

中国测绘学科发展蓝皮书

(2008 卷)

中国测绘学会 编

测绘出版社

中国测绘学科发展蓝皮书

(2008 卷)

中国测绘学会 编

测绘出版社

· 北 京 ·

©中国测绘学会 2008

图书在版编目(CIP)数据

中国测绘学科发展蓝皮书. 2008 卷/中国测绘学会编.
北京:测绘出版社, 2008. 11

ISBN 978-7-5030-1884-8

I. 中… II. 中… III. 测绘学—进展—中国—2008
IV. P2—12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 163673 号

责任编辑 徐建春

封面设计 赵培璧

出版发行 测绘出版社

社 址 北京西城区复外三里河路 50 号

电 话 010-68512386 68531558

印 刷 北京天顺鸿彩印有限公司

成品规格 210mm×297mm

字 数 495 千字

版 次 2008 年 11 月第 1 版

印 数 0001—1200

邮政编码 100045

网 址 www.sinomaps.com

经 销 新华书店

印 张 16.5

印 次 2008 年 11 月第 1 次印刷

定 价 42.00 元

书 号 ISBN 978-7-5030-1884-8/P·498

如有印装质量问题, 请与我社发行部联系

中国测绘学科发展蓝皮书

(2008 卷) 编辑委员会

- 主 编：杨 凯 中国测绘学会理事长
- 副 主 编：宁津生 中国测绘学会教育工作委员会主任（院士）
- 陈俊勇 中国测绘学会《测绘学报》编委会主任（院士）
- 胥燕婴 中国测绘学会常务理事（国家测绘局国土测绘司司长）
- 赵晓明 中国测绘学会副理事长（中国地图出版社社长）
- 易杰军 中国测绘学会专职副秘书长兼咨询工作委员会主任
- 编 委：李德仁 中国测绘学会副理事长（院士）
- 高 俊 中国测绘学会荣誉会员（院士）
- 刘先林 中国测绘学会荣誉会员（院士）
- 王家耀 中国测绘学会地图学与 GIS 专业委员会主任（院士）
- 洪立波 中国测绘学会副秘书长兼工程测量分会主任
- 程鹏飞 中国测绘学会大地测量专业委员会主任
- 万幼川 中国测绘学会摄影测量与遥感专业委员会主任
- 翟国君 中国测绘学会海洋测绘专业委员会副主任
- 汪云甲 中国测绘学会矿山测量专业委员会主任
- 刘天奎 中国测绘学会地籍与房产测量专业委员会主任
- 何平安 中国测绘学会测绘仪器专业委员会主任
- 林宗坚 中国测绘学会科技信息网分会主任
- 王 倩 中国测绘学会副秘书长

组稿编辑：易杰军 苏文英

责任编辑：徐建春

前言

为贯彻科教兴国战略和可持续发展战略，促进学科发展和学术繁荣，中国科协自 2002 年起每年组织编写一本反映上一年度学科发展基本情况的文献资料性大型工具书——学科发展蓝皮书。中国测绘学会作为中国科协的组成部分，始终参与了这项工作并承担有关测绘内容的组织编写，以体现测绘学科在整个科学丛林中的一席之地。与此同时，本会按照中国科协对组织编写学科发展蓝皮书的统一要求，并结合我国测绘学科的特点和发展需要，从 2002 年起按年度连续编印了《中国测绘学科发展蓝皮书》，共分测绘综述篇、学科专业篇、科技成果篇、学报分析篇、国际交流篇、学会记事篇等 6 个部分汇编有关内容，在中国地图出版社（测绘出版社）的大力支持下予以公开出版发行。

自 2006 年开始，中国科协决定将其《学科发展蓝皮书》的编制工作，拓展为专项开展“学科发展进展研究与发布活动”，并定期（隔年）编辑发布由各学科报告集成的《学科发展研究报告》。中国测绘学会被中国科协选中作为首批参与此项研究和发布活动的 30 个学会之一，并负责编写其中的《测绘学科发展研究报告》。鉴于此，本会决定仍继续编制出版《中国测绘学科发展蓝皮书》，但将蓝皮书中的学科进展与展望有关内容与我学会向中国科协提供的《测绘学科发展研究报告》中的相应内容一致起来，既保持连续性，又具有同一性。在本卷蓝皮书中，为了及时反映今年在中国北京首次举办的第 21 届国际摄影测量与遥感的盛况及学术动向，专门增设了“ISPRS 大会学术动态”专栏。

《中国测绘学科发展蓝皮书》的编写宗旨是以科技“创新”思维为基础，以年度实际完成的重大科技成果为依据，总结各个学科发展的基本情况，实事求是地客观地反映学科发展中具有影响作用的新增长点，展示学科进展的阶段性动态趋势，向各级领导及广大科技工作者提供学科发展动态和国内外科技进展方面的文献资料，促进学科发展、人才成长和科技进步。

我们热诚欢迎全国测绘科技工作者能者自荐，向中国测绘学会秘书处提供有关信息和资料，并就如何编好本书的续集提出宝贵意见和建议。本蓝皮书的编写将更进一步突出学者和专家的优势作用，坚持科学与求实的原则，使本书更加具有参考依据和权威性。

杨 凯

2008 年 10 月

目 录

A 学科进展与展望

大地测量学科进展与展望	中国测绘学会大地测量专业委员会 (3)
摄影测量与遥感学科进展与展望	中国测绘学会摄影测量与遥感专业委员会 (6)
地图制图学与地理信息工程学科进展与展望	中国测绘学会地图学与 GIS 专业委员会 (13)
工程测量学科进展与展望	中国测绘学会工程测量分会 (20)
海洋测绘学科进展与展望	中国测绘学会海洋测绘专业委员会 (30)

B ISPRS 大会学术动态

第 21 届国际摄影测量与遥感大会中国代表团总结报告	杨凯 等 (39)
影像数据获取——传感器与平台的发展现状与趋势	张永军 等 (62)
时空数据处理和信息的理论与概念	刘耀林 (66)
摄影测量视觉与影像分析研究进展	张力 等 (69)
空间数据库与数字制图的发展现状与趋势	龚健雅 等 (74)
近景遥感分析与应用的发展现状与趋势	朱庆 等 (78)
摄影测量与遥感教育和普及的现状	李志林 (86)
遥感数据专题、处理分析、建模的发展现状与趋势	张继贤 等 (90)
“遥感应用及政策”评述	谭炳香 (93)

C 科技创新基地

测绘遥感信息工程国家重点实验室	(99)
地球空间环境与大地测量教育部重点实验室	(103)
地理空间信息工程国家测绘局重点实验室	(107)
对地观测技术国家测绘局重点实验室	(111)

D 科技成果介绍

固体地球潮汐理论和地球动力学应用研究

..... 中国科学院测量与地球物理研究所 (121)

我国 1 厘米精度城市大地水准面及高精度三维大地测量基准研究 ... 武汉大学等 (123)

卫星导航电子地图高技术产业化示范工程

..... 北京四维图新科技股份有限公司 (125)

自主产权超轻型飞机低空数码遥感系统研制与应用 中国测绘科学研究院等 (128)

国家基础航空摄影设计与管理业务系统建设 国家基础地理信息中心 (132)

低空数字测绘航空摄影系统 河北省第二测绘院 (134)

测绘发展规划编制研究 国家测绘局测绘发展研究中心 (137)

江苏省连续运行卫星定位参考站综合服务系统研究与建立 江苏省测绘局等 (139)

特大桥钢索塔建造中精密测控技术的研究与应用 河海大学 (142)

移动通信网络建设地理信息服务与应用技术研发 国家基础地理信息中心 (147)

基于地学特征的水下辅助导航系统理论与匹配算法仿真研究 北京大学等 (151)

沿岸海道测量机动作业系统 海军海洋测绘研究所 (155)

广西现代空间定位基准的建立及似大地水准面的确定

..... 广西壮族自治区测绘局等 (158)

“863”磁浮重大专项试验线工程测量 上海市测绘院 (160)

国家大剧院施工测量 北京城建勘测设计研究院有限责任公司 (163)

广州市“数字市政”空间基础地理信息平台的建设

..... 广州市城市规划勘测设计研究院 (166)

大同矿区航空摄影测量工程 煤航(集团)实业发展有限公司 (170)

数字平顶山地理空间数据源基础测绘 河南省测绘工程院 (174)

北京城市系列比例尺数字地形图测绘工程 北京市测绘设计研究院 (176)

国家基础地理信息系统 1:50 000 地形数据库建库工程

..... 国家基础地理信息中心等 (179)

深圳市数字化城市管理信息系统信息普查 深圳市勘察测绘院有限公司 (183)

2007 年测绘科技进步奖目录	中国测绘学会奖励工作办公室 (186)
2007 年优秀测绘工程奖目录	中国测绘学会奖励工作办公室 (191)

E 期刊论文综述

《测绘学报》2007 年度论文分析	《测绘学报》编辑部 (199)
《武汉大学学报·信息科学版》2007 年论文综述	《武汉大学学报·信息科学版》编辑部 (204)
《测绘科学技术学报》2007 年论文概述	《测绘科学技术学报》编辑部 (207)
《测绘科学》2007 年论文综述	《测绘科学》编辑部 (210)
《测绘科学与工程》2007 年论文综述	《测绘科学与工程》编辑部 (212)
《大地测量与地球动力学》2007 年论文概述	《大地测量与地球动力学》编辑部 (215)
《测绘通报》2007 年论文要览	《测绘通报》编辑部 (218)
《海洋测绘》2007 年论文综述	《海洋测绘》编辑部 (222)
《测绘工程》2007 年论文综述	《测绘工程》编辑部 (225)

F 学会活动记事

中国测绘学会	(231)
北京测绘学会	(234)
天津市测绘学会	(236)
河北省测绘学会	(238)
内蒙古测绘学会	(239)
辽宁省测绘学会	(240)
吉林省测绘学会	(240)
黑龙江省测绘学会	(241)
上海市测绘学会	(241)
浙江省测绘学会	(242)
福建省测绘学会	(243)

山东省测绘学会	(243)
河南省测绘学会	(244)
湖北省测绘学会	(245)
广东省测绘学会	(246)
广西测绘学会	(246)
海南省测绘学会	(248)
贵州省测绘学会	(249)
四川省测绘学会	(249)
西藏测绘学会	(250)
陕西省测绘学会	(251)
新疆测绘学会	(252)
深圳市测绘学会	(253)
宁波市测绘学会	(254)



学科进展与展望

大地测量学科进展与展望

中国测绘学会大地测量专业委员会

大地测量学是地学领域中的基础性学科,是为人类的活动提供地球空间信息的学科。随着国家科技进步和社会经济发展,大地测量学科在 2008 年的主要进展中,重点体现在大地基准现代化、导航定位以及灾害预报监测等三项测绘科技发展的核心技术上。

一、2000 国家大地坐标系的启用和更新

近年来我国的现代测绘基准体系建设取得了重要进展,我国新一代大地坐标系的启用经过两年的努力已进入实质性阶段。考虑到我国在 20 世纪 90 年代建立了 2000 国家 GPS 大地控制网,同时借鉴国际地心坐标系统的定义,我国地心坐标系的名称为“2000 国家大地坐标系”(简称为 CGS 2000,即 China Geodetic System 2000)。我国先前利用空间观测技术,建成了 2000 国家 GPS 大地控制网,并完成了该网与全国天文大地网的联合平差工作,使 2000 国家大地坐标系(即 CGCS 2000)不仅有明确的定义,而且具有高精度的参考框架。现在我国正在由参心坐标系向地心坐标系转化。

2007 年及 2008 年工作的着重点主要是解决采用新的坐标系后大量测绘产品的坐标转换问题、现有 2000 国家大地坐标系参考框架如何得到及时有效的加密和更新,同时还需考虑今后如何维护国家的大地坐标系。

根据《中华人民共和国测绘法》,国家测绘局提议并经国务院批准,我国自 2008 年 7 月 1 日起启用 2000 国家大地坐标系。并已于 6 月 18 日发布公告。

国家测绘局在公告中提供了新坐标系的技术参数。并规定 2000 国家大地坐标系与现行国家大地坐标系转换、衔接的过渡期为 8~10 年。现有各类测绘成果,在过渡期内可沿用现行国家大地坐标系;2008 年 7 月 1 日后新生产的各类测绘成果应采用 2000 国家大地坐标系。现有地理信息系统,在过渡期内应逐步转换到 2000 国家大地坐标系;2008 年 7 月 1 日后新建设的地理信息系统应采用 2000 国家大地坐标系。

更新一个国家的坐标系统是一项非常复杂的问题,它涉及点位新坐标的获取,与地理信息有关的图件资料的更改等问题。大地坐标系的改变必将引起地形图要素产生位置变化或产生变形。若图上要素的变化量大于人眼的分辨率,则必须考虑旧地形图的改正,为此,陈俊勇、魏子卿以及中国测绘科学研究院相关人员对大地坐标系的更新对地形图的影响都进行了详细研究。

为了在我国采用地心坐标系,2007 年中国测绘科学研究院主要针对我国参心系下的测绘产品转换及应用做了一些先期研究工作:针对 1:5 万基础测绘产品分析了不同坐标系间椭球体的变更在不同区域、不同图幅、同一图幅的不同位置上产生的点位坐标变化量,鉴于其不平衡性相差很小,故对于 1:5 万以至 1:1 万地形图数据精度而言,其图廓边长、图幅内不同点间的相对距离在数据转换后仍保持不变;就我国现行坐标系而言,由于局部坐标系的原点偏离地心较大(接近 200m),则采用 2000 国家大地坐标系后,无论是 1954 年北京坐标系还是 1980 西安坐标系的地形图均须作必要的改正。

二、卫星定位的发展应用

连续运行参考站网络系统是在一定范围内建立若干个连续运行的永久性基准站,通过网络互联,构成网络化的 GNSS 综合服务系统,不仅可以向各级测绘部门提供高精度、连续的空间基准,并可

向导航、时间、灾害防治等部门提供各种数据服务,同时可为社会各行业——诸如城市建设、工程施工、交通管理、气象、地震、环境、抢险救灾等提供迅速、可靠、有效的信息服务,满足基础测绘、交通运输管理、环保监测、滑坡监测、建筑物沉降变形监测、移动目标的监控、地理信息更新和国土资源调查、地质灾害预报、气象预报等信息需求。因此近年来我国一些部门、地区纷纷建设参考站网,尤其是我国的城市化进程正处于一个高速增长时期,城市规模的不断扩大,要求城市的功能也更加完备,这不仅需要有良好的硬件设施,更需要科学的管理手段,连续运行基准站网络系统的建设则是实现这一目标的手段。

2006 年由中国地震局、总参测绘局、中国科学院、国家测绘局、中国气象局和教育部等六部委联合向国家发改委申请的“中国大陆环境构造监测网络”项目获准通过,该项目将在全国建立 260 个 GNSS 连续运行参考站,也将形成全国最大的连续运行参考网系统。目前基本建设工作已经开展,计划在 2008 年年底完成 260 个基准站的建设和区域网建设。目前许多地方和部门同样在建设连续运行参考(基准)站。

GALILEO 系统方面,2008 年 4 月 23 日,欧洲召开议会,通过了欧洲伽利略全球卫星导航系统的最终部署方案,标志着为期 6 年的伽利略计划基础设施建设阶段正式启动。按最终部署方案,“伽利略计划”将分两个阶段实施,即 2008 年至 2013 年的建设阶段和 2013 年之后的正式运行阶段。欧盟将在建设阶段出资 34 亿欧元,用于完成“伽利略计划”的空间和地面基础设施建设,其中包括 30 颗卫星的发射。伽利略系统的首批 4 颗正式卫星计划在 2010 年上半年由俄罗斯的联盟火箭发射升空,剩余的 26 颗正式卫星将陆续发射。2008 年 4 月 27 日,欧洲伽利略全球导航卫星系统第二颗在轨验证元素卫星 GIOVE-B 成功发射,标志着伽利略计划取得新的进展。GIOVE-B 卫星由联盟 Fregat 火箭从拜科努尔发射场发射,进入中高度轨道绕地飞行。Fregat 后级经过一系列机动,将卫星再送入距地 23 200 km 高度的环形轨道,轨道倾角 56 度。发射后 3 小时 45 分钟后,卫星入轨。卫星的两个太阳能电池帆板顺利展开,随后进入使用状态。卫星目前在 Telespazio's 航天器运行中心(位于意大利的 Fucino)的控制下,已经开始在轨检测。GIOVE-B 卫星重 500 kg,由 Astrium GmbH 领导的欧洲工业小组建造,Thales Alenia Space 公司负责集成与测试。继 GIOVE-A 发射两年后,这颗 GIOVE-B 将继续验证未来伽利略卫星导航有效载荷的关键技术。与 GIOVE-A 类似,GIOVE-B 卫星携带了 2 台小型铷原子钟,将精确到每天 2ns。卫星上还有其他更为精确的有效载荷,如被动型氢原子微波激射器(PHM),可精确到每天 1 ns,这是此类设备首次进入太空,是地球轨道上运行的最稳定的钟。运行的伽利略卫星上还载有两套 PHM 作为基础钟,两套铷钟作为备份。GIOVE-B 还载有一个辐射监视有效载荷,能监测伽利略星座运行高度上的太空环境,还有一个激光回复反射器,用于高精度激光测距。信号发射单元经由 L 波段相控阵天线,将在 3 个独立的频率广播上提供典型的伽利略信号,旨在完整覆盖卫星之下可见的地球。除了进行技术验证,GIOVE-B 将接管 GIOVE-A 任务,确保 Galileo 频率。作为 Galileo 首颗验证卫星,GIOVE-A 2005 年 12 月发射,目前已接近运行寿命终点。GIOVE-B 发射后,伽利略下一步计划是 2010 年前发射 4 颗运行卫星,验证伽利略太空设备与相关的地面段设备。一旦在轨验证阶段结束,将发射其余卫星,部署一套具有完全运行能力的 30 颗卫星组成的星座。GIOVE-B 卫星的成功发射,标志着伽利略计划验证阶段将要结束。

北斗系统方面,2007 年 2 月 3 日,中国用长三号甲火箭将北斗卫星导航 4 号星发射升空,经过 60 多天的艰苦努力排除了卫星故障,卫星转入正常运行;2007 年 14 日 4 时 11 分,我国再次以长三号甲火箭将一颗北斗 MEO 导航卫星送入太空,标志我国开始组建北斗二代(COMPASS)导航系统。

三、汶川地震反映的地壳运动监测研究进展

2008 年 5 月 12 日,中国四川汶川发生了 Ms 8.0 级特大地震,造成了巨大的人员伤亡和财产损失。地震发生前后,基于测绘领域的各项观测技术迅速启动和使用,相关研究人员基于观测资料,进行了深入的研究,获得了有价值的科研成果。

GNSS 监测技术方面: GNSS 在抗震救灾中的应用, 主要是监测地壳运动。国家测绘局在 20 世纪 90 年代初布设了 8 个 GNSS 连续运行站, 1998 年连同其他部委合作在全国共同布设了 25 个 GNSS 连续运行站, 基本网 50 点 (每年定期观测), 布测了近 1 000 个区域点 (平均每 2~3 年观测 1 次), 以上观测点位在中国区域近均匀分布, 侧重地震多发区域。至汶川地震发生前, 共获得连续运行站观测数据 10 年, 基本网观测数据 10 期, 区域网观测数据 4 期 (1999, 2001, 2004, 2007)。目前连续运行站正在持续观测中, 相关的后续监测及分析工作正在进行中。国家测绘局基于现代测绘基准的使用要求从 2002 年开始在全国逐步实施似大地水准面精化技术, 该技术综合采用 GPS、水准、重力、高精度 DEM 完成我国部分省市的厘米级似大地水准面, 通过 GPS 快速观测内插区域似大地水准面获得正常高, 以替代传统、繁琐的水准外业。2007 年至 2008 年, 国家测绘局开始了四川省区域大地水准面精化工作, 至汶川地震前, 在四川全省布设了 A, B, C 级点近 300 点, 汶川地震发生的周边区域甘肃省、陕西省也在类似项目中先后布设了不同等级的 GPS 点。汶川地震发生后, 为快速监测地震影响的地形变及测量基准变化, 研究地震发生机制, 国家测绘局重测了地震发生区域龙门山断层附近 40 多个重合点, 国家地震局重新观测了区域网内地震发生区域 144 点。

传统大地测量方面: 传统大地测量主要有水准观测、重力观测、三角观测等, 随着 GPS 技术及观测仪器的飞速发展, 很多传统观测手段已不再使用, 但是集成技术的发展仍然需要传统大地测量观测手段。似大地水准面精化技术, 综合采用 GPS、水准、重力、高精度 DEM 获得厘米级似大地水准面, 通过 GPS 快速观测内插区域似大地水准面获得正常高, 以替代传统、繁琐的水准外业。汶川地震灾区似大地水准面确定项目为灾后重建提供了精确的测绘高程基准, 似大地水准面模型与全球定位技术相结合, 可快速获取地面点的高程, 改变了以往费用高、难度大、周期长的传统水准测量作业模式, 为灾后重建赢得了宝贵时间。

形变分析技术进展: 基于 GAMIT 软件处理了国内 29 个 GPS 跟踪站在地震前后近 10 年的数据, 获得了这些站在 ITRF 2000 框架下的震前运动速度场和震后位移量, 同时获得了各站近 10 年的坐标时间序列, 重点分析了接近地震发生带的泸州站 (LUZH) 的时间序列, 在汶川地震前 2007 年 11 月初该站均具有减速运动的特征, 在 2008 年 3 月初该站具有明显的加速运动, 地震发生后两站的位移表现出明显的反向运动。研究结果同时也证明 GPS 跟踪站模式的连续观测方式是建立我国动态、高精度地心坐标框架, 进行动态大地测量、监测地壳运动的主要手段, 也是地震预测的重要观测手段 [张鹏, 2008]。

利用 Bern 5.0 数据处理软件对重庆市 5 个连续运行参考站和北京、昆明、拉萨、上海以及武汉 5 个 IGS 基准站从 2008 年 5 月 9 日至 15 日以天为单位和 5 月 12 日当天每隔两小时进行了数据处理, 对重庆市 5 个参考站的坐标偏差进行了时间序列分析, 分析结果表明这些参考站和震前比较, 向西移动约 2 cm, 向北移动约 1 cm, 隆起近 1 cm, 但高程逐渐向震前恢复 [聂贵根, 2008]。

很多软件具有动态单历元解算模块, 通过对汶川大地震当天 24 小时的快速动态单历元处理, 可获得精度较高同震变形解。基于国内连续运行站数据, 通过分析汶川震前、后半小时每 30s 采样的数据, 得到地震瞬间 GPS 连续运行站在东西、南北和垂高方向的变化量。在地震的时刻以及震后 1~3min, 各 GNSS 站的数据都反映出比较大的形变, 其中 LUZH 站最先变化, 在震后 30~60s 个历元剧烈变形, 其次是西安站和昆明站, 震后 2~3min 个历元开始变化, 宁夏的盐池站及其他站均在 3min 以后, 而距离震中 2 000km 左右的 BJFS 站, 则在震后 6min 左右开始有较明显的变化, 这与见诸报道的北京地区在 14 时 35 分左右有明显震感相吻合。

(供稿人: 程鹏飞、张鹏、成英燕、秘金钟)

撰稿人简介:

程鹏飞, 研究员 (博导), 中国测绘科学研究院副院长, 中国测绘学会大地测量专业委员会主任; 地址: (100039) 北京市海淀区北太平路 16 号; 电话: 010-88229358; E-mail: chengpf@casm.ac.cn。

摄影测量与遥感学科进展与展望

中国测绘学会摄影测量与遥感专业委员会

一、摄影测量学科发展研究

(一) 摄影测量学科新进展

1. 轻小型低空遥感平台日趋成熟

轻小型低空遥感平台的发展历史较短,但由于具有机动灵活、经济便捷等优势,近年来受到摄影测量与遥感等领域的广泛关注,并得到了飞速发展。低空遥感平台能够方便地实现低空数码影像获取,可以满足大比例尺测图、高精度的城市三维建模以及各种工程应用的需要。由于作业成本较低,机动灵活、不受云层影响,而且受空中管制影响较小,有望成为现有常规的航天、航空遥感手段的有效补充。

当前可采用的轻小型低空遥感平台又可具体分为无人驾驶固定翼型飞机、有人驾驶小型飞机、直升机和无人飞艇等。目前国内已有武汉大学、中国测绘科学研究院等多家研究机构对采用无人驾驶固定翼型飞机和无人飞艇进行地形测图展开研究,并已取得一定的研究成果。当前的研究重点主要集中于对采用无人飞行器平台进行摄影测量的可行性和适应性进行论证,并在生产效率、生产成本、质量与安全等方面对无人飞行器与传统遥感平台进行比较和分析。其中所涉及的关键技术主要包括:低空遥感平台多传感器集成技术;自动化、智能化的飞行计划及飞行控制技术;轻小型遥感平台的姿态稳定技术;不同重叠度、多角度、多航带影像的摄影测量处理技术等。

目前国内采用无人机进行摄影测量已逐步进入实用阶段,现已有部分大比例尺测图任务由无人机航测完成。无人机可在超低空进行飞行作业,对天气条件的要求较宽松,且不需要专用机场,在灾难的应急响应中,展现出巨大的潜力。如在汶川地震的救灾重建工作中,由于天气因素的影响,高分辨率遥感卫星和常规航空摄影飞机难以及时地获取无云的影像数据,而低空遥感平台能够在云下进行飞行作业,快速获取高清晰的地面影像,为灾难评估和灾后重建工作提供了可靠的数据保障,取得了良好的社会效益和经济效益。

2. 高分辨率卫星遥感影像在西部测图中发挥重要作用

近年来又有多颗高分辨率遥感卫星被成功发射,如印度于2005年发射的 Cartosat-1(又称为 IRS-P5)卫星和2007年发射的 Cartosat-2(又称为 IRS-P7)卫星,2006年日本发射的 ALOS 卫星和韩国发射的 KOMPSAT-2 卫星,其全色波段的地面分辨率均达到1~2.5 m,而美国于2008年9月发射的 GeoEye-1 卫星的地面分辨率则高达0.41 m。除影像分辨率的不断提高之外,遥感卫星传感器的成像方式也向多样化的方向发展,单线阵推扫式成像方式逐渐发展到多线阵推扫成像,立体模型的构建方式也随之多样化,更加合理的基高比和多像交会方式可进一步提高立体成图的精度。随着商业高分辨率遥感卫星数量继续保持快速增长,市场上可供选择的卫星影像数据日益增多,为大规模、快速采集地理空间信息提供了可靠的数据保障。目前,高分辨率卫星遥感影像已成为我国测图困难地区,如西部1:5万地形图空白区域基础地理信息获取的重要数据源之一。

经过多方研究人员的努力,目前国内在高分辨率遥感卫星影像测图领域已取得了突破性的进展,其中主要包括:①高精度的有理函数模型求解技术。高分辨率遥感卫星通常采用线阵 CCD 进行成像,卫星影像提供商一般采用有理函数模型代替严格几何模型提供给用户。因此高精度的有理函数模型解算方法,以及如何有效地利用控制信息提高有理函数模型的精度,对利用高分辨率卫星遥感数据进行

测图生产有着重要的意义。②稀少地面控制点条件下的大范围区域网平差技术。随着遥感卫星轨道精度的不断提高和姿态控制测量技术的进步,使高分辨率卫星遥感影像的直接定位逐渐成为可能,在满足成图精度前提下,在地面选取少量控制点就可控制较大范围的区域。如果同时能有效地分析遥感影像的各类几何特性,对轨道和姿态角误差带来的影响进行补偿,可进一步减少对控制点数量的要求。③无控制条件下自由网平差技术。无地面控制条件下自由网平差技术的使用能有效解决边境地区控制点布设和测图困难的问题,使得大范围边境区域和境外地形图测绘成为可能。④基于多基线、多重匹配特征(如特征点及特征线等)的自动匹配技术。其中主要包括基于物方几何约束,并能够同时处理多幅影像的多基线影像匹配算法,影像匹配的精度和可靠性大大提高,能有效解决复杂地形条件下数字地面模型全自动提取的难题,并可大幅度减少地表三维信息提取过程中的人工编辑工作量。

3. 航空数码相机成为摄影测量数据获取的重要手段

20世纪末全世界用于摄影测量生产的胶片式航测相机超过2500台,而现在只有大约600台仍在服役,与此同时,自2001年以来已有300台左右的大型航空数码相机被售出。可以预见,随着传统胶片式航测相机的相继停产,航空数码相机有望取代传统的胶片型航测相机,成为大比例尺地理空间信息获取的主要手段。

Vexcel、Leica等多家厂商,在2008年推出了UltraCamXp和ADS80等新型号的航空数码相机,其硬件性能进一步提高。与此同时,也出现了一些新的航空数码相机,如DiMAC WiDE、RolleiMetric AIC×4大幅面航空数码相机,Applanix DSS 439中幅面航空数码相机及Wehrli 3-DAS-2三线阵数码相机等。在过去几年里,我国使用的大幅面航空数码相机均需从国外进口,而在2007年5月,由刘先林院士主持研发的SWDC系列航空数码相机正式通过产品鉴定,结束了国外硬件厂商的垄断局面。该系统基于多台非量测型相机构建,其系统售价比国外同类产品低50%以上,经过严格的相机检校过程,可拼接生成高精度的虚拟影像。经过大量试验发现,在选用50mm镜头时,SWDC-4型大幅面航空数码相机的高程精度高达1/10000,系统的整体技术指标达到国际先进水平。

相对于传统的胶片式航测相机,数码相机的最大优势是在不增加飞行成本的条件下,获取大重叠度的影像数据,多视影像中相邻影像间的变形较小。如果采取多基线摄影测量的方法,将多幅相邻影像同时处理,则可以大大增加交会角,能够大幅度提高影像匹配、立体测图和三维重建的精度和可靠性,并有利于真正射影像的制作。受现阶段CCD制造工艺的限制,大幅面CCD的制造还存在很大困难,因此目前大幅面的航空数码相机均采用多个中等幅面的CCD分别成像,再拼接为大面阵影像。在虚拟影像拼接的过程中,虽然经过硬件厂商的检校,但往往仍存在着一定的残余系统误差,如能采用一定的处理手段,如带有附加参数的自检校方法或是虚拟检校格网法进行整体区域网平差,减弱残余系统误差的影响,则可进一步提高立体测图的精度。

4. 新一代数字摄影测量处理平台进入实用化阶段

近几年来,随着航空数码相机、机载激光雷达等新型传感器的迅猛发展,摄影测量系统的数据获取能力有了空前的提高,也给空间数据的处理与存储管理技术带来了新的挑战。目前国内的摄影测量数据处理流程中,还延续着传统基于单机模式的数据处理方法,无法满足超大范围摄影测量数据快速处理的需要。

为有效解决海量遥感数据处理技术的瓶颈问题,武汉大学将计算机网络技术、并行处理技术、高性能计算技术与数字摄影测量技术相结合,研究开发了新一代航空航天数字摄影测量数据处理平台——数字摄影测量网格(Digital Photogrammetric Grid, DPGrid)。DPGrid系统的硬件组成主要包括高性能刀片式计算机系统、磁盘阵列和后备电源,总体上构成一个高速网络模式下的并行分布式、一体化、自动化和智能化的对地观测数据处理平台,同时也是以最新的影像匹配理论与方法为基础的海量遥感数据自动处理系统。该系统主要特点是:①基于网络与集群计算机进行数字摄影测量自动化的并行处理,极大地提高了数字摄影测量作业的效率。②将“观测值保持独立”的思想引入到影像匹配中,解决观测值独立性与连续光滑约束条件的矛盾,实现了由“无约束”到“有约束”的循环迭代过程,建立了观测值独立与连续光滑约束对立统一的影像匹配系统。③将人机协同处理与自动化处理完

全分开,合理组织,建立了人机协同的网络全无缝测图系统,革新了摄影测量的生产流程,既能发挥自动化的高效率,也能大大提高人机协同的效率。

DPGrid系统实现了航天、航空遥感数据的自动快速处理,其性能远远高于当前的数字摄影测量工作站,能够满足灾难快速响应等诸多领域对遥感影像快速处理的迫切需要,为三维空间信息快速采集与更新提供了坚实的保障。该系统在“5·12”汶川大地震抗震救灾影像的处理中发挥了重要作用,在短短110小时内成功制作了4000余幅航空数码影像的DSM及DOM产品,为抗震救灾决策提供了宝贵的现势资料,受到国家相关部门领导的高度赞扬。DPGrid系统的出现,大大改变了当前信息提取及测绘生产的模式和技术流程,同时也为正在开展的西部1:5万地形图空白区域测图、国产高分辨率测绘卫星等工程提供了坚实的技术基础。

5. 机载激光雷达技术得到广泛应用

机载激光雷达(airborne LiDAR)集激光扫描仪、全球定位系统(GPS)和惯性导航系统(INS)三种技术于一体,通过主动发射激光,接收目标对激光光束的反射及散射回波来测量目标的方位、距离及目标表面特性,能够直接得到高精度的三维坐标信息。与传统的航空摄影测量方法相比,使用机载激光雷达技术可部分地穿透树林遮挡,直接获取地面点的高精度三维坐标数据,且具有外业成本低、内业处理简单等优点,成为摄影测量领域的热点研究方向之一,受到各国研究人员的广泛关注。经过十几年的发展,机载激光雷达系统的硬件技术已经比较成熟,以最新的Leica ALS60机载激光雷达系统为例,其激光器脉冲频率已经高达200 kHz,激光测距精度达到厘米级。不过,相对于硬件技术的飞速进步,机载激光雷达数据处理软件的发展则相对滞后,数据处理过程中的诸多算法和模型还不够完善,目前国际上还没有十分成熟的机载激光雷达数据处理软件。市场上各种数据处理软件功能不一,优点各异,用户往往需要同时使用多种软件才能完成某项工作。

作为一种多传感器集成系统,机载激光雷达系统内部的误差源十分复杂,同时由于获取的点云数据为离散点,缺乏纹理信息,不易进行同名地物匹配和地面控制,为机载激光雷达系统误差的检校与平差带来了难度。当前主流的商业机载激光雷达系统中均集成了中小型幅面的数码相机或数码摄像机,因此将点云数据与影像数据进行融合,能够有效地提高测量的精度和可靠性,并可进一步简化摄影测量的数据处理流程。

目前国内引进的机载激光雷达系统已有十余套,现已被成功应用于大比例尺测图、带状目标测量、电网设计、输电线路巡线检修、城市三维建模、海岸带测图、生物量监测等领域,获取到的点云数据主要用于快速生成数字高程模型和数字正射影像,在数据应用的深度上,还有很大的潜力可挖。目前国内在机载激光雷达领域的研究方向主要限于点云的显示、滤波以及三维建模等方面,已取得了一定的研究成果,但总体上还没能形成一个完整的数据处理平台。

6. 地面激光雷达成功应用于三维建模

采用地面激光雷达技术可以直接获取待测地物高密度、高精度的三维坐标信息,为几何模型的快速建立提供理想的解决方案。经过近几年的发展,地面激光雷达的测量速度已有明显的提高,测距精度可以达到毫米级,并能获取一定的回波强度信息。在地面激光雷达系统的硬件组成中,除包括激光扫描仪之外,通常都会装配有小型数码相机,同时也可集成位置与姿态测量装置。将激光扫描仪测量得到的点云数据与数码影像进行融合,则能够快速完成三维模型的纹理映射,由于省去了近景摄影测量中复杂的影像匹配步骤,可以显著地提高工作效率。目前地面激光雷达在测量中的应用还处于起步阶段,主要的应用方向包括数字城市三维建模、数字化文化遗产、工程测量、变形监测、灾害评估、林业测量、工业设计和逆向工程等领域。

在数字文化遗产的几何建模过程中,由于文化遗产的多样性和复杂性,采用单一的测量技术往往难以满足实际需求,因此通常需要将地面激光扫描与近景摄影测量、工程测量等技术相结合使用。例如山海关长城测量项目中,就同时采用了地面激光雷达、机载激光雷达、航空摄影测量和多基线近景摄影测量技术,取得了良好的效果。与普通的数码相机相比,地面激光雷达系统的价格还过于昂贵,限制了地面激光雷达的大范围推广使用,随着地面激光雷达系统硬件成本的不断下降以及数据处理方