



纪念“北京空间机电研究所建所60周年”丛书



精确感知

空间光学遥感器技术的发展与成就

北京空间机电研究所 编著



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

研究所建所 60 周年”丛书

精 确 感 知

——空间光学遥感器技术的发展与成就

北京空间机电研究所·编 著

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

精确感知: 空间光学遥感器技术的发展与成就/北京空间机电研究所编著. —北京: 北京理工大学出版社, 2018. 8

ISBN 978 - 7 - 5682 - 5999 - 6

I. ①精… II. ①北… III. ①航天器 - 光学遥感 - 研究 IV. ①V423

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 166458 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地大彩印有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 16.25

字 数 / 297 千字

版 次 / 2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 128.00 元

责任编辑 / 杜春英

文案编辑 / 杜春英

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

纪念“北京空间机电研究所建所 60 周年”丛书 编委会

顾 问：王希季 戚发轫 杨长风 陈世平 马世俊
主 任：陈 虎 李 扬
副主任：范 斌 高树义 王小勇 徐 鹏 杨 军
委 员：陈晓丽 杨秉新 王怀义 张邦宁 张国瑞 王立武
陈国良 李颐黎 黄 伟 荣 伟

纪念“北京空间机电研究所建所 60 周年”丛书 审查委员会

主 任：陈 虎 李 扬
委 员：赵小兵 李潞东 范 斌 高树义 王立良 李 天
孙 昕

《精确感知——空间光学遥感器技术的发展与成就》
编委会

主 任：王小勇
副 主 任：徐 鹏 陈晓丽
委 员（以姓氏拼音排序）：

鲍书龙	曹东晶	邓德斌	董 欣	伏瑞敏	高卫军	郭成亮
何红艳	洪 扬	黄长宁	江希龙	姜海滨	李长征	李红阳
李锦胜	李 强	李 旭	练敏隆	廖志波	林德苹	林 喆
马国辉	马文坡	茅年清	全宏彪	阮宁娟	唐绍凡	滕 勇
王伟刚	吴立民	肖正航	徐彭梅	徐伟玲	姚毅刚	殷永霞
于 峰	于豫民	张宏伟	庄 宇	张继友	赵振明	朱晓杰



总 序

2018年8月21日是北京空间机电研究所成立60周年纪念日，以此为契机，我们组织出版了纪念“北京空间机电研究所建所60周年”丛书，彰显了60年研究所在火箭和航天器技术、航天器回收与着陆技术以及空间光学遥感器技术方面的发展历程和取得的成就。

北京空间机电研究所是我国最早从事空间技术研究的单位之一，目前隶属于中国航天科技集团有限公司下属的中国空间技术研究院，主要从事航天器回收与着陆技术、空间光学遥感器技术、空间激光探测技术、航空光学遥感技术、空间复合材料结构成型技术和航天器火工装置技术的研发。

研究所从建所之初的中国科学院1001设计院到上海机电设计院，从第七机械工业部第八设计院（以下简称七机部八院）到北京空间机电研究所，尽管其隶属关系、领导体制、名称、地点、研制任务和专业发展几经调整，但研究所发展航天、富国强军的历史使命没有变，敢想敢为、争创一流的创新精神没有变。在中央领导的亲切关怀和上级的正确领导下，研究所紧跟时代步伐，开拓进取、顽强拼搏，取得了举世瞩目的成就。

研究所在火箭和航天器技术方面开展的研究，为我国成为航天大国奠定了坚实的基础。1960年2月，研究所研制了我国第1枚液体探空火箭T-7M，并成功地飞上蓝天，揭开了我国空间探测活动的序幕。毛泽东主席视察时称赞它的发射成功是一项“了不起”的成就。至1987年，研究所共研制了3代16种型号近200枚探空火箭（包括核试验取样火箭）。1965—1967年，研究所创造性地将探空火箭技术和导弹技术结合起来，提出了我国第1枚卫星运载火箭“长征一号”的技术方案并完成了初样研制。为“长征一号”首次发射成功奠定了坚实的基础。研究所于1960—1968年提出了返回

式卫星总体技术方案，承担并圆满地完成了返回式卫星回收系统的研制，为我国成为世界上第3个掌握卫星回收技术的国家提供了重要的技术基础。1986年3月，我国启动国家“863”计划航天领域项目研究时，研究所凭借着敢为人先的精神，主动承担了中国载人技术发展途径研究和多用途飞船概念研究工作，成立了直属所领导的高技术组。高技术组在全面深入总结研究国外载人航天技术发展经验和教训的基础上，结合我国国情，论述了我国载人航天应以飞船起步的技术发展途径，提出了多用途飞船的初步设想，这些研究成果对我国载人航天技术发展途径的选择起了重要的作用，为我国载人飞船工程的立项提供了科学依据，对“神舟号”飞船的发展产生了深刻的积极影响。1992—2007年，高技术组的航天技术专家参加了“神舟号”飞船的总体设计工作，对“神舟号”载人飞船的成功起到了重要的作用。

研究所是我国唯一从事航天器回收与着陆系统研制的单位，引领我国回收与着陆技术发展。1960年4月，研究所首次成功地回收了T-7M火箭的箭体，截至1987年探空火箭研制任务结束，研究所先后完成了13种型号23种状态探空火箭有效载荷的回收任务。研究所还解决了“东方红一号”卫星在轨飞行时“看得见”的问题。1976年12月10日，研究所首次顺利完成科学实验卫星回收舱的回收任务，截至目前，研究所共承担了25颗返回式卫星回收系统的研制，确保了各类空间实验载荷安全返回。研究所完成了我国第1枚洲际导弹全程飞行试验数据舱的回收，共完成了7种型号12种状态战略武器的数据舱回收以及9种型号10种状态战术武器局部或整体回收。自1992年开始到现在，研究所已完成“神舟号”飞船6次载人回收与着陆任务，将14人次航天员安全带回地球，圆了中华民族载人航天的梦想。

研究所作为中国空间光学遥感事业的主力军，不断刷新中国空间光学研制的高度，推动我国空间光学遥感器技术迈入国际先进行列。研究所从1967年开始承担空间光学遥感器的研制任务。1975年，研究所研制成功我国第一代胶片型航天光学遥感相机，获取了有价值的空间遥感资料，使我国成为世界上第3个掌握空间光学遥感器技术的国家。1987年，研究所又成功研制了我国第一台航天测绘相机系统。1999年，中巴地球资源卫星发射，这是我国发射的第一颗传输型对地观测资源卫星，星上装载的多光谱CCD相机、红外多光谱扫描仪均由研究所研制。2000年，研究所又成功研

制了我国“资源二号”卫星对地观测相机，使我国对地观测迈上了新台阶。从2007年开始，研究所参与了“高分专项”的论证和实施，承担了11型高分光学卫星中8型卫星的光学载荷研制任务，占高分光学载荷研制任务总数的81%，负责研制的“高分一号”“高分二号”“高分四号”“高分五号”卫星光学载荷均成功在轨运行，为国民经济建设做出了重要贡献。

这套丛书以北京空间机电研究所发展历程为主线，比较全面地介绍了研究所从事的航天工程的相关系统或分系统发展经历、各系统的工作原理、相关技术的攻关过程及取得的成就。从中可以看到，各项航天工程意义重大且充满挑战、成就举世瞩目而来之不易，研究所各阶段各方面的成就都是60年来在党中央及各级党委的领导下，广大航天工作者满怀爱国情怀，自力更生，艰苦奋斗，勇于创新 and 严谨务实取得的。

这套丛书作为航天科技发展史的高级科普类读物，有许多突出的特点：一是鲜明的系统性和专业性。丛书中的三本书分别从火箭和航天器技术、航天器回收与着陆技术以及空间光学遥感器技术三方面加以论述，既重点突出又相互衔接。二是广泛的知识性和普及性。这套丛书突出读者感兴趣的知识点，满足社会公众对相关航天科技知识的渴求，语言流畅，深入浅出、图文并茂、通俗易懂。三是高度的科学性和权威性。这套丛书编写人员既有在相关领域工作的专家，又有在科研一线工作的技术骨干，他们大多亲历了相关航天领域的任务研制，是各自领域及专业的权威人才，可以使编写内容概念正确、数据科学准确。

相信这套丛书的出版发行，对于宣传我国相关航天系统和航天专业的伟大成就，大力弘扬航天精神、“两弹一星”精神和载人航天精神，增强民族自信感和创新精神将起到一定的促进作用，也将激励更多的青年及航天界职工热爱航天、投身航天，在习近平新时代中国特色社会主义思想理论的指导下，为建设航天强国，做出新的、更大的贡献。

北京空间机电研究所所长



北京空间机电研究所党委书记



二〇一八年七月二十一日



序 一

空间遥感是获得空间信息的重要途径。人类之所以要发展空间技术，主要的目的有三项：一是认识宇宙空间；二是扩大人类的活动空间；三是开发利用空间资源。无论进行哪一项工作，都要利用遥感技术。空间遥感具有在太空轨道上居高临下、一览无余地获取信息的特点。而在遥感技术领域，光学遥感凭借可靠性高、分辨率高、清晰度好等优点，成为用得最多、最广的遥感技术。

1967年，“七机部八院”（现北京空间机电研究所前身）提出了我国第一代返回式遥感卫星 FSW-0 的总体方案设计，卫星的主要有效载荷是一台胶卷式的光学照相机。该相机的研制任务由“6711 工程组”（即北京空间机电研究所遥感科研团队的前身）承担。这是我国航天光学遥感器迈出的第一步。胶片型相机有许多活动件和机构，需要花费很大的精力去研发。在此之前“七机部八院”还从未接触过如此大和如此复杂的系统。“七机部八院”和“6711 工程组”遵循钱学森先生的系统论观点和系统工程方法，把返回式卫星作为一个大的工程系统，在系统整体的理论、设计、计算和模拟验证有相当把握的基础上，依次对整机、部组件、元器件进行了研发，从而进一步充实了整星的理论分析、设计、计算和模拟试验，完成了整星总装，通过了地面环境试验，成功发射了首颗卫星，并按计划获得了规定区域的珍贵影像资料。“6711 工程组”和“七机部八院”的结合，增强了这个团队在总体观念、总体设计和结构设计等方面的能力，将卫星和主要载荷各部分的设计有机地联系在一起，在返回式卫星的研制过程中起到了关键性的作用。我国第一代返回式遥感卫星任务的圆满成功，为航天技术的进步以及国家的安全建设和发展做出了重大贡献，叶剑英元帅曾热情地

称赞 FSW-0 卫星有功。

为者常成，行者常至。经过半个世纪风雨兼程的艰辛奋斗，北京空间机电研究所已经成为中国光学遥感事业的主力军，不断刷新中国光学制造的高度。中国的光学遥感卫星从胶片型相机发展到遍布高、低轨道的各类传输型相机，从对地球观测的相机发展到对深空探测的相机，分辨率也从 10m 级发展到亚米级，空间光学遥感器技术取得了历史性的重大飞跃。

今天，中国光学遥感事业迎来了蓬勃发展时期，各个领域百花齐放，新的需求正不断地提出，例如，“智慧海洋”“无人驾驶”等对遥感图像和视频提出了更高的要求。面对日新月异的发展变革，北京空间机电研究所所有责任也有条件坚持“创新驱动，需求牵引，牵引需求”的发展理念，引领全国光学遥感向更高、更新的层次发展，不断满足我国在地球测绘、资源调查、防灾减灾、城市规划、环境保护和国家安全、人民生活等方面的需求。

回溯过往，50 年的峥嵘岁月承载了几代光学遥感人的希冀与拼搏；展望未来，相信北京空间机电研究所能够不负国家重托，使中国跻身于国际先进光学遥感国家之列，为国家的安全建设和发展做出更新、更大的贡献！

中国科学院院士

王希季

二〇一八年七月二十八日



序 二

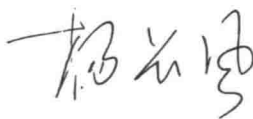
以遥感为代表的空间信息技术经历了 40 多年的发展，已经进入一个崭新的时期。技术的不断进步、创新的不断涌现，实现了遥感器技术的跨越发展，成就了空间遥感器技术今天的辉煌。空间遥感器技术为国民经济持续稳定发展和国防建设提供了强有力的支持。

非常有幸，我也是这一发展进程的参与者。1982 年 2 月，作为国防科技大学“文化大革命”后首届毕业生，我被分配到北京空间机电研究所工作，参加我国首台航天测绘相机的研制工作，与王金堂、倪志生、焦世举、杨秉新、常宁华、林德苹、邓明业等我国航天相机研制的开拓者们一起，为我国航天遥感技术的发展做出了自己应尽的努力。虽然我在这里从事遥感器研制工作不到 10 年，但这个大家庭“严谨细实，无私协同，艰苦奋斗，不懈追求，不计回报”的工作作风使我受益良多，这种工作情怀一直激励着我。虽然工作变动了，但我对遥感事业的感情没变，在我国空间遥感技术的发展征程中仍然在摇旗呐喊，推波助澜。

作为中国航天光学遥感器研制的开拓者和主力军，北京空间机电研究所创造了中国航天光学遥感器的多个第一：第一台胶片型相机，第一台恒星相机，第一台传输型相机，第一台多光谱相机，……，不胜枚举。遥感器类型从 30 年前的单一胶片型，发展成多种类型并举；焦距从几百毫米增长到几米；分辨率从十几米缩小到几十厘米；既有质量几百千克的大型遥感器，也有几百克的微型遥感器。在中国航天光学遥感事业 50 周年之际，北京空间机电研究所组织专家编写此书，回顾历史，总结经验，是一件很有意义的事情，无疑会对今后的研制工作起到推动作用。

目前，航天遥感形势一片大好，以研制“吉林一号”和“高景一号”卫星为代表的大批企业为航天光学遥感的发展注入了新的动力，我国航天光学遥感领域已经进入了一种新的发展业态。希望北京空间机电研究所顺势而为，发挥自身优势，在新的浪潮中开拓创新，努力为国家做出更大贡献。

北斗卫星导航系统总设计师



二〇一八年七月二十八日



前 言

2018年8月21日，北京空间机电研究所将喜迎建所60周年华诞。

60年前，研究所白手起家，从探空火箭技术研究起步，掀起了中国航天事业的新篇章。

60年来，研究所砥砺前行，蓬勃发展六大主业，有力支撑和促进了我国国防现代化建设和国民经济发展。

60年来，研究所自力更生，成功发射了170台（套）空间光学遥感器，谱写了中国航天光学遥感的辉煌成就。

在北京空间机电研究所走过了艰辛而又壮丽的60载岁月之际，适逢中国航天光学遥感器研制50周年，我们抚今追昔。为了回溯栉风沐雨的历程和璀璨耀眼的成就，传承精益求精的中国航天光学遥感器技术和勇于攀登的航天精神，我们组织编写了《精确感知——空间光学遥感器技术的发展与成就》，希望以此铭记历史、启迪未来。

我国航天光学遥感器的研制始于20世纪60年代的“6711工程组”（即北京空间机电研究所遥感科研团队的前身），至今已走过了波澜壮阔的50年。1967年11月，王大珩院士带领长春光学精密机械研究所十多名技术人员来到北京，并从北京工业学院（现北京理工大学）、公安部811厂等单位抽调部分专业人才，成立了我国第一支航天光学遥感器的研制队伍，即“6711工程组”，我国航天光学遥感器的研制迈出了第一步。

在半个世纪的工程研制历程中，研究所科研团队筚路蓝缕、玉汝于成，在空间光学遥感器研制领域创造了多个第一，其中不乏具有里程碑标志的成就，这些辉煌的成就将被载入史册。1975年，北京空间机电研究所成功研制中国第一台返回式胶片型遥感相机，使我国成为世界上第三个独立掌

握空间遥感器研制技术的国家；20 世纪 90 年代，成功研制了我国第一代传输型航天光学遥感器；跨入 21 世纪，航天光学遥感器研制得到了迅猛发展，北京空间机电研究所成为我国高分辨率对地观测系统中遥感器研制的主力军，承担了 11 型高分光学卫星中 8 型卫星的光学载荷研制任务。50 年来，研究所研制成功的百余台空间光学遥感器在轨性能均达到或优于指标要求，在对地观测、航天测绘、国土普查、资源开发、海洋探测、环境监测和月球探测等领域发挥了重要作用，为国民经济建设和国防现代化建设做出了重要贡献。

本书共包括三个部分：第一篇“启程”，翔实记述了我国航天光学遥感器工程的起步，回顾了早期胶片型相机的发展历程和取得的成就；第二篇“跨越”，重点展现了在 20 年的研制过程中，遥感器取得的重大跨越——从返回式相机向传输型相机的跨越、从可见光相机向红外相机的跨越、空间光学遥感器向更高分辨率的跨越、从陆地观测向海洋探测的跨越；第三篇“腾飞”，着重从新型光学载荷及其应用出发，诠释了近 10 年来研究所的飞速发展和取得的辉煌成就。另外，书中还收录了大量珍贵的影像资料，分别展示了各个历史时期的典型产品及拍摄的图片、研制团队以及研制条件等精彩瞬间。

回首来路，我们为风雨兼程 60 载中取得的辉煌成就感到骄傲；憧憬未来，我们要立足新起点，将勇攀新高峰的航天精神传承发扬。

北京空间机电研究所科技委主任

王小勇

二〇一八年七月二十一日



目 录

第一篇 启 程

第1章 引 言 / 3

第2章 国家空间光学遥感器事业的开创（1967—1986年） / 5

2.1 艰苦奋斗，自力更生 / 6

2.2 大力协同，团结协作 / 8

参考文献 / 9

第3章 胶片型普查侦察卫星相机系统 / 10

3.1 FSW-0 相机研制——中国首台胶片型航天相机系统 / 10

3.1.1 概述 / 10

3.1.2 可见光全景相机 / 11

3.1.3 我国首台星相机 / 15

3.1.4 高精度畸变纠正仪的关键技术攻关 / 16

参考文献 / 18

3.2 FSW-2 卫星节点式全景相机系统 / 18

3.2.1 概述 / 18

3.2.2 任务提出和方案选择 / 19

3.2.3 研制历程 / 19

3.2.4 技术攻关与创新 / 20

3.2.5 水平与效益 / 21

参考文献 / 23

第4章 航天测绘相机系统 / 24

4.1 概述 / 24

4.2 任务提出 / 24

4.3 研制历程 / 24

4.4 关键技术攻关和方案演变 / 25

4.5 主要成果和社会效益 / 30

参考文献 / 30

第5章 航天相机技术在航空侦察方面的应用 / 31

5.1 概述 / 31

5.2 任务提出 / 31

5.3 方案选择 / 32

5.4 研制历程 / 32

5.5 技术攻关与创新 / 34

5.6 相机水平与社会效益 / 36

参考文献 / 36

峥嵘岁月 / 37

第二篇 跨 越

第6章 引 言 / 45

第7章 从返回式相机向传输型相机的跨越 / 47

7.1 蓦然回首，细看相机之前世今生 / 47

7.2 自力更生，实现里程碑式跨越 / 50

7.3 用户为上，定位服务理念 / 53

7.4 国际合作，奠定综合管理基础 / 54

7.5 “资源一号”，遥勘九州感知大地 / 56

参考文献 / 58

第8章 从可见光相机向红外相机的跨越 / 60

8.1 艰难历程 / 61

8.2 攻克关键技术 / 67

8.3 收获丰硕成果 / 73

参考文献 / 75

第9章 空间光学遥感器向更高分辨率的跨越 / 76

9.1 创新竞争优选“高分一代” / 76

9.2 艰苦奋斗培育光电慧眼 / 77

9.3 千锤百炼铸就察地先锋 / 80

9.4 俯瞰地球描绘锦绣山河 / 84

参考文献 / 85

第10章 从陆地观测到海洋探测的跨越 / 86

10.1 海洋竞标夺桂冠 / 86

10.2 创新攻关破疑难 / 87

10.3 清晰成像海岸线 / 92

10.4 后继多星续前缘 / 93

参考文献 / 94

功勋卓著 / 95

第三篇 腾 飞

第11章 引 言 / 101

目

录

3