



## 浅谈 GPS 高程测量技术在水利工程测量中的应用

冯志中<sup>1</sup>，荆永明<sup>2</sup>，赵胜利<sup>3</sup>

(1内蒙古水利水电勘测设计院，呼和浩特市010020，2 乌海市水务局 乌海市 016000)

[摘要] 本文对 GPS 在水利工程中高程测量的应用进行分析和讨论。结合水利工程测量项目的特点，依据翔实的测量数据进行了探讨，为今后在水利工程测量项目中推广应用 GPS 高程测量技术得出一些有益的结论。

[关键词] GPS 高程测量 水利工程 应用

### 1 引言

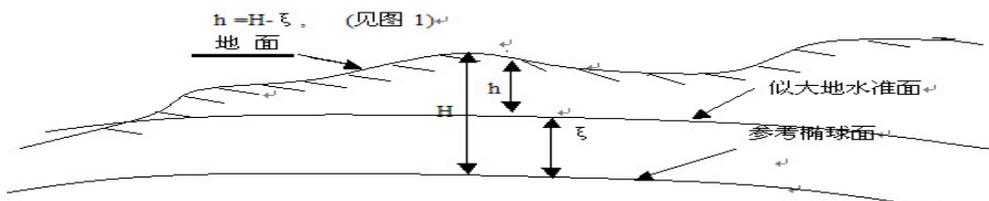
GPS (Global Positioning System) 卫星定位系统，转为民用后，GPS 技术已经被广泛地应用于各个领域，尤其在水利工程测量中的应用前景非常广阔。比如三峡水利枢纽、小浪底水利枢纽，万家寨水利枢纽都不同程度地应用了 GPS 测量技术，快速准确地获得测量数据，极大地提高了测量精度和工作效益，减轻了测量劳动强度。应用 GPS 测量技术可获得三维测量数据，其中平面测量技术日臻完善成型，高程测量技术由于其外界影响因素较多，且具有不确定性，比如计算软件、高程拟合方法的选择以及适用条件、误差来源等问题，其一直未行成定论。有关测量规范对 GPS 高程测量的精度和方法也无明确的规定。水利工程测量中的高程测量一直采用传统的高程施测手段——几何水准测量方法。此方法虽然精度较高，但实施起来费时费力。作业效率低。GPS 测量具有全天候、经济、快速等诸多优点。在 GPS 测量过程中，如果能经过适当的处理方法使浪费掉了的高程信息满足需要，则将会达到事半功倍的效果，尤其用 GPS 测高来代替四等以下几何水准测量将逐渐应用于生产实际。内蒙水利水电勘测设计院测绘处利用 GPS 高程测量技术，在海勃湾水利枢纽工程测量，松花江河道地形图测量项目及黄河 2001—2002 年防洪可研测量项目中进行了 GPS 高程测量实验。取得了较好的效果，为今后经济、快速、准确地进行 GPS 高程测量提供了宝贵的经验。

### 2 GPS 高程测量精度现状及需解决的问题

《水利水电工程测量规范》(SL197-97) 将高程控制测量分为基本高程控制(一、二、三、四、五等)、图根高程控制，测站点高程控制。各个等级的高程控制测量常规的方法是采用几何水准测量，此种方法如前所述作业效率低。如何才能充分发挥 GPS 测量方便、省力、省时、成本低等优点，将 GPS 技术应用于高程测量方面是测绘学术界热衷探讨的问题。研究资料表明，对 GPS 观测数据进行科学的处理，比如采用精化大地水准面、高程拟合等方法，求解出 GPS 点的正常高，可达到四等水准的精度要求。

#### 2.1 GPS 高程测量需解决的问题

GPS 高程测量数据只是获得纯数学意义的大地高，即地面点沿法线至参考椭球面的距离，水准测量需要的不是大地高  $H$ ，而是正常高



$h$ ，两者之间关系如下：

式中  $\xi$  为高程异常，是似大地水准面至参考椭球面的距离，它是由地下物质及其密度分布不均匀产生的重力异常导致的。这样 GPS 高程

测量要获得正常高  $h$ ，实质上是如何准确的确定似大地水准面。

## 2.2 似大地水准面的确定

似大地水准面的确定是利用测区及周边加密重力成果、数学高程模型、重力场模型及模型大地水准面，采用重力法（Stokes、Molodensky）原理与 remove-restore 技术，计算重力似大地水准面，再采用平面拟合的方法计算出重力似大地水准面的纠正参数，用纠正参数完成对似大地水准面的纠正计算与精度分析。

## 3 GPS 高程测量在生产实际中的应用情况

近年来，国内外有些测绘科研生产部门，在 GPS/水准的布测和拟合方面，做了大量的研究工作，其主要目的就是精化大地水准面，提高 GPS 高程测量精度，这些科研成果已广泛应用于生产实际中。

武汉大学同有关测绘生产部门合作，在南水北调西线工程地区，长江中下游地区推广应用了 GPS 高程测量技术获得了良好的效果，高程精度达到了四等水准精度。也就是说，经过科学的处理 GPS 高程数据，完全可以用 GPS 高程测量进行四等以下水准测量。内蒙水利水电勘测设计院测绘处在松花江河道地形图测量项目中，用五等水准（几何水准）连测了 191 个图根点，然后用徕卡 SR530GPS（RTK）对其进行平面、高程测量，用 GPS 高程测量结果同五等水准测量结果进行了比较，较差值最小的为  $-0.001\text{m}$ ，较差值最大的为  $-0.194\text{m}$ ，较差值小于  $0.05\text{m}$  的有 72 个点，小于  $0.08\text{m}$  的有 107 个点，较差值在  $0.08\text{m}$  至  $0.20\text{m}$  之间的点有 84 个点，按公式  $M = \pm \sqrt{[\Delta\Delta]/n}$  计算求得的中误差为  $\pm 96\text{mm}$ 。《水利水电工程测量规范》规定，最后一次加密的高程控制点（图根高程控制）对邻近基本高程控制点的高程中误差不得大于  $\pm h/10$ （ $h$  为测图等高距）。显然试验结果表明，GPS 高程测量在一些地区可以满足测图等高距为  $1\text{m}$  的图根高程控制的精度要求。

## 4 结论与建议

4.1 在条件具备的情况下，利用 GPS 测量技术可以做到同时完成平面、高程测量，充分发挥 GPS 测量方便、高效的优势，提高工作效率。

4.2 在测区范围较小，地形变化小的测区内，利用几何水准均匀的布测一些基本高程控制点，可以用 GPS 高程测量代替几何水准测量测设图根水准或测站点水准。

4.3 GPS 仪器的选用要选择精度不低于基线精度  $5\text{mm}+1\text{ppm}$ 、高程精度  $10\text{mm}+2\text{ppm}$ ，性能较为稳定且受外界环境因素影响小的 GPS。

4.4 GPS 高程测量观测时要充分考虑影响 GPS 测量精度诸如 GPS 图形结构，电离层影响，正确量取天线高等因素。最大程度地减少误差影响。

4.5 外业实施过程中，要经常性地连测一些已知水准点，随时进行高程比较，以避免气候等不确定因素引起的观测数据粗差。

4.6 GPS 高程测量虽然经过科学的数据处理可以保证精度满足需要，但由于搜集或建立测区重力成果，数字高程模型，重力场模型等资料不是一件轻而易举的事情，况且 GPS 高程测量数据经过处理才能达到相应等级的高程精度，再者相关规范也无明确规定，所以建议在生产中应有选择的使用 GPS 高程测量技术。

### 参考文献：

- 1、徐绍铨、李征航：拟合法求定 GPS 点的正常高，GPS 论文集，1992。
- 2、徐绍铨等 GPS 测量原理及其应用，武汉测绘科技大学出版社 1998.10。
- 3、向虎维：GPS 高程拟合中二次曲面的特征根的高斯曲率，《水利水电测绘》1999。

作者简介：冯志中（1960—），男，高级工程师，现从事水利水电工程测绘管理和科研工作。

主办：内蒙古自治区测绘事业局 电话：2208502 传真：2208506 地址：呼和浩特市兴安南路238号 邮编：010010

承制：内蒙古自治区地图制印院