

Google Earth 在水利水电测绘中的应用



刁春红

(浙江省水利水电勘测设计院, 浙江 杭州 310002)

摘要: 分析了 Google Earth 软件的强大功能, 并详细介绍了 Google Earth 软件在水利水电测绘中的各种实际应用, 包括水利工程断面测绘、地形图测绘、控制网优化设计、非涉密控制点成果资料管理及其他应用等, 供广大水利水电测绘工作者参考。

关键词: Google Earth; 水利工程; 测绘; 应用

中图分类号: P258

文献标志码: B

文章编号: 1672-4623 (2011) 05-0053-03

1 Google Earth 简介

Google Earth (以下简称 GE) 是 Google 公司提供的虚拟数字地球软件。它把卫星照片、航空照片和 GIS (显示在三维模型上; 用户可以通过客户端软件, 免费浏览全球各地的三维影像。这些数据主要来源于 DigitalGlobe、EarthSat、BlueSky、Sanborn 等以卫星、航拍、GIS/GPS 地理数据、空中勘测等相关业务为主的国际商业公司, 能够提供 3 年前军用级水平的三维地图和匹配真实地球物理信息的高精度画面, 中国的许多大城市、风景区、建筑物区域提供分辨率为 0.61/0.5 m 左右的高精度影像, 视角高度约为 350 m。GE 可以带您体会到河道变迁沧海桑田, 欣赏太阳光线在地形地物上的投影产生的日出日落美景, 标注地标并录制不限形式的旅程。

2 水利工程断面测绘

1) 流域规划以及水利枢纽的可行性研究阶段和初步设计阶段, 需要对河道、水库等进行纵、横断面测绘。常规方法工作步骤较多, 周期较长, 在 GE 平台上进行断面测量, 可以代替繁重的外业及内业计算整理工作。具体作法是 GE 界面上标绘断面线, 可以采取 2 种办法, 一种是菜单下添加路径, 选取断面起点与终点; 另一种是使用标尺工具, 确定断面线的长度, 保存界面后自动生成路径。在屏幕位置下选中后点击右键, 下拉菜单选取“显示高度配置文件”(如图 1 所示), 立即产生了该断面的坡面图表(如图 2 所示)。内容包括最小值、平均值、距离、坡度等, 横轴和纵轴标记根据实际情况自动调整, 光标停留在断面图上, GE 影像图内断面线自动跟踪, 从左键按下到放开断面线上会加粗加亮显示。断面桩位置也可表示在影像图

内, 采用添加地标的方法标注标石位置, 可以按照图式自定义标石符号并加注断面编号。

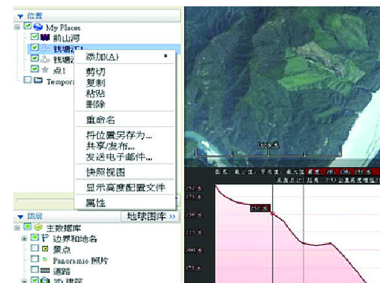


图 1 显示高度配置文件

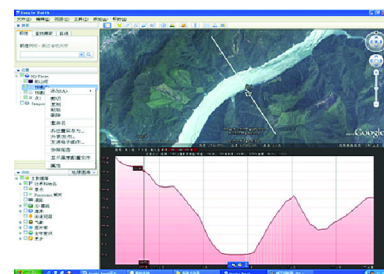


图 2 断面坡面图表

2) 纵横断面的位置按设计要求在 GE 平台上初选, 横断面尽量选在形态显著变化、支流入口、河道急转弯、比降明显变化等有关部位, 把整条河道的断面线、标石符号、断面编号布置在影像图内, 将屏幕左边位置下对应着所有的信息进行整理, 取“某河道断面汇总”固定, 通过复制命令, 生成 kmz 文件保存。

3) 水利水电工程测量规范(规划设计阶段)规定了断面点的测量精度, 其中针对横断面的精度比例尺是 1: 10 000 和 1: 5 000 2 类。点位中误差平地丘陵(图上距离)为 ± 0.75 mm、山地高山地为 ± 1 mm; 高程中误差丘陵为 ± 0.7 m、山地为 ± 1.7 m。GE 提供的高程精度标注到 m, 在分辨率为 0.61 m 左右的区域, 点位精度较高, 断面点的测量精度优于山地的 1: 10 000

收稿日期: 2010-10-20

比例尺实测精度要求，因此在规划设计阶段可以作为纵横断面测绘的辅助方法。

3 地形图测绘

1) 测图比例尺根据规划设计阶段和工程项目的实际需要, 渠道、隧洞、堤线、坝段等带状地形选用的测图比例尺为 1: 2 000 至 1: 10 000, 地物点平面位置中误差 (图上距离) 为 ± 0.5 mm ~ 0.6 mm; 通常地形图测绘对控制及地形图精度考虑较多, 过程方法专业性很强, 周期相对较长。特别是技术人员去省外或国外工作, 控制基础资料相当短缺, 如果规划设计工作中需要修测和补测地形图, 作业人员进出场非常不方便。

2) 在精度要求不高的情况下, GE 提供了一种非常简便的方法, 即利用 GE 三维模拟功能, 在 GE 上建立一定海拔的平面, 使之与起伏的地表相切, 就能得到等高面范围线。具体作法是: GE 界面下添加多边形工具, 在属性框中有“海拔高度”项选取等高线的高度 (见图 3), 在右侧下拉菜单中高度模式选“绝对”, 在影像图内会自动会生成等高面范围线, 多边形的范围应包含需要测绘的区域。菜单下添加路径, 根据地形图图式对计曲线、首曲线的规定进行矢量化; 继续在属性框中“海拔高度”项选取其他高度, 生成其他等高线 (见图 4), 注意当等高线数值越大时, 露出等高面的范围就越小, 多边形内等高线分布也越零星, 因此, 要注意不能遗漏。面状地物也是多边形工具, 为了不影响进行地物矢量化时对地物判断的清晰度, 应将位置框中所有等高线的“勾”去掉。借助 kml2dxf 转换软件, 可将 GE 平台的图元导入到 AutoCAD 或成图软件中进行编辑加工 (见图 5)。

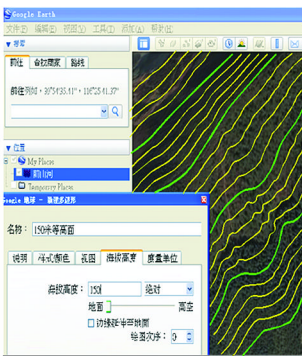


图 3 属性“海拔高度”

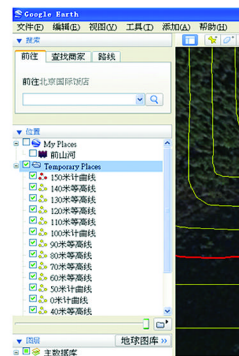


图 4 等高线图层

3) 在影像图分辨率高和现势性好的区域, 提取 GE 卫星影像照片插入 AutoCAD 或成图软件中进行编辑, 修测和补测地形图更加简单。利用 GetScreen 软件, 设置好提取范围、视角高度, 两点定位并计算, 分幅图片会自动拼接, 最后得到一幅完整无缝的测区影像。以浙江省东苕溪流域为例, 总共拼接了 23 × 23 计 529



图 5 kml2dxf 转换软件

幅, 所需时间大约是 0.5s/幅, 拼接完成时间共花了 5 min, 总图大小约 98 兆。在 AutoCAD 或成图软件中, 影像图根据共有的特征点进行比例尺纠正, CAD 矢量图置于影像图之上, 可以非常高效的对地形图修测或小范围补测, 在分辨率为 0.61 m 左右的区域, 满足的点精度接近 1: 2 000; 也可以将 AutoCAD 图拷屏成图像文件, 通过添加图像叠加层, GE 屏幕自动生成绿色田字框, 插入图片, 调整好透明度, 根据共有的特征点进行纠正, 测绘人员可以足不出户就掌握了道路、水系、居民地等区域现状, 对已测地形图进行校对检查, 防止错漏, 大大减少了外业测绘调查的工作量。

4) 目前的 GE 提供地形图精度还比较低, 进行纠正后点位平面精度接近 1: 2 000, 高程精度比较粗糙, 利用 GE 一般需要特征点或控制点, 前期工作中方案比较时不需大比例尺地形图, GE 实用性很强。精度影响因素有矢量化精度、等高距、影像质量、纠正变形等, 应根据规划设计阶段和工程项目的实际需要选择地形图精度, 需要高精度大比例尺地形图时应进行常规测绘。

4 控制网优化设计

1) 在测量控制网的优化设计时, 通过 GE 构建的三维地面高程模型了解现场情况, 进行控制点布控选点, 对网型进行优化设计, 能有效地节省勘测工作量和周期。通过坐标转换软件 Acad2kml vlx 程序, 将高等级控制点平面坐标换算为 GE 经纬度坐标, 打开 GE 软件, 导入高等级控制点经纬度坐标, 再漫游到测区范围, 结合从 GE 上展示的三维地貌, 根据国家有关规范设计控制网网型, 并用“路径”功能将网图绘于 GE 屏幕上, 选取合适的控制点位置, 用标记功能在该处建立以控制点名称的地标。以浙西某坝址为例, 利用标尺功能, 量取测边边长、计算夹角; 利用“显示高度配置文件”功能, 进行通视分析, 如断面形状两端最高中间下凹, 则

说明基本通视；利用“游览”功能，踏勘设站线路，计算最佳行走路线；对地标符号自定义及颜色设置，拷贝后对影像图进行图廓整饰后制作出控制网的优化设计图（见图 6）。

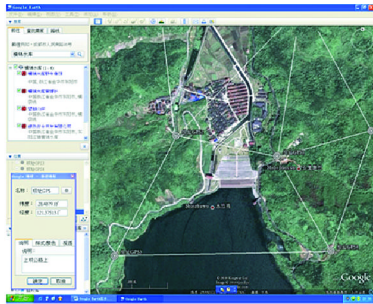


图 6 控制网设计图

2) 查找各点对应地标属性中的 WGS84 经纬度坐标, 将所有控制点的坐标导入到手持 GPS 导航设备中, 根据手持 GPS 的导航指示, 到达各个控制点概略位置, 根据现场状况实际调整附近区域内的理想点位。比如 GPS 选择点位, 视场中避免有高度角大于 15° 的成片障碍物, 应选在交通便利、视野开阔的地方, 便于观测及其他测量手段利用；点位应远离大功率无线电发射源、高压输电线、幕墙玻璃等, 以降低多路径效应对 GPS 卫星信号的影响。

5 非涉密控制点成果资料管理

1) 控制点成果资料经历多年的积累, 为方便日后查询, 对这些控制点成果资料进行管理非常必要。首先收集测区相关测量控制点的图件、点之记与点的实地照片等资料；在 GE 的位置栏中文件夹目录下, 添加全省所有流域文件夹目录, 流域文件夹下添加支流目录, 在支流目录添加地标, 以控制点点名为地标名称, 以控制点类型和等级区分地标符号。参考已有的控制点点之记与点的实地照片、点位描述等资料, 对控制点进行地标概略定位, 在说明栏下对该控制点进行完整确切的描述, 在符合有关部门对测绘成果保密管理的前提下, 标注测量控制点的等级、概略三维坐标、点位的野外分布与坐落情况；有条件的还可制作 360Citys 图库, 让人身临其境来体验控制点的周边环境(见图 7)。

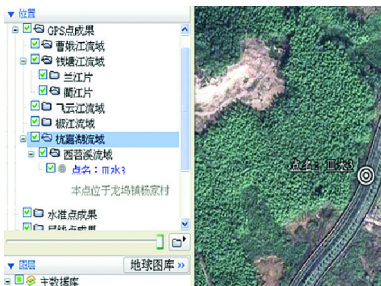


图 7 非涉密控制点成果资料管理

2) 建立测区的测量控制点管理信息库。尽量收集完备的测区全部控制点的资料和信息。在 GE 平台上建立的数据库可以导出、导入 kmz 文件格式。控制点的信息可根据实际需要进行设计、更新。控制点管理信息的检索与查询非常简单, 在流域文件夹目录下, 利用鼠标的左键单击点名, 即刻显示该点的全部相关信息, 概略大地坐标显示在屏幕下端的状况栏；利用鼠标的左键双击点名, 即刻“飞行漫游”至放大比例, 显示清晰的点位实地影像和全部相关信息。

6 其他应用

1) 在水库淹没调查中, 需要计算淹没范围, 统计各类土地、房屋面积等；采用 GE 辅助调查, 能起到事半功倍的效果。比如计算 1 块水稻田, 只需添加“多边形”工具, 选择好长度和面积单位, 就十分方便得到周长和占地面积（见图 8）。制作水准路线图（见图 9）采用 GE 非常简单, 过程不再赘述。

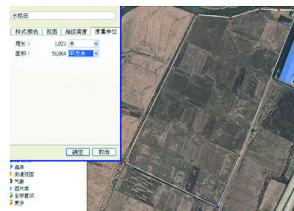


图 8 水库淹没计算调查

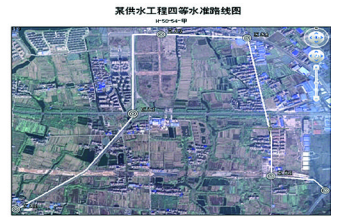


图 9 水准路线图

7 结 语

水利水电测绘是勘测设计的重要部分, 进度、质量、费用及安全是勘测设计的目标管理要求；GE 平台提供了一种非常好的工具, 尽管 GE 影像提供的滞后束缚了实际应用效果, 但随着 GE 对高分辨率卫星影像数据的不断更新积累, 建模技术的进一步成熟, 以及相关软件功能的不断完善和加强, GE 以良好的开放性、应用多样化, 必将会改变各类行业特别是勘测设计业的应用和作业模式, 并有力推动三维数字地形模型的发展应用。

参考文献

- [1] SL197-97 水利水电工程测量规范(规划设计阶段)[S].
- [2] GB/T20257.1-2007 国家基本比例尺地图图式第一部分 1:500 1:1 000 1:2 000 地形图图式[S].
- [3] GB/T 12897-2006 国家一、二等水准测量规范[S].
- [4] GB/T 12898-2009 国家三、四等水准测量规范[S].
- [5] 李云星. 基于 Google Earth 的测量控制点非涉密信息集成与应用[J]. 城市勘测, 2009, 5 :102-103, 119
- [6] 彭和强, 张有能. 基于 Google Earth 的地形图制作技术[J]. 测绘通报, 2009, 10 :61-63

作者简介：钭春红，工程师，从事水利勘测研究工作。

The result indicated that CORS VRS technology could save the cost and improve the production efficiency on the basis of precision and reliability. This also had the significance of developing CORS services.
Key words CORS , GPS control network , virtual station , data analysis (Page:50)

Google Earth in the Surveying and Mapping for Water Conservancy and Hydropower by *DOU Chunhong*
Abstract This paper analyzed the use of the power of Google Earth software, described in detail in the Water Conservancy and Hydropower Surveying and Mapping in a variety of practical applications, including hydraulic engineering section mapping, topographic mapping, control, network design, non-classified control point data management and other applications of the results etc., for the majority of Water Conservancy and Hydropower Surveying and Mapping workers.
Key words Google Earth, Hydraulic mapping, applications (Page:53)

Analysis of the Image Pyramid-based Connection Points Extraction by *YAO Zhiqing*
Abstract The paper introduced the function and principles of connection points extraction in aerial triangulation, compared the traditional and the new connection points extraction methods in aerial triangulation through experiments and analysed its advantages according to experimental results.
Key words aerial triangulation , image pyramid , corresponding image point (Page:56)

GDAL Multi-source Spatialdata Access Middleware by *LIU Changming*
Abstract Spatial data storage format and more features to the data sharing and interoperability difficult, often applied in the dynamic integration of data bottlenecks. Urgent need for a practical application can at any time, dynamic, and can be tightly integrated with the application conversion tools. In this paper, the use of middleware in the form design tool, and based on GDAL library implements the tool to complete the multi-source spatial data access, improves the dynamic integration of application system performance and verified through the application of the effectiveness of the proposed scheme.
Key words GDAL; Multi-source spatial Data; Conversion; Middleware; Dynamic (Page:58)

Application of SketchUp to Virtual Mountain Modeling by *LI Gang*
Abstract Based on SketchUp software three-dimensional modeling method quickly and efficiently, intuitive and convenient method of three-dimensional observation together with associated site photos and Google Earth satellite images, can be reproduced and simulate mountain scenes effectively. By way of example, a large area on the mountain for rapid modeling technology was researched using SketchUp and ArcGIS 3D Analyst software.
Key words mountain modeling , SketchUp software , three-dimensional visualization (Page:62)

Research of Interaction and Sharing Between Geo-Spatial Data of ESRI and AutoCAD Data by *SONG Chao*
Abstract In recent years, GIS presents a tendency of extending to other industry with rapid development. New demand of Geo-Spatial Data interaction between industries needs to be met. This paper made close analysis on the relation and difference of AutoCAD and Shape data, discussed the necessity and possibility of data sharing, concluding available methods and proposition, attempted to explore effective

measures to implement integrated application for ESRI Geo-Spatial data and AutoCAD data.
Key words ESRI Geo-Spatial data , AutoCAD data , interaction and sharing , effective method (Page:64)

Methods for GPS Satellite Orbits Interpolation by *LI Guangzhou*
Abstract International GNSS Service (IGS) provides the GPS orbits in 15 min; however, it is needed to be interpolated during GPS data processing. There are the conventional methods used for Standardization of GPS satellite orbits such as Lagrange Interpolation, Neville Interpolation, and Chebyshev Fitting. In this paper, the methods were used to interpolate the orbits provided by National Geodetic Survey. Results showed that the interpolating methods performs best with the 9 order, it performed worse with the order ascending after order 9.
Key words GPS , orbits interpolation , ephemeris (Page:67)

Construction of Three-dimensional Geographic Public Information Service Platform by *DENG Shihu*
Abstract With the problems of the three-dimensional geographic public information service platform construction, this paper analysed the relationship between the 3D GIS and 3D simulation. And based Chongqing city experiences it present several key issues about the construction of three-dimensional geographic information public service platform, such as 3D data model on 'volume' concept, 3D data classification and organization, massive 3D data management, data access between different platform, etc.
Key words 3D public service , simulation , 3D GIS data model (Page:69)

Temporal and Spatial Characteristics of Global Sea-level Changes Based on the Observation of Altimeter by *WANG Zhenzhen*
Abstract This paper analyzed the trend and distribution of global sea level by using the altimetric data from AVISO. Conclusions were as follows: the global sea level rise with the speed of 2.921mm, and varied with regions and seasons.
Key words sea-level height , curve-fitting , trend of sea-level height (Page:72)

Coordinate Transformation for Large-Scale Topographic Maps with Unknown Spatial Reference System by *HU Haiju*
Abstract Focusing on the coordinate transformation between an unknown spatial reference system and a certain coordinate system on the survey outputs of large-scale topographic map, the impact on transformation accuracy is testified by numerically simulating and calculating on various parameters. As a result, the Four-parameter 3D Transformation Model is not suitable for this kind of transformation while the Four-parameter Plane Model is superior. The influence of ellipsoid parameters on the latter is so small that totally can be ignored. Further to it, an approximate center meridian formula is deduced for the transformation based on the formulas of scale error of Gauss projection and Gauss projection. Finally, actual data are inputted to prove the feasibility of the preferred model.
Key words Unknown Spatial Reference System ; coordinate transformation ; center meridian ; ellipsoid parameter (Page:74)

Application of Ontology to Geographic Knowledge Base Construction by *CHEN Hu*
Abstract Geographic knowledge includes description, cognition and explanation of people to objective geographic existence. It is an important research to organize and manage geographic knowledge effectively and to realize knowledge sharing and reusing, in order to