

# 土工织物在水土保持工程中应用的探讨

罗 万 勤

(水利部黄委会黄河上中游管理局·西安市·710043)

**摘 要** 土工织物作为一种新型的建筑材料,有很强的透水性,可用于水土保持工程中反滤排水。如果能够满足一定的条件,选择合适的材料,将发挥土工织物的透水、挡土、拦砂功能,工程应用中施工简单,节省投资,经济效益明显,是一种值得推广的建筑材料。

**关键词** 土工织物 水土保持工程 反滤排水

## Application of Earth Work Fabric in Soil and Water Conservation Projects

Luo Wanqin

(Administrative Bureau of the Upper and Middle Reaches of Yellow River,  
Ministry of Water Resources and Committee of the Yellow River, 710043, Xi'an Municipality)

**Abstract** As building material of a new type, earth work fabric has a very strong permeability to water, it could be applied to antifiltering drainage in soil and water conservation projects. Given a meet condition and suitable material, the earth work fabric would give full play to its function of permeability, retaining to soil and sand. When the fabric is applied in projects, the construction is simple, the invest is spareable and the economic benefit is obvious, it is a building material that worth spread.

**Keywords** earth work fabric; soil and water projects; antifiltering drainage

水土保持是改善生态环境、推动山区经济发展的重要手段,是黄土高原治理的根本措施,是黄河减沙的主要途径,每年国家花费大量资金,用于水土保持事业,特别是建国 40 多年来,水土保持取得了令人瞩目的成就,在国民经济中发挥了越来越重要的作用,现已列入国家基本建设项目,保证了水土保持的持续快速发展。作为水土保持重要内容的工程措施,工期短、见效快,产生了巨大的效益,相应地也投入了更多的资金,如何在水土保持工程规划设计中,选用新材料、新方法,节省工程投资,加快水保工程治理速度,是生产中面临的新问题。土工织物在其它领域的广泛应用和在水土保持工程中的尝试,为水土保持工程中的应用提供了广阔的前景;为节省工程投资,方便施工创造了有利条件。

## 1 土工织物的性能及简介

土工织物是一种由聚合物形成的纤维所织成的物质。聚合物主要是聚丙烯、聚酯、聚乙烯和聚酰胺,均具有较高的强度。

土工织物按其制成的方法可分为3种类型:(1)有纺型——与通常的棉毛织品相似,是由两组相互正交的纤维组成;(2)编织型——与通常织的毛衣相似,是由一系列单丝按一定方式编织而成;(3)无纺型——与通常的毛毯相似,是用化学处理方法,热处理方法或针刺机械处理方法加工纤维所形成。土工织物也可由两种或两种以上的织物组成复合织物。

土工织物的特性就是透水性,还有质轻、使用方便、造价低廉、具有一定的抗拉、抗压、抗撕裂强度等特点。

土工织物的作用主要有:排水作用、反滤作用、隔离作用、加筋作用。土工织物的这些作用已广泛用在土建工程中。

## 2 土工织物在水土保持工程中的应用

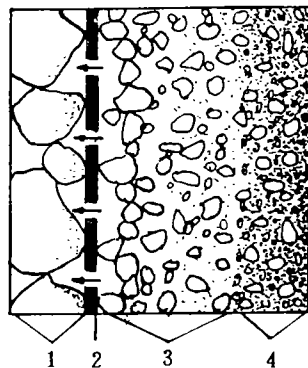
利用土工织物的特性,结合水土保持工程的作用,可将土工织物用于水土保持工程的反滤、排水。

黄河上中游地区,是水土流失的重点治理区,治沟骨干工程、拦碴坝、淤地坝等工程措施,都是水土保持工程的主要形式,这些工程在建设和运行过程中,均需有一定的反滤排水设施,而传统的反滤排水设施是由砂石料筑成,但在这些地区,砂石料短缺,即使使用砂石料,成本高,施工麻烦,甚至有些工程无法采取反滤排水措施而影响其安全。应用土工织物代替砂石料反滤排水将是水土保持工程的一大技术进步。

## 3 土工织物的反滤设计

### 3.1 反滤机理

见附图。图左侧为堆石排水体,中间是铺放的土工织物,右侧被保护的土体,渗流方向自右向左,当渗流开始时,土工织物自然会阻止土体中的土料进入排水体,但土工织物的透水性就表现在织物有孔隙,我们可以设计得使土工织物能允许土体中的极细颗粒通过土工织物流入排水体。在一开始出现这种细颗粒流入排水体是有好处的,因为这部分颗粒被带走之后,靠土工织物一侧的土体中所剩下的较粗颗粒的透水性就大为提高,同时这一较粗的颗粒层又有阻止后面的极细颗粒继续被带走的性能,而且越往后极细颗粒被带走的可能性也越小,这样就好象在土体中形成一道由粗颗粒到细颗粒的“天然”反滤层,保证土体不致发生管涌。可见所谓土工织物起反滤层作用,并不是说土工织物成了反滤层,而是因为有了土工织物的“媒介”作用,在被保护的土体内部形成了“天然”反滤层。土工织物这种反滤作用的有效性,已被许多试验所证实,而且对许多种类土都有效。



附图 土工织物的反滤设计

### 3.2 反滤设计准则

反滤准则应考虑:一是能保护土料的颗粒不得穿过反滤层流失,防止发生管涌;二是保证反滤层内水流畅通,防止被保护土料颗粒停留在反滤层内发生淤堵,简单地说就是防止管涌,保证透水。

要防止管涌,就要求被保护土料中的颗粒(特别细的除外)不得从土工织物的孔隙中流失,即要求土工织物的孔径不能太大。

保证透水则要求被保护土料的颗粒不得停留在织物内产生淤堵,保证水流畅通,因此土工织物的孔径又不能太小。

如何满足这两个矛盾的要求,就是设计者的任务,即根据被保护土的特性选用一种合适孔径的土工织物。

目前,国内外提出了不少反滤准则,但最基本的、应用较多的反滤准则为:

对于粘性土<sup>[1]</sup>

$$O_e < D_{85b} \quad (1)$$

$$O_e > D_{15b} \quad (2)$$

式中:  $O_e$  —— 土工织物的有效孔径,可取  $O_{90}$  或  $O_{95}$ ;

$D_{85b} D_{15b}$  —— 被保护土料的特征粒径。

式(1)含义是防止管涌,式(2)含意则是保证透水。

对于粘性土,只要求

$$O_e < 0.08\text{mm} \quad (3)$$

另外,不管无粘性土还是粘性土,需加上一条防淤堵准则

$$K_g > 10K_s \quad (4)$$

式中:  $K_g$  —— 土工织物的垂直(法向)渗透系数;

$K_s$  —— 被保护土的渗透系数。

### 3.3 材料选择

作为反滤用的土工织物,必须满足  $O_e$  和  $K_g$  要求,选择时还要考虑材料强度、价格和使用环境、经验等因素。

反滤用土工织物的标定指标<sup>[2]</sup>见表1

表1 反滤用土工织物的指标

指标	针刺厚度	热粘薄型
质量 (g/m <sup>2</sup> )	200~500	80~110
厚度 (mm)	2.5~5.0	0.05±
滚条拉伸强度 (N/5cm)	250~700	干态 75~170 湿态 50~130
撕裂强度 (N)	200~600	
顶破强度 (N)	500~1100	
有效孔径 $O_{95}$ (mm)	0.08~0.12	<0.06
垂直渗透系数 (cm/s)	$5 \times 10^{-2} \sim 5 \times 10^{-1}$	$5 \times 10^{-4} \sim 2.5 \times 10^{-1}$
层面渗透系数 (cm/s)	$5 \times 10^{-2} \sim 3 \times 10^{-1}$	
孔隙率(%)	>90	

## 4 土工织物排水设计

在水土保持治沟工程中,在很多情况下需要采取排水措施排走土体内的渗透水流,以降低渗透压力,或加速土体固结,或降低坝体浸润线,增加坝体稳定性。一般采取的常规方法是在适当部位铺放碎石层进行排水,而土工织物则可取代碎石层或者结合砂卵石层进行排水,这种办

法既有效,又简单,可大大节省投资。

#### 4.1 排水设计方法

在竖向上用土工织物包裹透水性好的砂卵石形成排水体,可用在坝肩排水和坝体内排水;水平向上可用土工织物覆盖到透水性好的砂卵石层上形成排水体,可用于坝底排水。排水体的大小、厚度可根据工程规模、筑坝土料特性、土工织物的性能指标等设计。

#### 4.2 土工织物选用

土工织物只需要满足反滤准则,即可构成有效的排水体。

### 5 土工织物施工方法

土工织物有一定的幅宽、长度和强度,需要采取合理的方法连接满足设计要求,并在施工时不能损坏土工织物。以聚合物为主要成份的土工织物在空气中易老化,因此使用时一般需埋置起来。土工织物在施工中的连接方法有以下 4 种,施工时灵活选用。

(1) 搭接——将相邻两块织物重叠一部分,一般重叠宽度为 20~90cm,织物的压重增大或倾斜度增大时,搭接长度也要相应增大。这种方法施工简单,一般用在织物上覆砂卵石、块石等粗颗粒的情况。

(2) 缝接——将两块土工织物用尼龙线或涤纶线缝合,接缝的方法有对面缝和折叠缝之分,可分成单道线、对面缝,交接长度 20cm。此方法接缝强度高,适用于各种边界条件施工,特别在竖向排水体中应用更为方便有效。

(3) 钉接——用防锈的 U 形钉将两块织物连接起来。接缝方法最好采用折叠式。施工时可用机械操作,接缝强度低于缝接。有条件施工时可选用此法。

(4) 粘接——用加热或粘接剂或双面胶布粘接。粘接的搭接长度取 10cm。这种方法节省土工织物,适用于各种边界条件,但施工速度慢。

### 6 应用举例

#### 6.1 陕西志丹县水土保持治沟骨干工程中反滤排水应用

该坝位于陕北黄土丘陵区,水土流失严重,设计坝高 34cm,总库容 173.8 万  $m^3$ ,控制流域面积 6.45 $km^2$ ,主要是防洪拦沙。土料为轻粉质壤土,用水坠法施工,1991 年建成。采用了土工织物代替砂石反滤,节省投资 27%,节省工日 63%,具体方法是直接将有效孔径为 0.08mm 的针刺土工织物贴坡铺在下游坡反滤排水体段,上覆 30cm 厚的砂卵石垫层和干砌石保护层,至今应用效果良好。同时,还用此土工织物包裹砂卵石形成直径为 50cm 的圆柱状排水体,放置在坝体两肩,与坝底的砂卵石层结合,起坝体固结排水作用,加快了施工进度。土工织物连接方法:反滤采用搭接,排水用缝接。

#### 6.2 山西中条山有色金属公司毛家湾尾矿坝加固改造反滤应用<sup>[2]</sup>

该坝位于山西恒曲县境内,是黄河中游重点水土流失区,在中条山胡家峪矿,为日处理 1 万 t 废弃矿石的大型尾矿坝,集水面积 80 $km^2$ ,初期建高 30m 的土坝,后期坝为尾沙坝,高达 61m。加固改造是除加宽溢洪道外,在尾矿砂面上筑成一条导水砂墙,墙的底部与尾砂接触面上铺放  $O_{90} = 0.045mm$ 、400g/ $m^2$  的针刺土工织物作为反滤层。对坝体加坡工程,在原坝体外坡上同样铺放 400g/ $m^2$  土工织物作反滤层,然后用块石压顶。土工织物主要是防止尾矿砂和初期建坝的粘土流失。尾砂以小于 0.074mm 颗粒为主,选用的土工织物满足反滤准则。工程于 1988 年竣工,当时节省了投资,缩短了工期,经受了两年中等洪水的考验,运行正常。

(下转第 174 页)

### 5.5 群众生活水平显著提高

随着农村农业结构的调整,农、林、牧业生产呈现全面发展的良好势头,群众温饱问题基本解决。1993年,人均有粮400kg,人均纯收入408元。全村97.2%的农户解决温饱;13%的农户人均有粮超500kg,人均纯收入超1000元。60%的农户盖起了瓦房,加固了旧窑洞,添置了新家俱。

### 5.6 走出了具有山区特色的扶贫开发路子

通过15年的生态农业建设,白岔村走出了“调整产业结构,退耕种草种树,大力发展畜牧”既恢复生态,又发展经济的扶贫开发之路。以杏子为主的林果业,以肉牛为主的畜牧业,成为当地群众经济收入的主要来源。

(上接第156页)

### 6.3 万家寨水利枢纽水土保持方案中牛郎贝沟拦沙坝反滤排水应用

万家寨水利枢纽位于黄河中游的晋蒙交界地区,是一防洪、供水、发电等综合性大型水利工程。牛郎贝沟为黄河一级支流,流域面积1.14km<sup>2</sup>,沟口距万家寨大坝轴线0.4km,沟内布设有枢纽工程施工期的砂石料加工系统,拦沙坝主要是防止砂石系统加工骨料过程中产生的粉尘流失,流失的粉尘将污染黄河水质,增加治黄难度,在枢纽开发建设区为一重要的水土保持工程。该坝主要用堆石建成,为了防止粉尘从堆石空隙中流失,设计采用 $O_{90}$ 为0.046mm、500g/m<sup>2</sup>的针刺土工织物,能够满足粉尘反滤要求。采用此法后,施工简单,减少工程量和节省投资。该坝设计已完成,正组织力量实施。

## 7 结 论

土工织物代替砂石料或结合砂石料反滤排水,在黄河流域水土保持工程中是完全可行的,在编制水土保持规划或水土保持方案时,用前述的方法设计,结合实际情况灵活应用,将取得良好的经济效益和社会效益。可以肯定,随着水土保持工程的大规模建设,土工织物将发挥越来越重要的作用。

本文得到水利部黄委会黄河上中游管理局规划设计研究院马慕铎高级工程师指导,特此致谢。

### 参 考 文 献

- 1 朱诗整. 土工织物应用与计算. 北京:中国地质大学出版社,1989
- 2 《土工合成材料工程应用手册》编写委员会.《土工合成材料工程应用手册》.北京:中国建筑工业出版社,1994