

杨军, 孔大力, 陈果, 等. 2023. 国家自然科学基金大气科学学科二级申请代码下设研究方向与关键词解读: D0508 行星大气 [J]. 大气科学, 47(1): 167–173. YANG Jun, KONG Dali, CHEN Guo, et al. 2023. Research Directions and Keywords under the Secondary Application Codes of the Atmospheric Sciences Discipline of the National Natural Science Foundation of China: D0508 Planetary Atmospheres [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 47(1): 167–173. doi:10.3878/j.issn.1006-9895.2212.22308

国家自然科学基金大气科学学科二级申请代码 下设研究方向与关键词解读: D0508 行星大气

杨军¹ 孔大力² 陈果³ 胡永云¹

1 北京大学物理学院大气与海洋科学系, 北京 100871

2 中国科学院上海天文台, 上海 200030

3 中国科学院紫金山天文台, 南京 210023

摘要 近年来, 国家自然科学基金委员会地球科学部地球科学五处(大气科学学科)调整了基金申请代码, 优化了学科布局。其中, 一个重要改变是新增了二级申请代码 D0508 行星大气。本文就这一申请代码下的 3 个研究方向和 24 个关键词的设置进行解读, 说明其设置的具体缘由和相关联系。通过本文的介绍, 基金申请人可以更好地了解这些研究方向与关键词的设置逻辑, 为基金申请过程中更为准确地选择研究方向与关键词提供借鉴。新增该申请代码的主要目的是促进我国行星大气研究, 壮大我国行星大气科学研究队伍, 不断推进我国大气科学的发展。

关键词 国家自然科学基金委 大气科学 行星大气 研究方向 关键词

文章编号 1006-9895(2023)01-0167-07

中图分类号 P4

文献标识码 A

doi:10.3878/j.issn.1006-9895.2212.22308

Research Directions and Keywords under the Secondary Application Codes of the Atmospheric Sciences Discipline of the National Natural Science Foundation of China: D0508 Planetary Atmospheres

YANG Jun¹, KONG Dali², CHEN Guo³, and HU Yongyun¹

1 Laboratory for Climate and Atmosphere–Ocean Studies, Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, School of Physics, Peking University, Beijing 100871

2 Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030

3 Purple Mountain Observatory, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210023

Abstract Recently, the Earth Science Department's Fifth Division of Earth Science (Atmospheric Sciences Discipline) of the National Natural Science Foundation of China (NSFC) has improved the discipline structure and adjusted the fund application code. Among them, the addition of the secondary application code D0508 for “planetary atmospheres” is remarkable. The major purpose of adding this application code is to promote the research of planetary atmospheres, expand the planetary atmospheres research team, and continuously support the development of the entire atmospheric sciences in China. This article explains the settings of three research areas and 24 keywords under this application code and explains the specific reasons and relevant connections for the settings. Through this introduction, fund applicants may

收稿日期 2022-11-13; 网络预出版日期 2023-01-11

作者简介 杨军, 男, 1984 年出生, 长聘副教授, 主要从事行星气候、古气候和气候动力学研究。E-mail: junyang@pku.edu.cn

better understand the logic of setting these research directions and keywords and lay a good foundation for a more accurate selection of research directions and keywords in the fund application processes.

Keywords National Natural Science Foundation of China (NSFC), Atmospheric Sciences, Planetary Atmospheres, Research Areas, Keywords

1 引言

2018年,国家自然科学基金委员会(简称“自然科学基金委”)提出了“明确资助导向”“完善评审机制”和“优化学科布局”三项核心改革任务。2019年在科学界的支持下,大气科学学科完成了申请代码调整改革工作,形成了2020版大气科学学科申请代码设置方案(刘哲等,2020,2021)。2020版大气科学学科申请代码包括“分支学科”“支撑技术”和“发展领域”3个板块,其中申请代码D0508“行星大气”是新增的二级申请代码,属于“分支学科”板块(刘哲等,2020)。行星大气以更为宽广的角度来审视大气科学的基本规律与基本理论,是大气学科的重要内容和重要拓展,对于深入理解地球及其他行星的大气具有不可或缺的作用,为我国深空探测战略的理论观测技术提供科技支撑。

太阳系内有八大行星,除了水星基本没有大气以外,其它七颗行星都有大气。这些行星的大气成分与地球大气截然不同。金星、地球和火星是岩石行星,具有固态的地表。土星、木星、天王星和海王星是气态行星,没有固态的地表,这4颗行星的大气可能代表太阳系的原初大气成分,以 H_2 和He为主(胡永云和田丰,2014)。这些行星拥有完全不同的大气,促使科学家们思考行星大气物理、行星大气化学、以及行星大气演化的各种问题,如为什么太阳系内只有地球表面可以维持液态水的存在?金星与地球的大小与质量都接近,为什么金星没有孕育出生命?火星早期是否有液态水甚至生命存在?

不仅大气成分不同,不同行星上的大气运动也截然不同。地球上每个半球有三圈环流、中纬度急流和极涡;金星上只有一圈环流,但是有赤道超级旋转;火星上有巨大的沙尘暴;木星上有很多涡旋,犹如在地球海洋上看到的那么多的涡旋;同为气态行星,土星上的涡旋要比木星少很多,只有偶尔的风暴。这些又促使科学家们去思考控制大气运动的内在机理是什么?在何种参数范围内会出现何种大

气环流形态?地球上大气环流的特殊性的缘由是什么?许多类似的科学问题等待我们去解答。

1995年10月6日,人类发现并确认了第一颗围绕类太阳恒星公转的系外行星——51 Pegasi b。这以后,人类发现太阳系外行星的数目基本成指数增加。太阳系外行星通常被简称为“系外行星”。截止目前,人类已经发现5000多颗系外行星(图1)。系外行星的种类繁多,如超热木星、热木星、冷木星、类海王星、迷你海王星、海洋行星、超级地球、岩浆行星、岩石行星、潮汐锁相行星、类地行星、亚地球、类火星、类金星、类水星等。目前的地面和空间望远镜可以探测一些比较热而大的行星的大气。系外行星的大气成分、热力结构、

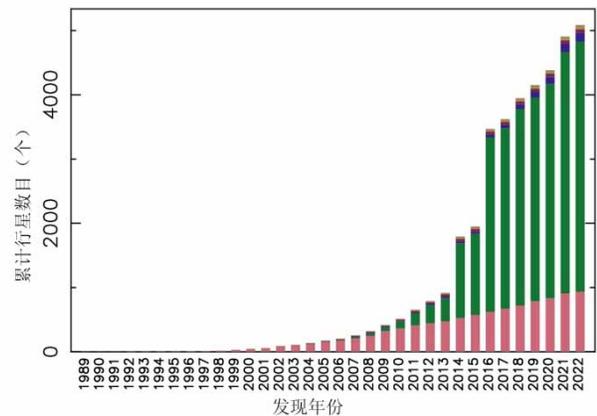


图1 每年发现的太阳系外行星的累积值。不同的颜色代表不同的观测方法得到的行星数目,红色代表视向速度法(Radial Velocity),绿色代表掩星法(Transits),紫色代表微引力透镜法(Microlensing),蓝色代表直接成像法(Imaging)。其他探测方法发现的系外行星数目比较少,为了简洁,在此不列出。详见原始图片 NASA Exoplanet Archive (<https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/> [2022-11-11])。

Fig. 1 Cumulative quantity of exoplanets discovered every year. Different colors represent the number of planets observed by different methods, red represents radial velocity method, green represents transits method, purple represents microlensing method, blue represents imaging method. The number of exoplanets founded by other detection methods was fewer, not listed here. See details in original images of NASA Exoplanet Archive (<https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/> [2022-11-11])

大气化学、大气运动、大气逃逸等研究正如火如荼地进行中（[窦江培等, 2014](#); [万卫星等, 2019](#)）。科学家们的最终目的是理解不同行星的大气及其演变，总结行星之间共同的物理与化学规律，完善行星科学乃至整个自然科学的认知体系，搜寻与地球类似的宜居系外行星，探寻地外生命信号，乃至发现地外生命。目前，国际上有一系列的太阳系外行星探测计划，而我们国家也正在筹建空间站望远镜（CSST）、地球 2.0 太空望远镜（Earth 2.0）、近邻宜居行星巡天计划（CHES）等等，将来会有越来越多的太阳系外行星大气探测数据，也会涌现越来越多的、新的大气科学问题，等待我们去思考、去解决。太阳系外行星大气的研究必将成为行星大气研究的重要部分。

在欧美等国家，行星大气研究已成为一门重要的学科，具有众多的研究机构与人才培养基地（[胡永云等, 2014](#)）。然而在我国，行星大气研究才刚刚起步。近年来，我国的行星大气探测与研究有了很好的开局。嫦娥探月计划揭开了我们国家行星探测与研究的序幕，天问一号火星探测计划打开了我国行星大气探测的第一扇门，随着后续一系列探测计划的推进（如木星探测计划、金星探测计划、太阳系边际探测计划、系外行星探测计划），我们国家的行星大气探测与研究必将取得长足的进步（[魏勇和朱日祥, 2019](#); [吴福元等 2019](#)）。

从月球到火星，从木星到太阳系边界，从太阳系内行星到太阳系外行星，我们国家的深空探测计划正不断向前快速推进。然而，我们国家的行星大气研究起步比较晚，缺乏这方面的专业科学与技术人才。通过在大气科学学科下设“行星大气”二级申请代码，可以非常有效地推进我们国家在行星大气领域和深空探测领域的科学研究与人才培养，为世界人类文明的进步增添我国科学工作者的贡献。

2 行星大气下设的研究方向与关键词解读

现阶段的行星大气研究方向和关键词设置，详见表 1。设置中，考虑了两个重要原则。第一个原则：尽最大可能覆盖行星大气研究的方方面面。与其它研究方向类似，行星大气研究也大致可以分为观测或探测、实验室实验、以及理论与数值模拟三个方面。从研究对象来看，行星大气研究主要包括太阳系内行星，太阳系内卫星和太阳系外行星三个部分。目前，人类的探测技术还无法探测太阳系外卫星。从研究内容来看，行星大气研究主要包含行星大气物理、行星大气化学、行星大气动力、行星气候与天气等。与大气科学的其它研究方向不同，行星大气研究还经常会考虑行星大气的长时间演化问题，例如现在的地球大气成分是如何从早期原初大气演变过来的，这就需要考虑地表放气、大气化学、光化学、大气逃逸等过程。

第二个原则：尽量做到简洁明了。这个原则的主要目的是便于基金申请者可以快速挑选到合适的关键词。与此同时，相比其它研究方向而言，行星大气的研究学者目前还较少，因此还不适合设置太多太细的关键词，更加适合设置比较概括简明的关键词。例如，太阳系内行星包括八大行星，水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星和海王星，每颗行星的大气都有很多科学问题等待解决。但是，并不适合把每颗行星都作为一个关键词，而用“太阳系内行星”来概括比较好。类似的，行星大气运动包含到很多方面，如大气环流、急流、波动、涡旋、波一流相互作用、对流、湍流、季风、风暴路径、大气河、极涡、经圈环流、剩余环流、平流层动力、海—气相互作用等等，也不适合把这些方面都设置为关键词，而是以“行星大气动力”来作为

表 1 D0508 行星大气二级代码的三个主要研究方向以及对应的关键词

Table 1 Three research directions and corresponding keywords of the secondary application code D0508 “Planetary Atmospheres”

研究方向	关键词
行星大气与探测	1行星大气物理、2行星大气化学、3行星大气动力、4行星大气演化、5原位探测、6遥感探测、7实验室模拟与测量、8太阳系内行星、9太阳系内卫星
行星大气模拟与模式发展	1行星大气模拟、2大气环流模式、3大气化学模式、4辐射传输模式、5参数化方案、6其他数值模式、7其他数值模拟
系外行星大气与行星宜居性	1系外行星大气探测、2系外行星大气模拟、3系外行星大气物理、4系外行星大气化学、5系外行星大气动力、6系外行星气候与天气、7行星宜居性、8地外生命及其探测

统称。再如,大气化学包括无机化学、有机化学、光化学、单相化学、多相化学、气溶胶化学等等,也比较适合以“行星大气化学”来统称。

行星大气的重大研究进展很大程度上取决于观测或者探测。与此同时,行星大气模拟与模式开发也可以很大程度上来推进行星大气研究。基于基本物理、化学与数学等方程与过程的行星大气模式可以帮助我们更好地理解不同行星的大气运行规律,也可以帮助我们解译所观测或者探测到的行星大气数据和现象。国内外的行星大气研究学者,既有在做观测、探测以及实验室模拟与测量,也有在做数值模拟与理论研究。因此,将“行星大气模拟与模式发展”作为一个独立的研究方向是比较合适的。

自 1995 年人类发现第 1 颗围绕类太阳恒星公转的太阳系外行星以来,已经确认了 5000 多颗太阳系外行星。而且,这一数字还在不断快速增加。早期,太阳系外行星大气的研究主要集中于很热的热木星,其表面温度超过 1000 K。现在,韦布空间望远镜基本有能力测量温度在 500~1000 K 左右的超级地球或者迷你海王星的大气成分。未来,越来越多的太空望远镜和超大的地面望远镜将有能力探测类似地球大小、类似地球表面温度的行星。这方面的研究将会越来越多,也会越来越重要。因此,基于系外行星大气的多样性与特殊性以及长远考虑,将太阳“系外行星大气”单列为一个研究方向。

行星大气研究的最终目的是找到与地球环境类似的行星、甚至是类地生命,因此行星宜居性也是行星大气研究中的一个重要方向。但是,基于研究方向与关键词设置的第二个原则,并不适合将“行星宜居性”单列为一个研究方向,更加适合与“系外行星大气”合在一起,称为“系外行星大气与行星宜居性”。当然,行星宜居性的研究不止于太阳系外行星,火星与金星的早期大气与环境研究也牵涉到行星宜居性,一些卫星如泰坦(Titan)、欧罗巴(Europa)的研究也牵涉到行星宜居性。对于这类的研究课题,申请人可以选择“行星大气与探测”研究方向,也可以选择“系外行星大气与行星宜居性”研究方向。

根据以上两个原则,行星大气下设了三个主要研究方向,分别是行星大气与探测、行星大气模拟与模式发展、以及系外行星大气与行星宜居性。每个研究方向下设有 10 个以内的关键词,如表 1 所示。表 1 对应的英文翻译见附表 A1。

研究方向“行星大气与探测”下设 9 个关键词。第 1~4 个关键词是根据研究内容来设置的,包含物理、化学、动力、演化四个方面。第 5~7 个关键词是为了强调探测与实验室实验方面的研究。第 8~9 个关键词是根据研究对象来设置的,包括太阳系内行星和太阳系内卫星。

研究方向“行星大气模拟与模式发展”下设 7 个关键词。第 1 个关键词“行星大气模拟”是统称。第 2~5 个关键词是针对不同的模式与参数化方案,包括大气环流模式、大气化学模式、辐射传输模式和参数化方案。行星大气模拟与模式发展牵涉到许多方面,例如边界层模式、辐射-对流平衡模式、动力核、云解析模式、云参数化、对流参数化、降水参数化、平流方案、微物理过程、大气化学输运等等,还有一些尚在发展的模式或者参数化方案,如直接模拟方法和 AI 参数化方案等,不可能一一详尽地列出。因此,设置了两个较为含糊的关键词——“其他数值模式”和“其他数值模拟”,供基金申请者选择。行星大气模拟与模式发展,可以是针对太阳系内行星,也可以是针对太阳系外行星,或者两者兼之。

研究方向“系外行星大气与行星宜居性”下设 8 个关键词。第 1~2 个关键词是根据研究手段来设置的,分别为系外行星大气探测与系外行星大气模拟。第 3~6 个关键词是根据研究内容来设置的,分别为系外行星大气物理、系外行星大气化学、系外行星大气动力和系外行星气候与天气。这 4 个关键词的设置与第一个研究方向的前 4 个关键词的设置是基本对应的,所不同的是这里针对的太阳系外行星,第一个研究方向针对的太阳系内行星或者卫星。在行星宜居性方面,共设置了 2 个关键词,分别是行星宜居性和地外生命及其探测,这里第 1 个关键词是统称,包括大气、陆地、海洋、空间环境、地表过程、内部过程等。第 2 个关键词更强调地外生命的理论、模拟或探测研究,这里既包括太阳系内、地球以外的生命,又包含太阳系外的生命。

目前,行星大气二级代码的申请量还偏少(何建军等, 2020, 2021),但是获资助量都不错。希望通过本文,业界可以更加了解行星大气的资助方向与内容,未来有更多的申请书选择“行星大气”作为二级申请代码。如今正值国内大力开展深空探测之际,行星科学成为新兴学科,具有非常好的发展前景。国内行星科学界中,行星地质和行星空间物

理研究群体较大，但行星大气研究群体相对较小，更是为行星大气的发展提出了迫切的需求。

随着我国深空探测计划的不断实施，越来越多的院校与研究机构加入到行星科学研究队伍中来，尤其是近年来相关研究团队增长迅速，如表 2 所示。一方面，虽然部分院校与研究机构现在还没有行星大气研究方向，但是随着行星大气人才的不断增长，未来行星大气研究势必会逐渐成为众多高校与科研院所的主要研究内容之一。另一方面，部分大学已经设置或者正在筹备增加行星科学专业，招收与培养本科生，如中国科学院大学、南京大学、成都理工大学、中国科学技术大学、北京大学等。值得指出的是 2021 年第一届全国行星科学大会在苏州举

行，共 1000 余人参会。

3 总结与展望

行星大气科学有很多经典的问题，也有很多不断涌现的新问题，等待科学家们去探索、去解答。大气科学学科下设“行星大气”二级申请代码，填补了原申请代码大气科学领域的一个重要分支，也为行星大气科学家提供了一个相互交流、相互学习的平台。“行星大气”二级申请代码的设置将会为国家、为世界培养越来越多的行星科学优秀储备人才提供一片沃土。

行星大气科学属于国际前沿的基础研究领域。不同行星大气的研究可以帮助我们探究清楚行星大

表 2 国内从事行星科学探测与研究的相关单位和团队 (改自戎昭金等, 2019)

Table 2 Domestic related units and teams engaged in planetary science detections and research (modified from Rong et al. 2019)

	机构名称	依托单位
1	大气科学学院行星环境与宜居性研究实验室	中山大学
2	大气与海洋科学系行星大气研究团队	北京大学
3	地球科学与工程学院地球与行星科学系	南京大学
4	地球与空间科学系空间物理与行星科学方向	南方科技大学
5	地球与行星科学技术系比较行星卓越中心	中国科学技术大学
6	地球与行星科学学院	中国科学院大学
7	教育部深空探测联合研究中心	重庆大学
8	空间科学研究院行星科学研究中心	山东大学(威海)
9	钱学森空间技术实验室	中国空间技术研究院
10	深空探测实验室	中国科学技术大学
11	太阳系探测研究团队	中国科学院国家空间科学中心
12	天文系系外行星方向	清华大学
13	天文与空间科学学院深空探测实验室	南京大学
14	系外行星科学研究团队	中国科学院云南天文台
15	系外行星科学研究团队	北京师范大学
16	行星科学国际研究中心	成都理工大学
17	行星科学实验室	哈尔滨工业大学(深圳)
18	行星科学研究所	中国地质大学(武汉)
19	行星与空间科学研究中心	北京大学
20	月球与行星科学国家重点实验室	澳门科技大学
21	月球与行星科学研究中心	中国科学院地球化学研究所
22	陨石行星科学研究中心	桂林理工大学
23	中国科学院地球与行星物理重点实验室	中国科学院地质与地球物理研究所
24	中国科学院光学天文重点实验室	中国科学院国家天文台
25	中国科学院行星科学重点实验室	中国科学院上海天文台和紫金山天文台
26	中国科学院月球与深空探测重点实验室	中国科学院国家天文台

注：此表的大部分内容源自戎昭金等(2019)的表2；在此基础上，增加了一些近年来新建立的机构或团队；此表为不完全统计；表中顺序是按照机构首字母的拼音排序。

气的运行规律和内在机理,也可以帮助我们理解地球大气的过去、现在与未来的可能演变。不同行星大气之间的比较研究,将有助于理解为什么地球在太阳系内是如此特殊的存在,也将有助于理解在太阳系以外是否存在可能宜居的第二颗地球。从地球大气到行星大气,这使得科学家们能够站在更高、更为宽广的角度来思考与回答一些基础而重要的科学问题,从而帮助解决一些悬而未决的大气科学问题。

行星大气发展的关键主要在于两个方面,一是人才培养,人才是根本,国内外的本科生、研究生和博士后等是重要培养对象和未来的主力军,二是经费支持,除了自然科学基金委的支持以外,还需要其他相关机构和各高校研究院所的大力支持。

最后,值得指出的是,除了表1中明确列出的关键词,基金申请者还可以根据自身的申请内容自定义关键词。行星大气研究属于方兴未艾的领域,很多新的研究分支、新的研究术语都在不断快速增长,表1中的设置很难做到面面俱到。欢迎各位学者给本文的作者提出您的宝贵意见或建议,共同推进我们国家行星大气科学的研究与发展。

致谢 在“D0508 行星大气”的研究方向与关键词的设置过程中,国内外众多的学者参与了组织与讨论,给出了宝贵的意见和建议,在此一并表示感谢。感谢三位评审老师对本文所提出的各种建议与意见。

参考文献 (References)

- 窦江培,朱永田,任德清. 2014. 太阳系外行星的研究现状 [J]. 自然杂志, 36(2): 124–128. Dou J P, Zhu Y T, Ren D Q. 2014. Current research status of exoplanets [J]. Chinese J. Nat. (in Chinese), 36(2): 124–128. doi:10.3969/j.issn.0253-9608.2014.02.005
- 何建军,郭郁葱,刘哲,等. 2020. 2020 年度大气科学领域项目评审与资助成果简析 [J]. 地球科学进展, 35(11): 1201–1210. He J J, Guo Y C, Liu Z, et al. 2020. An introduction to the projects managed by division of atmospheric sciences, department of earth sciences, National Natural Science Foundation of China in 2020 [J]. Adv. Earth Sci. (in Chinese), 35(11): 1201–1210. doi:10.11867/j.issn.1001-8166.2020.093
- 何建军,李香钰,刘哲,等. 2021. 2021 年度大气科学领域项目评审与资助成果简析 [J]. 地球科学进展, 36(11): 1204–1214. He J J, Li X Y, Liu Z, et al. 2021. General analysis of project review and funding results in atmospheric science in 2021 [J]. Adv. Earth Sci. (in Chinese), 36(11): 1204–1214. doi:10.11867/j.issn.1001-8166.2021.104
- 胡永云,田丰. 2014. 太阳系行星 [M]//陆垓. 现代天体物理. 北京: 北京大学出版社. Hu Y Y, Tian F. 2014. Solar planetary system [M]//Lu T. Modern Astrophysics (in Chinese). Beijing: Peking University Press.
- 胡永云,田丰,刘钧钧. 2014. 行星大气研究进展综述 [M]//黄荣辉,吴国雄,陈文,等. 大气科学和全球气候变化研究进展与前沿. 北京: 科学出版社, 290–333. Hu Y Y, Tian F, Liu J J. 2014. A review on planetary atmospheric research [M]//Huang R H, Wu G X, Chen W, et al. Advances and Frontiers in Atmospheric Science and Global Climate Change Research (in Chinese). Beijing: Science Press, 290–333.
- 刘哲,丁爱军,张人禾. 2020. 调整国家自然科学基金申请代码,优化大气学科资助布局 [J]. 科学通报, 65(12): 1068–1075. Liu Z, Ding A J, Zhang R H. 2020. Adjusting application codes and optimizing funding layout for the discipline of atmospheric sciences in the National Natural Science Foundation of China [J]. Chinese Sci. Bull. (in Chinese), 65(12): 1068–1075. doi:10.1360/TB-2020-0146
- 刘哲,何建军,郭郁葱. 2021. 基于大气科学学科发展特点,解读项目分类评审改革新举措 [J]. 科学通报, 66(2): 187–192. Liu Z, He J J, Guo Y C. 2021. Category-specific evaluation reform by the National Natural Science Foundation of China benefits the basic research of atmospheric sciences: A policy interpretation [J]. Chinese Sci. Bull. (in Chinese), 66(2): 187–192. doi:10.1360/TB-2020-1444
- 戎昭金,崔峻,何飞,等. 2019. 我国行星物理学的发展现状与展望 [J]. 中国科学院院刊, 34(7): 760–768. Rong Z J, Cui J, He F, et al. 2019. Status and prospect for Chinese planetary physics [J]. Bull. Chinese Acad. Sci. (in Chinese), 34(7): 760–768. doi:10.16418/j.issn.1000-3045.2019.07.005
- 万卫星,魏勇,郭正堂,等. 2019. 从深空探测大国迈向行星科学强国 [J]. 中国科学院院刊, 34(7): 748–755. Wan W X, Wei Y, Guo Z T, et al. 2019. Toward a power of planetary science from a giant of deep space exploration [J]. Bull. Chinese Acad. Sci. (in Chinese), 34(7): 748–755. doi:10.16418/j.issn.1000-3045.2019.07.003
- 魏勇,朱日祥. 2019. 行星科学: 科学前沿与国家战略 [J]. 中国科学院院刊, 34(7): 756–759. Wei Y, Zhu R X. 2019. Planetary science: frontier of science and national strategy [J]. Bull. Chinese Acad. Sci. (in Chinese), 34(7): 756–759. doi:10.16418/j.issn.1000-3045.2019.07.004
- 吴福元,魏勇,宋玉环,等. 2019. 从科教融合到科学引领——中国特色的行星科学建设思路 [J]. 中国科学院院刊, 34(7): 741–747. Wu F Y, Wei Y, Song Y H, et al. 2019. From fusion of research and teaching to leading of science—Strategy to build planetary science program with Chinese characteristics [J]. Bull. Chinese Acad. Sci. (in Chinese), 34(7): 741–747. doi:10.16418/j.issn.1000-3045.2019.07.002

附录 A

表 A1 正文中表格 1 的研究方向与关键词的英文对照表

Table A1 English Comparison of research directions and keywords in Table 1

Research directions	Keywords
Planetary Atmospheres and Detections	(1) Planetary Atmospheric Physics, (2) Planetary Atmospheric Chemistry, (3) Planetary Atmospheric Dynamics, (4) Planetary Atmospheric Evolution, (5) In-situ Detections, (6) Remote Sensing, (7) Laboratory Simulation and Measurement, (8) Intrastellar Planets, and (9) Intrastellar Satellites
Planetary Atmosphere Modeling and Model Developments	(1) Planetary Atmosphere Modelling, (2) Atmospheric General Circulation Model, (3) Atmospheric Chemistry Model, (4) Radiative Transfer Model, (5) Parameterization Scheme(s), (6) Other Model Developments, and (7) Other Model Simulations
Exoplanetary Atmospheres and Planetary Habitability	(1) Detections of Exoplanetary Atmospheres, (2) Simulations of Exoplanetary Atmospheres, (3) Exoplanetary Atmospheric Physics, (4) Exoplanetary Atmospheric Chemistry, (5) Exoplanetary Atmospheric Dynamics, (6) Climate and Weather of Exoplanets, (7) Planetary Habitability, and (8) Astrobiology and Detections