

教育部直属“一流大学”建设高校科研效率评价及整体治理研究

张宝生 王天琳¹

(哈尔滨师范大学 管理学院, 哈尔滨 150025)

【摘要】: 以教育部直属“一流大学”建设高校为研究对象, 采用高校科研投入与产出数据, 通过 DEA-BCC 模型测算科研静态效率, 运用投影分析解构高校科研产出不足及其结构; 通过 DEA-Malmquist 指数测算 2010—2017 年科研动态效率, 观测科研效率变动趋势; 在此基础上提出了高校科研活动治理建议。结果表明: 教育部直属“一流大学”建设高校整体科研效率较高, 但高校间存在差距, 存在科研投入冗余现象; 产出不足主要表现为技术转化不足; 高校科研效率呈现波动增长的趋势。研究有助于高校合理配置科研资源, 为相关政策制定提供参考。

【关键词】: 教育部直属高校 科研效率 数据包络分析

0 引言

建设创新型国家、实施创新驱动发展战略是我国重要战略部署, 高校是科技创新的重要主体, 高校科研活动对科技、经济和社会发展具有重要推动作用, 国家不断出台政策持续推进高等教育事业发展和高水平大学建设^[1-2]。2015 年国务院颁布实施《统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案》; 2019 年《政府工作报告》强调, 要推进“双一流”建设, 努力提升国家科研实力。首批世界一流大学建设高校 42 所, 其中教育部直属高校 32 所, 是国家科研资源投入的最重要载体^[3]。根据 2018 年《高等学校科技统计汇编》数据显示: 2017 年国家拨入教育部直属高校科研经费合计约 805 亿元, 比上一年度增加 81 亿元, 其中政府科研资金高达 517 亿元, 企事业单位委托资金 257 亿元, 世界一流大学建设高校获得科技经费投入为 634 亿元, 约占教育部直属高校总体科技经费的 79%。教育部直属“一流大学”建设高校获得了如此优势的科研资源倾斜, 创新体系规模不断扩大, 但资源的使用是否获得了有效配置, 与产出是否处于合理状态, 科研效率表现如何值得关注。相关研究可以为优化高校科研资源配置, 提升高等教育整体水平提供政策参考。

高校科研效率是国内外学者普遍关注的话题。Agrell 等以高校科技产出和内外部科技活动数据作为论据, 讨论了高校科研效率情况^[4]。Agasisti 等研究了意大利高校科研产出效率, 发现科研规模效率制约了高校创新产出^[5]。王海宁等对教育部直属高校科研转化能力与转化效率进行协调性分析, 发现高校间科研转化能力存在较大差异^[6]。苑泽明等分析了京津冀高校的科研创新绩效^[7]。段晓梅以系统思维运用超效率 DEA 模型分析了我国高校科研绩效^[8]。苏芸等运用 DEA-Tobit 模型分析了“双一流”建设背景下我国省际高校科研效率^[9]。相关研究为本文奠定了基础, 但相关对象尚未涉及教育部直属“一流大学”建设高校, 文章以此为研究对象, 从静态和动态双重视角深度分析其科研效率整体状态及内部差异, 并提出治理建议。

作者简介: 张宝生, 管理学博士, 哈尔滨师范大学管理学院副教授、硕士生导师, 研究方向: 科技管理、绩效评价、公共政策; 王天琳(通信作者), 哈尔滨师范大学管理学院硕士研究生, 研究方向: 科技产业、公共经济管理。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目——“网络型知识组织成员错时空的隐性知识合作机制及其实现研究”(项目编号: 71702039; 项目负责人: 张宝生) 成果之一; 教育部人文社会科学研究一般项目——“隐性知识流转网的成员合作机制及网络结构优化研究”(项目编号: 16YJC870019; 项目负责人: 张宝生) 成果之一

1 研究设计

1.1 模型设定

数据包络分析。运筹学家 Charnes 等提出的数据包络分析法 (Data Envelopment analysis, DEA) 广泛用于评价效率水平^[10-11]。DEA 方法中决策单元的投入与产出值不取决于指标如何选取, 很大程度上依赖于观测次数 (DMU) 和变量 (输入、输出), 是评价多样本单元有效性的非参数模型。计算结果包括综合效率、纯技术效率、规模效率和规模收益四个方面, 当综合效率为 1 时说明 DEA 有效。应用 DEA 中 BCC 模型衡量高校科研效率, 反映资源配置效率状况。BCC 模型为:

$$\begin{cases} Z = \min [\theta - \varepsilon (\sum_{j=1}^m s^- + \sum_{j=1}^n s^+)] \\ \sum_{j=1}^k x_j \lambda_j + s^- = \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^k y_j \lambda_j + s^+ = y_0 \\ \sum_{j=1}^k \lambda_j = 1, j = 1, 2, \dots, k \\ \theta \in \forall, s^+ \geq 0, s^- \geq 0, \lambda_i \geq 0 \end{cases}$$

其中: k 为高校数量, m 为投入指标数量, n 为产出指标数量, x_{ij} 为投入变量, y_{ij} 为产出变量, s^+ 、 s^- 为松弛变量。

Malmquist 指数。Malmquist 指数是生产力随时间变动的度量, 可分解为效率 and 技术的变动, 用以衡量动态投入产出效率。当输出结果大于 1 时, 高校科研效率呈现增长趋势, 反之呈现下降趋势。设定规模报酬可变, 面向输入导向的全要素生产率计算公式如下:

$$M_{TFP} = \left[\frac{E_u^t(x_{t+1}, y_{t+1}) E_u^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{E_u^t(x_t, y_t) E_u^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}} = \frac{E_u^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{E_u^t(x_t, y_t)} \left[\frac{E_u^t(x_t, y_t) E_u^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{E_u^{t+1}(x_t, y_t) E_u^t(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}}$$

可进一步分解为:

$$M_{TFP} = \frac{E_v^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{E_v^t(x_t, y_t)} \left[\frac{E_v^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}) / E_u^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{E_v^{t+1}(x_t, y_t) / E_u^{t+1}(x_t, y_t)} \times \frac{E_v^t(x_{t+1}, y_{t+1}) / E_u^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{E_v^t(x_t, y_t) / E_u^t(x_t, y_t)} \right]$$

即: $M_{TFP} = \text{Tech}^{t+1} \times \text{Effch}^{t+1} = \text{Tech}^{t+1} \times \text{Pech}^{t+1} \times \text{Sech}^{t+1}$

其中， $(x_t, y_t), (x_{t+1}, y_{t+1})$ 表示 t 和 $t+1$ 时期的投入产出， E^t, E^{t+1} 表示相应时期的距离函数。 M_{TEP} 可以分解为技术进步 Tech 和技术效率 Effch, 技术效率可以进一步分解为纯技术效率 Pech 和规模效率 Sech。

1.2 指标体系设计与数据来源

高等院校科研效率评价体系分成高校科研投入与高校科技创新产出两部分，其中科研投入主要是政府、企事业单位与其他科研机构拨入高校的科技经费及高校研发人员，选取高校 R&D 全时人员数、拨入科技经费作为科研投入指标。在产出部分综合考量高校科研活动的科学、经济、社会效益，主要从学术研究、技术发明、市场商业化、服务社会等方面选取出版科技著作数、发表学术论文数、专利授权数和技术转让收入作为科研产出。如图 1 所示。

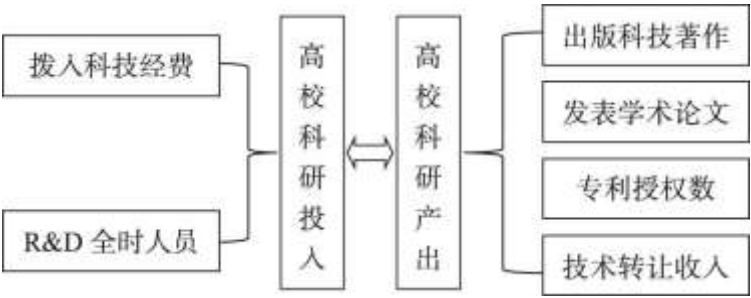


图 1 高校科研效率评价指标体系

数据来源于《高等学校科技统计汇编 2011—2018 年》，研究对象选取教育部直属 32 所世界一流大学建设高校。

为验证变量间的相关程度，通过 Pearson 相关系数考察指标间的相关性，Pearson 系数通常被用来反应双变量间对应的线性关系。将 2010—2017 年 32 所高校指标数据计算平均值，通过 SPSS 计算 Pearson 相关系数进行双变量数据分析，结果如表 1 所示。

表 1 高校科研投入与产出指标相关系数检验

投入产出指标		研发人员	科技经费	出版著作	发表论文	专利授权	技术转让
研发人员	Pearson 相关	1	0.560**	0.482**	0.602**	0.544**	0.343
	显著性(双尾)	—	0.001	0.005	0.000	0.001	0.054
科技经费	Pearson 相关	0.560**	1	0.602**	0.825**	0.773**	0.683**
	显著性(双尾)	0.001	—	0.000	0.000	0.000	0.000
出版著作	Pearson 相关	0.482**	0.602**	1	0.623**	0.411*	0.386*
	显著性(双尾)	0.005	0.000	—	0.000	0.019	0.029
发表论文	Pearson 相关	0.602**	0.825**	0.623**	1	0.670**	0.396*
	显著性(双尾)	0.000	0.000	0.000	—	0.000	0.025
专利授权	Pearson 相关	0.544**	0.773**	0.411*	0.670**	1	0.539**
	显著性(双尾)	0.001	0.000	0.019	0.000	—	0.000

	显著性(双尾)	0.001	0.000	0.019	0.000	—	0.001
技术转让	Pearson 相关	0.343	0.683**	0.386*	0.396*	0.539**	1
	显著性(双尾)	0.054	0.000	0.029	0.025	0.001	—

表 1 结果显示，除研究与发展人员与技术转让收入之间的关系外，其余指标均通过皮尔森相关性检验。这可能是由于高校科研人员更集中于基础科学研究，而技术转让收入更侧重于与市场、企业接轨，普遍受到高校科研人员的忽视。通过相关性分析结果分析，选取的投入与产出指标通过检验，也与现实情况相符合。

2 数据运算与结果说明

2.1 基于 DEA 模型静态科研效率

产出导向型更适合于考察在一定额度下的科研投入所能够创造的最大科技产出。运用 DEA 产出导向型 BCC 模型测算 2017 年教育部直属“一流大学”建设高校科研产出效率，测算结果如表 2 所示。

表 2 2017 年教育部直属“一流大学”建设高校科研产出效率

高等院校	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
北京大学	0.648	0.921	0.704	drs
中国人民大学	1	1	1	—
清华大学	0.846	1	0.846	drs
中国农业大学	0.610	0.627	0.973	irs
北京师范大学	0.794	0.816	0.972	drs
南开大学	0.942	0.957	0.984	drs
天津大学	0.661	0.785	0.843	drs
大连理工大学	0.953	0.957	0.997	drs
东北大学	1	1	1	—
吉林大学	1	1	1	—
复旦大学	0.970	1	0.97	drs
同济大学	0.948	0.959	0.988	irs
上海交通大学	0.696	1	0.696	drs
华东师范大学	0.863	0.864	0.999	drs

南京大学	0.587	0.593	0.989	irs
东南大学	1	1	1	—
浙江大学	0.834	1	0.834	drs
厦门大学	0.544	0.549	0.991	irs
山东大学	0.774	0.856	0.904	drs
中国海洋大学	0.780	0.798	0.977	irs
武汉大学	1	1	1	—
华中科技大学	1	1	1	—
湖南大学	0.624	0.639	0.977	irs
中南大学	1	1	1	—
中山大学	0.552	0.656	0.842	drs
华南理工大学	1	1	1	—
重庆大学	1	1	1	—
四川大学	0.897	1	0.897	drs
电子科技大学	0.913	0.994	0.918	drs
西安交通大学	1	1	1	—
西北农林科技大学	0.739	0.739	1	—
兰州大学	0.953	0.993	0.960	irs
平均值	0.848	0.897	0.946	—

由表 2 可知:从整体上分析,综合效率均值为 0.848,规模效率均值为 0.946,技术效率均值为 0.897,说明教育部“一流大学”建设高校集聚全国顶尖技术与资源,科研效率整体较高,科研投入的资源配置相对科学合理。

从综合效率角度分析,中国人民大学、东北大学、吉林大学、东南大学、武汉大学、华中科技大学等在内的 11 所高校科研投入产出整体综合效率有效,占比 34%,说明这些高校经费使用、人员配置合理,科研投入产出达到最优运作状况。厦门大学、中山大学、南京大学、中国农业大学等 8 所高校综合效率低于 0.7,相对处于低位,科研投入条件并未充分发挥效益。综合效率高于均值的高校(18 所)多低于均值的高校(14 所),分布如图 2 所示,说明教育部“一流大学”建设高校内部科研效率存在一定差距。

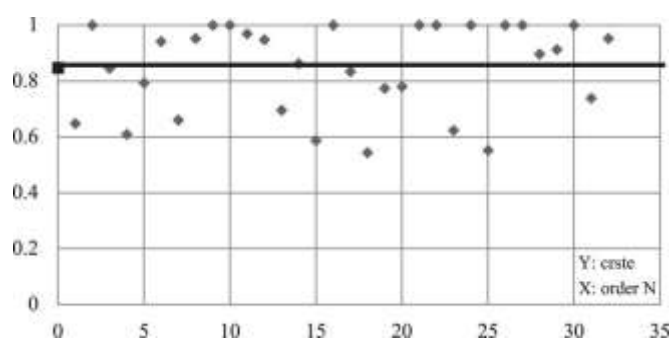


图 2 综合效率散点分布图

从规模效率角度分析, 11 所高校的科研规模效率值为 1, 科研投入处于配置的最佳状态; 中国农业大学、同济大学等 7 所高校呈现规模效率递增状态, 应适当增加科研投入, 以促进科研效率达到最优; 北京大学、清华大学等 14 所高校呈现规模效率递减状况, 科研产出的增长速度慢于科研投入的增长速度。这与国家对建设一流大学的高强度支持有关, 持续不断的投入大量科研资源, 过度投入造成一定的科研资源冗余。

2.2 非 DEA 有效的科研效率投影分析

基于产出导向型视角考察科研投入固定的情况下产出效率的提高, 运用规模报酬可变的 VRS 模型计算产出不足率, 产出不足率越高, 说明高校改善的空间越大, 结果如表 3 所示, 表中只列出存在产出不足的高校, 共计 15 所大学。

通过投影分析衡量综合效率值 (θ) 来反映资源配置效率状况, θ 取值 $[0, 1]$, 在 DMU_j 中表示第 j 所高校科研资源配置效率。当 $\theta=1$ 时, 此时 $S^+=0, S^-=0$, 说明在该 DMU 中 DEA 有效, 即综合效率有效, 不需要调整科研投入与产出规模; 当 $\theta < 1$ 时, 此时 $S^+ \neq 0, S^- \neq 0$, 说明 DMU 无效, 此时存在投入冗余与产出不足状况, 存在需要改善的地方, 需要进行结构调整。当 $S^+ \neq 0, S^- = 0$ 时, 说明产出存在不足, 需要提高产出。

表 3 2017 年教育部直属“一流大学”建设高校科研产出不足率

高等院校	S_1^+	S_2^+	S_3^+	S_4^+
北京大学	4.70%	—	51.27%	4.73%
中国农业大学	—	—	—	31.88%
北京师范大学	—	15.72%	65.73%	89.40%
南开大学	8.63%	—	54.85%	—
天津大学	4.99%	—	—	95.73%
大连理工大学	—	18.72%	—	76.65%
华东师范大学	—	23.28%	51.89%	81.03%
南京大学	—	—	14.44%	—
山东大学	43.61%	—	—	89.26%

中国海洋大学	38.31%	—	20.38%	52.83%
湖南大学	—	—	—	98.97%
中山大学	—	5.95%	49.77%	92.65%
电子科技大学	—	36.17%	—	69.62%
西北农林科技大学	58.79%	—	—	—
兰州大学	70.52%	—	45.49%	93.60%

根据表 3 可知, S_1^+ 、 S_2^+ 、 S_3^+ 与 S_4^+ 分别代表出版科技著作数、发表学术论文数、专利授权数与技术转让收入的产出不足率。其中, 技术转让收入的产出不足最为严重, 有 12 所高校出现产出不足, 占产出不足高校的 80%, 整体偏高, 技术转让收入产出不足的高校中不足率均值为 73.03%, 提高空间较大。举例来说, 湖南大学 2017 年技术转让收入只有 6.2 万元, 天津大学为 191.9 万元, 全部为民营企业收入; 而清华大学技术转让收入达到 3 亿元, 其中国有企业收入 8011 万元, 外资企业收入 7037 万元, 其余为民营企业收入, 可见从技术转让的规模到收入来源高校间存在较大的差异。

专利授权数和出版专著的产出不足也较为明显, 分别有 8 所和 7 所高校存在产出不足, 不足率均值为 44.23%和 32.79%。学术论文产出情况较好, 不足程度最为轻微, 32 所高校中只有 5 所高校存在程度较轻的产出不足情况(不足率均值 19.97%)。

2.3 基于 Malmquist 指数的科研效率动态分析

BCC 模型侧重于对横截面的数据进行分析, 测算的结果未能考察时间全局和技术变动的影响。运用 Malmquist 方法对 2010—2017 年教育部直属“一流大学”建设高校 256 项面板数据进行分析, 测度科研效率的动态变化趋势, 结果如表 4 所示。

由表 4 可知, 教育部直属“一流大学”建设高校 2010—2017 年 Malmquist 指数均值为 1.001, 科研效率整体呈现增长态势, 达到效率前沿面上; 分年度来看, 科研效率增长率处于波动状态。技术效率(Effch)和纯技术效率(Pech)均值小于 1, 说明限制高校科研效率的主要因素是科研投入资源的利用能力、科研活动的组织管理水平等; Malmquist 指数变动趋势与 Tech(技术进步)高度相关, 受其拉动而波动提升, 说明高校应重点关注科研质量和科研能力的提升, 不能过度依靠投入促进产出。

表 4 2010—2017 年教育部直属“一流大学”建设高校动态科研效率

年份	技术效率 Effch	技术进步 Tech	纯技术效率 Pech	规模效率 Sech	全要素生产率 TFP
2010—2011	0.782	1.337	0.897	0.872	1.045
2011—2012	1.041	0.930	0.969	1.074	0.968
2012—2013	1.136	0.925	1.075	1.057	1.050
2013—2014	0.970	1.028	0.997	0.973	0.998
2014—2015	1.146	0.907	1.072	1.070	1.040

2015—2016	0.980	0.962	0.992	0.988	0.942
2016—2017	0.964	0.996	0.959	1.005	0.960
平均值	0.996	1.004	0.993	1.003	1.001

3 研究结论与治理建议

教育部直属“一流大学”建设高校汇聚了大量科研资源，科研水平确实较高；但另一方面，创新产出对科研投入具有较强的依赖性，还需进一步提升科研效率和质量，转向内涵式发展道路。

研究有以下结论：教育部直属“一流大学”建设高校整体科研效率较高，但高校间存在差距；部分高校存在人才、资源供给相对过剩的问题，特别是来源于政府资金投入的科研经费一直处于高位，存在一定规模报酬递减的冗余现象；通过投影分析可知，产出不足主要体现在技术转化方面，科研与经济结合不紧密、科技成果转化不足、科研成果市场化、社会化短板是我国高校科研活动存在的突出问题；此外，技术转让的质量和合作对象也存在一定差异，部分高校和国有企业及外资企业的合作不足；发表学术论文处于相对饱和的状态，产出接近生产前沿面；通过 Malmquist 指数分析可知，高校整体科研全要素生产率呈现波动增长的态势，受到纯技术效率的制约，需要提高科研活动的组织管理水平，技术进步对高校科研效率有拉动作用。

基于研究结论有以下整体治理建议：在资源投入优化方面，国家对“双一流”高校的支持应注重科研效率，实行开放竞争、动态调整、差别化发展的资助策略，强化建设期的绩效考核评估。对科研效率高、成效好的高校加大扶持力度，对已经处于规模报酬递减、投入冗余严重的高校适当减小扶持力度，引导高校科学合理利用科研经费，提高科研管理水平。在产出结构优化方面，高校应兼顾基础研究和应用研究，更注重科研成果的质量和社会化、市场化价值，从整体上提升高校科技研发和成果转化能力。

面对以“双一流”高校为代表的我国高等院校整体发展困境，相关管理部门已经开始从政策上引导，2018年4月16日教育部科技司、中关村管委会联合发布了《关于促进在京高校科技成果转化实施方案》，提出将高校科技成果转化绩效纳入“双一流”建设考核评价体系；2020年2月18日，教育部、科技部印发《关于规范高等学校SCI论文相关指标使用，树立正确评价导向的若干意见》，针对高校对发表论文的过度追求，提出高校在考核、奖励及职称评定中不再与SCI论文直接挂钩；2月21日，教育部、科技部和国家知识产权局联合发布《关于提升高等学校专利质量，促进转化运用的若干意见》，提出高校要停止对专利申请的资助，大幅减少并逐步取消对专利授权的奖励，注重专利的质量、转化和实施情况。相关政策有极强的针对性和有效性，将对科研产出结构和产出质量产生极大的引导和促进作用。教育部直属“一流大学”建设高校作为我国位居前列的高水平大学，更应服务国家战略需求，在科研结构优化、科研效率和科研质量提升方面起到示范引领作用。

参考文献：

- [1] 王晓珍, 蒋子浩. 我国高校创新效率及环境分析：价值类型视角[J]. 科研管理, 2019, 40(10):25-36.
- [2] 蒋文昭, 王新. 知识生产模式转型与高校科研支持体系变革[J]. 中国高校科技, 2018(8):14-17.
- [3] 许长青. “双一流”大学：一个基于 AHP 理论的分析框架[J]. 教育经济评论, 2018(4):26-44.
- [4] AGRELL P J, STEUER R E. ACADEA: a decision support system for faculty performance reviews[J]. Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, 2015, 9(5):191-204.

-
- [5]AGASISTI T,JOHNES G.Heterogeneity and the evaluation of efficiency:the case of Italian universities[J]. Applied Economics,2010,42(11):1365-1375.
- [6]王海宁,李姗姗,王强.科研转化能力与转化效率的协调性分析——基于 2012—2016 年教育部直属 64 所高校数据[J].科技管理研究,2018,38(20):134-142.
- [7]苑泽明,张永贝,宁金辉.京津冀高校科研创新绩效评价——基于 DEA-BCC 和 DEA-Malmquist 模型[J].财会月刊,2018(24):26-32.
- [8]段晓梅.系统思维下我国高校科研绩效的超效率 DEA 评价.系统科学学,2019(4):51-54.
- [9]苏荟,刘奥运.“双一流”建设背景下我国省际高校科研效率及影响因素研究——基于 DEA-Tobit 模型[J].重庆大学学报(社会科学版),2020,26(1):107-118.
- [10]BANKER R D,CHARNES A,COOPER W W.Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data in data envelopment analysis[J].Management science,1984,30(9):1078-1092.
- [11]AHN T,CHARNES A,COOPER W W. Some statistical and DEA evaluations of relative efficiencies of public and private institutions of higher learning[J].Socio-Economic Planning Sciences,1988(6):259-269.