我国天文大设备的现状与未来专题·评述

关于我国未来天文大设备的一点
战略思考[†]方成^{①②*}

① 南京大学天文与空间科学学院, 南京 210093;

② 教育部现代天文与天体物理重点实验室, 南京 210093

*联系人, E-mail: fangc@nju.edu.cn

†方成院士供稿

收稿日期: 2012-07-04; 接受日期: 2012-08-20; 网络出版日期: 2012-12-10

国家自然科学基金(批准号: 10878002, 10610099, 10933003, 10673004)和国家重点基础研究发展计划(编号: 2011CB811402)资助项目

摘要 本文回顾了近年来国际上天文大设备的现状和发展态势, 简要叙述了国内目前天文观测设备的现状, 并指出一批重要观测设备的建成标志着我国初步形成了天文学研究的实测基础. 一个突出的例子是由我国天文学家自主创新的郭守敬望远镜 LAMOST. 这是一架新型光谱巡天型望远镜, 它的建成标志着我国大型天文光学望远镜技术的突破. 正在建设的 500 m 口径球面射电望远镜(FAST)是目前世界上最大的单天线望远镜, 它的建成将使我国射电天文研究走到世界前列. 本文还介绍了一些已经提出的天文地面和空间大设备计划, 并对我国未来天文大设备的发展进行了一点战略思考, 提出了一些个人的建议.

关键词 天文学, 仪器设备, 战略研究

PACS: 95.55.-n, 95.10.-a, 89.20.Bb

doi: 10.1360/132012-601

1 引言

近年来, 国家自然科学基金委员会、中国科学院和中国科学技术协会等部门曾多次组织天文界有关专家对我国天文学的现状与未来进行研究, 写出了很好的报告^[1–4]. 2009 年初, 国家自然科学基金委员会与中国科学院学部合作开展 2011–2020 年我国学科发展战略研究, 同年 5 月成立了由 10 名院士组成的天文学科战略研究组, 及由 15 名在第一线从事天

文研究和教育的中青年学术骨干组成的秘书组. 这次天文学科战略研究根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要》, 深入分析了天文学学科发展的自身需求和国家经济社会发展需求, 明确了未来一个时期促进我国天文学科基础研究均衡协调可持续发展的战略思路和保障措施. 在广泛征求各方面的意见后, 战略组和秘书组于 2010 年 11 月形成了一份战略研究报告^[5]. 2012 年 3 月, 由中国科学院数学学部承办、南京大学协办, 举行了科学与技术前沿论坛“我国天文

引用格式: 方成. 关于我国未来天文大设备的一点战略思考. 中国科学: 物理学 力学 天文学, 2012, 42: 1265–1273

Fang C. Some thinking on the development stratagem of future large facilities in Chinese astronomy (in Chinese). Sci Sin-Phys Mech Astron, 2012, 42: 1265–1273, doi: 10.1360/132012-601

大设备的现状和未来”,着重研讨了我国天文大设备的现状和未来发展,目的是促进天文学科发展战略研究系统深入开展,促进天文学科交叉融合,在发扬科学民主和学术争鸣的基础上,对我国天文科学技术前沿和未来创新发展提出意见和建议。

众所周知,天文学是一门观测科学。从根本上说,天文学的发展决定于观测设备的能力。自从伽利略发明望远镜以后的400多年来,天文仪器和技术的发展与人类对宇宙认识的进步相互促进,每一次望远镜和仪器能力的提高,都会刷新人类对宇宙的认识。因此,全面了解国际上天文大设备的发展轨迹,分析我国天文大设备的现状,研讨我国天文大设备的发展战略,对于我国天文学未来的发展有十分重要的意义。上述研究报告和论坛不仅对天文观测设备的国内外情况进行了详细的调研,而且对我国未来天文大设备的发展提出了许多真知灼见。本文在此基础上进一步提出了个人的一点战略思考。本文在许多地方参考了上述研究报告和论坛讨论的材料和内容,特此一并致谢。

2 国际现状和发展趋势

自从1990年哈勃空间望远镜成功发射,1993年和1996年两架10 m口径的地面光学/红外望远镜KECK I和KECK II先后投入观测至今,国际上已建成14架8–10 m级新一代光学/红外望远镜。利用这些大型天文望远镜及一些较小的设备已经发现了700多颗太阳系外的行星并观测到很多早期宇宙的事件,使人类对宇宙的认识进入到一个崭新的阶段。

这些大型望远镜发展的新技术使望远镜成像质量提高了一个数量级,在红外波段实际达到了衍射极限,空间分辨率提高了至少10倍;同时,使望远镜造价大大降低,从而使建造更大口径的望远镜成为可能。已经并正在发展的新技术包括:拼接镜面主动光学技术,超薄镜面主动光学技术,自适应光学技术,光干涉技术,大面积光学红外CCD探测器,快焦比大镜面磨制和检测技术,望远镜结构优化设计等。

在天文探测分析手段和设备方面,当前国际上天文学的发展重点和趋势是:

(i) 追求更高的空间、时间和光谱分辨率。新一代地基和空间观测设备(如光干涉阵(Gaia))将使光学观测的空间分辨率达亚角秒级。空间甚长基线干涉

仪(VLBI)设备将使射电波段的空间分辨率提高一个量级。

(ii) 追求更大的集光本领和更大的视场,以进行更深更广的宇宙探测。十余架已建成的10 m级新一代光学/红外望远镜,以一平方千米接收面积为目的的巨型射电望远镜阵计划(SKA),以及正在研讨的20–50 m级巨型光学/红外望远镜计划都是这方面的重要努力。宽视场多波段照相巡天和宽视场多目标光谱巡天,以建立天体的更大统计样本,成为当今追求的热点。斯隆数字化巡天(SDSS)、全景巡天望远镜和快速反应系统(Panoramic Survey Telescope And Rapid Response System, Pan-STARRS)、大尺度巡天望远镜(Large Synoptic Survey Telescope, LSST)、郭守敬望远镜(LAMOST)等都是这方面的重要设备。

(iii) 实现全波段的探测和研究,重点集中在毫米波、亚毫米波、红外以及高能X射线和伽玛射线探测方面。除了10 m级光学/红外望远镜和新的VLBI射电阵以外,已发射的各类天文卫星,如威尔金森微波各向异性探测器(WMAP)和普朗克卫星(Planck)、中远红外的赫歇尔望远镜(Herschel)、近中红外的斯必泽空间望远镜(Spitzer)、日本的“光”号红外线天文卫星(AKARI)、哈勃空间望远镜、紫外的星系演化探测卫星(Galaxy Evolution Explorer, Galex)、钱德拉X射线望远镜(Chandra)、XMM-牛顿X射线天文台(X-ray Multi-Mirror Mission-Newton, XMM-Newton)、康普顿伽玛射线天文台(Compton Gamma Ray Observatory, CGRO)、费米卫星(Fermi)、美国航空航天局的雨燕(Swift)卫星、搜寻系外可居住行星的开普勒(Kepler)卫星、Integral伽玛射线天文台,日本的Suzaku X射线卫星、太阳和日球层天文台(Solar and Heliospheric Observatory, SOHO)、“日出”卫星(Hinode)、太阳动力学天文台(Solar Dynamics Observatory, SDO)等,都取得了许多令人振奋的成果。正在建造或计划中的新一代卫星,如国际X射线天文台(International X-ray Observatory, IXO)、红外波段的James Webb空间望远镜(James Webb Space Telescope, JWST)、欧洲的Gaia高精度天体测量卫星、美国的NuSTAR X射线天文卫星、日本的NeXT(Astro-H) X射线天文卫星、印度的ASTROSAT X射线天文卫星、俄罗斯-德国合作的Spectrum-XX射线天文卫星以及空间VLBI等,在性能上都将有很大的提高。所有这些将使天文学的研究跨上一个新的台阶^[6]。

(iv) 国际合作研制大型天文设备已成必要. 下一代天文大设备, 如阿塔卡玛大型毫米波天线阵 (Atacama Large Millimeter Array, ALMA)、IXO、一平方千米射电望远镜阵 (SKA)、20–50 m 级巨型光学/红外望远镜等都需要投入巨额经费和众多的研究人力; 同时, 地面大型设备对望远镜台址又有着极高的要求. 这些使得多国合作建造、维护和使用大型设备成为必要.

在射电天文大设备方面, 射电单天线设备目前以美国 Arecibo 300 m 望远镜、美国 GBT 100 m 望远镜、德国 Effelsberg 100 m 望远镜、英国 76.2 m Lovell 望远镜、澳大利亚 Parkes 64 m 望远镜等为代表. 高分辨干涉设备 (综合孔径干涉或 VLBI) 以追求高分辨和高灵敏度为主要目标, 如美国 VLA、英国的 MERLIN、印度的 GMRT 等厘米波综合孔径干涉设备. 其中, VLA 的灵敏度、分辨率和波段覆盖最具竞争力, 在射电天文界产生了巨大影响. 这一设备目前正在更新 (EVLA), 更新后灵敏度将提高 5–20 倍, 工作频率 1–50 GHz, 分辨率最高将达到 4 毫角秒, 成像速度和图像动态范围均有显著提高. 国际主要的 VLBI 网设备包括美国的 VLBA、欧洲的 EVN、日本的 VERA、以及俄罗斯的低频 VLBI 干涉阵等. 在厘米波段, VLBI 的观测已经普遍达到毫角秒或 100 微角秒的分辨率. 美国的 VLBA 经过十年的运行, 已经进入了成熟阶段. 虽然它的集光面积 (灵敏度) 有限, 但其均一的性能使得该设备的整体性能有很强的竞争性. 目前, 已经建立了多个 e-VLBI 观测网络, 使得 VLBI 在获得高空间分辨率的同时, 又具备了高灵敏度 (宽带)、高时间分辨 (实时) 的探测能力. 在毫米波段, 继 NRO 45 m、IRAM 30 m 等单口径毫米波望远镜之后, 出现了 JCMT、APEX 等 10–15 m 口径的亚毫米波望远镜, 并且在亚毫米波连续谱探测方面显示了新波段的巨大威力. 欧美等国也在预研 25 m 的亚毫米波望远镜, 如美国的 CCAT. 毫米波、亚毫米波高分辨干涉设备以美国的 SMA 和 CARMA、欧洲的 PdBI、日本的 NMA 和澳大利亚的 ATCA 等为代表, 其中位于夏威夷 Mauna Kea 山天文台的 SMA 是目前国际上唯一在运行的亚毫米波干涉阵. 进入 21 世纪, 国际上射电天文已经进入了以 ALMA、SKA 为代表的新一代设备带来全新发现的时代. 在下一个五年中, 覆盖毫米波到亚毫米波之间大气窗口中 10 个波段的 ALMA 将投入使用, 作为国际最大的地

面科学装置, 它将引领毫米波亚毫米波段的高分辨率观测.

在射电天文发展中, 对一些成熟的设备进行升级、拓展探测能力, 是一种比较普遍的做法. 一些国家对曾经发挥过重要作用的设备成功地进行了升级. 美国国立射电天文台对 VLA 的升级工作已经进入尾声. 英国 Lovell 望远镜几经更新, 从最初的一台固定在天顶方向的米波天线, 更新为一台全天可动的望远镜, 它首先探测到了星际 OH 脉泽源, 参与了第一颗毫秒脉冲星和双脉冲星的发现, 发现了第一颗球状星团中的脉冲星. 澳大利亚在对 Parkes 64 m 望远镜升级中加装了多波束脉冲星接收机. 改装后发现了 750 颗脉冲星, 成为迄今为止发现脉冲星数目最多的, 还开展了高银纬巡天, 发现了一批毫秒脉冲星, 包括双脉冲星等重要目标. 这些发现使 Parkes 64 m 望远镜的更新和巡天项目成为一个很典型的更新成功的案例. 总体上看, 对现有设备的升级, 通过研制和更新终端设备可以显著提升设备的探测能力. 与重新研制通用望远镜或制造一个新设备相比, 结合特定科学目标的设备更新通常可以使这种特定的科学目标迅速实现. 同时, 设备更新也是检验新的探测技术和培养人才的重要途径.

在天文学发展史上, 空间天文是继光学天文和射电天文之后的第三个里程碑. 自从人类进入太空时代以来, 空间天文观测就开始成为天文学观测的重要组成部分. 在地球大气以外的空间进行天文观测的主要优点是: 可以实现天文学的全波段观测, 能够克服地球大气的干扰、实现高清晰度和高稳定度的不间断天文观测, 可以进行基线更长、从而分辨率更高的观测. 空间天文观测的突破是从空间 X 射线探测开始的, 目前已经几乎拓宽至所有波段. 国际上已经发射了约 400 余颗与空间天文有关的卫星和其他空间器, 其中一批重要天文卫星已如前述, 它们取得了大量的科学成就, 对于人类对自然和自然规律的认识起了巨大的推动作用, 对航天高技术的发展也发挥了很强的牵引和带动作用. 各国还纷纷制定了未来的发展计划. 最近 5 年内, 美国 NASA 列出空间天文和太阳物理大型卫星计划约有 10 项, 欧洲 ESA 列出的约有 8 项, 日本列出的约有 5 项, 俄罗斯列出的约有 7 项. 值得注意的是, 印度也将于 2012 年独立发射第一颗天文卫星 (ASTROSAT), 在时间上走在了中国的前面.

3 国内现状

1949 年以来, 一批重要观测设备的建成标志着我国初步形成了天文学研究的实测基础. 它们是: 郭守敬望远镜(大视场多目标光纤光谱望远镜(LAMOST)), 2.4 m、2.16 m、1.56 m、1.26 m 和 1 m 光学/红外望远镜, 盱眙 1.2 m 近地天体望远镜, 太阳磁场和多通道望远镜, 60 cm 塔式太阳望远镜, 13.7 m 毫米波射电望远镜, 佘山和乌鲁木齐两个 25 m 射电望远镜, 以及与密云 50 m 和昆明 40 m 等探月天线共同组成的 VLBI 网等, 其中有一些设备达到了国际先进水平. 这些设备的运行和不断更新相当程度地改善了观测天体的能力, 开拓了新的研究领域. 目前国家天文台的怀柔太阳观测站已成为国际上太阳物理界的主要观测站之一; 兴隆观测站已成为北半球夏威夷以西、中亚以东这一广阔经度范围内主要的夜间光学和红外天文台之一. 上海天文台和新疆天文台的 VLBI 站已成为亚洲、欧洲和国际 VLBI 网中的重要成员, 并参与了国际实时 VLBI 联测实验.

下面简要介绍一下目前国内已建成的几个天文大设备.

位于国家天文台兴隆观测站的郭守敬望远镜 LAMOST, 是一架我国天文学家自主创新的新型光谱巡天型望远镜(图 1)^[7]. 它创新地应用主动光学技术控制反射改正镜, 与主镜组合成一系列不同的反射施密特光学系统, 解决了国际天文界大视场望远镜无法实现大口径的难题. 目前郭守敬望远镜是世界上口径最大的大视场望远镜和光谱获取率最高的望远镜. 它的主镜为 6.67 m×6.05 m, 反射施密特改正镜 5.72 m×4.4 m, 平均通光口径 4.3 m, 视场达 5°, 在焦面上放置 4000 根光纤, 配有 16 台光谱仪和 32 个 4 K×4 K 的 CCD 相机. 该望远镜在 2009 年 6 月通过国家工程验收, 在 2012 年开始星系、类星体和恒星大样本巡天观测^[8], 预计在 5 年左右的巡天观测后, 将获得数百万颗恒星、星系和类星体的光谱. 利用这些巡天样本, 有望在银河系的组装历史、银河系的暗物质分布、银河系动力学演化和化学演化、星系团群的暗物质分布、宇宙暗能量的性质、活动星系核的统一模型、星系与中心黑洞的共同演化等方面取得重要成果.

位于云南丽江高美古的 2.4 m 光学望远镜是我国目前最大的通用型光学望远镜, 具有像质好, 指向和

图 1 位于兴隆的郭守敬望远镜 LAMOST
Figure 1 The Guoshoujing telescope (LAMOST) located at Xinglong.

图 2 位于云南高美古的 2.4 m 望远镜
Figure 2 The 2.4 m telescope located at Gaomeigu of Yunnan Province.

跟踪精度高, 操控灵活等优点(图 2). 台址具有较好的视宁度、夜天光背景亮度和大气透明度. 目前配备的中低分辨率暗弱天体光谱仪 YFOSC, 具有光谱和直接成像观测功能, 是一台普适而灵活的观测设备. 正在研制中的高精度视向速度仪可用来测量天体的视向速度, 将主要用于太阳系外行星和恒星振动方面的观测研究.

盱眙 1.2 m 近地天体望远镜是国内最大的施密特望远镜, 有效视场为 $1.94^\circ \times 1.94^\circ$, 天体测量精度优于 100 毫角秒. 该望远镜配备了标准 Bessel 测光系统和 Sloan 数字巡天测光系统, 极限探测能力为 40 s 积分 22.46 等. 全视场多波段测光精度为 2%, 与 Sloan 数字巡天相当. 自 2006 年底建成投入观测以来, 开展

了“中国近地天体巡天”和“盱眙银河系反银心方向数字巡天”两个大型巡天计划, 以及一批天体力学和天体测量观测课题. 已经获得了 101438 个小行星超过 40 万次的观测数据和多项发现. 在 2009 年度国际小行星中心公布的 400 多个小行星观测站中数据量排名第六, 资料精度排名第一.

在射电天文方面, 目前国内运行的射电天文设备主要包括: 德令哈 13.7 m 毫米波望远镜、佘山 25 m 射电望远镜, 南山 25 m 射电望远镜等. 由于嫦娥工程的需要, 新建设了密云 50 m 望远镜和凤凰山 40 m 探月专用望远镜. 其中, 密云 50 m 和凤凰山 40 m 和已经存在的佘山 25 m、南山 25 m 等望远镜组成了中国探月 VLBI 网. 随着国内互联网基础设施建设的发展, 国内已经实现了多台站 e-VLBI 的观测. 图 3 给出了我国 VLBI 网的情况. 这个 VLBI 网不仅在天文研究中发挥了很好的作用, 而且在我国嫦娥探月计划的定轨、测轨任务中做出了十分重要的贡献. 另外还有位于新疆的专门用于探测宇宙早期结构形成时期 HI 射电辐射的射电阵列 21CMA (图 4).

在空间天文方面, 目前国内探测技术的发展主要是在高能天文探测领域. 中国的高能天文观测起步于 20 世纪 70 年代. 中国科学研紫金山天文台和高能物理研究所都曾用高空气球载 X 射线望远镜对天体的高能辐射进行过观测研究. 2001 年, 上述两个单位在“神舟 2 号”上搭载了超软 X 射线、X 射线和伽玛射线探测器, 成功观测到近 30 个宇宙伽玛射线暴和近百例太阳耀斑的 X 射线和伽玛射线爆发. 这是我

图 3 中国 VLBI 网

Figure 3 Chinese VLBI network.

图 4 位于新疆的低频射电阵列 21CMA

Figure 4 A view of 21CMA located in Xinjiang Province.

国空间天文观测跨出的重要一步.

近年来, 我国天文学家积极申请国际大型观测设备时间, 利用国际上释放的高质量观测数据, 发挥我国中小观测设备专用性强的优势, 并积极配合理论研究, 在从宇宙学、星系物理、恒星物理到太阳和太阳系的研究中都取得了重要进展, 得到国际同行的重视和好评.

需要指出, 我国天文学研究所发展的技术、建立的设备和取得的研究成果在满足我国战略需求中已经发挥了重要作用, 具体表现在: (i) VLBI 技术成功应用于月球探测工程和 VLBI 精密测轨体系. VLBI+USB 综合精密测轨体系在“嫦娥一号”和“嫦娥二号”工程中得到验证, 为国家未来的深空探测提供了技术基础. (ii) 建成了以光学天文技术为主的空间目标监测体系, 运行模式逐渐完善, 效率明显提高, 圆满完成了国家多项重要航天工程任务. (iii) 天文导航技术取得阶段性成果, 所提出的天文导航精密测定轨和时间同步, 经运行和测试已成为国家卫星导航工程的重要组成部分, 在用户中推广应用获得初步成功. (iv) 激光测距技术在我国航天工程中发挥了重要作用, 卫星精密激光时差测量试验获得成功. 导航卫星激光反射器性能居国际前列. (v) 精密原子频标突破了星载关键技术, 在我国卫星导航试验中取得成功, 地面高精度原子钟和时频技术在我国卫星导航试验中发挥了关键作用.

4 正在建设中的我国天文大设备

在射电天文设备方面, 经过十多年的预研, 我国

天文学家提出的 500 m 口径球面射电望远镜(FAST)终于在 2007 年由国家发展和改革委员会批复, 列入国家大科学工程项目, 并于 2011 年正式开工建设. 这是目前世界上最大的单天线射电望远镜, 采用主动主反射镜、遥控馈源装置等创新技术, 并利用了贵州特殊的喀斯特地貌. 该望远镜建成后将在宇宙中性氢巡天、探测暗物质暗能量、发现新脉冲星、增强 VLBI 网能力、探测地外文明、深空探测、国家安全应用等许多领域做出突出的成果. 图 5 是建设中的位于贵州的 FAST 望远镜示意图. 国家天文台负责的太阳射电频谱日像仪(CSRH)已于 2009 年立项开工, 第一期的低频部分 2012 年就可完成, 紧接着将开始第二期高频部分的建设. CSRH 的建成将使我国的太阳射电观测进入世界一流行列.

2008 年 10 月, 中国科学院基础科学局和上海市科学技术委员会正式对上海 65 m 射电望远镜项目联合批复, 建在上海天文台松江佘山基地. 它是一台具有多种科学用途的世界级大型可转动射电望远镜, 建成后不仅可以开展高分辨率 VLBI 观测、银河系脉泽源和河外星系超脉泽源观测、谱线(脉泽)的搜寻、射电星及其变源观测等一系列射电天文研究, 还可以为国家探月工程、深空探测等提供重要的服务. 该射电望远镜于 2010 年 3 月正式开工建设, 预计到 2016 年全部建成, 将使我国 VLBI 网灵敏度提高 42%. 图 6 是建设中的位于上海天文台松江佘山基地的 65 m 射电望远镜示意图.

图 5 建设中的位于贵州的 FAST 望远镜示意图

Figure 5 A sketch map of the Five-hundred-meter Aperture Spherical Radio Telescope (FAST) under construction, which is located in Guizhou Province.

图 6 建设中的位于上海天文台松江佘山基地的 65 m 射电望远镜示意图

Figure 6 A sketch map of the 65 m radio telescope under construction, which is located at Songjiang station of Shanghai Observatory.

在空间观测方面, 2005 年 8 月, 经过长期预研的空间硬 X 射线调制望远镜 HXMT 项目被遴选为国家“十一五”空间科学卫星项目. HXMT 包括软 X 射线望远镜、低能、中能和高能 X 射线望远镜, 2011 年已正式立项, 目前正在积极研制中. 它计划于 2014–2015 年发射升空, 预期寿命 4 年, 将完成宽波段 X 射线成像巡天. 图 7 是 HXMT 的示意图. 如果它能于 2014–2015 年顺利发射并投入观测, 则将是我国第一颗天文观测卫星, 对我国空间天文的发展具有重大意义.

5 我国未来的天文大设备

正如前面所述, 天文设备、特别是先进的天文大设备是现代天文学发展的基础和推动力. 近年来, 国际上纷纷提出了建设一批天文大设备的计划, 从地

图 7 研制中的硬 X 射线调制望远镜(HXMT)

Figure 7 A sketch map of the Hard X-ray Modulate Telescope (HXMT).

面 30–40 m 级的巨型光学/红外望远镜、空间 6.5 m 的 James webb 望远镜到一平方公里面积的 SKA 射电阵列等等, 在灵敏度、集光度和分辨率方面都大大超越了现有望远镜的水平. 毫无疑问, 这些天文大设备的建成将给天文学带来革命性的飞跃发展. 在这样的背景下, 加上我国经济和技术水平迅猛发展所带来的机遇, 我国天文学家也磨拳擦掌, 提出了许多我国未来天文大设备建设和加盟国际天文大设备建设的计划. 一批天文学家从埋头写文章中走出来, 对大设备的建设表现了很高的积极性. 这是很好的事, 应该给予充分支持与肯定.

已经提出的地基设备方面的计划包括: 中国南极天文台、地基大太阳天文台(4 m 级光学/红外望远镜、日冕仪)、110 m 射电望远镜、中国为主极大光学望远镜、南天 LAMOST、新一代中国 VLBI 网、参与 SKA 与 TMT 国际合作等. 利用我国南极内陆站的建设发展南极天文是中国未来天文发展的一个战略机遇. 2005 年以来, 我国组织了南极内陆冰穹 A 的天文选址, 建设了小、中型天文观测设备并投入观测. 观测表明, 南极冰穹 A 是世界上最好的天文台址之一. 中国南极天文台面向天文学和物理学的重大科学前沿, 包括暗能量和暗物质、黑洞与致密天体、宇宙起源、天体起源和生命起源等. 它的建成将使我国相关研究领域进入世界天文的前沿. 图 8 是南极天文台已安装的口径 50 cm 的 ATS3-1 望远镜(图 8(a))及计划中拟建的口径 2.5 m 光学/红外望远镜 KDUST 示意图(图 8(b)). 太阳物理方面, 已明确提出了建设“一天一地”大设备的战略发展计划, 即建设深空太阳天文台(DSO)和地基大太阳天文台的计划. 它们的建成将大大提升我国太阳物理在国际上的地位, 实现跨

图 8 (a) 已安装于南极冰穹 A 的口径 50 cm 的 ATS3-1 望远镜; (b) 计划中拟建的口径 2.5 m 光学/红外望远镜 KDUST 示意图

Figure 8 (a) The ATS3-1 telescope; (b) a sketch map of the KDUST telescope.

越式发展.

在空间天文设备方面的计划包括^[8,9]: 暗物质粒子探测卫星、深空太阳天文台(DSO)、伽玛暴宇宙学探测卫星(SVOM)、X 射线时变与偏振探测卫星(XTP)、先进空基太阳天文台、空间毫米波长基线干涉阵(SMVLBI)等. 此外, 我国计划的空间站项目中也提出建设一批天文观测设备, 正在进行深入论证和评审. 上述许多项目在科学思想和技术方面具有独到之处, 它们的陆续发射将带来我国空间天文的大发展, 使我国天文研究水平跃上一个新台阶, 也可为我国未来的空间天文和太阳物理探测的腾飞积累宝贵经验. 在上述项目中, 暗物质粒子探测卫星已经列入中科院空间科学先导专项计划, 其主要科学目标是通过高分辨探测高能伽玛射线和电子能谱, 寻找暗物质粒子, 预期于 2015 年发射. SVOM 是中法合作项目, 计划 2014–2015 年上天, 其主要科学目标是研究伽玛暴的多波段辐射性质. DSO 项目以口径 1 m 的光学望远镜为主, 配备有从射电、可见光、紫外到 X 和伽玛射线波段的多个载荷. 它是早先空间太阳望远镜(SST)的发展和优化项目, 计划发射到 L1 点. DSO 的科学目标主要是研究太阳磁场, 将获得 0.1"–0.15" 前所未有的高空间分辨率, 从而实现太阳磁元的精确观测, 将取得太阳物理研究的重大突破, 并为空间天气预报提供重要的物理依据.

6 关于我国未来天文大设备的战略思考

随着我国经济的腾飞, 我国天文学的发展已经进入黄金时期, 天文学家提出了不少具有创新性的未来天文大设备计划. 但是, 我国毕竟还是一个发展中国家, 能投入到天文设备上的资源有限, 特别是, 我国天文队伍不够大, 能够提出卓有远见的科学目标、创新的设计方案、领导实施大设备建设, 并在建成后充分高效使用大设备的天文学家更是不多. 因此, 如何选择优秀的项目, 有计划地、有步骤地建设未来的天文大设备, 就是摆在我们面前需要认真思考的问题. 2012 年 3 月底, 由中国科学院数理学部组织的论坛“我国天文大设备的现状和未来”正是要充分发扬学术民主, 让大家自由讨论, 并集思广益, 共同探讨和研究. 把不同的意见说出来, 大家来关注和思考, 这是很好的事. 事实上, 学术上的大事, 尽可能广泛的讨论比小范围讨论要好. 我认为, 在遴选天

天文大设备方面，应考虑的原则是：(i) 是否在国际前沿上能占有显著地位？(ii) 是否对某个或某几个领域（不是几个课题）的发展有重大推动作用？(iii) 在科学目标和技术方法方面是否有重要创新和突破？(iv) 技术、人员和经费等方面的可行性如何？这些原则，可能大家都会赞成，但到了具体项目上，有些人往往会过多地、有意无意地忽略或淡化这些原则，这是需要尽量防止的。

日前讨论和争论较多的是关于未来天文大设备是“以我为主”还是“以他为主”（即我国以十亿计的经费入股国际上的大设备计划）的问题。从原则上说，我不反对“两条腿走路”（即既搞“以我为主”，也搞“以他为主”），但有个前提条件，即我国目前能用于天文大设备的资源允许这样做。实际上，我国目前还不能将大笔的资源投入到天文设备上。LAMOST 和 FAST 项目在过去的十来年内总共才投入了 10 个亿左右，HXMT 项目努力了多少年才争取到刚够用的经费。现在又有一批我国天文学家提出的优秀项目，包括南极天文台、地面大太阳天文台、110 m 射电望远镜，以及一批空间天文项目等等，都还没有得到足够的经费支持，甚至连预研的经费都十分紧缺。在这种情况下，把十几亿的钱（当然分若干年投入，但以后维护费、运行费等还要投入）投入“以他为主”的项目就值得商榷了。此外，到目前为止，所有中国的天文大

设备，包括郭守敬望远镜、FAST、HXMT、VLBI、探月、空间站等等，无一不是“以我为主”搞起来的。根据这些大项目的经验，每个项目培养的人才数以百计，涉及的研究所和单位几十个，攻克的关键技术几十项、甚至上百项。这样的效益对“以他为主”的建设项目来说，是很难能做到的，尤其是关键技术，通“以他为主”究竟能“学”到多少，是令人怀疑的。关键核心技术是花钱买不到的。因此，如果我国不能将足够的资源用于“两条腿走路”，那就有一个选择的问题：两条腿，哪条为主，哪条为辅？我以为，应以“以我为主”这条腿为主，应当特别强调自主创新发展我国天文大设备的原则，其理由如上所述。苏定强院士在《中国科学报》上发表的文章中也做了很好的分析^[10]。

总起来说，回顾过去一二十年中我国天文学的快速发展和取得的长足进步，我们都倍感兴奋。特别是，我国已完成或正在建设诸如郭守敬望远镜、FAST、65 m 射电望远镜等一批天文大设备，标志着我国天文仪器技术有了质的提高。展望未来，在我国经济健康大步发展的背景下，天文学家又提出了一批很有创新性的天文大设备计划。我们要通过广泛而充分的讨论，认真而公平地评审遴选优秀项目，有序地推进各个项目的建设。我深信，经过二三十年的努力，我国一定可以跻身于世界天文学强国之林，为天文学的发展做出中华民族的历史性贡献！

致谢 感谢参与“我国天文大设备的现状与未来”论坛的许多天文专家，他们提供了很详细的材料，并发表了许多真知灼见，对我有很大启发。

参考文献

- 1 国家自然科学基金委员会. 自然科学学科发展战略调研报告：天文学. 北京：科学出版社，1997
- 2 中国科学院数理学部天文学科发展战略研究组. 21 世纪天文学. 济南：山东教育出版社，2003
- 3 中国科学技术协会，主编. 中国天文学会，编著. 2007–2008 天文学学科发展报告. 北京：中国科学技术出版社，2008
- 4 国家自然科学基金委员会数学物理科学部. 天文学科、数学学科发展研究报告. 北京：科学出版社，2008
- 5 国家自然科学基金委员会，中国科学院. 未来 10 年中国学科发展战略—天文学. 北京：科学出版社，2012
- 6 Cui X Q, Zhao Y H, Chu Y Q, et al. The large sky area multi-object fiber spectroscopic telescope (LAMOST). *Res Astron Astrophys*, 2012, 12(9): 1197–1242
- 7 Zhao G, Zhao Y H, Chu Y Q, et al. LAMOST spectral survey—An overview. *Res Astron Astrophys*, 2012, 12(7): 723–734
- 8 Zhang S N. Current status and future outlook of the development of China's space astronomy (in Chinese). *Sci Sin-Phys Mech Astron*, 2012, 42(12): 1308–1320 [张双南. 我国空间天文发展的现状和展望. *中国科学：物理学 力学 天文学*, 2012, 42(12): 1308–1320]
- 9 Gan W Q, Huang Y, Yan Y H. The past and future of space solar observations (in Chinese). *Sci Sin-Phys Mech Astron*, 2012, 42(12): 1274–1281 [甘为群，黄宇，颜毅华. 太阳空间探测的过去与未来. *中国科学：物理学 力学 天文学*, 2012, 42(12): 1274–1281]
- 10 苏定强. 中国天文大设备研制应“以我为主”. *中国科学报*, 2012, 4 月 4 日

Some thinking on the development stratagem of future large facilities in Chinese astronomy

FANG Cheng^{1,2*}

¹ School of Astronomy and Space Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China;

² Key Laboratory of the Ministry of Education for Modern Astronomy and Astrophysics, Nanjing 210093, China

We give a brief review on the recent status and the development of the large astronomical facilities in the world. A brief description of the situation of astronomical devices in China is presented in detail. It is pointed out that the construction of a series of important facilities marks the establishment of the observational base of astronomy in China. The Guoshoujing telescope (LAMOST) and the five-hundred-meter aperture spherical radio telescope (FAST) are good examples. LAMOST is a new type of spectral survey telescope, which was proposed by Chinese astronomers with innovation ideas. Its construction implies a breakthrough of the technique for large optical telescopes in China. FAST is now being constructed in Guizhou province. It will be the largest single-dish radio telescope around the world. When it is finished and put into operation, China will come to the forefront of radio astronomical research. This paper also introduces some projects of large astronomical facilities in the future. Some thinking on the development stratagem of future large facilities in Chinese astronomy is described, and some personal suggestions are provided.

Chinese astronomy, astronomical facilities, development stratagem

PACS: 95.55.-n, 95.10.-a, 89.20.Bb

doi: 10.1360/132012-601