UDC

中华人民共和国国家标准 GB

P

GB 50290—98

土工合成材料应用技术规范

Technical standard for applications of geosynthetics

中国建筑资讯网 www.sitoac.com

1998-12-22 发布　　1999-01-01 实施

国家质量技术监督局
中华人民共和国建设部　联合发布

中华人民共和国国家标准

土工合成材料应用技术规范

Technical standard for applications of geosynthetics

GB 50290—98

主编部门：中华人民共和国水利部
批准部门：中华人民共和国建设部
施行日期：1 9 9 9 年 1 月 1 日

1998 北 京

关于发布国家标准
《土工合成材料应用技术规范》的通知

建标［1998］260号

根据我部《关于印发一九九八年工程建设国家标准制订、修订计划（第二批）的通知》（建标［1998］244号）要求，由水利部会同有关部门共同制订的《土工合成材料应用技术规范》，经有关部门会审，批准为强制性国家标准，编号为GB 50290—98，自1999年1月1日起施行。

本规范由水利部负责管理，由水利部水利水电规划设计总院负责具体解释工作，由建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国建设部

一九九八年十二月二十二日

中国建筑资讯网 www.sinoiec.com

前　　言

国家标准《土工合成材料应用技术规范》是为了落实国务院领导同志关于应用土工合成材料的重要指示精神，根据建设部建标（1998）13 号文的要求，由水利部负责主编，具体由水利部水利水电规范设计总院会同华北水电学院北京研究生部等单位共同编制完成。该规范于 1998 年 12 月经全国审查会议通过，并以建设部建标［1998］260 号文批准，由建设部和国家质量技术监督局联合发布。

《土工合成材料应用技术规范》在制定过程中，编制组经过了广泛的调查研究和收集资料，总结了我国土工合成材料在工程应用实践中的经验，从反滤、排水、防渗、加筋、防护等方面提出了土工合成材料应用的技术要求，这对推广应用土工合成材料和保证土工合成材料在工程中应用的质量将发挥重要作用。

本规范由水利部负责管理，具体解释由水利部水利水电规划设计总院负责。在规范执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验，如发现需要修改和补充之处，请将意见和建议寄交水利部水利水电规划设计总院（地址：北京六铺炕，邮政编码：100011），以供今后修订时参考。

本规范主编单位：水利部水利水电规划设计总院。

参编单位：华北水电学院北京研究生部、中国土工合成材料工程协会、交通部天津港湾工程研究所、铁道科学研究院、民航机场设计总院、交通部重庆公路科学研究所、南京玻璃纤维研究设计院、国家纺织局规划发展司等。

主要起草人：王正宏、董在志、杨灿文、王育人、曾锡庭、钟亮、邓卫东、刘聪凝、吴纯、窦如真等。

中国建筑资讯网 www.sinoarc.com

目　　次

1　总　　则 …… (1)
2　术语、符号 …… (2)
2.1　术语 …… (2)
2.2　符号 …… (4)
3　基本规定 …… (6)
3.1　材料 …… (6)
3.2　设计原则 …… (7)
3.3　施工检验 …… (8)
4　反滤及排水 …… (9)
4.1　一般规定 …… (9)
4.2　反滤准则 …… (9)
4.3　设计方法 …… (10)
4.4　施工要求 …… (11)
4.5　软土地基处理中排水带设计与施工 …… (12)
5　防　　渗 …… (13)
5.1　一般规定 …… (13)
5.2　防渗结构 …… (13)
5.3　工程防渗设计与施工 …… (15)
6　加　　筋 …… (19)
6.1　一般规定 …… (19)
6.2　加筋土挡墙设计 …… (19)
6.3　加筋土垫层设计与施工 …… (23)
6.4　加筋土坡设计与施工 …… (24)
7　防　　护 …… (26)
7.1　一般规定 …… (26)
7.2　软体排防冲 …… (27)

www.sinoaec.com 中国建筑资讯网

7.3 土工模袋护坡 …… (27)
7.4 土工网垫植被护坡 …… (28)
7.5 土工织物充填袋筑防护堤 …… (29)
7.6 路面与道面反射裂缝的防治 …… (31)
7.7 其它防护工程 …… (32)
规范用词用语说明 …… (34)

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

1 总　　则

1.0.1　为推动土工合成材料在工程建设中的应用，统一设计、施工、验收等方面的技术要求，确保工程质量，做到技术先进、经济合理、安全适用，制定本规范。

1.0.2　本规范适用于水利、铁路、公路、水运、建筑等工程中应用土工合成材料的设计、施工及验收。

1.0.3　土工合成材料的设计、施工除应遵守本规范的规定外，尚应符合国家现行有关强制性标准、规范的规定。

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

2 术语、符号

2.1 术　　语

2.1.1 土工合成材料　**geosynthetics**

工程建设中应用的土工织物、土工膜、土工复合材料、土工特种材料的总称。

2.1.2 土工织物　**geotextile**

透水性土工合成材料。按制造方法不同，分为织造土工织物和非织造(无纺)土工织物。

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 土工格栅　**geogrid**

由有规则的网状抗拉条带形成的用于加筋的土工合成材料。其开孔可容周围土、石或其它土工材料穿入。

2.1.7 土工带　**geobelt**

经挤压拉伸或再加筋制成的条带抗拉材料。

2.1.8 土工格室　**geocell**

由土工格栅、土工织物或土工膜、条带构成的蜂窝状或网格状三维结构材料。

2.1.9 土工网　**geonet**

由平行肋条经以不同角度与其上相同肋条粘结为一体的用于

www.cnaec.com

平面排液、排气的土工合成材料。

2.1.10　土工模袋　geofabriform

由双层化纤织物制成的连续或单独的袋状材料。其中充填混凝土或水泥砂浆，凝结后形成板状防护块体。

2.1.11　土工网垫　geosynthetic fiber mattress

以热塑性树脂为原料制成的三维结构。其底部为基础层，上覆起泡膨松网包，包内填沃土和草籽，供植物生长。

2.1.13　土工复合材料　geocomposite

由两种或两种以上材料复合成的土工合成材料。

2.1.14　塑料排水带　strip geodrain

由不同凹凸截面形状、具有连续排水槽的合成材料芯材，外包无纺土工织物构成的复合排水材料。

2.1.15　土工织物膨润土垫　geosynthetic clay liner(GCL)

土工织物或土工膜间包有膨润土或其它低透水性材料，以针刺、缝接或化学剂粘接而成的一种防水材料。

2.1.16　聚苯乙烯板块　expanded polystyrene sheet(EPS)

由聚苯乙烯加入发泡剂膨胀经模塑或挤压制成的轻型板块。

2.1.17　玻纤网　glass grid

以玻璃纤维为原料，通过纺织加工，并经表面后处理而成的网状制品。

2.1.18　反滤　filtration

在使液体通过的同时，保持受渗透压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

利用土工合成材料的抗拉性能，改善土的力学性能。

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　极限抗拉强度　ultimate tensile strength

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

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。

2.1.23 延伸率 elongation

材料试样受单轴拉力时的伸长量与原长度的比值。

2.1.24 垂直渗透系数 coefficient of vertical permeability

垂直于土工织物平面方向上的渗透系数。

2.1.25 平面渗透系数 coefficient of planar permeability

平行于土工织物平面方向上的渗透系数。

2.1.26 透水率 permittivity

土工织物在层流状态下单位面积、单位水头时，沿织物法线方向的渗流量。

2.1.27 导水率 transmissivity

土工织物在层流状态下单位水头时的单宽渗流量。

2.1.28 等效孔径 equivalent opening size(EOS)

土工织物的最大表观孔径。

2.1.29 梯度比 gradient ratio

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

2.2 符　　号

A ——系数

A_r——筋材覆盖率

B，b——系数，宽度

d_{85}——土的特征粒径

d_w——当量井直径

F_s——安全系数

f ——摩擦系数

H——高度

i ——水力梯度

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

K_a ——主动土压力系数

K_0 ——静止土压力系数

k_g ——土工织物的渗透系数

k_s ——土的渗透系数

L——长度

M_0 ——滑动力矩

O_{95} ——土工织物等效孔径

q ——流量

s_h——水平间距

s_v——垂直间距

T——由加筋材料拉伸试验测得的极限抗拉强度

T_a ——设计容许抗拉强度

z ——深度

δ ——厚度

θ ——导水率

σ_h——水平应力

σ_v——垂直应力

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

3 基本规定

3.1 材　　料

3.1.1 土工合成材料的划分，宜符合下列要求：



3.1.2 土工合成材料的性能指标应包括下列内容，并应按工程设计需要确定试验项目：

1 物理性能：单位面积质量、厚度(及其与法向压力的关系)、材料比重、孔径等。

2 力学性能：条带拉伸、握持拉伸、撕裂、顶破、CBR 顶破、刺破、直剪摩擦、拉拔摩擦、蠕变等。

3 水力学性能：垂直渗透系数、平面渗透系数、淤堵、防水性等。

4 耐久性能：抗紫外线能力、化学稳定性和生物稳定性等。

3.1.3 设计指标的测试宜模拟工程实际条件进行，并应分析工程

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

实际环境对指标测定值的影响。

3.1.4　设计容许抗拉强度 Ta 应按下式计算：

$$T_a=\frac{1}{F_{iD}\cdot F_{cR}\cdot F_{cD}\cdot F_{bD}}\cdot T \tag{3.1.4}$$

式中　T_a——设计容许抗拉强度；

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。

3.1.5　铺设时机械破坏影响系数、材料蠕变影响系数、化学剂破坏影响系数、生物破坏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；当施工条件差、材料蠕变性大时，其乘积应采用大值。

3.1.6　设计采用的撕裂强度、顶破强度以及接缝连接强度的确定应符合本规范 3.1.4 条的规定。

3.1.7　土工合成材料应具有经国家或部门认可的测试单位的测试报告。材料进场时，应进行抽检。

3.1.8　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。外包装宜为黑色。

3.1.9　材料运送过程中应有封盖，在现场存放时应通风干燥，不得受日光照射，并应远离火源。

3.2　设 计 原 则

3.2.1　设计应从工程整体出发，合理确定材料的铺放位置、范围和与其它部件的连接等。

3.2.2　土工合成材料性状受荷载、加荷速率、使用时间、温度和试样尺寸等因素影响，应按有关标准的规定进行测试，对重要工程尚

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

应进行现场试验。

3.2.3 当采用的土工合成材料具有多种功能时，应按其主要功能设计。

3.2.4 设计安全系数应根据工程应用条件确定。

3.2.5 设计中应提出土工合成材料施工需要采取的防护措施。

3.2.6 设计中应根据工程需要，确定原位观测项目。

3.2.7 采用土工合成材料可能对整体工程产生负作用，设计时应进行验算，并应提出相应的预防措施。

3.3 施 工 检 验

3.3.1 施工时应有专人随时检查，每完成一道工序应按设计要求及时验收，合格后，方可进行下道工序。

3.3.2 检查、验收的主要内容应包括清基、材料铺放方向、材料的接缝或搭接、材料与结构物的连接、回填料、压重和防护层等。

3.3.3 应根据设计要求，埋设必要的观测设备。

中国建筑资讯网 www.sinoasc.com

4 反滤及排水

4.1 一般规定

4.1.1 可根据工程反滤、排水需要，合理选用土工织物、土工复全材料和土工管等。

4.1.2 采用土工合成材料作反滤、排水设施的主要工程有：

1 铁路、公路反滤、排水设施。

2 挡墙后排水系统。

3 岸墙后填土排水系统。

4 隧洞、隧道衬砌后排水系统。

5 土石坝过渡层；灰坝、尾矿坝反滤层。

6 防渗铺盖下排气、排水系统。

7 农田水利工程、减压井、农用井等外包体。

8 地基处理塑料排水带预压工程。

4.2 反滤准则

4.2.1 反滤材料应具有以下功能：

1 保土性：防止被保护土土粒随水流流失。

2 透水性：保证渗流水通畅排走。

3 防堵性：防止材料被细土粒堵塞失效。

4.2.2 反滤材料的保土性应符合下式要求：

$$O_{95} \leqslant B d_{85} \tag{4.2.2}$$

式中 O_{95}——土工织物的等效孔径(mm)；

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

B——系数，按工程经验确定，宜采用1～2，当土中细粒

中国建筑设计网 www.sinoaec.com

含量大，及为往复水流时取小值。

4.2.3 反滤材料的透水性应符合下式要求：

$$k_g \geqslant A k_s \tag{4.2.3}$$

式中 A——系数，按工程经验确定，不宜小于10；

k_g——土工织物渗透系数(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)。

4.2.4 反滤材料的防堵性应符合下列要求：

1 以现场土料制成的试样和拟选土工织物在进行淤堵试验后，所得梯度比 GR 应符合下式要求：

$$GR \leqslant 3 \tag{4.2.4}$$

2 当排水失效后损失巨大时，应以拟用的土工织物和现场土料进行室内淤堵试验。

4.3 设计方法

4.3.1 土工织物反滤材料应满足反滤准则，并应按下列步骤进行选择：

1 确定土工织物的等效孔径 O_{95}、渗透系数 k_v、k_h 和被保护土的特征粒径 d_{15}、d_{85}。

2 按本规范第4.2.2条、第4.2.3条和第4.2.4条的规定检验待选土工织物。

4.3.2 排水材料选择应按以下步骤进行：

1 待选土工织物应符合反滤准则。

2 按下式计算土工织物的导水率 θ_a 和要求的导水率 θ_r：

$$\theta_a = k_h \cdot \delta \tag{4.3.2-1}$$

$$\theta_r = q/i \tag{4.3.2-2}$$

式中 k_h——土工织物水平渗透系数(cm/s)；

δ——土工织物在预计现场压力作用下的厚度(cm)；

q——预估单宽来水量(cm^3/s)；

中国建筑设计网 www.sinoaec.com

i ——土工织物首末端间的水力梯度。

3 待选土工织物的导水率 θ_a，应满足下式要求：

$$\theta_a \geqslant F_s \cdot \theta_r \qquad (4.3.2-3)$$

式中 F_s——安全系数，可取 3～5，重要工程应取大值。

4 当土工织物导水率不满足时，可选用较厚土工织物，或采用其它复合排水材料。

4.3.3 坡面上铺土工织物后，应进行稳定性验算。

4.3.4 土工织物表面防护应采取以下措施：

1 土表面为粗粒料时，应先铺薄砂砾层，再铺土工织物；土工织物顶面应设防护层。

2 坡顶部与底部的土工织物应锚固；水下岸坡脚处土工织物应采取防冲措施。

4.4 施 工 要 求

4.4.1 场地应平整，场地上的杂物应清除干净。

4.4.2 备料时，应先将窄幅缝接，并应裁剪成要求的尺寸。

4.4.3 铺设应符合以下要求：

1 铺放应平顺，松紧适度，并应与土面密贴。

2 有损坏处，应修补或更换。相邻片(块)可搭接 300mm；对可能发生位移处应缝接；不平地、软土上和水下铺设搭接宽度应适当增大；水流处上游片应铺在下游片上。

3 坡面上铺设宜自下而上进行。在顶部和底部应予固定；坡面上应设防滑钉，并应随铺随压重。

4 与岸坡和结构物连接处应结合良好。

5 铺设人员不应穿硬底鞋。

4.4.4 土料回填应符合以下要求：

1 应及时回填。

2 回填土石块最大落高不得大于 300mm；重土石块不应在坡面上滚动下滑。

www.sinoaec.com 中国建筑资讯网

3　填土的压实度应符合设计要求；回填 300mm 松土层后，方可用轻碾压实。

4.5　软土地基处理中排水带设计与施工

4.5.1　排水带地基设计应符合以下规定：

1　排水带的平面布置可为正三角形或正方形。

2　排水带的间距及插入深度应通过计算确定。

3　排水带的当量井直径 d_w 可按下式计算：

$$d_w=2(b+\delta)/\pi \tag{4.5.1}$$

式中　b——排水带的宽度(cm)；

δ——排水带的厚度(cm)。

4　应进行排水带地基的稳定分析与沉降计算。

5　排水带地基表面应铺设砂垫层，其厚度应大于 400mm。砂料宜选用中、粗砂，含泥量应小于 5%。

6　采用的排水带应符合排水带产品质量标准。

7　应根据设计要求完成的固结沉降量和预定时间进行预压设计，并按设计要求分级施加荷载，采取现场原位监测措施。

4.5.2　排水带处理软土地基的施工应符合以下规定：

1　插带机插带时应准确定位。

2　插设应垂直，并应达到设计要求深度。应采取防止发生回带的措施。

3　排水带上端伸入砂垫层的长度不宜小于 500mm，并应与砂垫层贯通。

4　排水带存放时应覆盖。

4.5.3　排水带施工应对排水带平面位置、间距、数量、外露长度、深度等及时进行检验。间距允许偏差为±150mm，抽查量不应少于 2%；垂直度偏差不应大于 1.5%；并应根据排水带用量和孔数校核插设深度。

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

5 防　　渗

5.1 一般规定

5.1.1　挡水、输水、贮液等构筑物防漏；建筑物屋面、地下工程防渗；废料、尾矿等淋滤液防污染和路基隔水、防渗等，当采用土工合成材料时，应执行本章规定。

5.1.2　用于防渗的土工合成材料可选用土工膜、复合土工膜、土工织物膨润土垫(GCL)及复合防水材料。

5.1.3　防渗设施设置的高度、尺寸、范围、抗震要求以及与其它部位或岸坡的连接等，都必须符合主体工程设计的要求。

5.1.4　采用土工合成材料防渗的主要工程有：

1　土石坝、堆石坝、砌石坝和碾压混凝土坝。

2　堤、坝前水平防渗铺盖，地基垂直防渗层。

3　尾矿坝、污水库坝身及库区。

4　施工围堰。

5　渠道、蓄液池(坑、塘)。

6　废料场。

7　地铁、地下室和隧道、隧洞防渗衬砌。

8　路基。

9　路基及其它地基盐渍化防治。

10　膨胀土和湿陷性黄土的防水层。

11　屋面防漏。

5.2 防渗结构

5.2.1　防渗结构宜包括防渗材料的上、下垫层、上垫层上部的防护层、下垫层下部的支持层和排水、排气设施(图 5.2.1)。

www.sinoacc.com 中国建筑学讯网

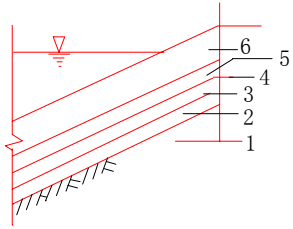


图 5.2.1　防渗结构

1—坝体；2—支持层；3—下垫层；
4—土工膜；5—上垫层；6—防护层

5.2.2　防渗结构应根据工程性质、类别、重要性和使用条件等确定。

5.2.3　防护层的材料可采用压实土料、砂砾料、水泥砂浆、干砌块石、浆砌块石或混凝土板块等。对以下情况可以不设防护层：

1　防渗材料位于主体工程内部。

2　防渗材料有足够的强度和抗老化能力，且有专门管理措施。

3　防渗材料用作面层，更换面层在经济上比较合理。

5.2.4　上垫层材料可采用砂砾料、无砂混凝土、沥青混凝土、土工织物或土工网等。对以下情况可不设上垫层：

1　当防护层为压实细粒土，且有足够的厚度。

2　选用复合土工膜。

3　本规范第 5.2.3 条规定不设防护层的情况。

5.2.5　下垫层材料可采用压实细粒土、土工织物、土工网、土工格栅等。对以下情况可不设下垫层：

1　基底为均匀平整细粒土体。

2　选用复合土工膜、土工织物膨润土垫(GCL)或防排水材料。

5.2.6　排水、排气设施，可采用逆止阀、排水管和纵、横排水沟等。当采用土工织物复合土工膜时，可不设排水、排气系统。

中国水利水电科学研究院 www.inoec.com

5.3 工程防渗设计与施工

5.3.1 工程防渗的要求应符合国家现行有关工程防渗方面的标准、规范的规定。

5.3.2 土石堤、坝的防渗设计应符合以下规定：

1 土工膜厚度、材质及类型的选择应按水头大小、填料和铺设部位确定。

2 对重要工程，选用的土工膜厚度不应小于0.5mm。

3 防渗结构应进行稳定性分析。可采取膜面加糙，按台阶形、锯齿形或折皱形铺设等方法提高其稳定性。

4 斜墙、心墙等防渗材料应与坝基和岸坡防渗设施紧密连接，并应形成完整的封闭系统。

5 对含毒矿场的尾矿坝，当库区地基为透水层时，应铺设两层及以上的土工膜或复合土工膜或1m以上的压实粘土层或土工织物膨润土垫(GCL)。防渗土工膜、复合土工膜的焊接应严格监控。

5.3.3 输水渠道的防渗设计应符合以下规定：

1 防渗材料的厚度、材质及类型，应根据当地气候、地质条件和工程规模确定。其厚度不应小于0.25mm，重要工程和特殊部位应增加厚度。

2 渠道边坡防渗材料的铺设高度，应达到最高水位以上并有一定超高，超高值不宜小于0.5m，并应予以固定。

3 对防渗结构应采取防冻措施。

5.3.4 生活垃圾、工业垃圾和有毒废料填埋场(坑)防渗层的设计，应符合以下规定：

1 当填埋物无毒时，可采用单层防渗结构；当填埋物有毒时，应采用双层防渗结构。

2 膜的厚度不应小于0.75mm，并应具有较大延伸率。膜和焊接剂应通过试验检验。

中国建筑资讯网 www.sinoac.com

3　单层防渗结构(图 5.3.4—1),膜应覆盖底面及坑壁。

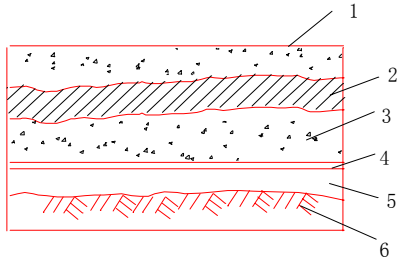


图 5.3.4—1　单层防渗结构

1—废料;2—保护层;3—砂砾石;
4—土工膜;5—细粒土;6—地基土

4　当采用双层防渗结构时(图 5.3.4—2),膜应覆盖底面及坑壁。主土工膜层以上为淋滤液汇集层。主、副膜之间为淋滤液检测层。

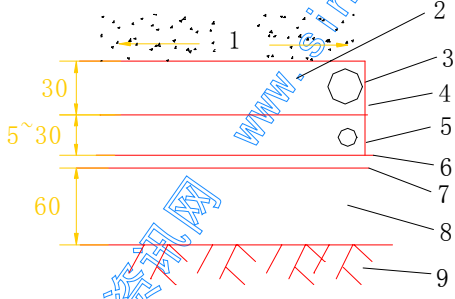


图 5.3.4—2　双层防渗结构

1—废料;2—砂层;3—淋滤液汇集管;4—主土工膜;
5—检测管;6—副土工膜;7—GCL;8—粘土;9—地基土

5　废料坑底部应设 2%～4%坡度,并应设垂直管道排除和检测淋滤液。

6　废料坑顶应设封盖层。坑内和封盖的土工膜在地面应埋封,(图 5.3.4—3)。

www.sinoaee.com
中国建筑资讯网

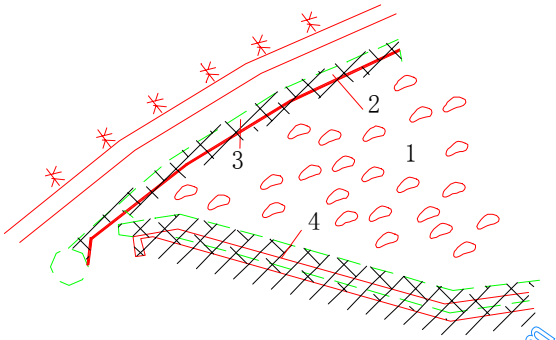


图 5.3.4—3　废料坑封盖土工膜的封固

1—废料；2—GCL 或压实粘土；3—土工膜封盖；

4—主土工膜；5—副土工膜

5.3.5　当采用土工膜或复合土工膜作路基防渗隔离层，防止路基翻浆冒泥、防治盐渍化和防止地面水浸入膨胀土及湿陷性黄土路基时，应置于路基的防渗透隔离位置，并应设置封闭和排水系统。

5.3.6　当采用土工膜作为防渗层，截断地下水流或地上水流时，应符合以下要求：

1　地下垂直防渗和地下截潜流采用的土工膜厚度不宜小于 0.25mm，重要工程可采用复合土工膜或复合防排水材料，膜厚度不宜小于 0.5mm。

2　应根据地基土质的具体条件，选用成槽机具和固壁方法。

3　铺膜后，应及时在膜两侧回填，并应防止下端绕渗。土工膜的上端应与地面防渗体连接。

4　地上临时挡水坝宜用于高度不大于 4m 的浅河床及滩地围堵。膜的强度应能承受相应的水压力，并采用耐老化、强度高的复合土工膜。

5.3.7 当采用土工膜对地下铁道、隧洞、隧道进行防渗设计时，应

中国建筑学社网 www.chinaasc.com

符合以下要求：

1　洞室排水防渗土工膜可采用复合土工膜，对排水量较大的洞室，可选用合适的防排水复合料。

2　对于岩体中的洞室，掘成后应向洞壁上喷浆，形成平整面，再设复合土工膜。复合土工膜的土工织物一侧应与洞壁紧贴，并予固定。

3　洞室两侧壁下方应设纵向(横向)排水沟。

5.3.8　土工合成材料用于屋面防渗工程时，应符合以下规定：

1　所用复合土工膜的抗渗性应不小于在 0.3MPa 水压力下保证 30min 以上不漏水；并应具有耐热稳定性。

2　复合土工膜在屋面工程中可以单独用作防水层，也可与其它防水材料结合使用，作成多道防水层。使用时应注意表面防护。

3　复合土工膜的接缝及与找平层的粘接，所采用的粘接剂应与所采用的复合土工膜匹配。

4　当采用土工织物作为涂膜防水屋面中的胎基增强材料时，其材料性能应符合有关屋面防水规范的要求。

中国建筑资讯网 www.chinacc.com

6 加　　筋

6.1 一般规定

6.1.1　本章适用于加筋土挡墙、加筋土垫层 、加筋土坡等采用土工合成材料加筋土结构的设计、施工。

6.1.2　在土体内一定部位可铺放抗拉强度高、表面摩擦阻力大的筋材。用作筋材的土工合成材料可选用：土工格栅、织造型土工织物和土工带等。

6.1.3　加筋土结构设计荷载应符合国家现行有关工程设计荷载规范的规定。

6.2 加筋土挡墙设计

6.2.1　加筋土挡墙的组成部分应包括：墙面、基础、筋材和墙内填土(图 6.2.1)。其筋材布置断面可为矩形或倒梯形等。

墙面应根据筋材类型和具体工程要求确定。可采用整体的或拼装块体的钢筋混凝土板、预制混凝土模块、包裹式墙面、挂网喷浆式墙面等类型。

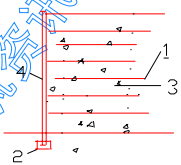


图 6.2.1　加筋土挡墙结构

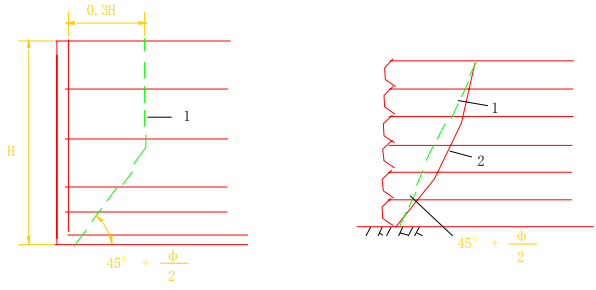
1—加筋材；2—基础；3—填土；4—墙面

6.2.2　加筋土挡墙可分为以下两种型式：

1　刚性筋式：用抗拉模量高、延伸率低的土工格栅或加筋土工带等作为筋材；墙内填土中的潜在破裂面见图 6.2.2(a)。

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

2　柔性筋式：以织造土工织物等中等拉伸模量材料作为筋材，墙内土中潜在破裂面见图 6.2.2(b)。



(a)刚性筋墙　　(b)柔性筋墙

图 6.2.2　两类加筋土挡墙的破裂面

1—破裂面；2—实测破裂面

6.2.3　加筋土挡墙设计采用极限平衡法，其设计应包括：挡墙外部稳定性验算、挡墙内部稳定性验算以及确定墙后排水设施和墙顶防水措施。

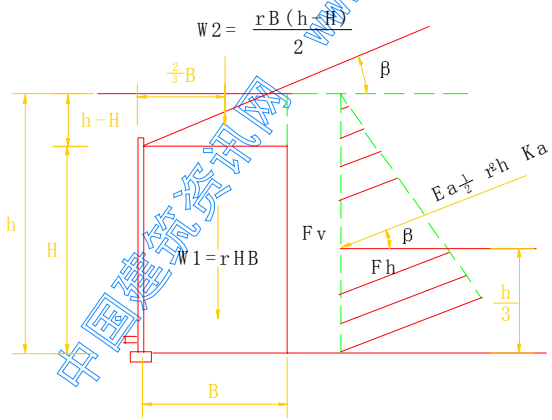


图 6.2.4　墙背垂直，填土倾斜时的土压力计算

6.2.4　外部稳定性验算应采用重力式挡墙的稳定验算方法验算

中国建筑资讯网 www.sinoec.com

墙体的抗水平滑动、抗深层滑动稳定性和地基承载力。墙背土压力应按朗金土压力理论确定(图 6.2.4)。

6.2.5 内部稳定性验算应包括筋材强度验算和抗拔稳定性验算，并应按下述方法进行：

1 筋材强度验算：

1)每层筋材均应进行验算。第 i 层单位墙长筋材承受的水平拉力 T_i 可按下式计算：

$$T_i=[(\sigma_{vi}+\Sigma\triangle\sigma_{vi})K_i+\triangle\sigma_{hi}]s_{vi}/A_r \quad (6.2.5-1)$$

式中 σ_{vi}——筋材层所受的土的垂直自重压力(kPa)；

$\Sigma\triangle\sigma_{vi}$——超载引起的垂直附加压力(kPa)；

$\triangle\sigma_{vi}$——水平附加荷载(kPa)；

Ar——筋材面积覆盖率。$Ar=1/s_{hi}$；对于筋材满铺的情况取 1；

s_{hi}——筋材水平间距(m)；

s_{vi}——筋材垂直间距(m)；

K_i——土压力系数。

2)对于柔性筋材[图 6.2.5—1(a)]，

$$K_i=K_a \quad (6.2.5-2)$$

对于刚性筋材，K_i 按下式确定[图 6.2.5—1(b)]：

$$K_i=K_0-[(K_0-K_a)z_i]/6 \quad 0<z\leqslant 6m$$

$$K_i=K_a \quad z>6m \quad (6.2.5-3)$$

式中 K_0——静止土压力系数；

K_a——主动土压力系数。

3)T_i 应满足下式的要求：

$$T_a/T_i\geqslant 1 \quad (6.2.5-4)$$

4)当 T_a/T_i 的值小于 1 时，应调整筋材间距或改用具有更高强度的筋材。

中国建筑设计院 www.sinoaec.com

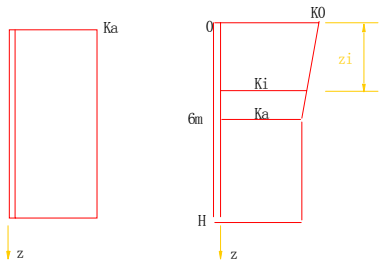


图 6.2.5—1　挡墙土压力系数

2　筋材抗拔稳定性验算：

1)筋材抗拔力 T_{pi} 应根据填土破裂面以外筋材有效长度 L_e 与周围土体产生的摩擦力(图 6.2.5—2)按下式计算：

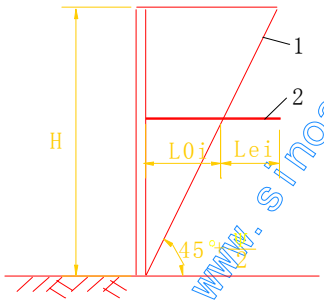


图 6.2.5—2　筋材长度

1—破裂面；2—第 i 层筋材

$$T_{pi}=2\sigma_{vi}\cdot B\cdot L_{ei}\cdot f \qquad (6.2.5-5)$$

式中　σ_{vi}——筋材上的有效法向应力(kPa)；

f——筋材与土的摩擦系数，应由试验测定；

L_{ei}——筋材有效长度(m)，按破裂面以外的筋材长度确定；

B——筋材宽度(m)。

2)筋材抗拔稳定性安全系数应符合下式要求，安全系数应为：

$$F_s=T_{pi}/T_i \qquad (6.2.5-6)$$

3)安全系数不应小于 1.3。当式(6.2.5—6)不能满足时，应

www.sinoaec.com

加长筋材，重新进行验算。

6.2.6 确定筋材长度时，第 i 层筋材长度 L_i 应按下式计算：

$$L_i = L_{0i} + L_{ei} + L_{wi} \tag{6.2.6}$$

式中 L_{0i}——第 i 层筋材滑动面以内长度(m)；

L_{wi}——第 i 层筋端部包裹土体所需长度，或筋材与墙面连接所需长度(m)。

为施工方便，自上而下筋材宜取同等长度，也可分段采用不同长度。

6.2.7 设计应对加筋土挡墙的填料及填筑施工方法提出具体要求。

6.3 加筋土垫层设计与施工

6.3.1 加筋土垫层底筋可采用土工织物、土工格栅或土工格室等。

6.3.2 加筋土垫层的设计应包括以下内容：

1 稳定性验算。

2 确定加筋构造。

3 验算加筋垫土层地基的承载力和沉降。

6.3.3 稳定性验算应包括垫层筋材被切断及不被切断的地基稳定、沿筋材顶面滑动、沿薄软土层底面滑动以及筋材下薄层软土被挤出。

验算方法及稳定安全系数应符合国家现行有关地基设计标准、规范的规定。

6.3.4 垫层构造应符合以下要求：

1 在软土上宜先铺砂垫层，再覆盖筋材。砂垫层厚度在陆上施工时不应小于 200mm，水下施工时不应小于 500mm。垫层料宜采用中、粗砂，含泥量不应大于 5%。

2 筋材上直接抛石时，应先铺一层保护导或土工网。

6.3.5 加筋土的施工应符合以下要求：

中国建筑设计院 www.sinoaec.com

1　筋材的铺设宽度应符合设计要求。施工时，筋材应垂直于堤坝轴线方向铺设，需要接长时，连接强度不应低于原筋材强度。

2　应将筋材定位。水下铺设土工织物筋材时应采用工作船或工作平台，并应及时定位或压重。

3　应按先两侧后中央的顺序分层回填，并应控制施工速率。

4　软弱地基上填土应按设计要求进行。

5　应按设计要求进行施工监测。

6.4　加筋土坡设计与施工

6.4.1　加筋土坡应沿坡高按一定垂直间距水平方向铺放筋材，其地基应稳定。

6.4.2　加筋土坡设计应按以下步骤进行：

1　应先对未加筋土坡进行稳定分析，求得其最小安全系数 F_{su}。并与设计要求的安全系数 F_{sr} 比较，当 $F_{su}<F_{sr}$，应采取加筋处理。

2　应将上款中所有 $F_{su}\approx F_{sr}$ 的滑弧绘在同一幅图中，各弧的外包线即为需要加筋的临界范围(图6.4.2—1)。

3　所需筋材总拉力 T_s(单宽)应按下式计算(图6.4.2—2)：

$$T_s=(F_{sr}-F_{su})M_0/D \qquad (6.4.2-1)$$

式中　M_0——未加筋土坡每一滑弧对应的滑动力矩(kN·m)；

D——对应于每一滑弧的 T_s 相对于滑动圆心的力臂(m)，T_s 的作用点可设定在坡高的1/3处。

4　T_s——中的最大值 T_{smax} 应为设计所需的筋材总加筋力。加筋层数应合理确定。

中国建筑资讯网 www.sinoaoc.com

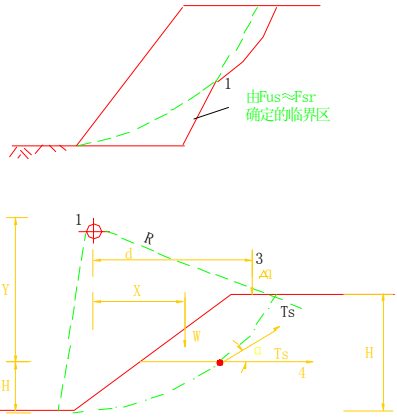


图 6.4.2—2　确定加筋力的滑弧计算

1—滑动圆心；2—延伸性筋材拉力；

3—超载；4—非延伸性筋材拉力

5　筋材的强度验算和抗拔稳定性验算应符合本规范第 6.2.5 条的要求。

6　筋材布置应便于施工，筋材长度可定为一种或二种长度。

7　坡面应植草或采取其它有效的防护措施，并应设置排水措施。坡内设置有效的截水设施。

6.4.2　加筋土坡的施工应符合以下要求：

1　填土质量应符合设计规定。压实机械与筋材间至少应有 300mm 的土料。

2　当坡面缓于 1∶1，且筋材垂直间距不大于 400mm 时，坡面处筋材端部可不包裹；否则应予包裹，折回段应压在上层土之下。

3　当筋材为土工格栅时，坡面包裹处应设细孔土工网或土工织物。

中国建筑资讯网 www.cjnoec.com

7 防　　护

7.1 一般规定

7.1.1 防冲、防浪、防冻、防震、固砂、防止盐渍化及防泥石流等防护措施，当选用土工合成材料或其制品时，应符合本章规定。

7.1.2 作防护用的土工合成材料可选用土工织物、土工膜、土工格栅、土工网、土工模袋、土工格室、土工网垫及聚苯乙烯板块等。

作防护用的土工合成材料制品可采用土工织物充填袋和软体排等。

7.1.3 土工织物充填袋应包括砂被、砂枕、土枕、土袋等。

7.1.4 软体排应由编织土工织物结合压载物制成，可分为单片软体排和双片软体排。

7.1.5 采用土工合成材料进行防护的主要工程有：

1 江、河、湖、海和渠道、储液池护坡、护底。

2 水下结构基础防冲。

3 道路边坡防冲。

4 涵闸工程护底。

5 泥石流和悬崖侧建筑物障墙防冲。

6 应急防汛措施。

7 沙漠地区砂窝滞砂和固砂。

8 军工弹药库防爆。

9 严寒地区防冻措施。

10 道路防止盐渍化措施。

11 边坡土钉加固等。

中国标准信息网 www.sinaac.com

7.2 软体排防冲

7.2.1 软体排的铺设范围、高程等应根据防护的面积和位置确定。

7.2.2 软体排材料可选用 130g/m² 以上的编织土工织物在正、反面连以尼龙绳网构成。单片软体排可用于一般防护，双片排软体可用于重点防护；按软体排上压载方式，砂肋排可用于淤积区，混凝土连锁排可用于冲刷区。

7.2.3 顺水流方向的排宽应为防护区的宽度、相邻排块缝接或搭接宽度和排体收缩需预留宽度的总和。相邻排块缝接或搭接，搭接宽度不应小于 1m。

7.2.4 垂直水流方向的软体排长度应为水上部分软体排长度与水下部分软体排长度之和。

1 水上部分软体排长度应为水上坡面长度和坡顶固定所需长度之和。

2 水下部分软体排长度应为与水上排衔接长度、水下坡长度(含折皱和计入伸缩量所需长度)和预计冲刷所需预留长度之和。

7.2.5 软体排应进行下列验算：

1 抗浮稳定。

2 排体边缘抗冲刷稳定。

3 抗滑稳定。

4 软体排需要的压载量。

7.2.6 软体排沉排施工应根据具体条件选用以下方法：

1 人工或机械直接沉排。

2 水上船体或浮桥沉排。

3 冰期沉排，包括冰上沉排和冰下沉排。

7.3 土工模袋护坡

7.3.1 模袋护坡设计应包括以下内容：

www.sinaec.com

1　岸坡稳定性验算。

2　确定模袋选型及充填厚度。

3　模袋稳定性验算。

4　模袋护坡的细部构造及边界处理。

7.3.2　模袋应根据当地气象、地形、水流条件和工程重要性等选择。

7.3.3　岸坡稳定性验算应进行模袋的平面抗滑稳定分析。模袋厚度应通过抗浮稳定分析和抗冰推移稳定分析确定。

7.3.4　模袋护坡的细部构造和边界处理应符合下列要求：

1　顶部宜采用浆砌块石或填土予以固定。有地面径流处，坡顶应采取防止地表水侵蚀模袋底部的措施。

2　岸坡模袋底端应设压脚或护脚棱体；有冲刷处应采取防冲措施。

3　模袋护坡的侧翼宜设压袋沟。

4　相邻模袋接缝处底部应设土工织物滤层。

7.3.5　模袋护坡施工应符合以下要求：

1　坡面应清理整平。

2　模袋铺展后应拉紧固定，在充填混凝土或砂浆时不得下滑。

3　可采用泵车进行混凝土(砂浆)充填，充填应连续。充填速度宜为 10～15m³/h、充填压力宜为 0.2～0.3MPa。

4　需要排水的边坡，应在混凝土或砂浆充填后初凝前开孔埋设排水管。

5　受淤砂影响的封闭式护岸、堤坝的模袋护坡，施工前应充分分析内外水头差的影响，并应采取相应措施。

7.4　土工网垫植被护坡

7.4.1　用土工网垫植被护坡时，应避免在高温、多雨或寒冷季节施工；坡面应平整；土工网垫在坡顶、坡趾和坡中间予以固定。

中国建筑设计网 www.sinoaec.com

7.4.2　应根据当地气温、降水和土质条件等选择草种，必要时，应进行试种。

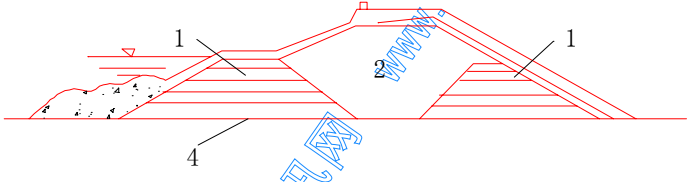
应选择土质适应性强、环境适应性强、根系发达、生长快和价格底廉的草种。

7.5　土工织物充填袋筑防护堤

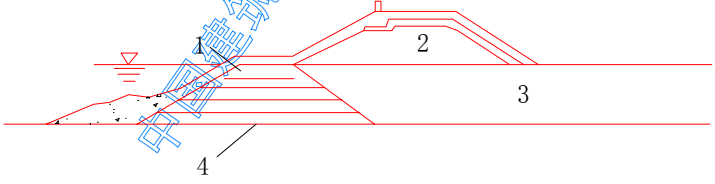
7.5.1　砂被筑防护堤设计应符合以下规定：

1　砂被筑防护堤设计应包括砂被袋体材料选择、堤身断面确定、砂料选择与充填度控制、护坡与护底设计和堤身整体与局部稳定性验算。

2　制作砂被的袋体材料宜选用织造土工织物。其反滤与排水性能应符合反滤准则，且应经受施工应力。单位面积质量不应小于130g/m²，极限抗拉强度不应低于18kN/m。

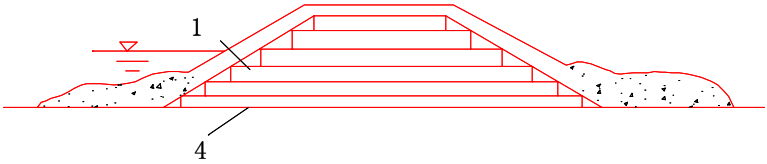


(a)双断面图



(b)单断面图

www.sinoaec.com
中国建筑资讯网



(c)全断面图

图 7.5.1　砂被防护堤示意

1—土工织物袋；2—充填土；3—吹填土；4—垫层

3　砂被防护堤的断面型式应包括全断面、双断面和单断面(图 7.5.1)。单断面宜用于围填造地工程围堤。

4　砂被充填料应采用排水性较好的砂性土、粉细砂类土。其粘料含量不应超过 10%。砂被的充填密度不宜小于 14.5kN/m³，充填度不宜小于 85%。

5　砂被护坡与护底应按地基、水流及波浪等条件设计。

6　堤身的整体稳定性应采用圆弧滑动法验算。

7　砂被与砂被之间的抗滑稳定性应进行验算。

7.5.2　砂被筑防护堤施工应符合以下规定：

1　场地应平整。

2　应选定贮料场。采砂处应远离堤身。

3　应采用水力方法造浆和充填，浆液浓度宜为 20%～45%，并应按充填—迸浆—二次充填的顺序进行。泥浆泵的出口压力宜为 0.2～0.3MPa，充填后的砂被厚度宜为 400～500mm。

4　充填后应尽快对砂被作护面层。

7.5.3　砂枕筑防护堤设计应符合以下规定：

1　砂枕筑防护堤设计内容及袋体材料应符合本规范第 7.5.1 条的规定。

2　堤身断面应根据航道整治工程防护堤断面型式与尺寸确定，并应符合现行国家标准《堤防工程设计规范》的有关要求。

中国建筑资讯网 www.smoaec.com

3　砂枕表面应作防护层。

4　砂枕充填料应选用施工区附近河沙，其粘料含量不应大于10%，并不得含卵石。

5　砂枕充填度不宜小于80%。

6　砂枕尺寸应按下式计算：

$$L/B>2.4 \quad 及 \quad L/H>3.5 \qquad (7.5.3)$$

式中　L、B、H——分别为砂枕充填后的长度、宽度和高度(m)。

7　砂枕堤身整体稳定性可按圆弧滑动法验算。

7.5.4　砂枕筑防护堤施工应符合下列要求：

1　场地应平整；应选择条砂场；采砂处应远离防护堤。

2　应测定砂枕水面投掷点至沉落于河底的流动距离(流距)，并应确定砂枕投放的提前量。

3　投放砂枕应按上、下游边线导标，层层平抛，并应沿高度逐渐缩窄抛填宽度。抛填时应保证密度。

4　砂枕露出水面后应及时覆盖，并应砌筑护面层。

7.6　路面与道面反射裂缝的防治

7.6.1　在公路和城市道路路面及机场道面中采用土工合成材料防治路面及道面的反射裂缝应符合本节规定。

7.6.2　用于防治反射裂缝的材料应符合以下要求：

1　土工织物应采用非织造针刺土工织物，其单位质量不应大于200g/m²；极限抗拉强度宜大于8kN/m，耐温性宜在170℃以上。

2　玻纤网的孔眼尺寸宜为其上沥青面层材料最大粒径的0.5～1.0倍，极限抗拉强度应大于50kN/m。

7.6.3　土工合成材料应铺设于新建沥青面层或旧路沥青罩面层的底部。可满铺，也可局部铺设。

7.6.4　对旧路面或旧道面在铺设罩面层前应对路面和道面进行检验，并应确定材料的铺设方案。对损坏部位应进行修补处理，并

中华人民共和国水利行业标准 www.sinoaec.com

应将铺设场地清理干净。

7.6.5　材料铺设应符合以下规定：

1　铺设土工织物时，应先洒布粘层油，用量宜为0.7～1.1kg/m²；铺设时应将土工织物拉紧、平整顺直。如有折皱，应将折皱处剪开，对齐后再继续铺放。土工织物铺放后，宜在表面用轻型工具碾压。土工织物接头可对接，也可搭接。采用搭接时搭接长度宜为40～100mm。搭接处的结合面应涂满粘层油并压实。铺放土工织物后应及时铺筑沥青混合料面层。

2　铺设玻纤网时，应保证铺设平顺，宜先铺设玻纤网，再洒布粘层油，用量宜为0.4～0.6kg/m²。玻纤网的搭接长度宜为50～100mm。

7.7　其它防护工程

7.7.1　选用土工合成材料建造防止悬崖附近建筑物受落石冲击或沟谷处泥石流冲泻的障墙时，应符合以下规定：

1　障墙可由土工格栅笼、箱堆筑而成，其内应填块石或装土的土工织物充填袋。笼、箱断面宜呈梯形，并应采用筋绳将笼、箱捆扎。

2　障墙结构：

1)障墙底部设石块糙面垫层；

2)墙体应有足够抗滑稳定性；

3)应有足够的排水能力，必要时，应在水出流处设置消能墩。

7.7.2　在沙漠地带流沙或寒冷风雪地带可采用土工合成材料固砂、屏蔽流沙和建造滞砂篱或滞雪篱。滞砂篱和滞雪篱可每隔1.5～3.0m竖立高出地表1～2m的桩柱，并应在桩排上固定土工网，形成长距离的防护墙。土工网应有一定耐久性。

7.7.3　军火库、爆炸物仓库可采用土工合成材料建造防爆堤。防爆堤与仓库距离可为2m，高度不应低于仓库屋顶。防爆堤可为土

www.cnaec.com

工格栅加筋土堤，顶宽不宜小于2m，在坡面可植草，或喷水泥砂浆护面。

7.7.4　严寒地区挡墙及涵闸底板可采用土工合成材料在墙背及板下设置保温层，并应符合以下规定：

1　保温层可采用聚苯乙烯板块(EPS)。材料应具有一定的强度、低导热系数、低吸水率。

2　聚苯乙烯坂块保温层的厚度应通过计算确定。对于小型工程，可取当地标准冻深的1/10～1/15，并不应小于50mm。

3　保温板设置可为单向、双向或三向。单向可设于墙背面；双向可设于墙被面和墙顶地面层；三向可设于墙背面、墙顶地面层和垂直于墙轴的两端板。保温板长度应超出要求保温区的范围。

7.7.5　铺设保温板时接缝处应密闭。如铺设厚度大于100mm时，可采用两层及以上，接缝错开。保温板应固定于墙背。

7.7.6　设隔断层时，应先在层面上铺薄砂层，并应设2%～4%的坡度，然后铺土工合成材料。连接宜采用粘接或焊接。铺膜后应及时回填，在面层300mm内不得用羊足碾等压实。

7.7.7　可采用土工合成材料隔振和减振。隔振屏应采用以薄塑片制成的柱状气垫包在由土工织物制成的空腔内。

中国建筑资讯网 www.chinajzzx.com

规范用词用语说明

1. 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

(1)表示很严格，非这样做不可的用词：

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”。

2. 规范中指定应按其它有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中国建筑资讯网 www.sinoac.com