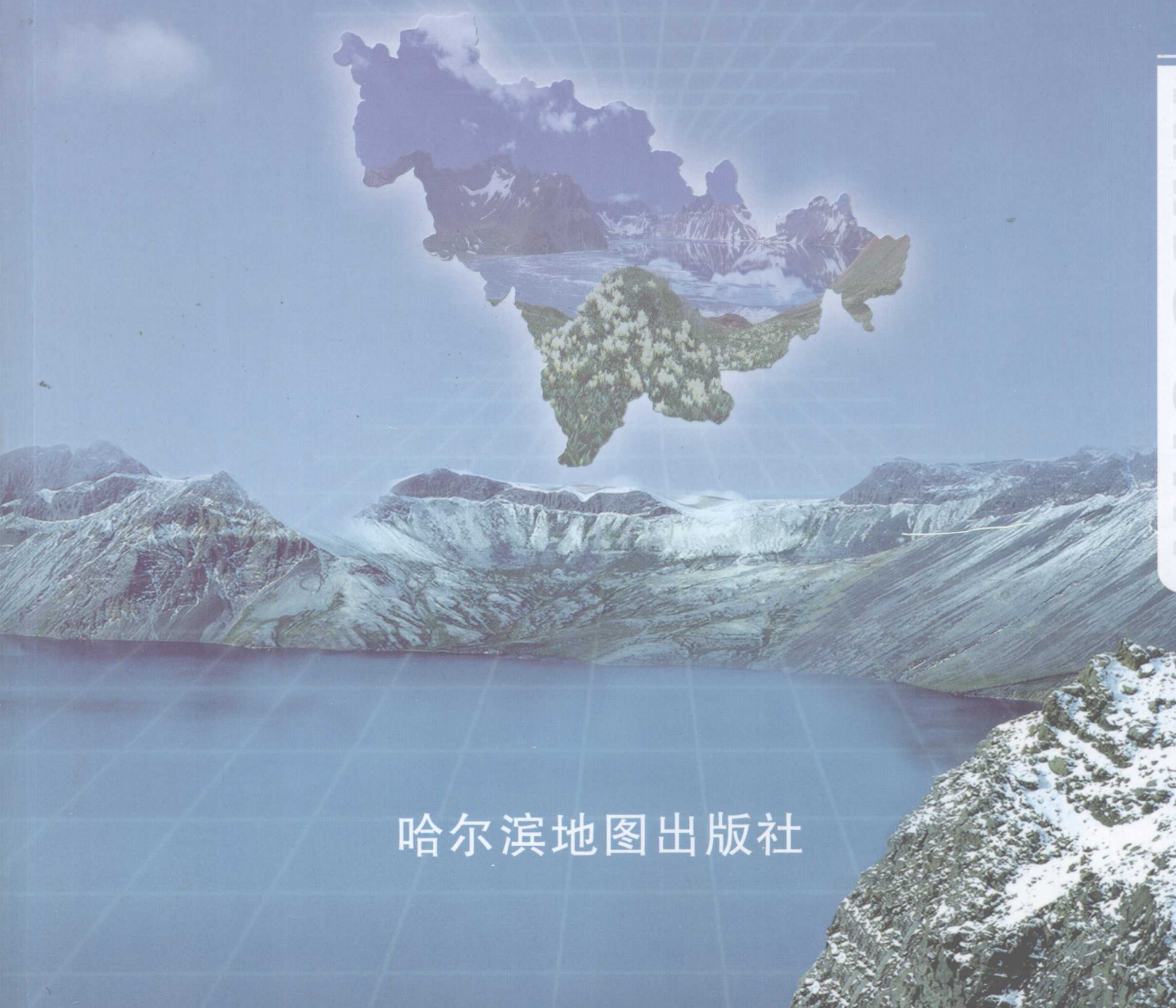




吉林省测绘学会 2008 年学术年会论文集

提高测绘科技水平 促进吉林振兴发展

主编 韩来发



哈尔滨地图出版社

吉林省测绘学会 2008 年学术年会论文集

提高测绘科技水平 促进吉林振兴发展

主编 韩来发

哈尔滨地图出版社

● 哈尔滨 ●

图书在版编目 (C I P) 数据

提高测绘科技水平 促进吉林振兴发展: 吉林省测绘学会 2008 年学术年会论文集. 下册/韩来发主编.—哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2008.7

ISBN 978-7-80717-900-9

I. 提… II. 韩… III. 测绘学—学术会议—吉林省—文集 IV. P2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 101764 号

哈尔滨地图出版社出版、发行

(地址: 哈尔滨市南岗区测绘路 2 号 邮编: 150086)

长春鑫明印务有限公司印刷

开本: 880mm × 1230mm 1/16 总印张: 47 总字数: 1 225 千字

ISBN 978-7-80717-900-9

2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 400 总定价: 120.00 元

编辑委员会

主任委员：韩来发

副主任委员：张凤赞 张丽平 张 柏

委 员：（按姓氏笔画排序）

王仲锋 付学慧 刘士明 张文春

张凤赞 张丽平 张 柏 郑淑荣

杨吉隆 杨国东 赵云升 韩来发

编 辑 部

主 编：韩来发

副 主 编：张凤赞 张丽平 张 柏 杨国东

王仲锋

编 辑：（按姓氏笔画排序）

王仲锋 杨吉隆 杨国东 周 彬

周守勇 夏淑艳 谭 川

目 录

学 术 研 究

模式识别技术在地形图数据整合中的应用.....	王 闯 (1)
基于 ERDAS 空间分析模块的城市变化检测算法的实现.....	张金凤等 (4)
基于 Web 的城市地下管线元数据共享机制的研究.....	白 云等 (8)
基于 SPOT-4/VEGETATION 数据的中国植被覆盖动态变化研究.....	赵汉青 (14)
基于 ArcSDE 的空间数据库版本管理软件开发研究.....	田米粮 (20)
基于 AutoCAD 中实现空间基础数据符号化表达.....	崔京男 (25)
基于 GeoTIN DEM 到 ARC/INFO 数据转换方法的探讨.....	孙卫民等 (28)
基于 GeoTIN 制作 DEM 技术方法的探讨.....	王剑敏等 (31)
基于纹理特征的 QuickBird 影像道路分割技术的研究.....	高木娟等 (34)
基于 Internet 的《地图学》教学探讨.....	李连营等 (40)
《吉林省 GPS RTK 作业技术规定》制定的依据.....	薛晓轩 (44)
浅谈城市网格化管理.....	徐志强等 (48)
航空重力测量数据向下延拓的理论、方法.....	卢玉仁等 (53)
通信设施管理信息系统开发研究.....	张德鑫等 (58)
变更地籍调查的方法研究.....	刘 爽等 (66)
测绘科学技术档案管理与利用的探讨.....	徐 辉等 (71)
DEM 生产过程中的精度检测与质量控制的探讨.....	曹殿才等 (75)
复曲线中线点的数学模型及其应用的研究.....	方修波等 (79)
如何做好高层建筑施工测量工程.....	张连山等 (85)
创新性测绘人才培养模式的初探.....	李 闯 (88)
新时期信息化测绘技术的发展.....	张 辉 (91)
浅谈城市规划与测绘中的地理信息系统以及可持续发展的特点.....	关印佳等 (94)
提高管线竣工测量采集数据效率的探讨.....	唐世亮等 (96)
空间信息系统中的模型方法元数据标准研究.....	殷宁欣等 (99)
利用不规则三角网实现相关水域库容量计算的方法研究.....	陆艳华 (105)
城市部件的数字化调查方法的探讨.....	郭志强等 (109)
3D 城市三维模型的研究.....	金明一等 (113)
建筑物变形监测设计方法探讨.....	张廷玉等 (117)

GPS 测高数据转换正常高的应用研究	吕丽慧等 (121)
--------------------------	------------

生 产 实 践

1 : 500 地形图全数字摄影测量的精度保证	王春波等 (125)
北京市顺义区 1 : 2 000 集体土地调查方案解析	陈维良等 (128)
1 : 1 万 DLG 数据在 1 : 5 万数据库更新生产中的应用	路迎新等 (132)
浅谈 1 : 10 000 比例尺森林覆盖区域的 DEM 及曲线制作	周柏林 (135)
安图测区 1 : 10 000 IMU 项目 DEM 生产过程中的质量控制	钟国飞等 (139)
浅谈 1 : 10 000 矢量地形数据 (DLG) 在生产过程中的质量控制	钱美兰 (143)
浅谈如何控制 1 : 1 万数字线划图 (DLG) 的产品质量	吕静凡等 (145)
谈数字摄影测量 1 : 10 000 DEM 制作过程	杜 敏等 (149)
浅谈 1 : 50 000 境界更新的方式、方法	刘学智 (153)
国家 1 : 5 万数据库更新的工艺流程	赵丽荣 (157)
1 : 5 万数据库更新工程检查	颜 萍等 (160)
VirtuoZo 数据的转换处理程序设计	张玉平等 (163)
使用 VirtuoZo AAT 和 PATB 集成进行自动空三加密的一些体会	欧 洋等 (169)
使用数字线划图 (DLG) 数据制作城市平面图的方法	夏淑玲等 (172)
大比例尺数字测图的发展趋势	闫士华 (175)
大比例尺数字成图方法与研究	陈晓艳等 (178)
大比例尺数字地形图缩编方法的研究	线东升等 (181)
鞍山市城镇地籍管理信息系统建设和新、旧资料成果的挂接	张 奇等 (184)
上海市道路竣工测量与数据处理	申世国等 (188)
《教育》专题图设计方案	李桂杰等 (194)
《生态省》专题要素的设计方案	刘月媛等 (198)
《吉林省地图集》《农业》专题地图的表示方法	于静华等 (202)
北京地铁十号线第三方监测浅析	吴 江等 (206)
长春市电子地图数据处理设计与实现	李 薇等 (213)
长春市交通旅游信息查询系统的建立	王 琦等 (217)
吉林省基础地理信息分发服务管理系统的开发与应用	闫士华 (222)
浅析日本砂防测量	王建国等 (225)
梨园水电站导流洞 1# 施工支洞施工测量	李怀国 (229)
盘锦市土地利用现状数据中心系统建设的回顾	胡世欣 (234)
基础地理空间数据库的设计与实现	吴元杰 (236)
集安市三维地形模型制作与实现	杨玉梅等 (242)

龙王矿段回风井地表井下联系测量误差预计与测量计算浅析	刘君强 (245)
城市生态环境景观规划	张国迎 (249)
第二次土地调查与数据库建设方略	薛晓轩 (255)
浅谈“第二次土地调查项目”监理工作的实施	宋立豪等 (262)
珲春“数字城市”数据库的建立	鲁敬东等 (266)
珲春城市部件调查	曹 红等 (271)
利用测高数据研究南极冰盖高程及其变化	赵向方 (276)
一种减小投影长度变形的测量方法	任丽滨等 (280)

3S 技 术

GIS 在城市环境可持续发展中应用的探讨	蔡贞玉 (282)
GIS 技术在吉林省农用地省级汇总中的应用	刘艺琴等 (287)
GIS 技术在新农村规划设计中应用之初探	尤 捷等 (290)
基于 GIS 的省级土地利用总体规划管理信息系统建设的初探	姬冬梅等 (293)
基于 GIS 技术的地理信息公用交换平台的设计与研究	王 铮等 (298)
基于 GIS/RS 的土地利用图制作与分析评价	朱亚财等 (303)
数字化地形图向 GIS 转换及校验	吴善昌 (308)
基于 VRS 技术全球导航卫星系统在城市测绘中的应用	王 文等 (311)
GPS 测量的误差、精度及应用	赵克涛等 (316)
GPS 测量观测方案的优化设计	苗 青等 (322)
GPS 超长基线网络 RTK 在油田井位测放中的应用	秦 鑫等 (327)
GPS 定位精度检验及误差表示的转换关系	刘义范 (331)
GPS 高程拟合的实践应用	陈和权等 (335)
GPS 控制测量在桥梁工程中的应用	车作光等 (340)
农村土地调查数据库的建立	魏 萍等 (344)
GPS 在隧道联系测量中的应用	华 钢等 (348)
GPS 技术在航空重力测量中的应用	陈 岩等 (354)
GPS 测量在航空摄影测量外业中的应用	孟祥臣 (358)
GPS 数据采集与 MAPGIS 数据转换方法探讨	陈增宝等 (363)
GPS 在矿山机械控制工程中的应用	耿卫东等 (367)
GPS 高程拟合浅析	丁 伟等 (370)
如何消除和减弱各项影响 GPS 测量精度的误差	刘凤霞 (373)
关于 GPS 导航系统中坐标转换方法的探讨	邢建立等 (377)
GPS RTK 技术在公路定线中精度的比较分析	张 卓等 (381)

GPS RTK 的应用及使用中的问题.....	马韧韬等 (385)
谈 GPS-RTK 在测量中的应用	邵占宇等 (387)
RTK GPS 定位中最佳参考站点位的分析与研究.....	车作光等 (390)
RTK 测量技术原理及其应用	孔东方 (394)
RTK 技术实际应用优劣简析	梁 君等 (399)
RTK 坐标检测成果精度估计及实例分析.....	张春明等 (402)
网络 RTK 技术概论	赵秀英等 (407)
车载 GPS 道路数据采集与处理方法的研究	刘跃森等 (410)
车载 GPS 与车载 GPS 数据入库	马 巍等 (414)
VRS 实际作业中的优劣.....	窦思琪等 (419)
关于不同级别 CORS 系统互操作问题的分析研究	苏占新等 (422)
梅河口市连续运行卫星定位服务系统.....	于淑杰 (427)
3S 技术在第二次土地调查中应用的可行性研究	周红斌等 (430)
基于 3S 技术土地利用调查研究.....	刘 洋等 (435)

技 术 交 流

最短路径算法.....	王 闯等 (439)
地理数据库的完整性约束.....	殷宁欣等 (442)
地理信息行业元数据的管理.....	刘 越 (445)
地面点与线路中线相对关系的快速确定方法	高春山 (449)
东北地区地下水资源与地质环境调查信息系统.....	彭清涛等 (455)
高分辨率遥感影像数据纠正处理.....	高炳浩等 (460)
顾及起算数据误差影响的精度评定方法	刘振宇 (463)
关于提高大比例尺地形图采集精度的几点体会	赵海燕等 (467)
国土资源电子政务建设研究.....	汪永宝等 (470)
VC 环境下基于 MIF 格式的数字地图开发	徐志强等 (474)
基础地理信息数据成果的容灾与备份	刘春伟 (480)
基于 IKONOS 影像更新 1:1 万 DLG 数据的方法.....	张 延等 (482)
基于 MAPGIS 地图符号库的创建	孙卫民等 (485)
基于 MapX 的地理信息系统的设计与实现.....	谢 岩 (488)
基于 PDF 格式开发多媒体电子地图集的技术探讨.....	张东升 (490)
基于 Supermap Objects 的长春市环保管理信息系统开发.....	窦喜英 (494)
基于 SuperMap 的水资源管理系统的设计与实现	庄永梅等 (496)
基于 VB 语言编写测量程序的应用.....	王金梅等 (499)

VERITAS 在地理信息数据存储备份中的应用	展洪涛等 (504)
基于数字摄影测量的数字高程模型的建立	孟现红等 (507)
经纬仪测量系统数据处理的实现方法	张吉春等 (512)
空三导入定向时常出现的问题及解决方法	肖佳瑶等 (516)
利用 DEM 实现场地平整与土方量均衡计算	彭 健等 (519)
利用 Vb 语言实现渠道工程坐标计算	赵世军等 (523)
浅谈 GPS 精密单点定位技术	刘振宇 (528)
浅谈 ArcGis 符号库的建立	崔京男 (531)
浅谈 AUTOLISP 在数据入库过程中的应用	王汉才等 (534)
浅谈 DEM 的制作及应用	高源鸿等 (537)
浅谈 QuickBird 影像在地理信息产品中的应用	吴运凯 (541)
浅谈城镇地籍管理系统数据库建设	李长山等 (543)
浅谈房产测量在房产登记管理中的作用	姜 岩等 (548)
浅谈高精度碎部高程测绘方法的改进	张小兵等 (550)
浅谈基础地理信息数据存储与备份软硬件平台的选择	刘春伟 (554)
浅谈脚本在数字化成图中的应用	张洪喜等 (556)
浅谈利用 AML 程序进行基础地理数据线状要素的拼接	刘学智 (559)
浅谈数字矿山测量的应用	马韧韬等 (562)
浅谈 Geoway 软件在坐标系转换中的应用	钱美兰 (564)
浅谈遥感影像质量对数字测图的影响	刘春智等 (567)
浅谈影响地下管线探测精度的原因	彭 健等 (571)
对向三角高程水准法精度分析	高 旺 (575)
数字测图中的坐标变换方法与应用	赵红旭 (579)
数字化测图平面精度浅析	王 伟等 (582)
数字化地形测量居民地时删除多余高程注记点的方法	赵云刚 (585)
数字化地形图对象的几何约束和平差	王 娜 (588)
谈数字房产工程中的房屋属性检查	董 庆等 (593)
基于遥感影像数据的土地动态监测	高炳浩等 (599)
现代测绘技术在公路勘测中的应用	张 辉 (602)
浅析电力管线竣工数据数字化采集入库过程	杨晓红等 (605)
遥感图像的目视解译及信息自动提取	李国明等 (615)
在 AutoCAD 平台下实现地形图的分幅	修 利 (621)
城市坐标系的选择与换算	魏 萍等 (627)
浅析数字城市规划	陈宏伟等 (629)

质量管理体系建立的质量分析	许长胜等 (632)
坐标计算放样程序的编写与应用	王立功等 (637)
Topcon7000 系列 PTL 功能快速测量精度分析	刘翠芝等 (643)
对 Arcinfo8.1 版改进的一点体会	刘景波 (650)
VisualFoxPro6.0 与测绘数据管理	梁成武 (652)
AutoCAD 图解法和全站仪在工程测量中的应用	于淑杰 (655)
AutoLisp 在城市部件中的应用	朱 冰等 (658)
AutoLisp 在图纸坐标与实地坐标之间转换的应用	袁宗福等 (664)
ARCGIS 中拓扑的概念及其应用分析	栾 华等 (668)
AutoCAD 数据向 GIS 转换前的处理	王 哲等 (671)
CASS6.0 宗地属性录入的编程方法	黄冠伟等 (676)
EPSW98 电子平板系统在山区地形测量中的应用	马小元等 (680)
VB 在测量数据处理中的应用	刘敬东等 (683)
全数字航空摄影测量技术在长输管道测量应用中的探讨	马小元等 (689)
土地利用规划的网络化与社会化应用	董诗新 (692)
地形图属性数据的存储方法	张 杰 (695)
房产测绘成果管理之我见	刘世平 (698)
插图设计应随时代的发展而发展	孙雅荣等 (700)
数字测绘产品的特点与质量控制	位 群 (704)
电子表格井下巷道导线计算中的应用	魏国武 (707)
长输管道线路定线探讨	罗继先 (710)
“数字城市”的管理功能	高永军等 (713)
浅析信息技术在城市规划实施中的重要作用	王立元等 (718)
城市测绘在城市规划中的作用	袁文忠 (721)
工程建设中工程测绘所发挥的作用	袁文忠 (724)
浅析数字地籍在国土资源管理中的核心作用	邢炜光等 (727)

GPS 在矿山机械控制工程中的应用

耿卫东¹, 严荣智², 李 武²

(1. 锦州鑫宜达测绘公司, 辽宁 锦州 120003;

2. 辽宁省第一测绘院, 辽宁 锦州 121003)

摘 要: 本文通过研究鞍山某露天矿实际开采情况, 根据矿山机械日常的作业模式, 提出了一个“基于 GPS 的挖掘设备自动控制系统方案”。采用这种自动控制设备的挖掘系统, 可以严格按照设计要求进行施工, 不会出现所谓超挖或欠挖问题, 还可以同矿石交通运输构成一个完整的施工系统, 形成自动化生产流水线。

关键词: GPS; 矿山机械; 自动控制

0 引言

近年来, GPS 在机械工业部门的研究应用开始兴起。采用 GPS 作为辅助工具可以轻松地完成烦琐的工程, 提高管理水平及工作效率。因此越来越多的科技人员开始关注 GPS 在机械工业中的开发应用。这一技术的基本思路是: 把 GPS 作为辅助机械系统的一部分, 安装在户外施工的大型机械控制室内, 由 GPS 天线对瞬时工件位置进行精确测定, 作出本次运动和下步运动的正确决策, 并将决策以程序指令方式传入计算机, 计算机按指令自动控制机械施工执行端的进退上下。由此, 采用 GPS 技术辅助工程无疑可以推进机械工业自动化、产业化发展进程。

1 GPS 系统简介

GPS (Global Positioning System) 即全球定位系统, 由美国军方最先设计和使用, 由一系列能够发送携带精确定时和其他信息的无线电信号和卫星组成。地面上的 GPS 接收器从 3 个以上卫星接收信号并计算其精确的三维位置。

RTK (Real Time Kinematic) 即实时动态测量技术, 实现了在运动中测量目标的精确位置。RTK 需要两个 GPS 接收板共同工作, 一个称做 GPS 基站, 固定在一个精确测定的位置作为参考站; 第二个 GPS 接收板安装在推土机、平地机或者挖掘机等工程机械上作为流动站。两个接收器同时接收 GPS 卫星信号, GPS 基站将其位置等信息同其观测到的卫星载波信号一道通过无线电数传装置实时传送给安装在流动站上的 GPS 接收器。安装在机器上的 GPS 接收器将使用基站数据和他自己的 GPS 数据计算出它同基站之间精确的相对位置, 从而得出自身的精确三维坐标信息。目前各大公司的 OEM 系统测量精确度已经都能达到厘米级甚至毫米级, 从而使得 GPS (RTK) 技术在工程机械控制领域的应用成为可能。

2 采用 GPS 集成的控制系统简介

使用该控制系统, 可以把工程设计数据直接输入机载计算机, 自动生成三维数字模型 DTM (Digital Terrain Model), 机载计算机实时比较工程机械上铲刀的当前位置 (由定位设备测量) 和设计数据, 并输出校正控制信号至控制设备, 对机械的铲刀进行控制。这样施工机械只需要 1 次或 2 次往返施工, 即可达到最终的设计位置。这种以绝对坐标 X , Y , Z 为基准的全新控制方式, 摒弃了测量、打桩、放样等传统工序, 一次性解决了高程控制、平整度控制、坡度控制的问题。

该控制系统由定位设备、通讯设备、机载计算机、控制设备 4 部分组成。

1) 定位设备

定位设备由 GPS 或 TPS (自动全站仪) 组成, 根据定位设备不同, 可以分为 GPS 控制系统和 TPS 控制系统, 分别适用于不同精确度要求的工程。GPS 控制系统主要用于土方工程, 如推土机、平地机、挖掘机等; TPS 控制系统主要用于精度要求较高的公路面层或机场工程, 如平地机、沥青摊铺机、稳定土摊铺机、水泥混凝土滑模摊铺机、铣刨机等。GPS 控制系统中的定位设备由 GPS 基站和安装在机械上的 GPS 接收器组成, GPS 基站通常安装在一个固定的、半永久性的位置上, 能够覆盖 20 km 的范围, 同时控制在区域内工作的所有安装了 GPS 接收器的施工机械。

2) 通讯设备

由无线电发射装置和调制解调器组成, 实现定位设备和机载计算机间的数据传输。

3) 机载计算机

机载计算机可以把输入的工程设计数据生成三维数字地形模型, 根据收到的测量数据计算出工程机械的实际位置和方向, 与设计值进行比较, 并把校正信息输出到控制设备, 对机械进行调整。

4) 控制设备

由一系列控制器和传感器组成, 根据安装部位的不同, 测量控制机械自身和铲刀的横坡、纵坡、倾斜度等, 并根据机载计算机传来的校正信息对机械的铲刀进行控制, 最终达到施工的设计位置。

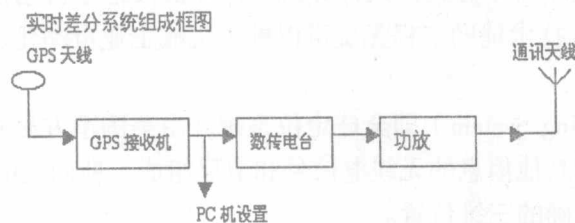


图 1 基站系统连接图

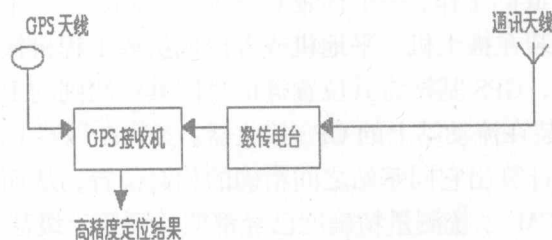


图 2 流动站系统连接图

3 挖掘设备自动控制系统的优势

由该系统集成的 GPS 控制系统可以应用于平地机、推土机等从事土石方施工的机械上, 尤其适合大型土木工程、道路、机场、露天采矿等项目。其先进的三维控制方法更是对传统施工工艺进行了革命性的改进。

3.1 同传统施工方法的比较

传统的施工方法要求先对项目现场进行初测, 然后开始项目设计, 再根据项目设计结果进行实地打桩放样, 工程机械施工, 测量打桩放样, 工程机械再施工, 再次测量打桩放样……如

此反复直至施工至设计位置。这种方法需要测量人员的大量工作,并且在反复的测量打桩放样过程中造成了工程机械的闲置;机械驾驶员也要在驾驶机械的同时,以打好的桩为参照物,反复操作调整机械铲刀以求施工接近设计位置,对驾驶员的技术水平和经验提出了很高的要求,也对施工现场的安全产生了隐患。使用集成控制系统,由于能够直接把设计资料输入机载计算机,控制机械进行施工,直至达到设计位置,真正实现了无桩施工,省去了测量人员的现场打桩放样工作,减少机械闲置时间,驾驶员也可以专注于机械驾驶,由 GPS 控制系统来实现铲刀的控制工作,并能够在很短时间内精确达到最终的设计位置,对驾驶员的工作强度和技能要求大大降低。同时,任何设计上的更改都可以由驾驶舱中的机载计算机实现,施工后的结构也可以输出到项目办公室,实现了内外业数据的实时无缝链接。使用集成控制系统,能够彻底改变传统的施工程序,经过实际工程项目的检验,使用该控制系统,至少提高了 30% 的施工效率。

3.2 GPS 解决方案的优越性

使用 GPS 集成的控制系统,直接把工程设计数据用于施工,减少了不必要的误差;GPS 基站和施工机械之间不需要保持通视,特别适合大型土木工程项目;系统一次设置就可以保证连续施工;利用一个基站,能够同时控制多台设备,控制范围达到 10 km,还可以根据需要扩大控制范围;GPS 控制系统能够全天候施工,不受天气和光线的影响;随着施工效率的提高,显著缩短工期;系统精确度达到 30 mm,能够节约大量施工材料,提高施工质量。GPS 控制系统真正实现了无桩施工,大大减少了工作量,同时 GPS 接收器还可以单独用于前后的现场测量工作,是全站仪之外的另一个高端测量仪器。

4 结束语

GPS 控制技术不仅是对传统施工方法的革命性改进,而且随着工程计算机辅助设计 CAD 的广泛应用和数字地形模型(DTH)技术的发展,工程设计工作也在向无图纸、数字化的方向发展,GPS 控制技术正是顺应了这一发展趋势,是将来数字化施工的基础。可以预见,这种控制系统必将成为今后机械控制的主流,并对工程施工产生深远的影响,其在工程机械方面的应用也将随着 GPS 的发展变得越来越广泛。

GPS 高程拟合浅析

丁 伟, 付海军

(辽宁省第三测绘院, 辽宁 沈阳 110034)

摘 要: 介绍了常用 GPS 高程系统的基本概念, 通过几种常见的高程拟合法, 浅析如何利用 GPS 水准高程来实现 GPS 各网点的大地高向正常高的转换, 并从中得出一些有益的结论。

关键词: GPS 高程拟合; 大地高; 正常高; 拟合精度

0 引言

利用 GPS 定位技术进行控制测量, 具有速度快、费用低、精度高等优点, 现已成为建立平面控制网的重要手段, 随着 GPS 软硬件的不断完善, 通过结合水准测量的结果, 利用高程拟合的方法, GPS 高程控制测量在实践中已越来越多地得到应用。

1 常用高程系统简介

1) 大地高程系统

大地高程系统是以参考椭球面为基准面的高程系统。地球表面上某一点的大地高是指由该点沿着通过该点的椭球法线方向到椭球面的距离, 通常用 H 来表示。大地高是一个几何向量, 利用 GPS 测量定位技术, 经过解算即可获得。

2) 正常高系统

正常高系统是以似大地水准面为基准面的高程系统, 地球表面上某一点的正常高是指由该点沿着铅垂线方向到似大地水准面的距离, 通常用 H_r 来表示。

2 GPS 高程测量

利用 GPS 测量定位技术建立控制网, 并对 GPS 基线向量网进行无约束平差, 可以获得 GPS 点之间在 WGS—84 坐标系的高精度的三维空间直角坐标差 ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$), 并可以将其转换为大地坐标差 ($\Delta B, \Delta L, \Delta H$)。如果网中有一点或多点具有精确的 WGS—84 大地坐标系的高程, 则 GPS 网平差后, 可求得各 GPS 点的 WGS—84 大地高 H 。

在实际应用中, 地面点的高程一般采用的是正常高系统。正常高系统是由各等级的水准测量来确定的。通过一定的方法, 可以将 GPS 点的大地高 H 转换为正常高 H_r 。

大地高与正常高之间的关系如图 1 所示, 其中, ξ 表示高程异常值 (似大地水准面到椭球面间的高差), 可见, 如果能够首先确定各 GPS 点对应的高程异常值 ξ , 即可以确定各 GPS 点的正常高 H_r 。另外, 如果同时已知各 GPS 点的大地高 H 和正常高 H_r , 便可以确定各点对应的高程异常值 ξ , 为确定高精度的似大地水准面提供数据。

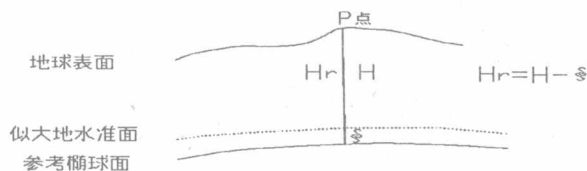


图 1

通常把利用 GPS 和水准测量成果来确定似大地水准面的方法称为 GPS 水准, 为了准确求得 GPS 点的高程值, 一般常采用 GPS 水准测量, 其基本原理是: 在选择布设 GPS 网点时, 根据地形情况, 选取一些分布较适宜, 并有一定密度的公共点。所谓的公共点, 可以是正常高已知的水准点, 也可以是采用水准联测方法获得正常高的点, 再根据公共点的大地高和正常高按图 1 所示求出这些公共点对应的高程异常值, 然后利用这些公共点的高程异常值, 采用一定的方法推求出其他 GPS 点的高程异常值, 从而依次求出所有 GPS 点的正常高。

3 几种常用的拟合方法和数学模型

3.1 平面拟合法

当 GPS 网布设在平原区域内时, 由于平原地区的似大地水准面变化比较平缓, 可以采用平面拟合法求定 GPS 点的正常高。设在 GPS 网中共有 n 个点, 其中有 m 个公共点, 公共点的高程异常值和平面位置坐标分别为 ξ_i, X_i, Y_i , 并设其有以下关系式:

$$\xi_i = a_0 + a_1 X_i + a_2 Y_i \quad (1)$$

式中, $i=1, 2, \dots, m$; a_0, a_1, a_2 为模型参数。其误差方程式为:

$$V = AX + L$$

式中:

$$V = \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_m \end{pmatrix}; A = \begin{pmatrix} 1 & X_1 & Y_1 \\ 1 & X_2 & Y_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & X_m & Y_m \end{pmatrix}; X = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$$

$$L = \begin{pmatrix} -\xi_1 \\ -\xi_2 \\ \vdots \\ -\xi_m \end{pmatrix}$$

按参数平差原理, 可得 $X = -(A^T A)^{-1} \times (A^T L)$, 计算得到了 3 个模型参数 a_0, a_1, a_2 后, 即可根据其他 GPS 点的平面位置坐标并代入 (1) 式拟合其他 GPS 点的高程异常值, 此时 $i=m+1, m+2, \dots, n$ 。最后可确定所有 GPS 点的正常高值。

3.2 加权平均值法拟合

加权平均值法是根据高程异常值连续渐变的性质。假设有一点 A, 其四周有 n 个高程异常为已知点, 各点的高程异常值为 $\xi_i (i=1, 2, \dots, n)$, 则利用加权平均值法计算点的高程异常的数学模型为:

$$\xi = \frac{\sum P_i \xi_i}{\sum P_i} \quad (i=1 \text{ to } n)$$

式中: P_i 为水准重合点 i 的权。

权函数 P 可以有多种表达形式。采用加权均值法推算未知点的高程异常进行 GPS 高程转换时, 必须使水准重合点沿控制网外围均匀分布, 否则不能保证内插点计算结果的可靠性。一般要求一个网中水准重合点的数量要在 10 个左右。

3.3 二次曲面拟合法

当 GPS 网布设在平原与丘陵区域内时, 可以考虑采用二次曲面拟合法来确定 GPS 点的正常

高,其有以下关系式:

$$\hat{g}_i = a_0 + a_1 X_i + a_2 Y_i + a_3 X_i^2 + a_4 Y_i^2 + a_5 X_i Y_i$$

式中, $i=1, 2, \dots, m$; $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ 为 6 个模型参数。为了计算这 6 个模型参数,在 GPS 网中至少应该有 6 个公共点。解算 6 个模型参数和拟合其他 GPS 点的高程异常值的方法与平面拟合法相同,另外,还可以将拟合模型扩展成为三次曲面拟合模型。

4 GPS 水准高程的精度

利用 GPS 水准高程的方法确定 GPS 点的正常高,其精度取决于以下几个方面:

1) GPS 网中公共点的正常高的精度:通常情况下,当要拟合 GPS 点的正常高的精度相当于四等时,公共点正常高的精度应该高于三等的精度,即应该使用三等以上水准点或利用三等以上的精度标准联测公共点。

2) GPS 网中公共点的个数:通常情况下,在 GPS 网中公共点的个数越多越好,即 GPS 网中公共点的个数越多,拟合 GPS 点的正常高精度越高。

3) GPS 网中公共点的分布情况:最理想的是公共点在 GPS 网中分布均匀,在 GPS 网的外围有较多的公共点,而且在 GPS 网的中部也有若干数量的公共点。

5 小结

通过理论的探讨以及实践中反馈的信息,可以得出如下几点结论:

1) 每个测区的地形、地貌不尽相同,在具体作业过程中,可以根据不同的测区,选用合适的拟合模型。

2) 参与拟合的高程已知点越多,最后 GPS 拟合的高程精度越好。

3) 测区内地势越平缓、地形越简单,拟合的精度越好。

4) 联测测区应布设足够的水准点,包含整个测区,且要分布均匀,中间与周围相结合的布设效果较好,布设在测区的一侧精度最低。

参考文献:

- [1] 许绍铨,等.GPS 高程拟合系统研究.武汉测绘科技大学学报,1999.12.
- [2] 沈学标.GPS 水准高程精度的分析.测绘通报,1998.7.
- [3] 魏二虎,等.GPS 测量操作与数据处理.武汉:武汉大学出版社,2004.6.

如何消除和减弱各项影响 GPS 测量精度的误差

刘凤霞

(吉林省基础地理信息中心, 吉林 长春 130051)

摘 要: 本文就 GPS 测量的各项误差来源和对 GPS 测量结果的影响进行了系统的论述, 并对误差进行了分类整理。结合实际对如何消除和减弱各项误差影响进行了系统的论述。

关键词: 误差; 电离层; 对流层; 多路径效应; 相位中心; 星历误差; 钟差

0 引言

GPS 测量是通过地面接收设备接收卫星传送的信息来确定地面点的三维坐标。测量结果的误差主要来源于 GPS 卫星、卫星信号的传播过程和地面接收设备。卫星部分的误差可分为 3 种, 即星历误差、钟误差、相对论效应。信号传播误差分为: 电离层、对流层、多路径效应 3 种。信号接收方面误差可分为: 钟的误差、位置误差、天线相位中心变化误差 3 种。

如按误差性质可把以上误差分为系统误差和偶然误差两类。偶然误差主要包括信号的多路径效应, 系统误差主要包括卫星的星历误差、卫星钟差、接收机钟差以及大气折射的误差等。其中系统误差无论从误差的大小, 还是对定位结果的危害性都比偶然误差要大得多, 它是 GPS 测量的主要误差源。同时系统误差有一定的规律可循, 可采取一定的措施加以消除, 因此本文将系统误差作为重点加以论述。

1 电离层折射误差

1.1 电离层折射误差及其影响

当 GPS 信号通过电离层时, 信号的路径会发生弯曲, 传播速度也会发生变化。所以用信号的传播时间乘上真空中光速而得到的距离就会不等于卫星至接收机的几何距离, 这种偏差叫电离层折射误差。电离层改正数的大小主要决定于电子总量和信号频率。载波相位测量时的电离层折射改正和伪距测量时的改正数大小相同, 符号相反, 对于 GPS 信号来讲, 这种距离改正在天顶方向最大可达 50 m, 在接近地平方向时 (高度角为 20°) 则可达 150 m, 因此必须仔细地加以改正, 否则会严重损害观测值的精度。

1.2 减弱电离层误差影响的措施

1) 利用双频观测。双频观测利用 P_1 和 P_2 码测得两个伪距。就能利用电离层折射和信号频率有关的特性, 从两个伪距观测值中求得电离层折射改正量, 对观测结果进行改正。

2) 利用电离层改正模型加以修正。

3) 利用同步观测值求差。用两台接收机在基线的两端进行同步观测并取其观测量之差, 可以减弱电离层折射的影响。这是因为当两观测站相距不太远时, 由卫星至两观测站电磁波传播路程上的大气状况甚为相似。因此大气状况的系统影响便可通过同步观测量的求差而减弱。这种方法对于短基线 (小于 20 千米) 的效果尤为明显, 这时经电离层折射改正后基线长度的残差一般为 $1 \times 10^{-6} \cdot D$ 。所以在 GPS 测量中, 对于短距离的相对定位, 使用单频接收机也可达到相当高的精度。不过, 随着基线长度的增加, 其精度随之明显降低。