

·学科进展与展望·

美国天文学未来 10 年战略发展规划及 中国天文学发展的思考

董国轩 汲培文

(国家自然科学基金委员会数理科学部,北京 100085)

[摘要] 简要介绍了 2000—2010 年美国天文学发展规划。它包括 5 个最重要的优先领域和为实现此科学目标而推荐的大望远镜建造计划。探讨了中国天文学的未来发展。

[关键词] 天文学,天体物理学,优先领域,美国,中国

天文学是当今世界上最活跃的学科之一,它研究宇宙及其成员的形成、演化和最终命运,自然也与人类的未来命运息息相关,世界上主要的科技强国均非常重视天文学的研究。美国天文学研究,无疑是世界领先的,主导着世界天文学研究的主流方向。自 20 世纪 60 年代起,每隔 10 年,它对该学科进行一次全面广泛的回顾和展望,并对未来 10 年的发展提出建议。本文通过对美国天文学未来 10 年战略发展规划和政府预算的分析,了解当前世界天文学发展的趋势和研究热点,进而探讨我国的发展策略。

1 美国 2000—2010 年发展战略规划

为制定天文学发展战略规划,在美国国家研究理事会(National Research Council. NRC)的组织和领导以及 NSF、NASA 和 Keck 基金会的资助下,成立了以 J. H. Taylor 和 C. F. McKee 为主席的由 15 人组成的天文学和天体物理学调研委员会。该委员会下设 9 个专题组。专题组由 100 多位天文学家组成。经过在美国天文界广泛地征求意见和专题组及委员会的若干次讨论和遴选,产生了未来 10 年最重要的科学问题,评出研究这些问题所需的新的望远镜建造项目的优先顺序,并形成题为“Astronomy and Astrophysics in the New Millennium”(新千年的天文学和天体物理学)的调研报告^[1]。该报告主要为美国 NSF 和 NASA 资助天文学研究提供参考。规划主要分两部分,其一是未来 10 年天文学和天体物理学最

重要的科学问题;其二是为实现上述科学目标需建造的望远镜项目。

1.1 21 世纪初 10 年天文学和天体物理学最重要的科学问题

20 世纪天体物理学的伟大成就体现于:建立了恒星演化基本理论,并被观测所证实;对于宇宙、星系等方面有了初步的认识。21 世纪国际天文学和天体物理学面临的重大问题是:(1)宇宙是如何发端的,它是怎样由基本粒子的混合物演化为今天我们所见到的结构,它未来的命运是什么?(2)星系的形成和演化?(3)恒星的形成和演化?(4)行星是如何形成和演化的?(5)宇宙中存在地球之外的生命吗?

对于上述问题,目前的观测和理论仅给出一个初步结果。天文学家现在至少已经掌握了与所有这些问题相关的初步观测资料,然而其中只有一个问题,即恒星如何演化,存在较为完全的答案。对于 21 世纪来说,长期目标是全面了解宇宙和它的组成物星系、恒星和行星,包括银河系、太阳和地球的形成、演化和命运。

未来 10 年内,美国天文学和天体物理学 5 个战略优先发展领域是:(1)宇宙的大尺度特性:宇宙的年龄、组成宇宙的物质和能量的数量、分布和性质(特别是暗物质和暗能量)、宇宙的膨胀史;(2)近代宇宙的发端,即第一批恒星和星系形成的时代;(3)各种尺度黑洞的形成和演化;(4)恒星及其行星系统的形成,巨行星和类地行星的诞生和演化;(5)天文

本文于 2004 年 4 月 22 日收到。

环境对地球的影响。

所有这些现在看来近期特别有望取得进展的领域,只不过是现代天文学和天体物理学这一宏伟乐章中的部分旋律。例如,不了解恒星演化的晚期阶段,科学家们将无望了解黑洞的形成;只有弄清星系随宇宙时演化的整个历史,才能明白极早期宇宙中星系观测的全部意义。

1.2 2000—2010年10年间优先启动的天文望远镜项目

天文学研究是以观测为主的学科,望远镜设备的建造主宰着学科的发展,为开展上述重要科学问题的研究,天文学和天体物理学调研委员会建议优先启动的空间和地面天文望远镜设备项目及其经费如表1所示。

表1 2000—2010年10年间优先启动项目(地面和空间合并排序)及估计的联邦资助经费^{1,2}

项目	经费 ³ (百万美元)
大型项目	
新一代空间望远镜(NGST) ⁴	1000
巨型拼接镜面望远镜(GSMT) ⁴	350
星座式X射线天文台(Con-X)	800
扩展的甚大阵(EVLA) ⁴	140
大口径概要巡天望远镜(LSST)	170
类地行星搜寻者(TPF) ⁵	200
单孔径远红外(SAFIR)天文台 ⁵	100
大型项目小计	2760
中型项目	
望远镜系统仪器计划(TSIP)	50
γ-射线大面积空间望远镜(GLAST) ⁴	300
空间激光干涉仪(LISA) ⁴	250
先进太阳望远镜(AST) ⁴	60
平方公里阵(SKA)技术发展	22
太阳动态天文台(SDO)	300
毫米波天文研究联合阵(CARMA) ⁴	11
高能X射线成像巡天望远镜(EXIST)	150
甚高能辐射成像望远镜阵系统(VERITAS)	35
先进空地射电干涉仪(ARISE)	350
频率灵活太阳射电望远镜(FASR)	26
南极亚毫米波望远镜(SPST)	50
中型项目小计	1604
小型项目	
国家虚拟天文台(NVO)	60
其他小型项目	246
小型项目小计	306
10年总计	4670

注:1.地面项目总经费包括技术发展加运行费,新仪器和5年的设备基金;2.对美国政府部门资助经费的最佳估计,以100万2000财政年度美元为单位取整计算。除TPF和SAFIR天文台外所有项目经费全额给出;3.空间项目经费估计不包括技术发展;4.该项目经费估计假设相当大一部分资金要由国际或私营伙伴提供^[1];5.这些项目可能在2010年前后开始。委员会把TPF总经费17亿美元中的2亿美元和SAFIR天文台6亿美元总经费中的1亿美元划归这10年中。

表1中将建造的望远镜设备,其科学目标不是单一的,一般可覆盖若干方面。表2列举了未来10年重要科学问题同实现这些科学问题应对的新望远镜建造项目的关系。

从表1中可以看出,2000—2010年这10年间美国将启动7个大望远镜建造项目、12个中等望远镜建造项目和若干小型项目,总经费估计为47亿美元,比上一个10年规划扣除通货膨胀后的39亿美元增加了20%左右。

目前,在紫外、光学和红外波段,排名第一位的空间望远镜是2.4米的哈勃空间望远镜(HST),排名第一位的地面望远镜是Keck(凯克)10米望远镜。委员会对于本10年的最优先建议是在空间建造8米级的下一代空间望远镜(NGST)和在地面上建造30米级大拼接镜面望远镜(GSMT)以增加紫外、光学及红外波段的观测能力。显然,这两架望远镜均是实口径,它们分别比HST和Keck大3倍,观测能力(通光面积)提高10倍左右。

2 中国天文学发展的思考

2.1 美国天文学10年发展规划留给我们的几点启示

美国天文学和天体物理学未来10年发展规划是清晰具体的,这个遴选决策过程和产生的结果均留给我们许多思考,尤其目前正值我国制定未来15年科技发展的中长期规划时期,自然更具特殊意义。它给我们的启示是:

(1)天文学在美国的科学发展中占有十分重要的地位,未来10年设备发展高达47亿美元,这其中尚未包含相应的课题研究经费和行星科学(例如火星探测)等交叉研究;

(2)清晰、明确地提出了未来10年美国天文学最重要的5个优先发展领域及为实现上述科学目标需建造的大望远镜设备项目,实现了真正的“有所为和有所不为”。这种遴选和决策过程,值得我们学习。如果说从前我们跟踪学习和掌握的是美国及西方发达国家的某一具体前沿科学课题,那么现在更重要的是学习掌握其思考决策过程,即从前学习的是有形的东西,现在学习的是无形的东西,这无疑更难,但一旦掌握,则更有效;

(3)可能部分读者会产生一个疑问:这个规划真的能实现吗?回答是肯定的,其依据是上一个10年规划中提出的项目,基本上都已实现,例如:上一个10年规划中提出的建造WMAP(微波各项异性探测

卫星)、SIRTF(红外空间望远镜)和 ALMA(建在 Atacama 的毫米波干涉阵),目前前两个项目已经完成,后一个项目正在建造过程中。

表 2 新项目的科学目标

科学目标	项 目 ¹	
	主 要 ²	次 要 ²
测定宇宙的大尺度特性	NGST, GSMT, LSST(MAP, Plank, SIM)	Con-X
研究近代宇宙的发端	NGST, SKA, LOFAR(ALMA)	Con-X, EVLA, SAFIR, GLAST, LISA, EXIST, SPST
了解黑洞	Con-X, GLAST, LISA, EXIST, ARISE	EVLA, LSST, VERITAS, SAFIR
研究恒星形成和行星	NGST, GSMT, EVLA, LSST, IPF, SAFIR, TSIP, CARMA, SPST, (ALMA, SIM, SIRTF, SOFIA)	AST, SDO, Con-X, EXIST
了解天文环境对地球的影响	LSST, AST, SDO, FASR	GLAST

注: 缩写词在附录中定义。

1. 括号中列举的是过去推荐但尚未运行的任务和设备。

2. 主要栏列举的项目或任务预期应对所述目标做出主要贡献,而次要栏的项目或任务有能力对该目标做出较小贡献。

(4)美国 10 年规划中所提出 5 个优先发展领域显然是当今天文学发展最重要的领域,但它只不过是全面了解宇宙和它的组成物星系、恒星和行星,包括银河系、太阳和地球的形成、演化和命运这一 21 世纪现代天文学和天体物理学研究长期目标中部分渴望近期取得重要进展的领域。该长期目标中同样尚有许多重要的科学问题,有待研究,同时大望远镜的科学目标不是单一的,而是广泛的,可以覆盖天文学研究长期目标中的许多科学问题,这自然为我们提供了利用它研究我们自己感兴趣同时又非常重要的科学问题。热点问题自然重要,非热点问题中同样也有许多重要的问题,关键是能否取得突破性进展。

(5)对比国家自然科学基金委员会“十五”天文学发展规划中提出的优先领域和美国未来 10 年天文学规划,我们发现美国提出的 5 个重要科学问题中前 3 个亦是我国天文学发展的优先领域,后 2 个领域,主要是我国从事的研究人员较少,故未列入。我们规划中最主要的缺憾是未能提出望远镜设备建造的具体项目,实现真正的“有所为和有所不为”。

2.2 中国天文学和天体物理学的发展

目前,中国最大的地面望远镜口径是 2.16 米,空间望远镜没有,红外望远镜相当于没有;国际上 8 米级以上的望远镜有 15 台左右,拥有这些望远镜所有权和使用权的国家有 20 多个,高能、光学和红外天文卫星有几十颗,再加美国未来 10 年将要建造的 8 米级空间望远镜和 30 米地基望远镜,显然在观测设备方面我国同国际发达国家的差距有增大的趋势。天文学是一门以观测为主的学科,大望远镜的

建造在学科发展中具有重要意义。相比之下,靠拼大观测设备的研究工作,我们无法同外国竞争,在这样的现实情况下,中国天文学如何发展?对此我们的初步思考是:

(1)大力支持我国学者开展学科前沿的理论和数值模拟研究工作,大力支持利用国外开放数据开展的研究工作,建立一支高水平的理论天体物理队伍;

(2)鉴于国内目前的财力和技术水平,独立建造大望远镜有相当的难度,因此我们应积极寻求通过国际合作参与一个地面大望远镜的建设,获得一定份额的观测时间,开展国际最前沿的课题研究;

(3)同国外或国内其他学科相比,中国的高校天文队伍太小,仅有限的几所大学里有一定规模的天文研究,这直接地影响到天文年轻后备人才的培养。因此,加大力度发展中国的高校天文学科,是迅速提高中国天文学研究水平的最迫切而基础的任务;

(4)2003 年 2 月 1 日,美国科学家公布了威尔金森宇宙微波各向异性探测卫星(Wilkinson Microwave Anisotropy Probe, WMAP)关于宇宙微波背景在各个方向的分布图,精确展示了宇宙大爆炸后 38 万年(即目前宇宙年龄的三万分之一)时的宇宙物质空间分布,有力地证明宇宙是平直的;宇宙中存在 4.4% 的重子物质、22.6% 的暗物质和 73% 的暗能量;独立地测量了宇宙膨胀速率(即哈勃常数)为 7.1×10^{-5} 公里/(秒·秒差距),并推定宇宙的年龄为 137 亿年。宇宙模型许多参量的测量精度已好于 10%,且与近几年其他许多独立的重要观测结果相一致,表明宇宙学研究已经进入精度宇宙学时代。但同时,宇宙学中仍有许多重要的、根本性的问题有待进

一步研究,例如,对于主宰宇宙命运的暗能量和暗物质的物理性质知之甚少。这一切掀起了国际上宇宙学研究的热潮。我们应当抓住这一刚刚开始的研究机遇,大力支持天文同理论物理(粒子物理、引力物理)的交叉,开展暗物质暗能量的研究;

(5)国际上大望远镜的观测时间是部分开放的,我们应鼓励和支持国内学者竞争国外大望远镜的观测时间,开展自己有独特科学想法的前沿研究;

(6)我们国家在太阳物理(太阳磁场、爆发活动等)、恒星物理和高能天体物理等领域有较好的研究基础,国际上的学术影响力相对较高,应继续加强对这些方面的支持,开展我们自己有特色的工作。

参 考 文 献

- [1] National Research Council(NRC). Astronomy and Astrophysics in the New Millennium. National Academy Press, Washington, D.C. 2001.

AMERICAN ASTRONOMY STRATEGIC DEVELOPMENT PLAN IN COMING DECADE AND SUGGESTIONS ON ASTRONOMICAL RESEARCH IN CHINA

Dong Guoxuan Ji Peiwen

(Department of Mathematical and Physical Sciences, NSFC, Beijing 100085)

Abstract American astronomy strategic development plan in coming decade is briefly reviewed. There are five scientific priorities and programs of large telescopes construction in the plan. Astronomical research in China is discussed.

Key words Astronomy, Astrophysics, Priority, America, China

·资料·信息·

国家自然科学基金资助的“光合膜蛋白质晶体结构研究”取得重要成果

2004年3月18日, *Nature* 杂志以 Article 的形式发表了由中国科学院生物物理研究所和植物研究所合作完成的“菠菜主要捕光复合物(LHC-II)2.72埃分辨率的晶体结构”研究成果,该晶体的结构彩图被选作本期杂志的封面。

光合作用捕光天线光能吸收传递分子机制一直是光合膜蛋白研究的热点,LHC-II是植物类囊体膜上含量丰富的捕光复合物,有蛋白质、叶绿素a、叶绿素b、类胡萝卜素、脂质分子等组成。它们被镶嵌在生物膜中,具有很强的疏水性,分离纯化和结晶非常困难。这样的膜蛋白复合物的晶体结构研究,是国际上的高难度课题。中国科学院生物物理研究所常文瑞研究员主持的研究小组经过近6年的艰苦努

力,终于在最近完成了这一重要捕光复合物三维结构的测定工作。中国科学院植物研究所匡廷云院士主持的研究小组在LHC-II的分离纯化方面做了大量基础性工作,为空间结构的解析奠定了坚实的基础。两家实验室在LHC-II研究中富有成效的合作,使我国在光合膜蛋白晶体结构研究方面取得了成功。

国际同行对LHC-II三维结构的解析给予比较高的评价。在文章审稿期间,在欧洲的几家研究光合膜蛋白的实验室引起了很大的反响。他们承认,在这个膜蛋白(LHC-II)的三维结构研究方面,中国的实验室领先了。

(生命科学部 杨正宗 供稿)