



UNIDIR

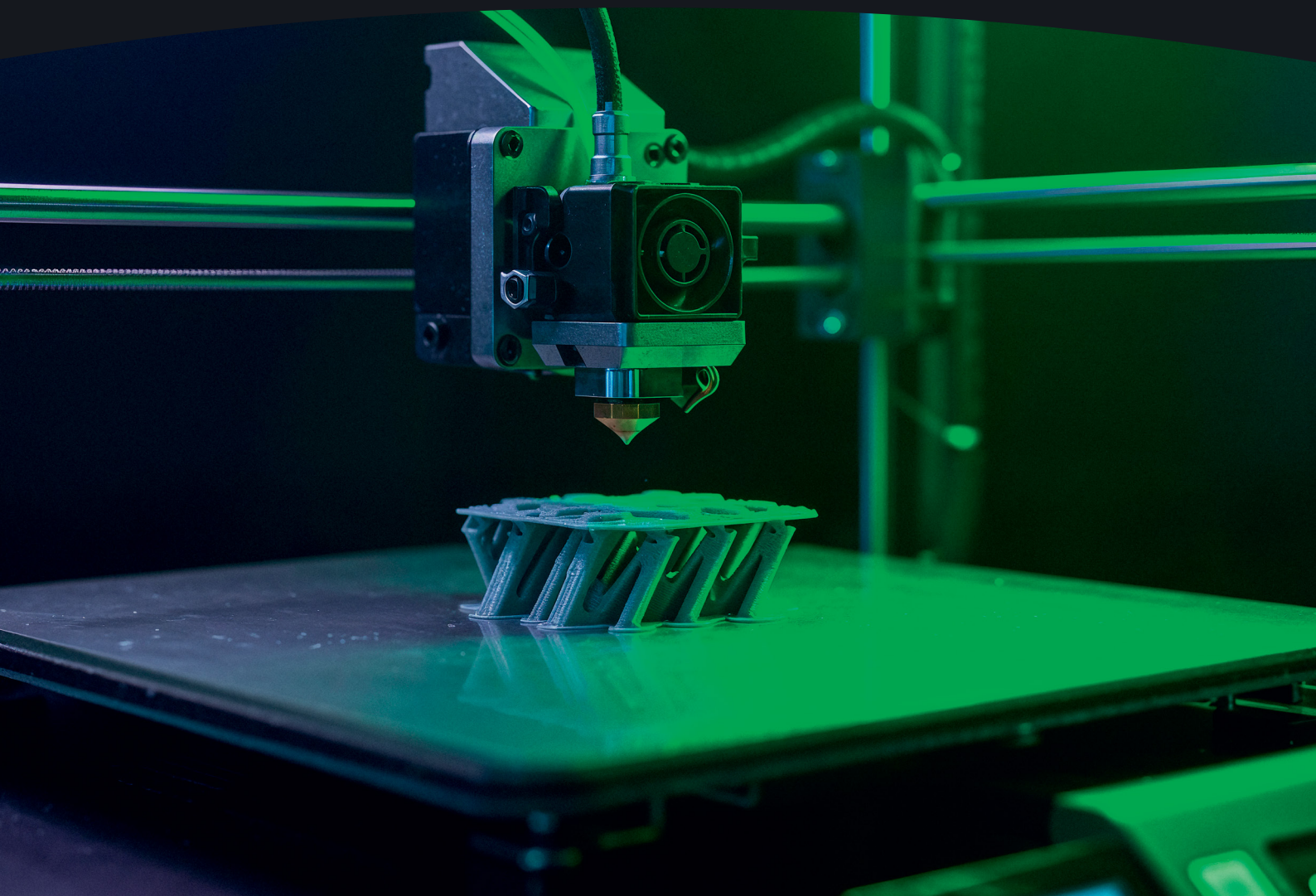


Funded by
the European Union

研究概述

传统军事装备的增材制造： 对军控与安全的影响

SARAH GRAND-CLÉMENT • SUNNIVA SELMER REINERTSEN



执行摘要

增材制造，又称3D打印，正日益被应用于国防和军事领域，这对常规武器生产、军备控制和国际安全具有重大影响。尽管增材制造并非新技术，但近期设备性能的提升和成本的下降，加速了其向军事供应链、作战环境及工业生产的融合。作为一项双重用途的网络物理制造技术，增材制造虽具有战略优势，但也带来了扩散和转用风险，因此值得政策制定者和军控界予以更密切的关注。

目前，增材制造主要用于制造军事零部件，而非完整的武器系统。这些军事零部件在空中、陆地和海上领域的有人驾驶和无人驾驶系统中有着广泛的应用。增材制造在航空系统中的应用尤为突出，例如结构部件和发动机的制造。各国军队利用增材制造技术快速制作工具原型，维修或更换过时或无法获得的部件，并生产具有复杂几何形状的轻量化或高度定制化的零部件。这些能力通过减少对脆弱或低效的传统供应链的依赖，能够提升作战准备状态、韧性和可持续性。

尽管在技术前景广阔，但增材制造仍面临一些缺陷和局限，限制了其更广泛的应用。主要局限包括标准化和认证方面的困难、产出质量的不稳定性、知识产权壁垒、高级增材制造应用领域技术人才短缺，以及大规模生产的可扩展性较差。因此，增材制造在技术上所能生产的成果与其在关键军事任务中的实际应用范围之间，仍然存在显著差距。

尽管如此，增材制造技术的日益普及带来了诸多转用和扩散风险。这些风险取决于增材制造技术的类型、所生产的成品以及这些成品所赋能的能力等因素。转用和扩散风险可能通过获取实体设备和原材料、数字设计文件及软件，以及通过日益扩大的相关参与者群体（其中许多位于传统国防工业基地之外）而显现。鉴于无形技术易于共享，数字增材制造文件及相关专有技术尤其难以管控。

这些风险带来的影响包括：受管制能力更易被获取，这可能削弱主要围绕实物商品和国际转让设计的出口管制及制裁机制的有效性。生产去中心化以及对跨境供应链依赖度的降低，也可能削弱那些侧重于国家生产和采购报告的透明度及建立信任机制。

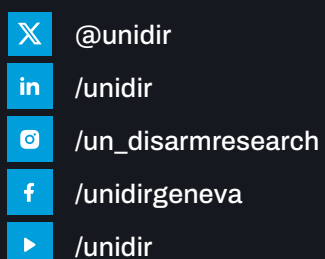


现有的多边管制框架在一定程度上涵盖了增材制造。诸如《瓦森纳协定》、《导弹技术控制制度》以及欧盟《两用物品条例》等出口管制机制,对某些高端增材制造设备、材料及相关技术(包括无形技术转让)实施管制。然而,管制措施仍不均衡,且关于无形技术转让的指导方针往往缺乏清晰度和统一性。其他机制,如《武器贸易条约》和《联合国小武器和轻武器行动纲领》,虽涉及武器转让和生产的某些方面,但未能充分涵盖增材制造带来的独特挑战。

随着增材制造技术在军事和民用领域持续普及,治理方式必须相应地进行调整。政策制定者可考虑采取以下(非穷尽)的行动方案:

- ▶ **加强多边管制措施的实施:** 这一类行动涉及能够加强多边管制措施实施的各项要素。相关途径包括:利用《武器贸易条约》框架审查有助于常规武器增材制造的(无形)转让监管;制定国际标准并将其用于补充和加强监管措施;制定和实施切实可行且协调一致的无形技术转让监管方法;探索技术解决方案以识别转移和扩散风险;以及通过报告各国利用增材制造的生产情况,遏制透明度和信任建立努力的削弱。
- ▶ **解决国家出口管制机制中的漏洞、局限性和挑战:** 解决国家出口管制机制中漏洞、局限性和挑战的途径包括:发展检测、起诉和执行有形及无形增材制造技术监管规定的的能力;以及制定风险概况,以更好地理解 and 应对增材制造风险。
- ▶ **提高意识并加强行业合规性:** 行业责任在缓解增材制造带来的风险,尤其是无形技术转让带来的风险方面发挥着重要作用。可通过以下方式加强行业责任:提高增材制造相关参与者的意识和能力建设;实施适当的行业尽职调查,以预防和缓解增材制造技术带来的风险;以及确保增材制造供应链的可追溯性。

封面图片：正在运行的3D打印机特写（由AI生成）。设计：Magnific。



Palais des Nations
1211 Geneva, Switzerland

© 2026, UNIDIR

UNIDIR.ORG