

国家自然科学基金资助绩效评价模型研究

王汉熙¹, 周祖德¹, 宋以超²

- (1. 武汉理工大学数字制造湖北省重点实验室, 湖北武汉, 430070;
2. 湖北长江出版传媒集团, 湖北武汉, 430070)

摘要: 提出嵌入科学存在原型结构(PSSB)认知本体的科学评价行为模型(SEBM), 建立起由 SEBM 规范的面向科学优先权体系的科学研究能力体系信息监测与评价模型(IMEM-SRAS-FSPS)。基于 IMEM-SRAS-FSP, 建立起国家自然科学基金(NSFC)机械学科基础研究能力评价体系结构, 寻找到代表 NSFC 机械学科资助绩效的科学创新成果结构, 实现了 NSFC 机械学科 1986-2006 年资助绩效评价。证明由 SEBM 规范的 IMEM-SRAS-FSPS 可以实施科学评价。

关键词: 科学评价行为模型; 科学存在原型结构; 科学研究能力体系; 科学优先权结构起点效应

中图分类号: B01, C02, G311

文献标识码: A

文章编号: 1672-3104(2011)06-0041-09

结构建模正在成为人文科学的研究方法。^[1]围绕科学评价结构建模, 周晓雁提出由同行评议方法、指标体系方法、文献计量分析方法组成的科学评价方法方案,^[2]吕桂军提出由科学审美评价、经济效益评价和社会效益评价等 11 个参量组成的科学评价指标体系,^[3]文庭孝提出由工作制度等 10 类制度组成的科学评价制度模型,^[4]建立由科学评价主体系统、中介系统和客体系统等 16 个参量组成的科学评价系统结构,^[5]郑德俊等建立由科研投入指标、科研产出数量指标和科学产出效益指标组成的高校人文社会科学科研绩效评价评价指标体系。^[6]

但基于科学评价结构建模成功实施科学评价的普适性案例鲜见成果报告。究其原因, 科学评价行为的客观对象是科学研究行为及其行为绩效, 因而科学评价结构建模不能够也不可能脱离于科学研究行为本身。但现行的科学评价行为, 其科学评价模型构建缺乏科学研究行为模型的结构性支撑, 科学评价对象信息并非来自科学研究行为的逻辑性输出, 科学评价行为实现并非是与科学研究行为的规范性耦合。故此, 构建嵌入科学研究行为模型的科学评价行为模型(Science Evaluation Behavioral Model, SEBM), 是科学评价研究的一个方向。

笔者在国家自然科学基金工程与材料科学部主任

基金项目《工程科学资助模式调研》和湖北省社会科学基金项目“十一五”规划资助课题《基于科技创新内生机理的科技创新活动评估模型研究》共同资助下, 以国家自然科学基金机械学科对于中国机械科学研究的资助绩效(1986-2005)为研究对象, 探索由科学评价行为模型(SEBM)规范的科学评价结构建模方法。

一、面向科学优先权竞争的科学 研究主体表征参量结构

(一) 科学评价行为模型

科学评价的实质是作业系统作业绩效评价。从研究范畴观察, 科学评价属监测诊断工程与科学学的学科交叉与工程应用。科学学对于科学评价的理论支持有三, 一是建立能够反映科学系统本质规定、演变规律和行为规范的参量结构, 二是选取反映科学系统特定信息的参数对象, 三是根据评价任务建立评价指标系统。监测诊断工程对于科学评价的理论支持有二, 一是根据科学学理论所选取的参量对象建立信息监测模块, 提取数据; 二是建立信息诊断模块, 判读数据。

科学存在原型结构(Prototype Structure of Scientific Being, PSSB)由认知本体、认知行为、认知对象、语言载体和客观自然系统等 5 层结构刻画了科学研究行

收稿日期: 2011-03-25; 修回日期: 2011-09-20

基金项目: 国家自然科学基金工程与材料科学部主任基金项目《工程科学资助模式调研》(E0624512); 湖北省社会科学基金项目“十一五”规划资助课题《基于科技创新内生机理的科技创新活动评估模型研究》(J2010)236)

作者简介: 王汉熙(1963-), 男, 湖北蕲春人, 管理学博士, 武汉理工大学数字制造湖北省重点实验室《数字制造科学》编辑部副编审, 主要研究方向: 科学技术创新与管理。

为的客观存在。^[7]其中,由规定性、规律性和规范性所建构的科学存在认知本体,表征了科学研究行为所揭示的科学对象客观存在的本质特征、科学对象生命周期的发展轨迹,科学对象表现行为的客观形式。

科学研究的实质就是通过科学探索寻找科学对象的规定性、规律性和规范性,并将其拼接并组构为科学存在认知本体。因此,如果将科学研究行为中所发现的科学对象的规定性、规律性和规范性等成果的逻辑性输出抽取出来,组构为科学研究行为成果集,就必然组成了科学评价的客观信息结构。

基于以上考量,笔者提出一个科学评价行为模型(SEBM),见图 1。

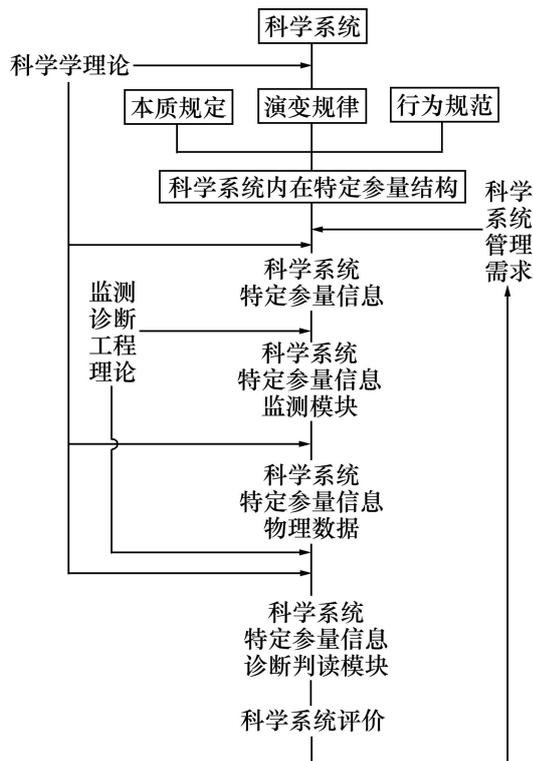


图 1 科学评价行为模型(SEBM)

(二) 基于科学优先权结构起点效应的科学优先权体系

当人类认识到科学研究的社会价值后,科学研究成为人类有目的的实践行为,这种实践行为在 16 世纪以后逐步进化为一种社会实践体制,导致这种体制形成的内在动力是科学优先权(Scientific Priority, SP)竞争。SP 引导科学家自觉或不自觉地依据科学存在原型结构(PSSB)将科学成果组构为一个又一个的科学理论体系,这其中,科学研究能力体系(Scientific Research Ability System, SRAS)是科学家认识自然和创造自然的科学行为逻辑。

科学优先权竞争的实质就是围绕科学研究能力体系(SRAS)争夺科学知识产权系统(Scientific Intellectual Property Rights System, SIPS)。在科学探索中,如果获得了科学方向和科学前沿这一项定义权,以此为起点,则有可能沿着科学行为逻辑构筑完整的原发性科学体系(Primary Scientific System, PSS),并基于 PSS 构建原创性工程体系(Original Engineering System, OES),继而定义人工自然的运行规则。而如果以科学方向和科学前沿之下的某一层次科学优先权为起点,则只有可能获得继发性科学体系(Secondary Scientific System, SSS)和从属性工程体系(Subordinate Engineering System, SES),不可能获得原创性自主知识产权产业模式及其技术规则体系所独有的结构性支配权。

由科学研究能力体系(SRAS)规定的科学实践中,科学研究涉及 SRAS 的起点层次越低,科学实践活动空间就越小,能获得的科学研究知识产权就越少,对科学文明的主导力、支配力和影响力就越小。因此,科学研究在 SRAS 中的层级和起点规定了对于科学知识产权占有的层级、领域和范围,也规定了科学研究个体在 SRAS 中的科学地位和行为空间,见图 2。

这种通过抢占科学制高点创立原发性科学理论和原创性工程模式所形成的科学知识产权结构性支配规则,笔者将其命名为科学优先权结构起点效应(Structure Starting-Point Effect of Scientific Priority, SSPEP)。SSPEP 通过科学优先权层次结构所形成的科学优先权体系(Scientific Priority System, SPS)规定了科学研究能力体系(SRAS)以自主科学知识产权拥有程度为度量的科学文明进程、常态经济能力和社会进步状态。

(三) 科学研究主体研究行为

在科学存在原型结构(PSSB)中,认知主体是社会实践的各方参与者,包括实践行为的需求者、投资者、实施者、受益者,等等。在科学实践活动所依存的科学实践认知主体结构中,科学研究主体是具体实施科学探索的行为主体。16 世纪以后,科学探索逐步发展为社会实践体制后,科学研究主体逐步形成以下两种行为模式。

1. 科学研究主体个体研究行为模式

科学研究主体个体研究行为模式是指科学家根据自身的科学研究兴趣、科学研究能力和科学研究任务,展开科学探索活动,对应于科学研究能力体系层次结构,形成了由科学领航、科学实验、科学建模、理论构建、技术发明、工程创新,以及产业构建等科学探索活动所组成的基于科学研究能力体系层次结构

的科学研究主体个体研究行为结构。

2. 科学研究主体团队组构行为模式

在科学资本驱动和组织下, 以科学家为龙头的科学研究主体研究个体组建起科学研究团队, 基于科学优先权结构起点效应(SSPESP), 有目的地创建科学知识产权系统(SIPRS)。在此过程中, 研究团队采取以下行为结构进行组构, 见图3。

(四) 科学研究主体所依据的认知本体

科学研究能力体系(SRAS)和科学优先权结构起点效应(SSPESP)确立了科学研究主体存在的规定性, 科学研究能力体系组构机制和科学优先权标志机制确立了科学研究主体存在的规律性, 科学研究能力体系行为体制和科学优先权标志体制确立了科学研究主体存在的规范性, 由此组建起科学研究主体认知本体(见

图4)。

二、科学研究主体科学研究行为监测模型

(一) 认知本体参量结构

1. 科学优先权标志行为

科学信息本体结构(Ontological Structure of Scientific Information, OSSI)提供了科学优先权标志机制,^[8]由此引导出科学优先权标志信息。16世纪以来, 经过长期探索, 建立起以科学优先权标志平台物理结构为代表的科学优先权标志行为模式, 见图5。

2. 科学研究能力体系组构行为

科学研究主体团队组构及行为是以构建可持续性

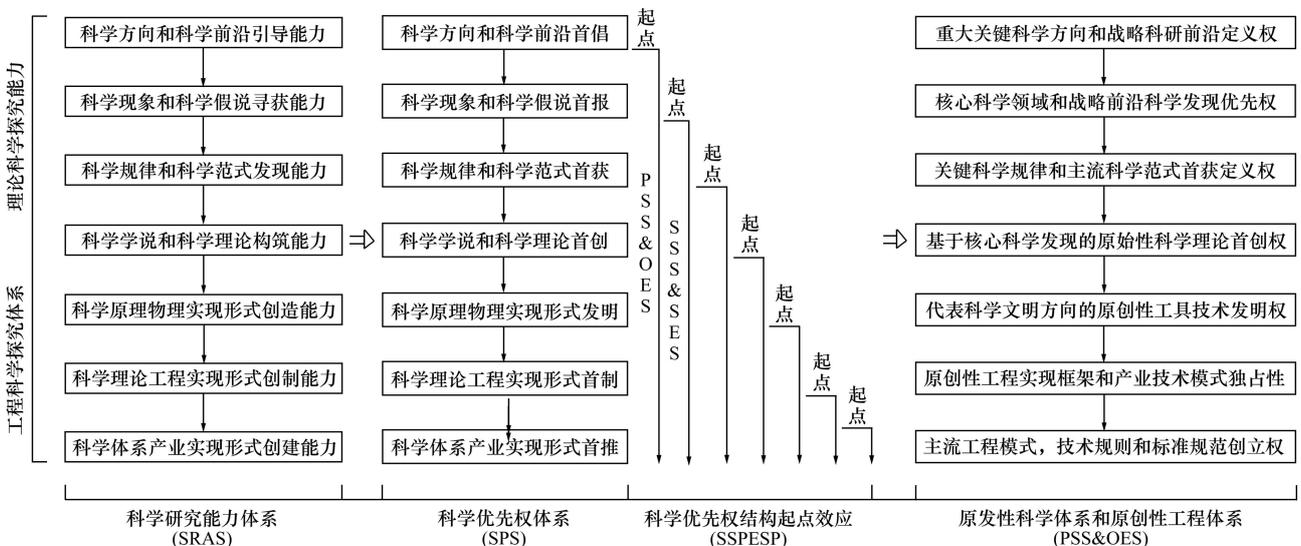


图2 科学研究能力体系(SRAS)及由科学优先权结构起点效应(SSPESP)所衍生的科学优先权体系(SPS)

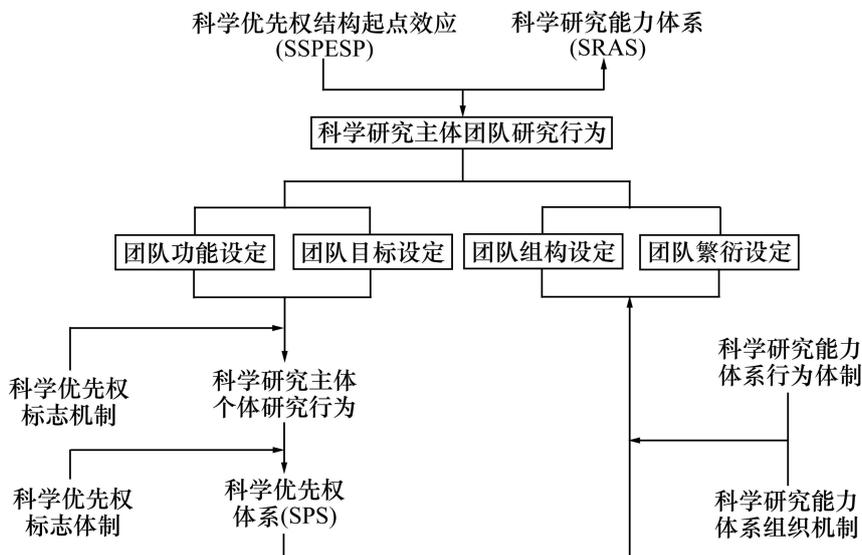


图3 科学研究主体团队组构行为模式

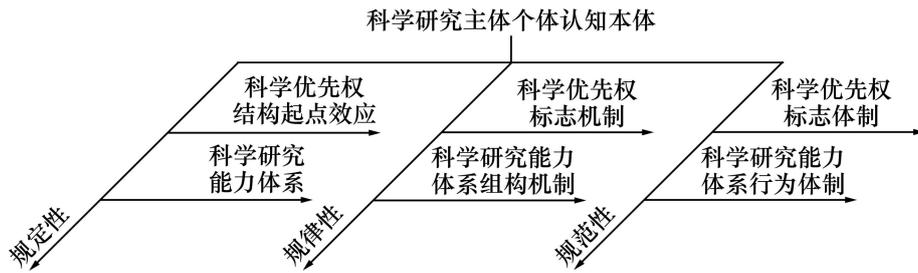


图 4 科学研究主体所依据的认知本体

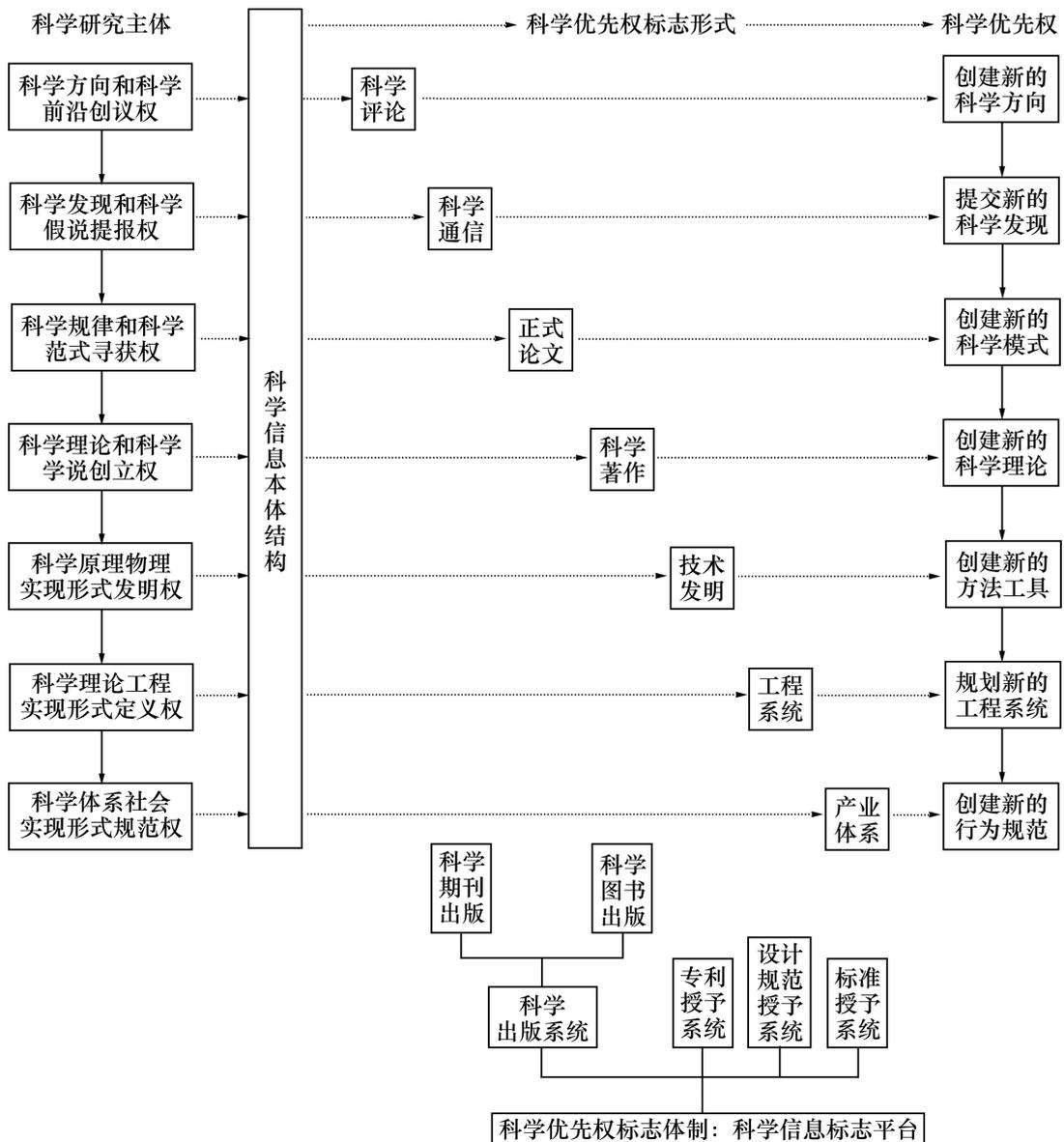


图 5 科学信息标志行为模式

发展的科学知识产权系统为目标的科学研究投资主体通过“人-财-物”的驱动实现。由此，科学研究能力体系(SRAS)具有以下行为模式，见图 6。

3. 科学研究主体认知本体参量结构

基于图 4 所构建的科学研究主体认知本体，科学研究主体科学研究逻辑行为必将导致以下 3 类科学行为信息的逻辑性输出。

(1) 科学研究主体存在规定性参量

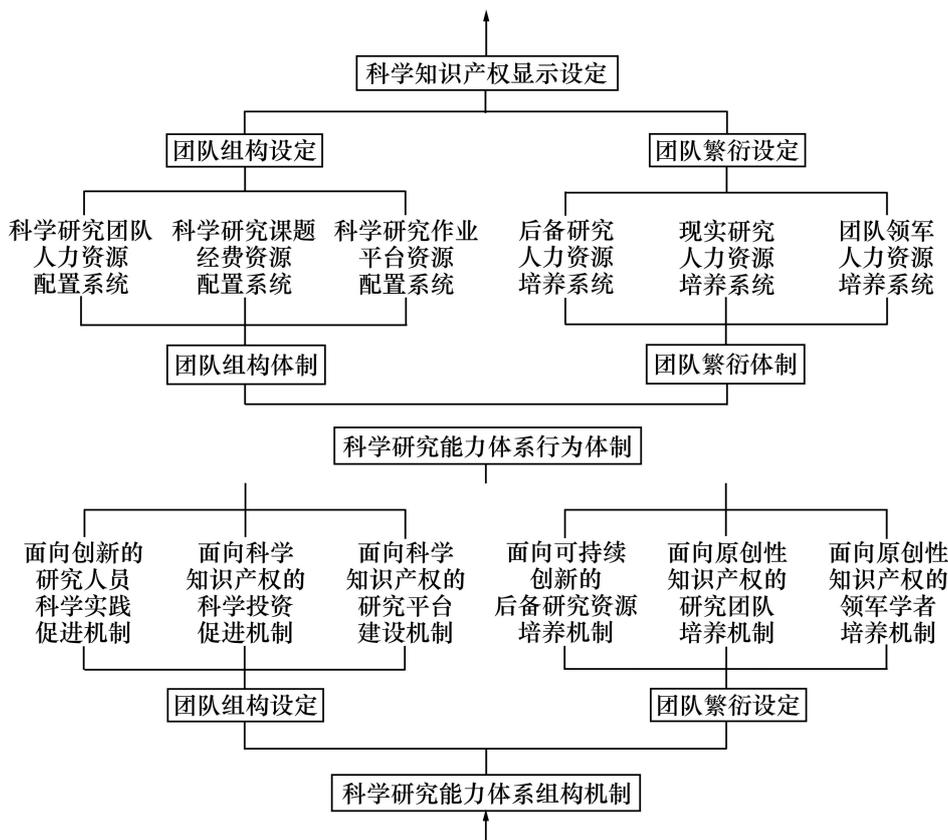


图 6 科学研究能力体系(SRAS)组构行为模式

①科学优先权标志机理参量：科学优先权结构起点效应(SSPESP)引导科学研究主体通过科学研究成果获取时序，彰显科学研究团队争取科学成果的秩序。

②科学研究能力体系层次结构参量：通过对于科学研究主体科学研究所既有的 7 类逻辑行为，形成刻画科学活动的科学研究能力体系层次结构。

(2)科学研究主体演变规律性参量

①科学优先权标志机制参量：通过科学研究能力体系公认的 7 种既定标志形式向科学研究能力体系公告研究成果，接受科学研究能力体系评价。

②科学研究能力体系组构机制参量：通过科学研究主体团队的 6 类既定行为模式，在科学研究能力体系层次结构上实现科学研究团队组构及运行。

(3)科学研究主体行为规范性参量

①科学优先权标志体制参量：通过科学研究能力体系公认的发布平台上的 4 类既定形式向科学研究能力体系提出优先权诉求，接受科学研究能力体系评价。

②科学研究能力体系行为体制参量：通过科学研究能力体系组构行为模式所包含的 2 类端口和 6 种机

制，依据科学研究能力体系层次结构组构起研究团队。

(二) 面向科学优先权竞争的科学研究主体认知本体信息监测与评价参量框架

“原发性”和“继发性”是建立科学研究主体本体信息评价判据的基则。由此，可以依据科学研究能力体系显示参量、科学优先权评价参量和科学优先权结构起点效应显示参量建立科学研究主体存在规定性参量信息监测框架；可以根据科学研究能力体系组构机制显示参量、科学研究能力体系组构机制评价参量、科学优先权标志形式显示参量、科学优先权评价参量，科学优先权认可参量建立科学研究主体演变规律性参量信息监测框架；可以根据科学优先权标志体制显示参量、科学优先权标志体制评价参量、科学研究能力体系行为体制显示参量、科学研究能力体系行为体制综合评价参量建立科学研究主体行为规范性参量信息监测框架，最终形成面向科学优先权竞争的科学研究主体本体信息监测参量和评价参量框架。

(三) 面向科学优先权体系的科学研究能力体系监测和评价模型

该项目旨在以机械学科为对象, 采用“解剖麻雀”, 通过调研 NSFC 机械学科资助项目的科学成果, 分析和总结学科 20 年(1986~2005)以来的基金资助情况(项目类型、数量、资助经费、单位分布、研究成果等), 评价基金项目研究成果与牵引作用。NSFC 机械学科一直坚持“自主创新”, 引导全国机械科学领域广大专家学者共同奋斗, 创造出大批具有创新性价值的科学成果, 故而从整体角度观察, NSFC 机械学科是一个面向创新的科学研究能力体系。

由于国家自然科学基金强调“基础”(从理论和原创性突破)和“重大”(体现国家重大需求), 如果采用时间-领域列表方式对 NSFC 机械学科 20 年来的资助绩效进行评价, 需要对数千个资助项目逐一统计、归纳、分析, 难度大、效率低、价值不高, 故本研究的首要任务是建立一个能够容纳受机械科学资助而创建的科研成果的科学研究资助绩效评价模型。

(二) NSFC 机械学科基础研究能力体系

NSFC 的职能是, “从国家创新体系建设的总体部署出发, 确定了自然科学基金在国家创新体系中的战略定位: ‘支持基础研究, 坚持自由探索, 发挥导向作用’”。^[9]NSFC 机械学科的基本任务是资助中国机械科学研究能力体系在基础研究领域, 通过自主创新, 争夺科学优先权。据此, 可以构建由科学方向和科学前沿引导、科学现象和科学假说提报、科学规律和科学学说创立, 以及专门技术和工具仪器发明等 5 个层次组成的 NSFC 机械学科基础研究能力体系层次框架。

(三) NSFC 机械学科基础研究能力评价指标体系简化设计

1. 科学优先权评价参量简化设计

“科学发现和科学假说”是科学研究中的一种过程现象, 是展开科学研究的基础之一。由于中国机械科学的发展层次从整体上还处于跟踪型创新发展阶段, 故暂省略“科学发现和科学假说”这一层次的考察。由此提出由科学优先权类型、成果显示参量、成果评价指标和显示度指标所组成的 NSFC 机械学科科学优先权评价指标结构。

2. 科学研究主体系统评价参量简化设计

根据 NSFC 的职责, NSFC 提供课题资助、不配置研究人力资源, 通过研究课题参与研究作业平台建设和高层次后备研究资源培养, 通过课题资助和专项计划培养领军学者, 故而提出由研究作业平台评价参量、现实资源评价参量、后备研究资源评价参量和领军学者评价参量所组成的 NSFC 机械学科科学研究主体评价指标结构, 见图 8。

四、评估

(一) 评估流程

根据 NSFC 机械学科基础研究能力评价体系, 建立以下评估流程。

[step1: 寻找科学优先权成果] 归纳国内机械学科具有显示度的成果, 依据 NSFC 机械学科资助名册, 查对对应的科学研究主体;

[step2: 确定科学优先权主体] 通过问卷, 确定其科学优先权的主要资助者是否 NSFC 机械学科;

[step3: 寻找科学研究团队] 归纳国内机械科学领域主要的科学研究主体;

[step4: 确定科学研究团队] 通过问卷, 确定其成果主要资助者是否 NSFC 机械学科;

[step5: 设立评估对象] 提出以 NSFC 项目资助为主的科学成果列表、国家“三奖”列表、科学研究主体系统列表;

[step6: 问卷] 针对以上列表, 根据科学优先权竞争模型提出针对性问题, 请问卷对象以文稿形式问答;

[step7: 筛选] 对文稿内容进行专家审稿和学科判读, 确定入选名单;

[step8: 统计] 提出以 NSFC 机械学科项目资助为主获得的科学优先权成果, 以 NSFC 机械学科项目资助为主培养的科学主体结构。

(二) 评价结果

根据掌握的机械科学领域的成果发出了 240 余份问卷调查, 回收 180 余份。针对这 180 余份回收问卷, 通过甄别, 选拔到 150 余个科学优先权成果和科学研究主体培养成果, 再次进行论文式问卷。最终回收论文回复 67 份, 经过评审, 确定 63 份问卷有效。通过 63 份问卷调查, 获得国家自然科学基金机械学科在 1986~2005 年期间的资助绩效:

(1)以 NSFC 机械学科项目资助为主获得的国家“三奖”26 项, 其中, 一等奖 3 项、二等奖 21 项、三等奖 2 项; 以 NSFC 机械学科项目资助为主获得的省部级“三奖”73 项, 其中, 一等奖 30 项, 二等奖 43 项。

(2)以 NSFC 机械学科项目资助为主获得的科学优先权成果 55 项, 其中, 科学方向和学科前沿引导类成果 7 项, 科学规律和科学范式探索类成果 19 项, 科学理论和科学学说创立类成果 11 项, 专门技术和工具仪器发明类的成果 18 项。

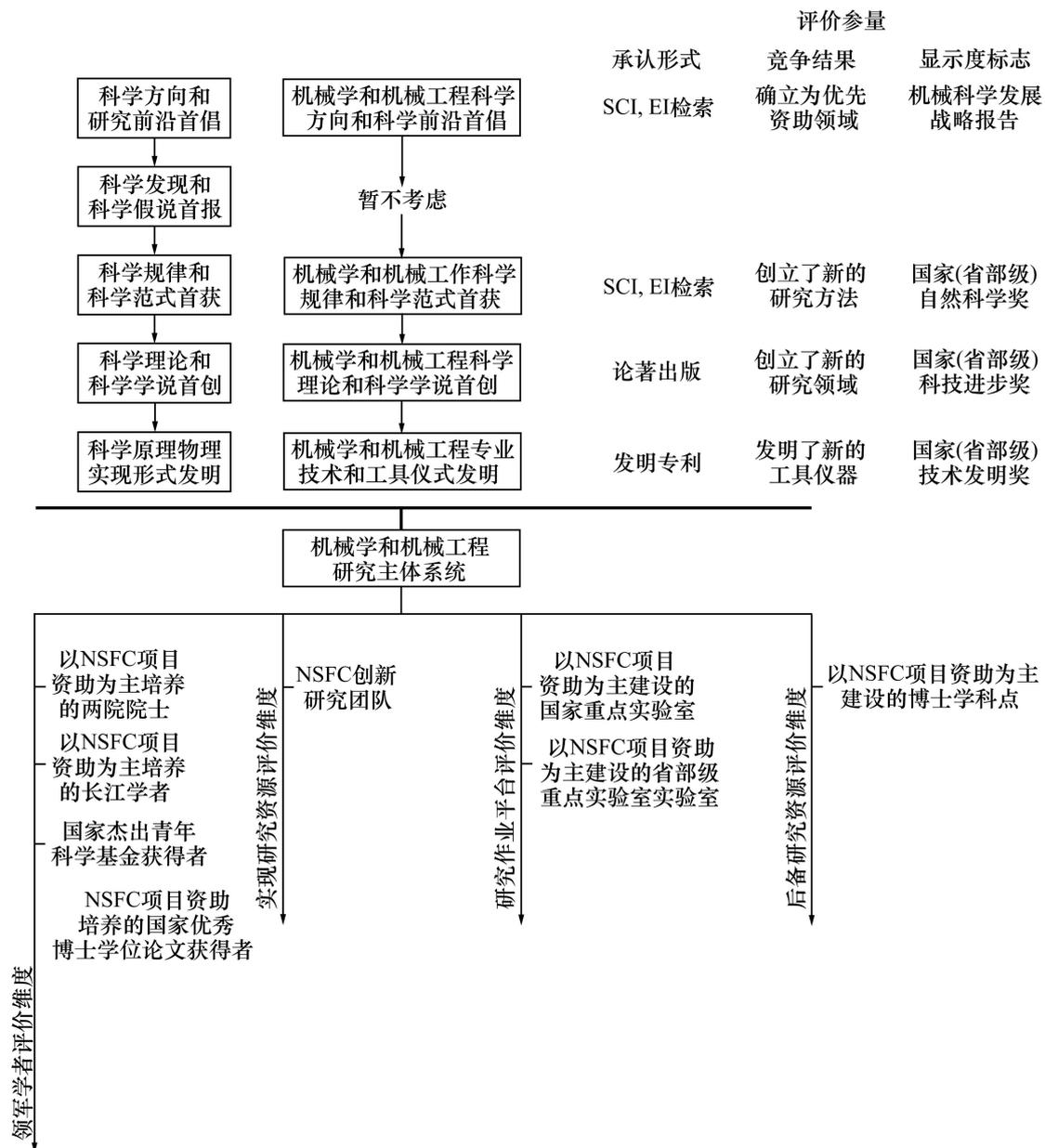


图 8 NSFC 机械学科基础研究能力评价体系结构

(3)以 NSFC 机械学科项目资助为主的科学研究主体系统培养成果 46 项,其中,培养两院院士 6 人,培养长江学者和国家杰出青年科学基金获得者 19 人,培养国家优秀博士学位论文获得者 9 人;培养 NSFC 创新研究团队 2 个;培养国家重点实验室 4 个,省部级重点实验室 2 个;培养博士学科点 4 个。

根据上述评价成果,组织项目承担者进行了研究总结,得到了一批活生生的科技创新样本案例,形成学术著作《NSFC 机械科学基础研究 20 年》,^[10]于 2007 年由武汉理工大学出版社出版,发行量 2 千余册,发行范围达 55 所大学,得到清华大学 20 余所高校和 30 余位著名学者的高度评价,认为该著以中国机械领域

科学家和经典成果揭示了机械科学研究的内在规律,为中国机械科学的创新发展模式提供了极有价值的范本和案例。该著于 2009 年荣获首届湖北出版政府奖,2010 年由湖北省推荐参评中国出版政府奖。

参考文献:

[1] 托马斯·A·施瓦特. 定性研究的三种认识论取向: 解释主义, 诠释学和社会建构论//诺曼 K 邓津. 定性研究: 方法论基础. 重庆: 重庆大学出版社, 2007: 204-231.

[2] 周晓雁. 科学评价的方法与工具研究[J]. 情报科学, 2009, 27 (1): 103-107.

- [3] 吕桂军. 科学评价价值指标体系构建[J]. 牡丹江大学学报, 2009, 18(7): 15-17.
- [4] 文庭孝. 科学评价的规范体系研究[J]. 科学学研究, 2008, 26 (Supp.1): 30-36.
- [5] 文庭孝. 科学评价理论体系的构建研究[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2008, 14(3): 63-69.
- [6] 郑德俊, 高风华. 高校人文社会科学科研绩效评价指标体系构建[J]. 科技进步与对策, 2009, 26(7): 150-153.
- [7] 王汉熙, 周祖德, 胡树华. 科学信息本体引导结构参量规模研究[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2010, 41, (5): 1845-1854.
- [8] 王汉熙, 宋以超, 周祖德, 等. 面向科学信息标志的科学信息本体结构模型研究[J]. 中南大学学报(社会科学版), 2009, 15 (4): 546-553.
- [9] 国家自然科学基金委员会. 国家自然科学基金委员会概况 [DB/OL]. <http://www.nsf.gov.cn/nsfc/cen/jgsz/index.htm>, 2010-02-25
- [10] 雷源忠, 王汉熙, 周祖德, 等. NSFC 机械科学基础研究 20 年 [M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2007.

Research on the performance evaluation model for pecuniary funded by National Science Foundation of China

WANG Hanxi¹, ZHOU Zude¹, SONG Yicao²

(1. Digital Manufacture Key Lab. of Hubei Province, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China;

2. Hubei Changjiang Press Group Co., Ltd., Wuhan 430070, China)

Abstract: To propose the Science Evaluation Behavioral Model (SEBM) which embedded in the Prototype Structure of Scientific Being (PSSB), and an Information Monitoring and Evaluation Model for Scientific Research Ability System oriented on Scientific Priority System (IMEM-SRAS-OSPS) was built. Based on IMEM-SRAS-OSPS, the authors established a basic research ability evaluation system for NSFC mechanical disciplines, in which the scientific research achievement structure was found, and an evaluation was achieved on the 1986~2006 performance of NSFC pecuniary aid on mechanical disciplines. Therefore it was concluded that the IMEM-SRAS-OSPS defined by SEBM can be applied to scientific evaluation.

Key Words: science evaluation behavioral model; prototype structure of scientific being; scientific research ability system; structure starting point effect of scientific priority

[编辑: 颜关明]