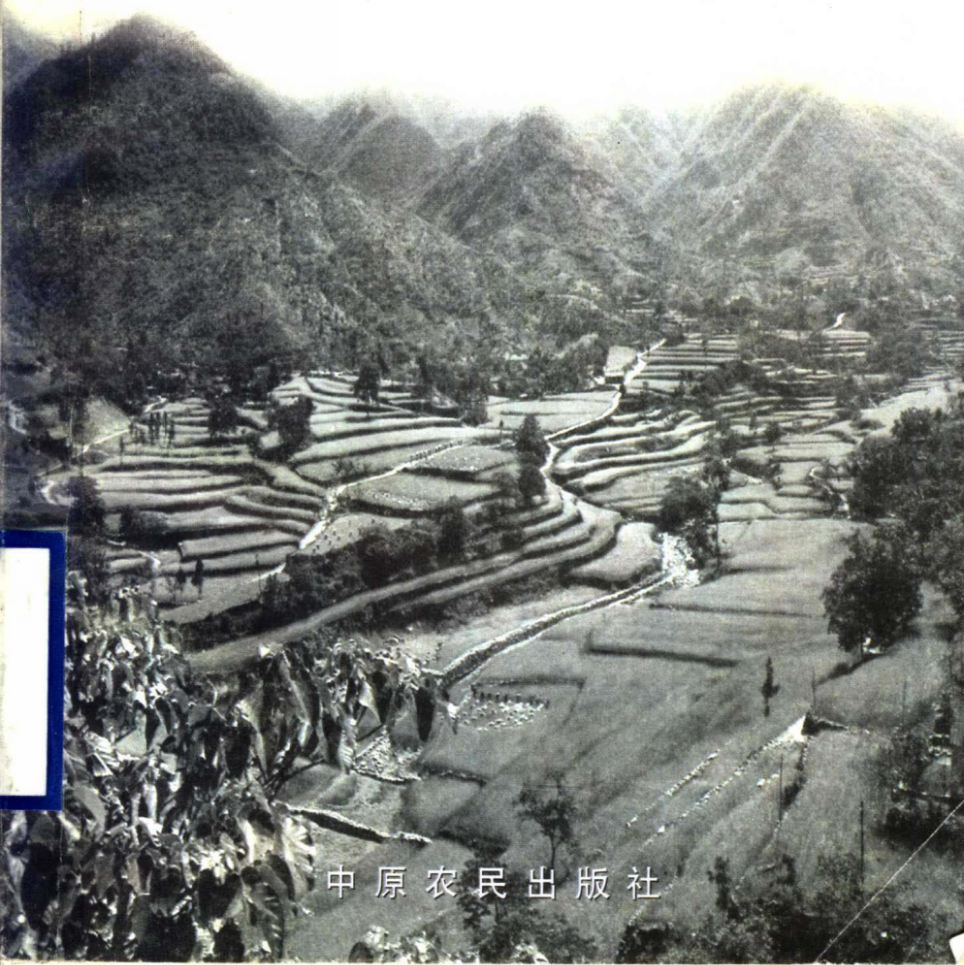


科技兴山丛书

山区

旱地水窑修建与滴灌技术



中原农民出版社

山区小麦六墒栽培技术

山区玉米栽培技术

山区油料作物栽培技术

山区果树栽培技术

山区蔬菜栽培技术

山区杂粮栽培技术

山区中草药实用生产技术

山区造林绿化技术

山区病虫害农家防治法

山区野菜采集与加工技术

山区农副产品加工技术

山区野生花卉资源的开发利用

山区特种动物饲养技术

山区牛羊兔饲养技术

山区农机使用与维修

山区旱地水窖修建与滴灌技术



责任编辑 江伯勋

封面设计 唐海

ISBN 7-80641-057-0



9 787806 410578 >

ISBN 7-80641-057-0/S · 009

定价: 3.50 元

科技兴山丛书

山区旱地水窑修建与滴灌技术

编著者 杨 峡 邱为铎
王钢生 刘亚非

中原农民出版社

内 容 提 要

旱地水窖蓄水滴灌技术,解决了干旱缺水地区人民的生活用水和生产用水,为农业丰收起了积极作用。

本书首先简要介绍旱地水窖的起始、发展、作用和特点,而后重点介绍旱地水窖的规划、设计、施工、养护、砖石结构的计算以及滴灌系统的分类、规划、设计、多个水窖联网的水量调度、施工及运行管理等,最后介绍旱地水窖滴灌规划设计实例。本书内容丰富,语言通俗,技术先进、科学且新,既适宜于农业水利技术人员使用,也可供从事水利研究的科研人员及大专院校有关专业的师生参阅。

科技兴山丛书

山区旱地水窖修建与滴灌技术

编著者 杨 峡 邱为铎

王钢生 刘亚非

责任编辑 江伯勋

中原农民出版社出版 (郑州市农业路73号)

河南省新华书店发行 郑州市兴华彩色印刷厂印刷

787毫米×1092毫米 32开本 3.625印张 76千字

1998年1月第1版

1998年1月第1次印刷

印数:1—3000册

ISBN 7-80641-057-0/S·009 定价:3.50元

出版者的话

国家“九五”规划和2010年农业和农村经济发展远景目标明确提出：到本世纪末基本解决贫困人口的温饱问题。我国目前贫困人口大部分都集中在山区和中西部干旱、半干旱地区。这些地区的显著特点是地域偏远，交通不便，信息闭塞，土地瘠薄缺水，生态环境恶劣和劳动力素质低等。所以说，山区是我国经济快速发展的制约因素之一，是“2000年消除贫困”紧迫任务的难点，是国家扶贫攻坚计划的重点。

如何在短期内解决山区群众的温饱问题？如何对山区进行综合开发？无数成功范例都揭示了这样一条道理：山区发展的希望在科技，潜力在科技，出路也在科技。只有走科技兴山之路，才能增加山区的自我积累和自我发展的能力，才能正确处理扶贫与扶志、输血与造血、治穷与治愚的辩证关系，才能走内涵挖潜可持续发展的广阔道路。

出版发行科技图书，是向山区人民传播科技知识和致富技能的重要途径之一。为把科学技术转变为生产力，尽快让山区群众脱贫致富，我们组织近百位专家学者，结合山区特点，编写了这套“科技兴山”丛书。该丛书共计16种，包括种植、养殖、农副产品加工、农机使用与维修、造林绿化，以及山区野菜、的采集与贮藏加工、山区野生花卉资源的开发利用和山区蓄水节灌等方面的知识与技术，向山区人民送上兴山致富的金钥匙。愿灿烂的科技之花，早日结出丰硕的兴山之果。

目 录

一、概述	(1)
(一) 水窑的沿革、发展和特点	(1)
(二) 滴灌的沿革及特点	(3)
(三) 从燕山滴灌到旱地水窑滴灌	(5)
二、水窑规划	(7)
(一) 窑址选择	(7)
(二) 水窑容积的确定	(9)
三、土水窑的设计施工	(13)
(一) 窑体的几何尺寸	(13)
(二) 水窑的附属设施	(15)
(三) 水窑的施工和养护	(19)
四、砖石结构水窑	(30)
(一) 水窑的土层压力及其他荷载	(31)
(二) 直墙拱式水窑的结构计算	(36)
(三) 盖板式水窑盖板的结构计算	(39)
(四) 砖石结构承载能力计算	(40)
五、旱地水窑滴灌系统的分类	(49)
(一) 以操作方式分	(49)
(二) 以水源供水形式分	(49)

六、水窑滴灌的规划	(51)
(一) 规划的原则	(51)
(二) 规划所需资料	(51)
七、水窑滴灌系统的设计	(53)
(一) 设计参数的确定	(53)
(二) 枢纽	(57)
(三) 水力计算	(60)
八、多个水窑联网的水量调度	(73)
九、水窑滴灌系统的施工	(77)
十、旱地水窑及滴灌系统的管理	(79)
(一) 旱地水窑的管理	(79)
(二) 滴灌系统的管理	(91)
十一、水窑滴灌规划设计实例	(93)
附表	(100)

一、概述

水资源的匮乏是世界性的危机。本世纪以来人类对水的需求增加了 5 倍，增加速度相当于同期人口增长速度的 2 倍。而世界水资源却在减少。地球上全部水资源有 97% 已被盐化，剩下 3% 中 $\frac{2}{3}$ 存在于冰川和积雪， $\frac{1}{3}$ 存在于含水层、土壤和空气中。可资利用的淡水资源只占地球水资源总量的 0.007%。

我国现有淡水资源总量为 2.8 亿立方米，人均年径流量仅相当于世界平均水平的 $\frac{1}{4}$ ；现有耕地每亩占有水量只相当世界平均水平的 $\frac{2}{3}$ 。降雨的时空分布不均，使缺水矛盾更显突出。年降水量小于 400 毫米的干旱少雨地区占国土面积的 45%；黄河、淮河、海河流域的径流量仅占全国总量的 7.5%，而耕地面积却占全国的 36.5%。回顾历史，仅自鸦片战争到解放前夕的近百年中，肆虐我国的重大灾荒有 10 次，每次动辄造成数十万乃至数百万人的死亡，而其中旱灾就占了 5 次，占到 50%。

（一）水窑的沿革、发展和特点

干旱山区人民为了解决缺水问题，不惜流血流汗，付出了巨大代价，国家也曾给予巨额的投资，确实也解决了不少

问题，收到了一定效果。但在有些地区，地下打井没有泉，地面引水没有源，怎么办？多少年来，干旱山区人民经过艰苦卓绝的探求，终于摸索出了用建水窑蓄水来解决缺水难题。水窑是在水瓮和水窖的基础上逐步发展起来的。

水瓮时期。水瓮作为干旱山区的一种小型蓄水工程是水窑最原始阶段，因其口小肚大形状像盛东西的瓦瓮一样而得名。它的发展主要在 50 年代初到 60 年代末，以解决人畜吃水为主要目的，也有用水瓮蓄水来解决部分小面积的灌溉用水。开挖时由地面向下，先挖直径 60 厘米的圆口，深至 1 米后逐渐向四周扩展，然后继续下挖，挖成后瓮深一般 5 米~6 米，贮水量一般 2 立方米~5 立方米，使用年限一般在 3 年左右。

水瓮在当时的历史条件下发挥了其应有的作用，其主要优点是投资、投工少，修建比较容易；因容积小，不要求大量的地面径流量，瓮址选择没有很高的要求。主要缺点是贮水量少，对解决生产用水意义不大；防渗漏技术不过关；没有沉沙设施，淤积严重；瓮内水质较差，不符合生活用水卫生标准。

水窖时期。水窖是在水瓮的基础上发展起来的，因其形状似菜窖而得名。它的发展主要在 60 年代末至 70 年代末。从水瓮发展到水窖，是干旱地区集水保水技术的进一步发展。它的作用是以解决人畜吃水为主，同时兼顾必要的生产用水。水窖的开挖形状可以多样化，一般不太规则，每个窖的贮水量在 10 立方米左右。

水窖的主要优点是贮水量增大，经济效益得到提高；水的质量基本能满足生活饮用水卫生标准；防渗漏技术提高，

使用年限增加，一般可达 10 年左右。其主要缺点是生产、生活用水不配套，用水不方便；因窖口较小，施工不便；因容积所限，解决生产用水仍存在一定困难。

水窑时期。水窑是在总结水瓮、水窖的优缺点基础上，扬其长避其短而探索出来的一种较好的蓄水工程，因其形状像人们居住的窑洞而得名。从水窖发展到水窑，是一种技术进步和创新。当前已经突破了初期试验难关，进入多类型、区域性推广阶段，显示出其解决干旱缺水地区生活、生产用水的良好效果。

水窑不仅依然具备像水瓮、水窖那样投资小，见效快，使用方便，便于农民自办，根据需要可机动灵活地在房前屋后、路边地头修建等特点，而且容积成倍增加，单窑贮水量达 40 立方米~100 立方米，最多可达 200 立方米；结构更加合理，施工方便，基本解决了防渗问题，也便于维修和清淤，使用年限增长，一般可为 15 年~20 年，最长可达 50 年。为此，水窑的功效已由主要解决生活用水向同时解决生产用水的方向发展，它能比较充分地利用当地雨水，加上节水型灌溉技术——滴灌系统的配套，可以基本解决干旱半干旱地区的生活、生产用水问题。

（二）滴灌的沿革及特点

随着塑料工业的发展，滴水灌溉技术首先在水资源供需矛盾尖锐的以色列国出现。滴水灌溉简称滴灌，它是一种新型的灌溉技术，其主要特点是从水源到种植作物之间，全部采用不同口径的塑料管道组成的压力输水网络，主要的优越性表现在：

第一，杜绝了渠道输水损失和田间漫灌造成的沿程渗漏和深层渗漏损失，使水的利用效率大幅度提高，比漫灌节水70%~80%。滴灌属局部灌溉，灌后地面蒸发小，没有飘逸损失，因此比喷灌节水40%。

第二，采用压力管道输水，不受地形限制，也不用修渠和平整土地，节省了耕地和劳力。

第三，灌水质量好，不产生地表径流和明水，土壤不板结，不会引起地温过多降低，促使作物早熟、优质、高产。

第四，地表不产生径流，限制了作物病害的传播。温室、大棚中采用滴灌还能降低空气湿度，抑制病害发生。

从70年代起，滴灌在美国及欧洲等一些发达国家得到推广，主要用于蔬菜、果园、花卉等产值高的经济作物，根据其国情，滴灌系统的设计和部件制造相当精密，水源、水质也按照高要求处理，管理上应用计算机自动控制，这样一条高、精的技术路线，使得工程投资很高，每亩约合人民币2000元，这对于广大的发展中国家来说，只能是一种可望而不可及的昂贵技术。

1974年，我国从墨西哥引进滴灌技术，周恩来总理和李先念副总理针对造价高昂的现实情况指示，要在学习外国技术的基础上，研究适合中国国情的滴灌技术。水电部根据总理的指示精神，向水科院下达了滴灌技术研究的课题。中国的国情一是穷，二是农民文化素质低。滴灌要在广大中国的土地上站住脚，就必须在保留滴灌主要优点的前提下，大幅度降低成本，而且在操作上要简单易行。经过七八年的努力，一种新型的、中国式的滴灌技术和全部国产化的配套设备终于诞生，它保留了滴灌技术的主要优点并使工程投资降

低了 80%~90%，而且打破了国外滴灌不能用于大田粮食作物的传统观念，将滴灌技术的适用范围扩大到小麦、玉米等大田作物，为了与国外传统的滴灌技术相区别，取名为“燕山滴灌”技术。从 80 年代起，先后在山东、河南、山西、内蒙古、甘肃等地区得到发展。美国滴灌专家、夏威夷大学教授吴义伯博士盛赞燕山滴灌这种世界上最实用、最便宜的滴灌为“傻瓜滴灌”。燕山滴灌技术和设备在实践中不断更新换代，已获得 11 项国家专利，并列入国家级重点推广项目，产品已开始小批量向国外出口。

（三）从燕山滴灌到旱地水窖滴灌

我国大部分国土处于季风气候控制之下，雨量在时空分布上很不均匀。为了生存，山区和干旱半干旱地区的人民采用水窖蓄存雨水，取得了较好效果。但是由于水窖的容量有限，而传统的灌溉技术用水量却很大，所以多年来水窖只能是解决人畜饮水矛盾的一种手段，无法改变上述地区靠天吃饭的被动局面。

1992 年，在水窖发展的历史上是较为关键的一年。在这一年的春天，缺水矛盾异常尖锐的河南省卫辉市太公泉乡道士坟村首例将水窖技术和滴灌技术实行接轨，安装了第一套旱地水窖滴灌系统，每亩只需 13 立方米水就能滴灌 1 遍。滴灌 1 次的小麦亩产 150 千克；滴灌 2 次的小麦亩产 310 千克；滴灌 3 次的小麦亩产 375 千克；而同样条件未浇上水的小麦，产量只有 60 千克。这样一个在过去吃水都要到 2.5 公里以外去挑的山村，引进该项技术后，如今已拥有人均 1 亩的水浇地，温饱问题已得到解决，当地农民还准备要用它

来实现小康。

水窑蓄水滴灌技术给人们以启示，使人茅塞顿开，使广大的一无地下水，二无地面水的所谓无水地区，摆脱水路不通走旱路的禁锢，获得一条投资少见效快，迅速实现水利化的捷径。这项技术的实施，还可以减少地面径流，减少水土流失，变水害为水利，缓解水资源供需矛盾，防止过量开采水资源，保护水环境，实属一举多得的重大创举。

也可以说，水窑蓄水滴灌技术，将重新点燃干旱缺水地区人们发展灌溉的希望之火，将成为我国农业发展进程中的一项重大突破，成为促进农业再上新台阶的重要途径。

二、水窑规划

山区修建水窑应首先做好规划工作。水窑的作用能否充分发挥，首先要看规划是否合理。规划的主要内容是水窑窑址选择和容积的确定。

(一) 窑址选择

旱地水窑是拦蓄由降雨产生的地表径流供人们平时生活和生产用水的小型蓄水工程。从这个概念出发，要求修建的水窑，一是要有水可蓄，并且蓄后不漏；二是要用水方便。因此，合理选择窑址是十分重要的问题，窑址的好坏是水窑成败的关键之一。

选择窑址应全面考虑地形、土质、水源和施工条件，以及运行管理、综合利用等因素，经过认真分析研究，找出合理的窑址方案。窑址选择的具体要求如下：

1. 有足够的水源：山区水窑的主要水源是汇集由降雨产生的地表径流，这就要求水窑所在地具有足够的集水面积。

2. 使用管理方便：供人畜饮用水的水窑应选择在村内、村边、场边较卫生的地方；生产用的水窑应建在地边、地头，并结合可采用的灌溉方式——滴灌、喷灌、自流灌、提

灌等，通过分析计算确定水窑的位置和高程。

3. 有良好的土层土质：窑址土层应坚硬深厚，土质要均匀，以不透水的粘性土最好，弱透水的亚粘土次之。如确因土质条件所限，可设计为砖石结构水窑。表 1 和表 2 为砂类土和粘性土的野外鉴别方法，供参考。

4. 预防损坏：水窑一般应远离沟边 20 米以外，且不宜建在沟头和大树旁，以防窑壁坍塌和树根穿透。

5. 节省开挖量：修建容积较大的水窑，应尽量利用天然土垆头等地形条件，以减少开挖工程量，加快工程进度。

表 1 砂类土野外鉴别方法

土 类 项 目	砾砂土	粗砂土	中砂土	细砂土	粉 砂 土 (极细砂)
土粒粗细	约有 1/4 以上的土粒比荞麦或高粱粒 (2 毫米) 大	约有一半以上的土粒比小米 (0.5 毫米) 大	约有一半土粒大小和砂糖或白菜子 (> 0.25 毫米) 相似	大部分土粒与粗玉米粉 (> 0.1 毫米) 相似	大部分土粒与小米粉相似或较精盐稍细
干燥时状态	土粒完全分散	土粒完全分散，仅个别有胶结	土粒基本分散，少量胶结，但一触即散	大部分土粒分散，部分胶结，稍碰撞后即分散	小部分土粒分散，大部分胶结，稍加压后分散
湿润时用手拍后的状态	表面无变化	表面无变化	表面偶有水印	表面有水印 (翻浆)	表面有显著翻浆现象
粘 着 程 度	无粘着感	无粘着感	无粘着感	偶有轻微粘着感	有轻微粘着感

表 2

粘性土野外鉴别方法

土 类 项 目	亚砂土	亚粘土	粘 土
湿润时 用刀切	无光滑面， 切面比较粗糙	稍有光滑面， 切面比较规则	切面很光滑，有粘腻 的阻力
用手捻摸 时的感觉	感觉有细颗 粒存在或感觉 粗糙，湿土有 轻微粘滞感或 无粘滞感	仔细捻摸感 觉到有少量细 颗粒，湿土稍 有滑腻感，有 粒滞感	湿土用手捻摸有滑腻 感，当水分较大时极为 粘手，感觉不到有颗粒 的存在
粘着程度	一般不粘着 物体，干燥后 一碰就掉	能粘着物体， 干燥后较易剥 掉	极易粘着物体（包括 金属与玻璃），干燥后不 易剥去，用水反复洗才 能去掉
湿土搓条 情 况	能搓成 2 毫 米～3 毫米的 土条	能搓成 0.5 毫米～2 毫米 的土条	能搓成小于 0.5 毫米 的土条（长度不短于手 掌），手持一端不致断裂

（二）水窑容积的确定

合理地确定水窑的容积是水窑规划设计中的重要问题。水窑建得过大，没有那么多水可蓄，增加工程量，造成资金和人力的浪费；建得太小，水会白白流走，既浪费了雨水资源，也削弱了水窑的作用。

1. 容积计算公式：水窑的容积首先应与天然来水量相适应，即：

$$V = W \quad (2-1)$$

式中 V ——水窑容积；

W ——天然来水量。

天然来水量 W (米³) 可按式估算:

$$\text{地表集水时, } W = \frac{1}{1000} H_{24P} F \varphi \quad (2-2)$$

$$\text{屋面集水时, } W = \frac{1}{1000} H F \varphi \quad (2-3)$$

式中 H_{24P} ——频率为 P 的最大 24 小时降雨量 (毫米),
水窑设计建议采用设计频率 $P = 10\%$ (即 10 年 1 遇);

H ——多年平均降雨量 (毫米);

F ——水平投影集水面积 (米²);

φ ——地表径流系数, 根据试验砂土取 0.5, 粘壤土取 0.65, 粘土取 0.75。

天然来水量算得后, 根据地形、土质等条件, 经过技术经济比较, 确定修建单窑、双窑或群窑。若修建群窑, 则各窑容积之和不应超过该集水面积上的天然来水量。

在确定水窑容积时, 除了考虑集水面积上的来水量外, 还应考虑人畜饮用和农田灌溉等的需水量。当集水面积较大, 来水量较多, 但需水量不大时, 可按实际需要减小水窑容积。

对于需水量的计算, 各地山区应根据各自实际情况, 制定相应的用水定额。表 3 为水电部农水司 1985 年《水土保持技术暂行规范》上所定的北方干旱地区用水定额。

表 3 北方干旱地区用水定额

项 目	人 (口)	大牲畜 (头)	猪 (头)	羊 (只)	点浇 (亩)	喷灌 (亩)	肥 (千克)
每日用水量 (千克)	5~10	30~40	20~25	3~4	5 000	10 000	250 000