

文章编号: 0451-0712(2005)03-0083-03

中图分类号: U412.2

文献标识码: B

GPS 技术在宁杭高速公路勘测中的应用

李汝晓

(江苏省交通规划设计院 南京市 210005)

摘 要: 全球卫星定位系统(GPS)为交通工程勘测提供了快速、高精度的勘测手段。本文着重讨论了GPS 静态测量模式和实时动态(RTK)定位技术在宁杭高速公路勘测中的应用。

关键词: 高速公路勘测; GPS RTK 技术; 中线放样

全球卫星定位系统 GPS(Global Positioning System)是美国研制的卫星导航系统,具有全球性、全天候、连续性、实时性导航定位和定时功能,能为各类用户提供精密的三维坐标、速度和时间。GPS 以全天候、高精度、自动化、高效率等显著特点,赢得了广大测绘工作者的信赖,并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、资源勘察等多种学科,从而给测绘领域带来一场深刻的技术革命。勘测工作是道路设计中不可或缺的重要组成部分,它为道路的设计提供必要的基础资料。随着测绘技术的发展,道路的勘测手段也发生了根本性的变化,从经纬仪偏角法,到全站仪极坐标法,自动化程度越来越高,速度越来越快,但没有改变传统的边、角测量,需要测站点、目标点通视而且架设仪器与觇标棱镜,特别是控制测量仍然要花费大量的人力、物力布设导线,测量人员没有从根本上解放出来。GPS 技术的出现,不但自动化程度进一步提高,而且大大减少了测量人员的数量与劳动,为交通工程的勘测提供了快速、高精度的勘测手段。本文将结合宁杭高速公路的勘测,讨论 GPS 在控制网的建立、中桩放样、横断面测量中的应用。

宁杭高速公路是上海至云南瑞丽国道主干线的重要组成部分。西起南京市绕城高速,经南京溧水县、常州溧阳市,向东止于无锡市苏浙交界父子岭处。该项目江苏段全长150多km。该项目位于苏南南部宁镇山脉和宜兴山地,地形起伏较大,植被丰富,通视困难,用常规测量方法难以满足高速公路控制点高精度的要求。利用GPS 定位技术快速、高效地建立了100多km的高速公路控制网。利用GPS RTK 技术快速、准确地进行路线中桩放样和横断面测量工作,大大提高了作业效率,取得了良好的效果。

1 路线控制测量

1.1 布网方案

采用分级布网方式。首先布设E 级GPS 控制网,在E 级GPS 控制网基础上加密F 级GPS 控制点。E 级点均采用对点形式布设,每4~5 km 布设一对点。点距道路中心线约100~300 m,要求对点间必须相互通视,为施工单位使用常规方法加密控制点提供方便。F 级GPS 控制点沿路线每隔300~500 m 布设一点。宁杭高速公路江苏段全长150多km,采

收稿日期:2005-01-10

6 结论

经过室内配合比试验、现场钻芯取样试验、静载试验以及现场施工的直感,在以水泥为基本材料,在水泥用量减少5%~10%的情况下,适当掺入水泥剂量的3%~5%的生石膏粉可有效提高加固土桩的强度,提高地基承载力。土壤固化剂作为一种复合材

料,是以水泥为基本材料,再掺加其他有效成份所组成的复合型材料,在本次试验中,全面取代了水泥材料。经室内外试验表明:对提高搅拌桩的强度、早强有明显的作用,特别是对类粘砂层的淤泥,作用更为明显,通过进一步验证后,有广泛推广的价值。

用分级布网使 E 级 GPS 控制网边长较长, 保证 E 级 GPS 控制网精度, 全线控制点精度均匀。

E 级 GPS 网采取边连式或单三角锁的网形推进, 闭合环的边数控制在 8 条以内, 点位分布在公路设计中线的两侧。F 级 GPS 点采用导线网形式附合在 E 级 GPS 点上。根据实地情况, 本次共布设 E 级点 65 个, F 级点 312 个。

为了将 GPS 测量成果转化到我们所需要的地面坐标系, 应选择足够的地面坐标系的起算数据与 GPS 测量数据相重合, 或者联测足够的地方控制点, 以求得坐标转换参数。联测的已知点包括已知三角点或已知 GPS 点。联测的已知三角点或已知 GPS 点的等级精度应高于 E 级 GPS 网所要求的精度; 联测点均匀分布在新布测 GPS 网周边, 将新布测的 GPS 网包控在内; 已知点间要相互相容, 联测点的数量一般不少于 4 点或每隔 20~30 km 联测 1 点, 以便有剔除的余地。宁杭高速公路 GPS E 级网共联测国家三等控制点 8 个。

1.2 观测

采用 WILD 200 双频 GPS 接收机进行快速静态相对定位观测。作业前利用随机软件编制出 GPS 卫星可见性预报表, 根据最佳观测时段制定了观测计划。

在观测过程中, 接收机要求同步跟踪 5 颗以上的卫星, 几何图形强度因子 (GDOP) ≤ 6 ; 同步观测时间不少于 20 min; 数据采集间隔 15 s。

观测过程中按 GPS 操作手册要求作业, 认真做好原始资料的记录工作; 测量手簿记录要求齐全、清晰, 不得随意涂改。接收机天线高在观测前后各量 1 次, 互差不大于 3 mm; 安置仪器时, 对中误差不大于 3 mm。

1.3 数据处理

GPS 数据处理包括: 基线解算; 基线解算的质量检验; GPS 网平差处理。

(1) 基线解算。基线解算采用仪器商提供的基线处理软件进行。

(2) 基线解算的质量检验。基线必须满足下列要求。

独立观测边组成的异步环坐标分量闭合差应符合:

$$W_x = \sum_{i=1}^n \Delta x_i \leq 3 \sqrt{n} \sigma$$

$$W_y = \sum_{i=1}^n \Delta y_i \leq 3 \sqrt{n} \sigma$$

$$W_z = \sum_{i=1}^n \Delta z_i \leq 3 \sqrt{n} \sigma$$

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \leq 3 \sqrt{3n} \sigma$$

式中: σ 为 GPS 相邻点间弦长精度, $\sigma = \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$, mm; 固定误差 $a \leq 10$ mm; 比例误差 $b \leq 10(1 \times 10^{-6})$; d 为相邻点间的平均边长, km。

宁杭高速公路 E 级 GPS 控制网共形成 42 个异步环, 精度统计如表 1。

表 1 宁杭高速公路 E 级 GPS 控制网异步环闭合差统计

相对误差	0~5 ppm	5~10 ppm	10~20 ppm	环总数
环个数	15	26	1	42
分布区间	0~1/3 M	1/3~2/3 M	2/3~1 M	环总数
环个数	15	25	2	42

表 1 中的 M 为允许值, 异步环最大闭合差为: 4.18 cm (允许: ± 5.36 cm)。

可见异步环闭合差均满足规范要求, 说明外业观测是成功的, 可以进行后续的数据处理。

(3) GPS 网平差。

宁杭高速公路控制网平差采用同济大学编写的 TGPPS 软件进行。全线 E 级 GPS 网采用统一平差, 这样全线控制点基准统一, 精度分布均匀, 避免了拼接系统误差。首先进行无约束平差, 以检查 GPS 控制网的内符合精度。在无约束平差确定的有效观测测量基础上, 进行二维约束平差。所谓约束平差, 就是以联测的国家三角点或地方三角点的坐标、距离和方位已知数据作为约束的固定值, 将 GPS 观测的 WGS-84 坐标数据强行符合到国家三角网或地方三角网下, 求得 GPS 控制点的国家坐标或地方坐标。

宁杭高速公路控制网共联测国家三等控制点 8 个, 约束平差后控制网边长中误差都在 ± 0.50 cm 以内, 边长最大误差 (472~999) 为 ± 0.41 cm, 其相对中误差为 5.54 ppm; 点位中误差都在 ± 1.00 cm 以内, 最弱点 (666) 点位中误差为 ± 0.73 cm。从平差结果看, E 级 GPS 网精度较高, 满足高等级公路控制点要求。

2 利用实时动态 (RTK) 模式进行中桩放样

实时动态定位 RTK (Real-Time Kinematic) 是基于载波相位观测值的实时动态定位技术。在 RTK 作业模式下, 基准站通过数据链将其 GPS 观测值和测站坐标信息一起传送给流动站。流动站把通过数据链接接收的来自基准站的数据与采集的 GPS 观测

数据一并在系统内组成差分观测值进行实时处理,同时给出厘米级定位结果。

宁杭高速公路勘测中桩放样使用 3 台 leica 530 双频接收机进行 RTK 放样。一台作为基准站架设在控制点上,另两台作为流动站分两组进行中桩三维放样。实地放出放样点位置并测量出高程。

2.1 确定合理的坐标转换参数

由于 GPS 接收机测量数据为 WGS-84 坐标,必须经过平移、旋转和尺度改正转换成当地坐标才能使用,确定合理的坐标转换参数对精确放样非常重要。采用经典的七参数转换方法计算转换参数,参与转换参数计算的控制点要能控制整个工区且不少于 4 个,并根据残差判断控制点的兼容性与转换参数的精度。常用的七参数转换模型为:

$$\begin{bmatrix} X_{\text{地方}} \\ Y_{\text{地方}} \\ Z_{\text{地方}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{\text{WGS84}} \\ Y_{\text{WGS84}} \\ Z_{\text{WGS84}} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X_{\text{WGS84}} \\ \Delta Y_{\text{WGS84}} \\ \Delta Z_{\text{WGS84}} \end{bmatrix} + K \begin{bmatrix} \omega_X \\ \omega_Y \\ \omega_Z \\ m \end{bmatrix}$$

$$K = \begin{bmatrix} 0 & -Z_{\text{WGS84}} & Y_{\text{WGS84}} & X_{\text{WGS84}} \\ Z_{\text{WGS84}} & 0 & -X_{\text{WGS84}} & Y_{\text{WGS84}} \\ -Y_{\text{WGS84}} & X_{\text{WGS84}} & 0 & Z_{\text{WGS84}} \\ \Delta X_{\text{WGS84}} & \Delta Y_{\text{WGS84}} & \Delta Z_{\text{WGS84}} & 1 \end{bmatrix}$$

分别为平移、旋转、尺度参数。

2.2 线位数据的输入及 Roadplus 软件

leica 530 双频接收机内置路线放样程序 Roadplus。Roadplus 软件,专为公路放样编制的,可以进行中桩放样,路线横断面测量等。Roadplus 具有直线、圆曲线、缓和曲线计算功能。只需要把路线特征点桩号和坐标输入 GPS 接收机,其他任意桩号坐标都能计算出来并进行实地放样。同时 leica 530 双频接收机具有导航功能。把需要放样点的桩号输入仪器,接收机就能精确指挥你到放样点位置。

2.3 进行中桩放样

选择合理的基准站位置。原则上所有的 E、F 级

控制点均可作为基准站。但为了提高放样精度与工作效率,要合理选择基准站。基准站位置对天通视良好,周围无遮挡卫星信号的东西。因为基准站卫星信号遮挡,与流动站接收共同卫星数少于 5 个,将导致整周模糊度求解困难,从而导致流动站测量数据误差较大。同时基准站与流动站的距离最好不超过 5 km。实验表明距离在 10 km 之内,平面误差一般不超过 5 cm,但高程精度很难达到,特别是山区和高山区,大地水准面起伏较大,随着基准站与流动站距离的增大高程精度会迅速减小。

流动站开始放样前,为保证放样测量正确,首先到另一控制点进行校核,精度达到要求后才进入放样程序进行放样,放样结束后再到控制点进行校核。这样做首先是检查基准站仪器架设是否正确,转换参数是否有误。同时,因为校核已知点与进行放样都是 RTK 测量模式,精度相同,对比数据可以作为中桩放样的精度指标。

采用 RTK 技术进行公路放样是测量放样技术的革命,仅需一个人背着接收机,它会提醒你走到要放样点的位置,既迅速又方便,而且不要求站点通视。作业效率高,每个放样点只需要停留 1~2 s,流动站小组作业,每小组(3~4 人)可完成中线测量 4~5 km,大大提高了作业效率。由于是通过坐标来直接放样的,精度很高而且均匀。同时在宁杭高速公路勘测中使用 RTK 定位技术进行了路线横断面测量,为山区公路横断面测量提供了新的勘测技术,大大提高了横断面测量效率和测量精度。

4 结语

全球卫星定位系统(GPS)在宁杭高速公路勘测中应用,极大地提高了勘测精度和勘测效率,为设计提供了全面精确的基础资料。随着 GPS 技术的不断发展,特别是 RTK 定位技术将会在交通工程各个领域得到广泛的应用。

南京端出今年建设“总盘子”

2005 年,南京市将续建、扩建和新建 7 条高速公路,高速公路在建规模 212.7 km,全年交通基础设施建设总投资将达 40 亿元。

2004 年,南京交通建设投资完成 35.8 亿元。2005 年,南京将续建、扩建和新建宁淮、宁蚌等 7 条高速公路,高速公路在建规模 212.7 km,年度投资计划为 15.5 亿元。干线公路计划完成投资 10 亿元。

2005 年,南京农村公路建设将力争实现“县区到镇通二级路、镇镇通三级路、镇村通四级路”的目标。