



专 家 论 坛

甘肃基础测绘的数字化改造及其相关技术研究

牛岸英

(甘肃省测绘局)

摘要 甘肃省测绘局通过组织基础测绘的数字化改造,实现了传统模拟测绘技术系统向数字化测绘技术系统的转变;结合技术改造进程,改善了队伍的基本素质;通过组织重点技术攻关,促进了基础测绘生产和服务整体水平的提升。

关键词 基础测绘 技术改造 数字化

地理信息系统技术、遥感技术、卫星定位技术和计算机网络技术的迅速发展,为测绘技术的革新提供了新的科技基础和广阔的空间。面对基础测绘需求的剧烈变化,从测绘保障全省发展的大局出发,省测绘局组织了甘肃基础测绘的数字化改造,促成以手工模拟为特征的传统测绘迅速向数字化测绘转变。

一、数字化改造课题组织的基本情况

本课题的总体目标是,通过测绘新技术及关键技术设备的引进与消化、应用,对传统测绘技术基础分步骤进行改造,建成流畅的基础地理信息获取与处理、存储与管理、分发服务与开发应用的数字化生产线,实现传统模拟测绘技术系统向数字化测绘技术系统的转变,用 4D 产品及其复合产品取代传统的人工模拟产品;结合技术改造,整合测绘技术和人才物力,组织重点技术攻关,提升测绘生产和服务的整体水平,全面改善队伍的基本素质。

围绕课题目标 我们用科技主导因素带动、协调、优化资源配置 围绕数字化主流程组织了一系列技术研究和攻关,全局组织投入 2 200 万元改造和提升测绘生产流程,按照“精兵加现代化”的路线整合基础测绘队伍,有效地推进了技术转轨。

经过慎重的调研对比,我们分析了东中部近十个省市的测绘数字化进程,紧紧抓住科技进步与经济适用结合的关键环节,稳妥地切入先进成熟的技术,重点放在系统的整合与效率,按照国家基础测绘设施建设的指导思想和全省经济社会发展对测绘的需求,组织了基础地理信息数据生产技术、基础地理信息管理服务技术、国家基础地理信息系统数据传输三个相关部分的建设。

基础地理信息数据生产技术系统。其核心由 GPS 卫星定位及后处理技术、内外业一体化

数字测绘技术、航测遥感采集处理技术、地图数字化采编处理等四条主流数据采集生产线构成形成数字正射影像、数字高程模型、数字线划图、数字栅格地图及其复合数据产品的生产能力 并对应健全生产管理、生产支持软硬件环境。

基础地理信息管理服务技术系统。设置了数据质检、数据库、信息分发服务、开发应用、产品制作、运行支持六个子系统 初步奠定信息化测绘技术保障服务的基础 为政府、经济建设各部门提供有力的测绘服务保障，满足西部大开发对地理信息数据和产品的需求。

国家基础地理信息系统数据传输系统。由局域网络系统、“中国测绘网”广域网、Internet接入系统构成，并由统一的电源系统和网络管理中心支持运行，为数据生产技术系统和管理服务技术系统的数据传输、存储、备份等提供安全、高速、可靠的网络运行环境 构成甘肃测绘生产、管理、服务、分发为一体的数据网络系统。

二、采取积极措施促进数字化改造

围绕目标的实现，我们持续地紧紧抓住两项基础：以人为本，提高劳动者素质；统筹投入，多渠道筹措经费，提高技术设备整体水平。抓住两点措施：重点突破，争取数字化生产技术优势 加快成果转化 提高科技对生产的贡献率。

全局技术改造分两个阶段完成。第一阶段自 1999 年 3 月规划设计、全面启动建设 到 2001 年基本完成，重点是数据生产、管理功能的实现，使全局具备规模化的生产和提供基础地理信息服务、开发与应用的能力，实现了生产服务保障能力的第一个翻番。第二阶段自 2002 年到 2004 年，重点是结合实际生产和服务对整个系统巩固充实改善，实现了生产服务保障能力的第二个翻番。全局生产组织结构按照整体化、系统化、规模化生产的特点进行了调整，各系统建设达到了设计的技术指标，实现了各系统基本功能，形成了网络化生产。目前整个系统运行正常 测绘综合服务应用实现了根本的变化 实现了更及时地提供多品种、多层次、多形态的基础测绘产品和复合产品的目标。

在建设局域网的基础上，陆续装备了 GPS 定位接收设备 28 台套 电子速测仪 40 台套 全数字化摄影测量工作站 24 台套 数据处理设备 260 台 影像扫描仪 1 台 大幅面工程扫描仪 3 台 大幅面彩色绘图仪 8 台 配置了与地理信息系统开发、集成配套的设备和相应的 GIS 软件。顾及了数据采集方式的多样性，保证了全社会信息化进程中对基础测绘数据多品种、多尺度、现势性的需求。通过网络系统的建设，初步形成了集测绘技术、计算机技术、网络技术为一体的管理和生产系统，完整地建立了各采集处理环节的工艺流程。存储能力达到 3TB 并具备一定的后备延迟和突发故障灾难恢复能力。质量控制贯穿于设备开箱、安装、调试、集成、测试全过程，数字化作业和服务场地进行了防雷、防火、防潮、防静电、高温调控等方面的环境改造。

对于数据库系统采用具有较强的稳定性和可扩展性的主流软件，对硬件和网络的配套综合考虑数据库运行的环境，也充分考虑整个系统的升级更新。基础地理信息分发服务构架为

用户提供了多方式检索资料的功能，取代了长期靠人工检索提供测绘资料的繁重工作。同时充分利用现有软硬件环境，加强了数据的安全存储与安全管理，采用网络防病毒软件实时监控，力保数据库安全高效。并根据国家安全保密的规定，将涉密网与非涉密网在物理上完全断开。在楼内重点部位安装了监控系统，加强安全防范。

全局在科技进步、用数字技术改造传统生产工艺上做了大量工作。结合西部大开发对基础测绘的需求，梳理了保障任务，并根据各部门对基础测绘数据、遥感数据、复合产品的需求进行了测算。重点考虑了资源利用、重点工程、环境保护对基础测绘数据的需求，调整了 1:1 万图基本图覆盖规划范围。以建立有效的省级空间数据基础设施及其应用服务系统为目标，追求工作效率、服务领域、成果品种的全面改观。

三、测绘队伍整体素质的改善与提升

在工程实施过程中，我们积极探索数字化生产的有效管理模式，加紧生产结构的规划与整合。全局陆续组建了 GPS 和精密控制测量队、数字化队、高新技术部、航测遥感部、航测数字化部、政务专题部、数字地图队等基层生产单元，进而以发挥专业特长、形成团队优势为目标，实现了基础地理信息中心、地图院、测绘工程院生产结构大框架调整，分别定位于高科技含量的空间数据与 GIS 应用服务、面向社会不同层次需求的地图品种、3S 技术为主体的地理空间数据工程与测绘保障。在整个进程中，引导全局职工更新观念，创造性地开展工作；注重人才的培养，营造尊重知识、尊重人才的氛围，为职工创造更多展现才华的机会。通过技术轮训，从事传统模拟测绘的核心队伍整体进入数字化生产，保证了各系统正常运行，通过一批数字化测绘工程、专题地图数字化生产、4D 数字产品生产，展现出了高新技术主导下的测绘活力。

1. 多层次地组织技术培训。一是加强岗位技能培训，培养适用人才，保证运作需求，组成稳定有效的人才结构。基础测绘职工普遍接受了数字化基础和数字化作业的轮训。二是结合新技术引进消化，局院组织新技术讲座和学术技术交流，鼓励技术骨干参与和交流新技术，分析消化问题，提高水平。我们送出去学、请进来教，采取多形式、多层次、多渠道的岗位培训，加大人才培养的力度。坚持有计划、不间断地组织新技术讲座和学术技术交流，邀请高层次的专家为技术骨干讲课，组织知识更新和继续教育，掌握现代测绘科技信息。三是强化技术衔接，重点抓了对软件供应商所提供产品的现场培训，外派培训人员均承担解决和处理具体问题、撰写培训和学习报告、再讲课传授的硬性指标，扩大覆盖面。通过技术培训，使有关技术人员掌握了基本的技术技能，确保了软硬件设备的正常运行和生产应用，迅速形成了新技术新工艺下的生产力。

2. 结合队伍力量更替，改善人才结构。人才引进和岗位培养并举，重点放在岗位培养上；积极开展学历教育，鼓励职工在完成本职工作的前提下参加在职的本专业函授教育进修，并给予学费补助，委托武汉大学举办了一期大专函授班，有 64 名职工取得了测绘大专学历。接着完

成了一期本科函授班 50 人取得了 GIS 与数字化技术本科学历。选送了十余名技术骨干攻读研究生，加强高层次和高技能人才培养，在学习中解决新问题，在研究和解决问题中学习前沿技术，有计划地选拔培养决策组织管理为目标的高素质复合型人才，使队伍总体科技文化水平上了一个台阶，为适应数字化生产奠定了坚实的基础。

3. 改善技术职务评聘，在竞争中提高整体水平。对技术资格评审全面转向考核能力和贡献 选聘动态管理 竞争考核上岗 从而引导积极进取 扭转了技术职务评聘中排队等待、无所作为的状况 倡导和推行师徒指导制度 形成长效机制 在论文撰写、技术创新、项目开展、生产组织等过程中开展技术传帮带，促进年轻技术人员更快成才；动态设置技术带头人岗位，推举了学术技术带头人，逐步改善了科研和工作条件。

4. 确保科技教育基金提留额度，提高基金使用效率。局按事业费 3% 提留科技教育基金，使用基金进一步加大技术教育培训力度 支持重大科技、技改项目 对科技进步的列项 紧密结合生产实际和全省社会需求，重点放在技术系统过渡中的数字产品生产、管理、应用、开发上，确定新技术应用效益评价量化指标 缩短技术更新周期 引进一项 成熟一项 形成稳定的生产能力。

四、改造实施的主要成效

1. 初步实现了常规生产向数字化生产的整体跨越。通过测绘新技术及关键技术设备的引进与消化应用 利用以 3S + D 为主要特征的高新技术改造传统测绘技术基础，对数据采集和管理系统各子系统进行了有效的整合和集成，实现了基础地理信息获取与处理、存储与管理、分发服务与开发应用的流畅运行，实现了传统模拟测绘技术系统向数字化测绘技术系统的转变。形成了两千标准幅的基础测绘数字化生产能力和相应的数字化扩展应用服务能力。在队伍缩编了两成的同时，测绘生产能力翻了两番。

2. 形成了一批重大的数字化测绘成果。测绘了近 10 万平方千米的数字化成果并直接按建库标准生成数据，大幅度节约了重复处理的开支；测绘了城市及重点工程近 3 000 平方千米大比例尺地形图、地籍图、工程用图，全省大部分设市城市实现了新一代 GPS 大地精密控制，近半数县城也已经过 GPS 改造，为交通建设、电站建设等重点工程建设项目提供了数字化测绘技术保障；成为数字甘肃地理空间基础设施建设的一个核心部分，对全省电子政务、信息化建设具有深远的影响。开展了敦煌莫高窟、宁夏西夏王陵、交河古城等重点文物古迹数字化近景摄影测量。建设了黑山峡水利水电枢纽工程淹没分析系统、省政府地理信息系统、退耕还林还草监测系统、测绘资料管理信息系统、航测生产信息管理系统、输电线路信息管理系统、兰州城市地理空间信息系统、兰州市南北两山绿化系统、白银电网地理信息系统、敦煌及周边地区地理信息系统等应用示范。

3. 全面带动了测绘系统的技术进步。在整个基础测绘数字化项目实施过程中，组织了相

关技术的吸收、引进、消化、应用推广和技术攻关,有 50 多项技术改造和技术应用研究获得奖励,参加这些项目的人员达 100 多人,使得测绘职工凝聚力增强,学习气氛空前浓厚。

4. 基础测绘保障大为改观,服务能力加强。基础测绘成图的周期大大加快,与管理、决策、规划、设计、协调的过程和主体更为紧密,具备了跟踪管理热点并提供及时服务的能力,对应急保障的反应能力和速度大幅度提高,进而使全社会进一步认知测绘。过去,限于技术手段和大量的人工绘图核算,工程前期勘测设计几乎不可能做全面的选比方案,而现在大量单位用上了数字化成果,在前期运作中就可以迅速地形成几套选比方案,并可生成虚拟现实,进行分析对比核算,从而节约资金,规避风险,从根本上大局上提高设计和施工的质量。甘肃地理空间框架建设和专题地理信息系统陆续启动。

5. 强化了基础测绘的主导地位,带动了测绘行业的发展。基础测绘作为决策管理和可持续发展的重要工具进一步为社会重视。作为政府测绘,基础测绘事关国家主权和利益,是制定总体平衡的依据之一,基础测绘整体水平提升,为测绘事业的发展创造了新的基础条件,有利于全面正确地履行测绘行政管理职能,保障经济和社会发展对测绘发展的需求,有利于完善和促进测绘事业全面、协调、可持续发展的政策措施、机制和法制环境,促进了测绘统一监管和依法行政。

五、结合技术改造实践,组织了有成效的相关技术研究

课题通过具体子项目专题逐一消化、吸收新技术,整合软硬件,有效地解决了实施中的关键技术问题,保证了主体生产线的顺利建设,节约了经费,加快了进程。主要有:规模数字化测绘生产线创建及其适应甘肃现势需求设置的研究、数字化测绘工序设置与改造过渡问题的研究、测绘组织管理动态适应数字化作业的研究与改进、航测数字化工序流程适应性的研究、遥感测绘科技向工艺转化融合的研究、数字化作业质量控制点设置及过渡期监控质量手段的研究、JX-4C 系统与 Virtuozo 系统配合作业提高功效的研究、航测影像与遥感影像匹配融合的研究和应用、遥感数据处理系统多源数据融合的方法研究、已有模拟产品数字化与全数字化成果融合集成的研究、内外业一体化规模生产工艺和生产组织方式的研究、GPS 测量与电子速测仪工艺衔接的研究、卫星定位测量配合航空摄影测量的研究实践与效果、城市大比例尺高分辨率影像处理和普及应用研究、数字化近景摄影测量的技术工艺与生产组织的研究、数字化编图生产线建设结合西部市县挂图工程技术消化与研究、直接测绘图件成果输出提供与建库数据要求协调的研究、数字甘肃地理空间框架规划和建设技术路径的研究、测绘数字化成果应用与电子政务的研究、重点工程应用示范研究、测绘数字化成果在退耕还林还草监测管理中的应用研究、结合重点技术工程培养人才聚集人才机制的研究和措施改善、区域经济统筹布局管理理念和空间信息理论的模拟和应用等。先后发表测绘专业论文和重点专题技术报告 114 篇,有 70 余项测绘科技成果通过测绘局验收鉴定并给予奖励,8 项科技成果分别获得了省部级科技

进步奖、优秀地图成果奖。目前继续开展的项目有，全省高等级 GPS 加密网和大地水准面精化研究、甘肃省基础地理信息数据库建库的研究、电子政务与测绘数字化成果应用的研究等。

六、进一步扩展完善基础测绘数字化服务

为全省经济和社会信息化提供地理空间信息数据基础平台及应用服务，具有战略和全局意义。经过数字化改造，我们进入了一个新的起点，结合工程实施形成的规定、办法等管理制度逐步试行，系统之间协调运行管理机制、系统的维护机制、主要软件的升级机制、交付用户的基础地理信息维护等制度建设，还需进一步补充和完善；由于工程客观条件的制约，一些技术环节需要进一步实践和改进，局域网络采用的单星型结构冗余性较差，有待进行双星结构的网络改造；由于测绘技术和管理的迅速发展，新的需求和问题还在不断出现，基础测绘系统必须进一步适应信息化服务的转变，技术服务开拓的前景十分广阔。

Spot5 卫星影像测图精度检测及应用可行性

耿兆恩 张代林

(兰州军区 68011 部队)

一、问题的提出

随着航天、遥感技术的不断发展，空间遥感活动中所使用的遥感器的工作波段已得到充分扩展，而且传感器的空间分辨率也在迅速提高。从 20 世纪 90 年代初以来，航天遥感已步入一个能快速提供多种高分辨率对地观测海量数据的新阶段，航天遥感已发展成为实用化、产业化的高技术，在军事和民用领域都具有广阔的应用前景。各军事大国从自身利益出发，都竞相将其所拥有的部分高技术转为民用，欲以高分辨率的卫星遥感图像来占领预期利润极高的航天遥感市场，所以在近些年来才会有大量的高空间分辨率的航天遥感卫星投入到商业运营中。

国际上航天遥感技术的高速发展，使我国航天遥感技术的发展既面临着机遇，又面临着挑战。环顾世界 美国、俄罗斯是航天遥感技术发展强国 日本、印度、韩国在高分辨率遥感卫星及应用的研究上也“咄咄逼人”。为适应国际形势的变化，我们应该将一切可以利用的资源拿来为我所用，以满足国民经济建设和军事斗争准备的需要，因此，对非国产的高分辨率遥感卫星图像的应用研究有着重要的意义。

spot5 卫星影像资料商业化程度非常高，是当前世界上应用程度十分广泛的测绘资料。就其产品来说，其在中国的代理商可以提供 DEM 产品、DOM 产品及相应的 DLG 产品。根据用户需要，可以提供相应的多种分辨率 Spot5 卫星资料或产品，其标称精度各不相同。

目前 在国内大部分行业利用的 spot5 卫星资料或产品的组合形式为购买立体像对、DEM 或 DOM 产品、立体像对 + DEM + DOM 三种形式。当仅购买立体像对时，生产时必须进行地面实地控制 当购买 DEM 或 DOM 产品时 意味着对法方标称精度是认可的 直接利用其产品 当采用立体像对 + DEM + DOM 的方式时，则可以在无地面控制或少量地面控制点的情况下恢复立体模型进行 DEM 局部编辑 以获得更加可靠的 DEM 成果。当然 不同的组合方式 购买资料的费用差别很大，产品的可靠性和工作量也有较大的差别。

由此产生两个方面的问题：一是法方提供的 DEM 产品是否符合其标称精度。如果 DEM 精度是可靠的，则不需购买立体像对，可以节省大量经费。二是能否利用法方提供的 DEM 成

果将立体像对恢复成可以观测的立体模型，以减少地面控制点数量或不利用地面控制点。这一点对人员装备难以到达的区域成图是很有意义的。

由此可以看出，有必要对法方提供的 DEM(DOM) 精度可靠性进行系统检测，以确定其应用价值和潜力。

二、检测方法及资料情况

总体设想是对被检测区域按平地、丘陵和山地三种地形划分特征区域。在对 SPOTS 卫星 DEM、DOM 数据进行目视分析的基础上，用野外实地测量或航测内业方法获得对应区域一定数量地形特征点的平面坐标和 DEM 数据与 SPOTS 卫星 DOM、DEM 数据进行比对。

(一) 检测方法

方法一 野外检测法

将外业控制点和加密点判刺在 SPOTS 正射影像上，读出其平面坐标，对比其平面精度和误差分布情况。

方法二 室内检测方法

1. 用航空摄影测量资料测制 DEM、DOM。用航内 DEM 与 SPOTS 卫星 DEM 进行同名格网逐点比对，求出每个格网点的高程差。

2. 将 SPOTS 卫星 DEM 数据转换生成等高线(等高距 10m)，将生成的等高线与航空像片立体模型套合在一起，目视检查整体套合情况及对地貌细部的表现能力。

3. 在 SPOTS 的正射影像上量测 DLG(主要是水系和高等级公路)，将卫片量测的 DLG 引入航片立体像对和 DOM，对比整体和细部的平面精度。

(二) 检测区域

检测区位于陕西省 9-48-[8] (宝鸡市) 北纬 $34^{\circ}00'00''-00'00''$ 东经 $107^{\circ}00'00''-8^{\circ}00'00''$ 之间，面积约 10000 平方千米。

测区内较大的城镇有宝鸡市、太白县、凤翔县、麟游县、千阳县、岐山县、眉县、扶风县等。

该测区地貌形态复杂，以山地为主，地形破碎，沟壑纵横，海拔最高为 3282 米，最低为 445 米。气候较干燥，降水贫乏。所选三块检测区的地貌特征分为平地、丘陵和山地。

平地检测区位于 9-48-59-乙(凤翔县) 图内，等高距 10 米，相邻两条等高线图上平均间距约 12 毫米。

丘陵检测区位于 9-48-60-甲(姚家沟) 图内，等高距 10 米，相邻两条等高线图上平均间距约 1.2 毫米。

山地检测区位于 9-48-71-甲(太平庄) 图内，等高距 20 米，相邻两条等高线图上平均间距约 0.6 毫米。

(三) 资料情况

1. 航空摄影测量资料

宝鸡地区 1: 48000 航空像片(空军航摄团 1993 年 10 月航摄)和数字影像 TIF 格式 256 灰度级(每像元 25 微米)

总参测绘局 1996 年出版的 1: 50000 地形图 24 幅。

兰州军区 68011 部队 1995 年外业控制成果。

兰州军区 68011 部队 1996 年内业加密成果。

兰州军区 68011 部队 2003 年外业实测的 GPS 控制测量成果。

2. SPOT5 卫星资料

视宝公司提供的宝鸡地区 SPOT5 同轨立体相对 3 个共 6 张原始数字影像 TIF 格式)。视宝公司提供的 DEM 其标称的精度指标具体为平地超过 10 米、丘陵超过 18 米和山地超过 28 米的点所占百分比均小于 10%。

视宝公司提供的 SPOT5 卫星参数成果。

视宝公司提供的 SPOT5 卫星 DEM、DOM 成果。

视宝公司提供的 SPOT5 卫星 DEM 精度评估图(MASK)。

(四) 坐标系统

平面坐标 北京 54 坐标系和 WGS84 坐标系。

高程基准: 1985 国家高程基准和 EGM 96 重力场模型 MSL(平均海平面)

投影方式: 高斯克吕格投影, UTM 投影。

(五) 作业平台、作业软件

全数字摄影测量通用平台。

通用测绘作业工具。

SURVEY - PS600 坐标转换工具。

VirtuZo NT 3.5 plus 全数字摄影测量系统(适普公司提供)

匀光镶嵌系统 ImageXuite 1.1(适普公司提供)

DEM 高程精度分析与评估系统(自编)

ENVI3.6, EADRAS PCI8.0。

DEMView DEM 三维显示与分析系统(吉威公司提供)

DEM 格式转换工具。

三、检测过程

检测过程分为 DEM 精度和 DOM 精度检测两部分。

(一) DEM 精度检测

1. 检测内容

对被检测区域按平地、丘陵和山地三种地形划分特征区域 在对 SPOTS 卫星 DEM 数据进行目视分析的基础上，用航测内业方法获得对应区域的 DEM 数据与 SPOTS 卫星 DEM 数据进行比对。

2. 检测方法

(1) 设定航片生成的 DEM 及正射影像为真值 用卫片的 DEM 与航片的 DEM 进行比较，检验 SPOTS 卫星 DEM 的高程精度。

(2) 设定航片立体模型为真值，用 SPOTS 卫星 DEM 数据生成矢量等高线叠加到航片立体模型上，目视分析等高线的整体套合情况和对细部地貌的表现能力。

3. 检测步骤

(1) 作业准备

第一，进行控制点坐标系转换，将控制点坐标系由 1954 年北京坐标系、1985 国家高程基准转换成 WGS84 坐标系和 EGM 96 重力场模型 MSL(平均海平面)以统一坐标系。

方法是：

A. 将旧 54 平面坐标数据转成新 54 平面坐标数据 精度损失 X 方向 0.5 米左右， Y 方向 1 米左右)

B. 将新 54 坐标系下的平面坐标数据 (X, Y) 转换为新 54 坐标系下的大地坐标 (B, L) 数据 (高斯投影转换反算)

C. 根据外业实测成果计算得到坐标转换的七个参数，对新 54 坐标系下的大地坐标 (B_{54}, L_{54}) 进行坐标转换 转换至 WGS84 系下的大地坐标 (B_{84}, L_{84}) 。

D. 得到的 84 坐标系下的大地坐标数据根据 UTM 平面投影原理转换成 84 坐标系下的平面坐标数据 (UTM 投影)。

将 1985 黄海平面基准下的水准联测高程值 (即正常高) 加上由西安测绘信息技术总站计算出的高程异常值，得到大地高，然后减去利用 EGM96 模型计算出的大地水准面高，得到与 SPOTS DEM 数据高程系统一致的正高数据值。(以上计算使用西安测绘信息技术总站研发的坐标系转换软件完成)

通过与西安测绘信息技术总站转换的坐标与实测坐标的对比，验证了西安测绘信息技术总站转换 1954 北京平面坐标至 WGS84 坐标的正确性。

经过从正常高加高程异常得到大地高，再由此大地高减去大地水准面高得到正高的一系列计算后，所有高程数据的精度经过验证均符合要求。

第二，对所选的试验区进行空中三角测量作业。

平差解算后控制点误差。

经检查 空三成果完全符合 GJB415—87《1: 25000、1: 50000、1: 100000 军用地形图航空摄影测量内业规范》要求。

第三 使用 VirtuoZoNT 程序 进行自动匹配生成 DEM 格网间距为 25 米) 利用 Virtuzo NT 3.5 Plus 中的 DemMaker 编辑所生成的 DEM;

第四 将视宝公司提供的地理格网 DEM 转换为 VirtuoZo 格式的平面规则格网 DEM。

第五 ,SPOT5 卫星 DEM 数据生成等高线。

经检查 用航片资料生成的 DEM、DOM 精度好 完全符合规范要求。用 SPOT 5 DEM 数据生成的等高线真实可靠。

(2 外业检测

以外业实测得到的 83 个点的数据为真值 , 首先由 PCI Geomatics 软件导入 dt2 格式的 SPOT DEM 数据 按照 83 个外业点的大地坐标 在导入的 SPOTDEM 数据中找到这 83 个点 并读取其高程值 (即 SPOT DEM 所提供的正高值) 然后 将读取得到的高程值加上大地水准面高 依据 EGM96 模型计算得出 得到大地高数据 与 GPS 实测的相应点的大地高数据进行比较。

检测结论 :SPOT5 DEM 所提供的数据在平地精度较好 , 山岭地区精度不够理想。高程值差的较大的点一般出现在山沟处 , 有些山脊部位差值也比较大。

(3 航测法内业检测

第一 ,SPOT5 DEM 目视检查。

利用可视软件进行三维、二维检测。整体表现较好 ,DEM 未出现大的变形。

第二 , 整体套合检查。

运用 SPOT5 DEM 生成等高线 , 叠合航片立体像对和正射影像进行直观比较。

结论 :

通过在立体状态下的观察发现 , 大部分等高线能够正确表现实际地貌 , 等高线与地物在位置上套合情况较好 但在高程方面 有部分存在较大差异。

平地区域内平坦开阔地区等高线与立体模型套合较好 , 但部分长而深的沟壑处 , 等高线浮于其上。

丘陵和山地地区山体表面的等高线套合较好 , 但有部分山体的山沟与山脊套合较差 , 山沟处等高线未深入沟底 , 山脊处等高线陷入山体。

第三 ,DEM 格网点逐点检测。

平地、丘陵、高山三种地形的航片 DEM 数据与 SPOT5 DEM 数据进行同名格网逐点比较。这里 从比对效率方面考虑 将 SPOT5 DEM 数据转成与航片 DEM 格式相一致 有利比较。另一个考虑是 将来在使用 SPOT 5 DEM 成果时将主要以平面规则格网的形式使用。

比较中 除了用逐一求取较差的方法外 还引用了一些精度评估标准 如 中误差 统计均值和统计方差 , 由此对不同区域的高差值进行分析计算。其中 , 中误差计算运用测量工作中的白塞尔公式 :

中误差
$$m = \pm \sqrt{\frac{V_i \cdot V_i}{n-1}} (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

这里, V_i 代表各个格网点的高程差值。

统计均值和统计方差的计算公式如下:

统计均值:
$$\Delta h = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta h_i$$

统计方差:
$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta h_i - \overline{\Delta h})^2$$

其中, Δh_i 代表各个格网点的高程差值。

统计结果分析:

第一 剔除 MASK 区域的统计结果分析:

在统计结果的基础上, 提取差值较大的点 (高程差值超过 50 米的格网点) 导入航片模型立体像对, 在立体状态下进行观察, 发现这些点大部分分布在沟底处, 且一般高于立体模型。有部分山脊处也分布有差值较大的点, 且一般低于立体模型。通过正射影像叠加等高线后导入差值较大的点来直观显示。即正射影像叠加等高线后引入误差较大的点。

同时, 还将这些差值较大的点导入航片 DEM 生成系统, 对照航片的立体像对及航片制作的 DEM 直接获取差值较大点的分布。

通过所有显示情况反映: 差值较大的点分布于平地地区的部分沟壑处, 丘陵地区的山体沟、脊处和山地地区的山沟、山脊处。根据差值较大点在立体状态下的分布 得到在平地地区的沟壑处 SPOTS DEM 在沟壑处的高程值大于航片所测的高程值。在丘陵地区与山地地区, SPOTS DEM 的高程值也是大于航片所测的高程值。在山脊处 SPOTS DEM 的高程值大于航片所测的高程值。

第二 考虑 MASK 地区的统计结果分析

针对 MASK 区域, 由于标称上指明其区域范围内的高程值不可靠。因此, 我们假设 MASK 区域是使 SPOTS DEM 数据精度受损的原因之一。将差值较大的点以图形显示的方式给出, 并与之进行叠加。根据三块区域图幅范围在 SPOTS 提供的 MASK 区域内的分布 得出平地与山地地区分别分布有大块的 MASK 区域, 而丘陵地区没有大块的 MASK 分布。因此, 只考虑 MASK 对平地与山地的影响。

分析所显示的情况, 得到误差较大点并不是出现在 MASK 地区。而且, 在之前的统计中, 我们进行了剔除 MASK 区域的统计, 结果发现精度较剔除 MASK 之前的数据并未有显著变化。因此 就排除了 SPOTS DEM 在 MASK 区域精度较差的假设。

(二) DOM 精度检测

1. 检测内容

被检测区域分为平地、丘陵和山地三种特征区域。利用航空摄影测量资料测制对应区域的 DOM 利用该 DOM 检验 SPOTS5 卫星 DOM 的平面精度以及利用其获取 DLG 的能力。

2. 检测方法

(1)以航片生成的 DOM 为标准 用卫片的 DOM 与航片的 DOM 进行比较。

(2)在对 SPOTS5 卫星 DOM 数据进行目视分析的基础上 在 SPOTS5 卫星 DOM 上选取外业控制点和特征明显、易于判读的目标 量取其平面坐标 与航片上相同点的坐标进行对比 求出每个目标点的平面坐标较差。

(3)在 SPOTS5 卫星 DOM 上采集部分目标(河流和高等级公路)将 SPOTS5 卫星 DOM 上采集的目标 与航片 DOM 叠加显示,目测其整体套合情况。

3. 具体检测区域

同第二部分。

4. 检测步骤

第一 作业准备(同第二部分 DEM 精度检测)

第二 制作航片 DOM。

用 VirtuZo NT 生成航片正射影像。用 ImageXuite 拼接 VirtuZo NT 生成的正射影像。

第三 卫片 DLG 采集。

在 SPOTS5 卫星 DOM 上采集部分地物(河流和高等级公路)

第四 ,DOM 精度检测。

在适普提供软件 VirtuZo NT 的 IGS 模块中打开 SPOTS5 卫星 DOM 选取控制点和特征明显易于判读的目标点,读取其平面坐标与航片上相同点的地面坐标进行比对。

依据 SPOTS5 卫星 DOM 采集的地物(河流和高等级公路)与航片正射影像叠加显示 目测其整体套合情况。

检测结果统计、分析。

对所选的目标点平面坐标比对情况来分析,可以得出以下结论:

1. 从总体上分析 SPOTS5 的 DOM 的平面精度基本在 10 米以内 从表中数据可以反映这一点。个别误差较大的点是由于判刺困难而造成,并非是该区域精度差。

2. 通过上述三个检测区域的 ΔX 、 ΔY 的分析和对依据 SPOTS5 卫星 DOM 采集的地物(河流和高等级公路)与航片正射影像叠加进行的目视分析,发现在部分区域有偏移。

四、检测结论

通过以上检测,我们可以得出以下基本结论:

1. 法方提供的该型资料标称精度和实际精度基本吻合。

利用可视软件对 SPOTS5 卫星 DEM 进行二维、三维检测。整体表现较好 ,DEM 未出现大的

变形。

在高程方面 平地与丘陵地区 DEM 精度较好，山地地区精度较差。

平地检测区比对了 994032 个格网点，高程差值的平均值为 +0.683 米；在 10 米以内的点数占总点数的 90.1% (SPOT5 卫星 DEM 标称绝对精度为 10 米)。

丘陵检测区比对了 660692 个格网点，高程差值的平均值为 -0.268 米；在 18 米以内的点数占总点数的 92.4% (SPOT5 卫星 DEM 标称绝对精度为 18 米)。

高山检测区比对了 410027 个格网点，高程差值的平均值为 -8.908 米；在 30 米以内的点数占总点数的 87.9% (SPOT5 卫星 DEM 标称绝对精度为 30 米)。

在平面位置方面：

平地未剔除 MASK 区域影响：17 米以下点数占 96.8%，17 米以上占 3.2%；剔除 MASK 区域影响：17 米以下点数占 96.4%，17 米以上占 3.6%。

丘陵地未剔除 MASK 区域影响：18 米以下点数占 92.4%，18 米以上占 7.6%。

山地未剔除 MASK 区域影响：28 米以下点数占 86.5%，28 米以上占 13.5%；剔除 MASK 区域影响：28 米以下点数占 86.6%，28 米以上占 13.4%。

在等高线表现能力方面：

大部分等高线能够正确表现实际地貌，等高线与地物在位置上套合情况较好，但在高程方面，有部分存在较大差异。

平地区域内平坦开阔地区等高线与立体模型套合较好，但部分长而深的沟壑处，等高线浮于其上。

丘陵和山地地区山体表面的等高线套合较好，但有部分山体的山沟与山脊套合较差，山沟处等高线未深入沟底，山脊处等高线陷入山体。

2. DEM 误差主要分布于平地地区的沟壑及丘陵和山地地区的部分山沟、山脊处。

根据误差的分布统计与显示情况得到，平地的沟壑处，SPOT5 DEM 高程值比实际高程值大，由 SPOT5 DEM 生成的等高线浮于立体模型。丘陵和山地地区的山沟处，SPOT5 DEM 高程值也比实际高程值大。丘陵和山地地区的山脊处，SPOT5 DEM 高程值比实际高程值小，由 SPOT5 DEM 生成的等高线陷入立体模型。

类比利用航片自动匹配生成 DEM 的质量分析结果，即误差通常分布于平地地区的沟壑及丘陵和山地地区的部分山沟、山脊处。这与我们得到的误差分布结论相吻合，因此，分析认为 SPOT5 DEM 的误差与卫星影像匹配不准确有关。

3. DEM 的精度较差的区域并非集中在所标称的 MASK 区域。影响 SPOT5 DEM 精度的原因不应当只和其所标称的 MASK 区域有关。

4. SPOT5 的 DOM 的平面精度基本在 10 米以内。个别误差较大的点是由于判刺困难而造成，并非是该区域精度差。

5. spot5 表示的地物有区域偏移现象。通过上述三个检测区域的 ΔX 、 ΔY 的分析和对依据 SPOT5 卫星 DOM 采集的地物（河流和高等级公路）与航片正射影像叠加进行的目视分析，发现在部分区域有地物漂移现象。

五、应用潜力

检测的最终目的是为了利用 spot5 资料。从常规地形图测绘看，对于该型资料的利用主要集中在测制地形图方面。通过以上检测，我们认为该型资料在以下方面具有应用潜力：

1. 可以作为测制 1: 5 万以下比例尺地形图的基本资料。但在应用该型资料时应注意以下几个方面的问题：

一是利用 spot5 立体像对进行地形图测绘时完全利用 spot5 公司提出的轨道参数和摄影参数进行恢复立体模型作业最终成果不能完全符合国家现行规范的规定。实际作业时，有条件下可以实作部分地面控制点，以消除系统误差，提高绝对精度。

二是可以通过 DEM 数据（DOM 数据）和立体像对数据的综合利用，减少地面控制点数量。对于绝对精度要求不高的工程目标，可以直接利用 DEM（DOM）数据纠正法方提出的相关参数，实现无地面控制作业。

2. 法方提供的 DEM 数据就其总体精度而言，相对精度较好，绝对精度存在一定的误差。可以应用于对绝对精度要求不高的应用领域，如建立虚拟环境的基本数据，也可以用于军用飞行器的中期导航数据。对于绝对精度要求较高的应用领域，其不能直接作为成果数据，必须进行必要的人工编辑，特别是在山区沟谷明显处入阴影处必要的人工编辑是必须的。

3. DOM 数据可以作为地物判读的基本数据。其平面位置精度较好，影像清晰，判读率高。结合 DEM 数据对正确恢复立体模型具有相当大的利用价值。同时，可以作为建立区域影像数据库的基本数据。