

## 天文台的发端

揭开人类文明史的第一幕，天文学便占有显赫的一席。上古的游牧民族在辽阔的原野上放牧、迁徙，凭借观察日月星辰的位置来辨别方向。上古的农业民族依靠观察群星出没的时间变化，以确定播种和收获的季节与时令。古代的渔民和水手依靠辨认星空为自己导航，观察月亮的盈亏圆缺又使他们掌握了潮汐涨落的规律……就这样，在五六千年以前天文学就开始萌芽诞生了。它是最古老的自然科学，是人类文明进步的象征。

天文学的研究对象是天体。千百年来，人们凭借天体投向我们的光来发现和测量它们，来探索和研究它们的运动、结构和演化规律。在近代，尤其是近几十年来，又扩展到了接收天体发出的一切种类的电磁波和来自太空的各种基本粒子。观测——观察和测量——乃是整座天文学大厦的基石。不断创造和革新观测设备，则是世代的天文学家矢志不懈的奋斗目标。在所有的天文观测仪器中，天文望远镜占据着主导地位。现代的巨型天文望远镜乃是当代高新技术的生动体现。例如，光学望远镜物镜镜面的加工精度往往高达十万分之几毫米；整个望远镜可转动部分的体积和重量远远超过一个火车头，却能随观测者的意愿轻盈平稳地转动，并且能十分准确地自动跟踪天体的东升西落——即所谓的“周日运动”。

天文望远镜的“家”就是天文台，后者又是从事天文学研究的机构。望远镜的历史虽然短暂——自发明至今尚不足400年，古代天文仪器的历史却源远流长。后者虽无玻璃或其他材料制作的“镜头”，因而不能看到比肉眼所见更暗的天体，但是仍可测定天体在天空中的位置，以满足当时社会生活和科学技术的实际需要。古代的天文台乃是这些古天文仪器之“家”。

在埃及、中国等世界文明古国中，距今4000多年以前已经出现了最古老的天文台。由于观测场所要能一览无遗地看到地平线以上的整个天空，而不为周围地形、树林或房屋所遮挡，所以最早的观测场所便是一座座突兀于周围物体之上的高台。相传我国的夏代就有了这种原始的天文台，且名之曰“清台”；商代的天文台则称为“神台”；周代又改称为“灵台”。在《诗经·大雅》中有一篇《灵台》诗，讲述了周文王时在都城丰邑西郊筑灵台的故事：“经始灵台，经之营之。庶民攻之，不日成之。”这类古台，便是近代天文学的始祖。

## 天文台“上了天”

现代的天文台不知要比古时的灵台优越了多少倍。可是古往今来，从事天文观测的天文学家却始终面临着同一个“大敌”——地球的大气层。地球大气吸收来自天体的各种辐射，使之减弱，甚至将某些波段的辐射完全吸收掉。在整个电磁波谱中，只有天体的可见光、无线电波（在天文学中称为“射电波”）、以及一小部分红外线才能穿过大气抵达地面，从而被地球上的望远镜探测到。

除了吸收，地球大气的抖动和散射还会使明锐的星象变得模糊，这不仅大大降低了观测天体细节的分辨本领，而且使精密的天体定位造成误差；阴雨多云的天气使光学天文观测难以进行，大气污染和人工光源的干扰也都给天文观测造成了巨大困难。

天文学家当然不可能去消灭地球大气这个“敌人”，于是就想了种种办法来削弱它的影响，或者避开它。例如，将天文台建在很高的山峰上，那里的大气比较稀薄，对天文观测的影响就小得多。更彻底的办法是干脆将天文望远镜送到大气层以外，比如放在人造卫星上，或者直接将望远镜送入环绕地球运行的轨道上。1990年4月，美国用航天飞机送上天的哈勃空间望远镜便是著名的一例。

将天文仪器送入太空进行天文观测研究，称为“空间天文学”。它发端于20世纪40年代，当时只是利用探空火箭或高空气球在大气高层进行天文观测。50年代末以来，随着人造卫星和航天技术的发展，如今人类已能相当自如地发射和操纵安置在人造卫星上的种种天文望远镜——即所谓的“空间天文台”，在从射电波到 $\gamma$ 射线的整个电磁波段内观测和研究各种各样的天体，这样就诞生了人们所说的“全波段天文学”。

然而，天文学家们清楚地认识到，空间天文台固然有不少优点，造价却十分昂贵；兼之人造卫星的体积和寿命均颇有限，人也不可能总是呆在宇宙飞船上，所以空间望远镜必须配备精度极高的自动控制系统和异常复杂的机械结构；而且，一旦发生故障，维修也很费事……于是，人们自然想到：能不能找到一个比地面和空间都好的观测基地？或者说，未来的天文台究竟应该建在哪里？

自从80年代中期以来，美国天文学家至少已经为此召开了4次专题讨论会。他们经过仔细论证，认为在月球上建造天文台不仅令人向往，而且切实可行。

# 天文台，将出现在月球上

卞毓麟

## 月基天文台的魅力

建造在月球上的天文台称为“月基天文台”，意即以月球为基地的天文台。安装在那里的望远镜则称为“月基望远镜”。月基天文台和月基望远镜的优点很多，例如：

第一，月球表面环境处于超高真空状态，那里完全没有大气的干扰。

第二，月球的直径为 3476 公里，是地球直径的 3.7 分之一。因此，对于天文观测而言，月球亦如地球一般，乃是一个极其巨大、稳定、而又坚固的“观测平台”。所以在月球上可以象在地球上那样安装各式各样的望远镜，妥善解决它们的指向、跟踪等问题。这要比处于失重状态下的空间望远镜简单得多，造价亦远为低廉。

第三，月面重力仅为地面重力的  $1/6$ ，故在月球上建造巨型望远镜及其观测室要比在地球上建筑更方便、更经济；兼之月球上绝对无风，这对兴建任何巨型设施都是一个难得的优越条件。

第四，月球上的月震活动只有地球上地震活动的一亿分之一，所以那里十分安全可靠。这对于建立基线长达成百上千公里的光学、红外和射电干涉系统乃是至关重要的环境条件。

第五，如今地球上的天文学家可以通过遥控设备操纵空间天文仪器，进行天文观测；将来，同样可以在地球上遥控月基望远镜进行观测。与此同时，在月球上建立固定的现场技术支持系统，则比对空间天文仪器进行维修保养方便得多。因此，月基望远镜的尺寸和功能都可以远远超过空间望远镜。

第六，地球自转造成了天体每 24 小时升落一次的周日运动，这使人们无法很长时间地跟踪观测同一个天体。月球大约每 27 天才自转一周，所以月球上每个白昼或每个黑夜都差不多长达地球上的两周。因此对于天空中某些重要的观测目标，人们可以用月基望远镜持续地跟踪它们达 300 多小时之久。

第七，一般说来，射电望远镜的尺寸往往比光学望远镜大得多。例如，目前地球上最大的单天线射电望远镜安装在波多黎各岛阿雷西博的一个圆形山谷中，天然的地形为其直径达 305 米的巨型天线提供了良好的依托。在月球上则有为数极多、大小殊异的环形山，它们近乎圆状，外形相当对称，兼之全无风化作用，因而非常适宜于安置巨型的射电望远镜，其圆盘状天线的直径甚至可达好几公里。

第八，为了极大地提高射电天文观测的分辨本领，各国天文学家已合作建立了一批基线长达数百、甚至数千公里的“甚长基线射电干涉仪”。如今最长的基线实际上已经是整个地球的直径，换句话说，在某种意义上，整个地球本身仿佛就成了一架超级的射电望远镜。

再提高分辨本领，干涉仪的基线就必须更长。月基天文台正好为此提供了条件：人们可以将射电干涉仪的一端设置在地球上，另一端则远在月球上。

第九，尽管月球的距离要比近地人造卫星远上 1000 倍，但是抵达月球所需的能量仅约为发射近地卫星的 2 倍。所以，将天文望远镜送到月球上并不比发射空间望远镜难很多，而月基望远镜所能取得的天文效益却是空间望远镜难以企及的。

第十，月基天文台对宇宙线和陨石轰击等危险因素的防护也比空间天文台更容易。当然，它离地球老家要比空间望远镜更远一些，但是月地之间的平均距离毕竟只有 384400 公里，遥控和数据传送的“通信”只需 2.6 秒钟即可往返一次。

凡此种种，皆为月基天文台魅力之所在，更何况它的优点还远不止于此。那么，一旦月基天文台付诸实施，它究竟能为天文学作出哪些贡献呢？

## 月基天文学举要

用月基望远镜进行的天文观测称为“月基天文观测”，由此开展的天文学研究就是“月基天文学”了。当代天文学的许多前沿研究课题皆对月基观测颇寄厚望，此处仅择要对月基天文学略作介绍。

例如，众所周知太阳周围有九大行星，人类的“摇篮”地球便是其中之一。那么，其他恒星周围是不是也存在着类似于地球的行星呢？这个问题不仅关系到银河系中行星球系统的数量与成因，而且也是搜索地外生命，尤其是地外智慧生物、乃至地外文明的出发点。今天的天文技术水平仅可推断近距恒星是否拥有尺度如木星（其直径约为地球的 11 倍）的行星。若要发现离母恒星近至 1 个天文单位（即日地平均距离，约为 1.5 亿公里）的尺度如地球的行星，则至少必须配备基线长逾百米的超稳定红外干涉仪，其接收器集光面积至少需达数百平方米。在地球上由于大气对红外线的吸收等原因，显然难以从事这项工作，在空间轨道上则难以达到超稳定的干涉条件。以月面为基地可以克服上述两方面的困难，因此可望月基天文台将为“近距恒星是否存在类似地球的行星”提供令人信服的答案或证据。

较此问题更进一步，人们尚可发问：“近距恒星周围的地球型行星上是否存在生命？”为此就要在 6 至 15 微米的红外波段内进行细致的分光研究，以检测甲烷、氨、二氧化碳、水以及臭氧等分子的踪迹。具有超指向精度和超高稳定性、通光面积达数百平方米的低温月基望远镜将能为此作出重要贡献。

再进一步，为了寻找地外智慧生物存在的证据，需在整个微波波段范围内仔细研究那些有望存在生命的行星，以期发现先进智慧生物发出的微波流。月球背面得天独厚的射电宁静环境为此提供了极佳的条件，

在那里建造直径达数百米甚至更大的巨型接收天线,很可能使该领域的研究实现“零的突破”。

另一方面,要找到恒星和行星系统起源与形成问题的确切答案,必须对恒星形成区——尤其是原恒星云中可能形成恒星的局部区域进行超高空间分辨率的观测。为此必须使用基线长达上千公里的亚毫米波干涉测量系统,它既要有极高的稳定性和指向精度,又需要极佳的观测环境。这些条件,也是“月基”拥有的“专利”。

又如,人们早已知道太阳这颗恒星的表面存在着不同尺度、不同形式的活动。剧烈的太阳活动会引起多种地球物理效应,例如磁暴、电离层扰骚等等,甚至还会进而造成地球上的短波通讯中断、或对人造卫星和宇宙飞船上的仪器设备和宇航员的安全构成威胁。因此天文学家们一直在致力于弄清太阳活动的本质,并已取得相当的成就。可是,对于其他恒星表面的活动,人们的认识至今仍局限于“大体上可与太阳相类比”这样肤浅的水平上。更深入的研究应该是直接观测其他恒星表面较小尺度的结构与活动现象。在光学波段,与此相应的空间分辨率将达微角秒或亚微角秒的量级——这犹如在地球上观看月亮上的一粒芝麻。为此使用的光学和红外干涉测量系统的基线必须长于100公里,并且要有很高的指向和跟踪精度,而这正好就是月基天文学所追求的一项重要目标。

最后再举一个例子。我们把宇宙作为一个整体,来研究其结构与演化的学科称为“宇宙学”。现代宇宙学为研究宇宙早期(例如百亿年前)发生的事件,需要在0.75到10.4微米的红外波段对高红移类星体、早期的星系、以及星系际介质进行分光研究。这项任务可以由一台口径达16米级的月基红外望远镜来承担。为了详细了解类星体和活动星系核的结构与动力学,需要达到微角秒级的空间分辨率。工作在2微米波段、基线长50公里的月基干涉仪阵列恰好能满足这一要求。

上面还只是提到了月基光学望远镜、月基红外望远镜和月基射电望远镜;与此同时,尚可建造大型的月基紫外望远镜、月基X射线望远镜、以及月基 $\gamma$ 射线望远镜。如许利器在手,月基全波段天文学真是前程无可限量啊。

## 月基天文学的起跑线

建造月基天文台,开展月基天文学研究,将是天文学家们在21世纪的一项壮举。遥想当年,美国宇航员阿姆斯特朗谈到他本人于1969年7月20日在月面踩下人类第一个足迹时,曾满怀激情地说过:“这对我个人来说只是跨出了一小步,但它却是人类跨出的一大步。”现在,人类又准备跨出新的了一步了:21世纪,人类将要重返月球,并建立临时性甚至永久性的月球基地。月球上的矿藏可以为建造未来的空间城提供原料,月球可以作为飞向更遥远的星际空间的“跳板”……。随着科学技术的进一步发展,人类大规模地开发月球这块“新大陆”已是势在必行。建立月基天文台也与此密切相关。

对于如何实施月基天文计划,目前主要有两种意见。第一种是被动的“搭载”。人类大规模地开发月球必定伴随着频繁的奔月飞行。届时,天文仪器可作为一名“乘客”而载往月球基地。必要时天文学家本人亦可搭载前往。这种方式的优点是比较省钱,有如在地上乘公共汽车;缺点则是过于被动,在月球开发未具相当规模之前,月基天文学也不会有太大的进展。

第二种主张是主动的“促进”。持此观点者认为天文学家历来就是探索月球、乃至探索太阳系奥秘的先锋队兼生力军,所以天文学家本身就应该参与“重返月球”的全面规划。自古以来,天文学为人类文明作出的巨大贡献彪炳史册,眼下又有那么多重要的天文学课题需要由月基天文仪器帮助回答。因此,在开发月球的总经费中理应有相当一部分直接用于天文学研究,包括创建月基天文台。天文学家们不应消极地等待“搭载”,而是要竭尽全力促使月基天文台早日兑现。这种主张的优点是显而易见的,难处则在于经费,因为它相当于不乘公共车辆而要有自己的“专车”,或者说不乘“民航”而要有豪华的“专机”。

上述两种意见也许还可以互相取长补短,这些都还有待进一步研究。美国航空和航天局已计划在21世纪初再度载人登月,也许,那便是月基天文学的起跑线。人们预期,在未来的科学史大事记上,将会载入这样的一项:

“20××年 在月球上建成第一座天文台。”

## · 英语角 · 程鹏翥先生主持

### (一) 第四期题目

请辨别下列句子的标点符号是否正确。

1. Unfortunately small countries tend to be dominated by big countries
2. Tomorrow I will visit my brother.
3. An object has no acceleration unless a force is exerted on it.

4. I will see you at noon when the clock strikes twelve.

### (二) 第三期题目答案

1. when the target changes course, radar detects the change.  
radar 前应加逗号,因其前为长的引导副词从句,对短的引导副词从句则不严格要求加逗号。
2. To love, one must first understand.(下转第28页)