

华北平原水量平衡 与南水北调研究文集

左大康 刘昌明 许越先 主编
李宝庆 吴 凯

科学出版社

华北平原水量平衡 与南水北调研究文集

左大康 刘昌明 许越先 主编
李宝庆 吴 凯

科 学 出 版 社

1 9 8 5

内 容 简 介

本书是近年来中国科学院地理研究所有关人员所承担的“南水北调及其对自然环境的影响”与“华北平原水量平衡”等课题的部分研究成果。全书共分八个部分,包括大气降水、蒸发、地表水、地下水与土壤水、水量平衡综合分析、南水北调综合分析、南水北调对自然环境的影响和南水北调的系统分析等方面,共35篇论文。可供有关管理决策机构以及水利、地理、环境保护等科研、设计人员与大专院校师生参考。

华北平原水量平衡与南水北调研究文集

左大康 刘昌明 许越先 主编
李宝庆 吴 凯

*
科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

华勘五一七队印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*
1985年11月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1985年11月第一次印刷 印张: 20 3/4

印数: 0001—3000 字数: 430000

统一书号: 13031·3213

本社书号: 5130·13—13

定价: 4.80元

前 言

本书所讨论的华北平原的范围系指长江、淮河分水界以北的黄(河)、淮(河)、海(河)(包括滦河)下游的平原部分。其面积约为35万平方公里,是我国著名的大平原之一。在行政区划上,包括河北、山东、河南、安徽、江苏五省及北京、天津两市。本区内人口约2亿,占全国总人口的 $\frac{1}{3}$ 左右,其中城镇人口比较密集,超过全国的 $\frac{1}{3}$ 。在农业上,它是我国最大的粮棉产区:粮食总产达到1400亿斤以上;棉花总产超过全国总产的一半。区内工业发达,有北京、天津、济南、郑州、石家庄、徐州以及沿海重点开放城市等40余个,有胜利、大港等重要油田。同时,区内交通(包括铁路、公路、水运、空运)发达,利于经济开发。因此,华北平原在我国四个现代化的建设中有着极其重要的战略地位。

华北平原地大物博,有巨大的生产潜力。但是,水资源的数量不足且分配不匀是本区生产发展和经济开发的严重障碍。此外,华北平原的洪涝、盐碱、淤积与风沙等自然灾害频繁,对生产与人民的生命财产存在着巨大的危害与威胁。所有这些问题,多半与水的问题有关。因此,对水进行调节、控制是治理华北平原的最根本措施之一。而水的调节、控制则要求对区域内水量平衡有系统、全面、深入的了解。华北平原的水量平衡研究正是适应这种需要而进行的一项基础性工作。

1979年以来,中国科学院地理研究所承担了“南水北调及其对自然环境的影响”和“华北平原水量平衡”等重点课题,通过定位实验与专题考察,开展了水循环、水平衡和南水北调有关问题的研究。本书是近年来研究工作所取得的部分成果的汇编。全书纳入论文35篇。内容包括大气降水、蒸发、地表径流、土壤水分与地下水、水量平衡综合分析、南水北调综合分析、南水北调对自然环境的影响和南水北调的系统分析等八个方面。本书选列的论文涉及相当广泛的研究领域,既有比较微观的专题探讨,也有从宏观的角度对华北平原水量平衡要素的分析。本书最后三个部分,结合南水北调的任务,讨论了调水方案,分析了南水北调实现后对自然环境可能发生的影响,如降水量的可能变化、灌溉的环境后效以及土壤次生盐渍化的问题。此外,还从综合的角度,评述了南水北调(中、东线方案)对自然环境的影响,采用系统分析的方法,对调水的水量分配与一些环境问题作了定量计算与经济上的分析。这些成果不仅在理论上取得一定的进展,而且在实际应用上也有一定的参考价值。

全书的图件由甄淑平进行清绘,在此表示感谢。

编 者

1985年8月

目 录

前 言	(i)
-----	-------

第一部分 华北平原大气降水研究

华北平原南部年降水量变化特征的统计分析	汤奇成、程天文、赵楚年、刘恩宝 (1)
江、淮、黄、海四大流域降水类型与南水北调	冯丽文、徐淑英、郑斯中 (10)
关于凝结水及其在水分平衡中的作用的初步研究	程维新、赵家义 (26)

第二部分 华北平原蒸发研究

有限水域表面蒸发的计算	洪嘉琰 (34)
关于灌溉农田作物耗水量问题	程维新、赵家义 (41)
华北平原棉花生育期水分条件初步分析	程维新 (47)
作物耗水特性对农田蒸发的影响	程维新 (54)
禹城实验区灌溉麦田的热量平衡	洪嘉琰 (62)

第三部分 华北地区地表水研究

华北地区地表径流量的估算及分析	汤奇成、程天文、赵楚年、刘恩宝 (68)
华北地区河川年径流丰枯分析	李秀云 (73)
华北地区河川径流年内分配	王玉枝、赵楚年 (83)
滦河、海河上游区河川水文情势与农业	李秀云、赵楚年、王玉枝 (97)

第四部分 华北平原地下水与土壤水研究

华北平原地区降雨入渗补给地下水的模拟试验研究方法	任鸿遵、杨克定 (105)
南宫地区降雨入渗试验及地下水补给量计算的探讨	任鸿遵、郭永芳、孙仁华、魏忠义、张永忠、杨克定 (113)
华北平原地下水开采的水文效应	魏忠义、任鸿遵 (122)
用中子水分仪研究降雨补给地下水的机制	李宝庆、杨克定 (129)
灌溉回归问题的试验研究	李宝庆、杨克定 (140)
禹城实验区井灌井排水文地质条件	魏忠义、张永忠 (149)
降雨补给地下水过程中土壤水势的变化	李宝庆 (158)

第五部分 华北地区水量平衡综合分析

平原地区水量转换关系计算方法的初步探讨	刘昌明、任鸿遵 (168)
河北省低平原地区主要作物农田水分盈亏分析	左大康、许越先、陈德亮 (184)

华北平原城市的用水与水质污染问题分析·····	王景华、饶莉丽	(192)
禹城地区化学覆盖物对抑制盐碱地土壤水分蒸发、返盐的试验初探·····	张兴权、王春林	(197)

第六部分 南水北调综合分析

南水北调及其有关的几个问题·····	左大康、许越先	(204)
南水北调用水区水量平衡变化的几点分析·····	刘昌明	(212)
黄河干流中下游段年径流及其与南水北调关系的初步分析·····	汤奇成、程天文、栾禄凯	(220)
黄河以北地区南水北调东线引水问题的探讨··左大康、刘昌明、许越先、杜伟		(226)
南水北调东线“分期实施、先通后畅”简析·····	刘昌明、许越先	(233)

第七部分 南水北调对自然环境的影响

南水北调对自然环境影响的初步研究·····	左大康、刘昌明、许越先	(237)
南水北调可能引起的降水变化·····	沈建柱	(245)
南水北调(东线)对土壤盐碱化影响的初步探讨·····	许越先	(251)
试论农田灌溉对华北平原自然环境的影响·····	孙仁华	(260)

第八部分 南水北调的系统分析

系统分析在东线调水水量平衡中的应用·····	刘昌明、杜伟	(267)
调水与防治氟病环境效益的评价·····	杜伟	(279)
南四湖调水运用水位对水生经济系统的影响·····	杜伟	(295)

WATER BALANCE IN THE NORTH CHINA PLAIN AND WATER TRANSFER FROM SOUTH TO NORTH

CONTENTS

Preface	(i)
---------------	-------

Section 1 Precipitation in the North China Plain

Statistical Analysis of Characteristics of Annual Precipitation Variation in the South of the North China Plain...Tang Qicheng et al. (1)	
The Types of Precipitation in the Jiang-Huai-Huang-Hai Basins and Water Transfer from South to North..... Feng Liwen et al. (10)	
Preliminary Study on Condensation-water and Its Effect on Water Balance.....Chen Weixin et al. (26)	

Section 2 Evaporation in the North China Plain

Calculation of Evaporation from Limited Water Surface.....	
..... Hong Jialian (34)	
The Water Consumption of the Crops in Irrigated Fields	
..... Chen Weixin et al. (41)	
Preliminary Analysis on Water Condition in Bearing Duration of Cotton in the North China Plain.....Chen Weixin (47)	
The Impacts of Water Consumption Features of Crops on Field Evaporation.....Chen Weixin (54)	
Heat Balance in Irrigated Wheat Field at the Yucheng Experimental Station.....Hong Jialian (62)	

Section 3 Surface-water in the North China Plain

Estimation and Analysis of Surface Runoff in the North China Region	
..... Tang Qicheng et al. (68)	
Analysis of High and Low Flows of Annual Runoff in Stream in the North China Region.....Li Xiuyun (73)	

- Annual Distribution of Stream Runoff in the North China Region
 Wang Yuzhi et al. (83)
- Hydrological Regime of Stream in the Upper Reaches of the Luanhe
 River and Haihe River and Agriculture Development.....
Li Xiuyun et al. (97)

Section 4 Groundwater and Soil-water in the North China Plain

- An Experimental Study on Recharge of Groundwater by Rain Infil-
 tration in the North China Plain.....Ren Hongzun et al. (105)
- Experimentation of Rain Infiltration and Calculation of Groundwater
 Recharge in Nangong Region..... Ren Hongzun et al. (113)
- Hydrological Effects of Groundwater Exploitation in the North
 China Plain..... Wei Zhongyi et al. (122)
- Mechanism of Groundwater Recharge of Rainfall by Neutron Probe
 Method..... Li Baoqing et al. (129)
- An Experimentation of Return Water from Irrigation.....
 Li Baoqing et al. (140)
- Hydrogeological Conditions of Well-irrigation and Well-drainage
 at the Yucheng Experimental Station.....Wei Zhongyi et al. (149)
- Variation of Potential Energy for Soil-water in the Process of Ground
 Water Recharge from Rain..... Li Baoqing (158)

Section 5 Synthetical Analyses of Water Balance in the North China Plain

- Preliminary Study of Calculation Methods for Water Exchange in the
 Plain.....Liu Changming et al. (168)
- An Analysis of Field-water Budget of the Main Crops on the Low
 Plain of Hebei Province..... Zuo Dakang et al. (184)
- An Analysis of the Issues on Urban Water-duty and Water Pollution
 in the North China Plain..... Wang Jinghua et al. (192)
- Preliminary Study of the Experimentation on Restraint Effect of
 Chemical Mulch to Evaporation of Soil-water and Salinization in
 the Saline-alkaline Field at the Yucheng Experimental Station
 Zhang Xingquan et al. (197)

Section 6 Synthetical Analyses of South-to-North Water Transfer

- South-to-North Water Transfer and Several Related Problems.....
..... Zuo Dakang et al. (204)
- Some Analyses on the Changes of Water Balance in the Water Import
Region Caused by Water Transfer from South to North.....
..... Liu Changming (212)
- Preliminary Analysis of Annual Runoff in the Middle-lower Reaches
of Huanghe's Mainstream Relating to South-to-North Water
Transfer..... Tang Qicheng et al. (220)
- Some Problems Regarding the East Route Water Diversion from the
Changjiang River to the Haihe River Plain.....
..... Zuo Dakang et al. (226)
- Brief Analysis of the Project on "Implementation by Stages, Unim-
peded after Canal Open"for the East Route of South-to-North
Water Transfer..... Liu Changming et al. (233)

Section7 Environmental Issues of Water Transfer from South to North

- Preliminary Study of the Impacts of Water Transfer from South to
North on Natural Environment.....Zuo Dakang et al. (237)
- Changes of Precipitation Potentially Caused by the Northward Water
Transfer..... Shen Jianzhu et al. (245)
- Preliminary Study of Effect of the East Route Water Transfer on
Soil Salinization.....Xu Yuexian (251)
- The Impacts of Field Irrigation on Natural Environment in the
North China Plain..... Sun Renhua (260)

Section 8 System Analyses of Water Transfer from South to North

- An Application of System Analysis to Water Allocation in the First-
stage Project of the East-Route Water Transfer in China
..... Liu Changming et al. (267)
- Assessment of Environmental Benefit on Using Transferred Water to
Prevent and Cure Fluoride-sick..... Du Wei (279)
- Impacts of the Variation of Operating Water Level after Water
Transfer on Aquatic and Economic System in the Nansi Lake ...
..... Du Wei (295)

华北平原南部年降水量变化特征的 统计分析*

汤奇成 程天文 赵楚年 刘恩宝

南水北调引水工程,规模宏伟,投资巨大。从提出此项工程以来,经过多次讨论研究,至今仍未获得一致的看法。究其原因,其中之一是各部门和单位在讨论此问题时所采用的基本数据有较大的出入。为此,我们计算分析了南水北调东线部分地区的年降水量,作为南水北调地区水量平衡研究的基础,也为进一步分析研究南水北调工程提供依据。

一、概 况

我们研究的范围是黄河以南、长江以北、郑州以东,包括山东半岛的广大地区。大致从北纬 32° 至 37° ,东经 113° 至 123° 。包括淮河流域,沂、沭、泗河流域以及山东半岛诸河流域。本区西部边界,自北而南依次为嵩山、外方山、伏牛山、桐柏山、大别山等。

本地区总面积约34.3万平方公里。包括山东、河南、安徽、江苏四个省的大部分及湖北省的一小部分。总的地势是西高东低,其中大部分为平原,是黄淮海平原的主要组成部分,只有山东的泰山和沂蒙山突起在平原之中。此外,还有胶东半岛的大泽山,昆嵛山和南部的张八岭等比较孤立的山地,这些山地对本地区年降水量有较大影响。

二、资料情况

本地区的年降水量资料多半从1958年开始积累,为便于对比分析,我们统计时统一采用1958年至1978年系列。其中河南省35个站,共735站年;山东省37个站,共777站年;安徽省37个站,共777站年;江苏省30个站,共630站年。总计选用了139个站,共2919站年。在被选用的测站中,连续实测系列超过50年的只有两个站,超过30年的有四个站,它们均用来作为系列代表性分析的依据。

在统计分析中一律采用实测资料,而没有用插补延长的方法增加系列。在选用资料中,遇到气象站与水文站在同一地点,而数据不一致的情况时,一般以气象站资料为

* 本文原载《地理集刊》,第15号,1985年。

主，也参考水文站资料，在无气象资料的地区直接采用水文站资料。

在上述139个站的资料中，淮河流域占68%，沂、沭、泗河流域占11%，胶东半岛诸河流域占14%，苏北诸河占7%。为了增加点据，我们又选用了54个站作为参考点。还选用了河北省、湖北省等邻近站点的年降水量资料。

三、系列的代表性分析

实测到的系列仅是总体的一个随机样本。一般说来，长系列样本比较接近于总体。如果所采用的系列的均值与长系列的均值接近，这样就可以近似地认为该系列具有代表性。如实测系列处于长系列的偏丰段，就会使计算的均值偏大；反之，则偏小。因此，必须进行系列代表性分析。

这次我们根据长系列站的资料，并且考虑到它们的地区分布，从下列几种途径进行系列代表性分析。

(一) 长短系列的分析计算

假定长系列的统计参数的代表性比短系列的代表性相对较好，因此可以长系列为准，来检验短系列的代表性。用南京站和济南站的连续年降水量作为长短系列的比较站，比较的结果见表1。

表1 南京站、济南站年降水量长短系列比较表

站 名	资 料 年 代	年 数	平均值(毫米)	短系列(n)均值 $\bar{X}_n$ 与 长系列(N)均值 $\bar{X}_N$ 之比
南 京	1905—1978	74	1000.4	1.00
	1946—1978	33	1024.5	1.02
	1950—1978	29	1030.4	1.03
	1953—1978	26	1042.9	1.04
	1958—1978	21	1018.0	1.02
济 南	1916—1978	63	649.3	1.00
	1946—1978	33	682.8	1.05
	1950—1978	29	689.8	1.06
	1958—1978	21	697.6	1.07

从表1可以看出，1958—1978年的系列与74年系列的均值相比，南京站的误差仅为2%，即使将系列增加到33年，其精度并不增加。因此，在本地区的南部采用1958—1978年的系列，不会产生很大的偏差。但在北部，济南站21年的系列与长系列相比，则显然偏大。

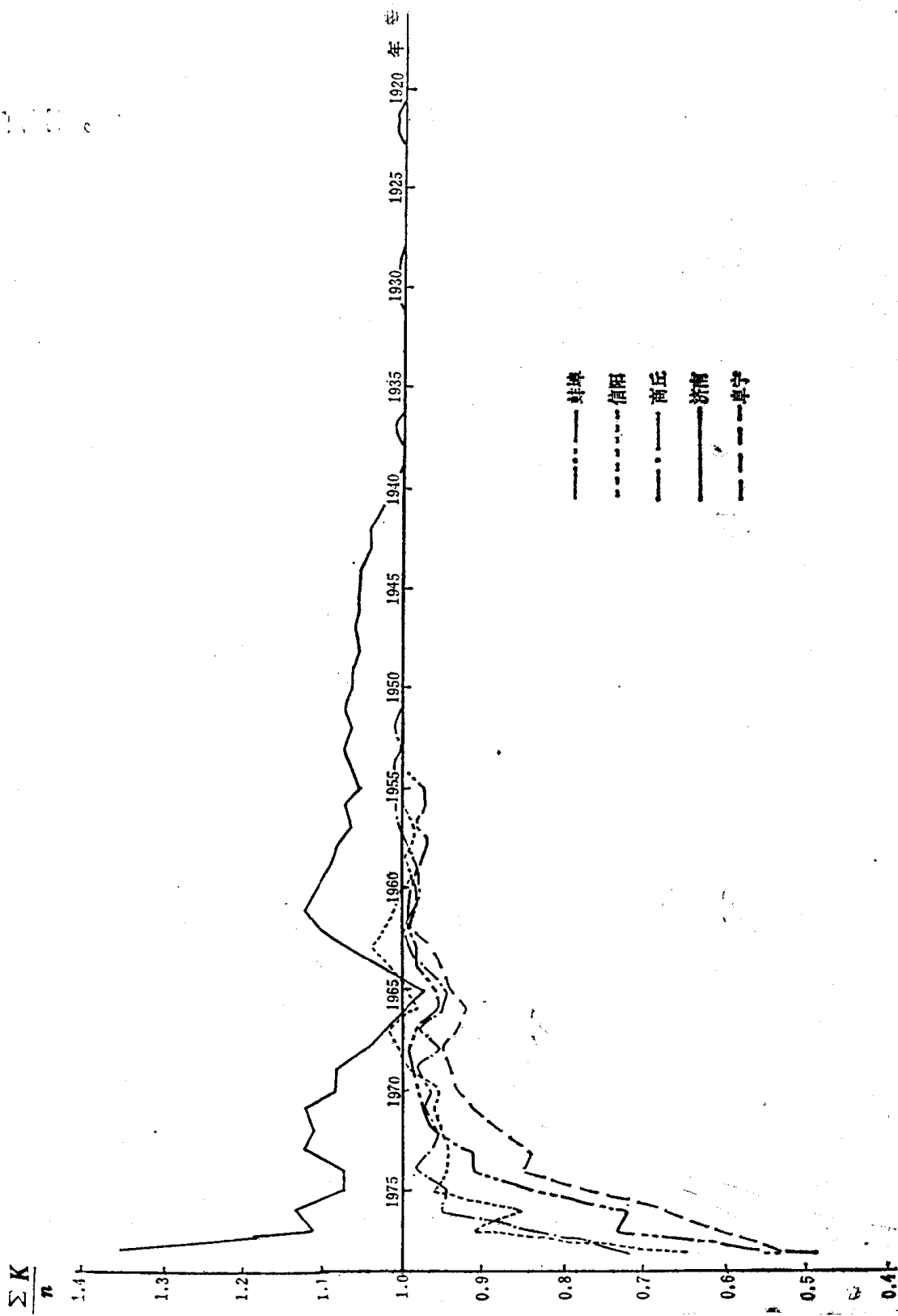


图 1 各代表站年降水量累积平均曲线图

(二) 年降水量累积平均统计分析

我们在四个省内选择具有代表性的较长的连续系列作累积平均统计分析, 计算的方法是: 将各站的年降水量从1978年起逐年依次向前累积平均, 即

$$\bar{p}_1 = p_1, \quad \bar{p}_2 = \frac{p_1 + p_2}{2}, \quad \dots, \quad \bar{p}_n = \frac{p_1 + p_2 + \dots + p_n}{n},$$

其中 $\bar{p}_1, \bar{p}_2, \dots, \bar{p}_n$ 是年降水量的累积平均值 (毫米); $p_1, p_2, \dots, p_n$ 是自1978年依次向前推的各年降水量 (毫米)。

本地区代表性测站的累积平均过程线见图1, 从过程线上可以反映出年降水量丰、枯变化的长短和丰、枯变幅的大小。累积平均过程线随着年份的增加逐渐趋于稳定, 幅度变小, 并可反映各站从1978年向前推算达到平均值时所需要的年数。

从图1可以看出, 本地区各站达到稳定所需的年数各不相同, 最长的如济南站大约需要40年方趋稳定, 这与海、滦河流域年径流分析报告中得出的结论基本一致¹⁾, 而最短的如阜宁站只要20年左右系列就趋稳定。江苏省一般测站达到稳定的年限最短, 河南省、安徽省则在30年以上, 山东省更长。从整个地区来看, 大约需要35—40年, 年降水量的系列才趋于稳定。影响年降水量的因素很多, 而地带性是其中重要的因素之一。因此, 稳定所需的年数有自南向北增加的趋势, 亦即多年平均降水量值越大, 需达到稳定的历时越短; 反之, 则越长。

(三) 年降水量的差积分析

本地区各代表站的每年降水量 (P_i) 与多年平均年降水量 ($\bar{P}$) 之差值, 逐年按次序加以累积, 即 $\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})$, 再与对应的年份 (T) 点绘差积曲线过程线, 即

$$\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P}) \sim T.$$

应用差积曲线不仅可以检验资料的代表性, 而且还可以反映出少水年或丰水年的情况。我们把上述代表站的差积曲线绘成图2。从图2中可以看出, 各站的差积曲线形状变化很大, 归纳起来, 大致可分为下列几种类型:

1. **单峰型** 年降水量年际的丰枯变化的历时较长, 丰枯变化相对幅度较大, 累积平均值达到稳定的历时较长, 计算年降水量的系列达到40年以上才具有一定的代表性, 如济南站等。

2. **锯齿型** 年降水量的年际丰、枯变化幅度较小, 年际丰枯变化频繁, 累积平

1) 海、滦河年径流计算分析协作组: 海、滦河流域年径流分析报告, 1978年。

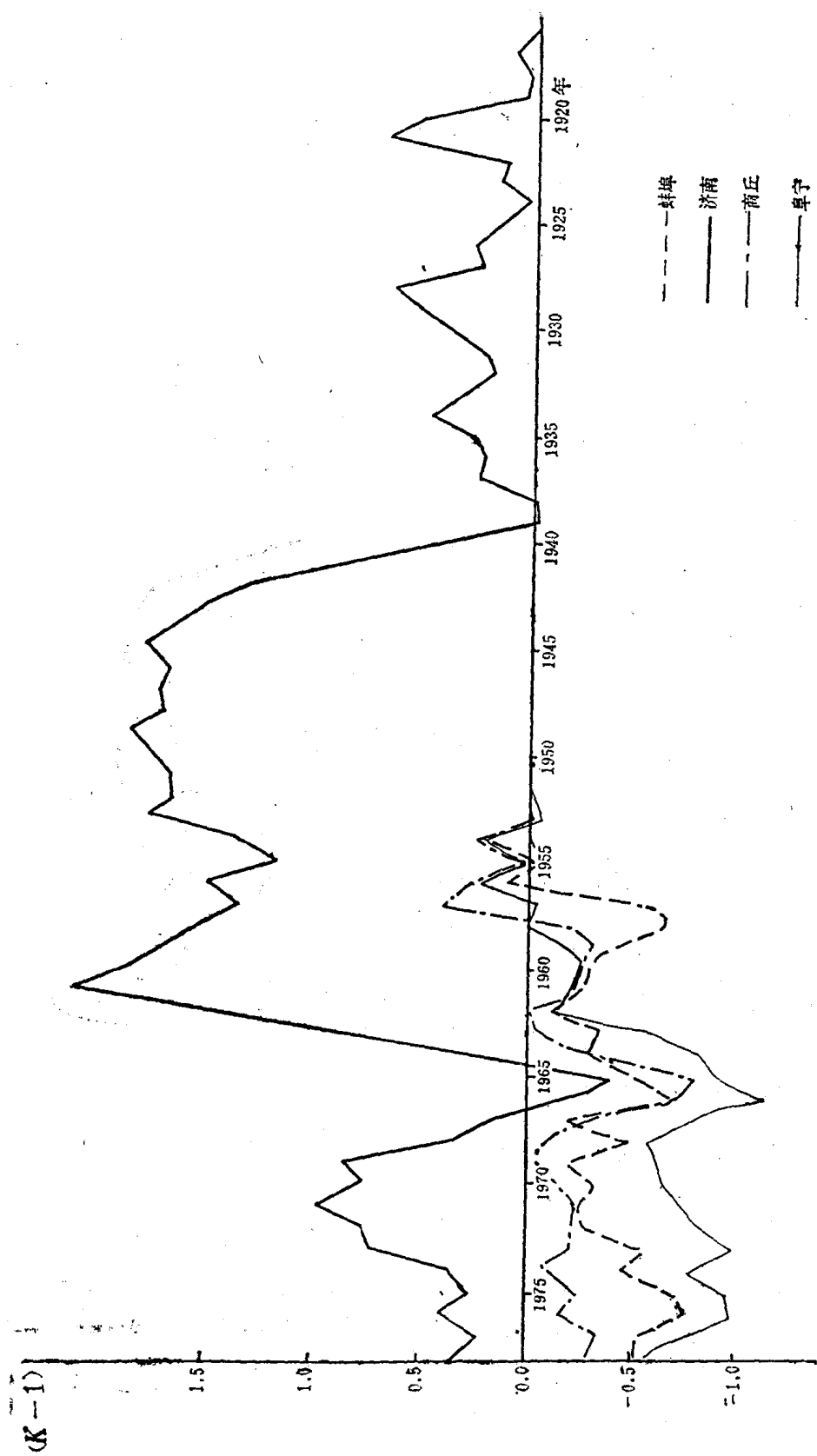


图 2 各代表站年降水量模比系数差积曲线图

均值达到稳定的历时稍短。在计算时,如所选定的系列在38年左右就有一定的代表性。

从以上两种型的分析可看出,它们实际上反映了降水形成条件的差异。由于本地区南北之间降水形成条件不同,故差积曲线也就不同。我们在选定系列年限时必须考虑差积曲线的周期性。现仅以济南站连续63年资料作简要分析。该站63年资料中偏丰、偏枯的情况大致可分为下列几个时段(表2)。

表2 济南站年降水量差积曲线分段

起迄年份	年数	偏丰或偏枯	K 值	备 注
1916—1924	18	偏枯	0.98	$K = \frac{\text{时段平均值}}{\text{多年平均值}}$
1925—1939	15	偏枯	0.99	
1940—1955	16	偏枯	0.93	
1956—1965	10	偏丰	1.16	$K > 1$ 偏丰
1966—1975	10	偏枯	0.95	$K < 1$ 偏枯
1976—1978	3	偏丰(未完)	1.13	

再以蚌埠站为例,连续27年的实测资料,同样可以分为四段(表3)。

表3 蚌埠站年降水量差积曲线分段

起迄年份	年数	偏 丰 或 偏 枯	K 值
1952—1958	7	偏丰	1.05
1959—1966	8	偏枯	0.99
1967—1973	7	偏丰	1.02
1974—1978	5	偏枯(未完)	0.91

由差积曲线初步分析可知,在本地区内,其丰枯水周期大致为10—15年左右。

(四) 拟合误差分析

方差分析是进行某一要素周期分析的常用方法之一。本地区内各代表站的周期性变化和非周期性变化,我们利用拟合误差分析方法¹⁾来推断周期是否显著,为选择系列的时段提供依据。

拟合误差有两个鉴定指标。其一,误差百分比,即 $W = \frac{\Delta R}{N} \times 100\%$, 其中 N 是总数值, ΔR 是拟合误差数值。其二,有效率,即 $S = \frac{\Delta m - \Delta R}{\Delta m} \times 100\%$, 其中 Δm 是整个时间序列资料和总年平均值的总离差数。

对每个站来说, W 值越小,说明越可靠。 S 值越大,表示效率越高。在周期排列年中, ΔR 值越小表示出现该年数周期的可能性越大。

根据四个省五个代表站的计算结果, W 值大都在10%以下, S 值都大于50%,说明效率是比较高的,而且有一定的可靠性。五个站的周期为10—12年(表4)。

1) 云南省气象台:用拟合误差分析寻找周期序列。

表 4 各代表站不同周期拟合误差值计算结果

周期排列年 站 名	拟 合 误 差 值 (ΔR)										W	S
	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	(%)	(%)
青 岛	505	463	418	492	443	425	312	256	196	300	11.4	59.8
南 京	341	353	295	257	291	308	299	241	284	134	6.3	61.3
商 丘	252	258	227	229	196	258	208	212	187	96	6.6	63.8
蚌埠	312	341	265	291	326	281	242	127	262	178	6.9	61.0
信 阳	434	340	390	324	408	320	397	314	342	176	7.7	59.5

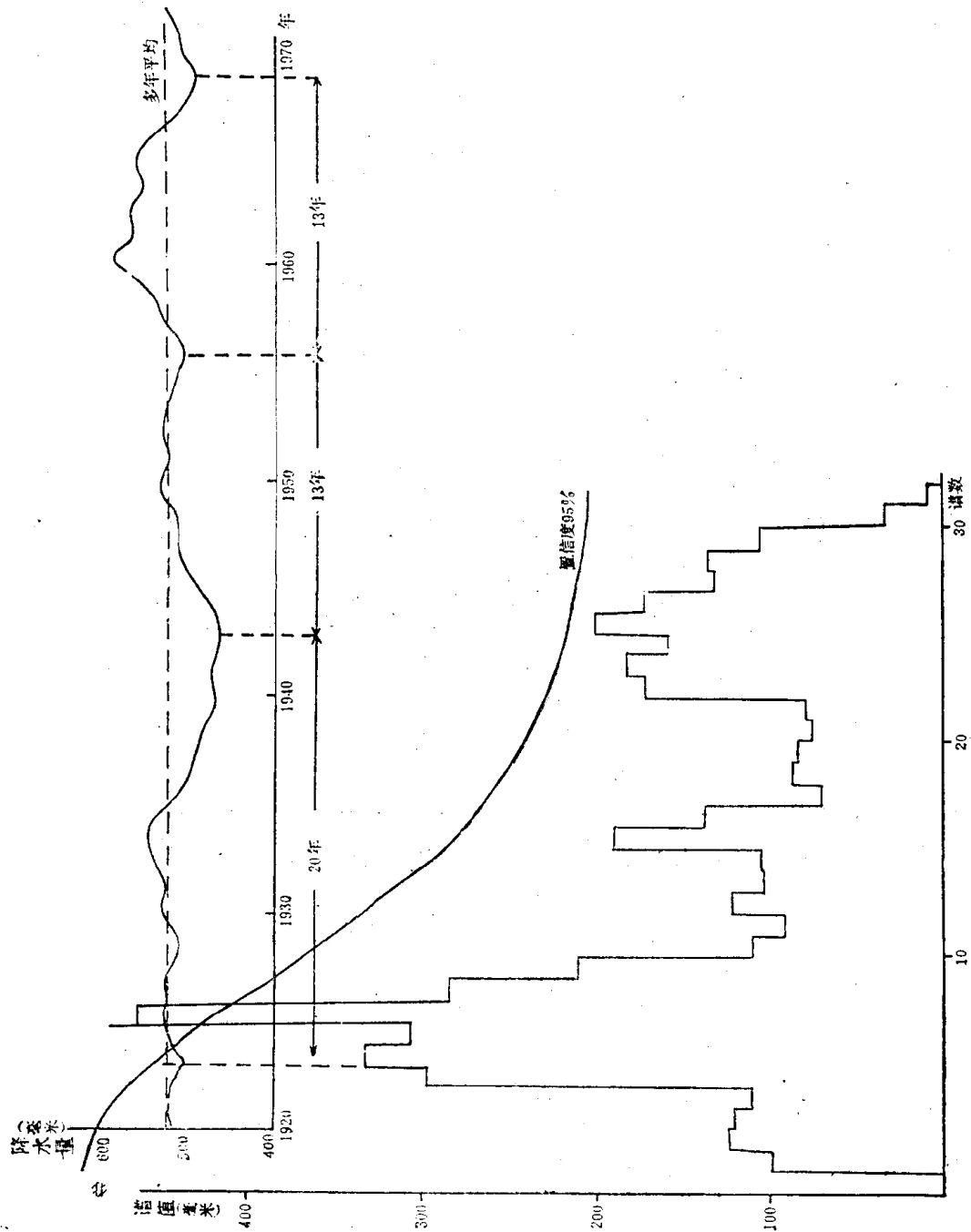


图 3 济南站历年降水量能谱分析和 9 年滑动平均曲线图

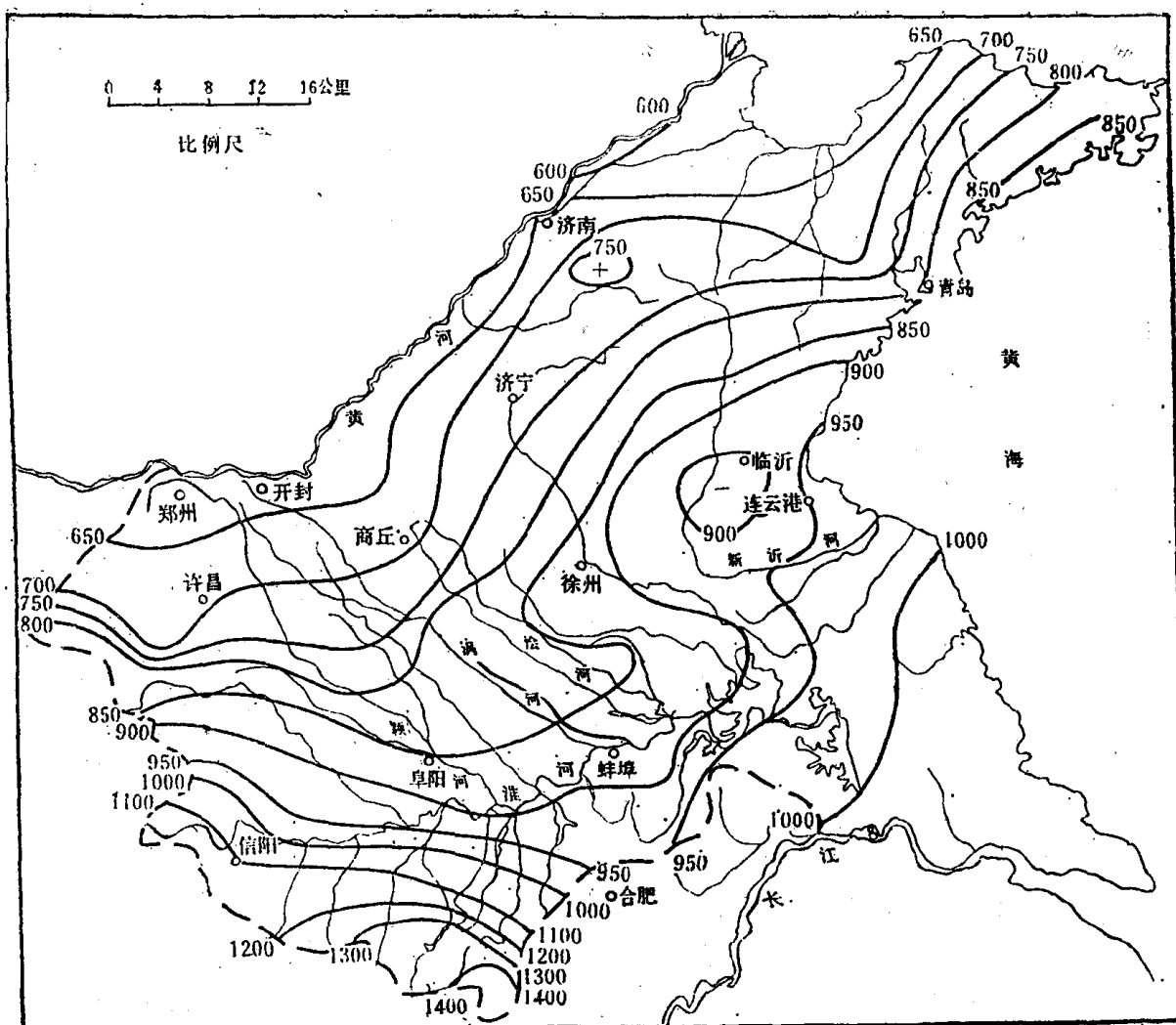


图 4 多年平均年降水量等值线示意图