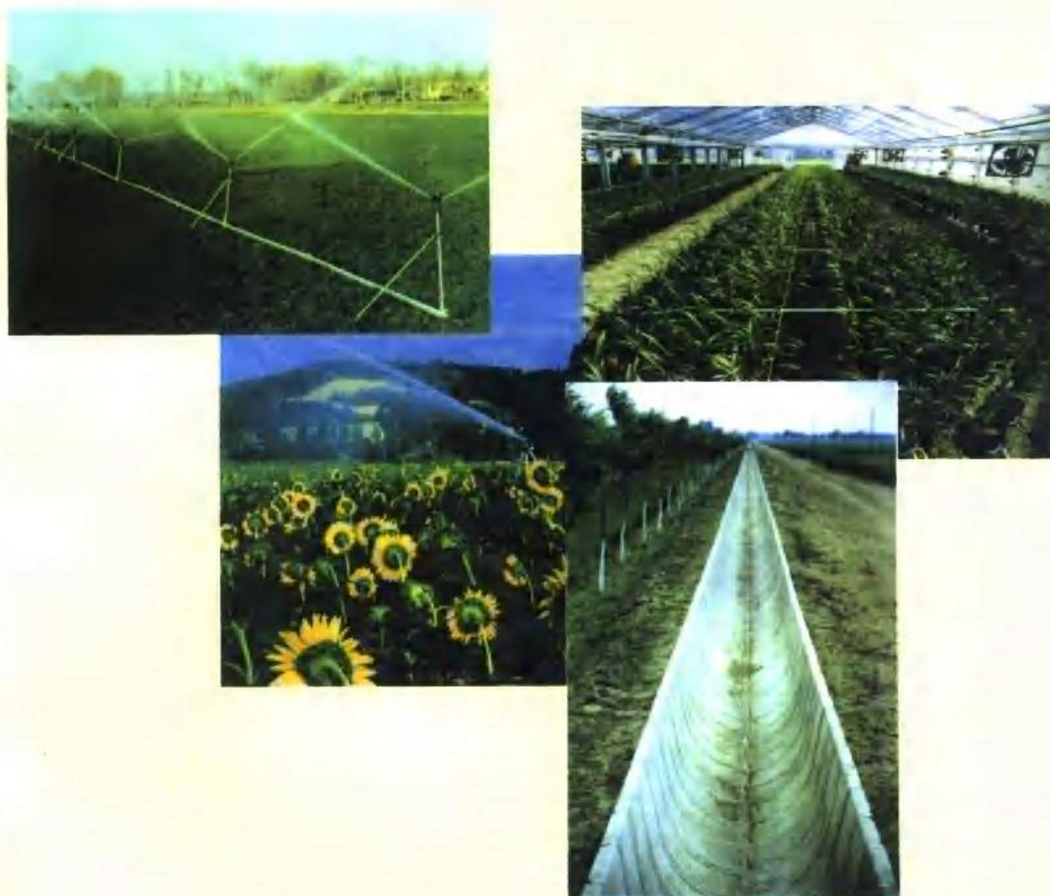


节水灌溉技术培训教材

水土资源评价与节水灌溉规划

水利部农村水利司

中国灌溉技术开发培训中心



 中国水利水电出版社

节水灌溉技术培训教材

ND34/08

水土资源评价与 节水灌溉规划

李英能 黄修桥 吴景社等 编著

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书系《节水灌溉技术培训教材》的一个分册。主要包括：农业生产与节水灌溉技术的发展，农业水土资源评价的基本原则、农业水资源与农业土地资源的评价与分析，农业水土资源的合理开发利用，节水灌溉区划，节水灌溉规划，节水灌溉综合技术体系，节水灌溉综合技术体系专家系统，节水灌溉效益分析，节水灌溉发展对策措施等。书中内容集中反映了我国有关科研院所和高等院校近 10 多年来在水土资源评价与节水灌溉规划研究方面取得的最新成果。

本书主要供培训基层水利技术人员，用于农业水土资源评价及节水灌溉规划工作，亦可供相关专业院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水土资源评价与节水灌溉规划/水利部农村水利司，中国灌溉排水技术开发培训中心编著. —北京：中国水利水电出版社，1998

节水灌溉技术培训教材

ISBN 7-80124-641-1

I. 水… I. ①水… ②中… II. ① 水资源-经济评价-技术培训-教材 ② 土地资源-经济评价-技术培训-教材 ③ 节约用水-灌溉系统-规划-技术培训-教材 IV. S274.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 07943 号

书 名	节水灌溉技术培训教材 水土资源评价与节水灌溉规划
作 者	水利部农村水利司 中国灌溉排水技术开发培训中心
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044)
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 12.75 印张 291 千字
版 次	1998 年 5 月第一版 1998 年 5 月北京第一次印刷
印 数	0001—4600 册
定 价	25.00 元

《节水灌溉技术培训教材》

编 委 会

主任委员： 陈 雷

副主任委员： 冯广志 乔玉成 许红波

高尔坤 周卫平 赵竞成

委 员： (按姓氏笔画为序)

王晓玲 史 群 祁建华 曲 强

任晓力 沈秀英 李龙昌 李安国

李英能 张汉松 张祖新 郑耀泉

林性粹 顾宇平 彭世彰 彭建明

序

我国是一个水资源严重短缺的国家,人均水资源占有量排在世界第109位,仅为世界平均水平的1/4。随着经济的发展、人口的增加、社会的进步、工业和城市用水量的激增,农业用水量占全国总用水量的比重已从80年代初的80%降到目前的70%左右。农业用水供需矛盾日益突出,干旱缺水成为制约我国农业发展的主要因素之一。一方面农业缺水,另一方面用水浪费现象又普遍存在,灌溉水的利用率只有30%~40%,而先进国家达到70%~80%以上。我国单方水粮食生产能力只有1kg左右,而先进国家为2kg,以色列达2.32kg。我国目前采用喷灌、微灌等先进节水措施的灌溉面积仅占总灌溉面积的2%,而有些发达国家占灌溉面积的80%以上,美国的喷灌、滴灌面积为1.65亿亩,占灌溉面积的一半。我国目前已建的防渗渠道工程为55万多km,仅占渠道总长的18%。从国外和我国各地的实践经验看,凡采用先进的节水灌溉技术,都可获得十分显著的节水增产效果。农业灌溉节水潜力巨大,通过普及节水灌溉技术,提高灌溉水的利用率和水分生产率,无疑是解决农业用水危机,缓解我国水资源供需矛盾的有效途径。

党的十五大报告中指出要“大力推进科教兴农,发展高产、优质、高效农业和节水农业”,国务院决定在“九五”期间建设300个节水增产重点县和一批节水型井灌区,以推动我国节水灌溉工作的全面发展。在党中央的领导下,一个亿万农民群众参加的大搞农业节水灌溉的热潮已在全国各地蓬勃兴起。

为了配合节水灌溉技术的推广和普及,近年来,我们陆续举办了一系列培训班,请高等院校、科研单位、生产管理部门的有关专家讲课,并编写教材。在此基础上,充实修改,编写出节水灌溉系列培训教材,包括《水土资源评价与节水灌溉规划》、《喷灌与微灌设备》、《渠道防渗工程技术》、《管道输水工程技术》、《喷灌工程技术》、《微灌工程技术》、《地面灌溉节水技术》、《雨水集蓄工程技术》、《水稻节水灌溉技术》九个分册。该教材主要面向县、乡两级基层水利技术人员,普及与回答节水灌溉工作中的基本技术知识和常见问题,强调适用性,使读者在学到节水灌溉工程技术的同时也了解到水资源开发利用、节水管理技术及节水农艺措施等方面的知识,并能够结合当地情况选择适宜本地区节水灌溉的技术路线,掌握节水灌溉技术的实施步骤、设备选择、工程设计、施工、质量控制和运行管理等技术方法。

这套教材可用以对基层水利人员实施“继续工程教育”和“蓝色证书”的培训，也可作为基层水利技术人员实施节水灌溉工程的参考资料。相信这套教材的出版发行，会对推动基层水利职工培训，节水灌溉的普及和技术水平的提高，灌溉管理水平的提高起到有益的作用。

由于节水灌溉技术内容丰富、发展迅速，有待进一步研究的内容很多，加之编写时间仓促，本书的不足和错误之处，诚恳希望读者提出补充、修改意见。我们向所有对这项工作给予支持的各位领导、有关单位和参与编写、审稿工作的同志表示衷心的感谢。

水利部农村水利司

冯广志

1997年12月22日

前 言

水土资源是人类生存、发展所必需的最基本、最重要的自然资源。然而,我国人均占有水量仅 2200 m^3 , 约为世界人均水量的 $1/4$, 居世界第 109 位; 耕地单位面积占有水量仅 $28320\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 仅为世界平均的 $4/5$; 人均耕地仅为世界人均占有量的 $1/3$ 强。鉴于我国水土资源如此紧缺状况, 发展节水灌溉就成为我国农田水利建设的一项无可替代的重要战略措施。一个地区, 采用何种节水灌溉措施, 不仅关系到能否取得预期的节水增产效益, 而且也关系到能否维持和巩固已建的节水灌溉工程。因此必须对与节水灌溉有关的各种自然因素、技术因素和社会因素进行综合的分析论证, 选择适用的节水灌溉技术措施, 并据此做出总体规划, 以指导本地区节水型农业发展。自然因素主要包括水资源、土地资源和气候资源。对于一个范围不大的地区来说, 气候资源一般变化不大, 但水资源和土地资源却会随着农业生产和社会的发展产生较大的变化。因此, 在确定发展节水灌溉时, 首先要对水、土地资源进行评价。

水资源评价的主要任务是对水资源的数量、质量、时空分布特征和开发利用条件进行分析评定, 为水资源合理开发利用、管理和保护提供依据。土地资源评价是根据一定的目的和要求, 对土地数量、土地质量进行量算、鉴定、分类、评级和估价的工作。其主要内容包括对土地各个要素和有关土地利用的社会经济条件的综合考察, 土地质量等级评定、土地利用合理程度和改变用途的可能性阐明等, 并据以提出提高其生产力的措施, 为土地资源合理开发利用、管理和保护提供依据。对节水灌溉而言, 土地资源评价就是评价土地对不同节水灌溉技术的适宜性。节水灌溉规划的主要内容包括根据水、土地资源评价的结果进行节水灌溉分区、选择适宜的节水灌溉技术措施和制定节水灌溉发展规划。

本书为适应我国大规模发展节水灌溉的需要, 重点阐述农业水资源和土地资源的评价内容与方法, 以及根据水、土地资源评价的结果进行节水灌溉区划和规划的方法。为县级水利基层技术人员从事节水灌溉规划和技术决策, 提供一整套实用且简便的技术方法。在编写的过程中, 除参考已有的成熟的研究成果和经验外, 还尽量收入最新的研究成果和实践方法, 以提高本教材的科学性、先进性、综合性和适用性, 并突出应用操作。

本书由水利部农田灌溉研究所负责编写, 参加编写的有李英能(前言、第六章)、吴景社(第一章 1~4 节、第八章)、黄修桥(第一章 5~6 节、第十章)、黄宝全(第二、十一章)、高军省(第三章)、高峰(第四章)、齐学斌和沈菊艳(第五章)、宋毅夫(辽宁水科院, 第七章)、田明元(第九章)。全书由李英能主编, 黄修桥、吴景社为副主编并统稿。

在编写过程中, 冯广志、乔玉成和曲强审读全部书稿, 并提出重要修改意见; 全书参

考和引用了国内外有关专家的大量文献；《灌溉排水》编辑部的郭苓、齐凯霞、李香萍、胡志芬、庞颖参加了书稿的录入、绘图等工作，在此一并表示最衷心的感谢！由于编者水平所限，书中难免有疏漏和错误，敬请读者批评指正。

编 者

1998年1月

目 录

序

前 言

第一章 农业生产与节水灌溉技术的发展	(1)
第一节 灌溉在我国农业发展中的重要作用	(1)
第二节 我国用水和缺水现状及 21 世纪用水预测	(4)
第三节 我国传统灌溉面临的困难与问题	(6)
第四节 我国农业节水的巨大潜力	(8)
第五节 节水灌溉技术标准	(9)
第六节 节水灌溉技术的现状与展望	(13)
第二章 农业水土资源评价的基本原则	(18)
第一节 农业水土资源的定义	(18)
第二节 农业水土资源评价的含义	(18)
第三节 水资源评价的基本原则	(19)
第四节 土地资源评价的基本原则	(20)
第三章 农业水资源的评价与分析	(23)
第一节 农业水资源量的计算	(23)
第二节 水资源总量及可利用量计算	(37)
第三节 农业用水的水质评价与水质标准	(39)
第四节 地下水资源量及灌溉水质评价实例	(47)
第四章 农业土地资源的评价与分析	(49)
第一节 农业土地资源评价的主要程序	(49)
第二节 农业土地资源评价方法	(58)
第三节 土地适宜性评价实例	(63)
第五章 农业水土资源的合理开发利用	(66)
第一节 “四水”的合理开发利用	(66)
第二节 劣质水处理与利用	(73)
第三节 农业水资源的联合利用与管理	(76)
第四节 水源保护	(78)

第五节	土地资源的合理开发利用与保护	(82)
第六节	多种水源联合调度与管理实例	(88)
第六章	节水灌溉区划	(93)
第一节	节水灌溉区划的性质与作用	(93)
第二节	节水灌溉区划编制的内容及程序	(94)
第三节	节水灌溉区划的分区	(97)
第四节	节水灌溉区划的分区方法	(105)
第七章	节水灌溉规划	(117)
第一节	节水灌溉规划的工作步骤	(117)
第二节	节水灌溉规划方法简介	(121)
第三节	节水灌溉发展相关因素的分析与预测	(124)
第四节	规划相关参数的统计分析	(125)
第五节	制定规划方案及计算	(128)
第六节	规划方案的决策分析	(129)
第八章	节水灌溉综合技术体系	(132)
第一节	节水灌溉综合技术体系的内涵	(132)
第二节	海河平原区引黄补源区节水灌溉综合技术体系及其应用效果	(132)
第三节	黄土丘陵缺水區节水灌溉综合技术体系及其应用效果	(137)
第四节	海河平原严重缺水區节水灌溉综合技术体系及其应用效果	(143)
第九章	节水灌溉综合技术体系专家系统	(147)
第一节	建立专家系统的基础和意义	(147)
第二节	专家系统的组成和结构及其作用	(148)
第三节	NCWSA 系统咨询内容	(152)
第四节	专家系统功能及运行方式	(158)
第五节	专家系统开发工具	(167)
第十章	节水灌溉效益分析	(171)
第一节	社会效益分析	(171)
第二节	经济效益分析	(173)
第十一章	节水灌溉发展对策措施	(177)
附 录		(182)
参考文献		(191)

第一章 农业生产与节水灌溉技术的发展

节水灌溉是以节约农业用水为中心的高效技术措施，它是科技进步的产物，也是现代化农业的重要内涵。其核心是在有限的水资源条件下，通过采用先进的水利工程技术，适宜的农业技术和用水管理等综合技术措施，充分提高农业水利用率和水的生产效率及效益，保证农业持续稳定发展。节水灌溉技术体系包括渠道防渗、低压管道输水、喷微灌等节水工程技术；农田保蓄水技术、节水耕作和栽培技术、适水种植等节水农业技术；节水灌溉制度、量测水技术、灌溉管理自动化等，以及与这些技术相应的节水新材料、新设备。

第一节 灌溉在我国农业发展中的重要作用

一、不同自然条件下农业生产对灌溉的需求

我国陆地面积约 960 万 km^2 ，大部分地区受季风影响，形成东南多雨、西北干旱和夏秋季多雨、冬春干旱的特点。东南沿海年降水量超过 1600 mm，西北的荒漠地区降水量则不到 200 mm。以多年平均降水量 400 mm 的等雨量线为界，全国由东北斜向西南被分解成东西两部分。东部湿润多雨，是我国主要农业区，全国 90% 左右的人口和耕地都集中在这一地区；西部属于干旱、半干旱地带，没有灌溉就很难发展农业。全国大部分地区降水量在年际、年内季节分布上很不均匀。长江以南多雨地区丰水年降水量为少水年的 1.5~2 倍，多雨季节的 4~7 月间的降雨量约占全年的 50%~60%；而华北地区和东北地区丰水年降水量一般为少水年的 3~5 倍，正常年份多雨季节的 6~9 月间的降雨量约占全年的 70%~80%。根据降水量的大小和农作物对灌溉的要求，可将全国分成三个不同的灌溉地带。即多年平均降水量少于 400 mm 的常年灌溉地带，多年平均降水量大于 400 mm、小于 1000 mm 的不稳定灌溉地带，和多年平均降水量大于 1000 mm 的水稻灌溉地带，见图 1-1。

(1) 常年灌溉地带。主要包括西北内陆和黄河中上游部分地区，土地面积 410 万 km^2 ，约占全国国土的 42.6%。在这一地带，由于年降水总量和各季节的降水分配，都难以满足作物正常生长发育的需要，灌溉需要系数（即灌溉水量占农作物总需水量的比值）一般均大于 0.5~0.6，常年灌溉是农业发展的必要条件。

(2) 不稳定灌溉地带。主要包括黄淮海地区和东北地区，土地总面积 196 万 km^2 ，约占全国国土的 20.5%。这一地带由于受季风的强烈影响，降水变化极不均匀，因而农作物对灌溉的要求很不稳定，特别是秋熟作物。在干旱年份，黄淮海地区秋熟作物的灌溉需要系数高达 0.7~0.8，湿润年份只有 0.3 左右。但是生长期在冬春的小麦，对灌溉的要求较高，也较稳定，需要系数在 0.5 左右。在东北，水稻灌溉需要系数较高，达到 0.5 左右，旱作要求较低，干旱年份为 0.2~0.3，湿润年份则无灌溉要求。

(3) 水稻灌溉地带（又称补充灌溉地带）。包括长江中下游地区，珠江江地区及部分西南地区，土地总面积 344 万 km^2 ，约占全国国土面积的 35.9%。年降水量虽然丰沛，但因

年际及季节分配不均，加之大面积种植水稻及作物复种指数高，各季水稻仍需人工补充水量，灌溉需要系数在 0.3~0.6 之间，旱作物在湿润年间不需要灌溉，但在干旱年份，也需要进行补充灌溉，需要系数在 0.1~0.3 之间。三个不同地带的灌溉需求，见表 1-1。

表 1-1 三个地带的灌溉需要系数

项 目			干 旱 年			湿 润 年		
			总需水量 (mm)	要求灌溉量 (mm)	灌溉需要 指 数	总需水量 (mm)	要求灌溉量 (mm)	灌溉需要 指 数
常年灌溉 地 带	西北内陆 地 区	春小麦	450~520	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
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

二、灌溉发展在农业发展中的作用及效益

灌溉是人类文明发展的结晶。早在 4000 多年前，我国就有了临河挖渠、凿井汲水的灌溉工程，大约在公元前 2000 年前后的大禹治水、公元前 1600~1100 年商代出现的用灌排沟洫分开的井田、春秋战国时期修建的都江堰、郑国渠及楚国在安徽兴建的芍陂等举世闻名的水利灌溉工程无不当时农业的发展做出过巨大贡献，有些工程，如都江堰等至今仍在发挥着效用。

但是随着历史变迁，灌溉发展历经兴衰，到 1949 年我国农田灌溉基础仍十分薄弱。全国总库容超过 1 亿 m^3 的大型水库仅 6 座（其中 3 座还是电站水库），库容 1000 万~1 亿 m^3 的中型水库只有十几座，灌溉用机电井很少，机电排灌总动力只有约 6 万 kW。全国灌溉总面积约 0.16 亿 hm^2 。而且标准很低，农业生产基本上靠天吃饭。

新中国成立后，我国灌溉事业得到迅速发展。回顾 40 多年的历史，不难看出，我国农业的发展在很大程度上依赖于灌溉的发展。

从 1949~1957 年，全国开展了大规模的水利建设，恢复和扩建了原有灌区，使农业供

水量从 1000 亿 m^3 增加到 1900 多亿 m^3 ，净增 900 多亿 m^3 ；灌溉面积从 0.16 亿 hm^2 增加到 0.273 亿 hm^2 净增 0.113 亿 hm^2 ；粮食产量从 1132 亿 kg 增加到 1950 亿 kg ，净增 800 多亿 kg 。

从 1958~1970 年，由于大量兴建大、中型水库蓄水工程，建设新的大、中型灌区，建成灌溉面积在 2 万 hm^2 以上的大型灌区近 150 处，同时兴建了一大批塘坝、堰，小型引蓄水工程及人、畜提水灌溉工程，使全国农业供水量增加到 3000 多亿 m^3 ，净增 1100 多亿 m^3 ；灌溉面积增加到 0.36 亿 hm^2 ，净增 0.087 亿 hm^2 ，粮食产量增加到 2600 亿 kg ，净增约 450 亿 kg 。

从 1970~1980 年，随着我国机电工业的发展，给大规模开发利用地下水创造了必要的条件，北方围绕抗旱增产，大力发展井灌，使农业供水量增加到 3900 亿 m^3 ，净增 1000 亿 m^3 ；灌溉面积增加到 0.487 亿 hm^2 ，净增 0.127 亿 hm^2 ；粮食产量增加到 3200 多亿 kg ，净增 800 多亿 kg ，扭转了南粮北调的局面。

从 1980~1994 年，由于农田水利基本建设投入不足，加上大量的农业用水转向城市、工业及乡镇企业，全国农业用水量降为 3800 多亿 m^3 ，不但没有增加，反而减少了 1.6%。但这一时期，我国灌溉工作的重点转移到加强经营管理，提高经济效益方面上来，主要是改革灌溉管理体制，提高管理单位自给能力，推广节水增产技术。发展喷、滴灌等新型节水工程；渠道防渗，低压管道输水灌溉等节水工程得到大规模发展；沟畦改造、水稻浅湿灌溉、小麦优化灌溉、玉米坐水种等田间节水技术措施也在大面积上推广应用，取得了显著的节水增产效益。同时农村实行的家庭联产承包责任制和农业购销体制改革极大地调动了农民的生产积极性，加上推广先进的农业技术和肥料的大量增加等，1996 年粮食产量增加到 4900 亿 kg 。

全国历年灌溉面积与粮食产量的关系见表 1-2。

综上所述，灌溉面积的增减与粮食产量有密切关系，且往往具有一定的超前作用。40 多年来，我国人口增长了 1 倍，人均耕地减少 50%，但人均灌溉面积却增加了 50%，全国粮食总产量净增 2.6 倍，其中占全国总耕地面积不足 40% 的灌溉土地上生产出了占全国总产量 80% 的粮食。尽管粮食增产是各种农业技术措施综合作用的结果，但灌溉的发展所起的主导作用则是毋庸置疑的。

据全国 40 年灌溉经济效益的调查，从 1949~1987 年的 38 年间，全国累计实灌面积为 10.9 亿 hm^2 ，灌溉分摊的粮食增产量为

13.3 亿 t ，若按 1980 年不变价格计算为 4433 亿元。在同一时期全国灌溉总投资为 1133 亿元，其中基建费、水利事业费及群众自筹资金共 750.5 亿元，占 68%；运行管理费 362.5 亿元，占 32%。此外群众投劳折资 576 亿元，合计为 1689 亿元，包括群众投劳折资，灌溉

表 1-2 1949~1996 年各阶段灌溉面积与粮食产量对照表

年份	耕地面积 (万 hm^2)	有效灌溉 面 积 (万 hm^2)	有效灌溉面积 占耕地面积 (%)	粮食产量 (亿 kg)
1949	9786	1593	16.3	1132
1957	11800	2500	22.4	1950
1965	10360	3200	30.9	1945
1978	9940	4807	48.3	3048
1988	9573	4793	50.0	3947
1990	9567	4840	50.6	4462
1992	9540	4947	51.8	4472
1993	9510	4984	52.4	4565
1994	9491	4994	52.6	4451
1995	9497	5041	53.1	4666
1996	9497	5116	53.9	4900

工程的投入效益比为 1 : 2.6, 如果不包括投劳折资则为 1 : 4。灌溉工程除提高农业产量的直接效益外, 还有改良土壤、改善生态环境和田间小气候等作用。结合灌溉工程, 还发展了水产养殖、水力发电、植树造林、农村供水和航运、旅游等事业, 从而改善了居民生产生活条件, 促进了整个地区经济的发展, 其间接经济效益和社会效益十分巨大。可见, 灌溉的确为我国以占世界 7% 的耕地养活了占世界 22% 的人口发挥了巨大作用。

第二节 我国用水和缺水现状及 21 世纪用水预测

我国是一个水资源紧缺的国家。虽然水资源总量 2.8 万亿 m^3 , 居世界第 6 位, 但因人口众多, 按现在 12.32 亿人口计算, 人均年占有量仅 2200 m^3 , 不足世界人均占有量的 1/4, 居世界第 109 位。每公顷占有量为 28320 m^3 , 为世界的 4/5, 见表 1-3。

表 1-3 各国年径流总量、人均、公顷均水量

国 家	年 径 流 量 (亿 m^3)	产 水 量 (万 m^3/km^2)	人 口 (亿人)	人 均 水 量 ($\text{m}^3/\text{人}$)	耕 地 (万 hm^2)	耕地平均占水量 (m^3/hm^2)
巴 西	51912	60.9	1.61	32240	6550.0	79255
前 苏 联	47140	21.1	2.64	17860	22667	20775
加 拿 大	31220	31.3	0.30	104070	4550.0	68615
美 国	29702	31.7	2.69	11040	18777.6	15818
印 尼	28113	147.6	2.00	14060	3018.0	93151
中 国	27115	28.4	12.32	2200	9584.3	28291
印 度	17800	51.4	9.45	1880	16970.0	10489
日 本	5470	147.0	1.25	4380	4378.0	124943
全 世 界	468000	31.4	57.68	8110	147637.8	31699

注 除前苏联仍用 1991 年以前资料外, 其他国家均为 1996 年资料。

表 1-4 我国用水量增长情况

年 份	1949	1957	1965	1980	1993
农业用水 (亿 m^3)	1001	1938	2545	3912	3850
工业用水 (亿 m^3)	20	79	119	299	1150
火电用水 (亿 m^3)	4	17	62	158	—
城市生活用水 (亿 m^3)	6	14	18	68	250
总计 (亿 m^3)	1031	2048	2744	4437	5250
人均用水量 ($\text{m}^3/\text{年}$)	187	316	378	450	451

由表 1-4 中可以看出: 我国总用水量大体上每 10 年增加 1000 亿 m^3 ; 农业用水量从 80 年代开始呈下降趋势, 13 年来减少了 62 亿 m^3 , 减少了 1.6%; 工业与城市生活用水从 80 年代的 525 亿 m^3 增长到 1993 年的 1400 亿 m^3 , 增长了 1.7 倍。从用水结构来看农业用水量从占总用水量的 88% 下降为 73%。人均用水量 70 年代以前几乎每年增加 100

m^3 , 80 年代以来, 基本没有增长。按现状用水统计, 全国在中等干旱年, 农业缺水 300 亿 m^3 , 工业与城市缺水 58 亿 m^3 , 合计 358 亿 m^3 。按“九五”发展目标测算, 农业发展 333 万 hm^2 灌溉面积需增加用水量 300 亿 m^3 , 工业与城市生活用水量需增加 120 亿 m^3 , 合计为 420 亿 m^3 , 即在本世纪末需新增供水量 700 亿~800 亿 m^3 , 见表 1-5。就缺水形式而言, 全国可分为以下四种类型。

表 1-5

全国用水量预测

项 目 年 份	农 业 用 水		工 业 用 水			生 活 用 水		总用水 (亿 m ³)
	灌溉面积 (万 hm ²)	用水量 (亿 m ³)	产 值 (亿元)	用水指标 (m ³ /万元)	用水量 (亿 m ³)	人日用水量 [L/(人·天)]	用水量 (亿 m ³)	
1990	4790	4400	23851	210	500	25	100	5000
2000	5323	4700	69900	165	1153	35	167	6020
2010	5700	5000	150984	120	1812	50	230	7042
2030	5700	5000	531460	90	4783	70	365	10148

(1) 当地水资源总量少, 且时空分布不均衡, 不能适应经济发展需要的资源型缺水。如华北、西北、东北地区人口占全国 43.5%, 耕地占全国 58.2%, 而水资源只占全国的 18%。人均占有量只有 938 m³, 耕地单位面积占有量仅为 6810 m³/hm², 见表 1-6。特别是北京市人均占有水量已下降到 350 m³, 低于世界绝对缺水指标值 500 m³。

表 1-6

各流域片人均水资源量与公顷均水资源比较表

项 目 流域片名称		流域片面积 占全国 百 分 数 (%)	水资源量 (亿 m³)	占全国 水资源 百分数 (%)	占全国 人 口 百分数 (%)	占全国 耕 地 百分数 (%)	人均水量 (m³/人)	耕 地 平 均 占水量 (m³/hm²)	
内流区	内陆河片(含额尔齐斯河)		35.5	1303.9	4.6	2.1	5.8	6290	22050
外流区	北方五片	黑龙江流域片	9.5	1351.8	4.6	5.1	13.0	6290	10185
		辽河流域片	3.6	576.7	2.1	4.7	6.7	1230	8370
		海滦河流域片	3.3	421.1	1.5	9.8	10.9	430	2765
		黄河流域片	8.3	743.6	2.6	8.2	12.7	912	5730
		淮河流域片	3.5	961.0	3.4	15.7	14.9	623	6315
		小 计	28.2	4054.2	14.4	43.5	58.2	938	6810
	南方四片	长江流域片	19.0	9613.4	34.2	34.8	24.0	2760	39300
		珠江流域片	6.1	4708.1	16.8	10.9	6.8	4300	67950
		浙闽台诸河片	2.5	2591.7	9.2	7.2	3.4	3590	73800
		西南诸河片	8.9	5853.1	20.8	1.5	1.8	38400	327000
		小 计	36.5	22766.3	81.0	54.4	36.0	4180	61950
	合 计		64.7	26820.5	95.4	97.9	94.2	2750	7900
全 国		100.0	28124.4	100.0	100.0	100.0	2730	28050	

注 1980 年统计资料。

(2) 从地区总量看水资源并不短缺, 但因工程建设跟不上, 造成供水不足的工程缺水。主要包括长江、珠江、松花江流域、西南诸河流域以及南方沿海等地区。

(3) 由于工农业废污水排放量和农药、化肥施用量的不断增加, 致使水资源遭受污染而加重了水资源短缺的污染型缺水。如长江三角洲和珠江三角洲。此外华北地区水资源遭受污染情况也相当严重。据统计部门 1983~1986 年对全区河流水质评价的结果, 约有 20%

的河段不符合灌溉用水标准, 17%的河段受到严重污染。北京、天津、太原、保定、石家庄、郑州、唐山、邯郸、大同、运城、新乡等城市的地下水受到中度以上污染。

(4) 因已建水源工程不配套、设施功能得不到充分发挥而造成的设施型缺水。这种情况在全国许多地区普遍存在。

当前由于缺水, 导致受旱成灾面积不断扩大。50年代全国受旱面积平均 1333 万 hm^2 , 80年代达 2333 万 hm^2 , 90年代以来扩大到 2667 万 hm^2 , 1994年全国受旱面积 3000 万 hm^2 , 成灾面积 1733 万 hm^2 , 减产粮食 260 亿 kg。

由于缺水, 导致过量引地表水和超量开采地下水, 致使旱季常发生河流干涸断流, 地下水位大幅度下降。如 1997 年黄河断流已超过 150 天; 北京郊区自 70 年代以来, 地下水位逐年下降, 形成面积达 1000 多 km^2 的水位降落漏斗; 河北沧州地区地下水位降落漏斗区中心水位下降超过 50m; 天津、胶东半岛龙口、莱州和寿光等沿海地区, 因地下水位下降发生海水入侵, 造成地下水咸化。

由于缺水, 全国有 7000 万人吃水困难, 666 个城市中有 300 个用水紧张, 其中 104 个严重缺水, 每年因缺水而影响工业产值达 1200 多亿元。并且随着国民经济的迅速发展, 人民生活水平的不断提高和人口的迅速增加, 工业用水和城市用水都将大幅度增加, 预计到 2020 年我国人口将达到 14.4 亿~16.1 亿, 人均占有水量将降至 1700~1900 m^3 , 不可避免地要大量挤占农业用水, 进一步加剧农业用水的紧张状况, 见表 1-7。

我国还是一个人多地少, 耕地后备资源有限的国家。全国人均耕地 0.079 hm^2 , 相当于世界人均水平的 1/3 强。并且近几年仍以每年 26.67 万~40 万 hm^2 的速度锐减, 而随着人民生活水平的不断提高和人口的持续增加, 对粮食的需求量也在不断增长, 1994 年与 1991 年相比, 工业用粮年均增长 20%, 饲料用粮年均增长 10%, 口粮年均增加 25 亿~30 亿 kg。据有关部门预测, 今后几年全国每年大约增加 1400 万人, 到本世纪末总人口将达到 13 亿, 仅新增人口即需要 400 亿 kg 粮食。由于耕地资源不足, 随着新开荒地难度加大, 我国增加农作物产品的重点已转向提高单位面积产量, 而灌溉则是提高单产的重要途径。

表 1-7 2000~2050 年中国人口增长的不同预测

项目 年份	当年自然增长率 (%)			平均增长率 (%)			人口估计 (亿)		
	低	中	高	低	中	高	低	中	高
2000	9	11	11.7	11.85	12.85	13.2	13.1	13.2	13.3
2010	4	7.3	8.7	6.5	9.15	10.2	14.1	14.6	14.8
2020	0	3.6	5.7	2	5.45	7.2	14.4	15.5	16.1
2030	0	0	2.7	0	1.8	4.2	14.4	16.2	16.8
2040	0	0	0	0	0	1.35	14.4	16.2	17.0
2050	0	0	0	0	0	0	14.4	16.2	17.0

第三节 我国传统灌溉面临的困难与问题

一、灌溉工程设施老化

新中国成立以来的前 30 年, 我国灌溉面积平均每年增长 106.67 万 hm^2 , 但由于灌溉设

施大都建于50~60年代,且建设标准较低,经过三四十年的运行,工程普遍老化失修严重,机电设备长期带病运行,处于低能高耗状态,灌区已有10%的工程丧失了功能,60%的工程设施受到不同程度的损坏。进入80年代,虽然平均每年以79.33万hm²的速度增长(1980年我国有效灌溉面积曾达到4887万hm²),十年间新增了793万hm²,但同期减少了840万hm²,增减相抵后,仍然减少了47万hm²。以华北地区为例:1984年山西全省108个667hm²(约1万亩)自流灌区有18个超过折旧年限,占这些自流灌区有效灌溉面积的39%;使用年限30~40年的灌区有40处,占有效灌溉面积的43.8%;有40%的机电排灌设备老化失修,每年约8%的机井报废。河北省50万眼配套机井中已有20万眼到了更新年限,1985年报废4万眼;有30%的闸涵,40%的扬水站,25%的堤防已不能正常运行,供水能力大幅度衰减。农田灌溉面积逐年减少,单位流量日浇地效率明显下降。这种状况,严重制约着该地区农业生产的发展。进入90年代,灌溉面积虽有所增加,但效益衰减局面尚未得到根本好转。

据统计各地农田水利事业费“六五”比“五五”平均每年减少5.16亿元,灌溉工程的基建投资减少2.65亿元。“七五”期间水利投入有所回升,但农田水利费比“五五”期间仍然少3.3亿元,由于原材料价格上涨,实际完成量只相当于过去同样投资的一半。在水利基本建设总投资减少的情况下,各地对灌溉基本建设投资减少幅度都比较大,以致灌溉工程占水利基本建设投资的比重下降

表 1-8 华北地区有效灌溉面积变化表

项目 省(市)	有效灌溉面积(万 hm ²)			年递增(减)率 (%)
	1985 年	1986 年	1987 年	
河 北	355.94	354.63	358.80	+4
山 西	112.82	109.29	111.92	-4
北 京	34.06	33.77	33.66	-6
天 津	35.17	24.22	34.03	-16.30
河南(豫北)	98.18	98.12	97.93	-1.30
山东(鲁北)	290.34	288.46	283.63	-11.60
合 计	926.51	922.09	919.96	-3.54

降到18%,使农田灌溉工程经费不足的状况更加突出,新增灌溉面积增不抵减。以华北为例,1985~1987年,全地区有效灌溉面积年平均递减3.54%,两年减少6.53万hm²,见表1-8。造成这种状况的原因很多,如工程老化失修、水源不足,基建占地及管理水平低等。归根到底是投入不足、无力对灌区进行有效更新、维护和重建,更谈不上大规模发展,见表1-9。

表 1-9 1987年华北地区灌溉面积下降原因分析

项目 省(市)	总面积 减 少	工程报废		长期无水		基建占地		其他原因	
		面 积 (万 hm ²)	比 例 (%)	面 积 (万 hm ²)	比 例 (%)	面 积 (万 hm ²)	比 例 (%)	面 积 (万 hm ²)	比 例 (%)
河 北	231807	181427	78	37387	16	1540	1	11453	5
山 西	25693	8467	33	6060	24	4273	17	6893	26
北 京	10740	613	6	480	4	1347	13	8300	77
天 津	7487	2567	34	440	6	1813	24	2667	36
河南(豫北)	10313	4087	40	4393	42	1707	17	127	1
山东(鲁北)	7900	352.80	45	25233	32	7406	9	11260	14
合 计	365273	232440	64	73993	20	18140	5	40700	11