

激光扫描测高技术的发展与现状

刘经南¹ 张小红²

(1 武汉大学校长办公室, 武汉市珞珈山, 430072)

(2 武汉大学测绘学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘要:回顾了机载激光扫描测高技术的发展历史,总结了当前国内外的研究现状,展望了今后发展趋势及应用前景,并指出了机载激光扫描测高目前还有待于进一步解决的关键问题,最后对我国发展研究应用这一技术提出了若干建议。

关键词:机载/星载;激光测高;数据融合

中图法分类号:P228.3

信息高速公路的架设、地球空间信息学^[1] (geo-spatial information science——geomatics)的产生、形成和“数字地球”(digital earth)概念的提出,为测绘科学的发展提供了坚实的基础、不可多得的机遇和明确的方向,同时也为该科学的进一步发展提出了一系列的挑战。

地球空间信息学是指以 3S(GPS、GIS、RS)等空间信息技术为主要研究内容,并以计算机技术和通讯技术为主要技术支撑,用于采集、量测、分析、存储、管理、显示、传播和应用与地球及空间分布有关的数据的一门综合、集成的信息科学和技术^[2]。它是地球科学的一个前沿领域,以 3S 为代表,包括通讯技术、计算机技术等新兴学科,是地球信息科学的重要组成部分,是当今世界各国研究的热点之一。数据融合、数据挖掘、信息融合、系统集成和可视化虚拟现实技术将成为其关键技术,信息的获取、处理和应用是其研究的三大主题。

作为地球空间信息采集和处理手段之一的摄影测量有着悠久的历史。从 19 世纪中叶至今,它从模拟摄影测量开始,经过解析摄影测量,现在正向数字摄影测量阶段发展。解析摄影测量曾广泛应用于生产各种地图,获取 DSM、DTM、正射影像等。随着相关软硬件技术的发展,数字摄影测量系统(DPS)能大大降低成本,缩短处理时间。特别是利用 DPS 进行作业,大量的处理工作,如影像匹配、DTM/DSM 生成、特征提取、地图制作等流程的

自动化已基本实现。然而,DSP 通过立体像对匹配自动生成的 DSM/DTM 的精度比利用解析测图系统获得的同类产品的精度低。当像片纹理及对比度较弱时,阴影的影响会使精度迅速下降。

20 世纪 80 年代末,以机载激光扫描测高技术为代表的空间对地观测技术在多等级三维空间信息的实时获取方面产生了重大突破。最近几年,随着相关技术的发展和不断扩大的社会需求,机载激光扫描测高技术的发展日新月异。机载激光扫描测高系统能够快速准确地获取精确的高分辨率的数字地面模型以及地面物体的三维坐标,进而获取地表物体的垂直结构形态,同时配合地物的视频或红外成像结果,增强了对地物的认识和识别能力,在摄影测量与遥感及测绘等领域具有广阔的发展前景和应用需求。机载激光扫描测高技术的发展为获取高时空分辨率的地球空间信息提供了一种全新的技术手段,使人们从传统的人工单点数据获取变为连续自动数据获取,提高了观测的精度和速度,使数据的获取和处理向智能化和自动化的方向发展。

机载激光扫描测高技术是激光测距技术、计算机技术、高精度动态载体姿态测量技术(INS)和高精度动态 GPS 差分定位技术迅速发展的集中体现。激光测距技术在传统的常规测量中就扮演着非常重要的角色,从最初的有反射棱镜的测距仪系统发展到如今无合作目标的激光测距系

统; GPS 定位技术的出现彻底解决了海陆空的定位问题; INS 和 GPS 的集成使确定高动态载体的姿态成为可能。以上几种技术的成熟运用及相关技术的发展为整个系统的集成奠定了技术基础, 机载激光扫描测高实际上已经代表了对地观测领域一个新的发展方向。整个系统比较复杂, 就数据获取的方式来讲更像大地测量系统(通过测边、测角进行定位), 就数据后处理的方式来讲却更像摄影测量系统^[3], 包括地物的提取、建筑物的三维重建等。

机载激光扫描测高传感器发射的激光脉冲能部分地穿透树林遮挡, 直接获取真实地面的高精度三维地形信息, 具有传统摄影测量方法无法取代的优越性, 引起了测绘界的浓厚兴趣, 有可能给测绘领域带来一场新的技术革命。机载激光扫描测高不受日照和天气条件的限制, 能全天候地对地观测, 这些特点使它在灾害监测、环境监测、海岸观测、资源勘察、森林调查、测绘和军事等方面的应用具有独特的优势, 在某些情况下, 有其他传感器不可替代的优势。机载激光扫描测高技术可以作为获取地表资源、环境信息的一种重要技术手段, 又可以同其他技术手段集成使用(如激光测高技术同传统的航空摄影测量、数字摄影测量以及红外遥感等结合可组成一套新的功能更强的遥感系统), 为数字地球信息智能化的处理提供新的融合处理数据源。在一些特殊领域, 比如森林地区, 机载激光扫描测高技术相对于传统测绘手段而言又显示出其独特的优越性。对于同一项任务, 利用机载激光扫描测高技术来完成比用传统技术手段完成更方便、更容易、更省时省力、更容易实现自动化。

1 机载激光扫描测高技术的发展与现状

激光测高是一门新兴技术, 在地球科学和行星科学领域有着广泛的应用。利用激光作为遥感设备可追溯到 30 多年以前。从 20 世纪 60 年代到 70 年代这段时期, 人们进行了多项试验, 结果都显示了利用激光进行遥感的巨大潜力, 其中包括激光测月和卫星激光测距。美国早在 20 世纪 70 年代阿波罗登月计划中就应用了激光测高技术^[4]。20 世纪 80 年代, 激光测高得到了迅速发展, 包括当时美国 NASA 研制的大气海洋 LIDAR 系统(AOL)以及机载地形测量设备(ATM)等机载系统。但机载/空载激光扫描测高技术直到最近十几年才取得了重大进展, 研制出精确可靠的

激光测高传感器, 包括航天飞机激光测高仪(shuttle laser altimeter, SLA)^[5]、火星观测激光测高仪(mars observer laser altimeter, MOLA)^[6]以及月球观测激光测高仪(lunar observer laser altimeter, LOLA)^[7]。利用它们可获取地球表面、火星表面及月球表面的高分辨率的地形信息, 这对于研究地球和火星等行星的真实形状等有着重要的科学意义。航天飞机激光测高仪由 NASA/GSFC 设计, 它是一种空间飞行仪器, 安置在航天飞机上, 从地球低轨道上测量地形, 为星载激光测高作科学试验。1984 年就有研究者从事机载激光地形测量的研究并给出了测量结果^[8]; 德国斯图加特大学摄影测量学院在 1988 年开始研究机载激光扫描地形断面测量系统; 荷兰测量部门自 1988 年就开始从事利用激光扫描测量技术提取地形信息的可行性研究; 加拿大卡尔加里大学 1998 年进行了机载激光扫描系统的集成与试验, 通过对所购得的激光扫描仪与 GPS、INS 和数据通讯设备的集成实现了一个机载激光扫描三维数据获取系统, 并进行了一定规模的试验, 取得了理想结果; 日本东京大学 1999 年进行了地面固定激光扫描系统的集成与试验^[9]。20 世纪 90 年代, 随着相关技术的不断成熟, 机载激光扫描测高技术得到了蓬勃发展, 欧美等发达国家先后研制出多种机载激光扫描测高系统, 如 TopScan、Optech、TopEye、Saab、Fli-map、TopoSys、Hawk-Eye 等多种实用系统^[10]。Leica 公司也推出了机载激光扫描测高仪 Leica ALS40。据统计, 截至 2001 年 7 月, 全球约有 75 个商业组织使用 60 多种类似的系统, 从 1998 年起, 以每年 25% 的速度递增^[11]。

随着机载激光扫描测高技术的不断成熟, 其应用范围不断扩大。美国、加拿大、澳大利亚、瑞典等国为浅海地形测量发展的低空机载系统, 使用了机载激光测距设备、全球定位系统(GPS)、陀螺稳定平台等设备, 飞行高度 500 ~ 600m, 直接进行测距与定位, 最终得到浅海地形(或 DEM)。比较典型的是美军现用的一种独具特色的激光扫描水下地形测量系统(scanning hydrographic operational airborne lidar survey, SHOALS)^[12], 它采用激光雷达技术实施远距离量测浅海深度并测绘海岸地带的地形, 监测海岸侵蚀等。该系统于 1994 年 3 月正式投入使用, 作业实践表明, 机载激光雷达(LIDAR)测深是一种经济有效的技术手段。美国 HARC(houston advanced research center)的激光雷达地形测量系统, 1994 年已做了飞行试验, 飞行高度

600m, 最终产品的飞行高度预计为 1 600~1 700m, 采用扫描激光测距方式, 利用 GPS 定位, 姿态测量装置据估计是惯性导航系统 (INS)。据了解, 这种系统标称能“隔夜”提供 DEM, 显然生成 DEM 的速度比常规方法要快若干倍, 并可实现准实时遥感信息的定位并生成 DEM, 效率将比现有信息获取技术提高约几十倍。德国联邦政府测绘局 (MA) 1994 年开始研究利用激光扫描技术获取数字地形模型, 获取地面真实正射影像, 通过对数据进行滤波和分类, 将地面点跟建筑物或植被点分开。现在德国已有几个州的 SMA 部门进行了用激光数据生成高质量 DTM 的试验, 结果都很理想, 特别是在林区, 所达精度甚至优于摄影立体编辑法获得的精度。荷兰已在全国范围内利用机载激光测高技术建立数字高程模型 (DEM), 采集数据的空间分辨率已达到每 16m^2 就有一个采样数据^[13]。

美国 NASA 计划于 2002 年底发射星载激光测高卫星 (ice, cloud and land elevation satellite, ICESat), 该卫星将来可用于测量两极冰面地形及其随时间的变化, 为预测未来两极冰盖变化趋势以及海平面变化提供基础数据, 研究全球气候的变化; 可应用于大气科学研究, 研究大气层的垂直结构等, 从而为研究整个大气圈的变化和中长期的气候变迁提供科学的数据; 用于测绘陆地地形图, 进行全球植被覆盖率的调查和动态监测, 获取全球数字高程模型。美国 NASA 还开发研制了机载激光植被成像传感器 (laser vegetation imaging sensor, LVIS) 系统^[14], 该系统可用于森林资源调查和管理, 包括推算植被参数和森林垂直结构, 如树高、树冠直径、树木密度、植被生长情况、木材量、树种等。机载激光植被成像传感器实际上是 NASA 地球遥感卫星 VCL (vegetation canopy lidar) 计划的预研项目。

机载激光扫描测高技术的研究在国内还刚刚起步。北京遥感应用研究所李树楷教授等研究的机载激光扫描测距-成像系统于 1996 年完成了该系统原理样机的研制^[15], 该系统还有别于目前国际上流行的机载激光扫描测高系统, 它将激光测距仪与多光谱扫描成像仪共用一套光学系统, 通过硬件实现了 DEM 和遥感影像的精确匹配, 直接获取地学编码影像, 但该系统离实用还有一段距离^[15]。武汉大学李清泉教授等开发研制了地面激光扫描测量系统, 但还没有将定位定向系统集成到一起, 目前主要用于堆积测量^[16]。由于国内目前还没有高精度的 INS 系统以及性能 (激光强度、激光功率、脉宽、测距精度) 可靠的激光扫描

测距装置, 所以, 国内目前还没有成熟的机载激光扫描测高系统。

机载激光扫描测高可用于获取大范围高精度的数字地面模型 (DTM) 以及城市表面模型 (DSM); 测制带状目标地形图; 测绘线状地物如电线等电力设施、气体管道或高速公路, 城市排水管线设计等; 测制输电线和电线杆 (塔) 线路图, 无线电远程通讯中继站线路设计; 直接获取森林地区真实地表的高精度三维信息, 生成林区 DTM 以及进行森林植被参数测定, 并获取森林垂直结构参数; 海岸地带地形测绘, 包括沙丘和湿洼地, 监测海岸变化及动态侵蚀情况; 高精度及高空间采样密度的地形测量, 如洪涝灾害评估, 大型采石场及煤田等地大型堆积物的体积测量, 生成采矿区 DTM 和堆积量测及道路建模; 生成城市地区的 DTM 和 DSM, 自动提取城市房屋和道路; 三维城市景观模型, 并用于虚拟现实; 城市规划; 自然灾害三维实时监测; GIS 数据采集; 土地剖面测量; 冰面变化监测; 危险区域的测绘, 如沼泽地及其他无法到达地区的测绘, 如沙漠面积监测, 有毒废物场及工业垃圾堆积的测绘等。机载激光扫描测高技术目前主要用于快速获取大面积三维地形数据, 快速生成 DEM 等数字产品, 特别是用于测绘森林覆盖区域和山区的真实地形图^[17~20]; 将机载激光扫描测高技术作为一种新的技术手段应用于快速生成城市地区的数字表面模型 (DTM), 进行地物自动提取, 由数字表面模型 (DTM) 生成数字高程模型 (DEM), 并进一步建立三维城市模型, 也是当前在该领域的一个研究热点; 借助于大激光束脚的回波信号的波形分析进行森林资源普查以及植被参数的测定也是今后发展的另一个热点方向。

如今, 激光测高技术实际上有两个明显的分支: ①小光斑脉冲测时激光测高; ②激光测高就是大激光光斑利用数字化波形技术来分析激光束整个回波波形, 以获取激光目标脚印完整的高程剖面, 这种系统主要是用于获取地球森林植被参数以及激光测深等。目前, 绝大部分的激光测高商用系统都是基于小光斑的激光测高, 对于这种激光测高系统, 激光光斑越小, 激光脉冲重复频率越高越好, 不同文献会出现不同的称呼, 归纳起来主要有以下几种: 机载激光测高 (airborne laser altimetry, ALA)^[19]; 激光雷达 (light detection and ranging, LIDAR)^[8]; 机载激光地形测绘 (airborne laser topographic mapping, /airborne laser terrain mapping, ALTM)^[12]; 机载激光测量系统 (airborne laser mapping, ALM)^[21]; 机载激光扫描测

量系统 (airborne laser scanning, ALS)^[20]; 激光测高 (laser altimetry, LA)^[8]。文中称为机载激光扫描测高 (airborne laser scanning altimetry, ALSA)。

2 有待解决的问题和发展趋势

尽管机载激光扫描测高技术发展已有十几年的历史, 硬件技术也不断发展, 绝大部分属于硬件技术及系统集成的问题已得到解决, 已有不少成熟的商用系统, 但数据后处理的研究还相对滞后, 目前国际上还没有一套完整的处理机载激光扫描测高数据的综合软件。开发研制出一套可靠稳健的数据处理软件将是国际上今后 5 年的发展方向^[22]。目前主要的激光扫描测高数据处理软件都是由各自的厂商或研究机构单独提供 (如 Optech 的 REALM 软件), 而没有一套独立的通用软件。这些软件的算法都是保密的, 用户根本不了解数据处理过程, 就像一个“黑箱子”, 用户无法根据自己的需要来操作和管理这些数据。随着机载激光扫描测高系统的不断增多, 其用户也会越来越多, 数据量越来越大, 迫切需要一套通用的实用化软件来处理和分析机载激光扫描测高数据, 从而生产出各种不同的数字化产品。国际上许多商业公司以及大学科研机构都投入了大量的人力和财力进行相关的算法研究, 希望抢占先机, 当然还会有很长的路要走。其中两个关键问题是如何消除系统误差的影响以及激光扫描测高数据的滤波和分类, 当然还包括后续的地物识别和提取等。试验表明, 在许多情况, 如果不融合其他数据源, 如影像数据、多光谱数据等, 而单独利用机载激光扫描测高数据进行地物的分类和识别等自动智能化的处理具有很大的难度。

机载激光扫描测高的数据处理方面目前多数研究还集中于对原始数据的过滤和分类, 目前各种算法都还具有一定的局限性, 并不是很成熟。荷兰 Delft 技术大学在植被及建筑物的高速自动识别与分类以及道路的半自动提取等方面取得了初步成果; 融合多光谱数据、GIS 数据、航空影像数据进行高层次处理还处于研究阶段, 算法复杂, 不易进行质量控制; 基于激光测高数据的地物提取、城市建模等国际上都刚起步, 目前主要集中在奥地利 Vienna 技术大学、荷兰 Delft 技术大学、美国俄亥俄州立大学、德国斯图加特大学等。在地物提取和建筑物的三维重建方面, 还有很长的路要走。

对于机载激光扫描测高技术, 目前可预期到的发展趋势将表现在以下几个方面。

1) 开拓新的机载激光扫描测高应用。随着机载激光扫描测高技术的不断成熟和数据处理算法的不断完善, 机载激光扫描测高技术的应用领域会越来越广。将主要表现在利用机载激光扫描测高数据建立 3D 城市模型; 利用机载激光扫描测高系统进行森林资源的管理和评估; 建立大范围高精度数字地面模型; 紧急灾害事件的快速反应; 条状地形测绘; 通讯线路管理; 水滨地带测绘; 滑坡灾害测绘; 变化监测等。

2) 多源数据的智能化融合处理。在数据处理方面还具有很大的发展空间, 主要是智能滤波和数据压缩。对非直接采集的目标和要素, 通过更为复杂的目标建模提取更加完全的信息, 如地貌结构、景观建模、城市模型、环境动态变化监测或数据的融合综合处理等。进一步改善系统绝对定位精度; 通过对回波信号的严密电子分析, 获取地面激光脚印的额外地表特征信息。实现与摄影测量的有效融合, 形成高度综合且完整的多用途系统; 实现通用多传感器、多数据源的完全融合。目前, 机载激光扫描测高硬件较为成熟, 而数据处理算法相对滞后, 单纯依靠机载激光扫描测高数据进行地物提取还有相当长的路要走, 特别是对结果的可靠性和准确性来讲还有待提高, 如果能融合影像数据、多光谱数据、地面已知 GIS 数据等, 相互补充, 充分利用各自的优势, 有望取得满意的效果。当然, 数据源越多, 处理算法就越复杂, 难度就越大。这是当今该领域的一个热点和难点。

3) 多传感器的高度集成。与其他技术的集成, 成为地理信息获取领域中非常经济有效的方法。配备数码相机, 实现几何描述数据与数字图像数据高度自动融合, 进行目标识别和地物提取, 主要可用于城市建模。机载激光扫描测高不仅可以同 CCD 和多光谱传感器等集成在一起, 还可以同航空重力仪集成在一起, 利用重力测量观测值可计算大地水准面, 与此同时机载激光扫描测高仪提供大地高, 有望解决卫星雷达测高近海及岛礁附近精度不高的缺陷, 并作为一种重要的辅助数据源。

4) 星载激光测高的应用。美国国家宇航局 (NASA) 在 20 世纪 90 年代就开始研制地球科学激光测高系统 (geoscience laser altimetry system, GLAS), 它是 NASA 整个地球科学计划 (earth science enterprise, ESE) 或地球观测系统 (earth observation system, EOS) 的一部分, 当时计划在 2001 年 7 月正式发射一颗激光测高卫星——ICESat (ice, cloud and land elevation satellite)。由于一些技术问题没能得到及时解决, 这一计划推

迟到 2003 年元月 12 日才发射升空。

5) 制定相应的规范和标准。目前机载激光扫描测高技术正蓬勃发展,已成为测绘等领域的一个热点,但目前还没有相应的技术规范和作业标准,用户对结果的可信度有时不好评价。因此,制定一个国际标准显得非常迫切,包括机载激光扫描测高系统的检校、结果精度的外部评价方法和策略、数据处理算法自适应性等。尽管已有不少人提出了各种方法、算法、想法,但并没有规范化和系统化。当然,这需要一段时间来实践和检验。

3 我国开展激光扫描测高技术研究的意义和建议

机载激光扫描测高已成为一种先进的集成测量技术方法,具有极好的发展前景和很强的竞争力,整体经济效益明显优于普通摄影测量。国际上许多公司、研究机构投入大量人力、财力进行相关技术与系统的研究开发,并在诸多领域得到了应用。鉴于机载激光扫描测高技术许多领域的广泛应用前景,而我国在机载激光扫描测高技术方面的应用研究同国际发达国家相比相对落后,为使该项技术今后能有效地服务于我国的国民经济建设,开展激光测高技术的应用研究以及激光测高数据处理的方法研究具有非常重要的理论价值和现实意义。

国家相关部门应足够重视,投入一定的人力物力;成立相应的开发应用研究基地,建立机载激光扫描测高硬件系统,机载激光扫描仪可从国外购置(已有多家商用系统);利用多天线 GPS 组合测姿确定飞行姿态参数,将系统装配到飞机,降低飞行高度,可减小姿态误差对定位的影响;组织开发相关数据后处理软件,包括 GPS/INS 组合定位导航测姿定位的后处理模块、机载激光扫描对地定位的自动化处理模块、数据滤波分类、地物提取、三维重建模块等;建立飞行试验基地,包括系统检校场。

参 考 文 献

- 1 张小红. 机载激光扫描测高数据滤波及地物提取. [学位论文]. 武汉: 武汉大学, 2002
- 2 李德仁. 摄影测量与遥感的现状及发展趋势. 武汉测绘科技大学学报, 2000, 25(1): 1~6
- 3 Axelsson P. Processing of Laser Scanner Data-algorithms and Applications. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 54(2/3): 138~147
- 4 Kaula W M, Schubert G, Lingenfelter R E, et al. Apollo Laser Altimetry and Inferences as to Lunar Structure. The 5th Lunar Sci. Conf. Geochim. Cosmochim, USA, 1974
- 5 Garvin J B, Bufton J, Blair J B, et al. Observations of Earth's Topography from the Shuttle Laser Altimeter (SLA): Laser-pulse Echo-recovery Measurements of Terrestrial Surfaces. Phys. Chem. Earth, 1998, 23(9/10): 1 053~1 068
- 6 Smith D E, Zuber M T, Frey H V, et al. Topography of the Northern Hemisphere of Mars from the Mars Orbiter Laser Altimeter. Science, 1998, 279(5 357): 1 686 ~ 1 692
- 7 Garvin J B, Zuber M T, Bufton J L. Lunar Observer Laser Altimeter; Geoscience Applications. Lunar Planet. Sci. Conf., 1988, 21: 379~380
- 8 Krabill W B, Collins J G, Link L E, et al. Airborne Laser Topographic Mapping Results. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1984, 50(6): 685~694
- 9 Zhao H J, Shibasaki R. A System for Reconstructing Urban 3D-objects Using Ground-based Laser Range and CCD Sensor. International Workshop on Urban 3D/Multi-media Mapping, Seiken, 1999
- 10 Baltasvias E P. Airborne Laser Scanning: Existing Systems and Firms and Other Resources. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 54(2/3): 164~198
- 11 Flood M. LIDAR Activities and Research Priorities the Commercial Sector. IAPRS, 2001, 34(3/ W4): 3~7
- 12 Irish J L, Lillycrop W J. Scanning Laser Mapping of the Coastal Zone the SHOALS System. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 54(2/3): 123~129
- 13 Huising E J, Gomes Pereira L M. Errors and Accuracy Estimates of Laser Data Acquired by Various Laser Scanning Systems for Topographic Applications. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1998, 53(4): 245~261
- 14 Blair J B, Rabine D L, Hofton M A. The Laser Vegetation Imaging Sensor: A Medium-altitude Digitization-only, Airborne Laser Altimeter for Mapping Vegetation and Topography. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 54(2/3): 115~122
- 15 李树楷, 薛永祺. 高效三维遥感集成技术系统. 北京: 科学出版社, 2000
- 16 李清泉, 李必军, 陈 静. 激光雷达测量技术及其应用研究. 武汉测绘科技大学学报, 2000, 25(5): 387~392
- 17 Petzold B, Reiss P, Stössel W. Laser Scanning-surveying and Mapping Agencies are Using a New Technique for the Deviation of Digital Terrain Models. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 54(2/

- 3): 95 ~ 104
- 18 Kraus K, Rieger W. Processing of Laser Scanning Data for Wooded Areas. In: Fritsch D, Spiller R, eds. Photogrammetric Week' 99, Wichmann, Bonn, 1999. 193 ~ 203
- 19 Pereira L M G, Janssen L L F. Suitability of Laser Data for DTM Generation: A Case Study in the Context of Road Planning and Design. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 1999, 54(2/3): 244 ~ 253
- 20 Wehr A, Lohr U. Airborne Laser Scanning-an Introduction and Overview. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 1999, 54(2/3): 68 ~ 82
- 21 Berg R, Ferguson J. A Practical Evaluation of Airborne Laser Mapping for Highway Engineering Surveys. *ION GPS 2000*, Salt Lake City, Utah, 2000
- 22 Flood M. Commercial Lidar Technology: The Next Five Years. *ASPRS Conference 2001*, St. Louis, 2001

第一作者简介: 刘经南, 教授, 博士生导师, 中国工程院院士。现主要从事空间大地测量和地球动力学研究。代表成果: 国家高精度 GPS 数据处理理论与方案; GPS 卫星定位处理综合软件; WADGPS 数据处理, 青藏高原地壳运动与形变的 GPS 研究等。
E-mail: jnliu@wtusm.edu.cn

Progress of Airborne Laser Scanning Altimetry

LIU Jingnan¹ ZHANG Xiaohong²

(1 Presidential Secretariate, Wuhan University, Luojia Hill Wuhan, China, 430072)

(2 School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan, China, 430079)

Abstract: The trends and prospect of airborne laser scanning altimetry in the near future are expected. The unsolved crucial problems in airborne laser scanning altimetry at present are pointed out. Geo-spatial information technology is the focus research in the geo-science world presently. Information capturing, processing as well as application are the three main items. At the end of the 1980's of 20th, airborne laser scanning altimetry (ALSA) is an emerging and attractive technology in the field of remote sensing that is capable of rapidly capturing three dimensional geo-spatial information in multi-scales, and also give us a new technology for obtaining short time resolution and high spacial resolution data. Data capturing is continuous, not manually taken point to point, which also makes the automatic and intelligent data processing feasible. Laser pulse can partially penetrate the forest canopy, and the topography under the canopy can be derived directly. It is impossible for traditional survey methods, such as photogrammetry and plane surveying method. ALSA systems are opening new possibilities for a variety of survey applications and data end-users. ALSA is expected to bring a new revolutionary for surveying and mapping. Laser scanner systems available on the market are presently in a fairly mature state of art while the processing of ALSA data still is in an early phase of development. The algorithms and models for data processing are not robust and adaptive. The emergence of robust, reliable software tools that are available to the entire community will be one of the most significant areas of change in the next five years. Currently, the vast majority of the processing, manipulation and classification of ALSA data is conducted using proprietary software developed independently by research, the data providers or provided by the sensor manufacturer to its clients but not available as a separate package.

Key words: airborne/spaceborne; laser altimetry; data fusion

About the first author: LIU Jingnan, professor, Ph D supervisor, member of Chinese Academy of Engineering. He is mainly engaged in the research on spacial geodesy and Geodynamics. His typical achievements are the theory and scheme of high precision GPS data processing in China; the comprehensive software of GPS satellite positioning processing; the software of WADGPS data processing; monitoring the crustal movement and deformation of Qinghai-Tibet Plateau with GPS.

E-mail: jnliu@wtusm.edu.cn