

福建省工程建设地方标准

DB

工程建设地方标准编号 : DBJ/T 13-475-2024

住房和城乡建设部备案号 : J 1 7 9 6 5 - 2 0 2 5

## 加筋挡土墙支护技术标准

Technical standard for reinforced soil retaining wall

2024-12-31 发布

2025-04-01 实施

福建省住房和城乡建设厅

发布

福建省工程建设地方标准

## 加筋挡土墙支护技术标准

Technical standard for reinforced soil retaining wall

工程建设地方标准编号：DBJ/T 13-475-2024

住房和城乡建设部备案号：J 17965-2025

主编单位：福州建工集团有限公司

福建省建研工程顾问有限公司

隆恩建设工程有限公司

批准部门：福建省住房和城乡建设厅

实施日期：2025年4月1日

2025年 福州

## 前 言

根据《福建省住房和城乡建设厅关于公布全省住房和城乡建设行业 2023 年第一批科学技术计划项目的通知》(闽建科〔2023〕95 号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国内外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准的主要技术内容是:1. 总则;2. 术语和符号;3. 基本规定;4. 材料;5. 设计与计算;6. 施工;7. 检验检测与验收;8. 监测。

本标准由福建省住房和城乡建设厅负责管理,由福州建工集团有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议,请寄送福建省住房和城乡建设厅科技与设计处(地址:福州市北大路 242 号,邮编:350001)和福州建工集团有限公司(地址:福建省福州市台江区群众东路 99 号元禧楼 6 层,邮编:350004),以供今后修订时参考。

本标准主编单位: 福州建工集团有限公司

福建省建研工程顾问有限公司

隆恩建设工程有限公司

本标准参编单位: 青岛旭域土工材料股份有限公司

南昌天高环保科技股份有限公司

福建省建筑科学研究院有限责任公司

福建省建筑设计研究院有限公司

福建省林业勘察设计院

福建省建科工程技术有限公司

本标准主要起草人：朱剑钦 黄伟达 沈国华 李志伟  
刘 鹏 刘 鹭 李常明 张 达  
杨钧滔 江 涛 叶培锋 巫秋生  
陈永磐 朱 铭 吴茂明 黄志强  
李 杰 连德利 陈成有 郑新秀  
本标准主要审查人：陈振建 简文彬 吴平春 朱德昌  
黄建华 李镇华 郑也平

## 目 次

1	总 则 .....	1
2	术语和符号 .....	2
2.1	术 语 .....	2
2.2	符 号 .....	3
3	基本规定 .....	7
4	材 料 .....	10
4.1	一般规定 .....	10
4.2	筋 材 .....	10
4.3	填 料 .....	16
4.4	面 板 .....	17
4.5	其它辅助材料 .....	19
5	设计与计算 .....	21
5.1	一般规定 .....	21
5.2	作用与组合 .....	24
5.3	计 算 .....	26
5.4	墙体结构设计 .....	39
5.5	地基基础 .....	42
5.6	排 水 .....	43
6	施 工 .....	46
6.1	一般规定 .....	46
6.2	施工准备 .....	49
6.3	施工工艺 .....	49
7	检验检测与验收 .....	58

7.1	一般规定 .....	58
7.2	地基基础 .....	59
7.3	筋 材 .....	60
7.4	填 料 .....	61
7.5	面 板 .....	62
7.6	附属工程 .....	65
7.7	验 收 .....	66
8	监 测 .....	68
8.1	一般规定 .....	68
8.2	监测要求 .....	69
本标准用词说明 .....		72
引用标准名录 .....		73
附：条 文 说 明 .....		74

## Contents

1	General Provisions .....	1
2	Terms and Symbols .....	2
2.1	Terms .....	2
2.2	Symbols .....	3
3	Basic Requirements .....	7
4	Materials .....	10
4.1	General Requirements .....	10
4.2	Reinforcement .....	10
4.3	Filling .....	16
4.4	Wall Face .....	17
4.5	Other Auxiliary Materials .....	19
5	Design and Calculation .....	21
5.1	General Requirements .....	21
5.2	Function and Combination .....	24
5.3	Calculation .....	26
5.4	Structural Design .....	39
5.5	Foundation .....	42
5.6	Drainage .....	43
6	Construction .....	46
6.1	General Requirements .....	46
6.2	Construction Preparation .....	49
6.3	Construction Technology .....	49
7	Inspection and Acceptance .....	58

7.1	General Requirements .....	58
7.2	Foundation .....	59
7.3	Reinforcement .....	60
7.4	Filling .....	61
7.5	Wall Face .....	62
7.6	Appearance Requirements .....	65
7.7	Acceptance .....	66
8	Monitoring .....	68
8.1	General Requirements .....	68
8.2	Monitoring Requirements .....	69
	Explanation of wording in this standard .....	72
	List of quoted standards .....	73
	Addition: Explanation of Provisions .....	74



# 1 总 则

**1.0.1** 为规范福建省加筋挡土墙的工程应用,统一技术及性能要求,做到安全适用、经济合理、技术先进、绿色生态,制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于福建省建筑与市政边坡工程中加筋挡土墙的设计、施工、检测验收和监测。

**1.0.3** 福建省加筋挡土墙支护技术除应符合本标准外,尚应符合国家、行业和福建省现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 加筋挡土墙 reinforced soil retaining wall

由基础、面板、筋材和填料共同组成的支挡结构。

#### 2.1.2 筋材 reinforcement

用于加筋补强作用的土工合成材料或经过防腐处理的金属材料。

#### 2.1.3 加筋体 reinforced soil

由填料和筋材层层交替铺设而成的加筋复合体。

#### 2.1.4 面板 panel

与筋材相连的挡土墙护面结构。

#### 2.1.5 填料 filling

用于挡土墙加筋体及墙背区域回填的材料。

#### 2.1.6 土工合成材料 geosynthetics

工程建设中以人工合成或天然聚合物为原料制成的工程材料，主要包括土工织物、土工膜、土工复合材料、土工特种材料等。

#### 2.1.7 土工格栅 geogrid

由抗拉条带单元结合形成的有规则网格形式的平面网状结构土工合成材料，根据生产工艺和材质可分为塑料拉伸土工格栅、涤纶经编土工格栅、聚酯焊接土工格栅、钢塑土工格栅和玻璃纤维土工格栅等。

#### 2.1.8 生态袋 eco bag

一种采用聚合化纤织物或天然纤维制成的，可装入植生营养土的袋状结构物。

### 2.1.9 土工格室 geocell

由条带式筋材通过焊接、铆接、插接、注塑等工艺连接而成，展开后呈蜂窝状或网格状的立体结构物。

### 2.1.10 盲沟 blind drain

以透水性材料形成的地下排水通道，如以无纺土工织物包裹的带孔塑料管、在沟内以无纺土工织物包裹透水粗粒料形成的连续排水暗沟等。

## 2.2 符 号

$A_t$	——	筋材面积覆盖率；
$a$	——	坡脚线到坡顶重要建（构）筑物基础外边缘的水平距离；
$\alpha_i$	——	第 $i$ 条块滑动面的法线与竖直线的夹角；
$B$	——	筋材宽度；
$c$	——	筋材与填料之间的黏聚力；
$c_i$	——	第 $i$ 条块滑动面处的黏聚力；
$D$	——	筋材的上、下层间距；
$E_0$	——	静止土压力合力；
$E_a$	——	主动土压力合力；
$E'_a$	——	修正主动土压力合力；
$E_{ax}$	——	墙后主动土压力的水平分量；
$E_{ay}$	——	墙后主动土压力的竖向分量；
$E_p$	——	墙前被动土压力；
$E_{px}$	——	墙前被动土压力水平分量；
$e$	——	基底合力的偏心距；
$f$	——	筋材与土的摩擦系数；
$f_a$	——	经基础深宽修正后的地基承载力特征值；

$G$	——	作用于基底以上的挡土墙墙身重力、基础重力、面墙重力、基础以上填土的重力及作用于墙顶其它荷载的竖向力合力；
$H$	——	边坡高度；
$h_i$	——	墙顶（路肩挡土墙包括墙顶以上填土高度）距第 $i$ 层墙面板中心的高度；
$K_0$	——	静止土压力系数；
$K_a$	——	主动土压力系数；
$K_b$	——	全墙抗拔稳定系数；
$K_c$	——	抗滑移稳定性系数；
$K_s$	——	加筋挡土墙整体稳定安全系数；
$K_t$	——	抗倾覆稳定性系数；
$K_i$	——	第 $i$ 层筋材位置土的土压力系数；
$k$	——	地基承载力特征值提高系数；
$L_0$	——	计算筋材层的水平回折反包长度；
$L_{0i}$	——	第 $i$ 层筋材破裂面以内长度；
$L_{ci}$	——	第 $i$ 层筋材有效长度；
$L_i$	——	第 $i$ 层筋材总长度；
$L_{wi}$	——	第 $i$ 层筋材外端部包裹土体所需长度；
$l_i$	——	第 $i$ 条块滑动面处的弧长；
$\sum M$	——	作用于基底形心处的弯矩总和；
$\sum N$	——	作用于基底上的竖向力总和；
$p$	——	挡土墙基底压应力；
$Q_i$	——	第 $i$ 条块附加荷载；
$RF$	——	综合强度折减系数；
$RF_{CR}$	——	材料因蠕变影响的强度折减系数；
$RF_D$	——	材料长期老化影响的强度折减系数；
$RF_{iD}$	——	材料在施工过程中受损伤的强度折减系数；

$R_k$	——	抗力材料的强度标准值；
$R(\cdot)$	——	挡土墙结构抗力函数；
$S$	——	作用（荷载）效应的组合设计值；
$s_{hi}$	——	第 $i$ 层筋材水平间距；
$s_{vi}$	——	第 $i$ 层筋材垂直间距；
$T$	——	实测极限抗拉强度；
$T_a$	——	筋材的允许抗拉强度；
$T_{ac}$	——	筋材与挡土墙面板连接强度标准值；
$T_i$	——	第 $i$ 层单位宽度筋材承受的水平拉力；
$T_j$	——	穿过滑动面的第 $j$ 道筋带的抗拔力；
$\sum T_i$	——	各层拉筋承担的水平拉力总和；
$T_{\max}$	——	各层筋材中承受的最大水平拉力值；
$T_{pi}$	——	第 $i$ 层筋材的抗拔力；
$\sum T_{pi}$	——	各层拉筋所产生的摩擦力总和；
$W$	——	挡土墙基础底面的抵抗矩；
$W_i$	——	第 $i$ 条块土体自重荷载；
$W_u$	——	墙前至墙后间的距离；
$Z_G$	——	作用于基底以上竖向力合力重心到墙趾的距离；
$Z_{ax}$	——	墙后主动土压力的竖向分量到墙趾的距离；
$Z_{ay}$	——	墙后主动土压力的水平分量到墙趾的距离；
$Z_{py}$	——	墙前被动土压力的水平分量到墙趾的距离；
$\alpha_d$	——	结构或结构构件几何参数的设计值；
$\gamma$	——	加筋体的填料重度；
$\gamma_0$	——	工程重要性系数；
$\gamma_{co}$	——	筋材与面板连接强度的分项系数；
$\gamma_f$	——	荷载、结构材料、岩土性能的分项系数；
$\delta$	——	筋材与填料之间的内摩擦角；

- $\theta_j$  —— 穿过滑动面的第  $j$  道筋带与滑动面切线的夹角；  
 $\mu$  —— 挡墙基底与地基土间的摩擦系数；  
 $\sigma_{hi}$  —— 第  $i$  层筋材位置的水平土应力；  
 $\Delta\sigma_{hi}$  —— 第  $i$  层筋材位置土的水平附加应力；  
 $\sigma_{vi}$  —— 第  $i$  层筋材位置土的垂直自重应力；  
 $\sum\Delta\sigma_{vi}$  —— 超载引起的垂直附加应力；  
 $\varphi_i$  —— 第  $i$  条块滑动面处土的内摩擦角。

### 3 基本规定

**3.0.1** 加筋挡土墙适用于高度不大于 20m 的填方边坡，挡土墙采用多级布置时每级墙高不大于 10m，上、下级墙体之间的平台不小于 2m。超出上述高度范围或存在其他特殊工况时，应进行专项论证。

**3.0.2** 应根据场地气象、水文、地形地貌、工程地质和水文地质条件、周边环境条件、建（构）筑物与市政道路分布情况、施工条件等，经过技术经济比较，选择适宜的加筋挡土墙类型。

**3.0.3** 加筋挡土墙设计应保证挡土墙具有足够的强度、稳定性和耐久性，其变形应满足正常使用极限状态的要求。

**3.0.4** 加筋挡土墙墙顶附近存在建（构）筑物时，应结合建（构）筑物的基础型式考虑其自重荷载的作用和变形控制要求，合理选择填料及筋材的类型、规格和尺寸，筋材应合理避让建（构）筑物基础。

**3.0.5** 加筋挡土墙的安全等级应综合考虑边坡规模、周边环境条件、破坏后果严重性等因素，按照表 3.0.5 确定其安全等级。

表 3.0.5 加筋挡土墙安全等级

挡土墙高度 $H$ (m)	与坡顶、坡脚建（构）筑物距离 $L$ (m)	破坏后果	安全等级
$10 < H \leq 20$	$L \leq 2H$	很严重	一级
	$L > 2H$	严重	二级
$H \leq 10$	$L \leq 1.5H$	很严重	一级
	$1.5H < L \leq 3.5H$	严重	二级
	$L > 3.5H$	不严重	三级

注：1 一个挡土墙的各段，可根据实际情况采用不同的安全等级；

2 对周边环境复杂、工程地质和水文地质条件复杂场地的挡土墙，其安全等级应根据工程情况适当提高；

3 很严重：造成重大人员伤亡或财产损失；严重：可能造成人员伤亡或财产损失；不严重：可能造成财产损失。

**3.0.6** 加筋挡土墙应通过现场调查和必要的土工试验，选择易于填筑和压实、能与筋材产生良好摩擦与咬合作用、对筋材无腐蚀作用、水稳定性良好的填筑材料，提出合理的压实工艺。

**3.0.7** 加筋挡土墙应选用强度高、变形小、耐久性好的筋材，并加强在运输、储存及施工中的保护措施，防止材料损伤和老化。

**3.0.8** 加筋挡土墙勘察时，除按现行国家标准《工程勘察通用规范》GB55017、《建筑边坡工程技术规范》GB 50330、《高填方地基技术规范》GB 51254 和现行福建省地方标准《岩土工程勘察标准》DB/T 13-84 等相关规范的技术要求进行边坡勘察，还应满足以下要求：

1 勘察范围应根据场地地形地貌、填方范围、边坡滑塌区影响范围、整体稳定性最不利滑动面等综合确定；

2 钻孔深度应能满足填方荷载作用下的变形计算深度要求；

3 查明场地地表水汇集情况以及水文地质条件；

4 对填料的来源进行调查；

5 根据试验或工程经验提出填料、填料与筋材之间的摩擦系数等物理力学指标；

6 查明影响范围内建（构）筑物的平面位置、层数、结构类型、基础形式等；

7 查明影响范围内市政道路及管线的分布情况、类型、埋深等信息。

**3.0.9** 加筋挡土墙的设计工作年限不应低于被保护的建（构）筑物、市政道路及管线的设计工作年限。

**3.0.10** 对于安全等级为一级、二级的加筋挡土墙，应进行动态设



计、信息化施工。

**3.0.11** 加筋挡土墙应根据社会效益、环境效益与经济效益进行协调统一，遵循和体现以人为本、资源节约、环境友好的建设原则。

**3.0.12** 加筋挡土墙施工完成后，应经参建各方责任主体验收合格方可使用。

福建省住房和城乡建设厅  
信息公开浏览专用

## 4 材 料

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 加筋挡土墙的材料主要包括加筋筋材、填料、面板及辅助材料。

**4.1.2** 筋材可采用土工合成材料，或者经过防腐处理的金属材料。

**4.1.3** 筋材应具有高强度、低延伸率、蠕变性小、不易脆性破坏、抗拔能力强、防腐蚀和耐久性好等性能，满足加筋挡土墙在正常工作年限内的功能要求。

**4.1.4** 土工合成材料的物理力学性能、水力学性能、耐久性能及其与填料之间的摩擦系数等指标，应通过试验确定。无试验条件时，可结合类似工程经验或相关资料确定。

**4.1.5** 土工合成材料运送过程中应密封，存放场地应通风干燥，避免阳光长时间照射并应远离火源。

**4.1.6** 筋材应符合相应产品标准的规定，进场时提供出厂合格证和标志牌，并委托具有国家或省级计量部门认可的单位进行抽检测试。

**4.1.7** 面板的选择应兼顾功能性和耐久性，与周围环境相适应。

### 4.2 筋 材

**4.2.1** 加筋筋材宜采用平面式、网孔式和立体式筋材，常用筋材分类宜按照表 4.2.1 确定。

表 4.2.1 常用筋材分类

外观特征 (筋材形态)	材料名称
平面非网孔式	高聚酯有纺土工布、经编复合土工布等

续表 4.2.1

外观特征 (筋材形态)	材料名称
平面网孔式	钢丝网、钢筋网、聚丙烯土工格栅、聚乙烯土工格栅、聚酯土工格栅、纤塑(聚酯纤维或玄武岩纤维)土工格栅等
立体网孔式	三维土工格栅、土工格室等

**4.2.2** 筋材应具有良好的耐久性,当采用土工合成材料类筋材时,筋材应具有低蠕变性和良好的抗紫外线老化性能;当采用金属材料类筋材时,筋材表面应进行有效的防腐处理。

**4.2.3** 采用聚乙烯、聚丙烯(丙纶)等材料制成的土工合成材料,不应用于长期直接暴晒的环境中。

**4.2.4** 常用土工合成材料类筋材的主要性能指标如下:

**1** 高密度聚乙烯单拉塑料格栅(HDPE):颜色为黑色,色泽应均匀,外观应无损伤、无破裂,网孔大小形状应均匀。土工格栅最小炭黑含量 $\geq 2.0\%$ ,灰分 $\leq 1.0\%$ ,炭黑分布应均匀,分散表观等级不低于B级,蠕变折减系数 $\leq 3.0$ ,抗紫外线强度保持率 $\geq 90\%$ ,其余主要性能指标应符合表4.2.4-1的规定:

表 4.2.4-1 单向拉伸聚乙烯土工格栅(HDPE)主要性能指标

规格	纵向标称抗拉强度(kN/m)	纵向2%伸长率时的拉伸强度(kN/m)	纵向5%伸长率时的拉伸强度(kN/m)	纵向标称伸长率(%)
80	$\geq 80$	$\geq 21$	$\geq 40$	$\leq 11.5$
120	$\geq 120$	$\geq 33$	$\geq 65$	
160	$\geq 160$	$\geq 47$	$\geq 93$	
180	$\geq 180$	$\geq 52$	$\geq 103$	
200	$\geq 200$	$\geq 57$	$\geq 110$	
220	$\geq 220$	$\geq 64$	$\geq 125$	
240	$\geq 240$	$\geq 68$	$\geq 135$	

**2** 单向焊接聚酯土工格栅:应埋置于 $4 \leq \text{PH} \leq 9$ 的土体中。土工格栅极限抗拉强度宜 $\geq 80 \text{ kN/m}$ ,断裂延伸率 $\leq 8\%$ ,连接点极限分离力 $\geq 100 \text{ N}$ ,抗紫外线强度保持率 $\geq 80\%$ ,其余主要性能指标应符合

合表 4.2.4-2 的规定：

表 4.2.4-2 单向焊接聚酯土工格栅主要性能指标

规格	纵向标称抗拉强度（kN/m）	纵向 2% 伸长率时的拉伸强度（kN/m）	纵向 5% 伸长率时的拉伸强度（kN/m）	纵向标称伸长率（%）
80	≥80	≥36	≥53	≤8
120	≥120	≥54	≥97	
160	≥150	≥67	≥121	
180	≥180	≥81	≥145	
200	≥200	≥90	≥162	

3 单向焊接聚酯纤维土工格栅：宜选用单向焊接聚酯纤维土工格栅和双向玄武岩纤维土工格栅，炭黑含量≥2.0%，抗紫外线强度保持率≥80%，连接点极限分离力≥300N，其余主要性能指标应符合表 4.2.4-3 和 4.2.4-4 的规定：

表 4.2.4-3 单向焊接聚酯纤维土工格栅主要性能指标

规格	纵向标称抗拉强度（kN/m）	纵向 2% 伸长率时的拉伸强度（kN/m）	纵向 5% 伸长率时的拉伸强度（kN/m）	纵向标称伸长率（%）
100	≥100	≥20	≥53	≤12
150	≥150	≥30	≥79	
200	≥200	≥40	≥106	
300	≥300	≥60	≥159	
400	≥400	≥80	≥212	

表 4.2.4-4 玄武岩纤维土工格栅主要性能指标

规格	纵向标称抗拉强度（kN/m）	横向标称抗拉强度（kN/m）	纵（横）向标称伸长率（%）
80-80	≥80	≥80	≤4
100-100	≥100	≥100	
120-120	≥120	≥120	
150-150	≥150	≥150	
180-180	≥180	≥180	

4 高韧聚酯有纺土工布：120 年蠕变折减系数≤1.45，使用前

须提供超过 100000h 通过认证的测试中心的蠕变报告，其余主要性能指标应符合表 4.2.4-5 的规定：

表 4.2.4-5 高韧聚酯有纺土工布主要性能指标

规格	纵向标称抗拉强度 (kN/m)	横向标称抗拉强度 (kN/m)	120 年蠕变极限抗拉强度 (kN/m)	纵向 2% 伸长率时的拉伸强度 (kN/m)	纵向 5% 伸长率时的拉伸强度 (kN/m)	纵(横) 向标称伸长率 (%)
100	≥100	≥50	≥69	≥20	≥50	≤10
200	≥200		≥138	≥40	≥100	
300	≥300		≥207	≥60	≥150	
400	≥400		≥276	≥80	≥200	
600	≥600		≥414	≥120	≥300	

5 定角注塑型土工格室：其最小炭黑含量≥2.0%，抗紫外线强度保持率≥80%，其余主要性能指标应符合表 4.2.4-6 的规定：

表 4.2.4-6 定角注塑型土工格室主要性能指标

规格		格室条带的断裂强度	格室节点对拉强度	格室节点抗剪强度 $F_s$	格室节点剥离强度 $F_p$	格室条带的伸长率
格室高度 (mm)	格室网孔尺寸 (mm)	度 (kN/m)	$F_T$ (kN/m)	(kN/m)	(kN/m)	(%)
50	400×400	≥180	≥180	≥100	≥100	≤10
100	400×400	≥180	≥180	≥100	≥100	≤10
150	500×500	≥180	≥180	≥100	≥100	≤10
200	600×600	≥180	≥180	≥100	≥100	≤10

4.2.5 常用金属材料类筋材的主要性能指标如下：

1 钢丝网片技术要求：宜采用机编六边形双绞合低碳钢丝网，对于钢丝网式墙面、石笼式墙面、钢丝网片筋材等加筋土结构单元应采用金属镀层和覆有机涂层的双层防腐形式，其余主要性能指标应符合表 4.2.5-1 的规定，网面的耐久性要求应符合表 4.2.5-2 的规定：

表 4.2.5-1 机编六边形双绞合钢丝网主要性能指标

网孔型号	网孔尺寸 (mm)	网孔公差 (mm)	网面钢丝直 径 (mm)	网面钢丝 镀层克重 (g/m <sup>2</sup> )	网面标称 抗拉强度 (kN/m)	网面标称翻边 抗拉强度 (kN/m)
M8	80	0~+10	2.7	≥233	≥42	≥35

表 4.2.5-2 覆塑主要性能指标

防腐类型	测试项目	技术要求
金属镀层	镀层克重	按照《钢产品镀锌层质量试验方法》GB/T 1839 对成品钢丝进行测试，镀层重量符合设计要求。
	铝含量	按照《工程机编钢丝网用钢丝》YB/T 4221 中的附录 A 规定方法对成品钢丝进行测试，镀层铝含量符合设计要求。
	二氧化硫腐蚀试验	按照《金属和其他无机覆盖层 通常凝露条件下的二氧化硫腐蚀试验》GB/T 9789 的试验方法对成品网面钢丝进行二氧化硫腐蚀试验，网面样品上产生深棕色红锈的面积应不大于试样面积的 5%。
	盐雾试验	按照《人造气氛腐蚀试验 盐雾试验》GB/T 10125 的试验方法对成品网面钢丝按进行盐雾试验，网面样品上产生深棕色红锈的面积应不大于试样面积的 5%。
有机涂层	抗 UV 性能	有机涂层原材料应进行抗 UV 性能测试，测试时经过氙弧灯按照《塑料 实验室光源暴露试验方法 第 2 部分：氙弧灯》GB/T 16422.2 照射 4000 小时或 I 型荧光紫外灯按暴露方式 1 按照《塑料 实验室光源暴露试验方法 第 3 部分：荧光紫外灯》GB/T 16422.3 照射 2500 小时后，其延伸率和抗拉强度变化范围，不应大于初始值的 25%。
	抗开裂性能	按照《工程用机编钢丝网及组合体》YB/T 4190 的网面拉伸试验方法，对网面试件加载拉伸强度的 50%时，双绞合区域有机涂层不开裂。
	耐磨性能	按照《电线电缆机械和理化性能试验方法 第 6 部分：挤出外套刮磨试验》JB/T 10696.6 的测试方法对钢丝施加 20N 的垂直作用力，在刮磨 100000 次后，有机涂层不应破损。

2 钢筋网片宜采用热镀锌的钢筋网，钢筋网材料应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 1 部分 热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1、《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 和《钢筋混凝土用钢 第 3 部分：钢筋焊接网》GB/T 1499.3 的要求；钢筋网的主要技术指标应符合表 4.2.5-3 的规定。

表 4.2.5-3 钢筋网片主要性能指标

网孔规格 mm	钢筋直径 mm	钢筋的抗拉强度 (N/mm <sup>2</sup> )	焊接点的抗剪力 (N/mm <sup>2</sup> )	镀锌附着量 (g/m <sup>2</sup> )	镀锌膜厚度 (um)
150×225	6.0/7.5/9.0	≥400	≥150	≥450	≥63

4.2.6 筋材允许抗拉（拉伸）强度  $T_a$ ，应根据实测的极限抗拉强度  $T$ ，通过下列公式计算确定：

$$T_a = \frac{T}{RF} \tag{4.2.6-1}$$

$$RF = RF_{CR} \cdot RF_{ID} \cdot RF_D \tag{4.2.6-2}$$

式中：  $RF_{CR}$  —— 材料受蠕变影响的强度折减系数；  
 $RF_{ID}$  —— 材料在施工过程中受损伤的强度折减系数；  
 $RF_D$  —— 材料受长期老化影响的强度折减系数；  
 $RF$  —— 综合强度折减系数。

4.2.7 应根据所选择的加筋材料、所处的环境条件、填料类型、加筋材料所处的应力水平等进行有关试验，获得公式 4.2.6-1 和 4.2.6-2 中各折减系数；无条件时，可根据具体工程情况，按表 4.2.7-1 和表 4.2.7-2 取值，所处工作环境、材料蠕变对加筋材料强度有较大影响时，取高值，反之取低值。

表 4.2.7-1 加筋材料蠕变与老化折减系数

土工合成材料原材料	蠕变折减系数	老化折减系数
聚酯	1.5~2.5	1.1~2.0
聚丙烯	2.0~4.0	
高密度聚乙烯	1.5~3.5	

表 4.2.7-2 加筋材料施工损伤折减系数

土工合成材料类型	细 粒 土	砂 类 土	砾 类 土
土工织物	1.1~1.2	1.1~1.6	1.2~2.0
土工格栅	1.1~1.2	1.1~1.4	1.2~1.6

注：表中土类系按现行标准《公路土工试验规程》JTGE 40 确定的分类。

**4.2.8** 加筋材料的综合强度折减系数宜采用 2.5~5.0；施工条件差、材料蠕变性大时，综合强度折减系数应采用大值。

4.3 填 料

**4.3.1** 填料选择应遵循因地制宜、合理取材、有利施工、稳定性好的原则，还应综合考虑筋土相互作用特性、碾压施工对筋材的损伤以及施工阶段的临边稳定性和变形控制要求。

**4.3.2** 加筋挡土墙填料还应符合下列规定：

- 1 优先采用级配良好、透水性强的砂类土或碎（砾）石类土；
- 2 采用黏性土等细粒土作为填料时，应根据室内击实试验确定最优含水量和最大干密度；
- 3 性能稳定的矿渣、煤渣等工业废料；
- 4 填料不应含有尖锐棱角的块体，填料最大粒径不应大于 100mm；
- 5 不得使用杂填土、建筑垃圾、腐殖质土、淤泥、遇水易软化土、高液限土、崩解性岩土等特殊岩土，以及有机质含量大于 5% 的土；
- 6 浸水区应采用渗水性良好的材料填筑，采用细砂等作为填料时，应考虑液化的影响。

**4.3.3** 采用金属材料类筋材时，填料的化学和电化学标准应满足表 4.3.3 的规定；采用土工合成材料类筋材时，填料不宜含有二价以上铜、镁、铁离子及氯化钠、碳酸钠、硫化物等化学物质。

表 4.3.3 填料的化学与电化学标准

项目	电阻率 ( $\Omega/\text{mm}$ )	氯离子 (0.0355g/100g 填料)	硫酸根离子 (0.048g/100g 填料)	pH 值
无水工程	>100	$\leq 5.6$	$\leq 1.0$	5~10
淡水工程	>100	$\leq 2.8$	$\leq 10.5$	5~10

**4.3.4** 填料的物理力学指标应根据室内试验和现场原位试验综合



确定。当缺少试验数据时，可按表 4.3.4 取值。

表 4.3.4 填料内摩擦角或综合内摩擦角

填 料 种 类		综合内摩擦角 $\varphi$ (°)	内摩擦角 $\varphi$ (°)	重度 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
黏性土	墙高 $H \leq 6\text{m}$	35~40	-	17~18
	墙高 $H > 6\text{m}$	25~35	-	
碎石、不易风化的块石		-	45~50	20~22
大卵石、碎石类土、不易风化的岩石碎块		-	40~45	19~21
小卵石、砾石、粗砂、石屑		-	35~40	19~20.5
中砂、细砂、砂质土		-	30~35	18~19.5

注：1 计算水位以下的填料重度采用浮重度；

2 表中数据为压实系数不低于 0.94 的取值。

**4.3.5** 加筋材料与土的拉拔摩擦系数应通过试验测定。无实测资料，对于不均匀系数  $C_u > 5$  的透水性填料，用有纺土工织物作为加筋材料时，加筋材料与土的摩擦系数可采用  $2/3 \tan \varphi$ （ $\varphi$  为填料的内摩擦角）；用塑料土工格栅作为加筋材料时，可采用  $0.8 \times \tan \varphi$ 。

**4.3.6** 填料应分层铺筑，均匀压实，填料压实系数不应低于 0.94，压实设备及工艺要求应符合国家现行标准《高填方地基技术规范》GB51254 和《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的要求。

## 4.4 面 板

**4.4.1** 根据场地工程地质条件、挡土墙坡率和周边环境特点，可选择预制混凝土砌块、石笼网箱（格宾网）、土工格室、生态袋反包、钢丝（筋）网植生面板、现浇整体式混凝土面板等面板形式，可按表 4.4.1 确定。

表 4.4.1-1 常用面板形式及其特点

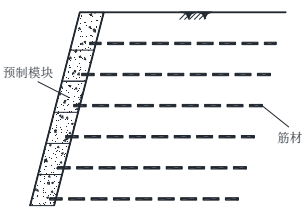
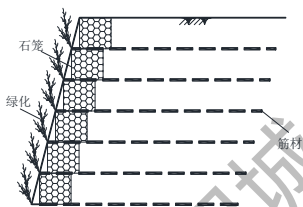
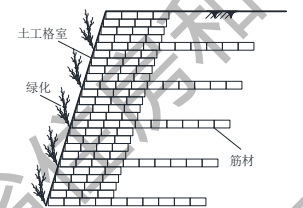


名称	形式（图例）	特点
预制混凝土面板		挡土墙墙面采用可绿化的混凝土或钢筋混凝土预制的模块构成，模块与筋材之间设有合适的连接方式（如台阶式预制模块式加筋挡土墙、生态模块加筋挡土墙等），外观平整、美观，墙面可采用插播进行绿化，施工要求高。
石笼网箱面板		挡土墙墙面采用钢丝制成经防腐处理的石笼网箱并充填石料构成，结构整体性、抗震性和抗冲刷能力好，坡脚可通过种植易生长的灌木或爬藤类植、坡顶种植下垂挂的植物实现坡面的绿化，早期绿化效果稍差。
土工格室面板		挡土墙墙面采用高强度的土工格室构成，格室内充填土料并通过插播或喷播等方式实现土工格室墙面绿化，抗震性好和绿化效果好，但施工工艺要求稍高。
生态袋面板		挡土墙墙面采用生态袋构成，袋内充填耕植土（营养土）以便墙面喷播或插播植生绿化，抗震性好、施工方便和绿化效果好，但其坡面平整度稍差，外露的土工材料易老化、防火灾能力稍差。
钢丝（筋）网植生面板		挡土墙墙面采用经防腐处理的钢丝（筋）网经编织或焊接而成的绿色加筋格宾挡土墙钢丝网面板、吉奥挡土墙 钢筋网面板等，可采用喷播或插播等技术实现墙面绿化，面板整体性好、抗震性好、施工方便、绿化效果好。

表 4.4.1-2 常用面板适用坡率

面板类型	适用坡率
现浇混凝土面板	1: (0~0.5)
预制混凝土面板	1: (0~0.5)
石笼网箱面板	1: (0.2~1.0)
土工格室面板	1: (0.5~1.5)
生态袋面板	1: (0.5~1.5)

**4.4.2** 加筋挡土墙对变形要求较高时,应采用现浇整体式混凝土面板。

**4.4.3** 预制混凝土砌块式面板可分矩形、十字形、六角形等,砌块式面板之间宜采取植筋等措施加强整体刚度。

**4.4.4** 面板还应满足以下规定:

- 1 加筋挡土墙的面板应与筋材牢固连接;
- 2 现浇或预制混凝土面板的强度等级不应低于 C25;
- 3 采用生态袋反包式面板时,应采取措施避免筋材暴露于阳光下,可与植物防护相结合使用。

**4.4.5** 根据当地气候条件、挡土墙坡率和工程经验等,还可采用喷播植草、三维土工垫、浆砌块石和混凝土格构等进行坡面防护。

## 4.5 其它辅助材料

**4.5.1** 辅助材料主要包括面板与筋材的连接件、筋材之间的连接棒、临时固定件、反滤层和排水层等材料。

**4.5.2** 连接件的材质、力学性能和耐腐蚀性能应与筋材一致;连接件与面板、筋材的固定连接应牢固、可靠和施工方便。

**4.5.3** 铺设筋材的临时固定件可采用铁质 U 型钉、竹钉或木条。

**4.5.4** 排水层可采用级配碎石、砂(砾)或土工合成排水材料(如三维排水网、排水垫、盲管等);反滤层可选用砂(砾)、土工布

等。

**4.5.5** 排水层、反滤层周边应设置反滤材料，可选择无纺土工织物作为反滤材料，反滤材料应满足保土、透水 and 防淤堵三个原则。

**4.5.6** 用于排水层和反滤层的级配碎石或砂（砾）应洁净，小于 0.075mm 颗粒含量不应大于 5%；透水性好，其渗透系数大于  $5 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ ；用于反滤层的土工布断裂抗拉强度应不小于 10kN/m，刺破强度应不小于 0.5kN，CBR 顶破强度应不小于 2.5kN；其他辅助材料主要技术指标应符合现行国家标准《土工合成材料应用技术规范》GB/T 50290 的相关要求。

## 5 设计与计算

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 根据岩土工程勘察成果，结合挡土墙的强度、稳定性和变形计算要求，对挡土墙结构型式、基础型式、材料、排水、防护、监测、检测等进行设计。

**5.1.2** 加筋挡土墙的位置应综合考虑地形地貌、工程地质、水文气候条件、荷载条件、邻近建筑物、市政道路及管线、施工条件、填料特性、工程造价等因素合理确定，挡土墙结构型式应与自然环境相协调、与相邻构造物平顺衔接，存在端头出露时应铺设受力筋材。

**5.1.3** 挡土墙设计前应查明填料来源及其物理力学性能指标，以及拟用筋材的性能参数。

**5.1.4** 加筋挡土墙应采用承载能力极限状态、正常使用极限状态的分项系数法进行设计，并宜采用数值分析方法进行校核。

**5.1.5** 在抗震设防区域，应按现行国家抗震标准进行抗震设防设计。

**5.1.6** 加筋挡土墙的组成部分（图 5.1.6）包括：面板、基础、筋材、墙体填料、墙背填料以及其它附属工程。

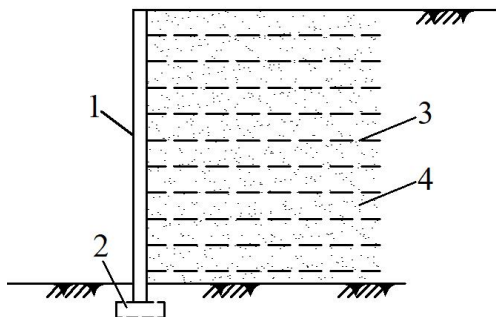
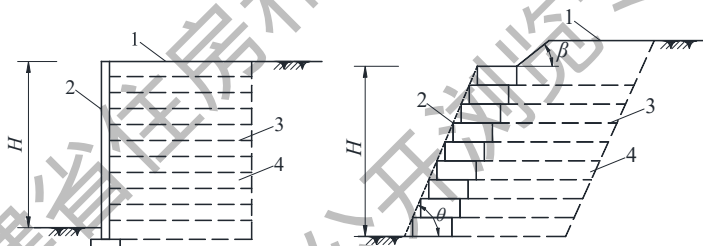


图 5.1.6 加筋挡土墙结构

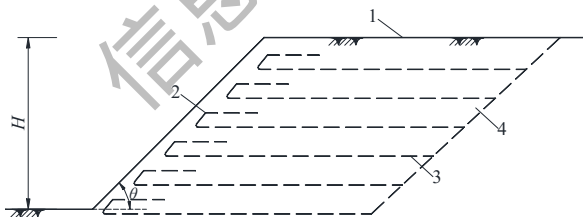
1—面板；2—基础；3—筋材；4—墙体填料

**5.1.7** 根据挡土墙规模尺寸、工程地质条件和周边环境条件，加筋挡土墙可采用直立式、倾斜式、放坡式布置，挡土墙高度大于 10m 时可采用分级式布置。

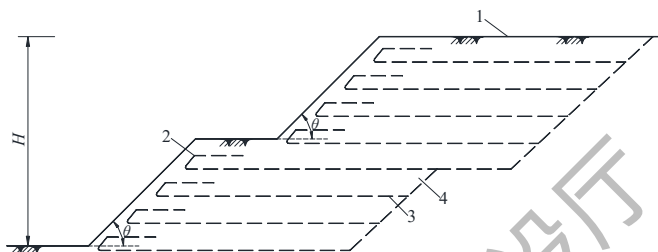


(a) 直立式

(b) 倾斜式



(c) 放坡式

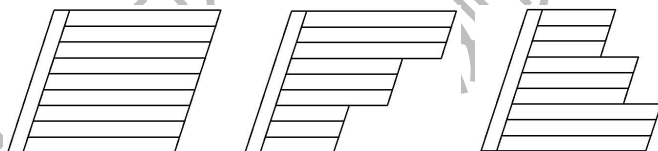


(d) 分级放坡式

图 5.1.7 加筋挡土墙布置形式

1—墙顶；2—面板；3—筋材；4—墙体填料

**5.1.8** 挡土墙筋材布置典型横断面（图 5.1.8），宜采用图 5.1.8（a）所示的平行四边形；当受地形、地质条件限制时，也可采用图 5.1.8（b）所示的台阶式；当地基承载力较低时，可采用图 5.1.8（c）所示的错台式。断面尺寸应根据内部稳定性和外部稳定性的计算确定。



(a) 平行四边形

(b) 台阶式

(c) 错台式

图 5.1.8 挡土墙加筋体典型横断面

**5.1.9** 在距离挡土墙墙顶边缘线 3 倍挡土墙高度范围内，分布有重要建（构）筑物、市政道路及管线时，应满足以下规定：

1 计算时应考虑建（构）筑物、市政道路的自重作用效应和相互影响；

2 挡土墙与建（构）筑物基础外边缘的最小安全距离应根据岩土层分布、挡土墙和建筑物规模、墙顶建（构）筑物抗倾覆与抗滑移要求、边坡整体稳定性、变形控制等因素综合确定，无法

满足时应根据工程情况和现场条件采取有效的加固措施；

3 应避免墙顶重要建（构）筑物的自重荷载直接作用在潜在滑动面范围内，可采取桩基础、加大基础埋深、增设地下室或降低挡土墙高度等措施，将建（构）筑物的荷载直接传递至深部稳定岩土层内；

4 对建（构）筑物及管线的变形控制有要求时，应进行变形验算。

5.1.10 在挡土墙墙脚新建建（构）筑物时，其基础及基槽开挖时应应对挡土墙整体稳定性进行计算复核，必要时采取加强措施。

## 5.2 作用与组合

5.2.1 加筋挡土墙应采用以分项系数表示的极限状态设计方法。

挡土墙结构抗力函数按公式 5.2.1-1 和 5.2.1-2 计算。

$$\gamma_0 S \leq R(\cdot) \quad (5.2.1-1)$$

$$R(\cdot) = R\left(\frac{R_k}{\gamma_f}, \alpha_d\right) \quad (5.2.1-2)$$

式中： $\gamma_0$  —— 工程重要性系数，工程安全等级为一级时取 1.1，为二级时取 1.0，为三级时取 0.9；

$S$  —— 作用（荷载）效应的组合设计值；

$R(\cdot)$  —— 挡土墙结构抗力函数；

$R_k$  —— 抗力材料的强度标准值；

$\gamma_f$  —— 结构材料、岩土性能的分项系数，按照现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001 的规定取值；

$\alpha_d$  —— 结构或结构构件几何参数的设计值，当无可靠数据时可采用几何参数标准值。



**5.2.2** 挡土墙的作用（或荷载），按性质可分为永久作用（或荷载）、可变作用（或荷载）、偶然作用（或荷载），各类作用或荷载类型详见表 5.2.2。

表 5.2.2 作用（或荷载）分类

作用分类	作用名称
永久作用	挡土墙结构的重力
	填料（包括基础襟边以上土）重力及侧压力
	邻近建（构）筑物的重力
	锚杆预应力
	静水压力
可变作用	车辆荷载
	人行荷载
	动水压力
	雪荷载
	温度作用
	施工荷载
偶然作用	地震力
	车辆撞击力

**5.2.3** 挡土墙的结构重要性系数、各种作用及作用组合、分项系数应满足国家现行标准《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑结构荷载规范》GB 50009、《公路路基设计规范》JTG D30 的相关要求。

**5.2.4** 邻近建（构）筑物的自重荷载应根据主体结构类型、基础型式、层数综合确定。

**5.2.5** 浸水或高水位挡土墙的计算荷载应满足下列要求：

1 墙背土压力计算应根据填料透水性区分水土合算与水土分算，若为砂、砾等强透水层时宜采用水土分算，若为黏性土、黏质粉土等弱透水层时宜采用水土合算；

2 墙背填料为强透水层且墙身设有泄水孔时,可不计墙身两侧的静水压力和墙背动水压力;

3 挡土墙墙身所受浮力应根据地基土和浸水情况综合确定,位于砂类土、碎石类土和节理很发育的岩石地基,按计算水位的100%计算。

**5.2.6** 根据福建省的水文及气候条件、区域地质及抗震设防要求,作用组合应采用以下工况进行设计和校核:

1 一般工况:为设计工况,采用永久作用+可变作用,岩土体参数采用天然状态指标,支挡结构参数采用标准值;

2 饱和工况:为校核工况,采用永久作用+可变作用,岩土体参数采用饱和状态指标,支挡结构参数采用标准值;

3 地震工况:为校核工况,采用永久作用+可变作用+地震力,岩土体参数采用天然状态指标,支护结构参数采用标准值;

4 饱和+地震工况:为校核工况,采用永久作用+可变作用+地震力,岩土体参数采用饱和状态指标,支护结构参数采用标准值。

**5.2.7** 挡土墙前的被动土压力可不参与计算;当基础埋置较深且地层稳定、不受水流冲刷和扰动破坏时,可计入被动土压力,但应进行折减。

## 5.3 计 算

**5.3.1** 加筋挡土墙应进行外部稳定性和内部稳定性验算,具体如下:

1 外部稳定性验算应包括抗滑移稳定、抗倾覆稳定、地基承载力校核、整体稳定性验算等;

2 内部稳定性验算应包括筋材抗拉抗拔验算、筋材锚固长度计算及面板受力计算等;

3 存在软弱下卧层时应进行下卧层地基承载力验算和深部

稳定性验算；

4 周边环境、地质条件复杂时，需要对挡土墙及地基的变形进行验算。

**5.3.2** 填料产生的侧向土压力分为静止土压力、主动土压力和被动土压力，计算方法参照现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的相关要求。挡土墙高度大于 5m 时，土压力增大系数宜取 1.1~1.2。

**5.3.3** 在加筋挡土墙顶部有重要建（构）筑物时，应按表 5.3.3 对挡土墙的侧向土压力进行修正。

表 5.3.3 侧向土压力修正

坡顶建（构）筑物基础位置	侧向土压力取值
$a < 0.5H$	$E_0$
$0.5H < a < 1.0H$	$E'_a = \frac{1}{2}(E_0 + E_a)$
$a > 1.0H$	$E_a$

注：1  $E_a$ —主动土压力合力； $E'_a$ —修正主动土压力合力； $E_0$ —静止土压力合力；

2  $a$ —坡脚线到坡顶重要建（构）筑物基础外边缘的水平距离；

3 对多层建筑物，当基础浅埋时  $H$  取边坡高度；当基础埋深较大时，若基础周边与岩土体间设置摩擦力小的柔性材料隔离层，能使基础垂直荷载传至边坡破裂面以下足够深度的稳定岩土层内且其水平荷载对边坡不造成较大影响，则  $H$  可从隔离层下端算至坡底；否则， $H$  仍取边坡高度；

4 对高层建筑物应设置钢筋混凝土地下室，并在地下室侧墙临边坡一侧设置摩擦力小的柔性材料隔离层，使建筑物基础的水平荷载不传给支护结构，并应将建筑物垂直荷载传至边坡破裂面以下足够深度的稳定岩土层内时， $H$  可从地下室底标高算至坡底；否则， $H$  仍取边坡高度。

**5.3.4** 加筋挡土墙应通过土压力计算，选择合适的加筋材料和填料类型，确定筋材的位置、长度和间距等参数。

**5.3.5** 加筋挡土墙按筋材模量（图 5.3.5）可分为下列两种型式：

1 刚性筋墙：用抗拉模量高、延伸率低的土工带等作为筋材，加筋体填料中的潜在破裂面如图 5.3.5（a）所示；

2 柔性筋墙：以塑料土工格栅或有纺土工织物等拉伸模量相对较低的材料作为筋材，墙体填料中潜在破裂面如朗肯破坏面如图 5.3.5（b）所示。

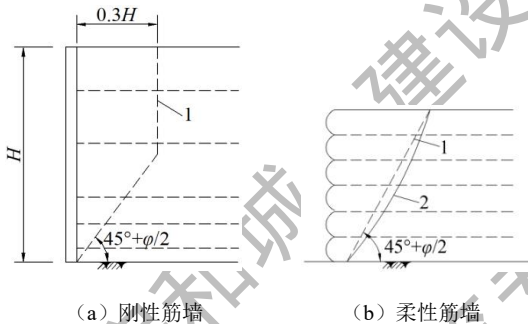


图 5.3.5 两类加筋挡土墙的破裂面示意图

1—潜在破裂面；2—实测破裂面； $\varphi$ —填土的内摩擦角

**5.3.6** 外部稳定性验算应将整个加筋挡土墙视为刚体，采用一般重力式挡墙的方法验算挡土墙的抗水平滑动稳定性、抗深层滑动稳定性（整体稳定性）和地基承载力；加筋挡土墙底面以上作用力的合力点在底面中三分段之内时，挡土墙可不作抗倾覆验算。墙背土压力可根据图 5.3.6 按朗肯土压力理论进行计算。

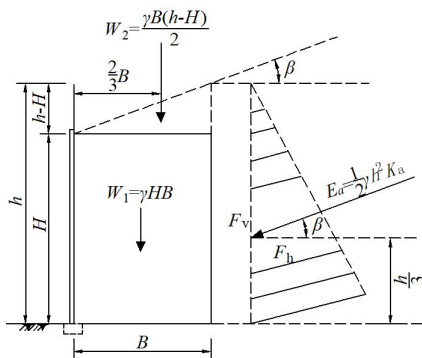


图 5.3.6 墙背垂直、填土面倾斜时的土压力计算

5.3.7 加筋挡土墙抗滑移稳定性验算应符合下列规定：

$$K_c = \frac{u \sum N + E_p}{E_{ax}} \quad (5.3.7)$$

式中：  $K_c$  —— 抗滑移稳定安全系数；  
 $\mu$  —— 挡土墙基底与地基土间的摩擦系数；  
 $\sum N$  —— 作用于基底上的竖向力总和（kN/m），  
 浸水挡土墙应计浸水部分的浮力；  
 $E_p$  —— 墙前被动土压力（kN/m），宜根据地质  
 条件和基础埋深折减；  
 $E_{ax}$  —— 墙后主动土压力的水平分量（kN/m）。

表 5.3.7 基底与地基土间的摩擦系数  $\mu$

地基土的分类	摩擦系数 $\mu$
软塑黏土	0.25
硬塑黏土	0.30
半干硬的黏土	0.30~0.40
砂类土	0.40

表 5.3.7 基底与地基土间的摩擦系数  $\mu$

地基土的分类	摩擦系数 $\mu$
碎石类土	0.50
软质岩石	0.40~0.60
硬质岩石	0.60~0.70

**5.3.8** 加筋挡土墙进行抗水平滑移稳定性验算时，一般工况下的安全系数不低于 1.3，地震工况下的安全系数不低于 1.1。

**5.3.9** 加筋挡土墙抗倾覆稳定性验算应符合下列规定：

$$K_t = \frac{GZ_G + E_{ay}Z_{ax} + E_{px}Z_{py}}{E_{ax}Z_{ay}} \quad (5.3.9)$$

式中：  $K_t$  —— 抗倾覆稳定安全系数；

$G$  —— 作用于基底以上的挡土墙墙身重力、基础重力、面墙重力、基础以上填土的重力及作用于墙顶其它荷载的竖向力合力（kN/m），浸水挡土墙的浸水部分应计入浮力；

$Z_G$  —— 作用于基底以上竖向力合力重心到墙趾的距离（m）；

$E_a$  —— 墙后主动土压力的竖向分量（kN/m）；

$Z_{ax}^y$  —— 墙后主动土压力的竖向分量到墙趾的距离（m）；

$E_p$  —— 墙前被动土压力水平分量的 0.3 倍（kN/m）；

$Z_p^x$  —— 墙前被动土压力的水平分量到墙趾的距离（m）；

$Z_{ay}^y$  —— 墙后主动土压力的水平分量到墙趾的距离（m）。

**5.3.10** 加筋挡土墙进行抗倾覆稳定性验算时，一般工况下的安全系数不低于 1.6，地震工况下的安全系数不低于 1.3。

**5.3.11** 加筋挡土墙的整体稳定性可采用圆弧滑动法进行计算,假定抗拔力沿筋材方向,计算公式如下:

$$K_s = \frac{\sum [c_i l_i + (Q_i + W_i) \cos \alpha_i \tan \varphi_i] + \sum T_j (\cos \theta_j + \sin \theta_j \tan \varphi_i)}{\sum (Q_i + W_i) \sin \alpha_i} \quad (5.3.11)$$

式中:  $K_s$  —— 加筋挡土墙整体稳定安全系数;  
 $c_i$  —— 第  $i$  条块滑动面处的黏聚力 (kPa);  
 $l_i$  —— 第  $i$  条块滑动面处的弧长 (m);  
 $Q_i$  —— 第  $i$  条块地面附加荷载 (kN);  
 $W_i$  —— 第  $i$  条块土体自重荷载 (kN);  
 $\alpha_i$  —— 第  $i$  条块滑动面的法线与竖直线的夹角 ( $^\circ$ );  
 $\varphi_i$  —— 第  $i$  条块滑动面处土的内摩擦角 ( $^\circ$ );  
 $T_j$  —— 穿过滑动面的第  $j$  道筋带的抗拔力 (kN), 仅考虑滑动面以外筋带的摩擦力, 计算方法参见第 5.3.14 节, 且每层筋带的抗拔力不超过其抗拉强度;  
 $\theta_j$  —— 穿过滑动面的第  $j$  道筋带与滑动面切线的夹角 ( $^\circ$ )。

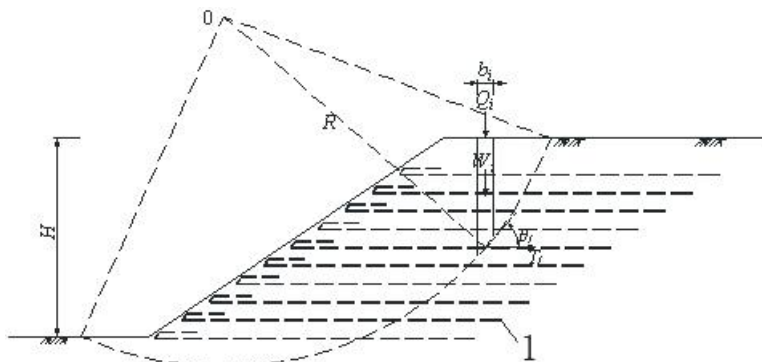


图 5.3.11 整体稳定性计算图示

1—筋带

**5.3.12** 多级挡土墙整体稳定性分析计算模型（图 5.3.12），其分级平台宽度  $D$  不小于 2.0m，并应根据分级平台宽度及基础位置条件按本标准表 5.3.12 的规定进行整体稳定性验算，其余计算应符合本标准规定的要求。

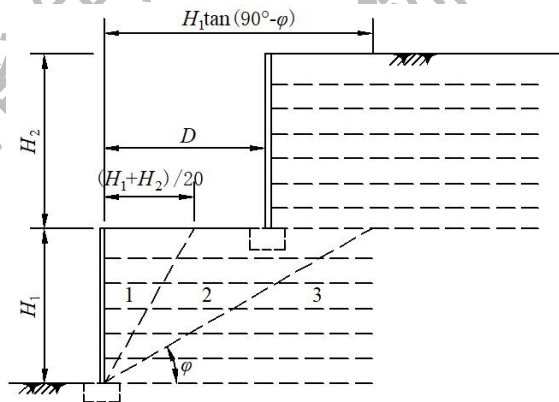


图 5.3.12 多级挡土墙整体稳定性分析计算模型图

1—下级墙影响显著区；2—下级墙稳定过渡区；3—下级墙稳定区



表 5.3.12 多级挡土墙整体性稳定计算方法

上级面板基础位置条件	平台宽度情况	计算方法
位于图 5.3.12 中的 1 区	$D \leq (H_1 + H_2) / 20$	按单级加筋土挡墙模式进行设计
位于图 5.3.12 中的 2 区	$(H_1 + H_2) / 20 \leq D \leq H_1 \tan (90^\circ - \varphi)$	逐级分析设计。最上层一级挡土墙可采用单级加筋土挡墙的模式设计，下级墙应将上级墙作为外加荷载进行外部和整体稳定性检算
位于图 5.3.12 中的 3 区	$D > H_1 \tan (90^\circ - \varphi)$	各级挡土墙可进行单独设计

注:  $D$ —分级平台宽度;  $H_1$ —上级墙高度;  $H_2$ —下级墙高度;  $\varphi$ —填料内摩擦角。

**5.3.13** 加筋挡土墙进行整体稳定性验算时, 整体稳定安全系数  $F_{st}$  不应低于表 5.3.13 中的数值:

表 5.3.13 整体稳定安全系数

安全等级 工况	一级	二级	三级
一般工况	1.35	1.30	1.25
饱和工况	1.25	1.20	1.05
地震工况	1.15	1.10	1.05

注: 1 地震工况时, 安全系数仅适用于滑塌区内无重要建(构)筑物的边坡;

2 对地质条件很复杂或破坏后果极严重的边坡工程, 其整体稳定安全系数应适当提高。

**5.3.14** 内部稳定性验算应包括筋材抗拉强度验算和抗拔稳定性验算, 并按下列方法进行:

#### 1 筋材强度验算

1) 每层筋材均应进行抗拉强度验算, 第  $i$  层单位宽度筋材承受的水平拉力  $T_i$  应按下式计算:

$$T_i = [(\sigma_{vi} + \sum \Delta \sigma_{vi}) K_i + \Delta \sigma_{hi}] s_{vi} / A_t \quad (5.3.14-1)$$

式中:  $\sigma_{vi}$  —— 第  $i$  层筋材位置土的垂直自重应力 (kPa);

$\sum \Delta \sigma_{vi}$  —— 超载引起的垂直附加应力 (kPa);

$\Delta \sigma_{hi}$  —— 第  $i$  层筋材位置土的水平附加应力 (kPa);

$A_r$  —— 筋材面积覆盖率,  $A_r = 1 / s_{hi}$ , 筋材满铺时取 1;

$s_{hi}$  —— 第  $i$  层筋材水平间距 (m);

$s_{vi}$  —— 第  $i$  层筋材垂直间距 (m);

$K_i$  —— 第  $i$  层筋材位置土的土压力系数。

2) 土压力系数  $K_i$  应按下列公式计算:

对于柔性筋材[图 5.3.14-1 (a)]:

$$K_i = K_a \quad (5.3.14-2)$$

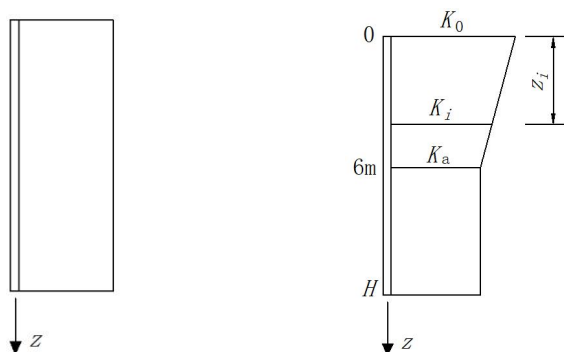
对于刚性筋墙[图 5.3.14-1 (b)]:

$$K_i = K_0 - [(K_0 - K_a)z_i] / 6, \quad 0 < z \leq 6m \quad (5.3.14-3)$$

$$K_i = K_a, \quad z > 6m \quad (5.3.14-4)$$

式中:  $K_a$  —— 主动土压力系数;

$K_0$  —— 静止土压力系数。



(a) 柔性筋墙

(b) 刚性筋墙

图 5.3.14-1 挡土墙土压力系数

3)  $T_i$  应满足下式要求:

$$T_a / T_i \geq 1 \quad (5.3.14-5)$$

式中:  $T_a$  —— 筋材的允许抗拉强度, 应符合本标准第 4.2.6 条的规定;

$T_i$  —— 第  $i$  层单位宽度筋材承受的水平拉力。

4) 当  $T_a / T_i < 1$  时, 应调整筋材间距, 或改用具有更高抗拉强度的筋材。

## 2 筋材抗拔稳定性验算

1) 第  $i$  层筋材的抗拔力  $T_{pi}$  应根据填土破裂面以外筋材的

有效长度  $L_e$  与周围土体产生的摩擦力 (图 5.3.14-6) 按

下式计算:

$$T_{pi} = 2\sigma_{vi}BL_{ci}f \quad (5.3.14-6)$$

式中:  $f$  —— 筋材与填土的摩擦系数, 由试验测定;

$L_{ei}$  —— 第  $i$  层筋材有效长度 (m)，即破裂面以外的筋材长度，该长度不小于 2m；

$B$  —— 筋材宽度 (m)，筋材满堂铺时， $B=1$ 。

2) 筋材抗拔稳定性安全系数应按下式确定：

$$F_s = T_{pi} / T_i \quad (5.3.14-7)$$

3) 筋材抗拔安全系数不应小于 1.5。当不能满足时，应加长筋材或增加筋材用量，重新进行验算。

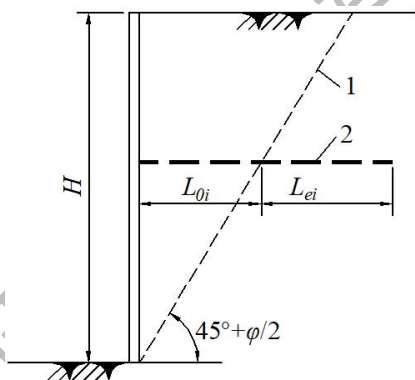


图 5.3.14-2 筋材长度

1—破裂面；2—第  $i$  层筋材

**5.3.15** 第  $i$  层筋材总长度  $L_i$  应按下式计算：

$$L_i = L_{0i} + L_{ei} + L_{wi} \quad (5.3.15)$$

式中：  $L_{0i}$  —— 第  $i$  层筋材破裂面以内长度 (m)；

$L_{wi}$  —— 第  $i$  层筋材外端部包裹土体所需长度，该长度不宜小于 1.5m；或筋材与墙面连接所需长度 (m)。

**5.3.16** 加筋筋材应通过外部稳定性、内部稳定性综合计算分析，确定加筋材料的铺设方式、铺设层数（竖向间距）、铺设范围（铺设长度），加筋筋材宜按上疏下密的方式进行布置。

### 5.3.17 加筋挡土墙地基承载力计算应符合下列规定：

1 计算挡土墙地基承载力时，传至基础底面的作用效应，应按正常使用极限状态下荷载效应标准组合，相应的抗力采用地基承载力特征值；

2 基底合力的偏心距 $e$ 可按式（5.3.17-1）计算：

$$e = \frac{\sum M}{\sum N} \quad (5.3.17-1)$$

式中：  $e$  —— 基底合力的偏心距（m），土质地基不应大于基底宽度  $B/6$ ，岩质地基不应大于基底宽度  $B/4$ ， $e < 0$  时，取  $e=0$ ；

$\sum M$  —— 作用于基底形心处的弯矩总和（kN·m/m）。

3 挡土墙基底压应力应满足地基承载力要求，可按式（5.3.17-2）计算：

$$p = \frac{\sum N}{A} \pm \frac{\sum M}{W} \leq k f_a \quad (5.3.17-2)$$

式中：  $p$  —— 挡土墙基底压应力（kPa）；

$W$  —— 挡土墙基础底面的抵抗矩（m<sup>3</sup>）；

$k$  —— 地基承载力特征值提高系数，对于墙趾位置取 1.2、墙踵位置取 1.0；

$f_a$  —— 经基础深宽修正后的地基承载力特征值（kPa）。

4 当挡土墙天然地基承载力不能满足要求时，应根据计算需要因地制宜地进行地基处理，经处理后的人工地基应能满足承载力、稳定性和变形的要求；

5 当加筋挡土墙基底存在软弱下卧层时，应进行下卧层的地基承载力和深部稳定性进行验算。

### 5.3.18 面板应按下列规定设计计算：

- 1 作用于单块板上的土压力按均布力计算；
- 2 面板作为两端外伸的简支板，沿竖直方向和水平方向分别计算受力；
- 3 面板与筋带的连接部分宜适当加强；
- 4 无论采用何种面板，面板与筋材之间的连接强度应满足以下要求：

$$T_{\max} \leq T_{\text{ac}} / \gamma_{\text{co}} \quad (5.3.18)$$

式中：  $T_{\max}$  —— 各层筋材承受的最大水平拉力值（kN/m）；  
 $T_{\text{ac}}$  —— 筋材与挡土墙面板连接强度标准值（kN/m），宜通过试验测定，并考虑蠕变和老化因素进行折减；  
 $\gamma_{\text{co}}$  —— 筋材与面板连接强度的分项系数，可取 2.0。

**5.3.19** 面板进行全墙抗拔稳定性验算时，分项系数均取 1.0，并应符合式（5.3.19）的规定：

$$K_b = \frac{\sum T_{\text{pi}}}{\sum T_i} \geq 2 \quad (5.3.19)$$

式中：  $K_b$  —— 全墙抗拔稳定安全系数；  
 $\sum T_{\text{pi}}$  —— 各层拉筋所产生的摩擦力总和；  
 $\sum T_i$  —— 各层拉筋承担的水平拉力总和。

**5.3.20** 对于面板为预制砌块的加筋挡土墙，砌块上下面的抗剪力应符合设计要求；上下相邻筋材之间的间距应为块体宽度（墙前至墙后间的距离， $W_u$ ）的 2 倍或 0.8m 两者中的小值。最上层筋材以上和底部筋材以下的面板最大高度不得大于  $W_u$ 。法向压力下砌块间的抗剪力应超过面板处承受的水平土压力，安全系数不应小于 2。

**5.3.21** 加筋挡土墙变形计算应符合下列规定：

1 挡土墙变形计算可分为挡土墙及墙背填土的自重压缩变形和地基土的压缩变形；

2 挡土墙基底属于填土地基、软土地基、有软弱下卧层的地基或挡土墙墙顶存在重要建（构）筑物等情况时，应进行地基变形计算；

3 地基沉降可按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的分层总和法进行计算；

4 对挡土墙进行水平位移计算，或者周边环境及地质条件复杂时，可采用有限元软件进行数值分析，自挡土墙竣工算起的侧向深层水平位移值不宜超过挡土墙高度的 1%；

5 当地基变形及不均匀沉降、建筑物变形值大于现行相关标准的允许值时，应调整挡土墙结构型式、截面尺寸和采取地基处理等措施，使变形值满足使用要求。

**5.3.22** 加筋挡土墙坡顶邻近有重要建（构）筑物时，应根据结构类型和基础型式、变形敏感程度、岩土层性状等因素，按当地工程经验合理确定挡土墙的变形允许值。

## 5.4 墙体结构设计

**5.4.1** 加筋挡土墙高度超过 10m 时采用多级设计，每级墙高不大于 10m。

**5.4.2** 加筋挡土墙的纵向线形可按直线形、折线形或台阶形布置，纵向折线的内夹角宜在  $90^{\circ}\sim 180^{\circ}$ ，当内夹角大于  $180^{\circ}$  时，应加设补强筋材，避免存在无筋区。

**5.4.3** 根据挡土墙结构类型，按照第 5.3 节要求计算确定挡土墙的筋材规格及间距、面板构造和填料的设计参数。

**5.4.4** 筋材应按照第 4.2 节要求进行选型，并符合现行行业标准《公路土工合成材料应用技术规范》JTG/TD 32 的有关规定。

**5.4.5** 筋材竖向间距宜为 300~500mm，最大间距不宜超过 1000mm，

当间距超过 500mm 时宜增设次筋材，次筋材的水平回折长度不宜小于 2.0m。

**5.4.6** 筋材应水平分层铺设，采用包裹式面板时反包筋材的预留长度不宜小于 2.0m，并与上层筋材可靠连接。

**5.4.7** 筋材不宜直接铺设于原状地表，宜先埋设 0.3m~0.5m 的砂垫层或其它透水性较好的均质填料，再铺设筋材。

**5.4.8** 在满足抗拔稳定性条件下，筋材长度应符合下列规定：

1 挡土墙墙高大于 5.0m 时，筋材长度不应小于 0.8 倍墙高，且不小于 5m；当采用不等长的筋材时，同长度筋材的墙段高度不应小于 3.0m；相邻不等长筋材的长度差不宜小于 1.0m；

2 挡土墙墙高小于 5.0m 时，筋材长度不宜小于 3.0m，且采用等长拉筋；

3 挡土墙上部存在斜坡或其它附加荷载时，筋材长度应适当加长，不宜小于 1.0 倍墙高。

**5.4.9** 面板设计应符合坚固、美观、运输方便、易于安装等要求。

**5.4.10** 面板采用预制砌块和石笼网箱时，墙面可采用台阶式布置，其它面板类型则采用垂直式或斜坡式布置。

**5.4.11** 加筋挡土墙采用混凝土面板时，厚度不宜小于 100mm，混凝土强度等级不低于 C25。

**5.4.12** 加筋挡土墙面板沿挡土墙纵向每隔 15m~25m 或在地质条件变化、墙身断面变化、墙面转折以及与其它建（构）筑物连接等位置，应设置伸缩缝或沉降缝，缝宽宜为 20mm~30mm，缝内填充材料可采用沥青麻筋、沥青木板、胶泥、橡胶条等。

**5.4.13** 面板与筋材的连接应坚固可靠，并符合以下要求：

1 采用现浇整体式面板时，应在加筋体埋设锚固钢筋，钢筋直径不宜小于 20mm，预埋长度不宜小于 3.0m，垂直与水平方向的间距不宜大于 2.5m，并做好防锈蚀处理；

2 预制整体式或组合式面板内应设置与加筋材料连接的预埋件，预埋件的竖向间距应与加筋层间距一致，预埋件与筋材连接后应进行



防腐保护；

3 采用预制砌块面板时，面板与筋材应通过机械连接，不应单独使用摩擦连接；

4 采用石笼网箱、土工格室等柔性面板时，加筋材料与面板之间应设置足够的搭接长度；

5 对于坡率较陡的挡土墙，不宜采用筋材反包生态袋或植生袋作为防护面板；

6 在腐蚀性环境中，筋材与面板的连接还应满足防腐蚀和耐久性要求。

**5.4.14** 筋材之间或筋材与面板之间连接时，连接强度不应低于设计强度。

**5.4.15** 无面板加筋土边坡设计应符合下列要求：

1 加筋坡面长期裸露部分应采用抗老化的筋材；

2 反包式土工格栅筋材的水平回折反包长度，应大于式(5.4.15)计算值，且不宜小于2.0m：

$$L_0 = \frac{D\sigma_{hi}}{2(c + \gamma h_i \tan \delta)} \quad (5.4.15)$$

式中：  $L_0$  —— 计算筋材层的水平回折反包长度（m）；

$D$  —— 筋材的上、下层间距（m）；

$\sigma_{hi}$  —— 第  $i$  层筋材处的水平土应力（kPa）；

$c$  —— 筋材与填料之间的黏聚力（kPa）；

$\delta$  —— 筋材与填料之间的内摩擦角（°），填料为砂类土时取（0.5~0.8） $\varphi$ ；

$\gamma$  —— 加筋体的填料重度（kN/m<sup>3</sup>）；

$h_i$  —— 墙顶（包括墙顶以上填方高度）距第  $i$  层面板中心的高度（m）。

**5.4.16** 加筋土边坡的坡面防护应根据边坡坡率、填料类型、气候特征和工程经验综合选择土工格室及生态袋反包。

1 对于坡率较陡的加筋土边坡，可采用预制混凝土砌块、石笼网箱（格宾网）等柔性面板；

2 对于坡率较缓的加筋土边坡，宜采用土工格室、生态袋反包、挂网客土喷播等坡面防护形式；

3 采用生态边坡防护时，应选择根系发达的植被。

**5.4.17** 加筋挡土墙端部，可采用护坡、锥坡、护墙等构造措施与相邻的边坡或建（构）筑物衔接。

**5.4.18** 浸水区挡土墙的材料与结构布置应满足下列要求：

1 浸水部分填料应采用透水性强的粗颗粒填料；

2 浸水部分墙面应具有抗冲刷能力，宜采用石笼网箱面板或预制模块面板；

3 面板后宜铺设反滤层及无纺土工布。

## **5.5 地基基础**

**5.5.1** 挡土墙基础设计包括面板基础和加筋体基础两部分，加筋体基础宜采用天然地基。

**5.5.2** 面板基础应符合下列要求：

1 采用现浇混凝土或预制砌块面板时，面板底部应设置钢筋混凝土条形基础；

2 采用土工格室、石笼网箱等柔性面板时，宜在地基上铺设厚度不小于 300mm 的碎石垫层；

3 面板底部的混凝土基础宽度不宜小于 0.40m，厚度不宜小于 0.20m，基础埋置深度不宜小于 0.60m，并根据地形地貌、工程地质条件综合确定。

**5.5.3** 挡土墙基底纵向应根据地形地貌修整成水平或台阶状，每个台阶长度应不小于 3.0m，相邻台阶高差不宜大于 2.0m。

**5.5.4** 当天然地基无法满足加筋挡土墙基础设计要求时，可根据场地地形地貌、工程地质条件、挡土墙结构型式等进行地基处理，并符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的相关规定。

**5.5.5** 挡土墙基础的埋置深度应根据地形地貌、地质条件、水流冲刷情况，以及结构稳定和整体稳定性等要求确定，并符合下列规定：

1 基础埋置深度从坡脚顶面算起，设置在土质地基上时，基础埋置深度应不小于 1.0m；设置在岩质地基上时，应清除表面风化层，基础埋置深度应不小于 0.3m；挡土墙墙脚宜设置混凝土挡墙进行护脚，高度不宜小于 2.0m；

2 在浸水地区，基础受水流冲刷作用时，基础底面应设置于冲刷线以下不小于 1.0m 处，且坡脚宜采用抛石、混凝土预制块等进行护脚；

3 斜坡上的挡土墙基础埋深不宜小于 1.5m，并在坡脚设置宽度不小于 1.0m、厚度大于 0.25m 的防护层，其表面做成向外倾斜 3%~5% 的排水横坡；护脚材料可采用浆砌片（块）石、混凝土等。

**5.5.6** 挡土墙坡脚为斜坡地、软弱土层等地质条件时，应结合边坡整体稳定性和变形控制需要增设抗滑桩、预应力锚杆等支挡构件。

## **5.6 排 水**

**5.6.1** 应根据当地气候、气象、水文、地形地貌及工程地质条件等，结合建设场地的使用功能需求进行加筋挡土墙截排水系统设计。

**5.6.2** 进行截排水设计时，应根据当地气候气象和地形特征对汇水面积和排水量进行计算，结合场地排水需求选择合适的排水材料和排水体。

**5.6.3** 截排水系统应与场地市政管网系统有效连接。

**5.6.4** 加筋挡土墙墙内排水可根据工程条件选用合理的排水体型式，但各种排水体均应通过透水管等将地下水导至墙外。

**5.6.5** 加筋挡土墙、加筋土边坡的截排水设计应满足下列规定：

1 地表应因地制宜设置截排水设施，设置一定的散水坡度，以便将地表水汇集排至纵向边沟或排水沟，防止地表水直接冲刷墙体；

2 为防止地表水下渗，可在墙顶地面设置隔水层，如采用不透水黏土层夯实（厚度不小于 1.0m）或设置混凝土面层等；

3 在加筋体内宜按一定间距设置塑料排水盲板，水平及竖向间距不宜大于 2.0m，或分级设置中粗砂（或碎石）排水层，排水层宽（厚）度不小于 300mm，排水层与加筋土填料之间应设置反滤层；

4 位于斜坡上的挡土墙，宜在墙背设置中粗砂（或碎石）排水层或塑料排水盲板，排水层宽（厚）度不小于 300mm，排水层与加筋土填料之间应设置反滤层；

5 宜在原状地基表面设置不小于 500mm 的排水层或隔水层，再铺设筋材。

**5.6.6** 分级加筋挡土墙的平台排水应符合下列规定：

1 分级挡土墙的平台应设置不小于 5% 的排水横坡；

2 分级平台宜采用 C20 及以上素混凝土垫层进行防护，厚度不小于 150mm，平台宽度大于 2.0m 时，宜设置平台纵向排水沟；

3 素混凝土垫层或平台排水沟宜采用防渗土工膜或黏土封闭等防水处理措施。

**5.6.7** 加筋挡土墙应结合面板类型和填料类型，在面板后设置反滤层和排水体，将加筋体内的地下水排出墙外，排水孔水平及竖向间距不宜大于 2.0m。

**5.6.8** 浸水地区的加筋体应采用透水性良好的填料，保证排水通畅。

**5.6.9** 场地位于起伏大、范围广的沟谷回填区时，应结合地形地

貌沿沟谷走向埋设深部排水盲沟、盲管等，防止场地深部积水。

**5.6.10** 排水体四周应设置反滤层或反滤材料，可选择无纺土工织物作为反滤材料，反滤材料应满足保土、透水和防淤堵三原则。

**5.6.11** 挡土墙墙顶周边存在建（构）筑物时，应将生活用水有效收集排走，防止渗漏至挡土墙内。

福建省住房和城乡建设厅  
信息公开浏览专用

## 6 施 工

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 加筋挡土墙施工包括施工准备、基础施工（基槽开挖、地基处理、基础砌筑或浇筑、埋设排水设施）、加筋体施工（墙面板组件安装、筋材铺设、填料摊铺与压实、埋设排水设施）和附属结构施工等内容。

**6.1.2** 加筋挡土墙施工之前，应对场地的建（构）筑物、地下管线、道路、河岸等分布情况摸排、建档，并拍照留底。场地周边存在可能受影响的建筑物时，应对建筑物的性质、层数、结构型式、基础型式进行调查备案。

**6.1.3** 加筋挡土墙施工之前宜选取代表性场地作为试验段进行现场试验，试验段长度不宜小于 20m，对设计参数和施工工艺进行验证，经检验合格后方可进行加筋挡土墙的大面积施工。试验段完成后，应形成总结报告，报告主要包含以下内容：

- 1 材料基本性能参数、填料来源分析；
- 2 筋材铺设、面板安装等施工工艺；
- 3 填料压实工艺主要参数：机械（具）选型、松铺厚度、碾压遍数等；
- 4 设计优化建议。

**6.1.4** 各道工序均须经施工单位自检、监理单位检查合格后方可进行下道工序施工，并做好施工记录。

**6.1.5** 应按设计要求作好挡土墙与不同支护结构、邻近建（构）筑物的衔接，做到过渡平顺、安全牢固。

**6.1.6** 施工过程中宜采取有效措施截排地表水和疏通地下水，必要时埋设临时排水设施；临时排水设施宜与永久排水设施相结合。

**6.1.7** 加筋挡土墙的面板宜与加筋体填筑同步施工，面板施工滞后时应应对加筋体采取临时防护措施，避免筋材长期暴露和雨水冲刷。

**6.1.8** 施工过程中应对挡土墙、邻近建（构）筑物进行定期监测，及时掌握挡土墙的变形及稳定状态，必要时立即调整施工工艺或采取其他有效措施。

**6.1.9** 应加强筋材和辅助材料在运输、储存、施工中的管理，建立明确的保管制度，并符合下列规定：

1 各种材料应分类保管；不应露天存储，存放场所应通风干燥，远离火源；

2 在运输、储存过程应封盖，避免筋材、面板和辅助材料暴露在阳光照射下或被雨水浸泡，对临时裸露的材料应采取措施进行覆盖保护；

3 施工时应合理选择施工机具和填料，减少施工过程对筋材和辅助材料的损伤。

**6.1.10** 应严格筛选填料的来源，备选填料均应进行必要的物理力学性能试验，满足设计要求方可作为填料。

**6.1.11** 挡土墙的施工工艺流程（图 6.1.11）。

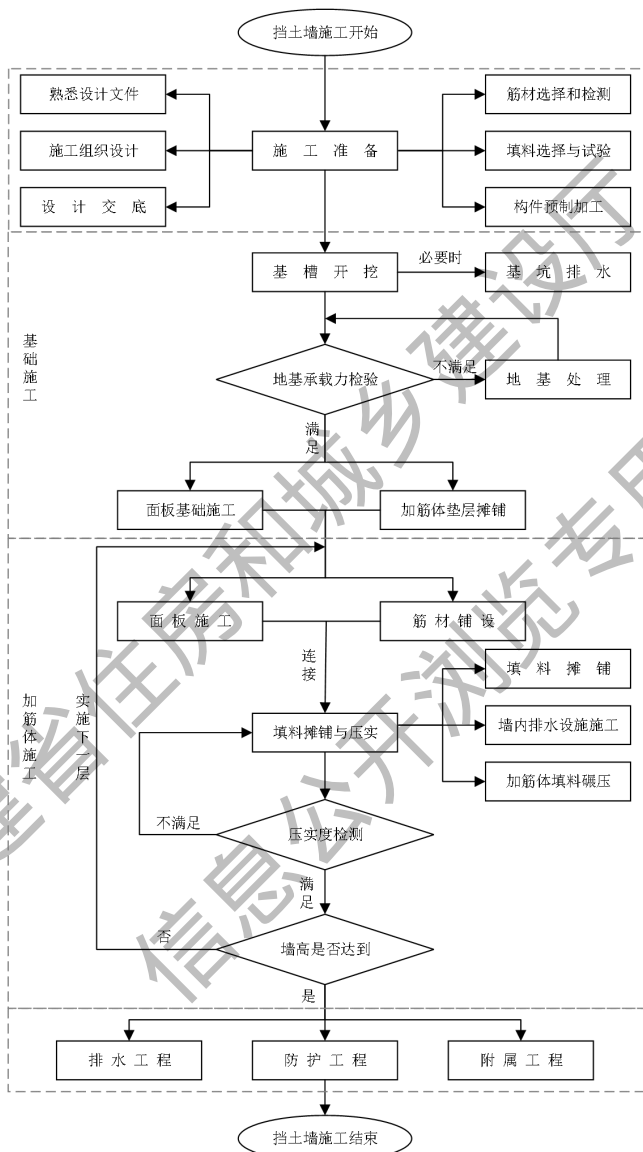


图 6.1.11 挡土墙的施工工艺流程



## 6.2 施工准备

**6.2.1** 施工前应熟悉设计文件，做好对场地环境、施工条件和地质条件的现场核查和测量工作；当实际情况与设计条件不同时，应立即通知相关单位，必要时修改完善设计方案。

**6.2.2** 开工前应根据施工场地的地形地貌、地质、水文、气象、环境条件、施工图和工期要求，编制施工组织设计和危大工程安全专项方案，并按相关规定报批。

**6.2.3** 施工人员配置应满足工程施工和质量技术管理的需要。挡土墙施工前，应根据设计要求、施工内容和施工方案，按相关程序要求分级对主要技术管理人员、施工人员进行质量、安全和环保等技术交底，交底过程形成书面记录。

**6.2.4** 施工前应应对各项材料进行核对，委托具有相应资质的单位对填料、筋材、预制面板、钢筋、水泥等施工材料进行检测。监理单位应抽检，合格后方可用于工程。

**6.2.5** 除按设计要求配备压实机械外，还应选备振动板、蛙式夯、手扶式振动压路机等适用于面板内侧 1.0m 范围内压实作业的小型压实机具。

**6.2.6** 对场地表面进行清理，去除填土、淤泥、淤泥质土、有机质等软弱土层，以及腐植土、植被、表面风化和松软的土石料等杂物；若填土、淤泥、淤泥质土等软弱土层较厚无法完全清除时，应采取地基处理措施。

**6.2.7** 施工现场应设置醒目的安全、警示标志和安全防护设施。

## 6.3 施工工艺

**6.3.1** 施工现场测量放线应符合下列规定：

1 中线测量、恢复原有中线桩，测定挡土墙墙面、基础边线，并根据第 6.2 节的规定做好布桩工作；

- 2 水平测量中线桩和挡土墙基础标高，并设置施工水准点；
- 3 复测中线桩核对横断面，并按需要增补横断面测量。

#### **6.3.2 挡土墙基槽开挖应符合下列规定：**

1 根据挡土墙基础设计尺寸、形状以及埋置深度要求，测量划线后将地基开挖至设计标高，基槽开挖范围应大于基础外缘 0.5m~1.0m，保证满足筋材铺设、填料摊铺、碾压要求；

2 基槽开挖宜分段进行，分段位置宜结合伸缩缝、沉降缝的位置确定；

3 开挖时应控制基底高程，不应超挖填补；超挖后不应回填虚土；当开挖接近基底设计标高时，对于土质地基应保留 0.1m~0.2m 厚度，在基础施工前再人工挖除；

4 当挡土墙基槽横向或纵向标高变化较大时，应沿基槽横向或纵向呈台阶状开挖，每个台阶宽度不宜小于 2.0m；

5 开挖时如有渗水或雨水流入，应设置临时排水设施；土质或易风化软质岩石地基在雨季开挖时，应在基槽挖好后及时封闭基底；

6 基槽开挖时，应根据设计要求采取合理的放坡坡率或支护措施，并对基槽稳定性进行观测，必要时应采取相应的处理措施；

7 基槽开挖的弃土应及时外运，不得堆放于基槽边缘；

8 基槽开挖后应对基底整平、压实，及时施作基础或挡土墙，不应使基槽长时间暴露或扰动、浸泡。

#### **6.3.3 基槽开挖后应及时进行检验，并符合下列规定：**

1 基槽几何尺寸应满足设计要求；

2 确认基底地质条件与设计文件是否相符，承载力是否满足要求，当地基承载力不满足要求时，应按设计要求对地基进行处理；

3 地基检验合格并经监理单位确认后，方可进行基础施工。

#### **6.3.4 基础施工应符合下列规定：**

1 采用砂石垫层时，应分层摊铺、压实；

2 基础采用混凝土时，应在混凝土强度达到设计强度的 80%

后，方可采用小型压实机械对基槽分层回填夯实。

### **6.3.5 筋材铺设应符合下列规定：**

1 筋材铺设时应拉直绷紧、铺平，不应出现皱褶、突起现象，可用 U 型钉或小木桩在筋材末端固定使其紧贴于土层；

2 筋材铺设后应及时用填料覆盖，施工时筋材暴露总时间不应超过 8 小时；

3 筋材的主受力方向（抗拉强度高的方向）应与挡土墙横断面方向一致，施工时应根据设计长度确定筋材的剪裁长度，避免在主受力方向连接；确需在主受力方向连接时，应采用连接棒、连接件或其他连接形式连接；

4 相邻筋材或加筋单元应通过搭接或绞接方式联接成一体；相邻筋材采用搭接时，搭接宽度不宜小于 150mm，且不同层面的搭接位置宜相互错开，错开距离不小于 1.0m；

5 对于斜坡上的加筋挡土墙，应将现状边坡修整成台阶状，各层筋材应延伸至台阶内铺设；

6 筋材与面板之间的连接处强度不应低于筋材的设计强度；

7 铺设筋材的土层表面应平整，不应有尖锐凸出物；与筋材直接接触的填料最大粒径不宜超过 100mm，粒径大于 60mm 的含量不宜超过 30%；

8 挡土墙与邻近拟建建（构）筑物及桩基础位置重叠时，筋材宜在基桩位置断开布置，预留后期基桩施工空间，并在断开位置采取加强措施。

### **6.3.6 填料摊铺与压实施工应符合下列规定：**

1 填料的类型和成分应符合设计要求，填料采集前应进行土工实验，获得填料的最佳含水量、最大干密度以及相应的物理力学指标；

2 加筋体填料应均匀回填、分层摊铺、压实平整，填料顶面横坡符合设计要求：

1) 应根据试验段确定的填料碾压机具、分层松铺厚度、碾

压速度、碾压遍数等施工设备和工艺参数进行填料摊铺与压实；

2) 填料摊铺、碾压应先从筋材中部开始并平行于墙面进行，再向筋材尾部逐步摊铺、压实，并向墙面方向进行；人工摊铺填料应顺筋材长度方向作业，分层厚度不大于 200mm；

3) 填料碾压时，压实机械应先轻后重；第一遍宜用轻型压路机械碾压；若采用振动压路机，应进行不震动碾压；不应采用羊足碾压机压实；若填料中难以避免含有硬质锐利颗粒，可在贴近筋材处覆盖上厚度不小于 50mm 的细土料；在距面墙 1.0m 处应设明显标志；

4) 靠近面板 1.0m 范围内的填料应用小型机具压实或人工夯实。

3 分层压实后的填料厚度应与对应的筋材竖向间距一致，分层厚度不宜大于 500mm；

4 填料压实系数不低于 0.94；

5 每层填料摊铺完毕，应及时碾压密实，需延时碾压时可用塑料薄膜覆盖填料；

6 施工过程中应做好外部截排水措施，雨天不应进行填料摊铺和压实作业，并采用彩条布等将已压实施工的部位遮盖，避免降雨和地表径流渗入加筋体；

7 机械行驶方向应与挡土墙墙面平行，不应在未覆盖填料的筋材上行驶，筋材覆土厚度不宜少于 150mm；不应在未经压实的填料上急剧改变运行方向和急刹车；

8 加筋挡土墙后的填料施工应与加筋体同步进行。

### 6.3.7 现浇混凝土面板施工应符合下列规定：

1 混凝土面板与加筋体同步施工时，应分层进行，分层高度不宜大于 2.0m；

2 加筋体中预埋的锚固钢筋弯折后锚入现浇混凝土面板内，

或与面板的外层主筋焊接固定；

3 锚固钢筋应进行耐腐蚀处理；

4 现浇混凝土面板时，包裹式加筋体坡面宜设置一层土工膜，防止面板浇筑时水泥浆液渗入到反滤层中；

5 面板浇筑之前，应采用彩条布等材料对筋材进行遮盖保护，防止筋材直接暴晒。

#### **6.3.8 预制混凝土面板施工应符合下列规定：**

1 预制混凝土面板外观尺寸、混凝土强度和预埋件等应满足设计要求，且应做到外光内实、轮廓清楚、线条顺直；

2 预制混凝土面板的安装应符合下列要求：

1) 预制模块面板可采用浆砌方式施工；

2) 面板砌筑应横平竖直，砌缝均匀一致，上下层错缝；

3) 按照设计要求进行放坡，每层应用垂球挂线核对，每安装完三层面板应用仪器测量标高及轴线；

4) 面板安装应根据高度和填料情况设置适当的坡度，斜度宜为 1:0.02~1:0.05；安装好的面板不应向外倾斜。

3 面板与筋材之间的连接应符合下列要求：

1) 插销连接：面板安装时，宜将筋材置于上下两层模块之间，在预留的插孔中放置销钉进行连接；

2) 预埋连接：预制模块时，宜将一定长度的筋材浇筑到模块中，外露侧至少预留一条横肋，通过连接棒将其与筋材连接；聚酯类土工格栅和土工布不应采用浇筑于混凝土中的方式进行连接；

3) 连接件连接：预制模块时在其上下侧预留楔口，面板安装时将筋材置于上下模块间通过专用连接件将面板与筋材相连；

4) 对于各种连接形式，施工中均应注意将连接部位拉紧，避免局部的应力集中与损伤。

#### **6.3.9 石笼网箱面板施工应符合下列规定：**

1 组装单个石笼网箱面板:将石笼网箱面板单元展开,面板、边板、隔板及背板均应垂直摆放,采用绑扎钢丝或 C 型钉进行现场连接与组装;

2 整体组装石笼网箱面板:将组装好的单个石笼网箱面板单元首尾相接地摆放在指定位置,并用绑扎钢丝或 C 型钉将相邻棱角连接起来;

3 装填石料:填充石料前,宜在石笼网箱面板外侧设置木板或钢管等临时约束装置,石笼网箱填石应按每层 250mm~350mm 的高度分层填充,面墙外侧 300mm 宽范围应采用人工码砌,每填充完一层石料,应在石笼网箱前后面板之间设置水平加强钢丝;

4 石笼网箱封盖:盖板与网箱四周及隔板采用绑扎钢丝或 C 型钉连接封盖。

#### **6.3.10 土工格室面板施工应符合下列规定:**

1 放线定位:在铺设工作面挂线或用石灰划线,按照厂家提供的张拉锚固距离设置锚固楔钉(木楔或铁楔),楔钉顶面应高出土工格室高度 10mm~30mm;

2 土工格室铺设:借助已打入的锚固楔钉,将土工格室完全展开并铺设在下承层上;土工格室的主受力方向应与坡面方向垂直;

3 土工格室填土:将符合要求的客土均匀填入土工格室的各个格室内,并高出格室高度 10mm~20mm;客土应选择种植土,不应使用掺杂石块、砂砾的填料,充填时应使每个格室中的客土密实,并符合首件工程明确的松铺厚度要求,再用小型压实机械或人工夯实;

4 重复 2、3 步骤以形成墙面。

#### **6.3.11 生态袋面板施工应符合下列规定:**

1 装填生态袋:将适合植物生长的客土装入生态袋,并保证袋体充盈;客土内宜添加一定的砂性土、有机肥或复合肥和植物种子;生态袋面板宜现装现垒,已装填的生态袋不应长时间曝晒

或被雨水淋泡；

2 筋材裁剪与铺设：筋材裁剪时应按设计要求有足够的长度，并预留反包筋材的长度；

3 生态袋码砌：将装好土料的生态袋按设计墙面坡率和加筋间距分层码砌形成墙面；生态袋码砌时应按先内后外逐层进行，并层层错缝，不宜出现贯通多层的通缝；两层生态袋之间应放置排水联结扣，并使每个排水联结扣骑跨两个生态袋，排水联结扣的棘爪应刺入生态袋；

4 面板压实整型：每层生态袋铺设完成后应用小型机具人工将其压实，并对其上表面和外侧整型，做到“顺直、平整、密实”，袋体外露部分不起皱，相邻袋体无明显高差；

5 生态袋面板安装后应喷灌浇水，保持墙面湿润。

**6.3.12** 加筋土边坡施工除了应满足加筋挡土墙的相关规定外，还应符合下列要求：

1 边坡坡率缓于 1:1.5 且筋材垂直间距不大于 500mm 时，坡面处筋材端部可不反包；

2 边坡坡率陡于 1:1.5 或筋材垂直间距大于 500mm 时，坡面处筋材端部应采用反包式，水平回折段应压在上一层土之下，回折长度不少于 2.0m；

3 筋材反包范围应铺设、堆叠石笼网箱、生态袋等材料。

**6.3.13** 排水工程施工应符合下列规定：

1 施工挡土墙的排水体时，应结合现场情况核对汇水面积和汇水路径；

2 排水体如反滤层、透水层、隔水层等应按设计要求与加筋体同步施工，同时完成；

3 反滤层、透水层应采用透水性良好的砂、碎石、砾石、卵石等材料，并外包无纺布等土工织物；

4 挡土墙底应铺设砂、碎石等透水层，并经透水管将地下水排出墙体；

- 5 砂、碎石等排水体分层摊铺后，与加筋体同步分层压实；
- 6 排水工程应确保沟底平整、不渗漏、线条直顺、曲线圆滑、排水畅通，不应含有杂物。

**6.3.14** 加筋挡土墙的坡面采用植物绿化防护时，应符合下列规定：

1 挡土墙加筋体分层压实完毕并经检验合格后，应及时进行植物绿化防护；

2 植物防护施工前，应根据挡土墙植物群落设计要求和气候条件，合理确定绿化物种；

3 植物种子应有检验合格报告，若是外地调入的种子还应有符合国家种子调拨规定的检疫报告；自行采集的乡土木本和草本种子喷播前应进行发芽试验；草本植物用种量应按设计要求配制，并根据发芽率高低、喷播季节和环境、建植目标群落的不同适当增减；灌木植物密度成苗数不小于 3 株/m<sup>2</sup>；

4 喷播草灌乔和喷混植物防护时，应采取试验段的种子配制和基材配置（如客土、黏合剂和保水剂等基材添加剂、复合纤维料、泥炭土、有机肥、种子和水等）；

5 基材混合物中各类材料应按设计比例和投料顺序依次投入搅拌机均匀搅拌，控制用水量和搅拌时间，搅拌时间宜不少于 2 分钟；

6 基材混合物应通过专用喷播设备喷附到挡土墙墙面，喷播应自上而下、分层进行，喷播应均匀，如发生流淌现象应重新喷播；

7 喷播完成后（高次团粒喷播植被防护除外）应对墙面铺设无纺布或遮荫网；

8 植物防护采用插枝或种植方式时，应将植物的根或枝条末端插入到挡土墙面板后的填料内；

9 植物防护采用生态袋时，生态袋采用聚丙烯为原料，应具有好的抗紫外线辐射、抗老化、抗酸碱盐、抗微生物侵蚀功能；生态袋内装耕植土、基肥或复合肥、种子等混合物，并采用联结



口固定、分层堆叠后形成整体；

**10** 植物防护施工完成后，应对植被进行养护，并对外观质量和局部缺陷进行整修或处理、评价。

福建省住房和城乡建设厅  
信息公开浏览专用

## 7 检验检测与验收

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 加筋挡土墙的检验检测范围主要包括地基、基础、筋材、填料、排水工程、防护工程等方面。

**7.1.2** 原材料质量检验检测应包括以下内容：

- 1 原材料出厂合格证检查；
- 2 原材料现场抽检；
- 3 水泥浆体、混凝土的配合比试验、强度等级检测。

**7.1.3** 加筋挡土墙质量检验检测包括材料检验、施工过程中的实体工程质量检查验收，应满足以下要求：

1 施工单位应根据本标准或现行国家标准《建筑边坡工程施工质量验收标准》GB/T 51351、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 的规定，对筋材、填料、辅助材料、实体工程等进行检验检测，并做好相应记录；监理单位要检查施工单位全部进场检验资料，经抽检合格后方可进场投入使用；

2 各施工工序完成后，均应进行实体工程质量检测和验收，并提供实体检测报告，经验收合格后方可进入下一工序施工，凡不合格者应进行整改或返工。

**7.1.4** 加筋挡土墙的工程质量检测报告应包括以下内容：

- 1 工程概况；
- 2 检测主要依据；
- 3 检测方法与仪器设备型号；
- 4 检测点分布图；

5 检测数据分析;

6 检测结论。

**7.1.5** 加筋挡土墙质量检验、检测除应符合本标准的规定外,还应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330、《建筑边坡工程施工质量验收标准》GB/T 51351 的相关规定。

## 7.2 地基基础

**7.2.1** 地基基础的检验检测内容主要包括:

1 天然地基、复合地基承载力;

2 桩身完整性、桩基承载力;

3 基础强度。

**7.2.2** 地基基础的质量检测数量要求为:

1 地基承载力为每 20m 长度 1 个点,总数不应少于 3 个点,遇到复杂地基时应增加检测数量;

2 采用复合地基时,单桩承载力和复合地基承载力应满足现行国家标准《复合地基技术规范》GB/T 50783 的相关要求;

3 采用刚性桩基础时,桩身完整性、单桩承载力检测还应满足现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的相关要求。

**7.2.3** 地基基础的实测项目应符合表 7.2.3 的规定。

表 7.2.3 地基基础实测项目

项次	检查项目	规定值或 允许偏差值	检测方法 & 频度
1	混凝土强度 (MPa)	不小于设计值	按《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107 要求
2	钢筋强度 (MPa)	不小于设计值	-
3	轴线偏位 (mm)	$\leq 25$	全站仪或经纬仪: 每 20m 纵、 横各检查 2 点
4	平面尺寸 (mm)	$\pm 50$	丈量: 每 20m 长、宽各检查 3 处

续表 7.2.3

项次	检查项目	规定值或 允许偏差值	检测方法 & 频度
5	基础标高 (mm)	$\pm 50$	水准仪: 每 20m 测量 5~8 点

**7.2.4** 地基基础的外观质量要求: 基底无明显凹凸不平或积水现象。

## 7.3 筋 材

**7.3.1** 土工合成材料从材料进场、运输、存储到各施工环节, 应进行自检或检验检测。

**7.3.2** 筋材的检验检测内容主要包括:

- 1 筋材的抗拉强度和规格;
- 2 筋材的铺设层数、范围、方向应符合设计要求;
- 3 筋材与面板、筋材与筋材之间的连接应牢固; 上、下层筋材的搭接缝应交替错开;
- 4 筋材蠕变试验。

**7.3.3** 筋材的质量检测数量要求为:

- 1 筋材的物理力学性能每批不少于 1 次, 且每 10000m<sup>2</sup> 不少于 1 次;
- 2 筋材的质量、规格和数量: 每批不少于 1 次, 且每 10000m<sup>2</sup> 不少于 1 次。

**7.3.4** 筋材的实测项目应符合表 7.3.4 的规定。

表 7.3.4 筋材实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法及频度
1	筋材	筋材长度	不小于设计值	尺量: 每 20m 检查 5 束
	尺寸 (mm)	单元构件	单元构件长、宽、高: $\pm 5\%$ 筋长: 不小于设计值	尺量: 每 20m 检查 5 个

续表 7.3.4

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法及频度
2	筋材与面墙连接		符合设计	目测：每 20m 检查 5 处
3	筋材与筋材连接		符合设计	目测：每 20m 检查 5 处
4	筋材	层数	符合设计	目测：每 20m 检查 5 处
	铺设	间距（mm）	±50	尺量：每 20m 检查 5 处
5	反包长度		不小于设计值	每 20m 检查 10 处

**7.3.5 筋材外观质量要求：**筋材铺设应平整、无褶皱，外观无老化、无破损、无污染。

## 7.4 填 料

**7.4.1 填料的检验检测内容主要包括：**

- 1 填料类型和级配、物理力学性能指标应符合设计要求；
- 2 填料压实系数应符合设计要求；
- 3 反滤层的材料、铺设范围应符合设计要求。

**7.4.2 填料的质量检测要求为：**

1 填料的物理力学性能（干密度、含水量、压实系数、压缩模量、抗剪强度等）检测：分层取样检测，每  $50\text{m}^2 \sim 100\text{m}^2$  不少于 1 个点，或者每 20m 不少于 1 个点；

2 地基承载力：可通过静载荷试验并结合动力触探、静力触探、标准贯入等现场试验结果综合判定，每个单体工程平板载荷试验不应少于 3 个点。

**7.4.3 填料的实测项目应符合表 7.4.3 的规定。**

表 7.4.3 填料实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	填料压实系数	$\geq 0.94$	按《建筑地基检测技术规范》GB 50021、《土工试验方法标准》GB/T 50123 要求
2	反滤层厚度	$\geq$ 设计厚度	尺量：长度不大于 50m 时测 5 处，每增加 10m 增加 1 处

7.4.4 填料的外观质量要求：

- 1 墙面、坡面无填料漏失；
- 2 填土应分层填筑压实，每层表面平整，排水通畅。

7.5 面 板

7.5.1 面板的种类、规格和质量应满足设计要求。

7.5.2 面板的检验检测内容及外观要求主要包括：

- 1 混凝土现浇面板、预制模块面板外观应平整光洁，无裂缝、孔洞、露筋、蜂窝等缺陷，板缝均匀，线形顺畅，沉降缝上下贯通顺直；
- 2 石笼网箱面不应有断丝、破损、锈蚀（钢丝切断面除外），石笼网箱挡土墙外露面石块应砌筑平整；
- 3 生态袋大小均匀、码砌平整；筋材无老化、外观无破损和无断裂现象；
- 4 墙面平整，外观上无漏土、外鼓变形等严重缺陷。

7.5.3 现浇混凝土面板检测项目应符合表 7.5.3 的规定：

表 7.5.3 现浇混凝土面板检测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度（MPa）	在合格标准内	按《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 要求

续表 7.5.3

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
2	墙面坡度 (%)	$\leq 0.3$	铅垂法: 长度不大于 30m 时测 5 点, 每增加 10m 增加 1 处
3	断面尺寸 (mm)	$\geq$ 设计值	尺量: 抽查 10%
4	顶面高程 (mm)	$\pm 20$	水准仪: 长度不大于 30m 时测 5 点, 每增加 10m 增加 1 点
5	表面平整度 (mm)	$\leq 8$	2m 直尺: 每 20m 检查 3 处, 每处 检测竖直和墙长两个方向

7.5.4 预制混凝土面板检测应符合表 7.5.4-1 和表 7.5.4-2 的规定:

表 7.5.4-1 预制混凝土面板模块检测项目

项次	检测项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 要求
2	边长 (mm)	长度小于 1.0m $\pm 5$	尺量: 抽查 10%, 每板长度各 测 1 次
		其他 $\pm 0.5\%$ 边长	
3	两对角线差 (mm)	长度小于 1.0m $\leq 10$	尺量: 抽查 10%, 每板测 2 对 角线
		其他 $\leq 0.7\%$ 最大对角线长	
4	厚度 (mm)	$+5, -3$	尺量: 抽查 10%, 每板测 2 处
5	表面平整度 (mm)	$\leq 5$	2m 直尺: 抽查 10%, 每板长 方向测 1 处
6	预埋件位置 (mm)	$\leq 5$	尺量: 抽查 10%

表 7.5.4-2 预制混凝土面板安装检测项目

项次	检测项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	每层筋材处墙面高程 (mm)	$\pm 10$	水准仪: 长度不大于 30m 时测 5 组, 每增加 10m 增加 1 组

续表 7.5.4-2

项次	检测项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
2	轴线偏位 (mm)	$\leq 10$	挂线、丈量：长度不大于 30m 时测 5 点，每增加 10m 增加 1 点
3	面板竖直面或坡度 (%)	$+0, -0.5\%$	铅垂法：长度不大于 30m 时测 5 点，每增加 10m 增加 1 点
4	相邻面板错台 (mm)	$\leq 5$	丈量：长度不大于 30m 时测 5 条缝最大处，每增加 10m 增加 1 处
5	面板缝宽 (mm)	$\leq 10$	丈量：每 30m 时检查 5 条，每增加 10m 增加 1 条

**7.5.5 石笼网箱面板检测应符合下列规定：**

**1** 石笼制作应符合现行行业标准《公路路基施工技术规范》JTGT 3610 第 6.4.6 条的规定；

**2** 每层挡土墙施工完毕后，墙背应及时回填；回填面应与石笼顶面持平，墙后回填土应压实，压实度应符合设计要求；

**3** 石笼网箱面板检测项目应符合表 7.5.5 的规定。

表 7.5.5 石笼网箱面板检测项目

项次	检测项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	长度、宽度、高度	$\pm 5\%$	丈量：抽查 10%，每套各方向测 1 次
2	网孔尺寸	满足设计要求	
3	钢丝直径	满足设计要求	
4	绞合连接 (mm)	绑扎钢丝，单双圈间距 100~150；C 形钉，间距不大于 200	丈量、目测：每 20m 检查 2 处，用手用力拽，不会滑动
5	石料强度 (MPa)	符合设计要求	按 JTGF 80/1 的规定检查
6	石料粒径 (mm)	100~300	丈量：每 20m <sup>3</sup> 检查 2 处



续表 7.5.5

项次	检测项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
7	填充密实度	$\geq 70\%$	目测或密度测试
8	表面平整度 (mm)	$\pm 50$	2m 直尺: 每 20m 检查 3 处, 每处检查竖直和墙长两个方向
9	石笼顶面高程 (mm)	$\pm 50$	水准仪: 每 20m 测 3 点

**7.5.6** 土工格室和生态袋的几何尺寸、质量技术指标和施工工艺要求应符合设计要求, 检测项目应符合表 7.5.6-1 和表 7.5.6-2 的规定。

表 7.5.6-1 土工格室面板检测项目

项次	检测项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	竖向间距	符合设计要求	尺量: 每层面抽查 20%
2	面板填土厚度 (mm)	0~20	尺量: 每 100 <sup>2</sup> m 抽查 10 处

表 7.5.6-2 生态袋面板检测项目

项次	检测项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	垒砌、联结	压实度不低于 75%	尺量: 每 100 <sup>2</sup> m 抽查 10 处
2	生态袋数量	不少于设计要求	尺量: 每坡面抽查 20%

## 7.6 附属工程

**7.6.1** 植被覆盖应均匀、饱满, 无斑秃, 植被无明显病虫害现象, 做到植被防护乔、灌、草错落有致。

**7.6.2** 排水工程实施到位, 沟底平整, 排水畅通, 坡面无冲刷, 实测项目应符合表 7.6.2 的规定:

表 7.6.2 排水工程实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法及频度
1	沟底高程 (mm)	$\pm 50$	水准仪: 每 200m 测 5 点
2	断面尺寸 (mm)	30	尺量: 每 200m 测 2 处

**7.6.3** 安全设施、管养设施等附属工程完整。

**7.6.4** 挡土墙应与周围环境平顺衔接。

## 7.7 验 收

**7.7.1** 分项工程完成后, 应按有关规定进行检查验收。分项工程包括地基、基础、填料、筋材、排水工程、面板、总体外观等, 应符合表 7.7.1 的规定:

表 7.7.1 加筋挡土墙施工质量验收内容

项目类型	项目	验收内容
主控项目	地基基础	地基承载力, 钢筋、混凝土的强度等级
	填料	类型、成份、压实系数
	筋材	类型、强度等级、延伸率、竖向间距及长度
	面板	类型、强度等级、坡率
	总体外观	不应有严重缺陷
一般项目	连接	不低于设计强度
	坡率绿化	成活率高、无明显病虫害
	排水	截排水沟及盲沟满足要求, 排水通畅
	护栏	满足设计要求
	变形缝	满足设计要求
	截面尺寸	长度、宽度、高度等
	标高、定位坐标	满足设计要求

**7.7.2** 工程质量评定等级分为合格与不合格。

**7.7.3** 加筋挡土墙分部(项)工程以及所在的单位工程, 其交工

及竣工验收的质量检查评定应按照现行国家标准《建筑边坡工程施工质量验收标准》GB/T 51351 的有关规定执行，并应满足以下要求：

1 施工单位应对各分项工程按本标准所列基本要求、实测项目和外观评定进行自检，按相关规范提交真实、完整的自检报告，对工程质量进行自我评定，并编制符合要求的交（竣）工资料，申请进行交（竣）工验收；

2 监理单位应按规范要求对工程质量进行独立抽检，对施工单位自检资料进行签字确认，对工程质量进行评定；

3 加筋挡土墙质量验收应符合本标准的有关规定；

4 建设单位根据对工程质量的检查及掌握的情况，对监理单位所做的工程质量评分及等级进行审定。

**7.7.4** 加筋挡土墙验收应取得下列资料：

1 勘察报告；

2 施工图和设计变更通知单；

3 重大技术问题会议纪要；

4 原材料出厂合格证、现场材料抽检报告；

5 施工记录、验槽记录、隐蔽工程检查验收记录；

6 筋材抗拉强度试验报告、混凝土强度试验报告等；

7 填料的物理力学指标试验报告；

8 挡土墙和周边建（构）筑物监测报告；

9 竣工图；

10 各分项、分部工程验收记录。

## 8 监 测

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 加筋挡土墙施工过程中应对支护结构变形和内力、周边建（构）筑物位移进行动态监测，监测项目、内容、频率和预警值应满足监测设计和相关规范规程的要求。

**8.1.2** 加筋挡土墙在施工前应由设计单位提出监测的项目及要求，监测单位编制具体监测方案，监测方案应包括监测目的、监测项目、监测方法、监测点布置、监测项目报警值和信息反馈制度等内容，并经建设单位、设计单位及监理单位各方确认后方可实施。

**8.1.3** 挡土墙坡顶影响范围内（不少于3倍挡土墙高度）存在建（构）筑物时，需对建（构）筑物的变形进行监测。

**8.1.4** 当挡土墙和邻近建（构）筑物的变形发现异常时，应立即停止施工，分析原因并采取处理措施，待变形趋于稳定后，方可继续施工。

**8.1.5** 现场监测可分为施工期监测和竣工后监测两个阶段，挡土墙竣工后的监测时间不少于2年，监测数据不稳定或不收敛时应延长至达到稳定标准为止。

**8.1.6** 对周边环境条件复杂、地质条件复杂、采用新技术治理的一级永久性挡土墙，宜建立长期监测系统，必要时采用自动化监测技术。

**8.1.7** 应委托有资质的监测单位定期监测，现场监测完成后应及时进行数据处理、分析，形成阶段性报告，当出现异常情况或者监测数据达到监测预警值时，应立即预警；监测结束后，应形成

监测总结报告。

8.2 监测要求

8.2.1 加筋挡土墙可根据安全等级、周边环境、工程地质条件、支护结构型式和变形控制要求等，按表 8.2.1 选择监测项目。

表 8.2.1 加筋挡土墙监测项目

监测项目		工程安全等级		
		一级	二级	三级
加筋挡土墙	挡墙顶水平位移	应测	应测	应测
	挡墙顶竖向位移	应测	应测	应测
	面板水平位移	应测	应测	应测
	面板竖向位移	应测	应测	应测
	深层水平位移	应测	应测	应测
	分层沉降	应测	宜测	选测
	地下水、渗水	应测	应测	宜测
	筋材拉力	宜测	宜测	选测
	孔隙水压力	宜测	宜测	选测
	土压力	宜测	宜测	选测
影响范围内建 （构）筑物	地表裂缝	应测	应测	选测
	水平位移	应测	应测	宜测
	竖向位移	应测	应测	宜测
	倾斜	应测	应测	宜测
	裂缝	应测	应测	宜测

注：加筋挡土墙分级设置时，平台位置宜设置变形观测点。

8.2.2 监测单位应按照监测方案实施监测，监测点的埋设应符合下列规定：

1 观测点宜布置在同一横断面上，每个典型设计剖面的观测点横断面不宜少于 1 个；同一横断面变形观测点数量不宜小于

3 个，且与挡土墙走向垂直；

2 地质条件差、地形变化大、挡墙高度变化等差异变形大的部位应增设观测横断面；

3 测斜管、水位观测管及分层沉降管钻孔埋设时，应避免锚杆（索）、桩基、筋材位置，测斜管管内的十字导槽应垂直于挡土墙；

4 测斜管埋设深度以进入坡脚稳定地层为准；挡土墙采用桩基础时，测斜管宜埋设于桩内，深度同桩长；

5 孔隙水压力计和土压力计的量程与测量精度应与被测土体应力状况匹配；

6 在挡土墙阳角区域，宜对阳角两侧的变形进行监测；

7 监测点埋设应安全稳固，且各类观测点、基准点在观测周期均应采取有效措施加以保护，并在标杆上涂设醒目的警示标志。

**8.2.3 加筋挡土墙的仪器监测频率应符合表 8.2.3 的规定：**

**表 8.2.3 加筋挡土墙监测频率**

施工过程		监测频率
施工期	堆填施工期间	1 次/1d
	暂停施工期间	(1~2) 次/1 月
竣工后	第 1 年	(1~2) 次/每季度
	第 2 年	1 次/每半年
	2 年后	根据监测数据收敛情况确定

注：若遇台风、暴雨等及极端不利天气，应提高监测频率；若监测数据出现异常或其他不利险情时，应及时上报相关单位，并加大监测频率至险情解除。

**8.2.4 挡土墙施工过程中及监测周期内遇到下列情况时应及时预警，并采取相应的应急措施：**

1 水平位移：施工期的累计水平位移已大于 100 mm 和挡土墙高度  $H$  的 1.0% 中的小值，或其水平位移速率已连续 3d 大于 5mm/d；竣工后的累计水平位移已大于 50mm 和挡土墙高度  $H$  的

0.5%中的小值，或其水平位移速率已连续 3d 大于 3mm/d；

2 沉降：施工期的墙顶累计水平位移已大于 50 mm 和挡土墙高度  $H$  的 0.5%中的小值，或其沉降速率已连续 3d 大于 3mm/d；竣工后的墙顶累计水平位移已大于 30mm 和挡土墙高度  $H$  的 0.3%中的小值，或其沉降速率已连续 3d 大于 2mm/d；

3 坡顶邻近建筑物的累计沉降、不均匀沉降或整体倾斜已大于现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 规定允许值的 80%，或建筑物的整体倾斜度变化速度已连续 3d 每天大于 0.00008；

4 坡顶邻近建筑物出现新裂缝、原有裂缝有新发展；

5 坡顶地表出现新裂缝或原有裂缝有新发展，挡土墙底部或周围岩土体已出现可能发生深部滑动及剪切破坏的迹象或其他可能影响安全的征兆；

6 支护结构中有重要构件出现应力骤增、压屈、断裂、松弛或破坏的迹象，支护结构内力监测值已大于设计值的 70%。

#### 8.2.5 监测报告应包括下列主要内容：

1 工程概况；

2 监测依据；

3 监测项目和要求；

4 监测仪器的型号、规格和标定资料；

5 监测点布置图、监测指标时程曲线图；

6 监测数据整理、分析；

7 监测结论。

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”;

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”;

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”;反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行时的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。



## 引用标准名录

- 1 《工程结构通用规范》 GB 55001
- 2 《建筑与市政工程抗震通用规范》 GB 55002
- 3 《建筑与市政地基基础通用规范》 GB 55003
- 4 《工程勘察通用规范》 GB 55017
- 5 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 6 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 7 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 8 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 9 《工程测量规范》 GB 50026
- 10 《建筑边坡工程技术规范》 GB 50330
- 11 《建筑地基基础工程施工规范》 GB 51004
- 12 《高填方地基技术规范》 GB 51254
- 13 《土工合成材料应用技术规范》 GB 50290
- 14 《土工合成材料塑料土工格栅》 GB/T 17689
- 15 《建筑边坡工程施工质量验收标准》 GB/T 51351
- 16 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》 GB 50202
- 17 《公路路基设计规范》 JTG D30
- 18 《公路土工合成材料应用技术规范》 JTG/T D32

福建省工程建设地方标准

加筋挡土墙支护技术标准

DBJ /T13-475-2024

条文说明

## 编制说明

《加筋挡土墙支护技术标准》DBJ/T 13-475-2024，经福建省住房和城乡建设厅 2024 年 12 月 31 日以闽建科〔2024〕63 号文批准发布，并经住房和城乡建设部备案，备案号为 17965-2025。

本标准在编制过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了我国地基基础建设的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准编制而成。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《加筋挡土墙支护技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

## 目 次

3	基本规定 .....	77
4	材 料 .....	78
4.1	一般规定 .....	78
4.2	筋 材 .....	78
4.3	填 料 .....	82
4.4	面 板 .....	84
5	设计与计算 .....	86
5.3	计 算 .....	86
5.4	墙体结构设计 .....	87
5.6	排 水 .....	88
6	施 工 .....	89
6.3	施工工艺 .....	89
7	检验检测与验收 .....	90
7.3	筋 材 .....	90
8	监 测 .....	91
8.2	监测要求 .....	91

### 3 基本规定

**3.0.5** 对危害性极严重、环境和地质条件复杂的边坡工程，安全等级可按提高一级考虑；当安全等级已为一级时，主要通过组织专家进行专项论证的方式来保证边坡支护方案的安全性和合理性。

**3.0.9** 加筋材料与土的特性随时间而改变，设计人员需据此规定加筋工程的工作年限。英国 BS 8006 标准为此规定不同工程的工作年限如表 1 所示。我国迄今尚无标准，但对于建筑与市政工程宜按不少于 50 年考虑。

表 1 加筋土设计工作年限

工 程 类 型	年限（年）
工业厂房结构（矿山）	10~50
海洋与公路结构	60
挡土墙	70
公路挡土墙、桥台	120

**3.0.10** 对于周边环境复杂、高于大于 20m 的加筋挡土墙，宜设置自动化监测点进行长期观测。

## 4 材 料

### 4.1 一般规定

**4.1.4** 本条规定已包含材料性能测试的常用项目，应根据工程的需要从中选用。

材料应根据工程要求的性能指标优选，不应简单地按物理性能指标（例如单位面积质量等）确定。材料在工程中发挥作用常取决于其主要的力学性能指标，而简单的物理性能指标经常不能反映其特点。特别是有些新产品，由于新材料的应用，单位面积质量虽然减小了，但强度反而有增大或改善。

### 4.2 筋 材

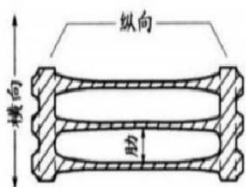
**4.2.3** 聚乙烯类土工合成材料包括聚乙烯土工膜、聚乙烯土工格栅、聚乙烯薄膜等，具有较强的化学稳定性和极好的耐低温特性。聚丙烯类土工合成材料包括聚丙烯土工布（也称丙纶土工布）、聚丙烯土工格栅等，具有较强的化学稳定性和耐酸碱特性。这两类材料的抗光老化性能较差，因此由聚乙烯、聚丙烯制成的土工合成材料抗光老化性能较差，但通过添加适量炭黑等抗老化剂，可提高其抗光老化（紫外线）性能。

为了减少土工格栅搭接，降低材料损耗，提高整体性，单向聚乙烯土工格栅产品可选用幅宽大于 1.0m 的规格。

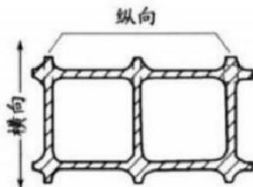
**4.2.4** 土工格栅强度较高，且与岩土体有良好的相互作用特性，按受力性能一般分为单向、双向、三向格栅，按制造方法一般分为整体拉伸格栅、经编格栅、粘结与焊接格栅。单向格栅纵向抗

拉强度大，横向抗拉强度小，主要用于受力方向比较明确的加筋场合；双向格栅两个方向强度比较一致，主要用于需要考虑多方向受力或主受力方向不明确的情况。近年来，国内有关企业开发出了三向土工格栅，土工格栅各方向的特性更加一致，适用的场合也更广。

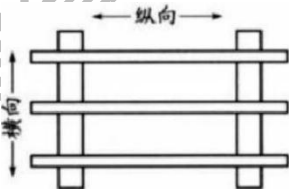
整体拉伸格栅为聚合物材料经过定向拉伸形成的平面网状材料；经编土工格栅为采用玻璃纤维、高强聚酯长丝等经过编织形成的平面网状材料；粘结、焊接土工格栅为合成材料条带或其复合材料（如钢塑复合）通过粘结、焊接形成的平面网状材料。玻璃纤维格栅的主材是玻璃纤维，其强度高、极限应变小、耐高温，但易折断，目前主要用于沥青加铺层，防治和延缓路面反射裂缝。



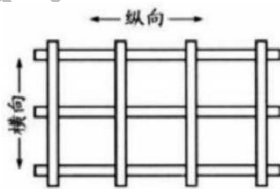
(a) 单向拉伸整体土工格栅



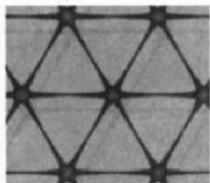
(b) 双向拉伸整体土工格栅



(c) 单向经编、焊接土工格栅



(d) 双向经编、焊接土工格栅



(c) 三向土工格栅

图 1 土工格栅示意图

**4.2.6** 土工合成材料多为高分子聚合物材料，具有蠕变特性，应用于土木工程中，还会受到紫外线、生物或化学物质的影响，铺设碾压过程也会对其产生损伤，导致性能降低，设计时需考虑这些不利影响。加筋工程中，对土工合成材料强度影响较大是蠕变和施工损伤两个因素。为此，采用了条文所给的表达式来考虑强度影响因素，确定设计采用的强度。

**4.2.7** FHWA《加筋土挡墙与加筋土坡设计与施工指南》（2001）推荐的土工合成材料抗拉强度折减系数如表 2 和表 3 同时指出：如无严重危害发生时，对永久性工程的初步设计，可取总折减系数  $RF=7.0$ ；对临时结构工程，可取总折减系数  $RF=3.0$ 。通常情况下，考虑蠕变、铺设损伤、老化的总折减系数在 3~6 之间。

表 2 FHWA 推荐的土工合成材料抗拉强度折减系数

土工合成材料原材料	蠕变折减系数	老化折减系数
聚酯	1.5~2.5	1.1~2.0
聚丙烯	2.0~4.0	
高密度聚乙烯	1.5~3.5	

表 3 FHWA 推荐的施工损伤强度折减系数

土工合成材料类别	I 类填料，最大粒径 102mm， $d_g$ 约为 30mm	II 类填料，最大粒径 20mm， $d_g$ 约为 0.7mm
HDPE 单向土工格栅	1.20~1.45	1.10~1.20
PP 双向土工格栅	1.20~1.45	1.10~1.20
PVC 涂面 PET 土工格栅	1.30~1.85	1.10~1.30
丙烯涂面 PET 土工格栅	1.30~2.05	1.20~1.40
PP 和 PET 有纺土工织物	1.40~2.20	1.10~1.40



续表 3

土工合成材料类别	I 类填料, 最大粒径 102mm, $d_g$ 约为 30mm	II 类填料, 最大粒径 20mm, $d_g$ 约为 0.7mm
PP 和 PET 无纺土工织物	1.40~2.50	1.10~1.40
薄膜有纺 PP 土工织物	1.60~3.00	1.10~2.00

Robert M, Koerner (1998) 建议, 主要用于加筋目的时, 土工格栅和土工织物的各项折减系数值如表 4。

表 4 Robert M,Koerner 推荐的各项强度折减系数

材料类型	应用场合	施工损伤 $RF_o$	蠕变 $RF_g$	化学损害 $RF_{co}$	生物损害 $RF$
土工格栅	路堤	1.1~1.4	2.0~3.0	1.1~1.4	1.0~1.2
	边坡	1.1~1.4	2.0~3.0	1.1~1.4	1.0~1.2
	挡墙	1.1~1.4	2.0~3.0	1.1~1.4	1.0~1.2
	地基承载	1.2~1.5	2.0~3.0	1.1~1.6	1.0~1.2
土工织物	挡墙	1.1~2.0	2.0~4.0	1.0~1.5	1.0~1.3
	地基承载	1.1~2.0	2.0~4.0	1.0~1.5	1.0~1.3
	边坡	1.1~1.5	2.0~3.0	1.0~1.5	1.0~1.3

由这些推荐的折减系数看, 不同工程应用条件, 折减系数不同, 各家推荐的值也存在较大差异。在同类工程应用场合, 各家所推荐的系数均普遍反映出土工织物的施工损伤系数大于土工格栅。

邓卫东、唐颂 (2005) 通过对不同填料和不同土工合成材料的室内模拟碾压试验和现场碾压试验, 就我国常用的聚乙烯和聚丙烯土工格栅的施工损伤折减系数进行了研究, 给出表 5 所示的施工损伤折减系数推荐值。

表 5 土工合成材料施工损伤强度折减系数推荐值

应用场合	土工合成材料类型	细粒土	砂类土	砾类土	漂石质土	漂石夹土
加筋工程	土工织物	1.1~1.2	1.1~1.6	1.2~2.0	1.3~2.5	1.5~3.0
	土工格栅	1.1~1.2	1.1~1.4	1.2~1.6	1.3~2.0	1.5~2.2
路面工程	无纺土工织物 ( $<200\text{g/m}^2$ )	1.5~2.0				
	玻璃纤维格栅	1.1~1.5				

蠕变折减系数是最难确定的折减系数，其原因在于影响蠕变的因素除原材料外，还有应力水平。条文所给出的折减系数为根据相关研究结果，并考虑到实际工程中加筋材料所处的应力水平并不高的情况综合确定的。

条文未给出大粒径填料如漂石质土、漂石夹土条件下的施工损伤折减系数，是考虑到在这种填料下不加保护就直接铺设土工合成材料是不可取的，需要设置细粒料保护层，此时，损伤系数按细粒料情况取值。

### 4.3 填 料

**4.3.1** 不同的碾压机具对土工合成材料的损伤不同，光面压路机对土工合成材料损伤较小，羊足碾、冲击式碾等压路机可能造成土工合成材料较严重的损伤。因此，在施工中应注意施工机具的选择，减少对土工合成材料的损伤。

**4.3.4** 加筋土填料强调宜采用透水性良好的粒状土，其中细粒组（ $<0.075\text{mm}$ ）含量不多于 15%，土的塑性指数  $I_p < 6$ 。因为该类土摩阻力大，性质较稳定，土中孔隙水压力小，甚至为零，土的蠕变性低，可以保证加筋土的长期稳定性。如果采用黏性土等，设计中要特别注意采用指标的稳定性，对于含水率过高的黏性填土，甚至应考虑采用兼有排水功能的加筋材，以消减孔隙水压力对加筋摩阻的负面作用。

4.3.5 对土工合成材料与土接触的界面特性参数，国内外进行过大量的试验研究。试验方法主要有直接摩擦试验和拉拔试验两类。在表述界面特性参数的方式上，仍主要采用  $c$ 、 $\varphi$  两个强度参数，主要考虑的是参数  $\varphi$ 。

直接摩擦试验和拉拔试验方法不同，得出的结果也不同。在加筋路堤的计算分析中，采用界面参数主要是校核锚固稳定性，或确定土工合成材料的锚固长度，因此，宜优先考虑采用拉拔试验确定界面特性参数。但由于拉拔试验复杂，且试验结果稳定性较直接摩擦试验差，故也推荐采用直接摩擦试验。

邓卫东、邓昌中等（2007）通过对单向土工格栅与土的大型直接摩擦试验得出：①填土压实度对土体和筋土界面强度有较大的影响。填土压实度从 90% 提高到 93%，筋土界面摩擦系数比  $K$  ( $K = \tan \varphi_{cs} / \tan \varphi$ ， $\varphi_{cs}$  为界面摩擦角， $\varphi$  填土内摩擦角) 由 0.833 提高到 0.951；②筋土界面摩擦系数均随填土含水率的增加而降低。填土为最佳含水率时 (7.23%)，筋土界面摩擦系数比  $K$  为 0.939；当含水率增加到 12% 时 (接近饱和)，摩擦系数比  $K$  降到了 0.510。

施有志、马时冬（2003）采用直剪摩擦试验和拉拔试验对塑料拉伸单向土工格栅、涤纶纤维经编土工格栅和裂膜丝编织土工布的界面特性参数进行了测试，得到表 6 所示的结果。由此结果可以看出：加筋材料与填料的摩擦系数比一般小于 1，在同样的填料中，经编土工格栅的界面摩擦系数最大，单向土工格栅次之，丝编织土工布最小。

表 6 界面摩擦系数比试验结果

填 料	筋 材 类 型	摩擦系数比 $K$	
		直剪摩擦试验	拉拔试验
砂砾石 ( $\varphi = 35^\circ$ )	单向土工格栅	0.84	0.96
	经编土工格栅	0.94	1.09
	丝编织土工布	0.69	0.57

表 6 界面摩擦系数比试验结果

填 料	筋 材 类 型	摩擦系数比 $K$	
		直剪摩擦试验	拉拔试验
粗砂 ( $\varphi=31^\circ$ )	单向土工格栅	0.89	0.89
	经编土工格栅	0.95	1.05
	丝编织土工布	0.84	1.00
残积土 ( $\varphi=29^\circ$ )	单向土工格栅	0.95	0.98
	经编土工格栅	0.96	1.11
	丝编织土工布	0.93	0.93

拉拔试验综合反映了筋材与填料间的摩擦力、咬合力及嵌固力，测得的界面摩擦系数比直剪摩擦试验大。《公路土工合成材料应用技术规范》JTJ/T 019-98 对土工织物的摩擦系数比取 0.667，对土工格栅取 0.8。综合国内外有关试验结果，认为该取值是合适的，故做出了条文的规定。

#### 4.4 面 板

**4.4.1** 坡面防护形式取决于填料类型、坡率和加筋层间距。FHWA《加筋土挡墙与加筋土坡设计与施工指南》(2001)针对不同的土类和坡率，推荐了表 7 所示的坡面防护措施。

就我国的情况看，对缓于 1:1 的边坡，多采用直接喷播绿化或喷护有机材绿化进行植被防护，对陡于 1:1 的边坡多采用工程防护或者工程防护与植被防护结合的形式。石笼兼具工程防护与植物防护的优点，近年来得到越来越多的应用。

表 7 FHWA 推荐的加筋土坡坡面防护措施

坡角与 土类	防护形式			
	坡面不采用土工合成材料包裹		坡面采用土工合成材料包裹	
	植被防护	工程防护	植被防护	工程防护
>50° 任何土类	不推荐	石笼	草皮、含种子的永久性冲蚀防护垫	喷射混凝土
35°~50° 洁净的砂和卵石	不推荐	石笼、水泥土	草皮、含种子的永久性冲蚀防护垫	喷射混凝土
35°~50° 粉土和砂性粉土	生物加筋、排水、复合材料	石笼、水泥土、石块铺砌	草皮、含种子的永久性冲蚀防护垫	喷射混凝土
35°~50° 粉砂、黏土砂、良好级配砂和砾石	含种子或草皮的临时性冲蚀防护垫、永久性冲蚀防护垫	不推荐	不需包裹	不需包裹
25°~35° 所有土类	含种子或草皮的临时性冲蚀防护垫、永久性冲蚀防护垫	不推荐	不需包裹	不需包裹

## 5 设计与计算

### 5.3 计 算

**5.3.1** FHWA《加筋土挡墙与加筋土坡设计与施工指南》(2001)将加筋路堤的破坏划分为内部稳定破坏、外部稳定破坏和复合稳定破坏三种类型。内部稳定破坏指滑动面穿过加筋体,外部稳定破坏指滑动面位于加筋体范围外,复合稳定破坏主要指滑动面同时穿过加筋体和加筋体外。表8为FHWA针对不同破坏模式的稳定安全系数要求。

表8 FHWA 推荐的加筋路堤稳定安全系数要求

破 坏 类 型		安全系数 $F$
外部稳定破坏	滑动破坏	1.3
	深层整体滑动破坏	1.3
	局部承载破坏(侧向挤出破坏)	1.3
	动载	1.1
复合稳定破坏		1.3
内部稳定破坏		1.3
抗拔		1.5(粒料土)
		2.0(黏性土)
沉降		工后沉降根据工程要求而定

**5.3.5** 筋材按其在受力时延伸率的大小可分为柔性材料与刚性材料。柔与刚是一个相对概念,难以定量划分。在设计中,习惯上将破坏延伸率可能达到10%以上的如土工格栅、土工织物等视为

柔性材料；而延伸率仅是 3%~4% 的如强化加筋带等视为刚性材料。设计中之所以要区分筋材的柔与刚，是因为其刚度影响土压力的计算。在进行挡土墙的外部稳定性核算时，两种情况下墙背土压力都按库仑主动土压力考虑，但做内部稳定性验算时，对于刚性筋墙，因墙内上部填土侧向位移受到筋材应变限制，不能达到主动破坏极限状态，故土压力系数应在静止状态与主动极限状态之间。

**5.3.11** 对筋材的受力方向，目前主要有两种假定：其一是假定沿筋材的铺设方向；其二是假定沿滑弧的切向。实际的情况比较复杂，筋材的受力方向与加筋材料的刚度和加筋挡土墙的变形有关，更多是介于两者之间。在《公路土工合成材料应用技术规范》JTJ/T 019-98 中，采用的是前者。FHWA《加筋土挡墙与加筋土坡设计与施工指南》（2001）认为，对刚度大的条带式加筋材料，如钢条，筋材的受力方向为沿筋材的铺设方向，对土工格栅、土工织物等片状式筋材，柔性大，其受力方向为滑弧切向。

**5.3.20** 挡土墙模块面板的墙块系上下独立叠放，为防止墙面发生局部鼓胀，要求相邻上下块接触面间有足够的摩阻力。对上下层筋材间的间距作出规定，也是为了这个目的。

## 5.4 墙体结构设计

**5.4.16** 坡面是否需要反包既与边坡坡率有关，也与填料性质有关，还与筋材层间距有关。我国在这方面的研究很少。FHWA《加筋土挡墙与加筋土坡设计与施工指南》（2001）规定：一般情况下，当筋材层间距小于 400mm、坡率缓于 1:1 时，坡面可采用不反包形式。

**5.4.18** 为减少地下水对挡土墙基础的影响，并避免土工合成材料受不良化学物质的侵蚀，做出了条文的规定。

## 5.6 排 水

**5.6.5** 加筋挡土墙的主体是土料。受到水的作用时，土的强度会发生变化，特别是当填土为黏性土时，水流会产生渗流力和引起土的冲刷，并导致土体的抗剪强度降低，对结构带来负面作用。因此，要特别注意墙体内外的排水措施。

墙体内的排水可以有不同结构型式，应根据当地条件合理选择。常见的型式有：

- (1) 紧贴墙面板背设一定厚度的透水料的竖向排水层；
- (2) 墙后填土为透水料的全断面排水体；
- (3) 倚贴在墙后开挖坡上的透水料的斜排水层；
- (4) 位于挡墙底部的水平排水层。



## 6 施 工

### 6.3 施工工艺

**6.3.3** 当基底地质条件与设计不同时,应有文字和影像记录并取样分析,报监理单位复核后提请设计单位调整设计方案。

**6.3.6** 在填料摊铺与碾压过程中,加筋材料易受到损伤,为尽量降低这种损伤,做出了条文的规定。

在临近边坡坡面,以及临近墙后部位,难以采用正常的压实机械进行压实,是压实的薄弱环节,因此要求采用轻型压实机械对这部分填土进行压实,以保证填筑质量。

软土地基上如直接用重型机具碾压,或堆土不当,易造成地基局部承载力不足而破坏,使加筋材料产生局部大变形。采用后卸式卡车沿路堤轴线方向两侧边缘卸料,既便于将土工合成材料张紧,也便于形成运土的交通便道,因此,应采用后卸式卡车沿路堤轴线方向两侧边缘卸料,填料不应集中堆卸。第一层填料宜采用推土机或其他轻型压实机具进行压实,填筑厚度大于 600mm 后方可采用重型压实机具压实。

## 7 检验检测与验收

### 7.3 筋 材

**7.3.2** 筋材蠕变试验可按现行标准《塑料土工格栅蠕变试验和评价方法》QB/T2854 规定的方法进行测定。

筋材蠕变试验也可参考《土工合成材料》GB/T 17689、《公路工程土工合成材料》JT/T 1432.1 的相关要求。

## 8 监 测

### 8.2 监测要求

**8.2.4** 由于加筋挡土墙的水平位移受到地基沉降、施工期变形、墙顶荷载、挡土墙侧向土压力、筋材蠕变、设计施工方法、填土压实度、填土的冻融与湿化变形、筋材长度、筋材刚度、筋材布置方式、竖向间距、连接（筋/面）松弛、面板系统的综合影响，因此其水平位移的预警值是非常复杂的。

实际上，加筋挡土墙的水平位移主要发生在施工期，其大小与填土的压实设备、压实功、筋材的拉伸特性、筋材长度、筋材与面板的连接及墙面板刚度有关。竣工后的位移与墙顶荷载、墙体沉降、填土的长期变形、地基的长期沉降有关。表 9 为国际相关标准与规范界定的挡土墙水平位移大小，Bathurst 结合北美以及国际上十多个挡墙在现场观测结果分析表明：加筋挡土墙的墙面水平位移 $\Delta x/H$  一般小于 1.5%（H 为墙高）。

加筋挡土墙的竖向沉降计算可分为两个部分：一是加筋挡土墙在自身重力和墙顶荷载作用下发生的压缩沉降，可采用考虑墙体水平位移的修正分层总和法进行计算；二是地基受附加荷载作用产生的沉降变形，一般地基沉降采用分层总和法计算，复合地基沉降计算通常采用复合模量法、应力修正法、桩身压缩量法和规范方法等。关于加筋土挡墙在自重作用下的压密沉降值，理论上很难计算准确。大量工程监测表明，当填土为粗粒土时，沉降值一般为墙高的 0.1%~0.3%，且在挡土墙竣工 5~6 个月后沉降基本稳定。

表 9 国际相关标准（规范）界定的挡墙水平位移

来 源	墙面结构形式	最大水平位移 (mm)	$\Delta x / H$
FHWA(2008 年) AASHTO(2009 年)	所有		无超载时 0.9%~4%
Bathurst et al. (1995 年)	模块式挡墙		1%, $H \leq 8\text{m}$ 1.5%, $H > 8\text{m}$
北欧 NGG(2005 年)	所有		0.1%~0.3%
EN 14475(2006 年)	混凝土面板	25mm	
	模块式面板	50mm	
	格宾墙面	100mm	
BS8006(2010 年)	所有		0.5%
NCMA(2009 年)	模块式面板		3.5%
PWRC(2000 年)	所有		3%
华盛顿州交通部 WSDOT (2005 年)	格宾		1.3%(3m 高度范围内)
	混凝土面板、模块式面板		0.4%(3m 高度范围内)
	包裹式墙面		1.7%(3m 高度范围内)