

GPS RTK 技术的优缺点及发展前景

余小龙, 胡学奎

(甘肃省交通规划勘察设计院有限责任公司, 甘肃 兰州 730030)

GPS RTK Technique: Merits, Demerits and Perspective

YU Xiao-long, HU Xue-kui

摘要: GPS RTK 技术是 GPS 测量技术发展的一个新突破, 其蕴含着巨大的技术潜力。主要介绍 RTK 技术的优缺点, 并根据工程经验提出克服缺点提高工作效率的优化施测方法。同时依据 GPS 技术的发展趋势, 介绍 RTK 技术的发展前景。

关键词: GPS RTK; 动态定位; 前景

一、RTK 定位技术简介

实时动态(RTK)定位技术是以载波相位观测值为根据的实时差分 GPS 技术, 它是 GPS 测量技术发展的一个新突破, 在测绘、交通、能源、城市建设等领域有着广阔的应用前景。众所周知, 无论静态定位, 还是准动态定位等定位模式, 由于数据处理滞后, 所以无法实时解算出定位结果, 也无法对观测数据进行检核, 这就难以保证观测数据的质量, 在实际工作中经常由于粗差造成的不合格观测成果需要返工来重测。目前, 解决这一问题的主要方法就是延长观测时间、选择作业窗口来保证测量数据的可靠性, 这样一来就降低了 GPS 测量的工作效率。

实时动态定位(RTK)系统由基准站、流动站和数据链组成, 建立无线数据通讯是实时动态测量的保证, 其原理是取点位精度较高的首级控制点作为基准点, 安置一台接收机作为参考站, 对卫星进行连续观测, 流动站上的接收机在接收卫星信号的同时, 通过无线电传输设备接收基准站上的观测数据, 流动站上的计算机(手簿)根据相对定位的原理实时计算显示出流动站的 3 维坐标和测量精度。这样用户就可以实时监测待测点的数据观测质量和基线解算结果的收敛情况, 根据待测点的精度指标, 确定观测时间, 从而减少冗余观测, 提高工作效率。

RTK 定位有快速静态定位和动态定位两种测量模式, 两种定位模式相结合, 在公路工程中的应用可以覆盖公路勘测、施工放样、监理和 GIS 前端数据采集。我公司从 2003 年开始在连(云港)霍(尔果斯)国道主干线宝鸡至天水段、天水至武山段、嘉

峪关至安西段等高速公路勘测中全面采用了 RTK 技术, 从地形图测绘、中桩测量、横断面测量、纵断面地面线测量等工作都采用了 RTK 作业, 测量 1 ~ 2 s, 精度就可以达到 1 ~ 3 cm, 且整个测量过程不需通视, 有着常规测量仪器(如全站仪)不可比拟的优点。

二、RTK 技术的测量速度

RTK 技术的测量速度主要由初始化所需时间决定, 初始化所需时间又由接收机的性能、能接收卫星的数量和质量、RTK 数据链传输质量等因素决定, 快速解算技术越先进, 在一定的高度角下接收到的卫星数量越多、质量越好, RTK 数据链传输质量越高, 初始化所需时间就越短。在良好的环境条件下, RTK 初始化所需时间一般为几秒; 不良环境条件下(尚满足 RTK 基本工作条件), 技术先进的接收机也需要几分钟到十几分钟, 而技术性能较差的接收机则很难完成初始化工作。如拓普康公司生产的 HIPER 双频 RTK 在良好的环境条件下, 初始化所需时间为 2 ~ 5 s, 在不良环境条件下, 仍能较顺利地进行 RTK 测量, 主要是这种机型拥有先进的共同跟踪专利技术和多路径抑制专利技术, 即使测区内有一部分地方环境恶劣, 其观测值点位中误差仍在 ± 2.5 cm 以下。

三、RTK 测量成果的质量控制

根据接收机厂家提供的技术资料, RTK 确定整周模糊度的可靠性为 95% ~ 99%, RTK 比静态 GPS 还多出一些影响可靠性的因素, 如数据链传输过

收稿日期: 2007-05-21

作者简介: 余小龙(1972-), 男, 甘肃合水人, 工程师, 主要从事公路勘测设计工作。

程中易受到外界无线电信号和多路径因素的影响等。因此和GPS静态测量相比,RTK测量更容易出错,必须进行质量控制。根据这几年的生产实际,我们总结出RTK质量控制方法主要有以下几方面:

1. 与已知点检核比较。即在布测控制网时用静态GPS或全站仪多测出一些控制点,批量作业前用RTK测出这些控制点的坐标进行比较检核,发现问题即采取措施改正。

2. 重测比较。每次初始化成功后,先重测1~2个已测过的RTK点,确认无误后才进行RTK测量。

3. 电台变频实时检测。设置两个基准站,每个基准站采用不同的频率发送改正数据,流动站用变频开关选择性地分别接收每个基准站的改正数据从而得到两个计算结果,比较这些结果就可判断接收机的稳定性。

以上方法中,最可靠的是已知点检核比较法,但控制点的数量总是有限的,所以没有控制点的地方需要用重测比较法来检验测量成果,电台变频实时检测法的实时性好,但它需具备一定的仪器条件,实际应用价值不大。

四、RTK技术的优点

1. 作业效率高

在一般的地形地势下,高质量的RTK设站一次即可测完5 km半径的测区,大大减少了传统测量所需的控制点数量和测量仪器的“搬站”次数,仅需一人操作,每个放样点只需要停留1~2 s,就可以完成作业。在公路路线测量中,每组(3~4人)每天可完成中线测量6~8 km,在中线放样的同时完成中桩抄平工作。若用其进行地形测量,每组每天可以完成0.8~1.5 km²的地形图测绘,其精度和效率是常规测量所无法比拟的。

2. 定位精度高,没有误差积累

只要满足RTK的基本工作条件,在一定的作业半径范围内(一般为5 km),RTK的平面精度和高程精度都能达到厘米级,且不存在误差积累。

3. 全天候作业

RTK技术不要求两点间满足光学通视,只需要满足“电磁波通视和对空通视的要求”,因此和传统测量相比,RTK技术作业受限因素少,几乎可以全天候作业。

4. RTK作业自动化、集成化程度高

RTK可胜任各种测绘外业。流动站配备高效手持操作手簿,内置专业软件可自动实现多种测绘功能,减少人为误差,保证了作业精度。

五、RTK技术的缺点

虽然GPS技术有着常规仪器所不能比拟的优点,但经过多年的工程实践证明,GPS RTK技术存在以下几方面不足。

1. 受卫星状况限制

GPS系统的总体设计方案是在1973年完成的,受当时的技术限制,总体设计方案自身存在很多不足。随着时间的推移和用户要求的日益提高,GPS卫星的空间组成和卫星信号强度都不能满足当前的需要,当卫星系统位置对美国是最佳的时候,世界上有些国家在某一确定的时间段仍然不能很好地被卫星所覆盖。例如在中、低纬度地区每天总有两次盲区,每次20~30 min,盲区时卫星几何图形结构强度低,RTK测量很难得到固定解。同时由于信号强度较弱,在对空遮挡比较严重的地方GPS无法正常应用。

2. 受电离层影响

白天中午,受电离层干扰大,共用卫星数少,因而初始化时间长甚至不能初始化,也就无法进行测量。根据我们的实际经验,每天中午12~13点,RTK测量很难得到固定解。

3. 受数据链电台传输距离影响

数据链电台信号在传输过程中易受外界环境影响,如高大山体、建筑物和各种高频信号源的干扰,在传输过程中衰减严重,严重影响外业精度和作业半径。另外,当RTK作业半径超过一定距离时,测量结果误差超限,所以RTK的实际作业有效半径比其标称半径要小,工程实践和专门研究都证明了这一点。

4. 受对空通视环境影响

在山区、林区、城镇密楼区等地作业时,GPS卫星信号被阻挡机会较多,信号强度低,卫星空间结构差,容易造成失锁,重新初始化困难甚至无法完成初始化,影响正常作业。

5. 受高程异常问题影响

RTK作业模式要求高程的转换必须精确,但我国现有的高程异常分布图在有些地区,尤其是山区,存在较大误差,在有些地区还是空白,这就使得将GPS大地高程转换至海拔高程的工作变得比较困难,精度也不均匀,影响RTK的高程测量精度。

6. 不能达到100%的可靠性

RTK确定整周模糊度的可靠性为95%~99%,在稳定性方面不及全站仪,这是由于RTK较容易受卫星状况、天气状况、数据链传输状况影响的缘故。

六、提高 RTK 作业效率的方法

虽然 RTK 有如上所述的缺点,但经大量的工程实践证明,其优点远远大于缺点,况且有些优点是常规测量方法所不能比拟的,因而 RTK 测量技术才风靡全国,在测量界引发了一场技术革命。针对 RTK 技术的缺点,通过这几年的工程实践,我们摸索出下面几条优化施测方法,以在目前的 GPS 技术水平下弥补 RTK 技术的不足,提高作业效率。

1. 摸清仪器特性

通过在各种条件下反复试验,摸清仪器各种特性,如能否达到标称精度,在各种条件下的测量误差和作业半径,摸清仪器的稳定性和各种条件下的初始化能力及所耗时间等等,以便应用时得心应手。

2. 注重基准位置的选择

基准站尽量设置在点位较高的控制点上,以利于接收卫星信号和数据链信号,控制点间距离应小于 RTK 有效作业半径的 $2/3$ 倍。为方便对 RTK 测量成果进行控制检核和避免出现作业盲点,应在测区内环境不良地区增设一些控制点,控制点的选点还要避免无线电干扰和多路径效应。

3. 合理选择作业时间

通过下载星历文件了解测区的卫星分布情况,编制可行的作业计划,尽量避开卫星信号盲区和中午电离层干扰大的时段,提高作业效率。

4. 选择合理的作业流程

在植被茂密等对空通视受限的测区,通过采用常规方法和 GPS 技术相结合的生产流程可以极大地提高生产效率。如辅助相应的软件,RTK 可与全站仪联合作业,充分发挥 RTK 与全站仪各自的优势。

七、RTK 技术的前景

1. “GPS 现代化”的实现

针对 GPS 系统存在的问题,美国专门成立的“GPS 执行委员会”和“GPS 顾问委员会”专门负责 GPS 的现代化工程,并于 1997 年 8 月 26 日、1997 年 11 月 6 日、1998 年 1 月 20 日和 1998 年 2 月 20 日先后召开四次国际会议,讨论了 GPS 的现代化问题,根据会议结果,在 2010 年前美国对 GPS 系统可能采取如下重大改进措施。

1. GPS 系统的在轨卫星数量由目前的 24 颗增加到 30 颗,即 6 个轨道平面中的每个平面均匀分布 5 颗卫星,卫星的可见性将大大提高,全球任何地方、任何时间都不再有盲区,卫星空间图形结构强度

提高。观测前再无需制定观测计划,RTK 测量将是真正的全天候。

2. 增加第三个民用频道(L3C)发播不保密的民用信号。如果此方案付诸实施,对 GPS 静态和 RTK 测量来说,将是受益匪浅,再无需解算整周相位模糊度值,GPS 测量成果的精度、可靠性、困难地段 RTK 初始化能力将大大提高。

2. 多种空间资源共用

随着俄罗斯“GLONASS”定位系统的完善以及伽利略(Galileo)导航定位系统的建成,将出现多种空间资源共用的局面,联合系统将比单 GPS 系统表现更加卓越,RTK 技术的使用范围将更广、效率将更高。

GLONASS 是前苏联从 20 世纪 80 年代初开始建设的与美国 GPS 系统相类似的卫星定位系统,也由卫星星座、地面监测控制站和用户设备三部分组成,现在由俄罗斯空间局管理。

GLONASS 系统的卫星星座由 24 颗卫星组成,均匀分布在 3 个近圆形的轨道平面上,每个轨道面 8 颗卫星。第一颗 GLONASS 卫星于 1982 年 10 月 12 日发射升空,由于前苏联的解体和俄罗斯经济不景气,GLONASS 系统发展缓慢,卫星缺乏维护,截止 2001 年 1 月 10 日为止只有 10 颗 GLONASS 卫星正在运行。

为进一步提高 GLONASS 系统的定位能力,开拓广大的民用市场,俄政府计划用 4 年时间将其更新为 GLONASS-M 系统。内容有:改进一些地面测控站设施;延长卫星的在轨寿命到 8 年;增加在轨卫星数量,实现系统高精度定位功能。

伽利略(Galileo)导航定位系统是欧洲旨在建设独立于美国 GPS 的一项全球卫星导航定位系统。欧洲航天局及法国是该计划的最积极倡导者,作为战略合作伙伴我国也加入了该计划,“伽利略”与 GPS 相比有很大的优越性。主要表现在卫星数量多、定位精度高、寿命长。

3. 建设永久参考站网

连续运行的 GPS 参考站网是利用 GNSS 卫星导航定位技术,在一个城市、一个地区或一个国家根据需求按一定距离建立长年连续运行的一个或若干个固定 GPS 参考站,利用计算机、数据通信设备和互联网络(LAN/WAN)技术将各个参考站与数据中心组成网络,由数据中心从参考站采集数据,利用参考站网软件进行处理,然后向各种用户自动发布不同类型的 GPS 原始数据、各种类型 RTK 改正数据

(下转第 44 页)

大小来安排,而影响沉降速率的主要因素是荷载。建筑工程在主体封顶前大量增加荷载,主体封顶后则荷载增加得少而慢。因此,在安排建筑工程沉降观测的周期时,可分工程封顶前和工程封顶后两个阶段来考虑。

1. 工程封顶前的周期

《建筑变形测量规程》规定:民用建筑可每加高1~5层观测一次。由于建筑工程在主体封顶前的施工阶段,荷载增加很快,沉降量也较大,因此建议有关规范标准明确规定每加高1层必须观测一次,这样可以及时掌握沉降量与荷载的关系,尽早发现不均匀沉降,在沉降异常时及时调整施工方案。

2. 工程封顶后的周期

建筑工程主体封顶后至工程竣工的这一时期为装修期,有关的规范标准对这一阶段的观测周期未作明确规定。由于沉降总是滞后于加载,因此在工程封顶后的装修期间有时会出现比封顶前更大的沉降量,同时,在装修期间,工程也会因地板、墙面的抹灰、安装设备等而增加一定的荷载,但这时荷载的增加因资金、配套等因素的影响而变得无时间规律,沉降速率也时大时小,对此,其观测周期应根据前一个观测周期所测算而得的日平均沉降值来安排(如表1所示),最后直至沉降基本稳定(日平均沉降值小于0.01 mm/d)为止。另外,如果观测所得的不均匀沉降量较大,则观测周期必须比由日平均沉降

量所定的周期要短些。

表1 封顶后的观测周期表

| 日平均沉降值/(mm/d) | 观测周期 |
|---------------|------|
| >0.3 | 半个月 |
| 0.1~0.3 | 1个月 |
| 0.05~0.1 | 3个月 |
| 0.02~0.05 | 6个月 |
| 0.01~0.02 | 12个月 |
| <0.01 | 停止 |

五、结束语

与国家一、二等精密水准测量方法相比,建筑工程沉降观测的方法确有其自身的特点,本文针对建筑工程沉降观测点的布设、沉降观测的实施的观测周期的安排等几个方面的问题,根据沉降观测工作的实际具体情况,凭借多年沉降观测的实践经验,对其特殊性进行了深入的分析研究,有助于进一步完善建筑工程沉降观测的有关规范标准,更好地开展这项工作。

参考文献:

- [1] GB 50026-93,工程测量规范[S].
- [2] JGJ/T8-97,建筑变形测量规程[S].
- [3] GB/T 12897-2006,国家一、二等水准测量规范[S].

(上接第41页)

等组成的一个网络系统。这个系统能够全年365天,每天24小时连续不断地运行,全面取代常规大地测量控制网,全天候地支持各种类型的GPS测量、定位、变形监测和放样作业。用户只需一台GPS接收机,进行野外作业,即可进行毫米级、厘米级、分米级、米级的准实时、实时的快速定位、事后定位或导航定位。它具有全天候、全自动、实时导航定位功能。可满足覆盖区域内各种地面、空中和水上交通工具的导航、调度、自动识别和安全监控等功能,还可以服务于高精度中短期天气状况的数值预报、变形监测等。

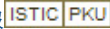
参考站网技术的研究和应用将会有效解决RTK有效测程、成果的可靠性和长距离数据通信等问题。

八、结束语

综上所述,RTK在实际测量过程中有很多优越的方面,同时也有些技术限制,只有了解了它的劣势所在,才能充分发挥RTK技术的优点。同时随着导航定位技术的发展,GPS RTK技术将有着广阔的应用前景,我们将拭目以待。

参考文献:

- [1] 高成发.GPS测量[M].北京:人民交通出版社,1994.
- [2] 王斌.GPS技术在铁路定测放线中的应用[J].测绘通报,2006,(4):45-47.
- [3] 许娅娅.GPS RTK的发展及其在公路测量中的应用[J].测绘通报,2007,(2):18-20.
- [4] CH 2001-92,全球定位系统(GPS)测量规范[S].

作者: 余小龙, 胡学奎, YU Xiao-long, HU Xue-kui
作者单位: 甘肃省交通规划勘察设计院有限责任公司, 甘肃, 兰州, 730030
刊名: 测绘通报 
英文刊名: BULLETIN OF SURVEYING AND MAPPING
年, 卷(期): 2007 (10)
被引用次数: 21次

参考文献(4条)

1. 高成发 [GPS测量](#) 1994
2. 王斌 [GPS技术在铁路定测放线中的应用](#) [期刊论文]-[测绘通报](#) 2006 (04)
3. 许娅娅 [GPS RTK的发展及其在公路测量中的应用](#) [期刊论文]-[测绘通报](#) 2007 (02)
4. CH 2001-1992. [全球定位系统\(GPS\)测量规范](#)

本文读者也读过(8条)

1. 张振军, 谢中华, 冯传勇, ZHANG Zhen-jun, XIE Zhong-hua, FENG Chuan-yong [RTK测量精度评定方法研究](#) [期刊论文]-[测绘通报](#) 2007 (1)
2. 黑志坚, 周秋生, 曲建光, 陈军, HEI Zhi-jian, ZHOU Qiu-sheng, QU Jian-guang, CHEN Jun [GPS RTK测量成果的精度估计及应用探讨](#) [期刊论文]-[哈尔滨工业大学学报](#) 2006, 38 (8)
3. 姚连璧, 朱照宏, YAO Lian-bi, ZHU Zhao-hong [RTK技术在道路定测中应用的研究](#) [期刊论文]-[中国公路学报](#) 2000, 13 (1)
4. 徐长河, XU Chang-he [GPS RTK技术在线路测量中的应用](#) [期刊论文]-[煤炭技术](#) 2009, 28 (7)
5. 丁克良, 刘成, 卜庆颢, 胡丛伟, 郑德华, DING Ke-liang, LIU Cheng, PU Qing-hao, HU Cong-wei, ZHENG De-hua [GPS RTK技术在铁路既有线路勘测中的应用](#) [期刊论文]-[中国铁道科学](#) 2005, 26 (2)
6. 杨文府, 崔玉柱, YANG Wen-fu, CUI Yu-zhu [GPS-RTK的技术方法探讨与对策](#) [期刊论文]-[测绘工程](#) 2008, 17 (4)
7. 谢世杰, 奚有根 [RTK的特点与误差分析](#) [期刊论文]-[测绘工程](#) 2002, 11 (2)
8. 周晓华, 李永兴, 吴根姣, 罗石坚, ZHOU Xiao-hua, LI Yong-xing, WU Gen-jiao, LUO Shi-jian [RTK技术在控制测量中的应用探讨](#) [期刊论文]-[测绘通报](#) 2007 (7)

引证文献(21条)

1. 黄富强, 岳美娟 [GPS-RTK技术在金堆城矿区测量中的应用](#) [期刊论文]-[内蒙古煤炭经济](#) 2012 (10)
2. 孙全付 [刍议GPS RTK技术的测量精度及应用](#) [期刊论文]-[中国新技术新产品](#) 2011 (2)
3. 李兵, 蒋国岩, 鞠晓春 [水面舰艇动态抗冲击试验指挥决策系统](#) [期刊论文]-[火力与指挥控制](#) 2011 (2)
4. 董春来, 史建青, 郭淑艳 [实时动态差分法测量精度模型及实验研究](#) [期刊论文]-[全球定位系统](#) 2011 (4)
5. 穆宝胜, 施昆, 高恋 [地形图测绘中GPS-RTK用于图根点测量的可行性分析](#) [期刊论文]-[科学技术与工程](#) 2011 (36)
6. 袁建刚, 严加栋, JSCORS [RTK GPS技术在土方测量中的应用](#) [期刊论文]-[现代测绘](#) 2009 (6)
7. 陈洁, 赵小花 [浅谈RTK技术原理及其在地勘放样测量中的应用](#) [期刊论文]-[中州煤炭](#) 2008 (4)
8. 梁会议, 刘士宁 [GPS-RTK技术在地籍测量中的应用](#) [期刊论文]-[地理空间信息](#) 2009 (4)
9. 孙彦明 [GPS RTK测量中应注意的问题](#) [期刊论文]-[山西建筑](#) 2008 (25)
10. 张海港, 肖海青 [浅议RTK技术在地形图测绘中的应用](#) [期刊论文]-[山西建筑](#) 2008 (9)
11. 李月华, 靳海亮, 苗保亮, 郑艳慧, 贾露 [RTK技术在道路工程测量中的应用研究](#) [期刊论文]-[测绘与空间地理信息](#) 2012 (6)

12. [龚真春](#), [杨晋强](#), [白冰](#), [韩平](#) [GPS CORS系统实时定位精度检测方法探讨](#)[期刊论文]-[测绘与空间地理信息](#) 2011 (3)
13. [李兵](#), [王巍](#), [房毅](#) [GPS RTK技术在舰船抗冲击试验中的应用](#)[期刊论文]-[海洋测绘](#) 2009 (2)
14. [余锦松](#), [陈金林](#), [万敏](#) [平坦地区GPS-RTK高程测量的实验分析](#)[期刊论文]-[测绘与空间地理信息](#) 2008 (2)
15. [朱前维](#), [郭海峰](#) [水下淤泥的测量与计算](#)[期刊论文]-[黄河水利职业技术学院学报](#) 2009 (1)
16. [杜殿斌](#) [无棱镜全站仪在滑坡测量中的应用](#)[期刊论文]-[铁道勘察](#) 2008 (6)
17. [赵艳珍](#), [赖增先](#), [甘宇亮](#), [赵云华](#) [城市框架数据的更新模式及应用研究](#)[期刊论文]-[测绘信息与工程](#) 2008 (3)
18. [周大伟](#), [吴侃](#), [周鸣](#), [敖剑锋](#) [地面三维激光扫描与RTK相结合建立开采沉陷观测站](#)[期刊论文]-[测绘科学](#) 2011 (3)
19. [刘强](#), [姚宣斌](#), [王晶](#), [张瑞](#), [丁克良](#) [GPS校正点选取对RTK平面测量精度的影响分析](#)[期刊论文]-[测绘信息与工程](#) 2009 (3)
20. [孙建勇](#), [张中原](#) [GPS-RTK技术在航测外控中的应用](#)[期刊论文]-[华北水利水电学院学报](#) 2010 (3)
21. [徐文兵](#), [李卫国](#), [汤孟平](#), [高飞](#) [林区地形条件对GPS定位精度的影响](#)[期刊论文]-[浙江林业科技](#) 2011 (3)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_chtb200710012.aspx