



第七十五届会议

临时议程* 项目 102

科学和技术在国际安全和裁军领域的作用

当前科学和技术发展及其可能对国际安全和裁军努力造成的影响

秘书长的报告

目录

	页次
一. 导言	2
二. 与战争手段和方法有关的科学和技术最新发展	2
A. 人工智能和自主系统	2
B. 数字技术	3
C. 生物学和化学	6
D. 航空航天技术	7
E. 电磁技术	12
F. 材料技术	13
三. 对安全和裁军的更广泛影响	15
四. 对限制武装冲突的人道主义后果的努力的影响	16
五. 对影响安全和裁军的科技整体发展作出应对的进程	17
六. 结论和建议	17

* A/75/150。



一. 引言

1. 大会在关于科学和技术在国际安全和裁军领域的作用的第 74/35 号决议第 5 段中请秘书长向大会第七十五届会议提交一份关于当前科学和技术发展及其可能对国际安全和裁军努力造成的影响的最新报告。
2. 纵观历史，科学技术为增进人类福祉和繁荣做出了贡献。它们是努力执行《2030 年可持续发展议程》的关键推动因素。任何管理新武器技术或新技术的武器应用的努力都不应阻碍任何国家的经济和技术增长及创新。
3. 然而，人们越来越担心，与安全和裁军有关的科学和技术的发展速度超过了规范和治理框架了解和管理风险的能力。正如秘书长在 2018 年题为《保护我们的共同未来：裁军议程》的报告中所阐述的那样，国际社会必须保持警觉，了解可能危及子孙后代安全的新的和正在出现的武器技术，这些技术可能对现有的法律、人道主义和道德规范、不扩散、国际稳定以及和平与安全构成挑战。
4. 秘书长以前关于这一主题的报告(A/73/177 和 A/74/122)概述了与战争手段和方法有关的科学和技术的最新发展。其中第二份报告于 2019 年发布，是对初始报告的更新，其中载列了相关政府间论坛的发展情况。
5. 自 2018 年以来，与国际安全和裁军有关的科学和技术发展步伐继续加快。因此，本报告全面概述了关于科学和技术发展及其可能对国际安全和裁军努力造成的影响的最新情况。

二. 与战争手段和方法有关的科学和技术最新发展

A. 人工智能和自主系统

6. 人工智能没有一个普遍认同的定义。该术语被应用于计算机系统模仿人们与人类智能相关联的思维或行为的情况，如学习、解决问题和决策。现代人工智能包括一系列子学科和方法，如数据分析，视觉、语音和文本识别，以及机器人技术。机器学习就是其中一个子学科。手工编码的软件程序通常包含如何完成一项任务的具体指令，而机器学习则允许计算机系统识别大型数据集中的模式并进行预测。机器学习技术高度依赖于其输入数据的质量。
7. 人工智能拥有广泛的民用用途，而且大多数与人工智能相关的研发都出现在民用领域。大量商业投资、更快的处理器和可获得的数据集规模不断增加，使得人工智能出现了新的进步。近年来，图像识别和图像生成实现显著改进。语音识别、语言理解和载具导航也取得了重大进展。尽管取得了这些进展，但更普遍的人工智能能力可以说仍然不够发达，不足以用于可以设想的武器应用。
8. 自主性是指系统在激活后无需人为输入或控制即可执行相对复杂的任务或功能的能力。自主系统可分为以下系统：(a) 执行任务期间在某些时刻需要人为输入(人在回路中；或半自主)；(b) 独立执行任务，但受到可进行干预的人为监督(人在回路上)；(c) 独立于人为参与或监督而运行(人在回路外；全自主)。自主系

统的组成部分可集成到一台机器中或分散于多台联网机器上。自主系统的最新进展是由人工智能的发展以及各种使能技术的发展(如传感器)所推动的。

军事应用及其影响

9. 一些国家在军事能力中越来越重视人工智能和自主性。一些国家已经测试或部署了各种使用这些技术的系统。机动性一直是自主性在军事系统中的主要应用。例子包括：能够完成自主舰载起飞和降落以及空中加油的无人驾驶飞机；能够实现自主导航(包括遵守海事法和海事公约并与敌方进行互动)的无人驾驶海军舰艇；自主的士兵支援和地面运输系统；控制多个不同类型的无人操纵载具的系统；协调机动和群集的系统；分类和分析包括图像在内的情报数据的系统；防御性和进攻性信息和通信技术(信通技术)系统；决策应用；以及军事演习、模拟和培训应用。

10. 自主武器系统通常被理解为在与执行攻击相关的关键功能(包括目标选择和武器发射)中利用自主性的武器系统。武器系统可利用其他功能中的自主性，比如导航的自主性，但如果其攻击功能是为人为操作的，则一般不被视为自主武器系统。自主武器系统的定义是国际社会不断讨论的问题(见 [CCW/GGE.1/2019/3](#))。然而，已经部署了一些武器系统，这些系统一旦启动，就能够自主选择和攻击目标，而不需要进一步的人为干预，尽管是在有限的作战环境中。经常引用的例子包括部署在军舰上的某些近距离武器系统、部署在有争议的边界沿线的哨兵炮塔和某些制导弹药，这些武器在根据某些一般或预先选定的标准发射后选择特定目标。

11. 在通常提到的自主性在武器中的潜在应用中，自主功能将执行被认为是乏味的、重复性的或比人类操作者更需要耐力、速度、可靠性或精确度的任务。自主系统有可能以高度的准确性和可靠性执行相对常规的任务，从而将人力资源解放出来执行其他任务。这些特性可使这种系统对武装部队和非国家武装团体具有吸引力。

相关政府间进程、机构和文书

12. 根据《禁止或限制使用某些可被认为具有过分伤害力或滥杀滥伤作用的常规武器公约》(《特定常规武器公约》)缔约方 2016 年第五次审议大会的决定，设立了一个致命性自主武器系统领域的新技术问题政府专家组。该专家组在 2017 至 2019 年期间每年召开一次会议。在 2019 年缔约方会议上，专家组的任务期限延长了两年。专家组在三年的运作中，每年都通过了共识报告。专家组在 2019 年报告得出结论，并确定了每个议程项目下可能需要进一步澄清或审查的方面。专家组还商定了 11 项指导原则(见 [CCW/GGE.1/2019/3](#))。

B. 数字技术

13. “数字技术”是以二进制数字格式处理信息的一系列技术的总称。数字技术渗透到当代生活的方方面面，并推动社会各部门的创新。数字技术日益被纳入智能城市、工业控制系统和个人物品和设备等的发展中。对日益先进、复杂和相互关联的数字技术的日益依赖，导致了新的脆弱性以及有害的信通技术工具的发展。

这些脆弱性和工具可被用于各种目的，包括用于犯罪和恐怖主义，以及国家发展军事能力。本节重点介绍与国际和平与安全有关的数字技术领域的发展，即信息和通信技术，包括其与人工智能的融合；黑网；以及量子计算。

信息和通信技术

14. 信息和通信技术(信通技术)可被视为数字技术的一个子类别，涵盖用于传输、存储、创建、共享或交换信息的各种工具和资源，包括通过使用互联网。通过网络技术、数据科学、云计算和物联网等方面的新发展，全球对信息和通信技术的依赖不断增加。随着信息和通信技术软件和硬件的构成普遍变得更加复杂，对平台和设备的互操作性和集成性的需求上升，信息和通信技术产品和系统中的安全漏洞和潜在漏洞的风险也在增加。还存在武器系统中的漏洞可能被利用的风险。各国对全球信通技术环境的发展表示关切，包括涉及国家和非国家行为体敌意或恶意使用信通技术的事件急剧增加。令人关切的事件包括影响各国关键基础设施和相关信息系统的事件。信通技术的有害使用可能会增加国家间误解、误判和意外升级的风险，并可能危及国际和平与安全。

15. 有害活动可能针对不同类型的信通技术网络和系统，并可能贯穿互联网的不同层面，¹ 包括物理基础设施、网络和路由功能以及应用程序和内容。有害活动还可能影响到依赖其中若干要素的技术，如基于云的服务或联网设备。各种手段和方法被用来针对信通技术系统并利用其漏洞。² 恶意软件旨在损害或利用信通技术设备、服务或网络，通常是通过产品所有者或用户不知道的漏洞。恶意软件的类型包括病毒、勒索软件、木马、蠕虫、加密劫持和僵尸网络。恶意软件通常是通过社交工程传播，即以虚假的借口引诱用户激活恶意软件。针对互联网网络和路由功能的有害活动包括操纵路由协议和分布式拒绝服务攻击，即通常通过使用恶意软件，将大量流量指向服务器，目的是使其超载。破坏域名系统和其他协议完整性的活动也会产生严重影响，对海底电缆和有形网络基础设施等有形信通技术基础设施的干扰也会产生严重影响。

信息和通信技术与人工智能

16. 有害的信通技术活动越来越多地利用人工智能，包括通过所谓的自主网络行动。具有自主功能的恶意软件可以通过学习业务操作和安全协议的正常模式，在网络内横向移动；其恶意活动从而能躲避检测。此外，分布式拒绝服务攻击等有害的信息通信技术活动可以自动进行，从而扩大规模。使用算法的软件可用于有效扫描操作软件和安全系统，以识别漏洞。扫描和分析大型数据集(包括来自社交媒体的数据)的算法可以提高社交工程技术的有效性。人工智能也被用于抵御有害的信通技术活动。

¹ 这指的是开放系统互连模式的简化版，该模式设想互联网由七层组成。

² 关于信通技术环境中的威胁和脆弱性的调查，见 Camino Kavanagh,《制止利用信通技术的威胁和脆弱性的行径：当前趋势、使能因素和私营部门应对措施概览》，联合国裁军研究所，2019年。

黑网

17. 黑网指的是传统搜索引擎无法搜索到的、隐藏在匿名软件后面的互联网部分。据报道，黑网被滥用于促进火器、弹药和爆炸物的非法贸易。³ 同样令人关切的是，黑网可能被用来促进材料和技术的转让，而这些材料和技术可能被恶意的非国家行为体滥用于发展大规模毁灭性武器。据悉，信通技术系统中未披露的软件漏洞也会在黑网上进行交易。

量子计算

18. 量子计算是一个新兴的领域，可能既有促进作用，也有变革性的影响。与当前一代计算机相比，量子特性最主要的是叠加和纠缠，将有可能使计算速度成倍提高，并有能力解决更复杂的问题。虽然量子计算领域的应用工程仍处于早期阶段，但对其军事应用的研究目前正在信息和通信技术以及情报、监视和侦察等领域进行。

相关政府间进程、机构和文书

19. 自 1998 年以来，信息和通信领域在国际安全方面的发展一直列在大会的议程上。⁴ 自 2004 年以来，大会设立了五个政府专家组，研究消除信息和通信技术环境中的现存威胁和潜在威胁所可能采取的合作措施。其中三个专家组已经商定了实质性报告，并提出了应对使用信通技术构成的威胁的建议，包括关于国家负责任行为的规范、规则和原则、建立信任措施、能力建设以及国际法如何适用于信通技术的使用。⁵

20. 2018 年，大会设立了从国际安全角度看信息和电信领域的发展不限成员名额工作组(见第 73/27 号决议)，向所有会员国开放。2019 年，该工作组与有关各方，即工商界、非政府组织和学术界的代表举行了一次闭会期间非正式协商会议，就工作组任务范围内的问题交换意见。⁶ 大会在 2018 年还授权成立了一个新的关于从国际安全角度促进网络空间国家负责任行为的政府专家组(见第 73/266 号决议)，该专家组除常会外，还举行了两次向所有会员国开放的非正式协商会议，并举行了一系列区域协商。⁷

21. 量子计算和黑网在国际安全方面的使用尚未成为政府间专门审议的主题。黑网可能对国家有效控制无形技术转让构成重大风险，这可能与安全理事会第 1540(2004)号决议及其后续决议所规定的义务有关。

³ 见 Giacomo Persi Paoli, 《黑网上的小武器和轻武器贸易：研究报告》(纽约，裁军事务厅(裁军厅)专题文件第 32 号，2018 年)。

⁴ 关于从国际安全角度看信通技术领域发展情况的政府间审议的更多信息，见 www.un.org/disarmament/ict-security。

⁵ 见 A/65/201、A/68/98 和 A/70/174。

⁶ 主席关于闭会期间非正式磋商会议总结报告的信函可在该不限成员名额工作组的网站上查阅。

⁷ 区域协商的整理摘要可在政府专家组的网站上查阅。

C. 生物学和化学

22. 国际法长期以来都禁止化学和生物武器的发展、生产、储存、获取、转移和使用。《关于禁止在战争中使用窒息性、毒性或其他气体和细菌作战方法的议定书》、《关于禁止发展、生产和储存细菌(生物)及毒素武器和销毁此种武器的公约》(《禁止生物武器公约》)以及《关于禁止发展、生产、储存和使用化学武器及销毁此种武器的公约》(《禁止化学武器公约》)都庄严地载有反对恶意使用化学和生物武器的规范。这些规范已经维持了多年,不过最近使用化学品作为武器的多起事件,加上化学和生物学的进步,可能会破坏这些长期坚持的规范。

23. 关于生物武器,通过使用基因转移和其他生物合成工程办法,已经克服了以往与现有制剂合成或新制剂发展有关的获取方面的挑战。有报告称,科学家已经表明,有可能在实验室合成病毒和细菌,并重新制造之前绝迹的疾病。尽管动机可能是希望更好地了解这类疾病,但这类研究因其具有双重用途而引发了关切。对生物制剂作出改变可实现或提高它们作为生物武器的效用,例如通过增加其致病性、规避宿主免疫、增强传染性和扩大宿主范围、传递或提高抗菌和抗药性以及增强其环境稳定性。最近关注的是基因组编辑技术以及成簇规律间隔短回文重复等技术,这引发了伦理和安全方面的问题及关切。⁸ 生产技术的发展简化和弱化了生产特征,这意味着发展生物武器制剂需要的先进技能、空间和时间更少,从而缩短了探测和拦截的时间窗口。在纳米粒子和利用空气生物学技术对扩散模式进行复杂建模领域取得的进步,也有助于提高现在投布生物制剂的便利性。然而,必须承认,生物科学和技术的进步也有助于改进检测、诊断和监测以及疫苗生产和调查技术的手段和方法。

24. 关于化学武器,在分子水平理解生命进程方面取得的显著进展使得人类有更大的能力通过化学手段操纵和介入这些进程。在可预见的将来,预计这些领域的的能力将继续得到增强。用于设计可针对特定细胞类型(例如器官)的分子的计算工具,以及作用于中枢神经系统的高活性药基化学品,引发了对可能出现新型有毒化学制剂的担忧。⁹ 新的合成方法可能创造出不可预见的化合物。同时,更原始和简易的化学武器的风险也在增加。关于简易化学武器撒布装置(包括无人驾驶飞行器)的知识,再加上商业上容易获得的有毒化学品,对安全和裁军提出了新的挑战。

25. 生物学和化学的传统学科界限之间的持续交叉也需要考虑。目前,正在越来越多地利用生物介导方法,如微生物发酵或使用酶作为催化剂,来生产散装、精细,特别是特殊化学品。此外,在生物学来源分子的化学合成方面也取得了重大进展。在工业界和学术界,多学科研究团队继续扩展到生物学和化学之外,纳入来自物理、计算、工程、材料科学和纳米技术的想法和方法。这种科学上的融合

⁸ 例如,见 InterAcademy Partnership, “Assessing the security implications of genome editing technology: report of an international workshop” (2017)。

⁹ 然而,应当指出,最近的事件涉及已知的化学战剂,如使用十九世纪公布的方法制备的硫芥,以及冷战前和冷战期间研制的有机磷神经毒剂。

带来了巨大的好处，并已被用于制定更好的针对化学和生物战剂的防御对策。然而，这些新的方法和进程，加上在药物发现和药物投布领域取得的发展，也可被用于发展可用作武器的新型有毒化学品或其反应机制。

相关政府间进程、机构和文书

26. 《禁止生物武器公约》和《禁止化学武器公约》都规定每五年召开一次审议大会，其中审查相关科学和技术的发展是一项主要职能。¹⁰

27. 两项条约也有更经常的办法来审查科学和技术的相关发展。《禁止化学武器公约》设立了一个科学咨准委员会，由 25 名知名科学家组成。科学咨准委员会定期设立临时工作组，以探讨重要和相关的专题；最近一个临时工作组侧重于调查性科学和技术。¹¹

28. 虽然有人提议为《禁止生物武器公约》设立一个类似的咨询机构，但缔约国迄今未能同意这种做法。2012 年至 2015 年，审查与《公约》有关的科学和技术领域的发展是缔约国每年审议的一个常设议程项目。从 2018 年开始，缔约国设立了年度专家会议，以审查与《公约》有关的科学和技术领域的发展情况。¹² 这些会议在 2020 年之前持续讨论具体议题。禁止化学武器组织(禁化武组织)以前设立的一个临时工作组审议了融合问题，并与《禁止生物武器公约》界进行了互动。关于《禁止化学武器公约》和《禁止生物武器公约》之间融合问题的讨论的重要性已经得到承认，目前正在关于这一专题的双年度论坛上进行讨论。¹³

29. 根据安全理事会第 1540(2004)号决议，各国必须建立和加强管制，防止生物和化学武器及其运载工具向非国家行为体扩散。

D. 航空航天技术

导弹技术

30. 导弹技术有民用和军用之分。能够为洲际弹道导弹和民用空间运载火箭提供动力的发动机在很大程度上是无法区分的。不过，下文所述的大部分现有技术发展都是在军事领域进行的，尽管有些项目是军事和民用研究机构之间的联合项目。¹⁴

¹⁰ 见禁止化学武器组织(禁化武组织)RC-4/DG.1 和 RC-4/DG.2 号文件。

¹¹ 在编写本报告时，摘要报告正在定稿，不久将在禁化武组织的网站上公布。

¹² 关于 2018 年和 2019 年专家会议的报告，分别见 BWC/MSP/2018/MX.2/3 和 BWC/MSP/2019/MX.2/2 号文件。

¹³ 见施皮茨融合问题研讨会(Spiez CONVERGENCE workshops)的报告，可查阅：
<https://www.labor-spiez.ch/en/rue/enruesc.htm>。

¹⁴ 例如，美利坚合众国国家航空航天局(NASA)、美国空军研究实验室、澳大利亚国防科技组织和昆士兰大学正在研制的高超音速国际飞行研究实验(HiFiRE)超燃冲压喷气发动机。

制导性、精确性和机动性

31. 导弹的效用受到其精确度和弹头破坏半径的限制。传统上，导弹主要使用惯性制导——机载传感器检测到偏离预设飞行路线的情况，并向操纵系统提供修正。惯性制导系统的精确度会随着时间和距离的延长而降低。各国继续追求和完善各种技术创新，以提高其导弹的精确度。这些创新包括用地面雷达跟踪飞行轨迹；光学传感器；雷达成像；以及导航和定位卫星。

32. 对可操纵重返火箭技术的研究始于 20 世纪 90 年代，自 2010 年以来已经部署了具有这种能力的系统。这些系统的设计是为了运载常规或核载荷。与遵循弹道轨迹的重返火箭相比，主要的军事优势是它们可能更有能力躲避一些导弹防御系统。理论上，它们还可以瞄准移动的物体。为了有效，这类系统往往需要先进的目标支持，包括使用卫星和地面雷达的定位数据。

33. 提高导弹精确度和机动性的技术具有各种影响。随着时间的推移，核武器导弹的精确度不断提高，引起配备较小当量的战略弹头系统得到部署。

34. 常规武装导弹系统精度的提高，表面上加强了其作为战术或战场武器的军事用途，近年来这些系统在中东各种武装冲突中的使用就证明了这一点。这导致了远程火炮火箭的发展，其中一些火箭模糊了这种系统与能够运载核武器的弹道导弹之间的区别。这还导致一些国家，甚至非国家武装团体更有能力将最初基于核能力系统设计的弹道导弹用作战术武器。这些系统的战术用途增加，可能会推动扩散，并挑战旨在遏制能够运载核武器的弹道导弹扩散的制度。

高超音速滑翔飞行器

35. 弹道导弹通常至少在飞行的助推和终端阶段以高超音速运行。¹⁵ 一些国家正在开发和部署能够在大气层内以高超音速远距离滑翔和操纵的飞行器。与可操纵重返火箭一样，高超音速滑翔飞行器将由弹道导弹发射。然而，高超音速滑翔飞行器将在较低的高度与其助推器分离，其大部分飞行都以非弹道轨迹进行，由空气动力升力维持。因此，虽然可操纵重返火箭能够躲避飞行末段的导弹防御，而高超音速滑翔飞行器还能够躲避中段的导弹防御。¹⁶ 这不仅是因为它们的机动性，而且还因为它们的大部分飞行时间都在终端防御雷达的地平线以下的高度。

36. 对高超音速滑翔飞行器的研究始于 20 世纪 30 年代。最近军方对这些飞行器的兴趣似乎来自于这样的可能性，例如，这些系统有能力在几分钟或几小时内对地球上的任何地方进行常规打击；有能力避开战略和战术反导弹系统；有能力部署有效的非核载荷的战略武器；有能力远距离打击移动目标，包括海上目标。已

¹⁵ 通常将术语“高超音速”理解为用来描述超过 5 马赫的速度。超音速指的是 1 马赫(音速单位，每秒 343 米)至 5 马赫之间的速度。

¹⁶ 弹道导弹的轨迹可分为助推阶段、中段和末段。助推阶段是飞行初期提供动力的阶段。中段指的是在导弹燃料消耗完后重返大气层前的飞行阶段。末段是导弹飞行的最后阶段，从重返大气层开始。分析人士指出，虽然高超音速滑翔飞行器的飞行轨迹可能会给中段拦截带来困难，但其在末段相对较慢的速度可能会使其在该阶段更容易被拦截。

知的第一批高超音速滑翔飞行器于 2019 年部署，使用洲际射程弹道导弹作为助推器。这些发展引起了人们对新战略武器竞争的担忧。

超燃冲压喷气发动机

37. 各国正努力使超燃冲压喷气发动机技术走向成熟，包括作为一种战略来实现能够保持高超音速的可重复使用飞行器的目标。超燃冲压喷气式导弹也称为高超音速巡航导弹，使用的发动机与冲压式喷气发动机一样，都是喷气式的：它们利用大气层中的氧气而不是机载氧气进行燃料燃烧。现有的概念要求这种系统首先使用助推器将其加速到大约 3.5 马赫。¹⁷

38. 超燃冲压喷气发动机首次成功的飞行试验发生在 2004 年。最成功的飞行试验只持续了几秒钟。在保持超燃冲压喷气发动机持续飞行方面，余下的技术障碍包括热管理以及需要能在极高温度下运行的机载制导和通信系统。虽然该领域的大部分研究都是在军事环境中进行，但学术机构也参与其中，并且还对未来民用航空中的可能用途进行了一些讨论。专家们认为超燃冲压喷气发动机可能在十年内投入使用。¹⁸

39. 传统的喷气涡轮发动机无法使速度超过 2.5 马赫左右。因此，之前测试超燃冲压喷气发动机的工作依赖于一次性的导弹助推器。该领域一个相对较新的研究领域是寻求开发一种结合了涡轮、冲压喷气和超燃冲压喷气要素的混合系统，称之为基于涡轮的组合循环发动机。这种系统仍在开发过程当中，尚未进行飞行测试。

反导弹和地面反卫星系统

40. 反导弹系统传统上侧重于对抗具有可预测飞行轨迹的弹道导弹。已部署或正在开发的系统采取了各种概念方法，包括配备爆炸性弹头的地对空或地对空导弹、高速自动炮、激光和动能冲击器，以便在高空或大气层外进行拦截。

41. 在低层大气中拦截目标的地对空系统越来越常见，并在一些武装冲突等情况下得到广泛使用。现有的一些地对空系统是在防空系统的基础上发展起来的，旨在对付飞行末段的短程弹道导弹和火箭。一般来说，这类系统并没有引起人们对稳定性的担忧，尽管它们的广泛部署可能会促使竞争对手开发出反制措施，例如以齐射方式发射导弹或寻求旨在逃避拦截的机动系统。定向能在反导应用中的应用已经被探索，包括安装在飞机上的激光，不过尚未部署这类系统。这一概念的支持者认为，这种系统可用于防御助推阶段的导弹。

42. 旨在打击大气层外的反导弹系统通常针对处于飞行中段或末端阶段的远程导弹。这种系统一般使用动能冲击器，而不是爆炸物。这种拦截器像航天器一样利用机载推进器进行机动，并需要先进的传感器来跟踪目标。根据助推器发动机

¹⁷ 从 20 世纪 40 年代就已经存在的冲压式喷气发动机，可以将进入内燃机的空气减慢到亚音速，运行速度可达 6 马赫。而在超燃冲压喷气发动机中，燃烧是在空气以超音速运动时进行的。

¹⁸ 例如，见 James M. Acton, *Silver Bullet? Asking the Right Questions About Conventional Prompt Global Strike*, p.55。

烧毁时达到的最大速度定义的能力更强的系统，与拦截器发射器的位置相比，可以打击飞行在更高高度和更大横向射程的导弹。

43. 已经证明，这些系统中能力较强的系统事实上有能力打击低地轨道上的卫星。¹⁹ 分析家认为，打击卫星比打击弹道导弹更容易，因为卫星的行进路径是可预测的，可以提前很长时间准确测量，而且通常缺乏任何规避威胁的手段。鉴于战略反导弹系统与战略核武器的联系、其打击卫星的能力以及基于相互威慑的安全概念，人们对战略反导弹系统表示严重关切。

44. 据报道，已经开发了专门用于打击低地轨道卫星的地面导弹。据报道，一枚能够击中地球静止轨道高度的卫星²⁰ 的直升导弹发射成功。为了达到这样的高度，助推器需要具备空间发射器的能力。这一点特别值得注意，因为到目前为止，人们认为，空间发射器尚不具有适合任何军事任务的能力。

相关政府间进程、机构和文书

45. 大会在 2001 年至 2008 年期间设立了三个关于导弹问题所有层面的政府专家组。²¹ 虽然导弹问题仍在第一委员会的议程之列，但自 2008 年以来，没有达成任何关于这个专题的决议。²²

46. 有两个政府间制度涉及与导弹技术有关的自愿措施：《导弹技术控制制度》和《海牙行为守则》。《导弹技术控制制度》订立于 1987 年，其目的是限制弹道导弹和其他能够运载大规模毁灭性武器的无人驾驶运载工具的扩散。该制度有 35 名成员。根据 2002 年通过的《海牙行为守则》，各国作出具有政治约束力的承诺，在开发、试验和部署弹道导弹方面实行最大限度的克制，并在弹道导弹和民用航天器的政策和发射方面采取透明措施。共有 143 个国家签署了《海牙行为守则》。

47. 裁军事项咨询委员会于 2016 年审议了高超音速武器问题，建议进一步研究这一专题。为此，裁军事务厅和联合国裁军研究所于 2018 年主办了一次关于高超音速武器的“第 1.5 轨”会议，随后发表了一份题为“高超音速武器：战略军备控制的挑战和机遇”的研究报告。

48. 据报道，俄罗斯联邦和美利坚合众国在双边削减军备谈判中讨论了高超音速滑翔飞行器问题，包括在继承《美利坚合众国和俄罗斯联邦关于进一步削减和限制进攻性战略武器措施条约》的协议中讨论。

49. 关注外层空间安全的联合国各机构曾提出过地面反卫星武器问题，这些机构包括裁军谈判会议、裁军审议委员会和大会第一委员会。

¹⁹ 低地轨道通常被视为延伸至 1 000 公里，而洲际弹道导弹在标准轨道上的最大高度约为 1 200 公里。

²⁰ 离地球 35 786 公里。

²¹ 见 A/57/229、A/61/168 和 A/63/178。

²² 见大会第 63/55 号决议。

天基技术

50. 虽然军事和安全利益驱动了关于进入和利用空间的早期努力，但当今的空间利用服务于民用、商业、经济和军事部门的广泛活动。先进的军事力量可以在很大程度上依赖天基技术来完成基本任务，如预警系统、导航、监视、瞄准和通信。卫星特别容易受到各种反空间能力的影响，包括有害地使用信通技术、无线电电磁干扰、激光炫目、电子欺骗和干扰，以及地面反卫星碰撞击毁武器。其中一些能力还可以针对空间系统的地面部分。不过，本节重点介绍可能具有反卫星应用的天基技术的最新发展。

在轨服务和主动清除碎片

51. 国家民事和军事实体以及商业公司正在开发机器人在轨服务能力。这种能力依赖于一些组成功能，包括操纵、近距离接近、会合、对接和抓取。某些行动需要自主执行其中的一些功能。这类能力的用途包括卫星加油、维修和运输以及可能的小行星采矿。目前正在积极开发能够在低地球轨道和地球同步轨道上进行此类活动的系统，并投入运行。2020年2月，第一颗商业卫星服务商成功地与已有17年历史的 Intelsat-901 卫星对接。

52. 主动清除碎片的相关概念是指使用第三方系统来处置空间碎片，而不是设计一个物体从轨道上自行清除。各种国家和商业实体正在通过各种技术途径开发和测试这种系统。其中大多数都涉及与目标交会、捕捉目标并改变其轨迹，从而使其在大气中烧毁。正在探索的战略包括使用配备了机械臂、网、镖叉和粘合剂的小型卫星。也有关于利用天基激光器摧毁相对较小空间碎片的可行性的学术研究。尽管某些概念已在空间进行了测试，但尚未有任何此类系统达到作战能力。

53. 虽然在空间的自动会合和近距离操作已经进行了几十年，但在轨服务的不同之处在于，它涉及两个并非专门为此目的而设计的空间物体之间的互动。有人担心，能够进行会合和近距离操作的卫星可能被用于不受欢迎的、危险的、破坏性的或敌对性的行为，或担心不可能直接从它们的行为来解释它们的目的，特别是考虑到它们在无需卫星合作的情况下接近卫星的能力以及考虑到缺乏负责任地使用这类系统的规范。

天基激光器

54. 天基激光器仍然缺乏对其他航天器或地面物体造成伤害的能量，因为与地面激光器相比，可用的能量有限，而地面激光器会扰乱传感器，或在足够高的功率水平上损坏敏感部件。有关方面已经探索并在卫星之间部署了基于激光的通信。与无线电通信相比，基于激光的通信不易受到常规干扰技术的影响。第一个基于激光的通信系统已于2016年11月部署。这种系统的进一步发展可能产生更高功率的天基激光器。对利用天基激光器使小行星或其他有撞击地球危险的物体转向的研究也在进行中。

相关政府间进程、机构和文书

55. 《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》在经过和平利用外层空间委员会和大会审议后，于 1967 年生效。该条约为国际空间法提供了基本框架，包括禁止在轨道或天体上放置核武器或任何其他大规模毁灭性武器或以任何其他方式在外层空间部署此类武器。²³

56. 自 1985 年以来，防止外层空间军备竞赛一直被列入裁军谈判会议的议程，二十多年来一直是其议程上的核心问题之一。

57. 根据大会第 72/250 号决议设立的防止外层空间军备竞赛的进一步切实措施政府专家组在 2018 和 2019 年举行了两届会议。专家组讨论了一些新出现的问题，包括与会合和近距离作业以及主动清除碎片有关的可能措施。工作组最终未能就最后的实质性报告(见 A/74/77)达成共识。

58. 外层空间活动中的透明度和建立信任措施政府专家组于 2012 年和 2013 年举行了会议，并就一份报告达成了一致(A/68/189)。2018 年，裁军审议委员会同意在其 2018-2020 年周期议程中增加以下项目：“根据外层空间活动中的透明度和建立信任措施政府专家组的报告(A/68/189)所载建议，为促进切实执行外层空间活动中的透明度和建立信任措施以防止外层空间军备竞赛拟订建议”。2019 年，和平利用外层空间委员会通过了外层空间活动长期可持续性序言和 21 项准则。委员会决定重新设立外层空间活动长期可持续性工作组，并制定一个五年计划，从 2020 年开始。

E. 电磁技术

59. 正在开发或最近部署的各类武器使用电磁能来产生其主要的破坏性效果。这些武器可大致分为以下系统：(a) 拒绝、阻碍或破坏对手获取电磁频谱的能力，这种做法通常被称为电磁战(也称为电子战)；(b) 通过造成物理损害摧毁目标。利用电磁能来推进射弹的轨道炮属于后一类。不同类型的定向能武器可能属于其中一种或两种类别。

60. 许多现代武器系统，特别是飞机和导弹采用的传感器、制导系统和通信都依靠电磁频谱运行。电磁战寻求通过干扰、扰动、电子欺骗或黑客攻击来利用这种依赖性，并可采用各种手段，覆盖从射频武器到假想的核电磁脉冲的全部范围。至少从 20 世纪 70 年代开始，具有这些能力的系统就已经存在。一般来说，它们的使用成本要比防空系统同类反制措施低得多。电磁战系统可安装在地面载具、有人和无人驾驶飞机以及舰船上。理论上，它们也可以放置在海底或外层空间。军方使用电磁系统来防止其系统受到电磁攻击。电子技术的进步正在推动这一领域的创新，其中包括可以同时干扰多个频率、能更精确地锁定目标和更难以归因

²³ 联合国其他关于外层空间问题的条约是《营救宇宙航天员、送回宇宙航天员和归还发射到外层空间的物体的协定》、《外空物体所造成损害之国际责任公约》、《关于登记射入外层空间物体的公约》以及《指导各国在月球和其他天体上活动的协定》。

于某个行为体的系统。电磁武器有可能大规模地扰乱或破坏数字连接，不过目前正在尝试更好地保护某些关键基础设施免受这种攻击。

61. 定向能武器是电磁战系统的一个特定子集，在某些情况下，也可用于产生破坏性的物理效果。在这方面，正在寻求技术途径，包括高能激光、高功率微波、毫米波和粒子束。高能激光似乎在毁灭性和破坏性应用方面具有最直接的潜力。由于激光武器的精确度、速度和单位“弹药”的低成本，激光武器对军方很有吸引力，特别是在防空和导弹防御方面。据报道，一些国家使用地面激光器使经过其领土上空的监视卫星的光学传感器“失明”或“眩晕”。近几十年来，固态激光技术的进步至少部分解决了尺寸和重量方面的问题。在这方面，目前正在研究是否可能在阵列中使用非常小的光纤激光器。军方也正在研究将自由电子激光器用作定向能武器。已知有几种具有动能效应的高能激光武器已经部署，还有许多其他武器正在开发和测试中。激光广泛用于民用部门。

62. 轨道炮利用电磁能发射固体弹丸。这种武器的射程约为 200 公里或更短，理论上能够以比使用化学推进剂的火箭或导弹更快的速度发射炮弹。因此，它们仅凭动能就能摧毁目标。与射程相当的导弹相比，轨道炮所使用的弹丸将轻得多，成本也低得多。妨碍轨道炮投入使用的技术因素包括需要大功率电源以及发射器和弹丸中极其坚固的部件。储能方面的进展和坚固的电子电路的小型化有助于开发可行的原型。据报道，正在开发用于反进入/区域封锁和发挥海防作用的轨道炮，并已测试了第一种此类武器。预计这种武器将在 5 至 10 年内部署。

相关政府间进程、机构和文书

63. 本节所讨论的武器是电磁战所用武器和定向能武器，在最近的政府间审议中得到了讨论，防止外层空间军备竞赛的进一步切实措施政府专家组讨论了这些问题(见 [A/74/77](#) 和本报告 D 节)。

F. 材料技术

64. 本节讨论适用于武器和相关问题的材料技术的发展。

65. 小武器和轻武器模块化设计和制造的发展，以及在制造中越来越多地使用聚合物，可能会破坏武器标识的长期可行性以及国家当局保持准确记录和进行追踪的能力。

66. 模块化武器由多个部件组成，这些部件可以由制造商在军械库车间重新配置，也可以由使用者在现场重新配置。这种重新配置可能需要也可能不需要使用特定的工具，从而导致配置可变，这对确保为整个武器保留独特标识构成了潜在的挑战。《使各国能够及时可靠地识别和追查非法小武器和轻武器国际文书》(《国际追查文书》)要求在武器的基本或结构组件(如框架和(或)接收器)上作独特标识。

67. 虽然大多数小武器和轻武器是使用钢铁、木材和酚醛塑料等传统材料制造的，但在制造技术中增加使用聚合物可能会破坏标识的长期可行性。与钢铁等更传统材料制成的武器上的标识相比，聚合物上的武器标识相对容易更改或移除。聚合物塑料最初只用于生产非结构性武器部件，如握把。然而，这种材料后来被

用于制造武器的其他部件，包括枪架。更多地使用这些材料，部分原因可能是由于其成本较低，重量较轻；因此，不要忽视与武器设计中的捷径有关的安全影响。

68. 增材制造又称 3D 打印，指的是根据数字设计来添加连续的层次从而制造物体的一系列生产技术。与传统生产技术相比，它的规模化成本更低，可以建造更复杂的结构，而且不需要熟练的人工操作。增材制造技术最早是在 20 世纪 80 年代发展起来的，但其在军事领域的应用是比较晚的。

69. 增材制造可能给控制武器和相关物品的扩散带来新的挑战。特别是数字设计文件可以轻易地转移或广泛传播。增材制造已经被用于航空航天和国防工业，以生产包括发动机在内的飞机和导弹部件。各国还在研究利用增材制造技术制造新型弹头结构。材料和制造技术的质量仍然令人担忧。

70. 纳米技术是指在 1 至 100 纳米的范围内操纵物体。这是一个非常广阔的领域，具有许多潜在的民用和军用途。工程纳米材料具有许多吸引人的特性，包括增加导电性、硬度和强度，以及减轻重量。这种材料的可能应用已经探索了至少十年。除了隐身、伪装和智能装甲等应用外，军队还研究了使用纳米材料来增加爆炸物释放的能量。人们对纳米技术有可能增强化学和生物武器的运载能力表示关切。

相关政府间进程、机构和文书

71. 自 2011 年以来，各国在《从各个方面防止、打击和消除小武器和轻武器非法贸易的行动纲领》和《国际追查文书》会议上一直审议小武器和轻武器制造、技术和设计方面的发展情况(见 [A/CONF.192/2018/RC/3](#)，第二.A.4 节和第三.F 节)。

72. 在 2018 年举行的第三次联合国审查从各个方面防止、打击和消除小武器和轻武器非法贸易的行动纲领执行进度大会上，各国特别承诺考虑到与模块化设计和使用聚合物有关的挑战，特别是在标识和追查方面遇到的困难。各国重申，小武器和轻武器必须按照《国际追查文书》的规定打上持久标识，并指出，在模块化武器的重要部件或结构部件上打上独特标识是实现可追查性的根本。

73. 应小武器审查大会与会者的要求，秘书长就小武器和轻武器，特别是聚合物和模块化武器的制造、技术和设计方面的最新发展，包括相关的机遇和挑战，以及这些发展对有效执行《国际追查文书》的影响，征求会员国的意见，并就如何解决这些问题提出了建议。秘书长关于小武器和轻武器非法贸易的各方面问题及协助各国制止小武器和轻武器非法贩运并加以收集的合并报告([A/74/187](#))包括一份关于模块化武器和聚合物设计的非详尽清单，以作为《国际追查文书》的可能补充附件。

74. 各国在就安全理事会第 [1540\(2004\)](#) 号决议执行情况 2016 年全面审查进行磋商期间，讨论了增材制造促进扩散方面的问题。审查的最后文件指出，科学、技术和国际商业的迅速发展，使得非国家行为体扩散大规模毁灭性武器的威胁变得更加复杂([S/2016/1038](#)，第 34 段)。

75. 增材制造技术将对各种出口管制制度产生影响，包括导弹技术控制制度、核供应国集团和瓦森纳安排。导弹技术控制制度内部讨论增材制造问题已有数年，并于 2017 年正式列入其议程。

76. 自 2013 年《禁止化学武器公约》缔约国第三次审议大会以来，禁化武组织科学资准委员会就建议不断审查纳米技术的进展情况，并在其最近提交第四次审议大会的报告中包含了对该领域的审查。²⁴

三. 对安全和裁军的更广泛影响

77. 本节介绍与新的战争手段和方法有关的共同和相互关联的关切，以及它们对维护全球和区域和平与安全以及对裁军构成的潜在挑战。

78. 一些新的武器技术有可能促进军备竞争，包括在战略层面的竞争。随着国际军备控制努力继续紧张，反导弹系统和高超音速武器等武器系统的技术发展正在加速。有关方面加强了对人工智能和自主的军事应用的研究，包括在核武器系统和有害的信通技术行动中的应用。最后，技术进步可能会给预警和监视基础设施带来新的威胁，有可能促使许多国家对发展反空间能力产生新的兴趣。

79. 一些新的武器技术可能会降低使用武力的门槛。新的武器技术也可能给现有的法律框架带来压力，包括通过电磁干扰等非传统手段，以及以传统的自卫权行使门槛难以理解的方式，为使用武力提供便利。同样，越来越多地使用遥控和自主系统可以说是在适用法律框架不明确的情况下使用武力提供了便利。此外，自主性和远程操作的增加，以及在信通技术环境和外层空间开展军事行动，可能造成无伤亡战争的观念。最后，一些军事理论明确指出，如果关键基础设施受到攻击，可能需要考虑使用核武器。

80. 许多新的武器技术有效地缩短了敌对双方部队作出反应的决策时间。对于高速行驶或设计为不可探测的武器来说尤其如此。兼具这些特点的武器可能特别成问题，特别是如果它们涉及的系统可以与核弹药或常规弹药一起部署。这类技术可能产生若干不良后果，如误解以及在意外或无意间造成的升级。这类后果可能因武器系统的自主性增加而进一步加剧。此外，现代军事力量越来越依赖信通技术以及天基技术，而且难以抵御这些领域的攻击，这可能会破坏稳定。

81. 人们对许多有关这些发展的归因问题的复杂性表示关切。信通技术仪器和遥控技术的有害使用已经在这方面构成了挑战。例如，已经有过民用无人驾驶飞机被击落但执行攻击的操作员身份并不清楚的例子。有害的信通技术活动可以利用代理人进行，这可能使这种活动的技术归因更具挑战性。人工智能支持的信通技术攻击和人工智能支持的动能攻击可能会在归因方面带来更多挑战。

82. 最后，许多人担心这些技术很容易被恶意的非国家行为体获得或用作扩散工具。增材制造技术与加密或基于黑网的通信相结合，增加了扩散的风险。非国

²⁴ 见禁化武组织 RC-4/DG.1 号文件。

家行为体也可以通过黑网等途径获得关于信通技术系统中本来不公开的弱点的信息。随着信息数字化程度的不断提高，扩散敏感信息可以通过电子方式从一个国家传到另一个国家，从而规避对有形物品实施的出口和进口管制。恶意行为体可能会试图利用人工智能系统的独特弱点，例如，通过非常简单的操作，对能够欺骗性能良好的机器视觉和语音识别系统的战略研究加以利用。学术界和私营行业的研究人员在合成生物学和人工智能等领域进行了许多前沿研究，并发表了研究成果。遥控飞行器很容易在市场上买到，更复杂的型号已经具备自动性，或者在导航等基本功能上可编程。

四. 对限制武装冲突的人道主义后果的努力的影响

83. 新武器技术影响到国际社会限制武装冲突对平民影响的努力。它们还引起人们对国际人道主义法的解释和尊重问题的关切。

84. 虽然新的武器技术可能有助于限制武装冲突的影响，例如通过提高精确度和准确性，但它们也对平民和民用物体构成了新的威胁。近年来报告的几起信通技术事件严重阻碍了民用基础设施的运作，包括政府服务、银行系统、核设施、电网、工业系统和保健服务。由于个人和工业界广泛使用联网设备，接触有害信通技术活动的风险也可能增加。最后，影响互联网有形基础设施和妨碍连接的信通技术事件可能对整个人口产生广泛影响。

85. 对可能在外层空间使用武器和故意销毁空间物体行为感到关切的一个主要原因是，由此产生的空间碎片具有持久性和不可预测性，可能对在类似高度运行的所有物体造成危险。这反过来可能导致提供基本民用服务或支持防灾减灾和人道主义活动的其他空间物体被毁。而丧失这些服务可能会产生严重的人道主义后果。

86. 在武器系统的关键功能中越来越多地引入人工智能和自主性，这引发了人道主义关切等问题。尚有待证明的是，是否有算法能可靠地作出足够类似于人类的决定和判断，以遵守国际人道主义法，包括区分、相称和谨慎原则。许多国家认为，任何武器系统都不可能有能力做出符合国际人道主义法的判断。人工智能系统的复杂性可能使其无法预测或无法解释，这可能导致人工智能系统以无法预料的方式或人类操作员不会导致的方式出现故障的情况。此外，一些行为体可能不具备与其他行为体同样的能力、兴趣或理解力，无法以足以遵守人道主义和人权原则的方式设计人工智能武器，导致人们认为这些行为体从这些技术中获得了不应有的好处，并可能促使其他行为体降低自身标准以避免劣势。最后，在武器系统的瞄准过程中使用自主性可能会阻碍其在杂乱的动态环境(包括人口稠密地区)中识别合法目标的能力。

87. 国际人道主义法如何适用于新领域的不确定性可能会使监管和控制的多边努力复杂化。一些政府专家认为，承认国际人道主义法的适用性，可能会使新领域的敌对行动或新武器技术的使用正常化，造成未知或危险、动荡的可能后果。还有人指出，国际人道主义法既不鼓励军事化，也不使任何形式的战争合法化，

也不使其使用合法。这种不确定性可能会带来一些挑战，因为各国可能对如何适用国际人道主义法保持大相径庭的看法，或追求能力以抵消所认为的未必尊重国际义务的对手所具有的优势。

88. 某些新武器技术对确保尊重人权工作的影响也越来越大。有些武器，如无人驾驶的武装飞机，可以在武装冲突以外的情况下使用武力。武装部队对使能技术的某些使用，如大数据和人工智能在识别和选择目标方面的使用，可能会在道德、数据保护和隐私方面引起进一步的关切。

五. 对影响安全和裁军的科技整体发展作出应对的进程

89. 虽然联合国裁军文书和机构有一种倾向，即每次只处理与单一类型或类别的武器或领域有关的问题，但各种与裁军有关的进程和机构最近以更广泛的方式处理了对安全和裁军有影响的科学和技术发展。

90. 1949年8月12日日内瓦四公约关于保护国际性武装冲突受难者的附加议定书第36条规定，在研究、开发、取得或采用新的武器、作战手段或方法时，缔约方有义务断定，在某些或所有情况下，该新武器、作战手段或方法的使用是否为国际法所禁止。科学和技术的发展促使人们越来越有兴趣分享关于进行此类审查的国家进程的信息，这有助于建立对各国如何履行这一责任的信心，确保对可能采用破坏稳定的新技术的可预测性，并促进对国际法，特别是国际人道主义法的共识。

91. 《特定常规武器公约》是一个有助于处理与其宗旨相关的科学和技术发展的框架。

92. 2018年，裁军谈判会议根据 CD/2119 号决定设立了五个附属机构，以启动一个涵盖所有实质性议程项目以及与裁军谈判会议实质性工作相关的新出现问题和问题的渐进进程。第五个附属机构除其他外，处理科学和技术、信息和通信技术的发展以及人工智能武器化问题(见 CD/2141)。

93. 裁军事项咨询委员会近年来审议了一些可能对安全和裁军产生影响的科学和技术发展，并提出了建议。

94. 安全理事会在第 2325(2016)号决议中呼吁各国在执行第 1540(2004)号决议时，考虑到扩散风险性质不断变化和科学技术迅速发展的情况。

六. 结论和建议

95. 本报告所述的许多事态发展要么是联合国内部最近或正在进行的多边审议的主题，要么是作为现行进程的一部分加以处理。联合国各实体将继续支持和促进现有的和潜在的新进程，以应对新出现的挑战，防止它们对和平与安全、人道主义原则或本组织的其他宗旨和目标构成威胁。

96. 秘书长题为《保护我们的共同未来：裁军议程》的报告所述与新兴技术有关的各种行动都认识到多利益攸关方参与的重要性，并承诺在各种情况下促进这种参与。迄今开展的活动突出表明，工业界和私营部门对参与政府间进程并有机会交流意见的兴趣很大。许多国家还表示希望对本国私营部门实行包容和透明的做法。建议联合国各机构和实体继续鼓励多利益攸关方参与和地域公平参与，包括工业界和私营部门通过正式和非正式平台的参与。

97. 展望未来，鼓励会员国继续设法将对科学技术发展的审查纳入其工作，包括通过审查条约实施情况的进程和在联合国主要裁军机构内部进行审查。

98. 为帮助各方保持对科学和技术发展及其对国际安全和裁军努力的潜在影响的认识，建议继续每年提交报告以更新本报告所涉内容。
