

山地梯田埂坎设计探讨

周 孚 明

(甘肃省水土保持科学研究所, 兰州 730021)

摘 要: 通过对土坡直滑动面的剖析, 将其应用于梯田田坎的稳定分析, 并通过回归分析给出了梯田埂坎少占地的目标函数的数学模型, 从而使得梯田埂坎优化设计及实践应用成为可能。

关键词: 梯田埂坎; 优化设计; 分析研究

中图分类号: S 157.31 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2004)03-0281-02

Anatomy in Terrace Embankments of Mountainous Land

ZHOU Fu-ming

(Soil and Water Conservation Institute of Gansu Province, Lanzhou 730021, China)

Abstract: Vertical sliding surface of slope was anatomized, and used in stability and regression analysis of terrace embankments, numerical model has given that little land was occupied by terrace embankments, it is possible that the best design and practice apply in terrace embankments.

Key words: terrace embankments; the best design; analysis and research

梯田田埂、田坎(合称埂坎)是梯田外围的保护圈, 它可以直接蓄水、拦泥、保肥、稳固田面, 并为管护提供方便, 但它也占据着部分土地不能耕种, 影响土地利用。因此, 必须通过对梯田断面进行优化设计来解决这一问题。

1 梯田埂坎设计

1.1 田 坎

田坎的目的是得到稳固且少占地的田坎外侧边坡, 田坎稳固属边坡稳定性问题。在甘肃陇中黄土丘陵地区一般土料兼具凝聚力和内摩擦角, 若对填方部位加以夯筑或人工踩踏(土壤含水量 12% ~ 14%), 田坎下部(未动)及上部填方部分可以看成是均质的, 在旱作牲畜耕种情况下, 可看成是不荷重的。我们对田坎滑动面分直滑动面和曲滑动面两种情况下的梯田田坎边坡稳定性进行土力学分析。

1.1.1 田坎滑动面为直滑面

当田坎滑动面为直接滑动面的情形时, 在坎坡极限平衡时根据田坎外侧坡角等要素设计田坎高的计算公式如下:

$$H = c \cdot 2 \sin \beta \cdot \cos \varphi [Y \cdot \sin^2 ((\beta - \varphi) / 2)] \quad (1)$$

式中: c ——土凝聚力; Y ——土天然容重; β ——田坎外侧坡角; φ ——土内摩擦角; H ——田坎高。

1.1.2 田坎滑动面为曲滑面

当田坎滑动面为曲滑面的情形时, 通过对泰勒图解、罗巴索夫图解和我国庄乐和氏图解的比较, 以庄乐和氏图解比

较符合梯田田坎设计实际, 该图解给出了经典的计算式:

$$c / (YH) = \{ 4 \cos \beta \cdot \tan \varphi \tan (\pi / 4 - \varphi / 2) \cos \varphi \sin (\pi / 4 - \varphi / 2) e^{3(\pi / 2 - \beta) \tan \varphi} \cdot \cos (\pi / 4 - \varphi / 2 + \beta) \} + \cos \varphi e^{2(\pi / 2 - \beta) \tan \varphi} \cdot \{ \cos \beta - \tan (\pi / 4 - \varphi / 2) [e^{\lambda(\pi / 2 - \beta) \tan \varphi} \sin \beta] \} / \{ 16 \sin \beta \cdot \cos \beta \cdot \sin 2(\pi / 4 + \varphi / 2) e^{(\pi / 2 - \beta) \tan \varphi} [e^{2(\pi / 2 - \beta) \tan \varphi} - \tan^2 \pi / 4 - \varphi / 2] \} \quad (2)$$

(2) 式中的符号意义与(1)式相同。

根据 N_z (即 $c / (YH)$) 与 β 、 φ 间的上述函数关系可绘制出极限平衡时土坡稳定图解, 便于设计时查用。

1.2 田 埂

为了保持水土、方便管理, 梯田边应设硬田埂, 田埂上宽 0.4 m 即可满足要求。为了拦泥蓄水, 田埂需有一定超高, 在黄土高原地区 20 年一遇 24 h 最大暴雨不超过 200 mm, 故田埂超高一般以 0.2 m 即可, 田埂内外边坡比均以 1 : 1 为宜。

2 梯田埂坎占地优化

本文讨论的田块形状为矩形或弯曲的矩形, 且上下连台, 田块为其它形状时可按矩形关系概化之。

2.1 田埂占地

田埂占地比例关系式为:

$$N_D = (DL + 2BD) / BL = D / B + 2D / L \quad (3)$$

式中: D ——田埂下宽; B ——田面毛宽; L ——正向田埂长; D / B ——正向田埂占地比例; $2D / L$ ——侧向田埂占地比例;

① 收稿日期: 2004-03-02
作者简介: 周孚明(1963-), 男, 工程师, 主要从事水土保持科学研究工作。

N_D ——田埂占地比例。

考虑到侵蚀地貌沟壑和凹形坡的分割,每块地有两条侧向田埂,若梯田纵向相连,则 $2D/L$ 改用 D/L 。

2.2 田坎占地

田坎占地比例关系式为:

$$N_K = (LB_2 + BB_2)/BL = B_2/B + B_2/L \tag{4}$$

式中: B_2 ——田坎投影宽; B_2/B ——正向田坎占地比例; B_2/L ——侧向田坎占地比例; N_K ——田埂占地比例。式中 L 、 B 符号意义同上。

综上所述,梯田正、侧向埂坎总占地为:

$$N = (D + B_2)/B + (B_2 + 2D)/L \tag{5}$$

式中符号的意义同上。

2.3 埂坎占地的优化

从(5)式可知, N 是 B 、 D 、 B_2 、 L 函数。因田埂下宽 D 一般取定值,而田埂高宽只与拦蓄的暴雨径流深有关,对连台梯田,暴雨径流深和田面宽并无关系,故 D 亦为定值。由梯田的几何意义知: $B_2 = H \cot \beta$ 。

从公式(2)可知, β 是 γ/c 、 QH 的隐函数,为了消去变量 β ,得到关于 H 的处处可导函数,我们选用模型

$$\cot \beta = a_0 + a_1(\gamma H/c) + a_2 + a_3(\gamma H/c) + a_2 \cot \varphi + a_4 \cot \varphi$$

对公式(2)中 β 、 $\gamma H/c$ 、 φ 的确不同值进行回归分析,得公式(2)的近似表达式为:

$$\cot \beta = 0.1117 - 0.00223(\gamma H/c)^{1.15} + 0.034(\gamma H/c)^{1.15} \cot \varphi - 0.1339 \cot \varphi \dots\dots\dots (6)$$

相关系数 $R = 0.993\ 8$, $F = 170\ 3$, β 大误差为 $\pm 3\%$ 。

在甘肃陇中黄土丘陵地区,粉质壤土的土壤含水量为 $12\% \sim 14\%$, $\gamma = 1.4\ t/m^3$ 时, $\varphi = 22^\circ$, $c = 0.9\ t/m^2$,边坡稳定安全系数 $K = 1.2$ 。将此代入公式(6)得:

$$\cot \beta = 0.1646H^{1.15} - 0.2924$$

将 $B = H \cot \alpha$ 代入公式(6)得:

$$N = 0.1646 \tan \alpha H^{1.15} - 0.2924 \tan \alpha + (D/H) \tan \alpha + (2D + 0.1646H^{2.15} - 0.2924H)/L$$

3 结 语

梯田田坎设计是一个较为复杂的问题,影响因素很多,自然条件、施工条件各异,要给出很精确的田坎边坡设计公式是困难的。本文通过土坡直滑动面的剖析,引出了有安全系数的 c 、 φ 值可在曲滑动面的情形应用。对常用的庄乐和氏土坡稳定计算公式进行了分析,并对梯田坎高边坡范围内进行了回归分析计算,得出 β 近似的显函数,埂坎少占地的目标函数,为埂坎少占地的解析最优化创造了条件,通过一系列的降维和参变量的调查实测选定,给出了确定型连续型的数学模型,使之应用于实践成为可能。

(上接第 232 页)

耕还林后,可以有效地改善区域小气候条件,如增加降水、改善温度、降低风速、减少冷空气淤积、减少地表径流等,这对于区域内减少自然灾害有重要的意义。首先,降低了旱涝灾害频率。东坑村、八峰岬自然村、湖上村、建爱村、大石农场等退耕还林示范区的旱涝灾害频率比退耕前降低 60% 以上,且每次洪水灾害造成的损失明显减少。其次,降低了冻害程度,1999 年历史上最严重的干冻期间,大石农场和东风农场退耕还林区下方的柑橘园只受轻冻,2 年就恢复正常产量;相同海拔坡向条件而中上段没有退耕的附近柑橘园受冻严重,4 a 后才恢复正常产量。

3.2 社会效益

3.2.1 改善区域生态环境,提高群众生活质量

坡耕地退耕还林后逐步改善了区域生态环境,而且加速了区域农村经济结构调整和优化,使村财和群众收入不断增加,群众生活质量也逐步提高。全县典型的水土流失严重村——东坑村,通过水土流失综合治理后,彻底改变了原来山穷水尽的面貌,农村经济多元化发展,2002 年村财收入 30 多万元,农民实际人均纯收入 2 500 元,学校、道路、村老年人活动等公益事业建设不断完善,成为远近闻名的小康村。湖美乡湖上村坡耕地退耕种植麻竹 5.33 hm²,第 4 年后开始挖笋山售,产值 3.456 万元,第 5 年产值 5.3 万元,第 5 年后每年可增加群众纯收入 3.385 万元,人均增收 45 元,成为农民收入支柱产业之一。

3.2.2 改善农业生产条件,稳定农业增产增收

区域范围退耕还林后,提高森林植被覆盖率,控制了水土流失,区域生态环境逐步向良性发展,从根本上改善了农业生产条件,扩大了耕地保护面积和有效灌溉面积,减少旱涝和冻害等自然灾害发生,土地生产力逐步提高,稳定农作物产量,并实现农民稳定增收。

3.2.3 有效调整林业结构,促进林业持续发展

根据坡耕地分布特点和土壤肥力、土层厚度、土壤质地等因素因地制宜地布设林种和树种,扩大竹林、乔木果树以及针阔混交林的比例,有效地调整退耕还林区域的林业结构,促进林业可持续发展。

3.3 经济效益

退耕营造的水土保持林、水源涵养林等全部已划入生态公益林,其面积 3 268 hm²。按有关规定公益林无法从林木中收回投资或者取得利润,根据现有国家有关生态公益林补偿制度计算,从第 10 ~ 25 年,投资退耕者每年 1 hm² 可获得 600 元的补偿,1 hm² 可累计获得补偿 9 000 元,全县累计退耕还林的生态公益林累计可获得公益林补偿费 2 941.2 万元;退耕种麻竹、绿竹、甜竹、毛竹等平均每年 1 hm² 经济效益 1 500 元,645 hm² 竹类每年经济效益 96.75 万元;退耕种柿、板栗等乔木果树平均 1 hm² 经济效益 3 000 元,退耕种果 387 hm² 平均每年经济效益 116.1 万元。根据以上估算结果,全县退耕还林平均每年经济效益可达 408.93 万元。