

燎原学校电视教育丛书

节水灌溉技术

水利部科技司、水利部农水司
水利部科技推广中心
中央电大中国燎原广播电视学校

中央广播电视大学出版社

燎原广播电视教育丛书

节水灌溉技术

水利部科技司
水利部农水司
水利部科技推广中心
中央广播电视大学
中国燎原广播电视学校

中央广播电视大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

节水灌溉技术/水利部科技司等编. -北京:中央广播电视大学出版社,1999.9

(燎原广播电视教育丛书)

ISBN 7-304-01565-9

I. 节… II. 水… III. 灌溉-节约用水-技术-广播电视教育-教材 IV. S275

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 44871 号

版权所有,翻印必究。

燎原广播电视教育丛书

节水灌溉技术

水利部科技司

水利部农水司

水利部科技推广中心

中央广播电视大学

中国燎原广播电视学校

出版·发行/中央广播电视大学出版社

经销/新华书店北京发行所

印刷/北京首师大印刷厂

开本/787×1092 1/16 印张/10.25 字数/258千字

版本/1999年4月第1版 1999年9月第1次印刷

印数/0001—2000

社址/北京市复兴门内大街160号

邮编/100031

电话/66419791 68519502

(本书如有缺页或倒装,本社负责退换)

书号: ISBN 7-304-01565-9/S·15

定价: 14.50元

前 言

我国是水资源非常紧缺的国家,人均占有量仅为世界人均占有量的四分之一。因而“水”成了制约我国农业发展的重要因素。由此,发展节水灌溉以及各种旱作农业技术,对于我国农业的持续发展,具有十分重要的意义。为此,中央广播电视大学在水力部、农业部、科学技术部、教育部有关的领导和专家共同参与下成立了项目组;编制了电视系列教学片——节水灌溉技术,并组织国内知名专家编写了这本与之配套的文字教材。

本教材是根据水利部科技司有关领导及专家审定的教学大纲而编写的,供具有初中以上文化水平的农村干部和技术人员使用,也可作为相关专业的培训教材。

本教材考虑培训对象的要求,对节水灌溉的基本知识和相关设施(设备)的设计、施工、技术指标等作了详细介绍,编写中注意理论联系实际,同时尽量使教材内容深入浅出,通俗易懂。每章中有一定数量的插图,各章前有提示,重要的技术操作过程在录像教材中有演示。因此,本教材也是一套完整的自学教材。

本书主编许志方,副主编惠士博、李英能;编写人员:惠士博、许志方(第一章);李安国(第二章);周福国(第三章);许志方(第四章);杨刚、陈大雕、李英能、窦以松、任晓力(第五章);刘婴谷、董文楚(第六章);袁宏源、许志方(第七章);茆智、许志方(第八章);邱为铎、许志方、朱强(第九章);许一飞(第十章);乔玉成、许志方(第十一章)。

在本教材编写的过程中,《节水灌溉技术》项目组组长:中央广播电视大学孙天正副校长、水利部科技司董哲仁司长主持了专家评审会,水利部科技推广中心高波、袁小勇作了大量组织协调工作,中央广播电视大学张庆、中国燎原广播电视学校张少刚、徐甸、闫毓秀、周琴芳作了许多具体的工作,水利部科技司和中央广播电视大学出版社为本书的顺利出版给予了经费支持,在此一并感谢。

由于编者水平有限,同时节水技术不断改进,希望学习者在使用过程中,提出宝贵意见。

项目组

1998年6月15日



第一章 绪 言

- 第一节 我国水资源状况与发展灌溉的关系 (1)
- 第二节 农业节水势在必行 (8)
- 第三节 建立综合节水农业技术体系 (10)
- 第四节 节水灌溉技术现状及发展趋势 (13)

第二章 渠道防渗工程技术

- 第一节 渠道防渗的重要性和作用 (17)
- 第二节 常用的渠道防渗方法 (19)
- 第三节 渠道防渗方法的选择 (25)
- 第四节 渠道防渗工程抗冻胀技术 (27)

第三章 低压管道输水技术

- 第一节 低压管道输水的优点及发展概况 (31)
- 第二节 低压管道输水系统规划设计 (32)
- 第三节 管材与附属设施 (41)
- 第四节 施工技术 (46)

第四章 地面灌溉节水技术

- 第一节 合理选定沟畦规格和灌水技术 (50)
- 第二节 平整土地 (56)
- 第三节 地面灌溉节水新技术 (61)

第五章 喷灌技术

第一节	喷灌的优点及效益	(66)
第二节	喷灌系统和技术要求	(67)
第三节	喷头	(68)
第四节	管道式喷灌系统	(71)
第五节	轻、小型喷灌机组	(74)
第六节	大、中型喷灌机组	(77)

第六章 微灌技术与设备

第一节	微灌和微灌系统	(84)
第二节	微灌设备	(86)
第三节	微灌系统的运行与管理	(94)

第七章 旱作物节水灌溉技术

第一节	旱作物需水量和需水规律	(98)
第二节	旱作物节水灌溉制度	(101)
第三节	灌溉用水技术指标测算方法	(107)

第八章 水稻节水灌溉技术

第一节	水稻需水规律和稻田用水量	(111)
第二节	水稻节水灌溉模式及其选择	(114)
第三节	节水灌溉的节水、高产机理分析	(120)
第四节	大力普及推广水稻节水灌溉技术	(124)

第九章 雨水集蓄利用技术

第一节	干旱、半干旱地区雨水集蓄技术	(127)
第二节	微型滴灌系统	(132)
第三节	南方和海岛地区雨水集蓄技术	(137)

第十章 行走式节水灌溉机具

- 第一节 行走式节水灌溉机具的特点 (140)
 - 第二节 行走式节水灌溉机具类型 (141)
-

第十一章 水价政策和管理制度

- 第一节 水的价值观念 (147)
- 第二节 加速水价改革,促进节约用水 (149)
- 第三节 改革管理制度 (152)

- 主要参考文献 (155)

第一章

第一章 绪论

绪 言

本章提要

水资源是地球上最重要的自然资源之一。人类可利用的水资源主要指某一地区逐年可以恢复和更新的淡水资源。水资源来自天然降水,我国降水有明显的地域性,且在年内分配不均,年际变化很大。我国水资源总量虽列世界第六位,但人均占有量却仅为世界平均值的 1/4。因此,全国各地对合理灌溉都有迫切需要,以保证作物高产、稳产,我国农业用水占总用水量的 73%,发展节水农业是我国农业跨世纪发展的方向。

本章主要内容

- 我国的降水和水资源状况
- 水资源与发展农业的关系
- 我国水资源供需矛盾日益尖锐
- 农业是第一用水大户,用水浪费严重,节水势在必行
- 农业节水的技术体系

学习目标

学习本章内容后,你能:

- 掌握我国按降雨量划分的五个降水带
- 了解我国不同地区农作物对灌溉的不同要求
- 了解我国灌溉事业的发展对促进农业生产的作用
- 了解我国水资源供需矛盾状况

- 知道农业节水的途径

第一节 我国水资源状况与发展灌溉的关系

水是维持一切生命活动的不可替代的物质。水资源是地球上最重要的自然资源之一,不仅

是人类赖以生存的必需条件,也是人类发展工农业和从事一切生产活动所不可缺少的因素。因此,水利是农业的命脉,也是工业生产和城市建设、国民经济发展的物质基础。

一、我国的降水和水资源状况

自然界的水按照一定的规律循环转化,周而复始。海洋和陆地上的水受太阳辐射而蒸发成为水汽,水汽随气流上升到高空遇冷凝结成水滴而形成降水。由海洋蒸发形成的水汽凝结成的降水,大部分仍降落在海洋中;小部分水汽随大气环流、对流运送至大陆上空,在一定条件下凝结,以雨、雪等形式落在陆地上。降落在陆地上的雨雪,一部分经重新蒸发又回到空气中,一部分经植物截留、地面拦蓄、土壤入渗形成地面径流和地下径流,最后又汇集归入海洋,如此形成的循环称为水文大循环。由陆面蒸发形成水汽,随气流上升遇冷而凝结,并降水到陆地,而后又在一定的大气环境下蒸发成水汽,这种循环称为水文小循环。人类的生活、生产都需要利用自然界水文循环中所提供的、并能不断循环更新的地表水和地下水资源为人类的生存和生产发展服务。

人类可以利用的水资源,主要是指某一地区逐年可以恢复和更新的淡水资源而言。地球上水的总储量达 13.86 亿 km^3 ,但其中淡水只有 0.35 亿 km^3 ,仅占总储量的 2.5% ;其余都是海洋中的咸水、矿化地下水及咸水湖中的咸水。在地球上的淡水总储量中,又有很大一部分被固定在两极冰盖、高山冰川和深层地下含水层中,目前尚不能大量利用。所以,可以被人类利用的淡水资源主要是河流、湖泊的淡水径流、土壤水和浅层地下淡水,约占全球水的总储量的 0.3% 。因此,可供人类利用的淡水资源在数量上是非常有限的。

天然状态的水资源(河流、湖泊、土壤水和地下淡水)还需要通过人类修建储蓄、提取、输送和调节工程才能加以控制利用,成为可利用水资源。如汛期暴雨形成江河洪水,如果没有水库对洪水的拦蓄、调节,江河洪水不仅不能变成可利用的水资源,反而会酿成洪水灾害。故一个地区的水资源量中,在一定技术经济前提下,只有通过各种工程措施加以开发利用的水资源才能成为可利用水资源。

我国位于欧亚大陆东侧,东部和南部濒临海洋,大部分地区受东南和西南季风的影响,因而形成东南多雨,西北少雨干旱的特点。降水在地区分布上极不平衡,季节分配又很不均匀,年际变化也很大。这些特点对水资源的开发利用极为不利。但我国降水又具有水热同期的特点,雨季多是农作物生长需水的高峰期,能为作物生长需水创造极为有利的条件,这是我国降水有利的方面。

我国降水有明显的地域性,按降水量多少,全国大致可分为五个降水带。各降水带范围和相应种植的主要作物如下:

1. 多雨带 年降水量超过 1600 mm ,气候十分湿润,包括:广东、福建、海南、台湾、浙江大部,江西、湖南山地、广西南部、云南西南部和西藏东南角。当地盛产水稻、热带和亚热带经济作物,是我国双季稻的主要产区。

2. 湿润带 年降水量 $800 \sim 1600 \text{ mm}$,气候湿润,包括:秦岭—淮河一线以南广大的长江中、下游地区,云南、贵州、四川和广西大部分地区。湿润带是我国主要水稻产区,还有冬小麦、油菜等作物。

3. 半湿润带 年降水量 $400 \sim 800 \text{ mm}$,气候半湿润半干旱,包括:黄淮海平原、东北大部,山西和陕西大部,甘肃东南部,四川西北和西藏东部。半湿润带是我国主要小麦、棉花和其它旱

作物产区。

4. 半干旱带 年降水量 200~400 mm, 气候干燥, 包括: 东北西部, 内蒙、宁夏、甘肃大部, 新疆西部和北部。半干旱带是我国主要的牧区。

5. 干旱带 年降水量少于 200 mm, 为我国最干燥的荒漠区, 包括内蒙、宁夏、甘肃的沙漠, 青海的柴达木盆地, 新疆的塔里木盆地和准葛尔盆地, 藏北羌塘地区。在这一地区没有灌溉就没有农业, 人类聚居和农作物主要集中在山前有冰川雪山融水的绿洲。

我国大部分地区降水的季节分配很不均匀, 全年降水主要集中在夏秋两季, 各地雨季的迟早和时间的长短与季风的进退关系密切。

长江以南地区由于夏季风来得早、去得晚, 雨季较长, 多雨季节为 3~6 月份或 4~7 月份, 正常年最大四个月雨量约占全年降水量 60%, 甚至更多。华北和东北地区, 雨季出现较迟, 多雨季节为 6~9 月份, 正常年份最大四个月雨量约占全年降水量 70%~80%。其中华北的雨季最短, 降雨又最为集中, 且多以暴雨的形式出现, 大部分降雨集中在七八月内。因此这些地区的春旱、秋涝特别严重。

我国降水的另一个特点是年际变化大, 而且在降水愈少的地区和降水愈少的季节, 降水量在年际之间的变化也愈大。从各地最大最小年降水量的比较可以看到, 在我国南方多雨地区, 丰水年的降水量一般为少水年降水量的 1.5~3.0 倍, 而北方少雨地区, 丰水年的降水量一般为少水年的 3~6 倍。以北京市为例, 1958 年降水量为 1 405 mm, 但 1969 年只有 292 mm, 相差 5.8 倍。

根据 80 年代初我国水资源评价成果, 全国各大流域片分区年降水量、年径流量、年地下水补给量和年水资源总量如表 1-1 所列。

表 1-1 全国分区年降水、年河川径流、年地下水、年水资源总量

分 区	面积 km ²	年 降 水		年河川径流		年地下水 资源量 亿 m ³	年水资源 总量 亿 m ³	产水 模数 万 m ³ /km
		总 量 亿 m ³	深 mm	总 量 亿 m ³	深 mm			
黑龙江流域片 (中国境内部分)	903 418	4 476	496	1 166	129	431	1 352	14.97
辽河流域片	345 029	1 901	552	487	141	194	577	16.72
海滦河流域片	318 161	1 781	560	288	91	265	421	13.23
黄河流域片	794 712	3 691	464	661	83	406	744	9.36
淮河流域片	329 211	2 830	360	741	225	393	961	29.19
长江流域片	1 808 500	19 360	1 071	9 513	526	2 464	9 613	53.15
珠江流域片	580 641	8 967	1 544	4 685	807	115	4 708	81.08
浙、闽、台诸河片	239 803	4 216	1 758	2 557	1 066	613	2 592	108.09
西南诸河片	851 406	9 346	1 098	5 853	688	1 544	5 853	72.13
内陆河诸河片	3 321 711	5 113	154	1 064	32	820	1 200	3.61
额尔齐斯河	52 730	208	395	100	190	43	103	19.53
全 国	9 545 322	61 889	648	27 115	284	8 288	28 124	29.46

根据水利部门 80 年代初水资源评价工作的结果, 全国多年平均河川径流量为 27 115 亿 m³, 多年平均地下水资源量为 8 288 亿 m³, 两者之间的重复计算水量为 7 279 亿 m³。扣除重复

水量后,全国多年平均水资源量为 28 124 亿 m^3 。

我国水资源总量虽不少,在世界各国中列第六位,但人均占有水资源量仅 2 340 m^3 ,为世界平均值的 1/4。加以我国水资源的时空分布极不均匀,人口稠密程度各地相差很大,特别是近些年来水资源大量被污染而丧失其使用功能。因此,实际上全国许多省、区、市的人均占有水资源量要比上述的平均值低得多,如华北、西北地区人均占有水量仅 938 m^3 ,北京市则只有 350 m^3 。水资源的不足严重影响我国农业生产的发展。因此,保护水资源、节约水资源在我国变得愈来愈重要。

二、水资源与发展灌溉的关系

中国是一个农业大国,又是一个水资源不足、旱涝灾害频繁的国家。因此,灌溉对我国农业生产具有十分重要的作用。

中国的灌溉事业有着悠久的历史,新中国成立以来更得到迅速发展,农田灌溉面积由 50 年代初的 1 600 万公顷(2.4 亿亩)发展到 1996 年的 5 116 万公顷(7.67 亿亩)。粮食生产也由 1 600 亿千克,发展到 1996 年的 4 900 多亿 kg,基本满足了我国经济发展和人民生活对粮食的需求。自 80 年代以来,我国经济迅速发展,对水的需求增长迅猛,特别在北方干旱、半干旱地区,水资源紧缺状况日益严重,不少为农业生产服务的水源被转而为工业、生活服务,农业用水量占总用水量的比例由 1980 年的 85% 下降到 1993 年的 73.7%,这更加剧了农业灌溉用水之不足。

我国幅员辽阔,水土资源分布和组合很不平衡,各地的作物组成和农业生产条件差异很大,对灌溉多有不同的要求。且由于我国降雨特点,地域差异很大,年内分配又极不均匀,致使降雨和作物需水之间很不协调,造成不仅在北方或西北干旱缺水地区必需发展灌溉,以保证稳产、高产,即使在南方水稻产区也急需进行补充灌溉,以保证作物正常生长。

根据不同地区农作物对灌溉的不同要求,可把全国分为三个不同的地带。即多年平均降雨量少于 400 mm 的常年灌溉地带;年平均降水量大于 400 mm 小于 1000 mm 的不稳定灌溉地带;年平均降雨量大于 1000 mm 的水稻灌溉地带。分带情况如图 1-1 所示,现就三个不同地带的灌溉特点作简要介绍。

1. 常年灌溉地带

这一地区主要包括西北地区的干旱和半干旱降水区,约占全国面积的 45%。常年灌溉是这一地带发展农业的必要条件。这一地带的灌溉需要指数(即灌溉水量与农作物需水量的比值),一般都大于 50%~60%。由于缺乏足够的雨量淋洗,这一地区的土壤多属碱性,除作物生长期灌溉需水外,为使春季播种时有足墒保证出苗,还常用大定额的水量进行冬灌储水。这一地带又可分为:

(1)西北内陆地区 包括青海、新疆、甘肃河西走廊和内蒙西部、阿拉善高原,土地面积 337 万 km^2 ,占全国国土的 35%。雨量稀少,年降水量不足 200 mm,而年蒸发量达 2000~3000 mm,是我国最干旱的地区。没有水就没有生命,没有灌溉就没有农业,水资源是本地区社会经济发展的最大的制约因素。

注:面积的现用国标应为 m^2 ,习惯单位“亩”、“公顷”与“ m^2 ”的换算关系为:1 公顷(hm^2)=15 亩。

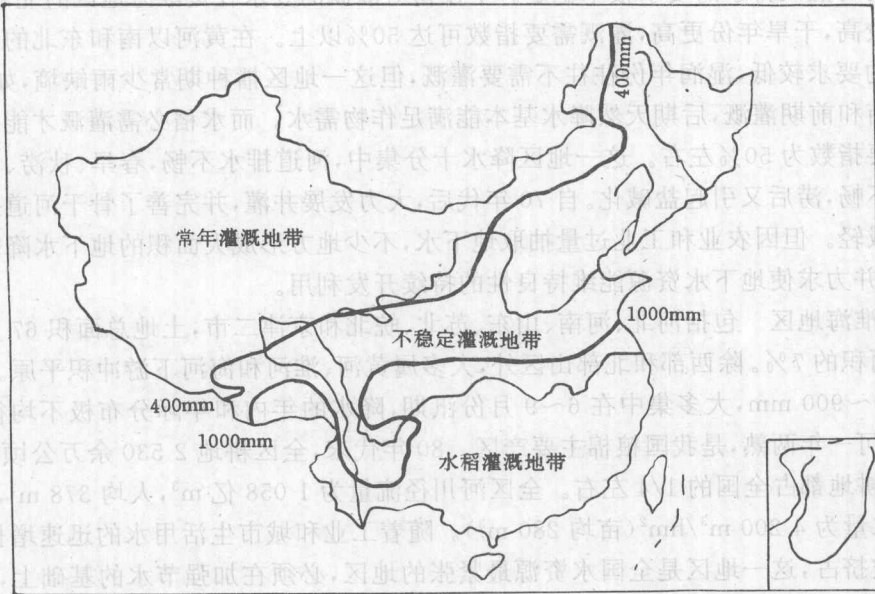


图 1-1 中国农作物灌溉地带分带示意图

土地资源的开发取决于水资源条件。全区河川径流总量 1 164 亿 m^3 ，主要由高山冰川和融雪形成。在盆地周边的山前平原利用水资源形成沿山前冲积扇和河道两岸的分散绿洲。近年来，在新疆南部和中部大力发展棉花种植，已成为我国重要的棉花生产基地。按已有耕地和人口计算，单位面积占有河川径流 24 450 m^3/hm^2 ，人均占有 5 820 $\text{m}^3/\text{人}$ 。因此，提高已有耕地产量和进一步扩大耕地面积，仍有一定潜力。但这一地区的生态系统很脆弱，要十分注意上、下游用水分配，以维护和改善合理的生态环境。

(2) 黄河中上游地区 包括陕西、甘肃、宁夏、山西及内蒙的大部分地区，土地总面积 73 万 km^2 ，占国土面积的 7.6%。本地区大部分为黄土高原。黄河及其支流两岸的河川盆地有历史悠久的灌区，如河套灌区、宁夏沿黄灌区等。年降水量由西部 200 多 mm 向东渐增至 400 mm，其中 70%~80% 集中在 7~9 月份，且多暴雨，对土壤入渗补给的有效降雨很少，十年九旱，农作物必须灌溉才能正常生长。东部地区可以靠天种植，但产量低而不稳。本地区的水资源主要是黄河及其支流，除河川盆地可以自流灌溉外，其他都需高扬程提灌。80 年代末全区有耕地约 1 340 万公顷（2 亿亩），人口 9 000 多万。近年来甘肃、内蒙等地根据当地降雨特点和土地分散等自然条件，发展集雨水窖灌溉系统，对发展农村经济和脱贫起到很大作用。

本区是沿黄河的一些引黄灌区，由于引水方便，习惯于大引大排，单位面积的用水量有的达 15 000 m^3/hm^2 以上，灌溉用水的效率很低。提高沿黄灌区的用水效率和效益，对有效合理利用有限的水资源，对发展这一地区的经济并维护黄河水资源的上、中、下游优化配置利用是今后开发、利用黄河水资源的一个重要课题。

2. 不稳定灌溉地带

年降水量为 400~1 000 mm 的地带，主要包括黄淮海地区和东北地区。黄淮海地区的降水量由北向南递增，东北地区则从西向东递增。由于受季风的强烈影响，降水时空变化都很大，

因而农作物对灌溉排水的要求很不稳定。旱作物对灌溉的要求在黄淮海地区的北部和东北地区的西部较高,干旱年份更高,灌溉需要指数可达 50% 以上。在黄河以南和东北的东部,旱作物对灌溉的要求较低,湿润年份往往不需要灌溉,但这一地区播种期常少雨缺墒,如能做到足墒播种育苗和前期灌溉,后期天然降水基本能满足作物需水。而水稻必需灌溉才能正常生长,其灌溉需要指数为 50% 左右。这一地区降水十分集中,河道排水不畅,春旱、秋涝、旱涝交错,又因排水不畅,涝后又引起盐碱化。自 70 年代后,大力发展井灌,并完善了骨干河道排水系统,涝灾大大减轻。但因农业和工业过量抽取地下水,不少地方形成大面积的地下水降落漏斗,应引起重视,并力求使地下水资源能维持良性的持续开发利用。

(1)黄淮海地区 包括河北、河南、山东、苏北、皖北和京津二市,土地总面积 67 万 km²,占全国国土面积的 7%。除西部和北部山区外,大多属黄河、淮河和海河下游冲积平原。每年平均降水量 500~900 mm,大多集中在 6~9 月份汛期,降水的年内和年际分布极不均衡,但光热资源丰富,可一年两熟,是我国粮棉主要产区。80 年代末,全区耕地 2 530 余万公顷,人口 2.8 亿,人口和耕地都占全国的 1/4 左右。全区河川径流量为 1 058 亿 m³,人均 378 m³,单位耕地面积占有水量为 4 200 m³/hm²(亩均 280 m³)。随着工业和城市生活用水的迅速增长,农业用水也不断被挤占,这一地区是全国水资源最紧张的地区,必须在加强节水的基础上,开辟新的水源,以满足工农业的需水要求。

(2)东北地区 包括辽宁、吉林、黑龙江三省及内蒙的东部地区,土地总面积 129 万 km²,占国土面积的 13.5%。农业主要集中在东北三江平原中部的松辽平原和南部的辽河平原,全区年降水量 400~900 mm,从东到西递减,但降水在年内分布不均,7~9 月占全年的 60% 以上,而 4~5 月仅占 10%~15%,春旱严重,且持续时间长,农作物生长期短,大部分一年一熟。必须发展灌溉以解决春旱需水才能保证稳产高产。中东部平原低洼地区,近年来水稻种植面积也有较大发展。从全区发展看,山丘区以治旱为主,平原洼地则以除涝为重点。

3. 水稻灌溉地带

本区的降水量大于 1 000 mm,包括长江中下游地区,珠江江地区及西南部分地区。这一地区雨量充沛,是我国水稻的主产区,由于降水在年际和季节分布不均,往往出现伏旱和秋旱,水稻一般都需要进行补充灌溉,双季水稻更需要进行灌溉补足水量,灌溉需要指数在 30%~60% 之间。旱作物在湿润年份一般不需要灌溉,但在干旱年份仍需进行灌溉,灌溉需要指数在 10%~30% 之间。这一地区虽然光、热资源丰富,水资源也很丰沛,但长江中、下游沿江滨湖地区,一方面地势低洼易遭洪涝灾害,另一方面涝后又常遇干旱,必须有良好的灌溉、排涝设施才能保证稳产高产;而丘陵山区必须发展蓄水灌溉工程,才能保证农业的发展。

三个不同地带对灌溉的要求见表 1-2。

表 1-2 三个地带的灌溉需要指数

mm

地带 分类	地 区	作 物	干 旱 年			湿 润 年		
			总需水量	要求灌溉量	灌溉需要 指 数	总需水量	要求灌溉量	灌溉需要 指 数
常年灌 溉地带	西北内 陆地区	春小麦	450~525	300~450	0.7~0.9	300~450	200~350	0.7~0.8
		玉 米	375~450	250~350	0.7~0.8	375~450	250~300	0.7~0.8
		棉 花	600~750	450~500	0.6~0.7	600~750	300~450	0.5~0.6

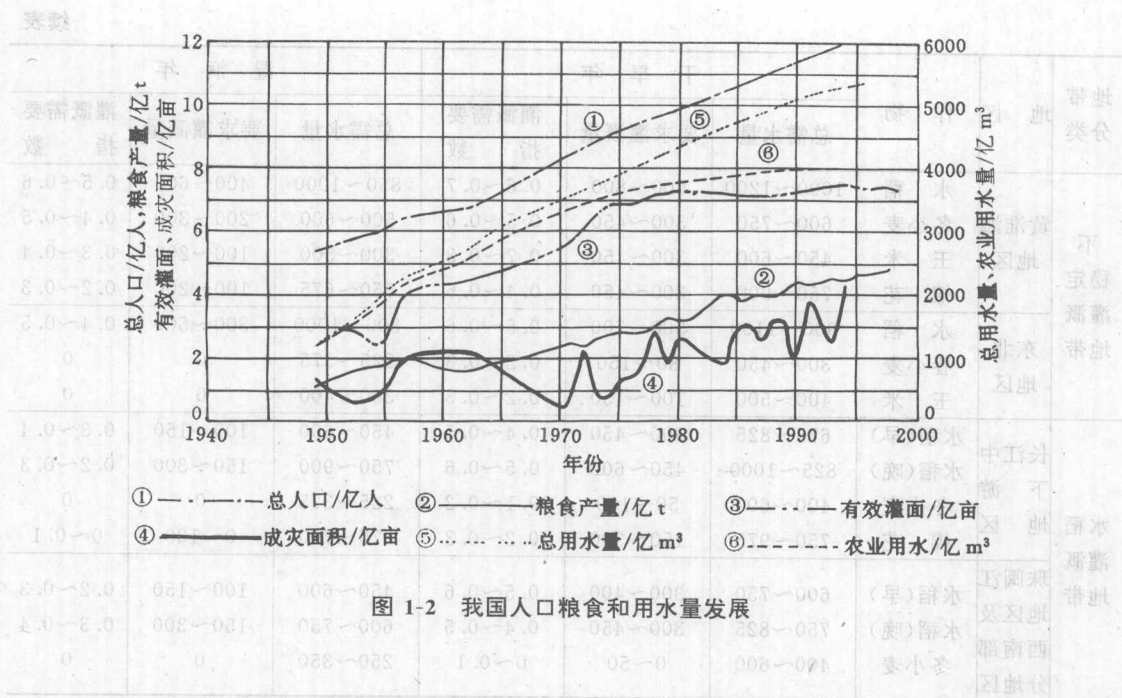
续表

地带分类	地 区	作 物	干 旱 年			湿 润 年		
			总需水量	要求灌溉量	灌溉需要指数	总需水量	要求灌溉量	灌溉需要指数
不 稳 定 灌 溉 地 带	黄淮海地区	水 稻	1000~1200	600~800	0.6~0.7	850~1000	400~600	0.5~0.6
		冬小麦	600~750	300~450	0.5~0.6	500~600	200~300	0.4~0.5
		玉 米	450~600	300~450	0.7~0.8	300~500	100~200	0.3~0.4
		棉 花	750~900	300~450	0.4~0.5	550~675	100~200	0.2~0.3
	东北地区	水 稻	900~1100	500~700	0.5~0.6	800~1000	300~500	0.4~0.5
		春小麦	300~450	80~150	0.2~0.3	225~375	0	0
		玉 米	400~500	100~150	0.2~0.3	300~400	0	0
水 稻 灌 溉 地 带	长江中下游地区	水稻(早)	675~825	300~450	0.4~0.5	450~600	100~150	0.3~0.4
		水稻(晚)	825~1000	450~600	0.5~0.6	750~900	150~300	0.2~0.3
		冬小麦	400~600	50~100	0.1~0.2	225~375	0	0
		棉 花	750~975	150~300	0.2~0.3	575~700	0~100	0~0.1
	珠江江地区及西南部地区	水稻(早)	600~750	300~400	0.5~0.6	450~600	100~150	0.2~0.3
		水稻(晚)	750~825	300~450	0.4~0.5	600~750	150~300	0.3~0.4
		冬小麦	400~600	0~50	0~0.1	250~350	0	0

综上所述,我国各类地区的气候和水土资源条件虽有很大差异,但要达到农业的高产稳产,都必须搞好农田水利,解决好灌溉排水问题,这也正是我国灌溉排水事业历史悠久并得到持续发展的根本原因,特别是新中国成立以来,更是得到迅速发展,使得我国用占世界 7% 的耕地养活了占世界 22% 的人口,这和农业的成就和灌溉事业的发展密不可分。

我国灌溉面积在 1949 年到 1980 年间,年平均增长率为 3.4%,而同一时期全国粮食产量的平均年增长率为 3.5%,两者基本同步增长。1980 年以后,由于水利投入资金大量削减,工程老化失修,效益衰减。“六五”期间有效灌溉面积增不抵减,净减少 93.3 万 hm^2 (1400 万亩),致使全国有效灌溉面积一直徘徊在 4 800 万 hm^2 (7.2 亿亩) 左右,而粮食生产也于 1984 年突破 4 000 亿 kg 大关后,出现连续 5 年徘徊局面。灌溉面积与粮食产量的关系见图 1-2。从图中可见 1989 年灌溉面积开始回升,粮食产量也开始增长;灌溉面积的增减与粮食总产量具有密切关系,而且往往具有一定的超前作用。近 50 年来,我国人口增长了 1.6 倍,人均耕地减少近 60%,但人均灌溉面积却增加 20%,全国粮食总产量净增 2.8 倍多。尽管粮食增产是综合措施作用的结果,无疑灌溉的发展起到了主导作用。

灌溉事业的发展对农业的贡献成绩巨大,但亦面临着严重的挑战。我国粮食生产虽已达 4 900 亿 kg,人均粮食达 398 kg,相当于全球平均情况,但 1993 年我国总用水量 5 255 亿 m^3 ,相当于 1980 年美国的用水总量;人均用水 450 m^3 ,低于全球人均用水 744 m^3 ,仅相当于西方工业国家的 1/5~1/2;90 年代以来在总用水量由 5 100 亿 m^3 增加到目前的 5 400 亿 m^3 左右时农业用水量却反而呈下降趋势,工农业用水的供需矛盾日益严重,缺水情况与日俱增。



第二节 农业节水势在必行

一、我国水资源供需矛盾日趋尖锐

据 1993 年全国用水量调查资料显示,1993 年全国实际总用水量为 5 255 亿 m^3 。其中,农业用水 3 850 亿 m^3 ,占 73.3%;农村生活用水 227 亿 m^3 ,占 4.3%;工业用水 926 亿 m^3 ,占 17.6%;城镇生活用水量 252 亿 m^3 ,占 4.8%。以工业、城市和农村两大类分,工业城市生活用水占 22.4%,农村用水占 77.6%。

从建国 40 多年来用水量增长情况分析,平均每 10 年用水量增加 1 000 亿 m^3 ,工业、城市生活用水尽管用水还不算大,但呈上升趋势,特别是 1980 年以后增长比较快,已增加了 1.7 倍,而且对供水的质量和保证率要求都比较高。从总用水量看,农业仍是用水大户。

现在我国水资源供需矛盾已严重影响国民经济的发展。按照现状用水统计,遇中等干旱年,全国共缺水 358 亿 m^3 。其中,黄淮海地区缺水 147 亿 m^3 ,长江片缺水 90 亿 m^3 ,华南地区缺水 35 亿 m^3 ,东北地区缺水 20 亿 m^3 。农业灌区缺水 300 亿 m^3 ,是缺水大户,工业城市缺水 58 亿 m^3 。按照“九五”发展目标测算,农业发展灌溉面积 500 万亩,需要增加用水量 300 亿 m^3 ,工业和城市供水用水量需增加 120 亿 m^3 ;合计 420 亿 m^3 。也就是说,到本世纪末,从完成新的国民经济和社会发展奋斗目标的大局出发,统筹兼顾,优化水资源配置,需要新增供水能力 600 ~ 800 亿 m^3 ,才能缓解严重缺水地区的供需矛盾,基本满足重点工业开发区、经济开发区、能源、原材料基地和新增灌溉面积的用水需求。

农业缺水,受旱面积不断增加。进入 90 年代,每年受旱面积 4 亿亩左右,受旱面积和成灾面积都比 50 年代成倍增长。北方地区更为严重,每年干旱受灾面积达 3 亿亩,占现有耕地面积

的 20%，每年因干旱损失粮食 150~200 亿 kg。

工业缺水，每年因此损失产值 1 200 亿元。因缺水，一些大中企业开工不足。如山东淄博炼油厂，其水源地的地下水管一度接近抽干。1991 年深圳出现水荒，每天的损失达 2 000 多万元。全国 600 多座城市，半数缺水，严重缺水的就有 100 多座。特别是水资源的污染，更加重了水资源的供需矛盾。每年我国约有 370~400 亿 m^3 的污水直接排入江河湖泊，其中 80% 是未经处理的，从而使 1/3 的河流受到污染，50% 的湖泊水面严重污染，有一半主要城镇得不到清洁水的供应。大量化肥、农药、杀虫剂的应用，使地下水也受到不同程度的污染。

二、农业用水浪费严重，农业节水势在必行

一方面，我国的水资源供需矛盾尖锐；而另一方面，农业用水浪费严重。现有灌区中的许多渠道工程都是没有衬砌的土质渠道，在输水、配水过程中的渗漏损失很大。有的渠道从首部到尾端，其输水损失水量可达 20%~30%。大中型灌区一般是干、支、斗、农渠四级输、配水渠道。据统计，从取水渠首到最末一级渠道的分水口（分水进入田间），仅输水损失一项，可高达 50% 或以上。另外，还有因管理不善而引起的废泄水量。灌溉水从农渠的分水口进入田间以后，由于灌水技术粗放，又有很大一部分水量被渗漏、蒸发损失掉，或从田间无益地流失，其数量可达 20%~30%。因此，总起来说，我国目前灌溉水的利用率很低，平均约为 0.4 左右。换句话说，每年经过水利工程引、蓄的 4 000 多亿 m^3 水量中，约有 60% 左右是在各级渠道的输水、配水和田间灌水过程中白白地浪费损失了，其数量惊人。水量损失不仅引起灌区地下水位的升高，土壤的盐碱渍害，导致农业减产，而且恶化灌区生态环境。而水利技术先进的国家，灌溉水利用率一般可高达 0.8~0.9。再从单方水的粮食生产效率来看，目前世界上以色列为最高，每立方米水可生产 2.3~3.5kg 粮食，预计到本世纪末可达 4 kg 左右，而我国的水分生产率还不到 1.0 kg。因此，农业节水的潜力很大。

从国外经验来看，一个国家的人均用水量已成为一个国家经济发达水平的指标；一个国家的用水结构已成为一个国家工业化程度和生活水平的指标；一个国家单方水效益，则是衡量一个国家技术水平高低的尺度。世界银行曾向全世界发出呼吁，用水无节制和浪费可能使全世界严重缺水，亚洲缺水更为严重。我国要保持经济和社会的持续稳定发展，从现在起就应把节水作为国家的一项基本国策，要像抓人口、粮食那样抓节水，把中国建成一个节水型农业、节业型工业、节水型社会，这是一条惟一的根本出路。

从我国水资源的现状分析，农业节水势在必行。江泽民总书记在党的“十五大”报告中强调指出，要“大力推进科技兴农，发展高产、优质、高效农业和节水农业”。发展“两高一优农业”和“节水农业”是党中央对我国农业发展作出的战略部署，是我国农业跨世纪前进的方向。

发展节水农业，首先要提高认识。面临 21 世纪水危机，核心问题是节约用水。开源是有限的，节水潜力是巨大的，节水本身就是开源。第二，要大力推广节水灌溉技术和节水管理措施，加快水价改革，合理征收水费，利用经济杠杆，促进节约用水。第三，发展高效用水，要强调水利节水技术与农业节水技术的结合，建立一个完整的综合节水农业技术体系。

第三节 建立综合节水农业技术体系

农业灌溉用水由水源到被作物利用,一般要经历从水源到田间的输水、田间灌水转化为土壤水以及经作物根系吸收通过生理过程到形成有机物质这三个环节。农业节水就是要将水从水源引入到农田被作物吸收利用的全过程中的损失减少到最低程度。从水源到有机物质的形成,水的损失可包括三个部分:第一部分为水从水源到田间过程中的输水损失,包括渗漏和蒸发;第二部分为水进入田间后的损失,包括深层渗漏、田面流失和田间蒸发;第三部分为作物根系吸收到形成产量过程中的用水损失。第一、二部分的损失直接影响水的利用率,损失愈小,水的利用率愈高;第三部分损失主要是影响水的利用效率,损失愈小,则作物形成单位产量所需的水愈少,水的生产效率就愈高。减少第一、二部分的损失,主要采用节水工程技术。减少第三部分损失,主要采用节水农业技术。同时,在这三个环节中都要强调节水管理技术措施,使其贯穿在整个用水过程之中。

因此,对“节水农业”的全面理解是指:在充分利用降水和可用水资源时,采取节水灌溉技术、节水农业技术以及节水管理技术和措施等,以提高水的利用率和水分生产率为中心的一种高产、优质、高效农业生产模式。它不仅是为解决水资源紧缺矛盾的产物,而且是科学技术进步的产物,也是现代化农业的重要内涵。为此,建立“节水农业”的指导思想应当是:以科学合理利用水资源(包括雨水和各种劣质水、回灌水等)为约束条件,建立以综合节水技术体系为策略手段,解决近期和远景农业生产发展的用水需求,最终以实现高产、优质、高效农业的持续发展为目标。所以,发展“节水农业”不单是水利工程技术或农业技术问题,而且还涉及到生物技术措施、生态环境优化措施、商品经济理论、管理体制变革、现代化管理技术和有关的政策、法规等,它是一个综合的节水农业技术体系。

综合节水农业技术体系,具体包括三个部分:农业节水技术,节水灌溉技术(工程技术)以及节水管理技术和措施。这三者相互结合并融为一体,形成一个综合的节水农业技术体系。

一、农业节水技术

农业节水技术包括抗旱节水作物品种、覆盖技术、节水栽培技术、调整作物种植结构以及抗旱、保墒、保水剂的应用等。

1. 抗旱节水作物品种

抗旱节水作物品种在节水农业中占有重要位置,投资少,易推广,增产节水效果显著。近些年来,各地在“以种节水”的思想指导下,选择培育了许多抗旱高产品种,如小麦抗旱节水品种——农大 146,1990 年通过国家农作物品种审定,被农业部列为重点推广品种。适用于北京、天津、河北北部、山东、甘肃和新疆的部分地区中上等肥力水浇地种植,也可以节水栽培或旱地栽培,亩产可达 200~300 kg。节水高产小麦品种——平阳 27,丰水、中水年基本不用浇水;生育期内如持续干旱,可补浇一次水;枯水年需浇灌 2~3 次水。适宜种植在黄、淮平原,可比对照品种增产 10%~15%。此外,还有玉米耐旱品种鲁玉 10 号和 11 号,其抗旱耐盐,抗病能力强,适用于黄淮海平原直播或麦田套种。杂粮耐旱品种有鲁豆 6 号、7 号和 10 号,鲁薯 6 号和 10 号,绿豆有秦绿 4 号,花生有海花 1 号和鲁花 9 号等。水稻有中运 2 号和鲁香粳 1 号,其耐旱耐盐