



Distr.: Limited  
24 December 2021  
Chinese  
Original: English

和平利用外层空间委员会  
科学和技术小组委员会  
第五十九届会议  
2022年2月7日至18日，维也纳

## 保护黑暗寂静的天空

由智利、斯洛伐克、西班牙、国际天文学联盟、欧洲南方天文台和平方公里阵列观测站编写的工作文件

### 一. 引言

1. 在过去 60 年中，天文学得益于与和平利用外层空间有关的巨大进步。经由数十颗科学卫星能够接收到从微波到极具能量的伽马射线等所有各类宇宙电磁信号。科学家们利用这些新的数据建构了关于整个宇宙及其历史的综合模型，而且这些数据还得以让他们能够对现在和今后任何地面实验设施都无法描述的新的现象做出描述。外层空间已经成为推进基础物理学发展所不可替代的实验室。
2. 然而，如果没有大型地面天文设施所发挥的重要辅助作用，仅凭空间天文学则无法取得这些成就。唯有结合使用空间和地面数据，方有可能在我们对物理现实的认识上取得实实在在的进步。同样，对从小行星到行星的太阳系各天体的探索，与利用地面和天基天文设施进行的详细观测密不可分。因此，保护全球天文观测能力免受人为干扰的不利影响以防止其严重受损，符合整个国际科学界的利益。
3. 对天文观测产生负面影响的人工干扰有三类：(a)城市照明或夜间人造光；(b)低地球轨道卫星的光学/红外轨迹；(c)地面和空间发射器的无线电传输，特别是来自低地球轨道卫星的传输。
4. 在这类作用中最近发挥的作用事关在低地球轨道部署大量通信卫星，这是一项具有创新意义的技术壮举。其主要目的是在全球任何有人居住的地区建设地球 - 空间 - 地球低延迟通信网络。这给实现联通提供了巨大希望，并有望成为世界宽带系统的一个重要组成部分。



5. 大型卫星星座因其数量、它们在天空中的亮度（由于光学反射或热发射）、它们在天空中无所不在的位置（较之于地球静止轨道上局限于单一“带”的卫星）及其邻近性（这是造成低延迟的一个驱动因素）而给天文学提出了新的挑战。
6. 所有上述各类干扰都是由外层空间事务厅、西班牙政府和国际天文学联盟组织举办的主题为“黑暗寂静的天空对科学和社会的影响”的讲习班和会议的主要议题。所涉讲习班于 2020 年 10 月 5 日至 9 日在线举行，其报告登载于 [www.iau.org/static/publications/dqskies-book-29-12-20.pdf](http://www.iau.org/static/publications/dqskies-book-29-12-20.pdf)。
7. 智利、埃塞俄比亚、约旦、斯洛伐克、西班牙和国际天文学联盟的代表团向科学和技术小组委员会第五十八届会议提交了一份题为“关于为科学和社会目的保持黑暗寂静天空的建议”的会议室文件（A/AC.105/C.1/2021/CRP.17），其中载有讲习班所得结论摘要。加拿大、日本和美利坚合众国的代表团提交了一份有关的会议室文件（A/AC.105/C.1/2021/CRP.24），其标题是“供科学和技术小组委员会 2022 年第五十九届会议讨论的关于‘就卫星系统对地面天文影响的一般性交换意见’的单一议题/项目的提案”。小组委员会第五十八届会议的报告鼓励外层空间事务厅就黑暗寂静天空问题与诸如国际天文学联盟及其他利益攸关方在内的所有相关利益攸关方进行接触，并指出拟于 2021 年举行的会议可为重点讨论关于开展国际合作的机会提供投入（A/AC.105/1240，第 233 段）。
8. 2021 年 10 月 3 日至 7 日在线举行的黑暗寂静天空对科学和社会影响的会议分析了近两年来就上述干扰所做调查的结果，并在与天文界和空间工业部门的富有成效的讨论中，重点讨论了对可以减轻给科学与社会造成负面影响的可行措施的落实情况。本会议报告载于 A/AC.105/1255 号文件。关于准备该活动的各工作组内容详实的技术报告见 <https://noirlab.edu/public/products/techdocs/techdoc051>。本工作文件重点述及属于和平利用外层空间委员会职权范围内的措施。

## 二. 夜间人造光

9. 随着发光二极管特别是带有高强度蓝光的发光二极管的问世，夜间人造光对天文观测的干扰已经成为一个尖锐的问题，此种干扰对业余和专业天文学家都有影响。国际天文学联盟为天文观测点设定了一个比自然背景光高出 10% 的推荐光污染最大容许阈值。据估计，全球光污染每年以 2% 至 6% 的速度递增，并造成包括天文台所在地在内的世界各地黑暗度的降低：世界级的天文台有可能在今后十年内达到 10% 的阈值，许多规模较小的观测点已经受到损害。除了对天文的影响外，夜间人造光可能对包括脊椎动物和无脊椎动物在内的动植物产生重大的生物影响，对此需要有关专家展开进一步研究。
10. 夜间人造光对整个天文学因而也对空间天文学造成严重的负面影响。因此，鼓励各代表团考虑采纳线上讲习班和会议的报告中所载详细的量化建议，特别是在地面天文设施方面。

## 三. 卫星星座和光学/红外天文学

11. 国际电信联盟（国际电联）和各国监管机构的文件显示，在今后十年内，

近 10 万颗卫星可能会被发射到低地球轨道，有几家公司已经着手建造和发射卫星星座。

12. 尽管通信星座具有无可争议的优点，但数量空前的大量卫星将会占据低地球轨道的外壳，它正在造成一种新的局面，对夜空的纯净可见性和天文学构成若干挑战。

13. 正如讲习班和黑暗寂静天空对科学和社会影响的会议所确定的，由于航天器反射率和热因素产生的光干扰，大型卫星星座给光学/红外天文学带来了挑战。这是天文学遇到的一个新问题，其原因是，卫星数量大幅增加，它们在天空无处不在，而且毗邻地球。卫星的夜间能见度和亮度取决于其轨道高度（目前约为 350 至 1,200 公里）、其表面反射率和相对于观测者的姿态，以及系统的轨道配置。在轨道上，少部分卫星是肉眼可见的（星等小于 7 的卫星），但所有这些卫星都有可能在升轨、降轨和在轨期间被高灵敏度的望远镜探测器探测到，在此期间，它们在天文图像上留下了其经过的痕迹，从而大大降低了所收集的数据在科学上的可用性。对受影响的图像进行后处理已经证明并非解决办法：较亮的尾迹（小于 7 级）可能会使探测器产生饱和，造成部分图像无法使用，而去除较暗的尾迹会留下残余影响，从而严重影响重要的科学计划，例如对微弱星系进行统计方面的自动调查。

14. 可以争取从以下两个主要方向来减轻影响：(a)天文学家经在观测端的行动所可采取的步骤；及(b)卫星行业和监管机构可以经由在星座设计和运行上的行动而可采取的步骤。迄今所获经验表明，最有效的成果得自于天文学界和工业界的密切合作。

15. 讲习班和会议的报告概述了天文学家所可采取的减轻星座影响的步骤，其中包括：(a)从多个观测点协同观测单个卫星；(b)开发算法，经由特定计划中观测点识别和掩盖光纹并预测卫星通道；(c)开发“智能”光学/红外探测器和无线电接收系统；(d)软件解决方案和数据后处理；及(e)传播信息并为实施观测和数据处理最佳做法提供支持。

16. 会议的卫星星座工作组在其报告<sup>1</sup>与工业有关的章节中得出这样的结论，即如果卫星运营人在项目周期的早期阶段，也就是说在最终完成航天器设计之前并且能够以较低成本对主体结构、航天器设计或运营进行修改或能够降低其预期影响之时，就与天文学家进行互动，则他们就更有可能会采用自愿做法或减缓工具。会议报告摘要载有涵盖五个优先领域的一套最佳做法准则：(a)解决从地面的视角看卫星的可见亮度问题；(b)解决高度超过 600 公里的大型低地球轨道卫星星座对天文学的可见性影响的问题；(c)确保能够访问单个卫星（星历表）预测位置的高精度公共数据，天文学家将利用这类数据在观测期间避开卫星的踪迹；(d)轨道上升和脱轨的考虑，尽量减少卫星即刻发射后和脱轨/重返阶段对天文观测的干扰；及(e)天文观测界和卫星界继续展开协作。工作组还拟订了一份可能构成在单个行动议程项目下拟讨论项目基础的行动计划草案。

17. 星座对天文的最终影响取决于上述所有因素的结合。因此，与其对单个因素（如轨道高度、表面反射率等）做出具体限制，我们建议那些打算设计、发射和运营卫星星座的公司就拟议星座对天文的预期影响展开定量研究。最近成

<sup>1</sup> 见 <https://noirlab.edu/public/products/techdocs/techdoc051>。

立的国际天文学联盟保护黑暗天空免受卫星星座影响的中心将制作和传播能够供任何利益攸关方使用的关于卫星影响的新的数据和信息。如果提出要求，该中心可以协助展开研究，并可就拟议措施提出建议，这类措施如果在设计早期阶段自愿采用，则可在不大幅增加成本的情况下减轻对天文的影响，同时实现星座的各项目标。

18. 仍有许多尚未回答的问题和需要展开进一步研究的领域。对光学/红外天文学的影响尚未确定：这是一个涉及多个方面的问题，诸如各类轨道配置上推荐卫星的总数等问题尚未得到回答。建议继续对该问题及其他相关问题展开研究。

#### 四. 卫星星座和射电天文学

19. 无线电频谱管理属于国际电联无线电通信部门的一项任务。《无线电条例》为包括射电天文学服务下的射电天文学等各种服务提供拨款。事实上，在射电天文学方面，包括在《无线电条例》中的分配、识别和脚注保护方面，长期以来一直在进行谈判，目的是保护事关天文的频带不受人工射电辐射在事关天文的波长范围内产生的有害干扰。

20. 新的大型通信卫星星座造成的局面对射电天文学构成了新的威胁，值得就此展开进一步研究。会议报告确定了一些具体挑战，强调现有保护措施不足以保护射电天文学，即使是在射电平静区内。会议的报告所概述的保护射电天文学的建议包括：(a)卫星设计应当能够避免射电望远镜和无线电静区的直接照射；及(b)无意中产生的电磁辐射的等效功率通量密度，包括总辐射、带外辐射、谐波辐射和杂散辐射，都应保持在国际电联商定的限度之下（就个别案例和聚合案例而言）。该报告强调了提高对射电天文学脆弱性的普遍认识的重要性。

21. 除了关于射电天文学的上述建议外，还需要特别注意保护对宇宙微波背景的地面调查，因为其观测设施使用的测辐射热计对其带宽内的任何能量都很敏感。建议关注宇宙微波背景的天文学家和卫星运营商共同评估星座累积微波辐射的预期影响，并提出缓减策略。

#### 五. 结论

22. 外层空间事务厅、西班牙政府和国际天文学联盟组织举办的 2020 年线上讲习班及 2021 年黑暗寂静天空对科学和社会影响的会议从科学和技术角度评估了低地球轨道大型卫星星座对天文学的影响。他们还提出了可行的缓减措施、现有一套最佳做法准则和关于今后工作的纲要，目的是减轻星座可能对天文观测产生的负面影响。

23. 该工作文件载有会议报告的高级别摘要及关于合理实施缓减措施的若干建议和能够由卫星星座加以落实的最佳做法准则，以供出席和平利用外层空间委员会的各代表团审议。

24. 特别是，我们谨建议各代表团考虑并最终同意以下所有或部分拟议行动：

(a) 把从地面和空间进行天文研究列作空间活动所涉工具部分；

(b) 让本国政府主管机构更加关注夜间人造光不受控制的扩展对天文学乃至而且还有可能对其他领域所造成的危害；

(c) 支持通过关于低地球轨道卫星星座和天文界的一套自愿最佳做法准则，讲习班和会议的报告载有这些准则关于射电和光学/红外天文学的概要；

(d) 把题为“卫星星座对天文设施的影响”的项目列入科学和技术小组委员会的议程。卫星星座的部署正在迅速推进，因此它对天文的影响将会日益增加，从而带来可能需要有新的减缓战略的新的挑战。该议程项目将为各代表团提供一个适当的论坛，以供其介绍和讨论各自在该事项上的立场、进行技术更新并对现行最佳做法准则加以修改。一旦情况达到令人满意的均衡状态，即可删除该议程项目。

---