

我国航天对地观测遥感工作的 若干问题浅析及对策建议*

肖伟刚

(中国科学院高新技术研究与发展局 北京 100864)

摘要 本文从技术层面浅要阐述了在我国航天对地观测技术蓬勃发展中显现出来的几个主要方面的不足,这些不足点或问题是紧密关联而非孤立的,是不能回避的。为加速我国航天对地观测技术的发展,国家需从整体和全局上科学统筹改进。

关键词 航天对地观测技术,发展,问题

DOI:10.3969/j.issn.1000-3045.2009.05.008

航天对地观测是利用载有传感器的空间飞行器获取有关地球(陆地、大气、海洋)的资源、环境、生态、灾害等信息,是实施对地球的观测与监测的技术体系,包括太空卫星系统、地面数据接收系统、数据处理和分析应用系统。航天对地观测技术在国家经济建设、国防安全等方面的作用举足轻重,是国家科技实力的重要象征,已经成为全球发展最为迅猛的高技术领域之一。

1975年钱学森主持召开了第一次全国遥感规划筹备会,30多年来,我国对地观测技术从概念引进、学科布局到技术研发,很快得到了蓬勃发展。在邓小平同志的亲自指导下,通过中美科技合作,1986年建成并运行了中国遥感卫星地面站,返回式遥感卫星、气象卫星等逐步成系列地发展起来,迄今共发射了50多颗地球观测卫星。我国航天对地观测技术已经进入全面深入发展并正在大力推进业务化、产业化的阶段。

1 我国航天对地观测技术若干问题

航天对地观测技术涉及的技术学科面广、技术手段繁多、管理部门众多、系统交叉复杂、产业关联紧密,是一个很广泛的应用技术领域。虽然我国对地观测技术取得了长足的发展和进步,但与发达国家相比,在技术发展要求和我国经济建设的现实需求方面,仍存在很大的差距。随着国家在该领域投入的加大,使该技术体系得到迅猛发展,与此同时,不足点也更加凸显,主要表现在以下6个方面:

1.1 数据源问题

我国自主长期稳定运行的、无缝覆盖全国乃至全球的即时数据缺乏,大部分数据来自国外,无法满足国家经济和社会发展对遥感数据的时效性需求;自主稳定的高空间分辨率遥感数据源缺乏,主要依赖国外卫星数据,从卫星遥感行业用户的业务运行技术链上,导致业务应用技术难以持续改进和开发,尚未形成良性循环。

尤其是随着知识经济的发展,各行各业

* 收稿日期:2009年7月22日

对高空间分辨率遥感数据严重依赖,而我国该领域的很多方面技术水平跟不上,相比而言,国内卫星遥感数据质量和稳定性较差,只能作为备选和补充数据,用户必须花费巨额资金购买国外商用卫星高分辨率数据。据调查,水利领域对数据高时间分辨率的需求尤其强调;农业领域对高光谱分辨率的需求与日俱增;精准林业调查与监测很依赖高分辨率的遥感数据源,持续性的高时效性的多光谱数据源对于林业(防火、防盗伐)监测至关重要;国土资源调查、监测监管工作所需卫星遥感数据的90%以上来源于国外卫星,不仅耗费大量资金,指定式的购买还间接地影响了国家安全信息的维护。天上是源头,这是国家空间基础信息建设跟不上要求的表现*。

1.2 卫星系统技术创新能力问题

我国卫星的可靠性、寿命、姿态稳定性等整体性能指标偏低,系统技术水平与整体性能落后。对于航天对地观测精准数据的获得,遥感器空间位置和姿态测量很重要,这主要基于较强的电子工业基础以及高精度自主导航系统等空间信息基础设施的协调发展。国际发达国家已经达到了角秒级的卫星定姿水平,美国陆地卫星在轨运行寿命一般为15年,而我国的资源卫星设计寿命才3—5年。造成水平不高的直接原因是基础研究以及关键技术攻关滞后,卫星系统技术在工程项目执行流程中从设计到生产工艺等环节缺乏创新机制。

长期以来,系统工程的“构建”能力提升很快,但关键技术基础、创新能力的培育远远不足,系统对基础的拉动关系缺乏深入牵引和持续积累的工作机制,“程序正确”有时制约了整体工作效率及创新水平。我国目前的航天器系统工程标准体系还很不完善,突

出表现在没有覆盖系统工程全寿命周期关键活动,如系统工程前端的任务分析及后端的测试与运行管理标准等不系统、不全面。此外,随着技术发展和经验积累及时补充或修订系统标准规范的机制也有待完善。卫星研制流程中对关键活动的研究不透彻,特别是对新型设备开发、任务分析、系统可靠性安全性设计、测试试验相关活动和要素缺乏系统、深入研究,未形成明确的工作流程;对航天器在轨数据的研究和应用未深入开展,尚未形成对分析模型修正和产品设计改进的有效支持。同时对新理论的掌握和发展应用也是薄弱环节,比较基础性的工作也是最易忽视的地方。宇航骨干系统工程企业研发部门需要更多关注产品生产流程中的技术革新或优化设计。

提高航天对地观测数据的获取能力是个系统工程,卫星平台是重要因素,卫星总体性能参数对以光电耦合器件作焦面探测器的成像质量是有重要影响的。对于高分辨率相机,需要有高姿态稳定度、精确的姿态指向能力,卫星轨道摄动、地球自传、姿态变化、相机光轴指向等都会产生非正常像移,需要根据成像方式、器件选择等综合计算分析。对遥感图像的几何质量(内部畸变、定位误差、光谱和时相配准)和空间特征质量(调制传递函数、空间分辨率、覆盖宽度等)全过程分析与评判工作力度不够,对总体设计工作的指导性不强,加之规范不完善,导致在卫星项目执行进程中,伴随着新技术的采用,协调工作量加大,影响了工作效率。表象上看是基础薄弱,深层次的原因在于卫星系统开发的体制缺乏创新活力。

1.3 共性技术基础问题

航天对地观测技术涵盖的技术领域众多,涉及系统中的工程技术(设计、过程工



中国科学院

* 全国政协教科文卫体委员会“对地观测技术促进经济社会发展”专题报告会材料(国土资源部),2009年4月

艺、测试方法及手段等)、部件、器件、材料等。其中一些技术是航天对地观测需要的基础性的共性技术,如高可靠性高集成度电子器件制备及检验、光学精密工程、大气模型基础数据(气溶胶特征等)及大气光谱数据库(目标和背景特征)、通用光学辐射定标、微波探测技术、高端数据处理系统、光学仪器有关规范等。航天光学观测技术在我国发展迅速、学科齐全,研究人员总量可观,应用领域不断扩大,但在航天遥感卫星系统工程中存在一些发展中显现出来的薄弱环节,需要系统地加以解决。以下仅以光学辐射定标、高精度光学仪器装配、焦敏面像质检测评价为例来加以说明。

航天光学观测技术迫切需要先进和系统性的辐射定标与真实性检验技术支撑,以提高定量化应用水平。然而,光学遥感器通用辐射定标的基础设施及相关技术研发相对滞后,缺乏技术标准和统筹管理,遥感器性能评价和数据质量分析的结果客观性和通用性不足。光学辐射定标资源分散,通用关键设备反复引进和重复建设,技术流程割裂,难以形成从设计-研发-在轨运行的全过程支持能力。目前在按照卫星项目及设备承制方分散作业,基本沿用传统的通用计量光学技术,没有考虑卫星遥感器与普通民用和工业传感器的技术与应用差别,缺乏针对卫星遥感器(包括焦平面探测器本身高精度辐射功率定标)的定标测试系统。由于各自为战,缺乏统一的辐射定标基准和规范,造成了多个同类遥感器多年积累的遥感数据难以有效地衔接和比较,严重地制约了工程效率。另外,作为海洋大国,航天遥感光学辐射海上定标场至今尚未建立。

航天高精度光学仪器装配工艺与卫星总装结构件的工艺规范是不同的,但我国这方面的标准有待积累数据研究并形成规范。

比如在大型复杂航天光学仪器制备过程中,由于材料的差异性,其总成工艺规范与卫星结构总装工艺是不同的,但目前我国缺乏这方面的规范,有些规范过于笼统,缺乏可操作性,加之现行管理模式中的“总体”独大、赶进度等现象,影响了工艺改进的摸索和系统开发优化的整体创新,而航天对地观测技术水平的提升是需要从光学工程技术学科角度认真关注细节的。

航天光学设备像质评介分析贯穿于整个研制过程并指导改进相关工作,而焦平面的像质检测水平、手段是最重要的环节。一方面由于正在起步,伴随新材料、新结构的采用,缺乏深入工作的积累,缺乏规范,系统与关联载荷之间的流程协调性不顺畅;另一方面,元器件制备与测试技术跟不上系统级的发展,在一定程度上制约了卫星系统对地观测技术水平的提高。

另外,地球大气是航天对地观测媒介的电磁波必经的信息通道,随着分辨率的提高,定量化遥感需要进行大气校正(散射、吸收、反射等),这也构成了光学定标的组成部分,大气研究和基础数据积累属于基础性的。而目前我国的民用遥感卫星系列中,缺乏专门对大气气溶胶的探测能力,地基设备(如激光雷达等)观测研究大气气溶胶也有待开展,气溶胶类型及形成机理、传输模式等方面从数据到分析都很薄弱,卫星遥感中的大气校正只能套用国外3个大气气溶胶模式,这已经成为我国民用遥感卫星定量化应用的限制性因素之一。

总之,一些共性的关键性技术,缺乏权威、规范的基础性积累,科研投入不足。在工业基础较差的领域(如关键材料、精密制造、精密光电器件等)尚未充分拉动全国优势科研开发力量以加速支撑宇航技术创新。从全国范围的科研机构看,在新原理、新方法的

突破上,有些曾一度具有国际水平乃至国际领先的技术,由于缺乏进一步的系统性工程牵引,工程化开发缓慢,比如卫星红外探测技术需要的脉冲管致冷技术,90年代中期在一些技术点上曾有很好的突破,但由于缺乏持续性的投入和工程牵引导致了该领域技术开发创新的迟滞。

1.4 天地协调问题

在卫星工程设计和构建方面,长期以来重“上天”,轻“应用”。“天地一体化”的统筹论证缺乏深度,卫星工程的任务分析不够全面彻底,卫星指标综合论证技术体系尚未真正建立起来,在规划、决策和评价机制上,系统工程的技术科学研究有待加强。

“天地统筹规划”是广大专家学者多年来一直呼吁的,这里面包含着许多方面的因素。就一个卫星工程而言,是一个项目,从规划、设计、项目实施即卫星运行全寿命周期内乃至后评估都要考虑整个数据链的问题。当然在国家层面,还有多卫星工程间的协调共享问题。我们的突出问题是,地面滞后于天上,卫星应用滞后于卫星制造,使用因素隔离于卫星研制流程之外,卫星工程的设计不是依照“数据链及有效应用”进行实施。一方面,数据不好,另一方面数据好的时候,由于技术协调性的不足难以得到有效利用。例如,灾害监测类对地观测对定位和几何校准有着严格的要求,几何校准应在一个像元以内,而我国对地观测卫星的无地面控制点的定位精度则很低,造成后期数据处理工作的繁琐。卫星工程实施过程中,对天-地-用户的全链路图像质量分析工作远远不够,对任务观测设备与星体联合创新的带动力远远不足。另外,数据量的快速增加和数据质量水平的相对落后也是突出矛盾。卫星发展、地面系统建设、遥感应用支撑技术应紧密相连,同步安排。例如,美国 MODIS 和法国

SPOT 在研发阶段,地面支撑及应用系统与卫星设备同步开发,其经费占到了整个项目计划的 30%。卫星发射成功后,遥感数据可以迅速转为能直接到达用户手中的可用信息。再如,加拿大的雷达卫星在仪器设计制造上灵活地满足各种量化的需求,实行了衔接校准(传感器-处理器-数据产品)计划,把能提供量化的遥感信息作为综合系统设计的一部分。

1.5 定量化监测与遥感应用能力不足问题

目前定量化遥感应用已深入发展,但许多技术没有跟上,可以说很多都是共性基础性技术。例如,用户反映,我国目前正在运行的环境与灾害监测小卫星星座,4台 CCD 相机光谱响应就不具有一致性,距定量化监测及应用的要求还有差距。应该说,观测仪器的信噪比、光谱响应的一致性很重要,遥感定量化推动着遥感仪器向着更高精度、更高稳定度发展。遥感器的精度、灵敏度、动态范围、内部校准、稳定度等要在设计和制造上认真考虑。从数据应用上看,缺乏特定应用遥感的基础数据积累和深入研究,缺乏创新思维的数据分析方法,应用模型及相应的科学理论探索也有待深入;遥感数据的提取、分析等深加工能力缺乏,数据或信息产品的业务化、流程化生产程度不够,导致浪费严重,现有信息资源的应用潜力有待挖掘;缺乏拥有自主知识产权的、性价比较高的数据处理软件。

定量化遥感应用对整个卫星数据链条都有要求,从天上到地面,尽管有些专家学者依然把这方面归结为航天对地观测的前沿技术,由于发展迅猛,从一个侧面反映了我国航天对地观测技术研发的差距。从遥感器来说,我国尚无星载激光对地观测技术,也没有偏振多光谱成像对地观测技术,先进立体观测和微波遥感开展得远远不足。关注



中国科学院

全球变化是世界对地观测应用能力发挥的热点,限于定量化对地综合观测技术水平,我国面对这一国际形势显得比较被动,2007年我国出台了《中国应对气候变化国家方案》,与美国、欧洲和日本的计划相比,我国的方案中缺少通过天基综合环境监测自主获取全球环境变化要素能力的安排,更缺少地球系统模拟平台与分析模型的支撑,给支持地球系统科学的创新和发展带来困难。

1.6 数据共享机制问题

我国在海洋、气象、陆地资源等卫星应用系统建设过程中,由于部门管理的归属性不同,导致在不同时期以不同方式建设,后期又都有技术功能范围扩展和“小而全”趋势,这就造成一些与国家遥感产业化进程不协调的问题:自我配套,重复引进;系统间数据交换接口能力弱,影响数据综合使用;大部分设备没有自主知识产权,维护和开发成本不适应产业化需要;部分硬件设备老化,软件版本得不到及时升级,兼容性和可扩充性受到制约。各行业对遥感数据的需求处于上升的趋势,用户无论对于国外商用遥感数据,还是国内遥感数据,都需要查询和购置。由于缺乏共享机制,行业间和行业内的数据及设备重复购置现象严重,另外,各行业遥感数据的基础校正处理,属于分散、小规模的方式,数据标准不统一,造成基础处理的工作重复,影响了工作效率。

国外的地面系统一般是指对多星多传感器,例如美国 NASA 组织的对地观测系统(EOS)计划中,地面系统接收多星多传感器的数据,采用统一的 HDF 数据格式,方便于数据之间的共享和数据融合处理,而且这些数据基于共同的网络平台,实现对全球数据的发布、数据查询、数据检索、数据服务等工作,这就极大推动了卫星对地观测数据的广泛应用。

从我国整体看,数据获取后,后期效率不高,尚未形成一个有机综合应用体系。海量空间信息处理能力不足,数据信息共享渠道不畅,数据加工与服务体系不健全,社会化应用有限。针对近年来自然灾害频发的重大社会需求,尚有较大差距。因为缺乏适应快速响应的工作流程和技术规范,快速应急的数据源难以构造,数据存储、流转、信息分析解译能力严重不足,国家整体应急遥感信息决策支持效率亟待提高。不仅是技术方面,机制体制问题有时更为重要。

从天上到地面(卫星数据链条),从纵向到横向(卫星等产品开发与国家资源的合理有效利用),以上 6 个方面的不足未必涵盖航天对地观测技术体系发展中的全部问题,其间是互相关联、互相影响且互为因果的,哪一个方面问题都不能孤立看待。

2 几点改进思路

国家航天对地观测技术整体上凸显的不足,一方面是工业或产业技术开发水平问题,更主要是国家科技管理环境问题。涉及多方面互相影响和制约的因素,如科技决策、科技布局、管理体制、研发模式、思想意识等,这之间应该力争取得最大化的协调性。这里从国家层面,提出一些粗浅的改进思路。

2.1 统一领导,统筹规划;建立强有力的部门协调机制

航天科技管理体制的科学、合理化,是国家航天科技工业快速高效发展的根本。航天对地观测技术体系是航天科技工业体系中的重要组成部分,是跨部门的国家重大基础设施和科技创新系统,与企业自由化、拥有商业化(或政府采办)卫星、坐收巨额数据使用费、科技产品市场化很强的发达国家不同,我国航天科技事业完全是政府行为,所以在国家航天对地观测技术体系的发展中,

政府出资并对其发展起主导作用。国家综合管理部门应当加强统一领导、统筹规划。

从大的方面讲,应该在政府首脑的直接领导下,授权一个部门集中统一管理并建立强有力的部门协调机制,这样才有利于实现天地统一规划,有利于探索和推进国家航天科技工业创新体系建设和体制改革的进程。而不是像现在这样,“规划”类文件不少,似乎都是“顶层设计”,但属于“多碗水端平”的多头管理状况,实践中依然受到既得利益部门的分割,重复建设。

2.2 加强共性及支撑技术基础,统筹组织并完善推广相关标准和规范

政府要加强航天对地观测所需的技术基础性投入,如光学精密工程、高速低噪声电子处理电路及集成化技术、新型遥感器技术、(光学和微波)定标场、大气模型数据、地理信息系统等,通过有效的管理体制和科技政策促进卫星系统开发与这些基础性技术开发的紧密衔接。

国家应该加大投资力度,设立专门委员会,组织力量分门别类梳理有关问题,研究并制定完善相关标准规范。如工艺标准、技术标准、技术支持等,要统筹规划,合理补充到现有的航天行业标准体系之中。欧美航天发达国家对地观测技术在经历了早期快速的发展后,已在卫星、数据、系统建设方面形成了相应的技术标准和规范,并以这些标准和规范影响和带动全球范围内的对地观测计划的制定和实施。仍然以光学遥感器辐射定标技术为例,发达国家对此实行的是“权威管理、统一标准、统一要求、统一实施”的管理原则。美国国家标准与技术局(NIST)与美国航空航天局(NASA)合作,负责为几乎所有空间光学传感器制定定标规范、研制光辐射标准设备,并直接参与空间传感器研发和运行的全过程定标,大大提高了定标流

程的效率和效益。为保证标准的唯一性、权威性和可溯源性,迫切需要建立我国航天光学遥感统一的辐射量值标准与溯源体系,对全过程定标的方法、设备和流程做出统一的规定,保障航天观测长期数据的基准一致性和数据可比较性。

从数据上,国家综合部门应强有力地组织统筹制定数据质量标准、数据处理规范、数据库规范和保密规定,并研究制定合理灵活的数据政策(数据共享和信息、知识共享机制),以及提供对这种政策与机制进行支撑的技术能力保障,从而逐步建立国家层面的有效的数据共享机制和体系。

2.3 集中统一建设国家遥感卫星数据中心,逐步打造信息共享平台

对于民用遥感卫星的数据接收和基础性处理,建议建立国家统一的遥感数据中心,执行遥感数据的标准化基础处理和统一的数据分发。

在《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》中的重大专项“高分辨率对地观测系统”数据中心建设中,已经提出了要集中建设国家陆地观测卫星数据中心,优化和整合资源,建设高分辨率全球数据的获取能力以及综合信息处理、存储、分发和服务能力,形成我国对地观测的战略产品和遥感信息产业链的重要支撑基础。建议我国在建立数据中心并在统筹制定数据标准、数据库规范和保密规定的基础上,充分利用现代分布式网络技术,打造我国技术统一、优势互补、部门分工合作的对地观测数据信息共享平台。

如今,世界航天对地观测技术又发展到一个新的高度,空间分辨率正在以每10年一个数量级的速度提高,对同一地面目标进行重复观测的时间间隔日益缩短,实现了全天候、全天时的对地观测,并大踏步向“数字



中国科学院

地球”目标迈进。航天对地观测技术的发展已经时不我待,迫切要求我们进行整体思考,明确科技发展为谁服务的理念,改革不适合生产力发展的生产关系,以无愧于航天大国在航天对地观测技术发展中的使命。需要政府主导并分门别类地深化管理体制改
革,构造国家整体航天对地观测技术相关产业链的良性循环,如此,才能弱化发展中的制约因素,并发挥我国独特优势,赶超世界发展的水平。

致谢 衷心感谢高技术研究与发展局董

永初副局长、对地观测与数字地球科学中心郭华东主任对本文的指导。

主要参考文献

- 1 第三次民用航天工作会暨全国空间应用推广交流会卫星应用文集. 国防科学技术工业委员会, 2007 年 11 月.
- 2 潘习哲, 张建国. 关于我国遥感卫星数据源工程建设的思考. 中国航天, 1999, 2.
- 3 范士明. 卫星遥感产业化途径探讨. 中国航天, 2006, 2

Preliminary Analysis of the Problems and Countermeasures on the Remote-sensing Work of Aerospace-to-ground Observation in China

Xiao Weigang

(Bureau of High-Tech Research and Development CAS, 100864 Beijing)

This paper technologically and briefly describes the imperfection in several main aspects with which we have to be faced in rapid development of aerospace-to-ground observation in China. These problems or imperfection are closely interactive and not isolated, and cannot be avoided. For speeding up the development of aerospace-to-ground observation technology in China, we should integrally improve the relevant program and management system as a whole on national level to go with the time.

Keywords aerospace-to-ground observation technology, development, problems

肖伟刚 男, 中科院高技术研究与发展局光电空间处高级工程师, 应用光学专业硕士。1995 年毕业于天津大学精密仪器系光电工程专业, 曾在国家航天卫星总体设计部工作, 一直从事航天科技项目管理及相关技术发展战略研究工作, 曾撰写“航天器系统设计及其预先研究工作初探”(99'3 航天器工程)等文章。E-mail:wgxiao@cashq.ac.cn