

气象科学技术的历史探索

——第二届气象科技史学术研讨会论文集

Historical Exploration of Meteorological
Science and Technology

Proceedings of the Second Symposium on the History of Meteorological
Science and Technology

许小峰◎主编

气象科学技术的历史探索

——第二届气象科技史学术研讨会论文集

Historical Exploration of Meteorological
Science and Technology

Proceedings of the Second Symposium on the History of Meteorological
Science and Technology

许小峰◎主编

图书在版编目 (CIP) 数据

气象科学技术的历史探索：第二届气象科技史学术
研讨会论文集/许小峰主编. —北京：气象出版社，2017.2
ISBN 978-7-5029-5118-4

I. ①气… II. ①许… III. ①气象学-历史-中国-
学术会议-文集 IV. ①P4-092

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 022815 号

Qixiang Kexue Jishu de Lishi Tansuo——Di-er Jie Qixiang Kejishi
Xueshu Yantaohui Lunwenji
气象科学技术的历史探索——第二届气象科技史学术研讨会论文集

出版发行：气象出版社

地 址：北京市海淀区中关村南大街 46 号 邮政编码：100081

电 话：010-68407112（总编室） 010-68408042（发行部）

网 址：<http://www.qxcbs.com>

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

责任编辑：侯娅南 张 萌

终 审：邵俊年

责任校对：王丽梅

责任技编：赵相宁

封面设计：楠竹文化

印 刷：北京建宏印刷有限公司

开 本：787 mm×1092 mm 1/16

印 张：22.75

字 数：558 千字

彩 插：4

版 次：2017 年 2 月第 1 版

印 次：2017 年 2 月第 1 次印刷

定 价：68.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等，请与本社发行部联系调换。

《气象科学技术的历史探索——第二届气象 科技史学术研讨会论文集》编委会

主 编：许小峰

副 主 编：高学浩 王邦中

编 委：陈正洪（执行） 李洪臣 田 燕 闫 琳

序一

加强多学科交叉 促进气象科技史研究

气象科技史是研究大气科学技术发展历史与创新规律的综合性、通识性的专门学科，对促进气象科技进步与业务发展具有重要作用。2013 年中国气象局气象干部培训学院成功举办了“第一届气象科技史学术研讨会”，取得了不少成果和对气象科学发展的启示。不少专家建议能把这个会议继续举办下去。2015 年 12 月“第二届气象科技史学术研讨会”再次成功举办，进一步交流和研讨了大气科学技术的历史进程，归纳了气象科技创新规律。与会者也希望能够通过这个平台凝聚更多有志于气象科技史研究的学者和单位，共同参与和推进这项工作。

当今科技的发展强调面向未来、面向现代化，强调大众创业，万众创新。但创新与发展都是有其自身规律的，而这些规律往往会蕴藏于科技发展走过的历程之中，通过发现与总结，可以从中受到启示，并可以加深对现代气象业务与科研的认识和理解。从这个角度讲，气象科技史学术会议就具有其积极意义。会议已经结束，但很多成果和收获值得我们进一步总结，借此序言做点回顾和思考。

本届研讨会的通知发出后，反响很热烈。投稿论文涉及了气象科技史研究的多个领域，参会代表具有较广泛的代表性，包括了国际气象史学会第一任主席、美国科尔比学院詹姆斯·弗莱明（James R. Fleming）教授，欧洲大学校际科学技术联盟主席、法国斯特拉斯堡大学马蒂亚斯·杜瑞斯（Matthias Dörries）教授，国际气象史学会第三任主席、英国曼彻斯特大学高级研究员弗拉迪米尔·扬科维奇（Vladimir Jankovic）教授；周秀骥院士、丑纪范院士、许健民院士、丁一汇院士；中国科技史学会副理事长吴国盛教授、南京大学副校长谈哲敏教授、北京大学陶祖钰教授、国家自然科学基金委员会张朝林研究员等；还有中国气象局各直属单位、中国科学院、中国社科院、北京大学、清华大学、中国海洋大学、南京信息工程大学、内蒙古师范大学、成都信息工程大学等 40 多家科研院所的 120 多位专家和学者参加了这次学术会议。

会议举办后，各方反映良好，据了解，会后多家新闻媒体予以报道。中国科学技术信息研究所（国家工程技术图书馆）还首次收录本次会议文集。此外，关于本次学术研讨会的英文报道也已经载入国际气象史学会年度报告。

我觉得这次会议上专家们各抒己见，体现了百家争鸣。这次会议的主题是“探索大气科学历史，推动气象科技创新”，体现了历史与创新的结合。这次会议能够成功召开，我认为除了学科本身发展迅速外，另一方面顺应了气象事业的发展形势，符合国家的气象现代化发展方向。气象科技史立足当下、连接过去与未来，既“严谨看待历史”，又“夯实当前研究、科学展望未来”，不仅为气象教育和人才队伍的建设提供帮助，也为气象科技和事业创新提供借鉴。

气象科技史研究之所以得到重视，根本原因还在于对现代气象科技发展的启示作用。

首先,科学发展并非一帆风顺,随着人们认知的不断提升,科学的研究目的、研究方向一直在不断变化,这种动态性在大气科学领域尤为突出。近几年,中国气象局发布了《气象科技创新体系建设指导意见(2014—2020年)》等文件,也是希望进一步推动气象科技的创新工作。而认真研究气象科技的发展历程,挖掘大气科学发展历程中的关键事件,比如挪威学派、芝加哥学派的建立,再比如理查德森关于数值预报思路的设想、洛伦茨提出的混沌理论等等,弄清楚历史事件的来龙去脉,学习前辈们发现和解决问题的思路和方法,会有助于减少当前气象科技研发中的盲目性、浮躁性等弊端。

另一方面,气象科技史的研究有助于让专业人员更好地了解大气科学发展脉络、科学问题的解决过程及局限性。目前,在大气科学的基础教育中,比较强调知识体系的内在逻辑,对科学发展的过程关注不够,加强气象科技史的研究和学习,有助于气象科技人员从全局角度把握和理解学科的发展,提升在实际业务和科研中解决问题的思维能力。且气象科技史的知识有助于培养科技人员的人文情怀,扩展观察问题的视角。

此外,对于气象行业相关的广大从业人员来说,气象科技史研究可以为相关学科构筑学术沟通的桥梁和平台,有助于加强对不同学科相互影响的认识,这种融合能够为大气科学借鉴其他学科的发展提供帮助,也为气象文化的传播、沉淀和升华提供更广阔的土壤。二十四节气列入联合国教科文组织人类非物质文化遗产代表作名录表明中国古代气象科技成就也是中华文化的重要组成部分。全面理解气象科技的发展历程与相关学科的关系对于提升广大气象相关从业人员的认识也非常重要,如天文学、物理学、数学、流体力学等多种学科的发展和进步是如何促进气象科学发展的,测量仪器、电报、计算机等新技术的发展如何为气象业务发展与进步提供了支撑等等。

气象科技史有较好的学科交叉与综合性,对于气象现代化进程中通识人才培养和复合型干部培训具有独特价值。从这次会议报告所涉及的领域看,从气候变化到城市气候学,从中国古代气象科技史到中国近现代气象科技史,从气象观测预报到气象传播,从海洋气象学史到生物气象学史,从国内气象学家到国外气象学家,从书籍出版到气象学科建制等,无不体现了气象科技史的学科交叉与综合性。国际学者的报告对于开拓国内学者视野很有价值,这些交流与探讨必将有助于对现代气象科研与业务发展的认识。

第二届气象科技史研讨会虽已结束,但余音未了。希望参与全国气象科技史的相关学者能进一步推动这门学科的发展,特别是在气象核心业务和现代化的关键领域,比如气候变化、数值预报、大气探测、防灾减灾等方面,选准切入点,扎实做好基础研究,推动气象科技史学科繁荣。同时,希望进一步加强开放合作,将这样的学术交流活动常态化,多看看外面的世界,也为气象科技史研究人员和爱好者搭建出一个良好的常态化交流平台,并及时将会议成果通过适当途径和方式传播。本次文集收录了会议的代表性论文,反映了气象科技史研究的阶段性成果,也算是对会议成果的一次初步转化。希望通过文集的出版,展示出气象科技史在各个领域所取得的阶段性成果,也以此激励年轻的气象科技史爱好者们继续前进,努力攀登新的科学高峰。

许小峰

(中国气象局党组副书记、副局长)

2017年2月22日

序二

依托气象科技史委员会 促进气象教育和干部培训发展

科学技术史是和大气科学并列的一级学科，国际研究非常活跃。“气象科技史研究”有助于从不同视角看待大气科学发展中的一些主流问题与难题，对人才培养和拓宽气象科技工作者视野等都有积极意义。借本书出版之际，谈一下对气象科技史的理解并回顾一下气象科技史委员会筹备与进展情况。

科学技术史是关于科学技术的产生、发展及规律的科学，科学技术史既要研究科学技术内在的逻辑关系和发展规律，又要探讨科学技术与整个社会中各种因素的相互联系和相互制约的辩证关系。这次研讨会的学术报告都反映了这些特点，因此科学技术史既不是一般的自然科学，也不同于一般的社会历史学，它是横跨于自然科学与社会科学之间一门综合的学科，一般来说它会涉及以下几方面的研究内容。一是要研究科学技术发展本身的逻辑，揭示科学技术发展的思想，包括内在的规律；二是要研究社会因素对科学技术发展的制约关系，也就是所谓的机遇，揭示科学技术发展在历史关系里面的条件；三是要研究科学发展对社会的反作用问题，来预示科学技术未来的发展。

气象科技史对于推动以史为鉴的气象科学技术创新具有重要价值，这方面需要进一步专门研究，比如思考如何促进知识体系创新。中国气象学在古代有无形成一些有中国特色的知识体系？为何没有自发转化成现代意义的大气科学？西方大气科学如何与中国本土下垫面实际结合起来出现带有中国气派的大气科学？在国家创新体系中，未来大气科学发展及其分支学科如何实现原始创新？

国际上的科技史研究早已经成为一门独立的学科，受到越来越多的国家和学者的重视，许多著名高校专门成立了这个专业。目前国际上有 40 多个研究科技史的专门机构，各国出版的科技史学术刊物有 100 多种，每年出版的科技史专著和论文远高于 2000 种，研究人员超过了 1 万，国际上对中国科技史的研究非常活跃。1980 年，中国科技史学会正式成立，从那个时候开始，中国科技史研究人员不断扩展，包括来自高等院校、科研机构的研究者、在读研究生等。中国科技史学会目前设有数学史、物理学史、化学史等 20 多个二级学科委员会，但就是没有气象科技史委员会。

实际上，气象科学具有悠久的历史，人类要认识大气规律并适应大气变化，适应气候变化发展。经过各国气象科技工作者的共同努力，在近代大气科学有了非常快速的发展，逐步成为一门具有坚实的学科理论基础和多学科交叉、与经济社会关系密切且影响广泛的专门学科。开展系统的气象科技史的研究，研究大气科学技术 4000 多年，特别是最近几百年的历史发展脉络，探索大气科学学科发展历程中的原始创新和关键事件、人物、理论，凝练气象科学技术创新的规律，研究自然、社会经济、历史环境，以及相关学科发展，气象科学相互作用的关系等等，对推动整个气象学科的创新和预示未来大气科学的进展很有意义。这也是我们考虑到气象科技史研究的重要性的原因，也是为了吸引更多的气

象科技工作者参与其中,所以把气象科技史研究作为一门特色的学科来建设,需要搭建一个更广泛的交流平台,来激发更多的人参与这项研究。所以,我们觉得在这个基础上,专门建立一个气象科技史委员会还是非常必要的。

中国气象局气象干部培训学院原名北京气象学院(以下简称“干部学院”),20世纪50年代建校以来,就有老师业余和零散地做些大气科学技术的历史资料搜集、人物访谈等工作。2009年,中国气象局许小峰副局长对气象科学技术历史研究非常关注,考虑到气象专业继续教育和干部培训教育的需要,觉得应该在干部学院搭建一个气象科技史脉络研究的平台,有利于继续教育的开展。这项工作在有关司局的支持下,专门成立了气象科技史的课题组,目前已经发表了几十篇文章,有三本著作出版,另有若干著作正在出版进程中,得到了国内外学界的关注和支持,形成了一支基本的研究力量,专兼职研究队伍20余人。具体包括几方面进展:一是初步厘清了气象科学产生以来,特别是近代大气科学建制化以来气象科学发展的历史框架,有了一些初步的认识;二是开展了本土气象科学的研究,包括竺可桢、叶笃正、陶诗言等,已经有一些专著出版;三是召开了学术研讨会,特别是2013年在湖北大厦召开的“第一届气象科技史学术研讨会”,影响比较大,产生了良好的反响,尤其得到了国际气象史学会主席的肯定;四是推动了气象科技史研究工作的开展,包括一些合作,现在有多家气象部门内外单位、高校参与气象科技史的研究和教学,已经与气象部门形成一些合作机制;五是把一些成果引进了课堂,向学员讲授,非常受欢迎,因为气象科技史可以加深对气象科学和气象业务的理解。

考虑到气象科技史工作很重要,为促进气象部门教育和干部培训水平的提高,需要把气象科技史研究作为一门特色学科建设起来,就要有一些组织,聚焦一些力量与主题,形成一个平台。2013年,结合研究与工作进展,成立气象科技史委员会时机逐渐成熟,干部学院通过请示中国气象局领导,获得首肯。2014年,干部学院与中国科技史学会充分汇报沟通,进行了大量的初期筹办工作,准备并报送了必需的相关材料。2014年底,准备工作全部完成。2015年,中国科技史学会常务理事会批准成立中国科技史学会气象科技史委员会,并报中国民政部备案。

据此,干部学院专门组织力量,特别成立气象科技史筹备委员会,团结全国做气象科技史和相关研究的单位和学者,包括中国气象人才培养联盟成员,各行业气象单位、各气象业务部门、各所高校、研究机构,乃至海外一些学者,进行充分的酝酿和沟通。我们考虑尽量把平台做大,为大家服务,都可以来“唱戏”,干部学院做好服务工作。气象科技史委员会成立以后,要团结全国同行共同做好气象科技史未来5~10年的发展与规划等工作,促进气象教育和干部培训事业发展。

目前来看,气象科技史有促进科学发展和培养人才的功能,细分包括四个层次的功能,第一层次是大气科学技术发展史实的梳理,这是最基础的工作,需要艰苦、扎实、长期的文献研究和史实考证;第二层次是史实分析,根据历史史实分析气象科学技术历史发展规律,利用科学技术预测工具展望未来;第三层次就是某种程度的决策支撑,比如提供人才培养和干部教育培训的发展战略咨询及科学技术规划决策咨询等;第四层次是以长时段大尺度的历史视角研究文化和精神的力量,这种力量在潜移默化中能改变人的思想和行为,是很多学科不具备的。气象科技史的研究方法也在不断探索和完善中,包括文本研究法、史实考证法、口述史研究法、田野调查法、实验分析与仪器复原法、计算机数据处理

等。这里不做展开论述。

气象科技史委员会的工作领域可以比较宽泛，凡是涉及大气科学技术发展历史和历史中创新的研究等相关内容都可以作为这门学科的研究对象，并且可以不断开拓。气象科技史委员会主要的研究领域，目前可以这样概括为以下几方面：一是大气科学技术历史总体框架和主干脉络的研究；二是研究大气科学的学科分类，各门分支学科历史研究和脉络，及其前沿相关问题的研究；三是研究气象科技国际交流史；四是研究气象科技人物与口述史研究；五是以科技史的视角和原始创新规律来探索相关的战略研究；六是关于科技史的人才培养，科技发展规划的研究、政策咨询，包括教材、科技评估等方面的研究。气象科技史的宗旨和研究领域有别于气象工作史和气象地方史志等研究，尽管可能存在部分交叉，但气象科技史核心是在研究大气科学与技术的发展脉络和规律挖掘上，有助于原始创新的理解和开展，属于科学技术史核心二级分支学科，未来也可能成为大气科学的二级学科。

未来气象科技史委员会要在中国科技史学会指导下建立并完善组织机构，在中国气象局和学界同行的支持下，气象科技史委员会可以借鉴国际国内有关学科委员会的成功经验，搭建气象科技史研究交流平台，最广泛地凝聚国内外气象科学领域业务科研和教育机构，调动有兴趣开展气象科技史研究的工作者的积极性，来推进气象科技史的研究，为我们国家大气科学的发展和学科建设、人才培养打下基础，贡献力量。

高学浩

（中国气象局气象干部培训学院党委书记、常务副院长、
中国科学技术史学会第一届气象科技史委员会理事长）

2017年1月12日

目 录

序一 加强多学科交叉 促进气象科技史研究	
序二 依托气象科技史委员会 促进气象教育和干部培训发展	
天气和气候是多变的名词：戈尔迪之结的理解与预见	
Weather and Climate as Shape-shifting Nouns: Gordian Knots of Understanding and Prevision	1
“干扰区”：20 世纪城市天气和气候研究	
‘Zone of Disturbance’: Urban Weather and Climate Research during the Twentieth Century	11
火山喷发和核爆炸对地球气候影响的历史思考	
The Effects of Volcanic Eruptions and Nuclear Explosions on the Earth’s Climate: Historical Considerations	22
气象科技发展历程的若干回顾及启示	
Reviews and Enlightenments on Meteorological Technology Development in History	28
近百年中国气候变化科学问题的新认识	
New Understanding of Climate Change in China in this Century	38
上古的授时方法	
Timing Method in Ancient Times	54
论老庄生态环境思想及其现代意义——从 F·卡普拉的感叹说起	
On Environmental Philosophy of Taoism and Its Modern Sense: From Fritjof Capra’s Exclamation	68
二十四节气与《淮南子》关系的探究	
On Relationship Between Twenty-four Solar Terms and Huai Nan Zi	77
《航海金针》研究	
Study on Sailing Gold Needles	82
我国先民对晕、虹和蜃的气象认知及其文化影响	
Halo, Rainbow and Mirage: Weather Cognitive and Cultural Influence in Old China	94
凝固的风——敦煌壁画气象遗珍	
Solidificated Wind: Weathered Dunhuang Frescoes	102
宋代的天气预报与日常服务	
Weather Forecasts and Activities in Song Dynasty	113
霾的历史观照与现实关注——基于毒理学史的霾态问题思考	
Haze Watch, Yesterday and Today: Haze Problems Pondered in History of Science	117

雨量器及其在古代中国之命运	
Rain Gauge and Its Destiny in Ancient China	122
山西陶寺古观象台遗址时空探析	
The Analysis of Time and Space about Taosi Ancient Observatory Site in Shanxi Province	141
人类生物气象学：过去、现在和将来	
Biometeorology: Its Yesterday, Today and Tomorrow	151
北方暴雨协作研究和谢义炳的学术思想	
Northern Rainstorm and Xie Yibing's Academic Thoughts	162
关于我国高空探测的一些资料	
Historical Materials Concerning High Altitude Detection in China	176
中国海洋气象学发展史	
History of China's Marine Meteorology	181
20 世纪数值天气预报发展进程中的创新思维与科学成就	
Innovation and Achievement in the Growth of Numerical Weather Prediction in 20th Century	191
汉译《阿含经》中的气象学	
Meteorology in the Agama Sutra (Chinese Version)	204
新中国成立初期策划的两部大型科学丛书及其命运	
Two Big Science Series Planned in the 1950's China and Its Fate	212
民国时期岭南大学的气象观测	
Meteorological Observation in Lingnan University in the Period of the Republic of China	219
民国时期中国气象事业建制化研究	
Study on Meteorological Service Institution in the Period of the Republic of China	224
中央研究院与中国近代早期气象台站建设研究	
Study on Academia Sinica and Early Modern Chinese Meteorological Stations Construction	231
鸦片战争前后西方在中国东南沿海的气象观测	
Meteorological Observation by Western Countries in Southeast China Coast around the Opium War	237
清华大学历史上的气象系（1929—1952 年）	
Historical Meteorological Dept. of Tsinghua University (1929—1952)	243
我国气象站基础业务现代化历史上的一幕	
History Recalls: Two Modernized Business Services of Weather Stations in China	247
菲茨罗伊与《天气学手册——实用气象指南》	
Fitzroy and The Weather Book: A Manual of Practical Meteorology	252

李约瑟与竺可桢的中国科学史研究	
Chinese History of Science Research by Joseph Needham and Chu Coching	260
竺可桢的气象思想与实践及其现代启示	
Chu Coching's Meteorological Thinking and Practice of Meteorology and Its Modern Enlightenment	275
云南气象科学的奠基人——陈一得	
Chen Yide, a Founder of Meteorological Science in Yunnan Province	284
杨惟德及其科学成就述评	
Yang Weide and Its Scientific Achievements	289
解析气象学史的创新视角——空间观的演变	
Analysis of Innovative Angle for Meteorology History: Evolution of Space Concept	300
气象科技史学科建设的初步设想	
Thoughts on the Discipline Construction of Meteorological History	308
中国气象科技史研究中影视节目的作用初探——以气象人物影视记录为例	
Film and Television Program Functions in China Meteorological History Research: A Case Study of Meteorological Characters in Vidio Record	313
略论中国气象传播的孕育时期（远古至公元前 770 年）及其基本特点	
Gestation Stage of China Meteorological Media (Ancient to 770 BC) and Its Basic Characteristics	317
西方气象科技引进与中国气象事业近代化	
Introduction of Western Met. Technology and Chinese Met. Service Modernization	324
内蒙古中西部地区农牧交错带形成历史过程与气候脆弱性分析	
Analysis of the Ectone Between Agriculture and Pasture Areas in Central and Western of Inner Mongolia in Historical Process and Its Climate Vulnerability	333
1482—1486 年山西特大旱灾历史研究	
Historical Research on Big Drought in Shanxi (1482—1486)	337
后记	

天气和气候是多变的名词： 戈尔迪之结的理解与预见

Weather and Climate as Shape-shifting Nouns: Gordian Knots of Understanding and Prevision

James Rodger Fleming

(科尔比学院, 沃特维尔 04901)

“技术”正在斩断戈尔迪之结，而非将其解开。

Carl-Gustaf Rossoy^[1]

“为何近乎完美的预报不可能实现？”——混沌理论

Edward N. Lorenz^[2]

摘要：综合叙述了持续时段内关于气候观念改变的本质，重点讨论了 1900—1960 年动力气象学和动力气候学发展史，以及 21 世纪在混沌理论影响下的观念更新。

关键词：天气，气候，戈尔迪之结

0 引言

在社会与文化词汇中，“气候”是值得提及的关键词。无可争辩，它是语言学上最复杂的词汇之一，这个名词在历史上因形式变化，其含义已经改变，而且还在变化之中，或许比气候本身变得还要快。气候的本质、历史和变化构成了我们对大气环境和与之关系的各种概念^[3]。尽管我们可以对气候加以描述和模拟，但却不能将它直接可视化或预测。气候—气象之间的关系和气象—气候的研究也是动态的。本文综述了在持续时间段内，关于气候观念改变的本质，重点讨论 1900—1960 年动力气象学和动力气候学的发展史，以及 21 世纪在混沌理论影响下的观念更新。这为天气预报和气候变化在科学和哲学上增加了一个时间维度，也为思考天气与气候的相互关系的方法增加了一个时间维度。

对于历史学家来说，任何可以命名的东西，不同时期其含义不一，这个是不言而喻的；但有些哲学家却不敢苟同，不过有明显例外^[4]。在认知上，重要的是我们应该考虑讨论对象的历史，以及其术语含义是如何演变的。正如 Mike Hulme 最近所写的：“像所有万能概念一样，气候变化看似可以简单地加以定义，然而却受制于诸多文化意义和技术解释。”在我们使用诸如气候、气候变化、气象学、动力学和模式等术语时，澄清历史背景，弄明白我们在思考什么，这个非常重要^[5-6]。

1 理解与权威

在《气候变化历史视角》(*Historical Perspectives on Climate Change*, 1998 年)一文中,作者研究了从启蒙运动时期到 20 世纪末的气候和气候变化情况,特别提出了以下几个问题:“人们(包括科学家)是如何意识到和理解覆盖于整个地球之上的气候现象的?要知道,气候现象在不断变化,从地质时代起,诸世纪一变,数十年一变,几年一变,甚至几季节一变。”“被天文现象包围并沉浸其中的个人是如何理解气候变化的?”“优势地位是如何产生和定义的?”^[7] 由于大气科学家没有观测整体气候系统的能力(作为天文学家或许可以看到一颗恒星或行星),也没有直接进行试验的能力(作为化学家或许可以看到一个反应),对气候的科学认识各种各样,一点也不直接。令人烦恼的还有精英与民众之间的环境认知关系问题。

对于可应用于气候的术语的理解,主要有认知和理解、预感和担忧、干预和控制三个方面的定义。气候是难以捉摸的实体,远比从气候统计数据得出的大气平均状况复杂。它是更为基本的东西,是生活的经验,为物质生活的可能性提供框架结构,离不开社会环境的时间和特殊性。总之,气候在特定场所以基本的和戏剧的方式在塑造生活,它将人类的过去和未来编织在一起,对气候的体会和认识,脱离不了我们的生活方式、季节性、衣服和住房、愿望和悲剧等。气候涉及多方面的主题:帝国的统治、殖民者的傲慢、开拓者的姿态,大众的、宗教的和种族的情感,强制和入侵意识形态,以及在农业、技术实践中对旱涝极端状况的恢复力。气候既亲近又普通,包括全球气候变化的地方经验^[8-9]。气候的影响,就像吸一口新鲜空气、喝一口当地的水一样,贴近而个性化,或者成了地方的附加物。气候的兴衰变化越来越与群体通识(其实是恐惧)相联系,因为它的破坏性延伸至全球文明^[10]。

那么,优势地位在这样一个难以捉摸的实体上是如何确定的呢?18 世纪一个流行的方法是诉诸权威——参照诸如文化、历史文献、探险家第一印象或长辈的记忆。这是启蒙运动和早期美国作家的修辞策略,他们想支持独特的文化兴衰理论。在 *Réflexions critiques sur la poésie et sur la peinture* (1719 年)中,Abbé Du Bos 探究了文学和科学中所谓的黄金时代的兴衰原由,将其主要归因于空气、陆地、土壤,特别是气候的变化。许多启蒙时代的作者都遵循这一路线,包括孟德斯鸠和托马斯·杰斐逊,他们把欧洲和美国的气候变化归因于人类居住环境,包括滥伐森林、湿地排水系统和过度种植等。

还有一种流行的做法是,大量、长期、广泛收集气象数据,以期推导出气候模式和变化。特定区域的个体观察员常常忠实地记录气象日志,合作观测员的网络则逐步扩展气象疆域。从 19 世纪开始,科学家们就认真制表、制图、绘图,分析观察结果,以提供气候铭文。这个过程深刻地改变了气候话语,建立起气候学科学基础。气候被看作是稳定的,可以被地理学家描述,被统计学家研究。著名的奥地利气候学家 Julius Hann 在 1897 年写道,气候是“气象现象之总和,它以地球表面任何一个地方的大气平均状态为特征”^[11]。这成了气候的主流工作定义,今天仍然被沿用。

第三种获得优势知识的方法是根据基本原理确定气候应当是什么,它会如何变化。那些在特定学科视角内工作的科学家们,对从物理、数学、地质和天文学现象及原则得出的方法最为满意。大多数科学家都有一个最喜欢的因果机制,只勉强承认其他可能的气候变

化的次要原因。在 20 世纪中叶，挪威学派的学者 Tor Bergeron 定义了“动力气候学”，用空气团、锋面和其他影响气候热力学的因素等进行详细的解释，补充了统计方法。根据 Bergeron 的观点，气候学本质上是对各个气象要素统计的一个系统汇编，无意试图全面获取潜在的动力或热动力现象。由于描述气候学没有提供控制气候热动力的统一规划，Bergeron 用空气质量和锋面概念来概述综合性的动态气候学，解释数个完整的热力学单位，而不是无关的个体气象要素分布对一个区域的气候控制。旧的、静态的气候学能够说出给定年的降雨量，而动力气候学则说明何时、何地及为什么会降雨^[12]。

还有一种获得气象优势知识的方法是凭借技术。现在天气和气候观测已经发展成全球性，而且是三维的，部分是因为气象仪器的发明和标准化，气象观测者的联网，但更多的原因是最近 20 世纪的通信和航天技术变革的迅猛增长。诸多的技术变革，包括雷达、核示踪法、数字电脑、探空火箭及气象卫星，催生了第二次世界大战后跨学科的大气科学。当时在气象学中使用计算机的科学家们，瞧不起旧式的、描述性的地理学的统计形式，认为它完全不能构成自然科学。今天，在遥感技术和建模界面工作的许多科学家，都希望通过技术的发展提供新的气象知识。对于大多数科学家来说，目的是更好地了解气候；而对于某些科学家，他们的目标是能预测气候和控制气候。

唯恐我们忽略了气象使用的维度，20 世纪 60 年代，气候学家 Helmut Landsberg 在描述他所谓的“技术—气候学”时说，技术—气候学包括气候对现代生活基础设施的影响，不仅在日常生活方面，而且在气候信息对于工程和城市规划的适用性方面，还包括气候对商业和工业的影响^[13]。由于工业包括在内，Landsberg 通过对气候、人工影响气候和气候控制的案例研究，提高了自然环境史和人工环境史相结合的可能性，因为它对贮存、仓储，以及工人的效率、健康和安

全都有影响。气候远比一本杂志、图书甚至学科方法大得多。它在历史上某种程度吸附于特别的科学，比如天文学、化学、计算机科学、地理学、地质学、气象学、古生物学和物理学，部分来源于宽泛的历史潮流。有着特殊学科喜好的历史学家至少在某种程度上探究了上述所有领域。然而，随着全球气候变化作为新的焦点，开始出现跨学科的新局面，包括精英们和大众对气象的理解。为全局起见，越来越多的建模者们诉诸于权威和政府间气候变化专门委员会（IPCC）达成的共识。而事实是，气候学家们感觉到已失去了从未掌控的课题：科学理性的全球大叙事与人类行为、技术解决方案和政策创新结为一家。来自新闻界、公众、国家、环境保护运动的新声，由于不了解大气科学里的细微差别，在研究文献中泛滥，成为偏激之言，而同行评审和期刊出版一贯做法的刻板 and 脆弱，在新的电子促进“点对点”评审及无所不在的博客、微博等平台上坐上了冷板凳。

正如世界转向待解决的关键问题，看来气候学家确实已经失去了发言权、所有权、权威、地位，在很多情况下，还失去了纯真、耐心，甚至脾气，尽管有人提高嗓门为他们说话。怀疑论者（在哲学和科学界有着崇高的地位）认为，我们对气候的了解不如我们想的那么多，尤其不了解气候对二氧化碳的敏感性问题的，而所谓的“否认者”（一种谩骂称谓形式）却坚持认为我们不应该对气候变化有所作为。另一方面，气候干预者建议用重拳技术控制天气系统和“修理”气候问题，比如：按需进行人工增雨或消雨，发射一组太空镜，将硫酸盐泵入平流层为地球降温，收集全球碳排放然后安全、经济地将其隔离数千年。由于气候变化太弱（按照 IPCC 的说法，今后 10 也许会变多？），经济会萧条，减灾计

划如果有的话也会迟缓。目前,对于全球气候变化的共识,使人们质疑现代文明的轨迹:既存现状将会得到增强还是会被推翻?或者说气候和气候变化是可以变形的名词?这样的观点可能听起来像科幻小说,但实际上,它们是非常古老的故事的一部分,这个故事根植于人类对自然控制的理解和愿望^[14]。

2 模式

模式的形态也是不断转换的。想想希腊哲学家德谟克利特对物质硬度的解释:“物质的硬度与其原子的形状相对应。水的原子是光滑的;盐的原子是锋利的;空气的原子是轻盈的,会旋转”。根据形态转换认识论,“实际上我们没有把握什么。”^[15]

数字计算机实际上只是一个很大的、计算速度很快的机器,自身并不是“模式”,而是一个有用的工具。在20世纪40年代末期,Carl-Gustaf Rossby、Jule Charney和同事们导出了高空大气流动的简化微分方程,他们认为这个方程是适用于机器计算的有限差分方程。这涉及用有限大小的差异来取代时间和空间的导数,例如1小时时间增量和300 km的水平网格间距。气象的问题在于需要在上述系统内为计算机编程,使其计算每小时大气状态的改变。如果计算机的速度足够快,便能在一个小时之内完成这些计算,所预测的变化便能被纳入到原观测值中,进而通过迭代或“引导法”生成12小时、24小时甚至更长时间段的天气预报。实际上这就是应用于常规数值天气预报服务的方法,自1954年以来,这种方法便在美国得以使用,至少是在高空大气领域,在瑞典也在有限的程度上得以应用。当时下一个符合逻辑且易于处理的步骤是将大气方程组进行整合,以用于一个永远都处于动态的、湿润的、加热的大气,也就是所谓的“无限预测”,此概念由John von Neumann、Jule Charney和Harry Wexler提出,并由Norman Phillips首次尝试。但是其结果却不是针对特定天气情况的预报或预测,而只是集中于环流统计特征的极限情况,它独立于任何可能存在的初始条件。这不是通常意义上的预报,而是一次模式测试。现代气候模式中的边界条件是长期变化的,是上述过程的远(非常远)亲。

天气和气候不是不同的,而是相关的。有些人可能会感到奇怪,这两者是如何相互关联的。举例而言,它们都处于有关温室效应和飓风强度的争论中心。少数人可能会指出,人工造雨与气候工程学毫不相干,但是,对地球辐射或热量平衡(例如太阳辐射管理)的任何干预都可影响到大气环流进而影响到高空模式的位置,包括急流和风暴轨道。因此,天气本身也可能被此类操作而改变。与此相反的是,通过改变暴风雨的强度或路径而对其进行干预,或者在类似一个区域、一个大洲或太平洋盆地那么大的尺度上对天气进行干预,显然将影响云量、温度以及降水模式,这将对季风环流,并最终对大气环流产生重大的影响。如果上述干预系统性地重复出现,那么将对热量平衡和气候产生影响。在上述扰动分析中,天气和气候是明显相关的。

3 戈尔迪之结

大气科学研究者长久以来一直都试图解开气象学的戈尔迪之结——观测的不精确性、理论上的不确定性和非线性影响造成了棘手的、难缠的混乱状态——如果这些问题被解决了,就可对未来10天的天气、下一年季节性的情况,乃至未来10年、1个世纪、

1000年，甚至更长时间的气候情况做出完美的预测。在20世纪前60年，从应用流体动力学的诞生到跨学科大气科学的出现，相互关联的三代科学家们试图扩展和改善大气测量结果，并预测大气的未来状况。在20世纪的前10年，研究者们将希望寄托于无线电报和航空时代的来临。几十年后，广播、航空、火箭、计算机和地球轨道卫星开辟了全新的研究视野。每一代大气科学研究者们都致力于将理论与实践联系起来，他们热忱地将新技术所能提供的新能力融入到科学研究中，渴望形成一个更为全球化的气象学。每一代人以其自己的方式体验到了那种令人兴奋的感觉：他们是最新科技突破的直接受益者，他们即将开启气象学理论与实践的重大革命。他们的目标是制造出有关整个大气状态的准确信息，对大气不同的以及不断变化的状态进行完整的数学描述，并针对大气短期及长期的未来情况提供及时的预报。他们的想法固然高明，但却面临着许多破坏性极强的实际情况的限制，这是由战争、官僚作风、经济衰退、偏见及技术局限造成的^[16]。

1895年，数卷地球物理论文的译者及编者、美国气象学家们的心腹谋士 Cleveland Abbe 指出，气象学需要基于大气规律进行演绎性的论述，论述要如拉普拉斯的天体力学那般完整而严密：气象学家们是永远都不会满意的，直至他们对大气的机制有了更为深入的了解为止。与最完美的组织机构比起来，还需要一些东西，对来自大气的最新消息进行观测、报告和发表。仅仅知道以前发生的情况和当前的情况是不够的，我们必须要知道未来如何，为什么会这样。我们必须基于大气规律进行演绎性的论述，论述要如拉普拉斯的“天体力学”那般完整而严密。在这一论述中，必须将力的一般规律应用于大气科学，或者是在技术上被称为气体和蒸汽的动力学和热力学^[17]。值得注意的是，Abbe 并未将天气和气候区分开来，而是强调了覆盖整个大气的规律。

不到10年，Vilhelm Bjerknes (1862—1951年) 开启了新拉普拉斯计划，使用流体力学和热力学方程测量当前大气状况，并推测未来天气状态。在1902年的气象期刊上，他写道：“正如气象实践中最为著名的任务一样，当以直接的形式来处理时，理论力学的每一项任务都是预测。其目的在于，如果已知前面一段时间内的情况，就能预测未来大气动态以及大气的物理情况。^[18]” Bjerknes 认为，气象学这一科学的核心问题是通过理性的动力学、物理学方法来进行天气预测。他希望将气象学置于坚实的观测和力学基础之上。1904年，他发表了《天气预报是力学和物理学的问题》^[19]。在文中他指出，天气预报的问题是数学中的初始值问题，涉及了理想气体定律、热力学第一定律、质量守恒和理想可压缩气体的动力学方程。他写道，解决气象预报问题需要理性的方法，其必要和充分条件包括对一定时间内的大气状况有足够准确的了解，以及对规律的足够准备的了解，大气从一种状态发展成为另一种状态正是由这些规律所决定的。这些观点将观测、理论及预报汇集起来，真正是理论力学中有关信仰的哲学陈述，它针对我们究竟能看到多远的未来提出了根本性的问题。从详细的，如果不是完美的，大气观测入手，运用大气运动随时间变化的方程，迈出有限的，如果不是完美的一步，这是完全有可能的。这是 Bjerknes 解开气象学之中的戈尔迪之结的第一步。在这些论述中，Bjerknes 使用了“足够地”这一词，表明了他的决心。这个词无疑来自于他个人以任意精度在一个扩展的区域测量大气初始状态的经验，也来自于他在巴黎听过的 Henri Poincaré 的数学讲座。当时，Poincaré (1854—1912年) 正在撰写他的三卷本著作《新的力学方法》(*Les méthodes nouvelles de la mécanique celeste*)，其中他利用液流这一类比来描述所有机械系统的运动特点。在他的论文《科学和