

城市边坡新型防护措施

杨淑君,刘永军,王 坤

(长安大学公路学院,西安 710064)

摘 要:城市边坡植物防护对边坡有其积极和消极两个方面的作用。系统阐述了植被护坡经济,力学机理上的优点,并阐述了其明显的不利之处。在此基础上,指出了植物防护的局限性,并提出了树根桩和植物防护相结合的新型防治措施。

关键词:城市;植物防护;树根桩

中图分类号:X43

文献标识码:A

很长一段时间,护坡的主要工作是工程保护^[1-2]。近来,人们的环保意识不断增强,越来越多的城市边坡是植物防护。但是,对环境的好处或损失很难评估,所以要对植物防护给较详细的利弊分析^[3]。

1 植物防护的积极因素

植物防护的积极因素有很多,尤其在城市,植物防护更为普遍,其既能绿化环境、减轻视觉疲劳、恢复被破坏的生态环境、降低噪音和光污染、保证行车安全,又能促进有机污染物的降解、净化大气、调节小气候,

等。本文主要分析其两类主要的因素,包括力学作用和经济效益。

1.1 植物防护的力学作用

1.1.1 深根的锚固作用

当植物的直根系穿过坡体的浅层并锚固到深处较稳定的岩土层时,植物的深根就起到预应力锚杆的作用。树木根系的锚固作用可以增加土体的稳定性,减少了边坡各种灾害额发生。表 1 显示了比较常见的植物根系的粘聚力。

表 1 各种植被根系土体粘聚力

植物名称	竹林	马尾松林	黄栌	柑橘林	草地	刺槐	虎榛子	农田	
不同深度土地的粘聚力 10^5 Pa	0~30cm	0.67	0.42	0.45	0.43	0.38	0.60	0.48	0.40
	30~60cm	0.79	0.71	0.53	0.50	0.31	0.62	0.50	0.51
	60~80cm	0.68	0.63	0.40	0.41	0.34	0.57	0.49	0.38
	均值	0.71	0.59	0.46	0.45	0.34	0.60	0.49	0.45

1.1.2 浅层的加筋作用

植草的根系一般较浅,在土中盘根错节,形成了包含土体和植草根系的复合物。这时草根就形成一种三维加筋材料,使边坡土体稳定性得到提高。浅层的加筋作用力较小,常见的是和一些土工建筑物共同作用起到边坡防护的作用。

1.2 植物防护的经济效益

植物防护的经济效益是将植物防护的优点进行量化的处理,让我们更加具体地明白植物防护的价值,其中包括减少土壤侵蚀的价值、固碳释放氧气的价值、涵

养水源的价值、滞尘价值和吸收二氧化硫的价值。植物的防护经济效益见表 2。

2 植被根系对城市边坡的消极因素

植物根系对边坡土体具有一定的优势,但经过研究发现,其仍然有一定的局限性。具体体现在植物根系的力学效应一般仅存在于地表以下不到 5 m 的深度范围内;尽管某些深根性植物的根系可以到达地下 5 m 甚至 5 m 以下的深度,但其深处的加固效应已经远小于深层滑坡的滑面埋深。且植被根系对城市坡体的稳定性也

表 2 植物防护的经济效益

经济价值	计算公式	参数说明
减少土壤侵蚀的价值	$A = K \cdot R \cdot LS \cdot C \cdot P$ $V_s = A \cdot Y \cdot t/r$	A 是土壤侵蚀量; R 为降雨侵蚀力因子, K 是土壤可蚀性因子 ($T \cdot HM - 2$); LS 是因素长度和坡度的梯度, C 是植被覆盖和管理因子, P 是水和土壤保护措施的因素。 V_s 是减少土壤侵蚀 (元) 的年产值, Y 是斜坡区表面, t 是单位存储容量水库的建设成本, R 泥沙容重。
植被固碳二氧化碳和释放氧气的经济价值	$W_{O_2} = f \cdot s$ $V_{O_2} = W \cdot Q_1$ $W_{CO_2} = g \cdot s$ $V_{CO_2} = W_{CO_2} \cdot Q_2$	W_{O_2} 是植物释放氧气量; f 是单位面积护坡植物年释放量, s 是边坡植物的面积。 V_{O_2} 斜坡植物制造氧气的经济评估值; Q_1 是氧气的效益。 W_{CO_2} 是护坡植物吸收的二氧化碳数量; g 是护坡上单位面积植物吸收的 CO_2 的数量。 V_{CO_2} 是护坡植物每年固碳的经济评估值; Q_2 碳税率
水源涵养价值	$V_w = E \cdot D \cdot P \cdot S \cdot (H - R) / T$	V_w 是植被涵养水源的价值; E 是修建 $1m^3$ 农林水库工程投资的费用 (元 · M - 3), D 是护坡植物的面积 (公顷); P 是植物的根 (米) 的平均深度, H (%) 植物根系的土壤含水量; R 是裸露的土壤含水量 (%) 含量; S 为土壤容重; T 是水的密度。
抑制粉尘的价值	$W_d = j \cdot s$ $V_d = W_d \cdot Q_3$	W_d 是边坡植物吸收粉尘的数量; j 单位边坡植物吸收的粉尘数量, V_d 是护坡植物的滞尘价值; Q_3 每削减 1t 的粉尘的成本。
吸收二氧化硫的经济价值	$V_{SO_2} = k \cdot s$	V_{SO_2} 护坡植物一年吸收 SO_2 所产生的经济效益; k 是 $1hm^2$ 植物每年吸收 SO_2

是有消极作用的。具体如下:

(1) 植被是土中大空隙形成的决定性因素。植物根系在生长过程中会沿轴向对土体产生压力使土体变形, 使土体界面形成空隙; 当根系腐烂后, 大量根系通道仍然保留。这些空隙使土体的完整性和强度减弱。

(2) 植物蒸腾加剧了表土的干化, 有利于干裂隙的产生。

(3) 植物的枯枝落叶保护动物通道使土中动物洞穴受到保护而保存下来, 这些通道增加了水的入渗速度和入渗量, 并使土壤中的空隙不断增加。

(4) 有根土壤有机酸含量很高。根系的呼吸及植物残体和微生物分解物, 枯枝落叶降解物等都会向土体中释放出酸性物质, 使土体酸度提高。这致使渗入水具有一定的侵蚀性, 加速了对边坡强度的削弱。

3 新型防护措施——树根桩与植物防护相结合

3.1 新型防护措施

如何进行合理地边坡整治与加固成为一个亟待解决的问题。而近几年提出的树根桩模仿植物根系的形态能与土体更好的结合, 树根桩与植物防护相结合防护措施对边坡的稳定性更为有效^[4-10]。但目前国内外在这方面研究仍然较少, 尤其是在边坡防护方面。其一般的形态如图 1 所示。

树根桩是由多根 (一般 3~5 根) 直径不一样的斜桩组成, 树根桩的每根桩方向角度一般不同, 它可以承担竖向荷载和水平荷载, 我们一般会在树根桩中填充化学浆液, 使树根桩周围产生大量小分支, 如须根一般与土体很好的粘合, 有效提高土体的稳定性。并在坡面上种植植物, 可以优先选择刺槐、香根草等这些植物, 这些植

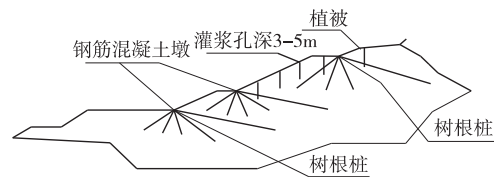


图 1 树根桩

物具有很强的适应能力并且根系发达, 能够更好的适应各种不良土质, 耐干旱, 并可以改良土质, 同时具有很容易成活, 成本低效果好等优点。将树根桩和植被防护相结合, 保证浅层主要依靠植物根系的力学作用, 深层依靠树根桩的固土作用, 使边坡具有更好的稳定性, 这种结合形式的施工简单, 成本低, 效果也更为明显, 是边坡防护发展的新趋势。

3.2 树根桩内力计算

树根桩设计时, 桩体所承受的拉力应取按压顶梁背面作用力为主动土压力和按抗滑力分析时的较大值。

(1) 按压顶梁背面的作用力为主动土压力时树根桩的拉应力以下式计算:

$$T_{Ri} = \frac{P_i \Delta H \Delta B \cos \alpha_i}{\cos \theta_H \cos \theta_B} \quad (1)$$

式中: T_{Ri} —第 i 根树根桩上作用的拉力 (kN/m); P_i —第 i 根树根桩上作用的土压力 (kPa); ΔH —树根桩的纵向间距 (m); ΔB —树根桩的横向间距 (m); α_i —土压力作用方向与水平线所成的夹角 ($^\circ$); θ_H —树根桩的布置方向和水平线所成的投影角 ($^\circ$); θ_B —树根桩在水平方向的角度 ($^\circ$)。

(2) 按抗滑力计算时, 作用于树根桩的拉力可按下式计算:

$$T'_{Ri} = \frac{P_R \cos \alpha_2}{s_1 \cos \theta_H \cos \theta_B} \quad (2)$$

式中: T'_{Ri} —每根树根桩上作用的拉力(kN); P_R —为避免发生圆弧滑动需增加的抗滑力(kN/m); s_1 —每单位宽度中树根桩的根数; α_2 —滑动力作用方向与水平线所成的角度。

3.3 应用实例

本工程为河南某段边坡治理项目。由于边坡出现干裂缝,如不及时处理,将会有大量雨水灌入裂缝,很容易造成滑移甚至塌方等地质灾害现象,需要及时进行支护。考虑到本边坡的土质和裂缝情况,知道边坡的抗扰动能力较差,所以采用了树根桩与植物防护相结合的防护措施。

在病害边坡上布置10组树根桩,桩组间距为3m,树根桩孔径有效深度15m,桩孔作为化学灌浆孔,浆材选用水泥与水玻璃(掺加促进剂)溶液混合成的灌浆材料。

边坡上的植物采用香根草,其在边坡防护工程上的应用如图2所示。它能适应各种土壤环境,强酸强碱、重金属和干旱、渍水、贫瘠等条件下都能生长,且繁殖速度很快,根系发达,在种植前可给其“吃饱”水分,即将分好莸的种苗每三、五十株整理齐、捆成一捆,然后将根系与苗基部浸入水中一天以上,或在“吃足”水分后保湿10天,让其长出新根。香根草种植时期宜选择在雨季的阴雨、空气潮湿天气栽种为最好,如果遇到连续的晴天,应该及时浇水。为了促进香根草尽快的生长,在移栽前可施用25kg/亩钙镁磷肥和3~5kg/亩普通复合肥。香根草在边坡的防护加固上起着重要作用。



图2 香根草在边坡防护工程上的应用

本防治工程完工后,对边坡的稳定性还没有进行综合性的评估。但在该工程完成后,经观察,边坡的稳定

性良好,坡面也未出现不均匀的沉降,并且在加固后不久,发生了接连的暴雨袭击,此工程附近的未治理的有病害的边坡出现了严重的水害,发生不同程度溜坍。但此工程一点也未发生任何水害情况,并且接连的暴雨反而更加有助于香根草的生长,根系蔓延进一步加固了土体的稳定性和强度,更加证明了树根桩与植物防护相结合的新型防护措施的有利方面,是可推广的防护措施。

4 结束语

本文阐述了现有生态护坡的积极和消极作用后,提出了将树根桩与植被相结合的防护措施,但其理论研究和实际工程应用仍不完善,需要进一步的深入研究。因此,对兼具安全性和环保功能的边坡治理对策进行深入的研究分析,仍具有相当重要的工程实际意义。

参考文献:

- [1] 周晓光.树根桩技术简介及常见施工问题处理[J].电力建设,2005,26(6):30-32.
- [2] 赵蕴林.人工填方边坡的治理探析[J].四川理工学院学报:自然科学版,2009,22(4):120-121.
- [3] 贾志荣,锅中印.公路边坡生态的定量评价方法[J].水土保持研究,2008,15(2):260-262.
- [4] 王可钧,李焯芬.植物固坡的力学简析[J].岩土力学与工程学报,1998,17(6):687-691.
- [5] 张俊云,周德培,李绍才.岩石边坡生态护坡研究简介[J].水土保持通报,2000,20(4):36-38.
- [6] 封金才,王建华.植物根的存在对边坡稳定性的作用[J].华东交通大学学报,2003,20(5):42-45.
- [7] 宋永昌.植被生态学[M].上海:华东师范大学出版社,2001.
- [8] 张坤勇.锚杆-树根桩复合结构在滑坡中整治中的研究[D].合肥:合肥工业大学,1997.
- [9] 蔡广桓.关于树根桩的应用[J].南方金属,2002,127(8):25-27.
- [10] 周德培,张俊云.植被护坡工程技术[M].北京:人民交通出版社,2003.

New Protection Measures of Urban Slope

YANG Shu-jun, LIU Yong-jun, WANG Kun

(College of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: Urban plant protection plays both positive and negative roles on the slope protection. With describing economic analysis of vegetation slope protection and mechanical mechanism on both advantages and obvious disadvantages, the limitations of plant protection are pointed out, and new prevention and treatment which is a combination of root piles and plant protection measures are proposed.

Key words: urban; plant protection; root piles