



三十米巨眼 窥宇宙

□ 文 何锐思(Richard de Grijs) / 翻译 程思淼



何锐思
(Richard de Grijs)

北京大学科维理天文与天体物理研究所 (KIAA) 教授，国际天文学联合会天文发展办公室东亚分站负责人。

TMT俯视图效果图 (图片来自: <http://www.tmt.org>)

天文学正处在一个黄金时期。在过去的半个世纪里，天文学家借助口径不断扩大、设计愈发精密的新一代望远镜和其他设备，做出了许多重大发现：类星体、黑洞、引力透镜弧、系外行星、伽玛射线暴、宇宙微波背景、暗物质和暗能量都位列其中。近二十年来，随着天文观测卫星和8~10米口径陆基望远镜的投入使用，我们对宇宙的认识又有了一幅新的图景：这是一个由我们还不甚了解的暗物质和神秘的真空能（即“暗能量”，其特征是能量密度不变）所主导的宇宙。随着认识的进步，全新的、也更加基础性的问题摆在了科学家面前。

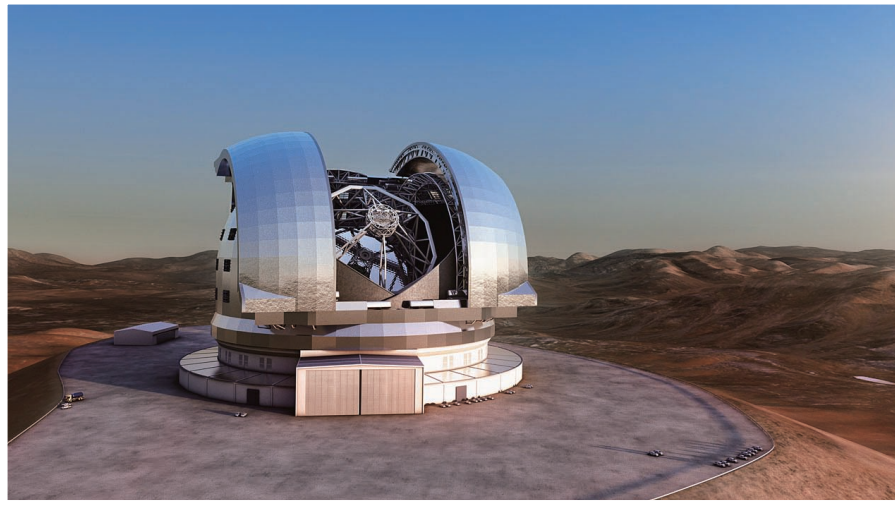
在上—代望远镜仍继续探索宇宙、挑战我们对宇宙原有理解的同时，关于新一代望远镜的计划也正在酝酿当中。如果不成倍地增加望远镜的口径，那么这些新出现的基础性难题就无法得到解决。好在，技术的发展正允许望远镜的规模进行一次质的飞跃；现在，30~50米口径的望远镜已在工程建设能力之内，而借助这些新生代望远镜，天文学家将有能力应对下一代科学问题。这些望远镜口径巨大，能够收集到遥远的天体在130亿年前发出的光。也就是说，通过它们，天文学家将能够—窥大爆炸之后仅4亿年、第一批恒星和星系形成时的宇宙图景。

目前，能够应对上述新问题、正在筹建的下一代“极大望远镜”国际项目共有三个：欧洲南方天文台（ESO）牵头的旗舰级项目39米“欧洲特大望远镜”（European Extremely Large Telescope，E-ELT），台址设在智利；与之抗衡的，是由美国提出的“巨麦哲伦望远镜”（Giant Magellan Telescope，GMT）；第三个，也是中国天文学家最为关心的，是“三十米望远镜”（Thirty Meter Telescope，TMT）项目，中国是该项目的主要成员之一。按照计划，TMT望远镜将建在夏威夷岛链的最高峰莫纳克亚（Mauna Kea）山顶附近。莫纳克亚是一座休眠火山，山顶海拔4205米，高踞于云端之上，每年可观测晴夜多达300天，是著名的天文观测“圣地”。我在天文职业生涯中，曾有幸几次到莫纳克亚山顶的天文台访问。那里的景色就像在火星上—样；虽然地处热带，但有时也可以见到地面被冰雪覆盖，真恍如置身世外之境！夏威夷群岛位于太平洋中，与世隔绝，岛上只有几个城市，对天文观测不利的空气污染和光污染都非常少。

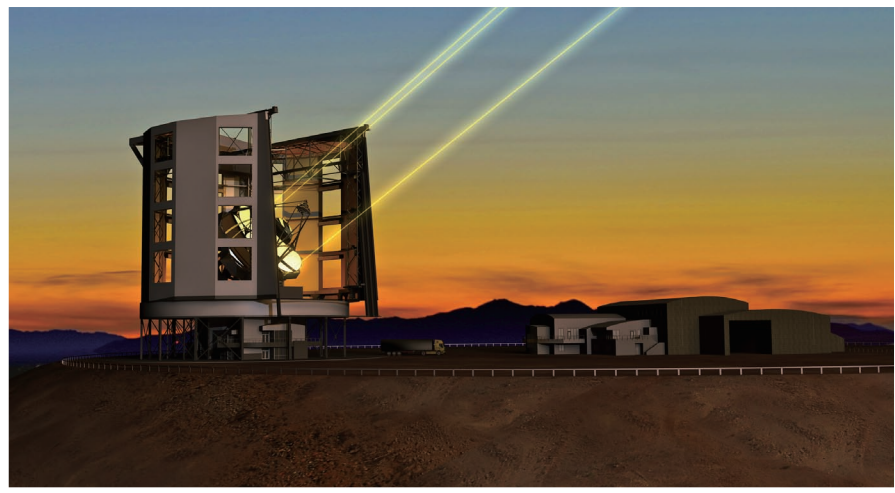
现在，TMT项目的进展令人兴奋，望远镜已进入实体建造的阶段。TMT项目团队已宣布，在夏威夷岛（当地人和圈内人俗称的“大岛”）的建设工作即将开始，望远镜的各部分则早已通过国际合作在全球各地建造。中国于2009年以观察员的身份加入TMT项目，2013年正式签订国际合作协议。莫纳克亚山顶附近的工程将于今年下半年开始。

“从设想到动工，TMT走过的路程令人惊异。”TMT董事会主席、美国加州大学圣芭芭拉分校校长杨祖佑（Henry Yang）说。

“与中国国家天文台合作，是TMT项目迈出的令人激动的一步，对此我们感到非常高兴。我们感谢中国对这个重要的国际项目的垂青，并且期待今后与中国天文界在TMT项目上的进一步合作。”



E-ELT效果图（图片来源：<http://www.eso.org>）



GMT效果图（图片来自：<http://www.gmto.org>）



TMT台址周围的环境（图片来自：<http://www.tmt.org>）

TMT是10多年前由加拿大大学天文研究联盟、美国加州理工学院、美国加州大学联合提出的国际合作项目。目前，TMT国际天文台（TIO）的主要会员单位包括加州理工学院、中国科学院国家天文台（NAOC）、日本国家自然科学研究所和美国加州大学。印度目前已是合作项目联系会员国，并有望在今年下半年成为正式会员。加拿大也酝酿于2015年成为正式合作会员。

“多年来，TMT团队致力于这架前所未有的望远镜的设计工作，同时，我们也与当地社区合作，我们在工作中尽量不冒犯当地人眼中的圣山。” TMT项目经理盖里·桑德斯（Gary Sanders）说。“现在，能够在这样一个特殊的地方建设我们的下一代望远镜，是十分荣幸和幸运的。”

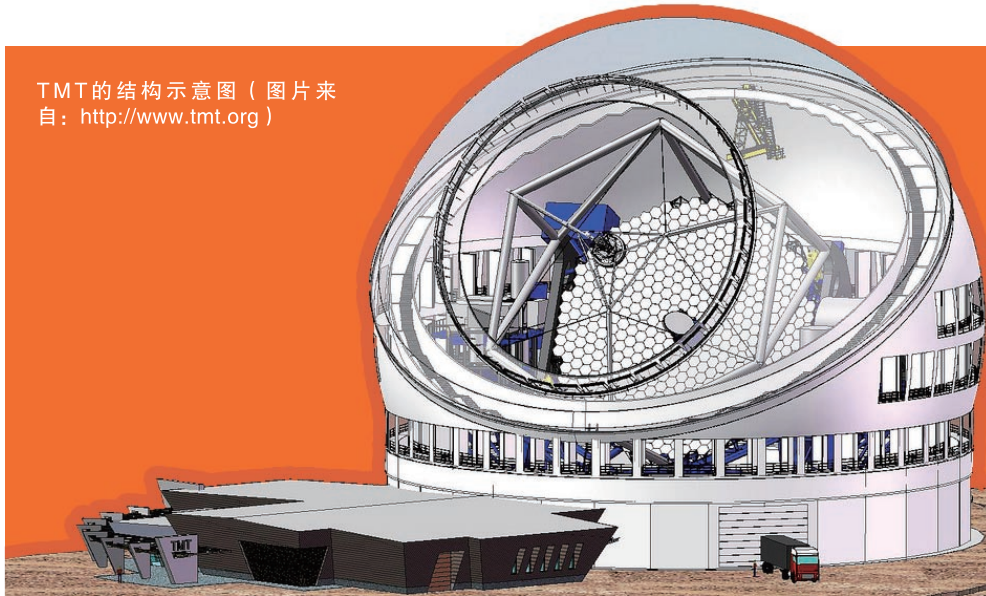
不过，将TMT台址设在莫纳克亚山顶附近的决定，还是引起了一些夏威夷原住民和环境组织的反对。夏威夷原住民的传统认为，高山是通向天堂的神圣大门。（目前山上已发现一处确定的原住民墓葬，另有四个疑似的痕迹。）过去，只有部落酋长和祭司才能够登上莫纳克亚山顶。而环境保护人士则认为，建造望远镜将伤害到山上的濒危物种。

“这就是他们想要留下的遗产吗？他们不停地在我们的山上建造。” 克亚罗阿·皮斯基俄塔（Kealoha Pisciotta）在2009年说道。她是一个维护莫纳克亚原住民传统的组织的领导者。

不过，无须在山上进行的建造工作其实已经提前开始，并且一直在开足马力进行着。

“中国承担了能够360度转向的TMT第三镜，即科学转向镜系统的设计工作，以及激光导星系统和其他一些高科技部件的研发。……我们相信，加入TMT将为中国天文界做出重大发现、进行科学前沿研究和发展先进技术提供不可或缺的机会。” 中国科学院国家天文台台长严俊说。

TMT的结构示意图（图片来自：<http://www.tmt.org>）



“日本已经完成了超过60块镜片，它们均由零膨胀系数的特殊玻璃制成，其形状不会随着温度改变。这些镜片经过高精度抛光后，将拼接成为三十米望远镜的主镜。整个望远镜的结构正在一点点成形。” TMT国际天文台董事会副主席、TMT日本负责人、日本国立天文台天文学家家正则（Iye Masanori）说。

TMT即将在台址处开工建造的消息令全世界天文学家振奋。前期的工作成果将在莫纳克亚山上会合。TMT已经开始对构成主镜的1.4米子镜进行全面

抛光；望远镜的很多核心部件也已造出了样品，包括“自适应光学”技术（用于修正地球大气抖动的影响）和492块拼接子镜的支撑与控制元件。

“在台址开工意味着TMT的计划正在变成现实，这对天文学家来说是十分振奋的。”美国印第安纳大学天文学家、TMT项目观察员凯瑟琳·皮拉科夫斯基（Catherine Pilachowski）说。“TMT将要进行的科学工作令人叹为观止，它将带领所有天文学家进入对于崭新疆域的探索。”

TMT效果图（图片来自：<http://www.tmt.org>）





智利山顶的E-ELT台址处进行爆破时的场景（图片来源：<http://www.eso.org>）

项目将极大地提高正在发展中的中国天文界的国际竞争力。我将以我自己在北京大学的课题组为例。

在宇宙中，恒星，尤其是大质量的恒星，很少单独存在。事实上，人们发现，比较活跃的恒星形成过程大多会产生星团。因此，星团就相当于母星系中发生过那些超过平均水平的活跃恒星形成事件的“历史记录”。

为了研究更远的星团中恒星的年龄结构，天文学家需要尽可能地消除地球（对流层中）大气抖动对观测的影响，用专业的术语说，就是希望观测的分辨率能够达到“衍射极限”。为了达到这个目的，天才的望远镜工程师们研发了“自适应光学”的技术。

简单地说，其原理就是，先利用激光在（比对流层高得多的）电离层中“造”出一个仿真的“导星”，然后通过观测这颗激光导星被对流层大气扭曲后的样子，由计算机推算出大气对星光的影响，然后通过镜片的支撑系统向镜片背面施加压力，使镜面的形状发生特定的改变，以抵消此时大气的影响。由于空气的流动瞬息万变，这一抵消其影响的动作需要以每秒数十次的频率不断进行，对计算机和工程的要求极高。现在，陆基大望远镜的观测能力都极大地依赖于其自适应光学系统的有效性。对遥远星团的研究将是未来30米级望远镜能够大展身手的地方，因为哈勃望远镜及其太空继承者的口径都要小得多，完全不是对手。

我们有TMT是幸运的。它将把我们的目光延伸到最活跃的、被尘埃包裹的恒星形成区的核心。它将能够帮助我们解决恒星形成过程中的关键问题（诸如“恒星形成的进程是如何触发的”），以及新形成的恒星与其周围环境相互作用的关键所在。除此之外，我们还可以研究，那些年轻的星团样恒星形成区是如何演化变成更成熟的动力学平衡系统的。

与现在的10米级望远镜相比，30米级望远镜的集光面积要大得多，其分辨密集星团中恒星或星系团中星系的能力将得到大幅提高（可观测距离至少比现在最好的水平提高5倍）。并且，我们还

TMT有望在2020年之前建成，成为第一架下一代巨型陆基光学望远镜。这架革命性的望远镜整合了目前精密控制、拼接镜面设计、自适应光学等领域的最新成果。继上一代巨镜——10米的凯克（Keck）双子镜之后，拼接主镜面又一次成为TMT的核心技术，不过这次的口径高达30米，相当于一架波音737客机的翼展。这将使TMT的集光面积提高到目前最大光学望远镜的9倍，角分辨率提高到目前的3倍。

不过，TMT项目面临的竞争十分激烈，它究竟能否成为第一架建成的新一代望远镜，我们拭目以待。2014年6月19日，随着智利阿塔卡马沙漠上一声巨响，一座山坡被夷为平地；欧洲南方天文台的E-ELT望远镜正式开工。阿塔卡马沙漠气候干燥而寒冷，远离城市，光污染极少，也是进行天文研究的理想台址之一。而E-ELT的科学目标也与TMT大同小异：为天文学家提供宇宙起源的新视野，以及寻找银河系中潜在的类地宜居行星。

E-ELT的建设估计需要10年左右，望远镜将在建成两年后开始服役。施工的第一阶段估计需要14亿美元，施工内容首先是要挖掉5000立方米的岩石，将阿玛佐尼山（Mt. Armazones）的山顶夷平，以支持望远镜的地基。

不过，不同国家联盟间为“最大”望远镜的头衔进行的“竞争”，其实不过是虚张声势，只是为了让行政部门尽快批准几台巨型望远镜的计划，以对整个天空进行观测。夏威夷大学天文研究所所长鲁尔夫·库德里茨基（Rolf Kudritzki）表示，TMT台址位于北半球，这与计划设在南半球智利的GMT和E-ELT望远镜观测的天区正好能够形成互补。

借助口径30~40米的望远镜，天文学家对宇宙及天体的起源与演化的研究将能够前进一大步。在我转职来到北京大学科维理天文与天体物理研究所之前，我曾作为欧洲“邻近星系”科研团队的一员，深入参与了E-ELT望远镜的前期研究工作。因此，就个人来说，如今能够作为中国研究机构的一员加入TMT项目，而且在TMT确定的研究领域中，有两个我都能有所贡献，这是非常令人兴奋的。——现在，我真的有机会去帮助国际天文界确定未来研究的目标了！

这些极大望远镜的“杀手锏”无疑是其直接对银河系中的系外行星进行直接成像的能力。不过接下来我要讲的，是就我个人观点看，为什么说加入TMT

现在，“我们还没有在太阳系附近的某处找到有类地行星存在的证据，”欧洲南方天文台在智利的负责人费尔南多·科莫隆（Fernando Comerón）说。
“但这并不是因为它们不存在，而只是因为我们还没有足够强大的工具探测到它们。有了E-ELT，我们就能做到了。”

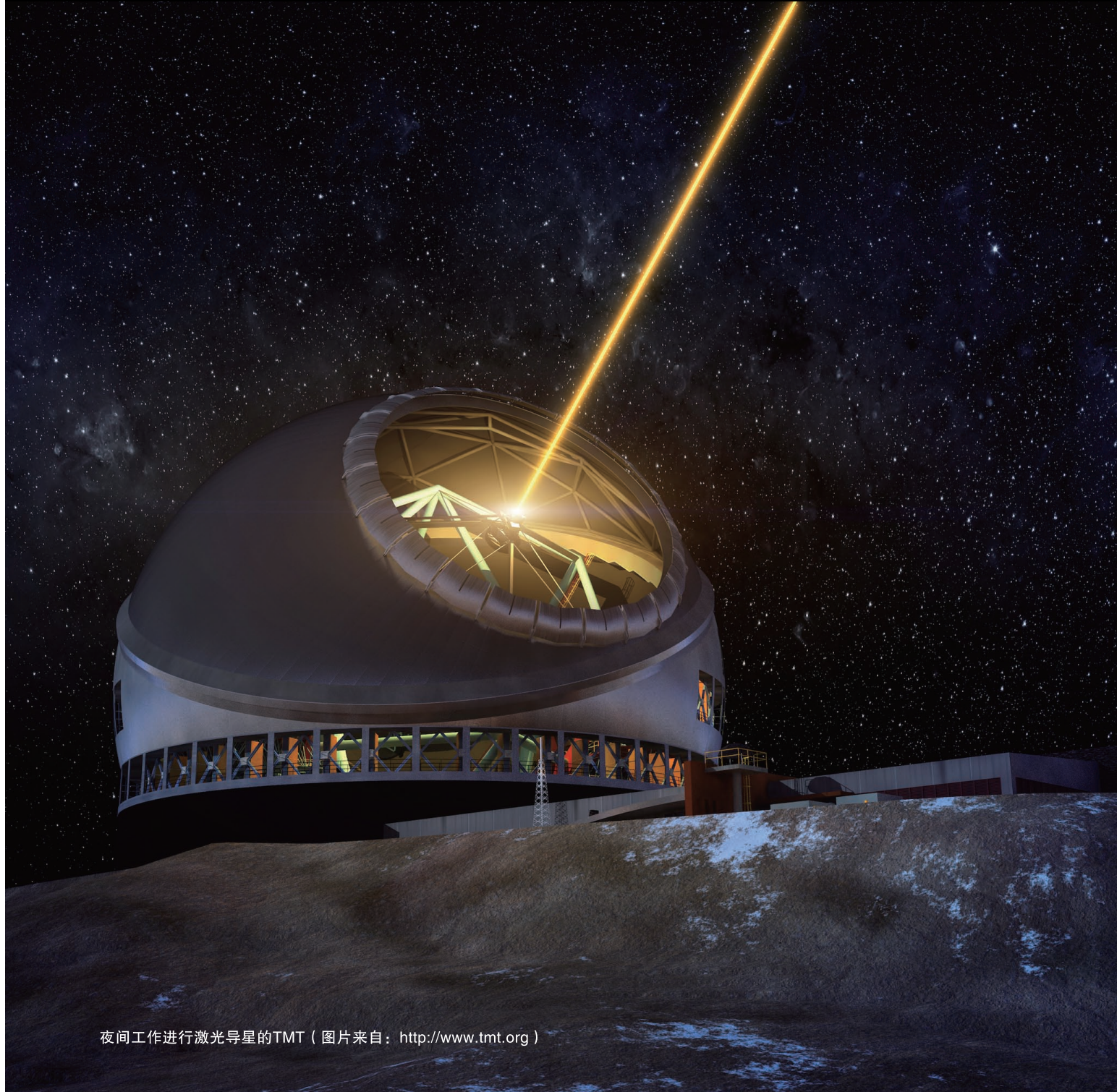
可以在宇宙整体演化能够起作用的遥远距离上，研究一个个星团系统（如银河系或仙女座星系中年老的球状星团）的行为。

在这里故事回到了开头，前后圆满地衔接起来：我们之前说过，TMT的主要科学目标，就是探测宇宙早期的整体演化。凭借望远镜巨大的口径，TMT能够在天文学的各个领域进行宇宙学尺度的研究（即对无论在距离还是时间尺度上

都可与整个宇宙相比的天体的研究）。以前，我从未把自己看作是一个宇宙学家，现在有了TMT，情况要发生变化了！不同年龄的星团系统提供了其母星系形成和演化的线索，TMT可以直接对那些在宇宙学距离上的遥远星团进行成像观测，也就是直接窥视宇宙在其生命极早期的图景。这是前所未有的事，也是人类科学的一次重大进步。

回到我自己在北京大学项目组的研究。我激动地发现，我个人基于TMT的观测结果将能做出的研究，正好可以补充和扩展目前已有的成果。这有可能帮助我们解决星团形成及其长时段演化领域中的一系列关键的开放性问题。拿到这些漂亮的观测数据，也就是十年之内的事；读者可以想象，对此我是多么期待！■

（责任编辑 冯翀）



夜间工作进行激光导星的TMT（图片来自：<http://www.tmt.org>）