

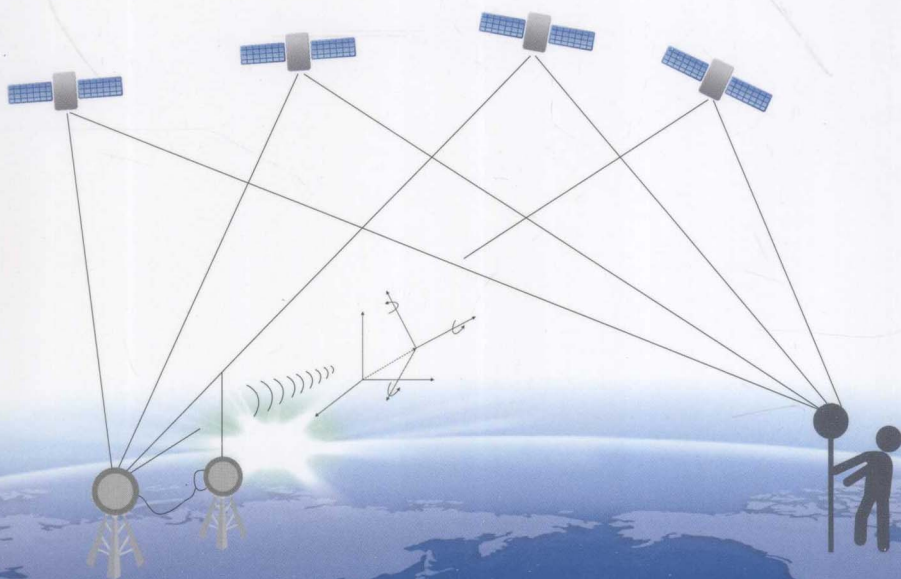


以专家的高度，
给您面对面的指导和帮助

GPS RTK 测量技术实用手册

Manual of GPS RTK Surveying Technology

张冠军 张志刚 于 华◎编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

以专家的高度，给您面对面的指导和帮助

专家课堂

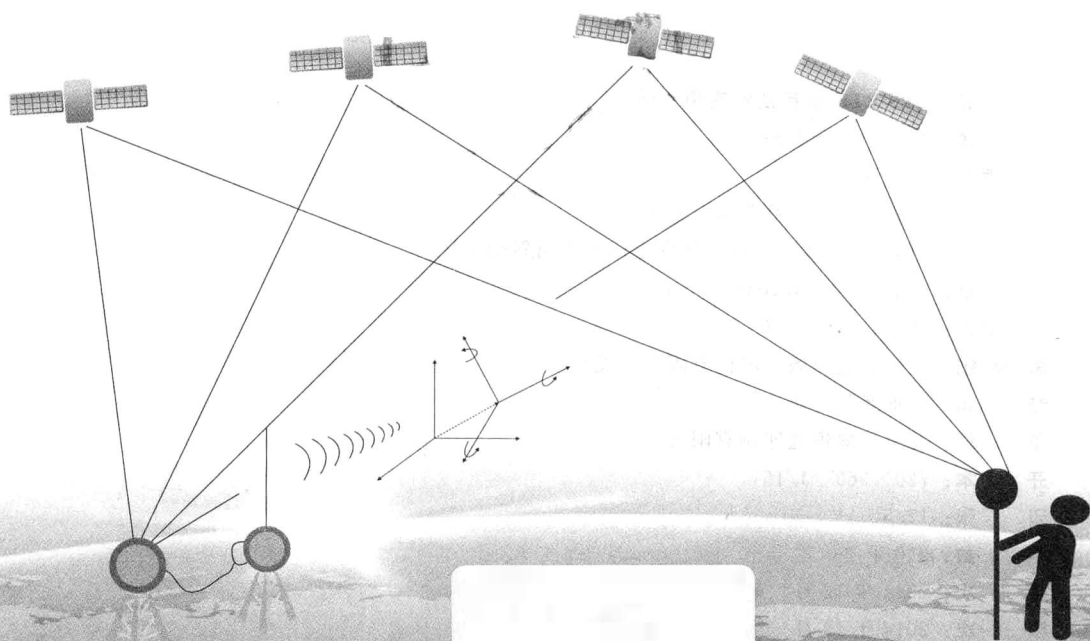
工程师实用手册系列丛书

GPS RTK

测量技术实用手册

Manual of GPS RTK Surveying Technology

张冠军 张志刚 于 华◎编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书系统阐述了 GPS RTK 测量内容,包括:RTK 的产生、定义、特点、原理、误差与精度、技术设计、坐标和高程转换、基本操作、各类工程中的应用、道路放样及网络 RTK 技术等。

本书可供 GPS RTK 测量技术人员使用,也可作为高等院校测量专业学生实习、广大测量工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

GPS RTK 测量技术实用手册/张冠军等编著. —北京:人民交通出版社股份有限公司,2014. 12

ISBN 978-7-114-11610-0

I. ①G… II. ①张… III. ①全球定位系统—测量—技术手册 IV. ①P228. 4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 187140 号

书 名: GPS RTK 测量技术实用手册

著 者: 张冠军 张志刚 于 华

责任编辑: 杜 琛

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本: 720×960 1/16

印 张: 12.5

字 数: 210 千

版 次: 2014 年 12 月 第 1 版

印 次: 2014 年 12 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-11610-0

定 价: 35.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

近年来,随着全球导航卫星系统(GNSS)的快速发展,除美国的GPS外,俄罗斯的格洛纳斯(GLONASS)、欧盟的伽利略(GALILEO)和中国的北斗(BD)在技术方面也取得了长足进步,但就RTK测量技术来说,目前仍以全球定位系统实时动态测量(GPS RTK)技术在工程领域应用最为广泛。2009年,我国第一部关于RTK接收机检定的行业规范颁布——《全球导航卫星系统(GNSS)测量型接收机RTK检定规程》(CH/T8018—2009);2010年,第一部关于RTK测量的行业规范颁布——《全球定位系统实时动态(RTK)测量技术规范》(CH/T2009—2010)。这些规范的颁布对RTK测量技术在我国工程领域发展起到了重要的推动和指导作用。

GPS RTK技术给工程测量生产几乎带来革命性的变化,它改变了传统的角度、距离测量模式,以及受环境、通视等条件的限制,在不需要通视的情况下,可以远距离、实时完成厘米级定位测量,具有节省人力、全天候、快速、实时、高精度、适用范围广等优点,极大地提高了工程测量工作效率。国内有关GPS测量的教材、图书均以GPS静态测量为主,有的没有涉及RTK测量,有的仅简单介绍了这种测量方式的概念,尚无一本专门介绍RTK测量的教材或专著。在生产实践中,RTK测量操作均以各仪器厂商的说明书为主,说明书仅有仪器操作步骤,缺乏对原理、工程应用、精度控制等方面的阐述,针对性和指导性不强,测量中出现问题往往找不到或搞不清实质性缘由。所以,包括作者在内的广大测量技术人员,尤其是初学者,迫切希望有本专门的系统介绍RTK测量技术方面的书籍进行学习和参考。作为测绘行业的从业者,虽然不是研究RTK的专家,但源于对测绘工作的热爱,源于在工作中和RTK测量的朝夕相伴,作者由此萌生了将十几年来从事GPS RTK测量工作进行一些总结,编写成国内第一本专门介绍RTK测量技术的实用型手册类图书的想法。本书旨在能对刚刚接触RTK测量或对生活使用RTK测量的人员有所帮助,同时也可作为测量专业学生实习、广大测量工程技术人员参考用书。

全书共分八章,内容主要包括:RTK的产生、定义、特点、原理、误差与精度、技术设计、坐标和高程转换、基本操作、各类工程中的应用、道路放样及网络RTK技术等。手册内容较为全面、系统,通俗易懂,工程应用性和可操作性较强。

本书由铁道第三勘察设计院集团有限公司张冠军、张志刚和山东省临沂市城

2 | GPS RTK 测量技术实用手册

市建设勘察测绘院于华三位高级工程师 / 注册测绘师共同编著。其中,第一、二、四、六章由张冠军完成,第三、七章由张冠军、张志刚共同完成,第五章由张志刚完成,第八章由张志刚、于华共同完成,全书由张冠军统稿。在本书的编写过程中,铁道第三勘察设计院集团有限公司副总程师、全国工程勘察设计大师王长进,人民交通出版社编辑杜琛等人给予了指导和帮助,在此一并表示感谢。

由于作者所从事铁路、城市行业测绘的局限及本身水平有限,对理论上的深入探讨和研究有所欠缺,手册中不足之处在所难免,真诚希望测量专家及同行给予批评指正。

作者

2014年12月于天津

|目录|

第一章 绪论	1
一、RTK 的产生.....	1
二、RTK 的定义.....	4
三、RTK 的特点.....	5
四、RTK 测量技术应用范围.....	7
五、RTK 有关术语.....	8
第二章 RTK测量技术原理	12
一、RTK 测量技术基本原理.....	12
二、网络 RTK 技术.....	15
三、RTK 的组成.....	16
四、RTK 的作业流程.....	17
五、RTK 误差分析及精度控制.....	19
第三章 技术设计	26
一、出工准备.....	26
二、作业方案设计.....	33
第四章 坐标和高程转换参数的求解	40
一、常用坐标系统.....	40
二、坐标转换.....	43
三、高程系统.....	48
四、高程拟合.....	52
五、时间系统.....	57
六、转换参数求解实作.....	60

第五章 RTK基本操作	64
一、基准站作业.....	64
二、流动站设置.....	75
三、电台设置.....	78
四、测量与放样.....	84
五、数据处理.....	90
第六章 RTK测量	96
一、RTK 控制测量.....	96
二、地形测量.....	100
三、水下地形测量.....	101
四、土方测量.....	102
五、既有铁路测量.....	104
第七章 RTK线路放样	119
一、线路设计.....	119
二、中线测设.....	135
三、数据处理.....	142
第八章 网络RTK技术	148
一、CORS 技术及现状.....	148
二、网络 RTK 技术原理.....	151
三、网络 RTK 基本操作.....	159
四、网络 RTK 操作实例.....	162
五、网络 RTK 质量控制.....	178
附录A RTK测量技术设计书和技术总结的编写内容	182
附录B RTK仪器常规检校表式	184
附录C 参考点的转换残差及转换参数表	185
附录D RTK外业观测记录格式	186
参考文献	192

一、RTK 的产生

1973年12月,美国国防部批准其陆海空三军联合研制新的卫星导航系统——NAVSTAR/GPS。它是英文 Navigation Satellite Timing and Ranging/Global Positioning System 的缩写词,其意为卫星测时测距导航/全球定位系统,简称 GPS 系统。该系统是以卫星为基础的无线电导航定位系统,具有全能性(陆地、海洋、航空和航天)、全球性、全天候、连续性和实时性的导航、定位和定时的功能,能为各类用户提供精密的三维坐标、速度和时间。

GPS 系统利用设置在地面或运动载体上的专用接收机,接收卫星发射的无线电信号实现导航定位。GPS 系统由三部分组成,如图 1-1-1 所示,即空间的卫星星座、地面控制系统及用户的接收处理装置。

空间部分有 24 颗卫星,其中 21 颗为工作卫星,3 颗为备份卫星。工作卫星均匀分布在 20200km 高的六个轨道平面上,运行周期为 11h58min (恒星时 12h)。GPS 卫星发射的信号由载波、测距码和导航电文三部分组成。GPS 卫星所用可调制信号的高频振荡波——载波有两个,由于它们均位于微波的 L 波段,故分别称为 L_1 载波和 L_2 载波。其中, L_1 的频率 f_1 为 1575.42MHz,其波长 λ_1 为 19.03cm; L_2 的频率 f_2 为 1227.60MHz,波长 λ_2 为 24.42cm。测距码是用于测定从卫星至接收机间距离的二进制码,属于伪随机噪声码。测距码分为粗码(C/A 码)和精码(P 码或 Y 码)两类。C/A 码只调制在 L_1 载波上,P 码同时调制在 L_1 和 L_2 载波上。导航电文是由 GPS 卫星向用户播发的一组反映卫星在空间的位置、卫星的工作状态、卫星钟的修正参数、电离层延迟修正参数等重要数据的二进制码,也称数据码(D 码)。卫星通过天顶时,卫星可见时间为 5h,在地球表面上任何地点任何时刻,在高度角 15° 以上,平均可同时观测到 6 颗卫星,最多可达 11 颗卫星。地面控制系统由一个主控站、五个监控站和三个注入站组成,任务是保证卫星导航数据的质量。用户的接收装置由天线、接收机、计算机和数据处理软件等组成。

除美国的 GPS 系统外,俄罗斯于 1996 年建成了格洛纳斯(GLONASS)全球导航卫星系统,欧盟于 2002 年开始建设伽利略(Galileo)系统。我国于 2000 年底发

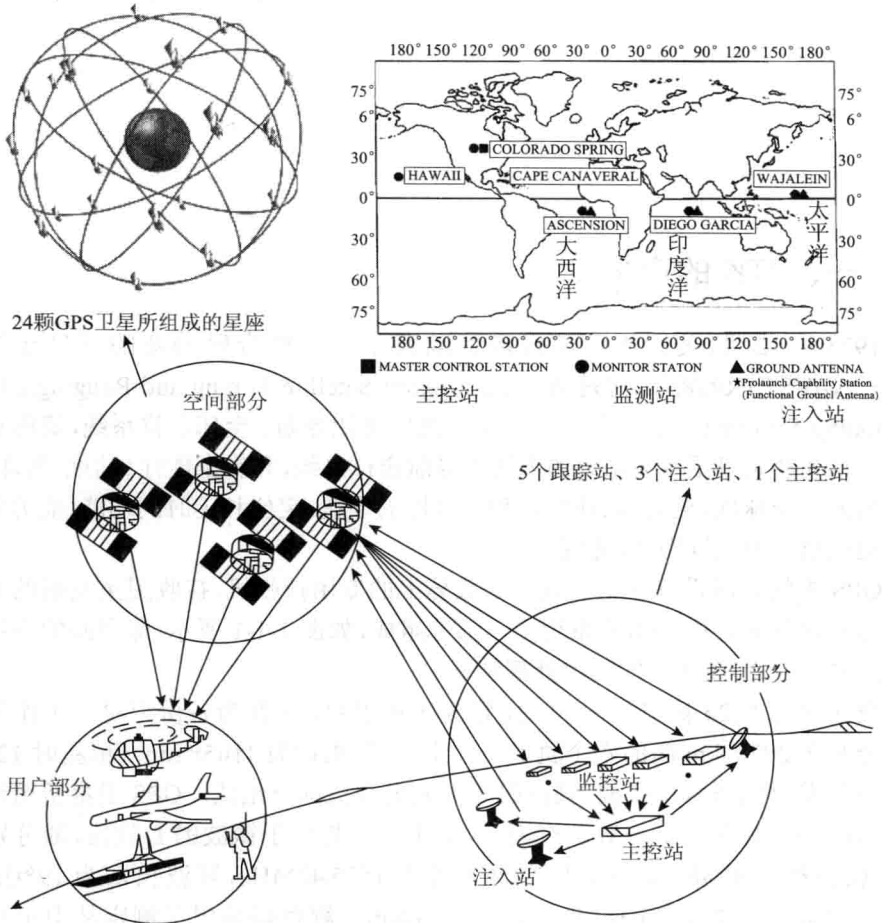


图 1-1-1 GPS 系统的组成

射了两颗北斗导航试验卫星,开始建立我国的北斗卫星导航系统。北斗卫星导航系统[BDS, BeiDou (COMPASS) Navigation Satellite System]是我国正在实施的自主发展、独立运行的全球卫星导航系统。系统建设目标是建成独立自主、开放兼容、技术先进、稳定可靠的覆盖全球的卫星导航系统,促进卫星导航产业链形成,形成完善的国家卫星导航应用产业支撑、推广和保障体系,推动卫星导航在国民经济社会各行业的广泛应用。北斗卫星导航系统由空间段、地面段和用户段三部分组成。空间段包括 5 颗静止轨道卫星和 30 颗非静止轨道卫星;地面段包括主控站、注入站和监测站等若干个地面站;用户段包括北斗用户终端以及与其他卫星导航系统兼容的终端。截至 2012 年 10 月 25 日,其已发射升空 16 颗卫星,北斗卫星导

航定位系统在亚太区域的组网已经结束;2013年向亚太区域提供正式运营服务;根据系统建设总体规划,2020年左右可建成覆盖全球的北斗卫星导航系统,实现全球导航定位服务功能。

RTK 是 Real Time Kinematic 的简称,翻译成中文的意思为实时动态测量。

RTK 技术起源于 20 世纪 90 年代初,由美国天宝(Trimble)公司发明。美国天宝公司网站(www.trimble.com)的公司历史中记载:“1992 年,天宝开发了实时动态测量(RTK)技术,实现了在移动中 GPS 数据的瞬时更新。对于测量人员来说,这是革命性的变化;从此 GPS 设备可以实时进行地形测量、放样、GIS 数据采集和竣工测量。”^①

美国天宝公司于 1996 年 5 月 10 日申请,1997 年 2 月 11 日发布的专利 U.S.P. No.5602741——《用于实时动态测量的厘米级精度 GPS 接收机》(《Centimeter accurate global positioning system receiver for on-the-fly real-time kinematic measurement and control》)中的参考文献中有:“GPS 硬件和软件方面的新进展,1992 年 6 月 25~26 日,天宝导航在澳大利亚悉尼召开的 GPS 测量全国性会议上提出。”^②

另有, B.Remondi, “‘On-The-Fly’ Kinematic GPS Results Using Full-wavelength Dual-Frequency Carrier Ranges.” No date. [B.Remondi (注:美国大地测量局大地测量学家),“利用全波长双频载波相位的 GPS 动态初始化结果”,无日期。]另据 1995 年 8 月 15 日发布的专利 U.S.P.No.5442363 中也有相同的参考文献,此文献的来源及日期为“49th Meeting of Inst. of Nav. Jun. 1993”。

在我国出版的文献中,有“1993 年,LAMBDA(最小二乘法多义法去相关校正)算法实现了整周多义性最佳求解,由 Peter Teunissen 完成。同年,实时动态(RTK)技术由美国天宝(Trimble)公司完成,实时动态定位精度达到厘米级,测量人员可以做地形拓扑、监视和实时测量。”(引自曹冲编著的《卫星导航常用知识问答》,电子工业出版社,2010。)

综上所述,“一种崭新的 GPS 测量方法——载波相位实时差分法应运而生。1993 年,天宝(Trimble)公司率先推出的 RTK (Real-Time kinematic)测量系统——GPS 全站仪 4000TD,将 GPS 测地技术推进到了一个新阶段。”(引自《地矿测绘》,1996

① 原文为: In 1992, Trimble developed real-time kinematic (RTK) technology, allowing moment-by-moment GPS updates while on the move. For surveyors, this was revolutionary; GPS equipment now enabled them to do topographic mapping, stakeout, Geographic Information System (GIS) data acquisition, and as-built surveys in real-time.

② 原文为: “Recent Advances in GPS Hardware & Software”, Trimble Navigation. Presented at National Conference on GPS Surveying; Sydney, Australia, Jun. 25-26, 1992.

年第一期:GPS 专刊第十篇《GPS 测地技术的进展与 RTK》。)

据公开发表的有关文献记载,我国石油物探行业于 1994 年首次在塔里木盆地石油物探测量中引进使用了 RTK 测量技术,随后其在各行各业中逐步得到广泛的应用。在我国出版的 GPS 测量专著中,最早对 RTK 测量系统及应用做了较为全面介绍的是周忠谟等编著的《GPS 卫星测量原理与应用》(1992 年第一版,1997 年再版),再版对原版的内容做了许多重要的修改和补充,其中补充介绍了实时动态(RTK) GPS 测量技术的基本原理与应用。

1999 年,南方测绘推出我国首套国产双频 RTK——NGK-500;2012 年,我国第一台北斗 RTK——南方 S82c 也在南方测绘问世。随着我国北斗卫星导航定位系统的运营服务,北斗 RTK 也将逐步应用于测量生产实践之中。

二、RTK 的定义

关于 RTK 的定义,主要有以下几种说法。

在《GPS 卫星测量原理与应用》(周忠谟等编著,测绘出版社,1997 年第二版)中,“实时动态(Real Time Kinematic, RTK)测量系统,是 GPS 测量技术与数据通信技术相结合,而构成的组合系统,是以载波相位观测量为根据的实时差分 GPS 测量技术。”

在《GPS 测量原理及应用(修订版)》(徐绍铨等编著,武汉大学出版社,2003 年修订)中,“实时动态(Real Time Kinematic,简称 RTK)测量技术,是以载波相位观测量为根据的实时差分 GPS (RTD GPS) 测量技术,它是 GPS 测量技术发展中的一个新突破。实时动态测量的基本思想是,在基准站上安置一台 GPS 接收机,对所有可见 GPS 卫星进行连续地观测,并将其观测数据,通过无线电传输设备,实时地发送给用户观测站。在用户站上,GPS 接收机在接收 GPS 卫星信号的同时,通过无线电接收设备,接收基准站传输的观测数据,然后根据相对定位的原理,实时地计算并显示用户站的三维坐标及其精度。”

在《GPS 测量操作与数据处理》(魏二虎等编著,武汉大学出版社,2004 年)中,“GPS RTK 概念为:基准站实时地将测量的载波相位观测值、伪距观测值、基准站坐标等用无线电传送给运动中的流动站,在流动站通过无线电接收基准站所发射的信息,将载波相位观测值实时进行差分处理,得到基准站和流动站基线向量($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$);基线向量加上基准站坐标得到流动站每个点 WGS84 坐标,通过坐标转换参数转换得出流动站每个点的平面坐标 x, y 和海拔高 h ,这个过程称作 GPS RTK 定位过程。”

在我国测绘行业标准《全球定位系统实时动态测量 (RTK) 技术规范》(CH/T 2009—2010) 中,“RTK 技术是全球卫星导航定位技术与数据通信技术相结合的载波相位实时动态差分定位技术,它能够实时地提供测站点在指定坐标系中的三维定位结果。”

在城建行业标准《卫星定位城市测量技术规范》(CJJ 73—2010) 中对 RTK 测量方式进行了说明,“RTK 测量可采用单基站 RTK 测量和网络 RTK 测量两种方式进行。单基站 RTK 测量方式是临时架设 1 个(或多个)基准站,在小区域范围内采用电台或 GPRS、CDMA 等无线通信方式向流动站用户发播差分改正数的一种测量方式。”

在国家标准《工程测量规范》(GB 50026—2007) 条文说明中,“RTK 又称载波相位差分方法,是近十年来逐渐普及的一项新技术。其基本原理是:基准站实时地将测量的载波相位观测值、伪距观测值、基准站坐标等用无线电台实时传送给流动站,流动站将载波相位观测值进行差分处理,即得到基准站和流动站间的基线向量($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$);基线向量加上基准站坐标即为流动站 WGS84 坐标系的坐标值,经坐标转换得出流动站在地方坐标系的坐标和高程值。”



三、RTK 的特点

GPS 系统具有定位精度高、观测时间短、测站间无须通视、可提供三维坐标、操作简便、全天候作业、功能多且应用广等特点。GPS 的发展对于传统的测量技术是一次巨大的冲击。一方面它使经典的测量方法面临一场重大的变革,另一方面也进一步加强了大地测量学与其他学科之间的相互渗透,从而促进测绘科学技术的现代化发展。RTK 测量技术不仅具有 GPS 系统的这些基本特点,也具有其独特之处,下面对其优缺点总结如下。

(一) 优点

(1) 作业效率高

在一般的地形地势下,高质量的 RTK 设站一次即可覆盖 5~10km 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,每个点只需要测量几秒钟,就可以完成放样或测量作业。在道路定线测量中,每小组(3~4 人)每天可完成中线测量 6~8km,在中线放样的同时完成中线高程测量工作。若用其进行地形测量,每小组每天可以完成 0.8~1.5km² 的地形图测绘,其精度和效率是常规测量所无法比拟的。在铁路定测中线测量中,若采用传统作业方式,

线路定测分为控制导线、交点、中线及中平四个作业环节,即使将交点、中线合并为一个作业环节,导线组需 5~7 人,交点中线综合组需 7~9 人,中平组需 4~6 人。而运用 RTK 技术,以上四个作业环节可以省去定测导线测量这项工作,其余可合并为一个作业环节,实现单人单机操作,加上必要的写桩人员和基准站配备人员,一套(4 台) RTK 系统仅需 7~10 人,可形成 3 个作业组,且外业数据自动记录,内业数据处理十分方便,外业在投入相同人员的情况下,综合效率是传统作业的 6 倍以上。

(2) 定位精度高,没有误差积累

不同于传统的全站仪、水准仪等测量设备,其在多次搬站后,不存在误差累积的情况。只要满足 RTK 作业的基本工作条件,在一定的作业半径范围内(一般为 5km),RTK 测量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,只需满足电磁波通视和对空通视的要求,因此和传统测量相比,在传统测量看来由于地形复杂、地物障碍而造成的困难通视地区,RTK 技术作业受障碍通视条件、能见度、气候、季节等因素的影响和限制较小,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。

(二) 缺点

虽然 RTK 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,也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,受当时的技术条件限制,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存在不能完全满足实际需要的问题,即当卫星系统位置对美国来说处最佳位置的时候,其他一些国家在某一特定的时间段不能被卫星有效覆盖。例如,在中、低纬度地区每天总有两次盲区,每次 20~30min,处盲区时,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

在中午时段, GPS 测量受电离层干扰大,共用卫星数少,因而 RTK 初始化时间长甚至不能初始化,也就无法进行测量。

(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,其在传输过程中衰减严重,影响作业半径和测量精度。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一般要小,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 卫星信号被阻挡几率较多,信号强度低,可捕获卫星空间分布结构差,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,目前使用高程拟合法进行,高程精度受到既有已知高程控制点的精度和密度及测区高程异常未知的影响。我国现有的大地水准面模型分辨率还不高,在有些地区,尤其是山区,模型的高程异常存在较大误差,在有些地区还是空白,这就使得将 GPS 大地高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% 的可靠度

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、数据链传输状况等影响的缘故。

四、RTK 测量技术应用范围

RTK 测量技术适用于平面和高程控制测量、地形测量及其他相应精度的定位测量。

1. 各种控制测量

RTK 控制测量适用于布测外业数字测图、摄影测量与遥感以及等级较低的工程测量项目基础控制点。传统的大地测量、工程控制测量采用三角网、导线网方法来施测,不仅费工费时,要求点间通视,而且精度分布不均匀,且在外业时不知精度如何;采用常规的 GPS 静态测量、快速静态、伪动态方法,在外业测设过程中也不能实时知道定位精度,如果测设完成后,回到内业处理后发现精度不合要求,还必须返测。而采用 RTK 来进行控制测量,能够实时知道定位精度,如果点位精度要求满足了,用户就可以停止观测,测一个控制点在几分钟甚至于几秒钟内就可完成,而且还知道观测质量如何。如果把 RTK 用于公路、铁路、水利工程等各种等级要求不高的控制测量,不仅可以大大减少人力强度、节省费用,而且能够大大提高工作效率。

2. 地形测图

RTK 地形测图适用于外业数字测图的图根测量和碎部点数据采集。以往,测地形图时一般首先要在测区建立图根控制点,然后在图根控制点上架上全站仪或经纬仪配合小平板测图,现在发展到外业用全站仪和电子手簿配合地物编码,利用大比例尺测图软件来进行测图,甚至于发展到最近的外业电子平板测图等,都要求在测站上测四周的地形地貌等碎部点,这些碎部点都与测站通视,而且一般要求至少 2~3 人操作,在拼图时一旦精度不合要求还需要到外业去返测。采用 RTK 时,仅需一人背着仪器在要测的地形地貌碎部点待上几秒钟,并同时输入特征编码,通过手簿可以实时知道点位精度,把一个区域测完后回到室内,使用专业的软件接口就可以输出所要求的地形图,这样用 RTK 仅需一人操作,不要求点间通视,大大提高了工作效率。采用 RTK 配合电子手簿可以测设各种地形图,如普通地形图、铁路线路带状地形图、公路、管线地形图等,配合测深仪可以用于测水下地形图和航海海洋测图等。

3. 工程放样

工程放样是工程测量的重要内容之一,在勘测设计、工程施工中经常用到,它就是用一定的测量仪器和方法将图上设计的点、线、面等要素的平面位置或高程测设到实地的测量工作。过去采用常规的放样方法很多,如经纬仪交会放样、全站仪的边角放样等。一般要放样出一个设计点位时,往往需要来回移动目标,而且要 2~3 人操作,同时在放样过程中还要求点间通视情况良好,在生产应用上效率较低;有时放样中遇到障碍物等困难时,需要转点、现场重新计算放样要素后才能再次放样。若采用 RTK 技术放样,仅需把设计好的点位坐标输入到电子手簿中,背着 GPS 接收机,无须考虑和已知控制点的通视,流动站手簿内程序会自动计算放样要素,既快捷又方便,由于 GPS 是通过坐标来直接放样的,误差不会累积,放样精度均匀,因而在外业放样中效率得到大大提高。由此,其在公路、铁路、管道、电力等行业得到广泛应用。

4. 其他工程上的应用

RTK 技术也可用于其他工程纵、横断面测量等其他碎部测量,以及在航空摄影测量、水下地形测量等中提供实时导航定位,还可应用在特大桥梁的动态变形监测等方面。



五、RTK 有关术语

(1) GPS, Global Positioning System
全球定位系统。

(2)GNSS, Global Navigation Satellite System

全球导航卫星系统。

(3)DGPS, Differential GPS

差分 GPS。

(4)RTK, Real Time Kinematic

实时动态定位。

(5)RTD, Real Time DGPS

实时差分 GPS。

(6)WGS, World Geodetic System

世界大地坐标系。

(7)CGCS2000, China Geodetic Coordinate System 2000

2000 中国国家大地坐标系。

(8)同步观测, Simultaneous Observation

两台或两台以上接收机同时对同一组卫星进行的观测。

(9)基准站(参考站), Reference Station

在一定的观测时间内,一台或几台接收机分别固定在一个或几个测站上,一直保持跟踪观测卫星,其余接收机在这些测站的一定范围内流动设站作业,这些固定测站就称为基准站。

(10)流动站, Roving Station

在基准站的一定范围内流动作业的接收机所设立的测站。

(11)天线相位中心(APC), Antenna Phase Center

指微波天线的电气中心,其理论设计值应与天线几何中心一致。

(12)天线高, Antenna Height

观测时接收机相位中心至测站中心标志面的高度。

(13)截止高度角, Elevation Mask Angle (cut off Elevation)

为了屏蔽遮挡物(如建筑物、树木等)及多路径效应的影响所设定的角度阈值,低于此角度视野域内的卫星不予跟踪。

(14)空间位置精度因子(PDOP 值), Position Dilution of Precision

指空间三维坐标精度因子, PDOP 值考虑了测站、各观测卫星的空间几何构形对测站定位精度的影响。反映定位精度衰减的因子,与所测卫星的空间几何分布有关,空间分布范围越大, PDOP 值越小,定位精度越高;反之, PDOP 值越大,定位精度越低。

(15)几何精度因子(GDOP 值), Geometric Dilution of Precision

指四维几何精度因子，GDOP 值综合考虑了测站、各观测卫星的空间几何构形及钟差测定对测站定位精度的影响。

(16) 整周模糊度(整周未知数)，Integer Ambiguity

未知量，是从卫星到接收机间测量的载波相位的整周期数。

(17) 大地高，Ellipsoidal Height

空间点沿椭球面法线方向至椭球面的距离。

(18) 正常高，Normal Height

地面点沿铅垂线至似大地水准面的距离。

(19) 数据链，Data Link

在 GPS RTK 中，数据链指数据传输的通信设备或指将数据从基准站(参考站)传送给流动站的数据链路。

(20) RTCM, Radio Technical Commission for Maritime services

海事无线电技术委员会。

(21) UTC, Coodinated Universal Time

协调世界时。

(22) 中继站，Relay Station

是负责接收并转发无线电信号的电台。中继站可以接收、转发信号，既接收由基准站电台发送的信号又将接收到的信号发送出去，一般是外置的独立电台。

(23) 初始化，Initialization

指 RTK 测量前在流动站上通过短时间观测，有基准站电台发射信号，通过流动站电台接收，测定载波相位观测值的整周模糊度的过程。

(24) OTF, On The Fly

OTF 是运动中求解整周模糊度的英文术语 On The Fly 的字头缩写，即动态初始化，是 RTK 测量中初始化的一种方法。采用这种方法进行初始化时，流动站不需要静止或放置在已知点上，是一种方便、快捷、被普遍采用的初始化方法。

(25) 固定解，Fixed Solution

卫星载波相位观测量的整周未知数的整数解叫固定解。

(26) 浮动解，Float Solution

不能确定卫星载波相位观测量的整周未知数的整数解，包含少部分不是整周的未知数，叫浮动解。

(27) 单基准站 RTK 测量，Single Reference Station for RTK Surveying

只利用一个基准站，并通过数据通信技术接收基准站发布的载波相位差分改正参数进行 RTK 测量。