

ICS 93.010

CCS P 21

T



团

体

标

准

T/CSPSTC XXX—202X

装配式生态景观挡土墙技术规程

Technical code of practice for construction of assembled ecology landscape retaining
walls

（征求意见稿）

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国科技产业化促进会 发布

目 次

前言	IV
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本规定	3
5 工程材料	3
5.1 基本要求	3
5.2 构件材料	3
5.4 安装材料	3
5.5 回填材料	5
5.6 绿化材料	5
6 设计	5
6.1 基本要求	5
6.2 作用(或荷载)	6
6.3 基础设计和稳定性验算	8
6.4 结构计算	9
6.5 预制构件设计	10
6.6 构件连接设计	11
6.7 生态景观设计	12
6.8 构造要求	12
6.9 悬臂式挡土墙	12
6.10 锚杆挡土墙	13
6.11 榀接挡土墙	16
6.12 加筋土挡土墙	23
7 预制构件生产	28
7.1 基本要求	28
7.2 生产准备	28
7.3 模板工程	28
7.4 钢筋工程	29
7.5 混凝土工程	29
7.6 构件运输及存放	30
8 施工	31
8.1 基本要求	31
8.2 施工准备	31
8.3 悬臂式挡土墙	32
8.4 锚杆挡土墙	34
8.5 榀接挡土墙	36
8.6 加筋土挡土墙	39
8.7 景观绿化	41
9 监控量测	41

9.1 基本要求 41

9.2 监测 41

10 质量检验和验收 42

10.1 基本要求 42

10.2 悬臂式挡土墙 43

10.3 锚杆挡土墙 46

10.4 榀接挡土墙 47

10.5 加筋土挡土墙 49

10.6 绿色景观 50

附录 A（资料性）浸水挡土墙静水压力、浮力、流水压力、动水压力（渗透力）计算 52

参考文献 54

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中铁二十三局集团有限公司提出。

本文件由中国科技产业化促进会归口。

本文件起草单位：XXX。

本文件主要起草人：XXX。

引 言

随着我国基础设施的建设不断增多，在进行公路、铁路、水电等基础设施建设的过程中，出现了大量需要加固支护的各类人工及自然边坡。为对这些边坡进行加固，常采用的支护结构有：重力式挡土墙、抗滑桩、桩板式挡土墙等。传统的重力式挡土墙施工周期长，圯工量大，难以进行绿化，对环境破坏严重。因此绿色公路建设要坚持生态优先的指导方针，强化设计、施工、运营、养护等各阶段的生态环境保护，实现最大限度地保护、最小程度地影响破坏、最强有力度地自然恢复自然环境。装配式生态景观挡土墙符合国家大力发展装配式建筑、绿色环保、绿色公路等相关政策导向，具有广阔的发展前景。

装配式生态景观挡土墙技术规程

1 范围

本文件提出了装配式生态景观挡土墙技术的基本规定，规定了工程材料、挡土墙设计、挡土墙预制构件生产、挡土墙施工、监控量测、质量检验和验收的要求。

本文件适用于新建和改扩建公路、铁路、及建筑、矿山、水利、市政等工程的装配式生态景观挡土墙的设计、施工、监控量测、质量检验和验收。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 175 通用硅酸盐水泥
GB/T 1499.1 钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋
GB/T 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋
GB/T 8077 混凝土外加剂匀质性试验方法
GB/T 12897 国家一、二等水准测量规范
GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO法）
GB 50007 建筑地基基础设计规范
GB 50009 建筑结构荷载规范
GB 50010 混凝土结构设计规范
GB 50017 钢结构设计标准
GB 50026 工程测量标准
GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范
GB 50204 混凝土结构施工质量验收规范
GB 50223 建筑工程抗震设防分类标准
GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
GB 50330 建筑边坡工程技术规范
GB/T 50448 水泥基灌浆材料应用技术规范
GB 50497 建筑基坑工程监测技术标准
GB 50661 钢结构焊接规范
GB 50666 混凝土结构工程施工规范
GB 51231 装配式混凝土建筑技术标准
GB 55008 混凝土结构通用规范
GB 55014 园林绿化工程项目
CJ/T 340 绿化种植土壤
CJJ 82 园林绿化工程施工及验收规范
JGJ 1 装配式混凝土结构技术规程

JGJ 8 建筑变形测量规范
JGJ 18 钢筋焊接及验收规程
JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程
JGJ/T 70 建筑砂浆基本性能试验方法标准
JGJ 114 钢筋焊接网混凝土结构技术规程
JGJ/T 221 纤维混凝土应用技术规程
JG/T 225 预应力混凝土用金属波纹管
JGJ 256 钢筋锚固板应用技术规程
JGJ 276 建筑施工起重吊装安全施工技术规范
JGJ/T 283 自密实混凝土应用技术规程
JGJ 355 钢筋套筒灌浆连接应用技术规程
JG/T 398 钢筋连接用灌浆套筒
JG/T 408 钢筋连接用套筒灌浆料
JTG D30 公路路基设计规范
JTG D61 公路圬工桥涵设计规范
JTG D81 公路交通安全设施设计规范
TB 10002 铁路桥涵设计通用规范
TB 10005 铁路混凝土结构耐久性设计规范
TB 10025 铁路路基支挡结构设计规范
TB 10101 铁路工程测量规范
TB 10601 高速铁路工程测量规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

装配式生态景观挡土墙 assembled ecology landscape retaining wall

按标准模数批量化预制生产，通过现场拼装形成整体来支承填土或山坡土体、防止土体变形失稳且具有生态景观功能的构造物。（以下简称挡土墙）

3.2

装配式生态景观悬臂式挡土墙 assembled ecology landscape anchor rod retaining wall

由底板、肋柱、预制构件等主要受力构件构成的，用于抵挡土压力且具有生态景观功能的装配式挡土结构。（以下简称悬臂式挡土墙）

3.3

装配式生态景观锚杆挡土墙 assembled ecology landscape anchor rod retaining wall

由锚杆、肋柱、预制构件、基础等组成，用来支撑坡体以保持土体稳定的且具有生态景观功能的装配式挡土结构。（以下简称锚杆挡土墙）

3.4

装配式生态景观榫接挡土墙 assembled ecology landscape tenon type flexible retaining wall

由预制横梁构件和纵梁构件组成，通过纵梁与横梁构件上的榫卯衔接形成骨架，骨架之间填充墙体材料，搭建而成的具备生态景观功能的柔性装配式挡土结构。（以下简称榫接挡土墙）

注：一种特殊的重力式生态景观挡土墙。

3.5

装配式生态景观加筋土挡土墙 assembled ecology landscape reinforced soil retaining wall
由预制生态景观墙面板、筋材和填料组成的装配式挡土结构。（以下简称加筋土挡土墙）

4 基本规定

- 4.1 挡土墙应遵循“尊重自然、生态优先、因地制宜、经济适用、安全耐久、统筹兼顾、协同发展”的原则。
- 4.2 挡土墙可用于用地受限需设支挡，且有生态、环保和景观要求的填挖方路段，不应直接修建于滑坡、泥石流、崩塌等不良地质路段。
- 4.4 挡土墙设置路段应做好勘测与勘察、工程环境和筑路材料调查以及必要的土工试验和材料试验等工作，为设计和施工提供准确可靠的基础资料。
- 4.5 预制构件宜工厂化制作。当专业工厂距离工地现场较远或运输困难，且施工现场具备预制条件时，可在施工现场设置预制场进行预制构件的制作。
- 4.6 挡土墙的设计、生产和施工应推行标准化、工厂化、机械化、信息化。
- 4.7 挡土墙的设计、生产、施工、质量检验和验收、监控量测应符合本文件规定外，尚应符合国家现行标准的有关规定。

5 工程材料

5.1 基本要求

- 5.1.1 装配式生态景观挡土墙预制、运输及安装所采用的材料、构件连接配件，除应符合本文件外，尚应符合国家现行有关标准的规定。
- 5.1.2 原材料进场时应提供出厂合格证、质量检验报告、使用说明书等，并按国家现行有关标准进行抽样检验。
- 5.1.3 材料和配件在储存、运输过程中应采取有效防护措施。
- 5.1.4 水泥宜采用强度等级不低于 42.5 级普通硅酸盐水泥，其质量应符合 GB 175 的规定。
- 5.1.5 混凝土、钢筋和钢材力学性能指标应符合 GB 50010、GB 55008 和 GB 50017 的规定，并应符合相关行业标准规定

5.2 构件材料

- 5.2.1 预制预应力混凝土构件的混凝土强度等级不宜低于 C40；预制钢筋混凝土构件的混凝土强度等级不应低于 C30；现浇混凝土的强度等级不应低于 C25。
- 5.2.2 当挡土墙结构形状复杂，或对混凝土的抗裂性能有较高要求，普通混凝土难以满足要求时，可采用自密实混凝土或纤维混凝土。自密实混凝土应符合 JGJ/T 283 的有关规定。纤维混凝土应符合 JGJ/T 221 的有关规定。
- 5.2.3 纵向受力普通钢筋宜选用 HRB335、HRB400、HRB500 等钢筋，箍筋宜选用 HPB300 钢筋，力学性能应符合 GB/T 1499.1、GB/T 1499.2 和 GB 50017 的有关规定。普通钢筋采用套筒灌浆连接和浆锚搭接连接时，钢筋选用应符合 GB/T 1499.2 的规定。不应采用冷加工钢筋。
- 5.2.4 预制构件吊环应符合 GB 1499.1 的规定，且计算拉应力不应大于 65 MPa。不应使用冷加工钢筋。

5.4 安装材料

- 5.4.1 钢筋焊接应符合 JGJ 18 的规定。
- 5.4.2 灌浆套筒宜采用 45 号优质碳素结构钢或高强球墨铸铁制作，并符合 JGJ 355、JG/T 398 的有关规

定。

5.4.3 钢筋套筒灌浆连接接头采用的灌浆料应符合 JG/T 408 的有关规定。

5.4.4 钢筋浆锚搭接连接接头应采用水泥基灌浆料，灌浆料的性能应满足 GB/T 50448 的有关规定，并应符合表 1 的规定。

注：水泥基灌浆料的性能要求依据 JGJ 1 和 GB/T 50448 的有关规定。

表 1 水泥基灌浆料的性能要求

检测项目		性能指标	试验方法标准
流动度/mm	初始值	≥ 300	JG/T 408
	30 min	≥ 260	
抗压强度/MPa	1 d	≥ 35	GB/T 17671
	3 d	≥ 55	
	28 d	≥ 80	
竖向膨胀率/%	3 h	0.02~2.00	JG/T 408
	24 h 与 3 h 差	0.02~0.50	
氯离子含量/%		≤ 0.05	GB/T 8077
泌水率/%		0	GB/T 50080
抗冻等级		$\geq F300$	GB/T 50082
抗渗等级		$\geq P6$	
氯离子扩散系数		< 7	

5.4.5 钢筋锚固板材料应符合 GB 50010 和 JGJ 256 的有关规定，宜采用 Q235 或 Q345 级钢，钢材等级不应低于 Q235B；采用预应力结构时，钢筋锚固板材料应采用 Q345 级钢，钢材等级不应低于 Q345B。专用预埋件及连接件材料应符合国家现行有关标准的规定。锚固板厚度应根据受力情况计算确定。预埋件锚板一般用于相邻构件的连接处，宜均匀分布。

5.4.6 受力预埋件的锚板及锚杆材料应符合 GB 50010 的规定。专用预埋件及连接件材料应符合国家现行有关标准的规定。

5.4.7 连接用焊接材料和螺栓紧固件材料应符合 GB 50017、GB 50661、JGJ 18 的规定。

5.4.8 砂浆强度等级应符合 JTG D61 或 TB 10002 的规定。

5.4.9 金属波纹管宜采用圆形不锈钢波纹管，并符合 JG/T 225 的有关规定。

5.4.10 砌筑砂浆用砂宜采用中粗砂，不应采用强度等级小于 M5 的水泥砂浆替代同强度等级水泥混合砂浆，如需替代，应将水泥砂浆提高一个强度等级。砂浆初凝强度按照 JGJ/T 70 的要求，其强度应大于 0.2 MPa；3 d 强度宜为 7 MPa~10 MPa，并应符合设计规定。

5.4.11 锚杆灌浆、锚杆及其附件应符合 GB 50086 的有关规定。

5.4.12 锚杆宜采用 HRB400 或 HPB500 钢筋，不应采用冷加工钢筋。

5.4.13 加筋土挡土墙的加筋体筋材有条带式、平面式、网孔式和立体式筋材，筋材性能符合下列要求。

- 筋材应整体性好、强度高、变形小、延伸率低、抗拔能力强、不易产生脆性破坏，并应符合现行国家标准和行业标准的有关规定。
- 耐腐蚀和耐久性符合要求。当采用土工合成材料类筋材时，筋材应满足低蠕变性和抗紫外线老化性能的要求，炭黑含量不应小于 2%；当采用金属材料类筋材时，筋材表面应进行防腐和耐磨处理。
- 筋材表面应粗糙，与填料间应能形成摩擦咬合作用，能产生摩阻力，并满足相应要求；筋土界面阻力系数应符合设计要求。
- 常用筋材类型如表 2 所示。

表 2 常用筋材分类

外观特征	材料名称
条带式	钢带、钢筋混凝土带、钢塑复合土工带
平面非网孔式	有纺土工布、经编复合土工布
平面网孔式	钢丝网、钢筋网、土工格栅
立体网孔式	土工格室

5.5 回填材料

5.5.1 墙体内回填材料应优先选择抗剪强度高、透水性较强和水稳定性较好的填料，并应满足设计要求。

5.5.2 墙顶封闭填土宜采用透水性较弱的黏性土或粉质黏土。

5.5.3 排水层可采用级配碎石、砂砾或其他排水材料（如三维排水网、排水垫等）；反滤层可选用砂砾石、土工布等。用于排水层和反滤层的级配碎石或砂砾应洁净，粒径小于 0.075 mm 颗粒含量不应大于 5%。

5.6 绿化材料

5.6.1 种植土采用生土时应进行熟化处理，并应符合 CJ/T 340 的规定。

5.6.2 植生袋应满足环保要求，宜采用聚丙烯长丝无纺土工布制成，内置草种成活率应大于 95%。

5.6.3 植物类型选择应符合下列规定：

- 挡土墙面坡植物绿化应结合工程周边环境和景观要求、墙面绿化条件等合理选择目标植物群落，宜设计成草本型、草灌结合型，不应采用乔木；
- 选用植物种类应根据绿化目的、气候、土质、施工季节等确定，宜采用易成活、生长快、叶茎矮或有匍匐茎的多年生草种；
- 灌木植物种类应结合现场调查情况，选择固土护坡能力强、耐干旱、耐瘠薄、抗风耐寒能力强，具有较强的抗污染能力的乡土树种或适生树种；
- 植物种子的配合、播种量等的设计应根据选用植物的生长特点、工程地点及施工方法确定。

6 设计

6.1 基本要求

6.1.1 挡土墙设计应遵循“少规格、多组合、生态美观”的原则。

注：“少规格”的目的是提高生产效率，减少工程的复杂程度，降低管理的难度，降低模板的成本，为专业之间、企业之间的协作提供一个相对较好的基础。“多组合”是以少量的构件类型组合成多样化的结构形式，满足不同的使用需求。“生态美观”主要体现在人与自然的亲和和绿化等方面，生态是与自然的融合，景观是对自然的改善和提升。

6.1.2 设计使用年限和混凝土结构耐久性应符合国家现行标准的有关规定

6.1.3 挡土墙设计除应考虑生态景观外，还应综合考虑排水构造。

6.1.4 墙型可根据地质、地形等情况选择悬臂式、锚杆式、榫接式、加筋土式等。

注：墙型的选择应结合实际情况参照国家现行有关标准选用，可不限于以下几种墙型。

- 悬臂式挡土墙宜用于地基承载力较低的填方路段，墙高不宜大于 5 m。

- b) 锚杆挡土墙，宜用于墙高较大的岩质路堑路段，可采用单级或多级，单级墙高不宜大于 8 m，总高度不宜大于 16 m，多级墙的上、下级墙之间应设置宽度不小于 2 m 的平台。
 - c) 榫接挡土墙，宜用于填方、挖方等支挡工程，墙高不宜大于 10 m。
 - d) 加筋土挡土墙，宜用于填方支挡工程，可设置成路肩式或路堤式。
- 6.1.5 挡土墙面坡应设置具有生态保护和景观绿化功能的生态槽、窗或孔，保证长期生态平衡和植物生长条件。
- 6.1.6 预制构件尺寸应满足吊装和运输的要求。
- 6.1.7 预制构件连接应符合下列规定：
- a) 节点和接缝受力明确、构造可靠，并应满足承载力、延性和耐久性等要求；
 - b) 根据连接和接缝的构造方式及其性能确定结构的整体计算模型。
- 6.1.8 挡土墙的防、排水系统的设置应符合国家现行标准的有关规定
- 6.1.9 抗震设防类别及标准应符合国家现行标准的有关规定。
- 6.1.10 预制构件应结合施工需求进行翻转、运输、吊装、安装等施工验算。

6.2 作用（或荷载）

- 6.2.1 作用（或荷载）的分类与组合应符合下列规定：
- a) 挡土墙设计采用的作用（或荷载）及作用（或荷载）组合应符合国家现行标准的有关规定。
 - b) 挡土墙的地震作用力、地震主动土压力及抗震强度、稳定性验算应符合国家现行标准的有关规定。
- 6.2.2 在滑坡、泥石流、崩塌等不良地质路段，以及膨胀性岩土等特殊地区不宜使用装配式挡土墙，确需使用时应做专项设计。
- 6.2.3 作用（或荷载）标准值按以下规定取值。
- a) 结构自重按构件设计尺寸与材料的标准重度计算，标准重度可按表 3 的规定采用。

表 3 材料标准重度

材料种类	重度 kN/m ³	材料种类	重度 kN/m ³
钢、铸钢	78.5	浆砌片石	23.0
钢筋混凝土	25.0	干砌块石或片石	21.0
混凝土或片石混凝土	24.0	沥青混凝土	24.0
浆砌块石或料石	24.0	泥结碎（砾）石	21.0

- b) 车辆荷载、列车荷载或其他活载应按下列规定取值：
 - 1) 车辆荷载按 JTG D30 的规定取值；
 - 2) 客货共线铁路、高速铁路、城际铁路和重载铁路的轨道结构荷载、列车荷载的分布宽度和单位荷载按 TB 10025 附录 B 取值；
 - 3) 其他活载按 GB 50009 的规定或相关行业标准取值。
- c) 人群荷载和栏杆荷载应按下列规定取值：
 - 1) 作用于墙顶或墙背填料上的人群荷载标准值规定为 3 kN/m²；城郊行人密集区可参照所在地区城市桥梁设计标准规定取值，或取上述规定值的 1.15 倍。
 - 2) 作用于挡土墙栏杆立柱柱顶的水平推力标准值规定为 0.75 kN/m；作用在栏杆扶手上的竖向力标准值规定为 1 kN/m。
- d) 墙顶护栏的车辆碰撞力应符合 JTG D81 的规定。

- e) 静水压力、水的浮力、流水压力和动水压力（渗透力）等附加力按下列规定取值。
 - 1) 浸水挡土墙计算水位应选择最不利水位。根据地基地层的渗水情况计算水的浮力；根据墙背填料的性质和挡土墙两侧的水位计算静水压力和动水压力；根据墙前水流速度和方向计算流水压力。
 - 2) 静水压力、浮力、流水压力、动水压力（渗透力）宜按附录 A 计算和取值。
- f) 挡土墙受温度作用引起的温度应力应按国家现行标准的有关规定计算。
- g) 坡顶有建（构）筑物的挡土墙，建（构）筑物基础传递的垂直荷载、水平荷载和弯矩等应符合 GB 50330 的相关规定。

注 1：本文件中推荐的人群荷载和栏杆荷载的取值参照了 JTG D30—2015 附录 H.0.1 和 JTG D60 的相关规定，建筑和市政工程的人群荷载和栏杆荷载参照了 CJJ 11 或 GB 50009 的规定取值。

注 2：当墙后填料采用岩块或透水性的粗粒料土时，可不计墙身两侧的静水压力和墙背动水压力的影响。

注 3：墙背填料中的地下水无法排出时的主动土压力计算，可将墙后常水位上下视为不同的填料层，首先计算水位以上填料层的土压力，然后将上层填料重力作为均布荷载施加于水位以下的填料层，计算浸水部分填料层的土压力。

6.2.4 挡土墙墙背的土压力作用应根据支挡结构的具体情况采用主动土压力、静止土压力或被动土压力，并结合工程经验对土压力系数进行修正。

6.2.5 填方挡土墙的土压力计算符合下列规定：

- a) 挡土墙应按国家现行标准的有关规定进行墙背填料的土工试验，确定填料的物理力学指标。
- b) 当缺乏试验数据时，可按国家现行标准的有关规定取值。

6.2.6 挖方挡土墙的土压力计算符合下列规定：

- a) 根据边坡的调查、勘察试验和分析数据，综合确定墙后地层的物理力学指标；
- b) 当墙背附近有岩石坡面或坚硬的稳定坡面时，应采用墙背填料沿坡面滑动和破裂棱体位于填土中两种工况分别计算主动土压力，取大值；
- c) 当墙顶地表倾斜度较大或地表形状不规则，根据库伦理论计算土压力有困难时，可采用楔体试算法计算主动土压力，其作用点距墙踵的距离为墙背高度的 1/3。

6.2.7 明挖基础挡土墙前的被动土压力可不考虑；当基础埋置较深、地层稳定，不受水流冲刷和其他扰动破坏，且对墙前填料进行充分压实时，根据墙身的位移条件，可计入墙前的部分被动土压力。

注：根据 JTG D30 和 TB 10025，当挡土墙基础埋置较深、地层稳定，不受水流冲刷和其他扰动破坏，且对墙前填料进行充分压实时，根据墙身的位移条件，可计入墙前的部分被动土压力。挡土墙单位长度上的墙前被动土压力可按朗肯理论计算，取 1/3 被动土压力值。

6.2.8 车辆荷载、列车荷载、人群活载或其他活载作用在墙背的土体侧压力应按下列规定计算：

- a) 公路车辆荷载作用于墙背填土上引起的附加土体侧压力，应按 JTG D30 的规定换算成等代均布土层厚度计算；
- b) 铁路轨道和列车作用在路基面上的单位荷载，应按 TB 10025 的规定计算；
- c) 人群荷载作用在墙背填土上所引起的附加土体侧压力，可将人群荷载按均布荷载直接作用在路基面上计算，也可换算成等代均布土层厚度计算；
- d) 其他活载作用于墙背填料引起的附加土体侧压力，应按 GB 50009 或相关行业标准的规定计算。

注 1：按照 JTG D30 的规定，车辆或人群荷载作用在挡土墙墙背填土上所引起的附加土体侧压力，可按式（1）换算成等代均布土层厚度计算：

$$h_0 = \frac{q}{\gamma} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

h_0 ——换算土层厚度，单位为米（m）；

q ——车辆附加荷载强度，墙高小于 2 m 时，取 20 kN/m²；墙高大于 10 m 时，取 10 kN/m²；墙高在 2 m~10 m 时，附加荷载强度用直线内插法计算；

γ ——墙后填土的重度，单位为千牛每立方米（ kN/m^3 ）。

注 2：按照 TB 10025 的相关规定，铁路轨道和列车作用在路基面上的单位荷载可按式（2）计算，分布如图 1 所示。

$$q_{1,2} = \frac{Q}{L_0} \dots\dots\dots (2)$$

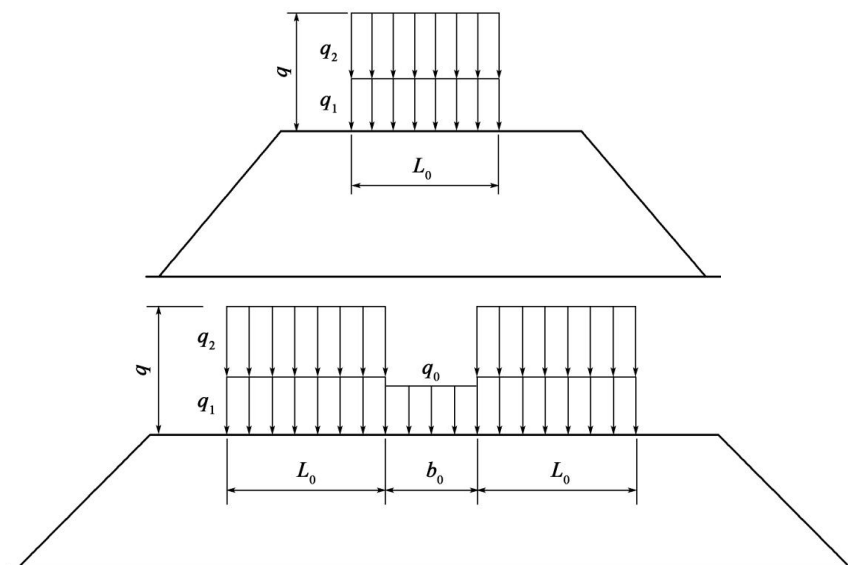
式中：

q_1 ——轨道荷载作用在路基面上的单位荷载，单位为千帕（ kPa ）；

q_2 ——列车荷载作用在路基面上的单位荷载，单位为千帕（ kPa ）；

Q ——轨道荷载或列车荷载，单位为千牛每米（ kN/m ）；

L_0 ——荷载在路基横断面上的分布宽度，单位为米（ m ）。



标引符号说明：

q_0 ——线间回填单位荷载；

q ——轨道结构自重与列车荷载单位荷载之和；

b_0 ——线间回填单位荷载分布宽度。

图 1 铁路路基面上荷载分布示意图

6.3 基础设计和稳定性验算

6.3.1 基础构造包括下列规定：

- 采用明挖基础时，应设置在地质情况较好的地基上；当地基承载力不满足设计要求时，需进行地基处理。采用刚性基础时，基础底部的扩展部分不应超过材料的刚性角。
- 基础前趾埋入地面的深度和距地表的水平距离应根据地基稳定性、地基承载力、水流冲刷、冻土深度情况以及岩石风化程度等因素确定，并应符合国家现行标准的有关规定。
- 榫接挡土墙采用倾斜基底时，其倾斜度应符合表 4 的规定。

表 4 基底倾斜度

地层类别		基底倾斜度 ($\tan \alpha_0$)
一般地基	岩石	≤ 0.3
	土质	≤ 0.2
浸水地基	$\mu < 0.5$	0.0
	$0.5 \leq \mu \leq 0.6$	≤ 0.1
	$\mu > 0.6$	≤ 0.2
注 1: α_0 为基底倾斜角, 为基底面与水平线的夹角。 注 2: μ 为基底与地基土的摩擦系数。		

6.3.2 地基计算应符合下列规定:

- 地基计算时, 施加于挡土墙的作用 (或荷载) 及效应组合应符合 6.2.1 的规定。挡土墙地基承载力计算时, 传至基础底面的作用 (或荷载) 效应, 应按正常使用极限状态下作用 (或荷载) 效应标准值组合, 相应的抗力采用地基承载力特征值。计算基础及地基稳定、基础结构等时, 荷载效应应按承载力极限状态下的作用 (或荷载) 效应组合。作用 (或荷载) 效应组合应符合国家现行标准的有关规定。
- 地基承载力特征值应根据地质勘察、原位测试、荷载试验、调查、邻近建筑物地基承载力资料、理论计算等综合分析确定。
- 挡土墙基础底面压应力、偏心距应符合国家现行标准的有关规定。

6.3.3 稳定性验算应符合下列规定:

- 挡土墙稳定性验算时, 施加于挡土墙的作用 (或荷载) 及效应组合应符合 6.2.1 的规定。
- 承载力极限状态稳定方程和稳定系数应符合国家现行标准的有关规定。
- 挡土墙设计为滑动稳定控制时, 可采取以下抗滑动措施:
 - 采用倾斜基底;
 - 采用凸榫基底, 凸榫应设置在坚实地基上;
 - 当符合 6.2.9 的规定时, 宜计入墙前被动土压力, 计算时可采用 1/3 被动土压力值。
- 挡土墙设计为倾覆稳定控制时, 可采取以下抗倾覆措施:
 - 调整墙面、墙背坡度;
 - 改变墙身形式, 宜采用抗倾覆稳定性较强的挡土墙形式;
 - 扩展基础前趾, 当刚性基础的前趾扩展受刚性角限制时, 应加强基础配筋计算或调整基础形式。

6.4 结构计算

6.4.1 挡土墙的结构设计应符合 GB 50010 的规定, 采用以分项系数的极限状态法为主的设计方法。挡土墙设计应进行其承载力极限状态计算和正常使用极限状态计算,

6.4.2 挡土墙构件承载力极限状态设计的基本条件是结构抗力设计值, 应大于或等于计入结构重要性系数的作用 (或荷载) 效应的组合设计值, 应按式 (3)、式 (4) 进行验算:

$$\gamma_0 S \leq R(\cdot) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$R(\cdot) = R\left(\frac{R_k}{\gamma_f}, \alpha_d\right) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

γ_0 ——结构重要性系数，按表 5 的规定取值；

S ——作用（或荷载）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；

γ_f ——结构材料、岩土性能的分项系数；

α_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。

表 5 结构重要性系数 γ_0

墙高/m	公路		铁路		建筑边坡	
	高速公路、一级公路	二级及二级以下公路	普速铁路	高速铁路	一级边坡	二级、三级边坡
≤5.0	1.0	0.95	1.0	1.0	1.1	1.0
>5.0	1.05	1.0	1.0	1.0		

6.4.3 挡土墙构件按正常使用状态设计时，应根据不同设计目的，分别采用作用（或荷载）效应标准组合、作用（或荷载）短期效应组合、作用（或荷载）长期效应组合进行设计，裂缝、挠度、变形等作用（或荷载）效应的设计值应符合式（5）的规定：

$$S_d \leq C_d \dots\dots\dots (5)$$

式中：

S_d ——正常使用极限状态作用（或荷载）效应的组合设计值，包括裂缝宽度、挠度、变形或位移等；

C_d ——结构正常使用状态的限定值，包括裂缝宽度、挠度、变形或位移等的限定值。

6.4.4 挡土墙结构设计应包括抗弯、抗剪、抗拉、墙顶水平变形和最大裂缝宽度验算。结构计算的作用（或荷载）应符合 6.2 的有关规定，荷载的分项系数应符合国家现行标准的有关规定。

6.4.5 挡土墙结构及构件应按 GB 50010 等相关标准的要求进行计算。

6.5 预制构件设计

6.5.1 预制构件的设计应符合下列规定：

- a) 持久设计工况，应对预制构件进行承载力、变形、裂缝控制验算；
- b) 地震设计工况，应对预制构件进行承载力验算；
- c) 在生产、运输和堆放、安装等施工设计工况下，应按实际工况的荷载、计算简图、混凝土实体强度进行各阶段构件验算，并应符合 GB 50666 的有关规定。验算时应将构件自重乘以相应的动力系数。

注：脱模、翻转、吊装、运输时动力系数可取 1.5，临时固定时可取 1.2。动力系数可根据具体情况适当增减。

6.5.2 当预制构件中钢筋的混凝土保护层厚度大于 50 mm 时，宜对钢筋的混凝土保护层采取有效的构造措施。

6.5.3 预制构件的吊装设计应能保证构件在吊装、运输过程中平稳受力，并符合下列规定：

- a) 预制构件可采用内埋式螺母、内埋式吊杆或预留吊装孔，并采用配套的专用吊具或吊环吊装。内埋式螺母或内埋式吊杆的设计与构造，应满足起吊方便和吊装安全的要求。专用内埋式螺母或内埋式吊杆及配套的吊具，应按照相应的产品标准和应用技术规定选用。
- b) 吊环应采用未经冷拉的 HPB300 钢筋或 Q235B 圆钢，其锚入混凝土深度和吊环应力验算应符合 GB 50010 的规定。
- c) 设置预埋件、吊环、吊装孔及各种内埋式预留吊具时，应对构件在该处承受吊装荷载作用的效应进行承载力的验算，并应采取相应的构造措施，避免吊点处混凝土局部损伤。

注：GB 50010 将 HPB300 钢筋的直径限于不大于 14 mm，当吊环直径小于或等于 14 mm 时，可以采用 HPB300 钢筋；当吊环直径大于 14 mm 时，可采用 Q235B 圆钢。

6.6 构件连接设计

- 6.6.1 预制构件之间的连接可选用湿接缝、榫接式、套筒灌浆、承插式、螺栓连接等方式。
- 6.6.2 预制构件及连接构造应在结构方案和传力途径中确定预制构件的布置及连接方式，并进行整体结构分析和构件及连接设计。
- 6.6.3 预制构件的连接应符合下列规定：
 - a) 预制构件的连接宜设置在结构受力较小处，且便于施工；
 - b) 预制构件连接部位的混凝土强度等级不应低于预制构件的混凝土强度等级；
 - c) 各类预制构件及其连接构造应按生产、运输、施工和使用过程中可能产生的不利工况进行验算。
 - d) 连接件构造设计应便于构件安装，且有可靠的固定措施。
 - e) 连接部位的承载力应保证被连接构件之间的传力性能，柔性连接部位允许局部错动，错动范围应满足局部稳定性的验算要求。
 - f) 预制构件的连接应考虑温度作用和混凝土收缩徐变的不利影响，宜适当增加构造配筋。
- 6.6.4 连接节点及接缝处的纵向钢筋连接宜根据接头受力、施工工艺等要求选用套筒灌浆连接、机械连接、浆锚搭接连接、焊接连接、绑扎搭接连接等连接方式。直径大于 20 mm 的钢筋不宜采用浆锚搭接连接，直接承受动力荷载的构件纵向钢筋不应采用浆锚搭接连接。当采用套筒灌浆连接时，应符合 JGJ 355 的规定；当采用机械连接时，应符合 JGJ 107 的规定；当采用焊接连接时，应符合 JGJ 18 的规定。
- 6.5.5 用于固定连接件的预埋件与预埋吊件、临时支撑用预埋件不宜兼用；当兼用时，应同时满足各种设计工况要求。预制构件中预埋件的验算应符合 GB 50010、GB 50017 和 GB 50666 等有关规定。
- 6.6.6 预制构件与后浇混凝土、灌浆料、座浆材料的结合面应设置粗糙面、键槽等。
- 6.6.7 预制构件连接处正截面承载能力应符合 GB 50010 的规定。连接处的承载能力应符合下列规定：
 - a) 持久设计工况、短暂设计工况：

$$\gamma_0 V_{jd} \leq V_u \quad \dots\dots\dots (6)$$

- b) 地震设计工况：

$$V_{jdE} \leq \frac{V_{uE}}{\eta_j} \quad \dots\dots\dots (7)$$

在底板与立柱（或力臂）、基础与立柱、基础与纵横梁连接等受力较大、影响结构安全的部位，尚应符合下式要求：

$$\eta_j V_{mua} \leq V_{uE} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

- γ_0 ——结构重要性系数，按本文件表 5 的规定或相关行业标准取值；
- V_{jd} ——持久设计工况、短暂设计工况下作用（或荷载）效应的组合设计值；
- V_{jdE} ——地震设计工况下作用（或荷载）效应的组合设计值；
- V_u ——持久设计工况、短暂设计工况下结构承载能力设计值；

V_{uE} ——地震设计工况下结构承载力设计值；

V_{mua} ——被连接构件端部按实配钢筋面积计算的斜截面承载力设计值；

γ_{RE} ——连接处承载力抗震调整系数，一般取 0.85；

η_j ——连接处承载力增大系数。

注：承载力增大系数 η_j 根据 GB 50223 和相关行业标准规定，并结合挡土墙的重要性取值，抗震设防等级高时取 1.2，抗震设防等级较低时取 1.1。

6.7 生态景观设计

6.7.1 生态景观设计应坚持“以人为本、以自然为师”的理念，遵循“多样性、功能性、可持续性、安全性、经济性”的设计原则。

6.7.2 生态景观设计应优先考虑环保材料的应用，注重对生态系统的修复、美化和文化的融合。

6.7.3 在保证墙体的稳定和安全的条件下，还需保证墙体排水的通畅性，促进水体与土壤的自由交换，保证营养和水循环，维持植物生长环境。

6.7.4 墙面景观绿化应符合 GB 55014 和 CJJ 82 的相关要求，以及本文件 5.6 条的要求。

6.7.5 墙面绿化宜采用喷播植草灌、插枝灌木等方法。

6.8 构造要求

6.8.1 挡土墙构件宜采用钢筋混凝土结构。当采用非钢筋混凝土结构时，应加强裂缝宽度验算。支挡边坡高度应符合设计要求。

6.8.2 挡土墙应与其他支挡结构物、边坡等衔接平顺、环境协调。

6.8.3 在支挡结构纵向一定间隔、与其他建筑物相接处应设置沉降变形缝，在不同结构单元处和地层变化处应设置沉降变形缝。沉降变形缝纵向间距宜为 10 m~20 m。沉降变形缝的缝宽宜为 20 mm~30 mm，缝内填充材料可采用沥青麻筋或其他有弹性的防水材料，填充深度不应小于 0.2 m。沉降缝与伸缩缝宜合并设置。

6.8.4 挡土墙防渗透与泄水布置应根据地形、地质、环境、水体来源及填料等因素分析确定，并符合下列规定：

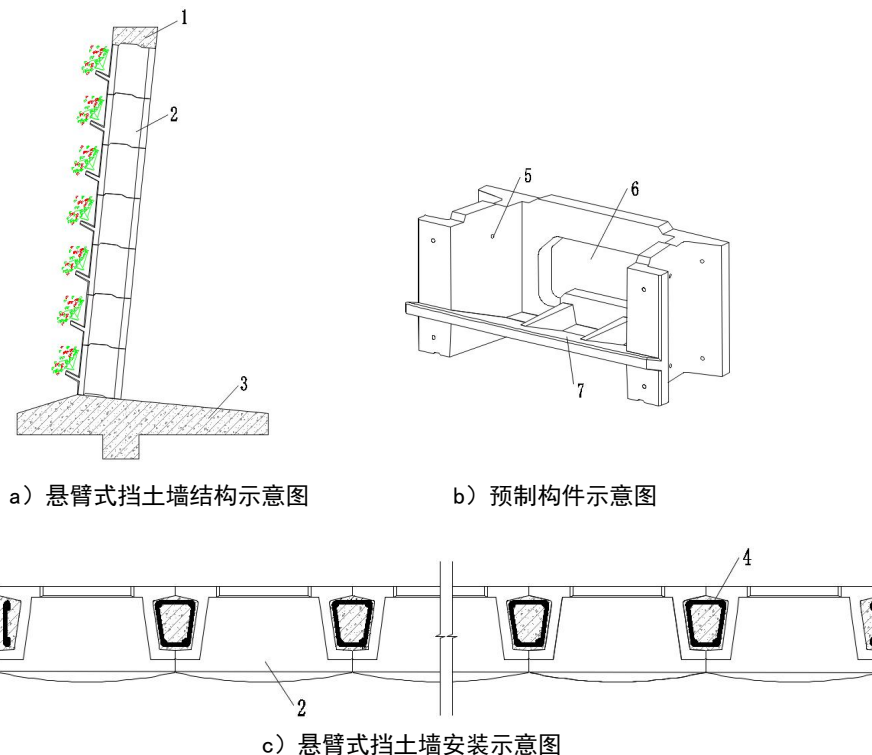
- a) 应从墙背向外设置泄水孔，排水坡度不小于 4%，泄水孔的位置及数量应按照墙背渗水情况合理布置，一般间距宜为 2 m~3 m。最底层距地面（设计水位）高度应大于 30 cm，宜采用管材。进水口宜采用透水土工布包裹。
- b) 泄水孔进水侧墙背应设置反滤层，反滤层宜采用袋装砂夹砾石、反滤土工布或其他新型材料。袋装砂夹砾石反滤层的厚度宜为 30 cm~50 cm。

6.8.5 墙后回填和反滤层应在填筑过程中及时施工，墙后填料应封层夯实。

6.9 悬臂式挡土墙

6.9.1 悬臂式挡土墙由底板、肋柱、预制构件等构成。悬臂式挡土墙结构示意图如图 2 所示。

注：肋柱、底板可采用现浇，也可采用预制拼装。



标引符号说明:

- 1——压顶梁;
- 2——预制构件;
- 3——底板;
- 4——肋柱;
- 5——预制构件吊装孔;
- 6——排水窗;
- 7——植生板。

图 2 悬臂式挡土墙结构示意图

6.9.2 荷载设计及组合应符合 6.2 的有关规定, 基础设计应符合 6.3 的有关规定。

6.9.3 作用于挡土墙的土压力可按库伦理论进行计算, 并符合国家现行标准的有关规定。

6.9.4 计算挡土墙整体稳定性和立板内力时, 可不考虑挡土墙前底板以上土的影响; 在计算墙趾板内力时, 应计算底板以上填土的自重; 计算挡土墙实际墙背和墙踵板的土压力时, 可不计填料与板间的摩擦力。

6.9.5 挡土墙的稳定性计算应符合 6.3.3 的规定, 挡土墙构件的内力计算符合下列规定:

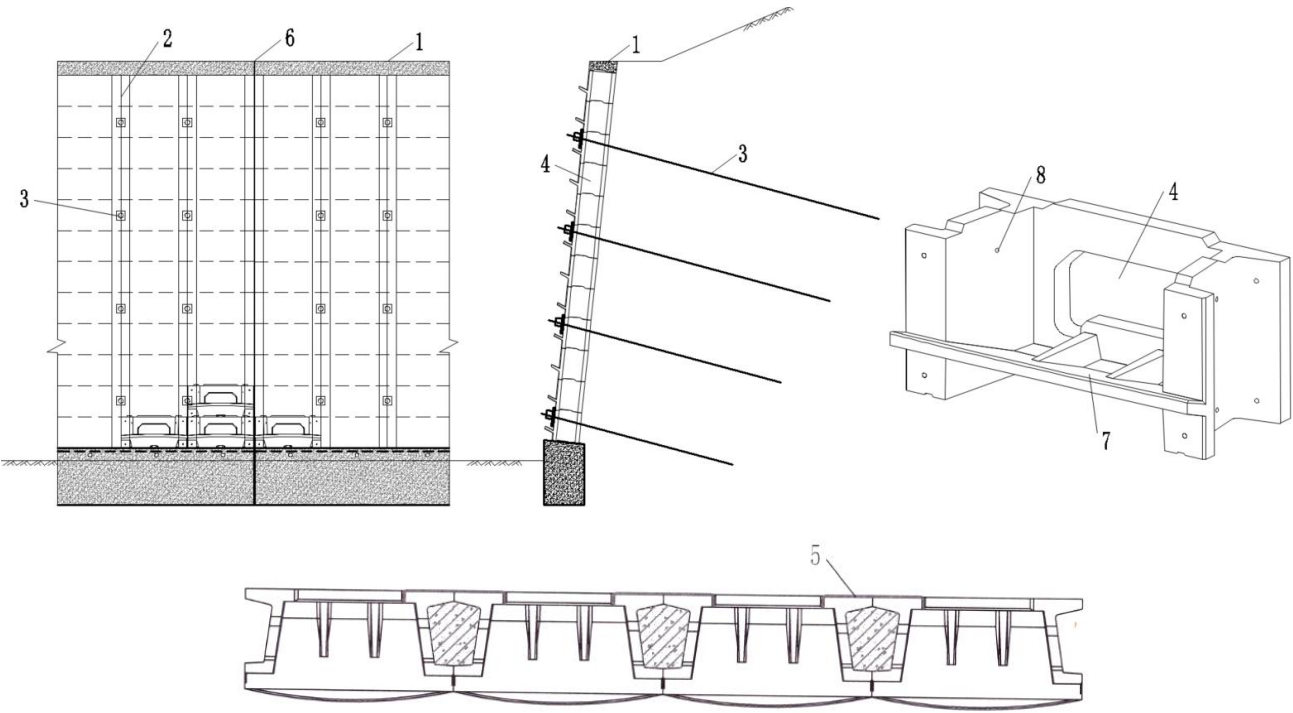
- a) 可取单位墙长进行内力计算。按地基承载力和稳定性验算, 确定底板的宽度; 根据构件正截面抗弯、抗剪承载力、构件变形及裂缝宽度验算, 确定面板、底板的截面几何尺寸及钢筋配置。
- b) 悬臂式挡土墙的立板、踵板应按悬臂梁计算。趾板和踵板整体浇筑施工时, 趾板可按固定在立板与踵板结合部的悬臂梁进行计算。
- c) 采用预制抗滑块代替前趾板时, 与立板和踵板为铰接, 在计算组合荷载引起踵板端部的竖向压应力时, 应扣除趾板的弯矩在踵板上引起的竖向荷载。

6.9.6 沉降缝、伸缩缝、泄水孔设置应符合 6.7.5 和 6.7.6 的规定。

6.10 锚杆挡土墙

6.10.1 锚杆挡土墙可由锚杆、肋柱、预制构件、基础构成。

注：锚杆挡土墙墙面形式较多，可采用现浇肋柱和预制挡土构件形式，也可采用预制肋柱和预制挡土构件形式，本文中以技术较成熟的预制挡土构件、现浇肋柱的肋板式锚杆挡土墙为例进行结构示意图说明。挡土墙结构如图 3 所示。



标引符号说明：

- 1——压顶梁；
- 2——肋柱；
- 3——锚杆；
- 4——排水窗；
- 5——U 型扣；
- 6——沉降缝；
- 7——植生板；
- 8——预制构件吊装孔。

图 3 锚杆挡土墙结构示意图

6.10.2 荷载设计及组合应符合 6.2 的有关规定。

6.10.3 墙背主动土压力可按库伦理论计算，锚杆挡土墙为多级时，可按实际墙背法或延长墙背法计算墙背土压力。对不需进行边坡变形控制的锚杆挡土墙，其侧向岩土压力应按式（9）计算：

$$E'_b = \gamma_x E_b \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：

E'_b ——岩土压力的水平分力修正值，单位为千牛每米（kN/m）；

E_b ——主动岩土压力的水平分力，单位为千牛每米（kN/m）；

γ_x ——岩土压力修正系数，应根据岩土类别和锚杆类型按表 6 确定。

表 6 锚杆挡土墙侧向岩土压力修正系数 γ_x

锚杆类型	非预应力锚杆		预应力锚杆	
岩土类别	自由段为土层	自由段为岩层	自由段为土层	自由段为岩层
γ_x	1.1~1.2	1.0	1.2~1.3	1.1

6.10.4 对岩质边坡以及坚硬、硬塑状黏性土和密实中密砂土类边坡，岩土压力分布可按图 4 确定，其中 σ_b 可按式（6）和式（7）计算。

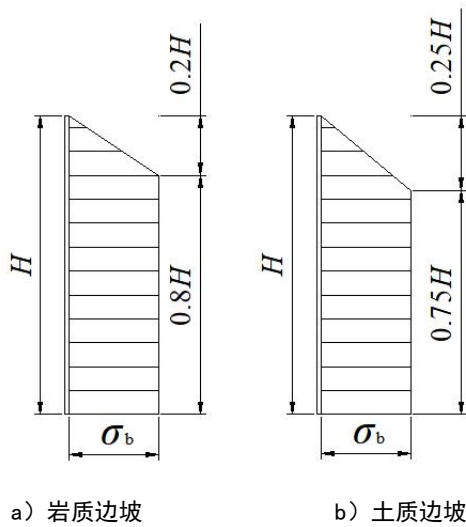


图 4 锚杆挡土墙侧向岩土压力分布

对岩质边坡：

$$\sigma_b = \frac{E'_b}{0.9H}$$

..... (10)

对土质边坡：

$$\sigma_b = \frac{E'_b}{0.875H}$$

..... (11)

式中：
 σ_b ——岩土压力水平应力，单位为千牛每平方米（kN/m²）；
 H ——锚杆挡土墙高度，单位为米（m）。

- 6.10.5 肋柱基础底面的地基承载力验算应符合 6.3.2 的规定。
- 6.10.6 预制挡土构件、肋柱等内力计算，以及锚杆的抗拉、抗拔计算应符合国家现行标准的有关规定。
- 6.10.7 肋柱设计符合下列规定：

a) 肋柱的截面尺寸除应满足强度、刚度和抗裂要求外，还应满足挡板的支座宽度、锚杆钻孔和锚固等要求。肋柱截面宽度不宜小于 300 mm，截面高度不宜小于 400 mm。

b) 肋柱基础应置于稳定的地层内，可采用独立基础、条形基础等形式。

- c) 混凝土强度不应低于 C35。
- d) 钢筋间距、尺寸应根据结构计算等因素确定。
- e) 肋柱箍筋宜在锚杆设计处加密；当采用预应力锚杆时，肋柱箍筋应在锚杆设计处加密。
- f) 伸缩缝应设置在肋柱与肋柱之间的中部。
- g) 肋柱采用装配式时，其内外两侧应配置通长受力钢筋。

注：肋柱在锚杆节点处所受剪力最大且易破坏，宜结合肋柱结构内力计算对节点处箍筋加密，箍筋单方向加密长度不宜小于 500 mm，加密区范围内不设置纵向钢筋接头。

6.10.8 锚杆设计符合下列规定：

- a) 锚杆可设计为双层或多层，层间距不宜小于 2 m。
- b) 锚杆可按弯矩相等或支点反力相等的原则布置，向下倾斜。每层锚杆与水平面的夹角宜为 $15^\circ \sim 25^\circ$ ，不应大于 45° 。
- c) 宜采用非预应力的全长粘结型锚杆。
- d) 锚杆规格型号、间距、长度和角度等参数应根据边坡地质情况而定，并予以验算。
- e) 锚杆保护层厚度不宜小于 25 mm。

6.10.9 预应力锚杆的锚固段长度岩层中宜为 3 m~8 m，土层中宜为 4 m~10 m，自由段长度不应小于 5 m，且穿过潜在滑裂面的长度不应小于 1.5 m。

6.10.10 压力型锚杆应根据锚固段注浆体承压面积验算其轴心抗压强度。

注：压力型锚杆是一种新型锚杆，其受力性、工艺、工作状态与拉力型锚杆不同，最大不同之处在于受荷后其锚固段灌浆体处于受压状态。

6.10.11 预应力锚杆初始预加力的确定符合下列规定：

- a) 锚杆墙位移控制要求较高时，初始预加力值宜为锚杆拉力设计值；
- b) 锚杆墙位移控制要求较低时，初始预加力值宜为锚杆拉力设计值的 0.70 倍~0.85 倍；
- c) 锚固地段位于特殊地层时，其初始预加力值可根据设计要求确定。

6.10.12 挡土墙基础应有一定埋置深度，土质或软质岩石地基不应小于 1 m，硬质岩石地基不应小于 0.6 m，冻胀地区基础埋置深度应满足相关行业标准要求。

6.10.13 沉降缝、伸缩缝、泄水孔的设置应符合 6.7.5 和 6.7.6 的规定。

6.11 榀接挡土墙

6.11.1 榀接挡土墙适用于一般地区和地震地区，结构可按图 5 布置。

注：榀接挡土墙对地基承载力要求较低，一般地区和地震地区均适用。在滑坡、崩塌、腐蚀性地段、膨胀土地段、松散土质边坡以及地下水较发育地段不宜采用。

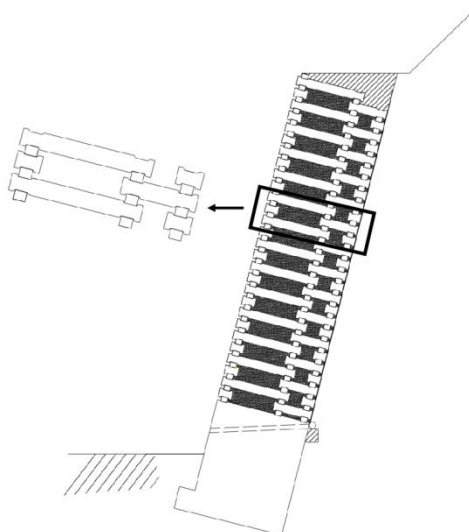


图5 榫接挡土墙

- 6.11.2 墙高不宜大于 10 m，边坡较高或顺层地段应与其他措施联合使用。
- 6.11.3 设计荷载分类及组合应符合 6.2 的有关规定。
- 6.11.4 作用于挡土墙墙背上的压力强度可按式（12）、式（13）、式（14）进行计算。

$$E = \frac{f}{S_h} - \gamma_{\text{坡}} h K_a \cos \delta \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$f = \mu W_h \sin \varepsilon \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi - \varepsilon)}{\cos^2 \varepsilon \cos(\delta + \varepsilon) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\delta + \varepsilon) \cos(\varepsilon - \beta)}} \right]^2} \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中：

- E ——墙背压力强度，单位为千牛每平方米（ kN/m^2 ）；
- f ——构件之间的摩擦力，单位为千牛（ kN ）；
- S_h ——深度 h 处的构件与墙背接触面积，单位为平方米（ m^2 ）；
- $\gamma_{\text{坡}}$ ——挡土墙后填土的重度，单位为千牛每立方米（ kN/m^3 ）；
- W_h ——深度 h 处构件所受的重力，单位为千牛（ kN ）；
- h ——方向坐标轴原点沿 y 轴向下的任一深度，单位为米（ m ）；
- μ ——构件之间的摩擦系数；
- K_a ——主动土压力系数；
- β ——填土表面的倾角，单位为度（ $^\circ$ ）；
- φ ——墙后填土的内摩擦角，单位为度（ $^\circ$ ）；
- δ ——墙背与填土间的摩擦角，单位为度（ $^\circ$ ）；
- ε ——墙背倾角，单位为度（ $^\circ$ ）。

- 6.11.5 作用于挡土墙墙背上的土压应力分布如图 6 所示，墙背上的主动土压应力可根据库伦土压力理论按式（15）进行计算。

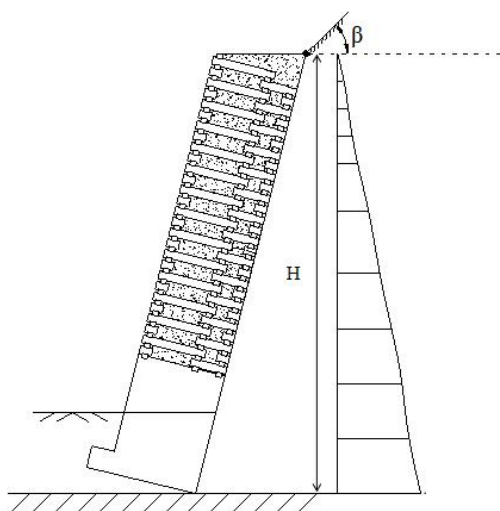


图6 装配式榫接挡土墙墙背上的土压应力分布

$$P_a = \frac{1}{2} E_H \cdot H \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中:

P_a ——挡土墙墙背所受土压力, 单位为千牛每米 (kN/m);

E_H ——挡土墙墙底所受土压力强度, 单位为千帕 (kPa), 可按 6.8.4 的规定进行计算。

6.11.6 挡土墙的整体稳定性计算应符合 6.3.3 的规定。挡土墙的自重包含构件自重和填料自重两部分。

6.11.7 挡土墙构件的局部稳定性设计应考虑构件间的摩擦力以及挡土墙墙背实际受力情况, 局部稳定性系数 K'_s 按式 (16) 计算, K'_s 不应小于 1.3。

$$K'_s = \frac{(G_h + P_{ay})\mu}{P_{ax}} \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中:

K'_s ——局部稳定性系数;

P_{ay} ——土压力 P_a 竖向分力, 单位为千牛每米 (kN/m);

P_{ax} ——土压力 P_a 水平分力, 单位为千牛每米 (kN/m);

G_h ——深度 h 处挡土墙自重, 单位为千牛每米 (kN/m)。

注 1: 项目针对局部稳定性计算的参数和公式的合理性, 进行了现场原位试验、现场模型试验, 并基于现场监测数据和数值模拟的理论计算反分析研究验证了理论计算的可靠性。

注 2: 式 (16) 以靠近土坡方向最为危险的纵梁列为研究对象, 其局部稳定性主要依靠以上各构件和填土的重力以及墙背土压力竖向分力所提供的摩擦力, 抵抗墙后的土压力水平分力, 计算模型如图 7 所示。

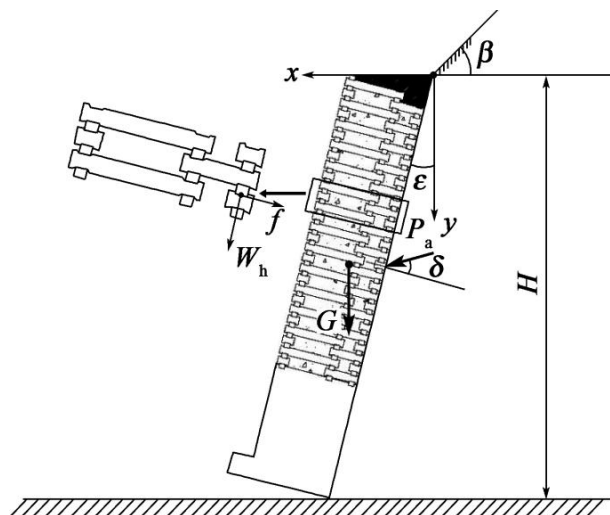


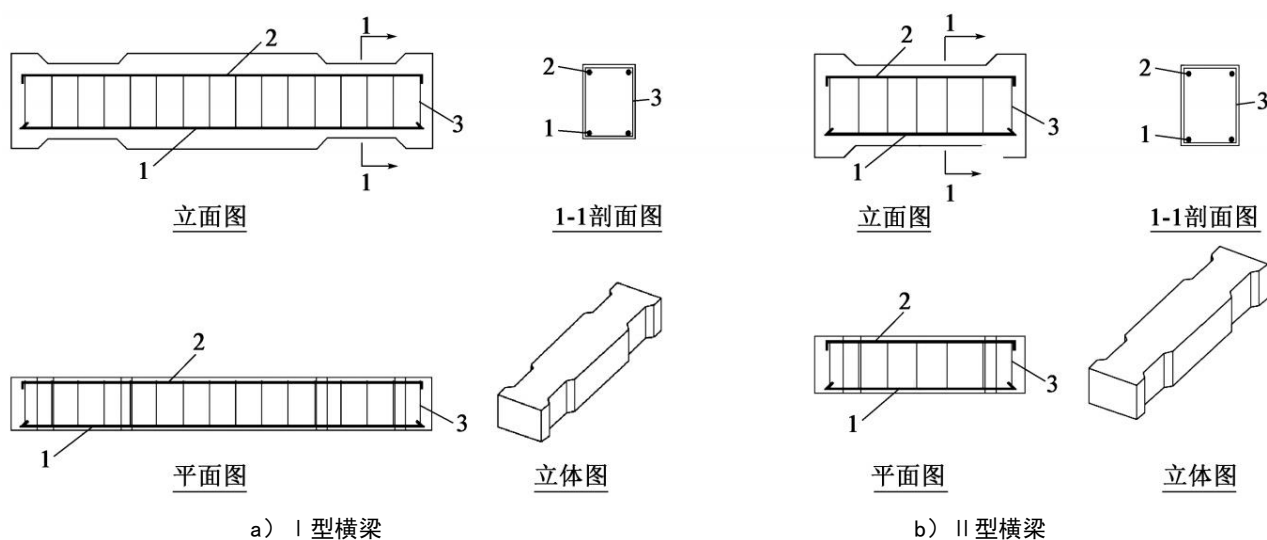
图 7 榀接挡土墙设计计算模型

6.11.8 基础设计符合下列规定:

- 基础埋置深度应从坡脚排水沟底起算。基础埋入地面的深度应满足 6.3.1 和 6.3.3 的规定。
- 宜采用混凝土基础, 第一层纵梁嵌入基础深度不应小于 20 mm, 并应采用与基础同强度砂浆卧底和填塞密实。
- 基础露出地面的高度应满足横向排水管的设置要求, 横向排水管沿墙长方向的布置间距宜为 1 m~

1.5 m。

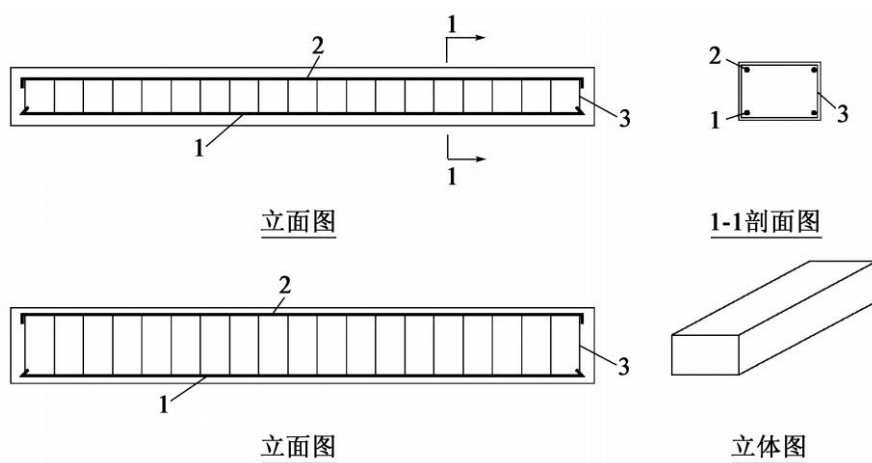
6.11.9 挡土墙构件应包括横梁构件（图 8）、纵梁构件（图 9）。



标引符号说明：

- 1——横梁构件的下部受力主筋；
- 2——横梁构件的上部受力主筋；
- 3——横梁构件的箍筋。

图 8 横梁构件示意图



标引符号说明：

- 1——纵梁构件下部受力主筋；
- 2——纵梁构件上部受力主筋；
- 3——纵梁构件箍筋。

图 9 纵梁构件示意图

注：构件安装方式如下。

- (1) 纵梁安放在墙延伸方向上，上下两层纵梁应分层错缝。
- (2) 横梁安放在垂直于墙延伸方向上，与纵梁形成框架结构。

具体纵梁、横梁尺寸和钢筋型号、数量以设计要求为准。根据已施工项目的成功经验，生产的横梁、纵梁构件的

结构尺寸如图 10、图 11 所示。

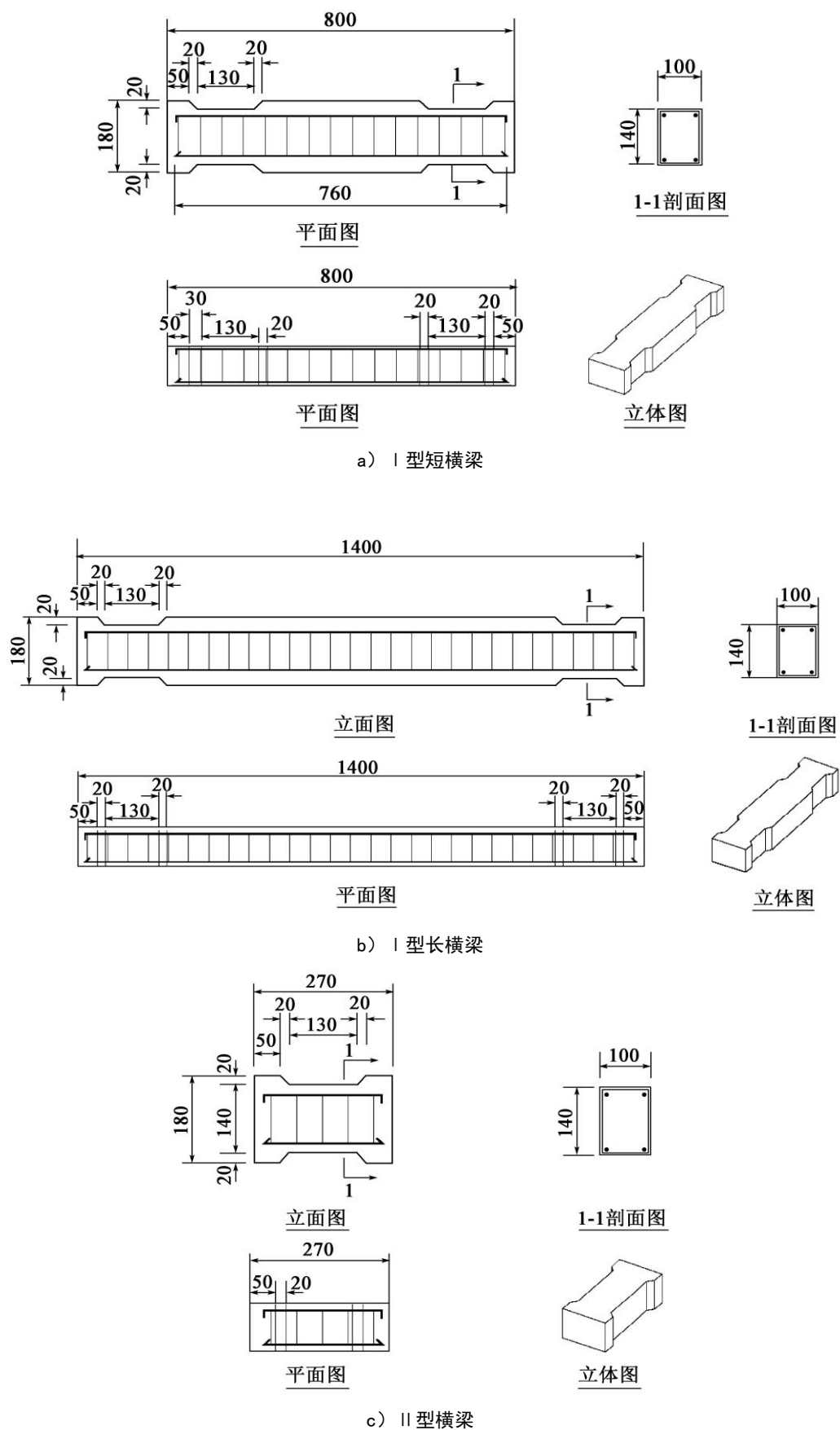
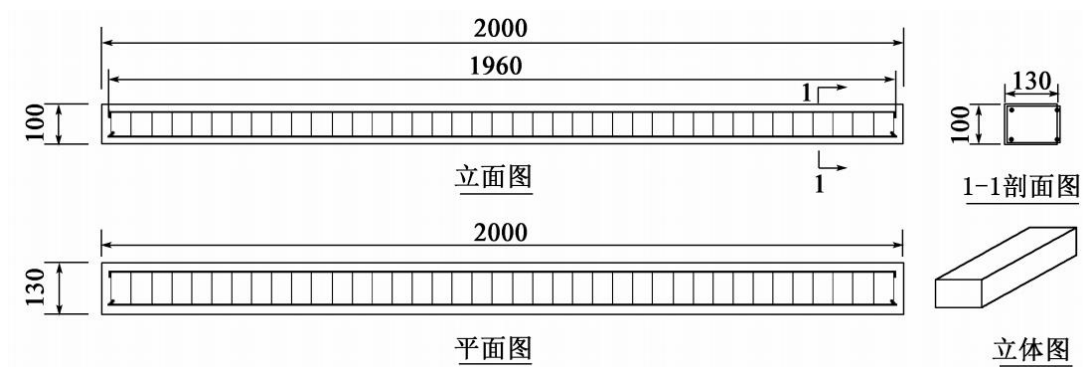
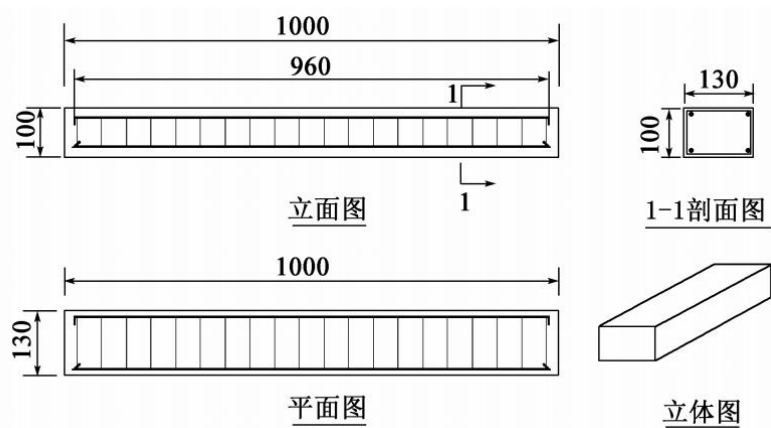


图 10 横梁构件结构尺寸图



a) 长纵梁



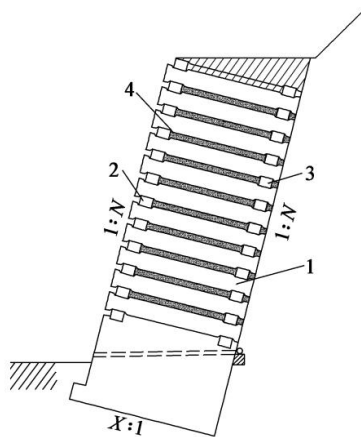
b) 短纵梁

图 11 纵梁构件结构尺寸图

6.11.10 挡土墙应根据计算确定墙身断面尺寸。

注：根据已施工项目的成功经验，挡土墙的拼装可选择如下方式。

a) 挡土墙高度小于 2.5 m 时，宜采用 I 型短横梁、长纵梁、短纵梁，可按图 12 进行拼装。



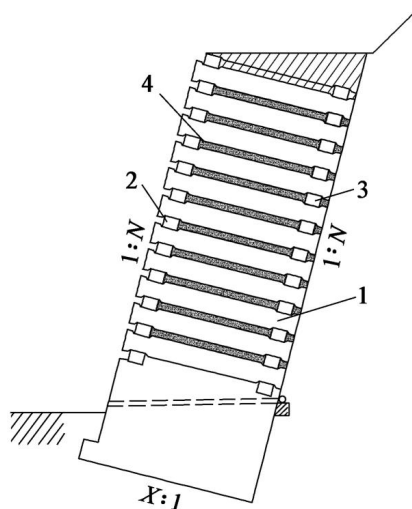
标引符号说明：

1—— I 型短横梁；

- 2——长纵梁；
 3——短纵梁；
 4——抗剪强度高和透水性较强的填料。

图 12 挡土墙高度小于 2.5 m 时推荐组合墙

- b) 挡土墙高度处于 2.5 m~4.5 m 时，宜采用 I 型长横梁、长纵梁、短纵梁，可按图 13 进行拼装。

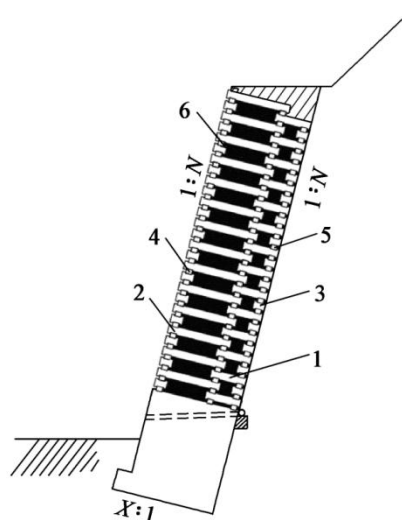


标引符号说明：

- 1——I 型长横梁；
 2——长纵梁；
 3——短纵梁；
 4——抗剪强度高和透水性较强的填料。

图 13 挡土墙高度处于 2.5 m~4.5 m 时推荐组合墙

- c) 挡土墙高度处于 4.5 m~8 m 时，宜采用 I 型短横梁、I 型长横梁、II 型横梁、长纵梁、短纵梁，可按图 14 进行拼装。



标引符号说明：

- 1——I 型短横梁；
 2——I 型长横梁；
 3——II 型横梁；

- 4——长纵梁；
- 5——短纵梁；
- 6——抗剪强度高和透水性较强的填料。

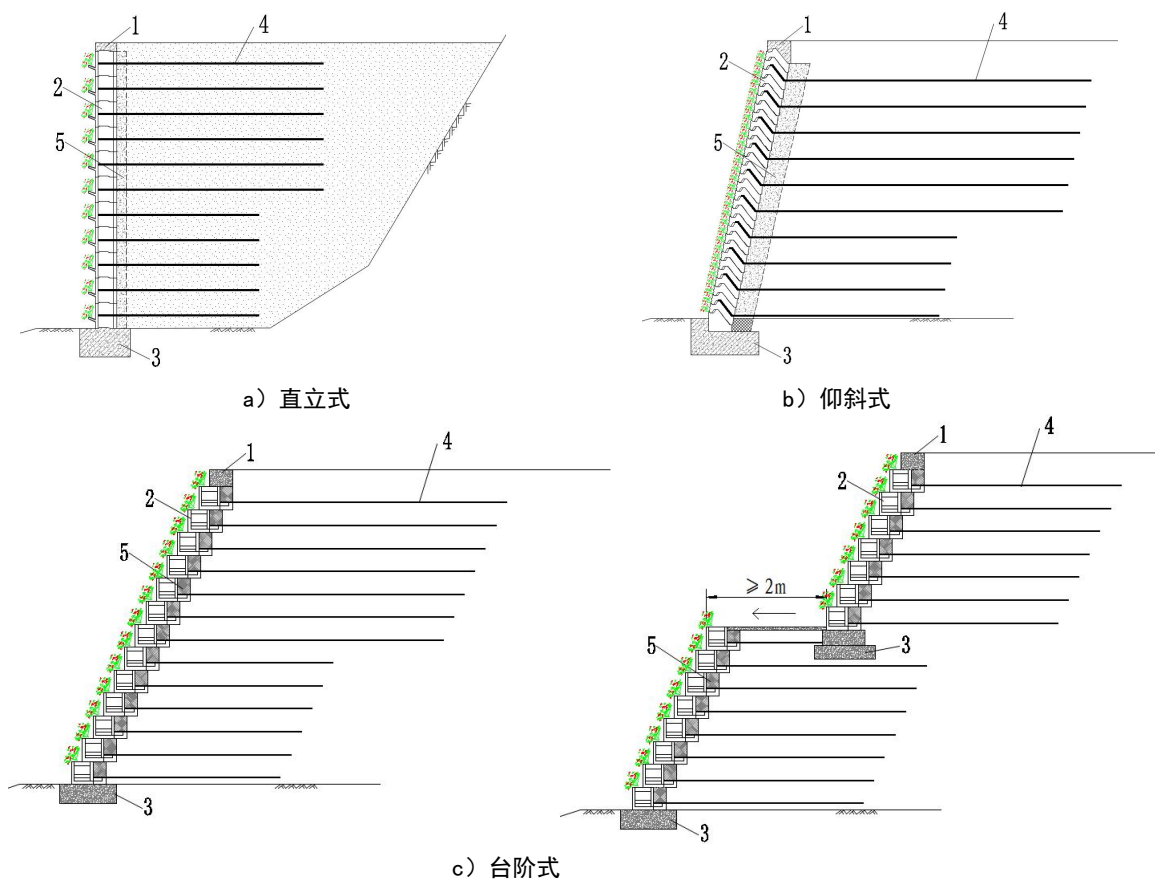
图 14 挡土墙高度处于 4.5 m~8 m 时推荐组合墙

6.11.11 沉降缝、伸缩缝的设置应符合 6.7.5 的规定。

6.11.12 挡土墙在基础上部应设置泄水孔，且应符合 6.7.6 的规定；预制构件安装前，墙体与坡面之间应铺设反滤土工布。

6.12 加筋土挡土墙

6.12.1 加筋土挡土墙墙面板宜采用预制混凝土生态景观面板或预制钢筋混凝土生态景观面板，墙型可采用直立式、仰斜式或台阶式，如图 15 所示。



标引符号说明：

- 1——压顶梁；
- 2——预制构件；
- 3——基础；
- 4——筋材；
- 5——排水层。

图 15 加筋土挡土墙墙型示意图

注：加筋土挡土墙面板形式较多，通常有混凝土面板、钢筋混凝土面板、生态袋面板、土工格室面板、土工格栅反包面板、钢丝（筋）网植生面板、格宾网箱面板等等，由于其他面板的装配式特点不明显，因此本文件中只包含了预制混凝土和预制钢筋混凝土生态景观面板的加筋土挡土墙。

- 6.12.2 加筋土挡土墙填料压实度应符合现行国家标准和行业标准的规定。
- 6.12.3 筋材之间连接或筋材与墙面板连接时，连接强度不应低于设计强度；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。
- 6.12.4 荷载设计及组合应符合 6.2 的有关规定，基础设计应符合 6.3 的有关规定。
- 6.12.5 挡土墙墙面纵向线形可采用直线形、折线形和台阶形。相邻墙面间的内夹角宜在 $70^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 。当相邻墙面的内夹角大于 180° 时，应加设补强筋材，不应留有无筋区。
- 6.12.6 墙面板应设置混凝土基础，基底不应设置纵坡，可根据地形做成水平台阶形，相邻高差不宜大于 2 m，每个台阶长度应不小于 2 m。
- 6.12.7 加筋体的典型横截面形式如图 16 所示，宜采用 a) 平行四边形，也可结合地形、地质条件采用 b) 台阶式和 c) 错台式。

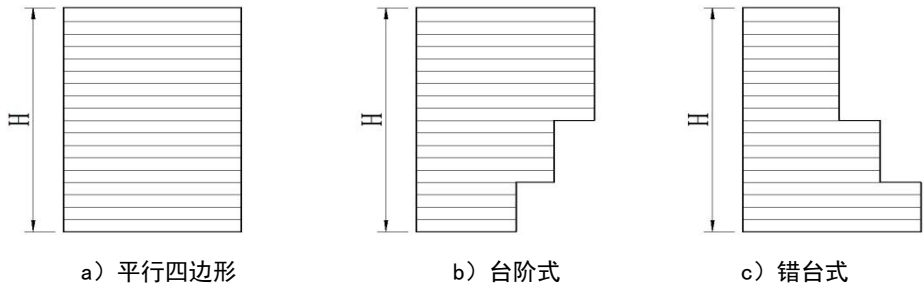
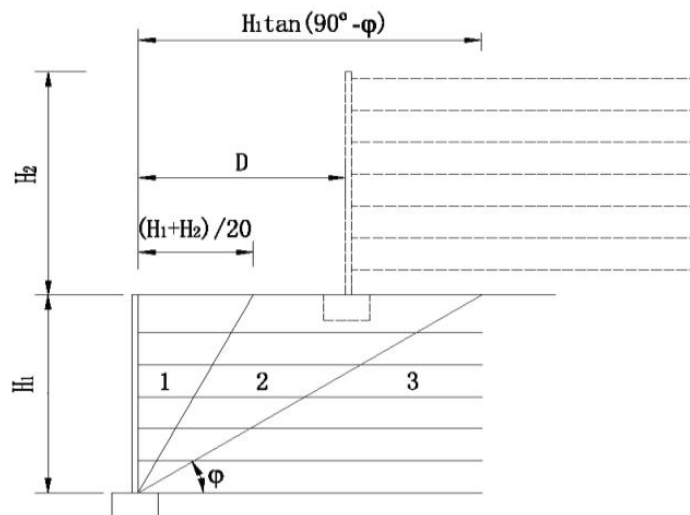


图 16 加筋体典型横断面形式

- 6.12.8 加筋土挡土墙应进行内部和外部稳定性检算，必要时可进行工后沉降及水平变形检算等。内部稳定性检算应包括拉筋强度、抗拔检算及墙面板结构检算等；对于墙高大于 12 m 的挡土墙，还宜采用总体平衡法予以验算。外部稳定性检算应包括抗（水平）滑动稳定性、抗倾覆稳定性、地基承载力检算，地基与墙后土体的整体滑动验算。
- 6.12.9 外部稳定性检算应符合 6.3 的相关规定。内部稳定性检算应符合国家现行标准的有关规定。
- 6.12.10 多级加筋土挡墙分级平台宽度不宜小于 2 m，并应根据分级平台宽度与基础位置条件按表 7 规定的方法进行整体稳定性验算。多级加筋土挡土墙整体稳定性计算模型如图 17 所示。

表 7 多级加筋土挡土墙稳定性验算方法

上级面板基础位置条件	平台宽度	设计方法
位于潜在破裂面以内区域 (图 17 所示 1 区)	$W < (H_1 + H_2) / 20$	采用单级加筋土挡土墙模式进行设计
位于潜在破裂面与稳定边坡面之间过渡区域 (图 17 所示 2 区)	$(H_1 + H_2) / 20 \leq W \leq H_2 \cdot \tan(90^{\circ} - \varphi)$	逐级分析设计。最上级墙采用单级墙模式，下级墙应将上级墙作为外加荷载进行设计
位于稳定区 (图 17 所示 3 区)	$W > H_2 \cdot \tan(90^{\circ} - \varphi)$	各级单独设计
W 为分级平台宽度； H_1 为上级墙高度， H_2 为下级墙高度； φ 为填料内摩擦角。		



标引符号说明：

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。

注：图 17 中各符号意义与表 7 中相同。

图 17 多级挡土墙整体稳定性分析计算模型图

注：我国高填方边坡工程中多级加筋土挡墙的应用逐渐增多。根据工程经验，过窄的平台宽度对挡墙结构稳定性影响较大，且给上级挡土墙的基础施工、面板铺设及后期维护带来困难，一般不宜采用过小的平台，因此，条文规定多级加筋土挡墙平台宽度不宜小于 2.0 m。美国 FHWA 设计方法认为，当平台宽度 $W < (H_1 + H_2) / 20$ 时，可把双级加筋土挡墙按照单级墙考虑； $W > H_2 \cdot \tan(90^\circ - \phi)$ 时，不考虑上下级挡土墙的相互作用，可单独设计；当 $(H_1 + H_2) / 20 \leq W \leq H_2 \cdot \tan(90^\circ - \phi)$ 时，需在考虑上级荷载对下级墙垂直压力影响的基础上，进行上下级墙的内部和外部稳定性计算。该设计方法对结构的整体稳定性分析是按照“坡”的稳定性计算模式进行的。在《土工合成材料加筋土结构应用技术指南》中也阐述了多级加筋土挡墙设计方法，当分级平台宽度 $W < (H_1 + H_2) / 20$ 时，上级挡土墙对下级挡土墙的作用较为明显，且上面板基础墙趾处对下墙顶面产生较大的竖向应力，可能引起局部筋材应力集中的现象，不利于筋材稳定，故可作为整体结构进行检算，将上墙破裂面延伸至上墙顶面进行内部稳定性分析。上级荷载引起的下级墙体附加垂直应力受台阶宽度的影响较大。

6.12.11 筋材设计抗拉强度 T_a 应考虑筋材的蠕变、老化和施工损伤等因素综合影响，并按式（17）确定。

$$T_a = \frac{T_{ult}}{RF} = \frac{T_{ult}}{RF_{CR} + RF_{ID} + RF_D} \dots\dots\dots (17)$$

式中：

T_a ——筋材设计抗拉强度，单位为千牛每米（kN/m）；

T_{ult} ——筋材的极限抗拉强度，单位为千牛每米（kN/m）；

RF——考虑筋材蠕变、老化和施工损伤等因素的强度综合折减系数，宜通过试验确定。当缺乏试验条件时，对于土工合成材料类筋材，可取 2.0～5.0；对于金属材料类筋材，可取 1.3～1.8；
当筋材蠕变大、施工条件差时取大值，当筋材蠕变小、施工条件好时取小值；

RF_{CR} ——筋材蠕变折减系数；

RF_D ——筋材老化折减系数；

RF_{10} ——筋材施工损伤折减系数。

6.12.12 填料与筋带之间的似摩擦系数，应有试验和地区应用经验确定，当无上述条件时，可参照表 8 采用。

表 8 填料与筋材之间的似摩擦系数

填料类型	细粒土（黏性土、粉性土）	粗粒土（砂类土）	碎、砾石类土
土工格栅、土工织物、钢塑复合土工带、钢筋混凝土带	0.25~0.40	0.35~0.45	0.40~0.50
土工格室、带肋钢带、钢丝（筋）网	0.35~0.50	0.40~0.55	0.50~0.70
注：墙高大于 12 m 的高挡土墙似摩擦系数取低值。			

6.12.13 加筋土挡土墙筋材构造设计符合下列规定：

- 土工格栅等平面型加筋材竖向间距不应小于 0.2 m。
- 当墙高小于等于 3.0 m 时，筋材长度不应小于 4.0 m，且应采用等长筋材；当墙高大于 3.0 m 时，筋材最小长度宜大于 0.8 倍墙高，且不小于 5 m。
- 当采用不等长拉筋设计时，同长度拉筋的墙段高度不应小于 3.0 m，且同长度拉筋的截面也应相同，相邻不等长拉筋的长度差不宜小于 1.0 m。
- 当墙高大于 6.0 m 时，宜在挡土墙中下部加设长度不小于 2.0 m 的辅筋，辅筋竖向间距宜根据不同的面板形式确定。
- 挡墙上部 1/3 墙高范围的筋材长度宜根据工程实际情况适当增长。
- 采用预制钢筋混凝土带时，每节长度不宜大于 2 m。
- 双面加筋挡土墙，筋材应错开铺设，避免重叠。
- 路肩式挡土墙墙顶筋材宜设在路床（或基床表层）底面高程处。
- 筋带与面板的连接应坚固可靠，并与筋带有相同的耐腐蚀性能。

注：实际工程中，部分挡土墙由于顶部筋材长度不足，导致运营过程中发生挡土墙顶部发生变形破坏。

6.12.14 墙面板设计应符合坚固、生态、美观、运输方便、易于安装等要求，且符合下列规定：

- 路堤墙墙顶应设平台，平台宽度不宜小于 1.0 m。
- 混凝土帽石段长度可取 2 块~4 块墙面板宽度，且不大于 4.0 m，厚度不小于 0.5 m，当设置栏杆时，可采用在帽石内预埋 U 形螺栓或预埋焊接钢板等处理措施。
- 沿墙长每隔 10 m~20 m，应设置伸缩缝或沉降缝，其设计应符合 6.5 的规定。
- 墙面板下应设置厚度不小于 0.4 m 且埋置深度不小于 0.6 m 的混凝土条形基础。墙前应设 4% 的横向排水坡，在无法横向排水地段应设纵向排水沟，基础底面应设置于外侧排水沟底以下。
- 受水流冲刷的基础，其底面应设置在冲刷线以下不小于 1 m；有铺砌层时，应设置在铺砌层底面以下不小于 1 m。
- 用于加筋土结构的预埋钢筋、连接钢筋等应进行防锈处理。

6.12.15 面板与筋材之间可采用预埋连接、插销连接以及连接件连接，并应牢固可靠，具体连接方式参见表 9 及图 18。

表 9 面板与筋材连接方式

序号	连接类型	连接方式
1	预埋连接	将筋材横肋浇筑到模块中，外侧至少预留一条横肋，通过连接棒将其与筋材连接；或将拉环、连接栓（销）等连接件预埋在面板中，通过预埋拉环、预埋连接栓（销）与筋材连接，见图 18 a)
2	插销连接	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，见图 18 b)
3	连接件连接	将专用的连接件置于预制模块间预留楔口中，通过专用的连接件将面板与筋材相连，见图 18 c)
筋材与钢拉环的接触面应做防锈处理。 聚酯类土工格栅不应采用预埋连接方式		

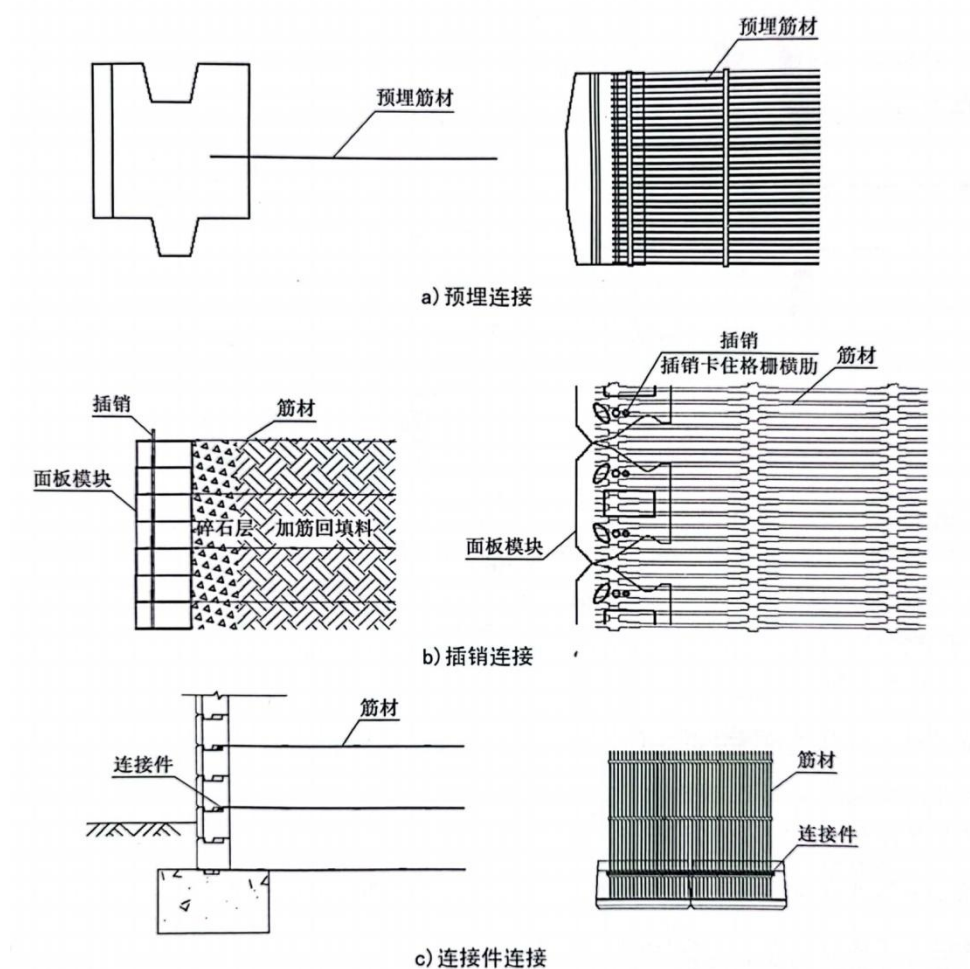


图 18 面板与筋材连接方式图示

6.12.16 挡土墙应进行表面和内部防排水的综合设计，并满足下列规定；

- a) 宜先在地基表面设置不小于 20 cm 的排水垫层或隔离层填料，再铺设筋材；筋材不宜直接设置于原地基表面。
- b) 加筋体后及墙背宜设置排水层，排水层最小宽(厚)度不宜小于 50 cm，挡墙后填料采用细粒土填筑时，碎石排水层与加筋土填料之间应设置反滤层。
- c) 分级挡土墙的平台顶部应设不小于 2% 的排水横坡，平台应采用 C20 混凝土封闭，厚度不宜小于 15 cm。

7 预制构件生产

7.1 基本要求

7.1.1 装配式生态景观挡土墙预制单位应具备相应的预制生产工艺设备和设施、必要的试验检测条件和能力，应建立完善的质量、安全、环境和职业健康管理体系。

7.1.2 预制构件生产宜采用自动化控制设备。

7.1.3 构件预制用的钢筋笼胎架、钢筋笼定位板、预制台座、模板和吊具等机具设备应进行专项设计。

7.1.4 预制构件生产应建立首件验收制度。

7.1.5 预制构件检验合格后应进行标志，标志应位置醒目、内容简洁，可采用二维码方式。

7.2 生产准备

7.2.1 预制构件生产前应编制专项施工方案，并进行质量、安全、环境保护、技术措施及操作规程的交底和培训。

7.2.2 预制场应进行合理规划布局，并符合下列规定：

- a) 场地规模应结合预制构件的数量、养生方式、预制工期及存储周期，并综合考虑生产、办公、生活的需求，合理确定用地规模；
- b) 场地布局应根据构件浇筑、养生、存放及运输等因素统筹规划，根据生产和管理分区设置，宜划分为原料存放区、钢筋加工区、构件预制区、混凝土养护区、构件存放区和办公区等；
- c) 预制场地基应根据地质条件和使用分区进行硬化处理，构件浇筑区和存放区台座下地基应满足存放要求。

7.2.3 预制场应根据构件尺寸、质量和工艺要求，配备相应的生产、起吊、养护和运输等各类机械设备，并符合下列规定：

- a) 构件生产前应对所有使用的仪器、仪表进行检定、校准或功能检验合格；
- b) 起重机械等特种设备以及自动喷淋装置、蒸养棚应具有检验合格证明及计量检定，其安装、调试、拆卸应由具备相应资质的专业技术人员操作；
- c) 机械设备应在显著位置悬挂操作规程标志牌，标明设备名称、型号、操作方法、保养要求、安全注意事项等；
- d) 应定期对设备进行检修，并建立设备使用、检修、维护台账，保证设备安全可靠、运转正常。

7.2.4 各类原材料进场后应按材料性能和用途合理选择存放场地，堆放整齐，并设立标志牌，标明规格、产地、数量和检验状态等信息。

7.2.5 预制构件生产前应检查模板、预埋件定位和预留孔等情况。

7.3 模板工程

7.3.1 模具应具有足够的强度、刚度和整体稳固性，应采用钢模，并应符合下列规定：

- a) 模具设计应装拆方便，并应满足预制构件尺寸、生产工艺和周转次数等要求；
- b) 模具各部件之间应连接牢固、接缝紧密，预埋件或预留孔定位装置应位置准确、安装牢固。

- 7.3.2 模具基础应坚实、平整，承载力满足要求。
- 7.3.3 模具进场后，应对模具的尺寸、数量进行检查验收。在使用中，应定期对模具进行检验。
- 7.3.4 模具的组装和拆除应符合下列规定：
- a) 组装前应清理模具，内表面不应有杂物和浮锈；
 - b) 模具内表面应均匀涂刷脱模剂，无漏刷、堆积现象；
 - c) 模具组装完成后，应检查内腔尺寸；
 - d) 拆模过程中不应用重物锤击模具。

7.4 钢筋工程

- 7.4.1 钢筋的规格、下料尺寸、弯制等应符合设计要求，加工符合下列规定：
- a) 构件的钢筋宜采用数控机具加工，实行流水作业；
 - b) 钢筋的表面应洁净、无损伤，使用前应调直、无局部弯折，并将表面的油渍、锈蚀等杂质清除干净；
 - c) 钢筋宜采用机械设备进行调直，钢筋调直过程中不应损伤带肋钢筋的横肋。
- 7.4.2 钢筋的焊接及验收应符合 JGJ 18 的有关规定。
- 7.4.3 钢筋骨架宜在具有定位功能的胎架上制作，并符合下列规定：
- a) 预埋件、吊环及预留孔的型号、数量、位置等应符合设计要求；
 - b) 预留孔周边应根据设计要求进行加筋处理；
 - c) 当钢筋骨架采用焊接时，应按施焊顺序焊接，焊接后的钢筋应线形平顺、位置准确；
 - d) 当钢筋骨架采用绑扎时，宜选用镀锌钢丝；
 - e) 钢筋骨架内外侧及下端面应设置保护层垫块，垫块的强度等级不应低于混凝土主体强度等级。
- 7.4.4 钢筋骨架存放时，应在钢筋骨架间设置垫木，存放高度应根据钢筋骨架的形状、强度等确定，并应满足安全要求，方便吊装。
- 7.4.5 钢筋骨架宜采用防止骨架变形的专用吊具进行吊运。
- 7.4.6 钢筋骨架入模前，应对钢筋的规格、尺寸、数量和间距等进行检查。
- 7.4.7 浇筑混凝土前应检查下列项目：
- a) 钢筋的数量、位置和间距；
 - b) 纵向受力钢筋的连接方式、接头位置、接头质量、接头面积百分率、搭接长度、锚固方式及锚固长度；
 - c) 箍筋弯钩的弯折角度及平直段长度；
 - d) 钢筋的混凝土保护层厚度；
 - e) 预埋件、吊具、插筋、灌浆套筒或金属波纹管、预留孔洞的数量、位置及固定措施。

7.5 混凝土工程

- 7.5.1 混凝土应集中拌和，应采用自动计量装置，各种衡器的精度应符合要求。
- 7.5.2 混凝土配合比可按 JGJ 55 的规定进行设计，通过试配确定，并应满足设计要求。
- 7.5.3 混凝土浇筑符合下列规定：
- a) 混凝土浇筑前，应对预埋件及预留钢筋的外露部分采取符合要求的措施以防止被污染。
 - b) 混凝土应连续浇筑成型。混凝土从出机到浇筑完毕的延续时间，气温高于 25℃ 时不宜超过 60 min，气温不高于 25℃ 时不宜超过 90 min。
 - c) 混凝土振捣应根据预制条件选用振动平台、附着式振动器和振捣棒等方式进行。
 - d) 采用振动平台时，应先通过工艺试验确定振捣参数、振捣范围，规定范围以外可采用附着式振动器。
 - e) 采用振捣棒辅助振捣时，不应扰动预埋件和钢筋骨架。

- f) 振捣时间以混凝土停止沉落，模具边角部位泛浆时为宜。
- g) 基础混凝土浇筑期间，应按规定留置标准养护试件，设计文件有同条件养护要求时，还应留置同条件下养护的混凝土试块。

7.5.4 混凝土应进行抗压强度检验，检验标准应符合 GB 50204 的有关规定，并符合下列规定：

- a) 每拌制 100 盘且不超过 100 m³ 的同一配合比混凝土，每工作班拌制的同一配合比的混凝土不足 100 盘为一批；
- b) 每批制作强度检验试块不少于 5 组，随机抽取 1 组进行同条件转标准养护后进行强度检验，其余可作为同条件试件在装配式挡土墙脱模和出厂时控制其混凝土强度；
- c) 采用蒸汽养护的构件，其混凝土强度评定试块应先随构件同条件蒸养，再转入标准条件下养护，累计养护时间应为 28 d；
- d) 构件出厂时混凝土强度不应低于设计强度的 100%。

7.5.5 混凝土构件拆模应符合下列规定：

- a) 除设计有要求外，非承重侧拆模前混凝土抗压强度应达到 2.5 MPa，且能保证其表面及棱角不致因拆模而受损坏；承重侧拆模前混凝土抗压强度应达到设计强度的 75%，预应力混凝土抗压强度应达到设计强度的 100%。
- b) 构件表面温度与环境温度的差值不宜超过 25℃。

7.5.6 混凝土养护符合下列规定：

- a) 根据季节、环境温度和工期等因素合理选取养护方式；
- b) 混凝土收面工序完成后应覆盖保湿、养护；
- c) 采用蒸汽养护时，应合理控制升温、降温速度和最高温度，构件表面宜保持 90%~100% 的相对湿度，根据现场试验确定最佳养护参数；
- d) 普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥拌制的混凝土养护时间不应少于 7 d，对掺用缓凝型外加剂的混凝土，不应少于 14 d；
- e) 养护宜采用自动喷淋系统或在构件表面喷涂养护剂。

7.6 构件运输及存放

7.6.1 预制构件的吊装及运输符合下列规定：

- a) 吊装前应检查起重设备、吊绳、吊具等；
- b) 运输和吊装时，预制构件混凝土强度应符合设计要求，且不低于设计强度的 75%。仍在养护期内的构件安置后应继续养护；
- c) 构件运输时，应采取固定措施防止构件移动或倾倒，对构件边角部宜设置保护衬垫。

7.6.2 预制构件场外运输应制定专项方案，内容包括运输设备、运输路线、运输时间、构件运输顺序及成品保护措施等。运输宜与施工现场安装进度匹配，不应在施工区域长期存放。

注：如果因为特殊原因需要长期存放构件，在使用前应对构件进行检验。

7.6.3 构件装卸前应核对预制构件质量验收合格资料及构件编号。

7.6.4 构件存放符合下列规定：

- a) 构件的存放场地地基承载力应满足堆放荷载要求，排水通畅。
- b) 构件应按拼装顺序、规格、编码等分区存放，各分区间运输通道宽度应满足设备行走、调转需求。
- c) 构件支撑垫块宜选用枕木、橡胶板等弹性支撑物，支撑应稳定可靠。
- d) 构件叠层平放时，堆放层数应根据构件、垫块的承载力确定，构件叠放高度不宜超过 2 m。构件层与层之间应垫平、垫实，各层支垫应上下对齐，并采取有效措施防止构件倾覆。
- e) 预制构件可采用插放或靠放存放，支架应有足够的刚度，并支垫稳固。预制构件宜对称靠放、饰面朝外。
- f) 预制构件存放时，预埋吊件应朝上放置，方便吊装。

8 施工

8.1 基本要求

- 8.1.1 挡土墙施工应合理利用资源和能源，保护环境。
- 8.1.2 挡土墙施工前应编制专项安全技术方案。
- 8.1.3 钢筋采用焊接施工时，应符合 JGJ 18 的有关规定。
- 8.1.4 施工及验收中使用的检测、试验和计量等设备及仪器仪表均应标定合格，并在有效期内。
- 8.1.5 施工前应制定现场拼装测量方法，并建立满足拼装精度要求的施工测量控制网。
- 8.1.6 施工前应进行施工调查及现场核对，发现实际地形与设计资料不符时，应及时提出设计变更。
- 8.1.7 施工前应采取有效措施截排地表水和导排地下水。
- 8.1.8 边坡坡面的处理宜平缓、顺直，坡比应符合设计要求。
- 8.1.9 基坑开挖前应对现场进行核查，确保附近的光缆、电缆等设施安全；同时，对坡面不稳定岩体进行加固或清除。
- 8.1.10 基坑开挖应分段分层跳槽开挖，每段连续开挖长度不宜超过 20 m，并采取必要措施保证边坡稳定。
- 8.1.11 基坑开挖完成后不应长期暴露和积水浸泡，应及时进行验收，验收合格后进行下道工序施工。
- 8.1.12 地基处理时，若实际地质情况与设计不符，应及时反馈设计、监理和建设等单位。
- 8.1.13 采用特殊措施加固地基时，应编制专项施工技术方案，且在有代表性的场地进行试验性施工，并进行承载力和变形测试。
- 8.1.14 预制构件安装前，应根据现场条件制定吊装方案，并报监理单位审批通过后实施。
- 8.1.15 挡土墙施工应按设计要求设置沉降缝、伸缩缝。
- 8.1.16 挡土墙安装过程中，应采取有效措施防止预制构件、预埋件损伤或被污染。
- 8.1.17 施工结束后，应进行生态恢复。对施工临时占地、施工营地、临时道路、设备及材料堆放场地等进行有计划的复垦复绿。复垦复绿后，应尽量保持原有地貌和景观，原属性为农田的应复耕，适宜种植林草的应恢复植被。

8.2 施工准备

- 8.2.1 挡土墙施工前，应做好边坡及周边截水沟、排水沟等排水设施，在施工结束后应及时清理施工中产生的废浆弃料，避免污染环境。

注：地质不良地段和土质松软、透水性较大或裂隙较多的岩石路段以及沟底纵坡较大的土质截水沟和排水沟的出水口等，均应采取加固措施防止渗漏和冲刷沟底及沟壁。

- 8.2.2 预制构件安装前，应根据施工方案对作业人员进行技术交底和安全交底，并进行预制构件试安装。
- 8.2.3 应通过测量放线设置构件安装定位标志，根据需要进行找平。
- 8.2.4 吊装设备选用应根据吊装工况计算确定，施工前应检查吊装设备及吊具的安全性能，正式吊装前应进行试吊。
- 8.2.5 吊装应符合 GB 50666、GB 51231 和 JGJ 276 的相关规定。设计文件对吊装有特殊要求时，应根据文件制定专项方案。

8.3 悬臂式挡土墙

8.3.1 悬臂式挡土墙施工工艺流程如图 19 所示。

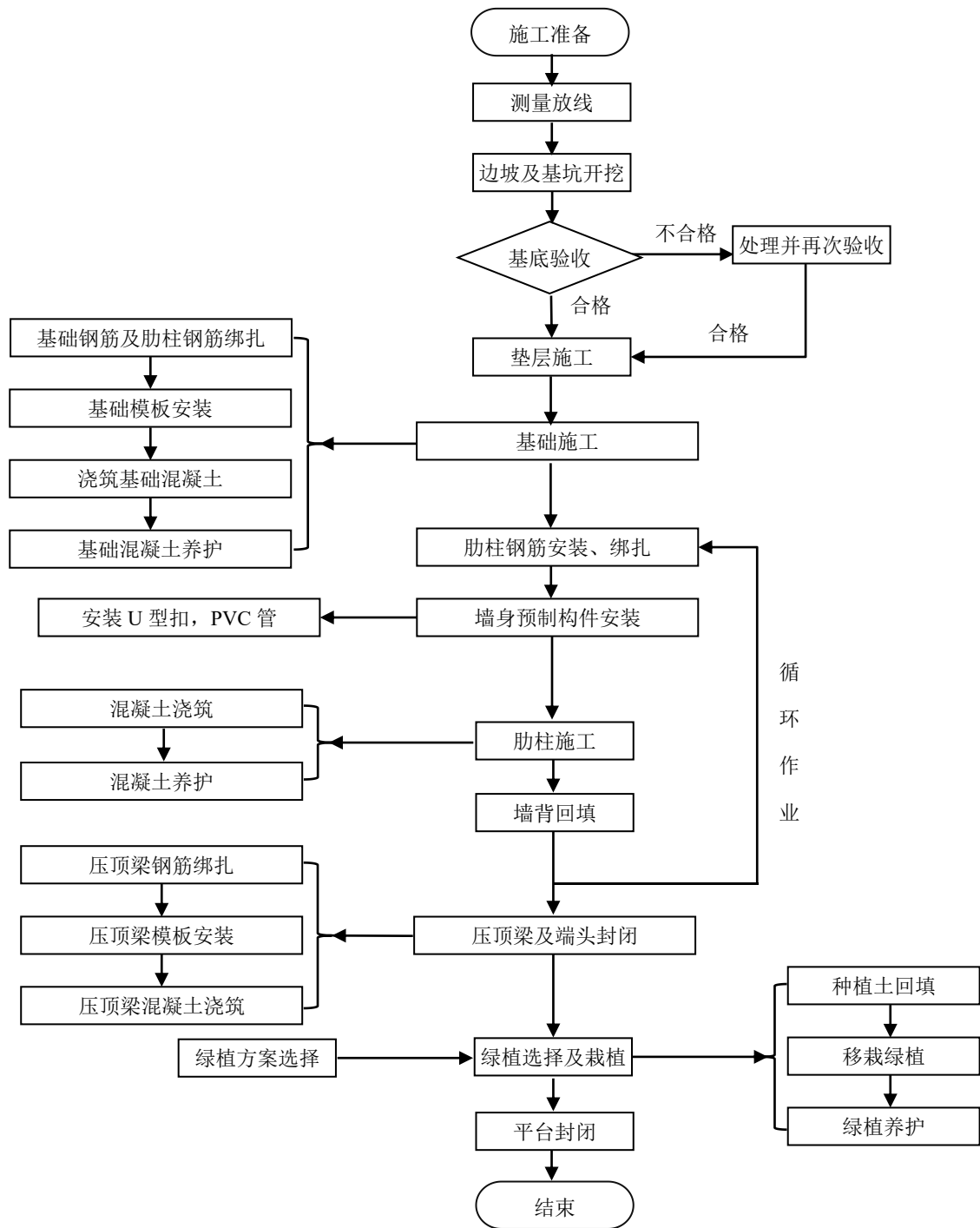


图 19 悬臂式挡土墙施工工艺流程图

8.3.2 基底处理验收合格后，应采用机械配合人工铺设垫层。垫层宜采用砂砾石、碎石施工，并应符合下列规定：

- a) 垫层应水平铺筑、分层压实，压实度应满足设计要求；
- b) 垫层宽度应宽出基础之外不小于 0.5 m。

- 8.3.3 底板采用现浇施工时，应整体浇筑成型，并按设计要求预埋连接件。
- 8.3.4 预制构件安装符合下列规定：
- a) 混凝土强度达到设计强度的 75% 方可安装上部构件；
 - b) 墙身沉降缝与基础沉降缝应保持一致；
 - c) 预制构件宜从低处向高处逐层通长安装，安装稳固、线形顺直，坡比、高程统一，高程安装间隙均匀；
 - d) 预制构件的安装间隙宜采用砂浆进行找平，砂浆强度不低于构件强度；
 - e) 横向相邻构件间应可靠固定；
 - f) 预制构件每循环安装高度宜为 3 层，并应及时接长肋柱。
- 8.3.5 肋柱连接可选用湿接缝、榫接式、灌浆套筒等。
- 8.3.6 肋柱采用钢筋套筒灌浆连接时，除应符合本文件外，尚应符合 JGJ 355 的规定。
- 8.3.7 肋柱采用湿接缝连接时，湿接缝混凝土强度不应低于肋柱混凝土强度等级。
- 8.3.8 肋柱采用现浇施工时，应符合下列规定：
- a) 肋柱主筋应及时接长，钢筋连接和保护层厚度应符合设计要求；
 - b) 循环浇筑时，肋柱浇筑高度应低于构件安装高度 20 cm，且浇筑高度不大于 3 层预制构件高度；
 - c) 每一层混凝土浇筑强度达到设计强度的 75% 后，进行上部构件安装；
 - d) 肋柱混凝土配合比应满足设计强度和混凝土浇筑工艺要求；
 - e) 端部肋柱混凝土浇筑时，应采取加固措施防止端部预制构件发生位移。
- 8.3.9 肋柱混凝土强度达到设计强度的 100% 后方可进行墙背填筑。
- 8.3.10 墙背填筑符合下列规定：
- a) 墙背填料应分层平整、分层压实，顶面路拱应符合设计要求；
 - b) 采用轻型碾压设备时，每层填筑压实厚度不宜超过 15 cm；
 - c) 采用重型振动碾压设备时，运行方向应与线路方向平行，且不应在距墙背 1 m 内使用；
 - d) 墙背反滤层的施工应与墙背回填同步。
- 8.3.11 压顶梁与肋柱应牢固连接。

8.4 锚杆挡土墙

8.4.1 锚杆挡土墙施工工艺流程如图 20 所示。

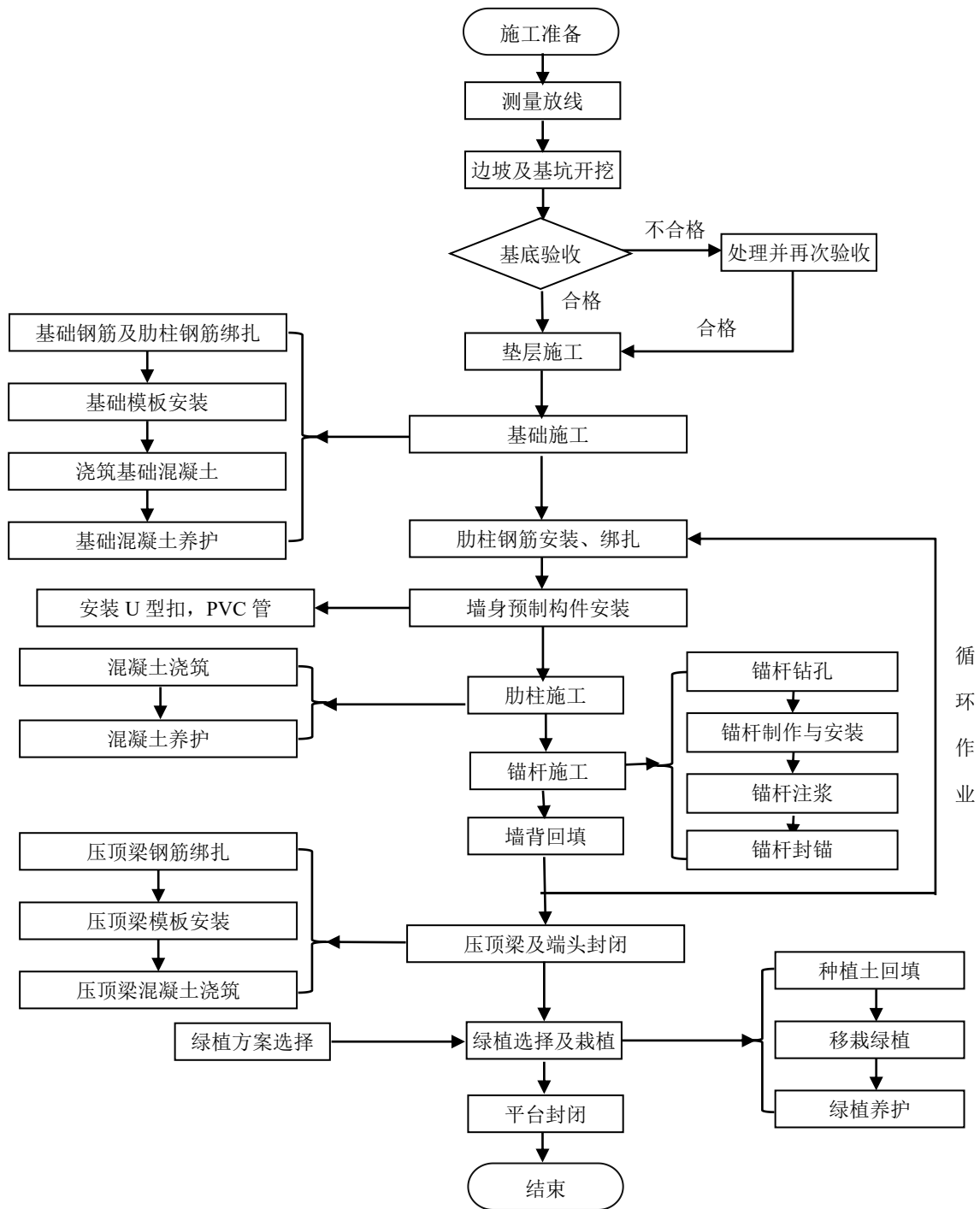


图 20 锚杆挡土墙施工工艺流程图

8.4.2 路堑挡土墙边坡开挖施工过程中，应按设计要求修坡、整平，不应欠挖，超挖应控制在 0 cm~+10 cm。

8.4.3 基底验收合格后应进行基础施工。基础施工应符合下列规定：

- a) 基础不应超挖，应预留 150 mm 人工整平，开挖宽度应预留不小于 30 cm 工作面宽度。
- b) 施工前应检查基础底面，清除基底表面风化、松软的土石和杂物。
- c) 混凝土运至浇筑地点后，应不离析、不分层，组成成分不发生变化，坍落度满足设计要求。

- d) 肋柱钢筋插入基础深度应满足设计要求，位置准确，固定牢固。
- e) 浇筑应从中心开始，逐渐延伸至四周，以避免将钢筋向一侧挤压变形。
- f) 混凝土浇筑过程中，应设专人监视模板、钢筋、地脚螺栓、插入角钢等，保证其位置不移动。
- g) 基础混凝土应表面平整，蜂窝麻面不应超过该面积的 0.5%，深度不超过 8 mm；泄水孔坡度向外，无堵塞现象；沉降缝整齐垂直、上下贯通，施工完后用麻絮沥青填塞。
- h) 混凝土顶面初凝前应用刮尺找平，坡度符合设计要求。

8.4.4 预制构件安装应符合 9.3.4 的要求，横向相邻构件间宜采用钢筋 U 型扣固定，构件安装到锚杆设计位置时应安装锚固孔预留管。安装符合下列规定：

注 1：U 型扣采用直径为 12 mm 的 HRB400 钢筋现场制作而成，安装在水平两块预制构件预留孔洞上，起固定预制构件的作用；

注 2：锚固孔预留管可采用 PVC 管、波纹管等。

8.4.5 肋柱施工应符合 8.3.8 的规定。

8.4.6 肋柱混凝土强度达到设计强度 75% 后进行锚杆施工，锚杆施工前应选择相同的地层进行拉拔工艺性试验，试验根数不少于 3 根，以验证锚固段的抗拔力设计指标，确定钻孔、注浆施工工艺参数。

注：预制构件装配后左右侧壁相互形成闭合空间，在此空间内现浇混凝土形成肋柱，现浇混凝土前应安装锚固孔预留管。为保证质量，肋柱混凝土强度达到设计强度的 75% 后，才能进行钻孔等锚杆施工。

8.4.7 锚杆钻孔、安装和注浆应符合 GB 50086 等相关标准的规定。

8.4.8 肋柱混凝土强度达到设计强度的 100% 且锚杆封锚后方可进行墙背回填，墙背回填应符合 8.3.10 的规定。

8.4.9 压顶梁及端头封闭施工符合下列规定：

- a) 最后一层构件吊装完成后，压顶梁混凝土应与肋柱同时施工；
- b) 肋柱钢筋与压顶梁钢筋绑扎牢固，伸入长度应符合设计要求；
- c) 挡土墙端头宜采用分模数渐变降低挡土墙高度方式封闭。

8.4.10 墙面绿植和养护应符合设计要求。

8.5 榫接挡土墙

8.5.1 榫接挡土墙施工工艺流程如图 21 所示。

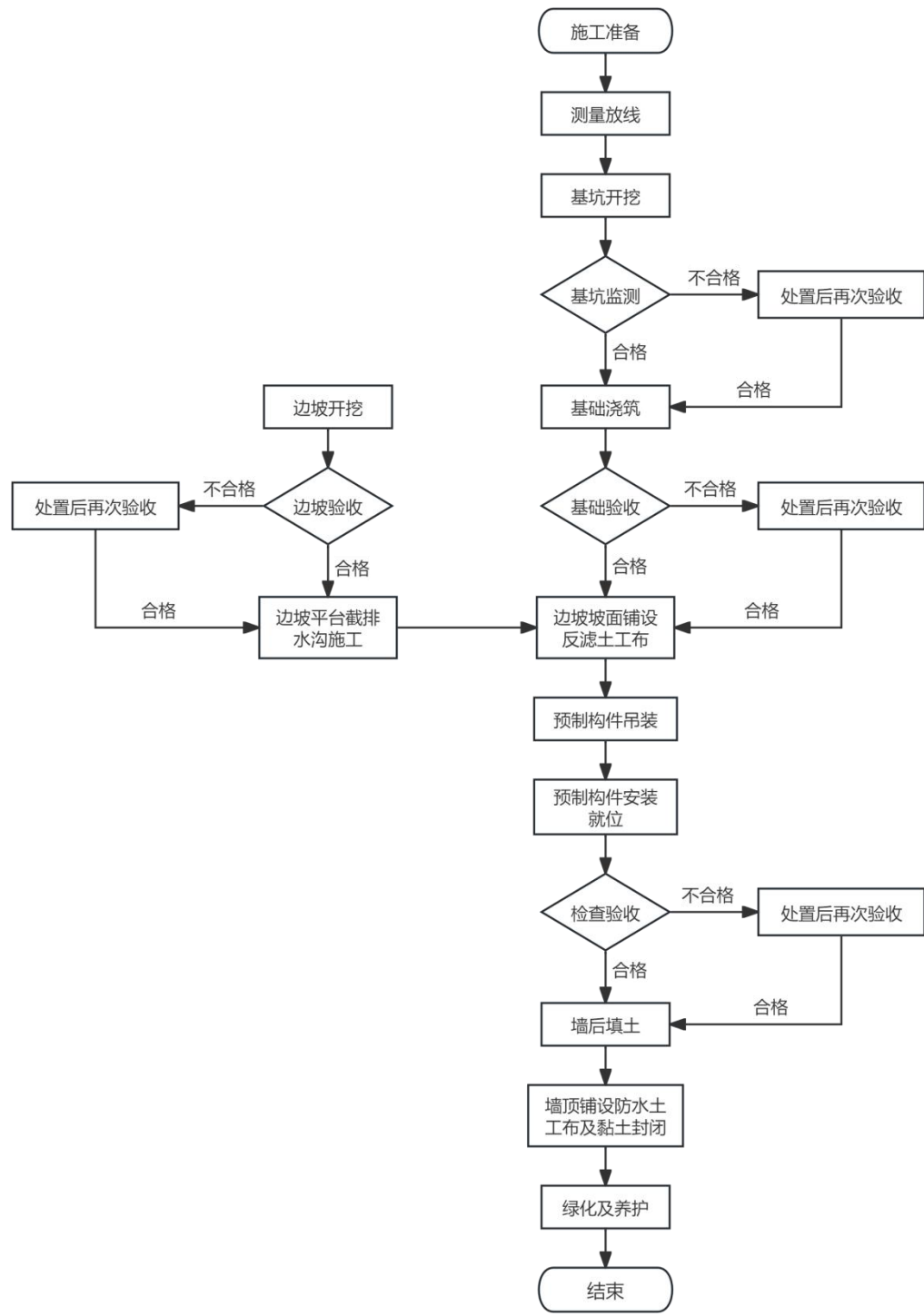


图 21 榫接挡土墙施工工艺流程图

8.5.2 路堑挡土墙边坡开挖施工应符合 8.4.2 的规定。

8.5.3 挡土墙基础验收合格后，纵梁安装应符合 6.11.8 的规定，卧底砂浆厚度不应小于 15 mm，纵梁平行于设计边坡面，保证纵梁受力均匀，稳定支撑固土架。

8.5.4 预制构件安装前，在墙体与坡面之间应铺设反滤土工布，土工布的铺设符合下列规定：

- a) 反滤土工布的技术规格应符合设计要求；
 - b) 反滤土工布可采用射钉固定，自下而上施工，应紧贴边坡，固定牢固，搭接长度符合设计要求。
- 注：反滤土工布施工如图 22 所示。



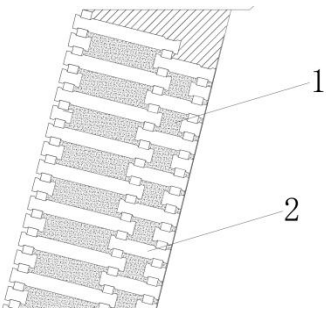
图 22 反滤土工布施工

8.5.5 预制构件临时存放场地应符合 7.6.4 的规定。

8.5.6 预制构件安装符合下列规定：

- a) 基础混凝土达到设计强度的 75%后方可安装挡土墙预制构件；
- b) 预制构件安装前，应对基础面进行清理，清除表面杂物；
- c) 预制构件就位应以设计挡土墙基础外边线为控制线进行调整；
- d) 底部纵梁应采用坐浆法安装，上部构件应采用榫接方式安装，宜遵循先纵梁后横梁、先低后高的原则；
- e) 每层构件安装后应检查高度偏差，符合要求后进行下一层施工；
- f) 挡土墙加宽段在纵梁上设置垫块调整宽度；
- g) 挡土墙构件安装过程中，应同时进行框架内填料填充施工。

注 1：榫接挡土墙通过构件与构件之间的凹槽衔接形成骨架，通过榫卯结构限制了局部错动位移，保证了挡土墙的整体稳定性。预制构件榫接方式及吊装示例如图 23、图 24 所示。



标引符号说明：

- 1——墙内填料；
- 2——横梁构件。

图 23 预制构件的榫接方式



a) 起重机械吊装



b) 小型机械吊装

图 24 预制构件吊装示例

注 2：构件安装时根据图纸弹出预制构件施工控制线，构件就位后根据控制线对预制构件两端、两侧、轴线进行精密调整，校核构件的标高、垂直度。预制构件安装示例如图 25 所示。



图 25 预制构件安装示例

注 3：装配式挡土墙构件拼装完成后，在框架外侧码放生态植草带，内部填充黏土，通过填充材料及构件重力抵抗土压力。预制构件填充示例如图 26 所示。



a) 植生袋安装



b) 内部填料夯实

图 26 预制构件框架填充示例

8.5.7 墙顶防水施工应符合下列规定：

- a) 防水土工布铺设于墙顶填土下层，且与坡面紧密贴合，自墙顶顺坡面向上铺设不应少于 50 cm；
- b) 防水土工布在搬运、铺贴过程中应避免坚硬物体损伤。

8.5.8 墙体填料、绿植种植及养护应符合下列规定：

- a) 墙体内应填入具有透水性的填料，填料按照设计的分布方式，构件安装一层回填一层并夯实，压实系数不应低于 0.9；

- b) 墙顶填土宜采用透水性较弱的黏性土或粉质黏土，降低雨水的入渗，填土厚度不小于 50 cm，墙顶填土排水横坡不应小于 2%；
- c) 挡土墙坡面采用植生袋铺设绿化时，植生袋铺设应结合墙体填料同步施工；
- d) 植生袋铺种完毕后应立即采用喷灌方式浇水，避免水柱直冲。

8.6 加筋土挡土墙

8.6.1 加筋土挡墙施工工艺流程如图 27 所示。

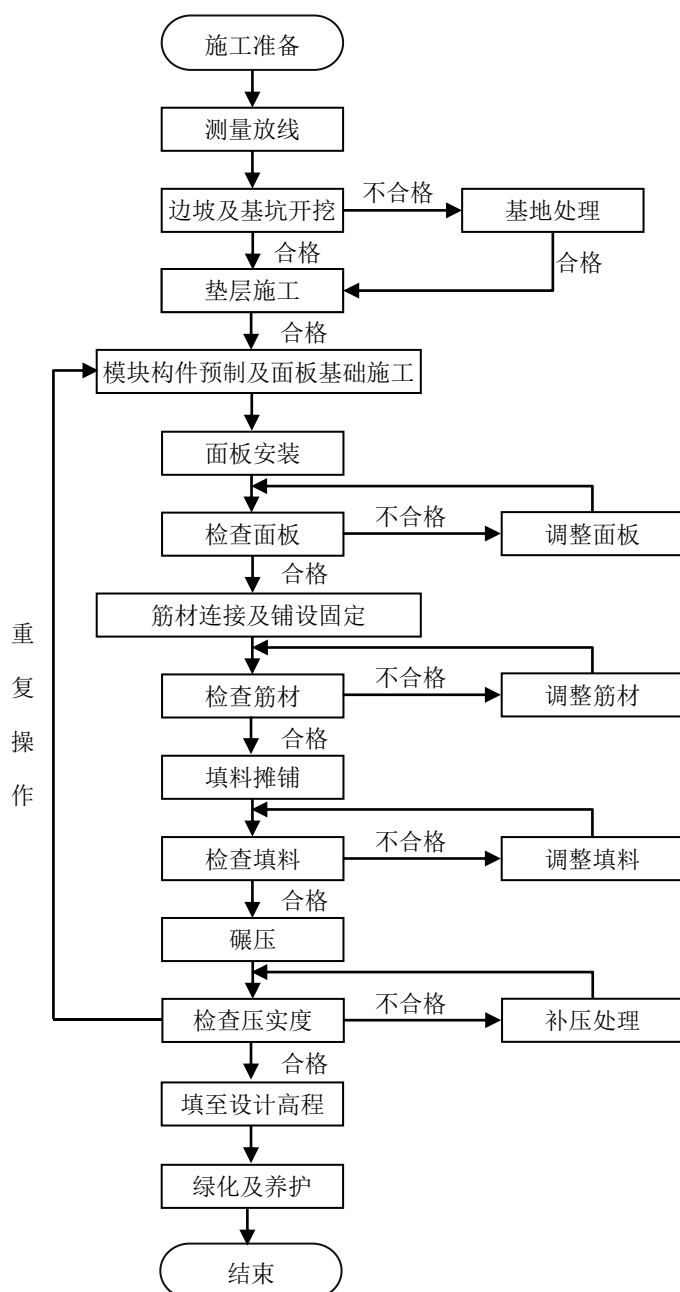


图 27 加筋土挡墙施工流程示意图

8.6.2 面板安装前，应在条形基础上准确画出面板外缘线及面板的位置，用砂浆找平，安装第一层面板。

8.6.3 面板的安装符合下列规定：

- a) 面板搬运过程可采用人工或机械吊装就位，应轻搬轻放，避免压重。

- b) 面板安装应按照要求的垂度、坡度挂线施工分层安装砌筑，砌筑时每层模块顶面采用水平尺找平，相邻上下层模块应错缝安装。安装过程中应避免角隅、插销孔破损或变形。
- c) 面板与筋材连接应按表 8 对应的方式进行连接。
- d) 安装好的面板应进行固定，安装误差应逐层调整，不应累积。
- e) 不应在未完成填土作业的面板上安装上一层面板。

8.6.4 筋材铺设应符合下列规定：

- a) 底层筋材应在已经整平、压实的地基上按筋材主强度方向垂直于墙面的方式铺设，并按设计长度剪裁。
- b) 筋材应平铺、拉紧，不应卷曲、扭结，并按照设计要求进行连接。
- c) 将铺好的筋材沿长度方向每隔 1.5 m~2.0 m 用 U 形钉等固定于压实的路基表面。沿路基纵断面方向相邻筋材应避免搭接。筋材固定后应及时铺筑填料。
- d) 拐角处筋材铺设应按设计要求满铺于设计范围。在墙体凸出部位筋材重叠的部分应铺设一层 10 mm~20 mm 厚的土或砂；在墙体凹进部位筋材空缺部位，应增补相应长度筋材。拐角处筋材铺设如图 28 所示。

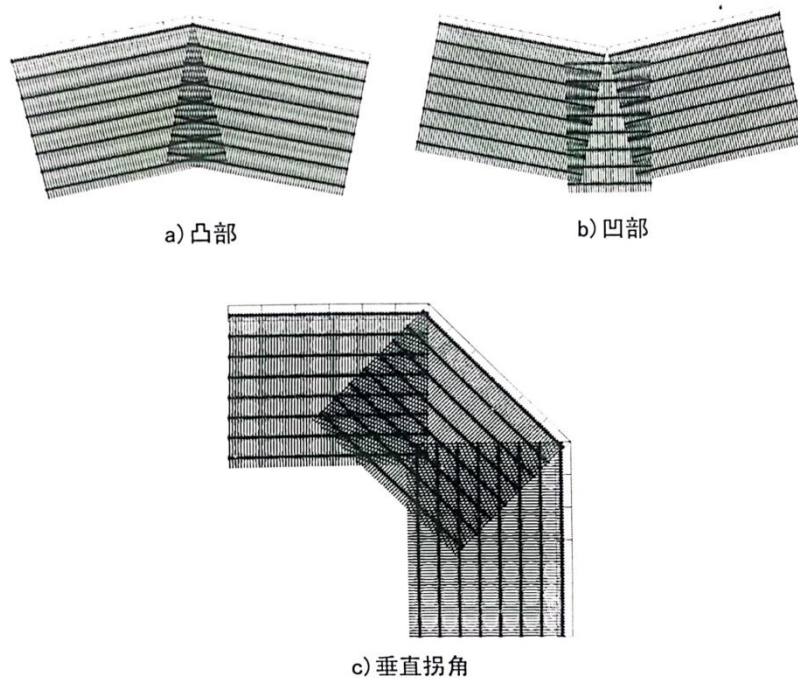


图 28 拐角处筋材铺设

8.6.5 填料摊铺应符合 8.3.10 的要求，并符合下列规定：

- a) 填料与筋材接触部分不应含有尖锐棱角的块体，填料中最大粒不宜大于单层填料压实厚度的 1/3；
- b) 机械不应直接在筋材上行走。

8.6.6 沉降缝应符合设计要求。

8.7 景观绿化

- 8.7.1 绿化施工前,应根据墙面绿化构造的布置形式,采用培种植土或植生袋等方式保证植物生长条件。
- 8.7.2 应根据挡墙所在的地区、朝向、雨水情况确定种植方案,宜就地取材。
- 8.7.3 绿植栽植及养护涉及高处作业,应编制专项施工方案。
- 8.7.4 绿植栽植应保障苗木有效遮盖土壤及构件,苗木种植角度向外倾斜。
- 8.7.5 绿植施肥,有机肥应经过腐熟,使用化肥应粉碎、施匀;施肥后应及时浇水,肥料不应靠近植物根系。
- 8.7.6 绿化工程种植土和肥料等不应污染水源。
- 8.7.7 当植物生长不良时,应进行补播或补栽。
- 8.7.8 绿植需定期进行修剪,不应影响行车视线、管线设施等。
- 8.7.9 养护浇水时,宜采用智能滴灌系统养护,在土壤保水力差或天气干旱季节应适当增加浇水次数和浇水量。
- 8.7.10 应设置防火带并进行防火巡查,及时清理周边易燃物,消除火灾隐患。
- 8.7.11 应定期开展病虫害发生情况巡查,重点地区应开展检疫性、危险性病虫害监测工作,发现疫情应及时处置。

9 监控量测

9.1 基本要求

- 9.1.1 根据装配式挡土墙的设计要求和工程环境特点,应对挡土墙的结构、墙顶边坡以及周边结构物进行监控量测。
- 9.1.2 监控量测应贯穿挡土墙安装阶段、墙背回填阶段,并制定专项监测方案。
- 9.1.3 监控量测可采用仪器测量和现场巡查等多种方式相结合的方法进行信息数据采集。
- 9.1.4 监控量测等级和测量精度应满足设计及相关规范要求。
- 9.1.5 监测仪器和设备应满足监测精度要求,并应定期校准。
- 9.1.7 监测除应符合本文件外,尚应符合 GB 50026、GB/T 12897 的规定。

9.2 监测

- 9.2.1 监测项目应根据挡土墙工程安全等级、边坡类型、技术特点、地质环境等条件确定。
- 9.2.2 监测点的布设要兼顾针对性、合理性、经济性原则,监测点的位置应反映监测对象的实际受力、变形状态。
- 9.2.3 墙顶边坡的监控量测应符合 GB 50026、JGJ 8、GB 50330、GB 50497 等的有关规定,铁路边坡还应符合 TB 10601、TB 10101 等相关标准的规定。

注:现行国家、行业标准中,尚未有专门针对边坡监测的标准规程,在实际工作中,可根据相关国家、行业标准中的有关内容,并结合当地地标要求及工程实际,确定监测项目和监测点布设。

- 9.2.4 周边结构物的监控量测应符合 JGJ 8、GB 50497 等相关标准的规定。
- 9.2.5 监测频率可根据设计要求、边坡稳定性、挡墙高度、周边环境和施工进度等因素进行综合研究确定。雨季监测及异常情况下,频次应适当加密,必要时进行跟踪监测。
- 9.2.6 监测数据应结合挡土墙所支挡的边坡工作状态与周边环境情况进行综合分析。当监测数据遇到下列异常波动情况时应及时报警,并采取有效措施:
 - a) 土质边坡坡顶的最大水平位移已大于边坡开挖深度的 1/500 或 20 mm, 以及其水平位移速度已连续 3 d 大于 2 mm/d;
 - b) 土质边坡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 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 3 d 每天大于 8/100000；
- c) 挡土墙位移、沉降等变形超过设计要求的容许值，且位移、沉降速率无收敛趋势；
 - d) 墙身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；
 - e) 锚杆拉力超过锚杆的拉力预警值或锚杆的结构开裂；
 - f) 墙体出现变形、裂缝，裂缝宽度超过规范要求的容许最大裂缝宽度；
 - g) 坡顶邻近建筑物出现新裂缝，原有裂缝有新发展；
 - h) 边坡底部或周围岩土体已出现可能导致边坡剪切破坏的情况或其他可能影响安全的征兆；
 - i) 当地工程经验判断已出现其他需报警的情况。

注：边坡工程及支挡结构物变形值的大小与边坡高度、地质条件、水文条件、支挡类型和高度、坡顶荷载等多种因素有关，国家现行有关标准均未提出较成熟的计算理论和相应的变形控制指标。因此，目前对边坡工程及支挡结构物的变形控制标准很难提出统一的判定标准，工程实践中应根据地区经验，采取工程类比的方法确定。

9.2.7 监测报告应包含下列主要内容：

- a) 监测依据；
- b) 监测项目和要求；
- c) 监测仪器的型号、规格和标定资料；
- d) 监测点布设验收记录；
- e) 监测数据整理、统计和分析；
- f) 监测结论及建议。

10 质量检验和验收

10.1 基本要求

10.1.1 装配式挡土墙应按分部工程进行验收，其验收应符合 GB 50204 及 GB 50300 的有关规定。

10.1.2 装配式挡土墙质量验收应包含下列文件和记录：

- a) 预制构件、主要材料及配件的出厂合格证、进场验收记录和抽检报告；
- b) 预制构件安装施工记录；
- c) 后浇混凝土强度检测报告；
- d) 重大问题的处理方案和验收记录；
- e) 其他文件和记录。

10.1.3 按分项工程、分部工程和单位工程制定检验评定用表。每处大型挡土墙、组合挡土墙为一个分部工程；钢筋加工及安装、悬臂式挡土墙、锚杆式挡土墙、榀接式挡土墙、加筋土挡土墙、墙背填土、绿色景观等分部为一个分项工程。

10.1.4 检验批分为构件出厂检验批、安装与连接检验批。检验批、分项工程的质量验收可按附录 B 记录。

10.1.5 主控项目的质量检验结果应全部符合检验标准，一般项目的检验合格率不应低于 80%。

10.1.6 地基承载力应满足设计要求，且经检测验收合格后方可进行下一道工序施工。检查数量：每道挡土墙基槽抽检 3 点。检查方法：检查触（钎）探检测报告、隐蔽验收记录。

10.1.7 预制构件模具的尺寸应全部检查，允许偏差和检查方法应符合表 10 的规定。

表 10 预制构件模具尺寸允许偏差和检查方法

序号	检查项目	允许偏差/mm	检验方法
1	长度、宽度、高度	-2	用尺量平行构件高度方向，取其中偏差绝对值较大处
2	底模表面平整度	2	用 2 m 靠尺和塞尺量

表 10 预制构件模具尺寸允许偏差和检查方法（续）

序号	检查项目	允许偏差/mm	检验方法
3	对角线差	3	用尺量对角线
4	侧向弯曲	$L/1500$ 且 ≤ 5	拉线，用钢尺量测侧向弯曲最大处
5	翘曲	$L/1500$	对角拉线测量交点间距离值的两倍
6	组装缝隙	1	用塞片或塞尺量测，取最大值
7	端模与侧模高低差	1	用钢尺量
L 为模具与混凝土接触面中最长边的尺寸。 模具尺寸允许偏差参考了 GB/T 51231 的有关规定，如设计有特殊要求，应按设计要求执行			

10.1.8 钢筋成品的检查项目、允许偏差和检查方法应符合表 11 的规定。

表 11 钢筋成品的允许偏差和检查方法

序号	检查项目	允许偏差/mm	检查方法	检查数量
1	受力钢筋长度	± 10	用尺量平行构件高度方向，取其中偏差绝对值较大处	同一检验批次内，抽检构件数量的 10%
2	弯起钢筋弯折位置	20	用 2 m 靠尺和塞尺量	
3	箍筋内净尺寸	± 3	用尺量对角线	

10.1.9 挡土墙安装完成后整体饰面效果、坡面及坡率应符合设计要求。

10.1.10 挡土墙的排水系统、泄水孔、反滤层和沉降缝的验收应符合设计要求。

10.1.11 种植土应符合设计要求并应符合 CJJ 82 的有关规定。

10.2 悬臂式挡土墙

10.2.1 构件出厂

10.2.1.1 主控项目

10.2.1.1.1 混凝土预制构件进场按批次检查其合格证、出厂检验报告和标志。检查数量：全数检查。检查方法：检查检验报告等质量证明文件，观察。

10.2.1.1.2 预制构件的外观质量不应有严重缺陷，混凝土预制构件成品外观质量应符合表 12 的要求，且不应有影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差。检查数量：全数检查。检查方法：检查检验报告等质量证明文件，观察，测量。

表 12 混凝土预制构件成品外观质量要求

项目		允许偏差
缺棱掉角	长度/mm	≤ 20
	宽度/mm	≤ 8
	每米数量/处	≤ 3
裂缝	长度/mm	≤ 50

表 12 混凝土预制构件成品外观质量要求（续）

项目		允许偏差
	宽度/mm	0.05~0.20
	每米数量/处	≤2
蜂窝麻面	每处最大直径/mm	≤3
	每米数量/处	≤3

10.2.1.1.3 预制构件的混凝土强度应符合设计要求。检查数量：全数检查。检查方法：检查标养及同条件混凝土强度试验报告，非破损检测。

10.2.1.1.4 预制构件上的预埋件、预留孔、预埋钢筋的位置、规格、数量应符合设计要求。检查数量：全数检查。检查方法：观察、测量。

10.2.1.2 一般项目

10.2.1.2.1 预制构件的外观质量不宜有一般缺陷。对已经出现的一般缺陷，应按技术方案进行处理并重新检查验收。检查数量：全数检查。检查方法：观察、测量。

10.2.1.2.2 预制构件尺寸的允许偏差和检查方法应符合表 13 的规定。

表 13 预制构件尺寸的允许偏差及检查方法

序号	项目	规定或允许值/mm	检测频率	点数	检查方法
1	边长	边长小于 1 m，±5； 其他，0.5%边长	每批次抽测 10%，长、宽、 高各测 1 次	3	尺量
2	厚度	+5，-3	每批次抽测 10%	4	尺量
3	两对角线差	边长小于 1 m，≤10； 其他，≤0.7%最大对角线长	每批次抽测 10%	2	尺量
4	表面平整度	≤5	每批次抽测 10%	1	尺量
5	预埋件、预留孔洞	≤5	每批次抽测 10%	1	尺量
注：预埋件的尺寸主要指锚杆的外露长度，锚板的长度、宽度等。					

10.2.2 安装与连接

10.2.2.1 主控项目

10.2.2.1.1 挡土墙基础表面平整度≤5 mm，基础顶面高程±20 mm，断面尺寸不小于设计尺寸。检查数量：每道挡土墙基槽抽检 3 点。检查方法：靠尺、直尺、水准仪。

10.2.2.1.2 预制构件与现浇混凝土、构件与构件间的连接应符合设计要求，应对连接施工进行工艺检验。检查数量：全数检查。检查方法：检查施工记录和检验报告，观察。

10.2.2.1.3 肋柱混凝土强度应符合设计要求。检查数量：全数检查。检查方法：检查混凝土强度的检验报告。

10.2.2.1.4 后浇混凝土施工中连接钢筋、预埋件安装位置允许偏差和检查方法应符合表 14 的规定。

表 14 连接钢筋、预埋件安装位置允许偏差及检查方法

项目		允许偏差/mm	检查数量	检查方法
连接钢筋	中心线位置	5	每批次抽测 10% 且不少于 3 件	尺量
	长度	±10		
安装用预埋件	中心线位置	3		尺量
	水平偏差	3		尺量和塞尺
普通预埋件	中心线位置	5		尺量
	水平偏差	3		尺量和塞尺
注：检查预埋件中心线位置时，应沿纵、横两个方向量测，并取其中较大值				

10.2.2.1.5 钢筋套筒进场时，应抽取灌浆套筒并采用与之匹配的灌浆料制作对中连接接头试件，并进行抗拉强度检验，连接接头抗拉强度不应小于连接钢筋抗拉强度标准值，且破坏时应断于接头外钢筋。检查数量：同一批号、同一类型、同一规格的灌浆套筒，不超过 1000 个为一批，每批随机抽取 3 个灌浆套筒制作对中接头试件。检查方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

10.2.2.1.6 预制构件拆模后，灌浆套筒的位置及外露钢筋位置、长度偏差应符合表 15 的规定。

表 15 灌浆套筒及外露钢筋安装位置、长度允许偏差及检查方法

项目		允许偏差/mm	检查方法
灌浆套筒中心位置		+20	尺量
外露钢筋	中心位置	+20	尺量
	外露长度	+100	尺量

10.2.2.1.7 灌浆施工中，灌浆料的 28 d 抗压强度应符合设计要求。用于检验抗压强度的灌浆料试件应在施工现场制作。检查数量：每工作班取样不应少于 1 次，每次抽取 1 组 40 mm×40 mm×160 mm 的试件，标准养护 28 d 后进行抗压强度试验。检查方法：检查灌浆施工记录及抗压强度试验报告。

10.2.2.1.8 灌浆应密实饱满，所有出浆口均应出浆。检查数量：全数检查。检查方法：观察、检查灌浆施工记录。

10.2.2.1.9 钢筋采用焊接连接时，其焊缝的接头质量应满足设计要求，并应符合 JGJ 18 的规定。检验数量：按 JGJ 18 的规定确定。检查方法：检查钢筋焊接接头检验批质量验收记录。

10.2.2.2 一般项目

安装完成后，预制构件安装尺寸允许偏差和检查方法应符合表 16 的规定。

表 16 构件安装位置和尺寸允许偏差及检查方法

项目	允许偏差/mm	检查数量		检查方法
		范围	点数	
边线位置	±10	每个节段	2	全站仪及尺量
顶面高程	±10	每个节段	1	水准仪测量
垂直度	≤0.3%墙高且不大 15	每个节段	2	全站仪测量或垂线、尺量，纵横向各 1 点
沉降缝	墙身与基础一致	每条缝	2	全站仪测量

10.3 锚杆挡土墙

10.3.1 构件出厂

10.3.1.1 主控项目

10.3.1.1.1 混凝土预制构件进场的检查内容、检查数量和检查方法应符合 10.2.1.1.1 的规定。

10.3.1.1.2 预制构件的外观质量不应有严重缺陷，预制构件成品外观质量检查要求应符合 10.2.1.1.2 的规定。

10.3.1.1.3 混凝土强度的检查数量和检查方法应符合 10.2.1.1.3 的规定。

10.3.1.1.4 预制构件上的预留孔的尺寸和数量应符合设计要求。检查数量：全数检查。检查方法：观察、测量。

10.3.1.2 一般项目

10.3.1.2.1 预制构件的外观质量的检查数量和检查方法应符合 10.2.1.2.1 的规定。

10.3.1.2.2 预制构件尺寸的允许偏差及检查方法应符合表 17 的规定。

表 17 预制构件尺寸的允许偏差及检查方法

项目	允许偏差/mm	检查数量		检查方法
		范围	点数	
长、宽、高	±3	每个构件	2	尺量
预埋孔位置偏差	±5	每个构件	2	尺量

10.3.2 安装与连接

10.3.2.1 主控项目

10.3.2.1.1 构件横向安装间隙不应大于 5 mm，竖向累计高程误差不应大于 2 cm/10 层。检查数量：全数检查。检查方法：塞尺、全站仪。

10.3.2.1.2 构件安装定位 U 型扣不应漏扣。检查数量：全数检查。检查方法：观察。

10.3.2.1.3 钢筋采用焊接连接时，焊缝的检查数量和检查方法应符合 10.2.2.1.9 的规定。

10.3.2.1.4 肋柱混凝土强度应符合设计要求。检查数量：全数检查。检查方法：检查混凝土强度的检验报告。

10.3.2.1.5 锚杆施工及验收应符合表 18 的规定。

表 18 锚杆施工及验收要求

项目	规定值或允许偏差值	检查数量	检查方法
锚杆类型、规格、性能	符合设计要求	全数检查	质量证明文件和试验
锚杆安装数量	符合设计要求	全数检查	目测检查
砂浆强度	符合设计要求	每一作业段检查一次	砂浆强度试验
灌浆效果	符合设计要求	全数检查	施工记录、观察
锚杆抗拔力	符合设计要求	锚杆总数的 1%且不少于 3 根	抗拔力试验
锚孔直径/mm	+10, -5	每孔 2 组 4 点	尺量
锚孔倾角/%	±3	每孔	导杆法测量
锚孔深度/mm	±50	每孔	尺量
锚杆长度/mm	±50	抽查 10%	尺量

10.3.2.2 一般项目

预制拼装混凝土挡土墙构件安装完毕,预制构件的位置、尺寸偏差应符合设计要求,当无具体要求时,构件安装位置和尺寸允许偏差及检查方法应符合表 16 的规定。

10.4 榫接挡土墙

10.4.1 构件出厂

10.4.1.1 主控项目

10.4.1.1.1 混凝土预制构件进场的检查内容、检查数量和检查方法应符合 10.2.1.1.1 的规定。

10.4.1.1.2 预制构件的外观质量不应有严重缺陷,混凝土预制构件成品外观质量要求应符合表 20 的规定,且不应有影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差。

表 20 混凝土预制构件成品外观质量要求

项目	允许偏差	检查数量	检查方法
缺棱掉角	长度/mm	每批次抽检 10 且不少于 5 个	尺量
	宽度/mm		
	每构件/处		
裂缝	长度/mm		尺量
	宽度/mm		
	每构件/处		
污染	构件外表面		观察

10.4.1.1.3 预制构件的混凝土强度应符合设计要求。检查数量:每批次抽检 10%且不少于 5 个。检查方法:检查标养及同条件混凝土强度试验报告,非破损检测。

10.4.1.2 一般项目

10.4.1.2.1 预制构件的外观质量不宜有一般缺陷。对已经出现的一般缺陷，应按相关规范进行处理并重新检查验收。检查数量：每批次抽检 10%且不少于 5 个。检查方法：观察、测量。

10.4.1.2.2 装配式榫接挡土墙预制构件的尺寸偏差及检查方法应符合表 21 的规定。

表 21 装配式榫接挡土墙预制构件尺寸偏差及检查方法

项目	允许偏差/mm	检查数量	检查方法
长度	±7	每批次抽检 10%且不少于 5 个	尺量
宽度	±5		
厚度	±3		
榫接凹槽中心线位置	±3		尺量

10.4.2 构件安装

10.4.2.1 主控项目

10.4.2.1.1 连接砂浆的强度应符合设计要求。检查数量：全数检查。检查方法：检查强度检验报告。

10.4.2.1.2 预制构件安装允许偏差及检查方法应符合设计要求，并应符合表 22 的规定。

表 22 装配式榫接挡土墙预制构件安装允许偏差及检查方法

项目	允许偏差/mm	检查数量		检查方法
		范围	点数	
边线位置	±10	每个节段	6	全站仪及尺量
顶面高程	±10	每个节段	6	水准仪测量
沉降缝	墙身与基础一致	每条缝	2	全站仪测量
每节段的拼装高度偏差	±3	每 5 层测一次（纵梁、横梁组合为一层）	6	水准仪测量
墙面坡坡度	≤0.3%H 且不大于 15	每个节段	6	全站仪测量或垂线、尺量

10.4.2.1.3 纵梁和横梁的榫接，纵梁嵌入横梁的深度不应小于 2 cm，纵梁端头与横梁中心线应对齐，偏差不大于 1 cm。检查数量：全数检查。检查方法：尺量。

10.4.2.1.4 同一断面纵梁的拼接接头不应大于纵梁总数的 50%。检查数量：全数检查。检查方法：观察。

10.4.2.1.5 横梁与纵梁的中心线应垂直，偏差不大于 1°。检查数量：全数检查。检查方法：尺量。

10.4.2.1.6 构件拼装框架内填料应填充密实，压实度达到设计要求。检查数量：每碾压完一层进行检查。检查方法：常规土工试验方法或核子密度仪法。

10.4.2.2 一般项目

10.4.2.2.1 防水层结合应密实、无空鼓，表面平整光洁，无裂缝、起砂。检查数量：全数检查。检查方法：观察、测量。

10.4.2.2.2 装配式榫接挡土墙顶设导水块时，导水块安装应平顺、坐浆饱满。检查数量：全数检查。检查方法：观察。

10.5 加筋土挡土墙

10.5.1 构件出厂

10.5.1.1 主控项目

10.5.1.1.1 混凝土预制构件进场的检查内容、检查数量和检查方法应符合 10.2.1.1.1 的规定。

10.5.1.1.2 预制构件的外观质量不应有严重缺陷，预制构件成品外观质量检查要求应符合 10.2.1.1.2 的规定。

10.5.1.1.3 混凝土强度的检查数量和检查方法应符合 10.2.1.1.3 的规定。

10.5.1.1.4 预制构件上的预留孔的尺寸和数量应符合设计要求。检查数量：全数检查。检查方法：观察、测量。

10.5.1.2 一般项目

10.5.1.2.1 预制构件的外观质量不宜有一般缺陷。对已经出现的一般缺陷，应按技术方案进行处理并重新检查验收。检查数量：全数检查。检查方法：观察、测量。

10.5.1.2.2 预制构件尺寸的允许偏差和检查方法应符合 10.2.1.2.2 的规定。

10.5.2 安装与连接

10.5.2.1 主控项目

10.5.2.1.1 现浇混凝土强度应符合设计要求。检查数量：全数检查。检查方法：检查混凝土强度的检验报告。

10.5.2.1.2 筋材质量要求及检查方法应符合表 23 的规定。

表 23 筋材质量要求及检查方法

序号	项目	值或允许偏差	频率	检查方法
1	筋材长度	不小于设计长度	每 20 m 检查 5 处	尺量
2	筋材与墙面连接	符合设计要求	全部	目测
3	筋材固定与连接	符合设计要求	每 200 m 测 2 处	尺量
4	筋材铺设	符合设计要求	每 200 m 测 2 处	尺量
5	筋材层间距	符合设计要求	每 200 m 测 2 处	尺量

10.5.2.2 一般项目

10.5.2.2.1 预制面板安装允许偏差及检查方法应符合表 24 的规定。

表 24 预制面板安装允许偏差及检查方法

序号	项目	值或允许偏差	频率	检查方法
1	每层筋材处墙面高程/mm	±10	长度不大于 30 m 时测 5 组, 每增加 10 m 增加 1 组	水准仪
2	轴线偏位/mm	≤10	长度不大于 30 m 时测 5 点, 每增加 10 m 增加 1 点	挂线、尺量
3	面板坡度/%	+0, -0.5	长度不大于 30 m 时测 5 点, 每增加 10 m 增加 1 点	铅垂法
4	相邻面板错台/mm	≤5	长度不大于 30 m 时测 5 条缝最大处, 每增加 10 m 增加 1 处	尺量
5	面板缝宽/mm	≤10	每 30 m 时检查 5 条, 每增加 10 m 增加 1 条	尺量

10.5.2.2.2 安装完成后, 挡土墙总体实测项目允许偏差和检查方法应符合表 25 的规定。

表 25 挡土墙安装允许偏差和检查方法

序号	项目			频率	检查方法
1	墙顶平面位置 /mm	路堤式	+50, -100	长度不大于 30 m 时测 5 点, 每增加 10 m 增如 1 点	全站仪
		路肩式	±50		
2	墙顶高程/mm	路堤式	±50	长度不大于 30 m 时测 5 点, 每增加 10 m 增加 1 点	水准仪
		路肩式	±30		
3	墙面倾斜度/%		满足设计要求	长度不大于 30 m 时测 5 点, 每增加 10 m 增加 1 点	吊垂线或坡度板
4	墙面平整度/mm		15	每 20 m 检查 3 处, 每处检测竖直和墙长两个方向	2 m 直尺

10.6 绿色景观

10.6.1 绿化材料

10.6.1.1 主控项目

10.6.1.1.1 种植土应符合设计要求, pH 值应控制在 5.0~8.3, 全盐含量应小于 0.1%, 容重应为 1.0 g/cm³~1.35 g/cm³。检验方法: 观察检查、核查土壤检测报告。检查频率: 每 500 m³或 2000 m³为一检验批, 随机取样 5 处, 每处 100 g 组成一组试样。500 m³或 2000 m³以下, 取样不少于 3 处。

10.6.1.1.2 植物材料品种及规格应符合设计要求。检查方法: 检查苗木出圃单、核查苗木进场验收记录。检查频率: 每 100 株检查 10 株, 少于 20 株全数检查; 草坪、地被、花卉按面积抽查 10%, 4 m²为 1 处, 总检数不少于 5 处, 不足 30 m²全数检查。

10.6.1.2 一般项目

10.6.1.2.1 种植土应疏松, 有机质含量应为 12 g/kg~80 g/kg, 土壤块径应符合种植要求。检验方法: 观察检查、核查土壤检测报告。检查频率: 每 500 m³或 2000 m³为一检验批, 随机取样 5 处, 每处 100 g 组成一组试样。500 m³或 2000 m³以下, 取样不少于 3 处。

10.6.1.2.2 种植土有效土层厚度应符合设计要求。检验方法: 观察、尺量。检查频率: 每 500 m³或 2000 m³为一检验批, 随机取样 5 处, 每处 100 g 组成一组试样。500 m³或 2000 m³以下, 取样不少于 3 处。

10.6.1.2.3 植物材料的外观质量要求和检验方法应符合表 26 的规定。

表 26 植物材料外观质量要求和检验方法

序号	项目	规定值或允许偏差值	检查数量	检查方法
1	姿态和长势	符合设计要求、生长势良好	每 100 株检查 10 株，少于 20 株全数检查	观察，量测
2	病虫害	危害程度不超过植物的 5%~10%		
3	土球苗	土球完整、规格符合要求，包装牢固		
4	裸根苗根系	根系完整，切口平整，规格符合要求		
5	容器苗木	规格符合要求，容器完整、苗木不徒长、根系发育良好不外露		
6	草卷、草块、草束	草卷、草块长宽尺寸基本一致，厚度均匀，杂草不超过 5%，草高适度，根系好，草芯鲜活	按面积抽查 10%，4 m ² 为一点，不少于 5 个点。小于等于 30 m ² 应全数检查。	观察
7	花苗、地被、绿篱及模纹色块植物	株型苗壮，根系基本良好，无伤苗，茎、叶无污染，病虫害危害程度不超过植株的 5%~10%	按数量抽查 10%，10 株为 1 点，不少于 5 个点。小于等于 50 株应全数检查。	观察

10.6.1.2.4 植物材料规格允许偏差和检验方法有约定的应符合约定要求，无约定的应符合表 27 的规定。

表 27 植物材料规格允许偏差和检验方法

项目	规定值或允许偏差值	检查数量	检查方法
高度	-5 cm	每 100 株检查 10 株，少于 20 株全数检查	量测
冠径	-5 cm		

10.6.2 景观绿化

10.6.2.1 主控项目

10.6.2.1.1 植物的品种、规格、栽植位置、栽植密度、栽植图案应符合设计要求。检查方法：观察。检查频率：全数检查。

10.6.2.1.2 植物成活率不低于 95%。检查方法：观察。检查频率：全数检查。

10.6.2.2 一般项目

10.6.2.2.1 株行距应均匀，高低搭配应恰当，观赏面朝向合理。检查方法：观察。检查频率：每 100 株检查 10 株，少于 20 株全数检查。

10.6.2.2.2 栽植深度应适当，根部土壤应压实，花苗不得沾泥土。检查方法：观察。检查频率：每 100 株检查 10 株，少于 20 株全数检查。

附录 A

(资料性)

浸水挡土墙静水压力、浮力、流水压力、动水压力(渗透力)计算

A.1 作用于每延米挡土墙的静水压力标准值按式(A.1)计算,其作用点应取在1/3水深的迎水墙面处。

$$P_w = \frac{1}{2} \gamma_w H_w^2 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

P_w ——作用于每延米墙长的静水压力标准值,单位为千牛每米(kN/m);

γ_w ——水的重度,单位为千牛每立方米(kN/m³);

H_w ——水深,单位为米(m)。

A.2 作用于挡土墙墙身上的计算浮力,应根据地基地层渗水情况,按以下规定确定:

- a) 砂类土、碎石土和节理发育的岩石地基,浸水挡土墙计算浮力按计算水位水浮力的100%取值;
- b) 节理不发育岩石地基,浸水挡土墙计算浮力按挡土墙结构最不利受力原则,采用计算水位水浮力的100%或不计入;
- c) 挡土墙基础嵌入不透水性地基时,不计水浮力;
- d) 透水性地基上的挡土墙,当验算稳定性时,应采用设计水位的浮力;当验算地基应力时,仅考虑常水位的浮力或不计浮力;
- e) 当不能确定地基是否透水时,应分别以透水和不透水两种情况进行荷载组合,取其不利者;
- f) 计算水位以下每延米挡土墙墙身的水浮力标准值,按式(A.2)计算;

$$G_w = \gamma_w V_w \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

G_w ——作用于每延米墙身的水浮力标准值,单位为千牛(kN);

γ_w ——水的重度,单位为千牛每立方米(kN/m³);

V_w ——计算水位下墙身的体积,单位为立方米(m³)。

- g) 计入水浮力时,填料的重力(包括基础襟边上的土柱重力)应采用填料的有效重度进行计算。填料的有效重度 γ_0 按式(A.3)计算。

$$\gamma_0 = \gamma_{sat} - \gamma_w \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

γ_0 ——填料的有效重度,单位为千牛每立方米(kN/m³);

γ_w ——水的重度,单位为千牛每立方米(kN/m³);

γ_{sa} ——填料的饱和重度,单位为千牛每立方米(kN/m³)。

A.3 水流流经挡土墙时,作用于每延米墙身迎水面上的流水压力标准值按公式(A.4)计算,作用点取在设计水位的1/3迎水墙面处:

$$P_h = 0.514 C_L v_\phi^2 H_w^2 \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

P_h ——流水压力标准值,单位为千牛(kN);

H_w ——计算水深,单位为米(m);

v_ϕ ——水流平均流速,单位为米每秒(m/s);

C_L ——水流与墙面间的侧向阻力系数，按表 A.1 的规定取值。

表 A.1 侧向阻力系数

水流方向与挡土墙墙面的夹角 α_w (°)	C_L
0	0.0
水流方向与挡土墙墙面的夹角 α_w (°)	C_L
5	0.5
10	0.7
20	0.9
≥ 30	1.0

A.4 在下列情况下宜考虑动水压力（渗透力）：

- a) 挡土墙两侧有水位差，并形成贯通渗流；
- b) 墙前水位骤降，墙后出现渗流；
- c) 浸水地区滑坡发生水位骤降。

参 考 文 献

- [1] GB/T 14683 硅酮和改性硅酮建筑密封胶
 - [2] GB 23441 自粘聚合物改性沥青防水卷材
 - [3] GB 50011 建筑抗震设计规范
 - [4] GB 50111 铁路工程抗震设计规范
 - [5] GB/T 50123 土工试验方法标准
 - [6] GB/T 50290 土工合成材料应用技术规范
 - [7] GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计标准
 - [8] GB 55002 建筑与市政工程抗震通用规范
 - [9] CJJ 11 城市桥梁设计规范
 - [10] JC/T 483 聚硫建筑密封胶
 - [11] JGJ/T 401 锚杆检测与监测技术规程
 - [12] JTG B02 公路工程抗震规范
 - [13] JTG/T D32 公路土工合成材料应用技术规范
 - [14] JTG D60 公路桥涵设计通用规范
 - [15] JTG/T 3310 公路工程混凝土结构耐久性设计规范
 - [16] JTG 3363 公路桥涵地基与基础设计规范
 - [17] JTG 3430 公路土工试验规程
 - [18] TB 10001 铁路路基设计规范
 - [19] TB 10093 铁路桥涵地基和基础设计规范
 - [20] TB 10102 铁路工程土工试验规程
-