

GPS RTK在东海公路测量中的应用及精度检核对比

Application of GPS RTK in East China Sea Highway Survey and Comparison of Accuracy Check

王帅

Shuai Wang

金华市测绘院有限公司, 中国·浙江 金华 321000

Jinhua Municipal Surveying and Mapping Institute Co., Ltd., Jinhua, Zhejiang, 321000, China

【摘要】GPS技术以全天候、高精度、自动化、高效益等显著优点,成功地应用于大地测量、工程测量、航空摄影测量、工程变形监测等方面,已经给测绘领域带来一场深刻的技术革命。RTK技术是在野外实时得到厘米级定位精度的测量方法,它的出现为工程放样、地形测图,各种控制测量极大地提高了外业作业效率。本文主要论述了GPS和RTK在东海公路中的应用,并通过水准与全站仪测量检核其精度并对其进行对比。

【Abstract】GPS technology has been successfully applied to geodesy, engineering survey, aerial photogrammetry, engineering deformation monitoring, etc. with its remarkable advantages of all-weather, high-precision, automation and high efficiency. It has brought a profound technological revolution to the field of surveying and mapping. RTK technology is a measurement method for centimeter-level positioning accuracy in real time in the field. It appears as engineering stakeout, topographic map, and various control measurements greatly improve the efficiency of field operations. This paper mainly discusses the application of GPS and RTK in the East China Sea Highway, and checks and corrects the accuracy by level and total station measurement.

【关键词】GPS;RTK;控制测量;精度对比

【Keywords】GPS; RTK; control measurement; precision comparison

【DOI】<https://doi.org/10.26549/gcjsygl.v3i1.1410>

1 GPS RTK在道路工程测量中的应用

GPS在道路工程中主要是用于测定航测外业控制点、建立道路工程测量控制网等。随着经济不断发展,高级公路不断建设发展,对测绘技术的要求也更高,由于线路长而且已知点非常少,用常规测量方法精度上也难以满足要求,布设控制网困难。中国目前采用GPS技术的有沪宁、沪杭高速公路的上海段建立线路首级高精度控制网,然后用普通方法布设加密导线。大量实例证明,此方法可以达到常规方法精度甚至超出,而且大范围提高了作业效率,缩短了作业时间。

实时动态定位技术(RTK)是一种实时差分GPS技术,它是以前载波相位观测值为根据的。此技术在公路工程中有广阔的应用前景。RTK定位有两种测量模式:一种是快速静态定位,一种是动态,结合两种定位模式,在公路工程中的应用有如下

方面:施工放样、施工监理、公路勘测和GIS前端数据采集。

2 GPS RTK在东海公路测量中的应用

东海公路位于杭州湾北部的东海区域,全程长31KM,其中有约2.3KM跨海段,陆上段约25KM。公路宽度为31.5m设计为6车道。该工程因其所处的地理位置特别、工程量大,根据工程规划和施工建设的需要,需将公路一头的大地测量基准传递到另一端。利用传统的测量方法无法达到工程使用的要求,为此,结合之前公路相关的平面及高程控制测量项目,设计GPS进行控制网布设技术方案。

2.1 建立控制网

控制网密度上满足施工方运用常规仪器方便进行工程放样;精度上满足工程建设各阶段施工对平面和高程控制的要求;经济合理、技术先进、确保控制成果正确、可靠;根据工程

的进展分级、分批布设。建立控制网步骤如下:

(1)由已有基岩点进行一等水准引测。本控制网的高程起算点选择在该地区具有稳固、高精度的高程数据的基岩点,本控制网共选择2个基岩点。

(2)控制网布设拟采用分级布设、逐级加密的方案。由于本工程占地面积大、路况较复杂,而公路出入口两端点位数量非常多,所以首先,应采用GPS静态相对定位技术,因为此种定位技术精度相对更高,应作为首选控制方法。在已有的国家GPS A、B级网和上述已建立的2个基岩点,再和其他和海岛相关的点位一起联测,解算海岛上点位的平面坐标和大地高,要求不少于一个点位即可。陆地最好是基岩点。高程成果必须是近两年通过正式验收的水准观测成果,没有最近两年成果的话,必须使用二等水准进行联测。GPS点可选五个一、二等水准点,尽量保持均匀分布,距离控制在20到30千米。同时在岛上宜选验潮站点包括在内两个以内的GPS点,本次项目利用的或拟选定的点位在海岛部分有:Ⅲ观四03、Ⅲ观四04。大陆部分选定的点位有:Ⅱ39南新、J2蔡家、Ⅲ136岱山、Ⅲ21卢阳、J1东郑。通过地球重力场模型、GPS水准实测地球数据、海洋重力、DTM数据等资料,中央子午线30°N、121.5°E。数据范围应在:29°N-31°N、121°E-123°E之间。要求得岛屿测区的正常高(水准高),应确定测区范围内的似大地水准面模型,用确定大地水准面的严密计算方法控制系统误差积累。

2.2 使用的软件及方法

(1)采用GAMIT软件进行GPS基线解算;本项目采用上海IGS跟踪站。GPS基线解算中为了保证其高精度,对于基线成果当中边长较短的,采用高精度的地心参考基准或者IGS精度星历,并进行坐标传递。可达到 10^{-7} 相对允许中误差,可达到毫米级相对点位中误差。

(2)GPS网平差:在平差时,可采用上海IGS跟踪站作为起算点,由于国家GPS B级网点的精度较低,不够满足项目要求。需要得到首级GPS控制点三维坐标成果(B、L、H),可将单点基准作整体无约束平差得到最终成果数据。

2.3 似大地水准面的计算及高程传递

2.3.1 似大地水准面的计算

重力资料收集:应尽可能地与有关部门和单位取得联系并实现资料共享或项目合作;目前,国家测绘局系统在陆地上已拥有较为精密的地面重力数据,但海洋区域的重力资料较少,在计算某一点的大地水准面高时,必须具有该点周围较大范围的重力资料。

对没有实测重力的区域特别是海洋重力异常空白区重力,应使用地球重力场模型来补充。

似大地水准面计算方法:FFT/FHT计算高程异常的谱表
 达式为:
$$\zeta(\phi, \lambda) = \zeta_{GM} + R/(4\pi r) \cdot F_1^{-1} \left\{ \int_0^\infty F_1[\delta_g(\phi, \lambda) \cos(\phi_i)] \right\}$$
,式中 δ_{GM}

$$F_1[S(\phi, \phi_i, \lambda)] d\phi_i$$

为运用重力场模型计算的大地水准面高。大地水准面高转似大地水准面高 $N = \zeta - (g_m - r_m) \cdot h/r_m$ 式中, N 为似大地水准面高; ζ 为大地水准面高。

2.3.2 高程传递

由于两种大地水准面存在着垂直偏差和水平倾斜,似大地水准面与GPS水准大地水准面两者存在着一定的差异。可以运用二次多项式将两种大地水准面的差异通过最小二乘法进行拟合纠正。其数学表达式为

$$\Delta N = a_0 + a_1(\lambda - \lambda_m) + a_2(\phi - \phi_m) + a_3(\lambda - \lambda_m)^2 + a_4(\phi - \phi_m)^2$$

式中, ΔN 为GPS水准大地水准面与重力大地水准面之差; a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 为拟合系数; ϕ_m 、 λ_m 分别为拟合区的中心纬度和经度。注意:平差时应采用不等权的方法。

对于任意一个GPS点,其高程可通过以下计算求得:

$$h_i = H_i - (N_i + \Delta N_i)$$

式中, h_i 为GPS待定点的高程; H_i 为GPS大地高; N_i 为似大地水准面高; ΔN_i 为改正项。

2.4 数据检核

采用GPS大地高和似大地水准面的成果传递海岛上GPS点的高程。对验潮站点和海岛GPS点进行联测需要用水准测量的方法。对于传递高程,利用岛上的延潮数据与传递的高程进行比较时检核的唯一有效方法。本项目采用二等水准测量进行联测。

为了以后工程当中的应用,特求出国家1985基准高程、WGS84坐标系、1954北京坐标系平面坐标和的转换参数:平移量 $X=131.9081m$ 、 $Y=204.8093m$ 、 $Z=87.7258m$; 旋转角 $E_x = -1.959986$ 、 $E_y = 4.955782$ 、 $E_z = -2.147541$; 尺度比 -6.052572×10^{-6} 。本套参数适合于工程区域平面和高程转换。

表1 各个时期的单位权方差值

监测期数	3	4	5	6	7	8	9	10	11
单位权方差/mm	0.43	0.22	0.25	0.34	0.69	0.74	1.57	1.46	1.32
监测期数	16	17	18	19	20	21	22	23	24
单位权方差/mm	1.19	1.25	1.19	1.13	1.15	1.19	1.6	1.65	1.59

而多年实践表明,全站仪中线测量精度较高,为检验GPS-RTK测量的精度,我们事先用全站仪放样一段线路,并将结果作为参考值,两种作业模式的坐标成果和差值比较如表2:

通过以上数据对比分析,GPS RTK测量结果的点位精度

表2 坐标比较

中桩里程	全站仪放样点坐标		GPS放样点坐标		坐标差值/mm	
	X	Y	X	Y	δX	δY
K0+0.000	3868647	503172.6	3868647	503172.6	-2	1
K0+ 50.000	3868690	503146.6	3868690	503146.6	1	1
K0+ 68.002	3868705	503137.2	3868705	503137.2	1	2
K0+ 78.002	3868714	503132	3868714	503132	-1	-2
K0+ 88.002	3868722	503126.7	3868722	503126.7	-1	-2
K0+ 98.002	3868731	503121.3	3868731	503121.3	1	3
K0+108.002	3868739	503115.7	3868739	503115.7	-1	-3
K0+140.000	3868764	503095.9	3868764	503095.9	-1	-2
K0+180.000	3868792	503067.6	3868792	503067.6	1	0
K0+220.000	3868816	503035.8	3868816	503035.8	-1	-4
K0+236.569	3868825	503021.7	3868825	503021.7	-5	1
K0+240.000	3868827	503018.7	3868827	503018.7	-2	4
K0+260.000	3868836	503001	3868836	503001	-4	-6
K0+280.000	3868844	502982.7	3868844	502982.7	5	-1
K0+300.000	3868851	502964	3868851	502964	-3	-4

完全能满足公路测量精度要求。

3 结语

东海公路的控制测量项目技术方案,目前已顺利完成,并在工程中应用,现公路施工已经全部结束,全线利用其他测量方法进行抽检,成果符合公路测量精度要求,成果顺利通过质量验收并在行业内获得不错的评价。随着计算机信息技术的进步,测绘技术在未来也必将有翻天覆地的变化,GPS RTK作为测量学的一个分支,因其效率高、经济效益好必将得到长足的发展,让我们共同期待测绘行业更美好的明天。

参考文献

- [1]刘基余,李征航,王跃虎,等 全球定位系统原理及应用[M].北京:测绘出版社,1993.
- [2]王广运,刘秉义,李洪涛编著,差分GPS定位技术与应用[J].北京:电子工业出版社,1996.
- [3]陈俊勇,胡建国,建立中国差分GPS实时定位系统的思考[J].测绘工程,2008.
- [4]Chen Y Some test result for software geotracer GPS.Internal report to geotronics,2016.