

学科发展

新世纪初天文学展望*

李启斌

(国家天文台 北京 100101)

摘要 首先简要回顾了 20 世纪天文学的成就。在分析了新世纪初天文学发展的动因后指出: 一批大型地面和空间观测设备的建成, 会导致出人意料的新发现, 从而开拓新的研究领域。暗物质、黑洞、天体剧烈活动、宇宙环境对地球的影响等天体物理领域可能出现突破性进展。由于基因组学的牵动以及行星探测投资的增加, 地外生命科学将迅速推进。最后对中国天文学发展做出了乐观的预期。

关键词 天文学, 回顾, 展望



接受这个命题时, 我知道面临的是一件困难的事情。很可能不是落入简单外推的俗套就是留下一些妄谈。我自问: 假如是在 50 年前, 要展望 20 世纪后半世纪的天文学, 也许可以从当时宇宙射电的苗头, 预期到观

能。天文学的新发现往往是出人意料的, 意外发现往往把天文学带向全新的领域。这是规律。也许能做的还是外推和妄谈。不管是外推还是妄谈都只能从 20 世纪留下的遗产出发。为此, 我们简单回顾一下 20 世纪天文学的进展。然后从科学本身发展的要求和人类对科学需求的推动、新的观测技术设备的发展提供的机会和相关科学的牵动三方面来展望本世纪初的天文学。

1 20 世纪天文学的简要回顾

20 世纪是天体物理学的世纪。第一个划时代成就是天文学研究的对象扩展到河外星系层次。1924 年哈勃宣布的仙女座大星云、M33 和 NGC6822 的距离测量结果, 说明它们是远在银河系之外的庞

测波段的扩展, 从而推及到多波段天文学的出现。往好里说, 也许会期待有人会对伽莫夫预言的宇宙剩余温度进行探测而观测微波背景辐射, 会从 V2 火箭大胆妄谈空间天文学的出现。但是, 我会预言脉冲星的发现吗? 会展望到类星体的发现吗? 不

* 修改稿收到日期: 2001 年 12 月 24 日

大天体系统,从而解决了 1920 年柯提斯与沙普利有关星云的河内河外之争,确立了河外星系概念,展开了一个河外星系世界。这是一次层次性的飞跃。同时也找到了宇宙学研究的最小的组成单元,开辟了大宇宙探索的时代。20 世纪中,天文学的视野扩大到 150 亿光年,比前世纪扩大 50 万倍以上。宇宙距离是用造父变星周光关系测定出来的,所以说第一个大成就属于天体物理学。

1915 年爱因斯坦创立的广义相对论,成为最重要的真正的天文学理论,它奠定了适于研究宇宙的理论基础。1922 年弗里德曼给出了引力场方程的静止、收缩、膨胀三种宇宙学解,1929 年哈勃定律给出了星系红移与距离成正比的膨胀观测事实。1927 年勒梅特提出宇宙膨胀论,伽莫夫热爆发理论,形成了大爆炸宇宙学说,又为元素丰富度和 1965 年彭齐亚斯和威尔逊的微波背景辐射的观测结果所验证。宇宙学的研究贯穿了整个世纪,而且一个高潮接着一个高潮。

恒星演化是 20 世纪另一重大理论成就。赫茨普隆和罗素分别在 1911 和 1913 年给出了恒星光度和颜色或光谱型之间的关系——赫罗图,给出了恒星演变的观测事实。1901 年金斯对引力作用下不稳定性的研究,提供了恒星形成的理论基础。1906 埃姆顿首先奠定了用流体力学研究恒星结构的基础,1926 年爱丁顿在流体力学平衡的基础上完善了恒星内部结构理论。1937—1939 年魏茨泽克和贝特相继提出了核聚变能源,真正启动了恒星演化的研究。五六十年代,霍依尔和史瓦西、钱德拉塞卡、热瓦金、基彭哈恩、魏格特和霍夫迈斯特,林忠四郎等人分别对各种不同质量恒星、红巨星、白矮星、早期恒星、造父变星进行了研究和演化轨迹的计算,通过大型计算机的计算,成功解释了赫罗图。

如果说上半世纪是被理论成就的光环所照耀,则下半世纪则是观测发现使人眼花缭乱。

1931—1932 年央斯基发现银河中心射电辐射后,把天文观测推及光学波段之外,而 60 年代开始的空间天文观测启动了多波段观测的发展,带来一系列眩目的天文新发现。最重要的进展首先出现在射电波段。1963 年施密特发现类星体,1965 年彭

齐亚斯和威尔逊发现宇宙微波背景辐射,1967 年休伊奇发现脉冲星,60 年代发现大量星际有机分子。接着,空间天文观测发现了 X 射线暴源和 γ 射线暴、X 射线脉冲双星,找出了黑洞候选体。地面光学天文观测也有许多重要发现:星系大尺度结构中的泡状结构,引力透镜和微引力透镜,太阳振荡,太阳系外行星。

哈勃太空望远镜,红外天文卫星,红外空间天文台,伦琴 X 射线卫星,康普顿 γ 射线天文台,伊巴谷卫星等的观测结果,已经完全改变了对天空面貌的认识,成为今天最重要的天文资源。60 年代以来开始的月球采样,金星着陆探测和火星实验,开始了可接触的实验性探测,小行星和彗星的着陆探测,使天文学突破了只许看不许摸的限制。如果说多波段天文学的出现是光谱学用于天文观测后天文观测领域最重要的进展,则接触性天文探测应当是和望远镜发明相比的观测天文学大飞跃。

2 天体物理有待新的突破

从科学发展一般规律看来,科学本身内在矛盾是一个很大的推动力。自身理论的冲突,会刺激学科的发展。例如,光度质量与引力质量不符引起了对暗物质的探寻。20 世纪末,天体物理领域不断出现新的观测事实,对理论提出了挑战。以下几个方面是众所注目的焦点。

(1) 宇宙大尺度性质。COBE 卫星完全证实了 2.7K 微波背景辐射,并给出了起伏的证据,更精确的气球观测证实了宇宙在几何上的平坦性,从而给出了宇宙的总密度和能量。超新星观测表明宇宙膨胀是加速的,这意味着暗能量的存在。探索暗能量的性质便成为一个重要目标。宇宙平坦所要求的临界质量中,除了观测到的物质占 5% 和暗能量可解释 70% 以外,还有 25% 的暗物质有待探测。

(2) 宇宙黎明拂晓期。大爆炸后几百万年的时期,气体和物质开始冷却,第一批恒星和星系的形成,这是理解我们现在观测到的恒星和现象的关键。

(3) 黑洞。现在已经发现一批恒星级(质量为

几个太阳)的黑洞候选体,基本认定了星系级黑洞的存在;还有一中黑洞是银河系中心 300 万个太阳质量的黑洞和 M87 星系中 30 亿个太阳质量的黑洞。对于这种星系级黑洞的形成原因所知甚少。几乎可以肯定,黑洞的发现不久将得到确证。

(4) 天体剧烈活动。20 世纪最大的遗憾是未能解开类星体之谜。李政道先生把类星体和暗物质一起列入 21 世纪物理学四大问题之中。20 世纪将结束的时候,又发现了 γ 射线暴,同样留给我们另一个不解之谜。这些问题涉及到极强引力场和磁场、致密和超高温等极端物态。这种条件下相互作用的性质主要表现在天文尺度。在地球上它的作用是微弱的,只能在极短的时间范围和空间范围内实现。

(5) 天文环境对地球的影响。这是人类共同关心的大事,因而受到天文学很大的关注。主要目标有二:一是小行星和彗星对地球的威胁,特别是近地或极近地小行星对地球的威胁,要求我们加强对小行星的发现与监视。其二是对太阳活动的理解与预报。太阳是一个可以细致研究的宇宙实验室,对太阳磁场的研究有助于理解宇宙中磁场形成和磁场在各种活动现象中的作用,因而倍受青睐。

上述科学问题,多数已成为美国发展大型观测设备的科学目标^[1]。

3 新的天文发现将出乎意外

新的观测设备为新的大发现提供观测前提。我们来看看最近刚刚开始启用的以及目前正在建造的大型空间和地面观测设备。

地面观测设备方面,20 世纪末建成了一批 10 米级的光学望远镜:欧洲南方天文台的由 4 台 8.2 米望远镜组成甚大望远镜,10 米 KECK 望远镜对,8.2 米日本昴星望远镜,地跨南北美洲的 8.2 米双子望远镜和 6.5 米麦哲伦双管望远镜。此外,9.4 米加那利群岛大望远镜,南非 9.1 米望远镜,霍比爱伯莱 9.1 米光谱巡天望远镜将在近两年内完成。将在近 10 年中建造的口径为 6.5 米的大型巡天望远镜(LSST)能发现接近地球的 300 米直径以上的

小行星、10 万个遥远超新星,并能通过引力透镜对光的偏转作用测定暗物质。口径 4 米的高级地面太阳望远镜,对于太阳观测而言,口径也是非常之大,可以观测到太阳上 25 公里尺度的活动细节。在未来一二十年中,将会出现一些超巨型望远镜。已有五种 30—50 米望远镜方案在预研之中。拟议之中的最大的望远镜是欧洲南方天文台口径 100 米的庞大望远镜(OWL),预计需耗资 10 亿美元,15—17 年内建成。

射电干涉望远镜远远超过了光学观测的分辨率,目前一方面正在向空地干涉方向发展,以探测黑洞近处的喷流。另一方面,则向毫米波和亚毫米波发展。将在 2010 年建成的阿塔卡玛大型毫米波阵(ALMA),可工作到 0.33 毫米,能够直接观测到恒星和星系的形成、恒星周围的原始行星盘以及许多重要分子谱线。射电方面最宏伟的计划是口径 1 平方公里的巨型望远镜。

近来,大望远镜光学干涉技术也已成熟。追求高分辨率的美国威尔逊山六台望远镜组成的干涉仪已经投入使用。已建成的激光干涉引力波天文台(LIGO)的相对长度变化精度达 10^{-23} ,在全球建成 5 台组成阵列后,可定位引力波源到半度,能探测到 5 000 万光年范围内超新星核心塌缩引起的引力波。

空间探测器也在极快地发展,其投资已超过地面观测设备。目前每年有 4—5 个天文卫星或行星际天文探测器升空。最引人注目的是继哈勃太空望远镜之后的下一代太空望远镜(NGST),口径为 8 米,2009 年发射,极限星等为 32 星等^[2]。X 射线与 γ 射线的分辨率和灵敏度将会有很大的提高。其中,最重要的设备是大面积 γ 射线空间望远镜(GLAST)。星座 X 天文台是由 4 台 X 射线望远镜组成的 X 射线成像巡天望远镜。可发现恒星级黑洞产生的瞬变现象和星系级黑洞的喷流。高精度的空间全天天体测量探测器(FAME),将在 2004 年发射,可测量银河系中 4 000 万个天体的位置、运动、视差和光度,精度达 50 微米。由相距 500 万公里的三颗卫星组成的激光干涉空间阵(LISA),用以探测黑洞并合引起的低频引力波。

长远一点看,月-地-卫星射电干涉仪,甚至火-地、火-月干涉仪也都不是不可能实现。月球天文台、火星观测站可望在二三十年内建成。

这些设备在相当程度上是围绕前述科学目标设计的,毫无疑问将在这些领域作出重要发现或得到判别性的证据。一些超大型的望远镜大多是以观测最暗最远的天体为目标的普适性观测设备。开拓天文视野,是天文学的根基。它不仅检验现在所及空间范围的结论在更广袤的范围内的正确性。在更遥远的深空发现的天体往往会出乎人们意料。而科学往往从意外发现中生长。例如脉冲星的偶然发现,带动了致密天体物理的大发展,使黑洞理论异军突起。很难预测意外发现的“黑马”会把天文学带向何方。

新发现的光荣不一定只属于最大的观测设备,许多重要发现是第二级的设备做出的。例如,星系大泡状分布就是 2 米级望远镜和 4 米望远镜的选区星系红移巡视观测的成果。恰当的选题,加上足够的观测时间,进行系统性观测,也是重要发现的源泉。

4 天体生命科学将崛起

相关科学理论的带动往往能促进学科的发展。天文学受数学物理的推动最大。例如,光谱学对天体物理的作用,核物理对恒星演化的作用。物理学中一旦出现新概念、新体系,必将引出天文学新的方向。然而,当前,令人浮想联翩的是生命科学。基因组学正在推动整个生物学的发展,甚至会牵动物理学和天文学的发展。虽然不能简单地人云亦云地说 21 世纪是生物学的世纪,由此推测在天文学方面就是天文生物学的世纪,但是从以下两点理由来看,在 21 世纪,地外生命科学将要崛起。一方面,生物学正面临重大突破。基因排序及其生物学内涵必将加深对生命本质的认识,这对地外生命科学将有至关重要的作用。另一方面,在行星近距或着陆探测和行星及其卫星上的生命搜寻方面的投资已经超过天体物理观测设备的投资。这一投资取向是因为在行星及其卫星上观测到有利于生命

存在的条件越来越多。

最热门的是火星。自从在南极找到的火星陨石 AHL84001 上发现微生物化石以后,引发了探测火星的高潮。火星的着陆考察或近距观测表明,火星上存在水流的痕迹,这意味着火星表面曾经有水,可能现在火星地下就有水,有水就可能有生命。一系列火星探测计划可能最终发现火星某些地区或地下存在着低级的生命。继“火星探路者”探测器和“索杰纳”火星车探测火星后,2001 年发射了“奥得赛号”火星探测器,将绕火星作热成像观测和 γ 射线光谱观测以及辐射环境实验。2003 年将发射火星勘测者,用火星车取样送回地球。同年欧洲航天局将发射火星快车,除绘制火星详图外,还将用着陆器寻找水和有机物。还将发射“雅典娜号”探测器,用火星车采集样品送回地球。在下一个 10 年中,作为初步计划,将建设火星空间站,人类首次登月 50 周年后,宇航员将在火星着陆。再长远一点,2025 年将建造可供宇航员长期工作的国际空间站,其实现的可能性极大。

“伽利略号”探测器对木卫二的探测表明,这颗卫星表面是由冰层覆盖,在冰层之下可能存在液体水层。在木卫二上也多次观测到火山爆发。在地球上深海中火山口边缘和通过钻探在地表深处发现低级生物的事实,改变了我们对生命存在条件的认识,增加了木卫二存在生命的可能性,因此,木卫二成为探索地外生命另一个重要目标。2003 年将发射木卫二环绕探测器,以探明表面下是否存在海洋。

彗星作为宇宙中的漫游者有可能携带生命的种子而四处传播。所以彗星采样有可能带来生命的信息。2002 年发射彗核探测器,探查恩克彗星和施万斯曼-瓦赫曼 3 号彗星,研究彗星上的光化学过程,比较彗星差异。2003 年欧洲航天局发射的“罗塞达号”探测器,将在 46P/沃特曼彗星上着陆。2004 年发射的深撞探测器将用弹头对坦普尔彗星进行撞击,研究其露出的冰和岩石。

除在太阳系内寻找生命之外,天体生命科学还在以下四个方向发展。

(1) 太阳系外行星搜寻。现在已经探测到 50

多个恒星具有行星或行星系统,并且探测到恒星周围的原行星盘的存在。但基本上是比较大的行星,即木星级的行星,为探查到地球级行星的存在,还需要更高的分辨率。而地球型行星的探查是理解地外生命的关键。地球型行星探索者(TPF)由4台3.5米望远镜组成,通过特殊干涉方式使中央恒星的光消零而直接看到周围的行星。在该探测器升空后,可以期望探测到50光年内恒星周围的地球型行星。

(2) 星际空间的生物分子观测。20世纪的重大发现之一是星际分子的发现,随着射电观测技术的提高,发现了越来越复杂的有机分子。我们也许可以期望会在几十年内发现星际空间的氨基酸,甚至蛋白质。如果一旦发现构成生命的这些原材料,对生命起源的研究和天体生命科学都将是划时代的进步。

(3) 地外智慧生命信息接收。继奥斯玛计划之后,凤凰计划继续监听来自地外智慧生命的射电信号。因为射电功率相对较低,天体距离遥远,搜寻的效率目前还非常低,接收到有效信号的概率极小,要用很长时间才有希望。一方面寄希望于提高功率,另一希望寄托于发现地球型行星以缩小搜索面。人们也希望有偶然的机会,接收到地外智慧生命的信号。

(4) 实验室模拟生命形成。试图在实验室中模拟星际空间环境而“制造”最简单的生命形式,以探索生命在宇宙中的起源。

5 中国天文学发展前景

我国的大型多天体光谱望远镜(LAMOST)计划将于2004年建成。该望远镜一次观测能得到4 000个亮于20.5等的星系光谱,在三年中能完成1 000万个星系的光谱巡天观测,在此领域将取得领先水平的成果,并可能有新发现。我国一直积极参与1公里口径的世界最大的巨型射电望远镜的国际合作。经国际合作工作组考察,贵州南部的喀斯特地形已被认为是建造这一望远镜的最佳环境。目前正在加紧研究设计方案,与各国作进一步探讨。一

旦此项计划付诸实施,将使我国学者在该领域处于最先进的水平上与各国竞争。

我国的航天大国地位,应是空间天文学发展的极有利的条件。但我国仍然是空间天文弱国。从1970年发射第一颗人造地球卫星后的30年来,还没有发射一颗天文卫星。对航天史上这一现象,笔者深感不安,曾在1992年提出“一天一地”的建议:在一二十年内发射一颗天文卫星和建造一台大型地面天文望远镜。现在,天的方面,太阳空间望远镜和X射线天文卫星已经在五年前开始预研。最近又得悉月球探测也已纳入我国航天探测计划。如果这些计划能够实现,必将大大缩短我国天文学与世界先进水平的差距。

我国的月球探测应做出自己独特的新发现。只是检验和展示航天飞行器飞抵月球和返回能力,拍几张月球近距照片,采掘一些表层岩石样本等重复他人的工作,是没什么意义的,要有创新的、有自己特色的科学目标。我国目前还没有专门从事空间天文研究的机构,空间天文研究所的组建应该提到日程上来。我们目前几乎还没有什么人在从事月球科学的研究,建立机构、培养和聚集人才对月球探测计划特别重要。

在各项大科学与工程方面,希望能在时间、经费、质量三方面均按计划完成。要求追加拨款,拖延工期,不仅将失信于国家,而且别国类似性能的设备可能赶在前面,观测天区和深度如被他人所覆盖,我们的观测就将失去意义,达不到技术指标的仪器设备就只能是哄骗外行的展品。

除寄希望于大型观测设备之外,有好的科学选题,专用的中等设备,有足够的观测时间去作系统观测,也能作出重要发现。在建造超巨型设备财力上力所不及的情况下,是一种可取的研究策略。

我想,只要进一步加强研究基地建设,发扬优秀学术传统,摆脱浮躁,发挥创造性的思考,经过长期努力,必定会大有作为。

但愿实际发展远远超过笔者的预期。科学的发展一定会超过预期。

参考文献

- 1 Astronomy and Astrophysics Survey Committee. Astronomy and Astrophysics in the Newmillennium. Washington D. C. : National Academy Press, 2001.
- 2 The NGST Study Team. Next generation space telescope. Baltimore: The Association of Universities for Research in Astronomy, Inc. , 1997.

Prospects for Astronomy in Early 21th Century

Li Qibin

(National Astronomical Observatories, CAS, 100101 Beijing)

Achievement of astronomy in past century are briefly reviewed. Impetus of developing contemporary astronomy are discussed. It is mentioned that due to a series large ground-based and space observational facilities constructed, newly discoveries will be unexpected, which will lead to start some new research fields. Some field in astrophysics, such as dark matter, black hole, dawn of the universe, dramatically active objects, and the effect of the astronomical environment on the earth, should promise important breakthrough. Due to increasing budget for planet exploration and stimulated by genomics the astrobiology will be quickly developed. It is expected to find some evidences for extraterrestrial life in next decades. It is also mentioned that astronomers in China will be challenged.

李启斌 中国科学院国家天文台研究员。1936 年出生。1957 年毕业于南京大学数学天文系。同年到中国科学院紫金山天文台工作, 1958 起在中国科学院北京天文台工作。曾任北京天文台台长, “攀登计划”“天体剧烈活动的多波段观测与研究”项目首席专家, 中国天文学会理事长。专长: 天体物理学。