

史国宁

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

## 提 要

讨论了方法论在气象科技现代化中的重大意义,并给出了近30年来方法论影响气象科技发展进程的若干事实。对中国气象学界在50~80年代涉及方法论的几个问题进行了反思。历史地对比和分析了我国与美国在概率论和统计方法应用于气象领域方面的差距,以及造成这种差距的方法论根源。阐述了在气象院系教育中要注意方法论教育导向问题。

**关键词:** 气象科技 现代化 方法论

## 引 言

在科学技术的发展史中,科学技术领域的每一重要发展、转折和突破都与新的方法论的建立密切相关,气象科技的发展当然也不例外。正像知识结构不同于知识一样,方法论(methodology)也不同于具体的方法(method),它已由技术层面跃居于认识论层面,它是具体方法的总和与升华,是人们在一定的文化背景、思维习惯、知识结构和教育导向下所形成的对具体方法的总体认识和主观态度。所以探讨科学技术中的方法论问题不仅要探讨科技发展本身,还要探讨隐藏在科技发展背后却起着主体作用的决定性因素——人,其中包括思维方式、知识结构、决策思想、研究风格等等。

气象科技现代化首先是人的现代化,即在科学的、辩证的方法论指导下的思维方式和知识结构的现代化。就决策者来说,以什么样的方法论为指导来制定气象科技发展战略、宏观决策和科技政策是关系到气象科技发展的方向、速度和水平的首要问题,也是实现气象科技现代化的关键。就科研工作来说,研究人员特别是高级科研人员的一切研究和

探索,实际上都是自觉和不自觉地在一定的方法论指导下进行的,不同方法论形成了研究者的不同风格,其中包括个人风格和群体风格。例如不同学派即标志着不同的群体风格。当过时的、陈旧的方法论在科研领域暂时占上风的时候,就会对科学技术的发展起到阻滞的作用。气象科技发展中的一些正面和反面的例子都可以给我们以诸多启示。

## 1 方法论影响气象科学发展进程的几个实例

### 1.1 混沌理论何以被冷落10年

近年来,美国和其他一些国家的气象学界围绕当代知名动力气象学家、麻省理工学院教授Lorenz的混沌理论提出后何以被冷落10年发表议论,并从方法论上寻找原因<sup>[1]</sup>。“混沌”乃是在确定系统中出现的无规则运动。混沌理论研究的是非线性动力学混沌,目的是要揭示貌似随机的现象背后可能隐藏的简单规律,以求发现一大类复杂问题普遍遵循的共同规律<sup>[2]</sup>。混沌理论对于深入认识自然界的运动特别是大气运动有着极重要的贡献,甚至有人认为混沌理论的提出是继相对论和量子力学之后基础科学的第三次革命。可是混沌理论由Lorenz 1963年在《大

气科学杂志》发表“确定性非周期流”一文正式提出后,几乎无人理睬,直到1973年才开始逐渐被人们接受,前后整整花了10年时间。国外一些知名学者和气象学家最近发表看法,认为这应该从当时学校教育的方法论导向以及传统的思维定势方面去寻找原因。例如S. H. Kellert等人最近撰文提出批评说<sup>[3]</sup>:“当时大学教育将学生注意力引向线性模式,只强调大气运动的规律性和可预报性一面”,“甚至时至今日,大学生课程仍然只强调最适合于线性系统的诸如富里哀分析和正交函数这类方法”。R. May等人亦认为,这种教育“会使得学生面对最简单的离散非线性系统所表现出的奇特行为不知所措”。混沌理论的提出与其说是一场关于新科学的革命,不如说是一场关于新方法论和新思维方式的革命,这已成为当前关心这一领域的学者们的共识。但是混沌理论及其对未来大气科学特别是天气预报和气候预报理论的深远意义要为气象科研人员所普遍理解和接受,看来尚需时日,这正是方法论的历史积淀和巨大的思维惯性所使然。

### 1.2 概率天气预报的推广何以如此缓慢

概率天气预报把传统的“非有即无”的确定性预报改变成了“亦有亦无”的不确定性预报,这种改变不仅仅是气象部门的一次技术上的变革,而且是对广大预报人员和千千万万天气预报用户的传统思维习惯的一次撞击,其意义和影响已经远远超出气象领域之外,涉及到辩证唯物主义的认识论和方法论范畴以及社会经济活动的各个方面。

概率天气预报的经济价值明显高于传统的分类预报(categorical forecast),能大大提高天气预报的使用效益。若把传统的分类预报转换成概率预报,从经济效益的角度看等于是向理想预报(即100%准确的预报)靠近了30%。这些都已成为气象-经济决策领域的一些知名学者(如Murphy, Hughes,

Thompson,立平良三等)的定论,并为生产实践所证明<sup>[4,5]</sup>。可是从美国1966年最先开展概率预报业务到近几年东南亚一些国家和地区开始发布降水概率预报,前后相隔近30年,而且目前仍有许多发展中国家和少数发达国家未开展概率预报。一项影响深远的新技术业务在全世界推行需要这样漫长的时间,在其他科学技术领域几乎从未有过。一些学者(如美国的Murphy等)认为<sup>[5]</sup>,其原因并不在于技术和经济能力,而在于天气预报人员和广大用户的思维习惯。日本的科技和经济发达程度不低于美国,而且日本又是一个善于模仿的国家,何以日本开展概率预报业务(1980年)竟比美国推迟15年之久,这是一个饶有兴趣的问题。日本的立平良三等认为,“这可能与日本人习惯于用‘非白即黑’的眼光看待事物的这种国民性有关”<sup>[6]</sup>。

### 1.3 对我国气象科学发展的进程中方法论问题的反思

在我国,气象科学的发展进程涉及到方法论的例子也非鲜见,举其大者如50年代关于天气预报中的“土方法”与“洋拐杖”孰是孰非的问题,60年代关于天气预报方法与数值预报方法孰优孰劣的问题,70年代关于动力方法与统计学方法孰高孰下的问题,80年代关于传统天气预报与概率天气预报孰利孰弊的问题,都曾经有过两种对立的看法和态度。60年代当数值预报方法刚引进我国的时候,不仅在管理层中,就是在预报人员甚至科研人员中,将其视为数学游戏和故弄玄虚的亦大有人在。有人甚至一看见数学公式就头痛就反感。我国的降水概率预报早在80年代中期即在吉林、山东、上海、北京等地开展过试验研究,然而一直等到10年之后的1995年才在上海和北京正式开展降水概率预报业务,至今在中央气象台尚未开展这项业务,亦未尝不与认识论、方法论有一定关系。

## 2 从方法论看概率与统计学方法在美国气象学发展中的作用及我们的差距

概率与统计学方法对美国气象科学的发展大致在以下7个方面发挥着作用:

① 天气、气候的分析和预报;② 天气预报的检验和评价;③ 气候资料或气象要素场的分析和处理;④ 非实时资料的四维同化和集合预报;⑤ 气象-经济决策和气象经济效益评估;⑥ 人工影响天气作业的设计和效果检验;⑦ 气象台站网的优化设计。当前美国在这7个领域几乎都处于世界领先的地位。第78届AMS年会“概率与统计学”大会上提出的论文部分地反映出这种情况。

我国与美国相比,概率与统计学方法在气象科学中的应用是我国的一个弱项,并由此而使得相关领域与美国存在着较大或很大的差距。这些存在较大差距的相关领域有:概率天气预报、统计-动力预报模式、天气预报的检验和评分、气象-经济决策理论和方法、人工影响天气作业的设计和效果检验、气象台站网的优化设计等<sup>[5]</sup>。为什么诸如完全预报方法、MOS方法、随机-动力方程、混沌理论、模糊微分方程等新思想、新理论和新方法都最先产生在美国,我们仅是跟在后面引用别人的东西呢?这些似乎与我国气象学界长期存在的重“动力”而轻“统计”的方法论有很大关系。今天,美国在天气预报领域,“统计”与“动力”已处于平起平坐的地位,甚至“统计”已经出现略占上风的苗头。站在随机论(stochastic)角度,动力方程预报出的每一时刻的天气动态都可以看成统计学意义上的一个“实现”。今天美国已有越来越多的人认识到决定论(deterministic)的数学物理方程已不足以确定地描述大气运动,天气气候变化中还包含着超越物理因果关系的随机过程和混沌过程。大气运动的混沌性表现在初始场中任何测度不为零的微小误差都有可能都会导致预报误差的迅速增大,从而使预报失效。最近20

年来,在美国等国家出现的一些新的科学思想、理论和方法不断引用于大气科学,诸如突变理论、非平衡态理论、混沌、吸引子、分数维数理论等,都用数学思维和数学描述进一步揭示了天气气候变化的随机性和混沌性本质。

我国与美国在概率与统计学方法应用于气象方面的差距由来已久,其认识论根源可以一直上溯到60年代甚至更早一些时候。当60年代我国气象学界有人用“孩子随着树一起长高”这类例子来讽刺和刻意贬低概率和统计学方法时,美国气象学界已经意识到统计学方法与动力学方法对天气预报具有同等重要的意义。当70年代初由于计算条件限制我国的统计预报尚停留在广大台站的列联表、点聚图、回归方程这类古典的统计工具时,美国已经提出了动力模式与统计模式相结合的MOS方法(当然这仅是非内在的结合),并在将其应用于预报业务的同时进一步致力于更高级的随机-动力模式的研究和应用。当70年代末80年代初我国有关统计预报方法的会议得不到官方认可和支持而处于民间自发活动状态时,美国一支强大的统计预报专家队伍正在悄然形成,这支队伍包括一大批知名学者如Brier, Glahn, Murphy, Klein, Katz, Epstein, Daan, Winkler, Nelson, Winter, Gabriel, Thompson, Anderson, Gringorten, Jones, Graedel, Richardson, Wilks, Hutchinson, Krzystofowics等。时至今日,我国气象学界重“动力”而轻“统计”的倾向似乎依然存在,而美国概率与统计学方法在气象学中的广泛应用却已进入了开花结果的阶段。

作者以为,缩小我国与美国在上述相关领域的差距的根本措施之一是加强气象院系的数学课程,普遍提高新一代气象科研人员、预报人员和管理人员的数学思维能力和养成数学思维习惯,特别是要着重培养由数学出身的人才。正如我国著名气候统计学家么枕

生教授在“气候统计学的研究展望”一文中所提出的<sup>[7]</sup>,我国在气候统计学方面“仍有不足之处,这就是气候统计方法多偏于引进国外方法,自己创造的方法较少,甚或有的还是空白。今后要在气候统计的研究上多培养人才,尤其是要培养由数学出身的人才,并严格要求,我们的气候统计研究才能赶超国际水平”。在气候统计学方面是这样,在大气科学中的其他若干领域也应该是这样。

### 3 要重视气象院系中的方法论教育导向

#### 3.1 大学阶段注意方法论教育导向的必要性和适时性

气象科学的一切知识均来源于实地观测,需要以数量庞大的观测资料为依托。气象科学中的每句断言每一个结论甚至得出这些断言和结论的每一步推理过程又都必须通过实际观测资料去验证。从这个意义上说,气象科学是一门“纯客观”的科学。气象科学的这种“纯客观性”和庞大的观测资料容易束缚住学生的主观创造力(构造力)和想象力,挡住学生的哲学视野。例如气象学研究中经常可以看见作者称之为“超资料研究”和“资料研究”的两种不同的研究风格(是超然地用物理的考虑和数学的方法去驾驭资料还是钻在资料堆中寻找一条又一条“规律”),其形成期可能正是在大学学生时代。这说明在气象院系注意方法论教育导向是必要的。

另一方面,青年期的一般心理特征是认识活动内面化,自我意识较强,审美情趣理想化,抽象力和概括力充分发展,这些特征使得青年人的认识活动方式与成年人和少年儿童有着明显的区别,他们的认识活动已不像少年儿童那样忠实于对外在事物的纯客观的观察和描述,而是越来越多地使用自己的已经充分发展的主观评价系统。青年学生在学习活动中一般较偏爱(特别是男性青年学生)整体化、抽象化、规则化、符号化和结构化,并且常有哲学思辨倾向<sup>[8~11]</sup>。这些说明青年期正

是对方法论的敏感期,也是思维习惯的形成期,因此,在气象院系中注意方法论教育导向不仅是必要的,也是适时的。

#### 3.2 知识结构和知识质量

近10年来我国大学气象教育中数学、物理等基础课程的教学似有所减弱,在经济大潮的影响下,学生避难就易的学习心态在逐渐增长,这对造就今后的高层次气象科技人才十分不利,甚至会造成一代人知识结构上难以弥补的缺陷。

作者以为,并不是所有课程都是同等重要的,应该客观地承认知识有深浅、难易、精泛、死活之分,不能一律同等看待<sup>[12]</sup>。一般说来,知识的质量与获取该知识的难度大致成正比。轻而易举就学到的知识是廉价知识或可称之为“豆腐知识”,其用途也不会很大。大学教育应着重培养学生在获取知识的难度上下功夫,引导学生不断地从一个知识平面跃向另一个知识平面,而不是在同一平面上作过多的迂回。难,足以锤炼思维,有利于能力的发展和提高<sup>[9,12]</sup>。作者认为,像数学、物理、逻辑、计算机语言乃至自然语言这类涉及方法、原理、过程、关系、结构和系统的知识都是属于一定难度层次上的活的知识,它们具有生长能力和融合其他知识的能力,可以称为“种子”知识或知识“胚胎”。同时,它们还具有抽象的概括性,足以以简驭繁,闻一知十。

学生获取知识是为了增长自己的能力。在知识向能力的转化过程中,知识质量和知识结构所起的作用要远大于知识的数量。许多人把“能力”仅仅理解为“动手能力”或“实践能力”,如果以这种片面的认识作为制定气象科技人才政策的指导思想将会导致整个科技人才队伍水平的下降。“能力”应该指的是“创造力”或“构造力”,创造力或构造力的范围很广,它们既可以产生有形的物质产品,也可以产生无形的精神产品<sup>[8]</sup>。

可以毫不夸大地说,一个走出学校大门

的气象专业毕业生或研究生在其今后的科研天地中能飞得多高走得多远,在很大程度上取决于他的知识结构和知识质量,而不是知识的多寡。

### 3.3 教学手段现代化的方法论意义

目前一些发达国家已开始将高科技产品应用于科技人员的教育和培训。例如,电化教育通过屏幕上的图像来代替冗长累赘的语言描述,大大节省了学生的学习时间。在科技教育中,符号、公式、框架、表格和图像的表达方式适合于人类思维活动的多维性特征,而自然语言表达中语句的线性性则远远跟不上人类思维活动瞬息千里的速度以及同时对多个思考要素作多维展开的能力。所以自然语言是理工科教学活动所采用的一种很不经济的表达方式和知识传递载体<sup>[11]</sup>。

教学手段现代化的另一途径是计算机和Internet网应用于教学。传统的教学由于设备条件的限制,只能采用分班分年級的集体教学方式。传统的集体教学对同一年级的学生教学内容一样,教学进度同步,一年一年地作机械呆板的整体抬升,这大大违背了学习规律。学习是一种个体劳动。由于心理因素的个体差异,在学习的进程上个体与个体之间决不会同步。传统的集体同步教学扼杀了

学习个体的主观能动作用,对人才的成长十分不利。可以设想,计算机和Internet网用于教学,所有可能使未来的教学系统演化成为一种学校与家庭相结合,以“学”为主、以“教”为辅、自学加考试的弹性教学系统。在这个系统中,每个班级没有固定的成员,每个学生学习进程上各自以不同的速度向前运动,而学校和教师的职责则在于通过一系列严格的,但却是由学生自愿参加的考试去督促、检查并确认每个学生的学习进程<sup>[8]</sup>。

### 参考文献

- 1 Elsner, J. B. and Honore J. C.. Ignoring chaos. BAMS, 1994, (10).
- 2 Lorenz, E. C.. 混沌的本质. 北京:气象出版社,1997.
- 3 Kellert, S. H.. In the Wake of Chaos. University of Chicago Press, 199.
- 4 史国宁. 概率天气预报的方法论和社会经济意义. 气象软科学,1996, (1).
- 5 Murphy, A. H. 等. 大学科学中的概率、统计和决策. 北京:气象出版社,1991.
- 6 立平良三,保科正男. 准确率预报,气象研究ノ一ト.
- 7 么枕生. 气候统计学的研究展望. 气象科技,1985, (1).
- 8 史国宁. 智能教学的教学思想和原则. 理论界,1986, (1).
- 9 史国宁. 潜力、难度与学习效率. 光明日报,1983. 1. 14.
- 10 史国宁. 阅读过程中的思维活动潜力与阅读方法. 光明日报,1984. 8. 31.
- 11 史国宁. 学习后效及其检验. 上海高教研究. 1989, (4).

## The Significance of Methodology in Meteorological Science

Shi Guoning

(Chinese Academy of Meteorological Science, Beijing 100081)

### Abstract

The significance of methodology in modernization of meteorological science and technology is discussed and a few instances are presented to show the steering effect of methodological idea on the last 30-year's course of development of meteorology. A brief reflection is given to the divergence of methodological views which seems to have existed within the meteorological circle of China during the 1950s, 1960s, 1970s and 1980s. Historical and comparative analyses are made of the gap in the application of probability and statistics in meteorology between China and the U. S. , and of its methodological reasons. It is recommended that special attention be paid to the methodological guidance of education in the higher meteorological institutions.

**Key Words:** methodology reflection comparative analysis