

汤奇成编著



农业地理丛书



水利与农业

农业出版社

农业地理丛书

水利与农业

汤奇成 编著

农业出版社

农业地理丛书
水利与农业
汤奇成 编著

* * *
责任编辑 王 萍

农业出版社出版 (北京朝内大街 130 号)
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 2.75 印张 1 插页 54 千字
1985 年 12 月第 1 版 1985 年 12 月北京第 1 次印刷
印数 1—2,100 册

统一书号 4144·602 定价 0.54 元

前 言

我国疆域辽阔，地理条件差异很大，发展农业需要因地制宜，从实际出发，扬长避短，发挥地区优势，以促进农业资源的开发利用，农林牧副渔各业的合理布局，各种农业技术措施的推广和改革，发展商品生产，加速实现农业现代化的建设。

《农业地理丛书》为广大农业干部、基层农业科技人员提供农业地理方面的基本科学知识，以及因地制宜开发利用资源的广泛经验。内容包括各种自然条件与农业的关系，农林牧渔和主要农作物的地理布局规律，代表性地区农业地理特点和问题等。它既是知识性的，又是实用参考性的通俗读物。

本丛书编辑委员会由邓静中（主编），王本琳、李润田、张维邦、周立三、钟功甫、梁溥、黄勉、程潞、程鸿、鲜肖威（按姓氏笔划为序）等同志组成。本丛书约请对农业地理有研究的同志进行编写，将分册陆续出版。

目 录

前言

第一章 我国水资源概况	1
第一节 地表水资源及其与农业的关系	2
第二节 地下水形成条件及其在农业上的利用	15
第二章 我国旱涝灾害及主要水利工程	23
第一节 我国旱涝灾害概况	23
第二节 我国历史上农田水利事业的成就	24
第三章 我国各地农田用水供需平衡	34
第一节 西北地区	36
第二节 东北地区	46
第三节 华北地区	50
第四节 南方地区	55
第四章 目前农业上利用水资源存在的问题及解决途径	60
第一节 合理灌溉, 节约用水	60
第二节 改善水质, 扩大水源	63
第三节 兴修水利工程, 增加调蓄能力	65
第四节 在研究作物布局时, 要充分考虑水资源的条件	67
第五节 要做到用水一盘棋	68
第六节 关于调水问题	71
第五章 农业水利化的预估	75
第一节 对今后农田灌溉的一些初步估计	75
第二节 农村的人畜用水	78

第一章 我国水资源概况

水利对农业具有十分重要的意义，因此，要进行水利建设，首先必须了解我国水资源的地区分布和时间变化的规律。

在我国，习惯上根据水运动的阶段和形式，把水资源分为降水、地表水和地下水三个组成部分，简称“三水”资源。事实上，这三种形态的水相互间有着极为密切的联系。例如，降水下落到地表后，就有部分水汇成地表径流，部分下渗成为地下水。因此，从这个角度来说，降水是三种水源的根本。

在多年平均以及流域闭合的情况下，可以认为年降水量等于年径流量加上年蒸发量。我国主要河流流域的水量平衡要素值见表一。

表一 我国主要河流流域水量平衡值

流 域	流域面积 (平方公里)	年降水量 (毫米)	年径流量 (毫米)	年蒸发量 (毫米)
松 花 江	549665	525	145	380
黄 河	752443	492	76	416
淮河(包括沂、沭、泗河)	261504	929	191	738
长 江	1807199	1055	542	513
珠 江	452616	1438	772	666
雅 鲁 藏 布 江	246000	699	474	225
全 国		643	271	372

第一节 地表水资源及其与农业的关系

所谓地表水体就是指天然河流、湖泊、冰川、沼泽等陆地表面水存在的形式。我国的幅员辽阔，自然条件复杂多样，地表水体众多。仅河流的数目，流域面积在1000平方公里以上的就有5800多条，其中长江、黄河等都是世界上著名的河流。我国西北内陆气候干燥，河流较少，并且有广大的无流区。我国的天然湖泊，面积在一平方公里以上的就有2800多个，湖泊总面积约80000平方公里。解放以来，各地又修建了80000多座水库，蓄水总库容4000多亿立方米。在我国西部的高山上，现代冰川和永久积雪面积约56500平方公里，估计储水总量约为29640亿立方米。此外，全国还有沼泽面积110000平方公里。在所有的地表水体中，以河流与农业的关系最为密切，这是因为：除无流区外，我国到处都有河流的分布；对农业来说河水的提、蓄、引、排最为方便。我国的湖泊集中分布在长江中、下游和青藏高原，对农业生产有直接关系的是长江中、下游湖区。湖泊还与渔业的生产有着密切的关系。我国西部的冰川是“高山固体水库”，是西北、西南许多河流的源头，冰川的年融水量约546亿立方米，对河流的补给和调节作用也是不可忽视的。以下重点就河川径流资源的分布与变化特征及其与农业的关系，作一简略分析。

一、河川径流量的分布

据最近估算，我国河川径流总量约为26000多亿立方

米，居世界第五位，仅次于巴西、苏联、加拿大和美国。也有人认为应位于印尼之后，居世界第六位。总量虽然不少，但按十亿人口平均计算，每人仅约有 2600 立方米，不仅比美、英、法、苏、加等国为低，而且只相当全世界人均水量的 $\frac{1}{4}$ 。可见，我国的河川径流资源按人口平均计算是不富裕的。如按 15 亿亩耕地平均计算，我国每亩耕地约有 1700 多立方米，也低于世界平均值的 2350 立方米。

不仅如此，我国的河川径流资源在空间和时间的分布上又是非常不平衡的。这种不平衡给水利工作带来了许多困难。为了便于比较，我们将河川年径流量用深度(单位毫米)表示，则全国平均年径流深度为 271 毫米，其中外流区总径流量占全国 96%，而面积仅占全国 64%；内陆区总径流量仅占全国的 4%，而流域面积则占全国 36% 见图 1。在外流区中又以长江流域的水量最大，约占全国总径流量的 38%。我国淮河以北的广大地域，包括黄河、海河及东北各河流域，西北内陆区及青藏高原，约占全国总面积的 $\frac{2}{3}$ ，但这些地区的径流量总和却仅占全国的 17%，有些地方根本不产生径流。所以河川径流资源南方多北方少的不均匀状况是很突出的。以行政单位计，全国各省区的多年平均年径流深度的情况见表二、图 1 (图 1 中国年径流深度图附本书后)。

我国不仅河川径流量分布的很不均匀，也是水土资源分配很不均衡的国家。在我国总耕地面积中，长江以南占 34%，但却拥有河川径流资源的 75%，长江以北耕地占全国的 66%，而径流量只有 25%。加上南方年降水量多而且分配也比较均匀，对农业有利，而北方年降水量少而且集中于汛期几个

表二 全国各省、区的多年平均年径流深度值

年 径 流 深 度 (毫 米)	省 区 名 称
>1000	福建、广东、台湾
500—1000	云南、贵州、四川、广西、江西、浙江、湖北
100—500	江苏、安徽、湖南、陕西、山东、河南、黑龙江、吉林、辽宁、西藏
50—100	青海、新疆、甘肃、山西、河北
<50	内蒙古、宁夏

月，因此对农业利用不利。

若按每人平均占有的径流量计算，长江、珠江流域约3000—4000立方米；松花江流域1600立方米；黄河、淮河、海河、辽河等流域，每人占有水量仅300—600立方米。若按耕地计算，全国几个主要流域的情况是：珠江流域平均每亩耕地拥有径流量为4650立方米，长江流域2800立方米，淮河流域282立方米，黄河流域280立方米，海河流域仅167立方米。

以上仅就大流域或省、区为单位对河川径流资源的分布作一粗略的分析，实际的情况远要复杂得多。例如西北干旱地区是径流缺乏的地区，许多沙漠地区还有大面积无流区存在，但是新疆的伊犁河流域的平均年径流深度可达300毫米左右，高于一些外流区的年径流深度。又如南方一般为河川径流资源丰富的地区，但在云南省昆明以西却出现了年径流深度小于200毫米的地区。

在每一个地区进行农业建设时，必须考虑到这个地区的水资源和水利条件，水利是农业的命脉。在主要受季风气候控制的我国，不仅是北方，就是南方甚至象云南省西双版纳一带地区，年降水量虽然在1000—2000毫米，但雨量的分

配很不均匀，依靠天然降雨不能完全满足作物的需要，干旱仍然是农业生产主要的威胁。如1977年大旱，粮食产量比1975年减产11%。1979年大旱，粮食产量又比1978年减产7%。但要解决干旱的问题就需要灌溉，要灌溉就要有水源，找水源首先考虑的当然是河川径流量。因此，河川径流量在地区上分布的多少，对农田用水有着密切的关系。一般地说，河川径流量是由东南向西北减少的，但南方的碳酸盐岩系有着广泛的分布，如云南省的东部，贵州省的西部，以及广西等地。降雨后地表径流很快下渗，致使地表仍然缺水。

另外，作物的需水情况是不同的。不仅是不同的作物需水的情况有较大的差异，而且同一种作物在我国不同地区间差别也是很大的，这主要取决于气候条件、土壤条件以及农业技术措施等等。我国主要作物在不同地区生育期需水量的情况见表三。

但是，作物的需水量，还不是一个地区的农业需水量。所谓农业需水量是指对于各个水平年（即干旱、中等、湿润年）的耕地面积，按作物组成要求，所需要的灌溉水量。因为耕地只要播种，就需要有水来保证农业增产。至于水利措施能满足多少耕地的灌溉用水，那是供水能力问题，并不因为供水能力不足，其它耕地就不需要灌溉，而是正好反映出这一地区供需关系处于不平衡的状态。

目前对农业需水量的估算方法，一种是根据农业发展的需要，预测各个水平年的灌溉面积。用这种方法估算时，关键在于各水平年灌溉面积指标拟定得是否恰当。如果农业发展的指标定低了，供需平衡关系分析结果，往往不能反映出

表三 主要作物生育期需水量的大致范围

单位：立方米/亩

作物名称	地区	干旱年	平水年	湿润年
双季稻(每季)	华中、华东	300—450	250—400	200—300
	华南	300—400	250—350	200—300
中 稻	华中、华东	400—550	300—500	200—450
一季晚稻	华中、华东	500—700	450—650	400—600
冬 小 麦	华北	250—500	200—400	160—350
	华中、华东	250—450	200—350	150—280
春 小 麦	西北	250—350	200—300	—
	东北	200—300	180—280	150—250
玉 米	西北	250—300	200—250	—
	华北	200—250	150—200	130—180
棉 花	西北	350—500	300—450	—
	华北	400—600	350—500	300—450
	华中、华东	400—650	300—500	250—400

这一地区水资源存在的问题。可能尚有相当多的耕地无水保证灌溉。另一种办法是根据技术、经济的可能性分析，分测各个水平年的水利设施可能提供的水量，以此来确定灌溉需水量，这就是所谓以水定地的办法。用这种办法得出的供需关系当然是处于平衡状态的。但灌溉面积受到很大的限制，一般在干旱地区或半干旱地区是比较适合的。

除了农作物的需水量外，还要拟定渠系有效利用系数。这个值介于0—1之间。因为河流中的水量在被引入渠道一直到农田间，必然要有部分水量损耗于渗漏和蒸发。在我

国，渠系有效利用系数值南方较高而北方较低，如西双版纳采用0.7，而北方一般只有0.3—0.4，新疆乌鲁木齐河流域是全新疆利用系数最高的流域，才达到0.55。

以上介绍的只是天然的总的情况。事实上，河川径流在农业上的可利用量，还要复杂得多。目前通常采用的是二种方法，一是用地区综合利用系数来估算；另一种是按不同发展阶段，不同的调节措施下可利用的水量来进行估算。

所谓地区综合可利用系数估算法，是首先估算这个地区现有工程或者计划中拟建工程的可供水能力，这个可供水能力与该地区的年径流量的比值，称为河川径流的可利用系数，简称河道利用系数。由于可供水能力是该地区全部蓄、引、堤工程所提供的水量，所以也可以称为综合利用系数。

按不同发展阶段，不同调节措施可利用水量估算法。这种估算方法的原则是：包括现有或者一定的技术经济条件下，可用于灌溉的水源。这个水源包括已建、正建的不同水平年计划拟建的灌溉系统所控制的水源。所谓灌溉系统所控制的水源主要包括引水工程和蓄水工程两种，水库就是蓄水工程的主要工程。

二、河川径流的年际变化及其与农业生产的关系

河川径流量年与年之间的变化称为年际变化，它是径流量在时间变化的一个重要方面。由于每年河川径流量的变化不定，直接影响到农业用水。

河川径流的年际变化，一般可用变差系数 $(C_v)^*$ 或用

$$\bullet \quad C_v = \sqrt{\frac{\sum (k-1)^2}{n-1}} \quad n \text{—系列年限, } k \text{—多年平均值与年值的比值}$$

最多水年的年径流量与最少水年的年径流量的比值等指标来表示。年径流的 C_v 值越大,则径流的年际变化就大,也即出现旱和涝的机会越多,对利用河川径流资源是不利的。同样,最多水年的年径流量与最少水年的年径流量的比值越大,也表示年径流量变化越剧烈。

我国河川年径流量的变差系数值的变化幅度较大。在淮河以南,一般在0.2—0.3左右,而淮河以北则可达0.6—1.0。有几个大于1.0的高值中心,一是在华北平原和东北的内陆流域,说明这些地区的农业用水的保证率是不高的。另一地区是西北干旱地区山前的戈壁、沙漠地带,一些平时干涸的山洪沟,只是在极端的情况下,由降雨形成短暂的径流。这种山洪沟当然不能算作农业用水的水源。

如按大河流域计,长江年径流的 C_v 值为0.12—0.15,是我国年径流最稳定的大河。澜沧江为0.17,雅鲁藏布江0.20,西江0.23,松花江0.41,黄河0.45,淮河0.55—0.65,海河达到0.60—0.75。

最多水年与最小水年的比值,在长江以南一般都在2左右,相差不大,比较稳定。淮河以北则变化很大,在海河、滦河流域及内蒙古地区的比值变化幅度很大,如潮白河、蓟运河、永定河流域为4.5左右,内蒙古高原东部为5.8,而山东的徒骇河、马颊河与内蒙古高原西部的比值可高达40以上。值得指出的是,在我国西部山地有高山冰雪融水补给的河流,其年径流的比值都比较小,如新疆天山南北坡及昆仑山北坡的河流,甘肃河西内陆流域及青海柴达木内陆流域除了个别河流以外,比值均较小,一般在2.5以下,说明有高

山冰雪融水补给的河流，由于融水与雨水补给的相互补偿作用，使得河川年径流值的变化比较稳定，很少有特大的旱年和涝年。

除了河川径流量的年际变化外，我国一些主要河流还经常出现连续的多水年和少水年。这对农业生产的危害更大，若以大于多年平均值的年份作为多水年，小于多年平均值的年份作为少水年统计，则全国主要河流的情况如表三。

可以看出，北方的大河要比南方连续多水年或少水年的时间长为长。其中突出的是松花江和黄河，最长连续多水年可达8—9年，而最长连续少水年更长，达11年和13年。

三、河川径流的年内分配及其与农业的关系

我国是受季风气候控制的国家，其特点是夏季高温多雨而冬季严寒干燥，年降水量主要集中在汛期几个月。东南各省汛期四个月的降水量约占正常年降水量的50—60%，其它地区则可达70—80%。河川径流量的季节变化大体上与降水一致，但在时间上稍有滞后。只有台湾省的东北部冬雨较多，成为我国唯一四季有汛的地区（表四）。

除了河川径流量的四季分配外，农业用水还需要了解河川径流量在一年内分配的均匀情况或集中程度。这通常可以用径流年内不均匀系数或集中度来表示。目前使用的集中度是以某站各月的径流量的资料为基础，采用向量合成的方法进行计算，它比不均匀系数有较高的分辨能力。如果全年的河川径流量集中在某一个月内，则集中度为100，如完全平均地分配于各月，即每个月的径流量都占年径流总量的

表四 我国主要河流年径流量大于或小于多年平均值的连续年数

河 名	站 名	资料系列 (年)	最长连续 多水期 (年)	连续多水与 多年平均 值比(%)	最长连续 少水期 (年)	连续少水期 水量与多年 平均值比 (%)
松 花 江	哈尔滨	78	8	132	13	60
滦 河	滦 县	37	4	126	4	69
黄 河	陕 县	56	9	118	11	75
淮 河	蚌埠	51	3	199	6	72
长 江	宜昌	90	4	113	6	91
闽 江	竹 岐	38	3	130	7	80
西 江	梧 州	32	3	118	6	82
澜 沧 江	允景洪	17	2	125	4	91
怒 江	道街坝	16	6	109	3	87
雅鲁藏布江	奴 下	17	3	120	5	87

8.3%，则集中度为零。事实上这两种极端的情况都不会出现。只有在荒漠地区的山前地带，平时完全干涸的洪水沟，在极少的情况下，由暴雨产生的历时很短的临时性径流，集中度有可能达到100，但这种径流在农业上没有什么直接利用的价值。

我国河川径流集中度的变化幅度是比较大的。大致介于10—80之间，其中有几个明显的高值中心，集中度在60以上。一是在山东半岛和辽东半岛，一是在东北平原的内流区，第三在西北的一些山地，包括阿尔泰山、昆仑山和祁连山的西段。集中度的高低与水源的利用有着密切的关系。集中度越高的河流，利用就越困难。要充分利用这些水源，必须要有能进行多年调蓄的水库，拦蓄短暂的汛期乃至连续丰水年的水量来供枯水季节甚至连续枯水年来使用。事实上，

有些洪水不仅不能利用，反而危害人类。目前世界上直接利用洪水的一般只有20—30%，最高的也只有40%左右。

与农业生产更为密切的是最需水月的径流量。所谓最需水月就是一个地区根据自身的自然条件和传统习惯，种植作物和轮作方式，在年内各月有着不同的需水要求，综合不同作物的比重在某一月份的需水量与河川所能提供的径流量相比，差值最大的一个月称为最需水月。我国北方的最需水月大都发生在春季，特别是五月份。南方各地的最需水月主要发生在夏季或秋季。

由于河川径流量在年内有较大的变化，因此仅仅以河水的总量衡量能否满足灌溉用水是不行的。往往有这样的情况，从总量上看河川径流量可以满足灌溉需要，但是在调节能力没有增加前，事实上仍然会发生干旱或者洪涝，华北平原就经常会遇到“春旱秋涝”的情况。

从需水角度看，不同作物在不同的生育阶段中需水的情况也是不同的。河南省人民胜利渠灌区的情况如表五。

实际的情况要比上述要复杂一些。估算农业用水量在一年内的按月分配情况，取决于：1.作物组成。虽然都是种同样的几种作物，但是组成的比例不同，需水量也不相同。2.灌溉定额。包括各种水平年的作物灌溉定额。3.渠系有效利用系数。

综合考虑以上三种情况，并以单位地块（如1万亩）求出某一地区每个月份所需要的水量。下面以云南昆明地区为例（见表六）。

表五 河南省人民胜利渠灌区主要作物生育期的需水百分比

作物	生育阶段	起止日期 (日/月)	天数	需水量%
冬小麦	播种—出苗	13/10—17/10	5	0.82
	出苗—分蘖	18/10—6/11	20	3.76
	分蘖—越冬	7/11—31/12	55	8.63
	越冬—返青	1/1—25/2	56	4.62
	返青—拔节	26/2—19/3	23	5.47
	拔节—抽穗	20/3—20/4	32	29.40
	抽穗—开花	21/4—25/4	5	9.10
	开花—成熟	26/4—31/5	36	38.20
	总计		232	100.00
玉米	播种—拔节	13/6—1/7	19	11.80
	拔节—抽穗	2/2—18/7	17	21.80
	抽穗—灌浆	19/7—6/8	19	28.50
	灌浆—乳熟	7/8—20/8	14	22.80
	乳熟—成熟	21/8—9/9	20	15.30
	总计		89	100
棉花	播种—出苗	13/4—16/4	14	2.60
	出苗—现蕾	17/4—11/6	46	9.00
	现蕾—开花	12/6—1/7	20	8.40
	开花—吐絮	2/7—16/8	46	33.80
	吐絮—收实	17/8—20/11	96	46.20
	总计		222	100.00

必须说明的是：9月份并不是各种作物不需要用水，而是每年9月份的雨量很多，完全可以满足不同水平年的作物的需要，不必再进行灌溉。有了类似上述的表，再根据某一地区总的灌溉面积就可以求出各个月的农业需水量，再与河流各个月所能提供的水量相对照，就能看出这一地区大致依靠河水灌溉的盈亏情况。