

# 粒状碎屑溜砂坡桩板墙加固防护技术

徐 骏<sup>1,2</sup>, 王成华<sup>1</sup>, 何思明<sup>1</sup>, 张小刚<sup>1</sup>, 周 麟<sup>1</sup>

(1. 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘 要:** 桩板墙在土木工程领域应用较为广泛, 但在粒状碎屑溜砂坡防治工程中的应用却不多。主要原因在于粒状碎屑溜砂坡的散体结构特征不同于一般的岩土体。首先介绍了目前一些常用的溜砂坡防治对策, 指出他们存在的问题, 然后根据溜砂坡的特点, 推导出了砂坡土压力的计算方法, 最后针对溜砂坡边挖砂坡脚边溜砂难题提出了一种解决方法。为溜砂坡灾害的防治提供了另外一种可供选择的方案。

**关键词:** 粒状碎屑溜砂坡; 加固防护; 桩板墙

中图分类号: TU 432

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)03-0315-03

## Sheet Pile Wall's Techniques for Stabilization of Sand-sliding Slope Composed by Granular Clast

XU Jun<sup>1,2</sup>, WANG Cheng-hua<sup>1</sup>, HE Si-ming<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-gang<sup>1</sup>, ZHOU Lin<sup>1</sup>

(1. Institute of Mountain Hazard and Environment CAS, Chengdu 610041, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Abstract:** Now adays, sheet pile wall has been widely used in the field of civil engineering. But it has little applications for the stabilization and protection of sand-sliding slope which composed by granular clast. The main reason lies in the structure's differences between general soil slope and sand-sliding slope. Common engineering measures for sand-sliding slope and their limitations were presented. Base on the sand-sliding slope's characteristic, a calculation method of sand slope's pressure was deduced, and an engineering measures was presented for solving the problem that the sand slides as the cut of slope toe. Thus, an optional design and construction technique of sheet pile wall was developed for sand-sliding slope's stabilization and protection.

**Key words:** sand-sliding slope composed by granular clast; stabilization and protection; sheet pile wall

## 1 前 言

粒状碎屑溜砂坡综合加固防护技术包含控制、封闭砂源区、稳定砂坡体和保护砂坡脚等三部分措施。控制、封闭砂源区<sup>[1]</sup>是用水砂浆或水泥砂浆+生态复合土喷护产砂的高陡岩质边坡,使之停止产砂或少产砂,这是防治溜砂坡发展的基本对策,但在现有经济、技术条件下还难以实现,因而现行的综合加固防护技术多以稳定砂坡体和保护砂坡脚为目的砂坡的加固防护,一般引用滑坡防治或危险边坡加固的一些方法。如川藏公路(G318线)西藏境内中坝段的溜砂坡<sup>[2,3]</sup>,广泛应用条石(块石)浆砌挡土墙阻挡砂坡溜动。这种方法存在的最大缺陷就是难以解决砂坡边开挖边溜动的问题,严重时甚至会引起砂坡体的大规模溜动,导致掩埋施工机具,造成施工人员伤亡。粒状碎屑溜砂坡是典型的散体结构,砂粒的含量在95%以上,粉粒的含量不到5%,几乎不含黏粒。施工时的扰动不可避免的要引起砂坡体的溜动,因此探索一种不受砂坡溜动不利影响的施工方法将对溜砂坡的防治产生推动作用。本文选择桩板挡砂墙进行溜砂坡的加固防护,与传统桩板墙<sup>[4]</sup>不同之处在于:桩板挡砂墙施工顺序是先采用沉井法施工桩,然后从上至下边开挖桩间砂坡,边安装挡砂板,这就有效的解决了砂坡边开挖边溜动的问题。

## 2 常见溜砂坡防治对策

根据粒状碎屑溜砂坡的形成演化规律,溜砂坡的常见防治对策主要有以下三个方面:

### 2.1 控制封闭砂源区

控制封闭砂源区,是用水砂浆或水泥砂浆+生态复合土喷护产砂的高陡岩质边坡,使之停止产砂或少产砂,这是防治溜砂坡发展的基本对策。

然而在我国西部高山峡谷地区,砂源区很高,很大,不仅施工技术达不到,投资也十分巨大。除小范围能封闭砂源区外,大范围封闭砂源区基本不可能。

### 2.2 稳定砂坡体

(1) 砂坡深部固砂工程。这里的砂坡深部是指大多数草、灌木丛根系集中分布深度以下,通常为1m以下。砂坡内部结构的最大特征是散体,砂粒之间无胶结物。正因为如此,只要砂坡的坡度大于此类砂的天然休止角就会产生溜砂。如果改变这种组成与结构,溜砂现象就会得到控制,主要工程措施有:黏土水泥网状浆液固砂;花管微型树根桩固砂(模拟树根固砂原理)。

(2) 砂坡表部稳定措施。砂坡表部稳定包括两个方面的内容,一是已趋向稳定的砂坡,砂坡上已长了一定数量的草

\* 收稿日期: 2006-06-16

基金项目: 国家自然科学基金, 重大项目(90202007)资助

作者简介: 徐 骏(1978-), 男, 在读博士, 主要从事山地灾害防治、设计、预测及相关软件开发。

灌木, 稳定砂坡的措施是阻止牛羊进砂坡毁坏草和小灌丛; 二是正在活动的砂坡, 砂坡表部无法生长植被, 应先进行表部固砂, 而后种草、植树。现行的主要措施是: 格梁锚杆固砂植被护坡工程; 钢筋挂网植被喷护工程。

2.3 砂坡脚保护措施

根据 318 国道西藏境内中坝段溜砂坡调查结果, 这里的活动溜砂坡主要是流水冲刷和公路拓宽开挖砂坡脚引起, 因此保护砂坡脚就显得十分重要, 其主要措施有:

- (1) 重力式挡砂墙。用于正在活动的砂坡, 使砂坡坡度变缓并小于此砂坡天然休止角。
- (2) 挡砂护路棚碕。棚碕的功能除具挡砂保护道路作用外, 还能将多余的溜砂排到道路外侧, 此法适用于溜砂坡规模大, 且开挖高度大于 4m, 砂源区不断产砂并向砂坡汇集的条件。
- (3) 排导渡砂槽。当溜砂坡有明显的溜砂槽时, 且砂源区不断向溜砂槽补充砂, 此时除需要设计足够高的挡砂墙外, 还应在溜砂槽处设计排导渡砂槽, 将溜砂排到道路外侧。

(4) 桩板挡砂墙。桩按抗滑桩设计, 桩长的一半伸入路面以下, 若桩上加锚杆抗倾覆, 伸入路面以下的长度可适当缩小, 桩间距 3~4 m 为宜。先做桩后开挖桩间砂坡, 并及时装上拦砂板。桩采用沉井法施工。

上述(1)、(2)、(3)措施, 均会发生边挖砂坡脚, 边产生溜砂的现象, 致使工程难以进行, 甚至引起大规模溜砂, 造成机械损失或人员受伤。而措施(4)可完全避免上述问题发生。笔者推荐多用桩板墙工程, 即使棚碕、渡砂槽工程, 也应先施工桩板墙工程, 而后施工其它工程。

3 桩板墙挡砂工程

针对粒状碎屑溜砂坡边开挖坡脚边溜动的问题, 特设计了桩板墙挡砂结构工程。此工程基本解决了边开挖边溜动的问题。具体作法是, 先按抗滑桩原理做桩, 桩的断面形态有别于普通方形抗滑桩, 应做了“凸”字型, 采用钢筋混凝土结构; 后在两桩之间安装钢筋混凝土板(图 1)。

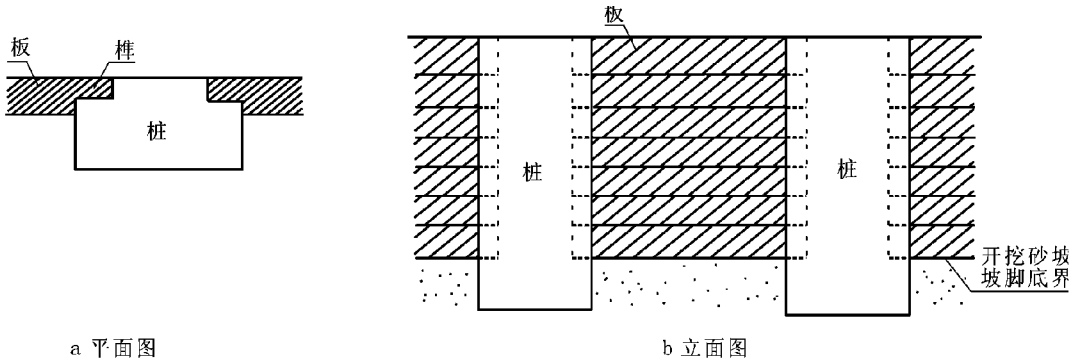


图 1 桩板墙挡砂结构示意图

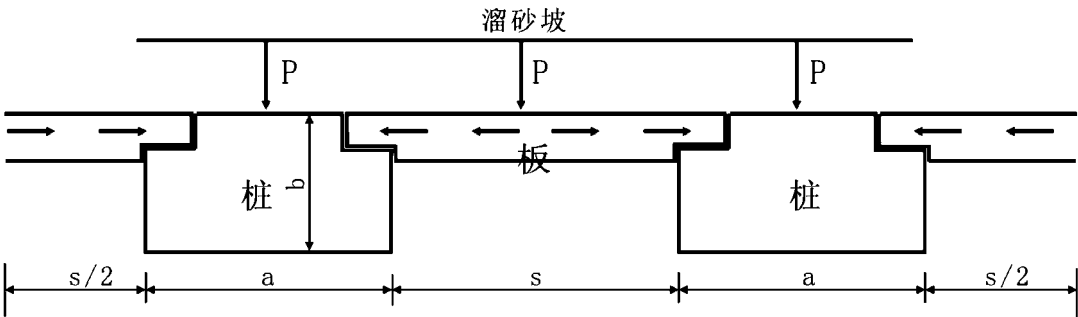


图 2 桩板墙挡砂结构示意图

3.1 桩板墙结构功能

(1) 桩的功能。按桩承受外荷载的特征分为竖向荷载桩和横向荷载桩。桩板结构桩和抗滑桩都是横向荷载桩。桩长可划分为受力段、嵌固段。受力段承受的横向荷载传递到嵌固段, 再传递到嵌固段周围稳定岩土。

桩板结构的桩与抗滑桩结构的功能基本一致<sup>[3]</sup>, 都是承接两桩间的土压力。不同的是: 桩板结构的桩是承接两桩间板传递来的土压力, 而抗滑桩是承接两桩间无形土拱传递来的滑坡推力。

用, 而且还要受到两侧板传递来的砂坡土压力作用; 而板只受到砂坡土压力作用(图 2)。

设砂坡纵向单宽水平土压力为  $E_a$  (kN/m), 桩横向宽为  $a$  (m), 纵向宽为  $b$  (m), 桩间距为  $s$  (m)。则桩受到的水平土压力为  $F$  (kN):

$$F = E_a \cdot a + E_a \cdot s = E_a (a + s) \tag{1}$$

由于砂坡为散体结构, 粘聚力  $C$  值很小, 可近似取 0。因此式中  $E_a$  可采用库仑主动土压力理论<sup>[6]</sup>推导得到(砂坡土压力计算示意图见图 3):

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma l H \cos \alpha (K \sin \alpha - \cos \alpha \varphi) \cdot \cos \alpha \tag{2}$$

式中:  $\gamma$ ——天然砂坡土的容重 (kN/m<sup>3</sup>);  $\varphi$ ——砂坡土的内摩擦角;  $\alpha$ ——溜砂体下界面倾角;  $l$ ——砂坡溜动的下界面长度 (m);  $H$ ——开挖砂坡面的垂直高度 (m);  $K$ ——安全稳定系数。

3.3 桩板挡砂墙的设计与施工

桩板挡砂墙的设计是在对溜砂坡详细勘测的基础上进行。首先应对开挖砂坡脚可能产生的单宽的土压力进行计

3.2 桩板结构的力学特征及受力计算

据前面的论证, 桩不仅要受到桩后面砂坡土压力的作

算复核。

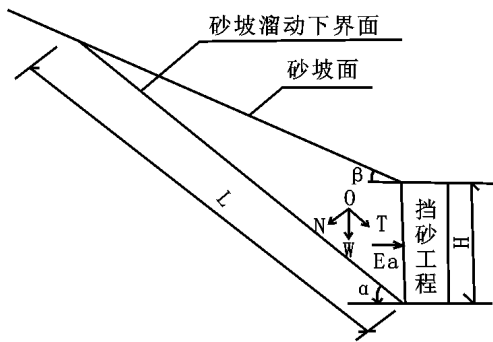


图3 桩板结构受力简图

(1) 桩板挡砂墙的平面布设。桩板挡砂墙应布设在设计开挖面内侧。考虑到钢筋混凝土板较沉重, 桩间距不能太大, 一般取2~3 m为宜。

(2) 桩的设计。考虑到开挖砂坡的高度一般都不大, 5~8 m, 所产生的土压力也不会太大, 所以桩的断面不能太大, 为方便施工, 一般选1.2~1.5×1.0~1.2 (m) 的小方桩, 桩呈“凸”字形, 桩的宽度不得小于0.2 m。

桩的结构和内力应依据砂坡的土压力大小确定。若选用钢筋混凝土桩, 砂坡的土压力又比较小, 桩的配筋量不得低于1.5%, 水泥标号宜用425#。除骨架筋外, 应加布受力筋。受力筋应布设在桩下, 呈“一”字形布设(图4)。

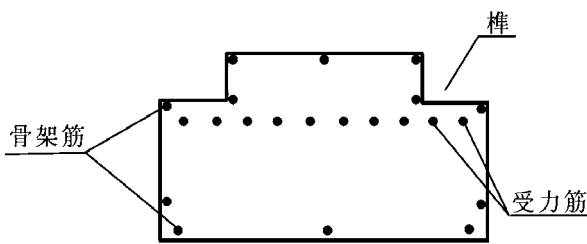


图4 桩受力筋布设示意图

桩的长包含开挖砂坡面的高度, 加上深入开挖面下界面以下的长度, 一般为桩长的1/3~1/2, 若采用锚杆(索)平衡

参考文献:

- [1] 王成华, 陈永波, 朱平一, 等. 溜砂坡形成演化规律与防治对策[A]. 海峡两岸山地灾害与环境保育研究, 第三卷[C]. 昆明, 2002. 282~289.
- [2] 梁光模, 王成华, 张小刚. 川藏公路中坝段溜砂坡形成与防治对策[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003, 14(4): 33~38.
- [3] 阙云, 王成华, 张小刚. 川藏公路典型溜砂坡形成机理与整治[J]. 山地学报, 2003, 21(5): 595~598.
- [4] 牛国江, 张国帅, 杨孝勤. 浅谈桩板墙的施工技术[J]. 山西交通科技, 2005, 17(5): 83~86.
- [5] 赵明阶, 何光春, 王多垠. 边坡工程处治技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [6] 徐梓忻, 张文革. 挡土墙的库仑土压力[J]. 力学与实践, 1997, 19(5): 55~57.

(上接第314页)

自然和社会经济条件的不同, 尤其是人口密度的不同, 使土地利用方式具有明显的差异性, 从而影响农业生产的发展方

参考文献:

- [1] 齐实, 罗永红, 徐小涛. 宁夏南部黄土丘陵区水土保持与农业可持续发展[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2003.
- [2] 唐慧中, 郑晓风. 长江流域黄土丘陵区综合治理模式初探—以郭罗沟流域为例[J]. 水土保持研究, 2004, 11(1): 31~32.
- [3] 王延平. 黄土高原残塬沟壑区荒坡地可持续治理模式研究[J]. 西北林学院学报, 2003, 18(1): 63~66.
- [4] 郝明德. 黄土高原沟壑区小流域治理模式—以长武王东沟小流域为例[J]. 水土保持通报, 1996, 16(1): 68~72.
- [5] 陈丽, 米文宝, 杨蓉. 宁南山区退耕还林还草工程实施措施研究—以固原市原州区为例[J]. 水土保持研究, 2005, 12(3): 190~193.
- [6] 孟宪智. 太行山区水土流失治理模式调查研究[J]. 海河水利, 2004, (3): 21~26.

桩的抗倾覆稳定性, 深入开挖下界面的长度可适当减少, 但不能少于1.5 m。

(3) 板的设计。板可采用钢筋混凝土板(预制板)和木板, 两端做成榫形, 与桩相联。板的厚度、宽度应据溜砂坡单宽土压力设计。一般板的厚度不得小于0.25 m; 考虑到安装方便, 板的宽度一般取0.6~0.8 m; 板的长即桩间距加榫长, 在榫下加布受力筋。受力筋的量应据砂坡土压力而定。板的配筋量不得低于1.5%。

桩板墙设计完后, 还应进行抗滑稳定性和抗倾覆稳定性验算, 是否满足设计规范要求, 若不满足, 应重新设计。

(4) 桩板挡砂墙的施工。据粒状碎屑溜砂坡边开挖边溜动的特征, 桩板挡砂墙的施工顺序和方法是:

先施工桩, 采用沉井法施工, 少破坏地形, 注意桩、板联结的施工。桩的施工最好放在旱季, 避免雨水进入桩井。

后开挖砂坡施工安装挡砂板, 板按设计图预先预制, 运到施工现场, 自上而下, 边开挖砂坡, 边安装挡砂板。严禁两桩之间开挖完后, 再安装挡砂板。否则会引发桩间砂土溜动。板的下界应嵌入开挖面低界以下0.5 m。

## 4 结 语

(1) 粒状碎屑溜砂坡具有独特的结构特征和工程物理力学性能, 采用一般的加固防护措施收效甚微。在西部高山区封闭、控制砂源区产砂, 因地形高陡, 面积大, 投资大, 不可取; 应把溜砂坡的防治重点放在稳定防护砂坡体, 保护加固开挖砂坡脚上。

(2) 针对普通挡砂墙容易发生边开挖砂坡边发生溜砂的现象, 研究了桩板墙挡砂工程, 有效地解决了边开挖边溜砂的问题。依据开挖砂坡的单宽土压力进行桩、板的设计。施工顺序是先采用沉井法施工桩, 后从上至下边开挖桩间砂坡, 边安装板。

(3) 在开挖砂坡的加固防护中, 可依据砂坡特征和工程的具体要求选择桩板挡砂墙与其它加固防护措施(如树根桩工程、植被护坡工程等)相结合的方式综合防治, 以期达到较为理想的整治效果。

向和产业结构。在进行综合治理时, 应在分类的基础上, 根据流域特点和发展方向, 采取相应的综合治理模式。