

低轨巨型星座的国际空间法问题分析

王国语 卫国宁

【摘要】由成千上万颗小卫星组成的低轨巨型星座给教育、电信、地球观测和减轻灾害等领域带来很多惠益,但也带来频谱轨道资源占用、在轨碰撞风险增加、影响他国发射窗口和地基观测等现实问题,同时给国际法规则适用带来挑战。国际空间法中有关自由探索利用、妥为顾及、提前磋商、空间物体登记、透明度、可追踪性、空间碎片减缓等原则和要求,对于调整巨型星座活动具有重要意义,但仍须细化或做出因应调整。低轨巨型星座的快速发展将促进频轨分配协调、外空环境国际治理、太空交通国际治理与协调、外空军控等外空治理重大领域相关规则和机制的发展。国际社会应尽快构建有关低轨巨型星座的外空单方透明机制、协调磋商机制、危机管控机制和事后处置机制,以实现外空的良性国际法治。

【关键词】低轨巨型星座;国际空间法;外空环境治理;太空交通管理;太空危机管控;空间碎片

【作者简介】王国语,北京理工大学空天政策与法律研究院院长、副教授、硕士生导师;卫国宁,上海宇航系统工程研究所工程师。

【原文出处】《国际法研究》(京),2022.2.84~97

【基金项目】本文系2016年国家社科基金一般项目“外空安全国际规则新发展及中国话语权实现研究”(16BFX187)的部分成果。

引言

2021年9月15日,习近平总书记在视察某基地时指出:“太空资产是国家战略资产,要管好用好,更要保护好。”“要加强太空交通管理,确保太空系统稳定有序运行。要开展太空安全国际合作,提高太空危机管控和综合治理效能。”^①近年来,国外低轨巨型星座快速部署和发展,给各国太空资产安全带来了严峻的挑战。根据联合国和平利用外层空间委员会(以下简称联合国外空委)2021年12月10日发布的文件,^②中国常驻联合国(维也纳)代表团向联合国秘书长提交普通照会表示,美国太空探索技术公司(SpaceX)发射的星链(star link)卫星,在2021年7月和10月先后两次危险接近中国空间站。为保障空间站及航天员安全,中方每次都主动采取了紧急避碰措施。可见,低轨巨型星座导致外空环境日趋拥挤,其引发的在轨碰撞风险已经显现。^③国际社会亟待讨论构建有关规避巨型星座带来的频轨占用、碰撞风险等太空交通国际治理问题,以及低轨巨型星座部

署和运行可能引发的太空危机管控以及相关具体协调机制的构建。

一、低轨巨型星座及相关法律问题的发展情况

(一)低轨巨型星座发展现状及相关法律问题

近年来,低轨巨型星座发展态势强劲。一网公司(OneWeb)、太空探索技术公司(SpaceX)、亚马逊公司(Amazon)、波音公司(Boeing)等商业航天巨头都先后宣布各自的低轨巨型星座计划。美国忧思科学家联盟(Union of Concerned Scientists, UCS)卫星数据库(2021-5-1版)统计显示,截至2021年4月,全球在轨活跃卫星数为4084颗,其中属于美国的有2505颗、俄罗斯168颗、中国431颗。低轨卫星数为3328颗,美国约为2243颗。^④目前太空探索技术公司的正常工作卫星约1660颗,处于工作层的为1420颗,已完成星链第一层子星座建设,并已于2021年9月13日开始部署第二个轨道层,其愿景是再发射超过4万颗卫星,并且经由美国联邦通信委员会(Federal Communications Commission, FCC)批准的卫星数已多达

1.2万颗。^⑤此外,俄罗斯的亚里尼公司(Yaliny)、韩国的三星集团(Samsung)、印度的阿斯卓姆科技公司(Astrome)等等都在进行低轨互联网星座规划,中国也有数百颗低轨星座建设计划以及数千颗巨型星座建设愿景。^⑥

低轨巨型星座的建设引发了诸多现实和法律问题。一是带来外空轨道空间和电磁频谱资源的日益“拥堵”。根据各国当前发展规划,互联网星座将发射数万乃至数十万颗卫星进入低地球轨道,这些航天器数量比人类进入航天时代以来发射的航天器总数还高一至两个数量级,低轨将成为拥堵区域。由此,低轨巨型星座可能带来空间碎片数量激增、频率轨位资源大量占用等负面影响。^⑦二是迅速加剧航天器长期管控、轨道避碰、碎片数量减缓等太空交通管理和外空环境治理问题。太空交通管理和环境治理问题由来已久。然而,随着互联网星座的发展,这些问题将更加凸显。三是可能引起军事互联网星座竞赛。低轨互联网星座已在军事领域开展了应用尝试。太空探索公司同美国军方多次签订合同,探索“星链”星座在军事领域的应用。这引起了世界各国对低轨互联网高密度星座军事化的担忧。因此,目前亟需研究低轨高密度星座发展带来的频轨分配协调、外空环境治理、太空交通管理、外空军控等方面的影响,以推动国际空间法、国际电信法的研究和发展。^⑧

(二)国际社会对低轨巨型星座法律问题的讨论与发展

低轨巨型星座一般由体积重量较小的卫星组成,小卫星的相关法律讨论也由此密切相关。国际社会对于小卫星法律问题的关注由来已久。自20世纪90年代中期开始,联合国外空委一直在联合国空间应用方案的框架内审议小型卫星及其开发和应用问题,但一直侧重于技术与应用领域,尚未涉及巨型星座问题。自2009年至2014年,联合国外空司、奥地利和欧洲空间局联合主办了有关小卫星法律问题的系列研讨会,^⑨引发了国际社会对小卫星监管、频率与登记、减缓等法律问题的广泛关注。

作为国际空间法律规则制定最为权威的平台,联合国外空委有关小卫星法律问题的正式讨论始于

2015年。2015年4月,在第54届法律小组委员会会议上,巴西代表团提出设立一项单独议题,即“关于小卫星活动国际法适用问题的意见交换”。^⑩巴西提案适时体现了国际社会对于该问题的高度关注,得到了广泛支持。在此后每年外空委的法律小组会议上,各国代表团纷纷在该议题下对于小卫星(巨型星座)发展引发的法律问题发表意见。从2021年联合国外空委第60届法律小组委员会上对该议题的讨论情况来看,国际社会一方面肯定了小卫星项目的意义,另一方面也强调了小卫星的法律适用问题,以及小卫星快速发展带来的挑战。2021年的联合国外空委科技小组委员会届会上,加拿大、日本和美国建议从2022年开始设立“涉及就卫星系统对陆基天文学的影响一般性交换意见”的新议题。^⑪

国际电信联盟(The International Telecommunication Union, ITU, 以下简称国际电联)较早关注到了小卫星和巨型星座的管理问题。2015年3月,国际电联发布了“小卫星管理和通信系统宣言”,^⑫2015年联合国外空委法律小组届会上,国际电联和联合国外空司联合发布了关于小空间物体(small objects)登记和频谱管理的文件,^⑬对于解决小卫星的联合国登记和频谱申请具有重要的指导作用。2015年以来,国际电联世界无线电通信大会(World Radiocommunication Conference, WRC)也专门讨论和制定了适用于小卫星及星座的相关规则。2015年,很多国家在世界无线电通信大会上提出国际电联制定的规则存在滥用问题。^⑭国际电联在2015年至2019年的周期研究中正式启动规则修改工作,并于2019年的世界无线电通信大会(WRC-19)中通过了第35号决议——《在特定频段和业务中用于实施非对地静止卫星系统中空间电台频率指配的分阶段方法》^⑮。该决议对非对地静止轨道(NGSO)巨型星座的投入和使用制定了新规定,因此被称为“里程碑决议”。2021年7月27日,国际电联WP4A(Working Party 4A)会议起草了有关“国际电联无线电通信部门小卫星手册”^⑯的工作文件,介绍小卫星概念、分类、功用的同时,着重介绍了国际电联的相关规则适用问题。

可见,联合国框架内虽然尚未开始公开讨论低轨巨型星座的军事利用及其带来的法律问题,但已

经开始高度关注其引发的外空环境治理、频谱协调等问题,并开始了相关的规则制定。

二、低轨巨型星座与已有国际空间法相关规则的关系

(一)低轨巨型星座与国际空间法基本原则的关系

准确理解低轨巨型星座与已有国际法规则的关系是制定新规则和机制的前提。发展巨型星座的基本原则是国际空间法的自由探索利用外空原则。^①低轨巨型星座的部署与使用,本身虽是探索利用外空自由的体现,但并非没有限制。《关于各国探索和利用包括月球和其他天体的外层空间活动所应遵守原则的条约》(以下简称《外空条约》)第1条在赋予各国探索利用外空自由的同时,也规定了相应限制,例如为全人类谋福利和平等无歧视等。此外,《外空条约》还规定了遵守国际法的义务、军控原则、妥为顾及义务、避免污染义务和磋商义务^②等。这要求对巨型星座享有管辖权和控制权的国家,应确保其管辖下的航天活动主体(包括私人实体)在部署和开展巨型星座活动时,应当妥为照顾其他国家的相应利益,不得对外空造成有害污染,在其计划开展的活动可能对其他国家航天活动产生有害干扰时,应当由其管辖国主动和相关国家开展提前和适当的国际磋商。

然而,国际空间法的上述规定仅是原则性的,缺乏对低轨巨型星座具体法律问题的细节规定,这就容易引发争议。例如,如何权衡一国巨型星座部署的自由和另一国发射自由(进入外空自由)的关系?如何界定巨型星座运行时对他国的妥为顾及义务?另外,国际空间法仅原则性地规定了磋商原则,包括存在被有害干扰之虞的国家要求磋商的权利,以及可能对他国活动产生有害干扰的国家的提前磋商义务,但并没有针对低轨巨型星座带来的问题设定详细的磋商机制。本文认为,根据《外空条约》第9条,发射窗口被干扰方可以向低轨巨型星座管辖国提出磋商请求,谋求协调解决方案。面临在轨碰撞风险一方也可以要求开展此类磋商,与低轨巨型星座管辖国协调避碰方案。可见,低轨巨型星座的快速发展要求对国际空间法中的基本原则、义务进行必要

的解释和发展,明确权利边界,避免国际纠纷。

(二)低轨巨型星座与空间物体登记义务、透明度等要求的关系

1. 空间物体登记义务

低轨巨型星座中的卫星虽然体积小、数量多、在轨时间相对较短,但同样应当遵守国际空间法上的登记义务。1975年《关于登记射入外层空间物体的公约》(以下简称《登记公约》)^③规定,发射国应当将其发射入外空的空间物体首先于国内登记,之后应“在切实可行的范围内尽速”向联合国外空司提供登记空间物体的基本信息。在巨型星座中的卫星离轨后,登记国应“在切实可行的最大限度内”尽速通知联合国外空司。如果一国不是《登记公约》的缔约国,则不受上述义务的约束,但可以根据联合国大会第1721^④号决议“外空和平利用之国际合作”自愿向联合国外空司提供小卫星的登记信息。^⑤除此以外,联合国外空司鼓励各国自愿提交有关空间物体操作状态变化、空间物体监管关系变化、空间物体所有者或运营者等信息。^⑥但是,提交这些信息并非属于必须履行的国际义务。

2. 外空透明度要求

国际空间法尚没有专门针对低轨巨型星座的透明度要求,相关的信息共享、通报等适用国际空间法有关外空透明度的一般要求。《外空条约》第11条规定了体现有关透明度要求一般规则的通知机制,但非强制性的义务。^⑦据此,一国应当尽可能将其管辖下的低轨巨型星座相关信息与国际社会分享。

此外,2013年联合国大会第68/189号决议《外层空间活动中的透明度和建立信任措施问题政府专家组的报告》^⑧对透明度提出了更为详尽的要求。该决议鼓励各国采取的通报措施主要包括外层空间活动信息交流与通报,以及减少风险的通报。信息交流与通报内容涵盖范围较广,不仅包括就空间物体轨道参数与潜在的轨道会合的信息交换以及计划进行的航天器发射的通报,还包括就外空中的自然危害交换信息。为保障各国外空活动的安全开展以及避免长寿命空间碎片的产生,减少风险的通报则要求各国对可能危及其他空间物体飞行安全的排定调整动作、无控制的高风险重返大气层事件、紧急情况以

及故意解体的情况进行通报。其中,紧急情况包括但不限于空间物体出现运转故障或失控造成的风险。这些透明度要求同样适用于低轨巨型星座的部署和运行。虽然这些要求不具有法律约束力,但低轨巨型星座的管辖权国家应在巨型星座运行给他国带来碰撞风险时及时向有关国家通报,否则一旦发生损害,管辖国仍将在未来纠纷解决中处于不利地位。

3. 可追踪性要求

2019年联合国外空委《外空活动长期可持续性准则》^③规定了对于小卫星可追踪性的一般要求,目的是减少大量在轨小卫星给其他外空活动带来的碰撞风险。该准则第B.8条“不考虑其物理和操作特点的对空间物体的设计和操作”的主要目的,是通过在空间物体的设计上采取必要的技术措施,提高小卫星等小型空间物体的可追踪性,便于确定其在轨位置。但是对于可以采取何种技术手段该条并没有具体规定,只是笼统地规定为“适当的携载技术”。在该条准则的谈判过程中,各国对于“适当的携载技术”存在一定的争议。该条准则最初的文本中提到了雷达和光学监测手段,之后中国和俄罗斯提出搭载星载光学反射装置、全球定位导航系统装置、增加雷达反射截面等具体措施。虽然联合国外空委科学和技术小组委员会外层空间活动长期可持续性工作组^④最终并未采纳这些建议,但不可否认这些具体建议对于卫星设计者考虑小卫星可追踪性问题更具指导意义。

国内立法与国际立法是相互促进的。正如学者指出,“国际法与国内法互为依据的理性前提是这种法律规范内涵着的增进秩序与正义的法律精神。”^⑤关于小卫星的可追踪性要求,国内立法与国际立法几乎是同步推进的。2019年以来,一些国家的管理文件已明确对小卫星提出可追踪性的要求。2019年,美国联邦通信委员会制定了“简化小卫星许可程序”报告,规定了小卫星设计阶段应当采取的提高其可追踪性的技术措施,即申请人应当证明其在设计阶段已经通过独特的遥测标记识别每颗卫星。^⑥该规定要求小卫星向地面传输的遥测数据中包含一定的区分小卫星与其他空间站或空间物体的标记,

看似在区别小卫星与其他空间站或空间物体,其最终目的是能够便于基于空间态势感知的目的持续监测该小卫星。此外,FCC同时鼓励小卫星的运营方使用遥测技术之外的其他技术或方法改善小卫星的可识别性,进而提高其可追踪性。^⑦我国国防科技工业局和中央军委装备发展部于2021年5月颁布了《关于促进微小卫星有序发展和加强安全管理的通知》,也规定了小卫星的可追踪性要求。^⑧

4. 空间碎片减缓要求

一般认为,空间碎片减缓的国际规则同样适用于小卫星或低轨巨型星座。2017年,机构间空间碎片协调委员会起草了《对低轨巨型星座的声明》(《IADC声明》),在巨型星座部署高度、高度间隔、在轨年限、卫星数量等方面提出了相关建议。^⑨这些规定不具有法律约束力,但对于规范低轨巨型星座的部署和运行具有重要的指导意义,同时也会直接影响国内法律政策制定。

第一,巨型星座的部署高度问题。有学者通过建立空间碎片模型研究表明,当将星座部署在1100公里高度时对空间碎片环境产生的不利影响将最大,而部署在500公里高度时对空间碎片环境产生的影响最小。^⑩《IADC声明》充分考虑到星座不同部署高度对空间碎片环境产生不同影响这一关键要素,一是要求巨型卫星星座在部署的轨道高度上不得重叠,以避免星座内的卫星相互间发生碰撞;二是要求部署在400公里以上轨道高度的微小卫星必须自带角反射器等,从而能够确保地面对其持续地进行跟踪和监测,以避免与其他在轨的空间物体发生碰撞。^⑪《IADC声明》并未直接规定星座部署高度的最高值或最低值。

第二,低轨巨型星座的高度间隔同样是影响碰撞风险的关键因素。《IADC声明》一是建议“在星座各部分之间设计足够的高度间隔,以尽量减少星座内部卫星之间潜在的碰撞风险”;二是建议“考虑在星座与其他巨型星座、航天活动密集的轨道和其他空间碎片的轨道之间,留有足够的高度间隔,以尽量减少潜在的碰撞风险”。除此之外,该声明也指出,当星座轨道面之间交点的高度间隔足以避免交叉时,将不会对空间环境产生不利影响。^⑫

第三,在轨年限是指小卫星任务结束后在地球轨道滞留的时间,它将直接影响在轨空间物体的数量,进而对发生碰撞的概率产生一定影响。在轨空间物体越多,空间环境越拥挤,相应地空间物体之间发生碰撞的可能性也就越高。《IADC声明》只是笼统地指出应考虑进一步缩短小卫星轨道寿命。^④

第四,星座中的卫星数量是影响空间碎片环境的重要因素。一是星座中的卫星数量将直接影响碰撞发生的次数。巨型星座包含的卫星数量巨大,将其发射至预定部署轨道时,将不可避免地穿越空间物体密集区域,增加了包含小卫星数量巨大的巨型星座与在轨空间物体发生碰撞的可能性。^⑤二是星座中的卫星数量也将影响后期交会分析的工作量。因此,对巨型星座建设中小卫星的数量进行限制尤为重要。《IADC声明》在“星座设计”部分提到了“航天器数量”,^⑥虽然指出了故障航天器的数量对空间环境有一定影响,同时指出交会分析的工作量以及避碰的次数也随之改变,但并未规定巨型星座中允许部署小卫星的具体数量。^⑦

在国内层面,针对低轨巨型星座,一些国家还规定了比2007年联合国外空委《空间碎片减缓准则》^⑧更为具体和严格的碎片减缓标准。^⑨例如,FCC要求小卫星运营商将卫星部署在600公里以下,或者是具有足够的推进能力来执行防撞演习,通过在卫星设计上采取一定的措施来确保通过主动的方式(例如推进力)在6年内脱离轨道;要求小卫星运营商评估意外爆炸可能性并提供证明,即卫星申请人应对其开展的限制意外爆炸可能性的相关评估工作提供证明。此外,还要求小卫星申请人证明其每颗卫星与其他在轨空间物体发生碰撞的概率小于0.001。^⑩总之,申请人应当在申请许可之前对发生碰撞的可能性进行评估,同时在申请时向FCC提交该评估证明。^⑪我国2021年颁布的《关于促进微小卫星有序发展和加强安全管理的通知》也有相关的要求,例如要求微小卫星应具备一定的避碰轨控能力,以组网或星座等方式部署时,还应采取技术措施避免相互发生碰撞等等。与美国不同,我国并未对小卫星在轨时间规定“6年”之类的严格要求,在轨道部署高度上的要求也更为宽松。

三、低轨巨型星座对国际空间法发展的影响分析

可以预见,随着多个低轨巨型星座计划的开展,对国际法发展的需求也会与日俱增。国际空间法的发展可以从外空国际规则和外空国际机制两个层面分析。

(一)低轨巨型星座对外空国际规则发展的影响

1. 促进和深化对外空环境国际治理、太空交通国际协调与治理的讨论

低轨巨型星座的快速发展导致外空环境更加拥挤,碰撞风险急剧增加。低轨巨型星座国际治理的本质主要就是外空环境治理和太空交通协调问题。低轨巨型星座的快速发展必然加速国际社会对于外空环境治理、太空交通协调和治理规则的讨论和制定进程。有学者认为,巨型星座快速发展意味着近地轨道碎片大爆发危机正在迫近。可以预见,一旦近地轨道的空间碎片积累到一定程度,过了某个“看不见的门槛”,近地轨道的卫星可部署性就会骤然衰减,可能引发严重的“凯斯勒效应”(Kessler Effect),即空间物体发生连续性级联碰撞,轨道航天器将难以生存。^⑫

然而,外空环境国际治理尚未成为联合国框架内正式讨论的议题。当前与外空环境国际治理议题联系最密切的是空间碎片减缓与整治^⑬的相关议题,但大部分讨论都是关于技术标准和相关机制,缺乏系统深入的国际空间法问题讨论,更未能针对巨型星座带来的空间环境治理问题开展专门讨论。联合国大会第48/39号决议“外空和平利用之国际合作”^⑭表明,从1994年开始在外空委科技小组委员会届会上增设“空间碎片”议题,该议题虽则延续至今但一直集中在技术层面。1996年,捷克代表就提出在法律小组委员会届会上增设“空间碎片法律方面”的议题。但直至2012年,法律小组委员会与空间碎片相关的议题仅有一个,即“与空间碎片减缓相关的国家机制一般信息交流”。该议题虽然促进了空间碎片问题的研究从技术向政策的过渡和发展。但是,从各国的反馈上看,该议题的内容与科技小组委员会的“空间碎片”议题所包含的内容没有实质区别,其和纯粹的“空间碎片法律问题研究”也还有着巨大差

距。2012年,法律小组委员会在捷克代表多年的坚持之下,同时也是着眼于促进联合国外空委《空间碎片减缓准则》的推广和落实,增强准则的约束力,提出“应当不断发展现有法律框架,包括通过非约束性协定”,并决定从2013年开始增加一项临时议程草案,^⑤以促进空间碎片法律问题的讨论。

2017年,俄罗斯代表团提出应将“空间碎片主动移除”问题纳入上述空间碎片议题,遭到法国反对,但在中国代表团的建议下,将“主动移除”改为“整治”一词,最终大会采纳了中方建议,并将议题名称改为“关于空间碎片减缓和整治措施的法律机制的一般性信息和意见交流”,同时考虑到科学和技术小组委员会的工作。^⑥此外,2015年法律小组委员会设立了“关于小卫星活动国际法适用问题的意见交换”议题,但相关讨论一直大多集中于对小卫星项目的意义、引发的风险等问题上,尚未针对低轨巨型星座的国际空间法律问题有专门讨论。从低轨巨型星座国际治理的角度来看,“外空环境治理”与“太空交通管理”概念息息相关。^⑦本文认为,在国际语境下,“太空交通治理”一词比“太空交通管理”更为准确,如太空交通国际治理。由于国际社会不存在超国家的“管理”主体,国家间不存在“管理、被管理”的关系,而“治理”意味着“共商共建共享”,更符合国际实践和认知。太空交通管理(治理)应包括国内和国际两个维度。两者的关系譬如国内航天法与国际空间法的关系,既相互依托,又相互促进。一是国家太空交通管理既体现一国享有的国际法上的权利,也体现为落实其国际义务。二是国内太空交通管理体系提供的经验、依据,将可能推动国际太空交通治理体系的形成,同时如果先行构建太空交通国际治理体系,则在国家层面将会针对其执行提出相关要求。^⑧联合国外空委法律小组委员会从2015年开始就设立了太空交通管理议题,截至目前的讨论尚处在务虚阶段,并未涉及实质的法律或机制构建问题。^⑨

低轨巨型星座快速发展引发的一系列问题,将极大推动关于外空环境国际治理、太空交通国际治理与协调的讨论,加快法律与技术的融合、技术标准、机制与规则的融合,乃至催生关于低轨巨型星座国际空间法律问题的单独议题,推动关于国际空间

法解释适用的深入讨论。总之,低轨巨型星座的发展将促进国际空间法规则博弈融合化和纵深化的进程。^⑩

2. 可能引发相关外空军控和外空安全治理规则的讨论

低轨巨型星座的国际治理问题,主要是外空环境治理和太空交通治理问题,但随着低轨星座军事化利用的不断发展,也会涉及到外空军控和外空安全治理问题。商用空间领域的关键技术,尤其是当今的低轨卫星采用的新技术,如自动化技术、软件定义无线电、云计算、带有电子跟踪功能的平板天线等,都能为军事发展带来启示。^⑪

外空军控不仅仅是关于军事装备研发、生产和部署的控制,还包括对外空军事行为、外空军事利用的规制。^⑫外空军控的核心目的,应是减少外空误解误判,谋求大国外空关系和外空战略稳定。从这个角度看,低轨巨型星座军事利用的泛化必将导致大国间外空关系紧张态势加剧,进一步引发外空军备竞赛和军事竞赛。承担军事任务的小卫星或星座可作为合法的军事打击或军事反制措施的目标。鉴于小卫星的数量及其脆弱性,这将加剧外空环境进一步恶化的风险,不利于外空战略稳定。因此,一国在开展低轨巨型星座军事利用时,应当尽量自我克制,避免导致外空误解误判和外空冲突升级,以免引发外空军事对抗,继而发生灾难性后果。虽然目前外空军控规则谈判中尚未涉及低轨巨型星座问题,但本文认为,低轨巨型星座军事化利用问题应当纳入外空军控和外空安全的讨论范围。

(二) 低轨巨型星座外空国际机制的应有发展

从低轨巨型星座国际治理的角度,构建有关外空国际机制的需要紧迫且现实。国际社会,尤其是联合国外空委,应当尽快考虑构建一个“以避免损害发生、公平合理利用外空为目标,以‘事前—事中—事后’为主线,以单方透明机制、协调磋商机制、危机管控机制和事后处置机制为主要内容”的低轨巨型星座国际治理机制体系。

1. 单方透明机制

鉴于低轨巨型星座快速发展带来的轨道拥挤、在轨碰撞等风险,国际社会应对低轨巨型星座管辖

国提出更高的透明度要求。结合国际空间法现有文件以及相关国内法规定,本文建议从空间物体登记和空间态势感知两方面,提出更高的透明度要求,但这些要求不必然适用于其他非巨型星座的外空活动,因此称之为单方透明机制。单方透明机制属于“事前机制”,目的是通过更多的披露低轨巨型星座相关信息,为后续协调磋商机制的实施奠定基础,从而有效避免在轨干扰、碰撞、误解误判等太空事件的发生。

在空间物体登记方面,除了《登记公约》必须提交的信息要求外,本文建议国际社会应要求登记国提交有关低轨巨型星座中小卫星可追踪性、可机动性的信息,便于其他国家追踪监测,评估计算其与自己在轨运行的空间物体以及即将发射的空间物体发生危险交会风险。此外,还应要求登记国及时向国际社会通报其登记的星座及其卫星运行状态、监管关系的变化,尤其是应公布其所有人和实际操作者的信息,便于在出现危险交会风险时,能够及时联系到可作出变轨决定和操作的相关实体。在现实可行的前提下,尽可能公布低轨巨型星座承担的军事任务或相关功能,避免相关方对太空态势误解误判,导致外空紧张关系乃至冲突的发生。实际上,联合国外空委《外空活动长期可持续性准则》也提出了相关要求,但并不是针对巨型星座问题,仅属于一般性的规定。^⑤

空间态势感知方面的透明度要求与空间物体登记密切相关,如可追踪性、可机动性等。此外,根据低轨巨型星座登记国的空间态势感知能力和交会评估能力,国际社会在制定相关规则时可考虑对该登记国提出新的要求。如果该登记国具有相关态势感知能力和交会评估能力,那么它应该主动、及时向相关方通报其获取的有关该星座卫星与相关方管辖下的空间物体交会的信息。

2. 协调磋商机制

低轨巨型星座国际治理中的协调磋商机制既包括事前的协调磋商,也包括事中的协调磋商,目的是降低交会风险,避免有害干扰和碰撞事故的发生。

事前协调磋商包括国际电信法框架下的频谱协调磋商、有关影响他人发射窗口的协调磋商。国际

电信法已经规定了频谱协调的相关规则。^⑥然而,关于发射窗口协调,目前尚无直接的国际规则或机制。实践中,往往是发射国为减少巨型星座的影响,主动变更和调整发射窗口,这不仅增加了发射国的发射成本,而且增加了发射风险。发射国可以要求和巨型星座登记国进行提前磋商,寻求更为合理和安全的协调方案。同时,不排除在特定任务的发射窗口极为有限或极为重要的情况下,要求巨型星座登记国对相关卫星采取“刹车”、主动变轨和避让等措施。

事中的协调磋商机制,是指已经存在近距离交会风险或发生频率干扰时,低轨巨型星座登记国与相关国家应及时开展磋商协调,避免碰撞发生或消除有害干扰。有学者指出,各低轨巨型星座的轨道高度和频率较为相近,且频率与地面通信系统用频较为接近。开展频率轨位注册与协调,是低轨巨型星座建设需要解决的基础性和前置性问题。频率轨位协调包括至少两个层面:国际电联频率划分规则层面和实施层面。实施层面又包括两个方面:一是低轨巨型星座之间以及低轨巨型星座与其他卫星系统和其他频率相关业务之间的频率协调;二是在出现频率干扰后,各方需要建立快速的响应和处置机制。^⑦

以在轨避碰的协调为例,目前鲜有直接的规则依据。根据《外空条约》第9条的提前磋商义务,往往是发现碰撞风险的一方主动与对方磋商,但国际空间法并未规定哪一方承担主动规避的义务。与道路交通、空中交通不同,太空交通尚未建立具体细致的“交管规则”。本文认为,在轨避碰协调机制是未来太空交通国际治理、协调机制的重要组成部分,在轨避碰协调机制的构建应当考虑以下几个原则。一是安全保障原则,即能够有效避免碰撞发生的一方一般应主动采取避碰机动,例如有机动能力的空间物体应当避让无机动力能力的交会目标。避免碰撞和保障各方活动安全是避碰协调机制的核心目标。二是经济效率原则,即当双方都有避碰能力时,由能以更低成本避免碰撞发生的一方主动采取避碰措施。“更低成本”不是简单地计算各方采取规避措施将耗费的成本,还要考虑该措施给各自空间物体及其执行的任务带来的不利影响,以及对国际社会的影响,

是一个综合衡量下计算出的更低成本。在这一原则下,未必总是低价值卫星需要主动给高价值卫星“让路”,未必总是变轨成本更低的卫星(如电推变轨)给变轨成本高的卫星(如变轨需耗费燃料)“让路”。三是重大任务及载人任务优先原则,对于国际社会或对于某个国家具有特殊或重大意义的空间物体或空间任务,应当予以特别和适当的照顾,即便此时对方空间物体主动规避的成本更高,也应考虑由其做出主动避让。^⑨此时,可酌情要求受到“照顾”的一方给予主动规避方适当经济补偿。至于载人航天任务,由于涉及人员生命,在一般情况下,危及载人航天任务的一方应当主动避让,并且无需任何补偿。但不排除执行载人航天任务一方出于公平原则或道义,主动给予对方适当补偿。四是公平礼让原则,即在安全保障、经济效率和优先原则均无法适用时,基于国际合作和礼让精神,由一方主动提出避让,那么再出现相同主体间空间物体交会风险时,则应当由另一方主动避让。这也可视为是避碰领域的互惠原则。五是制造成本或风险一方主动避让原则。这一原则应当与上述原则综合考虑适用,即交会风险是由于其中一方进行变轨等计划外操作引发的,则该方在原则上就应承担主动避让的责任。从某种视角来看,低轨巨型星座的快速发展加剧了在轨碰撞的风险,给整个国际社会,尤其是航天国家都增加了进入和利用外空的成本。因此,相对于先发射入轨的空间物体或其他提前公布的空间任务(如重大工程任务都是提前几年向国际社会公布),低轨巨型星座一方在一般情况下,应当承担主动规避的责任和成本。

上述原则仅是对主动规避责任分配提供一般性的指引,而且各个原则应当综合考虑,在保障安全的前提下,尽量减少避碰成本,同时应体现公平合理的原则,从而构建一个安全、有序、高效的事中避碰协调磋商机制。

3. 危机管控机制

危机管控机制主要包括两个方面,一方面是对空间操作的联合管控。这是避碰协调磋商机制的延续,目的是保障涉事方采取一切可能的有效措施,保障避碰操作的安全开展,避免对第三方带来新的风

险或造成损害。例如,及时通知可能受避碰操作影响的第三方,如果该第三方也有态势感知和交会评估能力,则应邀请该第三方参加联合监测。另一方面是对太空危机态势的联合管控,一般具有外空军控和外空安全国际治理的含义。例如,当巨型星座涉嫌开展军事行动或执行军事任务时,相关方可要求其登记国澄清意图,避免误解误判。

4. 事后处置机制

事后处置机制是指一旦发生超出计划之外的失效、失控、碰撞等太空事件时相应的处置机制,主要包括通报、协作和赔偿等方面。通报主要是基于国际社会对于空间任务透明度的要求,例如巨型星座中的某些卫星意外失效、失联,登记国应主动向国际社会通报。协作主要涉及涉事方之间的积极协调配合,尽力减少和降低太空事件带来的损害,以及采取补救措施。处置机制的核心是赔偿问题。赔偿责任与事前透明机制与事中协调磋商机制、危机管控机制有着紧密关联,开展必要的事前通知通报和采取事中的控制预防等审慎措施,是减低一方承担赔偿责任法律风险的重要措施。

四、结论

低轨巨型星座的快速发展将成为必然趋势,也将成为外空国际治理的重点和焦点问题。国际法是国际治理的基石和重要保障,但已有国际规则和机制无法有效解决低轨巨型星座带来的诸多法律问题和挑战。现有的国际空间法体系主要形成于20世纪60-70年代,仅为调整一般的航天活动提供了原则性的指引,其中有关自由探索利用原则、妥为顾及义务、提前磋商义务等规定都较为抽象,而当前巨型星座的快速发展对相关法律解释、条约解释以及新机制构建都提出了迫切要求。相比之下,国际电信法发展较快,国际电信联盟针对巨型星座频轨分配与协调,制定了系列规则和指导性文件,但本质上还是维系了“先到先得”的传统模式,尚未能够有效回应国际社会关于公平合理利用频轨资源的关切和诉求。

关于低轨巨型星座国际法律问题的讨论尚处在初级阶段,国内外都鲜有系统的研究成果,联合国外空委还未能设立专门议题用于讨论一个全面的、综

合的低轨巨型星座国际治理和国际法治方案。本文认为,联合国框架内的低轨巨型星座国际治理有两种可行路径,一是设立专门的低轨巨型星座法律问题议题,如“关于低轨巨型星座国际法适用问题的一般性意见交流”,二是设立专门的外空环境国际治理议题,考虑在该议题下或在已有的太空交通管理议题下,设立专门讨论低轨巨型星座国际法问题的专家组。关于低轨巨型星座的国际法问题包括:制定更为公平合理和效率的频轨分配规则,讨论实行频轨“预留份”制度的可行性;设定不同场景讨论自由探索利用原则的边界、妥为顾及义务和提前磋商义务的适用;考虑构建“以避免损害发生、公平合理利用外空为目标,以‘事前—事中—事后’为主线,以单方透明机制、协调磋商机制、危机管控机制和事后处置机制为主要内容”的低轨巨型星座国际治理机制。此外,可在相关外空军控平台和议题下讨论如何防止巨型星座过度军事化的问题。

总之,国际法规制是低轨巨型星座国际治理最为根本和有效的手段,既包括对既有法(*lex lata*)的考察,也包括对应有法(*lex ferenda*)的探寻,同时又是一个技术与法律、规则与机制、概念与体系、涉军议题与涉民议题、联合国框架内与框架外平台、国际法与国内法相互交织融合纵深的体系化工程。低轨巨型星座的国际治理和国际法治之路仍然充满诸多挑战。中国作为航天大国,应当加快对于低轨巨型星座国际治理问题的研究,提出可行的国际规则、国际机制倡议和具体方案,在保障我国太空资产安全的同时,也有效维护各国太空资产、太空活动的共同安全,推动国际社会构建公平合理、有序高效的频轨分配协调、外空环境治理、太空交通治理体系,促进外空和平利用和长期可持续利用,这也是“人类命运共同体”理念在外空领域的具体体现和必然要求。

感谢北京理工大学空天政策与法律研究院助理研究员程一帆整理和校对了本文注释,以及北京理工大学空天政策与法律研究院助理研究员赵靓泽提供了关于美国联邦通信委员会(Federal Communications Commission)规定的分析。本文所有网络资料最后访问时间为2022年2月28日。

注释:

①梅常伟:《聚焦备战打仗 加快创新发展 全面提升履行使命任务能力》,载《光明日报》2021年9月17日,第1版。

②联合国和平利用外层空间委员会2021年12月10日依照《关于各国探索和利用外层空间包括月球与其他天体活动所应遵守原则的条约》递交的资料:《2021年12月3日中国常驻联合国(维也纳)代表团致秘书长的普通照会》,A/AC.105/1262,2021年12月6日。

③参见王国语:《五连问:太空“撞车”意欲何为——从“美卫星两次危险接近中国空间站”看外空全球治理》,载《光明日报》2022年1月13日,第14版。

④"UCS-Satellite-Database-5-1-2021", Union of Concerned Scientists official website, <https://ucsusa.org/resources/satellite-database>.

⑤"SpaceX V-band Authorization", Federal Communications Commission official website, <https://gov/public/attachments/DOC-354775A1.pdf>.

⑥《我国将发射“鸿雁”全球卫星通信星座首星》,新华网, http://www.xinhuanet.com/politics/2018-07/12/c_129912522.htm。

⑦参见张铁男等:《巨型星座发展与太空现代化治理》,载《北京航空航天大学学报(社会科学版)》2021年第3期,第136-137页。

⑧限于篇幅,本文聚焦在国际空间法问题,仅简要涉及国际电信法。

⑨Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, United Nations Office for Outer Space Affairs, Report on the United Nations/Austria/European Space Agency series of symposiums on space applications to support the Plan of Implementation of the World Summit on Sustainable Development, held in Graz, Austria, in 2003, 2004 and 2005, A/AC. 105/844(13 December 2005); Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, United Nations Office for Outer Space Affairs, Report on the United Nations/Austria/European Space Agency Symposium on Small Satellite Programmes for Sustainable Development, A/AC. 105/966(23 November 2009).

⑩Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, United Nations Office for Outer Space Affairs, Proposal for a Single Issue/Item for discussion at the fifty-fifth session of the Legal Subcommittee in 2016 on: "Exchange of views on the application of international law on small satellite activities, A/AC. 105/C. 2/2015/CRP. 23(17 April 2015).

⑪Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, United Nations Office for Outer Space Affairs, Report of the Scientific

and Technical Subcommittee on its fifty-eighth session, held in Vienna from 19 to 30 April 2021, A/AC. 105/1240(26 May 2021), https://www.unoosa.org/oosa/en/oosadoc/data/documents/2021/aac.105/aac.1051240_0.html.

⑫ "Prague Declaration on Small Satellite Regulation and Communication Systems", International Telecommunication Union official website, <https://www.itu.int/en/ITU-R/space/workshops/2015-prague-small-sat/Documents/Prague%20Declaration.pdf>.

⑬ Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, United Nations Office for Outer Space Affairs, Guidance on Space Object Registration and Frequency Management for Small and Very Small Satellites, A/AC. 105/C. 2/2015. CRP. 17(13 April 2015), https://www.unoosa.org/oosa/oosadoc/data/documents/2015/aac.105c.22015crp/aac.105c.22015crp.17_0.html.

⑭参见袁俊等:《巨型低轨星座频率轨道资源趋势分析及启示建议》,载《空间碎片研究》2021年第1期,第51页。

⑮ "World Radiocommunication Conference 2019(WRC-19) Final Acts", International Telecommunication Union official website, https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/act/R-ACT-WRC.14-2019-PDF-E.pdf.

⑯ "ITU-R R19-WP4A Temporary Document 110: Working document on developing an ITU-R Small Satellite Handbook", International Telecommunication Union official website, https://www.itu.int/en/ITU-R/space/Documents/Working%20Document%20on%20Developing%20an%20ITU-R%20Small%20Satellite%20HB_WP%204A.pdf.

⑰ Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, United Nations Office for Outer Space Affairs, Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies, RES 2222 (XXI)(27 January 1967), https://www.unoosa.org/pdf/gares/ARES_21_2222E.pdf.

⑱ Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies, RES 2222(XXI)(27 January 1967).

⑲ Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, United Nations Office for Outer Space Affairs, Convention on Registration of Objects Launched into Outer Space, RES 3235(XXIX)(12 November 1974), <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introregistration-convention.html>.

⑳ Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, United Nations Office for Outer Space Affairs, Guidance on Space Object Registration and Frequency Management for Small and Very

Small Satellites, A/AC. 105/C. 2/2015. CRP. 17(13 April 2015), https://www.unoosa.org/pdf/limited/c2/AC105_C2_2015_CRP17E.pdf.

㉑ Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, United Nations Office for Outer Space Affairs, Recommendations on enhancing the practice of States and international intergovernmental organizations in registering space objects, A/RES/62/101(10 January 2008), https://www.unoosa.org/pdf/gares/ARES_62_101E.pdf.

㉒参见《外空条约》第11条。

㉓ Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, United Nations Office for Outer Space Affairs, Group of Governmental Experts on Transparency and Confidence-Building Measures in Outer Space Activities, A/68/189(29 July 2013), https://www.unoosa.org/pdf/gadocs/A_68_189E.pdf.

㉔ Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, United Nations Office for Outer Space Affairs, Guidelines for the Long-term Sustainability of Outer Space Activities, A/AC. 105/C. 1/L. 366 (17 July 2018), https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2019/aac_105c_1l/aac_105c_1l_366_0_html/V1805022.pdf.

㉕联合国和平利用外层空间委员会2007年6月6日至15日第五十届会议:《2007年2月12日至23日在维也纳举行的科学和技术小组委员会第四十四届会议报告》, A/AC.105/890, 2007年3月6日, https://www.unoosa.org/pdf/reports/ac105/AC105_890C.pdf.

㉖李龙、汪习根:《国际法与国内法关系的法理学思考——兼论亚洲国家关于这一问题的观点》,载《现代法学》2001年第1期,第16页。

㉗ Federal Communications Commission, Fact Sheet Streamlining Licensing Procedures for Small Satellites Notice of Proposed Rulemaking, FCC-CIRC1804-03(27 March 2018), https://transition.fcc.gov/Daily_Releases/Daily_Business/2018/db0327/DOC-349939A1.pdf.

㉘ "Notice of Proposed Rulemaking in the Matter of Streamlining Licensing Procedures for Small Satellites", Federal Communication Commission official website, https://transition.fcc.gov/Daily_Releases/Daily_Business/2018/db0417/FCC-18-44A1.pdf.

㉙《关于促进微小卫星有序发展和加强安全管理的通知》,国家国防科技工业局官网, <http://gfplatform.cnsa.gov.cn/n157/c6812015/content.html>。

㉚ Inter-Agency Space Debris Coordination Committee, IADC Statement on Large Constellations of Satellites in Low Earth Orbit, IADC-15-03(July 2021), https://iadc-home.org/documents_public/view/id/174#u.

㉛参见沈丹、刘静:《大型低轨星座部署对空间碎片环境

的影响分析》，载《系统工程与电子技术》2020年第9期，第2041-2051页。

⑳ Inter-Agency Space Debris Coordination Committee, IADC Statement on Large Constellations of Satellites in Low Earth Orbit, IADC-15-03(July 2021), https://iadc-home.org/documents_public/view/id/174#u.

㉑ IADC Statement on Large Constellations of Satellites in Low Earth Orbit.

㉒ IADC Statement on Large Constellations of Satellites in Low Earth Orbit.

㉓参见赵秋艳等：《低轨大规模星座的机遇与挑战》，载《空间碎片研究》2020年第1期，第5页。

㉔ Inter-Agency Space Debris Coordination Committee, IADC Statement on Large Constellations of Satellites in Low Earth Orbit, IADC-15-03(July 2021), https://iadc-home.org/documents_public/view/id/174#u.

㉕ IADC Statement on Large Constellations of Satellites in Low Earth Orbit.

㉖联合国和平利用外层空间委员会2007年6月6日至15日第五十届会议：《2007年2月12日至23日在维也纳举行的科学和技术小组委员会第四十四届会议报告》，A/AC.105/890, 2007年3月6日，https://www.unoosa.org/pdf/reports/ac105/AC105_890C.pdf。

㉗这些国内法规定也有可能成为未来的国际规则，将国内政策规则推广为国际规则和共识，是美国维护其外空领导地位的一贯思路。

㉘ Federal Communications Commission, Fact Sheet Streamlining Licensing Procedures for Small Satellites, Notice of Proposed Rulemaking, FCC-CIRC1804-03(27 March 2018), https://transition.fcc.gov/Daily_Releases/Daily_Business/2018/db0327/DOC-349939A1.pdf.

㉙ Federal Communications Commission, Fact Sheet Streamlining Licensing Procedures for Small Satellites, Notice of Proposed Rulemaking, FCC-CIRC1804-03(27 March 2018).

㉚参见徐纬地：《空间碎片移除能力发展，中国航天当前要务之一——空间环境治理刍议》，载《空间碎片研究》2020年第1期，第12页。

㉛参见王国语：《空间碎片国际机制发展趋势分析》，载《航天器环境工程》2015年第2期，第148-149页。

㉜ Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, United Nations Office for Outer Space Affairs, International Cooperation in the Peaceful Uses of Outer Space, A/RES/48/39(10 February 1994), https://www.unoosa.org/pdf/gares/ARES_48_39E.pdf.

㉝ Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, Report of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, A/67/20(29 June 2012), https://www.unoosa.org/pdf/gadocs/A_67_20C.pdf.

㉞笔者王国语作为中国代表团成员参加了此次会议并提出了文中提到的修改建议，被中国代表团采纳。上述关于空间碎片议题的发展请参见王国语：《空间碎片国际机制发展趋势分析》，载《航天器环境工程》2015年第2期，第148-149页。

㉟外空、太空、空间等词都是“outer space”一词的中文译文，本文根据国内相关通用表述，在不同概念上就“outer space”采用不同的表述方式，如“外空环境”“外空军控”“太空交通管理”“太空危机管控”“空间碎片”“空间法”。

㊱参见王国语等：《空间交通管理内涵与发展趋势研究》，载《国际太空》2020年第11期，第33页。

㊲ P. J. Blount, "Space Traffic Coordination: Developing a Framework for Safety and Security in Satellite Operations", (2021) 1 Space: Science & Technology, p. 5, <https://doi.org/10.34133/2021/9830379.c>

㊳联合国外空委法律小组委员会从2015年开始就设立了太空交通管理议题，截至目前的讨论尚处在务虚阶段，并未涉及实质的法律或机制构建问题。关于外空国际规则博弈的融合化和纵深化趋势的论述，参见王国语：《国际规则视角下的外空军控发展形势》，载《世界知识》2020年第21期，第73页。

㊴参见蒋罗婷：《美国商用低轨卫星的军事借鉴》，第843-845-846页。

㊵参见王国语：《美国〈外空防务战略〉对外空军控国际规则博弈的影响分析》，载《太平洋学报》2021年第3期，第96页。

㊶参见该准则第B.1条。

㊷夏春利：《小卫星项目的法律适用和发展趋势》，载《北京航空航天大学学报(社会科学版)》2016年第2期，第37页。

㊸参见刘家川、杜辉、王冀莲等：《低轨巨型星座国际协调机制需求分析》，载《航天器工程》2021年第4期，第138页。

㊹王国语：《五连问：太空“撞车”意欲何为——从“美卫星两次危险接近中国空间站”看外空全球治理》，载《光明日报》2022年1月13日，第14版。