

地球空间双星探测计划国际合作管理实践及启示

李超, 钟秀萍, 庞红勋*

中国科学院国家空间科学中心, 北京 100190

摘要 地球空间双星探测计划(简称“双星计划”)是中国首个空间科学卫星计划,也是首个以中国为主开展的深度国际合作的科学卫星计划,是中欧成功合作的典范。基于双星计划研制任务管理,透视了双星计划的国际合作情况,总结了双星计划国际合作管理实践。双星计划建立了严密的工程组织管理体系,通过工程月调度例会、专题协调会和大总体会议,以及管理/技术协调会机制和联络机制,推动任务实施;通过科学指导委员会、科学工作队,以及科学工作联席会机制,促进成果产出最大化。其中,首席科学家机制、数据共享机制、文档编写规范、疫情应对举措等管理经验,为未来空间科学国际合作任务提供了重要借鉴。

关键词 地球空间双星探测计划;空间科学任务;国际合作

对未知世界的探索是人类发展的永恒动力,对浩瀚宇宙的探测是人类拓展生存空间的必由之路^[1]。随着空间科学和技术的发展,人类活动的空间范围从陆地、海洋、大气进入了地球空间、行星际空间和行星空间^[2]。空间科学研究的问题大多是全人类共同面临和关注的共性问题,其学科特点以及空间任务实施规模、经费投入和科学产出的需求决定了国际合作是空间科学发展的客观需要^[3];知识技术密集、经验导向和多学科交叉的特性决定了

在航天领域的国际合作,是各国探索外层空间的和平、科学、可持续发展的有效路径^[4]。

地球空间双星探测计划(简称“双星计划”)是中国第一个真正意义上的科学卫星计划,它填补了中国空间探测领域的空白,开辟了空间科学卫星系列的先河^[5-7],实现了一系列技术突破,取得了一系列原创性成果^[8-10],有力推动了中国空间科学的跨越式发展。双星计划是中国与欧洲空间局(简称“欧空局”)航天合作的标杆^[11],是第一次以中国提

收稿日期:2020-06-30;修回日期:2020-07-28

基金项目:中国科学院空间科学(二期)战略性先导科技专项(XDA15000000)

作者简介:李超,副研究员,研究方向为科技专项、科学工程管理,电子信箱:chaoli@nssc.ac.cn;庞红勋(通信作者),研究员,研究方向为科技专项、科学工程管理,电子信箱:panghx@nssc.ac.cn

引用格式:李超,钟秀萍,庞红勋.地球空间双星探测计划国际合作管理实践及启示[J].科技导报,2020,38(22):139-148;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2020.22.016

出的空间科学探测计划开展的以中国为主、全方位、多层次、宽领域、实质性的国际合作项目,推动了中国空间科学国际合作的迅速发展^[12-14]。

当前,新型冠状病毒肺炎(简称“新冠”)(2019-nCoV)疫情对世界经济带来巨大冲击,国际合作存在不确定性。但在2020年6月22日举行的第22次中国-欧盟领导人会晤^[15]上,中欧双方领导人均期待达成高雄心水平的国际合作协定。中国空间科学系列卫星任务包含了重要国际合作元素^[16],中国和欧空局深度合作的太阳风-磁层相互作用全景成像卫星计划(SMILE)^[17]、增强型X射线时变与偏振空间天文台卫星(eXTP)^[18]正处于初样研制阶段和方案设计阶段,如何科学管理,如何促进重大成果产出是当前空间科学国际合作任务管理中面临的重大课题。剖析作为中欧成功合作典范的双星计划之成功实践,具有重大现实意义。然而,现有的文献资料多是介绍双星计划的任务情况^[11-14,19-25]、成果产出^[8-10,19-20,23-24,26]或科技史/工程史^[7,27],鲜有对双星计划国际合作管理实践的系统描述。刘振兴^[11]和吴季^[23]深入阐述了双星计划的国际合作情况,重点阐明国际合作任务完成情况及合作成效;李本正等^[28]从领导重视、组织体系、组织协调和新闻宣传等方面总结了双星计划的工程管理经验。本研究基于双星计划研制任务管理,通过参阅文献资料和工程内部资料、访谈任务研制一线人员等,全景透视了双星计划的国际合作情况,梳理了其国际合作的管理实践。

1 双星计划任务国际合作情况

双星计划是由中国科学院院士、中国科学院国家空间科学中心(简称“中科院空间中心”,前身为空间科学与应用研究中心)刘振兴研究员于1997年4月发起、中国和欧空局双方联合研制的、探测近地空间地球磁场及其粒子运动变化规律的空间计划。2001年9月,中国国防科学技术工业委员会(简称“国防科工委/国家航天局”)与欧空局正式签署了双星计划的合作协议^[11,20],作为中国和发达国家之间第一次从技术到应用的高层次、实质性对等

的合作正式开始。2002年4月,双星计划经国务院正式批复国家立项;2002年9月,国防科工委、国家发展计划委员会和财政部联合下发了批复通知。

双星计划的科学目标是探测近地磁层场和粒子时空变化的因果关系,深入研究磁层空间暴的触发机制,建立符合实际的磁层空间暴物理预报模型,认识地球空间环境的全球变化过程^[2]。双星计划由2颗卫星组成,一颗为赤道区卫星(探测一号,TC-1),主要探测向阳面磁层顶和近磁尾等重要磁层活动区域;另一颗为近地极区卫星(探测二号,TC-2),主要探测地球两极漏斗区沉降粒子对电离层扰动的作用及其与磁层其他活动区域变化的关系^[19]。卫星的基本信息如表1^[10,20,29]所示。双星计划任务配置了11种、共16台有效载荷,每颗卫星各配置8台载荷(表2)。

在双星计划任务中,中欧双方在载荷、系统、任务、任务间等层面开展了全方位的对等合作,主要体现在以下4个方面。

1) 载荷层面,合作研制、安装、调试与运行科学探测仪器。双星计划上配置的16台有效载荷组成了有效载荷分系统,其中7台载荷由欧空局组织和协调其下属相关单位研制,8台由中方研制,另外1台(中性原子成像仪)由中方与欧方联合研制,各载荷的承制方及主要研制分工如表2所示^[20,23]。

表1 双星计划基本信息

基本信息	TC-1	TC-2
立项时间	2002年4月	
发射时间	2003年12月30日	2004年7月25日
交付时间	2004年4月12日	2005年4月18日
发射场	西昌发射中心	太原发射中心
卫星质量	340 kg	340 kg
轨道特征	近地高度570 km、远地高度7.9万 km、倾角28°的大椭圆轨道	近地高度560 km、远地高度3.8万 km、倾角90°的大椭圆轨道
设计寿命	18个月	12个月
实际寿命	46个月	51个月
运载火箭	长征二号丙上面级(CZ-2C/SM)	
卫星研制单位	航天东方红卫星有限公司、中科院空间中心	
火箭研制单位	中国航天科技集团公司第一研究院	

表2 双星计划有效载荷配置及国际合作分工

有效载荷	TC-1	TC-2	承制方	研制分工
磁通门磁强计(FGM)	√	√	欧方	英国帝国理工学院物理系(负责TC-1的FGM研制,参与TC-2的FGM研制),奥地利科学院空间物理研究所(负责TC-2的FGM研制)
热离子分析仪(HIA)	√		欧方	法国科学研究中心空间辐射研究所
电子和电流仪(PEACE)	√	√	欧方	英国伦敦大学穆拉德空间中心
磁场波动分析仪(STAFF)	√		欧方	法国科学研究中心深空与行星科学中心负责探头和电子学前端,英国谢菲尔德大学物理系负责数据处理单元
电位主动控制仪(ASPOC)	√		欧方	奥地利科学院空间物理研究所
高能电子探测器(HEED)	√	√	中方	中科院空间中心
高能质子探测器(HEPD)	√	√	中方	中科院空间中心
重离子探测器(HID)	√	√	中方	中科院空间中心
中性原子成像仪(NUADU)		√	中欧	中科院空间中心负责探测器研制及与卫星接口,爱尔兰都柏林大学物理系负责技术抓总和集成,瑞典科学院空间物理研究所负责设计和标定
低能离子探测器(LEID)		√	中方	中科院空间中心
低频电磁波探测器(LFEW)		√	中方	中科院空间中心

此外,为将中外不同数据率和数据格式的探测器集成在一起,中国还自主研制了有效载荷公用设备分系统^[21]。

中欧双方合作完成上述探测仪器的研制、安装、调试与运行,合作检查、校正探测数据,并通过充分的交流和讨论,确定了卫星的各项指标^[7,11]。

2) 系统层面,合作建立硬件、软件、数据系统,联合制定和执行运行计划。双星计划的应用系统包括地面应用分系统和科学应用分系统,由中科院空间中心牵头承担研制,欧空局参加。中方在中科院空间中心建立科学数据中心和科学运行中心;欧空局在欧洲建立数据中心(英国、法国和奥地利各建1个数据中心)和载荷运行服务中心(建在英国卢瑟福阿普尔顿实验室)。在数据接收方面,中方提供北京密云和上海佘山地面站;欧方提供西班牙 Villafranca 地面站,并建立中欧虚拟数据网络通道。卫星在轨长期运行管理由中方牵头负责,运行计划由双方联合制定^[20]。

3) 任务层面,开展全方位的实质性合作。国际合作贯穿于双星计划的始终,决定着该计划的立项、执行和成败。双星计划的立项得益于欧空局的大力支持,双方联合参与有关科学目标、卫星轨道设计、载荷指标及研制总要求的论证。在计划执行

期间,联合开展载荷研制和应用系统的研制;卫星系统研制方面,欧方在卫星剩磁、卫星表面电位和辐射环境剂量计算等方面提供咨询和协助。在卫星数据接收、分析、研究和科学成果产出上,与国内外机构和专家学者之间展开实质性合作,用户涉及40多个国家和地区^[14]。

4) 任务间层面,与欧空局的 Cluster 计划联合探测并联合开展数据分析和研究。双星计划与 Cluster 计划密切配合,优势互补,构成人类历史上第一个地球空间“六点探测”系统,探测研究磁层空间暴多空间层次和多时空尺度的触发过程及影响电离层和热层大气的大尺度过程。中欧双方科学家联合开展探测数据的合作分析与理论研究,合作开展关键科学问题研究,提出了磁层亚暴触发锋面理论,首次在向阳面赤道区探测到行星际磁场北向重联和分量重联,首次获得磁层顶大尺度 S-形重联区域形态的观测证据等,取得了系列重大科学成果^[8-10,19-20,23-24,26]。

2 国际合作的组织管理体系

双星计划建立了严密的工程组织管理体系,明确了国际合作联络机制,为任务成功完成提供了组

织保障。

2.1 中方建立“首席科学家+工程总设计师+工程管理组”的工程组织管理体制

1) 任命首席科学家和工程总设计师,确保任务顺利实施。国家航天局聘任刘振兴院士担任首席科学家、王希季院士担任工程总设计师、倪行震研究员担任工程副总设计师,并任命了工程各大系统的总设计师、总指挥,各单位任命了各级各类设计和指挥系统人员。工程中的各类重大科学问题、技术问题或工程问题都需经过首席科学家与工程总设计师的协调、研究、决策和解决。

2) 成立工程管理组和管理组办公室,确保研制工作有序推进。2001年9月,国家航天局成立了由国家航天局、中国科学院、总装备部、中国航天科技集团公司的机关领导组成的双星计划工程管理组,支持首席科学家和总设计师处理工程大总体工作。工程管理组下设工程管理组办公室,负责协调落实工程管理组的决定,对工程5大系统进行管理^[28,30]。

为了加强对双星计划工程研制的管理,在中科院空间中心成立了双星计划项目办公室,作为应用系统和有效载荷总负责人的办事机构和项目日常管理机构,同时代表国家航天局承担工程管理组办公室的部分职能,负责工程调度例会、年度工作会等组织工作。

2.2 欧方成立管理部门——双星计划项目办公室

在欧空局内部,管理空间科学项目的有科学项目部和科学计划部2个部门^[23]。科学项目部主要负责空间科学计划的论证、立项和研制中的科学问题以及运行时组织科学数据的分析;科学计划部主要负责空间科学计划立项后的项目管理,包括合同管理、技术接口协调等。为顺利完成双星计划合作任务,科学计划部成立了双星计划项目办公室,该办公室与科学项目部太阳系与日地关系处共同管理双星计划的合作任务。

欧方针对双星计划设立了项目经理和首席科学家,负责领导该项目欧洲部分的研制工作和科学研究活动;挑选了经验丰富的欧洲防务公司(EAPS)下属的Astrium公司作为欧方有效载荷总

承包商,负责督促载荷的研制质量和进度,在技术上与中方有效载荷、卫星总体协调,确保双方在硬、软件上的匹配,使卫星测试试验圆满成功^[22-23,28]。

2.3 明确联络机制,保证双方信息畅通

根据中国国家航天局与欧空局关于双星计划合作的协议^[30],中欧双方各自设立双星计划项目办公室作为双方对口联系部门,双方项目办公室指定联络人负责合作事务的对口联络。中方的对口联络部门为工程管理组办公室,联络员为双星计划应用系统总指挥兼总设计师、中科院空间中心吴季研究员(2002年,增补中国航天科技集团公司东方红卫星有限公司的袁仕耿博士负责卫星和火箭的技术联络);欧空局的对口联络部门为欧方双星计划项目办公室,联络员为该办公室的项目经理Alberto Gianolio(2002年底以后更换为Bodo Gramkow)。通过双方联络员的及时沟通和联络,保证了双方的信息畅通。此外,在项目启动之初,中国科学院牵头成立了由中欧双方科学家组成的科学指导委员会和科学工作队。双星计划管理的组织架构如图1所示。

3 国际合作的工程任务管理机制

双星计划通过工程月调度例会、专题协调会和大总体会议等,推动国内工程任务的实施;通过管理/技术协调会机制和联络机制,推动国际合作任务的实施,确保问题得到及时协调和解决。

3.1 工程月调度例会、专题协调会和大总体会议推动国内工程任务顺利实施

1) 通过工程月调度例会,协调和推进工程技术、质量和进度。通过工程管理组办公室对工程5大系统进行管理,定期召开工程大系统月调度会,对技术、质量和进度进行协调,加强对项目的领导和各大系统之间的沟通与协调,及时解决工程研制中的问题,保证了工程研制进度。各系统人员以非常积极的心态对待所有事情,勇于承担任务和责任,从不相互推诿,真正做到了“有困难共同克服,有问题共同协商、有余量共同掌握、有风险共同承担”。2001年8月—2005年1月,工程总体共组织

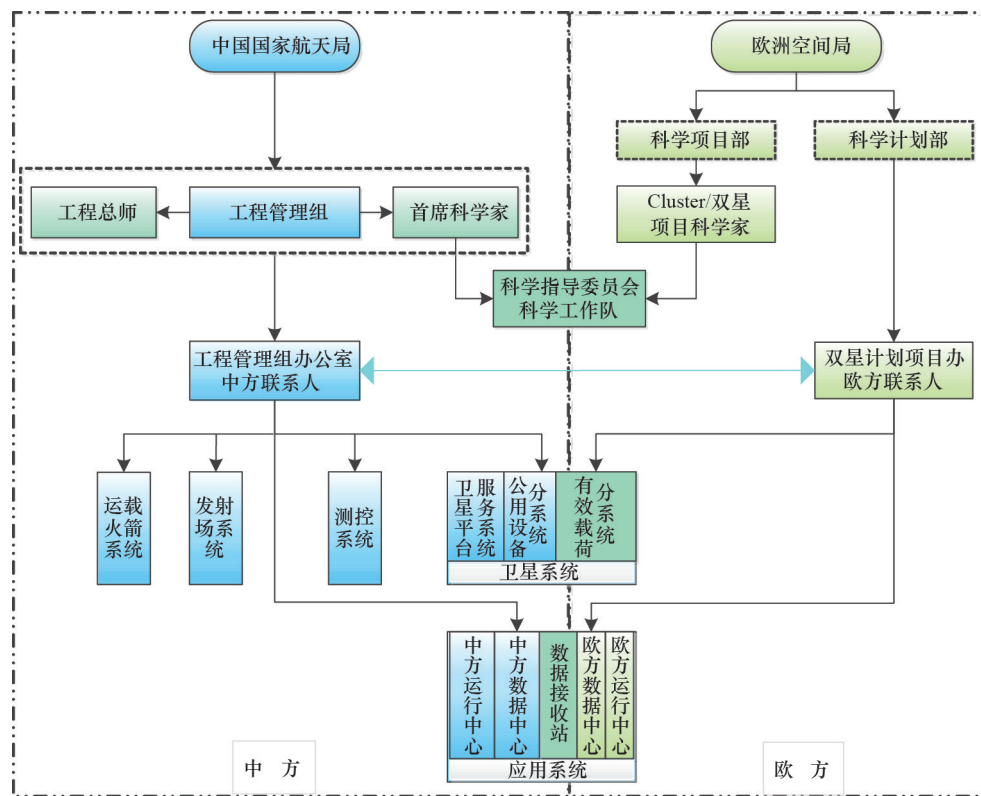


图1 双星计划管理的组织架构

召开了21次月调度例会^[28]。

2) 通过专题协调会,协调解决重大工程技术问题。对系统间或系统内的重大问题,由国家航天局组织,工程总设计师或副总设计师主持召开专题协调会议,相关系统的技术和管理人员参加,共同研究、制定解决措施;各责任系统按照会议确定的解决方案和时间节点开展工作,问题解决情况在大总体例会上通报。专题协调会研究解决了诸如轨道变化引起的测控问题,卫星的抗辐照、表面等电位、剩磁、长地影等关键技术问题,伸杆展开故障,太阳能电池阵磁干扰、探测二号卫星入轨段测控、靶场蓄电池温度保障问题,运载火箭上面级动平衡试验问题,协调确定了探测一号发射时间、卫星延寿等问题。以上问题的解决,对工程成功、争取进度、增强研制人员信心、确保工程目标实现,发挥了重要作用。2001年8月—2004年4月,工程总体共组织召开了9次专题协调会议^[28]。

3) 通过工程大总体,确定工程重大方案和计划。根据工程研制进展,及时召开工程大总体

议,工程5大系统全面充分沟通,深入协调系统间存在的问题,确定工程大总体方案、制定工程重大计划、确定工程重大节点等。

在工程研制过程中,工程正副总设计师和首席科学家经常深入一线了解情况,对出现的重大问题,亲自出面研究、协调、决策,大大加快了问题解决进程^[28]。

3.2 管理/技术协调会机制和联络机制推动国际合作任务实施

1) 建立管理/技术协调会机制,确保技术问题得到及时协调和解决。中欧双方建立了管理/技术协调会机制,一般每年召开2次,分别在中国和欧洲举行。管理/技术协调会协调确定载荷的技术指标、技术接口,制定研制、试验计划,确定载荷交付计划,审议卫星出厂状态,审议在轨测试结果等,解决了研制和在轨运行中的大量技术、进度问题,使中欧双方技术人员和管理人员之间的合作关系更加融洽,技术上相互支持,没有保留^[22]。在国家航天局的领导下,中欧双方共组织召开了11次技术

协调会^[28]。

2) 联络员发挥桥梁作用,及时解决双方关切的问题。通过联络机制,保证双方信息的及时沟通。联络员是双方信息沟通的桥梁,他们依据合作协议开展工作,将中欧双方各自的想法通报对方,并相互解答对方关心的问题。为保证有效执行项目管理,联络员互相参加双方的重要评审,并约定若协议一方预见或遇到可能会影响其承担任务或可能影响另一方的问题时,该方应立即通知对方;无论任何一方提出要求,均以适当方式进行磋商,包括审查、讨论、影响评估和举行会议。此外,联络员还协调召开中欧双方会议,协调欧空局官员和科学家参加卫星发射、卫星交付仪式等活动,对双方工程管理及问题解决等发挥了重要作用^[23,28]。

4 国际合作的成果产出促进机制

通过科学指导委员会、科学工作队及科学工作联席会机制,及时解决与科学目标相关的科学和技术问题,促进科学成果产出的最大化。

4.1 科学指导委员会和科学工作队负责科学成果产出

根据合作协议,中方项目首席科学家刘振兴院士担任联合科学指导委员会的首席科学家,同时担任科学工作队的主席,另由中欧双方各出1名首席科学家担任科学工作队合作主席。科学工作队成员包括中欧双方及其他国家的科学家,主要有来自中国科学院、北京大学、中国科学技术大学、武汉大学、北京航空航天大学、中国极地研究中心、大连理工大学等国内从事空间物理研究的科研院所和高等院校科研骨干,有来自欧空局的英国、法国、奥地利、德国、比利时等国家的科学家,也有来自俄罗斯、加拿大、美国等国家的科学家^[28]。

科学指导委员会主要在项目立项和工程实施过程中,进行有关科学目标、卫星轨道、有效载荷指标及双星设计和研制要求的论证;对各系统提出的与科学目标有关的重要科学问题进行讨论,并向项目办公室提出意见和建议;确定科学应用分系统的

工作内容和运行方式;确定科学数据的分配方案,组织协调国内外科学数据的分析、研究,审查确定实施方案、进度计划和运行计划等。科学工作队主要是执行科学指导委员会的决议,共同制定研究目标,进行科学数据的分析和理论研究,解决科学问题,负责科学成果产出,进行学术交流^[24]。

4.2 载荷科学家机制促进科学与技术的有机融合

双星计划为每台科学载荷设立了科学家(principal investigator, PI),实行载荷PI机制;对合作研制的中性原子成像仪载荷,双方分别设立载荷PI,实行Co-PI(co-principal investigator)机制。载荷PI起到科学家与工程技术人员之间的桥梁纽带作用,在有效载荷设计上实现科学家的思想,并协调载荷团队开展产品研制;与载荷研制单位共同开展有效载荷系统顶层设计,深度参与载荷研制、测试及在轨运行,促进了科学与技术的有机融合^[31]。

4.3 双方科学工作组协同开展科学研究

在科学工作队内,中欧双方各自成立科学工作组,协同开展科学研究。中方成立了理论和模型研究组、数值模拟组和数据组,同时按国内主要参与单位成立了不同的研究组,各研究组吸收国外有关学者(包括欧洲和其他国家学者)作为合作科学家(co-investigator, Co-I);欧方按在双星计划和Cluster计划上的科学载荷划分研究组,称为PI队,并吸收中方科学家参加欧方PI队作为Co-I^[1]。

为获得最大科学回报,双星计划团队还向国际征集了联合研究提案,遴选客座科学家(guest-investigator, G-I),美国、荷兰、芬兰、英国等国的科学家共同参与研究,用户遍布中国、美国、俄罗斯、日本、加拿大及欧洲等40多个国家和地区^[14,20]。

4.4 科学工作联席会机制及时解决科学和技术问题

在科学研究方面,中欧双方科学工作队定期召开科学工作联席会和技术讨论会,确保双方科学家及时沟通和交流研究进展和成果,及时解决相关科学和技术问题,从机制上保证了双星科学数据得到及时处理和分析。同时,双方在关键科学问题上的合作研究与交流,有利于更快地取得创新性研究成果^[11,27]。

5 启示及建议

国际合作成为空间科学项目的必然趋势,通过国际合作可以互利互惠、优势互补,可以降低自身投资压力^[32],缩短研制周期,迅速提高空间探测的技术水平和创新能力,提高中国在国际空间界的地位和作用。已有研究者^[12-14]指出,双星计划为科学卫星的立项和研制过程,科学目标牵引推动技术,以及卫星发射后的在轨测试和交付、科学数据的应用、科学团队的组织等工作奠定了基础。双星计划对后续科学卫星任务管理的启示如下。

5.1 首席科学家机制有利于实现成果产出的最大化

双星计划在项目级和载荷级均任命了科学家,即项目首席科学家和载荷PI,此种管理机制大大激发了科学家的内生动力和创新活力,真正实现了由科学目标牵引的卫星工程。为取得最大的科学回报,项目首席科学家全力以赴做到如下“4个高度重视”。

1) 高度重视科学目标的凝练^[33]。在项目发起时就会确保科学目标的原创性、重大性和可实现性,并确保研制方案的最佳设计和有效载荷的最佳配置。

2) 高度重视科学与技术的融合。首席科学家经常将科学思想介绍给工程技术人员,使工程技术人员理解科学家的需求并更好地去实现科学家的梦想,加强了科学家和工程师之间的沟通和协调,实现了科学目标与工程实现的紧密衔接^[25,34]。

3) 高度重视与科学目标相关的研制过程。在实施过程中,协调工程团队,对科学载荷的指标、测试、集成、标定、数据等进行把关,确保仪器的先进性和数据的质量,并对影响科学目标的工程问题进行严格监视和把关。

4) 高度重视科学团队建设。科学团队的高低影响成果产出的大小。在任务开始时,首席科学家即开始招募国内外相关领域的顶级科学家,组建强大的科学团队,包括载荷PI、Co-PI、Co-I和G-I等,发挥群体优势^[34],开展联合攻关和数据分析研究,促进成果产出的最大化。

双星计划的首席科学家管理模式已在国内月球探测任务^[35]、火星探测任务和空间科学先导专项系列卫星任务中得到借鉴。

5.2 明确数据共享政策有利于促进快速产出重大成果

双星计划中,中国国家航天局与欧空局签署了数据共享协议。协议规定,获取的探测数据经过必要的初级处理后,立即在双方的科学团队内开放共享。这便于科学团队迅速组织处理、分析、研究和应用,快速促进重大成果产出。另外,在获得科学数据1年内,即向国际科学界公开发布,供全球科学用户分析研究,吸纳世界更多的科学家参与,以获得更大的成果产出。双星计划在国内首次执行了空间科学数据的开放政策。

科学数据是空间科学任务实现科学目标的载体,是国家科技创新的基础性和战略性资源,在当今大数据时代,科技创新越来越依赖于对科学数据的分析挖掘和综合利用。为促进成果产出和应用的最大化,后续空间科学任务在数据专有期之后可全方位推进科学数据的开放共享,发挥数据的最大效益,争取更多科学产出;此外,在数据协议中,应明确各方的数据权益,避免引起纷争。

5.3 文档编写规范准确便于执行和操作

在双星计划合作过程中,在文档编写方面中方与欧方存在较大差距。欧方的接口文档和工作手册等全面、规范、文文一致、可操作性强:(1)全面性表现为总体级、系统级、设计级、实现级、操作级等,不同任务层面的应有尽有;(2)规范性表现为文档内容详实、无遗漏,描述准确、详尽,用词准确、严谨、易理解;(3)文文一致表现为,文档中出现的所有名称、标识、术语等,在各类相关文档中前后一致,无二义性;(4)可操作性强表现为,只要认真阅读文档,即可清楚如何操作。

中方现在对文档编写越来越重视,有了很大进步,但与欧方比较起来仍有较大差距。应借鉴欧方经验,逐步提高文档编写水平,规范执行流程,以便于团队成员间的协作,便于任务完成情况的追踪,也便于更好地参与国际合作。

5.4 充分利用现代网络通信技术集智攻关以减小疫情影响

2020年“新冠”疫情肆虐全球,较2003年“非典”疫情有过之而无不及,对国际合作任务研制带来巨大冲击。如何尽量减小疫情影响,需注意以下几点。

1) 充分利用现代网络通信技术,通过视频形式,开展远程调度、协调、评审,甚至开展远程调试、对接、测试等。2003年“非典”疫情期间,双星计划即通过国际视频形式召开了调度会^[36]。

2) 采用双岗甚至多岗制。双星计划中,中方为欧方研制的每台有效载荷配备了中方技术工程师和Co-I。这样做便于与欧方紧密合作,开展仪器的调试、运行,合作检查、订正探测数据;也便于在欧方技术人员不能到场时,全程负责欧方有效载荷的测试、试验以及与卫星总体的技术协调,推进工程研制。此机制在2003年抗击“非典”期间对设备的测试和集成发挥了重要作用^[23]。

3) 合作任务的计划流程和技术流程应留有余地,可针对不可预见性在动态评估的基础上及时进行适应性调整,必要时可进行流程优化或再造。

4) 严格遵守疫情防控规定、执行防控措施,在集智攻关的同时,也需要大无畏精神。

6 结论

双星计划开辟了中国空间科学卫星系列的先河,是中欧空间科学合作的成功典范。通过建立严密的工程组织管理体系,明确国际合作联系机制,为任务成功提供了组织保障;通过工程月调度例会、专题协调会和大总体等,推动国内工程任务的实施;通过管理/技术协调会机制和联络机制,推动国际合作任务的实施,确保问题得到及时协调和解决;通过科学指导委员会、科学工作队及科学工作联席会机制,及时解决与科学目标相关的科学和技术问题,促进了双星计划成果产出的最大化。

以上成功经验以及其首席科学家机制、数据共享机制、文档编写规范、疫情应对举措等启示,将对当前和未来空间科学国际合作任务提供重要参考

和借鉴。

致谢 时任双星计划应用系统副总设计师、中国科学院国家空间科学中心蔡金荣,双星计划应用系统副主任设计师、中国科学院国家空间科学中心史建魁,双星计划载荷科学家、北京航空航天大学空间与环境学院曹晋滨,双星计划载荷科学家、中国科学院国家空间科学中心陈涛、路立等,对本文撰写进行了指导。

参考文献(References)

- [1] 吴伟仁. 中国探月工程[J]. 深空探测学报, 2019, 6(5): 405-416.
- [2] 刘振兴. “地球空间双星探测计划”及其与全球环境变化的关系[J]. 第四纪研究, 2002, 22(6): 500-509.
- [3] 吴季. 空间科学任务及其特点综述[J]. 空间科学学报, 2018, 38(2): 139-146.
- [4] 曹竞宇. “一带一路”视角下中国航天国际合作的发展探析[J]. 卫星应用, 2019, 9: 61-66.
- [5] 张晓. 为中国空间科学打开国际合作的大门[J]. 国际人才交流, 2010, 12: 32-34.
- [6] 程群, 郝丽芳. 中欧太空合作分析[J]. 德国研究, 2014, 29(2): 4-16, 124.
- [7] 丁兆君, 董荣. 从“星簇”计划到“双星计划”——中欧空间科学合作的发端[J]. 中国科技史杂志, 2019, 40(2): 242-252.
- [8] 刘振兴, 史建魁. 地球空间双星探测计划的科学技术成果[C]//中国地球物理学会第27届年会论文集. 北京: 中国地球物理学会, 2011: 12-13.
- [9] 蔡金荣, 刘振兴, 吴季, 等. 地球空间双星探测计划的成果[C]//中国空间学会空间探测专业委员会第24届学术研讨会. 北京: 中国空间科学学会空间探测专业委员会, 2011: 1-5.
- [10] 史建魁, 叶永焯, 刘振兴. 空间物理学进展(第五卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 1-23.
- [11] 刘振兴. 地球空间双星探测计划的国际合作[J]. 中国科学院院刊, 2003, 4: 309-313.
- [12] 张永维, 袁仕耿. 中国的地球空间双星探测计划[J]. 中国航天, 2008, 5: 12-17.
- [13] 徐菁. “双星”计划: 中欧航天合作的标杆——“双星”项目亲历者访谈录[J]. 中国航天, 2015, 10: 14-17.
- [14] 唐琳. 双星计划 科学目标牵引卫星工程[J]. 科学新闻——中国科学院国家空间中心特刊, 2018, 18: 28-31.

- [15] 第二十二次中国—欧盟领导人会晤, 争取年内完成中欧投资协定谈判[EB/OL]. (2020-06-23)[2020-06-30]. <http://news.sina.com.cn/o/2020-06-23/doc-iirczymk8446586.shtml>.
- [16] 王赤, 李超, 孙丽琳. 我国空间科学任务国际合作管理实践与思考[J]. 中国科学院院刊, 2020, 35(8): 1032-1040.
- [17] 王赤, 李自杰, 孙天然, 等. “太阳风-磁层相互作用全景成像”卫星任务概况[J]. 国际太空, 2017, 8: 13-16.
- [18] Zhang S N, Santangelo A, Feroci M, et al. The enhanced X-ray Timing and Polarimetry mission—eXTP[J]. Science China, 2019, 62(2): 029502.
- [19] Liu Z X, Escoubet P, Cao J B. A Chinese European multiscale mission: The double star program, in multiscale coupling of sun-earth processes[M]//Multiscale Coupling of Sun-Earth Processes. Amsterdam: Elsevier, 2005: 509-514.
- [20] Liu Z X, Escoubet C P, Pu Z Y, et al. The Double Star Mission[J]. Annales Geophysicae, 2005, 23: 2707-2712.
- [21] 双星计划[EB/OL]. [2020-04-20]. <http://www.nssc.ac.cn/zdkyhd2015/sxjh2015>.
- [22] Gramkow B, Escoubet P, Double Star Project Team. East meets West in near-earth space—Double Star[J]. ESA Bulletin, 2004, 118: 23-30.
- [23] 吴季. 双星计划国际合作[Z]//双星映辉——地球空间双星探测计划工程研制总结. 北京: 中国科学院国家空间科学中心, 2006: 35-46.
- [24] 刘振兴. 双星计划的历程和效益[Z]//双星映辉——地球空间双星探测计划工程研制总结. 北京: 中国科学院国家空间科学中心, 2006: 1-12.
- [25] 中国科学院空间科学与应用研究中心. 双星计划应用系统研制报告[Z]//双星映辉——地球空间双星探测计划工程研制总结. 北京: 中国科学院国家空间科学中心, 2006: 101-138.
- [26] Liu Z X, Cao J B. Progress of Double Star Program 2006-2008[J]. Chinese Journal of Space Science, 2008, 28(5): 385-389.
- [27] 何江波. 我国地球空间双星探测计划的工程史考察[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2018, 10(4): 408-418.
- [28] 李本正, 曾开祥, 许洪亮. 双星计划的工程管理[Z]//双星映辉——地球空间双星探测计划工程研制总结. 北京: 中国科学院国家空间科学中心, 2006: 25-34.
- [29] Double Star Program received the IAA Laurels for Team Achievement Award[J]. Science Foundation in China, 2010. 18(2): 33.
- [30] 中国国家航天局与欧洲空间局关于双星计划合作的协议[Z]//双星映辉——地球空间双星探测计划工程研制总结. 北京: 中国科学院国家空间科学中心, 2006: 377-388.
- [31] 李超, 韦飞. 中国空间科学任务有效载荷的管理[J]. 科技导报, 2020, 38(15): 37-44.
- [32] 范全林, 白青江. 美国空间科学的发展及其启示[J]. 科技导报, 2019, 37(21): 73-87.
- [33] 吴季. 科学卫星引领原创突破[N]. 光明日报, 2016-06-17(010).
- [34] 李超, 郑耀昕. 我国空间科学任务“四个科学”特点及管理实践[J]. 中国科学院院刊, 2020, 35(6): 763-770.
- [35] 耿言, 李莎, 李虹琳, 等. 我国深空探测任务引入首席专家制管理模式的适用性浅析[J]. 中国航天, 2015(5): 25-27.
- [36] 吴季. 忆非典时期“双星计划”研制工作二三事[EB/OL]. (2020-02-06) [2020-06-25]. http://www.360doc.com/content/20/02/06/07/19446_889998959.shtml.

Practice and enlightenment of international collaboration management of the Geospatial Double Star Exploration Program

LI Chao, ZHONG Xiuping, PANG Hongxun*

National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

Abstract The Geospatial Double Star Exploration Program (the "Double Star Program" for short, DSP) is China's first space science satellite program, and also the first space science satellite program of in-depth international cooperation mainly carried out by China. It is a model of successful cooperation between China and Europe. This paper reviews the research and development task management of the DSP, the international cooperation situation of the DSP, and the international cooperation management practice of the DSP. According to the DSP, a strict engineering organization and management system is established, to promote the implementation of tasks through the monthly engineering scheduling regular meeting, the special coordination meeting and the general manager's experience, as well as the management/technical coordination meeting mechanism and liaison mechanism; through the mechanism of the Scientific Steering Committee, the scientific working team and the scientific work joint meeting, with the maximum output of achievements. Among them, the experiences of the principal investigator mechanism, the data sharing mechanism, the documentation specification, the epidemic response measures and other experiences provide an important reference for the future international cooperation in space science.

Keywords Geospatial Double Star Exploration Program; space science missions; international cooperation ●



(责任编辑 王志敏)