

未来全球科学景观

方陵生 编译

英国皇家学会近日发表了题为《知识、网络与国家:21 世纪的全球科研合作》的报告,对 2011 年全球科学发展的现状和发展趋势作了分析解读。

报告称,2011 年的科学正在日益全球化,科学走进越来越多的地方,科学正在解决诸多具有全球意义的问题,科学得到了许多国家政府、企业、慈善家和慈善机构的支持。在一些国家里,科学投资和科学生产力超出平均发展水平,中国的迅速崛起尤为显著,印度、巴西等国家也在迅速发展之中。

2011 年,科学正以人们所不可想象的方式改变了我们的生活。在未来的世纪里,科学将如何改变世界,如何改变我们,同样是不可想象的。然而,有一点似乎可以肯定:科学的本质是国际性的,这一点只会变得越来越重要。正如路易斯·巴斯德曾经说过的那样,“知识是属于全人类的,科学没有国界,是照亮全世界的火炬。”

科学增长是全球性的。自本世纪初开始,全球研发支出几近翻番,科学出版物增加了 1/3,研究人员的人数也在持续增加。北美、日本、欧洲和大洋洲 2002 年至 2007 年的研发支出增加了 1/3,同一时期,包括中国、印度和巴西等新兴经济体在内的发展中国家,研发经费支出增加了 1 倍以上,从占世界研发投入的 17% 增加到了 24%。

随着全球科学网络的扩张,世界科学体系的结构也在发生变化,许多科学网络是自发性的组织,而有些是建立在国际组织合作的基础之上(如欧洲核子研究中心),还有些是由跨国公司资助的国际企业(即为他们自己的实验室提供资金,并与世界各地的大学展开合作)。这些全球性的科学网络对科学走向全球施加了越来越重要的影响力。

1 全球科学发展与趋势

美、英、日、德、法仍占据主导位置;但科学新秀越来越多,中国等一批新的科学国家正在崛起。

美国在世界科研领域一直占据着主导地位,20% 的科研论文作者都在美国,世界大学排名表上的许多大学都在美国,其每年研发投入将近 4000 亿美元。英国、日本、德国和法国在大学排名、出版高品质的科学出版物和吸引世界一流大学和研究机构的科研人才方面,也都占据了重要位置,这 5 个国家占了全球科学支出的 59%。但他们并不能完全主宰全球科学。1996 年至 2008 年,这几个国家在科学发展的几个指

标上都有所下降,而中国、印度、奥地利、希腊和葡萄牙等国在全球科学排名榜上的排名都有所提高,一些新的科学国家正在崛起。

在新崛起的科学国家中,中国的排名上升格外引人注目。自 1999 年以来,中国的研发投入每年增长率达 20%,以期达到 2020 年研发支出占 GDP 2.5% 的目标。中国理工科大学的数量也十分庞大,2006 年大学应届毕业生人数达 150 万。

中国、印度、韩国和巴西被并列为新崛起的四大科学强国。印度每年理工科大学毕业生约达 250 万人,作为世界第二大人口大国的印度,还于 2008 年成为成功登陆月球表面的第 4 个国家。巴西正在为建立在其自然和环境自然基础上的“自然知识型经济”,并实现 2022 年研发支出占 GDP 2.5% 的目标而努力(2007 年刚刚超过 1.4%)。韩国已承诺到 2012 年,研发支出将达 GDP 的 5%(2007 年占 GDP 的 3.2%)。

科学快速发展的并非只有这几个国家,在过去的 15 年里,代表了发达国家和发展中国家以及不同地域利益平衡、人口占全球 2/3、GDP 占全球 90%、贸易额占全球 80% 的 20 国集团都加大了研发占 GDP 的比例,科学投资和科学出版物也有所增加,其中非八国集团国家的发展格外引人注目。

例如,土耳其的科学快速发展速度几乎可以与中国相媲美,从 1995 年至 2007 年,其研发投入几乎增加了 6 倍。在此期间,土耳其 GDP 用于研发的比例从 0.28% 上升至 0.72%,研究人员的人数增加了 43%,2008 年论文发表的数量是 1996 年的 4 倍。

新加坡的研发投入从 1996 年占 GDP 的 1.37% 增加到了 2007 年的占 GDP 的 2.61%,科学出版物的数量也从 1996 年的 2620 种增加到了 2008 年的 8506 种,其中近半是与国际上其他国家著作者合作的。新加坡拥有世界一流的研究和基础设施,政府于 2003 年开发科技生物医药园区 Biopolis 以来,其生物技术吸引了诸如诺华、葛兰素史克等国际著名制药公司。

2 人才争夺与人才流通

如今,人们对“人才外流”这个问题的讨论重点已经从防止人才流失转移到如何充分利用“人才流通”。

最近 10 年里,全球人才竞争战也愈演愈烈,英国、澳大利亚、加拿大和美国等在鼓励高技能人才引入和排斥“无技能”

移民间寻找平衡的努力中,出台了一些颇有争议的政策。

根据经合组织的分析,2001年,美国、加拿大、澳大利亚和英国吸引来自经合组织国家的高技能人才侨民人数最多,其次为法国和德国。在英国,450万在外国出生的成年人中,34.8%拥有大学学历,这些移民中约19.5%都有科学背景,其中许多人来自中国和印度等新兴经济体。但是,我们远未能了解影响这些人选择的因素究竟有哪些?他们打算居留多久?他们在新到一个地方之后如何与原来的科研关系网保持联系?一些诺贝尔奖获得者的经历证明,世界上许多最成功的科学家,同时也是拥有最开阔国际视野的人。例如,2010年诺贝尔物理学奖获得者安德烈·杰姆出生于俄罗斯,在俄罗斯科学院获得博士学位,后到英国获得博士后职位,之前还去过哥本哈根和奈梅亨,目前为英国皇家学会研究教授,同时受聘于英国曼彻斯特大学和荷兰奈梅亨大学,也是荷兰代尔夫特大学的名誉教授,他与俄罗斯的同事还一直保持着联系。

在科学强国对科技人才的吸引力仍在增加的同时,人才引进、人才流失和人才流通现象引起了更多的关注。“人才外流”现象通常发生在发展中国家,但如今,人们对这个问题的讨论重点已经从防止人才流失转移到如何充分利用“人才流通”。有人认为,技术和投资单向流动的旧有模式正在逐渐被打破,代之以更为复杂和分散的双向流动。一些政府认识到“人才流通”的价值,以开拓新的事业或在学术界担任高级职位等吸引本国人才回国,回国人才还继续保持着在美国或欧洲的科学界的关系。

1978年至2006年期间,出国的中国留学者中70%以上都留在了国外,吸引散居在国外的人才回国,已成为中国政府相关政策的优先考虑。2008年为引进海外高层次人才,“千人计划”吸引了600多位海外华人和外国学者回到中国。

印度为此专门成立了“海外印度人事务部”,并出台了一系列有关汇款和投资流动的政策,放宽之前较为严格的国籍要求,给潜在的回国者提供更多的便利条件,种种举措已见成效,例如,一群印度移民于1992年在硅谷创立了印度企业家协会,现有会员12000人,分布在全球11个国家内,如今帮助印度创办了价值2000亿美元的企业。

马来西亚最近成立了一个新的“人才公司”,负责与散居国外者的联系。厄瓜多尔总统宣布了一项170万美元的“普罗米修斯智慧老人”计划,以吸引高级科学家将厄瓜多尔视为“杰出人才的退休胜地”。

在现实中,人才流失仍然是一个大问题。由于国内科研能力的差距,来自发展中国家的移民科学家通常更可能永久留在他们的新家,而不愿返回发展机会较少、研究设施较为贫乏落后的国内。对于非洲来说,这是一个非常现实的大问题,非洲迫切需要大量熟练的技术工人,但却缺少吸引他们回来的条件。各国政府面临的挑战是如何奖励科技人才,让他们在促进全球科学网络发展的同时,帮助自己的国家提升

科学能力。

3 科学成果的应用与繁荣

科学与创新对于确保经济繁荣,提升经济竞争力至关重要。迅速崛起的经济体都将科技创新放在了优先地位,并稳步增加研发投入以驱动发展。

Elsevier数据库是全球最全面的全文文献数据库,涵盖了几乎所有的学科领域,从关键字检索中,可以看到某些特定领域的发展趋势,如“气候变化”在所研究出版物中出现的概率从1996年至2008年增加了6倍,反映了全球气候变化是一个新的紧迫的研究领域。

在全球科学发展中,地理条件本身对正在研究的科学领域的类型似乎并不产生直接的影响,但一个国家的其他国内条件,如政府的优先考虑,自然、人力和经济资源的可用性,都对科学成果的产生有着直接的影响作用。例如,七国集团(G7)国家各学科的研究方向达到了广泛的平衡,而主要新兴经济体的巴西、俄罗斯、印度和中国,也都各有各自偏重的特定领域,中国、印度和俄罗斯倾向于工程技术,巴西以农业和生物科学为主,非洲的侧重点则是农业和医药。然而,这些地区的崛起,目前为止并没有改变全球研究领域学科间的平衡。

研究表明,科学技术对收入水平、专利对GDP的增长、科技创新对企业生产力和效益,都将产生积极的影响。为此,世界各国政府都努力投资于科学和技术,以刺激经济发展。

科学并不只局限于学术界,也并不一定导致研究论文的发表。在高等院校和科研院所之外的许多不同领域内,科学也在繁荣发展中。例如,随着国际制造业的国际化进程,自20世纪80年代中期以来,企业研发活动越来越活跃,如今许多大型企业都拥有全球性的科研活动,出于战略上的考虑,其中许多企业在世界各地都拥有了适合自己的实验室。

一个典型的例子是微软研究院,该研究院不仅设立了显示其专长的软件领域的核心实验室,还设立了诸如医疗保健、能源、环境和机器人等涉及诸多学科领域的实验室。

从1993年至2002年期间,全球企业研发支出国外投资部分从10%增长至16%(约从300亿美元增长至670亿美元)。

企业研发更多的全球足迹也是科研创新活动“分布式”或“开放式”的结果,公司利用这样的商业模式寻求新的知识,对外通过购买其他公司的工艺或发明,或获得其专利使用权,对内通过开发自己的科研成果,来达到科技创新的目标。

科学知识的应用在一定程度上可以海外专利注册来衡量。美国是世界上最大的专利注册单一市场,反映了美国市场的规模,以及与研发的日益融合。在美国专利商标局注册的专利中,大约50%来自美国之外,这一比率自1989年以来基本上一直保持不变。

但其中一些国家在美国注册专利的数量急剧增加,例如,

中国 2009 年在美国注册专利的数量为 1655 项(1989 年只有 52 项,1999 年为 90 项),韩国从 1989 年的仅 159 项注册专利增加到 2009 年的 8762 项,在美国海外申请专利国家中排名第三位,日本 2009 年的专利注册为 35501 项。

随着世界对 2008 年和 2009 年的全球金融危机做出反应,许多国家政府的经济刺激计划中将短期投资与其他政策措施相结合,以推动国内经济发展,科学与创新在其中也占据了重要位置,例如,绿色技术投资是韩国和澳大利亚的优先考虑,经济增长模式已越来越多地体现了科学和新技术在其中所起到的促进作用。

4 科技战略趋于国际化

尽管各国的研发投入、研究重点各不相同,但全球面临的共同挑战、相互借鉴的需要和分担风险的现实考虑,使得科学的全球化时代正在到来。

全球性的挑战,如气候变化、粮食、水和能源安全,都已被提上议事日程,需要政界与科学界协同努力,以得出可持续的解决方案。另外诸如解决贫困问题、可持续发展问题和维持生物多样性等问题,也需要科学在其中发挥重要作用。

全球科研景观的基础是国家基础设施,它反映了各个不同国家的研究重点、研究能力和优势。科学是一个跨国界的行业,但通过资金提供、行政管理等方面,科研活动仍然与国家体系有着紧密的联系。国与国之间在研究投资和科研活动方面水平有着很大的不同,七国集团经济体中的差异就是十分惊人的,比如,研发占 GDP 的比例从 1.14%(意大利)到 3.45%(日本)不等,再比如,意大利的研究经费主要来自于政府,而日本大部分的研发投资都来自于企业。

各个国家的科学体系结构也有着重大的区别。在英国,大部分学术研究都在大学里进行,不属于大学的实验室只占一小部分,而在德国,学术研究主要是由一些非营利的、在法律上独立的研究机构进行的。在中国和俄罗斯,国家科学院是领先的研究机构。在美国,专业化的(由政府或私营部门管理)国家实验室极为普遍。例如,美国能源部有 21 个国家实验室和技术中心,雇用的科学家和工程师超过 3 万人,美国农业部的主要研究机构“农业科学研究院”拥有 100 多个实验室,2000 名科学家。

几乎所有国家的科学和创新战略目标都有一个共同的特点,那就是都认识到了国际合作的重要性,只有放眼世界,一个国家才有可能从世界各地的合作伙伴或竞争对手那里吸收专业知识和创新思路,提高国内科学素质。

科学全球化意味着分担风险,汇集资源。芬兰科学和技术政策理事会明确阐述了国际战略的重要性。“通过国际化的竞争和合作,芬兰可以提高科研质量,减少重叠的知识产出,将现有的资源汇集成更大的实体,用以达成更重要的目标。”其他一些国家也采纳了类似的观点。在最近出台的《科技发展战略》中,越南科学技术部设定的一个重要目标就是“在科技发展中积极扩大合作,加强国际融合”。

5 2011 年后的科学世界

基础雄厚的科技强国,以及新崛起的科技大国,将形成引领世界科学潮流的中心,这样的科学中心将继续发展下去。

20 世纪科学超级大国仍然强势有力,一些新崛起的科学国家,如中国、印度、巴西、韩国等,正在加入科学强国的阵营,影响和改变着全球科学界的动态和格局。这些新的科学中心的出现,为研究人员在新的地方工作,与新的同事合作创造了更多的机会。

展望 2011 年以后的世界,在未来几年里,随着新的科学国家的崛起和新的科学中心的出现,全球各地的科学投资可能将发生一些变化。在大多数情况下,这些新兴的科学中心受到了政府明确支持的研发政策扶持。中国计划到 2020 年将研发支出从目前不到 GDP 的 2%提高到占 GDP 的 2.5%,韩国到 2022 年将提高到 GDP 的 5%,巴西到 2022 年提高到 GDP 的 2.5%。一些科技强国也将保持研发支出的比例,如美国的新目标是占 GDP 的 3%以上。

未来几年研发的支出情况现在很难预测,例如,最近巴西大幅削减 2011 年科学预算的做法引起了人们对其实现 2022 年目标的担忧。然而,通过对各个国家目前研发支出趋势进行推断和预测,我们可以想象一下未来 10 年的科学世界的景观。虽然美国应能继续保持其研发支出目前在全球的统治地位,根据中国目前的研发支出趋势,可能超出日本,并直追美国。同样,韩国极有可能在未来几年内赶上英国。假设这些目标都能得以实现,俄罗斯和巴西也将从本世纪初时非常低的起点迅速赶上来。

这些预测表明,全球科学体系正在逐渐摆脱早前的模式。中国和韩国雄心勃勃的研发支出目标,推动着将巨大的科学支出用于发展各自的科学体系,巴西和俄罗斯这样的经济体也将从研发支出中获得更多的回报。

我们将看到,2011 年之后的科学领域内,基础雄厚的科技强国,以及新崛起的科技大国,将形成引领世界科学潮流的中心,这样的科学中心将继续发展下去,因为许多科研都需要大量世界一流水平的科研人员和关键设备的合作,与此同时,更多规模较小的科研成果也将在远离这些中心的地方产生,科学中心如何与世界其他地方的科学世界交流互动,将有助于塑造 2020 年的科学景观。

《科技导报》“卷首语”栏目征稿

“卷首语”栏目每期邀请一位中国科学院院士和中国工程院院士就重大科技现象、事件,以及学科发展趋势、科学研究热点和前沿问题等,撰文发表个人的见解、意见和评论。本栏目欢迎院士投稿,每篇文章约 2000 字,同时请提供作者学术简历、工作照和签名电子文档。投稿信箱:kjdbbjb@cast.org.cn。