

网络 RTK 在宁波机场快速路工程首级控制网测量中的应用

袁 峥 崔 逍 万宏德

(宁波市测绘设计研究院 浙江 宁波 315040)

Application of Network RTK to Control Measurement in Ningbo Airport Expressway Engineering

YUAN Zheng, CUI Xiao, WAN Hongde

摘要: 部分地区网络 RTK 推出已经数年,但是实际用于平面控制测量时,仍停留在一级精度,缺乏更高精度的实际应用。通过宁波机场快速路工程首级控制网测量中网络 RTK 技术的具体应用,探讨网络 RTK 技术在更高精度测量中广泛应用的可能性。

关键词: 网络 RTK; 控制测量; 高架桥梁

一、引言

宁波 CORS 采用的是 Trimble 的虚拟参考站技术(VRS),并于 2009 年 4 月投入使用,目前已在城市测量的各个领域发挥着巨大的作用。基于 CORS 的网络 RTK 技术,相比传统的 RTK 技术,无论在精度还是可靠性上,均有了很大的提高。另外,网络 RTK 技术比传统的 RTK 技术具有更高的作业效率和便捷性,使得该技术已被广泛地用于一级控制点的测量,为日常低等级的控制测量工作带来了极大的便利。进而是否能够利用网络 RTK 技术替代更高等级的平面控制测量工作则成为测试研究的新目标。本文在网络 RTK 大量测试工作经验的基础上,在公路工程首级控制测量实际应用中作了有益的探索。

二、工程应用

1. 工程概况

机场快速干道被称作“宁波市首条真正意义上的城市高架快速路”,该工程北起中山西路北侧,南至 34 省道立交,全长 7.92 km,为全线高架道路工程。工程道路控制红线宽度 68 m,地面标准断面宽 50 m,高架桥上下匝道路段地面断面宽 65.5 m,项目总投资估算为 26.71 亿元。工程分 4 个施工标段,并已于 2009 年 8 月开工建设,截至 2011 年 3 月项目主体结构已顺利完成。

2. 控制网布设

本工程项目开工建设时,采用 GPS 静态观测方

式,测设了四等首级平面控制网,控制网点通视方向如图 1 所示。首级控制网共选埋点位 16 个,考虑到方便施工单位使用,将控制点全部布设在项目两侧的城市道路上,平均每 1.2 km 布设一组通视点,且每个施工标段首尾至少布设一对通视点,通视点边长在 300 ~ 600 m。但由于城市道路改造等原因,控制点在使用过程中被逐个破坏,项目开工半年后,控制点的破坏率达 30%,给施工单位的一级导线加密工作带来极大不便。

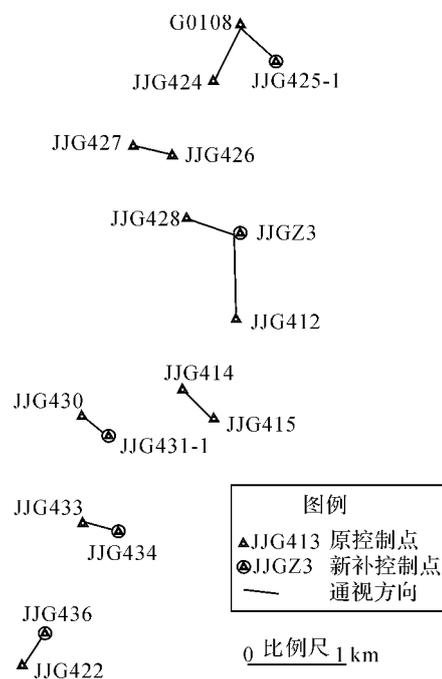


图 1

收稿日期: 2011-05-12

作者简介: 袁 峥(1981—),男,浙江宁波人,硕士,工程师,主要从事工程测量、变形监测的应用研究。

按常规做法,控制点被破坏后,需重新补埋,并进行全网 GPS 静态连测后重新解算,这种方法耗时耗力,对只有个别控制点破坏的情况不太适用。目前,使用传统 RTK 方式已能很便捷地完成一级控制点施测任务,这也使网络 RTK 向更高精度的应用拓展成为可能。此外,工程首级平面控制网施测时,联测的起算点包括 1 个宁波 CORS 参考站点、2 个城市 C 级网点,且 C 级网点的成果是以宁波 CORS 的参考站点为基准点联测获得,这为网络 RTK 在这项工程中的高精度应用提供了必要条件。

在此情况下,本项目在对被破坏的控制点补埋时,采用在原地补埋方式,条件不具备时才易地补埋,同时在位置选择上,充分考虑了网络 RTK 观测时影响定位精度的各项因素。

3. 网络 RTK 观测

在首级控制点补埋后,用网络 RTK 方法实施了观测。具体观测时参考《卫星定位城市测量技术规范》(CJJ/T 73—2010)中一级控制点测量的相关技术要求,并对部分具体指标作了改进,以提高定位精度。

项目施测时,为提高网络 RTK 定位观测精度,采取的措施和方法主要有:

1) 选择可靠的仪器设备。选择经检定的精度和可靠性较好的双频 GPS 接收机、天线和数据通信模块,并使用经校正的天线基座和稳定的三脚架。

2) 有计划地进行观测作业。选择 PDOP 值小于 4, 15° 以上的卫星个数大于 6, 且天气晴好的观测时段进行网络 RTK 观测。

3) 控制收敛精度。观测时平面收敛阈值不超过 1.5 cm, 高程收敛阈值不超过 2.5 cm。

4) 进行已知点检校。在每日观测前、后均需检测首级平面控制网的其他点位,检测成果与原成果的较差应不大于 5 cm,此举在保证当日观测成果的可靠性之外,还可以对不同方法观测的点位进行成果精度比较。

5) 增加测回数。分 4 个时段进行观测,每个时段观测 4 测回;测回间观测时重新初始化仪器(关机重启),且时间间隔至少 2 min,时段间的时间间隔至少 2 h。同一时段成果为 4 测回取均值,最终成果为 4 个时段成果取均值。

6) 测回内增加观测时间。一测回内采样间隔为 1 s,观测时长 30 s。一测回内各成果取均值作为该测回成果。

7) 提高初始化程度。当初始化时间超过 3 min 仍不能获得固定解时,则断开通信链路,重启卫星

定位接收机,再次进行初始化操作。重试次数超过 3 次仍不能获得初始化时,则取消本次测量。网络 RTK 观测时,距接收机 10 m 范围内禁止使用对讲机、手机等电磁发射设备。

8) 测量成果精度检核。同一时段内测回间的平面点位较差不超过 2 cm,高程较差不应超过 3 cm;不同时段间观测值平面点位较差不超过 3 cm。观测时,同一时段内测回间精度检核指标超限,则立即重测;不同时段间的检核指标超限则重测一个时段,直至每个控制点均具有 4 个时段的合格成果为止。

9) 实施成果检测。对所有网络 RTK 观测的视点实施四等精度的边长检测。

4. 数据处理与分析

本次网络 RTK 控制测量共测定 18 个点位,其中 2 个点位为原首级平面控制网的 C 级起算点;11 个点位为原有首级控制网点;5 个点位为新补埋的点位。实际观测时,同一时段内各测回间检核条件超限时,立即重测,不记录重测量;不同时段的观测值共需 72 个(18 个控制点,每点 4 个时段),实际共测量了 87 个时段,其中重测工作量为 15 个。其中控制点 JJG414 和 JJG415 在观测时,因信号遮挡原因经常很难正常收敛,较难观测合格,均重测了 4 个时段。总的来说,网络 RTK 的观测质量较为可靠,具体如表 1 所示。

表 1 网络 RTK 外业观测质量统计表

观测精度控制指标	设计要求	平均值	最大值
PDOP 值	4	2.5	3.6
平面收敛阈值/cm	1.5	1.15	1.47
高程收敛阈值/cm	2.5	1.87	2.48
同一时段内测回间点位平面较差/cm	2	1.1	1.9
同一时段内测回间高程较差/cm	3	1.9	2.8
不同时段间点位平面较差/cm	3	1.8	2.6

对 13 个原首级平面控制网点位成果与网络 RTK 观测成果进行比较,比较计算结果如表 2 所示。从表 2 分析可得,网络 RTK 观测成果与原控制网成果相比, X、Y 分量的较差在正、负符号上数量大致相当,且分布相对均匀,无系统性偏差;点位较差的平均值仅 8.8 mm,且仅有 2 个点超过了 15 mm,说明本次网络 RTK 观测成果与原有成果符合较,精度较高。

控制网共有 9 条通视边,其中最短边长为 318 m,最大边长为 812 m,平均边长为 477 m。网络

RTK 观测完成后,为确保成果质量的可靠性,对所有9条通视边的边长按四等精度的观测要求,实施了边长检测,边长检测结果如表3所示。从表3可得,网络RTK成果换算的边长与实测边长相差较小,且无系统性现象;检测边长与网络RTK观测成果相比,较差最大值仅6mm,较差的相对中误差最弱边达1/77 200。

表2 网络RTK观测成果与原成果比较表 mm

控制点点名	X分量较差	Y分量较差	点位较差
G0108	2.7	-3.9	4.7
GJ13	-2.8	2.3	3.6
GJ18	5.1	7.1	8.7
JJG412	-9.4	-6.8	11.6
JJG414	2.9	-5.5	6.2
JJG415	-8.5	-14.7	17.0
JJG422	9.2	4.6	10.3
JJG424	15.4	12.5	19.8
JJG426	-13.4	-2.7	13.7
JJG427	-1.5	-5.1	5.4
JJG428	2.1	-2.2	3.0
JJG430	-3.5	-5.0	6.1
JJG433	-3.1	-4.1	5.2

表3 通视点边长检测结果对比分析表

检测边	边长/m	与网络RTK成果比较		与原有成果较差	
		边长较差/mm	边长较差的相对中误差	边长较差/mm	边长较差的相对中误差
G0108-JJG425-1	491	5	1/98 200		
G0108-JJG424	623	6	1/103 833	2	1/311 500
JJG428-JJGZ3	526	1	1/526 000		
JJGZ3-JJG412	812	5	1/162 400		
JJG414-JJG415	427	4	1/106 750	3	1/142 333
JJG430-JJG431-1	320	-3	1/106 666		
JJG433-JJG434	318	3	1/106 000		
JJG422-JJG436	386	-5	1/77 200		
JJG426-JJG427	394	-4	1/98 500	-6	1/65 666

可见,使用网络RTK观测技术,采取适当的作业方式,其精度可以达到《公路勘测规范》(JTGC10—2007)中四等平面控制网的精度要求,能够满足宁波市机场快速路高架桥梁的施工控制需要。

三、结束语

使用网络RTK观测的控制成果投入使用一年多来,各施工单位反映效果较好,期间还对个别控制点采用相同的方法进行了补测,有效避免了施工单位因首级控制点不足带来的问题。使用网络RTK技术,一人一台仪器就可完成整个控制网的施测,很大程度上提高了工作效率,且点位被破坏后补测灵活方便,较好地实现了为工程建设及时服务的目的,为网络RTK技术在更高精度上的广泛应用提供了借鉴。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. CJJ/T 73—2010 卫星定位城市测量技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [2] 中华人民共和国交通部. JTGC10—2007 公路勘测规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2007.
- [3] 浙江省测绘局. ZCB 001—2008 浙江省GPS-RTK测量技术规定(试行)[S]. 杭州: 浙江省测绘局, 2008.
- [4] 朱照荣, 汪胜国. 网络RTK测量成果质量控制方法的研究[J]. 岩土工程技术, 2008, 22(6): 292-294.