

編 号((77)011

內 部

出国参观考察报告

美国天体物理学研究概况

科学技术文献出版社



第一章 恒星和星系部分

天体物理学考察组

(一) 概 况

1. 参观访问的恒星物理各单位概况

在访美的一个月中，我们恒星组成员访问参观了十三个有关恒星物理的单位。现将参观日期，单位，主要接待人，列于表IA1(见本文49页)。各单位的概况简要陈述于下。

(i) 海军研究实验室，简称NRL，在首都华盛顿，是一个庞大的机构，共有工作人员四千人。我们只参观其中一个部门——空间研究部，该部1968年已发展到一百数十人。它主要应用火箭、气球、飞机和人卫等手段从事观测研究。在这空间研究部内设有Hubert, E.O. 空间研究中心，目的在于给予各大学的科学家在中心任职一、二年的机会，以便他们可以利用这部的设备，进行火箭和人卫上的天文课题的研究。虽然这部的主要研究课题是日地空间和太阳的观测研究，它也应用火箭、人卫观测恒星和星系的X射线、紫外和红外辐射，并在看不见的气体和衰老恒星中寻找宇宙间的稳藏质量。它在发现X射线天体方面作出了有价值的贡献。在实验中正在装配关于X射线的测试装备，预备放在高能天文台(HEAO)上，所用仪器的测量面积比前增加到12倍，比乌呼鲁(UHURU)强多，会发现几百个新的X射线源。

(ii) 天体物理中心在马萨诸塞州的波士顿，是哈佛大学天文台和Smithsonian天体物理台的联合机构，有140多名科学家从事各项研究工作，研究范围广泛，分八个组，包括了现代天文中的大部分领域。对于高能天体物理中X射线爆，如在人马座球状星团中X射线爆的发现和X射线源的证认方面，有一定贡献。光学和红外天文学的主要工作在河外星系方面，如利用气球上1米望远镜测量塞佛特星系NGC1068的红外能量分布，测量星系晕中的暗弱红星；也从事对星际云，如猎户座和W₃区的红外描图以及对于英仙座星际云中CH和CH⁺的速度测量等；另外，应用在德克萨斯州Fort Davis的哈佛射电站，参加甚长基线干涉观测射电源和星系。

这中心也开展理论天体物理和对天体物理有意义的实验室原子和分子物理工作，各自成立一个组。而它的行星科学组是包含着大部分Smithsonian台的人员，注意力放在太阳系中的小天体，研究小行星、彗星、流星、陨星和月亮样品，以及在深矿中寻找和太阳能源有关的中微子等。

目前这中心并无大仪器，在Agassiz站和Hopkins山各有一架1.5米(60吋)反光镜，不少资料取自气球、火箭、人卫和空间实验室以及美国其它天文台。在下文要提到，它正在Hopkins山建造一架新型望远镜，由六具1.8米反光镜综合组成一架相当于4.5米望远镜，大致18月后可以建成。

(iii) 麻省理工学院天体物理部也在波士顿。这学院并没有天文系或专业，这部似乎是

一个天文研究课题的组织，由数学、物理、电机、地球和行星科学四个系的一些成员所组成。它在恒星物理方面的主要工作是X射线源方面，15年前就开展X射线源寻找工作，发现了不少X射线源，近年对于发现X射线爆，发现和测定X射线双星的轨道元素以及论证一些X射线脉冲星双星性问题，积极开展工作；现在已成立X射线天文卫星中心。此外，这院的空间研究中心对X射线星的工作，也很活跃。

另一项工作是用射电方法观测星际云的分子谱线，以及参加甚长基线干涉法来研究星际、曼塞和射电源的结构。六十年代，由这院数学系林家翘教授提出的星系密度波理论，已成为研究星系旋涡结构的一个流行的学派。

(iv) 德克萨斯大学天文系在德克萨斯州的Austin, McDonald天文台在这州西部，西离Austin约四百英里。台系各有科学家25人，从事研究或兼教职，另有电子学、光机电、行政勤杂人员约100人，系主任兼台长，统一领导。据介绍，本科天文学生有75名，为美国学生最多的一个天文系，将来成为天文家的有六、七人，其它部分为教师。McDonald天文台在海拔6800英尺的Locke山上，具有107、82、36和30吋四架反光望远镜。在这台南面30英里辽阔的平原上，大学的射电天文台有天线阵，包括十米波的干涉仪，观测木星以及4平方英里365兆赫的频宽综合干涉仪，观测射电源的位置，可精确到1弧秒。

107吋望远镜配备多用途的IBM1800计算机，能够按部署的时间进行观测和归算序列。一此小型Nova型计算机为望远镜的高速控制和取得数据服务，并按次序输入到1800计算机去。这镜的折轴室，除了2米和4米焦距的照相机，获得每毫米1—16埃光谱外，还配备着光电扫描仪，色散每毫米1埃，当阶梯光栅应用时，可得每毫米0.05埃的高色散光谱。另外还备有几种富里叶干涉仪，波段从0.8—14 μ m。在它卡焦，除了照相，扫描、光度计外，一具快速紫外象管光谱仪为暗星、星系和射电源的光谱观测之用。

对于其它几架反光镜也配备着类似的各种接收器，不再一一列举。值得一提的是脉冲计数光度计应用到各个系统中，包括高速计算机控制的测光。

实验的设备，如计算机、天文仪器和电子车间、记数和传统测量仪器以及高速PDS显微光度计（另有专文介绍）等，很是完备；还可应用大学计算中心的大型快速计算机。天文部门人员占大学全部人员的百分之一，而应用计算中心快速计算机的时间占百分之三十。

研究课题比较广泛，从行星、月亮起，恒星、星际介质、星云、星系、类星体到宇宙学、相对论，不下几十种；所用手段，光学、红外、射电都有。研究计划中共列十九大项，首列仪器发展和计算机服务两大项，可见对它们的重视。前者列望远镜的改进、象管、电子照相等研究；后者指发展望远镜观测潜力的软件，如从磁带为归算光谱作图的程序，月掩星资料取得的程序和改进107吋指向等问题。这个天文台近年比较活跃，成就也较多，74、75两年中共发表了119篇文章。

(v) 国立基特峰天文台位于阿利桑那州的Tucson市西南56英里，是根据国家科学基金会的协定，由研究天文的大学协会建立的。这协会由美国12个大学组成，近年在南美洲智利建立了基特峰台的姊妹台，Cerro Tololo天文台。基特峰台海拔6800英尺（Tucson市海拔2600英尺），共有158、84、50和12吋反光望远镜各1架，36、16吋镜各二架；另有60吋太阳望远镜和24吋太阳真空望远镜各一架。基特峰台专门从事天文研究的共有36名科学家。望远镜的60%观测时间由外来人员，包括美国以外的天文学家使用，据这台年报，75年分别有129和22名外来人员应用这台的仪器作恒星与星系以及太阳的观测。

75年春这台对研究计划作了调整，由原来三个主题，恒星、太阳、行星，改为二个主

题，银河系和河外星系、太阳系，把星系的重要性提到日程上来。

观测工作离不开仪器，仪器的改进有利于观测质量的提高。基特峰台的总计划就是结合研究课题，对仪器的改进计划，共分六项：1) 银河系和河外星系，2) 太阳系，3) 全景探测器 (Panoramic detector)，4) 红外，5) 计算机应用，6) 光栅。光栅实验室中刻线机是74年从麻省理工学院拆散运来的C号机器，先刻大的阶梯光栅， $125 \times 250\text{mm}$ ，表明结果良好。我们参观时，主管者Hall, D. N. 告诉说，现在已能刻 $600 \times 400\text{mm}$ 的光栅，刻划钻是机械操作下运动，光栅坯在激光控制下作垂直方向运动。刻时，室内温度控制在 $\pm 0.001^\circ\text{C}$ 。刻好后，用激光检验，从反射点看出哪一级最亮。阶梯光栅一般79线/mm，用在100级以上，普通光栅600线/mm，用在2—3级到15级。当时他表演检验情况。

这个天文台的具体研究课题基为广泛，用可见光和红外波段，从事行星、恒星、星系的光度和光谱工作。接收器用象管、二极管阵和电子照相等新技术已很普遍。

基特峰台的总部设在Tucson市，大部分科研技术人员都在此工作，轮到观测才到天文台去。这里有光学、金工车间和电子、光栅实验室。

(vi) Steward 天文台和月亮行星实验室都属于阿利桑那大学。前者有总部在Tucson市，天文台址在基特峰，那里有90、36、20吋三架反光望远镜。90吋镜有光度计 (UBVRI 和JHKL)，折轴光谱仪，光谱扫描仪和象扫描仪，卡焦备有象管。36吋镜上有单通道光度计，直接照相的自动导星系统，折轴和卡焦摄谱仪。为了省钱，90吋镜的圆顶为圆柱形，顶略斜，以便天窗开关。这台有科学家十来人，研究项目着重在红外波段的工作，如H II区，星系核的描图，也从飞机和气球上作远红外的普查工作。

(vii) 月亮行星实验室有总部在Tucson市，天文台在市东北29英里的Catalina山上，海拔8300英尺，设有61、28、21、16吋反光镜各一架，另有60吋镜二架，16吋施米特镜1架。61吋镜配备高色散光谱仪，彗星照相和双星测微计。两架60吋镜主要做8色窄波段蓝光，6色窄波段红光，UBVRI, JKL和JHKL (带有偏振计) 的光度测量以及5、10、20 μm 的光度测量；并备有富里叶红外光谱仪。其它几架望远镜备有为月亮描图和红外天空普查的面扫描仪。这室力量相当强，有科学家五十多人，有的兼职Steward 天文台，最近由宇航局和阿利桑那大学联合建立一个空间象中心作为这室的一部，收藏由天空和地面望远镜所拍摄的大量月亮和行星的象。因时间关系，我们只访问了它的总部。

这室除了重点研究月亮和行星系小天体外，也在地面和气球上，用红外波段对红外星、银河系红外源以及河外星系和类星体作观测研究；并用窄带偏振计观测Be星，以研究Be星延伸壳层的电子分布。76年夏成功地在X射线的对应星、灾变双星武仙座AM星上观测到白矮星的磁场约达 2×10^8 高斯。此外，在星际偏振和星际磁场方面，开展理论研究。

(viii) Hopkins山天文台是Smithsonian天体物理台本部外的最大观测站，位于Tucson市南约35英里，海拔7600英尺。这台目前有科学家十来人，备有61吋和24吋 (属于纽约州大学) 反光望远镜各一架，20吋Baker-Nunn人卫跟踪照相机和20吋人卫激光测距系统各一架，另外有34英尺的 γ 射线反光镜。61吋反光镜配备着象管阶梯光栅光谱仪，全自动光栅光度计，三级法布里-别洛干涉仪和一架小型计算机，以便现场立刻归算。34英尺反光镜是由248块各自可以调整的镀铝玻璃球面镜组成的一个凹面，用以接收 γ 射线在大气中所引起的切伦柯夫微弱辐射。

目前这个天文台主要力量在建造由六具1.8米反光镜综合组成的一架相当于4.5米反光望远镜，称为多镜面望远镜 (MMT)。这镜将放在海拔8550英尺的Hopkins山的最高峰上；它

独特的地平式装置，使结构紧凑，可用轻而坚强的结构系统支持六个镜面。它将安置在一个独特的建筑内，不是圆顶而是四层的矩形建筑，观测时这建筑和多镜面一起转动；办公室、控制室、实验室等都和望远镜一起转动。预期18个月后可以建成。我们参观时，建筑的钢架和下面圆轨道已大体就绪，正在紧张施工中。

(ix) — (xi) 加州理工学院天文专业，设在物理、数学和天文系内，在加州 Pasadena 市，有教授十多人。这院的物理和行星科学家也有从事天文研究，主要在红外天文方面。这院的 Palomar 天文台，海拔5500英尺，在市东南约80英里，它在四十年代末就建成当时世界上最大的五米反光望远镜，和1.2—1.8米施米特镜，20多年来一直是取得遥远暗弱星系资料的强有力的武器。

Wilson天文台海拔5700英尺，离 Pasadena 市中心只有8英里直线距离，属于卡内基研究所，它在1918年即建成100吋和60吋反光望远镜；建立以后30年里，前者一直是世界上最大的望远镜，早年对星系红移的资料作出了宝贵的贡献。此外，它还有150英尺和60英尺太阳塔。

Palomar山台和Wilson山台，在行政和经费方面，分别归加州理工学院和卡内基研究所管理，各自为政；但在研究方面由Hale总台领导，研究课题和成果由总台统一在年报中报导。总台还领导着智利 Las Campanas 天文台，那里的1米和0.6米反光望远镜已开展工作，在筹建中的2.5米（100吋）反光望远镜已基本上完成。

Hale总台的研究课题甚为广泛，不能一一例举。它具备强有力的观测武器，为其它台站所不及，可以发展独特的研究项目。它利用5米镜观测 $350\mu\text{m}$ 和1 mm 的辐射，把红外和射电波段联系起来；用来分别观测猎户星云中 H II 区分子云 W3、猎户座分子1号云，取得了成果。银河系、河外星系、星系团、射电源的证认以及观测宇宙学中红移和演化效应是它的重点研究项目。

Hale总台年报中列出人员和他们的职务，有助于了解它的力量配备情况，择要介绍于下：

Hale总台的研究部共有21名成员，内中九名是加州理工学院天文、物理和行星科学家。另有不同身分的科研人员30名，助理研究人员12名，学生观测员20名。仪器设计和制造者36人，其中电子工程12人，技师和工程师8人，机械技术人员4人，计算技术、光学和绘图员各3人，设计、照相、总管兼库房各1人。此外，照相和图书馆各2人。总起来，科研和辅助科研人员共125人。

为了维护和日常工作，Palomar台有5名夜观测助手，4名机械，1名电机维修人员，连同行政人员共26人。Wilson台有5名夜间观测助手，木工、机械工和司机各1人外，余为行政人员，共25人。

(xii) 加州大学的Lick天文台有总部在加州 Santa Cruz 分校，台址在分校东北约四十英里的Hamilton山上，海拔4200英尺。这台有天文学家十多人，连同技术和行政人员共约100人，研究生25名。Lick台1888年建立，当时具有世界上最大的36吋折光镜，十年后才为美国的Yerkes天文台的40吋折光镜所超过。它主要的仪器是120吋（3米）反光望远镜，还有36和24吋反光镜各一架，另有双筒20吋折射天体照相机。

120吋镜也象其它天文台大望远镜一样备有观测自动化的设备，利用灵敏的电视照相，观测者可以在空气调节的工作室看到观测的对象，并进行遥控。焦点处的接收器，光谱仪或红外光度计，可和象管和电子器件偶联，因之可将光度或光谱记录下来，并在工作室中经计

算机处理后,在示屏上显示出来,及时看到观测结果。其它仪器也有不同程度的自动化设备。

值得一提的是这天文台一些象扫描器和电子照相设备。Wampler, D. J. 等两人所设计制造的三级象管析象扫描器(详见专文介绍)大大提高了灵敏度。12月9日夜我们看到24吋反光镜配备了上述扫描器,正在观测河外星系NGC1068的光谱,各用二分钟观测天光以及天光加星光,然后相减,即得所要的光谱结果。Wampler一再强调,小仪器象24吋加用这种扫描器以后,效果可和120吋镜相比。目前扫描器只能作一维的测量,观测光谱正合适。

Walker, M. 应用光谱象管所拍摄的星团的电子照相,由于线性反应良好,用以建立光度标准,足以和光电测光相比拟。他用Lallemand电子照象机在120吋镜上所拍摄的星系光谱,用以测量星系物质的视线速度,也取得了良好的结果。现在正进一步改进光谱象管,以便有更大的接收面积。

这个天文台的研究课题,除作恒星的可见光和红外谱的分析外,加强应用象管扫描器和电子照相来分析研究星系、类星体和射电星系的光谱。

(xiii) 加州大学Berkeley分校天文系在加州旧金山附近的Berkeley市,有教授十多人。这系仅有小型望远镜,供学生学习之用;在Lick台和其它天文台取得研究资料。实验室中有一架快速显微光度计,简称为PDS,参观时,作了重点介绍(详见PDS专文)

研究项目,恒星工作大部分是在红外光谱方面。另外两项重点工作是星团、星系结构和星系以及高能天体物理和宇宙学。

此外,Berkeley分校的物理系成员在红外天文方面做了不少工作(见红外专文介绍)。这分校在十年前成立了空间科学实验室,据介绍,共有科研和行政人员约300人,进行90项科研项目,经费每年六百万美元,并称在加州大学Livermore分校那里也有同样规模的实验室。和恒星物理有关的研究工作是用探空火箭,探测 γ 射线、 x 射线、紫外、红外源,并联系到密近双星和这些辐射的关系。

2. 参观访问后的几点看法

这次我们在美国访问了十多个恒星和星系物理天文台有关单位,偏重在实测方面,除了普林斯顿大学天文系以及芝加哥大学天文系和它的Yerkes天文台未能访问外,可以说,已访问了恒星和星系物理方面的主要单位。回顾访问的经过,有以下几点初步体会:

(i) 在研究课题方面,星系的研究已普遍地受到重视,从各天文台的工作和发表的文章看,星系的份量已不亚于恒星的份量。国立基特峰天文台已在75年春明确提出修改研究计划,把银河系和河外星系的作为二大研究计划之一。正象几十年前对于恒星演化那样,星系的演化已提到日程上来。虽然目前还提不出一种公认的星系演化的理论,各单位正在加强星系、类星体、蝎虎BL型天体和射电源的观测研究,以便获得更多资料,为提出星系演化理论作好准备工作。

(ii) 由于气球、飞机、火箭和人卫的高空观测的发展,低温技术和全景接收器的改进,大大地拓展了观测波段,紫外, x 射线、 γ 射线和红外波段都能观测。各天文台普遍地加强了红外天文的观测,有条件的单位积极开展观测 x 射线的更大的计划。这些对于目前还不太清楚的恒星形成时早期演化以及另一端,恒星的末期演化,可以提供重要的资料,以验证这两阶段的演化理论。同时,快速电子计算机的应用大大推进了恒星内部结构和演化方面的理论计算工作,可以预期在观测资料和理论探讨配合下,在不久的将来对于恒星早期和末期演化的问题,应该有比较显著的进展。

(iii) 电子元件的革新, 结合小型电子计算机的应用, 使多级象管、电子照相、二极管阵以及实时归算和显示图象, 在天文观测上成为可能。这一方面大大提高了灵敏度, 另一方面即刻可以看到观测的结果, 象上节提到在Lick天文台把三级象管析象扫描器用在24吋镜上, 可抵120吋望远镜之用。各天文台在不同程度上都已应用革新的接收器以代替普通照相和光电倍增管, Meronald台107吋反光镜的折轴光谱仪一年里难得用普通照相拍摄一、二次。各天文台, 尤其基特峰台和McDonald台, 都组织力量在全景探测器、电子学和计算技术方面加强研究。Hale天文台的仪器设计和制造部门的36人中, 电子工程人员占了12人, 可见他们的重点所在。

(iv) 射电观测技术的提高, 可以测出快速微弱的流量变化, 终于导致脉冲星的重大发现。快速、精确的光电测光可能也起着类似的作用。恒星的角直径是很难测量的, 一般对于体积大的恒星直径是用干涉仪来测量, 方法比较麻烦。而现在结合微型电子计算机的应用, 可以快速光电测光, 因此用月掩星的方法就不难测量恒星的角直径, 甚而发现恒星表面上的亮斑。我们在11月18日参观德克萨斯大学天文系时, 就看到月掩星光变曲线, 表现出恒星的角直径以及其上的亮斑所引起光度的不对称性。这天文系的另一项工作是精密的光电测光, 在宁静度和透明度好的晚上, 用二个比较星来监视天气和仪器的稳定性, 多次观测取平均值, 据称精确度可达千分之一星等; 这样, 就发现绝大部分恒星是变星。这是初步结果, 正在继续观测中。这项结果如果确实的话, 对于恒星的本质和演化有着重要的意义。

(v) 这次参观访问中, 对大望远镜的机械结构、传动、跟踪, 圆顶的材料, 结构驱动、隔热和防振以及随同望远镜的运动等问题, 尤其对McDonald2.7米望远镜和圆顶, 作了一定的了解, 可供我国有关工作的参考。例如, 所看到大望远镜的圆顶转动都采用摩擦驱动, 而不是齿轮驱动。因此, 在我们设计望远镜的圆顶转动时可以考虑这种情况。

(vi) 美国的天文研究, 原来各自为政, 联邦政府并不过问。自1950年成立了国家科学基金(NSF), 作为联邦政府促进科学研究的一个机构, 才对美国各单位的科研, 包括天文研究, 有所影响。美国天文界受美国科学院的委托, 在六十年代初和七十年代初, 组织天文调查委员会, 对美国天文事业的发展, 先后两次作了全面的调查, 对天文各分支学科发展的先后缓急, 拨款多少给各分支学科, 提出建议之后, 联邦政府通过科学基金和宇航局等, 提供科研课题的经费, 对美国天文的发展起着领导作用。科学基金用在基本科研的钱, 55年不到1千万美元, 而在60、70年分别增加到6千万和2亿五千万美元; 它资助天文研究的拨款在65年是2千万美元, 此后略有增加。宇航局拨给天文研究的钱65年为1亿多美元, 70为2亿多美元^[1]。各天文台和天文系等机构本身经费有限, 竞相提出研究课题, 争取上述拨款。一、二十年来美国天文事业的发展大体上是按两次调查报告的建议进行的。72年的报告中提出, 天文中最优先发展的四个项目是射电天文的甚大天线阵, 光学望远镜的辅助仪器, 红外天文和高能天文台(HEAO)的X射线和 γ 射线的观测。报告中提出70年代制造大仪器外, 专项提出为望远镜的电子辅助仪器和红外地面及高空观测每年拨款150万和200万美元, 这样促进了近年电子辅助仪器和红外天文的发展。

3. 同美国天文学家讨论的几个问题

这次访问, 参观望远镜和实验室的时间较多, 和美国天文学家进行讨论的机会比较少。在不多的几次讨论和非正式交谈中, 涉及到了一些天体物理问题, 其中有的值得一提。

(i) 类星体是宇宙论距离还是较近距离, 一直是争议未决的大问题, 这牵涉到它们的

红移是宇宙论的多普勒速度效应,还是其它物理原因。我国天体物理工作者也常常为这问题争议。赞同非宇宙论红移的往往举出Arp, H.C.所描述的几个多重星系的例子,它们中有一个星系的红移值和其它的相差很大,而看上去,有物质桥联系着,是在一起的。Lick台的Walker观测这些多重星系的结果,否认了Arp所述几个多重星系的物质联系性。在12月6日访问Wilson台的总部时,我们问Arp对这问题究属怎样看法,他一点不坚持,说这问题还无定论。

(ii) Schmidt, M.是类星体光谱线红移的发现者,谈到有名的Hubble的红移和距离的线性关系时,他说文献上提到这关系只能应用到红移 $Z=0.2$,而最近的观测结果可以应用Hubble关系到 $Z=0.62$,大大推进了一步。他也认为近年Sandage, A.所测定的Hubble常数每百万秒差距55公里/秒,比较确定,而所测定的减速因子 q_0 值,变动较大,很不可靠。

(iii) 星系演化问题已提到日程上来,目前的一些星系理论,象普林司顿大学天文系Spitzer, L. Jr.的轻质量星向外运动和大质量星向内形成星系核的计算结果,耶鲁大学Lawson, B.的气尘物质团坍缩形成星系的计算结果等是否能说明问题,访问天体物理中心时,理论天体物理学家Cameron, A. G.认为,给与前提,数据,注入计算机中,按一定的方程进行计算,总会得出结果,至于计算结果是否和客观过程符合,很难说。在基特峰台总部和几位研究塞佛特星系的天文学家相谈,他们只谈及具体问题,如观测在星系中金属成分多少的分布,表现在颜色的分布,速度场的分布和密度波的关系,大体支持林家翘的密度波的理论,很少谈到星系总体的演化问题。此后,和星系方面观测研究的Palomar台副台长Oke, J. B.以及Lick台长Osterbrock, D. E.谈到星系和星系演化问题时,他们也只认为各类型星系间有些相象,如塞佛特星系和蝎虎BL型天体之间的某些相似性,但并不能认为已有明确的演化关系。看来,目前主要是加强观测,积累各种星系、射电星系,类星体,蝎虎BL型天体等的资料,以便理论更好地联系观测现象。

(iv) Lick台的Walker近年对选天体物理台址问题做了不少工作,是国际天文协会选址委员会的主席。谈到这问题时,他认为城市地区人口增加,灯光加强,污染天文台的问题,愈来愈严重。离开Pasadena市不到十英里的Wilson山天文台的100吋望远镜已不适于作较暗天体的工作;受San Jose市灯光威胁的Lick台的120吋反光望远镜只能抵作60—70吋的望远镜来使用,不得不认真地考虑迁到黑暗天空的台址问题。台址的选择和保护问题愈来愈迫切,针对这问题的严重性,国际天文协会73年大会上成立第50委员会来注意这问题。

参 考 文 献

- [1] Astronomy Survey Committee (1973), "Astronomy and Astrophysics for the 1970's" Vol 2, 386, Fig 9.27
- [2] 同上 (1972), Vol 1, 61, Fig 3.

(二) 专 题 介 绍

1. 地面光学望远镜使用情况

这次考察,参观了美国本土上的几乎全部大望远镜和一部分小望远镜。口径两米以上的望远镜共有八台,它们是:McDonald天文台的2.08米和2.7米镜,基特峰国立天文台的2.13

米和4米镜, Steward天文台的2.3米镜, Palomar 山天文台的5米镜, Wilson 山天文台的2.5米镜, 和 Lick 天文台的3米镜。它们有的建成于本世纪初, 有的建成仅几年。关于这些望远镜的光学、机械和控制系统的技术详情, 已有许多文章报导过, 这里不再一一叙述。表IB.1列出了我们考察过的各天文台所拥有的用于夜间天文观测的主要望远镜。

考察中给人印象颇深的, 就是美国各天文台的望远镜, 不论大小, 不论新旧, 都处于良好的工作状态, 观测计划排得很满, 使用效率相当高。这里, 我们感到有几点经验是值得参考的。

(i) 合理安排观测计划

望远镜观测项目和时间安排的计划, 是由天文台有关主管部门所设委员会或小组根据天

表IB.1 几个天文台的主要望远镜

天 文 台	望远镜口径 (厘米)	望 远 镜 类 型	数 量
McDonald	272	反 射	1
	208	反 射	1
	91	反 射	1
	76	反 射	1
基 特 峰	400	反 射	1
	213	反 射	1
	127	反 射	1
	91	反 射	
Steward	229	反 射	1
	91	反 射	1
亚利桑那大学行星科学 系和月亮-行星实验室	155	反 射	1
	152	反 射	2
	71	反 射	1
	53	反 射	1
Hopkins 山	152	反 射	1
	61	反 射	1
Palomar 山	508	反 射	1
	152	反 射	1
	50	反 射	1
	122/183	施米特	1
Wilson 山	254	反 射	1
	152	反 射	1
Lick	305	反 射	1
	91	反 射	1
	61	反 射	1
	91	折 射	1
	50	双筒折射	1

文学家的研究课题和时间要求，经综合平衡后而制定的。属于天文台的天文学家一般用不了全部观测时间，为了使一台造价高昂的望远镜尽可能少空闲，多观测，一般都有不同比例的观测时间留给外地来访（包括从国外来的）的天文学家使用。例如，基特峰国立天文台每年要接待约250名来访天文学家，占用观测时间约百分之六十。私立的 Hale 天文台每年约接待五十名外单位天文学家，使用望远镜时间约百分之二十到三十。由于预先有计划，日程又安排得比较紧凑，每个获准使用望远镜的人员都预先把准备工作做得尽可能充分，以便有效地利用分配给他的时间（一般每人每年大约可分配几个夜晚），因此，望远镜使用效率是相当高的，临时插入未经事先安排的观测项目的可能性很小。

制定观测计划的另一重要方面，是要根据研究课题的性质，合理分配适当的望远镜。能用小望远镜完成的任务，就不要用大望远镜。大望远镜应该留给那些非用大望远镜不可的课题。事实上，我们在考察中看到的许多小望远镜，都承担着十分重要的观测项目。例如，McDonald 天文台的91厘米反光望远镜，用高速光电光度计研究变星的快速光变，时间分辨率达到一秒。基特峰天文台用附属2.13米镜的91厘米望远镜，拍摄各类恒星折轴光谱以研究它们的双星频数和自转。在Lick天文台，已有七十多年历史的91厘米折射望远镜，原来是用作目视观测的，现在已可用于照相和分光，正从事双星轨道测量和恒星二元光谱分类。50厘米双筒折射天体照相机，则在系统地作照相观测以定恒星的自行。还有一台61厘米反光望远镜，使用象管析象扫描仪，研究星系的红移。所有这些工作，无疑都是十分重要的。

(ii) 扩充波段，使望远镜承担更多观测项目

缘大多数光学望远镜，已打破过去只在可见光工作的框框，先后开展了近红外、远红外以及亚毫米波的观测。这些观测不但在夜间进行，有的还在白天进行，从而大大增加了望远镜的使用时间。在考察中见到的八台两米以上望远镜中，我们亲眼看到四台望远镜在白天作红外观测（McDonald 天文台的2.7米，基特峰天文台的2.13米和4米，Hale 天文台的5米）。有些望远镜为了进行红外观测，还专门配备红外副镜，它们不但体积小，可以减少仪器辐射的影响，而且可以迅速摆动以调制天光背景。考察中了解到，基特峰天文台2.13米和Steward天文台的2.3米，都正在制作这样的红外副镜。

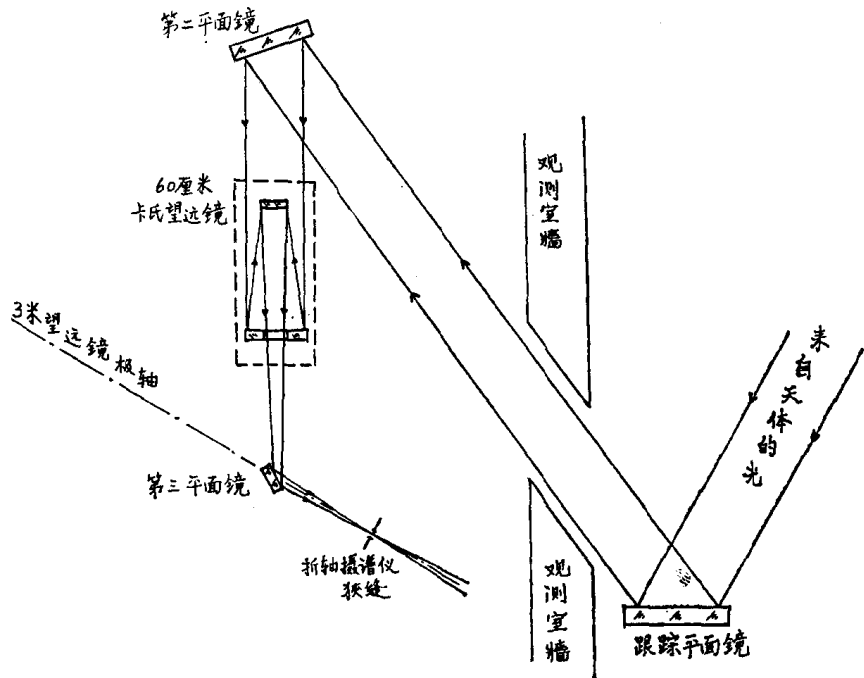
(iii) 合理设计副镜装置，缩短光学系统转换所需的时间

一台大望远镜，一般都有主焦点、卡氏焦点和折轴焦点，它们之间要经常转换以适应不同工作的需要。美国从五十年代末以来建造的大望远镜的焦点转换，大多数都采用翻转式的副镜架，在一个镜室上装二至三个副镜，一般只要把副镜架转动 180° ，就可以从一个焦点转到另一个焦点，所需时间不超过一小时。例如基特峰天文台4米望远镜由卡氏焦点转到折轴焦点只要二十分钟，由主焦点转到折焦点约要四十分钟。有些望远镜原设计的系统转换方案比较麻烦，转换后也需要较多调整，现在也在考虑作根本修改。如 McDonald 天文台2.7米镜，原设计在转换系统时，整个副镜架连同副镜圈全部更换，很不方便。1975年决定重新设计，采用翻转式结构，我们考察时设计已完成，正在加工，估计年内可投入使用。

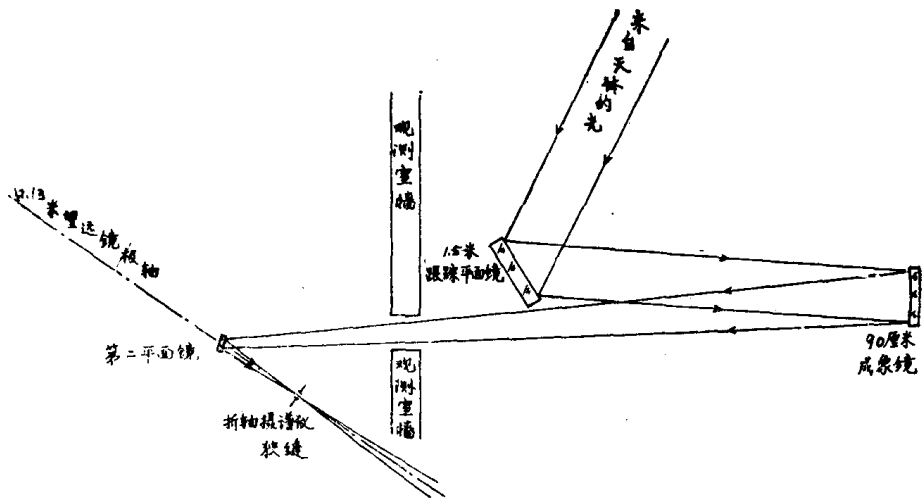
(iv) 设置折轴焦点辅助望远镜

大望远镜折轴焦点摄谱仪，是大型昂贵的光学仪器，它一般拥有数块大面积普通平面光栅和阶梯光栅，几个不同焦距的照相机，其中一个或两个照相机主镜的直径接近或超过一米。当望远镜用于其他焦点时，折轴摄谱仪如果闲置不用是很可惜的。实际上，用折轴摄谱仪观测，并不一定要大口径望远镜，因此，有些大望远镜另外配一个永久安装在旁边的较小望远镜，专供大望远镜的折轴焦点使用。辅助折轴望远镜实际是一种定天镜系统，具体方案

可因经费、设计思想以及天文台地形而很不相同。这次考察中看到了两个例子。一个是最先建成的Lick天文台 3 米望远镜的附属折轴望远镜,它相对于主望远镜的安排情况如图 I B.1。在折轴室的上方,垂直于地面有一个固定不动的60厘米卡塞格林望远镜。观测室南墙外,有一面直径约 1 米的跟踪平面镜,它将来自天体的光通过圆顶墙上的洞反射至卡氏望远镜上方的第二块平面镜,第二平面镜将光垂直向下反射至卡氏镜的主镜。从卡氏镜出来的会聚光束射至位于极轴上的第三平面镜,后者将天体象反射至折轴摄谱仪光缝上。第二个是基特峰天文台2.13米望远镜的折轴附属望远镜,其结构与Lick天文台的不同。如图 I B.2所示,在主

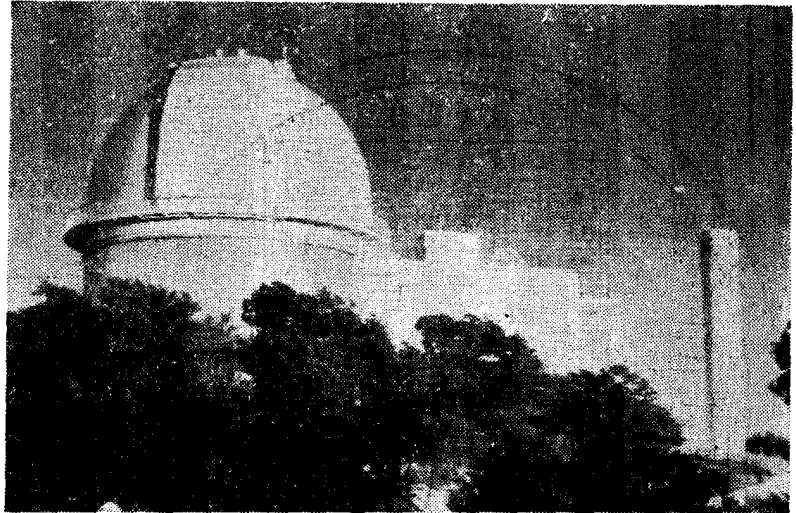


图IB.1 Lick天文台 3 米望远镜的折轴焦点附属望远镜光路示意图



图IB.2 基特峰国立天文台2.13米望远镜的折轴焦点附属望远镜光路示意图

望远镜观测室南边的附属房顶上，离圆顶约十多米处有一活动小室，其中安装有一面直径1.5米的跟踪平面镜，它将天体的光反射至更靠南的装在一个高塔上的偏轴凹面成像镜，后者将会聚光束通过主望远镜观测室墙上的洞反射到位于极轴上的第二平面镜上，然后再入折轴摄谱仪。这一安排比Lick天文台的优越，它只用三块反射镜，且无卡氏望远镜由副镜引起的中心挡光，因而透过率要高得多。图IB.3是2.13米望远镜观测室及其折轴附属望远镜塔（右边细而高的白塔）的照片。主望远镜观测室右边附属房顶上可以看到跟踪平面镜，活动小室已移开至它的左边。拍此照片时是在下午五点多钟，当时太阳已近西方地平，2.13米主望远镜正朝着东南方向进行红外观测（上下开的天窗已开至最大），而附属折轴望远镜也正在为夜间观测作准备。



图IB.3 基特峰国立天文台2.13米望远镜圆顶室及附属折轴焦点望远镜塔的照片

McDonald 天文台 2.7 望远镜，因地形上的不便，还没有建折轴附属望远镜，但已有建造的计划。

当然，并不是所有具有大折轴摄谱仪的望远镜都有这种附属望远镜。我们参观过的八台2米以上望远镜

中，有六台配有大型折轴摄谱仪，而有附属望远镜的有两台，有建附属望远镜计划的已有一台。

有人认为，从充分发挥仪器设备利用率的观点来看，附属折轴望远镜应该成为每台大望远镜的必要附属设备之一。

(v) 实现观测过程自动化

由于小型计算机功能的提高和价格的降低，计算机用于望远镜控制日益普遍。我们参观过的望远镜，除极个别的小望远镜仍用老式的手动操作控制以外，都配备有一台或二台小型计算机作望远镜自动控制和数据获取，而随着外围设备和计算机性能、速度和灵活性的改善，控制的范围相应扩大，获取和处理数据的能力不断提高。天文仪器许多部分的功能完全可以由小型计算机圆满地完成。计算机的应用使仪器变得更复杂，但这是值得的，因为计算机联机控制提供了极大的好处，它使许多用其他方法不可能实现的观测技术成为可能，使观测过程较为方便，特别是使望远镜观测时间的使用效率大为提高。计算机联机控制使天文工作者能够当场监视观测进行情况，提供了通过软件改进仪器工作性能的灵活性，并使观测数据的实时处理成为可能。

作为例子⁽¹⁾，我们介绍一下McDonald天文台计算机使用情况。图IB.4是该台四个光

[1]Hudson, F. and Kelton, P., A Summary of Computer-Controlled Observing programs at McDonald Observatory.

望远镜所用计算机系统，它包括六台NOVA机，一台Varian 620i，一台DEC PDP-8 E和一台IBM1800。IBM1800放在2.7米望远镜观测室的专用计算机房内，它提供程序数据处理条件，完成2.7米望远镜一部分控制功能，并有一个通过电传打字多路调制器和高速数据网把全部观测点与IBM1800联结起来的转接设备。IBM1800拥有两台IBM029键盘穿孔机、一台打字机、一台卡片读出和穿孔器、一台高速纸带机、一台图表仪、一台电传打字机、一台多路调制器和一个线打印机。其他几台计算机主要用于获取数据和控制仪器。

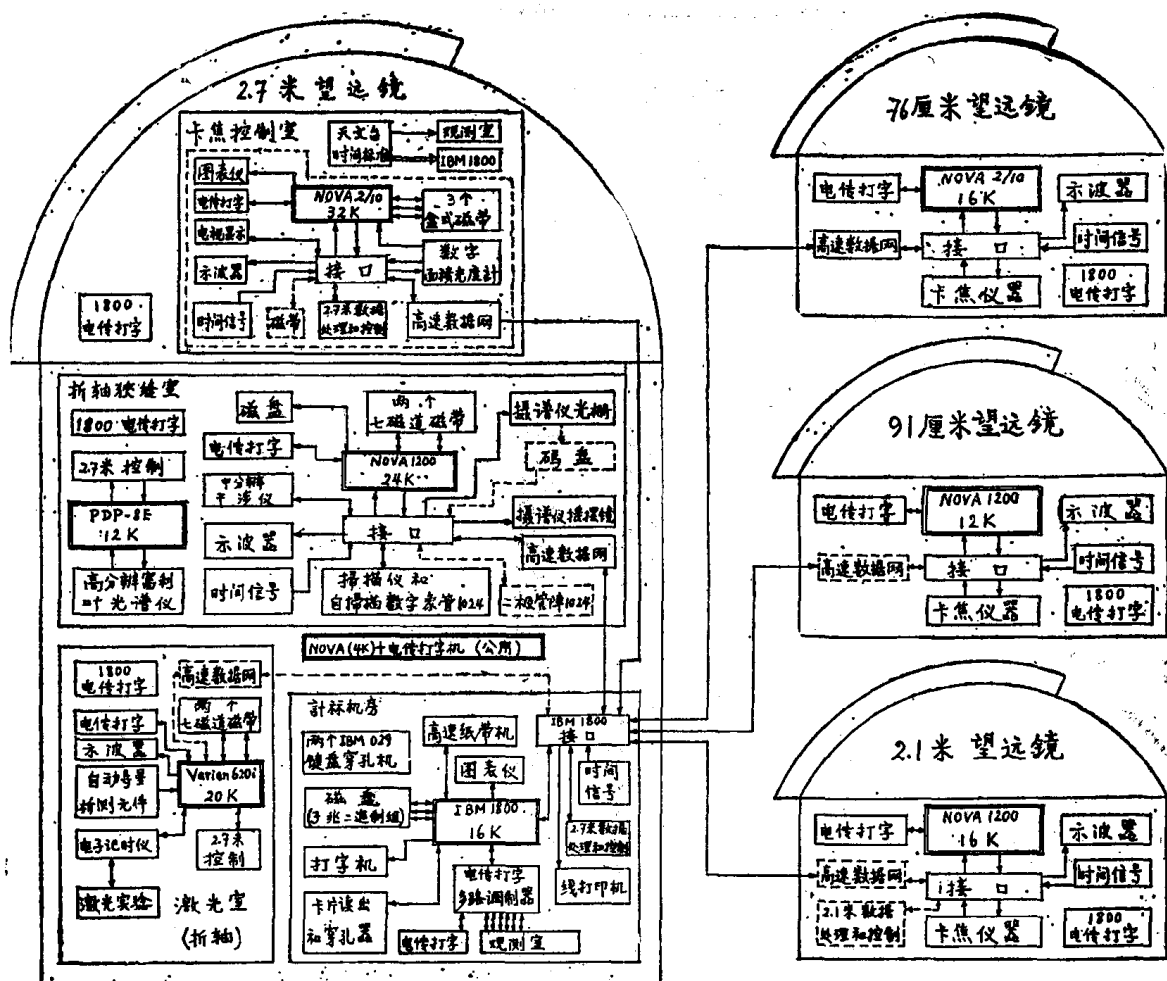


图1B.4 McDonald天文台计算机系统示意图

Varian620i (20K储存) 计算机是供激光测月装置使用的，它控制同步电子装置，计算预期的激光飞行时间，获取返回数据并闭合反馈回路。外围设备有：两个七磁道磁带，一个电传打字机和一个示波器显示管。在计算机控制下，McDonald天文台利用2.7米望远镜折轴焦点所做的激光测月距的精度已达到5厘米。

DEC PDP-8E 计算机 (12K储存) 用于高分辨富里叶转换红外分光光度计的控制。

使用最多的是NOVA小型计算机，它们已成为各个观测点基本设备的一部分。除去几个例外，McDonald天文台已用NOVA机实现了标准控制方案。

2.7米望远镜折轴焦点光缝室的NOVA1200计算机 (24K储存) 的外围设备，包括两个

读出一写入磁带机、一个用于中间储存的磁盘、一台电传打字机和一个示波器显示管。这台计算机控制折轴摄谱仪的光栅台、码盘、阶梯光栅扫描仪、中等分辨率富里叶转换红外干涉仪、自扫描二极管阵照相机和自扫描数字象管扫描光谱仪等。

2.7米望远镜卡焦控制室的NOVA2/10计算机(32K储存)的控制系统是近两年才发展起来的,现已开始使用。它配备有三台盒式磁带装置、一个电传打字机、一个示波器显示管、一个图表仪和一个电视显象机。此望远镜卡焦仪器大约是从75年开始研制,目前仅有一台使用象管扫描的数字面积光度计,一年半之后将建成一台重达三吨的大型摄谱仪。

2.1米望远镜的NOVA1200(16K储存),91厘米望远镜的NOVA1200(12K储存)和76厘米望远镜NOVA2/10(16K储存)等计算机各配有一台电传打字机和一个示波器显示管。它们控制各自的卡焦观测仪器,包括高速光电光度计、普通宽波段光电光度计、大小光谱扫描仪、自扫描二极管阵照象机和摄谱仪等。

另外有一台备用NOVA机放在2.7米望远镜观测室内,供各观测点临时使用。

有两套接口已成为NOVA机标准接口。一种用于野内工作,是单电路板接口,可插入计算机内部。它包括两个双计数器和溢出逻辑电路,一个由外振荡器触发的同步间断装置,以及用于起劲示波器显示管和步进马达的10毕特X/Y寄存器和数字输出代码。

由于NOVA机已成为各观测点的通用设备,还设计了一种新的接口。这一独立安装的接口的主要目的是为了提供更大的控制和数据获取能力。采用外电路板形式的理由主要是:可以应用商品化的接插式线绕卡片,易于装取和维修;可以为外接口和特殊信号处理采用独立电源,避免计算机电源过载。

在各观测点均得到足够的磁带之前,高速数据网将是获得大容量的合理的替代方法。即使拥有充足的磁带,这一数据网仍可通过现有的IBM1800机的程序提供快速数据处理。2.7米望远镜折轴焦点的多项实验一直在将数据从NOVA机输送到IBM1800,硬设备的输送速度达每秒10K16毕特代码。数据存入IBM1800机的磁鼓,供以后取出和归算。

在离天文台700公里的得克萨斯大学天文系,在1974年春天成立了一个计算服务小组,它的主要任务是为天文台观测人员提供最有效最少误差和适用于特定观测计划的程序系统,不断改进程序精度。同时,作为这个小组的第二位的任务,是要为大学生提供指导,协助天文学家 and 辅助人员参与计算方案、计算机系统组合和观测仪器的设计,并且及时把计算机科学和计算机工程方面的新概念应用到自己的设计中去。

目前这一小组有一名负责人和五名具有助理计算员水平的大学生。它编制了目前正在使用的一些标准程序,并正作进一步改进。

(vi) 利用太阳望远镜观测恒星

基特峰天文台的McMath太阳望远镜是世界最大的太阳望远镜,它的定日镜直径两米,成象镜直径1.5米,配备有大色散太阳摄谱仪,最近又制成一台高分辨真空红外富里叶转换光谱仪。该天文台现已利用这些设备在夜间作亮星光谱观测,主要研究晚型巨星(如 α Ori)的延伸大气结构和红外辐射。

(vii) 配备专业维修人员

美国各大天文台的望远镜和附属仪器,大部分都要接待外单位来访的天文学家使用,日程安排很紧,使用人员很多,而且多是初次使用的新手。在这种情况下,为了保证仪器设备长期处于正常的良好的工作状态,各天文台都配备有数量不多的电子、光学、计算机、机械等方面的工程技术人员和工人,长期住在台上,主要从事于设备的管理、维护、修理,同时

也做一些小型仪器配件的加工和改进工作。在McDonald天文台，这类人员不到二十人（包括司机、后勤在内），Palomar山天文台和Lick天文台的仪器维修人员各约十余人，它们和家属是山上的唯一常住人员，而天文工作者只到山上作短期停留（一般不超过十天），取得观测资料后即离去。

2. 现有望远镜的附属观测仪器

在考察过程中，我们看到了许多附属观测仪器，如经典的卡焦和折轴焦点摄谱仪、单通道和多通道光电光度计，各种类型的象管、象管接收器，普通光电光谱扫描仪，数字面积光度计，电子照相机等。由于考察时间的限制，日程安排紧，我们实际上并没有看到各个望远镜的全部附属仪器，看到的这一部分，大多数也来不及详细了解其技术特点。但从这次考察中，却可看出美国在附属观测仪器方面的几个发展动向。

(i) 工作重点逐渐移到卡塞格林焦点

二十世纪前五十年，大望远镜上的主要工作是在折轴焦点进行亮星的高色散光谱观测，这对解决恒星大气物理的一系列重大问题起了很大的作用。暗天体的观测，大多数在主焦点进行，因为主焦点光力强，有利于暗天体的直接照相，而暗天体的光谱观测，只能用小色散的小摄谱仪，这样的摄谱仪能很方便地安装在主焦点。由于这些原因，例如Palomar山的五米望远镜，在十多年前，全部工作都是在主焦点和折轴焦点完成的。近二十年来，卡塞格林焦点日益受到重视，在许多大望远镜上，它已成为最主要的工作系统。我们考察中见到的几台大望远镜，都体现了这一趋势。例如，McDonald天文台的2.7米望远镜，前一阶级为了进行与宇航局签订合同中规定必须保证的行星高色散光谱观测，主要力量用于发展折轴光谱仪，但考虑到卡焦的发展前景，在望远镜设计中一共设置了四个卡焦工作点，至少可同时安装四台卡焦观测仪器。目前已完成的一台数字面积光度计，对星关、星云、星团和BL Lac天体等进行了成功的多色测光；一年半以后将建成一台重达三吨的大卡焦摄谱仪，除用底片拍光谱外，还将用具有3000个单元的二极管阵作接收元件，可对22等星作色散50—400 Å/毫米的光谱扫描。基特峰天文台2.13米望远镜，根本没有设置主焦点，主要观测时间分配给卡焦作分光、测光和照相，而其大折轴摄谱仪目前基本上是利用辅助望远镜。1973年建成的基特峰天文台4米望远镜，折轴焦点目前仅一台用于红外波段的行程10厘米的富里叶转换光谱仪，并将再建一台行程1米的同类仪器，但无制造大色散摄谱仪的计划，而在卡焦，除直接照相机、光度计等较小仪器外，还有一台大型阶梯光栅摄谱仪，可用底片和各种象管接收器，是目前该望远镜最主要的观测仪器。Steward天文台2.3米望远镜自建成以来，折轴焦点从未使用，卡焦则拥有大小仪器五台以上。Palomar山天文台五米望远镜卡焦工作也日渐增多。Lick天文台3米望远镜卡焦摄谱仪上面的象管—析象扫描仪，目前已占该望远镜全部观测时间的一半以上。卡焦工作日渐重要的原因，我们认为主要有三点。首先，望远镜光学系统的设计和加工，近二十年来取得很大的进步。新制造的望远镜一般都采用焦比 $f/7$ 到 $f/9$ 的R-C系统，这种系统在不加改正镜时已具有足够大的良好视场，使在卡焦作单个暗星观测时能实现偏置导星。R-C系统加改正镜，视场可扩大到 1° 以上，如Hale天文台新建成装于南美智利的一台2.5米望远镜，其卡焦照相视场达 2° 。这就克服了抛物面系统视场小不适于大面积照相的缺点，使许多直接照相工作由主焦移向卡焦。其次，阶梯光栅制作技术的进步，使得原来只能在折轴焦点获得的高色散宽波段光谱，也能用较小的卡焦摄谱仪得到，而卡焦由于反射镜少，失光少，故通光效率较高。最后近二十年来，天体物理研究兴趣逐渐由恒星移向

河外星系、类星体等，这些天体都十分暗，分光观测一般只用低色散式中等色散，这用卡焦摄谱仪就足够了。

(ii) 照相底片在很大程度上被其他接收器所代替

我们在考察中感到印象颇深的一点，是照相底片中的使用虽然仍很普遍，但其他接收器特别是各种象管的重要性则大为提高，在许多望远镜上，照相底片显然已降居次要地位。McDonald 天文台 2.7 米望远镜，有着设备完善、性能优异的水平式折轴摄谱仪⁽¹⁾，用两个照相机，三块普通光栅和一块阶梯光栅互相组合，可得到 $16-1 \text{ \AA}/\text{毫米}$ 的色散度。但在目前，仅在该摄谱仪建成七年后的今天，用底片拍光谱的观测，一年只有一到两次，直径 1 米和 1.5 米左右两个照相机几乎闲置不用。过去几年大部分工作是一台用光电倍增管作接收元件的光谱扫描仪进行的。若用准直镜兼作成象镜，把阶梯光栅用于二次通过方式，色散度可提高到 $0.05 \text{ \AA}/\text{毫米}$ 。1975 年又制成了一台自扫描数字象管光谱扫描仪，它用自扫描硅光电二极管阵 (Self-Scanned Silicon Photodiode Array) 作为光电变象管的电子轰击靶，每个二极管相当于一个通道，其输出脉冲的电荷正比于它所接收到的电子数，也就是正比于象管阴极上的光强。这台扫描仪曾经承担了十几种观测项目。Palomar 山天文台的五米望远镜、Wilson 山天文台的 2.5 米望远镜，在折轴焦点都安装有其他观测仪器，如测视向速度的光电视向速度仪，测磁场的磁象仪，测谱线轮廓的法布里-珀罗干涉仪等，它们都把原折轴摄谱仪作为前置色散系统或前置单色仪而加以利用。在整个访美期间，虽然看到了六台折轴摄谱仪，但只有基特峰天文台 2.13 米望远镜的折轴摄谱仪在用底片拍恒星光谱。

照相底片是否过时的问题，美国天文界的看法并不一致。McDonald 天文台的天文学家，如 Smith 和 Tull 等，认为基本上过时，他们强调照相底片的量子效率低，对幅射的反应是非线性的，测量精度不高等缺点，因而大力发展光电倍增管、光电变象管、硅二极管阵和电子照相机等线性接收器的天文应用。基特峰天文台台长 Goldberg 基本上也持这种观点，故在 4 米望远镜折轴焦点仅使用了富里叶光谱仪而无建造大型经典摄谱仪的计划。但其他一些天文台的天文学家，如 Steward 天文台台长 Strittmatter、Wilson 山天文台的 Arp 和 Lick 天文台的 Wampler 等，虽则承认照相底片有上述缺点，但也重视其优点。他们认为，照相底片与其他接收器相比，分辨率较高，接收面积较大，背景比较均匀，信息量较大。这些优点在短期内看来还难以被其他接收器赶上。因此，在大面积照相、宽波段光谱记录等方面，照相底片仍然被广泛使用着。

(iii) 实现观测仪器的远距离控制

前面谈到，用小型计算机控制望远镜和获取数据，在美国各天文台已很普遍。由于望远镜的几乎每个工作点都配备有小型计算机，因而每一台新的附属观测仪器，如一架摄谱仪或一台光度计等，基本上都围绕着小型计算机而设计成既能自动控制、又能手动操作。计算机及外围设备，在美国已商品化，天文台的任务是要根据买来的计算机及外围设备的能力，结合观测仪器的操作要求，设计和制作适当的接口，将望远镜和附属仪器与计算机联结起来。在最理想的情况下，观测者只要在控制室内，用电传打字机将所需望远镜的位置、附属仪器各操作部件的状况的指令，输入计算机，由计算按程序自动控制。仪器的工作状态，则由控制室电子设备上的一系列指示来表示。磁带机一般有两个，一个用于储存程序，一个用于储存观测数据。示波器用于监视观测过程（如测光、光谱扫描的积分过程），X-Y 仪则可把处理结果以图表形式显示在屏幕上，使观测者能及时了解。图表仪则可把结果绘印在纸上，供观测后的进一步分析。为了能够监视观测对象在望远镜视场中的情况，可在望远镜上或附属

观测仪器上加装电视摄像管，观测对象及其附近星场可显示在控制室内的电视屏幕上。在美国用于导星目的的电视摄像管多系以硅二极管阵作增强靶的，可以显现出十分暗的星。

作为例子，我们简单介绍一下Lick天文台3米望远镜卡焦摄谱仪。这是一台普通平面光栅摄谱仪，装在经典卡焦的一个旋转接头上。整个摄谱仪重1500磅，连旋转接头共重3000磅，摄谱仪可绕光轴旋转。一块45°平面镜将光线射入旁边用于监视星场的电视摄像管。摄像管直径40毫米，可在视场内移动，显示暗星到22米。

计算机除控制望远镜外，还可完成摄谱仪的下列操作：整个仪器绕光轴的转动，狭缝宽度和高度的安置，各种滤光片的选择，准直镜调焦，光栅的更换和角度安置，比较光源的选择和激发，快门控制，根据工作波段选择所需照相机，根据观测者规定的积分时间及时取得数据并存入磁带。

上述各项操作，也可不用预计算机。这时观测者通过另一套电子控制系统，用开关选择控制项目，用按键输入所需数据，然后用执行按钮完成操作。

摄谱仪上还配备有必要的手动纵作机构，当电子控制系统失灵时，观测者可乘一简单观测梯去完成操作。

采用这套自动的或远距离控制系统和电视导星之后，不但大大减轻了观测者劳动强度，加快了观测过程，节约了望远镜时间，而且可以取消诸如主焦和卡焦的笨重观测梯等圆顶内辅助设备。

在六十年代，美国基特峰天文台曾报导过一台1.3米自动测光望远镜，它的全部操作，包括天窗启闭，圆顶运动，望远镜寻星导星，光度计光栏孔径和滤光片选择以及时间记录等，完全由计算机根据近六十哩外的Tucson市的工作者发来的指令，进行自动程序控制。观测完毕之后，计算机还会把望远镜恢复到非工作位置，并关掉天窗。在观测进行过程中若天气转阴或下雨，计算机也能自动把天窗关上，以免望远镜受损。这次访美时，我们参观了这台望远镜，它现在已不是全自动的，而是与别的望远镜一样，由两人当场操作。据称，当时把1.3米镜做成全自动的，是为了替人造卫星上的望远镜控制取得经验。现在这一任务已完成，而天文学家则感到，进行地面观测，完全无人操作似无必要，因为仪器设备难免在观测过程中发生故障，有人在，则修理可以及时。

(iv) 象管的应用

1950年，天文学家Hiltner首次向RCA公司提出为天文观测制作兼有光电倍增管定量测光能力和照相底片全景接收特性的象管。二十多年后的今天，象管在天文上的应用已十分普遍，几乎每一种观测项目都已用上了象管，而象管的种类已达数十种之多，它们所占望远镜观测时间的比例有很大增加。例如，基特峰的观测日记表明，1972年10日至12月，2.3米望远镜(steward天文台)使用象管的时间占该镜全部观测时间的26%，而在2.13米望远镜(国立天文台)上则占45%。又如，在McDonald天文台2.7米望远镜上，仅仅一台自扫描数字象管光谱仪在1975年11月至1976年7月的九个月内，占用该镜全部时间的25%，在8月至10月，则有57%的晴夜安排了使用该象管仪器的观测项目。

关于象管的类型和性能，已有专著和评论作了介绍^(2,3,4)。这里我们只把本次考察中看到的三种不同类型的象管仪器，作一简单描述。

(1) 使用固体硅二极管阵的仪器

固体硅光电二极管，因其高量子效率和对可见光及红外光的线性反应，已在天文观测中开始成为光电倍增管的重要竞争者。近年来，由于大规模集成电路工艺的改进，已制成了带