

· 科学论坛 ·

## 德国国际科技合作机制研究及启示

黄日茜\* 李振兴 张婧婧

(中国科学院科技政策与管理科学研究所, 北京 100190)

**[摘要]** 国际科技合作是增强国家自主创新能力, 实施创新驱动发展战略的重要举措, 但中国在国际科技合作中还面临许多问题, 未能充分有效地利用全球科技创新资源。德国通过国际科技合作, 有效整合国外优质创新资源, 极大提升了自身的创新效益和效率, 其成功经验值得中国借鉴。经过研究德国开展国际科技合作的组织架构、内容形式、开放程度和资助方式, 德国围绕其国际科技合作战略为合作对象量身打造合作计划、充分利用全球智力资源和重视国际科技合作成果的产业化等相关经验值得中国借鉴。

**[关键词]** 德国; 国际科技合作; 经验借鉴

近年来, 各国经济社会发展面临的很多重大挑战已经演变为全球性问题, 单个国家难以应对大型创新项目的客观需求<sup>[1]</sup>。另一方面, 由于面临着相似的经济和社会和环境挑战<sup>[2]</sup>, 国际科技的合作空间也日益广阔<sup>[3]</sup>。特别是由于科技资源仍然主要掌握在发达国家手中<sup>[3]</sup>, 中国也必须充分利用全球科技力量, 提升自身的创新能力<sup>[4]</sup>。

国际科技合作源于科学专业化的日益提升<sup>[5]</sup>。过去几十年间, 国际科技合作日益增加<sup>[7]</sup>, 这既是全球化的结果, 也是推动全球化发展的动力<sup>[6]</sup>。作为技术转移的高级形式, 国际科技合作已成为世界各国发展科学技术的重要途径<sup>[7]</sup>, 越来越多的新兴市场国家将国际合作作为获得新技术和新知识的来源<sup>[8]</sup>, 特别是科学基础设施不发达国家的参与意愿更为强烈<sup>[9]</sup>。此外, 通过国际科技合作, 各国不仅可以实现成本与风险共担<sup>[10]</sup>, 借助人才多元化的优势, 还有利于突破性创新的产生<sup>[13]</sup>。

近年来中国的科研机构、大学和企业的创新活动日益活跃<sup>[11]</sup>, 有研究认为中国正逐渐向全球创新中心演化<sup>[12]</sup>。虽然中国国际科技合作起步较晚<sup>[13]</sup>, 但在国际科技合作中的地位逐渐上升<sup>[14]</sup>, 每年以SCI国际合著论文体现的产出成果保持年均37%的增速<sup>[15]</sup>, 在中欧科技合作中逐渐以中国为主导<sup>[16]</sup>。在《国际科技合作发展纲要》的指导下, 中国与156

个国家签订了国际科技合作协议<sup>[17,21]</sup>。在合作模式方面, 中国主要采取政府主导式<sup>[18,22]</sup>, 合作伙伴主要为美、日、英等科技发达国家<sup>[19]</sup>; 参与主体包括高校、专业研究机构和少数企业<sup>[20]</sup>。合作领域从传统领域也逐渐扩展到新材料、激光技术和空间技术等新领域<sup>[21]</sup>。与别国不同的是, 中国十分重视科技园区在国际科技合作中的窗口作用<sup>[22]</sup>。然而, 中国的国际科技合作中也存在许多不足, 如科技计划中重复资助研究人员<sup>[23]</sup>、对外合作深度不够<sup>[29]</sup>、缺乏有效的政策支持体系<sup>[24]</sup>、企业在科技合作中的参与度不高、智力资源和知识产权流失严重等<sup>[25]</sup>。

联邦德国是科技和创新大国<sup>[26]</sup>, 据欧洲创新记分牌2014年对欧盟27个成员国创新绩效的测评结果, 德国整体创新绩效位列瑞典和丹麦之后, 属于创新领导国家。在德国的国家创新体系中, 国际科技合作的地位十分突出。德国科研政策的核心内容为: 科技国际化战略、高技术战略、研究与创新协定、卓越计划。特别是德国的科技国际化战略, 被设计来帮助德国公司发展与世界领先高科技地区、新兴高科技地区以及最有创新潜力地区的长期合作伙伴关系, 其发展经验可以为中国提供借鉴。但国内只有陈强、鲍悦华和李建昌<sup>[27]</sup>研究了德国国际科技合作的部门、战略和特点。本文将通过梳理德国国际科技合作的主要参与部门, 研究德国的合作战略、

收稿日期: 2015-11-16; 修回日期: 2016-04-18

\* 通信作者: .Email: hrq9618@163.com

合作形式、开放程度和资助方式,归纳出德国国际科技合作的特点,并就中国完善国际科技合作提出相应的政策建议。

## 1 德国国际科技合作机制研究

### 1.1 德国国际科技合作部门

德国联邦政府和州政府都能各自开展国际科技合作。在联邦政府层面,联邦教育与研究部是宏观决策与管理部門。在州政府层面,各州也频繁参与国际科技合作。下文所说的国际科技合作投入主要指联邦政府对国际合作项目的资助<sup>①</sup>。在德国的科研体系里(图1),科研资助基金和科研机构也活跃于国际科技合作。

#### 1.1.1 联邦教育与研究部

联邦教育与研究部负责科研与教育活动,它掌握联邦政府约三分之二的研发预算,用于资助科研项目,包括国际科技合作项目的资助。2014年联邦教育与研究部用于国际科技合作支出达9.9亿欧元,比2009年的3.9亿欧元的支出多了2.5倍(据 Education and Research in Figures 2015, Federal Ministry of Education and Research)。联邦教育与研究部下属的德国研究共同体、国际事务办公室、德意志学术交流中心,是国际科技合作的主要实施部门。

德国研究共同体在欧盟层面除了为德国参与欧盟科技合作活动提供资助,还代表德国担任与其他欧洲研究机构双边或多边合作伙伴。开展与发展中国家的国际科技合作是国际事务办公室的最主要任务,2010年和2014年资助的项目数量分别为1349和1560个,金额分别为7430万欧元和9580万欧元。2014年度国际事务办公室资助的国际科技合作项目中,与发展中国家合作的项目数及金额均在

75%以上,且资助金额和合作项目持续增长。从合作对象国来看,新兴国家占了很大的比重。

德意志学术交流中心是全球规模最大的资助学生、学者国际学术交流的独立的学术机构。自1925年成立以来,德意志学术交流中心共资助了150多万的国内外学者,其资助范围涵盖了科学、研究、语言、教育和艺术。德意志学术交流中心总部在波恩,在全球范围内设驻外机构和建立校友会,并于1994年在北京设立办事处,负责组织协调其在中国的各项活动。

#### 1.1.2 资助基金

德国的公共科学资助机构主要由德国洪堡自然研究和考察基金会(简称洪堡基金会)实行国际科技合作。洪堡基金会于1860年在柏林成立,1926年其将工作重点从原来的资助德国人出国科研,调整为现在的资助外国学人前往德国从事科学研究,并以促进科学家、学者的跨国界交流为工作目标。民间机构进行国际科技合作的主要为大众汽车基金会等,资助从实际需求出发,以项目为资助依据。

#### 1.1.3 主要科研机构

德国非政府机构主要由德国的很多大学和德国四大学会:马普学会、赫姆霍茨学会、弗朗霍夫协会与莱布尼兹科学联合会负责开展国际科技合作。其中,马普学会拥有80多个研究所和12600名职工(其中4400位科研人员),从事国际顶尖水平基础研究,与国外许多高校和科研机构有合作伙伴关系。赫姆霍茨学会是德国最大的科研组织,其核心使命是跟踪和实施国家和社会的长期战略科研目标,在能源和地球与环境等六个领域开展具有全面战略规划特点的尖端研究。弗朗霍夫协会从事应用研究,接受产业界和国家公共行政部门委托的合同研究,拥有

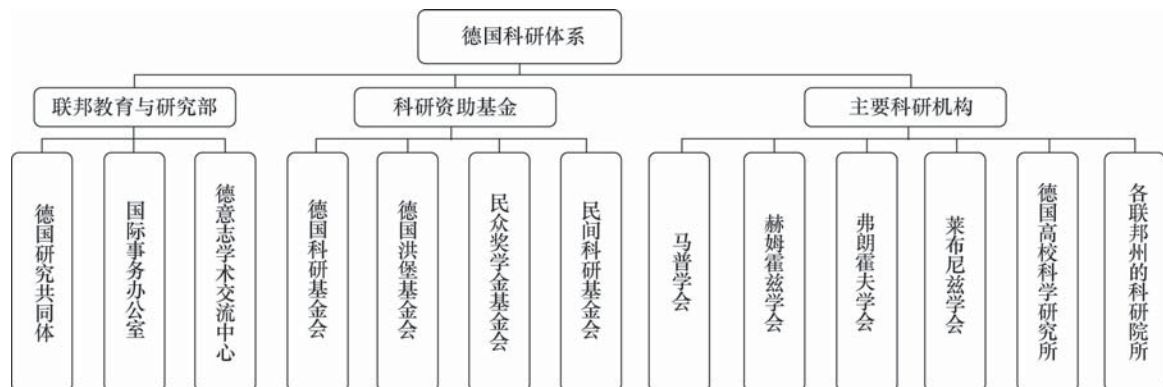


图1 德国的科研体系

① 李建峰. 德国的国际科技合作. 全球科技经济瞭望, 2003, 11: 012.

56个国内研究所和许多国外联络点。

德国许多大学与国外都保持着紧密合作。德国大学校长会议是德国大学院校对外合作交流的整体代表,成员包括81所大学、130余所应用技术大学以及师范和艺术类学校。目前德国大学校长会议已与美、澳及中南美洲等地大学签署相关学术合作协议,共有267所公立大学参加,包含高达94%的大学在校生。

## 2.2 德国国际科技合作实施情况

### 2.2.1 合作战略

2008年德国联邦政府颁布《加强德国在全球知识社会中的作用:科研国际化战略》,明确其国际科技合作4大目标:(1)加强与国际科研先进国家合作;(2)在国际范围内开发创新潜能;(3)加强与发展中国家的长期科技教育合作;(4)承担国际义务,应对全球挑战。同时德国制订综合配套措施:增设科技驻外代表机构;加强对国际科技发展的跟踪调研力度;加大国际科技合作交流的外宣力度。在效果层面,联邦政府每3—5年组织国际专家对科研国际化战略进行评估,依据评估结果对政策作相应调整。

2009年德国联邦教研部颁布了《创新与增长八点计划》,寄望通过依靠科技创新应对危机。其中与国际科技合作相关的有两点:引进技术工人、积极参与国际科技合作。2015年德国联邦教研部颁布了《中国战略2015—2020》,为中国量身打造了合作计划,提出加强与中国在研究、科学和教育的双边合作,以及未来的中国政策:支持德国科学、研究和产业的利益相关者与中国建立长期伙伴关系;进一步支持德国学生和科学家前往中国深造;培养德国的中国专家。

### 2.2.2 合作形式

德国国际科技合作的政府部门是联邦教育与研究部,民间机构是洪堡基金会和四大学会,即马普学会、赫姆霍茨学会、弗朗霍夫协会与莱布尼兹科学联合会,四大学会分别在各自的优势领域与国际科研机构建立了双边或多边合作关系。

联邦教育与研究部通过德国研究共同体、国际事务办公室和德意志学术交流中心来实施国际科技合作。德国研究共同体从国家和欧盟两个层面来促进国际科技合作。在国家层面,德国研究共同体通过个人资助项目、合作计划、科学奖项和国际合作项目促进国际科技合作。在欧盟层面,德国研究共同

体偏向牵头组织欧盟间大型科技合作项目,如2012年发起并成功组织了“科学欧洲”。德国研究共同体还专门设立了国际科技合作计划。在2014年在运行的科技项目中,国际科技合作项目共1803项,占有仍在运行科技项目的9%;项目金额约2890万欧元,占有仍在运行科技项目的1.1<sup>①</sup>。

开展与发展中国家的国际科技合作是国际事务办公室最主要的任务。在2014年度国际事务办公室资助的国际科技合作项目中,与发展中国家合作的项目数及金额均在75%以上。

德意志学术交流中心通过资助青年学生的交换、攻读博士学位、客座教授和创建国外高校等形式,2014年在全世界共资助了约95000名学者。目前德意志学术交流中心参与了230多个国际合作项目与计划,有近600名大学教授被派往世界各地授课。

### 2.2.3 合作开放程度

德国研究共同体资助的科技计划对外开放力度不大,主要针对在德国的外国科学家,且研究成果原则上必须在德国使用。故对于德国研究共同体来说,国际科技合作更多是手段而非任务,其资助科技项目的主要目的在于增强德国本国科技创新能力。

洪堡基金会对外开放力度很大,其工作的最高准则为:各个科学领域要秉承相互合作的开放态度。其在对外国学者的奖学金资助上完全奉行平等竞争、严格挑选的原则,唯一筛选标准是申请者具有优秀的科研能力、学术水平及发展潜能,无学科专业、国籍、性别、种族、宗教信仰和意识形态的限制。

### 2.2.4 合作资助方式

2014年德国国际科技合作经费在19.5亿欧元左右,占其R&D总经费的8%以上,以国际组织会费和国际合作项目经费形式发放。德国研究共同体、洪堡基金会和德意志学术交流中心重视对学生和科研工作者的资助,国际事务办公室侧重于与发展中国家在特定领域的合作。

德国研究共同体特别重视资助外国青年科学家。国际合作资助形式有面上项目、人员经费、项目经费、项目协调经费等。如德国研究共同体与中国教育部和中科院签署相关合作协议后,共资助了6个中德博士生研究计划,不仅为德国高校与国外科研机构有计划地共同培养博士研究生提供了参照,也将中德科研双边合作推上了新台阶。在此框架内

① 数据来源: Education and Research in Figures 2015, Federal Ministry of Education and Research.

2008年首个中德重大区域性合作项目达成协议。

国际事务办公室的国际科技合作项目更多集中于发展中国家,2014年其资助的项目中,与发展中国家合作的在80%以上,金额约在75%以上。2014年合作项目数排名前4位的国家分别为中国、印度、俄罗斯、巴西(图2),合作金额排名前4位的国家分为印度、中国、俄罗斯、智利(图3)。

德意志学术交流中心的国际资助项目有两类:一为学生奖学金;二为学校管理人员及艺术家交流项目。学生奖学金有长期和短期之分。长期为一年,面向所有国家,旨在促进博士生阶段的学习。还有一些特定的年度奖学金,如博士联合培养等10余种。另外,还有“第三国”年度奖学金,面向发展中国家的青年学者,资助其在本国深造。

洪堡基金会奖学金获得者可在德国大学或科研机构从事自己选定的研究课题,并加入洪堡大家庭,

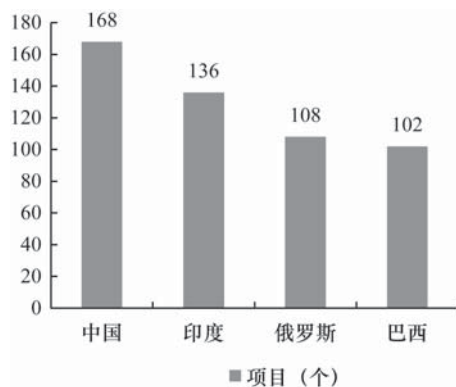


图2 2014年国际事务办公室资助国际科研合作项目数量排名前四位的国家

数据来源: InternationaleBuro des 联邦教育与研究部. Jahresbericht 2015。

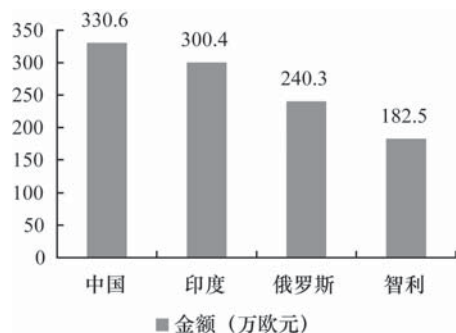


图3 2014年国际事务办公室资助国际科研合作项目金额排名前四位的国家

数据来源: InternationaleBuro des 联邦教育与研究部. Jahresbericht 2015。

与洪堡基金会保持终身联系。对来自发展中国家的学生,基金会向他们提供必要的专业书籍和仪器设备,使他们回国后能继续开展科研工作。洪堡基金会很注重奖学金生之间的互动。除了在德国举行奖学金生入会大会及年度会议外,还定期在各个国家组织举办研讨会,邀请原奖学金生参加,构建一个探讨问题的论坛和相互重逢见面的场所。

### 3 德国国际科技合作发展经验

由《加强德国在全球知识社会中的作用:科研国际化战略》及政府相关部门对《加强德国在全球知识社会中的作用:科研国际化战略》的具体实施过程,可以分析出德国在国际科技合作的过程中形成了一系列独特的做法:

(1) 围绕科技合作顶层规划,根据合作对象特点量身定制科技合作项目。

德国国际合作始终围绕《加强德国在全球知识社会中的作用:科研国际化战略》的4大主要目标,来确定与各国的合作重点和指导具体的合作活动。德国与西欧国家及美国的合作围绕目标“加强与国际科研先进国家合作”,以尖端合作、大型科研基础设施联合建设等为主;在目标“在国际范围内开发创新潜能”指导下和其他发展中国家一起发挥影响作用。

同时德国根据各国所在区域、部门和需求等特点,量身定制各类研究项目。德国侧重于与欧盟成员国的进行尖端前沿的国际科技合作。在与中、东欧国家的合作方面,德国除与这些国家签订政府科技合作协定开展双边合作外,还积极支持这些国家参与欧洲科技合作计划。近20年来亚洲国家经济快速发展,故德国将亚洲国家的合作列为国际科技合作的重点之一。随着中国创新能力的提升,德国还颁布了《中国战略2015—2020》,专门指导与中国的合作。

(2) 科研国际化,充分运用全球智力资源。

德国科研的国际化,主要表现在科学交流、人员聘用、科研评估和人才引进等方面。德国马普学会所长由国际著名科学家(不要求一定是德国籍人士)担任。目前学会的80个研究所250名所长及所级领导人员中,有60余名非德籍科学家及10%的外籍雇员。学会有1/3外籍博士生和2/3外籍博士后。外籍科学家广泛参加马普的科研与管理工,被认为是马普学会取得高水平科研创新成果最重要的因素之一。

### (3) 研究条件和科研人员待遇优厚。

德国不断改善研究条件和提高研究待遇,提高对科研人才的吸引力。其引进人才政策体现在:引进外国优秀的科学家和学生和为在国外工作的德国青年科学家创造回国条件。2010年德国科研人员48.8万,其中26万科学家和工程师,其科研开发人才总量居世界前列。德国十分重视扶持青年科学家成长,洪堡基金会颁发的 Sofja Kovalevskaja 奖每两年一次,资助对象为非德国为所有学科作出突出贡献的青年学者和科学家,获奖者将获得由德国联邦科教部提供的165万欧元的经费,在德国任一对口研究所建立独立运行的创新科研团队从事前沿研究。

### (4) 重视研究成果的运用和产业化

德国不仅以基础研究享誉全球,且重视研究成果的运用和产业化,使其科研和工业得以并驾齐驱。同时,不同于其他欧洲工业化国家,德国的经济发展以高科技产品出口为导向,成为世界上仅次于美日的高技术产品供应国。

德国科技合作的一大特色是,为有效加速科研成果产业化,近年来区域创新合作网络也越来越强调吸引企业,尤其是中小创新企业的参与。国际事务办公室从2010年开始首次和土耳其科技研究委员会合作,对由两国科研机构 and 中小企业共同参与的项目给予资助。

## 4 中国国际科技合作需求分析

### 4.1 合作现状

2000年科技部颁布了首个国际科技合作发展纲要《“十五”期间国际科技合作发展纲要》,首次提出国家重大国际科技合作计划,政策重点为加强与世界科技发达国家的政府间合作和注重引进国外技术的消化、吸收与创新。2001年科技部设立的国际科技合作重点项目计划,是中国国家层面唯一的对外国际科技合作与交流的平台。2000~2006年中国国际科技合作以政府为主导,注重对国外技术“引进来”。

2006年围绕建设创新型国家的总体目标和《国家中长期科学和技术发展规划纲要》的重点任务与要求,科技部颁布了《“十一五”期间国际科技合作实施纲要》,进一步扩大国家科技计划对外开放的范围,加大重点领域、关键技术的合作研发,扩大技术输出和技术转移。2006至2011年,中国国际科技合作工作实现了从单纯的学术交流转变为实质性的

共同研发,从主要是“引进来”转变为“引进来”与“走出去”相结合,从主要是向发达国家学习转变为与发达国家共同合作、与发展中国家共同发展。

2011年科技部颁布《国际科技合作十二五专项规划》,推动中国科技走国际化发展道路,着力建设国际化人才队伍,充分利用海外科技人才加快提升自主创新能力。国家国际科技合作专项提出支持企业开展国际合作研发,通过国际科技合作基地、实施科技伙伴计划、启动国际大科学工程和研究计划加大国际科技合作力度。这标志着中国国际科技合作上升到战略层面。

国家自然科学基金委(以下简称“基金委”)和科技部主要负责执行国际科技合作规划的实施,教育部和中科院也会开展国际科技合作。基金委主要同其他国家的科学基金会和有关学术组织建立联系并开展国际合作。科技部国际合作司主要负责政府间的合作。中科院国际合作局主要与非政府机构进行科技合作。

### 4.2 存在问题

中国作为发展中大国,积极开展国际科技合作符合对外开放战略需求、创新驱动发展战略需求和增强自主创新能力需求,也是缩小与发达国家差距的有效途径。

一是合作国家仍然以对传统科技强国的双边合作为主,仍然以论文合作为主。衡量一个国家基础研究水平的一个重要指标是SCI论文数量和质量。2014年中国国际合著论文6.5万篇,占SCI数据库收录的中国论文总数的24.7%,其中中国作者为第一作者的国际合著论文占论文总数的67.9%。合作以双边合作为主,合作伙伴排名前四位的为:美国、英国、澳大利亚和加拿大(图4)。中国在双边合作论文中已经占据主导地位,合作国家仍以传统科技强国为主,没有充分利用全球智力资源。而且,在多边大型科技合作中,中国则相对处于从属地位,缺乏清晰的国际科技战略。

二是国际科技合作的民间参与不足,在产业化方面的合作也比较欠缺。衡量一个国家创新能力的一个重要指标是三方专利。三方专利指向美国、日本和欧洲专利局都提出了申请并至少已在美国专利商标局获得发明专利权的同一项发明专利。2013年中国PCT专利申请量为2.2万件,国际排名第三位(2014 OECD Main Science and Technology Indicators)。2010—2014年中国所有机构(包括在华外企)拥有的三方专利数为2549项,其中中国内地机

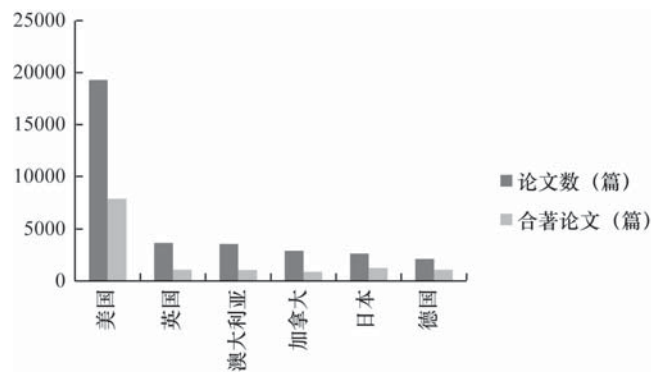


图4 中国作者作为第一作者和参与合著论文较多的合作国家

数据来源:2015年中国科技论文统计。

构(个人)拥有的三方专利数约占51.3%,外企(包含台湾企业)拥有的三方专利数量约占48.7%。中国内地三方专利中,公司企业专利数占73.7%,可知内地企业三方专利数少于外企。积极支持内地企业参与到与行业发展密切相关的技术领域的国际合作中来,将有助于中国企业提升创新能力。

三是就现有的科学基金国际合作研究和交流项目的资助格局而言,除了海外及港澳学者合作研究基金和外国青年学者研究基金项目之外,对于吸引海外优秀基础科研人才来华工作的资助政策还不充分。例如,外国青年学者研究基金的资助年限最长仅为两年,海外及港澳学者合作研究基金采取2+4的资助模式,对于研究周期较长的基础研究项目而言,现有的两种人才类项目的资助强度和资助模式还无法吸引高端海外科研人才来华工作。

## 5 对中国国际科技合作的政策启示

一是将国际科技合作与人才战略相结合,并推进与发展中国家的战略合作。德国十分重视对发展中国家进行战略投资,通过资助发展中国家的优秀科研人员在德深造,并努力吸引他们留在德国,从而利用全球人力为德国科技事业作贡献。中国国际科技合作一直以发达国家为主,随着中国国力的提升和自主创新能力的提供,中国可以调整合作战略,在与发达国家合作的同时,也要战略投资有潜力的发展中国家。同时,配合中国2016年新出台的《关于加强外国人永久居留服务管理的意见》,中国应当将开展国际科技合作项目与“放宽外国人永久居留”相联系和配合,发挥政策协同效应。

二是注重科技营销和国际科技合作成果的产业化。德国利用科技营销活动,积极打造“工业4.0”等国家科技品牌,向世界各国展示其研究实力和成

果,促进国际间的技术合作和转移。中国也应当以国际科技合作为契机,不断向国外展示相关研究成果,特别是围绕优势领域加强科技营销,增强外界对中国科技实力的了解,有利各方长远合作。德国的科技合作既重视基础研究,又重视研究成果的运用和产业化,成功晋升世界上仅次于美日的高技术产品出口大国。中国在加强国际科技合作的同时,也应当注重合作成果的产业化,以此推动中国和合作各方的高技术产业发展,真正做到技术与产品联合“走出去”。

三是改革人才评审制度,为国内和国际人才提供良好的发展机遇。国际科技合作的核心是智力合作,本质是充分利用全球研发人才,捕捉潜在创新机会。中国当前在国际科技合作中十分重视人才引进,为此配置了大量的“人才计划”。然而人才评审的封闭性和奖励的重复性严重影响了通过引进人才促进国际科技合作的实效,干扰科技资源的公平、合理配置。德国的经验表明,大力引进海外人才、对人才引进实行透明化管理和人才优先发展战略,可以更好地吸引和发挥全球人才的智力优势,促进其创新效益和效率的提升。

**致谢** 本文工作获得国家自然科学基金资助(项目批准号:L1322026)。

## 参 考 文 献

- [1] 单玉丽,苏美祥. 全球化视阈下的国际科技合作与中国对策. 亚太经济,2011,06:134—139.
- [2] Stead G B, Harrington T F. A process perspective of international research collaboration. The Career Development Quarterly, 2000, 48(4): 323—331.
- [3] 孙福全,董书礼,张换兆. 国际科技合作与中国科技的跨越式发展. 科技创新与生产力,2010,10:1—5.

- [4] 肖利,汪飏翔. 利用国外经费资源,拓展中国科技合作空间——以利用美国科技经费资源为例. 研究与发展管理, 2011,02:115—120+133.
- [5] Beaver DB, Rosen R. Studies in scientific collaboration Part III. Professionalization and the natural history of modern scientific co-authorshi. *Scientometrics*, 1979, 1(3): 231—245.
- [6] Biggs J, Tang C. Teaching for quality learning at university: What the student does. McGraw-Hill Education (UK), 2011.
- [7] 张公一,吕文婷,张书博. 国际科技合作创新博弈分析. 哈尔滨工业大学学报(社会科学版),2012,01:132—136.
- [8] Luisa Bonolis. International Scientific Cooperation During the 1930s. Bruno Rossi and the Development of the Status of Cosmic Rays into a Branch of Physics. *Annals of Science*, 2014, 71(3):355—409.
- [9] Luukkonen T, Persson O, Sivertsen G. Understanding patterns of international scientific collaboration. *Science, Technology & Human Values*, 1992, 17(1): 101—126.
- [10] Zhao XG, Yang YS, Feng TT, Yang YH. International cooperation on renewable energy electricity in China—A critical analysis. *Renewable Energy*, 2013, 55: 410—416.
- [11] Li J, Yue DR. Managing global research and development in China: Patterns of R&D configuration and evolution. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2005, 17(3): 317—338.
- [12] 程如烟. 30年来中国国际科技合作战略和政策演变. 中国科技论坛,2008,07:7—11.
- [13] 苗红,刘海丽,黄鲁成. 基于专利与文献的京台科技合作分析. 科学学与科学技术管理,2014,12:140—147.
- [14] 袁军鹏,薛澜. 主导与协同:中国国际科技合作的模式和特征分析. 科学学与科学技术管理,2007,11:5—9.
- [15] 朱丽波. 从科学计量学角度看近十年中国科技合作态势. 情报杂志,2015,01:116—121+138.
- [16] 王文平,刘云,蒋海军. 中国政府资助中欧科技合作的特征研究——基于文献计量分析的视角. 科学学研究,2014,06: 801—810+824.
- [17] 曾婧婧,钟书华. 省部科技合作:从国家科技管理迈向“国家—区域”科技治理. 科学学研究,2009,07:1020—1026.
- [18] 吕磊,马军,陈林峰,等. 基于政府视角的国际科技合作模式研究. 科研管理,2008(S1).
- [19] 岳晓旭,袁军鹏,潘云涛,石淑香. 中国国际科技合作主导地位变迁和效度分析. 科学学与科学技术管理,2016,01: 3—13.
- [20] 刘娅. 从国际科技合著论文状况看中国环境领域国际科技合作态势. 中国软科学,2011(6): 34—46.
- [21] 李春好,杜元伟. 我国科技合作项目管理机制的缺陷分析与改进对策. 管理学报,2010,02:192—198.
- [22] 金炬,武夷山,梁战平. 国际科技合作文献计量学研究综述——《科学计量学》(Scientometrics)期刊相关论文综述. 图书情报工作,2007,03:63—67.
- [23] 伊彤. 我国国际科技合作中的技术转移. 中国科技论坛, 2007,07:38—43.
- [24] 潘葆静. 国际科技合作中的知识产权管理研究. 中国软科学,2005,05:52—59.
- [25] 尹希果,李后建,印国樱. 欠发达地区国际科技合作的环境依赖分析——来自重庆的证据. 科研管理,2013,03: 106—114.
- [26] 毕克新,赵瑞瑞,冉东生. 基于因子分析的国际科技合作知识产权保护影响因素研究. 科学学与科学技术管理,2011, 01:12—16+29.
- [27] 袁军鹏,薛澜. 主导与协同:中国国际科技合作的模式和特征分析. 科学学与科学技术管理,2007,11:5—9.
- [28] 程如烟. 30年来中国国际科技合作战略和政策演变. 中国科技论坛,2008,07:7—11.
- [29] 王文平,刘云,蒋海军. 中国国家科技计划资助国际合作特征分析——基于中美合著SCI论文计量分析的视角. 情报杂志,2013,10:72—76+46.
- [30] 欧阳晓,罗会华. 金砖国家科技合作模式及平台构建研究. 中国软科学,2011,08:103—110.
- [31] 薛澜,沈群红. 科技全球化及其对中国科技发展的政策涵义. 科技导报,2001,19(0112): 37—40.
- [32] 王昌林,姜江,盛朝讯,韩祺. 大国崛起与科技创新——英国、德国、美国和日本的经验与启示. 全球化,2015,09:39—49+117+133.
- [33] 陈强,鲍悦华,李建昌. 德国国际科技合作及其对中国的启示. 科技管理研究,2013,33(23): 21—26.

## Experience and implications of German international science and technology collaboration

Huang Rixi      Li Zhenxing      Zhang Jingjing

(Institute of Policy and Management, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190)

**Abstract** International collaboration in technology is crucial for improving national innovation capability and the implementation of innovation-driven development strategy. However, China still faced with many challenges. Through international collaboration, German achieved to utilize global innovation resources to enhance its effectiveness and efficiency of innovation. This paper reviews the strategy, pattern, openness and financing mode of German international science and technology collaboration. By investigating German management of international science and technology collaboration, we provide some policy recommendations to improve the international science and technology collaboration of China.

**Key words** International Science and Technology Collaboration; German; Experience