



# GPS 在国外无控制点公路平面测量中的应用

刘文斌, 史晓明, 喻 鸣

(湖北省航测遥感院, 湖北 武汉 430071)

摘要: GPS 技术在公路测量中已日趋成熟, 如何针对欠发达国家在没有自身坐标系统和控制点的情况下进行公路测量, 是研究的目标。以南苏丹公路测绘项目为研究背景, 所采用的 GPS 控制方法成功解决了该测区在没有椭球参数、任何控制点及测量资料的情况下的平面控制测量的问题, 并提高了工作效率, 对 GPS 技术在公路测量中的普及起到了推进作用。

关键词: GPS; 公路; 平面测量; 无已知控制点

中图分类号: P228.42

文献标志码: B

文章编号: 1672-4623 (2010) 06-0034-03

## Application of GPS to Road Planar Surveying Abroad without Known Coordinated Points

LIU Wenbin, SHI Xiaoming, YU Ming

(Hubei Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, Wuhan 430071, China)

Abstract: GPS is more and more mature in road surveying. The objective of this article is that how to perform the road surveying in the condition without coordinate systems and points in under development countries. This background of this article is the Road Project in Southern Sudan. The results indicate that the GPS control method in this project solved successfully the area's planar control problems with no ellipsoid parameters or coordinated points, promoted the work efficiency and improved the popularity of GPS in road surveying.

Key words: GPS; road; planar surveying; without known coordinated points

目前, GPS 技术日益成熟, 该技术为公路测绘工作提供了崭新的技术方法和手段。现今国内的公路路线控制测量、公路纵横断面测量、桥隧控制测量等基本上都采用了 GPS 技术, 大大提高了测量数据精度及工作效率。

我国拥有自己的坐标系统, 在进行 GPS 公路控制测量时, 一般需要联测一定数量的已知平面点, 从而平差计算得到控制点的平面坐标。然而在一些欠发达的国家, 本身并没有自己国家的坐标系统和国家等级控制点, 在这种情况下, GPS 能否发挥作用, 能达到何种精度, 本文将针对这一问题, 结合在苏丹朱巴(JUBA)至拉加(RAJA)公路的控制测量工作进行探讨。

### 1 应用简介

苏丹共和国位于非洲东北部, 红海西岸, 是非洲面积最大的国家, 世界第十大国。北邻埃及, 西接利比亚、乍得、中非共和国, 南毗刚果(金)、乌干达、肯尼亚, 东壤埃塞俄比亚、厄立特里亚。东北濒临红

海, 海岸线长约 720 km。苏丹境内多盆地, 南高北低, 南部边境的基涅提山海拔 3 187 m, 南部为闷热潮湿的热带雨林气候区。

本公路项目位于苏丹南部, 位于东经 27 ° 19' ~ 31 ° 34', 北纬 4 ° 51' ~ 7 ° 48'(见图 1 中红线标识)。沿线地形以丘陵为主, 地形起伏不大, 但交通较差。



图 1 待测公路的线路略图

全线途中没有任何已知控制点, 且缺乏苏丹国家

椭圆参数。针对这种情况,必须找出一定的方法施测,并且对成果进行验证。本项目需制作 1 10 000 地形图,用于工程可行性研究,但考虑到后续 1 2 000 地形图测绘的需要,故埋石个数设定为 350。

## 2 控制测量方法

### 2.1 平面坐标系统的选定

将 WGS84 系统中的 GPS 三维基线向量无约束平差结果,转换到工程带独立坐标系的高斯平面上的平面直角坐标,不论采用什么方法,均需要通过某一椭圆面来过渡,而且椭圆面最好是与投影面充分接近的区域性椭圆面。考虑到苏丹本身没有自己国家的参考椭圆,而 GPS 相对定位中误差中解算的基线向量属于 WGS-84 大地坐标系,所以本项目直接以 WGS-84 椭圆为参考椭圆,采用高斯-克吕格圆柱投影。

由于线路较长,基本上呈东西走向,跨越了 3 个三度带,按照《公路勘测规范(JTG C10-2007)》中规定:选择路线平面控制测量坐标系时,应使测区内投影长度变形值不大于 2.5 cm/km。所以将本测区分为 3 个投影带,高程投影面基本为各个投影带的平均大地高,控制投影变形在规定的限差以内。

### 2.2 平差方法

由于本测区没有任何已知点,工程本身也只需要一个独立的坐标系统,所以 GPS 所测成果只进行三维自由网平差,得到各点的坐标。如果将工程分为几个网进行计算的话,由于起算点不一样,网与网之间必然会引起一定的误差,所以本工程将采用整网平差的方法。最后分带的坐标用软件转换后得到。

### 2.3 精度检验方法

三维自由网平差后得到的坐标只是各点之间的相对坐标,其精度能否满足项目要求并不确定,这就需要进行一定的验证与检校。我们在整条线路中需要用全站仪选取一些导线和边长进行测量,得到其相对的关系用来和 GPS 观测的成果进行对比。

## 3 数据获取

### 3.1 选点与埋石

GPS 控制网全线按每 5 km 左右埋设一对点,每对点间距平均为 600 m 左右。由于道路边上均为丛林,且部分区域路边埋有地雷,考虑到测量人员的安全,控制点均埋设在距离路边 30 m 范围以内,个别点埋设在丛林中。

### 3.2 GPS 观测

选点、埋石工作完成后,对 350 个 GPS 控制点进

行静态观测。观测采用 6 台接收机观测。同步观测时间 60 min,卫星高度角 15°。

为兼顾 GPS 观测工作的安全和效率,这里将 GPS 观测分 6 辆车同时进行,采用边连式、两两滚动前进的观测方式,负责相邻两 GPS 点观测的两车辆到位即同时开机,并保证每一时段均有 4 台仪器同步观测。

各观测小组之间通过对讲机和卫星电话进行联系,观测期间,防止接收设备震动,以及人员和其他物体碰触天线或阻挡信号。随时查看 GPS 接收机的观测状态是否正常,必要时采取延长观测时间的方法,增加观测数据量来提高定位精度。同一个时段观测过程中不允许进行如下操作:接收机关闭又重新启动;进行自测试;改变卫星截止高度角;改变数据采样间隔;改变天线位置等。

### 3.3 数据处理

GPS 静态定位观测完毕后,通过 GPS 网平差采用相关软件进行,HDOP 小于 4,VDOP 小于 6,每个时段最少有效观测时间 60 min,并剔除了非健康观测基线。

根据要求,每天外业 GPS 观测完毕后,将采集回来的数据导入计算机中,做基线处理以确定是否有需要重测或者补测的基线。基线解算时必须固定一点作为起算点,起算点由数据处理软件在做基线解算时自动选取,整条线路只有一个起算点。

经过平差计算后,GPS 三维自由网平差单位权中误差为 0.034 m。除一条 109.567 m 的短边,相对精度为 1 28 281,超出相对精度要求 0.7 mm 外,其他边相对精度均满足四等规范要求,最大为 1 38 382,最小为 1 366 376。同步环最大相对误差为  $4.5 \times 10^{-6}$ ,异步环最大相对误差为  $5.9 \times 10^{-6}$ ,均满足规范要求。

## 4 数据分析

本条公路共长 977 km,其间通视的 GPS 点共 40 对,全部用全站仪进行了测量。根据《JTG C10-2007 公路勘测规范》4.1.3 的规定

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot d)^2}$$

式中: $\sigma$ —标准差/mm;

a—固定误差/mm;

b—比例误差系数/mm/km;

d—基线长度/km。

按照四等测量的要求  $a \leq 5, b \leq 3$ 。

根据《JTG C10-2007 公路勘测规范》4.1.5 的规定,重复基线测量的差值应满足式  $d \leq 2\sqrt{2}\sigma$ 。我们将全站仪所测的距离与 GPS 所测的距离进行了对比。其对比精度见表 1。

表1 距离比较表

边长起点	边长 终点	全站仪 所测距离/ m	GPS 所测距离/ m	平面较差 /mm	d/mm
GPS666	GPS888	628.953	628.95	3	15.12
GPS005	GPS006	582.921	582.918	3	14.98
GPS007	GPS008	511.986	511.994	8	14.79
GPS11	GPS12	331.725	331.72	5	14.42
GPS15	GPS16	436.188	436.178	10	14.62
GPS19	GPS20	297.017	297.011	6	14.36
GPS25	GPS26	426.475	426.472	3	14.60
GPS45	GPS46	341.098	341.089	8	14.44
GPS53	GPS54	457.613	457.607	6	14.67
GPS95	GPS96	600.739	600.726	13	15.03
GPS97	GPS98	319.921	319.915	6	14.40
GPS101	GPS102	421.954	421.953	1	14.59
GPS111	GPS112	389.69	389.684	6	14.52
GPS119	GPS120	500.31	500.312	2	14.77
GPS129	GPS130	315.315	315.317	2	14.39
GPS145	GPS146	439.634	439.634	0	14.63
GPS147	GPS148	287.303	287.308	5	14.35
GPS169	GPS170	472.57	472.569	1	14.70
GPS171	GPS172	541.122	541.135	13	14.87
GPS173	GPS174	435.904	435.906	2	14.62
GPS191	GPS192	475.702	475.702	0	14.71
GPS199	GPS200	360.416	360.419	3	14.47
GPS201	GPS202	713.2	713.196	4	15.38
GPS207	GPS208	368.422	368.422	0	14.48
GPS215	GPS216	327.823	327.82	3	14.41
GPS225	GPS226	542.964	542.961	3	14.87
GPS229	GPS230	422.075	422.07	5	14.67
GPS231	GPS232	482.24	482.238	2	14.59
GPS233	GPS234	338.387	338.38	7	14.72
GPS235	GPS236	673.586	573.573	13	14.43
GPS237	GPS238	476.794	476.786	8	15.25
GPS245	GPS246	451.558	451.547	11	14.71
GPS247	GPS248	742.33	742.32	10	14.65
GPS255	GPS256	201.525	201.531	6	15.48
GPS261	GPS262	172.14	172.147	7	14.25
GPS293	GPS294	182.606	182.609	3	14.23
GPS307	GPS308	333.891	333.883	8	14.23
GPS333	GPS334	376.29	367.284	6	14.42
GPS345	GPS346	424.672	424.679	7	14.50
GPS347	GPS348	577.318	577.329	11	14.59

将全站仪测量成果和 GPS 测量成果对比得知,均满足重复基线测量的规定。

另外,我们在全线均匀的选取了四条导线 GPS006-GPS007、GPS146-GPS147、GPS230-GPS231 和 GPS346-GPS347,用全站仪进行了测量,并用科傻软件(COSA)进行了平差计算,与 GPS 所测成果进行了检核,导线平面精度均达到一级以上,其精度见表 2。

表2 导线平面精度表

导线起点	导线终点	距离/km	站数	导线全长相 对闭合差	方位角闭 合差/"
GPS006	GPS007	4.7	9	1 346 528	27.8
GPS146	GPS147	5.6	12	1 54 202	23.8
GPS230	GPS231	4.8	10	1 237 12	2.9
GPS346	GPS347	2.0	6	1 18 285	10.0

## 5 结 语

以上成果的对比说明,我们所采用的 GPS 观测方法具体应用于苏丹 Juba(朱巴)至 Raja(拉加)公路,成功解决了该测区在没有椭球参数、任何已知点及测量资料等情况下的 GPS 平面控制测量的问题,满足了 1:10 000 地形图精度用于工程可行性研究的需要,使得工作效率得到提高,并且在后续放样测量工作中证明了成果的正确性,得到了项目部的一致认可。这也充分表明 GPS 技术在无已知控制点公路高程测量中的也有极大优越性,对 GPS 技术在公路勘测中的普及起到了推进作用。

## 参考文献

- [1] 马进全,王春青,韩有文,等. GPS 在无控制区测定控制网起始点研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2009(2): 151-153
- [2] 李峰,张捍卫,吴晓明,等. 基于 GPS 差分技术的无控制点或少控制点航测精度分析[J]. 工程地球物理学报, 2007(5): 124-127
- [3] 秦绪文,李丽,张过. 多传感器卫星遥感影像无控制点区域网平差[J]. 辽宁工程技术大学学报:自然科学版, 2007(2): 29-31
- [4] 李征航,黄劲松. GPS 测量与数据处理[M]. 武汉:武汉大学出版社, 2005
- [5] JTG C10-2007. 公路勘测规范[S]

第一作者简介:刘文斌,高级工程师,主要从事内外业一体化研究及测绘生产管理工作。