

正确认识科学发展的指数增长规律——与徐飞同志磋商
To Understand the Law of Exponential Growth of the Development of Science

肖广岭
(清华大学人文社科学院科技与社会研究所,副教授 北京 100084)

《科技导报》1994 年第 7 期刊登了徐飞的“‘知识爆炸’说不可轻信”一文(以下简称徐文)。徐文中的一个关键之处是,作者利用美国科学社会学家朱克曼有关科学家在质的方面的分层研究成果和情报学家勒希尔有关科技文献的数量增长与其质量关系的研究成果,否定科学增长的指数规律的广泛适用性。徐文中的另一个关键之处是,作者认为科学按指数增长的逻辑矛盾(学术界称之为“增长佯谬”)与科学按 S 型模式增长而导致的科学增长的“极限”,使得两者都不能自圆其说,从而导致科学知识增长模式的研究徘徊不前。笔者认为,徐文中的上述两处值得磋商。

首先应该指出,当年美国学者普赖斯得出的科学发展按指数增长的规律,既是科学的各种“总量”指标的定量研究结果,又是科学的“质量”指标的研究结果。例如,普赖斯在《小科学、大科学》一书中,研究了 19 项科学指标的增长情况。其中第一项科学指标是“杰出的物理学家”,其增长按指数规律,倍增周期为 20 年;第二项科学指标是“重大的科学发现”,其增长同样按指数规律,倍增周期也是 20 年。因此,普赖斯所揭示的科学按指数增长的规律应该既适合于一般的“科技人员”和“科技文献”的增长,也适合于杰出的科学家和高质量的科技文献的增长。

科学按指数增长的规律可以用如下的函数形式来表达: $W = \alpha e^{\beta t}$,其中 W 为科学指标, α 、 β 为函数参量,其在某一特定历史时期表现为特定常量,T 为年代。若将上式微分: $\frac{dW}{dt} = KW$,式中 K 为常数,这就是说,科学指标的增长速度与已有的科学指标成正比,进一步而言,科学的增长速度与已有科学水平,即人类已积累的科学总量,成正比。

二

美国科学社会学家朱克曼关于科学家人数在质量方面是分层排步的研究结论,即所谓科学家的倒金字塔结构,只能说明在质的方面不同层次的科学家人数之间大致的比例关系。朱克曼把这些比例关系表述为:“与在美国的每个诺贝尔奖金获得者相对而言,有大约:6 800 位自称的科学工作者;4 300 位载入《全国科技人员登记册》的科学家;2 600 位有足够资格列入《美国男女科学家》一书的科学家;2 400 位获有博士学位的科学家;而更上一层的话,有大约 13 位全国科学院院士”(朱克曼:《科学界的精英》,商务印书馆,1979 年,第 12~14 页)。从朱克曼的这一研究结论,不能得出“当所谓的科学家人数增长时,其中的优秀科学家人数只按其平方根的数量级在增长”(徐文)的结论。道理很简单,当人们谈论某一“增长”时,是指其在某一时间横轴上的变化,而朱克曼的这一研究只是对美国科学家人数在质量方面的分层情况进行“静态”的结构分析,并未涉及不同层次的科学家人数随时间的动态变化,即增长情况,更未涉及不同层次科学家的增长模式。

对于情报学家勒希尔关于科技文献的数量增长与其质量关系的研究,笔者认为其中一部分论证是合理的,其结论是人们可以接受的;而另一部分是不合理的,人们是不能接受的。

其合理的部分在于,勒希尔根据自己对不同层次文献质量等级的设定(尽管这种设定有很大的“人为”色彩),而得出的科技文献按其学术水平和使用价值而呈现出倒金字塔式的分层结构。笔者认为,这种倒金字塔式的分层结构,只能说明在质量方面不同层次的科技文献数量之间大致的比例关系。根据勒希尔计算,这种比例关系是:每 1 000 000 件常规文献中,有意义的文献为 31 623 件,重要文献为 1 000 件,非常重要的文献为 32

件,头等重要文献为 14 件。

其不合理部分在于,勒希尔在对科技文献的倒金字塔结构进行“静态”分析时,引入了时间变量 t (如 t 时刻的文献总量 $N=F(t)$,等等……),企图把“静态”分析变为“动态”考察,并得出不同质量层次的文献倍增周期有很大不同,而头等重要的文献指数增长律被完全破坏的结论(其具体数字关系为:如果文献总量的倍增周期为 6.93 年,有意义的文献的倍增周期则为 9.24 年,重要文献的倍增周期则为 13.86 年,非常重要的文献的倍增周期则为 27.72 年,头等重要的文献每 10 年才能产生 1 份)。之所以这部分论证及其结论是不合理的,不能被接受的,是因为:第一,其论证只有一个时间点上的基础数据,而要得出某一层次的文献数量在时间轴上的变化趋势,至少要有两个时间点上的基础数据,本项研究实际上需要多个时间点上的基础数据;第二,也是最重要的,其结论没有与科技史上各个层次的科技文献的实际数据“拟合”;第三,对头等重要的文献的增长模式为什么与其他质量层次文献的增长模式不同,没有作出合理的解释。人们不禁要问,难道头等重要文献的增长与现有科技水平无关吗(头等重要的科技文献每 10 年才能产生 1 份暗含其增长与现有科技水平无关)?

三

实际上,国内外学者们在得出科学发展按指数增长的规律时,其研究重点是放在科技史上重大科学成果数、杰出科学家人数等更能体现科学发展水平的指标上的,并发现这些指标在历史上的不同时期其指数的参数有所变化。而在科学发展的“非常时期”,其指数曲线出现停滞和饱和现象。例如,根据赵红州对《自然科学大事年表》的统计计算结果,发现科学史上重大科学成果、杰出科学家人数等指标,都具有指数增长的规律,并且不同历史时期指数的参数有所不同。在 1500~1670 年间,指数规律的具体形式为: $N_1=2.1e^{0.15t}$; $W_1=1.4e^{0.16t}$ 。在 1740~1930 年间,指数规律的形式为: $N_2=16.3e^{0.15t}$; $W_2=10.5e^{0.15t}$ 。其中, N_1 、 N_2 为科学家人数, W_1 、 W_2 为重大科学成果数。在 1670~1740 年间,指数曲线呈“饱和现象”;从 1930 年以后指数曲线又呈“饱和现象”。但是这种局部的、暂时的“饱和现象”并不表明科学发展的“极限”。一次“饱和时期”之后,必然会出现指数增长的新时期。赵红州把这种“加速—饱和—一再加速”的增长模式称为“阶梯形指数增长律”(参看:赵红州《科学能力学引论》,科学出版社,1984 年,第 231~237 页)。不难看出,赵红州的“阶梯形指数增长律”既克服了科学按不变的指数增长而带来的“增长佯谬”(如以科研人员为例,到 21 世

纪中后期,科研人员的总数将超过世界总人口),又克服了机械地套用 S 型增长模式所导致的“科学发展极限论”。

科学按阶梯形指数增长表明,科学在时间轴上的变化,要受到规范积累和规范变革的交互作用。在规范积累时期,即在一种规范取得统治地位,而不断用新的发现和理论来证实这种规范的科学性时期,科学发展遵从指数增长规律。而在规范变革时期,即在新发现的事实和旧规范相互矛盾冲突的时期,人类的智力不再促进知识的量的积累,而是为了改变原来的知识结构,形成科学革命。这样看来,不仅科学按指数规律增长是好事,而且科学呈 S 型饱和现象也不是坏事,而是科学革命到来的标志。科学革命后,又一次科学指数增长时期就会到来!

四

从科学发展的指数规律,到科学增长的 S 型曲线,再到科学发展的阶梯形指数增长律,是人们对科学发展模式认识的“三步曲”。在这个过程中,不是后者否定前者,而是人们对科学增长规律的认识不断深化。笔者认为,这种定量研究结果,尤其是科学发展的阶梯形指数增长律,无论对国家进行宏观科学预测和制定科技发展战略和政策,还是科研人员选择科研方向和科研课题都有一定的指导意义。

就宏观而言,在世界范围内科技发展的总量,自本世纪 60 年代以来,已从 S 型曲线的指数递增增长阶段,进入指数递减增长阶段,而我国的科技事业现在则正处于 S 型曲线的指数递增增长阶段,在这个意义上,我国的总体科技水平赶上世界先进水平是完全可能的。我们应该抓住这个百年不遇的机遇,使我国的科技事业达到世界先进水平。在国家制定科技发展战略、政策和规划时,这种科技增长模式也有很大的启发作用,它可以促使人们弄清哪些科技领域处于 S 型曲线的指数递增增长阶段,哪些处于指数递减增长阶段,哪些则处于饱和期。从而使国家把财力、物力和人力投入到既重要又有广泛的发展前景的领域。

对科研人员而言,这种科技增长规律(模式),可以启发他们弄清自己的科研领域已达到 S 型曲线的什么位置,今后本科研领域是否还能大发展,从而帮助科研人员确定研究方向,选择研究课题。

五

最后,值得一提的是,国内外学者们在得出科
(下转第 46 页)

科研,两者均不可偏废。因为只有兼教学与科研于一身的教师,才有能力把科研纳入教学过程,才有可能发挥教学和科研在人才培养上的互补功能,从而提高教育质量。

然而,近几年,我国某些大学却忽视了角色一重性的要求。只从事或主要从事教学工作的人员按教师系列评定学衔;只从事科研工作的人员按研究系列评定学衔;其他从事校办产业工作和行政管理工作的人员均有其各自的评定系列。这样的学衔评定方法带来三个不好的后果:第一,大学的所有人员均有评定学衔的可能,貌似人人平等,实则不平等。兼教学与科研于一身、出版专著或科研论文若干篇的苦学苦教苦干的学者,与某些几年、十几年只讲课、不搞科研的人员;与只从事科研工作、不教学、很少与学生接触的人员;与代表学校或系办公司进行贸易的人员;与从事行政管理并早已有处长、科长级别的人员,最终可能是同一级学衔。从实际上看,这些人员在为教育事业奋斗的过程中其付出是不相同的,但却有同等的回报,这便是不平等之处。第二,学衔即学术之衔,绝不等同于行政职务及级别,因而学衔评定看重的是学术造诣而不是职别高低。科学院系统的学衔评定也许只能据其科研工作成就,但是大学与科学院不同,必须既有科研成就又有教学成就。不强调这两方面,大学的学衔就失去了它存在的意义,因为人人都可有学衔,实则人人都无学衔。第三,既然人人可有学衔,归根到底会有同等学衔,何必走荆棘丛生的教学与科研兼于一身的路?光讲讲课,或光做做课题,或其它,岂不稍许轻松!这样评定学衔,误导大学教师在教学与科研的道路上分流,误导大学教育实践背离教学与科研相结合的道路。

提高教育质量的对象包括受教育者和教育者。若教育者本身的质量不高怎能使受教育者的质量高呢?而教育者的高质量从何而来?正是从科研与教学的统一中来,正是从对大学教师的高标准、严要求中来。因此,提高大学教育质量的前提就是要强调大学科研与教学在培养人才上的统一性和和

谐性,就是要强调大学教师的最低胜任标准。许多教师抱怨,许多文章也在研究教师待遇不高的问题。即使在工资几次增加的今天,教师所得到的与其付出的和与其创造的相比仍有相当差距,这些都是事实。但是,光抱怨是无济于事的,教师应该更努力地投入,用兢兢业业的工作、教学和科研的成就改“大学教师易当”为“大学教师难当”。这个难,就是既要搞科研又要搞教学;就是不仅注重毕业生的数量,更要注重教师毕业生的质量,更要注重自身的不断提高。

三、结 论

本文的思路是提出问题,研究问题,从三个方面探讨了大学科研对提高教育质量的某些应为与难为。这里,对我国大学科研迅速发展的同时,大学教育质量呈下降趋势的原因归纳为以下三点:

第一,大学教育质量问题未引起国家教育主管部门和学校领导、师生们的高度重视。尽管国家教育主管部门的文件一再强调提高教育质量,但没有美国 1983 年那种《国家处在危险中,教育改革势在必行》的紧迫感,没有我国大学质量在下滑的危机感。所以,在实际工作中就出现“给政策不给钱”,让学校自谋出路,默许开发冲击教学的情况。从学校领导、教师,到学生,思钱者多,考虑质量问题的少,即使谈到抓教育质量,也只是为数很少的几个人在“奔忙”,没有形成“上下一条心,共同抓质量”的氛围。

第二,科学院系统与大学系统的分设。科学院在我国科技界的成功阵势,从主、客观上给大学科研层次带来了某些限制,也给大学教育质量的提高带来了相应的影响。

第三,我国大学名义上强调教学与科研的结合,实际上促使教学与科研分离的因素越来越多,大学教育质量没有科研主动参与的有力保证,使得教学与科研在人才培养过程中的结合和统一虽未落空但也未确切落实。

(责任编辑 孙立明)

(上接第 38 页) 学发展的指数增长规律、S 型增长模式和阶梯形指数增长律的过程中,所采用的方法。这种方法就是历史计量法与理性分析相结合。其基本的操作程序是:第一,通过分析研究,找出衡量科学发展水平的若干指标,这些指标既涉及标志总体科学发展水平的各种指标,又涉及衡量各个学科领域发展水平的各种指标;既有不区分质量层次的总体指标,又有区分质量层次的各种指标;有些研究还对不同质量层次的指标进行“加权”处理,以期得出更令人满意的总体指标。第二,对这些指标的数值按年代顺序进行统计计算,并根据统计计算

结果,划出以时间为横轴的曲线,进而找出与曲线相吻合的数学表达式,这种数学表达式被称为经验公式。第三,对这种经验公式进行理论的、逻辑的分析,弄清这种公式的本质含义。在理论的、逻辑的分析基础上再对曲线走向和经验公式的形式,尤其是今后发展的趋势进行某些修正。通过这种方法而获得的科学增长模式不仅有助于人们对科学发展的外在趋势和内在规律的认识,而且对科技政策的制定有实用价值。笔者认为,这种方法既是软科学研究方法的有益尝试,又是一个成功的范例,对其他软科学研究有借鉴作用。 (责任编辑 王宏章)