

UDC

中华人民共和国行业标准

TB

TB 10118—2006

J 532—2006

P

**铁路路基土工合成材料应用
设计 规 范**

**Code for design for applications of geosynthetics
on subgrade of railway**

2006-06-25 发布

2006-06-25 实施

中华人民共和国铁道部 发布

中华人民共和国行业标准

铁路路基土工合成材料应用
设计规范

Code for design for applications of geosynthetics
on subgrade of railway

TB 10118—2006

J 532—2006

主编单位：铁道第四勘察设计院

批准单位：中华人民共和国铁道部

施行日期：2006 年 6 月 25 日

中 国 铁 道 出 版 社

2006 年 · 北 京

关于发布《铁路路基土工合成材料 应用设计规范》的通知

铁建设〔2006〕117号

《铁路路基土工合成材料应用设计规范》(TB10118—2006),
经审查现予发布(另发单行本),自发布之日起施行。原发《铁
路路基土工合成材料应用技术规范》(TB10118—99)同时作废。

本标准由铁道部建设管理司负责解释,由铁路工程技术标准
所、中国铁道出版社组织出版发行。

中华人民共和国铁道部
二〇〇六年六月二十五日

前 言

本规范是根据铁道部《关于印发〈2003 年铁路工程建设规范、定额、标准设计编制计划〉的通知》(铁建设函〔2003〕41 号)的要求,在《铁路路基土工合成材料应用技术规范》(TB 10118—99)的基础上修订而成的。

本规范在修订过程中,认真总结了我国铁路路基建设的经验和教训,借鉴了国内外有关标准的规定。

工程技术人员必须按照“以人为本、服务运输、强本简末、系统优化、着眼发展”的铁路建设理念,结合工程具体情况,因地制宜,充分发挥主观能动性,积极采用安全、可靠、先进、成熟、经济、适用的新技术,不能生搬硬套标准。勘察设计单位执行(或采用)单项或局部标准,并不免除设计单位及设计人员对整体工程和系统功能质量问题应承担的法律责任。

本规范共分 8 章;主要包括:总则、术语和符号、基本规定、基床加固与处理、路基防护、路基排水、加筋土工工程和地基处理等。

本次修订的主要内容有:

1. 将适用范围修改为铁路路基工程应用土工合成材料的设计;
2. 删除了原规范中“施工质量检验”一节;
3. 增加了“基本规定”一章;
4. 增加了成熟的新型土工合成材料在路基防护和严寒地区的应用规定;
5. 增加了软式透水管用于构成排水系统的规定;
6. 明确了加筋土挡土墙拉筋材料,增加包裹式挡土墙回折

包裹长度计算公式；

7. 明确了土工合成材料加筋土路堤的稳定安全系数不得小于 1.3；

8. 增加了路堤填土界面加筋的内容；

9. 修订了软土地基加固和盐渍土路基隔断等要求；

10. 对土工合成材料施工中的有关规定进行了补充、修改。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

在执行本规范过程中，希望各单位结合工程实践，认真总结经验，积累资料。如发现需要修改和补充之处，请及时将意见及有关资料寄交铁道第四勘察设计院（湖北省武汉市武昌区杨园街和平大道 745 号，邮政编码：430063），并抄送铁道部经济规划研究院（北京市海淀区羊坊店路甲 8 号，邮政编码：100038），供今后修订时参考。

本规范由铁道部建设管理司负责解释。

本规范主编单位：铁道第四勘察设计院。

本规范参编单位：铁道第一勘察设计院、铁道第二勘察设计院、铁道第三勘察设计院。

本规范主要起草人：李小和、秦立新、包黎明、冯俊德、吴连海。

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	5
3	基本规定	6
4	基床加固与处理	8
4.1	一般规定	8
4.2	设 计	8
4.3	施工要点	11
5	路基防护	12
5.1	一般规定	12
5.2	坡面防护	12
5.3	冲刷防护	12
5.4	风沙防护	14
5.5	严寒地区防护	15
5.6	施工要点	15
6	路基排水	17
6.1	一般规定	17
6.2	设 计	17
6.3	施工要点	20
7	加筋土工程	22
7.1	一般规定	22
7.2	加筋土路堤	22
7.3	加筋土挡土墙	24

7.4 施工要点	26
8 地基处理	29
8.1 一般规定	29
8.2 设 计	29
8.3 施工要点	31
本规范用词说明	34
《铁路路基土工合成材料应用设计规范》条文说明	35

1 总 则

1.0.1 为统一铁路路基土工合成材料应用的技术要求，提高铁路路基工程质量，满足铁路工程建设的需要，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于铁路路基工程应用土工合成材料的设计。

1.0.3 铁路路基工程应用土工合成材料，应根据铁路等级、路基结构形式、地质、水文和气象条件进行设计。设计应遵循因地制宜、安全可靠、经济合理，并与其他工程材料、工程措施综合应用的原则。

1.0.4 铁路路基工程应用土工合成材料除应符合本规范外，尚应符合国家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 geosynthetics

岩土工程应用的合成材料产品的总称。

2.1.2 土工织物 geotextile

以聚合物纤维为原料制成的具有渗透性的布状土工合成材料。

2.1.3 织造土工织物 woven geotextile

由纤维纱或长丝按一定方向排列机织的土工织物。

2.1.4 非织造土工织物 nonwoven geotextile

由短纤维或长丝按随机或定向排列制成的薄絮垫，经机械结合、热粘或化粘而成的土工织物。

2.1.5 土工膜 geomembrane

由聚合物或沥青制成的一种相对不透水薄膜。

2.1.6 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。

2.1.7 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，根据主要功能的不同，复合土工膜可分为横向排水型和加筋型两种。

2.1.8 复合土工排水材料 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。

2.1.9 塑料排水带 strip geodrain

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

2.1.10 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。

2.1.11 土工模袋 geofabriform

由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。

2.1.12 土工网 geonet

经挤压或热粘而成的平面网状土工合成材料。

2.1.13 塑料土工格栅 plastic 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。

2.1.14 经编土工格栅 warp-knitted geogrid

采用高强度涤纶或玻璃纤维原料，双轴向技术编织，经聚氯乙烯或改性沥青涂层整理生产的土工格栅产品。

2.1.15 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合成材料制品。

2.1.16 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。

2.1.17 立体植被护坡网 three-dimensional vegetation grids

一种类似于棱型格室状的植草土工网，以塑料丝纺织加工制成。

2.1.18 聚苯乙烯泡沫塑料 expanded polystyrene

由聚苯乙烯加入发泡剂膨化经模塑或挤压制成的轻型土工材料。

2.1.19 软式透水管 flexible permeable hose

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。

2.1.20 复合拉筋带 composite geobelt

经济压拉伸再加筋制成的条带抗拉材料。

2.1.21 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。

2.1.22 反滤 filtration

在使流体通过的同时，保持受渗透压力作用的土粒不流失。

2.1.23 隔离 separation

防止相邻的不同介质混合。

2.1.24 加筋 reinforcement

把具有一定抗拉强度的土工合成材料埋于土体内适当位置，依靠其与土界面的相互作用，提高土体强度和稳定性，限制土体位移的措施。

2.1.25 极限抗拉强度 ultimate tensile strength

材料试样在缓慢增大的均匀单轴拉力作用下破坏时的最大拉力。

2.1.26 圆球顶破强度 ball burst strength

以规定直径圆球顶杆匀速垂直顶压于土工合成材料平面时，土工合成材料所能承受的最大顶压力。

2.1.27 CBR 顶破强度 CBR burst strength

以 CBR 仪的圆柱形顶杆匀速垂直顶压于土工合成材料平面时，土工合成材料所能承受的最大顶压力。

2.1.28 延伸率 elongation rate

试样拉断时的应变值，以百分比表示。

2.1.29 等效孔径 equivalent opening size (EOS)

用于表示织物型土工合成材料特征孔径的指标。采用不同的筛余率标准，可得到不同的等效孔径值，目前我国多取 O_{95} 。

2.1.30 梯度比 gradient ratio

在淤堵试验中,水流通过土工织物及其上 25 mm 厚土料时的水力梯度与水流通过再上面 50 mm 土料的水力梯度的比值。

2.1.31 蠕变 creep

材料在大小不变的力的作用下,变形随时间增长而逐渐增大的现象。

2.2 符 号

A ——与填料性质有关的无因次系数

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

C_u ——土颗粒的不均匀系数

d_n ——土的特征粒径

k_g ——土工织物的渗透系数

k_s ——土的渗透系数

k_v ——土工织物的垂直渗透系数

O_{95} ——土工织物的等效孔径

T_a ——土工合成材料的容许抗拉强度

T ——土工合成材料的极限抗拉强度

3 基本规定

3.0.1 土工合成材料的性能应满足铁路路基工程的使用要求 and 应用条件。

3.0.2 土工合成材料的性能指标应包括下列方面，工程设计时应根据材料类型和工程需要确定性能试验项目：

1 物理性能，包括单位面积质量、厚度（及其与压力的关系）、材料比重、孔径等；

2 力学性能，包括条带拉伸、握持拉伸、撕裂、顶破、刺破、直剪摩擦、拉拔摩擦、蠕变等；

3 水力学性能，包括垂直渗透系数、平面渗透系数、淤堵性、防水性等；

4 耐久性能，包括抗紫外线能力、化学稳定性和生物稳定性等。

3.0.3 土工合成材料设计容许抗拉强度 T_a 应按下式计算：

$$T_a = \frac{1}{F_{ID} \cdot F_{cR} \cdot F_{cD} \cdot F_{bD}} \cdot T \quad (3.0.3)$$

式中 F_{ID} ——铺设时机械破坏影响系数；

F_{cR} ——材料蠕变影响系数；

F_{cD} ——化学剂破坏影响系数；

F_{bD} ——生物破坏影响系数；

T ——由加筋材料拉伸试验测得的极限抗拉强度。

其中， F_{ID} 、 F_{cR} 、 F_{cD} 和 F_{bD} 四项影响系数应按实际经验确定；无经验时，其乘积宜采用 2.5～5.0；当变形控制要求高、材料蠕变性大、施工条件差时，应采用大值；当为临时性工程时，宜取小值。

3.0.4 土工合成材料与土之间的摩擦系数宜通过试验确定，当试验条件不具备时，可参照当地经验或相关资料确定。

3.0.5 土工合成材料应具有经国家主管部门认可的测试单位的测试报告；材料应有标志牌，并应注明商标、产品名称、代号、等级、规格、执行标准、生产厂名、生产日期、毛重、净重等。

3.0.6 土工合成材料运输、储存和堆放时应注意防冻、避免阳光照射，并应保持通风、干燥和远离高温源。

3.0.7 土工合成材料施工应采用先进的方法和工艺，不得损伤土工合成材料。

3.0.8 土工合成材料施工时，应按规定要求进行工序验收，合格后方可进行下道工序。

4 基床加固与处理

4.1 一般规定

- 4.1.1 新建铁路基床防渗、反滤和排水可采用土工合成材料。
- 4.1.2 既有铁路基床翻浆冒泥、下沉外挤、道碴陷槽、积水等病害，可采用土工合成材料加强基床和改善排水条件。
- 4.1.3 基床冻害可采用铺设土工合成材料隔离防渗层、保温层，并结合降排水进行综合防治。
- 4.1.4 土工合成材料的类型应根据基床加固与处理的需要合理选用。

4.2 设计

- 4.2.1 土工合成材料的铺设位置、垫层设置应符合下列要求：

1 新建铁路基床需要处理时，宜将土工合成材料铺设在基床底层表面（图 4.2.1—1）或换填层的底面。

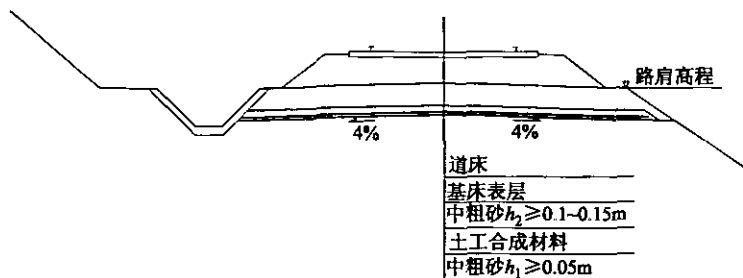


图 4.2.1—1 土工合成材料铺设在基床底层表面

2 既有铁路基床翻浆冒泥、冻害整治时，土工合成材料可铺设在基床表面（图 4.2.1—2）；采用土工格室或其他土工合成

材料加固基床、整治基床下沉外挤等病害时，可铺设在基床表层内（图 4.2.1—3）。

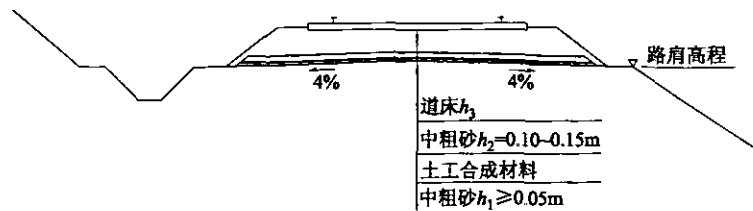


图 4.2.1—2 工合成材料铺设在基床表面

注：1 道床厚 h_3 + 中粗砂厚 $h_2 \geq$ 标准道床厚度；

2 中粗砂 $h_1 + h_2 \geq 0.20$ m；

3 中粗砂含泥量不得大于 5%。

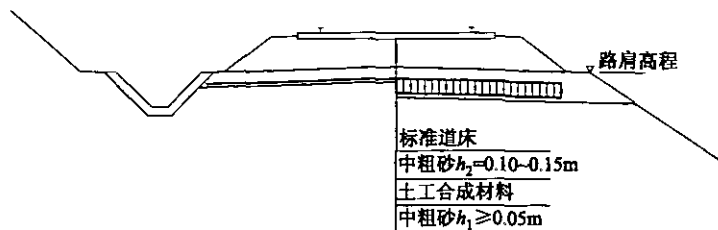


图 4.2.1—3 土工合成材料铺设在基床表层内

注：1 土工合成材料右侧所示为土工格室，左侧所示为其他土工合成材料；

2 中粗砂 $h_1 + h_2 \geq 0.20$ m；

3 中粗砂含泥量不得大于 5%。

3 土工合成材料的上、下面应铺设砂垫层，且材料下填土质量应满足设计要求。

4 土工合成材料应全断面铺设，当铺设在基床表面时，土工合成材料不得暴露于道床之外；用于膨胀土、湿陷性黄土地区时，土工合成材料横向铺设宽度应适当加宽；当铺设土工格室时，其范围宜在碴脚范围内。

5 既有铁路基床病害整治时，土工合成材料纵向应分别向病害地段两端延长 5 m 以上。

6 土工合成材料横向排水坡度不宜小于4%。

4.2.2 新建铁路基床加固处理设计时, 根据具体情况可选用下列土工合成材料:

1 防地表水下渗可选用不透水的复合土工膜、土工膜、排水板等;

2 引排地下水可选用较厚土工织物包裹碎石、砂、砾石作为过滤体和排水体;

3 冻害地区可铺设聚苯乙烯泡沫塑料或聚胺酯保温层。

4.2.3 既有铁路路基基床病害整治时, 土工合成材料应按下列要求选用:

1 整治既有铁路基床翻浆冒泥, 可选用复合土工膜等不透水土工合成材料;

2 整治既有铁路基床强度不足、下沉外挤、陷槽、积水等病害可采用土工格室, 格室的高度、焊距应根据病害的严重程度选择; 用于加固补强时, 格室高度及换填深度宜通过计算确定, 也可参考同类型病害整治的成功经验确定; 格室内宜填充中粗砂、砾石, 并压实;

3 整治既有铁路道碴陷槽、积水病害可选用软式透水管或其他排水材料;

4 既有铁路基床冻害可选用复合土工膜或土工膜防治; 冻害较轻时可选用较厚的无纺土工织物; 冻害严重时还应铺设保温材料, 保温材料可选用聚苯乙烯泡沫塑料或聚胺酯。

4.2.4 土工合成材料的技术性能应满足下列要求:

1 复合土工膜、土工膜的渗透系数不应大于 10^{-11} cm/s, 断裂强度不应小于 20 kN/m, CBR 顶破强度不应小于 2.5 kN, 膜厚不应小于 0.3 mm, 在严寒地区应满足抗冻要求;

2 无纺土工织物的等效孔径 O_{95} 和垂直渗透系数 k_v 应满足设计要求, 断裂强度不应小于 12 kN/m, CBR 顶破强度不应小于 1.5 kN;

3 保温层的表观密度、抗压强度、导热系数、吸水率等性能指标应满足设计要求，且耐久性能好。

4.3 施工要点

4.3.1 基床开挖断面必须满足设计要求。砂垫层下的基面应做成倾向路基外侧不小于4%的排水坡，基面及砂垫层中不得含有尖锐杂物及碎石。

4.3.2 铺设的土工织物和土工膜应平整无褶，铺设的土工格室应充分张拉成型并及时用设计要求的材料充填压实。

4.3.3 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、搭接或胶接，搭接宽度不得小于30cm。

2 土工膜、复合土工膜、排水板一般可采用搭接、粘接或焊接方式，用于基床防水和冻害防治时，宜采用粘接或焊接方式；采用粘接或焊接方式时，接缝宽度不应小于10cm，连接处的各项技术性能指标不应低于设计要求，且不得渗水；采用搭接方式时，搭接宽度不应小于30cm。

3 土工织物、土工膜、复合土工膜、排水板等纵向连接时，如线路有纵坡，应使高端压在低端上；当线路为平坡时，可将新铺的一端垫在相邻已铺好的一端之下。

4 聚苯乙烯泡沫塑料或聚胺酯间应连接牢固，接缝应密实。

5 土工格室两单件间应使用连接件连接牢固，连接强度不得低于设计强度。

4.3.4 土工合成材料铺设后，应及时铺垫层覆盖，并夯拍密实。

4.3.5 既有铁路路基基床病害整治施工必须确保行车安全。根据施工条件，施工可采用封锁线路、便线绕行，或架空轨道、限速行车、分段施工等方法。

5 路基防护

5.1 一般规定

5.1.1 路基边坡应采用土工合成材料与其他工程材料、工程措施相结合的综合防护措施。

5.1.2 土工网垫、立体植被护坡网、土工网可用于适宜植物生长的土质边坡防护。

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

5.1.4 土工合成材料可用于风沙地区路基边坡防护。

5.2 坡面防护

5.2.1 土质、风化岩、易风化软岩和坡面有地下水渗出的路堑边坡以及坡面易受雨水冲刷的路堤边坡，宜采用立体植被护坡网、土工网垫、土工网等结合种植植物、植生带等绿色防护措施。

5.2.2 土工合成材料技术性能应满足下列要求：

- 1 暴露状态下使用寿命不应少于5年；
- 2 土工网垫水土保持能力系数不应小于5，30 min 时回弹恢复率不应低于80%，极限抗拉强度不应低于0.8 kN/m；
- 3 立体植被护坡网极限抗拉强度不应低于0.8 kN/m。

5.3 冲刷防护

5.3.1 土工合成材料用于冲刷防护工程时，其适用条件可根据表5.3.1确定。

表 5.3.1 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	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, 厚度应根据工程需要确定	护坡坡度不能陡于 $1:1.5$ 的水上、水下工程。充填水泥砂浆时, 容许流速为 $2 \sim 3 \text{ m/s}$; 充填混凝土时, 容许流速大于 3 m/s

5.3.2 土工合成材料石笼和沉枕冲刷防护工程设计应符合下列规定:

1 石笼和沉枕应具有足够大的体积和质量, 其尺寸应通过稳定性计算确定; 稳定性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。

2 制作沉枕的管袋材料宜采用机织型土工织物, 其经纬向断裂强度不应小于 12 kN/m 。

3 防护范围内的上、下端宜设锚固措施。

4 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。

5.3.3 土工模袋冲刷防护工程设计应符合下列规定:

1 模袋应铺放在稳定的边坡上, 必要时应进行边坡稳定性分析, 检算其稳定性, 一般情况下模袋护坡坡度不得陡于 $1:1.5$ 。

2 模袋设计应根据工程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、稳定性检算和排渗核算。

3 模袋护坡厚度可分别按抗弯曲应力、抗浮动、抗冰推力进行计算, 取其大值; 一般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 。

4 土工模袋应具有一定的抗拉强度和耐老化能力, 应承受

0.2 MPa 以上的压力。

5.4 风沙防护

5.4.1 风沙地区路基本体防护设计应符合下列规定：

1 粉砂、细砂填筑的路堤边坡及粉细砂地层路堑边坡，可选用立体植被护坡网、土工网、土工网垫等作为风蚀防护层；防护断面形式如图 5.4.1—1、图 5.4.1—2。

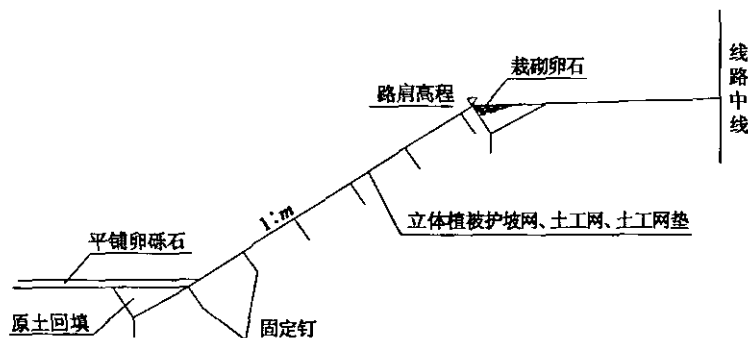


图 5.4.1—1 路堤坡面防护断面



图 5.4.1—2 路堑坡面防护断面

2 沙层含水量大于2%的风沙区，应采用土工网与植物防护相结合的措施。

5.4.2 路基两侧防沙工程设计应采取固沙与阻沙相结合的防沙措施。固沙措施宜采用立体植被护坡网、土工网、土工网垫、土

工格栅等覆盖于沙面或沙地上固定浮沙；阻沙措施宜采用方格状土工网沙障或高立式土工合成材料防沙网沙障。

5.5 严寒地区防护

5.5.1 严寒地区路堑的边坡、堑顶、路基面以下和路堤地基需保温处理时，宜采用复合土工膜、聚苯乙烯泡沫塑料或聚胺酯保温材料等作为保护层。

5.5.2 严寒地区挡土墙可采用土工合成材料在墙背设置保温层，并应符合下列规定：

1 保温层可采用聚苯乙烯泡沫塑料或聚胺酯，材料应具有一定的强度、低导热系数、低吸水率。

2 保温层的厚度应通过计算确定，Ⅱ级及以下的铁路工程，可取当地标准冻结深度的 $1/10 \sim 1/15$ ，并不应小于50mm。

3 保温板可单向、双向或三向设置；单向可设置于墙背面，双向可设置于墙背面和墙顶地面，三向可设置于墙背面、墙顶地面和垂直于墙轴的两端。

5.5.3 土工合成材料的技术性能应符合本规范第4.2.4条的规定。

5.6 施工要点

5.6.1 土工合成材料防护工程施工应符合下列规定：

1 立体植被护坡网、土工网垫、土工网结合植物用于坡面防护时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。路堤应伸入路肩并加以固定。对于路堑边坡，铺设范围应至堑顶以外1m。

2 立体植被护坡网、土工网垫、土工网用于风沙防护时，在边坡坡顶和坡脚分别开挖深度不小于0.5m的三角沟槽，并以固定钉固定其首端及末端后回填夯实。固沙植物宜在铺网后栽植。

3 立体植被护坡网、土工网垫搭接宽度不应小于 5 cm，土工网搭接宽度不应小于 10 cm。铺设时采用不短于 20 cm 的固定钉垂直坡面固定，其间距宜为 0.5~1.5 m。

4 土工合成材料铺设后应及时撒土覆盖，并及时播种植物，加强养护。

5.6.2 土工合成材料石笼及沉枕冲刷防护工程的施工应符合下列规定：

1 石笼、沉枕填料的填充率不宜低于 80%。

2 安置位置正确，堆叠、衔接应稳固、紧密，能发挥其整体作用。

3 施工作业不得损坏石笼、沉枕。

5.6.3 土工模袋冲刷防护工程的施工应符合下列规定：

1 施工前应预先划定作业空间，清理施工场地，设立水准点、水位及流速观测设施。

2 模袋铺设时，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 充填模袋宜采用特制的灌料泵进行，灌料后料口应扎紧。

5.6.4 严寒地区土工合成材料施工应符合下列规定：

1 保温板长度应超过设计的保温区范围。

2 铺设保温板时接缝应密闭；铺设厚度大于 100 mm 时，可采用 2 层及以上，层与层的接缝应错开。

6 路基排水

6.1 一般规定

6.1.1 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。

6.1.2 土工合成材料品种及规格应结合截排水目的及水源、结构物的特点选择，可单独使用，也可与其他材料配合使用。

6.1.3 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。

6.1.4 反滤材料应具有保土性、透水性和防淤堵性。

6.2 设计

6.2.1 土工织物或土工织物与砂砾石在以下情况可作为反滤材料：

- 1 护坡、护墙及挡土墙背后的反滤层；
- 2 截排地表水或地下水的暗沟、渗沟，当沟壁为细粒土或粉细砂时，其截水部分的反滤层；
- 3 浸水路堤的粗、细粒土填料间的反滤层；
- 4 $d_{85} < 0.075 \text{ mm}$ 的土不宜单独使用土工织物作反滤层，可在土工织物与土体之间设置含泥量小于 5% 的中粗砂层。

6.2.2 反滤材料的保土性应符合下式要求：

$$O_{95} \leq B_s d_{85} \quad (6.2.2)$$

式中 O_{95} ——土工织物的等效孔径 (mm)；

d_{85} ——土的特征粒径 (mm)，按土中小于该粒径土的质量占总土质量的 85% 确定；

B_s ——与被保护土的类型、级配、土工织物品种有关的

经验系数，可按表 6.2.2 确定。

表 6.2.2 B_s 值表

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

$$\text{注: } C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

式中 C_u ——土颗粒的不均匀系数；

d_{60}, 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%。

6.2.3 反滤材料的透水性应符合下式要求：

$$k_g \geq Ak_s \quad (6.2.3)$$

式中 k_g ——土工织物的渗透系数 (cm/s)，应按其垂直渗透系数 k_v 确定；

k_s ——土的渗透系数 (cm/s)；

A ——无因次系数，根据工程经验确定：当被保护土的级配良好，水力梯度小和预计不致发生淤堵时， A 值取 1~10；当被保护土为细粒土、水力梯度大，长期渗透性要求高时， A 值大于 10。

6.2.4 反滤材料的防淤堵性应符合下式要求：

$$GR \leq 3 \quad (6.2.4)$$

式中 GR ——梯度比。

6.2.5 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%。

6.2.6 采用土工合成材料的渗沟应符合下列要求：

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 6.2.6—1；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塑料渗水管，如图 6.2.6—2。

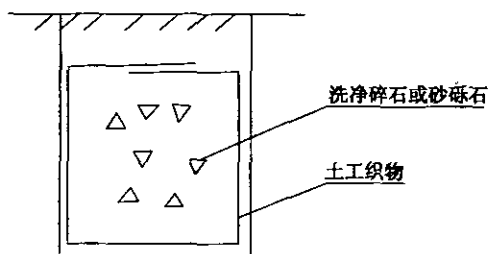


图 6.2.6—1 土工织物包裹碎石或砂砾石渗沟断面

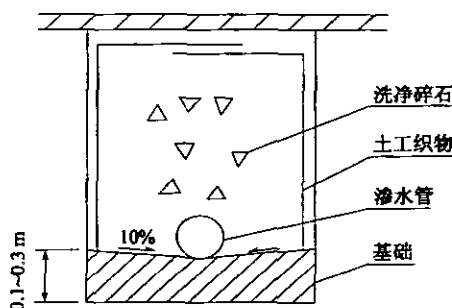


图 6.2.6—2 铺设塑料渗水管或软式透水管的渗沟断面

2 渗沟的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。

3 塑料渗水管管径宜为 20~30 cm，软式透水管管径宜为 5~20 cm。

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

6.2.7 引排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塑料渗水管。泄水孔位布置、直径及长度应根据含水层水文地质情况确定，仰斜角度宜为 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ ，困难时不应小于 5° 。

6.2.8 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，倾斜角度宜为 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布设应根据地下水发育情况确定，管间距宜为 $2 \sim 3 \text{ m}$ ，管径宜为 $5 \sim 10 \text{ cm}$ ；纵向渗水管管径宜为 $8 \sim 20 \text{ cm}$ 。

6.2.9 塑料渗水管管径、渗水孔的大小及布置，应根据管材种类、渗水及排水的要求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。

6.2.10 软式透水管、塑料渗水管和土工织物包裹砂石料渗沟的排水量及渗水量计算，可按有关规范、规定执行。

6.2.11 土工合成材料的技术性能应符合下列要求：

1 作反滤层的土工织物宜采用耐腐蚀、抗老化的无纺土工织物，且应满足保土、透水、防淤堵设计准则，刺破强度和撕裂强度不应小于 400 N ，CBR 顶破强度不应小于 1.5 kN ；

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 0.3 mm ，渗透系数不应大于 10^{-11} cm/s ，CBR 顶破强度不应小于 2.5 kN ，在严寒地区还应具有抗冻性；

3 塑料渗水管材应质量轻、耐化学腐蚀，使用寿命长，可在 $-25^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 条件下使用，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。

6.3 施工要点

6.3.1 盲沟、渗沟开挖后应疏干沟内积水，平整沟底及沟壁，清除尖石、树根等杂物，避免刺破、损伤土工织物。

6.3.2 土工织物应铺设平顺、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，修补面积应大于破损面

积的 4 倍。

6.3.3 反滤土工织物的搭接宽度不宜小于 20 cm。隔水防渗土工膜和复合土工膜宜用粘接法，粘接宽度不应小于 10 cm，粘接强度不应低于材料设计强度，连接面不得夹有砂石等杂物。

6.3.4 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。

6.3.5 塑料渗水管外的土工织物应包裹绑扎牢固，不得脱落、褶皱。

6.3.6 土工合成材料铺设后应及时回填或覆盖，回填碎石等填料时，应采取避免损伤土工织物和渗水管的措施。

6.3.7 引排水的仰斜钻孔应顺直，成孔后应及时插入渗水管，并固定管口。

7 加筋土工程

7.1 一般规定

7.1.1 当路堤填料为细粒土或软质岩、改建或增建二线帮宽或加宽的路基稳定性较差、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。

7.1.2 200 km/h 及以上铁路的正线不宜采用土工合成材料加筋土挡墙及加筋收陡边坡的形式。

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

7.1.4 加筋土挡土墙必须作好地基处理。

7.1.5 严寒地区加筋土筋材应选用耐低温的土工合成材料。

7.2 加筋土路堤

7.2.1 土工合成材料在路堤中可采用下列结构形式：

1 采用细粒土或软质岩等填料的路堤边坡，宜选用图 7.2.1—1 的边坡加筋补强结构形式，抑制边坡浅层溜坍和增强边坡抗冲蚀的能力；

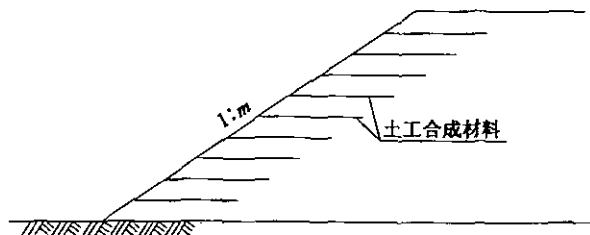


图 7.2.1—1 路堤边坡加筋补强结构形式

2 受地形、地物限制需加陡路堤边坡时，宜选用图

7.2.1—2 的加筋土路堤结构形式，筋材的回折长度可根据本规范式 (7.3.4) 计算；

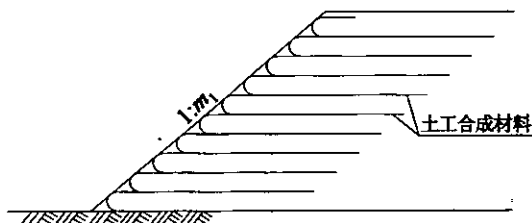


图 7.2.1—2 外边回折的加筋土路堤结构形式

3 增强路堤填土界面处摩擦力，提高路堤的整体稳定性时，宜选用图 7.2.1—3 的填土界面加筋结构形式。

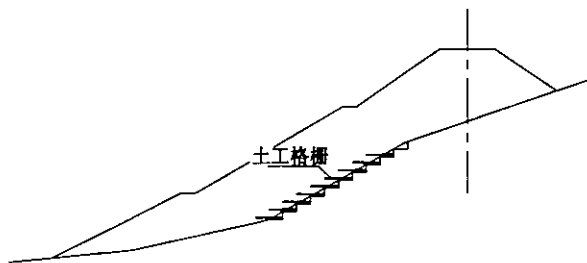


图 7.2.1—3 填土界面加筋结构形式

注：图 7.2.1—1~2 中， m 为《铁路路基设计规范》(TB10001) 或《铁路特殊路基设计规范》(TB10035) 所规定之坡率； m_1 为加陡路堤边坡坡率。

7.2.2 当路堤采用多层土工合成材料加筋时，各层土工合成材料之间的间距不宜小于每一填筑层的最小厚度，且不宜大于 1 m，加筋材料的最小铺设宽度不应小于 2.5 m。

7.2.3 加筋土路堤土工合成材料的铺设层数和长度应按圆弧滑动法或楔体滑动法稳定性检算确定，安全系数不得小于 1.3。筋材的锚固长度除应满足抗拔稳定性检算要求外，且不得小于 2.5 m。

7.2.4 加筋材料的技术性能指标应符合下列规定：

1 用于路堤边坡加筋补强时，宜选用土工格栅、土工网，其极限抗拉强度不应小于 25 kN/m；

2 用于加筋土路堤的土工合成材料宜选择强度高、变形小、粗糙度大、抗老化、蠕变变形小的土工格栅，其极限抗拉强度不应小于 35 kN/m ；

3 填土界面加筋宜选用土工格栅。

7.3 加筋土挡土墙

7.3.1 加筋土挡土墙可采用包裹式、挂板式等结构形式。

7.3.2 加筋土挡墙结构型式应符合下列规定：

1 以土工合成材料作筋材的挡土墙，可采用图 7.3.2—1~4 的结构形式；当墙高大于 6.0 m 时，宜采用图 7.3.2—3 的结构形式。

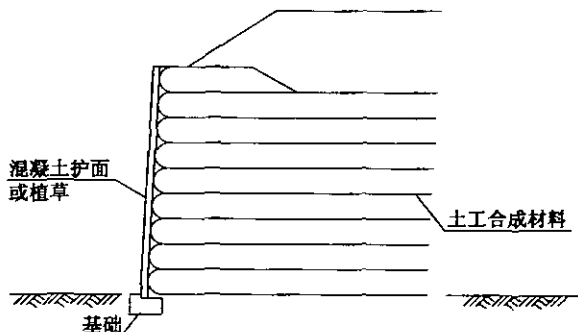


图 7.3.2—1 加筋土挡土墙结构形式之一（包裹式）

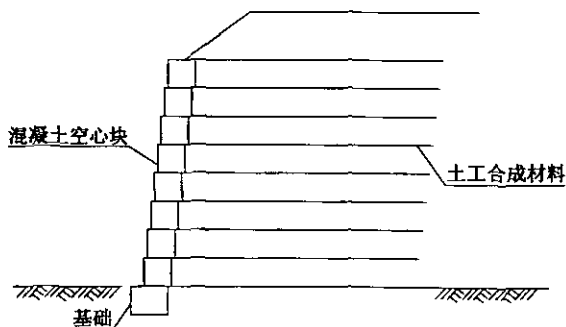


图 7.3.2—2 加筋土挡土墙结构形式之二（挂板式）

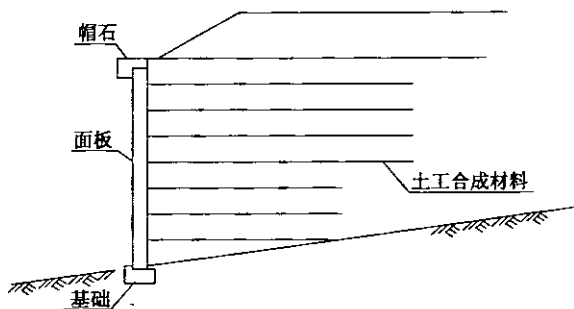


图 7.3.2—3 加筋土挡土墙结构形式之三
(挂板式, 拉筋材不等长布置)

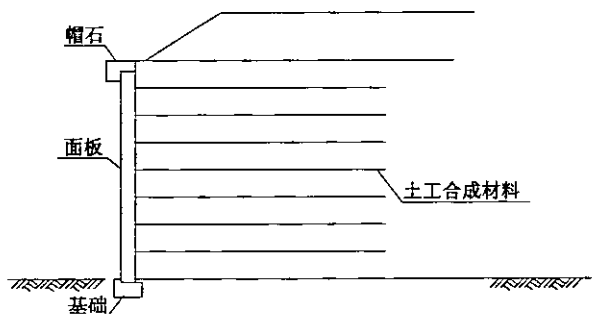


图 7.3.2—4 加筋土挡土墙结构形式之四
(挂板式, 拉筋材等长布置)

2 路基面上需设置杆架、沟槽、管线的地段, 应采取保证加筋土挡土墙的完整和稳定的工程措施。

3 土质地基和风化层较厚难以全部清除的岩石地基, 加筋土挡土墙面板基础的埋置深度不应小于 0.6 m, 并应满足防冲刷和防冻胀要求。

4 加筋土挡土墙应有防水、排水设施, 顶面应设置柔性封闭层。

7.3.3 加筋土挡土墙内部、外部稳定性和筋材长度等应按有关规定进行计算, 筋材的长度除应满足计算要求外, 还应满足不小

于 0.6 倍加筋土挡土墙墙高，且不应小于 4.0 m。

7.3.4 包裹式加筋土挡土墙筋材回折包裹长度应按下式计算：

$$L_0 = \frac{D \cdot \sigma_h}{2(c + \gamma \cdot h \cdot \tan \delta)} \quad (7.3.4)$$

式中 L_0 ——计算拉筋层的水平回折包裹长度，按水平投影长度 (m)；

D ——拉筋的上、下层间距 (m)；

σ_h ——作用在墙面上的侧向应力 (kPa)；

c ——拉筋与填料之间的黏聚力 (kPa)；

γ ——填料重度 (kN/m^3)；

h ——拉筋距顶部的距离 (m)；

δ ——拉筋与填料之间的摩擦角 ($^\circ$)。

土工格栅拉筋采用等长的水平回折包裹长度应大于计算的最小值，且不宜小于 2.0 m，加筋土体最上部 1~2 层拉筋的回折长度应适当加长。

7.3.5 土工格栅、复合拉筋带设计容许抗拉强度应按本规范式 (3.0.3) 计算。

7.3.6 土工合成材料拉筋的技术性能指标应符合以下规定：

1 拉筋应选择强度高、延伸率小、能与填料产生足够摩擦力、抗老化性能好、蠕变变形小的高密度聚乙烯土工格栅、双向经编高强度涤纶土工格栅或复合拉筋带，并且其铺设、接长和与面板连接应简单易行；

2 土工格栅极限抗拉强度不应小于 35 kN/m；

3 土工格栅极限抗拉强度对应的延伸率，高密度聚乙烯土工格栅不应大于 12%，其他土工格栅不应大于 10%；

4 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，表面应有粗糙花纹。

7.4 施工要点

7.4.1 加筋土路堤施工应符合下列要求：

1 铺设土工合成材料时，应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上的连接必须牢固，连接强度不得低于材料的设计容许抗拉强度，另一方向应密贴排放。

3 土工合成材料的铺设应拉紧不得有褶皱，必要时可用插钉固定；多层铺设时，上下层接缝应错开。

4 铺设土工合成材料的填土表面应平整，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，避免阳光长时间直接照射。

7.4.2 加筋土挡土墙施工应符合下列要求：

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；复合拉筋带应垂直于墙面呈扇形散开铺设，并分布均匀，自墙面板起至筋带长度的 $1/3$ 以后不得重叠。

2 筋材与面板的连接、土工格栅的回折长度应符合设计要求。

3 筋材应铺设在有 $1\% \sim 3\%$ 横坡的平整压实的填土上（使筋材末端比前端高 $5 \sim 10\text{cm}$ ）；筋材应拉直、拉紧，不得有卷曲、扭结；筋材拉紧固定后，应立即填铺上层填料。

4 筋材需要接长时，连接处强度不得低于设计容许强度，同一层接点不得多于 2 个。

5 筋材重叠交叉时，筋材之间应用填料隔开，其厚度宜大于 5cm ；墙面转角处相邻 $2 \sim 4$ 块面板上宜增设加强筋材，加强筋材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，与筋材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 30cm 为宜。

8 填料的碾压顺序应从筋材中部压向筋材尾部，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。

9 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。

8 地基处理

8.1 一般规定

8.1.1 土工合成材料可用于软土、松软土、盐渍土地基的加筋补强、加速排水固结及毛细水隔断。地基加筋补强宜选用强度较高、延伸率较小的土工格栅、土工织物或土工格室，加速地基排水固结宜选用塑料排水带或袋装砂井，毛细水隔断宜采用复合土工膜。

8.1.2 采用土工合成材料处理软土地基的措施，应根据地基情况、路堤高度及稳定、工后沉降、工期等要求确定。

8.1.3 当盐渍土地区路堤高度小于不发生次生盐渍化的路堤最小高度，且难以采用降低地下水位等措施时，可设置复合土工膜毛细水隔断层。

8.2 设计

8.2.1 软土地基加筋补强设计应符合下列规定：

1 采用土工合成材料加筋补强软土地基，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，约束地基侧向变形、均化基底应力分布、提高地基承载力和增强路堤抗滑稳定性。

2 土工合成材料加筋补强软土地基时，应根据可能发生的破坏形式，进行稳定性检算和沉降计算。

3 土工合成材料的变形宜与土体的变形相适应。

4 地表应铺设中粗砂或其它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；铺设层数应根据稳定性检算确定，不宜超过 3 层。

6 土工织物或土工格栅应强度高、延伸率小和不易老化。

8.2.2 大面积软土地基处理工程中,可采用大直径软式透水管作为集水井,表面辅以网状小直径软式透水管组成排水体系,加速地基排水固结。

8.2.3 软土地基排水固结设计应符合下列规定:

- 1 排水带或袋装砂井平面布置可采用正三角形或正方形。
- 2 排水带或袋装砂井的间距及长度应通过计算确定。
- 3 地基的固结度宜采用太沙基固结理论计算;当排水带或袋装砂井插入较深,施工对地基扰动较大时,宜考虑涂抹和井阻对固结的影响。
- 4 排水带设计的等值砂井直径 d_w 按下式换算:

$$d_w = \alpha \frac{2(b + \delta)}{\pi} \quad (8.2.3)$$

式中 α ——折减系数,无试验资料时可采用1;

b, δ ——分别为排水带的宽度与厚度。

- 5 稳定分析与沉降计算应按有关规范执行。
- 6 地表应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40cm,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织造土工织物制成,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;袋料主要技术性能指标应满足表8.2.3要求。

表 8.2.3 袋装砂井袋料技术性能指标

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

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

8.2.4 复合土工膜毛细水隔断层宜设置在路堤底部，横断面型式如图 8.2.4 所示。在有地表积水地段，复合土工膜应设置在地表最高积水位以上不小于 0.5 m 处。

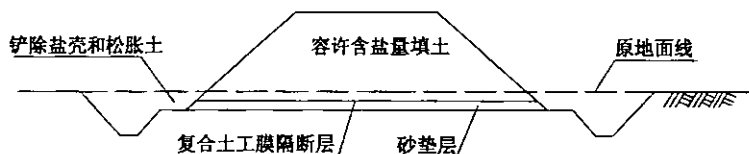


图 8.2.4 复合土工膜隔断层路基横断面形式

8.2.5 复合土工膜的技术性能应满足下列要求：

- 1 膜厚不应小于 0.35 mm，渗透系数不应大于 10^{-11} cm/s ；
- 2 对硫酸盐、氯盐、碳酸盐具有长期耐腐蚀性和抗老化性能；
- 3 * CBR 顶破强度不应小于 2.5 kN；
- 4 严寒地区使用时，还应满足抗冻要求。

8.3 施工要点

8.3.1 软土地基加筋补强施工应符合下列规定：

1 土工织物在铺设时，幅与幅之间纵向连接可采用搭接法，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的连接应采取可靠措施，连接强度不得低于设计容许强度。

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，铺好后应及时填砂覆盖。

4 土工合成材料铺好后，应按设计要求铺回折段砂，用刮

板整平后逐幅回折，并用砂压住。

5 土工合成材料上铺的砂垫层，应采用人工或轻型机械运砂进场，散铺整平，且不宜直接碾压，待其上填土后再行碾压；第一层填料碾压应从两边开始循序向中间进行，土工合成材料上的垫层和填料厚度大于0.6m后，方可采用重型机械碾压。

8.3.2 软土地基排水带排水固结法施工应符合下列规定：

1 定位时，锚靴或管靴应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，当发生芯带随同套管拔出长度大于0.5m时，应重新补打。

3 排水带超出孔口的长度应保证伸入砂垫层中0.3~0.5m，并将外露排水带保护好，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，搭接长度不应小于20cm，用滤膜包裹，并可靠固定。

8.3.3 软土地基袋装砂井排水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)按下式计算：

$$r = \frac{m_{sd}}{0.78d^2 h \rho_d} \times 100\% \quad (8.3.3)$$

式中 m_{sd} ——实际灌入砂的质量(kg)；

d, h ——砂井直径、深度(m)；

ρ_d ——中粗砂的干密度(kg/m³)。

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

3 在钢套管上应划出标尺，以控制砂井入土深度。

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0.5m时方可松开，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 起拔套管时应先启动激振器，后提升套管，并应垂直起

吊，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 砂袋超出孔口长度应保证伸入砂垫层中 0.3~0.5 m。

7 已施打的袋装砂井应及时向袋内补砂，每隔 3 d 补砂一次，一般补砂 2~3 次，遇雨时应在雨后及时补砂。

8.3.4 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。

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。

(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”。

(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”。

(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设计规范》

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。

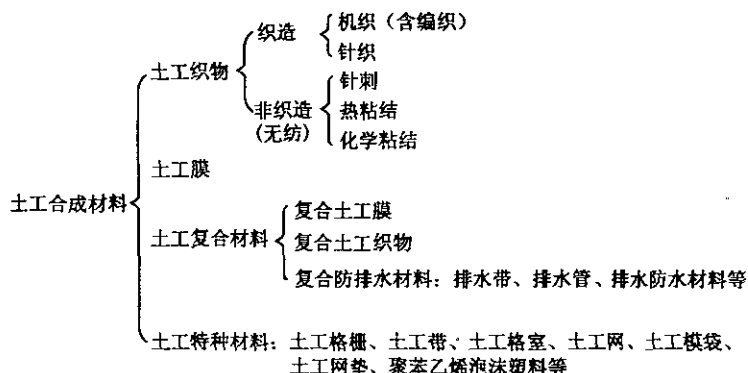
1.0.1 20世纪60年代我国铁路部门开始研究应用土工合成材料防治翻浆冒泥和包石材料作盲沟排水，80年代应用土工织物处理软土地基，铁路路基工程应用土工合成材料已有40多年的成功经验。铁路路基在土工合成材料应用研究和实践过程中，取得了许多研究成果，积累了丰富的资料和数据，为制定本规范奠定了基础。

1.0.2、1.0.3 考虑目前铁路路基工程应用土工合成材料的情况，土工合成材料在路基工程中有较广泛的适用性，因此对适用的列车设计行车速度未作限定，即目前的铁路路基工程均可应用。但是不同的铁路等级、不同的列车设计行车速度、列车荷载不同，路基结构形式也不同，应用土工合成材料应酌情设计。同时，路基工程应用土工合成材料应充分考虑工程地质条件和气象特点，尽可能采取综合应用的措施，发挥综合效应，使设计切合实际、经济合理、安全可靠，提高土工合成材料应用的实际效果。

《铁路路基工程施工质量验收标准》(TB 10414—2003)对土工合成材料的施工质量检验已有较全面的规定，因此本次修订删除了原规范第3章至第7章中“施工质量检验”一节外，还将原规范名称《铁路路基土工合成材料应用技术规范》改为《铁路路基土工合成材料应用设计规范》。

3.0.1 土工合成材料应用十分广泛，铁路路基工程土工合成材料主要应用于防渗、隔离、加筋、反滤、排水、防护和保温等，故土工合成材料的功能和技术性能必须与其使用要求和应用条件相一致。“应用条件”是指环境条件、工程地质条件和水文地质条件等。

按国际土工合成材料协会（IGS）分类法，土工合成材料产品分类如下：



目前国内土工合成材料所用原材料主要有聚丙烯（PP）、聚乙烯（PE）、聚酯（PER）、聚酰胺（PA）、高密度聚乙烯（HDPE）和聚氯乙烯（PVC）等几种，它们的用途、特点和产品适用范围比较参见说明表 3.0.1。

说明表 3.0.1 土工合成材料各种原材料用途、特点和产品适用范围

材料名称	材料用途	材料特点	产品适用范围	附注
高强聚酯纤维（俗称涤纶丝或 PET 丝）	经编土工格栅、经编复合土工布、高强度机织土工布（聚酯短纤维用于无纺布）	柔性材料，生产过程中经过超高倍数拉伸，强度高，断裂伸长率 $\leq 22\%$ ，蠕变系数最小，耐温范围为 $-70^{\circ}\text{C} \sim 180^{\circ}\text{C}$ ，抗紫外线、微生物腐蚀性能优良，但其耐酸、碱盐性能略低于聚丙烯，是一种理想的土工合成材料原料	适用于挡土墙加筋、软土地基处理、高边坡防护及易暴露于外界的水利工程	材料性能好，但成本略高于其他材料

续说明表 3.0.1

材料名称	材料用途	材料特点	产品适用范围	附注
高强聚丙烯纤维（俗称丙纶丝或PP丝）	经编土工格栅、经编复合土工布、高强度机织土工布	柔性材料，生产过程中经过超高倍数拉伸，强度高，断裂伸长率 $\leq 20\%$ ，蠕变系数较大，耐温范围为 $-30^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ ，抗紫外线差，抗微生物、酸、碱盐腐蚀性能优良，是一种理想的土工材料原料	适用于软土地基处理、边坡防护及环境治理工程（如垃圾填埋场）	材料价格较低，且双向及单向格栅强度高，达 200 kN/m ，幅宽均 $\geq 5.0\text{ m}$
聚丙烯裂膜丝（俗称PP丝）	编织土工布、砂井袋、充砂管袋	柔性材料，生产过程中经过超高倍数拉伸，强度较高，断裂伸长率 $\leq 20\%$ ，蠕变系数取值为4.0，（最大），耐温范围为 $-30^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ ，抗紫外线差，抗微生物、酸、碱盐腐蚀性能优良	适用于软土地基处理及各种水利工程	只适用于生产低档土工布，多用于临时工程
玻璃纤维	玻纤土工格栅	脆性材料，生产过程中经过超高倍数拉伸，强度较高，断裂伸长率 $\leq 4\%$ ，实际应用为中为 $1.5\% \sim 2.5\%$ ，蠕变系数小，耐温范围为 $-50^{\circ}\text{C} \sim 240^{\circ}\text{C}$ ，不受紫外线影响，抗微生物、酸、碱盐腐蚀性能优良	适用于公路路面处理工程，不能用于地基处理	成本较低
聚酯工程塑料（俗称PET）	塑料拉伸土工格栅	刚性材料，生产过程中经过低倍数机械拉伸，强度高，断裂伸长率小，蠕变系数小，取值为1.67，耐温范围为 $-70^{\circ}\text{C} \sim 180^{\circ}\text{C}$ ，抗紫外线、微生物腐蚀性能优良，但其耐酸、碱盐性能略低于聚丙烯，是理想的土工合成材料原料	适用于挡土墙加筋、软土地基处理、高边坡防护及易暴露于外界的水利工程	拉伸工艺复杂，成本较高，目前国内暂没有厂家生产
聚乙烯工程塑料（俗称PE）	塑料拉伸土工格栅	刚性材料，生产过程中经过低倍数机械拉伸，强度较高，断裂伸长率 $\leq 20\%$ ，蠕变系数取值为2.67，大于聚酯材料，耐温范围为 $-30^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ ，抗紫外线差，抗微生物、酸、碱盐腐蚀性能优良	适用于挡土墙加筋、软土地基处理、边坡防护等工程	拉伸工艺较复杂，成本较高，双向格栅强度低，单向格栅幅宽窄

续说明表 3.0.1

材料名称	材料用途	材料特点	产品适用范围	附注
聚丙烯工程塑料(俗称PP)	塑料拉伸土工格栅	刚性材料,生产过程中经过低倍数机械拉伸,强度较低,断裂伸长率 $\leq 20\%$,蠕变系数取值为4.0,(最大),耐温范围为 $-30^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$,抗紫外线差,抗微生物、酸、碱盐腐蚀性能优良	可用于软土地基处理、边坡防护等工程,不能用于挡土墙加筋	拉伸工艺简单,成本较低,产品经折叠后,强度损失大,双向格栅强度低,单向格栅幅宽窄
聚丙烯工程塑料+钢丝	钢塑复合土工格栅	刚性材料,强度极高,断裂伸长率 $\leq 4\%$,蠕变系数小,耐温范围为 $-30^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$,抗紫外线差,抗微生物、酸、碱盐腐蚀性能极差	可用于软土地基处理、边坡防护等工程,不能用于挡土墙加筋	该材料生产的格栅结点强度低,网孔大,且易腐蚀

注:本表参照中国标准出版社出版的《土工合成材料应用手册》、《土工合成材料标准汇编》汇编。

3.0.2 土工合成材料的测试项目应按工程需要确定。挡土墙高度大于6m时,建议对加筋材料作蠕变试验。

3.0.3 土工合成材料的强度在实际工程中因机械损伤、化学与生物作用以及在长期使用中的蠕变等因素会不同程度地削弱。国际上普遍采用四项影响系数按式(3.0.3)计算设计容许抗拉强度。

3.0.4 《公路加筋土工程设计规范》(JTJ 015—91)列出的填料设计参数如说明表3.0.4。

说明表 3.0.4 填料设计参数

填料类型	重度(kN/m^3)	计算内摩擦角($^{\circ}$)	似摩擦系数
中低液限黏性土	18~21	25~40	0.25~0.4
砂性土	18~21	25	0.35~0.45
砾碎石类土	19~22	35~40	0.4~0.5

注:1 黏性土计算内摩擦角为换算内摩擦角;

2 似摩擦系数为土与筋材的摩擦系数;

3 墙高较高的挡土墙计算内摩擦角和似摩擦系数采用低值。

3.0.6 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,受热容易变形甚至燃烧。故土工合成材料的运输、储存和堆放,要避免阳光照射、远离热源。

3.0.7 土工合成材料受损伤后,其力学性能降低,所以本条强调“土工合成材料施工应采用先进的方法和工艺,不得损伤土工合成材料”。此外,施工方法和施工工艺还应考虑土工合成材料铺设固定后,位置不得因施工而受到扰动。

4.1.2、4.1.3 既有铁路基床翻浆冒泥病害,多发生在基床排水条件不良、土质较为密实的粉质黏土或风化严重的软质岩地段。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。

既有铁路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、抗剪强度降低,表现出“深陷槽”、“外挤土垄”等特征,最终导致基床受剪切破坏,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,扩散基床应力、提高基床的刚度,并根据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。当道碴陷槽较深、积水严重时,可采用插渗水管引排。病害整治已有较多成功实例。

既有铁路基床冻害一般发生在季节性冻土地区,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。冻害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处理时,应根据需要同时采取相应的降、排

水措施与之配合，可参考以下措施：

(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。

4.2.1

2 在既有铁路采用土工膜（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，清除基床表面软层后即可铺设土工合成材料。铺设横坡应不小于 4%，以利排水。土工合成材料上、下均应设置砂保护层，上部砂层厚度不宜小于 0.10 m，下部砂层厚度不宜小于 0.05 m，总厚度应大于等于 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。

既有铁路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不宜小于 0.05 m，土工格室与砂层之间视具体需要加设 $150\sim 200\text{ g/m}^2$ 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）。

3 土工合成材料的铺设深度应注意以下几方面：

(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和降低处理效果的压实度与承载力，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) 根据实践经验，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）轨枕底下不小于 0.35 m 的深度下，以避免道床捣固的损害。

4 一般地区土工合成材料的铺设宽度，原则上应满足轨道与列车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，应全断面铺设。

冻害、膨胀岩土地段，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。

4.2.3 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。

根据原杭州铁路分局、同济大学“土工格室整治基床下沉病害的设计研究”报告（2003 年 8 月），土工格室焊距越小、高度越高，列车动应力衰减越明显。试验表明，焊距 680 mm 的土工格室整治与换砂法相比，动应力衰减不明显，不宜选用。

土工格室用于既有铁路基床病害整治，具有施工简便、工效高、材料运输方便，特别是对行车干扰小等优点。与充填料构成的垫层可大幅度提高基床刚度，具有明显的扩散荷载作用，降低基床表面动（静）应力水平，可防止基床侧挤和道碴陷槽病害的发生。根据已有的模型试验和现场实测资料，与砂垫层相比较，最大应力可降低 5%～11%；与普通填土层相比，可降低 17%～36%。

据西南交通大学的研究，土工格室与充填料构成的垫层扩散后，应力可按“当量厚度理论”计算。

未铺设土工格室前，传递至路基面的应力 P 为

$$P = \frac{a \times b}{(a + 2h \tan \alpha) \times (b + 2h \tan \alpha)} \times P_0$$

铺设土工格室（高度为 t ）后，传递至路基面的应力 P' 为

$$P' = \frac{a \times b}{[a + 2(h + Z_g) \tan \alpha] \times [b + 2(h + Z_g) \tan \alpha]} \times P_0$$

当量厚度 Z_g 为

$$Z_g = \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_2}} \times t$$

式中 a, b ——轨枕长度、宽度；

h ——枕下道床厚度；

α ——扩散角（一般为 45° ）；

t ——土工格室高度；

E_1, E_2 ——土工格室和基床土的弹性模量。

在既有铁路基床病害整治设计中，可根据基床实际软弱程度，调整土工格室厚度，使扩散后应力满足基床承载力要求。

4.2.4

1 根据主要功能的不同，复合土工膜可划分为加筋型和横向排水型两种。加筋型复合土工膜具有较高的强度和模量，长期效果好，经编复合土工膜和氯丁橡胶土工膜均属于这一类型。横向排水型复合土工膜一般由无纺土工织物与土工膜复合而成，常见的有“一布一膜”、“两布一膜”等。

2 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） O_{95} 一般为 $0.05 \sim 0.5 \text{ mm}$ 。因粉质黏土基床中小于 0.05 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 常用的绝热保温材料包括模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）、挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）、聚胺酯泡沫塑料（PU）等，其相应的性能指标可分别参见《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》（GB/T 10801.1—2002）、《绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料》（GB/T 10801.2—2002）和《软质聚胺酯泡沫塑料》（GB/T 10802—

1989)。对 EPS 而言,其厚度应不小于 5 cm。

4.3.3 土工织物的连接一般有搭接法和缝接法。缝接方法有一般缝法、丁缝法和蝶形缝法等三种,各种缝接法的接缝强度一般都小于原材料强度。拉力测试表明,丁缝法和蝶形缝法比一般缝法抗拉强度较高。

4.3.5 既有铁路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。

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。

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。

土工合成材料的铺设可采取纵铺与横铺两种方法。

5.1.3 作为传统冲刷防护措施的替代材料,土工合成材料具有质量轻、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。土工合成材料可与土、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。

5.1.4 风沙地区的路基本体防护应进行粗粒土包坡和土工合成材料辅助种草种树的经济技术比较。本体外的平面防护,经济上合理时可用立体植被护坡网、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。

5.2.2 为了保证施工和正常使用,用于坡面防护的土工合成材料应考虑以下因素:

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、立体植被护坡网,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。土工网垫运输和施工中不可避免地会被压扁,为了保证其三维结构,要求30 min时回弹恢复率不低于80%。

5.3.2 石笼和沉枕的稳定性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》(中国建筑工业出版社)的有关计算方法进行计算。

石笼一般长2~3 m、宽1~3 m、高0.5~1 m,圆柱体时直径为1 m;土工织物沉枕直径一般为0.6~1.0 m,长5 m或10 m,沿其长轴每隔30~50 cm用 $\phi 4 \sim 5$ mm的合成材料筋绳捆扎一圈作为加固腰箍。

5.3.3 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。

5.4.1

1 将立体植被护坡网、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,而且有利于对沙受到扰动后所引起的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,坡面性状发生明显改变时,粗糙度可提高数十倍至一百倍以上。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及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，植物物种的选择是关键因素之一。根据气候特征，对植物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或引进的在当地生长良好的固沙植物；

(2) 所选植物应具有耐旱、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植。

5.4.2 固沙措施采用立体植被护坡网、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。在没有其他防沙措施相配合的情况下，可按下式计算：

$$L = L_1 + L_2 \quad (\text{说明 5.4.2})$$

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

L_2 ——沙埋宽度 (m)。

采用平铺立体植被护坡网、土工网、土工网垫等固沙措施或采用土工网沙障固沙措施时，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。

5.5.2 目前用于挡土墙保温的主要土工合成材料采用硬质聚苯乙烯泡沫塑料，实践证明，它们用于防止土体产生冻胀十分有效。

聚苯乙烯泡沫塑料保温层厚度可参照《土工合成材料工程应用手册》计算确定。

5.6.1 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，不应使网垫暴露于阳光下。

5.6.2 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；圆柱形易于沿坡面滚下，省时省力。

6.1.1 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等。由于土工合成材料本身具有一定的反滤、排水和隔水防渗功能，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、施工方便等特点，所以，国内外铁路、公路、水利、市政、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，铁路路基和支挡结构工程中地表水或地下水的反滤、排水、隔水防渗可采用土工合成材料。

6.1.2 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。

6.1.4 土工织物反滤层设计准则主要包括保土准则、透水土准则、

防淤堵准则。三个方面均应满足，否则就会影响其使用功能。

6.2.1 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。

$d_{85} < 0.075 \text{ mm}$ 的土颗粒较小，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 $10 \sim 15 \text{ cm}$ 。

6.2.2 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滤物流走，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三十多年的历史，并不断提出许多新的和改进的反滤准则。静荷单向水流的反滤准则较为成熟，动荷双向水流下的反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。

具有代表性、应用较多的静荷单向水流下的保土准则是 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，提出了土工织物反滤层设计准则，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，建议采用以 Calhoun 准则为基础的保土准则，如式

(6.2.2)。

6.2.3 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。

6.2.4 美国陆军工程师团曾利用不同种类的无黏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了异议,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。

6.2.6 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》(TB10001)、《铁路工程设计技术手册·路基》等有关规范及设计手册。

图 6.2.6—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 $0.3\text{ m} \times 0.3\text{ m}$,并不大于 $1.0\text{ m} \times 1.0\text{ m}$ 。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。

图 6.2.6—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 时，宽度不小于 1.0 m。机械施工时，可适当加宽。

6.2.7 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。靠出水口约 1~2 m 范围的塑料渗水管可不设渗水孔。

6.2.8 地下水发育地段的路堑挡土墙，在砂砾石料缺乏时，可在墙背设置斜向与纵向塑料渗水管或软式透水管。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。

6.2.9 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%~3%。圆形孔直径一般为 0.5~2.0 cm，间距不应小于两倍孔径；长槽形孔宽一般为 0.5~1.0 cm，长度一般为 2.0~10.0 cm，渗水孔纵向间距不应小于一倍孔长。

斜坡岩土体中的深、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。图 6.2.6—2 所示渗沟中，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。

6.2.10 渗沟或塑料渗水管的排水流量应大于渗入水量，安全储备系数 F 可参考下式的要求：

$$F = \frac{Q_T}{Q_c} \geq 2.0 \sim 5.0 \quad (\text{说明 } 6.2.10-1)$$

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 按下式计算：

$$Q_c = \pi \cdot k_s \cdot d_{\text{ef}} \cdot L \quad (\text{说明 } 6.2.10-2)$$

式中 k_s ——土的渗透系数 (m/s)；

d_{ef} ——有效管径 (m)， $d_{\text{ef}} = d \cdot \exp(-2\pi\alpha)$ ，其中 d 为排水管道直径 (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 按下式计算：

$$Q_T = v \cdot A \quad (\text{说明 } 6.2.10-3)$$

式中 A ——渗水管的排水断面面积 (m^2)；

v ——水流的流速 (m/s)， $v = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot i^{1/2}$ ，其中 n 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， n 可取 0.014 ；对于硬聚氯乙烯管， n 可取 $0.01 \sim 0.012$ ；对于光滑塑料管，可按 $v = 186.7 \cdot R^{0.714} \cdot i^{0.572}$ 计算；对于塑料波纹管，可按 $v = 71 \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$ 计算。

6.2.11 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。

作为铁路路基排水的塑料渗水管,以硬聚氯乙烯塑料波纹管为宜。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、防淤堵准则,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。

6.3.4 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。

6.3.5 安插塑料渗水管时,对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0.5m。

6.3.6 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48h内应回填或及时覆盖。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0.3m)再用小型机具夯实。

6.3.7 仰斜钻孔钻成后可在钻孔内直接插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0.6m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。

7.1.1 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和抵抗边坡浅层溜坍的能力,因此当路堤采用细粒土、软质岩等填料填筑时,可采用土工格栅、土工网等加固边坡。南昆、襄石等线的使用效果良好。

7.1.3 据全国不完全统计，目前用土工合成材料的加筋土挡土墙，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，因此本条对采用土工合成材料作筋材的加筋土挡土墙单级高度作了限定。单级高度超过 10 m 时，可根据具体情况作特殊设计。

7.1.5 严寒地区土工格栅应抗低温。“青藏铁路路基设计原则”要求土工格栅在 -45°C 低温下冻融循环 200 次抗拉强度不小于设计标准值。

7.2.1 根据目前铁路、公路土工合成材料在路堤中的应用情况，总结提出了边坡加筋补强、加筋土路堤和填土界面加筋等结构形式，或者叫三种使用方法。

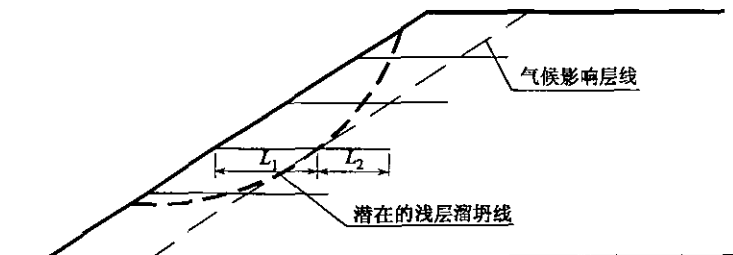
1 长荆、洛湛、株六、西宁、武九、赣龙等新建铁路，路堤以中~弱膨胀土或其他土质较差的填料填筑的边坡，以及惠河高速公路大于 20 m 高填方边坡，采用土工格栅对边坡进行加筋补强，铺设宽度 2.5~4 m、层间距 0.6 m 左右，材料极限抗拉强度 25 kN/m，有效抑制了边坡浅层溜坍现象发生，增强了坡面抗雨水冲刷的能力，效果良好。

加筋补强土工格栅铺设宽度可按式确定：

$$L = L_1 + L_2 \geq 2.5 \text{ m} \quad (\text{说明 7.2.1})$$

式中 L_1 ——气候影响层厚度，根据经验确定；

L_2 ——锚固长度，一般为 0.5~1.0 m。



说明图 7.2.1 加筋补强形式

2 广州市华南高速公路、赣龙线等工程中,受地形条件限制,采用土工格栅进行加陡路堤边坡设计。其中赣龙线路堤边坡高 12m,路堤加陡边坡设计坡率为 1:0.75;华南高速公路路堤边坡高达 20m,按 1:1.3~1:1.5 进行加陡设计,避免了坡脚落入水库,效果良好。

3 惠河高速公路陡坡路堤,于自然地面挖宽 2m 台阶后,台阶铺设 TGDG25 型土工格栅,铺设宽度 4m,有效提高了路堤抗滑稳定性,建成通车 5 年来,效果良好。

7.2.2 加筋土多层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。为了确保加固效果,同时又因受材料强度的控制,所以各层间距不宜大于 1m。铺设宽度不小于 2.5m 是考虑施工时,边坡附近 1.5m 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 0.8~1.5m,最大可达 2m,所以作此规定。

7.2.3 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、手册的相关内容进行,推荐采用圆弧滑动法或楔体滑动法。

7.2.4 土工织物、土工网、土工格栅等在相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。

边坡加筋补强多采用极限抗拉强度 25 kN/m 的土工格栅。加陡边坡设计中,土工格栅强度应通过计算确定,一般采用 35 kN/m 及以上极限抗拉强度。考虑施工等原因,近年愈来愈多采用双向土工格栅。

7.3.2

1 当加筋土挡土墙较高,且地基承载力不受控制时,墙的

下部范围可采用较短的筋材，特别是墙横向净空受限制时，缩短下部筋材长度，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《铁路路基支挡结构设计规范》(TB 10025)的规定“当采用不等长的拉筋时，同长度拉筋的墙段高度不应小于 3.0 m”而制定的。

3 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》(TB 10001)的规定，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，尚应考虑冻结深度的影响。对冲刷地区，应考虑冲刷深度的影响。

4 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材间的摩擦力。当水中含有对筋材有腐蚀性的盐类时，将缩短拉筋的使用年限。因此，应采取防渗、疏排、改良填料等措施。

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。

7.3.3 按加筋土挡土墙的破坏形式，其稳定性检算包括内部和外部稳定性检算两部分。

内部稳定性检算是根据摩擦加筋原理及锚固理论，确定拉筋

的强度、长度、布置间距和面板结构等。

外部稳定性检算是指加筋土体的整体稳定检算。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检算方法和要求，有关规范、手册有详细说明，可根据具体情况采用。

7.3.6

1 拉筋材料的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。

高密度聚乙烯土工格栅和双向经编高强度涤纶土工格栅，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。而聚丙烯土工格栅抗蠕变性能差，蠕变影响系数达4.0~5.0。因此，推荐采用高密度聚乙烯土工格栅、双向经编高强度涤纶土工格栅、复合拉筋带作为拉筋材料。

2 考虑到铁路加筋土挡土墙的受力特性，安全性要求较高，综合其技术和经济等因素，要求土工格栅极限抗拉强度不小于35 kN/m。

7.4.1

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。而路堤边坡多表现为侧向滑移，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。在另一方向，根据国内外工程实践经验，只要做到密贴排放即可，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 土工合成材料是以人工合成的聚合物（如塑料、化纤、合成橡胶）为原料，制成各种类型的产品，极易受紫外线照射降解的破坏，应特别注意保护，因此强调土工合成材料摊铺后应及时填土覆盖，以尽量保证材料的使用寿命。

7.4.2

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。筋材末端比前端高 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 筋材之间的摩擦要小于筋材与填料之间的摩擦，因此要求筋材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材情况发生，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 块板上增设加强筋材，其加筋材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。填料与筋材直接接触部分不应含有尖锐棱角的块体，以免损伤筋材。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材，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。

8 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，一般情况下不应采用人工夯。

9 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。

8.1.1 国内应用土工合成材料加固铁路路堤软土地基已有二十多年的历史，大量的试验研究和工程实践积累了丰富的经验，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。

土工格室加固软基由于设计理论不完善和价格因素，限制了

进一步推广应用。但由于其具有不可比拟的高强度和大刚度，在特定条件下的软土加固工程中仍有应用。铁四院曾在武广电化、长荆线软基加固工程中成功应用了土工格室。

8.2.1

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性检算。

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相协调来确定。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，建议土工织物取应变量 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%，建议按其极限抗拉强度的 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，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，总共只发挥了极限抗拉强度的 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 3 层。

6 土工合成材料用于地基加筋补强应有较高的强度，极限抗拉强度一般不小于 35 kN/m，高密度聚乙烯土工格栅延伸率不大于 12%，其他土工格栅延伸率不大于 10%。土工织物应具有与砂垫层相匹配的渗透性，渗透系数要求不小于 5×10^{-3} cm/s。

8.2.3

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《铁路特殊路基设计规范》(TB 10035)或其他相关规范、规定执行。

6 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。

8.2.4 隔断层的作用在于切断毛细水上升通道,防止地下水中盐分被带入路堤土体产生次生盐渍化。隔断层设在路堤底部,一般可保证路堤整体不产生次生盐渍化病害。隔断层设在路堤上部或中部可以节省隔断层工程量,但不能保证隔断层以下部分路堤不产生病害。因此,对新线和增建二线,隔断层最好设在路堤底部。对既有铁路改造,若隔断层设在路堤底部,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。

8.2.5 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不大于 10^{-11} cm/s 这一指标。在盐渍土环境下使用,土工合成材料应耐腐蚀,不致因化学因素引起老化脆裂。为了防止施工中造成破损,要求复合土工膜厚度 ≥ 0.35 mm、顶破强度不小于 2.5 kN。