

中华人民共和国行业标准

铁路路基土工合成材料应用技术规范

**Technical code for geosynthetic application
on subgrade of railway**

TB 10118—99

主编单位：铁路地质和路基工程科技信息中心

批准部门：中华人民共和国铁道部

施行日期：1999年3月1日

中 国 铁 道 出 版 社

1999年·北京

关于发布《铁路路基土工合成材料应用技术规范》的通知

铁建设函〔1999〕18号

《铁路路基土工合成材料应用技术规范》经审查，现批准发布，自1999年3月1日起执行。

本规范由部建设管理司负责解释，由铁道出版社和铁路工程技术标准所组织出版发行。

中华人民共和国铁道部
一九九九年一月十四日

前 言

本规范是根据铁道部建设管理司建技〔1998〕100号文《关于印发“土工合成材料在铁路路基工程中应用技术交流及研讨会纪要”的通知》中，关于编制《铁路路基土工合成材料应用技术规范》的要求和安排，由铁路地质和路基工程科技信息中心负责主编，会同铁道部第一勘测设计院等5个单位共同完成的。本规范在总结我国铁路路基工程使用土工合成材料三十多年成功经验的基础上，参考国内外有关规范和手册，广泛征求路内有关单位和专家的意见，几经修改，最后经铁道部建设管理司组织有关专家审查定稿。

本规范内容包括总则、术语和符号、基床加固与处理、路基防护、路基排水、加筋土工程和软土地基加固等7章。

本规范由铁道部建设管理司负责解释。在施行本规范过程中，如发现需要修改和补充之处，请将意见及有关资料寄交铁路地质和路基工程科技信息中心（武汉市武昌区杨园街和平大道673号，邮政编码：430063），并抄送铁路工程技术标准所（北京市朝阳区门外大街227号，邮政编码：100020），供今后修改时参考。

本规范主编单位：铁路地质和路基工程科技信息中心。

本规范参加单位：铁道部第一勘测设计院、铁道部第二勘测设计院、铁道部第三勘测设计院、铁道部第四勘测设计院、广州铁路（集团）公司、铁道部科学研究院铁道建筑研究所。

本规范主要起草人：刘宝亨、李峰亮、谭远发、张荣、冯俊德、吴连海、李小和、杜文山、谢纫秋。

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	4
3	基床加固与处理	6
3.1	一般规定	6
3.2	设计原则	6
3.3	施工要点	9
3.4	施工质量检验	9
4	路基防护.....	11
4.1	一般规定.....	11
4.2	坡面防护设计.....	11
4.3	冲刷防护设计.....	12
4.4	风沙防护设计.....	13
4.5	盐渍土路基隔断层设计.....	14
4.6	施工要点.....	15
4.7	施工质量检验.....	16
5	路基排水.....	17
5.1	一般规定.....	17
5.2	设计原则.....	17
5.3	施工要点.....	20
5.4	施工质量检验.....	21
6	加筋土工程.....	22
6.1	一般规定.....	22
6.2	加筋土路堤.....	22

6.3	加筋土挡土墙.....	24
6.4	施工质量检验.....	28
7	软土地基加固.....	29
7.1	一般规定.....	29
7.2	设计原则.....	29
7.3	施工要点.....	31
7.4	施工质量检验.....	32
附录 A	本规范用词说明	34
	《铁路路基土工合成材料应用技术规范》条文说明.....	35

1 总 则

1.0.1 为了统一土工合成材料在铁路路基工程中的应用技术要求，保证铁路路基工程质量，满足工程建设的需要，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于最高行车速度 **140 km/h** 的标准轨距铁路路基工程应用土工合成材料的设计、施工和质量检验。

1.0.3 铁路路基工程应用土工合成材料的设计，必须因地制宜、安全可靠、经济合理和体现综合防治原则。

1.0.4 土工合成材料产品必须用黑色包皮包装，运输、储存和堆放均必须避免阳光照射，并保持通风、干燥和远离高温源，以保证材料性能不受影响。

1.0.5 铁路路基工程所用土工合成材料的技术性能必须满足工程的使用要求和应用条件。每批材料均需查验其合格证和材料性能报告单，并抽样检验。

1.0.6 铁路路基工程应用土工合成材料采用的施工方法和施工工艺，应使土工合成材料不受损伤、性能指标不受影响，确保工程质量。

1.0.7 铁路路基工程应用土工合成材料，除应符合本规范的规定之外，尚应符合国家和铁道部现行的有关强制性标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 土工合成材料 **geosynthetic**

岩土工程应用的合成材料产品的总称。土工合成材料可分为土工织物、土工膜、复合土工合成材料和特种土工合成材料等类型。

2.1.2 土工织物 **geotextile**

以聚合物纤维为原料制成的具渗透性的布状土工合成材料。按制造方法的不同，可分为机织土工织物和无纺（非织造）土工织物。无纺土工织物又有针刺型、热粘型和化粘型等。

2.1.3 土工膜 **geomembrane**

以高分子聚合物等为原料的不透水的膜状或薄板状材料。

2.1.4 复合土工合成材料 **composite geosynthetic**

由两种或两种以上土工织物、土工膜或其他材料复合制成的土工合成材料。

2.1.5 复合土工膜 **composite geomembrane**

用土工织物或其他材料与土工膜结合而成的不透水材料，如横向排水型复合土工膜和加筋型复合土工膜。

2.1.6 复合土工排水材 **composite geodrain**

以土工织物包裹不同形状和材料的芯材制成的土工排水材料。

2.1.7 塑料排水带 **strip geodrain**

由不同形状的塑料条带排水芯材外包以无纺土工织物制成的竖向排水材料，是复合土工排水材的一种。

2.1.8 特种土工合成材料 **special geosynthetic**

经过特殊工艺制成的具有特种用途的土工合成材料。一般包

括土工模袋、土工网、土工格栅、土工格室、土工网垫、聚苯乙烯泡沫塑料等。

2.1.9 土工模袋 geofabriform

双层土工织物制成的连续（或单独的）袋状材料，其中灌注混凝土或砂浆凝结成板状或其他形状的结构。

2.1.10 土工网 geonet

经挤压或热粘而成的平面网状土工合成材料。

2.1.11 土工格栅 geogrid

用高密度聚乙烯等聚合物经挤压加工再进行拉伸制成的格栅状土工合成材料。

2.1.12 土工格室 geocell

由土工合成材料片焊接或组装成的具蜂窝状结构的三维土工材料制品。

2.1.13 土工网垫 geomat

由丝条状合成材料经过一定的工艺处理，并在结点上相互熔合而成的孔隙很大的三维网状土工合成材料。

2.1.14 聚苯乙烯泡沫塑料 expanded polystyrene

是一种经膨化处理的土工合成材料，质轻，保温性能好。

2.1.15 软式透水管 soft composite draining pipe

高强度圈状支撑体外包土工织物及强力合成纤维外覆层制成的管状排水材料。

2.1.16 复合拉筋带 composite geobelt

经挤压拉伸再加筋制成的条带抗拉材料。

2.1.17 袋装砂井 sand well with geotextile bag

在土工织物长袋中装砂制成砂袋，打入软土中形成的竖向排水体。

2.1.18 反滤 filtration

在使流体通过的同时，保持受液力作用的土粒不流失。

2.1.19 隔离 separation

防止相邻的不同介质混合。

2.1.20 加筋 reinforcement

把有一定抗拉强度的材料埋于土内适当位置，依靠它们与土界面的相互作用，限制土体位移，以达到提高土体强度和稳定性的目的。

2.1.21 防护 protection

限制或防止岩土体受外界环境作用而破坏。

2.1.22 排水 drainage

利用置于土中材料的渗透性和水流通道把水排出土体或土工构筑物之外。

2.1.23 抗拉强度 tensile strength

试样受拉伸致断裂时单位宽度所受力的最大值。

2.1.24 延伸率 elongation rate

试样拉断时的应变值，以%表示。

2.1.25 等效孔径 equivalent opening size

土工织物的最大表观孔径。

2.2 符 号

A ——与填料性质有关的无因次系数

B ——路基宽度

B_g ——单片土工织物垫宽度

B_s ——与被保护土的类型、级配、土工织物品种和状态有关的经验系数

b ——塑料排水带的宽度

C_u ——土颗粒的不均匀系数

d ——砂井的直径

d_n ——特征粒径

d_w ——等值砂井直径

EOS——等效孔径

H ——加筋土挡土墙墙高

h ——砂井的深度或塑料排水带的插入深度

h_n ——砂垫层厚度

K_c ——考虑施工损伤、材料老化、材料蠕变等因素的安全系数

K_{cd} ——考虑化学、生物损伤的分项安全系数

K_{cr} ——考虑材料蠕变的分项安全系数

k_g ——土工织物的渗透系数

K_{id} ——考虑施工损伤的分项安全系数

k_s ——土的渗透系数

k_v ——垂直渗透系数

L ——土工合成材料的铺设长度

m ——路基边坡坡率

m_{sd} ——砂袋实际灌砂质量

O_{95} ——土工织物的等效孔径

γ ——袋装灌砂率

T_{gr} ——土工合成材料的容许抗拉强度

T_{gu} ——土工合成材料的抗拉强度

α ——排水带折减系数

δ ——塑料排水带的厚度

ρ_d ——中粗砂的干密度

3 基床加固与处理

3.1 一般规定

3.1.1 新建铁路基床需进行加固和处理时，经比选可采用土工合成材料进行加固、防渗、反滤和排水处理。

3.1.2 既有线基床翻浆冒泥病害，可采用土工合成材料进行整治。

3.1.3 既有线基床下沉外挤、道碴陷槽较深、积水严重等病害，可采用土工合成材料加强基床和改善排水条件。

3.1.4 基床冻害可采用铺设土工合成材料隔离防渗层、保温层并结合降排水进行防治。

3.1.5 采用土工合成材料整治基床病害地段，应分别向两端延伸 5 m 以上。

3.2 设计原则

3.2.1 土工合成材料的铺设应符合下列要求：

1 铺设位置：

1) 采用土工合成材料整治基床翻浆冒泥、冻害时，应铺设在基床表面（图 3.2.1—1）；

2) 采用土工格室加固基床，整治基床下沉外挤等病害时，应铺设在基床表层内（图 3.2.1—2）；

3) 新建铁路处理基床时，宜将土工合成材料铺设在基床表层内（图 3.2.1—2）。

2 土工合成材料的上、下宜铺砂垫层，下层砂厚不应小于 5 cm；材料铺设深度不应小于道床标准厚度，且材料下土的强度应满足要求；

3 铺设宽度：

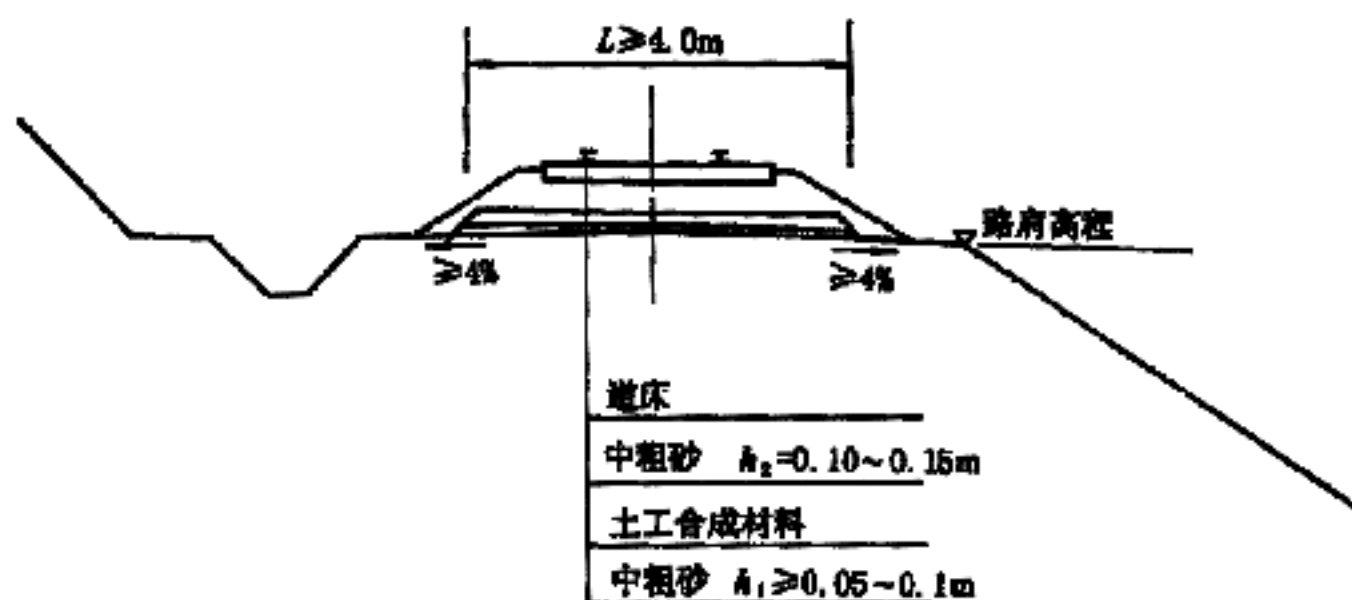


图 3.2.1—1 土工合成材料铺设在基床表面

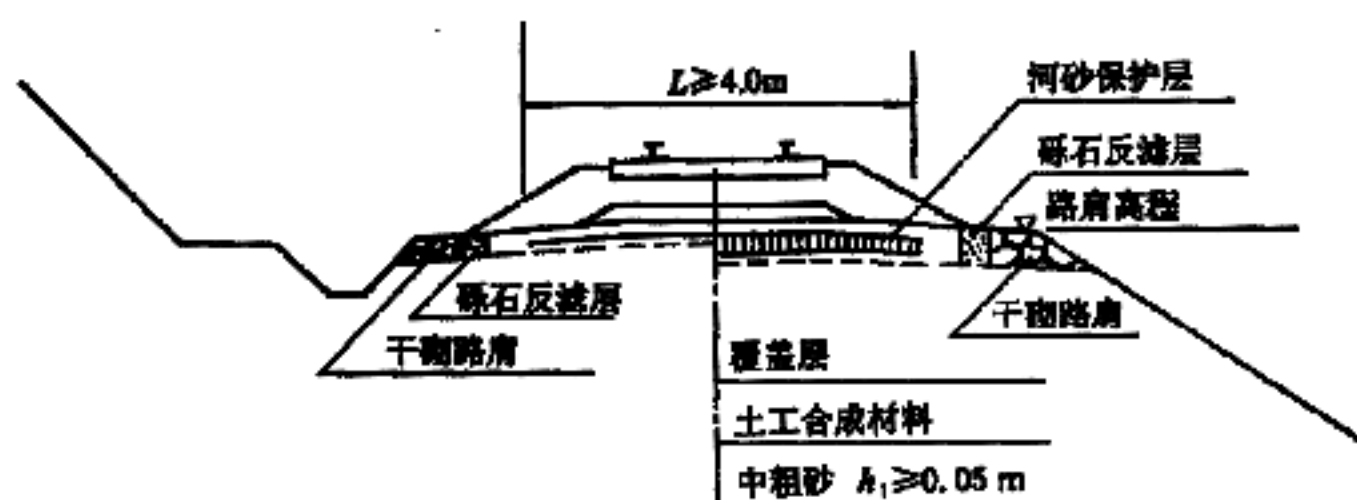


图 3.2.1—2 土工合成材料铺设在基床表层内

注：土工合成材料右侧示土工格室，左侧示其他土工合成材料。

1) 土工合成材料的铺设宽度，单线铁路不应小于 4.0 m；并行等高双线铁路，不应小于线间距加 4.0 m；

2) 用于冻害防治和膨胀岩土处理，土工合成材料应全断面铺设，且不得暴露于道床之外。

4 横向排水坡度不宜小于 4%。

3.2.2 土工合成材料应按下列要求选用：

1 既有线基床翻浆冒泥的整治宜选用土工膜或复合土工膜；病害轻微时，可采用 300 g/m^2 以上的无纺土工织物。

2 既有线基床下沉外挤、深陷槽、严重积水等病害的整治

宜采用土工格室，格室的高度根据病害的严重程度选择，格室内宜填充中粗砂、砾石并压实。

3 既有线道碴陷槽、积水病害整治宜选用软式透水管引排积水。

4 既有线基床冻害防治，宜选用土工膜或复合土工膜，冻害较轻时，也可选用较厚的无纺土工织物。冻害严重时，还应上铺保温材料。保温材料可选用厚度不小于 **5 cm** 的聚苯乙烯泡沫塑料板。

5 新建铁路加固处理基床时，根据具体情况可选用下列土工合成材料：

1) 基床防地表水下渗，可选用土工膜或复合土工膜；

2) 引排地下水，可选用塑料排水板、较厚的无纺土工织物；或土工织物包裹碎石、砂、砾石的横向或纵向渗沟；

3) 软弱基床，宜采用土工格室加强基床；

4) 冻害地区，除了采取上述防渗或反滤排水的措施外，可于基床表层的砂垫层中夹铺聚苯乙烯泡沫塑料板保温层。

3.2.3 土工合成材料性能应满足下列要求：

1 土工膜、复合土工膜的渗透系数不应大于 10^{-11} cm/s，抗拉强度应大于 **12 kN/m**，顶破强度应大于 **1.5 kN**，在寒冷地区还应满足抗冻要求；

2 无纺土工织物的等效孔径（EOS） O_{95} 和垂直渗透系数 k_v 应满足设计要求，抗拉强度应大于 **12 kN/m**，顶破强度应大于 **1.5 kN**；

3 聚苯乙烯泡沫塑料板厚度不应小于 **5 cm**，抗压强度不应小于 **150 kPa**，抗弯强度不应小于 **300 kPa**，耐热度不应低于 **80 ℃**，导热系数不应大于 **126 J/（m·h·℃）**，吸水率应小于 **0.9%**，化学稳定性好。

3.3 施工要点

3.3.1 既有线路基基床病害整治施工，根据施工条件可采用封锁线路，便线绕行的施工法；也可采用架空轨道，限速行车的分段施工法，必须确保行车安全。

3.3.2 基床开挖断面必须达到设计标准。砂垫层下的基面应做成向路基外侧不小于 4% 的排水坡，基面及砂垫层中不应含有尖锐杂物及碎石。

3.3.3 铺设土工织物和土工膜应平整无褶；铺设土工格室应充分张拉成型并及时充填压实。

3.3.4 土工合成材料的连接应满足下列要求：

1 土工织物的连接可采用缝接或搭接。搭接宽度不得小于 30 cm；缝接的接缝强度不应低于原材料的设计强度。

2 土工膜、复合土工膜一般可采用搭接、粘接或焊接方式，用于基床冻害防治时，宜采用粘接或焊接方式。

1) 采用搭接方式时，搭接宽度不应小于 30 cm；

2) 采用粘接或焊接方式时，接缝宽度不应小于 10 cm，且连接处的各项技术指标不应低于设计要求。

3 土工织物和土工膜的连接处，应使高端压在低端上。

4 聚苯乙烯泡沫塑料板间应连接牢固，接缝密实。

5 土工格室二单件间应使用特制连接件连接牢固。

3.3.5 土工合成材料铺设后，应及时铺垫层覆盖，并夯拍密实。

3.4 施工质量检验

3.4.1 铺设的土工合成材料和砂垫层上下底面高程误差、纵横向坡度及平整度，应满足设计要求。

3.4.2 施工质量应符合表 3.4.2 的要求。

表 3.4.2 基床加固处理中土工合成材料施工质量要求

序号	项 目	允 许 偏 差	检 验 数 量
1	下承层平整拱度	符合设计要求	每 100 m 或每作业段检查 3 处
2	材料搭接宽度	+5, 0 cm	每 100 m 检查 3 处
3	横向铺设宽度	每边±5 cm	每 100 m 检查 3 处
4	砂垫层厚度	+2, 0 cm	每 100 m 垫层长检查 3 处
5	土工膜、复合土工膜粘接或焊接处的抗渗性	不允许渗漏	每 100 m 或每作业段检查 3 处

4 路基防护

4.1 一般规定

4.1.1 为防止路基边坡冲蚀，改善生态环境，对适合植物生长而土质较差的路基边坡可采用土工网垫、土工网植物防护。

4.1.2 不适合植物生长的稳定破碎岩层、易于风化岩层及土质边坡，可设土工格栅挂网喷浆或喷射混凝土防护。

4.1.3 土工合成材料可与土、石、混凝土等结合，覆盖于坡面或河底，构成抗冲刷护坡。一般可采用土工合成材料石笼或沉枕、土工模袋等冲刷防护类型。

4.1.4 风沙地区路基防护工程，先期可选用土工合成材料进行防护。

4.2 坡面防护设计

4.2.1 土工网垫、土工网种草防护，边坡坡度不宜陡于 **1:1**，陡于 **1:1** 时宜设草籽垫，并选用根系发达、茎矮叶茂的多年生植物。

4.2.2 土工格栅挂网喷浆或喷射混凝土防护设计应按《铁路路基设计规范》有关规定执行。

4.2.3 材料基本性能应满足下列要求：

- 1** 暴露状态下使用寿命不少于 **5** 年；
- 2** 土工网垫水土保持能力系数不小于 **5**；
- 3** 土工网垫 **30 min** 时回弹恢复率不低于 **80%**；
- 4** 用于喷浆或喷射混凝土防护的土工网、土工格栅网孔孔径不小于 **40 mm**；
- 5** 当土工网、土工格栅延伸率为 **5%** 时，抗拉强度不低于 **10 kN/m**。

4.3 冲刷防护设计

4.3.1 土工合成材料应用于冲刷防护工程的适用条件，可根据表 4.3.1 采用。

表 4.3.1 冲刷防护工程类型及适用条件

防护类型	结 构 形 式	适 用 条 件
土工格栅或土工网石笼	用土工格栅或土工网等制成箱形或圆柱形，笼内装块石、卵石形成条体或块体	适用于临时工程，流速 $4\sim 5\text{ m/s}$ ，无滚石河段
土工织物沉枕	土工织物缝成管袋，内填砂石料等制成的枕状物	流速 $4\sim 5\text{ m/s}$ 、冲刷较严重的护坡、护底，如丁坝、顺坝等
土工模袋	土工模袋内充填流动性水泥砂浆或混凝土，厚度视工程需要确定。分有滤排水点和无滤排水点型	护坡坡度不陡于 $1:1.5$ ，充填水泥砂浆的，容许流速为 $2\sim 3\text{ m/s}$ ；充填混凝土的，容许流速为大于 3 m/s 的水上、水下工程

4.3.2 土工合成材料应用于冲刷防护工程设计应符合下列原则：

1 土工合成材料石笼和沉枕

1) 石笼与沉枕应具有足够大的体积和质量，确保其稳定性，其尺寸应通过稳定性计算确定。石笼一般长 $2\sim 3\text{ m}$ ，宽 $1\sim 3\text{ m}$ ，高 1 m ；圆柱体时直径 1 m 。土工织物沉枕直径一般为 $0.6\sim 1.0\text{ m}$ ，长 5 m 或 10 m ，沿其长轴每隔 $30\sim 50\text{ cm}$ 用 $\phi 4\sim 5\text{ mm}$ 的合成材料筋绳捆扎一圈作为加固腰箍。

2) 土工格栅或土工网石笼内应选用卵石、块石充填，块径应大于网孔尺寸，一般为 $8\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ 或 $10\text{ cm}\times 12\text{ cm}$ 。

3) 为保证其稳定性，宜在其防护范围内的上、下端设锚固措施，上端设桩悬挂，或以锚钉固定，下端则嵌入脚槽中。

4) 结构计算一般应校核抗滑稳定、抗浮稳定和水流作用下的稳定性。

5) 制作沉枕的管袋材料宜为机织型土工织物，其经纬向抗拉强度不应小于 12 kN/m 。

2 土工模袋

1) 模袋必须铺放在稳定的边坡上,必要时应进行土坡稳定性分析,校核其稳定性,一般情况下模袋护坡坡度不得陡于 $1:1.5$ 。

2) 模袋设计应按工程具体条件选用混凝土或砂浆模袋,并进行模袋混凝土护坡厚度计算、稳定性校核和抗滑措施等设计。模袋护坡厚度可分别按照抗浮动、抗冰推力、抗滑动计算,取其大值。一般常用的竣工后的砂浆模袋护坡平均厚度不应小于 10 cm ,混凝土模袋护坡平均厚度不应小于 15 cm 。

3) 土工模袋应具有一定的抗拉强度和耐老化能力,必须能承受 0.2 MPa 以上的压力,具有合适的孔隙率,能满足反滤要求。

4.4 风沙防护设计

4.4.1 路基本体防护设计应符合下列原则:

1 粉砂、细砂填筑的路堤边坡及粉细砂地层路堑边坡,可选用土工网、土工网垫等作风蚀防护层。防护断面形式如图 4.4.1—1、图 4.4.1—2。



图 4.4.1—1 路堤坡面防护断面

2 在沙层含水量大于 2% 的风沙区,应采用土工网与植物相结合的措施。

4.4.2 路基两侧防沙工程的设计应采取固沙与阻沙相结合的防

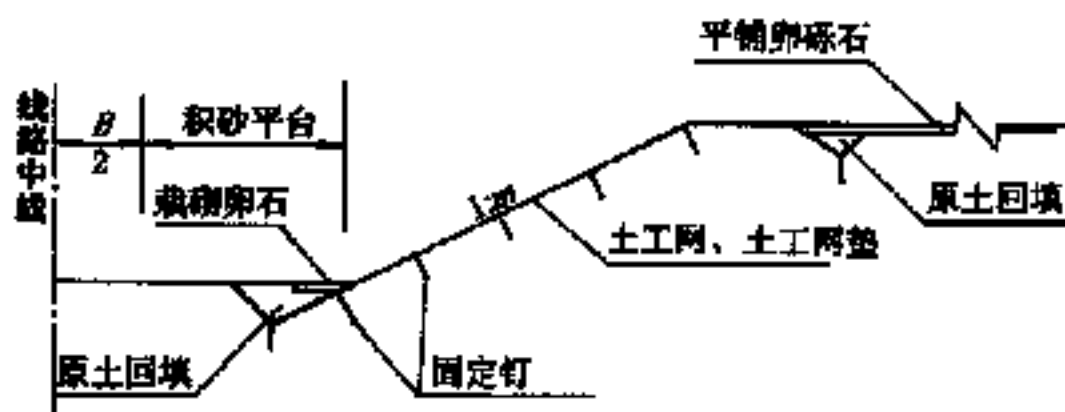


图 4.4.1—2 路堑坡面防护断面

沙措施：

- 1 固沙措施宜采用土工网、土工网垫等覆盖于沙面或沙地上固定浮沙；
- 2 阻沙措施宜采用土工网方格沙障和高立式土工合成材料防沙网沙障。

4.5 盐渍土路基隔断层设计

4.5.1 盐渍土路基的路肩高程不能满足《铁路路基设计规范》的要求时，可采用复合土工膜设置毛细水隔断层，防止路堤再盐渍化。

4.5.2 复合土工膜隔断层宜设置在路堤底部，横断面设计形式如图 4.5.2。



图 4.5.2 路基横断面形式图

4.5.3 复合土工膜须满足下列技术指标及性能：

- 1 膜厚不应小于 0.35 mm，渗透系数不应大于 10^{-11} cm/s；
- 2 具有长期的对硫酸盐、氯盐、碳酸盐的耐腐蚀性和抗老

化性能；

- 3 顶破强度应大于 **1.5 kN**；
- 4 在寒冷地区使用还应满足抗冻要求。

4.6 施 工 要 点

4.6.1 土工合成材料坡面防护工程的施工应符合下列规定：

1 土工网垫、土工网植物护坡

1) 土工网垫、土工网宜在适宜植物生长的季节铺设，铺设前应整平坡面并适量洒水湿润边坡，铺设时应与坡面密贴，上下边可按 **L** 型埋入土中，埋深不宜小于 **0.4 m**，回转长度不宜小于 **0.2 m**；

2) 搭接宽度土工网垫不应小于 **2 cm**，土工网不应小于 **10 cm**，采用不短于 **15 cm** 的固定钉垂直固定，其间距宜为 **0.5~1.5 m**，铺设范围应包括路肩、平台及堑顶以外 **1 m**；

3) 撒播草籽后，应及时覆盖表土并适当拍压，应做好洒水养生工作，养生期不少于 **30 d**。

2 土工格栅挂网喷浆或喷射混凝土防护

1) 预先整平坡面，设置好护坡伸缩缝；

2) 按设计要求施打锚杆后铺设土工格栅，并使其与锚杆连接紧密；

3) 喷射施工时喷射物应全面覆盖土工格栅，喷护总厚度不应小于 **8 cm**。

4.6.2 土工合成材料冲刷防护工程的施工应符合下列规定：

1 石笼及沉枕施工

1) 石笼、沉枕填料的填充率不宜少于 **80%**；

2) 安置位置正确，搭叠、衔接应稳固、紧密，能发挥其整体作用；

3) 施工作业不应使石笼、沉枕受到破损。

2 土工模袋施工

1) 施工前预先划定作业空间，设立水准点、水位及流速

观测设施，清理施工场地；

2) 模袋铺设应在其上、下缘插入挂袋钢管，上缘挂在固定桩和松紧器上，将模袋从坡上往坡下铺设；

3) 灌料口应扎紧，充填模袋宜采用特制的灌料泵进行。

4.6.3 土工网垫、土工网风沙防护工程的施工应符合下列规定：

1 在边坡坡顶和坡脚分别开挖深度不小于 **0.5 m** 的三角沟槽，并以固定钉分别固定土工网垫、土工网的首端及末端后回填夯实；

2 土工网垫、土工网应铺设平顺，土工网垫搭接宽度不应小于 **2 cm**，土工网搭接宽度不应小于 **10 cm**，并可采用固定钉固定，钉间距宜为 **1~1.5 m**，并按梅花形布置。

3 固沙植物宜在铺网后栽植。

4.6.4 盐渍土路基土工膜隔断层的施工应符合下列规定：

1 土工膜铺设面应设置砂垫层并自线路中心向两侧做成 **4%** 的横坡；

2 土工膜的连接应确保不渗不漏；

3 土工膜隔断层铺好后，应及时填土，第一层填土应采用人工摊铺，厚度不得小于 **0.3 m**，土中不得夹有带棱角的石块，严禁用羊足碾碾压。

4.7 施工质量检验

4.7.1 土工合成材料防护工程的施工质量应满足表 **4.7.1** 的要求。

表 4.7.1 防护工程中土工合成材料施工质量要求

序号	项 目	允许偏差	检 验 数 量
1	土工合成材料的连接	+3, 0 cm	每 100 m 或每作业段检查 3 处
2	挂网喷射厚度	-10% 的设计厚度	抽查 20 m 检查 6 点（上、中、下部各 2 点）
3	隔断层接缝处透水点	不允许渗漏	每个接缝

5 路基排水

5.1 一般规定

5.1.1 土工合成材料可作为反滤层、隔水防渗层、排水管等材料用于截排路基或支挡防护建筑物的地表水和地下水。

5.1.2 应结合截排水目的及水源、结构物的特点选择适宜的土工合成材料及规格，可单独使用，也可与其他材料配合使用。

5.1.3 反滤材料宜选用无纺土工织物，隔水防渗材料宜选用土工膜或复合土工膜，排水管可选用带孔塑料管或软式透水管。

5.2 设计原则

5.2.1 土工织物作为反滤材料设计时应符合下列原则：

1 下列反滤层可采用土工织物：

1) 坡面防护的护坡、护墙及路基挡土墙背后的砂砾石反滤层；

2) 截排地表水或地下水的暗沟、渗沟中，当沟壁为细粒土或粉细砂时，其截水部分的无砂混凝土或砂砾石反滤层；

3) 浸水路堤的粗、细颗粒土填料间的砂砾石反滤层。

2 对 $d_{85} < 0.075 \text{ mm}$ 的土层不宜单独使用土工织物作反滤层，可在土工织物与土体间设置含泥量小于 5% 的砂层。

3 必须满足下列保土、透水及防淤堵设计准则：

1) 保土准则

土工织物孔径应符合式 (5.2.1—1) 的条件：

$$O_{95} \leq B_s d_{85} \quad (5.2.1-1)$$

式中 O_{95} ——织物的等效孔径 (mm)；

d_{85} ——被保护土的特征粒径 (mm)，即土中小于该粒径

的土质量占总质量的 85%；

B_s ——与被保护土的类型、级配、织物品种和状态有关的经验系数。 B_s 值可按表 5.2.1 选取。

表 5.2.1 B_s 值表

土 类	条 件	B_s 值
粗 粒 土	$\sigma_u > 8$ 或 $\sigma_u < 2$	1
	$\sigma_u = 4$	2
	其 余	1~2
细 粒 土	无纺土工织物 $O_{95} \leq 0.3 \text{ mm}$	1.8

注: $\sigma_u = \frac{d_{80}}{d_{10}}$

式中 σ_u ——土颗粒的不均匀系数；

d_{80}, d_{10} ——被保护土的特征粒径 (mm)，分别为土中小于该粒径的土质量分别占总质量的 60% 和 10%。

2) 透水准则

土工织物的透水性应符合式 (5.2.1—2) 条件：

$$k_g = A k_s \quad (5.2.1-2)$$

式中 k_g ——土工织物的渗透系数 (cm/s)；

k_s ——被保护土的渗透系数 (cm/s)；

A ——无因次系数，取值范围 1~10，细粒土和重要工程取高值。

3) 防淤堵准则

一般情况下应满足式 (5.2.1—3) 的条件：

$$O_{95} \geq 3 d_{15} \quad (5.2.1-3)$$

式中 d_{15} ——被保护土的特征粒径 (mm)，即土中小于该粒径的土质量占总质量的 15%。

5.2.2 路基顶面或底面需要隔水防渗或横向排水时，宜采用砂垫层中夹铺土工膜或复合土工膜，横向排水坡度不宜小于 4%。

5.2.3 土工合成材料用于截排地表水或地下水的渗沟设计应符合

合下列原则：

1 当渗沟不长、渗水量不大时，可采用土工织物包裹碎石或砂砾石，见图 5.2.3—1。

2 当渗沟较长、渗水量较大时，可在渗沟底部设置软式透水管或带孔塑料渗水管（见图 5.2.3—2），并应符合下列规定：

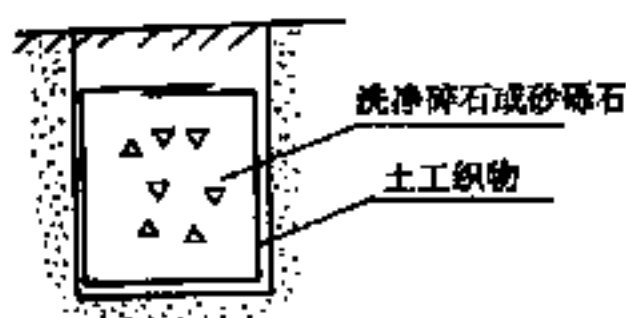


图 5.2.3—1 土工织物包裹碎石或砂砾石渗沟断面示意图

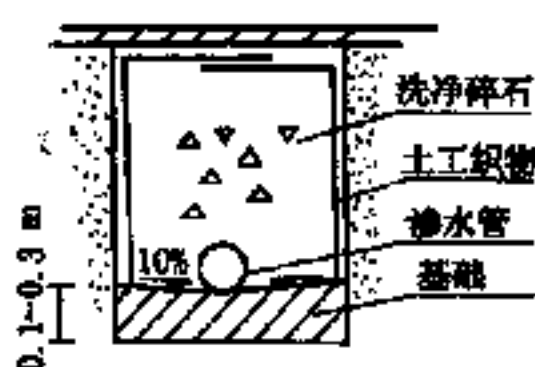


图 5.2.3—2 铺设塑料渗水管或软式透水管的渗沟断面示意图

1) 渗沟的布置、断面尺寸及渗水管管径应根据排水要求和渗水量大小计算确定；

2) 塑料渗水管管径一般为 20~30 cm，软式透水管管径一般为 5~20 cm；

3) 渗沟底为不透水软弱地层时，应在渗水管底设置基础，厚 0.1~0.3 m，视地层情况，可采用砂垫层中夹铺土工膜或复合土工膜，或混凝土、浆砌片石基础，并向渗水管平面轴线设置不小于 10% 的排水坡。

5.2.4 路堑边坡或滑坡体内的地下水，宜在仰斜泄水钻孔中插入软式透水管或带孔塑料渗水管引排。泄水孔位布置、直径及长度可根据含水层水文地质情况确定，仰斜角度一般 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ ，困难时不应小于 5° 。

5.2.5 地下水发育地段的路堑挡土墙，可沿墙背斜向平行设置多条软式透水管或塑料渗水管，倾斜角度一般 45° ，并与沿墙底纵向设置的较大管径渗水管连接。斜向渗水管的管径及其布设应根据地下水发育情况确定，一般管间距为 2~3 m，管径可选用 5

~10 cm, 纵向渗水管管径可选用 8~20 cm。

5.2.6 塑料渗水管管径、渗水孔的大小及布置, 应根据管材种类、渗水及排水的需要和被保护土质情况确定。塑料渗水管外宜用土工织物包裹作为反滤层。

5.2.7 软式透水管或塑料渗水管、土工织物包裹的渗沟排水量及渗水量计算, 可按有关规范、规定执行。

5.2.8 土工合成材料的选用:

1 作反滤层的土工织物以无纺土工织物为宜, 必须耐腐蚀、抗老化, 具有较好的透水性能, 等效孔径 O_{95} 应满足保土、透水、防淤堵设计准则要求, 刺破强度应大于 400 N, 顶破强度应大于 1.5 kN, 撕裂强度应大于 400 N;

2 作为隔水防渗材料的土工膜和复合土工膜, 膜厚不应小于 0.15 mm, 渗透系数不应大于 10^{-11} cm/s, 抗拉强度应大于 12 kN/m, 顶破强度应大于 1.5 kN, 在严寒地区还应具有较好的抗冻性;

3 渗水管材应质量轻、耐化学腐蚀, 可在 -25~60 °C 条件下应用, 使用寿命长, 有良好的透水、渗滤、纵向排水性能, 并具有较高抗拉、抗压强度和环形刚度, 满足设计规定的要求。

5.3 施工要点

5.3.1 暗沟、渗沟开挖后必须疏干沟内积水, 平整沟底及沟壁, 清理尖石、树根等杂物, 避免刺破、损伤土工织物。

5.3.2 土工织物铺设应平顺、松紧适度, 并与沟壁被保护土体密贴, 不得有皱褶。破损时应及时修补, 修补面积不小于破损面积的 4 倍。

5.3.3 反滤层土工织物的搭接宽度不宜小于 20 cm。隔水防渗土工膜或复合土工膜宜用粘接法, 其强度不低于材料设计强度, 粘接宽度不应小于 10 cm。连接面处不得夹有砂石等杂物。

5.3.4 渗沟和挡土墙后的渗水管应按设计位置铺设并固定。挡土墙后斜向管与纵向管接口可采用“T”形接头, 渗水管接口应

牢固，不易松动，并避免土、碎石等落入管中。

5.3.5 塑料渗水管外的土工织物应包裹绑扎牢固，不应脱落、皱褶。

5.3.6 土工合成材料铺设后应及时回填或覆盖。

5.3.7 回填碎石等填料时，应采取措施避免土工织物或渗水管受到损伤。

5.3.8 引排水的仰斜钻孔应顺直，及时插入渗水管，并固定管口。

5.4 施工质量检验

5.4.1 土工合成材料用于路基排水的施工质量应符合表 5.4.1 的要求。

表 5.4.1 用于路基排水的土工合成材料施工质量控制要求

序号	项 目		允许偏差	检 验 数 量
1	土工织物搭接宽度		$\pm 5.0, 0 \text{ cm}$	每 100 m 检查 3 处
2	渗 沟	中心线偏差	$\pm 5 \text{ cm}$	每沟检查 3 处
		渗水管底高程	$\pm 2 \text{ cm}$	
3	纵向渗水管坡度		不得出现反坡	每 10 m 抽查 1 处
4	仰 斜 泄水孔	角度误差	$\pm 10\%$ 设计坡度	每孔每 5 m 抽查 1 处
		渗水管长度	$\pm 10 \text{ cm}$	每根检查

6 加筋土工程

6.1 一般规定

6.1.1 当路堤填料土质较差或路堤边坡较高时，改建或增建二线帮宽或加宽路基条件困难时，受地形限制需要加陡路堤边坡时，可采用土工合成材料加筋补强，以提高路堤堤身或边坡稳定性。

6.1.2 采用土工合成材料作拉筋的加筋土挡土墙，单级高度不宜超过 10 m，超过 10 m 时，应进行特殊设计。

6.1.3 在浸水地区修建的加筋土挡土墙宜采用渗水性好的填料填筑。

6.1.4 在软弱地基和沿河地段修建加筋土挡土墙，必须作好地基处理，满足设计要求。

6.2 加筋土路堤

6.2.1 加筋土路堤设计应遵守下列原则：

1 用于路堤加筋的土工合成材料主要为土工格栅，要求其抗拉强度不小于 25 kN/m；为防止边坡浅层溜坍，其设计抗拉强度要求较低时，也可采用土工网。

2 用土工格栅、土工网加筋的路堤，宜采用图 6.2.1—1、图 6.2.1—2 的结构形式，一般宜按下述原则选择：

1) 当填料来源困难，不得不采用 D 组差质填料填筑的路堤，宜选用图 6.2.1—1 的一般加筋结构形式；

2) 受地形、地物限制需加陡路堤边坡时，宜选用图 6.2.1—2 外边回折的加筋结构形式。

3 土工合成材料的容许抗拉强度 T_{gs} 应按式 (6.2.1) 确定。

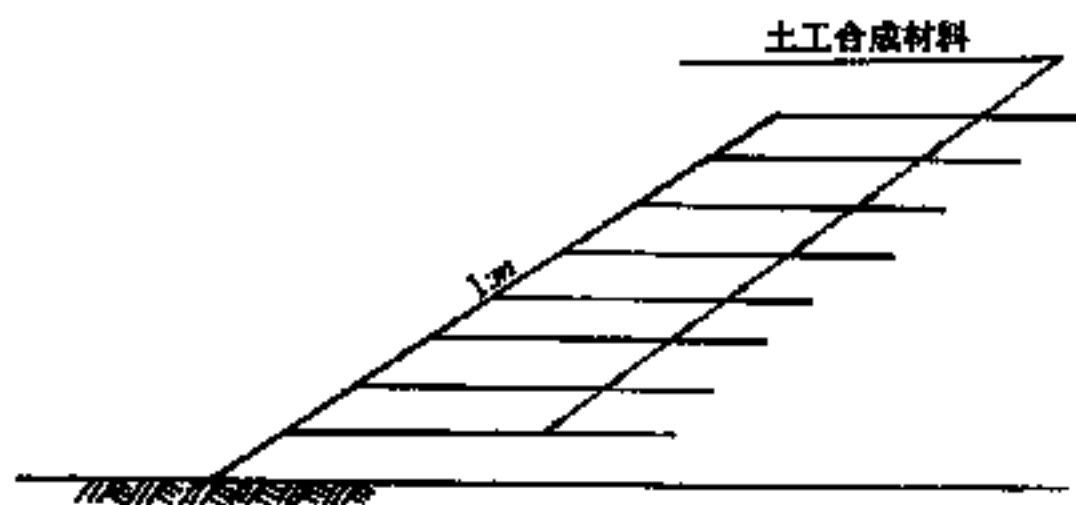


图 6.2.1—1 一般加筋土路堤结构形式

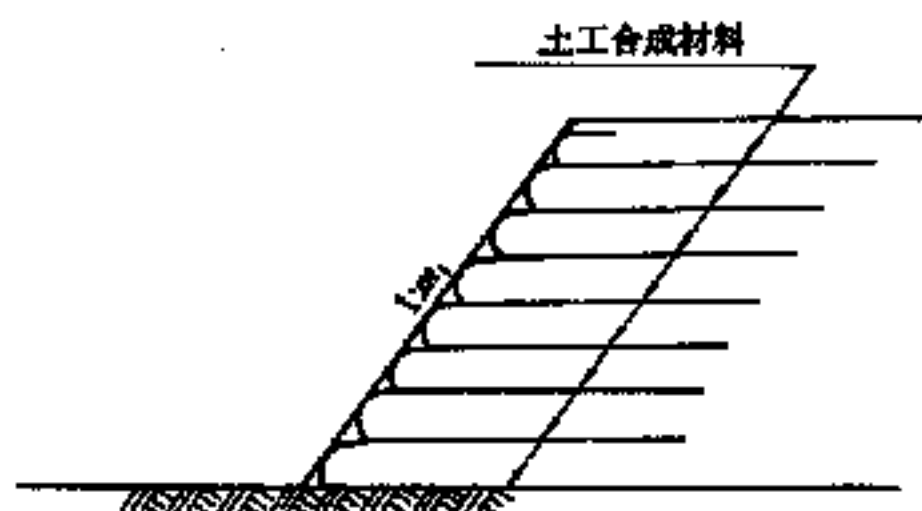


图 6.2.1—2 外边回折的加筋土路堤结构形式

注： m 为《铁路路基设计规范》或《铁路特殊土路基设计规则》所规定之坡率； m_1 为加陡路堤边坡之坡率。

$$T_{gz} = T_{gm} / K_c \quad (6.2.1)$$

式中 T_{gz} ——土工合成材料的抗拉强度 (kN/m)；

K_c ——考虑施工损伤、材料老化、材料蠕变等因素的安全系数，对于图 6.2.1—1 所示结构形式，取 $K_c = 1.5 \sim 2.0$ ；对于图 6.2.1—2 所示结构形式，取

$$K_c = K_{id} \times K_{cr} \times K_{cd},$$

其中 K_{id} ——考虑施工损伤的分项安全系数，一般取值 1.0 ~ 1.3，

K_{cr} ——考虑材料蠕变的分项安全系数，宜根据试验确定，若无试验资料，可取 2.0 ~ 4.0，

K_{cd} ——考虑化学、生物损伤的分项安全系数，可取
1.0~1.5。

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，不宜小于一层填土的最小厚度，亦不宜大于 **1 m**，加筋材料的最小铺设宽度不应小于 **2.5 m**。

5 加筋路堤中土工合成材料的铺设层数和长度应按圆弧滑动法和楔体滑动法通过稳定性计算确定。筋材的锚固长度除应满足抗拔稳定性计算要求外，亦不得小于 **2.5 m**。

6.2.2 加筋路堤施工应遵守以下规定：

1 土工合成材料在铺设时，宜将强度高的方向置于垂直于路堤的轴线方向；

2 土工合成材料受力方向的连接必须牢固，连接强度不低于材料容许抗拉强度，另一方向应密贴排放；

3 土工合成材料的铺设不容许有褶皱，应尽量拉紧，必要时可用插钉等措施固定；

4 铺设土工合成材料的土层表面应平整，不得有坚硬凸出物，严禁碾压机械直接在土工合成材料表面上进行碾压；

5 土工合成材料摊铺后应及时填筑填料。

6.3 加筋土挡土墙

6.3.1 加筋土挡土墙设计应遵守下列原则：

1 加筋土挡土墙的拉筋应选择强度高、延伸率适度、能与填料产生足够的摩擦力、抗老化性能好的土工格栅或复合拉筋带，并且其加工、接长和与面板连接应简单易行。

2 所选用的土工格栅抗拉强度不应小于 **35 kN/m**；其对应的最大拉伸应变不大于 **10%**。

3 所选用的复合拉筋带破断时拉伸应变不得大于 **2%**，单根破断拉力不得小于 **9 kN**。筋带表面应有粗糙花纹。

4 土工格栅、复合拉筋带容许抗拉强度 T_{gr} 应按式(6.3.1)确定。

$$T_{gz} = T_{gu} / K_c \quad (6.3.1)$$

式中 T_{gu} ——土工格栅、复合拉筋带的抗拉强度 (kN/m);

K_c ——考虑施工损伤、材料老化、材料蠕变等因素的安全系数, 对于土工格栅, K_c 按第 6.2.1 条第 3 款确定; 对于复合拉筋带取 $K_c=1.5\sim 2.0$ 。

5 用复合拉筋带作拉筋的挡土墙, 当墙较高或地面横坡较陡且墙高大于 6.0 m 时, 宜采用图 6.3.1—1 的结构形式; 当墙较低时宜采用图 6.3.1—2 的结构形式。用土工格栅作拉筋带的

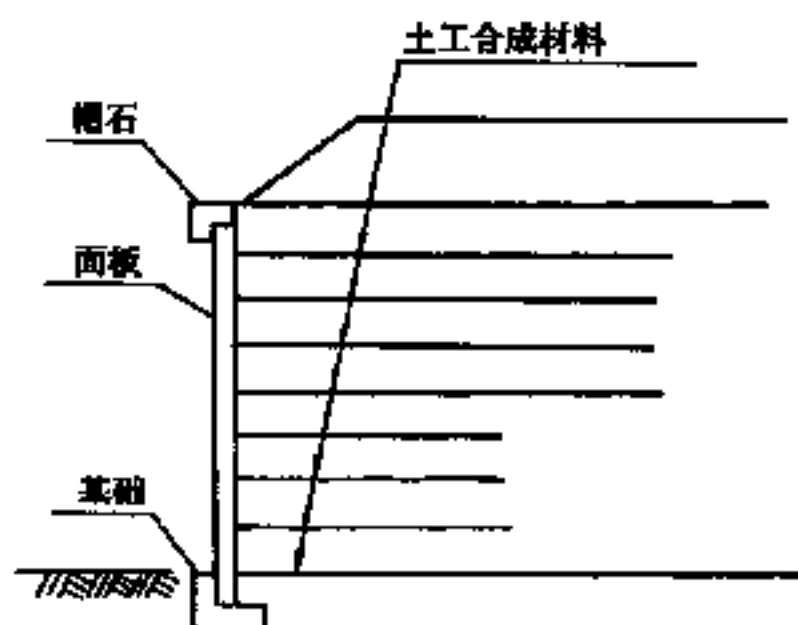


图 6.3.1—1 加筋土挡土墙结构形式之一（拉筋带不等长布置）

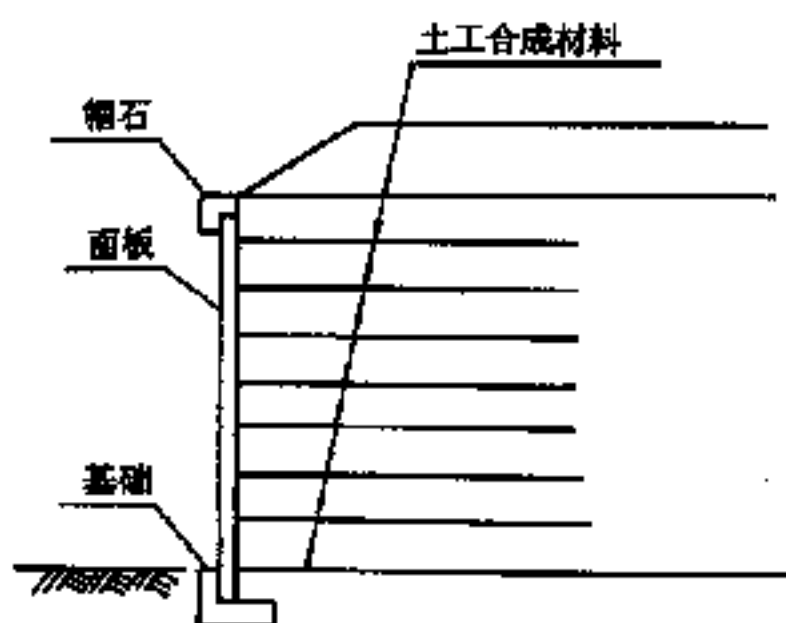


图 6.3.1—2 加筋土挡土墙结构形式之二（拉筋带等长布置）

挡土墙，可采用图 6.3.1—1~4 的结构形式。在路基面上需设置杆架、沟槽、管线地段，必须采取措施，保证加筋土挡土墙的完整和稳定。

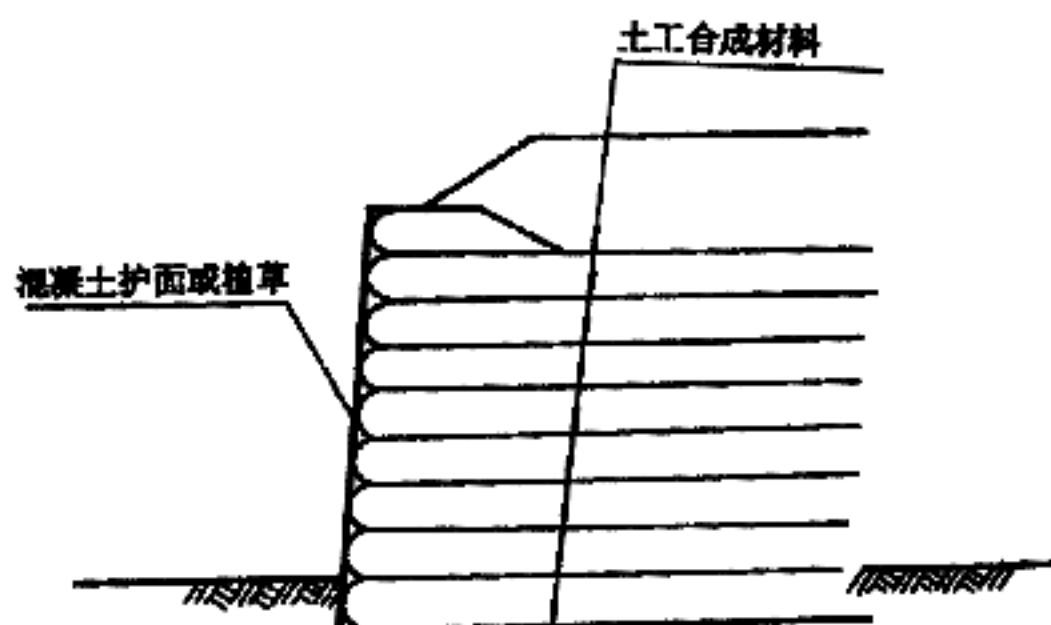


图 6.3.1—3 加筋土挡土墙结构形式之三

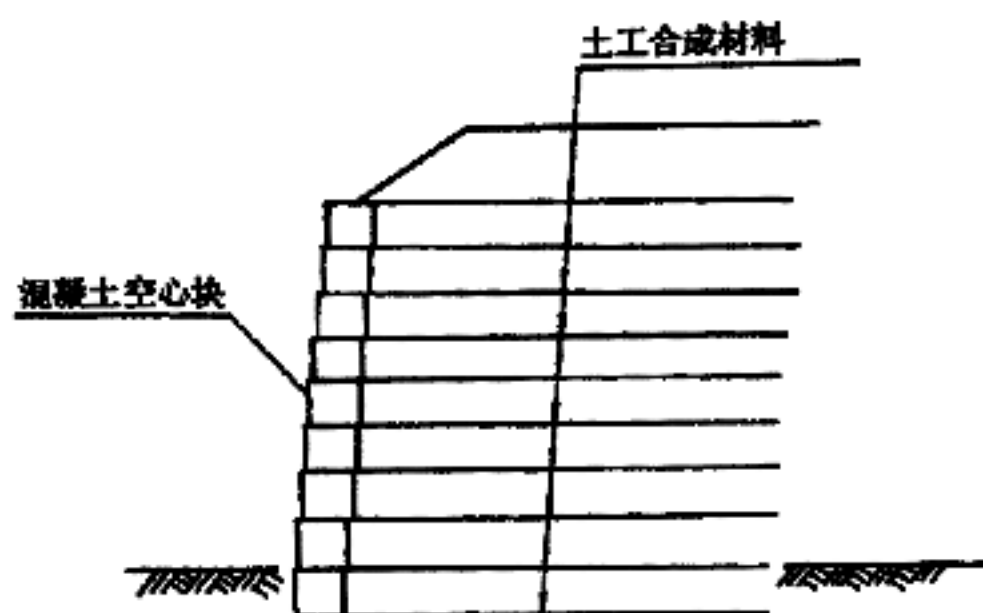


图 6.3.1—4 加筋土挡土墙结构形式之四

6 加筋土挡土墙内部、外部的稳定性和筋材断面长度等计算应按有关规范的规定进行，其中筋材的长度除应满足计算要求外最小不小于 $0.6 H$ (H 为加筋土挡土墙墙高)，且不应小于 4.0 m 。

7 采用复合拉筋带作拉筋的加筋土挡土墙面板基础底面和

采用土工格栅作拉筋的加筋土挡土墙底面的埋置深度，对于土质地基和风化层较厚难以全部清除的岩石地基不应小于 **0.6 m**。

8 加筋土挡土墙应有防水、排水设施，顶面应设置柔性封闭层。

8.3.2 加筋土挡土墙施工应遵守下列规定：

1 用作拉筋的土工格栅应将强度高的方向垂直于墙面铺设；复合拉筋带应尽量垂直于墙面呈扇形辐射状散开铺设，并尽量分布均匀，自墙面板起至筋带长度的 **1/3** 以后不应重叠。

2 筋材与面板的连接或土工格栅的回折长度应符合设计要求。

3 筋材应铺设在有 **1%~3%**横坡的平整压实的填土上（使筋带末端比前端高 **5~10 cm**）。筋材应拉直、拉紧，不得有卷曲、扭结。筋材拉紧固定后，应立即填铺上部填料。

4 筋材需要接长时，连接处强度不得低于容许设计强度。

5 加筋材料重叠交叉时，筋材之间应用填料隔开，其厚度宜大于 **5 cm**。在转角处相邻 **2~4** 块板上宜增设加强筋带，加强筋带的数量不宜少于结构设计数量的 **1/3**，加强筋材可与面板斜交。

6 填料的种类、颗粒粒径应符合设计要求，与筋带直接接触部分的填料不应含有尖锐棱角的块体，填料中最大粒径不宜大于单层填料压实厚度的 **1/3**。

7 填料必须分层填筑、碾压，分层厚度以 **30 cm** 为宜。施工机械严禁在未覆盖填料的筋材上行驶，机械行驶时，其筋材上填料覆盖厚度不宜小于 **20 cm**。填料的碾压顺序应从筋带中部压向筋带尾部，再由中部压向面板，全面轻压后再重压。填料未压实前，碾压机械不应做 **90°**转向操作。压实机械与面板距离不应小于 **1 m**，在此范围内应采用小型夯实机械或人工夯实。其他范围内填料的压实度，除必须符合《铁路路基设计规范》的规定外，在路堤基床以下部分的压实度还需相应提高 **0.05**。

6.4 施工质量检验

6.4.1 土工合成材料铺设于路堤或加筋土挡土墙中作为相应分项的一道工序，铺设前和铺设后必须按批准的设计文件、图纸、技术规范要求进行检验，经检验合格后方可进入下道工序。

6.4.2 加筋土路堤、加筋土挡土墙施工质量除应满足《铁路路基施工规范》、《铁路路基支挡结构物设计规则》要求外，土工合成材料铺设还应满足表 6.4.2 的要求。

表 6.4.2 加筋土工程土工合成材料施工质量控制要求

序号	项 目	允 许 偏 差		检 验 数 量
		加筋土路堤	加筋土挡土墙	
1	下承层平整度和拱度	符合设计要求	符合设计要求	每 100 m 检查 3 处
2	搭接缝错开距离	符合设计要求		每 100 m 检查 3 处
3	筋材铺设长度	不小于设计要求	不小于设计要求	每 100 m 检查 3 处
4	筋材铺设层数	不小于设计要求	不小于设计要求	每 100 m 检查 3 处， 且每段不少于 3 处
5	筋材铺设层距	±5 cm	±5 cm	
6	筋材连接处强度	符合设计要求	符合设计要求	每 100 m 检查 3 处

7 软土地基加固

7.1 一般规定

7.1.1 土工合成材料加固软土地基，主要有地基的加筋补强和加速排水固结。地基加筋补强宜选用强度较高、延伸率较小的机织土工织物或土工格栅；加速地基排水固结宜选用塑料排水带或袋装砂井。

7.1.2 采用土工合成材料加固软土地基，应根据地基情况、路堤高度及稳定、沉降、工期等要求，宜按以下条件确定加固措施：

1 当路堤高度大于设计临界高度 $1.0\sim 2.0$ m，且沉降不受控制时，可采用土工合成材料加筋补强地基；

2 当路堤高度大于设计临界高度 $1.5\sim 2.9$ 倍，且沉降受控制时，可单独采用排水固结法或采用排水固结法与土工合成材料加筋补强综合加固。

7.2 设计原则

7.2.1 软土地基加筋补强设计应符合下列规定：

1 用土工合成材料加固软土地基，应在路堤底部铺设单层或多层土工合成材料，与砂石等组成加筋垫层，满足约束地基侧向变形、均化基底应力分布、增强路堤抗滑稳定性和提高地基承载力的要求。

2 土工合成材料加固软土地基应根据可能发生的破坏形式，按有关规范进行稳定检算和沉降计算。

3 土工合成材料设计容许强度宜根据其 与土变形相适应的情况确定。对土工织物可取应变量为 **15%** 的拉伸应力作为设计容许强度；对于土工格栅，可取抗拉强度的 **90%** 作为设计容许

强度。当填土期较长时，可根据材料变形特性适当提高。

4 应在地表铺设中粗砂或其他透水性好的均质渗水料垫层，垫层厚度不宜小于 **40 cm**，含泥量不宜大于 **5%**。

5 土工合成材料应沿路堤底部横向满铺。铺设层数根据稳定检算确定，但一般不宜超过三层。

6 应选用强度高、延伸率小和不易老化的土工织物或土工格栅，一般要求抗拉强度不小于 **35 kN/m**。土工织物渗透系数不小于 $5 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ ；土工格栅延伸率不大于 **15%**。

7.2.2 软土地基排水固结加固设计应符合下列规定：

1 排水带或袋装砂井平面布置可用正三角形或正方形布置。

2 排水带或袋装砂井的间距及插入深度，应按计算确定。

3 加固地基的固结度宜采用太沙基固结理论计算。当插入较深，施工对地基扰动较大时，地基固结度宜考虑涂抹和井阻作用的影响。

4 排水带设计的等值砂井直径 d_w 按式 (7.2.2) 换算：

$$d_w = \alpha \frac{2(b + \delta)}{\pi} \quad (7.2.2)$$

式中 α ——排水带折减系数，无试验资料时可取 $\alpha=1.0$ ；

b, δ ——分别为排水带的宽度与厚度。

5 路堤的稳定分析与沉降计算按有关规范执行。

6 地基表面应铺设砂垫层，其厚度不宜小于 **40 cm**，砂料应选用中粗砂，含泥量不宜大于 **5%**。

7 排水带芯材应具有足够的抗拉强度、耐腐蚀性、柔性和垂直排水能力；滤套应具有一定的强度及反滤能力。

8 袋装砂井袋料应选用韧性强的聚丙烯或其他适用的机织土工织物制成，抗拉强度应能承受砂袋自重，装砂后砂袋的渗透系数不应小于砂的渗透系数。主要技术指标应满足表 7.3.1 要求。

9 砂袋内充填料应采用渗水率较高的中粗砂，含泥量不应大于 **3%**，渗透系数不应小于 $5 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ 。

7.3 施工要点

7.3.1 软土地基加筋补强施工应符合下列规定：

表 7.3.1 袋装砂井袋料性能要求

项 目 \ 砂井长度 (m)	<10	10~15	15~20
抗拉强度 (kN/m)	8	12	15
质量 (g/m ²)	85	90	95
规格 (经×纬) (根/10 cm)	40×40		
渗透系数 (cm/s)	大于 5×10^{-3}		
等效孔径 (mm)	$O_{95} > 0.05$		

1 土工织物在铺设时，幅与幅之间纵向连接采用搭接法，其搭接宽度宜为 0.3~0.5 m；土工格栅可不搭接，采取密贴排放。土工合成材料受力方向连接应采用可靠措施，连接强度不低于设计容许强度。

2 铺设多层土工合成材料时，其上、下层接缝应交替错开，错开距离不宜小于 0.5 m。

3 铺设土工合成材料前应整平砂垫层，铺设时不得褶皱和损坏，铺好后及时填砂覆盖。

4 土工合成材料铺好后，应按设计要求铺回折段砂，用刮板整平，逐幅回折叠头，并用砂压住。

5 土工合成材料上的砂垫层，应采用人工或轻型机械运砂进场，散铺整平，且不宜直接压实，待上覆填土后再行压实。第一层填料压实应从两边开始循序向中间进行，只有当土工合成材料上的填料和垫层厚度大于 0.6 m 后才能采用重型压实机械。

7.3.2 软土地基排水带固结法施工应符合下列规定：

1 定位时，锚靴或管靴必须压紧套管下端对准桩位；

2 插入过程中导轨应垂直，钢套管不得弯曲，透水滤膜不

得被扯破和污染；排水带底部应有可靠的锚固措施，若发生芯带随同套管拔出，其长度大于 0.5 m 时，应重新补打；

3 排水带伸出孔口长度应保证伸入砂垫层不小于 0.5 m，使其与砂垫层贯通，并将其保护好，外露排水带不宜曝晒过久；

4 排水带接长时应采用滤膜内芯平搭的连接方式，搭接长度不小于 20 cm，用滤膜包裹，并可靠固定。

7.3.3 软土地基袋装砂井固结法施工应符合下列规定：

1 砂袋灌砂率应达 95% 以上，灌砂率 (r) 按式 (7.3.3) 计算：

$$r = \frac{m_{sd}}{0.78 d^2 h \rho_d} \times 100\% \quad (7.3.3)$$

式中 m_{sd} ——实际灌入砂的质量 (kg)；

d, h ——分别为砂井直径、深度 (m)；

ρ_d ——中粗砂的干密度 (kg/m^3)。

2 砂井可用振动法或锤击法施工，导轨应垂直，钢套管不得弯曲，套管压入时只准往下，不得起管后再往下，沉桩时应用仪器控制垂直度。

3 为控制砂井入土深度，在钢套管上应划出标尺，以确保井底高程符合设计要求。

4 下砂袋时需经套管入口滚轮，平稳迅速地送入套管内，并拉住袋尾，待起管提升 0.5 m 时才准松手，让砂袋坠入孔内。放入砂袋时应防止砂袋发生扭结、缩颈、断裂和砂袋磨损。

5 拔管时应先启动激振器，后提升套管，并注意垂直起吊，以防止带出或损坏砂袋，当带出长度大于 0.5 m 时应重新补打。

6 砂袋伸出孔口长度应保证伸入砂垫层至少 0.5 m。

7 已施打的袋装砂井应及时向袋内补砂，每隔 3 d 补一次，一般共补砂 2~3 次，遇雨应在雨后及时补砂。

7.4 施工质量检验

7.4.1 软土地基加筋补强施工质量应符合表 7.4.1 的要求。

表 7.4.1 软基加筋补强施工质量要求

序号	项 目	允 许 偏 差	检 验 数 量
1	下承层平整度、拱度	符合设计要求	每 100 m 检查 3 处
2	搭接宽度	应符合第 7.3.1 条第 1 款 $\pm 5 \text{ cm}$	每 100 m 检查 3 处
3	搭接缝错开距离	应符合第 7.3.1 条第 2 款 $\pm 5 \text{ cm}$	每 100 m 检查 3 处

7.4.2 软土地基排水带、袋装砂井施工质量检验应符合下列要求：

1 分段施工完毕后，应对排水带或袋装砂井的平面布置形式、井距、数量、直径、打入深度、外露长度、灌砂率等进行全面检查；

2 排水带、袋装砂井施工质量要求应符合表 7.4.2 要求。

表 7.4.2 排水带、袋装砂井施工质量要求

序号	项 目	允 许 偏 差	检 验 数 量	附 注
1	井 距	$\pm 15 \text{ cm}$	抽 查 2%	
2	打入深度	不小于设计深度	查施工记录，抽查 2% 进行拉拔检查	
3	井 径	$+1, 0 \text{ cm}$	挖 验 2%	仅袋装砂井
4	垂 直 度	1.5%	查施工记录	
5	灌 砂 率	-5%	查施工记录	仅袋装砂井

附录 A 本规范用词说明

执行本规范条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

A.0.1 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

A.0.2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

A.0.3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

《铁路路基土工合成材料应用技术规范》

条文说明

本条文说明系对重点条文的编制依据、存在的问题以及在执行中应注意的事项等予以说明。为了减少篇幅，只列条文号，未抄录原条文。

1.0.1 自 60 年代我国铁路部门开始研究利用土工合成材料应用于防治翻浆冒泥和包石材料作盲沟排水，80 年代初将土工织物用于软土地基加固以来，铁路路基应用土工合成材料已有近 30 多年的成功经验。土工合成材料的可用性与优越性已为广大路基科技人员所认可。铁路路基在土工合成材料应用研究和实践过程中，取得了重大成果，积累了丰富的资料和数据。为制定本规范奠定了基础。

1.0.2 铁道部铁建〔1996〕431 号文发布的《铁路工程建设暂行规定》中规定：“本规定适用于客货列车混运、旅客列车最高行车速度在 140 km/h 及其以下标准轨距国家铁路的设计。”故定“本规范适用于最高行车速度 140 km/h 的标准轨距铁路路基工程应用土工合成材料的设计、施工和质量检验。”

准高速铁路和高速铁路路基应用土工合成材料，应视具体条件制定相应的技术标准。

1.0.4 与其他建筑材料比较，土工合成材料有两个明显的特点：一是在阳光照射下容易老化；二是土工合成材料是人工合成的聚合物容易燃烧。故土工合成材料的运输、储存和堆放，要避免阳光照射，并远离热源。

1.0.5 铁路路基工程使用土工合成材料主要是用于防渗、隔离、加筋、反滤、排水、防护和保温等，故土工合成材料的物理、力学指标必须与其功能相一致。“应用条件”是指环境条件、工程

地质条件和水文地质条件等。

土工合成材料产品品种、规格繁多，功能各异，每批材料生产时的原料配制、生产工艺都会存在差异，因此必须查验和抽检。

1.0.6 土工合成材料容易受到施工机械损伤，降低其力学性能，所以本条强调“采用的施工方法和施工工艺，应使土工合成材料不受损伤、性能指标不受影响”。此外，施工方法和施工工艺还应考虑土工合成材料就位固定后，位置不因施工机械的运行而受到扰动。

1.0.7 本规范是铁路路基专业标准的一部分，故设计、施工和质量检验应符合铁路路基设计、施工、质量检验评定和其他有关强制性标准的规定。

3.1.2~3.1.4 既有线基床翻浆冒泥病害，多发生在因基床排水条件不良而表面软化处、土质较为密实的粉质黏土或风化严重的软质岩基床。病害的特征为软化层较薄、下卧层强度较高。在病害地段的基床表面铺设土工膜或复合土工膜可起隔离（隔水、隔浆、隔碴）与排水作用，在雨量较少地区、病害程度较轻微时，亦可使用 300 g/m^2 以上的无纺土工织物进行反滤和排水处理。

既有线基床下沉外挤病害系由于土质不良和水的作用造成基床土软弱、抗剪强度低，表现出“深陷槽”、“外挤土垄”等特征，最终导致基床剪切破坏，直接影响线路上部结构的稳定。病害地段可在基床表层内铺设土工格室，分散基床应力与提高基床的刚度，并视下卧基床软弱层的强度选用合适厚度的材料。格室内填充砂砾石或合格填料土。当道碴陷槽较深、积水严重时，可采用插渗水管引排。

既有线基床冻害一般发生在季节冻土地区，因路基面在土、水、温度的共同影响下产生不均匀冻胀所致。基床冻害往往伴生翻浆冒泥、道碴陷槽、基床土外挤等病害。冻害的防治除了换土措施以外可选用土工膜或复合土工膜进行隔、排水，选用厚度不小于 5 cm 的聚苯乙烯泡沫塑料板进行保温处理。冻害较轻时，

可选用较厚的无纺土工织物进行防治。

各类基床病害的发生与发展，均离不开水的诱发作用，故采用土工合成材料进行上述处理时，应根据需要同时采取相应的降、排水措施与之配合：

(1) 基床表面横向排水坡度 $\geq 4\%$ ；

(2) 若两侧既有浆砌片石路肩高于基床排水面，高出部分应改为干砌片石（侧面下部不勾缝）或每隔 1 m 加设一个泄水孔；

(3) 侧沟深度不足者应进行加深改造，侧沟流水面的高程至少应低于土工格室或其他土工合成材料垫层下排水面出口处 0.2 m。

3.2.1 土工合成材料的铺设应满足下列要求：

1 铺设位置：

在既有线采用土工膜（复合土工膜）与土工织物整治基床翻浆冒泥病害时，应铺设在基床表面上；清除基床表面软化薄层后即可铺设土工合成材料。清除基床表面后，不必恢复原梯形路拱，可以线路中心原梯形路拱顶为基准，把梯形路拱改为三角形路拱。三角形路拱的排水坡应不小于 4%，以利排水。土工合成材料上、下均应设置砂保护层，上部砂层厚 ≤ 0.10 m，下部砂层厚 ≤ 0.05 m，总厚度应 ≥ 0.20 m，在双层道床地段可利用道床的砂垫层，在单层道床地段可将下部 0.10 m 厚的道碴置换为砂层。

在既有线采用土工格室加固基床，整治基床下沉外挤时，应将其作为置换层铺设在基床表层内，置换的材料厚度视病害程度而定。土工格室下中粗砂保护层厚度 ≤ 0.05 m，土工格室与砂层之间视具体需要加设 150~200 g/m² 土工织物 1~2 层，其作用是隔离、反滤、排水和加筋。土工格室上即路基面，可直接铺设碎石道床。为了保证置换层的排水通畅，土工格室两侧应依次设置碎石反滤层、干砌片石路肩（或留有泄水孔的浆砌片石路肩）。

2 铺设深度：

(1) 铺设土工合成材料后，不应降低原有道床的标准厚度；

(2) 土工合成材料下的基床土应具有不致使材料破坏的压实度与承载力，不满足时可清除软弱层、降低材料铺设面或对基床土采取辅助性的其他改良、补强措施；

(3) 根据铁道科研部门试验成果，土工膜（复合土工膜）与土工织物应铺设于钢轨位置（复线地段为内侧钢轨位置）轨枕底下 $\leq 0.35\text{ m}$ 的深度下，方可保证材料不受上部荷载的损害。

3 铺设宽度：

(1) 一般地区的土工合成材料的铺设宽度，原则上应满足轨道与列车等上部荷载作用于路基面上的应力分布宽度（即沿轨枕两端头底面起以 45° 扩散角传力至路基面），且不外露于道床。铺设宽度与铺设深度有关，根据实际应用，单线铁路不应小于 4.0 m ，并行等高双线铁路，不应小于线间距加 4.0 m 。

(2) 冻害防治、膨胀岩土处理地段的整治，路基面需“全封闭”隔、排水，故土工合成材料应全断面铺设，并与片石路肩、侧沟配合应用。

3.2.2 铁路路基基床病害的多样性，决定了所用土工合成材料的多样性。本条主要根据实践经验提出了有针对性地选用土工合成材料的要求。

3.2.3 土工织物为透水性土工合成材料。用于基床处理的多为无纺土工织物，无纺土工织物的等效孔径（亦称开孔尺寸）一般为 $0.05\sim 0.5\text{ mm}$ 。因粉质黏土基床中 $\leq 0.05\text{ mm}$ 的颗粒多占 60% 以上，且铺设于基床表面的土工织物在列车活载作用下处于“双向排水”状态时，为了使土工织物保持较好的隔浆、渗水作用，实用中建议等效孔径（EOS）采用 $O_{95}=0.05\sim 0.08\text{ mm}$ 。土工织物的透水性一般以渗透系数来表征，渗透系数 $k=1\times 10^{-3}\sim 1\times 10^{-2}\text{ cm/s}$ 。

3.3.1 既有线采用土工合成材料整治病害的施工，根据施工条件可采用封锁线路或架空轨道的施工方法。

(1) 封锁施工分“揭盖”与“不揭盖”两种。其基本作业工

序为：拆除轨道（“不揭盖”方式用千斤顶支撑轨道，挖除道床）→修整基面（含挖除软弱基床部分）→摊铺下层砂垫层→铺设土工合成材料→材料连接→摊铺上层砂垫层→恢复轨道，捣固整理。

(2) 扣轨施工采用的轨束梁架空结构应根据轨道类型、运营条件、架空跨度计算确定。扣轨施工的基本作业工序为：搭设轨束梁→挖除既有道床→修整基面（含挖除软弱基床部分）→摊铺下层砂垫层→铺设土工合成材料→材料连接→摊铺上层砂垫层→恢复道床，捣固密实→拆除轨束梁。

(3) 土工合成材料的铺设可采取纵铺与横铺两种方法。纵铺材料若受到轨束梁横向跨距的限制时，可逐对进行拆、换扣轨墩的作业。材料横铺宜先完成轨枕宽度范围内的铺设，恢复道床、捣固密实后再完成两侧的铺设。

4.1.3 作为传统冲刷防护措施的替代材料，土工合成材料具有质轻、强度高、耐腐蚀、柔性强，施工方便，与土体相互作用有反滤、排水或防渗作用，并具有吸收水流冲击能之优点，可与土、石、混凝土等结合，覆盖于岸坡或河底，构成抗冲刷工程。除石笼、沉枕、土工模袋等类型外，经验成熟时，也可采用压块软体沉排和连锁压块软体沉排等措施。

4.1.4 风沙地区的路基本体防护可进行粗粒土包坡和土工合成材料辅助种草种树的比较；本体外的平面防护，经济上合理时可用土工网、土工网垫来代替传统的种草方格等防沙、固沙和阻沙，用尼龙网立式沙障进行阻沙和拦沙。

4.2.1 土工网垫和土工网是用来先期保土和固定草种的。草籽垫是包有草籽的带有草籽发芽和生长所需营养成分的垫层。植物应选用土生土长的或适宜当地土壤、气候条件的多年生草种、树种。常用的草种有鼠尾草、白毛草、毛鸭嘴、画眉草、两耳草、结缕草、圆果、小冠花、雀稗草等。树种以灌木为宜，常用的树种有紫穗槐、夹竹桃、黄荆、野蔷薇等。

4.2.3 用作坡面防护的土工合成材料为了保证施工和正常使用，

应具有以下性能：

1 影响土工合成材料性能的自然因素主要是阳光照射，所以隐蔽的土工合成材料使用寿命长。而对于暴露于阳光下的土工合成材料如植物防护中所采用的土工网、土工网垫，在植物未长成之前，会受到阳光照射，对其使用寿命提出不少于 5 年的要求，以能够保证植物防护完全发挥作用之前，土工合成材料不至于失效。

2 水土保持能力系数为在相同降水量条件下设防护与不设防护水土保持时间之比。土工网垫在植物成活之前，可以保护坡面免遭风雨的侵蚀，要求其水土保持能力系数不小于 5。

3 运输和施工中不可避免地会将网垫压扁，为了保证其三维结构，其 30 min 时三维网回弹恢复率不低于 80%。

4 作为挂网材料的土工格栅为了不致引起太大的喷射物回弹量，双向拉伸材料的孔径不小于 40 mm。

5 在喷射的砂浆或混凝土没有形成强度之前，应能防止其下坠或滑动。所以要求其延伸率 5% 时，抗拉强度不低于 10 kN/m。

4.3.2

1 石笼和沉枕的结构计算应考虑抗滑稳定、抗浮稳定和水流作用下的稳定性，可参考《土工合成材料工程应用手册》的有关计算方法进行计算。

2 土工模袋护坡厚度确定和稳定性计算，可参考《土工合成材料工程应用手册》的有关计算方法进行。

4.4.1

1 将土工网、土工网垫用于风沙路基防护，作为植物固沙的先行措施，不仅能起到阻止流沙移动的作用，有利于对沙受到扰动后所引起风沙活动进行快速防护，并具有材料运输方便，施工速度快等优点。覆以土工网的路基边坡坡面，坡面性状发生明显改变，地表粗糙度用各种土工网防护的较流沙可提高数十倍，土工网垫防护可提高一百倍以上。由于坡面粗糙度的增加，

其蚀积环境发生了改变，在风力降低、风蚀减弱的同时，风沙流中的部分沙粒及呈悬移状态细颗粒被阻滞沉积下来，使土工网下覆沙表面细颗粒物质增加，并出现薄层结皮。细颗粒物质增加是流动沙质面固定转化的初期阶段的重要标志之一，随着这种积累过程的不断进行，有机质及微生物会随之出现，地表沉积物及理化性质也相应改变，这为局部环境的改善，后期植物的生长创造了良好的环境条件。

2 对于土工网与植物相结合的防护措施，植物种的选择无疑是关键因素之一。根据气候特征，对植物种的选择要从以下几方面考虑：

(1) 当地天然分布的优良固沙植物种或引进的在当地生长良好的固沙植物种；

(2) 所选植物种应具有耐旱、抗风蚀、耐贫瘠、耐高温、根系发达、易繁殖、寿命长等优良特征；

(3) 兼顾植物的生物学形态，根据各类植物的防风固沙作用，以灌木、半灌木为主；

(4) 适于在土工网防护坡面上栽置。

4.4.2 固沙措施采用土工网、土工网垫等土工合成材料覆盖于沙丘或沙地上，只起固定浮沙的作用。固沙要与阻沙相结合，阻沙工程设于外缘。靠路基侧的活动沙丘、沙地，当风向与阻沙工程走向小角度（小于 30° ）相交时，宜全部平铺；当风向与阻沙工程走向大角度相交时，可按阻沙工程降低的风速在起动风速下的范围以外开始平铺；风向较紊乱时，宜全部平铺。

土工网方格沙障设置宽度 L 与沙源和风况等有关。在设有其他防沙措施相配合的情况下，可按下式计算：

$$L = L_1 + L_2$$

式中 L_1 ——基本宽度 (m)，一年内 ≥ 17 m/s 风速累积小时数为 T ，当 $T \leq 5$ 时， $L_1 = 30 \sim 60$ m；当 $T > 5$ 时， $L_1 = 60 \sim 100$ m；

L_2 ——沙埋宽度 (m)。

采用平铺土工网、土工网垫等固沙措施或采用土工网沙障固阻沙措施时，宜与营造旱生灌木林相结合，防沙效果才显著。

高立式土工合成材料防沙网沙障只起阻沙作用，一般设置一排，输沙量大时，设两排或三排。设于设防带外缘，沙源少时，离路基坡脚 50 m 左右；沙源丰富时，离路基坡脚 100~300 m。

4.5.1 为使路基不再盐渍化，路肩施工高程必须高于地下水位一定高度，即满足路堤最小高度的要求。不满足时需设置毛细水隔断层。

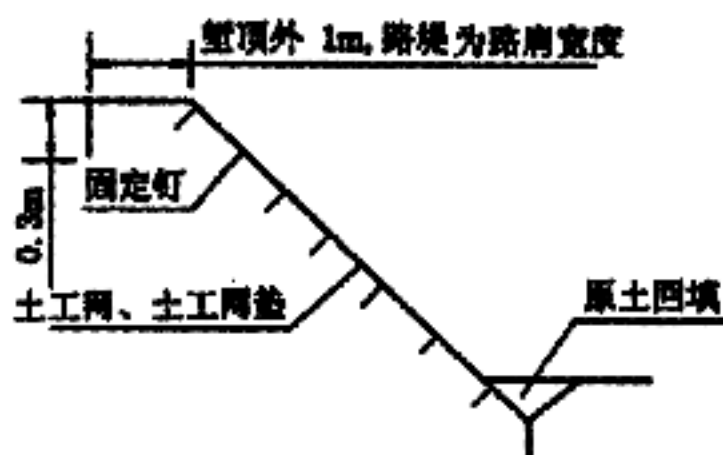
4.5.2 由于隔断层能隔断地下水及携带的盐分，使之不能向上转移，但它会向隔断层以下至基底间的路堤坡面转移，这部分路堤边坡仍可再盐渍化，硫酸盐产生松胀等，因此对新线和增建二线隔断层最好放在基底。既有线改造若隔断层设在基底，会干扰行车影响运营，所以隔断层宜设在路肩下一定深度。用于毛细水隔断层的复合土工膜，宜选用二布一膜。

4.5.3 作为隔断层的复合土工膜不容许渗水，为此必须满足渗透系数小于 10^{-11} cm/s 这一指标。在盐渍土环境下使用，应耐腐蚀，不致因化学因素引起老化脆裂。为了防止施工中造成破损，要求复合土工膜要有 ≥ 0.35 mm 的厚度和大于 1.5 kN 的顶破强度。

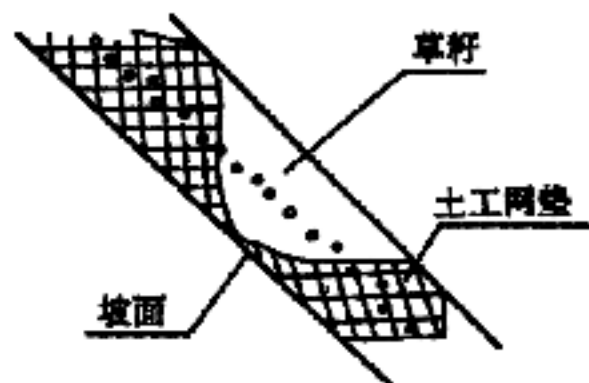
4.6.1 草种应播种在网垫中间。草籽播种后，表面覆盖土厚度以盖住网垫为宜，不要使网垫暴露于阳光下。土工网及土工网垫的铺设和种草如说明图 4.6.1—1 和说明图 4.6.1—2 所示。

4.6.2 土工合成材料石笼可为矩形和圆柱形，具体应根据工点情况而定。矩形的底面是平面，接触面积大，稳定性好，更适合堆叠施工；圆柱形在坡上抛放易于沿坡滚下，省事省力。

5.1.1 传统的路基反滤、排水、隔水防渗材料主要是天然的土、砂石料和浆砌片石或混凝土圬工等。由于选用的土工合成材料本身具有一定的反滤、排水或隔水防渗功能，而且与传统材料相比，具有质量轻、耐腐蚀、强度高、流体阻力小、质量稳定、安装使用方便、提高工效等特点，故国内外铁路、公路、水利、市



说明图 4.6.1—1 土工网、土工网垫铺设示意图



说明图 4.6.1—2 土工网垫种草示意图

政、环保等工程的反滤、排水、隔水防渗设计施工中，大量采用了土工合成材料，取得了许多成功的经验。因此，铁路路基和支挡防护建筑中地表水或地下水的反滤、排水、隔水防渗设计施工中，可采用土工合成材料。

5.1.2 可用于反滤、排水、隔水防渗的土工合成材料及规格较多，而且性能各异，所以应结合结构物的受力、变形和防水、排水要求选择适宜的材料品种和规格，在满足技术要求、经济合理的前提下，充分发挥材料性能。可单独使用一种土工合成材料，也可采用多种土工合成材料或与传统砂砾材料配合使用，以满足工程需要。

5.2.1

1 由于土工织物具有隔离、反滤和排水功能，因此在砂石料缺乏时，经过技术经济比较后，可采用土工织物作为反滤材料。

2 $d_{85} < 0.075 \text{ mm}$ 的土土颗粒较小，直接用土工织物作为反滤层，其等效孔径 O_{95} 一般难以满足防淤堵要求，故一般应在土工织物与土体间设置中粗砂层予以过渡，砂层的厚度可采用 $10 \sim 15 \text{ cm}$ 。

3 土工织物作为反滤层设计主要包括保土、透水、防淤堵设计。三个方面均必须满足，否则就会影响其功能。

(1) 保土准则是基于反滤层中的最大孔径应小于土的最大粒

径，以保证土颗粒不会流失；但允许少部分细小颗粒穿过织物流走，在长期使用条件下不致于使反滤层淤堵，保证排水通畅。

国内外对反滤准则的研究已有二十多年的历史，并不断提出许多新的和改进的过滤准则。静荷单向水流的过滤准则较为成熟，动荷双向水流下的过滤准则尚处于研究阶段。铁路路基排水多数情况下以静荷单向水流为主，尤其是排除地下水；对于动荷双向水流情况下，反滤层保土要求更为严格，一般以较厚的无纺土工织物与砂层相结合为宜。

静荷单向水流下的反滤挡土准则，具有代表性、应用较多的是 **Calhoun**（美国陆军工程师团准则）、**Giround**、**Heerten**（德国土力学及基础工程学会准则）等三个准则。**Giround** 准则考虑了被保护土颗粒级配情况和紧密情况；**Heerten** 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粒级配情况；而 **Calhoun** 准则只将土简单地分为粗粒土和黏粒土，用织物孔径与土颗粒径的大小对比建立挡土准则。但 **Calhoun** 准则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。

铁道部科学研究院综合研究了国内外多种准则和大量的铁路实践资料，提出了织物滤层的设计准则，认为土工合成材料的保土性能与土工织物的种类及等效孔径和土颗粒不均匀系数有关，建议以 **Calhoun** 准则为基础的保土准则（公式 5.2.1—1）。

(2) 透水准则是以渗透系数表示的准则，要求织物的渗透系数应大于土的渗透系数某一量值，如 $k_g > Ak_s$ 。一般砂性土取 $A=1\sim 10$ ，黏土取 $A=10\sim 100$ 。由于细粒土不可避免对土工织物产生一定淤堵现象，导致渗透系数降低，因此 A 值应选取高值；同样，重要工程对土工织物长期渗透性要求高， A 值也应取高值。

(3) 防淤堵准则采用等效孔径大于三倍特征粒径 d_{15} 表示，这样可以保证渗透不淤堵。对于重要工程或水力梯度较大的工程，也有通过无黏性土和土工织物进行水力梯度比试验的，采用

GR≤3 防淤堵的梯度比准则，并根据有关规程进行防淤堵试验。

5.2.2 路基基床加固、路堤基底处理必须使水排出（如软土地基固结排水）或盐渍土路堤基底处理，常采用在路基顶面或基底设置砂垫层夹铺土工膜或复合土工膜，以隔断地表水下渗或地下水毛细水上升通道，并设置横向坡度便于排水。

5.2.3 渗沟的布置、结构形式、检查井设置等设计，参见《铁路路基设计规范》、《铁路工程设计技术手册·路基》等有关规范及设计手册。

1 图 5.2.3—1 所示渗沟断面形式，在基床病害整治中常用于截排或疏干基床土体水分，也可用于排除浅层土体滞水。采用无纺土工织物代替传统的砂砾石反滤层，施工简便，排水效果好，已广泛应用。长度以不超过 **100 m** 为宜，纵向坡度一般为 **5%**，最小不小于 **1%**。截面尺寸根据排水需要确定，一般不小于 **0.3 m×0.3 m**，不大于 **1.0 m×1.0 m**。沟内用作渗水、排水的碎石、砂砾石应筛选和洗净，靠近土工织物的粒径应小一些。

2 图 5.2.3—2 所示渗沟断面形式，是以塑料渗水管或软式透水管代替管式渗沟中传统的钢筋混凝土管或无砂混凝土渗水管。塑料渗水管和软式透水管质量轻，安装方便，施工效率高，耐腐蚀，渗水及排水效果好。铁三院已将 **PVC** 硬塑料渗水管成功应用于多处地下水路堑纵向渗沟中，铁二院及铁四院也已将软式透水管用于多处路基地下排水工程中。采用这两种渗水管，渗沟断面宽度可适当减小。一般渗沟深 **2.0 m**，人力施工时，宽度最小不小于 **0.8 m**；沟深超过 **2.0 m**，宽度不小于 **1.0 m**。机械施工时，可适当加宽。

5.2.4 采用仰斜钻孔排除滑坡或路堑边坡地下水，在国内外已有许多成功经验，效果较好，但一般仰斜排水孔对于土质较差及风化破碎岩层，易塌孔堵孔，影响排水效果。在仰斜钻孔中插入塑料渗水管或软式透水管，可起到较好的支撑孔壁、渗水和排水的作用。塑料渗水管的渗水圆孔直径可采用 **5~10 mm**，纵向间距 **50~75 mm**，沿管周分三排均匀交错排列，一排在管顶，其

他两排分列在两侧。靠出水口约 $1\sim 2\text{ m}$ 范围的塑料渗水管可不带渗水孔。

5.2.5 地下水发育地段的路堑挡土墙，在反滤层砂砾石料缺乏时，可在墙背设置斜向与纵向塑料渗水管或软式透水管代替。铁二院等单位已设计施工一些工点，并取得了一些经验。也可与墙背设置土工织物反滤层及墙底设置渗水管结合。如挡土墙较长，地下水流量较大时，可以将渗水沿纵向渗水管分段引排至侧沟中，斜向渗水管间距、管径必须满足排水要求，纵向渗水管一般要比斜向渗水管管径大一些。

5.2.6 目前塑料渗水管生产厂家较多，材料大多为 **PVC、PP/PE** 等。种类有波纹管、卷绕管、等壁管等。管径及规格更多。但一般成品管不带渗水孔，可根据设计需要加工。等壁管渗水孔一般为圆形，波纹管及卷绕管渗水孔可为圆形或长槽形。渗水孔应沿管壁表面均匀排列、交错布设，开孔率（每延米管长渗水孔总面积占管壁表面积百分比）一般不低于 $1\%\sim 3\%$ 。圆形孔直径一般为 $0.5\sim 2.0\text{ cm}$ ，间距不应小于两倍孔径；长槽型孔宽一般为 $0.5\sim 1.0\text{ cm}$ ，长度一般为 $2.0\sim 10.0\text{ cm}$ ，渗水孔纵向间距不应小于一倍孔长。

斜坡体中的深、长泄水孔中和挡土墙后的塑料渗水管外，应包裹无纺土工织物，以防止细土颗粒流入管中，避免日久淤堵管路而降低排水性能。渗沟中如已用土工织物外包碎石或砂砾石，塑料渗水管外可不包裹土工织物。管外包裹无纺土工织物的质量一般不低于 200 g/m^2 ，并绑扎牢固。

5.2.7 渗沟或渗水管的排水流量应大于渗入水量，且安全储备系数 F 应满足式（说明 5.2.7—1）的要求：

$$F = Q_T / Q_C \geq 2.0 \sim 5.0 \quad (\text{说明 } 5.2.7-1)$$

式中 Q_T ——管件的排水流量 (m^3/s)；

Q_C ——渗入管内的水流量 (m^3/s)。

对于可以清淤的渗水管 F 取小值，对于无法清淤的渗水管 F 取大值。

(1) 渗入管内的水流量 Q_C 按式 (说明 5.2.7—2) 计算:

$$Q_C = \pi \cdot k_s \cdot d_e \cdot L \quad (\text{说明 5.2.7—2})$$

式中 k_s ——土的渗透系数 (m/s);

d_e ——有效管径 (m), $d_e = d \cdot \exp(-2\pi\alpha)$, 其中 d 为排水管的直径 (m), 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, 反之取大值), 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 ——渗水管长度 (m)。

(2) 渗水管的排水流量 Q_T 按式 (说明 5.2.7—3) 计算:

$$Q_T = v \cdot A \quad (\text{说明 5.2.7—3})$$

式中 A ——渗水管的排水断面积 (m²);

v ——水流的流速 (m/s), $v = 1/\kappa \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$, 其中 κ 为管的粗糙率, R 和 i 分别为水力半径和水力坡降; 对于软式透水管的 κ 可取 0.014, 对于塑料硬聚氯乙烯管 κ 可取 0.01~0.012; 对于光滑塑料管可按 $v = 186.7 \cdot R^{0.714} \cdot i^{0.572}$ 计算, 对于波纹塑料管可按 $v = 71 \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$ 计算。

5.2.8 本条仅对土工合成材料用于排水时的基本性能提出了要求。应用时要结合工程实际需要, 对强度、变形、排水、渗滤、抗冻等各项性能指标作具体规定。

(1) 除用于包裹塑料管的无纺土工织物外, 反滤用无纺土工织物的单位面积质量宜为 300~500 g/m², 不宜太薄, 延伸率适宜; 抗紫外线老化能力, 经过 500 h 室外暴露后, 其强度损失不应大于 50%。

(2) 作为铁路路基排水的塑料渗水管, 以聚氯乙烯硬塑料波纹管为宜。当对强度和径向变形要求不高时, 也可选用其他类型塑料管。

软式透水管是将高强防锈钢圈、滤布和加强合成纤维外覆层组合在一起构成的渗水管, 不仅具有反滤、透水、排水功能, 而

且质量轻，是一种轻型的排水管材。要求作为反滤层的土工织物必须满足保土、透水、反滤设计准则；管体钢圈应弹性好，径向耐压强度高、变形小，能满足工程需要。

5.3.4 塑料渗水管和软式透水管接口一般采用柔性接口。塑料渗水管接口采用承插式接头，并用配套橡胶圈密封；软式透水管接口可采用配套直通或三通（T形）塑料接头。

5.3.5 仰斜钻孔安插塑料渗水管时，作为反滤层的土工织物绑扎可采用高强尼龙绳，每道间距不应大于 **0.5 m**。

5.3.6 土工合成材料在阳光照射下易老化，影响材料性能，因此一般要求在 **48 h** 内应回填或及时覆盖。

5.3.7 从高处直接抛落碎石易砸坏土工织物或渗水管，回填碎石时靠近土工织物或渗水管处应轻放，达一定厚度后（不小于 **0.3 m**）再用小型机具夯实。

5.3.8 仰斜钻孔钻成后可在钻孔内直接推入塑料渗水管或软式透水管，也可随钻具一起钻入后再抽出钻具。出水口 **0.6 m** 范围内应用黏土或水泥砂浆堵塞钻孔与管壁间隙，并固定管口。采用软式透水管时，也可根据土质和地下水情况采用风力灌砂方法，使管壁与孔壁密贴。

6.1.1 土工合成材料加筋路堤，其主要作用在于提高路堤堤身的稳定性或抵抗边坡浅层溜坍的能力，因此当路堤不得不采用弱—中膨胀土、黏土或者风化严重的软块石等差质填料填筑时，或者虽然采用的是砂黏土、粉黏土等填料填筑但路堤边坡较高时，为提高边坡抗浅层溜坍和雨水冲蚀的能力，采用土工格栅、土工网等加固边坡。南昆、襄石等线的使用情况表明，效果较好。

6.1.2 据全国不完全统计，用土工合成材料修建的加筋土挡土墙，除用砂砾石或黄土填料的墙体外，墙高超过 **10 m** 者较少。铁路部门单级超过 **10 m** 的更少，因此本规范以 **10 m** 作为高墙和矮墙的分界线。

对于大于 **10 m** 的高墙，应做特殊设计且应分级修建，级间宜留不少于 **1 m** 的平台。公路部门在重庆、宜宾、万县等滨江公

路上，铁路部门在广通至大理线上修建的高墙大多分级修建，取得了良好的工程效果。

8.1.3 浸水地区加筋土挡土墙，宜采用渗水性好的填料，其目的是保证水在加筋体中顺利排出，以避免加筋体中动水压力的影响。

8.2.1

1 土工织物、土工网、土工格栅等在等同应变条件下以土工格栅强度最高，而且土工格栅与填料的咬合作用好，因此从技术与经济角度出发，推荐采用土工格栅作为路堤加筋的主要材料。根据目前国内实际应用情况及南昆、襄石铁路施工经验，当仅仅是为防止边坡浅层溜坍，对材料强度要求较低时，采用土工网亦可达到加固的目的。

3 式 (6.2.1) 在国际上普遍采用，其中分项安全系数 K_{cd} 国际上通常是用两个分项系数相乘构成，即考虑材料化学损伤分项安全系数 K_{cd} 和考虑材料生物损伤的分项安全系数 K_{bd} 。考虑到铁路路基环境特点，式 (6.2.1) 以 K_{cd} 作为考虑材料化学损伤及生物损伤的综合分项安全系数。条文中所推荐采用的各分项安全系数取值方法和取值范围，是根据我国目前的施工机械化水平、施工时对材料的损伤程度、土工格栅等材料的蠕变特性和填料化学、生物污染程度推荐采用的。一般施工机械化程度越高、材料的蠕变性能越差、填料化学和生物污染程度越高，其相应的 K_{id} 、 K_{cr} 和 K_{cd} 应越大，反之则越小。目前作为加筋材料的产品，蠕变性能变化较大，故宜根据所用筋材产品的蠕变试验结果确定 K_{cr} 。

4 多层加筋土工合成材料以一定间距分层铺设，为了便于施工和充分发挥筋材的作用，各层间距不宜小于一层填土的最小厚度。为了确保层与层之间的加固效果，同时又因受到材料强度的控制，所以各层间距不宜大于 **1 m**；铺设宽度不小于 **2.5 m** 是考虑施工时，边坡附近 **1.5 m** 范围内土体压实较困难，对于膨胀土路堤其“气候影响层”一般为 **0.8~1.5 m**，最大可达 **2 m**。所

以作此规定。

5 加筋路堤设计中，稳定计算和锚固长度计算是设计的两个主要内容，稳定计算可按铁路有关规范、手册规定的要求进行，推荐采用圆弧滑动法或楔体滑动法。

6.2.2

1 一般土工合成材料两个方向的强度并不一致，其纵向强度高。而路堤边坡坍塌多表现为侧向移动，强调土工合成材料强度高的方向垂直于路堤轴线方向铺设，与其受力方向一致，更有利于充分发挥其材料性能，节省工程造价。

2 土工格栅、土工网的连接一般采用绑扎。根据工程经验，采用绑扎法时，一般每隔 **10~15 cm** 应有一个绑扎点，且为使搭接处的强度满足要求，搭接宽度不应小于 **10 cm**；在受力方向至少应有两个绑扎点。另一方面，根据国内外工程实践经验，只要作到密贴排放即可，但应注意若多层铺设时，必须将上、下层搭接缝错开布置。

3 若土工合成材料铺设后还有褶皱，将不利于材料强度的发挥。在工程中为保证土工格栅、土工网等的铺设质量，常采用插钉等固定方法。

4 铺设土工合成材料的土层表面如有坚硬凸出物，则易穿破或损伤土工合成材料。因此在铺设前，应将场地平整压实。为了保证土工合成材料不受损伤，严禁碾压机械直接在土工合成材料上碾压。

5 大部分土工合成材料均为塑料等合成化工原料制成，受阳光照射容易老化，因此强调土工合成材料摊铺后应及时填土覆盖，以尽量延长材料的使用寿命。

6.3.1

1 拉筋的材料性能对加筋土挡土墙的设计有重大影响。拉筋的强度和变形性能关系到挡土墙的稳定，拉筋不能有过大的变形，特别是蠕变易使拉筋产生应力松弛，使墙体变形量过大甚至破坏。拉筋的抗拔力是依靠拉筋与填料间的摩擦力提供的，因此

摩擦系数应满足设计要求。

土工格栅是国外近年来开发的一种抗老化、抗蠕变性能较好，抗拉强度高，施工简单，与填土共同作用效果较好的拉筋材料。复合拉筋带（即钢塑复合拉筋带）是我国近年来研制的另一种拉筋材料，已在公路和铁路加筋土工程中使用。因此，推荐采用土工格栅、复合拉筋带作为拉筋材料。

2 考虑到铁路加筋土挡土墙受力较大，安全性要求较高，综合其技术和经济等因素，要求土工格栅抗拉强度不小于 **35kN/m**。其对应的最大拉伸应变不大于 **10%**。

4 复合拉筋带采用了目前铁路、公路设计中通常的作法，取综合安全系数 K_s 在 **1.5~2.0** 之间。

5 当加筋土挡土墙较高，且地基承载力不受控制，墙的下部范围可采用较短的筋带，特别是墙横向净空受限制时，缩短下部筋带长度，可减少开挖土方量。但当墙较低或地基承载力较低时，为达到应力扩散减少地基压应力，则应采用等长布置。墙高以 **6 m** 为界是根据《铁路路基支挡结构物设计规则》的规定“当采用不等长的拉筋时，同等长度拉筋的墙段高度应不大于 **3.0 m**”而制定的。

6 按加筋土挡土墙的破坏形式，其稳定性计算包括内部和外部稳定性计算两部分。

内部稳定性计算是指加筋体的局部稳定计算，其计算方法是根据摩擦加筋原理及锚固理论，确定拉筋的数量及拉筋的长度。只有足够的拉筋数量与长度才足以平衡拉筋所需承受的拉力。

外部稳定性计算是指加筋体的整体稳定计算。其计算方法是将加筋体作为刚体，根据重力式挡土墙的设计原理，检算所拟定的加筋体断面尺寸是否满足整体稳定性要求。

关于内部和外部稳定性计算方法和要求，有关规范、手册有详细说明，可参照执行。

7 由于加筋土挡墙整体上属于重力式实体结构，因此面板基础的埋置深度原则上应与一般重力式挡墙相同。根据《铁路路

基设计规范》规定，对于一般土质地基，挡土墙基础埋置深度要求在地面以下至少 **1 m**。但是国内大量的工程实践表明，上述规定对于加筋土来说偏大，因此参照《公路加筋土工程设计规范》(JTJ 015—91)，规定 **0.6 m** 为最小埋置深度。但对于低温地区，尚应考虑冻深的影响。

8 加筋体中填料含水饱和时，将在面板后产生水压作用从而增大挡墙的侧压力。当填料中含有细粒土时，还会显著降低土与筋带间的摩擦力。当水中含有对筋带有腐蚀性的盐类时，将缩短拉筋的使用年限。因此，对加筋体内的水及其周围有害的水，必须采取措施排除。

当加筋体背面有地下水渗入时，一般宜在加筋体背面和底部设置排水层，这样可避免地下水渗入加筋体内。若加筋体修建在渗水性较强的地基上，则加筋体下部不再设排水层，但仍应截排后面流向加筋体的水，以避免顺坡渗入。

在墙顶面设置防渗封闭层的目的是，为防止雨水从加筋体顶面流入或渗入加筋土内部和基础，增加加筋体的容重，降低加筋体的强度和地基承载力。

8.3.2

1 拉筋铺设的方向与墙面垂直，是为了保证土工格栅或复合拉筋带均匀受力，充分发挥材料强度性能。要求复合拉筋带在加筋体内有 **1/3** 的长度不重叠，尽可能均匀分布，辐射状散开，达到各节点间后半部不存在明显的“无筋区”，保证加筋体能充分发挥整体作用的目的。

3 筋材铺设时，下层填料应压实、整平；其横向坡度以 **1%~3%** 为宜，这是保证筋材拉紧、拉直、不卷曲、扭结、皱褶的关键。筋带末端比前端高 **5~10 cm**，以适应加筋体墙面板处沉降较小、后部沉降较大的特点。

5 由于筋材之间的摩擦要小于筋材与填料之间的摩擦，因此要求筋带在加筋体内不互相接触。考虑到筋材分层铺设和填料压实厚度一般为 **30 cm** 左右，故交叉时要求筋材间隔开的厚度应

大于 **5 cm**。在外转角处，为防止加筋体后半部分无筋带情况发生，同时也为了加强墙体转角处的整体稳定性，故规定在外转角处两侧相邻 **2~4** 块板上增设加强筋带，其加筋带交叉部分应用填料隔开。

6 填料应按设计要求选取，要求级配良好、易压实、水稳定性好。填料中与筋带直接接触部分不应含有尖锐棱角的块体，以免损伤筋带。为了控制填料的级配，使加筋体的压实质量有保证，也为使填料中一些大块不易接触筋带，要求填料最大粒径不应大于单层填料压实厚度的 **1/3**。

7 填料的压实质量是加筋土工程成败的关键。为保证填料的压实，填料应分层铺填和分层碾压。加筋材料的分层铺设厚度一般为 **30 cm** 左右，故规定填料的分层压实厚度为 **20~30 cm**。用推土机摊铺填料时筋材上填料的覆盖厚度不得小于 **20 cm**，未压实的加筋体一般不允许车辆在上行驶，以免造成筋材错位。碾压顺序应按规定的顺序进行，压路机方向应平行于墙面板，下一次碾压的轮迹应与上一次轮迹重叠轮迹宽度的 **1/3**。第一遍先轻压，使筋材位置在填料中先固定，然后再重压。碾压的遍数以填料碾压后达到规定的压实度为准。碾压前应进行碾压试验，根据碾压机械性质确定碾压遍数以指导施工。距面板 **1 m** 范围内及拐角处压路机无法压实，应用蛙式夯或平板夯等轻型机械压实，一般情况下不要采用人工夯。如为砂砾石填料，还可辅以射水补砂的方法。

7.1.1 国内应用土工合成材料加固铁路路堤软土地基已有近 **20** 年的历史，路内外大量的试验研究和工程实践在这一方面积累了丰富的经验，其理论、技术也比较成熟。土工合成材料加固软土地基主要有地基的加筋补强和竖向排水固结。应用土工合成材料加筋补强可提高地基稳定性，具有施工简单、少占农田（与反压护道比较）等优点，但不能解决沉降问题。

7.1.2 本条引用了《铁路特殊土路基设计规则》（**TBJ 35—92**）中的部分内容。

7.2.1

2 土工合成材料加固软土地基可能发生的破坏形式主要有深层圆弧滑动破坏、浅层水平滑动破坏和地基整体承载破坏，应根据可能发生的破坏形式按有关规范、技术手册的规定进行稳定检算。

3 土工合成材料设计容许强度取值，原则上应根据材料与地基土变形协调来确定。铁四院在连云港软土路堤试验中测得坍塌时土工织物只发挥了延伸率为 **15%** 的强度，而大多数按土工织物峰值强度设计的路堤经施工检验都是稳定的，说明土工织物的作用是很有潜力的，但其强度发挥的影响因素较多，目前尚缺乏量化资料，故规定土工织物取应变量 **15%** 的拉伸应力作为设计容许强度。对土工格栅，因其延伸率一般小于 **15%**，故取其抗拉强度的 **90%** 作为设计强度。对于填土期较长，地基采取了加速固结措施，施工期沉降量大的情况，土工合成材料的变形也大，强度得以充分发挥，故设计容许强度还可适当提高。

5 铁四院在广珠线软土路堤试验中实测三层土工织物的应力，发现当填土高度 **7.56 m** 时，表层、中层和底层土工织物最大应变分别为 **4.0%**、**2.3%** 和 **6.5%**，所发挥的拉力分别为 **8 kN/m**、**4.6 kN/m** 和 **13 kN/m**，总共只发挥了抗拉强度的 **17%**，尤其是中间层基本上未发挥多少作用。当路堤稳定性由整体滑动破坏控制时，增加土工合成材料层数对提高路堤稳定性作用已不十分明显，故规定土工合成材料的铺设层数不宜超过三层。

8 土工合成材料用于地基加筋补强应有较高的强度，故规定抗拉强度一般不小于 **35 kN/m**。土工织物应具有与砂垫层相匹配的渗透性，故规定渗透系数不小于 **$5 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$** 。

7.2.2

2 排水带或袋装砂井的间距、排列方式及插入深度应根据地基情况、沉降及稳定等要求，按渗透固结理论计算确定。

3 排水带、袋装砂井等细长排水体打入地基较深时，产生压缩弯折而使排水功能衰减，形成井阻作用；涂抹作用主要是由

于施工时对地基扰动造成，因常用导管的平均直径往往比排水体直径（或等值直径）大一倍以上，常常形成一定范围的涂抹区。涂抹区内扰动土的渗透性能也比地基土明显降低。井阻和涂抹作用对地基固结效果有一定的影响，设计一般不考虑。需考虑时，具体计算可参照《塑料排水带地基设计规程》（CTAG 02—97）办理。

5 排水带、袋装砂井和射水砂井均为排水固结措施，路堤的稳定分析与沉降计算可按《铁路特殊土路基设计规则》或其他相关规范、规定执行。

7 排水带产品性能指标要求可参照《塑料排水带地基设计规程》（CTAG 02—97）表 2.1.4。

(京)新登字 063 号

中华人民共和国行业标准
铁路路基土工合成材料应用技术规范
TB 10118—99

*

中国铁道出版社出版发行
(100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)
北京市兴顺印刷厂印

开本: 850 mm×1 168 mm 1/32 印张: 2 字数: 47 千字

1999 年 2 月第 1 版 第 1 次印刷

印数: 1~5 000 册

统一书号: 15113·1256 定价: 7.50 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社发行部调换。