

# 兰德公司中美军民两用新材料相关证词述析

2019年6月7日,美国兰德公司向美国国会美中经济与安全审查委员会提交了《新型关键材料:识别可能的两用领域》证词(下称《证词》)。《证词》对比了中美两国新型军民两用关键材料领域的发展,内容主要包括5方面:(1)提供了一些新材料的基本信息,重点是纳米材料和超材料;(2)对比了中美超材料研发应用;(3)简述中美的材料研究合作;(4)回顾中国对关键原材料生产和加工的控制;(5)为美国提出发展建议。

## 1 关于新材料开发与应用及中美超材料能力对比

### 1.1 关于新材料的开发与应用

《证词》认为,从20世纪下半叶开始,材料科学和工程作为物理学、化学和几个工程学科交叉发展起来的学科,材料的多功能性及在复杂环境的适用性不断增强。随着在原子和分子水平测量材料性能仪器的发展,结合理论分析和计算机模拟,人们对材料结构、加工与性能之间关系的理解有了很大的进步,带来了新的应用。《证词》认为纳米材料代表了近20年最典型的材料进展,它可为可穿戴电子设备、高能量密度电池和含能材料等应用提供新的或改进的性能。纳米材料的合成能力也推进了多种超材料的开发,而超材料已被证明有巨大的应用潜力,如超敏感透镜;全反射或完全不反射的材料;微天线和隐身装置等特定特性的光学元件。

### 1.2 关于中美超材料能力对比

《证词》认为中美两国都看好超材料前景。《证词》称,纳米功能材料和超材料在中国“十三五”规划中被确定为先进材料的优先发展领域。利用美国专利商标局、世界知识产权组织、中国国家知识产权局的技术分类系统,兰德公司对1989—2017年中美两国超材料专利申请情况进行了分析,发现美国从2005年前后开始,中国从2010年前后开始,与超材料相关的专利申请数量都有增加,《证词》认为这表明两国都将超材料视为有前景的领域。

《证词》指出中美两国超材料专利分布存在显著差异。《证词》指出,截至2017年,中美两国超材料专利申请的累计数量大致相同,但申请重点领域显示出了实质性差异。天线是两国最大的应用领域,中国的专利集中在此领域高达41%,美国只有19%;第二重要的应用领域是半导体和光学,两国的占比相似。但是,美国超材料专利的应用领域分布比中国更为广泛,《证词》认为这可能反映了中国更关注与政府研发计划相关的应用。

## 2 关于美中新材料研究合作及相关问题

《证词》归纳了中美新材料技术合作的两大领域。一是在美国能源部国际事务办公室协调下,美中清洁能源研究中心开展的相关研发工作。该中心工作目标是通过两国合作,加快两国清洁能源技术开发和部署。它侧重于5个关键研究领域:先进的煤炭技术;建筑能效;清洁汽车;水和能源技术;中型和重型卡车。其中清洁汽车的主要关注点之一是先进电池,这是纳米材料的重要应用。二是可穿戴设备。中美两国联合开发了利用纳米材料产生足够的电能来驱动小型电子设备的器件,这些器件采用压电材料或摩擦电材料。

《证词》主张从国家安全角度,重视两国相关合作的风险并采取措施。《证词》称,美国在学术研究项目中对中国公民进行培训,其中一些人可能会回到中国,建立学术研究项目或发展类似深圳光启公司等商业实体,对此需要权衡利弊。一方面,支持两国内部和两国合作创新。另一方面,也可能导致事关美国国家安全的两用技术扩散。《证词》认为,出于国家安全考虑,必须对此逐案评估,确保受控的技术不会直接或间接提供给被禁国家。

## 3 关于中国主导稀土等关键材料生产和加工的情况

《证词》概述了美国对进口材料的依赖,以及中国在稀土等关键材料生产加工方面的主导地位。《证词》指出,美国须进口许多对制造业至关重要的材料,稀土族金属材料是最典型的例子,但美国依赖的进口材料并不仅限于稀土,2018年美国有64种非燃料矿产品依赖进口,其中18种完全依赖进口,另外30种超过50%需求依赖进口。这些材料包括:铟、镓和锗等半导体材料;高温合金中使用的钒和铌等金属材料;锑等阻燃塑料和纺织品的关键材料;钨等用于采矿和建筑、油气勘探,以及制

造工具和模具等的关键材料。《证词》称,中国是这些关键材料的最主要生产国,中国有12种关键材料(铋、铝、铋、萤石、镓、锗、镁、稀土、硅、碲、钨和钒)的产量占全球的50%以上,没有任何其他国家有两种或以上关键材料产量占比超过50%;中国也是美国18种以上非燃料矿产品进口依赖度超过50%的唯一国家。

《证词》分析了中国主导地位形成的原因及对美国的影响。《证词》认为中国占据主导地位的原因有:一是资源基础雄厚,长期重视矿产生产;二是环境和职业健康安全标准相对宽松,生产成本低。《证词》指出,1990—2010年间中国逐渐获得关键材料生产主导地位,其他国家的矿山和加工厂因无力与中国的低价出口竞争而关闭。但随着中国市场份额和国内消费增长及中国推行资源保护战略等因素的影响,中国日益与可靠的低成本制造业原材料供应商角色偏离。例如,一些稀土金属价格在2010—2013年间飙升了几十倍。《证词》称,通过分析全球工业供应链和贸易战略,发现主要贸易商中只有中国奉行强有力的资源保护战略,举措包括生产控制、出口限制、工业整合和投资限制等,如通过限制采矿和出口许可证数量、对精矿生产实行配额、对采矿和加工施加限制来管理其钨工业。《证词》认为,占主导地位的生产者可能会对市场扭曲和供应中断产生巨大影响;《证词》同时指出,也有一些占主导地位的生产者允许市场力量决定他们生产材料的供求,如智利(其铌产量占全球的55%)。

## 4 关于美国如何提高材料供应链安全的建议

《证词》称,兰德公司在2013年为美国国家情报委员会完成了类似分析,并提出了建议。本次提出的建议是在当初建议的基础上进行更新后形成,主要仍是两个方面:一是提高面对供应中断或市场扭曲的韧性;二是更好地预见到相关风险,做到对有关问题的早期预警。

### 4.1 提高面对供应中断或市场扭曲时的韧性

《证词》认为,这方面行动可有两种不同形式:一种是鼓励关键材料多样化生产和加工;另一种是开发替代来源,如二次生产或制造业的替代材料研发。

《证词》认为,市场力量已鼓励多样化的发展,例如,越南的钨生产和加工,美国和其他国家的稀土勘探和开发项目及美国加利福尼亚州山口矿山稀土生产的恢复。但是,高度集中的市场所造成的不确定性是一个障碍,必须通过地方、国家、区域和全球各级各种措施加以克服,以便为实现多样化供应所需的投资和时间创造有利和可持续的环境。《证词》认为,进口国间或可协调采取行动,如美、欧、日联合采取行动;协调行动的领域可扩展到包括库存的形成和维持,以及就供应中断时共享有限资源达成协议等。长远来看,措施还可包括:开发新的提取、加工和制造方法,促进材料的有效利用;从废料和二次生产料中增加回收材料,如美国大约一半的钨是从回收料中获得的;研发稀缺材料的替代材料和新产品等。

### 4.2 更好地预见到相关风险

《证词》指出,有关矿物生产、加工和贸易的数据,可从美国地质调查局和英国地质调查局等政府机构,以及工业组织和联合国商贸统计数据库中广泛获取。应考虑利用这些数据,研究如何预见市场扭曲带来的各类风险。《证词》认为,一种可能的方法是用多样化的商品市场来衡量市场活动。例如,美国司法部和联邦贸易委员会制定的企业横向兼并准则使用赫芬达尔-赫希曼市场集中度指数的变化作为衡量市场力量的标准。当关键材料生产地的变化超过这些准则门槛时,可通过国际协调与合作机制,防止市场集中度达到导致世贸组织的关注程度。这种协调与合作的目标应是消除市场扭曲,同时允许材料生产国的经济发展。

## 5 启示建议

第一,国外高度关注我国的关键材料技术及产业状况,并充分利用开源数据分析评估我国材料行业的发展,我国应对此有所防范;第二,在合作开发领域,美国呼吁对我国持保留和警醒态度,同样我国也应对国外刺探先进技术和人才的行为保持警惕;第三,我国应继续积极合理地实施战略原材料资源保护战略,在加强管理的同时,通过开发新的生产和加工技术(如增材制造技术)、低成本替代材料、优化产品设计等,提高我国材料利用效率并降低消耗;第四,我国也应充分利用开源数据,客观评估中美在关键材料技术研发、产业供应、战略储备等方面的差异,为我国相关决策提供有力支持。

### 作者简介

胡燕萍,航空工业发展研究中心系统工程研究所高级工程师,长期从事国防材料研究,研究领域主要集中在国外航空航天材料发展战略、材料技术进展方面。