

大气科学原始创新的学科背景视角

高学浩 陈正洪

(中国气象局气象干部培训学院, 北京 100081)

摘要: 基于气象科技史的研究, 探索大气科学发展的某些创新规律, 通过对比分析揭示出数学和物理等理科背景对于大气科学的原始创新具有重要作用。这种规律与大气科学自身发展有密切关系, 也是大气科学本质决定的。分析表明学科背景规律对人才培养有重要借鉴和启示。

关键词: 气象科技史, 学科背景, 原始创新, 人才培养

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2014.06.005

Original Innovation of Atmospheric Science Based on Discipline Background

Gao Xuehao, Chen Zhenghong

(CMA Training Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081)

Abstract: On the basis of the historical analysis of meteorological science and technology, this paper is characterized by the innovation derived from atmospheric science. It would further promote the original innovation of atmospheric science by the aid of comparative analysis of science background including mathematics, physics, and so on. This characteristic is closely related to the development of atmospheric science and is primarily determined by the nature of atmospheric science. Our results indicate that attention to the discipline background is of significance in talent cultivation.

Keywords: meteorological science and technology history, discipline background, original innovation, talent cultivation

1 引言

气象学经历了漫长的积累后, 在19—20世纪逐渐演变成现代科学意义上的大气科学。大气科学在现代科学知识体系中占有重要的地位, 其学科发展历史展现了这门学科积累和质变的线索, 从大气科学技术史角度研究大气科学, 可以更好地理解原始创新, 而且在通识教育和人文精神培养上具有重要作用。发达国家一些著名的研究机构高度重视科学技术史对原始创新的重要作用。

根据气象科技史的研究, 发现一个规律性的学术现象, 就是在近现代大气科学发展历程中, 很多重大创新成果来自原先从事其他学科领域科学研究的学者, 这批学者转入大气科学领域后做出许多重大原始创新。分析表明这些重大创新与其原先学科背景有直接关系, 分析气象学家不同成长阶段的学历和学科背景, 从科学史视角探索大气科学的发展规律, 这对于未来大气科学发展有独特的启示价值。

2 现代著名气象学家学科背景分析

大气科学发展至今经历了三个阶段。第一阶段古典大气科学阶段, 以亚里士多德气象学著作 *Meteorologica* (气象学通论) 为代表, 这一阶段主要以哲学思辨和非常朴素的观测方式看待空气现象, 得出的结论具有很多推测和假设。这一阶段的学者普遍具有哲学和博物学知识背景。第二阶段是近代大气科学, 以笛卡尔为代表, 逐渐突破亚里士多德气象学思辨思想的束缚, 注重实际观测和逻辑推理, 气象仪器处于蓬勃发展中, 开始形成某些重要的大气科学理论。第三阶段是现代大气科学, 以挪威学派和芝加哥学派为代表, 期间出现了许多重要人物和重大创新理论。

大气科学发展的阶段性证明, 由于现代科学的高度分化, 大气科学的专业化发展需要从“铅与蜡”的业余研究变成“数据和推理”的专业探索。因此在现代大气科学的原始创新中, 气象学家们的原先知识背景和学科培训就显得很重要。现代著名气象学家的学科背景和其大气科学的成就必然存在一定关系, 对其进行枚举和统计分析可以发掘出某些规律。

2.1 国际著名气象学家的数学和物理知识背景

20世纪大气科学发展进程中出现了挪威学派和芝加哥学派, 以极锋理论和长波理论为代表的现代大气

收稿日期: 2014年2月26日; 修回日期: 2014年11月10日
第一作者: 高学浩 (1958—), Email: gaouxuehao@yahoo.com.cn
资助信息: 国家自然科学基金 (41220001); 中国气象局气象干部培训学院“气象科技史研究”项目

科学知识大厦不断完善。著名气象学家纷纷登场，对大气科学发展做出各自的贡献。国际上著名气象学家的学历背景和其大气科学的重大创新工作存在逻辑关系，这里选择对现代大气科学发展做出重要贡献的代表性学者进行展示和分析（表1）^[1-5]。

对表1经过简单统计和计算，可以分析出表1中100%的气象学家本科学习过数学或物理，数学是必不可少的；50%的气象学家在博士阶段转入学习大气科学。这里不难得出这样一个结论：有物理和数学知识背景的学者转入大气科学领域，将会更快做出成就，也更容易从物理学的角度挖掘大气运动的规律，并用数学物理方程式表示出来。现代大气科学的开拓者们基本上都符合这样的学术成长规律。

每位著名学者的原先知识背景对其在大气科学领域做出重大创新起到重要作用，特别是数学和物理的知识背景几乎必不可少。一方面，数学和物理的理科思维有助于迅速从纷繁复杂的表面现象中概况出事物本质；另一方面，易于利用数学和物理知识把概况的本质简洁表达出来。比如挪威学派的气旋模型和锋面理论提出与皮叶克尼斯父子的长期观察和思考分不开，也得益于物理和数学功底。再如罗斯贝在大气科学多方面做出众多成就，以大气长波理论为代表的每项成就的取得除了他天才的思维，还和他用明确的数

学公式阐述物理过程的能力直接相关。

在一些学者使用数学和物理知识促进大气科学发展的同时，这些重大成就反过来又促进了其他学科的发展，比如洛伦兹提出混沌理论促进了大气科学飞跃，也促进了其他学科的发展，而且带来人类哲学观念的又一次变革；冯·诺依曼促进了计算机在大气科学中的应用，反过来也促进了计算机学科自身的发展。

2.2 中国现代著名气象学家的学科知识背景

中国现代大气科学没有很好改造中国古代传统气象学，多数现代大气科学理论从欧美引进，特别是罗斯贝提出的许多大气科学理论体系传入中国，成为中国现代大气科学的主要理论体系。中国现代气象学家多数有留洋经历，也多数从理科，特别是数学和物理的知识背景中获益。对中国著名代表性气象学家的学历背景分析也能看出这些规律（表2）^[6-7]。

从表2简单统计结果可以看出，100%的中国气象学家本科阶段有理科背景，其中物理、数学是必修课程，经过严格的理科训练。近三分之二的气象学家在硕士阶段转入气象学领域，同样比例的学者在博士阶段继续学习气象学。其中陶诗言是特殊情况，虽然没有硕士和博士学历，但从中国天气预报实践中逐渐成长为一代宗师，其本科的理学背景对其学术成长起到

表1 20世纪国际上代表性气象学家学科背景

国籍	姓名	本科	硕士	博士	工作经历
挪威	V.皮叶克尼斯 (Vilhelm Friemann Koren Bjerknes, 1862—1951年)	数学、物理	/	/	斯德哥尔摩技术大学教授
挪威	J.皮叶克尼斯 (Jacob Aall Bonnevie Bjerknes, 1897—1975年)	/	/	大气科学	Bergen大学地球物理研究所教授
英国	理查森 (Lewis Fry Richardson, 1881—1953年)	物理、化学等	/	/	Eskdalemuir天文台台长
英国	内皮尔·肖 (Sir William Napier Shaw, 1854—1945年)	数学、理学	/	/	大气科学局局长
美国	罗斯贝 (Car-Gustaf Arvid Rossby, 1898—1957年)	数学、物理	数学、物理	/	麻省理工学院，芝加哥大学，斯德哥尔摩气象研究所
美国	查尼 (Jule Gregory Charney, 1917—1981年)	数学、物理	数学、物理	大气科学	普林斯顿大学高级研究院研究员
美国	洛伦兹 (Edward Norton Lorenz, 1917—2008年)	数学	数学、物理	大气科学	麻省理工学院研究工作
荷兰	克鲁岑 (Paul Crutzen, 1933—)	数学、理学	/	大气科学	气象学院计算机程序员，获诺贝尔化学奖
匈牙利	冯·诺依曼 (John von Neumann, 1903—1957年)	数学、化学	/	数学	普林斯顿，借助ENIAC首次实现数值预报
澳大利亚	齐尔曼 (J. W. Zillman, 1939—)	数学、物理、政治科学	大气科学	大气科学	长期在WMO工作，曾任WMO主席

注：工作经历一般选择对其成就影响最大的，由于学制不同或人生经历不同，没有经历的求学阶段用/表示。

表2 20世纪中国著名气象学家学科背景

姓名	本科	硕士	博士	工作经历
蒋丙然 (1883—1966年)	物理	/	气象学	中国气象学会首任理事长
竺可桢 (1890—1974年)	土木工程、农学	/	气象学 (地学院)	浙江大学，中国科学院
涂长望 (1906—1962年)	科学	经济地理学、气象学	地理学	中央气象局
赵九章 (1907—1968年)	物理学	/	地球物理学	中央研究院气象研究所
郭晓岚 (1915—2006年)	数学、地学	气象学	气象学	芝加哥大学教授
叶笃正 (1916—2013年)	理学	气象学	气象学	中国科学院大气物理研究所
谢义炳 (1917—1995年)	理学	气象学	气象学	北京大学教授
陶诗言 (1919—2012年)	气象学	/	/	中国科学院大气物理研究所
顾震潮 (1920—1976年)	气象学	气象学	气象学	中国科学院大气物理研究所

注：工作经历一般选择对其成就影响最大的，由于学制不同或人生经历不同，没有经历的求学阶段用/表示。

重要作用。

中国近代著名气象学家，一般从数学、物理、理学还有地学转入大气科学的较多，这与早年我国一些著名高校重视理学（包括地学）教育有关。良好的物理和数学等理科功底训练使得这些学者在大气科学领域很容易取得突破。

2.3 数学物理背景与大气科学创新的基本规律

考虑到20世纪以前，多数国家的高校和研究机构还没有大气科学的正式学制和专业，而20世纪70年代后，大气科学成为非常普遍的专业。所以选取19世纪末到20世纪区间的著名科学家进行统计分析是合适的，可以考察这个建制化历史过程中，他们的学科背景变化和其大气科学学术成就的关系。

根据可以不用全样本就能得出基本结论的统计规律，没有穷举这一历史时期所有气象学家的情况。同时从反面来验证这种现象，试图寻找非理科背景在大气科学领域做出重大原始创新的学者，但经典性的代表人物比较缺乏。有少数非理科背景学者在大气科学某些领域做出成就，但是要么偏向于综合性研究，要么重新进行理科训练获得理科学位，这也就说明“存在决定意识”，理科背景对于大气科学“硬研究”的不可或缺。

根据对国内外著名气象学家学历背景的统计分析，结合拥有理科背景的人物背景考察，论证了如下一个大气科学原始创新的基本规律：在现代大气科学领域取得重大原始创新的学者，其背景知识结构一般包括数学、物理学和其他理学学科。这样学科背景转入大气科学比较容易，进入大气科学后更容易做出重大的原始创新。尤其数学和物理学是必备知识，这点有较大的可信度。可以把这种创新类型概括为“数理型的创新模式”。

极少数学者情况特殊，比如冯·诺依曼和陶诗言，其中冯·诺依曼虽然没有系统学习大气科学，但是具有深厚的数学功底，所以从计算机角度为大气科学的发展做出重大创新。陶诗言是当代中国气象学的一代宗师，虽然没有硕士和博士学历，但是本科拥有扎实的数学和物理功底。陶诗言学术成长建立在长期的中国天气业务的实践中，经过大量的气象学实践，其实践经验积累大大超出一般气象工作者，他从实践中提出许多重大创新理论。此外，美国“龙卷先生”（T. T. Fujita, 1920—1998年）的著作中很少用到数学公式，而使用大量精美的概念性示意图，却能够很清楚地解释风暴原理，他对数学的悟性为后人称道。这三位著名气象学家说明除了“数理型创新模式”之外，还存在“发现型的创新模式”，如同DNA的发现

一样，同样是重要的原始创新方法。

无论是“数理型”的创新还是“发现型”的创新，都有一个共同特点，就是其知识背景中必然有以数学和物理为主的理科学术训练，而且理论与实践紧密结合。经过物理、数学的训练，分析气象现象的抽象能力和公式构建能力大为提升，更加容易做出重要发现和重要创新。

3 数学和物理促进大气科学创新的逻辑关系

近代大气科学的发展有其自身的规律和特性，之所以物理和数学背景的学者更容易在大气科学领域做出创新，与近代大气科学建制化历程和发展特点有关，这种客观规律使得数学和物理背景更容易发现问题和解决问题。

3.1 现代大气科学发展依赖于自然科学和技术的最新成果

现代大气科学是科学丛林群体突破的一个分支，从别的学科和技术发展中获得养料。由于英国、法国、德国和美国相继完成了工业革命，资本主义在19世纪达到一个高峰，促进了生产和科学技术飞速进步，对整个社会产生了巨大的影响。大气科学的发展离不开科学繁荣的19世纪数学、物理学、测量学等多学科的成果，借助于19—20世纪初自然学科的巨大发展，并结合自身的特点，大气科学的发展逐渐从经验、局部、平面、定性、感性转向理论、全局、立体、定量、理性^[10]。

除了科学，技术的发明对于现代大气科学的促进作用同样非常重要。比如技术发展为大气高空探空仪提供了强有力的技术，20世纪初以卫星探测为代表的探测技术加快了气象观测向全局和立体化的发展。再如高速计算机、气象卫星和气象雷达的出现为数值天气预报、气候模式以及预报技术的高速发展奠定了基础。

现代科学发展一个突出特点就是数学化，越来越多的自然科学分支学科依托最新数学知识得以发展。当代技术的发展走向高、精、尖，更加需要最新物理理论和数学计算的知识。整个当代科学技术发展趋势必然影响到大气科学的发展，要想做出重大科学创新，拥有扎实的自然科学知识是必不可少的，特别是物理和数学背景。所以前文论述的20世纪国外和国内著名气象学家的学历背景分析完全印证了这个规律。

3.2 大气科学问题本质上就是数学和物理问题

现代大气科学的特性和发展规律就是需要把大气现象转化为可以定量求解的物理和数学方程。现代大气科学的开拓者们把握住了本质问题。挪威学派的创始人V.皮叶克尼斯在20世纪初期“大气科学还处于艺术阶段”时，就大胆地将大气科学问题归结为物理

和数学问题,并创造性地将数学物理方法引入研究大气运动。1904年,V.皮叶克尼斯发表了《一种天气预报的理性方法》的演讲,把数学方程式应用到原始大气数据信息中,提出开展数值天气预报的计划。1907年,V.皮叶克尼斯开发了把物理力学应用到大气和海洋环流中的新方法。

科学技术史上的杰出人物都善于从战略角度出发把握未来学科发展的主流方向^[8]。作为挪威学派开创人V.皮叶克尼斯就是一个极具战略思维的科学家,无论是在具体的理论研究方面,还是在对整体学科的发展方向上都是如此。V.皮叶克尼斯作为气象学大家的高明之处就在于,把大气科学问题转化为数学和物理问题,从解方程出发,求得特定解,从而做出预报。数值天气预报的出现和成功应用更是把物理和数学嵌进了大气科学大厦的根基中。

3.3 物理和数学最新发展对大气科学有直接的促进作用

现代大气科学建立之初,遍地黄金,杰出的气象学家们非常重视物理、数学、计算机最新成果的应用。物理和数学最新发展对大气科学起到了直接支撑作用。

芝加哥学派创始人罗斯贝,非常注重数学和物理对于研究气象学的重要性,例如他曾经鼓励著名气象学家威利特到普林斯顿大学学习数学、物理最新知识,学成后安排他去Bergen学校学习新的预报理论。罗斯贝本人非常重视物理和数学知识对大气科学的促进作用,在研究高空大气运动时他抓中了长波这一重要特征,取得了理论上的突破。罗斯贝向查尼强调数值天气预报的重要性,并推荐查尼与冯·诺依曼合作,推动了数值天气预报取得成功,这是物理、数学、大气科学、计算机等学科综合取得原始创新的经典案例,也显示了罗斯贝不同寻常的战略眼光^[9]。

从科学技术史角度来看,物理和数学的发展有力促进了大气科学的繁荣。比如流体力学方程成为大气动力学的基础,偏微分方程理论用于建立大气运动和变化的数学语言描述,非线性系统理论使人们认识到随机性背后隐藏的有序性,场论为气象学中的位势理论提供理论工具,概率论为气象的统计预报打下基础,计算数学支撑了气象数值模拟预报技术的实现等。

4 数学、物理背景对人才培养的启示

数学、物理背景对于大气科学原始创新的重要作用,表明对大气科学人才培养需要高度重视物理和数学的专业基础训练。同时也说明从科学技术史角度分析创新规律,对于学科发展战略有独特价值^[11]。

(1) 对优秀大气科学人才的选拔,其知识结构

非常重要。对于从事大气科学前沿研究领域来说,比如组建数值天气预报创新队伍时,应该更多考虑数学、物理学、计算机等学科人才的加入,对数学和物理学的悟性尤为关键。大科学时代,面临大数据的挑战,合理的背景知识结构是推动创新的重要前提。

(2) 从气象学一代宗师陶诗言院士的学术成长来看,没有硕士、博士等高学历,没有国外留学或访学背景,同样可以做出重要成就。气象业务的实践可以在某种程度弥补学历上的一些不足,有助于“发现型”创新型人才的成长;这对于“整天坐办公室”的人员来说,到业务部门接触并积累气象实践非常重要,在实践基础上加强数理功底或许也可以产生一些重要的原始创新。因为理科思维和工作方式的培养会在实践中得到加强。

(3) 随着气象事业发展,未来非气象专业和文科人才将会不断加入气象部门,带来新的创新源泉。对于非气象专业的人才加入气象部门,对其业务培训非常重要,包括预报员培训、气象基础知识培训等。培训内容中,数学和物理学基础知识培训和大气科学其他知识培训同等重要。如果基本数学和物理学知识占到接近一半课程,对于大气科学理解将会更加深入稳固,发掘创新的潜质会更多。

5 小结与展望

从人才培养的综合素质来看,文理交融有助于促进领军人才的成长,数学和物理的理科背景,结合人文精神往往使学者拥有更加宽广的学科视野和洞察力,容易做出重大的原始创新。学科背景对于不同类型的人才成长有重要作用,对于大气科学新领域的开拓和分支学科的延伸也将会产生重要促进作用。这方面的深入研究有待从气象科技史的学科角度进一步探索。

参考文献

- [1] Gold E. Prof. V. F. K. Bjerknes, For. Mem. R.S. Nature, 1951, 167: 838-839.
- [2] Byers H B. Car-Gustaf Arvid Rossby 1898-1957. American Philosophical Society, 1959.
- [3] Allaby M. Encyclopedia of Weather and Climate. New York: Facts on File Inc, 2002.
- [4] Phillips N A. Carl-Gustaf Rossby: His times, personality, and actions. Bulletin of the American Meteorological Society, 1998, 79: 1097-1112.
- [5] Phillips N A. Jule Charney's influence on modern Meteorology. Bulletin of the American Meteorological Society, 1982, 63: 492-498.
- [6] 钱伟长. 20世纪中国知名科学家学术成就概览 地学卷 大气科学与海洋科学分册. 北京: 科学出版社, 2011.
- [7] 刘昭民. 西洋气象学史. 台湾: 中国文化大学出版社, 1981.
- [8] 钱永甫, 陈月娟, 王谦谦, 等. 郭晓岚教授对大气科学的杰出贡献. 气象学报, 2006, 4: 405-411.
- [9] 贾朋群, 秦莲霞, 胡晓梅. 罗斯贝和20世纪大气科学的发展. 自然杂志, 2004, 26(3): 163-166.
- [10] 谢志辉, 丑纪范. 大气科学思想史//涂光炽. 地学思想史. 长沙: 湖南教育出版社, 2007.
- [11] 汪前进, 胡维佳. 科技史视角的科技战略研究. 中国科技史杂志, 2007, 28(4): 491-501.