

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：1 9 9 9 年 3 月 1 日

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。

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 140km/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的材料。

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渠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
 r ——袋装灌砂率
 T_{ra} ——土工合成材料的容许抗拉强度
 T_{ru} ——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 5m 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)。

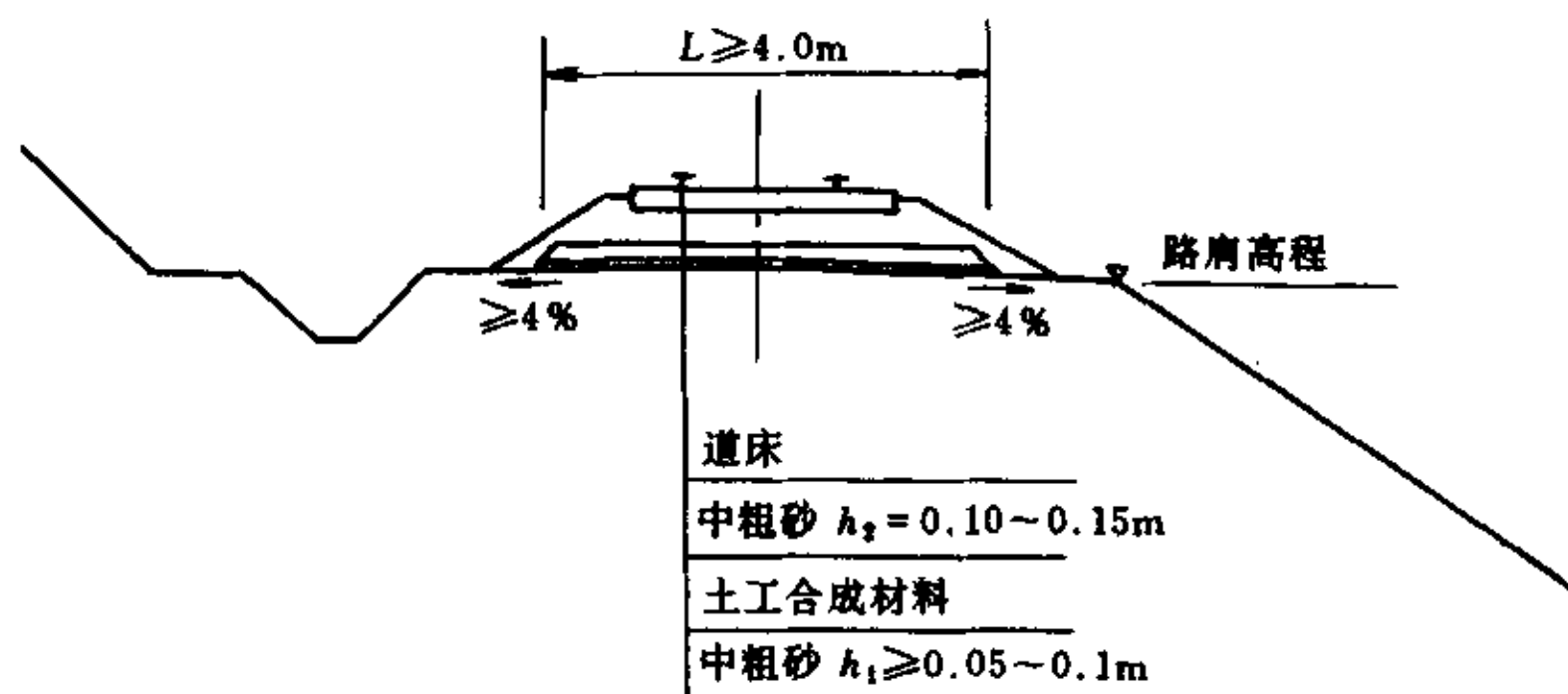


图 3.2.1-1 土工合成材料铺设在基床表面

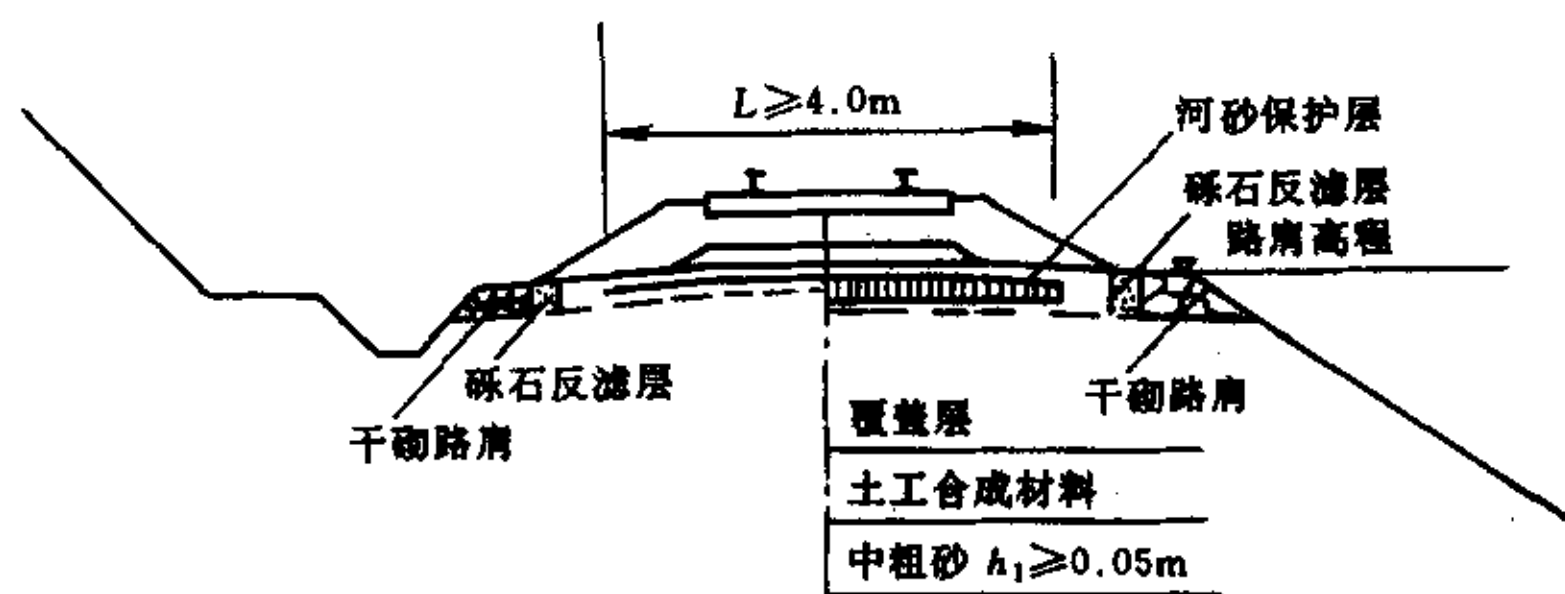


图 3.2.1-2 土工合成材料铺设在基床表层内

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。

2 土工合成材料的上、下宜铺砂垫层,下层砂厚不应小于 5cm;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:

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

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 300g/m² 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 12kN/m,顶破强度应大于 1.5kN,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 12kN/m,顶破强度应大于 1.5kN;
- 3 聚苯乙烯泡沫塑料板厚度不应小于 5cm,抗压强度不应小于 150kPa,抗弯强度不应小于 300kPa,耐热度不应低于 80℃,导热系数不应大于 126J/(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 30cm;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 30cm;

2)采用粘接或焊接方式时,接缝宽度不应小于 10cm,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 100m 或每作业段检查 3 处
2	材料搭接宽度	+5,0cm	每 100m 检查 3 处
3	横向铺设宽度	每边±5cm	每 100m 检查 3 处

续表 3.4.2

序号	项 目	允许偏差	检 验 数 量
4	砂垫层厚度	+2.0cm	每 100m 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 100m 或每作业段检查 3 处

4 路基防护

4.1 一般规定

- 4.1.1 为防止路基边坡冲刷,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 30min 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 40mm;
 - 5 当土工网、土工格栅延伸率为 5% 时,抗拉强度不低于 10kN/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 4~5m/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 4~5m/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 2~3m/s;充填混凝土的,容许流速为大于 3m/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 2~3m, 宽 1~3m, 高 1m; 圆柱体时直径 1m。土工织物沉枕直径一般为 0.6~1.0m, 长 5m 或 10m, 沿其长轴每隔 30~50cm 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 12kN/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 10cm, 混凝土模袋护坡平均厚度不应小于 15cm。

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 0.2MPa 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。

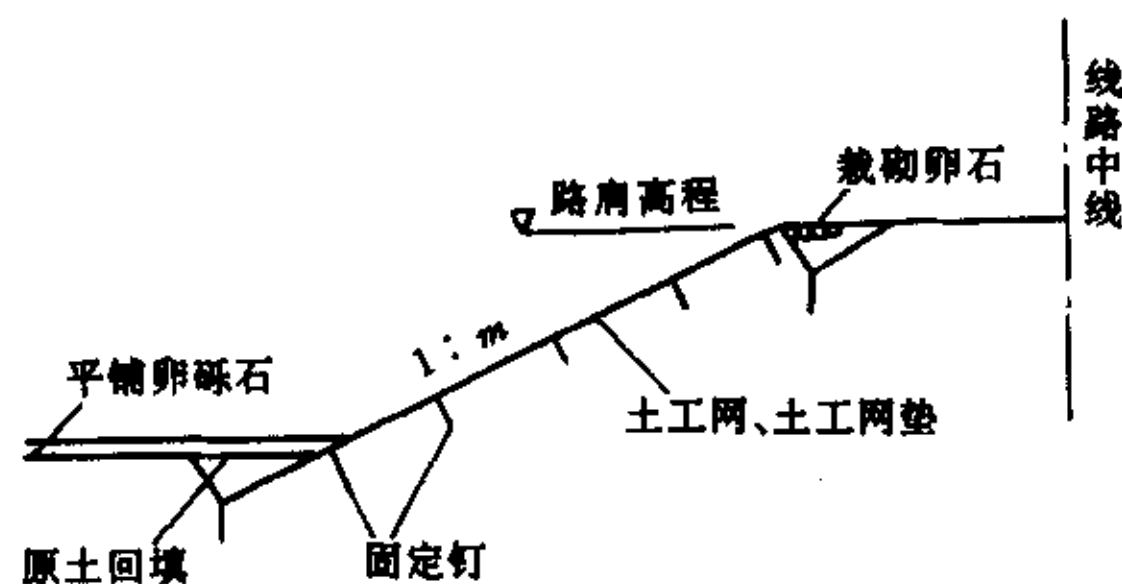


图 4.4.1-1 路堤坡面防护断面

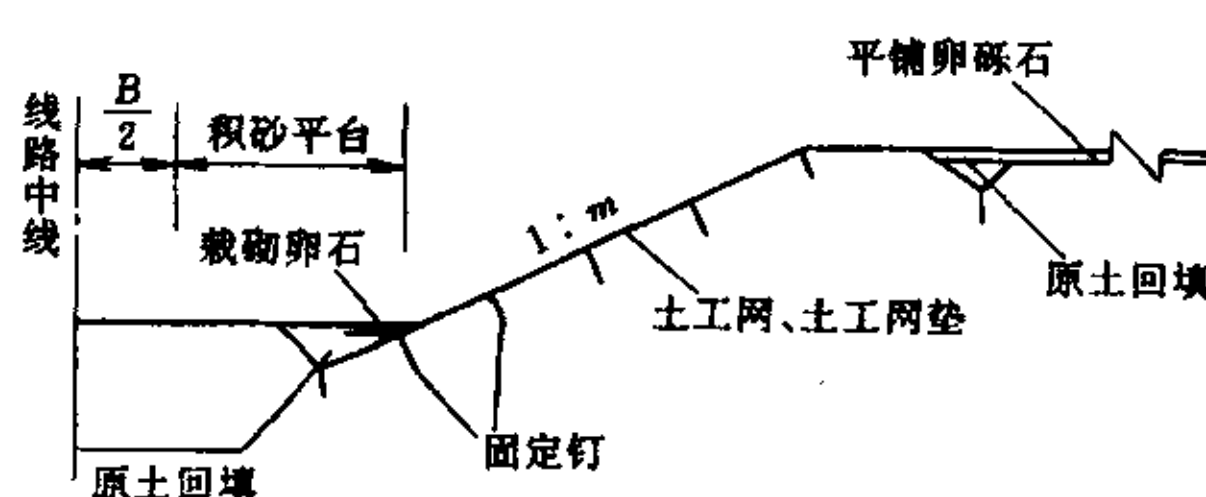


图 4.4.1-2 路堑坡面防护断面

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。

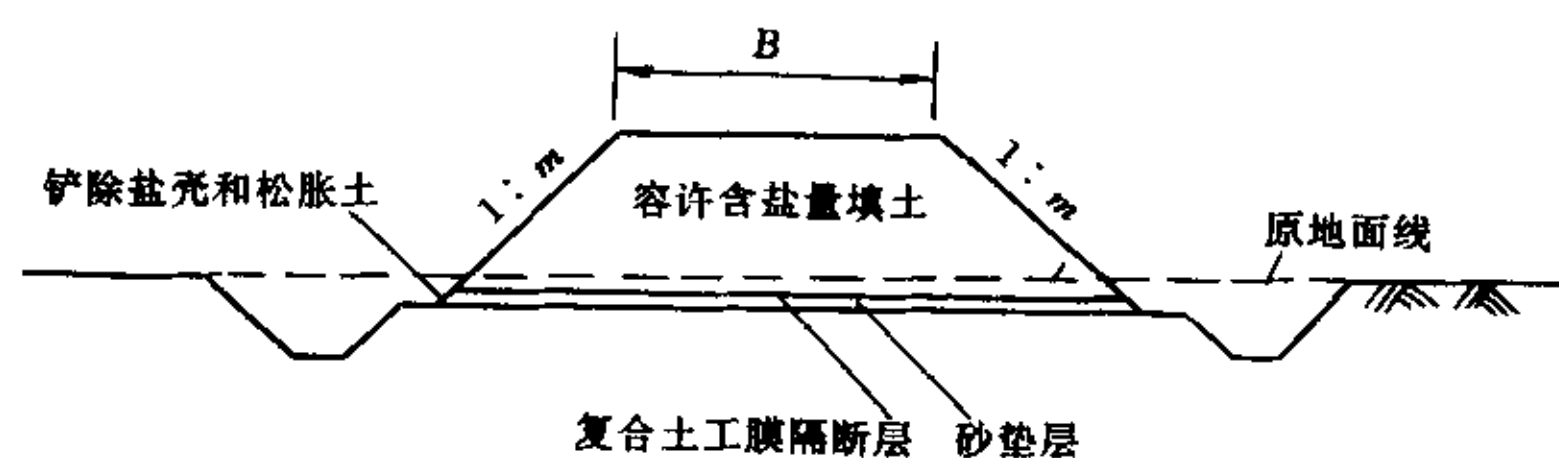


图 4.5.2 路基横断面形式图

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 0.35mm, 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 1.5kN;
- 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 0.4m, 回转长度不宜小于 0.2m;

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

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 30d。

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 8cm。

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小于 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 0.5m 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 2cm, 土工网搭接宽度不应小于 10cm, 并可采用固定钉固定, 钉间距宜为 1~1.5m, 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 0.3m，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控制要求

序号	项 目	允许偏差	检 验 数 量
1	土工合成材料的连接	+3,0cm	每 100m 或每作业段检查 3 处
2	挂网喷射厚度	-10% 的设计厚度	抽查 20m 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	$C_u > 8$ 或 $C_u < 2$	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

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%。

2) 透水准则

土工织物的透水性应符合式(5.2.1-2)条件:

$$k_g = Ak_s \quad (5.2.1-2)$$

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:

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

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:

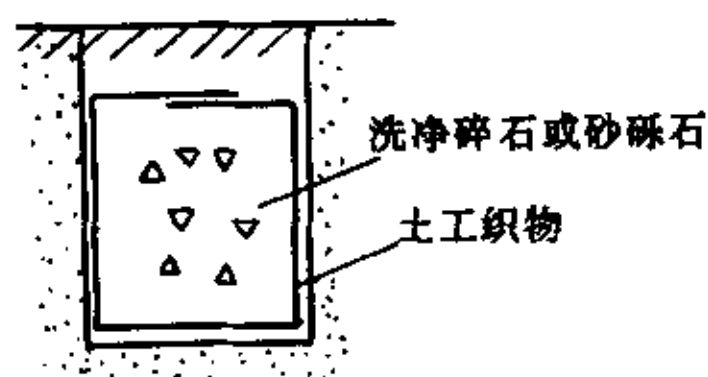


图 5.2.3-1 土工织物包裹碎石或砂砾石渗沟断面示意图

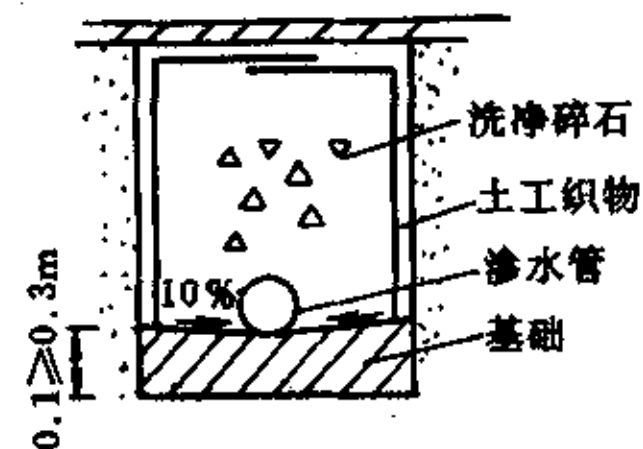


图 5.2.3-2 铺设塑料渗水管或软式透水管的渗沟断面示意图

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 20~30cm,软式透水管管径一般为 5~20cm;

3) 渗沟底为不透水软弱地层时,应在渗水管底设置基础,厚 0.1~0.3m,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°~15°,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2~3m,管径可选用5~10cm,纵向渗水管管径可选用8~20cm。

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400N,顶破强度应大于1.5kN,撕裂强度应大于400N;

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0.15mm,渗透系数不应大于 10^{-11} cm/s,抗拉强度应大于12kN/m,顶破强度应大于1.5kN,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℃条件下应用,使用寿命长,有良好的透水、渗透、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20cm。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10cm。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要求

序号	项 目		允许偏差	检 验 数 量
1	土工织物搭接宽度		+5.0, 0 cm	每100m检查3处
2	渗沟	中心线偏差	±5cm	每沟检查3处
		渗水管底高程	±2cm	
3	纵向渗水管坡度		不得出现反坡	每10m抽查1处
4	仰斜泄水孔	角度误差	±10%设计坡度	每孔每5m抽查1处
		渗水管长度	±10cm	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 10m,超过 10m 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 25kN/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。

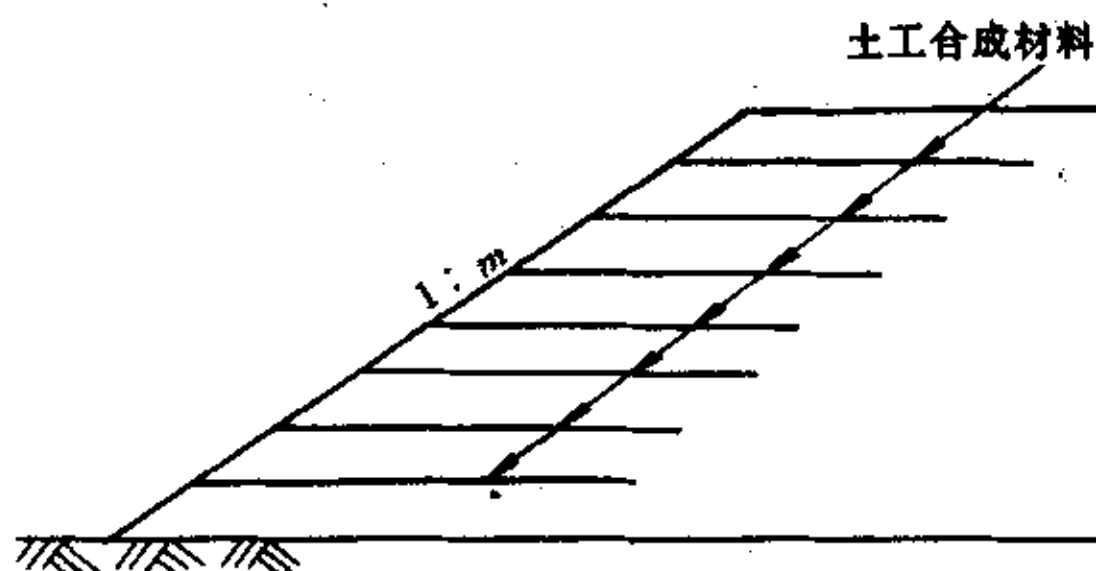


图 6.2.1—1 一般加筋土路堤结构形式

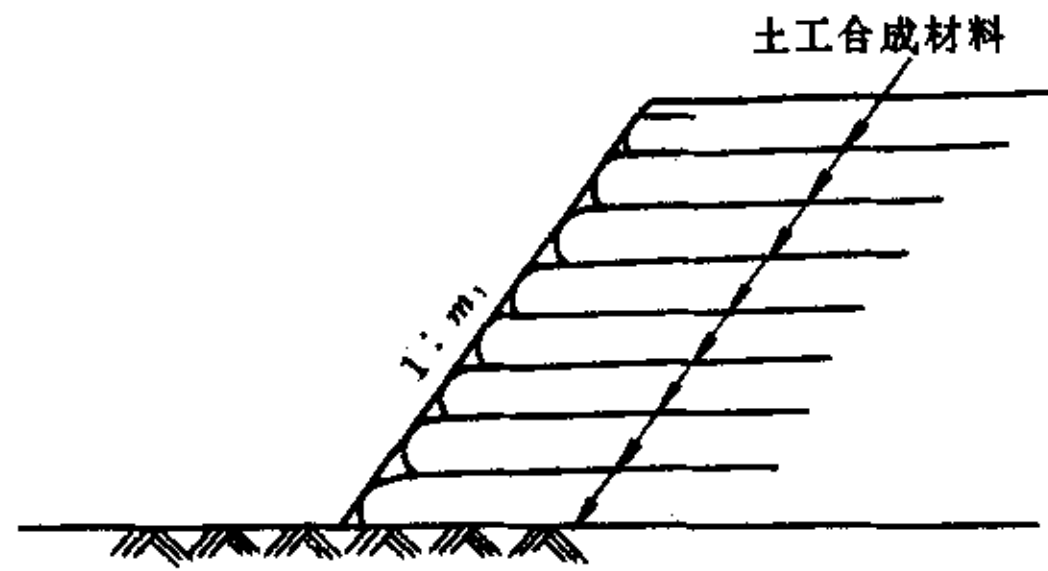


图 6.2.1—2 外边回折的加筋土路堤结构形式

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。

3 土工合成材料的容许抗拉强度 T_{ga} 宜按式(6.2.1)确定。

$$T_{ga} = T_{gu} / K_c \quad (6.2.1)$$

式中 T_{gu} ——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 1m,加筋材料的最小铺设宽度不应小于 2.5m。

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 2.5m。

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 35kN/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 9kN。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_{ga} 应按式(6.3.1)确定。

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

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 6.0m 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。

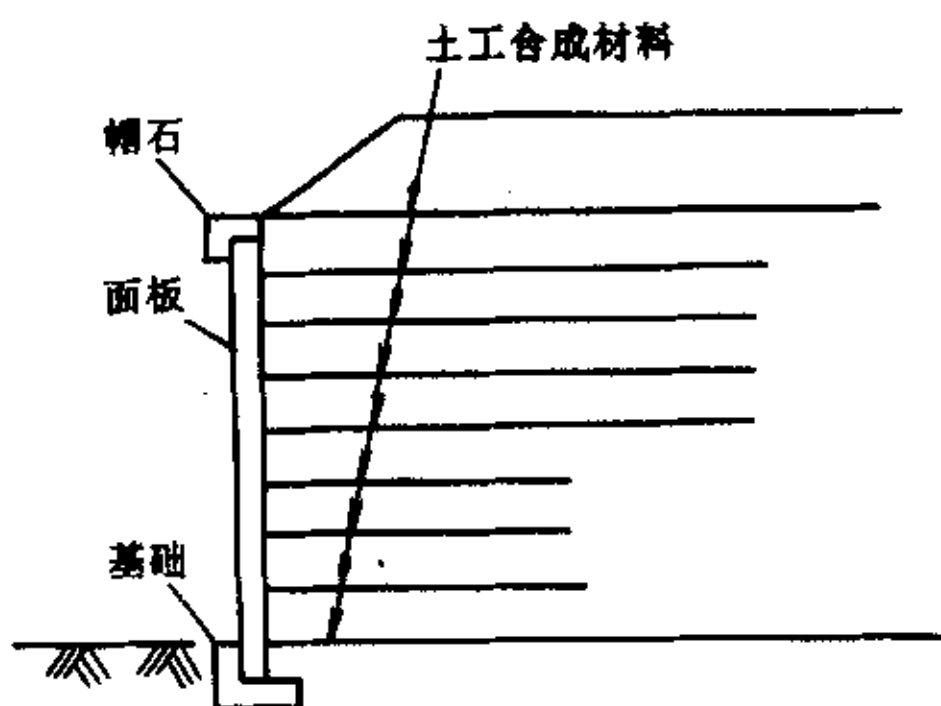


图 6.3.1-1 加筋土挡土墙结构形式之一
(拉筋带不等长布置)

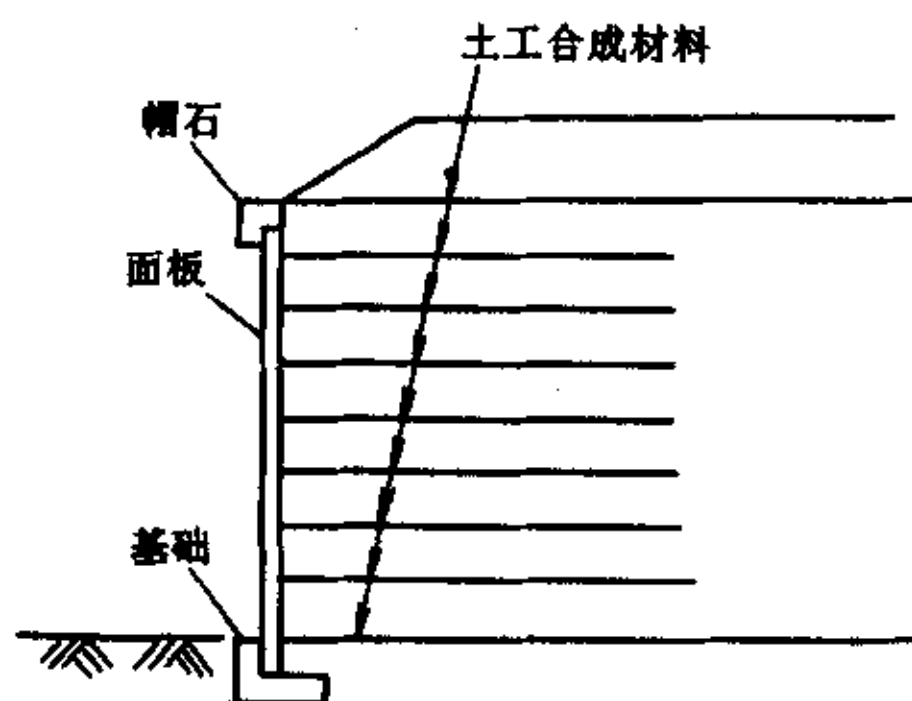


图 6.3.1-2 加筋土挡土墙结构形式之二
(拉筋带等长布置)

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 $0.6H$ (H 为加筋土挡土墙墙高),且不应小于 4.0m。

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 0.6m。

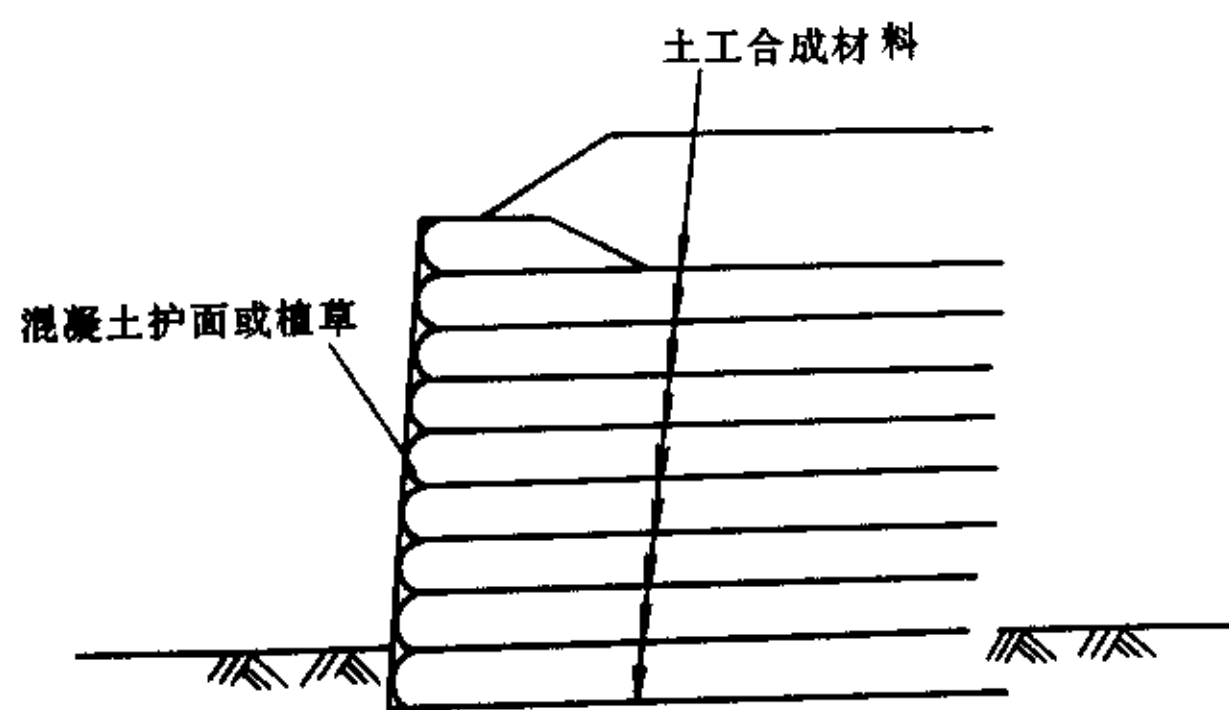


图 6.3.1-3 加筋土挡土墙结构形式之三

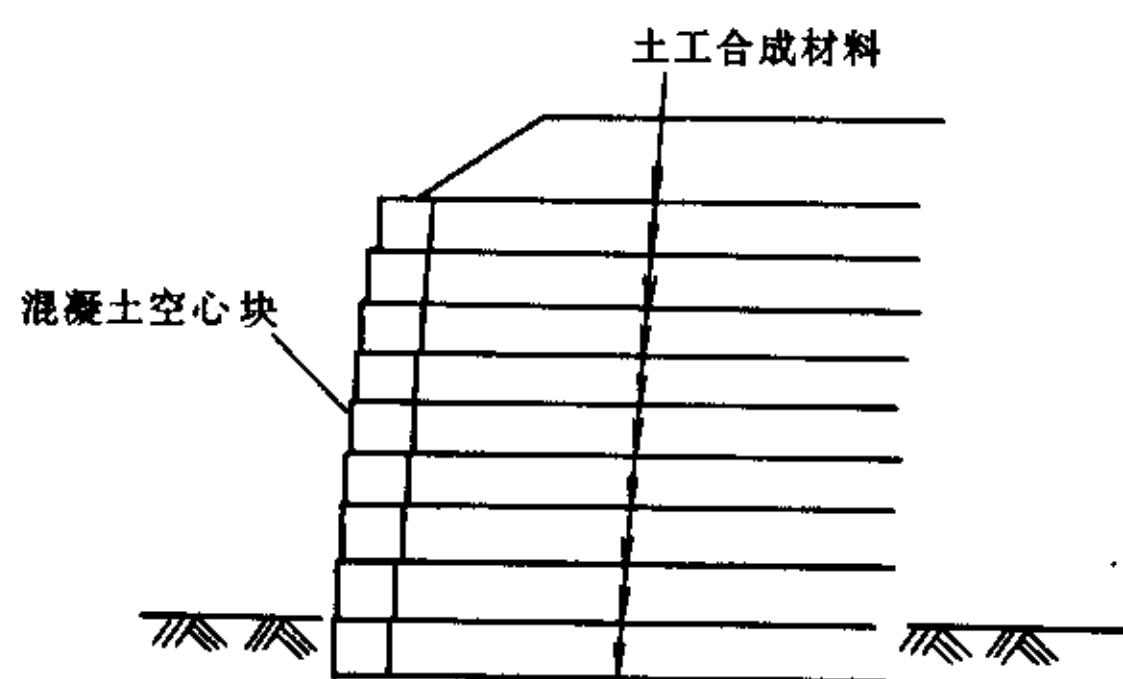


图 6.3.1-4 加筋土挡土墙结构形式之四

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。

6.3.2 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 $1\% \sim 3\%$ 横坡的平整压实的填土上(使筋带末端比前端高 $5 \sim 10\text{cm}$)。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 5cm 。在转角处相邻 $2 \sim 4$ 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 30cm 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 20cm 。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 1m ,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 100m 检查 3 处
2	搭接缝错开距离	符合设计要求		每 100m 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 100m 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 100m 检查 3 处,且每段不少于 3 处
5	筋材铺设层距	$\pm 5\text{cm}$	$\pm 5\text{cm}$	
6	筋材连接处强度	符合设计要求	符合设计要求	每 100m 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 1.0~2.0m,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 1.5~2.9 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,按有关规定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的提高。
- 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 40cm,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 35kN/m。土工织物渗透系数不小于 5×10^{-3} 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 40cm,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/10cm)	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 0.3~0.5m;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 0.5m。

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 0.6m 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 0.5m 时,应重新补钉;

3 排水带伸出孔口长度应保证伸入砂垫层不小于 0.5m,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 20cm,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:

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

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/m³)。

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 0.5m 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 0.5m 时应重新补钉。

6 砂袋伸出孔口长度应保证伸入砂垫层至少 0.5m。

7 已施打的袋装砂井应及时向袋内补砂,每隔 3d 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控制要求

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 100m 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 100m 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 100m 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、袋装砂井施工质量控制要求应符合表 7.4.2 要求。

表 7.4.2 排水带、袋装砂井施工质量控制要求

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”。