

青少年气象科学知识

主编 向英 柯儒杰

副主编 陈国胜 徐东升

未雨绸缪

——天气预报



中国建材工业出版社

69
青少年气象科学知识

朱雨綢繆

——天气预报

中国建材工业出版社

前 言

21世纪是一个高科技的世纪，是一个人才竞争、教育竞争的世纪。为了迎接新世纪的挑战，提高全民族的素质是一个首要的任务。而素质提高的一个重要方面是科技素质的培养，也就是要培养人才的科技素养。在学生中普及科学知识不失为提高科技素质的一个良好途径。

针对中小学正在提倡的素质教育的需要和农村青年对于科技下乡的迫切需要以及厂矿、部队基层青年在提高文化修养的同时，对科技知识和劳动技能的广泛需要，以当代社会科学与自然科学的基础知识为基本出发点，我们编纂了一批通俗易懂，实用性强的系列科普读物。

每个时代图书最大的读者群是 10至 20岁左右的青少年。每个时代能够影响深远的图书是那些可以满足社会需要，传播知识，具有时代特点的图书。希望我们所精心编纂的这些书籍，能够为青少年朋友开阔眼界、增长知识、提高科学素养尽一份力。

本丛书是我们推出的科普系列读物之一。

气象科学是一门古老而又年轻的学科。气象知识与我们的生活息息相关，无时不在。本丛书共 12分册，以通俗易懂的语言，向我们介绍了大气、天气、气候等的形成及演变；分析了气象与农业生产、工程建设、仓储运输等方面的密切关

系；介绍了常用的气象观测仪器及观测方法，以及天气预报的制作原理和方法；同时教会学生们一些简单的气象活动、测天方法和观测仪器的简易制作；另外还介绍了人类影响天气、改变天气的一些方法。本书对于人类发展使大气遭受的破坏给予了格外的关注，呼吁大家保护大气，保护人类共同的家园。

本套丛书内容丰富、实用易懂，对于青少年掌握基本的气象知识，使之服务于生产、生活大有帮助。

目 录

第一章 天气预报的发展历程	(1)
第一节 古代天气预报	(1)
一、最早的天气预报	(1)
二、丰富多彩的民间天气谚语	(2)
第二节 有记录的预报	(5)
一、天气图的产生	(5)
二、天气系统概念的形成	(7)
三、理论的发展推动了预报工作	(11)
四、锋面气旋理论提高了预报质量	(12)
第三节 高空天气分析	(14)
一、向高空的进军	(15)
二、动力气象学促进了天气预报的发展	(16)
第四节 天气预报的数学方法	(18)
一、天气图预报方法的主观性	(18)
二、数值天气预报	(20)
三、统计天气预报	(29)
第二章 天气图预报法	(34)
第一节 天气图预报法的概念	(34)
第二节 天气图的填写	(36)
第三节 天气图的分析	(43)

一、地面天气图的分析	(43)
二、高空图的分析	(47)
三、高气压和天气	(48)
四、高压脊和天气	(49)
五、低气压和天气	(50)
六、低压槽和天气	(51)
七、锋面	(54)
第四节 天气形势预报	(59)
第三章 单站预报法	(65)
第一节 单站天气预报的制作	(66)
第二节 资料图表预报方法	(68)
一、点聚图	(69)
二、曲线图	(71)
三、剖面图	(74)
第三节 地电预报方法	(77)
第四节 地形对单站预报的影响	(79)
第四章 数值天气预报	(81)
第一节 数值预报的方法	(81)
一、实际大气的面貌	(82)
二、地转一层模式	(84)
三、大气的斜压性	(87)
四、平衡模式	(90)
五、原始方程模式	(93)
六、探索新途径	(98)
第二节 数值预报与电子计算机	(99)
第三节 气象资料在数值预报中的使用	(103)

一、资料处理	(103)
二、客观分析	(105)
三、初值化和四维同化	(109)
四、同步电子计算机	(112)
第五章 中长期天气预报	(116)
第一节 长中短期天气预报的区别	(118)
第二节 中长期天气预报的历史回顾	(120)
一、长期天气预报的回顾	(120)
二、中期天气预报的回顾	(125)
第三节 我国中长期天气预报的发展	(126)
一、我国长期天气预报的发展	(126)
二、我国中期天气预报的发展	(128)
第四节 中期数值天气预报	(130)
一、中期数值预报的发展	(130)
二、欧洲中期天气预报中心业务系统	(133)
第五节 中期统计天气预报	(137)
第六节 长期天气预报的一般方法	(139)
一、经验方法	(139)
二、物理统计方法	(140)
三、动力学方法和动力统计学方法	(141)
第七节 ENSO 与长期天气预报	(142)
一、ENSO 事件	(143)
二、ENSO 的发展演变过程	(144)
第八节 长期统计天气预报	(146)
一、韵律法	(146)
二、秩相关秩相似法	(148)

三、多层递阶预报方法	(149)
第六章 天气预报业务现代化	(151)
第一节 现代天气预报业务的发展	(151)
一、现代天气预报业务的发展状况	(151)
二、现代天气预报业务的发展趋势	(153)
第二节 天气预报业务系统的组成和基本内容	(155)
一、信息采集系统	(155)
二、信息交换系统	(157)
三、填图绘图系统	(157)
四、卫星、雷达图像处理系统	(157)
五、图形图像处理系统	(157)
六、综合预报系统	(158)
七、产品分发、检验系统	(158)
八、通信系统	(158)
第三节 几个著名的天气预报业务系统	(158)
一、美国的区域观测和预报系统 (PROFS)	(159)
二、瑞典的天气预报业务系统 (PROMIS-600)	(161)
三、英国的天气预报业务系统 (FRONTIERS)	(164)
第四节 信息采集	(168)
一、遥感遥测技术	(168)
二、天气雷达	(170)
三、气象卫星	(173)
四、自动气象站	(175)

五、大气廓线仪.....	(177)
六、雷电探测仪.....	(178)
第五节 信息传输.....	(179)
一、数字通信.....	(180)
二、计算机通信网.....	(181)
三、卫星通信.....	(185)
四、全球气象通信系统.....	(187)
第六节 信息处理.....	(188)
一、气象资料库.....	(189)
二、图形处理.....	(194)
三、自动填图和分析绘制天气图.....	(195)
四、图像处理.....	(198)
五、自动分析图像.....	(201)
第七章 正确认识和使用天气预报.....	(202)
第一节 预报为什么能够准确.....	(202)
第二节 预报为什么不可能完全准确.....	(203)
一、历史不见得重演.....	(203)
二、模型不能和实际完全一样.....	(203)
三、对初值的敏感导致了不确定.....	(205)
四、流体运动的实验.....	(206)
六、对初值敏感的系统.....	(208)
第三节 大气的可预报性.....	(209)
一、可预报期限.....	(209)
二、可预报期限的长度与系统的尺度有关.....	(210)
三、气候——天气的统计特征.....	(211)
四、规律的一种表现.....	(211)

第四节 如何正确使用天气预报..... (213)

(213) 一、要重视使用天气预报..... (213)

(214) 二、要分别情况区别对待..... (214)

(214) 三、要有两手准备..... (214)

(214) 四、要注意天气的实际变化..... (214)

第一章 天气预报的发展历程

第一节 古代天气预报

曾任美国气象学会主席、获1960年迈辛格奖的现代数值天气预报专家汤普森说得对，古代的气象还谈不上什么科学，只是一种民间技艺。

一、最早的天气预报

殷代的甲骨文里有许多卜雨有问晴的记载（如图1-1）。有人从317片甲骨中进行过统计，发现有107片是与气象有关的。其中卜雨的有93片，卜晴的有4片，卜暴风雨的有5片，卜雪、卜雹的各1片。这是已知的世界上最早的天气预报。这种方法，我们的祖先大概使用了几千年之久。

我国殷周时期，劳动人民就已经总结出许多预测天气变化的看天经验。如《春秋》这部书里就记载有：在冬天，当天空中出现满天一色的阴云——即“天上同云”时，则未来要“雨雪雰雰”；当在夏天看到乌云发展——即“有滄萋萋”时，则将大雨瓢泼，即“兴雨祁祁”了。唐朝的《相雨书》中，有更通俗形象的记载：“云逆风而行者，即雨也。”这类的经验

预报，已具有科学内容。

希腊哲学家亚里士多德（公元前 382~322）或许是世界上最早的气象理论家之一了。在著名的《天象论》中，他曾写道：世界上万物由火、空气、水和土四大元素所组成。他认为，这四种元素“可以互相转化，每一种都可以潜伏在其他之中”。并指出：引起这种转化的媒介物是太阳……空气经受温度的变化就变为云、雨、雪、霜、露。

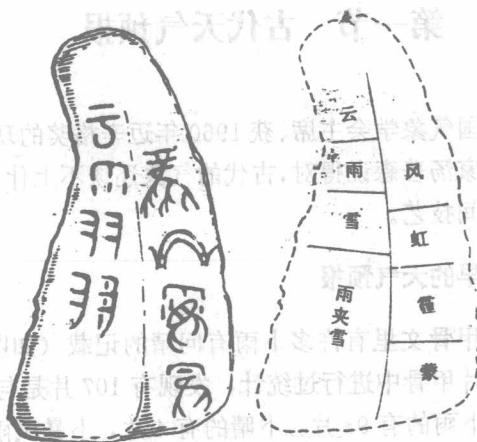


图 1-1 甲骨文中的天气现象

二、丰富多彩的民间天气谚语

世界各国的人民在劳动生产实践中，在与大自然的斗争中，不约而同地总结出很多类似的预测天气的经验，出现了世界性的天气谚语。例如，中国有句几乎人人皆知的谚语，“朝霞不出门，晚霞行千里”；这句谚语在日本也广为流传；在

美国则以另一种韵味出现，“傍晚天空红，水手乐无穷”经过千百年劳动人民的生产实践，天气谚语逐步丰富、发展、充实，并广为流传。将这些谚语归纳起来，大致包括看云识天，盾风识天，看天象识天，看物象识天等几类。

在人民群众的某些看天经验中，自觉或不自觉地包含着朴素的哲学思想。例如“热极生风，闷极生雨，”就指出了物极必反的辩证关系。实际上，天气的变化经常循着这个规律循环发展着的。“一雷打九台”和“一雷引九台”，这两条在东南沿海广泛流传的天气谚语，初看起来似乎有矛盾，但仔细一想，却很有道理，它们反映了气象现象在不同条件下有不同结果的客观规律，是另一种形式的辩证关系。“一雷打九台”意思是说，在沿海陆地上听到雷声后，海面上的台风十个有九个（泛指大多数）不会登陆或正面影响当地；“一雷引九台”则指听到雷声后，海面上的台风十个有九个要影响当地或在附近登陆。“打”和“引”显然是对立的，根据同样的雷声这个天气现象，却可以得出两种截然相反的结果。为什么？读了这本书你自然会找到答案的。

还有些看天经验，既揭露了天气变化的普遍性，又道出了其特殊性。比如上海郊区有这样一条谚语：“年纪活到八十八，未见东南阵头发”（阵头发是指雷雨）。这表示雷雨产生的普遍性规律。但在注意雷雨普遍性规律的同时，还得注意特殊性。“东南阵发，雨落丈八”，这条谚语就揭露了雷雨的特殊性。来自东南方向的雷阵雨，由于水汽特别充沛，移动又非常缓慢，下雨的时间又长，因此不来则罢，一来雨势极猛。用“丈八”形容虽有点过分，但1969年8月5日来自东南方向的大雷雨，使上海市区4小时内降水200多毫米。1977

年8月21日市郊宝山宝塘桥在14小时内下了近600毫米的大暴雨，也应验了这条谚语。

从上面例举的三条天气谚语中，反映了“物极必反”、“对立统一”和“特殊和一般”等哲学思想。这些朴素的思想，是难能可贵的，是劳动人民长期与大自然斗争中认识到的，上升为经验，以后，反过来又指导生产。许多精彩的天气谚语一直流传至今。

正如汤普森所说：“他们观察云，用面颊感觉空气的干湿，注意风的变换，估量患有风湿的肩膀或四肢的酸痛感，查看畜牧和飞鸟的活动，记忆前辈谚语，最后涉及到自己的经验和个人的天气知识，从而得出一个有依据的推测。”这话说得恰如其分，是对古代天气预报这个民间技艺颇为生动的概括和总结。古代群众看云经验是今天气象科学之摇篮。其中不少经验至今在民间流传，同时还在业务预报中使用。连数值天气预报发达的美国，在1963年出版的《天气预报手册》中，还是把群众看天经验写进去，以此作为日常预报业务的参考。

然而，用群众看天经验来预测天气，有很大的局限性。如西伯利亚寒流何时向南爆发袭击我国？降温强度怎样？会下大雪吗？这一系列问题用谚语都无从回答。首先，光凭视觉和感觉来测天，缺乏定量数据。其次，一个地方的看天经验，仅适合于当地（有的经验有区域性），视野局限在头顶上一块天地，看不出天气系统的移动，更不能了解天气演变的物理过程。如台风在离我国几千公里以外的洋面上形成、发展，沿海的渔民、船员又怎么能准确地对它作出判断和预报呢？现代气象学的发展，揭示了世界风云变幻不是一个地方、一个局部所能起决定作用的，而是东西半球、东北半球的大气综

合运动、互相影响的结果。而且从地面到几十公里高空，大气对天气变化都在起作用，只凭视觉、听觉、感觉是无法知道距离遥远的地方出现了什么样的天气。

现代气象学虽然有民间技术的根源，但它同天气谚语有着本质的不同。后者是简单的经验总结，这经验又只限于人类感官所能接受到的，孤立而粗略的现象；前者则是在下一章里以现代化仪器探测到的范围大、距离远、数量多、数值精确的现象为基础，以近代物理学为依据，以数学为方法，研究发展起来的。虽然它还很年轻，但在其他科学的推动下，蓬勃发展，飞速前进，已很快形成一门重要的自然科学。而其中的天气预报部分，则是一支应用性很强的学科，源远流长，前途更是远大。

第二节 有记录的预报

一、天气图的产生

在气象观测仪器没有发明前，只能目测云、雨，谈不到定量的研究。15世纪初，我国明朝永乐年间制成了雨量器，供全国各州县使用，为世界上最早的正规雨量观测。16世纪末到17世纪，发明了温度表和气压计。随后温度计和风向风速计也相继发明。1653年意大利开始在北部建立了气象站，进入了定量研究气象的时期。但是，这还只是研究一个地点的情况，可以说是“一度空间”的气象。

随着无线电技术的发展，1833年电报问世，使得有可能

把各地的气象资料迅速集中起来。

人们按照专门规定的数字和符号把收到的同一时间各地的气象观测记录填在一张图上，进行分析研究。这种图就叫做天气图。天气图的出现，在大气科学上具有划时代的意义，因为它把一个地点的气象要素与另一个地点的气象要素有机地联系起来了。于是，气象学向前迈出了重要的一步。

气象学发展史上这重要的一步，竟然由一次战争中成千上万人的死亡所启动。1853年到1856年，发生了俄国与土耳其、美国、法国和撒丁五国的战争。当时土耳其建立了奥斯曼帝国，国土横跨欧、亚、非三洲。俄国为控制黑海海峡，伸足巴尔干半岛，一心想击败土耳其；英国和法国则竭尽全力阻止俄国势力的伸张。1853年6月，俄国寻找借口，出兵占领摩尔达维亚和瓦拉几亚。10月土耳其对俄国宣战。11月俄国舰队在黑海击溃土耳其舰队，引起英法的干涉。1854年3月，英、法对俄宣战。这就是历史上有名的克里米亚战争。

1854年11月14日，英法联军包围了塞瓦斯托波尔，陆战队准备在巴拉克拉瓦港湾地区登陆。这时风暴突然袭来，黑海上出现了狂风巨浪，风力达11~12级。法国军舰亨利四号沉没于黑海北部的佛斯陀，英、法联军几乎全军覆灭。

事后，法国作战部要求巴黎天文台台长勒弗里埃研究这次风暴。他向各国天文、气象学家发信，收集1854年11月12~16日五天的气象报告。这一行动得到科学家们的竭力支持，250份回信迅速寄来。他依次把同一时间的各地气象情况填在了一张图上，一分析，发现这次风暴是自西向东南移动的，当它经过欧洲，在其到达联军舰队所在地的前一两天，西班牙和法国西部已迭受其影响。那时电报业已发明，如果当

时欧洲沿大西洋一带设有气象站，风暴情报就可以及时电告英、法舰队，就可能避免这次风暴的袭击了。

1855年3月19日，勒弗里埃在法国科学院作报告，他认为，“若组织观测网，迅速将观测资料集中一地，分析绘制天气图，便可以推断出未来风暴的运行路径。”

勒弗里埃的这一倡议得到了各国的赞助。1856年组织了法国第一个正规的天气服务系统。1857年战争结束后，又得到比利时、荷兰、美国、俄国、奥地利、瑞士等国的响应，组织了用电报传送当日的气象观测记录。不久以后，欧美各国和日本也都开始拍发电报，绘制天气图。地面天气图就这样诞生了。天气图的诞生是科学进步的结果，战争只是契机。天气图的出现成为了现代气象学的开端，因为它使人们从“坐井观天”的境地中解放出来，开始“放眼世界”了，给气象科学带来了飞跃。

二、天气系统概念的形成

什么是天气系统？天气系统实质上是高气压、低气压、槽线、脊线、台风等能显示天气变化及其分布的独立系统。为了说明这个概念，必须从最简单的等压线说起。

1. 等压线的绘制

一张地图上标出了各个气象观测站观测到的气压、温度、风和天气现象。这些孤立而分散的资料，怎么能表现出天气变化的规律和整体结构呢。先引起人们注意的是气压这个要素。原来，自有气压表观测气压以后，人们就发现：气压降低常常与阴雨天气相关联，气压升高往往伴随着晴朗的天气。气压表由此而获得了“晴雨表”的美名。这就很自然地想到