

气象科技发展历程的若干回顾及启示

许小峰¹ 张萌^{2,3}

(1 中国气象局, 北京 100081; 2 兰州大学大气科学学院, 兰州 730000; 3 中国气象局气象干部培训学院, 北京 100081)

摘要: 探索大气层及其演变规律, 科学预测其发展变化趋势, 是人类适应环境、趋利避害的必然选择。在回顾大气科学发展史多个关键事件的基础上, 通过分析气象学界著名的挪威学派、芝加哥学派产生和发展情况及近代中国气象学者对于大气科学学科发展所做出的贡献, 以此来探讨大气科学发展史对于当代大气科学发展的启示, 即: 大气科学的发展依赖于自然科学和技术的最新成果, 同时又与其他学科相互促进、协同发展; 在大气科学学科发展过程中应宽容不同意见, 不迷信神话和权威; 大气科学学科的兴盛离不开领军人才。

关键词: 大气科学, 气象史, 发展, 启示

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2014.06.001

Some Reviews and Inspirations on the Development of Meteorological Science and Technology

Xu Xiaofeng¹, Zhang Meng^{2,3}

(1 China Meteorological Administration, Beijing 100081

2 College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000

3 CMA Training Centre, China Meteorological Administration, Beijing 100081)

Abstract: In order to adapt to the environment and avoid disadvantages, human beings must keep exploring the atmosphere and its evolution rules, predicting its trends of change scientifically. Seeking the inspiration of atmospheric science history for the present, this paper reviews some key events in the history of atmospheric science by analyzing the development of the Bergen School and Chicago School of Meteorology, and putting forward the contributions of Chinese meteorologists in modern times. This paper sums up some viewpoints. The development of atmospheric science depends on the latest achievements of natural sciences, and it also contributes to the development of other subjects. With the development of atmospheric science, one should be tolerant to different viewpoints and not be superstitious to authority. And the leading talents are quite essential for the development of atmospheric science.

Keywords: atmospheric science, meteorology history, development, inspiration

1 引言

环绕地球不断运动的大气圈层, 是维持地球生态生存、演变的必要条件, 无时无刻不对人类的生产、生活及生态环境产生重要影响。探索大气层及其演变规律, 科学预测其发展变化趋势, 是人类适应环境、趋利避害的必然选择。

16世纪以前, 人们只能依靠肉眼看到的天象、物象来判断天气或气候的变化, 随着观云测天经验的积累, 气象观测仪器的出现和发展, 数学、物理等现代科学知识和原理的引入, 以及军事和民生对其的迫切需求, 对大气现象的分析、预测逐渐摆脱了“算

卦”、“占卜”等非科学因素, 发展成为一门有理论基础的气象学科。随着科学理论和高新技术的进一步发展, “气象学”或“气象科学”的概念已逐渐被“大气科学”的概念所取代, 其研究内容也大大超出了传统气象学的范畴^[1]。

2 大气科学发展回顾

2.1 气象学的萌芽

回望人类历史, 从远古时代开始一直到公元15世纪末的数千年, 是古代气象知识的积累期。在这段漫长的时期内, 自然界频繁出现的大气现象不断被人类关注, 对其认识也渐渐由少到多、由表及深。但在缺少现代科学思想和认识方法的时代, 人类对于气象的认识也只能是感知性和经验性的, 且在全球不同地区的气象认知水平参差不齐。

古代文化源地有四处, 即亚欧非三洲交界、印度

收稿日期: 2014年6月24日; 修回日期: 2014年10月15日

第一作者: 许小峰(1957—), Email: xuxf@cma.gov.cn

资助信息: 中国气象局气象干部培训学院“气象科技史研究”项目

次大陆、亚洲东部中国和古代美洲，本节仅对古代中国和古希腊的气象认知发展做简要梳理。

中国古代，为了安排农事生产、祭祀等活动，对天文、气象的占卜逐渐显现。例如商代就很重视天气对人类活动的影响。商代甲骨文中对天气现象的记载已十分完整、细致，包括降水、天空状况、风、云雾、大气光电现象等许多项目（图1），且对这些大项还有更细致的分类，如将降水现象分为雨、雪、雹、霜等，对雨又有大雨、猛雨、疾雨、足雨、多雨和毛毛雨等区别。

商代卜辞常有对预知天气状况的要求，这与当时的社会生产水平是相适应的。殷人还常在卜问后，把这十天的天气实况刻在甲骨上卜问部分的后面，用作验证。因此所发掘出来的甲骨文中，往往可以发现连续十天的天气实况记录^[2]。

到了西汉，中国的气象知识发展可以归纳为三个方面：观测范围的推广和深入，气象仪器的创造和应用，天气现象的理论解释。直到明代初期（即15世纪）以前，中国在气象学的认识有许多地方并不落后于西方^[3]。如唐代天文学家、数学家李淳风（602—670年），是世界上第一个给风定级的人，在其专著《乙巳占》的气候占和候风法中记录了很多重要的气象现象。李淳风对风的观测非常详细，古代中国一般使用的是8方位风向，因之有八风之名，李淳风进一步把风向明确定为24个，并根据树木受风影响而带来的变化和损坏程度，创制了八级风力标准，即：“动叶，鸣条，摇枝，堕叶，折小枝，折大枝，折木飞砂石，拔大树和根。”一千多年后，英国人蒲福（Francis Beaufort, 1774—1857年）于1805年才把风力定为12级共13个等级。明代杰出科学家徐光启（1562—1633年）编撰的《农政全书》中总结了天气和气候变化与农业生产的密切关系，供当时的农民参考，强调了纬度的变化对农作物生长非常重要，应该关注南北气候的差异，以便引种改制。在农业生产中，经度、纬度、季节、区域等影响要素都应该得到关注^[4]。

王鹏飞^[2]总结中国古代气象上的成就主要有：最早的十天天气实况资料，大气奇异光象的观测和图



图1 甲骨文中对天气现象的记载
（从左至右依次为风、云、雨、雪、霾）

谱，云的观测和古云图集，风、湿度、降水的观测和仪器，天气谚语和天气预报，以及古代天气现象理论。

在古希腊，气象的认知水平有了极大发展，可以说古希腊开创了世界气象科学发展的先河。到了公元前4世纪，古希腊的著名学者亚里士多德提出了冷、热、燥、湿四种基本物性，将在他之前的各类气象认知进行汇总，撰写了迄今为止发现最早的气象学专著《气象汇论》，全书共四卷42章，其中有15章谈到气象，较为全面地阐述了云、雨、雹、霾的形成，气候变化，风的形成和分布，飓风、焚风以及晕和虹等大气现象。《气象汇论》主要介绍亚里士多德及其同时期或其前人们的气象观，虽然书中的许多解释在今天看来是错误的，甚至是荒谬的，但它仍对17世纪以前的西方气象学产生了重要的影响^[5-6]。

2.2 气象观测与相关技术的进步

伴随着测量仪器的陆续发明，观测和实验的大量开展，以及在此基础上进行的理论研究，气象学对天气现象的定性描述逐渐过渡到量化认识阶段。

据记载，1597年意大利物理学家伽利略发明了温度计，在成为化学界和物理界应用的仪器之前，温度计首先被气象学家使用^[7]；46年后同样是在意大利，另一位著名的物理学家托里拆利通过玻璃管和水银进行实验，证实了大气压力的存在，但由于这一过程是在实验室里进行的，无法使公众有切身的感受，尚难以服众，还引起了争议；1654年，格里克的马德堡半球试验，使人们对气压的存在完全信服；虽然早在15世纪就有人提出了湿度测量的可行性，但作为科学观测仪器的湿度计直到18世纪才由德国数学家兰伯特制造出来。而气象中另外两种重要现代观测仪器——雨量计和测风仪在1800年前后被发明。同时随着观测仪器的不断改良，气温、气压、风速、湿度等气象要素的观测精度也越来越高，为大气科学的快速发展提供了必要条件。

需要强调的是，法国著名哲学家、数学家勒内·笛卡尔（Rene Descartes, 1596—1650年）在《论气象学》中贡献了基于实际观察和定量计算的研究理论，强调用“量”的范畴来描述自然现象必须要使用标准的观测仪器、统一的度量单位、明确的记录格式。世界上最早的定量、连续观测资料肇始于17世纪中期。最早使用气象观测仪器实施气象观测，并将气象观测记录一直保存下来的是巴黎、克勒蒙费兰德、斯德哥尔摩这三个地方，时间为1649—1651年。其中，斯德哥尔摩这个地方气象仪器的观测工作首先是由笛卡尔

实施的。这三个地方的气象仪器观测构成了世界上最早的国际气象观测网^[4]。

除了气象观测仪器自身的发展外，主要用于其他领域的科技产品也为气象观测水平的提高，提供了极大的帮助。

19世纪30年代电报的发明，为各地气象观测资料的迅速传递和集中提供了条件，使绘制当日天气图成为可能。1928年，无线电探空仪的发明对20km以下的各层气象要素的探测为当时的天气预报提供了有限的资料^[8]。二战之后，最早被应用于军事的雷达开始用于探测气象要素；1958年美国发射的人造卫星开始携带气象仪器；世界上第一台电子计算机ENIAC被用于数值天气预报试验，并与1950年获得成功。在此之后，空基和地基遥感技术以及计算机的发展，使气象观测资料更加丰富、计算更加可靠。

2.3 数学和物理的引入

人类文明伊始，人们仰望星空观察宇宙，通过风走云动、阴晴冷暖感知大气层的存在和其中发生的现象；在辽阔的荒原、山水间与大自然的持续博弈中体验、思考着各种大气现象的起源、行踪与规律。因此，气象学最早是与天文学、地理学等学科混合在一起的。随着气象学包含的内容不断丰富，逐渐形成了通过以记录天气现象为主的资料积累，以探讨天气变化规律为主的理论探索和以预测未来天气为主的应用实践三方面的经典气象学内容，从而逐步建立了经典气象学科^[9]。

17世纪之后，科学革命掀起的理性主义浪潮席卷了整个西方世界，气象学显然也从中受益。其中，笛卡尔做出了突出贡献，使其之后的气象学完全摆脱了《气象汇论》的束缚，成为了完全具有科学性质的学科。1637年，笛卡尔完成了《折光学》、《气象学》和《几何学》三篇论著，并为此写了一篇序言《科学中正确运用理性和追求真理的方法论》，简称《方法论》。笛卡尔试图以这三种科学研究为例，证明其方法论的正确性，进一步证明其实证主义的哲学观点。在《气象学》一书中，笛卡尔提出了诸多气象学方面的理论，用新方法解释了各种天气现象。如他详细讨论了地面上的物质以及上升的水汽性质、云层以及风的成因，并解释了云层演化成雨、雹、雪的过程和暴风雨、雷、闪电等的成因以及虹和大气光现象。最值得一提的是笛卡尔在《方法论》中提出了四条认识客观世界的原则：首先，要尽量避免轻率判断，即使对待“权威说法”也要保持怀疑的态度；第二，遇到复杂问题时，可以把它分解为一系列简单的问题；第

三，要按照次序认识并解决系列问题，逐步回溯到原始的复杂问题；第四，要尽量全面细致地考虑问题，确信准确无误^[4]。尽管这些原则并不深奥，但对于从中世纪走出来的西方世界而言，已是很大的突破了。即便是对现代人而言，能完全做到也并非易事。

人们对天气的认识是一个漫长的过程，依赖于知识的积累，认识的提升，技术的进步，需求的推动等多种因素，在具备了这些因素后，则要看人才的涌现了。在现代气象科学领域取得突破性、奠基性进展的要首推来自挪威的皮叶克尼斯父子和在他们的领导下形成的挪威学派了。V.皮叶克尼斯在20世纪初提出天气预报是一个物理初值问题，并给出了描述大气运动的方程组，首次将流体力学、物理学的观点引入气象学研究，并用数学公式将大气运动表达出来，推动、加快了现代气象学的发展。数学表达式和物理定律的引入，使气象学成为了一门真正的现代科学。

V.皮叶克尼斯在其1904年发表的经典文献^[10]中指出，大气运动过程本质是复杂的力学与物理学问题。每一个过程都可以用一个或多个遵循力学或物理学法则的数学方程表示。只要能够建立和未知变量数量相等的独立方程，就能充分获知大气的未来发展。从气象的角度来说，在任意时间，只要确定每个点上的大气速度、密度、气压、温度和湿度，大气的状态就可以确定。根据这些物理量，可以建立起三个方向的运动方程、连续方程、状态方程和两个符合热力学定律的方程（水汽质量方程和热力学能量方程）。这就是对现在出现在教科书中的大气运动方程组的最初描述。

1905年，V.皮叶克尼斯受邀到纽约哥伦比亚大学和华盛顿特区的卡内基学院做特邀报告，介绍了他发展的环流理论，以及如何将水文动力学和热力学的原理应用到大气科学上。他在报告中提议将物理理论带入天气预报来整合天气理论与预报实务，让气象学作为一门科学彻底站立起来^[11]，这个观点受到卡内基学院的巨大支持。

2.4 经典理论的提出与数值预报的诞生

1904年大气运动方程组这一科学概念的提出，以及1922年理查森基于科学理念对数值预报的尝试（虽以失败告终），成为20世纪三四十年代极锋理论、长波理论、准地转理论、斜压不稳定理论等经典理论提出的基础和动力。这些成果又帮助“计算机之父”冯·诺依曼和美国气象学家查尼，在1950年，用刚刚诞生的世界上第一台电子计算机ENIAC，在以1949年1月31日观测记录为初值，进行欧洲地区24小时数值

预报的试验中获得成功。数值预报的成功及其后来在天气预报业务的应用，使得天气预报从完全依据预报员经验的时代逐步进入到依据数学物理模式预报结果，再由预报员进行订正的主客观预报相结合的阶段。

2.5 迅速发展阶段

最近半个世纪，大气科学在继承经典的同时，获得了极大发展。例如，在天气预报主战场，特别是随着卫星遥感技术方法的不断改进和数值预报模式更加精细化，以数值预报理论和技术为代表的预报预测分析方法逐渐占据了天气预报领域的主要位置；在大气探测方面，各种雷达的出现，不仅让气象应用雷达的视野不断拓展，其识别能力也有了质的飞跃，特别是雷达探测已经结束了“看图识字”阶段，大量量化天气探测数据进入数值预报模式，派生出很多新的科学和技术问题，并为数值预报的进步不断提供潜能。此外，从世纪之交开始，大气科学的成果不断与其他科学融合，获得了新的研究和应用领域，例如，大气化学、生物气象、全球变化科学和地球系统科学等，这些交叉、衍生学科或新被认识到的领域的出现，不仅是强烈的应用需求使然，例如，大气化学因人们更加重视空气质量与人类福祉的关系而获得加速发展，更重要的是，大气科学一些核心问题的最终解决，在很大程度上是需要多学科发展融合的支持才有可能，例如，地球系统科学可能是最终实现包括准确预报大气行为在内的地球环境预报的最终解决方向。

在这样的科学进化过程中，一方面，大气科学扮演着越来越重要的角色，例如美国气象学家洛伦兹在用计算机模拟求解仿真地球大气的13个方程时，发现由于误差指数级增长和传递，微小误差随着不断推移

将会造成截然不同的后果，即“混沌现象”，并由此诞生和发展了一门新兴的数学分支——混沌理论。混沌现象的发现和发展的影响，影响了基础科学的众多领域，在人类对于自然界的认识上，引发了本质性的变化；另一方面，气象学家需要关注的领域已经数倍地增加，大气科学涉及的基础知识“谱”的拓展不断。这一情况也造成了两方面的必然结局：大气科学家的队伍在迅速扩大（原来的大气科学家学习新知识，探知新领域；其他领域的科学家进入大气科学相关领域，与气象学者共同研究攻关）和大气科学的学科划分向更多方向及更加精细化两个维度出现史无前例的延伸与扩展。这时候，要从科学家的角度，获得大气科学整体发展脉络，绝非20世纪前半叶以几个学派为主的科学家队伍就能代表。

3 学派和学术领袖

回顾大气科学的发展历程可以发现，作为自然科学的一个重要分支，大气科学与其他自然学科一样充满着未知，这就需要有一批又一批的学者为之前赴后继，不断积累经验、开拓创新。从古希腊的亚里士多德到16世纪的伽利略，再到现代气象学之父皮叶克尼斯、“芝加哥学派”创始人罗斯贝以及数值预报的点火者查尼、冯·诺依曼，他们每个人在自己研究领域的扎实推进，都最终在大气科学发展进程中留下了坚实的烙印。当这些精英学者组成的学术团体为某一个学科的发展做出了开创性或奠基性的工作时则可将其称之为学派，因此在大气科学的发展史上，能够被称为学派的，也是被广为认可的只有两个，即以皮叶克尼斯父子为首“挪威学派”（又称卑尔根学派、北欧学派等）和罗斯贝创立的“芝加哥学派”（图2）。

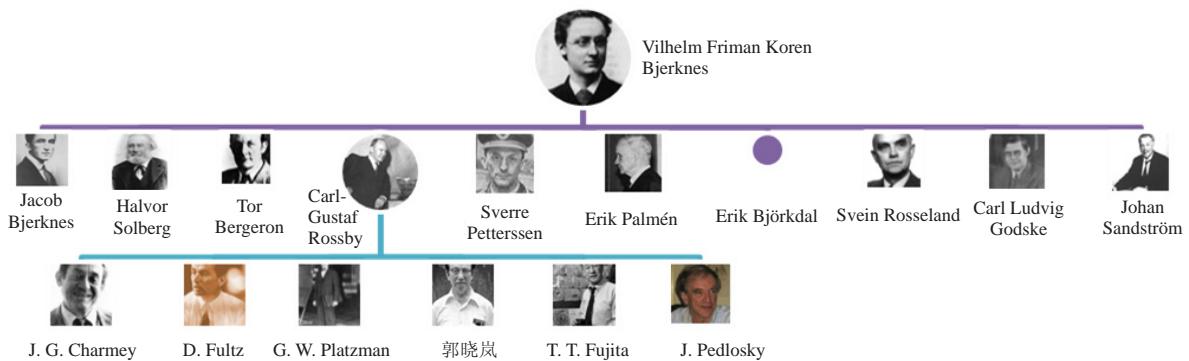


图2 挪威学派与芝加哥学派代表人物^①

^① 本图根据傅刚在2012年4月“第一届气象科技史研究学术研讨会”上的报告以及胡永云在2007年发表的《我所知道的芝加哥学派》一文绘制。

3.1 挪威学派

挪威学派是世界公认的主流气象学派，V.皮叶克尼斯和他的10个助手则是挪威学派的代表人物，无论在天气学理论方面，还是在天气分析和天气预报的方法上，他们都做出了卓越的贡献。其中，V.皮叶克尼斯先后提出环流定理^[12]和大气运动方程组^[10]，正是这些工作启发了包括埃克曼和罗斯贝在内的海洋、气象学家，在大尺度海洋和大气运动中使用数学方程和物理定律，使得现代天气预报成为可能。J.皮叶克尼斯通过查阅大量的观测数据首次描述了移动气旋的结构，指出每一个移动气旋都有两条辐合线，并将它们称之为“引导线”和“飚线”，这就是对在未来被人们熟知的“冷锋”和“暖锋”最初的命名^[13]。之后，他又和索尔伯格、贝吉龙等结合锋面气旋云系和降水特征建立了理想气旋模型，提出气旋生命史的四个阶段并解释其生成和消亡的原因^[14-15]。其他成员的工作，则不断完善了挪威学派的理论体系。总的说来，挪威学派在气象学上的贡献是非常广泛的，且都带有奠基价值。

3.2 芝加哥学派

曾是V.皮叶克尼斯的助手之一的罗斯贝，后来则成为了“芝加哥学派”的创始人。1925年，罗斯贝在瑞典-美国文化交流基金的资助下前往美国学习，1941—1947年在芝加哥大学任教期间，创立了芝加哥学派。而罗斯贝个人对气象学的主要学术贡献是1928—1939年在麻省理工学院（MIT）工作期间做出的，如关于中纬度西风带波动的研究^[16]，如今，大气科学中的许多术语都是用罗斯贝的名字命名的，且都或多或少与大气长波理论相关。芝加哥学派的另一代表人物查尼在大气动力学方面也有许多贡献，如首先给出了动力学分析中应用准地转近似的方法，建立了准地转理论；对大气长波的产生机制进行了深入研究，提出斜压不稳定理论^[17-18]；与冯·诺依曼合作，推动了数值预报取得成功；等等。芝加哥学派特别强调大气科学问题的基本物理原理，而不是停留在大气现象本身，这种从最基本的物理或流体力学原理出发来研究大气科学问题的风格，也许是芝加哥学派能够做出许多开创性工作的重要原因^[19]。

3.3 中国学者的贡献

在国际大气科学领域快速发展的时期，中国由于长年战乱，科学技术水平相对落后，但就是在这样艰苦的环境下，中国的气象学家们依然坚持探索，为中国气象事业的建立，乃至世界大气科学的发展做出了重要贡献。

竺可桢（1890—1974年）1918年获美国哈佛大

学博士学位后回国，那时中国气象的科研与业务几乎是空白的，他为推进我国的气象科学做出了不懈的努力。1927年，竺可桢在南京筹建了中央研究院下属的气象研究所，经过几年的努力，在国内建立了拥有40多个气象站和100多个雨量测量站的中国气象观测网，还开展了高空探测、无线电气象广播、天气预报等工作，整理出版了中国气候资料，创办《气象杂志》，发表了许多研究成果，培养了一批现代著名的气象学家，中国气象事业由此初具雏形^[20-21]。赵九章是中国动力气象学的创始人，所著《信风带主流间热力学》是我国真正把数学和物理引入气象学、解决气象学问题的一篇重要论文。他首先提出了长波斜压不稳定概念，比Charney的工作早发表了一年^[22]。郭晓岚在大气正压不稳定性理论、大气环流、飓风形成理论、热对流和地气相互作用等领域具有突出贡献，并被美国气象学会授予“罗斯贝奖”^[22]。叶笃正将罗斯贝提出的行星波理论发展到一个新的阶段，发表了被认为是对动力气象学发展具有重要贡献的论文——《论大气中能量频散》^[23]。他还对完善地转适应理论做出了贡献，提出地转适应的尺度理论，从物理上辩证地指出气压场和风场是两个相互依存并相互制约的矛盾双方，它们之间的适应关系取决于运动的尺度^[24]。谢义炳在东亚降水天气系统与湿斜压天气动力学等方面做出了开创性的成果，提出了湿斜压大气的概念和理论^[25]。陶诗言是中国天气学研究和天气预报业务的开拓者之一，他系统、准确地划分了入侵中国的寒潮路径，并首次提出寒潮过程是高空大型天气过程急剧调整结果的理论观点。顾震潮则开创了中国数值天气预报事业，提出在数值天气预报中运用历史资料的方法^[22]。

这些中国的气象学家，把从国外所学的理论带回中国，并结合中国的实际情况开展工作，为中国现代气象科学研究与业务发展做出了开创性的贡献，使得中国跟上了世界的步伐。

4 对当代大气科学发展规律的认识

大气科学的发展有其自身的规律，比如定量探测技术、观测站网的建设为现代气象科学奠定了基础，实际需求是推动大气科学发展的动力，杰出的领军人才和团队在科技创新中起着关键性作用等。

（1）大气科学与其他学科相互促进、协同发展

19世纪随着工业革命的进行，资本主义社会的科学技术水平飞速发展，人类对于自然的认识达到了前所未有的高度，自然科学的发展逐步形成体系。在此过程中，大气科学在其他学科的促进下，得到了快

速发展，比如流体力学方程成为大气动力学的发展基础；偏微分理论被用于解释大气运动和变化背后的微观过程；场论为气象学中的位势理论提供理论工具；概率论的发展为气象统计预报的发展奠定了方法基础。气象科学的发展除了依赖于19世纪哲学、数学、物理学、测量学等学科的成果，还离不开20世纪人造卫星技术和计算机技术的高速发展，探测技术的发展为气象高空探空提供了技术保障，随着气象卫星和气象雷达的出现，气象观测呈现快速、立体化发展，为气象预报与研究提供了大量的实况数据，极大地促进了大气科学的发展。同时计算机技术的发展又帮助大气科学开创了新的里程碑——数值天气预报。

大气科学在借鉴其他学科先进成果的同时也在促进其他学科发展。随着大气科学研究领域的不断拓展，学科间相互交叉渗透，相互促进的局面逐渐形成，大气科学特定的要求不断为其他学科开辟新的研究前沿，丰富其他学科的内容。例如海气相互作用的研究大大促进了海洋学的进步，由于大气和海洋运动都受到地球旋转、重力和热力影响，海气相互作用的研究开创和发展了地球流体动力学^[26]。大气科学对于云物理、雷暴、湍流的研究，提高了飞行器运行的安全性和稳定性，促进了航空业的发展。大气本身就是人类生存环境的重要组成部分，对其研究的深入和进展显然会推进对环境科学的认识。因此大气科学与其他学科之间应当建立一种相互促进、协作发展的关系，大气科学学科在其自身发展的过程中，要充分了解其他学科的前沿成果，应用先进的科学技术和研究方法，加强学科间的人才和成果交流。

(2) 宽容不同意见，不迷信神话和权威

优秀的科技人才往往较有主见，对一些问题有自己独特的看法，且性格直率，不掩饰自己的观点。如罗斯贝1925年到美国气象局工作后，由于对美国气象部门的行政和业务工作都不太满意，发表了一些不同意见，得罪了一些人，在那里工作期间并不愉快，并被宣布为“不受欢迎的人”。庆幸的是罗斯贝还有机会，时值加州要发展航空业，正筹建从旧金山到洛杉矶的航路，航空基金会便聘用了罗斯贝，请他去建立航空气象业务系统，一年之内便完成了航空气象网的建设。美国气象局最终也接收了罗斯贝建成的航空气象业务网，并将其作为美国各航空业务机构的样板，认可了罗斯贝的成绩。如果没有美国气象界的宽容，可能就不会有芝加哥气象学派的辉煌历史。

如果缺少宽容、迷信权威，也会导致在科学探索的道路上出现迷失或停滞不前。19世纪50年代，英国成立了气象局，首任局长菲茨罗伊的工作深受出海

水手们的欢迎，他们不要求天气预报全对，大部分对就可以了。但当时社会的贵族们认为不太准的天气预报会妨碍他们的生活，守旧的科学大师们也不支持，一些英国皇家学会的大人物用物理学、生物学的目光看待大气科学，认为科学结论都是要在实验室做好才能应用到实际。这导致19世纪60年代初期，英国气象局被取消，菲茨罗伊被调到英国皇家学会做资料统计员。后来，人们发现菲茨罗伊的天气图上已经绘出了气旋和锢囚气旋。1934年，英国气象学家肖氏(N. Shaw)提出，如果菲茨罗伊继续沿着他的道路前进，则气旋的锋面学说将出现在1870年而不是1919年。而再看肖氏自己，也有类似的遗憾。1878年英国气象学家艾伯克龙比总结出地面七种气压形势场，奠定了气压场形态学的基础。艾伯克龙比被捧为“大英帝国的亚里士多德”，他的学说完全主导了英国气象学界。20世纪初，肖氏逐步总结出气旋波理论，发现了气旋中的三股气流和不连续线，他已经走到了斜压大气气旋波理论的门口，但肖氏在权威面前戛然而止，未能再深入下去。否则，锋面学说或许可以首先诞生在英国。如果英国气象界当时不迷信权威，对后来者抱着宽容的心态，如果相关科学家不固步自封，在自己开辟的道路上再前进一步，或许在气象科技史上真的会出现“英国学派”。

(3) 科学的兴盛离不开领军人才

从挪威学派的气旋学说至芝加哥学派的长波理论，一批精英学者的通力合作带动了两个学派的兴盛发展，也使得气象学整体水平有了很大提升。而20世纪30年代前后，随着罗斯贝、J.皮叶克尼斯移居美国，气象学研究的主战场也从欧洲向美国转移，这更说明科学的兴旺离不开领军人才的引导。领军人才，顾名思义，不仅自身能力出众，而且通常具有崇高的价值追求、出类拔萃的科学素养、卓越的领导才能、独特的人格魅力、坚韧的拼搏毅力、强大的团队凝聚力和广泛的社会影响力等优良素质^[27]。而皮叶克尼斯父子、罗斯贝和查尼等人正是气象学界当之无愧的领军人才。他们以卓越的眼光招贤纳士、大胆做出创新的工作。正所谓“名师出高徒”，领军人才经常能够培养出精英学者，以壮大其研究团队，团队壮大所带来的号召力又会吸引更多的精英加入，从而形成良好的循环，研究成果不断推陈出新，一个地区甚至国家在某一学科上的领先优势也通常在这个时候被确立。

以史为鉴，如果中国大气科学要走到世界前端，科技人才队伍建设显然是最重要的环节，而其中领军人才的涌现则是更为关键的条件。

5 结语

20世纪是大气科学获得迅速发展的100年，基础理论的突破、现代探测技术和计算技术的发展起到了至关重要的作用。但对于复杂多变的大气，人类的认识还非常有限，仍有许多难题尚待解决。如对于中小尺度天气系统的剧烈变化，能否在云物理方面取得突破；在气候预测领域，能否在基础理论、预测方法上有所斩获；在气候变化领域，能否在气候增暖的背景下，对气候系统各圈层造成的影响及演化规律有系统性的、更为清晰的认识；还有诸如无缝隙预报、应用气象、探测技术、信息分析、复杂性处理等多方面的领域需要深入探索。或许通过回顾、探讨和总结历史进程，对推进未来的发展能有所启示，期待大气科学在一些核心领域，能像过去100年那样，突破瓶颈，攻克关键难题，取得大踏步进展。

参考文献

- [1] 李国平. 动力气象学(大气动力学)发展、回顾与展望//新编动力气象学. 北京: 气象出版社, 2006.
- [2] 王鹏飞. 中国古代气象上的主要成就. 南京气象学院学报, 1978(1): 141-151.
- [3] 竺可桢. 中国过去在气象学上的成就. 科学通报, 1951, 2(6).
- [4] 杨萍, 叶梦姝, 陈正洪. 气象科技的古往今来. 北京: 气象出版社, 2014.
- [5] 王鹏飞. 世界大气科学发展概史//王鹏飞气象史文选. 北京: 气象出版社, 2001.
- [6] 刘昭民. 西洋气象学史. 台湾: 中国文化大学出版社, 1981.
- [7] Middleton W E K. A History of the Thermometer and Its Use in Meteorology. Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1966.
- [8] 黄荣辉. 大气科学发展的回顾与展望. 地球科学进展, 2001, 16(5): 643-657.
- [9] Nebeker F. Calculating the Weather, Meteorology in the 20th Century. Academic Press Inc, 1995.
- [10] Bjercknes V. The problem with weather forecasting as a problem in mechanics and physics. In: Shapiro M A, et al. Life Cycles of Extratropical Cyclones. Boston: American Meteorological Society, 1999.
- [11] Cox J D. 闻新宇, 贾喆, 朱清照译. 风暴守望者——从富兰克林的风箏到厄尔尼诺的天气预报风云史. 北京: 科学普及出版社, 2014.
- [12] Thorpe A J, Volkert H, Ziemiański M J. The Bjercknes' Circulation Theorem: A Historical Perspective. Bulletin of the American Meteorological Society, 2003(4): 471-480.
- [13] Bjercknes J. On the structure of moving cyclones. Geofysiske Publikasjoner, 1919, 1(2): 1-8.
- [14] Bjercknes J, Solberg H. Life cycle of cyclones and the polar front theory of atmospheric circulation. Geofysiske Publikasjoner, 1922, 3(1): 3-18.
- [15] 叶鑫欣, 焦艳, 傅刚. 挪威学派气象学家的研究工作和生平: J.皮叶克尼斯、H.索尔伯格和T.贝吉龙. 气象科技进展, 2014, 4(6): 35-45.
- [16] Rossby C G. Relation between variations in the intensity of the zonal circulation of the atmosphere and the displacements of the semi-permanent centers of action. J Mar Res, 1939, 2: 38.
- [17] Charney J G. The dynamics of long waves in a baroclinic westerly current. J Meteor, 1947, 4: 135.
- [18] Eady E T. Long waves and cyclone waves. Tellus, 1949, 1: 33.
- [19] 胡永云. 我所知道的“芝加哥学派”//北京大学物理学院大气科学系. 江河万古流: 谢义炳院士纪念文集. 北京: 北京大学出版社, 2007.
- [20] 《竺可桢文集》编辑小组. 竺可桢文集. 北京: 科学出版社, 1979.
- [21] 王东, 丁玉平. 竺可桢与我国气象台站的建设. 气象科技进展, 2014, 4(6): 67-73.
- [22] 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, 2010.
- [23] Yeh T C. On energy dispersion in the atmosphere. J Meteor, 1949, 6: 1-16.
- [24] 吕美仲, 侯志明, 周毅. 动力气象学. 北京: 气象出版社, 2004.
- [25] 北京大学物理学院大气科学系. 江河万古流: 谢义炳院士纪念文集. 北京: 北京大学出版社, 2007.
- [26] 张大林. 大气科学的世纪进展与未来展望. 气象学报, 2005, 63(5): 812-824.
- [27] 盛若蔚. 呼唤“帅才”: 科技需要领军人物. 人民日报, 2005-01-11(9).

“第二届气象科技史研究学术研讨会” 征稿启事

气象科技史研究有助于从不同视角看待大气科学主流问题与发展难题，对全面把握气象科学发展规律、培养眼界开阔的气象科技工作者及拓宽大气科学研究边界等具有重要意义。继2013年首次会议成功举办之后，中国气象局气象干部培训学院主办的“第二届气象科技史研究学术研讨会”计划于2015年11月在北京召开。

现征集与会议主题相关的学术论文（字数一般不超过10000字）或详细摘要。本刊将与会议组委会合作，在征得作者同意后刊载参会优秀论文。

请于2015年5月15日前提交论文题目和摘要；2015年7月15日前提交会议论文或详细摘要。投稿Email: qxkjshy@yeah.net

会议详细通知参见本刊主页“信息公开”。