引用格式：李婧，陈代谢，林清华，等．从美国出口管制看我国科研仪器创新面临的主要挑战．中国科学院院刊，2026，41(9)：1905-1916，doi：10.3724/j.issn.1000-3045.20240919004.
Li J, Chen D X, Lin Q H, et al. Main challenges to China's scientific research instrument innovation seen from United States export controls. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2026, 41(9): 1905-1916, doi: 10.3724/j.issn.1000-3045.20240919004. (in Chinese)

从美国出口管制看我国科研仪器创新面临的主要挑战

李 婧[1] 陈代谢[2] 林清华[3] 肖国华[1*]

1 中国科学院成都文献情报中心 成都 610299
2 中国科学院 科技基础能力局 北京 100864
3 中国科学院福建物质结构研究所 福州 350002

摘要 我国科研仪器长期依赖进口，容易成为美国等西方国家加码对华科技封锁、维护科技霸权的“重要着力点”。美国自2017年特朗普的第1个总统任期以来，频繁利用出口管制遏制我国科技进步，给我国科技安全带来重大风险。文章在梳理我国科研仪器创新发展现状的基础上，分析了2017年至2026年6月美国特朗普政府和拜登政府任期内科研仪器出口管制的演进和发展动向，旨在基于对美国出口管制形势准确研判后为我国科研仪器创新发展提供科学依据和决策参考。

关键词 科研仪器，出口管制，自主创新

DOI 10.3724/j.issn.1000-3045.20240919004
CSTR 32128.14.CASbulletin.20240919004

科技创新是发展新质生产力的核心要素，科研仪器是科学研究、技术创新的必备条件。近百年的科技发展历程表明，重大科技创新和前沿领域的开辟，往往是以科研仪器和技术手段上的突破为先锋[1]。我国是全球科研仪器需求增长最快的市场之一，但高端科研仪器严重依赖进口，缺“仪”之困和当前的缺“芯”之痛如出一辙[2]。近年来，美国等西方国家频繁滥用出口管制、投资审查等打压工具，引发了各类科技创新主体对于国外技术出口管制的重视。2018年美国特朗普政府任期通过的《出口管制改革法案》（*The Export Control Reform Act*）更加强了美国总统在跨部门出口管制协调中的作用[3]。

2024年，党的二十届三中全会通过的《中共中央关于进一步全面深化改革 推进中国式现代化的决定》

*通信作者
资助项目：中国科学院文献情报能力建设专项课题（E6C0000301）
修改稿收到日期：2026年1月30日；预出版日期：2026年4月27日

提出“构建科技安全风险监测预警和应对体系，加强科技基础条件自主保障”；《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》再次强调“强化科技基础条件自主保障”。科研仪器是科技基础条件的重要组成部分，在美国对华出口管制持续收紧的形势下，准确认识我国科研仪器创新面临的主要挑战，对增强我国科技基础能力，实现高水平科技自立自强和高质量发展具有重大的战略意义。

1 我国科研仪器创新发展情况

科研仪器贯穿科学研究、工业产业、国家安全等领域，其科技研发、产业发展、企业成长的规律中都蕴含鲜明的创新特点。技术驱动、需求牵引、学科融合是其强大的创新基因，高频正向迭代循环是其产业发展的基本逻辑，推动着行业创新者持续高强度的研发投入以保持领先地位[4]。同时，科研仪器产业的产品种类多、单品类仪器市场规模小、需求分散等特点也使得企业投入积极性不高，仪器样机难以形成实用的仪器产品进行推广应用。近年来，在加快实现高水平科技自立自强的时代背景和国家政策、市场需求的推动下，我国科研仪器产业正在加快创新步伐。但同时，我们也要清醒认识到，我国高端科研仪器进口依赖度高，加之产业基础薄弱，当前科研仪器领域的自主创新还尚未取得格局性重大突破。

1.1 政策支持下我国科研仪器行业正在加速发展

*党和国家高度关注科研仪器行业发展，出台系列支持政策。*2021年两院院士大会和中国科协第十次全国代表大会，2023年中共中央政治局第三次集体学习，2024年全国科技大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会，2026年国家科学技术奖励大会、两院院士大会、中国科协第十一次全国代表大会中多次强调仪器创新的重要性，明确提出“要打好科技仪器设备、操作系统和基础软件国产化攻坚战”“强化高端科研仪器、科学数据、科技期刊等基础条件自主保障”。近年来，为推进科研仪器自主创新，国家相关部门围绕仪器设备研发、产业化等先后制定了相关政策措施，这些举措为加速科研仪器的成果转化不断探寻新路径，也为产业的壮大带来了新机遇[5,6]。

*积极支持和布局科研仪器行业。*经过几十年的不断发展，特别是“十二五”以来，在国家重点研发计划和国家重大科研仪器研制项目等支持下，我国科研仪器领域的科技创新体系日益完善，全国共有200余所高校设立了仪器相关专业，并构建起大型科研仪器开放共享平台①。科研仪器研制、生产和应用取得了长足发展，中低端科研仪器市场占有率稳步提升，高端科研仪器实现点状突破，培育出多款具备原始创新特质的科研仪器[7]。2023年，我国仪器仪表产业营收突破万亿元大关，2024年和2025年保持稳定增长态势，2025年仪器仪表行业营收超1.1万亿元，较“十三五”时期末增长超过40%，科研仪器行业正在加快实现自主创新和产业突破②。“十四五”以来，我国科研仪器产业不断加速发展，产业集群建设初具规模：北京怀柔正在打造国家高端科学仪器与传感器产业集聚区；广东省将精密仪器产业集群列入该省“十四五”十大战略性新兴产业之一，加快建设中山西湾国家重大仪器科学园；江苏无锡打造量子测量产业园；

① 沈唯. 专家呼吁：完善创新生态 锻造科研“利器”. (2024-05-24)[2025-08-07]. http://www.xinhuanet.com/tech/20240524/5b8b288b46d6452ebfd344ed9b787fcc/c.html.

② 国家统计局. 2023年全国规模以上工业企业利润下降2.3%. (2024-01-27)[2025-08-07]. https://www.stats.gov.cn/xxgk/sjfb/zxfb2020/202401/t20240127_1946916.html.

国家统计局. 2025年全国规模以上工业企业利润增长0.6%. (2026-01-27)[2026-01-28]. https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202601/t20260127_1962382.html.

上海张江、山东青岛、辽宁丹东、湖南、重庆等地也在积极建设各类仪器产业园。

1.2 我国高端科研仪器对外依赖度高

*美国等西方国家垄断我国高端科研仪器市场的现象短期难以改变。*以美国、德国、日本等为代表的西方国家是全球科研仪器创新的引领者，据报道，2025年全球营收排名前20位的上市仪器公司均为国外企业③。加之长期存在的“造不如买”的思维，我国科研仪器仅被视为科技发展支撑条件之一而未得到应有的重视，高端科研仪器长期高度依赖进口[8,9]。重大科研基础设施和大型科研仪器国家网络管理平台显示，原值超过50万元的13万余台（套）科研仪器中，进口比例超过80%[10]。新冠疫情与生物经济的发展，带动了以质谱、冷冻电镜为代表的科研仪器进口规模持续增长④。

*科研仪器进口依赖制约了我国的原始创新突破。*国外出口到我国的科研仪器通常会限制尖端功能、联网限制用途，或是已成熟应用且有代差的型号（往往比最先进的晚2—3代）。然而，前沿科学研究，唯有自主研制具有“独门绝技”的原创科研仪器来证实或发展原创思想，方能取得真正的竞争优势，依靠市面上现成的成熟商用仪器往往难以达成这一目标[11]。目前，国产科研仪器自主创新能力的缺失很大程度上阻碍了我国科研人员原始创新思想的养成，严重制约了我国在关键领域原创性、引领性科研成果的产出。

1.3 科研仪器自主研制之路仍然“道阻且长”

*历史基础和现实条件掣肘科研仪器的创新进程。*从仪器产业发展历史来看，我国自20世纪50年代起建立的早期仪器企业已所剩无几，改革开放后我国仪器企业普遍放弃高端领域，专攻中低端市场，数千家中小型企业大多实施“集成创新”的发展模式也使得我国在仪器领域的知识产权积累、高端制造能力等方面与国外领先企业的差距持续扩大[12]。一方面，集成创新受限于核心零部件的进口；另一方面，跟踪型、模仿式创新因工艺细节缺失导致仪器可靠性、稳定性差，难以实现技术超越。与此同时，以科研机构和高等院校为主导的创新模式，使得仪器成果转化过程中天然地在技术成熟度、场景验证、成本控制等方面存在诸多挑战，导致大量创新成果难以走出实验室，我国科研仪器创新发展还尚未建立起“从0到1”“1到100”“100到*N*”的阶梯式、多元化的孵化育成体系。

*“一卡两冲”加剧我国科研仪器自主可控的风险。*美国等西方国家对我国科研仪器发展的制约手段可概括为“一卡两冲”：“一卡”即是通过清单制进行全方位的出口管制，对我国尚无能力研制的高端科研仪器与重要研究单位实施禁运，有钱也买不到，制约我国前沿科学技术的发展；“两冲”，其一是指长期的进口依赖对国产仪器行业形成了持续冲击，我国科研工作因稳定性、配套性等因素已形成用国外仪器的路径依赖，其二是当我国仪器研制成功并产业化推向市场时，美国等西方国家往往迅速解除同等技术参数产品的禁运限制并通过降价倾销策略，将羽翼未丰的国产仪器扼杀于“摇篮”中。这不仅在客观上巩固并强化了美西方国家在科研仪器产业的先发优势，更限制了我国科研仪器创新生态的迭代、成长，进一步拉大了与进口仪器的差距。俄乌冲突以来，美国等西方国家对俄罗斯的“科技围剿”中不乏对科研仪器的出口管制，包括对电子显微镜、激光器等实施禁运，赛默飞

③ 分化与变革交织下，2025年全球TOP20仪器公司营收排行榜揭晓！(2026-04-30)[2026-09-16]. https://www.instrument.com.cn/news/20260501/898034.shtml.

④ 133亿元！进口质谱规模连续四年上升. (2024-01-24)[2024-12-19]. http://www.cima.org.cn/nnews.asp?vid=41424.
中国科学院西安光学精密机械研究所公共技术中心. 增速放缓！中国科学仪器进出口数据研报. (2024-05-29)[2024-12-19]. http://opt.cas.cn/ggjszx/news/202405/t20240529_7175906.html.

世尔、岛津、蔡司等10余家仪器制造企业停止在俄业务，这些都警示我们，科研仪器已成为科技遏制的战略工具[13]。

2 美国对我国两用物项的出口管制情况

2.1 美国出口管制体系简介

美国建立了由一系列法律、法规、政策、规则构成的出口管制体系，强调出口管制对于保持科技优势、维护经济利益、保障国家安全、增加国际话语权的重要作用。其中，美国对军民两用物项的出口主要由美国商务部工业和安全局（BIS）依据《出口管制改革法案》《出口管制条例》等进行监管[14]。为了明确出口管制的具体两用物品及实施细则，BIS进一步制定了“商业管制清单”（Commerce Control List，CCL），对出口的物项和涉及的实体开展清单式的管制，并根据国际形势变化、国家战略调整、被管制国家的技术水平发展等不断调整。物项管制清单构建了完整的技术、产品及其最终用途的出口管制网络；实体管制清单即出口管制“黑名单”，包括“实体清单”（entity list）、“未经核实清单”（unverified list）、“军事最终用户清单”（military end user list）和“被拒绝人清单”（denied persons list）4种，覆盖企业、科研机构、政府、个人等各类组织和人员[15]。

2.2 美国CCL调整趋势分析

美国CCL采用出口管制分类代码（ECCN）对受控物项进行编码和清单式管理，共划分为10大类（0—9类），每大类下再按5种功能组别（A—E）进行细分。每个ECCN号均包括了标题（对受控物项的基本描述）、许可证要求（license requirements）及受管制物项清单（list of items controlled）等组成部分，并以多层级树状结构逐层细化并定义受控物项在性能、规格、材质、用途等方面的管制边界。本研究以美国联邦法规电子版（eCFR）中发布的CCL历史版本为数据源，时间跨度从2017年1月20日—2026年6月30日，覆盖了特朗普第1届任期、拜登任期及特朗普第2届任期内。通过对清单文本进行结构化处理并构建数据库，实现了对清单数据历史版本的管理、查询和回溯分析。

从管制物项类别看，材料/化学品/微生物和毒素、激光器和传感器、电子设备是管制最为密集的领域；从功能维度看，设备、组件和部件是最主要的管制类型。表1展示了截至本研究分析时间跨度内最新的清单版本情况（2026年4月9日），共包含640个ECCN号及其下属的4 523个物项条目（items），共计5 163条管制条目。从ECCN号来看，材料/化学品/微生物和毒素（大类1）、航空航天与推进（大类9）、材料加工（大类2）、电子设备（大类3）的ECCN数量较多。从具体的受控物项条目数量来看，电子设备（大类3）、材料/化学品/微生物和毒素（大类1）和激光器和传感器（大类6）的出口管制所涉技术参数的管控更为精细。从5个功能组来看，A组（设备、组件和部件）分配的ECCN号最多，其余4组差异不大；但从各功能组包含的物项条目看则差异显著，A组（设备、组件和部件）、B组（测试、检验和生产设备）和C组（材料）的管制技术参数更丰富，管制物项条目分别有2 209条、978条和724条，远远高于对相关软件（D组）和技术（E组）的出口管制。这其中也包含了大量与科研仪器相关的设备及部件、测试检验设备、原材料等的出口管制内容。

新增多个ECCN号加强了对关键和新兴技术的出口管制。2017年美国特朗普政府上台后，截至2026年6月特朗普第2届任期内，CCL共计更新了74个版本（仅统计有具体实质内容改变的），累计新增47个ECCN号，显著加强了对关键与新兴技术领域的出口管制，主要集中在5个领域。① 针对半导体和先进计算领域：新增高性能集成电路（3A090）、用于开发环栅场效应晶体管（GAAFET）集成电路的软件和技

表1　美国“商业管制清单”(CCL)中的分类管制情况统计

Table 1　Statistics of classification-based controls in the U.S. Commerce Control List (CCL)

大类	细分	功能组(个)					
		A-设备、组件和部件	B-测试、检验和生产设备	C-材料	D-软件	E-技术	总计
0-核材料、设施和设备	ECCN	27	9	3	11	13	63
	items	117	35	2	12	12	178
1-材料/化学品/微生物和毒素	ECCN	22	24	60	13	17	136
	items	100	89	649	9	35	882
2-材料加工	ECCN	13	44	0	17	15	89
	items	56	417	0	13	29	515
3-电子设备	ECCN	25	10	10	18	18	81
	items	491	353	23	22	26	915
4-计算机	ECCN	11	0	0	5	5	21
	items	59	0	0	7	6	72
5-电信和信息安全	ECCN	10	3	1	6	6	26
	items	135	13	0	57	48	253
6-激光器和传感器	ECCN	28	7	5	10	10	60
	items	674	9	39	34	29	785
7-导航和航空电子设备	ECCN	19	8	0	10	9	46
	items	64	10	0	20	38	132
8-海洋船舶	ECCN	6	3	2	6	5	22
	items	154	4	4	7	19	188
9-航空航天与推进	ECCN	39	23	3	17	14	96
	items	359	48	7	64	125	603
总计	ECCN	200	131	85	113	112	641
	items	2 209	978	724	245	367	4 523

术（3D006、3E905）、为5 nm生产精加工晶圆的技术（3E004）、装有先进计算芯片的计算机或部件（4A090）、4A090相关设计软件（4D090）、先进节点半导体生产设备及软件与相关技术（3B993、3B994、3D993、3D994、3E993、3E994）等。② 量子科技：低温互补金属氧化物半导体（CMOS）集成电路和参数信号放大器（3A901）、低温冷却系统（3A904）、低温晶圆探测设备（3B904）、量子计算机和其电子组件及相关软件和技术（4A906、4D906、4E906）等。③ 生命科学领域：核酸组装器和合成器的软件（2D352）、用于从上而下蛋白质组学的液相色谱质谱仪和26通道以上流式细胞仪及相关技术（3A069、3E069）。④ 光学领域：未归类为ECCN 6A003或6A203的高速相机（6A293）、用于“太空级”固态探测器的光学传感器而特别设计的光罩和标线（6B002）。⑤ 导航控制系统：定位“精度”等于或小于行进距离3%“圆概率误差”的水下声纳导航系统及其专门设计的部件（7A008）、有效载荷500 kg且运输300 km以上的无人机的飞行控制系统及零部件（7A116）。

持续动态地调整物项管制清单，大量机构被列入出口管制“黑名单”。除新增ECCN号外，2017年以来美国还对“受管制物项清单”进行了频繁的增、删、改，其随时间演进的趋势如图1所示。2018年，美国对华策略焦点从关税贸易战转向关键技术领域竞争，并同步强化出口管制措施。2020年新冠疫情暴发加剧了美国对供应链安全的担忧。2020年10月，美国首次发布“关键和新兴技术清单”，此后相关物项管制清单的更新频率显著增加，并针对半导体制造和先进计算（2023年11月、2024年12月、2025年1月）、针对太空技术的出口管制（2024年10月）进行了单次上百条的物项条目修改[16]。此外，美国持续扩大对我国相关创新主体的出口管制覆盖范围，列入其出口管制“黑名单”的中国实体数量显著攀升。截至本研究分析时间跨度末，“实体清单”中的中国受限实体从2017年的169个增至1 306个，期间历经124次调整；“未经核实清单”中的中国受限实体也由2017年的58个增至104个，期间经历了23次调整。

3 科研仪器新增管制情况分析

美国特朗普政府和拜登政府任期的出口管制措施呈现出不同的特征。2017年，特朗普第1届任期上任之初将美国对华贸易逆差与中美技术竞争上升至国家安全问题，并采用“全面限制”方式开展竞争和对抗，包括多次针对我国商品加征关税、加强对我国的投资审查和限制、收紧对我高技术出口管制及对华为公司的针对性打压等[17]。2021年，拜登政府在延续特朗普时期对华政策对抗基调的基础上，开始更加注重多边合作和精准打击，包括：采用“小院高墙”的出口管制策略，对我国绿色技术产品

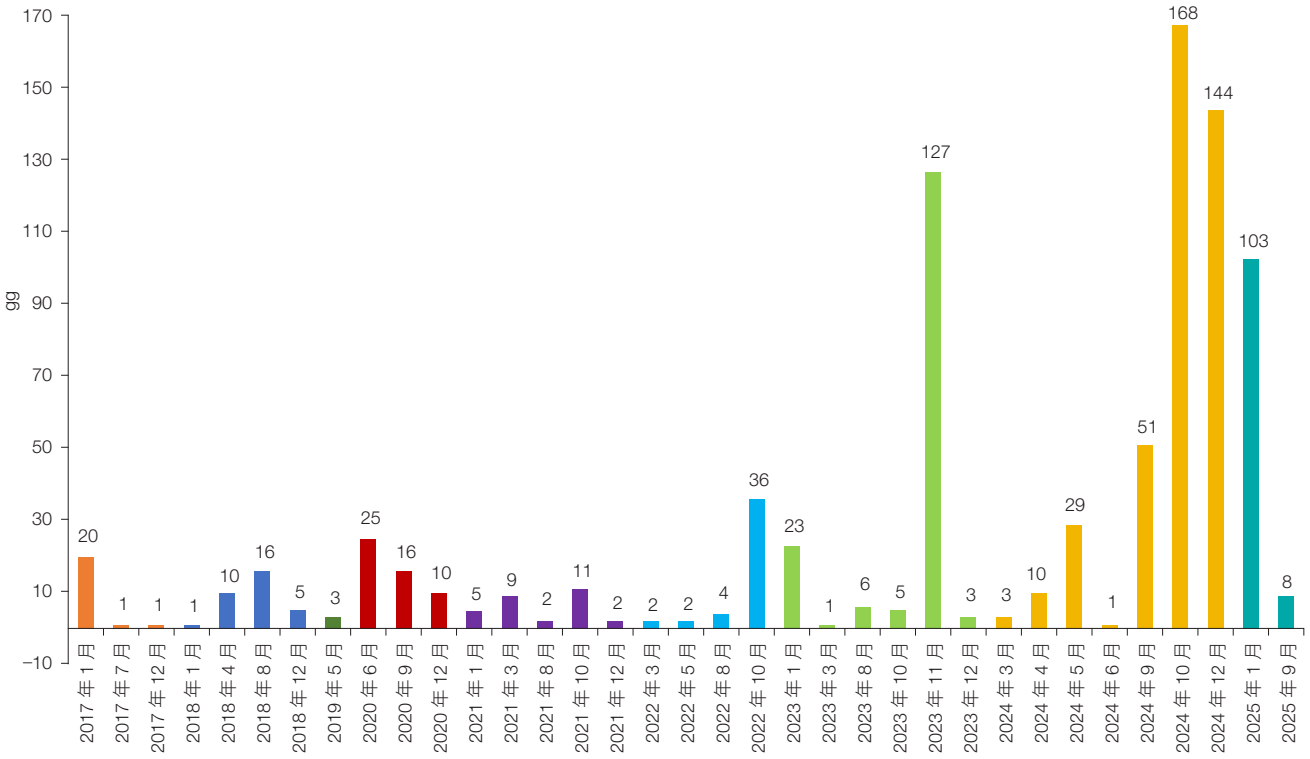


图1　2017年1月—2026年6月美国“商业管制清单”中的物项条目修改趋势

Figure 1　Trend of items changes in the U.S. Commerce Control List with colors indicating different years from 2017.1 to 2026.6

不同颜色表示不同年份

Different colors indicate different years

加征新一轮关税，建立新的多边出口管制联盟。例如，2021年组建的澳英美三边安全伙伴关系（AUKUS）、美欧贸易和技术理事会（TTC），2022年美国推动的“芯片四方联盟”机制，均旨在实现关键新兴技术领域的精准脱钩[18]。2025年开启的特朗普第2个总统任期继续沿袭了以战略遏制为核心的对华政策，加大对关键和新兴技术领域的围堵和打压。回溯2017年1月—2026年6月美国3届总统任期内科研仪器出口管制的演进特点，有助于为我国科研仪器创新提供有效的风险研判依据。

3.1 美国CCL中仪器管制技术的变化情况

图2列出了2017年1月—2026年6月，美国商务部CCL清单中对科研仪器出口管制物项条目的变更情况。与科研仪器相关的管制物项，主要基于《科技平台-大型科学仪器设备分类与代码》（GB/T 32847—2016）并结合领域专家意见修正后确定，主要包括分析仪器、计算机与信息技术设备、激光器等通用仪器，以及空间与天文仪器、生命医学仪器、工艺实验设备等专用仪器。

随着人工智能大模型对于算力、芯片的需求激增，美国政府从2022年起对电子设备（类3）、计算机设备（类4）、信息安全设备（类5）进行了频繁且较大规模的出口管制规则修订补充，以扼杀我国进入人工智能和高性能计算的渠道。2017年以来，与科研仪器相关的管制物项中修订最频繁的是：集成电路（3A001）、高性能集成电路（3A090）、集成电路相关设计软件（3D001），近10年间，上述3个ECCN编码下级的管制条目均经历了7次修改。紧随其后的是为开发或生产计算机（包括高性能计算机等）所控制的设备或软件而专门设计或改装的软件（4D001），进行了6次修改。此外，还新增了多项对于量子计算机相关设备的管控（3A901、3A904、3B904、4A906等）。

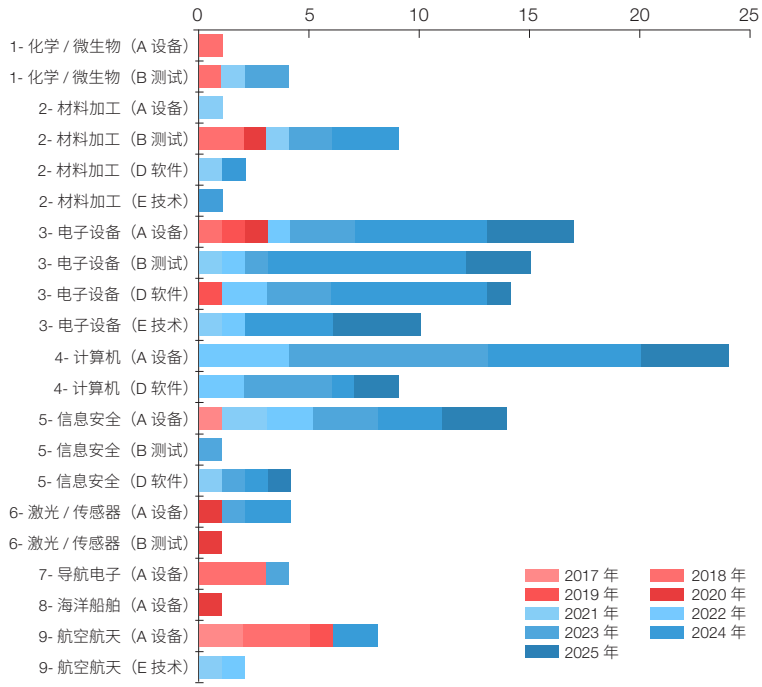


图2　2017年1月—2026年6月美国“商业管制清单”（CCL）对科研仪器的出口管制修改情况对比

Figure 2　Comparison of changes to export controls on scientific instruments in the U.S. Commerce Control List from January 2017 to June 2026

新冠疫情之后，美国加紧对生物安全类科研仪器的管制。调整的管制规则包括在ECCN 2B352（用于处理生物材料的设备）下增加了对核酸组装、合成设备与一次性培养室的出口管制，并新增了对操作或维护由2B352管制的核酸组装、合成设备而设计的软件的管制（2D352），该仪器软件能依据序列信息来设计和构建具有特定功能的遗传元件。生物安全一直以来是美国关注的重点，2021年美国商务部就是否对具有“军民两用”特性的脑机接口（BCI）技术禁运公开征求意见，2025年1月新增对高参数流式细胞仪和用于自上而下蛋白组学的液相色谱质谱联用仪（3A069、3E069）的出口管制，理由是其生成的高质量、高通量生物数据可能被用于人工智能和生物设计工具的开发。

此外，科研仪器出口管制物项条目的修改还包括以下内容。① 特朗普第1届任期（2017年1月—2021年1月）。设计用于机械连接至2B350.a.1中描述的搪玻璃反应容器或反应器；用于太空级固态探测器的光学传感器而特别设计的光罩和标线；增加对输出功率超过1 kW或输出功率超过500 W并且频谱带宽小于40 GHz的单横模激光器；增加对卫星导航系统接收设备管制技术细节的描述，包括设计用于导弹的导航接收设备、军事或政府服务用途且通过解密获取导航系统安全数据以及有抗干扰功能的导航的设计；专为詹姆斯·韦伯太空望远镜设计的零部件。② 拜登任期（2021年1月—2025年1月）。新增了专门设计生产金属合金、金属合金粉末或合金材料所用的设备的物项管制；取消了为生产重水而设计或配备的交换塔的管制；调整了仪器设备的管制技术参数。例如，将旋压成型机转子成型心轴成型内径最大400 mm扩大到650 mm、将输出波长在510—540 nm的非可调谐脉冲激光器的平均输出功率高于50 W提高到80 W。③ 特朗普第2届任期内（截至统计日2026年6月30日）。主要通过调整半导体出口许可证审查政策，强化额外尽职调查等加强对先进计算芯片及人工智能相关技术的出口管控。

此外，通过“实体清单”“未经核实清单”“军事最终用户清单”强化对科研仪器领域重要实体的出口管制。据不完全统计，截至2026年6月，已有超100家仪器及重要部件相关中国实体被列入“实体清单”，这些实体主要集中在半导体制造设备、激光与传感器、电子测量、工艺实验设备、计算机与信息技术设备、量子科技等领域。

3.2 小结

随着我国在人工智能、量子科技等新兴产业和未来产业领域的快速发展，美国从特朗普政府第1届任期以来持续强化对华科技竞争，尤其是在半导体、5G通信、人工智能、高性能计算等关键领域，通过技术（物项管制清单）和机构（实体管制清单）几乎进行了全方位的管制。值得关注的是，尽管量子科技、生物技术等关键新兴技术目前还未形成系统性、大规模的物项管制体系，但基于对技术扩散风险、遏制成本和战略收益的权衡，美国已采取渐进式遏制策略。2024年、2026年美国从机构层面入手，将我国多家量子科技核心机构纳入“实体清单”，旨在从创新源头切断研发能力，延缓我国在量子科技领域的创新进程。

总体来看，美国政府采用了梯度化的科研仪器出口管制战略。一方面，对直接关乎国家安全的军民两用科研仪器及技术（半导体制备设备、高性能计算机、激光器、传感器、导航控制系统等）实施严格的物项管制；另一方面，在我国与国际先进水平差距较大且美国希望谋求最大化经济利益的高端通用科研仪器（冷冻扫描电镜、质谱等），则采取有限、选择性出口管制，仅针对特定用途的仪器施加约束。例如，管控了专为半导体器件或集成电路成像而设计的扫描电子显微镜。此外，美国更倾向使用指向性更强的“黑名单”来限制那些具有国际竞争力的高科技企业和研究型机构。尽管2017年1月—2026年6月，激光器、

传感器等通用仪器及空间与天文科学、核科学等专用仪器的受控物项清单仅经历了小幅调整，但更多地通过将相关研究所、企业、大学等纳入禁运黑名单的方式来实施管制，这种策略既精确打击我国在关键领域的技术追赶，又维系了美国在全球市场的商业利益与技术霸权。

4 我国科研仪器创新面临的主要挑战及应对建议

4.1 主要挑战

4.1.1 重要行业的仪器管制将会加剧

未来一段时期，我国大概率将面临美国等西方国家在高端科研仪器领域更加严峻且具有战略针对性的出口管制形势。在世界科技前沿领域，美国等西方国家可能通过科研仪器的禁运全面遏制我国科技创新的研发根基、成长空间及国际交流合作渠道，包括：禁运尖端科技相关科研仪器设备，禁止参与国际大型科技基础设施合作项目等。对科研仪器的出口管制重点将放在决定国家安全和经济命脉的核心技术领域，如人工智能、量子科技、生物技术等领域，相关的设备仪器及关键部件、配套试剂耗材和软件等将被禁止销售到我国，相关产品的售后维修服务将中断或不完全保障，从而对我国的国家安全和经济高质量发展产生破坏性影响。

4.1.2 我国仪器产业链供应链自主可控还有较大缺口

科研仪器进口品牌垄断之势已然形成，美国等西方国家掌握着科研仪器出口主动权，我国科研仪器产业链供应链风险高，单一来源问题突出。尽管近几年我国科研仪器创新在局部领域形成点状突破，但国外龙头企业通过大量专利壁垒和技术秘密限制了后来者的发展和超越，这对我国整个科研仪器产业的发展构成不利影响。国产仪器企业先天不足加上后天动力不够，与国外差距较大，虽然已经认识到产品工艺、性能可靠性的短板，但中小企业短期内很难靠自身力量开展系统研究并提升仪器的系统性能，产品迭代成本高、用户参与度低等都限制着国产仪器的长足发展。

4.1.3 “四链”融合还在初期，产业尚待培育

科研机构、高等院校与科研仪器的生产企业及使用单位之间的合作仍然不够紧密，合作机制尚不健全，几类创新主体间缺乏主观上的合作动力和客观上的激励机制，资源整合能力和有机关联性不强，创新生态和产业生态不佳，科研仪器创新成果转化成效不尽如人意。实验室形成的仪器技术成熟度偏低，有些过度关注个别指标先进性，集成式创新多、关键核心部件（探测器、源、控制部件等）技术突破少，中试熟化培育链条缺失，导致不少研究成果被束之高阁。而科研仪器研发门槛高、周期长、迭代快、市场规模小和个性化需求多等天然的特点，导致投资机构、企业参与度严重不足，市场机制基本失灵，创新链、产业链乃至资金链、人才链不能深入融合。

4.2 对策建议

4.2.1 摸清家底，加强统筹部署与协调

面对国外在科研仪器领域对我国“一卡两冲”的制约局面，要尽快开展双轨摸底调查。一方面聚焦重点领域摸清我国科研仪器的关键需求、主要差距，另一方面要全面摸清我国高校、科研机构、重点企业等的存量仪器资源“家底”，开展仪器使用效能评估，针对未来可能受外国出口管制的科研仪器制定战略应急协调计划，保障近5年甚至更长时间的科研需要。

统筹发展与安全，制定我国科研仪器自主研制战略规划。加强顶层设计与战略协同，围绕重要领域科技创新规划，分类型、分层次，按近、中、远期部署实施科研仪器研制任务，统筹推进重点攻关、重点培育，既着力解决“燃眉之急”，也注重消除“心腹之患”。完善国家相关部门科研仪器支持计划的协同、衔接问题，注重关键部件、配套试剂和软件等相关基础配套体系的建设，力求科研仪器“做得出”、企业

“接得住”、市场“用得好”，从根本上提高我国科研仪器的体系化研发和应用能力。

4.2.2 促进“产、学、研、用”协同创新

以高水平科研问题与需求牵引科研仪器创新研制、高效迭代和跨越发展。围绕国家战略需求，整合多渠道资源和各方面力量加快自主研制、消化吸收再创新，打破对国外高端科研仪器关键技术及核心部件、器件、材料等的依赖局面，通过科研应用与创新研制协同发展，强化高端科研仪器的制造能力建设，建设一批科研仪器自主创新应用示范基地。

加强产、学、研、用深度融合，强化同创共享的合作理念和机制。积极发挥仪器领军企业在科研仪器“卡脖子”技术攻关、仪器成果转化中的骨干支撑作用，探索建立仪器研制与企业高效对接、深度融合的项目组织和管理模式。不拘一格降人才，完善对仪器研制的关键人才的引育机制。优化符合科学规律的仪器研制成果评价、人才多元化分类评价机制，推动形成“以评促转”的良性循环。探索科技金融对科研仪器的全周期支持机制，发挥种子基金在“投早、投小、投长期、投硬科技”中的“强心剂”作用，发挥概念验证基金和成果转化基金在从仪器样机到市场化过渡中的“加速器”作用。设立国家、地方、企业多层次科研仪器产业基金，鼓励地方政府、社会资本等对国家仪器研制重大项目的产业化承接。

4.2.3 加大需求牵引，建立健全优先购买、使用自主研制科研仪器的支持机制

充分发挥财政经费的引导作用，对仪器稳定性要求高且对产业生产具有重要影响的性能测试、工艺试验等科研仪器，优化完善首台（套）保险补偿兜底政策；为新购国产科研仪器设备提供税收优惠政策；加强进口设备必要性论证环节的审核把关，优先选择性能参数基本满足研究需求的国产科研仪器。

梳理、盘活各类财政资金支持科研项目中产生的仪器样机，加强优秀国产科研仪器宣传、试用，遴选有市场前景的样机进行市场化开发及迭代升级。大力支持科研人员、上下游企业协同开展工程化研制和应用开发，着力推进首台（套）应用示范和产业化推广。聚焦国产科研仪器稳定性和可靠性的提升，着力提高各类原材料和零部件的制造精度，加强易损、高值耗材的自主开发。推动中低端科研仪器向高端化迈进，以大规模设备更新行动为契机，不断提升科研仪器行业的高端化、智能化、绿色化水平。提高科研仪器开放共享水平和使用效率，支持自主研制科研仪器的运行维护与技术升级。

参考文献

1 郝红全, 赵英弘, 杨好好, 等. 国家重大科研仪器研制项目管理改革经验及展望. 中国科学基金, 2023, 37(4): 669-674.
Hao H Q, Zhao Y H, Yang H H, et al. Experience and prospect of management reforms of the research program of national major research instruments. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2023, 37(4): 669-674. (in Chinese)

2 苏铮, 邢志鹏, 郝灿, 等. 高端仪器仪表主要产品对外依存度分析. 中国仪器仪表, 2023, (4): 21-26.
Su Z, Xing Z P, Hao C, et al. Analysis on external dependence of main high-end instruments and meters. China Instrumentation, 2023, (4): 21-26. (in Chinese)

3 池志培, 张晓洁. 美国出口管制改革与实施. 和平与发展, 2020, (3): 58-76.
Chi Z P, Zhang X J. The US export control reform and its implementation. Peace and Development, 2020, (3): 58-76. (in Chinese)

4 李天柱, 高皓天, 王亚东. 高端科学仪器的创新特性与产业发展思路. 科技和产业, 2021, 21(2): 109-114.
Li T Z, Gao H T, Wang Y D. The innovative characteristics and industrial development ideas of high-end scientific instruments. Science Technology and Industry, 2021, 21(2): 109-114. (in Chinese)

5 王钦丽, 王月琴, 李曦, 等. 高校科研仪器国产化研究：现状、困境与对策. 实验室研究与探索, 2026, 45(1): 228-232.

Wang Q L, Wang Y Q, Li X, et al. Localization of scientific research instruments in universities: status, challenges, and Countermeasures. 2026, 45(1): 228-232. (in Chinese)

6 崔远驰, 张嵩, 唐晗, 等. 中国仪器产业发展:现状,挑战及展望. 光学精密工程, 2024, 32(13): 1965-2003.
Cui Y C, Zhang S, Tang H, et al. Domestic instrument industry in China: Progress, challenges and outlooks. Optics and Precision Engineering, 2024, 32(13): 1965-2003. (in Chinese)

7 徐振国, 赫运涛, 靳凤民, 等. 促进国产科研仪器发展的相关举措及实践. 实验技术与管理, 2025, 42(8): 1-7. http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2034.T.20250616.1340.006.html.
Xu Z G, He Y T, Jin F M, et al. Promoting the development of domestic scientific research instruments: Key initiatives and practices. Experimental Technology and Management, 2025, 42(8): 1-7. (in Chinese)

8 韩凤芹, 陈亚平. 我国科研仪器进口依赖的原因分析与对策建议. 世界科技研究与发展, 2022, 44(3): 314-321.
Han F Q, Chen Y P. Analysis and countermeasures of import dependence of scientific instruments of China. World Sci-Tech R & D, 2022, 44(3): 314-321. (in Chinese)

9 岳琦, 赵长征, 韩玉刚, 等. 我国进口科研仪器维修维护发展现状与趋势. 实验技术与管理, 2024, 41(7): 9-14.
Yue Q, Zhao C Z, Han Y G, et al. Current situation and trend of imported scientific instrument repair in China. Experimental Technology and Management, 2024, 41(7): 9-14. (in Chinese)

10 周琼琼, 陈志辉, 王晋, 等. 大型科研仪器发展现状与共享实践. 实验室研究与探索, 2025, 44(4): 241-246.
Zhou Q Q, Chen Z H, Wang J, et al. The current development status and sharing practice of large scientific research instruments. Research and Exploration in Laboratory, 2025, 44(4): 241-246. (in Chinese)

11 甘晓, 杨曦. 中国科学院物理研究所研究员郇庆:杰青项目锻造高端“利器”. 中国科学报. 2024-11-25(04).
Gan X, Yang X. Huan Qing, researcher of Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences: Forging high-end “tools” via Outstanding Youth Fund Project. China Science Daily, 2024-11-25(04). (in Chinese)

12 金钦汉. 对于我国科学仪器发展战略的几点思考. 现代科学仪器, 2004, (4): 3-8.
Jin Q H. Some considerations on strategy of developing scientific instruments in China. Modern Scientific Instruments, 2004, (4): 3-8. (in Chinese)

13 Hunter P. Western science funders’ response to Russia’s invasion of Ukraine: European funding agencies are halting their collaborations with the Russian research establishment. EMBO Reports, 2022, 23(5): e55160.

14 韩文艳, 房俊民. 科技安全背景下美欧出口管制政策机制的演变与启示. 情报杂志, 2024, 43(5): 54-63, 151.
Han W Y, Fang J M. Evolution and enlightenment of US and EU’s export control policy mechanism under the background of science and technology security. Journal of Intelligence, 2024, 43(5): 54-63. (in Chinese)

15 贺德方, 李广建, 汤富强, 等. 国外技术出口管制演进分析与应对策略研究. 中国科学院院刊, 2024, 39(1): 79-94.
He D F, Li G J, Tang F Q, et al. Research on evolution and countermeasures of international technology export controls. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2024, 39(1): 79-94. (in Chinese)

16 杨超, 李伟, 贺俊. 美对华半导体管制的趋势、实施要点与中国因应. 产业经济评论, 2024, (2): 187-200.
Yang C, Li W, He J. Trends, characteristic and China’s response of the United States semiconductor export control against China. Review of Industrial Economics, 2024, (2): 187-200. (in Chinese)

17 刘卫东. 特朗普政府对美国对华政策的重塑. 中国社会科学院研究生院学报, 2021, (6): 41-57.
Liu W D. The Trump administration’s reshaping of U. S. policy toward China. Journal of Graduate School of Chinese Academy of Social Sciences, 2021, (6): 41-57. (in Chinese)

18 刘晓伟, 刘飞涛. 美国贸易保护主义的长期化趋势及其内在逻辑. 国际论坛, 2024, 26(4): 123-136.
Liu X W, Liu F T. US trade protectionism: The long-term trend and its internal logics. International Forum, 2024, 26 (4): 123-136. (in Chinese)

Main challenges to China's scientific research instrument innovation from perspective of the United States export controls

LI Jing[1] CHEN Daixie[2] LIN Qinghua[3] XIAO Guohua[1*]

（1 National Science Library (Chengdu), Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610299, China;

2 Bureau of Basic Capacity for Science and Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864, China;

3 Fujian Institute of Research on the Structure of Matter, Chinese Academy of Sciences, Fuzhou 350002, China）

Abstract China has long been heavily dependent on imports of scientific research instruments, making this sector particularly vulnerable to intensified technological containment by the United States and other Western countries and their efforts to maintain technological dominance. Since the Donald Trump's tenure as the 45th president of the United States began in 2017, the United States has frequently used export controls to suppress China's scientific and technological progress, posing great security risks to China. Based on a review of the development of scientific research instrument innovation in China, this article analyzes the updates and trends of the United States export controls on scientific research instruments during the Trump and Biden administrations from January 2017 to June 2026, then provides scientific basis and decision consulting suggestions for the innovative development of scientific research instruments in China.

Keywords scientific research instruments, export control, independent innovation

李 婧 中国科学院成都文献情报中心馆员。主要研究领域：产业技术情报研究。E-mail: lij@clas.ac.cn

LI Jing Librarian of National Science Library (Chengdu), Chinese Academy of Sciences (CAS). Her research mainly focuses on the study of industrial technology intelligence. E-mail: lij@clas.ac.cn

肖国华 中国科学院成都文献情报中心发展咨询部主任、研究馆员。主要研究领域：产业发展战略咨询、技术创新情报分析、科技成果转移转化等。E-mail: xiaogh@clas.ac.cn

XIAO Guohua Research librarian and director of Department of Development Consulting, National Science Library (Chengdu), Chinese Academy of Sciences (CAS). His research focuses on industrial development strategy consulting, technology innovation intelligence analysis, and technology transfer and transformation research, etc. E-mail: xiaogh@clas.ac.cn

■责任编辑：张帆

*Corresponding author