

我国高校学科布局生态研究*

——以理工类学科为例

马永红 刘润泽

摘要:理工类学科与社会生产实践紧密相连,通过系统结构、整体趋势分析学科发展状况并研究其布局生态。选取第四轮学科评估中各高校被评为A级的理工类学科作为样本,构建了数据包络分析(DEA)超效率模型。基于学科内部生态观分析了4种不同类型的理工类学科建设效率,结果表明传统型、应用性学科各指标良好,成熟且稳定;传统型、基础性各学科建设效率差异较大,成熟但不稳定;新兴型、应用性学科建设效率均值最低,仍不成熟不稳定;新兴型、基础性学科效率均值最高,但数量单薄。就处于不同状态下的学科提出未来发展建议,并基于学科发展规律推演出折返推进式、折返衍生式、沉积式3种新兴基础性学科发展路径。

关键词:学科生态;理工类学科;DEA;学科发展路径

2016年国务院发布的《中国制造2025》指出,到2025年制造业整体素质大幅提升,我国科技创新能力显著增强,全员劳动生产率明显提高,两化(工业化和信息化)融合迈向新台阶^[1]。理工类学科与高精尖产业紧密联系,其学科布局及学科发展状况与国家科技创新能力的提升息息相关。2016年5月,习近平总书记在全国科技创新大会上强调“我国要建设世界科技强国,关键是要建设一支规模宏大、结构合理、素质优良的创新人才队伍,激发各类人才创新活力和潜力。”科技强国时代,理工类学科整体发展状况是否与我国社会快速前进对人才的需求相匹配值得深入研究。同时“双一流”建设对我国理工类学科发展也提出了更高的要求,建设世界一流的理工类学科,营造良好的学科建设生态环境十分重要。本研究选取第四轮学科评估中各高校被评定为A级(包括A+、A以及A-)的理工类学科作为研究样本,尝试阐释理工类学科整体布局生态状况。

一、学科内部布局结构及理工类学科分类

结构功能主义对学科内部布局结构的解释主要体现在学科的设置种类上^[2],例如将学科按照基础性

学科与应用性学科、传统学科与新兴学科、单一学科与综合学科进行划分。本研究借鉴结构功能主义对学科内部结构划分,将49种^①理工类学科按照基础学科与应用学科、传统学科与新兴学科分类,进而研究我国理工类学科发展生态布局状况。需要说明的是,按照综合或单一学科标准分类并不具有区分度,因此本研究只考虑前两种标准,并以学科建立时间、发展逻辑、研究对象和内容、未来发展趋势作为具体分类依据。

(一)按学科建立时间分类

从学科建立的时间来看,自1983年第一版《学位授予和人才培养学科目录》^②发布,学科目录至今共更新过4次,其中1990年新增农业工程、系统科学;1997年新增生物医学工程、光学工程、环境科学与工程、食品科学与工程、信息与通信工程;2011年新增软件工程、风景园林学、城乡规划学、安全科学与工程、生态学、统计学;2018年新增网络空间安全。以上学科中包含许多新兴学科,以统计学为例,随着数据挖掘及开发在社会各领域不断深入,科学的收集数据、处理数据的方法被各学科纷纷采用,衍生了经

* 本文系2019年教育部人文社会科学研究规划基金项目“‘双一流’高校建设成效评价研究”(19YJA880044)的研究成果

^① 缺少纺织科学与工程、生物工程、公安技术、网络空间安全。

^② 资料来源于1983—2018年发布的《学位授予和人才培养学科目录》。

济统计学、教育统计学、环境与生态统计学等诸多二级学科,现今此学科研究领域仍在不断延伸、扩展。

(二)按学科研究对象、内容分类

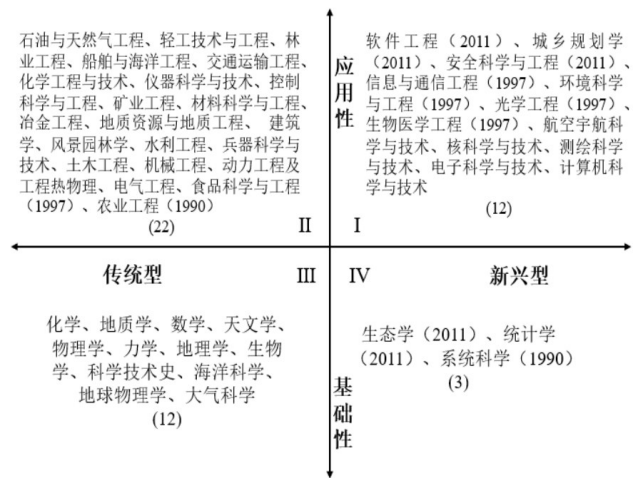
农业工程专业和食品科学与工程专业两种学科建立已久,1952年我国第一次院系调整中就将食品、农业化学等系合并,成立了专门大学,至今此两种学科的研究对象逐渐成熟,本研究将此两种学科划入传统学科;与之相反,系统科学作为新兴的科学方法论,以不同领域的复杂系统为研究对象,从整体的角度探讨复杂系统的性质和演化规律,进而为科学技术、社会、经济、军事、生物等领域的应用提供理论依据^[3]。人工智能和云计算的发展为计算机科学与技术 and 电子科学与技术注入了新活力,2017年7月,国务院发布的《新一代人工智能发展规划》指出,“到2030年人工智能理论、技术与应用总体达到世界领先水平,我国成为世界主要人工智能创新中心,智能经济、智能社会取得明显成效,为跻身创新型国家前列和经济强国奠定重要基础”^[4]。2018年3月,美国国际战略研究所(CSIS, Center for Strategic and International Studies)发布的《美国机器智能国家战略报告》(A National Machine Intelligence Strategy for the United States)指出,机器智能(MI)的发展进程显著加快,自1996年与机器智能相关的论文每年的发表量增加了9倍^[5],机器智能系统已经渗透到社会的各行各业。本研究将计算机科学与技术、电子科学与技术、系统科学划入新兴学科。

(三)按学科发展趋势分类

技术进步使测绘工程的内容和方法产生了巨大变革,我国已实现由传统测绘向数字化测绘的转变和跨越,正沿着信息化测绘道路迈进,人们能够快速、实时和连续不断地获取有关地球及其外层空间环境的大量几何与物理信息,极大地促进了与地理空间信息获取与应用相关学科的交叉和融合,测绘科学与技术学科在融合新信息技术过程中获得了新的发展^[6]。2016年美国发布的《2016—2045年新兴科技趋势》列举了先进材料、新型武器、太空等20项新兴技术^[7],核科学与技术涉及国防的尖端科技,一直是国家大力支持发展的学科,我国的核科学技术达到世界领先水平。同时,飞行器为人类拓展活动空间、开发空间资源提供强大的手段与条件,航空宇航科学与技术学科在未来的发展空间仍然十分宽广^[8]。本研究将测绘科学与技术、核科学与技术、航

空宇航科学与技术划入新兴学科。

基于以上文献分析,笔者同时运用德尔菲法,咨询来自不同高校、不同学科的9位教授和5位学科规划部门负责人,形成学科四维分类象限。(见图1)



注:学科后括号中的数字表示本学科新增年份

图1 理工类学科分类象限图

二、研究设计

(一)研究方法

数据包络分析方法(Data Envelopment Analysis, DEA)是美国学者A.Charnes和W.W.Cooper创立的系统分析方法,对比其它评价方法,DEA在处理多指标投入和多指标产出方面具有明显的优势^[9]。

通过文献综述发现传统DEA模型可以对有效决策单元和非有效决策单元进行明确划分,但是无法对有效决策单元之间的效率进一步区分^[10-12]。针对以上缺陷,本研究选取优化后的径向超效率模型(Super Radial, SR)对学科建设效率进行分析,SR模型能够进一步区分有效决策单元之间的效率高低,达到进一步优化评价的目的。

(二)研究样本

2018年最新修订的《学位授予和人才培养学科目录》中理工类一级学科共计53种,其中理学14种,工学39种。由于新增学科及数据的可得性,本研究共计收集到了各高校49种A级理工类一级学科数据^[13]。以理学门类中物理学为例,全国有12所高校的物理学为A级(包括A+、A、A-):北京大学、中国科学技术大学、清华大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、南开大学、吉林大学、浙江大学、武汉大学、华中科技大学、中山大学,将这些学校的数据整理并求均值得到了物理学样本数据^①。

^① 数据来源于中国学位与研究生教育信息网公布的数据以及各高校信息网公布的数据。

(三) 指标说明及筛选

周光礼提出建设世界一流学科应以“学术队伍、科研成果、学生质量、学术声誉、社会贡献”等维度作为衡量学科发展的关键因素^[14]。李燕、陈伟、张淑林等从学科发展历史、生源质量、人才培养、师资队伍、科研投入与产出等方面分析了影响世界一流学科建设的因素^[15]。王战军提出建设一流学科应将其学术实力与服务效果相结合,显性内容与隐性成果相结合,同时重视学科成长性因素^[16]。陈洪捷认为一流学科不仅要注重师资建设、人才培养,更应注重学科队伍的创新能力^[17]。综合以上学者的论述,本研究将达成共识的学科指标筛选出来,力求从多维度对理工类学科建设开展评价。需要说明的是,学科评价中“社会贡献”这一指标主观性较强,不易测量,如第四轮学科评估中相应内容以案例形式出现,未见明确的分值数据。同时考虑到在科学研究水平指标内已经通过各类项目和平台的形式反映了产教融合的结果,即隐含了社会贡献的部分内容,因此本研究暂未将社会贡献作为单一指标纳入分析体系中。结合收集到的数据以及学科评估的结果,本研究最终将师资队伍与资源、人才培养质量、科学研究水平、学科声誉作为一级指标,将19项数据作为二级指标。

由于超效率模型要求投入和产出指标有正向相关性^[18],使用SPSS23.0软件对以上指标进行相关性检验,并参照第四轮学科评估指标报告^[19]最终确定了以下6项投入指标和7项产出指标进入DEA模型,以上投入指标和产出指标具有正向相关性,满足DEA要求。详细指标说明如表1所示。

表1 拟进入DEA模型的各级指标及编码

一级指标	二级指标
师资队伍与资源	A1 专任教师数(I)
	A2 正高职称教师人数(I)
	A3 国家级支撑平台数(I)
人才培养质量	B1 教学成果获奖数量(O)
	B2 精品课程数(O)
	B3 赴境外学生数(O)
	B4 境外来华学生数(O)
	B5 在校生数(I)
科学研究水平	C1 国家级科研奖励数(O)
	C2 ESI高被引论文数(O)
	C3 国家级科研项目总经费(I)
	C4 师均科研经费(I)
学科声誉	D1 国内声誉(O)

注:对应指标体系内涵参照《全国第四轮学科评估指标体系及有关说明》,(I)表示投入指标,(O)表示产出指标。

三、实证结果说明

(一) 理工类A级学科总体效率分析

使用DEA-SOLVER Pro 5.0软件对以上指标进

行处理。49种理工类学科投入产出CRS效率均值为0.90,其中24个学科为综合效率有效,25个学科为综合效率无效,有效率为51.02%。对DEA有效的学科进行超效率模型计算,进一步区分DEA效率为1的学科之间的效率优劣。其中科学技术史超效率最高(4.26),表明此学科达到了最佳的状态。表2为测算的各理工类学科CRS模型和超效率模型效率值以及学科边际规模收益情况。

(二) 不同象限内学科发展状况

本研究以理工类学科的超效率值(学科投入、产出的优化状况)、边际规模收益(增加投入后产出的变化状况)为基础,进一步分析了不同象限内4类学科超效率拟合曲线平滑状态和边际规模收益折线波动状况,以此作为判断学科布局生态的标准。

1. 新兴型、应用性学科整体建设效率较低。第I象限为新兴型、应用性学科,其应用性较强且集中于新知识、新技术和新领域,本次统计12种。按照超效率值进行降序排列,城乡规划学超效率值(1.55)最高,光学工程(0.61)最低,总体均值(0.91)。从图2中可以发现此类学科超效率值只有少量学科高于或趋近有效水平线“1”,表明此类学科整体效率不佳,尤其是光学工程(0.61)、生物医学工程(0.66)、安全科学与工程(0.74)、电子科学与技术(0.76)、核科学与技术(0.78)、信息通信工程(0.81)、航空宇航科学与技术(0.88)、计算机科学与技术(0.92)。超效率拟合趋势曲线为乘幂方程 $y=1.517x^{-0.328}$,其 $R^2=0.9535>0.8$ 表明方程具有较好的拟合度,方程系数表明此类学科超效率值集群稳定性很好,但属于低端效率值稳定。将边际规模收益值 $\sum_{i=1}^n \lambda_i$ 进行倒数处理使得此项

数据和超效率值具有表征方向的一致性,即数据大于1表示边际规模收益递增,反之则递减,整体看来新兴应用性学科边际规模收益折线整体浮动性较大,呈现明显的“W”型。

排在前四位的学科边际规模收益不变,在图2中与有效水平线“1”重合。之后的六种学科边际规模收益递减(处于有效水平线“1”下方),尤其是航空宇航科学与技术(0.31)和核科学与技术(0.31)尤为明显,成为此类学科两个谷值,经过数据分析发现以上两个学科在国内声誉和精品课程数两项指标存在较大不足,同时航空宇航科学与技术在ESI高被引论文数指标中也存在缺陷。此类学科总体效率均值较低,多数没有达到DEA有效且边际收益递减,边际规模收益折线波动较大,发展仍不成熟。

表2 理工类学科DEA效率汇总表

学科	CRS	超效率	$\sum_{t=1}^n \lambda_t$	边际规模收益
数学	1.00	1.22	1.00	—
物理学	0.98	0.98	1.70	drs
化学	1.00	2.62	1.00	—
天文学	1.00	1.18	1.00	—
地理学	0.77	0.77	1.30	drs
大气科学	0.69	0.69	0.98	irs
海洋科学	1.00	1.10	1.00	—
地球物理学	0.92	0.92	1.60	drs
地质学	1.00	1.54	1.00	—
生物学	0.60	0.60	0.97	irs
系统科学	1.00	2.17	1.00	—
科学技术史	1.00	4.26	1.00	—
生态学	0.74	0.74	0.98	irs
统计学	1.00	2.18	1.00	—
力学	0.93	0.93	0.98	irs
机械工程	0.74	0.74	1.27	drs
光学工程	0.61	0.61	0.98	irs
仪器科学与技术	0.99	0.99	0.99	irs
材料科学与工程	0.76	0.76	1.04	drs
冶金工程	0.76	0.76	1.02	drs
动力工程及工程热物理	1.00	1.47	1.00	—
电气工程	0.77	0.77	1.26	drs
电子科学与技术	0.76	0.76	1.07	drs
信息与通信工程	0.81	0.81	0.98	irs
控制科学与工程	0.95	0.95	1.35	drs
计算机科学与技术	0.92	0.92	1.40	drs
建筑学	1.00	3.19	1.00	—
土木工程	0.88	0.88	1.05	drs
水利工程	1.00	1.10	1.00	—
测绘科学与技术	1.00	1.08	1.00	—
化学工程与技术	1.00	1.01	1.00	—
地质资源与地质工程	0.76	0.76	1.52	drs
矿业工程	0.81	0.81	1.01	drs
石油与天然气工程	1.00	1.75	1.00	—
轻工技术与工程	1.00	1.59	1.00	—
交通运输工程	1.00	1.25	1.00	—
船舶与海洋工程	1.00	1.31	1.00	—
航空宇航科学与技术	0.88	0.88	3.27	drs
兵器科学与技术	1.00	1.05	1.00	—
核科学与技术	0.78	0.78	3.19	drs
农业工程	1.00	1.46	1.00	—
林业工程	1.00	1.45	1.00	—
环境科学与工程	1.00	1.06	1.00	—
生物医学工程	0.66	0.66	1.01	drs
食品科学与工程	0.86	0.86	0.99	irs
城乡规划学	1.00	1.55	1.00	—
风景园林学	1.00	2.24	1.00	—
软件工程	1.00	1.02	1.00	—
安全科学与工程	0.74	0.74	0.95	irs

注：“—”表示边际规模收益恰当，“irs”表示边际收益递增，“drs”表示边际收益递减。

2. 传统型、应用性学科发展稳定,部分学科内生动力不足。第Ⅱ象限内为传统型、应用性学科,此类学科整体应用性较强,本次统计共22种。其中建筑

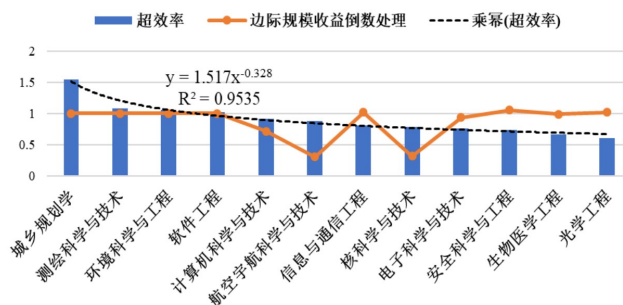


图2 新兴型、应用性学科发展情况

学(3.19)最高,机械工程(0.74)最低,总体均值(1.23)较高。从图3中可以看出以上学科超效率值大部分在1水平线上方或接近1水平线,但仍有部分学科未达到DEA有效,较为明显的是机械工程(0.74)、地质资源与地质工程(0.76)。超效率值拟合趋势曲线为 $y=3.204x^{-0.47}$,其 $R^2=0.9818>0.8$ 表明方程拟合度很好,方程系数表明此类学科超效率曲线坡度较缓,学科间超效率值稳定性较好。就边际规模收益折线看,多数学科趋于水平线1上方,折线基本呈现平稳的“一”字型,少数学科微有波动,表明了此类学科边际规模收益具有稳定性。需要说明的是控制科学与工程、地质资源与地质工程、机械工程呈现明显的边际规模收益递减,在不考虑其他条件的情况下,单独增加此类学科资源投入,产出收益反而会减少,此类学科未达到DEA有效的主要原因是学科内生发展动力不足,与其盲目增加学科投入,不如关注学科产出效益,提升学科的科研创新能力和服务社会质量以提高学科整体建设效率。

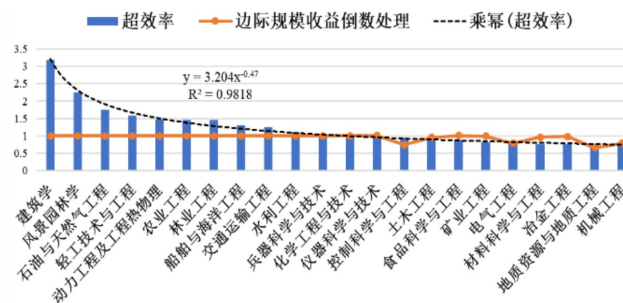


图3 传统型、应用性学科发展情况

3. 传统型、基础性学科整体效率较高,集群稳定性不佳。第Ⅲ象限为传统型、基础性学科,此类学科是长期发展过程中作为基础的、提供学理知识的学科,其自身很难产生直接的经济价值,但没有基础性学科的发展壮大应用学科也就失去了赖以生存的基石。由于其以上特点,基础类学科大多仍是传统学科,本次统计12种。就超效率值而言,科学技术史(4.26)、化学(2.62)、地质学(1.54)排在前列,而地理

学(0.77)、大气科学(0.69)、生物学(0.6)等未达到DEA有效,超效率均值(1.4)达到较高水平。超效率拟合趋势曲线为 $y=3.9773x^{-0.73}$,其 $R^2=0.9719>0.8$ 具有较好的拟合度,方程系数表明此类学科超效率值浮动较大,集群稳定性不佳。就边际规模收益来看,前6种学科规模收益不变,折线较稳定。物理学和地球物理学成为此类学科两个谷值,学科边际规模收益明显递减。生态学、大气科学、生物学三种学科微微超出水平线,表明边际规模收益递增,增加投入可以使其获得更高的收益。整体来看此类学科边际规模收益折线呈现平缓的“W”形。(见图4)

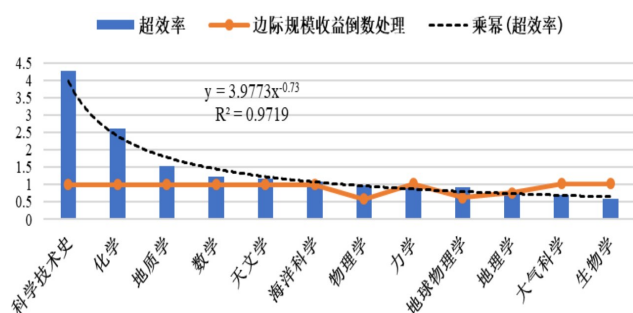


图4 传统型、基础性学科发展情况

4. 新兴型、基础性学科效率均值最高,但学科数量单薄。第IV象限为新兴型、基础性学科,共计3种,其中统计学(2.18)超效率值最好,系统科学(2.17)次之,生态学(0.74)最低,此类学科在本次模型测算中整体效率值最高,但最突出的问题是学科数量单薄。基础研究是创新之源,是未来科技发展的内在动力,基础学科支撑应用性学科,并带动新兴产业发展,其带来的学术价值及社会效益是十分可观的。随着我国社会发展进步,对新问题和新领域不断深入研究,加之学科之间的不断交叉融合,新兴的基础性学科也会不断涌现以适应社会文明及生产发展的需要。

四、结论与启示

(一) 结论

基于学科内部结构生态观,对以上49种理工科学科进行4象限分类,并采取DEA超效率模型进行测算,进而就学科发展状况从学科效率均值、超效率拟合曲线平滑度、边际规模收益及学科集群稳定性等4个方面进行比较和均衡性观察,阐释我国不同类型理工类学科生态发展状况。

综合分析发现,传统型、应用性学科效率均值较高,超效率拟合曲线较平滑,边际规模收益折线平稳,集群稳定性很强,此类学科生态状态最佳;传统型、基础性学科效率均值较高,但其超效率拟合曲线坡度较大,学科集群稳定性一般,边际规模收益折线

也存在一定起伏,因此整体生态状况居于第二。新兴型、应用性学科效率均值较低,超效率拟合曲线也处于低端平滑状态,边际规模收益折线波动最大,集群稳定性很低,整体学科状态居于第三位;新兴型、基础性学科效率均值最高,学科发展前景很好,但是其学科数量单薄且不存在学科集群,因此其生态状况处于最末位,这也一定程度上解释了新兴型、应用性学科发展不稳定的原因,即新兴型、基础性学科发展薄弱无法支持新兴型、应用性学科的发展,结果如表3所示。

表3 理工类学科布局生态发展状况

象限	类型	学科效率均值	超效率拟合曲线	边际规模收益折线	集群稳定性	学科生态状况
I	新兴型、应用性	0.91	低端平滑	明显“W”型	很低	不成熟不稳定
II	传统型、应用性	1.23	较平滑	平稳“一”字	很强	成熟且稳定
III	传统型、基础性	1.40	坡度较大	平缓“W”型	一般	成熟但不稳定
IV	新兴型、基础性	1.70	N/A	N/A	N/A	数量单薄

从以上分析发现新兴型、基础性学科数量单薄,借鉴传统型学科发展路径,按照学科发展规律本研究认为至少存在3种学科发展路径,如图5所示。

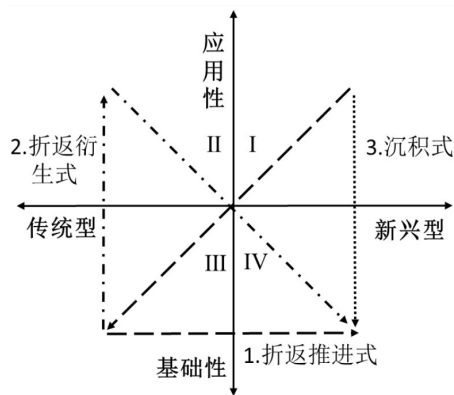


图5 新兴基础性学科发展路径

第一种为折返推进式,新兴型、应用性学科融合传统型、基础性学科推动着新兴基础性学科产生、发展,如生态学;第二种为折返衍生式,传统基础性学在应用到实践发展过程中衍生了新的基础性学科,如统计学;第三种为沉积式,新兴的应用性学科不断积累沉淀产生新的基础性学科,如系统科学。

(二) 建议

针对上述发现,本研究对不同生态状况下的学科发展提出以下建议。

1. 依据不同学科特点优化资源配置,设定资源冗余常量。新兴学科发展快、拥有广阔的应用前景,

但其变化剧烈、不确定性也高^[20]。我国理工类新兴型、应用性学科效率值相比传统型、应用性学科明显较低。从上述分析中发现不同学科其边际规模收益变化状况差异较大。如边际规模收益递减的学科,一定程度上产出不足影响了其整体效率,如航空宇航科学与技术、核科学与技术最为明显,相比较盲目增加投入而言不如在学科产出指标方面进行优化。相反,对于学科边际规模收益递增的学科,如安全科学与工程和光学工程,其虽也未达到DEA有效,但增加投入能够使产出量继续上升,因此应继续优化资源投入,以提高学科整体建设效率。

经本次测算,部分理工类学科资源投入存在明显的资源冗余。资源冗余表明没有达到最优的配置,部分资源被浪费。然而学科发展生态不是纯粹的指标计算,学科发展过程中存在一定的资源冗余是合理的,尤其是对于某些基础性学科来说更是必要的。高等教育资源不仅是“稀缺优质资源”更是促进社会经济发 展的“必备资源”,科学研究具有一定的周期性^[21],因此对科研经费等资源设置一定冗余常量符合高等教育发展规律。

2. 扩大国际视野加强国际间相互学习交流,探索新的学科生长点。对未达到DEA有效的传统型、应用性学科的产出松弛变量进行分析可知,机械工程的境外学习交流学生数和ESI高被引论文数与其他学科相比明显不足;地质资源与地质工程国内声誉(得分)指标表现得很差;材料科学与工程、控制科学与工程、地质资源与地质工程三个学科的来华学习的境外学生数明显不足。这一定程度说明我国理工类传统型、应用性学科仍需在 国际对外交流和学 习上进行提升。2018年8月,教育部印发的《关于高等学校加快“双一流”建设的指导意见》指出,推动中外优质教育模式互学互鉴,创新联合办学体制机制,加大校际访问学者和学生交流互换力度。为此政府和高校应鼓励师生积极参加国际活动,搭建国际交流平台,提升国际参与率,紧跟时代步伐,探索新的学科增长点。

3. 优化跨学科顶层设计,明确学科生态发展路径。本次分类中新兴型、基础性学科数量单薄,这也是新兴型、应用性学科发展不稳定的原因之一,基础性学科无法支撑应用性学科充分发展。基于学科生态发展的路径,应加强对基础性研究的关注。跨学科交叉融合是促进学科发展的一种方式。美国学者克莱恩(Klein)强调了政策和政府财政支持高校转向交叉学科研究与跨学科培养人才的力量^[22]。美国国

家科学院、国家工程院和国家卫生研究院共同发表的《促进跨学科研究》(Facilitating Interdisciplinary Research)也强调跨学科的产生源于社会或学术复杂问题的驱动^[23]。政府应加强对跨学科发展的扶持力度,在财政资金上鼓励跨学科学术组织或团体发展,引导各方开展跨学科研究,推动前沿科学中心、工程技术中心等跨学科学术组织的建设。同时高校应支持不同学科背景的学术队伍开展合作研究,赋予跨学科组织更多的自主权,通过优化跨学科顶层设计,促进新兴的学科发展壮大,提升理工学科整体生态发展质量。

实证研究表明DEA超效率模型在测度学科建设方面具有科学性、有效性,其较好地阐释了理工类学科内部发展生态状况。但值得注意的是,本研究采用DEA-SR模型测度了我国理工类学科内部各指标之间相对有效性,但对不同学科各项发展指标并未开展绝对水平的比较研究。同时,对于学科的“社会贡献”如何进行 适切界定并得以有效采集、度量均是需要在 今后研究中进行思考和探索的问题。

(马永红,北京航空航天大学高等教育研究院教授,北京 100191;刘润泽,北京航空航天大学高等教育研究院博士研究生,北京 100191)

参考文献

- [1] 国务院. 中国制造2025[EB/OL].(2015-05-19)[2019-06-18].<http://www.gov.cn/zhengce/content-9784.htm>.
- [2] LAWRENCE R J.Futures of Transdisciplinarity[J]. Futures, 2004, 36(4): 399.
- [3] 国务院. 新一代人工智能发展规划[R]. 北京:国发[2017]35号,2017.
- [4] A National Machine Intelligence Strategy for the United States[EB/OL].(2018-03-15)[2019-06-25]. [https://\(csis-prod.s1.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/180227-CartEr Machine Intelligence_Web.PDF?CLI XG - gQQQoc78akgCk.2StKO7 NsrC2J1](https://(csis-prod.s1.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/180227-CartEr Machine Intelligence_Web.PDF?CLI XG - gQQQoc78akgCk.2StKO7 NsrC2J1).
- [5] 中国科学技术协会. 测绘科学与技术学科发展报告(2016-2017)[R]. 北京:中国科学技术出版社,2017.
- [6] Future Reconnaissance Strategies and Analysis Companies. Emerging Technology Trends in 2016-2045[EB/OL].(2016-10-20)[2019-06-28].<http://mt.sohu.com/20161020/n470726431.shtml>.
- [7] 中国航空学会. 2014-2015航空科学技术学科发展报告[M]. 北京:中国科学技术出版社,2016:4.
- [8] 张松,张国栋,王亚光. 生命周期视角下新兴学科的生命发展评价研究[J]. 科学学研究,2018(5).
- [9] 罗杭. 中国理工类“985工程”大学效率评价[J]. 高等工程

- 教育研究,2017(1).
- [10] 王燕,吴蒙,李想.我国高校人才培养、科学研究与社会服务效率研究——基于超效率的三阶段DEA模型[J].教育发展研究,2016(1).
- [11] 刘鑫渝,高伟.基于对偶DEA模型的学科建设效率测度研究[J].新疆师范大学学报(哲学社会科学版),2018(5).
- [12] 管永刚.基于超效率DEA模型的高等教育资源配置效率分析[J].黑龙江高教研究,2019(2).
- [13] 教育部学位与研究生教育发展数据[EB/OL].(2017-12-28)[2019-06-28]. <http://www.China degrees.cn/xwyyjsjyxx/xkpgjg/index.shtml>.
- [14] 周光礼,武建鑫.什么是世界一流学科[J].中国高教研究,2016(1).
- [15] 李燕,陈伟,张淑林,等.世界一流学科的特征探析[J].学位与研究生教育,2018(7).
- [16] 王战军,杨旭婷.世界一流学科建设评价的理念变革与要素创新[J].中国高教研究,2019(3).
- [17] 陈洪捷.学科评估应该看重什么?[N].中国科学报,2019-09-25.
- [18] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. *European Journal of Operations Research*, 1978, 2(6): 435-443.
- [19] 学位与研究生教育数据中心.全国第四轮学科评估指标体系及有关说明[EB/OL].(2017-06)[2019-06-28].<http://www.cdgd.edu.cn/xwyyjsjyxx/xkpgjg/283494.shtml#3>.
- [20] 徐贤春,朱嘉赞,吴伟.一流学科生态系统的概念框架与评价模型——基于浙江大学的实证研究[J].江苏高教,2018(9).
- [21] DALY S R. Teaching Creativity in Engineering Courses[J]. *Journal of Engineering Education*, 2014, 103(3): 434.
- [22] KLEIN J T. *Interdisciplinary: History, Theory and Practice* [M]. Detroit: Wayne State University Press, 1990: 35.
- [23] 朱永东.“双一流”高校要重视跨学科学术组织建设——基于美国研究型大学跨学科学术组织管理模式的分析[J].研究生教育研究,2018(6).

Research on Ecology of Discipline Layout in Chinese Universities: Take Science and Engineering Discipline as an Example

MA Yonghong LIU Runze
(Beihang University, Beijing 100191)

Abstract: Science and engineering disciplines are closely linked with social production. The layout ecology of science and engineering disciplines is studied by discussing the development status of science and engineering disciplines through system structure and overall trend. The science and engineering disciplines which were rated as A class in universities were selected as samples in the fourth round of discipline evaluation, and the data envelopment analysis(DEA) super-efficiency model was constructed. Based on the internal ecological view of disciplines, this paper analyses the construction efficiency and marginal scale returns of four different types of science and engineering disciplines. The results show that the indicators of traditional and applied disciplines are good, mature and stable; the construction efficiency of traditional and basic disciplines differs greatly, mature but unstable; the average construction efficiency of emerging and applied disciplines is the lowest, and it is still immature and unstable. The average efficiency of basic disciplines is the highest, but the number is thin. Suggestions for the future development of disciplines under different conditions are put forward, and three new basic disciplines development paths are deduced based on the disciplines development law, namely, returning-advancing, returning-deriving and depositing.

Key words: discipline ecology; science and engineering disciplines; DEA; discipline development path