

气候变迁译文集

中央气象局研究所

1975年7月

38

4

毛 主 席 语 录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华。

古为今用，洋为中用。

目 录

中国气象学史	(1)
气候变迁——监测和模式化	(13)
全球气候展望和冰河周期气候学	(19)
现代間冰期的結束	(31)
现代間冰期何时結束	(38)
目前間冰期的自然結束及人类活动的可能干涉	(44)
近代的气候变化	(53)
现代气候的稳定性	(61)
未来的气候	(68)
气候变化的証据和原因	(77)
公元2000年的太阳预报——行星对太阳活动周期性的影响	(81)
行星排列、太阳活动和气候变迁	(87)
太阳——大气間的联系及其在长期水文气象预报中的作用	(90)
海洋在气候变迁中的作用：冰期理論	(94)
統計学的多元分析技术在年輪气候学中的应用	(115)
西欧千年气候——用統計学的累積和方法探討树木年輪气候学	(119)
台风的长期变动和预报	(123)
气候变迁文献目录索引	(139)

中国气象学史*

(英) J·李约瑟

译者说明: 这个译文基本上是全译, 只删去个别无关紧要, 但观点模糊之处。应该说, 作者基本上是尊重事实的。在文章中王充等法家材料引用较多, 而对儒家观点则持批判的态度。但当时没有现在这样深入的认识, 更兼我国古籍浩繁, 也很难对所引用的古籍都作出明确的评价。因此, 书中所提供的材料只供参考。本章“海潮”一节, 因非现代气象学的内容, 故予略去。原文中所引我国古书段句, 大部分已按古书原文译出。但少数书一时无法查找, 只能按英文意译, 在文中记*号以资识别。文中的脚注已经译者挑选和重新排列。如有不全, 请参考原文。中国姓名而查不到原来中文的, 均音译, 并在第一次出现时附上英文。

(a) 引 论

气象学这个名词从在古希腊产生以来, 其含义已经历过不少变化。对亚里斯多德(如在其 *Meteorologica* 一书中)说来, 它包含许多在现代认为是天体的现象, 如流星和陨石(正是从此获得气象学的名称), 慧星和银河, 虽然这些现象在当时列为“月下”世界一类。古代气象学还包括很多现代称之为自然地理的内容, 如河流的起源与性质, 海陆的分布等, 也包括矿物方面的内容, 如金属与岩石的形成等。在现代, 气象学主要研究气候、天气与地球大气中所有的现象。

在中国没有类似于亚里斯多德“气象学”一书同样规模的文献, 但这并不意味着中国人对天气现象缺乏深厚的兴趣。在本文中我们对他们的一些贡献作一简介, 例如, 他们在某些气象观测方法方面比西方要早得很多, 并且保存有长期的完整记录。但是, 现有气象学史的主要著作在应用中国资料方面几乎是很少的。

(b) 中国气候的一般情况

在考虑中国与西方文化的差别时, 必须比较二者的气候条件。

*译自 *Science and Civilization in China. Vol.3 Mathematic and Sciences of the Heavens and the Earth. I. 21.*

中国的天气序列是季风环流（有时热带气旋和大陆气旋）的产物，这些环流系统都受到大陆地形的影响。中国的天气受到西部大陆与东方太平洋较大的影响，中亚的干旱与亚洲东南诸海的水汽在中国地区激荡。夏季中亚气团变热，膨胀上升，流向沿海。其结果气压下降，引起暖湿大洋空气沿地面流入内地，形成一个大规模的对流环流。冬季是相反的过程。结果出现季风，虽然中国季风没有印度季风稳定，但同样都是气候的主要背景。因此，在中国居住过的人都很熟悉，中国有明显的雨季，一般出现于夏季三个月。

夏季流向内陆，冬季流向海洋的季风的主要趋势，有时被自西向东移动的高低气压系统破坏。低压在过渡季节（春和初夏）较常见，在华中与华北当盛行气团有变化时常常产生一阵有代表性的云雨天气。中国气候的第三个要素是台风，这是一种中心气压极低的小而强的扰动。

竺可桢提出过一个气候分区。

中国气候世纪变化的程度如何？这个问题引起了热烈讨论，一致的意见是，中国（至少华北）在以前比现在更为暖湿。这个结论主要是从历史文献中的物候记载得出的。有关气候的情况可以从每年动植物生长的情况得到。皮阿特(B·Biot)从诗经中摘引了关于黄河以北地区的水稻、桑、枣、粟的记载，是近代在这方面的最早的工作。他的结论是，即使气候有了变化，那么这个变化也不是很大的。但竺可桢比较了战国时期与现代的物候观测，发现桃树开花、布谷初鸣、家燕始见等在古书记载中都比现在要早一个星期到一个月之久。天气一定比现在温暖。其他很多作者支持这一观点。蒙文通搜集了汉代关于竹和桑的史料进行了说明。徐中舒和姚宝献指出在商、周时期在黄河的纬度上有象生存，而以后就没有记载了。直到宋代（并不是以后）鳄鱼都是华南的土产。商代多竹，如查丁(Chardin)与裴文中所指出，可从竹鼠的遗骨得到证明。

惠特富格耳(Wittfogel)和胡和宣(Hu Hou—Hsuan)独立地进行了浩繁的工作，从甲骨文的研究中得出关于商代（公元前14世纪）气候的若干结论性意见。其结果也支持了上述观点。暂不考虑例如关于为什么雨雪会集中在一定季节等问题所必要的一些假设是难于作出的，董作宾强烈批评他们的统计方法，因此，这个问题必须是当作尚未解决的。考古学家的一般观点都认为中国在商代比现在要潮湿和温暖。

至于天气知识的发展，同意竺可桢的意见，古时中国的预报没有超出农谚阶段。当然，欧洲在文艺复兴前也是这样。这样的谚语构成了“易经”的一个主要部分“说卦书”的部分内容，同时也经常在古书中看到，例如在“道德经”第23篇就有“飘风不终朝，骤雨不终日”（大风不会维持整个早晨，急雨不会维持一整天）。在易经里，预示风暴，向东的云说明出行有利。道家研究自然的大部分内容，是关于天气观测和预报的。公元12世纪道家的一个注释中就说明已作过这样的观测和预报了。气候对人类健康与疾病的影响也讨论到了，如在管子中的一些章节很象希波克拉第克(Hippocratic)的书：“空气、水和地”的叙述。

(c) 温 度

冷暖异常(寒暑异)在汉代被“图纬”论者解释为上天对帝王或其统治的“惩罚”。主要为了“占星学”的目的保存了夏季酷暑与冬季严寒的记录,这些在官方史料中也有记载。我们也注意到温度对滴壶(古计时器)的计时准确性方面的影响,这对古代中国人说来是很重要的。在“图书集成”这部百科全书里就有四篇是记载酷暑与严寒的。竺可桢根据这种历史记载指出:存在长期气候振动(表1)。从表上也可看出它与太阳黑子的大概关系。竺可桢还采用了近代一些游记,如郭天锡就有1308--1310年的记载,这是一段寒冷时期。在中国从11世纪开始至少有记载冬至后九九时期天气的习惯,即数九寒天。在明清时期人们常常在一种特制的表格上,按一定惯例记载这个时期的每天天气。

文艺复兴时期的定量温度表由凡尔皮斯特(Verbiest)输入中国,它与伽里略的温度表相似,是受气压影响的,在“图书集成”中有其图象。

表1 严寒与太阳黑子频率的相关

纪 世	每 世 纪 严 冬 数		太阳黑子频率
	欧洲 (Bruckner)	中国 (竺可桢)	(中国记录)
6	—	19	7
7	—	11	0
8	—	9	0
9	11	19	8
10	11	11	1
11	16	16	3
12	25	24	16
13	26	25	6
14	24	35	9
15	20	10	0
16	24	14	2

(d) 降 水

安阳甲骨文的研究表明,早在纪元前13世纪,就已系统地保存气象记录了。董作霖分析了在纪元前1216年的甲骨文,其中记有雨、霰、雪、风、雨向和风向,这些记录是按旬记载的。很多成功的预报也记录下来了,因为当时习惯于在记占卜的甲骨上附记例

如“如占卜预告，下了雪”^{*}之类的内容。正如其它地方的古代文明一样，早期的气象学是与祈祷占卜密切相连的。“左传”在公元前654年的年号下叙述了在两至（冬至、夏至）两分（春分、秋分）时特别仔细地观察云状和其它大气现象。我们也已经看到，在“周礼”提到设有一种专门观察诸如云、风等现象，并作出预报的官吏。在“前汉书”的文献中有几本关于云、雨、虹的书。这在整个中国历史上是持续不断的；在12世纪时，例如高似孙的“纬略”就有一节关于云的占雨预兆，公元1150年左右的“通志略”的文献中，至少有23本关于气象预报的书。在古代和中世纪，在中国也有“呼雨术”之类控制天气的材料。马国翰查出了汉代“请雨示雨书”的片断。

具有更大科学意义的是对中国气象水循环的认识。“计倪子”可能是其中最早的，它是一本大约在公元前4世纪末期有关自然方面的书。在书中说到：“风为天气，雨为地气，风顺时而行，雨应风而下。命曰，天气下，地气上，阴阳交通，万物成矣。”在其后一个世纪，“吕氏春秋”里也有类似的记载：“水从其源东流，日夜不停，永不休竭，而海洋永不盈溢。小流汇成巨流，重的（水在海中）变成轻的（水汽到云中）。这就是道的循环的一部分。”^{*}在汉代“河图緯括地象”一书中说到“崑崙山有水，水气上蒸为霞”。这个叙述约在公元前50年。在纪元1世纪对大气中的循环和辽阔星天之间的差别尚未普遍认识，以后，王充在其“论衡”一书中对此有一段有意义的论述。值得提到，希腊人在此问题上也有类似的混淆。王充说：“儒者又曰，雨从天下，谓正从天坠也。如当论之，雨从地上，不从天下。见雨从上集，则谓从天下矣，其实地上也。”（论衡·说日篇）。

由于雨是在上空集聚的，人们都说它来自天上，也即来自地的上面。我们如何能够表示雨从地起而在上区上升？公羊高在其“公羊传”的注释中说：“触石而出，肤寸而合，不崇朝而遍于天下者，惟太山云雨”。（译意：水汽通过1—2寸厚的石头向上蒸发并积聚起来，在一天之内可扩展到全国，但这只有来自太山时才会这样）。他的意思是来自太山的云雨可扩展到全国，而来自小山的只能影响到个别地区——范围决定于高度。对雨来自山区说来，一些人认为云带来雨，降雨之后，云就消散了，（他们是对的）。云和雨确实是同样的东西。水向上蒸发变成云，云积聚成雨，或进一步成露。在高山上经过的人的衣服沾湿了，这不是云雾，而是悬浮的雨水的的作用。

“书经”中记有“月之从星则以风雨”（译意：月近毕星将有风雨），或者在“诗经”中有“月离于毕俾滂沱矣”（月近毕宿，将有暴雨），这两段文字的引证者相信是天空本身引起降水。对此我们将如何解释？

当雨从山区而来，月经过其它星而接近毕宿。当它临近毕宿时必然有雨。在没有雨的时期，月亮未到毕宿，山上也没有云。天与地，上与下，是相互配合的。当月在天上临近毕宿，山在下面有蒸汽，它们所含的气相遇了，并结合起来。这是自然界自发的道的一部分。云雾表明雨将来临。在夏季它转为露，冬转为霜。热则雨，冷则雪。雨、露、霜都来自地，而非降自天。

这一段的意义不仅限于对水循环有清楚的了解，也在于认识到山脉在降雨过程中的

作用。如对季节性的月、星之间的连系，王充的思想是，地上的气（这是水被蒸发为山上的云）是以某种形式与天上的气（它使月亮在一定的时间临近毕宿）是互相关连而循环的。

以后，对水循环是有较好的理解的。王充之后不久，“说文”一书中把云定义为渊气，即从沼泽与湖泊蒸发的水汽。在纪元三世纪，杨泉在“物理论”中讨论到了水循环。宋、明时期也有关于这个问题的很多论述。叶梦得（其著作作为“避暑录话”）和王于（Wang Khuei）的观点就很接近1270年阿拉伯百科全书的作者的观点。

在欧洲，对水循环的认识可推到纪元前六世纪米列图斯（Miletus）地方的阿纳克西曼德尔（Anaximander）。亚里斯多德的气象学即建立在两个地上原生物（anathumiasis）的观念之上，一个是气态的（pneumatodestera），另一个是液态的（atmidodestera）。后者很接近中国的关于从地上上升的液态的气，前者来自对火山喷气坛的硫沉淀性气体观察，被用以解释岩石中矿物与金属的形成。这与“淮南子”一书中对同一现象所说的内容很相似。也许二者之间曾有过某种交流，但是这些观念发展的初期似乎这种可能不易存在。在气与pneuma（气）等之间的一般的相似性，即说明二者可能都起源于美索不达米亚，而以后则独立地发展。气字在最初是用于天气的，天气最早是结合词气候。候一般具有等待的意思，即需一定的时间，它也用于风、雨的预报，即候雨、候风。气仍然是气象学这一现代名词中的一个字。

在各时代，很自然会有在降水预报中有特殊名望的个别人物出现。如纪元前一世纪的魔术师京房即一例，他的传说在某种程度上记录在“易章句”中。另一个是宋代的姜元善。在十世纪的“太平御览”百科全书中的“魏略”等就记载有黄子发写的另一失传的秘书。此书不知属于何时（可能是汉代的）〔1〕，讨论降水预报，即“相雨书”。那时没有云的现代分类，中世纪中国人创造了很多云的技术术语〔2〕，现尚未用现代科学知识予以正确的分析。飞黑云、如复车的黄云、杼轴状云、鱼鳞云、草莽状云等都有记载。雷雨高积云则用冠云、群羊云、猪云或水牛云表示。典型的砧状雷雨云在京房的描写中为鼓和举槌状云。它另一名称似乎是砲车云，其形状为从上往下看的一个三角形。

另一个引人注意的天气征兆是月晕，中国人认为是大风的可靠的征兆。具有虹彩的月晕名为蜺母。对日晕也有很多研究。宋代刘师颜是一个伟大的天气专家，他的成功的事迹在赵德麟的“候靖录”中有记载。水手的天气谚语保存在1579年的“东西洋考”和“广舆图”中。“萝梁录”中有同类的宋代的材料。红雨现象的记载在“图书集成”中可找到。

〔1〕：查出汉代“易飞候·雨占”中记载：“……云汉四塞者皆当雨，如斗牛僂当雨暴，有异云如水牛，不三日大雨，黑云如群羊，奔如飞鸟，五日必雨，云如浮船皆雨，……云细如杼轴蔽日月，五日必雨，云如两人提鼓持桴皆为暴雨。”对云状已有细致的分类和描写。——译注。

〔2〕：“相雨书”是唐代著作。——译注。

甚至竺可桢也认为中国的第一个湿度表是凡尔皮斯特的鹿肠管仪器。事实上中国人在很早之前就已利用诸如羽毛、木炭等吸水物质测量湿度。在“淮南子”一书中至少有两处提到从预报的观点出发用瓦钵盛榆木炭以其重量表示大气湿度。在一处简略说到，“燥故炭轻，湿故炭重”。另一处说到吊起一片羽毛或木炭，即可测量干或湿的气，并说：“以小见大，以近喻远。”在“史记”中我们也看到同样的试验，但只有“县土炭”三字，对此，五世纪的一个注释者范殷（Phei Yin）附记：特别在夏至和冬至时，这或许是预知未来一季天气的指标。在张华（纪元232—300年）的“感应类从志”中对此有充分详尽的记载。有意义的是在十五世纪欧洲柯莎（Cusa）地方的尼可拉斯（Nicholas）与此完全相同，即用石块称羊毛重量（Cajori）。这个技术在以后的中国文献中也经常看到。

对雨的预报也有很多材料。因为雨不可避免会引起河流与峡谷涨水，洪水的危险在中国常常是严重的，故中国人很早就应用雨量器是不足奇怪的。在欧洲关于把雨水搜集在容器里以便测量的简单观念是在1639年佩鲁加（Perugia）地方的卡斯特里（Benedetto Castelli，伽里略的一个朋友）才提出来。在近年，气象工作者只知道十五世纪的朝鲜雨量器。其中最早的测雨器是1442年铜制的，在朝鲜保存的帝国命令中载有有关情况。这些雨量器放在云观台上。在1770年具有这种雨量器的气象台在朝鲜的主要城市都建立了。

但是尚未为大家知道的是雨量器并不是朝鲜发明的，在中国它的历史要早得多。主要的证据是1247年秦九韶为“数书九章”一书中记有雨量器的形状，称之为天池测雨。在这个时期，似乎每个省城与县城都有一个测雨器。秦在书中讨论了从圆锥形与圆筒形容器的水深计算一定面积降水的问题。

更值得注意的是在这本书中还告诉我们量雪器的应用，即竹器验雪。这是大的竹笼，秦给出他们的样本问题。无疑地它们是放在山口及高地上。如果在宋代地方官吏果真向首都报送雨雪的数值，这对高级官员计算有关堤坝与其它公用工程的维修是很有帮助的。

不必说，中国有很长很丰富的旱涝记录。这些记录在所有的主要的全书中，官方历

表 2 各 世 纪 旱 对 涝 的 比 例

世 纪	世纪旱年数／世纪涝年数	世 纪	世纪旱年数／世纪涝年数
2	1.98	10	1.80
3	1.60	11	1.70
4	8.20	12	1.04
5	2.06	13	1.80
6	4.10	14	1.05
7	3.30	15	2.25
8	1.32	16	1.95
9	1.80		

史与百科全书中都有记载。陈高镛等对这种材料进行了整理。虽然应注意到这种记录有某些不可靠之处，但它还是显示了某种周期性。表2引自空可损。

中间坏天气的记录中也有关于破坏性冰雹的材料。荷维兹(Horwitz)有兴趣于研究用火炮射击雷云使其产生降水或使其偏离以保护作物区的历史。现在在法国南部葡萄园经常应用火箭。荷维兹发现在十六世纪末西里尼(Benevenuto Cellini)的自传是欧洲首先提到此事的记载。但也注明了巴斯提安(Bastian)的游记中记载有康熙时期(1662—1722年)喇嘛在甘肃用火枪射击雨云的事情。

(e) 虹、假日和光谱

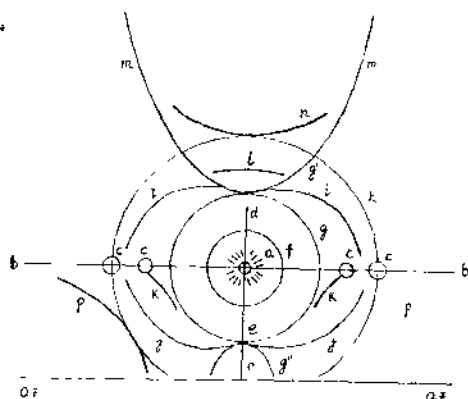
在安阳甲骨文中有关于虹的材料(董作宾)。现代术语——虹——是其继续，因为虫傍是由于商代认为它是一条能见到的雨龙之故。在霍普金斯(Hopkins)的一篇专论中讨论了这个象形字的古形。另外，术语蜺或霓则用虫傍或雨头。

宋代沈括描写了1070年他赴甘肃契丹的一次外交任务时所看到的一次双虹。他和孙彦先都考虑虹是阳光经悬浮水滴反射而成。两个世纪以后波斯的昆特·阿尔丁·阿尔希拉兹才得出关于虹的满意的解释，说是光线在一个透明球体内经过两次折射与一次反射而成。

但是有一些奇异的现象其美丽远胜过虹，其中包括同心晕和假日。在一定的大气条件下，当云中的六角状、三角状、圆柱状或片状的结晶体在相当的高空中缓慢地下降时，太阳就被几个晕围绕，其两侧相同高度上有四个亮点(假日)，具有一个内晕和一个外晕。另外，还有第五个日象(反日，anthelion)位于这条水平线的 180° 处，即正对着太阳，在 120° 处有两个假日，在 90° (很少)处也有两个假日。晕具有鲜明的颜色(内红)，但假日圈是白色的。在太阳处有一个垂直柱状物。晕和假日在各纬度都能看到，在较北地区和极区却不常见，但更为华丽和有更多的形状。欧洲最早是1630年谢内尔(Christopher Scheiner)的描述，他是在罗马看到的；第二个是但泽的赫迈留斯(Hevelius)在1661年看到的，但所看到的最复杂的情况可能是1794年洛维茨(Tobias Lowitz)在圣彼得堡所描述的。

但是中国星象人员在很多世纪前就已细心地从事晕的观察了。晕是如此引人入胜，甚至连皇帝也乐于在一本图画书中去描述它了。这就是朱高炽的“天元玉历祥异赋”，他在1425年作了一年皇帝，即仁宗。

更令人惊异的是何宾郁(Ho Ping-Yu)最近发现在晋书中有关于十辉的记载，几乎提出了太阳晕系所有各成分的技术术语。完整的晕即称晕，数日则沿弥(假日圈)分布。 46° 晕的部分斜弧则名为珥， 22° 晕的斜弧则名为抱，哈耳晕(Hall's Halo)则名为珥。46°晕的上弧名为序，22°晕的上弧名为冠，日上另一弧则名为日戴。甚至一种奇异的三角效应也名为提。22°晕的下切弧名为纓，46°弧的外切弧有个很有趣的名称，即戟。这些现象自然有各种预兆，但观测的精度是惊人的。这样，我们在七世纪就



a, 太阳; az, 水平; b, 假日圈; c, 假日; d, 外日光柱; e, 内日光柱; f, 哈耳晕; g, 22° 晕; g', 22° 晕的外切弧; g'', 22° 晕的下切弧; h, 46° 晕; i, 环椭圆晕的上弧; j, 环椭圆晕的下弧; k, 洛维茨弧; l, 巴利 (parry) 弧; m, 环天顶 g' 的延伸; n, 46° 晕的上切弧; p, 46° 晕的外切弧。

图1. 晕的各成分, 圆柱天顶投影

有了约26个技术术语, 不能不得出结论, 即十七世纪的欧洲对日晕现象的详细研究方面都还是远远落后于此的。

的确, 这些术语中的一部分来源比前述还要早得多。在本书第20章在讨论到中国天文学的官订字时, 我们有机会提到眊, 即一个在“周礼”上所谈到的预报官, 他的任务如下:

为了观察(在天上的)异常现象以预知今后的运气, 眊从事研究十辉的方法。第一个称作昬(珥、抱、孺等); 第二个称作象(巴利弧); 第三个称作辘(垂直光柱); 第四个称作监(可能是哈耳晕的部分上弧); 第五个称作闇(日月蚀); 第六个称作曹(雾的昏暗等); 第七个称作弥(“完整的”假日圈); 第八个称作叙(有排列的光束); 第九个称作齐(虹, 解释为晕的同义语, 全晕); 第十个称作想(“有疑问的”云状)。

这就清楚地表明秦、汉时期的星象官对晕象是很有兴趣的, 并仔细地记录它们。我们从司马迁的简短的描述中知道这种情况, 这些术语中有六个是在“晋书”和后期的文献中遇到的。

我们感到奇怪的是晕和假日是不是中国神话故事的基础, 古代有许多有关的传说, 在尧时有十日当天。王充在其“论衡”中不止一次地讨论过这个问题。

现在从飞机上有时可以看到全环彩晕。类似现象早就在山上看到了, 在中国如有名的峨眉宝光。在1177年冯承堂认为它是雨虹的一类, 他认为某些瀑布上的虹彩也是同样的。

(f) 风 和 大 气

对风的观察较为零碎，但整个中国历史上都有风的记载。“淮南子”（纪元前120年）书里列有一年之中的八个风季。以后风的分类就更细致了；例如“唐语林”（纪元1107年搜集）和明代叶秉敬的“书肆说铃”就列有二十四节气的风。从东南方来的季风自然是早就命名的，即信风或花信风。飓风或台风之前的一种特殊风被叫作鍊风（先行风）。

在明代的“蠡海集”中王逵提到用风筝试验风的变化。这就引起了中国的天气鸡和风标的古老起源问题——这不是看来并不重要的事，因为这个简单仪器或许是最早的点读技术（Pointer Reading devices），它在自然科学哲学中的重要性是不言而喻的。在欧洲它似乎不早于纪元前150年的雅典风塔，索尔哈（Cyrreha）地方的安德朗尼库斯（Andronicus）在塔上装了一个天气标（weather vane）。在中国一定也是在同一时期，因为“淮南子”书中说到使用线或幡（綰）的事，一个汉代的注释者将此解释为候风扇。从三国时代起军事方面称它为五两，是从其中所用的羽毛重量得名。以后的书中就说到鸟状的风标，例如四世纪中叶的“古今注”书中就称它为相风鸟。另一个名称叫做伥。有各种传说说明它是由一个神话般的人物如黄帝发明的。

竺可桢猜测在汉代已有制造风速表的一些尝试了[1]。他是根据“三辅黄图”书上的一些记载的，此书是三世纪后期曹炎所著。他在讨论塔和亭时写道：

“汉灵台”在长安西北八里。它之所以叫作“灵台”是因为最初打算在此观察阴阳和天体的变化，但在汉代它开始被称为清台。郭缘生在“述征记”书中说到“长安宫南有灵台，高十五仞，上有浑仪，张衡所制，又有相风铜鸟，遇风乃动，一曰长安灵台上有相风铜鸟，千里风至，此鸟乃动”。那里也有一个八尺高的铜指时针，长十三尺，宽一尺二寸。其上刻文建于太初四年（纪元前101年）。”

这一段话并未考证清楚，除非这个铜鸟的运动与风力有某种关连，不然便很难具有参考的意义。除了阵风和湍流，风越大时，通常天气鸡将越会稳定。在同书的另一处（第二篇，有关汉宫方面）提到装在塔顶上的铜凤凰，“上下有转轴，对风来向如飞然”，这可能是它的轴延续到塔内，并有显示由风所造成的转速的技术，如果不是记录的话。在这里顺便提及，杯状风速表是轮叶机的一个变种。水轮机首先出现在汉代。此外，书中说铜凤凰高五尺，它似乎超过了天气鸡，但也不是为了研究风的阻力。如果这个解释证

[1]：明代“观象玩占”中把风分成动叶、鸣条、摇枝、落叶、折小枝、折大枝、飞沙走石、拔大根共八级，与十九世纪初叶西欧的布福风级十分相似。该书并说到汉代京房有测风速的“五音占法”。该书记载“听声辨五音法”，说用“黄钟之管，管长九寸”，风速大小，使管发音清浊有别，可辨宫、征、羽、商、角五音，以知风速。——释注。

实了，则汉代风速器可能是现代四杯型的一个祖先，而文艺复兴早期但蒂（Egnatio Danti 1570年）和虎克（Robert Hooke 1667年）的仪器是属于摆锤型的，现代已不应用。

在杨瑞的“山居新话”一书（1360年）中有一段关于水龙卷的很好的描写：

“在至正八年（1348年）十二月十五日约下午三点，在南方有四条黑龙，从天而降吸水。不久后，在东南方又出现一条，维持一段时间后才消失。这是在嘉兴看到的。”*

我们在本书的前面已经看到一个关于对地球大气的作用的重要性的了解的例子（在本书天文部分中——译注）。约在纪元四百年天文学家姜发解释为什么太阳在日出日没时为大红圆盘，而在中午则小而白，他写道：

“地气上天不太远。这就是为什么太阳在晨暮为红色，中午为白色的原因。如果地气上升很高，那它也会是红色。”*

他理解当高度小时，太阳所通过的地球大气层比它高度大时要厚。一个世纪之前高富（Ku pho）说到晨暮的轻雾是“氛氲”；在十一世纪沈括把浊、浊氛和烟气尖氛等术语表示由微小悬浮颗粒所引起的大气混浊。明代陈继（两山墨谈）有段关于蜃楼的解释，基本上是正确的。

（8） 雷 电

在古代，中国人很自然地了解雷电是他们所设想的两种物理力量，阴和阳，相互作用的结果。从广义说，当我们注意到，这个理论对自然界的正、负概念是有贡献的，它最后也包括电学与化学化合，则在这个古代的中国观念里，具有很大成分的真理理性。

“淮南子”（纪元前120年）说到：“阴阳相薄，感而为雷，激而为霆。”（译意：阴阳彼此搅和在一起就是形成雷的原因。它们力争通过对方寻找出路而产生闪电。）

这样的自然理论仍未能消除汉代（儒家）的迷信恐惧，后者根据“图纬”之说，认为天空放电是对政府或个人错误的“天惩”。王充是坚定的自然论者，请看他在“论衡”中有关的篇（雷虚篇）中的论述：

“盛夏之时，雷电迅疾，击折树木，坏败室屋，时犯杀人。世俗以为击折树木，坏败室屋者，天取龙。其犯杀人也，谓之阴过，饮食人以不洁净，天怒击而杀之。隆隆之声，天怒之音，若人之响吁矣。世无愚智，莫谓之然。推人道以论之，虚妄也。”

“夫雷之发动，一气一声也，折木坏屋，亦犯杀人，犯杀人时，亦折木毁屋。独谓折木坏屋者天取龙，犯杀人罪阴过，与取龙吉凶不同，并时共声非道也。”

“礼曰刻尊为雷之形，一出入，一屈一伸，为相校軫，则鸣校軫之状，……气相校軫分裂，则隆隆之声，校軫之音也。（这个说法是十分正确的）襍裂者，气射之声也、气射中人，人则死矣。”

“实说，雷者太阳之激气也，何以明之，正月阳动，故正月始雷，五月阳盛，故五

月雷迅，秋冬阳衰，故秋冬雷潜。盛夏之时，太阳用事，阴气乘之，阴阳分争，则相校軫，校軫则激射，激射为毒，中人輒死，中木木折，中屋室坏人，在木下屋间，偶中而死矣。”

“何以验之，试以一斗水灌冶铸之火，气激襍裂若雷之音矣。或近之，必灼人体。天地为炉火矣，阳气为火猛矣，云雨为水多矣，分争激射，安得不迅，中伤人身，安得不死？”

“当冶工之消铁也，以土为形，燥则铁下，不则灰溢而射，射中人身则皮肤灼剥。阳气之热，非直消铁之烈也，阴气激之，非直土泥之湿也，阳气中人，非直灼剥之痛也。”

“夫雷火也，气剥人，人不得无迹，如炙处状似文字，人见之谓天记书其过以示百姓，是复虚妄也。使人尽有过，天用雷杀人，杀人当彰其恶以惩其后，明著其文字，不当闇昧，……。”

汉朝的其他学者如桓谭（纪元30年之前，其主要著作是“新论”）也主张同样的观点。

在随后几个世纪，否定雷电的预告可能性是孔夫子怀疑论的老生常谈。早在十一世纪苏洵（名诗人苏东坡之父）谈到人们认为电击死亡是由于缺乏孝心而遭的惩罚时指出，它应当惩罚所有罪有应得的人，很显然，事实并不如此。在同一世纪，约1078年，沈括记录了一些电击的情况：

“内侍李舜举家曾为暴雷所震，其堂之西室雷火自窗间出，赫然出簷，人以为堂屋已焚，皆出避之。及雷止，其舍宛然，墙壁窗纸皆黔。有一木格，其中杂贮诸器。其漆器银扣者，银悉鎔流在地，漆器曾不焦灼。有一宝刀极坚，钢就刀室中鎔为汁，而室亦俨然。人必谓火当先焚草木，然后流金石。今乃金石皆鎔而草木无一毁者，非人情所测也。佛书言，龙火得水而炽，人火得水而灭，此理信然。但知人境中事耳，人境之外事有何限？欲以区区世智情识穷测至理，不其难哉。”（“梦溪笔谈”卷二十）。

在1360年左右杨瑀（“山居新话”）也有类似精确而客观的记载。但是对雷电真正性质的解释要等待文艺复兴之后的科学的普遍繁荣。

（h） 北 极 光

中国历史记载中有一些关于“异光”“彩气”的描写，只能归之于北极光之类。皮阿特（E. Biot）从“文献通考”搜集了四十例及其补充，在“图书集成”中则约有六十例。最早的是纪元前208年，最晚是纪元1639年。在“开元占经”一书（718年）中提到汉代占官京房的失传的“妖占”一书，记有纪元前194—154年的重要现象，如地震等。此时尚无完整的记录，因为这个现象作为整体来说尚无清楚的认识，当时有以下一些名称：赤气和北极光等。故有着大量文献需汉学家和气象学家共同协力搜寻。例如在“新唐书”的五章本论中就记有882年的一次紫极光的描写，但这个特殊现象却并不在其全

表中列出。有一次更早的极光也在爱尔兰与盎格鲁——撒克逊历代志上有记载，即763年的一次极光，它遮满整个北方天空，并有闪耀红光。中国最早的记载中有一次则是公元前30年，当“夜晚天空有黄、白亮气，长达一百尺，呈飘带状，照亮了地面。有些人说这是地裂，另有一些人说这是天剑。”（“伏候古今注”）。这些名词与亚里斯多德在其“气象学”中称极光为裂缝（chasms）是惊人的相似，但是二者之间有否任何联系，却是难以相信的。这个现象的解释自然只有在现代才有可能。它们与太阳黑子的密切关系从1859年后才有所认识。

（张家诚译）

气候变迁—监测和模式化*

J. 庫茲巴哈

有不少的客观原因促使注意力集中在气候与气候变化的研究上。全球粮食生产在目前已不完全适应全世界人口的需要,因此,天气与气候变化对粮食生产的影响问题日益增加其重要性。相似的情况是能量与供水问题对天气与气候变迁的敏感性明显地增加了。60年代与70年代初期的气候与以前几十年时期气候有显著不同的事实,提起了人们注意到气候不能再作为一个固定的因子来考虑了。对人类活动(如热污染、大气中二氧化碳的含量的变化)的某些能引起全球气候变化的付作用有了关心,这种影响如果不是立即表现出来,也可能在最近几十年中表现出来。

我们对更好了解气候的要求日益增加了,这种情况至少部分地可以从对过去气候认识(历史监测),对现在与未来气候监视能力的增长和模拟气候的数值模式的试验而得到满足。本文有选择地考察气候变迁的史实,它的假设中的原因和现代研究气候与气候变迁的物理基础的工作。

气候的监测

地球的气候与地球本身一样,有几十亿年(10^9)的历史。气候变迁的时间尺度包括最长的时期(10^8 — 10^9 年)一直到较短的几十年(10^1 年)的时期和年际变化之间的各种尺度。大气、海洋、结晶圈(雪盖、海冰与大陆冰层)、生物圈和岩石圈,以及包括在气候系统内的某些地球外的因子(如太阳),它们的时间尺度都是从天气现象起直到 10^8 — 10^9 年。例如,冰在大陆冰层中停留的时间的量级为 10^4 — 10^5 年,故至少 10^5 年的气候记录才能统计地描述我们现在的冰期气候。显然,仪器记录(长度约 10^2 年的量级)是不能满足这个目的的。为了获得自然气候变迁的时间与空间尺度的粗略概念请看下图并在以下作简短的讨论。

现代冰川期的起源至少可以追溯为如下事件的结果:南极洲逐渐移动以趋向现在的孤立位置(约50,000,000年之前),北极海水被北美——格陵兰岛——欧亚大陆与中纬度大洋逐渐分开。南极冰层约在30,000,000年之前开始发展。在过去几百万年内,南极

*译自WMO Bulletin Vol.23, No.3, 1974。

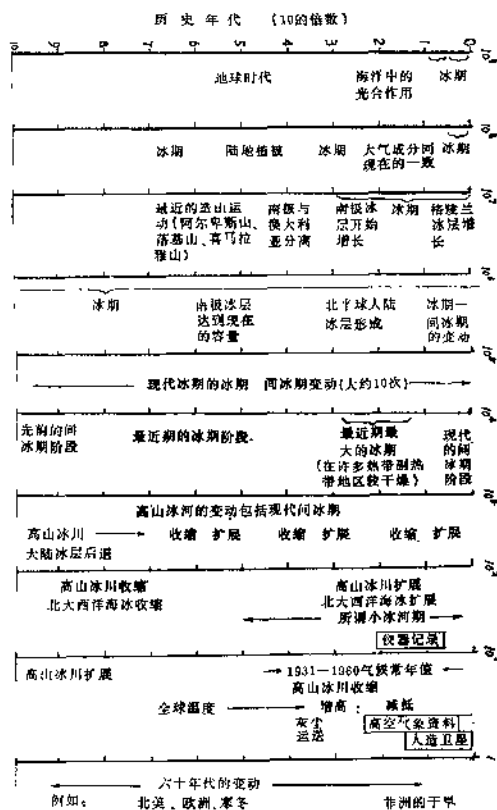


图2. 气候变迁与时间尺度 (每下移一行, 尺度缩小10倍)。

冰层约达到现在的规模, 接近北大西洋的大陆出现冰层。洋底沉积物说明北冰洋, 或至少它的一部分, 在最近百万年内已为冰雪覆盖。

在现代冰期内, 大陆冰盖在面积上与体积上都有显著的振动。在面积上, 冰川期与间冰期分别占地球面积的9%和3%; 在体积上, 冰川期约为间冰期的三倍。这个振动联系着海面水位约一百米的变化 (Flint, 1971)。在最近百万年内, 大陆冰层推向赤道方向, 以后又退向极地方向, 至少已有7次之多 (Shackleton等, 1973)。这些情况大都从洋底沉积物和格陵兰与南极洲的冰层分析 (Dansgaard等, 1971) 得知。洋底沉积物取样网被用以编制过去某些时间内海面温度的空间分布模式, 这个资料可用以估计过去的洋流、海洋热输送与有关的大气环流 (Mcintyre等, 1974)。

现代冰期中冰川期与间冰期的振动约有70,000到120,000年的长度。间冰期是相当短暂的(约一万年), 冰川期与间冰期之间的过渡往往是急剧的。由于现代间冰期已存在约一万年, 因此, 它“何时与如何结束”是一个值得严肃考虑的科学问题。(Kukla等, 1972)。