

# GPS 高程异常在罗赛雷斯项目中的应用

陶志华

(中国水利水电第七工程局有限公司 海外事业部,四川 成都 610081)

摘要:介绍了 GPS 高程异常的计算方法,高程异常的精度估算及其在罗赛雷斯项目中的实际应用。通过 GPS 高程异常在长轴线土石坝施工中的应用实践,证实采用 GPS 高程替代常规水准和三角高程在土石坝施工中是可行的,能够大量节约控制网建设成本,缩短建设工期,同时也避免了对加密控制点的频繁水准复测。

关键词:GPS 高程异常;罗赛雷斯;大坝加高工程;GPS 正常高;等值线;苏丹

中图分类号:

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2013)06-0016-02

## 1 概述

罗赛雷斯大坝加高工程位于苏丹共和国青尼罗河州罗赛雷斯镇,大坝轴线全长 27 km,其中左右岸土石坝轴线长约 26 km,为平坦带状施工区域,平均基岩深度约 25 m。按照传统深基岩水准控制点的建造标准所需工期太长,成本太高。随着 GPS 技术的广泛运用和普及,不仅提供了高精度的平面控制网, GPS 高程精度也达到了毫米级。为了满足土石坝施工规范对高程精度的要求,我们利用区域高程异常等值线和 GPS 大地高获取区域点位的正常高,取得了较好的效果。

## 2 高程异常的原理

高程异常是指参考椭球面与似大地水准面之间的距离,记为  $\xi$ 。某点到参考椭球面的距离为大地高  $H$ ,到似大地水准面的距离为正常高  $h$ 。即:

$$\xi = H - h$$

在不考虑起算误差和大陆架上升误差的情况下,高程异常中的误差  $m_\xi$  取决于 GPS 测得的大地高中的误差  $m_c$  和水准测量中的误差  $m_s$ 。

$$m_\xi = \sqrt{m_c^2 + m_s^2}$$

通过一系列控制点的高程异常值绘出该区域的高程异常等值线图。随着 GPS 技术的发展,点位的大地高  $H$  很容易得到,然后可以利用高程异常等值线图精确求得某点高程异常  $\xi$ ,之后即可轻易地求出正常高  $h$ 。正常高的精度主要取决于 GPS 大地高的精度和高程异常等值线图的精度。

$$h = H - \xi$$

## 3 高程异常在罗赛雷斯项目中的应用

### 3.1 加密控制点的布设

按照 GPS 选点的要求,加密控制点的布设应远离大功率无线电发射源、高压线等,避开多路径效应并保证卫星截止高度角大于  $15^\circ$ 。控制点均匀布设于大坝上下游,平均间距 1 km。由于整个施工区域位于地质环境不稳定地区,且施工前期也不具备建造基岩 GPS 标石的条件,故我们最终采用埋设普通标石点以求得各控制点的高程异常并定期复测的方式维持加密控制网的准确度。右岸加密控制网见图 1。

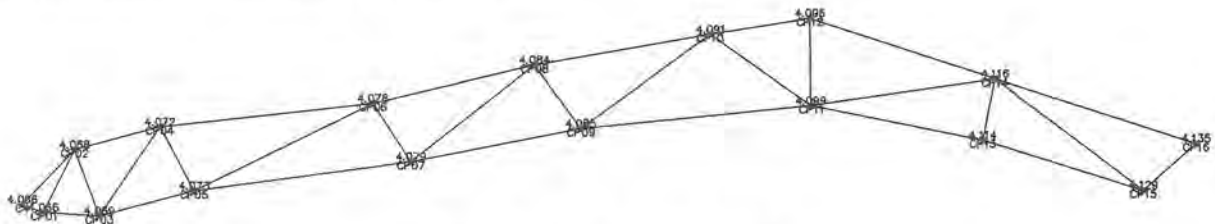


图1 加密控制网(右岸)示意图

### 3.2 控制点高程异常的获取

控制网按 C 级 GPS 点的要求实施观测,高程按二等水准的主要技术要求实施测量。采用

收稿日期:2013-10-25

LGO 商用专业软件解算处理 GPS 观测数据,控制网最弱点与大地高的误差为 5 mm,每 km 水准测量偶然中误差和全中误差分别为 0.8 mm 和 1.5

mm,故最弱点高程异常值的精度约为 5 mm。控制点成果见表 1。

### 3.3 绘制高程异常等值线

表 1 控制点成果表

点号	北	东	大地高	正常高	高程异常
CP16	1 305 397.749	659 375.782	484.998	489.133	4.135
CP15	1 305 083.085	659 014.365	482.863	486.992	4.129
CP14	1 305 841.762	657 999.483	481.34	485.456	4.116
CP13	1 305 426.962	657 914.445	479.48	483.594	4.114
CP12	1 306 257.301	656 729.296	475.133	479.228	4.096
CP11	1 305 666.736	656 732.847	474.059	478.158	4.099
CP10	1 306 151.063	656 040.882	468.907	472.997	4.091
CP09	1 305 516.473	655 151.786	465.741	469.826	4.085
CP08	1 305 946.818	654 836.802	467.928	472.012	4.084
CP07	1 305 296.658	653 985.84	466.773	470.852	4.079
CP06	1 305 693.799	653 725.763	463.745	467.823	4.078
CP05	1 305 103.907	652 494.267	462.143	466.216	4.073
CP04	1 305 537.728	652 263.036	460.603	464.675	4.072
CP03	1 304 934.309	651 843.957	460.16	464.229	4.069
CP02	1 305 384.784	651 676.523	480.993	485.062	4.068
CP01	1 304 959.693	651 460.858	482.59	486.656	4.066
C4	1 305 011.981	651 317.498	454.126	458.192	4.066

首先根据控制点坐标绘制点位和高程异常值,然后合理构建不规则三角网,最后利用三角网内插形成高程异常等值线。等值线可以采用直线或样条曲线的形式。该方法类似于地形图的等高

线绘制原理,因此通过常用地形图软件即可完成。为了在土石坝施工中更方便地利用等值线图,可以把大坝轴线和桩号等辅助信息综合在高程异常等值线图中。高程异常等值线(右岸)见图 2。

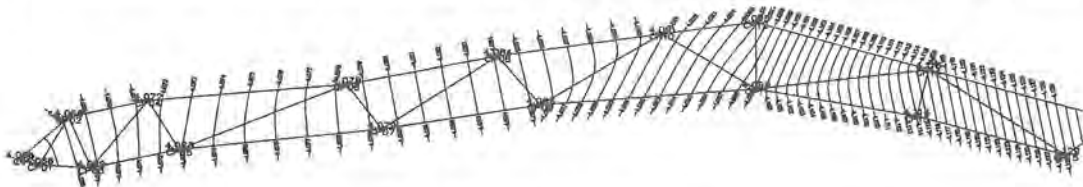


图 2 高程异常等值线图(右岸)

### 3.4 求取正常高

测区内任意点可以根据 GPS 观测获得的点位和大地高,利用区域高程异常等值线图内插出已知点位的高程异常值,从而求出该点的正常高。由于该地区较为平坦,高程异常变化较小且比较均匀,因此,直接从高程异常等值线图上读取高程异常值就足以满足土石坝的施工需要。

另外,在不定期进行施工控制网复测时,只需使用 GPS 测得控制点的大地高,然后减去相应的高程异常值即可。特别是雨季前后,由于控制点高程变化较大,变化幅度、速度和时间均极不均匀,几乎每周都要复测部分控制点。而采用这种 GPS 高程异常的方法维持控制网的准确性,其快速准确的优势尤为明显。

## 4 高程异常的应用及说明

实践得知,该方法复测控制点的正常高误差小于 1 cm,在平坦和高程异常变化均匀的区域,随机点的正常高误差均小于 1.5 cm,GPS-RTK 施工测量的高程精度约为 2 cm,满足土石坝施工精度要求。

### 4.1 适用范围

在水电工程建设中,对高程测量的精度要求较高并全部采用正常高系统。为了充分发挥 GPS 快速、精准、实时、无需通视的优点,我们可以利用 GPS 高程异常等值线内插、拟合得到点位的正常高。该方法特别适合于范围较大、轴线较长、地势较平坦的土石坝工程。

(下转第 43 页)

思想状况,尽组织之所能帮助解决他们的问题和困难。要树立典型,以不同的形式定期评选先进和杰出青年,增强青年人才的荣誉感和自豪感。

### 3.3.3 岗位职务激励

每个职工都有尊重的需要,也有自我实现的需要,通过岗位职务激励,可以激发职工为实现目标而努力,达到自我实现的目的。因此,企业应当准确把握员工的思想动向,以建功立业为导向,通过职务晋升来激励人的进取精神,对业务表现突出的优秀职工要适当给予提升,激励他们充分发挥个人在体力和智力上的潜能,在事业上取得成功,尽量实现自我价值。

### 3.3.4 员工参与激励

心理学研究发现,如果一个单位的领导者能够充分发扬民主,给予广大下属参与决策和管理的机 会,那么,这个单位的生产、工作和群众情绪、内部团结都能处于最佳状态。员工参与研讨重大问题,可以感到上级主管的信任,从而体验出自己的利益与组织发展密切相关而产生强烈的责任感和成就感。

### 3.3.5 企业文化激励

管理在一定程度上就是用一定的文化塑造人,只有当企业文化能够真正融入每个员工个人的价值观时,他们才能把企业的目标当成自己的奋斗目标。因此,要把人本管理的理念融入企业文化,做到尊重人,爱护人,理解人,关心人,努力创造一种人性化的工作气氛。要不断完善企业的

(上接第17页)

## 4.2 布网和施测说明

利用 GPS 高程异常法得到的正常高高程,其精度主要取决于高程异常值和 GPS 大地高的精度,因此,控制网点要求分布于施工区域的周边和中部,点数和密度视区域大小和高程异常变化情况而定,山区控制点密度应适当加大,对地势突变部位应加测控制点。GPS 控制点按 D 级点以上等级施测和解算,采用三等以上等级的几何水准方法联测 GPS 控制点。在高程异常等值线图确定的情况下,GPS 高程的精度应满足施工需要和规范要求。

## 5 结 语

通过 GPS 高程异常在长轴线土石坝施工中

核心价值体系,并使全体员工在这一过程中逐渐认同企业的文化,从而形成一致的价值观,达到“心往一处想”的境界。

### 3.4 建立公正合理的价值评价体系

价值评价体系既是价值分配体系的基础和依据,也是企业牵引和约束员工的机制。要坚持两个原则:一是公认原则,即公司领导决策层公认的原则和员工认同的原则;二是吸引人才的原则,能够长久地吸引有事业心、责任感的人才加入企业。同时,还要把价值评价体系指标作为灌输企业文化,传递企业方针、目标和任务的载体,作为价值分配的依据。只有这样,才能牵引员工为企业效力,约束员工按规章制度办事。

实现合理、充分地开发和和使用人力资源对于施工企业来说依然是任重而道远。只有不断在人力资源管理观念、模式、手段、形式和方法上进行创新,才能跟上时代变化的节奏,使人力资源管理充分发挥其战略作用,实现个人与企业的共同目标。

#### 参考文献:

- [1] 彭剑锋,主编.人力资源管理概论[M].上海:复旦大学出版社,2005.
- [2] 王礼平,著.如何进行目标管理[M].北京:北京大学出版社,2004.
- [3] 孙海法,著.现代企业人力资源管理[M].广州:中山大学出版社,2002.

#### 作者简介:

张 灵(1979-),女,四川宜宾人,政工师、经济师,从事施工企业人力资源管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

的应用实践,证实了采用 GPS 高程替代常规水准和三角高程在土石坝施工中是可行的。特别是在带状分布的施工区域或者地质条件不好的地区,施工加密控制网点可以按普通水准标石的标准建造,可大量节约成本和工期,也避免了对加密控制点的频繁水准复测,同时亦使 GPS 高程控制在长轴线土石坝的施工中得到广泛应用。

#### 参考文献:

- [1] 董鸿闻,李国智,等.地理空间定位基准及其应用[M].北京:测绘出版社,2004.
- [2] 区域似大地水准面精化基本技术规定,GB/T23709-2009[S].

#### 作者简介:

陶志华(1980-),男,四川达州人,工程师,从事水电工程与路桥施工技术与管理工 作。

(责任编辑:李燕辉)