据。经过实地考察, 我们能够更好地掌握该地区的水土流失情况, 并且清楚地认识到其变化趋势。利用高精度卫星遥感技术, 我们可以获取水资源的数量、流域范围以及氧化问题等信息。鉴于当前我国水资源管理的重要性, 各级政府应该加强对水资源的监督和管理。通过采用先进的无人机技术, 我们能够更有效地监控和管理水利工程, 从而提高工作效率。

2. 工程测绘

一般说来, 水利工程测绘测量工作可分为变形观测、放线测量、定线测量、纵横断面测量、地形测量及平面高程控制测量, 而平原地区实行全站仪测量、经纬测量及水准测量均能取得良好的效果, 但是山区水利工程云层较低且地形地貌相对复杂, 客观上加剧了传统光学仪器测量的工作难度。而无人机遥感起落条件较低, 操作人员在安全区域进行操作极大程度上节约人力物力财力投入, 并且无人机始终处于低空飞行状态, 实现云层下拍摄获取高分辨率影响, 大大提高山区水利工程测绘测量工作效率, 以达到保护工作人员生命安全的目标。

3. 地质勘查

传统水利工程地质勘查方法普遍为地面勘察法, 无法准确监测施工区域地质可能出现泥石流及滑坡等地质灾害, 一旦水利工程施工区域地质条件过于复杂多样则客观上加剧工程勘察工作难度, 完全依赖地面勘察法获取施工区域地形地貌及地质条件等信息是不切实际的做法。相较于传统勘测技术, 无人机遥感技术具有运行成本低廉、安全性高及操作简单便捷等鲜明特点, 不止能航拍分析水利工程施工区域地质条件, 更实现设定时间动态监测分析地质条件, 便于观察水利工程所在区域地质条件的发展趋势, 评估水利工程施工区域地质可能存在的不良地质现象, 结合发展趋势及发展方向开展水利水电工程防护工作, 为消除不良地质现象提供强有力的数据支持。

4. 日常监测

由于水利工程数量的迅速增长, 施工地质条件日益恶化, 使得基础建设无法满足预期目标, 同时, 防洪标准也

日益降低, 这对坝基和坝体的耐久性构成了极大考验。如果地基处理不当, 将会加速水利工程的衰落, 渗漏问题更容易发生, 对水利工程的正常运行造成极大威胁, 甚至可能引发巨大的经济损失。这种行为可能会对周边居民的人身和财产造成严重威胁。水利工程应用无人机遥感技术实现日常实时监测, 及时发现是否出现水库渗漏问题, 尤其是水库遭遇特大洪水及地震后, 无人机遥感技术能快速获取水库现状, 获取灾情地区分辨率较高的影像资料, 评估灾害对水库的影响, 为作出应急方案决策提供强有力的支持。

七、结束语

综上所述, 采用新兴技术可以显著提升水利工程测量的效率和进度, 有效确保施工安全和质量。因此, 我们应该加强对新兴技术的研究和分析, 以提高其应用效果, 为水利工程建设提供更加可靠的保障。然而, 如何充分利用新兴技术, 有效地完成水利工程测量任务, 仍然是一个棘手的问题。为了更好地完成水利工程测量任务, 相关技术人员应该积极转变传统的工作理念, 灵活运用新兴技术, 充分发挥技术的优势, 有效地弥补传统测量技术的不足, 优化水利工程测量流程, 节省人力物力财力投入, 保证水利工程测量数据的准确性和精确性, 为我国水利工程测量技术的可持续发展提供有力的支撑。

参考文献:

- [1] 蔡玲玲. 浅论水利测量工程中 GPS 的应用 [J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2016(13): 34-35.
- [2] 刘伟强. 水库大坝变形观测过程 GPS—RTK 技术的有效运用 [J]. 河南水利与南水北调, 2016(12):66-67.
- [3] 王光彦, 姚坚, 李登富, 赵培. 低空无人机遥感在水利工程测绘中的应用研究 [J]. 测绘与空间地理信息, 2016, 39(05): 113-115.
- [4] 郑红. 无人机在水利勘测中的应用研究探索 [J]. 甘肃水利水电技术, 2016, 52(04): 63-65.
- [5] 无人机航拍正射技术首次服务浙江省重点水利工程 [J]. 中国水利, 2016(04): 70.