

# 基于系统观念的科技资源管理 绩效评价模型研究

程鹏 秦哲 杨立新  
(湖北省科技信息研究院, 湖北武汉 430071)

**摘要:** 基于系统的观念, 针对科技资源管理绩效评价失效问题的有效控制, 构建评价模型系统, 解释模型系统特征, 确定模型系统各层次功能, 规范模型系统内指标和方法子模块的确定标准。通过绩效评价模型系统特别是“灰箱”模型的构建, 试图解决科技资源绩效评价的失效问题。

**关键词:** 科技资源管理绩效; 评价模型; 失效问题; 绩效评价; 系统论

中图分类号: G311,F124.5

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2011.03.002

## Performance Evaluation Model of Science & Technology Resources Management Based on System Concept

Cheng Peng, Qin Zhe, Yang Lixin

(Hubei Academy of Scientific and Technical Information, Wuhan 430071)

**Abstract:** Based on the concept of the system, this article focuses on effectively controlling of the failures in the performance evaluation of technology resource management, building an evaluation model system, explaining the characteristics of the model system, determining all levels' functions of the model system and standardizing indicators and method sub-modules in the model system. According to the construction of the evaluation model system, especially the "gray box" model, we try to solve the failure of performance evaluation of science and technology resources.

**Keywords:** science and technology resources management performance, evaluation model, failures, performance evaluation, system concept

### 1 引言

科技资源管理绩效评价是一项跨层次的综合性评价, 它要综合科技资源管理主体所含决策层、执行层等不同的层面, 要考虑科技资源管理客体间的相互作用, 这就对评价模型研究提出了特殊的要求。系统论为我们提供了新的研究范式。本文将系统论的思想方法, 应用于评价模

型问题的研究, 即把所研究的对象——科技资源管理绩效评价模型, 当作一个系统, 分析该系统的结构和功能, 研究系统、环境两者的相互关系。具体而言, 就是将评价模型看作是由若干要素构成的具有一定结构和特定功能的有机整体, 基于系统论的核心思想——系统的整体观念, 建立科技资源管理绩效评价的整体模型系统, 关联系统各要素(评价指标体系、评价方

第一作者简介: 程鹏(1951- ), 男, 湖北省科技信息研究院研究员, 博士生导师, 研究方向: 知识发掘与管理。

合作项目: 2010年中国科技资源导刊合作研究项目“科技资源管理绩效评估研究”(DK2010-02003)。

收稿日期: 2010年10月19日。

法、评价结果等),从整体角度进行系统结构和功能的设计、优化、均衡,结合一般系统共同的基本特征,层次性、模块性、开放性、关联性、动态平衡性等展开相应研究。

## 2 失效问题分析

在本研究中,将失效问题分析作为评价模型研究的切入点,其直接目的在于有效控制评价的失效,间接上则达到了优化评价模型的目的。研究方式上,引入统计学误差分类的标准,类似将失效问题分为“系统失效”和“随机失效”两类。正如随机误差是不可定的,不能完全消除和校正,“随机失效”一样不能从根本上避免。因此,暂且仅考虑“系统失效”问题,着眼于那些可能引起“系统失效”的诸多因素,进行有针对性的因素分类分析。

### 2.1 主体因素

科技资源管理的主体由宏观层次的管理主体和微观层次的执行主体构成。管理主体是各级政府职能部门,它们对科技资源按市场经济和科技活动自身的规律进行开发、分配、组合、调控等,使科技资源的管理达到优化目标<sup>[1]</sup>;执行主体则包括企业、高等院校和研究机构等,它们是科技资源管理的基础层次,也是科技资源管理的运行层次<sup>[2]</sup>。管理主体与执行主体既通过体制组成资源管理系统,又融会于运行机制,在全社会科技与经济相结合的大系统中运行<sup>[3]</sup>。由此可见,科技资源管理的主体涉及面广,层次化特征显著,层次间差异大,若评价层次错位,将不可避免地导致较大的失效问题,因此首先须分层次对模型系统进行评价<sup>[4]</sup>。

### 2.2 客体因素

广义上的科技资源管理客体,包括科技的人力资源、物力资源、财力资源、信息资源和政策资源等。仅此,在绩效评价时就须考虑这五大方面的问题,如若细分,涉及的具体层面将更多。在实际评价中,还须考虑各方面之间的综合与权衡。上述任一方面处理不当都将导致评价的失效。这启示我们,评价模型系统可依据评价客体,划分为不同的模块,各模块既可单独使用,又可结合起来进行综合性评价。

### 2.3 作用机理因素

科技资源投入和绩效产出两者的相关关系存在着较大的模糊性和不确定性,绩效评价存在“灰色性”问题,我们采用计量经济模型的投入和产出形式,并将“投入—产出”之间的作用机理看作一个“灰箱”。“灰箱”的输入端是科技资源投入,“灰箱”的输出端是绩效产出。这个由诸多生产要素交织而成的“灰箱”对评价产生失效影响,这是由于:①科技活动自身的复杂性和不可预见性,使得无法对诸多生产要素逐一判断,无法简单地将投入要素与绩效进行一一对应的相关分析,分离出各自的作用绩效;②科技资源投入带来的产出效果具有一定的“外部性”,特别是对宏观层面上外部效应的估算,带有很大的主观性,无法精确的量化核算;③科技资源投入产生的绩效客观上存在滞后性,如果投入和产出之间的时差无法确定,即滞后效应不清晰的话,即便是采用科学的评价指标和评价方法,也会因此原因而失效;④如同经济学“挤出效应”所定义的政府扩展性财政政策将引起投资支出的减少,科技资源各要素的投入之间同样存在“挤出效应”。针对因作用机理因素产生的失效问题的控制和解决,可考虑简化对作用机理(“灰箱”)的分析,构造“投入—产出”之间的灰色评价模型,即体现灰色性、模糊性的评价模型系统。

### 2.4 环境因素

值得说明的是,基于系统观念建立的评价模型系统并不是一个封闭的系统,它与其所处的经济、社会等大环境相关联和作用。由于科技资源管理的环境是一个动态的、复杂的、开放的环境,环境的动态演变对评价失效将产生直接或间接的影响,因此,评价模型系统须具备开放性、发展性。与此同时,考虑到环境影响对评价的反馈作用以及评价结果要结合现实经济、社会进行检验、解释和修正,因此评价模型系统还须具备反馈性。

## 3 评价模型系统的设计

科技资源管理绩效评价的整体模型系统如图1所示。

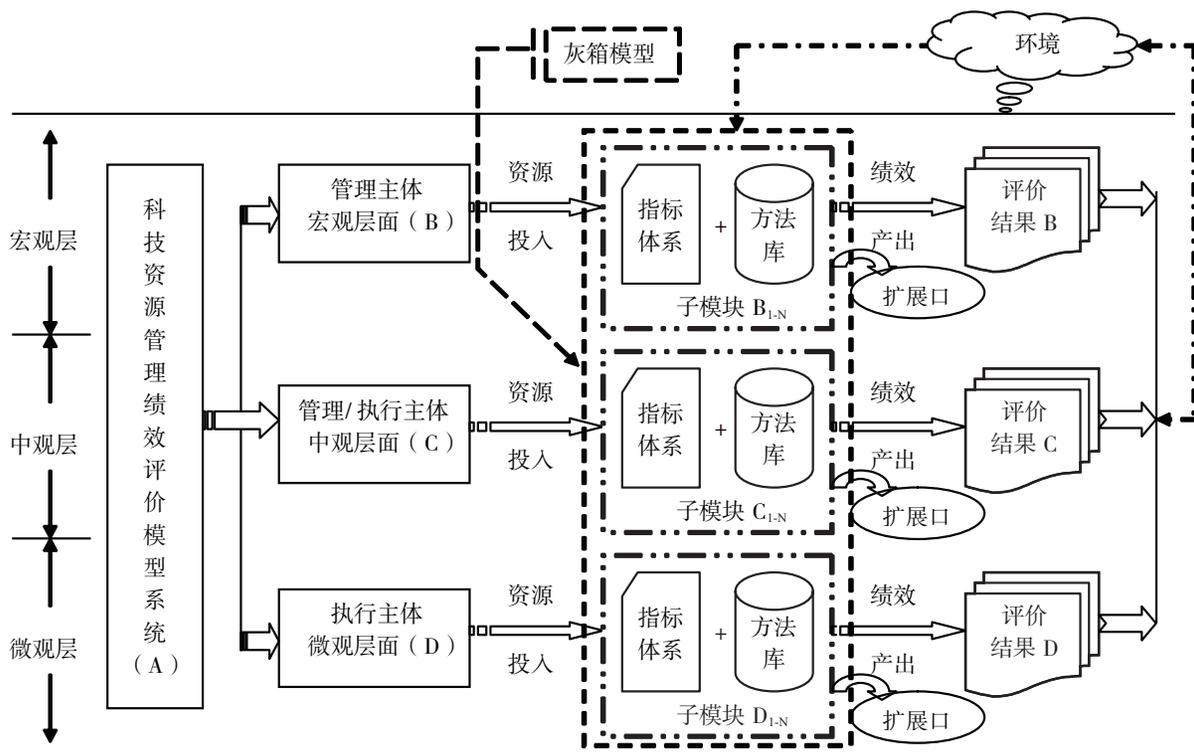


图1 科技资源管理绩效评价模型系统

### 3.1 模型特征

(1) 整体性特征。评价模型是由一些相互联系、相互制约的若干部分结合而成的、具有特定功能的有机整体。

(2) 层次性特征。评价模型系统由3个层次(宏观、中观、微观)构成,这样的结构,除解决因科技资源管理主体涉及面广而产生的失效问题外,还可尽量全方位、多角度地评价科技资源管理的绩效。

(3) 模块性特征。模型系统内部分成若干子块,体现在开展进一步细化的各层次绩效评价时,对不同角度的评价可采用模块化来实现不同的评价功能。如宏观层面上的评价,可将子模块  $B_{1-N}$  划分为人力资源评价子模块  $B_1$ 、物力资源评价子模块  $B_2$ 、综合评价子模块  $B_n$  等。

(4) 灰色性特征。在前述失效问题分析中,为解决科技资源“投入—产出”之间作用机理因素产生的失效问题,我们简化了对作用机理的分析,将其看作是一个“灰箱”结构。这里,我们进一步将这一“灰箱”嵌入评价模型中,在评价指标、评价方法的设计和选择上体现灰色性和模糊性,如采用灰色关联法、模糊数学方法、数据

包络分析法( DEA )等建立评价模型。

(5) 开放性特征。评价模型系统作为一个整体是相对独立的,同时又会与随时演变的环境相互关联、相互影响,评价模型系统的开放性、发展性保证了评价结果的有效,而模型系统的反馈性特征,则从操作化的角度保证了模型系统的扩展性。如评价模型系统考虑了“灰箱”模型要依据环境的演变而调整,评价结果要与现实经济、社会环境相结合,进行检验、解释和修正。与此同时,在评价模型系统中预留了模块扩展口,扩展口的延伸是在宏观、中观和微观3个层面上进行的,使得模型系统具备了一定的成长功能,在当前以及未来的评价中,完全可以结合实际,对现有的评价模块进行增减、修正<sup>[5]</sup>。

### 3.2 模型功能

(1) 宏观层次功能。面向科技资源管理宏观层次的调控管理主体,主要采用总量数据和定性评价方法,评价其对科技资源规划、开发、分配、调控等的管理效果,进行空间维度或时间维度上的纵向、横向对比,如国家层面、区域层面、地区层面的评价等,评价的深度限于显性的

归纳，评价的结果为政府宏观决策提供辅助参考。

(2) 中观层次功能。将宏观层次的调控管理主体和微观层次的执行主体相结合，主要采用结构数据和定性定量相结合的评价方法，评价侧重于科技资源管理的结构有效性。在宏观层次评价的基础上，进一步挖掘信息，评价部门间(内)、行业间(内)、学科间(内)的资源管理绩效，评价的深度处于隐性挖掘，评价的结果是宏观层次评价的逻辑延续，用于研究创新型国家建设背景下，管理主体与执行主体组成的资源管理系统的体制和机制的改进和完善。

(3) 微观层次功能。面向科技资源管理微观层次的执行主体，主要采用基础数据和定量评价方法，评价科技资源在一个组织内部配置、整合、共享的过程和机制等，探讨组织科技资源的高效开发、优化利用方法，评价可结合实地调研，深度直达基层，评价结果为企业、高等院校和研究机构等进行资源的有效管理，提升科技资源的管理能力提供参考。

### 3.3 评价标准

理论上构建的评价指标体系，在实践操作中，有时指标数据采集起来比较困难，有时指标数据根本无法精确获得，这些指标都不具备操作性。因此，为使评价工作易于操作，必须充分利用现有数据，将无法直接得到的那部分指标信息

映射到其他便于获得的指标上<sup>[6]</sup>。此替代过程中必然会产生失效问题。在此，我们提出“影子指标”的概念来进行相关分析。

“影子指标”的核心思想是，利用易于获得数据的指标，代替理论上精确但无法获得的指标。“影子指标”的含义类似于经济学上资源最优配置状态下的“影子价格”。我们将其定义为理论上最优，不引起评价失效或对失效影响极小的指标，用于替代“影子指标”的指标称为“实际指标”，即用于实际评价中的指标。显然，这两个指标在数据结构和评价功能上相似性越大，评价产生的失效就越小。指标替代的失效分析原理见图 2。

在图 2 中，横坐标为评价方法，纵坐标为评价结果。假设理论上最优时，“影子指标”为  $T_{AB}$ ，评价方法为  $M$ ，评价结果为  $R$ ，则从  $M$  到  $R$  的一条直线便是理论上的评价路径。由于操作中“影子指标”  $T_{AB}$  无法直接获得，而利用另一个类似易得的“实际指标”  $T_{A'B'}$  替代，于是在不改变评价方法  $M$  的情况下，操作中的评价路径是从  $M$  到实际评价结果  $R'$  的直线。依据图 2 进行量化度量，可求得替代过程产生的误差  $e'$ ，计算公式是：

$$e' = RR' = OR - OR' = \frac{OM}{BM}AB - \frac{OM}{B'M}A'B' = OM\left(\frac{AB}{BM} - \frac{A'B'}{B'M}\right)$$

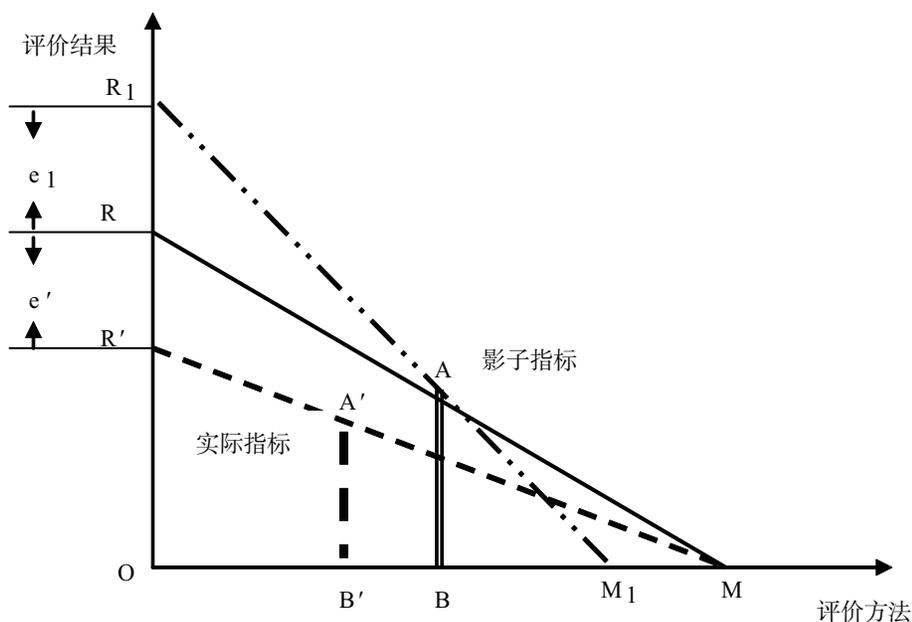


图 2 评价指标和评价方法的失效分析示意图

在上式中, OM、AB、BM和“影子指标” $T_{AB}$ 相关,是固定不变的,误差 $e'$ 大小只与 $A'B'$ 、 $B'M$ 有关,即随“实际指标” $T_{A'B'}$ 变化而变化。需要指出的是:由于有些指标可以直接获得数据,不需进行替换,指标体系中的这种不需替换的指标愈多,评价结论愈准确。极端情况下,所有指标完全不须替代(即 $\{T_{AB}\}=\{T_{A'B'}\}$ ),此时的 $e'=0$ ,指标因素引起的误差被完全控制。

由此可以得出,按照上述替代原理确定评价指标时,应严格遵守以下标准:尽量减少指标的替代,尽量采用与“影子指标”数据结构和评价功能相似度高的“实际指标”。

依据“有限理性”理论,面对无穷的评价备选方法,我们无法找到“最优”的方法,而只能选择“满意”的方法。如图2所示,我们不妨假设,“最优”的方法为M,“满意”的方法为 $M_1$ 。同理,进行误差的量化度量,可求得评价方法因素产生的误差 $e_1$ ,计算公式是:

$$e_1 = RR_1 = OR_1 - OR = \frac{OM_1}{BM_1} AB - \frac{OM}{BM} AB = AB \left( \frac{OM_1}{BM_1} - \frac{OM}{BM} \right)$$

在上式中, AB、OM、BM和“最优”方法M相关,是固定不变的,误差 $e_1$ 大小只与 $OM_1$ 、 $BM_1$

有关,即随“满意”方法 $M_1$ 而变化。

为有效控制误差 $e_1$ ,我们结合科技资源管理绩效评价自身实际,提出评价方法的确定标准:依据评价所处层次,选择对应的评价方法。宏观层次的评价须采用定性为主的评价方法,微观层次的评价须采用定量为主的评价方法,中观层次的评价则是两类方法的结合<sup>[7]</sup>。评价方法的确定标准示意图见图3。

在图3中,横坐标表示评价方法,纵坐标表示评价层次,共划分为9个象限。上述评价方法的确定标准,在图3中是从O到S的一条直线,即对角线。同时,OS直线也是不同评价情况下,“最优”方法的集合。

实际操作中,“有限理性”决定了不可避免地出现所选用方法与OS直线的偏离。我们将偏离OS直线之上的虚线称为“客观型评价”,类似于管理学决策中的“保守型决策”,此时选用的评价方法相对于评价所处层次而言过于定量化,须适当向定性评价法倾斜;反之,偏离OS直线之下的虚线称为“主观型评价”,类似于“激进型决策”,评价方法过于定性化,须适当向定量评价法倾斜,这样便可尽量减少评价方法因素引起的误差。

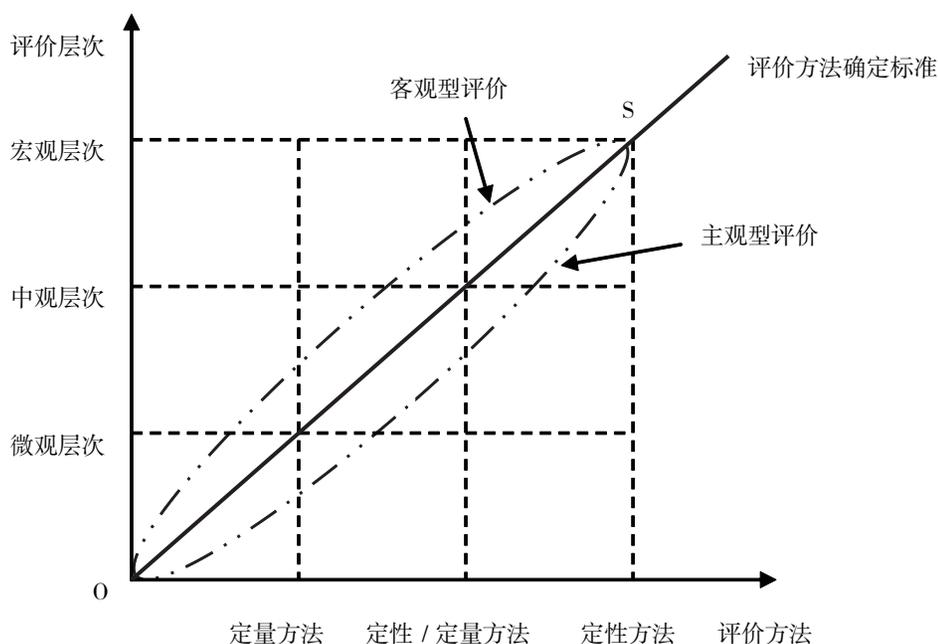


图3 评价方法的确定标准示意图

表 1 某企业科技资源管理绩效评价指标体系

指标类别		影子指标	实际指标
投入指标	人力资源	科技活动人员折合全时当量	科技活动人员数
		—	科技活动人员占企业人员比例
		—	高层次研发人员（具有高级职称或研究生学历）人数
	财力资源	—	科技活动经费支出总额
	物力资源	—	科研土建工程投入额
—		科研仪器设备投入额	
产出指标	经济效益	涉及科技活动的经济产出	新产品销售收入
			新产品销售收入占企业总销售收入的比重
			技术性收入
	技术效益	涉及科技活动的技术产出	专利申请受理数
			企业人均专利申请受理数
			专利授权数
			发明专利授权数
外部效益	涉及科技活动的外部效益	说明：将影子指标作为定性指标进行直观上的等级评判	

## 4 失效问题的控制

### 4.1 理论上的控制——特征耦合

上述失效问题分析对评价模型提出了一定的特征要求，而基于系统观念构建的评价模型系统，具备了系统自身的特征，如整体性、层次性、模块性、开放性、灰色性等，这些特性恰好与要求的特征相一致。这种一致性的耦合，在理论逻辑上可应对或部分解决一般评价模型所未及的“系统失效”问题，评价结果较为科学。

### 4.2 实践中的控制——规范标准

通过规范评价指标和方法的确定标准，力争有效控制实践中的评价失效问题。在评价指标确定标准方面，我们提出“影子指标”思想，在尽量减少指标替代的前提下，采用相似度高的“实际指标”；在评价方法确定标准方面，结合“有限理性”理论，依据评价所处层次，选择“满意”的方法。

## 5 案例分析

现以某企业科技资源管理绩效评价为例，解

释评价模型的构建过程。

### 5.1 评价层次确定

企业属于科技资源管理微观层次的执行主体，因此，将评价层次定位于微观层次，采用企业基础数据，选择定量评价方法，进行绩效评价，并将评价结果与实地调研结合进行修正。

### 5.2 评价指标确定

评价指标设计的思路是：（1）指标体系结构上划分为投入和产出两个部分；（2）指标的选择以定量指标为主，考虑绝对量和相对量的合理搭配；（3）对于无法获取的“影子指标”尽量采用与其数据结构和评价功能相似度高的“实际指标”。因此，初步设计的评价指标体系如表 1 所示。需说明的是：（1）评价科技人力资源投入的理想指标是科技活动人员折合全时当量，而通常这样的折算误差较大，在此我们用更容易测算的实际指标即科技活动人员数来代替；（2）对于因科技资源投入而产生的经济和技术效益，实际评价中很难剥离测算，仅存在理想指标，通常的做法是采用容易度量，且能反映出主要经济和技术效益的指标来替代，这恰是本文所提出的“影子指标”思想；

(3)相比经济和技术效益而言,外部效益的评价更加难以把握,我们采用的处理方法是影子指标即涉及科技活动的外部效益作为定性指标,进行直观上等级的评判,如:好、良好、一般、差等。

### 5.3 评价方法确定

依据前述评价方法的确定标准,微观层次的评价采用定量为主的评价方法。因此,我们拟采用DEA法进行绩效评价,不仅是因为DEA法属于典型的定量方法,而且DEA法将评价指标分为输入和输出两部分,切合前文所述的“灰箱”结构,较好地体现了灰色性。此外,DEA法运算结果中的松弛变量 $s^-$ 和 $s^+$ (即投入冗余值和产出不足值)还为企业明确了效率改善的目标,帮助企业找到改进的方向和程度<sup>[8]</sup>。

## 6 结语

基于系统观念的科技资源管理绩效评价模型系统,具备了系统自身的特征,如整体性、层次性、模块性、开放性、灰色性等,这些特性恰好与失效问题分析中对评价模型的要求相一致。这种一致性的耦合,在逻辑上可应对或部分解决一般评价模型所未及的“系统失效”问题,评价结果较准确、科学。与此同时,我们在应用该模型系统进行评价时,也不容忽视将评价结果与现实经济、社会环境相结合进行检验、解释和修正。

### 参考文献

- [1] Ding Houde. Features and Adjustment of Science and Technology Resource Allocation in China Today [J]. China Science & Technology Resources Review, 2008(1):47-51. (in Chinese)  
〔丁厚德. 我国新时期科技资源配置的特点与调整[J]. 中国科技资源导刊,2008(1):47-51.〕
- [2] Kang Nan, Zheng Xungang, Mu Peisong. Research on the Efficiency of Regional Science and Technology(S&T) Resource Allocation Based on Combination Evaluation [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology: Social Science Edition,2009(6):79-83. (in Chinese)

- 〔康楠,郑循刚,母培松. 基于组合评价的我国区域科技资源配置效率研究[J]. 华中科技大学学报:社会科学版,2009(6):79-83.〕
- [3] Li Rong, Chen Zhigang. Research on Allocation of Scientific and Technological Resources in the Period of Acceleration Transformation[J]. Pioneering with Science & Technology Monthly,2006(5):14-15. (in Chinese)  
〔李蓉,陈志刚. 加速转型期的科技资源配置研究[J]. 科技创业月刊,2006(5):14-15.〕
- [4] Liu Lingli. Research on Allocation Mechanism of Science and Technology Resources - From the Perspective of Micro Subject Behavior [J]. Science & Technology Progress and Policy,2009(7):1-3. (in Chinese)  
〔刘玲利. 科技资源配置机制研究——基于微观行为主体视角[J]. 科技进步与对策,2009(7):1-3.〕
- [5] Wang Guiqiang, Zhu Dong, Ban Ruifeng. Study on Breakthrough to an Evaluation Model for Performance of Local Government Financial Investment in Science and Technology[J]. Science of Science and Management of S.& T., 2007(11):20-24. (in Chinese)  
〔王桂强,朱栋,班瑞凤. 地方政府财政科技投入绩效评价模型的突破口研究[J]. 科学学与科学技术管理,2007(11):20-24.〕
- [6] Wang Guiqiang, Zhang Qing. Constructing a Model System for Evaluating Performance of Local Government Appropriation for S&T Based on a Concept of “Indicator Target” [J]. Science of Science and Management of S.& T., 2006(7):49-53. (in Chinese)  
〔王桂强,张青. 基于“指标靶”概念的地方政府财政科技投入绩效评价模型体系的构建[J]. 科学学与科学技术管理,2006(7):49-53.〕
- [7] Lei Ruiyong, Luo Min, Zou Jihong. Review on the Evaluating Methods of Allocation Efficiency of Science & Technology Resources in China[J]. Journal of Mountain Agriculture and Biology, 2004(5):448-453. (in Chinese)  
〔雷睿勇,罗敏,邹吉鸿. 对我国科技资源配置效率评价方法的述评[J]. 山地农业生物学报,2004(5):448-453.〕
- [8] Wu Hecheng, Zhen Chuiyong. The DEA Analysis of Allocation Mechanism of Science and Technology Resources [J]. Science & Technology Progress and Policy, 2004(7):75-76. (in Chinese)  
〔吴和成,郑垂勇. 科技资源配置的DEA分析[J]. 科技进步与对策,2004(7):75-76.〕