

2000—2009 年免疫学领域发展态势分析 ——基于文献计量方法及数据(I)

金碧辉¹, 杨立英¹, 吕群燕², 龚旭³, 韩宇³

1. 中国科学院文献情报中心, 北京 100190
2. 国家自然科学基金委员会医学科学部, 北京 100085
3. 国家自然科学基金委员会政策局, 北京 100085

免疫学作为当代生命科学中一个十分活跃的研究领域, 在人类抵御有害环境以及预防和治疗疾病方面做出了杰出贡献。经过几十年的发展, 免疫学研究已经渗透至生命科学的各个方面, 在生物科学与医学科学之间以及医学科学内部各子学科之间形成了众多的交叉学科, 并不断结出硕果。例如, 诺贝尔医学与生理学奖就多次青睐于从事免疫学研究的科学家。据统计, 自 20 世纪以来, 诺贝尔奖惠顾免疫学领域达 18 次之多, 约占同期总颁奖次数的 20%。20 世纪 70 年代以后, 免疫学每 10 年就有 3 次获奖。这些重大科学发现引领和推动了免疫学领域的迅速发展。

为了更好地了解世界免疫学领域的发展态势和评价中国在免疫学领域的研究现状, 我们采用文献计量分析的方法, 对世界各国的 SCI 论文数据进行统计分析¹和内容挖掘, 以免疫学领域 16 个重要研究方向²的 SCI 记录作为数据源, 试图从一个侧面来比较中国与相关发达国家的差距, 揭示国家和科研机构层面的研究概况。

1 免疫学发展的基本态势

1.1 世界免疫学领域的研究呈现平稳发展的基本态势

科研人员撰写论文的数量是有极限的, 因而论文数量的多少在一定程度上反映了科学研究的规模。

对免疫学领域 16 个重要研究方向 (基本上能够代表免疫学领域的总体情况)³ 2000—2009 年的论文总量进行统计 (图 1), 结果表明, 世界免疫学领域在过去的十年间, 根据发展速度的快慢, 大致可以分成两个阶段: 2000—2002 年是平稳发展阶段, 2003 年后增长速度开始加快。在后一阶段, 每年

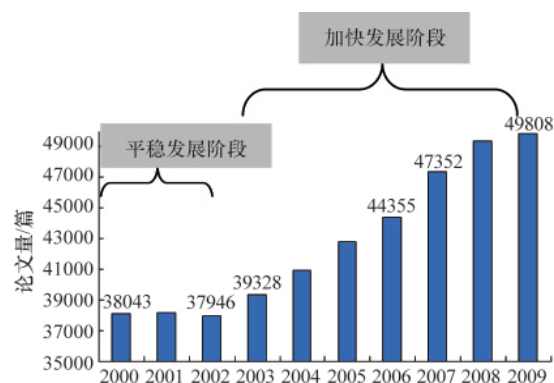


图 1 2000—2009 年免疫学领域 SCI 论文数量

论文的增长量在 2000 篇左右, 其中, 2007 年的论文数量比前一年增加了近 3000 篇, 是历年来增长量最大的年份。但从十年间约 3.04% 的平均增长率来看, 世界免疫学领域的整体研究规模表现出平稳发展的态势。

1.2 主要国家研究规模基本稳定, 中国发展迅速

世界免疫学领域平稳发展态势是各国发展态势的整体反映。表 1 提供了免疫学领域发表论文最多的十国 (即 TOP10 国家) SCI 论文的时间序列数据。统计表明, 2000—2009 年的十年间, 除中国外, TOP10 国家免疫学的 SCI 论文数量基本上在一个较窄的幅度内缓慢增长或波动。这说明各国在免疫学领域的研究在过去十年彼此之间的研究力量保持了一种相互竞争的稳定状态。

中国是 TOP10 国家中唯一的新兴力量, 免疫学 SCI 论文数量从 2000 年的 268 篇快速增长到 2009 年的 2771 篇, 世界

本文转载自国家自然科学基金委员会政策局编《学科政策动态》2011 年第 16 期。

¹ 为了重点反映中国大陆在免疫学领域的发展现状, 统计中国的数据中不包含中国香港、澳门和台湾。

² 本报告中免疫学重要研究方向的遴选方法如下: 第一, 结合汤森-路透科技公司《期刊引证报告》(JCR) 公布的免疫学相关领域 117 种期刊和国内免疫学专家推荐的在这 117 种期刊之外的免疫学期刊, 形成 139 种样本期刊数据源; 第二, 从上述期刊中检索出关键词, 对全部样本关键词依时间序列进行统计, 同时考虑词频分布与增长两个因素, 挑选出词频总量与成长性都较好的 249 个关键词作为核心关键词集; 第三, 对 249 个关键性关键词进行共词聚类, 获得 19 个关键词词簇——每个词簇初步构成一个研究方向, 再请有关专家对 19 个关键词词簇进行分析和归纳, 最终形成 16 个重要研究方向。

³ 这 16 个方向是: 超敏反应及超敏反应性疾病、细胞因子、HIV 的感染及治疗、抗原提呈与抗原加工、HLA、固有免疫对抗原的识别、炎症反应、淋巴细胞的生物学研究、抗感染免疫、自身免疫、肿瘤免疫、疫苗和佐剂、移植免疫、免疫学技术及应用、免疫治疗、免疫调节。

表 1 2000—2009 年免疫学领域 TOP10 国家 SCI 论文数量

国家	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
美国	12548	12824	12578	13059	13498	13649	14227	14610	14874	14272
日本	3964	3818	3646	3695	3625	3716	3605	3602	3748	3581
德国	2770	2776	2759	2707	2753	2866	2911	2886	2952	2937
中国	268	316	352	567	710	994	1348	1869	2343	2771
英国	2751	2756	2565	2582	2697	2653	2666	2785	2728	2501
意大利	1847	1796	1855	1929	1870	2070	2113	2165	2237	2220
法国	2010	1894	1869	1950	1802	1946	1906	2014	2001	2055
加拿大	1203	1071	1136	1158	1212	1381	1288	1461	1532	1553
西班牙	973	1035	1111	1142	1160	1266	1310	1420	1426	1531
荷兰	924	931	934	954	1000	1067	1030	1098	1157	1122

排名也从 2000 年的第 22 位跃升到 2009 年的第 4 位(表 1),成为近十年世界免疫学领域发展最快的国家。

表 2 列出了 2000—2009 年被引频次位于前十位国家的数据。由于 SCI 论文的被引频次是发表论文以来的被引次数总计,因此具有时间上的累积性。论文发表时间越长,获得的被引次数就可能越多。数据表明,中国以外的其他国家在 2000 年的被引频次均为 2009 年的 18 倍到 37 倍,而从两个 5

年期的比较来看,前一个 5 年期均为后一个 5 年期 2 倍左右;中国的表现与其他国家却截然不同。中国 2000 年的被引频次仅为 2009 年的 1.7 倍,前后两个 5 年期相比,后一个 5 年期的被引频次远远超出前一个 5 年期。究其原因,固然与中国后一个 5 年期论文量剧增有密切关系,但也说明了中国免疫学在产出规模取得强劲发展的同时,整体学术影响力也有所突破。

表 2 免疫学领域引文 TOP10 国家+中国 SCI 论文被引频次分布

国别	2000	2009	A:B	2000—2004	2005—2009	C:D
	A	B		C	D	
美国	507337	18299	27.7	2187369	817960	2.7
英国	89311	3220	27.7	381028	136287	2.8
日本	87299	2343	37.3	345073	116321	3.0
德国	75596	2922	25.9	316424	119480	2.6
法国	48171	1899	25.4	213374	78503	2.7
意大利	46100	1743	26.4	194649	79035	2.5
加拿大	40732	1482	27.5	155851	59704	2.6
荷兰	29419	1238	23.8	128487	51356	2.5
澳大利亚	23040	1154	20.0	106302	42463	2.5
西班牙	18056	961	18.8	90900	41389	2.2
中国	2070	1198	1.7	20512	31920	0.6

1.3 各重要研究方向发展态势不一,呈现出三种不同形态

在世界免疫学 16 个研究方向论文总量呈现稳步发展的态势下,16 个研究方向依据其自身的研究内容和研究规模,在论文数量的时间序列分布上,却表现出各自不同的发展轨迹。从图 2 可以看到,16 个研究方向的发展轨迹呈现出三种不同形态。

(1) 快速上升:炎症反应、疫苗和佐剂、免疫调节三个方向在十年中发展迅速(图 2 中用红色曲线标记),前者 2009 年比 2000 年增长了 130%,而后二者则增长了 70%左右。在过去十年间,三个方向的研究规模得到了迅速扩展。

(2) 中速增长:固有免疫、HIV、肿瘤免疫、自身免疫、移植免疫、超敏反应和免疫治疗等七个研究方向(图 2 中用蓝色曲线标记)在 2009 年比 2000 年论文增长了约 20%—50%

之间,与免疫学领域整体增长 31%的论文量较为接近。其中 HIV 方向的增长为 20%左右,而自身免疫为 47%。七个方向的研究规模在一定程度上均有所扩大。

(3) 徘徊发展:有六个研究方向(图 2 中用黑色曲线标记)在十年间论文数量增长缓慢,甚至负增长。其中,细胞因子在所有方向中论文数量最多,十年间一直在 9000—10000 篇徘徊;HLA、抗原提呈、淋巴细胞生物学研究等方向研究规模较小,一直在低位徘徊;抗感染免疫和免疫学技术的增长幅度也很小,前者为 1.24%,后者为 8.7%。

1.4 基础研究方向具有较强的关联性,应用研究方向相对独立

现代科学技术发展的一个重要趋势是:学科分化加速,新学科和分支学科不断涌现,同时在分化的基础上又在进行着学科间的交叉与融合。研究方向作为映射领域发展过程的

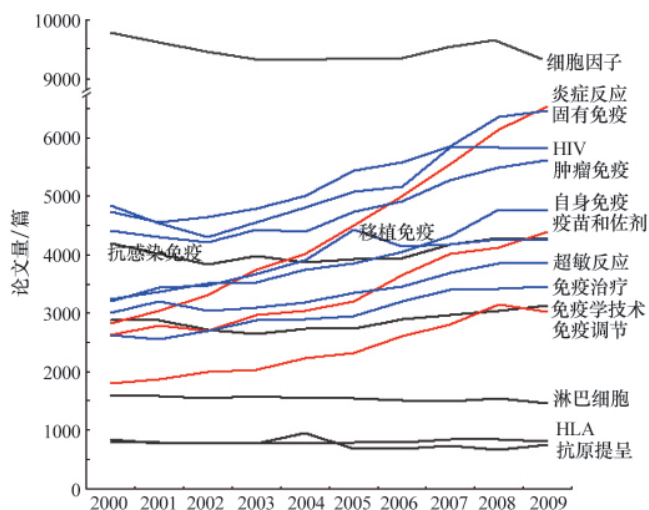


图2 2000—2009年16个研究方向SCI论文数量的时间序列分布

一个重要组成部分,对其进行考察,可以了解和描述领域内部研究内容的关联、渗透和融合关系。

为了比较16个重要研究方向的交叉关系演变状况,我们选取2000年、2005年和2009年三个时间点的论文数据为样本,形成了16个研究方向的16×16的交叉关系矩阵。统计结果显示,这种交叉关系所构建的网络结构在这三个时间点上基本是相同的。这说明,虽然学科研究的内容随研究工作进展而变化,但研究方向之间的关联关系在一定的时间阶段内保持相对稳定。

由于这三个时间点的交叉关系大体相同,在此仅以2009年的交叉关系为例来分析:图3的球状节点代表16个重要方向,展示了16个方向的网络关联关系。在一定阈值下,图中偏左侧红色的节点所代表的7个研究方向构成了整个网络中关联最强的子网络,即细胞因子、固有免疫对抗原的识别、抗原提呈与抗原加工、淋巴细胞的生物学研究、免疫调节、抗感染免疫和肿瘤免疫,这7个方向形成了一个相互间都有交叉的凝聚子群。这些方向涉及的内容与免疫学领域的

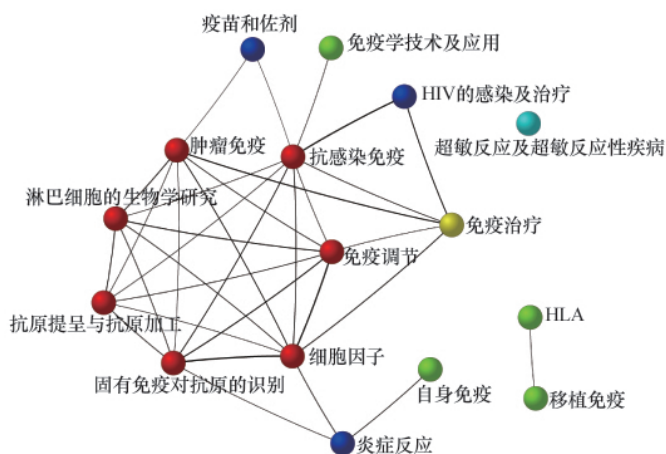


图3 2009年免疫学领域16个研究方向交叉关系网络结构

基础理论研究相关,与其他研究方向相比,其相互间具有更高的交叉度和关联度。

疫苗与佐剂、HIV、免疫治疗、炎症反应和免疫学技术等方向属于应用研究内容,它们以不同的凝聚强度聚集在前述的7个方向的凝聚子群周围。而在这16个研究方向中,超敏反应及超敏反应性疾病似为孤立的节点,与其他方向交叉联系强度相对较小;HLA和移植免疫这两个方向也独立于核心网络之外。

2 中国免疫学研究的国际地位分析

当今的世界科学格局在各国激烈的科学技术较量中发生着变化乃至重构。这种变化甚至是革命性的变革,可以在论文的数量和被引频次数量变化中得到印证。世界科学的发展最终体现在科学产出上,而科学产出又可以从数量规模和学术影响两个方面加以测度和分析。

2.1 中国免疫学SCI论文增速高于中国全部SCI论文

对中国在2000—2009年间免疫学领域的SCI论文和中国全部SCI论文增长速度的统计表明,中国免疫学论文数量的增长速度略快于中国全部SCI论文数量的增长速度。21世纪以来的十年时间,中国免疫学论文数量的倍增期为2.7年,而中国全部SCI论文数量的倍增期为4.3年(图4)。

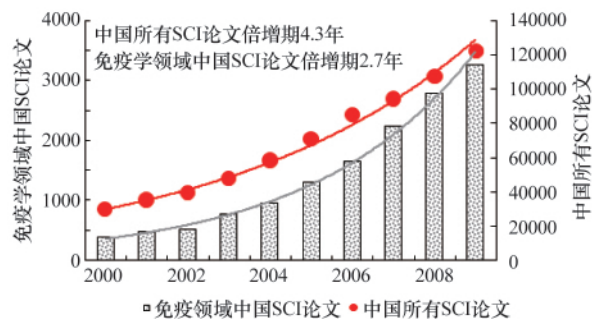


图4 2000—2009年中国SCI全部论文与免疫学论文的时间序列和倍增期

注:本图中国论文和免疫学论文均按全作者统计。

从倍增期的差异上可以看出,中国免疫学研究在规模的扩展上要快于中国科学整体规模的扩展。此外,2000年免疫学领域论文占当年中国SCI论文总数的1.3%,2009年则占当年SCI论文总量的2.7%。这说明中国免疫学起步较晚却发展较快。

2.2 2005—2009年中国免疫学SCI论文综合排名居世界第8位

论文和引文统计数据从研究规模与影响力水平两个角度分别描述学科发展态势。对于部分国家而言,这两个层面的发展是均衡的,但另外一些国家的发展却快慢不一。出于综合评价中国免疫学水平的考量,我们采用标准分的方法,将论文数量与被引频次两项指标合并起来考虑,从而获得各国论文与引文的综合得分以及国际排名,以此来考察中国免



疫学领域的综合水平。

我们用 2000—2004 年和 2005—2009 年两个时间窗,来分别计算每个国家的论文标准分和被引频次标准分并进行加和,得到各国在两个时间段的综合分值和国际排名。表 3 列出了前一个 5 年期排名位于中国之前的 17 个国家、以及

中国、中国台湾和印度的排名变化情况。数据表明,排名列前 7 位的国家皆为美、日、英、德、意、法加等传统科技强国,这些国家中除意大利的排名在前后两个时间段中上升了 1 个位次外,其他国家基本没有变化。这说明近十年来传统科技强国在免疫学领域的领先地位比较稳固。

表 3 免疫学领域主要国家综合排名

国别	2000—2004 年		标准分	综合排名	2005—2009 年		标准分	综合排名	位次变化
	论文数	被引频次			论文数	被引频次			
美国	64507	2187369	25.2	1	71632	817960	25.2	1	—
日本	18748	345073	6.9	2	18252	116321	6.2	2	—
英国	13351	381028	6.1	3	13333	136287	5.8	3	—
德国	13765	316424	5.8	4	14552	119480	5.7	4	—
意大利	9297	194649	4.3	6	10805	79035	4.5	5	上升 1
法国	9525	213374	4.5	5	9922	78503	4.3	6	下降 1
加拿大	5780	155851	3.5	7	7215	59704	3.6	7	—
中国	2213	20512	2.1	18	9325	31920	3.6	8	上升 10
西班牙	5421	90900	3.1	9	6953	41389	3.3	9	—
荷兰	4743	128487	3.2	8	5474	51356	3.2	10	下降 2
澳大利亚	4103	106302	2.9	10	5065	42463	3.0	11	下降 1
韩国	2739	40704	2.3	13	5439	26099	2.9	12	上升 1
瑞典	3659	86956	2.8	11	3825	33960	2.7	13	下降 2
瑞士	2780	92818	2.6	12	3179	34103	2.6	14	下降 2
巴西	2112	25062	2.1	17	4556	16492	2.6	15	上升 2
印度	1969	16710	2.1	22	3833	12163	2.4	16	上升 6
比利时	2183	53975	2.3	14	2539	21411	2.3	17	下降 3
中国台湾	1805	28454	2.1	20	3082	14509	2.3	18	上升 2
以色列	2062	43229	2.2	15	2087	15558	2.2	20	下降 5
奥地利	1859	42074	2.2	16	1853	15847	2.1	21	下降 5

中国、印度、巴西、韩国等新兴国家则表现出迅速前进的发展特征:中国的综合排名在前一个 5 年期还居世界第 18 位,到后一个 5 年期上升到世界第 8 位,上升幅度是各国中最大的。印度在后一个 5 年期上升了 6 个位次,巴西和中国台湾上升了 2 个位次,韩国上升了 1 个位次。可见,这些新兴国家在免疫学领域取得了显著进步。

2.3 中国在免疫学领域 16 个重要方向的国际排名取得进步,但论文产出和学术影响力远低于美国;除个别方向水平接近外,与英国、日本也存在整体差距

前面的分析表明,中国在免疫学领域表现出整体迅速前进的特征。在 16 个重要研究方向的国际排名上,中国论文与引文指标同样表现出全面推进的局面。图 5 揭示了中国在 16 个研究方向上 2000—2004 年、2005—2009 年论文和引文的国际排名。

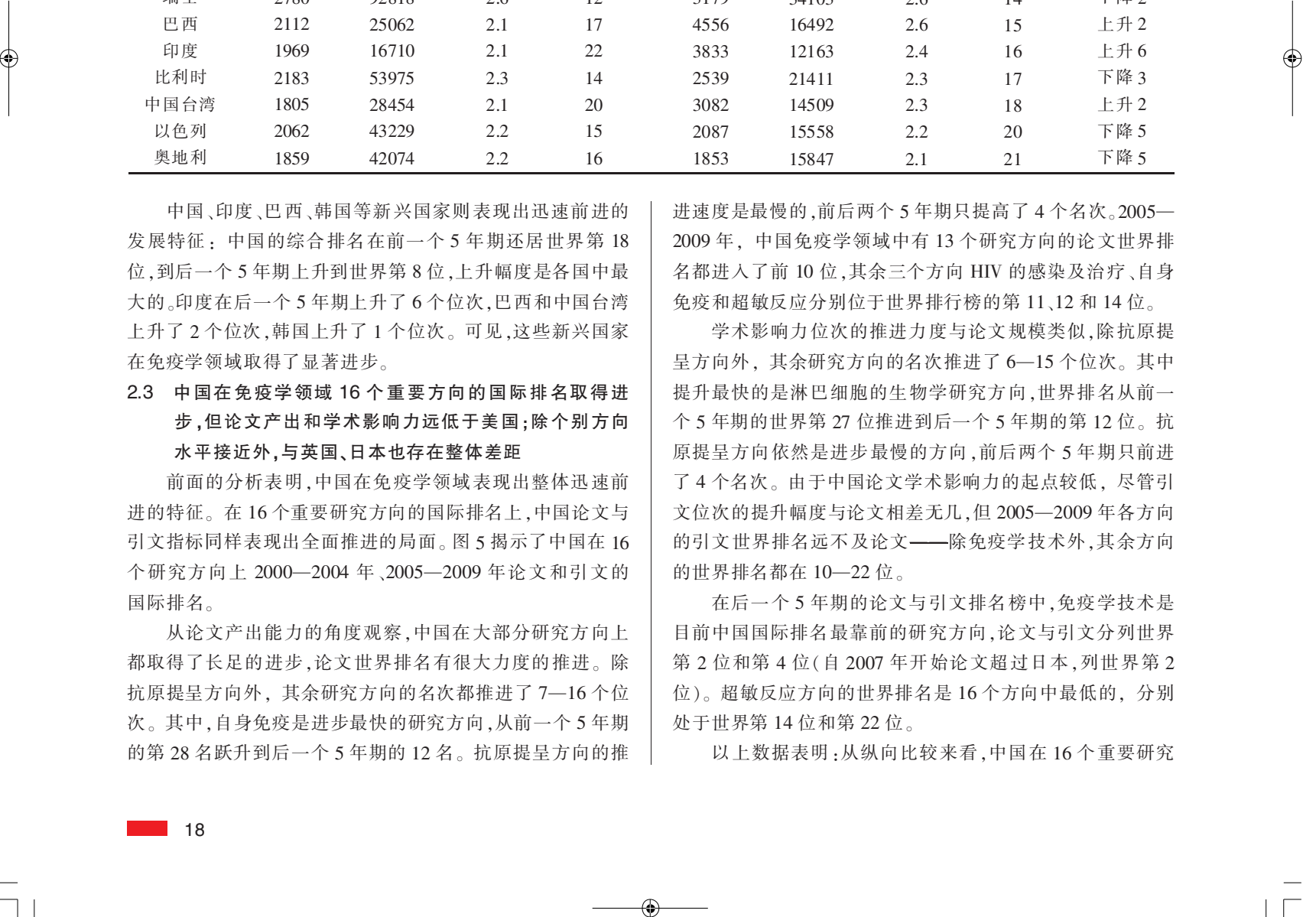
从论文产出能力的角度观察,中国在大部分研究方向上都取得了长足的进步,论文世界排名有很大力度的推进。除抗原提呈方向外,其余研究方向的名次都推进了 7—16 个位次。其中,自身免疫是进步最快的研究方向,从前一个 5 年期的第 28 名跃升到后一个 5 年期的 12 名。抗原提呈方向的推

进速度是最慢的,前后两个 5 年期只提高了 4 个名次。2005—2009 年,中国免疫学领域中有 13 个研究方向的论文世界排名都进入了前 10 位,其余三个方向 HIV 的感染及治疗、自身免疫和超敏反应分别位于世界排行榜的第 11、12 和 14 位。

学术影响力位次的推进力度与论文规模类似,除抗原提呈方向外,其余研究方向的名次推进了 6—15 个位次。其中提升最快的是淋巴细胞生物学的研究方向,世界排名从前一个 5 年期的世界第 27 位推进到后一个 5 年期的第 12 位。抗原提呈方向依然是进步最慢的方向,前后两个 5 年期只前进了 4 个名次。由于中国论文学术影响力的起点较低,尽管引文位次的提升幅度与论文相差无几,但 2005—2009 年各方向的引文世界排名远不及论文——除免疫学技术外,其余方向的世界排名都在 10—22 位。

在后一个 5 年期的论文与引文排名榜中,免疫学技术是目前中国国际排名最靠前的研究方向,论文与引文分列世界第 2 位和第 4 位(自 2007 年开始论文超过日本,列世界第 2 位)。超敏反应方向的世界排名是 16 个方向中最低的,分别处于世界第 14 位和第 22 位。

以上数据表明:从纵向比较来看,中国在 16 个重要研究



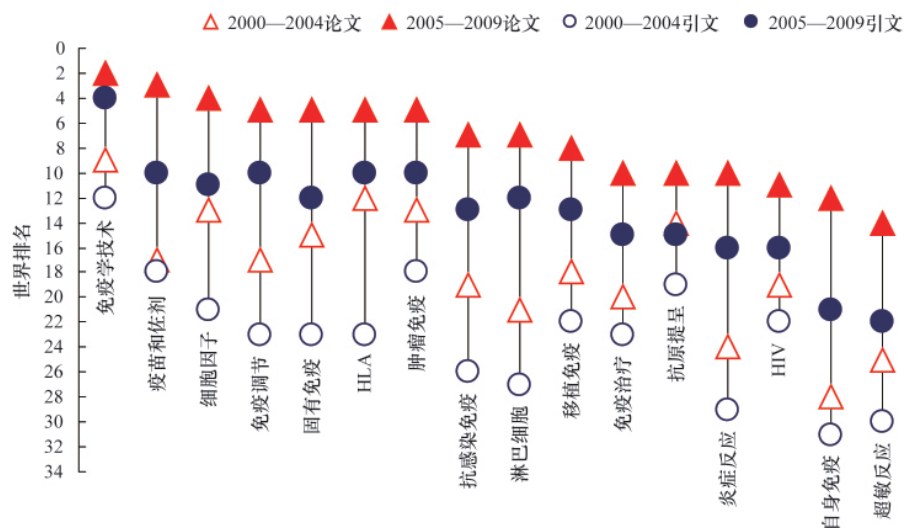


图5 16个方向中国SCI论文产出能力与学术影响力的世界排名

方向的论文产出能力和学术影响力已经有了显著提升。但是,从横向比较来看,中国与发达国家还存在明显差距。由于美国在各个方向的超一流实力,中国与美国无论在论文还是引文指标中,都不在同一数量级别,差距悬殊,例如HIV的感染及治疗方向上,美国的十年论文是中国的27倍,十年引文数量是中国的125倍。

为了寻找中国与美国以外国家的差距,我们选择英国和日本作为代表性的定标国家,以2005—2009年这5年的数据为样本,统计16个重要研究方向英国和日本论文及引文数量大于中国的倍数,以此来分析在不同研究方向上中国与英日的差距(图6、图7)。

就论文数量而言,中国与日本、英国差距最大的研究方向均为自身免疫和超敏反应。日本在两个研究方向上的论文数量均比中国多3.2倍和3.1倍,英国分别比中国多2.2倍和2.4倍。而在免疫学技术、疫苗佐剂和HIV等方向,中国的论文数量超过日本,特别是疫苗佐剂超过日本202篇。中国在

免疫学技术、细胞因子和肿瘤免疫等方向的论文数量超过英国,特别是免疫学技术研究方向上,中国的论文数量比英国多693篇(图6)。

就学术影响力而言,中国与日本、英国差距最大的研究方向依然是自身免疫和超敏反应,日本的被引频次比中国分别多8.2倍和6倍;英国比中国分别多11倍和13倍。中国与日本差距最小的研究方向是免疫学技术、疫苗和佐剂,日本的被引频次均比中国多0.2倍。与英国相比,中国在免疫学技术方向的被引频次反超英国1034次,比英国多了0.26倍,是16个方向中唯一被引频次超过英国的方向。此外,中国与英国差距最小的研究方向是肿瘤免疫,英国的被引频次比中国多1.1倍(图7)。

总体看来,无论是论文指标还是引文指标,中国与英国、日本在绝大多数研究方向上仍有显著差距,但在个别研究方向上,中国在论文指标方面取得了突破,研究规模趋近或者略超英国、日本。

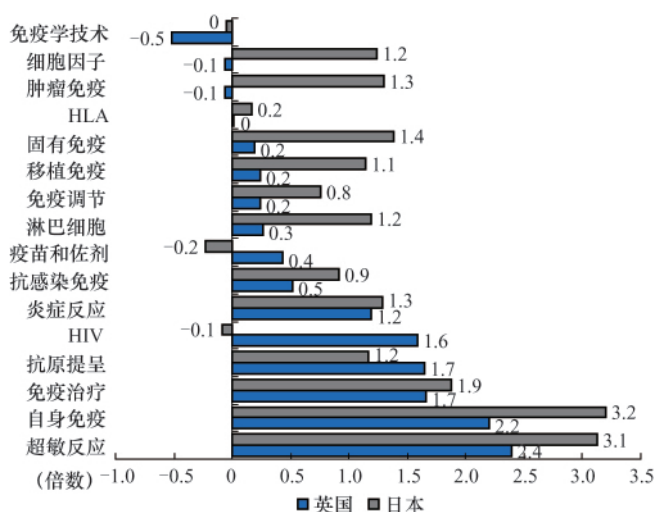


图6 2005—2009年免疫学领域中国SCI论文产出与英、日比较

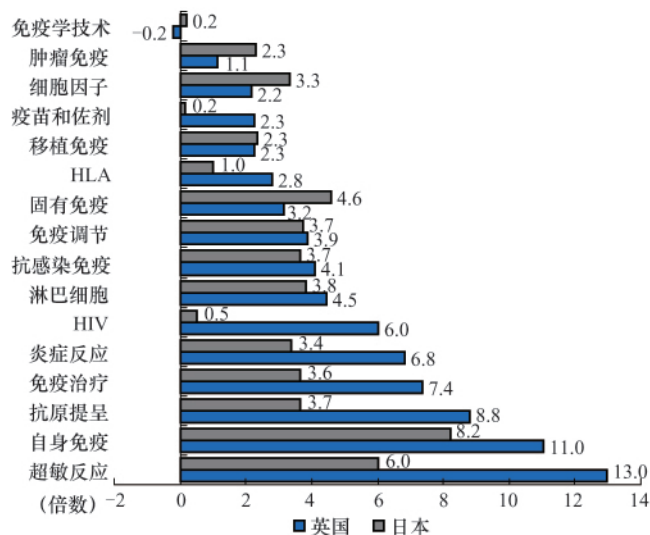


图7 2005—2009年免疫学领域中国SCI论文学术影响力与英、日比较

3 免疫学领域重要研究成果(高被引论文)的国际比较

已有研究表明,论文的被引频次可以体现研究成果的学术影响力。在当今信息交流日益快捷的环境下,除了少数超越当代科学家认识范围的研究成果外,一般说来,大多数重要研究成果在发表后均能获得较高的被引频次。

从世界范围来看,每年能够被称之为重要研究成果的论文不过数千篇。例如,根据最近(2011年5月9日)对2006年发表的被SCI收录的127万篇论文的统计,被引频次大于等于100的论文有7000多篇。鉴于此,我们以免疫学领域2004—2008年每年被引最高的1000篇论文(合计5000篇)作为统计样本(考虑到2009年发表的论文被引时间很短,所以未选择2009年的论文),以TOP1000样本中论文总量高于中国的20个国家为定标国家,进行重要研究成果产出能力

的比较。

对2004—2008年5年的5000篇TOP论文的统计表明,每年涉及这些论文的国家约31—35个。从拥有TOP论文的数量看(表4),美国在5000篇重要论文中拥有2726篇,占全部TOP论文的份额半数以上,而同期美国全部论文占世界的份额为31%(份额a),这说明美国以31%论文份额贡献了54%(份额b)的重要成果,彰显了美国在当今免疫学领域中不可撼动的引领地位。美国之外的其他科技强国中,英国、瑞士的TOP论文份额相对其全部论文份额也有一定优势,英国以6%左右的世界份额拥有8%以上的TOP论文,瑞士则以1.36%份额的论文获得了2.37%的TOP论文,这两个国家均以相对较少的论文总量取得了较多的TOP论文。

韩国、南非等新兴国家在重要成果产出上也有一定显示

表4 2004—2008年免疫学领域主要国家TOP1000论文的国际比较

国家	国家论文		国家TOP论文		
	5年总计	占世界论文份额 _a	5年总计	占世界TOP论文份额 _b	占国家论文份额 _c
美国	70858	31.5%	2726	54.2%	3.8%
英国	13529	6.0%	421	8.4%	3.1%
德国	14368	6.4%	291	5.8%	2.0%
日本	18296	8.1%	206	4.1%	1.1%
法国	9669	4.3%	205	4.1%	2.1%
意大利	10455	4.7%	174	3.5%	1.7%
荷兰	5352	2.4%	137	2.7%	2.6%
加拿大	6874	3.1%	136	2.7%	2.0%
瑞士	3066	1.4%	119	2.4%	3.9%
澳大利亚	4804	2.1%	109	2.2%	2.3%
瑞典	3830	1.7%	78	1.6%	2.0%
西班牙	6582	2.9%	60	1.2%	0.9%
比利时	2385	1.1%	43	0.9%	1.8%
奥地利	1886	0.8%	39	0.8%	2.1%
以色列	2089	0.9%	32	0.6%	1.5%
韩国	4785	2.1%	31	0.6%	0.6%
爱尔兰	893	0.4%	30	0.6%	3.4%
南非	1079	0.5%	22	0.4%	2.0%
丹麦	1778	0.8%	22	0.4%	1.2%
芬兰	1437	0.6%	17	0.3%	1.2%
中国	7264	3.2%	16	0.32%	0.2%

度:韩国以32篇的数量列第16位,南非则有22篇论文入围TOP论文,列世界第18位。

中国共有16篇论文入围TOP论文,5年总量中排第21位。这一数字表明中国在重要成果的产出表现与综合排名世界第8的位置不相称,不仅与美国相去甚远,不及日本的十分之一,而且落后于韩国(32篇)、南非(22篇)等后发科技国家。此外,中国以占世界3.23%(7264篇)的论文总量,只产出了0.32%的重要成果。这说明,虽然中国目前在免疫学领域研究已初具规模,但在重要成果的产出上远远落后于整体研究规模的提升。

在当今愈演愈烈的国际科学竞争中,其焦点不在于论文数量,而在于关键性的突破成果。论文数量不太多的国家,同样能够取得相对较多的重要成果(例如瑞士)。数据表明:中国免疫学研究对国际重要研究成果的贡献还没有令世人瞩目的作为。这是中国免疫学领域起步不久且处在迅速发展时期的一个阶段性特征。如何使中国科学家进入国际主流研究、针对科学难题开展具有挑战性研究、进一步提高科学研究的质量,在今后相当长一个时期,这些问题应当得到我国科研管理者和科学家高度重视,其解决也需要付出长期不懈的努力。

(未完待续)