

Qixiang Kexue Fazhan Shiling

气象科学发展拾零

史玉光 主编

 气象出版社
China Meteorological Press

气象科学发展拾零

史玉光 主编



气象出版社
China Meteorological Press

图书在版编目(CIP)数据

气象科学发展拾零 / 史玉光主编. —北京: 气象出版社, 2018.1

ISBN 978-7-5029-6705-5

I. ①气… II. ①史… III. ①气象学-历史 IV.

① P4-09

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 308186 号

Qixiang Kexue Fazhan Shiling

气象科学发展拾零

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 邵 华

终 审: 张 斌

设 计: 符 赋

责任技编: 赵相宁

印 刷: 北京地大天成印务有限公司

开 本: 710 mm × 1000 mm 1/16

印 张: 7

字 数: 90 千字

版 次: 2018 年 1 月第 1 版

印 次: 2018 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 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

《气象科学发展拾零》 编委会

主 编：史玉光

编 委：孙延廷 顾伟宗 周雪松
王升建 陈优宽 李姝娅

前言

历史是一条长河，冲去浮华，沉淀精粹。对于气象科学来说，采撷其历史精粹，串起其发展脉络，不仅是为了帮助行业内的学者溯源寻根，提升从业的归属感，同时，也是向行业外的读者细数家珍，提高社会的认同感。

站在历史的河岸回望，气象科学的发展源远流长。我们的祖先从遥远的渔猎时代开始，就已经有意识地对天地万物仰观俯察，而后为了生存与发展不断探寻着天时的奥秘，历经千年创造了时令节气系统，成为我国气象科学的渊薮。

历史的长河滚滚向前，近现代气象科学借助着数学、物理等多学科的进步，以及雷达、卫星遥感技术和高性能计算机的应用，逐渐发展成为一门理论性强、应用广泛的学科。从气象观测仪器的发明到地面天气观测网的建立、高空探测技术的发展，从对大气环流的认识到的锋面学说、长波理论的提出，从天气预报系统的诞生到现代大气科学的建立、数值天气预报技术的应用，气象科学实现了一次又一次的飞跃发展。当前，随着云计算、大数据等新技术的广泛应用，气象科学又步入了崭新的发展阶段，准备迎接下一次的华美嬗变。

本书的编写，是在学习已有研究成果的基础上，尝试做的一点梳理和编辑性工作，以求在亘古绵长的气象历史长卷中采英拾贝，勾勒气象科学发展历史的线条与概貌。我们希望这本书能以其科学性、真实性的特点给气象从业人员的相关研究带来一点启发，同时又能以其综合性、通俗性的特点激发广大读者对气象科学的一点兴趣。

本书在编写过程中得到了中国工程院院士陈联寿先生的精心指导，得到了气象出版社领导和编辑们的大力支持，在此一并表示感谢。同时，因编者学识和水平有限，书中难免存在疏漏，敬请各位专家和广大读者谅解与指正。

史玉光

2018年1月

【主编简介】 史玉光，男，山西临汾人，1983年毕业于南京气象学院，理学博士，正研级高级工程师，曾任新疆维吾尔自治区气象局党组书记、局长，现任山东省气象局党组书记、局长。

目 录

前言

第1章 起源与探索：

古代气象知识积累 001

- 1.1 日出有方 002
- 1.2 虫鸣有时 004
- 1.3 甲骨卜天 005
- 1.4 作战有术 006
- 1.5 治病有方 007
- 1.6 理论初探 008
- 1.7 节气溯源 009
- 1.8 木乌相风 010
- 1.9 天池测雨 011
- 1.10 晴雨档案 014

第2章 第一次飞跃：

器测发明和理论发展 015

- 2.1 观测仪器发明 016
- 2.2 理论发展 021

第3章 第二次飞跃：	
地面天气图与挪威学派	029
3.1 地面天气图的出现和应用	030
3.2 天气预报业务的发展	031
3.3 气候学的发展	037
3.4 挪威学派及主要成就	038
第4章 第三次飞跃：	
高空天气图与芝加哥学派	047
4.1 高空探测技术的发展	048
4.2 芝加哥学派及主要成就	056
第5章 第四次飞跃：	
现代大气动力学基础上的气象学	063
5.1 中尺度动力学与尺度分析理论	064
5.2 控制大气运动的“上帝之手” ——五大作用力	067
5.3 地球上大气间力的相互作用与多尺度问题	069

第6章 第五次飞跃：

数值天气预报的诞生与发展 071

6.1 数值天气预报的萌芽与探索 072

6.2 数值天气预报的成功实现 075

6.3 卫星数据的采用与数值天气预报的发展 080

6.4 “蝴蝶效应”与集合数值天气预报的发展 080

6.5 我国数值天气预报的建设与进展 083

6.6 现代的数值天气预报 086

第7章 趋势与未来：

气象科学发展展望 091

7.1 神秘大气的面纱还没有彻底揭开 092

7.2 气象科学的发展仍将借助相关学科的进步 093

7.3 新的技术革命也是气象科学发展的新引擎 094

参考文献 097



第1章 起源与探索： 古代气象知识积累



气象是一门非常古老且实用的学科。人类与洪水、干旱等自然灾害的斗争，对自身生存条件的改善，以及对瞬息万变的天气现象的关注与探索，是古代气象发展的主要动力。气象科学的发展与人类的生产、生活密切相关，与当时的生产力水平相适应。古代气象科学的实质是经验知识的积累。古人通过对天气现象、气候物候、天文星象的识别、记录（定性）与计量（定量）、原理探究，形成了经验总结，如二十四节气、天气谚语等。农业文明最本质的特征，就是要处理好天人关系。

1.1 日出有方

早在 4000 多年前（公元前 21 世纪），古人已知依靠观测日出的方位来推测农历节气，用于指导农事活动。我国考古人员在山西省襄汾县陶寺乡发现了世界上最古老的观象台的遗址。复原后可以看出，该观象台是呈半圆形的平台，有三个圈层的夯土结构。在第一圈内，有 11 座夯土柱，夯土柱由西向东呈扇状辐射排列。古人透过柱与柱之间 15~20 厘米的缝隙观测正东方向塔儿山的日出方位，以此来确定当时的 12 个节气。经与现在的农历时间进行比较和实地模拟观测后，发现以此方法判定节气时令的精度都十分高。

大约 500 多年后（约前 1680 年），英国伦敦西南部的索尔兹伯里平原上出现了占地 11 公顷的巨石阵。距今 200 多年前就有人注意到，巨石阵的主轴线指向夏至时日出的方向，还有两块石头的连线指向冬至时日落的方向。20 世纪初，英国天文学家洛克耶（Norman Lockyer，1836—1920 年）提出，如果站在巨石阵的中心来观察，第 91 号石头正好指向立春和立冬这两天日出的位置，第 93 号石头正好指向立夏和立秋这两天日落的位置，因此推测当时就已有一年分八个节气的历法。虽然直到今天，巨石阵的真正用途仍然是个谜，但是天文学家经过种种研究推测：巨石阵非常类似一座古老的“天文台”。



陶寺古观象台复原图



英国巨石阵



1.2 虫鸣有时

公元前 20 世纪，中国先民已能依靠观察动植物的生长、发育、活动规律等来总结节候规律，以此形成历法，指导农事，《夏小正》一书可做证明。其所记载的夏代第一个物候现象“正月启蛰”，就是指冬眠的动物结束休眠，开始活动，后来称为“惊蛰”。此外，还有“三月摄桑”“七月寒蝉鸣”等物候记载。可以说，《夏小正》是古人几千年前物候测天的总结，是我国现存最古老的一部“月令”。现在我们所看到的《夏小正》，是作为《大戴礼记》的一篇而保存下来的。这篇文章按照十二月的顺序，详细记载了星象、物候、气候变化，形象地反映了夏代及其以前人们总结的物候、气候、节令知识。

《夏小正》经文全文：

正月：启蛰。雁北乡。雉震响。
鱼陟负冰。农纬厥耒。初岁祭耒。始用暘。囿有见韭。时有俊风。寒日涂冻涂。田鼠出。农率均田。獭兽祭鱼。鹰则为鸩。农及雪泽。初服于公田。采芸。鞠则见。初昏参中。柳稊。梅、杏、柰、桃则华。缙缃。鸡桴粥。

二月：往耒耜禘。初俊羔，助厥母粥。绥多女士。丁亥，万用入学。祭饔。荣蕓。莱蘩。昆小虫抵蝼。来降燕乃睇。剥鳊。有鸣仓庚。荣芸。时有见。稊始收。



《夏小正》

三月：参则伏。摄桑。委杨。羝羊。虫则鸣。颁冰。采识。妾、子始蚕。执养官事。祈麦实。越有小旱。田鼠化为鴽。拂桐芭。鸣鸠。

四月：昴则见。初昏，南门正。鸣札。囿有见杏。鸣蜩。王萑秀。取荼。莠幽。越有大旱。执陟攻驹。

五月：参则见。浮游有殷。鵙则鸣。时有养日。乃衣爪。良蜩鸣。匣之兴，五日翕，望乃伏。启灌蓝蓼。鵙为鹰。唐蜩鸣。初昏大火中。种黍菽糜。煮梅。蓄兰。颁马。

六月：初昏，斗柄正在上。煮桃。鹰始挚。

七月：莠萑苇。狸子肇肆。湟潦生苹。爽死。苹秀。汉案户。寒蝉鸣。初昏，织女正东乡。时有霖雨。灌荼。斗柄悬在下，则旦。

八月：剥瓜。玄校。剥枣。栗零。丹鸟羞白鸟。辰则伏。鹿人从。鴽为鼠。参中，则旦。

九月：内火。遭鸿雁。主夫出火。陟玄鸟蛰。熊罴貉貉鼯鼯，则穴。荣鞠树麦。王始裘。雀入于海为蛤。

十月：豺祭兽。初昏，南门见。黑鸟浴。时有养夜。雉入于淮为蜃。织女正北乡，则旦。

十一月：王狩。陈筋革。嗇人不从。陨麋角。

十二月：鸣弋。玄驹贲。纳卵蒜。虞人入梁。陨麋角。

1.3 甲骨卜天

殷商时期的甲骨卜辞中出现了雨、云、风、雷、虹、雪、雹、晕、霾等天气现象的文字记录。在出土的殷商甲骨文中，记载了大量的气象内容，这是目前世界上发现的最早的气象记录，而且已经有了置闰的历法，天文气象已进入社会生活。甲骨文中，关于天气现象的知识十分完



整、细致，包括降水、天气状况、风、云雾、大气光象等许多项目。安阳殷墟出土的一片殷王文丁时的卜辞上记录了文丁元年（前 1112 年）十天的天气变化。这段甲骨文全文是：

癸亥卜，贞旬。乙丑，夕，雨，三夕。丁卯，明，雨。戊辰，小采日，雨，风。己巳，明，启。壬申，大风自北。

用现代汉语翻译过来，这段文字记载的十天天气情况是这样的：

癸亥日进行占卜，预测未来十天的天气。第二天乙丑，从昨夜开始下雨，下了三夜。到第四天丁卯，天亮时还下雨。第五天戊辰，傍晚起了风雨。第六天己巳，早晨云开天晴。第九天壬申，起了北大风。

气	象	风	云	雨	雪	雷	雾	霾
气	象	风	云	雨	雪	雷	雾	霾
虹	水	火	日	月	春	夏(金文)	秋	冬

甲骨文里的气象常用字

因为记录天气是记变不记常的，甲子、庚午、辛未、癸酉等日没有发生风、雨、晴、霁的变化，所以甲骨文中没有记载；第三天丙寅虽然在下雨，因为包括在“三夕”的连雨中，所以也不单记。这样的十天天气预报及其验证记录，都是世界最早的。

1.4 作战有术

行火、涉水、借雾、避湿……古代应用气象知识于战略、战术发端于炎黄大战，萌芽极其古老。《孙子兵法》对春秋时代以前的军事思想进行了系统的总结，可称为军事气象经典之作。作为杰出的军事家，孙

子不是就军事论军事，而是把军事与社会政治、经济、科学技术结合起来观察的。他对天时、地利、人和的理论有所发展，认为用兵首先要从道义上考虑战争的正义性（道），接下来最重要的就是气象问题（天），这是胜负之本。《孙子兵法》中要求兵家通晓气象、天文，不仅战略规划、战役部署上要应用气象，在具体战术上更要应用气象，特别是在火攻中，如“火发

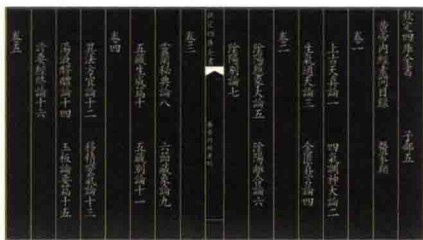


孙子

上风，无攻下风。昼风久，夜风止”（《孙子兵法·火攻篇》），对于火攻的气象条件说得很具体。该书从战略、战役到战术，从形势分析、行军布阵到具体作战，对气象的要求、掌握和运用，都做了正确、严密的论述，对后世影响深远。

1.5 治病有方

中国古代应用气象科学对人类文明的一个辉煌贡献，就是在公元前3世纪之前，建立起了完善、系统的医疗气象理论体系，并集中地阐述于《黄帝内经》这部巨著中。《黄帝内经》简称《内经》，包括《素问》《灵枢》两部分，公认的成书时间是战国时代。《内经》里，五运六气思想，即运气学说，贯穿于基础医学（生理、病理）、预报医学（预测、防疫、预后）和临床医学（诊断、治疗、疗养）的各个方面，并从哲理、



《黄帝内经》



天道观的高度，深入阐述了医疗气象科学理论。其理论核心运气学说，是建立在人与自然的关系，主要是人与气象的关系基础上的，运用阴阳五行的思想，论述了气候变化与人体生理和病理的关系，是集古代医疗气象理论大成之作。

1.6 理论初探

古希腊哲学家亚里士多德（Aristotle，前 384—前 322 年）对其所处时代的气象学产生了巨大影响。他于公元前 340 年撰写的《气象通典》一书是最早的气象学专著，使气象学终于成为一门系统的学科。亚里士多德的气象学思想涉及了气象科学的方方面面。他推论，地球上各个地区的可居住性与纬度有关，受到太阳长时间垂直照射的地区要比斜射的地区热得多，他甚至怀疑那是个一切生命都无法生存的地方。在远离赤道的寒带，也不适宜居住，人类只能生活在这两者之间的温带地区。他甚至还推想到，在赤道之南也有一个南温带，只是由于受到赤道灼热地带的梗阻，我们无法到达南温带。亚里士多德相信宇宙是永恒的，没有起点，永不灭亡，一切变化都是循环出现的，比如水从海面蒸发至空气中，然后变成雨水又汇入大海。



亚里士多德