

科学组织范式的演变及其发展趋势研究

姜明智 曲建升 刘红煦 卜玉敏

【摘要】文章采用历史分析方法,通过对各时期科学组织范式所涉及的研究对象、组织结构及科研机构的演进分析,梳理了科学组织范式的转变情况,同时对科研机构在科学组织体系中的作用及其历史沿革进行了剖析。结合未来数据驱动科学、协作科学、开放科学和公民科学的发展趋势,提出当前科研机构正处于数据密集型的科学范式发展进程中,跨机构、跨学科、平台化、体系化、分工细化、开放协作的特征愈加突出,全新的科学组织范式正在形成。

【关键词】科研机构;科学组织范式;科学组织体系;数据密集型科学范式;科研众包;开放科学

【作者简介】姜明智(1993-),女,中国科学院兰州文献情报中心(兰州 730000),中国科学院大学图书情报与档案管理系硕士研究生(北京 100049);曲建升(1973-),男,中国科学院兰州文献情报中心研究员(兰州 730000);刘红煦,女,同济大学图书馆助理馆员(上海 200029);卜玉敏,女,中国科学院兰州文献情报中心(兰州 730000),中国科学院大学图书情报与档案管理系硕士研究生(北京 100049)。

【原文出处】《图书与情报》(兰州),2018.5.44~49,140

【基金项目】本文系国家自然科学基金面上项目“气候变化科学成果集成研究范式及其实现平台研究”(项目编号:41671535)的研究成果之一。

随着第三次信息革命的深入、互联网技术普及和人工智能的发展,科学研究的组织手段不断发展,大科学研究、集成研究、公民科学、开放科学特征日趋显著,正在迈入数据密集型科研范式阶段。范式(paradigm)这一概念由托马斯·库恩于1962年在《科学革命的结构》提出,即“指得到公众认可的典型模式,作为一种模式或范例,它能够替代作为一般科学存在的难题解决办法的明确基础性原则”^[1]。在不同的发展阶段,科学活动的组织范式均基于不同的科学需求、经济社会需求,以及研究对象和研究手段的不同而确定,其中国家科学活动主导主体和科研活动实施主体(科研机构和科研人员)发挥着关键作用。本文通过对研究对象、组织结构、科研机构等三个方面的科学组织范式转变及其驱动因素分析,梳理科学组织范式的重要内涵及其重要性,并探讨科

学组织范式的未来挑战与趋势。

1 研究对象的转变:从兴趣引导到大数据驱动

随着科学认知水平的不断提高与科学研究工作的不断深入,科学的发展也推动了科学知识体系的丰富及分化,并逐步形成现代的学科门类体系。人类最初对于科学的探讨主要集中在对大自然未知世界的兴趣探索;随着专业科研机构的涌现,科学研究逐步向更加专业的经验科学、理论科学发展,及至进入第三次科技革命和互联网时代,计算科学和基于海量数据的数据密集型科学成为科学研究的重要组织方式。

科学组织的对象也由好奇心驱动下的对于人类自身和自然界的探讨,转变到应用驱动的产业应用需求,再到数据驱动的数据密集型科学。数据密集型科学是对经验科学的补充,并得益于计算机科学

发展的支持。从自然科学到数据密集型科学的科学范式演进过程(见图1)来看,最初只存在描述自然现象的实验科学范式,该范式是以观察和实验为依据的研究,也称为经验范式^[2]。几百年前理论科学产生,主要运用建模和归纳方法开展科研活动,即理论科学范式。随着互联网时代的来临,科研人员开始重点研究计算科学,运用模拟科学范式,模拟复杂的现象进行科学研究。在20世纪60年代,数据科学出现,21世纪初期,吉姆·格雷面对数据科学时代^[3],提出了数据密集系统科学范式(第四范式)的概念。“第四范式”是从认识论的高度来审视科学研究的发展趋势,是各种科学研究范式的融合范式^[7]。

2 科学组织结构的转变:从科层制组织到网络型组织

随着现代科学的不断发展,科研机构的服务对象由传统工业转化为创新性产业产出,传统科研机构的组织特征,包括权责分配、组织目标和人员结构等方面都在不断发展进步,逐渐转化为新型组织范式。本文将从科研机构中常见的组织结构的转变来进行说明(见表1)。

传统的科学组织论结构可分为科层制组织、权威接受型组织、责任型组织。其中:科层制(又称官僚制)由马克斯·韦伯提出,是一种基于法理型统治之

上的,按照职能进行分工、分层,并以规则来管理上下级活动的管理方式^[5]。科层制组织遵守固定规则,自上而下地对组织工作进行安排,对组织成员的职权明确规定,组织成员只需要按照规定和指令进行工作,不需要独立思考与创造。科层制组织具有稳定性强、专业化水平高、严密、效率高等优点,同时存在人员不够灵活、缺乏创新性、积极性等问题。科层制包括直线职能制、事业部制、矩阵制等经典结构。

权威接受型组织由巴纳德提出,是对韦伯理论的继承和发展。这是一种权威接受论,即任务的权威性不是任务提供者决定,而是由任务的接受方决定,在这种组织中,可以通过增强个体协作意愿,相互共同交流,通过有效的协作使下级接受上级的任务和权威^[6]。两者都要接受规则(如法律、法规、规章、制度等)的约束,这有效提高了组织人员的科研热情和工作效率。

随着外部的动态不确定性增强,组织的生存越来越依赖于响应需求的速度,责任型组织由此产生。比起科层制组织和权威接受型组织,责任型组织通过内部人员的责任将其联系在一起,构成一个完整的责任共同体,组织内部成员具有共同的目标,通过自愿参与的协作方式,根据各自职责进行分权,每个成员对自己的岗位负责,并承担整个共同体的

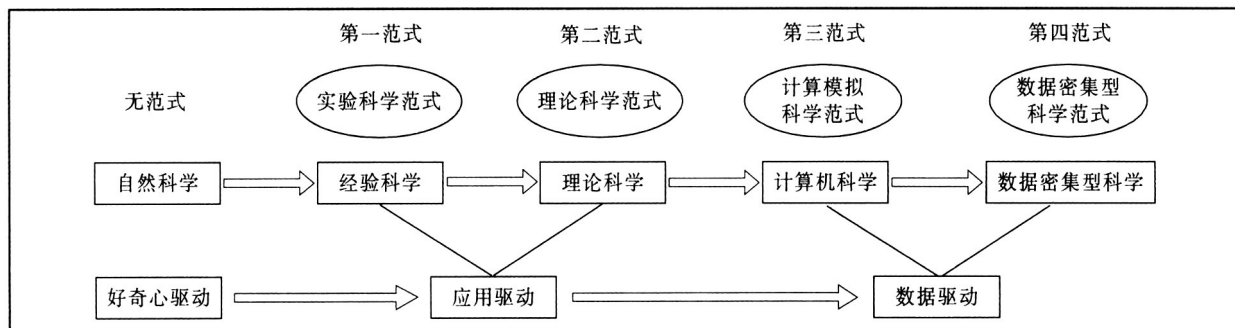


图1 科学范式演进过程

表1 科学组织结构转变

组织类型		形态	范式特点	时间
传统组织	科层制组织	分工—分层、集权—统一、指挥—服从	自上而下权威树立	工业社会
	权威接受型组织	上下级服从由下级决定,第三方约束	自下而上群众认可	工业社会
	责任型组织	上下级协同管理	交互式责任共担	后工业社会
新型组织	流程制组织	流程为核心,上下游供应	流程式权责分配	20世纪90年代
	网络型组织	组织为核心,与其他组织网状联系	网状发散权责分配	20世纪90年代末

责任和利益。

进入20世纪90年代,社会生产力不断发展,人员流动性不断增强,组织对于创新性与灵活性有了更高要求,原本按部就班的机械化模式严重影响了组织的创新与发展。为了进一步提高组织灵活性和效率,流程型组织和网络型组织应运而生,组织范式也在逐渐向着更加灵活、有效的方向变化。

新型的科学组织结构又分为流程型组织和网络型组织。其中,流程型组织又称链式组织^[7],流程型组织强调组织的整体性,其根据科研活动的各个流程来配置相应人员和工作,通过人员之间的相互协作,将组织的投入转化为最终产出。流程型组织范式因此具有明晰的层级结构^[8],各部门间分工明确、联系紧密,上下游部门充分交流信息和优化调整,最终完成组织的任务^[9]。

随着跨区域、跨机构、跨学科开展合作的需求日益凸显,网络型组织逐步兴起。网络型组织是以核心机构为主导,利用外部其他组织的优势,共同开展科研任务。网络型组织与其他组织的区别在于没有集权控制,组织成员通过交流网络权责分明。除了组织结构的转变,科研机构也从最初的实体机构变成虚拟的网络型组织,科研人员跨越时空进行科研交流。

传统组织机构和新型组织机构在组织对象、结构特征、权责分配、组织目标、组织人员等方面有明显差别(传统与新型组织范式的区别见表2)。通过对科研机构组织范式分析研究,可以发现,组织范式从最初的集中管理到分散管理,权力下放,权责逐渐明晰;组织范式也更加注重效率与灵活性,组织与外界联系更加密切,应变能力变强。除此之外,组织范式也更加注重组织内部与其他组织之间的关系,向着平等协同的方向发展。

除了组织结构外,科研经费来源也发生了转变。学会这一科研机构创立之初,由于技术等方面的限制,学会创始人及会员主要是有一定经济基础的上层阶级,经费主要依靠他们的支撑。随着工业革命的发展,科研机构的研究成果具有了商业价值,企业、政府也开始参与其中,甚至建立专门的科研机构进行研究。随着大科学研究的出现,大科学项目规模和投资巨大,政府开始发挥主要作用。

科研组织管理范式由最初的自上而下集中制向交互协助、职权分明方向转变,由最初森严的集权制向平等和谐的权责分明制转变。组织范式的演变主要集中在管理的集中与分散,灵活性与效率两个基本点上。因此,范式构建需要解决分权与集权、灵活性与效率等一系列具体问题。新型组织范式甚至打

表2 科学研究机构组织模式的转变历程

机构组织模式	组织人员	组织方式	组织结构	典型	时间
学会	知识分子	集群	兴趣主导,半封闭式 ^[10]	伦敦皇家学会	中世纪
学院组织	知识分子	机构组织	内部封闭式 ^[10]	波隆那大学	17、18世纪
大学	知识分子	机构组织	开放与封闭	德国柏林大学	19世纪初
研究所	科研人员	机构组织	内部封闭式	高校研究所	19世纪初
实验室	专业科研人员	单位组织	内部封闭式	卡文迪许实验室	19世纪后期
科学公园	专业科研人员	“科研、教学、生产”三位一体	区域一体化	硅谷	20世纪50年代
科学城	专业科研人员	科研生产区结合	集中联合	筑波科学城	20世纪80年代
科研生产联合体	专业科研人员	科研与生产联合	科研生产一体化	美国科学工业综合体 ^[11]	20世纪80年代
创新工场	兴趣+专业	开放分散与企业结合	为企业提供全方位服务	BFTP创新工场	20世纪90年代末
创客空间	兴趣+专业	共享开放分散	企业创新服务	北京创客空间	20世纪90年代末
科研众包	公民科学家	集群交互	科学众包	Inno Centive	21世纪

破了原有的制度化,新型组织受到的规矩制约逐渐变少,组织更加具有动态性、灵活性、虚拟化,对外界的应变能力逐渐增强,与外界联系更加密切。组织更加人性化,更加鼓励成员创新,以提高组织整体素质。自工业革命后,科学组织开始出现,组织范式也相应出现并逐步完善成型。组织由最初的少数人主导到政府主导,组织的规模在逐渐扩大。组织不再拘泥于完成内部研究,而是主动与外界交流。组织内部平等与其他组织之间平等、共同进步。各种科研机构之间不是孤立的,而是在已有的科研机构基础之上形成。

3 科研机构的转变:从学院到众包平台

组织范式的演变是历史发展、社会进步的产物。随着科学技术的发展,社会需求的改变,原有的组织范式不断调整,新的组织范式产生并发展。正是由于这种保持适应性并随着社会需求变化的能力,组织才能不断生存、发展和进步。中世纪以后,科学组织便开始出现,最初以学院或学会为组织单位;随着工业社会的到来,学科体系开始建立,高校与研究所凭借其学科背景逐渐成为主导;伴随学科集群的出现,科学公园、科学城、科研生产联合体等科研基地开始与高校、研究所一道成为主导;随着开放科学的发展,公民参与科学研究活动的热情提高,组织由最初的少数人主导转变到政府主导和公众参与,组织的规模在逐渐扩大,也更加多样化、复杂化,因此科研机构组织不是单一的,而是多种组织协作研究(科学研究机构组织模式的转变历程见表2)。

机构在不同的发展阶段会有不同的组织战略和发展目标,为了满足不同的需求,需要对人力物力资源调配,更好地适应变化。各组织发展到一定程度,会进入到一个平稳发展时期,同时也会出现新型组织满足和顺应时代要求,但并不意味原有机构已经失去了价值,这些机构仍然存在且随着科学的不断发展调整自己的组织范式与管理模式,并积极地与其他新兴科学组织相互合作,跨学科、跨部门地协调共同开展科学研究活动。如今实验室仍然是当今社会从事科研活动的最主要机构之一。

3.1 学会、高校等学院组织

最早出现的科学组织便是学院组织,但仅限于

内部研究,且对外封闭。17世纪初期,由许多业余爱好者建立的英国皇家学会,成为世界上最早出现的科研机构,旨在探索自然与科学的真谛。此外,比较典型的还有佛罗伦萨西芒托学院,它是第一个有组织的科研机构^[12]。

学会于17~18世纪出现,由于对设备和技术的要求较高,仅有少部分对科学感兴趣的科学家可以参与其中。进入19世纪初,柏林大学开始实行校—院—系(所)三级管理制度,并大力提倡提高大学的科学研究功能,大学开始科学研究与教育并行前进。由于高校的首要职能是教育而非科研,随着学科分类体系的出现,研究所开始出现,使得专门用于科学研究试验的实验室应运而生。

3.2 实验室

随着工业革命的发展,科学研究对专业化水平的要求不断提高,传统的学会已经不能满足其要求,科学研究工作从独立的个人活动变为由多个研究者共同进行的集体活动,加强科学家之间的合作,同时借助高校的科研工具、资金,科学研究的主体单位转化为高校实验室。19世纪后期,工业实验室出现,科学研究不再局限于单纯的科学研究,而是将科学研究与商业盈利结合在一起。工业实验室的出现,加强了理论与实践的结合,既保证了研究成果得到充分利用,又可将盈利成果作为研究基金,以便于后续研究。组织的范式由最初的封闭式逐渐向开放式转变,组织成员准入门槛降低,组织也开始针对社会需求进行科学研究。如卡文迪许实验室(Cavendish Laboratory)由剑桥大学校长卡文迪许于1871年建设^[11],是当今世界上影响最大的基础科学研究机构之一^[10]。20世纪70年代后,卡文迪许实验室通过建立科技园和企业校园实验室实现了科学研究成果化、产业化的道路;并通过与其他科研机构跨机构、跨学科开展交叉学科、多学科研究,扩大了科学研究的范围。

3.3 科学城—科研生产联合体—科学公园

随着现代社会开启,传统科研组织存在科学成果无法及时转化成产品的问题,因而许多高校附近形成一定的集群,在高校周边建立起科学公园、科研生产联合体,形成一个科学城。科学公园是知识、人才、技术高度集中,“科研、教学、生产”三位一体化的

区域性科研组织;科学公园往往将大学与工业研究结合在一起,通过将科研与生产高度融合,鼓励科研人员创新。随着跨学科研究与大科学发展,科学研究需要进一步集中联合,科学城应运而生。如筑波科学城就是由政府全权主导,从规划、审批、选址到科研等整个过程和运行都由政府来决定。政府通过科学城的规划,可以集中人才、技术、资源,将生产与研究完美契合,形成相应的科学产业链。科研生产联合体就是将科研单位与生产单位联合在一起,比起科学城,科研生产联合体不局限于地域,具有多个分散各地的单位,这些单位紧密联系,互相合作。

科研组织机构在不同国家、不同历史时期不断发展演化,并不断强化社会需求这一科学研究目标,以及逐步与产业化过程相结合。科学城、科学园与高校,高新科技公司聚集在一起,形成从理论到实验到成果再到大规模产业化的链条。科研机构由最初的兴趣、爱好驱动逐渐转变需求驱动,组织范式更加成熟化、规范化。组织范式由最初的小规模化逐渐转化为大规模组织,甚至由政府主导。

3.4 创新工厂和创客空间

20世纪90年互联网兴起后,网络已经极大地改变了各类组织的组织模式。21世纪以来,开放科学、开放式创新同样冲击了原有科研组织模式。创客、创客空间、创新工场、开放式创新平台、孵化器、公民科学等新形态层出不穷。

在电子计算机和信息技术创新价值体系下,企业科学组织开始转型,科研准入门槛降低,创客开始出现。创客(Maker)是出于兴趣爱好将自己的创意实现并转化为产品的人^[13],创客由产品的消费者转化为创造者、实践者。创客空间是一个社区化运营的工作空间,面向不同年龄段、不同背景的用户(包括学生和创业者),提供给具有共同兴趣的创新团队和成员的一个公共开放的创新研究和培训教育的交流平台。创客空间作为一个整体,所有成员都可以参与到科学实验中,将自己的兴趣爱好变为现实,是一个集创造、学习、创新和发明为一体的全新工作空间。创客空间将创客们聚集在一起,创业者带着项目入驻孵化器,除了获得办公场地以外,还将获得

孵化器内各个领域专家的深度指导和帮助,而创业者本身不需要注册与投资公司,创业风险降低。创新工厂是企业致力于发展高新技术企业,培养高端人才,以创新科技为支撑,集成利用企业孵化器和企业加速器功能,为处于萌芽期的创业者提供资本、市场、技术、人力和法律支持,并提供全方位创业培训,挖掘其内部潜能的一个创新创业平台^[14-15]。

3.5 科研众包

科研众包(crowdsourcing)是当代科研活动的一种新方式,研究发起者通过互联网将任务外包出去,公开征集和挑选合适方案,聚集大量的科研人员的协作进行科学研究,共同解决科研难题^[16]。科研众包的主要参与者是公民科学家。公民科学(Citizen Science)也被称为公众参与科学研究(public participation in scientific research, PPSR)^[17],又被称为 Crowd Science、Crowd-sourced Science、Civic Science 或 Net worked Science。公民科学为“主要在业余的基础上进行系统数据收集和分析、技术发展研究、自然现象测试等,以及这些研究活动的传播”^[18]。NASA 借助35000多名公民科学家的力量,在 Spitzer 银河系数据中找到了5000多个红外泡,这对全面分析银河系恒星形成过程中的能量平衡十分重要^[19-20]。

科研众包包括大众和外包两部分,企业或机构就是发包方,将科研项目发到科研众包平台上;众包平台将人物细分成多个子项目、子任务,外包给接包方,也就是公民科学家;接包方完成任务后,将其传到众包平台上,平台对其任务进行审核、检查,整理后选择最优方案递交给发包方(该组织模式示意图见图2)。

4 新型科学组织范式的发展趋势分析

当前科研机构正处于数据密集型的科学范式发展进程中,跨机构、跨学科、平台化、体系化、分工细化、开放协作的特征愈加突出,全新的科学组织范式正在形成之中。这一新型的科学组织范式将以数据驱动、开放协作为主要特征,并在科学研究活动、科研管理、科研人员组织等具体方面均具有专门的特征。

(1)科学研究活动的组织范式。科学研究活动的组织范式从第一范式的实验科学到第二范式的理论科学,再到第三范式的计算和模拟科学,直到最新的

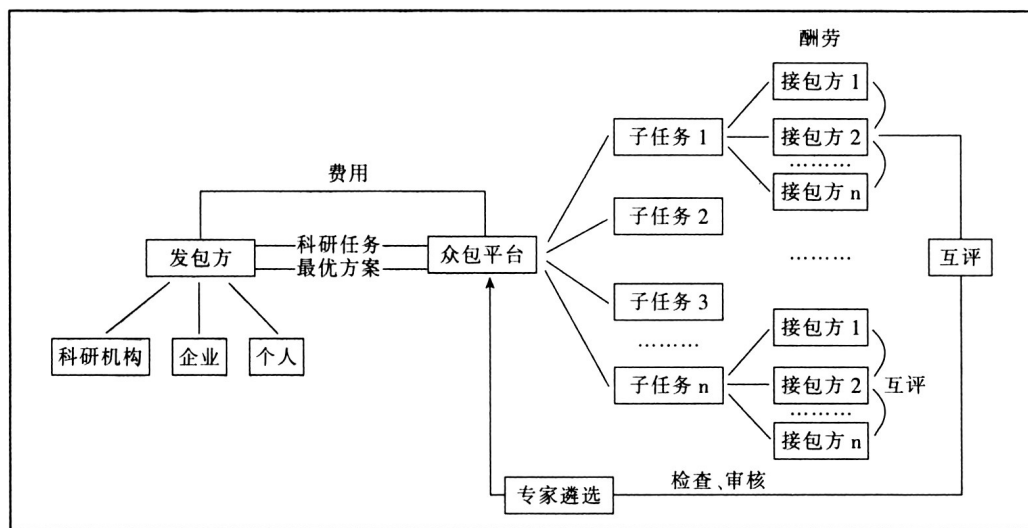


图2 科研众包平台组织模式

第四范式数据密集型科学,每一次变化都是随着科学认知的拓展、科技应用的发展、社会和公众需求的改变等而产生。当前科学研究效率的快速提升、科学成果的加快涌现,均得益于过去数十年间信息技术和数据科学的支持。开放式的网络化协作科研和数据驱动的数据密集型科研已成为科研活动的重要组织方式,而且可以预期,这一趋势将持续加强,并最终建立基于先进技术、开放理念的全新的科学组织范式。

(2)科研管理的组织范式。科研管理组织范式的演变具有以下特点:一是从最初的集中管理到分散管理,权利逐渐下放,权责不断明晰;二是由最初的自上而下集中制向交互协助、职权分明方向转变;三是由最初森严的集权制向平等和谐的权责分明制转变;四是更加注重效率与灵活性,组织与外界联系更加密切,应变能力逐渐变强。科研管理的组织范式将更加注重组织内部与其他组织之间的关系,科研机构和学科的边界也将被打破,并形成以科学问题为主线,跨机构、跨地域、跨学科进行资源组织、人员管理和设施配备的新型科研管理组织范式。

(3)科研人员的组织范式。先进的科研设施与技术的发展,在两个方面影响着科研人员参与科研活动的方式:一方面,专业人员的分析测试、观测监测、模拟研究等手段和水平快速提升,支持专业人员向更专业的层面发展;另一方面,技术的发展也降低了

科技活动的成本和准入门槛,在一些研究区域或研究对象宽泛的科学领域,公众的参与度不断提高,远程、分布式、网络化的科研人员组织范式日益普遍,允许更广泛参与的开放科学成为传统严谨科学的积极补充。新型科研人员组织范式的发展,也将在分布式科研任务的众包管理和多源科学成果的集成等方面提出全新的管理要求。

参考文献:

- [1]John E Kwoka, Lawrence J White. The Antitrust Revolution: The Role of Economics[M].New York: Harper Collins, 1994.
- [2]HEY T, TANSLEY S, TOLLE K. The fourth paradigm: data intensive scientific discovery[M].E-Science and Information Management. Springer Berlin Heidelberg, 2012: 1.
- [3]邓仲华,李志芳.科学研究范式的演化——大数据时代的科学研究第四范式[J].情报资料工作,2013(4):19-23.
- [4]魏向清.语言研究“第四范式”之思[J].外语研究,2014(4):6-11.
- [5]Weber M. The theory of social and economic organization [M].Simon and Schuster, 2009.
- [6]周茂清.国外企业组织结构的演变、发展趋势及我国企业组织结构的变革[J].南京社会科学,2000(S2):30-33.
- [7]滕长青,毕强,牟冬梅.知识组织体系的柔性化趋势[J].情报理论与实践,2014(1):22-26.

- [8]赵鹏,刘莉莉.大学职能演变与西方大学组织结构变革[J].煤炭高等教育,2007(4):98-100.
- [9]J. J. 比尔,贾栋.现代工业研究实验室的起源[J].中外科技息,1990(3):34-37.
- [10]Martha Ornstein. The role of the Scientific Societies in the Seventeenth Century[M].The University of Chicago press, 2009.
- [11]Crowther J G. The Cavendish laboratory: 1874-1974[M]. New York: Science History Publications, 1974: 7.
- [12]阎康年.英国卡文迪什实验室成功之道[M].广州:广东教育出版社,2004.
- [13]李凌.“创客”:柔软地改变教育[N].中国教育报,2014-09-23(5).
- [14]创新工场.李开复:其实没有什么天才[M].北京:九州出版社,2010:23-25.
- [15]Hoen A R, Oosterhaven J. On the Measurement of Comparative Advantage[J].The Annals of Regional Science, 2006, 40(3): 677-691.
- [16]张九庆.科研众包对中国科研活动的影响[J].中国科技论坛,2015(3):1.
- [17]Gura Trisha. Citizen science: amateur experts[J].Nature, 2013, 496(7444): 259-261.
- [18]Open Scientist “Finalizing” a definition of Citizen Scientist and Citizen Science[EB/OL].[2018-09-25].<http://www.citizensky.org/forum/finalizing-definition-citizen-scientist-and-citizen-science>.
- [19]克里斯·安德森.萧潇,译.创客:新工业革命[M].北京:中信出版社,2012.
- [20]Aithal P S. How to Increase Research Productivity in Higher Educational Institutions-SIMS Model[J/OL].[2018-06-25].https://mpira.ub.uni-muenchen.de/71750/1/MPRA_paper_71750.pdf.

A Research on the Transformation of Scientific Organization Paradigm and Its Developing Trends

Jiang Mingzhi Qu Jiansheng Liu Hongxi Bu Yumin

Abstract: The paper adopts a historical analysis method. By analyzing the transformation of the main research objects, organizational structure and the kinds of scientific research institutions of scientific organization paradigm in each period, we finally sort out the transformation of the scientific organization paradigm, and deeply analyze the historical evolution of scientific research institutions. Based on the development tendency of data-driven science, collaborative science, open science and citizen science, the author believes that scientific research institutions are developing to data-intensive scientific paradigm, and the management paradigm shows more characteristics of cross-institution, inter-discipline, openness and clear responsibility. In the future, the public need to take part in scientific research activities with the guidance of an open-participation scientific research organization paradigm, thus promoting the scientific research industry to move forward.

Key words: Scientific research institutions; Scientific organization paradigm; Scientific organization system; Data intensive science paradigm; Scientific crowdsourcing; Open science