

黄土高原水平梯田质量及水土保持效果的分析

焦菊英 王万中

(中国科学院 水利部水土保持研究所)

摘 要 通过对水平梯田的分类,不同质量水平梯田的水土保持效益,以及水平梯田的质量对其抵御暴雨能力的影响3个方面的分析,说明黄土高原水平梯田的工程质量在水土保持中起着非常重要的作用。

关键词 黄土高原 水平梯田 水土保持

黄土高原由于长期的滥垦、滥伐和滥牧,坡耕地从 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 的缓坡地到大于 25° 的禁垦陡坡地,水土流失严重,平均每年有1cm的土壤被侵蚀掉^[1],流失的养分远远超过年肥料的投入量,并使得增加的有机质在土壤中的积累和提高土地生产力难以实现。黄土高原地区的坡耕地占总耕地面积的83.38% (不含河南省和青海省)^[2],是水土流失的主要来源地,其严重的水土流失已成为限制黄土高原坡耕地粮食生产的重要因子。因此,保护黄土高原的坡耕地,使其免受或少受土壤侵蚀的危害,是关系到农业可持续发展的紧迫问题,坡耕地的治理应是黄土高原水土流失治理的重要内容。

黄土高原坡耕地治理措施可分为水平梯田、隔坡梯田、聚流措施和耕作措施4个方面,其中水平梯田由于改变了地面坡度和径流系数,缩短了坡长,具有较强的水土保持作用,是黄土高原坡耕地治理的根本措施。但在实践中,由于水平梯田的质量,如田面的平整程度,田坎的高低和牢固性等因素的影响,减水、减沙效益很难达到100%。水平梯田作为黄土高原重要的农田形式之一,分析其质量对水土保持作用的影响,对建设水土保持型生态农业(梯田农业)具有重要的意义。

1 水平梯田的分类

1.1 按修前的地面坡度分类

按修前的地面坡度可将水平梯田划分为两类:一类是在 5° 以下的缓坡地上,采取切块划分的办法修成,通常叫做水平条田,也叫水平埝地。主要分布在黄土高原沟壑区和黄土阶地,地坎低直,田面宽平,形状规则,田块面积大,便于灌溉和机耕,蓄水容量大,如上部不来水,位置不在沟边,一般的暴雨不会发生水土流失。另一类是在 5° 以上陡坡地上,基本沿等高线采取“大湾就势,小湾取直”的办法修成,即一般所指的水平梯田。主要分布在黄土丘陵沟壑区,多是围绕着塄坡和梁坡修建的,因地形复杂,坡度陡,地坎修得高,地块较小,且形状不规则,大部分不便机耕和灌溉,其蓄水保土作用相对要小些。

收稿日期: 1998-07-20

* 国家重点科技项目(96-004-05-12)

焦菊英,助理研究员,陕西省杨凌区西农路26号 中国科学院 水利部水土保持研究所,712100

1.2 按水平梯田的质量分类

根据调查资料,按质量将水平梯田分为 4 类^[3]:

第一类,合乎设计标准,埂坎完好,田面平整或成反坡,土地肥沃,在设计暴雨情况下不发生水土流失。

第二类,边埂部分破坏,田面基本水平或坡度小于 2° ;部分渠湾冲毁,土地较肥。

第三类,埂坎破坏严重,大部分已无地边埂,田面坡度在 $2^\circ \sim 5^\circ$ 之间,部分渠湾冲毁,遇暴雨地面产生径流就有水土流失。

第四类,埂坎破坏严重,没有地边埂,田面坡度大于 5° ;渠湾大都破坏,水土流失严重。

另外,还可根据地埂的有无,将水平梯田分为有埂梯田和无埂梯田。据调查,黄土高原河龙区间水平梯田的有埂率很低,一般都在 20 % 以下。

2 不同质量水平梯田的水土保持效益

2.1 减水、减沙效益

水土保持的目的是减洪减沙,根治江河,整治国土,改善生态环境,合理利用土地,发展商品经济,提高和保障人民生活水平。因此,水土保持效益也就包括了减水、减沙效益、经济效益、社会效益和生态效益。减水、减沙效益是水土保持的基本效益,是评价水土保持措施作用的基础。对于单项措施,减水、减沙效益是水土保持措施相对于坡耕地或裸露地减少的径流量和产沙量;对于流域综合治理,是相对于未治理下减少的径流量和产沙量,可用相对指标或定额指标来表示。水平梯田的减水、减沙效益的相对指标是以坡耕地作为对照,水平梯田的减水、减沙量占坡耕地产流、产沙量的百分比;定额指标是指水平梯田相对于坡耕地的减水、减沙量。

2.2 影响水平梯田减水、减沙效益的主要因子

暴雨是引起土壤侵蚀的一个关键因子,黄土高原严重的土壤侵蚀往往是由少数几次暴雨引起的。将坡地修成水平梯田后,在一般情况下,即日降雨 $50 \sim 100 \text{ mm}$ 时,径流泥沙可以就地拦蓄^[4],而且据不少地区实测,梯田可以拦蓄一次降雨 $100 \sim 200 \text{ mm}$ 而地面不发生径流,如蟒河流域 1960 年 8 月 8 日一场雨量为 124.5 mm 的降雨,平均雨强为 0.36 mm/min ,梯田的减水、减沙效益均为 100 %。中国科学院安塞水土保持综合实验站的观测结果表明,蓄水埂维护很好的水平梯田和隔坡梯田(蓄水埂高 25 cm ,平坡比 1:1),无论是整个汛期还是次暴雨,都不发生水土流失^[5]。但是山西离石王家沟的无埂梯田,坡度为 1° ;在 1966 年 7 月 28 日的一场降雨中,雨量只有 9.5 mm (历时 50 min ,平均雨强 0.19 mm/min ,最大 30 min 雨强为 0.3 mm/min),水平梯田仅产生径流 0.17 mm ,土壤侵蚀模数 20.5 t/km^2 。可见水平梯田的减水、减沙效益,除与降雨的多少和强度大小等因素有关外,与水平梯田的质量标准有很大的关系。水平梯田的质量不同,减水、减沙效益有很大的差异。

2.3 不同质量水平梯田在不同降雨条件下的减水、减沙效益

根据黄土高原山西离石 1957~1966 年、延安大砭沟 1959~1967 年、绥德王茂沟 1961~1964 年、绥德辛店沟和韭园沟 1959~1963 年水平梯田小区降雨侵蚀资料及小区的基本情况,将山西离石王家沟 1960~1966 年的资料作为无埂水平梯田(田面宽度 4 m ,多台无边埂,田面坡度 1°),其余作为常规水平梯田,选择 $10^\circ \sim 25^\circ$ 左右的坡耕地作为对照,绘制减水、减沙效益与降雨指标 P_{i30} (次降雨强度的降雨量与最大 30 min 雨强的乘积)的散点图(图 1,图 2)。

由图 1 可以看出,当 $P_{i30} < 50 \text{ mm}^2/\text{min}$ 时,有埂水平梯田减水、减沙效益均为 100 %;当 $P_{i30} > 50 \text{ mm}^2/\text{min}$ 时,减水、减沙效益分别平均为 82.6 % 和 90.9 %,并随着 P_{i30} 的增大而减

小。

由图 2 可以看出, 由于没有地埂, 减水效益较低, 特别是短历时强暴雨条件下, 如 1966 年 8 月 1 日的 40 min 14.6 mm 的降雨, 减水、减沙效益仅分别为 35.0 % 和 41.9 %。无埂水平梯田在 P_{i30} 为 4.4~45 mm²/m in 的范围内, 其减水、减沙效益平均分别为 82.0 % 和 94.8 %。其中在 4.4~20 mm²/m in 之间的减水、减沙效益平均分别为 87.1 % 和 95.0 %; 在 20~45 mm²/m in 之间分别为 66.5 % 和 94.3 %。而有埂水平梯田在 P_{i30} 为 4.4~45 mm²/m in 的范围内减水、减沙效益均为 100 %。可见水平梯田有没有埂对其减水、减沙效益影响很大, 尤其是减水效益。

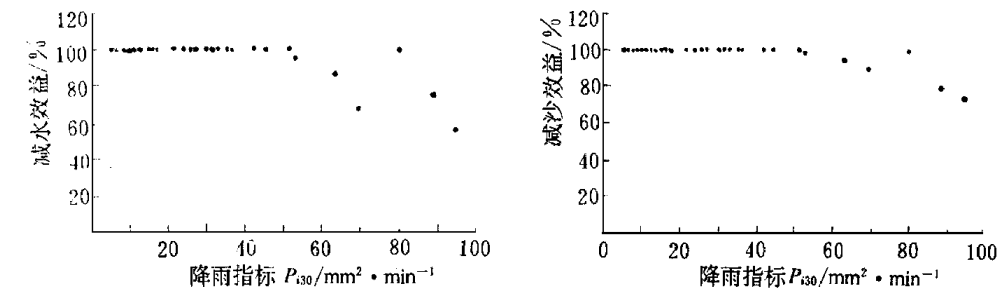


图 1 不同降雨条件下有埂水平梯田的减水、减沙效益

Fig. 1 Soil and water conservation benefits of level terrace with earth bank in different rainfall conditions

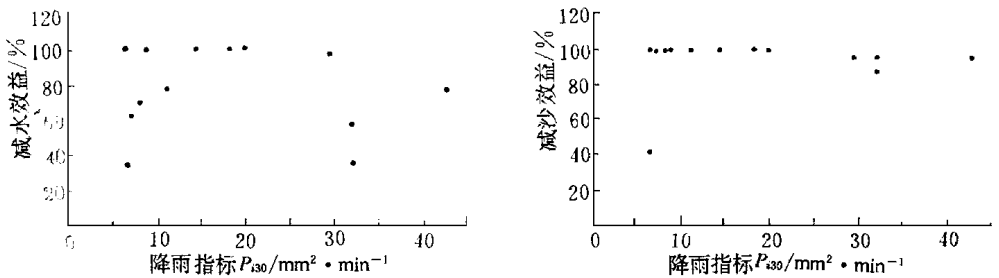


图 2 不同降雨条件下无埂水平梯田的减水、减沙效益

Fig. 2 Soil and water conservation benefits of level terrace without earth bank in different rainfall conditions

2.4 不同质量水平梯田在不同汛期雨量下的减水、减沙效益

根据黄委会绥德、西峰、天水水保站及山西离石水保所 1954~1966 年小区观测资料统计分析, 不同质量标准水平梯田在汛期不同降雨量情况下的减水、减沙效益见表 1^[3]。由表 1 可以看出, 不同质量标准水平梯田, 抗御降雨侵蚀的能力有较大的差异。对于一、二类梯田, 当汛期雨量大于 191 mm 时, 产生径流; 分别大于 231 mm、191 mm 时, 发生土壤侵蚀; 对于三类梯田, 当汛期雨量大于 131 mm 时, 发生水土流失, 与一、二类梯田相比, 发生水土流失的汛期雨量相差 100 mm 和 60 mm。随着汛期降水量的递增, 不同质量水平梯田之间的减水、减沙效益相差更大, 如汛期雨量为 231 mm 时, 一类梯田的减水、减沙效益分别为 99.6 % 和 100 %; 二类梯田分别为 99.0 % 和 99.4 %; 三类梯田分别为 97.8 % 和 98.8 %。当汛期雨量增大到 660 mm 时, 一类梯田的减水、减沙效益分别为 54.2 % 和 58.0 %; 二类梯田分别为 36.9 % 和 39.9 %; 三类梯田分别为 19.6 % 和 21.2 %。

表 1 不同汛期雨量下不同质量水平梯田的减水、减沙效益

Tab. 1 Soil and water conservation benefits of level terrace

w ith different quality w ith various rainfall conditions in flood season

汛 期	坡 地		一类梯田				二类梯田				三类梯田			
降雨量	产流量	产沙量	蓄水量	拦泥量	蓄水	拦泥	蓄水量	拦泥量	蓄水	拦泥	蓄水量	拦泥量	蓄水	拦泥
/mm	/m ³ · km ⁻²	/t · km ⁻²	/m ³ · km ⁻²	/t · km ⁻²	/%	/%	/m ³ · km ⁻²	/t · km ⁻²	/%	/%	/m ³ · km ⁻²	/t · km ⁻²	/%	/%
131	0	0			100	100			100	100			100	100
191	1039	147	1039	147	100	100	1039	147	100	100	1028	146	99 0	99 5
231	1028	153	1078	153	99 6	100	1071	152	99 0	99 4	1058	151	97 8	98 8
270	29298	4144	28917	4132	98 7	99 7	28507	4086	97 3	98 6	28038	4049	95 7	97 7
400	35039	4956	32446	4807	92 6	97 0	31360	4743	89 5	95 7	3044	4555	86 8	91 9
486	42024	5944	36057	5480	85 8	92 2	33703	5118	80 2	86 1	31560	4535	75 1	76 3
548	50027	7076	39771	6071	79 5	85 6	34669	5279	69 3	74 6	30116	4451	60 2	62 9
577	66034	9340	48931	7463	74 1	79 9	41469	6286	62 8	67 3	33743	5137	51 1	55 0
660	155413	21982	84234	12750	54 2	58 0	57347	8771	36 9	39 9	30461	4660	19 6	21 2

3 水平梯田的质量对其抗御大暴雨能力的影响

根据绥德水土保持站的资料, 1964 年 7 月 5 日韭园沟流域的暴雨, 平均雨量 128.9 mm, 历时 18 h, 平均强度 0.12 mm/min, 最大降雨强度 1.1 mm/min, 梯田地埂破坏埂长占总埂长 1.4% ~ 6.3%, 梯田破坏部位为填土部位的占 90%, 说明梯田的质量标准甚为重要。1985 年绥德水土保持站对绥德、米脂两县 15 个村的 41 hm² (613 亩) 暴雨后水平梯田破坏情况的调查结果为: 第一类约占 21%; 第二类约占 43%; 第三类约占 19%, 第四类约占 17%。第三、四类梯田的埂畔滑塌, 是梯田破坏的主要原因, 主要是在梯田修筑时填土与埂畔表皮击实度太差, 内填虚土严重沉陷, 与表皮分离; 加之土壤不断风化、崩裂, 及管理养护不善, 年久失修所致。据黄委会中游调查组的资料, 绥德韭园沟和辛店沟 1994 年 8 月 4~ 5 日降雨 150 mm, 调查的几块梯田坎损坏率几乎达到 100%, 即使新修的梯田也达 80%。说明水平梯田的工程质量严重影响其抗御暴雨的能力, 而且抗御大暴雨的能力是越来越小。原因如下:

1) 据绥德水土保持站观测研究, 梯田地埂变平一般需 10~ 15 年, 70 年代以前修的梯田, 老化失修, 效益衰减。在米脂 8 个村庄的调查, 在总长 2619 m 的田坎中, 50 年代修的破坏率 77.3%, 60 年代修的破坏率 14.7%, 70 年代修的破坏率 5.4%, 80 年代修的破坏率 1.3%。

2) 随着年代的延长, 梯田的有埂率逐渐减小。据黄委会天水、西峰水土保持站的调查, 70 年代以前, 晋西南片有埂率为 30% 左右, 陕北南片为 35% 左右, 80 年代, 晋西南片为 15%, 陕北南片为 15% ~ 20%。梯田的有埂率一般为 20% ~ 40%, 而且大都在 20% 以下。

3) 据黄委会天水水土保持站调查结果, 质量好的梯田是 70 年代修的, 近几年推广的机修梯田, 田面宽度较大且很平整, 但边埂下部压实不够, 在遇暴雨时, 很容易塌陷或滑坡, 有的是在田内填方的交界处形成陷穴, 造成严重的跑水现象。在 1994 年 8 月 4 日柳林县的一次暴雨中, 县城降雨量 134.9 mm, 历时 32 h。30 min 最大雨强为 1.6 mm/min, 三川河出现两次较大洪峰, 后大成站最大流量 1700 m³/s, 梯田毁坏比较严重, 尤其是新修梯田, 1993 年在梁峁部位修 8 条梯田, 1994 年全部种植高粱, 尽管田面被作物覆盖, 但除峁顶一条梯田没有受到水毁外, 其余都有不同程度的毁坏, 且越往下毁坏越大。70 年代修的梯田在这次暴雨中毁坏较轻, 一部分

田坎有轻微破坏, 大部分梯田基本完好。

综上所述, 梯田是黄土高原主要的水土保持措施, 工程质量是影响梯田水土保持效益的重要因子。修筑梯田时, 严把质量关, 尽量达到田面水平, 田坎牢固, 并经常维护, 充分发挥水平梯田的蓄水保土和减轻土壤侵蚀, 改善农作物的生长条件, 提高作物产量, 促进土地利用结构和农村产业结构的调整等作用, 以达到黄土高原土地的可持续利用和农业的可持续发展。

参 考 文 献

- 1 陆兆熊, 蔡强国 黄土高原地区土壤侵蚀及土地管理研究进展 水土保持学报, 1992, 6(4): 86~ 95
- 2 赵存兴主编 中国黄土高原地区坡耕地坡度分级数据库 海洋出版社, 1990 9~ 115
- 3 徐乃民, 张金慧 水平梯田蓄水减沙效益计算探讨 中国水土保持, 1993(3): 32~ 34
- 4 赵文礼 黄河流域的梯田 中国水土保持, 1983(2): 36~ 40
- 5 孟庆枚主编 黄土高原水土保持 黄河水利出版社, 1996 377~ 402

Quality and Soil-Water Conservation Effectiveness of Level Terrace on the Loess Plateau

Jiao Juying Wang Wanzhong

(Institute of Soil and Water Conservation, CAS and MWR, Yangling, 712100)

Abstract On the basis of analysing the soil and water conservation mechanism of level terrace, the classification, the soil and water conservation benefit of level terrace with different quality, and the effect on resistance to storm of level terrace by its work quality were studied. The results showed that the soil and water conservation benefit of level terrace is difficult to reach thoroughly because of that work quality; level terrace with different quality has different soil and water conservation benefit, the bigger the rainfall amount, the more discrepant the soil and water conservation benefit of different quality level terrace; in the extreme storm, the destroy of level terrace is as a result of unqualified work quality. Above all, the work quality of level terrace plays an important role in soil and water conservation.

Key words loess plateau, level terrace, soil and water conservation