

JTJ

中华人民共和国行业标准

JTJ/T 019—98

公路土工合成材料 应用技术规范

Technical Specifications for Application
of Geosynthetics in Highway

1998—12—30 发布

1999—02—01 实施

中华人民共和国交通部发布

关于发布《公路土工合成材料应用技术规范》及《公路土工合成材料试验规程》的通知

交公路发〔1998〕829号

各省、自治区交通厅，北京市交通局，上海市市政工程项目管理局，天津市市政工程项目局，重庆市交通局，部属公路设计、施工、科研、监督、监理单位，公路院校：

现批准发布《公路土工合成材料应用技术规范》（编号JTJ/T 019—98）及《公路土工合成材料试验规程》（编号JTJ/T 060—98），作为推荐性行业标准，自1999年2月1日起施行。

以上标准由交通部重庆公路科学研究所主编，人民交通出版社出版。希各单位在实践中注意积累资料，总结经验，及时将发现的问题和修改意见函告交通部重庆公路科学研究所，以便修订时参考。

中华人民共和国交通部
一九九八年十二月三十日

前 言

土工合成材料已日益广泛地应用于公路工程结构中，为适应我国公路建设事业发展的需要，更好地指导生产实践，交通部原公路管理司于 1994 年下达了《公路土工合成材料应用技术规范》的编制任务。

根据交通部原公路管理司交公路发[1994]1265 号文的要求，组成了以交通部重庆公路科学研究所为主编单位，河南省交通厅、长沙交通学院、江苏省交通科学研究所为参编单位的编写组，共同进行《公路土工合成材料应用技术规范》的制订。在制订过程中，编写组收集了有关标准、手册，广泛借鉴了国内外的先进技术与经验，特别是我国公路部门自 80 年代初以来，在公路路基、路面、地基处理等工程中应用土工合成材料进行加筋、排水、护坡等方面的科研成果和成功范例，以及国内相关行业类似工程技术的经验总结。在广泛征求和听取各方面意见和建议的基础上，几经修改、补充，制定了本技术规范。

本规范共 8 章 25 节，内容着重在目前公路工程中较主要的应用项目上，包含路堤加筋、过滤与排水、台背路基填土加筋、路基防护、路面裂缝防治以及施工质量管理与检查验收等内容。规范中对土工合成材料应用于公路工程的设计、施工、质量管理与检查等都作了较为具体的规定。

对“加筋土挡墙”、“塑料排水板处理软基”、“排水流量的计算”等内容，现行有关“规范”已作了规定，为避免重复，本规范未进一步涉及，应用时可参照相关规范执行。

为使本规范更好地适应土工合成材料应用技术发展的需要，切合我国公路建设的实际，尚需结合各地的实际情况，不断积累资料、总结经验，使之日臻完善。请各单位将发现的问题和建议及

时函告交通部重庆公路科学研究所(地址:重庆市南岸五公里,邮编:400067),以便在修订时参考。

主 编 单 位:交通部重庆公路科学研究所

参 编 单 位:河南省交通厅

长沙交通学院

江苏省交通科学研究所

主要起草人:邓卫东 黄晓明 郑健龙 陈谦应

蒋振雄 郑 治 汤秀英 张晓冰

李国喜 陈永福

网易 NetEase
路桥在线 WWW.CLQZX.COM

目 录

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 主要符号	3
3 路堤加筋	5
3.1 一般规定	5
3.2 材料选择与设计参数	5
3.3 结构形式	7
3.4 设计计算	8
3.5 施工要点	13
4 台背路基填土加筋	15
4.1 一般规定	15
4.2 土工合成材料的布设	15
4.3 施工要点	18
5 过滤与排水	20
5.1 一般规定	20
5.2 过滤设计	21
5.3 排水设计	22
5.4 施工要点	25
6 路基防护	26
6.1 一般规定	26
6.2 坡面防护	26
6.3 冲刷防护	29
7 路面裂缝防治	36
7.1 一般规定	36

7.2	材料要求	36
7.3	设计与施工要点	37
8	施工质量管理及检查验收	40
8.1	一般规定	40
8.2	材料验收	40
8.3	试验段铺筑	42
8.4	检查验收	42
8.5	质量管理	43
	本规范用词说明	46
	附件 公路土工合成材料应用技术规范(JTJ/T 019-98)	
	条文说明	47
	编制说明	48
1	总则	50
2	术语和符号	52
2.1	术语	52
2.2	主要符号	53
3	路堤加筋	54
3.1	一般规定	54
3.2	材料选择与设计参数	54
3.3	结构形式	57
3.4	设计计算	58
3.5	施工要点	59
4	台背路基填土加筋	61
4.1	一般规定	61
4.2	土工合成材料的布设	62
4.3	施工要点	64
5	过滤与排水	65
5.1	一般规定	65
5.2	过滤设计	66
5.3	排水设计	68

5.4	施工要点	72
6	路基防护	74
6.1	一般规定	74
6.2	坡面防护	74
6.3	冲刷防护	76
7	路面裂缝防治	78
7.1	一般规定	78
7.2	材料要求	79
7.3	设计与施工要点	80
8	施工质量管理及检查验收	82
8.1	一般规定	82
8.2	材料验收	82
8.3	试验段铺筑	82
8.5	质量管理	83
	参考文献	84

1 总 则

1.0.1 为促进土工合成材料在公路工程中的推广应用(在应用中贯彻执行国家的技术经济政策),确保工程安全可靠,特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于应用土工合成材料的各级公路工程。

1.0.3 应用土工合成材料需根据应用目的和具体的工程结构进行材料选择。与土工合成材料直接接触的岩土、路面材料或其它材料,不应含有严重损害土工合成材料物理力学性质的化学物质。

1.0.4 应用土工合成材料的公路工程,其设计应根据所在公路的等级、地质、水文、气象条件、路基路面结构方案等按照安全、适用、经济的原则进行。设计应符合因地制宜、合理取材、有利施工、方便养护的原则,必要时应进行方案比选。

1.0.5 应用土工合成材料的工程,其土石方施工有别于传统的土石方工程,必须按照设计要求精心施工。

1.0.6 土工合成材料具有加筋、防护、过滤、排水、隔离等功能,应用时应按照其在结构中发挥的主要功能进行选型和设计;当其在结构中除发挥主要功能外,还兼有其它功能且要考虑这些功能的作用时,还需进行相应项目的校核设计。

1.0.7 本规范规定和采用的土工合成材料的各参数值应按《公路土工合成材料试验规程》(JTJ/T 060)规定的方法测定。

1.0.8 应用土工合成材料工程的设计、施工及有关测试方法,除应符合本规范的规定外,尚应符合现行国家及部颁有关规范的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 土工合成材料 geosynthetics

以人工合成的聚合物为原料制成的各种类型产品，是岩土工程中应用的合成材料的总称。可置于岩土或其它工程结构内部、表面或各结构层之间，具有加强、保护岩土或其它结构功能的一种新型工程材料。

2.1.2 土工网 geonet

合成材料条带或合成树脂压制成的平面结构网状土工合成材料。

2.1.3 土工格栅 geogrid

聚合物材料经过定向拉伸形成的具有开孔网格、较高强度的平面网状材料。

2.1.4 土工模袋 fabriform

双层聚合化纤织物制成的连续(或单独的)袋状材料。可以代替模板用高压泵把混凝土或砂浆灌入模袋之中，最后形成板状或其它形状结构。

2.1.5 土工织物 geotextile

透水性的平面土工合成材料，按制造方法分为无纺(非织造 non-woven)土工织物和有纺(织造 woven)土工织物。无纺土工织物是由细丝或纤维按定向排列或非定向排列并结合在一起的织物；有纺土工织物是两组平行细丝或纱按一定方式交织而成的织物。

2.1.6 土工复合排水材 geocomposite drain

以无纺土工织物和土工网、土工膜或不同形状的合成材料芯

材复合而成的土工排水材料。

2.1.7 玻纤网 glass geogrid

以玻璃纤维制成的平面网格状材料。

2.1.8 土工垫 geomat

以热塑性树脂为原料,经挤出、拉伸等工序形成的相互缠绕、并在接点上相互熔合、底部为高模量基础层的三维网垫。

2.1.9 等效孔径 equivalent opening size

用于表示织物型土工合成材料孔隙大小的指标。采用不同的筛余率标准,可得到不同的等效孔径值。

2.1.10 当量孔径 equivalent opening size

用于表示网格型(如土工网、土工格栅)土工合成材料孔隙大小的指标,是将某种形状的网孔换算为等面积圆的直径。

2.1.11 特征粒径 indicative grain size

与某一筛余率对应的土粒径,用于表示土颗粒大小的指标。

2.1.12 加筋 reinforcement

指在土内或其它材料内或界面上掺入或铺设适当的加筋材料,以提高土体或结构体强度与抗变形能力的行为。

2.1.13 过滤 filtration

又称反滤或倒滤,在工程上是指在土中呈渗流状态的流体,流经过滤材料时,流体可以通过,而把起骨架作用的固体颗粒截留下来的功能。

2.2 主要符号

T_P ——土工合成材料的刺破强度

T_S ——土工合成材料的抗拉强度(极限强度)

T_g ——土工合成材料的握持强度

T_c ——土工合成材料的顶破强度(CBR法)

E ——土工合成材料的拉伸模量

O_e ——相应于筛余率为 e 的土工合成材料(土工织物)的等效孔径,当 e 为 95%、85% 等时,分别以 O_{95} 、 O_{85} 表示

K_G ——土工合成材料的渗透系数

θ ——土工合成材料的导水率

γ_m ——填料压实后的重度

c ——土体的粘聚力

φ ——土体的内摩擦角

c_u ——由直接快剪试验方法测定的土体粘聚力

φ_1 ——由直接快剪试验方法测定的土体内摩擦角

f_0 ——地基承载力基本值

d_e ——土的特征粒径，土的粒径分布曲线上对应于筛余率
 $e=50\%、85\%$ 等的粒径

K_s ——土的渗透系数

c_{cs} ——土工合成材料与土体交界面上的界面粘聚力

φ_{cs} ——土工合成材料与土体交界面上的界面摩擦角

f_{cs} ——土工合成材料与土体接触面的界面摩擦系数

F ——安全系数

3 路堤加筋

3.1 一般规定

3.1.1 当路堤的稳定性不足时，可采用土工合成材料加筋，以提高路堤的稳定性。

3.1.2 对土工合成材料加筋的路堤，当原地基的承载力不足时，应采取适当的措施进行处理，以确保路堤的整体稳定。

3.1.3 土工合成材料加筋的路堤，其路堤填方的压实度必须达到《公路路基设计规范》(JTJ 013)规定的压实标准；施工时应采取有效的技术措施，保证工程质量。

3.2 材料选择与设计参数

3.2.1 用于路堤加筋的土工合成材料可采用土工格栅、土工织物、土工网。当土工合成材料单纯用于加筋目的时，宜选择强度高、变形小、糙度大的土工格栅。

3.2.2 所选用的土工合成材料，应具有足够的抗拉强度；对土工织物，还应具有较高的刺破强度、顶破强度和握持强度等。

3.2.3 土工织物的刺破强度 T_p ，应满足式(3.2.3-1)的要求。

$$T_p \geq \frac{2.36P(d_{50}^2 - d_D^2)}{A} \quad (3.2.3-1)$$

式中： P ——施工机械承重轴最大轴重(kN)；

d_{50} ——对应筛余率为50%时的粒料粒径(mm)；

d_D ——粒料与地基的平均接触面直径(mm)，其值可按下列方法取用；

填料为碎石时 $d_D = d_{50}/4$

填料为砾石时 $d_D = d_{50}/2$

T_p ——土工织物的刺破强度(kN)；

A ——承重轮胎等效接触面积(mm^2)，按式(3.2.3-2)计算：

$$A = 2(B + 1.2h)(L + 1.2h) \quad (3.2.3-2)$$

$$B = 10^3 \times \sqrt{1.414P/p_t}$$

$$L = B/2.0$$

h ——每一填土层压实后的厚度(mm)；

B ——单侧轮接触宽度(mm)；

p_t ——施工设备单侧轮的轮压(kPa)，取为 $p_t = 620\text{kPa}$ 。

3.2.4 土工织物的顶破强度 T_c 应按《公路土工合成材料试验规程》(JTJ/T 060)规定的 CBR 顶破试验方法测定。其顶破强度应满足式(3.2.4)的要求。

$$T_c \geq 2.36 \times 10^{-6} f_0 (d_{50} - d_{10}) \cdot d_{\text{CBR}} \quad (3.2.4)$$

式中： f_0 ——土工织物下土体承载力基本值(kPa)，可按《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024)的容许承载力取值；

T_c ——土工织物顶破强度(kN)；

d_{CBR} ——CBR 顶破试验的压头直径(mm)。

其余符号同 3.2.3 条。

3.2.5 当选用土工织物作为加筋材料时，除应满足 3.2.3~3.2.4 条的要求外，还应满足表 3.2.5 的要求。

表 3.2.5 土工织物最低强度要求

握持强度 (kN)	刺破强度 (kN)	梯形撕裂强度 (kN)	CBR 顶破强度 (kN)
≥ 1.2	≥ 0.5	≥ 0.30	≥ 2.5

3.2.6 土工合成材料的设计抗拉强度 T_{GC} ，应按式(3.2.6)确定。

$$T_{\text{GC}} = T_s / \lambda_c \quad (3.2.6)$$

式中： T_s ——土工合成材料的抗拉强度；

λ_c ——材料强度综合修正系数，对于土工织物和土工网取 $\lambda_c = 3.0$ ，对土工格栅取 $\lambda_c = 2.0$ ；但当由式(3.2.6)计算得的 T_{GC} 大于土工合成材料应变量为 10% 对应的拉

力值时,其设计抗拉强度则应取 10% 应变量对应的拉力值。

3.2.7 土工合成材料与土接触的界面摩擦系数 f_{GS} ,对高速公路、一级公路,应采用《公路土工合成材料试验规程》(JTJ/T 060)规定的剪切试验方法由试验确定;对其它等级公路,也宜由试验确定,或由下式确定:

$$\left. \begin{array}{l} f_{GS} = 0.667 \operatorname{tg} \varphi_q \quad \text{土工织物} \\ f_{GS} = 0.9 \operatorname{tg} \varphi_q \quad \text{土工格栅、土工网} \end{array} \right\} \quad (3.2.7)$$

式中: φ_q ——对无粘性土取为土体快剪内摩擦角;对粘性土取考虑粘聚力影响的综合内摩擦角,综合内摩擦角的取值可按《公路加筋土工程设计规范》(JTJ 015)确定。

3.2.8 用土工合成材料加筋的路堤,其路堤填料除应满足《公路路基设计规范》(JTJ 013)的要求外,还应注意选择易于压实、能与土工合成材料产生良好摩擦的土料。

3.2.9 填料的抗剪强度参数 c 、 φ 采用快剪强度参数 c_q 、 φ_q 值; c_q 、 φ_q 值的确定,宜按填料性质及路堤压实度、含水量等状况,采用《公路土工试验规程》(JTJ 051)规定的直接快剪试验方法试验确定,或根据经验确定。

3.3 结构形式

3.3.1 用土工合成材料加筋的路堤,可采用如图 3.3.1-1~3.3.1-3 所示的结构形式。

3.3.2 结构形式的选择,应根据工程具体情况,遵循技术可行、经济合理、施工方便的原则综合比较确定。

3.3.3 土工合成材料不宜直接设置于原地基表面上,宜在原地表设置 30cm~50cm 砂垫层或其它透水性较好的均质土料后,再铺设土工合成材料。

3.3.4 多层土工合成材料加筋的路堤,各层土工合成材料之间的间距,不宜小于一层填土最小压实厚度,且不宜大于 60cm。

3.3.5 加筋材料的最小铺设长度不宜小于 2.0m。

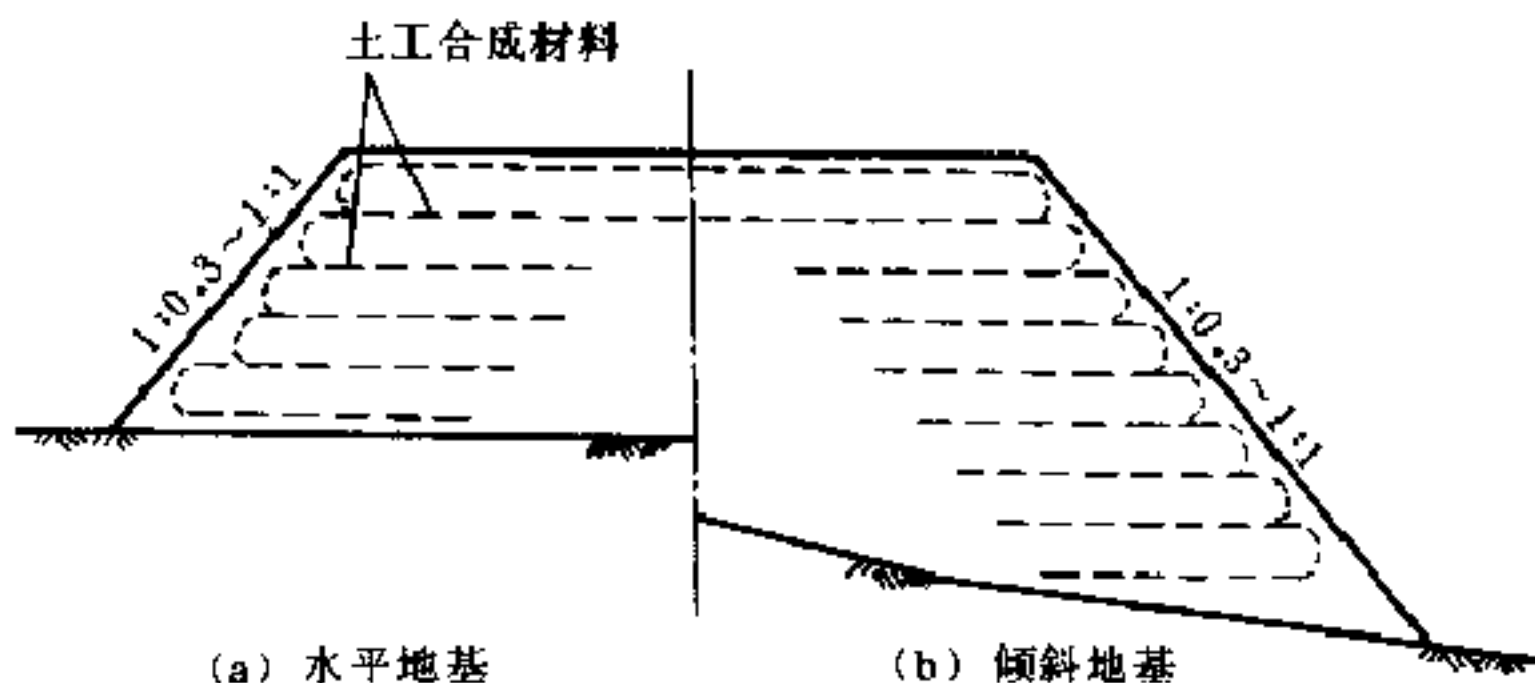


图 3.3.1-1 加筋路堤结构形式之一

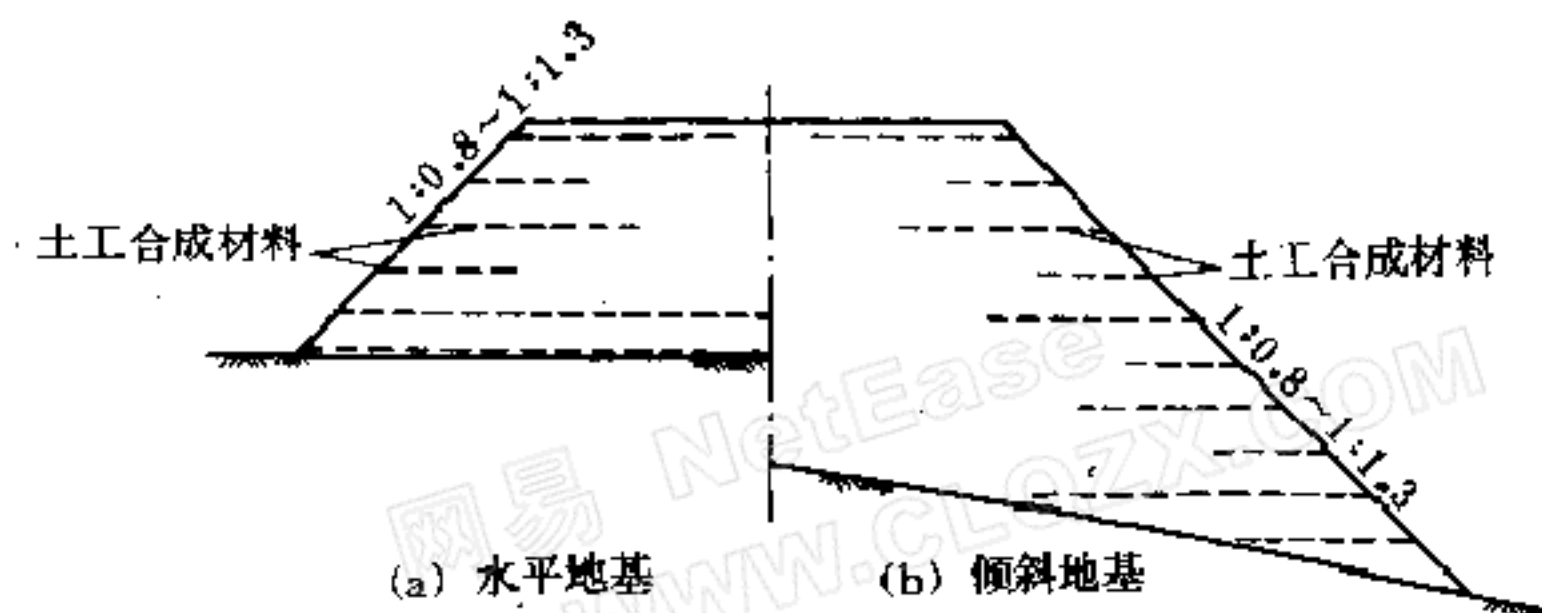


图 3.3.1-2 加筋路堤结构形式之二

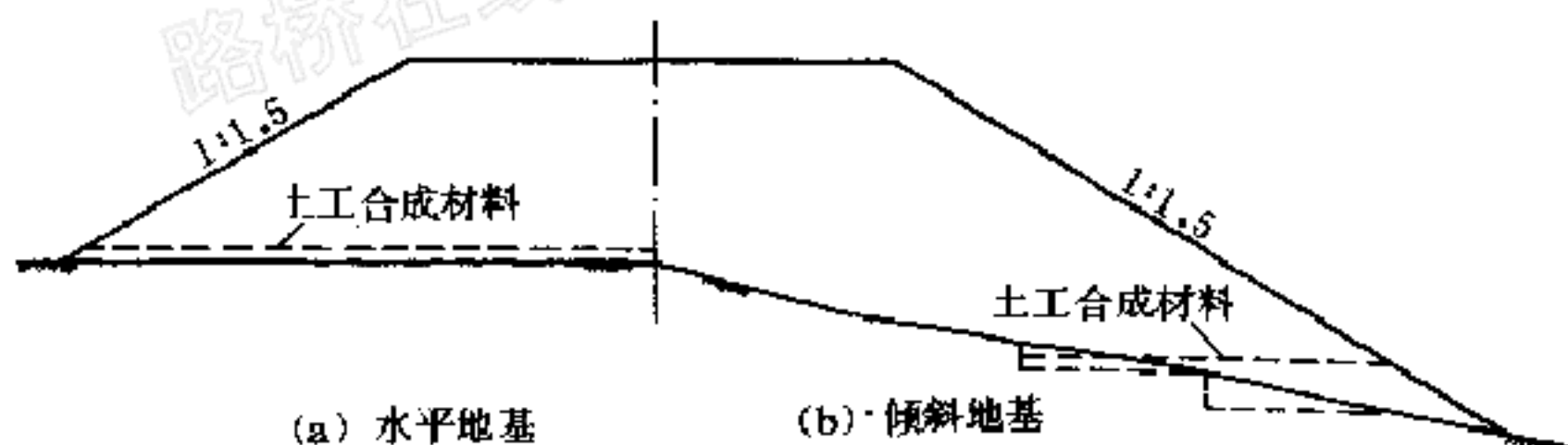


图 3.3.1-3 加筋路堤结构形式之三

3.3.6 当地基为软弱地基时，土工合成材料的设置应在满足 3.3.3 条的情况下，尽量设置于路堤底部。

3.4 设计计算

3.4.1 土工合成材料加筋路堤的设计包括土工合成材料的铺设层数、铺设方式、铺设范围及坡面防护等内容。

3.4.2 土工合成材料的铺设层数、铺设范围，应通过对加筋路堤的稳定性计算、土工合成材料锚固长度计算以及平面滑动稳定验

算确定。

3.4.3 土工合成材料加筋路堤的稳定性包括地基与堤身的整体稳定性、堤身稳定性、平面滑动稳定性。各项稳定性的安全系数不得小于表 3.4.3 规定的值；如地基为软基时，稳定安全系数应满足《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》(JTJ 017)的有关规定。在进行各项稳定性验算时，均应考虑车辆荷载，车辆荷载应根据《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》(JTJ 017)规定的方法计算。

表 3.4.3 稳定安全系数

项 目	堤身稳定	整体稳定	平面滑动稳定
施工期及营运期	1.25	1.25	1.3
地震期	—	1.1	1.1

3.4.4 加筋路堤整体稳定性，采用式(3.4.4)所示的圆弧条分法进行计算，且在计算时应假设若干个穿越地基土的滑弧，以求得安全系数最小值和相应的临界滑动面：

$$F_B = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i \cos \theta_i \operatorname{tg} \varphi_{qi} + c_{qi} \Delta l_i) R + \sum_{j=1}^m T_{GCj} y_j}{\sum_{i=1}^n (W_i \sin \theta_i) R + \sum_{i=1}^n Q_i y_{qi}} \quad (3.4.4)$$

式中： W_i ——第 i 土条土重(kN/m)；

c_{qi} 、 φ_{qi} ——土条 i 条底土体粘聚力(kPa)和内摩擦角($^{\circ}$)，由直剪快剪试验确定；

T_{GCj} ——第 j 层土工合成材料设计抗拉强度(kN/m)；

Q_i ——第 i 土条所受地震水平力(kN/m)，按《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004)计算。

其余符号意义如图 3.4.4 所示。

3.4.5 加筋路堤的堤身稳定性，采用圆弧条分法按式(3.4.4)计算，此时不考虑地震力；在计算时应在堤身范围内假定不同的滑弧，求得安全系数的最小值和相应的临界滑动面。

3.4.6 当堤下地基是浅层软弱土层或相对于路堤荷载浅层地基

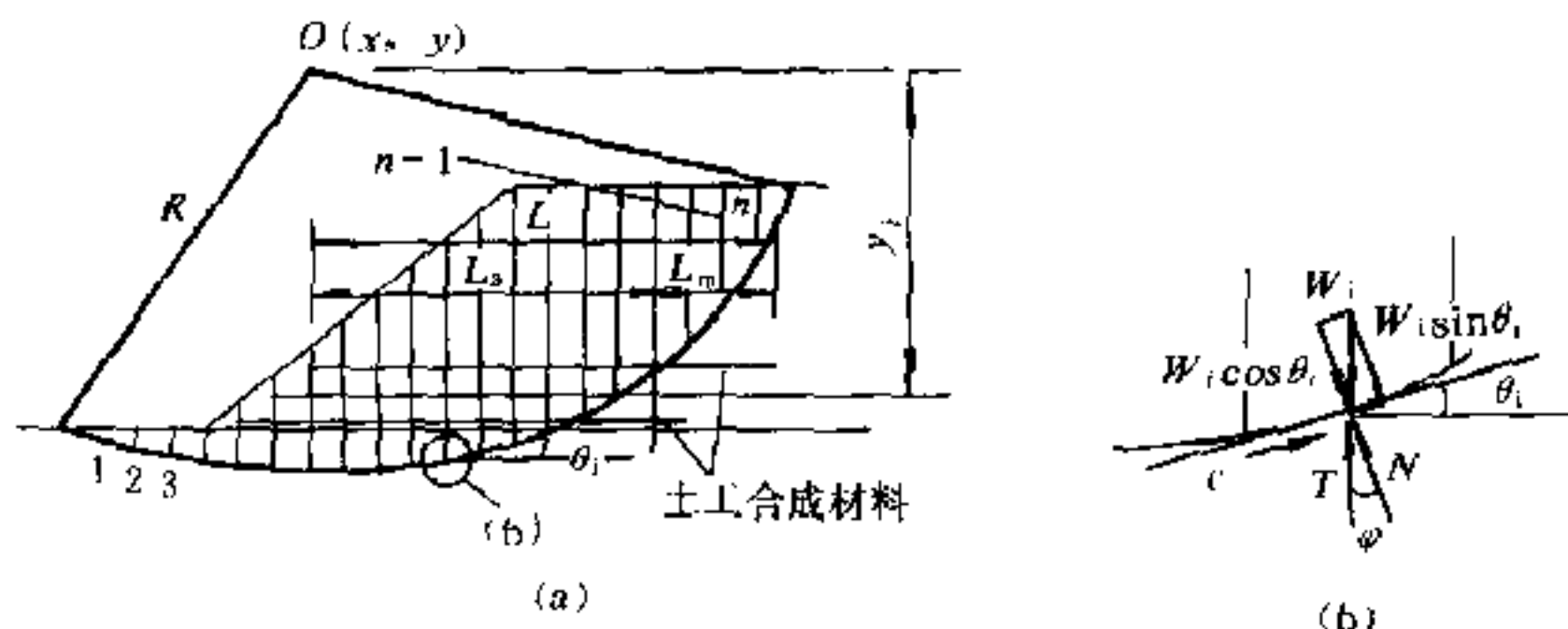


图 3.4.4 路堤稳定性计算图示

土强度较低时，应验算加筋路堤的平面滑动稳定性。加筋路堤平面滑动表现为堤与地基沿下卧硬土层顶面滑动和地基侧向挤出滑动。

1 沿下卧硬土层顶面滑动的稳定性计算采用式(3.4.6-1)，其相应的计算图示如图 3.4.6-1 所示。在计算中应假定 d 、 c 点位于堤脚线，变换 ab 线位置形成不同的滑动面，求出安全系数 F_{P1} 的最小值。

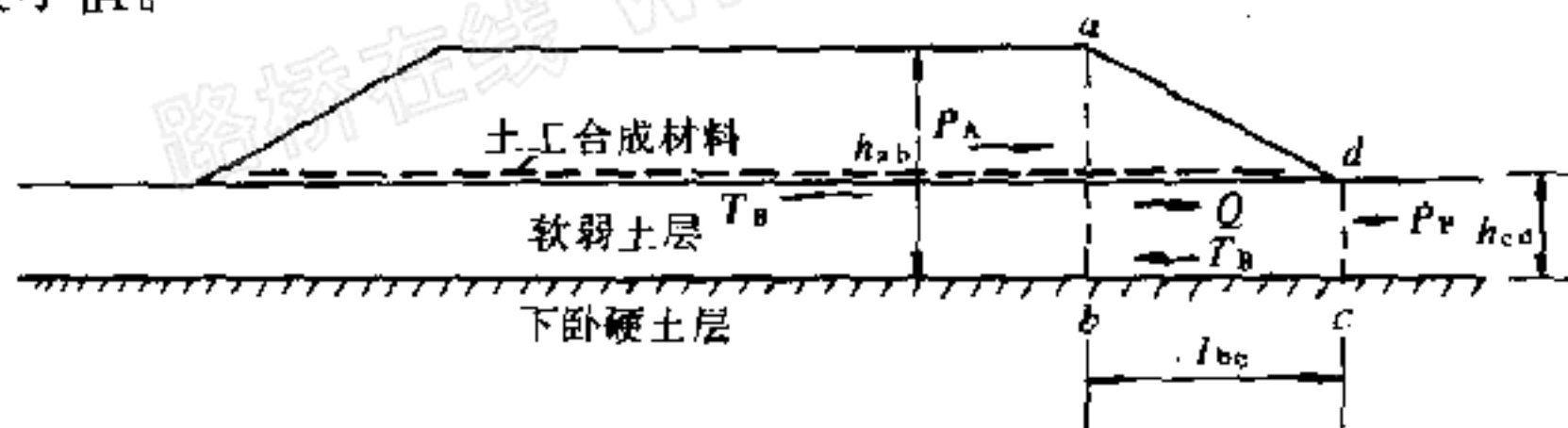


图 3.4.6-1 沿下卧硬土层顶面滑动破坏计算图示

$$F_{P1} = \frac{P_P + T_B + T_{GC}}{P_A + Q} \quad (3.4.6-1)$$

式中： P_A —— ab 面上的主动土压力(kN/m)， $P_A = 0.5h_{ab}^2 k_s \bar{\gamma}$ ， $k_s = \text{tg}^2(45^\circ - \bar{\varphi}_q/2)$ ， $\bar{\gamma}$ 、 $\bar{\varphi}_q$ 分别为 ab 面左侧土体的重度和内摩擦角，当为多土层时取为加权平均值；

P_P —— cd 面上的被动土压力(kN/m)，计算时采用静止土压力代替， $P_p = 0.5k_0 h_{cd}^2 \bar{\gamma}$ ， k_0 为静止土压力系数；

T_B ——硬土层顶面的抗滑力(kN/m)， $T_B = \bar{c}_q l_{bc} + W \cdot \text{tg} \bar{\varphi}_q$ ，

l_{bc} 为 b 、 c 两点间的距离， \bar{c}_q 、 $\bar{\varphi}_q$ 为与下卧硬层相邻的软弱土层的粘聚力和内摩擦角，当 b 、 c 两点间含多种土时取为加权平均值， W 为 $abcd$ 土体的重力 (kN/m)；

Q ——作用于土体 $abcd$ 上的地震水平力 (kN/m)，按《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004) 计算。

2 地基土侧向挤出滑动的稳定性计算采用式 (3.4.6-2)，其相应的计算图示如图 3.4.6-2 所示。在计算中应假定 $abcd$ 土体不同位置以及不同的 b 、 c 两点距离 l_{bc} ，求出安全系数 F_{P2} 的最小值。

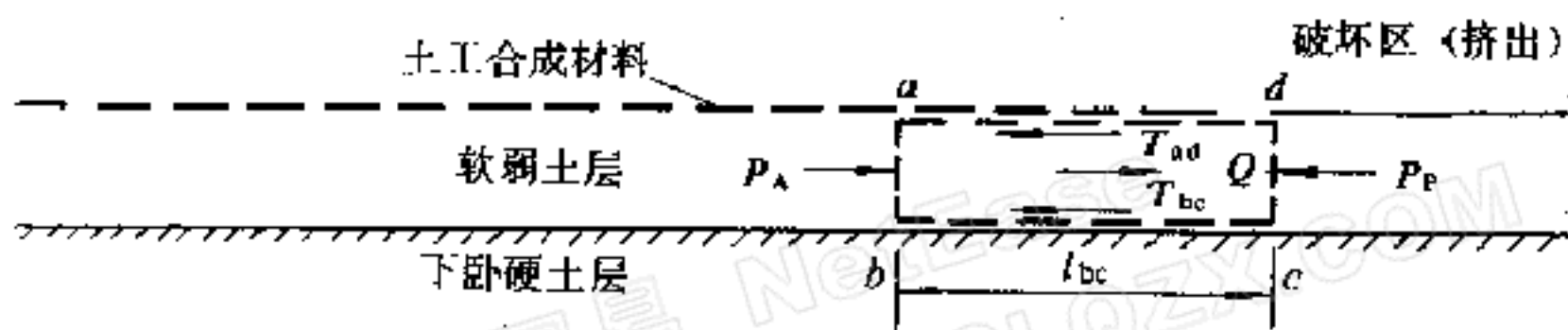


图 3.4.6-2 地基侧向挤出滑动破坏计算图示

$$F_{P2} = \frac{P_P + T_{ad} + T_{bc}}{P_A + Q} \quad (3.4.6-2)$$

式中： T_{ad} 、 T_{bc} ——土块 $abcd$ 上 ad 、 bc 面的抗滑力 (kN/m)，按下式计算：

$$T_{ad} = l_{bc} (\bar{c}_{GS} + \sigma_{v1} \operatorname{tg} \bar{\varphi}_{GS})$$

$$T_{bc} = l_{bc} (\bar{c}_q + \sigma_{v2} \operatorname{tg} \bar{\varphi}_q)$$

\bar{c}_{GS} 、 $\bar{\varphi}_{GS}$ ——地基软弱土层与土工合成材料界面的粘聚力 (kPa) 和摩擦角 ($^{\circ}$)，当 $abcd$ 土体为多种土时取为加权平均值；

\bar{c}_q 、 $\bar{\varphi}_q$ ——地基软弱土层的粘聚力 (kPa) 与内摩擦角 ($^{\circ}$)，当 $abcd$ 土体为多种土时取为加权平均值；

Q ——作用于土体 $abcd$ 上的地震水平力 (kN/m)，按《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004) 计算；

σ_{v1} 、 σ_{v2} ——堤重作用于土体 $abcd$ 上 ad 、 bc 面的法向压力，按自重应力计算。

其余符号意义同前。

3.4.7 在土工合成材料加筋路堤中，土工合成材料伸入到稳定土中的锚固长度，不得小于最小锚固长度 L_m ，最小锚固长度采用式(3.4.7)计算。

$$L_m = T_{GC} F_m / (2\sigma_0 f_{GS}) \quad (3.4.7)$$

式中： L_m ——最小锚固长度(m)；

T_{GC} ——土工合成材料设计抗拉强度(kN/m)；

F_m ——锚固安全系数，对无粘性土取 $F_m = 1.5$ ，粘性土取 $F_m = 2.0$ ；

σ_0 ——作用在某层筋材上的上覆压力(kPa)，按自重应力计算；

f_{GS} ——土与土工合成材料的界面摩擦系数，其值按 3.2.7 条取用。

当计算的最小锚固长度小于 2.0m 时，取为 2.0m。

3.4.8 土工合成材料的铺设长度 L 为滑动面内的长度 L_a 与锚固长度 L_m 之和(参见图 3.4.4)，即：

$$L = L_a + L_m \quad (3.4.8)$$

3.4.9 土工合成材料加筋的路堤，其边坡必须进行适当的防护，边坡的防护设计应按本规范第 6 章或《公路路基设计规范》(JTJ 013)进行。对图(3.3.1-1)所示的结构形式，宜采用播种草皮的方法进行防护，其边坡草皮的覆盖率不得低于 85%。

3.4.10 土工合成材料加筋路堤的设计计算按如下步骤进行：

1 根据现场情况，按 3.3.1 条和图 3.3.1-1~3.3.1-3 拟定加筋路堤边坡比例、加筋材料铺设方式和铺设长度。

2 按 3.2.1~3.2.5 条的原则初步确定加筋材料。

3 按 3.3.4 条拟定加筋层间距和层数。

4 按式(3.4.4)计算整体稳定性，求得稳定系数最小值；如满足要求则进行第 5 步，否则调整铺设方式、加筋层间距、层数，重新选定加筋材料，再计算，至稳定系数最小值达到表 3.4.3 的要求为止。

- 5 按 3.4.7 条校核锚固长度，如满足要求进行第 6 步，否则调整锚固长度。
- 6 视地基情况按 3.4.6 条验算平面滑动稳定性；如满足要求进行下一步，否则调整处治方案（如对地基进行处理、更换路堤填料等），再重新计算。
- 7 完善边坡防护、排水等有关设计。

3.5 施工要点

3.5.1 土工合成材料加筋路堤的施工，应以能充分发挥合成材料的加筋效果为原则。

3.5.2 土工合成材料在铺设时，应将强度高的方向置于垂直于路堤轴线方向。

3.5.3 土工合成材料之间的联接应牢固。在受力方向联接处的强度不得低于材料设计抗拉强度，且其叠合长度不应小于 15cm。

3.5.4 土工合成材料的铺设不允许有褶皱，应用人工拉紧，必要时可采用插钉等措施固定土工合成材料于填土层表面。

3.5.5 铺设土工合成材料的土层表面应平整，表面严禁有碎、块石等坚硬凸出物；在距土工合成材料层 8cm 以内的路堤填料，其最大粒径不得大于 6cm。

3.5.6 土工合成材料摊铺以后应及时填筑填料，以避免其受到阳光过长时间的直接暴晒。一般情况下，间隔时间不应超过 48h。

3.5.7 填料应分层摊铺、分层碾压，所选填料及其压实度应达到《公路路基设计规范》(JTJ 013)规定的要求。

3.5.8 土工合成材料上的第一层填土摊铺宜采用轻型推土机或前置式装载机。一切车辆、施工机械只容许沿路堤的轴线方向行驶。

3.5.9 对于软土地基，应采用后卸式卡车沿加筋材料两侧边缘倾卸填料，以形成运土的交通便道，并将土工合成材料张紧。填料不允许直接卸在土工合成材料上面，必须卸在已摊铺完毕的土面上；卸土高度以不大于 1m 为宜，以免造成局部承载能力不足。卸

土后应立即摊铺，以免出现局部下陷。

填成施工便道后，再由两侧向中心平行于路堤中线对称填筑，宜保持填土施工面呈“U”形。

第一层填料宜采用推土机或其他轻型压实机具进行压实；只有当已填筑压实的垫层厚度大于 60 cm 后，才能采用重型压实机械压实。

软基上加筋路堤的填筑速率应符合《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》(JTJ 017)的有关规定。

3.5.10 对于非软土地基，填料的摊铺与填筑可从路堤的中线位置开始，对称地向两侧填土。

3.5.11 加筋路堤的边坡防护应和路堤的填筑同步进行，特别是对图 3.3.1-1 所示的路堤结构型式，在夏季施工如防护工作迟后，则应及时对坡面的土工合成材料采取临时保护措施，以免土工合成材料被阳光长时间暴晒。

路桥在线 WWW.CLQZX.COM

4 台背路基填土加筋

4.1 一般规定

4.1.1 台背路基填土采用土工合成材料加筋的目的是为了减少路基与构造物之间的不均匀沉降。

4.1.2 台背路基填土采用土工合成材料加筋时，适宜的台背高度为 5.0m~10.0m。

4.1.3 台背路基填土的加筋材料宜采用土工网或土工格栅，其 20℃ 温度下的各项性能指标应满足表 4.1.3 的要求。

表 4.1.3 加筋材料要求

纵向抗拉强度(kN/m)	横向抗拉强度(kN/m)	拉伸模量(kN/m)
>6	>5	>100

4.1.4 台背填料应有良好的水稳定性与压实性能，以砾石土、碎石土为宜。

4.1.5 填料与土工合成材料之间应能产生足够的摩擦力，采用《公路土工合成材料试验规程》(JTJ/T 060)规定的直剪试验方法测得的界面抗剪强度应不小于未加筋时填料抗剪强度的 90%。

4.2 土工合成材料的布设

4.2.1 土工合成材料应在相互平行的水平面上分层铺设，最下一层宜铺设在构造物基础的顶面，最上一层宜铺设在路基的顶面。

4.2.2 各层加固材料之间的间距应按式(4.2.2)计算；但在距路基顶面 5.0m 的深度范围以内，铺网间距以不大于 1.0m 为宜。

$$\Delta H = \frac{2000T_{gc}^2}{E_T \gamma_m H_m \left[3.5 \frac{\gamma_m H_m}{p_0} \left(1 - \frac{Z^2}{H_m^2} \right) + \left(1 - \frac{Z}{H_m} \right) \right]} \quad (4.2.2)$$

式中： ΔH ——距路基表面深度为 Z 处的铺网间距(m)；

T_{GC} ——土工合成材料的纵向设计抗拉强度(N/m)，应按60%的抗拉强度取值；

H_m ——路基顶面与构造物基础顶面之间的高差(m)；

Z ——上一层土工合成材料的铺设位置距路基表面的垂直距离(m)；

E_T ——土工合成材料的拉伸模量(N/m)，取与设计强度对应的割线模量；

γ_m ——填料压实后的重度(N/m³)；

p_0 ——标准轮压，其数值为0.7MPa。

4.2.3 土工合成材料的纵向铺设宜上长下短(如图4.2.3所示)，可采用缓于或等于1:1的坡度自下而上逐层增大纵向铺设长度，最下一层的铺设长度应不小于最小纵向铺设长度 L_{min} 。 L_{min} 按式(4.2.3)计算。

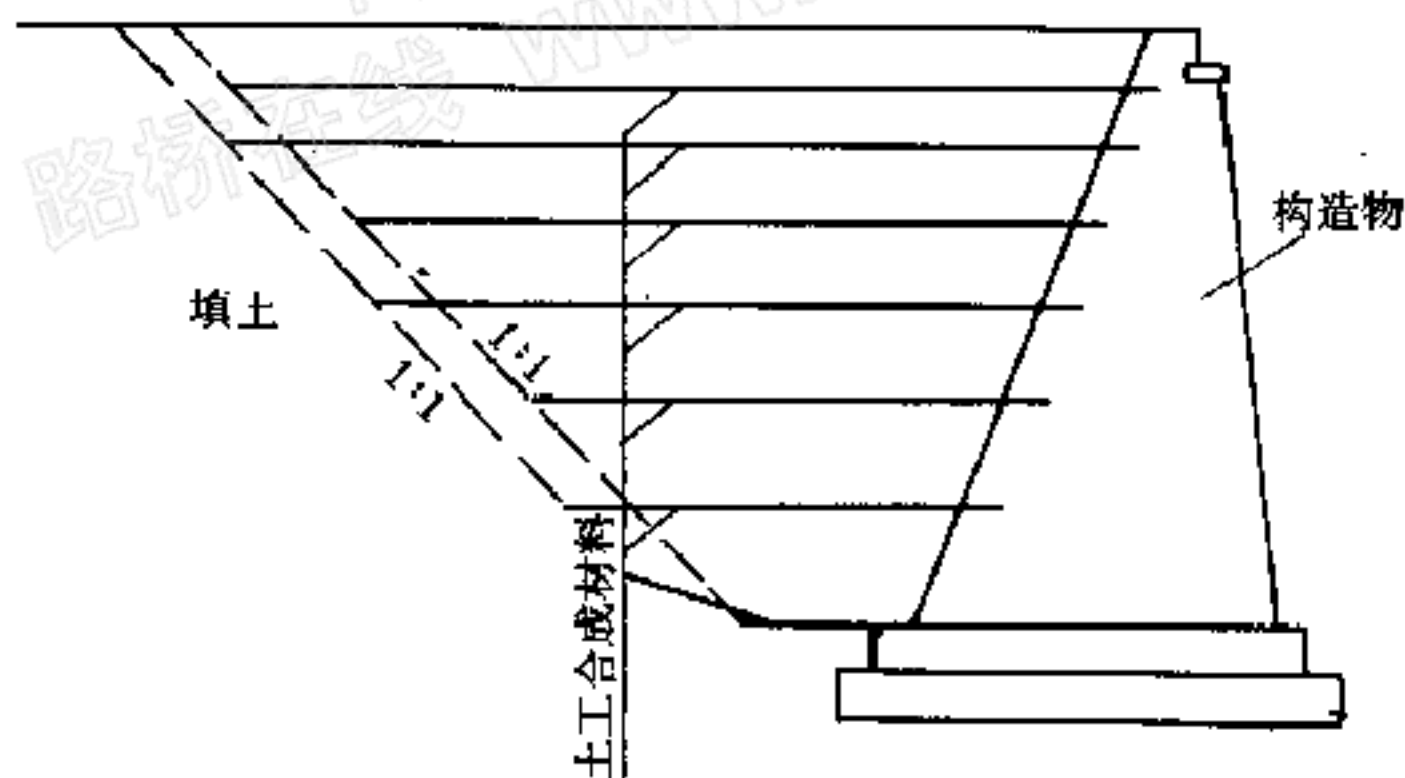


图 4.2.3 土工合成材料的竖向布置示意图

$$L_{min} = 2 + \frac{0.5T_{GC}}{(c_{GS} + \gamma_m H_m \text{tg}\varphi_{GS})} \quad (4.2.3)$$

式中： L_{min} ——土工合成材料的最小铺设长度(m)；

c_{GS} ——土工合成材料与土体交界面上的界面粘聚力(Pa)；

φ_{GS} ——土工合成材料与土体交界面上的界面摩擦角(°)。

其余符号意义同式(4.2.2)。

4.2.4 土工合成材料与构造物的联接

1 土工合成材料应和构造物相互联接,对于重力式石砌构造物,在砌筑构造物时,可将土工合成材料嵌固在砌体内,嵌固深度不宜少于 20cm。为防止土工合成材料损伤,应在砌体的边界部位设置 5cm 宽的柔性垫块。柔性垫块可用橡胶或木条制做,也可采用加筋材料的边角余料替代〔如图 4.2.4(a)所示〕。如在填筑台背路基以前构造物已经修建完毕,则可采用经防锈蚀处理的膨胀螺钉与钢压条,将土工合成材料锚固在结构物台背面的壁面上〔如图 4.2.4(b)所示〕,亦可采用其它有效的方法进行土工合成材料的锚固。

2 如构造物与路基中线斜交,则应将土工合成材料的嵌固端截成与斜交角相等的倾角,以保证土工合成材料的铺设方向与线路走向平行。

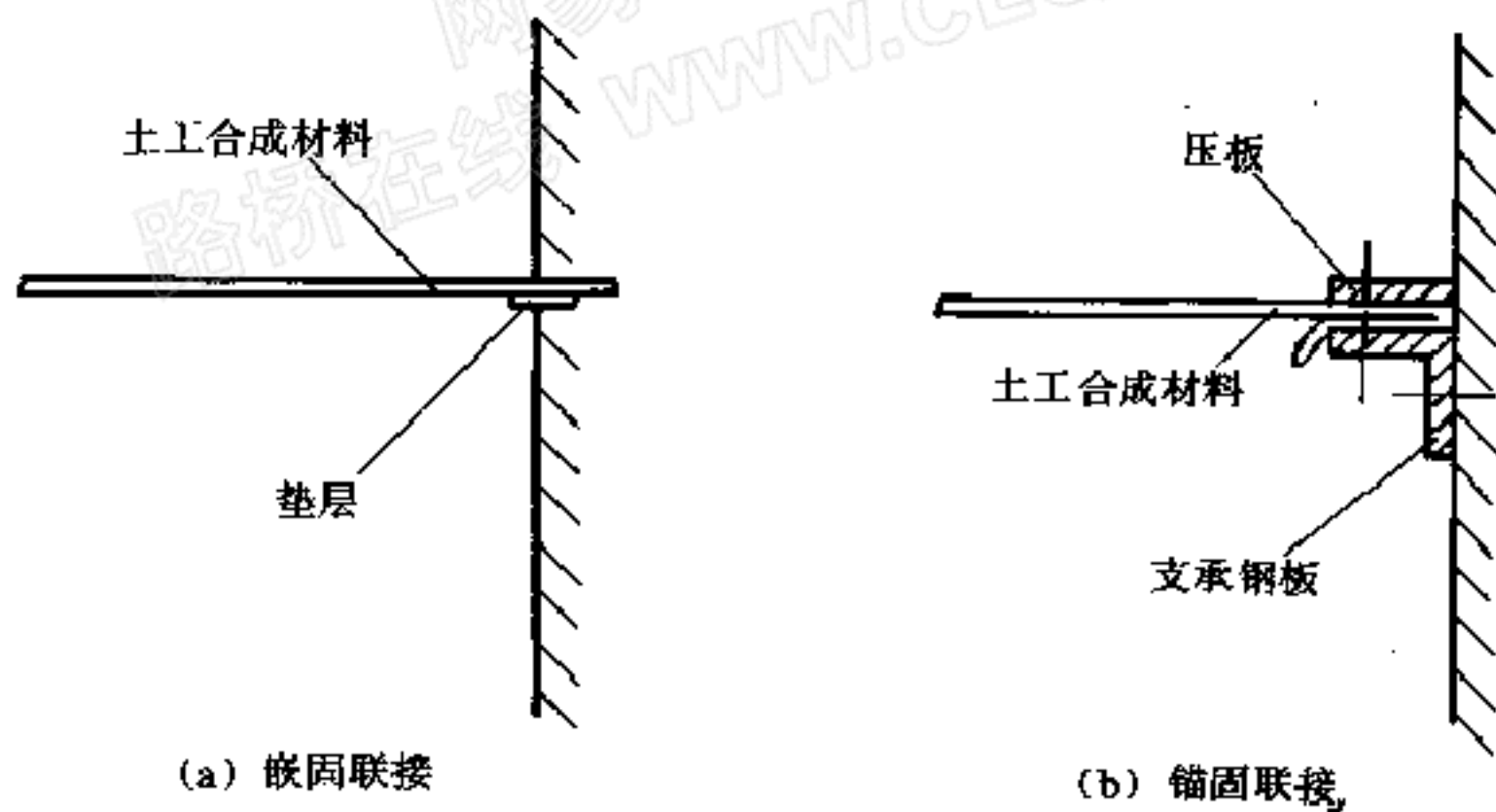


图 4.2.4 土工合成材料与构造物的联接示意图

4.2.5 台背排水

1 为了避免路表水通过构造物与填料交界部位渗入并滞留于填料内,在台背与填料之间应设置 20cm 厚的反滤层。

2 为了防止地下水进入台背填料并增强地基的承载能力,在原地面标高位置应设置级配碎石排水垫层;在摊铺碎石垫层以前,首先应撒铺 1cm~2cm 厚的细料,以保护其下的土工合成材料,排

水垫层的厚度不应小于 30cm。

3 在摊铺碎石垫层以前，应将地面平整成 2% 的双向横坡，以便于下渗水侧向排出。

4.3 施工要点

4.3.1 台背填筑的施工应按如下程序进行：

清基→地基压实→将土工合成材料锚固、摊铺、张紧并定位→分层摊铺、压实填料至下一层土工合成材料的铺设标高→进行下一层土工合成材料锚固、摊铺、张紧与定位。

4.3.2 在进行台背填筑施工以前，首先应清除构造物基础底面以上的未压实土，整平后用压路机沿横向压实。

4.3.3 土工合成材料的摊铺应沿线路的纵向进行，将已锚固在台背上的成卷的加固材料自台背向外展开至设计长度，并设法张紧，使之产生一定的相对伸长后采取有效措施定位，使其与下部已压实土连为一体。

4.3.4 相邻两幅土工合成材料应相互搭接，搭接宽度以不小于 20cm 为宜；搭接部应用延伸率较小的尼龙绳呈“之”字形穿绑，或采用其它有效方法联接。联接处强度不低于土工合成材料自身强度的 60%，不同层面的联接位置应相互错开，以增强其整体效应。

4.3.5 台背填料应在最佳含水量的条件下用压路机分层压实，每层压实厚度不宜大于 30cm；在大型压路机压不到的部位，则应采用小型压实机具分层压实，压实厚度不得大于 15cm。压实标准按《公路路基设计规范》(JTJ 013)的规定控制。

4.3.6 施工时应设法避免运料车及其它施工机械在已摊铺并张紧定位的土工合成材料上直接碾压，以免车轮对土工合成材料产生推移或造成损伤。不应从高处抛掷石块，以防砸伤土工合成材料。

4.3.7 如在进行台背填筑以前，台背区以外的路基尚未填筑，台背填筑的施工长度一般应大于 50m；如台背区以外的路基已经填

筑压实，则应将已填筑压实路基端部开挖成台阶状，以保证新、老压实区沉降变形的均匀性。

4.3.8 土工合成材料应贮存在不被日光直接照射和被雨水淋泡处，根据工程进度和日用量按日取用。

网易 NetEase
路桥在线 WWW.CLQZX.COM

5 过滤与排水

5.1 一般规定

5.1.1 土工合成材料可单独或与其它材料配合，作为过滤体和排水体用于暗沟、渗沟、坡面防护等公路工程结构中。其主要应用场合如图 5.1.1 所示。

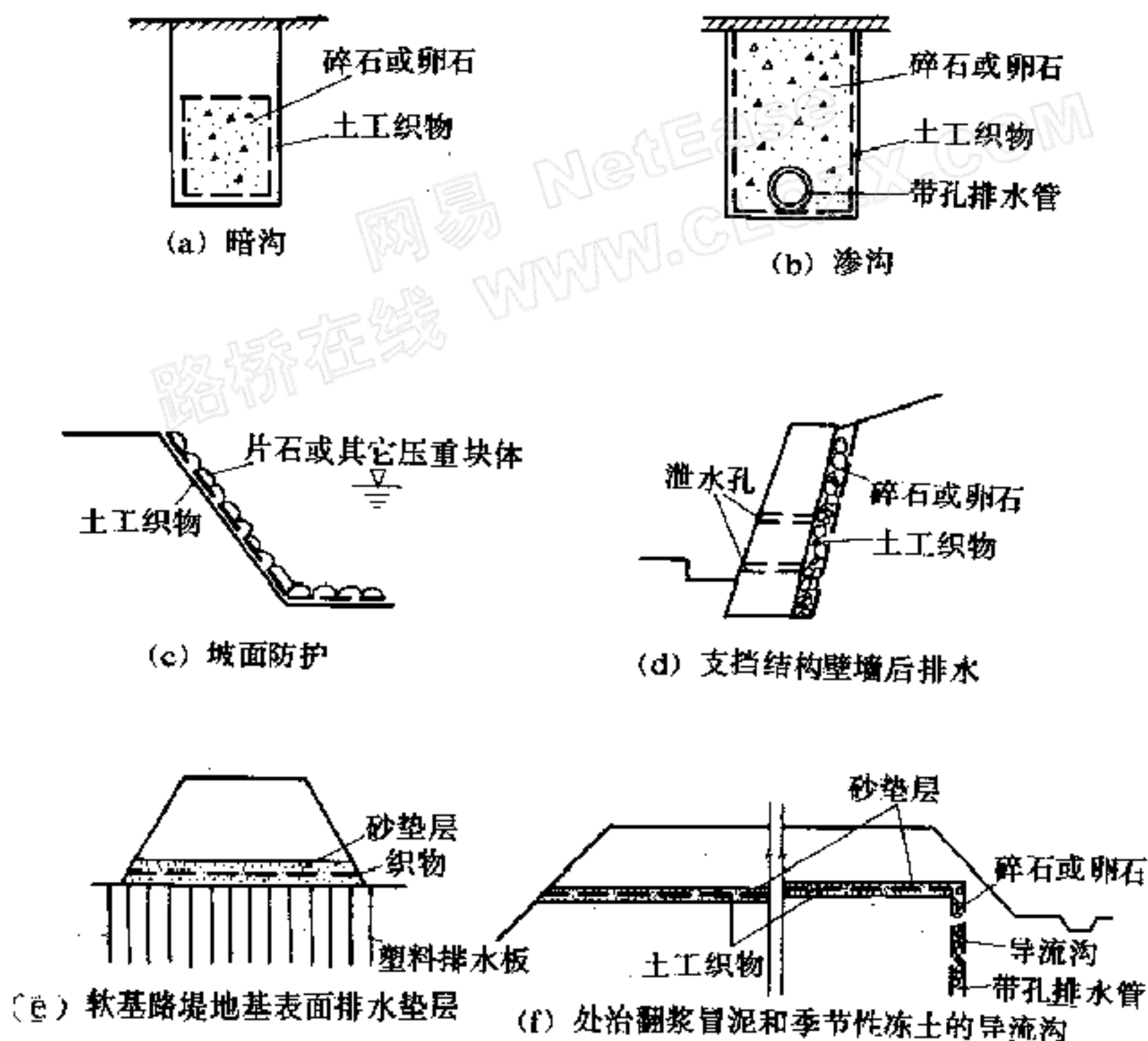


图 5.1.1 过滤与排水的主要应用形式

5.1.2 用于过滤的土工合成材料宜采用无纺土工织物，用于排水的土工合成材料可采用无纺土工织物、塑料排水板、带有钢圈和滤布及加强合成纤维组成的加劲软式透水管等。

5.1.3 土工织物的单位面积质量宜为 $300\text{g}/\text{m}^2 \sim 500\text{g}/\text{m}^2$ ，其强度应符合表 5.1.3 的基本要求。一般情况下，宜采用 II 级；如铺设条件良好可采用 III 级；土工合成材料所处环境状况较恶劣（如有冲刷）时应采用 I 级。

表 5.1.3 土工织物强度的基本要求

测试项目	单 位	用 途 分 类					
		I 级		II 级		III 级	
		伸长率 < 50%	≥ 50%	< 50%	≥ 50%	< 50%	≥ 50%
握持强度	N	≥ 1400	≥ 900	≥ 1100	≥ 700	≥ 800	≥ 500
撕裂强度	N	≥ 500	≥ 350	≥ 400*	≥ 250	≥ 300	≥ 175
刺破强度	N	≥ 500	≥ 350	≥ 400	≥ 250	≥ 300	≥ 175
CBR 顶破强度	N	≥ 3500	≥ 1750	≥ 2750	≥ 1350	≥ 1000	≥ 950

注：①表中 * 指对机织单丝织物，采用 250N；

②表列数值指卷材沿强度最弱方向测试的最低平均值。

5.1.4 与本章相关的流量计算、排水系统的布置、排水结构形式及尺寸等按《公路排水设计规范》(JTJ 018)、《公路路基设计规范》(JTJ 013)、《公路沥青路面设计规范》(JTJ 014)、《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTJ 012)和《公路隧道设计规范》(JTJ 026)等相关规范中的相应条款执行。

5.2 过滤设计

5.2.1 用于过滤体的土工合成材料，必须满足挡土、保持水流畅通（透水）和防止淤堵三方面的要求。

5.2.2 对一般工程结构设计或重要工程结构的初步设计可按下列要求选定土工合成材料。对重要工程结构的施工图设计，除按下列要求选定土工合成材料外，还应根据实际的荷载、渗流、被保护土质、工程特点等条件，进行相应的渗透试验或模型试验进行检

验。

1 挡土要求应符合：

$$\left. \begin{array}{l} O_{95} \leq d_{85} \\ O_{95} \leq 0.21\text{mm} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{粗粒土(粒径 } d < 0.075\text{mm 的} \\ \text{颗粒含量小于 } 50\% \text{)} \\ \text{细粒土(粒径 } d < 0.075\text{mm 的} \\ \text{颗粒含量大于等于 } 50\% \text{)} \end{array} \quad (5.2.2-1)$$

式中： O_{95} ——土工合成材料(土工织物)的等效孔径(mm)；

d_{85} ——被保护土的特征粒径(mm)。

2 透水性要求应符合：

$$K_G > 10K_S \quad (5.2.2-2)$$

式中： K_G 、 K_S ——土工合成材料的渗透系数(m/s)和被保护土的渗透系数(m/s)。

3 防淤堵要求应符合：

$$GR = i_1/i_2 \leq 3 \quad (5.2.2-3)$$

式中： GR ——梯度比；

i_1 、 i_2 ——土工合成材料被保护土侧与另一侧的水力梯度。

上述各指标的详细意义及相应的试验确定方法参见《公路土工合成材料试验规程》(JTJ/T 060)和《公路土工试验规程》(JTJ 051)。

5.2.3 用土工合成材料处治冒泥翻浆或季节性冻融翻浆时，需在土工合成材料上铺设 10cm~20cm 中粗砂保护层，在其下铺设 5cm~10cm 的中粗砂垫层，共同形成一组完善的过滤层。砂层间的土工合成材料除满足上述过滤设计准则要求外，其孔径还需满足下式要求：

$$\text{反滤均匀：} O_{95} < 2d_{50} \quad (5.2.3)$$

5.3 排水设计

5.3.1 土工合成材料应与工程中的其它排水结构充分配合，形成完善的排水体系，排除地下水、地表水和结构中多余水分。

5.3.2 用土工织物包裹碎石作为排水暗沟或渗沟，或用土工织物

包裹带孔管件(如塑料管、波纹管、混凝土管、钢管等)时,土工织物应满足 5.2.2 条的要求。

5.3.3 土工织物包裹的碎石暗沟或渗沟,其尺寸以及布置方式、间距、坡度等根据具体的渗入水量、水力梯度及碎石暗沟的渗透系数按 5.1.4 条中各相关规范的有关规定确定。

5.3.4 用土工织物治理季节性冻融翻浆时,应将织物埋设在路基冬季最大聚冰层位置,并与其它排水结构配合形成完善的排水体系。聚冰层位置应根据当地气候条件确定。

5.3.5 用塑料排水板处治软土地基,排除地基固结水,其设计施工要求应按《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》(JTJ 017)的相应条款执行。

5.3.6 在排水结构中,当需要考虑土工合成材料的排水能力时,应根据具体的排水结构情况,考虑土工合成材料和与其相配合的其它排水材料的排水能力,综合确定排水体的断面尺寸。

5.3.7 将土工织物、塑料排水板水平放置,排除地基土固结水流或其它水流时,要求其排水能力 q_c 不小于需排出的水流量 q ,即满足式(5.3.7-1)的要求。

$$q_c \geq q \quad (5.3.7-1)$$

式中: q ——垂直水渗流方向,每延米需排出的水流量(m^2/s);

q_c ——土工织物、塑料排水板出水断面每延米的排水能力,按式(5.3.7-2)计算:

$$q_c = \beta \frac{\Delta h_g}{L_G} \cdot \frac{\theta_G}{F_d} \quad (5.3.7-2)$$

式中: β ——土工织物、塑料排水板的布设方式系数,即每延米上布设的宽度,当布设方式为满铺时, $\beta=1$; 当为条带式时, $\beta = (\sum B_i) / 1.0$, $\sum B_i$ 为每延米上条带宽度的总和;

θ_G ——土工合成材料的导水率(m^3/s),应根据实际受压情况进行通水试验测定;

L_G ——水流方向土工合成材料长度(m);

Δh_g ——沿排水层长度 L_G 首末端的水头差(m);

F_d ——考虑淤堵的安全储备系数，取 $F_d=10$ ，有条件时，可根据试验结果由淤堵前后导水率的比值确定。

5.3.8 外包土工织物的带孔管件(如塑料管、波纹管、混凝土管、钢管等)及软式透水管的排水安全储备系数 F_b ，应满足式(5.3.8-1)的要求。

$$F_b = \frac{Q_c}{Q} \geq 2.0 \sim 5.0 \quad (5.3.8-1)$$

式中： F_b ——安全系数，对能清淤的管道， F_b 取小值，对无清淤能力的管道， F_b 取大值；

Q ——需要排出的水流量 (m^3/s)；

Q_c ——管件的排水能力，即能排出的水流量 (m^3/s)，其值由渗入管内的水流量 q_e 和管件的排水流量 q_t 两者中的小值确定。

渗入管内的水流量 q_e 按式(5.3.8-2)计算。

$$q_e = \pi K_s d_{ef} L \quad (5.3.8-2)$$

式中： K_s ——土的渗透系数 (m/s)；

d_{ef} ——有效管径 (m)， $d_{ef} = d \cdot \exp(-2\pi\alpha)$ ， d 为排水管外径， α 为无因次流入阻力系数，可取 $\alpha=0.1 \sim 0.3$ (当土工织物渗透系数较大时取小值，渗透系数较小时取大值)，有条件时应根据所选土工织物进行相应的渗透试验确定；

L ——排水管长度 (m)。

管件的排水流量 q_t 按式(5.3.8-3)计算。

$$q_t = vA \quad (5.3.8-3)$$

式中： v ——水流的流速 (m/s)，对开孔的光滑塑料管，可按 $v = 198.2R^{0.714}i^{0.572}$ 计算，对波纹塑料管，可按 $v = 71R^{2/3}i^{1/2}$ 计算，其中， R 和 i 分别为水力半径和水力坡降， A 为管件的排水断面积 (m^2)。

土工织物包裹的带孔管件，其布设方式、间距等根据具体的水文地质条件计算确定。

5.4 施工要点

5.4.1 根据功能要求、工程结构情况和施工具体条件选择土工合成材料的长度、幅宽，施工前应做好剪裁和联结工作。

5.4.2 土工织物的联结可根据实际工程情况，采用缝合法或搭接法。缝合宽度不应小于 0.1m，结合处抗拉强度应达到土工织物抗拉强度的 60% 以上；搭接宽度不应小于 0.3m。

软式透水管的联结采用绑扎法，接头处外包的土工织物应相互覆盖。

5.4.3 土工合成材料应储存在不被日光直接照射和不被雨水淋湿的地点，根据工程进度情况，确定当时用量。

5.4.4 铺设土工合成材料前，应平整场地，清理场地杂物（如树根、灌木或尖石等），以免刺破、损伤土工合成材料。

5.4.5 土工合成材料上方填石料时，严禁将石料直接抛落于土工合成材料上。

5.4.6 严禁施工机械直接在土工合成材料上作业。

5.4.7 为避免土工合成材料被刺破，在施工中可在其上下或左右铺设砂垫层或其它细粒料；施工中如发现土工合成材料被破坏应及时修补，修补面积不小于破坏面积的 4~5 倍。

5.4.8 在坡面上铺设土工合成材料时，宜自下而上铺设并就地联接；土工合成材料应紧贴被保护层，但不宜拉得过紧。

5.4.9 土工合成材料铺设后，应在 48h 内及时覆盖或回填。

6 路基防护

6.1 一般规定

6.1.1 路基防护主要包括坡面防护和冲刷防护。坡面防护用于防护易受自然因素影响而破坏的土质或岩石边坡；冲刷防护用于防护水流对路基的冲刷与淘刷。

6.1.2 土质边坡防护可采用拉伸网草皮、固定草种布或网格固定撒种。岩石边坡防护可采用土工网或土工格栅。

6.1.3 沿河路基可采用土工织物软体沉排、土工模袋进行冲刷防护。

6.2 坡面防护

6.2.1 用土工合成材料进行土质边坡防护的边坡坡度宜在 1:1.0~1:2.0 之间；岩石边坡防护的边坡坡度宜缓于 1:0.3。

6.2.2 土质边坡防护可采用拉伸网草皮、固定草种布、网格固定撒种三种护坡方式。

拉伸网草皮护坡方法是在草皮生产基地，在平整的水泥地坪上铺 3cm~5cm 的种植土层，土工网或土工垫布置在种植土层的中间，然后撒种、养护，待草苗旺盛，土体、土工网或土工垫与草根系固定后，成捆送至施工地点进行铺设。草皮宽度宜为 1.5m~2.5m，每捆长度宜为 4m~6m。

固定草种布（也可称植生带）护坡方法是在土工织物纺织时，将草种固定于土工织物中，然后到现场铺筑，促使草皮生长，形成植被护坡层。

网格固定撒种护坡方法是先将土工网固定于需防护的边坡上，然后撒播草种形成草皮。

6.2.3 土质边坡防护应做好草皮的种植、施工和养护工作。草种应能适应当地自然条件，且草的根系发达。

6.2.4 应按下列步骤和方法施工草皮(图 6.2.4)：

- 1 整平坡面。
- 2 铺设草皮或土工网。

将草皮或土工网平铺在坡面上，草皮或土工网上端应折叠后将一部分埋入土中或用其它固定方式将其固定。对采用网格固定撒种方法护坡的土工网，还应用插钉将土工网固定于坡面上，插钉的布置方式和间距以能使土工网平顺、紧贴于坡面为原则，插钉的插入深度视草生长速度和现场边坡情况而定。两块草皮或土工网之间不宜重叠，但应相互靠拢。

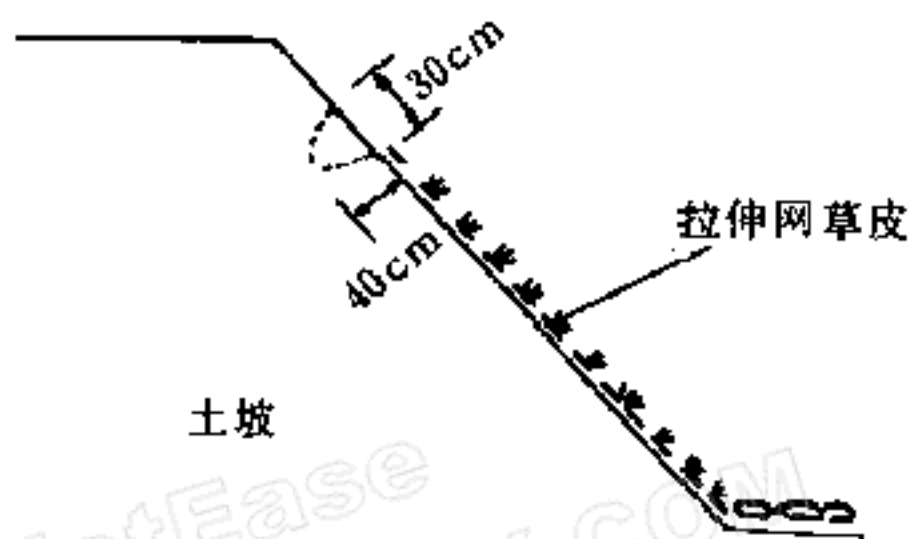


图 6.2.4 草皮的固定

3 草皮养护

定期浇水，在草皮根系充分发达并完全固定于边坡土之前应保证土体潮湿。

6.2.5 易碎岩面的侵蚀和小量的岩崩可采用土工网或土工格栅进行防护。可采用裸露式或埋藏式两种防护方式。裸露式是指将土工格栅直接固定并裸露于岩面；埋藏式是指将土工网或土工格栅固定于岩面后再用水泥砂浆喷护。

6.2.6 裸露式防护方法适用于临时性工程边坡的防护或永久型工程边坡的临时防护。对永久型工程的边坡，在更换土工网或土工格栅较方便的场合，也可采用这种防护方式。

6.2.7 裸露式防护应采用强度较高的土工格栅，埋藏式防护可采用土工网或土工格栅。用于岩石边坡防护的土工网、土工格栅，其性能指标应达到表 6.2.7 的要求。

表 6.2.7 岩石边坡防护土工网、土工格栅的性能要求

防护方式	抗拉强度(kN/m)	网格尺寸(mm)
裸露式	≥ 25	单向拉伸格栅 长边 ≤ 150
		双向拉伸格栅 ≤ 100
埋藏式	≥ 8	单向拉伸格栅 25~150
		双向拉伸格栅 25~100
		土工网 25~140

6.2.8 岩石边坡防护应按以下步骤和要求进行施工(图 6.2.8):

1 清除坡面松散岩石。在固定土工网或土工格栅之前应清除岩质边坡坡面的松散岩石。

2 铺设固定土工网或土工格栅。可用镀锌土钉和大垫圈将土工网或土工格栅固定于岩面上。铺设土工网或土工格栅时,应将拉伸强度高的方向置于顺坡向,并使土工网或土工格栅尽量拉紧紧贴于岩面。

土钉间距宜为 1m,采用梅花形布置,土钉长度宜在 10cm~50cm 之间;岩面较硬时用小值,岩面较软时用大值。

3 喷护水泥砂浆。对埋藏式护坡方法,应在土工网或土工格栅固定于岩面后 48h 以内喷护水泥砂浆,水泥砂浆厚宜 5cm~6cm、强度不应低于 M2.5。

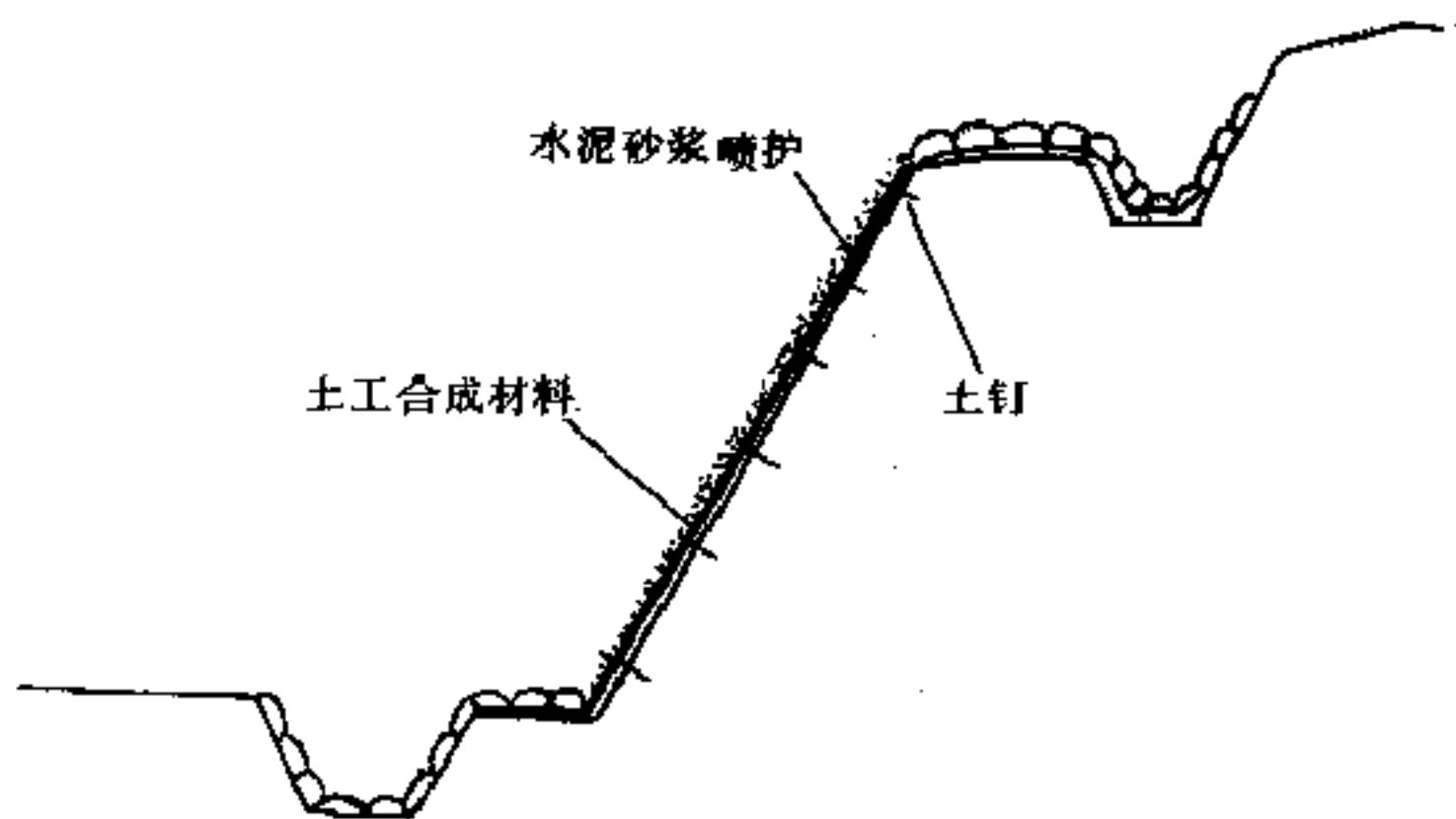


图 6.2.8 岩石边坡防护施工

4 岩面排水。用水泥砂浆喷护的岩面应设泄水孔，泄水孔布置采用矩形或梅花形，间距为 2m~3m，孔径为 5cm~8cm。

6.3 冲刷防护

6.3.1 冲刷防护是保证路基坚固与稳定的重要措施。

6.3.2 土工织物软体沉排护坡

1 土工织物软体沉排是在土工织物上以块石或预制混凝土块体为压重的护坡结构。

2 土工织物软体沉排一般适用于水下工程及预计可能发生冲刷的路基坡面。视具体情况可采用单片垫和双片垫两种结构形式。

单片垫是利用土工织物拼接成大面积的排体；双片垫是将两块单片垫重叠后按一定距离和型式将两片垫连接在一起而构成管状或格状空间，其中再填充透水性材料（如砂卵石等），起到防冲与反滤的作用。双片垫的结构形式如图 6.3.2 所示。

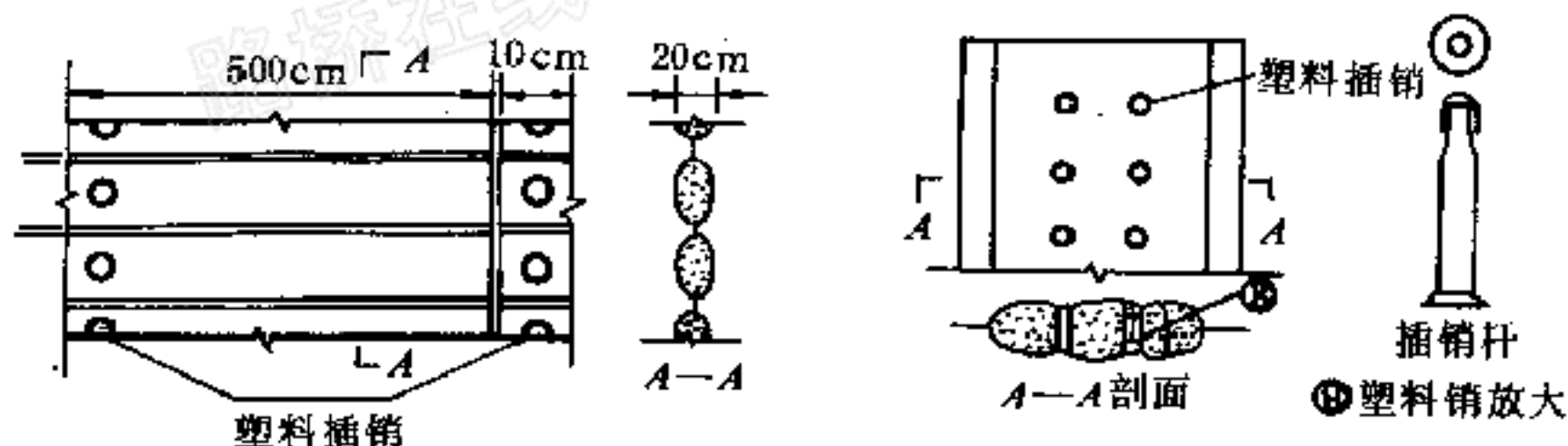


图 6.3.2 双片垫形式

3 排体材料可采用聚丙烯编织型土工织物，其等效孔径 O_{95} 应满足式(5.2.2)的要求。为了加固排体和施工时便于牵引定位，排体材料每隔 30cm~50cm 应设一根尼龙绳。

4 排体宽度与长度

垂直于水流方向的排体宽度以枯水位为界分水上部分 B_1 和水下部分 B_2 两段。水上护坡段宽度 B_1 应按整平后的坡面和用于固定的余幅确定；水下段宽度 B_2 由式(6.3.2-1)确定。

$$B_2 = b_1 + b_2 \quad (6.3.2-1)$$

式中: b_1 ——与水上排体连接和固定所需的排体宽度(m);

b_2 ——主体宽度(m), 按下式计算:

$$b_2 = F_1 C_1 C_2 \sqrt{1 + m_0^2 (\bar{H} + H_{\max})} \quad (6.3.2-2)$$

$$H_{\max} = H_m \left(\frac{2B}{R_m} + 1 \right) \quad (6.3.2-3)$$

式中: C_1, C_2 ——排体的褶皱系数和收缩系数, 一般取 $C_1 = 1.4, C_2 = 1.05$;

F_1 ——安全系数, 取 1.2;

\bar{H} ——枯水位时的平均水深(m);

H_{\max} ——河床最大冲刷深度(m);

m_0 ——水下冲刷稳定边坡坡度, $m_0 = 2.0 \sim 2.5$;

H_m ——计算断面冲刷前平均水深(m);

B ——达到最大冲刷时的河流宽度(m);

R_m ——弯曲段河流曲率半径(m)。

顺水流方向排体的长度应根据需防护的路基边坡段长度确定。

5 排体稳定性计算

对土工织物软体沉排, 应验算排体抗浮、排体压块抗滑、排体整体抗滑三方面的稳定性。

1) 排体抗浮稳定性应满足式(6.3.2-4)的要求。

$$\Delta h_g \leq \frac{\gamma'_m}{\gamma_w} t_m \cos \alpha \quad (6.3.2-4)$$

式中: Δh_g ——排体上下的水头差(m);

γ'_m ——排体连同压块在水下的重度(kN/m^3);

γ_w ——水的重度(kN/m^3);

α ——土坡坡角($^\circ$);

t_m ——排体垂直于土坡的厚度(m)。

2) 排体压块抗滑稳定性应满足式(6.3.2-5)的要求。

$$F_2 = \frac{f_{cg}}{\tan \alpha} \geq 1.2 \quad (6.3.2-5)$$

式中: F_2 ——安全系数;

f_{cs} ——压块与排体间的摩擦系数(在水下用水下值)。

其余符号同式(6.3.2-4)。

3) 整体抗滑稳定性应满足式(6.3.2-6)的要求。

$$F_3 = \frac{(\gamma_{cm} t_{cm} \cos \alpha - \Delta h_g \gamma_w) f_{cs}}{\gamma_{cm} t_{cm} \sin \alpha} \geq 1.2 \quad (6.3.2-6)$$

式中： F_3 ——安全系数，取 1.2；

γ_{cm} ——排体连同压块扣除浮力影响后的平均有效重度(kN/m³)；

t_{cm} ——排体连同压块的总厚度(m)；

f_{cs} ——排体与坡面的摩擦系数(在水下用水下值)。

其余符号同式(6.3.2-4)。

6 土工织物软体沉排的施工要点

1) 平整坡面，保证沉排与坡面接触良好；

2) 将排体按要求缝合，每块排体搭结不宜小于 0.5m；

3) 单片排可采用顺坡滚下的摊铺方式，双片排可采用自重下沉法；

4) 排面压重可采用人工施工或机械施工。

6.3.3 土工模袋护坡

1 土工模袋是一种双层织物袋，袋中充填流动性混凝土或水泥砂浆或稀石混凝土，凝固后形成高强度和高刚度的硬结板块。其主要应用场合及铺设型式如图 6.3.3-1 所示。

2 土工模袋材料应满足表 6.3.3-1 的技术要求。充填混凝土时，混凝土粗集料最大粒径应符合表 6.3.3-2 的要求，坍落度不宜小于 200mm，其强度等级不低于 C10；充填砂浆时，砂浆强度等级不低于 M2.5。

表 6.3.3-1 土工模袋材料要求

指标内容	指标要求	指标内容	指标要求
顶破强度(N)	≥1500	等效孔径 O_{95} (mm)	0.07~0.15
渗透系数(10 ⁻³ cm/s)	0.86~10	延伸率(%)	≤15

表 6.3.3-2 混凝土骨料的最大粒径要求

土工模袋厚度(mm)	骨料最大粒径(mm)
150~250	≤20
≥250	≤40

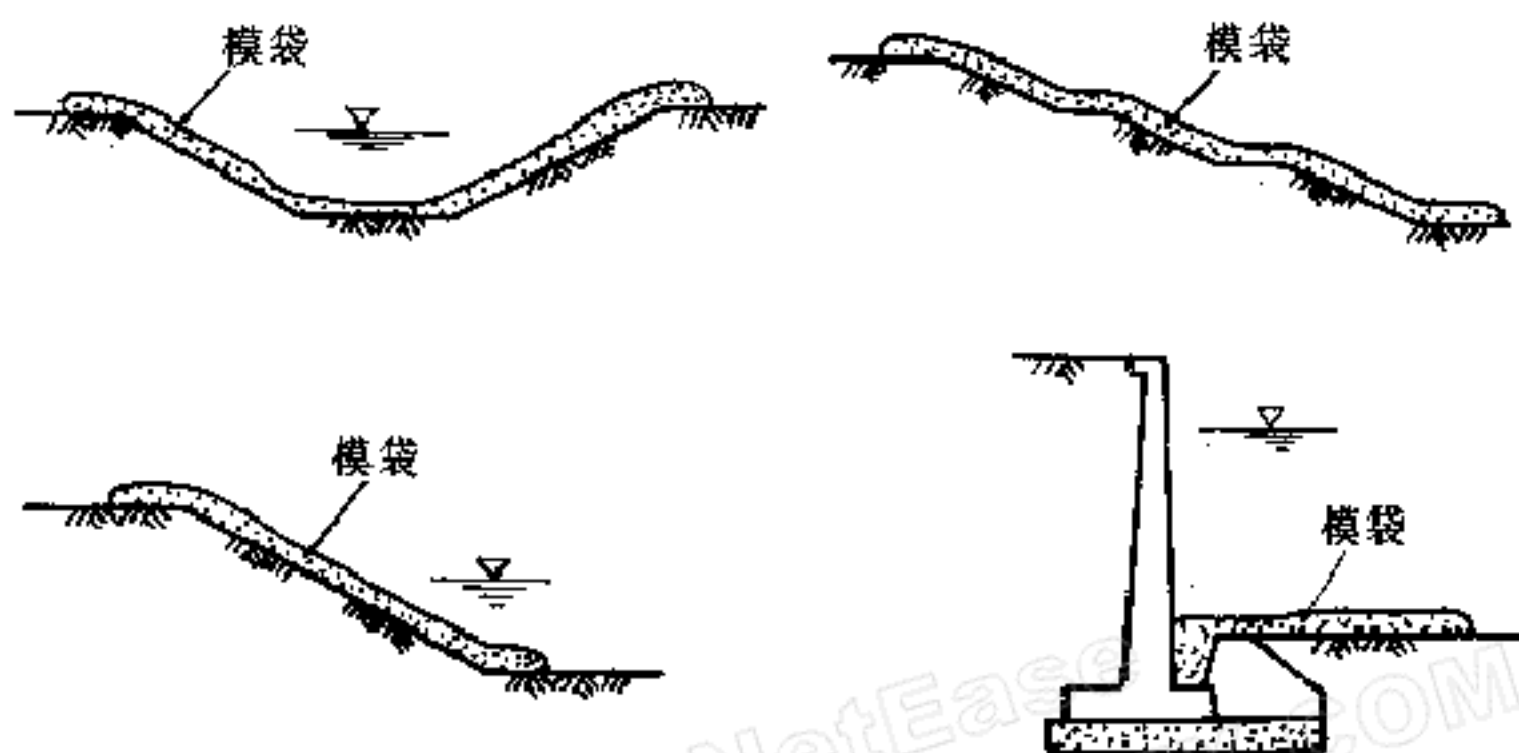


图 6.3.3-1 土工模袋的应用及铺设

3 采用土工模袋护坡的坡度不得陡于 1:1。如在水下施工，水流速度不宜大于 1.5m/s。

4 模袋选型应根据工程要求和当地土质、地形、水文、经济与施工条件等确定。应根据出流量选定模袋滤水点分布数量；当选用无滤水点模袋时，应增设渗水滤管。模袋缝制应用尼龙绳。

5 土工模袋的厚度应考虑抵抗弯曲应力、抵抗浮动力两方面要求确定。对存在冰推力的情况，还应考虑抵抗冰推力的要求。

1) 抵抗弯曲应力所需厚度 t_g 应按式(6.3.3-1)确定。

$$t_g \geq F_g \frac{0.287\gamma_c}{0.5 \sqrt[3]{R^2}} a^2 \quad (6.3.3-1)$$

式中： t_g ——土工模袋所需厚度(m)；

γ_c ——砂浆或混凝土扣除浮力影响的有效重度(kN/m³)；

R ——充填料的抗压强度(kPa)；

a ——假设模袋底架空面积为正方形时的边长(m)，一般取 0.1m~0.2m；

F_g ——安全系数，取 3。

2) 抵抗浮动所需厚度 t_f 按式(6.3.3-2)确定。

$$t_f \geq 0.07 C_m H_w \sqrt[3]{\frac{L_w}{B} \frac{\gamma_w}{\gamma_c - \gamma_w} \frac{\sqrt{1+m^2}}{m}} \quad (6.3.3-2)$$

式中： C_m ——面板系数，对无滤点板取 1，有滤点板取 1.5；

H_w 、 L_w ——设计坡高和坡长(m)；

B ——垂直水边线护坡面长度(m)；

γ_w ——水的重度(kN/m³)；

m ——土坡坡角的余切， $m = \text{ctg}\alpha$ ， $m = 2 \sim 5$ 。

其余符号同式(6.3.3-1)。

2) 抵抗冰推力土工模袋所需厚度 t_c 应按式(6.3.3-3)确定。

$$t_c \geq \frac{\left[\frac{p_i t_i}{\sqrt{1+m^2}} (F_i m - f_{GS}) - H_1 c_{GS} \sqrt{1+m^2} \right]}{\gamma_c H_1 (1+m f_{GS})} \quad (6.3.3-3)$$

式中： p_i ——水平冰推力(kN/m²)，设计时可取 150kN/m²；

t_i ——冰层厚度(m)；

H_1 ——冰层以上护坡面的垂直高度(m)；

c_{GS} ——护面与坡面之间的粘聚力(kPa)；

f_{GS} ——护面与坡面之间的摩擦系数，一般取 0.5。

F_i ——安全系数，取 3.0。

其余符号同式(6.3.3-1)。

6 土工模袋稳定性

土工模袋不允许在沿坡面的分力作用下产生滑动(图 6.3.3-2)，安全系数 F_{ts} 应满足式(6.3.3-4)的要求。

$$F_{ts} = \frac{T_R}{T_S} = \frac{L_3 + L_2 \cos\alpha}{L_2 \sin\alpha} f_{GS} \geq 1.5 \quad (6.3.3-4)$$

式中： T_R 、 T_S ——模袋沿坡面的抗滑力与下滑力(kN)；

L_2 、 L_3 ——模袋在坡面、坡脚处的长度(m)。

7 土工模袋的边界处理和构造要求

1) 顶部：宜采用浆砌块石保护或填土覆盖。对于有地面径流的坡顶，应设截水沟或其它防止地表水侵蚀模袋下部基土的措施。

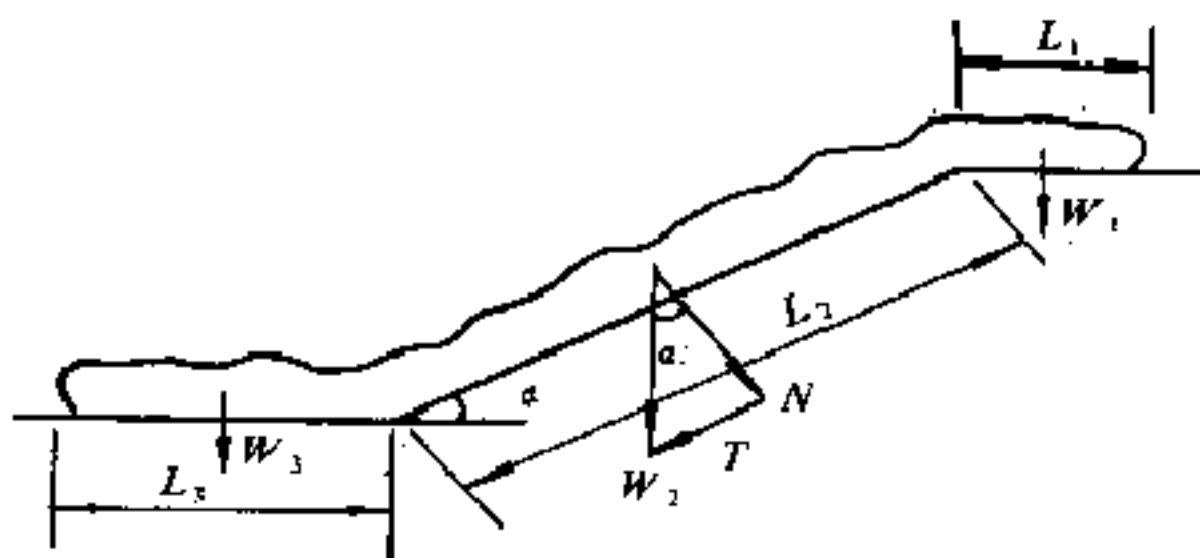


图 6.3.3-2 模袋稳定性分析

2) 底部: 海岸斜坡护岸, 土工模袋底端应设压脚棱体或块体; 河岸斜坡护岸, 宜使土工模袋下端伸过设计冲刷线以下 50cm, 并用块石保护, 以防冲刷。

3) 侧翼: 应开沟槽, 将两侧土工模袋埋入沟槽中。

4) 相邻两块土工模袋接缝处, 应垫设土工织物, 土工织物与土工模袋搭接长度不应小于 50cm。

8 模袋铺设前, 应对坡面进行处理。对土坡应按设计要求进行修坡或挖泥, 坡面应平顺, 表面无树枝、植被、块石等杂物, 并开挖好上、下锚固沟槽。对抛石坡面, 应先按设计断面进行理坡, 在理坡后的块石表面上应采用片石、碎石进行整平, 要求水下部分表面平整度不大于 15cm, 陆上不大于 10cm。

9 模袋铺设应按以下步骤和方法进行:

1) 卷模袋

平地上展开模袋, 在其上、下缘管套中穿入钢管, 以下缘钢管为轴, 将模袋卷成“卷材”。

2) 设定位桩及拉紧装置

定位桩宜打在坡顶距模袋上缘 1.5m~2.0m 处, 其间距宜为 1m~2m, 且每块模袋不少于 4 根。每根定位桩上均应设紧拉器或滑轮。

3) 铺展模袋

(1) 用定位桩及紧拉器拉住模袋上缘钢管;

(2) 预留模袋纵向收缩富裕量, 模袋的纵向收缩量宜通过试验确定;

(3) 用绳系住下缘钢管两端，利用人力或绞车控制模袋卷向下滚铺到位，铺设后的模袋应平顺；

(4) 水下部分铺设应由潜水员配合并进行检查。

4) 模袋铺展、压稳后，应拉紧上缘固定绳索，并防止模袋下滑。

10 模袋铺设后应及时充灌混凝土或砂浆，充灌应符合以下要求：

1) 水上部分的模袋在充灌前应洒水润湿。

2) 充灌以自下而上的次序进行，应从已充灌的相邻块处开始，充灌过程中应及时调整模袋上缘的拉紧力。

3) 充灌速度应控制在 $10\text{m}^3/\text{h} \sim 15\text{m}^3/\text{h}$ 的范围内，出口压力以 $0.2\text{MPa} \sim 0.3\text{MPa}$ 为宜。

4) 每一充灌口应连续充灌，灌满撤管后应将充灌口扎紧。

5) 混凝土充灌将近饱满时，应暂停 $5\text{min} \sim 10\text{min}$ ，待模袋中水分析出后，再充灌至饱满。

11 充灌完成后，应及时用水将模袋表面和滤点孔内的灰渣清理干净，设渗水孔管，并进行养护。

12 施工中应注意以下事项：

1) 模袋的长度方向必须垂直于坡面方向；

2) 模袋铺设以及混凝土或砂浆的充灌应按照先上游后下游、先深水后浅水、先标准断面后异形断面的次序进行；

3) 相邻两块模袋的接缝应尽量缩小，在铺设后一块模袋时，前一模袋宜预留一定长度，搭在后一块模袋之上，后一模袋应平压在前一模袋的下面并将扎带扎牢，在充灌混凝土时辅之人工使之密实。

4) 受潮汐影响的封闭式护岸、堤身的土工模袋护坡，施工时应考虑内外水头差的影响，并采取相应措施。

5) 模袋表面应设渗水孔(图 6.3.3-3)，孔的间距为 $1\text{m} \sim 1.5\text{m}$ 。

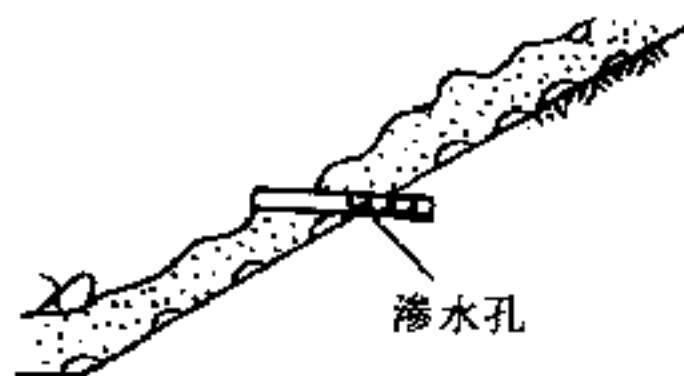


图 6.3.3-3 模袋渗水孔布置

7 路面裂缝防治

7.1 一般规定

7.1.1 土工合成材料可应用于路面结构中，铺设于旧沥青路面、旧水泥混凝土路面的沥青加铺层底部或新建道路沥青面层底部，减少或延缓由旧路面对沥青加铺层的反射裂缝，或半刚性基层对沥青面层的反射裂缝。

7.1.2 应用于路面裂缝防治的土工合成材料宜采用玻纤网、土工织物等。

7.2 材料要求

7.2.1 用于裂缝防治的玻纤网和土工织物应分别满足表 7.2.1-1 和表 7.2.1-2 的规定。实际采用的玻纤网网孔尺寸宜为其上铺筑的沥青面层材料最大粒径的 0.5~1.0 倍。采用的土工织物应能耐 170℃ 以上的高温。

表 7.2.1-1 玻纤网材料技术要求

指标内容	指标要求	测试温度(℃)
抗拉强度(kN/m)	≥ 50	20±2
最大负荷延伸率(%)	≤ 3	20±2
网孔尺寸(mm×mm)	12×12~20×20	20±2
网孔形状	矩形	20±2

表 7.2.1-2 土工织物材料技术要求

指标内容	指标要求	测试温度(℃)
抗拉强度(kN/m)	≥ 8	20±2
单位面积质量(g/m ²)	≤ 200	20±2

7.3 设计与施工要点

7.3.1 应用土工合成材料防治路面裂缝,路面的结构型式及厚度不应因加铺了土工合成材料而改变,路面结构及厚度设计应采用《公路沥青路面设计规范》(JTJ 014)或《公路养护技术规范》(JTJ 073)规定的方法。在旧水泥混凝土路面上直接加铺的沥青混凝土面层,厚度宜为 6cm~10cm。

7.3.2 旧沥青路面裂缝防治

1 在旧沥青路面上加铺土工合成材料和沥青混凝土面层,必须首先对旧路进行外观评定和弯沉测定,确定路面代表弯沉值和计算弯沉值,确定旧路处理和加铺层设计方案。

2 施工

1)旧路面清洁与整平

施工前对旧路面应清扫干净,对局部的坑洞和路面严重不平的段落应进行整平。

2)土工合成材料张拉

土工合成材料铺筑时,应先将一端用固定器固定,然后用机械或人力拉紧,张拉伸长率宜为 1.0%~1.5%,并用固定器固定另一端。

固定器包括固定钉和固定铁皮。固定钉可用水泥钉、射钉或膨胀螺钉,钉长 8cm~10cm,膨胀螺钉直径宜为 6mm;固定铁皮可用厚 1mm、宽 3cm 的铁皮条。

3)土工合成材料搭接与固定

玻纤网横向应搭接 8cm~10cm,并根据摊铺方向,将后一端压在前一端部之下;纵向应搭接 5cm~8cm。横向搭接处应采用固定器固定;纵向搭接处可采用尼龙绳或铅丝绑扎固定,固定间距不应超过 1.5m。

土工织物横向应搭接 4cm~5cm,并根据摊铺方向,将后一端压在前一端部之下;纵向应搭接 4cm~5cm。横向搭接处应采用固定器固定,纵向可以直接用粘层油粘结。

4) 洒布粘层油

对玻纤网宜先铺设，再洒布热沥青作粘层油，粘层油每平方米用量约 0.4kg~0.6kg；对土工织物应先洒布粘层油，每平方米用量约 0.3kg~0.4kg，再铺设土工织物，最后再洒布粘层油，每平方米用量约 0.4kg~0.6kg。

5) 施工沥青面层

沥青面层施工方法与普通沥青路面面层施工方法一致，但应注意施工车辆不得在土工合成材料表面转弯。

在摊铺时如出现沥青混凝土摊铺机机轮打滑的现象，应在粘层油表面撒石屑，石屑用量为 $3\text{m}^3/1000\text{m}^2 \sim 5\text{m}^3/1000\text{m}^2$ 。

7.3.3 旧水泥混凝土路面裂缝防治

1 旧水泥混凝土路面评定

旧水泥混凝土路面加铺沥青混凝土面层前必须进行强度及外观评定。评定内容和方法应按《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTJ 012)执行。

2 旧水泥混凝土路面处理

旧水泥混凝土路面板底脱空、接缝两侧的相对位移大于 0.10mm 时，施工前应采取灌浆或其它处治措施，工艺应满足相应的技术要求。

旧水泥混凝土路面的结构性破坏属中、重等时应将旧路面挖除，或先用破碎机将旧水泥混凝土路面破碎，再用重型振动压路机反复碾压密实，以保证板块与基层完全接触。

3 旧路面清洁

在加铺格栅前应清扫旧路面，必要时可用水冲洗旧路面。

4 旧路面整平

旧路面加铺沥青混凝土面层时，应首先进行旧路面整平，以保证旧路面的平整度小于 15mm 的要求；平整度测量宜采用 3m 直尺。

5 土工合成材料的张拉、搭接与固定，粘层油的洒布，沥青面层的施工同 7.3.2 条。

7.3.4 新建道路路面裂缝防治

1 半刚性基层施工养护期间出现的收缩开裂以及碾压混凝土路面的接缝，可采用土工合成材料进行处理，防止裂缝反射到沥青面层上。

2 土工合成材料应置于半刚性基层与下封层（或沥青面层）之间。

3 施工方法同 7.3.2 条。

网易 NetEase
路桥在线 WWW.CLQZX.COM

8 施工质量管理及检查验收

8.1 一般规定

8.1.1 本章所定质量管理及检查验收标准适用于二级和二级以上公路的新建和改建工程，其他等级公路也可参照使用。

8.1.2 施工质量管理包括所用材料的验收、铺筑试验段、施工过程中的质量管理和检查验收。

8.1.3 公路施工单位应按照质量第一的方针和全面质量管理的要求，采取切实有效的措施，不断提高质量管理水平；要在施工单位内部建立健全质量保证体系，严格实行质量自检，以分项工程质量保证分部工程、单位工程和整个建设项目的工程质量。

8.1.4 施工单位必须建立健全工地试验、质量检查及工序间的交接验收等项制度。试验、检查应做到原始记录齐全、数据真实可靠。

8.1.5 土工合成材料应用于公路工程中，作为分项工程完成时应按批准的设计图纸、设计文件、技术规范的要求，对施工质量进行中间检查验收；经检验合格后方可进行下一道工序，凡不符合要求的项目不得进行下一道工序。

8.1.6 由于土工合成材料大多用于隐蔽工程，应加强旁站和作好拍摄照片或录像等实态记录。

8.2 材料验收

8.2.1 在组织现场施工以前以及在土工合成材料（包括粘结剂等）来源发生变化时，必须对拟采用的土工合成材料按设计文件所提供的设计指标要求，按表 8.2.1 所列试验项目和频度，委托具有土工合成材料试验资质的单位进行材料性质以及该材料与土作用特性的试验，以确定所购土工合成材料质量是否符合要求。

表 8.2.1 土工合成材料试验项目

序号	试验项目	拟采用的目的						频 度
		加筋	过滤	排水	坡面防护	冲刷防护	路面裂缝防治	
	单位面积质量	★	★	★	★	★	★	1次/10000m ²
	厚 度	△	★	★	△	★	△	1次/10000m ²
	孔 径	★	★	△	★	★	★	1次/10000m ²
	垂直渗透系数	△	★	★	×	★	×	1次/10000m ²
	水平渗透系数	△	★	★	×	★	×	1次/10000m ²
	条带拉伸	★	★	★	★	★	★	1次/10000m ²
	CBR 顶破	★	★	★	×	★	×	1次/10000m ²
	刺 破	★	△	△	×	△	×	1次/10000m ²
	落锥穿透	△	△	△	×	△	×	1次/10000m ²
	直接剪切摩擦	★	×	×	×	×	×	1次/批
	拉拔摩擦	△	×	×	×	×	×	1次/批
	淤 堵	×	★	★	×	×	×	1次/10000m ²

注：①★为必做试验项目；△为选做试验项目；×为不做试验项目。

②试验频度亦可根据工程规格、所用数量由设计单位或监理单位确定。

③表列“批”见表 8.2.2。

8.2.2 施工单位工地实验室应配备相应的检测仪器，应能进行表 8.2.2 所列的土工合成材料基本试验，还应能进行现场施工质量控制和检验。

8.2.3 施工单位所购材料应附有生产厂家质保书。在进行材料验收时，除应按规定频度随机抽样进行规定的基本试验外，还应对材料的外包装、外观、批号、规格、生产日期等进行检查验收。

8.2.4 验收合格的土工合成材料应按设计文件规定贮存，必须做好防火工作。

8.2.5 表 8.2.1 和表 8.2.2 所列试验项目的试验方法应符合部颁《公路土工合成材料试验规程》(JTJ/T 060)的规定及部颁其它试验规程的规定。

表 8.2.2 土工合成材料工地试验项目

序号	试验项目	拟采用的目的						频 度
		加筋	过滤	排水	坡面防护	冲刷防护	路面裂缝防治	
1	单位面积质量	★	★	★	★	★	★	1次/批
2	厚 度	△	★	★	△	★	△	1次/批
3	孔 径	△	★	△	★	★	★	1次/批
4	条带拉伸	★	★	★	★	★	★	1次/批

注：①★为必做试验项目，△为选做试验项目，×为不做试验项目。

②工地试验频度按所购材料的批次进行，如每批大于 5000m²，则以 5000m² 为一批。

8.3 试验段铺筑

8.3.1 对于高速公路和一级公路等大型基建工程，在应用土工合成材料的工程正式开工前，应结合工程提前修筑试验路段，以达到检验设计、指导施工的目的。

8.3.2 应通过铺筑不同用途的土工合成材料试验段，研究决定表 8.3.2 所列的主要内容。

表 8.3.2 土工合成材料试验段研究决定的主要内容

1. 土工合成材料的选材是否合适
2. 确定标准的施工工艺
3. 确定每一作业段的合适长度
4. 确定工程应用该种土工合成材料是否能达到预期目的

8.3.3 试验工程必须在工前编制试验研究大纲，制定详尽的试验研究计划，并进行试验工程的设计与现场观测。

8.4 检查验收

8.4.1 检查验收的目的是判定完成的土工合成材料工程项目是否满足设计文件与技术规范的要求。

8.4.2 土工合成材料分项工程以及所在分部和单位工程的交工及竣工验收的质量检查评定，应遵照《公路工程质量检验评定标

准》(JTJ 071)的有关规定办理。

8.4.3 在进行检查验收时抽样必须是随机的，不能带有任何倾向性；现场随机取样位置的确定，应按照部颁有关规范进行；对属于隐蔽工程的部位应以检查图片、样品和原始资料为主，必要时可开挖检查。

8.4.4 本规范未列的标准按照部颁《公路工程质量检验评定标准》(JTJ 071)的相应条款执行。

8.5 质量管理

8.5.1 应用土工合成材料工程质量的评定包括质量标准和评定标准，它是检验评定土工合成材料应用工程的质量和等级的标准尺度。

8.5.2 凡应用土工合成材料工程，其所在分项工程、分部工程、单位工程及建设项目质量评分和等级评定，应按《公路工程质量检验评定标准》(JTJ 071)的规定执行。

8.5.3 对某些特殊地区、特殊情况或采用本规范未列出的土工合成材料，在本标准中缺乏具体的技术规定时，应在确保工程质量的前提下，按照实际情况制定技术标准，并报主管部门批准执行。对特大工程或特殊工程，可单独制订比本标准更严格的质量标准进行质量管理。

8.5.4 工程质量检验基本要求

1 土工合成材料质量应符合设计要求，外观无破损、无老化、无污染。

2 在平整的下承层上按设计要求铺设、固定土工合成材料，土工合成材料应按设计要求张拉、无皱折、紧贴下承层，锚固端施工应符合设计要求。

3 接缝联接强度应符合要求，上、下层土工合成材料搭接缝应交替错开。

8.5.5 工程质量检验实测项目应按表 8.5.5-1~表 8.5.5-7 的规定进行。

表 8.5.5-1 加筋工程土工合成材料实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	下承层平整度拱度	符合设计要求	每 200m 检查 4 处
2	搭接宽度(mm)	+50,-0	抽查 2%
3	搭接缝错开距离(mm)	符合设计要求	抽查 2%
4	锚固长度(mm)	符合设计要求	抽查 2%

表 8.5.5-2 过滤工程土工合成材料实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	下承层平整度拱度	符合设计要求	每 200m 检查 4 处
2	搭接宽度(mm)	+50,-0	抽查 2%
3	搭接缝错开距离(mm)	符合设计要求	抽查 2%

表 8.5.5-3 排水工程土工合成材料实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	下承层平整度拱度	符合设计要求	每 200m 检查 4 处
2	搭接宽度(mm)	+50,-0	抽查 2%
3	搭接缝错开距离(mm)	符合设计要求	抽查 2%

表 8.5.5-4 坡面防护工程土工合成材料实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	下承层平整度拱度	符合设计要求	每 200m 检查 4 处
2	固定点间距(mm)	+0,-20	2%

表 8.5.5-5 冲刷防护工程土工合成材料(土工织物软体沉排)实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	下承层平整度拱度	符合设计要求	每 200m 检查 4 处
2	搭接宽度(mm)	+50,-0	抽查 2%
3	充填或压重块体厚度 (mm)	+50,-0	每 100m 检查 4 处

表 8.5.5-6 冲刷防护工程土工合成材料(土工模袋)实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	下承层平整度拱度	符合设计要求	每 200m 检查 4 处
2	模袋厚度(mm)	+50, -0	每 100m 检查 4 处
3	模袋混凝土坍落度(mm)	+20, -20	每 100m ³ 检查 2 次
4	充填料强度(mm)	符合设计要求	每 100m ³ 检查 1 组

表 8.5.5-7 防裂工程土工合成材料实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	下承层平整度拱度	符合设计要求	每 200m 检查 4 处
2	搭接宽度(mm)	符合设计要求(横向)	抽查 2%
3		符合设计要求(纵向)	
4	与下承层的粘结力(N)	≥20	抽查 2%

路桥在线

本规范用词说明

A.0.1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

A.0.2 条文中指定应按其它有关标准、规程执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

附件 公路土工合成材料应用 技术规范

JTJ/T 019—98

条文说明

网易 NetEase
路桥在线 WWW.CLQZX.COM

编制说明

本规范是根据交通部公路管理司交公路发〔1994〕1265号文件的精神要求编写的，旨在规范和推广土工合成材料在公路工程中的应用。

在得到编制本规范的通知后，即着手编写组的组织工作。在广泛调查各单位研究应用土工合成材料的基础上，组成了以交通部重庆公路科学研究所为主编单位，长沙交通学院、河南省交通厅、江苏省交通科学研究所为参编单位的编写组。编写组成立后，经历了编写初稿、召开征求意见会、函征专家意见、送审稿审查、报部审批等阶段的工作，于1998年底完成了本规范。

规范共8章25节，其内容基本上概括了土工合成材料在公路工程中应用的主要项目。其中，第一章“总则”、第二章“术语和符号”、第三章“路堤加筋”、第五章“过滤与排水”由交通部重庆公路科学研究所编写；第四章“台背路基填土加筋”由长沙交通学院编写；第六章“路基防护”、第七章“路面裂缝防治”由河南省交通厅编写；第八章“施工质量管理与检查验收”由江苏省交通科学研究所编写。整本规范的统稿与审稿由交通部重庆公路科学研究所承担。在编写的初期，长沙交通学院对第三章“路堤加筋”提供了平面滑动稳定验算的一些资料。规范对土工合成材料应用于工程的设计、施工、质量检查与验收等都作了较为具体的规定。

土工合成材料包含的范围广泛，其工程应用是一项不断发展完善的新技术。一方面新型材料不断推出，另一方面应用的领域不断扩展，应用的形式在不断更新，应用的实践和理论也存在较大差异。有的项目实践较多，如“路堤加筋”，且建立了一套相对成熟的设计计算方法；有的项目虽在实践中广泛应用，也有相应的计算理论，但应用时很少进行设计计算，如“过滤与排水”；有的经实际应

用反映出有较好的效果，但基本理论研究还不够成熟，目前还难以建立一套完整的设计计算方法，如“台背路基填土加筋”、“路面裂缝防治”、“路基防护”等。针对这样的情况，在编制本规范时，我们对设计计算方法不够完善的尽量加以完善，对基础理论研究不够的侧重于介绍怎样应用，使能通过本规范促进不断的实践，加以进一步完善。

土工合成材料在工程中的应用往往只是一个工程的一项分项内容，因此，在使用本规范时应与相关规范配合使用。对现行规范已编入的内容，如“加筋土挡墙”、“塑料排水板处理软基”、“排水流量的计算”等，为使内容不再重复，本规范未进一步涉及，应用时可参照相关规范执行。

本规范编制过程中，得到了许多单位和个人的大力支持和帮助，提供了许多宝贵的资料和意见，在此，编写组表示衷心的感谢。在使用本规范过程中，对规范的意见和建议请函寄交通部重庆公路科学研究所（地址：重庆市南岸五公里，邮编：400067），以便在修订时参考。

1 总 则

1.0.1 目前土工合成材料在公路工程上应用尚无相应的设计与施工部颁标准。为促进这种材料的应用，使设计与施工有章可循，确保工程建设质量，满足生产实践的迫切需要，特制定本规范。

1.0.2 本规范系交通部行业标准，主要针对交通系统的公路工程建设，其它类似工程结构应用土工合成材料可参照使用。

1.0.3 土工合成材料所包含的种类很多，每一种合成材料的特点都不同，各有其适用条件和适用场合。因此，应用土工合成材料时，必须根据应用目的和具体的工程结构进行材料选择。选择的原则规定于各章节中。

土工合成材料对某些强酸性物和强碱性物反应较敏感。国外有关试验表明：聚丙烯材料浸泡在 $\text{pH}=12.3$ 的氯化钙溶液中，强度降低约 9.5%；浸泡在 $\text{pH}=3.0$ 的硫酸溶液中，强度降低约 12.2%；聚脂纤维带浸泡在 $\text{pH}=12.3$ 的氯化钙 + 0.03% FeSO_4 溶液中强度降低达 25%，浸泡在 $\text{pH}=10$ 的 CaCO_3 溶液中强度降低约 10%。因此应对与土工合成材料直接接触的土料加以限制。根据国外试验成果并参照《公路加筋土工程设计规范》条文说明第 3.2.3 条作出了此规定。

1.0.4, 1.0.5 土工合成材料的设计应符合安全、适用、经济的基本原则。由于它有别于一般的土石方工程，因此，为达到预期的设计效果，应做好施工前的准备，精心施工。

1.0.6 在一些工程中，土工合成材料往往发挥多种功能，如在软基上路堤底部设置土工织物，其兼有过滤、排水、加筋、隔离等多种功能，此时应视设置土工织物的目的和其发挥功能的大小确定相应的设计计算内容。

1.0.7 为配合本规范的应用，规范土工合成材料参数测试方法，

在编制本规范的同时，编制了《公路土工合成材料试验规程》(JTJ/T 060)。在使用时，规范和规程应相互参照。

1.0.8 土工合成材料应用于公路工程中，只是应用材料的变更以及由此而带来的某些结构型式变化。对于公路工程中的一个完整结构，其设计、施工及有关测试方法尚应符合相关规范的规定。

网易 NetEase
路桥在线 WWW.CLQZX.COM

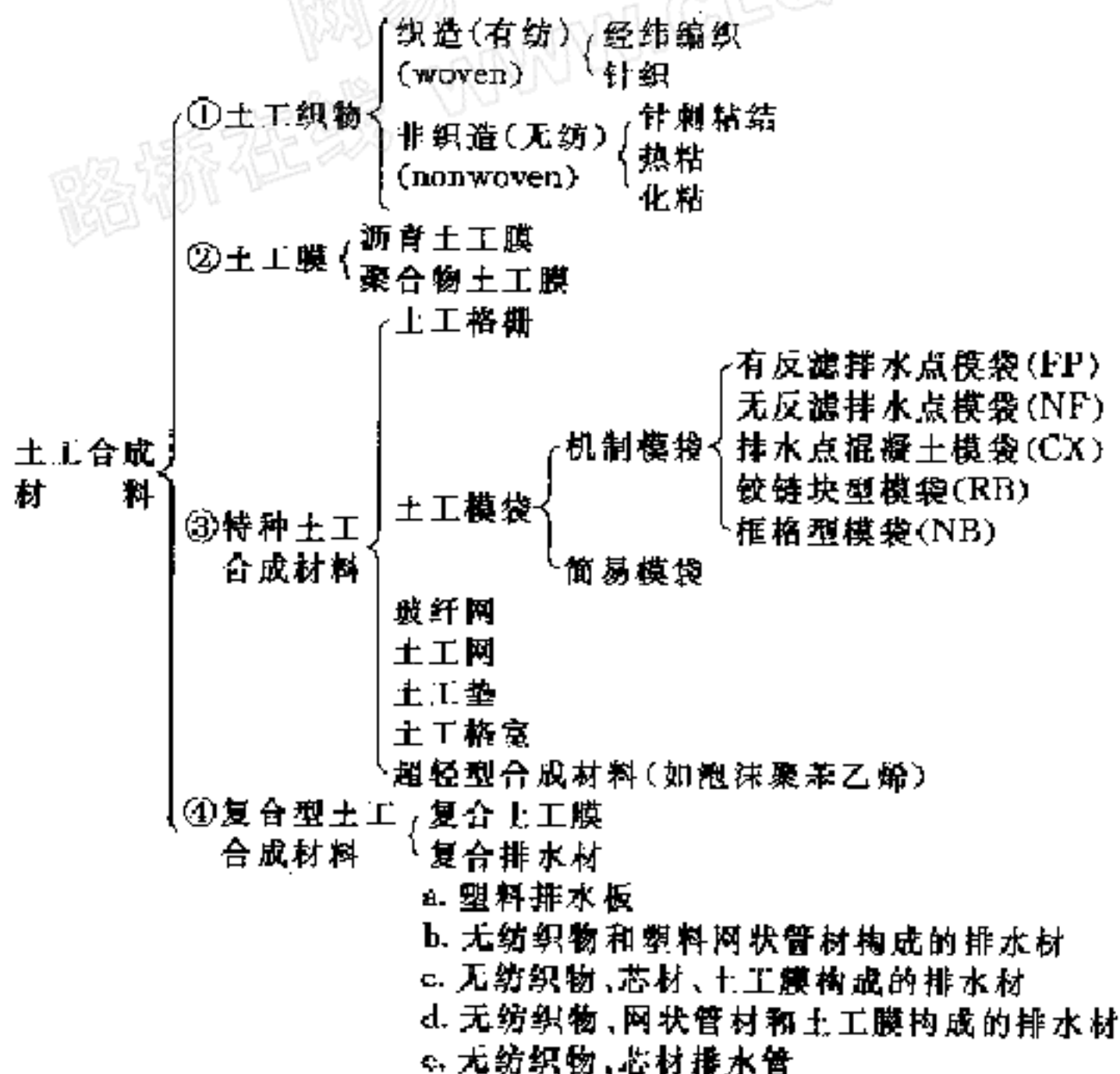
2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 土工合成材料品种多，选用基材复杂，制造方式也千差万别，因此，很难从某一角度（如基材种类、制造方法、组成型式或作用等）给土工合成材料下一确切定义，其分类也存在同样困难。本定义是按目前的普遍认识和习惯名称解释和划分的。

土工合成材料可分为土工织物、土工膜、特种土工合成材料和复合型土工合成材料等类型，如表 2.1.1。

表 2.1.1 土工合成材料分类



2.1.2~2.1.17 各术语的定义在目前没统一，因此，各条文的术语是根据一些文献以及编写组的理解而作出解释的。土工网和土工格栅的最大区别在于强度上，为获得较高的强度，目前的工艺是要进行定向拉伸，因此，在定义土工格栅时强调了定向拉伸和强度。玻纤网有的也称玻璃纤维土工格栅，具有较高的强度，但生产时不需定向拉伸，为与土工格栅所明确的定向拉伸相区别，在此称为玻纤网。另对某些常用术语，如防护、排水以及一些有关土性等方面的术语由于已俗成，故未列入。一些土工合成材料物理、力学、水力学性质术语在《公路土工合成材料试验规程》(JTJ/T 060)中列出，在此不再重复。

2.2 主要符号

符号只列出了各章节共用的和出现频率较高的符号，对公式推导中以及已俗成的符号未列出。有关土工合成材料性能的符号尽可能与《公路土工合成材料试验规程》(JTJ/T 060)统一。

3 路堤加筋

3.1 一般规定

3.1.1 土工合成材料应用于路堤加筋，其主要作用在于提高路堤的稳定性。尽管有工程证实，土工合成材料对路堤的沉降特别是不均匀沉降有一定的减少或调节作用，但这一作用的效果有待进一步认识。

3.1.2 土工合成材料加筋路堤对地基的承载力有一定的要求，一方面是为了保证路堤的稳定，另一方面地基承载力影响着加筋路堤的高度，再一方面是为了控制路堤的沉降。加筋后，路堤具有一定的刚度，其地基的承载力可一般扩大基础估算。地基的处理方法很多，在实际工程中只能根据具体情况确定处理方案，故作了条文的规定。

3.1.3 填方的压实是保证加筋发挥作用的关键，只有具有良好压实的填方，才能保证土工合成材料与土之间具有足够的摩擦力。当填料是粘性土时，压实更为重要。

3.2 材料选择与设计参数

3.2.1 土工合成材料种类繁多，土工织物在国内的应用已比较普遍，国内有多家厂家生产，近年来土工格栅和土工网国内也能生产。通过对国内有关产品试验成果的分析，可得出在纵多的土工合成材料中，以非织造(无纺)土工织物和土工网强度最低，在同等应变下土工格栅强度最高。由于对单纯加筋目的，主要要求的是土工合成材料的强度，且目前各类土工合成材料价格相差无几，因

此，从技术经济角度出发，选择强度高的织造型（有纺）土工织物及土工格栅将更经济。由于土工织物与土的界面摩擦特性比土工格栅差，因此，单纯用于加筋目的时，提出宜优先考虑采用土工格栅。

3.2.2 土工合成材料的抗拉强度是路堤加筋的基本要求。土工织物易受尖硬突出物刺破、顶破，为免受施工损坏，保证强度的发挥，刺破、顶破等强度方面的要求是必需的。

3.2.3 刺破强度要考虑施工荷载要求。根据受力分析，土工织物承受的刺破力 P_z 为

$$P_z = (\pi/4)(q_F d_{50}^2 - q_R d_D^2)$$

这里， q_F 、 q_R 分别为上部荷载作用于织物上的力和地基反力。考虑到 q_R 不易计算，取 $q_R = q_F$ ，则上式变为：

$$P_z = (\pi/4)(d_{50}^2 - d_D^2)q_F$$

如设接触面积为 A ，取安全系数 $F_s = 3$ ，则

$$\begin{aligned} P_z &= \frac{3\pi}{4}(d_{50}^2 - d_D^2)q_F \\ &= \frac{3\pi}{4}(d_{50}^2 - d_D^2) \frac{P}{A} \\ &= 2.36P(d_{50}^2 - d_D^2)/A \end{aligned}$$

P_z 应小于刺破强度，故得式(3.2.3-1)。

对式(3.2.3-2)作如下说明：

根据应力扩散理论，在土层表面作用的均布荷载，在深度 h 处的扩散面积为

$$A = 2(B + 2htg\alpha)(L + 2htg\alpha)$$

由于扩散角 α 不易确定，实测表明： $tg\alpha = 0.5 \sim 0.7$ ，这里取 $tg\alpha = 0.6$ ，则得

$$A = 2(B + 1.2h)(L + 1.2h)$$

根据 Gitoud 等的研究，对一般车辆

$$B = \sqrt{P/p_c} \quad L = 0.707B$$

对重型施工设备

$$B = \sqrt{1.414P/p_t} \quad L = 0.5B$$

考虑到目前高等级公路施工机具多为重型施工设备，对典型的重型施工设备， $p_t=620\text{kPa}$ ，从而得式(3.2.3-2)。

3.2.4 同刺破强度一样，顶破强度也是考虑施工而提出的要求。同 Mollen 顶破试验相似的原理，可导出织物所受的顶破力为

$$P_D = \frac{1}{4}\pi d_{\text{CBR}}(d_{50} - d_D)q_u$$

q_u 为织物下土体承载力，由于该值不易准确确定，为此建议采用《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024)规定的容许承载力取值。取安全系数为 3，同时采用 CBR 顶破试验之值，则可得式(3.2.4)。

3.2.5 土工合成材料除应满足设计要求外，还应能经受施工荷载和机械的损伤。土工格栅和土工网均为网眼结构，受施工场地填方土料的影响较小，故条文中仅对土工织物作出了规定。施工条件对土工织物造成的影响，国内的研究不多，国外对有关施工条件对土工织物造成损坏的程度进行了研究，条文考虑到国内的实际情况结合国外的研究成果而规定。

3.2.6 设计抗拉强度的取值一般以某一应变变量对应的强度为标准，这一应变变量值目前国内外尚未取得共识。国外大多规定取应变变量 5% 时的拉力作为设计值；也有取应变变量 10% 的拉力作为设计值的路堤，仍未发现过大的变形。我国《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》(JTJ 017)则规定取应变量为 10% 的拉力作为设计值。但随着土工合成材料配方及生产工艺的改变，低应变的土工合成材料大量出现，如国产的土工格栅，其拉断时的应变不足 10%。因此单一的应变指标控制设计拉力，不能全面反映土工合成材料的发展。根据国内外有关试验，在实际工程中土工合成材料的强度主要受施工机械破坏及材料蠕变的影响。考虑这些因素，参照国外有关经验数据，给出了条文的有关规定。

3.2.7 土工合成材料与土的界面摩擦系数有两种试验方法测定，即(1)剪切试验，(2)拉拔试验。我国长江科学院比较了两种试验方法的结果，两者相差不大，但剪切试验成果比较稳定、易做，故

从简单出发规定采用剪切试验。国外许多试验表明，加筋材料与土的界面摩擦系数 f_{GS} 满足 $(2/3)\text{tg}\varphi \leq f_{GS} \leq \text{tg}\varphi$ (这里 φ 为土内摩擦角)，我国《公路加筋土工程设计规范》(JTJ 015)第 3.2.4 条建议的值也满足这一表达式。故条文为简化，对土工织物采用 $f_{GS} = (2/3)\text{tg}\varphi$ ；对土工格栅和土工网，由于是网格材料，其上、下的土体几乎完全接触，界面摩擦系数基本与 $\text{tg}\varphi$ 相等，国外许多试验证实其摩擦系数为 $(0.88 \sim 0.92)\text{tg}\varphi$ ，据此为简便作了条文的规定。综合内摩擦角的取值目前没有合适的方法，在实际工程中可参照《公路加筋土工程设计规范》(JTJ 015)的有关规定取值。

3.2.8 土工合成材料加筋路堤，填料易于压实是基本要求，至于哪些土料才能与土工合成材料产生足够的摩擦力，国内试验资料较少。作为指导设计和施工，土料选择可参考《公路加筋土工程设计规范》条文说明中的第 3.2.1 和 3.2.2 条。

3.2.9 填料的设计参数主要有 c 、 φ 、 γ 值，填土重度 γ 值一般由设计拟定，土体的强度参数 c 、 φ 值随土料不同而不同。因此，一般情况下应由试验确定，且采用何种强度参数应视路堤的工作状态及排水条件而定；当无试验条件时，其强度指标的取值可采用经验值，经验值的选取应根据相关或相似工程经分析取用。由于各材料强度指标变化较大，因此条文未推荐列出土料经验值。

3.3 结构形式

3.3.1, 3.3.2 土工合成材料加筋路堤结构形式种类较多，条文给出了三种主要形式，图中尺寸是一种建议范围。一般而言堤坡坡比不宜过缓，否则将不经济。在结构形式的选择中，经济合理、施工方便是基本原则。

3.3.3 为保证路堤排水良好和避免土工合成材料受不良化学物质的浸蚀，作出了条文的规定。

3.3.4 多层土工合成材料以一定间距分层铺设，为便于施工，各层间距不宜小于一层填料的最小压实厚度；而最大间距的要求则

是根据加筋效应和坡面防护的要求，参照国外经验而提出的，尤其对陡坡路堤。

3.3.5 一般路堤施工时，边坡附近 1.5m 范围内土体压实较困难。为使土工合成材料能有效发挥作用，作了条文的规定。

3.3.6 地基为软基时，土工合成材料设于路堤底部更有利于加筋效果的发挥。

3.4 设计计算

3.4.1 加筋路堤的设计有多方面的内容，条文仅列出主要内容。

3.4.2 加筋路堤均须进行设计计算。稳定计算和锚固长度计算是设计计算的两个主要内容；沉降计算虽然也是路堤设计的一项重要内容，但目前尚难在沉降计算中考虑加筋的作用，因此如需进行沉降计算，可采用分层总和法而不计加筋作用。

3.4.3 稳定安全系数的取值是一个较复杂的技术经济问题，就目前而言还没有一个公认的合理方法确定安全系数。一般认为安全系数不仅应和采用的稳定计算模式相联系，而且还应和采用的计算参数配套。我国《公路路基设计规范》规定的最小安全系数为 1.25；我国铁路路基设计规范规定的安全系数为 1.05~1.15；我国港工规范的安全系数值，根据强度指标的不同取 1.1~1.5；国外推荐的安全系数值，则根据安全等级的不同取为 1.05~1.5。综合国内外有关资料，可得出对边坡安全系数的取值有如下特点：

(1) 建议的安全系数值多在 1.05~1.50 范围；

(2) 造成生命财产损失、风险高的边坡的安全系数取值大于风险低的边坡；

(3) 要求长期保持稳定的边坡较要求短期保持稳定的边坡的安全系数取值大；

(4) 安全系数的取值应考虑所采用的计算方法及试验资料的可靠性。

显然，安全系数取得过高工程将不经济，综合国内外有关建议

结果并参照我国公路设计有关规范，拟定了条文之值。

3.4.4, 3.4.5 加筋路堤的稳定计算方法大多在条分法的基础上派生，由于条分法有多种计算模式，使得加筋路堤的稳定计算也就有多种模式，为与公路有关规范相配合和相适应选择了这种模式。

3.4.6 由条文中图 3.4.6-1 和 3.4.6-2 经力平衡条件可导出条文中的公式。

3.4.7 土工合成材料必须有一定的锚固长度方能发挥加筋的作用，条文公式由力平衡条件导出。条文同时规定了土工合成材料的最小锚固长度。

3.4.9 对加筋路堤须进行边坡防护。如防护采用传统的方法，则《公路路基设计规范》(JTJ 013)已有相应的设计方法和要求；如采用土工合成材料防护，则本规范有专门的章节，故作了条文的规定。边坡种草是当今的发展趋势，因此在有条件时尽量采用植草皮的方法。对条文中图 3.3.1-1 所示的结构形式，采用植草皮的方法更为经济有效。

3.4.10 鉴于土工合成材料加筋路堤在国内应用不多，为指导设计人员的设计实施，条文给出了加筋路堤设计的一般步骤。加筋路堤的设计靠手工是难以完成的，需应用计算机程序来完成。

3.5 施工要点

3.5.1 土工合成材料加筋路堤的施工，主要在于保证合成材料能充分发挥作用，因此条文将它作为基本原则予以强调。

3.5.2 目前国产土工合成材料纵、横两个方向的强度并不一致，一般纵向强度较高。而作为路堤，其边坡坍塌多表现为侧向移动，此时将强度高的方向置于垂直于路堤轴线方向更有利发挥其强度高的优势。

3.5.3 土工合成材料的联接有绑扎、缝合、粘合等方法，一般对土工格栅及土工网采用绑扎方法，而对土工织物多采用缝合法和粘合法。根据一些工程经验，当采用绑扎法时，一般每隔 10cm～

15cm 应有一绑扎节点，且为使搭接处的强度满足要求，搭接长度一般不小于 10cm，在受力方向搭接至少应有两个绑扎节点。当采用缝合法进行联接时，一般采用工业用缝纫机，缝接长度在 20cm 左右。粘合法很难保证联接质量，因此在工程中最好少采用。由于各种联接方法的联接质量受施工影响较大，因此条文未作具体规定，仅给出了联接质量要求。

3.5.4 土工合成材料在铺设时，如有褶皱将不利于效果的发挥。在工程中为保证土工合成材料的铺设质量，常采用插钉等固定方法，当然也可采用其它固定方法。

3.5.5 铺设土工合成材料的土层表面如有坚硬凸出物则易穿破土工合成材料，从而使单位宽度的土工合成材料强度降低，因此在铺设土工合成材料前，应先将场地整平好。对土料粒径的限制，是为使土工合成材料不被坚硬凸出物穿破和使铺设层填土表面平整的保证措施。

3.5.6 土工合成材料摊铺好后应立即用土料填盖。目前大部分土工合成材料由合成化工原料制成，这种材料受阳光等紫外线照射易于老化，为此条文规定铺好后的土工合成材料两天内应覆盖；当然如无紫外线照射，则可适当延迟覆盖时间。

3.5.7 土工合成材料加筋路堤，其土体填筑质量不应因加筋而有所放松，这是为发挥加筋作用、保证路堤稳定的必须要求，在此予以强调。

3.5.8 规定此条的目的在于保证土工合成材料不致因机械施工而受到损伤。

3.5.9~3.5.10 条文规定目的在于充分发挥土工合成材料的加筋效果，以使土工合成材料铺设尽量拉紧和不受损坏。

软土地基如直接用重型机具碾压，易破坏土体结构强度和使土工合成材料变形，为预防不良后果的出现，作了条文的规定。

3.5.11 边坡防护应和路堤填筑同步进行，当施工难以达到时应采取必要的临时措施，如对土工合成材料涂刷沥青等，实际工程中也可采取其它更有效的技术措施。

4 台背路基填土加筋

4.1 一般规定

4.1.1 在桥涵、通道等横穿公路的构造物与构造物台背的路基填土之间，往往因为刚度悬殊而产生阶梯状不均匀沉降，引起“桥头跳车”现象发生。为此，交通部在“八五”期间，组织了长沙交通学院、湖南省公路管理局和湖南省高速公路建设开发总公司对采用 Netlon 土工网加筋桥涵、通道等过路构造物台背的路基填土，以减少构造物台背与路基填土之间的不均匀沉降为宗旨进行了科技联合攻关，从加固机理、设计方法到施工工艺进行了系统的研究，并在 320 国道白关桥和 107 国道龙云桥上进行了工程试验。试验结果如图 4.1.1 所示。

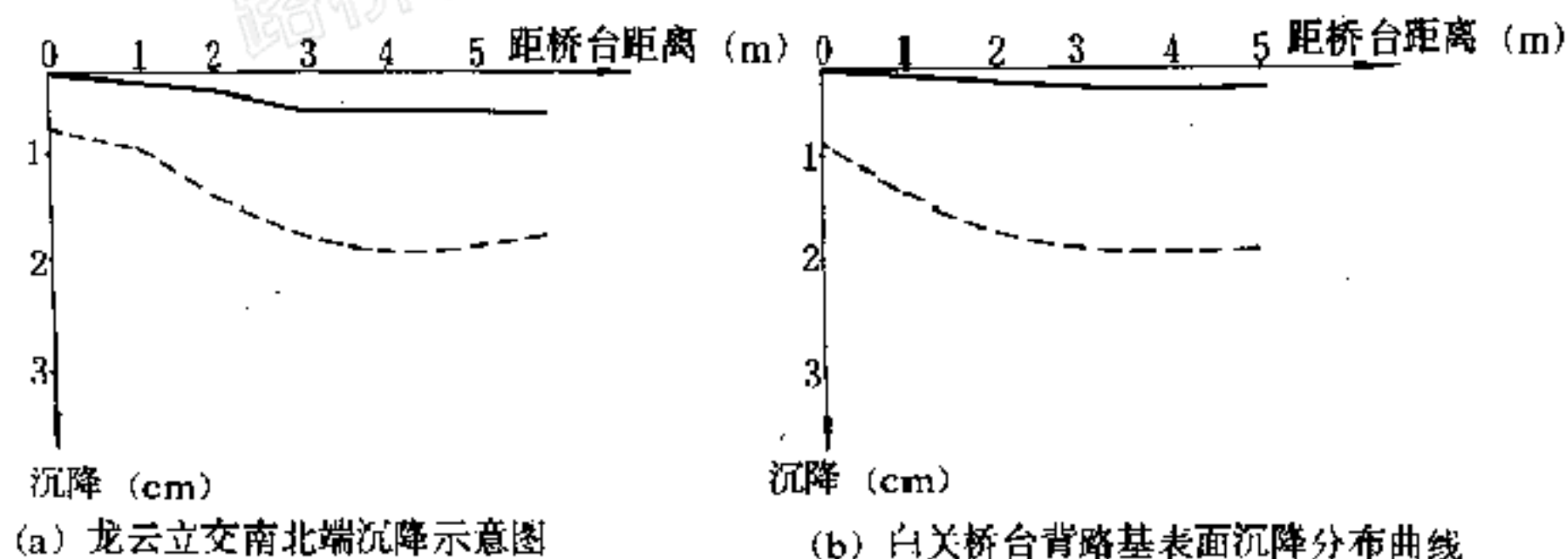


图 4.1.1 土工网加固台背填土不均匀沉降的对比曲线

图中，虚线表示未采用土工网加固端台背填土的沉降曲线，实线表示采用土工网加固端台背的沉降曲线。白关桥的测试数据是在开放交通后一年测得的，龙云桥的测试数据是在开放交通后两年测得的，加固端与未加固端最大沉降之比为 1 : 6~1 : 10。

该项成果经鉴定后，又在长沙至湘潭、深圳至汕头、楚雄至大理等 3 条高速公路的 12 座桥台上进行了推广应用。工程实践证明，采用土工网加筋构造物台背的路基填土对减少构造物与路基之间的不均匀沉降确有明显的效果，故在本规范中编入了这一研究成果。

采用土工合成材料加筋构造物台背的回填土主要是利用土工合成材料与构造物之间的锚固力以及与回填土之间的嵌锁力和界面摩阻力，将结构物与回填土联为一体，以增强其整体性，减少两者之间的不均匀沉降。但是，在回填土中，采用土工合成材料加筋并不能提高地基的承载力，也不能有效地阻止地基的沉降。因此，只有当地基具有足够的承载力，在填土自重荷载与交通荷载的联合作用下，不致破坏而产生大的沉降时，土工合成材料加筋才会产生明显的效果。

4.1.2 目前在工程试验中获得成功的试验桥台高度一般在 4m~12m 之间，故将土工合成材料加筋适宜的桥台高度定为 5m~10m。

4.1.3 到目前为止，采用土工合成材料加固过路构造物台背填土的试验桥台均采用的是 CE131 型 Netlon 土工网，故条文中所规定的加筋材料的特性参数是参照 Netlon 土工网提出的，其它强度更高的土工合成材料亦可用作加筋材料。

4.1.5 土工合成材料与填料之间的界面摩阻力是保证加筋效果的关键因素，是选择加筋材料的主要依据，应该通过试验确定。因此，在条文中只提出了相对要求，而未给出具体的数值范围。

4.2 土工合成材料的布设

4.2.2 土工合成材料铺网间距的计算公式(4.2.2)是通过对桥台加筋材料及土体三者之间相互作用的力学特性和变形特性进行系统的理论分析后提出的理论公式。

事实上，如果忽略土体及土工合成材料水平方向的位移而假

定在正常工作状态下，两者均只产生垂直方向上的位移。同时，设土工合成材料在垂直方向上的位移 w 沿路线纵向的变化率 dw/dx 大大地小于 1，则在线弹性条件下可得土工合成材料的非线性控制方程式(4.2.2-1)。

$$\begin{cases} T \frac{d^2w}{dx^2} + \frac{dT}{dx} \frac{dw}{dx} + q = 0 \\ \frac{dT}{dx} + \tau = 0 \end{cases} \quad (4.2.2-1)$$

式中： T ——土工合成材料的张力；

w ——土工合成材料的垂直位移；

q ——填土对土工合成材料的垂直力；

τ ——填土对土工合成材料的水平力。

根据室内外试验观测到的土工合成材料的变形特性，可将 w 表示为如下指数函数形式：

$$w = w_{\max}(1 - e^{-x/L}) \quad (4.2.2-2)$$

进一步利用土工合成材料的变形协调关系和应力应变特性可得到：

$$T = T_{\max} e^{\frac{2x}{L}} \quad (4.2.2-3)$$

另一方面，注意到在土工合成材料与构造物的联接处($x=0$ 处)，由于土工合成材料本身具有抵抗横向剪切变形的能力，其上部土体的自重荷载不能越过土工合成材料而传给下部土体，故有：

$$q|_{x=0} = q_{\max} = \Delta H \cdot \gamma \quad (4.2.2-4)$$

联立求解方程(4.2.2-1)、(4.2.2-2)、(4.2.2-3)、(4.2.2-4)后可得如下铺网间距设计的理论公式：

$$\Delta H = \frac{12T^2 E_0 (1 - \mu_0)}{E_T \gamma_m P (1 + \mu_0) (1 - 2\mu_0) [\gamma_m (H_m^2 - Z^2) / P + 2(H_m - Z)]} \quad (4.2.2-5)$$

式中： ΔH ——距路基表面深度为 Z 处的铺网间距(m)；

T ——土工合成材料的张力(N/m)；

H_m ——路基顶面与构造物基础顶面之间的高差(m)；

Z ——上一层土工合成材料铺设位置距路基表面的垂直距离(m);

E_T ——土工合成材料的拉伸模量(N/m);

E_0 ——路基土填筑压实后的变形模量(N/m);

μ_0 ——路基土填筑压实后的泊松比;

P ——路基顶面所承受的来自于路面自重与交通荷载的垂直压力(N/m);

γ_m ——路基填土压实后的重度(N/m³)。

为了便于设计计算,将 E_0 取为 20MPa, μ_0 取为 0.35, γ_m 取为 20kN/m³, p 取为 0.1MPa, 并引入标准轮压 p_0 ($p_0=0.7$ MPa) 对量纲进行归一化处理, 同时, 将 T 取为土工合成材料的设计抗拉强度, 即可得本规范所推荐的设计计算公式(4.2.2), 即下式。

$$\Delta H = \frac{2000T_{rc}^2}{E_T \gamma_m H_m \left[3.5 \frac{\gamma_m H_m}{p_0} \left(1 - \frac{Z^2}{H_m^2} \right) + \left(1 - \frac{Z}{H_m} \right) \right]} \quad (4.2.2-6)$$

10 多个试验桥台的试验结果表明, 上述铺网间距设计的计算公式是符合工程实际的, 但在采用土工合成材料加固时应注意, 当桥台高度大于 12m 时, 采用土工合成材料加固的工程费用太高, 故需慎重选择。此外, 有限元计算发现, 当铺网间距大于 1.2m 时, 土体与土工合成材料交界面上的剪应力很大, 有可能导致两者之间的相对滑动, 从而破坏台背填筑体的整体性。因此, 在条文中提出, 在路基顶面以下 5m 深度的范围以内, 铺网的最大间距以不大于 1m 为宜。

4.3 施工要点

4.3.1~4.3.8 规范中所提出的施工要点, 是在总结 10 多个构造物台背路基填土加筋的施工经验后提出的。工程实践证明, 只要严格按照施工要点组织施工, 即可保证施工质量。

5 过滤与排水

5.1 一般规定

5.1.1 土工合成材料本身具有一定的排水与过滤功能，有时为满足设计要求或为了增强、更充分地发挥其排水与过滤功能，往往与其它材料配合（如土工织物与砂石料配合）共同形成良好的排水体或过滤体。

本条列出土工合成材料作为过滤体和排水体的一些主要应用场合。在公路工程中，应用的场合还很多，在此，仅以示列予以说明。

5.1.2 土工合成材料的范围很广，本条对具有过滤和排水功能的土工合成材料种类作出原则选定，以便选择材料时参考。

5.1.3 土工织物用于过滤和排水，在施工中以及使用期内不可避免会受到外力的作用，因此，要求其具有一定的强度。表 5.1.3 摘自美国 AASHTO Designation: M288—96 DRAFT 1995，对照我国生产的土工织物性能指标，大部分厂家的产品当单位面积质量达到 $300\text{g}/\text{m}^2 \sim 500\text{g}/\text{m}^2$ 时，能满足表中要求，故在此引用了这一基本要求。

5.1.4 在《公路排水设计规范》(JTJ 018)、《公路路基设计规范》(JTJ 013)、《公路沥青路面设计规范》(JTJ 014)、《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTJ 012)、《公路隧道设计规范》(JTJ 026) 等中，已对相应排水结构设计的有关内容作了明确规定，本节不再重复。土工合成材料用于过滤和排水多为增强和改善过滤结构和排水结构的过滤排水能力，因此本章只对土工合成材料的过滤和排水能力提出相关的计算方法和要求。

5.2 过滤设计

5.2.1 过滤设计以过滤准则为设计原则。过滤准则包括挡土准则、透水土准则和淤堵准则三个方面，即要求土工合成材料既能挡土，又不致在长期使用条件下由于土中细粒流入产生过量淤堵而影响其透水性。

5.2.2 荷载、渗流、被保护土质情况等均会对土工合成材料的过滤性能产生影响，因此，根据实际工程情况，进行相应的渗透试验或模型试验，建立合适的过滤准则来选择土工合成材料，对重要的工程或结构是十分必要的。

重要的工程、结构很难一概而论，因此，在此只原则性提出，没有指明哪一级工程，哪一种结构。

过滤准则的研究至今已有 20 多年的历史，其间国内外不断提出许多新的和改进的过滤准则，发展趋势由简到繁，考虑的因素越来越多。总的看来，静荷单向水流下的过滤准则较为成熟，动荷或双向水流下的过滤准则还处于研究阶段。在此提出的三方面要求〔式(5.2.2-1)~(5.2.2-3)〕主要针对静荷单向水流，即水总是从被保护土体流入土工合成材料的情况。

对静荷单向水流下的过滤与挡土准则，具有代表性的在国内工程中应用较多的是美国陆军工程师团准则（也称 Calhoun 准则）、Giround 准则和德国土力学及基础工程学会准则（也称 Heerten 准则）。三个准则一种比一种考虑的因素更多，更为周到合理。Giround 准则考虑了被保护土颗粒级配情况和紧密情况；Heerteen 准则则将被保护土分为有问题土和稳定土两大类，并考虑原土颗粒级配情况；Calhoun 准则只将土简单地分为粗粒土和粘粒土，用织物孔径和土颗粒径的大小对比来建立挡土准则。这三个准则中，Calhoun 准则简单，物理概念明确，在我国工程中得到广泛使用。由于其一方面假定被保护土都是均质的（不均匀系数 $C_u < 2$ ），没有考虑被保护土层可能形成天然滤层，在设计上偏于安

全和保守，国内许多工程的实践经验认为在挡土方面是可靠的；另一方面，其土类的划分标准与我国现行土工试验规程划分标准较一致，织物的等效孔径试验方法和取值与我国多数部门或工程实践采用的方法、取值相近和相同。基于简单、便于应用、安全可靠、便于与现行方法标准衔接几方面考虑，选取 Calhoun 准则作为挡土准则。

在透水准则方面，目前常见的有两种表述方式。其一是以等效孔径和特征粒径表示的准则，要求织物的孔径大于某一数值，如 $O_{95} > d_{15}$ ；其二是以渗透系数表示的准则，要求织物的渗透系数 k_g 大于土渗透系数 k_s 的某一数值，如 $k_g > Ak_s$ 。美国联邦公路局取 $A = 1 \sim 10$ ，法国土工织物与土工膜委员会取 $A = (10^3 \sim 10^5) T_g$ (T_g 为织物厚度)。郭庆国(1992)研究了三种土工织物渗透系数随压力的变化，得出压力由 $0 \sim 1600\text{kPa}$ ，渗透系数平均减少 14.8 倍。综合分析各研究情况，参考《土工合成材料工程应用手册》的建议，认为对新的土工织物取 $k_g > 10k_s$ 比较合适。

在淤堵准则方面，美国陆军工程师团曾利用不同种类的无粘性土和土工织物进行了梯度比试验，得出 $GR \leq 3$ 的梯度比准则。虽然国内外一些研究者对具体的取值及试验结果的实用性等提出异议，但目前它仍然是国际上判断织物淤堵的一项通用指标，可在一般工程设计中应用。对于比较重要的工程，仍以采用长期的渗透试验来确定更可靠。

对动荷及双向水流下的过滤准则，尽管也提出了一些研究成果，但由于其受力条件及水流情况的复杂性，始终未得出比较通用的过滤准则。一般认为，由于这两种情况使土工织物所处环境更为恶劣，对织物滤层的要求应更为严格，而且以采用较厚的无纺布并与砂层相结合的措施较为合适。

对公路工程而言，双向水流情况较少（一般仅在沿河护坡工程及沿河挡土工程中遇到），动荷作用也不大，因此，没单独提出要求。在沿河挡护工程中，土工织物滤层不会单一暴露在外，而往往是其上有块石或混凝土块覆盖层。据王殿武(1992)的研究结果，

在此条件下，可取 $O_{90} < (2.5 \sim 10)d_{90}$ ，这一要求比 Calhoun 准则要求还宽松些。因此，对公路工程中的双向水流情况，静荷单向水流的过滤准则也可参考采用。

5.2.3 单纯铺设一层土工织物，在动荷作用下，不能阻止地基中的细粒上升，因此，在土工织物上下铺设一层砂保护层和砂垫层。我国铁道科学研究院杨灿文等根据我国南方各省的 20 多个试验段结果提出了“应用聚合材料防止路基基床翻浆冒泥的原则和技术条件”，对织物滤层设计提出如下准则：

防止管涌： $O_{95} < d_{85}$

保证渗透： $d_{95} > d_{15}$

反滤均匀： $O_{95} < 2d_{50}$

除增加了反滤均匀要求外，其与本节所提出的过滤设计要求基本是一致的。公路的动载往往比铁路小得多，因此，采用铁科院的经验应当说对公路是偏于安全的。

5.3 排水设计

5.3.1 在公路工程中，排水系统往往由多种排水形式和结构组成。土工合成材料作为一种排水体或排水结构在排水系统中所起作用作用是局部的，因此，要求与排水系统中的其它排水结构充分配合，完成排水功能。

5.3.2 土工织物包裹碎石作为排水暗沟或渗沟、包裹带孔管件作为排水暗沟时，主要起过滤作用，代替传统的砂砾过滤层。因此，要求其满足过滤准则要求。

5.3.3 由于土工织物包裹碎石作排水暗沟或渗沟主要起过滤作用，因此，暗沟或渗沟的尺寸、布设方式、间距、坡度等不能因设土工织物而改变，仍按相关规范的相应条款进行设计确定。

5.3.4 影响道路翻浆的主要因素有土质、水分、温度、行车荷载及路面结构等，其中水分、土质、温度是内因，行车荷载和路面结构是外因。翻浆的过程实质上是水在地基土中转移变化的过程。土工

织物用于处治道路冻融翻浆主要起隔离和排水作用，能有效地切断下部向上的毛细水的迁移。王泽田、洪有纬(1989)的工程试验研究表明，最大含水量位置往往在路面下 70cm~80cm 处，符合路基冬季最大聚冰层位置，把土工织物设置于此位置，可取得较好效果。

5.3.5 塑料排水板是处治软土地基的常用手段，其主要起排水、加速固结作用。在《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》(JTJ 017)中已对此作了相应规定，故在此不再重复。

5.3.6 土工合成材料单独使用时的排水能力有时是有限的，需同其它排水材料配合共同形成排水体，如外包土工织物的暗沟、渗沟以及挡墙后的排水层等，此时，土工织物主要起过滤作用，应满足过滤准则的要求。排水体的位置、布置方式、材料、结构形式等应参照相应规范进行设计，符合相应条款的要求。排水体断面的尺寸可根据土工合成材料的排水能力和其它排水措施的排水能力共同确定。

5.3.7 土工织物、塑料排水板等土工合成材料的排水能力与所受压力和淤堵情况有较大关系。有试验指出(速宝玉 1990)，当压应力达 50kPa 时，无纺织物的渗透系数与无压时相比可减小一半左右；当压应力达 300kPa 时，渗透系数为无压时的 1/6。Bucher (1982)针对两种无纺织物(聚脂针刺单位面积质量为 270g/m²，聚丙烯单位面积质量为 200g/m²)所进行的试验结果为，压力由 10kPa 增加到 800kPa，两种织物的导水率 θ 分别降低了约 12 倍和 4 倍。各种土工合成材料在不同压力下导水性能差异较大，因此，要求试验确定导水率指标时应考虑实际受压情况，得出较为可信的指标值。淤堵造成渗透系数降低直接影响土工合成材料的排水能力，陶同康(1989)根据室内外织物滤层的淤堵试验结果得出，淤堵前后织物的渗透系数之比 $A = k_g/k$ ，一般小于 5；原联邦德国方修士研究所资料为 $A = 1.3 \sim 88.9$ ，其中 $A < 5$ 占 31.25%， $A = 5 \sim 10$ 占 31.25%， $A = 10 \sim 20$ 占 25%， $A > 20$ 占 12.5%。综合各种情况，取安全储备 $F_d = 10$ 以考虑淤堵对排水能力的影响。

由于土工织物的厚度不大，受压后变得更薄，故当渗流是沿着土工织物平面进行时，排水能力较弱。因此，在应用中，往往与其它排水材料（如砂层）配合共同起排水作用。

当土工织物、塑料排水板等土工合成材料单独作为排水体或在排水体中不计及其它材料或结构的排水作用，只考虑其自身的排水作用排除图 5.3.7 所示地基压缩固结而产生的水流时，可按下述方法估算地基排出水流量以及要求的土工合成材料导水率。

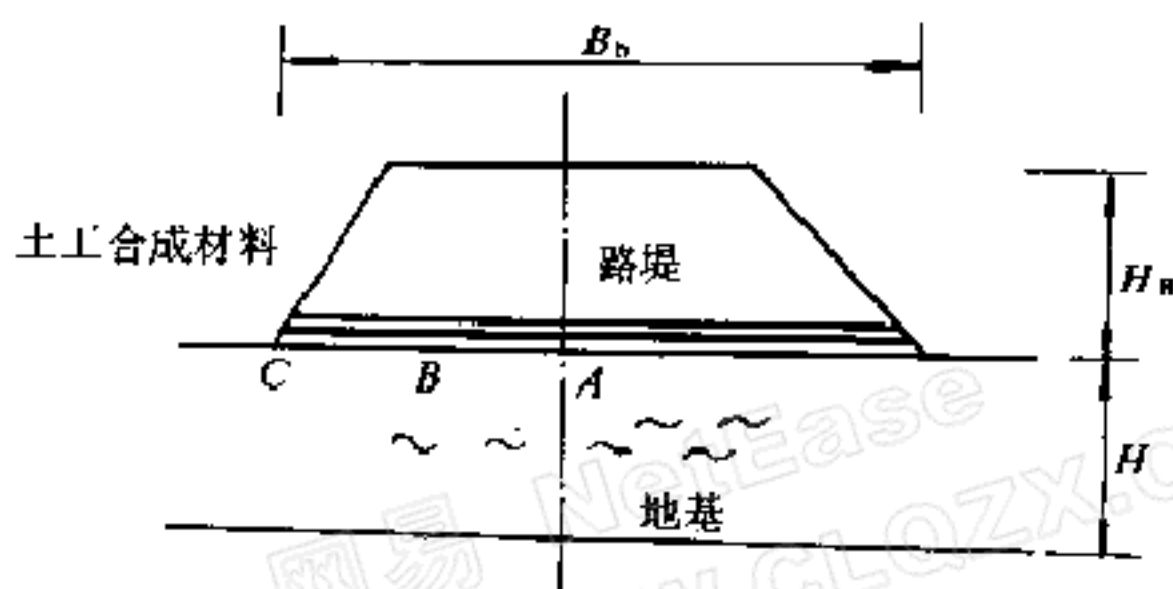


图 5.3.7 排除地基压缩固结水流

(1) 地基排出水流量 q_{tc} 的计算

$$q = \frac{S_{tc} B_b}{t_c} = \frac{U_{tc} S_{\infty} B_b}{t_c} \quad (5.3.7-1)$$

式中： q_{tc} —— t_c 时刻每一延米地基排出的平均流量 (m^3/s)；

S_{tc} —— t_c 时刻地基的沉降量 (m)；

S_{∞} ——地基的最终沉降量 (m)；

U_{tc} —— t_c 时刻地基的平均固结度；

B_b ——路堤底宽。

在排水设计时，应以早期固结段的排水量为准，计算时应选用某一特定时刻 t_c 进行计算。 t_c 愈短则对排水层的透水能力要求愈高。路堤荷载施加较快时，可取 t_c 为施工期；路堤施工期较长时， t_c 可取半个月或一个月，视工程要求而定。

当平均固结度 $U_1 = 35\%$ 时，可按以下经验式估算固结度 U_{tc} ：

$$U_{tc} = \left(\frac{4C_v t_c}{H^2 \pi} \right)^{1/2} = \frac{2}{H'} \left(\frac{C_v t_c}{\pi} \right)^{1/2} \quad (5.3.7-2)$$

式中： C_v ——地基土的固结系数(m^2/s)；

H' ——地基土排水距离(m)，单面排水时，取全部土层厚度，双面排水时取土层厚度的一半。

由于排水层在水平两方向都可以排水，故取一半底宽 $B_b/2$ 计算。排水层各点流量不一样，在堤中线点 A 为零，在堤脚 C 处最大，按中点 B 处平均流量考虑。这样需由土工合成材料排出的平均水流量 q_{tc} 为

$$q_{tc} = \frac{q}{4} = \frac{U_{tc} S_{\infty} B_b}{4t_c} \quad (5.3.7-3)$$

(2) 水流水头损失 Δh_g 的计算

$$\Delta h_g = \alpha_s \frac{P}{\gamma_w}$$

式中： α_s ——水头损失系数，可取为 0.05~0.1；

P ——沿排水层长度 $B_b/2$ ，土工合成材料所受附加应力差 (kPa)，可取为堤底附加应力；

γ_w ——水的重度 (kN/m^3)。

(3) 导水率 θ 要求

设计要求土工合成材料的排水能力大于需排出的水流量，从而要求导水率

$$\theta \geq F_d \frac{\eta q_{tc} B_b}{2\beta \Delta h_g} \quad (5.3.7-4)$$

式中： F_d ——考虑淤堵的安全系数，可取 $F_d=10$ ；

η ——加速固结倍数，当只有水平排水层时， $\eta=1$ ；当同时有垂直塑料排水板等加速固结的措施时， η 取同 t_c 时刻加速固结的倍数；

β ——土工合成材料布设方式系数，即沿路堤纵向每一延米上土工合成材料的宽度，当布设方式为满铺时， $\beta=1$ ；当为条带式时， $\beta=(\sum B_i)/1$ ， $\sum B_i$ 为一延米上条带宽度的总和。

5.3.8 带孔管件中的排水能力取决于可渗入管内的流量和管件

能够排水的流量。前者与管的长度、断面周长以及管壁上开孔的多少有关；后者与管的断面积(口径)、坡度有关；两者中的小者决定了带孔管件的排水能力。由于管壁非完全透水，存在阻水效应，因此，在计算渗入流量时需将管外径 d 换算为管壁完全透水的有效管径 d_{ef} 。John(1987)提出 d_{ef} 与 d 间存在 $d_{ef}=d \cdot \exp(-2\pi\alpha)$ 的近似关系。土工织物包裹于管件外，一方面起到了过滤作用，但另一方面也起到一定的阻水作用，使已存在的阻水效应加强。其加强的程度主要与织物的透水率有关，无因次流入阻力系数 α 反应了阻水效应的影响。表 5.3.8 为 John 提出的各种管件的阻力系数 α 值，可供设计时参考取用。参照表中结果，对外包了土工织物的管件， α 值为 0.1~0.2，条文中取为 0.1~0.3，以适应更宽的范围。由于表中所列情况不全，国内外所进行的有关测试也不多，故要求有条件时，应根据渗透试验确定所选用的外包土工织物带孔管件的渗入水量或阻力系数。

阻力系数 α

表 5.3.8

管 类 型	α
瓦管	1.6~2.3
光滑塑料管(无包裹)	0.4~2.6
波纹塑料管(无包裹)	0.02~0.04
波纹塑料管(内填 $d=2\text{mm}$ 砾)	0.02~0.04
波纹塑料管(外包薄层粘土工织物)	0.1~0.15
波纹塑料管(外包机械粘合土工织物)	0.2
波纹塑料管(外包棕皮)	0.2
波纹塑料管(外包泥炭)	0.3

当确定了外包土工织物带孔管件的排水能力后，便可根据当地的水文地质条件、设计确定布设方式和间距等。

5.4 施工要点

5.4.2 土工织物的缝接是将两片土工织物用手提缝纫机缝起来。

缝接形式有平接缝、丁型接缝和蝶型缝等，如图 5.4.2-1 所示。缝线可为一道、两道甚至三道，其中以蝶型的强度最高。

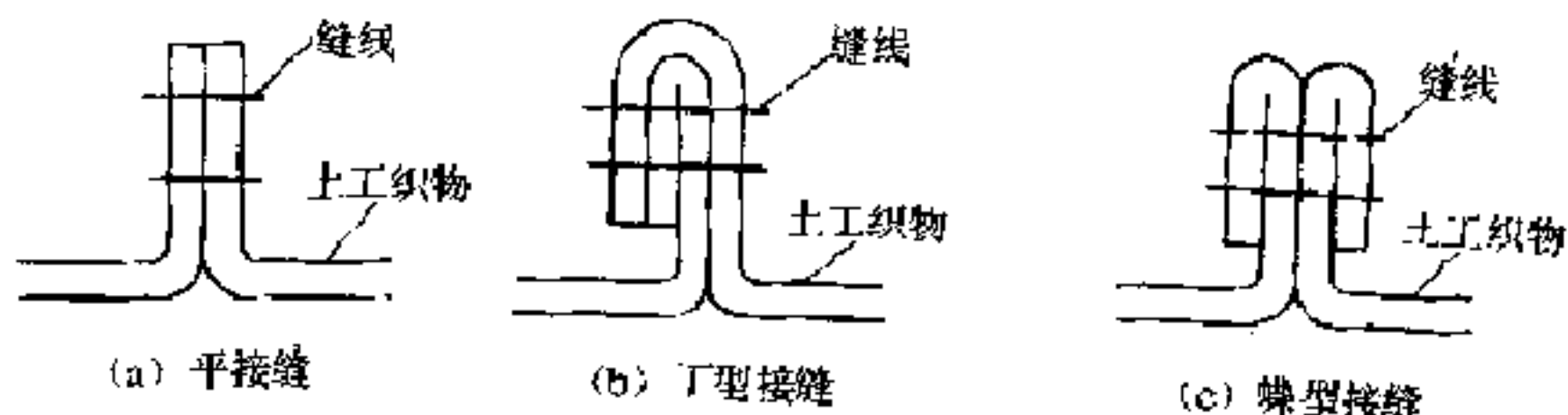


图 5.4.2-1 土工织物缝接方式

软式透水管的联结采用绑扎法，绑扎形式如图 5.4.2-2 所示。

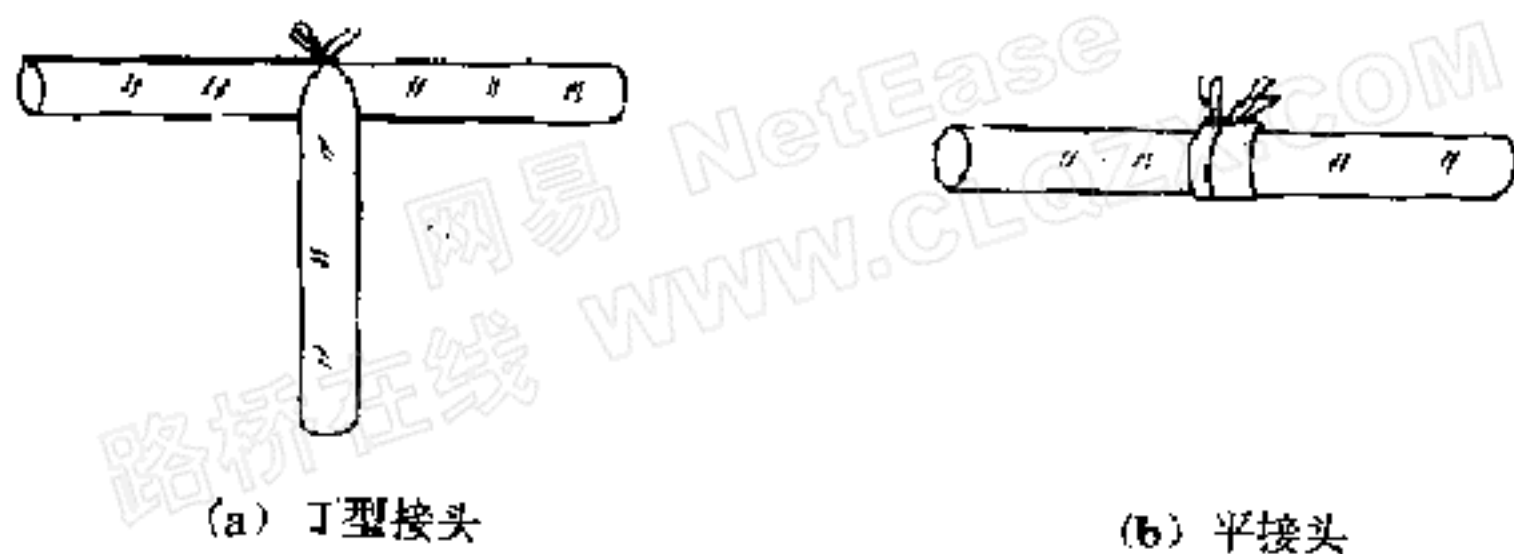


图 5.4.2-2 软式透水管的联接方式

5.4.3 土工合成材料在日光直接照射下易老化，影响材料的性能，因此，要求放置于不被阳光直接照射和不被雨水淋湿的地点。

5.4.5~5.4.7 从高处抛掷石块以及施工机械直接在土工合成材料上作业，均可能使土工合成材料受到损伤，影响其性能。

6 路基防护

6.1 一般规定

6.1.1 路基防护设计是路基设计的一个重要内容，有效的防护措施可以保证路基具有足够的强度和稳定性。

路基防护主要包括坡面防护与冲刷防护，在路基设计规范中已对此进行了说明。

路基设计规范中规定坡面防护可采用种草、铺草皮、植树等防护措施，冲刷防护可采用挡土墙、石砌护坡、石笼、抛石等防护措施。本规范主要涉及土工合成材料的边坡防护问题。

6.1.2 土工合成材料应用于土质边坡防护最广泛的是拉伸网草皮。这种草皮可进行集中生产，可以任意切割、收卷，搬运方便，草根不易损坏，已广泛使用于游乐园、空地绿化及路基坡面防护，具有草种容易成活、可防护雨水冲刷等优点。已经建成的几条高速公路的使用实践证明拉伸网草皮具有较好的防护效果。

6.1.3 一般的沿河路基防护采用挡土墙、石砌护坡等措施。土工合成材料应用于冲刷防护的主要结构形式是软体沉排和土工模袋等。

6.2 坡面防护

6.2.1 土质边坡坡面太陡不利于植物生长，还易受雨水冲刷，因此规定了一定的边坡范围以避免边坡坡面在草皮成活前受到雨水冲刷而出现破坏。

岩石边坡坡面防护主要为防止坡面易碎小块岩石的碎落，并不起

边坡稳定的加固作用；为了防止碎石直接掉下，要求边坡坡度不宜陡于 1：0.3。

6.2.2 土工合成材料边坡防护主要有拉伸网草皮、固定草种布和网格固定撒种等三种形式。实际采用时可根据技术经济因素进行选用。

6.2.3 草种应选择根系发达、叶茎低矮的品种，草皮厚度和宽度可根据草种、稳定性而定，每捆长度应根据实际需要确定。

6.2.4 草皮施工比较简单，但必须保证初期稳定，因此上、下端必须折叠埋入土中，必要时应用木桩固定。

草皮养护是保证草皮成活的重要措施。必须经常浇水，特别是高温季节。

6.2.5 在岩石边坡坡面上用土工合成材料进行防护是一种加固装置，它可以防止岩面侵蚀和防止少量岩面碎石的滚落，且具有美观作用，但没有稳定边坡的作用。

6.2.6 土工网或土工格栅存在老化问题，长期暴露于阳光下，其性能（尤其是强度）会大大降低，因此，对裸露式防护方法适用条件作了条文规定的限制。

6.2.7 由于裸露式防护的边坡未完全封闭，岩石表面风化可能会存在少量岩崩，因此，条文规定采用拉伸强度较高的土工格栅。埋藏式由于有水泥砂浆封闭，可以根据技术经济比较选用土工网或土工格栅。

土工格栅分双向拉伸和单向拉伸两种，双向拉伸一般网孔较小，单向拉伸一般某一方向网孔较大。由于单向拉伸格栅所占面积较大，不利于砂浆的喷护，故推荐埋藏式防护采用双向格栅；但当单向拉伸格栅短边网孔大于 25mm 时，也可采用。

土工网和土工格栅网孔尺寸要求是考虑到防止坡面少量岩石碎落和利于砂浆喷护而提出的。

6.2.8 对埋藏式防护的边坡，提出喷护时间的要求是为了使土工网和土工格栅不致因长期裸露影响其强度。坡面排水是保证施工质量和坡面稳定的十分重要的因素，因此，必须认真施工和保证排

水畅通。

6.3 冲刷防护

6.3.1 冲刷防护有两种类型。一种是直接防护，以加固坡岸为主要措施；另一种为间接防护，以改变水流方向，降低流速，减少冲刷为主要措施。本规范主要针对第一种。

6.3.2 1 土工织物软体沉排在沿河路堤防护中具有十分明显的作用。辽宁省水利水电科学研究所曾对此进行了现场观测和室内反滤试验，提出了许多实用性研究成果。

3 排体材料应具有挡土功能，因此，要求其孔径满足第五章式(5.2.2-1)的挡土要求。

4 排体宽度按冲刷要求推导而得。

5 土工织物软体沉排可能存在排体浮动、压块沿排体滑动、排体连同压块整体沿坡面滑动三方面的稳定问题，因此，提出对这三项稳定性的要求。三项稳定性计算式根据极限平衡推导而得。

6 施工应保证稳定，端部应有锚固措施。

6.3.3 土工模袋

1 土工模袋护面结构具有以下优点：

1) 强度高；

2) 抗冻性强(可耐 -40°C 低温)；

3) 可以按工程要求预制成不同大小、不同厚度和各种几何形状；

4) 可以保证成型后块体紧贴地面，尤其适合于复杂起伏地形；

5) 可以水下施工，无需作围堰或断流。

2 土工模袋的技术指标是保证模袋强度的重要措施。土工模袋的品种有：有反滤排水点的模袋、无反滤排水点的模袋等品种。

充填材料可用混凝土和水泥砂浆，其强度不一定要求很高。在此规定混凝土达到C10，水泥砂浆达到M2.5。

3 坡面过陡，容易导致模袋失稳，在水下施工水流太快，模袋

充填困难，在此规定一定的边坡坡度和水流速度。

4 模袋缝制应注意以下几点：

1) 每个模袋的尺寸应预留经纬向的收缩损失；

2) 注料口的数量与位置一般均匀分布；

3) 两块模袋相邻处应缝上宽约 50cm~100cm 的防渗块。

5 模袋要求具有一定的厚度以抵抗护面局部架空时的弯曲应力、防止有风浪时的护面浮动、抵抗水面结冰时的冰推力。采用的模袋厚度应不小于按这方面确定的厚度的最大值。

6 模袋置于坡面上，存在沿坡面滑动的可能性，因此条文提出稳定性计算要求。式(6.3.3-4)根据极限平衡推得。

8 模袋施工前应进行坡面处理，保证坡面平整，以使土工模袋紧贴于坡面。

10 模袋充填混凝土或砂浆的速度比较重要，要求保证充填速度在一定的范围内。太快容易使其中的空气不易排出；太慢，容易出现部分凝固现象。

11 渗水管比较重要，在施工时应注意不要堵塞渗水管。

12 施工中主要应该保证每一块模袋间能够互相连接以形成一个整体，提高抗冲刷能力。

7 路面裂缝防治

7.1 一般规定

7.1.1 土工合成材料在道路路面工程中的应用主要是减少或延缓反射裂缝的数量，减少沥青路面的车辙，在半刚性基层沥青路面中还可适当提高(底)基层的疲劳寿命。河南试验路有这方面成功的实践。

资料认为，土工合成材料放在沥青路面面层上部可减少温度裂缝，放在下部可防止反射裂缝，在(底)基层底部可增加半刚性材料的疲劳寿命。

用于沥青路面加筋的土工格栅可分为刚性格栅和柔性格栅两类。刚性格栅由高分子薄片材料加工而成(如英国耐特龙公司生产的 Tensor)，柔性格栅是用线材结合成的网状材料(如 Hatelit 聚酯格栅和法国 Bay Mills 公司的玻纤网)。1984年3月在伦敦举办了聚合物格栅加筋专题国际会议，英国的 S. F. Brown 教授、加拿大的 R. Haas 教授等提出了四篇有关沥青混凝土路面采用格栅加筋的研究报告，打开了本领域研究的序幕。1986年11月 Brown 教授根据北美、欧洲和远东对 Tensor 格栅的使用效果，在中英公路与城市交通会议上介绍了 Tensor 格栅的应用情况，认为可减少车辙 50%，可防止反射裂缝，沥青面层厚度可减少 36%。1989年 R. Haas 教授的报告认为采用 Tensor 格栅、玻纤网是防止沥青罩面层反射裂缝的有效选择。1992年 Steinberg 总结了美国四个州十多年的使用经验，指出 Tensor 格栅能减少车辙，加强面层，提高寿命，具有良好的经济效益。日本近几年来在多项大工程中研究采用了英国 Tensor 格栅和法国 Bay Mills 公司的玻纤网加筋沥青混凝土

土，肯定了它们对防止反射裂缝、减少车辙均有明显效果。

我国改革开放引进外资、兴办合资企业以来已经在若干地区建立了格栅和玻纤网生产厂，大幅度降低了材料价格，为应用格栅和玻纤网加筋沥青混凝土创造了条件。近年来为了利用国产土工格栅和玻纤网加筋沥青混凝土，东南大学、哈尔滨建工学院、长沙交通学院、河南省交通厅、黑龙江省交通厅等单位开展了探索性研究，在材料特性、力学机理、施工方法等方面摸索了一些初步规律，为全面、系统地研究、推广土工合成材料加筋沥青混凝土积累了部分资料。

沥青路面新路施工发现基层已经有裂缝，为了减少反射裂缝的影响，可以采用土工合成材料进行处理；对于老路补强，为了减少老路反射裂缝，同样可以采用土工合成材料进行处理。

7.1.2 应用于路面裂缝防治的土工合成材料主要是玻纤网和土工织物。应用玻纤网从机理上讲，主要是利用材料的抗拉强度和抗拉模量阻止裂缝向路面延伸，因此要求其强度高，延伸率小。土工织物的抗拉强度一般较小，其主要起隔离作用，因此一般要求材料有一定的强度，同时延伸率在一定的范围。

7.2 材料要求

7.2.1 沥青面层加铺的土工合成材料类似于薄膜，根据薄膜受荷分析理论，对材料强度提出了要求。对土工织物，要求既不能过薄，也不能过厚，过厚易导致上下层结合不好而出现剥离现象；同时要求土工织物耐 170℃ 以上高温，否则受沥青混凝土摊铺时高温影响，土工织物材料性能会发生明显变化；土工织物最大负荷延伸率也是一项重要指标，但由于目前缺乏成熟的经验，延伸率指标很难确定，请各单位在以后的工程实践中注意积累资料、总结经验，为日后确定具体数值打下基础。玻纤网的单根材料直径较小，不易形成隔离层。使用实践表明其加筋效果较好，施工较简单。

材料的选用应根据工程具体情况而定，无论采用何种材料，均

应注意严格设计、严格施工，否则会严重影响其使用效果。

7.3 设计与施工要点

7.3.1 虽然有资料提出加铺土工合成材料可减薄路面厚度，但由于我国在这方面的研究还不深入，目前尚无可靠的数据支持这一结论、提出相应的设计计算方法，因此，规定路面结构及厚度的设计仍与未铺土工合成材料时相同。

7.3.2 1 调查和测试方法与沥青路面设计规范或路面养护技术规范相同。

2 土工合成材料张拉时建议用机械张拉，使其拉紧放平。

7.3.3 1 水泥混凝土路面加铺沥青面层所遇到的主要问题是水泥混凝土路面的稳定性。实践表明，如果水泥混凝土路面出现脱空，加铺沥青路面的效果将不理想。江苏省 104 国道的使用实践表明，必须将水泥混凝土路面破碎，然后用重型压路机碾压，再加铺 20cm 的二灰碎石及 8cm~10cm 沥青混凝土面层；在沥青混凝土路面下层可以放置一层玻纤网，路面结构层设计按沥青路面设计规范计算确定。破碎混凝土顶面的综合模量在 100MPa~230MPa 之间，但实际采用时建议进行实测，得到其计算回弹模量值。

脱空评定可根据雨天观测或雨后翻板测定。传荷能力测定可采用弯沉法。

2 接缝两侧相对位移控制是减少反射裂缝、延长道路使用寿命的必要条件。资料数据在 0.06mm~0.12mm 之间，本规范建议采用 0.10mm。

计算结果表明，沥青加铺层厚度 6cm~10cm 相对应力计算基本没有什么影响，因此沥青加铺层厚度主要依据经验、经济状况及温度应力确定。由于加了土工合成材料，温度应力影响基本消除，主要控制值是接缝相对位移。

由于水泥混凝土路面的脱空，沥青加铺层的稳定不能保证，因此必须进行脱空处理。

3 路面如果不清洁，沥青面层不能很好地与水泥混凝土路面结合，必须清洁和洒布粘层油。

4 路面如果很不平整，沥青面层的压实度不能保持一致，容易出现局部坑槽，可以用沥青砂或水泥砂浆找平。

5 水泥混凝土路面上固定玻纤网的方法与沥青混凝土基本相同，但水泥混凝土路面由于强度大，必须采用高功率射钉枪，使之无松动现象。

7.3.4 对新建道路，如果在养护期间已经发现裂缝，可以采用土工织物或玻纤网处治。

网易 NetEase
路桥在线 WWW.CLQZX.COM

8 施工质量管理及检查验收

8.1 一般规定

8.1.6 由于土工合成材料多为隐蔽工程，且可量化检查的项目不多，因此旁站和拍照留存十分重要。

8.2 材料验收

8.2.1 由于土工合成材料品种较多，且功能往往兼而有之，设计单位在规定技术指标和试验项目选用时，可根据设计目的、土工合成材料的品种对试验项目作适当增减。表 8.2.1 中未列出的握持拉伸、撕裂、圆球顶破等指标可在作材料对比试验时作参考指标。

表 8.2.1 所列试验项目比较全面，施工单位应根据设计文件所提设计指标进行相关试验。

8.2.2 规定中有以“批”为单位，这是因为一个工程可能材料要分几次购入或购入材料时，材料、生产厂家发生变化，故规定每批都得试验。数量太少时，不宜分批购入，以免影响材料稳定性。

8.2.3 除施工单位进行自检外，监理工程师亦应进行一定频度抽检，合格后方可用于工程。

8.2.4 对紫外线敏感易老化的土工合成材料必须室内存放，且应在生产厂家提供的质保书规定的有效期内使用。

8.3 试验段铺筑

8.3.1 对于一些小型工程或用量很少的工程，无需铺筑试验段；

但对于高速公路和一级公路等大型建设工程或土工合成材料应用数量较大时，应在开工前铺筑试验路。铺筑试验路必须有明确的目的，并在试验路铺筑后认真研究，提出报告，经审查取得监理工程师同意后方可用于正式施工。

铺筑试验段长度不应少于 200m。

8.3.2 铺筑试验段必须抓住土工合成材料应用的主要目的，研究有待解决的问题，作为验证设计、指导施工的依据。

8.5 质量管理

8.5.4 土工合成材料下承层十分重要，它是决定土工合成材料应用是否能达到设计要求的基本条件。其下承层的具体要求和检查频度也应满足《公路工程质量检验评定标准》(JTJ 071)的相应条款。

参 考 文 献

1. 土工合成材料工程应用手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994.
2. 全国第二届土工合成材料学术会议论文选集. 全国土工合成材料技术协作网, 1990.
3. 全国第三届土工合成材料学术会议论文选集. 全国土工合成材料技术协作网, 天津大学出版社, 1992.
4. 全国第三届土工合成材料学术会议论文集. 中国土工合成材料工程协会, 1996.
5. 南京水利科学研究所主编. 土工合成材料测试手册. 北京: 中国水利电力出版社, 1991.
6. 交通部颁布. 公路软土地基路堤设计与施工技术规范(JTJ 017-97). 北京: 人民交通出版社, 1997.
7. Giroud, J. P. Geotextile - Reinforced unpaved road design. Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 1981.
8. 交通部颁布. 公路工程质量检验评定标准(JTJ 071-94). 北京: 人民交通出版社, 1994.
9. 交通部颁布. 公路沥青路面设计规范(JTJ 014-97). 北京: 人民交通出版社, 1997.
10. 交通部颁布. 公路水泥混凝土路面设计规范》(JTJ 012-94). 北京: 人民交通出版社, 1994.
11. 交通部颁布. 公路排水设计规范(JTJ 018-97). 北京: 人民交通出版社, 1997.
12. 交通部颁布. 公路路基设计规范(JTJ 013-95). 北京: 人民交通出版社, 1995.

13. 交通部颁布·公路桥涵地基与基础设计规范(JTJ 024—85). 北京:人民交通出版社,1985.

14. 交通部颁布·公路工程抗震设计规范(JTJ 004—89). 北京:人民交通出版社,1989.

15. 交通部颁布·公路加筋土工程设计规范(JTJ 015—91). 北京:人民交通出版社,1991.

16. 交通部颁布·公路加筋土工程施工技术规范(JTJ 035—91). 北京:人民交通出版社,1991.

17. 交通部颁布·公路隧道设计规范(JTJ 026—90). 北京:人民交通出版社,1995.

18. 交通部颁布·公路养护技术规范(JTJ 073—96). 北京:人民交通出版社,1996.

19. 美国联邦公路管理局(FHWA). 铺路用土工布应用技术指南.

网易 NetEase
路桥在线 WWW.CLQZX.COM