



开放科学
(资源服务)
标识码
(OSID)

手术机器人领域发展态势与科研合作分析

李文兰^{1,3} 李建红² 刘朝阳²

1. 天津大学图书馆 天津 300072;
2. 天津大学管理与经济学部 天津 300072;
3. 天津大学情报研究所 天津 300072

摘要: 本文旨在收集和整理全球手术机器人领域科技论文数据,揭示该领域的发展态势与全球科研合作现状,为我国拓展该领域的国际科研合作提供对策思路。本文以1999-2018年期间在Web of Science数据库中被检索到的手术机器人领域科技论文为研究对象,采用文献计量学方法分析该领域研究发展态势和全球科研合作,指出国际合作分析中合作率、合作度指标的局限性,提出国际合作篇数、国际合作区域跨度和国际合作总频次等三个新的指标,并基于新提出的这三个指标对国际合作篇数Top10国家地区的国际合作进行了对比分析。研究发现,近20年来手术机器人成为全球瞩目的前沿热点领域,不论是自主创新能力还是国际合作中的地位,美国在全球国家地区中一直处于引领地位;欧洲国家在该领域的研究基础雄厚,相较于亚洲国家国际科研合作更加活跃;包括中国在内的亚洲国家在手术机器人领域的起步较晚,但增长势头迅猛,为了在该领域取得更大的突破,需要借鉴学习美国、欧洲以及全球其他国家开展国际合作的先进经验。

关键词: 手术机器人; 文献计量分析; 国际科研合作

中图分类号: G350

Analysis on the Development Trend and Scientific Cooperation in the Field of Surgical Robot

LI Wenlan^{1,3} LI Jianhong² LIU Zhaoyang²

1. Tianjin University Library, Tianjin 300072, China;
2. College of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China;
3. Information Institute of Tianjin University, Tianjin 300072, China

作者简介: 李文兰(1964-), 博士, 研究馆员, 研究方向为文献计量与科技评价; 李建红(1995-), 硕士研究生, 研究方向为文献计量与科技评价、在线社区用户行为, E-mail: 18822031524@163.com; 刘朝阳(1992-), 硕士研究生, 研究方向为文献计量与科技评价。

Abstract: The purpose of this paper is to collect and sort out the data of scientific papers in the field of surgical robotics worldwide, to reveal the development trend of this field and the status quo of global scientific research cooperation, and provide countermeasures and ideas for China to expand international scientific research cooperation in this field. Based on the data of 1999-2018 from the Web of Science database in the field of surgical robot as the research object, this paper used the bibliometric method to analyze the status of research and development in this field and global scientific cooperation. The research points out that the analysis of international cooperation in the index of the limitations of the rate of cooperation, cooperation degree, put forward the number of international cooperation articles, the regional span and the total frequency of international cooperation, and based on the three new indicators, and a comparative analysis is made on the international cooperation of the Top10 countries and regions. The research shows that surgical robots have become the forefront and hot field in the world in the past 20 years. No matter in terms of independent innovation ability or international cooperation, the United States has always been in the leading position among countries and regions. European countries have a strong research foundation in this field and are more active in international scientific research cooperation than Asian countries. Asian countries including China started late in this field, however the growth momentum is rapid. In order to make greater breakthroughs in this field, we need to learn from the advanced experience of international cooperation such as the United States, Europe and other countries around the world.

Keywords: Surgical robot; bibliometric analysis; international scientific collaboration

引言

随着科学技术的发展,机器人逐渐进入我们的生活,人工智能的到来使医疗机器人与我们的生活联系的更加紧密,根据国际机器人联合会(IFR)分类,医疗机器人主要包括手术机器人、康复机器人、辅助机器人和服务机器人,相关权威机构估算2020年全球医疗机器人市场规模有望达到114亿美元^[1]。手术机器人作为医疗机器人中一种重要的类型,以全新的理念和技术优势,使外科手术模式发生了革命性的变化,在诸多外科领域得到越来越广泛的应用,并取得了良好的效果,具有广阔的市场前景,该领域已经引起各个国家、相关机构以及众多研究者的高度关注。作为一个新型交叉学科,该领域还存在许多复杂关键的问题尚未攻克,“大科学时代”背景下,为提高科学研究生产

力,跨学科合作现已成为知识生产的重要模式,科研合作成为优化科研资源配置、实现科研产出最大化的重要途径,作为新型交叉学科的手术机器人领域,科研合作对推动该领域的技术发展和进步至关重要。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

本论文选取Web of Science数据库中的SCIE数据库为数据来源平台。通过阅读文献,反复试查检索,并不断修正调整,最终确定如下检索式:TS=(((robot* OR telerobot*) AND (surgery OR surgical OR surgeries OR microsurgery OR neurosurgery OR telesurgery)) OR (“Da Vinci surgical system*” OR “Da Vinci Si HD Surgical System” OR “neurosurgery robot*” OR

“surgical manipulator” OR “Surgery Manipulator”)), 文献类型选取 ARTICLE/REVIEW, 收集 1998-2019 年间发表的学术论文数据, 检索结果共 14689 条, 去掉其中 52 条字段信息不全的数据, 最终获得 14637 条有关手术机器人的研究论文数据作为本论文分析研究所用。本论文数据检索时间为 2019 年 4 月。

1.2 研究方法

科技论文是科学研究成果的重要载体, 科研合作最显著的体现形式之一就是合著论文^[2], 因此本论文运用文献计量方法, 通过分析手术机器人领域全球科技论文数据, 揭示手术机器人领域的发展态势与全球研究合作情况。

2 手术机器人领域发文态势与科研合作概况

因为检索时还不是完整年度, 收集到的 2019 年数据无法反映当年整年度发文情况, 为了保证分析效果, 在本部分工作中只截取 1999-2018 年间的 20 年数据进行分析研究。

2.1 手术机器人领域论文增长趋势

将近 20 年论文数量划分为 1999-2008 年和 2009-2018 年两个十年进行对比分析。图 1 描述了 1999-2018 年全球手术机器人领域每年论文数量随时间的变化趋势, 图 2 为 1999-2018 年手术机器人领域历年论文增长量。

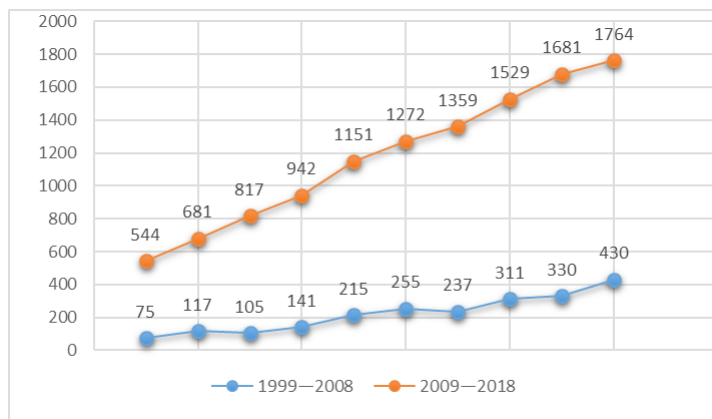


图 1 1999-2018 年手术机器人领域历年发文数量

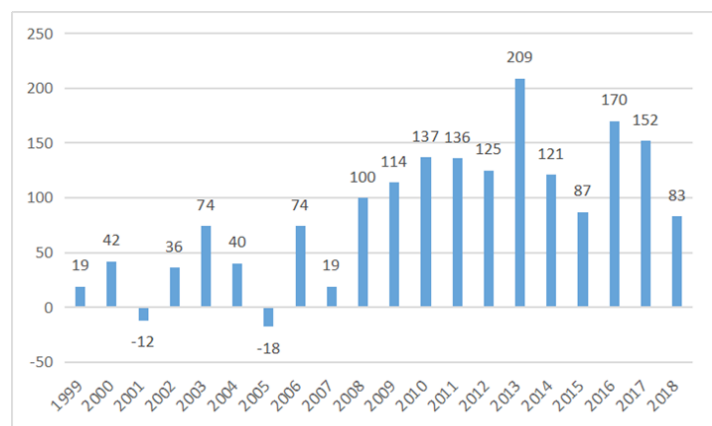


图 2 1999-2018 年手术机器人领域历年论文增长量

由图 1、2 可知,近 20 年全球手术机器人领域论文数量虽然呈现一定的波动性,但是整体来看,仍以持续增长趋势为主。

在 1999-2008 年间,手术机器人领域论文数呈现增长趋势相对较为平稳,此间 2001 和 2005 两年论文篇数出现负增长,其他年份每年新增数量基本维持在十位级别,直到最后 2008 年发文增量突破既往的十位量级,年增长 100 篇;第二个十年该领域全球发文继续保持增长,增幅明显高于前一个 10 年,年增长幅度保持在百位量级,2009-2018 年 10 年间全球论文总增量 1220 篇,是第一个 10 年总增量 355 篇的 3 倍多。

数据显示,2013 年全球有关手术机器人研究论文新增数量达到 209 篇,这一特别突出的数据正好与世界多国在 2013 年前后发布有关机器人技术的发展计划相契合。2013 年 3 月 20 日美国多家机构联合发布了《美国机器人路线图 2013:从英特网到机器人》,该路线图主要涵盖了机器人在制造、医疗、服务、空间、国防五个领域的发展态势,未来的发展目标和将要面临的挑战^[3]。2013 年 11 月,欧盟委员会发布了《面向 2014—2015 年的 H2020 ICT 工作计划》草案,机器人被列为创新行动八大研究主题之一^[4]。中国科技部也于 2012 年 4 月 1 日发布《服务机器人科技发展“十二五”专项规划》指出:“十二五”期间,中国服务机器人专项将始终着眼于国家安全、民生、科技和经济发展的重大需求,努力突破制约中国服务机器人技术和产业发展的关键技术的壁垒^[5]。各个国家和地区对机器人领域的关注和重视对手术机器人的研究起到了助推器的作用。

手术机器人是机器人技术、计算机网络控制技术、数字图像处理技术、虚拟现实技术和医疗外科技术的结合,它以全新的理念和技术优势,使外科手术模式发生了革命性的变化,手术机器人广阔的市场前景,引起各个国家、相关机构以及众多研究者的高度关注。近 20 年来手术机器人领域的论文数量的持续快速增长,表明该领域已成为全球瞩目的前沿热点领域。

2.2 手术机器人领域科研合作概况

在“大科学时代背景下”,科学研究所面临的问题日益复杂,高质量的科研成果很难通过个体去完成,不同科研主体之间围绕特定科学问题开展协同研究工作,有利于实现科研主体间的优势互补,科研合作是促进高质量科研成果产出的必经之路。作为一个新型交叉学科的手术机器人领域,其中的关键问题涉及多领域尖端技术,需要多层次全方位的科研合作来攻克,科研合作对推动手术机器人的技术发展和进步至关重要。

合著发表论文是科研合作的一种重要形式,本文从合著论文角度出发研究手术机器人领域的全球科研合作,本部分从论文的作者、机构、国家地区层面分析手术机器人领域科研合作概况。合作度和合作率是衡量论文合著情况的重要指标,合作率反映了合作的广度,合作度反映了合作的深度。一般而言,合作度和合作率越大,合作程度越高,学科发展水平就相对越高^[6]。这两个指标能够反映出手术机器人领域论文产出的主体情况,数值越高,表明合作越紧密。表 1 为手术机器人领域作者、机构和国家地区等各层面的合作率、合作度。

$$(\text{作者、机构、国家地区})\text{合作度} = \frac{(\text{作者、机构、国家地区})\text{总数}}{\text{论文总篇数}}$$

$$(\text{作者、机构、国家地区})\text{合作率} = \frac{(\text{作者、机构、国家地区})\text{合作论文总篇数}}{\text{论文总篇数}} \times 100\%$$

表 1 手术机器人领域各层面合作率、合作度

年份	作者	作者	机构	机构	国家地区	国家地区
	合作率	合作度	合作率	合作度	合作率	合作度
1999	85%	4.27	44%	1.89	8%	1.11
2000	91%	4.87	39%	1.7	9%	1.13
2001	90%	4.44	50%	1.83	13%	1.18
2002	93%	4.83	51%	1.84	6%	1.06
2003	95%	4.84	53%	2.06	16%	1.18
2004	93%	4.51	49%	1.87	8%	1.1
2005	97%	5.02	58%	2.02	11%	1.12
2006	95%	4.88	60%	2.11	12%	1.14
2007	95%	4.81	55%	2.04	12%	1.14
2008	96%	4.99	59%	2.13	12%	1.15
1999-2008	93%	4.75	52%	1.95	11%	1.13
2009	96%	4.92	61%	2.15	12%	1.14
2010	95%	5.21	62%	2.29	16%	1.24
2011	97%	5.35	64%	2.35	17%	1.26
2012	97%	5.74	65%	2.49	16%	1.26
2013	98%	5.61	66%	2.49	17%	1.24
2014	97%	5.86	69%	2.76	20%	1.28
2015	97%	5.92	69%	2.8	18%	1.29
2016	98%	6.04	70%	2.91	20%	1.3
2017	99%	6.22	76%	3	21%	1.31
2018	98%	6.34	73%	3	21%	1.33
2009-2018	97%	5.72	67%	2.62	18%	1.27

整体来看，手术机器人领域合作现象非常普遍，该领域合作广度和合作深度不断提高，合作趋势越来越强。

通过作者合作率和作者合作度两个指标对学者合作情况进行分析，手术机器人领域学者几乎都是通过合作进行研究。本文检索到的数

据中仅有 434 篇是作者独著完成的，2018 年作者合作率高达 98.07%，作者合作度上升为 6，合作研究在手术机器人领域已经成为必然趋势。

已有研究中指出如果以发表的著作为衡量指标，临床医学领域的跨机构合作比例较高（40% ~ 50%），其他跨机构合作比例较高的

领域还包括生物医药和物理学,二者跨机构合作比例均在10%~15%之间,而化学、数学和工程学的跨机构合作比例均约在5%以下^[7]。通过本文统计,2009-2018年间手术机器人领域机构合作率平均已经高达67%,由此可以看出手术机器人领域机构合作率与其他学科相比已经达到很高的水平。这与手术机器人的发展背景以及自身领域的综合性有关,该领域的跨学科性决定了科研人员积极寻求合作,相较于独自进行科学研究,科研合作对于科研成果的产出大有裨益。通过合作完成的论文,其在知识结构、跨学科等方面相互学习,充分发挥群体合作的优点,从而提高研究水平,有利于提高科研生产力,促进科研成果的产出^[8]。

国际合作有利于研究者之间的交流与合作,有利于提高论文质量和学术影响力,也有利于加强学术规范,提高研究深度,促进学科成熟^[9]。手术机器人领域国家地区合作率由第一个十年的11%增长至第二个十年的18%,国家地区合作率增幅明显高于作者、机构合作率的增幅。可以看出全球化背景下,各国在该领域开始重视国际科研合作,并且积极开展国际合作。

3 手术机器人领域国际合作分析

科研合作是优化科研资源配置、实现科研产出最大化的重要途径。科研合作已经成为现代科学研究最基本、最普遍、最主要的形式之一,跨学科的科研合作成为一种比较现实和可行的选择。作为一个新兴交叉学科,手术机器人领域尚存在关键技术问题需要突破,急需世界各国的科技力量开展有效的国际合作,凝聚全球

科技创新力量,为该领域提供科技支撑。

3.1 手术机器人领域国际合作的合作率、合作度分析

1999-2018年间手术机器人领域全球所有发文的92个国家地区中有90个国家地区有国际合作,其中国际合作不少于10篇的有49个国家地区。由此可见在手术机器人领域国际合作已经成为必然趋势。本部分对1999-2018年手术机器人领域国际合作论文篇数大于等于10篇的49个国家地区的相关数据进行了统计,综合考虑论文篇幅和数据代表性因素,截取在该领域国际合作篇数排在第1至第10位的国家地区为第一组、第20至第29位的国家地区为第二组、第40至第49位的国家地区为第三组,列出三组国家地区的国际合作数据结果见表2。

由表2可知,第一组中的国家地区发文数和国际合作篇数均处于较高水平,在全球手术机器人领域占据着主导地位。

美国发文篇数和国际合作篇数均是全球第一,远超过其他国家,美国近20年发文量达到6444篇,成为美洲最主要的科研主力,并且在国际合作中也占据着引领地位。美国在手术机器人领域技术成熟度最高,掌握该领域关键核心技术,在全球手术机器人领域占据着绝对优势地位,在该领域科研成果以自主产出为主,创新成果对其他国家合作依赖程度相对较低。加拿大国际合作篇数处于全球第七,在该领域科研产出能力也处于领先地位,并且国际合作度、国际合作率较高,国际合作表现较为突出。

表 2 三组被选国家地区 1999-2018 年国际合作数据

国家地区	原始数据				排名				
	发文篇数	国际合作篇数	合作率	合作度	发文篇数排名	国际合作篇数排名	合作率排名	合作度排名	
第一组	美国	6452	1376	21.33%	0.56	1	1	49	49
	意大利	1110	532	47.93%	1.55	2	2	29	32
	英国	869	409	47.07%	1.54	6	3	31	34
	德国	1106	398	35.99%	1.21	3	4	42	41
	法国	838	292	34.84%	1.11	7	5	44	43
	中国大陆	971	281	28.94%	0.74	5	6	45	47
	加拿大	1041	249	23.92%	1.26	9	7	32	40
	韩国	534	248	46.44%	0.67	4	8	48	48
	日本	687	186	27.07%	0.78	8	9	46	46
	比利时	292	181	61.99%	2.57	11	10	19	13
第二组	瑞典	154	83	53.90%	2.27	19	20	27	21
	埃及	87	79	90.80%	2.61	23	21	5	12
	印度	152	62	40.79%	1.36	20	22	38	38
	以色列	87	52	59.77%	1.53	24	23	24	35
	中国台湾	199	51	25.63%	0.80	16	24	47	45
	苏格兰	74	48	64.86%	1.69	26	25	16	29
	丹麦	76	32	42.11%	2.24	25	26	37	23
	阿拉伯联合酋长国	35	32	91.43%	2.26	35	27	4	22
	泰国	40	28	70.00%	2.48	31	28	14	14
	罗马尼亚	72	27	37.50%	1.35	27	29	40	39
第三组	威尔士	21	17	80.95%	2.29	42	40	9	20
	卡塔尔	19	17	89.47%	2.42	45	41	6	15
	芬兰	33	14	42.42%	2.39	36	42	36	17
	黎巴嫩	13	13	100.00%	2.31	46	43	1	19
	爱尔兰	30	12	40.00%	1.17	38	44	39	42
	俄罗斯	20	12	60.00%	3.85	43	45	23	2
	匈牙利	19	12	63.16%	3.42	44	46	18	4
	卢森堡	11	11	100.00%	4.91	48	47	2	1
	冰岛	11	11	100.00%	2.73	49	48	3	11
	哥伦比亚	12	10	83.33%	3.42	47	49	8	5

欧洲是最早开始研究手术机器人领域的地区，国际合作篇数排名前 10 的国家地区中包含意大利、德国、英国、法国、比利时五个欧

洲国家地区，可见欧洲在手术机器人领域发挥着重要的作用。并且欧洲国家地区合作率、合作度均处于较高水平，欧洲国家地区更倾向于

在该领域进行国际合作，对国际合作依赖程度较高。

亚洲国家在手术机器人领域起步较晚，但是后发优势不容小觑。中国大陆、日本、韩国在发文数量和国际合作论文篇数表现突出，但是相较于第一组国家地区中的欧洲国家，国际合作能力仍有待提高。近20年中国大陆发文量和国际合作篇数分别处于全球第五、第六，可见我国在手术机器人领域也处于全球前列，但是相对于美国仍存在很大差距。

第二组和第三组国家地区相对第一组国家地区在该领域的发文量和国际合作篇数方面明显存在劣势。这些国家地区中除了中国台湾国际合作表现不明显，其他国家地区国际合作率、国际合作度均处于较高水平。其中黎巴嫩、卢森堡和冰岛国际合作率甚至高达100%，第二组和第三组国家依靠国际合作完成该领域的科研表现更为突出。

3.2 Top10国家地区国际合作对比分析

由3.1节的分析不难看出，发文篇数和国际合作篇数排名靠前的国家地区国际合作率和国际合作度却处于较低水平。而发文篇数和国际合作篇数排名靠后的国家地区国际合作率和国际合作度均处于较高水平，甚至有些国家在该领域的国际合作率达到100%。

这是因为合作率和合作度是科研合作的相对性指标，美国虽然论文产出量和国际合作论文量都是全球第一，但因为其雄厚的研究实力和强大的自主创新能力，除了高居全球榜首的1376篇国际合作论文外，其本国更是在手术机器人领域独自产出了5076篇，正是这值得美国

自己骄傲的自主产出能力，导致了在该领域美国国际合作率和合作度最低。另外，黎巴嫩、卢森堡和冰岛等国在手术机器人领域虽然20年一共产出了10多篇论文，但因为这10多篇都是与其他国家地区合作产出，本国自身独立产出论文为0，结果，他们的国际合作率和合作度都高高在上。

上述现象说明，国际合作率和国际合作度只是衡量国家地区国际合作能力的相对性指标，单靠这两个指标不能全面完整地揭示一个国家地区的综合国际合作能力。因此，为了了解国家地区的国际合作综合实力，还要在合作率、合作度基础上补充与国际合作相关的其他评价分析指标。

国际合著论文是本文研究国际合作最为基础的数据，任何评价国际合作的指标都是由国际合著论文衍生而来。经过调研，我们认为国际合作篇数、国际合作区域跨度、国际合作总频次可以比较好的反映国家地区的国际合作综合实力。

国际合作篇数：一定时期内某个国家或地区参与的国际合著论文的数量。

国际合作频次：若一篇国际合著论文中包含 A_1 、 A_2 ... A_n 等 n 个国家或地区，则该篇论文的国际合著频次为 $n-1$ 。

国际合作总频次：一定时期内某个国家或地区参与的所有国际合著论文的国际合著频次之和。

国际合作区域跨度：一定时期内某个国家或地区参与的国际合著论文中涉及的国家或地区数量。

本部分将采用国际合作篇数、国际合作区

域跨度、国际合作总频次等三个指标对国际合作篇数 Top10 国家地区的国际合作进行对比分

析。表 3 为国际合作篇数 Top10 国家地区 1999-2018 年的国际合作数据情况。

表 3 国际合作篇数 Top10 国家地区 1999-2018 年国际合作情况

国家地区	发文篇数	国际合作篇数	国际合作区域跨度	国际合作总频次
美国	6452	1376	62	2202
意大利	1110	532	66	1189
英国	869	409	64	927
德国	1106	398	63	935
法国	838	292	62	638
中国大陆	971	281	43	435
韩国	1041	248	33	453
加拿大	534	249	38	421
日本	687	186	41	350
比利时	292	181	56	570

为进一步了解 Top10 国家历年合作趋势，本部分对国际合作篇数 Top10 国家历年国际合作篇数、国际合作总频次、国际合作区域跨度进行了统计。图 3 为国际合作篇数 Top10 国家地区国际合作篇数变化趋势，图 4 为国际合作篇数 Top10 国家地区国家合作总频次变化趋势，图 5 为国际合作篇数 Top10 国家地区国际合作区域跨度变化趋势。整体来看，各个国家国际合作呈现上升趋势，美国在该领域合作程度优势更为明显，虽然有些年份国际合作呈现少许波动，但是一直处于上升阶段，处于全球领先地位。2018 年美国国际合著区域跨度达到 42 个，可见全球参与到该领域中的国家近一半已经与美国进行科研合作。由于该领域高科技、高研发、高壁垒早已让中小国家望尘莫及，美国作为全球手术机器人的发源地，并且具有雄厚的经济、科技基础，因此有利于吸引其他国家开展在该领域国际合作。中国大陆在该领域起步较晚，但是后发之势不可忽视，国际合作表现逐年加

强，前期虽然落后于美国和欧洲国家地区，但是近 5 年国际合作表现较为突出。

为进一步了解欧洲国家地区在近 20 年该领域的科研合作趋势，本部分统计了国际合作篇数 Top10 国家地区中欧洲国家地区的相关数据。图 6 为国际合作篇数 Top10 国家地区欧洲国家地区国际合作篇数变化趋势，图 7 为国际合作篇数 Top10 国家地区欧洲国家地区国际合作总频次变化趋势，图 8 为国际合作篇数 Top10 国家地区欧洲国家地区国际合作区域跨度变化趋势。

由图 8 可知，欧洲国家在 2009 年之前在手术机器人领域合作一直处于相对平稳状态，2009-2011 年欧洲国家合作篇数、国家合作总频次和合作区域跨度均大幅上升，特别是意大利、英国、德国、法国、比利时的国际合作区域跨度均在 2009 年经历了大幅度的迅速上升，并且超过美国。2009 年欧债危机可能对欧洲国家的科研产生了影响，因此可能导致欧洲国家通过加强国际间合作来提高科研能力。

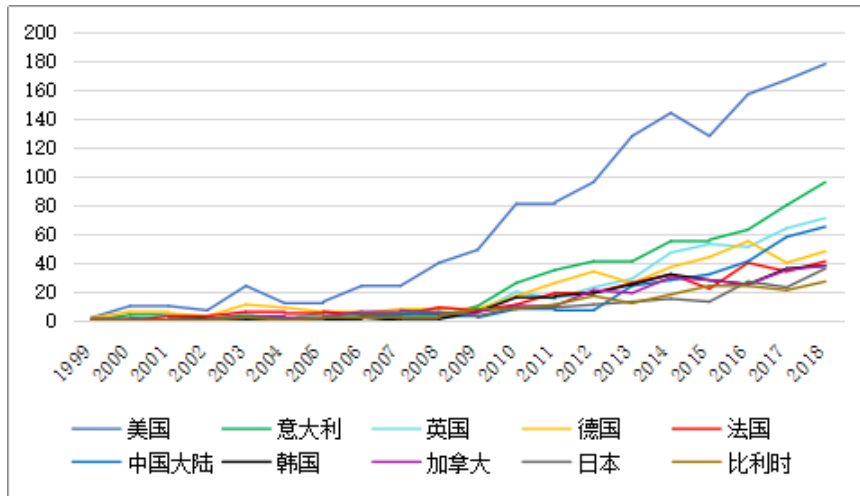


图 3 国际合作篇数 Top10 国家地区国际合作篇数变化趋势

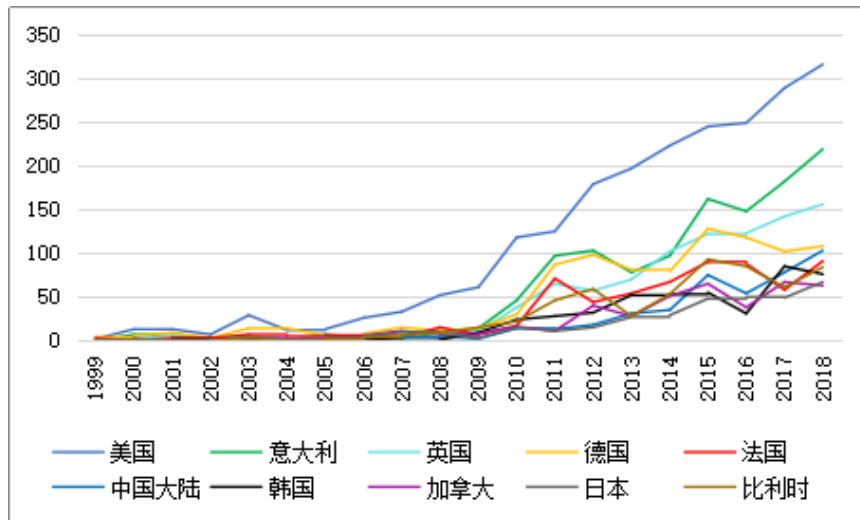


图 4 国际合作篇数 Top10 国家地区国际合作总频次变化趋势

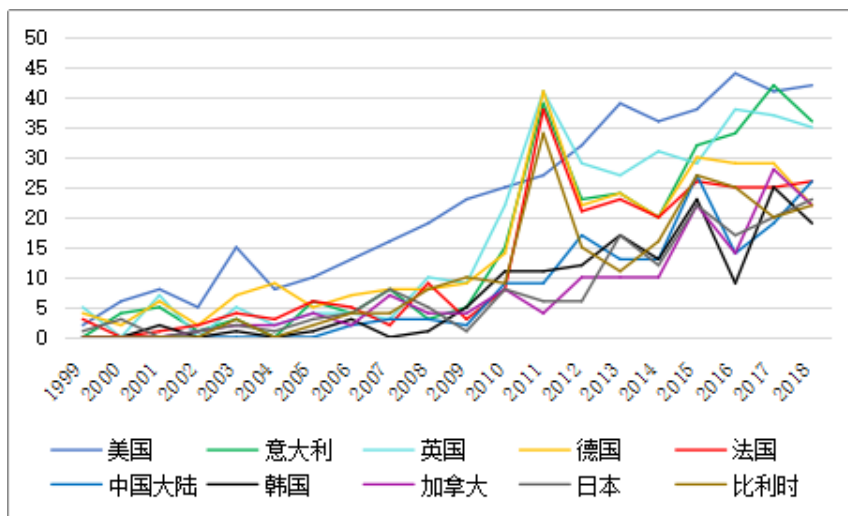


图 5 国际合作篇数 Top10 国家地区国际合作区域跨度变化趋势

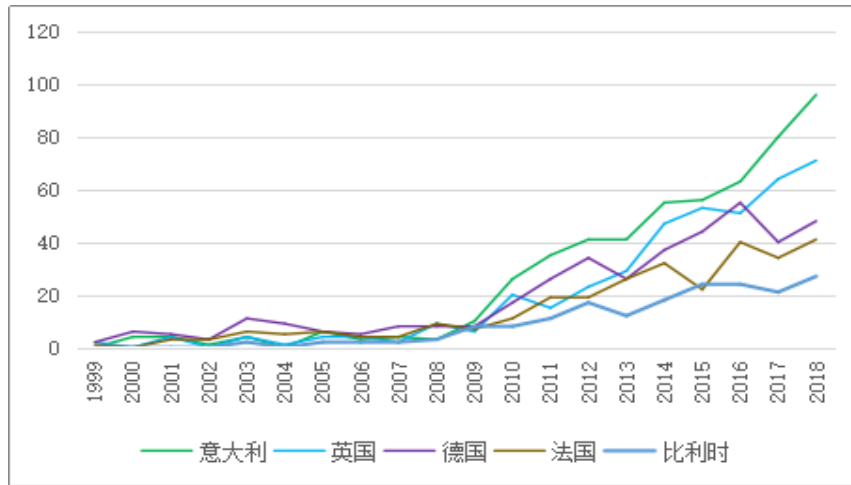


图 6 国际合作篇数 Top10 国家地区欧洲国家地区国际合作篇数变化趋势

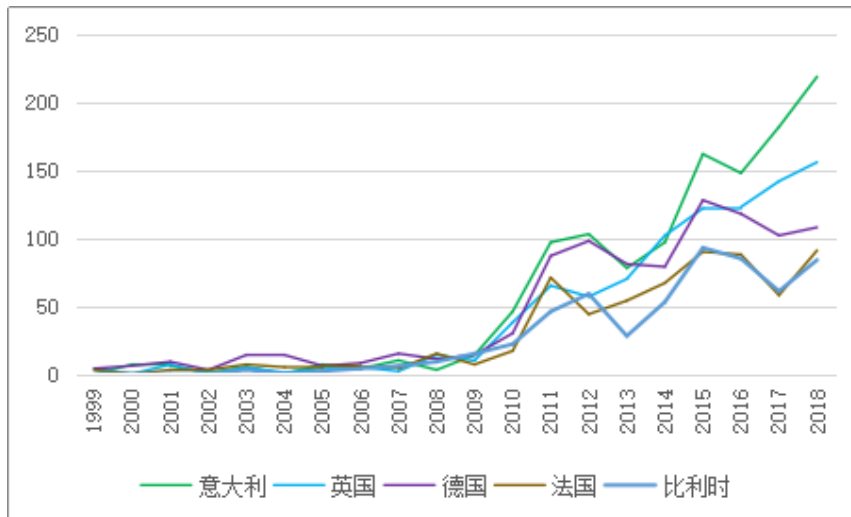


图 7 国际合作篇数 Top10 国家地区欧洲国家地区国际合作总频次变化趋势

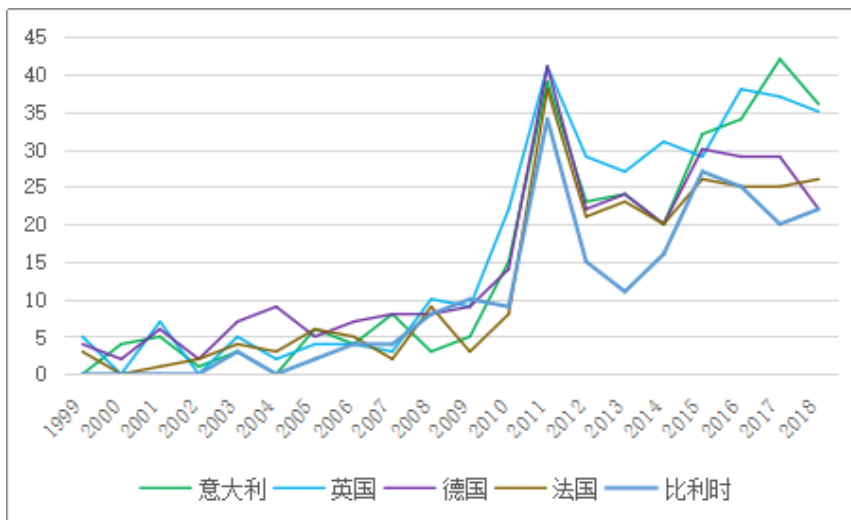


图 8 国际合作篇数 Top10 国家地区欧洲国家地区国际合作区域跨度变化趋势

意大利、德国、英国在2009年之后国际合作篇数、国际合作总频次增长速度开始加快，此后意大利合作论文数一直处于全球第二，仅次于美国，在欧洲一直处于领先地位，并且2017年意大利国际合作区域跨度再次赶超美国成为全球第一。可见意大利在手术机器人领域科研实力逐年增强，科研合作增长势头迅猛；法国相对来说在科研合作方面处于较为平稳上升趋势，德国前期雄厚的科技基础使其处于优势地位，2009年之后

开始逐渐落后于意大利和英国；比利时相对于欧洲其他国家起步较晚，目前处于波动上升阶段。

亚洲虽然在手术机器人领域研究起点低，但后发之势不容小觑，图9为国际合作篇数Top10国家地区亚洲国家地区国际合作篇数变化趋势，图10为国际合作篇数Top10国家地区亚洲国家地区国际合作总频次变化趋势，图11国际合作篇数Top10国家地区亚洲国家地区国际合作区域跨度变化趋势。

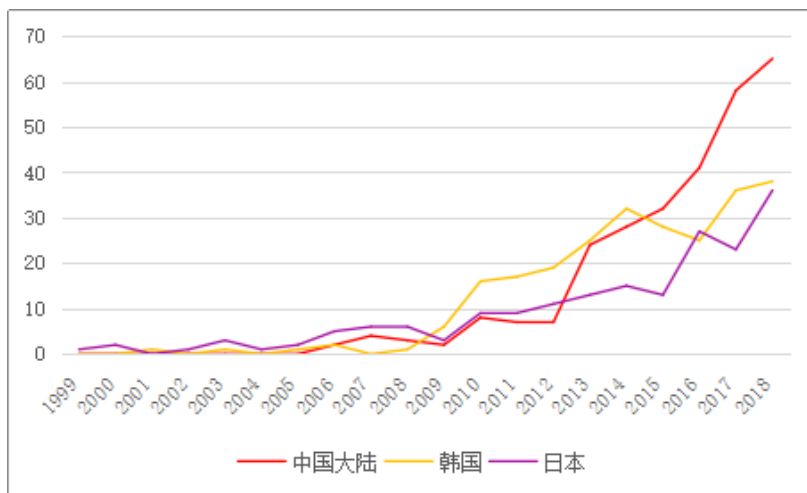


图9 国际合作篇数 Top10 国家地区亚洲国家地区国际合作篇数变化趋势

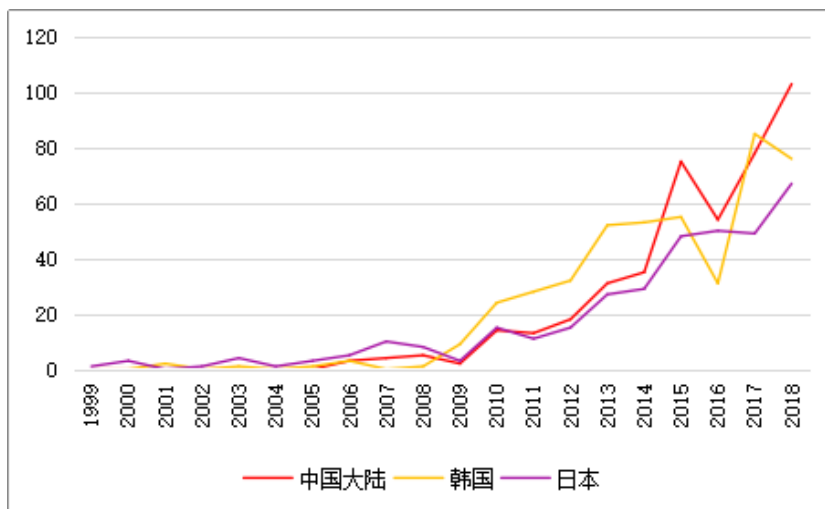


图10 国际合作篇数 Top10 国家地区亚洲国家地区国际合作总频次变化趋势

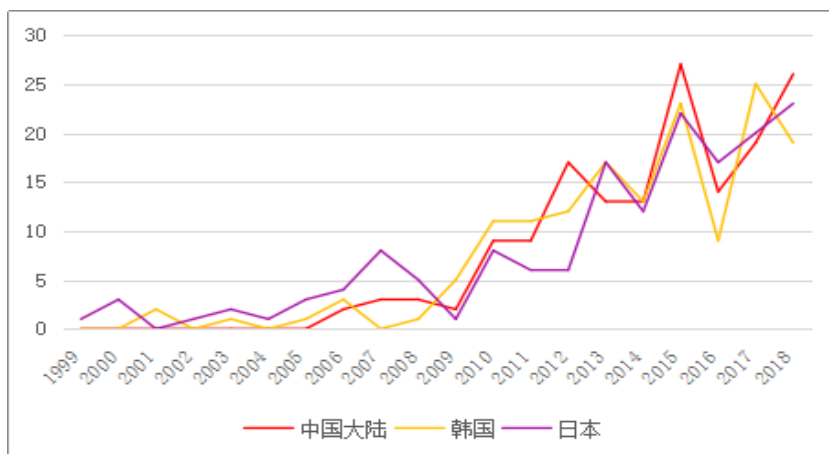


图 11 国际合作篇数 Top10 国家地区亚洲国家地区国际合作区域跨度变化趋势

相较于欧洲，亚洲国家地区在手术机器人领域起步较晚，日本作为亚洲最先进行该领域国际合作的国家，前期在国际合作方面优势较为明显，2009 年韩国在各项指标超过日本，在亚洲地区占据优势地位。

中国大陆前期相较于日本和韩国一直处于落后阶段，2006 年才开始在手术机器人领域展开国际合作，国际合作篇数在 2012 年开始进入加速阶段，2014 年超过韩国成为亚洲地区第一。目前中国大陆国际合作篇数、国际合作总频次在该领域已经上升至全球第五，仅次于美国、意大利、英国和德国。在 20 世纪，很少有外来高水平科技人才进入中国，自 2000 年之后，随着中国政府和相关机构对科技人才的培养越发重视，科技人才流向中国的现象日益明显。2010-2014 年中国在外留学生回流比例逐年增加，仅 2014 年各类留学回国人员总数就达 36.84 万人^[10]。可见，随着我国政府重视程度的提高和海外人才的引进，我国在手术机器人领域科研合作能力显著提高，国际合作趋势逐渐加强。但是相较于其他处于领先地位的国家地区，我国在手术机器人领

域国际合作能力仍有待提高。

4 研究结论与建议

手术机器人在医学领域发挥着越来越重要的作用，吸引着越来越多的学者进行相关的研究，并且手术机器人技术的多学科交叉性推动学者开展积极的科研合作。为了解手术机器人领域研究成果的发展态势和科研合作情况，本文基于 Web of Science 数据库对手术机器人领域科技论文进行检索与收集，运用文献计量学方法对全球手术机器人领域研究成果进行统计分析，得到如下结论。

(1) 近二十年手术机器人领域论文数量虽然呈现一定的波动性，但是整体来看，仍以持续增长趋势为主。在 1999-2008 年间，手术机器人领域论文数呈现增长趋势相对较为平稳，每年新增数量基本维持在十位级别，第二个十年该领域全球发文继续保持增长，增幅明显高于前一个十年，年增长幅度保持在百位量级，手术机器人成为全球研究的前沿热点领域。

(2) 通过作者、机构、国家地区层面的合作度、合作率来看,手术机器人领域合作现象非常普遍,该领域合作广度和合作深度不断提高,合作趋势越来越强。研究发现,合作率、合作度不能全面准确考察宏观层面的国际合作,而合作论文篇数、国际合作区域跨度和国际合作总频次能够更好地反映一个国家的国际合作情况,因此本文采用这三个指标对国际合作进行分析。

(3) 通过合作论文篇数、国际合作区域跨度和国际合作总频次对手术机器人领域国际合作分析发现,整体来看各个国家国际合作呈现上升趋势。美国在全球手术机器人领域国际合作中处于绝对的优势地位,全球参与到该领域中的国家近一半已经与美国进行科研合作。欧洲国家在2009年之前在手术机器人领域合作一直处于相对平稳状态,2009-2011年欧洲国际合作篇数、国际合作总频次和国际合作区域跨度均大幅上升。日本作为亚洲最先进行该领域国际合作的国家,前期在国际合作方面优势较为明显,2009年韩国在各项指标超过日本,在亚洲地区占据优势地位。中国大陆前期相较于日本和韩国一直处于落后阶段,随着我国政府重视程度的提高和海外人才的引进,我国在手术机器人领域科研合作能力显著提高,国际合作趋势逐渐加强。但是相较于全球领先地位的美国仍有很大差距,仍需要借鉴美国、欧洲等国家开展国际合作。

综上所述,手术机器人领域已经成为研究热点,并且该领域科研合作趋势愈加明显,但仍存在国际科研合作不平衡现象。因此,本文提出以下建议:第一,加强手术机器人领域国际科研项目合作机制建设,不拘泥于国内和国

外,中国应该通过积极主动参与到国际科研合作项目中,可以实现优势互补,广泛吸收国际资源。第二,加强手术机器人领域学者之间的跨国际交流与合作,作者在同一单位中的合作率更高,手术机器人作为一门交叉学科,要想实现长远发展必须加强学者之间的跨国际、跨学科的知识交流和经验分享。

参考文献

- [1] 李扬,周岷峰.我国医疗机器人产业发展特征分析[J].机器人产业,2018(2):95-100.
- [2] 吴海平.合著论文作者贡献权重算法研究[J].农业图书情报学刊,2017,29(3):56-58.
- [3] Robotics in the United States of America.A Roadmap for U.S.Robotics—From internet to robotics[EB/OL].(2013-03-20)[2013-09-30].<http://fffgb8fa5ca86fb3466fb24d91a40a13745ehcv06pk9ofvx56xfq.fgyfj.edu.cn/sites/default/files/2013%20Robotics%20Roadmap-rs.pdf>.
- [4] H2020ICT work programme published[ETB/OL]. [2013-11-16].<http://fffgb0169892df8049938c8293d07c7bcc30hcv06pk9ofvx56xfq.fgyfj.edu.cn/il-ict/h2020-ict-work-programme-published/>.
- [5] 中华人民共和国科学技术部.服务机器人科技发展“十二五”专项规划[EB/OL].[2013-11-20].<http://fffg1a9347e65bdd41e18d23fa73b5a4170fbcv06pk9ofvx56xfq.fgyfj.edu.cn/tztg/201204/W020120424329165624165.pdf>.
- [6] 林菡密,孙绍荣.2001-2010年基于CSSCI的行为经济学文献计量分析[J].现代情报,2011,31(5):92-97.
- [7] 游小璩.多维邻近视角下美国高校科研合作的空间演化与动力机制研究[D].上海:华东师范大学,2018.
- [8] 刘海燕,李琳,李雪蓉.《系统工程理论与实践》1981-2015年文献计量分析[J].系统工程理论与实践,2017,37(3):805-816.
- [9] 袁晓园,华薇娜.中国图情学国际合著论文的文献计量分析[J].情报杂志,2014,33(10):137-141+158.
- [10] 中国科协调研宣传部.中国科技人力资源发展研究报告[M].北京:中国科协调宣部,2014:86-87.