

# 特殊测区的 RTK 适用性分析

洪锦山\*

(漳州市测绘设计研究院 福建 漳州 363000)

摘要:分析了 RTK 测量误差来源,以某市重点建设项目验收的控制网布设(道路竣工测量 RTK 控制网的布设)为例,对参数覆盖范围不佳情况下 RTK 的平面、高程精度的对比统计,定量分析了特殊测区布设的 RTK 控制点的适用范围。

关键词:RTK; 误差; 精度

## 1 引言

随着计算机技术和通信网络的不断发展, GPS 技术的普及和发展更加突飞猛进,特别是 GPS RTK 测量的出现,既减少了测绘工作的强度和人员的投入,也大大提高了测绘工作的效率,促使 GPS RTK 测量的广泛应用成为一种趋势和必然。RTK 测量由流动站采集卫星观测数据,并通过数据链接受来自基准站的数据,在系统内组成差分观测值进行实时处理,通过坐标转换的方法将观测到的地心坐标系坐标转换为制定的坐标系中的坐标。坐标转换参数的求解,应采用不少于 3 点的高等级起算点两套坐标系成果,所选点应分布均匀,且能控制整个测区<sup>[1]</sup>,然而如何有效掌握 GPS RTK 测量的精度,特别是如何掌握在利用坐标转换参数覆盖范围不佳情况下(起算高等级点不能完全控制整个区域)的精度(平面和高程精度),已成为目前测绘工作者急需解决的问题。本文以某市重点建设项目的验收所布设的控制网为例,定量分析了特殊测区布设的 RTK 控制点的适用范围。

## 2 RTK 测量误差来源分析

GPS RTK 定位技术是基于载波相位观测值的实时动态定位技术,主要由三部分组成,即基准站、流动站和数据链<sup>[2]</sup>。基准站连续把观测到的卫星数据发射出去,流动站实时差分处理基准站和流动站的载波相位观测值,获取所在点的坐标、高程和精度指标。由于 RTK 测量缺少必要的检核条件,作业时如果操作失误或某些技术问题处理不当,都将会给测量成果带来严重影响。因此,让测量人员及时了解 RTK 的技术特点和适用范围是掌握、提高 RTK 测量

成果精度的技术关键<sup>[3]</sup>。

### 2.1 测区坐标转换参数引起的精度损失

RTK 测量,首先需要输入控制点的 WGS-84 坐标和地方坐标系坐标,从而求解转换参数,其他点依据此转换参数经过坐标转换得到地方坐标。坐标转换参数求解的误差与控制点的精度和分布有关,所以控制点的选择是否恰当,会直接影响转换参数的求解,进而引起 RTK 测量成果精度的损失。根据《全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范》要求:转换参数的求解,应采用不少于 3 点的高等级起算点两套坐标系成果,所选点应分布均匀,且能控制整个测区。

### 2.2 基准站与流动站之间的距离误差

基准站与流动站之间的距离、轨道误差和大气延迟误差对 RTK 测量精度影响较大,误差的空间相关性随基准站与流动站间距离的增大而逐渐失去线性,因此在二者较长距离下,经过差分处理后的流动站数据仍然含有较大的观测误差,从而容易导致定位精度的降低与无法解算载波相位的整周模糊度。规范根据要求精度不同,测点到基准站的距离最大允许 10 km。

### 2.3 基准站的误差

流动站的坐标是通过基准站的坐标和基线向量得到的,因此,基准站的误差会系统性地带入到流动站的结果中,最终影响到流动站的坐标。而且,基准站的对中、整平等人员操作误差也会系统性地带入到流动站的结果中,同时基准站周围环境对 RTK 观测质量的影响也会影响到流动站坐标的解算。

### 2.4 其他误差

数据链传输受干扰和限制,RTK 数据传输易受到障碍物如高大山体、高大建筑物、茂密树林和各种高频

\* 收稿日期:2011-11-24

作者简介:洪锦山(1969—),男,高级工程师,主要从事城市规划测量、城市市政道路测绘等测绘工程。

信号的干扰,在传输过程中衰减严重,影响测量精度。此外还受到卫星状况限制等等。

### 3 特殊测区的 RTK 适用性分析

正常的参数覆盖范围内进行 RTK 测量能确保测量精度,但是有时会因为现场条件不完全满足规范要求,本文即是研究在参数覆盖范围不佳情况下,通过比较 RTK 测量成果的平面及高程精度来探讨 RTK 的适用范围。

#### 3.1 工程概况

某市的重点建设项目的验收——新规划“L形”道路的竣工测量,主要包括道路中线、边线的平面坐标和高程测量、地下管线(雨水、污水)走向和管底标高测量。我院接到任务后,急需沿拟验收“L形”道路布设控制网(要求精度高于图根控制)用于竣工测量。受现场条件制约,测区绝大部分都在参数覆盖范围外且远离基准站点。为便于进行统计分析,人为将“L形”道路布设的控制网分为 I-II-III-IV-V-VI 五段控制网。图 1 为测区控制网示意图,图 2 为道路走向及 RTK 控制点分布示意图。S1、S2、S3 为用于求解转换参数的已知 D 级 GPS 控制点,基准站架设在 S1 和 S2 近中点的两层房顶上,由 S1、S2、S3 计算得到的参数符合规范要求。II-III-IV-V 控制网处于参数覆盖范围外, I-II-III 距离基准站点  $\leq 3.2$  km, III-IV-IV 距离基准站点  $\leq 4$  km, L1-L2 为参数覆盖范围向西南外扩 500 m 的范围线。

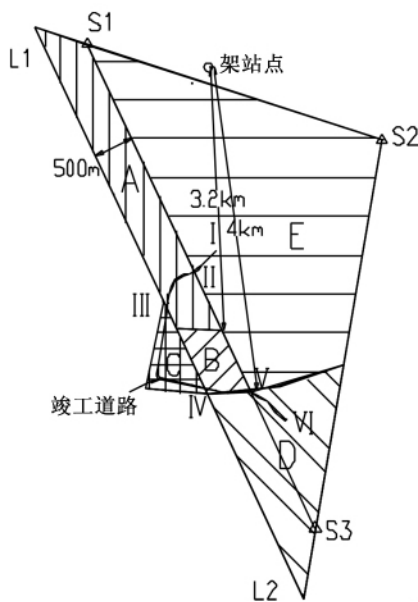


图1 测区控制示意图

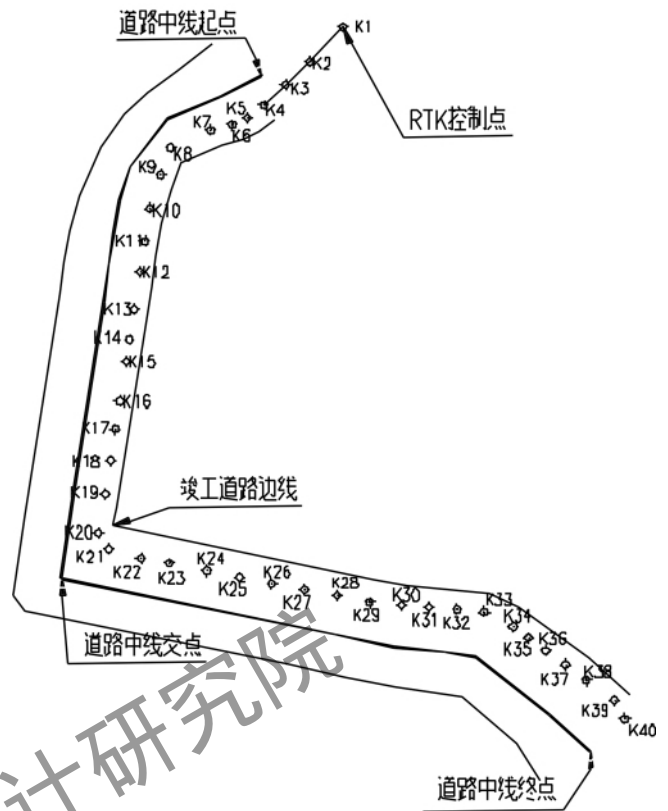


图2 道路走向及 RTK 控制点分布示意图

#### 3.2 不同区域点位精度

以下依据上述特殊测区进行 RTK 测量,分析在参数覆盖范围不佳情况下及测点离基准站的距离对 RTK 平面、高程精度的影响,从而定量地分析 RTK 的适用范围。

##### (1) 区域划分

图 1 中 A 区域为离基准站距离 3.2 km 与离参数覆盖范围外扩 500 m 内侧所交,竖线表示; B 区域为离基准站距离 3.2 km ~ 4 km 之间与离参数覆盖范围外扩 500 m 内侧所交,45°斜线表示; C 区域为离基准站距离 3.2 km ~ 4 km 之间与离参数覆盖范围外扩 500 m 外侧所交,网格线表示,此区域“L”形中部的拐角处为山体开挖部分,道路两侧有山体及茂密龙眼林; D 区域为离基准站距离超过 4 km 的部分与离参数覆盖范围外扩 500 m 内侧所交,135°斜线表示; E 区域为参数覆盖范围内与离基准站 4 km 之间的交叉部分,横线表示。

##### (2) 作业方式及精度统计

路线 I-II-III-IV-V 分别穿过 A、C、B、D 区域,用中海达 V8 GPS 接收机(标称精度:平面 10 mm +1 ppm;高程 20 mm +1 ppm)以 RTK 测量方式共布设 40 个平面控制点,相邻点间平均边长在 180 m 左右,这

些控制点都以四等水准测量测得其水准高。第一次利用这些成果进行该项目的竣工测量,发现测得的“L”形道路拐角处中线交点坐标与设计坐标存在一定的偏差,在 RTK 点设站、定向后采集的定向点坐标与定向点的已知坐标有不规律的偏差,全站仪量测的相邻两 RTK 点的距离与坐标反算的距离也有偏差(边长较差见表 1),所以我们首先怀疑 RTK 布设的控制点精度

有问题,后来再在不同日期的上午、下午共测得 4 次 RTK 成果,发现它们的数据也不尽相同,最后再利用全站仪测距和 RTK 坐标反算距离来推测粗差。通过这几次测得的数据进行反复比较分析,得出 RTK 测量成果在特殊测区在不同区域的点位精度统计表,如表 1 所示。

RTK 测点精度统计表

表 1

区域	点号	点数	平面精度/cm	高程精度/cm	边数	边长较差/cm
			RTK 坐标互差	RTK 高程拟合值与水准值差		
A	K5 ~ K11	7	2	4	6	0 ~ 2.2
B	K27 ~ K33	7	2 ~ 5	4	6	1 ~ 6
C	K12 ~ K26	15	2 ~ 24	4 ~ 5	14	2 ~ 22
D	K34 ~ K40	7	3 ~ 8	5 ~ 7	6	3 ~ 8
E	K1 ~ K4	4	2	4	3	0 ~ 2.1

RTK 平面控制测量技术要求

表 2

等级	相邻点间平均距离/m	点位中误差/cm	边长相对中误差	与基准站的距离/km	观测次数	起算点等级
一级	500	≤±5	≤1/20 000	≤5	≥4	四等及以上
二级	300	≤±5	≤1/10 000	≤5	≥4	一级及以上
三级	200	≤±5	≤1/6 000	≤5	≥2	二级及以上

RTK 高程控制测量技术要求

表 3

大地高中误差/cm	与基准站的距离/km	观测次数	起算点等级
≤±3	≤±5	≥3	四等及以上水准

(3) 数据分析

参考规范的技术指标(详见表 2 和表 3)<sup>[3]</sup>,分析表 1 的统计数据:

①A 区无论平面还是高程都可以达到很高的精度,甚至能达到仪器的标称精度,说明在离基准站不是很远的情况下,参数覆盖范围外的部分区域的点位精度也是有保证的(此例约为 500 m)。

②B 区与 A 区比较,平面精度降低,高程精度无明显变化,说明在参数影响相同的情况下,离基准站的距离越远,平面精度降低;而在离基准站一定范围内(本例 4 km),点位高程受离基准站的距离影响比较小。

③C 区与 B 区比较,在离基准站等距离的情况下,参数覆盖范围对点位平面精度影响迅速而强烈。

④D 区与 B 区比较,点位的平面及高程精度都有所降低,说明在离基准站一定范围外(本例 4 km)点位精度受参数覆盖范围与离基准站距离的共同影响。

⑤C、D 区域的点位平面坐标、高程互差变动比较大,说明此区域的平面坐标及高程一致性比较差,间接说明此区域坐标精度较低。点位最差点为在 C 区域

“L”形道路的拐角处的 K20、K21、K22 点,此三点的多次 RTK 测量较差见表 4,考虑到此处为山体开挖部分,地势不开阔,RTK 信号受到周围山体及树林的影响导致精度过低。

K20、K21、K22 RTK 测量值较差

表 4

点名	观测次数	坐标较差/m		
		ΔX	ΔY	ΔH
K20	1	0	0	0
	2	-0.197	-0.063	0.176
	3	0.028	-0.034	-0.100
	4	0.040	-0.013	-0.059
K21	1	0	0	0
	2	0.058	0.087	-0.263
	3	0.021	-0.010	-0.089
	4	0.038	0.007	-0.089
K22	1	0	0	0
	2	-0.040	-0.063	0.134
	3	-0.105	-0.183	0.366
	4	-0.076	-0.172	0.365

在本例后期布设控制网时,不采用其 RTK 值,而是选取 A、B 区域点位精度良好的点作起算点测设城市二级导线覆盖 C、D 区域。

⑥A、B、D、E 等参数覆盖区域(包括外推 500 m)RTK 平面高程精度能满足规范规定的地形碎部点精度要求的,在离基准站一定范围内(本例 4 km)的 A、

B、E 区域能满足规范规定的图根控制点精度要求。

#### 4 结 语

综合分析本例数据,可以得到如下结论:

(1) 在距离基准站一定距离(本例 3.2 km)且在参数覆盖范围(本例 E 区域)及其外扩一定范围内(本例 500 m, A 区域),即使是在参数覆盖范围不佳情况下,RTK 测量的点位精度仍然有保证。

(2) RTK 测量精度受参数覆盖范围、与离基准站的距离、基准站点位精度以及 RTK 信号强度、干扰的共同影响,参数覆盖范围对点位平面精度影响多过对点位高程精度影响,离基准站距离远近对高程的影响多过对平面的影响;RTK 信号强度、干扰对精度的影响具有随机性,无法准确判断。

(3) 在距离基准站一定距离(本例 4 km)在参数范围内及其外扩一定距离(本例 500 m),点位平面、高程精度均能得到保证。

#### 参考文献

- [1] CH/T 2009-2010. 全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范[S].
- [2] 黄声享,郭英起,易庆林. GPS 在测量工程中的应用[M]. 北京:测绘出版社 2007
- [3] 张宏,刘学. RTK 定位测量的误差分析及提高精度的关键[J]. 城市勘测 2007(1):18
- [4] GB/T 18314-2009. 全球定位系统(GPS)测量规范[S].
- [5] CJJ/T 73-2010. 全球定位系统城市测量技术规程[S].
- [6] GB50026-2007. 工程测量规范[S].

## The Practicality Analysis of RTK for Speciae Area

Hong Jinshan

(Zhangzhou Institute of Surveying and Mapping, Zhangzhou 363000, China)

**Abstract:** This paper analyzes the error sources of RTK measurement, comparative and statistics the plane and elevation precision of RTK by example on a road construction surveying control network of RTK, quantitative analysis of the applicable control range in the adverse conditions of RTK network.

**Key words:** Real Time Kinematic(RTK); Errors; Precision

### 重庆市规划管理进入三维仿真时代

(本刊讯)近日,重庆市规划局正式发布《渝规发【2012】19号》文件,规定:自今年4月1日起,重庆市主城区全面推行三维仿真系统辅助规划管理新模式,即在规划用地选址、方案审查、审定及竣工规划核实环节均采用建筑三维仿真系统辅助项目管理,至此,重庆市规划管理工作进入三维仿真时代。三维仿真作为一种新兴的空间信息技术,近年来在欧美等发达国家已经开始全面建设,在国内也有多个城市开展应用,此次三维仿真系统正式被纳入重庆市规划报建流程,也使重庆市成为继宁波、广州之后实行三维仿真辅助规划管理的城市。

近年来,针对重庆山地城市的特点,重庆市规划局下属重庆市勘测院在三维仿真建设方面做了大量工作。一是编制了重庆市地方标准《城市三维建模技术规范》并由重庆市质量技术监督局向社会发布;二是完成了主城区建成区的三维现状模型覆盖工作;三是开展了面向城市规划管理、招商引资、开发建设、地上地下一体化管理等领域的广泛应用,开发的应用软件获得国内多项大奖;四是在三维仿真技术领域培养了一批具备丰富技术经验的人才队伍。此次将三维仿真纳入规划管理程序,体现了未来城市规划管理向立体化、数字化发展的趋势,将有力加强对已有成果的应用,显著推进我市规划工作可视化、精细化管理。

(重庆市勘测院 李淑荣、张秋 供稿)