“双一流”大学建设绩效监测与评估： 一个基于 AHP 理论的分析框架

许长青

[摘要] 本文在综合考察中外文献的基础上提出了“双一流”大学建设的基本理念：全球竞争力、全人类的学术价值追求以及卓越的社会服务。以经济学理论为基础，采用 AHP 技术整合指标体系，构建了“双一流”大学建设科研绩效评价标准及动态监测评估模型，明确了各指标的权重等级。在投入指标中，人力资源和科研经费是核心，凸显出人力资源在“双一流”大学建设中的关键作用及经费支持的基础性作用。在产出指标中，学术奖励、新增经费、新增基地、著作论文、知识产权等对科研产出绩效产生重大影响。优化绩效评估就必须要进一步完善指标体系，增强模型稳健性，实现静态与动态、定性与定量、政府主导与中介机构参与的有机统一。

[关键词] “双一流”大学；科研绩效；评价标准；监测评估

习近平总书记在十九大报告中指出：“建设教育强国是中华民族伟大复兴的基础工程。要加快一流大学建设和一流学科建设，实现高等教育内涵式发展。”“双一流”大学建设是高等教育内涵式发展的重要体现。早在 2015 年 11 月国务院印发的《统筹推进世界一流大学和一流学科总体方案》提出“双一流”大学建设“以一流为目标、学科为基础、绩效为杠杆、改革为动力，支持和鼓励不同类型的高水平大学和学科差别化发展”。2017 年 2 月，教育部等部委联合印发《统筹推进世界一流大学和一流学科实施办法》，标志着我国“双一流”大学建设有了明确的实施方案。2017 年 9 月教育部等部委正式公布世界

[收稿日期] 2018-04-07

[基金项目] 2017 年度教育部人文社科学研究一般项目“中国特色‘双一流’大学建设研究：战略、路径与绩效动态监测评估”(17YJA880083)；国家高等教育质量常态监测数据中心(广州)开放基金资助项目“研究型大学科研投入一产出绩效评价标准及动态监测评估”；广东 2016 年软科学项目“广东区域协同创新主体深度融合研究：基于三重螺旋模型的理论构建、实践推理及修正路径”(2016A070705026)。

[作者简介] 许长青，中山大学中国公共管理研究中心/政治与公共事务管理学院，电子邮箱地址：xuchq@mail.sysu.edu.cn。

一流大学和一流学科建设名单，标志着我国“双一流”大学建设正式实施。“双一流”大学建设坚持高等教育整体实力提高和高校内涵式发展，力图从学科建设、绩效导向、竞争机制等几方面寻求高等教育发展的新突破。“双一流”大学建设是一个动态调整和发展的过程，其建设需要巨大的投入成本，其产出必须注重质量和效益。从高等教育科研评估视角看，现有评估方法主要是产出导向型，对科研活动的效益和效率并不关注，投入冗余与产出不足时有发生。因此，明确“双一流”大学建设基本理念、建立“双一流”大学科研投入产出绩效评价标准并对其实施动态监测评估具有重要的理论与现实意义。本研究将以“双一流”大学基本理念为逻辑起点，探索“双一流”大学绩效评估标准，提出“双一流”大学绩效动态监测评估模型和政策建议，试图为政府部门制定相应政策提供更加充分的科学依据。

一、理论基础

学术界对世界一流大学的界定并没有达成一致，通过相关引擎搜索，我们可以得到数以千计的参考答案，但是全世界对世界一流大学的追求却早已深入人心。中国创建世界一流大学的历史可追溯到建国初期的全国重点高校建设。1954 年国家最早确定 6 所全国重点大学，至 1978 年全国重点大学达 88 所(刘尧, 2016)。1998 年，江泽民在庆祝北京大学建校 100 周年的讲话中宣告“中国要建设若干所世界一流大学”，我国世界一流大学建设的帷幕徐徐拉开。进入 21 世纪，中国高等教育开始由注重数量和规模的外延式发展向以质量和效益为核心的内涵式发展转型，社会各界对中国建设世界一流大学的愿望更加强烈。国内学术界对一流大学的研究兴起于 20 世纪 80 年代中后期，20 世纪 90 年代开始兴盛。前期研究主要围绕研究型大学相关问题展开，后期研究对“双一流”大学建设展开了热烈讨论。国际上，世界一流大学是一个全球范围内相对比较的概念。许多工业化国家通过迅速的经济增长进入繁荣时代以后，通常开始对社会和教育寄予更大的期望，其中就包括现有大学质量的提升和世界一流大学建设。许多学者对世界一流大学进行了先行研究。美国高等教育问题专家阿特巴赫提出了世界一流大学在学术研究、学术自由、大学自治、基础设施以及资金投入等方面的卓越性(Altbach, 2009)。世界银行教育专家萨尔米指出世界一流大学表现为人才会聚、资源丰富、管理规范等三个基本特征，并从政府、参与者和学校三个层面探讨了建设世界一流大学的基本路径(Salmi, 2009)。穆拉姆等总结了世界一流大学的八大特征：全球化使命、研究的集中性、教授的新使命、多元化投资、世界范围的教师招

聘、日益增加的复杂性、与政府和产业的新型关系以及全球化合作等(Mohrman, et al., 2008)。另有学者从不同维度来考察世界一流大学的基本特征,如高水平的研究和教师队伍、学术自由和学术氛围、大学办学自主权、足够的设备和资金、多样化国际化高质量的本科生教育、卓越的教学质量等(韩立文等, 2016)。

综上,我们认为“双一流”大学的基本理念应该是国际标准与中国特色,其内涵至少体现在如下三方面:第一,“双一流”大学必须具有全球竞争力。一流大学必须扎根当地与国家环境并拥有全球形象和知名度(Salmi, 2009; Altbach and Salmi, 2011)。第二,“双一流”大学必须致力于全人类的价值追求。一方面,双一流大学必须具有一流的国家文化传承能力;另一方面,“双一流”大学建设必须致力于全人类的价值诉求。第三,“双一流”大学必须提供卓越的社会服务。“双一流”大学必须承担起服务国家的神圣使命,源源不断地为国家输送人才、技术及前沿思想,致力于公共利益最大化。

绩效是一个企业管理概念,表现为企业在一定时期内的投入—产出的对比情况,即 $\text{效率} = \text{产出} / \text{投入}$ 。显然,绩效与投入成反比,与产出成正比,提高绩效是经济增长的关键。当投入和产出都是单因素时,绩效的计量比较容易。但对于多投入、多产出的生产过程,就需要将多因素整合为一个单纯的投入指数,以获得衡量效率的比率。在多元投入情况下,效率被分解为全要素生产率(Total Factor Productivity, TFP)和部分要素生产率(Partial Factor Productivity, PFP)。全要素生产率是所有要素的生产效率,即总产出与总投入的比率。部分要素生产率是具体要素产出与投入比率,如劳动生产率。全要素生产率提升主要来自三个方面:效率改善、规模效率和技术效率(Coelli et al., 2005)。

学术界对大学科研绩效的评估大致分为结果导向型评估和行为导向型绩效评估。结果导向型关注行为结果,将结果与明确的标准相比较;行为导向型关注行为过程,将行为与组织战略联系起来并提供明确的绩效指导和反馈等。绩效监测与评估往往需要对指标体系进行权重分配,根据权重的确定方法,绩效评估可分为统计方法和数学规划法。前者主要采用主成分分析法或层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)法确定权重,整合各要素投入得分和产出得分;后者主要采用基于线性规划确定的最优权重集合来评价大学科研相对效率。英国经济学家法雷尔提出分段线性包络分析法进行前沿估计,建立了效率评估的基础(Farrell, 1957)。基于线性规划的绩效评估方法主要有最小二乘法计量经济生产模型(Least-Squares, LS)、随机前沿分析(Stochastic Frontier Analysis, SFA)、数据包络分析(Data Envelopment

Analysis, DEA)。LS 和 SFA 两种方法为参数分析法，DEA 是非参数分析法。DEA 和 SFA 均属于前沿估计方法，都可以用来获得全要素生产效率的变化情况并将其分解为技术效率变化、规模效率变化及技术变化等。但 DEA 要求样本具有严格的同质性，DEA 法对指标选取及变量数量较为敏感，而且不宜使用过多的投入和产出指标，在样本有限情况下不利于兼顾更多维度的投入和产出。采用 SFA 法必须对于模型中无效率项预先设定其分布形式，同时对效率测算也需要事先设定生产函数的具体形式。鉴于各研究方法的特点及层次分析法的灵活性和广泛应用性，本研究采用行为导向型的绩效评估模型，兼顾投入和产出，运用 AHP 法来构建“双一流”大学的投入—产出绩效评估模型。

二、研究设计

(一) 样本

研究以 2016 年调研数据为样本，在自愿和匿名的基础上对中山大学、华南理工大学、华南师范大学等“双一流”大学和“一流学科”建设高校的师生及管理人员进行了调研，让被试对评估指标间的两两相对重要性程度进行判断评分。调查样本包括本领域的专家(管理人员与专业教师)，但考虑到学生是“双一流”大学建设的直接感受者和经历者，为了扩大样本范围和调查的真实有效性，本研究将学生纳入到样本调查范围。样本基本信息如表 1 所示。研究采用多轮问卷形式，每一轮问卷回收后，求出某项指标得分的平均数，求出每一位受访者评分与得分平均数之间的偏差。经过多轮征询，直到偏差最小，最终确定相对可靠的判断矩阵结果。

表 1 样本基本信息

	频次	百分比
管理人员	75	14.28
专业教师	100	19.05
研究生	118	22.45
本科生	232	44.22
总计	525	100.00

(二) 指标选择

1. 投入指标。依据“双一流”大学的办学理念，结合高等教育发展的现实要求，在经过多轮反复的专家咨询和参考先行文献的基础上，研究提出了“双

一流”大学建设科研投入—产出绩效评价指标体系。该指标体系包括投入指标体系和产出指标体系。其中投入指标涵盖人力资源(A)、科研经费(B)、科研设施(C)、研究基地(D)四个准测层及其相对应的42个方案层指标(见表2)。

人力资源是第一资源,包括 A_1 至 A_{13} 的13个指标。科研人才的数量与质量直接关系到科研活动的开展,足够的科技人力投入是提高科研能力的关键。吸引顶尖教师是建设世界一流大学的核心要素,正如阿特巴赫(Altbach, 2009)所说:“教师聘用和晋升体系必须以英才为基础。”长期以来“近亲繁殖”是研究型大学教师队伍建设的一个突出问题。尽管没有足够的证据表明,“近亲繁殖”的教师要比非“近亲繁殖”的教师产出效率低,但是对于追求世界一流大学的高校来说,近亲繁殖并不是一个明智选择。目前,国际上许多国家,如作为亚洲高等教育强国的日本和韩国均致力于降低近亲繁殖的教师比率以提高大学绩效(Horta et al., 2010; Shin and Cummings, 2010)。在一些积极创建世界一流大学的国家,政府鼓励大学面向全球招聘教师,尤其是高绩效教授。为了吸引顶尖人才,教师工资水平和激励体系正在发生急剧变革,如韩国政府部门从2008年开始就采取积极进取的政策招聘国际著名教授。高素质的教师队伍能够激发学生的动机、提高学生的公平感及学生的满意度,从而顺利地完成他们的学业。教师的教学水平越高,学生对教师的评价也越好(Wachtel, 1998; Rodie and Klein, 2000)。同时,较高的国际教师比例与高绩效的教学科研产出关系密切,国际教师能够给大学课堂教学带来新的方法并对学术文化产生重大影响。

雄厚而持续的经费投入是保证“双一流”大学科研发展的必要条件。现代大学在组织结构发生变化的同时,政府部门正在开拓研究基金来源渠道。许多亚洲国家,甚至欧洲国家已经建立起特殊研究基金计划以支持世界一流大学建设。科研经费指标包括纵向科研经费(B_1)、其他社科基金项目经费(B_{16})等16个指标。

科研设施是一流大学科研能力提升的物质基础,其评估指标包括仪器设备资产值(C_1)、实验室面积(C_2)、图书馆藏书量(C_3)等3个指标。

研究基地是汇聚优秀人才、产出高水平科研成果的重要平台,因此纳入到投入的重要准则层指标。方案层指标体系包括国家实验室(D_1)、国家级人文社科研究基地(D_9)等10个指标。

表2 “双一流”大学建设科研投入指标

目标层	“双一流”大学投入指标
准则层	人力资源(A)、科研经费(B)、科研设施(C)、研究基地(D)
方案层	两院院士(A ₁)、国际(境外)教授(A ₂)、长江学者特聘教授(A ₃)、博士生导师数(A ₄)、新世纪优秀人才(A ₅)、国家杰出青年基金获得者(A ₆)、国家自然科学基金创新团体及教育部创新团体(A ₇)、国家重点研发计划首席科学家(A ₈)、省杰出青年基金获得者数(A ₉)、教师获博士学位比例(A ₁₀)、教师中获高级职称比例(A ₁₁)、教师中国际(境外)教授数比例(A ₁₂)、国家/国际级学术团体、机构主要负责人数(A ₁₃)；纵向科研经费(B ₁)、横向科研经费(B ₂)、自然科学国家级重大项目经费(B ₃)、自然科学国家级重点项目经费(B ₄)、自然科学国家面上项目经费(B ₅)、国际合作项目经费(B ₆)、省部级重大项目经费(B ₇)、省部级重点项目经费(B ₈)、省部级一般项目经费(B ₉)、国家自然科学基金重大项目经费占总经费比例(B ₁₀)、纵向项目经费占总经费比例(B ₁₁)、人均科研经费支出额(B ₁₂)、国家社科基金项目经费(B ₁₃)、教育部人文/哲学社会科学项目经费(B ₁₄)、省部级社科基金项目经费(B ₁₅)、其他社科基金项目经费(B ₁₆)；仪器设备资产值(C ₁)、实验室面积(C ₂)图书馆藏书量(C ₃)；国家实验室(D ₁)、国家重点实验室或工程技术研究中心(D ₂)、国家重点学科(D ₃)、省部级重点实验室/重点工程研究中心数(D ₄)、省部级重点学科数(D ₅)、博士后科研流动站数(D ₆)、博士点数(D ₇)、硕士点数(D ₈)、国家级人文社科研究基地(D ₉)、省级人文社科研究基地数(D ₁₀)。

2. 产出指标。产出指标体系包括学术论文(E)、学术著作(F)、技术专利(G)、技术转让(H)、学术奖励(I)、人才培养(J)、社会服务(K)、学术交流(L)、新增基地(M)、新增项目(N)、新增经费(O)、新增加人才(P)等 12 个准则层及其相对应的 82 个方案层指标(如表 3)。

世界一流大学建设必须把重点放在科研上，提高科研产出水平。国际上世界一流大学倾向于要求教师在世界顶尖杂志发表高水平论文，虽然这不是强制性的，但基于绩效的教师激励系统已经在许多国家得到实施，如美国、英国、日本、韩国、马来西亚、土耳其等国家。学术论文是衡量“双一流”大学建设科研绩效的应有指标。该指标体系包括 13 个指标，既有较高层次的导向性论文指标，如 Science 和 Nature 论文发表数(E₁)、SCI 论文发表数(E₂)、SCI 论文他引次数(E₃)、SSCI 论文发表数(E₁₀)，也有体现论文发表水平的均量指标，如重点期刊论文人均发表数(E₇)等。著作是科学计量学中的重要指标，包括正式出版部门编印出版的专著(F₁)、编著(F₂)、教材(F₃)、译著(F₄)等。技术专利体现了高校科研知识创新能力，其指标体系涵盖了专利申请数(G₁)、发明专利授权数(G₂)等。技术转让及成果转化是科研活动中的关键环节，是推动经济发展的引擎，也是一流大学服务社会水平高低的重要标

志。该指标体系包括技术转让收入总额(H_1)、成果转化收入总额(H_3)等。科研成果奖励是对科研人员取得成果水平的肯定,也是衡量科研水平的标志之一。该指标体系主要包括获国际著名奖项次数(I_1)、获国家自然科学奖次数(I_2)等。科研与教学具有双向互动功能,人才培养是科研工作一个重要功能。该指标体系包括授予博士学位数和出站博士后数(J_1)、授予硕士学位数(J_2)等。国际化的学生是一流大学科研绩效的重要指标,许多大学正在积极地吸引留学生,指标体系中授予留学生博士学位数(J_4)、授予留学生硕士学位数(J_5)、授予留学生学士学位数(J_6)、留学生总数(J_7)等指标反映这一要求。世界一流大学是政府部门的重要智库,提供高水平的政策咨询报告反映了其学术服务能力,社会服务指标体系包括咨询报告获得省部级以上采纳数(K_1)、知识产权授权数(K_2)等。国际交流不仅能够传播研究成果,而且提供了一条提升国际声誉的路径,其具体指标包括主办国际学术会议次数(L_1)、国内学术会议次数(L_2)等。在强调科研成果总量的同时,笔者还提出了M、N、O、P等四个增量指标以凸显科研绩效的动态发展。

表3 “双一流”大学建设科研产出指标

目标层	“双一流”大学产出指标
准则层	学术论文(E)、学术著作(F)、技术专利(G)、技术转让(H)、学术奖励(I)、人才培养(J)、社会服务(K)、学术交流(L)、新增基地(M)、新增项目(N)、新增经费(O)、新增加人才(P)
方案层	Science 和 Nature 论文发表数(E_1)、SCI 论文发表数(E_2)、SCI 论文他引次数(E_3)、EI 论文人均收录数(E_4)、ISTP 论文人均收录数(E_5)、国际国内重要学术会议特邀/专题报告数(E_6)、重点期刊论文人均发表数(E_7)、核心期刊论文人均发表数(E_8)、一般期刊论文人均发表数(E_9)、SSCI 论文发表数(E_{10})、CSSCI 论文收录数(E_{11})、中国社会科学文摘全文收录数(E_{12})、新华文摘全文收录数(E_{13})、高等学校文科学术文摘全文收录数(E_{14})、人大复印资料全文转载数(E_{15})、三大文摘及人大复印资料摘要收录数(E_{16}); 学术专著(F_1)、学术编著(F_2)、出版教材(F_3)、学术译著(F_4)、出版工具书(F_5)、制定规范规程数(F_6)、人均著作数(F_7)、人均编著数(F_8)、人均译著数(F_9); 专利申请数(G_1)、发明专利授权数(G_2)、实用新型及外观设计专利授权数(G_3)、每百万元产生发明专利授权数(G_4)、每百万元产生实用新型专利授权数(G_5); 技术转让收入总额(H_1)、每百万元科研经费产生技术转让收入额(H_2)、成果转化收入总额(H_3); 诺贝尔奖项次数(I_1)、获国家自然科学奖次数(I_2)、获国家技术发明奖次数(I_3)、获国家科技进步奖次数(I_4)、获省部级科学技术杰出贡献奖次数(I_5)、获省部级科技进步奖次数(I_6)、获社会力量奖次数(I_7)、全国百篇优秀博士论文获奖数(I_8)、全省百篇优秀博士论文获奖数(I_9)、获中国高校人文社会科学优秀成果奖次数(I_{10});

续表

目标层	“双一流”大学产出指标
方案层	授予博士学位数和出站博士后数(J_1)、授予硕士学位数(J_2)、授予学士学位数(J_3)、授予留学生博士学位数(J_4)、授予留学生硕士学位数(J_5)、授予留学生学士学位数(J_6)、留学生总数(J_7)；省部级以上采纳数(K_1)、知识产权授权数(K_2)；主办国际学术会议次数(L_1)、国内学术会议次数(L_2)、国家级评审专家数(L_3)、国际科技/学交流数(L_4)；新增国家实验室数(M_1)、新增国家重点实验室/工程中心/工程技术研究中心数(M_2)、新增教育部重点实验室数(M_3)、新增国防重点实验室数(M_4)、新增国家重点学科数(M_5)、新增省重点学科数(M_6)、新增省级重点实验室/工程中心数(M_7)、新增博士点和博士后流动站数(M_8)、新增教育部人文社会科学重点基地数(M_9)、新增省级研究基地数(M_{10})；新增国家自然科学基金重大项目数(N_1)、新增“国家重点研发计划”项目数(N_2)、新增国家自然科学基金项目数(N_3)、新增国家杰出青年基金项目数(N_4)、新增国家哲学社会科学基金重大项目数(N_5)、新增教育部人文社会科学重大项目数(N_6)、新增国家哲学社会科学基金重点项目数(N_7)、新增国家哲学社会科学基金一般项目数(N_8)、新增教育部人文社科项目数(N_9)；新增科研经费总额(O_1)、新增人均科研经费额(O_2)；新增院士及长江学者数(P_1)、新增国家级和教育部优秀人才数(P_2)、新增国家自然科学基金创新群体、教育部创新团队数(P_3)、新增国家级教学名师数(P_4)、新增省级优秀人才数(P_5)。

(三)测量工具

研究设计了各一级指标(准则层)、二级指标(方案层)两两配对的调查问卷,受访者对每一层级指标的相对重要性进行判断,利用调查问卷所获得的数据构建两两比较判断矩阵。若某个指标得分率较高,则这个指标的影响度较高。在构造矩阵中,为了便于比较哪个指标更重要,重要多少,要根据一个标度对重要度赋值,使判断定量化,在比较时选取 1—9 尺度的分级标准见表 4。

表 4 因素相对重要性标度及涵义

重要性等级	定义	内涵
1	同等重要	两个因素对目标同等重要。
3	稍微重要	在经验和判断上一个因素比另一个因素对目标稍微有优势。
5	明显重要	在经验和判断上一个因素比另一个对目标有明显优势。
7	重要得多	一个因素相较于另一个因素要重要得多,在实践中其控制性得到验证。
9	极其重要	相关证据表明一个因素有可能在对目标的影响上处在最高优势状态。
2、4、6、8	介于中间状态	有时候人们需要在判断上进行中间妥协。

(四)模型建构

研究将对“双一流”大学科研投入—产出进行综合考量,以科研投入—产出绩效评价为出发点,运用层次分析法确定“双一流”大学建设科研投入—产出评价指标权重,最终建立绩效监测评估模型。模型建构的基本思路是:把复杂的绩效评估问题分解为各个组成因素,将这些因素按支配关系分组形成有序的层次结构,通过两两比较判断的方式确定每一层次中各因素相对于最高层或上一层的相对重要性,从而判断出科研绩效影响因素可选择性指标的优先等级。依据层次分析法(AHP),绩效评估模型的构建大致经历建立层次结构和判断矩阵、层次单排序和一致性检验、层次总排序和一致性检验等几个步骤。

层次结构主要是分析所有影响科研绩效各因素之间的相互联系和隶属关系,把科研绩效问题层次化。“双一流”大学建设科研投入—产出绩效评估模型分为目标层、准则层和方案层等三个层次。目标层为投入绩效或产出绩效;准则层是实现目标所涉及的各子目标,即影响投入绩效或产出绩效的各种潜在因素,如投入绩效中的人力资源、科研经费、研究设施、研究基地等,产出绩效中的学术论文、学术著作、技术专利等;方案层为影响准则层的具体因素,如投入绩效中的两院院士数、国际/境外教授数,产出绩效中的Science和Nature论文发表数、SCI论文人均收录数等。建立判断矩阵的目的是测算每一层次各元素对相邻上一层某元素的相对重要性。具体过程是以相邻上一层某元素为准则,对该层次元素进行两两比较判断,按照AHP方法中所描述的特定评分法则将比较结果数量化,形成判断矩阵。以准则层A为例,按照两两比较结果构成的判断矩阵为: $A=(a_{ij})_{n \times n}$, ($i, j=1, 2, 3, \dots, n$), 其中 a_{ij} 表示从Z层考虑元素i对元素j的相对重要程度。AHP法在指标相对重要性的确定上通常采用问卷调查或专家咨询法以确定各指标之间的相对比分,从而得到若干个判断矩阵。

层次元素重要性排序问题就是根据同一层次元素相对于上一层元素或最高层总目标的重要程度进行排序以达到科研绩效影响因素识别的目的,排序分为层次单排序和层次总排序。通过计算判断矩阵的最大特征值和对应的特征向量,计算出某一层元素相对于上一层相关元素的相对重要性权值得到层次单排序。在计算出某一层层次相对于上一层各个元素的单排序值后,用上一层元素本身的权值加权综合,即可算出某层元素相对于整个层次的相对重要性权值,即可得到层次总排序。这样依次由上而下即可算出最低层因素相对于最高层次的相对重要性权值,进而完成了递阶层次权重分解的过程。层次排序问题最终归结为计算判断矩阵的特征根和特征向量问题。

假设判断矩阵为 $A=a_{ij}n \times n$, ($i, j=1, 2, 3, \dots, n$), 通过归一化处理之

后，可以得到特征向量 $W=(w_1, w_2, w_3 \cdots w_n)^T$ 及其最大特征根 $\lambda_{\max}$ 为：

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{w_i} \quad (1)$$

由于系统的复杂性、人们认识的多样性以及主观片面性和不稳定性，要达到完全一致性判断非常困难。为了确保层次排序的有效性，必须对给出的判断矩阵进行一致性检验。一致性检验通常用一致性比率 CR 作为检验标准。当 $CR < 0.1$ 时，认为判断矩阵的一致性可以接受；而当 $CR \geq 0.1$ 时，应该考虑对判断矩阵进行调整，再重新计算权重向量并进行一致性检验，直到检验通过。这里有：

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

其中 CI 为一致性指标。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

其中 RI 为平均随机一致性指标，与判断矩阵的阶数 n 有关，RI 可由 AHP 法中约定的平均随机一致性指标查表获得(表 5)。

表 5 平均随机一致性指标 RI 取值

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58	1.59

AHP 方法的目的在于求出方案层各元素对于总目标 Z 的优先权重。求解过程中从上到下，在相邻层次之间逐层进行。假定已经算出准则层 A 中 n 个元素相对于总目标 z 的排序权重向量为：

$$W^{(A)} = (W_1^{(A)}, W_2^{(A)}, \dots, W_n^{(A)})^T \quad (4)$$

方案层 P 中元素对准则层 A 中元素各个元素的排序权重向量为：

$$V^{(P)} = (V_1^{(P)}, V_2^{(P)}, \dots, V_n^{(P)})^T \quad (5)$$

则方案层 P 中元素对总目标 Z 的合成排序向量为：

$$W^{(P)} = V_1^{(P)} \times W^{(A)} \quad (6)$$

最后需要对层次总排序进行一致性检验，总体一致性检验 CR 值为：

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{\sum_{j=1}^n a_j \cdot CI(A_j)}{\sum_{j=1}^n a_j \cdot RI(A_j)} \quad (7)$$

当 $CR < 0.1$ 时，就认为层次总排序的结果具有可接受的一致性，否则需要重新调整最低层的判断矩阵。经过层次元素重要性单排序与总排序，最终可以得到准则层各元素与方案层各元素的相对重要性大小，从而判断得到影

响科研绩效的主要影响因素及其所占的权重。依据各操作层的权重,根据原始数据标准化处理结果,就可以得到“双一流”大学科研绩效综合得分。假设上述已经得到的方案层各指标的权重值为 W_j ($j=1, 2, 3, \dots, 42/82$), Z_x 为第 x 个大学的综合绩效值, I_x 为第 x 个大学的投入绩效得分, O_x 为第 x 个大学的产出绩效得分,通过对原始数据的标准化处理,则可以得到每个学校的 O_x 和 I_x 分值,最终得到科研绩效综合得分为:

$$Z_x = \frac{O_x}{I_x} \quad (8)$$

通过计算得到的绩效值得分可以用来衡量各大学投入—产出的绩效状况。得分与“双一流”大学建设绩效呈正相关,即得分越高,投入—产出绩效就越高。

三、结果分析与讨论

(一)投入指标结果分析

表6给出投入指标中各准则层指标人力资源(A)、科研经费(B)、科研设施(C)、研究基地(D)两两相对重要性判断矩阵结果及权重。

表6 “双一流”大学建设科研投入准则层指标判断矩阵

	人力资源(A)	科研经费(B)	科研设施(C)	研究基地(D)	w_i
人力资源(A)	1.0000	2.0000	3.0000	4.0000	0.4586
科研经费(B)	0.5000	1.0000	3.0000	3.0000	0.3048
科研设施(C)	0.3333	0.3333	1.0000	2.0000	0.1432
研究基地(D)	0.2500	0.3333	0.5000	1.0000	0.0934
$\lambda_{\max}=4.0813$ CI=0.0271 RI=0.89 C.R.=0.0304<0.1					

由表6可知,模型总体一致性检验值 $CR=0.0304<0.1$,通过检验,说明判断矩阵一致性程度较高,模型可靠。人力资源(A)、科研经费(B)、科研设施(C)、研究基地(D)对目标层的权重分别为: $W_A=45.86\%$ 、 $W_B=30.48\%$ 、 $W_C=14.32\%$ 、 $W_D=9.34\%$,其重要性排序依次为: $A>B>C>D$ 。这说明,人力资源和科研经费在投入指标中处于重要地位,权重高达76.35%,科研设施和研究基地次之,权重为23.66%。同样地,我们可以得到各方案层指标相对准则层指标所占的权重。其中人力资源(A)各指标权重排在前五位的分别为: $A_1(22.74\%)$ 、 $A_8(17.95\%)$ 、 $A_4(11.84\%)$ 、 $A_3(8.65\%)$ 、 $A_{11}(8.41\%)$ 。科研经费(B)各指标相对重要性排在前五位的分别

为： B_3 (23.53%)、 B_{10} (13.35%)、 B_5 (10.54%)、 B_{12} (9.25%)、 B_1 (7.94%)。科研设施(C)各指标相对权重排在前三位的分别为： C_1 (48.06%)、 C_3 (40.54%)、 C_1 (11.40%)。研究基地(D)各指标中，国家实验室 D_1 (45.26%)为第一重要指标，其他重要性指标依次为 D_3 (13.51%)、 D_2 (11.27%)、 D_7 (9.69%)、 D_9 (7.92%)等。

表7报告了“双一流”大学建设科研绩效评估各方案层指标对总目标的权重等级。每一方案层对总指标的权重通过一级指标和二级指标的乘积得到，如 A_1 对目标层的权重= $0.4586 \times 0.2274 = 0.10428$ 。在所有投入指标中，对目标层起重要作用排在前十位的指标分别为：两院院士数(A_1)10.43%、“国家重点研发计划”首席科学家数(A_8)8.23%、自然科学国家级重大项目经费(B_3)7.17%、仪器设备资产值(C_1)6.88%、实验室(实习场所)面积(C_3)5.81%、博士生导师数(A_4)5.43%、国家实验室数(D_1)4.23%、国家自然科学基金重大项目经费占总经费的比例(B_{10})4.07%、长江学者特聘教授数(A_3)3.97%、教师中获得高级职称的比例(A_{11})3.86%。

表7 “双一流”大学建设科研投入各指标权重

目标层	准则层	方案层	对准则层权重	对目标层权重
双一流大学建设科研投入 (Z_1) 100%	人力资源(A) 45.86%	A_1	22.74%	10.43%
		A_2	3.41%	1.57%
		A_3	8.65%	3.97%
		A_4	11.84%	5.43%
		A_5	1.40%	0.64%
		A_6	2.14%	0.98%
		A_7	4.74%	2.17%
		A_8	17.95%	8.23%
		A_9	1.37%	0.63%
		A_{10}	3.49%	1.60%
		A_{11}	8.41%	3.86%
		A_{12}	5.93%	2.72%
		A_{13}	7.92%	3.63%
	科研经费(B) 30.48%	B_1	7.94%	2.42%
		B_2	1.88%	0.57%
		B_3	23.53%	7.17%
		B_4	6.97%	2.13%
		B_5	10.54%	3.21%
		B_6	2.47%	0.75%
		B_7	3.21%	0.98%

续表

目标层	准测层	方案层	对准则层权重	对目标层权重
双 一 流 大 学 建 设 科 研 投 入 (Z ₁) 100%		B ₈	1.86%	0.57%
		B ₉	1.49%	0.46%
		B ₁₀	13.35%	4.07%
		B ₁₁	4.58%	1.4%
		B ₁₂	9.25%	2.82%
		B ₁₃	6.99%	2.13%
		B ₁₄	3.54%	1.08%
		B ₁₅	1.52%	0.46%
	B ₁₆	0.88%	0.27%	
	科研设施(C) 14.32%	C ₁	48.06%	6.88%
		C ₂	11.40%	1.63%
		C ₃	40.54%	5.81%
	研究基地(D) 9.34%	D ₁	45.26%	4.23%
		D ₂	11.27%	1.05%
		D ₃	13.51%	1.26%
		D ₄	1.98%	0.18%
		D ₅	1.71%	0.16%
		D ₆	4.89%	0.46%
		D ₇	9.69%	0.91%
		D ₈	1.83%	0.17%
D ₉		7.92%	0.46%	
D ₁₀		1.93%	0.18%	

(二)产出指标结果分析

研究对产出准则层指标相对重要性进行了分析,即相对于产出绩效而言,各一级指标学术论文(E)、学术著作(F)、技术专利(G)、技术转让(H)、学术奖励(I)、人才培养(J)、社会服务(K)、学术交流(L)、新增基地(M)、新增项目(N)、新增项目(N)、新增经费(O)、新增加人才(P)对产出绩效的两两相对重要性程度,判断矩阵和权重如表8。

表8 “双一流”大学建设科研产出一级指标判断矩阵

	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	w _i
E	1	0.5	1	1	0.25	3	4	8	0.5	0.33	0.5	0.5	0.0637
F	2	1	1	1	0.25	3	4	9	0.5	0.5	0.25	0.25	0.0673
G	1	1	1	2	0.25	0.5	0.5	4	0.5	0.5	0.17	0.5	0.045
H	1	1	0.5	1	0.5	0.5	0.5	4	0.5	0.5	0.25	0.33	0.0422
I	4	4	4	2	1	3	6	8	2	4	4	0.5	0.1892

续表

	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	w_i
J	0.33	0.33	2	2	0.33	1	3	4	0.25	0.5	0.25	0.25	0.0472
K	0.25	0.25	2	2	0.17	0.33	1	5	0.25	0.5	0.33	0.25	0.0379
L	0.13	0.11	0.25	0.25	0.13	0.25	0.2	1	0.17	0.2	0.2	0.17	0.0135
M	2	2	2	2	0.5	4	4	6	1	1	1	1	0.1065
N	3	2	2	2	0.25	2	2	5	1	1	1	0.25	0.084
O	2	4	6	4	0.25	4	3	5	1	1	1	0.25	0.1184
P	2	4	2	3	2	4	4	6	1	4	4	1	0.1851
$\lambda_{\max}=13.5799$ CI=0.1454 RI=1.54 C.R.=0.0933<0.1													

由表 8 可知,模型总体一致性检验值 $CR=0.0933<0.1$,通过检验,说明判断矩阵一致性程度较高,模型可靠。在产出指标中学术论文、学术著作、技术专利、技术转让、学术奖励、人才培养、社会服务、学术交流、新增基地、新增项目、新增项目、新增经费、新增加人才对目标层的权重分别为: $W_E=6.37\%$ 、 $W_F=6.73\%$ 、 $W_G=4.50\%$ 、 $W_H=4.22\%$ 、 $W_I=18.92\%$ 、 $W_J=4.72\%$ 、 $W_K=3.79\%$ 、 $W_L=1.35\%$ 、 $W_M=10.65\%$ 、 $W_N=8.40\%$ 、 $W_O=11.84\%$ 、 $W_P=18.51\%$ 。其中学术奖励(I)所占权重最大,说明高校对学术声誉有较高的追求。新增人才(P)权重位居第二。其他权重较大的指标还有新增经费、新增基地、新增项目等,说明产出增量对高校绩效产生重要影响。

同理,我们可以得到各方案层指标相对准则层来说所占权重。其中学术论文(E)各指标权重排在前五位的分别为:Science 和 Nature 发表论文数(E_1)27.09%、SCI 发表论文数(E_2)16.18%、SCI 篇均他引次数(E_3)11.62%、SSCI 论文发表数(E_{10})9.18%、EI 论文人均收录数(E_4)7.05%。学术著作(F)各指标相对重要性排在前五位的分别为:学术专著数(F_1)38.30%、人均著作数(F_7)23.96%、制定规范规程数(F_6)11.72%、人均编著数(F_8)8.67%、学术译著数(F_4)5.96%。在技术专利指标(G)中,每百万元产生发明专利授权数(G_4)、发明专利授权数(G_2)、实用新型及外观设计专利授权数(G_3)、每百万元产生实用新型专利授权数(G_5)、专利申请数(G_1)的相对重要性依次为:40.09%、29.19%、14.27%、8.64%、7.81%。在增量指标中,新增项目(N)各指标权重排在前五位的分别为:新增国家自然科学基金重大项目数(N_1)28.90%、新增国家重点研发计划项目数(N_2)26.88%、新增国家哲学社会科学基金重大项目(N_5)15.35%、新增国家自然科学基金数(N_3)10.09%、新增国家哲学社会科学基金重点项目数(N_7)5.15%、新增教育部人文社会科学重大项目数(N_6)5.00%。新增人才数(P)各指标权重依

次为：新增院士和长江学者数(P_1)65.12%、新增国家级和教育部优秀人才数(P_2)14.17%、新增国家级教学名师数(P_4)9.06%、新增国家自然科学基金创新群体及教育部创新团对数(P_3)8.13%、新增省级优秀人才数(P_5)3.52%。

表9报告了“双一流”大学产出绩效评估各方案层对产出总目标的权重等级。每一方案层对总指标的权重通过一级指标和二级指标的乘积得到，如 E_1 对目标层的权重= $0.0673 \times 0.2709 = 0.0182$ 。从各指标权重排序结果来看，排在前十位的产出指标分别为：新增院士数(P_1)12.05%、新增科研经费总额(O_1)10.15%、获国际著名奖数(I_1)6.63%、国家自然科学基金奖次数(I_2)4.55%、新增国家实验室数(M_1)4.29%、获国家技术发明奖次数(I_3)2.99%、新增加国家级和教育部优秀人才数(P_2)2.62%、知识产权授权数(K_2)2.52%、学术专著数(F_1)2.44%、新增国家自然科学基金重大项目数(N_1)2.43%。

表9 “双一流”大学建设科研绩效评估各产出指标权重

目标层	准测层	方案层	对准则层权重	对目标层权重
双 一 流 大 学 建 设 科 研 产 出 (Z_2) 100%	学术论文(E) 6.73%	E_1	27.09%	1.82%
		E_2	16.18%	1.09%
		E_3	11.62%	0.78%
		E_4	7.05%	0.47%
		E_5	4.19%	0.28%
		E_6	2.21%	0.15%
		E_7	1.76%	0.12%
		E_8	1.04%	0.07%
		E_9	0.74%	0.05%
		E_{10}	9.18%	0.62%
		E_{11}	2.16%	0.15%
		E_{12}	4.76%	0.32%
		E_{13}	5.91%	0.40%
		E_{14}	2.63%	0.18%
		E_{15}	2.17%	0.15%
		E_{16}	1.31%	0.09%
	学术著作(F) 6.37%	F_1	38.3%	2.44%
		F_2	5.51%	0.35%
		F_3	3.79%	0.24%
		F_4	5.96%	0.38%
		F_5	2.09%	0.13%
		F_6	11.72%	0.75%
		F_7	23.96%	1.53%
		F_8	8.67%	0.55%

续表

目标层	准则层	方案层	对准则层权重	对目标层权重
双一流大学建设科研产出 (Z ₂) 100%	技术专利(G) 4.50%	G ₁	7.81%	0.35%
		G ₂	29.19%	1.32%
		G ₃	14.27%	0.64%
		G ₄	40.09%	1.81%
		G ₅	8.64%	0.39%
	技术转让(H) 4.22%	H ₁	19.58%	0.83%
		H ₂	31.08%	1.31%
		H ₃	49.34%	2.08%
	学术奖励(I) 18.92%	I ₁	35.03%	6.63%
		I ₂	24.05%	4.55%
		I ₃	15.80%	2.99%
		I ₄	7.42%	1.40%
		I ₅	4.36%	0.83%
		I ₆	2.77%	0.52%
		I ₇	1.68%	0.32%
		I ₈	2.85%	0.54%
		I ₉	1.58%	0.30%
		I ₁₀	4.46%	0.84%
	人才培养(J) 4.72%	J ₁	50.37%	2.38%
		J ₂	11.14%	0.53%
		J ₃	6.93%	0.33%
		J ₄	15.90%	0.75%
		J ₅	9.93%	0.47%
		J ₆	2.67%	0.13%
		J ₇	3.05%	0.14%
	社会服务(K) 3.79%	K ₁	33.33%	1.26%
		K ₂	66.67%	2.52%
	学术交流(L) 1.35%	L ₁	48.88%	0.66%
		L ₂	5.70%	0.08%
		L ₃	35.92%	0.48%
		L ₄	9.5%	0.13%
新增基地(M) 10.65%	M ₁	40.26%	4.29%	
	M ₂	12.56%	1.34%	
	M ₃	4.91%	0.52%	
	M ₄	4.88%	0.52%	
	M ₅	15.83%	1.69%	
	M ₆	2.02%	0.22%	
	M ₇	1.99%	0.21%	

续表

目标层	准则层	方案层	对准则层权重	对目标层权重
双 一 流 大 学 建 设 科 研 产 出 (Z ₂) 100%		M ₈	9.96%	1.06%
		M ₉	5.28%	0.56%
		M ₁₀	2.31%	0.25%
	新增项目(N) 8.40%	N ₁	28.90%	2.43%
		N ₂	26.88%	2.26%
		N ₃	10.09%	0.85%
		N ₄	3.30%	0.28%
		N ₅	15.35%	1.29%
		N ₆	5.00%	0.42%
		N ₇	5.15%	0.43%
		N ₈	3.07%	0.26%
		N ₉	2.25%	0.19%
		新增经费(O) 11.84%	O ₁	85.71%
	O ₂		14.29%	1.69%
	新增人才(P) 18.51%	P ₁	65.12%	12.05%
		P ₂	14.17%	2.62%
		P ₃	8.13%	1.51%
		P ₄	9.06%	1.68%
		P ₅	3.52%	0.65%

(三)动态监测

教育部等部委联合发布的《统筹推进世界一流大学和一流学科建设实施办法》中第六条规定：“每五年一个建设周期，建设高校实行总量控制、开放竞争、动态调整。”根据这一规定，需要对“双一流”大学建设科研绩效进行分类管理。考虑到科研投入对产出的滞后效应，反映产出的指标可以选择滞后1—2年的数据，在确定基期和报告期后，根据上述模型可以计量每年的综合绩效及绩效年增长率。依据科研绩效得分和年均增长率两个维度可将绩效状况划分为四类：Ⅰ类大学为双高型大学，即科研绩效得分高，年均增长率也高；Ⅱ类大学为一低一高型大学，年增长率高，但科研绩效低；Ⅲ类大学为双低型大学，科研绩效和年均增长率均低；Ⅳ类大学为一高一低型大学，科研绩效高，但年增长率低。其中Ⅰ类大学投入—产出绩效比较匹配，大学处于内涵式发展水平，建设绩效好；Ⅱ类、Ⅲ类、Ⅳ类大学投入—产出不匹配，大学尚处于粗放型发展阶段，建设绩效较差；“双低型”大学(Ⅲ类大学)建设绩效最差，在新一轮“双一流”大学建设的遴选中应该被淘汰出局。

四、结语

“双一流”大学是当代中国高等教育的追求，全球竞争力、致力于全人类的学术价值追求以及卓越的社会服务能力是“双一流”大学的基本理念。“双一流”大学聚集了一大批杰出教授和一流学生，从政府视角来看，一个很重要的问题就是要如何吸引具有研究能力的教授并且如何才能支持他们具有较高的生产能力。我国“双一流”大学建设要取得应有成效，政府部门必须建立一个多元化与常态化的绩效评估机制，健全国际化与特色化的评估制度，充分发挥评估的诊断与激励功能，不断使“双一流”大学建设取得更好的绩效。“双一流”大学投入—产出绩效评估必须摒弃急功近利的心态，需要营造一个真正的学术支持系统。“双一流”大学的判断标准不仅在于大学竞争力水平，而且在于大学对社会的贡献——大学在知识创新、成果转化及杰出人才培养上对世界所做出的贡献。

本文提出了我国“双一流”大学建设投入—产出绩效评估的框架模型。模型虽然具有科学性、公平性和实用性，但并不能穷尽所有问题，研究指标设计、稳健性、影响因素、AHP 方法一定程度上的主观性等诸多因素影响到评估模型的有效性和可靠性。借鉴和吸收国内外相关研究的有益经验，进一步优化绩效评估模式具有重要意义。为此，研究提出以下政策建议：第一，在评估方法上，优化评估指标体系，建立以文献计量学为基础的更加科学的投入—产出指标体系，采用更加合理的方法确定各层级指标权重，进一步增强模型的稳健性以及在动态监测方面的可操作性。第二，在评价主体上，既需要加强政府评估，增强政府对高校办学质量、办学方向、文化价值引领方面的调控，又要突出多元评估方式，建立健全第三方评估体系，同时充分考量学生、家长、用人单位等依据接受的高等教育服务质量、大学办学声誉、影响力等而进行的主观评判。第三，在评估过程上，既要体现静态指标的实现，又要反映指标动态发展的趋势，实现静态与动态的有机统一。

[参考文献]

- 韩立文、程栋星、欧冬舒，2006：《什么是世界一流大学？》，《北京大学教育评论》第4期。
- 刘尧，2016：《中国“双一流”大学建设之路径选择》，《现代教育科学》第10期。
- Altbach, P., 2009, “Peripheries and Centers: Research Universities in Developing Countries”, *Asia Pacific Education Review*, 10(1): 15–27.
- Altbach, P. and J. Salm (Eds.), 2011, *The Road to Academic Excellence: The Making of World-Class Research Universities*. Washington: The World Bank.

- Coelli, T. J., D. S. P. Rao and G. E. Battese, 1998, *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers.
- Farrell M J., 1957, "The Measurement of Production Efficiency", *Journal of Royal Statistical Society*, 120(3): 253—281.
- Horta, H., M. Sato and A. Yonezawa, 2010, "Academic Inbreeding: Exploring Its Characteristics and Rationale in Japanese Universities Using a Qualitative Perspective", *Asia Pacific Education Review*, 12(1): 35—44.
- Mohrman, K., W. Ma and D. Baker, 2008, "The Research University in Transition: The Emerging Global Model", *Higher Education Policy*, 21(1): 29—48.
- Rodie, A. R. and S. S. Klein., 2000., "Customer Participation in Services Production and Delivery", In *Handbook of Services Marketing and Management*, edited by T. Swartz and D. Iacobucci, Thousand Oaks, CA: Sage.
- Salmi, J., 2009, *The Challenge of Establishing World-class Universities*, Washington, DC: The World Bank.
- Shin, J. C. and W. Cummings, 2010, "Multilevel Analysis of Academic Publishing across Disciplines: Research Preference, Collaboration, and Time on Research.", *Scientometrics*, 85(2): 581—594.
- Wachtel, H. K., 1998, "Student Evaluation of College Teaching Effectiveness: A Brief Review", *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 23 (2): 191—212.

Building Chinese "Double-First Class" Universities: Research Performance Criteria and Dynamic Evaluation Based on AHP

XU Chang-qing

(School of Government/The Center for Chinese Public Administration, Sun Yat-sen University)

Abstract: The paper has set up a research input and output performance evaluation criteria and dynamic monitoring model for the double first-class universities during their construction based on economics theory and AHP technology method, also has established the level of the weight of each index and its practical application system. The study found that in the input index, human resources and scientific research funds are the core factors. In the output index, academic awards, incremental high-level talent, funds, and research base and the total published academic papers have a significant impact on the scientific research output performance.

Key Words: Double first class University; research performance; evaluation criteria; monitoring and evaluating

(责任编辑: 刘泽云 责任校对: 刘泽云 胡咏梅)