

## 绿化重力式挡土结构探讨

叶建军<sup>1</sup>, 张平<sup>2</sup>, 鄢朝勇<sup>1</sup>, 郭声波<sup>1</sup>, 许文年<sup>3</sup>, 刘高鹏<sup>3</sup>

(1. 襄樊学院土木工程系, 湖北 襄樊 441035;

2. 九江学院商学院, 江西 九江 332001; 3. 三峡大学产业集团, 湖北 宜昌 443002)

**摘要:** 分析了植物与挡土结构的兼容性, 介绍了 5 种常见的重力式挡土结构的结构形式、适用场合、施工技术; 最后讨论了墙面绿化材料—活枝的选择、采伐和运输应注意的技术问题。

**关键词:** 绿化; 重力式挡土结构; 活枝

中图分类号: TU 432

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)04-0183-04

## Discussion on Vegetated Gravity Retaining Structure

YE Jian-jun<sup>1</sup>, ZHANG Ping<sup>2</sup>, YAN Chao-yong<sup>1</sup>, GUO Sheng-bo<sup>1</sup>, XU Wen-nian<sup>3</sup>, LIU Gao-peng<sup>3</sup>

(1. Department of Civil Engineering, Xiangfan College, Xiangfan 441035, China; 2. Commerce School of Jiujiang College, Jiujiang, Jiangxi 332001; 3. Industrial Group of Three Gorges University, Yichang Hubei 443002, China)

**Abstract:** Firstly, the authors analyse the compatibility between vegetations and retaining structures, then, present five types of common used gravity retaining structures, focusing on their structural style, application and constructing technique, finally, discuss some problems about how to choose, cut and transport live branches for retaining structures vegetating.

**Key words:** vegetating; gravity retaining structure; live branch

传统的重力式挡土结构无论是石砌挡墙还是现浇混凝土挡墙, 都不能与周围环境很好地协调。主要是挡土结构坚硬灰暗的表面与周边生态环境不协调。在道路两边, 灰暗挡土结构容易引起视觉污染; 同时, 在夏季, 会造成局部气温升高, 影响行车安全。为克服传统的重力式挡土结构这些缺点, 近年来, 国外工程技术人员将植物引入挡土结构—即将植物种在墙体表面空隙中或周围, 产生了多种形式的绿化挡土结构, 这些结构很好地解决了传统挡土结构与环境不协调的弊病。由于重力式挡土结构在实际工程中应用最为广泛, 本文主要探讨几种绿化重力式挡土结构有关的技术问题。

### 1 植物与挡土结构物的兼容性

植物和挡土结构物配合护坡绿化, 首先要解决的问题是它们两者之间的兼容性, 即植物能否种在挡土结构上。从追求挡土结构物的稳定性来考虑, 挡土结构物整体性越好, 结构物后面的填充物(如土、石)排水性能越高、黏聚力越大、强度越高, 对结构稳定越有利; 而从植物生长的角度考虑, 则对挡土结构物后的填充物的要求是: 有一定的黏粒和有机物, 孔隙率适中, 含一定水分。这两种要求在很多情况下是可以同时满足的, 至少在满足一项要求的同时, 如植物生长要求时, 不会对结构物稳定造成危害。如挡土结构物后面是填土时, 允许土壤中含有一定比例的黏粒、水分和有机物不仅不会造成危害, 反而会提高土体的强度; 对填充物(如土壤)排水性能的要求与植物生长要求并不矛盾, 植物也需要排水良好的土壤。

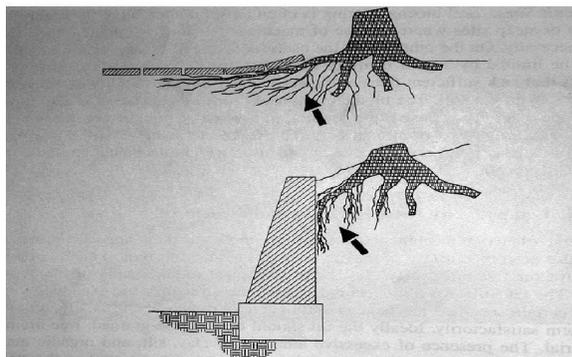


图 1 假想的树根对挡土结构物的破坏示意图

另一个担心是植物树干和根对挡土结构物的破坏, 人们担心树干长大, 树根延伸会对挡土结构物产生推力、挤压力, 造成结构开裂、拱起等破坏。图 1 是假想的树根对挡土结构物的破坏示意图。实际上, 这些破坏在工程实际中很少出现, Vanicek (1973) 发现了植物根的压力躲避特性(edaphocotropism) 能解释这一现象。所谓根的压力躲避特性是指植物根系在土壤中生长时, 具备躲避土壤中干燥、强光、高温、障碍(石块)、板结等生长压力大的区域的特性。因此, 树根为躲避光线、和障碍(如石块), 不会从开孔挡土墙中长出, 也不会推挤挡土墙。见图 2, 尽管挡土墙上的树很大, 离挡土墙很近, 对挡土墙毫无损害。植物根系具备很高的躲避、包裹障碍物, 而对障碍物本身无损害的本领。图 3 是夹有一

\* 收稿日期: 2005-08-10

基金项目: 襄樊学院研究生启动基金

作者简介: 叶建军(1974—), 湖北英山人, 2004 年毕业于三峡大学, 获防灾减灾及防护工程硕士学位, 现在襄樊学院土木系工作, 主要从事边坡生态恢复与防护研究, 发表论文 15 篇, 获得专利 8 项。

层很薄土层的单薄石堤,上面长有一棵很大的树,石堤安然无恙。事实上,我们经常能看见大树长在挡墙上而挡墙安然无恙。尽管如此,在单薄的石堤上,一般不提倡种大树。主要为了避免树大招风,风载破坏,尤其在风口位置。



图 2 石挡墙上生长大树

树木对挡土结构的最大危害在于树木的蒸腾作用。一棵大松树,一天能从土壤中吸收 700 kg 以上水分。这如果发生在挡土结构后面的干湿变形大的充填土壤中,会造成填土很大的失水收缩变形,引起挡土结构与其后充填物分离,危及系统安全。这种情况在充填物为湿陷性黄土和淤泥质土时更严重。因此,应避免用这两种土作为挡土结构后的充填料。工程中一般选用沙性土作为填土。



图 3 单薄石堤上长有一棵大树

## 2 绿化重力式挡土结构的种类及应用

植物与挡土结构物配合的护坡绿化方法是很的,业以形成系列,一般常用的有绿化开孔石墙、绿化框笼墙、绿化开孔箱笼墙、绿化加筋挡墙、绿化阶梯墙。本文就这 5 种绿化重力式挡土结构作简单的介绍。

### 2.1 绿化开孔石墙

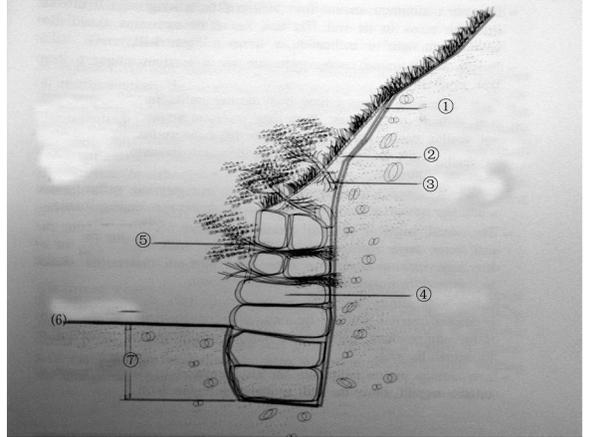
#### 2.1.1 定义

是在石质挡墙墙面上留有可供植物生长的空隙,在其中扦插或种植灌木、花草等,以达到既挡土护坡又绿化的目的。图 4 是该法示意图。图 5 是长满了灌木的石墙。

#### 2.1.2 适用场合

绿化开孔石墙不同于普通重力式挡墙,它建造时一般不使用任何胶结材料,直接用块石垒砌而成,这造成墙体的整

体性不好;又由于建筑高墙底部需要很大石块,不易获得且成本很高,所以绿化开孔石墙不超过 3 m,一般用于低矮的边坡或坡脚护坡,由于要使用大量石块,一般应用在石料容易获得的地区。



原始坡面 填土 树木 石墙 活树枝 地平面 埋深  
图 4 绿化开孔石墙剖面示意图



图 5 长满了灌木的石墙

#### 2.1.3 施工

与传统的石质挡墙的施工相比,绿化开孔石墙基本一致,不同之处在于石块的接缝的处理、挡墙后的填土和植被的种植。

如图 4,绿化开孔石墙可以在墙面空隙中种植植物或者在墙后填土中栽种植物,若在墙面空隙中扦插活枝,则要求墙面空隙不能过小,一般孔径应大于 8~10 cm。为防止墙后填土从空隙中泄露,可以墙体后施工草袋或无纺布。

绿化开孔石墙后的填土一般使用排水性能良好的砂壤土,若当地土质过粗,应加入黏土进行改良;若过黏,则应加入砂石改良。为使植物能生长良好,填土应含有一定数量的肥分。由于湿陷性黄土干湿变形过大,危及墙体的安全,而淤泥质土排水性能不佳,这两种土质不能直接用于绿化开孔石墙后的填土。

植物一般生长在绿化开孔石墙墙面石缝中(图 4 活树枝)或墙后填土中(图 4 树木)。草本植物、灌木植物、木本植物都可以用于开孔石墙的绿化。墙面石缝的中植物的种植可以边垒砌石墙,边在石缝中扦插活枝或种植灌木或草种;也可以等石墙砌筑完成后,在石缝中栽种植物。墙后填土中可以栽种灌木、草本植物和树木,也可以扦插活枝。活枝一般选择生根能力强的杨树柳、柳树枝、蓉树枝等。

### 2.2 绿化格笼墙

#### 2.2.1 定义

由混凝土或木材桁条组合成型的层状框格式空箱,箱内

充填一定配方的土石等材料,并在表面缝隙中扦插或栽种植物。混凝土或木材桁条可以用没有加工的原木代替。木材最终腐烂,护坡功能由充填物和植被一起承担。图6是阶梯式布置的格笼墙,图7是平面布置的格笼墙,墙面缝隙中栽种了花草。

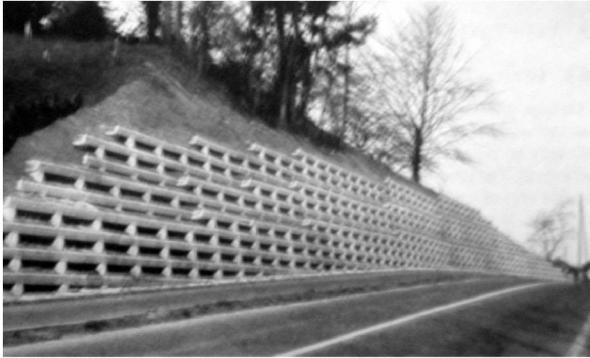


图6 阶梯式布置的格笼墙



图7 平面布置的格笼墙墙面缝隙中栽种了花草

#### 2.2.2 适用场合

适用于公路、铁路等挖方和填方边坡,用混凝土或木材桁条制作的格笼墙如采用后退式台阶结构,一般采用榫或铆钉联结,可以超过10 m,但采用原木堆砌的格笼墙不超过5 m。如普通挡墙相比,格笼墙的整体性稍差,因此,其高宽比比普通挡墙要小。

#### 2.2.3 施工

绿化格笼墙的施工分:开掘基础 加固基础 垒砌格笼墙 填土 绿化。其中垒砌格笼墙这一步骤最为关键,不仅格笼墙尺寸要符合设计要求,格笼墙中的填土也要符合要求。格笼墙中的填土应满足:(1)排水性能优良;(2)干湿变形小;(3)整体性好;(4)能够生长植物。综合地讲,使用沙性土壤比较合适,为增强土体的整体性,可以加入植物纤维等一起拌合使用。为阻止格笼墙中的填土从格笼墙外表面泄露,应先铺一层无纺布或草袋。

格笼墙墙面绿化可以使用活枝边垒砌格笼墙扦插,也可以等墙面完工后,在墙面上扦插活枝、播种、或喷射绿化。此时扦插活枝,为防止对活枝的损害,应先使用竹竿或铁杆预先钻孔,再插入活枝。

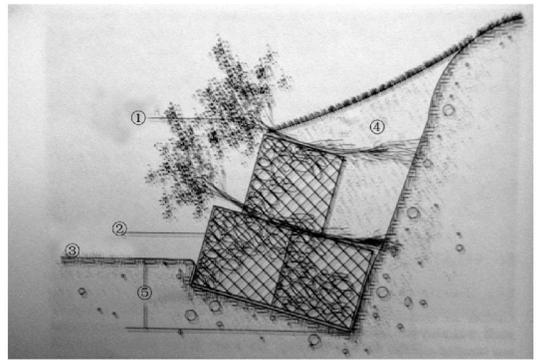
格笼墙完工后,应对格笼进行检测,因为有时格笼墙虽然整体是安全的,但局部任然可能破坏,比如局部桁条断裂等。发现这些问题,应采取如加钉铆钉,更换材料等补救措施。

### 2.3 绿化开孔箱笼墙

#### 2.3.1 定义

是指用镀锌铁丝作成一定形状(一般为方形)箱形笼子,在笼子中装石头,以各种方式叠放形成有孔隙的挡土墙。孔

隙中可以栽种或扦插植物。图8是这种方法的示意图,图9是其应用实例。



树木 箱笼 地表面 充填物 埋深

图8 绿化开孔箱笼墙示意图

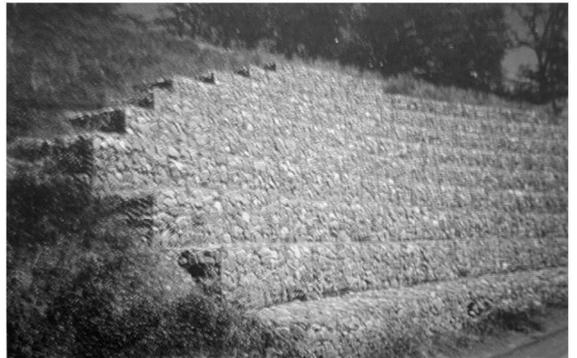


图9 绿化开孔箱笼墙应用实例

#### 2.3.2 适用场合

由于开孔箱笼墙需要消耗大量石材,因此,用于石材丰富的地区边坡护坡,绿化孔箱笼墙一般布置成如图9所示的台阶形。绿化孔箱笼墙是由箱笼堆砌起来的,整体性不高,高度一般不大于6 m。

#### 2.3.3 施工

如果把箱笼看成是形状规则的石块,则开孔箱笼墙则是开孔石墙。它的施工与普通石墙的区别就在箱笼的准备上。国外实践一般选用镀锌铁丝网制作箱笼,镀锌铁丝一般选用直径4 mm,网孔为边长为20 cm的六边形,箱笼高度一般为0.3~1.0 m,宽度为0.8~1.0 m,长度为1.0~1.5 m。

箱笼准备好后,应往空箱笼中填充石料,为使填充密实,所使用的石料的粒径应具备一定级配,国外实践表明,用直径25~35 cm占80%,15~25 cm占15%,10~15 cm占5%的级配能较好的满足技术和经济要求。填充饱满的箱笼应棱角分明,不易在运输途中变形。

箱笼准备好后,就可以施工箱笼墙了,施工时,为使每一层顶部平整,可在箱笼顶部洒一层沙壤土,这也为植被在箱笼中扎根有利。

由于开孔箱笼墙的墙体较厚,表面又没有土壤,绿化用活枝,活枝插在箱笼之间的缝隙里,并深入到墙后填土中,与墙体施工同时进行比较方便。

### 2.4 绿化加筋挡墙

#### 2.4.1 定义

利用L形钢筋网,墙面处焊接形成层状的空间结构,层间充填土石等材料而形成的挡土墙。墙面孔隙可以扦插或种植植物,以绿化墙面。图10加筋挡墙的示意图。图11是绿化后的加筋挡墙。

### 2.4.2 适用场合

同一般的加筋挡墙一样,绿化加筋挡墙常用于填方边坡(路堤)的护坡工程中,一般高度不大于 5 m。一般用于林区道路护坡(堤)。

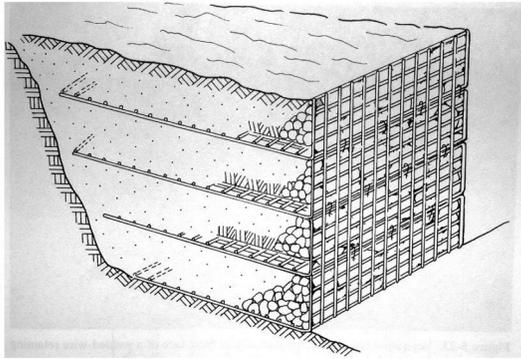


图 10 加筋挡墙的示意图



图 11 绿化后的加筋挡墙

### 2.4.3 施工

绿化加筋挡墙的施工墙体施工和绿化施工两部分,前者与普通加筋挡墙区别不大,主要主别在于,(1)填土需要含一定量的黏粒和养分;(2)墙面要能插入活枝。对于不符合要求的填土,应进行土壤改良。为使墙面能快速绿化,一般使用活枝绿化。一般活枝扦插在墙体工程完工后进行,为防止对活枝的损害,应先使用竹竿或铁杆预先钻孔,再插入活枝。

### 2.5 绿化阶梯墙

#### 2.5.1 定义

呈台阶状布置的挡土墙,并在台阶上留坑置土,栽种下垂灌木或花草树木。图 12、图 13 是该方法的应用实例。

#### 2.5.2 适用场合

适合用于道路边坡防护与绿化,足球场等周围坡地处理,图 12 实际上是借鉴了坡地改梯田的原理,将它用于边坡治理当中来,其上除种草外,还可以栽种树木。该种类型阶梯墙每级较宽,用于缓坡处理。图 13 种植的灌木可以用藤本植物代替,经过一段时间,整个墙面被绿化覆盖。

#### 2.5.3 施工

绿化阶梯墙的建设与带石墙的梯田、梯地的修建无本质区别,只是在植物的选择上与之不同,一般要满足绿化的要求,其上填土应适合选择的植被生长。

## 3 墙面绿化材料—活枝

上面提到的 5 种重力式挡墙的墙面绿化,虽然可以采取

播种的方式绿化,但是,最有效的,在工程中用得最多还是扦插活枝,主要原因在于,活枝能快速绿化墙面,同时,活枝能起到锚杆的作用,能将墙体后填土与墙体连接成一体。这对墙体的稳定有利。



图 12 绿化阶梯墙应用实例(种草)



图 13 绿化阶梯墙应用实例(下垂灌木)

活枝应该选用生根能力强,生命力旺盛的当地树种的枝条,杨树、柳树、蓉树等。活枝一般直径在 2~ 6 cm 之间,长度应能深入墙后填土并伸出墙面 10 cm 为宜。

活枝采伐可以用剪刀或砍刀,都需要刀口锋利。应根据工程进度,计算每天活枝消耗量,采伐活枝,做到当天采伐的活枝当天用完。活枝的运输应注意保湿、遮阳、避免压坏。夏季用车运输活枝,应洒水、在活枝上覆盖稻草以遮阳。

## 4 结语

尽管绿化重力式挡土结构在国外已经出现多年,在国内学术期刊上还未见到应用实例报道,主要原因有:(1)广大土木工程技术人员缺乏应有环保理念,在边坡治理时忽略植被恢复。对国内外新技术不了解;(2)绿化重力式挡土结构工程施工比普通挡土结构复杂,成本高 5%~ 15%,制约了它的应用;(3)在国内没有应用先例,设计、施工、验收没有规范和经验可以借鉴,在工程中首先采用它有一定风险。随着人们环保意识的提高和对环境效益的重新认识,也随着国内对绿化重力式挡土结构的深入研究,绿化重力式挡土结构必将在我国工程实践中大量采用。

(下转第 189 页)

表1 土壤组的各项基本数据

实验组数	降雨强度 ( $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ )	降雨量 / mm	初始含水/量/ %		土壤容重/( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )		土壤渗透系数		含沙量/g	
			土壤组	沙组	土壤组	沙组	土壤组	沙组	土壤组	沙组
1	15.00	22.50	15.73	8.54	1.30	1.38	0.79	1.46	35.94	55.11
2	29.40	44.10	15.41	8.45	1.26	1.35	0.83	1.45	47.97	52.61
3	35.00	52.50	15.24	8.46	1.25	1.36	0.80	1.48	44.12	56.32
4	40.00	60.00	14.75	8.35	1.25	1.31	0.88	1.45	53.08	62.72
5	45.30	67.95	14.92	8.43	1.26	1.33	0.88	1.50	64.78	58.01
6	51.90	77.85	14.04	8.28	1.24	1.34	0.85	1.49	65.83	67.48
7	60.00	90.00	14.88	7.95	1.18	1.30	0.89	1.51	70.93	74.92
8	71.40	107.10	14.05	7.88	1.20	1.30	0.85	1.51	62.44	138.24
9	84.00	126.00	14.45	8.01	1.21	1.29	0.96	1.55	71.63	150.84

表2 各项物理性质与垂直侵蚀之间的关系

实验组	降雨强度	降雨量	初始含水量	容重	渗透系数
土壤组含沙量	0.87364	0.87364	- 0.75618	- 0.79582	0.83059
沙组含沙量	0.87463	0.87463	- 0.81177	- 0.72027	0.79308

### 3.2.3 土壤容重

土壤容重是土壤的一个基本物理性质,对土壤的透气性、渗透性能、持水能力、溶质迁移特征以及土壤的抗侵蚀性、抗冲性都有非常大的影响,土壤容重对垂直侵蚀的影响也主要从这几个方面发生作用。但是,不同的自然条件下土壤容重受到成土母质、成土过程、气候、生物作用及耕作等的影响,是一个高度变异的土壤性质,使得其对垂直侵蚀的影响也因此而有所不同。从表2中可以看出,土壤容重与垂直侵蚀之间的相关系数也达到了显著的水平,并且是负相关。证明了土壤容重对垂直侵蚀也产生巨大的影响,这就是工矿区或路面通过压实土壤,增加土壤容重可以一定程度上抑制垂直侵蚀的原因。

### 3.2.4 土壤渗透性

土壤质地、结构、孔隙度、通气度、土壤湿度、温度、有机质含量、盐分含量等土壤理化性质都对垂直侵蚀产生影响,并且,它们对垂直侵蚀的影响主要体现在土壤的渗透性能这个土壤重要的物理性质上。此外,土壤渗透性能对垂直侵蚀的影响主要通过土壤渗透性这个综合指标反映出来<sup>[5,6]</sup>。因此,本实验采用渗透系数这个综合指标来代替它们。从表2得知,渗透系数与垂直侵蚀之间存在着显著的正相关,意味着渗透系数的增大将加剧垂直侵蚀,这主要是由于渗透性好有利于物质的垂向输移,从而促进垂直侵蚀的发生与发展。

#### 参考文献:

- [1] 周跃. 山地灾害与生态工程[M]. 云南: 云南科技出版社, 2004. 18- 19.
- [2] 王洁, 胡少伟, 周跃. 人工模拟装置在水土保持方面的应用[J]. 水土保持研究, 2005, 12(4): 190.
- [3] 卫茂荣. 一次取样连续测定土壤物理性质的方法[J]. 辽宁林业科技, 1990, (1): 56- 57
- [4] 解文艳, 樊贵盛. 土壤含水量对土壤入渗能力的影响[J]. 太原理工大学学报, 2004, 35(3): 272- 275.
- [5] 张万儒, 庞鸿宾, 杨承栋, 等. 卧龙自然保护区植物生长季节森林土壤水分状况[J]. 林业科学, 1990, 3(2): 103- 112.
- [6] 冯绍元, 丁跃元, 姚彬. 用人工降雨和数值模拟方法研究降雨人渗规律[J]. 水利学报, 1998, (11): 17- 20.

(上接第186页)

#### 参考文献:

- [1] Donald H Gray, Robbin B Sot ir. Biotechnical and Soil Bioengineering Slope stabilization[M]. USA: John Wiley & Sons, Inc., 1996.
- [2] Gray, D H. Influence of vegetation on the stability of slope[A]. proceedings, International Conference on Vegetation and Slope[C]. Institution of Civil Engineers, University Museum, Oxford, England, 1994. 1- 23.
- [3] Vanicek, V. The soil protective role of specially shaped plant roots[J]. Biological Conservation, 1973, 5(3): 175- 180.
- [4] Jaecklin, F P. Retaining beautifully[M]. Architect and Builder(May), 1983.
- [5] 黄琼彪. 符合生态工法之林道植生工程技术[J]. 水土保持研究, 2003, 10(4): 225- 230.
- [6] 《土壤学》编写组. 土壤学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992. 99- 103, 5- 7, 52- 55.
- [7] 都市绿化开发机构. 地面植被共同研究会(日) 地面绿化手册[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003.

## 4 结论与讨论

垂直侵蚀的发生与发展是一个复杂的过程,其影响因素众多,并且在不同的外界环境条件下其影响因素的贡献率也有所不同。

### 4.1 主要结论

- (1) 垂直侵蚀物质输移量随深度的增加而减少,随降雨强度的增加而增加。
- (2) 加剧垂直侵蚀的主要土壤物理性质是降雨强度、降雨量和土壤渗透性。
- (3) 抑制垂直侵蚀的主要土壤物理性质的土壤容重、土壤初始含水量。
- (4) 就工矿区的垂直侵蚀而言,土壤化学性质对垂直侵蚀的影响主要通过土壤物理性质表现出来,这与次生盐碱化这类垂直侵蚀不同。

### 4.2 讨论

主要分析了在降雨充沛的红壤地区工矿区弃石场的垂直侵蚀的影响因素与规律,实际上所有土地上都可能发生垂直侵蚀,只是其表现形式、发生机理、侵蚀程度等性状特征不同而已。此外,人类活动对垂直侵蚀的干扰也是不可忽略的,既有促进的一面,也有抑制的一面。比如通过倾倒尾矿、不合理的耕作、蓄水工程、过度放牧等都可以促进垂直侵蚀的发生、发展,而压实土壤、排干土壤水分、有计划的植树造林等却可以在一定程度上抑制垂直侵蚀的发生、发展,或减轻其强度。实际上,人类研究垂直侵蚀的规律,正是为了有计划、有目的地控制垂直侵蚀过程,使之向人类所期望的方向发展。