

## 建立省域 C 级 GPS 控制网与大地水准面精化

王荣宝

(辽宁省第一测绘院, 辽宁 锦州 121003)

**摘 要:**地质、矿产、交通、国土、测绘等众多行业都与空间数据密切相关。空间数据基准框架决定了空间数据的准确性、统一性和实用性。本文从国内外发展现状出发,简述了我国目前大地坐标框架存在的问题,论述了建立省域 C 级 GPS 网并精化似大地水准面的作用和意义,并提出了建立省域 C 级 GPS 网并精化似大地水准面的技术方案和相关问题。

**关键词:**C 级 GPS 网,似大地水准面,精化

目前,以全球定位系统(GPS)为代表的卫星导航应用产业已成为全球发展最快的三大信息产业(蜂窝技术、GPS 和因特网)之一。GPS 定位技术以其精度高、速度快、费用省、操作简便等优良特性被广泛应用于控制测量中。GPS 能够快速准确地获取 WGS-84 坐标和大地高。

然而,我国的大地坐标框架近年来在应用中遇到诸多方面的问题,如:①成果毁坏严重;②全国现行的大地坐标框架点位平面位置的相对精度比 GPS 点位精度低 1~2 个数量级;③点位多埋设在山上,应用极其不便;④1954 北京坐标成果兼容性很差,1980 西安坐标虽经过统一平差和转换,但精度问题依然存在;⑤由于没有一个相应精度和相应分辨率的似大地水准面模型,在把 GPS 大地高转换为正常高的过程中精度严重损失。

### 1 国内外现状

20 世纪 90 年代,许多发达国家如日本、德国在完成国家级 GPS 控制网并精化了大地水准面后,已开始建设 GPS 连续运行跟踪站,用来满足各种用户的需求。美国的 GEOID99 区域大地水准面模型的精度为  $\pm(2.0 \sim 2.5)$  cm,由 GPS 椭球高转换为正高的绝对精度为  $\pm 4.6$  cm,任意两点间的高差精度为  $\pm 2.0$  cm。即便如此,美国仍然在考虑进一步改进大地水准面,使其达到传统水准测量的精度<sup>[1]</sup>。

国际上, IERS 的 ITRF 框架已从 ITRF88 精化到了目前的 ITRF97;在国内,全国 GPS 网的整体平差工作也正进行了多次基准与框架的更新。

从 20 世纪 50 年代到 70 年代,我国建立了 1954 北京坐标系的第一代似大地水准面 CLQG60(Chinese Local Quasi Geoid 1960),绝对精度  $2 \sim 4$  m<sup>[1]</sup>;2002 年,我国 CQG2000(China Quasi-Geoid 2000)似大地水准面已正式提供使用,它的绝对精度为  $0.3 \sim 0.6$  m。我国还建立了国家 GPS A 级网点 33 个、B 级网点 818 个和由 25 个 GPS 跟踪站组成的国家 GPS 连续观测网络。江苏、广东、浙江、福建等省已经建成全省区域内 C 级 GPS

控制网,精化了省级区域的似大地水准面,取得了良好的社会效益。

### 2 主要作用和意义

GPS-C 级网是国家 GPS-B 级网的加密,是对传统控制网的改造,为用户的实际应用确立了统一的 WGS-84 坐标起算点,求解出 WGS-84 与 1954、1980 坐标系之间的转换参数,更加满足了用户对空间数据基准框架的需要,为下一级 GPS 网(D、E 级)的布设提供了测量基准,也可以使已经完成的城域 GPS 网改算到统一的坐标框架之中。其定位精度较以往三角测量有 1~2 个数量级的提高,为研究地球局部重力场、地球动力学、板块相对运动和火山活动的监测提供准确的数据资料。

通过对 GPS 的长期观测,可以对地震的震前、震中和震后提供最有价值的信息,可以对地震进行有效的预报和监测<sup>[2]</sup>。

目前的 GPS 定位仅仅停留在相对定位,没有 WGS-84 坐标系的参考点。该项目的建立,解决了地质、测绘、矿产、交通等部门之间和内部利用 GPS 空间数据基准框架不统一的问题。

省域 C 级 GPS 控制网的建立,产生了较高密度的地心坐标,加上利用精密星历,将大大提高 GPS 测量的精度,从而可拓宽 GPS 技术的应用领域,如地质矿产调查和监测,精密工程测量,城市与矿区三维变形监测,大型水工建筑物、高层建筑物、大型桥梁的实时监测,线路工程测量,大比例尺地形图、地图测绘。它在地质、矿产、能源、公安、银行、交通、航道、安全系统等领域的应用,将有着广阔的前景。

省域内的厘米级精度似大地水准面的建立,可以实现在省域内用 GPS 大地高代替水准高,用 GPS 测量代替四等水准测量。这样在公路测量、勘界测量、像片控制测量、城乡测量、施工放样等领域内将具有广阔的应用前景,也将大大提高测量速度,缩短测量工期,从而带来巨大的经济效益。同时,在此理论上建立的城市似大地水准面模型,也会为城市测量手段带来新的革命。

### 3 主要工作目标

- (1) 建立基础性、高精度的空间数据基准框架(WGS-84)。
- (2) 建立有统一坐标系统的全省高精度(GPS C级)平面控制基本网。
- (3) 确定几种国家新旧坐标系之间的转换参数,解决各地方坐标系下的测绘成果的应用问题。
- (4) 坐标系统转换,将控制点坐标转换到北京54坐标系和西安80坐标系,建立全省大地控制点成果数据库。
- (5) 进行水准联测和重力测量,精化省域内厘米级似大地水准面。
- (6) 改造和改算全省各级控制网,统一坐标系统,提供统一的地理坐标框架。

### 4 项目的主要工作思路与设想

#### 4.1 基准点选择

GPS-C级网的起算点应该以省域附近的IGS服务网站、国家地壳运动基准网站和已有国家GPS A、B级点作为ITRF 97/WGS-84坐标系统的基准点,用于省域GPS-C网的三维约束平差。同时从实用性出发,还应选择精度可靠、点位适当的国家天文点和一等三角点作为GPS C级网WGS-84坐标系统到国家1954、1980坐标系统转换的重合起算点,从而建立一个与国家统一的三维地心参考框架相一致的省级加密地心参考框架。

#### 4.2 联测原有点

要与原有国家一、二等三角点和国家一、二等水准点联测,为实现省域范围内国家天文大地网到GPS空间大地网的改造奠定科学基础,也为高精度和高分辨率大地水准面的建立创造必要条件。

#### 4.3 兼顾各方需求

点位密度、技术指标、精度标准等方面要兼顾不同行业对测量工程的需要,达到省域C级控制网建成后,既可以用于各种工程建设,也能满足防洪、抗旱、荒漠化治理以及地壳形变监测的需求。

#### 4.4 设计水准联测整体、全局方案

为建立高精度的省级大地水准面,C级GPS网的水准联测设计和水准数据处理时要作出整体和统一的方案,水准联测点要均匀合理分布。布网联测方案中要尽可能与国家地震观测网络中的基准点、基本点和区域网点以及其他部门所做的高等级GPS网点进行联结,并注意与临近省区相关点位联测。在制定数据处理方案时可进一步深入考虑与原有C级GPS点统一处理、与国家三角网点的统一计算处理。

#### 4.5 控制网外业观测与数据检核

C级GPS控制网布设成连续的全面网,每点均不少于3条独立基线连接,每个环不超过6条边。每点平均设站次数达到3次,平均边长15 km。

使用8~10台双频接收机,采用静态测量模式,时段长度不少于2小时,每个时段都要观测气象数据。

GPS控制网的基线解算,拟采用美国麻省理工学院研制开发的GAMIT软件;运用IGS精密星历,解基线的相对精度要求达到 $10^{-7}$ 数量级。

对控制网各基线进行检核、可靠性分析,确保参加平差的基线的准确度。

#### 4.6 控制网平差与坐标转换

在椭球面上进行三维GPS控制网约束平差,对全网进行统一平差。

平差结果转换到北京54坐标系坐标和西安80坐标系坐标中,求解WGS-84坐标到两坐标系的转换参数。

建立全省大地控制点成果数据库。

#### 4.7 建立省域内厘米级似大地水准面

方法是采用GPS水准、地形和重力资料、全球重力场模型,经过严密平差计算得到。

#### 4.8 改造现有国家控制网与地方控制网

根据控制网联测数据对辽宁省范围内的现有国家控制网进行改造,推估未联测点改造后坐标及其精度。

各城市控制网或区域控制网根据同省C级控制网的联测数据进行数据处理,使全省具有统一的坐标系统,为建立“数字区域”和各“数字城市”奠定地理坐标框架基础。

### 5 项目风险与不确定性

本项目实施过程中可能存在如下的主要问题和风险:

(1) 人身安全、交通安全。因为点位有时布设在高山上,在选点、埋石、观测过程中要注意人身安全和交通安全。

(2) 起算数据的不兼容性。起算数据精度低、或起算点位造成起算数据的不兼容,可能影响网的精度,这主要靠外业检核和内业合理的数据处理来加以解决。

(3) 重力数据精度和密度不足,造成似大地水准面精度达不到预期精度。解决的方法:一是广泛搜集相关资料,二是加密一定数量的重力点。

### 6 结束语

建立省域C级GPS控制网与似大地水准面精化是省域建设的基础性项目,它采用国际最先进的GPS定位技术和数据处理技术,成果必将是准确、可靠的。一方面,项目的建设为区域提供了精确、统一的空间数据基准框架;另一方面,随着GPS与相关领域、相邻学科的相互渗透,以连续运行GPS参考站的拓展技术将发挥巨大的作用,将在国土整治、资源调查、城镇规划、交通、大气监测、气象预报、海洋开发等众多方面得到广泛应用。建立省域C级GPS控制网与似大地水准面精化将满足“数字中国”、“数字区域”、“数字城市”等建设的需要。

#### 参考文献:

- [1] 李建成,陈俊勇,宁津生,等.地球重力场逼近理论与中国2000似大地水准面的确定[M].武昌:武汉大学出版社,2003.
- [2] 郭宜东,杨元兴.建立省级GPS-C级网的意义和作用[J].测绘软科学研究,2001,7(1):48.

## THE ESTABLISHMENT OF PROVINCIAL GPS NETWORK OF GRADE C AND THE GEOID PRECISION

WANG Rong-bao

(*The First Surveying and Mapping Institute of Liaoning Province, Jinzhou 121003, China*)

**Abstract:** Spatial data are involved in broad fields such as geology, mining, transportation, land, surveying and mapping. The base frame of spatial data controls the accuracy, unity and practicability of the data. Based on the actual situation of both China and the world, the problems existed in the current national reference frame are reviewed. The role and significance of building up the provincial GPS-C network and precise geoid are discussed. The technological plan and related matters are also suggested.

**Key words:** GPS-C Network; quasi-geoid; precision

作者简介: 王荣宝(1969—),男,辽宁省朝阳县人,高级工程师,1993年毕业于武汉大学,现就读吉林大学研究生,辽宁省第一测绘院总工程师,从事测绘技术研究与应用工作,通讯地址 辽宁省锦州市重庆路6段7号,邮政编码 121003, E-mail//wrb@lnch.com.cn

(上接第 150 页)

## THE METHOD RESEARCH TO DETERMINE ANIONS IN ENVIRONMENTAL WATER SAMPLES WITH ION CHROMATOGRAPHY

HAO Yuan-fang<sup>1</sup>, WU Ying-jie<sup>2</sup>, HE Lian<sup>1</sup>

(*1. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110033, China; 2. Liaoning Vocational College of Finance, Shenyang 110122, China*)

**Abstract:** In the analysis for anions in environmental water with ion chromatography (IC), the drip washing liquid with 1.8 mmol/L Na<sub>2</sub>HCO<sub>3</sub> and 1.7 mmol/L NaHCO<sub>3</sub> is adopted. The regenerative liquid is 36 mmol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. The system is composed of series chromatography of PacAs-14 and conductivity detector. For 10  $\mu$ L sample, within 8 min, seven kinds of anions can be detected. The working condition and the affecting factors of IC is discussed. Its relative standard deviation is between 1.9% and 6.0%, with a recovery above 97%. The method is practical, rapid and reliable. It can completely meet the demand of the analysis for anion in environmental water samples.

**Key words:** ion chromatography; environmental water sample; anion

作者简介: 郝原芳(1965—),女,工程师,1990年毕业于辽宁大学分析化学专业,现从事岩矿分析测试工作,通讯地址 沈阳市北陵大街25号,邮政编码 110033.