

第二部分 分报告

中国的全球变化预研究



中国的 全球变化预研究

叶笃正 陈泮勤 主编



地震出版社

中国的全球变化预研究

第二部分 分报告

叶笃正 陈泮勤 主编

地震出版社

1992

(京) 新登字 095 号

内 容 提 要

本书收入了中国全球变化预研究的成果,共五篇。第一篇为中国的气候变化,论述了中国气候资源的基本状况,最近 250 万年以来不同时间尺度古气候的变迁,人类活动及大气中微量气体成分的改变及可能诱发的气候变化。第二篇为中国水体特征、近期变化及其对环境的影响,并给出了 2000 年中国可能出现的水资源格局。第三篇为中国植被的历史变迁及未来的发展趋势。第四篇为中国土地资源的时间变化及其发展趋势。第五篇为中国生存环境中碳、氮元素变化与大气温室效应的初步分析结果。

本书可供大气、海洋、环境、生态、空间、地理、地质等学科的科研、管理、决策人员及大专院校有关专业师生参考。

中国的全球变化预研究

第二部分 分报告

叶笃正 陈泮勤 主编

责任编辑:蒋乃芳

※

地震出版社 出版

北京民族学院南路 9 号

北京市丰台区丰华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

※

787×1092 1/16 18.125 印张 450 千字

1992 年 11 月第一版 1992 年 11 月第一次印刷

印数 0001—2000

ISBN 7-5028-0726-8/P·478

(1119) 定价: 18.00 元

序 言

当前,温室效应和全球增暖、臭氧层破坏、森林锐减和物种灭绝、土地退化和淡水资源短缺等一系列重大全球性环境问题困扰着人类社会,涉及到地球的可居住性这一重大战略性科学问题。全球变化的研究是国际科学界为迎接上述全球性环境问题的挑战而提出的重大科学研究课题,它具有高度综合和交叉学科研究的特点,标志着地球科学、宏观生物学的研究进入了一个新的深度和广度,有利于学科间,特别是基础学科与应用基础学科间的相互渗透和横向联合,促进科学的发展。

全球变化的研究是以地球系统科学为指南的,它从整体的角度出发,将地球的大气、水圈(含冰雪圈)、岩石圈和生物圈看成是具有有机联系的“地球系统”,把太阳和地心作为两个主要的自然驱动器,人类活动作为第三促动因素。发生在该系统中的重大全球变化是在上述力的驱动下,通过物理、化学和生物学过程的相互作用的结果。

具有行星尺度的全球变化可粗略地分为以下几个时间尺度:秒至数十小时,数天至数年,数十年至数百年,数千年至数百万年,数千万年至数亿年。其中以数十年至数百年这个时间尺度的全球变化的研究最为薄弱,然而它正是当前国际科学联合会理事会(ICSU)组织实施的全球变化研究计划(即国际地圈、生物圈计划,IGBP)的研究重点。

全球变化的研究所涉及的范围极其广泛,提出了大量的关系到地球可居住性的重大科学问题。因此,它的提出本身就决定了其研究的广泛性和国际性,需要全世界科学家的通力合作,致力于我们的共同的未来的研究。

全球环境是一个不可分割的整体。任何区域的环境变化都要受整体环境变化的制约。反过来,整体环境的变化又是各区域相互影响着的环境变化的综合体。因而,全球变化必然会对占有广大面积的中国的社会经济发展带来重大而深远的影响,认识并了解过去近万年以来,特别是近千年来,在全球变化的背景下中国经历了并正在发生着什么样的重大变化,对我国经济发展和“四化”建设有着十分重大的意义。另一方面,中国是一个历史悠久的文明古国,有着灿烂的传统文化,特别是中国作为一个人口大国,认识其在全球变化中的地位和作用,以便参与人类社会的共同决策,保护人类赖以生存的地球环境,同样具有重大的战略意义。

为此,从1987年开始,中国科学院组织院属若干研究所的近百名科学家参加中国的全球变化预研究。该研究的目标是:在现有资料的基础上,从我国土地和水体利用的角度出发,总结分析过去数千年中国生存环境的变化,并结合重大的全球变化事件寻找控制全球变化的主要因子和相互作用过程,认识中国在全球变化中的地位和作用,从而提出我国的全球变化研究内容和课题。

《中国的全球变化预研究》的第一部分为“总论”,已先行出版;本书为第二部分——“分报告”,共有五篇,第一篇为中国的气候变化,论述我国气候资源的基本状况,最近250万年以来不同时间尺度的中国古气候变迁,中国历史时期和仪器观测时期的气候变化,以及人类活动、特别是大气中微量气体成分的改变及可能诱发的气候变化。第二篇为

中国水体特征、近期变化及其对环境的影响，它从中国地表水体的数量分布与现代特征出发，用已有的研究成果，综述了全新世高温期以来中国地表水体的演变，现代和未来中国生存环境中的地表水体结构，最后给出了 2000 年中国可能出现的水资源格局。第三篇为中国植被的历史变迁及未来的发展趋势，论述中国植被的分布现状及特点，中国历史时期植被的分布概况，并对植被的未来演变趋势作了初步估计。第四篇为中国土地资源的时空变化及其发展趋势，论述我国土地资源的空间分布的特点，历史时期以来我国土地资源的时空变化，土地资源利用诱发的环境变化及趋势预测。第五篇为中国生存环境中碳、氮元素变化与大气温室效应的系统分析，论述碳、氮元素循环的动态模式，中国生存环境中碳、氮元素的库存量和流通量的计算与预测及其与大气温室效应的关系，并对所得结果进行了讨论。

本书在叶笃正、陈泮勤主持下进行编写。第一篇由符淙斌主持，编写者有符淙斌（第一章、第四章），安芷生、吴锡浩（第二章），吴祥定（第三章），王明星（第五章）。第二篇由施雅风主持，编写者有周克俊（§ 1.2, § 1.3, § 1.4, § 2.2, 第二章），王云飞（§ 2.1），王洪道、黄群（§ 5.5），季中淳、汪佩芳、张琛（§ 1.6），刘昌明、傅国斌（§ 1.1），姚檀栋（§ 1.4），和伍贻范（§ 3.1, § 3.2），周克俊作了整体调整和修改。第三篇由赵士洞主持，编写者有赵士洞、高瑞平、陶炎。第四篇由赵其国主持，编写者有赵其国、刘良梧。第五篇由庄雅辉主持，编写者有康德孟、张孟威、陈立顶。全书由陈泮勤统稿，叶笃正最后修改、定稿。

感谢参加“中国的全球变化预研究”的全体同志，他们对本书的完成作出了重要贡献。

全球变化预研究仅仅是我国全球变化研究的开始，还有大量的研究问题需要进一步探讨，本书仅望能收到抛砖引玉的作用。由于时间匆忙，错误之处在所难免，敬请读者不吝赐教。

叶笃正

1992 年 5 月于北京

目 录

第一篇 中国过去气候的变化

第一章 中国气候资源的基本状况	(3)
§ 1.1 光、热、水三类气候资源的分布特征	(3)
1.1.1 光资源	(3)
1.1.2 热量资源	(6)
1.1.3 水资源	(6)
1.1.4 气候资源的变化	(9)
§ 1.2 中国的主要气候分区	(12)
1.2.1 主要气候带	(12)
1.2.2 主要气候区	(12)
§ 1.3 若干气候极值的平均分布特征	(14)
1.3.1 极端最低温度	(14)
1.3.2 异常气候灾害的出现频率	(16)
第二章 最近 250 万年不同时间尺度的中国古气候变迁	(17)
§ 2.1 时间控制	(17)
§ 2.2 气候信号	(18)
§ 2.3 最近 250 万年的长期气候变迁	(20)
§ 2.4 最近 13 万年的长期气候变迁	(25)
§ 2.5 最近 18000 年的长期气候变迁	(31)
§ 2.6 结束语	(41)
第三章 中国历史时期的气候变化	(42)
§ 3.1 东半部地区	(42)
§ 3.2 西北干旱区	(46)
§ 3.3 青藏高原	(49)
3.3.1 气候变化概况	(49)
3.3.2 气候变化的若干特征	(52)
第四章 仪器观测时期的气候变化	(54)
§ 4.1 近百年中国温度变化的总趋势	(54)
§ 4.2 近百年来降水状况的变化	(56)
4.2.1 中国干旱和湿润指数的变化	(56)
4.2.2 长江流域梅雨的变化	(56)
4.2.3 华北平原夏季降水量的变化	(58)
§ 4.3 20 世纪气候变化基本特征	(59)

第五章 大气化学组成的变化及其引起的气候变化	(60)
§ 5.1 观测到的大气成分浓度的变化	(60)
5.1.1 国外观测的结果	(60)
5.1.2 中国的观测	(63)
§ 5.2 大气成分的地表生物源	(64)
5.2.1 对全球大气有重要作用的地表生物源	(64)
5.2.2 中国稻田 CH ₄ 排放通量的测量	(65)
§ 5.3 大气化学组成的未来变化趋势	(68)
5.3.1 大气二氧化碳浓度变化趋势预测	(68)
5.3.2 甲烷等大气微量成分未来浓度变化趋势的预测	(71)
§ 5.4 大气成分浓度变化引起的气候变化	(73)
5.4.1 气候变化数值模拟	(73)
5.4.2 简单模式预测的大气二氧化碳加倍引起的气候变化	(73)
5.4.3 三维大气环流模式预测的大气二氧化碳加倍引起的气候变化	(75)
5.4.4 海-气耦合模式预测的大气二氧化碳增加引起的气候变化	(76)
5.4.5 甲烷等其它微量气体和气溶胶浓度变化引起的气候变化	(78)

第二篇 中国地表水体特征、近期变化及其对环境的影响

第一章 中国地表水体的数量分布与现代特征	(85)
§ 1.1 中国地表水体类型、贮量和活动性	(85)
§ 1.2 地表水体分布的水热均衡理论概要	(86)
§ 1.3 河流的现代分布与数量特征	(88)
1.3.1 水系分布	(88)
1.3.2 中国河流的水量平衡与年径流的地区分布	(88)
§ 1.4 现代冰川与积雪的热量平衡、分布和数量特征	(100)
1.4.1 现代冰川物质平衡与特征	(100)
1.4.2 中国西部山地冰川热量平衡的地域性分布和它的影响因素	(104)
1.4.3 中国现代冰川分布与数量	(105)
1.4.4 中国西部雪线分布	(110)
1.4.5 中国积雪分布	(111)
§ 1.5 中国湖泊与水库的分布及其调节作用	(112)
1.5.1 湖泊的分布	(112)
1.5.2 湖泊对河流的调节作用	(117)
§ 1.6 中国沼泽湿地的分布现状与数量	(120)
1.6.1 沼泽湿地的水热平衡与分布的关系	(120)
1.6.2 沼泽湿地分布的区域特征	(121)

第二章 自全新世高温期以来的中国地表水体演变	(129)
§ 2.1 全新世高温期 (距今 6000—8000 年) 的中国陆地水体特征	(129)
2.1.1 全新世高温期中国陆地水体分布的自然环境背景	(129)
2.1.2 河流和径流量增幅	(131)
2.1.3 湖泊的演化	(134)
2.1.4 沼泽湿地分布	(137)
2.1.5 冰川变化和固体水资源	(139)
§ 2.2 近几百年来中国地表水体演变	(140)
2.2.1 “小冰期”的中国地表水体概况	(140)
2.2.2 近百年的中国地表水体演变	(141)
第三章 现代和未来中国生存环境中的地表水体	(150)
§ 3.1 地表水体在生存环境中的地位和作用	(150)
§ 3.2 人类活动对中国陆地水体的影响	(150)
3.2.1 人类经济活动改变天然水资源的循环模式	(150)
3.2.2 人类对天然水体的改造利用所引起的环境问题	(152)
§ 3.3 2000 年的中国水资源	(155)
3.3.1 中国水资源量	(155)
3.3.2 中国水资源的开发程度	(156)
3.3.3 中国水资源利用水平	(156)
3.3.4 中国水资源开发利用展望	(158)

第三篇 中国植被的历史变迁及未来发展趋势

第一章 中国植被的分布现状及特点	(161)
§ 1.1 中国的森林植被	(162)
1.1.1 中国森林植被的分布概况	(162)
1.1.2 中国森林资源的特点	(164)
§ 1.2 中国的草原植被	(165)
1.2.1 中国草原植被的分布概况	(165)
1.2.2 中国草原资源的特点	(167)
§ 1.3 中国的栽培植被	(167)
1.3.1 中国栽培植被的分布规律	(168)
1.3.2 中国栽培植被分布的特点	(169)
第二章 历史时期植被分布的状况及变迁	(170)
§ 2.1 全新世气候适宜期中国植被的分布概况	(170)
2.1.1 东部森林区	(171)
2.1.2 西部草原、荒漠区	(172)
2.1.3 青藏高原区	(173)
2.1.4 原始农业植被概况	(174)

§ 2.2 中国古代植被的变迁·····	(175)
2.2.1 西周、两汉、隋唐 (公元 618 年) 以前的植被变化 ·····	(175)
2.2.2 清朝中叶 (公元 1840 年) 以前的植被变化 ·····	(179)
2.2.3 1840—1949 年的植被变化 ·····	(181)
2.2.4 1949 年以后中国的植被概况 ·····	(182)
第三章 中国天然植被的发展趋势 ·····	(184)

第四篇 中国土地资源的时空变化及其发展趋势

第一章 中国土地资源的空间分布及特点 ·····	(187)
§ 1.1 土地资源的构成与分布·····	(187)
§ 1.2 土地资源特点·····	(188)
第二章 中国土地资源的时空变化 ·····	(191)
§ 2.1 耕地的变化·····	(191)
2.1.1 历史时期以来耕地的扩展与变化 ·····	(191)
2.1.2 建国以来耕地数量的变化 ·····	(191)
§ 2.2 土壤肥力的变化·····	(193)
2.2.1 土壤分布状况的贫瘠化 ·····	(193)
2.2.2 耕垦后土壤养分和有机质的变化 ·····	(196)
2.2.3 土壤物理性质的变化 ·····	(196)
§ 2.3 土壤盐渍化·····	(198)
§ 2.4 水蚀变化·····	(199)
§ 2.5 风蚀沙化·····	(200)
第三章 土地资源利用不合理引起的环境变化 ·····	(202)
§ 3.1 森林草原植被破坏对环境的影响·····	(202)
3.1.1 生物物种的消失 ·····	(202)
3.1.2 土壤养分和水分循环失调 ·····	(202)
3.1.3 河道淤积、水库淤塞 ·····	(203)
3.1.4 气候异常、旱涝风沙灾害频繁 ·····	(204)
§ 3.2 城市化对环境的影响·····	(204)
§ 3.3 农业化学化对环境的影响·····	(205)
第四章 本世纪末耕地数量和质量的发展趋势 ·····	(207)
§ 4.1 本世纪末中国土地资源的发展趋势·····	(207)
4.1.1 未来的耕地数量 ·····	(207)
4.1.2 未来的耕地质量 ·····	(208)
§ 4.2 未来林地和草地资源的发展趋势·····	(208)
4.2.1 未来的林地 ·····	(208)
4.2.2 未来的草地 ·····	(208)

第五篇 中国环境中碳、氮元素变化与大气温室效应的系统分析

第一章 碳、氮元素循环的动态模式	(211)
§ 1.1 碳、氮元素生态模型的建立	(211)
§ 1.2 碳、氮元素循环的数学模式	(211)
1.2.1 碳、氮元素循环数学模式解决的问题	(211)
1.2.2 碳、氮循环数学模式的建立	(212)
1.2.3 元素循环模式方程的参数计算	(215)
1.2.4 碳、氮循环数学模式的验证	(219)
第二章 中国环境中碳、氮元素库存量的计算	(221)
§ 2.1 大气圈碳、氮库存量的计算	(221)
§ 2.2 生物圈碳、氮库存量的计算	(222)
§ 2.3 地圈碳、氮库存量的计算	(225)
§ 2.4 水圈碳、氮库存量的计算	(229)
§ 2.5 中国与全球碳、氮的地球化学分配	(231)
第三章 流通率计算	(232)
§ 3.1 估算方法	(232)
3.1.1 水域挥发至大气的流通率	(232)
3.1.2 生物固氮——大气到生物圈的流通率	(232)
3.1.3 陆地挥发至大气的碳、氮流通率	(234)
3.1.4 大气干湿沉降的流通率	(237)
3.1.5 植物光合作用吸收大气中 CO_2	(239)
3.1.6 动物及人体排泄到土壤的流通率	(240)
3.1.7 生物残余归还土壤的流通率	(242)
3.1.8 工业、生活污染物排入水域的流通率	(242)
3.1.9 化肥残留在土壤中的氮素	(243)
3.1.10 粘土固氮 N_{LL} 和碳酸盐沉积 C_{LL} 的流通率	(243)
3.1.11 土壤浸蚀渗透流失流通率	(243)
§ 3.2 中国环境中碳、氮元素流通率估算结果	(245)
§ 3.3 氮在生物地球化学循环中的主要形态	(245)
第四章 库存量及流通率的预测	(247)
§ 4.1 预测方程	(247)
§ 4.2 预测结果	(247)
4.2.1 库存量预测	(247)
4.2.2 生态系统内部的一定平衡关系	(250)
4.2.3 流通率的预测	(250)
4.2.4 模式预测结果的比较	(251)

第五章 碳、氮元素循环与大气温室效应的系统分析 (253)

§ 5.1 微量气体的源..... (253)

5.1.1 二氧化碳 (253)

5.1.2 甲烷 (253)

5.1.3 氮化物 (254)

5.1.4 氟氯碳 (257)

§ 5.2 中国释放温室气体源的分布及对全球温室效应的贡献..... (257)

5.2.1 中国各省向大气层释放的二氧化碳和甲烷量 (257)

5.2.2 中国不同源释放温室气体总量估计方法举例 (258)

5.2.3 中国排放温室气体总量对全球温室效应的贡献 (259)

5.2.4 中国不同源释放温室气体总量的数值极差估计 (260)

5.2.5 用 GSM 模式对中国释放温室气体预测 (261)

5.2.6 温室气体的增加对气温的可能影响 (264)

第六章 结果与讨论 (266)

§ 6.1 讨论..... (266)

§ 6.2 结束语..... (268)

参考文献 (270)

第一篇

中国过去气候的变化

符淙斌 安芷生 吴祥定 王明星

第一章 中国气候资源的基本状况

光、热和水三类主要的气候资源是人类和其它一切生命体赖以维持的基本条件，它们参与地球系统的能量和水分循环过程，是全球变化中最活跃的因素。

中国有较丰富的气候资源，也有它的不足之处，正确估价中国气候资源的基本状况，对于合理开发利用和保护气候资源是很重要的。

§ 1.1 光、热、水三类气候资源的分布特征

1.1.1 光资源

在诸多描写光资源的指数中，我们仅采用两个基本量：太阳总辐射和日照时数。

1. 太阳总辐射

穿过大气层到达地球表面的太阳辐射（包括直接和散射辐射）称为太阳总辐射。其中在 400—760 nm 波段的太阳辐射可以被绿色植物体内叶绿素吸收并参与光化学反应，绿色植物干物质中有 90%—95% 是利用太阳辐射通过光合作用合成的。中国年太阳总辐射量的范围为 90—190 kcal/cm²^①。主要分布特征是西部多于东部，高原多于山地。140 kcal/cm² 等值线从内蒙古和华北北部向西南至青藏高原东侧把全国分成两大部分：西半部为高值区，年值均大于 140 kcal/cm²。那里的分布呈南高北低形势，青藏高原是中国辐射最高值区，大部分在 150 kcal/cm² 以上，中心达 190 kcal/cm²（图 1.1），最低值出现在四川、贵州一带，年值仅 90 kcal/cm²，其余地区在 110—130 kcal/cm²。与同纬度地区相比，除非洲撒哈拉沙漠地区外（200 kcal/cm²），与美国、日本等国的辐射量大致相当。

到达地面的太阳总辐射，由于天文原因以及云的影响有明显的季节变化，通常夏季多，冬季少，春季又多于秋季。大部分地区月总辐射最大值出现在 4—8 月，其中西北地区出现在 6 月，江南在 7 月，内蒙、华北北部和东北则出现在 5 月，西南地区出现在 3—5 月。总辐射的年变化，特别是高值时段对农业十分重要。中国作物生长旺盛的季节为 5—8 月，该时段的总辐射占全年 40%—50%，此时水分和热量资源也达到最丰富的时段，对农作物非常有利。特别是中国北方，光能集中于夏季，使温带一季作物可以得到充分的阳光。南方的光照状况年内分布较均匀，有利于作物周年生长。

2. 日照

全国年日照时数为 1200—3400 小时（图 1.2），年日照百分率为 30%—70%，其分布大致同太阳辐射相一致。低值区出现在四川、贵州和两广北部，中心附近日照时数仅 1000 小时左右，日照百分率约为 30%，高值出现在西北和青藏高原，中心在青藏高原和

① 1 cal = 4.18 J.

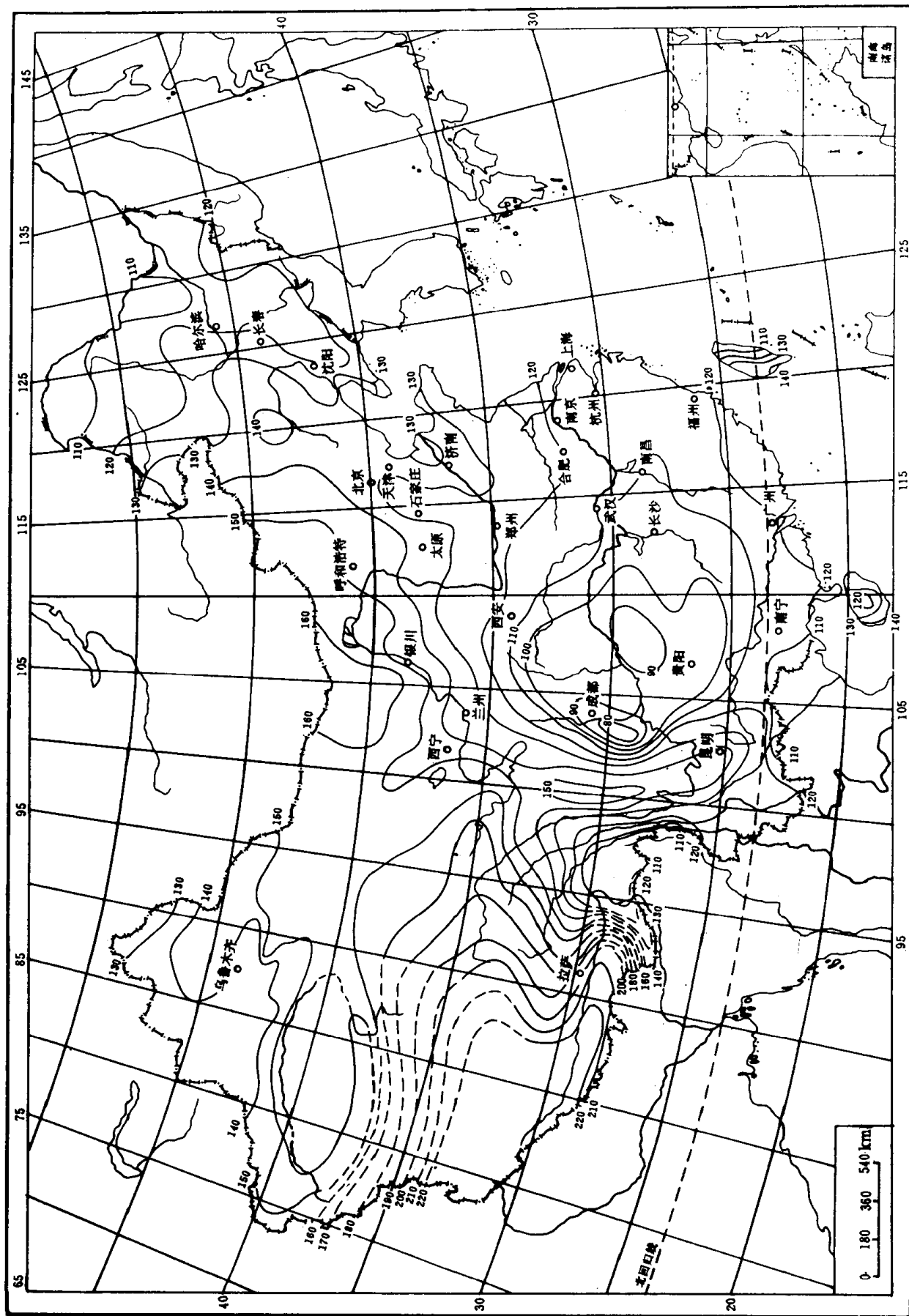


图 1.1 中国年太阳总辐射量 (kcal/cm²) 分布 (引自文献 [1])

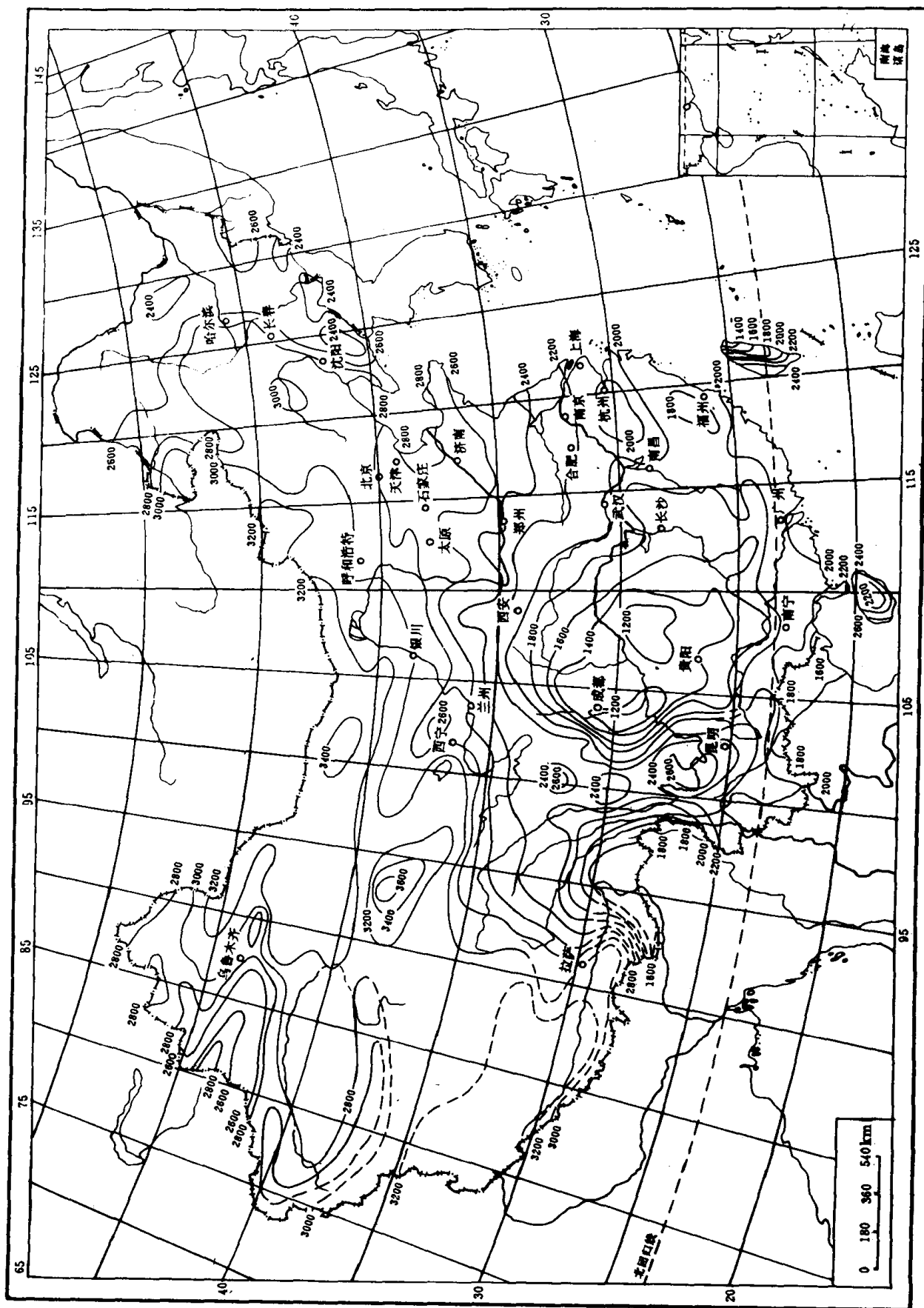


图 1.2 中国年日照时数 (小时) 分布 (引自文献[1])

北疆，最高达 3400 小时以上，日照百分率超过 70%。大部分地区的日照时数约为 2000—2500 小时，日照百分率约为 50%。

日照的季节变化也很明显，一般夏季多，冬季少，只有昆明例外，那里的日照春季最多。

1.1.2 热量资源

热量资源通常用各种温度指数来表示。

可以反映一个地区农事季节长短或称农耕期的为 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的持续日数，同时往往用 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的积温表示该时期可提供的总热量。

南岭南部、云南南部和四川盆地全年均大于 0°C ，即整年为农耕期。秦岭淮河一线至长江流域为 320—350 天，华北平原为 250—320 天，其中大小兴安岭仅 200 天，青藏高原北部最少，少于 150 天，一年中土壤冻结时期长达半年。

$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温分布特征也大致相同。南岭以南为 7500°C 以上，其中两广南部和台湾、海南岛最高为 $8000—8500^{\circ}\text{C}$ 。长江流域与南岭之间为 $5500—7000^{\circ}\text{C}$ ，四川盆地为 $5500—6500^{\circ}\text{C}$ ；华北平原为 $4000—5000^{\circ}\text{C}$ ；东北平原为 $3000—4000^{\circ}\text{C}$ ；大小兴安岭为 2500°C ；青藏高原最少，为 $1000—2000^{\circ}\text{C}$ 。

$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的持续日数和积温通常作为喜温作物的生长期和生长期总热量，其分布与 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的持续日数和积温大致相似。

1. 最冷月平均温度

最冷月平均温度通常用来表示冬季的严寒程度，对越冬的一年生作物和多年生经济作物（如橡胶等）的栽培界线有决定性影响。在最冷月平均温度低于 0°C 的地区，有一个作物不能生长的“死冬”。中国最冷月平均温度由北向南增加（图 1.3）。 -10°C 等温线沿长城展布，是冬春夏交错过渡带。 0°C 等值线基本位于秦岭淮河一带，在此线以南，越冬作物可以继续生长； 20°C 等值线通过海南岛最南部，热带经济作物终年生长，橡胶树已无冻害。

与同纬度其它国家相比，中国由于强大冬季风影响，因此冬季平均温度最低。东北北部 1 月平均气温比纬圈平均低 $14—18^{\circ}\text{C}$ ；黄河流域偏低 $10—14^{\circ}\text{C}$ ；长江流域偏低 8°C ，华南偏低 5°C 。这是一个重要特点。

2. 最热月平均温度

中国大部分地区最热月平均温度略高于或接近同纬度区，其分布与 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温相似。

最热月平均温度均在 20°C 以上（图 1.4），使玉米、水稻、大豆等一年生喜温作物北界大大向北推移，这是夏季风带来的好处。

最热月平均气温与森林植被状况有较好的关系。低于 10°C 地区无乔木； $10—18^{\circ}\text{C}$ 之间为针叶林过渡到针阔混合林的过渡带； 18°C 以上为阔叶林带。

1.1.3 水资源

水资源应当包括大气降水、地表水和土壤水分以及地下水。因为水体变化中已经包含了其它部分的水资源，这里仅给出作为气候资源的大气降水的状况。

中国全国平均年降水量约为 630mm，较全球陆地平均值 800mm 偏少约 21%，比亚