

天气演化 与结构预测

欧阳首承 著

气象出版社

天气演化与结构预测

欧阳首承 著

气象出版社

内容简介

本书系作者结合实际,历经 30 余年探索提出的观点和看法。认为天气演化的基本原理是涡动效应的涡旋流演化,并非均匀或不连续信息是天气转折性变化的关键。经 18 年 800 个实际应用个例的检验和业务台站的试用证实,信息图像结构方法对天气演化的转折性变化和暴雨、强对流等灾害性天气有明显的预测能力。本书的另一个特点是采取结合应用实例的方式,介绍业务应用中的基本规则和作法。该方法体系已制成业务应用软件,业务人员经短期培训即可掌握。

由于流体演化涉及认识论问题,故本书除了可供天气预测人员使用外,也可供对认识论探索有兴趣的哲学、社会科学和自然科学等其它学科有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

天气演化与结构预测/欧阳首承著. —北京:气象出版社, 1998.1

ISBN 7-5029-2428-0

I. 天… II. 欧… III. 天气预报-方法 IV. P456

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 23969 号

天气演化与结构预测

欧阳首承 著

责任编辑:陶国庆 终审:周诗健

责任校对:谷青 责任技编:谷青 封面设计:姚发军

气象出版社 出版

(北京海淀白石桥路 46 号 邮政编码:100081)

北京昌平环球印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

开本:787×1092 1/32 印张:4.625 字数:100 千字

1998 年 1 月第一版 1998 年 1 月第一次印刷

印数:1~1500 定价:8.00 元

ISBN 7-5029-2428-0/P · 0873

欧阳首承教授著《天气演化与结构预测》 读后记(代序)

1997年夏成都气象学院动力气象学家欧阳首承教授以新作“天气演化与结构预测”本稿见示,并和我较详细地谈及该书的写成情况和编书目的。我深为他的敬业和锲而不舍的钻研精神所感动。欧阳教授勤于思考,常因一个概念,严格要求,正本清源,多方反复考证。本书除结合一般动力学和天气学原理说明和探讨有关问题外,着重联系实际,对天气演化原理的信息图像结构预报方法及其如何提高天气预测准确率作了举例说明。作者认为“提高预报准确率应当是气象工作者的任务和目的。”新作的核心在于“充分利用涡旋演化中的非均匀或不连续的真实信息”“作为预报天气演化的应用手段。”

经18年近800个实际个例的检验,表明结构预测法对天气演化的转折性变化如暴雨、强对流有明显的预报能力。后经1996年在武汉气象台等试用,效果甚好。

全书共六章:

第一章为运动流体概述,欧阳教授着重涡度的概

念。特别强调了“运动流体的本质就是涡”的实在意义。40年代末数值预报初创时期，卡尼就是以涡度方程开始其数值预告试验的，获得成功。欧阳教授的图像结构分析比较着重分析非均匀信息和涡动效应下涡旋流型的转换，故图像结构分析为捕捉转折性变化提供了技术手段。转折性变化常与灾害性天气过程相联系，故对这种变化的研究有理论和实际意义。如今人们已意到没有涡动就没有动-能转换，这种能量消长决定涡旋内部的热-动力平衡，显示了涡量与能量转换间的密切关系，这一领域有广泛应用前景。

第二章介绍运动大气的涡动效应与弹性压力效应。欧阳教授严格注意每个物理量的意义，循名核实，严肃认真，常因此花费大量时间。如 $\frac{1}{\rho} \nabla p$ ，取 ρ 为常数，则这一项应该是气压梯度力，但如把 ρ 当作变量，则这一项按环流定理为

$$\iint_{\sigma} \left(\frac{1}{\rho} \right) \times (-\nabla p) \cdot \delta \sigma$$

因此乃是涡源的非线性力管项。欧阳教授很重视环流定理，认为该定理“揭示了流体运动具有普遍实在性的涡动效应。”对罗斯贝的长波理论，欧阳教授也提出了自己的看法。“学术上的不同观点是有助于科学探索的”，希望和读者讨论。

第三章论述计算稳定性问题。欧阳教授对非线性

数学演化模型有特殊兴趣，认为这种模型的本质特征是摆脱连续性，演化为奇异问题。在数值计算中以爆发性涨落形式使黎曼积分格式失效和物理上“外强迫”的非线性涡动效应。欧阳教授对里查森 1916~1918 年进行的数值预报试验评价很高，认为在揭示非线性的数学性质上是有历史功绩的。

第四章研究地形坐标和地形的数学性质。欧阳教授认为菲利普斯变换是探索地形作用和认识地形对运动大气涡动效应的非线性性质是一种有效方法。

第五章系混沌问题与可预报性。1963 年气象学家洛伦兹提出“混沌”学说，但他的模型表现出流体的涡旋运动与外强迫的弹性压力效应的不协调，同时非线性方程的演化是数学上的奇异问题，不具备谱展开的条件。因此根据洛伦兹模型和其算法计算出的混沌不是数学模型的奇异性，而是因为利用平滑算法人为地强迫演化值陷入误差计算之中。

第六章讲述图像结构及其在天气预测中的应用。包括天气演化的转折性变化，如预报强对流天气。欧阳教授在预报实践中认识到滚流即水平涡度流在转折性天气演化中非常重要。对流层顶的超低温和地面异常升温构成的垂直非均匀加热是滚流发生发展的重要原因，故必须考虑风场和温度场的配置，这时须要用到 $\vec{V} - 3\theta$ 图（即风场、位温、 θ_{se} 和按假定为饱和状态下的位温 θ^* ）。欧阳教授还按滚流效应设计了包

括风、湿、温、压信息的两个计算参数的演变图。利用这些辅助工具，加上欧阳教授多年的预报实践经验，预报效果较好，因为这些方法使用了信息的非均匀性。

欧阳教授在全书中贯穿了非线性动力学的观点和方法，认为非线性数学模型的一般性质是：不论初值如何光滑，将使演化值趋于非均匀，最后演化为奇异性问题。故在演化问题上显示了摆脱连续性的趋向。

欧阳教授以其博学，在书中多处引述“易经”和“老子”的观点，故本书有助于增加我们对我国古代哲学家老子的自然观和宇宙观的理解。

本书完全以自己观点和方法阐释非线性动力学在涡动效应、弹性压力效应、非线性计算不稳定和混沌等方面的意义，深入浅出，明白晓畅，大量算例都是欧阳教授及其助手们的辛勤劳动，尤其是第六章简括地说明了涡、波和天气演化可以预测，特别是转折性天气变化。

本书除附有图表外，还有很多实际应用的例子，可资借鉴，故本书创意新颖，联系实际，实嘉惠后学。

北京大学地球物理系 (100871) 杨大升

1997. 7. 15

序

到成都气象学院工作后，开始听到欧阳首承教授的“溃变论”等说法，大为惊讶。接着多次直接听到欧阳教授对气象科学中不少极为重要的理论问题，如罗斯贝波是否存在，计算不稳定性等问题，提出挑战性的看法。我不仅为这些见解所震撼，也对欧阳教授在学术上勇于探索、勇于争辨的胆识表示敬佩。

由于自然科学研究长期处于线性处理方法中，已使得人们的认识思维习惯于“线性认识思维的空间”。例如，书中所指出的，过去把**密度气压梯度力项**中的密度看成不变，于是变为线性的气压梯度力项。欧阳教授指出密度不能看作常数，此项不仅是非线性项，同时动力性质和运动特征会发生重大变化。欧阳教授在书中提出了不少这样的问题，如长波理论等等，也就是说应该用“非线性认识思维”来认识运动的性质，这是因为客观运动具有非线性的相互作用和联系，非线性认识思维更符合客观世界。欧阳教授进而指出非线性运动特征，在数学上具有奇异性。在一定条件下会出现不连续而引起“溃变”，也就是应以非线性认识思维来认识非线性运动特征。

自然有个对非线性运动的非连续特征，在当今研究中如何不沿用连续方法处理非线性的问题。对此，欧阳教授提出了信息图像结构分析方法，并用于天气预报，包括新的预报工具——溃变图等和新的预报思路。在初步实践中取得了可喜的成绩，这是值得赞扬的。

既然是探索就可能出现正确和错误，就应该进行讨论或争论，这是科学发展的正确道路，恐怕也是作者的心愿。

穆锦海

1997年6月

前 言

“气象”这个名词即使在科技时代的今天,也不能认为是气象科学所专用。就其汉语的含义是较通用的,泛指事物在时间、空间上变化的多彩多姿,所谓“气象万千”就是描述变化多样性的概括。正如“宇宙”一词具有“时、空”含义一样,但“气象”不是指持续性的永恒,而意在变化。英语的“Meteoric”是来自流星瞬息即逝,并不是专指大气的变化。为此,“气象”的含义主要是体现时间上变化的**演化性**。

“天气”演化比“气象”有较明确的限定性,不仅使变化局限于地球大气,又限定于运动大气中的阴、晴、雨、露等天气现象的变化。但无论“气象”、“大气”或“天气”等提法,核心在于研究地球流体的变化,而天气演化则更在于天气现象的**时间上的变化性**。

由于宇宙的基本物质 99%以上是流体的**演化物质**,因此流体的演化理论,应该是宇宙的基本理论。形式上气象科学只能是流体演化理论的应用,但在实质上,气象科学是含有宇宙物质认识论的深层次性,和广泛的适用性。在这个意义上,气象学科与其它分支学科有所不同,在应用上似乎具有自然科学子学科

形式,但在基本原理上又不是子学科所能包容的。

诸如,如何认识流体演化的物质性;连续性是否体现了演化物质的本质特征;纳维-斯托克斯(Navier-Stokes)方程的数学性质及描述流体演化的可靠性或适应性;流体的弹性压力效应和非弹性压力效应的基本特征及其差别;如何认识天气演化流体的作用力;非线性是数学问题还是物理问题,200多年的非线性之谜是不可越逾的鸿沟吗?天气演化的预测是否遇到了“Chaos”而宣告终止;转折性变化与小概率灾害天气预测失误的症结是什么?等等问题不仅是气象科学的主要问题,也是整个流体科学或宇宙的演化物质的认识论所遇到的问题。

长期以来,气象科学存在的问题是“脱离生产、脱离实际和脱离服务”的三脱离问题。令人啼笑皆非的是气象科学中,解决实际问题的能力,不会因“学术”水平的提高而提高,并已构成国内外共同的症结,致使业务工作者不得不在实践中积累经验,但长期以来气象科学没有很好地解决理论和经验问题,甚至某种程度上将经验排除在科学性之外。例如,洛伦兹在一次报告中曾提到:“有经验的预报人员的预报结果比没有经验的预报结果,可以相差很大,主观经验是很有价值的,应当提倡在社会实践中积累经验。但经验没有历史,父亲不能传给儿子,丈夫不能传给妻子,人在经验在,人亡经验亡。作为气象科学的发展,提高天

气预报准确率不能是主要途径，而是将经验的方法转变为数学和物理的方法。”正如人们所熟知，经验是由实际情况积累的，本身就是源于物理事实，只不过是“以什么方式整理或积累而已”。所以，洛伦兹的“数学和物理方法”，在可实施的意义下主要是数学化。但数学化不等于某一唯一的方程式形式的数学模型和方法，一则是数学在物理问题的实在性面前始终是某种工具，作为工具又有个限定条件下的适应性问题，二则爱因斯坦在对数学的可靠性的研究中已经发现：“凡是涉及实在（即客观物质世界的基本存在形式）的数学命题，就不是绝对可靠的，它们会像其它一切关于实在的科学理论体系的创立，而被辩证地推翻和扬弃。”实际上，罗素悖论已经指出了数理逻辑体系并不是完整和严密的；哥德尔的不完备性定理已经揭示了：整个数学不可能井然有序地安置在任何公理系统上，每一个数学系统，不管它多么复杂，总包含着不能消除的悖论。直觉经验的正确性会超越逻辑的数学上的证明。相应的爱因斯坦也认为：纯粹地逻辑思维不能给人们任何关于客观世界的知识。并承认他的创造性工作来源于直觉经验。事实上，经验主要来自事物演化信息的形象结构，比数理逻辑更具完备性。

从“道法自然”到“实践是检验真理的唯一标准”，似乎是人们熟知的老生常谈，但真正做到并不是容易的事。说来理论研究的任务之一是解释存在事物的莫

明其妙,但理论研究中却屡屡出现莫明其妙地解释了不存在事物的莫明其妙,而令人们更加莫明其妙。

本书所介绍的结构预测方法,除了来自预报人员的经验外,其核心观点的形成是来自对实测资料的分析,并在此基础上提炼出现行理论和方法的存在问题。其中包括非线性数学工具的描述能力,数值预报的处理“技巧”和预报员预测经验指标的内涵等等。总结了流体演化涡旋结构和相应的非均匀信息在天气演化中的转折性变化的作用,并显示了明显的应用性。

作者认为提高预测准确率应当是气象工作者的任务和目的,其方法也不一定是唯一的。由于该方法在原理上是来自流体的涡旋演化,方法的核心在于充分利用涡旋演化中的非均匀或不连续的真实信息。为此,目前的任何连续性或光滑性处理方法均导致信息伤残,而且较严重的信息伤残可致使对涡旋结构的误判,而造成预测失误。在这种情况下,我们参照了拓扑学和我国古代方法,构想了以涡旋信息的图像结构的演化分析作为预测天气演化的应用手段。经试用效果明显,并在“八五”攻关中开发了第一期应用软件,又经应用单位试用取得较好的预测效果。继而在四川省科委的支持下,又开发了第二期应用软件,完成了第一、二防线结构预测业务应用体系。先后经过 18 年近 800 个实际预测个例检验。结果表明,该方法体系对

天气演化的转折性变化有明显的预测能力,从而可大幅度提高灾害天气(例如,暴雨、强对流等)的预测准确率。

应说明的是,由于该方法涉及的原理与传统方法体系有所不同,为此书中也针对某些问题给出了相应的讨论性说明,供读者参考。学术上的不同观点是必然的,并很大程度上是学术探索的推动力。但一时争论不清,也可以暂时搁止,留待实践中去鉴别。

本书之所以成书,是承自“八五”技术攻关中有关业务单位试用后和1995年北京气象学院举办讲习班等有关业务工作人员的要求,并在完成业务应用软件后执笔的。其中应说明的是,应用软件的开发是由袁东升、向卫国等完成的。并自1990年起有30多名成都气象学院气象系毕业生参与该方法的天气预测检验工作。此外,1995年后湖北省武汉中心气象台的彭春华高级工程师和广东省气象局彭涛涌博士等勇于在业务工作中试用,并取得较好的效果也是促成本书的原因之一。对此,作者表示感谢。

由于作者沉痾在身又有其他任务,及该方法体系已制成应用软件,引入安装后经短期培训和实践即可掌握,所以,本书原则上是本方法体系的概述。

欧阳晋承

1997年2月于成都

目 录

代序

序

前言

第一章 运动流体概述	(1)
§ 1.1 运动流体的基本类型	(2)
§ 1.2 纳维-斯托克斯方程的数学性质与非线性 之谜	(18)
第二章 运动大气的涡动效应与弹性压力效应问题 ...	(30)
§ 2.1 环流定理及其历史功绩	(31)
§ 2.2 长波理论的某些问题	(35)
第三章 计算稳定性问题	(39)
§ 3.1 非线性方程的可计算性	(41)
§ 3.2 守恒格式的存在问题	(47)
第四章 地形坐标系和地形作用的数学性质	(54)
§ 4.1 地形作用的观测事实	(55)
§ 4.2 地形坐标系的某些问题	(57)
§ 4.3 地形坐标系隐含的启迪	(62)
第五章 “混沌”问题与可预报性	(65)
§ 5.1 基本概念的讨论	(67)
§ 5.2 洛伦兹模型的问题	(68)
§ 5.3 一般性非线性动力系统的数学结构	(72)

§ 5.4	算法模型与洛伦兹的“混乱”	(76)
§ 5.5	洛伦兹的“混乱”与可预报性	(87)
第六章	图像结构及其在天气预测中的应用	(89)
§ 6.1	滚流涡旋在天气演化中的作用	(93)
§ 6.2	溃变图的结构原理与形势预测	(98)
§ 6.3	$\vec{V}-3\theta$ 的功能及要素预测	(107)
§ 6.4	其它问题的说明	(118)

后记

主要参考文献

第一章

运动流体概述

流体在人类认识自然的探索中，是较早被人们认识的物质形式之一，并被引入理性思维。《老子》的道，基本上是来自流体的“无形”可“介物”、可“容垢”和“柔可克刚”的演绎思维。大约同时期的泰勒斯（Thales，约公元前 624～前 547 年）已认为“水”是万物之源，乃后来的赫拉克利特（Herakleitos，约公元前 540～前 470 年）又提出“火”是万物的本源和“一切皆流”的观点（火和青色气体都是等离子