

国家示范性高职院校建设项目成果工学结合课程教材

水土保持工程技术

SHUITU BAOCHI GONGCHENG JISHU

主编 刘乃君



水土保持工程技术

SHUITU BAOCHI GONGCHENG JISHU

水

土

SHUITU BAOCHI
GONGCHENG JISHU

保

持

工

程

技

术

西北农林科技大学出版社

水

SHUITU BAOCHI
GONGCHENG JISHU

保

持

工

程

技

术

SHUITU BAOCHI GONGCHENG JISHU

SHUITU BAOCHI GONGCHENG JISHU

国家示范性高职院校建设项目成果工学结合课程教材

水土保持工程技术

刘乃君 主 编

西北农林科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

水土保持工程技术 / 刘乃君主编. —杨凌 : 西北农林科技大学出版社, 2010.3
ISBN 978 - 7 - 81092 - 585 - 3

I. ①水… II. ①刘… III. ①水土保持—高等学校:技术学校—教材 IV. ①S157

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 041389 号

水土保持工程技术

刘乃君 主 编

出版发行	西北农林科技大学出版社	
地 址	陕西杨凌杨武路 3 号	邮 编:712100
电 话	总编室:029 - 87093105	发行部:87093302
电子邮箱	press0809@163.com	
印 刷	陕西龙源印务有限公司	
版 次	2010 年 7 月第 1 版	
印 次	2010 年 7 月第 1 次	
开 本	787 mm × 1092 mm 1/16	
印 张	16.25	
字 数	341 千字	

ISBN 978 - 7 - 81092 - 585 - 3

定价:27.00 元

(本书如有印装质量问题,请与本社联系)

《水土保持工程技术》编写委员会

主 编:刘乃君

副 主 编:张甲雄 张满良

编 委:(以姓氏笔画为序)

刘乃君(甘肃林业职业技术学院)

刘 勤(四川水利职业技术学院)

师春丽(甘肃林业职业技术学院)

李梅华(黄河水利职业技术学院)

张甲雄(甘肃林业职业技术学院)

张满良(黄委会天水水土保持科学试验站)

唐志红(甘肃林业职业技术学院)

主 审:芦维忠(甘肃林业职业技术学院)

前 言

随着水土保持科学的飞速发展和国家对生态环境建设的重视,水土保持行业对技能型人才的要求越来越高。甘肃林业职业技术学院于2007年对国家示范性高职院校重点建设专业——水土保持专业进行立项建设,《水土保持工程技术》是学院邀请甘肃省水土保持专家、课程专家,通过水土保持行业、企业岗位人才需求调研,岗位工作任务分析,经反复论证后,确定的一门水土保持生产一线技术人员必须具备的专业核心能力课程,集工程、实用、技术于一体,建立在多门专业基础课之上,讲述了水土保持工程的设计原理、计算方法和施工管理等,在专业人才培养过程中起着承上启下的专业支撑作用。课程本着以能力培养为核心,以提高学生技能为目的,以适应现代水土保持理念发展要求为原则,培养学生水土保持工程的设计理念和实践动手能力。作为专业建设的重要组成部分,《水土保持工程技术》课程作为子项目进行了立项建设,其中包括教材的编写工作。

为了使《水土保持工程技术》教材更能反映水土保持工程实际应用方面的进展和研究前沿,并具更广泛的代表性,经充分征求意见,组成了《水土保持工程技术》教材编写委员会。教材编写委员会包括了甘肃林业职业技术学院、黄河水利职业技术学院、四川水利职业技术学院、黄委会天水水土保持科学试验站等参编单位。教材是根据国家示范性高职院校水土保持专业人才培养方案编写的,是一门理论与实践性很强的课程。教材根据小流域综合治理流程构建内容体系,按岗位能力培养选择课程内容,课程内容反映职业标准。与黄委会天水水土保持科学试验站等单位合作,以职业能力培养为目标,以行业真实工作任务及其工作过程为依据,根据水土保持防治工等岗位能力要求和职业技能鉴定标准,与水土保持专家一道提炼水土保持防治工等岗位典型工作任务,以工学结合工作过程系统化项目为切入点,结合水土保持工程规划设计原则,校企共建项目任务导向的教学内容,分为山坡防护工程、山沟治理工程、山洪排导工程、小型水库工程和山地灌溉工程5个项目,每个项目以完成一个个实际的工作任务为线索,把教学相关知识点融入每个任务之中,系统地介绍了水土保持工程设计与施工的相关内容。

《水土保持工程技术》教材由甘肃林业职业技术学院刘乃君副教授任主编,甘肃林业职业技术学院张甲雄老师及黄委会天水水土保持科学试验站张满良高级工程师任副主编。全书共6部分,各部分编写分工如下:绪论由刘乃君编写;项目一由张甲雄、张满良和师春丽编写;项目二由刘勤、唐志红、张甲雄编写;项目三由刘乃君、师春丽和唐志红编写;项目四由刘乃君、刘勤、师春丽编写;项目五由李梅华编写。全书由刘乃君、张甲雄、

张满良统稿。甘肃林业职业技术学院芦维忠教授审阅了全部书稿。本教材主要作为水土保持专业教材,也可作为高等农林院校环境生态类其他相关专业的参考教材,还可供生产、科研及管理等部门有关人员作为参考用书。

作为国家示范性高职院校建设项目成果工学结合课程教材,在编写过程中得到了各位同行的关心和帮助,以及西北农林科技大学出版社的大力支持,在此深表谢意。特别感谢甘肃林业职业技术学院芦维忠教授,在百忙中审阅本教材初稿并提出修改建议。

在本教材编写过程中,引用了大量科技成果、论文、专著和相关教材,因篇幅所限,未能一一在参考文献中注明,特此一并致谢。限于我们的知识水平和实践经验,缺点、遗漏甚至谬误在所难免,恳切希望各校师生及其他读者对本教材提出批评和指正。

刘乃君
2010年1月

目 录

绪 论	(1)
项目一 山坡防护工程	(6)
任务一 梯田工程	(6)
任务二 坡面蓄排水工程	(34)
任务三 斜坡固定工程	(56)
项目二 山沟治理工程	(64)
任务一 沟头防护工程	(64)
任务二 谷坊工程	(71)
任务三 拦砂坝工程	(80)
任务四 淤地坝工程	(97)
任务五 护岸工程	(130)
项目三 山洪排导工程	(151)
任务一 山洪及泥石流的特性描述	(151)
任务二 泥石流主要设计参数的确定	(156)
任务三 山洪及泥石流排导工程	(159)
任务四 沉沙场设计	(163)
项目四 小型水库工程	(166)
任务一 小型水库库址的选择	(166)
任务二 水库的特征曲线和特征水位的绘制	(170)
任务三 死库容和死水位的确定	(172)
任务四 兴利库容与兴利水位的确定	(175)
任务五 设计洪水位、校核洪水位及坝顶高程的确定	(178)
项目五 山地灌溉工程	(187)
任务一 灌溉水源与取水方式	(187)
任务二 灌溉渠系规划	(188)
任务三 灌溉渠道设计	(206)
任务四 喷灌系统的规划与设计	(233)
任务五 泵站的规划设计	(239)
参考文献	(249)

绪 论

一、水土流失与水土保持

水土流失是指在水力、风力、重力等外营力作用下,山丘区及风沙区水土资源和土地生产力的破坏和损失。水土流失包括土壤侵蚀及水的损失,也称水土损失。土壤侵蚀的形式除雨滴溅蚀、片蚀、细沟侵蚀以及滑坡等典型的形式外,还包括山洪侵蚀、泥石流侵蚀以及滑坡等形式。水的损失一般是指植物截留损失、地面及水面蒸发损失、植物蒸腾损失、深层渗漏损失、坡地径流损失。在我国水土流失概念中水的损失主要指坡地径流损失。

水的损失过程与土壤侵蚀过程之间,既有紧密的联系,又有一定的区别。水的损失形式中如坡地径流损失,是引起土壤水蚀的主导因素,水冲土跑,水土损失是同时发生的。但是,并非所有的坡面径流以及其他水的损失形式都会引起土壤侵蚀。因此,有些增加土壤水分贮存量,抗旱保墒的水分控制措施不一定是为了控制土壤侵蚀。我国不少水土流失严重的地区如黄土高原,位于干旱、半干旱的气候条件下,大气干旱、土壤干旱与土壤侵蚀作用同样地对生态环境与农业生产造成严重危害。因此,水的保持与土壤保持具有同等重要的意义。

水土保持是指防治水土流失,对山丘区、风沙区水土资源的保护、改良与合理利用。从定义可以看出:

(1)水土保持是山丘区和风沙区水及土地两种自然资源的保护、改良与合理利用,而不仅限于土地资源,水土保持不等同于土壤保持。

(2)保持含义不仅限于保护,而是保护、改良与合理利用。水土保持不能单纯地理解为水土保持、土壤保护,更不能等同于土壤侵蚀控制。

(3)水土保持的目的在于充分发挥山丘区和风沙区水土资源的生态效益、经济效益和社会效益,改善当地农业生态环境,为发展山丘区、风沙区的生产和建设,整治国土、治理江河,减少水、旱、风、沙灾害等服务。

二、我国水土流失状况及其危害

(一)我国水土流失状况

1. 土壤侵蚀状况

我国是世界上土壤侵蚀最严重的国家之一,土壤侵蚀遍布全国,而且强度高,成因复杂,危害严重,以西北的黄土、南方的红壤和东北的黑土水土流失最为强烈。侵蚀主要有水蚀、风蚀、冻融侵蚀等类型。水利部遥感中心 1990 年调查统计,全国土壤侵蚀面积达 492 万 km^2 , 占国土面积的 51%, 详见表 1-1。

表 1-1 全国土壤侵蚀强度面积统计(1990 年) 单位:万 km²

项 目	土壤侵蚀		土壤水蚀		土壤风蚀		冻融侵蚀	
	面积	%	面积	%	面积	%	面积	%
轻度侵蚀	254.03	51.59	91.91	51.23	94.11	50.16	68.01	54.23
中度侵蚀	135.05	27.42	49.78	27.74	27.87	14.86	57.40	45.77
强度侵蚀	47.64	9.67	24.46	13.63	23.17	12.35	-	-
极强度侵蚀	25.76	5.23	9.14	5.08	16.62	8.86	-	-
剧烈侵蚀	29.96	6.08	4.12	2.30	25.84	13.77	-	-
中度以上	238.41	48.41	87.51	48.77	93.50	49.84	57.40	45.77
轻度以上	492.41	100.00	179.42	100.00	187.61	100.00	125.41	100.00

1999 年,水利部组织开展了全国第二次水土流失遥感调查统计,全国水土流失总面积 356 万 km²(占国土面积 37.4%,不含冻融侵蚀),其中,水蚀风蚀交错区水土流面积为 26 万 km²。详见表 1-2。

表 1-2 全国土壤侵蚀强度面积统计(1999) 单位:万 km²

项 目	土壤水蚀		土壤风蚀	
	面积	%	面积	%
轻度侵蚀	83	50.30	79	41.36
中度侵蚀	55	33.33	25	13.09
强度侵蚀	18	10.91	25	13.09
极强度侵蚀	6	3.64	27	14.14
剧烈侵蚀	3	1.82	35	18.32
合 计	165	100	191	100

土壤侵蚀动态变化:

水土流失总面积减少:全国水土流失面积由 20 世纪 80 年代末的 367 万 km² 减少到 90 年代末的 356 万 km²,10 年间减少了 11 万 km²。

水蚀面积减少,侵蚀强度降低:全国水蚀面积由 20 世纪 80 年代末的 179 万 km² 减少到 90 年代末的 165 万 km²,10 年间减少了 14 万 km²。中度以上的水蚀面积由 88 万 km² 减少到 82 万 km²,强度以上的水蚀面积由 38 万 km² 减少到 27 万 km²。

风蚀面积略有增加,侵蚀强度升高:全国风蚀面积由 20 世纪 80 年代末的 188 万 km² 增加到 90 年代末的 191 万 km²,10 年间增加了 3 万 km²。中度以上的风蚀面积由 94 万 km² 增加到 112 万 km²,强度以上的风蚀面积由 66 万 km² 增加到 87 万 km²。

为了科学评价我国水土流失现状与发展趋势,2005 年 7 月,水利部、中国科学院和中国工程院联合开展了“中国水土流失与生态安全综合科学考察”,这次考察是新中国成立以来水土保持领域规模最大、范围最广、参与人员最多的一次综合性科学考察行动。经过 28 位两院院士、上千名科研人员历时近 3 年的科考活动,我国水土流失最新现状基本摸清,截止 2008 年年底我国水土流失面积达 356.92 万 km²,其中水力侵蚀面积 161.22 万 km²,风力侵蚀面积 195.70 万 km²,亟待治理的面积近 200 万 km²,全国现有水土流失

严重县 646 个,其中 82.04% 处于长江流域和黄河流域。

2. 我国干旱地区状况

据有关文献资料的综合分析统计,我国干旱半干旱地区的土地面积占全国土地面积 52.5%,即达 1/2 以上。其中干燥指数在 2.0 以上,年平均降水量在 250 mm 以下,没有灌溉就没有农业的干旱区,约占国土总面积的 30.8%,达 1/3 以上;干燥度在 1.5~2.0,年平均降水量多为 250~600 mm,降水变率在 38% 以上,在没有灌溉的条件下,尚可种植农作物,但旱灾频率很大,收成很不稳定,且易引起风沙侵蚀的半干旱区,约占国土总面积的 21.7%。据联合国有关机构关于干旱地区的概念和划分办法,加上半湿润偏旱地区(即干燥的半湿润区)的面积,即在 52.5% 的基础上,加上约占国土总面积 7% 的半湿润偏旱区,则全国干旱地区的总面积即占全国土地面积的 59.5%。

从各类干旱地区的地理分布情况来看:

(1) 干旱区(包括极端干旱区):分布在新疆(伊犁盆地除外)、甘肃西部、宁夏中部和北部、青海西北部、内蒙古西北部共 161 个县市。

(2) 半干旱区:分布在东北三省的西部、内蒙古东南部、陕西北部、宁夏南部、甘肃中部、青海东部、新疆伊犁地区共 250 个县市。

半湿润偏旱区:分布在北京、天津、河北中部和南部、河南北部和西部、甘肃东南部、山东及东北的一些地方,共 243 个县市。

(二) 我国水土流失的特点

我国水土流失呈现三大特点:

一是水土流失面积大,分布范围广。我国水土流失不仅广泛发生在农村地区,而且也发生在城镇和工矿区,几乎每个流域、每个省份都有。

二是流失强度大,侵蚀严重区比例高。我国年均土壤侵蚀总量 45.2 亿 t,主要江河的多年平均土壤侵蚀模数为每年 $3\ 400\ \text{t}/\text{km}^2$,部分区域侵蚀模数甚至超过每年 $3\ \text{万}\ \text{t}/\text{km}^2$,侵蚀强度远高于土壤容许流失量。与印度、日本、美国、澳大利亚等土壤侵蚀较严重的国家相比,我国水土流失更为严重。

按照水土流失面积占国土面积的比例及流失强度综合判定,我国现有严重水土流失县 646 个。其中,长江流域 265 个、黄河流域 225 个、松辽流域 44 个、海河流域 71 个、淮河流域 24 个、珠江流域 17 个。从省级行政区看,四川、山西、甘肃、内蒙古、陕西五省区占到全国总数的 50% 以上。

三是流失成因复杂,区域差异明显。我国东北黑土区、北方土石山区、黄土高原区、长江上游及西南诸河区、北方农牧交错区、西南岩溶石漠化区、南方红壤区等各区域的自然和经济社会发展状况差异较大,水土流失的主要成因、产生的危害、治理的重点各有不同。

(三) 水土流失危害

水土流失在我国危害已达到十分严重的程度,它不仅造成土地资源的破坏,导致农业生产环境恶化,生态平衡失调,水旱灾害频繁,而且影响各业生产的发展。具体危害如下:

1. 导致土地退化,毁坏耕地

土壤是人类赖以生存的物质基础,是农业生产的最基本资源。年复一年的水土流

失,使有限的土地资源遭受严重的破坏,地形破碎,土层变薄,地表物质“砂化”“石化”,特别是土石山区,由于土层殆尽、基岩裸露,有的群众已无生存之地。经研究测算,按现在的流失速度,50年后东北黑土区 93.3 万 hm^2 耕地的黑土层将流失掉,35年后西南岩溶区石漠化面积将翻一番,将有近 1 亿人失去赖以生存和发展的基础。

2. 江河湖库淤积,加剧洪涝灾害

水土流失使大量泥沙下泄,淤积下游河道,削弱行洪能力,一旦上游来洪量增大,常引起洪涝灾害,且产生的泥沙大量淤积水库、湖泊,严重威胁到水利设施和效益的发挥。1950年至1999年黄河下游河道又淤积泥沙 92 亿 t,致使河床普遍抬高 2~4 m;辽河干流下游部分河床已高于地面 1~2 m,也成为地上悬河;全国 8 万多座水库年均淤积 16.24 亿 m^3 ,造成调蓄能力下降,由于水量减少造成的灌溉面积、发电量的损失以及库周生态环境的恶化,更是难以估计其经济损失。

3. 恶化生存环境,加剧贫困

我国大部分地区的水土流失,是由陡坡开荒,破坏植被造成的,而逐渐形成了“越垦越穷,越穷越垦”的恶性循环,这种情况是历史上遗留下来的。而建国以后,人口增加更快,情况更严重,水土流失与贫困同步发展。专家综合判定,我国现有严重水土流失县 646 个,江西赣南 15 个老区县中,水土流失严重县有 10,占 67%;陕北老区 27 个县全部为水土流失严重县;太行山 45 个老区县中,水土流失严重县 33 个。调查显示,76%的贫困县和 74%的贫困人口生活在水土流失区。

4. 削弱生态系统调节功能,加强水旱灾害

随着水土流失的加剧,土层有效持水量降低、热量状况变差,裸露土地温度升高,土壤调节水分的功能也随之下降,影响水资源利用,进而导致水旱灾害加剧,对生态安全和饮水安全构成严重威胁。50多年来,我国从南到北,旱灾发生的频率也呈现逐渐增加的趋势,近 10 年来全国平均耕地受旱面积达到 0.19 亿 hm^2 ,成灾面积达到 0.067 亿 hm^2 ,而且大部分在水土流失严重区,这更加剧了粮食和能源等基本生活资料的紧缺。

5. 影响航运,破坏交通安全

由于水土流失造成河道、港口的淤积,致使航运里程和泊船吨位降低,而且每年汛期由于水土流失形成的山体塌方、泥石流等造成的交通中断,在全国各地时有发生。据统计 1949 年全国内河航运里程为 15.77 万 km,到 1985 年,减少为 10.93 万 km,1990 年,又减少为 7 万 km,已经严重影响着内河航运事业的发展。

三、水土保持工程技术的主要内容

防治水土流失、改善生态环境、实现可持续发展,是实现水土资源可持续开发利用的保证。在设计水土保持综合治理措施体系过程中,要以小流域为单元,根据因地制宜、因害设防的原则;统一规划,综合治理;社会效益、生态效益、经济效益三者兼顾;工程措施、生物措施、农耕措施相结合;近期利益和长远利益相结合,可基本达到防治水土流失、发展生产、改善生态环境的目的。

水土保持工程技术是应用工程原理,防治山区、丘陵区、风沙区水土流失,保护、改良与合理利用水土资源,以利于充分发挥水土资源的经济效益和社会效益,建立良好生态

环境的一门科学技术。

水土保持工程措施是小流水土保持综合治理措施体系的组成部分,它与水土保持生物措施同等重要,不能互相代替。根据兴修目的及其应用条件,水土保持工程技术包括山坡防护工程、山沟治理工程、山洪排导工程、小型蓄水引水工程等内容。

山坡防护工程的作用在于改变小地形的方法防止坡地水土流失,将雨水及雪水就地拦蓄,使其渗入农地、草地或林地,减少或防止形成坡面径流,增加农作物、牧草以及林木可利用的土壤水分。同时,将未能就地拦蓄的坡地径流引入小型蓄水工程。在有发生重力侵蚀危险的坡地上,可以修筑排水工程或支撑建筑物防止滑坡作用。主要包括梯田工作、坡面蓄排水工程和斜坡固定工程等。

山沟治理工程的作用在于防止沟头前进、沟床下切、沟岸扩张,减缓沟床纵坡、调节山洪洪峰流量,减少山洪或泥石流的固体物质含量,使山洪安全地排泄,对沟口冲积圆锥不造成灾害。主要包括沟头防护工程、谷坊工程、拦砂坝工程、淤地坝工程和护岸工程等。

山洪排导工程的作用在于防止山洪、泥石流危害,保护冲积扇上的农田、村庄、道路和工矿企业,保护沟岸、河堤免遭冲毁。主要措施有泥石流拦挡排导工程、导流堤等。

小型蓄水引水工程的作用在于将坡地径流及地下潜流拦蓄起来,减少水土流失危害,灌溉农田,提高作物产量。主要包括小型水库工程、山地引洪灌溉工程、引洪淤滩造田工程等。

在规划布设小流域综合治理措施时,不仅应当考虑水土保持工程措施与生物措施、农业耕作措施之间的合理配置;而且要求全面分析坡面工程、沟道工程、山洪排导工程及小型蓄水用水工程之间的相互联系,工程与生物相结合,实行坡沟兼治,上下游治理相配合的原则。水土保持工程措施的洪水设计标准根据工程的种类、防护对象的重要性来确定。坡面工程均按 5~10 年一遇 24 h 最大暴雨标准设计。治沟工程及小型蓄水工程防洪标准根据工程种类、工程规模确定。淤地坝、拦沙坝、小型水库一般按 10~20 年一遇的洪水设计,50~100 年一遇的洪水校核。引洪漫地工程一般按 5~10 年一遇的洪水设计。

小流域综合治理一项系统工程,包括多种措施。随着系统工程的发展,在水土保持工程规划设计中,将会更广泛地应用系统工程理论。另外,为了使水土保持工程的设计与施工现代化,将逐步推广应用计算机辅助设计方法与先进的施工机械设备。

思考与练习

1. 名词解释:水土流失 水土保持。
2. 简述我国水土流失的特点。
3. 简述水土流失的危害。
4. 试述水土保持工程技术的主要内容及其作用。

项目一 山坡防护工程

山坡是山地最重要的组成部分,在山区生产中占有重要地位,同时又是泥沙和径流的策源地,通过山坡防护可以从源头治理水土流失,做到固土保水。山坡防护工程是治理水土流失的第一道防线,其作用在于用改变小地形的的方法防止坡地水土流失,将雨水及融雪水就地拦蓄,使其渗入农地、草地或林地,减少或防止形成坡面径流,增加农作物、牧草以及林木可利用的土壤水分;将未能就地拦蓄的坡地径流引入小型蓄水工程;在有发生重力侵蚀危险的坡地上,修筑排水工程或支撑建筑物,防止崩塌、滑坡等的产生。

山坡防护工程的类型主要有:梯田工程、坡面蓄排水工程、斜坡固定工程等。

任务一 梯田工程

梯田是指在坡地上沿等高线修成阶台式或坡式断面的田地,是劳动人民长期利用自然、改造自然、发展生产的产物,在我国已有数千年的历史,据考证,在西汉时代就已出现了梯田雏形。在世界上梯田的分布也很广泛,尤其是在地少人多的第三世界国家的山丘地区。我国的梯田不仅分布广泛,形式也很多样,不论平原区、山区或丘陵区,梯田都已成为基本的水土保持工程措施,也是山区土地资源开发、坡耕地治理、农业产量提高的一项基本农田建设工程。

梯田是山区、丘陵区常见的一种基本农田,它是由于地块顺坡按等高线排列呈阶梯状而得名,梯田可以改变地形坡度,拦蓄雨水,增加土壤水分,防治水土流失,实现了“土不下山,水不出沟”,达到保水、保土、保肥目的,同改进农业耕作技术结合,能大幅度地提高产量,从而为贫困山区陡坡退耕,种草种树,促进农、林、牧、副业全面发展创造了前提条件。我国规定,25°以下的坡耕地一般可修成梯田,种植农作物,25°以上的则应退耕植树种草。

一、梯田的作用

(一) 改变了田面坡度,增加了入渗时间,减缓了径流流速

根据水力学原理,分析如下:假定坡面修成梯田后,原坡面的坡度由 I 变成 i ,相应的径流深由 H 变为 h ,流速由 V 变成 v ,由公式:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$$

$$v = C \sqrt{Ri}$$

得:

$$V = \frac{1}{n} H^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

$$v = \frac{1}{n} h^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

这里因降雨产生的坡面水层深度较小,径流宽度远远大于深度,故公式中的水力半径 R 近似等于水层深度 H 或 h 。

在相同的坡面径流单宽流量情况下,即 $Q = q$ 时,则可以推求出下式:

$$\frac{v}{V} = \left(\frac{i}{I} \right)^{\frac{3}{10}}$$

可以看出,坡面修成梯田后,坡面径流的流速减少为坡度比的 $3/10$ 次方。如果把坡度为 25° 的山坡地改为坡度为 2° 的梯田后,则其流速比为:

$$\frac{v}{V} = \left(\frac{0.026}{0.466} \right)^{\frac{3}{10}} = 0.46$$

可见,在相同的径流量和径流流线长的情况下,其流速将减小一半以上,则水流的人渗时间延长、土壤侵蚀量随之减小。

(二) 切断了坡面径流,减小了汇流面积,减小了径流量

根据水力学知识我们知道,在降雨过程中,当降雨强度一定时,坡面径流产生的冲刷能力与坡长成正比,就是坡长越长,汇集的径流量越大,对坡面土壤的冲刷能力就越强。根据黄河中游各水土保持站的观测资料,梯田与坡耕地相比,可减少水土流失 85% 以上。延水地区的对比调查表明:一般坡耕地,年土壤流失量为 3.52 mm,而梯田的年平均土壤流失量仅为 0.46 mm。

(三) 实现坡地梯田化,改善了生产条件,提高了单产产量

坡面修成梯田后,可改善农业生产条件,提高单位面积粮食产量,从而促进退耕还林还草,调整农业生产结构,有利于保护土地资源。据山西省水土保持研究所观测:坡耕地修成梯田后,表层土壤(0~30cm)空隙率由 53.4% 增加至 56.1%;全氮含量从 0.03% 增加到 0.06%;有机质含量从 0.5% 增加到 1.0%。一般年份亩产粮食可达到 200 kg 以上,约为坡耕地的 4~5 倍,显然,梯田可以提高土壤肥力,增加粮食产量,对于改善农业生态环境,防止水土流失发挥重要作用。另外,坡耕地在沟壑之上,是沟壑洪水、泥沙的主要来源区,坡面治理好了,就可以减轻沟壑水土保持工程措施的防洪负担,为沟壑治理、发展灌溉和农业生产小气候的改变等创造有利条件。

二、梯田的类型

梯田的类型可根据其断面形式、建筑材料、土地利用方向和施工方法等进行划分。

(一) 按断面形式可分为阶台式梯田和波浪式梯田两类

1. 阶台式梯田

阶台式梯田是指在坡地上沿等高线修筑成逐级升高的阶台形的田地。中国、日本、东南亚各国人多地少地区的梯田一般属于阶台式。阶台式梯田又可分为水平梯田、坡式

梯田、反坡梯田、隔坡梯田四种。

(1)水平梯田:田面呈水平,适宜于种植水稻和其他旱作、果树等,见图 2-1。

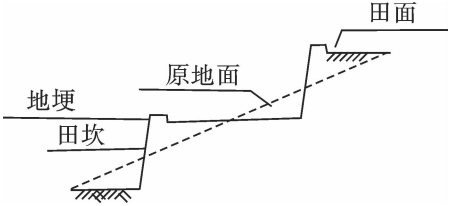


图 2-1 水平梯田断面示意图

(2)坡式梯田:顺坡向每隔一定间距沿等高线修筑地埂而成的梯田。依靠逐年耕翻、径流冲淤并加高地埂,使田面坡度逐年变缓,终至成水平梯田,这也是一种过渡的形式,见图 2-2。

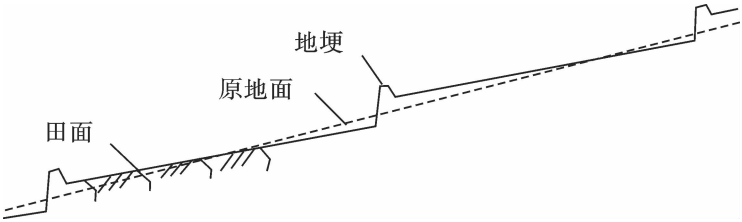


图 2-2 坡式梯田断面示意图

(3)反坡梯田:田面微向内侧倾斜,反坡一般可达 2° ,能增加田面蓄水量,并使暴雨产生的过多的径流由梯田内侧安全排走,见图 2-3。适于栽植旱作与果树。干旱地区造林所修的反坡梯田,一般宽仅 $1\sim 2\text{ m}$,反坡为 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 。

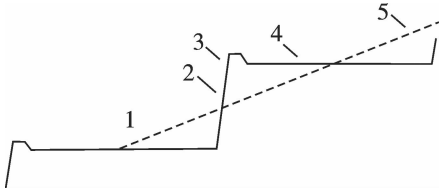


图 2-3 反坡梯田断面示意图

1-反坡角度,一般不超过 2° ;2-田坎;
3-地埂;4-田面;5-原地面。

(4)隔坡梯田:相邻两水平阶台之间隔一斜坡段的梯田,见图 2-4。从斜坡段流失的水土可被截留于水平阶台,有利于农作物生长;斜坡段则种草、栽植经济林或林粮间作。一般在 25° 以下的坡地上修隔坡梯田可作为水平梯田的过渡。

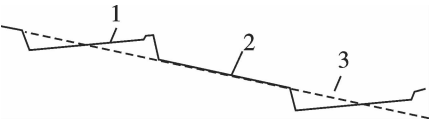


图 2-4 隔坡梯田断面示意图

1-梯田面;2-坡面;3-原地面。



图 2-5 波浪式梯田断面示意图

1-截水沟;2-软埝;3-田面;4-原地面。

2. 波浪式梯田

波浪式梯田是指在缓坡地上修筑的断面呈波浪式的梯田(图2-5),又名软埝或宽埂梯田。一般是在小于7°的缓坡地上,每隔一定距离沿等高线方向修软埝和截水沟,两埝之间保持原来坡面。软埝有水平和倾斜两种:水平软埝能拦蓄全部径流,适于较干旱地区;倾斜软埝能将径流由截水沟安全排走,适于较湿润地区。软埝的边坡平缓,可种植作物。两埝之间的距离较宽,面积较大,便于农业机械化耕作。这种梯田美国较多,前苏联、澳大利亚等国也有一些。

(二)按田坎建筑材料分类

按田坎建筑材料分类,可分为土坎梯田、石坎梯田、植物田坎梯田。黄土高原地区,土层深厚,年降水量少,主要修筑土坎梯田。土石山区,石多土薄,降水量多,主要修筑石坎梯田。陕北黄土丘陵地区,地面广阔平缓,人口稀少,则采用以灌木、牧草为田坎的植物田坎梯田。

(三)按土地利用方向分类

按土地利用方向分类,有农田梯田、水稻梯田、果园梯田、林木梯田等。以灌溉与否可分为旱地梯田、灌溉梯田。

(四)按施工方法分类

有人工梯田、机修梯田。

三、梯田的规划

梯田规划必须在山、水、林、田、路全面规划的基础上进行。规划中要因地制宜地研究和确定一个经济单位(乡或镇)的农、林、牧用地比例,确定耕作范围,制定建设基本农田规划。

在梯田中,要根据耕作区地形情况,合理布设道路。搞好地块规划与设计,确定施工方案,作好施工进度安排。在地块规划设计中,最重要的是确定适当的田面宽度和地坎坡度,这样才能多快好省地完成建设梯田的任务。

梯田由于施工方法不同,规划的要求也有差别,其中有些要求如耕作区规划、道路规划、地块规划等,人工修梯田与机修梯田基本一致。有些要求如施工方案和进度规划等,则是机修梯田所特有的,这些问题在规划中,应当细致研究,妥善处理。

(一)耕作区的规划

耕作区的规划,必须以一个经济单位(一个镇或一个乡)农业生产和水土保持全面规划为基础。根据农、林、牧全面发展,合理利用土地的要求,研究确定农、林、牧业生产的用地比例和具体位置,选出其中坡度较缓、土质较好、距村较近,水源及交通条件比较好,有利于实现机械化和水利化的地方,建设高产稳产基本农田,然后根据地形条件,划分耕作区。

在塬川缓坡地区,一般以道路、渠道为骨干划分耕作区,在丘陵陡坡地区,一般按自然地形,以一面坡或崂、梁为单位划分耕作区,每个耕作区面积,一般以 $3.33 \sim 6.67 \text{ hm}^2$ 为宜。

如果耕作区规划在坡地下部,其上部是林地、牧场或荒坡,有暴雨径流下泄时,应在耕作区上缘开挖截水沟,拦截上部来水,并引入蓄水池或在适当地方排入沟壑,保证耕作

区不受冲刷。

(二) 地块规划

在每一耕作区内,根据地面坡度、坡向等因素,进行具体的地块规划。地块规划应在实地进行,按照实地地形和土壤等情况,确定梯田的布设和修筑要求。下面分别介绍西北黄土地区和东北黑土地区在不同地形上进行梯田地块规划的经验。

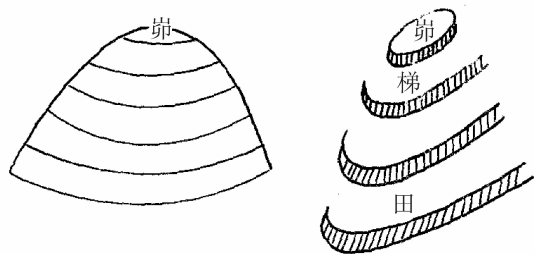


图 2-6 塬地梯田规划示意图

布设,田面宽度依斜坡坡度而异,地块呈圆形或椭圆形,修成后的梯田像塔一样(图 2-6)。

②梁地规划:斜梁地在平面上是长条形,梁顶面积不大,梁坡面积很大。在 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 的梁坡面上,梯田基本上按等高线布置,埂线随坡面起伏凸出或凹进。遇到凹形坡时,按“大弯就势,小弯取直”的方法布设地埂线。当斜梁一边被沟道切断的,从较陡的一边开始,沿等高线布设地埂;斜梁两边被陡坎切割的,沿等高线布设地埂,修成的梯田成“弓”形;斜梁两边为陡坎或支沟沟头所切断的直形坡时,沿等高线布设地埂,修成的梯田为长方形。

③塬地规划:塬指梁和塬或塬和塬之间的低凹处,是黄土地区的专有名词。塬分深塬和浅塬,深塬与塬之间高差大,塬窄,土质瘠薄,一般不作农地;浅塬与塬之间高差小,多分布于梁顶部地势凹下处,塬宽,土质较好,为农地。修梯田是指浅塬。群众有“连山过塬两对平”的规划经验。即以塬口为基点,根据挖方填方基本均衡的原则,定出塬口与两塬上的地埂线,互相对平,向上、下坡分别规划。然后将塬口和下坡的地埂线,各向左右延伸为长条,使山山相连,小块变大块,便于耕作,提高了塬的利用率(图 2-7)。

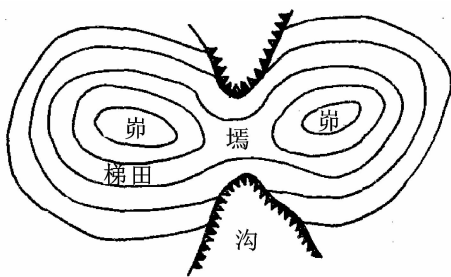


图 2-7 塬地梯田规划示意图

④沟掌凹地的规划:在土石山区,沟掌部分,多是缓坡凹地,凹地之上,常有较大面积的荒坡,可沿等高线布设地埂。在梯田与荒山交界处,开挖排洪渠。

(2) 东北黑土地区的梯田地块规划:

①一面坡的规划:地埂线一般沿等高线布设(见图 2-8),若出现抹斜地可挤到田块的一侧。

②馒头山的规划:馒头地形是上、下坡缓,中间凸坡较陡。布设地埂要区别地段,上、下缓坡段可规划宽面梯田,凸坡段规划窄面梯田,地埂线从上往下沿等高线绕山转(见图 2-9)。