

# 土木工程中土工织物的应用

郑 人 龙

(水利工程与环境工程系)

## 提 要

土工织物是一种新技术,它是近20年发展起来的土木工程领域中最重要的一项技术革新。本文介绍了土工织物发展简史,土工织物的类别,扼要的叙述了国内外土工织物在水利工程、铁道建设、公路工程及都市建设等土木工程领域中使用的范围,并分析了土工织物的优缺点,老化是土工织物的一项重要性能,本文讨论了土工织物老化的一些重要因素,并提出一些克服这些缺点的方法,作者同时指出了在我国发展土工织物的一些问题。

**关键词:** 土工织物,加筋土,岩土工程

## 一、引 言

土工织物是一种新型的土工材料,它在国外已经广泛地应用到土木工程的许多领域。这种土工织物是过去20年来最重要的技术革新,它的问世给土木工程师们提供了许多机会,它的出现也向土木工程师们提出了新的挑战。

在我国近3—4年来也有许多单位使用了它,并取得了一定的成绩,在水利工程上得到了迅速而大力的推广,其所以能迅速发展是由于它有许多特点造成的。

第一次应用合成纤维是1958年,Barrett, R. J. 在美国佛罗里达沿海South palm 海滩的护岸工程,采用聚氯乙烯织物代替砂砾石层,并取得了很好的效果。随着高分子化学和石油化工的蓬勃发展,土工织物的种类和品种层出不穷。1973年西德土力学和基础工程学会成立了“土和水利工程中的合成材料”工作组。1983年决定在瑞士成立国际土工织物学会(I GS)。土工织物的应用逐渐被工程界接受,目前在公路、铁路、海港、军工、城建和水利等土木工程中越来越广泛的采用。据不完全统计,从1982年到1986年四年内我国仅东北三省水利部门就已使用了土工织物达60万平方米。

## 二、土工织物及其类型

工程上应用的土工织物都是合成纤维制品,近年来这种产品大幅度增加,目前应用较多的高分子纤维原料有聚酰胺,即尼龙-6或称锦纶;聚丙烯,即丙纶;聚对苯二甲酸乙二醇酯即涤纶;聚乙烯,世界各国生产土工织物以用涤纶、锦纶和丙纶纤维为原料的占大多数,所有这些纤维强度较高,值得一提的是荷兰生产一种叫Stabilenk的土工织物,它在变形量

本文1988年4月18日收到

达到70%时,抗拉强度仍可达到70tf/m。湖南维尼纶厂提出结合我国的特点使用维纶做土工织物。

在土工织物发展初期,或从狭意上来看的话,土工织物可分为:有纺土工织物、针织土工织物和无纺土工织物。

有纺土工织物和无纺土工织物的主要区别在于前者的变形模量大,强度高,拉伸率低,在同样重量的情况下,有纺织物的抗拉强度较无纺织物大2—3倍。有纺土工织物的强度随方向变化,沿经线或纬线方向其抗拉强度很高,但二者成45°的斜交方向的强度很低,有纺织物在编织过程中可以任意调整其特性,如变动织法改变其孔隙大小,从而改变了织物的透水性,这一点无纺织物办不到。再者,有纺织物的重量、透水性和孔隙尺寸使用过程中是不变的,这也是有纺织物一大特点。

目前国外有几个厂家生产纺粘法制的土工织物,它是把高分子聚合物原料熔融喷丝后,直接制成网状布,再使粘合剂或热压粘合而成布状织物,这种织物制造流程简单,成本低廉,并且力学性能好。

无纺织物的抗拉强度比有纺织物的抗拉强度要低一些,其孔径也不够均匀,但在一般土木工程上还是可以使用的,其优点是抗拉强度不随受力方向改变而改变。

在60年代末国际上又出现另外一大类土工织物,有土工网(Net)和土工格栅(Grid),参见图1。

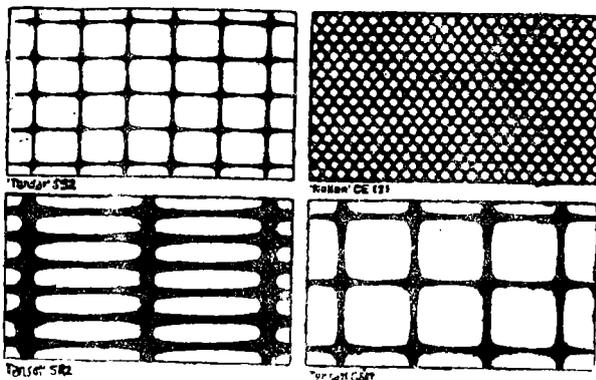


图1 Tensar和Netlon土工格栅

比利时和荷兰等国都有不同规模的土工织物产品生产。Giroud, J.P.在第三届国际土工织物会议开幕词中就引用了246个产品名称。

由于土工织物种类多,早已超出“织物”的概念,所以,有人建议改其名称,应用Geosynthetics(土工合成材料),Geomaterials(土工材料)和Geoproducts(土工产品)等。不过,后两个名词中还包括土工织物以外的其它材料,如钢等(见表1)。

这一类织物还可以组合成褥垫(Mattress)及蜂窝状格栅(Honeycomb Grid)。格栅的特点是性质均匀,抗拉强度相当高,如英国生产的Tensar SS2的拉伸强度:纵向为31.5 kN/m,横向为17.5 kN/m。

由两种以上土工织物组合而成的复合材料种类很多,由于这种原因它们的适用范围广泛得很,土工织物产品繁多,尤其是美国无论是在产品上还是在其应用范围上一直处于领先地位,其它象在东德、法国、西德、英国、

J.P.Giroud建议的“土工产品”分类

表1

等级	维数	型式	材料	
微型土工产品	一维的	纤维、丝线	合成材料 钢 玻璃	
	二维的	微型格栅		
大型土工产品	一维的	缆绳 狭带	钢	
		杆		
	二维的	土工纤维*	土工织物 带状织物 褥垫及土工网 成型片材	土工 合成材料
		土工薄膜	沥青(常与土工织物合用)	

\*此处不仅限于应用纤维制品, 尚可应用所有高分子的平面结构制品

### 三、土工织物的应用范围

#### (一) 排水滤层:

##### 1. 用土工织物排放超孔隙水压力, 加速软土地基加固过程

土木工程中经常遇到软土地基问题, 往往要求在工程施工之前进行软基加固。这种地基加固主要是加速土中超孔隙水压力消散来提高土本身的强度。

就加速超孔隙水压力消散, 提高土本身强度来说, De Jager等人介绍了他们对六种不同垂直排水情况的现场比较试验。排水埋置深度为11m。设置在上覆层为粘土的泥炭土中, 试验表明砂井排水区的超孔隙水压力消散最快, 其次是土工织物包聚乙烯通道的两种。而这种土工织物特别适用于代替挡土墙后面的砂井。在我国的塘沽新港早已应用10cm直径的有纺管状织物, 用它来维护砂桩桩体, 以便排放超孔隙水压力, 从而加速软土地基的固结过程。

2. 土石坝工程中可用于坝体内外排水滤层。如法国的L'Estrade坝(见图2)是把土工织物放在斜墙后的地基上, 从而将坝体内的渗水排导出来。



图2 法国L'Estrade土坝断面

摩洛哥Chouarit坝, 坝高144.5m, 已用土工织物做坝垫层排水滤层。土工织物反滤层的重量仅为常规颗粒材料反滤重量的1/100至1/1000, 所以, 其经济效益显著。

许多土工建筑物体积大, 厚度也大,

施工期孔隙水压力消散需要相当长的时间,为了加速孔隙水压力的消散,可在坝体内铺设若干层水平向的土工织物。这样做,不但可加速土体内孔隙水压力的消散,同时,还增强了土坝的抗滑稳定能力。

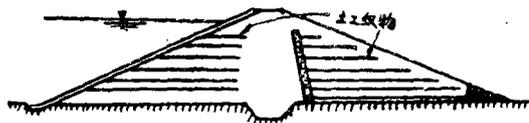


图3 坝体内水平向土工织物布置

### 3. 海岸、河岸和湖岸的保护工程。

土工织物在这方面应用最早,目前应用也很广泛,故经验较多,应用土工织物有这样几个情况:

- i, 用做海堤和海岸的护岸工程中的反滤层。
- ii, 用做防砂堤和防波堤基础的滤层和隔离层。
- iii, 在潮浪冲击带或有围堰的地方用做护底防冲的柔性滤层。
- iv, 用做堆堤筑坝用砂袋或管状砂袋。

浙江秦山核电厂海堤下为全新世海相轻亚粘土(Q<sub>4</sub>)系高灵敏度、高压缩性、低强度、饱和软粘土,为了加固地基使用了聚丙烯土工织物,为此取得良好的加固效果。

### 4. 挡土墙后的排水

若能降低挡土墙后地下水位,这将减少墙后静水压力,减少土压力,增强墙的稳定性的从而减小墙的断面尺寸。

Mc Guffey V.C建议把土工织物放在回填土和天然土之间,这种办法施工比较方便。

### 5. 在隧洞工程中起排水作用:

首先是在岩石表面做保护层和排水作用。其次,可在洞壁凹处和防水薄膜之间用做保护层和反滤层,这是用于露天施工工程上的。

6. 在地下水埋藏浅的地方可做公路和渠道的排水暗管,以期降低地下水位。当渠道用混凝土衬砌时,若渠道内无水由于地下水位高向上浮托力,为此就需采用可靠的过滤排水层,应用这种排水层长期使用而不失效。

### (二) 做隔离层作用:

1, 用土工织物把两种相邻的材料分隔起来,防止材料混层,保证建筑物或地基的稳定性,例如:在土坝中用来分隔不同的材料区(见图2),在公路或铁路中用来分开道碴与基土等,利用土工织物做隔离层有它特殊的优越性。在路工中主要是防止路基中的细小颗粒向下冲刷散失和地基土中的细小颗粒翻浆进入路基,造成排水垫层堵塞,能较好地维持良好的界面。与此同时,还可以使基土中超孔隙水尽快流出,加速基土固结。

2, 可做铁路隧洞中的消音隔层。

3, 做为混凝土的柔性模板:

土工织物可以透水,若在浇筑混凝土时,应用它做模板,则可使混凝土排出过剩的水,从而形成快速成型的致密的较高强度的混凝土,这点在水下浇筑混凝土时,显得特别有其优越性,它可将混凝土与水隔离,防止水冲稀混凝土,以确保混凝土的结构尺寸及其强度。

### (三) 土体补强作用:

#### 1, 公路路基补强:

若将土工织物铺设在路面宽,再加17°受拉扩散区时,土工织物可承担路基中部分拉力。

从美国公路如此运用实际效果来看, 效果是好的, 使得路面减少了开裂、剥落及破坏。

2. 对挡土墙的补强:

一般挡土墙当填土中加入土工织物后, 使得回填土的滑裂面移向墙身方向, 这样一来就使得墙后土压力值减小。另外, 根据Broms B.B.室内试验证明: 土工织物增强了回填土的

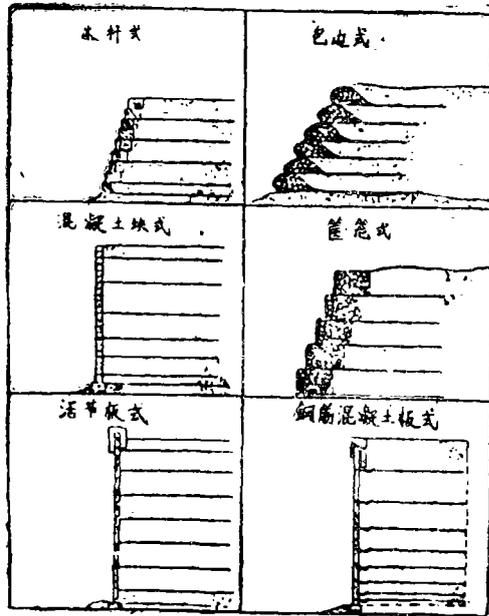


图5 几种带有土工织物的常用挡土墙的结构型式

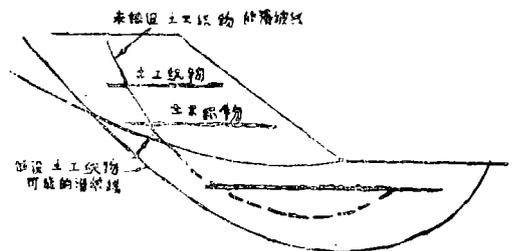
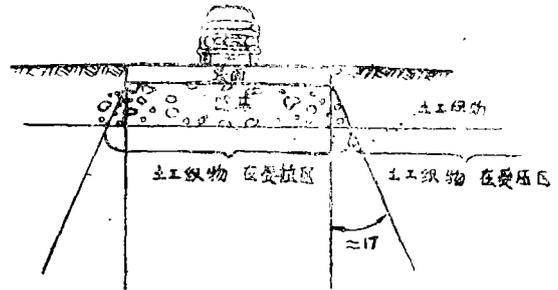


图6 土工织物加设前后滑弧线示意图

抗剪强度, 从而也就减小了墙后土压力, 提高了挡土墙的稳定性的。

R.G.Caroll和G.N.Richardson在第三届国际土工织物会议上介绍了几种常用的带有土工织物挡土墙的结构型式, 见图5。

3. 对土坝稳定性的设计来说, 由于土坡内加设了土工织物, 使得滑弧长度增加, 同时, 提高了抗滑力矩, 从而增强了土坡的稳定性(见图6)。图7说明了土工织物在滑动土体中是如何起作用的。

4. 土工织物加固地基:

H.G.Rathmayer和O.E.Korhonen在第11届国际土力学和基础工程学会论文集报导了在芬兰赫尔辛基市的Vantaa河湾岸厚层软粘土(层厚在15—43m)上建造试验路堤, 为了加固地基在路堤底部敷设了加劲土工织物层, 看来效果是良好的。

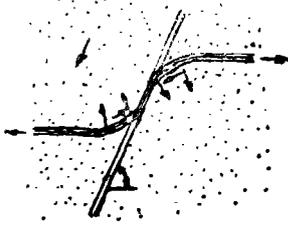


图7

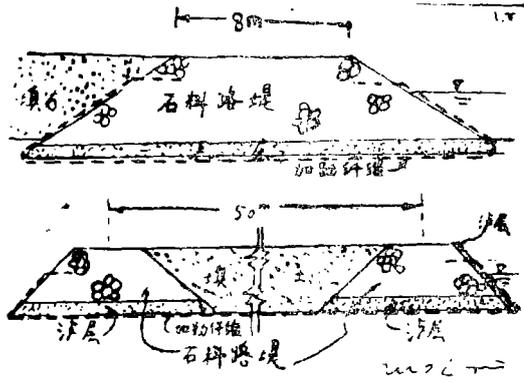


图8 赫尔辛基岸边软土上的两个试验路堤断面

浙江大学王铁儒等同志研究了软土上修建气柜时利用土工织物加固地基的可能性,从实践结果来看,这种加固地基可以减少沉降量,扩散应力和调整不均匀沉降也是有效的。

5. 土工织物减小地基不深处有软弱土层的土坡出现复合滑动面稳定破坏的可能性 (图9)

(四) 应用土工织物来做挡土墙等结构物。

1. 国外已有数例完全由土工织物加土组成的挡土墙。图10为典型的织物挡土墙的断面,这种挡土墙可高达7.0m。

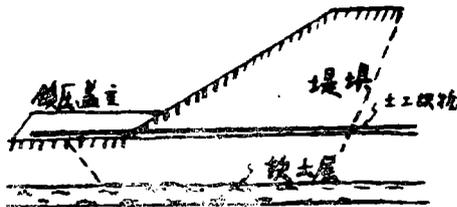


图9

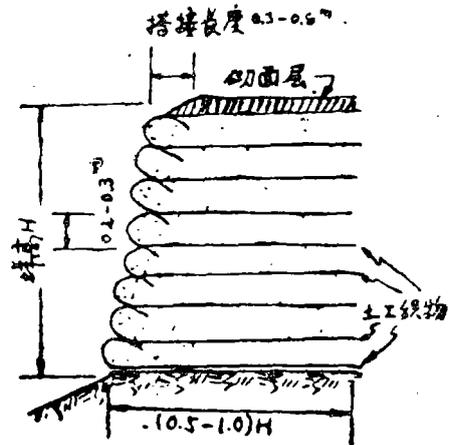


图10 土工织物挡土墙

2. 法国出现用土工织物分层埋设于土体内而建成一座下游垂直的溢流土坝 (图11)。其上游坡面用浸透沥青的无纺型聚酯土工织物进行防渗,其坝高6.5m,它在施工期间曾受过三次洪水的考验。

(五) 土工织物做毛细水切断层:

1. 在干旱地区往往蒸发量较大,因此,保持土壤中的水份就需要加以解决,利用土工织物切断毛细水的通道。例如,海湾地区的国家在城市规划中就把绿化和土工织物的应用结合起来,取得了很好的效果。

2. 在干旱地区,采用多层的土工织物排水反滤层可以切断毛细管水的上升,防止盐份在地表的丰集。这一措施可以应用在公路路面建设上,也可用盐碱化的农田灌溉工程中。

(六) 土工织物是一种能够用来进行快速处理险工的简便材料, 故它也是一种在土质差或易于发生内部冲蚀的施工工地上必备的应急材料, 例如, 图12表明国外一个土坝坝坡出现管涌用土工织物Bidem处理的实例。

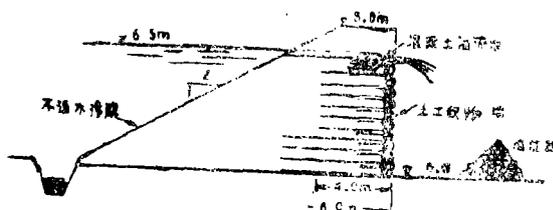


图11 法国的一个溢流土坝断面

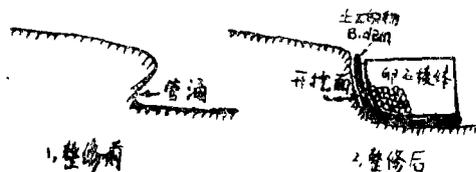


图12 一个处理管涌的实例

#### 四、土工织物老化现象及其防治

老化是高分子聚合材料的一个主要缺陷, 它的存在致使许多工程技术人员不大敢使用土工织物。老化现象是由于高分子结构中分子链断裂, 交联, 聚合物链的化学结构的变化, 以及侧链基变化等。一般的高分子聚合材料都有老化现象, 不过由于材料的不同, 其老化速度有快慢之分, 人们要做的工作是如何减缓其老化速度。影响老化的因素很多, 如日光(波长在300—400毫微米紫外线起了主要作用), 水分, 温度, 氧气, 臭氧, 机械磨损, 化学侵蚀, 微生物作用等, 奇怪的是材料受拉力作用出现的应变也是引起加速老化的一个因素。老化原因是多种多样的, 并且在一定条件下, 各因素可相互影响, 加速材料老化。所以, 老化不是一个简单的课题。

各种化纤聚合物因紫外线和热的作用而氧化, 这种反应从一开始, 其物理性能就产生显著的变化。

不少国家和组织对聚合物老化现象的研究, 规定了户外暴露标准, 如国际标准化组织(ISO), 日本JISA, 美国ASTM标准等, 不过, 各家的试验成果往往不一致, 估计可能这是由于影响因素太多, 多种因素混淆产生的结果。弄清聚合物老化的机制是防治其老化的基本点。如果弄清了老化机制, 就可以有针对性地提出防治措施。大体说来化纤聚合物老化防治有两个途径: 首先是在土工织物聚合及加工成型时, 就采取一定的稳定措施, 例如: 掺入一定量的抗氧化剂(N-苯基-2-萘胺, 苯乙烯化酚, D+DPPD等); 紫外线吸收剂(如水杨酸苯酯, 2-羟基-4-甲氧基二苯甲酮等); 炭黑; 着色剂(如氧化钛, 氧化铁, 镉黄, 镉红, 喹啉蓝等); 玻璃纤维等; 这一类措施主要是在化纤厂中研究及处理。当然土工织物设计者在选用土工织物时也要考虑针对自己面对工程的环境特点选购最恰当的产品型号。

第二个问题, 就是在设计、运输、存放及铺设时也要考虑防止老化问题。现在一般认为: 在通常的工作条件下, 使用10年后, 其力学性能可下降1/3, 但必须保证土工织物经受日光直接照射, 最好不超过15天。为了减少土工织物在日光暴露下的弱点, 美国采用在暴露部分喷洒沥青乳液的办法来防止土工织物老化。不少文献报导。若把土工织物浸泡在水中或埋在土内可长期使用。美国佛罗里达州海滩护岸工程所用的聚氯乙烯织物, 在使用27年后检查结果表明织物性能仍十分良好。对于起补强加筋作用的地方最好选用表面比(单位体积土工织物的

表面积的和)小的织物,也就是应尽量选用纤丝(或肋条)直径(或厚度)大的织物,如土工网或土工格栅。虽然这些织物价格贵些,但它们能在较长时间内保持土工织物的力学性能。

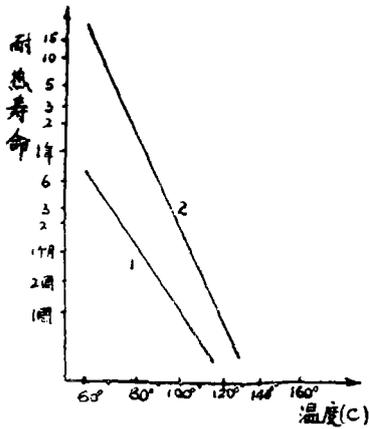


图13 聚氯乙烯板(1mm厚)的耐热寿命曲线 1—含有邻苯二甲酸辛脂50分/每百份树脂的聚氯乙烯板的延伸残率70%的点 2—含有邻苯二甲酸二癸脂50%每百份树脂的聚氯乙烯板的延伸残率70%的点

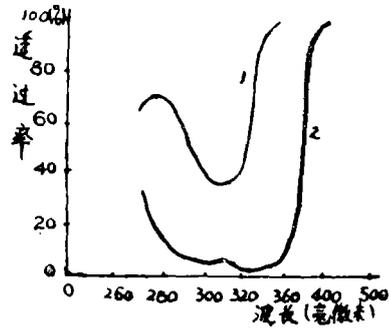


图14 紫外线吸收剂在紫外线区的吸光性 1—4-叔丁基水杨酸苯脂 2—羟基苯基苯并三唑

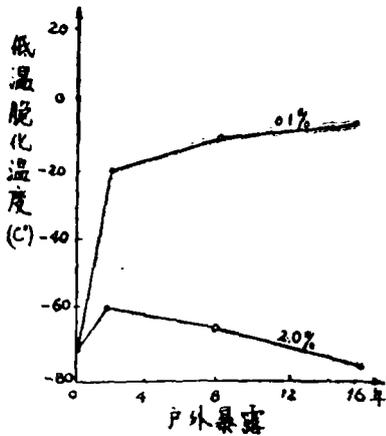


图15 炭黑添加量对支化聚乙烯的影响

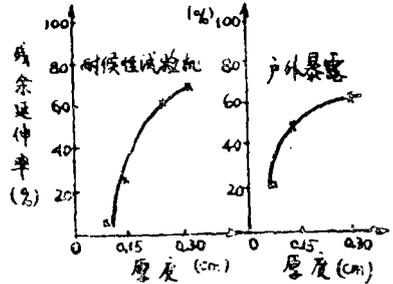


图16 厚度对聚乙烯耐候性的影响

### 五、结 论

1. 土工织物是土木工程的一种新技术、新手段,它本身强度较大,弹性也好,耐腐蚀,不霉变,不虫蛀,易于运输和施工,施工的速度快,施工质量易于保证,这对降低工程造价,缩短工期是有利的。

2. 由于土工织物与土性质有某些相似处,但土工织物却又具有土所不具备的一些特性,这就使土工织物有很好的工程适应性,所以,土工织物在许多工程中都取得了很好的效果。

3. 虽然国内外已大量推广使用,但缺少科学的理论指导,如在加筋设计方面尚需在其力

学机制上做进一步的研究,使其概念精确化和数值上的准确化。

4. 至今土工织物尚无统一的试验标准及规程,为了发展土工织物的利用,应尽快地建立我国的为大多数人接受的试验标准。

5. 为了土工织物大量使用,应想方设法降低国产织物的价格。另外,国产的土工织物产品也不够系列化,建议在适当的组织内进行统一规划及布属,使国内各厂家无论在其产品的品种上,还是质量要求上都有所前进。

### 参 考 文 献

- [1] Loudiere D., Fayoux D., Houis J., Perfetti J. et Sotton M.: "The use of geotextiles in French earth dams", 《International Water Power and Dam Construction》, Vol.35, No.1, Jan.1983.
- [2] David J. Hoare: "Synthetic fabric as soil filters: A review", 《Journal of the Geotechnical Engineering Division, Proc. ASCE》, Vol.108, No. GT10, Oct, 1982.
- [3] Heerten G.: "Long term experience with the use of synthetic filter fabrics in coastal engineering", 《Proceedings of the 17th Conference on Coastal Engineering》, Sydney, 1980
- [4] Koerner R.M. and Welsh J.P.: "Construction and Geotechnical Engineering using synthetic Fabrics", John Wiley and Sons, 1980
- [5] Carroll R.G. and Richardson G. N.: "Geosynthetic reinforced retaining walls", 《proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles》Vienna, 1986
- [6] Biche A: "Use of a geotextile in a large earthdam", 《Proc. of 3rd International Conference on Geotextiles》, Vienna, 1986
- [7] Rathmayer H G and Korhonen O E: "Geotextile reinforced land reclamation in the Bay of River Vantaa, Helsinki", 《Proc. of 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering》, 1985
- [8] 翟亚军: "土工织物应用的新发展", 《港工技术》, No. 4. 1984
- [9] 陶同康和章家昌: "合成纤维布在土木工程中的应用", 《水利水运译丛》No1. 1984
- [10] 郑祖桢和徐雄军: "土工织物在秦山核电厂海堤工程中的应用", 《河口与海岸工程》, 1986年4月
- [11] 王铁儒和吴炎曦: "土工织物加固地基中的应用", 《中国土工织物学术讨论会论文选集》, 1987年5月
- [12] 王铁儒等: "土工织物在一气柜软基上的应用", 《中国土工织物学术讨论会论文选集》, 1987年5月
- [13] Giroud, J.P: "From geotextiles to geosynthetics: A revolution in geotechnical engineering", 《Proceedings of 3rd International Conference on geotextiles》, 1986

# APPLICATION OF THE GEOTEXTILES IN CIVIL ENGINEERING

Zheng Renlong

(Department of hydraulic and environment engineering)

## Abstract

The geotextiles is a new construction material. In the last 20 years its introduction to the sphere of civil engineering about great technological innovations. The paper gives a brief history of development of the geotextiles and summarizes all types of geotextiles. The domestic and abroad application can be found in many fields of civil engineering such as hydraulic engineering, railway construction, highway engineering and urban construction, etc. The author deals with the virtues and the defects of the geotextiles. Ageing is an important behaviour of geotextiles. Several important factors of ageing of geotextiles were discussed and some methods for to overcome these shortcomings were offered. In the same time the author points out some problems of developing the geotextile in our country.

**Keywords:** Geotextile, Reinforced earth, Geotechnique