

# 广州市似大地水准面精化的研究

林 鸿,欧海平,杨 光

(广州市城市规划勘测设计研究院,广东 广州 510060)

摘 要 阐述广州市似大地水准面精化的目的及意义,明确该项目的总体目标,以及实施的技术方案。

关键词 似大地水准面 GPS 水准测量

中图分类号:P228.4

文献标识码:B

文章编号:1672-4097(2005)05-0015-02

## 1 概 况

采用 GPS 测定海拔高代表了现代大地测量的一个发展方向,在获取似大地水准面的精确信息后,完全可以 GPS 代替三、四等水准测量而更迅速、有效地取得海拔高程。本项目的目的正是精确获取由 GPS、水准、重力等综合技术精化的厘米级高精度、高分辨率广州市似大地水准面,以及广州市坐标与各种坐标系统之间的转换模型。

## 2 工作内容及任务量

①施测 GPS 框架点 10 个;②施测 GPS 全面网点 144 个;③GPS 联测二等平面网点 10 个;④GPS 点的二等水准测量 800Km;⑤广州市高精度似大地水准面计算;⑥坐标转换软件及大地水准面用户软件的研制。

## 3 设计方案

3.1 基准选取 平面:1954 年北京坐标系、1980 西安坐标系、广州坐标系;地心:ITRF93、ITRF2000;高程:1985 高程基准、广州高程

3.2 技术质量指标 GPS 框架网、全面网:GPS 点平面精度优于 $\pm 1$  cm;高程精度优于 $\pm 2$  cm。水准网:二等水准测量每 Km 偶然中误差: $\pm 1.0$  mm。三等水准测量每 Km 偶然中误差: $\pm 3.0$  mm。似大地水准面:平地似大地水准面求解精度: $\pm 1-2$  cm。山区似大地水准面求解精度: $\pm 2-4$  cm。

3.3 GPS 和水准布网方案设计 利用 GPS 技术和水准测量技术,按照整体设计、统一布网的原则,建立集 GPS、水准于一体的三维控制网。在选点过程中将 GPS 全面网点的布设与水准路线选取统一考虑,以减少水准联测的工作量,使控制点同时具有平面和高程成果。

综合的因素:①GPS 网与水准网的有机结合,均匀布设一定密度的 GPS/水准点网,GPS 网点尽

量利用原有的二、三等水准点;②为确定坐标系统的转换参数,依据北京 54 和西安 80 成果,联测广州市 GPS 二等网,并整网统一平差。③保证 GPS 测量与水准测量成果的时效性,两者应同期进行;④GPS/水准点的水准联测精度按二、三等水准观测;⑤鉴于目前 GPS 的测量精度已从厘米级发展到毫米级,本次测量的精度指标略为严格(延长 GPS 观测时间)。

3.4 GPS 框架网的布测 在建立高精度 GPS 控制网的过程中,根据测区范围,选取了 10 个点(基岩点)作为框架点。GPS 框架网的目的在于和 IGS 跟踪站联测,提供高精度的 WGS84 地心坐标,起全网的骨架作用,提高 GPS 网的整体精度,控制整网的变形。框架网平均边长约为 40 km,观测时间 $\geq 24$  小时。

3.5 GPS 全面网的布测 以高精度 GPS 框架点为基础,均匀布设 144 个 GPS 全面网点,点位的选取满足 GPS 观测条件,并与水准路线统一考虑,靠近现有的水准点,以减少水准联测的工作量。边长:平坦地区(广州市中心区、南部地区)平均边长为 5Km,山区(广州北部)平均边长 8Km。观测时间 $\geq 8$ h。

3.6 GPS 平面联测点的布测 联测现有的广州市首级控制网,目的在于提供北京 54、西安 80、广州坐标系统的起算坐标,建立各套坐标系之间的联系。

3.7 二、三等水准施测方案 原则上以附近的基岩水准点为水准起算点。在广州南部区域水准点密集地区,全面网点的水准施测应采取至少两个以上的水准点进行附和观测,水准施测应依照国家二等水准测量规范进行;对于北部山区,水准施测可按国家三等水准测量规范进行;至少 80%的 GPS 点应具有二等水准联测成果。

## 4 数据处理

4.1 GPS 数据处理 包括数据的整理和基线处理(框架网、全面网的基线处理)。基线处理软件采用美国麻省理工学院和 Scripps 研究所共同研制的

GAMIT 软件。该控制网处理采用 IGS 精密星历,其轨道精度优于 0.05 m。

4.2 坐标框架与历元 在 GPS 精密相对定位数据处理中,定位的基准是由卫星星历和基准站坐标共同给出的。为了确定在严格基准下的控制网地心坐标,必须将控制网纳入到 ITRF 参考框架中。因此有必要在处理时加上在 ITRF 参考框架中测站坐标已知的全球站数据一起处理。另外,由于精密星历提供的卫星坐标是瞬时的,相应地面基准站坐标也应是瞬时的。本网处理中,采用将已知点坐标转换至观测历元及框架坐标解算基线,网平差将观测历元及框架的基线强制符合至要求历元及框架,再进行平差。

4.3 起算坐标 基线解算中,起算点(基准站)的精度将影响基线的精度。引入的全球跟踪站为:WUHN(武汉)、BJFS(北京房山)、SHAO(上海)、LHAS(拉萨)、KUNM(昆明)等,并将这些国际永久跟踪站作为 GPS 控制网的基准。

#### 4.4 GPS 三维网平差

4.4.1 平差的软件与基准 网平差的软件,采用武汉大学编制的 POWERNET 科研版软件或 GLOBK 软件进行平差处理。POWERNET 科研版软件曾用于国家 A、B 级 GPS 网和国家 2000GPS 网的整体平差处理。

ITRF 坐标框架下三维平差的基准选取:跟踪站的坐标(武汉站、北京房山站、上海、拉萨、昆明站)。提供基准为 ITRF93、1996.365 历元和基准为 ITRF2000、2000.0 历元下的两套坐标。

4.4.2 ITRF 坐标框架下三维无约束平差 三维无约束平差的目的主要有以下三个方面:一是进行粗差分析,以发现观测量中的粗差并消除其影响;二是调整观测量的协方差分量因子,使其与实际精度相匹配;三是对整体网的内部精度进行检验和评估。

在完成粗差分析和观测量方差分量因子的调整之后,应进行 GPS 三维无约束平差,平差时对含有粗差的基线按“基于等价方差—协方差的稳健最小二乘法”进行粗差处理。

4.4.3 ITRF 坐标框架下三维约束平差 约束整体平差的目的是将全面网重新作为整体平差。将全面网的所有独立基线向量及其经调整后的协方

差阵作为观测量,平差时为消除星历和网的传递误差引起的整网在尺度和方向上的系统性偏差,应对全面网加入一个尺度和三个转换参数。

4.5 二、三等水准网数据处理 平差计算以二等水准点作为起算高程点,并对作为高程起算点的二等水准点成果的可靠性进行检验,确保起算高程点无误后再进行二、三等水准网的平差。

## 5 似大地水准面计算

似大地水准面计算的技术路线为:

5.1 利用通过重力值的归算获得地面(或大地水准面)上的空间重力异常,

5.2 为形成平均重力异常基础格网数据,用离散点的“观测”均衡重力异常值作为已知(采样)值,按拟合方法确定每个格网结点上的均衡异常。

5.3 将每个格网均衡异常按地面重力归算的逆过程,即在格网均衡异常中分别减去布格改正、局部地形改正和均衡改正,分别恢复为大地水准面上和地面空间重力异常。

5.4 将地面空间异常减去模型重力异常得到格网残差空间异常,在残差空间异常中加上局部地形改正得到残差法耶异常。

5.5 应用 Stokes 公式由格网平均残差空间异常,利用 FFT 技术计算每个格网中点的残差重力大地水准面高;应用 Stokes 公式由格网平均残差法耶异常并考虑地形的间接影响计算残差高程异常。

5.6 利用位模型系数由 FFT 技术分别计算位模型的大地水准面高和高程异常,并将其分别加上残差重力大地水准面高和残差高程异常,得到重力大地水准面和重力似大地水准面。

5.7 将离散的 GPS 水准与对应的重力似大地水准面不符值序列通过利用某种数学或物理方法消除或减弱,如最小二乘法等。

## 6 坐标转换软件及大地水准面计算软件

坐标转换软件采用 Visual C++ 语言开发,具有七参数转换和四参数转换功能,实现 WGS—84 大地坐标系、1954 年北京坐标系、1980 西安坐标系及广州坐标系之间的自由转换。

## The Study of Quasi-Geoid Determining in Guangzhou City

Lin Hong, Ou Haiping, Yang Guang

(Guangzhou Urban Planning & Design Survey Research Institute, Guangzhou 510060)

**Abstract** This paper demonstrates the purpose and meaning of Quasi-Geoid determining in Guangzhou city, and points out the final aim as well as the technique plan of this project.

**Key words** Quasi-Geoid, GPS, Levelling surveying