

节水灌溉技术培训教材

雨水集蓄工程技术

张祖新 龚时宏 王晓玲 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：雨水集蓄工程的规划、设计与施工；雨水集蓄工程的配套设施与安装；雨水集蓄工程的节水灌溉技术与主要作物的灌溉模式；集雨灌溉综合农业技术措施；雨水集蓄工程的管理和技术经济分析等。全书较系统地总结了我国北方地区的集雨经验和科研成果，具有较强的实用性和可操作性。

本书主要供培训基层水利技术人员，从事雨水集蓄工程的规划、设计、施工和管理工
作使用，亦可供相关专业院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

雨水集蓄工程技术/张祖新等编著. —北京：中国水利水电出版社,1999
节水灌溉技术培训教材

ISBN 7-80124-647-0

I. 雨… II. 张… III. 水库蓄水-技术培训-教材 IV. TV697.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 05736 号

书 名	节水灌溉技术培训教材 雨水集蓄工程技术
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) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	北京密云红光照排厂
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 9 印张 203 千字
版 次	1999 年 3 月第一版 1999 年 3 月北京第一次印刷
印 数	0001—4600 册
定 价	15.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

《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

高而坤 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 and 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

我国是一个水资源十分短缺的国家，被联合国列为世界 13 个贫水国之一，全国农村每年缺水约 300 亿 m^3 ，有 5000 多万人和 2.5 亿头牲畜饮水困难。进入 90 年代以来，干旱日益严重，全国每年受旱面积达 2000 万 hm^2 ，因干旱粮食减产约 150 亿 kg 。特别是西北地区的陕、甘、宁、青、新等省（区）及内蒙古西部，土地辽阔，总面积占全国的 40%，但水资源不足全国的 10%，干旱缺水是制约这些地区土地和草场资源优势发挥的主要因素。

历史上，西北黄土高原等干旱、半干旱山区和塬区人民在同干旱作斗争的过程中，创造了许多雨水利用技术，取得了良好的效果。由于生产力水平和技术条件的限制，这些措施还不能从根本上解决降水相对集中而作物需水期分散的矛盾，只能是被动抗旱，仍未摆脱农业生产“靠天吃饭”的局面。进入 80 年代以来，由于北方干旱日益严重，水资源日益紧缺，党和政府重视了这方面的研究与应用，如甘肃的“121”雨水集流工程，宁夏的“窖水蓄流”工程，内蒙古“112”集雨节水灌溉工程，陕西的“甘露工程”等。这些集雨灌溉措施的研究和应用，效果显著。但目前各地对其重要性的认识和发展不平衡，综合性的系统研究还不够，集雨设备性能也不够稳定。

为了总结各地特别是西北地区的雨水集蓄经验和科研成果，推动我国集雨灌溉事业的发展，由水利部农村水利司和中国灌溉排水技术开发培训中心组织编写了《雨水集蓄工程技术》这本书。本书着重介绍了我国北方干旱、半干旱地区雨水集蓄工程的规划、设计、施工、管理和技术经济分析，田间节水灌溉技术，集雨灌溉模式和综合农业技术措施。

参加本书编写的有张祖新（第一、二、三、六章及附录），龚时宏（第五、八及十一章），王晓玲（第八章），王昕华、张贻鼎、李克文（第四、九及十章），段爱旺（第七章），富作礼、袁辅恩（第六章）。由张祖新任主编，龚时宏、王晓玲任副主编，全书由张祖新负责统稿。

乔玉成、曲强等对本书进行了评审，由乔玉成任主审，对本书提出了许多宝贵意见。在本书的编写过程中，得到了水利部中国农科院农田灌溉研究所、宁夏回族自治区水利厅、甘肃省水利科学研究所等单位及有关专家的大力支持，在此一并表示感谢。由于集雨灌溉试验资料不多，再加上我们的水平所限，书中缺点和疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

1998 年 12 月

目 录

序

前 言

第一章 概述	(1)
第一节 雨水资源的开发利用	(1)
第二节 雨水集蓄工程的组成	(2)
第三节 雨水集蓄利用的发展与展望	(3)
第二章 雨水集蓄工程规划	(6)
第一节 雨水集蓄工程规划的任务和原则	(6)
第二节 基本资料的搜集	(6)
第三节 雨水集蓄工程规划	(7)
第三章 雨水集流场设计	(14)
第一节 影响集流效率的主要因素	(14)
第二节 集流场位置与集流面材料的选择	(14)
第三节 截流输水工程的设计	(15)
第四节 集流面的设计	(15)
第四章 雨水集蓄水源工程的结构设计	(18)
第一节 水源工程位置的选择	(18)
第二节 容积设计	(19)
第三节 结构设计	(22)
第五章 雨水集蓄工程的配套设施	(38)
第一节 水源的净化设施	(38)
第二节 水源的输水与排水系统	(40)
第三节 水源机泵及配套设备	(44)
第六章 雨水集蓄工程的节水灌溉技术	(50)
第一节 滴灌技术	(50)
第二节 渗灌技术	(62)

第三节	抗旱坐水种技术	(64)
第四节	注射灌溉与地膜穴灌技术	(66)
第七章	主要农作物的集雨灌溉模式	(68)
第一节	春小麦的集雨灌溉模式	(68)
第二节	其他春播作物的集雨灌溉模式	(71)
第三节	冬小麦的集雨灌溉模式	(73)
第四节	果树、蔬菜的集雨灌溉	(76)
第五节	西北半干旱区集雨灌溉的一些经验模式	(78)
第八章	集雨灌溉综合农业技术措施	(79)
第一节	耕作技术措施	(79)
第二节	覆盖保墒措施	(83)
第三节	培肥改土措施	(86)
第四节	化学制剂节水保墒技术	(89)
第九章	雨水集蓄工程的施工与安装	(95)
第一节	水源工程的施工	(95)
第二节	其他配套设施的施工	(107)
第十章	雨水集蓄工程的管理	(111)
第一节	工程维护	(111)
第二节	运行管理	(113)
第十一章	雨水集蓄工程的技术经济分析	(116)
第一节	工程费用及经济效益计算	(116)
第二节	经济分析	(119)
附 录		(125)
附录一	生活饮用水水质标准	(125)
附录二	混凝土、水泥砂浆材料配合比参考资料	(126)
附录三	常用肥料的性质及使用表	(128)
附录四	常用农药能否混合使用表	(131)
参考文献		(132)

第一章 概述

第一节 雨水资源的开发利用

一、雨水资源化及其类型

雨水资源的利用有广义和狭义之分。从广义上讲,凡是利用雨水的活动都可以称为雨水利用。如兴建水库、塘坝和灌溉系统等开发利用地表水的活动,打井开采地下水的活动以及人工增雨措施等活动。而狭义的雨水利用是指直接利用雨水的活动,如利用一定的集雨面收集雨水用于生活、农业生产和城市环境卫生等。本书所述及的雨水利用是指狭义上的利用。

根据供水的目的不同,目前我国雨水利用可分为如下三类(李丽娟等,1996)。

(1)为解决生活用水和庭院经济用水的雨水利用工程。主要分布在干旱的西北黄土高原地区,地表漏水性极强的西南石灰岩山区,淡水资源缺乏的海岛地区以及缺乏优质饮用水的滨海地区(如高氟病区)。

(2)为农业生产需要而修建的雨水利用工程。主要分布在北方的黄土高原和华北平原地区的旱作农业区。如修筑梯田、挖掘鱼鳞坑、深耕、覆盖、粮草轮作、窑窖蓄水灌溉等工程措施、农业措施和生物措施。

(3)为缓解城市及周围地区的水环境问题而修建的雨洪利用工程。主要是利用城市雨洪弃水回灌地下水或用于卫生、环境绿化、消防和维持水体景观等(本书不作介绍)。

二、雨水资源开发利用的意义

水是人类赖以生存的不可替代的生命资源,也是社会发展的重要经济资源。地球上70%的面积是海洋,因而水资源总量中97.5%是不可能直接利用的海水,淡水资源只占2.5%,而可以直接利用的河流、湖泊和水库的淡水资源,仅为淡水资源总量的0.26%。随着社会和经济的发展,人类对水资源的需求量日益增长。其中农业用水占淡水用水总量的70%,工业用水占20%,生活用水占7%,且需求量仍在上升。工业和城市的发展,排污量大增,又导致水源的污染。森林等植被的破坏,失去生态平衡,也会造成雨量减少,地下水的补充量减少。目前,世界上大约有90个国家,40%的人口出现缺水危机,因此引起世界许多国家的关注,联合国于1997年初发出淡水资源短缺的警报:“缺水问题将严重制约下世纪的经济和社会发展,并可能导致国家间的冲突。”

我国水资源总量为28000亿 m^3 ,居世界第6位,人均占有量2300 m^3 ,仅为世界人均占有量的1/4,居世界第109位,被列为世界13个贫水国之一。我国660多个城市中,缺水城市达300多个,其中严重缺水城市108个。据统计,全国城市目前日缺水量达1600万 m^3 ,每年因缺水损失工业产值1200多亿元。全国农村每年缺水约300亿 m^3 ,有5000多万人和2.5亿头牲畜饮水困难。特别是进入90年代以来,干旱日益严重,全国每年受旱面积达2000多万 hm^2 ,因干旱粮食减产达150亿 kg 左右。面对水资源的紧缺局面,解决的办法是开源

节流。首先要保护现有的水源，采取行之有效的措施节约水资源。如农业上实施节水灌溉技术，工业上治理水污染并利用废水，国家调节供水政策，提高水价等。在开源方面实施南水北调工程，但工程量大，工期长、耗资大。而充分开发雨水资源则是切实可行的办法。目前我国对天然降雨的利用率只有10%，与国外利用率高的国家相比，可利用的潜力很大。我国降水量在250mm以上的地区很广，且降雨集中在6~9月，荒坡山地、路面、场院和屋顶等设施为聚集雨水创造了有利条件，这些地方都可以进行雨水的开发利用。

第二节 雨水集蓄工程的组成

雨水集蓄工程是指对降雨进行收集、汇流、存储和进行节水灌溉的一套系统。一般由集雨系统、输水系统、蓄水系统和灌溉系统组成。

一、集雨系统

集雨系统主要是指收集雨水的集雨场地。首先应考虑具有一定产流面积的地方作为集雨场，没有天然条件的地方，则需人工修建集雨场。为了提高集流效率，减少渗漏损失，要用不透水物质或防渗材料对集雨场表面进行防渗处理。

二、输水系统

输水系统是指输水沟（渠）和截流沟。其作用是将集雨场上的来水汇集起来，引入沉沙池，而后流入蓄水系统。要根据各地的地形条件、防渗材料的种类以及经济条件等，因地制宜地进行规划布置。

三、蓄水系统

蓄水系统包括储水体及其附属设施。其作用是存储雨水。

1. 储水体

各地群众在实践中创造出不同的存储形式，西北、华北黄土高原一带，主要是建水窖（窑）和蓄水池。用于生活用水和用于农业灌溉的形式基本一样。一般用于生活和庭院灌溉的，为了取水方便，多建于家庭和场院附近，蓄水容积相对较小，提水设备是以人力为主（手压泵）。用于农田灌溉的多建于田边和地头，容积相对较大，提水设备有用动力的（微型电泵），也有人工的（手压泵）。窖（窑）和蓄水池按使用的建筑材料可分为土窖、砖石窖、混凝土薄壳窖和水窖等。土窖施工方便，造价低、但容量小，对土质要求较高。砖石窖较坚固耐用，容量也较大，但造价较高，施工难度较大。混凝土薄壳窖防渗性能好，寿命长，容量大，但造价较高。水窖为卧式全封闭的结构类型，容量大（80~200m³），长度不受限制，施工较方便，但窖底防渗处理要求高。各地应根据地形地貌特征、经济条件、施工技术和当地材料来选型。

2. 主要附属设施

（1）沉沙池。其作用是沉降进窖（窑）水流中的泥沙含量。一般建于水窖（窑）进口处2~3m远的地方，以防渗水造成窖壁坍塌，池深0.6~1.0m，长宽比可考虑2:1，具体尺寸由进窖水量和水中含沙量而定。

（2）拦污栅与进水暗管（渠）。拦污栅作用是拦截水流中的杂物，如树叶、杂草等飘浮物和砖石块等，设在沉沙池的进口。进水暗管（渠）作用是将沉沙池与窖体（蓄水池）连

通,使沉淀后的水流顺利流入窖(池)中,其过水断面应根据最大进流量来确定。

(3) 消力设施。为了减轻进窖(窑)水流对窖底的冲刷,要在进水暗管(渠)的下方窖(窑)底上设置消力设施,根据进窖流量的大小,选用消力池或消力筐或设石板(混凝土板块)。

(4) 窖口井台。其作用是保证取水口不致坍塌损坏,同时防止污物进窖。窖台一般高出地面 0.3~0.6m,平时要加盖封闭,取水时可安装提水设备。

四、灌溉系统

灌溉系统包括首部提水设备、输水管道和田间的灌水器节节水灌溉设备,是实现雨水高效利用的最终措施。由于各地地形条件、雨水资源量、灌溉的作物和经济条件的不同,可选择适宜的节水灌溉形式。常见的形式有滴灌、渗灌、坐水种、注射灌、膜下穴灌与细流沟灌等技术。

第三节 雨水集蓄利用的发展与展望

一、国内外发展概况

雨水利用是一项古老的实用技术,远在公元前 2000 多年的中东地区,就有收集雨水用于生活和灌溉。在阿富汗、伊朗、巴基斯坦和中国的新疆,2000 多年前就建造了坎儿井用于灌溉。约 1500 年前以色列的纳巴泰人利用年降雨量仅 100mm 的雨水资源,在沙漠中种出了庄稼。在墨西哥、秘鲁和南美的安第斯山山坡上,1000 多年前就建造起来能灌能排的雨养梯田。几百年前印第安人就收集雨水种植玉米、南瓜和甜瓜。本世纪中期,以色列制订了“沙漠花园”计划,实施多种形式的雨水集蓄工程,在沙漠上种出了庄稼,产生了巨大的经济效益。80 年代以来,雨水集流系统得到迅速发展,在一些多雨的国家也得到发展,雨水利用范围也从生活用水向城市用水和农业用水发展。如东南亚的尼泊尔、菲律宾、印度和泰国,非洲的肯尼亚、博茨瓦纳、纳米比亚,坦桑尼亚和马里等国。工业发达国家,如日本、澳大利亚、美国、新加坡、法国、瑞典等国都在开发利用雨水。特别是联合国 1981~1990 年的“国际饮水及卫生十年”计划的实施,使雨水利用的现代化技术得到迅速发展和推广。1982 年 6 月在美国夏威夷召开了第一届雨水集流利用的国际会议,成立了国际雨水集流系统协会。1995 年 6 月在中国北京召开了第七届雨水集流系统协会,进一步推动了雨水的开发利用。

我国雨水集蓄工程也有着悠久的历史,早在 2500 年前,安徽寿县就修建了大型平原水库,拦蓄雨水,用于农田灌溉。秦汉时期,在汉水流域的丘陵地区修建了库塘,对雨水进行拦蓄和调节。在西北黄土高原等干旱半干旱山区和塬区人民在同干旱作斗争的过程中,创造了许多雨水利用技术,如土窖、大口井、坎儿井和蓄水塘等设施外,还改进了修筑梯田、沟筑土坝、粮草轮作等就地蓄雨措施,发挥了很大的作用。但由于社会历史的原因,这些措施并未得到迅速的发展,仍未摆脱农业生产“靠天吃饭”的局面。解放后,特别是 80 年代以来,由于北方干旱日益严重,水资源日益紧缺,在国际雨水集流事业的推动下,国家重视了这方面的研究。从 80 年代就开始了雨水利用技术和水资源持续发展问题的研究。“七五”期间北京开展了城市雨洪利用技术研究。80 年代末以来,各地发展较迅速,如甘肃

省实施的“121”雨水集流工程[每户建 100m^2 左右的雨水集流场,打2眼水窖,发展 0.067hm^2 (1亩)左右庭院经济],内蒙古实施的“112”集雨节水灌溉工程[一户建一眼旱井或水窖,采用坐水种和滴灌技术,发展 0.134hm^2 (2亩)抗旱保收田],宁夏的“窖水蓄流工程”,陕西的“甘露工程”,还有山西、河南、河北等省(区)雨水集蓄工程。这些有效的雨水集蓄措施的研究和应用,取得一批成果,产生了明显的经济效益、社会效益和生态效益,展现出强大的生命力。

二、我国雨水集蓄利用发展中存在的问题

现代雨水集蓄利用是近几年在干旱半干旱地区涌现出的一件崭新事物,虽取得不少成绩,但还有许多问题需要探索、研究和加以解决,归纳起来,主要有以下几点。

(1)对雨水集蓄工程的重要性认识不足。进入90年代以来,北方干旱日益严重,水资源日趋紧张,解决的办法习惯于拦截地表径流(如修水库)和开采地下水(如打井),或者寄希望于跨流域调水,而对当地雨水资源开发认识不足,未把它当作解决缺水的一个重要途径,对水环境效益的认识更淡漠。不仅雨水较少的地区应当重视,雨水较多的地区也应当重视,事实上雨水越多的地区越适合开发利用,应当充分认识到这一点。

(2)发展的不平衡。目前,雨水集蓄工程在黄土高原地区的甘肃、宁夏、山西、陕西,华北平原的河北、河南等省(区)发展较快。西南地区的贵州、四川、云南也有少量发展,其他地区尚未广泛开展。即使同一省份发展也不平衡。

(3)综合性系统化的研究不够。过去开展了不少研究,但大都是单项的研究。雨水集蓄工程是包括雨水的引导、聚集、存储净化和高效利用等方面。因此,要达到高产高效优质的目的,必须对雨水的聚集、存储、节水灌溉技术、农业栽培技术和管理技术进行综合研究,使之形成一个技术体系,并进行推广。

(4)缺乏统一的标准和规范。甘肃省已于1997年5月发布了地方标准《甘肃省雨水集蓄利用工程技术标准》。其他有的省尚处于试验、示范阶段,有的省已在小面积推广,有的省还未开展,缺乏科学的分析和指导,也影响了发展速度和工程质量。因此各地应根据当地情况,通过试验、示范和推广应用,总结出地方标准,进而制订全国的标准,更好地指导雨水集蓄工程的发展。

三、雨水集蓄工程技术的发展前景广阔

我国是一个水资源不丰富的国家,每公顷可耕地占有量只有世界平均的 $1/2$,而北方地区又远低于全国水平。干旱缺水已成为工农业生产发展的制约因素,特别是西北地区的陕、甘、宁、青、新等省(区)及内蒙古西部,土地辽阔,总面积占全国的40%,但水资源不足全国的10%,多数地区年降雨量在 400mm 以下,且降雨年内分配不均,多集中在6~9月,且以暴雨形式出现,造成水土流失。但这些地区却是我国重要的农牧业区,光热条件好,可供开发的耕地和草地资源潜力很大,而干旱缺水是制约这里土地和草地资源优势发挥的主要因素,相当部分耕地是没有灌溉就没有农业的地方,这里又是老少边穷地区,群众生活较贫困。南方地区虽降雨较多,但降雨分配不均,再加上地形坡度大,径流很快流入沟底,不易取用,季节性干旱几乎每年出现。西南地区石灰岩山区分布广,岩溶发育,裂隙多,漏水严重,雨水虽多,但山高水低,很难利用。沿海诸岛屿,虽然雨量丰富,但由于其面积小,河流短,雨后径流很快流入大海,再加上土层薄地下水也很缺乏,生产生活

用水都十分困难。滨海地区地表水污染严重，地下水多为咸水，淡水资源也十分缺乏。上述这些地区，由于地形条件和经济条件的限制，兴建骨干水利工程不但投资大，工期长，施工难度大，而且难以全面解决灌溉问题。因此，如何充分利用当地降雨资源，发展灌溉，提高作物产量，脱贫致富，不但是当地迫切需要解决的问题，也是我国农业生产中一个带战略性的问题。

我国是一个农业大国，广大的农村，上亿个农户，房前屋后庭院面积达 340 多万 hm^2 。由于雨水集蓄工程一般规模小，分布较散，不会造成不利的环境影响，且有利于生态保护。因此，凡有效降雨在 250mm 以上的地区，都可开发雨水资源，除解决生活用水外，实施节水灌溉，秋水春用，变被动抗旱为主动抗旱，这是我国 21 世纪水资源可持续利用的一个有效途径，开发利用前景十分广阔。

第二章 雨水集蓄工程规划

规划是雨水集蓄工程系统设计的前提，它关系到该工程的兴建技术上是否可行，经济上是否合理，特别是对面积较大且又集中的雨水集蓄系统，更应给予充分的重视。

第一节 雨水集蓄工程规划的任务和原则

一、规划的主要任务

- (1) 搜集基本资料。
- (2) 根据当地的自然条件和社会经济状况，论证兴建雨水集蓄工程的必要性与可行性。
- (3) 根据当地雨水资源状况和生产、生活用水需要进行来用水分析计算，进而确定工程的规模。
- (4) 根据地形、作物种植和集雨材料等情况合理布置集雨场、蓄水设施和输配水网系统，并绘出平面布置图，提出工程概算。

二、规划的主要原则

- (1) 综合考虑。尽量将农田灌溉、水土保持、庭院经济和生活供水统一考虑。达到充分利用雨水资源和节省投资的目的。
- (2) 重视效益发挥。在温饱问题已经解决了的较贫困地区，发展雨水集蓄应向“两高一优”农业方面发展，以获得最大的经济、社会和生态效益。
- (3) 考虑当前农村生产责任制。根据当地情况，一家一套独立的雨水集蓄系统和数家联合的系统相结合。对大的集雨场和灌溉系统，实行统一规划和管理，以节省投资。
- (4) 远近结合。雨水集蓄是水资源可持续利用的一个重要方面，因此，既要照顾当前的利益，又要考虑长远的发展，要统一规划，分期实施，先试点后推广。

第二节 基本资料的搜集

为了做好雨水集蓄工程规划设计与施工，首先应做好基本资料的搜集。主要包括：地理地形、水文气象、集流面性质与面积、灌溉作物种类与面积，已建集雨、蓄水设施、动力设备情况和发展规划等。若兼有生活供水任务，还应搜集人口、牲畜等资料。

一、地理地形资料

地理地形资料包括雨水集蓄工程所处的位置、高程、地形高差。一般面积较小的工程不需要地形图，对面积大，地形较复杂的集雨场和灌溉地段，要有地形图，一般要求 1/500。

二、水文气象资料

降雨资料是搜集当地的多年平均降雨量（保证率为 50%、75%、95%），一般从当地或附近的气象站（或雨量站）搜集，资料年限不少于 10 年。当地资料不具备时可按有关公式

进行估算。

气象资料包括多年平均蒸发、温度、湿度、风速、日照、无霜期及冻土深度等。

三、集流设施资料

对当地适宜作集流面的庭院、场院、公路、乡村道路、屋顶面及天然坡地等的面积进行量测。对工程控制范围内已建的集雨和蓄水设施进行调查。

四、作物资料

对灌溉的作物种类、面积及当地灌溉情况等资料进行调查搜集。

五、土壤资料

对工程控制范围内的土壤质地、容重、田间最大持水量、渗透系数、酸碱度及有机质含量等资料进行搜集，以便更好地进行集雨场和节水灌溉技术设计。

六、其他资料

对当地的社会经济状况、建筑材料、道路交通、能源供应，以及农业发展规划等资料尽量调查搜集。

第三节 雨水集蓄工程规划

一、来用水分析计算

来用水分析计算的任务是根据当地可供雨水资源量和农田灌溉及生活用水的要求，进行分析和平衡计算，进而确定雨水集蓄工程的规模。

(一) 年集水量的计算

全年单位集水面积上可集水量按式 (2-1) 计算。

$$W = E_y R_p / 1000 \quad (2-1)$$

$$R_p = K P_p \quad (2-2)$$

$$P_p = K_p P_0 \quad (2-3)$$

式中： W 为保证率等于 P 的年份单位集水面积全年可集水量， m^3/m^2 ； E_y 为某种材料集流面的全年集流效率，以小数点表示，由于集雨材料的类型，各地的降水量及其保证率的不同，全年的集流效率也不同，要选用当地的实测值，若资料缺乏，可参考类似地区选用，表 2-1 列出了甘肃和宁夏两省（区）推荐值，供参考； R_p 为保证率等于 P 的全年降雨量， mm ，可从水文气象部门查得，对雨水集蓄来说， P 一般取 50%（平水年）和 75%（中等干旱年），也可按式 (2-2) 和式 (2-3) 计算； P_p 为保证率 P 的年降水量， mm ； P_0 为多年平均降水量， mm ，由气象资料确定； K_p 为根据保证率及 C_v （离差系数）值确定的系数，用小数表示，可从水文气象部门查得； K 为全年降雨量与降水量之比，用小数表示，可根据气象资料确定。

(二) 用水量的计算

用水量包括灌溉用水量和生活用水量。在庭院种植和近村地带的蓄雨设施，往往灌溉和生活用水要同时考虑。在远离村庄地带的蓄雨设施，一般只考虑灌溉用水。

表 2-1 不同材料集流场在不同降水量及保证率情况下全年集流效率表

多年平均 降水量 (mm)	保证率 (%)	集 流 效 率 (%)								
		混凝土	塑膜覆砂	水泥土	水泥瓦	机瓦	青瓦	黄土 夯实	沥青 路面	自然 土坡
400~500	50	80	46	53	75	50	40	25	68	8
	75	79	45	25	74	48	38	23	67	7
	95	76	36	41	69	39	31	19	65	6
300~400	50	80	46	52	75	49	40	26	68	8
	75	78	41	46	72	42	34	21	66	7
	95	75	34	40	67	37	29	17	64	5
200~300	50	78	41	47	71	41	34	20	66	6
	75	75	34	40	66	34	28	17	64	5
	95	73	28	33	62	30	24	13	62	4

1. 灌溉用水量

雨水集蓄的作物种植要突出“两高一优”的模式，合理确定粮食、林果、瓜类和蔬菜等作物的种植比例，以充分发挥水的效益。农业灌溉应采用适宜的节水灌溉方法，在节水灌溉的前提下，按非充分灌溉（限额灌溉）的原理进行分析计算。计算所需的作物需水量或灌溉制度资料，要用当地的试验值，降雨量资料由当地气象站或雨量站搜集。若当地资料缺乏，可搜集类似地区的资料，分析选用。

单位面积年灌溉用水量可按式（2-4）进行计算。

$$M_d = (N - 10P_e - W_s) / \eta \quad (2-4)$$

式中： M_d 为非充分灌溉条件下年灌溉定额， m^3/hm^2 ； N 为灌溉作物的全年需水量， m^3/hm^2 ； P_e 为作物生育期的有效降雨量，mm，可采用同期的降雨量值乘以有效系数而得。该系数对不同地区，不同作物则不同，如甘肃和宁夏两省（区）建议夏作物取 0.7~0.8，秋作物取 0.8~0.9； W_s 为播种前土壤中的有效储水量，根据实测资料确定，缺乏实测资料时，可按 $(0.15 \sim 0.25)N$ 作粗略估计； η 为水的利用系数，若采用滴灌等节水灌溉技术， η 可取 0.9。

式（2-4）中的 N 值若是地面灌溉条件下的试验数值，应用在节水灌溉条件下，其 M_d 值应乘以一个系数，根据所采用的灌溉方式不同来选用。若采用滴灌或膜下灌时，甘肃和宁夏两省（区）建议取 0.5~0.8。

单位面积上的年灌溉用水量也可根据灌水定额和灌水次数进行估算，即用水量 = 各次灌水定额 × 灌水次数。表 2-2 列出了甘肃和宁夏两省区集雨灌溉作物的灌水次数和灌水定额供参考。

2. 生活用水量

生活用水主要指人及牲畜、家禽的饮水量。规划时要考虑未来 10 年内能达到的人口数及牲畜、家禽数。并按不同保证率年份的用水定额进行计算。各地的定额标准可能不一

样，表 2-3 介绍甘肃和宁夏两省（区）人畜饮用水定额，供参考。

表 2-2 甘肃和宁夏两省（区）各种作物的灌水次数与灌水定额

项 目		粮 食 作 物		果 树	蔬菜瓜果
		夏作物	秋作物		
灌水次数	年降雨量 300mm	3~4	3~4	4~5	8~9
	年降雨量 400mm	2~3	2~3	3~4	6~8
	年降雨量 500mm	2~3	1~2	2~3	5~6
灌水定额 (m ³ /hm ²)	滴灌、膜孔灌	150~225	150~225	120~225	150~225
	点浇、注水灌	75~150	75~150	75~120	75~150

表 2-3 人畜饮用水定额

保 证 率	人 畜 饮 用 水 定 额		
	人 [kg/ (人·天)]	大 牲 畜 [kg/ (头·天)]	小 牲 畜 [kg/ (头或只·天)]
50%	10	30	3~5
95%	6	20	2~3

(三) 来水平衡计算

根据前已求得的集水量（来水）和灌溉用水量以及生活用水量，进行平衡计算，确定工程的规模，包括集雨面积，灌溉面积和蓄水容积。工程各类材料集流面应满足灌溉和生活用水要求，即符合式（2-5）。计算时应对典型保证率年份分别计算相应的集流面积，选用其中最大值进行设计。

$$W_p \leq S_{p1}F_{p1} + S_{p2}F_{p2} + \dots + S_{pn}F_{pn} \quad (2-5)$$

式中： W_p 为保证率等于 P 的年份需用水量，m³，即灌溉用水量与生活用水量之和， S_{p1} 、 S_{p2} 、 S_{pn} 为保证率等于 P 的年份不同集雨材料的集流面积，m²； F_{p1} 、 F_{p2} 、 F_{pn} 为保证率等于 P 的年份不同集雨材料单位集水面积上可集水量，m³/m²。

蓄水设施的总容积可按式（2-6）计算。

$$V = aW_{max} \quad (2-6)$$

式中： V 为蓄水设施总容积，m³； a 为容积系数，一般取 0.8； W_{max} 为不同保证率年份用水量中的最大值，m³，其中生活用水量可按平水年考虑。

二、总体规划

在对基本资料进行分析，来水平衡计算的基础上，就可以进行雨水集蓄工程的集流场规划、蓄水系统规划、灌溉系统规划，以及投资预算、效益分析和实施措施等总体规划。

(一) 集流场规划

广大农村都有公路或乡间道路通过，不少农村，特别是山区农村房前屋后一般都有场院或一些山坡地等，应充分利用这些现有的条件，作为集流面，进行集雨场规划。若现有