

GPS-RTK技术在工民建工程测量中的应用实践

赵毅

北京城建集团有限责任公司

摘要：我国建筑行业发展迅速，同时对工程质量要求越来越高，传统的工程测量技术已经难以满足建筑行业发展需求，工民建工程急需更加先进的测量技术的支持。在科技发展的推动下，工程测量技术也在不断进步，越来越多的新型测量技术被应用到工民建工程之中，GPS-RTK技术便是其中典型技术形式。GPS-RTK技术的应用极大提升了工程测量效率与精度，可以为工民建工程提供有力支持。基于此，本文分析了GPS-RTK技术的原理和优势，并就GPS RTK技术在工民建工程测量中的应用策略进行探究。

关键词：GPS-RTK技术；工民建工程；工程测量；数据收集

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.19.031

引言：随着现代测量技术的快速发展，传统测量技术正逐渐被新技术所替代。RTK技术伴随着GPS技术的发展而日益成熟，RTK技术是GPS测量技术与数据传输技术的结合。与传统测量技术相比，GPS-RTK技术的应用优势显著，不仅不设计点间通视，而且误差不会传播、不积累，通视也能更好的保证测量精度。这使得GPS-RTK技术在工民建工程测量中得到了广泛应用。为充分发挥GPS-RTK技术的优势和作用，应结合工民建工程测量需求，积极探索GPS-RTK技术的有效应用措施，使其更好地为工民建工程测量服务。

一、GPS-RTK技术的原理和优势

（一）GPS-RTK技术的原理

GPS即全球定位系统，RTK即实时动态定位技术，GPS-RTK技术是一种高精度的定位和测量技术。其基本原理是通过接收卫星发出的信号，利用差分技术实现高精度的实时位置和姿态测量。GPS系统由一组网络分布在地球上的卫星组成，这些卫星发射高频无线电信号，其中包含有关卫星位置和时间信息。接收器通过接收卫星信号，并测量信号传播时间，从而计算出卫星和接收器之间的距离。RTK技术通过同时接收多颗卫星的信号来测量卫星与接收器的距离，并通过差分定位技术来实现高精度的实时定位。RTK技术涉及一对基准站和流动站。基准站是一个已知位置的接收器，它记录了卫星信号的原始观测数据。流动站是被测定位置的接收器，它接收从基准站发送过来的差分修正数据。借助RTK技术可以进行整体测量和相对测量。整体测量是指将所有测量结果集中处理，确定接收器的绝对位置。相对测量是指通过比较不同接收器之间的观测数据，确定它们之

间的相对位置（图1）。

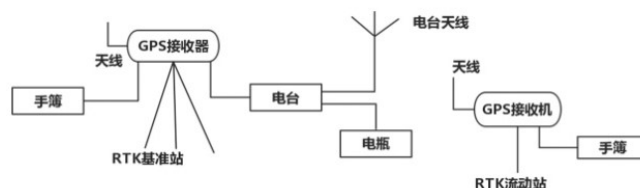


图1 RTK测量原理

（二）GPS-RTK技术的优势

GPS-RTK技术可以实现厘米级别的定位精度，适用于需要高精度定位的测绘、地理信息系统、土地调查等领域。GPS-RTK技术可以在实时环境下提供高精度的定位，RTK技术可以实现对移动物体的实时追踪和定位，因此可以应用于运动遥感、智能交通等。除此之外，RTK技术还具有作业效率高、定位精准、无误差积累、可全天候作业、集成化以及自动化水平高等方面的优势。通常情况下，高质量RTK设站可以完成5000米半径的测区的测量工作，不仅涉及的控制点数量大大减少，而且涉及的“搬站”次数更少，而且测量过程中只需1人操作便可完成工程测量。应用RTK不涉及两点通视，相较于传统测量技术，RTK技术的作业受限因素更少，及时在夜间也不会影响工程测量，因此RTK实现了全天候作业。集成化与自动化水平高也是RTK的主要优势，借助这方面的优势能够在很大程度上提升测量作业效率，同时有效规避人为失误，更好的保障作业精度。

二、GPS-RTK技术在工民建工程测量中的应用

按照工程建设程序，可以将工程测量分为规划设计阶段的测量、施工兴建阶段的测量等。无论哪个阶段的测量均需要以先进的测量技术为基础。GPS-RTK技术在工民建工程测量中的应用，不仅能够促进测量工作效率的提升，而且可以更好的保障测量精度，进而为工民建工程设计、施工以及管理提供参考和依据，保障工民建工程建设的顺利开展。

（一）控制测量

工程控制网对于工民建工程至关重要，是工民建工程建设、管理以及维护的重要基础，应结合工民建工程的规模以及性质等确定工程控制网的网型与精度。通常情况下，四等以下工程控制网覆盖面积小、点位密度大，并且精度要求高。在以往的工民建工程中，通常会采用导线网或者三角网，采用这种网型需要进行分段测量，存在测量精度不足以及测量工作效率低下等方面的不足，甚至还会出现大量返工的情况，严重影响工程测量效率，同时也增加了工程测量成本。GPS-RTK技术的

应用则可以有效解决上述问题，相较于传统的全站仪测量，GPS-RTK技术的优势更加显著，不仅测量效率高，而且无须点间通视。除此之外，GPS-RTK技术还具有无积累误差等方面的特点，可以准确测定图根点，而且在测量过程中可以结合实际需求调整根点数量，确保根点数量满足测图需求。GPS-RTK技术进行图根导线测量，参考点与流动点之间的距离可达10千米，测量范围广，可以有效减少传递。除此之外，随着城市建设的快速发展，使得一些位于地面的测量控制点被破坏，进而会影响工程量的精度，甚至还会导致工程测量无法正常开展。导线测量等常规控制测量需要实现点间通视，不仅精度难以保障，而且费工费时。GPS静态测量，无须点间通视，并且能够确保测量精度。但是GPS静态测量无法实时获取定位结果，需要进行后期数据处理，而且在精度不足的情况下需要返工。GPS-RTK技术的应用不仅能实时了解定位结果，而且可以更好的保证定位精度，不会因后期数据处理或者返工等而影响测量作业效率。

（二）地形测量

工民建工程测量过程中经常会涉及地形测量，以往在地形测量过程中主要借助全站仪，应用全站仪进行测量作业过程中不仅需要合理布置控制点，而且还要确保点间通视。在布置控制点的过程中如果遇到视线被遮挡的情况则会导致个别点数据需要多次搬站才能采集，使得测量作业工作量增大，并且工程量效率降低，同时多次搬站还会影响到测量精度。而GPS-RTK技术的应用则不涉及以上问题，借助GPS-RTK技术进行地形测量，不仅不涉及布网施测，而且也不要求点间通视，另外应用GPS-RTK技术进行地形测量还具有误差传播、不积累的优势，在测量过程中可以实时了解定位精度以及定位结果等。应用GPS-RTK技术进行地形测量还能全天候作业，测量效率更高。虽然GPS-RTK技术的应用优势显著，但在地形测量中应用GPS-RTK技术也存在一定的局限性，如受环境等因素的影响，使得一些地方的数据难以采集。为解决这一问题，在地形测量过程中可以在应用GPS-RTK技术的同时借助全站仪进行测量，充分利用二者的优势来保证数据的全面性和准确性。测量过程中，针对空旷地区的地形可以借助GPS-RTK技术进行测量，针对建筑物、构筑物则可以应用RTK实时给出图根点三维坐标，在此基础上再利用全站仪进行测量。通过这种方式不仅能够更好地保证测量精度，而且可以有效提升测量工作效率。

（三）工程放样

工程放样是指根据设计图纸上的尺寸、比例和位置要求，将设计的线条或点位转移到施工现场，确定具体的施工位置和尺寸的过程，对确保施工的准确性和精度非常重要。精准的工程放样可以保证施工过程中的关键位置和尺寸符合设计要求，确保施工工艺的正确性，

避免施工中出現偏差或错误，减少后续的修复和纠正工作。工程放样可以提前确定施工位置和尺寸，为施工人员提供准确的指导，避免了施工中的猜测和试错，提高了施工效率。同时，准确的工程放样也可以减少施工中的重复测量和调整的次数，节省时间和人力资源。施工放样必然会涉及测量，测量是保证放样准确性的前提和基础，因此工程放样也可以看作是测量的一个应用分支。工程放样方法多样，包括全站仪边角放样、经纬仪交汇放样等。在实际的工民建工程放样过程中，通常情况下如果要想放样出一个设计点的点位，往往需要来回移动目标，不仅工作量大，而且难以保证测量精度。应用GPS-RTK技术进行工程放样，通常只需1人便可以顺利完成放样作业。借助GPS-RTK技术进行工程放样，只需事先在电子手簿中输入相关的点位信息，然后工作人员借助GPS接收器便可以进行放样。这种方式不仅极大的节约人力，而且更加高效便捷，并且在精度方面更具优势。

（四）高程测量与变形控制

在工民建工程建设过程中需要进行高程测量，并结合测量结果指导施工。同时在工民建工程建设过程中受施工质量或者外界因素的干扰，容易造成工民建工程变形，这不仅会影响工程质量，甚至还会引发安全事故，因此工民建工程建设过程中需要加强变形控制。GPS-RTK技术则可以为高程测量以及变形控制提供有力支持。传统测量或者监测技术效率不高，并且难以保证测量或者监测结果的精度，而GPS-RTK技术则可以弥补传统测量与监测技术的不足，更好的保证测量与监测的精度，助力工民建工程建设的高效开展。可以借助GPS高程拟合计算技术进行高程测量，在高程测量过程中，通过平差获取大地高度以及高程差，应用GPS定位获取不同空间点高差，然后再结合相关数据计算正常高度。在高程测量过程中，应以水准点为GPS高程计算基准，借助融合内插的方式或者曲面拟合解析的方法获取GPS高程结果。

三、影响GPS-RTK测量精度的因素与质量控制措施

在工民建工程测量过程中GPS-RTK技术的应用优势显著，但其测量精度也会受到相关因素的影响。为保证工程测量的精度，使GPS-RTK技术更好地为工民建工程服务，在工民建工程测量过程中需要明确影响测量精度的因素，并借助有效措施加强质量控制，保障工程测量精度。

（一）影响GPS-RTK测量精度的因素

在应用GPS-RTK技术进行工程测量过程中，坐标转换参数精度、作业环境、观测时段等均会对测量精度产生一定的影响。坐标转换是区域性的，在基准系统自身精度、数学模型的精度等因素的影响，转换参数的精度则会直接影响到GPS RTK测量精度。作业环境也会对测

量精度产生重要影响，如地形、电波干扰、障碍物以及信号反射等均会影响到测量结果的精度。在控制点布设以及基准站架设过程中要综合考虑相关影响因素，尽量远离高大建筑、变电站、电视发射塔、高压输电站以及微波中转站等，同时还要确保卫星高度角不小于10度。为避免出现信号反射等情况，还应尽量避免大幅金属面以及水面。基准站的坐标精度以及信号质量也会对测量精度产生一定的影响，应用GPS-RTK技术进行工民建工程测量，观测到的三维坐标需要通过基准站设置流动站接收机，流动站接收数据的同时还需要实时采集GPS数据，在此基础上，还需要通过对差分观测值的处理来求得流动站三维坐标。由此可见，无论是数据接收还是求得三维坐标均与基准站的坐标精度与信号质量密切相关，因此其坐标精度与信号质量必然会影响到测量精度。为保证GPS-RTK技术的应用效果，提升测量精度，在应用GPS-RTK技术进行工民建工程测量过程中还应选择几何图形强度GDOP <6.0 ，且可见卫星数 ≥ 5 的观测时段进行测量作业，将卫星分布状况以及卫星数量状态对测量精度的影响降到最低。基准站与流动站二者之间的距离也会影响到测量精度，RTK作业的有效距离受数据链传输质量以及电台功率的影响，因此在应用GPS-RTK技术进行工民建工程测量过程中需要合理把控基准站以及流动站二者之间的距离，以免因距离过大而影响测量精度。RTK作用距离与基准站架设高度之间的关系详见表1。

表1 RTK作用距离与基准站假设高度之间的关系

高度	典型距离	理想距离
>30米	9-11千米	10-12千米
20米	7-9千米	8-10千米
10米	5-7千米	6-8千米
2米	3-5千米	4-6千米

(二) 质量控制措施

鉴于上文分析我们可以认识到应用GPS-RTK技术进行工民建工程测量，其测量精度会受到多方面因素的影响，这不仅会影响GPS-RTK技术的应用效果，而且还会给工民建工程的设计、施工、管理、维护等带来不利影响。在GPS RTK技术应用过程中，受相关因素的影响，会使测量精度降低，甚至还会出现RTK测量假值，在应用GPS RTK技术的过程中，由于缺少检核条件，因此难以发现RTK假值。为保证测量精度，应在测量过程中加强质量控制，将相关因素的影响降到最低。首先可以通过查看观察手簿收敛值的方式来判断观测质量。应用GPS-RTK技术进行工民建工程测量时，正常情况下5秒时间内RTK测量即获得固定解，手簿显示的收敛值HRMS和VRMS通常都在2厘米范围内。如果在测量过程中RTK测量60秒以上才得到固定解，这种情况下便说明收敛值有可

能存在假值，为保证测量精度，需要进一步确认。其次要加强已知点检测，已知点检测即在测量过程中将已知点纳入测量链中进行检核。这种方法具有可靠性与适用性强的特点，有助于保障测量精度。再次可以通过重测比较的方式进行测量质量控制，在应用GPS-RTK技术进行工民建工程测量过程中，可以在初始化完成后，或者在测量3小时左右之后，选取1-2个已测过的RTK点进行重测，根据重测结果对RTK测量质量进行检验。最后可以采用双基站检测的方式来保证测量精度，所谓双基站检测，是指在测区设置两个或者更多的基准站，不同的基准站采用的频率不同，在工程测量过程中，流动站通过频率切换来接收不同基准站的改正数据，并在此过程中得到两个或者更多的解算结果，通过对解算结果的比较可以准确判断测量精度，解算结果点位与高承差小于5厘米则说明测量精度合格，否则视为不合格，应分析原因，并重新测量。

结束语

工程测量的精度会对工民建工程的设计、施工、管理以及维护等产生重要影响，直接关乎着工民建工程的质量。相较于传统测量技术，GPS-RTK技术的优势显著，合理应用GPS-RTK技术进行工民建工程测量，不仅能够提升测量工作效率，而且可以更好的保障测量精度。应充分认识到GPS-RTK技术的优势和作用，并结合工民建工程的特点和要求，积极探索合理的技术应用措施，并分析测量精度影响因素，采取针对性措施确保测量精度，使GPS-RTK技术更好地为工民建工程建设服务。

参考文献

- [1] 关家华, 孙广慧, 陆凯焯等. 蛙跳式充电的无人机自主巡线技术与系统(一): 基于GPS/RTK的无人机自主定位[J]. 电力科学与技术学报, 2021, 36(05): 195-200.
- [2] 刘洋, 曾群意, 郭忠臣等. 千寻位置与RTK技术在电力工程测量中的比较分析[J]. 电力勘测设计, 2021(07): 78-82.
- [3] 王新, 王旭, 王新涛等. 航空摄影和GPS-RTK测量技术在白云湖水库建设工程测量中的应用[J]. 砖瓦, 2020(07): 87-88.
- [4] 刘德来, 罗建忠, 刘金柱. 城市地形图工程测量中GPS RTK技术的应用研究[J]. 科技风, 2017(08): 152.
- [5] 周云霄, 窦银科, 潘曜等. 基于RTK技术的极地冰川移动监测系统的试验研究[J]. 太原理工大学学报, 2016, 47(04): 501-505.
- [6] 何福红, 王涛, 范擎宇等. 地形和遥感图像融合技术在冲沟参数提取中的应用—以栖霞市庵里水库东缘流域为例[J]. 地理研究, 2015, 34(11): 2124-2132.