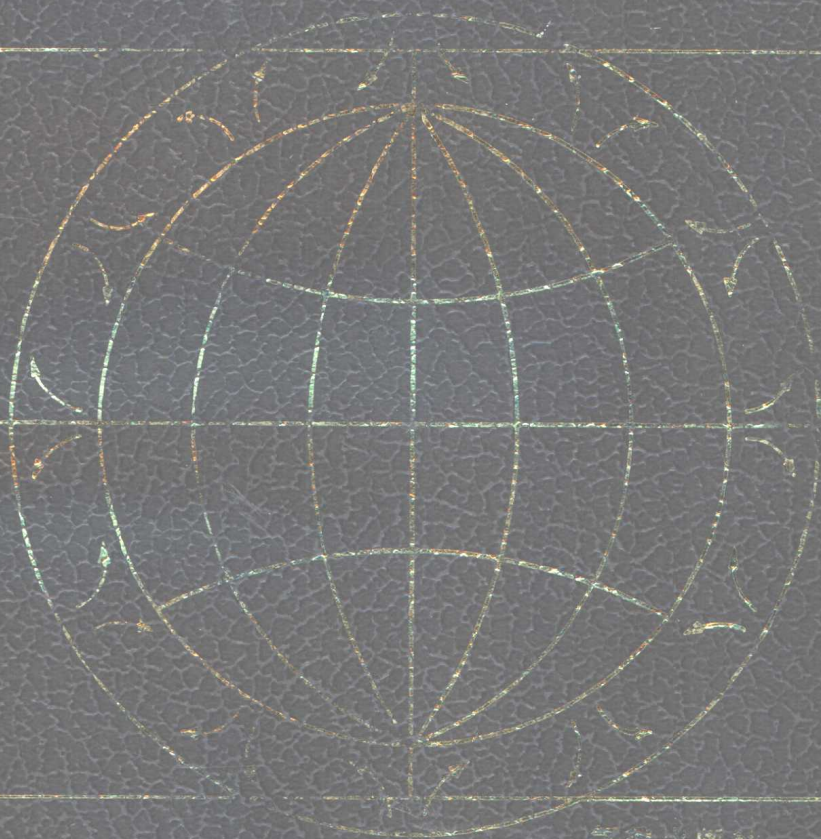


全球气候

JOHN T. HOUGHTON



气象出版社

全 球 气 候

约翰·T·霍顿 主编

金 奎 译
程 纯 枢 校

气象出版社

内 容 简 介

本书向读者阐述了世界气候研究计划的背景、目标和科研的主要趋向；介绍了气候研究所涉及到的气候系统的各个方面，即大气、海洋、冰和陆地及其相互之间的热量、动量和物质的交换；讲述了观测资料的获得和分析的方法。

本书可供海洋、地质、地理、水文和气象等学科的研究人员、师生、情报研究人员参考。

THE GLOBAL CLIMATE

John T. Houghton

Cambridge University Press 1984

全 球 气 候

约翰·T·霍顿 主编

金 奎 译

程纯枢 校

责任编辑 殷 钰

* * *

商务出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京昌平环球印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经售

* * *

开本：850×1168 1/32 印张：16.625 字数：428千字

1986年5月第一版 1986年5月第一次印刷

印数：1—1,500

统一书号：13194·0284 定价：4.70元

中 译 本 序

近十余年来世界上有不少地区曾出现粮食作物较大的减产，这与气候的不正常有密切的关系。十年前，世界气象组织象许多国际组织一样，鉴于人口的大增，开始认识到情况的严重性。气候是影响粮食产量、水资源和能源的关键因素。而政策、社会和经济情况、农业科学、土壤科学和不少其它学科也与粮食生产的计划和实践有重要关系。

气候是一个复杂的系统，是以四种组成部分的相互作用为表现的：不断变化的大气；储存和输送大量能量的广大海洋；由冰层、冰川、海冰组成的冰层；包括植物在内的地面。自1979年开始，世界气象组织制定了一个较大的“世界气候计划”，它包括“世界气候资料计划”；“世界气候应用计划”；“世界气候影响研究计划”和“世界气候科学研究计划（WCRP）”。WCRP计划有两个目的：确定气候可以在多大程度上作出预测；人类活动能影响气候到什么程度。主要内容有：长期天气预报的物理基础；气候的年际变化；长期气候变化趋势。

本书是WCRP开始实施不久对宏观气候学科学现状的及时的总结，原序中说明本书的目的是“向较广大的科学界解释WCRP所进行的研究的背景、目标和内容”。它为参加WCRP的研究者提供很好的综合报告，详细介绍了近年的科学进展。本书的作者多是WCRP和它的先驱计划“大气研究计划（GARP）”的前沿科学家。

我国参加了“世界气候计划”的研究工作，正进行着许多对

气候科学和国民经济有重大意义的研究项目，本书的译出对上述工作的进行将有较大的帮助。

程 纯 枢
一九八六年一月

目 录

序 言

第一章 世界气候研究计划	1
1.1 气候变化的可能性.....	1
1.2 世界气候研究计划.....	3
1.3 全球大气研究计划.....	4
1.4 气候系统.....	5
1.5 气候反馈.....	9
1.6 研究目标或“方向”.....	10
1.7 气候研究的第一“方向”：长期天气预报的物理 基础.....	11
1.8 气候研究的第二方向：年际变率.....	13
1.9 气候研究的第三方向：气候的长期趋势和气候的 敏感性.....	16
1.10 观测要求.....	18
1.11 气候变化的探测.....	21
1.12 计划的组织.....	21
参考文献	22
第二章 全球气候研究	24
2.1 引言.....	24
2.2 气候的定义.....	26
2.3 观测与分析.....	28
2.4 气候模式.....	32
2.5 理论解释.....	39
2.6 南方涛动.....	46

参考文献	49
第三章 从大气观测中估计气候变动	55
3.1 引言	55
3.2 欧洲地面温度的变化	57
3.3 北半球气温变化	58
3.4 温度随纬度和地理区域的变化	61
3.5 温度随高度的变化	70
3.6 南方涛动	73
3.7 北半球降水变化	76
3.8 总结	78
参考文献	80
第四章 大气环流模式的设计及其在气候研究中的应用	83
4.1 引言	83
4.2 大气环流模式的发展	85
4.3 头等重要的过程	87
4.4 数值方程	90
4.5 参数化	99
4.6 可预报性	104
4.7 气候研究数例	106
4.8 气候模拟中的若干问题	115
4.9 结论	124
参考文献	127
第五章 云-辐射相互作用与气候问题	145
5.1 引言	145
5.2 云的分布和联系	148
5.3 云与总非绝热加热场	155
5.4 云-辐射相互作用与气候的研究	161
5.5 结束语	178
参考文献	179

第六章	数值模拟气候对于地表边界层的敏感性	182
6.1	引言	182
6.2	试验种类表	187
6.3(I)	无相互作用土壤水份试验	188
6.4(I)	有相互作用土壤水份试验	209
6.5(II)	混合试验	223
6.6	结束语	228
参考文献		231
第七章	沙漠动力学与气候	235
7.1	引言	235
7.2	干旱度的长期变化	240
7.3	干旱地区短期气候振动	244
7.4	结论	252
参考文献		258
第八章	低温圈	260
8.1	引言	261
8.2	冰录	262
8.3	季节性雪	265
8.4	海冰	268
8.5	冰原	276
8.6	山地冰川	283
8.7	永冻	287
参考文献		293
第九章	上层海洋与全球气候中的海-气相互作用	300
9.1	引言	301
9.2	海洋在行星气候系统中的作用	302
9.3	海-气相互作用和气候预报	338
9.4	表面通量及其认识现状	349
9.5	上层海洋边界层	362

9.6	结论	385
参考文献		388
第十章	气候中的海洋环流	419
10.1	引言	419
10.2	最大的时空尺度	421
10.3	演绎方法	425
10.4	分析	433
10.5	数值模式	436
10.6	热通量问题	438
10.7	需要做的	440
10.8	全球海洋环流计划	443
参考文献		447
第十一章	气候研究中监测海洋的战略	455
11.1	研究海洋环流的结构和变化	456
11.2	研究海洋环流对于海洋中热量输送以及海-气间 热量交换的影响	460
11.3	研究大尺度海-气相互作用	463
11.4	全球监测气候上重大的海洋场	465
参考文献		469
第十二章	生物地球化学过程与气候模式	471
12.1	引言	471
12.2	主要的生物地球化学循环的一般特点	473
12.3	气候模式中关键性的几个生物地球化学过程	483
12.4	为研究气候变化的生态系统的动力学模拟	488
12.5	结束语	491
参考文献		492
第十三章	二氧化碳和其它微量气体及气溶胶在辐射收支中 的作用	495
13.1	温室效应	495

13.2	地球大气中温室效应的演变·····	497
13.3	气体成份和温室效应中的人为变化·····	498
13.4	气溶胶效应·····	502
13.5	云量效应·····	504
13.6	地球大气系统反射率·····	505
13.7	反馈因子·····	508
13.8	平流层中辐射、光化学和动力学之间的相互作用 ·····	510
13.9	结论·····	514
参考文献	·····	515

第一章 世界气候研究计划

John T. Houghton 英国气象局

Pierre Morel 世界气象组织

提 要

世界气候研究计划的目标是明确的：（1）气候的可预报程度；（2）人类的活动对气候的影响。该计划主要关心的是时间尺度为数周到数十年的气候变化。世界气候研究计划是从全球大气研究计划中发展出来的。它和全球大气研究计划一样，由国际科学联盟理事会和世界气象组织联合发起的。世界气候研究计划涉及整个气候系统，其主要部份是大气、海洋、低温层和陆地以及这些组成部份之间的相互作用和反馈。

世界气候研究计划的科研目标或称方向，现已确定即：（1）为期数周的长期天气预报；（2）全球大气的年际变率以及为期数年的热带海洋的年际变率；（3）长期变化。两大项试验：热带海洋和全球大气试验（Tropical Oceans and Global Atmosphere）以及世界海洋环流试验（World Ocean Circulation Experiment）。它们被定为第二和第三方向的中心。为此，需要新的模式（尤其是大气海洋耦合模式）和全球观测资料，特别是卫星对气候系统各组成部份（尤其是海洋）的观测资料。

1.1 气候变化的可能性

从历史记载中，人们知道了各个时间尺度的气候变化。在过去的50万年里（图1.1a），冰河期和间冰河期大约10万年为期相互交替。2万年前，最近的一次大冰河期，冰覆盖着加拿大和北

欧及亚洲的大部份地区。海冰极大地延伸(Untersteiner, 1983, 本书), 并且海水水位要比现在低80米。在过去1000年里(图1.1b), 最显著的气候特征就是公元1300年至公元1800年间的“小冰河期”。至此以后, 就我们能确定的, 有一个普遍增温, 至少在北半球是如此(图1.1c) (Angell和Gruza, 1983, 本书)。

气候变动对人类活动和经济利益有很大的影响。降水的极端变动造成干旱和洪涝。这是大家一直关注的, 近几年来更是如此。因为世界对粮食需求增长, 特别是发展中国家对粮食需求的增长, 所以人们对此问题最敏感。

即使是半球平均温度有很小的变化, 也可以表现为区域性的大变化。例如在“小冰河期”欧洲冬季一般说来比现在寒冷得多。虽然半球平均温度仅变了1 K稍多点, 但冰川和海冰却推进得相当远。

人类活动也能引发气候变化。这也是当代关注的事。人类活动影响到沙漠的发展就是个例子(本书, Rasool, 1983)。由于矿物质燃烧造成二氧化碳的增长, 可能会造成的影响, 也是一个例子。到2100年, 大气中二氧化碳含量要比现在增加一倍。有一个模式估计了由于这二氧化碳倍增造成的温度变化(见图1.2), 预计热带和中纬度地区地面温度上升约2℃, 极地增温更大。降水分布也可能因此而变, 对世界某些地区带来严重的后果, (Mitchell, 1983)。极地冰区也会有变化, 影响到海水水位。大气中其他微量成份的变化, 例如氮氧化合物和气溶胶也可能造成类似幅度的气候影响。(本书, Kondratyev和Moskalenko, 1983)。

用现有的模式估计由各种原因形成的气候变化, 不论是全球平均效应或是区域性变动, 都需要谨慎看待。因为这些模式尚未将许多重要的反馈过程包括在内。了解人类活动在何等程度上引起气候变化, 这是重要的。再加上我们对气候自然变化的机制缺乏了解, 才使得国际上集中力量研究气候问题。

1.2 世界气候研究计划

世界气候研究计划是世界气候计划的一个组成部份，其目标是确定：

- (1) 气候可预报程度。
- (2) 人类影响气候的程度。

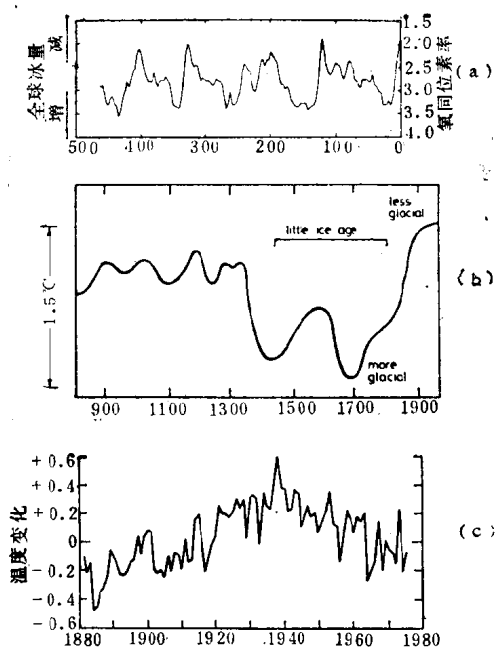


图 1.1 (a) 从浮游甲壳动物的氧同位素率测定中推导的过去 50 万年的气候。这与全球冰量有关 (据 Hays, Imbrie 和 Shackleton, 1976 年材料)

(b) 从有关欧洲冬季材料中估算的过去 1000 年的气候 (据 Lamb, 1966 年材料)

(c) 北半球年平均温度变化中看到的过去 100 年气候 (据 Mitchell, 1977 年材料)

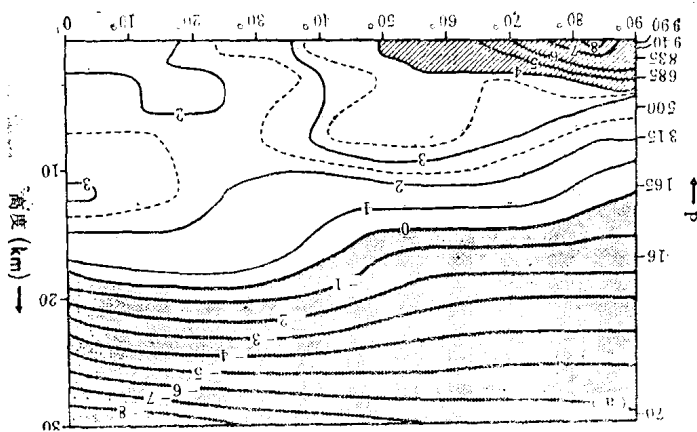


图 1.2 如大气中 CO_2 含量象模式预计那样增加一倍，预期会出现的气温 (K) 的变化 (据 Manabe 和 Wetherald, 1980 年)

这项计划主要不是搞时间尺度为千年或象大冰河期那样更大时间尺度。要了解气候，最终要考虑这些史前发生的重大气候变化。这项计划的主要目的是了解时间尺度从几周到几十年的气候变化。这个时间尺度是与获得全面数据集的可行性相一致的，是与数值模拟实际情况一致，是与决策人和计划人员的关注相一致。

尽管气候是由行星尺度复杂的相互作用所决定的，但是世界气候研究计划不能仅限于考虑全球平均气候、区域性气候距平。这些距平经过数月或数年，发展成为更重大更明显的气候变动。这样，世界气候研究计划涉及的空间尺度从 1000 公里到全球，1000 公里这个下限大概相当于几周的时间尺度。

1.3 全球大气研究计划

世界气候研究计划是由 70 年代全球大气研究计划发展而来。全球大气研究计划起始于 60 年代初。肯尼迪总统于 1961 年向联合

国致词时，呼吁各国将来合作进行天气预报以致最终控制天气。由于肯尼迪总统的支持，经过几年讨论（Ashford, 1982），全球大气研究计划拟定了。1967年在世界气象组织和国际科联理事会联合发起之下成立了联合组织委员会（联合科学委员会的前身）和联合计划司。此项计划的主要目的是观测全球大气的细节，足以研究不同尺度大气运动的组织，如何相互影响。从而确定以数值模式来预报大尺度运动（1000公里及以上）。

1974年，全球大气研究计划热带大西洋试验结束之后，全球大气研究计划于1979年以全球天气试验为其顶点。热带大西洋试验的目的，是想用数月时间详尽观测热带大西洋大气环流的特征。全球天气试验期内，全世界各地进行了加强观测，以便对全球进行全面的综合观测。世界上许多拥有最大计算机的机构得以能研制全球环流模式。从初步成果看来，利用全球试验资料，可以作出描述全球环流细微结构的五天预报。无论是资料改善，或是资料同化，或是描述模式里的动力过程或物理过程都可以延长预报时效。

1.4 气候系统

全球大气研究计划关心的是上下边界层之间的大气层。在上边界层，日辐射进入大气系统，部份日辐射折射出去，红外辐射也离开大气层顶。下边界层是陆地、海洋或冰。在全球大气研究计划模式中，下垫面状态被认为是固定不变的。世界气候研究计划涉及到更长时间尺度，仅考虑大气是不够的，要考虑气候系统的各个组成部分。现将各个组成部分列举如下（图1.5）：

（1）大气 包围地球的气体也是气候系统中变化最多的。下层大气具有特征的热响应，对于所施加变化的响应时间约为一个月。

（2）海洋 射到海洋表面的日辐射，大部份都能被吸收，由于热容量大，成为一个巨大的能源库。海洋输送的热量，约等

于大气由赤道向极地输送的热量（本书，Woods, 1983）。海洋上层与大气或与海洋表面的冰相互作用，时间尺度为几个月到几年，而海洋深层的热调整时间则为几个世纪。

（3）低温层 包括大陆上冰、山中的冰川、地面雪盖和海冰（本书，Untersteiner, 1983）。雪盖和海冰有很大的季节性变化。冰川和冰原则变化较慢。它们容积变化则与海水平面变化有密切的联系。

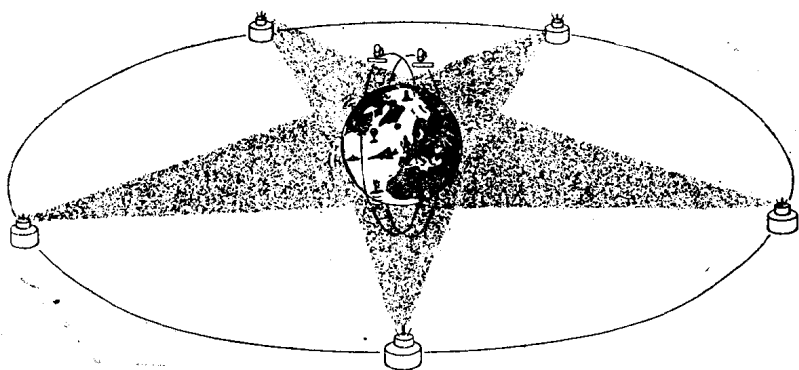


图 1.3 1979年全球天气试验中有 5 颗静止卫星和至少 2 颗极轨卫星在工作

（4）陆地地表 包括地面上或地面内的生物体，也包括湖泊和地下水，它们也是水文循环的主要组成部分。地表变化的特性时间差异甚大，农田为数周，大森林地区可达数十年或数百年。

气候系统各部分之间的相互作用又是多种多样的。陆地、冰或海洋表面之间的热量（通过呼吸、辐射、大气运动、蒸发、降水）、水份和微量元素（例如 CO_2 ，Bolin, 本书）的交换发生在各种时间尺度。地表也是空中悬浮微粒的重要来源，例如火山灰、沙漠尘埃，或海水飞沫中的盐粒。这些微粒反过来通过大气辐射过程产生重大的气候影响（Kordratyeyu和Moskalenko, 1983, 本书）。

12GMT	星期一	191979年 6 月 4 日
天气报 船舶报		2528 1098
卫星测风 (低空)		2065
卫星测风 (高空)		1061
飞机卫星综合数据自动传递系统	..	83 373 658
浮标、导航测风 下投探空仪	COLBRS	7 18 83
探空、测风		766 583
卫星测温、LIMS探测		2135 0

