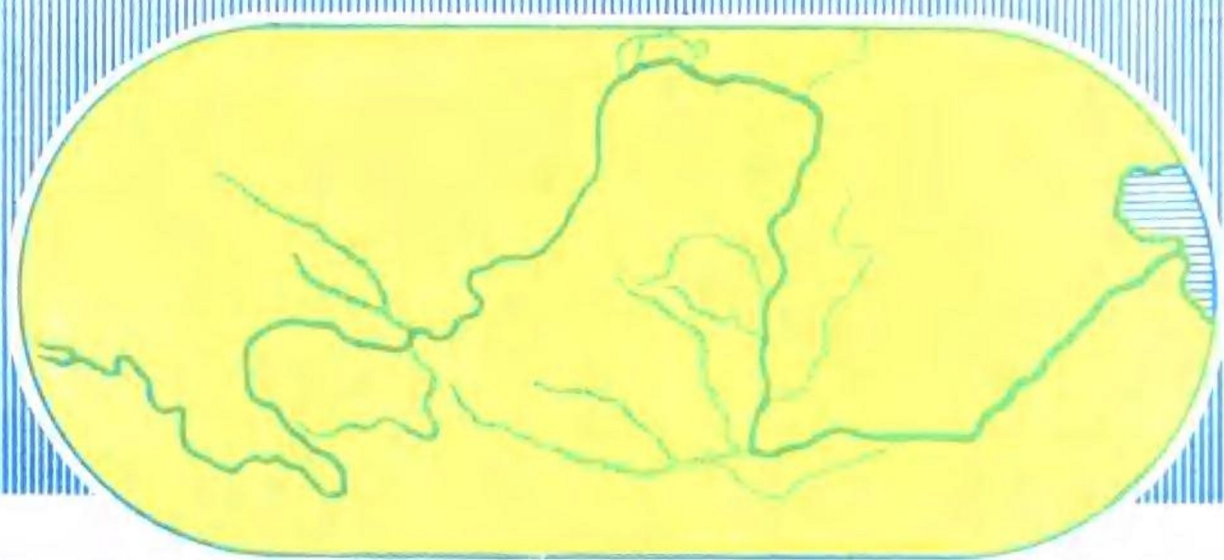


历史时期黄河流域 环境变迁与水沙变化

吴祥定 钮仲勋 王守春 等著



气象出版社

国家自然科学基金资助项目

历史时期黄河流域 环境变迁与水沙变化

吴祥定 钮仲勋 王守春 等著

气象出版社

(京)新登字 046 号

内 容 简 介

历史时期黄河流域环境变迁与水沙变化关系,是探讨黄河流域环境演变与水沙运行规律的重要组成部分之一。本书所列内容主要包括四个方面:一是探讨黄河流域历史时期气候变化研究的方法与结果;二是分析历史上黄河中游植被变迁和人文要素变化,以及它们与环境变化的关系;三是论证黄河下游故道的基本特征与演变规律;四是阐述黄河中游历史上土壤侵蚀的自然背景值。

本书可供地理、气候、水利和环境变化等专业的有关科研人员与大专院校师生参考。

国家自然科学基金资助项目

历史时期黄河流域环境变迁与水沙变化

吴祥定 钮仲勋 王守春 等著

责任编辑 郭彩丽 终审 周诗健

封面设计 曾金星 责任技编 郝 平 责任校对 李义玲

* * * * *

气 象 出 版 社 出 版

(北京白石桥路 46 号 邮政编码 100081)

北京昌平环球印刷厂印刷

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: 787×1092 1/16 印张: 11.25 字数: 283 千字

1994 年 6 月第一版 1994 年 6 月第一次印刷

印数: 1—800 定价: 10.20 元

ISBN 7-5029-1551-6/P·0645

序 言

黄河是哺育中华民族灿烂文化成长的大河，也是一条灾害频繁难以治理的多沙河流。长期以来，黄河流域生态环境十分脆弱，中游黄土高原严重的水土流失和风沙的危害、下游河床因泥沙堆积而抬高和洪水的肆虐，尤其是黄河善决善徙的多变性，都是中华民族的忧患，也是我国当今四化建设的“心腹之患”，它严重地影响和威胁着黄河流域境内炎黄子孙的生产、生活和经济建设的发展。然而，黄河流域土地资源、矿产资源和能源都十分丰富，是我国发展农林牧业、能源、重工业、化工业的基地。因此，在当今社会主义现代化建设中，黄河流域的治理开发占有重要的战略地位。

黄河的治理历来与国家的政治安定和经济盛衰紧密相关。为了驯服黄河，除害兴利，造福子孙，安居乐业，新中国成立后，中国共产党和人民政府十分重视黄河的治理，从此，人民治理黄河的工作进入了新的纪元。40多年来黄河水利委员会和沿黄各省人民对黄河的水利开发、水患防治、河道整治以及黄河流域水土保持做了许多有成效的工作，治理黄河取得了巨大成绩，安度了数十年的伏、秋大汛，保证了流域各省经济建设的顺利进行和经济的持续增长，人民得以安居乐业。可是，由于自然的和人为的原因，黄河流域的环境并没有得到根本改善，中游水土流失仍在继续，黄河水少沙多的本性仍然是造成黄河下游河床不断堆积抬高和容易发生洪泛决口改道的根本症结。

根治黄河、开发黄河是中华民族长期的追求和为之奋斗的目标。近几十年来，学术界和工程技术界为治理黄河做了大量的研究工作，也取得了许多丰硕的成果，但黄河问题涉及因素很多，它既与全流域的自然环境因素有关，又与全流域的社会经济发展因素有关，而且这些因素既相互联系，又相互制约，并随着时间的进程和人类活动影响的加剧而不断地发生变化。所以，黄河及其流域环境的治理开发，还有许多科学问题有待深入地进行关键性、综合性、基础性和系统性的研究。基于以上考虑，1986年中国科学院、国家计划委员会地理研究所，受中国科学院资源环境局的委托，把黄河治理开发作为重大基础科学研究项目，列入国家“七五”科技攻关计划。针对黄河长期存在而又缺乏基础性研究的科学问题，提出了“黄河流域环境演变与水沙运行规律”的研究课题作为国家自然科学基金重大基础研究项目，并于1988年得到国家自然科学基金委员会的批准和资助，为这次多学科、多部门联合攻关，深入开展研究工作创造了条件，也为黄河基础科学研究开创了新的局面。

本项目研究的主要宗旨为“综合研究历史时期黄河流域环境变迁与水沙变化事实、流域侵蚀产沙规律及水利水保效益、黄河下游水沙变化与河床演变规律，提出黄河流域环境演变与水沙变化趋势及整治方向，为2000年以后国家治理黄河决策提供科学依据和基础资料”，重点回答“减少入黄泥沙前景；干流水库和小浪底水库联合运用可行方案；探讨延长黄河下游河道寿命的途径，以及流域综合治理与开发方向”等目标。

根据上述项目研究宗旨和研究目标的要求，设置了下列四个层次方面的研究课题。

(1) 历史时期黄河流域环境变迁与水沙变化关系：宏观地再现秦汉以来环境变迁与水沙变

化的事实,为深入分析现代黄土高原水土流失、下游河道堆积和洪泛的现状、原因和强度提供历史背景值;(2)流域侵蚀产沙规律及水利水保减沙效益分析;(3)黄河下游水沙变化与河床演变规律,(2)和(3)这两个课题重点分析中游侵蚀产沙和下游水沙变化的现状、原因、规律、发展趋势及其治理对策;(4)流域社会经济活动和自然环境演变趋势及治理方向;着重分析现代大型水利枢纽、人类活动和社会经济活动可能引起水沙及环境变化的趋势,提出方向性的综合治理开发意见。

研究期间,全体科技人员充分发挥多学科、多部门的优势,协作攻关,取得了一系列丰硕的科学成果,基本上达到了“弄清事实,分析规律,预测趋势和提出治理方向”的预期目标,为今后黄河流域治理开发决策提供了新的科学依据和系列资料。黄河流域环境问题虽然还很严峻,流域治理开发的任务还很艰巨,但只要正确认识了黄河流域环境演变与水沙运行的规律,通过综合治理开发,减少中游黄土高原入黄泥沙量和减缓下游河道堆积速度,以及延长下游河道行水寿命的目标是可以达到的,改善黄河流域环境问题的前景也是光明的。

本项目研究工作由中国科学院、国家计划委员会地理研究所和黄河水利委员会共同主持,并组织了有关科研、生产和高等院校等单位协作攻关。参加单位有中国科学院、水利部西北水土保持研究所、水利部黄河水利委员会水利科学研究院、中国科学院海洋研究所、中国科学院山地灾害研究所、水利水电科学研究院泥沙研究所、水利部黄河水利委员会宣传出版中心、水利部黄河水利委员会水资源保护研究所、水利部黄河水利委员会勘测规划设计院、水利部黄河水利委员会水文局、清华大学水利水电系泥沙研究室、北京师范大学地理系、北京大学城市与环境系、陕西师范大学地理系、华北水利水电学院、中国社会科学院历史研究所、陕西省气象科学研究所和河南省气象科学研究所等10余个单位,参加研究工作的科技工作者计有140余人。工作期间在国家自然科学基金委员会指导下,得到了中国科学院、黄河水利委员会以及沿黄地区各有关部门领导的大力支持和帮助。因此,本项目所取得的系列研究成果,是各方面大力协作和支持的结果,也是全体科技人员智慧的结晶。在项目完成之际,我们深切怀念原项目负责人、著名地理学家左大康先生。在他主持项目工作期间,不仅在科学研究上治学严谨,组织工作上勇于创新,细心安排各项工作,而且为了深入了解黄河的环境问题和水沙运行规律,不顾野外工作艰苦,抱病坚持亲临第一线进行实地调查,身先士卒,为人师表,使我们受益匪浅。他的奉献精神和对地理学的贡献,将永远铭记在我们的心中。

黄河流域环境演变与水沙运行规律项目
科技成果编写组

前 言

自 1988 年 7 月国家自然科学基金委员会正式批准将“黄河流域环境演变与水沙运行规律”的研究作为重大科研项目以来,该项目课题之一“历史时期黄河流域环境变迁与水沙变化关系”一直顺利执行各项研究计划,于 1992 年年底结题,1993 年 7 月通过验收。

该课题旨在重点查明历史时期黄河流域气候、植被等自然环境要素和下游河道变动史实,阐明人文条件的变化及其与自然环境演变的关系,探讨它们对黄河水沙的影响,为现代黄河流域环境和水沙研究及黄河治理提供历史依据。

整个课题的框架设计,按研究内容分成三个方面:一是历史时期气候波动,二是历史时期人类活动、植被变迁及其对环境的影响,三是历史时期下游河道演变及其与环境变迁的关系。每一个子课题均包括一些具体的任务。

历史时期气候波动的研究,包括采用代用气候资料建立长期气候变化序列,揭示气候变化规律,并探讨气候要素与黄河水沙的关系。在研究历史时期人类活动、植被变迁及其对环境的影响中,重点放在查明历史时期黄土高原植被和人文要素变化,综合分析历史植被、人文要素与黄河水沙的关系。而历史时期下游河道演变及其与环境变迁关系的研究则主要探讨历史上黄河故道的演变与规律,分析河口海岸变迁和历史洪水的时空分布,还尝试对环境变迁与下游河道变化之间的关系进行探讨。此外,对历史上黄河中游土壤侵蚀自然背景值进行初步推估。

该课题曾组织来自中国科学院、中国社会科学院、高等院校、黄河水利委员会和有关省气象部门的 10 个单位的 29 名科学工作者(详见所附主要研究人员名单),包括气候、气象、古地理、历史地理、地貌、环境变迁和水利等专业,对历史时期黄河流域的环境变迁与水沙变化关系进行了全面、深入的研究,完成了各项研究内容,达到了预期结果。

参加该课题的研究人员一边花大力气收集各类历史资料,查阅了不计其数的文献、档案、古籍和报告材料,一边同时进行野外考察和取样,足迹遍布黄河上、中、下游,从青海高原直到黄河河口,所取样品,主要是沉积物和树木年轮。除了在黄河下游与河口附近取样以外,还在陕西佳县、宁夏水洞沟、内蒙北大池和泊江海子等地作了沉积物取样。另外,在陕西佳县和秦岭地区,河南孟津和济源,宁夏贺兰山,内蒙古包头和准格尔等地进行了树木年轮取样。从而在前人工作的基础上获得更为丰富的第一手资料。从所获取的资料来看,可以用来表征黄河流域历史上的环境要素相当广泛,包括旱涝、冷暖、暴雨、洪水、植被、人口、城镇聚落、生产方式、土地开垦、航运、下游河道和河口海岸变化等。

在该课题工作中,一个很重要的方面是对收集到的资料与样品进行整理与分析。除了常规的文献总结和样品的物理、化学特性的实验室分析外,还对历史记载去伪存真,对树木年轮资料校准验证,建立了若干定量的代用环境资料序列,重建过去环境变化,探索环境要素变化的时空分布规律。

在分析过程中,曾利用一些钻孔资料和卫星照片,引进新的统计技术,以增加分析结果的可靠性和精度。此外,尽可能将气候波动、植被变迁、人文要素变化与下游河道演变

等要素相互比较,进行多学科综合分析,并与历史上黄河水沙变化联系起来。

总之,通过4年多的研究,深化了对各种环境要素和人文要素在历史时期变化史实与规律的认识,探讨了它们与黄河水沙的关系,为今后进一步开展黄河流域环境变迁与水沙的相互作用研究,为现代黄河治理与开发提供了丰富的历史资料与背景依据。

本书是在所有参加课题研究成果的基础上编辑加工而成。主要执笔者为:吴祥定(前言、第一章和第四章)、钮仲勋(第三章)和王守春(第二章)。

限于水平,本书难免存在不少缺点和错误,欢迎各界批评、指正。

附:参加本课题的主要研究人员名单

中国科学院地理研究所

吴祥定 郑斯中 湛绪志 尹训钢 邵雪梅 刘洪滨

王守春 高松凡 杨平林 钮仲勋 李元芳 王英杰

姚鲁峰 邹宝山 何凡能 张义丰

北京师范大学地理系

张兰生 史培军 方修琦

北京大学城市与环境系

于希贤 武宏麟

华北水利水电学院

徐海亮

黄河水利委员会勘测规划设计院

高治定

黄河水利委员会水文局

王云璋

黄河水利委员会宣传出版中心

杨国顺

陕西省气象科学研究所

李兆元

河南省气象科学研究所

苗长明

中国社会科学院历史研究所

陈可畏 杜瑜

目 录

序 言

前 言

第一章 历史时期黄河流域气候波动	(1)
第一节 黄河流域气候形成背景	(1)
一、基本气候特征	(1)
二、气候形成因子	(6)
第二节 重建过去气候变化序列	(8)
一、历史文献资料	(8)
二、树木年轮资料	(14)
第三节 气候变化特征	(21)
一、局地旱涝变化	(21)
二、大范围旱涝场变化	(32)
三、小冰期气候	(36)
四、暴雨	(40)
五、1922—1932 年枯水段特征	(45)
第四节 气候变化与黄河水沙的关系	(58)
一、观测记录分析	(58)
二、中游区水沙序列延长	(61)
参考文献	(63)
第二章 历史时期黄土高原植被变迁、人类活动及其对环境的影响	(65)
第一节 植被的变迁	(65)
一、前人研究评述	(65)
二、西周至战国时期黄土高原的植被	(67)
三、唐宋时期黄土高原的植被	(75)
四、人类活动对植被的破坏	(82)
五、植被与土壤侵蚀	(90)
第二节 人文要素的变化与环境	(91)
一、人口	(92)
二、城镇聚落	(95)
三、生产方式与垦种特点的变化	(98)
四、历史上黄河的航运	(111)
第三节 综合分析	(116)
一、先秦时期	(116)

二、秦汉时期.....	(117)
三、东汉(王景治河)至隋代.....	(118)
四、唐代以后.....	(119)
参考文献.....	(121)
第三章 黄河下游河道的变迁与水沙变化.....	(122)
第一节 战国以来河道变迁的大势及基本规律.....	(122)
一、河道变迁大势.....	(122)
二、河道变迁的基本规律.....	(126)
三、水沙变化与河道变迁的相互关系.....	(129)
第二节 三角洲及海岸演变.....	(133)
一、黄河河口重大变迁.....	(133)
二、影响黄河河口变迁的因素.....	(133)
三、黄河尾闾河道演变特征.....	(135)
四、黄河三角洲的演变及其类型.....	(139)
五、黄河口演变与海岸线形成过程.....	(142)
第三节 历史洪水.....	(143)
一、洪泛区界线的变化.....	(144)
二、决溢河段的空间分布.....	(145)
三、决溢的频率分布.....	(148)
第四节 环境变迁与黄河河道演变的关系.....	(151)
一、气候变化对黄河下游河道变迁的影响.....	(151)
二、黄河下游北流对地理环境的影响.....	(154)
三、黄河下游南泛对地理环境的影响.....	(158)
参考文献.....	(162)
第四章 历史上黄河中游土壤侵蚀自然背景值的推估.....	(165)
第一节 推估自然侵蚀背景值的意义.....	(165)
第二节 推估自然侵蚀背景值的途径.....	(166)
第三节 小结.....	(167)
参考文献.....	(168)

第一章 历史时期黄河流域气候波动

黄河流域地处中纬度地带，多为温暖的半湿润、半干旱气候。在历史上，该地区旱涝、冷暖和其它气候灾害较为频繁，且气候波动明显。毫无疑问，流域境内的气候波动，尤其是水旱状况对黄河的水沙变化起着决定性的作用，并对黄河流域的环境变迁以及流域内的经济、文化都有很大的影响。

近年来，不少气候工作者对黄河流域的气候波动作了广泛的研究，既整理出许多有价值的可以表征历史上该地区的气候变化的资料，又分析了气候波动的某些规律，为深入探讨黄河流域气候的成因与规律，了解气候变化对生产、经济的可能影响，提供了相当数量的背景依据。

同时，应该意识到，对黄河流域历史时期气候变化的史实与规律的认识还是很不够的，还有待发掘更多的资料和作更深入的分析。此外，对于气候波动对该流域的环境演变与水沙运行规律的影响，则研究不多，作为国家自然科学基金资助的课题之一，历史时期黄河流域环境变迁与水沙变化关系这一课题有相当部分的研究内容在于深入了解历史时期黄河流域的气候波动，包括：建立气候变化序列，分析气温、水旱和暴雨变化规律，以及对气候与水沙变化关系的综合分析。

现就该流域气候形成背景、重建过去气候变化序列、历史气候变化特征，以及气候变化与黄河水沙的关系等四个方面进行论述。

第一节 黄河流域气候形成背景

黄河流域西起青藏高原，东至渤海之滨，南自秦岭，北抵阴山，东西横跨约 23 个经度 (96° — 119° E)，南北最远可跨 10 个纬度 (32° — 42° N)。在这一范围内，面积超过 75 km^2 。自然条件复杂，地形起伏较大。这就造成该流域的气候时空分布有其一定的特色，气候形成背景与我国其它流域有很大差异。

一、基本气候特征

温度与降水的分布与变化，无疑是表征黄河流域气候特征最重要的二个因子。因此，这里着重分析了气温与降水的分布状况与基本规律（吴燮中、董雪娜，1991），同时引用了日照、风和相对湿度等气候要素的分析结果（张家诚、林之光，1985；钱林清，1991；顾庭敏，1991），从而能够较全面、概要地了解该流域的基本气候特征。

1. 气温

黄河自西向东流经青海高原、黄土高原和华北平原，流域内高度差达 5000 m。海拔 4000 m 以上的地区，年平均气温在 -5°C 左右。而海拔只有 50 m 的地区，年平均气温高

达 14.5℃ 左右。

流域内气温年变化的特点是，同纬度不同高度气温年内变化的波动形式十分相似，如 34°N 一带郑州、天水、华山、合作、玛多各站各月的气温变化彼此相似。若将上述各站的各月平均温度减去年平均温度，其距平按时序点在同一坐标系上，点群十分接近。说明在流域内气温的年内变化规律十分相似，1 月平均气温是年内最低值，7 月平均气温是年内最高值，呈现正弦波型。

为了分析黄河流域气温的年际变化，按照黄河流域气候分区与地势差异，将计算区分为兰州以上，兰州至花园口区间和花园口以下等 3 个区，分别统计夏季、冬季及全年平均气温。在选用各区代表站时，尽量考虑其它地区代表性并选用观测序列比较长的观测站。各区各年代夏季、冬季及全年平均气温的多年平均值列入表 1.1。5 年平均气温过程线如图 1.1 所示。由此可知，1920—1949 年时段的夏季、冬季及全年平均气温高于 1950—1988 年时段的平均气温。比较 1950—1969 年与 1970—1988 年两个时段的平均气温，它们的年平均气温基本相等；前一时段的夏季平均气温略高于后一时段；而前一时段的冬季气温又低于后一时段。上述年际间的变化与我国平均气温的演变趋势基本上是一致的。在 1970—1988 年中，70 年代的平均气温又比 80 年代的低。这进一步说明在黄河中下游上述变化是从 70 年代中期开始的，即所谓黄河中下游近 15 年出现了暖冬现象。暖冬现象也反映在最近 10 年黄河下游封冻河段缩短，50 年代以来，黄河封冻上至兰考的年份从 7 年逐步减少至 1 年。

表 1.1 黄河流域各年代平均气温比较表（单位：℃）

地 区	代表站数	时间	1920—1929	1930—1939	1940—1949	1950—1959	1960—1969	1970—1979	1980—1988	1919—1988	1920—1949	1950—1988	1950—1969	1970—1988
兰 州 以 上	5	夏季	14.0	13.9	13.9	13.7	13.4	13.4	13.5	13.7	14.0	13.5	13.5	13.4
		冬季	-8.6	-8.4	-8.4	-8.8	-9.0	-8.8	-8.1	-8.6	-8.5	-8.7	-8.9	-8.4
		全年	3.4	3.3	3.4	3.2	2.9	3.0	3.3	3.2	3.4	3.1	3.1	3.1
兰州— 花园口	9	夏季	23.1	22.6	22.6	22.0	22.0	22.0	21.8	22.5	22.7	21.9	22.0	21.9
		冬季	-4.6	-5.6	-4.8	-5.6	-5.8	-5.3	-4.9	-5.2	-5.0	-5.4	-5.7	-5.1
		全年	9.7	9.3	9.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.6	8.9	8.8	9.0
花园口 以 下	2	夏季	27.0	27.1	27.5	26.4	27.0	26.2	26.3	26.8	27.2	26.5	26.7	26.3
		冬季	0.9	0.7	1.2	0.4	0.7	1.0	1.0	0.8	0.9	0.7	0.5	1.0
		全年	14.6	14.4	15.0	14.1	14.3	14.2	14.3	14.4	14.7	14.2	14.2	14.2

综上所述，黄河上游区的兰州以上河段位于高原区，海拔特别高，因此该地区气温是流域内的低值区。又由于海拔高度相差悬殊，致使区内气温变化复杂，其年平均气温随着地势变化而变化。位于河源玛多一带，以玛多站为例，其年平均气温、冬季与夏季气温依次为 -4.1、-15.6 和 6.4℃，为流域内最低值区。黄河上游兰州以下至黄河中下游，除局部受高山及沙漠影响外，气温的变化主要受纬度的影响，呈南高北低的特征。兰州至河口镇区间以银川和呼和浩特站为例，其年平均气温、冬季与夏季气温分别为 8.6、5.9；-6.7、-10.9；22.1、20.8℃。位于阴山山脉一带，年较差达 36℃，为流域内的高值区。

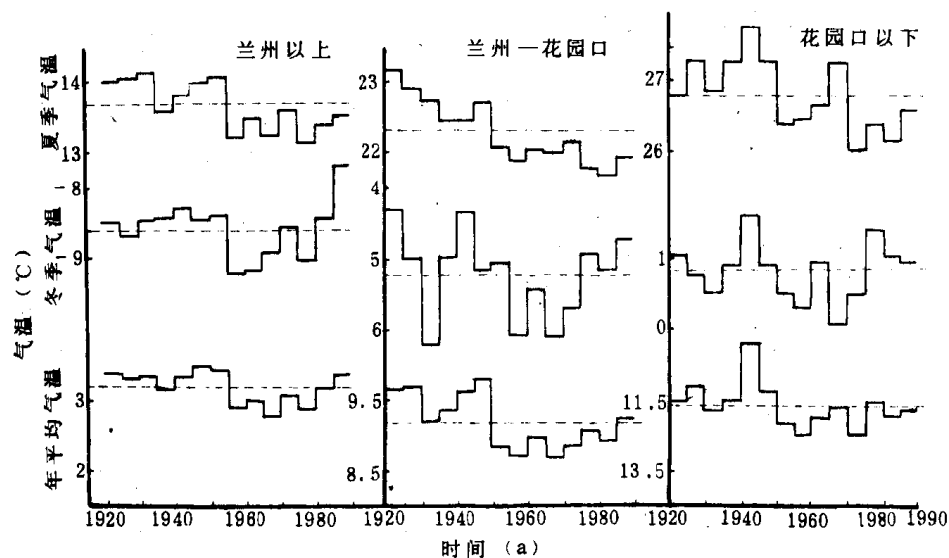


图 1.1 黄河流域 5 年平均气温过程线

黄河中游，以西安及榆林站为例，其年平均气温、冬季与夏季气温分别为 13.4、8.0、0.8、-7.8；25.6、22.0℃。大于 40℃ 极端最高气温的高值区，沿着渭河关中平原向东延伸到黄河下游，位于洛阳一带，是流域内极端最高气温的高值区，洛阳站的极端最高气温高达 44.3℃。黄河下游除大汶河区外，集水面积很少，由于黄河自兰考由西南向东北方向流入大海，以郑州与济南站为例，年平均与夏季气温两站相差甚微，冬季气温相差 0.9℃，极端最低气温相差 2℃，这是该区形成凌汛的主要原因之一。

2. 降水

黄河流域位于东亚季风区的北部，由于流域内各地所处位置不同，地形、地势差异较大，致使流域内降水的分布不均匀。表 1.2 反映了流域内降水的地区分布及年内变化情况。

降水的地区分布，总的趋势是由东南向西北递减。黄河上游兰州以上，年降水量呈南

表 1.2 黄河流域年降水量及其年内分配

区 段	年平均降水量 (mm)	连续最大 4 个月降水量		7、8 月降水占年 降水量百分比
		占年降水量%	出现月份	
兰州以上	488.5	65—80	6—9	35—50
兰州—河口镇	267.0	65—85	6—9	40—65
河口镇—龙门	448.5	65—80	6—9	40—60
泾 河	516.3	65—70	6—9	35—45
北洛河	523.2	65—75	6—9	40—45
渭 河	622.3	55—70	6—9	30—45
龙门—三门峡	525.7	60—75	6—9	35—50

北多中间少的特征，由东南部久治、红原、岷县一线的 800 mm 向西北减至共和一带的 200 mm，位于北边的祁连山、大极山、拉脊山均有 500 mm 以上的高值闭合圈。黄河自兰州以下至入海口，因贺兰山、黄龙山、吕梁山、秦岭、六盘山、子午岭、中条山、泰山等地形影响形成相对高值区外，年降水量等值线基本上自东南部的 800 mm 递减至西北部的 150 mm。400 mm 年降水量等值线自河口镇经榆林、靖边、兰州以北绕过祁连山过循化、贵南，沿积石山麓至多曲一带出流域界，把流域内划分为较为干旱和相对湿润两大部分。

降水的年内分布，主要受夏季西南及东南气流控制。因此流域内年降水量中有 60—80% 集中在 6—9 月份。由于降水的集中，流域内常出现春旱。

图 1.2 反映了流域内降水量的年际变化。从图可知，20 和 30 年代（兰州以上除外）均属偏枯段，兰州—河口镇区间偏枯 5 mm，河口镇—三门峡区间平均偏枯 32 mm；40、50（兰州以上除外）和 60 年代均属偏丰段，河口镇以上平均偏丰 11 mm，河口镇—三门峡区间平均偏丰 20 mm；70 年代河口镇以上平均偏丰 5 mm，河口镇—三门峡区间平均偏枯 24 mm；80 年代河口镇以上平均偏枯 34 mm，河口镇—三门峡区间平均偏丰 14 mm。比较 1920—1949 年与 1950—1988 两个时段平均值，河口镇以上基本相等；河口镇—三门峡区间后一时期偏丰 26 mm。1950—1969 年各区段均比 1970—1988 年时段偏丰，河口镇以上偏丰 19 mm，河口镇—三门峡区间偏丰 32 mm。

据有关资料分析，1922—1932 年径流为枯水，为了验证该时段的降水是否也存在偏枯现象，我们收集了呼和浩特（1920 年起）、太原（1919 年起）、西安（1923 年起）、陕县（1919 年起）4 个长系列站的降水量资料，这 4 站在 1922—1932 年时段的平均年降水量占多年平均年降水量的百分数分别为 92、88、78 和 73，它们的算术平均值为 82，证明

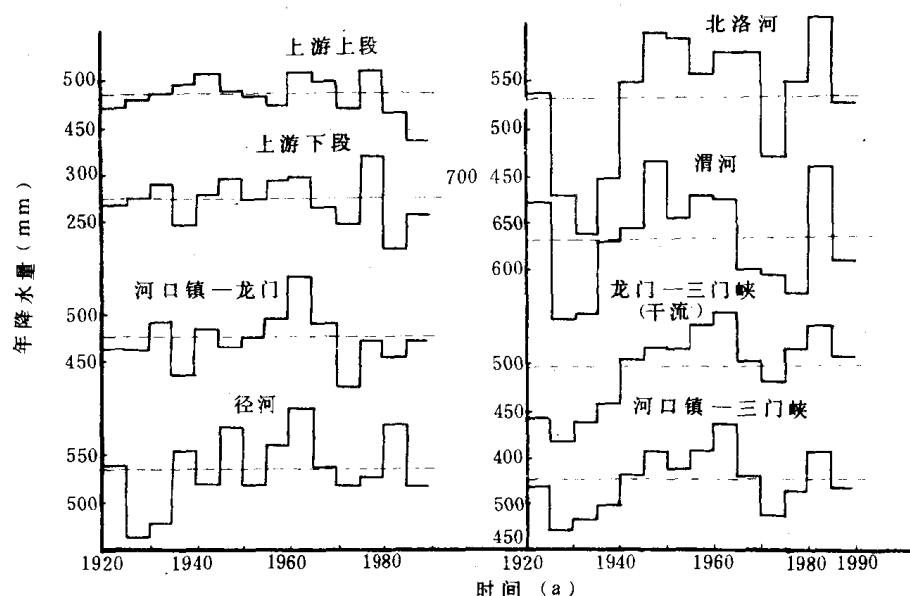


图 1.2 黄河上、中游 5 年平均年降水量分布

了这一时期的降水量是偏枯的。应该指出, 呼和浩特站 1927 年、1929 年出现了两年的丰水年, 致使 11 年的均值偏大。如扣除, 其 9 年的均值只占多年平均年降水量的 81%。由于兰州以上的来水占潼关以上来水量的 65%, 因此, 兰州以上也必然存在 1922—1932 年的枯水段。本次分析兰州以上 1922—1932 年年降水量均值为插补值, 资料虽欠准, 但从定性看也存在偏枯现象。

流域内干湿程度的高低与降水量的大小及其时空分布密切相关。例如兰州以上, 年降水量虽小于龙门以下, 其集中程度与河口镇—龙门相当。由于兰州以上月平均气温在 0℃ 以下的时间达 5—7 个月, 夏季气温又低于兰州至花园口区间 8.6℃, 因此, 兰州以上平均蒸发能力小于其它地区, 其干旱指数大部分地区在 1—3 之间, 相当于半湿润地带。再由于兰州以上处于青海高原, 有一系列西北—东南向的山脉, 河谷两岸的相对高度达 1500—2000 m, 致使年平均径流深大于流域内其它河段。略小于三门峡至花园口区间, 是黄河流域的水源地。

综上所述, 流域内降水的年内变化基本上呈单峰型; 在年际间降水变化大, 丰平枯显著。在地区分布上, 山区的降水量大于平原, 并随着纬度的增加而减少, 因离海洋的远近而增减。

3. 日照

黄河流域年平均日照时数的分布由东南向西北增加。甘肃张掖、酒泉地区以及宁夏石咀山市、银川市和银南部分地区, 年日照时数普遍在 3000 h 以上, 这在全国也是多日照时数的地区。地处秦岭以南的陕西汉中、安康地区和甘肃武都地区日照时数在 2000 h 以下, 这在全国也是日照时数偏少的地区, 其中镇巴仅为 1349.8 h, 为本区最小。该流域其它各地方日照时数多在 2000—3000 h 之间。例如: 兰州为 2607.6 h, 西安为 2038.2 h, 延安为 2449.0 h, 太原为 2675.8 h, 海河平原和鲁北中部地区为 2600—2800 h, 豫北地区为 2300—2500 h, 豫中南地区在 2300 h 以下。

日照时数只是反映当地日照时间绝对值的多少, 并不能说明因天气原因而减少日照的情况。用日照百分率(也就是实际日照时数和天文日照时数之比)才能反映天气条件对日照时数的影响。本区域年平均日照百分率在 30—75% 之间, 其分布与年平均日照时数相似, 自南向北逐渐增大。甘肃酒泉地区在 70% 以上, 其中最大者为野马街、梧桐沟、鼎新等站, 达 75%。从太原到兰州一线以北地区均为 60% 以上, 陕西渭河流域以南在 50% 以下, 其中汉中、安康地区不足 40%, 镇巴最少, 仅 31%。

日照时数一般都是夏半年多于冬半年, 北方尤其清楚, 这是因为纬度愈北, 夏季日照愈长, 冬季则愈短的缘故。但是日照百分率仅与天气有关, 因此两者的年变化是不同的。

4. 风

黄河流域大部分地区, 冬、夏季风有明显转换, 冬季受蒙古高压控制, 处于高压中心东南侧, 盛行偏北风; 春季, 蒙古冷高压势力减弱, 开始盛行偏南风, 但冀北高原仍盛行西北风; 夏季, 受中心位于印度北部的强大热低压控制, 因此, 大部分地区盛行南到东北风; 秋季, 蒙古冷高压迅速南压, 夏季风已退出华北、华中, 因而黄河中下游地区又重新建立冬季风的形势, 大部分盛行偏北风。

黄河流域位于东亚寒潮南下的通道, 因此全区 1 月份多盛行西北风, 但由于气象台站多位于谷底盆地之中, 因此盛行风向多受地形严重影响, 有“一山一风”之说。西南

风(如陕西延安、山西介休等)或东南风(如陕西镇安、石泉等)。盛夏(7月),该区域主要盛行从太平洋上来的东南风。五台山、乌鞘岭和松山等高山台站7月份盛行风向仍为西北或偏北风,这是因为这些台站海拔3005 m左右,位于高空盛行西风带之中。华山海拔较低,纬度也偏南,因而盛行风为西南风。

黄河下游各地年平均风速为 $1.4\sim 6.7\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。风速大的地区为黄海渤海沿岸及海岛,年平均风速大多为 $4\sim 5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;在一些坝头及风口,风速更大,如张北县狼窝沟比张北县城大2成左右;泰山、嵩山等高山站年平均风速分别为 6.6 及 $5.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;风速小的地区多为受地形屏蔽的山区、盆地如承德盆地、太行山西部、豫西山区等年平均风速在 $2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下,承德只有 $1.4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

黄河中上游地区风速的年变化一般是春季最大,冬季次之,夏秋二季风速较小。当然也有例外,例如兰州和陇南,陇东二地区的风速则是夏季大于冬季。陕西的榆林、汉中却是冬季风速为全年最小。

5. 相对湿度

相对湿度的年变化主要受气温高低和地面潮湿程度两个因素的综合影响。相对湿度最高值出现在炎热多雨的7、8月,次高值出现在秋季9月,最低值大多出现在春季,这显然是由于春季回暖快而降水少之故。但河南南部因春雨较多,故最低值出现在冬季。黄河中上游地区一般以季风雨季中的8月份相对湿度最大,如太原、银川、甘肃民勤等地都是如此,其值分别可达76%、70%和53%。相对湿度最小的时段一般出现在仲春,如太原、银川、甘肃民勤均以4月最小,分别为48%、46%和15%。而西安地区的最小值出现在6月,为59%。

二、气候形成因子

与其它地区一样,黄河流域气候的形成主要取决于辐射、大气环流和下垫面等因子。这些气候因子的基本状态与变异,就形成流域的气候特点、地区间的气候差异和可能的气候变动。

1. 太阳辐射

太阳辐射是地球上大气运动的唯一能源。因此,太阳辐射是大气中所发生的一切物理过程和大气现象的能量来源,是气候形成的基本因素。

从黄河中下游地区的总辐射量来看,月总辐射最小值均出现在12月,为 $197\sim 265\text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 。最大值大多出现在6月,为 $459\sim 719\text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 。总辐射的年振幅一般是由北向南、由内陆向沿海(渤海沿岸除外)减小,且往南减小较快。该地区的年总辐射约在 $4000\sim 6000\text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 之间。年总辐射的地区分布大致是由南向北递增。冀北山地和燕山山脉年总辐射为 $5200\text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 以上。冀东南至鲁北的渤海沿岸一带、鲁中禹城、济南向东经泰沂山地至沂源一带和冀南等年总辐射也较高。河南大部地区、鲁南、鲁东南沿海一带年总辐射较低,为 $5000\text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 以下。

黄河中上游地区的年总辐射随纬度的增加而增大。如大同($46^{\circ}06'\text{N}$)与太原($37^{\circ}48'\text{N}$)的年总辐射分别为 5782.0 和 $5497.3\text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 。除太原以外,其它台站大都是6月最大,这与该地区的初夏干旱有直接关系。该地区总辐射的月际变化有两次明显增

大，一次在 2、3 月间、一次在 4、5 月间；并有两次明显减小，一次在 8、9 月间，一次在 10、11 月间。而且由于气候较为干燥，冬夏太阳高度和昼长差异较大，使得总辐射的年变幅从南往北增大。

2. 大气环流

大气环流是指大尺度的大气运动状况。它不但影响着各地区的天气，而且还影响着各地区的气候。

冬季，黄河流域高空处于深厚的东亚大槽后部，盛行西北气流，引导极地大陆气团南下，多强冷空气活动；地面上受强大的蒙古冷高压控制。所以，气候寒冷而干燥，雨雪稀少。此时由纬度影响造成的温度南北差异大于海洋影响造成的东西差异。等温线大致呈纬向分布，但在沿海地带等温线与海陆交界线走向一致。1 月是蒙古高压最强盛时期，其中心强度平均在 1040 hPa 以上。该月也是全年最冷的月份。上游地区高空有西风槽吸引冷空气南下时，伴有阴层或降雪天气发生。

夏季环流与冬季完全不同，西风带显著北移，南支西风急流消失，只有北支西风急流存在。中纬度西风带平均槽脊由冬季的 3 个变为 4 个。黄河流域上游区主要受印度低压影响，夏季风开始影响本区。7 月上、中旬，高空急流再一次发生明显变化，主要是西风急流进一步北移至 45°N 以北，强度减弱到一年中最弱的强度。东亚大槽完全消失。夏季风在黄河上游区盛行。这时西太平洋副热带高压脊线在 30°N 附近，该地区位于脊线北侧和西北侧，在连续南下的弱冷锋以及源于青藏高原的低涡、切变线的影响下，多雷雨天气。

3. 下垫面

黄河流域地区自然地理条件较复杂，其自然地理环境、地势地貌、山脉走向、纬度以及黄渤海都是影响本区域气候及其地理分布的重要因素。

山地能起阻挡冷暖气流、增加降水的作用。东部的太行山是黄土高原与华北平原的地形分界线。大致南北走向的太行山、太岳山、吕梁山海拔大多在 1500 m 以上。这些东北—西南走向的山岭，阻碍着海洋气候的通畅深入，且爬越山地后的气流，水气含量愈来愈少，迎风坡雨量较背风坡多，使得降水量从东南的 500 mm 减少到西北部的 250 mm 以下，气候逐渐从半湿润过渡到半干旱和干旱，在西北部的贺兰山西侧形成了毛乌素沙地和腾格里沙漠。

秦岭山脉横亘于本区南部，森林繁茂，自然植被良好，海拔高度 1500—3700 m。由于它阻碍了冬季风的南下和夏季风的北上，因此黄土高原的气候与陕南、华中明显不同。陕西的宝鸡，西安均与汉中相距不远，气候却不同。年降水量宝鸡为 679.1 mm，西安为 580.2 mm，而汉中达 871.1 mm；冬季 1 月平均气温，宝鸡、西安分别为 -0.8、-1.0℃，而汉中为 2.1℃。1 月份秦岭以北月平均气温都在 0℃ 以下，秦岭以南则在 0℃ 以上。因此，秦岭是我国亚热带与温带的气候分界线，构成了我国北方与南方截然不同的气候特征。

山区的存在不但明显影响降水分布，还由于山区下垫面受热不均、对流旺盛，因此，山区的强对流灾害性天气如冰雹、雷击、龙卷等明显多于平原。

还须指出下垫面状态的改变对气候的影响，如绿化和灌溉会造成气候的“绿州效应”，城市发展会造成气候的“热岛效应”和环境污染。人类的其它生产活动与生活，可能有改良气候的作用，也可能有破坏自然、使气候恶化的作用，有的短期内就发生效应，有的则需

要经过很久才能看到它的后果，有的只是局地影响，而有的则影响到大片地区，甚至导致全球性的气候变化。

第二节 重建过去气候变化序列

在本课题的研究中，着重采用历史文献记载与树木年轮两类代用资料，重建过去局地气候要素的变化。同时，为确保代用资料的可靠性与精度，还对如何从黄河流域的历史文献和树木年轮中获得尽可能多的气候变化信息，进行了较为深入的分析。

一、历史文献资料

黄河流域是我国古代文明的发祥地，有大量的文字记载与历史档案涉及到旱涝、冷暖与其它自然灾害。自本世纪 70 年代以来，已有许多关于整编历史文献资料、重建过去气候变化序列的研究成果。在这类工作的基础上，本课题研究继续开展了以下三方面工作。

1. 总结、归纳建立序列的方法

在黄河流域，依据丰富的历史文献记载，设法去伪存真，去粗取精，就可以通过不同的方法建立起可靠的反映气候变化的序列来。这些方法可归纳为四类（郑斯中，1989），它们是：

（1）今昔对比方法。即把古籍中的物候记载，自然地理迹象和考古发现同今日的情况加以对比，借此说明古代某一或长或短时段气候的冷暖、干湿状况。竺可桢曾把这种方法用于黄河流域研究，取得了很好的效果。

（2）绝对值方法。气候史料中的各类气候事件，诸如水、旱、冷、暖等，在某一时段内出现的年数、县数和记载的条数等都曾被直接用来作为某一时段气候状态的量度，建立起以绝对值和时间为坐标的气候序列。

（3）相对值方法。亦称比值法，一般用来处理象水和旱这种一对矛盾的气候事件。通过计算历史上不同时段二者出现年数或记载条数的比值来表现气候的干湿变化。

绝对值方法和相对值方法，都没有单独用来建立黄河流域范围内的气候序列。

（4）旱涝等级法。根据史料的水旱记载中对雨情的直接阐述和不同雨情对自然界带来的影响，并适当考虑其造成的社会和政治、经济影响，制定等级标准，划分等级，建立等级序列的方法称为旱涝等级方法。这种方法直到 60 年代才开始采用，较其他几种方法都来得晚。原因在于这种方法必须具备详细的水旱记载。

在本课题的研究中，所建立的各地气候变化或气候灾害等级序列，均是以详尽的文献记载为依据，按照实际影响大小，划分成五个等级。在旱涝等级序列中，通常 1 为大涝，2 为涝，3 为正常，4 为旱，5 为大旱。

2. 系统收集整理文献资料

我们在黄河流域中、下游地区，主要是在河套及其邻近地区、陕西省境内的若干地点和河南、山东省境内，收集和整编了大量史料。

内蒙古土默川地区的主要部分位于鄂尔多斯高原和阴山山脉之间的黄河冲积平原上。