

国家科技条件资源指数的国际比较分析

1. 中国科学技术信息研究所 北京 100038;
2. 首都师范大学图书馆 北京 100089

赵伟¹ 王弋波¹ 白晨¹ 杨行²

摘要 科技条件资源是一个国家重要的战略性资源。遵循代表性、科学性和可获得性原则,基于资源建设与管理的“全链条关键环节——支撑效果——建设管理目标”的映射关系,从规模与质量、管理与利用、支撑与产出三个维度构建了国家科技条件资源的指数模型和评估指标体系。综合评估了14个世界主要国家的科技条件资源指数,对比分析了主要国家科技条件资源的建设和管理现状以及我国与世界先进水平的差距,以期为相关管理部门提供信息参考和决策依据。

关键词: 科技条件资源, 指数, 国际比较, 科技创新

中图分类号: G350 G311

开放科学(资源服务)标识码(OSID)



International Comparative Analysis of National Science and Technology Infrastructure Resources Indices

1. Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038, China;
2. Library of Capital Normal University, Beijing 100089, China

ZHAO Wei¹ WANG YiBo¹ BAI Chen¹ YANG Xing²

Abstract Science and technology infrastructure resources (STIRs) are important and of strategic significance for a country. The STIRs index model and evaluation system were built in this study from the

基金项目: 国家科技基础条件平台专项课题“科技条件资源指数国际比较分析研究”(2016DBJ1ZZ04)。

作者简介: 赵伟(1975-), 博士, 研究员, 硕士生导师, 研究方向: 科技资源管理与评价, Email: zhaowei@istic.ac.cn; 王弋波(1985-), 硕士, 助理研究员, 研究方向: 科技资源管理, Email: wangyb@istic.ac.cn; 白晨(1980-), 博士, 助理研究员, 研究方向: 科技资源管理, Email: baic@istic.ac.cn; 杨行(1990-), 硕士, 助理馆员, 研究方向: 信息资源管理, Email: yangxing9008@163.com。

perspectives of scale and quality, management and utilization, support and output following the principle of representative, scientific and accessible, based on the mapping relationship of “the key links in the whole chain—supporting effects—construction and management objectives”. The STIRs index of 14 major countries were comprehensively evaluated, and the status of the STIRs construction and management of different countries were compared and analyzed to find the gap between China and the world’s advanced level and provide reference and decision-making basis for relevant management departments.

Keywords: Science and technology infrastructure resources, index, international comparison, scientific and technological innovation

1 引言

科技条件资源是一个国家的战略性资源,是开展科技创新活动的基础支撑^[1],科技条件资源的数量、质量及管理利用水平直接影响着国家科技进步与创新能力。它是支持科技创新活动(研究与开发活动)的基础设施,主要包括科学仪器设备、科学数据与信息、科技规范和标准、生物种质资源及标本等^[2]。综合考察和评估全球主要国家科技条件资源的建设和管理现状,客观反映我国与世界先进水平的差距,可为引导和促进我国科技条件资源的优化配置、开放共享和高效利用提供信息参考和决策依据。

对于科技条件资源建设与管理的评估,国内外学者主要从单个资源入手构建评估体系^[3-5],尤其以科学数据^[6-8]、科学仪器设备^[9,10]为主要评估对象,评估多以定性研究为主且评估指标相对单一,构建的评估体系较少形成系统化。虽然学者们针对链接分析法^[11,12]、AHP法^[13]、加权分析方法等多种评价方法^[14,15]进行了应用研究,但已有量化研究多是从资源建设组织,以及管理评价的某一方面开展探讨^[16-18]。从国家层面综合评估多种类型科技条件资源整体水

平的相关研究较少,国家科技基础条件平台建设战略研究组提出了科技条件资源评估的指标体系^[2],但该体系尚未用以开展评估实践;赫运涛等较全面地开展了我国科技条件资源建设与管理水平评估实践^[19]。总体上,囿于数据获取的难度以及不同国家对科技条件资源关注的视角不同,可供参考和借鉴的已有研究成果有限。本文拟从国家层面构建国家科技条件资源指数,通过系统性指标描述和数据分析来客观反映我国的科技条件资源建设与管理利用水平及其可能存在的差距,为相关管理部门提供科学参考。

2 模型构建

2.1 构建原则

本文基于代表性、科学性以及数据的可获得性等原则,构建表征世界主要国家科技条件资源建设与管理利用水平的评估指数:(1)代表性原则。即应选取代表性资源和代表性国家开展指数评估,其中代表性资源主要选择科学仪器与设备、科学数据和生物种质资源等,使评估结果能够从整体上表征一个国家的科技条件资源状况;评价对象应具有代表性,使各国

之间的对比评价结果能够为我国科技条件资源建设与管理提供参考和借鉴。(2) 科学性原则。资源指数是一个内涵丰富的体系, 它应能够科学反映科技条件资源从生产、组织、存储、共享、管理和服务等全链条关键环节的状态和水平。

(3) 可操作性原则。国外几乎没有客观反映科技条件资源整体建设和管理水平的统计口径和统计数据可供参考, 评估数据的获取难度很大, 构建的评估指数需满足评估数据的可操作性, 以使评估研究得以实现。

2.2 基本模型

科技条件资源指数是一个集成型指标, 它既需要反映一个国家科技条件资源建设与管理的全链条关键环节, 又需要与整个评估工作的目标相适应, 即应能够反映资源对国家

科技发展和创新的支撑作用, 以使得评估能够为国家科技资源发展政策制定切实提供有效信息和支持。在科技条件资源建设与管理的全链条关键环节中, 资源建设、加工、组织与存储环节决定了资源规模的形成和资源质量的水平; 管理、共享和服务利用是体现资源价值及资源增值的主要环节; 全链条中各关键环节协同作用的结果将对国家科技发展和创新起到重要的支撑作用, 它体现了科技条件资源建设与管理的产出和效果。因此, 国家科技条件资源指数模型主要包括三个维度: 规模与质量、管理与利用、支撑与产出, 从而形成了资源建设与管理的全链条关键环节——支撑效果——建设管理目标的映射关系, 构成了对一个国家科技条件资源整体建设与管理水平的表征体系(图1)。

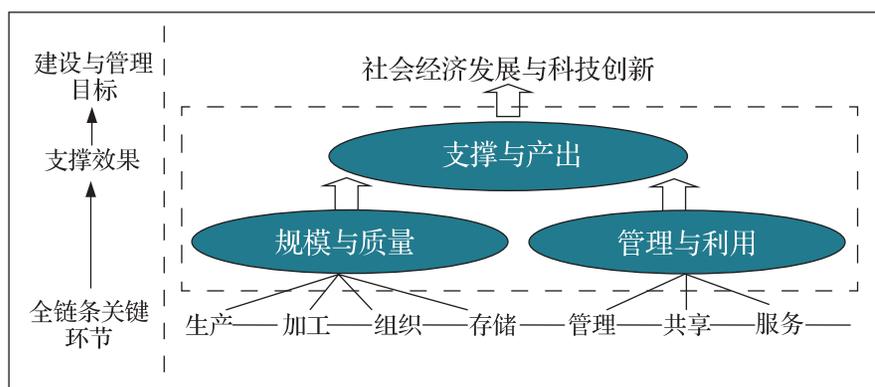


图1 国家科技条件资源指数模型

2.3 具体评价指标

基于图1所示的国家科技条件资源指数模型以及指标构建的基本原则, 选取科学仪器和设施、科学数据、生物种质和实验材料作为代表性科技条件资源, 以“规模与质量”、“管理与利用”、“支撑与产出”作为一级指标, 进一

步建立7个二级指标和16个三级指标。

(1) 规模与质量

资源规模: 反映各国投资建设的科技条件资源总体规模, 包括①科研设施与仪器资源规模, 重点考察各国拥有的遥感卫星地面站、磁约束聚变研究装置、空间环境地基综合监测子

午链等大科学装置,以及高端通用仪器设备的数量;②科学数据资源规模,重点考察各国在地球观测、生物多样性、气象等重点领域拥有的数据库(集)的数量;③生物种质与实验材料资源规模,重点针对作物种质、家养动物、微生物、标准物质,以及包括植物标本、动物标本、岩矿化石标本等在内的标本资源,从物种数量和保藏数量两个方面考察。

资源质量:反映我国科技条件资源的先进性和规范性。在资源规模指标中,评价的科学数据库(集)均为已通过一定审核流程的较高质量的资源,因此认为科学数据规模指标中已包含质量内容,故本指标主要设立大科学装置性能优越性、生物种质资源可用性两个三级指标。其中,大科学装置性能优越性主要考察其技术先进程度和突出性能优势^[20];生物种质资源可用性主要进一步考察资源的集中保藏量、相关国际互认能力数量、资源互认优势领域数量、入库率、编目率等^[21、22]。

人均资源规模:反映评价各国人均科技条件资源的丰裕程度,采用各国R&D研究人员中人均占有的科技条件资源规模来表征。

(2) 管理与利用

资源共享水平:反映各国对科技条件资源的共享服务能力,包括①大科学装置共享服务水平,主要从资源利用水平、共享水平和实验人员技术水平三个方面进行评价;②科学数据开放共享水平,包括资源生产的国际合作水平、科学数据共享网站影响程度、科学数据出版情况^[23]三个方面;③生物种质资源共享水平重点考察资源的数字化比例等。

资源管理水平:反映各国对科技条件资源

的组织管理保障能力,重点考察资源依托机构的建设水平和资源管理标准建设水平两个方面。

(3) 支撑与产出

资源开发能力:间接反映科技条件资源对国家科技创新活动的潜在支撑能力,主要评价科研设施与仪器自主研发水平、科学数据资源增长率,以及生物种质与实验材料资源开发水平(除了本土资源外其他生物种质资源的保有情况和每年的品种新增情况等)。

资源产出成效:反映拥有的科技条件资源对国家科技发展和创新的支撑效果,包括①三方认证专利产出强度,是指在科技条件资源支撑下产出的三方专利的授权情况;②高水平科技论文产出强度,是从单位科技条件资源支撑下产出的论文总量和论文篇均被引频次两方面考察。

3 数据获取与处理

评价对象的选取主要考虑到地区分布、国家之间具有可比可借鉴性等,选取了14个国家,包括加拿大、法国、德国、意大利、日本、英国和美国等G7国家,中国、俄罗斯、印度、南非、巴西等金砖国家,以及澳大利亚和韩国作为研究对象开展对比分析。

3.1 科学仪器与设备

大科学装置的相关数据主要来源于公开数据调查以及领域内专家咨询问卷结果;分析类仪器规模数据来源于美国Strategic Directions International公司分析类仪器行业报告Global

Assessment Report, 13th Edition。

3.2 科学数据

采用科睿唯安 DCI (Data Citation Index™, DCI) 数据库, 以及发布在地球观测政府间工作组 (Group on Earth Observation, GEO)、全球生物多样性信息网络 (Global Biodiversity Information Facility, GBIF)、世界气象组织 (World Meteorological Organization, WMO) 的相关数据信息。

3.3 生物种质和实验材料

微生物资源的数据来源于 <http://www.wfcc.info> 和 <http://www.wdcm.org> 数据库; 岩矿化石资源数据来源于各国相关网站; 动物标本数据来源于 COL 网站; 植物标本来源于相关网站和研究报告; 标准物质资源信息优先从各国家相关网站获得, 如无可能, 则取自国际标准物质数据库 (COMAR); 作物种植资源数据来源于 <https://www.genesys-pgr.org/welcome> 和《世界粮食和农业植物遗传资源概况 第二份报告》^[21]。

国家科技条件资源指数是利用所建立的指标体系, 通过上述渠道获取相关指标数据并通过无量纲化处理后, 采用专家咨询法确定指标权重, 并运用加权方法进行综合测算所取得的。

4 结果分析

4.1 中国科技条件资源综合指数处于第二梯队

全球各主要国家科技条件资源综合指数呈现一超多强的局面, 美国的资源综合指数位居首位, 且领先优势明显 (表 1)。日本、英国、德国、法国、中国、加拿大分列第二至七位, 形成主要国家排位中的第二梯队; 意大利、韩国、澳大利亚、俄罗斯的综合指数处于 40 至 60 之间, 形成第三梯队; 南非、印度、巴西位列最后。

仅从综合指数的比较来看, 中国与位居其上的德国和法国差距很小, 并位列韩国、意大利和加拿大等发达国家之前, 远高于其他金砖国家, 但除了与美国差距较大, 与第二梯队前列的日本和英国也仍有一定差距。

表1 各国国家科技条件资源综合指数及一级分项指数

国家	综合指数	排位	规模与质量		管理与利用		支撑与产出	
			分项指数	排位	分项指数	排位	分项指数	排位
美国	100.0	1	100.0	1	100.0	1	89.9	2
日本	73.1	2	60.3	7	53.3	8	100.0	1
英国	71.3	3	76.6	2	74.2	3	55.4	8
德国	69.3	4	65.3	5	71.2	4	64.4	5
法国	66.0	5	54.7	9	80.3	2	56.4	6
中国	64.4	6	66.5	4	64.6	5	55.4	7
加拿大	61.0	7	61.8	6	61.9	6	53.1	9
意大利	58.3	8	56.9	8	41.8	9	71.1	4
韩国	50.8	9	37.6	14	39.2	10	71.9	3
澳大利亚	49.7	10	71.8	3	38.0	11	33.3	11
俄罗斯	47.7	11	41.2	13	56.4	7	40.8	10
南非	35.5	12	49.2	10	21.9	14	31.4	13
印度	35.4	13	45.9	11	23.7	13	32.8	12
巴西	32.2	14	41.5	12	26.5	12	24.9	14

从规模与质量、管理与利用、支撑与产出等三个维度进一步对比发现，各主要国家分项指数的表现特征也存在较大差异。①美国的规模与质量和管理与利用分项指数均居于首位，且对于第二位仍具有较大优势，但美国在支撑与产出方面的优势不够突出。②日本和韩国的支撑与产出能力较高，分列第一和第三位，但其他分项指数的表现均位居中下游，尤其是韩国的规模与质量指数位居末位。③中国在规模与质量和管理与利用两个维度上表现相对较好，但其支撑与产出能力仅排名第七。

4.2 中国科技条件资源总体水平领跑金砖国家

从综合指数可以看出，发达国家综合指数普遍高于金砖国家，前者综合指数均值为66.6，后者综合指数均值仅为43.0。中国的综合指数（64.4）大幅超出其他金砖国家，除中国外的金砖国家综合指数均值为37.7。俄罗斯在金砖国家中综合指数仅次于中国，处于第三梯队末尾。在综合指数层面上，中国超出俄罗斯约26%，超出其他三个金砖国家均在45%以上。

中国相对其他金砖国家的优势主要集中于资源规模、资源质量、开放共享水平及资源开发能力（图2）。但考虑到中国早在2011年就已经成为世界第二大经济体，无论在R&D经费总量还是R&D经费占GDP比重上均远超其他金砖国家，上述“总量指标”理应表现相对较好。但目前中国R&D研究人员数量居全球首位，超出美国近一倍，更远超其他主要国家。因此，从人均资源方面进行比较，中国当前的科技条

件资源强度并无优势，且居于世界主要国家末位。而南非和巴西在人均资源方面均表现较好，分别居主要国家中的第二和第六位。

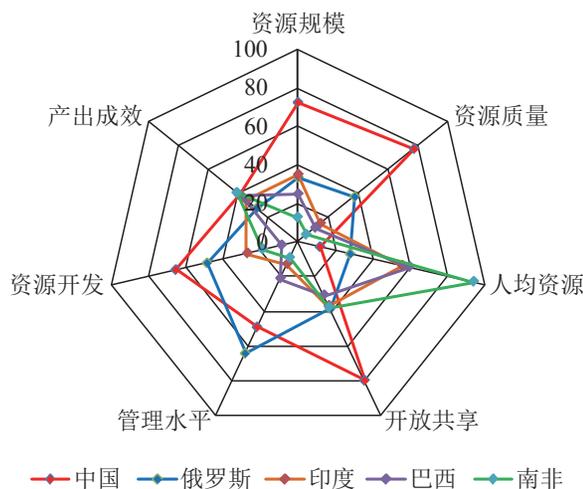


图2 金砖国家二级指标及评价情况

4.3 中国科技条件资源优势与不足均较突出

美国和欧洲主要强国长期对科技发展给予持续大量的经费投入，积累了丰富的科技条件资源。中国自改革开放以来，尤其是“十一五”、“十二五”以来，R&D投入规模持续增长，2015年全社会R&D投入金额达14169.9亿元，R&D占GDP比重达到2.07%^[24]，科技条件资源建设和管理也得到充分重视。中国的综合指数在全球主要国家居第六位，说明我国的科技条件资源建设正在迎头赶上国际先进水平。但考虑到我国庞大的人口基数和经济体量，科技创新支撑对科技条件资源的要求仍在不断加大，当前的资源建设和管理也存在一定程度的不均衡性。

中国在一级评价指标的三个维度中没有出

现短板型指标,并在“总量指标”上的表现突出,但在部分关键要素的发展水平和各要素间均衡发展程度两方面均存在较大的提升空间。从综合指数前6位国家各二级分项指数比较中可以

看出,中国虽然在资源规模和资源质量方面仅次于美国,并超过同属第二梯队的日英德法等国,但在人均资源、资源开发和产出成效方面仍存在显著不足(图3,表2)。

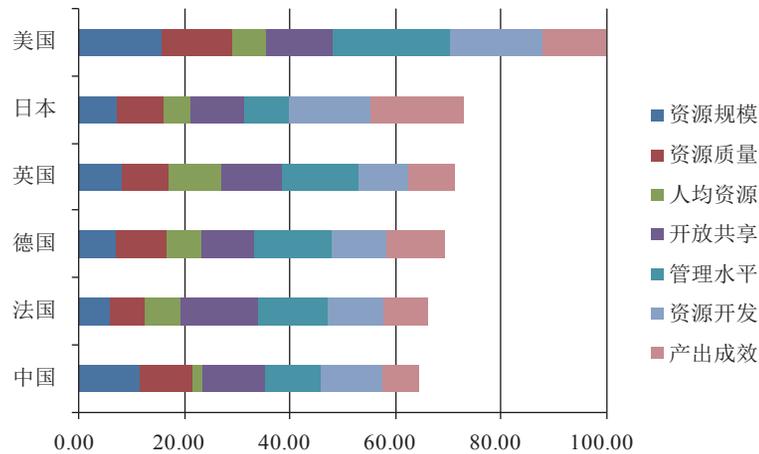


图3 综合指数前6位国家指数结构

表2 中国二级分项指数值和排名

	资源规模	资源质量	人均资源	开放共享	管理水平	资源开发	产出成效
中国二级分项指数	72.4	77.5	11.7	80.0	49.2	65.3	39.1
综合指数前6位国家的分项均值	59.0	71.4	39.6	80.8	63.5	71.1	61.2
各主要国家的分析均值	41.5	46.1	53.2	61.1	44.6	50.7	54.4
中国二级分项指数排位	2	2	14	4	6	3	11

具体地,资源规模和资源质量指数反映了某国家形成科技条件资源国际竞争力的能力,中国在这两个单项指标上的优异表现说明近年来科技条件资源建设的顶层设计和努力取得成效。但虽然整体得分领先,细分类型资源的得分仍然存在差异。如我国生物种质和实验材料资源的规模数量处于世界领先地位,但在岩矿化石标本的保有量上还比较落后^[21]。人均资源分项指数则是中国显著的短板指数,位居所有国家的末位。

我国的开放共享水平位居第四,经过十几

年的努力,我国已经从整体上形成了一个科技条件资源开放共享与服务体系,但不同细分类型资源的表现不同。如政府高度重视大型科研基础设施的共享服务,但各级科技管理层面面对通用仪器开放共享水平的重视程度和理解程度仍存在不足,并且缺乏有效的共享激励机制^[20]。管理水平指数处于中游,如我国加入世界数据系统的科学数据中心共6个,与美国加入量(29个)差距显著,而科学数据中心的发展壮大与科学数据资源的持续建设之间存在某种程度的正反馈关系^[23],因此有待加大我国融入或获得

国际认可的高水平资源管理机构的规模。

资源开发能力虽然位列第三，但不同类型资源的开发和潜在支撑能力同样存在差异。如我国在重大科研基础设施开发方面已经形成较强的自主设计和建设能力，但由于技术门槛和市场竞争的原因，分析类仪器的国际市场已经形成了以美国和日本为主的寡头垄断，我国在分析类仪器的自主研发上仍与主要科技强国之间存在较大差距。在产出成效单项指数上，日本（100）、韩国（90.1）和意大利（74.5）依次列前三位，美国（69.2）、德国（62.7）、英国（49.2）和法国（47.1）分列第四至七位。中国（39.1）居南非（40.6）之后，列第十一位，仅超过巴西（38）、印度（34.4）和俄罗斯（27.9），表明中国在相同科技条件资源规模水平下科研产出效率不足的问题相对突出。

4.4 国家资源指数与创新指数存在显著相关性

通过对各国创新能力指数^[25]与科技条件资源综合指数进行关联分析可以发现，各国的科技条件资源指数与创新能力指数之间存在显著的相关关系（相关系数 0.832），这种相关关系在一定程度上反映出科技条件资源对科技创新能力的支撑作用（图 4）。

根据主要国家的创新能力指数和科技条件资源综合指数的均值，可以形成各国创新能力和科技条件资源匹配情况的 4 个象限。象限 I 中的国家两种指数均高于平均值，同时具有较高水平科技条件资源和创新能力，包括美国、日本、英国、中国等第一和第二梯队的国家；象限 II 中的国家科技条件资源低于平均水

平，但创新能力表现突出，包括韩国和澳大利亚，它们的资源对科技创新的支撑效果最为显著；象限 III 中的国家两种指数均低于平均值，科技条件资源和创新能力均较差，包括除中国外的其他 4 个金砖国家；象限 IV 中的国家科技条件资源综合水平较高，创新能力不足，关注的主要国家均未出现在这一象限。此外，意大利处在象限 I 和象限 II 之间，说明科技条件资源处于平均水平，创新能力高于平均水平。

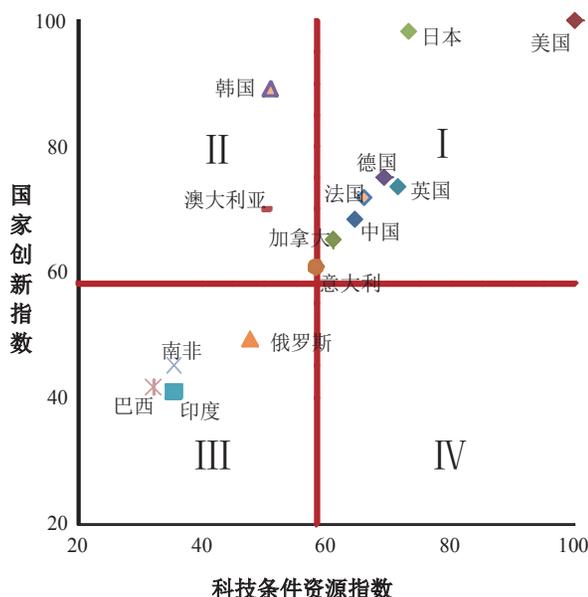


图4 主要国家条件资源利用效率散点图

5 结论与展望

通过研究发现，全球各主要国家科技条件资源综合指数呈现一超多强的局面，其中美国的优势明显。中国处于 14 个国家中的第二梯队，且在规模与质量和管理与利用两个维度上表现相对较好，体现了我国近年来科技投入和平台建设快速发展的成果。但其支撑与产出能力得分偏低，且在表现良好的指标中，部分细分的

关键要素的发展水平和各要素间均衡发展程度两方面均存在较大的提升空间。而科技条件资源指数与创新能力指数之间存在显著的相关关系表明了科技条件资源对科技创新能力的支撑作用,我国与韩国、澳大利亚、日本相比仍有待进一步提升资源对科技创新的支撑能力。

由于从国家层面开展科技条件资源建设与管理评估的相关研究和实践较少,数据获取难度大,因此本文更多地受限于可操作性而选择了部分代表性资源和指标开展评估。在后续研究中,可从探求数据获取渠道、采用间接分析方法等方面加强相关研究。此外,资源建设和管理的目的是为了能够更好地支撑科技创新活动,如何有效评估资源的支撑效果也是进一步研究的方向。

参考文献

- [1] 彭洁,赵伟,屈宝强,等.科技资源管理基础[M].北京:科学技术文献出版社,2014.
- [2] 国家科技基础条件平台建设战略研究组.国家科技基础条件平台建设战略研究报告[M].北京:科学技术文献出版社,2006.
- [3] Wouters P, Reddy C, Aguillo I. On the Visibility of Information on the Web: An Exploratory Experimental Approach[J]. Research Evaluation, 2006, 15(2): 107-115.
- [4] 张洋.网络影响因子研究综述[J].中国图书馆学报,2010(1): 63-79.
- [5] 张兴.O2O模式下图书馆信息服务探析[J].情报工程,2017,3(2): 93-99.
- [6] 国家科技基础条件平台中心.国家科学数据资源发

展报告(2015年度)[R].北京,2016.

- [7] 邱春艳,黄如花.近3年国际科学数据共享领域新进展[J].图书情报工作,2016(3): 6-14.
- [8] 赵伟,彭洁,杨行,等.我国科学数据共享网站评价研究[J].中国科技资源导刊,2014(2): 1-6.
- [9] 国家科技基础条件平台中心.我国大型科学仪器设备利用与共享指数研究报告[R].北京,2011.
- [10] 林君.现代科学仪器及其发展趋势[J].吉林大学学报(信息科学版),2002,20(1): 1-7.
- [11] 张向先,袁小姗.基于链接分析法的我国省级科技信息研究所网站影响力评价研究[J].情报理论与实践,2011,34(3): 91-94.
- [12] 张倩,滕红,袁小姗.基于链接分析法的我国主要商业银行网站影响力评价研究[J].情报科学,2011,29(6): 833-837.
- [13] 于晓辉,石一丁,孙红霞.基于AHP与逻辑模型的科技项目绩效评价方法[J].情报工程,2015,1(1): 74-80.
- [14] 刘志辉,李文绚.元分析方法研究综述[J].情报工程,2016,2(6): 31-38.
- [15] 王迪,王东雨.基于WOS的互联网信息政策分析[J].情报工程,2016,2(5): 86-92.
- [16] 周琼琼,玄兆辉.科技基础条件资源影响力评价体系研究[J].中国科技论坛,2012(6): 5-9.
- [17] 吴晓玲,何世伟,郭鹰.科技基础资源开放共享对创新资源配置效率的影响[J].浙江树人大学学报,2013,13(6): 45-48.
- [18] 邱均平,马凤,曾倩.中国大学的网络产出、显示度和影响力研究[J].情报科学,2011(3): 325-332.

[19] 赫运涛, 范治成, 许东惠. 我国科技条件资源发展指数的构建和比较分析 [J]. 中国科技资源导刊, 2016, 48(6): 1-9.

[20] 王弋波, 赵伟, 白晨. 基于指数评估的科研设施与仪器资源国际对比分析 [J]. 中国科技资源导刊, 2017, 49(1): 14-23.

[21] 白晨, 王弋波, 赫运涛, 等. 生物种质资源与实验材料样本建设存储情况的国际比较研究 [J]. 中国科技资源导刊, 2017, 49(1): 8-13.

[22] 刘旭. 中国生物种质资源科学报告 [M]. 北京: 科学

出版社, 2015.

[23] 杨行, 屈宝强, 赫运涛, 等. 世界主要国家科学数据资源共享和管理的对比分析和启示 [J]. 中国科技资源导刊, 2016, 48(6): 18-25.

[24] 国家统计局, 科学技术部, 财政部. 2015年全国科技经费投入统计公报 [EB/OL]. [2016-11-11]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201611/t20161111_1427139.html.

[25] 中国科学技术发展战略研究院. 国家创新指数报告 2015 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2016.