



2014—2015

空间科学 学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN
SPACE SCIENCE

中国科学技术协会 主编 中国空间科学学会 编著



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

2014—2015

空间科学

学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN
SPACE SCIENCE

中国科学技术协会 主编

中国空间科学学会 编著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

2014—2015 空间科学学科发展报告 / 中国科学技术协会主编; 中国空间科学学会编著. —北京: 中国科学技术出版社, 2016.2

(中国科协学科发展研究系列报告)

ISBN 978-7-5046-7088-5

I. ① 2… II. ① 中… ② 中… III. ① 空间科学—学科发展—研究报告—中国—2014—2015 IV. ① V1-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 025918 号

策划编辑	吕建华 许 慧
责任编辑	夏凤金
装帧设计	中文天地
责任校对	刘洪岩
责任印制	张建农

出 版	中国科学技术出版社
发 行	科学普及出版社发行部
地 址	北京市海淀区中关村南大街16号
邮 编	100081
发行电话	010-62103130
传 真	010-62179148
网 址	http://www.cspbooks.com.cn

开 本	787mm × 1092mm 1/16
字 数	368千字
印 张	17
版 次	2016年4月第1版
印 次	2016年4月第1次印刷
印 刷	北京盛通印刷股份有限公司
书 号	ISBN 978-7-5046-7088-5 / V · 70
定 价	68.00元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换)



2014—2015

空间科学学科发展报告

首席科学顾问 顾逸东

编写组

组长 吴季

执笔 刘志恒

成员 (按姓氏拼音排序)

常进 陈晓丽 丁柏 董晓龙 归林华

李莹辉 刘和光 刘建忠 刘秋生 刘志恒

缪秉魁 潘明祥 庞之浩 商澎 孙丽琳

王赤 王士维 赵玉芬

学术秘书 (按姓氏拼音排序)

何静雯 刘跃 邱理 唐果 王彬彬

王红杰 王占群 伍健 杨一德 曾宏

朱林弘

党的十八届五中全会提出要发挥科技创新在全面创新中的引领作用，推动战略前沿领域创新突破，为经济社会发展提供持久动力。国家“十三五”规划也对科技创新进行了战略部署。

要在科技创新中赢得先机，明确科技发展的重点领域和方向，培育具有竞争新优势的战略支点和突破口十分重要。从2006年开始，中国科协所属全国学会发挥自身优势，聚集全国高质量学术资源和优秀人才队伍，持续开展学科发展研究，通过对相关学科在发展态势、学术影响、代表性成果、国际合作、人才队伍建设等方面的最新进展的梳理和分析以及与国外相关学科的比较，总结学科研究热点与重要进展，提出各学科领域的发展趋势和发展策略，引导学科结构优化调整，推动完善学科布局，促进学科交叉融合和均衡发展。至2013年，共有104个全国学会开展了186项学科发展研究，编辑出版系列学科发展报告186卷，先后有1.8万名专家学者参与了学科发展研讨，有7000余位专家执笔撰写学科发展报告。学科发展研究逐步得到国内外科学界的广泛关注，得到国家有关决策部门的高度重视，为国家超前规划科技创新战略布局、抢占科技发展制高点提供了重要参考。

2014年，中国科协组织33个全国学会，分别就其相关学科或领域的发展状况进行系统研究，编写了33卷学科发展报告（2014—2015）以及1卷学科发展报告综合卷。从本次出版的学科发展报告可以看出，近几年来，我国在基础研究、应用研究和交叉学科研究方面取得了突出性的科研成果，国家科研投入不断增加，科研队伍不断优化和成长，学科结构正在逐步改善，学科的国际合作与交流加强，科技实力和水平不断提升。同时本次学科发展报告也揭示出我国学科发展存在一些问题，包括基础研究薄弱，缺乏重大原创性科研成果；公众理解科学程度不够，给科学决策和学科建设带来负面影响；科研成果转化存在体制机制障碍，创新资源配置碎片化和效率不高；学科制度的设计不能很好地满足学科多样性发展的需求；等等。急切需要从人才、经费、制度、平台、机制等多方面采取措施加以改善，以推动学科建设和科学研究的持续发展。

中国科协所属全国学会是我国科技团体的中坚力量，学科类别齐全，学术资源丰富，汇聚了跨学科、跨行业、跨地域的高层次科技人才。近年来，中国科协通过组织全国学会

开展学科发展研究，逐步形成了相对稳定的研究、编撰和服务管理团队，具有开展学科发展研究的组织和人才优势。2014—2015 学科发展研究报告凝聚着 1200 多位专家学者的心血。在这里我衷心感谢各有关学会的大力支持，衷心感谢各学科专家的积极参与，衷心感谢付出辛勤劳动的全体人员！同时希望中国科协及其所属全国学会紧紧围绕科技创新要求和国家经济社会发展需要，坚持不懈地开展学科研究，继续提高学科发展报告的质量，建立起我国学科发展研究的支撑体系，出成果、出思想、出人才，为我国科技创新夯实基础。

A stylized, cursive handwritten signature in black ink, reading '韩东明' (Han Dongming).

2016 年 3 月

前言

2014年5月,中国空间科学学会承担了《2014—2015空间科学学科发展报告》的撰写工作。6月26日上午,召开了《2014—2015空间科学学科发展报告》撰写工作的第一次工作会议。会议对学科发展报告的撰写内容、编写大纲进行了讨论,并就撰写工作进行了具体分工和布置。

根据撰写工作的节点进度,2015年8月21日,召开了“空间科学学科发展研讨会”,对《2014—2015空间科学学科发展报告(讨论稿)》进行了研讨并广泛征求了意见。根据研讨会提出的建议和意见,对讨论稿在框架结构、内容等方面进行了多次修改和补充。

由于空间科学发展与国家航天技术的发展规划、空间探测计划关系密切,涉及的科研计划时间尺度长、范围宽,在短期内,只能是计划相关的一个阶段性的研究成果。因此,本报告前后联系较密切。

本报告包括综合报告和专题报告两部分,综合报告主要分为4大部分:其一,引言,即综合报告的高度概括;其二,我国空间科学近年的最新进展;其三,空间科学国内外研究进展比较;其四,空间科学发展趋势及展望。详细论述的专题报告共9个,分别是:空间物理学发展报告,空间天文学发展报告,月球和行星科学发展报告,空间遥感发展报告,空间探测发展报告,空间材料发展报告,微重力科学发展报告,空间生命科学发展报告以及空间科学战略性先导科技专项进展报告。

在撰写过程中得到了相关专业委员会所挂靠单位给予的大力支持,参与撰写的许多专家,特别是报告的总执笔人刘志恒研究员、专题报告的撰写者在撰写过程中付出了很多心血,特一并表示衷心的感谢!

中国空间科学学会

2015年11月

序 / 韩启德

前言 / 中国空间科学学会

综合报告

空间科学新进展和发展趋势 / 3

一、引言 / 3

二、我国空间科学近年的最新进展 / 5

三、空间科学国内外研究进展比较 / 30

四、空间科学发展趋势及展望 / 48

五、结束语 / 54

参考文献 / 55

专题报告

空间物理学发展报告 / 59

空间天文学发展报告 / 82

月球与行星科学发展报告 / 96

空间遥感发展报告 / 114

空间探测发展报告 / 140

空间材料发展报告 / 171

微重力科学发展报告 / 194

空间生命科学发展报告 / 210

空间科学战略性先导科技专项进展报告 / 237

ABSTRACTS IN ENGLISH

Comprehensive Report / 249

Advances in Space Science / 249

Reports on Special Topics / 251

Advances in Space Physics Exploration / 251

Advances in Space Astronomy / 252

Advances in Lunar and Planetary Science / 253

Advances in Space Remote Sensing / 254

Advances in Deep Space Exploration / 255

Advances in Space Materials / 256

Advances in Microgravity Science / 257

Advances in Space Life Science / 258

Advances in Strategic Priority Program on Space Science / 258

索引 / 261

综合报告



空间科学新进展和发展趋势

一、引言

空间科学是以研究宇宙过去、现在和未来，从宏观（天体）到微观（原子与分子）去揭示宇宙客观发展规律的当代前沿自然学科。空间科学可划分为诸多分支领域，如：空间天文、太阳物理、空间物理、空间基础物理、空间探测、空间遥感、空间材料、微重力科学和空间生命科学等。

空间科学作为与重大科技突破和人类生存发展密切相关、能够引领密集技术创新的前沿交叉学科，在国家发展中发挥着越来越重要的作用，成为世界强国高度重视和争相支持的重要学科领域。近年来，国际上新的空间规划相继发布，科学合作更加全面广泛，卫星计划任务陆续实施，科学成果与发现不断涌现。我国跟踪国际发展前沿变化，开展了持续的空间科学发展战略与规划研究。结合国际上空间科学的最新进展与突破、前沿趋势与国内发展状况，凝炼出了具有重大创新思想的空间科学卫星项目，研究取得了显著进步。

我国空间物理领域利用国际合作，开始实现从跟踪、参与到自主、引领转变的发展新阶段。空间物理机理研究，如建模与预报能力已有了长足的进步。空间天文观测，如硬 X 射线调制望远镜和暗物质粒子探测卫星都已经转入正样阶段或处发射状态，多个背景型号项目在关键技术攻关方面进展很大。天文学科领域在 2009—2013 年共计产出研究论文 59513 篇，5 年累计论文量增幅 11.14%，年均论文量增幅 2.13%。中国也是天文论文数量增长最快的国家，在这期间发表 3274 篇第一作者论文，占国际天文论文总数的 5.5%，世界排名第四位。按照国际天文联盟（IAU）会员数作为参考，中国天文学家的人均论文产出好于世界平均水平。中国天文学科领域的论文产出数量在亚洲国家中已居第一位。我国第一个空间科学探测计划“地球空间双星探测计划”（简称双星计划）的成功实施，开创了我国空间科学探测的先河。子午工程于 2012 年 10 月完成建设投入运行，迈出了我国

地基探测的历史性的一步。磁层-电离层-热层耦合小卫星星座探测计划(MIT)、太阳极轨望远镜计划(SPORT)、太阳空间望远镜卫星计划等列入中科院空间科学先导专项、民用航天背景预研项目。在月球与行星科学领域,随着19次、22次以及30次南极科学考察的顺利进行,我国共回收了陨石样品11000余块,一跃成为世界上拥有陨石最多的国家之一(仅次于日本和美国)。另一方面,我国深空探测始于2004年实施的月球探测工程,即“嫦娥工程”,它分为“绕、落、回”三个阶段,到2020年前完成。我国嫦娥三号探测器于2013年12月14日顺利软着陆于月球,使得我国成为在第二轮月球探测浪潮中第一个实现探测器登陆月球的国家。在我国高分辨率对地观测系统和包括大气、海洋、陆地和环境与灾害监测卫星组成的对地观测卫星系统中,遥感也是主要的信息获取手段之一。几十年来,我国光学遥感技术发展迅速,目前已经具备空间科学探测等各类有效载荷的设计、制造、试验和应用能力,载荷品类不断丰富,功能和性能不断提升。“十二五”期间,在高分重大专项的驱动下,我国有效载荷发展跨上新的台阶,遥感载荷进入亚米级分辨时代。近几年来,特别是在“十二五”期间,空间微波遥感技术与应用发展取得了突破性的进展,特别是“海洋二号”卫星多种微波遥感探测有效载荷的发展和应用、“风云三号”多种微波遥感探测与成像有效载荷的发展和应用、“环境一号”C星合成孔径雷达的发射和应用、在国际上首次实现的兼容GPS和北斗导航卫星的微波频段掩星探测的实现和大量有效数据的获取、地球静止轨道大气微波探测成像技术研究的重要突破,标志我国空间微波遥感已经全面从技术突破走向应用,微波遥感技术的水平和能力已经开始接近和达到国际先进水平,并且在一些方向上从模仿跟踪走向自主创新和引领发展。以美、俄、欧、日为主的国家和地区的微重力科学研究已经进入以空间站为主的时代,相关的科学研究活动进入到一个相对稳定发展时期。近两年,我国在微重力科学的发展已经进入载人航天二期工程的尾声,空间微重力科学在流体科学、材料科学、空间物理与技术以及生命与生物技术等领域都取得了一定的发展。目前许多在地面实验室进行的物理学前沿实验已经实现一定的测量精度,正向着充分利用空间微重力环境进行精密测量物理的发展。同时,随着“天宫二号”以及“实践十号”任务的成功发射将会产生空间材料、流体等领域的一系列新成果,下一步我国微重力科学的发展将进入空间站阶段。在空间材料科学研究领域,我国在多种金属及合金,C/C和C/Si等复合材料方面均开展了大量工作,相关产品已应用于航天航空等多个领域。近年来,复合材料的快速制备工艺取得重大突破,发明了快速化学气相渗技术,大幅度缩短了C/C、C/Si复合材料制备周期,降低了制备低成本;在耐热复合材料的制备方面,设计出夹层结构等多种结构形式;在功能材料方面,开展了润滑材料、催化和防碎片等研究;在结构-功能一体化材料方面,制备出低介电常数的氮化硅材料以及可见-中红外透明陶瓷材料,满足了承载、防热、润滑和通信等不同应用的需求。我国空间生命科学研究近年来明确转向以空间基础生物学与生物技术研究为主,进一步拓展与加强地外生命科学探索。2011年以来,先后论证、启动了一批包括“基因芯片技术在地外生命信号探索中的应用研究”“行星科学实验室轨道地外生命实验箱方案设

计”“空间细胞生物力学工程技术平台研究”“无人航天器的微生物监控技术研究”“地球生命对空间环境的适应与响应机制实验方案研究”等空间生命科学预研项目。

二、我国空间科学近年的最新进展

(一) 空间物理研究最新进展

近年来,我国的空间物理机理研究开始站在国际前沿,建模与预报能力有了长足的进步,空间物理领域的国际合作也开始实现从跟踪、参与到自主、引领转变的发展新阶段。

1. 双星计划

双星计划包括两颗卫星:近地赤道区卫星(TC-1)和极区卫星(TC-2),运行于目前国际上地球空间探测卫星尚未覆盖的近地磁层活动区。这两颗卫星相互配合,形成了独立的具有创新和特色的地球空间探测计划。双星计划与欧空局的“星簇计划(Cluster)”相配合,构成了人类历史上第一次使用相同或相似的探测器对地球空间进行的“六点”探测,研究地球磁层整体变化规律和爆发事件的机理。双星计划的主要科学任务是通过地球空间电磁场和带电粒子的探测,获取了可靠的科学数据,在研究中取得新的发现和获得突破性的理论研究成果。双星计划让世界了解了中国空间科学的现代水平。

2. 磁层-电离层-热层耦合小卫星星座探测计划(MIT)

MIT的科学目标是利用小卫星星座系统的探测和研究,解决磁层-电离层-热层耦合系统中能量耦合、电动力学和动力学耦合以及质量耦合等方面尚未解决的若干重大科学问题;重点是探测电离层上行粒子流发生和演化对太阳风直接驱动响应过程,研究来自电离层和热层近地尾向流在磁层空间暴触发过程中的重要作用,了解磁层空间暴引起的电离层和热层全球尺度扰动特征,揭示磁层-电离层-热层系统相互作用的关键途径和变化规律。

3. 太阳极轨望远镜计划(SPORT)

SPORT将首次在太阳极轨上,以遥感成像及就位探测相结合的方式,对太阳高纬地区的太阳活动及行星际空间的环境变化进行连续的观测,对太阳和空间物理研究及空间天气预报具有重要意义。

4. 地基探测——子午工程

自2011年东半球空间环境地基综合监测子午链开始运行以来,至2014年5月底,子午工程已获取64种空间环境参数,超过661万个数据文件,近2.35TB的监测数据。利用子午工程数据,已经在我国上空空间环境特征研究,以及地球空间各个圈层之间的耦合研究等方面取得了原创性的科研成果,据不完全统计,包括在国际著名学术刊物(JGR、GRL等)上已发表学术论文150余篇。与此同时,子午工程还为我国航天活动如“天宫一号”“神舟八号”“神舟九号”的发射,以及交会对接等任务提供了大量的数据支撑服务。

空间物理领域国际合作格局开始形成,通过双星计划-Cluster、中俄火星联合探测计

划、夸父计划和国际空间天气子午圈计划的实施和推动,国际合作开始进入围绕重大国家任务开展实质性、战略性合作的发展新阶段。“国际空间天气子午圈计划”获得了科技部重大国际合作计划的支持,被 2012 年美国《太阳与空间物理十年发展规划》列为重要国际合作项目。我国科学家牵头建议的夸父国际合作卫星计划,被誉为“中华民族在空间探测科学领域的创世纪的计划”。美国 *Science* 杂志专门对夸父计划进行了报道,文中指出,“夸父计划将在很高的精度上追踪太阳爆发和地磁暴活动;它将有許多项首创技术,并将使中国在深空探测方面跨入国际领先行列”。这些由中国科学家牵头的地基、天基计划已在组织推动中,必将对科学发展产生重要引领作用。空间天气业务和其他气象业务的配合,可以实现从太阳到地球表面气象环境的无缝隙业务体。目前中国科学家正在积极推进“国际空间天气预报前沿计划”的重大国际合作研究项目。

(二) 空间天文学最新进展

经过多年的科研实践、人才培养和国际合作研究,形成了一批在国内外有影响的学术带头人和优秀创新研究群体。在过去的 5 年里,空间天文观测技术和研究方法取得了长足的进步,硬 X 射线调制望远镜和暗物质粒子探测卫星都已经转入正样研制阶段,多个背景型号项目在关键技术攻关方面进展很大,为“十三五”我国空间天文的发展提供了强有力的支撑。

1. 太阳物理

近 10 年来,我国太阳物理研究取得了很大的进展和成果,无论在观测和理论研究方面都有自己的特色。中国学者在 *Solar Physics* 杂志上发表论文的比例超过 10%,与英国相当,仅次于美国。我国太阳物理的研究队伍体量仅占整个天文学的 12%,近 5 年内贡献了 19% 的引用位于前 10% 的论文。我国学者由向量磁场观测最早给出光球磁重联存在的证据,提出了三维磁场外推的边界元方法并由此首次得出耀斑的磁绳结构;最早建议网络内磁场的内禀弱性质,在宁静区小尺度磁场、冕洞磁场结构与演化和黑子精细结构等方面取得了原创性的成果。我国学者在日冕物质抛射(CME)爆发的大尺度源区、磁绳灾变模型、CME 爆发的数值模拟、日冕螺度积累和 CME 的发生、磁重联电流片的观测特征、磁绳的观测特征和形成机制等方面做了一系列有深度的研究工作,在国际上有较大的影响。通过光谱观测,结合半经验模型和动力学模型的计算,对耀斑大气的加热机制、白光耀斑的起源进行诊断,形成了很有特色的一个研究领域。紫金山天文台的精细结构望远镜近年来在揭示脉冲相耀斑环收缩等动力学特征方面获得了有意义的观测结果。率先提出了耀斑高能电子的低端截止能量较预期值高、发现射电和 EUV 波段的耀斑环在脉冲相具有收缩现象等。国家天文台科学家通过分析空间和地面太阳观测数据,系统地提出了太阳向量磁场分析研究方法、概念和表征量,定量描述了太阳活动区磁能积累的物理过程;首次给出太阳低层大气磁重联存在的证据,提出两阶段磁重联太阳耀斑唯像模型;提出太阳网络内磁场是内禀弱磁场,对太阳总磁通量有重要贡献的观点。云南天文台“太阳活动和

CME 理论研究”创新团组与外特聘学者 Ilia Roussev 教授通力合作,分析最新空间卫星数据,对日冕物质抛射(CME)和相应的 X 射线爆发进行了深入、细致的研究,采用最先进的数值模拟方法研究日冕物质抛射的起始和早期演化过程,给出了处于学科前沿的计算机模拟最新结果。紫金山天文台的太阳物理研究人员和美国同行合作,利用最新落成的大口径太阳望远镜(大熊湖天文台 1.6m 口径的 NST)和我国自行研制的 10830 埃窄带滤光器,首次得到了太阳在该波段的高分辨率图像(色球),发现了高温物质和能量外流的通道。结合空间卫星观测数据分析,研究成果解释了加热日冕的能量究竟来自光球的何处。这一现象的能量来源被美国 *Science* 杂志列为天体物理学八大问题之一。

国家天文台的一研究团组与合作者,利用上海光机所高功率激光物理联合实验室的神光 II 号装置,巧妙地构造了激光等离子体磁重联拓扑结构。观测到了与太阳耀斑中环顶 X 射线源极为相似的实验结果。这项工作成果发表在 *Nature Physics* 上并受到广泛的关注,被认为有望开辟实验室天体物理研究的新领域。

2. 非太阳领域

我国在非太阳领域形成了以空间高能天文为主并兼顾可见光、紫外和射电等波段的多波段空间天文探测,以及空间反物质、空间宇宙线、空间暗物质和激光天文动力学等研究方向的格局,基本上包括了国际空间天文的主要研究方向,如黑洞等致密天体物理、超新星遗迹、 γ 射线暴、星系、星系团、宇宙学、太阳活动以及暗物质的探索等重要的天体物理前沿。2011 年 1 月,中国科学院首批启动的战略性先导科技专项空间天文项目有硬 X 射线调制望远镜(HXMT)和暗物质粒子探测卫星。暗物质粒子探测卫星“悟空”于 2015 年年底发射。它将进行宇宙线、伽马射线探测并进行暗物质粒子的间接探测研究。HXMT 包括软 X 射线望远镜、中能 X 射线望远镜和高能 X 射线望远镜,计划于 2016 年发射升空,进行宽波段 X 射线巡天工作。中欧合作伽马射线暴偏振测量仪器(POLAR),计划搭载“天宫二号”于 2015 年年底发射运行,将是国际上首个高灵敏度专用测量伽马暴伽马射线偏振的科学仪器。中法合作空间高能天文小卫星空间变源监视器卫星(SVOM),已经被批准正式立项,计划 2021 年前后上天,其主要科学目标是研究 γ 暴的多波段辐射性质。

(三)月球与深空探测和探月工程最新进展

月球与行星科学的发展一方面依赖于陨石学研究的科学成果,另一方面依赖于空间探测的发展。

1. 陨石学最新进展

陨石是来自地球之外的小行星和行星的样品,是太阳系演化历史的见证者,是非常珍贵的科学资源。陨石学研究不但探索和揭示太阳系的起源和成因、形成和演化历史,而且为深空探测科学目标的确立和探测数据的解译提供了服务。陨石学主要研究方向包括:不同类型陨石物质成分特征及其成因、太阳系外物质与恒星演化的物理化学过程、灭绝核素与太阳系早期演化的同位素定年、太阳星云的形成和演化、金属-硅酸盐的熔融分异与行

星核幔的形成、冲击变质与高压矿物学以及陨石和宇宙尘样品的收集等。

(1) 陨石收集。①南极陨石收集：2013—2014 年中国第 30 次南极科学考察队在格罗夫山地区开展了第六次综合考察，陨石搜集是核心任务之一。项目开展了布莱克、梅尔沃德和梅森峰等附近蓝冰区的踏勘工作。对阵风悬崖中段蓝冰区、阵风悬崖中北段碎石带、萨哈罗夫岭碎石带等区域开展了详细的陨石搜寻。共发现陨石样品 583 块，其中阵风悬崖北段 497 块、阵风悬崖中段 82 块、哈丁山及萨哈罗夫岭 4 块。获得陨石富集规律信息。②沙漠陨石收集：2012 年 10 月和 2013 年 5 月，中国科学院地球化学研究所及高校等单位联合在哈密戈壁地区开展了两次寻找陨石的踏勘和考察搜寻活动，在我国沙漠陨石 8 个富集区收集陨石 50 块；陨石类型有 L5、H5、L 冲击熔融型等。

(2) 陨石库建设及陨石分类研究。①陨石库的建设与管理。目前，陨石库日常管理工作的中国极地研究中心负责，样品分类和数字化整理 2350 块陨石。建立了南极陨石样品共享平台。该网上平台以陨石样品信息为基础，包含共享平台的有关管理规定、样品申请的程序、建设成果等内容。②陨石分类研究。陨石分类是一项长期的基础性工作，是开展深入研究的必要条件。2013 年，中国极地研究中心和桂林理工大学共同开展了 150 块格罗夫山陨石的分类工作和陨石样品信息整理工作。

(3) 火星陨石氢同位素研究——火星地下水的证据。火星是深空探测的热点。人类不懈地探索火星，最主要的动力是期盼发现地球以外的生命，其基本逻辑是，火星表面的许多地形地貌特征，指示曾经有过水流，因而具有支持和孕育生命的基本条件。中国科学院地质与地球物理研究所胡森博士和林杨挺研究员等人借助纳米离子探针，对 GRV 020090 火星陨石中的岩浆包裹体和磷灰石的水含量和 H 同位素组成进行分析。研究发现，该样品岩浆包裹体的水含量和 H 同位素具有非常好的对数相关性，指示火星大气水交换的结果，从而推断火星大气的 H 同位素组成为 $6034 \pm 72\%$ ，与好奇号最新的探测结果一致。此外，研究表明这些水是由外部通过扩散进入冷却后的岩浆包裹体。因此，这是火星大气水而不是岩浆水。这是首次发现火星存在大气降水的同位素证据。

(4) 碳质球粒陨石中寻找前太阳颗粒。陨石中的前太阳物质 (presolar material) 是在太阳系形成之前，由各种恒星演化至晚期喷出物凝聚形成微米至次微米大小的尘埃颗粒，是人类唯一能获得的其他恒星样品 (又称太阳系外物质)。前太阳颗粒携带了恒星核合成的信息，是恒星核合成理论的重要实验制约。中国科学院地质与地球物理研究所与美国华盛顿大学空间科学实验室的合作者，利用纳米离子探针和俄歇纳米探针对南极格罗夫山 GR 型碳质球粒陨石 GRV 021710 开展了前太阳物质的系统调查和研究。研究结果表明，GRV 021710 陨石是迄今最富集前太阳颗粒的原始球粒陨石之一，含有大量的前太阳富氧颗粒 (236 ± 40 ppm，硅酸盐和氧化物， $1 \text{ ppm} = 10^{-6}$ ，下同) 和富碳颗粒 (189 ± 18 ppm，SiC 和石墨)。

(5) 其他陨石研究成果。在上述研究成果外，陨石研究还有其他成果，比如：各种类型陨石岩石矿物学特征及其成因认识，这些陨石以普通球粒陨石为主，另外还有火星