

科学出版社
出版
中国地理学会环境遥感分会
中国科学院遥感与数字地球研究所
主办

JOURNAL OF REMOTE SENSING

遥感学报

2016年

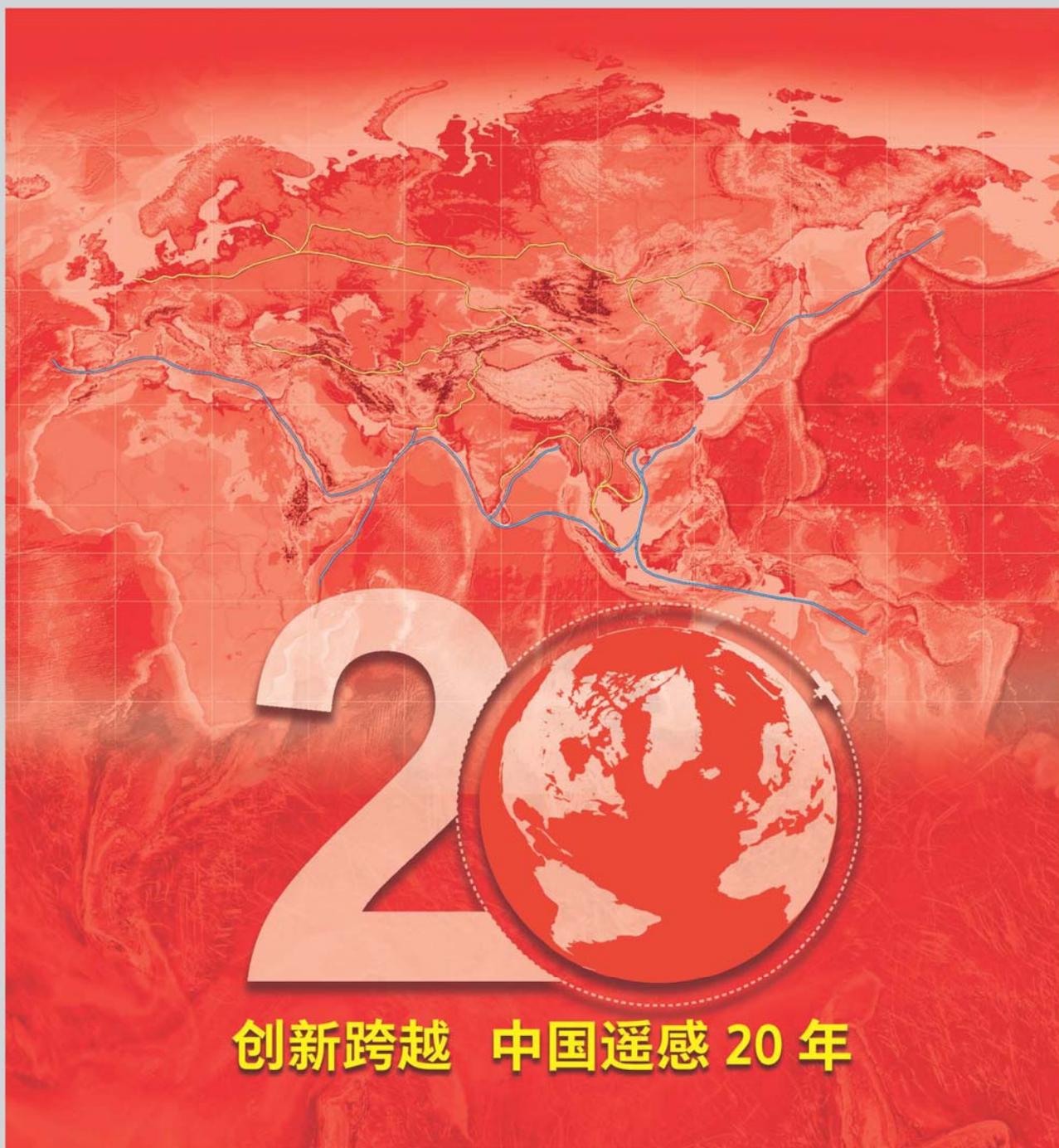
Vol.20

第20卷

No.5

第5期

ISSN 1007-4619 CN11-3841 / TP CODEN YXAUAB



创新跨越 中国遥感 20 年

百种中国杰出学术期刊

遥感学报

Yaogan Xuebao

第 20 卷 第 5 期 2016 年 9 月

目 次

- 遥感与中国可持续发展：机遇和挑战 徐冠华，柳钦火，陈良富，刘良云 (679)
- 中国高光谱遥感的前沿进展 童庆禧，张兵，张立福 (689)
- 论“互联网+”天基信息服务 李德仁 (708)
- 地球系统空间观测：从科学卫星到月基平台 郭华东 (716)
- 中国大气环境光学探测研究 刘文清，陈臻懿，刘建国，谢品华，刘诚，赵南京 (724)
- 光学遥感影像智能化处理研究进展 龚健雅，钟燕飞 (733)
- 农业遥感研究应用研究与展望
..... 陈仲新，任建强，唐华俊，史云，冷佩，刘佳，王利民，吴文斌，姚艳敏，哈斯图亚 (748)
- 从散射辐射传输成像到定量精细遥感的信息链 金亚秋 (768)
- 中国高分辨率对地观测系统重大专项建设进展 童旭东 (775)
- 40 年的跨越—中国航天遥感蓬勃发展中的“三大战役” 顾行发，余涛，
田国良，周上益，魏成阶，李娟，余琦，刘东晖，卫征，孟庆岩，徐辉，郭红，周翔，王春梅，
臧文乾，黄祥志，高海亮，郑逢杰，刘苗，王栋，赵亚萌，魏香琴，孙源，李斌，廖戡，任芯雨 (781)
- 《遥感学报》20 年：从热点到前沿 陈良富，闫珺，范闻捷，辛晓洲，赵天杰，陈方，吴朝阳，范萌 (794)
- 面向应用的航天遥感科学论证研究 顾行发，余涛，高军，田国良，王春梅，郑逢杰，李娟，董文，
米晓飞，胡新礼，谢勇，孟庆岩，刘其悦，杨健，卫征，张周威，方莉，林英豪，高海亮，赵利民，
郑利娟，刘苗，李玲玲，孙源，程洋，张雅洲，黄祥志，臧文乾，徐辉，吴俣，柳鹏，刘东晖，邓安健 (807)
- 遥感与地球系统科学 施建成，雷永荟 (827)
- 气象卫星发展回顾与展望 卢乃锰，谷松岩 (832)
- 风云气象卫星主要技术进展 唐世浩，邱红，马刚 (842)
- 若干高光谱成像新技术及其应用研究 王跃明，贾建鑫，何志平，王建宇 (850)
- GNSS 遥感研究与应用进展和展望 万玮，
陈秀万，彭学峰，白伟华，夏俊明，梁宏，张学民，熊攀，杨婷，曹云昌，尹聪，赵利民，洪阳 (858)
- 陆表定量遥感反演方法的发展新动态
梁顺林，程洁，贾坤，江波，刘强，刘素红，肖志强，谢先红，姚云军，袁文平，张晓通，赵祥 (875)

JOURNAL OF REMOTE SENSING

(Vol. 20 No.5 September, 2016)

CONTENTS

Remote sensing for China 's sustainable development: Opportunities and challenges	
..... <i>XU Guanhua, LIU Qinhuo, CHEN Liangfu, LIU Liangyun</i>	(688)
Current progress of hyperspectral remote sensing in China	
..... <i>TONG Qingxi, ZHANG Bing, ZHANG Lifu</i>	(707)
The "Internet Plus" space-based information services	<i>LI Deren</i> (715)
Earth system observation from space: From scientific satellite to Moon-based platform	<i>GUO Huadong</i> (723)
Research progress on optical observations for atmospheric environment in China	
..... <i>LIU Wenqing, CHEN Zhenyi, LIU Jianguo, XIE Pinhua, LIU Cheng, ZHAO Nanjing</i>	(732)
Survey of intelligent optical remote sensing image processing	<i>GONG Jianya, ZHONG Yanfei</i> (747)
Progress and perspectives on agricultural remote sensing research and applications in China	<i>CHEN Zhongxin,</i>
<i>REN Jianqiang, TANG Huaqun, SHI Yun, LENG Pei, LIU Jia, WANG Limin, WU Wenbin, YAO Yanmin, HASIYUYA</i>	(767)
Information chains in fine quantitative remote sensing based on scattering radiative transfer and imaging	
..... <i>JIN Yaqiu</i>	(774)
Development of China high-resolution earth observation system	
..... <i>TONG Xudong</i>	(780)
Up to the higher altitude—the new "three campaigns" for the development of china spaceborne remote sensing application	<i>GU Xingfa, YU Tao,</i>
<i>TIAN Guoliang, ZHOU Shangyi, WEI Chengjie, LI Juan, YU Qi, LIU Donghui, WEI Zheng, MENG Qingyan, XU Hui,</i>	
<i>GUO Hong, ZHOU Xiang, WANG Chunmei, Zang Wenqian, HUANG Xiangzhi, GAO Hailiang, ZHENG Fengjie,</i>	
<i>LIU Miao, WANG Dong, ZHAO Yameng, WEI Xiangqin, SUN Yuan, LI Bing, LIAO Jian, REN Xinyu</i>	(793)
Twentieth anniversary of the Journal of Remote Sensing	
<i>CHEN Liangfu, YAN Jun, FAN Wenjie, XIN Xiaozhou, ZHAO Tianjie, CHEN Fang, WU Chaoyang, FAN Meng</i>	(806)
Application-oriented scientific demonstration research for spaceborne remote sensing	<i>GU Xingfa,</i>
<i>YU Tao, GAO Jun, TIAN Guoliang, WANG Chunmei, ZHENG Fengjie, LI Juan, DONG Wen, MI Xiaofei,</i>	
<i>HU Xinli, XIE Yong, MENG Qingyan, LIU Qiyue, YANG Jian, WEI Zheng, ZHANG Zhouwei, FANG Li,</i>	
<i>LIN Yinghao, GAO Hailiang, ZHAO Limin, ZHENG Lijuan, LIU Miao, LI Lingling, SUN Yuan, CHENG Yang,</i>	
<i>ZHANG Yazhou, HUANG Xiangzhi, ZANG Wenqian, XU Hui, WU Yu, LIU Peng, LIU Donghui, DENG Anjian</i>	(826)
Remote sensing and Earth system science	<i>SHI Jiancheng, LEI Yonghui</i> (831)
Review and prospect on the development of meteorological satellites	<i>LU Naimeng, GU Songyan</i> (841)
Review on progress of the Fengyun meteorological satellite	<i>TANG Shihao, QIU Hong, MA Gang</i> (849)
Key technologies of advanced hyperspectral imaging system technology	
..... <i>WANG Yueming, JIA Jianxin, HE Zhiping, WANG Jianyu</i>	(856)
Overview and outlook of GNSS remote sensing technology and applications	
..... <i>WAN Wei, CHEN Xiuwan, PENG Xuefeng, BAI Weihua, XIA Junming,</i>	
<i>LIANG Hong, ZHANG Xuemin, XIONG Pan, YANG Ting, CAO Yunchang, YIN Cong, ZHAO Limin, HONG Yang</i>	(874)

Recent progress in land surface quantitative remote sensing	
.....	<i>LIANG Shunlin, CHENG Jie, JIA Kun, JIANG Bo, LIU Qiang, LIU Suhong, XIAO Zhiqiang, XIE Xianhong, YAO Yunjun, YUAN Wenping, ZHANG Xiaotong, ZHAO Xiang</i> (898)
Review of methods for land surface temperature derived from thermal infrared remotely sensed data	
.....	<i>LI Zhaoliang, DUAN Sibao, TANG Bohui, WU Hua, REN Huazhong, YAN Guangjian, TANG Ronglin, LENG Pei</i> (920)
Upscaling research in HiWATER: Progress and prospects	
.....	<i>LI Xin, JIN Rui, LIU Shaomin, GE Yong, XIAO Qing, LIU Qinhuo, MA Mingguo, RAN Youhua</i> (931)
Recent progresses on the remote sensing radiative transfer modeling over heterogeneous vegetation canopy ..	
.....	<i>LIU Qinhuo, CAO Biao, ZENG Yelu, LI Jing, DU Yongming, WEN Jianguang, FAN Weiliang, ZHAO Jing, YANG Le</i> (946)
Observing the response of the land surface to climate variability by time series analysis of satellite observations	
.....	<i>MENENTI Massimo, JIA Li</i> (946)
Review of indirect methods for leaf area index measurement	
.....	<i>YAN Guangjian, HU Ronghai, LUO Jinghui, MU Xihan, XIE Donghui, ZHANG Wuming</i> (978)
Development and trend of Earth observation data sharing	
.....	<i>LI Guoqing, ZHANG Hongyue, ZHANG Lianchong, WANG Yuanyuan, TIAN Chuanzhao</i> (990)
Continous updating and refinement of land cover data product	
.....	<i>CHEN Jun, ZHANG Jun, ZHANG Weiwei, PENG Shu</i> (1001)
New research paradigm for global land cover mapping	
.....	<i>GONG Peng, ZHANG Wei, YU Le, LI Congcong, WANG Jie, LIANG Lu, LI Xuecao, JI Luyan, BAI Yuqi</i> (1016)
Research framework of geographical conditions and big data	
.....	<i>ZHANG Jixian, GU Haiyan, LU Xuejun, HOU Wei, YU Fan</i> (1026)
Agricultural monitoring and early warning in the era of big data	
.....	<i>WU Bingfang, ZHANG Miao, ZENG Hongwei, ZHANG Xin, YAN Nana, MENG Jihua</i> (1037)
Review of methods and applications of high spatiotemporal fusion of remote sensing data	
.....	<i>LIU Jianbo, MA Yong, WU Yitian, CHEN Fu</i> (1048)
Progress and future of remote sensing data fusion	<i>ZHANG Liangpei, SHEN Huanfeng</i> (1061)
Advancement of hyperspectral image processing and information extraction	<i>ZHANG Bing</i> (1090)
Development and prospect of sparse representation-based hyperspectral image processing and analysis	
.....	<i>ZHANG Liangpei, LI Jiayi</i> (1101)
Research progress of spectral mixture analysis	<i>CHEN Jin, MA Lei, CHEN Xuehong, RAO Yuhan</i> (1109)
Review of remotely sensed time series data for change detection	<i>ZHAO Zhongming, MENG Yu, YUE Anzhi, HUANG Qingqing, KONG Yunlong, YUAN Yuan, LIU Xiaoyi, LIN Lei, ZHANG Mengmeng</i> (1125)
Framework of remote sensing image automatic processing with "invariant feature point set" as control data set	
.....	<i>TANG Ping, ZHENG Ke, SHAN Xiaojun, HU Changmiao, HUO Lianzhi, ZHAO Lijun, LI Hongyi</i> (1137)
Review on forest parameters inversion using LiDAR	<i>LI Zengyuan, LIU Qingwang, PANG Yong</i> (1150)
Atmospheric correction of spaceborne repeat-pass InSAR DEM generation based on WRF	
.....	<i>ZENG Qiming, ZHENG Xiaojie, JIAO Jian</i> (1160)
Research and implementation of national environmental remote sensing monitoring system	
.....	<i>WANG Qiao, LIU Sihan</i> (1169)
Research progress of disaster remote sensing in China	<i>FAN Yida, WU Wei, WANG Wei, LIU Ming, WEN Qi</i> (1184)
Progress and prospect of Chinese ocean satellites	<i>JIANG Xingwei, LIN Mingsen, ZHANG Youguang</i> (1197)

- Progresses, opportunities, and challenges of mountain remote sensing research
 *LI Ainong, BIAN Jinhui, ZHANG Zhengjian, ZHAO Wei, YIN Gaofei* (1215)
- Review of remotely sensed geo-environmental monitoring of coastal zones *LI Qingquan, LU Yi,*
HU Shuibo, HU Zhongwen, LI Hongzhong, LIU Peng, SHI Tiezhu, WANG Chisheng, WANG Junjie, WU Guofeng (1229)
- Review and prospect of lunar mapping using remote sensing data
 *DI Kaichang, LIU Bin, LIU Zhaoqin, ZOU Yongliao* (1241)
- Research progress of remote sensing application in land resources *ZHANG Zengxiang,*
WANG Xiao, WEN Qingke, ZHAO Xiaoli, LIU Fang, ZUO Lijun, HU Shunguang, XU Jinyong, YI Ling, LIU Bin (1258)
- Overview of optical remote sensing of marine oil spills and hydrocarbon seepage
 *LU Yingcheng, HU Chuanmin, SUN Shaojie, ZHANG Minwei, ZHOU Yang, SHI Jing, WEN Yansha* (1269)
- Remote sensing-based retrieval of ground impervious surfaces *XU Hanqiu, WANG Meiya* (1289)
- On virtual geographic environments for geographic knowledge representation and sharing
 *LIN Hui, ZHANG Chunxiao, CHEN Min, ZHENG Xinqi* (1298)
- Social crowd sourcing application in spatial information analysis
CHOU Tianying, LAI Shunren, HUANG Chungtien, YANG Longshi, YEH Meiling, WU Chengting, FANG Yaoming (1307)
- Spatial information technology for facilitating "three-plan integration" using geographical simulation and
 optimization *LI Xia, LIU Xiaoping* (1317)

40年的跨越—中国航天遥感蓬勃发展中的“三大战役”

顾行发^{1,2}, 余涛^{1,2}, 田国良^{1,2}, 周上益¹, 魏成阶¹, 李娟^{1,2}, 余琦²,
刘东晖^{1,2}, 卫征³, 孟庆岩^{1,2}, 徐辉^{1,2}, 郭红^{1,2}, 周翔¹, 王春梅^{1,2},
臧文乾^{1,2}, 黄祥志^{1,2}, 高海亮^{1,2}, 郑逢杰^{1,2}, 刘苗^{1,2}, 王栋^{1,2},
赵亚萌^{1,2}, 魏香琴^{1,2}, 孙源^{1,2}, 李斌^{1,2}, 廖戡^{1,2}, 任苾雨^{1,2}

1. 中国科学院遥感与数字地球研究所, 北京 100101;
2. 国家航天局 航天遥感论证中心, 北京 100101;
3. 国家航天局 重大专项工程中心, 北京 100101

摘要: 20世纪70年代末到80年代, 中国多家单位大联合、大团结、大协作, 开展了腾冲航空遥感试验、天津-渤海湾环境遥感试验和二滩水能开发遥感试验三项遥感科学试验, 通过多学科交叉融合, 提升了中国对遥感技术应用的认知, 培养出一大批遥感科学技术人才和专家, 取得了丰硕的科技成果和显著的社会经济效益。这3项试验成功地将遥感综合应用系统性地引入中国, 标志着中国多领域遥感应用的起步, 被称为中国遥感的“三大战役”。经过40年快速发展、积累酝酿、大胆创新、快速迭代, 中国航天遥感应用迈过了几个重要阶段, 正向战略性新兴产业方向发展。为顺应科技、经济、社会以及全球化发展战略的需求, 中国适时实施了高分辨率对地观测系统重大专项、国家民用空间基础设施中长期发展规划和2030中国综合地球观测系统, 进一步推进中国航天遥感应用从追赶国外先进技术到强化自主创新的转变, 进入规模化、产业化和商业化发展阶段, 可谓之为新“三大战役”。结合中国“一带一路”战略的大背景, 通过新三大战役的实施, 必将深化“走出去”战略, 拓展全球服务能力, 提升国际竞争力, 向新的历史发展高度迈进。

关键词: 遥感“三大战役”, 体系化创新, 产业化推广, 国际合作

中图分类号: TP701 **文献标志码:** A

引用格式: 顾行发, 余涛, 田国良, 周上益, 魏成阶, 李娟, 余琦, 刘东晖, 卫征, 孟庆岩, 徐辉, 郭红, 周翔, 王春梅, 臧文乾, 黄祥志, 高海亮, 郑逢杰, 刘苗, 王栋, 赵亚萌, 魏香琴, 孙源, 李斌, 廖戡, 任苾雨. 2016. 40年的跨越—中国航天遥感蓬勃发展中的“三大战役”. 遥感学报, 20(5): 781–793

Gu X F, Yu T, Tian G L, Zhou S Y, Wei C J, Li J, Yu Q, Liu D H, Wei Z, Meng Q Y, Xu H, Guo H, Zhou X, Wang C M, Zang W Q, Huang X Z, Gao H L, Zheng F J, Liu M, Wang D, Zhao Y M, Wei X Q, Sun Y, Li B, Liao J and Ren X Y. 2016. Up to the higher altitude—the new “three campaigns” for the development of China spaceborne remote sensing application. *Journal of Remote Sensing*, 20(5): 781–793 [DOI:10.11834/jrs.20166244]

1 前言

20世纪70—80年代, 以信息服务为特征的第三次浪潮引领世界新技术革命, 科技成果迅速推广应用, 社会生产力产生巨大变革。国与国的竞争已由军事竞争、经济竞争转向并表现为以科技为

核心的综合国力竞争。1978年3月以“全国科学大会”为标志, 中国科技政策发展进入了一个全新时期。邓小平同志在大会上作出“科学技术是生产力”的重要论断, 中国迎来“科学的春天”。当时, 先进国家遥感技术兴旺发展, 显示出极强的应用前景。而中国遥感技术尚处于萌芽阶段。经地理遥

收稿日期: 2016-05-10; 修订日期: 2016-06-25; 优先数字出版日期: 2016-07-02

基金项目: 民用航天预研项目我国卫星遥感应用需求和载荷指标综合论证; 地球表层系统科学研究应用示范系统(一期)高分重大专项(编号: Y4D00100GF); 基础信息产品生产算法集成研究高分重大专项(编号: Y4D0100038); 中国GEOSS未来十年发展战略研究(编号: Y4H1580034)

第一作者简介: 顾行发(1962—), 男, 研究员, 国际宇航科学院院士, 担任高分专项应用系统总师、空间基础设施论证需求与应用论证组组长和GEO亚太代表, 研究方向为量化遥感、光学卫星传感器定标、气溶胶遥感、对地观测系统论证等。E-mail: guxf@radi.ac.cn

感的开创者、遥感地学之父陈述彭先生等学者的倡导和努力,国家对遥感应用开始重视起来。1977年,方毅同志指派陈述彭先生率团赴瑞典、英国考察,了解欧美各国未发射本国卫星之前,开展卫星遥感应用的情况。他语重心长地说:人家对我们一清二楚,我们不能一抹黑!(陈述彭,2001)

全国科技大会期间,组建专家组,拟定遥感技术发展的框架,明确发展国产遥感卫星系列之前积极开展遥感应用。1979年,邓小平同志出访美国,亲自主持签订了有关中国遥感卫星地面接收站的协议,引进TM、SPOT等国际卫星数据,开展广泛应用(陈述彭,2001)。与此同时,充分利用集中力量办大事的体制与机制,国务院、中央军委于1978年批准开展的腾冲遥感试验,是中国遥感的开拓项目,被誉为“中国遥感的摇篮”。1980年组织开展的天津—渤海湾环境遥感试验,是中国第1次以城市和近海环境为背景的遥感综合性试验,开创了城市遥感的先河。1980年12月开展的二滩水能开发遥感试验,是中国第1次将遥感和地理信息系统技术结合应用于大型能源工程的科学试验。

通过大联合、大团结、大协作,3次遥感试验无论是试验内容、方式和技术水平等都逐步提升,逐渐实现了卫星遥感与航空遥感相结合、遥感技术与地学应用相结合,科研、教学、生产相结合,取得了上百项科技成果和显著的社会经济效益,遥感科学技术和地球空间信息在国民经济众多领域的重要作用得到肯定。这3项遥感试验被称为中国遥感工程“三大战役”,也是中国科学院遥感应用研究所建所奠基的三响礼炮(陈述彭,1990;童庆禧和周上益,1990;林恒章,2004)。

此后40年间,中国遥感应用走上了发展快速路,先后经历了(1)了解遥感,掌握外国卫星应用技术;(2)借鉴外国先进技术,发展本国遥感技术与遥感应用;(3)全方位开展国产应用卫星与卫星应用对接工作等主要阶段后,如今进入(4)从实验应用型向自主遥感卫星产业化应用发展的关键时期,成为国家重点支持战略性新兴产业。

航天遥感技术既是人类认识世界、改造世界的工具,同时有力地促进了人类实践、资源的积累。当其发展到产业阶段,体系性特征凸显,涉及到国家赖以发展的教育、科研、产业、经济、

综合国力等多个重要方面(如图1)。这些环节首尾相连,螺旋上升,共同支撑着人类的认知与改造世界能力的提升。

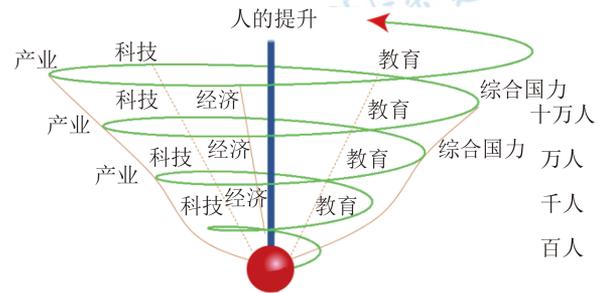


图1 遥感卫星应用业务化和产业化发展趋势

Fig. 1 Remote sensing satellite application operation and industrialization development trend

航天遥感技术应用发轫于教育、科研,刚起步时人数可能仅是几个人,或几十、几百人、几千人,主要以科学家、工程师为主。当发展到一定程度,其内部分工细化并有序化为多个领域组成一个产业。这时人员规模快速扩大,成为几万人、十几万人、几十万人的事业,不仅包括科学家和工程师,还包括更大比重的从事业务性工作的从业人员。伴随着商业发展,人员规模将进一步扩大,追求经济效益成为显著标志。经济发展直接服务国家综合国力的提升。

作为战略新兴产业,航天遥感技术应用以重大技术突破和重大发展需求为基础,对经济社会全局和长远发展具有重大引领带动作用。且具有知识技术密集、物质资源消耗少、成长潜力大、综合效益好等产业特征。

难能可贵的是,航天领域是中国少有的全方位自主创新的高科技领域,既有钱学森博士为代表的“两弹一星”科技英雄群体打下的坚实基础,又有新时期的开拓进取,在航天遥感技术的一些重要方向跻身世界先进行列,进入并行、领跑阶段,正处于从量的积累向质的飞跃、点的突破向系统能力提升的重要时期。

航天遥感产业跨越发展、可持续发展的关键性标志是人才有活力、科技有方向、产业有品牌、经济有效益,综合国力有体现,全球有影响。教育科学普及与知识的传播是人才的基础。科技服务人的知识增长,服务产业发展,直接影响企业的竞争能力。产业是对包括科技要素在内的

社会经济资源进行组合实现价值转换的一种业态表现,具有降低成本、创新技术、开拓市场、扩张规模、提高效益、可持续发展的强大竞争优势,同时也是经济发展的重要形式。完善的市场体系,通过竞争达到提高效率、优化资源配置,优质企业在竞争过程中发挥重要作用。经济是价值的创造、转化与实现,是综合国力的直接体现。

新的机遇带来新的挑战。以社会经济发展需求为牵引,以服务社会经济的作用程度为判据,中国航天遥感应用在向创新型、可持续产业方向发展,某些方面尚存在着不协调,不一致的现象,如大众参与和共享开放程度不够、自主创新保障不足等问题。

新的形势与要求产生新的发展之路。创新驱动,体系化发展;面向现代化,先进性发展;面向世界,开放型发展;面向未来,引领式发展。今天我们推进科技创新跨越,还将继续发挥社会主义市场经济条件下,依靠集中力量办大事机制这一法宝。

《高分辨率对地观测系统重大专项》、《国家民用空间基础设施中长期发展规划(2015年—2025年)》和《2030中国综合地球观测系统》,这套“组合拳”为中国遥感事业的发展提供了新的机遇和挑战,是国家重大战略目标和重大政策的体现,具有顶层性、全局性和指引性。这3项活动的开展将全面促使中国遥感应用整体上从科研型、工程型向业务型、产业型方向发展,并进一步推动中国遥感事业进入快速发展新时期。这将成为中国遥感事业发展过程中新的“里程碑”,可誉为新“三大战役”。

2 中国遥感事业起步之“三大战役”

自20世纪50年代美苏两国率先将空间观测技术从航空遥感发展到航天遥感领域,经过近20多年的发展,到20世纪70年代至80年代,国际航天遥感技术已有突飞猛进的发展。美苏等国已经将遥感应用到军事及国民经济的许多重要领域,在推动经济发展、社会进步、环境改善和国防建设等方面发挥了重要作用。

美国从1960年开始就从航天器上对地球进行长期观测,发射有TIROS-1和NOAA-1太阳同步气象卫星,并于1972年起先后发射了装有MSS传感

器,分辨率约80 m的Landsat1、Landsat2和Landsat3等第1代陆地卫星。1982年美国第2代陆地卫星Landsat 4发射,装有TM传感器,分辨率提高到30 m。1983年底,第二版《遥感手册》的出版,则标志着遥感技术应用的系统性成果的初步形成。在国外先进国家基本完成航天遥感应用体系构建的同期,中国航天完成了“两弹一星”的辉煌,开始向服务社会经济方向转型。

2.1 腾冲航空遥感试验

1978年9月,中国科学院牵头组织开展了腾冲航空遥感试验,是大联合、大协同的中国第1次大规模、多学科、综合性航空遥感应用示范试验(陈述彭和周上盖,1986;陈述彭,1990;童庆禧等,1999;童庆禧,2010)。

(1)中国首次航空遥感应用示范试验。本着“一次试验、多方受益”的原则,来自全国16个部委所属68个单位700余名科技人员团结协作,开拓创新,奋战3年,出色完成了试验任务,取得丰硕成果,为推动中国遥感技术的起步发展做出了积极贡献。本次试验主要任务如下:检验中国自主研发的航空遥感设备,验证设计指标与性能参数;勘察腾冲地区自然环境和自然资源;开拓遥感在中国的应用领域,探索遥感技术在科学研究与生产中应用的可能性。

(2)开创了我国基于遥感的自然资源与环境调查工作,展示了遥感在中国巨大应用潜力和应用前景。

其一,获得了系统而完整的第1手遥感图像和数据。试验出动了安-30、伊尔-14和米-8共3架飞机,现场航空试验历时50 d,飞行46个架次,完成136个飞行小时,取得了覆盖腾冲地区7000 km²范围的5种航空摄影相片和多光谱、热红外两种扫描图像以及激光测高等遥感数据,并在机上首次获取了大量航空地区波谱数据。

其二,集中实战检验了多种国产遥感传感器。本次试验的仪器、设备及器材,除了RC-10航空摄影机系瑞士进口之外,其余均为中国自主研发,包括四镜头多波段航空相机、六通道红外扫描仪和九通道多波段扫描仪、激光测高仪等。通过这次试验,不仅检验了仪器的性能,而且积累了丰富的数据,促进了机载遥感仪器和特种胶片的研制。

其三, 开创了我国基于遥感的自然资源与环境调查工作。本次试验分为33个专题组, 完成了75项专题研究, 包括地质、农林、水资源、测绘制图等各个专业的解译制图。本次试验进行了多学科、综合性的自然资源调查, 展示了遥感应用的广阔前景。

其四, 展示了遥感在行业部门的巨大应用潜力和应用前景, 对中国遥感应用的发展起了推动作用。本次试验中, 科学试验和生产应用密切结合, 技术成果得到有效推广与应用, 为后来引进成套大型遥感设备提供了科学依据, 一定程度上减少了引进和投资的盲目性。试验的巨大成功极大地增强了推广遥感技术的信心和决心, 试验后, 全国100多个科研院所、政府部门企事业单位或建立了遥感中心, 或扩充专业遥感机构、引进遥感设备, 陆续开展专业遥感工作, 使得中国遥感应用打开了新局面。

(3) 开创了技术集成与知识创新的先例, 中国遥感的开拓项目。腾冲航空遥感试验在中国遥感发展史上具有里程碑意义(童庆禧等, 1999), 是中国遥感的开拓项目, 起到了遥感发展的播种机和宣传队的作用, 被誉为“中国遥感的摇篮”。

中国科学院童庆禧院士作为当年的参加者, 曾向《科学时报》提到腾冲航空遥感试验, “我们要将腾冲遥感称作是一次中国人至少中国遥感界的争气遥感”。当年中国本来与某国达成合作协议要组织一次联合遥感试验, 后来该国单方面毁约, 中止退出。最终中国依靠自己的力量, 完成此次综合遥感试验。通过该次试验证明中国的航天遥感事业在最初的萌芽发展阶段就具有较强的独立自主能力, 且为中国独立研制系统遥感器, 开展遥感应用奠定了基础。

2.2 天津—渤海湾环境遥感试验

如果说腾冲航空遥感试验是利用中国遥感技术在资源调查领域迈出了第一步, 那么于1980年开展的天津—渤海湾环境遥感试验则是中国遥感技术发展迈出的第二步(陈述彭, 1986, 1990; 童庆禧和周上益, 1990; 林恒章, 2004)。

(1) 直面城市环境问题的大型综合遥感试验。经济建设的迅猛发展对环境的影响, 最突出地表现在城镇环境变化方面, 20世纪80年代中国城市环境问题已引起关注。针对天津、渤海湾地区环

境“天上孽龙飞, 地上浊水流, 废渣堆成山, 噪音令人愁”等污染严重问题, 在原国务院环境保护领导小组办公室的支持下, 由中国科学院环境科学委员会、天津市环境保护局和国家海洋局共同主持, 在天津开展天津-渤海湾环境遥感试验, 共计36个单位400余名科技人员, 参加这次以城市环境为中心、以遥感为技术手段的此次多学科综合性试验。

(2) 取得了天津市水、气、土、热污染等生态环境和渤海湾近海海洋环境污染的综合性遥感监测成果。

其一, 开展了城市上空多层大气环境采样和布撒若丹明的海洋污染扩散试验, 首次对中国风云气象卫星扫描辐射计进行了航空试验。

其二, 研究区域既包括了城市和农村, 还包括了海洋, 又包括了大气、水体、植被和环境背景, 对信息量如此丰富和多样的地区进行综合性的研究, 在国内尚属首次。其学术水平、应用范围和效果均居国内领先地位。

其三, 试验取得了大量反映天津市水、气、土、热污染等生态环境和渤海湾近海海洋环境污染的遥感监测成果, 被天津市环保部门和国家海洋部门所采用, 为天津市建设规划和老城区改造提供了重要依据。

其四, 以多时相、多层次、多种遥感信息源为基础, 将航天、航空遥感所获得的空信息与自然、社会、经济信息相结合, 将遥感图像的目视判读与计算机分析处理相结合, 将城市环境的专题要素分析与机助制图技术相结合, 在应用研究工作的综合性、系统性以及深入程度方面均有较大进展。

(3) 揭开了中国城市遥感的序幕, 开创了我国城市遥感的先河。这是中国第1次以城市和近海环境为背景的大面积、多手段、多途径的城市环境遥感综合性试验, 反映了我国遥感技术的最新进展, 为我国城市环境遥感监测提供了宝贵经验, 为我国城市生态环境研究提供了一种新的技术手段。不仅为深入开展航空遥感试验在海洋环境污染方面的应用研究积累了经验, 而且所获得的成果将为渤海湾环境质量评价和污染的防治提供充分的科学依据。本次试验揭开了我国城市遥感的序幕, 开创了我国城市遥感的先河。

2.3 二滩水能开发遥感试验

为了加快中国西南五大江河水电资源开发, 1980年中国科学院能源委员会决定在雅砻江二滩水电站区域开展航空遥感试验(陈述彭, 1986, 1990; 童庆禧和周上益, 1990; 林恒章, 2004)。

(1)高山峡谷区能源遥感试验。试验任务是为取得高山峡谷地区水电工程航空遥感的经验, 进而为雅砻江梯级开发和五大江河水能利用可行性研究提供新的技术途径。试验由中国科学院遥感应用研究所负责总体设计, 中国科学院成都分院负责组织实施, 组织全国23个单位200余人参加。

(2)取得了二滩水电站地区地质构造及其活动性评价、水库淹没损失评估成果, 并首次在国内成功建立二滩—渡口区域地理信息系统。

围绕山区水电工程建设, 在高山峡谷区开展了工程地质稳定性航空遥感和地面遥感试验, 进行了二滩渡口和锦屏地区的地质构造、新构造运动和地震活动的研究及其地壳稳定性评价, 开展了区域地质构造及活动性遥感分析, 深化了对工程环境问题的认识。

通过航空遥感辅以地面调查, 开展了二滩锦屏地区水文地质特征分析、库区滑坡与泥石流调查, 并利用遥感方法估算了水库淹没损失, 开展了土地资源清查等多方面的遥感应用和专题研究等其他工作, 获得了宝贵的展现试验区环境、地貌、水域、矿产、生态等特征的最新资料, 为试验区后续开发建设提供有力支持。

结合遥感与地面调查资料等进行了建立资源环境数据库的试验。编制了渡口、盐边和米易3个县(市)的1:5万土地利用与土地覆盖图、地貌类型图, 1:30万气候图组和社会经济图组; 建立了二滩—渡口地区区域数据库、渡口城市数据库和盐边水库淹没分区数据库, 数据库随后移交给渡口市作为区域管理和服务的新手段使用, 为遥感与地理信息系统联合应用进行区域环境评估创造了经验, 在红水河龙滩、龙口等电站选址及评价中得到推广应用。

获取了高山峡谷区工程23948 km²范围的1:4.5万和1000 km²的1:1.5万彩色红外像片, 以及热红外扫描图像、多光谱图像等成果, 并及时提供给地质、地理, 资源、矿产、环境、生态等14个单位开展遥感应用研究, 支撑了遥感学科在中国

的推广。

(3)遥感与地理信息系统首次联合应用进行区域环境评估探索。

二滩水能开发遥感试验是中国第1次将遥感和地理信息系统技术结合应用于大型水电工程选址前期研究, 为山区水力开发遥感应用积累了经验, 进而为雅砻江梯级开发和加快中国西南五大江河水电资源开发利用的可行性研究提供新的技术途径, 有效促进遥感技术的推广, 后续被大量引入其他大型水电站的后期验证和水电站水库淹没损失的理赔数据中, 发挥了显著的综合经济效益。

中国遥感事业起步之“三大战役”是中国遥感事业发展过程中的里程碑事件, 对中国遥感事业人才培养、学科建设、技术进步、学术交流、开拓应用等方面产生深远而长久的影响, 具有巨大的社会和经济效益, 具体如下:

(1)集中实战检验了多种国产遥感传感器, 不仅检验了仪器的性能, 而且积累了丰富的数据, 为中国独立研制系统遥感器奠定了基础。

(2)获得了宝贵的数据资料, 为推动中国遥感技术的起步和发展积累了宝贵的经验。

(3)培养了大量专业素质高、业务水平过硬的技术人才和专家, 极大的推动了中国遥感技术人才的培养。

(4)揭示遥感技术认识自然界的能力, 其在社会经济中的作用得到肯定。促进了遥感及相关学科快速发展。

(5)此后中国航天遥感应用全面开展了国际合作, 中国遥感大规模应用研究蓬勃开展。

3 中国遥感事业产业化蓬勃发展之新“三大战役”

随着航天技术飞速发展和日益增多的应用需求, 欧美等发达国家越来越重视综合观测系统的建设。2000年, 美国在其“地球观测系统”EOS (Earth Observation System)计划的基础上启动并实施“地球科学事业”计划, 揭开21世纪空间对地观测和地球系统科学研究新的一页(李辉, 2012)。2003年, 欧盟“哥白尼计划”正式启动, 该计划又称全球环境与安全监测计划GMES(Global Monitoring for Environment and Security), 是到目前为止, 欧

洲最雄心勃勃的地球系统观测计划(张静和张永, 2015), 主要是用于协调欧盟全球综合地球观测系统的发展。2005年, 地球观测组织明确了其建立与运行全球综合地球观测系统(GEOSS(Global Earth Observation System of Systems))的目标。在这些计划中, 国际合作与融合不断加强, 争夺领导权不断加剧。形成了国际合作与竞争同步提升的态势。

同时, 各国更加重视对市场的保护与利用, 欧美等航天遥感产业发展先进国家陆续出台航天政策, 强调商业航天遥感的重要性。俄罗斯、印度等也积极向产业化方向转轨。

中国的航天遥感经过波澜壮阔的40年持续发展、积累与酝酿, 已进入加速升级换代和转型发展关键期。中国的科学技术发展由“国防动力”向“经济动力”的转变。习近平指出: “要深入研究和解决经济和产业发展亟需的科技问题, 围绕促进转变方式调结构、建设现代产业体系、培育战略性新兴产业、发展现代服务业等方面需求, 推动科技成果转移转化, 推动产业和产品向价值链中高端跃升。”(习近平, 2016)。

针对中国全球发展战略、国民经济、社会和谐、地球观测科技创新、产业发展的需求, 中国陆续开展了高分辨率对地观测系统重大专项、国家民用空间基础设施、2030中国综合地球观测系统的规划论证和实施。

3.1 高分辨率对地观测系统重大专项

高分辨率对地观测系统重大专项(简称高分专项)是国务院《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006年—2020年)》确定的16个重大科技专项之一, 2010年5月经国务院常务会议审议批准全面启动实施(重大专项网; 高分应用综合信息服务共享平台; 曹福成, 2015), 其主要使命是加快中国空间信息与应用技术发展, 提升自主创新能力, 建设高分辨率先进对地观测系统, 满足国民经济建设、社会发展和国家安全的需要。高分专项将统筹建设基于卫星、飞艇和飞机的高分辨率对地观测系统, 完善地面设施, 与其他观测手段结合, 形成全天候、全天时、全球覆盖的对地观测能力。

作为填补国家战略空白, 瞄准国家战略需求, 高分专项重在体系创新、业务驱动和规模化应用, 将产出重大战略产品、突破关键共用技术、支撑发展和引领未来的重大科技工程, 构建

高分应用示范体系、应用技术支撑与服务体系、产业促进体系等3大体系, 提升了自主研发能力、业务化能力、产业化3大能力, 有力促进民用航天从应用试验型向业务服务型转变。

(1) 航天遥感系统架构创新。高分专项主要由天基观测系统、临近空间观测系统、航空观测系统、地面系统和应用系统等组成, 通过技术创新和机制创新, 形成“天地一体化”的工程系统。在高分专项中首次将地面系统与应用系统分别进行系统建设, 航天遥感系统架构实现创新发展。

天基系统覆盖可见光、红外、高光谱、微波、激光等观测手段, 实现高空间分辨率、高光谱分辨率、高时间分辨率、高精度观测能力。航空观测系统将研制一批具有自主知识产权的航空先进载荷, 改造国家大科学工程配套的有人机平台和无人机平台, 建设中国独立自主的航空观测系统。

地面系统重点负责对卫星接收等有效载荷进行任务统一规划、运行管理控制、数据接收、集中组织管理、统一共享分发, 实现数据共享和高效的产品处理, 实现地面系统集中布局, 接收系统统筹建设。

应用系统负责构建高分应用技术研发体系, 示范应用体系和应用效果评价体系, 重点解决高分自主信息源“用”的问题, 是高分专项的“出发点”和“落脚点”。高分应用系统包括应用示范部分和共性技术支撑系统两个部分。

通过这种地面系统与应用系统分立格局的设立, 使遥感数据与应用松耦合化, 为以后各类增值服务的引入提供接口。

(2) 卫星观测指标布局突出了新形势下的需求特点。在“高分”系列卫星中, 高分二、三、七号卫星等达到1 m等级分辨率, 数据可直接进入商业市场, 是具有商业价值的高空间分辨率卫星, 为中国下一步开拓商业卫星竞争领域打下坚实基础。

高分一、六号卫星等米级分辨率卫星则是中空间分辨率中的高分卫星, 其数据经处理形成信息与知识产品具有广泛应用价值(付毅飞, 2014)。

高分四、五号卫星是中空间分辨率中的“MODIS”卫星, 同时具有高光谱、高辐射分辨率、高时间分辨率的特点, 其很多应用在国际上也处于科研阶段, 是中国追赶国际先进水平的重要标志。

在公益性的中分辨率国产卫星数据供给上,

自给率目前已超过85%，国产卫星逐渐替代了国外卫星。

(3)建立各行业和区域应用示范体系和应用专题产品体系。自高分卫星投入使用以来，高分应用系统中的行业、区域、社会大众和商业等4种应用类型，国土、环保、农业、减灾等18个行业部门已形成了相应的应用示范体系，建成400余个专题产品的产品体系，并逐渐进入了各行业部门的主业务，切实提高了政府治理体系和治理能力与效率。

在区域应用示范中，通过建立高分省级数据与应用中心，打通高分卫星数据的区域分发途径，实现高分卫星数据本地化快速服务，将高分数据应用与地方政府的日常管理相结合，提升地方政府治理能力、促进区域经济发展，建立了相应的应用示范体系和应用专题产品体系。强大应用能力与规模的应用体系，将有力支撑中国航天遥感的快速发展。

(4)构建自主卫星应用技术研发体系，科技创新能力不断提升，推动各领域的遥感应用。

凝聚中国科学家围绕高分卫星开展科研实践是高分专项重要任务之一。围绕承载性应用、目标变化检测与分类性应用、目标参量反演、产品质量控制与评价、规模化生产与分发服务等关键技术攻关，构建了自主卫星应用技术研发体系，科技创新能力不断提升，自主研发的软硬件不断产生，推动各领域的遥感应用，为高分信息产品的规模化、工程化、自动化处理奠定技术基础，使高分系统成为一种知识、理论、方法、技术共享平台，有力提升了中国遥感整体实力。

(5)产业化遥感应用蓬勃发展，卫星应用逐渐形成产业格局。通过推进高分系统各层级应用，拉动了一大批企业与各行业应用中心、数据中心、应用技术中心、区域应用中心等单位实现业务上的互联互通，通过产业生态系统的构建，初步完成了应用推广体系建设，形成纵横交错、高效便捷的应用推广网络，实现高分数据和技术成果向更广大用户分发与服务，各领域遥感应用蓬勃发展，已逐渐形成国产卫星应用规模化市场，逐渐实现从创新链到产业链的过渡(童旭东等，2015)。

(6)国际合作和服务不断拓展，全球应用初见成效。高分专项的建设为中国在对地观测领域开

展国际交流与合作提供有力支撑，国际合作和服务不断拓展，全球应用初见成效。在国家航天局双边、多边合作框架下，支持国内相关部门、单位或机构，根据相关国际协议，承担减灾应急、应对气候变化、生态环境监测等国际义务；开展国际数据政策与标准的制定，推动开展国际遥感数据交换；强力支撑国家“一带一路”等重大战略实施；落实国家航天局与各国签署的合作协议；创新高分国际服务商业模式，进行国际数据应用市场推广。

(7)发挥作用总结与展望。高分专项的实施全面提升中国自主获取高分辨率观测数据的能力，加快了空间信息应用体系的建设，推动了卫星及应用技术的发展，有力保障了现代农业、防灾减灾、资源调查、环境保护和国家安全的重大战略需求，大力支撑了重大领域应用需求和区域示范应用，加快推动空间信息产业发展。

当前，各行业和区域示范系统工程建设全面展开并逐步形成业务能力，各领域用户对高分数据和应用技术需求日益迫切，应用系统将落实各项科研与系统建设工作，充分集成、整合先期攻关取得的技术成果，进一步形成稳定、可靠、高效的国家级应用技术研发与服务团队，服务各领域用户需求，推进高分数据进入主体业务，形成国际一流的高分应用技术综合支撑与服务体系，打通高分辨率数据—信息—知识的转化链条，推动高分专项技术成果的在各行业、区域、产业化的业务应用，最终实现高分系统的效益。

3.2 国家民用空间基础设施中长期发展规划(2015年—2025年)

2015年10月，国家发展与改革委员会、财政部和国防科工局联合下发布了《国家民用空间基础设施中长期发展规划(2015年—2025年)》(简称《规划》)，推进科学发展、转变经济发展方式、实现创新驱动的重要手段和国家安全的重要支撑。中国正面临全球综合地球观测系统发展的重大战略机遇，通过中国“一带一路”为核心的国际发展战略的实施，以及多渠道、多方式的国际交流与合作，必将深化“走出去”战略，加快拓展全球服务能力，不断提升业务化服务水平和促进产业化推广，进而提升国际竞争力(田玉龙，2015)。

(1)顶层设计中的4个统筹。《规划》作为中国

卫星产业的顶层设计, 面向应用、面向未来、面向世界, 指明发展路径, 培育产业生态系统, 重点把握了4个方面的统筹: 一是把握多方面应用需求统筹, 优化总体布局; 二是把握天地统筹, 推动空间系统与地面系统的协同发展, 促成互联网、大数据时代的用户导向的服务模式; 三是把握远近统筹, 谋划中国民用空间基础设施分阶段可持续发展格局; 四是把握软硬统筹, 提出科学有效的体制机制和政策, 保障中国空间基础设施可持续发展。

《规划》指出民用空间基础设施是指利用空间资源, 主要为广大用户提供遥感、通信广播、导航定位以及其他产品与服务的天地一体化工程设施, 由功能配套、持续稳定运行的空间系统、地面系统及其关联系统组成。在配套设施以及支撑环境支持下, 提供标准化、系列化、规模化的基础性、共性产品与服务, 服务于行业、区域、企业与大众等各类应用。将分阶段逐步建成技术先进、自主可控、布局合理、全球覆盖, 由卫星遥感、卫星通信广播、卫星导航定位3大系统构成的国家民用空间基础设施, 满足行业和区域重大应用需求, 支撑中国现代化建设、国家安全和民生改善的发展要求。

民用空间基础设施既是信息化、智能化和现代化社会的战略性基础设施, 也是推进科学发展、转变经济发展方式、实现创新驱动的重要手段和国家安全的重要支撑。加快建设自主开放、安全可靠、长期连续稳定运行的国家民用空间基础设施, 对中国现代化建设具有重大战略意义。

(2)满足业务应用的卫星体系构建。充分体现统筹优化的原则, 按照“需求综合统筹、载荷优化组合、星座配置组网、星地协同运行、数据集成服务、应用效能评估”的统筹思路, 开展“一星多用、多星组网、多网协同、数据集成”的卫星体系构建。

统筹考虑观测对象、观测手段、轨道资源等因素, 建设陆地观测、海洋观测、大气观测3个系列, 逐步形成高中低空间分辨率合理部署, 覆盖可见光、红外、微波等多谱段的综合观测能力, 通过星座组网、综合应用, 统筹陆地、海洋、大气3大领域各类用户需求。其中: 陆地观测卫星系列包括高分辨率光学观测星座、中分辨率光学观测星座(多光谱、高光谱)、合成孔径雷达(SAR)观

测星座(多波段、多极化)、地球物理场探测卫星; 海洋观测卫星系列包括海洋水色卫星星座、海洋动力卫星星座、海洋监视监测卫星(开拓静止轨道); 大气观测卫星系列包括天气观测卫星星座、气候观测卫星星座、大气成分探测卫星(开拓晨昏轨道)。

在卫星数据集及产品设计中, 注重面向应用的数据获取完整性。例如针对中分定量遥感应应用, 大气与地表数据同时获取, 以利于高精度的解耦计算, 提高地表目标观测精度。

可以设想, 随着星上计算能力的提升, 当大气观测略提前于地表观测时, 通过对云的实时识别, 实时判断是否观测, 为下一步的“智能化、智慧化”数据获取打下基础。不仅单星具有这样的能力, 通过卫星间通讯, 组建空间互联网, 数据获取将获得更大的灵活性, 遥感应用将得到更贴近实用的数据支持。

(3)面向应用的自主数据与技术保障体系。开展自主星群产业化应用是遥感技术应用发展到一定阶段的必然结果。站在新的高度必将面对更多挑战, 如数据的规模、品种、质量要达到一定要求, 数据的时效性和增值服务要有好的用户体验。同时, 还要保护市场, 做大市场, 利用市场, 占据市场, 充分发挥服务社会经济发展的作用。

为有效统筹数据供给, 卫星遥感地面系统充分利用现有资源, 统筹建设遥感卫星接收站网, 陆地、海洋和气象3个卫星数据中心和共享网络平台, 形成遥感卫星数据全球接收与全球服务能力、多站协同运行、三中心统筹服务, 综合满足各领域业务需求。其中, 接收站网实现全球数据的多站协同、一体化接收。数据中心统筹建设卫星任务管理以及数据处理、存储、分发服务的基础设施, 推进卫星、数据、计算资源的高效利用和共享。

针对公益性民用卫星, 体系性建立知识共享、技术共享、应用开放与共享平台, 这对于普及遥感知识, 降低遥感应用门槛, 服务遥感科研活动、客观评价与检验技术成果、提升应用水平和能力具有十分重要作用。

搭建的共性支撑平台包括定标与真实性检验场网, 共性技术研发平台两部分。共性支撑平台中定标与真实性检验场网将协调各部门已有实验

设施与条件,面向各类卫星与数据产品服务需求,实现资源与数据的共享共用。共性技术研发平台建设架构开放、信息集成共享的技术研发支撑能力与共性技术试验系统,有效促进共性技术服务与共享。

共性支撑平台作为公益性基础设施,在实际应用中,通过为基础性、原创性研究成果提供实验验证条件,助力理论研究,促进技术指标跟踪国外先进国家到自主创新;通过为处理方法的软件测试与评价提供设施服务,服务自主技术方法集与技术工具研发,促进应用以国外数据为主转为国产数据为主,适应大规模应用的开展,实现国产卫星的“好用”、“会用”和“用好”,卫星国内与国际两个应用市场“能用”、“想用”、“爱用”国产卫星及产品。

卫星遥感地面系统是发挥遥感卫星应用效能所必需的基础性数据与应用服务系统,系统的建设注重“智慧性”服务,作为各用户的“共性数据库与技术库+保障设施条件”,以多种方式为中国各领域卫星遥感应用提供自主数据与技术的重要保障与支撑,对于促进卫星在各领域的应用具有十分重要的作用。同时,通过提升整个遥感生态系统的数据库、技术与知识储备,服务于中国自主卫星为龙头的产业发展。

(4)政策机制保障与积极推进7个重大应用。为有力支持商业应用发展,《规划》从政策上对民与商卫星做了划分。不同性质的卫星有不同的政策支持与辅助模式。

《规划》还根据卫星类别、观测对象、卫星性能等特点,将卫星遥感系统划分为多个卫星星座。各用户部门可根据自身业务需求和特定应用目标,利用跨星座、跨系列的卫星和数据资源组合,建立虚拟星座和领域综合应用平台,通过科学合理的任务规划和多中心协同服务,实现多源信息的持续获取和综合应用。

政策与规则的制定有效梳理了人才教育、科研、产业、经济的关系,保障了产业生态系统的可持续化发展,有效推动空间基础设施建设与应用的衔接,最大化地满足各类用户的综合应用需求,促进卫星应用产业发展。

遥感信息作为一种客观反映现实世界的现象,在当今信息社会条件下,需快速融入更大规模和跨度的社会信息集里,通过应用完成对遥感

信息的融入,完成对遥感技术的选择、增加与裁剪。因此,《规划》注重了“智慧应用”的发展,充分与大数据、云服务等技术相结合。通过“通导遥”一体化,天空地一体化,天地用一体化,天基网、互联网、通信网的多网融合等手段,形成大信息、大数据的大产业的格局。在资源、环境和生态保护综合应用,防灾减灾与应急响应卫星综合应用,社会管理、公共服务及安全生产综合应用,新型城镇化与区域可持续发展、跨领域综合应用,大众信息消费和产业化综合应用,全球观测与地球系统科学综合应用,国际化服务与应用等7个方面推进综合应用示范,并与地球观测组织的新10年规划(2016年—2025年)中8个重点应用领域相协调。无论通过《规划》中的“关怀地球”还是“走出去”,中国必将在后续应对全球可持续发展和全球气候变化等国际化应用事件中做出更大的贡献。

(5)展望与重要意义。当前全球空间基础设施正加速升级换代,而中国空间基础设施正处于转型发展关键期和统筹建设刻不容缓关键期,《规划》的实施对于中国现代化建设和经济社会可持续发展具有重大的战略意义。空基系统的体系化、标准化、智能化方向的发展,不仅可确保中国各领域规模化应用国产卫星数据成为可能,同时也确立了中国在卫星体系结构和技术指标上终于走出跟踪模仿国外的阴影,走上自主创新、自主发展之路。

3.3 2030中国综合地球观测系统发展战略

中国在落实联合国可持续发展2030发展目标、支撑中国全球发展和“一带一路”战略,引领地球观测领域创新发展等方面对全球综合地球观测存在旺盛的需求,正在面临全球综合地球观测系统发展重大的战略机遇和挑战,需要充分利用地球观测组织GEO(Group on Earth Observation)这一全球平台在区域和全球层次上加速赶超世界先进国家。

过去10年间,中国积极主动参与地球观测组织的各项工作,协调国内地球观测资源,推动中国综合地球观测系统的建设,服务于国家经济社会建设和全球可持续发展(王静,2010;李梦学等,2010)。

2016年,地球观测组织在新10年规划(GEO

2016 Work Programme; GEO Strategic Plan 2016—2025)中对GEOSS提出新的战略目标,即(1)在数据共享原则和数据管理原则方面有新的突破;(2)深化政策制定者对地球观测的科学认识,以共同应对全球和区域的挑战;(3)应用方面聚焦于与实现联合国可持续发展目标有关的防灾减灾、粮食安全及可持续农业、水资源管理、能源与自然资源管理、人类健康环境影响监测、生物多样性及生态系统保护、城镇发展、以及基础设施与交通管理等8个重点领域,向用户提供数据、信息和知识3大类产品和技术服务。这些应用与中国《规划》中积极推进的重大应用相协同。地球观测组织GEOSS新10年的战略目标及其实现途径对于分析、验证中国全球综合地球观测系统战略目标具有重要的借鉴作用,对于空基的地球观测及国际化应用与服务有指导作用。

目前,国内优势力量单位和专家正组织开展《中国综合地球观测系统发展战略研究(2016年—2030年)》论证(简称中国GEOSS),积极推动支持亚洲—大洋洲GEOSS(AO-GEOSS)的建设(GEO initiatives GI-22)。基于需求驱动理论、标准化数据工程方法、全过程质量检验、民用和商业统筹等航天遥感科学论证方法,对中国全球综合地球观测系统的宏观需求、总体框架、重点任务和政策环境等内容进行综合分析,论证形成中国全球综合地球观测系统的发展战略,明确中国GEOSS 2016年—2030年的战略目标为“面向中国全球发展战略需求,到2030年,实现全球综合观测的高动态、一致性、全链条能力建设”。

(1)战略目标突出中国作用与贡献。中国GEOSS的战略目标突出中国贡献,强调以中国观测资源为主。到2030年,以中国地球观测能力为基础,同步加强国际合作与国际竞争能力,结合《规划》的实施与不断完善,充分利用国际GEO等资源,实现全球综合观测的高动态、一致性、全链条能力建设。

(2)以天基为主,兼顾空基和地基,通过技术创新,提升全球范围的数据快速获取能力。综合统筹利用《规划》中多种基础设施资源,按照一星多用、多星组网、多网协同、数据集成的原则,建设全球协同综合观测网和全球卫星数据接收网,全面提升中国综合地球观测系统的全球数据快速获取能力。

(3)提升地球观测数据产品质量和服务能力。建设全球观测数据共享网、全球数据处理研发网和全球定标与验证网,实现地球观测数据共性产品的自动化和规模化生产,提高数据产品的质量和服务能力。

(4)提升全球综合观测应用能力。面向全球共同发展与合作,构建具有区域节点的全球观测综合应用网,开展多领域综合应用,并充分利用中国GEO部际协调小组的组织协调机制构建全球观测联络网,增强地球观测数据的辅助决策作用。

(5)提升全球观测协同创新能力。面向发展中国家,按照各大洲及地区布局,加强能力建设,建立协同创新中心,形成全球观测协同创新基地,促进我国产品推广服务和产业发展。

(6)主要通过中国GEO部际协调小组、中国GEO秘书处、中国GEOSS中心等构建完善的组织管理体制,制定相关政策和保障机制,统筹实施。

4 结 语

自中国航天遥感新“三大战役”规划论证和实施以来,中国航天遥感卫星系统、地面系统、应用系统和国际合作等方面均已实现从追赶国外先进技术为主到强化自主创新为主的转变,形成体系化发展局面,中国遥感应用整体上从科研型、工程型向业务型、产业型方向发展。

其一,中国航天遥感卫星发展规划遵循一星多用、多星组网、多网协同、数据集成的原则;按照综合统筹、体系发展原则构建;按照标准化数据工程方法的体系化模式构建;按照民与商统筹的思路构建;逐步形成高中低空间分辨率配置合理、多种观测手段优化组合的综合高效全球观测能力。

其二,中国航天遥感地面规划遵循地面系统统筹接收的原则:陆地、气象、海洋3大数据中心互联互通,提供一站式服务。共性技术支撑平台开展技术共享、知识共享、基础设施共享。共享网络平台无缝连接用户,互联互通。

其三,遥感卫星与应用进入转型发展的新阶段:具备独立研制、发射、运行多种类型气象、海洋、陆地遥感业务卫星系统的能力;技术发展从跟踪国外先进技术为主,进入强化自主创新,局部赶超,针对需求建设独立、先进遥感卫星技

术体系的新阶段;从采用国外数据为主,转为以国内数据为主;系统观测的范围和领域不断扩大,小规模科研性应用到大规模业务化应用,并与其他信息技术相互融合;遥感应用的卫星平台、载荷、应用与服务的产业化、商业化趋势明显。

其四,在中国航天国际合作应用中,正统筹实施“一带一路”空间信息走廊工程、金砖国家虚拟卫星星座、亚太空间合作组织多任务小卫星星座、全球综合地球观测系统(GEOSS)等多项任务,通过总体布局和开展多层次的中国航天国际合作,并结合中国“一带一路”国家战略的大背景,打造“中国航天”名片,在应用领域形成类似于高铁、核能、华为等的市场效果,开展数据、信息、知识各层次的国际服务,提升中国遥感产业在国际上的影响力,培育更多的国际服务需求,以更好地促进中国遥感产业的加速发展。

在20世纪70年代到80年代组织的中国遥感事业起步的“三大战役”,以知识为轴心,开展科研与培育,实现了多学科交叉融合,培养大量专业素质高业务水平过硬的技术人才和专家,并获得丰硕的科技成果和多项国家级奖项,取得显著的经济和社会效益,遥感技术服务社会经济发展的能力得到广泛认同。

40年后的今天,“虽有智慧,不如乘势。”顺应中国当前科技、经济、社会和全球化发展战略需求而实施的新“三大战役”,以科技为突破口,以面向国际为基点,以产业发展为抓手,是当前中国航天遥感事业的顶层性、全局性和指引性纲领,是建设实施的指路灯。

中国航天遥感卫星、地面系统、应用系统等方面均已从追赶国外先进技术为主到强化自主创新为主转变,逐渐形成体系化发展,使得中国航天遥感应用逐渐实现规模化、业务性和产业性。当前,结合中国“一带一路”战略的大背景,通过中国航天遥感蓬勃发展之新“三大战役”的实施,必将进一步深化“走出去”战略,加快推进遥感卫星应用基础设施建设,拓展全球化服务能力,提升国际竞争力,并向新的历史发展高度迈进。

志 谢 感谢国防科工局王承文、田玉龙、李国平、熊攀,国家发改委任志武、肖晶、曾澜,国家遥感中心廖小罕、李加洪,中咨公司刘福荣、卢晓军、曹俊等多位专家的悉心指导与支持。

参考文献(References)

- Cao F C. 2015. High resolution remote sensing satellites layout in Chinese space "Eye"-the review of high resolution satellites projects construction. *Defense Industry Conversion in China*, (1): 28-33 (曹福成. 2015. 高分系列遥感卫星布设中国太空“慧眼”—中国高分专项建设回眸. *中国军转民*, (1): 28-33)
- Chen S P. 1986. Multidisciplinary cooperation and comprehensive utilization. *Remote Sensing of Environment*, 1(1): 3-5 (陈述彭. 1986. 协作攻关,多方受益—遥感应用实验工作的回顾. *环境遥感*, 1(1): 3-5)
- Chen S P and Zhou S G. 1986. The review of Teng Chong aerial remote sensing experiment. *Remote Sensing Information*, (2): 11-12 (陈述彭,周上盖. 1986. 腾冲航空遥感试验回顾. *遥感信息*, (2): 11-12)
- Chen S P. 1990. *Exploration of Earth Science, Volume 3 "Remote Sensing Application"*. Beijing: The Science Press (陈述彭. 1990. 《地学的探索》第三卷“遥感应用”. 北京: 科学出版社)
- Chen S P. 2001. We should be Self-support in brilliant times. *Guang Ming Daily*[2001-06-11] (陈述彭. 2001. 生逢盛世当自强. *光明日报* [2001-06-11] <http://www.people.com.cn/GB/shizheng/19/20010611/486133.html>)
- CHEOS-major Project Website[DB/OL]. (高分辨率对地观测系统重大专项网[DB/OL] <http://www.sastind.gov.cn/n25770/index.html>)
- Fu Y F. 2014. Gu Xingfa member: More Than Ten Satellites will be Launched in "High Resolution Special Project". *Science and Technology Daily*[2014-03-12] (付毅飞. 2014. 顾行发委员:“高分专项”计划发射十余颗卫星. *科技日报*[2014-03-12] http://digitalpaper.stdaily.com/http_www.kjrb.com/kjrb/html/2014-03/12/node_2.htm)
- GEO 2016 WORK Programme Version v4 [DB/OL]. http://www.earthobservations.org/documents/work_programme/geo_2016_work_programme.pdf
- GEO Initiatives GI-22 Asia-Oceania GEOSS Asia-Oceania Regional Comprehensive Earth Observation Application System [DB/OL] <http://www.earthobservations.org/activity.php?id=73>
- GEO Strategic Plan 2016-2025: Implementing GEOSS [DB/OL] http://www.earthobservations.org/geoss_wp.php
- High Resolution Satellite Data Application for Sharing Information and Service[DB/OL] (高分应用综合信息服务共享平台[DB/OL] <http://gfplatform.cnsa.gov.cn/>)
- Li H. 2012. The United States civil comprehensive earth observation system research. *Aerospace China*, (4): 26-32 (李辉. 2012. 美国民用综合性对地观测系统研究. *中国航天*, (4): 26-32)
- Li M X, Townshend J R and Wu B F. 2010. Contributions to the global earth observation system of systems by China. *Journal of Remote Sensing*, 14(3): 571-578 (李梦学, Townshend J R, 吴炳方. 2010. 中国对全球地球观测系统的贡献. *遥感学报*, 14(3): 571-578)

- [DOI: 10.11834/jrs.20100314][DOI: 10.11834/jrs.20100314]]
- Lin H Z. 2004. Remote Sensing is with the Reform and Opening up Together. Beijing: China Science and Technology Press: 26–29 (林恒章. 2004. 遥感与祖国改革开放同行. 北京: 中国科学技术出版社: 26–29)
- National Civil Space Infrastructure and Long-term Development Plan(2015-2025)[DB/OL] (国家民用空间基础设施中长期发展规划(2015-2025年)[DB/OL] http://www.sdpc.gov.cn/zcfb/zcfbghwb/201510/t20151029_756376.html)
- Tian Y L. 2015. Grasp the opportunities for development and accelerate the construction and application of civil space infrastructure. Digital Communication World, (12): 5–6 (田玉龙. 2015. 把握发展机遇, 加快民用空间基础设施建设和应用. 数字通信世界, (12): 5–6)
- Tong Q X. 2010. The Cradle of the Development of Remote Sensing Application: the 70th Anniversary of Institute of Geographical Sciences and Natural Resource Research, Chinese Academy of Sciences[DB/OL] (童庆禧. 2010. 遥感应用发展的摇篮——中国科学院地理科学与资源研究所70周年所庆专栏[DB/OL] http://www.igsnr.ac.cn/sq70/hyhg/kxkc/201005/t20100520_2850045.html)
- Tong Q X, Tang C and Li H G. 1999. A creative action: the second experiment of Teng Chong aerial remote sensing. Geo-information Science, 1(1): 67–75 (童庆禧, 唐川, 励惠国. 1999. 腾冲航空遥感试验推陈出新. 地球信息科学, 1(1): 67–75)
- Tong Q X and Zhou S Y. 1990. The Practice and Innovation on Remote Sensing Application -The 10th Anniversary of Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences. Beijing: Surveying and Mapping Press: 203–214 (童庆禧, 周上益. 1990. 遥感应用的实践与创新——中国科学院遥感应用研究所十周年. 北京: 测绘出版社: 203–214)
- Tong X D, Zhu D D and Ouyang P C. 2015. Efforts to strengthen the application of remote sensing industry to promote the development of high resolution satellite project in civil and military. Defence Science and Technology Industry, (2): 47–48 (童旭东, 朱函函, 欧阳平超. 2015. 着力加强高分遥感应用产业推广 促进高分专项军民融合深度发展. 国防科技工业, (2): 47–48)
- Wang J. 2010. China will Make More Positive Contribution to GEOSS. Science Times [2010-11-08] (王静. 2010. 中国将为GEOSS作出更积极贡献. 科学时报 [2010-11-08] <http://news.sciencenet.cn/sbhtmlnews/2010/11/238247.html>)
- Xi J P. 2016. Strive for Building a World Science and Technology Country -The talk in The National Science and Technology Innovation Conference, Academicians Conference, China Association for Science and Technology the Ninth National Congress[DB/OL] (习近平. 2016. 为建设世界科技强国而奋斗——在全国科技创新大会、两院院士大会、中国科协第九次全国代表大会上的讲话[DB/OL] http://www.mod.gov.cn/leaders/2016-05/31/content_4667937.htm)
- Zhang J and Zhang Y. 2015. The Copernicus plan - the European Earth Observation Strategic. China Meteorological Newspaper[2001-08-19] (张静, 张永. 2015. 哥白尼计划—欧洲对地观测的战略雄心. 中国气象报 [2001-08-19] http://www.cma.gov.cn/2011xz/2015zt/20150817/201508/t20150819_290871.html)

Up to the higher altitude—the new "three campaigns" for the development of China spaceborne remote sensing application

GU Xingfa^{1,2}, YU Tao^{1,2}, TIAN Guoliang^{1,2}, ZHOU Shangyi¹, WEI Chengjie¹, LI Juan^{1,2}, YU Qi²,
LIU Donghui^{1,2}, WEI Zheng³, MENG Qingyan^{1,2}, XU Hui^{1,2}, GUO Hong^{1,2}, ZHOU Xiang¹,
WANG Chunmei^{1,2}, Zang Wenqian^{1,2}, HUANG Xiangzhi^{1,2}, GAO Hailiang^{1,2}, ZHENG Fengjie^{1,2},
LIU Miao^{1,2}, WANG Dong^{1,2}, ZHAO Yameng^{1,2}, WEI Xiangqin^{1,2}, SUN Yuan^{1,2}, LI Bing^{1,2},
LIAO Jian^{1,2}, REN Xinyu^{1,2}

1. Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2. Center for National Spaceborne Demonstration, Beijing 100101, China;

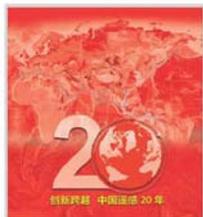
3. EOS Engineering Center, China National Space Administration, Beijing 100101, China

Abstract: In the 1970s and 1980s as the new period of reform and opening up approached, the Teng Chong aerial remote sensing experiment, the Tianjin-Bohai Bay environmental remote sensing experiment, and the Ertan hydropower exploitation remote sensing experiment were performed to improve the remote sensing technology cognition of China. These remote sensing experiments were the products of an unprecedented, well-organized technological cooperation among several research bodies. Through these experiments, multidisciplinary in-

tegration was implemented and a large number of high-quality professional and technical experts were cultivated. China also achieved many scientific and technological achievements as well as remarkable economic and social benefits. Using remote sensing technology, we improved our capability of recognizing our natural environment, and remote sensing integrated application was successfully introduced into China. Therefore, these experiments were collectively called the "three campaigns" of remote sensing in China. After rapidly developing and accumulating over the last 40 years, spaceborne remote sensing application has entered several important stages and is increasingly becoming a strategic emerging industry oriented through continuous accumulation, bold innovation, and rapid collection. To satisfy the demands of China's current science, technology, economy, society, and globalization development strategies, the high-resolution Earth observation system, the national civil space infrastructure and long-term development plan, and the global earth observation system (2030) were implemented in China to help the country shift from pursuing foreign advanced technologies to pursuing research and development independently. By paving the way for space remote sensing applications to enter the stages of industrialization and commercialization, these three projects can be collectively called the new "three campaigns" of remote sensing in China. Combined with the Belt and the Road, the implementation of these "three campaigns" will enhance the "going out" strategy, expand the global service ability, and enhance the international competitiveness of China to a new level.

Key words: remote sensing "three campaigns", systematic innovation, industrialization promotion, international cooperation

Supported by China Civil Space Pre-Research Project: China Satellite Remote Sensing Application Needs and Comprehensive Demonstration of Satellite Payload Index; Application Demonstration System of the Earth Surface System Science Research of (No.Y4D00100GF); Integrated Research On the Based Information Product Algorithm of High-Resolution Major Special Projects (No.Y4D0100038); The Research on China GEOSS Development Strategy in The Next Decade (No.Y4H1580034)



封面说明

About the Cover

创新跨越 中国遥感20年

Innovation-driven development of remote sensing 20 years in china

《遥感学报》创刊至今紧紧跟随中国科技的发展，大胆改革，奋发进取，见证了中国遥感科学发展的辉煌历程，忠实地记录着中国遥感事业不断创新跨越的非凡成就。本期学报收录了从遥感基础理论、技术方法到遥感应用的综述论文共49篇，其中包括了从国产卫星到遥感载荷的最新成就与发展规划，从定量遥感到大数据等前沿科学的研究进展与创新成果，也涵盖了气象、海洋、环境、国土、防灾减灾等主要行业领域的应用现状与未来愿景，凝练并浓缩了20年来中国遥感科学从研究到应用，从定性到定量，从技术到服务，从单一遥感到3S技术融合，独立自主，锐意创新，不断跨越的发展之路。Journal of Remote Sensing has been tightly followed the development of China's science and technology ever since her birth, and with far-sighted reform and effort, she has become a witness of the extraordinary history of China's remote sensing science and faithfully reordered the great achievements of remote sensing in China. This issue included 49 reviews covering remote sensing theory, technology and its application. Broad aspects of these reviews ranged from the achievements and future design of China's sensors, to quantitative remote sensing and cutting-edge science of big data theory. With respect to application, these reviews covered both current status and future vision, including meteorology, ocean, environment, land and disaster prevention. The issue also provided an ever extension of China's remote sensing science with a shifting emphasis from quality to quantity, technology to service, single-sensor to 3S fusion.

遥感学报

JOURNAL OF REMOTE SENSING

YAOGAN XUEBAO (双月刊 1997年创刊)

第20卷 第5期 2016年9月25日

(Bimonthly, Started in 1997)

Vol.20 No.5 September 25, 2016

主 管 中国科学院	Superintended by	Chinese Academy of Sciences
主 办 中国科学院遥感与数字地球研究所 中国地理学会环境遥感分会	Sponsored by	Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS The Associate on Environment Remote Sensing of China
主 编 顾行发	Editor-in-Chief	GU Xing-fa
编 辑 《遥感学报》编委会 北京市朝阳区大屯路中国科学院遥感与数字地球研究所 邮编: 100101 电话: 86-10-64806643 http://www.jors.cn E-mail: jrs@radi.ac.cn	Edited by	Editorial Board of Journal of Remote Sensing Add: P.O.Box 9718, Beijing 100101, China Tel: 86-10-64806643 http://www.jors.cn E-mail: jrs@radi.ac.cn
出 版 科 学 出 版 社	Published by	Science Press
印刷装订 北京科信印刷有限公司	Printed by	Beijing Kexin Printing Co. Ltd.
总 发 行 科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 国内邮发代号: 82-324 邮政编码: 100717 电话: 86-10-64017032 E-mail: sales_journal@mail.sciencep.com	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: 86-10-64017032 E-mail: sales_journal@mail.sciencep.com
国外发行 中国国际图书贸易总公司 北京 399 信箱 邮政编码: 100044 国外发行代号: BM 1002	Overseas distributed by	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399, Beijing 100044, China

中国标准连续出版物号: ISSN 1007-4619
CN 11-3841/TP

CODEN YXAUAB

定价: 70.00元



官网



微站

ISSN 1007-4619



9 771007 461163

0 9 >