

中国气候丛书

A SERIES
OF CLIMATE
FOR CHINA

钱林清 主编

黄土高原气候

Climate of Loess Plateau

气象出版社

黄土高原气候

钱林清 主编

气象出版社

内 容 简 介

本书是《中国气候丛书》中的一卷，全书共分六章。第一章阐述了影响黄土高原气候的主要因子；第二章分析了主要气候要素和天气现象的时空分布与变化；第三章阐述了干旱、冰雹、暴雨、寒潮、霜冻、大风等主要气象灾害的生成规律和时空分布；第四章论述了本区的气候区划和分区气候特征；第五章主要阐述了山地、城市等地方性气候概况与特点；第六章分析了本区气候的长年变化。本书不仅阐述了黄土高原气候的各种问题，而且还提供了有关的各种数据和资料，具有一定的实用性。

本书可供气象、气候、地理、农林、水利等专业技术工作者和大专院校师生阅读，也可供国民经济各部门的领导和有关工作人员参考。

黄土高原气候

钱林清 主编

责任编辑 顾仁俭

气象出版社 出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京昌平环球科技印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

*

开本：850×1168 1/32 印张：12.125 字数：308千字

1991年4月第1版 1991年4月第1次印刷

印数：1—2300 定价：10.50元

ISBN 7-5029-0528-6/P·0303

《中国气候丛书》编委会名单

主 编： 张家诚

副主编： 朱瑞兆 · 林之光

编 委： (按姓氏笔画排列)

王文辉	纪乃晋	朱瑞兆	许协江
张家诚	李江风	林之光	周 琳
徐裕华	顾庭敏	钱林清	鹿世瑾
蒋德隆	戴加洗		

秘 书： 许协江

《黄土高原气候》编委会名单

主 编： 钱林清

编 委： (按姓氏笔画排列)

许朝斋	李兆元	罗哲贤	郑炎谋
钱林清	葛贵保		

秘 书： 郑炎谋 · 胡慧敏

中国气候丛书

序

本世纪七十年代以来，气候学进入了一个新的发展时期。1972年2月在日内瓦召开的世界气候大会上，正式宣告这一新时期的到来。会上提出的世界气候计划，初步描绘了现代气候学的一些主要特征。

现代气候学已不单是一门大气科学，而且还是大气科学和其他自然科学、社会科学相互联系的重要领域。现代气候学家要研究包括大气、海洋、大陆、冰雪、生物圈在内的全部气候系统及其间的复杂相互作用。气候学对于利用气候资源、保护自然环境、防御自然灾害，制定全球、各国和区域各种层次和长度的发展规划有极其重要的意义。气候的概念，气候学的理论和方法都在经历着急剧的变化。

未来产生于过去。为了迎接未来，必须很好总结过去。气候学面对着未来的巨大发展，总结过去的成就是十分必要的。

在新中国成立前，我国气候站点稀少。十年动乱以前，虽全国已普遍设立台站，但多数台站观测年代不长。在这一阶段里，虽然有卢鋈（1952年）、陈世训（1957年）和朱炳海（1962年）分别编写了中国气候专著，很好阐述了我国气候的主要规律，十年动乱后，张家诚、林之光合著《中国气候》，盛承禹等编著《中国气候总论》，又进一步更全面阐述了我国的气候。但是，我国幅员辽阔，气候十分复杂，仅以全国性气候进行论述，无法满足日益增长的国民经济需要。为此，很多省纷纷编辑出版本省的气候著作。但由于这许多著作缺乏统一的设计和规划，内容、版本各不相同，未形成一套完整的著作，无法系统满足各界需要。

和反映我国气候工作的水平。

建国后新建的大量气象台站已经积累了三十年以上或近三十年的完整资料，气象系统、大专院校和科研单位涌现一大批有经验的气候学家，发表了许多高质量的研究成果。可以说，在我国进一步总结中国气候的成果已具备了良好的条件。

对中国气候的总结将是一项基础性和应用性工作，不但对我国气候工作水平的提高和迎接未来的发展具有重大意义，而且也作为国内各兄弟学科的专家们和国外学者了解我国气候提供系统性的材料。因此，编写一部《中国气候丛书》已经成为一项迫切任务。

《中国气候丛书》共分为十卷（总论、华北平原、内蒙古、东北、长江中下游、华南、西南、黄土高原、青藏高原、新疆）全面总结我国气候研究的丰富成果，集中介绍我国及各主要地区的气候特点和规律性，阐述气候资源的开发利用和气候灾害的防治的问题。这套丛书的编写，也是气象部门的气候学家进行全面性协作的又一结晶。

虽然这部丛书的编写有着十分重要的意义，但是也存在着许多困难和缺点。由于参加编写的人员很多，要使全书成为一个整体，就需要解决统一规格、统一要求和统一标准等许多重要问题。例如，对寒潮、霜冻等灾害的标准各地不一，一时也难以统一。加上丛书编写缺乏资金，主要依靠编写单位的赞助和编写人员的科研费用。很多编者是利用业余时间来完成自己的任务的。作为中国气候的第一部丛书，我们固然庆幸它的出版，并预期它发挥更多的作用。但是，由于我们水平有限，其中的缺点和不足之处在所难免，敬请读者赐教指正和有待今后第二部丛书的编者去改进它。

在这里，我们还必须对各省（区、市）气象局领导的赞助、编委及编写人员的忘我劳动表示衷心的感谢。姚瑞新、钱纪良、周琳、樊平和蒋德隆同志，早先为编写丛书的组织工作做出了卓

越的贡献，给予肯定，致以谢意。对原主编陈汉耀同志的不幸逝世表示深切悼念。此外，气象出版社一编室杨长新、顾仁俭两位主任对丛书的出版给予极大的支持，在此一并表示感谢。

张家诚

1988.4.

序

《黄土高原气候》是全面论述黄土高原气候的第一部专著。它的问世对于了解、研究和开发黄土高原都是具有重要意义的。

黄土高原对地学、生物学等自然科学和经济学、社会学、历史学等社会科学都是极富魅力的。

大家都知道，黄土高原曾是我国文化的发源地之一，秦、汉、唐等兴盛的朝代都建都在黄土高原，而现在黄土高原自然条件恶化，人民生活困苦。据统计，全区115个水土流失重点县，在1976年平均亩产粮食85公斤，只有全国平均水平的一半。人们不能不思考这样显著的古今变化原因在哪里。

黄土高原水土流失还使每年近10亿吨泥沙流入黄河，使得黄河成为世界上泥沙含量最高的河流。泥冲淤积使中、下游人烟稠密的黄淮海平原受到水害的严重威胁。

要开发和治理我国北方的广大地区，黄土高原是其中的重点。要治理黄土高原必须了解黄土高原的自然特点和其中的规律性。

黄土高原的名称来自覆盖全区的黄土层，黄土就是这里大地表层的特点。据土壤学研究，黄土并不贫瘠，也并不是不适于植物生长，问题出现在黄土与当地特殊气候的关系上。因此要了解黄土高原的自然条件，不能不了解这里的气候条件。

黄土高原是夏季风活动的边沿地区。这里气候属干旱、半干旱性质，雨季分明，且降水变率大，既有长期干旱，又有短时暴雨。高原西部和北部临近大陆干旱气候区，受到沙漠化的严重威胁，而在高原的其它地区则农田较多，植被缺乏，水土流失又极为严重。

我国气候工作者，特别是黄土高原的气候工作者，对黄土高原的气候有着十分丰富的认识。他们撰写的大量论文在各级学术刊物上发表，深受各界重视。但可惜的是至今还没有一部有关黄土高原气候的系统性著作，这对于人们了解、研究和开发黄土高原不能不认为是一个很大的欠缺。

《黄土高原气候》卷编委会根据《中国气候丛书》的编写要求，组织了本地区数十位有经验的气候学家和青年作家，克服了重重困难，利用近三十年的完整气候资料，归纳总结了以往的科研成果，完成了《黄土高原气候》卷的编写任务。这是值得庆贺的。

在这本著作里，不但系统而全面地阐述了黄土高原气候要素和气候灾害的主要统计特征、气候变迁、气候区划和气候形成与变化的原因等各个重要问题，而且还提供了有关的各种数据和资料。因此，这本书对于科研、教学以及各生产部门都有重要参考价值。对于了解黄土高原的自然条件，本书也是不可缺少的，特别是同论述黄土高原其它自然条件（地理、地貌、生态、水文等）的著作配合起来，更具有重要意义。

正是由于这是第一部有关黄土高原的专著，可以说，还只是一次很好的尝试。同时由于时间和当前资料与认识水平的限制，这本书不可能是尽善尽美的。其中的缺点和错误，尚需读者指正。

张家诚

1988年4月

前 言

区域气候是气候学的一个主要分支，它总结区域性气候特征，阐明气候形成原因，为气候学理论研究提供必要的素材，是气候学直接为国防与生产服务的重要方面。我国的黄土高原以其独特的黄土景观、灿烂的古老文化以及严重的水土流失闻名于世。国内外许多社会科学家、自然科学家和技术科学家对她发生了浓厚兴趣。尽管建国三十多年来，黄土高原地区气象观测站网建设日趋完善，气候资料大量积累，气候研究工作中涌现出许多成果，但至今尚未出版一本有关黄土高原气候的著作。在这种情况下，作为《中国气候丛书》的一个分卷，我们编写这本《黄土高原气候》，试图尽可能把广大气象、气候工作者辛勤劳动的成果加以汇总，把黄土高原气候特征论述得尽可能详实些。

由于研究目的和内容不同，对黄土高原区域的范围与界线划分亦往往不同，为使整个《中国气候丛书》编写范围的完整与连贯，本卷主要地理范围为山西、陕西、甘肃及宁夏四个省区，并称之为黄土高原。

本卷除序外，共分六章。第一章主要阐明影响黄土高原气候的主要因子。第二章分析了主要气候要素和天气现象的时空分布与变化。第三章阐述了干旱、冰雹、暴雨、寒潮、霜冻、大风等主要灾害性天气气候在本区的发生规律与地区分布。第四章论述本区气候区划和分区气候特征。第五章主要阐述了山地、城市、沙漠等地方性气候概况与特点。第六章分析了本区气候的长年变化。

参加本书编写工作的除编委外，还有：山西省气象局的胡慧敏、张洪涛、雷水星、窦永哲，甘肃省气象局的任瑾、胡心玲，

宁夏回族自治区气象局的高凯、吴敏先、孙福露、张东生、赵明生、王广辉，陕西省气象局的李莉、孙孟伦、杨珍林、肖永全、董亚非、陆桂林、栗珂，沙漠研究所的耿宽宏。

我们在编写过程中始终得到了山西省气象局局长程廷江及宁夏、陕西、甘肃省（区）气象局有关领导的支持和鼓励，在此表示衷心的感谢。我们也深切感谢本区气象站网的广大气象工作者。由于编写时间短促，书中定有不少不妥之处，甚至错误，恳请读者批评指正。

编著者于

1988年4月

目 录

中国气候丛书序

前 言

第一章 气候的形成因子	(1)
第一节 太阳辐射	(1)
第二节 大气环流和天气系统	(8)
第三节 地理环境	(20)
第四节 人类活动对气候的影响	(24)
参考文献	(29)
第二章 气候要素和天气现象	(30)
第一节 气温和地温	(30)
第二节 降水	(54)
第三节 气压与风	(71)
第四节 湿度和蒸发	(82)
第五节 云量与日照	(94)
第六节 沙暴	(113)
第三章 主要气象灾害	(116)
第一节 干旱	(116)
第二节 冰雹	(140)
第三节 暴雨	(152)
第四节 寒潮	(165)
第五节 霜冻	(179)
第六节 大风	(190)
第七节 连阴雨	(199)
第八节 干热风	(209)
参考文献	(219)
第四章 气候区划	(222)

第一节	区划指标的选择	(222)
第二节	区划的等级系统与指标	(224)
第三节	区划结果与分区气候评述	(227)
	参考文献	(273)
第五章	地方气候	(274)
第一节	山地气候	(274)
第二节	城市气候	(292)
第三节	沙漠气候及沙漠化的防治	(308)
第四节	黄土高原的气候与水土流失	(314)
	参考文献	(324)
第六章	气候变化	(325)
第一节	地质时期的气候	(326)
第二节	历史时期的气候	(332)
第三节	气候变化原因的探讨	(365)
	参考文献	(369)

第一章 气候的形成因子

黄土高原地处我国北方的中部，青藏高原的东北面，地势较高，地形起伏明显，而植被条件差。因此，太阳辐射、大气环流在本区的分布和变化，以及这里特有的地理环境是本区气候形成的基本因素，日益广泛发展的人类活动也正在成为影响黄土高原气候的重要因子。

第一节 太阳辐射

太阳辐射是地球上大气运动的唯一能源。虽然大气吸收直接太阳辐射很少，但是地面接受太阳辐射变热以后，也向外不断地辐射热能，而这种热能容易被大气吸收。此外，通过热量交换等方式也有热量从地面输送到大气。因此，太阳辐射能量是天气和气候形成与变化的基础。长时期大气中的平均温度场和气压场的结构与太阳辐射的作用有密切关系；西风急流、副热带高压，东风带等环流强度的变异和位移无不直接与太阳辐射强度的南北梯度及季节变化相关。这就表明太阳辐射作用是大气环流变化的直接原因。因此不论是探讨黄土高原气候形成的物理机制，还是分析其气候特征及气候变化规律，都必须首先了解和研究黄土高原境内太阳辐射的收支状况。

为定量研究太阳辐射起见，一般分两个步骤。第一，假如不考虑地球大气和下垫面差异的影响，这时，地球上太阳辐射量的分布与变化仅由太阳对地球的相对位置而确定。某地接收到的太阳辐射（称为天文辐射）随地理纬度和太阳赤纬及时角而变化。第二，引进大气，分析太阳辐射经过大气时所发生的种种过程。这些过程包括太阳辐射通过大气被吸收和散射的部分，地形差异

表1.1.1 各纬度年及各月太阳天文辐射总量分布 (兆焦耳/米²)

纬度 (°N)	月 份												年
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
42	443.8	535.9	816.4	1013.2	1230.9	1268.6	1272.8	1113.7	824.8	653.1	456.4	393.6	10023.2
41	464.7	548.5	824.8	1021.6	1239.3	1272.8	1277.0	1122.1	837.4	665.7	473.1	414.5	10161.5
40	481.5	565.2	837.4	1030.0	1243.5	1277.0	1281.2	1126.2	849.7	678.3	489.9	431.2	10291.3
39	498.2	577.8	849.9	1034.1	1247.7	1277.0	1281.2	1130.4	858.3	695.0	506.6	452.2	10408.4
38	523.4	594.5	862.5	1042.5	1247.7	1277.0	1281.2	1134.6	866.7	711.8	531.7	477.3	10550.9
37	535.9	607.1	870.9	1046.7	1251.9	1281.2	1289.5	1143.0	879.2	724.3	544.3	489.9	10663.9
36	548.5	619.6	875.0	1055.1	1251.9	1281.2	1289.5	1147.2	887.6	741.1	561.0	510.8	10768.5
35	590.3	636.4	896.0	1063.4	1256.0	1281.2	1289.5	1151.4	900.2	753.6	577.8	531.7	10927.5
34	598.7	644.8	904.3	1063.4	1256.0	1281.2	1289.5	1151.4	908.5	766.2	598.7	552.7	11015.4

和海陆分布对太阳辐射的吸收和反射的不同，地球和大气本身的对外辐射，自然景观的季节改变等等，求得地面接收到的太阳辐射的分布；或者根据实测的地面接收到的直接辐射、散射辐射和总辐射的资料，与天文辐射相比较，即可分析出该地区太阳辐射的独特的分布特征。这里，将着重分析黄土高原地区太阳辐射的这些特征。

表1.1.1是34—42°N各纬度各月太阳天文辐射总量分布。由表可见，有两个十分规则的特点：（1）年及各月的天文辐射总量均是随纬度的增加而减小；（2）每个纬度的辐射总量均具有对称性的年变化，7月最大，12月最小。

将黄土高原地区实测的太阳辐射分布（表1.1.2）与表1.1.1反映出来的天文辐射分布特征以及我国其它地区相应实测值加以比较，即可发现，黄土高原地区太阳辐射场的若干特色。

（1）黄土高原地区年总辐射与年直接辐射均随纬度增加而加大。

如上所述，年、月天文辐射总量均是随纬度的增加而减小，这相应于无大气或大气顶处的情况。但在黄土高原地区，这种纬向分布型已完全改变，形成年总辐射及年直接辐射均随纬度增加而加大的趋势。如以黄土高原东部的大同（46°06'N）与太原（37°48'N）相比，大同年总辐射与年直接辐射分别为5782.0兆焦耳/米²和3588.1兆焦耳/米²，均比太原相应值5497.3兆焦耳/米²和3194.5兆焦耳/米²要大。黄土高原西部的银川（38°29'N），兰州（36°03'N），西安（34°18'N）年总辐射分别为6041.6，5459.6，4659.9（兆焦耳/米²），年直接辐射分别为3558.8，2692.1，2202.3兆焦耳/米²，也是纬度越高，辐射越强。

黄土高原总辐射和直接辐射之所以出现这样的分布，与当地地理条件和日照状况有关。在黄土高原的南部，季风雨量相对充沛些，低云量较多，阻挡了地面接收辐射。黄土高原北部相对干旱，晴好天气较多，地面接收的辐射也较多。

表1.1.2 黄土高原代表站及乌鲁木齐、重庆、武汉各月总辐射、直接辐射与散射辐射
(单位: 兆焦耳/米²; 资料年限: 1961—1980年)

项目	站名	月												年	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
总辐射	大同	276.3	309.5	504.7	570.3	690.3	695.1	638.2	594.5	507.2	418.4	287.3	247.3	5782.5	
	银川	312.0	373.6	503.1	591.8	695.9	721.3	672.5	631.5	506.2	427.2	324.5	281.9	6041.7	
	太原	290.4	334.4	478.0	536.1	672.6	664.4	588.8	550.0	450.5	390.9	286.0	255.2	5497.4	
	兰州	253.5	326.3	459.8	556.9	657.5	671.7	632.6	588.8	431.4	380.7	276.4	227.1	5462.7	
	西安	244.4	266.4	365.7	430.8	519.4	580.9	565.2	564.6	354.5	304.5	242.3	223.7	4662.2	
	乌鲁木齐	192.5	262.5	402.9	535.1	668.1	670.2	700.9	634.4	491.9	363.3	211.3	146.1	5279.2	
	武汉	251.6	261.7	334.1	402.1	485.6	533.3	616.4	608.1	444.8	363.9	275.9	240.7	4818.3	
	重庆	119.5	155.2	271.2	337.8	350.1	381.8	520.3	516.5	299.5	197.9	141.3	113.4	3408.7	
	直接辐射	大同	107.3	128.3	196.4	249.1	277.8	253.4	254.8	219.9	170.1	132.1	106.7	97.3	2193.3
		银川	118.2	147.2	241.8	304.5	322.2	281.1	274.8	229.9	190.1	149.1	114.8	106.5	2480.2
太原		119.4	139.0	222.6	259.7	283.6	253.5	248.3	227.6	179.1	146.7	115.5	106.1	2301.1	
兰州		151.1	181.9	272.2	313.7	343.2	309.1	273.2	238.8	211.9	183.4	151.2	137.6	2767.3	