

·科学共同体推介·

全球科学参与:2016 美国科促会年会综述

石磊¹, 罗晖², 李政², 王寅秋²

1. 中国科普研究所, 北京 100081
2. 中国科学技术协会创新战略研究院, 北京 100863

美国科学促进联合会(The American Association for the Advancement of Science, AAAS, 以下简称“科促会”)成立于1848年,是美国最大的科技工作者团体和非盈利性国际科技组织,下设21个专业分会,涉及的学科包括自然科学和社会科学的各个方面,现有265个分支机构和1000万成员^[1]。科促会第1届年会于1848年在美国宾夕法尼亚州的费城举行,170年以来,该年会已成为世界规模最大的科学会议,汇集世界各国的科技工作者,研讨科技发展新趋势和新挑战。科促会于2016年2月11—15日在美国哥伦比亚特区华盛顿市召开了第182届年会^[2]。

1 年会主题聚焦全球科学参与

2016年科促会年会的主题是全球科学参与(Global Science Engagement),会议的目标是:推进科学家的工作、相互合作,促进科学自由,提高科学在为人类造福方面的效益,增进公众对科学在人类进步中重要性的了解;会议由2个大会报告、10个主题演讲及许多专题分会组成,还包括颁奖典礼、科普展览等活动,下设议题包括:寻找引力波、超大质量黑洞与宇宙起源、全球应对传染病、发展中国家的科技参与等,涉及人类学、社会学、物理学、生物学、农学、信息科学、天文学、医学、药学等10余个科技领域^[2]。

在信息爆发性增长的今天,知识创造、科学探索和技术创新变得越来越复杂、越来越具有挑战性,单一国家或地区的科学家群体具备的资源、视野和能力往往有限,在全球范围开展科研立项、资源互补和分工协作,已成为人类科学家群体应对科学发展问题的必然选择和未来趋势。与此同时,世界经济处于深度结构调整期,知识在全球范围内被创造和共享,某些领域的科技突破或者潜在的颠覆性创新,很可能造成全球经济版

图和社会格局深度变化,这引起了美国科技界人士的高度关切,这也是提出今年年会主题“全球科学参与”的主要原因——美国的科技政策潜台词仍然是保持美国科学技术的全面领先地位:一方面,推进全球科技合作,吸引世界科技人才,开展全球科技活动,现任科促会主席 Geri Richmond 在主席发言中为发展中国家代言,呼吁全世界科学家平等参与到美国主导的科技活动中;另一方面,在全球科学参与中发现挑战与机会,增强美国自身科研投入和创新实力,巩固领先优势。参加大会的美国白宫科技政策办公室主任(OSTP) John Holdren 博士在会上提到:美国政府的科技投资呈现出萎缩态势,某些科研领域的成果被其他国家赶超,如何在全球科技竞争与合作中保持领先优势,这是一个全球战略问题。美国需要在战略上重新审视自己的位置和发展方向,制定恰当的科技政策,在重大科技领域抢占先机,应对全球科技新时代^[3]。

本次年会吸引到超过3000多名世界各地的科学家、工程师、教育家、企业家、政府官员及记者,与会人数为历届之最。会上发表的最新科学进展及科技经济动态受到全球瞩目,被知名媒体争相报道,如英国《卫报》转述了运用T细胞治疗癌症的新尝试,《经济学人》聚焦报道了尼日利亚科学家运用基因组学技术改良木薯、基因编辑技术的专利问题等^[4,5]。与会嘉宾,除白宫科技政策办公室主任 John Holdren 博士,还有英国外交部首席科学顾问 Robin Grimes、英国科技政策研究学者 James Wilsdon 教授、新西兰政府首席科学顾问 Peter Gluckman 爵士、日本学术振兴会(JSPS)人员及法国、韩国等其他国家负责科技事务的官员,以及国际科联(ICSU)秘书处执行主任 Heide Hackmann 等国际组织高级官员;中国科协副主席、

书记处书记张勤、学会学术部部长宋军、企业工作办公室副主任郑浩峻、国际联络部双边合作处处长何巍及创新战略研究院院长罗晖等领导参加了此次年会,中国科学院高能物理研究所所长王贻芳研究员做了视频发言,中国科学院科技政策与管理科学研究所樊春良研究员、清华大学公共管理学院薛澜教授等也参加了年会。从与会人员和议题来看,会议体现了全球参与性。

2 重大科学发现成为年会热点

此次年会展示了科技前沿成果和动态。所有前沿问题,都蕴含着科技发展固有的规律,其规律性主要表现为2点:1)纵览全球科技发展,自19世纪中叶以来,重大科学发现和科技进步,都与科研方法、科研设备的突破和进步不可分割,黑洞的观测、基因编辑新技术的突破、探索引力波需要的大型天文观测设备等,都符合上述共性规律;2)当今的重大科技进步离不开广泛的科技合作,如天文观测需要在世界不同地区取得观测数据,中微子的试验在中国和美国等多地实验室里同时进行等。

2.1 黑洞照亮理论物理学革命的方向

南里奥格兰德联邦大学物理学和天文学教授 Thaisa Storchi Bergmann 在本次年会上做了关于黑洞的专题讲座——超大质量黑洞有助星系的演化?她表示,通过观测物质落入超大质量黑洞而产生的强大能量辐射,可追踪物质能量变化的极限状态。一旦取得进展,将丰富理论物理学的大统一理论,进而解释宇宙万物的根本^[6]。但与振奋人心的科研目标相比,目前科研观测方法仍没有取得实质性的突破,因而进展较缓慢。

2.2 引力波探索取得突破性进展

激光干涉引力波天文台(LIGO)的发言人 Gabriela González 在分会会上做了关于发现引力波的报告,报告称:在2015

年9月14日,引力波探测器记录了一条疑似引力波信号,随后处于异地的另一台仪器上也记录了一个十分相似的信号,通过将数据特征与仿真引力波信号对比,LIGO的科学家认为该信号能够作为证明引力波存在的一条证据。随后,很多科学家质疑该证据的正当性^[7],意识到该信号也可能仅仅是设备或由宇宙尘埃干扰引起的误差^[8],LIGO团队的论证主要是在《物理学评论快报》与同行讨论中进行的,目前的结论是认为这次探测不同于以往^[9],已经取得了突破性进展。Gabriela还曾提到引力波观测设备不止修建于美国,它们是“大科学项目”的全球扩展项目,其他合作的天文台包括:德国探测器GEO600,在建的意大利VIRGO和日本KAGRA,以及计划中的LIGO印度探测站。

2.3 国际科研团队携手寻找惰性中微子

国际大亚湾合作项目共同发言人陆锦标在本次年会的新闻发布会上做了演讲,他指出,利用大亚湾实验设备收集了超过30万个反中微子,精确测量了电子反中微子的能谱,由此得出“理论模型可能存在问题”的结论,即可能存在惰性中微子;同时,美国费米国家加速器实验室正在联合欧洲核子研究组织(CERN)及瑞士、英国等地实验室共同开展试验,以判断大亚湾实验室假设的惰性中微子是否真的存在。

2.4 探究人类成瘾行为的神经回路线索

美国、欧盟和发展中国家正在开发神经科学研究技术平台,从脑神经学角度解读人类疾病。本次大会的分会讨论了人类成瘾行为、情绪障碍等相关问题,从个体细胞以及神经网络在空间与时间上的联系的角度,交流了破解人类的大脑的神经学线索。来自美国国立卫生研究院的Wilson Compton主任在分会议上汇报了关于人类成瘾行为(如对高热量食品的嗜好、对烟酒等物质的依赖行为等等)的化学机制的最新进展。从神经学角度分析,Wilson团队发现大脑神经回路是造成成瘾问题的物质基础,而神经适度回应外在刺激存在成瘾速度的个体差异,基因学和后天环境(子宫内环境、早期童年环境、学校、邻居关系等)都对脑神经回路构成物理性影响,在某种程度上决定了成瘾行为的形成。他们的研究表明,生理、心理和社会三大因素共同作用,影响成瘾问题治疗的效果^[10]。

3 颠覆性技术的影响显现

3.1 全球企业持续追求颠覆性科技创新

科技创新不仅是国家层面的焦点问题,也是企业家和创业者最为关注的热点,尤其是那些能够颠覆现有生产能力乃至整个行业生产链的全新技术。在关于企业创新的研讨会里,多位企业家介绍了他们最新的创新经验,包括科技创新活动中的投资角度、孵化器管理等等,这些资本运作使科技创新从基础发现和发明,转化成为带有收益的商业产品。来自Incubic管理公司的Milton Chang在大会报告中阐述企业家如何在创业初期强化职业生涯、降低风险;来自斯坦福大学的Thomas M. Baer在报告中详细叙述了在工程技术领域可持续创新的重要性;某公司执行总裁Daniel Rogers分享了他在创业起步阶段的经验,论述了科技创新对一个新兴企业的重要性^[11]。

研讨会还涉及到企业创新面对的壁垒。报告人针对在美国能源、交通运输、建筑业以及制造业中的创新投资和科技研发可能遇到的各种壁垒与他们在欧洲、亚洲等地的实际情况进行了比较,探讨了创新的发展方向以及创新的发展速度^[12]。

3.2 人工智能的进步可能影响就业

康奈尔大学的计算机科学教授Bart Selman在会议上表示,去年在人工智能研究领域的花费超过10亿美元——这比在这个领域的历史上的总投资还多,在接下来的2~3年内,智能和半智能自动系统将作为人类社会的一部分,改变每一个人的日常生活。他还强调,人工智能的进步可能威胁到就业,并引发的一系列法律、法规和伦理问题。莱斯大学的Moshe Vardi教授认为,人工智能最先颠覆的就业领域可能是交通运输业。10%的美国就业涉及车辆的操作,可以预测,大多数这样的工作会消失;进一步讲,这些工作消失很可能将对制造业产生影响。Moshe还预计,智能机器越来越多的使用将会产生“工作极端化现象”(job polarization)。有许多高技能的工作需要太多的人类智慧,还有许多低技能的工作负担不起昂贵的自动化,处于这两极之间的工作就是自动化最容易担负的。“两极之间”工作的消失将形成巨大的不平等,可能从根本上动摇社会经济结构。此外,与会专家还探讨了自动武器、大数据与机器学习^[13]、信息技术与

网络安全^[14]等热门话题,反思自信息产业革命以来运用计算机技术和人工智能机器的道德与法律难题,追问科学技术进步给人类社会带来的全新伦理问题。

3.3 日臻成熟的基因编辑技术或将颠覆人类伦理观

目前广受关注的基因编辑方法CRISPR的发现者之一,来自加州大学伯克利分校的Jenifer Doudna,在大会上做了研究报告。她表示,基因编辑技术已经日臻成熟,易于使用。运用CRISPR技术可以容易、准确、廉价地改变任何基因,进而开发对抗病毒的新型医疗手段。但是,在这项技术的风险与益处没有被清晰了解前,在对其使用未达成广泛的社会共识前,研究人员推进临床应用是不负责任的,科学家和公众正在考虑这项技术的伦理性,因为,有朝一日该技术可以编辑人类生殖细胞(精子和卵子)基因,创造出新特点并传递给后代,修正病变基因或“不想要的”基因。这类人为干预遗传特性的技术手段,一旦实施,或许将颠覆现有的伦理观和人类自我认同。此次年会的参与者还讨论了很多这类具有颠覆性意义的科技成果和趋势,比如,探讨如何在芯片上建立迷你大脑^[15]、精准定制药物等等,而这些讨论将科技从实验室带到了寻常百姓家,将颠覆性科技创新引向生活的方方面面。为此,科学家和政策制定者携手,制定具体、有效的科技政策,引导科技朝着有利于人类生产生活的方向发展。

4 政策讨论关注科技与社会

4.1 同行评议确保公共决策的科学性

美国环保署的Thomas Burke、华盛顿特区职业安全与保健管理总署David Michaels和华盛顿特区国家高速公路安全管理局的David Friedman在分会上介绍了美国行政机构以科学为基础制定决策的实际案例:他们所在的联邦机构平日里负责制定并实施保护空气、水、食物、工作场所和居民健康与安全的法律法规,许多规定的建立,需要适当地运用同行评审和咨询委员会等科学决策方法,以便增强决策透明度、保证决策质量和科学性,同行评审和咨询委员会的具体操作要依照具体案例来设计。此外,一些演讲者还在大会上介绍了科研机构及单个研究人员是如何在政策制定过程中应用科学知识和技术,以帮助完成政

府和地区可持续发展目标的制定^[16]。

4.2 科学教育“2061项目”设置新型科学课程

如果说运用科学决策方法辅助政策制定是政府层面的案例,那么将最新的科学技术延伸到学校的课堂里,则是更接近民生的实例。Jo Ellen Roseman是新课程项目的主要研究者,他在会上介绍了美国科学促进会发起的长期科学素养教育倡议“2061项目”,该项目最近的工作重点之一,是被称为“面向高中生物学(Toward High School Biology, THSB)的新课程单元”,旨在培养学生更好地理解在现代生物学中的关键化学概念,确保学生在进入高中时,能够理解科学在现实世界中是如何发生的。超过25名教师和2000多名学生从科罗拉多、华盛顿特区、马里兰、马萨诸塞州等参加了THSB单元的开发和测试,包括19课时活动。这些新课程一改教科书很少帮助学生建立物理、化学与生命科学之间联系的弊端,将很多实际问题,如气候变化、砍伐树木、二氧化碳排放及植物光合作用有机联系起来帮助学生在阅读科学文献、分析数据、构建和使用模型过程中,建立科学兴趣和科学素养,理解和参与科学实践。这个新的课程单元发布得到了很多专家的认可,预计将在2016—2017学年得到应用。

4.3 倡导建立跨国科学咨询机制

新西兰政府首席科学顾问Peter Gluckman爵士,是科学咨询领域的领军人物,获2015年度AAAS科学外交奖^[17],他对国际科学咨询的未来趋势有深刻的洞见。此次年会上,在题为:“国际科学咨询变化的图景”的报告中,Peter Gluckman认为,科学在双边、多边和全球事务中的作用越来越重要,联合国可持续发展目标突显了科学运用于决策中的有效性。然而,在科学参与决策的过程中,总会有多种因素共同影响。尽管世界卫生组织(WHO)中的科学委员会和专家,以及政府间气候变化专门委员会(IPCC)中的评估机制很好地保护了科学建议的完整性,但这种缓慢而复杂的模式并不能复制,并用起来应对每一次全球挑战和危机。在地区和双边性事务中,几乎没有这样的机构存在以降低科学被误用的风险。随着新技术产生后所带来的一系列问题,国家间需要在一些概念、标准以及复杂的规则上达成一致和理解。目前,为处理危机和突发状况,各国

的科学咨询机构间加强联系的举措已经出现。这种通过将科学家个人与学术机构建立正式联系来进行科学咨询的方式与机制与依靠分散的专家咨询的做法相比,科学咨询的有效性更强^[18]。

5 科技合作应对全球挑战

随着科学技术与经济社会的不断发展,当前人类比以往任何时候都面临更多共同挑战。寻求解决极端气候、传染病、能源短缺、自然灾害等难题的努力早已超越了国家边界。随着挑战的增多,全球科学参与主体多元化趋势越来越迫切与明显。值得庆幸的是,当前国际科技合作在食品和水安全、可持续性发展、传染病、健康,气候变化,自然灾害及能源方面的合作成果丰富。此外,在越来越多的科学家与工程师跨越国界以解决地区和全球问题的同时,科学与技术本身也在知识与技术的产生与分享中不断前进。在呼吁进一步加强国际科技合作的背景下,发达国家、发展中国家、国际组织、以及社区组织等处在不同社会发展阶段的多元化科学参与主体在全球科学参与的过程中也体现了不同的目标。关注和解决不同科学参与主体的诉求,可以更好地推动国际科技交流与合作,以期更有效地应对全球挑战。

5.1 日本等发达国家倡导“开放的科学”

根据2015年OECD国家:让开放的科学成为现实(Making Open Science a Reality)的报告,“开放的科学”(Open Science)主要指公共资助研究的成果能够以电子化的形式更广泛被科学共同体、商业部门及社会所获得^[19]。当前这项工作主要依靠由研究者自下而上推动。在此次年会上,日本政府科学技术与创新理事会Yuko Harayama在发言中指出,在国家与国际层面而言,研究机构、大学、图书馆、出版机构也正在考虑加入这个进程。随着互联网与数据存储技术和计算能力的推进,科学进步的方式发生了重大改变。这样的改变便利,加速了在相对封闭的科学家圈子以外的知识分享及合作。开启“开放科学”的动议正在起步阶段,它可以使科学的生产、扩散及利用更加开放。Yuko Harayama谈到,OECD国家针对“开放科学”的政策制定已经开始,G8科学部长会议也对此活动有所推进。在此全球趋势下,日本已经认识到了在此问题上参与国际讨论的重要性,认为这是具有前瞻性的工

作。目前,日本已召开相关专家组会议并发布了指导原则,最直接的成果之一就是日本政府将“促进开放科学”政策写入了即将实施的第5个科学技术基本计划(2016—2020)之中^[20]。

5.2 发展中国家在科学领域的平等参与

美国科促会主席Geri Richmond在年会上做了主席发言。她表示,发达国家和发展中国家的科学家在面对全球问题时,比如,气候变化和公共卫生,需要站在同一立足点。她为发达国家和发展中国家在同等基础上建立合作关系提出5点建议^[21]:1)建立信任。Geri提到的例子是,南美地理学家帮助美国科学家在他们国家建立监控和研究站以便研究自然灾害,如地震和火山爆发,但由于美国科学家只认数据,南美科学家的科研成果在一些期刊并未得到承认。真正的合作应该是建立在持续的分享经验的信任上,而不仅仅是实验数据。2)学会倾听。比如喀麦隆的一位教授研究可循环塑料瓶的变质问题,这是许多发达国家的科学家没有想到过的。3)人才遍天下。要关注发展中国家的有天赋的科研人员。4)与偏见作战。在很多领域难以发现发展中国家的期刊文章和作者,这不意味这些国家没有过硬的研究者,尤其是非洲和南美洲。发达国家的科学家需要更加致力于向发展中国家邀稿,并邀请这些国家的专家做评审人,出版商应该继续资助这些国家的期刊订阅率。5)具有全球视野。在解决科学问题时,如果不研究文化,就无法理解具体的问题,进而产生不必要的疑惑,导致找不到正确的解决办法。Geri最后总结道:最好的科学“发生在每个人都参与并发声的时候,创造是在不同国家、不同角度、不同背景、不同机构产生的”。

5.3 世界卫生组织寻求全球团队应对传染病

国际卫生组织总干事办公室的战略主任Christopher Dye在年会上介绍了寨卡(Zika)病毒对世界公共安全的威胁及在美国的发展情况。他指出世界卫生组织的国际公共卫生基金近年来下滑,2014年爆发于西非的埃博拉(Ebola)病毒暴露出在基金下滑背景下的国际团队合作的重要性。然而,由于一些研究埃博拉病毒的科学家因为害怕失去在重要科学杂志发表论文的权利,在分享数据方面表现的动作迟缓。在这样的机制下,分享信息经常遇到障碍。Dye主任还

指出,资金是个严重问题,慈善组织的经费,很可能不足以承担应对下一个致命流感的支出,但好的方面是,研发埃博拉疫苗的制药公司股价的突然上涨对制药公司具有经济激励作用,能确保紧急时药物能够到位。最后,他建议设立公共卫生基金,同私人保险和在保险部门一起合作,用保险的方式应对流行病,正如公司用保险应对飓风灾害一样^[22]。

5.4 建立社区大学补充科技人力资源

科促会教育与人力资源项目的Abe-ni Edwards在会上进行了国际合作促进劳动力发展的报告,她认为跨越国家疆界的知识共享,给当地劳动力就业带来极大的压力,制定科技持续教育计划,将有助于缓解这种压力。具体方式是以社区大学为基础,设立专业课程、选择教员、招收即将进入科技类工作岗位的学生。这种教育模式尤其要面向那些新型技术产业,包括科学研究、医疗诊断、国土安全、可持续能源生产和管理等等^[23]。

6 会议的启示

美国科促会2016年年会探讨了当今科学进展的新动态和国际科技合作的总趋势,展望了可能对未来社会生产、生活产生颠覆性影响的科技,强调了企业、社团和国家在科技创新中开展合作的重要性,这些都为全球科技工作者、企业家和政策制定者思考今后工作的内容和形式提供了实例参考。以下是5点启示:

1) 持续投入与探索基础科学研究,巩固重大科学发现产生的前提基础。此次年会上,美国科学家对重大基础科研问题的探讨体现了美国对基础研究领域持续关注。对基础理论体系的不断完善并在实践层面上进行探索和印证,这体现了实证研究的精髓,它成为美国占领世界科学制高点、在原始创新方面领先于世界的法宝。不论是好奇心驱使的基础科学研究,还是任务导向型基础研究,美国都以持续的巨额资金投入为保障,为重大科学发现的产生提供渠道和前提。虽然这种投入稍露缩减之势,

但仍比其他国家高出许多,加上美国的政界人士强调潜在的被赶超的威胁,美国科研投入力度或将有所加强。

2) 探讨颠覆性技术带来的经济与社会新问题,为公共政策制定提供参考。颠覆性技术,比如人工智能、基因编辑等技术或许在某一个技术关键点为人类提供了几近于完美的解决方案,但这并不意味着它们对经济与社会的影响全部都是积极的。在颠覆性技术产生之初着手研究其对经济、社会、伦理方面的影响,实际上是为公共政策的制定提供了预调研。积极利用政策工具将颠覆性技术的优势最大化,同时最大限度地削弱其不利影响,应该成为科技公共政策制定者努力的方向之一。

3) 制定灵活务实的科技交流合作政策,以适应国际科技合作大趋势。国际科技合作蓬勃开展,参与主体日趋多样,参与范围和手段不断更新,我国应制定适合本国国情与国际形势,灵活务实的科技外交政策,使其成为提升本国国际科技合作水平、凸显合作成效的操作指南。在国际科技合作中,不能盲从权威或贪恋眼前利益,要善于转化美国科技界人士全面保持领先地位的政治心理和外交策略,为我所用;要善于权衡双方需要,主动发起合作倡议,寻求共同感兴趣议题,争取最大范围吸引更多科学界领军人物参与,打造一流科技合作平台,是对国际科技合作的重要贡献,也是参与科技全球治理的有效途径。

4) 构建政府科学咨询的国际网络,为应对国际重大问题提供科学决策。面对许多全球性政策议题,比如气候变化、食品安全、全球传染病、生物多样性保护等等,运用科学方法提供高质量的科技咨询,是当今世界科学家、研究人员和政策界人士共同关注的重要课题。科学方法支撑下的决策系统,不仅可以服务我国政府决策,还可以服务企业决策;构建符合中国国情的科学决策系统,还可以成为我国政府主动引领全球政府咨询科学化、构建政府科学咨询国际网络的契

机,是决策科学与政府职能结合的发展方向之一。

5) 重视科技创新的全球参与,应对全球性难题。在全球化挑战不断增多的大背景下,各国都将科技创新看成是破解难题的关键因素。在全球范围内,不论是发达国家还是发展中国家,科学家还是企业家,国家还是个人都应该共同参与科技创新。科技创新需要全社会的重视与参与,更需要全球共同努力,这已经成为全球科技创新合作的大趋势。在某种程度上,这次年会的主题“全球科学参与”与我国目前正在大力推进的开放创新具有一致性。不断拓展科技创新参与者的主体,利用市场机制引导创新资金的流动,鼓励创新人才跨国、跨界合作,不断扩大个人、企业、产业、国家各个层级参与科技创新活动的广泛性、全局性,可以最大程度地释放创新活力,为应对全球性难题提供动力。

总之,“全球科学参与”已经成为当今人类科技活动的主旋律,是当今人类社会的一个重要理念和现实活动,对中国来说既是挑战,也是机遇。中国如何参与其中、对不同国家采取何种交流合作方式、对全球科学界能够做出什么贡献、如何在自主创新与交流合作中把握具有全局性、战略性和颠覆性的科技问题等等,这些都是可以深入探讨的课题。科学技术是一条纽带,可以超越种族和国籍、跨越地域和时间,将世界资源和信息联系起来。积极主动地利用好这条纽带、开展对外科技交流与合作,可以成为中国科技外交的重要组成部分,需要我国科研人员、教育家、企业家、政策制定者等共同参与。

致谢: 本文得到中国科学院科技政策与管理科学研究所樊春良研究员的热情帮助和悉心指导,他在会议主题解读、会议背景阐释、议题内容补充以及词语运用等方面,对本文的初稿进行了细致且精辟的修改和指正。

参考文献 (References)

- [1] AAAS. AAAS mission and history [EB/OL]. 2016-03-07[2016-03-18]. <http://www.aaas.org/about/mission-and-history>.
- [2] AAAS. Briefing of 2016 annual meeting [EB/OL]. 2016-03-07[2016-03-18]. <http://www.aaas.org/am2016-newsroom/briefings>.
- [3] AAAS. Grand Visions for the Future of U.S. Science in a New Global Era [EB/OL]. 2016-03-07[2016-03-18]. <https://aaas.confex.com/aaas/2016/webprogram/Session12359.html>.
- [4] 环球网. AAAS年会现革命性成果: T细胞免疫疗法或能消除癌症病症[EB/OL]. 2016-02-17[2016-03-20]. <http://world.huanqiu.com/exclusive/2016-02/8552701.html>.
Huanqiuwang. Revolutionary outcome shown in AAAS annual meeting: T cell immunotherapy may eliminate cancer[EB/OL]. 2016-02-17[2016-03-20]. <http://world.huanqiu.com/exclusive/2016-02/8552701.html>.
- [5] The Economist. The column of science and technology: The AAAS, immunology, genetic engineering, and analysing art[J]. 2016-02-20-26.
- [6] 王斌. 超越爱因斯坦: 从大爆炸到黑洞[J]. 科学, 2015(5): 15-18.
Wang Bin. Beyond Einstein: from big bang to black hole [J]. Science, 2015(5): 15-18.
- [7] Cho A. Rumor of gravitational wave discovery is just that, source says[EB/OL]. 2016-01-12[2016-03-20]. <http://www.sciencemag.org/news/2016/01/rumor-gravitational-wave-discovery-just-source-says>.
- [8] Zolfaghari E, Prigg M. Was the 'big bang signal' just DUST[N]. Daily Mail, 2014-09-22.
- [9] Twilley N. Gravitational waves exist: the inside story of how scientists finally found them[N]. The New Yorker, 2016-02-11.
- [10] AAAS. AAAS community college forum: Understanding vulnerability to substance addictions[EB/OL]. 2016-03-10[2016-03-20]. <https://aaas.confex.com/aaas/2016/webprogram/Paper16071.html>.
- [11] AAAS. Global science-driven entrepreneurship: determined pursuit of innovative success[EB/OL]. 2016-03-10[2016-03-20]. <https://aaas.confex.com/aaas/2016/webprogram/Session12393.html>.
- [12] AAAS. Advancing knowledge of global amphibian decline with international collaboration[EB/OL]. 2016-03-10[2016-03-20]. <https://aaas.confex.com/aaas/2016/webprogram/Session12238.html>.
- [13] AAAS. Personalized medicine: big data and machine learning [EB/OL]. 2016-03-10[2016-03-20]. <https://aaas.confex.com/aaas/2016/webprogram/Session12079.html>.
- [14] AAAS. Information, computing, and communication [EB/OL]. 2016-03-10[2016-03-20]. <https://aaas.confex.com/aaas/2016/webprogram/Session12692.html>.
- [15] AAAS. Neuroscience clues to the chemistry of addictions and mood disorders[EB/OL]. 2016-03-10[2016-03-20]. <https://aaas.confex.com/aaas/2016/webprogram/Session11488.html>.
- [16] AAAS. Sustainable development goals: Paths forward [EB/OL]. 2016-03-10[2016-03-20]. <https://aaas.confex.com/aaas/2016/webprogram/Session11801.html>.
- [17] AAAS. Sir Peter Gluckman receives 2015 AAAS award for science diplomacy for bringing together science advisers [EB/OL]. 2016-02-10[2016-04-21]. <http://www.aaas.org/news/sir-peter-gluckman-receives-2015-aaas-award-science-diplomacy-bringing-together-science>.
- [18] AAAS. The changing landscape for international science advice[EB/OL]. 2016-02-13[2016-04-21]. <https://aaas.confex.com/aaas/2016/webprogram/Paper17559.html>.
- [19] OECD. Making open science a reality, from OECD science, technology and industry policy papers, No. 25[EB/OL]. 2015-10-15. [2016-04-21]. <http://dx.doi.org/10.1787/5jrs2f963zs1-en>.
- [20] AAAS. Advancing open science in japan and in international collaboration[EB/OL]. 2016-02-15[2016-04-21]. <https://aaas.confex.com/aaas/2016/webprogram/Paper16940.html>.
- [21] AAAS. Geri Richmond: International science collaborations need equal partnerships[EB/OL]. 2016-03-10[2016-03-20]. <http://www.aaas.org/news/geri-richmond-international-science-collaborations-need-equal-partnerships>.
- [22] AAAS. Christopher Dye: WHO seeks a global team in fighting epidemic disease[EB/OL]. 2016-03-10[2016-03-20]. <http://www.aaas.org/news/christopher-dye-who-seeks-global-team-fighting-epidemic-disease>.
- [23] AAAS. AAAS community college forum: international collaborations that promote workforce development and address global concerns [EB/OL]. 2016-03-10[2016-03-20]. <https://aaas.confex.com/aaas/2016/webprogram/Session13140.html>.

(编辑 田恬)