

# 全球军事科技贸易网络空间格局演化及影响因素

郭卫东<sup>1,2,3</sup>, 杜德斌<sup>1,2,3</sup>

(1. 华东师范大学全球创新与发展研究院, 上海 200062; 2. 华东师范大学世界地理与地缘战略研究中心, 上海 200062; 3. 华东师范大学城市与区域科学学院, 上海 200241)

**摘要:** 全球军事科技实力的变化将重构世界格局从而影响世界局势的走向, 准确把握世界地缘军事科技格局演变对深刻认识和有效应对百年未有之大变局具有重要的现实意义。本文利用 SIPRI 武器贸易数据和世界银行数据库, 从产品结构、网络格局和影响机制 3 个方面研究了全球军事科技贸易时空格局演化和驱动机制。研究发现: ① 全球军事科技贸易规模呈波动上升趋势, 贸易产品结构以军用飞机为主导, 海军舰艇与装备、导弹和装甲车为组成的一极三核特征, 军用飞机是大部分国家或地区主要出口产品或进口依赖产品; ② 全球军事科技出口格局呈美国、俄罗斯和西欧的三极分布特征, 亚洲国家影响力显著提升, 地缘军事格局东升西降、南升北降特征明显, 进口国和地区集中分布于东亚—东南亚—南亚—中东—南欧—北非一带, 空间分布格局与斯皮克曼的边缘地带位置相吻合; ③ 全球军事科技贸易网络呈一超多强特征, 欧亚大陆始终是全球军事科技贸易的主要舞台, 亚洲国家成为重塑贸易格局的重要力量。④ 以美国和俄罗斯为核心的军贸竞争格局凸显, 美国最大流网络的扁平化趋势揭示着美国主导能力的提升和西欧次主导国家的衰退; ⑤ 军事科技贸易网络演化是进出口国家(地区)的属性与邻近性共同作用的结果, 历史、语言和经济邻近对军事科技贸易网络均具有正向作用, 地理距离对贸易起明显负向作用, 国家发展、科技水平、军费支出强度、政治稳定和资源禀赋对军事科技贸易具有不同程度的影响。

**关键词:** 军事科技; 武器贸易; 贸易网络; 地缘科技; 影响因素

DOI: 10.11821/dlxb202302009

## 1 引言

当今世界正处于大发展大变革大调整时期, 科技水平的发展变化深入影响着世界政治经济力量格局的发展变化, 甚至影响着各国各民族的前途命运。在世界面临百年未有之大变局的背景下, 科技霸权、民粹主义、贸易保护主义思潮明显抬头, 科技竞争越来越成为国际竞争的焦点<sup>[1-2]</sup>。科技全球化和科技网络化深刻的改变着国家创新模式并重塑世界科技格局, 新兴国家在全球科技格局中的地位越来越凸显<sup>[3-4]</sup>。军事科技作为国家科技体系中重要而独特的部分其实力的变化更为显著的影响着世界局势的走向。目前, 从地缘经济和政治探讨世界权力格局演化成果已较为丰富, 世界地缘经济与政治格局“东升西降”和主要大国力量对比“南升北降”的格局已得到广泛认同<sup>[5]</sup>, 但对地缘军事科技的权力演化格局还缺乏探讨。因此, 探讨全球军事科技权力的时空演化规律, 准确把握世界政治军事格局的变化对深刻认识和有效应对百年未有大变局具有重要的现实意义。

收稿日期: 2021-12-02; 修订日期: 2022-07-10

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(19ZDA087) [Foundation: Major Program of National Social Science Foundation of China, No.19ZDA087]

作者简介: 郭卫东(1992-), 男, 江西井冈山山人, 博士生, 研究方向为世界地理与科技创新。E-mail: guowd28@126.com

通讯作者: 杜德斌(1963-), 男, 湖北宜昌人, 教授, 博导, 研究方向为世界地理与科技创新政策。E-mail: dbdu@re.ecnu.edu.cn  
403-422 页

军事科技贸易是军事学、经济学、政治学和国际关系学等学科关注的重要内容,这些学科对军事科技贸易的研究主要集中在军事科技转移与武装冲突<sup>[6-8]</sup>、军事科技贸易与产业发展<sup>[9-10]</sup>、军事贸易与国际政治格局的交互影响<sup>[11-13]</sup>等方面,往往缺乏地理空间思维,对军事科技贸易时空格局、空间演化效应和规律等地理特征有所忽视。军事科技贸易在地理学研究中属于地缘军事科技范畴,并兼具地缘经济、地缘政治和地缘战略多重属性。目前,关于地缘军事科技的研究主要集中于地缘科技相关概念、内涵、框架和理论体系的初步探讨<sup>[14-16]</sup>,对地缘军事科技国际转移和空间流动的量化研究方面,仅部分学者基于知识产权和商品贸易对地缘科技格局演化进行探讨<sup>[17-18]</sup>,对全球军事科技资源转移和科技要素空间流动等地缘军事科技问题的研究仍有待完善<sup>[19]</sup>。知识经济时代科技实力作为国家核心软实力将重塑国际体系结构并促使国家权力结构分配格局不断调整<sup>[20]</sup>,加强地缘军事科技的空间流动研究有助于从军事科技实力视角识别国际权力体系的时空格局和演化规律。

军事科技作为具有军事和科技双重属性的独特科技产品,在全球范围内的流动不仅是产品贸易的流通过程,更是世界军事科技实力动态演变的过程,并深刻影响全球政治经济和地缘军事战略格局的变化<sup>[21]</sup>。军事武器产品的国际进出口贸易是最直接最典型最主要的军事科技转移手段,其流通过程不仅是经济学意义上的产品贸易,更蕴含着深刻的政治学、军事学和国际关系学内涵。大国间的强权竞争和国际社会的持续冲突使军事科技贸易成为世界关注的焦点,伴随着俄罗斯和乌克兰爆发冲突,军事武器的支援及背后的大国利益和地缘军事关系引发世界各国的广泛关注。因此,从全球尺度厘清军事科技贸易的全局特征,揭示全球军事科技贸易背后的大国战略和地缘军事权力格局演变,对准确把握地缘军事格局和权力演化具有重要的意义和现实价值。基于此,采用全球武器贸易数据来探讨全球军事科技贸易时空格局演化、网络格局特征和贸易的动力机制,以丰富地缘科技要素流动和地缘军事权力演变研究,从军事科技视角深刻认识地缘军事科技格局演化,并为深刻认识百年未有之大变局,科学制定地缘军事科技战略制定提供有益参考。

## 2 研究方法与数据来源

### 2.1 研究方法

**2.1.1 区位商** 区位商是地理学和经济学中用来衡量某一产业部门专业化程度或某区域功能和作用的常见计量模型<sup>[22]</sup>。本文借鉴区位商模型来反映不同国家和地区在军事科技贸易中的比较优势和依赖程度,通常区位商大于1则表示该产品在出口贸易中具有比较优势或在进口中具有依赖性。其公式如下:

$$L_i(j) = \frac{Import_i^j}{Import_i} \bigg/ \frac{Import^j}{\sum_{j=1}^n Import^j}; \quad L_i(g) = \frac{Export_i^g}{Export_i} \bigg/ \frac{Export^g}{\sum_{g=1}^n Export^g} \quad (1)$$

式中:  $L_i(j)$  为国家(地区)  $i$  军事科技产品进口中  $j$  产品的区位熵;  $L_i(g)$  为国家(地区)  $i$  军事科技产品出口中  $g$  产品的区位熵;  $Import_i^j$  为国家(地区)  $i$  的  $j$  军事科技产品进口额;  $Export_i^g$  为国家(地区)  $i$  的  $g$  军事科技产品出口额;  $Import_i$  和  $Export_i$  分别为国家(地区)  $i$  的军事科技产品进口额和出口额;  $Import_j$  和  $Export_j$  分别为全球  $j$  军事科技产品的进口额和  $g$  军事科技产品的出口额。

**2.1.2 网络分析** 网络分析为贸易网络研究提供了强有力的技术支撑并被广泛运用于城市网络和贸易网络研究中<sup>[23-26]</sup>。以国家(地区)为起始节点,军事科技贸易为边权重构建有向加权全球军事科技贸易网络,借助复杂网络理论方法对全球军事科技贸易网络特征进行分析。

网络密度。该指标用来反映网络发育状况,网络密度越大表明网络发育程度越高。其公式为:

$$D = \frac{m}{n(n-1)} \quad (2)$$

式中:  $m$  为网络间贸易联系数;  $n$  为节点总数。

网络中心势。该指标反映网络联系的集中程度,军事科技贸易网络中的网络中心势可分为出度网络中心势和入度网络中心势。出度网络中心势越高,贸易网络的出口越集中;入度网络中心势越高,贸易网络的进口越集中。公式为:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (S_{\max} - S_i)}{\max[\sum_{i=1}^n (S_{\max} - S_i)]} \quad (3)$$

式中:  $S$  为网络的中心势;  $S_{\max}$  为网络各节点出度/入度的最大值;  $S_i$  为节点  $i$  的出度/入度。

网络社团。该指标用来度量贸易网络中国家(地区)组成的社团,同社团内贸易联系较紧密,不同社团贸易联系相对稀疏。公式为:

$$Q = \frac{1}{w} \sum_{ij} (w_{ij} - \frac{S_i S_j}{W}) \delta(C_i, C_j) \quad (4)$$

式中:  $Q$  代表网络模块度;  $w_{ij}$  为矩阵中节点  $i$  与节点  $j$  的联系状况,若有联系为1,否则为0;  $S_i$ 、 $S_j$  分别是节点  $i$ 、 $j$  的度值;  $\delta(C_i, C_j)$  用以判别节点  $i$  和节点  $j$  是否为相社团,若是则为1,否则为0。

## 2.2 数据来源

军事科技贸易数据来源于斯德哥尔摩国际和平研究所(SIPRI),SIPRI是世界上致力于研究和平与安全等重要问题的著名权威学术机构,其武器转让数据库包含所有主要常规武器转让的信息。为比较国家(地区)武器贸易中不同军事科技资源转移趋势,SIPRI开发了趋势指标值(TIV)来衡量主要常规武器的国际转让量,TIV有效地代表军事科技资源的转移而非武器贸易的财务价值。国家间地理距离,共同语言和历史殖民等数据来源于CEPII数据库,GDP、专利申请、军费强度等数据来源于世界银行数据库,政治稳定性指数来源于世界政治治理指标数据库。

## 3 全球军事科技贸易产品结构演化

### 3.1 贸易整体规模演变

全球军事科技贸易规模整体呈波动上升的趋势,贸易产品结构表现出一极三核主导的特征。具体来看,2000—2019年全球军事科技贸易规模虽有波动,但总体呈上升态势,总贸易量从19307 TIV上升至27105 TIV,各类军事科技产品除海军舰艇与装备由3508 TIV下降至2183 TIV外,均呈上升趋势(图1)。其中,发动机、军用飞机和导弹成为贸易额增幅最大的产品,发动机的贸易增幅年均增长更是达到6.7%,反映了21世纪以来,区别于以往军事科技贸易以清理库存而出口过时的、技术落后的产品,市场的激烈争夺使科技含量高的核心产品成为贸易重要商品。2007年、2011年和2017年是典型的阶

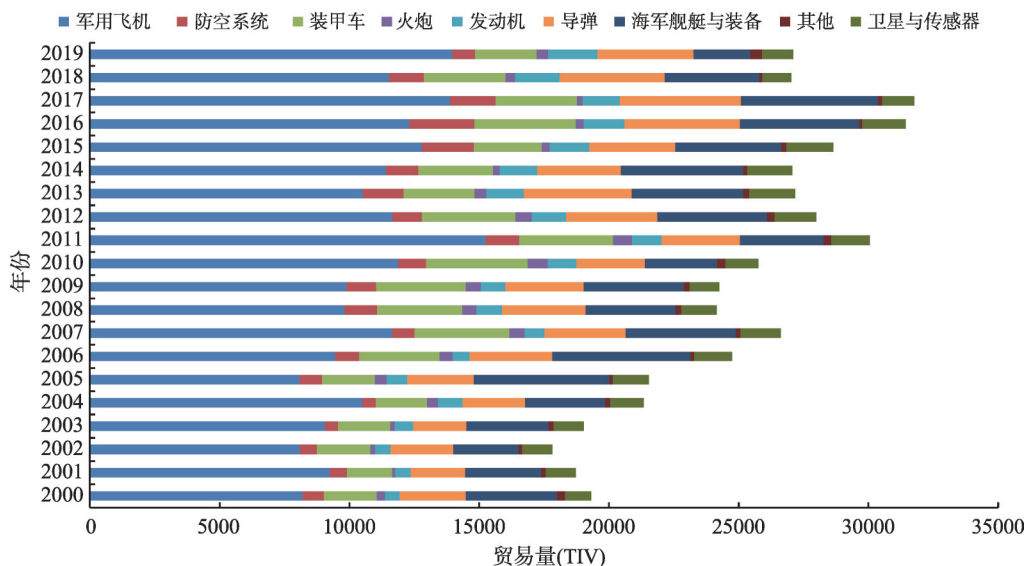


图1 2000—2019年全球军事科技产品贸易结构变化

Fig. 1 Changes in the global trade structure of arms products from 2000 to 2019

段性贸易增长峰值,在遭受经济危机后全球军事科技贸易却逆势上扬,其原因在于军事产品的贸易受经济危机的影响小,其高额利润在经济低迷时成为众多军事大国提振经济的方式之一,加上中东欧、南海、中东和北非等地区争端或局部性战争以及沙特阿拉伯、卡塔尔等石油大国为保障国家安全大幅进口军事科技产品最终在2017年形成贸易峰值。

在产品结构方面,军用飞机、海军舰艇与装备、导弹和装甲车是全球军事科技贸易的主要产品,历年贸易比重均超过80%。军用飞机一直是全球军事科技贸易的主体,贸易量均在8084 TIV以上,但2011年后其所占的比例开始下降;海军舰艇与装备、导弹和装甲车,3类产品的贸易比重整体差别不大,贸易比重基本上位于[0.08, 0.24]的极值区间之内。发动机、防空系统、卫星传感器、火炮等军事科技的贸易比重均在10%以下。总体上看,全球军事科技贸易主要集中在军用飞机、海军舰艇与装备、导弹和装甲车等实战型产品上,该产品的杀伤力和威慑力对提升国防实力和改变地区局势具有重要作用,因而成为贸易需求最旺盛的产品;发动机、防空系统和卫星传感器等功能性和模块化的产品主要特点在于辅助性、防御型和功能性,对军事科技产品升级、提升军事综合实力具有重要作用,但技术门槛较高且缺乏直接有效的威慑力和战斗力,因此,在全球市场的贸易量较少,主要的进口国为突破军事技术瓶颈或弥补军事短板并具有较强经济、科技和军事实力的大国。

### 3.2 主要贸易国家(地区)出口结构演变

从产品出口规模看,美国和俄罗斯是世界上最主要的军事科技产品出口国,军用飞机是大部分国家(地区)最主要的出口产品。2000年超过17个国家的军用飞机出口比重占全部军事科技产品30%以上,2019年更是有20个国家的军用飞机出口占比超过30%。美国是历年来军用飞机出口规模最大的国家,出口规模由4584 TIV增长至7147 TIV,占全球军用飞机出口的51.2%和美国军事科技产品出口总量的66.2%。俄罗斯是世界第二大军用飞机出口国,出口额保持在2000~3000 TIV之间,但出口占全球的比重从24.9%下降至18.3%,市场占有率持续下降并与美国的差距扩大。俄罗斯原是装甲车和导弹的最大



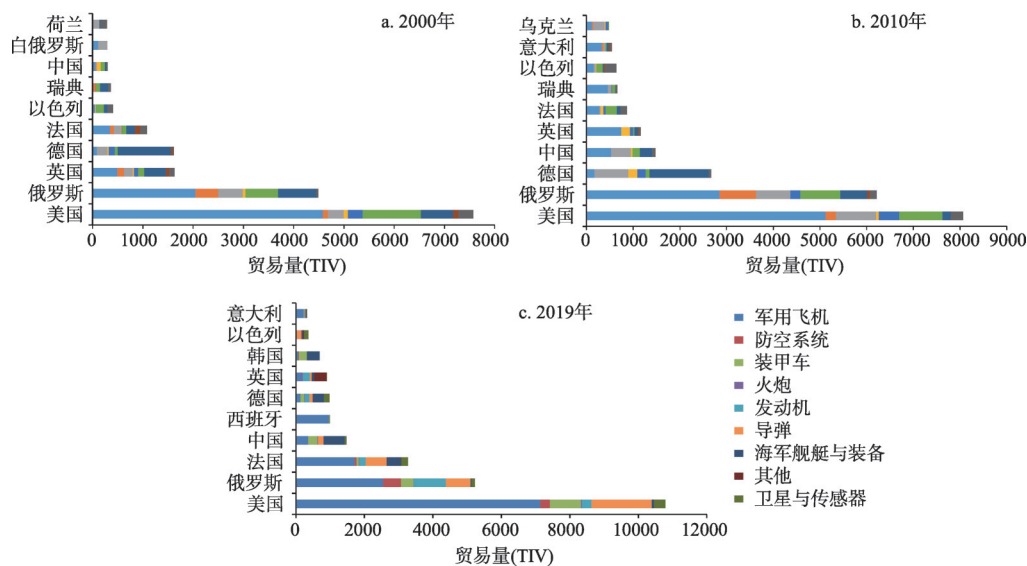


图2 2000年、2010年和2019年全球前10国家(地区)军事科技出口结构

Fig. 2 Export structure of arms products from 10 countries (regions) in 2000, 2010 and 2019

出口国,但美国分别在2003年和2006年超越俄罗斯成为全球的最大出口国,产品的市场占有率被美国持续挤压。在研究期内海军舰艇与装备的最大出口在出现多次交迭,德国、美国、俄罗斯、中国多次交替领先,2019年中国的海军舰艇与装备出口规模达到622 TIV,成为最大的出口国,也反映了中国在发展海军和海上军事力量建设上取得的巨大成就;法国、韩国在海军舰艇和装备上也具有较大的出口规模。

基于区位商对全球军事科技出口进行测度,结果发现:美国和俄罗斯的大部分军事科技产品在贸易中居于绝对优势地位并具有极高的比较优势,中国、法国、德国、韩国等国依托自身的比较优势专注于少数几类军事科技研发和出口占据着一定的军事科技市场份额,从而形成错位发展的贸易格局。装甲车是全球多国最具相对比较优势的出口产品,2019年有18个国家的出口优势产品是装甲车,主要为德国、中国、白俄罗斯、土耳其、乌克兰、奥地利等陆军强国或内陆型国家;发动机和卫星与传感器等极具科技含量的产品上,具有比较优势的国家则以西欧和北美等发达国家为主,包括英国、美国、加拿大、德国、法国、意大利、以色列、瑞士和芬兰等,体现着欧美发达国家在航空航天技术领域的主导和垄断地位。有趣的是,美国比较优势最大的产品为军用飞机,而俄罗斯比较优势最大的产品为防空系统,导弹则是两国共同的比较优势产品,这也从侧面反映了美国和俄罗斯目前军事竞争中的攻守地位。

### 3.3 主要贸易国家(地区)进口结构演变

从产品进口规模上看,军用飞机是全球需求最大的军事科技产品,进口国家(地区)从71个增长至84个,进口比重也相对呈增长趋势,装甲车、导弹、发动机和卫星与传感器的进口国(地区)也在40家以上。受卡特尔外交危机事件影响,沙特阿拉伯是2017年成为世界上最大的军事科技产品进口国,军用飞机、装甲车、卫星与传感器的最大进口国和导弹的第二大进口国,并由此引发卡塔尔大幅进口武器从而在2019年成为第三大军事科技产品进口国。在有较大军事科技产品进口规模的国家(地区)中,以海军舰艇和装备为主要进口产品的国家(地区)则比例相对减少,主要为新西兰、孟加拉国、马来西亚、希腊、波兰、葡萄牙、以色列、阿尔及尼亚和阿根廷等少数滨海国家,

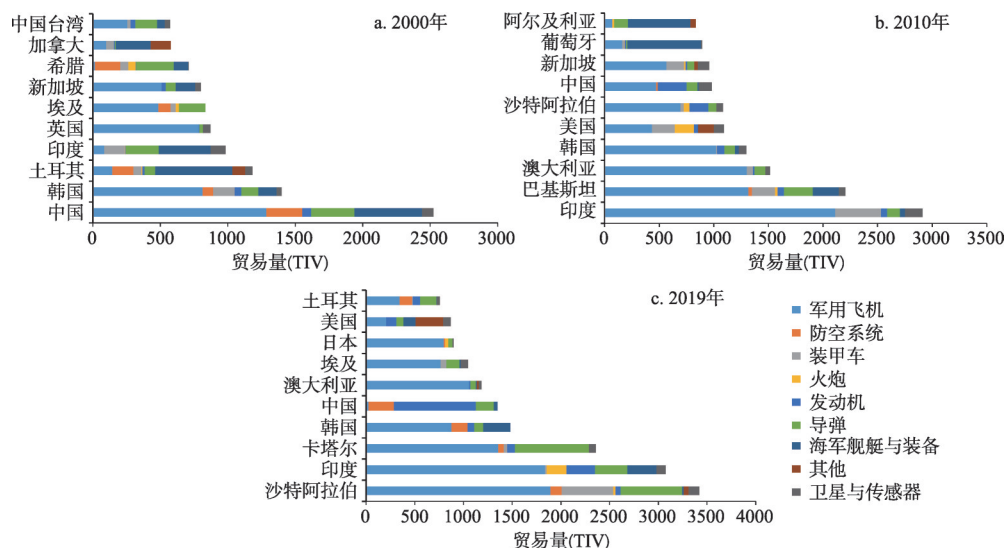


图3 2000年、2010年和2019年全球前10国家(地区)高科技产品进口结构

Fig. 3 Import structure of arms products from 10 countries (regions) in 2000, 2010 and 2019

也体现其增强海军实力的军事力量发展意愿。防空系统是军事科技贸易中的冷门产品,历年进口国家(地区)仅保持在10个左右,主要包括中国、埃及、土耳其、韩国和沙特阿拉伯等。

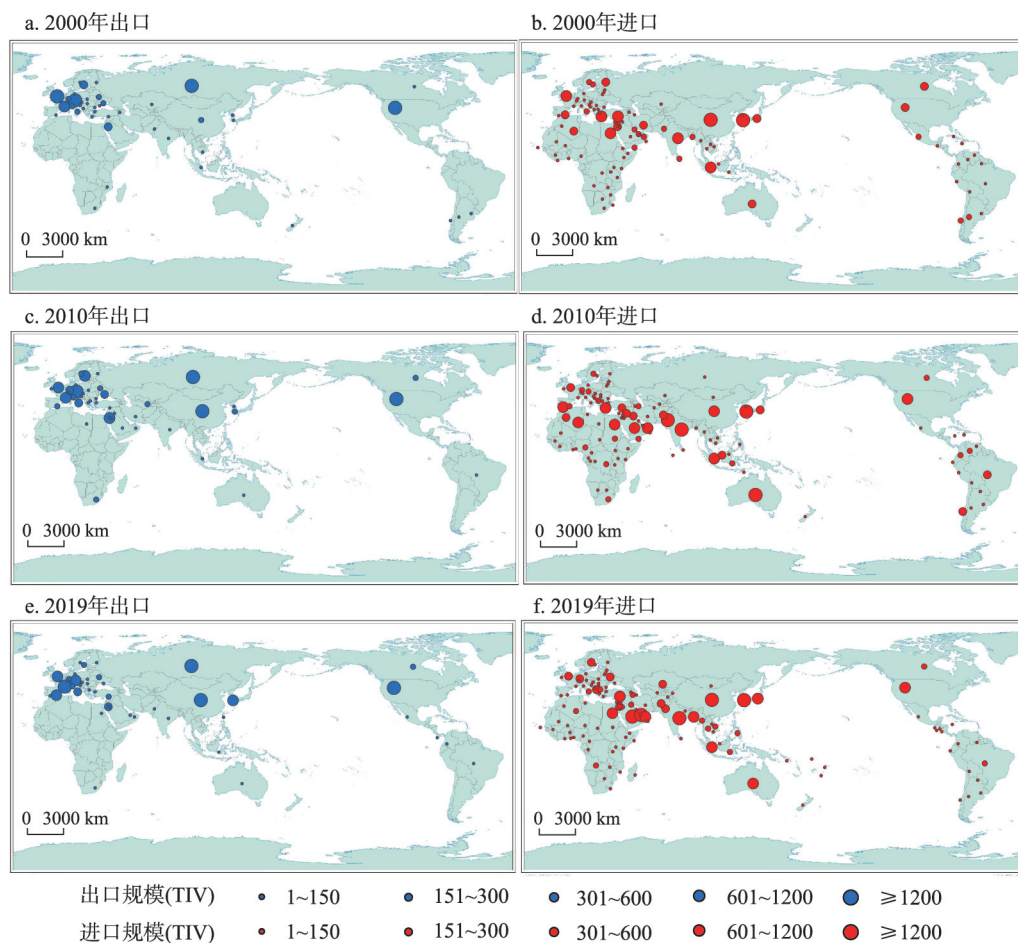
基于区位商的进口依赖产品进行识别发现,军用飞机仍是大部分国家(地区)的进口依赖产品,2019年有58个国家(地区)的进口依赖产品为军用飞机。印度、卡塔尔、沙特阿拉伯、埃及等南亚、中东和非洲等地区的发展中国家主要的进口依赖产品为军用飞机、装甲车和导弹等实战型产品;丹麦、法国、德国、比利时、加拿大、英国、意大利等西欧北美发达国家的进口依赖产品主要为发动机和卫星与传感器等高精尖的功能型产品,这也反映发达国家和发展中国家在现代战备方向和战争理念上的巨大差异。滨海和海陆复合型大国则是海军舰艇与装备的进口产品依赖国,如日本、英国、法国、印度等,体现了地理环境对国家军事发展方向的影响。中国主要的进口依赖产品经历了军用飞机、防空系统、发动机、海军舰艇与装备到发动机、海军舰艇与装备到发动机的演变历程,发动机一直是中国最重要且依赖程度最深的进口产品,表明中国在防空系统和海军力量建设上取得了一定的成绩,但发动机依赖进口的情况仍未得到有效缓解,集中力量在发动机领域取得突破性进展,改变发动机受制于人的状况是实现军事科技强国的必经之路。

## 4 全球军事科技贸易网络空间格局演化

### 4.1 全球军事科技贸易空间分布特征

**4.1.1 全球军事科技出口重心朝东南方向移动,美国、俄罗斯、西欧三极分布格局显著** 2000年全球军事科技贸易网络出口主要由美国、俄罗斯和西欧主导,贸易出口联系占全球的84.54%,三极分布特征明显;美国是世界上最大的军事科技贸易出口国,与美国产生贸易联系国家(地区)达到48个,占全球总数的15.24%;其后分别为法国31个、德国27个、英国25个、俄罗斯22个。受到以色列、中国和韩国等亚洲国家军事科技实力不断崛

起的影响,2010年美国、俄罗斯、西欧在全球贸易网络中比重下降至77.19%,中国、以色列和韩国等亚洲国家在贸易网络中的地位也呈上升趋势,比重由8.57%上升至12.21%,军事科技出口的重心向东南方向转移,标准差椭圆中心点坐标由 $16^{\circ}20'44''\text{W}$ 、 $50^{\circ}43'56''\text{N}$ 向东南方向转移至 $0^{\circ}16'12''\text{W}$ 、 $48^{\circ}52'12''\text{N}$ ,表明亚洲国家军事实力的提升正使军事贸易重心向东转移,并成为重构世界军贸出口格局的重要力量。2019年美国、俄罗斯、西欧在贸易网络仍具有先发优势,虽然全球贸易联系比重进一步下降至75.93%,但美国的军事科技贸易出口国(地区)进一步扩张至66个,重心开始向西南方向回移,标准差椭圆中心点坐标变为 $14^{\circ}39'53''\text{W}$ 、 $47^{\circ}37'53''\text{N}$ 。虽然亚洲的以色列、中国和韩国等国在贸易网络中产生的联系占比达进一步上升到12.9%,但军事科技出口以美国主导的格局还未发生根本性改变。整体上,全球军事科技贸易表现出十分显著的美国、俄罗斯和西欧三极主导格局,中国、以色列和韩国等亚洲国家在贸易网络中贸易规模和贸易比重均呈较大幅度的提升,全球军事科技贸易出口的重心向东南方向移动,世界军事科技贸易存在一定程度的东移和重构趋势,地缘军事科技出口格局东升西降、南升北降明显,但美国在全球军事科技贸易体系中仍具有绝对的影响力和控制力。



注: 基于自然资源部标准地图服务网站审图号为GS2016(1666)号的标准地图制作,底图边界无修改。

图4 2000年、2010年和2019年全球军事科技出口和进口国(地区)的时空分布

Fig. 4 Distribution of global arms trade export and import countries (regions) in 2000, 2010 and 2019

**4.1.2 全球军事科技进口重心朝东南方向移动,空间分布与边缘地带相吻合** 全球军事科技贸易进口国(地区)集中分布于东亚—东南亚—南亚—中东—南欧—北非一带,空间分布的范围大致与斯皮克曼边缘地带理论中的边缘地带相吻合。2000年亚洲国家(地区)进口总规模为9505 TIV,占比为49.9%。贸易量上,中国、韩国、土耳其、印度和英国是最大的5个进口国;印度向10个国家进口军事科技,成为贡献贸易联系最多的进口国家;2010年亚洲国家(地区)进口总规模上升至13319 TIV,印度和巴基斯坦成为全球进口军事科技规模最大的两个国家,澳大利亚、韩国、美国和沙特阿拉伯紧随其后的进口规模也有所扩大,而中国的贸易量则下降至981 TIV,促使军事科技进口的重心由46°17'41"E、30°39'50"N向西南方向至转移至45°34'9"E、23°50'36"N,方向角增长至95.23°表明军事科技进口分布的西北—东南格局有强化趋势(表1)。2019年沙特阿拉伯、印度、卡塔尔和韩国军事科技进口规模扩大,泰国、新加坡、印度尼西亚、阿联酋等国军事科技贸易伙伴数量的增加,亚洲国家(地区)进口总规模已达19170 TIV,占比达到全球70.7%,进而使军事科技贸易的进口重心向东北方向转移,标准差椭圆中心点坐标变为57°47'6"E、27°10'40"N。总体上看,由于印度、沙特阿拉伯等南亚和中东国家军事科技进口规模和贸易伙伴的增加,贸易出口的重心朝东南方向移动,地缘军事科技进口格局亦呈现出东升西降、南升北降态势。进口国(地区)的空间分布主要集中在欧亚大陆边缘地带,与斯皮克曼描述的边缘地带和麦金德提出的新月形地带具有极高的一致性,而美国军事科技出口的重点地带依旧是欧洲、东亚和中东等地缘政治敏感区,与斯皮克曼壁画的需要经略的边缘地带极为吻合,体现扼制欧亚大陆出现全球性大国以保持美国世界霸主地位的战略意图<sup>[27]</sup>,这也表明经典地缘政治理论对深刻理解目前的世界政治军事格局具有重要的指导意义。

表1 2000年、2010年和2019年全球军事科技贸易重心分布空间演化  
Tab. 1 Gravity center of spatial distribution for global arms trade in 2000, 2010 and 2019

参数	出口			进口		
	2000年	2010年	2019年	2000年	2010年	2019年
中心经度	16°20'44"W	0°16'12"W	14°39'53"W	46°17'41"E	45°34'9"E	57°47'6"E
中心纬度	50°43'56"N	48°52'12"N	47°37'53"N	30°39'50"N	23°50'36"N	27°10'40"N
方向角度(°)	86.63	87.98	88.67	92.66	95.23	97.92
扁率	0.92	0.84	0.87	0.67	0.67	0.69

4.2 全球军事科技贸易网络整体特征

**4.2.1 全球军事科技贸易网络规模呈扩大趋势,欧美国家(地区)具有极强的市场垄断能力** 2000—2019年全球军事科技贸易网络节点和规模呈扩大趋势,军事科技贸易国家(地区)从114个增长至130个(表2),表明随着时间的演化越来越多的国家(地区)参与到军事科技贸易中来,但贸易网络的密度却相对稳定的保持在0.024左右,军事科技贸易网络的规模持续扩大,网络间的整体联系却并未得到明显增强。对比全球各类产品贸易、科技合作、人才流动和交通运输<sup>[28-32]</sup>等网络的全面增长态势,军事科技贸易网络增长趋势不够显著,反映了军事科技的政治、经济和军事多重属性使全球军事科技贸易网络演变具有明显的特殊性。深入研究发现,全球军事科技贸易网络的出口国(地区)数量相对稳定,基本保持在40个左右,美国和俄罗斯一直以来都保持全球军事科技出口规模前两位的垄断地位,2000年的出口前10强中有6个在2020年依然保持在前10地位,占据市场规模超过80%,军事科技高额的利润、天然的技术门槛、激烈的市场竞争和敏感的地缘政治关系使军事科技出口对市场具有极强的垄断地位。同时,由于军事科技并非国家



生产生活的必需品, 进口规模具有波动性特征并存在较多的偶发性进口, 如缅甸、阿富汗、索马里、阿尔巴尼亚等, 这些国家出于增强国家实力、维护国家稳定或其他某种需要, 往往在某些特殊的时刻进口军事科技产品, 但实际上却可能并未完全镶嵌到贸易网络中, 更难以实现网络地位的

表2 全球军事科技贸易网络的统计特征量

Tab. 2 Statistical characteristics of the global arms trade network

特征量统计	2000年	2010年	2019年
节点数	114	123	130
网络密度	0.024	0.029	0.024
平均聚集系数	0.232	0.299	0.302
出度网络中心势	0.0297	0.0283	0.0287
入度网络中心势	0.0094	0.0094	0.0088

提升和转变。

**4.2.2 军事科技贸易网络存在去中心化趋势, 亚洲国家(地区)成为重塑贸易格局的重要力量**

2000—2019年全球军事科技贸易网络平均聚集系数增长趋势明显, 由2000年的0.232增长至2019年的0.302, 贸易网络扩大且贸易联系更为多样。出度网络中心势显著高于入度网络中心势表明军事科技贸易网络处于明显的卖方市场, 出口集中于少数国家和地区, 亦印证着出口国(地区)的主导和垄断地位, 而进口国家(地区)规模相对较大, 在全球的空间分布也趋于扩散。出度网络中心势和入度网络中心势均表现出下降趋势, 表明全球军事科技贸易网络存在去中心化趋势, 核心出口和进口国(地区)的网络联系扁平化特征明显, 等级化的贸易层级特征开始逐步瓦解, 具体到贸易网络看, 美国的军事科技贸易伙伴和贸易规模不断增长直接推动网络向扁平化发展, 英国、德国、意大利等次核心地位的西欧国家贸易伙伴数量减少, 市场份额不断收缩, 中国、韩国、以色列等亚洲国家贸易规模进入前列并成长成为贸易出口大国, 出口规模和贸易伙伴日益扩大, 成为重塑军事科技贸易格局和等级体系的重要力量, 并在较大程度上改变着世界地缘政治军事格局。

4.3 全球军事科技贸易网络空间联系特征

4.3.1 全球军事科技贸易网络呈一超多强格局, 欧亚大陆是全球军事科技贸易的主要舞台

美国在全球军事科技贸易网络中占据绝对核心的地位, 研究期内贸易规模从7571 TIV增长到10788 TIV, 占比达到全球总额的39.8%, 出口国家更是由50个扩大到68个, 新增出口国主要分布在东欧、中东、亚太和非洲等地区(图5), 如2003年北约东扩后, 美国开始向拉脱维亚、立陶宛等中东欧国家转移军事武器, 2017年黑山加入北约后, 美国首次向黑山转移军事武器; 美国提出重返亚太战略后又开始加大对东南亚、东亚等亚太地区增加军事科技出口, 并扩张了科威特、卡塔尔等中东地区市场, 在一定程度上反映了美国北约东扩、重返亚太和经营中东等政治和军事意图。俄罗斯、法国、德国、英国等作为传统军事强国居于次核心地位, 出口国家(地区)超过均超过20个, 俄罗斯的出口市场主要分布在亚太、南亚、中亚和中东欧等地区, 与美国的新增和扩大出口的市场具有较高的重叠度, 受到美国的市场竞争和冲击较为明显。中国和以色列由于科技水平的不断进步和市场规模的不断扩大在全球军事科技贸易网络中的地位明显提升, 由半边缘国家转变成为次核心国家, 中国军事科技贸易差值从-2227 TIV转变为125 TIV, 成为唯一实现从入超到出超转变的军事大国。

从军事科技出口目的地分布看, 欧亚大陆是全球军事科技出口的主要目的地, 超过60%的进口国(地区)位于欧亚大陆, 超过80%的军事科技贸易流向欧亚大陆。美国和俄罗斯主导的前10条最大贸易流中就有7条以上流向欧亚大陆, 主要分布在亚太和中东等地缘政治敏感区, 贸易规模约占全球的1/3, 且增长的趋势较为明显, 反映了该区域潜在并日益激烈的大国博弈, 欧亚大陆越来越成为全球军事科技贸易最主要的舞台。

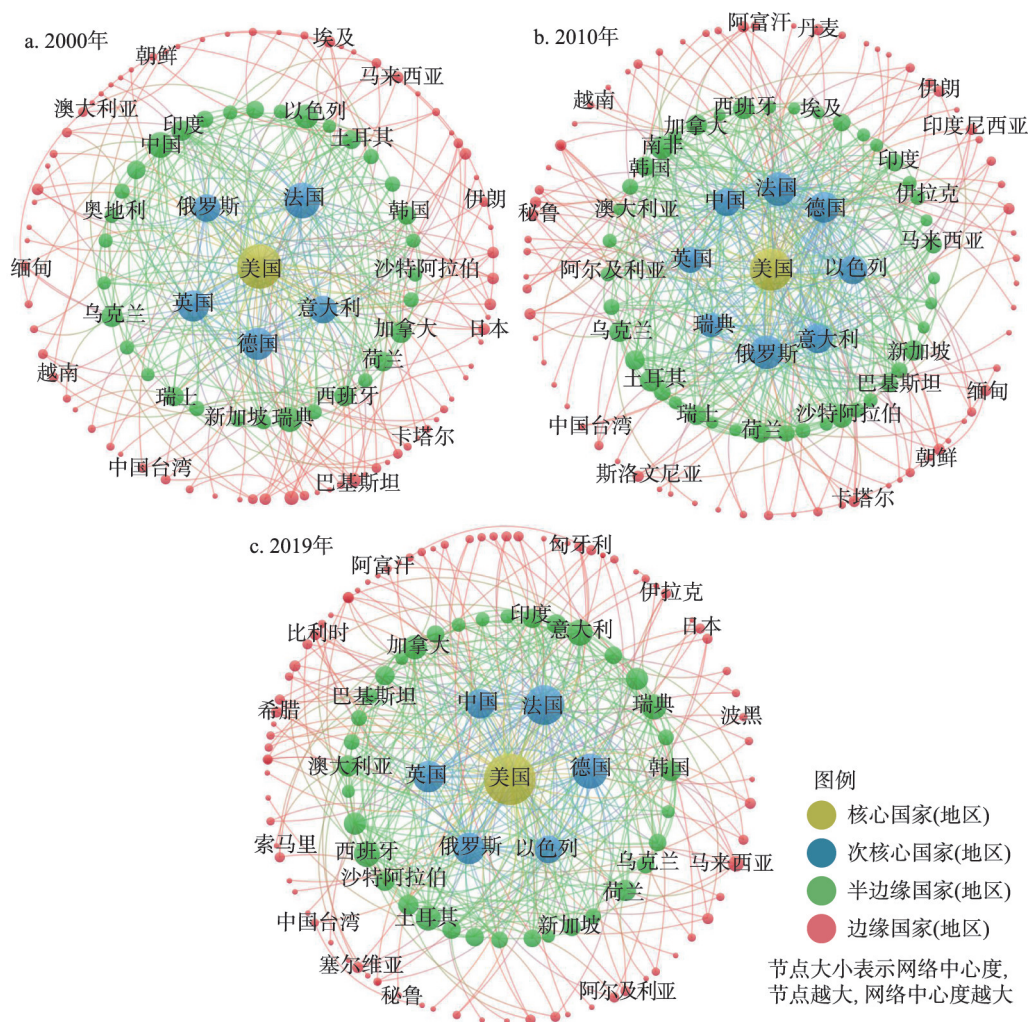


图5 2000年、2010年和2019年全球军事科技贸易网络的核心—边缘结构

Fig. 5 Multicore-periphery structures in the global arms trade network in 2000, 2010 and 2019

整体上看, 全球军事科技贸易网络呈现出以美国为核心的一超多强格局, 欧亚大陆是全球贸易最主要的舞台, 中东、亚太和东欧等地缘敏感区是军事科技贸易的主要流向地。美国凭借军事科技贸易对国际事务和地缘格局产生全球性的影响远超其他国家(地区), 这与当前国际政治经济和军事格局具有较高的一致性。

**4.3.2 以美国和俄罗斯为核心军事科技贸易竞争格局凸显** 通过最大流分析贸易网络的等级层次结构发现, 全球军事科技贸易网络存在明显的断裂特征, 形成以美国和俄罗斯为核心的两个主体网络和多个从属网络(图6)。以美国为核心的主体贸易网络规模较大, 基本覆盖60%以上的国家(地区), 其中, 美国的最大军事科技贸易伙伴规模扩张趋势明显, 2019年已增长至39个, 在网络内的主导能力持续上升; 英国、法国、德国和意大利等国家是该主体网络最主要的次级主导国家, 但除法国外, 各国的最大贸易伙伴均明显减少, 最大流贸易网络也显示以美国为主体的网络由层级化网络向扁平化网络转变, 反映了在美国网络主导能力提升的同时各国家(地区)的影响力和控制力在不断下降和削弱, 并有成为从属节点的趋势。以俄罗斯为核心的主体贸易网络规模相对较小, 核心国

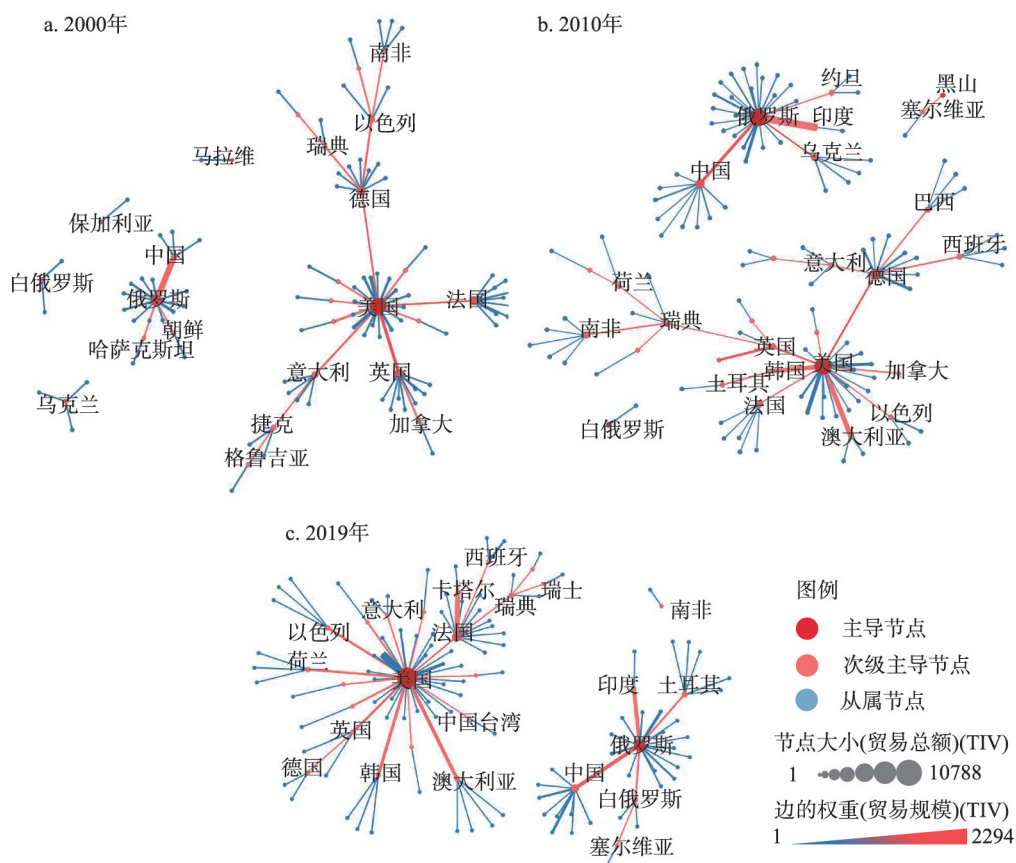


图6 2000年、2010年和2019年全球军事科技贸易网络的等级层次性

Fig. 6 The hierarchy of the global arms trade network in 2000, 2010 and 2019

家俄罗斯的最大军事科技贸易合作伙伴规模呈波动上升的趋势,并先后整合了白俄罗斯和乌克兰两个从属网络扩大了自身网络的影响力,但拉脱维亚、克罗地亚、斯洛伐克等国先后脱离俄罗斯主导的贸易网络,成为美国及其从属节点的最大军事科技贸易合作伙伴,表明俄罗斯的市场空间也在较大程度上受到美国的竞争和挤压。作为次级主导节点,中国的从属节点规模也不断增加,表明中国最大军事科技贸易合作伙伴不断增加,中国还始终是俄罗斯的最大军事科技贸易合作伙伴,两国间的军事科技贸易和交流极为密切,印证着两国的全面战略协作伙伴关系。整体上,全球军事科技贸易最大流显示出美国和俄罗斯相互竞争的格局,反映美苏两极军事对抗格局在全球军事科技贸易网络中的历史惯性。美国、俄罗斯、法国和中国的从属节点规模不断扩大,影响力和控制力持续提升,英国、德国、意大利、瑞典等国的从属节点不断萎缩,影响力和控制力逐渐式微,平均聚类系数不断上升也显示从属节点不断向核心节点靠拢,原有的等级体系开始逐渐瓦解,这也从军事科技贸易的角度反映着全球政治经济军事格局演化的百年之大变局。

#### 4.4 全球军事科技贸易网络空间组织特征

**4.4.1 网络空间组织具有空间集聚与空间紊乱并存的特征** 全球军事科技贸易网络的社团分布呈现空间集聚和空间紊乱并存的地理分布特征,社团边界相对较为模糊,各大洲和大陆之间的社团构成相对复杂,不同大陆之间的社团混杂度存在差异。西欧、北美和亚



洲内陆总体上的社团结构较为一致,边界相对清晰,空间权力整合度高体现出空间集聚的特征;非洲、中东、亚太和南美地区等地缘政治敏感区受到大国博弈和地缘竞争影响,区域国家和地区的社团归属混杂多变,社团边界难以划分,体现出明显的空间紊乱特征。对比文化贸易、人才流动、技术转移和交通网络等社团结构空间组织,发现军事科技贸易网络的空间集聚社团联系特征与文化贸易、技术转移等虚拟的社会流网络相似,但亚太、中东等地区在社团归属上的紊乱特征具有极其突出的独特性,在当地特殊的战略地位、丰富的化石能源导致地区的大国竞争十分激烈,造成了复杂的政治经济军事环境,从而使其在社团归属上表现出极其紊乱的特点。

**4.4.2 网络社团分裂整合重组特征明显,美国和俄罗斯社团范围逐渐扩大** 全球军事科技贸易网络的社团数量从8个减少至5个,社团分裂整合重组特征明显,美国社团和俄罗斯社团始终是全球军事科技贸易网络中最重要的主导社团,美国社团范围主要包括西欧、美洲、非洲和亚太等国家(地区),俄罗斯主导社团空间集聚于欧亚大陆和非洲等国家和地区。研究期内,美国社团完成了对中东、南美、非洲和西欧等部分国家,俄罗斯社团整合亚洲、中东和非洲部分国家扩大了自身社团的影响力。美国和俄国作为世界上最大的军事科技出口国通过贸易网络分别主导着最大的两个社团,社团边缘成员之间的分裂和转化较多,体现着美国和俄罗斯在军事科技贸易市场上激烈的竞争,也蕴含着两国在敏感地区和地缘政治军事领域的争夺。西欧社团逐渐分化出德国和法国主导的两个社团,两个国家作为欧盟的领导国家不同于英国,未重组进入美国社团,反而整合欧洲和非洲部分国家形成两个新社团,在一定程度上反映了德国和法国相对独立地缘策略和对社团领导地位的追求。有意思的是,不同于德国和英国,法国始终没有融入美国主导的社团,即使在2019年西欧已经基本被美国和德国社团整合的局面下,法国仍然整合非洲等原殖民地国家形成独立的社团。总体上,全球军事科技贸易网络的社团结构存在不断分裂整合重组的特征,以美国和俄罗斯为主导的两个社团是全球主要的两个社团,其空间范围相对固定且边界不断分裂重组并向外围扩张,英国、法国、德国等国家主导的社团范围明显收缩,社团空间组织的稳定性较差,受美国和俄罗斯社团扩张的挤压严重。

## 5 全球军事科技贸易网络的影响因素

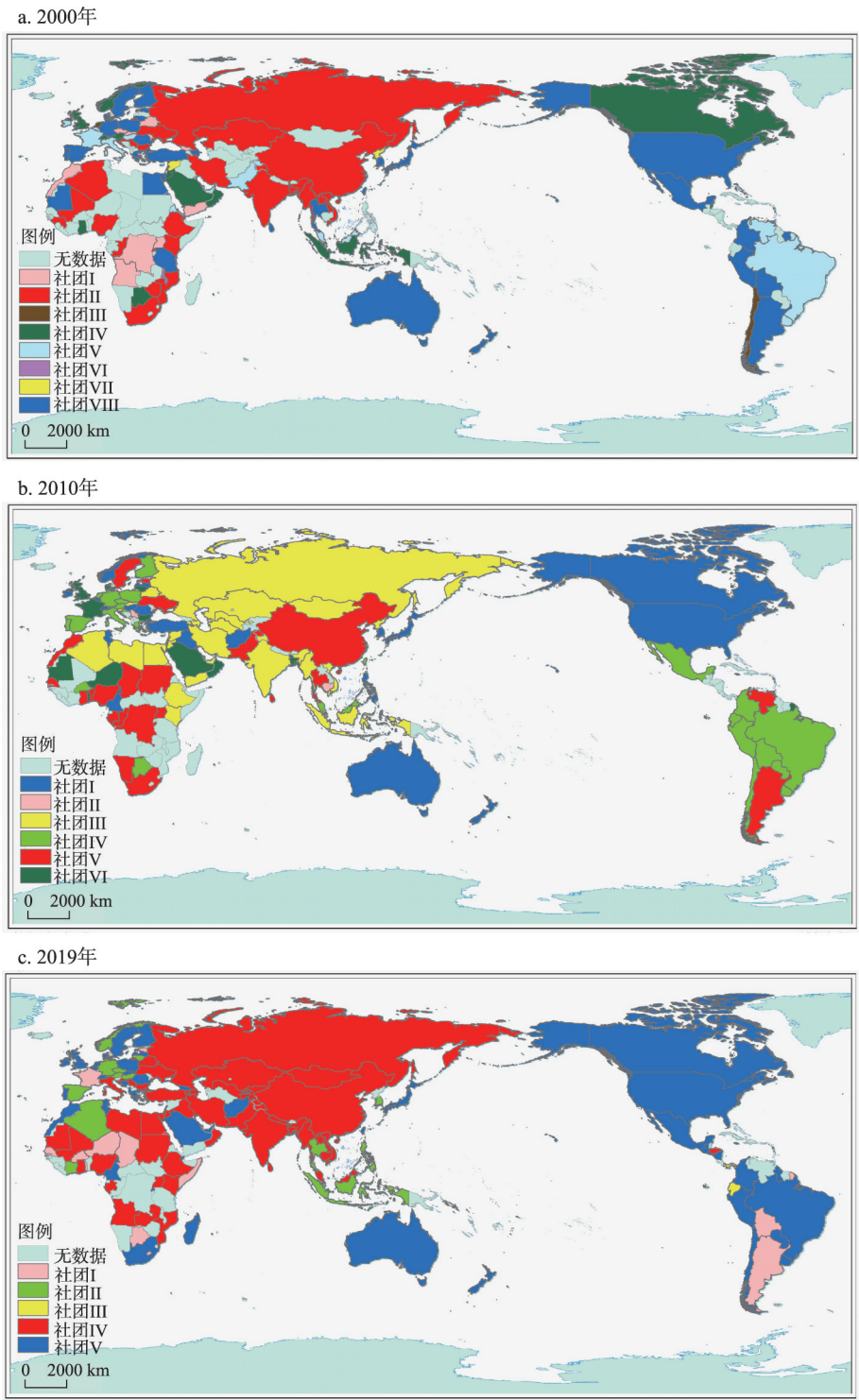
### 5.1 指标选取

军事学和国际关系学等学科关于国际军事科技转移和贸易的动因大多基于政治、经济和军事等因子<sup>[33-34]</sup>的宏观定性分析,缺乏对地理区位、技术创新、资金投入等系列要素的细致分析,而地理学 and 经济学通过对国际贸易网络的演化机制定量研究发现邻近性原则、资金投入、资源禀赋、技术创新、政治稳定性<sup>[35-38]</sup>等系列因素对各类贸易网络呈现出不同的驱动效能。因此,基于现有文献选取以下因素进行定量分析。

(1) 多维邻近性。Boschma等提出的多维邻近性被认为对创新和贸易网络演进具有显著的促进作用<sup>[39]</sup>。地理、历史、语言和经济邻近性会对国家(地区)间贸易联系的形成产生影响,地理邻近作用于国家(地区)间时空成本和技术、信息和市场的共享,从而对国家(地区)贸易产生影响;历史和语言邻近性能够通过减低双方沟通成本、依托历史制度和文化习惯促进贸易的产生;经济邻近性突出表现在发达国家间的贸易、科技和经济等合作更为频繁的领域并已被现有研究广泛证明<sup>[40-41]</sup>。

(2) 国家发展水平。经济发展水平是国际贸易发生的重要基础,前已述及,军事科技的进口以发展中国家为主而出口主要为发达国家,段德忠等通过对高科技产品的贸易





注：基于自然资源部标准地图服务网站审图号为GS2016(1666)号的标准地图制作，底图边界无修改。

图7 2000年、2010年和2019年全球军事科技贸易网络社团的空间组织格局  
Fig. 7 The spatial organization pattern of the global arms trade network community in 2000, 2010 and 2019

研究也发现武器等军事科技产品出口集中于发达国家<sup>[42]</sup>。因此,采用人均国民收入指标表示国家(地区)的发展水平,分析国家发展水平与军事科技进出口的关系。

(3) 科技发展水平。现有理论普遍认为技术创新是影响国际贸易的重要因素,技术创新能有效提升产品科技含量和市场竞争能力,形成国家(地区)间的技术势差驱动国际贸易。同时,军事科技产品的生产、维护和贸易也高度依赖于国家(地区)高科技产业制造和创新体系的完整程度。故采用专利申请量指代科技发展水平检验其对贸易结网机制的影响。

(4) 军费支出强度。资金投入是保持科技领先地位和市场竞争力的必要条件,军费是国防、军品研发和贸易等方面最重要的资金来源,军费开支直接作用于军事科技产品的贸易从而触发国家(地区)间的贸易连接。故采用军费支出占GDP的比重来表征军费支出强度分析贸易网络的演化。

(5) 自然资源禀赋。古典和新古典国际分工理论均认为资源禀赋会对产品结构和国际贸易产生影响,国家贸易也具有寻求东道国自然资源和技术市场等目标,Yang认为军事科技贸易具有强烈地寻求能源和自然资源动机<sup>[43]</sup>。因此,通过世界银行的国家自然资源指数表征资源禀赋,测度资源禀赋与贸易间的关系。

(6) 政治稳定程度。国际贸易理论认为国家政体、关税制度、贸易政策的变化对国际贸易具有显著的影响,军事科技贸易中国家的政治稳定使军事科技的贸易政策具有连贯性。因此,采用世界银行数据库中的政治稳定和无暴力指数表征政治稳定程度,对全球军事科技贸易演化机制进行分析。

## 5.2 模型构建

军事科技贸易规模为非负整数,被解释变量存在“过度离散”现象。考虑军事科技贸易的方向性,本文采用负二项回归方法对模型进行估计:

$$TIV_{ij} = \alpha + \beta_1 GEORPO_{ij} + \beta_2 HISRPO_{ij} + \beta_3 LANRPO_{ij} + \beta_4 ECORPO_{ij} + \beta_5 GNI_i + \beta_6 GNI_j + \beta_7 PCT_i + \beta_8 PCT_j + \beta_9 PME_i + \beta_{10} PME_j + \beta_{11} NRI_i + \beta_{12} NRI_j + \beta_{13} PST_i + \beta_{14} PST_j + \varepsilon \quad (5)$$

式中: $TIV_{ij}$ 表示国家(地区) $i$ 与国家(地区) $j$ 之间的军事科技贸易量,是本文的被解释变量, $\alpha$ 是常数项, $GEORPO_{ij}$ 表示国家(地区) $i$ 与国家(地区) $j$ 之间的地理邻近性,以国家首都之间的球面距离衡量; $HISRPO_{ij}$ 表示国家(地区) $i$ 与国家(地区) $j$ 之间的历史邻近性,以国家间具有共同宗主国为1,否则为0; $LANRPO_{ij}$ 表示国家(地区) $i$ 与国家(地区) $j$ 之间的语言邻近性,国家间有相似语言为1,否则为0; $ECORPO_{ij}$ 表示国家(地区) $i$ 与国家(地区) $j$ 之间的经济邻近性,国家间同属世界银行的收入水平分组为1,否则为0; $GNI_i$ 、 $GNI_j$ 分别表示国家(地区) $i$ 和国家(地区) $j$ 的人均国民收入; $PCT_i$ 、 $PCT_j$ 分别表示国家(地区) $i$ 和国家(地区) $j$ 的专利申请总量; $PME_i$ 、 $PME_j$ 分别表示国家(地区) $i$ 和国家(地区) $j$ 的军费支出占GDP的比重; $NRI_i$ 、 $NRI_j$ 分别表示国家(地区) $i$ 和国家(地区) $j$ 的自然资源指数; $PST_i$ 、 $PST_j$ 分别表示国家(地区) $i$ 和国家(地区) $j$ 的政治稳定和无暴力指数; $\varepsilon$ 是随机误差项。

## 5.3 回归结果

为确保模型的准确性对模型变量进行多重共线性检验,结果显示14个自变量中VIF最高值为1.32,模型不存在多重共线性问题,模型构建正确并具有较强的解释力,模型估计结果如表3所示。

多维邻近性方面,地理邻近性、历史邻近性、语言邻近性和经济邻近性都有利于军事科技贸易的产生。其中,地理邻近性显示国家(地区)间的地理距离对军事科技贸易量呈负向关系,地理距离通过作用于贸易双边的联系效率和频率从而对贸易产生影响,

地理距离对贸易的阻抗效应和削弱作用仍然十分显著。实际上, 现有国际贸易、科技合作等领域研究均发现距离具有显著的负向阻碍作用。历史邻近性、语言邻近性和经济邻近性的测度指标均表现出显著的正向关系, 表明历史、语言和经济越相近的国家(地区)军事科技贸易越频繁。历史邻近表明贸易双方具有相同或较为接近的历史文化环境, 这大大减少交易双方的社会文化成本从而促进军事科技贸易的完成; 语言邻近的双方使用着相同的语言, 这能有效降低双方的交流障碍和沟通成本, 减少错误信息传递带来的风险从而推动贸易双方交易的达成; 经济邻近则表明经济发展水平接近的双方更倾向于发生贸易。

国家属性方面, 国家发展水平对军事科技贸易的影响显著, 但进口和出口国(地区)双方影响机制相异, 出口国(地区)表现出国家发展水平与军事科技贸易呈正向促进作用, 反而进口国(地区)随着国家经济的不断发展, 军事科技的进口需求反而减弱, 甚至向出口转变, 这也印证了前文军事科技的出口以发达国家为主, 进口以发展中国家为主的观点。科技发展水平和军费支出强度显示出明显的双向积极影响效应, 这表明类似于其他产品贸易网络, 科技发展水平和经费支出会有效促进全球贸易网络的形成和演化。自然资源禀赋因素对进口和出口国(地区)双边存在相异影响机制, 结果显示其仅在进口侧通过显著性检验, 出口侧的自然资源禀赋对军事科技贸易起负向作用(未通过显著性检验), 而进口侧的自然资源禀赋对军事科技贸易起正向作用, 即自然资源越丰富的国家(地区)越倾向于进口而非出口军事科技产品, 呈现出以资源换技术的特征, 这也与目前国际贸易中关于军品贸易的情况吻合。政治稳定和无暴力指数同样表现出明显的相异影响特征, 进口侧政治稳定程度对军事科技贸易起负向作用而出口国侧呈正向促进作用, 其原因可能在于政治稳定程度较差的国家(地区)往往面临国际和国内各种政治不稳定性的因素, 甚至面临政权的更迭, 因此, 倾向于通过进口先进的军事科技维持和稳固政权; 而政治稳定性高的国家(地区)在地区发展环境、经济水平和军事科技实力等诸多方面具有优势, 从而有效促进军事科技产品的生产与贸易。

通过对军事科技贸易的影响机制进行建模、检验和分析, 结果发现多维邻近性和国家发展、科技实力、资金投入、政治稳定和资源禀赋等因子对军事科技的贸易具有不同程度和不同作用的影响, 最终得到军事科技贸易网络的驱动机制(图8)。

表3 全球军事科技贸易网络驱动机制的负二项回归结果  
Tab. 3 Negative binomial regression results of the driving mechanism of the global arms trade network

自变量	系数	标准误	<i>z</i>	<i>P&gt; z </i>
<i>GEORPO<sub>ij</sub></i>	-0.228*	0.135	-1.69	0.091
<i>HISRPO<sub>ij</sub></i>	0.654***	0.328	2.00	0.046
<i>LANRPO<sub>ij</sub></i>	1.366***	0.312	4.39	0.000
<i>ECORPO<sub>ij</sub></i>	1.083***	0.219	4.95	0.000
<i>GNI<sub>i</sub></i>	-0.132***	0.029	-4.57	0.000
<i>GNI<sub>j</sub></i>	0.149***	0.043	3.46	0.001
<i>PCT<sub>i</sub></i>	0.193***	0.029	6.73	0.000
<i>PCT<sub>j</sub></i>	0.799***	0.042	19.01	0.000
<i>PME<sub>i</sub></i>	0.147**	0.069	2.15	0.032
<i>PME<sub>j</sub></i>	0.364***	0.080	4.56	0.000
<i>NRI<sub>i</sub></i>	0.023*	0.013	1.77	0.077
<i>NRI<sub>j</sub></i>	-0.020	0.020	-1.02	0.307
<i>PST<sub>i</sub></i>	-0.014***	0.004	-3.64	0.000
<i>PST<sub>j</sub></i>	0.018***	0.005	3.57	0.000
常数项	-7.951***	1.301	-6.11	0.000

注: \*, \*\*, \*\*\*分别表示10%、5%和1%的显著性水平。

6 结论与讨论

6.1 结论

为深刻认识全球地缘军事科技权力的时空演化规律, 探讨全球军事科技转移时空格

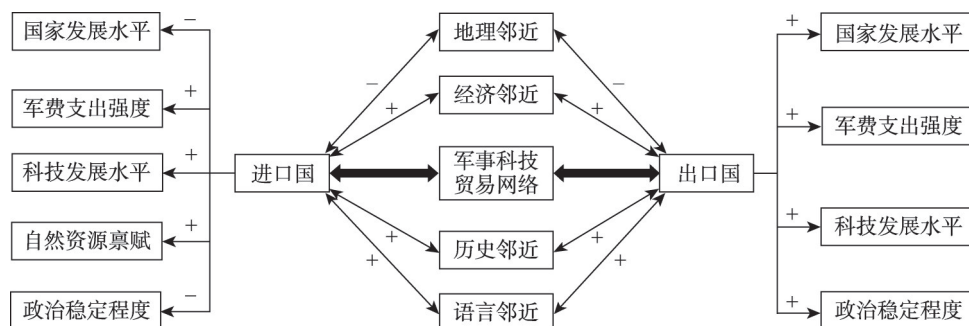


图8 全球军事科技贸易网络驱动机制

Fig. 8 The influencing factors of the global arms trade network

局演化态势和驱动机制，本文基于斯德哥尔摩国际和平研究所武器贸易数据和世界银行数据库，借鉴区位商、网络分析和负二项回归模型等方法对产品结构、网络特征和演化机制进行探究，研究发现：

(1) 全球军事科技贸易规模整体呈波动上升的趋势，贸易产品结构表现出军用飞机为主导，海军舰艇与装备、导弹和装甲车为重要组成的一极三核主导特征，军用飞机一直是最主要的出口产品和进口依赖产品，美俄在大部分军事科技中具有绝对优势，各国（地区）依托比较优势占据一定的市场份额，从而形成错位发展的贸易格局。

(2) 全球军事科技出口分布呈现出欧洲、美国和俄罗斯的三核特征，地缘军事格局东升西降、南升北降特征明显，以色列、中国、印度等亚洲国家影响力明显提升并重构着世界军事科技贸易格局，而进口集中分布于东亚—东南亚—南亚—中东—南欧—北非一带，空间分布格局与斯皮克曼边缘地带理论中的边缘地带位置相吻合。

(3) 全球军事科技贸易网络一超多强的格局特征明显，网络规模虽呈扩大趋势，但欧美国家一直占据着贸易出口市场主导地位，美国、俄罗斯、法国和中国的网络影响力和控制力持续提升，欧亚大陆始终是全球军事科技贸易的主要舞台，中国和以色列等亚洲国家成为重塑贸易格局的重要力量。

(4) 以美国和俄罗斯为核心的军事科技贸易竞争格局凸显，以美国为核心的主体贸易网络由层级化向扁平化转变揭示着美国主导能力的提升和西欧次主导国家的衰退，印证着美国和俄罗斯通过分裂重组整合了相关贸易国家（地区），有效扩大其空间组织范围。

(5) 军事科技贸易网络演化是进出口国（地区）属性和双方邻近性共同作用的结果，军事科技贸易遵循距离衰减律，地理距离对全球军事科技贸易起明显负向作用，历史邻近、语言邻近和经济邻近对军事科技贸易网络均具有一定的正向作用；国家发展水平、科技发展水平、军费支出强度和政治稳定程度对军事科技出口具有促进作用，国家发展水平和政治稳定程度在进口侧表现出负向作用，自然资源禀赋仅在进口国（地区）通过显著性检验，以资源谋技术的军事科技进口策略是全球军事科技贸易的动力之一。

## 6.2 讨论

军事科技的贸易具有多学科交叉属性，本文从地理学视角通过对军事科技贸易网络进行研究揭示了其部分地理规律，类似于世界地缘政治和经济权力格局“东升西降”和主要大国力量对比“南升北降”的格局特点，以中国为代表的亚洲国家的崛起使地缘军事格局同样具有“东升西降”和“南升北降”特点，并一定程度上重塑世界军事科技的等级体系；不同于其他高科技产品贸易的西欧—北美双拱格局，全球军事科技的出口呈



现出美国—俄罗斯—西欧三极分布和美国—俄罗斯相互竞争的特点,俄罗斯在全球地缘军事中的地位要显著高于其经济地位。此外,美国实施“亚太战略”和“印太战略”对中国崛起的围堵也将导致大国地缘角逐加剧。

美国和俄罗斯是世界上最大的两个军事科技出口国家,2000年以来美国的出口国(地区)数量和出口规模都经历较大幅度的增长,其军事科技影响力和市场占有率呈明显上升趋势;而俄罗斯虽然贸易总额在全球军事科技贸易出口中占第2,但市场占有率和影响力相对美国的差距呈拉大趋势,对外贸易国家(地区)数量一度被法国超越,这表明俄罗斯的军事科技在全球的影响力有较明显的削弱趋势。从军事科技发展演化角度看,2000年以来中国主要的进口依赖产品经历了从军用飞机、防空系统、发动机、海军舰艇与装备到发动机演变历程,对国外的军事科技进口依赖程度大大降低,但发动机仍然是中国最重要且依赖程度最深的进口产品,未来要注重发动机研发与发动机进口并重的发展策略,防止和摆脱发动机技术的卡脖子现象,实现军事综合实力的全面提升。

古典地缘战略理论仍具有极大全球影响力,军用飞机作为世界各国最主要的出口产品和进口依赖产品从侧面反映了杜黑的空权论对各国制空权战略的影响。军事科技贸易主要由出口国(地区)主导,而出口主要目的地分布与麦金德的内新月形地带和斯皮克曼的边缘地带区域分布极为吻合,这也反映了其地缘战略思想在军事科技贸易出口国家中的体现。如美国出口主要对象包括韩国、日本、印度、中东、埃及等,分布范围与边缘地带极为吻合,反映美国控制边缘地带和围堵欧亚大陆的地缘战略布局<sup>[26]</sup>。

此外,本文还存在一定的局限,如军事科技的多重复杂属性注定军事科技贸易和转移中的驱动机制具有综合性和复杂性,政治联盟和军事合作都会对军事科技的贸易和转移产生一定程度的影响,但受限于数据的可获取性未能进行分析,未来需要构建更加系统更加合理的定量与定性相结合的理论框架对军事科技贸易的机制进行更为细致全面的探讨。

致谢:真诚感谢匿名评审专家对论文打磨和可视化表达方面的修改意见,使本文获益匪浅。

## 参考文献(References)

- [1] Institute for Global Innovation and Development, East China Normal University. Science and Technology Competitiveness Assessment Report. Shanghai: East China Normal University Press, 2019. [华东师范大学全球创新与发展研究院. 中美科技竞争力发展报告. 上海: 华东师范大学出版社, 2019.]
- [2] Du Debin, Duan Dezhong, Xia Qifan. A comparative study of Sino-US science and technology competitiveness. World Regional Studies, 2019, 28(4): 1-11. [杜德斌, 段德忠, 夏启繁. 中美科技竞争力比较研究. 世界地理研究, 2019, 28(4): 1-11.]
- [3] Yang Wenlong, Du Debin, Liu Chengliang, et al. Study on the spatial-temporal evolution and internal mechanism of geo-economic connections of China. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(6): 956-969. [杨文龙, 杜德斌, 刘承良, 等. 中国地缘经济联系的时空演化特征及其内部机制. 地理学报, 2016, 71(6): 956-969.]
- [4] Jiang Xiaorong, Yang Yongchun, Wang Shenglan. Spatial and temporal patterns of evolution of global trade networks during 1985-2015 and its enlightenment to China's geostrategy. Geographical Research, 2018, 37(3): 495-511. [蒋小荣, 杨永春, 汪胜兰. 1985—2015年全球贸易网络格局的时空演化及对中国地缘战略的启示. 地理研究, 2018, 37(3): 495-511.]
- [5] Research Group, CICIR, Chen Xiangyang. Major changes unseen in a century are unfolding. Contemporary International Relations, 2020(1): 19-25, 18, 59. [中国现代国际关系研究院课题组, 陈向阳. 世界“百年未有之大变局”全面展开. 现代国际关系, 2020(1): 19-25, 18, 59.]
- [6] Mehrl M, Thurner P W. Military technology and human loss in intrastate conflict: The conditional impact of arms imports. Journal of Conflict Resolution, 2020, 64(6): 1172-1196.

- [7] Bourne M. Arming Conflict: The Proliferation of Small Arms. London: Palgrave Macmillan, 2007.
- [8] Craft C, Smaldone J P. The arms trade and the incidence of political violence in sub-Saharan Africa, 1967-1997. *Journal of Peace Research*, 2002, 39(6): 693-710.
- [9] Tian Yunhua, Wang Lingfeng, Feng Lu. Foreign military industry trade development experience and its implications to China. *Intertrade*, 2019(5): 69-75. [田云华, 王凌峰, 冯路. 国外军工贸易发展经验及其对我国的启示. *国际贸易*, 2019(5): 69-75.]
- [10] Blum J. Arms production, national defense spending and arms trade: Examining supply and demand. *European Journal of Political Economy*, 2019, 60: 101814. DOI: 10.1016/j.ejpolco.2019.101814.
- [11] Akerman A, Larsson Seim A. The global arms trade network 1950-2007. *Journal of Comparative Economics*, 2014, 42(3): 535-551.
- [12] Garfinkel M R, Syropoulos C, Yotov Y V. Arming in the global economy: The importance of trade with enemies and friends. *Journal of International Economics*, 2020, 123: 103295. DOI: 10.1016/j.jinteco.2020.103295.
- [13] Yue Yang. Middle East upheaval and the development of the arms trades in the Middle East. *Arab World Studies*, 2012(5): 109-120. [岳杨. 中东剧变与中东军火贸易的发展. *阿拉伯世界研究*, 2012(5): 109-120.]
- [14] Xiao Yang. Science and technology and national security: The strategic significance of China's Arctic scientific expedition. *Journal of International Security Studies*, 2015(6): 106-131. [肖洋. 地缘科技学与国家安全: 中国北极科考的战略深意. *国际安全研究*, 2015(6): 106-131.]
- [15] Zhao Gang. Theory and significance of geo-science and technology. *Forum on Science and Technology in China*, 2007(1): 87-89, 118. [赵刚. 地缘科技学的理论及其意义. *中国科技论坛*, 2007(1): 87-89, 118.]
- [16] Zhang Jing, Liu Jianzhong. Research on attribute and concept of geo-entity. *World Regional Studies*, 2014, 23(4): 50-55. [张晶, 刘建忠. 地缘体概念内涵及特征研究. *世界地理研究*, 2014, 23(4): 50-55.]
- [17] Duan Dezhong, Du Debin, Chen Ying. Global geopolitical pattern on science & technology from the perspective of intellectual property trade. *Geographical Research*, 2019, 38(9): 2115-2128. [段德忠, 杜德斌, 湛颖. 知识产权贸易下的全球地缘科技格局及其演化. *地理研究*, 2019, 38(9): 2115-2128.]
- [18] Yang Wenlong, You Xiaojun, Du Debin. The evolutionary properties and functions of the geo-economic system from the perspective of global commodity trade network. *Geographical Research*, 2021, 40(2): 356-372. [杨文龙, 游小珺, 杜德斌. 商品贸易网络视角下地缘经济系统的属性与功能演进. *地理研究*, 2021, 40(2): 356-372.]
- [19] Du Debin, Feng Chunping. Retrospect and prospect of world regional geography in China. *Progress in Geography*, 2011, 30(12): 1519-1526. [杜德斌, 冯春萍. 中国的世界地理研究进展与展望. *地理科学进展*, 2011, 30(12): 1519-1526.]
- [20] Weiss C. How do science and technology affect international affairs? *Minerva*, 2015, 53(4): 411-430.
- [21] Zhang Xinglun, Wang Guangxia. Geo- military situation analysis based on arms trade data. *Areal Research and Development*, 2020, 39(3): 1-5, 12. [张兴伦, 王光霞. 基于武器贸易数据的地缘军事态势分析. *地域研究与开发*, 2020, 39(3): 1-5, 12.]
- [22] Xie Yuhuan, He Canfei. Local cluster networks, information spillover effects and export network expansion of China's ICT products. *Geographical Research*, 2021, 40(3): 689-707. [谢玉欢, 贺灿飞. 地方集群网络、信息溢出效应与中国 ICT 产品出口地理网络扩张. *地理研究*, 2021, 40(3): 689-707.]
- [23] Derudder B. Network analysis of 'urban systems': Potential, challenges, and pitfalls. *Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie*, 2021, 112(4): 404-420.
- [24] Gui Qinhang, Du Debin, Liu Chengliang, et al. Structural characteristics and influencing factors of the global inter-city knowledge flows network. *Geographical Research*, 2021, 40(5): 1320-1337. [桂钦昌, 杜德斌, 刘承良, 等. 全球城市知识流动网络的结构特征与影响因素. *地理研究*, 2021, 40(5): 1320-1337.]
- [25] Zhong Yexi, Guo Weidong. High- speed rail network spatial structure and organization model in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(1): 79-88. [钟业喜, 郭卫东. 中国高铁网络结构特征及其组织模式. *地理科学*, 2020, 40(1): 79-88.]
- [26] Huang Xiaodong, Du Debin, Liu Chengliang. The evolution process and growth mechanism of global cross-border M&A network. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(10): 2536-2550. [黄晓东, 杜德斌, 刘承良. 全球跨境并购网络的空间格局演化及形成机制. *地理学报*, 2021, 76(10): 2536-2550.]
- [27] Du Debin, Duan Dezhong, Xia Qifan, et al. World geographic structure and U.S. global strategy and military force design. *World Regional Studies*, 2021, 30(4): 667-684. [杜德斌, 段德忠, 夏启繁, 等. 世界地理结构与美国的全球战略及军力设计. *世界地理研究*, 2021, 30(4): 667-684.]

- [28] Gao Boyang, Li Junwei. The geography of global electric information industry trade network. *World Regional Studies*, 2017, 26(1): 1-11. [高菠阳, 李俊玮. 全球电子信息产业贸易网络演化特征研究. *世界地理研究*, 2017, 26(1): 1-11.]
- [29] Jiao Meiqi, Du Debin, Gui Qinchang, et al. The topology structure and spatial pattern of global city technical cooperation network. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(10): 1546-1552. [焦美琪, 杜德斌, 桂钦昌, 等. 全球城市技术合作网络的拓扑结构特征与空间格局. *地理科学*, 2019, 39(10): 1546-1552.]
- [30] Hou Chunguang, Du Debin, Liu Chengliang, et al. Spatio-temporal evolution and factors influencing international student mobility networks in the world. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(4): 681-694. [侯纯光, 杜德斌, 刘承良, 等. 全球留学生留学网络时空演化及其影响因素. *地理学报*, 2020, 75(4): 681-694.]
- [31] Hou Chunguang, Du Debin, Liu Chengliang, et al. Spatiotemporal evolution of global talent mobility network based on the data of international student mobility. *Geographical Research*, 2019, 38(8): 1862-1876. [侯纯光, 杜德斌, 刘承良, 等. 全球人才流动网络复杂性的时空演化: 基于全球高校留学生流动数据. *地理研究*, 2019, 38(8): 1862-1876.]
- [32] Li Enkang, Lu Yuqi, Yang Xing, et al. Spatio-temporal evolution on connection strength of global city network based on passenger flight data from 2014 to 2018. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(1): 32-39. [李恩康, 陆玉麒, 杨星, 等. 全球城市网络联系强度的时空演化研究: 基于2014—2018年航空客运数据. *地理科学*, 2020, 40(1): 32-39.]
- [33] Zhang Yu. Analysis of international transfer and regulation of military: Science and technology evidence from arms trade network. *Forum on Science and Technology in China*, 2021(7): 179-188. [张煜. 军事科技的国际转移与管制分析: 来自军火贸易网络的证据. *中国科技论坛*, 2021(7): 179-188.]
- [34] Shi Haiming, Zeng Huafeng, Liu Yudong. International transfer of military technology: Motivation, path and influence. *Science and Technology Management Research*, 2010, 30(10): 20-22. [石海明, 曾华锋, 刘昱东. 军事技术国际转移: 动因、路径及影响. *科技管理研究*, 2010, 30(10): 20-22.]
- [35] Chen Tao, He Canfei. A review on geographies of international trade. *Progress in Geography*, 2020, 39(10): 1732-1746. [陈韬, 贺灿飞. 国际贸易地理研究进展. *地理科学进展*, 2020, 39(10): 1732-1746.]
- [36] Yuan Honglin, Xin Na. Global trade network pattern and influencing factors of advanced manufacturing in China. *Economic Geography*, 2019, 39(6): 108-117. [袁红林, 辛娜. 中国高端制造业的全球贸易网络格局及其影响因素分析. *经济地理*, 2019, 39(6): 108-117.]
- [37] Jiang Xiaorong, Yang Yongchun, Liu Qing, et al. Spatial evolution characteristics and influencing factors of trade multidimensional network: A comparative study based on trade in goods, services and value-added. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(8): 1419-1427. [蒋小荣, 杨永春, 刘清, 等. 多重贸易网络的空间演化特征及其影响因素: 基于货物、服务和增加值贸易的比较. *地理科学*, 2021, 41(8): 1419-1427.]
- [38] Wang Jieyong, Dai Chun, Zhou Mozhu, et al. Research on global grain trade network pattern and its influencing factors. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(6): 1545-1556. [王介勇, 戴纯, 周墨竹, 等. 全球粮食贸易网络格局及其影响因素. *自然资源学报*, 2021, 36(6): 1545-1556.]
- [39] Boschma R. Proximity and innovation: A critical assessment. *Regional Studies*, 2005, 39(1): 61-74.
- [40] Yang Wenlong, Du Debin. Investment network structure and its impact mechanism of the Belt and Road initiative area. *World Economy Studies*, 2018(5): 80-94, 136. [杨文龙, 杜德斌. “一带一路”沿线国家投资网络结构及其影响因素: 基于ERGM模型的研究. *世界经济研究*, 2018(5): 80-94, 136.]
- [41] Liu Chengliang, Gui Qinchang, Duan Dezhong, et al. Structural heterogeneity and proximity mechanism of global scientific collaboration network based on co-authored papers. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(4): 737-752. [刘承良, 桂钦昌, 段德忠, 等. 全球科研论文合作网络的结构异质性及其邻近性机理. *地理学报*, 2017, 72(4): 737-752.]
- [42] Duan Dezhong, Du Debin. Structural evolution of global high-tech trade system: Products, networks and influencing factors. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(12): 2759-2776. [段德忠, 杜德斌. 全球高科技产品贸易结构演化及影响因素. *地理学报*, 2020, 75(12): 2759-2776.]
- [43] Yang C H. Determinants of China's arms exports: A political economy perspective. *Journal of the Asia Pacific Economy*, 2020, 25(1): 156-174.

## The evolution and influencing factors of the global arm trade cyberspace pattern

GUO Weidong<sup>1, 2, 3</sup>, DU Debin<sup>1, 2, 3</sup>

(1. Institute for Global Innovation and Development, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

2. Center for World Geography and Geo-Strategic Studies, East China Normal University, Shanghai 200062,

China; 3. School of Urban and Regional Science, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

**Abstract:** Changes in global military technological strength will reshape the world pattern and thus affect the trend of the international situation. Accurately grasping the evolution of the world's military technological pattern is of great practical significance for a profound understanding and effective response to the great changes unseen in a century. As arms are products that reflect military science and technology, this article uses SIPRI arms trade data and the World Bank database to investigate the evolution of the spatial and temporal patterns and driving mechanisms of global arms trade from three aspects: product structure, network pattern and influence mechanism, and finds that: (1) the scale of global arms trade shows a fluctuating upward trend, the structure of trade products is dominated by aircraft with other major products including naval ships and weapons, missiles and armored vehicles. Aircrafts are the main export products or import-dependent products of most countries. (2) The global arms export pattern is characterized by the tripolar distribution of the United States, Russia and Western Europe. The influence of Asian countries has increased significantly. The geo-military pattern has obvious characteristics of rising in the east and falling in the west, and rising in the south and falling in the north. Importing countries are concentrated in East Asia-Southeast Asia-South Asia- Middle East- Southern Europe- North Africa, and the spatial distribution pattern is consistent with Rimland theory of Nicholas John Spykma. (3) The global arms trade network is characterized by one superpower and multiple major powers. Eurasia has always been the main arena for global arms trade, and Asian countries have become an important force in reshaping the trade landscape. (4) The competition pattern of arms trade centered on the United States and Russia is highlighted. The flattening trend of the largest trade network in the United States reveals the improvement of the United States' leading ability and the decline of the sub-dominant countries in Western Europe. (5) The evolution of the global arms trade network is affected by the attributes and proximity of importing and exporting countries. History, language and economic proximity have positive effects on arms trade network, while geographical distance has negative effects on trade network. National development, level of science and technology, intensity of military spending, political stability, and resource endowment have varying degrees of influence on arms trade.

**Keywords:** military technology; global arms trade; trade network; geo-technology; influencing factors