

水利工程技术培训教材

雨水集蓄利用 工程技术

水利部农村水利司
中国灌溉排水发展中心 组编



黄河水利出版社

农田水利工程技术培训教材

水利部农村水利司
中国灌溉排水发展中心 组编

雨水集蓄利用工程技术

主 编 李元红
副主编 李端明

黄河水利出版社
· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书系农田水利工程技术培训教材的一个分册。全书共分为八章,主要包括概述、雨水集蓄利用工程规划、雨水集蓄利用系统设计、雨水集蓄利用工程施工、集蓄补充灌溉技术、雨水集蓄利用工程管理、高效农业雨水利用技术、城市雨水集蓄利用工程及附录。

本书较系统地总结了近年来全国各地在雨水集蓄利用方面所取得的先进经验和科研成果,内容丰富,具有较强的实用性和可操作性。本书主要供培训基层水利人员和从事雨水集蓄利用工程规划、设计、施工、管理的工作者使用,亦可供相关专业院校师生及科研人员在教学、科研、生产工作中参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

雨水集蓄利用工程技术/李元红主编. —郑州:黄河水利出版社,2011.9

农田水利工程技术培训教材

ISBN 978 - 7 - 80734 - 893 - 1

I. ①雨… II. ①李… III. ①降水 - 蓄水 - 水利工程 - 技术培训 - 教材 IV. ①TU991.34

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 176307 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940, 66020550, 66028024, 66022620(传真)

E-mail: hhslebs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:16

字数:370 千字

印数:1—5 000

版次:2011 年 9 月第 1 版

印次:2011 年 9 月第 1 次印刷

定价:42.00 元

农田水利工程技术培训教材

编辑委员会

主任委员：王爱国 李仰斌

副主任委员：李远华 吴文庆 顾斌杰 倪文进

赵乐诗 李 琪 闫冠宇 韩振中

邓少波 曹云虎

编委：（排名不分先后）

王留运 王晓玲 王厚军 王彦军

冯保清 刘云波 许建中 李元红

吴玉芹 何武全 张绍强 张敦强

严家适 季仁保 周世峰 姚 彬

高 峰 阎存立 郭慧宾 彭世彰

蔡守华 潘云生

加强农田水利技术培训 增强服务“三农”工作本领

——农田水利工程技术培训教材总序

我国人口多，解决 13 亿人的吃饭问题，始终是治国安邦的头等大事。受气候条件影响，我国农业生产以灌溉为主，但我国人多地少，水资源短缺，降水时空分布不均，水土资源不相匹配，约二分之一以上的耕地处于水资源紧缺的干旱、半干旱地区，约三分之一的耕地处于洪水威胁的大江大河中下游地区，极易受到干旱和洪涝灾害的威胁。加强农田水利建设，提高农田灌排能力和防灾减灾能力，是保障国家粮食安全的基本条件和重要基础。新中国成立以来，党和国家始终把农田水利摆在突出位置来抓，经过几十年的大规模建设，初步形成了蓄、引、提、灌、排等综合设施组成的农田水利工程体系，到 2010 年全国农田有效灌溉面积 9.05 亿亩，其中，节水灌溉工程面积达到 4.09 亿亩。我国能够以占世界 6% 的可更新水资源和 9% 的耕地，养活占世界 22% 的人口，农田水利做出了不可替代的巨大贡献。

随着工业化城镇化快速发展，我国人增、地减、水缺的矛盾日益突出，农业受制于水的状况将长期存在，特别是农田水利建设滞后，成为影响农业稳定发展和国家粮食安全的最大硬伤。全国还有一半以上的耕地是缺少基本灌排条件的“望天田”，40% 的大中型灌区、50% 的小型农田水利工程设施不配套、老化失修，大型灌排泵站设备完好率不足 60%，农田灌溉“最后一公里”问题突出。农业用水方式粗放，约三分之二的灌溉面积仍然沿用传统的大水漫灌方法，灌溉水利用率不高，缺水与浪费水并存。加之全球气候变化影响加剧，水旱灾害频发，国际粮食供求矛盾突显，保障国家粮食安全和主要农产品供求平衡的压力越来越大，加快扭转农业主要“靠天吃饭”局面任务越来越艰巨。

党中央、国务院高度重视水利工作，党的十七届三中、五中全会以及连续八个中央一号文件，对农田水利建设作出重要部署，提出明确要求。党的十七届三中全会明确指出，以农田水利为重点的农业基础设施是现代农业的重要物质条件。党的十七届五中全会强调，农村基础设施建设要以水利为重点。2011 年中央一号文件和中央水利工作会议，从党和国家事业发展全局出发，对加快水利改革发展作出全面部署，特别强调水利是现代农业建设不可或缺的首要条件，特别要求把农田水利作为农村基础设施建设的重点任务，特别制定从土地出让收益中提取 10% 用于农田水利建设的政策措施，农田水利发展迎来重大历史机遇。

随着中央政策的贯彻落实、资金投入的逐年加大，大规模农田水利建设对农村水利

工作者特别是基层水利人员的业务素质和专业能力提出了新的更高要求，加强工程规划设计、建设管理等方面的技术培训显得尤为重要。为此，水利部农村水利司和中国灌溉排水发展中心组织相关高等院校、科研机构、勘测设计、工程管理和生产施工等单位的百余位专家学者，在 1998 年出版的《节水灌溉技术培训教材》的基础上，总结十多年来农田水利建设和管理的经验，补充节水灌溉工程技术的新成果、新理论、新工艺、新设备，编写了农田水利工程技术培训教材，包括《节水灌溉规划》、《渠道衬砌与防渗工程技术》、《喷灌工程技术》、《微灌工程技术》、《低压管道输水灌溉工程技术》、《雨水集蓄利用工程技术》、《小型农田水利工程设计图集》、《旱作物地面灌溉节水技术》、《水稻节水灌溉技术》和《灌区水量调配与量测技术》共 10 个分册。

这套系列教材突出了系统性、实用性、规范性，从内容与形式上都进行了较大调整、充实与完善，适应我国今后节水灌溉事业迅速发展形势，可满足农田水利工程技术培训的基本需要，也可供从事农田水利工程规划设计、施工和管理工作的相关人员参考。相信这套教材的出版，对加强基层水利人员培训，提高基层水利队伍专业水平，推进农田水利事业健康发展，必将发挥重要的作用。

是为序。

A large, stylized handwritten signature in black ink, consisting of the characters '陈雪' (Chen Xue).

2011 年 8 月

《雨水集蓄利用工程技术》

编写人员

主 编：李元红（甘肃省水利科学研究院）

副 主 编：李端明（中国灌溉排水发展中心）

编写人员：（按姓氏笔画排序）

马兰忠（内蒙古自治区水利科学研究院）

王 群（贵州省水利科学研究院）

王文元（河北农业大学）

王晓玲（水利部农村水利司）

李召祥（中国灌溉排水发展中心）

许建中（中国灌溉排水发展中心）

张 洁（甘肃省水利科学研究院）

张 勇（水利部农村水利司）

张书函（北京市水利科学研究所）

金彦兆（甘肃省水利科学研究院）

唐小娟（甘肃省水利科学研究院）

程满金（内蒙古自治区水利科学研究院）

主 审：朱 强（甘肃省水利科学研究院）

前 言

20 世纪 80 年代以来,我国西北、华北、西南以及东南沿海与海岛等缺水地区都先后组织实施了大规模的雨水集蓄利用工程,如甘肃的“121 雨水集流工程”、陕西的“甘露工程”、广西的“水柜工程”、内蒙古的“112 节灌工程”、宁夏的“窑窖节灌工程”等,为解决当地群众的生活用水困难和发展节水灌溉发挥了重要作用,取得了显著效果。截至 2006 年年底,全国已有 25 个省(自治区、直辖市)进行了雨水集蓄利用,共建设或改造利用各类集流面 304 亿 m^2 ,建成各种类型蓄水设施 1 032 万个,年收集利用雨水 45 亿 m^3 ,解决了 2 194 万人、978 万头大牲畜的饮用水困难,发展集雨补充灌溉面积 234.2 万 hm^2 ,显著改善了当地农村的生活用水条件和农业生产条件。

近十年来,我国雨水集蓄利用事业发展较快,各地建起了不同类型雨水集蓄利用示范区,尤其是在田间集雨补充灌溉、农艺节水措施、城市雨洪利用等方面有许多新的科研成果和成功经验,2009 年依据这些成果和经验,在水利行业技术标准《雨水集蓄利用工程技术规范》(SL 267—2001)的基础上,制定了国家技术标准《雨水集蓄利用工程技术规范》(GB 50596—2000),已颁布执行。为了及时总结我国新时期雨水集蓄利用经验和成果,适应新颁布的《雨水集蓄利用工程技术规范》,满足全面建设社会主义新农村对安全饮用水的要求,推动我国集雨补充灌溉事业的发展,水利部农村水利司和中国灌溉排水发展中心组织有关单位,在 1999 年编写的《雨水集蓄工程技术》的基础上,依据新的《雨水集蓄利用工程技术规范》,补充了我国城市雨水利用、南方地区的雨水利用经验和高效节水的多种技术措施,还补充了包括甘肃、广西、内蒙古、宁夏、陕西等地的集雨补充灌溉典型模式和经验资料,使新编的《雨水集蓄利用工程技术》更加系统、科学和实用,将对我国雨水集蓄利用工程建设和管理发挥重要作用。

全书共分八章,主要内容包括概述、雨水集蓄利用工程规划、雨水集蓄利用系统设计、雨水集蓄利用工程施工、集蓄补充灌溉技术、雨水集蓄利用工程管理、高效农业雨水利用技术、城市雨水集蓄利用工程及附录。本书主要供培训基层水利人员和从事雨水集蓄利用工程规划、设计、施工和管理的工作者使用,亦可供相关专业院校师生及科研人员在教学、科研、生产工作中参考使用。

本书各章节编写分工如下:第一、二章及附录一由李元红、王群、王晓玲、李端明编写,第三、四章及附录二由李元红、金彦兆、李端明、唐小娟编写,第五章及附录四的项目实例四、五由程满金、马兰忠、唐小娟编写,第六章及附录四的项目实例一由金彦兆、张勇、唐小娟、张洁编写,第七章及附录四的项目实例二由王文元、许建中编写,第八章及附录四的项目实例六由张书函编写,附录三由李召祥、许建中编写,附录

四的项目实例三由王群编写。本书由李元红任主编，由李端明任副主编，由朱强任主审。

在编写过程中，得到了甘肃省水利科学研究院、内蒙古自治区水利科学研究院、河北农业大学、北京市水利科学研究所、贵州省水利科学研究院等单位的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。由于编者水平所限，书中缺点和疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2011 年 3 月

目 录

加强农田水利技术培训 增强服务“三农”工作本领

陈 雷

前 言

第一章 概 述	(1)
第一节 雨水资源开发利用	(1)
第二节 雨水集蓄利用系统	(5)
第三节 雨水集蓄利用的发展现状和前景	(8)
第二章 雨水集蓄利用工程规划	(13)
第一节 雨水集蓄利用工程规划的要求	(13)
第二节 雨水集蓄利用工程规模的确定	(14)
第三节 工程布置	(21)
第三章 雨水集蓄利用系统设计	(28)
第一节 集流子系统设计	(28)
第二节 截流引水工程设计	(30)
第三节 蓄水工程设计	(31)
第四章 雨水集蓄利用工程施工	(60)
第一节 集流工程施工	(60)
第二节 蓄水工程施工	(61)
第五章 集雨补充灌溉技术	(71)
第一节 集雨补充灌溉方法	(71)
第二节 集雨补充灌溉制度	(94)
第六章 雨水集蓄利用工程管理	(110)
第一节 工程维护管理	(110)
第二节 提水和雨水集蓄灌溉系统运行管理	(113)
第三节 水质管理	(115)
第七章 高效农业雨水利用技术	(118)
第一节 蓄水保墒耕作技术	(118)
第二节 覆盖保墒技术	(122)
第三节 培肥改土技术	(129)
第四节 水肥耦合高效利用技术	(133)
第五节 化学制剂节水保墒技术	(135)
第六节 抗旱节水作物品种选用	(142)
第七节 坡地集雨蓄墒保土技术	(144)
第八节 集水聚肥沟垄种植与覆膜集成技术	(148)

第八章 城市雨水集蓄利用工程 (153)

 第一节 城市降水与径流特性 (153)

 第二节 城市雨水收集与存储 (159)

 第三节 城市雨水灌溉绿地系统 (172)

 第四节 其他形式城市雨水集蓄利用 (181)

附 录 (188)

 附录一 《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006) 摘录 (188)

 附录二 混凝土和砂浆配合比 (194)

 附录三 雨水集蓄利用模式 (198)

 附录四 项目实例 (209)

参考文献 (241)

第一章 概 述

第一节 雨水资源开发利用

一、雨水集蓄利用的基本概念

(一) 降水与水资源

水是生命的源泉，没有水地球上就不会有任何生命的存在。水是世界上最重要的自然资源之一，是一种不能替代的资源。同时，水又是一种有限资源，地球上各种形式水的总量约 13.536 亿 km^3 ，其中陆地上的淡水资源约 3 600 万 km^3 ，约占地球总水量的 0.3%，而可再生水资源量又只占陆地总淡水资源量的 0.3% 左右。每年大陆上可再生水资源即天然降水量为 108 000 km^3 ，其中陆面蒸发 61 000 km^3 ，形成径流和地下水（扣除重复量）47 000 km^3 ，也就是全球大陆上的径流系数（包括地下水径流在内）平均为 0.435。我国的陆地年总降水量约 6 200 km^3 ，而河川径流及不重复的地下水资源为 2 800 km^3 ，径流系数为 0.451，与全球平均值相近。

按照国内外通用的水资源定义，我国在进行水资源总量评价时只考虑河川径流与地下水（与地表水不重复部分）之和，而没有把降水作为水资源总量来进行评价。作为一切可更新水资源的源泉——天然降水没有被纳入到水资源总量中来，这种做法是值得商榷的。何谓水资源？中国大百科全书中给出的定义是：地球表层可供人类利用的水。包括水量（质量）、水域和水能资源。一般指每年可更新的水量资源。在国家规范《水文基本术语和符号标准》（GB/T 50095—98）中解释为：地球表层可供人类利用又可更新的气态、液态或固态的水，通常指较长时间内保持动态平衡，可通过工程措施供人类利用，可以恢复和更新的淡水。可以看出，这两个定义基本上是一致的，即认为水资源是可以更新、具有一定质量和可长期供人类利用的各种形态的水。但后者在对水资源总量的解释中把水资源总量说成是：流域或区域内地表水资源量、地下水资源量与两者重复计算量的代数和。则此又将降水量剔除在外了。

事实上，天然降水是可更新、可恢复的水资源。同时，人们在远古时代就已对降水进行了直接利用，我国有着久远的雨水利用历史。降水显然也是可供人类长期利用的资源。如果认为水资源只包括地表水和地下水，把人类对水资源的利用局限在利用河川径流和地下水，则人类对雨水资源的利用就排除在水资源利用的范畴之外了，这显然是不合理的。特别是对那些地表水和地下水极端缺乏的干旱山区，雨水是唯一有利用潜力的水资源，则更应当把降水利用作为水资源利用的一部分。由此可见，降水是一切形式水资源的源泉，应当把降水作为区域水资源总量来进行评价，降水的利用应当与地表水和地下水的利用统一考虑。自 20 世纪 80 年代以来，国际上提出了水资源统一管理（Inte-

grated Water Resources Management) 的概念。从上述可以看出, 真正意义上的水资源统一管理和统一规划应当是对降水、地表水、土壤水和地下水这“四水”统一进行管理和规划利用。雨水利用应当是水资源利用体系中不可或缺的组成部分。

虽然在目前水资源的定义中, 雨水并没有被作为水资源来对待, 但在水资源利用的实践中, 雨水已被人们利用了上千年。人们常常提到的雨水资源化, 指的是人们采取工程措施和其他技术措施, 把在目前概念上还不属于水资源范畴的雨水加以利用, 也就是雨水资源化过程。

(二) 雨水利用和水资源利用

地球上所有形式的可更新水资源均来自于天然降水。从这个角度出发, 能否认为所有形式的水资源利用都是雨水利用呢? 答案显然不是。当发生降水时, 其将转化为各种形式的水, 如地表径流、地下水等, 而对这些不同形式水的利用也有着各自不同的原理和方法, 例如在河流上建水库、修建引水渠道、打井提水。这与雨水利用在使用方法、利用途径上是不相一致的。

雨水利用是指在降雨的原始状态下或在它最初的转化阶段时对它的利用。例如, 在降雨落到地面上成为坡面径流时, 人们对它进行收集、储存并加以利用, 就属于我们所理解的雨水利用。但当这种雨水径流已经汇入溪流成为河流水, 或者渗入地下补充了地下水后, 人们再利用这些水, 就属于河流水或地下水利用的范畴。应当说, 上面的解释并非是一个精确意义上的“定义”, 而是在概念上的大致划分。通过下面一些例子可以更好地理解它的含义。

(三) 雨水利用与雨水集蓄利用

雨水利用的形式很多, 主要包括以下几个方面:

(1) 旱作农业中作物对雨水当时的和就地的利用, 包括人们为提高土壤水利用率而采取的传统雨养农业耕作栽培措施(如耕作耙耱、覆盖保墒、丰产沟种植等)。

(2) 水土保持工程对雨水的利用, 如建设梯田、水平沟、鱼鳞坑以及在小流域治理中的治沟设施(如谷坊、淤地坝)等。这些工程的作用主要是尽可能把雨水拦蓄在土壤中, 以便为作物利用。

(3) 截引雨洪进行淤灌或补给地下水的措施, 是把其他地方的雨水径流引到本地来利用, 可以称之为雨水的异地利用形式。

(4) 微集雨措施, 即利用作物或树木之间的空间(自然状态或铺塑料薄膜提高雨水收集效率)来富集雨水, 以增加作物或树木根系的土壤水分, 这是对雨水就地叠加利用。

(5) 雨水集蓄利用工程则是雨水利用的一种特殊形式, 是指采取人工措施, 高效收集雨水, 加以蓄存和调节利用的微型水利工程。它主要用来解决人畜饮用水困难、发展庭院经济和小片土地的节水灌溉, 以及为畜牧业与生态环境保护等提供所需的水源。

因此, 雨水集蓄利用是雨水利用的一种形式。与传统雨养农业以土壤为雨水储存介质比较, 它采取工程措施收集、储存雨水(修建集流面和蓄水池), 雨水收集效率较高, 对雨水径流进行有效地调节使用, 对天然降雨的调控能力较高。可以认为, 雨水集蓄利用是人们利用雨水的较高阶段。

雨水集蓄利用和常规雨水利用措施的不同表现在以下几个方面：

(1) 当雨季降雨量超过需求量时，对雨水的调节利用意味着要把多余的雨水加以储存，用于补充旱季用水的不足。在常规雨养农业中，雨水是储存于土壤之中的，但是土壤水的空隙容积很有限，同时裸露于土壤中的水分往往消耗于无效蒸发，不足以完全补充旱季作物的缺水量，特别是在半干旱地区和旱灾频繁地区尤为如此。而雨水集蓄利用则采用工程措施蓄水，因此调节能力较高，利用水平也较高。这是两者对雨水在时间上的富集作用的不同。

(2) 当一个地区的降雨量不足以满足用水（生活用水或灌溉用水）的需求时，雨水集蓄利用采取扩大雨水收集面，并通过对集流面的防渗处理，提高集流效率，从而增加了可利用水量。而常规雨水利用往往只利用本地降雨，即使从异地引入径流，其利用率也较低。这是因为两者对雨水在空间上的富集作用不同。

(3) 常规的雨水利用只能被动地等待降雨，而雨水集蓄利用则实现了对天然降雨在时间上和空间上的双重调节。有的人称之为“主动抗旱”。

表 1-1 列出了雨水集蓄利用与常规雨水利用的区别。

表 1-1 雨水集蓄利用与常规雨水利用比较

项目	常规雨水利用	雨水集蓄利用
收集雨水的方法	自然条件下的收集	采取人工措施，进行有计划地收集
储存雨水的方法	储存于土壤空隙内	人工蓄水建筑物
利用效率	较低	较高
调控途径	时间上的被动等待	可进行时间、空间上的双重富集和调控

二、雨水资源开发利用的意义和作用

进入 21 世纪以来，全球水资源面临十分严峻的形势。一方面，随着世界人口的不断增长和社会经济的持续发展，对水资源的需求日益增长。目前，全球有 11 亿人没有安全饮用水的供给来源，随着人口的快速增长，在今后 30 年内，这个数字将增加到 15 亿~20 亿人；有 21 亿人没有良好的卫生设备；还有 8.3 亿人吃不饱饭。改变这些状况，都需要增加对水资源的利用。据预测，如果按照目前的用水模式发展下去，今后 20~25 年，人类用水量将增加 40% 左右。同时，为了扭转全球生态环境的恶化趋势也需要水，有些地方还要适当减少目前用于生活和生产的水量，转移用于生态环境。另一方面，全球气候变暖的趋势也日益明显，导致全球干旱、洪涝灾害等极端气候事件更为频繁的出现，使水资源供求的形势变得更为严峻，世界将面临严重的水危机。

我国是一个水资源大国。拥有的水资源绝对数量居全世界第 6 位。但由于人口众多，人均占有水资源量仅不足世界水平的 1/4，在全球排名第 121 位，是世界上 13 个贫水国家之一。2004 年年底，我国农村供水不安全人口达 3.2 亿人，占农村人口的 34%，其中 70% 属于水质不安全。每年由于干旱缺水损失的粮食产量达 250 多亿 kg。我国农村还有 3 000 万人处于极端贫困线以下，而缺水往往是主要的致贫原因之一。在

668 座县级以上城市中,有 400 余座缺水,其中严重缺水的有 108 座。城市年缺水量达 60 亿 m^3 。随着我国人口的继续增长和社会经济的快速发展,水资源紧缺的形势将日益严峻。

在众多缺水地区中,我国的西北黄土丘陵沟壑区、华北半干旱山区、西南岩溶山区、沿海和海岛淡水严重缺乏地区以及中部缺水山丘区的水问题更为严重。这些地区的共同特点是:地表水和地下水严重缺乏或季节性缺乏;由于地形和地质条件的限制,修建引水工程十分困难;农业生产完全依靠天然降雨,而降雨的年内分布又很不均匀,水分供需严重错位,农业生产水平低下;当地居民祖祖辈辈没有可靠的生活饮用水供给,经常要经远途挑水或由政府运水救济。因此,这些地区在供水和粮食两方面都缺乏安全保障,是我国贫困最为集中的地区,缺水已严重威胁到人的生存。解决这些地区的干旱缺水问题,采取集中供水的方法工程十分艰巨,投资和运行费用高,群众难以承担,雨水则是本地区最有潜力,也是最易于开发利用的水资源。在我国水资源利用体系中雨水有其独特的作用,可以成为地表水和地下水的有效补充。在某些特定的条件下,甚至是一种不可替代的方式。

雨水集蓄利用在我国水资源可持续利用中的作用列举如下:

(1) 雨水集蓄利用能为缺水山区家庭生活提供清洁、可靠和廉价的水源。雨水具有在面上广泛分布、可以就地就近利用的特点,特别适合山区居民分散居住的特点。集蓄雨水的方法简单易行,因而在家庭供水方面得到了广泛的推广应用。雨水集蓄利用在这些地区的发展,极大地改善了农村人口饮用水的状况。农民说雨水利用使“远水变成了近水,苦水变成了甜水,脏水变成了清水”。雨水集蓄家庭供水系统的建成,解放了农户花费在找水、挑水上的劳动力,使大批劳力可以用于创造价值,促进农村脱贫致富。目前,有些半干旱地区雨水集蓄所能提供的水量还很有限,只能满足人们的基本需求,水质也不完全符合卫生标准。但是可以预期,随着国家对农村供水支持力度的加大和山区农村经济状况的改善,雨水集蓄系统将会在规模和标准上不断得到提高,使之成为缺水山区安全供水的主要方式之一。

(2) 雨水集蓄利用不仅可以解决缺水山区人畜饮用水困难,而且可以利用集蓄的雨水发展节水灌溉,显著提高农业产量,增强粮食安全保障。甘肃、宁夏、四川、广西、贵州等省区的实践表明,利用集蓄的雨水进行小定额灌溉,耗用的水量很少,却可以明显提高作物产量。根据甘肃等地的试验和示范结果,灌水量仅为常规灌溉的 $1/10 \sim 1/5$,而产量提高 $20\% \sim 88\%$,平均提高 40% 左右。进行集雨节灌后,小麦和玉米的水分利用率比传统的雨养农业分别提高 $19\% \sim 58\%$ 和 $10\% \sim 36\%$,灌溉水的生产率比常规灌溉一般可提高 $20\% \sim 60\%$,有的甚至高出 $2 \sim 4$ 倍。这对在全球范围解决粮食安全问题,实现联合国新千年目标具有重要意义。

(3) 在实施雨水集蓄工程以前,缺水山区的种植结构十分单一,粮食作物占 90% 以上,经济作物由于缺水难以发展,农户收入水平低下。雨水集蓄为缺水山区农户改变单一农业结构提供了水的条件。广西大石山区的农户修建了水柜后,把过去的一茬旱作玉米改为一茬水稻和一茬灌溉玉米,产量增加了 2 倍。农户的水池中有了水,就可以按照市场需求和自身条件发展经济作物与特色农业来增加收入。许多缺水山区集蓄雨水

后,在历史上第一次有了温室大棚,改善了自己的“菜篮子”,也大大增加了收入。根据一些示范工程的成果,种植蔬菜瓜果,每立方米集蓄雨水的产值可达到40~50元。甘肃的农民说:要致富,田间地头修“水库”。利用集蓄雨水发展灌溉,对于在贫困山区实现脱贫致富,逐步实现小康,具有十分重要的意义。

(4) 过去由于旱灾频繁,土地生产力十分低下,为了有足够的粮食,农民在山坡地盲目开荒垦殖,造成了严重的水土流失。而水土流失反过来又使土地质量退化,生产条件进一步恶化,形成了“越穷越垦,越垦越穷”的恶性循环。雨水集蓄利用提高了土地生产力,农民开始在政府的优惠政策下放弃低产的坡耕地,实行退耕还林、还草。雨水集蓄利用既促进了林果生产和养殖业的兴起,又带动了种草种树的发展,对山区植被的恢复和发展起到积极的促进作用。根据甘肃省的统计,2004年退耕还林、还草面积达到了70余万亩^①,有40万亩荒山荒坡种了树,雨水集蓄系统为林草栽种提供了水源,使林木成活率达到70%以上。

(5) 由于水资源的不合理开采利用、地下水位的急剧下降和水源污染等,导致我国多数城市存在着缺水问题,其中有不少城市降雨比较丰富,但没有得到充分利用,白白流入大海。我国北京等城市采取了把集蓄的雨水用于冲刷、小区绿化和水景观等,或者收集后进行地下水回灌,抑制了地下水位下降的趋势。这些不仅在一定程度上缓解了缺水矛盾,而且可降低雨洪对城市排水的压力。2008年举办的北京奥运会的比赛场馆,利用雨水作为冲洗、冷却、绿化等用途,成为绿色奥运的标志之一。日本东京墨田区还利用遍布区内的雨水存储罐中存储的水作为地震灾害发生时的应急水源。我国的城市雨水利用还刚刚起步,可以预期,随着水资源供需矛盾的加剧和人们理念的改变,城市雨水利用必将会有一个大的发展。

综上所述,雨水集蓄利用是一种对水资源开发的新形式。在广大山区、农村,它具有分散开发利用的特点,可以进行就地就近利用,特别适合于山区居民分散居住的特点;它无须引水、输水工程,投入低,基本不需要运行费用,同时避免了水输运过程引起的水量损失和质量下降;它是一种传统技术,简单易行,用水户同时往往又是建设者,而且农村雨水集蓄工程实行“谁建设,谁所有”的政策,大大激发了农户建设和管理的积极性,保证了雨水集蓄利用工程的可持续性;它是一种微型工程,开发利用的水量很小,一般不会造成对环境的负面影响,可以认为是“对环境友好”的工程。因此,雨水集蓄利用是缺水山区、农村综合发展的可持续途径,许多省区把它作为促进脱贫致富和新农村建设、实现全面小康目标的一项战略性措施。而在城市地区,它是地表水、地下水的有力补充,是城市节能减排的一个重要方面。雨水集蓄利用应当作为水资源综合管理的一个不可或缺的重要方面,实现雨水资源利用的主流化。

第二节 雨水集蓄利用系统

雨水集蓄利用系统是采取工程措施对雨水进行收集、储存和高效利用的微型水利工

① 1亩=1/15 hm²。

程。雨水集蓄利用工程一般由集雨子系统、蓄水子系统、生活供水和灌溉子系统以及农业用水子系统四部分组成。图 1-1 表示雨水集蓄利用系统的构成，图 1-2 为雨水集蓄利用系统示意图。

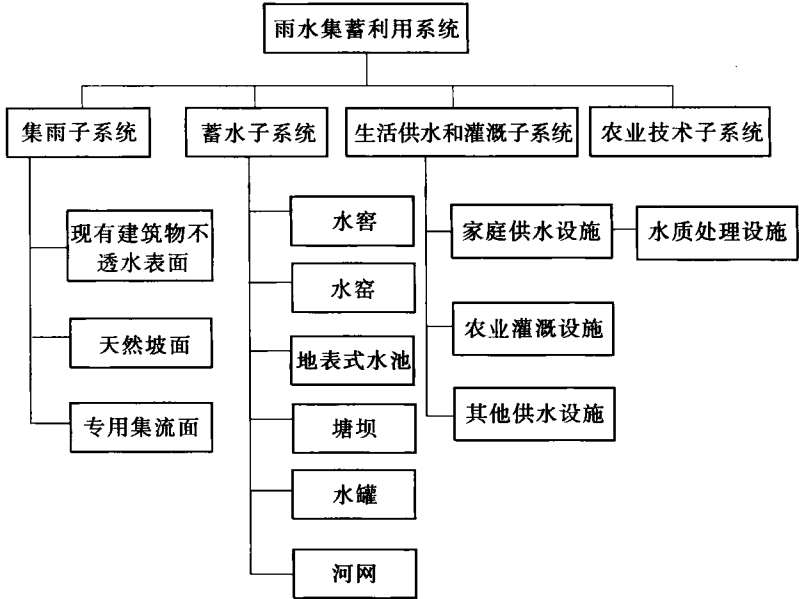


图 1-1 雨水集蓄利用系统图解

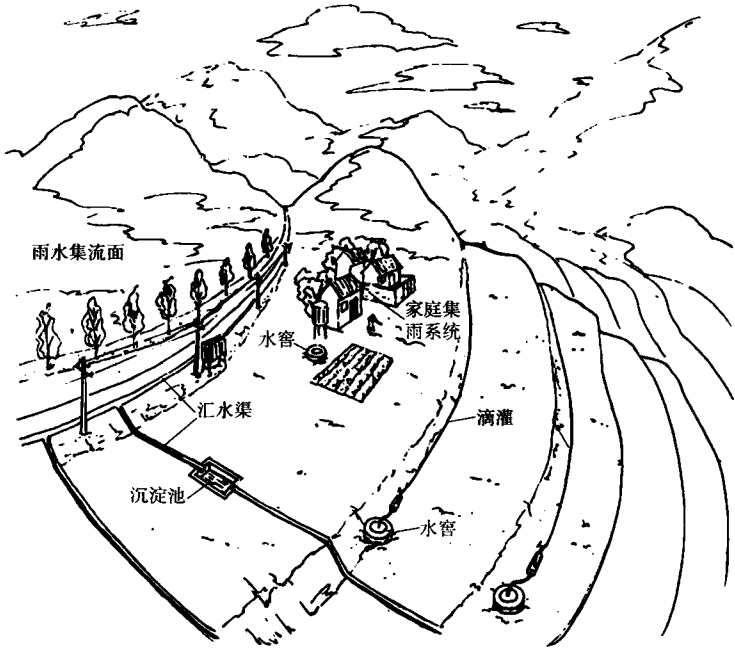


图 1-2 雨水集蓄利用系统示意图