

中华人民共和国行业标准

公路土工合成材料应用技术规范

**Technical Specifications for Application
of Geosynthetics in Highway**

JTJ/T 019—98

主编单位：交通部重庆公路科学研究所
批准部门：中华人民共和国交通部
施行日期：1 9 9 9 年 2 月 1 日

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,上海市市政工程管理局,天津市市政工程局,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

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_t ——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_q ——由直接快剪试验方法测定的土体粘聚力

φ_q ——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_{GS} ——土工合成材料与土体交界面上的界面粘聚力

φ_{GS} ——土工合成材料与土体交界面上的界面摩擦角

f_{gs} ——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》(JTJ013)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(mm²),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。

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

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:

$$\left. \begin{aligned} f_{\text{GS}} &= 0.667 \tan \varphi_0 && \text{土工织物} \\ f_{\text{GS}} &= 0.9 \tan \varphi_0 && \text{土工格栅、土工网} \end{aligned} \right\} \quad (3.2.7)$$

式中 φ_0 ——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。

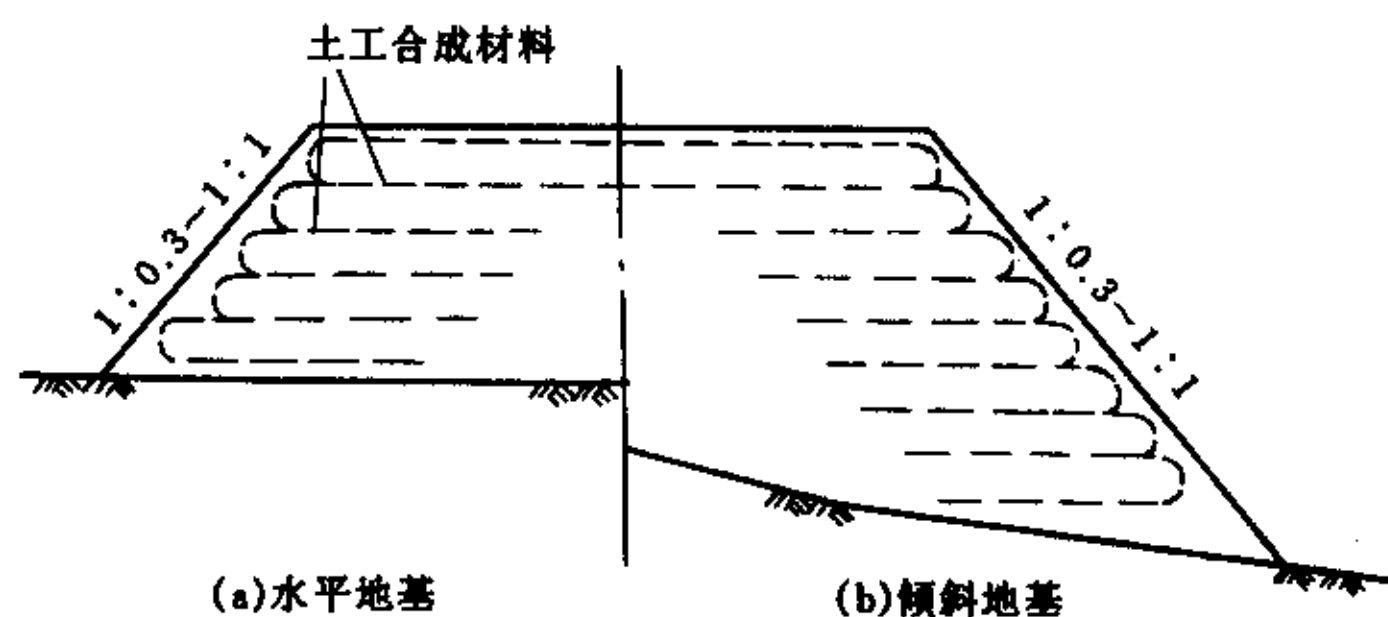


图 3.3.1-1 加筋路堤结构形式之一

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 30~50cm 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。

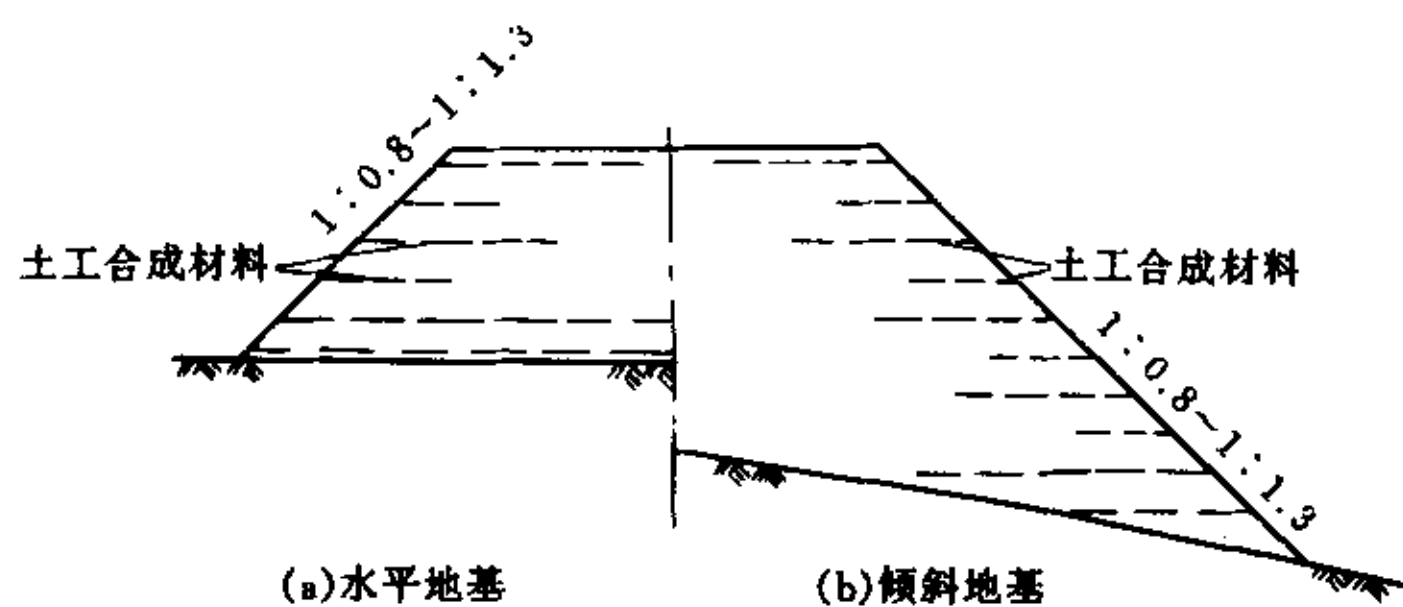


图 3.3.1-2 加筋路堤结构形式之二

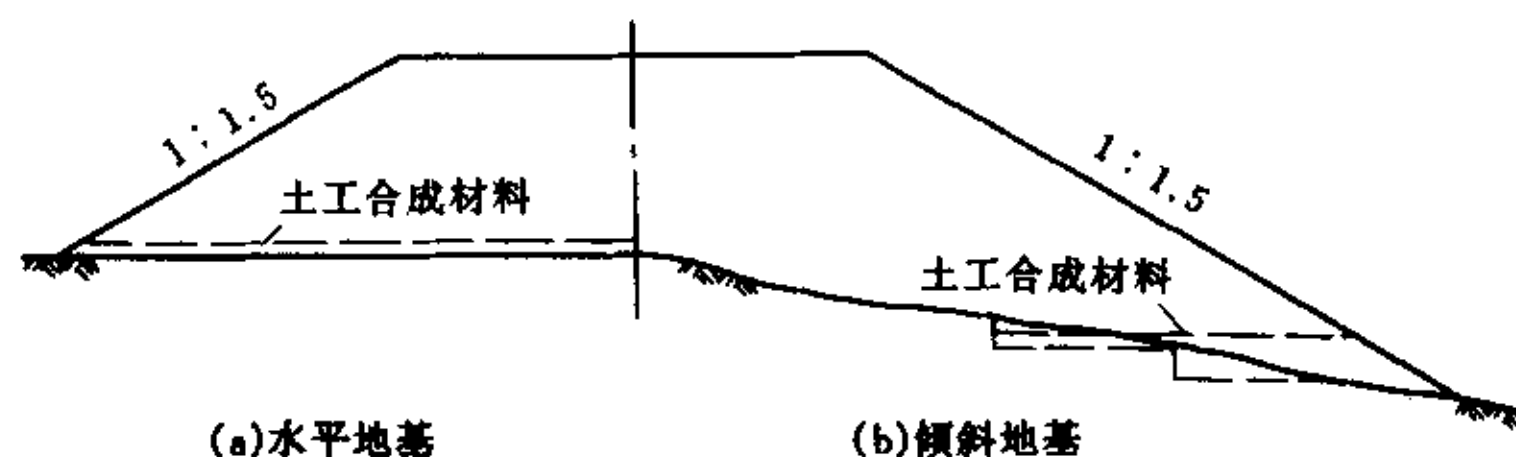


图 3.3.1-3 加筋路堤结构形式之三

- 3.3.4 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。
- 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:

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

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_{GC_j} ——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。

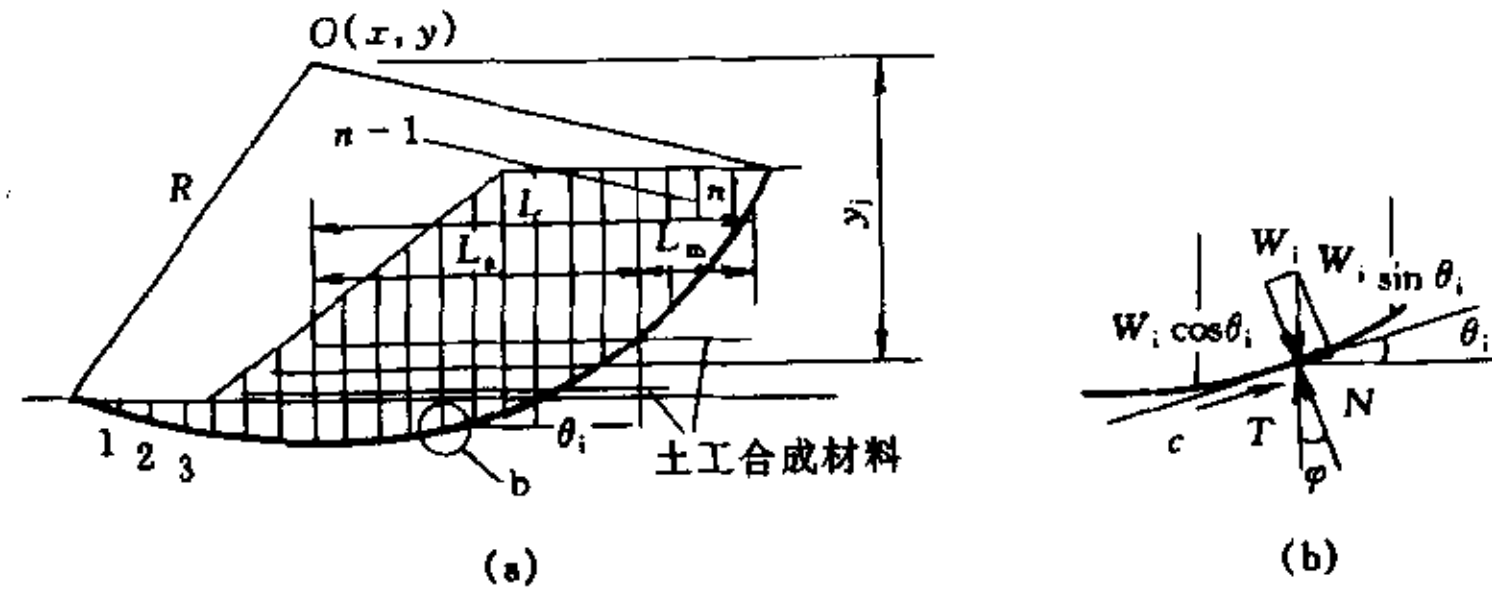


图 3.4.4 路堤稳定性计算图示

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。

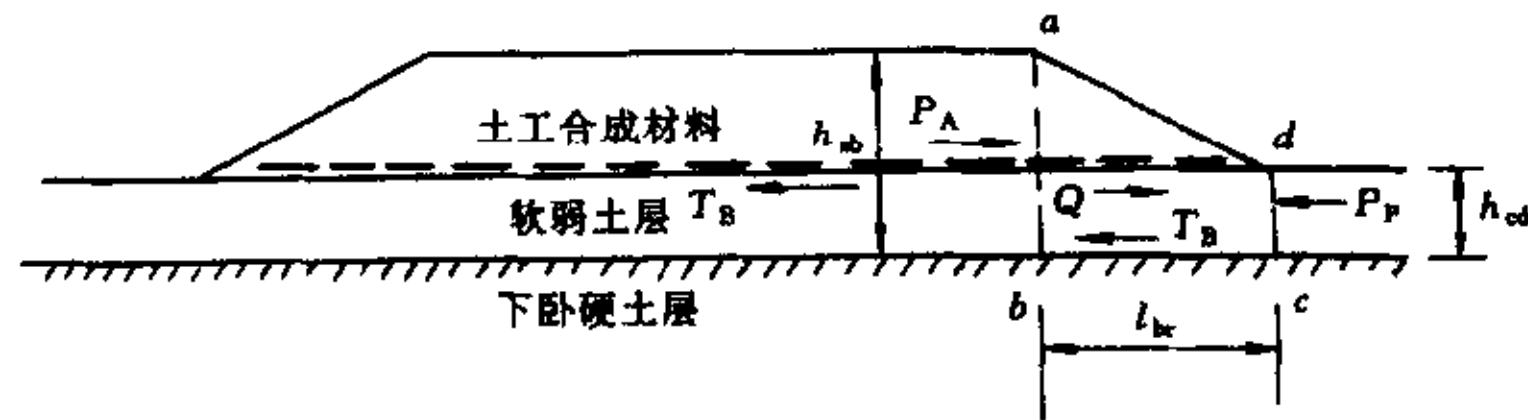


图 3.4.6-1 沿下卧硬土层顶面滑动破坏计算图示

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

式中 P_A —— ab 面上的主动土压力(kN/m), $P_A = 0.5h_{ab}^2 k_a \bar{\gamma}$, $k_a = \tan^2(45^\circ - \bar{\varphi}_a/2)$, $\bar{\gamma}$ 、 $\bar{\varphi}_a$ 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), $T_B = \bar{c}_q l_{bc} + W \cdot \tan \bar{\varphi}_q$, 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。

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

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

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

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

\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。

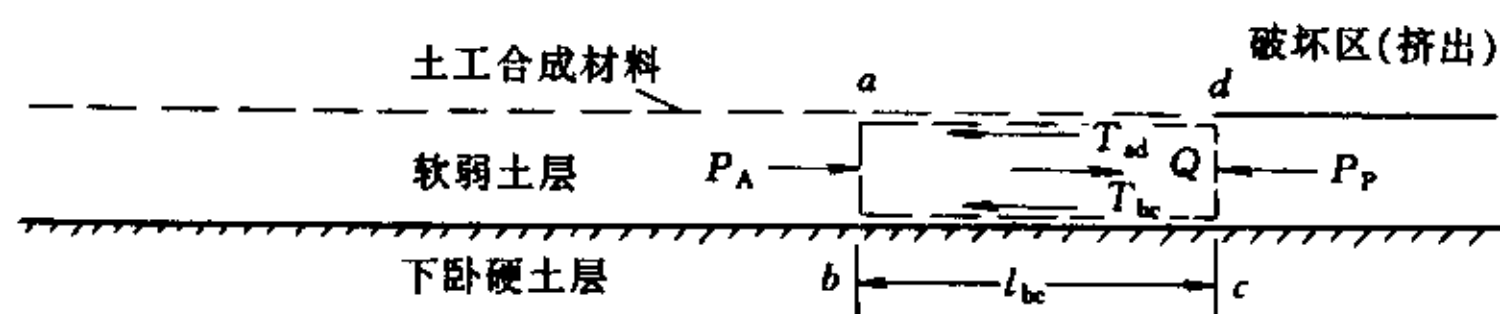


图 3.4.6-2 地基侧向挤出滑动破坏计算图示

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曝晒。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 60cm 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曝晒。

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 5.0~10.0m。
- 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/T060)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。

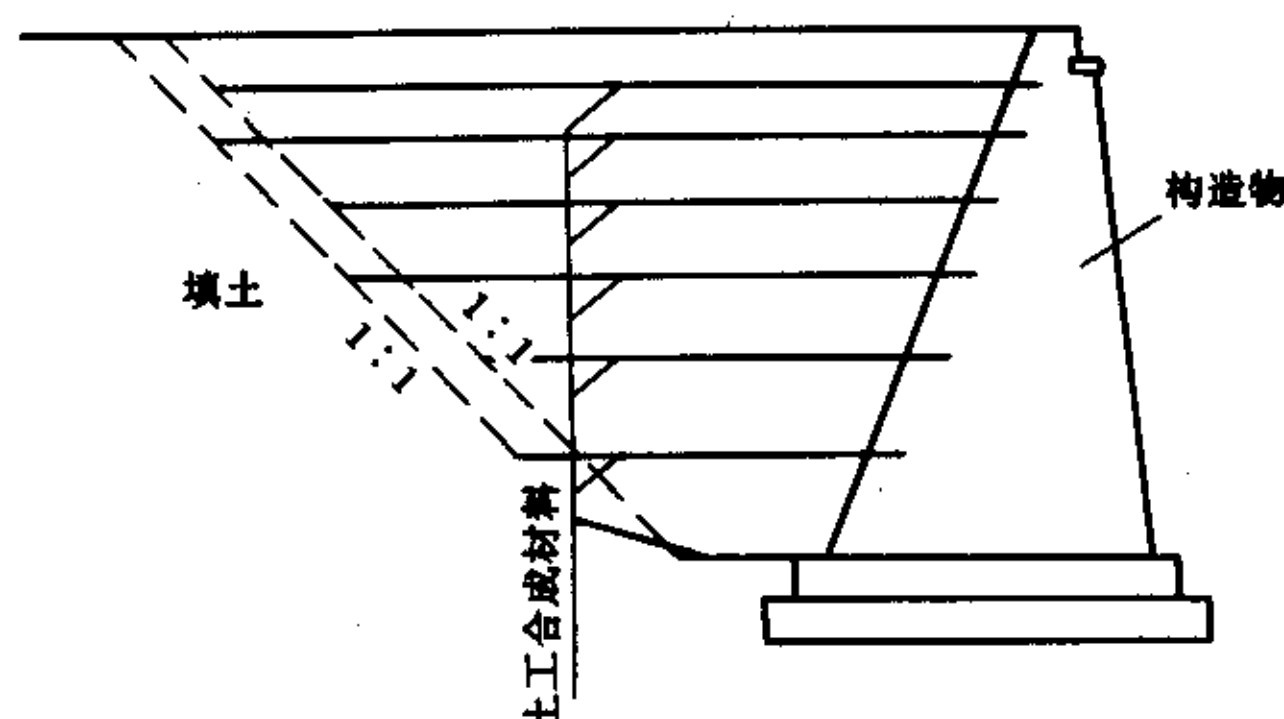


图 4.2.3 土工合成材料的竖向布置示意图

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

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。

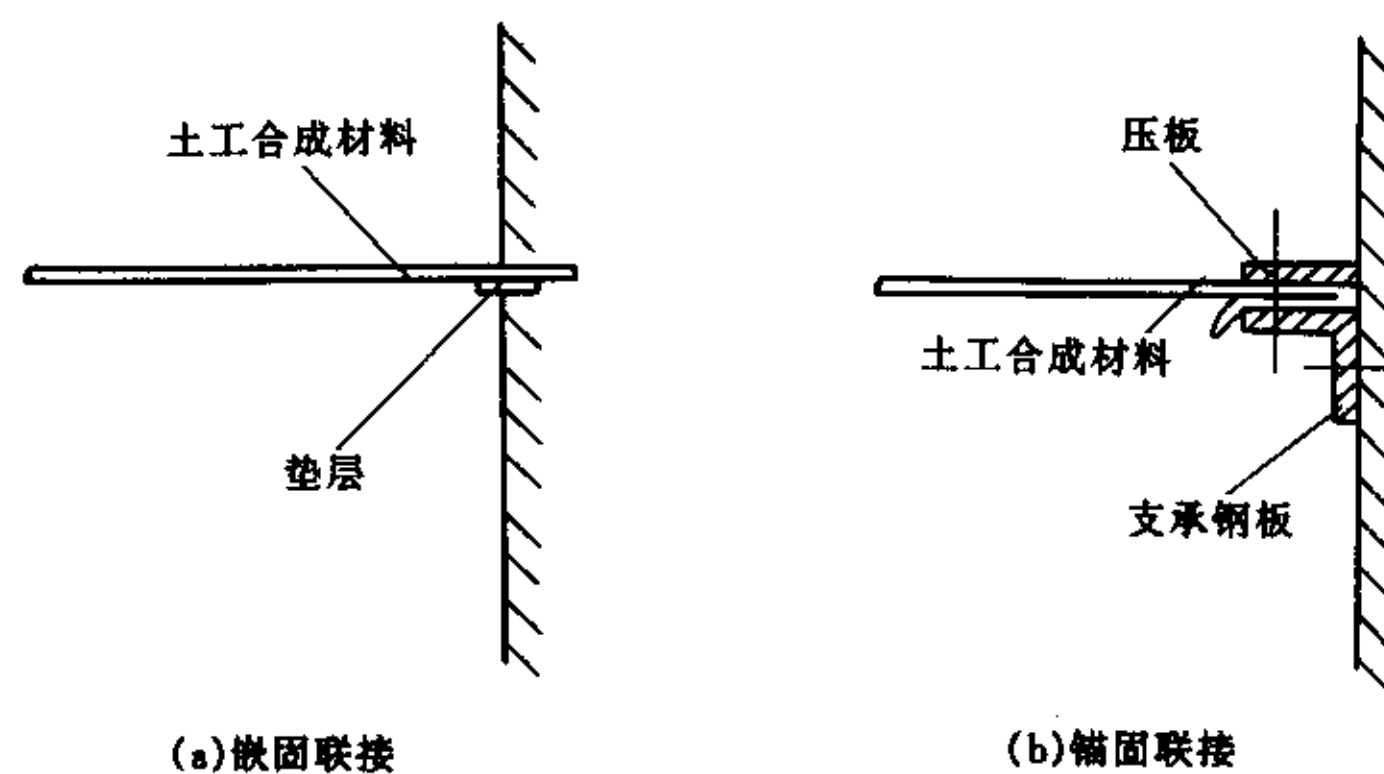


图 4.2.4 土工合成材料与构造物的联接示意图

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。

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 1~2cm 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。

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。

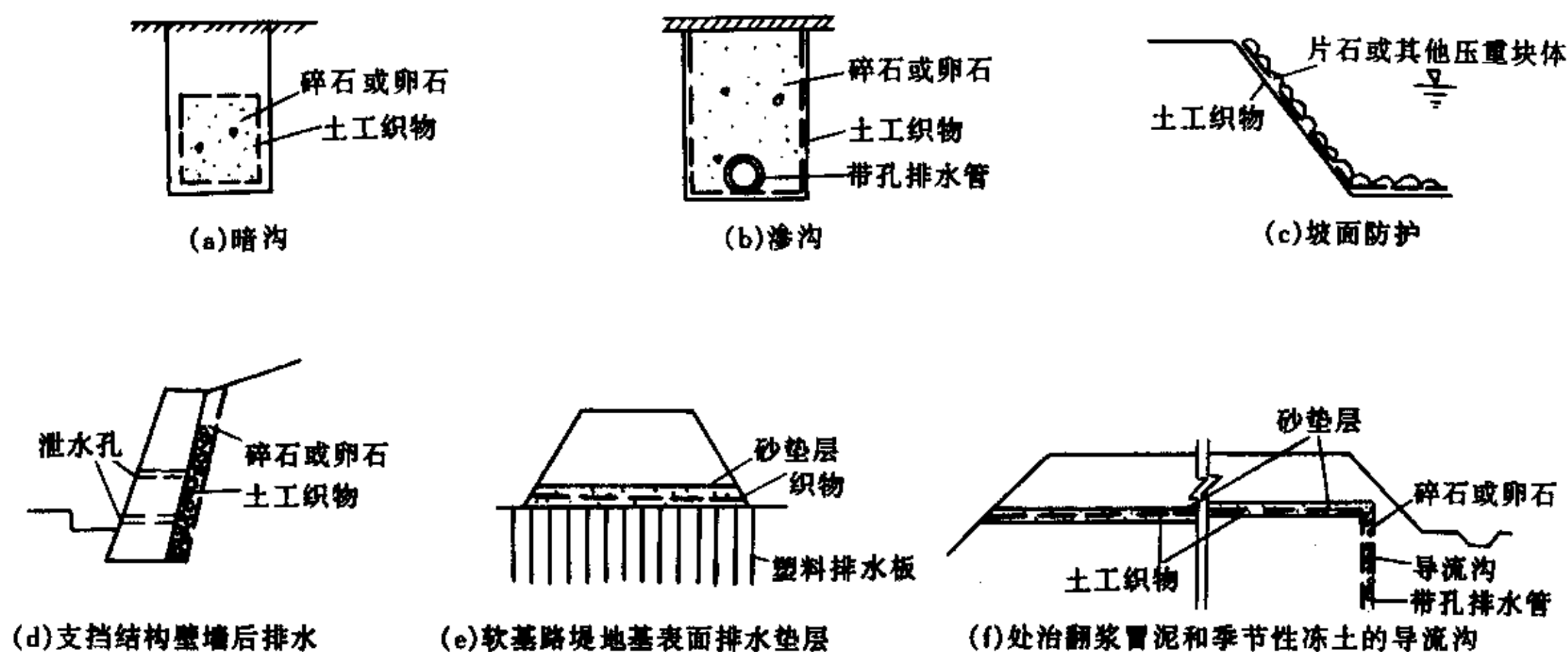


图 5.1.1 过滤与排水的主要应用形式

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

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

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 10~20cm 中粗砂保护层,在其下铺设 5~10cm 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, $\beta=(\Sigma B_i)/1.0$, ΣB_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。

软式透水管的联接采用绑扎法,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3~5cm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1.5~2.5m,每捆长度宜为4~6m。

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。

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

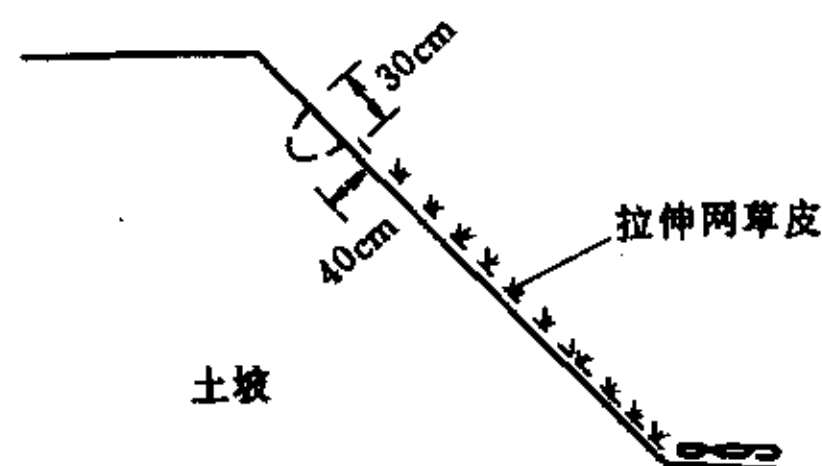


图 6.2.4 草皮的固定

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 10~50cm 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 5~6cm、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 2~3m，孔径为 5~8cm。

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。

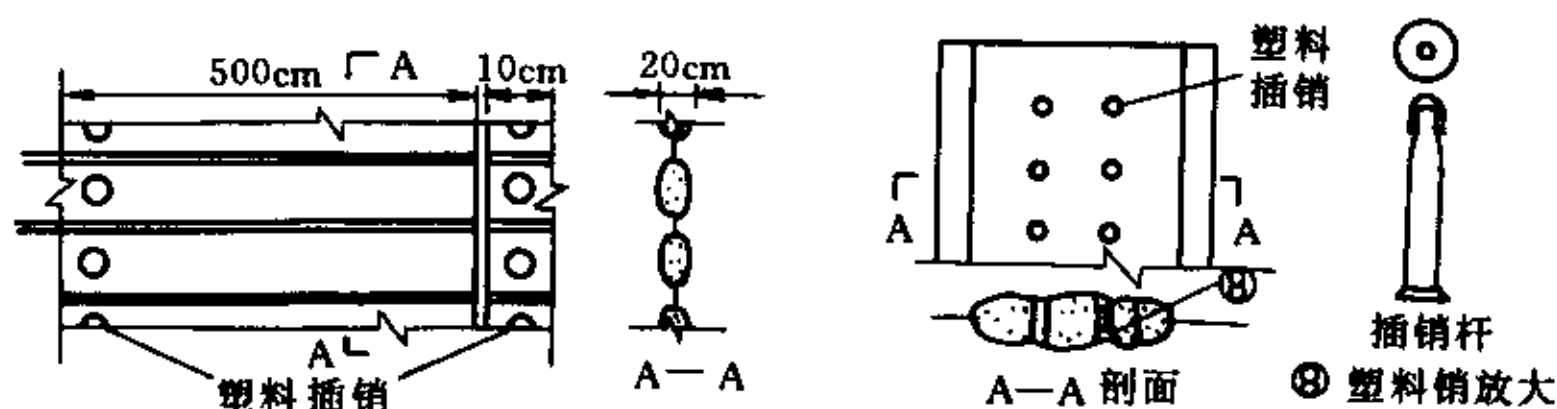


图 6.3.2 双片垫形式

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 30~50cm 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_{cg} ——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。

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

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_{GS} ——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。

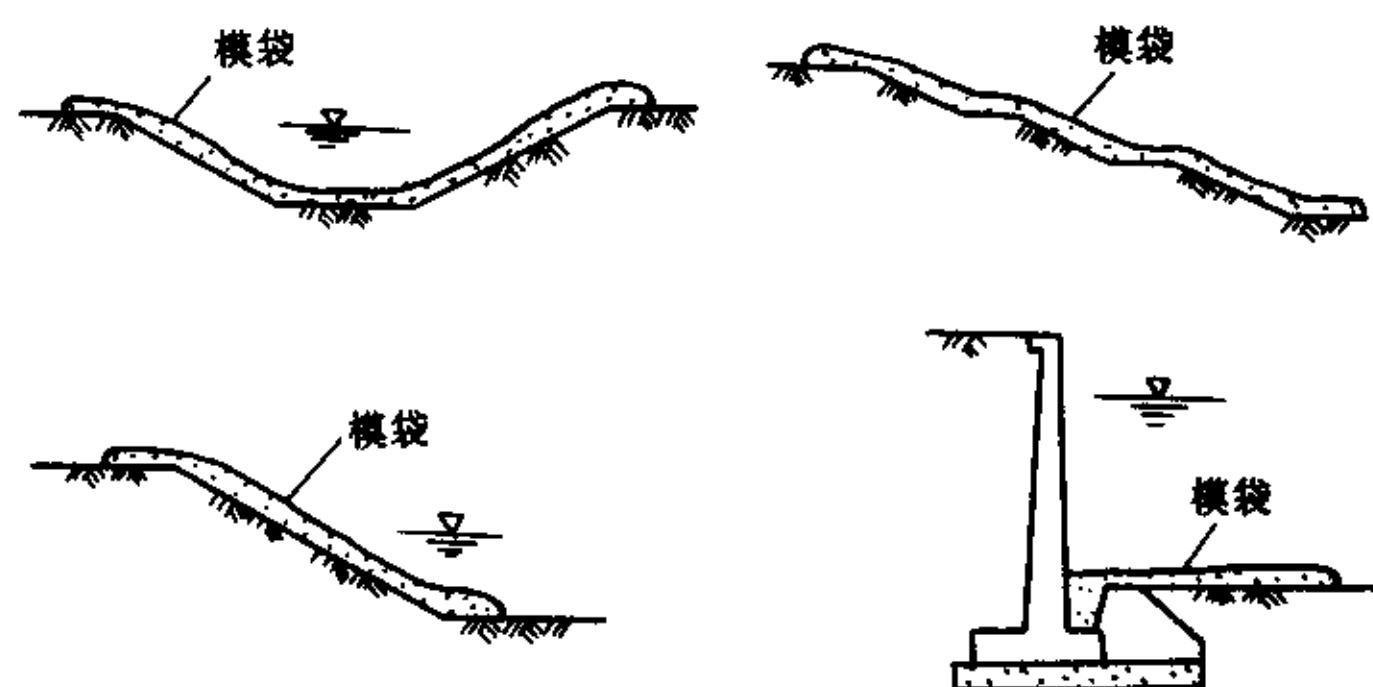


图 6.3.3-1 土工模袋的应用及铺设

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

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。

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

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

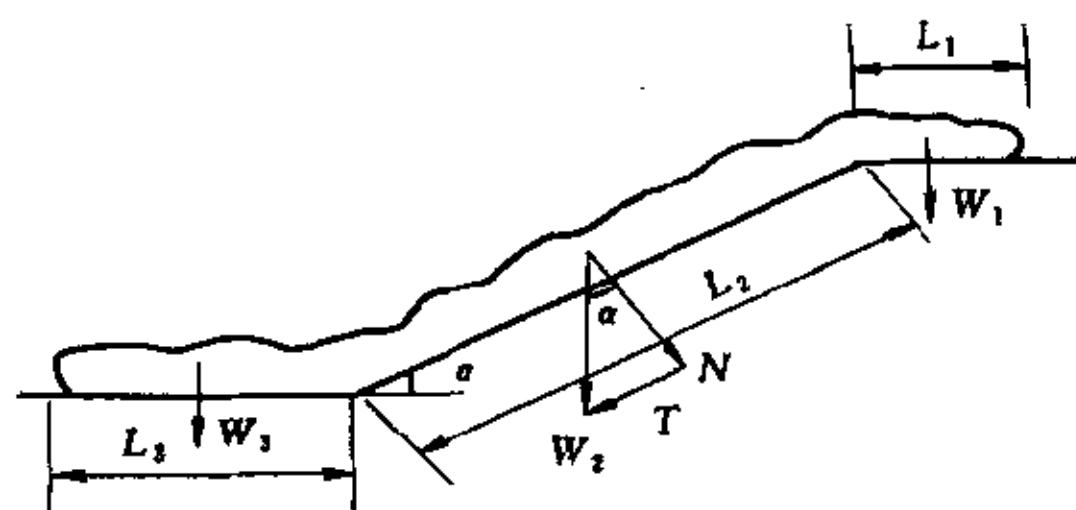


图 6.3.3-2 模袋稳定性分析

止地表水侵蚀模袋下部基土的措施。

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 1.5~2.0m 处,其间距宜为 1~2m,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 $10\sim 15\text{m}^3/\text{h}$ 的范围内,出口压力以 0.2~0.3MPa 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 5~10min,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 1~1.5m。

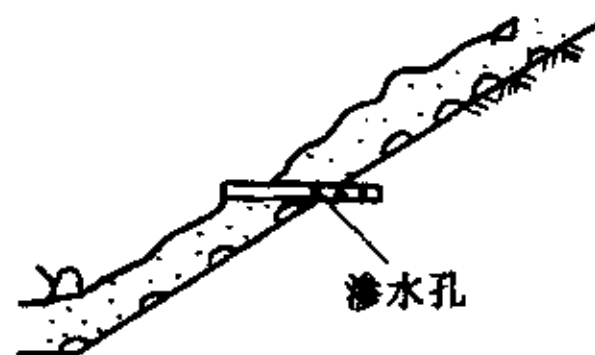


图 6.3.3-3 模袋渗水孔布置

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 6~10cm。

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8~10cm,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8~10cm,并根据摊铺方向,将后一端压在前一端部之下;纵向应搭接5~8cm。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4~5cm,并根据摊铺方向,将后一端压在前一端部之下;纵向应搭接4~5cm。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0.4~0.6kg;对土工织物应先洒布粘层油,每平方米用量约0.3~0.4kg,再铺设土工织物,最后再洒布粘层油,每平方米用量约0.4~0.6kg。

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。

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建设工程，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%

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”。