

中国南极昆仑站天文台

柳 磊 吴雪峰

(中国科学院紫金山天文台 210008)

南极，位于地球最南端，也叫“第七大陆”，是人类最后到达的大陆。这里无定居居民，仅有一些来自于其他大陆国家的科学考察人员。根据 1961 年 6 月通过的《国际南极条约》规定，南极不属于任何一个国家，它属于全人类，只用于和平目的。早在新中国成立之初，以竺可桢为代表的一批著名科学家就呼吁，中国应当开展极地科学考察，中华人民共和国于 1983 年正式加入《国际南极条约》，并从此开始了中国南极科学考察之旅。

南极是地球上至今未被开发，未被污染的洁净大陆，那里蕴藏着无数的科学信息，吸引着全世界的科学家前去探寻其中的奥秘。从 20 世纪初开始，先后有 30 个国家在南极大陆建立了南极科学考察站。图 1 所示为南极现有科考站分布图。其中比较著名的有位于罗斯岛南部底处的美国麦克默多站 (McMurdo Station)，位于南极点的美国阿蒙森-斯科特南极站 (Amundsen-Scott South Pole Station)，位于南磁极附近的俄罗斯沃斯托克站 (Vostok Station，又称东方站)，以及位于冰穹 C (Dome C) 地区的法国与意大利联合开设的康宏站 (Concordia Station)。中国先后在南极大陆建立了四个科学考察站：长城站、中山站、昆仑站和泰山站。科考站分为夏季站和常年站。顾名思义，夏季站是只有当南极洲夏天才有科考队员前往考察的站点，中国的昆仑站和泰山站就是夏季站。各国科研人员在南极洲围绕大陆冰川学、地震学、海洋冰川学、地质学、生态学、海洋与陆地生物学、大气科学、测绘、天文学等多学科开展科学研究工作。中国极地(包括南极和北极)相关事务由国家海洋局承担。海洋局直属公益性事业单位——国家海洋局极地考察办公室是从事极地考察工作的职能部门，负责对极地考察工作进行组织、协调和管理。成立于 1989 年的中国极地研究中心则是我国唯一专门从事极地考察的科学研

究和保障业务中心。

天文学是一门实测科学，通过对天体的观测来收集天体的各种信息，探索它们的运动规律，研究它们的物理、化学性质，结构与演化规律等，使人类更深入地认识宇宙过去、现在和未来。

自从伽利略发明望远镜以来，天文学家们就开始利用各种各样的望远镜观测宇宙深处的天体，包括光学望远镜、射电望远镜、红外望远镜以及其他波段的各式探测器。现在我们已经可以获得整个电磁波段的天体信息，其中 X 射线和 γ 射线以及远紫外波段只能从空间获得，红外和亚毫米波段则在地面可在特定波段取得资料，而光学和射电波段则可以在地面观测中取得全波段资料。但是在地面，天气、环境等因素严重干扰了光学、红外和亚毫米的天文观测。当然，所有波段的天文观测都可以在空间进行，它基本上可避免这些干扰。但空间观测的代价往往是地面的数十倍甚至更多，而且空间望远镜的“寿命”短，维护或更换器件难，更何况载荷的空间和功耗限制，对于大设备至少现在还难于“上天”。所以天文学家仍在努力寻求地面上的优秀台址。

不同波段的天文观测有不同的影响因素。例如对亚毫米和红外波段观测影响最大的是水汽含量和天空背景，因为它们对这一波段有严重的吸收；另外是大气的红外和亚毫米波的背景辐射。对光学波段产生影响的主要是大气的宁静度，即用视宁度(用于描述天文观测的目标受大气湍流影响而看起来变得模糊和闪烁程度的物理量)来衡量决定通过光学系统后点源扩展的程度。视宁度的好坏不仅影响成像分辨，同时也影响探测的深度。欧洲南方天文台(ESO)在智利选台址就是因为那里有好的视宁度。当然，更基本的要求是晴天日数多，以及没有大风以便放置大型设备。世界上公认的三个最佳天文台台址分别是夏威夷莫

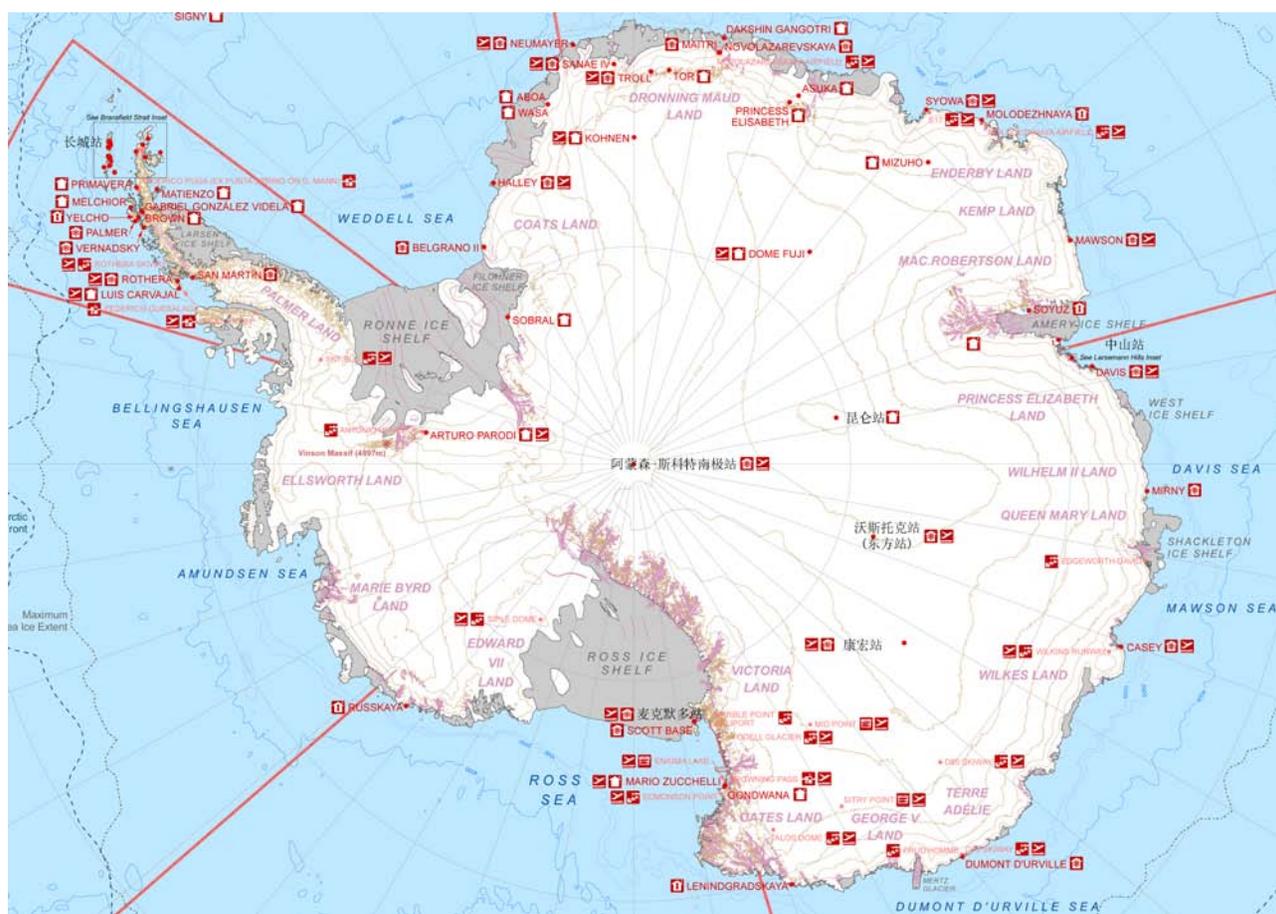


图1 南极科考站分布图

纳克亚山山顶，海拔 4206 米；智利安第斯山，海拔 2500 米山地；以及大西洋加那利群岛，2426 米高的山顶。世界上很多重要的望远镜都建在这些台址上。

20 世纪 90 年代，在南极上空由气球搭载的宇宙微波背景辐射的毫米波探测器发现了宇宙零曲率，这个由美国宇航局（NASA）、美国国家自然科学基金会（NSF）等几个国际机构组成的合作项目，证实了宇宙结构是平坦的，是射电天文学在宇宙学领域发展的伟大里程碑，标志着南极天文观测时代的真正到来。亚毫米波天文亦在南极迎来了成功。南极望远镜期望发布具有红移分布的星系际热气体的大面积巡天观测结果。此研究希望探索暗能量的属性，它是普遍接受的平坦宇宙的关键因素。南极的光学和红外天文还处于幼年期，但有理由相信潜在的重大发现会在这些波段。

2004 年澳大利亚新南威尔士大学的劳伦斯（J. Lawrence）教授等在 *Nature* 上发表文章，声称在南极

冰穹 C 有比上述三大台址更好的视宁度，而且其他条件，如水汽含量、红外背景、晴夜数都非常好。它吸引了全球天文学家的注意。随后召开了一系列的国际会议讨论在冰穹 C 放置什么样的天文仪器。无独有偶，另一新闻吸引了全球天文学家的注意，这就是我国南极勇士们在 2004 ~ 2005 中国第 21 次南极科学考察时到达了南极冰盖最高点冰穹 A（Dome A）。天文学家从冰穹 A 的高度和地形的相似性比较，普遍认为它将比冰穹 C 在各个观测条件来说会更好：冰穹 A 海拔是 4093 米，而冰穹 C 只有约 3233 米；冰穹 A 地理纬度是 $80^{\circ}22'S$ ，而冰穹 C 是 $75^{\circ}06'S$ ，前者有更长的连续黑夜。

最近的研究清楚地表明南极冰盖高原独特的大气特征对光学、红外和亚毫米波的天文观测提供了理想的环境，特别是对大口径望远镜、阵、干涉仪，这已促使国际各南极研究大国相继出台和实施南极天文望远镜建设计划，美国、欧洲、俄罗斯、日本等西方主

要国家都在南极内陆地区物色了自己的基地，设置了各自的天文观测设备。20世纪90年代，美国在南极建设了小型亚毫米波望远镜ASTRO，进行了亚毫米波谱线观测。2000年以后，美国又建设了10米短毫米波望远镜SPT、BICEP等一批南极天文设备，利用南极地区极低的天空背景，专门探测宇宙微波背景辐射。欧洲在冰穹C建立了永久观测基地，开展了系统的选址观测，在*Nature*上发表重要的台址测量结果。在此基础上，欧洲各国制订了《A Vision for European Astronomy and Astrophysics at the Antarctic station Concordia, Dome C in the next decade 2010 ~ 2020》中长期规划，瞄准大视场光学红外天文、亚毫米波天文、时域天文、微波背景辐射以及太阳物理等方向，具体计划研制2.5米光学红外望远镜和25米亚毫米波望远镜。意大利、西班牙、法国已联合开始研制一架0.8米口径的南极红外望远镜IRAIT(International Robotic Antarctic Infrared Telescope)。法国和意大利联合设计KEOPS光学合成孔径阵成像计划。西班牙、苏格兰、美国合作提出冰穹C天文观测计划PASS(Permanent All Sky Survey)。澳大利亚提出PILOT光学红外望远镜计划。日本在冰穹F(Dome F)已经计划开展系统地天文选址，并规划了2米级红外望远镜。总体上，南极内陆已经成为21世纪地面天文竞争的焦点。

我国极地科考队于2005年在人类历史上首次到达冰穹A。随着南极科学考察的开展，我国同时组织了南极内陆冰穹A的天文选址工作。初步结果显示，南极的大气湍流边界层只有15~20米高。在此高度之上，大气湍流大大降低，其光学视宁度平均小于0.3角秒。与其他优良台址相比，有两倍多的改进。我们的观测也显示南极具有超过90%的可观测时间。大气中的水汽含量极低，使得大气在太赫兹波段有许多透明窗口，为太赫兹观测提供了独特的条件。200微米附近的窗口将成为冰穹A的独特窗口。太赫兹天文学是中国天文乃至世界天文学的一个“机会窗口”，在350~2000微米这个窗口是独特的THz观测波段，这是国际上其他望远镜，包括JCMT、APEX、ASTE、CCAT、ALMA等所不能达到的。这一波段尤其适合研究暗能量、大尺度结构、第一代恒星形成、星系形

成和演化、恒星和行星系统的形成和早期演化、地外行星系统大气的物理化学特性及宇宙生命起源等现代天文学中最重要的前沿科学问题。而新波段带来的意外发现则更是无法预料的。这些新窗口的意外发现永远是对天文学的强力吸引。另外，由于冰穹A冬季的温度在零下60℃以下，使得热红外背景辐射移向4微米以外，这为热红外天文观测提供了必要的条件。这些进展直接导致了国内天文界一致推荐南极昆仑站天文台建设作为未来天文发展的战略重点。同时，冰穹A的选址结果已经得到国际天文界的极大关注。近几年欧、美、澳的天文学家纷纷要求我国天文学家组织对冰穹A天文观测条件的考察研究(南极考察有一不成文的规定，不允许任何国家占有南极土地。但谁先到达该地，该地的进一步研究由他牵头)。随着中国南极昆仑站(图2)的建立，在冰穹A发展天文观测已经成为现实。这对世界天文学的未来发展有着重要的意义，也对中国天文学达到世界最前沿水平提供了一个难得的机会。



图2 中国南极昆仑站

中国第24次南极科考内陆冰盖考察队于2008年1月12日再次到达冰穹A，而且这是中国天文学家第一次步入南极并到达内陆最高点。天文台址综合考察活动纳入了“国际极地年”中国行动核心计划——熊猫计划，是由中国科学院南极天文中心领导(挂靠中国科学院紫金山天文台)，中国、澳大利亚和美国天文学家共同参与的国际合作项目。其首要任务是建立南极高原天文自动观测站。它由发动机、主控计算机、卫星通信、太阳能板、自动气象站，以及观测大气视宁度、天空背景、极光等一系列设备组成，其主要目

的是系统测定天文选址参数，为不久的将来人类在南极内陆开展天文观测活动提供详尽的科学依据。我国天文学家在内陆队员的鼎力协助下，成功完成了在南极冰穹 A 安装和调试智能化天文自动观测站 (PLATO) 的任务 (图 3)，并实现了远程控制和数据通信传输。一个引人注目的亮点是，该站安装了南极内陆第一套光学天文观测设备——中国之星 (CSTAR)，它是由中科院南京天文光学技术研究所、紫金山天文台和国家天文台联合研制的小型光学望远镜阵，可以监测南极天顶 20 多平方度内的所有天体。图 4 为 CSTAR 以及两位安装者，国家天文台周旭研究员 (左) 与紫金山天文台朱镇熹研究员 (右)。

中国南极昆仑站天文台，将利用其独特的自然环境建成 2.5 米的昆仑暗宇宙巡天望远镜 (KDUST) 以及南极 5 米太赫兹望远镜 (DATE5)。KDUST 兼具大视场光学红外巡天功能和高空间分辨本领，这些功能都是其他地面天文台址不可能达到的。KDUST 具有明确的科学目标：宇宙学参数的观测测量及太阳系外行星的深入研究。其设计制造和观测模式都将基于这两个重大科学目标。它与国际上在研的下一代重大设备如 LSST、WFIRST、EUCLID 具有一定的竞争和互补性。DATE5 将主要用于宇宙大尺度结构的研究，同时也包括宇宙第一代恒星的观测，宇宙恒星形成史、近邻星系物质循环历史、天体化学的研究，系外行星和其大气化学组成研究，以及宇宙生命的搜寻。由于 DATE5 工作波段极其独特和重要，以上这些研究将是全球独一无二的。

鉴于在南极建设大中型望远镜是一项人类历史上前所未有的创举，具有巨大的技术挑战及与之相应的一些风险，中国科学院南极天文中心于 2006 年提出了建造三个 50 厘米的南极巡天望远镜 (AST3) 计划，并将其定位成 KDUST 的探路者项目。第一台南极巡天望远镜已于 2012 年在冰穹 A 成功安装，并计划于 2014 到 2015 年分两次安装其余两台 50 厘米的南极巡天望远镜。第二台 AST3 望远镜已经建造完成，目前正在进行严格的测试。第三台 AST3 望远镜目前正处在设计阶段。AST3 的主要科学目标为超新星巡天观测和系外行星凌星巡天。图 5 为第一台 AST3 望远镜以及 4 位安装者。图 6 为截至 2014 年南极昆仑站科



图 3 PLATO 吊装现场



图 4 CSTAR 以及两位安装者，国家天文台周旭研究员 (左) 与紫金山天文台朱镇熹研究员 (右)



图5 第一台AST3望远镜以及4位安装者，左起：胡义（国家天文台）、杜福嘉、张毅、李正阳（南京天文与光学技术研究所）

考设备全景图。

南极冰穹A在地球上具有独一无二的天文观测优势，是中国天文事业发展的机遇。但另一方面，我们也遇到了很多难以想象的困难与挑战。高海拔、极低温对设备提出了极高的要求。尽管我们在设计制造上充分考虑了这些因素，并对设备进行了严格的测试，但有些设备在南极实际运行过程中出现了各种意想不到的故障。这些失败的经验为我们提供了很多参考与借鉴。我们有信心有能力完成后面的大科学工程的建设！

2012年8月21日，在北京国际天文学联合会第28届大会开幕式上，习近平同志在致辞中讲到：“中

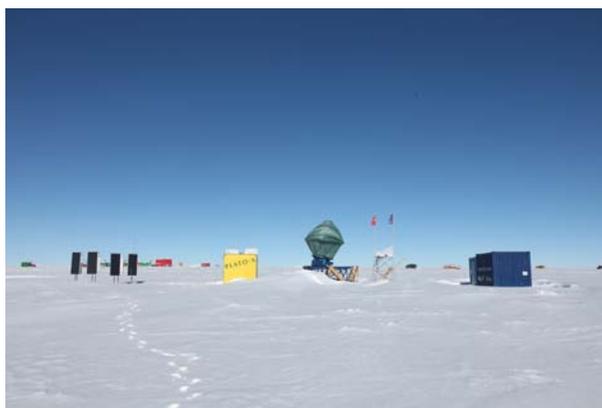


图6 南极昆仑站科考设备全景图（截至2014年）

华人民共和国成立以来、特别是改革开放以来，中国科学院建成了完整的现代化天文台站运行体系，继建成世界上光谱获取率最高的大视场光谱巡天望远镜之后，目前正在建设五百米口径射电望远镜，并在空间天文和南极天文等重要前沿研究领域取得重要进展。”

将目光移向“十二五”之后，我们预期中国南极昆仑站天文台的建设进一步朝着更加宏伟的科学目标迈进。我们正在探讨南极大视场6~8米光学红外望远镜，以及15米太赫兹望远镜的可行性及其科研能力。中国南极天文事业已经登上世界天文学研究的舞台，它将从此占据天文学研究的一个引人瞩目的位置。

科苑快讯

纹身电池将为智能手机充电

下次锻炼时，在上臂贴上嵌入传感器的纹身纸，它会告诉你怎样做才最益于身体，有朝一日还能为你的智能手机充电。科学家开发出一种纹身电池，能够将汗水中的乳酸盐转化为电力，研究者在美国化学会的会议上做了报告。

剧烈的体育运动会激活人体一种称为糖酵解的过程，分解血糖产生能量，同时在血液和汗水中生成乳酸盐。通过监测乳酸盐水平可以评估职业运动员的培训方案，医生也将患者异常的高乳酸盐水平作为心肺疾病的体征之一。直到现在，训练过程中检测乳酸盐水平都需要在不同阶段多次抽血化验，这种侵入性检查非常繁琐不便。因此，研究者制成内部装有酶的柔

韧传感器，酶剥去乳酸盐的一个电子产生微弱电流。

根据德国《应用化学》（*Angewandte Chemie*）杂志



上发表的论文，该生物电池将传感器（阳极）压印在纹身纸（阴极）上。纹身电池产生的电流过于微弱，只能给手表提供电力。但研究者希望通过改进设计，使其能够为小型电子设备充电。

（高凌云编译自2014年8月13日 www.sciencemag.org）