

坡面水平槽的设计与施工

孙乃祥

石福田

(辽宁省兴城市水利局·辽宁兴城·125100)

(辽宁省水土保持办公室)

提 要

该文在总结实践经验的基础上,理论与实践相结合,推导出规划、设计水平槽的理论计算公式,提出了经济断面及双坡函数的计算方法,初步探讨了以水平槽为主体、开发荒坡与经济效益相结合的工程模式。同时阐述了水平槽的设计要点、布设施工特点、功能优势及适用范围。

关键词: 坡面水平槽 经济断面 双坡函数 工程模式

Design and Construction of Level Trough in Hillside

Sun Naixiang

(Water Conservancy Bureau of Xingcheng City in Liaoning Province, Xingcheng Liaoning, 125100)

Shi Futian

(Office of Soil and Water Conservation of Liaoning Province)

Abstract

On the basis of summarizing practical experience, and of combining theory with practice, the theoretical calculation formula to design level trough was derived. The algorithms to calculate economic section and double pitch function were presented. The construction pattern that combines economic benefit with hillside development and takes level trough as a centre was approached. At the same time, the main points designing, arrangement and construction features, functional superiorities and suitable range of level trough have been dealt with.

Key words level trough in hillside economic section double pitch function construction patterns

在水土保持工程中,以坡面治理工程量最大,也最为关键,其治理形式在不断改进创新。近几年来,辽宁省在治理荒坡中总结了一种新型工程措施——水平槽整地。从1989年至今,辽宁省西部地区已修建水平槽坡面工程100多万亩,其工程规模之大,质量之好,效益之高,是水土流失治理史上没有过的,它将山区的水土保持建设推上了新台阶。

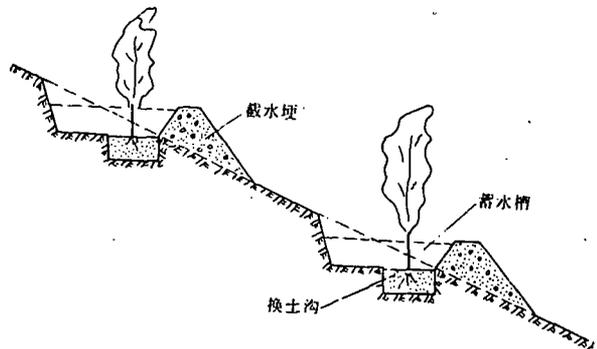


图1 水平槽工程整地示意图

一、水平槽断面尺寸与布设规则

坡面水平槽是一种截流蓄水及改土同步进行的治坡工程。由截水坝、蓄水槽和换土沟三部分组成(见图1)。采用水平槽工程整地后,造林栽果,其功能和经济效益明显优于水平沟、竹节壕间鱼鳞坑及小穴等工程形成。

水平槽因其工程量较大,有一定的适用范围,在推广应用中必须重视规划设计与施工问题。水平槽工程平面布置及工程断面如图2、图3。

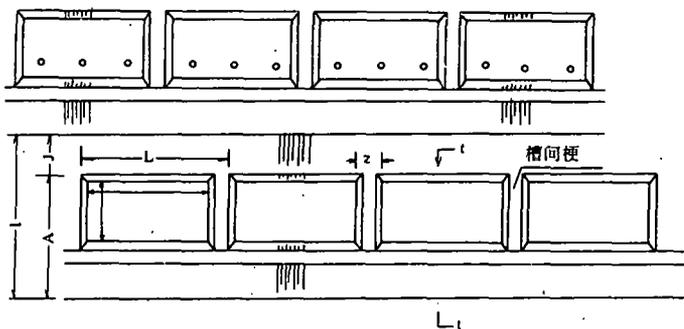


图 2 水平槽工程平面布设

$C=0.50 \cdot B$ 。深度根据气候、土壤、树种确定, $H_1=0.2 \sim 0.5\text{m}$ 。干旱地区或栽植经济林宜深一些。槽中心距及槽底长对工程量及植树密度影响不大, 主要考虑整平槽面施工方便, $L=2.5 \sim 4\text{m}$, $l=2 \sim 3.5\text{m}$ 。槽间距 $z=0.5\text{m}$ 。槽底宽与行距的确定, 当单位面积水平槽的蓄水量为定值时, 二者是相关的, 可先设 B 值, 再定 I 值, 也可先设 I 值, 再定 B 值。立地条件好, 宜适经济林, 可选大槽宽、大行距; 造林密度较小, 反之亦然。一般取 $B=1.0 \sim 1.5\text{m}$ 、 $I=2.5 \sim 4.0\text{m}$ 。其计算方法如下:

每亩设计来水量 Q_p 采用下式计算: $Q_p=0.667p\Phi$ (1)

式中: p —5~10 年一遇 24h 最大降雨量(mm); 径流系数 $\Phi=0.5 \sim 0.7$ 。考虑到换土坑土壤疏松, 该值可取 0.55。

单槽蓄水容积 $V_{\text{槽}}$ 计算式:

$$V_{\text{槽}}=l(BD+\frac{1}{2}m_1D^2+\frac{1}{2}m_2D^2) \quad (2)$$

每亩布设单槽数量 $T_{\text{槽}}$ 计算式为:

$$T_{\text{槽}}=Q_p/V_{\text{槽}} \quad (3)$$

每亩水平槽总长度 $R_{\text{槽}}$ 计算式:

$$R_{\text{槽}}=T_{\text{槽}}L \quad (4)$$

水平槽行距 $I_{\text{槽}}$ 计算式:

$$I_{\text{槽}}=666.7/R_{\text{槽}} \quad (5)$$

每亩水平槽蓄水量计算式:

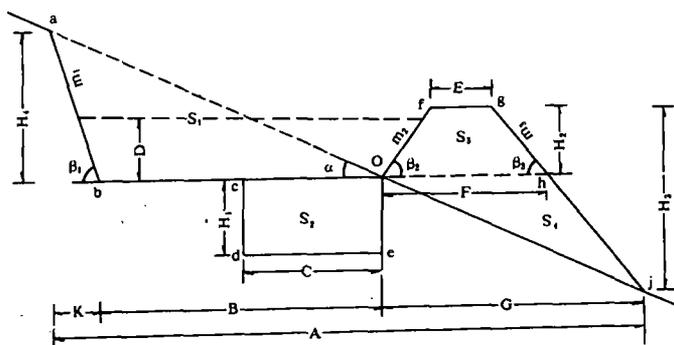
$$Q=T \cdot V \geq Q_p \quad (6)$$

式中的 $T \cdot V$ 为采用值。

当先选定 B 时, 按(2)~(5)式计算 I 值; 当先选定 I 时, 按(5)~(2)式计算 B 值。

断面各部位尺寸及布设确定如下:

水平槽有效蓄水深, 根据设计来水量并考虑蓄水后对坡面稳定性的影响来确定, $D=0.2 \sim 0.3\text{m}$ 。截水埂内坡高根据蓄水深, 加上一定的超高, $H_2=0.25 \sim 0.35\text{m}$, 其顶宽及边坡比由埂的稳定性确定, 一般 $E=0.2 \sim 0.3\text{m}$, $m_2, m_3=0.5 \sim 1.0\text{m}$ 。槽肩削坡的边坡比根据土质情况确定, 一般取 $m_1=0.2 \sim 0.5\text{m}$ 。换土沟宽, 为施工方便, 一般取



- 图注: S_1 —挖方断面面积(三角形 abo 的面积)(m^2)
- S_2 —换土沟断面面积(矩形 $cdeo$ 的面积)(m^2)
- S_3 —截水埂上部断面面积(梯形 $ofgh$ 的面积)(m^2)
- S_4 —截水埂底部填方面积(三角形 ohj 的面积)(m^2)
- A —水平槽上下部全部水平投影宽(m)
- B —槽底宽(m) C —换土沟宽(m)
- D —有效蓄水深(m) E —截水埂顶宽(m)
- F —截水埂梯形底部宽(m) H_1 —换土沟深(m)
- H_2 —截水埂内坡高(m)
- H_3 —截水埂外坡高(m)
- H —最大开挖深(不含换土沟深)(m)
- G —截水埂底水平投影宽(m)
- K —槽肩削坡的水平投影宽(m)
- l —槽水平行距(m) L —槽中心距(m)
- l —槽底长(m) z —槽间距(m)
- J —隔坡段水平长(m) α —地面坡角($^\circ$)
- m_1, m_2, m_3 —边坡系数

图 3 水平槽工程断面

二、水平槽工程经济断面设计及计算公式

水平槽工程经济断面是使挖方量与填方量相等、工程量最省的设计断面,其设计计算公式推导如下:

根据正弦公式,图3中的各断面面积计算式为:

$$S_1 = \frac{1}{2}B^2 \sin b \cdot \sin a / \sin \alpha = \frac{1}{2}m_1 B^2 \quad (7)$$

$$S_2 = CH_1 \quad (8)$$

$$S_3 = EH_2 + \frac{1}{2}(m_2 + m_3)H_2^2 \quad (9)$$

$$S_4 = \frac{1}{2}F^2 \sin h \cdot \sin a / \sin j = \frac{1}{2}m_2 F^2 \quad (10)$$

$$F = E + (m_2 + m_3)H_2$$

$$S_{\text{填}} = S_3 + S_4 = EH_2 + \frac{1}{2}(m_2 + m_3)H_2^2 + \frac{1}{2}m_2 F^2 \quad (11)$$

上式中的双坡函数 m_1, m_2 计算式

$$m_1 = \sin b \cdot \sin a / \sin \alpha \quad \angle b = 180^\circ - \beta_1 \quad \angle a = \beta_1 - \alpha \quad (12)$$

$$m_2 = \sin h \cdot \sin a / \sin j \quad \angle h = 180^\circ - \beta_3 \quad \angle j = \beta_3 - \alpha \quad (13)$$

当挖方断面等于填方断面时:

$$S_1 + S_2 = S_{\text{填}} + S_2 \quad (S_2 \text{ 换土沟既挖又填}) \quad S_1 = S_{\text{填}} \quad S_{\text{填}} = S_3 + S_4$$

$$\text{所以: } \frac{1}{2}m_1 B^2 = EH_2 + \frac{1}{2}(m_2 + m_3)H_2^2 + \frac{1}{2}m_2 F^2$$

$$B = \{2[EH_2 + \frac{1}{2}(m_2 + m_3)H_2^2 + \frac{1}{2}m_2 F^2] / m_1\}^{\frac{1}{2}} \quad (14)$$

由上式看出,在 E, H_2, m_1, m_2 及 m_3 确定后,对应的某一坡度经济断面的 B 值只有一个。

若在不同的坡度上选用相同的 B 值,而又使 $S_1 = S_{\text{填}}$ 时,必须将 S_1 断面与 $S_{\text{填}}$ 断面的交点 O 在水平方向或垂直方向移动,如图4、图5所示。

O 点左右位移的 X 值和上下位移的 Y 值计算公式如下:

$$S_1' = S_{\text{填}}' = \frac{1}{2}m_1(B \pm X)^2 = EH_2 + \frac{1}{2}(m_2 + m_3)H_2^2 + \frac{1}{2}m_2(F \mp X)^2 \quad (15)$$

$$Y = X \operatorname{tg} \alpha \quad (16)$$

不同地面坡角 α 的经济断面所对应的不同 B 值通过上式计算出相应的 X, Y 值。

经济断面单槽工程量 U 计算式:

$$U = l(S_1' + S_2) = l(S_{\text{填}}' + S_2) = l[\frac{1}{2}m_1(B \pm X)^2 + CH_1] \quad (17)$$

每亩工程量计算式:

$$U = TU \quad (18)$$

每亩换土量计算式:

$$W = TICH_2 \quad (19)$$

槽间距 Z 所需筑埂土方,可由挖实方填虚方的余量解决,验算式为:

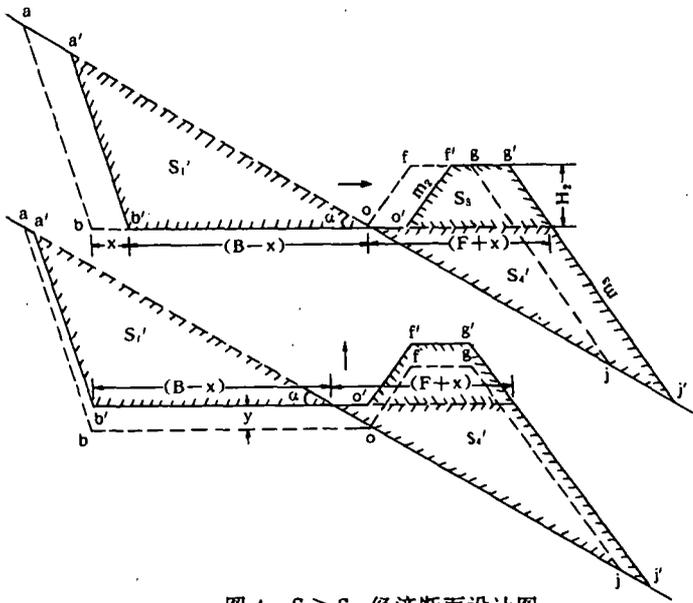


图 4 $S_1 > S_{max}$ 经济断面设计图

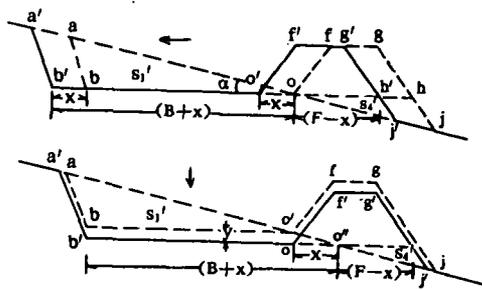


图 5 $S_1 < S_{max}$ 经济断面设计图

$$ZS'_{\text{渠}} \leq U(l-r) \quad (20)$$

式中： r 实方与虚方的折算系数， $r=0.85$

经济断面各部位长度计算式：

$$H_3 = H_2 + m_2(F \pm X) \quad (21)$$

$$H_4 = m_1(B \pm X) \quad (22)$$

$$K = N_1(B \pm X) \quad (23)$$

$$G = (l + N_2)(F \pm X) \quad (24)$$

$$A = K + B + G \quad (25)$$

$$J = l - A \quad (26)$$

上式中双坡函数 N_1, N_2 由正弦公式推出：

$$N_1 = \sin b \cdot \cos a / \sin a - 1 \quad (27)$$

$$N_2 = \sin h \cdot \cos a / \sin j - 1 \quad (28)$$

三、水平槽工程经济断面设计实例

兴城某山区小流域拟采用水平槽工程整地造林栽果。该流域荒坡坡度为 $7 \sim 35^\circ$ 。设计标准采用十年一遇 24h 最大降雨量 151mm。其工程规格和经济断面的设计步骤及结果如下：

(一) 水平槽工程规格的取值及计算

根据流域综合情况设计取值为： $L=3.0\text{m}, l=2.5\text{m}, z=0.5\text{m}, c=0.5 \cdot B, H_1=0.3\text{m}, D=0.25\text{m}, H_2=0.3\text{m}, E=0.25\text{m}, m_1=0.3\text{m}, m_2=m_3=0.7$ 。 B 或 I 的取值及计算为进行比较，第一方案以 B 定 I ，先设 $B=1.0, 1.2, 1.4\text{m}$ 然后计算相应 I 值。第二方案以 I 定 B ，先设 $I=3.0, 3.5, 4.0\text{m}$ 然后计算相应 B 值。计算步骤如下：

将设计取值代入(1)~(6)式及(19)式计算结果如表 1、表 2、表 3。

$$Q = 0.667 \times 151 \times 0.55 = 56.4 \text{ m}^3/\text{亩}$$

表 1 第一方案以 B 定 I 行距计算结果

B (m)	计 算 值				采 用 值				
	V 计 (m^3)	T 计 (个)	R 计 (m)	I 计 (m)	I (m)	T (个)	V (m^3)	Q (m^3)	W (m^3)
1.0	0.703	80.23	240.6	2.77	2.75	80.81	0.703	55.8	30.3
1.2	0.828	68.12	204.3	3.26	3.25	68.38	0.828	55.6	30.8
1.4	0.953	59.18	177.5	3.76	3.75	59.26	0.953	55.5	31.1

表 2 第二方案以 I 定 B 槽宽计算结果

I (m)	计 算 值				采 用 值				
	R 计 (m)	T 计 (个)	V 计 (m ³)	B 计 (m)	B (m)	T (个)	V (m ³)	Q (m ³)	W (m ³)
3.0	222.2	74.08	0.761	1.093	1.1	74.08	0.7666	55.7	30.6
3.5	190.5	63.50	0.888	1.296	1.3	63.50	0.891	55.6	31.0
4.0	166.7	55.56	1.105	1.499	1.5	55.56	1.016	55.4	31.2

表 3 造林密度规划

造 林 种 类	第 一 方 案				第 二 方 案					
	B × I	每槽 1 株	每槽 2 株	每槽 3 株	每槽 4 株	I × B	每槽 1 株	每槽 2 株	每槽 3 株	每槽 4 株
防护林	1.0 × 2.75			242	323	3.0 × 1.1			222	296
护坡林	1.2 × 3.25		137	2.05		3.5 × 1.3		127	191	
经济林	1.4 × 3.75	59	118		4.0 × 1.5	56	111			

(二)经济断面设计及工程量计算(第一方案)

在经济断面的设计中,首先计算双坡系数。将 m_1 和 m_2 值分别代入(12)、(13)、(27)、(28)式计算,计算结果绘制成图 6,由图 6 可查各坡度的双坡系数。

根据(14)式计算出图 3 中的经济断面各坡度的底宽,将结果绘制成图 7,可查任一坡度的经济

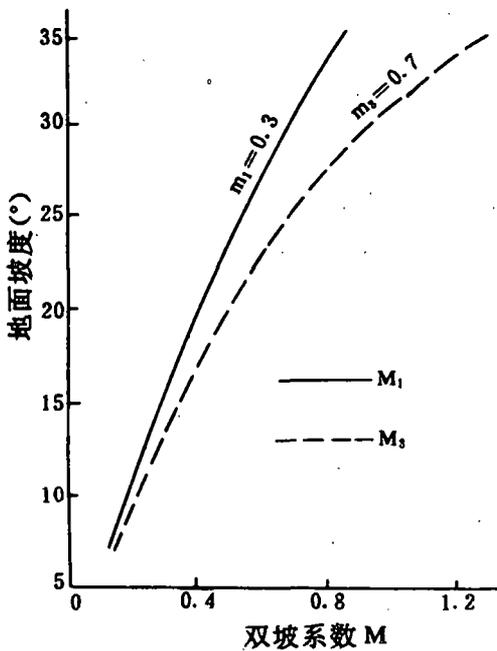


图 6 双坡系数关系

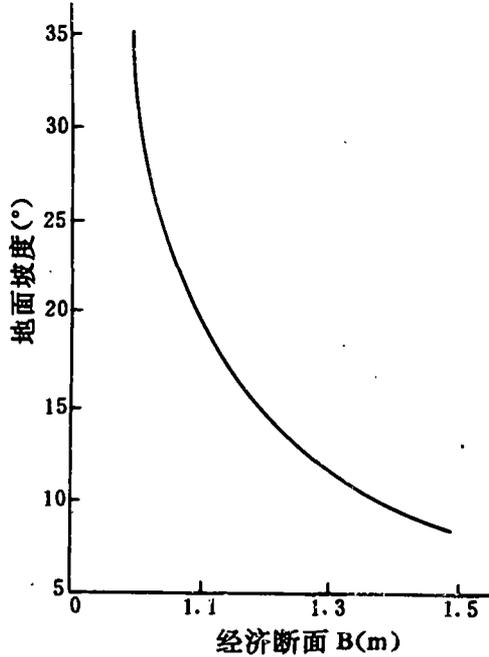


图 7 O 点在坡面上经济断面的 α 与 B 关系

断面槽底宽(O 点在坡面上)。这种设计断面 $B=1.4\text{m}$ 只有在 10° 坡; $B=1.2\text{m}$ 只有在 15° 坡; $B=1.0\text{m}$ 只有在 30° 坡才最节省工程量。

为比较 S_1 与 $S_{\text{原}}$ 的大小,根据(7)和(11)式计算结果如表 4。

表4 S_1, S_2 计算结果

α (°)	7	10	15	20	25	30	35
$S_{\text{总}}(\text{m}^2)$	0.168	0.183	0.212	0.248	0.293	0.355	0.437
$B=1.10S_1(\text{m}^2)$	0.064	0.093	0.146	0.204	0.271	0.349	0.443
$B=1.2S_1(\text{m}^2)$	0.092	0.134	0.210	0.294	0.390	0.503	0.638
$B=1.4S_1(\text{m}^2)$	0.125	0.182	0.285	0.400	0.531	0.684	0.868

注:表中黑线上方为挖方量不足、下方为挖方量多余的断面积。

据(15)和(16)式计算出经济断面O点移位的X、Y值结果如表5。

表5 X、Y值计算结果

α (°)		7	10	15	20	25	30	35	
BXY	B=10m	x(m)	0.476	0.279	0.129	0.059	0.022	0.008	-0.003
		y(m)	0.059	0.049	0.035	0.021	0.010	0.005	-0.002
	B=12m	x(m)	0.313	0.137	0	-0.057	-0.087	-0.098	-0.102
		y(m)	0.039	0.024	0	-0.021	-0.040	-0.057	-0.071
	B=14m	x(m)	0.161	0	-0.116	-0.169	-0.192	-0.199	-0.198
		y(m)	0.020	0	-0.031	-0.061	-0.090	-0.115	-0.139

注:表中负值表示原断面挖方多、O点应右移或上移。

据(17)和(18)式计算出经济断面的单槽工程量和亩工程量如表6。由表6可看出:(1)本文实

表6 工程量计算结果

项 目	B (m)	α (°)							7~35° 平均值
		7	10	15	20	25	30	35	
每槽工程量 ($\text{m}^3/\text{槽}$)	1.0	0.72	0.76	0.84	0.95	1.08	1.26	1.48	1.01
	1.2	0.82	0.87	0.94	1.12	1.29	1.51	1.79	1.19
	1.4	0.91	0.98	1.13	1.30	1.51	1.78	2.13	1.39
每亩工程量 ($\text{m}^3/\text{亩}$)	1.0	58	61	68	77	88	102	119	82
	1.2	56	59	67	76	88	103	122	82
	1.4	54	58	67	77	90	106	126	82

例水平槽7~35°经济断面的平均亩工程量是82 m^3 ,亩需人工约20个工日;(2)水平槽工程量随坡度的变陡而相应加大,每增加5°坡相应增加工程量13%~18%,35°坡约是10°坡工程量的2倍;(3)只要布设合理,槽宽对工程量的影响不大;(4)在缓坡大槽宽的工程量比小槽宽稍小,在陡坡比小槽宽稍大。反之亦然。

据(20)式验算槽间筑埂土方量结果如表7。由验算知槽间筑埂土方占总工程量的15%以下,可由挖实方和填虚方的余量解决。

表7 槽间每亩筑埂土方U'计算结果

α (°)	B (m)								
	1.0			1.2			1.4		
	U' ($\text{m}^3/\text{亩}$)	U' ($\text{m}^3/\text{亩}$)	U'/U (%)	U' ($\text{m}^3/\text{亩}$)	U' ($\text{m}^3/\text{亩}$)	U'/U (%)	U' ($\text{m}^3/\text{亩}$)	U' ($\text{m}^3/\text{亩}$)	U'/U (%)
25	11.4	88	13.0	11.5	88	13.1	11.7	90	13.00
30	14.2	102	13.9	14.5	103	14.1	14.9	106	14.1
35	17.8	119	15.0	18.3	122	15.0	19.0	126	15.1

最后据(21)~(26)式计算出设计断面(即经济断面)的各部位尺寸结果如表8。

表8 $I=3.25$ 、 $B=1.2\text{m}$ 水平槽设计断面

项 目	$\alpha(^{\circ})$						
	7	10	15	20	25	30	35
$H_3(\text{m})$	0.35	0.41	0.52	0.66	0.82	1.04	1.33
$H_4(\text{m})$	0.19	0.25	0.35	0.47	0.60	0.77	0.97
$G(\text{m})$	0.39	0.61	0.82	0.98	1.12	1.29	1.51
$K(\text{m})$	0.06	0.08	0.10	0.14	0.18	0.23	0.29
$A(\text{m})$	1.65	1.89	2.12	2.32	2.50	2.72	3.00
$J(\text{m})$	1.60	1.36	1.13	0.93	0.75	0.53	0.25

如将上述计算过程编成电算程序,在计算机上操作,设计工作十分简捷。

四、水平槽规划设计要求

水平槽规划设计的首要任务是充分挖掘荒坡的土地资源,发挥其最大效益,因此槽宽及行距的确定最为关键,其值的大小主要由立地条件和造林树种决定,切忌不顾立地条件和造林树种强行统一的布设规格。在满足设计来水量的前提下,不同槽宽及行距的工程量均随坡度的变陡而加大,但大槽宽配大行距或小槽宽配小行距对工程量的影响很小(见表6)。当设计蓄水量一定时,槽宽与行距存在固定关系,如本文实例,槽宽每增加0.1m,行距相应增加0.25m,行距大约是槽宽的2.7倍。

在大于 15° 的坡面上修槽宽为1.4m、行距为3.75m的水平槽工程,经济断面可比一般断面节省10.4%~27%的工程量,如表9所示。

一个1000亩规模的水平槽工程,采用科学的设计能够减少工程量 $1\sim 2\text{m}^3$ 。可见搞好经济断面设计的实际意义是十分重大的。水平槽工程量的大小在很大程度上受截水堰断面大小的控制(见(17)式)。如将本文实例

表9 经济断面与一般断面工程量比较($B=1.4\text{m}$)

比较项目	$\alpha(^{\circ})$				
	15	20	25	30	35
经济断面亩方量(m^3)	67	77	90	106	126
O点在坡面上亩方量(m^3)	74	91	110	133	160
相差方量(m^3)	7	14	20	27	34
相差百分比(%)	10.4	18.2	22.2	25.5	27.0

中截水堰断面改为 $m_2 = m_3 = 0.5$ 、 $E = 0.3\text{m}$,仅此变化平均工程量减少5%以上。可见截水堰的断面,特别是边坡比和顶宽的选择既要稳定,又不能过大。

五、水平槽布设与施工特点

水平槽的蓄水功能依靠的是群体效应,因此需要一定的规模,以整坡连片布局最佳。在不能整坡布设的情况下,其水平槽工程的上方陡坡段应布设截水壕等其它防洪工程,以形成整个坡面的整体防洪体系。水平槽的具体布设方法是:在平整坡面上沿等高线均匀平行布设。在破碎坡面或平缓的沟坡、沟头、沟底一般采取复式布设,但每个槽的槽面都是水平的。复式布设时,多采用宽槽形似台田。在疏林地的布设中,注意不轻易毁坏已成型的林木。

在施工中,为便于实施经济断面,一般在陡坡段采用抬高槽面、在缓坡段降低槽面的方法(见图4、图5)。由于抬高或降低槽面的尺寸(Y 值),对工程量的影响甚大,因此施工放线和施工时都必须仔细进行。为确保工程质量,水平槽施工一般分两步进行。第一步先挖换土沟,先将表土堆放在槽身上沿,然后用底土筑埂。待第一步施工验收合格,换土沟达到设计标准后,再进行第二步施工。即

先把堆放的和槽身后部的表土回填换土沟,然后用槽身后部的底土继续筑埂。最后整平槽面,将埂夯实并连接起来。

六、水平槽工程的功能优势及适用范围

水平槽工程将截流、蓄水、保土、保肥、改土的功能合为一体,其功能优势主要有:

(一)防止水土流失效能强

水平槽行距及隔坡产流面极短(见表8中J值)。根据A·H考斯加可夫公式 $V_{max} = m \sqrt{clh\Phi}$ 计算,在最大暴雨强度下槽面坡面上产生的径流流速不到 $0.06\text{m}^3/\text{s}$,远小于使最小粘土粒流失的 $0.16\text{m}^3/\text{s}$ 的临界流速。对于暴雨雨滴造成的土壤溅蚀亦被槽及埂阻截,从而从根本上消除了造成水土流失的水动力因素的作用。这对于以水力侵蚀为主的山区是至关重要的。同时水平槽群体蓄水容积大、换土能增加降雨的入渗,因此水平槽拦蓄和减少地表径流的效能强。这种工程形式对水土流失能够全拦全蓄,只要设计合理、施工质量好,就能够保证遭遇设计暴雨时,水土不下山。

(二)抗旱能力强

水平槽是全拦全蓄型坡面工程,其布设行距一般比槽宽大2~3倍,能够集中槽身面积3倍以上的有效降雨,提高土壤含水量,对开发干旱荒坡十分有利。

(三)开发荒坡的土地资源

水平槽能够充分开发荒坡的土地资源,提高土地生产率,其经济效益除梯田外是其它治理荒坡工程形式所不能比拟的。大面积荒坡被连片开发成水平槽后,整面坡的土质土层情况一目了然,为适地适种,按地块择优安排树木种类提供了前提和良好条件。在同一规格的水平槽中,可以根据不同的土壤条件和不同的需要采取不同的株行距栽植各种林木,还可以建成桃、李、杏、梨、桑、苹等干鲜果园。由于水平槽换土——群众称之为营养活土层,体积大、贯通长、改良土壤速度快、效果好,因而林木成活率、保存率高、长势旺。截水埂以下坡面因增加了土壤墒情,草也长得旺盛。大规模、高标准的水平槽工程被群众誉为山区“池田化”建设,山区的群众对这种工程形式乐于接受。

水平槽是一种“以蓄为主”的治坡工程形式,一般不设排洪工程。因此适宜干旱、半干旱地区。在半湿润地区(如兴城)采用效果也很好,但规划设计应可靠。这种工程形式适用于以水力侵蚀为主的山丘区。对于土质山区或石质山区、平整坡面或破碎坡面都可适用。还可以用于平缓沟坡沟头的防护。在平缓沟底布设,可以替代谷坊工程。从综合情况看,既适用于立地条件好、土层较厚的荒坡,用以开发经济林,又适用于立地条件差、采用其它治理措施久不见效的石质山区。水平槽工程适宜坡度为 $10\sim 30^\circ$,对于大于 30° 的陡坡,因坡面稳定性差和工程量较大,不宜采用。

七、开发荒坡经济效益型的组合配套工程模式

槽状整地的水平槽工程,填补了目前治坡从台状整地到穴状整地之间的空白。若将这些治坡整地方法配套应用,立体开发荒坡的土地资源,可以创造出极大的经济效益。现将水平槽工程同水平梯(台)田、截水壕、鱼鳞坑的工程量进行比较。梯(台)田为栽植果树田面宽若采用 4.0m ,亩工程量计算式采用 $83.3H + 30$,式中30是挖果坑的土方量。截水壕、鱼鳞坑的设计标准同本文实例,亩工程量为 60m^3 。水平槽工程量采用表6中 $B = 1.2\text{m}$ 的数值。比较结果如表10。

经比较,在 $7\sim 15^\circ$ 平缓坡段,水平槽的工程量虽然比梯田少,但梯田平均亩方量只有 93m^3 ,其投入产出比和经济效益高。因此在这一坡度段的荒坡只要立地条件允许,应以修水平梯(台)田为主,主栽鲜果。在 $16\sim 25^\circ$ 缓坡段,水平槽平均亩工程量 77m^3 ,比壕间坑多22%,但效益明显。因此,

在这一坡度段应以修水平槽工程为主,主栽干果和经济林。在26~35°陡坡段,大多立地条件较差,以修壕间坑较合算,主栽护坡林。对于大于35°的急陡坡段,应以穴状整地为主,主栽松、柏或灌木等防护林。用这种组合工程模式治理荒坡,虽然一次性投入大一些,但能够充分挖掘荒山的土地资源,创造出较高的经济效益,荒山治理可一次达标创优。

兴城市旧门乡已连续3年用这种工程模式每年治理荒山1万亩。仅1991年就在平缓坡段荒坡修水平梯(台)田、新开辟果树用地1676亩,在缓坡段荒坡新修水平槽3685亩,在陡坡段修竹节坑间鱼鳞坑2841亩。1992年春已栽优质苹果5万株,大扁杏15万株,栽刺槐60万株。这个乡已将治理荒山的水土流失同山区的商品基地建设紧密地结合起来。

表10 槽、梯、壕工程量比较

坡 度(°)	7~15	15~25	25~35
水平槽平均亩方量(m ³)	60.7	77.0	104.3
梯(台)田平均亩方量(m ³)	93.0	151.7	233.3
壕间坑平均亩方量(m ³)	60	60	60
水平槽:梯田	1:1.53	1:1.97	1:2.24
水平槽:壕间坑	1:0.99	1:0.78	1:0.58

参 考 文 献

[1]刘运河等编者.《水土保持》.哈尔滨市,黑龙江省科技出版社,1988年

[2]孙化吉.水平槽工程造林是治理荒山的有效措施.《东北水利水电》,水土保持专集,1989年