**会议主题：WLA天文分论坛—科学引领天文变革—望穿星海，探秘宇宙**

**会议时间：2023年11月7日 14：00-18：35**

**会议地点：临港中心（顶科会堂）**

**（速记稿）**

**（下午）**

**（主持人：罗伯特·威廉姆斯）**

主持人：下午好。我的名字是Bob Williams,来自STSc|和加州大学圣克鲁兹分校，我被邀请主持今天下午的天文学论坛，主题是“探索银河系的演化和寻找宇宙中的生命”。对这个话题的兴趣并不新鲜，因为它继续引起科学家和公众的兴趣。

最近我们的生物学研究产生了新的成果，人类的进化与植物的遗传密码相关联。另外一项研究从统计分析当中证明，动物的遗传密码以这样的方式进行，也就是说当任何的GATC核苷酸碱基的基因复制出现错误时，极为组中产生的变化对于细胞造成的变化小于，如果存在随机进化的核苷酸碱基时所预期的变化，换句话说，邮政局表明，自然选择在决定人类基因组当前结构方面起了作用，也许这两个发现都不是一个真正的惊喜，事实上，生物学的进步，发现与天文学的进一步一样意义重大，极大的提高了我们探测和描述系外行星的能力。

与我们现在获得的关于系外行星的性质、它们的宿主恒星.它们的大气层以及它们如何形成和演化的数据相比，“外面有生命吗?”这个古老的问题现在吸引的哲学关注比以前少了。今天下午我们将听到一系列的讲座，这些讲座涉及到与系外行星和生命有关的许多方面。

首先有请加州大学圣克鲁兹分校林潮，他会在线上演讲，演讲题目：星系中心超大质量黑洞周围的流浪行星的研究展望。

林潮：非常感谢Bob。

非常荣幸参加今天的天文论坛，我今天会跟大家聊一些预测性的内容，我希望可以跟大家分享一些我非常感兴趣的内容，也就是说，宇宙大的结构层面的内容，以及在这样的主题之下我们该如何更好的寻找系外生命这个话题，我的话题是：星系中心超大质量黑洞周围的流浪行星的研究展望。

我们现在天文学的基石，其实是在1970年的时候建立的，我们当时在非常多的系外行星当中有看到过这种生物出现的可能性，包括有一些化学物质的采集，我们也看到有很多理论因此建立了起来，他们所探寻的是这些行星目标地，他们的能量驱动因素以及在我们的星系当中有哪些物质可以更好的搭建出所有生命所需要的能量。

我们还看到了一些超大质量的黑洞，这些超大质量的黑洞有吸引的能力，一旦吸引当中，包括光也逃不出黑洞的魔掌。同时我们也看到，我们的黑洞里面也能够产生非常巨大的热能在产生吸及作用的时候，我们看到非常难从单纯的宇宙结构当中进行大质量黑洞的分析，我们可以从光谱当中获得一些线索，这其实不是从我们本星系当中能够看到的线索。

可以看到，在非常中心的区域，我们有一个超大质量的黑洞，周围有一个光圈，这个光圈持续的产生辐射，在这个光圈稍微边缘的地方，它能够产生非常大范围的分散光，而且它要比其他的星系所产生的光辐射的覆盖面要大非常多。

接下来的60年当中，人们非常仔细的观测超大质量黑洞并且得出来一个结论，在非常中心的区域用超大质量的黑洞，其中所构成的物质应该就是H、O、C、mg、Fe等等其他的化学物质，这个其实跟地球的构成物质差不多，我们能够看到，在这个中心的旁边是没有那么多的重金属的，中心的重金属的含量是非常高的。在超大质量黑洞旁边的圈外层我们有看到比较少的重金属，我们看到有超过一千多个目标物出现在这个圈子周围，也是和我们的太阳系来说是非常不一样的，他们不断的进行整合演化，并且也产生恒星的演化，还有产生相对应的污染，并且形成AGN磁盘。

我们也看到超大质量恒星和黑洞其实是共存的，在共存的情况下，我们能够看到一些波的出现，所以这个是类星体，这是类星体周围的模型，可以看到有超大质量的黑洞，从中我们会有喷射流，可以看到超大质量黑洞是在以每秒数千米的速度在高速的旋转，释放射流。在几个光天之内，这个星团就会受到污染，而且也会出现6-7度的红移，受到污染物的量大概相当于数个太阳质量，所以这是一个理论模型，可以看到在星盘当中有超大质量的恒星，有一些低质量的恒星，他们会不断的演进。

在这个过程当中，可能有一千个以内的恒星会合并到一起，发生恒星爆炸，留下一些小质量的黑洞。这些小质量的黑洞后面会彼此合并，生成引力波，有一些引力波可能就是LIGO可以捕捉到的引力波。

这一页，在超大质量黑洞当中的星盘和非常年轻周围的星盘是很类似的，这里我们可以探测到它周围的毫米级的广播，这其中有一个关键的问题，在这些AGN当中，这中心有黑洞，也有其他的类似于太阳质量或者高于太阳质量的存在。

再看一下，这里我们可以看到VLT，还有上百个已经发现的年轻恒星，我们可以找到这些恒星的轨迹，一般这些恒星都是数百万光年。这里是星系中心的恒星，也造成了在银河系中央黑洞的阴影，这个黑洞周围是有很多年轻的恒星，有些年轻的恒星它并不是很亮，我后面会讲到，这些恒星叫做G星云，可能会包括非常年轻的星盘，围绕着中心的这些年轻的星盘，这里有一些基于这些物质所形成的恒星。

可以看一下它的轨迹，这里可以看到，这里有一些小行星，偏心率很高，为什么如此呢？因为这些小行星是由木星所影响，好像是在GC周围的银河系一样，ROS13E这是一个粒子，它就是受到很大的影响，进而有一个比较大的偏心率。

这里可以看到，它可能会离黑洞的距离非常近，我们知道有一个非常知名的电影，当时宇航员就可以离黑洞非常近，现实当中这种星际穿越的情况是可能的吗？前面也讲到，这叫做G2、G3的存在，还有G星云这样的存在，他们会受到拉扯，所以很难超脱引力逃脱出来的，我们有一个弥勒行星可以超脱黑洞的性质呢？我们可以探索能够对抗这种吸力的可能性，也就是说，恒星和超大质量黑洞吸力的可能性，在这里我们也可以探索抗潮汐破坏力的材料的强度，他们的抗压力、拉力怎么样，是不是在压力状态下断裂为碎片，或者受到潮汐破坏以后，被拉扯的太小了，没有办法再继续分解了。

这一页想跟各位分享一下，这些不仅仅是完全没有任何依据的假设，而是我们现在已经有了一些，在附近也就是在星际中心超大质量恒星所观测到的数据，总的来说，我觉得超大质量黑洞和年轻的恒星在很多层面都是比较类似的，同时恒星和流浪行星他们会在AGN的星盘当中自发的形成，AGN星盘当中的行星演化和污染，它们会自我调节，大质量恒星还有黑洞之间的共同存在和演化，同时黑洞的凝聚也会激发引力波，小行星可能可以去抵御超大质量黑洞的力量。谢谢。

主持人：非常感谢你对我们这个环节的介绍，关于非常大力量的潮汐破坏，以及恒星和流量行星。在科研领域的圣杯，其实对于我们在系外行星的发现，这里我们想邀请下一位嘉宾，2019年的诺贝尔物理学奖得主。

下面有请剑桥大学日内瓦大学迪迪埃·奎洛兹，演讲题目：系外行星研究的下一个挑战。

迪迪埃·奎洛兹：非常感谢，在接下来的15分钟，简短演讲当中我会跟大家分享一下，在这个领域的挑战，不会像昨天一样讲的比较长，比较详细。

如果简单解释一下我们目前的情况，这一页比较合适，这里的每一个点就是一个行星，我们发现的一个行星，在这里行星的大小或者像太阳那么大，或者是不同尺寸的，不同的颜色代表着不同的发现这个行星所用的技术。这个图非常好，因为它里面涵盖的信息量很大，在这里我们也可以看到30年间我们所取得的成就，我们就希望能够在这个图当中尽可能的丰富它，利用现在的技术来发现更多的行星，当然，我们也可以使用其他的技术，比如说一种镜面技术，还有GAIA，当然这里并没有代表所有的行星，大部分发现的行星已经在这个图上了。

在图上顶端的部分，有些还是空白的，我们在发现行星的方面做的不错，很多时候人们并不想象这些行星存在，我们有很多的行星已经发现出来了，所以接下来怎么样进一步取得进展，我们需要去思考。

第一点很清楚，我们已经找到了很多跟太阳系行星如此不同的行星，这是一种范式的转移，我觉得我们需要去改变我们对于太阳系的视角，在这里另外在太阳系当中虽然我们关注的比较少，但并不意味着说我们在太阳系不会有新的发现，或者探索到可能会产生的新的行星了。

第二，30年前有几篇论文，在90年代的时候发表的，看一下当时的白皮书他们写的内容，也就是当时关于未来预测的白皮书，当时他们说，Transit技术是最不理想的观测技术，因为当发生凌日的可能性，恒星和行星的距离已经发生凌日的可能性会影响到你的观测，而且时间比较久，要一年以上。

如果我们改变一下视角，这种情况下在很短时间内有这么多的行星，可能不会发生这样的“零”的情况，可能在这种凌日的形成下，往往会非常的令人惊叹，我们可以看到，现在不仅是能够考虑到凌日的可能性，而且也要考虑到我们的行星的密度和大小。有时候我们认为自己的太阳系是缺少这样的关联。

我们现在再来仔细讲讲和我们主题相关的内容，这是一个非常棒的图片，是一个很漂亮的图片，这个图片本身就是代表着真是的样子，当我们观察宇宙的时候，我们能看到我们的宇宙所观测到的部分，其实是热能比较高的，这也是为什么我们在观察一个非常年轻的行星的时候，它周围有各种各样的物质。这个是非常年轻的一个行星，里面有非常多的信息，我们可以看到既有波纹，也有各种各样的结构在形成。

这个图片也告诉了你很多的信息，我们有各种各样的信息是可以从这个图片当中所获取的，里面有非常多的证据告诉我们，它曾经经历了什么，当然，我们也会遇到一些挑战，包括我们的产品，整个星系所生产出的各种各样类似的结构。它其实是有相同的范式，我们再回到“凌日”的能量有多大，这个我昨天有对外展示过数据，我们可以看到现在我们在接触到“凌日”现象的时候，我们所看到的这种甲烷和二氧化碳的丰富程度以及氨的缺乏，其实支持了K2-18b下的水海洋的假设，里面有非常多的细节，我们所获得的数据是大家非常期待看到的，有这些不同的化学物质，都是在地球上能够发现的，这是我们其中一个项目的内容。

这个部分其实有各种各样的延伸数据，我们可以看到，在这样的系统当中有一些小分子被识别出来了，之后又会有一些预测，我们知道它的表面在不断的发生变化，是流动和动态的过程，这是为什么“凌日”是非常有意义，非常酷的一件事，因为它让周围的星体产生的物质是不一样的，他们的比例也是不一样的。

我们可以看一下，这是太阳，我们有用到磁力图来对太阳进行记录，可以看到这个磁场所产生的极化，光球层这种观测层也是非常漂亮的，我们还可以看到HMI的多普勒图表面的运动所产生的光球层，把这个球转动的时候，我们可以看到它实际上每次的结构都会发生一些变化，我们从曲线变化当中可以看到，把星球的整体结构发生变化，它的原因是因为“凌日”现象，同时我们也可以看到温度非常重要，如果我们有非常多的信息，我们接受了非常多来自于太阳的光，受影响的星体的温度也会发生变化，哪怕是一点点可能都会带来非常大的影响。

如果说太阳能够作为一个很好的工具给你提供各种各样的热能，其实这就是太阳系当中其他的星所面临的情况，这个都是和太阳的旋转相关的，当然，有一段时间我们应该能够看到太阳的高活跃时期和低活跃时期的数据表现。我给你展现这些数据是因为这些数据本身是不受所使用的技术手段限制，当然机器所做的测量要更加的精确。

这个图所反应的我们现在所面临的挑战，我们现在没有看到类似于像地球这样的星体，我们可以在其他地方找到像地球一样的星体，来做模型的调试。这里可以看到，不仅受技术手段的挑战，我们也在看这个星体本身整体表面活动也是非常不同的。

TNE希望能够搭建一个梦之队，电影类地球的星球，在类太阳的星球旁边进行研究，我们知道天文望远镜是非常昂贵的，如果是2.5毫米可能没有那么贵，但我们看到这个项目基本上每天都在持续性的对50个行星进行观测，10年不间断，希望这个项目能够有效果，但这个对于我们未来的研究肯定是有一些影响的。

现在可以看一下，未来我们想要去给大家一个新的展望。

首先，我们如何把太阳系和我们所有其他的星系进行一些关联，令人沮丧的是我们没有找到类似于太阳系一样的星系，特别是像金星、地球、火星这样的配置，因为这是了解宇宙当中生命起源和普遍存在的必要步骤。如果没有太阳这样的星球，我们可能没有办法找到相对应的生命体，我知道这个过程是非常困难的。小行星与其说是天文物体，不如说是地球的物理形态的物体，行星结构表面大气受地球、物理动力学、网络的约束，天文传递侵蚀表面化学和生命测量大气对于了解这些天体至关重要。我们可以了解，星体百分之百的大体情况，能够看到在“凌日”的情况达到一定程度的时候，木星凌日1%，海王星凌日是0.1%，也就是10的-5次方，10的-4次方是木星，10的-5次方是海王星，我们可以看到，地球的凌日是0.01也就是是10的-6次方，当然，我们也要考虑这种敏感度。

我们希望做的是，要么搬到一个较小的行星上，要么我们可以找一个类似于海王星这样的星系，或者我们直接去考虑更小的行星，因为我们得算一些算术，在天文学当中我们可以看到10的-6次方这个事情是存在的，并且可以持续的帮助到我们。但我们希望能够到达这种反光的程度，比如说月球表面的情况，是10的-10次方能够达到的，这是未来的战略要素，我们希望有一个系统化的方法能够朝着这个方向不断的前进。我们现在还没有完全准备好，但完全可以测量的，在某个阶段中国应该也会参与这个研究，因为我们现在中国是有相应的战略在部署的。

我们所期待的外部生物的可能性，我们直接对外部生物和外星系进行探测需要非常大的天文望远镜，这些天文望远镜我们也有考虑过用ELT，这个会让我们给到非常有限数量的星球。我们可能只能有一些非常具体的设计才能解决这样的问题来获取大气当中我们所想要的含量。还有一个选择是下一个旗舰设备，需要30-40米的天文望远镜，这是10年之后我们可以达到的效果。

下面一个突变是未来20-30年发生的，当到达凌日，有一个物体需要花一周的时间转一天，如果有的物体6-10小时绕日一圈，如果可以在6个小时可以获得足够多的数据，来获得10的-5、-6次方的数据，其实也是可以的，如果我们现在在用直接探测，其实可以在凌日过程当中尽可能时间更长一些，哪怕是两周，可以发生任何的变化，比如季节的变化，无论我们想做的是什么，首先要去做到能够直接的检测，直接的拍照。非常感谢！

主持人：非常感谢，提到了很有意思的想法，一个是在凌日期间做精准的观测，不仅要找到关于系外行星的具体属性的信息，也可以观测一下系外恒星的情况，还谈到关于行星上的生命的可能性，都是很有意思的观点，感谢迪迪埃·奎洛兹教授。

今天论坛的主办方中国科学院上海天文台的葛健教授，演讲题目：探苍穹，寻觅地球2.0和地外生命。

葛健：刚刚迪迪埃·奎洛兹教授已经谈到了再找一个地球的挑战，我这一部分主要说一下怎么去找，当然是一个巨大的挑战，前面已经谈到了技术方面的挑战。

首先介绍一下历史，我们一直希望在太空当中搜寻生命，祖先就是这样想的，四千年前我们的祖先当时觉得天气非常热，后来发现科学来讲是太阳黑子爆发，当时他们觉得不理解太阳黑子爆发，太阳耀斑爆发，就把太阳称之为“黑金乌”，他们认为是黑鸟造成了炎热的天气，所以就让后羿射下黑鸟，其实这个时期我们已经在去思考一些跟太空有关的设想了。

还比如说同一时期的希腊人他们也有这样的设想，有一些英雄和动物一起飞上太空。所以这个时期人类已经有了一些关于太空的设想，这并不是新鲜的概念。这是关于太空的传说，我们中国人知道牛郎织女的故事，大家可能会知道，这个是叫做织女星，它的形状好像是织布机的梭子的形状，夏天可以想像，当我们的祖先看到这样一个梭形的星座的时候，他们就想象说，肯定天上有一位美丽的仙女在织布。

他们看到后面有一个星星消失了，这个星星肯定是下凡了，当他们看到星星消失的时候，肯定是仙女下凡嫁给了非常穷的小伙子牛郎，后来有了穿越银河牛郎跟自己的妻子团聚的故事，从这个传说当中可以知道，我们的祖先对于这个世界，在很早的时候就充满了好奇。当时我们并没有任何的技术只是裸眼来去做观察，我们可以看到400年前，技术有了一个大幅度的进步，伽利略发明了望远镜，运用望远镜去观测太空的物体。

今天早上Adam也有谈到，后来我们这块技术发展的非常快。一开始大家是用望远镜来观察我们周围的星体，其中一个是火星，地球也有季节变化，他们怀疑是什么引发了火星的季节变化，是不是火星有一些先进的文明吗？这是20世纪初的时候，有一个很有名的天文学家帕西瓦尔，他对于这个事情深信不疑，花了15年的时间一直监测火星的变化，也耗尽家财构建当时最先进的望远镜，并且也绘制了200多条火星表面上的火星运河，他认为是火星人制作了这些运河，很遗憾的是，当我们技术更发达以后发现这些运河只是火星的地质特征。目前，在30年代的时候很多公众仍然相信有火星人的存在，1938年一次无线电广播中提到的火星入侵引起了广泛的公众恐慌，所有这些故事都表明了公众的好奇心，并相信太空中的其他地方有生命的存在。

随着望远镜的功能增强，人们对于火星的看法也更加的清晰，美国将两艘叫做海盗的探测器发射上了天空，这次任务的一个主要目标就是探测生命，不幸的是没有发现生命，还有一些业务的爱好者他们并没有放弃，他们拍摄了火星数千张的表面的形象，他们发现了其中有一个像人脸一样的火星脸的照片。

在在海盗任务之后，NASA在20多年内没有再向火星发射更多的探测器。在20世纪90年代末，美国宇航局成功地发射了探路者任务和火星全球测量师。NASA火星探路者是第一个探索火星表面的火星车。探路者拍了很多照片。可以看到，火星的日落看上去就像《星球大战》电影中的沙漠星球塔图因的沙漠。

另外一个项目是，美国宇航局火星全球探测器发现了火星表面水的证据。这可能证明我们离潜在的生命又近了一步，这个任务又重新点燃了NASA的兴趣，同时，第二个探测器它的分辨率图像更高一些，证明了“火星上的脸”就像人类的脸一样，只是一个被侵蚀的表面。

火星的探测任务还在继续，在2020年，美国和中国派遣他们的新任务到火星，美国的叫做毅力号，中国的叫天文1号。这两个特派团都取得了新的里程碑。毅力号是第 次在非常稀薄的大气中 成功地在火星上驾驶直升机, 而天文一号则是第一次能够在一次任务中在火星上运行绕轨、着陆和漫游的任务。

1995年的时候，我们在生命发现这一块取得了突破性的进展，当时他们利用了多普勒的技术发现了第一颗绕太阳系运行的巨行星。还有一个凌日的方法，刚才教授也讲到了，通过看反射光来了解进行观测，这是2009年开始的一个观测，开普勒采用的不是多普勒技术，而是采用了凌日法，观测了在它前面经过的一颗行星所引起的恒星亮度变化。开普勒瞄准了非常接近天琴座的天空区域，天琴座是中国文化中早期提到的织女的所在地。

开普勒太空望远镜成功地在其他类太阳恒星的适居带发现了几颗超级地球行星，例如开普勒22b和开普勒62e和f行星。这些发现已经引起了相当大的兴奋。然而，天文学家并不确定这些超级地球是否能支持生命。有-种理论认为，高表面重力可能导致它们的表面有广泛的熔岩流，类似于电影《星球大战》中穆斯塔法星球上的情况，在那里阿纳金天行者与他的导师欧比旺.克诺比交战。如果这个理论是真的，生命可能很难在它们的表面生存。

开普勒发现了大量大小介于地球和海王星之间的行星，被称为超级地球和次海王星，它们的轨道位于我们太阳系中水星所占据的轨道区域内，在那里我们没有行星。它们是围绕着类太阳恒星的行星的主要群体。然而，由于高恒星噪声和两个反作用轮在运行的第四年年底失 效，开普勒无法探测到围绕类太阳恒星或地球2.0的类地行星。所以我们需要去回答这样的问题。

2016年发现一颗质量与地球相当的宜居行星比邻星b,它的质量只有太阳的10%，是一个低质量的红色恒星，轨道周期是11天，一年以后另一个研究小组，把地面的和太空的望远镜组合在一起，利用凌日的技术观测到了另一颗行星，太阳质量只有8%，发现了类似地球质量的红色恒星。如果你去到当地，可以看到整个天空都像是我们日落一样，红霞满天。

我们可以想像这是我们度蜜月或者过情人节最浪漫的地方了。迄今为止，我们发现了3颗质量为地球的适居行星，这样的行星有一面是靠着另外的星，这些星离红矮星非常近，就像月球离地球一样，潮汐力所锁定使用面对恒星的那一面，这种潮汐锁定会对于地球的气候和可居住性产生重大影响，有时候我们打电话给别人，可能会受到耀斑的影响，但我们可以看到，这种红矮星拥有大约10-1000倍太阳能量的超级耀斑，这可能会撕裂行星的大气层，或者杀死其表面所有的生命，即使这些星球上是可以居住人或者是有生命的，他们的生命形式可能和我们是非常不一样的。

可以看到，在我们的宇宙当中，目前还无法回答是否有生命这样的问题？我们可以非常清晰的看到现在把所有的已知的行星放在一起，这个图当中还没有发现地球2.0，地球是孤独的，我们需要开发更好的仪器来探测地球可能所在的区域。或许我们能够到达恒星的暗面，温度比较低的地方进行探测，说不定可以发现一些新的证据。

在中国我们正在开发一个新的太空任务，称之为地球2.0任务，或者ET任务，其中一个目标是探测地球2.0的过程当中，要有6台28厘米宽视场中天望远镜和一太35厘米纤维透镜望远镜组成，具有5倍开普勒视野的凌日望远镜将盯着原始开普勒，及其附近的视野长达4年，监测超过120万颗类似于太阳的恒星和红色的恒星，以探测地球2.0的存在，并确定他们的出现率，我们也可以看到，像刚才教授讲到过的，我们通过微透望远镜将监测银河系当中超过3千万万颗恒星，以搜索目前知之甚少的冷类地行星和自由漂浮的行星。

我们展示一下如何执行地球2.0的计划，以及它的科学目标。ET将被部署在拉格朗日L2光环轨道，距离地球约150万公里。一旦它到达L 2位置，6架中星望远镜将指向开普勒方向，并开始监视那片天空中的恒星。一旦地球2.0经过一颗类似太阳的恒星的前方，它将使恒星的光变暗约万分之一。经过四年的连续观测, 地球2.0凌日信号得以确认。ET微透 镜望远镜将观测银河系中心区域的恒星，寻找行星引力聚焦导致背景恒星 变亮的微透镜事件。通过测量这一事件 与地面和太空的时间差，可以确定这颗行星的质量。

ET选择了L2拉格朗日点晕轨道，它与地球一起围绕太阳运行。每三个月，ET会绕着它的轴旋转90度来调整它的方位，而中星望远 镜则保持固定在同一个天空区域。预计在4年内，ET将 发现10多颗地球2.0行星，取得突破性的成果! ET还将探测到大约5000颗类地行星，是已知样本的14倍，以及大约30000颗各种类型的系外行星，是目前总数的6倍。这个样本将被用来确定不同类型行星的出现率，为研究行星和行星系统的形成和演化机制提供至关重要的数据。

在2023年我们希望能够完成ET计划，并且在类太阳恒星周期看到十多个地球2.0的侯选者，我们可以做实验研究它的大气传输、光谱、从而研究它们的化学成分和可能的生物特性，以寻找这些地球2.0的生命。

这是一个太阳花的形状，如果把这个向日葵形状的工具放到离太阳近的地方，也会展开花瓣面向太阳，就像我们现在地球的太阳花一样。我们最终可以看到一些分子，水、臭氧等等这样的成分，也能够被它捕捉到。

未来还有非常多的可能性，还有很多的年轻人，他们可以去帮助我们一起来做这样的研究，用新的科技来实现更加美好的未来，就像嘉宾刚才讲到的30、40年以后我们可能会看到一些技术成为新常态。

我们400年前，人发明了天文望远镜，在2年之后我们可以用更加新的技术发现可能存在的地球2.0，现在我们在搜索像太阳一样的星球，我们在银河系宇宙当中数十亿当中的一个，未来有非常巨大的空间等待我们探寻，找到一个新的家园。

我们不会放弃这一目标，从另一方面来看，正如我们之前所提到的，第一台望远镜是在大约四百年前发明的，功能非常有限，现在望远镜技术已经能够探测到地球2.0，考虑到地球46亿岁，宇宙已经137亿岁，我们应该有足够的时间来开发更先进的望远镜。

今天早上我们谈到了宇宙是非常庞大的，我们宇宙的生命周期已经非常长了，如果说我们去看地球的寿命，其实它仅仅是宇宙寿命当中非常小的一段时间，我们有非常足够的时间来寻找地球外的潜在的生命。

我希望对于我们来说，对于这一代的年轻人来说，可以在宇宙当中寻找生命，谢谢你们的时间。

主持人：最后一页PPT里面说地球2.0，目前还没有看到，我们可能找到一个类地球的星体，有足够多的水，它也足够让我们对于生命来说是能够提供一个养育的环境。这是一个非常有趣的主题，可以让我们在之后圆桌的时候进行讨论。系外是否有生命？针对这个问题有非常多的有意思的回答。

接下来有请康奈尔大学、上海交通大学赖东，演讲题目：极端的天体物理。

赖东：非常感谢！

我是天体物理学家，有时候我的朋友会问我说，为什么你要花这么多时间好像跟现实脱节的，不相关的东西，我的回答是：有非常多的原因可以让我们研究天文学，对于我来说非常重要的原因就是天文学能够帮助我们去做一些非常极端的事件，有非常极端的情况，可以帮助我们去了解我们的世界。

今天早上我们可以看到宇宙在大爆炸的时候有非常高的温度，在大爆炸之后也有非常多的温度，可以看到有非常多的粒子在环境当中到处抛射，这样的过程当中生命是不可能出现的，我们也学到了非常有意思的话题。

今天早上谈到了黑洞、引力波，在过去我们也谈到了黑洞的合并，今年的早些时候我们谈到了有超级黑洞的融合，他们可能有几百万或者几千万的质量的几何体。我们希望能够去了解正在出现的黑洞，他们的双星结合，如何形成这样的结合体的。

今天我想跟大家探讨的是极端的系外行星。我们都知道，我们系外行星观测数量是5000颗，在过去几十年里被发现。我们现在知道，其实银行系当中30%的恒星是拥有行星系统的，平均来说每个行星系统有3颗行星，这是平均的数量。我的朋友经常问我，为什么我要在意系外行星？两个原因，一是已经被前面的嘉宾讲过了，我们非常想要了解的话题是宇宙当中是否有生命，我们孤独吗？无论是科学家还是非科学家都非常想要了解这样的问题。因为过去几十年的研究，可以看到10%-20%的可能，能够找到类太阳和类地球的行星，葛健教授刚才给大家讲过这个问题了，我们已经有了地球2.0的计划。

我们要决定为什么拥有这样的类太阳恒星，类地球大小的行星适宜人居住呢？只有10%-20%的可能适合人。行星怎么形成的？对于我来说，我们在星的形成过程当中，有时候也会不断的思考，黑洞为什么形成？星为什么形成？他们如何运作，整个宇宙为什么会产生这两者东西，有很多其他的问题和这个问题同样重要。所以系外行星的研究可以给我们带来对于行星体系理解的新的视角。

这个图我们前面已经看过两次了，这是系外行星目前已经找到的行星的分布图，行星的质量和离地球的距离，有3400个点，每个点代表着一个行星，有非常多的系外行星跟我们的太阳系非常类似，但也有一些是很极端的系外行星。这些系外行星给我们带来了很多的困惑，也是所谓的系外行星之谜。

举一个例子，首先，轨道周期之谜，这个是30年前一个诺贝尔奖得主的发言，他们会看到有很多的系外行星他们的周期是非常短的，很多的都是10天左右或者更短的周期。

在这里是超级地球，紧凑行星系统中的超级地球他们的半主轴情况，这其中有水星、太阳性、还有开普勒的其他星系，这是其中一个谜题。

还有巨行星，还有一个未解之谜是热木星，就是P小于10天的巨行星，这是困扰我们很多年的问题了，这是一个很大的谜题，这个行星为什么跟这个主行星之间距离这么近呢？还有在早期原形星盘中形成的巨行星，我们认为巨行星应该是在早期比较远的地方形成的。后来它们又是怎样的拉近了距离呢？这其中可能会出现行星的迁移，可能会有这样的星盘，这个行星就好像通过一种动态摩擦逐渐的从外圈移到内圈，但怎么样去阻止他们向内绕圈的运动呢？一般会越绕越快，怎么样让它停下来进入轨道，开始自己的周期呢？这是我们现在还不理解的问题，为什么他们会迁移，为什么他们的轨道周期知道几天，为什么他们聚集在一个比较紧凑的区间内。

第二个大的谜题是偏心率之谜，大多数是比较规律的，绕圆的轨道，如果看一下系外行星会发现很多的系外行星，他们的偏离率都非常的高，绕的轨道是椭圆形而不是圆性的，椭圆形的跪倒在太阳系当中是不常见的，可能是因为在早期地外行星的星系当中是非常无须的，很多行星都是挤在一起散乱的分布。因为这样比较混乱的分布，所以说相互影响就会产生比较大的偏心率，当前，对于偏心率之谜，大家还是有不一样的观点。

轨道共振之谜，很多系外行星是混在一起的，有时候有不同行星之间的互相影响的共振链，比如3比2或者4比3这样的比率，所以可能会形成这样的共振链，这也可以从动态物理学的视角来解释。有什么是形成共振链的因素呢？为什么别的行星没有轨道共振呢？现在大家还是没有达成一致意见。

还有一个是叫做自旋轨道错位之谜。

在体样系当中，所有的行星都是在基本上同一个平面上正负2度以内，同时这个平面跟太阳的赤道存在7度的倾斜。等于说，平面中央核心的行星是跟其他的太阳系里面的星在同一个平面上，旋转是以它为主轴的，系外行星就不是如此了。

在有一些星系当中可以去分析这个主心它的自旋轨道和自旋的角度，你也可以衡量比如说前面说的热木星它的自旋的角度，同时也可以比较一下，行星轨道的平面和主心自旋的轴，以及主心所在的本心的轴，三位一体，这三位之间的差异。可以看到这其中存在轨道的错位，这是非常奇怪的，为什么轨道向一个方向，但是自旋却是向另外一个方向，这两个是不一致的。

目前我们还是不理解这一点，我们所找到的第一个系外行星，现在仍然是我们觉得最难理解的一个行星，怎么样解决前面所说的所谓的热木星自旋轨道错位之谜呢？通常情况下，不会产生这样大的错位，这是一个大的问题，还有一个关联问题，他们是怎么样迁移到小于0.05AU这样比较近的距离位置。

有几种可能性，一个是星盘驱动的迁移，还有一个是行星之间的相互作用，还有双星周围的行星。

这是另外一个发现，双星周围的行星，这里的未解之谜是大多数的体系可以看到，双星周围的行星非常接近稳态极限。也就是说，双星在中间，双星周围是有行星的，如果你把轨道往里推20%，这个轨道就不稳定了。可以看到很多双星周围的系外行星，他们的距离已经超过了临界距离，但仍然是接近稳定极限的，所以这是我们目前不理解的谜题，不理解为什么会发生这样的情况？

我们在未来还会有哪些预期呢？我们不能预测未来，我想提几点可能性。一是外月，月亮是比较常见的行星，说不定我们哪一天可以看到主恒星周围可以看到外月或者双行星，这个双行星是相互环绕。

从行星的形成角度来看，可能我们在未来可以找到一些互旋的双行星，还有自由漂浮的双行星，系外行星有很高的偏心率，过去他们是非常混乱的，他们会漂浮出来，所以达到这样的状态。最近我们有一些初步的想法，未来我们会有更多的关于自由漂浮行星的理解和观测。

还有一些太阳系当中的天体，叫“入侵者”，前面所提到的自由漂浮的行星，在行星当中漂浮，可能来自于其他的星系，在太阳系当中被我们捕捉到了，现在有两三个穿越太阳系的自由漂浮行星，如果我们未来可以找到更多类似这样的自由漂浮行星，描述他们的特征，可能我们可以更好的理解这一类早期太阳系的环境情况，和这些自由漂浮行星他们背后的情况。

从理论上来讲，我们觉得可能还是会有恒星、双星、周围的垂直行星，理论上来讲，我们觉得这是一个可能的现象，以后可能可以找到这种现象。

另外，我们希望能够找到更多的被膨胀恒星所吞噬的行星，比如说有一些行星，可能就会被比较巨大的恒星所吞噬，今年上半年我们可以看到有一篇文章发表，就是关于被恒星吞并的行星，还有白矮星的行星。有一些白矮星行星周围的恒星被吞噬掉，也有一些会逃脱，还是会被观测到。在主恒星扩张的情况下，特别是白矮星周围的恒星怎么样发展，我们可能会碰到更多意料之外的情况。

这是我们让我们未来感觉到期待和激动的事情，未来系外行星给到我们更多信息，让我们了解太阳系、恒星、行星的形成，我们希望能够理解这些未解之谜，让人期待和激动的是，随着技术的进步，我们一定会找到更多的惊喜，我个人也非常的期待，谢谢。

主持人：好的，我们又一次谈到了生命的问题，每次看到行星的质量和他们距离恒星距离的时候，我在想是不是可以看一下它的光子的度量情况，是不是这其中可能会有生命的迹象？这也是受到地球上的条件影响，这也是不同寻常的一件事。

500米口径的球面望远镜，是地球最大规模的望远镜，也是一个非常巨大的成就，可以看到李菂的报告，他今天没有办法来到现场，我们会通过线上的方式跟大家聊一聊。

下面有请中国科学院国家天文台李菂，演讲题目：利用无线传感器和计算探索外星人。

李菂：大家好。

非常荣幸能够有机会来到这里，跟大家分享我们所做的一些工作，就是我们中国的天眼。我们在未来的几十年都会是用到阵列望远镜来对太空进行搜索，一个非常重要的科学目标是利用无线电的传感器进行计算和搜索外星人，我们到底是不是孤独的呢？疫情期间，我有机会参加一些讨论和我们行业的一些领袖进行讨论，包括philip教授，他当时给我们分享一个演讲，是关于我们未来的外星探索。

这个PPT展示的是卡尔菲力德思的概念，讲到的是人和外星人的交流模式，他是一个数学家，如果我们可以让中间绿色部分变得越来越大，所有的这一切需要人生存空间的物质就会充满到外星区域。这也展示了人的一种兴趣，我们如何去用人脑和物理的方式来测算未来的太空探索。

可以看到，意大利的天文学家他所做的研究，他认为，火星上是有非常多的通道，也是因为当时意大利语翻到中文的小错误，把通道翻成河道，这也有了一定的影响，从而对行星上有生物大家很感兴趣，哪怕翻译有错误，我们现在来做研究来看，那个观点跟我们现在的观点不谋而合。

现在有了更严肃的研究，特别是用射频的方式进行经济搜索，可以看到，现在有星际通道的窗口，还有星际穿越的可能性在1950年，自然杂志上有一个论文说到，没有任何理论存在，使可靠的孤寂成为现实。这篇文章是假设为基础的，他谈到了我们应该用H1的媒介，来更好的研究我们行星的形成，生命的起源，还有技术社会的演变。

同时他也在强调，整篇文章更像是一个科幻文章，但他虽然对于这样的一篇文章进行了批判，但最后对这篇文章的总结是：如果我们不去搜索，成功的几率几乎就是0了。

Dyson物理学家，他也有对于未来的外星搜索有这样的假设。假设的这篇文章也发表到了自然杂志上，他认为：主心的能量能够被外星族群获取，利用太阳的能量帮助他们建立社会。实际上存在一些他认为无法解释的光谱局限，让他对于这个研究的结果是更抱有希望的。

俄罗斯的物理学家卡尔德肖夫，他制作了Kardashey量表，对于我们地外行星传递有三个类型，一个是能够在太阳系范围内使用和控制能源，第三类是能够在整个宿主星系的尺度上控制能量，我们还没有去找到任何其中一种的证据，如果说我们有更加先进的文明，如果真的存在在其他星球上，可以通过各种各样的方式来探索到。比如通过射频搜索的方式。葛教授也讲到了这一点，还有最近十年的毫秒脉冲新的研究，我们看到了在PSR1257+12周围发现了两个系外行星，第一个是类似于太阳的恒星运转的，这个问题一直被大家所探讨。我们可以看到，Sun-like Stars曾经讲到过，如果我们可以使用非常巨大的能量在这个恒星上使用这样的能量，其实是可以探测到外星的文明。

Loeb教授曾经说过，如果说我们所探测的外星文明本身是有跨星际穿梭或者跨星际旅行的能力，我们其实从很远的地方就可以看到它的射频光线，接收到它的射频信号，如果看到这样的信号也证明我们有非常多的可宜居的家园。

Codes教授在1993年也开使用自然放大器的方式，比如说天体物理微波接受器的方式，在这样的信号源旁边部署仪器，非常多的理论和实践上的思考，是能够给我们带来一些研究系外生命的灵感。我们还有无线电SETI信号，我们有非常相对狭窄的视角和理念，对于人来说我们希望能够把我们所传递的信息放到窄带信号上，现在有3G、4G、5G，我们希望把这样的信号放在窄带的脉冲上，分散的脉冲上，这样可以更加高效的使用能源。这样的窄带的信号是能够探测一些旋转的星体的信息，比如说地球旋转过程当中有不同的角度，在被侦测以后会形成分散的脉冲，可能每一秒是0.1的脉冲，L波段是0.14hz/s，每秒可以传输110次，这样可以获得每秒大概1hz的强度，聚集起来就是一个非常大的能量。大概有几千亿每秒的能力，在1996和1997年，我们需要保持敏锐和机警，不然不能获得这些数据，也不能加工这些数据。现在我们处在的阶段是，我们有很多处理数据的方式，通过我们的公募、私募的投资基金的方式可以获得一些项目资金，能够在现代用更高速的机器、仪器来处理数据，帮助我们更加快速的获得观测结果。

我们越来越多的信息处理问题，得到了公众的注意，可以看到伯克利的“凤凰计划”，希望总体上搜索我们的射频信号，还有康奈尔的同事，我们有这样的后台处理器，也是共享的一种方式，我们有了更多的数据。在FAST完成以后，我们在签署备忘录方面也取得了进展，利用我们的网络进行更加进一步的搜索。同样的技术也是在不断的聚集，不仅可以看外星人的窄带宽信号，也可以看到其他的非常短期的天文物理学的信号，不仅是来自外星人的，可能还有一些其他的发现。

2015年我们取得了突破，我们有一些突破性的监听的工具，可以帮助我们进一步实现探测潜在的外星文明的可能，当时我是在顾问委员会上，这是我们在伯克利2019年的会议，也是疫情前拍的，当时我和一些其他FAST的团队成员还有一些合作方，设定了FAST的处理框架。这样每秒处理上百亿的信号。

这里有一个小短片描述了前面所说的这个概念，现在我们经常利用我们的设备做处理。

（视频）

所以基于此，我们就开始了巡天的工作，还有一些其他的专项的项目，FAST的敏感性和能力将会让我们能够完全的覆盖Kardashev typc1型的文明，也有潜力覆盖2类的附近星系的文明，所以我们目前还没有找到任何可以验证的外星生命体，基于这样的技术和我们的搜索模式，我们还是取得了坚实的进步，在探索其他的天文武力领域特别是动态宇宙领域取得了很大的进步，这也是Dynamic在2005年的自然杂志上的一篇文章，这里他描述了在20世纪初期描述了对于夜空的观测，同时它的观测也为我们描绘了一幅动荡不安的宇宙图景。

这两天我们看到射电爆发这样的事件，目前我们还没有了解射电爆发到底来源于什么，我们2023年的天文奖颁给了快速射电爆发的这三位科学家，我们看到因为这个是非偏向的漂移，所以CRAFTS可以每天发现120K以上的，12万次以上的时间，发生率非常高。每一小时是3600秒，所以可以看到我们目前所在的宇宙，每一分钟，每一秒都是有很多高活跃的爆发，所以我们现在所生存的宇宙确实就是像当年像CRASTS所描述的充满着动荡不安的宇宙。

在2019年5月份，Crasts扫描就观测到每一个小时都会观测到FRBS，而且后来在2022年的时候，博士的发现和扫描成果也被自然杂志记载为2022年十大发现之一。这个研究包括北京师范大学，一个是找不到干扰源的，其他的都可以找到人为干扰的相关因素。这个论文探讨的是33个系外行星体系的观测结果，我觉得这是我们做更多系统性研究的关键的进展。

目前我们从量化的角度来对系外生命做了观测，从Kcaus、到Jansly、再到Drake，现在还没有达到一型文明，我们现在有很多的探索触角，像FAST这样的望远镜我们希望能够找到二型这样的文明，看起来射电爆发像三型文明。可以看到一篇文章，希望能够将FRBS能够跟外星文明结合起来，这是一个比较小众的看法，但这也是一个很有意思的视角，我们现在还在非常早期，希望能够找到我们在宇宙当中位置的答案，能够回答这个短短的一句话，我们是否在宇宙当中是孤独的？

讲到这儿，谢谢。

主持人：非常感谢李博士讲的非常的有意思，利用无线电来搜索外星人，在美国有一个研究公司要求晚上不要关，这样就可以进到计算机里面，搜索有没有外星人利用无线电跟机器做交流，这也是一个很有意思的小分享。

下面有请都灵大学、意大利国家天文物理研究所马里奥·G·拉坦齐，演讲题目21世纪基础天文学展望。

马里奥·G·拉坦齐：首先感谢会议的执行主任，也感谢天文论坛的主持人，感谢给到我做报告的机会。

这是我今天演讲的大纲，大家可以看一下。

首先说一下什么是基础天文学（FA），以及它能做什么，刚才忘记感谢上海天文台，感谢再11月份邀请我过来参加这个活动，我觉得在上海做基础天文观测是非常得天独厚的。

什么是基础天文学，它是天文学的重要分支，是观测科学，随着时间推移，从天体来源当中接收到的光子来获得信息观测位置，随着广义相对论的出现，我们知道光在引力情况下会产生弯曲，就好像其他的质量粒子一样，我个人也比较喜欢来天文方面的例子，在这里我们简单回顾一下。

左边是观测天文测量学的工具，比如说望远镜或者是其他的设备，右边是我们的校准，就是我们利用这些模型，利用观测到的数据、光子等等把它变成实际的测量数据做以校准。

在右边是我们的模型，其中可以使用不同的措施和方法来从中抽取知识。校准就是将观测转化为测量数据或者测量信息模型方程，进而转化为知识，就像前面嘉宾说到的我们会测量天空中的角度，还有他们随着时间变化产生的差异。不管现在还是过去天文一直如此，这里提醒一点是来自于恒星的这些光，光线不是直线过来的，而会产生一定的偏折。为什么角度会随着时间变化呢？两个原因，一是我们随着太阳公转，所以这里会存在一个角度的偏差。如果我们不会跟太阳转，其实我们在这块就不会存在角度上的变化。

还有距离的影响，因为恒星非常遥远，所以我们在测恒星距离的时候，我们可以非常清楚的说出恒星距离我们是多少光年，相对准确的位置。这里是说恒星在银河系当中，是以恒定的速度来漂移，比如说一年内移动的角度叫做μ角度，比如说它是针对类行星所形成的角度，这样的角度的变化和相应的视差就会反应在天体测量的参数上。为了影响现代的宇宙学或者天文物理学我们必须会使用这些角度和时间序列的集合，更好的获得绝对的值，不完全依赖于模型，我们需要很好的了解每一秒钟所发现的具体的信息和数据，这就是天文测量知识的全部内容。

其实源自于角度的变化，它会存在在有一定距离的天体的身上，我们得去对他们的变化进行描述和收集，这是我们的观察，我们也有相对应的方程式。

力原方程（音）被建立为调整最大自然问题的关键，一方面我们有校准模型将光子图案的焦平面位置的测量值，也就是说图像空间转化为实际的角度，从另一方面来看，光子发生物体的方向模型作为他们在某个参考力源自形和视差未知的坐标参数，之后我们通过统计繁衍提取知识，来获取未知的天体测量的参数，我们现在可以看到，这个技术的进步可以更好的推动我们先进的天体测量模型的搭建，否则这些模型就会失效。

可以看到左边的箭头应该是依赖于右边的箭头的输入，我们不可能在没有另外一边理论的支撑下就完成测量，如果说没有任何的理论支持，我们的技术成就也是没有任何用处的。

首先我们得确保体系是非常完备的，我们有实践现实的参考框架，有天体参考系的具体化，有适当的精度水平服务于天文学和土地测量学，并且通过这样的服务二者共同的链接来让我们的精准度更高，我们现在有HST最大的地基和天基的平台，能够帮助我们有更好的指向和操作。我们也看到有GPS，可以帮助我们更好的了解和改进位置信息。

如何回答我们今天所提到的关键问题呢？宇宙如何形成和演化的？我们在地球当中的位置是哪里，以及人类是如何出现的？我们基础天文学如何回答这些问题呢？这是绘制整个银河系的六维向的空间图，我们把六维空间的位置和速度精确到千帕秒的尺度，第一个蓝色的圈是太阳中心的位置，聚焦到了这个圆圈的中间点。

我们至少围绕到太阳的十千帕秒的位置，并且找到宇宙演化的信号，星系实际上它更多是作为局部宇宙学实验的部分，就像是微波一样，像太阳对于恒星的天体物理学一样，我们要一步步的拆分性的进行研究，对于我们的技术应用方面来说有什么样的更好的应用呢？我们需要达到10%领先的视差要求，也就是说10的-5次方秒。天文学家需要对光体天文学测量达到误差上的10%，要做到这样的水平，尽管VLBI单测测量设定天体的精度已经可以达到亚质量的精度了，同时，我们也需要满足以下的要求，我们需要用新一代的数字探测器加工过光学质量的新材料和激光计量方法，我们要知道这些光学仪器应该放在什么样的位置，应该朝什么样的方向去运行？按照我们的知识范式测量角度的改进需要有相应足够的天体模型的支撑。

这个公式大家可以看到，我们的矢量目前还是不完美的，我们需要不断的提升观测台的瞄准角度，可以看到在这里H00也就是相对天体测量或者是引力向差的基本方程当中的一个部分，它等于2U除以C2，所考虑的是整个太阳系能够产生的能量，在这个能量值的计算之下Hoo除以2应该是一百多的值。但模型它需要跑到0.1的标准才可以，我们能看到这里是西普尔斯克（音）的欧空局的视差情况，我们能够用现在到2025年，5年的运营期，这5年开始我们要进行调整，确保它有10.5的运营期的延长，我们观察的来源是0.81万个。

这里有几个例子可以看到，如果有10%的10kbc的误差，100Pc10应该为0.1%，这是一个非常有意思的数字，现在我们看一下木星是否会让光线弯曲，我们需要问这个问题，每个人都想要去做实验，我们已经实现了这个实验的结果，确实发现木星确实会让光线弯曲，我们是通过对轨道测量，我们用了局部的γ射线实验，我们希望能够发现像木星一样的行星，在所有光谱类型的恒星周围，我们希望能够确定系外行星能够存在相对应的星系。

蓝色部分是我们统计学上等同于微波盘的模型，红色代表着是重阻力，代表R的频反度，是指几何学上面的阻力。

快速看一下我们今天的结论，在未来十年里面，从现在到2024年，挑战是Gaia遗留的未完成的事项，随着GAIA的发展我们已经超过了3BP的数据，现在空间天体物理学已经进入了大数据的时代，并且有更多的数据出现。比如说欧几里得预计的数十BP的数据，就是运营到2030年以上可能会出现的情况。鉴于这些目标需要非常复杂的计算水平，我们需要HPC和HTC的设施进行储存、校正、均化大量的数据，对于这些数据进行一致的天体测量，会产生有史以来最长的高精度天体测量时间的序列，整体的序列可能会超过20年，做这样的计算来讲，我们今天正面临一个重要的时刻。

我们认为这样的测量能够具有非常大的潜力，这些潜力是如下所列的，我们可以在宇宙引力波的背景之下补充整合无线电当中的PTA的工作，可以在系外行星当中寻找外部的巨大行星，可以通过一、二级家速度象，外行星的穹顶可以成像，我们也可以做TSO的轮换。我们需要去很好的来解决GAIA的未完成事项，首先要打破一个障碍，这个相当于是借助天体测量的差分技术来理解我们的镜相反应，如果改变一个镜子的位置，改变中位轴，假设是0.5微米，从维度来看我们必须得测量足够的深度，否则就不能维持正确的位置了。

现在我们也看到，我们需要达到的这些宇宙内部降噪的水平是没有办法以现在的仪器所做到的，我们要寻求一些差异化的干涉仪达到这一点，我们所推荐的是ASTER所谈到的科学的驱动因素，在中国我们有相关的合作，有一些和意大利的合作。可以看到其中的一个核心是，把不同的10%的地球类似物寻找出来，并且保证大频率范围内的GW的强度和方向，利用差分天体测量法将各种分类进行最小化，无论我们发生了什么样的变化，我们发现的测量结果应该是能够保持一致的。

在我开始总结之前再来说一说天体的对偶性，对于类地行星或者类太阳的恒星，它的分辨率目前只能达到0.01的极限，我们必须要让它的精度可以更高一点。这样的三向的望远镜，可以让我们能够了解强度和方向，也就是说引力波的方向和强度。我们会通过观测艾玛恒星来作为基线衡量的对标物，通过这三个方向寻找一对恒星来作为对照组，比如说在Z轴上，每个视角都会观测2个恒星作为他们的观测对照组。这样就可以理解我们怎么样通过三轴的方式来理解引力波的强度和方向，可以看到，还可以通过光子的方式把引力波增强，这里可以看到两个正向波，一个是频率，这两个是互补的，这样可以实现增强的作用。

总结一下，基础天文学天文测量是一门多学科的领域，我们天体测量学家必须要去跟天体物理学家，不能不与物理学家、天体学家合作，否则的话是没有办法获得成功的。数据科学现在已经是一个挑战了，在未来10-15年肯定会发展成为更大规模的HPC、HTC的层面，而且必须要去使用人工智能和机器学习来开拓前沿，我们希望能够突破这个壁垒，能够达到0.1的水平，希望能够在2050年的时候实现这个目标。

另外，我们也需要掌握多门技能，多个领域的科学家需要进行多年的培养，这个需要多年的努力和投资。

竞争有时候是好的，有益的，同时在面对未来的挑战合作和分享都是非常必要的。

谢谢！

主持人：谢谢，在科学的发现和结果必须要基于优质的数据，很多有意思的结果所使用的数据基于你们天体测量学家所发现的数据。我们一起来感谢一下今天下午发言的嘉宾们，接下来15分钟茶歇，下面是一个圆桌讨论，会涉及多个话题。

（茶歇）

（圆桌）

主题：天文学的未来与展望

主持人：葛健

嘉宾：

中国科学院国家天文台 陈学雷

北京大学 何子山

康乃尔大学上海交通大学 赖东

都灵大学意大利国家天文物理研究所 马里奥·G·拉坦齐

剑桥大学、热内挖大学 迪迪埃·奎洛兹，

中国科学院上海天文台 叶叔华

葛健：有请叶教授先讲两句话，我们再来讨论。

叶叔华：非常高兴参加这次大会，因为这是非常漂亮的会场，也非常有价值的论坛，这一次主席能力也很强，帮我们把会议组织的非常好，所以在这里非常感谢我们的教授！

上一个环节当中有一位嘉宾谈到上海天文台的相关工作，我们在上海天文台有很长的历史，而且这不仅对于天文有贡献，而且对于整个国家的发展也在很多方面都很有裨益，我们尽量做到最好。

目前来看，我们做的还不算特别特别好，我们的汇报是关于IAU的，我想跟大家分享一下整体的感受，有这么好的主题、内容，我们讲到了大型的天文望远镜，以及如何让它变得更先进，如何更好的使用它，我希望所有的人，哪怕行业外的人也可以加入我们行列，帮助我们让天文望远镜变得更加先进和高效。

我想节省大家时间，只讲这些，谢谢。

葛健：非常高兴叶教授，她已经96岁了，有她的到来是非常特别的一件事，我们再给她一轮掌声，谢谢！

现在我想邀请我们的各位嘉宾上台。

我们聊的内容是天文学的未来与展望。

我们也会讲合作以及如何来教育我们的先一代，今天听到了非常多的过去还有未来的发展和计划，问一下在座的嘉宾，你觉得我们未来天文学的趋势是什么？如何确保未来的发展方向是正确的，且有前景的，问一下各位嘉宾，你们的建议。

何子山：我们今天所听到的内容有非常多非常有前途的方向，每一个其实都是有其自己的广泛选择，听到了非常多的宏大的话题，天文学的美丽之处我们可以寻找到一个正确的方向，它可能是在各个方面的，除了这些方向之外，还有很多不同的方向，对于我来说他们都是非常重要的。

今天我非常开心听到教授讲到了黑洞以及超质量黑洞等问题，我们可能要想一想星系当中的可以宜居的黑洞，开玩笑。还有嘉宾谈到了GWST、DEP宜居的星系，我们谈到的所有星系可能他们都是非常小的黑洞，可能他们都是黑洞的前提，这其实是一个新的窗口，在过去一年我们可以看到超质量黑洞它的诞生是什么样的，我们可以用到最先进的天文设备，也可以用到最基础的无论是地面的还是天空的，还是不同其他环境上使用的天文望远镜，它实际能够帮助我们研究包括黑洞的很大的体系。这样的天文体系当中，我们要涉及到非常多的技术，来解决这些问题，这是一个非常大的趋势。

主持人：也让我想到了黑洞的问题，还讲到了月亮，可能能够帮助我们去研究暗黑物质，这也是非常重要的话题，有没有各位嘉宾想要去对这个话题来点评一下的。

陈学雷：不好意思，早上没有来，很遗憾。

教授给了我们一个非常好的演讲，作为一个严肃的物理学家，我现在也进入了天文领域，特别是在观测还有仪器的领域，有一点非常有意思的是，对于我来说就是去研究极端的物理条件，比如说特别高的温度，特别高的湿度，特别的密度，极端的情况是不可能在地球上实现的方案。但宇宙给了我们非常的暗示，告诉我们在未来极端的情况下可以发生什么？我们所有人学习天文学的人，学习任何科学类别的人，都会对宇宙的起源感兴趣，学习和了解这一点。我们需要收集足够多的信息，从宇宙的观测当中收集这样的信息，这也是为什么我们想要建立这样的射电天文望远镜，或者在月球的轨道上建立这样的望远镜，探索我们的宇宙黑暗时代所遗留下的一些财富。

看看它们在最开始的阶段是什么状态，从而帮助我们推测宇宙的起源，对于我们来说宇宙最美丽的部分就是这样的话题，我相信每个人有自己的兴趣。当然还有很多其他的兴趣，我有非常多的想研究的话题，但我只能选择一个，我相信我们多非常享受我们的天文发展的时代。

主持人：还有其他的嘉宾想要分享吗？

罗伯特·威廉姆斯：每次我们在天文观测的时候都希望我们有更好的空间、清晰度，我们可以看到更加细节的东西，特别是我们看到这些行星的时候，现在的一些设备已经没有足够的精度，我认为有些概念是非常重要的，在长期的未来非常重要。比如未来50年，我们的空间干涉仪，空间干涉仪是能够实现的，将会给我们带来非常多的知识，但这个是硬件层面的东西，软件层面的东西，我觉得最近几年神经网络能够帮助我们去理解更多的数据，特别是当我们寻找到为什么不同的参数他们有这么多的维度？这样的一些细节，神经网络是可以帮助我们达到这样的精度的，这是未来天文学方面可以去应用的，也能够带来更多的发展。

主持人：我今天早上也看到了这确实是一个非常好的方向，还有其他的方向吗？

迪迪埃·奎洛兹：我给大家讲一个例子，在一个会议当中，这是强度非常大的会议，解释我们为什么需要科学？讨论的环节有人跟我说，我们天文学要做什么呢？可能我们把天文学的钱拿来研究医药，为什么要花钱研究天文学呢？这个时候，我们可能会想说，我们为什么会需要天文学，我有两个非常简单的答案，我也认为这两个答案是非常正确的。

今天也提到了很多次，我们没有一个好的实验室帮助我们理解宇宙的物理学，我们有非常多极端的环境条件黑洞等等都是在宇宙当中能够观测到的，我们没有这样的现实的实验室，这也是为什么我们需要把天文学放在物理的上端。可能大家认为量子物理学是现在最热的话题，他们可能会觉得我讲的不对。

另外，我们有非常多的好奇心，我们需要去探索我们的周遭，从人类诞生以来就一直在去追寻，我们一直在探索地球上的美丽的有意思的，我们无法理解的事物。很难去解释为什么我们需要这么做，但我们需要理解我们在哪儿？我们过去发生了什么？未来可能会发生什么？所以这些因素都在驱动着，所有的人类的行为，这是我们必须要做的。当我们去思考这一点的时候，我们会知道两千多年前或者五千多年前，我们可以看一下在古老的书籍上记录的五千多年，我们所取得的进步和在现在开始过去50年取得的进步，这二者是没有办法等量评估的。

在过去50年所取得的成就是史无前例的，我们作为一个文明要继续生存下去，希望能够有更多的来利用大脑强大的工具，来探索自己。

主持人：这是一个非常好的点评，其他嘉宾有想分享的吗？分享一下我们未来的发展方向。

迪迪埃·奎洛兹讲到了基础天文学。

奥马里奥·G·拉坦齐：我可以问主持人一个问题吗？我们并没有谈到空间旅行，刚才有观众问你说我们该如何回到过去？你谈到说我希望能够进一步看到未来，我们没有讲到时空穿梭这样的一件事，如果搭建一个时空机器，作为人类是否想要过去看到，过去或者未来，你刚才展示了非常多的图片，里面展示了ET项目。

主持人：下一个问题就是和这个相关的，我们为什么想要找到另外一个地球呢？对于我们来说有什么影响呢？我想问一下各位你们的想法，为什么我们非常好奇？我知道400年或者700年前人对此非常感兴趣，但是为什么我们要去研究这些？除了好奇心之外，还有什么其他的东西驱动着我们吗？

迪迪埃·奎洛兹：好奇心依然是一个很大的驱动力，我们想过渡简化这个问题是不可能的。

第一，我们理解物质需要时间、空间的研究，我们花了很多的时间去理解到底宇宙中90%是什么？今天早上谈到了这个内容。

第二，为什么我们能够看到物质变成了生命呢？不知道为什么在地球上会发生，这是非常神秘的一件事。

第三，我们刚才谈到的，我们的宇宙，它到底在哪个时间节点生产出了地球这样的行星。

现在我们在第一个问题上花了很多时间去了解，我们有500多年的天文学的研究理解了它的意义在哪儿，但是我们不知道这样的进化过程，我们之所以这么做是因为希望去理解我们自己的转变，在这样的地球上，我们有很多的体系，我们也可以在生命的现象上去看待整个星系。从这个维度上来看待生命，这背后有一个哲学的问题，很可能我们是在这个星系当中的唯一的生命形态，这也是非常有可能的。

我们或许就是一个非常例外的存在，我们只能是在这个星系当中非常短暂的存在一段时间，正好这个时间出现了氧气，这样的生命形态的探索非常深奥、非常复杂的，每个人都希望能够理解这个问题，也对这个问题感兴趣。

赖东：同意，每个人都对它非常感兴趣，在这里我想提一点，除此以外，还有其他的非常有趣的话题，比如我们之前有谈到，比如地球2.0，这个当然也是非常重要的。公众也很想了解，是不是能够找到地球2.0？而且在这种探索过程当中也会发现其他的一些意外之喜，会发现其他的东西，虽然我们不知道是什么，也可能会给我们带来很多的惊喜。

主持人：路易斯也要发言。

何子山：我不是做这个领域工作的，我个人说两句，已经基本可以确定是有其他的生命存在的，生命存在的前提条件，虽然概率非常小，但还是可能会被满足。比如某些星系、恒星当中可能是有满足这个条件的，有一天我们可以以比较确定的态度来确认，在地球之外是存在其他的生命，这也是哲学或者宗教的问题。人类已经是在我们对于我们在宇宙当中的存在，我们在宇宙当中的地位有了好几次概念上的推翻。

我们之前曾经以为太阳是宇宙的中心，后来以为银河系是宇宙的中心，哈勃望远镜让我们看到真实的情况并不是如此。上个月我们可以看到望远镜给我们带来了新的信息，这种生命形式未必是智能、智慧的生命，可能是DNA的复制这种相对低等生命的形式。我觉得这个对于人类来说，也会是非常巨大的突破和认知。这是很有意思的话题，大多数人都非常想知道这个问题的答案，我们是不是在宇宙当中如此特殊的存在。

主持人：好的，谢谢，这又有一个问题，今天早上我们有谈到人工智能，在过去50年我们在这块做的非常好，进步的非常快，AI也发挥了很大作用，或许我们后面会成为人工智能的一部分，如果真的存在地外生命，这个地外生命会对我们感兴趣吗？它面对的技术已经太发达了，他们觉得我们特别落后，所以他们不感兴趣找我们，如果这样的话，我们怎么应对呢？我们如果陷入这种困境当中，我们应该如何应对呢？

迪迪埃·奎洛兹：感谢你的提问，我在退一步，先说一下前面的问题，我想从数学的角度来回应一下，我们作为科学家可以先看一下事实，不应该太过于想象。

当你准备好了之后，从0到1可能比较慢，一旦你开始了这个速度就会比较快，一旦生命发现存在以后，其实它发展的过程可能是非常快，而且可能是非常不稳定的，这是生命初期会非常的困难。我们知道在一万年间，可能我们有不同的气候周期，有大气的变化等等，一开始的时候，生命的形成应该是很短期的，很迅速的形成生命，这样才能逃脱气候、大气等等对它的影响。

如果你只是有一个固态的行星，有水，我觉得这样的条件是不充足的，我们可以看到很多行星上都有水，如果这两个限制条件，可能很多行星上都看到过生命。

还有假设这个事实是正确的，在地球、火星和金星上，假设他们三个上都有水，这三个的条件比较类似，金星条件更优越一些，因为太阳可能没有那么热，这三个行星上我们火星和金星上并没有看到生命，只有地球上才产生了生命。产生生命本身并不是结果，还是需要维持这个生命继续往前发展，在很长一段时间之内都没有发生太大的进步，我们是从最开始生命出现到最后出现了大的进展中间跨越了20亿年。

在这个过程当中可能会发生很多偶然的事件，会打断生命的发展，这个角度来讲，时间点是非常关键的，我们看一下整个人类的时间轴，人类的存在时间是非常短的。这个角度来看，我是没有办法认同比如时空旅行这样的概念，目前只关注于现有的事实和过去的发展轨迹。我不会说它的可能性是0%，但我觉得考虑到我们目前的未知，就好像你去买彩票一样，你肯定不知道要选哪个彩票号码，比如我们在找地球2.0的时候，可以看非常具体的条件，比如说是不是有水元素，是否能够允许水的形成等等，这样的基本条件。剩下的部分我就留给科幻电影描述了，听起来很酷，更多是想象。

主持人：确实，理解你的主要思想，从生命形式的出现到真正形成生命以及生命的存续，这个过程要花很长时间，可能智能生命，它们一开始并不对我们感兴趣，直到我们有非常发达科技的时候，我们才有可能探测到他们，他们可能对我们产生兴趣。这是很有意思的观点，我们要发展更多更先进的科技，这样把不确定性变成确定性，可以更好的回应类似于这样的问题。比如有一个很有名的方程式，关于概率的方程式。如果我们运气非常好，正好每一步都碰巧，站在幸运概率的这边，可能最后是能够找到这个问题的答案，也激励着我们更努力的去做科研工作，来探索未来的答案。

好的，希望我们的年轻观众能够后续在未来发展当中参与进来，今天谈到了很多跟合作有关的内容，在座的几位，你们来到中国跟我们进行合作，或者我们去到美国或者其他的国家进行长期的合作，国际合作可以给我们带来很多的益处，我也想问一下各位，在未来我们如何改善这样的国际层面的合作？比如合作的策略，怎么样应对挑战，改善全球合作的格局，现在我们有一些政治、文化上的困难，所以怎么样可以更好的深化这种国际间的合作，让双方获益，让天文学者可以获益？

奥马里奥·G·拉坦齐：这里不代表我的机构，只代表我个人，所以我可以大胆的讲两句。

在我们机构这里都是天文学者，这块我们当然是需要去合作的，这里我们是否可以考虑成立一个全球天文物理或者全球天文学研究所，比如可以把它建在非洲。

SKA也是类似这样的大型国际合作，我希望这样的项目各国都能够出资派专家去入驻，同时，我有幸结识几位诺贝尔物理学奖得主，其中一位谈到了说，他的职业生涯当中有一次把哈勃给拯救了，当时哈勃处在很大的困境当中，后来他又建立了Alim（音）和LT（音），当时谈到一点，不要忘记小型的实验室，往往就是这些小型实验室，你可以发现那些非常聪明的想法，当你做大项目的时候，你知道项目目标是什么，必须要完成这个目标。有时候从技术的角度或者理论的角度来看，不要忘记那些小规模的实验室。

有时候我们会看到国家层面的办公室，这是很多基础物理学研究的机构，他们有一些国家层面的分支，有一些下级的实验室，他们有一个大的中心。

主持人：我们有一些小规模的意见交流，或者是合作，其实也是非常好的，路易斯有什么需要分享的。

何子山：这是一个非常好的想法，世界范围内的天文学的网络和工作组，非常好。今天我们谈论了做科学的难度，因为有一些投资方面的问题，我们需要更多的资金来支持学科研究，在全世界范围内我们都面临着这样的问题，我们需要有非常多的智者聚集在一起讨论问题的解决方案，我们有很多的年轻人需要来接班，如何教育下一代年轻人，让他们能够有更好的素质和未来。可能有一些实习项目或者奖学金项目或者合作项目能够让我们的年轻人参与进来，这些都是构成框架的基础，这个框架能够保证长期重要的科学方面的进步。

我们需要去打破困难，要打破地理的界限，促进这样的合作。

主持人：我想问一下迈瑞对于未来的看法，你刚才讲了全世界范围内的合作，路易斯也讲到了一个机构，是你的机构，这是一个美国的机构，中国也有相似的机构，在东京也有这样的机构，今天我们都来到了这里，这是一个顶科会堂的科学家论坛，我们可以一起努力，也可以设置一个WLA的项目，世界顶尖科学家协会的项目，建立一些非营利性的组织推动科学的发展。数据也是另外一个问题，我们要进一步促进数据分享，我也想听听看大家的建议，这是我们可以做的，可以真正的产生一些影响。

数据现在是无限量的，哪怕是在南极，我们也可以下载数据。我有一个测量站在南极，我也可以从北极这边调数据，其实我们现在的数据已经如此畅通，真正的本质是科学可以通过数据分享给所有的合作者，我想听一下大家的建议，我们可以做些什么呢？Bob分享一下你的经验。

罗伯特·威廉姆斯：我不太确定你问的问题我懂了。国际化对于任何科学来说，我特别喜欢这样的国际化的合作，有一点我非常喜欢去跟大家分享，我们需要更多的资金，当然，全球范围内还有国际化的组织和机构是非常有必要的，这是非常好的想法。

我们需要去做的是有足够多的资金支撑，资金角度来看，比如说世界银行或者G20、G7这样的组织，对于国际项目的资金是和各个国家本土的基金是相关的，对于这些产出的商业化也是有关联的，如果说我们只有一些人，只有个别人他们有责任去对我们所做的项目有决策权，往往是能够指手划脚的。我们要把文化结合起来，有时候一两种文化是占主导的，可能就会出现问题，我并不是反对建议，从现实角度来看，可能这样的现实层面的问题是不容忽视的。在实现全球化非常现实的目标是在比较小规模里面做努力。

小规模可以在大学层面做一些努力，我们可以去创建一些让外籍人员任职的岗位，可以更加现实的来实现我们的目标，全球化、国际化层面来说确实是比较难的。有些国家有一些非常领先的项目，他们现在有一些国家和国际的项目，其实这些项目都是可以让不同国家的人参与进来，可以让他们在项目里面待5、10年，甚至更久的时间，这是可以实现的。

你刚才讲到了非常重要的一点，这完全是我们所做的工作，有非常多的亚洲人、欧洲人，还有中美洲和南美洲的人，他们有的人是待了几年回去了，有些人待了就留下来了，这个可以帮助我们的机构去形成更多的角度，了解不同文化的人他们是如何做事的，并且了解不同人的思维方式。

主持人：还有其他人想发言吗？

迪迪埃·奎洛兹：我同意各位刚才说的，其实我们在理念理想层面看科学应该合作起来，但是可能存在一些政治层面的阻碍，我们知道科学是有力量的，他们是一些非常重要的话题，是非常关键的课题，我们的拓扑学、空间探索、AI等等这些都是对国家层面来说非常重要的课题。我感觉国家层面确实是比较难以实现的。

当然，还有一些别的方式可以成功实现的，可能在教育层面，我们是可以加强合作，是一个非常漫长的过程，我们需要20-50年的时间轴才能完成一代人的教育。有些人他们通过一些教育项目，去了另外一个地方，了解了那个地方的风土人情，学习了他们的语言，不好意思，我的中文不好，但我觉得也是具有可能性的，总是有一些元素需要花很长时间才能帮助我们看到结果，我们不能去强迫他。

有时候我们有一种非常巨大的引力让我们从一个地方去到另外一个地方，我们不可能去强迫人们拥有这样的驱动力，可以通过比较长期的方式来让人与人之间搭建起一种关系，从大学层面开始。一些大的项目，实际上是和政治元素相结合的，我其实不太了解有一些大的项目是怎么运作的，但却是是有些可能性。

比如在二战的时候，原子能量在二战的时候得到了最大的发展，在二战的时候我们仅仅把它用来做破坏性的武器，但是二战之后我们把它和其他的系统联系了起来，我们开始认为它有一些积极的力量，当然，瑞士成为了中立国家，所以之间也存在关于核的问题，但这不是总能发生的一件事，仅仅是当时在具体的时间节点和具体的历史背景之下，所以出现了这样的原子项目的国家层面的合作。

在天文学方面是否可以做这样的努力呢？刚才谈到了SKA，SKA是一个非常好的项目，国家为其他国家的基础设施进行投资，我们知道每一个政府他们都会在投资比较昂贵的项目的时候，希望由这个国家所拥有的，但是SKA必须得融入到不同的国家，必须建立在一些比较安静的符合地理条件的地方，比如说南非等等国家，这些项目的具体条件让项目本身跨越了不同的国家。其中也会有一些我们需要去应用的新的科技，还有一些国家战略层面的东西是我们需要考量的。

如果每个人都可以在市场上买东西一样去买我们去月球的单程票，这样的阶段是没有问题的，但我们现在谈到的是比较务实的态度，学术圈的态度，还是有很多可以去做的。每个人都做一点自己范围之内可以想到的事情，刚才谈到各种各样的关系，合作伙伴关系等等都是我们可以去深入的。

主持人：其实更多是商业领域，一旦所有的一切变成了商业化的东西，就好像是我们可以给所有人售票，让他们去太空。那个时候可能让地球方的一切机制都发生了变化。

陈学雷：我完全同意之前的这些嘉宾所讲的。天文学是一个国际化合作更加可行的领域，同时也能够帮助每个国家，无论是学生，还是访学者，能够从他人的角度获得一些价值，特别是教育层面的价值是值得重视的。我们希望能够加入更多的元素提升教育层面的合作。

比如大学层面我们可以尝试合作办项目，也不能忽略一个事实，我们有非常重要的数据分享的能力，这个数据分享的能是要比较小心的，我们要确保这个数据分享的通道是通畅的，确保在国际层面能够畅通，不要把它关闭了。如果我们没有那么小心的话，数据分享方面也会出现一些问题。

主持人：这是非常好的问题，数据分享是非常重要的话题，它能够增强我们的合作，现在大家都有一些研究数据，研究数据的分享对于我们来说尤为重要，刚才讲到了非常多的可以分享的内容，最终也可以促进更多的合作，这是我们希望能够做到的，我们也看到各种各样的办法能够做到。

我们有看到年轻人来自不同的地方，有北京、南京的同学加入我们的会议，非常开心看到各位同学的加入，我们希望能够给他们一些激励，10、20年前像他们有了去国外培训的机会，所以想问一下大家我们如何有效的培养年轻一代的科研人员？也有多元的文化背景，有文化差异，怎么样更加包容，来自不同背景、不同文化的年轻人让他们融入在一起工作呢？对于愿意合作、愿意开放心态，希望能够参加大、小型项目的科研人员，你们对于未来一代有什么建议呢？

路易斯应该很有经验，你在中国、美国都有培训年轻科研人员的经历。

何子山：年轻人对周围的世界非常的好奇，这是人类本身的天然的特性，在我看来，我们不应该以传统的方式培训他们，我们应该允许他们保持这种天然的好奇心，这可能听起来这句话有点奇怪，在他们教育早期让年轻人有自有的时间，这是在很多亚洲国家很严重的问题，特别是中国尤其如此。

很多情况下，教育主要是考试，从他们穿上尿布开始到上大学一直就是考试，没有时间满足好奇心去探索，在我看来这是非常严重的教育体制上的缺陷。但中国并不是唯一这方面存在进步空间的国家，我们希望让孩子们能够保持天然的好奇心，这是他们能够对科学保持兴趣的点，要成为科学家有很长的路要走，驱动力应该是好奇心和内在的热情。所以我们自己要鼓励他们诊视自己的好奇心，去更多探索，在政治、社会层面要往这个方面多做努力。

在家里父母也有责任，要家庭的父母是要有这样的时间让孩子们可以真的做孩子。

主持人：好的，何教授是来自于北京大学的，你这边的学生都是非常优秀的，他们也是考的分数非常高，才能上北大的，所以你觉得北大现在有没有什么比较实际的方式，他们一边能够保持好奇心，一边又分数比较高。

何子山：当然他们考过来北大，基础上非常完备，也是拿到各种竞赛的金奖。我发现他们总是不够好奇，为什么他们对天文、科学那么感兴趣？他们好像从来没有思考过这个问题。

主持人：这个问题应该在很早期的时候问，当上大学的时候已经晚了，今天这些嘉宾有来自于剑桥大学、康奈尔、加州大学的迪迪埃·奎洛兹你说一下吧。

迪迪埃·奎洛兹：就像刚才几位嘉宾所说的到大学的时候已经太晚了，在早期的时候就要找到为什么好奇，有些人非常擅长于建造汽车，有些人擅长思考、写作等等，我们都有不同的天赋。

我觉得教育是21世纪很大的挑战，因为教育已经是一个全球化的元素了，过去50年我们取得很大进步，全球在教育领域，特别是在亚洲、南亚取得了很大进步，这里的教育有了翻天覆地的变化。非洲的情况比较糟糕，还是需要有大量的工作可以做，非洲有多少人通过数学测试，因为数学相对来说是比较容易教授的学科，不需要太多的设备。你发现目前非洲的通过率比较低，还存在性别不平等，受教育程度不平等的问题。

当然，性别不平等的问题或者说在科研领域女性参与比较少的情况，现在也有了很大的变化，我看到在座观众当中有很多的女性观众，请不要放弃，我们未来会有更多的女性科学家涌现在这个领域。

我们希望在教育的早期可以更多的激发同学们的兴趣和好奇心，比如说可以带他们去走出教室，去到博物馆或者其他地方，也可以通过拍科幻短片的形式或者其他的形式来激发学生们的好奇心和兴趣，最好的年纪是8、10、12岁的年纪，孩子们决定对哪个方向感兴趣的黄金时期，如果到后面才决定就很遗憾了。

有的时候，小孩找到自己喜欢的方向可能相对晚一点，所以我们要不停的鼓励他们来思考这个问题，在座观众当中应该也有一些老师，我想老师也有很重要的责任，我看在座的也有一些班级的同学一起过来的，这是一个很好的例子。

主持人：说的很好，其实你代表了两个机构，一个是日内瓦大学的教授，日内瓦，瑞士出了24个诺贝尔学奖的获得者，你也是剑桥大学，诺贝尔奖得主就更多了。你的秘诀是什么？

迪迪埃·奎洛兹：如果你给老师一个理想的工作环境，给他这样的投入，其实就会吸引很多非常优秀的老师过去，这样就很可能给我们带来一些意想不到的结果，当然这个投资是比较长期的，可能要花四五十年的时间。我记得我是2019年的时候，当时在WLA论坛上的时候跟中国科技部的部长在沟通，它问说我们要做什么，中国才能出诺贝尔奖呢？就跟他说这是持续投入50年的事业，没有办法短期5-10年，它是一个长期的过程。

欧洲的很多国家，我们都是对这块投入非常多。因为在这块我们是一直投入这么多，我们一直对教育，包括对于老师方面做了很多的投入。

主持人：现在还有全球数十亿人还没有办法接受到教育，这个我们也应该要重视。

奥马里奥·G·拉坦齐：在欧洲情况还是有一些差异的，欧洲各国的大学毕业率，接受过大学教育的比例还是有不同，意大利只有人口的20%上了大学，拿到大学毕业证的。这是我们的办法，跟瑞士瑞典这样的国家去比的，他们人口相对比较少，但他们60%的人都有大学本科的毕业证，关键是好的教育体系，要让小学老师也能够得到社会同样的尊重，中学、小学的老师都应该受到同样的尊重。

在意大利，之前觉得小学、中学并不是很受尊重的岗位，因为他们觉得如果我本身资历比较好，就不愿意找这些工作，就想找付薪资更高的工作。当然把孩子带去学校、博物馆增长他们的见识非常好，有时候孩子们会说，只是不想考试，想去玩，所以想去做户外活动，所以需要好的老师去做指导和教育。

主持人：坐在台下的这位是我们中科院的同事，未来我们可以在这一块培训方面做很多方面的合作。Bob听一下你的看法，赖东你觉得美国的教育体制怎么样，如何让孩子们保持好奇心？

罗伯特·威廉姆斯：让他们知道自己的天赋，知道自己的兴趣点在哪儿？再说一下您的问题。

主持人：加州大学你们的天文学培育了很多优秀的学生，说一下你们是怎么样培养沟通的？比如先说天文学，怎么样沟通的，怎么样保持他们对这个学科持续的兴趣？

罗伯特·威廉姆斯：我们会激发他们去做他们愿意做的事情，往往学生经常会过来，会有好几个导师，问问他们上课的情况和成绩等等，我这儿主要是管大学本科生的项目，我的经验来看，几乎每一个在研究生院的学生，其实在智利上都是足够能够完成物理学PHD的水平，差异在于有的时候它会因为个人的原因而逐渐的丧失对于学术的兴趣，所以你可以去鼓励学生，告诉他们坚持住，不要放弃，只要你是真的想要做这个事，比如说成为一个科学家，成为一个老师，你就可以达成目标，是这样的一种鼓励，鼓励是非常必要的。

我遇到一个天文学家，这一路的成长历史当中从来没有遇到过个人问题、家庭的问题，在这个路上有犹豫过的，从来没有遇到过没有犹豫过的人，你本身作为一个导师让他们保持对于学科的兴趣，保持对于他们感兴趣事物的兴趣，在我的经验看来，我觉得这个是实现成功非常关键的助推力。

主持人：确实是，保持他们的驱动力，让他们坚持住。接下来想问一下赖东，你是来自于康奈尔大学的，也有全球最顶尖的学生。

赖东：年轻人确定自己方向的时候，你要找到自己特别有热情的事情，你愿意做的事情，比如说就愿意编程、计算等等。

第二，你想要选择一个比较好的领域，怎么选择呢？我会给他们讲领域、次领域好坏，取决于这里面有多少问题是亟待探索的，我们今天天到了天文学有很多的未解之谜，从行星到极端行星，这里面还有FRBS快速射电爆发等等，还有奇特的超行星，这些都是目前的未解之谜。

天文学很多领域，现在都是可以有很大作为的领域，我觉得这样的领域就是一个好的领域，所以我也鼓励他们去到一个很有潜力的，有很多空白可以探索的领域。

主持人：如果你鼓励他们，让他们愿意去追求自己的方向解决这些难题挑战，他们也会感觉到比较受激励。

我想问一下陈学雷，因为你大部分的时候都是在中国的，所以你觉得中国跟10、20年前相比，有什么样的差异？现在做科学，现在学理工科这块的学生怎么样改善他们的学习经历和教育体验？

陈学雷：相比于之前，中国的学生确实在整个教育环境上有了很大的改善，现在我们的学生可以跟科研、天文学者去交流，去了解最前沿的科研成果、科研工作。之前，主要还是靠教科书去学习，而不是在真正的实验环境当中去学习，但我仍然认为，目前接触量还是不够，相比于西方国家来说我们还是应该继续让更多人有这样的接触前沿技术的机会。

主持人：不仅是大城市的学生要给这样的机会，相对小型一点的研究机构，这些学生也要有这样的机会。

接下来想问一下，这位嘉宾有美国和中国的经验，中美之间有什么差异？

何子山：我之前是在卡内基天文台工作，工作15年，10年前我决定辞职回到中国，这不是一个匆忙中做出的决定，但只是当时我觉得中国的机遇是非常好的，不是资源上有多好，而是中国的青年人，这是吸引我的一点。

青年人，他们现在有机会去接触到很多的大型设备，比如说地面设备和天空的望远镜、大型的国际项目，现在学生们都可以接触，而且我们也有很好的资源配置，这样的支持之下我们是可以做成很多的事情。10年前我对于中国的发展非常乐观，10年后仍在中国，我也计划未来长期留在中国。

看向未来，我也是非常乐观的，最近地缘政治的紧张局势确实让我感觉到有点担心，影响到年轻人的未来发展，有些外国同事申请来中国的过程遇到了一些麻烦，都比较有挑战。同时，我们学生出国也受到了影响，所以这块还是有点担心。但我相信这个会随着时间的推移，情况会有所缓解，中国也会继续繁荣发展，最终，我们在整个领域将能够达到具有国际竞争力的水平，我是天文物理学的编委会的成员，每年我们都要激烈的探讨，到底选哪些中国的论文发表到天文物理学杂志上。现在大家有时候都不愿意在我们杂志上发表论文，因为大家想在自然杂志上发表论文，这意味着现在中国的科研水平已经非常高了，我们还可以继续往前更进一步。

在座的各位年轻人，你们今天来到会场就印证着我对中国未来的乐观态度。

主持人：好的，非常感谢，我们的圆桌讨论也到此结束，非常感谢所有参与圆桌的讨论嘉宾，讨论的非常精彩，只要我们携起手来，不管项目大小一起联手做起来，尽早的发现，特别是年轻一代的乐趣和兴趣。

台下有没有问题。

提问：谢谢，我是一位博士后学生，上个学期我教授了一门课，关于一些物理现象，有些学生是非常喜欢物理，但他不是物理专业的，也不是天文专业的，所以我想了解一下怎么样去鼓励他们？怎么样让他们能够更多的参与到物理或者天文学的科研当中去？怎么样让他们更多参与呢？因为他们确实非常的感兴趣。

主持人：谁来回答一下。

奥马里奥·G·拉坦齐：这是一个很重要的问题，我们学科面临着计算机科学、工程，还有很多别的学科的竞争，比如说再回到欧洲的例子上，这些领域他们都会吸引数据工程师或者数据科学家或者是高运算技能计算，我们这些人才就比较难一点，如果他们是拿国家天文研究所的工资，这个跟计算机科学家的工资，如果是公司拿工资，可能就是后者的1/3或者1/5，所以你想要人们首先对天文有热情，仅仅是有热情是不够的，目前这个社会还是考虑就业的。选学科的时候还是会考虑就业的倾向，这不是中国独有的问题，我们全球都一样。

主持人：作为教育者、大学、研究所的教授，我们这种科普的课程不仅仅要给到大学生、研究生，而且可以给到中学生，比如邀请他们来天文台参观，做一些小的科研项目，在美国我知道中学的学生可以一起去做一些小规模的科研，及早的发现同学们的兴趣。

比如做8-14岁的国际合作，因为这个时候是孩子们确定兴趣方向的关键时期。

陈学雷：我想要提一下对于这类的实验室工作，往往天文比物理学有意思的多，我当年也是物理学的学生，也上了物理学的课程，我当年并不是特别那么喜欢待在实验室里面，我发现天文有意思的多，如果有一个小的望远镜，如果学生大学很容易接触到望远镜，他们自己会做探索，他们会去用这个望远镜去拍照，他们觉得很有意思，也学到很多，这也是天文的教育价值。

主持人：说的很好，可能我们这些在座的嘉宾可以把一个信息带给你们的所代表的机构，比如说我们可以做一些夏令营或者是类似于这样小规模的活动，我们跟各位所代表的机构合作，在早期培养学生的兴趣，或者帮助他们发现自己的兴趣。

还有其他的问题吗？

提问：我是来自于上海双语学校，另外我也是上海化石矿石协会的会员，我发现一个有意思的事情，如果能够用AI分析数据，之前的数据，用AI的工具来预测未来，比如说像GAIA的数据，把数据丢给AI，让AI去分析，去做预测或者是计算，让AI用这个数据去计算系外行星的外星人，有帮助吗？我们可以用AI帮助科学家吗？

迪迪埃·奎洛兹：我觉得我们可以通过这种方式来吸引学生，加入科研。我觉得AI是一个很棒的工具，因为AI非常的酷炫，显然你对AI很感兴趣，我想我们应该往这个方向继续做，这样就可以有更深的理解，就会逐渐的进入到科研的世界当中，可能就会发现一些比AI更加酷炫的科研话题或者方向。

有的工作它可能做起来非常的容易，有的时候计算过程看起来非常的神奇，所以我们应该回应到这个学生，回应新一代他们的想法，AI可能只是大家感兴趣的其中一个领域，我也要跟大家保证，在使用计算机也可以接触到很多比AI更加酷炫的领域。

主持人：我们的天文学家能够接触到海量的数据，美国、中国还有很多其他的国家，他们都会使用AI深度学习、机器学习来处理我们的天文科研的数据，而且它也反过来驱动了机器学习AI的发展，所以我们看到很多的天文台大学也参与到这一类的跟AI相关的科研项目，一起找到难题的答案，比如说系外行星相关的答案。

奥马里奥·G·拉坦齐：我觉得刚才的问题非常有意思，我们能够把你带去欧洲吗？把你带你欧洲行吗？带去意大利。我们正需要这样的年轻一代。

提问：我是金子凯，11年级的学生，来自上海的一家高中，你刚才说很难采集到行星领域的数据，你觉得在哪块我们应该加大工作呢？应该尽可能的多建望远镜呢？还是应该用更先进的技术来造望远镜呢？

迪迪埃·奎洛兹：这个由你来决定吧，将由你来决定未来的方向，这个有不同的使用性。举一个例子，你发现了某些事情，意识到市场上出现了之前没有想到的东西，如果我这样做的话就可以以另外的一种方式就可以做这个设备，这就是科学。你原本有解决这个问题的方法，但后面你找到了另外一种方法，并不是只有一种方法，只是通过一种方法实验，绕一下再绕回来，才找到了比较理想的解决方案。如果你加入了科研领域，这个问题就由你来回答了，这个要由未来的你去决定。

主持人：这个取决于你的科研目标，比如说就用一个技术非常先进的望远镜，也可以能够做一个望远镜阵列，这个具体取决于你的科研目标是什么？你想获得什么样的观测的结果，只要你有这样的方向，有这样的愿景，你再去往这个方向走，你再决定怎么样具体的去做这个事情。

提问：我也是来自于上海高中，刚才谈到的教育，谈到中国主要就是考试，我觉得天文学是一个非常理论化的学科，因为我们学的这个东西距离我们非常的遥远，所以年轻的学生从10-16岁的学生，怎么样可以参与到这一科学领域呢？对于我们来说好像很难参与，你刚才也谈到了好奇心，好奇心的培养。

何子山：相反，我觉得天文学可能很难，也可能非常的直接，天文学是非常美的学科。只要睁开眼睛就可以看到，罗伯特·威廉姆斯也给你看到了星系的照片，如果你觉得这些照片不美，那么你可能不适合做科学家了。

你看到天空中的每个恒星周围至少有一个行星，而其中可能5%的行星可能会有发现可预计的环境，如果这个话题不能让你感兴趣的话，可能你不适合做科研方向。所以，这些天文的难题其实一直都在我们面前的，这个跟天文物理不太一样，比如说粒子、方程式的问题等等，天文本身是非常非常容易的学科，你需要花时间、找机会来感受天文的魅力。

现在很多时候，大家有太多的时间是在教室，参加考试，可能有的时候回家都不会离开卧室的，可以找点时间走出上海，去看一看天空。

主持人：在参加考试的时候，准备考试的时候，你要问一下自己，为什么你想要考A，是不是能够让你感受到快乐，所以要拷问一下自己的灵魂，是什么让你感觉到快乐，这个可能会最终带来一些结果选择上的不同。

罗伯特·威廉姆斯：你的问题一方面是关于在中学很难接触到，很难参与到天文的研究当中，不知道中国怎么样，在美国夏天的时候，我们会有临时的岗位开放，学生可以去到大学里面去跟教授一起共事，所以我想其实是存在这种可能性的，如果你想要去近距离的接触天文学领域，做你在这个阶段可以做的事情，你可以申请我们的夏令营或者夏季的岗位。比如或许上海天文台也有类似的开放，还有交通大学也可能会有这样的设置。

迪迪埃·奎洛兹：我想我是理解你的困境的，以自己为例，当我在你这个年纪的时候，我觉得上学不太有意思，我觉得上学还行吧，可以接受，我知道我想拿文凭继续上学，但是我当时并没有觉得上学让我非常的激动。但其实你可以自己去做探索，所以当时我没有读太多跟天文有关的东西，我是读的别的，好奇心特别重，读了很多书，看了很多电影，也自己组装了一些仪器，通过仪器来观测天空。

学校当然是有自己的职责和义务，是需要满足一个最低的标准，有些东西可能是你不太愿意做的，但这个东西后面会发现其实也是有用的，如果你想要做更多的事情那你就去做吧。你需要找到你自己的热情，不要等着别人告诉你该学什么，而是自己找到你的兴趣点。我有一些PHE的学生跟我要建议，我给他的第一个建议就是不要听你的导师怎么说，这个可能听起来有点太过了，但我都是会这样跟学生讲的，因为各位就是未来，各位要成为体系的创新者，我经常跟年轻的硕士生讲，如果你能够花30%的时间拿到A，如果要花很多的时间去拿100分的话，如果花了30%的时间得到80、90分，可以把剩下很多事情做别的事情，你是不是真的想做班上的第一名，做95、99要达到这样的水平，一定要穷尽自己的所有的精力来去做到完美无缺呢？

主持人：我知道在中国这个压力是很大的。

如果只有90，可能你是班上最差的，一直到99，甚至99.9才能达到班上比较好的水平，这个太卷了。作为年轻人你们需要自己去决定，要坚定，不要听你的老师、父母怎么说，你自己想要干什么，如果你能够想成这一点，你就能成为未来的爱因斯坦，很多人不会这样做。

举一个例子，当我自己小孩的时候，我就不听父母的话，我要去上高中，不上技术学校，这改变了我整个的职业生涯，因为我当时非常的坚定就是要上高中，我当时是学校唯一一个不听老师话的学生，我当时也是被学校看来是一个“差生”，虽然我当时是一个“明星学生”。我当时觉得我的未来就在这个领域，所以我要去上学，所以你们要决定你们到底要干什么？想一想我的人生怎么安排，问一下自己，不要让父母、老师给你做决定，要自己为自己做决定。

还有别的问题吗？

提问：我们拉回来一点，重新聚焦一下物理学，我是上海交通大学的本科生，学的是物理，我觉得物理跟天文是不一样的，因为在大多数领域，我们先有理论，然后用实验证明这个理论，但是天文领域主要是依赖于光子带来的信息数据，我觉得如果在实验室当中我们能够模拟一些深空的条件，在这种环境下去做实验，我们能做天文的实验吗？我也做了一些研究准备，所谓的实验天文学，我们有可能做成这一点吗？

迪迪埃·奎洛兹：是的，一个是理解行星形成的早期情况，我们是在这一块有实验去仿真这个过程的，是非常复杂的，因为你得满足很多比较极端的条件，有很多的实验室我们做的化合物，还有分子层面的物质都要满足这个严苛的条件才能在实验室实现天文学实验。我们还要把量子引力和量子实验结合在一起，我们希望能够去复制宇宙早期某个阶段的情况，来利用冷原子去实现某一些的量子状态。

我们也可以借此复制宇宙早期的状态，进而再做各种各样的观测，这块你可以做很多的实验，做天文学并不意味着没有办法做实验和观测，而且你也可以改变参数，做微调，你也可以测试不同的参数，而且可以在一些极端的条件下去测试我们的参数情况，所以天文不是说就简单的坐在望远镜后做观察。我们也可以做很多的实验。

主持人：在美国我在实验室培训学生，中国现在有很多的望远镜，我可以想象在未来，我们的天文台大学，他们都需要建立自己的小型设备，所以学生可以去到实验室，去做天文物理的实验。当他们进到天文台以后，他们也可以从天文物理学家变成天文学家，在实验室的时候他们可以做天文物理学甚至物理学的实验，当他们去到天文台的时候，他们可以操作这个望远镜，成为天文学家。

现在已经非常晚了，我们再有两个问题，不然大家永远回不了家。

提问：晚上好，我发现中国的科普市场主要是针对于小孩的，特别是小学的学生，父母他们可能对于科学没有那么有兴趣，但他们希望自己的孩子成为科学家，这是中国非常有意思的现象。我同时也知道，很多成人，他们也很喜欢天文学，喜欢科学，他们也想要有更丰富的体验，问题是怎么样去设计一种有效的有意思的活动，不管是线上还是线下来吸引更多的成年人加入到我们的科普活动当中来？

迪迪埃·奎洛兹：Bob刚才已经谈到很多类似这样的技术了，使用计算机处理数据，这块我知道还有一些跟数据有关的游戏，如果你是愿意打游戏的话，可能你会觉得这个跟处理数据相关的天文物理学数据很有意思。

还有一些英国有一个叫做Zoe（音）大学，可能你听说过这个大学项目，他们可以通过一个平台观察上千个星系或者行星，在这个平台上给到他们很多的工具去观察，其实这其中可以有很多能做的东西，让人们能够积极的参与进来，这存在一个资金支持的问题。因为这是面向公众的活动，所以你可能需要撬动资金的拨划，可以让他们更多的往这个方向倾斜，天文相对天文物理学来说是相对幸运的。

如果是天文物理有的时候解释比较难的物理概念，如果没有物理的背景很难理解，但是天文相对来说大家觉得更亲切一点。

主持人：你可以做一些搜索，谷歌等等，可以看到网上有很多很有意思的科普设计活动。

请最后一个学生来提问。

提问：谢谢，我是高中的数学老师，我在一个农村学校当中工作，希望今年能够更好的给他们开展教学，在农村学校还有在一些比较小的城市当中，我们也希望学生对于天文有更多的了解，当我去到农村学校的时候，我知道这些老师、学生他们也对于数学科学领域非常感兴趣，他们觉得自己永远不可能成为数学科学家、天文科学家，我会跟他们沟通一下天文学，因为这块我还略懂一些，你们网上可以找到很多天文学的资源，其实并不是很难找的，并不是接触不到的。

我也会跟他们讲，我们可以做到这一点，所以我想问的是，比如说这些农村地区的老师，他们会觉得他们做不到这一点，没有办法去教学生和数据科学或者天文学这类的科学学科，他们不相信自己有这样的能力，我们怎么样帮助他们呢？

何子山：我想回答一下这个问题和上一个问题一起回答。

我理解当上一代的父母，特别是在农村地区，他们可能教育的程度，这一代和上一代有差异，我是中国人，我非常理解中国的视角，他们会问说学这个有什么用？能挣钱吗？

其实天文是一个很好的职业方向，天文的训练可以给到你很多不同的职业选择，除了成为科学家，还可以做很多别的工作，因为你要做天文需要有很多技能，比如说分析技能、批判思维技能，在美国、欧洲，很多人他们不做天文之后去了华尔街，赚了很多钱，因为他们是解决问题能力非常强。我想中国可能也是如此，他们知道怎么样编程，怎么样去用电脑处理问题等等，还包括工程，天文学也要求从业者去组建东西。

这其实是对现实世界的很好的教育准备，可能你可以跟家长解释一下，这是一个非常实际的理由，天文可以给到你很好的职业准备，我想两个目的可以同时实现的。

主持人：我非常同意路易斯。美国如何鼓励学生学天文学呢？你会发现学天文的会培训各种各样的技能，包括分析技能，还有批判思维技能等等，所以美国统一数据显示天文失业率是最低的。全球最有钱的两个人，他们年轻的时候就是学的天文。

我老家是安徽，美国老家是佛罗里达迈阿密，他当时在高中的时候接触了天文学的培训，高中的时候他想投身太空的这块生意，天文学者没有想到它挣了这么多钱，中国也是如此，我们都用微信，马化腾也是业余的天文学爱好者，因为天文非常感兴趣，所以后来转向了计算机，所以如果你喜欢天文的话没有道理放弃。所以天文可以给我们带来非常美妙的体验，可以让你的想象力、创造力，可以给你带来想象力、创造力，而且可以给你带来财富。

在美国我有一个PHD的学生，当时我学天文的时候，我给了自己三年的期限，如果我三年还读不出来，我就不读了，我可以找其他的更赚钱的行当。后面发现博士后并没有读3年，22个月就读完了，所以天文所培训的技能是非常普世的，可以用到其他行业，不用担心，就去做吧。

非常感谢大家所提到的这些问题，也非常感谢我们的圆桌嘉宾给到我们这么精彩的答案和对话，感谢大家。

最后我们有请我们上海天文台沈志强做致辞，做闭幕论坛，我们已经超时了非常久了，但大家一直保持着兴趣和热情。

沈志强：这一天很长，大家应该都听的很尽兴了，可能大家都不愿意结束，但我们必须要收尾了，这是葛健交给我的任务。

我们天文分论坛走向尾声，我非常荣幸能够有机会做闭幕致辞，这是我们作为世界顶尖科学家论坛的第一场天文分论坛。在天文的旅途上，我们共同努力，迈出了重要坚实的一步，我们今天有13个主旨演讲，这其中就谈到了天文转型和天文继续往前走的关键点和各个方向。

同时，我们共同探讨了根本的问题，共同试图探讨一些黑暗物质、暗能量、黑洞这样的未解之谜，同时谈到了宇宙、太阳系和星系，这其中涉及到各种各样的学科，也涉及到不同的项目，包括我们的地面项目、天空项目以及月球和太空观测项目，我们也共同聚焦科学和技术的最前沿，我们很高兴的看到整个的天文领域一起取得了相当大的进展。

我们的论坛也包括两场非常精彩热烈的圆桌讨论，大家都好像是老师一样，都非常的专业。这个对于塑造学术交流的平台非常的有益，所以各位科学家、学者和专家，也在此共享了他们的真知灼见，碰撞了智慧的火花。

在这里所形成的共识，本身就是对于我们承诺的见证，我们也期待未来各位可以继续探索的脚步，在跨学科合作的领域获得更大的成果。在科研领域的国际合作我们也希望可以更加紧密，来共同应对在21世纪全球所共同面临的难题，我们必须要保持开放的心态，利用全球的知识，积极参与，积极构建全球伙伴关系，这样可以共同为我们光明的未来奠定坚实的基础，我们希望我们要以创新的方式去培育和鼓励我们的下一代。

同时，今天的分论坛也得到了所有参与方的支持，所以在这里代表上海天文台以及我们的主办方感谢大家的主持，你的支持是我们这一次分论坛成功的基础，也同时感谢各位联合主席，感谢各位支持方，感谢大家的帮助。

最后我也希望我们能够继续得到大家的支持，我们也期盼着，欢迎大家未来再次回到上海，开展专业领域的对话，好的，祝愿大家一切顺利，也希望大家在上海渡过一段愉快的时光，谢谢！

（会议结束）