

## 公路边坡植物防护的水土保持机理

唐 娴<sup>1,2</sup>

(1. 长安大学,公路学院 西安 710064;2. 陕西交通职业技术学院,西安 710021)

**摘 要:**把植物防护后的边坡土体看作由土和根系组成的根-土复合体,建立根-土相互作用力学模型,定量分析植物根系的加筋作用,从而增强边坡土体的抗剪强度,减小水土流失和边坡病害的发生。为边坡工程的设计计算提供一定的参考。

**关键词:**公路边坡;植物防护;水土保持机理;根-土作用模型

**中图分类号:**S157;U412

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2006)05-0064-02

## Mechanism of Conservation of Soil and Water about Plant Protecting on the Slope of Highway

TANG Xian<sup>1,2</sup>

(1. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064 China;

2. Shaanxi College of Communication Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** The slope soil after plant protecting is regarded as root-soil complex, the interactive mechanics model of root-soil is established, reinforced effect of plant roots is quantitatively analysed to increase shear strength of the soil of the slope and decrease water loss and soil erosion, and all kinds of the slope diseases. It can provide technique services to the design calculation of the slope engineering.

**Key words:** slope of highway; plant protecting; mechanism of conservation of soil and water; interactive model of root-soil

在公路建设的过程中,由于开挖、填筑及堆载等人因因素的影响,引起孔隙水压力的增加和土体强度的降低,造成边坡滑塌、崩塌和剥落。因此边坡的合理设计和适当的防护,是公路工程设计人员必须考虑的实际问题。目前,边坡防护主要有锚固、支挡和植物防护等形式,在构建环保、可持续发展的今天,采用植物防护,建设生态环保型公路,是势在必行,因而植物防护是广泛采用的一种防护形式。本文通过对公路边坡植物防护的水土保持机理的研究,进一步促进植物防护的设计和施工技术的应用。

### 1 水土保持机理

在外荷载的作用下,造成路堑和路堤边坡的土体改变原有应力平衡状态,抗剪强度降低,使边坡坍塌。在种植植物的情况下,依靠坡面植物的地下根系及地上茎叶,进行降雨截留、削弱溅蚀和抑制地表径流。

#### 1.1 加筋、锚固

对于浅根的植物,根系在土中相互盘根错节,使边坡土体成为土与草根的复合体,使土体强度提高。对于深根的植物,植物的垂直根系穿过坡体浅土层,锚固到深处较稳定的土层上,起到预应力锚杆的作用。禾草、豆科植物和小灌木在地下 0.75~1.5 m 深处有明显的土壤加强作用,树木根系的锚固作用可影响到更下更深的土层。

#### 1.2 降低坡体孔隙水压力

边坡的失稳与坡体水压力的大小有着密切的关系,植物通过吸收和蒸发坡体内水分,降低土体的孔隙水压力,提高土体的抗剪强度,有利于边坡体的稳定。

#### 1.3 降雨截留,控制土体流失

植被能拦截下落的雨滴,缓冲了雨滴的冲击能量,减弱了雨滴的溅蚀,植被能够抑制地表径流并削弱雨滴溅蚀,从而能控制土粒流失。

### 2 根-土相互作用力学模型

由植物根系的分布特征可知,根系在土中分布的密度自地表向下逐渐减少,逐渐细弱,在根系盘结的范围内,边坡土体可看作由土和根系组成的根-土复合体,植物的根系如同纤维的作用,按加筋土的原理分析边坡土体的应力状态,把根系视为三维加筋纤维的分布,为土层提供了附加粘聚力,从而使土体的抗剪强度增大,增强边坡的稳定性。通过用根-土相互作用的加筋力学模型,定量分析植物根系的加筋作用,如图 1 所示,(a)表示根的延伸方向与土体的剪切区正交状态,(b)表示根的延伸方向与土体的剪切区斜交状态。

根据图 1(a)可推导出正交的抗剪强度计算公式:

$$\sigma_R = \frac{T}{\sin} + \frac{T}{\cos} \tan \quad (1)$$

\* 收稿日期:2006-06-18

作者简介:唐娴(1974-),男,长安大学在读博士,讲师,陕西安康人,从事路基路面研究。

根据图 1(b)可推导出斜交的抗剪强度计算公式:

$$R = \frac{T}{\sin(90^\circ - \alpha)} + \frac{T}{\cos(90^\circ - \alpha)} \tan \varphi$$
$$= \tan^{-1} \left[ \frac{1}{k + (\tan^{-1} \varphi)^{-1}} \right]$$

式中:  $R$ ——由于加筋作用所增加的抗剪强度, kPa;  $T$ ——

单根的抗拉力, N;  $A$ ——单根作用的土体面积,  $\text{cm}^2$ ;  $\alpha$ ——剪切变形角, 度;  $\varphi$ ——土体的内摩擦角, 度;  $\beta$ ——根延伸方向与剪切面的初始夹角, 度;  $k$ ——剪彩切变形比,  $k = x/H$ ;  $H$ ——剪切区厚度, cm。

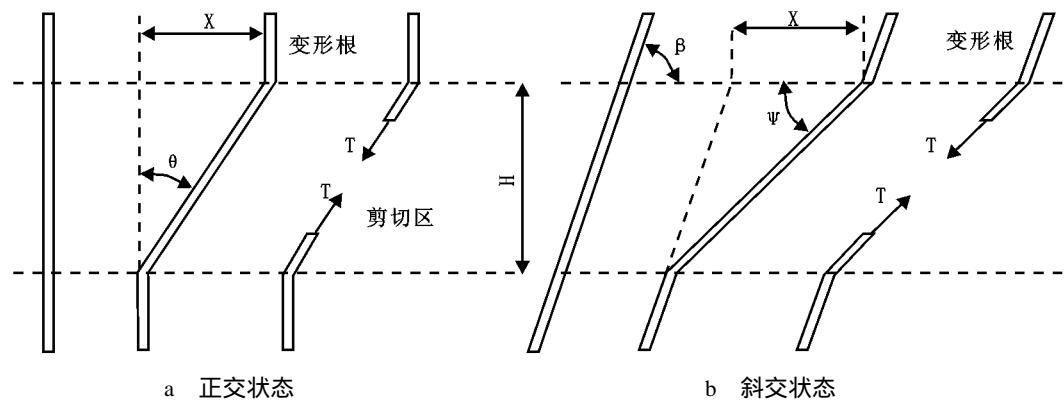


图 1 单根与土体的相互作用模型

在面积为  $A$  的土体内, 有  $n$  个根, 其中有  $m$  个正交根,  $n - m$  个斜交根, 根的抗拉力分别为  $T_1, T_2 \dots T_N$ , 则正交根剪切变形角分别为  $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_m$ , 斜交根延伸方向与剪切面的初始夹角别为  $\beta_{m+1}, \beta_{m+2} \dots \beta_N$ , 剪切变形比分别为  $k_{m+1}, k_{m+2} \dots k_N$ , 则式(1)和式(2)可表示为:

$$R = \sum_{i=1}^m \frac{T_i \sin \alpha_i}{A} + \sum_{i=1}^m \frac{T_i \cos \alpha_i}{A} \tan \varphi + \sum_{i=m+1}^n \frac{T_i \sin(90^\circ - \beta_i)}{A} + \sum_{i=m+1}^n \frac{T_i \cos(90^\circ - \beta_i)}{A} \tan \varphi$$
$$= \tan^{-1} \left[ \frac{1}{k_i + (\tan^{-1} \varphi)^{-1}} \right] \quad (i = m+1, m+2, \dots, n)$$

式(3) 由土的直剪试验可得,  $m, n$  和  $\alpha_i$  通过截取不同的含根系土体纵剖面得,  $\beta_i$  和  $k_i$  由野外根系直剪试验得, 由根抗拉实验确定。

3 工程应用

已知面积为  $100 \text{ cm}^2$ , 深度为  $10 \text{ cm}$  的土体范围内, 共分布约 70 条草本植物的根系, 其中  $0.1 \text{ mm}$  的根总数为 40 根,  $0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$  的根总数为 20 根,  $0.3 \text{ mm}$  的根总数为 20 根, 根的抗拉强度与根径符合  $T(\text{N}) = 0.11e^{13.24d} (d = 0.1 \sim 0.3 \text{ mm})$  的关系式, 测得不含根系的土体的  $c = 30 \text{ kPa}$ ,  $30^\circ$ , 经过测定有 50 % 的根系为正交根, 剩余的根系为斜交根, 为简化计算, 假定与坡面的夹角均为  $60^\circ$ 。

经计算可得:  $T_1 = 0.413, T_2 = 1.554, T_3 = 5.840$ , 由式(3)可计算出由于根系的加筋所增加的土体的抗剪强度为:

$$R = \frac{1}{100} [ (20 \times 0.413 + 10 \times 1.554 + 10 \times 5.84) (\sin 45^\circ + \cos 45^\circ \times \tan 30^\circ) + 20 \sin 30^\circ (2 \times 0.413 + 1.554 + 5.84) ]$$
$$= 91.682 + 142.375 = 23.40 \text{ (N/cm}^2\text{)} = 23.4 \text{ (kPa)}$$

参考文献:

[1] 安保昭. 坡面绿化施工法[M]. 周庆桐译. 北京:人民交通出版社,1988.  
[2] 仓田益二郎. 绿化工程技术[M]. 顾宝衡译. 成都:成都科技大学出版社,1983.  
[3] 陈析. 新台高速公路加筋草皮护坡技术研究[J]. 公路交通科技,2001,18(2):97 - 100.  
[4] 江玉林,杜娟. 高等级公路生态环境保护问题与对策[J]. 公路,2000,(8):68 - 73.  
[5] 刘建宁,高洪文,等. 山西太阳高速公路边坡绿化种草技术研究[J]. 中国草地,1999,(6):23 - 26.

上式结果表明,由于根系的加筋作用,导致土体的抗剪强度增加了  $23.4 \text{ kPa}$ , 因此,大大增强了坡面的抗剪强度,从而起到保护坡面,减小水土流失的作用。

4 植物防护的影响因素

进行植物防护的设计时, 主要影响因素有:(1) 土质的影响, 包括岩土的风化能力、强度、组成、透水性等;(2) 水文地质条件的影响, 包括地下水的埋藏条件、地下水的流动及动态变化等;(3) 地貌因数, 如边坡的高度、坡度和形态等;(4) 气候作用的影响, 如降雨量等。

5 植物防护的优点

5.1 恢复被破坏的生态环境

边坡植物的存在为各种小动物、微生物的生存繁殖提供了有利的环境, 完整的生物链又逐渐形成, 被破坏的环境慢慢地恢复到原始的自然环境。

5.2 降低噪声和美化环境

植物能吸收刺耳的声音, 减轻和消除驾驶员的大脑及眼睛的疲劳, 提高路标、警示的可见度。据北京园林科学研究所测定,  $20 \text{ m}$  宽的草坪, 可减少噪声  $2 \text{ dB}$ , 人类的眼睛能看到的是波长从  $380 \text{ nm}$  到  $760 \text{ nm}$  的光线, 感觉最舒适的波长是  $553 \text{ nm}$  的绿色, 由绿色引起的紧张状态最小。植物防护是通过植物本身的色彩和形态等群体景观效应, 呈现出随季节的变化的美感效应。

6 结 论

植物防护是当前较普遍的一种防护形式, 它不仅能减小水土流失, 恢复被破坏的生态环境, 而且能降低噪声和美化环境。但在边坡防护设计时, 应结合不同的气候、地理和水文条件, 采用不同的植物防护类型, 确保公路边坡的稳定, 防止水土流失。