

ISBN7-80670-773-5/TU·19

数字测绘技术 与数字交通建设

周立 高成发 孔毅 主编

ISBN 7-80670-773-5



9 787806 707739 >

西安地图出版社

北京拓普康商贸有限公司赞助

数字测绘技术与数字交通建设

——第二届全国交通工程测量学术研讨会论文选编

主编：周 立 高成发 孔 毅

编辑单位：淮海工学院空间信息科学系
中国测绘学会工程测量分会
江苏省测绘学会
东南大学交通学院

西安地图出版社

内 容 提 要

本书是“第二届全国交通工程测量学术研讨会”论文选编。为促进我国数字交通建设,推进数字化交通工程测量新技术的深入应用、加强交通工程测量领域科技工作者的学术交流。中国测绘学会工程测量分会、江苏省测绘学会、交通部公路科学研究所共同主办该会议。就数字交通工程测量技术;3S技术在交通领域的应用;数字交通建设三大主题进行研讨。

全书精选内容涉及GPS/GALILEO定位技术方法进展、GPS在交通工程中的应用;GPS/GIS/RS/DR在智能交通中的应用;摄影测量与遥感技术在交通工程勘察中的应用;高速公路建设中的施工监测与分析技术;地理信息系统在交通工程中应用;精密交通工程测量技术;最新交通工程测量仪器软件等。基本反映了当前交通工程测量领域最新进展与发展方向。

本书内容广泛、丰富,学术水平较高,收录了武汉大学李德仁院士、北京大学晏磊教授等一批著名专家、学者的论文。适合测绘科技工作者,交通规划管理和建设人员、高等院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字测绘技术与数字交通建设/周立,高成发,孔毅
著. —西安:西安地图出版社,2005.4
ISBN 7-80670-773-5

I.数… II.①周… ②高… ③孔… III. ①全球
定位系统(GPS)—应用—交通工程②地理信息系统—
应用—交通工程 IV.U495

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第035896号

数字测绘技术与数字交通建设

西安地图出版社出版发行

(西安市友谊东路334号 邮政编码:710054)

新华书店经销 南京北极印刷厂印刷

850毫米×1194毫米 1/16开本 19印张 500千字

2005年4月第1版 2005年4月第1次印刷

印数001~500

ISBN7-80670-773-5/TU·19

定价:50.00元

目 录

论空间信息与移动通讯的集成应用	李德仁	李清泉	谢智颖	朱新焰(1)
现代工程测量技术发展与展望				洪立波(7)
机载激光雷达及其应用			陶本藻	陶 闯(10)
大气和内陆水负荷对 GPS 高程影响的研究			徐绍铨	李英冰(14)
对长三角城际交通线路建立无投影变形的统一坐标系的设想	施一民	朱紫阳		范业明(16)
物流地理信息系统研究与应用	邬 伦	周跃勇		林振嘉(20)
交通综合信息平台的设计与实践	晏 磊	彭春华		郑江华(27)
智能路面检测车的研究	李清泉	陈家庆		毛庆洲(32)
城市地下工程测控技术的研究与实践		潘庆林		胡 灿(36)
交通线路安全保障系统数据库设计				李永树(40)
基于 TIN 的道路缓冲表面模型建立及其应用研究	刘学军	曹志冬	王叶飞	汤国安(43)
桥梁挠度变形观测方法的可行性分析与研究		朱小华	胡伍生	马 磊(49)
我国卫星导航应用产业面临的机遇和挑战分析研究				曹 冲(53)
城市交通遥感研究现状与应用展望	戚浩平	王 炜	田庆久	方洪宾(56)
地理信息系统和遥感技术研究现状及最新发展趋势				倪金生(60)
服务于航标遥测监控的电子航道图设计			艾廷华	王 洪(65)
高速公路工程测量中的若干技术问题研究	花向红	王新洲		邹进贵(69)
润扬大桥北汊斜拉桥索道管精密定位测量	岳建平	高永刚		谢 波(72)
沉降观测数据处理一体化专家系统研究	赵显富	孙东敏	孔庆海	赏 刚
特大型桥梁施工测量技术综述	岳建平	高永刚		王 颖(74)
基于 GIS 空间分析的公交线网规划对策论应用模型研究				谢 波(77)
论 GPS 实时动态海道挖深测量技术及误差影响	周 立	陆必庆		周 立(81)
最小二乘配置在基坑位移监测模型误差估计中的应用		李明峰		何学兆(84)
GPS 载波定位中双差观测值权的合理确定	高成发	赵 毅		郑国才(89)
西安—汉中高速公路秦岭隧道遥感地质调绘选线		戴文晗		万德钧(91)
用 GPS 实测更新土地利用图数据实用方法的研究	姜小三	卜兆宏		刘 振(94)
利用高分辨率卫星影像进行大比例尺土地利用变更调查的试验与研究				潘剑君(98)
.....	吕和平	赵荣军	马 刚	邹 旭
用地质三维可视化方法进行高速公路边坡稳定性分析			张建桃	黄东海(105)
GPS 变形监测信息单历元解算的抗差估计方法研究	余学祥	万德均	王 庆	汪云甲(108)
建立公路路产三维 GIS 系统的探讨			徐绍铨	吕伟才(111)
公路测量中 RTK 作业方式的探讨	吴向阳	胡伍生		左小清
				陈家庆(114)
				秦 宁(119)

苏嘉杭高速公路软土地基沉降观测作业方法	汪祖民	吴宪章(122)
应用全站仪对边测量功能进行线路横断面测量的方法和精度	焦明连	(127)
地铁隧道盾构法施工中地面监测技术探讨	高俊强 刘继宝	胡 灿(129)
高等级公路中非完整曲线测设计算探讨	潘国锋 徐江华 丁顺皋 刘 阳 耿 枫	赵 峰(132)
高等级公路沉降分析系统	陈建华	(135)
盾构推进和地表沉降的变化关系研究	高俊强	严伟标(139)
大型斜拉桥主梁施工控制方法分析	黄张裕	冯良平(142)
陕西省交通遥感信息系统开发	魏 清	戴文晗(145)
基于 MapInfo 的城市公交信息查询系统设计与初步实现	徐 艳 姜小三	潘剑君(148)
GPS 在智能交通系统(ITS)中的应用研究	杨久东	吴风华(152)
浅谈山岭公路隧道洞内施工控制测量	田应盛	(154)
市级基础测绘工作方案的拟订与实施	刘 颖	李 政(156)
苏嘉杭高速公路高填路堤土体稳定性分析	汪祖民	吴宪章(159)
浅谈海上大面积道路堆场施工测量方法	纪成林	丁建华(162)
D-InSAR 技术及其在检测地表形变中应用介绍	黄其欢 喻国荣	左常清(164)
GPS 水准网拟合模型的选取及其误差的统计分析	潘国锋	陶本藻(168)
GPS 网平面约束平差的探讨	柯福阳	余学祥(171)
GPS 技术在公路工程中的应用	许旭明 周小祥	夏明忠(174)
基于 3G 技术的小型车辆监控系统中通信网关的设计	张红军	(176)
航道数字地形建模研究	史建清 董春来	安凯胜(179)
高速公路软土地基沉降变形监测分析与预报	汪祖民	张本东(182)
基坑水平位移监测方法分析	吴兴龙	郑加柱(187)
基于全站仪的方向直线交会	吴清海 王继刚	赵宝锋(189)
连云港地区软土路基沉降预测误差的原因与对策研究	董春来 史建清	郭宪利(191)
南京长江第三大桥钢塔柱架设测量	蔡少云	张翠玲(194)
浅谈野外数字化测图在公路桥梁设计中的应用	杨锦荣	(197)
浅析公路勘测定界中各类土地面积的确定	周小祥	(198)
桥梁墩台施工变形观测与分析	刘相法	胡伍生(200)
全站仪用于地形图检查验收的条件	瞿明松	(203)
西气东输工程勘察测量监理	王秀萍 蒋廷臣	王继刚(205)
灰色模型联合小波变换进行变形预测的研究	蒋廷臣 吴清海	王秀萍(207)
应用 GPS-RTK 进行场地土石方工程测量及其计算	武传干	(209)
再谈应用广播星历确定 GPS 卫星的位置	汤均博	(210)
基于 MO 的陕西省公路路况信息服务系统设计与开发	孙美萍	(213)
连云港市公共基础地理空间信息平台建设	朱礼智 陆必庆	高光军(215)
市级基础测绘与土地测绘整合实施的研究	陆必庆	(217)
GPS RTK 技术在泰高路拓宽改造勘测定界中的应用	成秀凤 王富力	刘德广(220)
基于 AutoCAD 的全数字单波束海洋测量和成图一体化系统开发和应用	吴柏宣	(222)

SeaBat 8125 多波束测量系统在长江水下工程中的应用	潘解生 汤小云 吴金才(226)
一种改进的移动定位服务系统	彭 慧 喻国荣(230)
GPS 在通站路控制测量中的应用	成秀凤 王富力(233)
全站仪放样测量的一种技巧	苟浩远(235)
论模糊度搜索	喻国荣 生仁军(236)
GPS 坐标转换	杨新文 喻国荣 生仁军(240)
设备基础的施工安装测量方法	甘子升(242)
Autolisp 在测量绘图中的应用	苟浩远(246)
提高 GPS 基线向量起算点精度方法探讨	于先文 胡伍生(248)
利用星星相对矢量测量值实现卫星自主定轨	生仁军 高成发 丁小松 喻国荣(250)
地铁施工对玄武湖隧道底板沉降影响分析	刘相法 胡伍生(253)
GPS 在 GPS 差分定位系统中的应用	聂达平 朱林峰 刘国辉 周小祥(256)
数码像机摄影人脸三维模型识别方法研究	方子岩 方 健(258)
RTK 技术建立图根控制点高程精度研究	王继刚 焦明连 史建青 于先文 吕秀建(262)
公路地籍调查方法的研究	许桃元(265)
实时确定测点与线路中线相对关系的方法及计算程序	张福荣 焦广彦(267)
RTK 航道疏浚应用及工程坐标转换参数的获取	罗德仁 邹自力 邹正周 汤江龙(270)
南京至常州高速公路 E 级 GPS 控制网	赵 卫(274)
基于过程控制的建设项目工程测量管理信息系统的研制	谢 波(276)
基于 ArcGIS 的农村地籍调查建库平台研究与应用	张光伟 吴 文 王燕萍 徐建新(279)
基于 Oracle9i+ArcSDE 的沿江 GIS 数据库管理子系统的应用	刘伟华 李乃强 杨 洁 薛 炜(281)
粉喷桩的设计及施工	卜 伟(283)
锚杆挡墙处理长江护岸	卜 伟(286)
ADCP 测量中根据部分数据建立流速模型的分析	孙 江 周丰年(289)
多波束测深系统测量误差分析	吴敬文 周丰年(291)
1:1 万数据高程模型(DEM)的生产和质量控制中有关问题的初探	许玉英 宋智丽(295)
交通要素在地图中的表示	刘连喜 孙海萍 林秀玉 徐 俊(296)
《江苏省地图集》普通地理图组设计编制特点	刘连喜 孙海萍 林秀玉(299)
GPS 技术在国家“863”专项镇江市水环境质量改善与生态修复工程中的应用	白见俊 卜 伟 谢运山(301)
高速公路沉降观测常见问题及解决方法	张丰收 朱云飞 陈桂兵(304)
小镇规划管理信息系统(xlpis)建立与应用	罗华禄(307)
EzHydro 3.0 软件在内河航道普查中的应用	徐以盛 罗 林(310)

论空间信息与移动通讯的集成应用

李德仁¹, 李清泉², 谢智颖², 朱新焰¹

(¹ 武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430079;

² 武汉大学 空间信息与网络通信技术研发中心, 湖北 武汉 430079)

摘 要 随着无线传输技术的更新换代和无线互联网技术的不断发展,在需求和技术的双重驱动下,将互联网上的海量信息和强大的应用服务能力扩展到移动终端上,为用户提供随时、随地的信息服务是未来信息服务业的发展趋势。空间信息由于与人们生活紧密联系,移动空间信息服务将在未来信息服务业中占有很大比重。在对空间信息技术与移动通信技术集成的必要性和可行性进行分析的基础上,讨论了技术集成所面临的关键技术,提出了空间信息与移动通讯集成的体系结构,归纳总结了其应用领域和市场前景。

关键词 空间信息 移动通信技术 GIS LBS

1 引言

当今世界,在飞速发展的信息领域,有两支突飞猛进的支柱产业,一是移动通信;二是 Internet。几乎最新的信息、通信、电子、计算机方面一切新技术,无不在这两大支柱产业所吸收和采纳。它们的网络覆盖愈来愈大,主干网、接入网、宽带无线接入和移动无线接入研究的如火如荼,传输速率越来越快,用户终端的体积愈来愈小,设备和服务的价格大幅度下降。英国 ARC 集团预计在未来的 5 年内,互联网用户将超过 10 亿,其中 7.5 亿人将使用移动终端,6.7 亿人使用有线。在我国,有关研究报告预测,东部地区的移动通信市场份额从 2001 年的 57.97% 降至 2005 年的 51.96%,用户净增 8200 万,中部地区的市场份额从 2001 年的 27.01% 增至 2005 年的 30.02%,用户净增 5400 万,西部地区的市场份额从 2001 年的 15.02% 增至 2005 年的 18.02%,用户净增 3400 万^[2]。显然五年后,从世界范围两网用户之和会超过 11 亿,这一个前途美好的巨大市场,令一切运营商、设备制造商、软件开发商、应用服务提供商、内容提供商以异常火热的激情投入进来。

在资源管理、社会经济活动和人们生活中,有 80% 以上的信息属于具有空间位置特性的地理信息。无线移动用户迫切想知道他当时所处环境的信息,比如,“我在哪儿?”“我附近是什么?”,“我怎么能到达目的地?”“我要找的人现在在何处?”等,是任何一个移动用户到一个陌生环境中经常要问的首要问

题。如何提供这类服务,是移动服务提供商要回答的问题,于是 LBS(Location Based Service)和 MLS(Mobile Location Service)应运而生了。LBS 和 MLS 定义了未来空间信息服务和移动定位服务的蓝图,即当用户与现实世界的一个模型交互时,在不同时间、不同地点,这个模型会动态的向不同用户提供不同的信息服务。移动用户与这个模型交互时,用户的视图将随着用户角色和环境的变化而变化。空间信息技术,特别是 GIS、GPS、RS、VR 和计算机图形学方面的发展和集成,有力的拉近空间信息与人们生活的距离,满足空间信息进一步社会化和普及化的需求所需的载体是与移动服务的发展不谋而合的,于是,空间信息技术与移动通信技术的有机结合,将加快空间信息社会化的进程,同时也使 LBS 服务成为有源之水。全球使用位置服务的用户,到 2005 年有望发展到 3.93 亿户,占全球移动用户总数的 54%。从以上预测的数据可以看出,位置服务有着很大的潜在市场。到 2003 年,预计西欧位置服务的销售额将会占到总移动收入的 15%。到 2005 年,移动网络上的位置服务在西欧的收入预计可达 90 亿美元,在美国预计收入可达 65 亿美元。

第二代移动通讯 GSM 网基本上覆盖了全国,目前主要服务项目是话音业务和短消息服务,在 GSM 网的基础上,中国移动正在建设 2.5G 的 GPRS(General Packet Radio Service)网,预计 2002 年,基本上可以覆盖了全国。中国联通也正在建设 2.5G 的 CDMA(码分多址)网,而宽带 CDMA 是未

来第三代移动通讯的首选技术,目前的国际标准有 WCDMA、CDMA2000 和 TD-SCDMA,其中 TD-SCDMA 是我国有自主知识产权的第三代移动通讯标准。第三代移动通信系统一个突出特点就是在未来移动通信系统中实现个人终端用户能够在全球范围内的任何时间、任何地点,与任何人,用任意方式、高质量地完成任何信息之间的移动通信与传输。在 3G 时代,移动终端以车速移动时,其传输数据速率为 144kbps,室外静止或步行时速率为 384kbps,而室内为 2Mbps,这样的速率,基本上可以满足空间信息对移动通讯的要求。使用 GPRS、CDMA 甚至可以在获得第三代许可之前就开始开发高速多媒体业务市场。GPRS 的服务成本很可能随着市场的扩大而迅速下降,GPRS 的数据传输最高理论值可达 171.2kbs,从无线传输上提供了可靠的保障。WAP、I-Mode、SMS 等无线互联接入技术的不断更新和发展,加上近几年在 WebGIS 领域研究的进展,有理由相信为移动终端提供空间信息服务从技术上是可行的。

总之,在需求和技术的双重驱动下,移动通讯与空间信息的集成成为必然,移动空间信息服务将取得突飞猛进的发展。

2 系统集成的关键技术

应当看到,建立一个完整的移动空间信息服务系统将是一个巨大的系统工程,它集成了当前在无线互联和空间信息领域中的大量最新技术,它的研究发展将直接得益于以下这些技术的发展和更新。

2.1 无线接入技术和移动互联网接入技术

借助无线网络技术,我们可以摆脱电缆和网线的约束。无论在何时何地,都可以轻松地接入互联网。无线接入技术可分为两类,一是基于蜂窝的接入技术,如 GSM、CDMA、GPRS、EDGE 等,二是基于局域网的技术,如蓝牙(Bluetooth)技术。GSM 技术是目前个人通信的一种常见技术代表。它用的是窄带 TDMA,允许在一个射频(即“蜂窝”)同时进行 8 组通话。GSM 从 1991 年开始投入使用,到 1997 年底,已经在 100 多个国家运营,成为欧洲和亚洲事实上的标准。GSM 数字网也具有较强的保密性和抗干扰性,音质清晰,通话稳定,并具备容量大,频率资源利用率高,接口开放,功能强大等优点。CDMA 与 GSM 一样,也是属于一种比较成熟的无线通信技术,CDMA 的运作是利用展频(Spread Spectrum)

技术,展频技术的优点在于其隐密性与安全性好。与 TDMA 不同,CDMA 并不给每一个通话者分配一个确定的频率,而是让每一个频道使用所能提供的全部频谱。CDMA 技术是第三代移动通讯的首选技术。CDMA 数字网具有以下几个优势:高效的频带利用率和更大的网络容量、简化网络规模、提高通话质量、增强保密性、提高覆盖特性、延长用户通话时间、软音量和“软”切换,另外 CDMA 手机话音清晰,接近有线电话,信号覆盖好,不易掉话。GPRS 接入技术,相对 GSM 的拨号方式的电路交换数据传送方式,GPRS 是分组交换技术。由于使用了“分组”的技术,用户上网可以免受断线的痛苦。从技术上来说,声音的传送(即通话)继续使用 GSM,而数据的传送便可使用 GPRS,这样的话,就把移动电话的应用提升到一个更高的层次。而且发展 GPRS 技术也十分“经济”,因为只须沿用现有的 GSM 网络来发展即可。GPRS 手机在目前的速率是达到了 115Kbps(此速度是常用 56kmodem 理想速率的两倍)。除了速度上的优势,GPRS 还有“永远在线”的特点,无论在何时,无论在何地,都可以轻松地接入互联网。无线接入技术的不断发展,约束移动空间信息服务的“瓶颈”将逐渐被打开。

将 Internet 上的内容和服务传到移动终端上,目前最流行的有三种方案,它们是 WAP (Wireless Access Protocol),SMS(Short Messaging System),和 i-Mode。SMS 可以存取多个网络系统,如 GSM,CDMA, iDEN 等,SMS 所传的信息受长度的限制,一般不会超过百个字符。WAP 类似 TCP/IP,它以一种标记语言 WML(wireless markup language)处理 WAP 页,还包括用于这种协议的脚本语言 WMLScript。i-Mode 主要被用于日本,在某些方面类似于 WAP,它采用 cHTML (compact Hyper Text Markup Language) 处理页面,采用 PDC-P (Personal Digital Cellular-Packet)在现有的 PDC 网上的传输机制。以上这些标准,还不是通用标准。J2ME 能兼容各种协议并且允许 Java 应用程序直接运行在无线移动设备上,这种 Java 应用程序可以是预置的,也可以是在线下载的。WAP 和 iMode 都能为 J2ME 提供适当的信息来完成它们已提供的服务。

2.2 空间数据管理技术

随着计算机软、硬件技术的高速发展,特别是 Internet 技术的发展,GIS 技术经历了从单机上的

GIS 工程、基于区域网的企业级 GIS 和基于 Internet 网的社会化 GIS 的三个发展阶段,现正在与移动互联网结合,将 GIS 更进一步的推向社会。GIS 技术、移动通讯技术、再加上定位技术(基于基站定位和基于 GPS 定位),很自然地形成了 LBS 技术。移动 Internet 与 GIS 的有机结合,为用户基于位置的信息交换、信息获取、共享和发布提供了便捷、经济的技术途径,从而形成面向手机等便携式信息终端的 GIS 应用方案。针对这一应用需求,各大 GIS 厂商、大型数据库厂商、手机厂商都推出了自己的无线产品和解决方案。其中有 ESRI 公司的 Arc PAD, MapInfo 公司提供的无线空间信息服务解决方案 MLS(Mobile Location Service), Intergraph 公司的 IntelliWhere 无线空间信息服务平台, Sun 公司的 Java Location Service 平台, Oracle 公司的 Mobile Location Services on Oracle8i, 我国许多公司也正着手开发这类技术。同时,三家最大的手机厂商 Nokia、Motorola 和 Ericsson 联合创办了 Lif (Location Interoperability Forum), 旨在促进手机移动定位系统间的互用性, 创建基于位置的全球无线服务。另外,具有 GPS 模块的移动终端设备发展迅速,为移动用户进行实时定位提供了可能。

2.3 数据表达和显示技术

移动终端和移动接入方式的多样性,要求数据要具备可移植性,XML 技术及其方言获得了“可移植数据”的美称,基于 XML 技术进行网上数据传输、交换、表达和表示的研究进行的如火如荼。XML 是一门新兴的面向 Internet 应用的标记语言,是一种元标记语言。XML 具有适于异构应用间的数据共享,可以作为标准交换语言,担负起描述交换数据的作用。XML 作为一种可扩展性标记语言,其自描述性使其非常适合于不同应用间的数据交换,而且这种交换是不以预先规定一组数据结构定义为前提,因此具备很强的开放性和可伸缩性,具有广阔的应用前景。并且随着 Web 应用程序高速的发展,使用应用程序的客户方已很庞大了。经常由于客户程序类型的不同而导致一个应用需有多种版本,这大大增加了开发跨平台应用程序的难度。幸运的是,应用 XML 可很好的解决这一难题。根据 XML 技术将内容与表现形式相分离的技术特性,可以用 XML 来描述内容,而使用 XSL(Extensible Stylesheet Language)和 XSLT(Extensible Stylesheet Language Transformation)来针对不同的客户端提供合

适的表示。XML 具有良好的可扩展性,在地理和制图领域就有 GML(Geography Markup Language)、SVG(Scalable Vector Graphics)和 X3D(Extension 3D)标准和规范。其中 GML 用来传输(transport)和存贮(storage)地理信息,包括空间信息和非空间信息,它侧重于数据内容的描述,而 SVG(Scalable Vector Graphics)、X3D(Extensible 3D)则用来对矢量进行二维、三维显示^[3,4,7,9,10]。

2.4 嵌入式模块技术

在后 PC(Post-PC)时代,嵌入式技术已越来越和人们的生活紧密结合。具有代表性的无线移动终端设备包括:掌上电脑、PDA 和手机等。在这些设备上应用的嵌入式操作系统有多家厂商的产品可以选择,如 Windows CE、Palm OS、EPOC 和嵌入式 Linux 等。而其中嵌入式 Linux 则直接来源于优秀的 Linux 系统,目前已有许多的基于该平台的应用软件可供使用。而它最大的特点就是 Linux 不是某个公司的私有财产,而是一个源代码公开的开放软件。这意味着软件产品的零成本和最大程度的灵活性和安全性。并且 Linux 有一个庞大的支持者群体,这就给 Linux 提供了足够的技术支持保障。因此,嵌入式 Linux 将是未来最有希望的居主流地位的嵌入式操作系统平台。要在如此众多的嵌入式操作系统上开发各种应用程序,其软件开发工具的高效性,易用性,跨平台性和联网特性将是必须要考虑的因素。而 Sun 公司最近推出的针对嵌入式设备的 Java 2 Micro Edition(J2ME)将是满足这些条件的最适合的开发工具。J2ME 除继承了 Java 的基本优点之外,它还针对嵌入式系统的特点,专门进行优化,如预先审核等,这大大加速了嵌入式应用软件的开发,J2ME 已成为目前占主流地位的嵌入式开发工具。

2.5 多源空间数据库及空间数据引擎技术

分布式数据库系统在系统结构上的真正含义是指物理上分布,逻辑上集中的异构数据库结构。由于逻辑上的集中,其物理上的分布对用户来说是透明的。分布式数据库有利于改善性能,可扩充性好,可用性好以及具有自治性等优点。WebGIS 的发展,传统基于文件的空间数据管理模式已经不适应了,于是将空间数据与属性数据集成在商用大型对象关系型数据库中管理是目前 GIS 发展的潮流,各大数据库厂商相继推出了支持空间数据的结构和模块,空间数据引擎是这些概念中最具有代表性的一

个。空间数据引擎在用户和异构空间数据库的数据之间提供了一个开放的接口,它是一种处于应用程序和数据库管理系统之间的中间件技术,空间数据引擎是开放的且基于标准的,这些规范和标准包括 OGC 的 Simple Feature SQL Specification, ISO/IEC 的 SQL3 以及 SQL 多媒体与应用程序包 (SQL/MM) 等。目前市场上三个主要的空间数据引擎产品(即 ESRI 的 Spatial Database Engine, MapInfo 的 SpatialWare 和 Oracle 的 Spatial Data Option)都是与上述规范高度兼容的^[5]。几种常用的分布式计算模型(Microsoft 的 DCOM, OMG (Object Management Group) 的 CORBA, Sun 的 RMI, W3C 的 XMI-RPC)可以很好的融入空间数据引擎中,特别是基于 RMI 的 EJB (Enterprise JavaBean)规范,它是一个组件事务监控器(CTM)的标准服务器端的组件模型,它可以很好的处理分布式事务,在分布式环境下,使得事务的四个特性(ACID)——得到满足。为了实现网上分布式空间数据的共享,研究空间数据引擎是实现跨地域远程数据操作的关键。这方面的研究集中在空间元数据和空间索引的建立上,Metadata 是描述数据的数据,它在空间信息中用于描述空间数据集的内容、质量、表示方式、空间参考、管理方式以及数据集的其它特征,是实现空间信息共享的核心内容之一,国际上制定了一些 Metadata 的标准,比较著名的有 FGDC 的 Metadata 标准、OGC 的 Metadata 标准。由于空间信息的信息量比较大,所以空间信息系统都需要空间索引的支持。不同于基础平台 GIS 软件的索引结构的是,Web GIS 的空间数据既要考虑分布式的多站点 GIS 系统的全局索引结构,还要考虑各站点 GIS 系统本地索引结构。这个索引结构要求采用的算法应满足如下要求:既对不涉及具体空间数据的全局索引结构适用,还对具体的空间数据是可索引的;为便于各种 GIS 搜索算法的优化,必须对两者都是高效的,也必须是动态的,不受具体数据组织形式限制的索引结构。对于空间索引,学者研究得较多,常见的有 BSP 树、K-D-B 树、R 树、R+ 树、CELL 树、四叉树等^[6]。除此之外,简单的网格型的空间索引也有着广泛的应用。如 ESRI 的软件 ArcSDE 就使用了一种改进的网格索引。

2.6 广域差分 GPS 与手机基站定位技术

实现 LBS 和 MLS 技术的一个关键问题是要对移动中的手机或 PDA 进行实时高精度定位。利用

广域差分 GPS 技术可以提供实时米级精度的定位与导航。在闹市区或在室内,考虑到 GPS 天线无法获得 GPS 卫星讯号,可以利用移动通讯基站直接解求手机的位置,目前可达到 100m 左右精度,未来有提高到米级的可能性。这两种定位方法的组合,可以有效地解决移动终端的实时定位问题。

2.7 具有语音识别和合成的智能多媒体技术

基于语音识别、语音合成、快速图像传输的多媒体技术日益成熟,该技术可为 LBS 和 MLS 提供更加人机友好的语音命令界、各式各样的语音提示和对语音输入进行实时识别,该技术与手机、GPS 接收机和 PDA 的集成是一项急待开发的任务。

3 集成系统的体系结构

如图所示,移动空间信息服务系统主要由三个部分组成:客户端部分,服务器部分,数据库部分,分别承载在表示层、中间层和数据层,如图 1 所示。

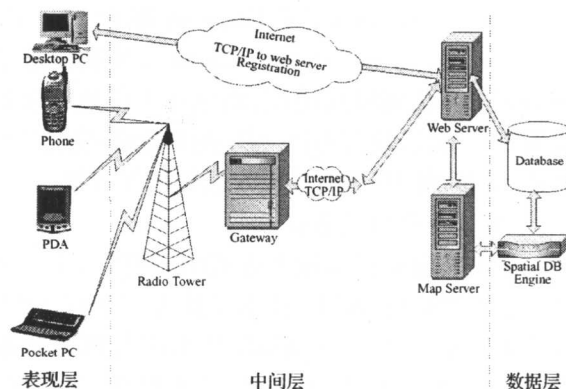


图1 集成系统体系结构

数据层:该层包括存有空间数据和属性数据的大型对象关系型数据库(如 DB2, Oracle, Sybase),包括一些存在文件中的空间信息,其中对象关系型数据库可以是分布式的,还有一空间数据引擎,它是中间层与数据层交互的桥梁和纽带。

中间层:该层包括 Gateway、Web Server、Map Server 等组成部分。网关主要是扩充移动设备的处理能力,把移动终端不能处理的功能放在网关上;Web 服务器主要处理与 HTTP 有关的请求,同时作为 Map Server 的客户,对用户的请求进行转换和打包处理;Map Server 是一专业应用服务器,一方面调用空间数据引擎提供的接口,从空间数据源中取得空间数据,另一方面对空间数据进行转换处理,向 Web Server 提供响应。利用中间层的多层体系结构,结合服务器机群和各服务器提供的线程池机制,

可以很好的处理负载平衡问题。

表现层:该层是客户端的承载层,直接与网关相连,WAP 网关是目前最普遍采用的。WAP 网关由于采用了 WAP 协议,而 WAP 是开发移动网络上类似互联网应用的一系列规范的组合,它的应用能够运行于各种无线承载网络之上,可以最大程度地兼容现有的及未来的移动通信系统,同时 WAP 也独立于无线设备,这就意味着只要支持 WAP 的移动设备,都可以出现在该表示层,作为系统的客户端。在该层也包括 PC 机,这是对无线互连和有线互连作为互连的两种形式在系统中同等对待的结果。

4 集成系统的应用前景

下表摘自^[8],详细归纳总结了个体消费者、企业、政府三个市场行为主体对移动空间信息服务的应用需求,同时也表明了移动空间信息服务的市场前景。

表 1 移动空间信息服务的应用需求

位置信息 类型	消费者	基于位置服务	
		企业	政府
位置	个人位置查询	联系最近专业服务人员 寻找企业位置	位置敏感报告
事件	车抛锚了...需要帮助 医疗急救	本地培训服务 通报警报	本地公众通告 事故报警
分布	在人口稀少地区 购房度假计划	高速增长趋势 销售模式	增长模式 人均绿地面积
资产 监控	私车位置 保险税率最低的地方	派出的维修车 位置 资产状况 评估	清洁车位置 道路维护
定点 服务	当到达目的地时 通知我商店位置	特定类型的顾客 位置 特定对象的广告	经济发展区域 新行政分区
路线	到达路线 最快路线	最好的递送路线 出租车派遣	交通模式 紧急事务派遣
事件发 生环境	最近可见的界标 寻找最近的目标	旅馆附近有什么 寻找离机场最近的出租车	经济合作规划区 城贸易
目录 服务	寻找最近的专家 哪儿能找到需要的商品	特定距离内最好的供应商 最近维修服务点	公众服务 外部采购
交易	如何运费最低 特定区域内购买 寻找建房地地点	低费用分布服务 位置相关的交易 可能的仓储地点	出租车税率 位置 相关征税 新建学校地点
地点	行地点参考	最佳蜂窝基站 位置	环境监测站地点

从表 1 可以看出,位置信息表示了对坐标、地图上某一点、某一个命名的地点有应用的定位需求;事件描述了与时间有关的定位需求;分布表示了与密度、频率、散布面、人口分布、给定范围内的目标与事件等有统计规律的定位需求;资产监控表示了与资产有关的定位需求;路线表示了与导航有关的定位需求;事件发生环境表示了与人、目标、事件有关的地图、图表、三维场景的需求;目录服务提供了与位置有关的分类、通讯录、列表等信息;交易表示了与商品交换、保险、证券、金融服务有关的位置服务需求;地点表示了对某一位置有特殊需求的位置服务需求。这些应用需求,基本上涵盖了个人、企业和政府对与位置有关的信息需求,也是移动空间信息服务系统所要提供的服务种类。同时,也预示着移动空间信息服务的巨大商机。

下面是集成系统的一些典型应用系统:

4.1 物流配送

物流配送的过程是实物的空间位置转移过程,在物流配送过程中,可能要涉及到货物的运输、仓储、装卸、送递等处理环节,对各个环节涉及的问题如运输路线的选择、仓库位置的选择、仓库的容量设置、合理装卸策略、运输车辆的调度和投递路线的选择等进行有效的管理和决策分析将有助于物流配送企业有效地利用现有资源,降低消耗,提高效率。空间信息(主要是 GIS 与 GPS)与移动通讯的集成,可以为物流配送提供空间定位、优化配送路线、监视车辆运行轨迹,追求配送资源的最大利用率。

4.2 公众服务

针对个人,主要是利用 GPS 或手机的基于基站的定位来提供个人定位服务。例如对商务人员而言,可以确定在一个陌生城市中的位置,其商务旅行计划安排的目的地,在当前位置指定范围以内餐馆、旅店的详细情况等诸多有价值的信息。当需要通知别人参加会议时,可以将开会通知附上位置信息或留言,直接发送到对方的手机或 PDA 上。当然,随着人们需求的不同,系统所能提供的个性化服务也将是不同的。在旅行时,可以通过有关的服务中心获得就近的宾馆信息等;可以对需要限制活动范围的移动目标进行定位跟踪监视。在用户许可的情况下,商店、餐馆、娱乐场所等服务性行业的经营者可以在用户到达一定范围内时向用户提供自己的各种服务信息,以短信息的形式通知用户。这既可以极大的方便用户,同时对该行业的发展也将是一个巨

大的促进。

4.3 公安

公安干警可将查询的位置信息在地图中标注出来,手持移动终端设备通过计算将最短的路径信息显示在地图中,用语音向干警提示车辆前行状况。指挥中心将报警信息通过某种通讯方式发送到干警的车载设备上,在地图上显示报警点的位置,干警将非常直观看到事发地点,有效的提高出警的效率。如遇突发事件时干警可通过手持终端设备的无线通讯功能快速查询自己周围的警力状况,并将自己的位置和增援信息通知其他干警。对公用设施可以进行定位跟踪,有效地打击针对盗窃和破坏公用设施的犯罪活动。

4.4 城市数字交通

该系统将采集到的各种道路交通及服务信息经交通管理中心集中处理后,可以传输给交通运输系统的各个用户,包括司机、居民、公安局、停车场、运输公司、医院、救护排障等部门,出行者可以实时选择交通方式和交通路线,交通管理部门可利用它进行交通疏导和事故处理,运输部门可随时掌握车辆的运行情况,进行合理调度,从而使路网上的交通流运行处于最佳状态,最大限度地提高路网的通行能力,提高整个交通运输系统的机动性、安全性和效率。

5 结 论

移动空间信息服务作为一种应用服务,必须承载在一定的载体上才能提供给最终用户,这就注定了空间信息服务必须与电信运营商合作,需要电信运营商、空间信息服务提供商、空间数据生产商等合作共同开发这个市场。日本的 i-Mode 之所以取得成功,除了技术上的原因外,很大一部分是其采用了一个成功的运营策略,即与内容提供商联合,这样可以为移动用户提供比较多的服务类型,从而吸引住了客户。随着与其它服务提供商的合作的深入,电信运营商在价值链上的地位将下降,其收益将向内容提供商、应用服务提供商分流,这将是移动互联服务的一大特点。

无线移动服务与空间信息服务的有机结合,充分利用了无线移动的方便性、灵活性,也体现了大部分信息与位置有关的客观事实。移动互联技术的飞速发展和不断进步,要求移动空间信息服务系统的建立必须结合国内外在无线通讯和空间技术方面的新进展,并且考虑到产业化的要求,大部分技术应采用国际上或国家通用的技术规范 and 标准。系统的建立将进一步推动空间信息的社会化进程,为个人消费者、企业用户和政府部门提供随时随地的基于位置的服务。总之,空间信息移动服务将成为人们日常生活中一种重要的信息服务,并成为未来信息服务业的重要组成部分。它所具有的巨大的商业价值,将日益在各行各业中显现出来。我们相信,在未来 5—10 年内,地理空间信息(Geo-Information)将实现随时(anytime)随地(anywhere)为所有的人(anybody)和事(anything)提供实时服务(4A 服务)。

参考文献

- [1] 李德仁,李清泉.论空间信息技术与通信技术集成[J].武汉大学学报信息科学版,2001,26(1):1—7
- [2] <http://www.chinasxq.net/s.qy/s.qy.wto/200108/24020429.html>
- [3] <http://www.opengis.net/gml/01-029/GML2.html>
- [4] <http://www.w3.org/TR/2001/PR-SVG-20010719/>
- [5] 李满春等.基于空间数据引擎的企业化 GIS 数据组织与处理[J].中国图像图形学报,Vol. 5(A),No. 3:179—185
- [6] 龚健雅.地理信息系统基础[M].北京:科学出版社,2001
- [7] Didier Martin. Professional XML. Wrox Press, 2000
- [8] <http://www.jlocationServices.com/company/ImageMatters/javalocationServices.html>
- [9] Andreas Neumann, Andreas M. Winter. Time for SVG — towards high quality interactive Web-Maps. The 20th ICC, 2001, Beijing
- [10] Lassi Lehto, Tiina Kilpelainen. Generalizing XML-encoded spatial data on the Web. The 20th ICC, 2001, Beijing

现代工程测量技术发展展望

洪立波

(中国测绘学会工测分会, 北京 100038)

摘 要 通过对现代工程测量的定义分析,从工程控制测量向自动化、实时化、智能化方向发展,三维工业测量技术的发展与应用,建筑物和危险地带的变形监测向自动化、实时化方向迈进,测量技术向自动化、多功能化方向发展,城市全球定位综合服务系统技术的兴起,大比例尺测图技术向数字化、信息化方向发展,工程数据库和城市信息系统的建立与应用这几个方面的分析,展望了工程测量技术的发展趋势和特点。

关键词 现代 工程测量 技术趋势 特点

1 前 言

传统的工程测量是为土木工程建设和工业设备安装等施工服务的一门测绘技术,有“施工灵魂”之美称。而当代赋予工程测量则是一个广义概念,是为各类工程、工业以及国防、城市和自然资源开发等建设,提供全过程、全方位测绘保障的测绘学科,是直接为国民经济建设、国防建设和社会发展服务,是各类专业测绘技术综合应用的学科,它已超越了传统工程测量的范畴,在此称它为“现代工程测量”。

工程测量学科有着悠久的历史,特别是改革开放以来,工程测量技术迅猛发展,其原因主要如下:

(1)社会的进步与发展,不断地对工程测量提出新的任务和新的要求,如北京正负电子对撞机、上海磁悬浮铁路、30多公里长杭州湾大桥工程、18公里长秦岭隧道、长江三峡工程、青藏铁路等高精度、高难度、特大型建(构)筑物的工程测量。(2)工程测量的服务范围越来越广,推动了工程测量技术的发展:精密安装、形变监测、三维测量等任务不断增加。(3)科学技术进步,为工程测量提供了新的技术方法和技术设备,促进了工程测量技术的进步。特别是电子计算机、微电子技术、激光技术、空间技术等科技新成就与应用以及测绘学科其它分支的进步。

随着传统测绘技术向数字化测绘技术转换,面向21世纪,我国工程测量技术发展趋势和特点是:(1)测量方案追求科学化、合理化;(2)数据采集和处理趋向自动化、智能化、实时化、数字化;(3)数据管理趋向集成化、标准化、可视化;(4)数据传输与应用呈现网络化、多样化、社会化。(5)GPS技术、RS技

术、GIS技术和数字测绘技术以及先进测量仪器在工程测量中广泛应用,并发挥其主导作用。

2 工程控制测量向自动化、实时化、智能化方向发展

现代空间定位技术特别全球卫星定位技术的发展为工程控制测量提供了一种崭新的技术手段,使工程控制测量发生了革命性变革,改变了传统的平面和高程控制测量分别布设、分别施测、分别处理的状况,确保成果质量的稳定、可靠和作业效率的大幅度提高。美国GPS系统、俄罗斯GLONASS系统、中国“北斗一号”系统以及欧洲Galileo系统等卫星定位系统的出现与发展,都将为空间技术在工程控制测量中应用提供极好的基础。

GPS测量(RTK)技术的应用,为工程控制测量向自动化、实时化方向发展创造良好机遇,同时结合进行大地水准面精化工作,建立三维GPS控制网,为GIS数据快速采集打下基础,将成为工程控制测量技术发展的方向。

几何水准测量是建立高程控制网的经典方法。随着电子测距技术发展,采用电子测距三角高程代替了三、四等水准测量,部份解决建立高程控制网的难题。数字水准仪(如DNA)的问世,实现了几何水准测量中自动安平、自动读数和记录、自动检核等功能,使几何水准测量向自动化、数字化、智能化方向迈进。

全球定位技术、大地水准面精化技术、RTK技术和数字水准测量技术综合应用,将成为快速建立高精度、实时、三维工程控制网的主要技术手段和发

展方向。

3 三维工业测量技术的发展与应用

现代工业生产要求对生产的自动化流程、生产过程控制、产品质量检验与监控等进行快速、高精度的测量、定位,并给出运行轨迹或复杂形体的数字模型等。因此,兴起了三维工业测量技术,它是以电子经纬仪、全站仪、近景摄影仪或激光扫描仪等为传感器,在电子计算机和软件的支持下形成了三维测量系统。三维工业测量系统分为三大类,以电子经纬仪或全站仪为传感器的工业大地测量系统;以近景摄影机为传感器的工业摄影测量系统;以激光扫描仪为传感器的激光扫描测量系统。

工业大地测量系统应用较广,如美国的 AIMSRT 系统三维测量其精度达 0.05mm 要求;瑞士和法国联合研制的 RMS200 系统,在抛物面天线三维测量,抛物面焦距值与设计值之差为 1mm,功效提高 3—4 倍;德国的 IMS 系统,在飞机表面三维测量,位置和高程精度均达到 ± 0.1 mm;瑞士的 SPACE 全自动工业测量系统,望远镜内装微型 CCD 摄影机,能进行数字图像处理,每小时可测 500 点三维坐标,点位精度小于 0.1 mm。武汉大学冯文灏教授等研制的“基于测角仪器的联机工业测量系统”,在大型物体表面三维测量,点位和高程精度达到 0.5mm 以内,解放军信息工程大学测绘学院李广云教授等研制的工业测量系统精度达到 0.5mm。

工业摄影测量系统,通常以近景摄影的方式实现,其优点是通过像片提供大量信息,施测周期短,可在瞬间完成测量全过程,可对动态目标进行测量,可以多重摄影,有多余观测值,精度可靠,最好的相对精度可达百万分之一。在我国也采用此技术进行过大型飞机外型、古建筑、大佛建造、船闸、高炉、流速动态等测量或监测。

激光扫描测量系统,是以激光扫描仪为传感器的三维工业测量系统。激光扫描“点阵”可再现所测物体的三维立体景观,可直接用于点对点的量测,利用拟合软件,点阵可转换成三维模型、二维平面图、等高线图或断面图等,也可以同时用于 CAD 及相关应用。如瑞士研制 CyraX 激光扫描仪,具有扫描范围大、速度快、分辨率高、建模快、拼接好的特点。激光扫描仪的问世,使三维工业测量系统进一步向自动化、智能化、多用途方向发展。

由武汉大学冯文灏教授编著、新近出版的《工业

测量》一书,全面概述了工业测量的原理、技术发展与应用,必将有利于推动和促进我国工业测量的发展与进步。

4 建筑物和危险地带的变形监测向自动化、实时化方向迈进

自然界发生的大量事故和灾难表明,风险总是和大型建筑物(如大坝、隧道、桥梁、高层建筑物等)或自然现象(火山、滑坡、沉陷等)息息相关。因此,实施监测和变形分析是一项最具挑战性的精细工作。随着国民经济建设的飞速发展以及改造自然的加速,变形监测越来越重要。新型专用监测仪器、现代大地测量仪器和空间定位技术等都广泛地应用变形监测,可实现连续、动态和实时的自动化监测。如 TCA2003+InspectorV2.0 自动变形监测系统,就是利用测量机器人加监测软件以及分析处理软件组成的,具有自动照准、自动观测、自动记录、自动测站平差、自动生成各点位变化的图形图表,并生成数据库,用于大坝、电站等水利工程监测;TCA2000+有线传输+变形监测机载软件+数据分析软件组成的大桥变形监测系统;高精度静态和动态 GPS 技术应用于大坝、大桥、高层建筑物、地震、滑坡等监测,其精度可达毫米或厘米级。武汉大学测绘学院潘正风教授等研制的新型数字式遥测垂线仪和引张线仪用于大坝自动监测。监测技术向自动化、实时化迈进。

5 施工测量技术向自动化、多功能化方向发展

随着大型工程建设(如大型桥梁、高速公路、铁路、大型隧道、大型体育设施、大型建筑物等)的不断增加,同时由于建设工地的复杂性、建筑设施结构的多样性、工期的紧迫性等因素的影响,因此,施工建设中快速、准确、有效的空间放样测设已成为重要的技术关键之一。要求施工测量技术不断提高,以适应需要。智能化全站仪的出现,它所具有自动跟踪和照准功能,为施工测量技术向自动化、多功能化创造美好的发展前景。如徕卡公司 TPS400 全站仪,具有测量放样、导线测量、悬高测量、对边测量、道路放样、面积测量、高程传递等多功能;又如隧道自动测量系统(DT300/400/700/1100),一个人、一台仪器即可在隧道中完成断面测量、炮孔测设、围岩收敛测量等工作,近期北方交大也研制出类似测量系统;道路测设自动放样系统徕卡公司(TPS1100),单台

仪器可完成导线测量、断面测量、任意中桩、边桩放样等。上述表明施工测量技术向自动化、多功能化方向发展。

6 城市全球定位综合服务系统技术的兴起

随着科学技术与社会经济的飞速发展,信息化时代已经到来。空间数据基础设施(SDI)是支撑并形成信息化社会的一个必备的基础设施。一个开放性的空间数据基础设施所要解决的主要问题和具备的基本功能就是实时地为所有的用户提供精确可靠的时间和空间信息。连续运行的卫星定位参考站网综合服务系统就是当代最为有效的空间数据基础设施之一。利用全球卫星定位技术在一定地域建立若干永久性、连续性卫星跟踪站(或基准站),及相应实时播发站组成,用户通过各种数据通信手段,结合自身的卫星跟踪观测数据,实时地获得带有时间标志的位置信息,用于实时精密导航、高精度快速实时定位、三维放样和各类变形监测。从而为城市规划、施工建设、国土与地籍管理、基础测绘、环境监测、灾害预测、天气预报、交通监管、精细农业等服务,将为城市信息化提供了一个强有力的基础设施和物质保障。为“数字城市”提供重要技术支撑,这是城市全球定位综合服务系统技术兴起与发展的必然的趋势。在跨入新世纪以来,香港、深圳、上海、北京等城市都先后斥巨资,开始建设城市多用途空间信息服务参考网系统。

香港卫星定位参考站网由 12 个连续运行参考站组成,分两期建设,分别在 2001、2002 年完成,用户在 10km 半径内能找到至少 2 个参考站供测量使用。

深圳市连续运行卫星定位服务系统由 10 个 GPS 卫星连续观测跟踪站组成,一期工程完成 5 个跟踪站建设,现在进入试用阶段。

上海市 GPS 综合应用网由 14 个 GPS 基准站组成,形成以上海为中心覆盖整个长江三角洲地区的 GPS 气象服务网,已基本建成、正在试运行中。

北京市全球卫星定位综合服务系统,将由 28 个 GPS 卫星连续跟踪站组成,2003 年初已启动,一期为试验工程,在规划市区内建立 5 个跟踪站,已初步建成,正转入数据采集处理和应用试用期,然后再逐步扩大。在我国的一些直辖市和中心城市也都在积极酝酿建立城市全球定位综合服务系统。

7 大比例尺测图技术向数字化、信息化方向发展

全站仪的问世是现代地面测量技术发展的里程碑之一,推动了传统地形图测绘技术向数字测图技术转换。应用数字测图技术测绘数字线划图(DLG),并根据需要生成数字高程模型(DEM)。利用遥感影像,采用全数字摄影测量技术,测绘大比例尺地形图,可生成 DLG、DOM、DEM 图及三维景观模型,为各种工程或城市建设提供高质量、多形式的空间基础信息支持。但是一些数字测图软件系统由于存在:图层分配不标准、地物编码不统一、地形地物绘制方法不规范、属性数据不包含在图形数据中等问题,给图形进入 GIS 造成麻烦和困难,成为建立 GIS 的瓶颈。近年来广州开思测绘软件公司开发的 SCSG2000 数字测图系统和山东正元地理信息公司开发 Zydms 数字测图系统,基本解决了上述问题,满足了大比例尺测图的数据采集的作业习惯,而且在实现数据采集自动化的基础上可方便的进行 GIS 数据交换,使野外数字测图系统成为 GIS 系统的一个前端子系统。标志着大比例尺测绘技术向数字化、信息化方向发展。

数字航空摄影技术(DMC)的应用,以高分辨率、高清晰度和可处理大数据量的数字航空摄影机代替了传统航空摄像机,为城市大比例尺航摄测图和地形图数字化、信息化提供了新的技术手段。

激光扫描技术(LIDAR)可直接获取大比例尺数字高程模型(DEM),为城市规划建设和工程建设提供更加直观、真实的三维立体影像图,使城市规划设计更加方便、快捷。

DMC 和 LIDAR 技术的应用已经基本成熟,我国有关部门已引进上述两种技术设备,北京、南京、天津等城市测绘单位正投入实验与应用。

利用轻型飞机、气球、气艇和无人驾驶机作业为平台,低空遥感飞行,具有经济、灵活、方便、适应性强的特点,加上采用 DMC 和 LIDAR 技术的应用,将为城市与工程测量数字化成图开辟新的途径。

8 工程数据库和城市信息系统的建立与应用

随着工程测量数据采集和数据处理逐步自动化、数字化、信息化、测量工作者如何更好地使用和

(下转第 13 页)

机载激光雷达及其应用

陶本藻¹, 陶 闯²

(¹ 武汉大学 测绘学院 地球空间环境与大地测量教育部重点实验室, 湖北 武汉 430079;

² York university Geospatial Information and Communication Technology Lab. Canada)

摘 要 机载激光雷达(LIDAR)是一个集现代三种尖端技术于一身的空间测量系统。它又分为目前日臻成熟的用于获得地面数字高程模型(DEM)的地形 LIDAR 系统和已经成熟应用的用于获得水下 DEM 的水文 LIDAR 系统,这两种系统的共同特点都是利用激光进行探测和测量,这也正是 LIDAR 一词的英文原译,即:Light Detection And Ranging-LIDAR。本文首先简介了 LIDAR 系统的构成,系统的基本特性与精度,进而概述了由 LIDAR 生成的数字产品及与 GIS 的结合能力,最后通过应用举例,说明 LIDAR 系统的优势,和其对传统测量技术缺憾的弥补。

1 LIDAR 概述

随着空间数据应用领域的不断扩大,对获取准确可靠空间数据的要求也越来越高。机载激光雷达“LIDAR”作为一种经济可靠的技术也已成功使用。

LIDAR 是一种集激光,全球定位系统(GPS)和惯性导航系统(INS)三种技术与一身的系统,用于获得数据并生成精确的 DEM。这三种技术的结合,可以高度准确地定位激光束打在物体上的光斑。

激光具有非常精确的测距能力,其测距精度可达几个厘米,而 LIDAR 系统的精确度除了激光本身因素外,还取决于激光、GPS 及惯性测量单元(IMU)三者同步等内在因素。随着商用 GPS 及 IMU 的发展,通过 LIDAR 从移动平台上(如在飞机上)获得高精度的数据已经成为可能并被广泛应用。

LIDAR 系统包括一个单束窄带激光器和一个接收系统。激光器产生并发射一束光脉冲,打在物体上并反射回来,最终被接收器所接收。接收器准确地测量光脉冲从发射到被反射回来的传播时间。因为光脉冲以光速传播,所以接收器总会在下一个脉冲发出之前收到前一个被反射回的脉冲。鉴于光速是已知的,传播时间即可被转换为对距离的测量。结合激光器的高度,激光扫描角度,从 GPS 得到的激光器的位置和从 INS 得到的激光发射方向,就可以准确地计算出第一个地面光斑的坐标 X,Y,Z。激光束发射的频率可以从每秒几个脉冲。例如,一

个频率为每秒一万次脉冲的系统,接收器将会在一分钟内记录六十万个点。一般而言,LIDAR 系统的地面光斑间距在 2—4m 不等。

有些 LIDAR 系统能记录同一脉冲的多次反射。例如,光束可能先打在树冠的顶端,其中的一部继续向下打在更多的树叶或枝干上,有些甚至打在地面上被返回,这样就会有一组多次返回的具有 X,Y,Z 坐标的点记录。这个技术不仅可以用于获取地面高程,还可以同时获取树木及建筑物的高度等。

鉴于地形地物的不同,激光束的反射特性也不同,例如用于地形测量的激光将不能穿透水面,并且只能记录很少的有关水面的数据。如需要记录海底地形,则应使用不同类型的 LIDAR 技术。

一般,LIDAR 具有如下特性:能够迅速提供密集的点阵数据,能够穿透植被的叶冠;可同时查测量地面和非地面层;24 小时全天候工作,不需要或很少需要进入测量现场等。

2 水文机载激光雷达与地形机载激光雷达

与上面所讲的地形机载激光雷达相比,水文机载激光雷达的使用要早的多。机载 LIDAR 的水文测量是从六十年代中期发展起来的。如今主要有六种系统,其中最先进可靠的一种叫做扫描水文机载激光雷达测量(SHOALS)系统。它是一种多用途的水文 LIDAR 系统,就目前所知,全球只有美国军事工程公司拥有一套运营的 SHOALS 系统。

SHOALS 系统与地形 LIDAR 有几个基本的

不同,首要区别在于大多数地形 LIDAR 系统只用单光源(多采用近红外光束)测量物体,而 SHOALS 系统则用了两种不同波长的激光束对水底进行测量。SHOALS 在采用红光(或红外光)测量水面的同时,用蓝绿光穿透水面测量水底。水文 LIDAR 同时发射两束不同波长的激光脉冲射向水面,红光在水面就被反射回,而蓝绿光在穿透水层底后被海底反射回,这两个光束的接收时间差即为水深的 2 倍。第二个区别是激光束发射频率的不同。地形 LIDAR 一般为 30,000Hz 以上,而 SHOALS 系统的频率相当低,多为 400Hz。最后一个区别在于两个系统完全不同的能量要求。地形 LIDAR 系统可以在小型飞机或直升飞机上操作,而 SHOALS 系统则需要稍大型的飞机提供更多的能量。这是因为 SHOALS 系统需要高能量的激光束穿透水层以测量水底。

通常,水文 LIDAR 所能测量的海水深度为 50m,此一深度随水质清晰度的不同而变化。因此可探深度对 SHOALS 系统而言是其水下应用的一个重要限制因素。

3 精度

影响 LIDAR 系统精度的因素有很多,内在因素来自于系统的主要组成部分:GPS,惯性测量单元(IMU)和激光器内在精度等。大多数内在因素是已知的并可预测的。外在因素包括:飞行计划,飞行条件,大气环境的影响,地形的起伏以及植被的覆盖等等。经验丰富,的 LIDAR 从业者在制定计划和项目实施时都会仔细评估各种因素,同时会与代理公司合作在测量地区内取得足够的地面测量检验信息(真实点),用以建立一套完善的质量控制计划。

因为由 GPS,IMU 及激光器产生的误差是可测知的。所以可以认为 LIDAR 所获得的点集(X,Y,Z)是一个描述地形和植被覆盖情况的函数。在理想的点阵密度下,反射点的精度就是 DEM 精度。

以下是不同地形和植被情况下所能达到的点的精度(指置信度为 95%下的 2 倍标准差):

0.15m,硬土及开放地形;0.25m,软土/有植被覆盖的地形(平坦到有起伏的地形);0.30~0.50m,软土/有植被覆盖的地形(丘陵地形)。

绝对水平精度:0.50~0.75m,大多数地形,但不包括多山丘地形(与飞行高度及地面光斑有关)。

在高密度的植被地区,如次生林或热带雨林,随着穿透叶冠的落地点的减少,最终的 DEM 的精度降低。此种情况下,一般会进行更精细的测量以保证生成可靠的 DEM。

对于 SHOALS 系统,其精度为:绝对垂直度精度:0.15m(与水的浑浊情况有关)。绝对水平精度:3.0~15m。

相反地,通过分析返回信号及不同深度反射因子的变化,可以测量出水的浑浊度。

4 LIDAR 数据产品与 GIS

LIDAR 数据的一个本质特征是,它在获取,处理及发送中都为数字格式。这使得 LIDAR 数据易于生成能满足各种需求的数字产品,其最简单的数据格式为包涵 X,Y,Z 坐标数据的 ASCII 文件。这些坐标数据反映了由 LIDAR 收集的地面上的三维信息包括地表,建筑物,树或任何反射物。

具有 X,Y,Z 的 ASCII 文件可输入到各种软件,以制作丰富并有价值的产品,特别是输入到 GIS 软件中,可制作成栅格 DEM,并进一步生成逼真的地形阴影模型。用同一个 DEM,通过与传统航空照片或数字照相的结合,还可生成正射地图(即数字正射影像)。

LIDAR 还适用于非传统的三维产品。现在 PC 机中的一些软件可将正射地图及 DEM 制作成模拟剪辑,这些剪辑可以描绘出道路,河流,市中心或丛林视觉观感效果。更近一步,电脑还可以动态模拟出三维的飞行远景景观。

由于 LIDAR 数据可以被绝大多数 GIS 软件输入和输出,因此它也支持多数的栅格和矢量数据格式。对于 GIS,CAD 或其他软件而言,操作 LIDAR 数据的主要障碍是,它们不能在同一时间内处理太多的 LIDAR 数据点。考虑到同典型的地形和水文 LIDAR 数据都要覆盖几百 km²,每平方公里内包涵几百万个点,因此这一障碍形成了 LIDAR 数据处理的瓶颈,不过随着计算机软硬件向更快及处理能力更强的方向发展,此一瓶颈将最终被解决。

通常 LIDAR 数据的处理过程如下,随着飞机的飞行,数据被传回到一个基地站。在那里,记录的数