



T/CECS G:

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction Standardization

公路装配式轻型挡土墙设计与施工技术规程

Technical code for design and construction of highway

prefabricated lightweight retaining walls

(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

中国工程建设标准化协会标准

公路装配式轻型挡土墙设计与施工技术规程

Technical code for design and construction of highway
prefabricated lightweight retaining walls

T/CECS G:

(征求意见稿)

主编单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司
批准部门：中国工程建设标准化协会
实施日期：XXXX 年 XX 月 XX 日

人民交通出版社股份有限公司

北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2020 年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字[2020]23 号)的要求,由中交第一公路勘察设计研究院有限公司等单位承担《公路装配式轻型挡土墙设计与施工技术规程》(以下简称“本规程”)的制定工作。

本规程编制过程中,编写组进行了大量的工程调研,分析总结了近年来国内外公路公路装配式挡土墙的工程实践经验和科研成果,并广泛征求了业内有关单位和专家的意见和建议。

本规程分为 7 章,主要内容包括:1 总则;2 术语和符号;3 基本规定;4 勘察设计;5 构件预制;6 装配施工;7 质量检验。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理,由中交第一公路勘察设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议,请函告本规程日常管理组,中国工程建设标准化协会公路分会(地址:北京市海淀区西土城路 8 号;邮编:100088;电话:010-62079839;传真:010-62079983;电子邮箱:shc@rioh.cn),或中交第一公路勘察设计研究院有限公司(地址:西安市高新技术开发区西区科技四路 205 号;邮编:710065;联系人:刘军勇;电话:029-88853000-8613,邮箱:278241975@qq.com),以便修订时研用。

主编单位: 中交第一公路勘察设计研究院有限公司

参编单位:

主编: 刘军勇

主要参编人员:

主审: 刘怡林

参与审查人员:

参与人员:

目录

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	2
3 基本规定	7
4 勘察设计	8
4.1 一般规定	8
4.2 勘察要求	8
4.3 设计计算	9
4.4 材料要求	13
4.5 构造设计	16
5 构件预制	23
5.1 一般规定	23
5.2 制造流程	23
5.3 模具	24
5.4 成型、养护和脱模	26
5.5 出厂检测	29
6 装配施工	30
6.1 一般规定	30
6.2 施工准备	30
6.3 运输与堆放	31
6.4 吊装与运输	32
6.5 挡土墙安装	32
6.6 附属设施安装	35
6.7 墙背回填	36
7 质量检验	37
7.1 一般规定	37
7.2 检测项目	38

附录 A 挡土墙设计荷载组合、地基承载力及稳定性验算方法.....	41
附录 B 装配式悬臂挡土墙计算方法.....	45
附录 C 装配式扶臂挡土墙计算方法.....	48
附录 D 连接结构计算方法.....	55

1 总则

1.0.1 为满足公路装配式轻型挡土墙建设发展的需要，规范公路装配式轻型挡土墙勘察设计、生产运输、施工、检测行为，提高公路装配式轻型挡土墙建设水平和质量，制订本规程。

1.0.2 本规程适用于各等级新建和改扩建公路工程或线外工程的装配式轻型挡土墙的建造，主要包括装配式悬臂挡土墙和装配式扶壁挡土墙两类。

1.0.3 公路装配式轻型挡土墙需根据地质条件、公路等级、施工难度及进度、环境及保通要求、原材料分布等因素综合确定选用。

条文说明

装配式轻型挡土墙具有施工周期短、占地面积小、工程质量高、材料消耗少等优势，对于建设场地受限、施工周期紧张、保通要求高的公路路段，可优先采用装配式轻型挡土墙。

1.0.4 应根据公路的功能和等级，遵循因地制宜、节约土地、保护环境的原则，选择安全可靠、经济合理、稳定耐久、施工便捷的装配式轻型挡土墙结构形式。

1.0.5 公路装配式轻型挡土墙除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 装配式轻型挡土墙 prefabricated lightweight retaining wall

将专业预制厂生产挡土墙的预制底板和立壁等构件运输至施工现场，通过可靠的连接方式装配而成的轻型挡土墙。

2.1.2 焊接式连接 reserved steel bar welding connection

将预制构件外预留的钢筋，采用焊接的方式进行连接，对连接处进行二次浇筑的连接方式。

2.1.3 灌浆套筒连接 grouting sleeve of rebar connection

将构件预留的钢筋伸入到套筒中，然后向套筒中注入高强无收缩的灌浆料，实现钢筋机械连接的连接方式。

2.1.4 灌浆金属波纹管连接 grouting metal bellows of rebar connection

将构件预留的钢筋伸入到金属波纹管中，然后向金属波纹管中注入高强无收缩的灌浆料，实现钢筋机械连接的连接方式。

2.1.5 螺栓式连接 bolted connection

在预制立壁上设置预留孔及预埋件，底板在对应位置预埋连接螺栓，采用螺母、垫片等将混凝土构件连接在一起的连接方式。

2.1.6 螺栓角钢式连接 bolted angle connection

在预制立壁、扶壁、底板上设置预留孔及预埋件，并制作连接角钢，采用螺母、垫片和带肋角钢将混凝土构件连接成为整体并对底板连接部位进行二次浇筑的连接方式。

2.1.7 湿接缝 wet joint

在焊接相邻预制构件的预留钢筋后，在接缝处现场浇筑混凝土使其形成一个整体的接缝。

2.2 符号

2.2.1 作用和作用效应有关符号

M_k ——作用于基底形心的弯矩；

N_k ——作用于基底上的垂直力；

σ_1 ——挡土墙趾部的基底应力;
 σ_2 ——挡土墙踵部的基底应力;
 f_a' ——经基础埋深修正后的地基承载力特征值;
 G ——墙身重力、基础重力、基础上填土的重力及作用于墙顶的其他竖向荷载的标准值;
 E_x ——墙后主动土压力标准值的水平分量;
 E_y ——墙后主动土压力标准值的竖向分量;
 E_p ——墙前被动土压力标准值的水平分量;
 N ——基底上作用力的合力标准值的竖向分量;
 E_p' ——墙前被动土压力标准值水平分量的0.3倍;
 Q_{Li} ——立壁计算截面处的剪力;
 M_{Li} ——立壁计算截面处的弯矩;
 Q_{hi} ——后踵板计算截面处的剪力;
 M_{hi} ——后踵板计算截面处的弯矩;
 E_{Bh} ——作用在墙踵板上的主动土压力;
 Q_{qi} ——前趾板计算截面处的剪力;
 M_{qi} ——前趾板计算截面处的弯矩;
 Q_c ——连接处的剪力;
 M_c ——连接处的弯矩;
 Q_{d1i} ——第*i*个板条所在高度支点的剪力组合设计值;
 M_{d1i} ——第*i*个板条所在高度支点的负弯矩组合设计值;
 M_{d2i} ——第*i*个板条所在高度跨中的正弯矩组合设计值;
 σ_p ——作用在立壁上的水平土压力;
 M_{1max} ——立壁竖向最大正弯矩;
 M_{1min} ——立壁竖向最大负弯矩;
 σ_D ——立壁底端的水平土压力;
 σ_w ——后踵处的竖向压应力;

Q_d ——立壁与底板连接处的剪力;
 M_d ——立壁与底板连接处的弯矩;
 N_f ——立壁与底板连接处的拉力;
 τ_f ——角焊缝的切应力;
 N ——焊缝承受的轴心力;
 f_f^w ——角焊缝强度设计值;
 P ——螺栓的预拉力设计值;
 f_u ——螺纹材料经热处理后的最低抗拉强度;
 N_v ——螺栓所承受的剪力;
 N_v^b ——单个螺栓的抗剪承载力设计值;
 N_t ——螺栓所承受的拉力;
 N_t^b ——单个螺栓的抗拉承载力设计值;
 F_1 ——立壁螺栓所受剪力合力;
 E_a ——墙后填土土压力合力;
 T ——底板螺栓所受拉力合力;
 F_3 ——底板螺栓所受剪力合力;
 Q_{fd} ——扶壁与底板连接处的剪力;
 M_{fa} ——扶壁与底板连接处的弯矩。

2.2.2 几何参数有关符号

B ——基底宽度;
 A ——基础底面每延米的面积;
 Z_G ——墙身重力、基础重力、基础上填土的重力及作用于墙顶的其他竖向荷载的合力重心到墙趾的距离;
 Z_x ——墙后主动土压力的竖向分量到墙趾的距离;
 Z_y ——墙后主动土压力的水平分量到墙趾的距离;
 Z_p ——墙前被动土压力的水平分量到墙趾的距离;
 h_i ——立壁计算长度（墙顶至计算截面的距离）;

h_0 ——墙顶填土和附加荷载换算的等效土层厚度;
 B_{hi} ——后踵板计算截面距根部的距离;
 Z_{EBh} ——作用在墙踵板上的主动土压力的竖向分力对计算截面的力臂;
 H_1 ——立壁的高度;
 B_{qi} ——前趾板计算截面距根部的距离;
 B ——底板的长度;
 t ——底板的厚度;
 h_d ——基底埋深;
 L_0 ——挡土墙跨长;
 L_j ——相邻扶壁间的净距;
 B_q ——前趾板的长度;
 B_h ——后踵板的长度;
 d_f ——扶壁的厚度;
 h_e ——角焊缝的有效厚度;
 $\sum l_w$ ——两焊件间角焊缝的计算长度总和;
 d_1 、 d_2 ——圆钢直径;
 a ——焊缝表面到两圆公切线的距离;
 A_e ——螺栓螺纹处的有效截面面积;
 h_1 ——螺栓距离立壁的距离;
 h_2 ——土压力Ea距立壁距离;
 l_a ——挡墙预制单元纵向长度;
 h_l ——立壁厚度。

2.2.3 计算系数及其他有关符号

γ_s ——土的重度;
 γ_c ——钢筋混凝土的重度;
 $[e_0]$ ——偏心距容许值;
 γ_R ——地基承载力抗力系数;
 μ ——基底与地基间的摩擦系数;

γ_{Q1} ——主动土压力分项系数；
 γ_{Q2} ——墙前被动土压力分项系数；
 φ ——填土的内摩擦角；
 K_a ——主动土压力系数；
 β ——墙顶填土坡面与水平面的夹角；
 γ_{QC} ——组合荷载综合分项系数；
 n ——螺栓群轴心受剪时所需螺栓数目；
 n_1 ——立壁螺栓受剪时所需螺栓数目；
 n_2 ——底板螺栓受拉时所需螺栓数目；
 n_3 ——底板螺栓受剪时所需螺栓数目；
 n_f ——螺栓的传力摩擦面数目；
 μ ——摩擦面抗滑移系数。

3 基本规定

3.0.1 装配式轻型挡土墙设计使用年限应不低于被保护的建（构）筑设计使用年限。

3.0.2 应根据地形地貌、工程与水文地质、地基承载力、施工条件等合理确定挡土墙高度、长度和位置，并按表 3.0.2 选择适应的装配式挡土墙类型。

表 3.0.2 装配式轻型挡土墙类型及适用条件

装配式轻型挡土墙类型	适用条件
装配式悬臂轻型挡土墙	适用于石料缺乏、地基承载力较低的填方路段，墙高不宜超过 5m。
装配式扶壁轻型挡土墙	适用于石料缺乏、地基承载力较低的填方路段，墙高不宜超过 10m。

3.0.3 装配式轻型挡土墙基础埋置深度，应根据地基稳定性、地基承载力、冻结深度、水流冲刷情况以及岩石风化程度等因素确定。

3.0.4 应查明工程地质、水文地质、环境条件及岩土的物理力学性质，为挡土墙设计提供工程地质资料。

3.0.5 应遵循少规格、多组合的原则，保证装配式部件的经济性。

3.0.6 装配式挡土墙应考虑排水、防撞护栏等附属设施的安装。

3.0.7 装配式轻型挡土墙施工前，宜选择有代表性的单元进行预制构件试安装，并应根据试安装结果及时调整施工工艺、完善施工方案。

3.0.8 装配式轻型挡土墙设计、制作、施工应考虑对周边环境的影响，在保证生态环保的同时，做到与环境和谐统一。

4 勘察设计

4.1 一般规定

4.1.1 装配式轻型挡土墙设计应采用以概率理论为基础,按照分项系数表达的极限状态设计方法。极限状态应考虑承载能力极限状态及正常使用极限状态两种。

4.1.2 挡土墙构件承载力极限状态设计可采用下列表达式:

$$\gamma_0 S \leq R(\cdot) \quad (4.1.2-1)$$

$$R(\cdot) = R\left(\frac{R_k}{\gamma_f}, \alpha_d\right) \quad (4.1.2-2)$$

式中: γ_0 —结构重要性系数,按表4.1.3采用;

S —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 4.1.3 结构重要系数 γ_0

墙高 (m)	公路等级	
	高速公路、一级公路	二级及二级以下公路
≤5.0	1.0	0.95
>5.0	1.05	1.0

4.1.3 在进行预制构件翻转、运输、吊装、安装等短暂状态下的施工阶段验算时,计算方法及相关系数取值应按照现行国家标准《混凝土工程施工规范》(GB 50666)的规定执行。

4.2 勘察要求

4.2.1 工程地质勘察除应符合现行《公路工程地质勘察规范》(JTG C20)规定外,改扩建工程仍需对场地附近既有建筑物特征及地下附属设施的分布情况进行调查。

4.2.2 工程地质勘测范围及比例尺应符合现行《公路工程地质勘察规范》(JTG C20)规定。

4.2.3 工程地质勘探、测试除应符合现行《公路工程地质勘察规范》(JTG C20)

规定外，对主要岩土层和软弱层应分层采样，每层的试样对土层不应少于 6 个，对岩层不应少于 9 个，软弱层宜连续取样。进行室内物理力学性能试验，主要试验项目包括基本物性、抗剪强度及变形指标，试验含水状态等。

4.2.4 工程地质勘察报告图表资料应符合现行《公路工程地质勘察规范》(JTG C20) 规定。

4.3 设计计算

4.3.1 装配式轻型挡土墙应进行下列计算和验算：

1 挡土墙需进行地基承载力、抗滑移、抗倾覆、地基稳定性和变形验算，当存在深部潜在滑面时，应进行有关潜在滑面整体稳定性验算，并应符合附录A 的有关规定。

2 结构构件的抗压、抗弯、抗剪、局部抗压承载力的计算；混凝土裂缝宽度计算；连接部位应进行结构强度验算，并应符合附录D的有关规定。

4.3.2 装配式轻型挡土墙结构设计的常用荷载计算、土压力计算应符合现行《公路路基设计规范》(JTG D30) 规定。

4.3.3 装配式轻型挡土墙的抗震稳定性验算应符合现行《公路工程抗震规范》(JTG B02) 规定。

4.3.4 滑坡、泥石流路段的装配式轻型挡土墙，应根据滑坡剩余下滑力、泥石流冲击力和库伦土压力对比选两者中的大值进行设计，所承受的滑坡、泥石流作用力及其设计原则应符合现行《公路路基设计规范》(JTG D30) 规定。

4.3.5 基础的埋置深度应符合下列规定：

1 基础最小埋置深度不应小于 1.0m，在风化层不厚的硬质岩石地基上，基底应置于基岩表面风化层以下。

2 当冻结深度小于或等于 1.0m 时，基底应在冻结线以下不小于 0.25m，并应符合基础最小埋置深度要求；当冻结深度超过 1.0m 时，基础最小埋置深度不应小于 1.25m，还应将基底至冻结线以下 0.25m 深度范围的地基土换填为弱冻胀材料。

3 受水流冲刷时，应按路基设计洪水频率表计算冲刷深度，基底应置于局部冲刷线以下不小于 1.0m。

4 路堑挡土墙基底在路肩以下不应小于 1.0m，并低于路堑边沟地面不小于

0.5m。

5 建于斜坡地面上的挡土墙，基础前趾埋入深度和距地表的水平距离，应符合表 4.3.5 的规定。

表 4.3.5 斜坡地面基础埋置条件

土层类别	最小埋入深度 h (m)	距地表水平距离 L (m)
较完整的硬质岩石	0.25	0.25~0.50
一般硬质岩石	0.60	0.60~1.50
软质岩石	1.00	1.00~2.00
土层	≥ 1.00	1.50~2.50

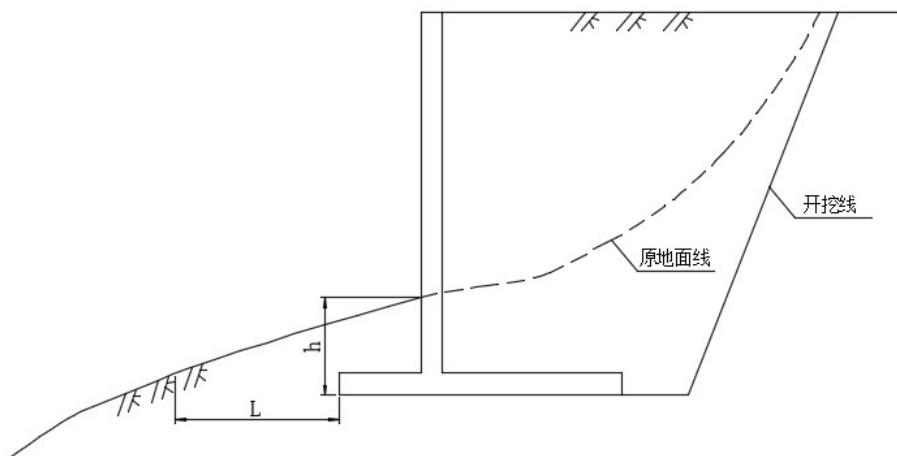


表 4.3.5 斜坡地面基础埋置图

4.3.6 装配式挡土墙基础应符合以下规定：

1 基坑开挖后，应清除较大的孤石或突出石笋等，以保证地基具有设计要求的平整度。

2 地基应满足挡土墙设计承载力要求，对于软弱地基、不均匀地基等，应采用扩大基础或进行地基处理。

4.3.7 挡土墙的基底纵坡应采用平坡，当基底具有纵坡时，应按挡土墙分段长度做成台阶型基础，每个台阶长度应不小于2.0m，相邻台阶高差宜不大于2.0m。

条文说明

装配式轻型挡土墙底板为预制构件，与现浇与浆砌挡土墙不同，为保证墙体整体稳定性，基底应保证是平坡或台阶型。

4.3.8 装配式悬臂挡土墙有预制组合式和整体预制式两种。预制组合式由立壁及底板（包括前趾板和后踵板）组成。

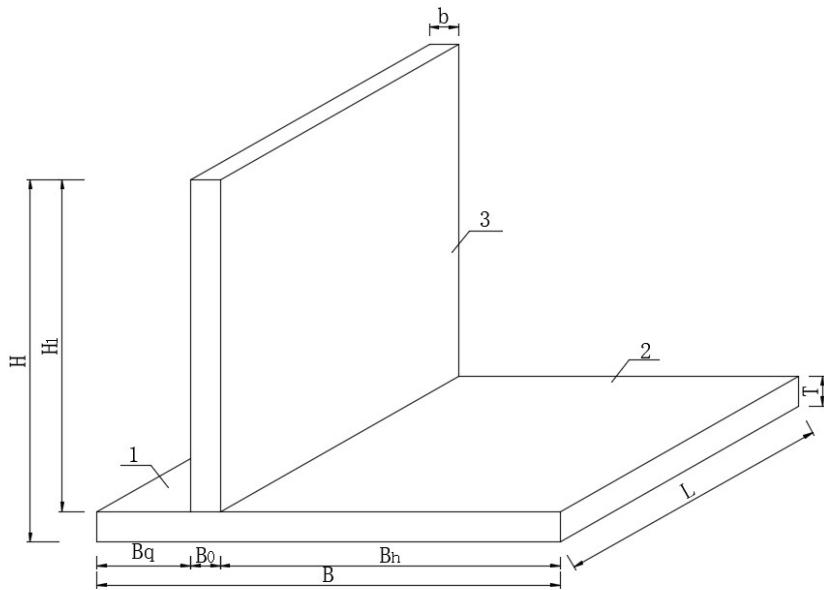


图4.3.7 悬臂挡土墙结构图

标引序号和字母符号说明:

1—前趾板；2—后踵板；3—立壁；H—挡土墙的高度； H_1 —立壁的高度；b—立壁的厚度；B—底板的长度；T—底板的厚度； B_q 、 B_h 、 B_0 —分别为前趾板、后踵板、立壁与底板连接区的长度；L—挡土墙的单元长度

4.3.9 装配式悬臂挡土墙设计计算，应符合以下规定：

1宜按单位墙长进行地基承载力、外部稳定性及地基整体深层滑动稳定性验算，确定墙体埋深及前趾板、后踵板宽度和高度等。

2宜按单位墙长进行内力及构件正截面抗弯承载力计算、构件变形及裂缝宽度验算，确定立壁、底板的截面几何尺寸及配置钢筋。

3土压力计算时，应考虑土体强度、地面坡度、墙体构造综合确定计算模型，并应符合现行《公路路基设计规范》（JTG D30）的规定。

条文说明

悬臂式挡土墙土压力计算与重力式挡土墙不同，当墙后填土破坏棱体符合不出现第二破裂面的条件，可将立壁顶面后缘与后踵板板端下缘的连线作为假想墙背，计算土压力；当符合出现第二破裂面的条件时，以第二破裂面为计算墙背，计算土压力。计算立壁正截面抗弯承载力时，可按实际墙背计算土压力，实际墙背与填料间的摩擦力可不计入。

《公路路基设计规范》（JTG D30），对悬臂、扶壁挡土墙土压力计算进行了

有关规定，但未明确给出计算模型。按本规程进行设计时，可参考《公路挡土墙设计与施工技术细则》（中交第二公路勘察设计研究院有限公司，2008）中对悬臂、扶壁式挡土墙有明确计算规定。

4立壁宜按固定在底板上的悬臂梁进行计算，并应符合附录B的有关规定。5后踵板宜按固定在立壁与前趾板结合部的悬臂梁进行计算，并应符合附录B的有关规定。

6前趾板宜按固定在立壁与后踵板结合部的悬臂梁进行计算，并应符合附录B的有关规定。

7应对装配式悬臂挡土墙拼接处的剪力和弯矩进行计算，并应符合附录B的有关规定。

4.3.9 装配式扶臂挡土墙有预制组合式、整体预制式及部分预制式等多种形式。预制组合式由垂直立壁、基础底板（趾板、踵板）、扶壁组成。

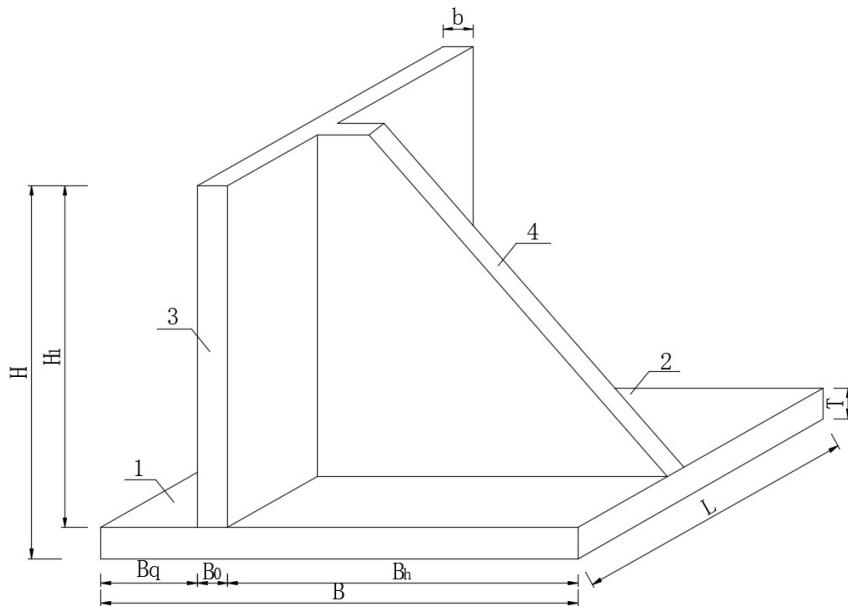


图4.3.9-1 装配式扶臂挡土墙结构图

标引序号和字母符号说明：

1—前趾板；2—后踵板；3—立壁；4—扶壁；H—挡土墙的高度； H_l —立壁的高度；L—挡土墙单元的长度；b—立壁的厚度；T—底板的厚度；B—底板的长度； B_q 、 B_h 、 B_0 —分别为前趾板、后踵板、立壁与底板连接区的长度

4.3.10 装配式扶臂挡土墙设计计算，应符合以下规定：

1宜按单位墙长进行地基承载力验算、外部稳定性验算及地基整体深层滑动稳

定性验算，确定墙体埋深及前趾板、后踵板宽度和高度等。

2宜按单位墙长进行内力及构件正截面抗弯承载力计算、构件变形及裂缝宽度验算，确定立壁、底板、扶壁的截面几何尺寸及配置钢筋。

3土压力计算时，应考虑土体强度、地面坡度、墙体构造综合确定计算模型，并应符合现行《公路路基设计规范》（JTG D30）的规定。

4立壁为固定在扶壁和底板上的三向固定板构件，可简化为按沿竖直方向和沿墙长方向分别计算，并应符合附录C的有关规定。

5后踵板宜按支撑在扶壁上的连续板进行计算，不计立壁对底板的约束作用，后踵板与扶壁按铰支连接。

6前趾板宜按固定在立壁与后踵板结合部的悬臂梁进行计算，并应符合附录B的有关规定。

7扶壁可按锚固在底板上的T形变截面悬臂梁计算，并应符合附录C的有关规定。

8应对装配式扶壁挡土墙三处拼接部位的剪力和弯矩进行计算，并应符合附录C的有关规定。

4.3.11 装配式轻型挡土墙连接方式主要有焊接式连接和栓接式连接两种。栓接式连接根据分为锚栓连接和螺栓角钢连接两种。其设计计算应符合附录D的有关规定。

4.3.12 装配式挡土墙钢筋混凝土结构的耐久性应根据设计使用年限、现行国家标准《混凝土结构设计规范》（GB50010）进行设计。

4.4 材料要求

4.4.1 混凝土与钢筋应符合下列规定：

1 混凝土、钢筋的力学性能指标应符合现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）和《公路钢结构桥梁设计规范》（JTG D64）的规定。耐久性应符合《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》（JTG/T 3310）的相关规定。

2 预制构件的混凝土强度等级不宜低于 C30；连接处部位现浇混凝土的强度等级非冻胀地区不应低于 C25，冻胀地区不应低于 C30。

条文说明

《公路路基设计规范》(JTG D30-2015) 各类挡土墙现浇混凝土的强度等级非冰冻区、轻冻区不应低于 C20，中冻区、重冻区不应低于 C25。《装配式混凝土结构技术规程》(JTJ 1-2014) 预制构件的混凝土强度等级不宜低于 C30；现浇混凝土的强度等级不应低于 C25。沈阳至海口国家高速公路汕尾陆丰至深圳龙岗段改扩建项目 STT1 合同段新建、改扩建路段道路路肩墙采用装配式挡土墙，挡土墙混凝土强度等级为 C50，湿接缝混凝土强度等级为 C40。混凝土强度等级的提高可以增加混凝土的承载能力、提高其耐久性。预制构件在运输、吊装过程中需承受构件自重引起的弯矩、拉应力，故装配式挡土墙预制构件的混凝土强度较现浇混凝土等级提高是合理的。连接部位是装配式挡土墙承载力和整体性的决定性部位。因此建议合理提高连接部位现浇混凝土强度等级为非冻胀地区不应低于 C25，冻胀地区不应低于 C30，以提高装配式挡土墙的承载力。

3 钢筋宜采用 HPB300、HRB400 的钢筋，采用套筒灌浆连接时，钢筋应采用热轧带肋钢筋，其质量应符合现行《钢筋混凝土用钢第 1 部分：热轧光圆钢筋》(GB / T1499.1) 及《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》(GB / T1499.2) 的规定。

4 钢筋焊接网应符合现行《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》(JGJ 114) 的规定。

4.4.2 构件连接及辅助材料应符合下列规定：

1 连接用焊接材料、螺栓、锚栓等紧固件的材料应符合现行《钢结构设计规范》(GB 50017) 和《钢结构焊接规范》(G 50661) 等的规定。

2 金属波纹管、灌浆套筒与高强无收缩水泥灌浆料组合体系性能应符合行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》(JGJ 355) 的规定。

3 金属波纹管应符合现行《金属波纹管》(JB/T 6169) 的规定。

4 灌浆套筒应符合现行《钢筋连接用灌浆套筒》(JG/T 398) 的规定。

5 预制构件的吊环应采用未经冷加工的 HPB300 钢筋或高强度、低松弛 $\Phi_{s15.2}$ 钢绞线，采用内埋式螺母或吊杆的材料时应符合相关标准规定。锚固螺栓轴向抗拉承载力、吊耳的抗剪承载力及焊缝强度应按现行《钢结构设计标准》(GB50017) 进行验算。

6 装配式轻型挡土墙伸缩缝和沉降缝中宜填塞聚乙烯塑料板或其他有弹性的

防水材料。

4.4.3 灌浆套筒或灌浆金属波纹管中使用的高强无收缩水泥灌浆料，其性能指标应符合表 4.4.3 的规定。

表 4.4.3 高强无收缩水泥灌浆料性能指标

检测项目		性能指标
流动度/mm	初始	≥ 320
	30min	≥ 260
抗压强度/MPa	1d	≥ 35
	3d	≥ 60
	28d	≥ 100
竖向自由膨胀率/%	3h	0.02~2
	24h与3h差值	0.02~0.40
	28h与24h差值	≥ 0
氯离子含量/%		≤ 0.03
沁水率/%		0

条文说明 套筒灌浆料《钢筋连接用套筒灌浆料》(JGT 408) 中针对常温型套筒灌浆料的性能规定如表 1。

表 1 常温型套筒灌浆料的性能指标

检测项目		性能指标
流动度/mm	初始	≥ 300
	30min	≥ 260
抗压强度/MPa	1d	≥ 35
	3d	≥ 60
	28d	≥ 85
竖向自由膨胀率/%	3h	0.02~2
	24h与3h差值	0.02~0.40
28d自干燥收缩/%		≤ 0.045
氯离子含量/%		≤ 0.03
沁水率/%		0

《水泥基灌浆材料应用技术规范》(GB/T 50448) 中针对水泥基灌浆材料的性能规定如表 2。

表 2 水泥基灌浆材料主要性能指标

检测项目		性能指标
流动度/mm	初始	≥290
	30min	≥260
抗压强度/MPa	1d	≥20
	3d	≥40
	28d	≥60
竖向膨胀率/%	3h	0.1~3.5
	24h与3h差值	0.02~0.50
氯离子含量/%		< 0.1
泌水率/%		0

流动度、抗压强度、竖向膨胀率为水泥基灌浆材料三项重要性能，综合灌浆材料国标 (GB/T 50448)、行标 (JGT 408)、青海省地标及调研工程确定。好的流动性能保证浆体顺利将管内及接缝空间填满，抗压强度以及竖向膨胀率从材料强度、增大受力截面提高承载力。故为保证连接材料的强度，依据以上调研资料，取《钢筋连接用套筒灌浆料》(JGT 408) 的指标作为材料性能要求。其中，混凝土泌水为水分上浮。泌水量为混凝土拌和物单位面积的平均泌水量。泌水率为泌水量对混凝土拌和物之比。如果材料存在泌水，则接触面会产生大量的气泡孔穴或表面水泥浆富集，缩小了有效承载面，降低承载能力，因此规定泌水率为 0。

4.5 构造设计

4.5.1 悬壁式挡土墙主要构造尺寸应符合下列规定：

1 无防撞需求的装配式挡土墙的立壁顶宽应不小于0.25m，立壁外侧面坡度宜为竖直。

2 有防撞需求的装配式挡土墙，应考虑与防撞墙的结合要求，并预留钢筋；立壁宽度应结合防撞护栏及挡土墙结构受力综合确定，立壁外侧面坡度宜为竖直。

3 前趾板和后踵板的端部厚度最小值不应小于0.3m。

条文说明

《公路路基设计规范》(JTG D30-2015) 规定立壁顶宽不应小于 0.20m、底板厚度不应小于 0.30m。《公路挡土墙设计与施工技术细则》(中交第二公路勘察设计研究院有限公司) 规定悬臂式挡土墙立壁的顶宽不应小于 0.20m、前趾板与后踵板的端部厚度不应小于 0.30m。《公路预制装配式挡土墙设计规范》(DB63/T 1981) 规定悬臂式挡土墙立壁厚度应不小于 0.2m、底板厚度应不小于 0.3m。《城市道路—装配式挡土墙》(07MR402) 中悬臂式挡土墙立壁厚度为 0.25m、底板厚度为 0.8m、0.95m。依据调研工程沈阳至海口国家高速公路汕尾陆丰至深圳龙岗段改扩建项目 STT1 合同段悬臂式挡土墙立壁厚度为 0.25m、底板厚度为 0.3m；扶壁式挡土墙立壁厚度为 0.15m、底板厚度为 0.2m；组合扶壁式挡土墙立壁厚度为 0.3m、底板厚度为 0.5m。根据现有规范规定，结合国内已有的装配式挡土墙应用工程经验，装配式悬臂挡土墙立壁厚度取应不小于 0.25m、底板厚度取应不小于 0.3m。

4.5.2 扶壁式挡土墙主要构造尺寸应符合下列规定：

- 1 扶壁间距取 (1/3~1/2) H，扶壁厚度应不小于 0.3m。
- 2 底板厚度应不小于 0.3m。
- 3 立壁厚度应不小于 0.3m。

条文说明

《公路路基设计规范》(JTG D30-2015) 规定立壁顶宽不应小于 0.20m、底板厚度不应小于 0.30m。《公路挡土墙设计与施工技术细则》(中交第二公路勘察设计研究院有限公司) 规定扶臂式挡土墙立壁的顶宽不应小于 0.20m、扶壁间距常用值为墙高的 1/3~1/2，扶壁的厚度不应小于 0.30m，底板最小厚度不应小于 0.30m。《公路预制装配式挡土墙设计规范》(DB63/T 1981) 规定扶壁式挡土墙扶壁间距宜为墙高的 1/3~1/2，扶壁的厚度不应小于 0.30m，立壁厚度应不小于 0.2m、底板厚度应不小于 0.3m。依据调研工程沈阳至海口国家高速公路汕尾陆丰至深圳龙岗段改扩建项目 STT1 合同段悬臂式挡土墙立壁厚度为 0.25m、底板厚度为 0.3m；扶壁式挡土墙立壁厚度为 0.15m、底板厚度为 0.2m；组合扶壁式挡土墙立壁厚度为 0.3m、底板厚度为 0.5m。根据现有规范规定，结合国内已有的装配式挡土墙应用工程经验，装配式扶臂挡土墙扶壁间距取 (1/3~1/2) H、扶壁厚度取应不小于 0.30m、立壁厚度取应不小于 0.20m、底板厚度取应不小于 0.3m。

4.5.3 预制构件节段长度宜综合材料规格、运输条件、起吊能力、现场条件和防撞护栏的连接方式等确定，应符合以下规定：

- 1 预制节段纵向长度不宜小于2m。
- 2 扶壁挡土墙纵向长度不应小于一个扶壁间距，最外端扶壁中心距节段端部不宜大于0.5m。

条文说明

《城市道路—装配式挡土墙》(07MR402) 中挡土墙的分段长度应按 2.0m 的模数划分。依据调研工程沈阳至海口国家高速公路汕尾陆丰至深圳龙岗段改扩建项目 STT1 合同段，3m 高采用悬臂式钢筋混凝土挡土墙整体预制，每节段长 4m；3.25~6m 墙高范围内采用扶壁式钢筋混凝土挡土墙整体预制，每节段长 3m；6.25~8m 墙高范围内采用扶壁式钢筋混凝土挡土墙分构件预制，每节段长 2m。根据现有规范规定，结合国内已有的装配式挡土墙应用工程经验，装配式挡土墙预制节段长度不宜小于 2m。

4.5.3 预留钢筋连接包括焊接连接、机械连接、套筒灌浆连接、浆锚搭接连接、绑扎搭接连接、后浇混凝土内直线锚固连接等。

4.5.4 预留钢筋焊接式连接应符合以下规定：

- 1 在立壁下端和底板顶预留位置处的钢筋宜呈三角形。
- 2 连接时先将来自立壁和底板上的相邻预留钢筋焊接或绑扎在一起，再浇筑混凝土形成连接结构。

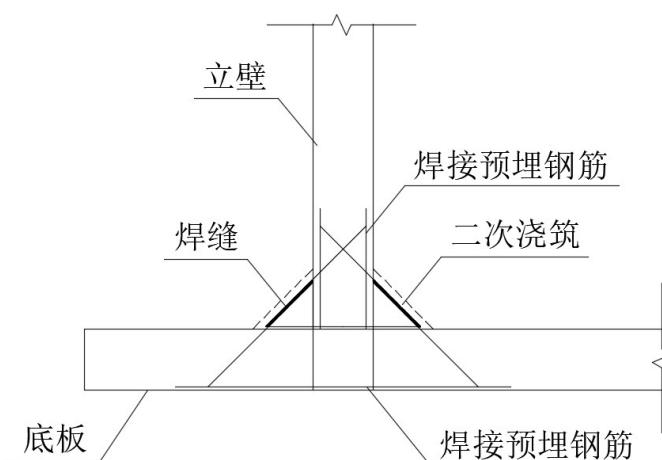


图4.5.4焊接式连接图

3 构件上的预留钢筋采用焊接时，宜采用角焊缝。

4.5.5 预留钢筋采用套筒灌浆连接时，应符合下列规定：

1 接头应满足现行《钢筋机械连接技术规程》（JGJ 107）中 I 级接头的性能要求，并应符合有关标准的规定。

2 钢筋接头处套筒外侧钢筋的混凝土保护层厚度应不小于20mm。

3 套筒之间的净距应不小于25mm。

4.5.6 预留钢筋采用浆锚搭接连接时，应符合下列规定：

1 对预留孔成孔工艺、孔道形状和长度、构造要求、灌浆料和被连接钢筋，应进行力学性能以及适用性的试验验证。

2 直径大于20mm的钢筋不宜采用浆锚搭接连接，直接承受动力荷载构件的纵向钢筋不应采用浆锚搭接连接。

4.5.7 预留钢筋采用直线锚固连接时应有足够的锚固长度，并应符合现行《混凝土结构设计规范》（GB50010）和《钢筋锚固板应用技术规程》（JGJ256）的规定。

4.5.8 采用锚栓连接时，应在底板等间距预埋锚栓，立壁底部制作成键槽结构，并在键槽部分用钢套筒形成预留连接孔，采用符合强度要求的螺母及垫圈进行连接。

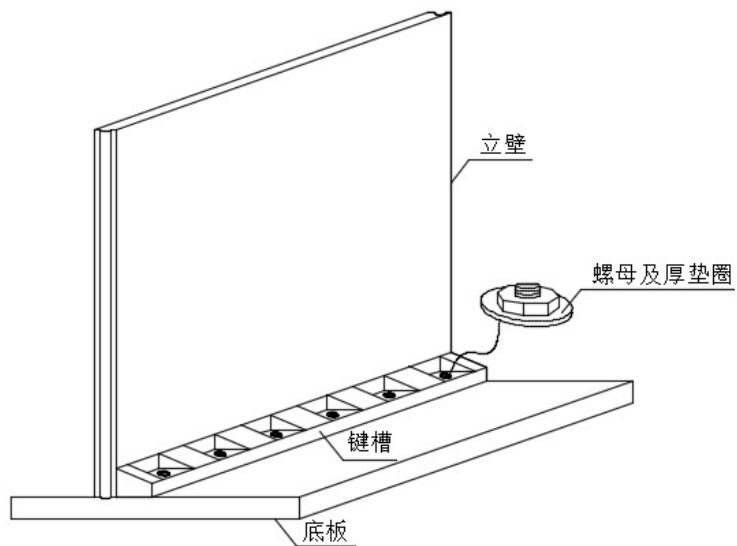


图4.5.8 螺栓连接图

条文说明

采用螺栓连接时，在底板上预留连接槽并在连接槽内等间距预埋锚栓；拼装时先将锚栓插入连接孔内并灌入高强无收缩水泥浆，再用螺母和厚垫圈紧固，然后二次浇筑混凝土形成连接结构。

4.5.9 采用螺栓角钢连接时，应在立壁、底板、扶壁等构件连接区位置预埋等距交错的螺栓，采用符合强度要求的螺母及角钢进行连接。

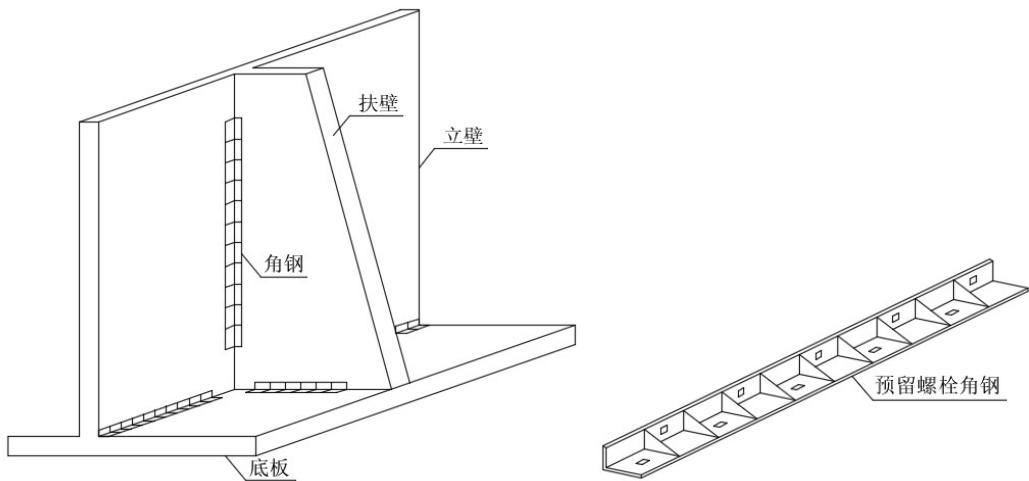


图4.5.9 螺栓角钢连接图

条文说明

采用螺栓角钢连接时，在立壁与扶壁连接区位置预埋单头螺栓，在与底板连接区位置和底板上的构件连接区位置预埋双头螺栓；扶壁上预留带钢套筒的孔，拼装时预先放入双头螺栓；底板预埋等距交错的螺栓；拼接时通过连接角钢、双头螺栓、螺母和厚垫圈等进行紧固连接，再对连接部位二次浇筑混凝土。

4.5.10 桩接式的螺栓间距为螺栓孔径的3倍~8倍，最外侧螺栓至边缘距离为螺栓孔径的2倍~4倍；每一个装配单元的连接结构中螺栓数量应不少于3个。螺栓连接宜采用高强度螺栓、螺母和垫圈构成。

条文说明

《公路预制装配式挡土墙设计规范》(DB63/T 1981) 规定螺栓连接：螺栓间距为螺栓孔径的 3~8 倍，最外侧螺栓至边缘距离为螺栓孔径的 2~4 倍，每一个装配单元的连接结构中螺栓数量应不少于 3 个，该规程依据相关试验和工程案例确定对应参数。

4.5.11 装配式轻型挡土墙纵向连接设计应符合下列要求：

1墙顶荷载较小时可采用平缝、凹凸榫槽、预留钢件焊接等形式进行连接。

2墙顶荷载较大时宜采用预留后浇带、纵向预应力等形式进行连接。

4.5.12 预制构件的粗糙面、键槽设置应符合下列规定：

1连接部位及预制板节段接触面宜设置粗糙面。

2 螺栓式连接时，底板连接部位沿纵向宜通长设置键槽，键槽深度不宜小于30mm。

3 采用纵向预留后浇带连接时，宜在立壁、底板与现浇混凝土结合面设置粗糙面。

4.5.13 装配式轻型挡土墙结构构件应根据其受力特点进行配筋设计，其构造要求及钢筋的连接等应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》（GB 50010）的有关规定。

4.5.14 预制构件的吊点可采用预埋钢筋吊环、预埋钢绞线吊环、预留吊装孔、预埋吊耳等形式，具体设计应符合下列规定：

1吊点设计应进行吊件在拉拔、剪切和拉剪耦合三种受力状态下自身强度验算，且应对预埋吊件的各种锚固破坏形态进行验算。

2预埋钢筋吊环锚入预制构件中的深度不应小于35倍吊环直径，端部应做成180°弯钩，且应与构件内钢筋焊接或绑扎。

3预埋钢筋吊环内直径不应小于3倍钢筋直径，且不应小于60mm。

4预埋钢绞线时，钢绞线吊环宜伸出预制构件200mm以上，伸出部分宜采用2mm厚以上的镀锌管或塑料管进行包裹。

5预埋钢绞线吊环端部应布设钢丝网进行加强，钢绞线吊环的弯曲半径不应小于80mm。

6预埋吊耳的钢筋与钢板应采用螺栓锚固连接，钢板与耳板应采用焊接。

7预埋吊耳的预埋锚固钢筋的锚固长度应符合现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG3362）的要求。

4.5.15 当预制构件采用预留吊装孔、加固孔时，吊孔、加固孔周边的钢筋应进行加密。

4.5.16 挡土墙立壁顶面需设置防撞护栏时，立壁预制时应为防撞墙预留钢筋，预留钢筋根据防撞等级和相关荷载计算后确定。钢筋预留构造如图4.5.16所示。

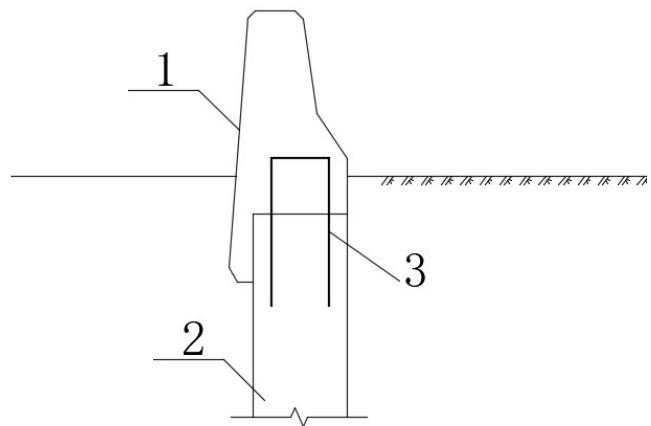


图4.5.16 防撞护栏预埋钢筋设置图

标引序号和字母符号说明：

1—现浇防撞护栏；2—立壁；3—预埋钢筋

4.5.17 挡土墙构件预制时应预留排水孔或预埋排水构件。

5 构件预制

5.1 一般规定

5.1.1 装配式挡土墙的原材料质量、钢筋加工和连接的力学性能、混凝土强度、构件结构性能、拉结件的质量等均应根据国家现行有关标准进行检查和检验，并应具有生产操作规程和质量检验记录。

5.1.2 预制构件生产方案应符合以下规定：

1 预制构件生产前，应由建设单位组织设计、生产、施工单位进行设计文件交底和会审，并编制生产方案。

2 生产方案宜包括生产计划及生产工艺、模具方案及计划、技术质量控制措施、成品存放、运输和保护方案等。

3 预制规模较大或重要工程，应根据批准的设计文件、拟定的生产工艺、运输方案、吊装方案等编制加工详图。

5.1.3 装配式挡土墙生产过程中的质量检验应按模具、钢筋、混凝土等检验进行。当上述各检验项目的质量均合格时，方可评定为合格产品。

5.1.4 装配式挡土墙拟采用新材料、新工艺、新技术、新设备时，生产单位应制定专门的生产技术方案及管理措施。必要时进行样品试制，经检验合格后方可实施。

5.1.5 预制混凝土构件生产完成后，应进行质量检验，检验合格后出具出厂合格证，合格证内容应包含混凝土强度等级、保护层厚度、隐蔽检测记录等。

5.2 制造流程

装配式轻型挡土墙预制构件生产流程见图5.2.1。

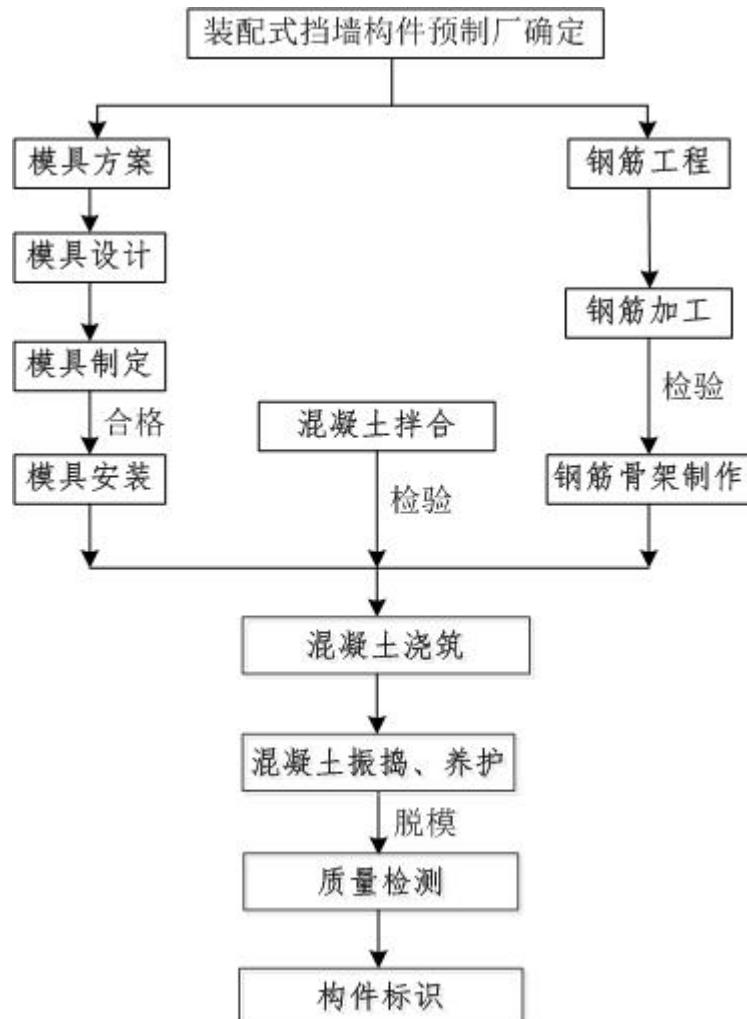


图 5.2.1 生产流程图

5.3 模具

5.3.1 装配式挡土墙构件生产应根据生产工艺、产品类型等制定模具方案，应建立健全模具验收、使用制度。

5.3.2 模具的部件设计应符合现行国家标准《钢结构设计标准》(GB 50017)和《冷弯薄壁型钢结构技术标准》(GB 50018)的规定，截面塑性发展系数应取1.0，组合钢模具的设计应符合现行国家标准《组合钢模板技术规范》(GB/T 50214)的相关规定。

5.3.3 模具的制作应符合以下规定：

1 模具宜采用整体式定型钢模具，连接螺杆宜采用高强度精轧螺纹钢；模具应满足承载力、刚度、整体稳定性和循环使用的要求，同时应满足预制构件预留孔洞、插筋、预埋件的定位及尺寸要求。

2 模具制作应根据设计图纸要求，由专业制造厂家完成，并进行专项设计，

模具设计应符合《组合钢模板技术规范》（GB/T 50214）的相关规定。

3 模具进场时应逐个进行检验，其制作质量应符合《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650》的相关规定，模具成品经检验合格后方可使用。

4 应定期检查侧模、预埋件和预留孔洞定位措施的有效性；应采取防止模具变形和锈蚀的措施；重新启用的模具应检验合格后方可使用；

5 模具与平模台间的螺栓、定位销等固定方式应可靠，防止混凝土振捣成型时造成模具偏移和漏浆。

5.3.4 模具的安装应满足下列要求：

1 模具各构件尺寸和位置准确，模具与构件连接紧密，模具拼缝应严密，不得出现漏浆现象，并保证接缝平整度。

2 模具安装完毕后，应对其平面位置、顶部标高、节点联系及纵横向稳定性进行检查，经监理单位签认后方可浇筑混凝土。

3 模具内表面应喷洒脱模剂，脱模剂应喷涂均匀。

5.3.5 装配式挡土墙模具尺寸偏差和检验方法应符合表5.3.5的规定。

表 5.3.5 装配式挡土墙模具尺寸偏差及检验方法

项次	检验项目、内容	允许偏差 (mm)	检验方法
1	两块模具之间的拼缝宽度	≤1.0	用塞尺插进拼缝通不过
2	相邻模具面的高低差	≤1.0	用平尺靠板拼缝，塞尺不能通过
3	组装模具面的平整度	≤2.0	用2m长平尺靠板面，塞尺不能通过
4	组装模具内模的长、宽尺寸	±2.0	用钢尺检查两端和中间部位
5	组装模具内外模间净空尺寸	±2.0	用直角尺检查两端和中间部位
6	组装模具两对角线长度互差	≤3.0	用钢尺检查组装模具的两对角线
7	组装模具有效浇筑节段长度	±5.0	用钢尺检查组装模具有效浇筑节段长度
8	组装模具外模倾斜尺寸	≤2.0	用线坠及钢尺检查组装模具下两个角点

5.3.6 预埋件加工允许偏差应符合表5.3.6的规定。

表 5.3.6 预埋件加工允许偏差

项次	检验项目、内容	允许偏差 (mm)	检验方法
1	预埋件锚板的边长	0, -5	用钢尺量
2	预埋件锚板的平整度	1.0	用直尺和塞尺量

3	锚筋	长度	10.0	用钢尺量
		间距偏差	±10	用钢尺量

5.3.7 固定在模具上的预埋件、预留孔洞中心位置及尺寸允许偏差应符合表5.3.7的规定。

表 5.3.7 固定在模具上的预埋件、预留孔洞中心位置及尺寸允许偏差

项次	检验项目、内容		允许偏差 (mm)	检验方法
1	预埋件锚板	中心线位置	3	用钢尺量
		平面高差	0, -2	用钢尺量
2	吊环	中心线位置	3	用钢尺量
		外露长度	0, -5	用钢尺量
3	预埋螺栓	中心线位置	2	用钢尺量
		外露长度	+10, 0	用钢尺量
4	预埋螺母	中心线位置	2	用钢尺量
		平面高差	0, -5	用钢尺量
5	灌浆套筒、波纹管	中心线位置	1	用钢尺量
		平面高差	0, -5	用钢尺量
6	预留孔洞	中心线位置	10	用钢尺量
		尺寸	+10, 0	用钢尺量
7	预埋钢筋	中心线位置	5	用钢尺量
		外露长度	+10, 0	用钢尺量

注：检查中心线、螺栓和孔道位置偏差时，应沿纵横两个方向量测，并取其中偏差较大值。

5.4 成型、养护和脱模

5.4.1 预制拼装挡土墙的钢筋骨架制作、安装应符合下列规定：

- 1 装配式挡土墙墙体钢筋应在专用胎架上绑扎制作成整体钢筋骨架后，进行整体起吊安装入模。
- 2 钢筋骨架制作前应对钢筋的规格尺寸、数量、外观质量等进行检查。
- 3 钢筋骨架制作时，应合理安排施焊顺序，保证焊接后的钢筋线形平顺，位置准确。
- 4 钢筋骨架与模具接触面应设置保护层垫块，垫块的强度等级不应低于构件

混凝土等级。

5 垫块布设尽量靠近钢筋交叉点处，钢筋骨架侧面宜采用圆形垫块便于入模，底面采用梅花形垫块便于支撑。在浇筑混凝土前，应仔细检查预留保护层厚度。

6 固定在模具上的预埋件、吊环及预留孔洞等的型号、数量、位置等应符合设计要求。

7 钢筋骨架宜采用防止骨架变形的专用吊具进行吊运。

5.4.2 浇筑混凝土前应进行钢筋的隐蔽工程检查。隐蔽工程检查项目应包括：

- 1 钢筋的牌号、规格、数量、位置和间距。
- 2 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。
- 3 箍筋的牌号、规格、数量、位置、间距，箍筋弯钩的弯折角度及平直段长度。
- 4 钢筋的混凝土保护层厚度。

5 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。

5.4.3 混凝土材料加工应符合以下规定：

- 1 混凝土应采用有自动计量装置的强制式搅拌机搅拌，并具有生产数据逐盘记录和实时查询功能。
- 2 混凝土拌制时间应不小于120s，当搅拌高强混凝土时，搅拌时间宜适当延长30s~60s。
- 3 混凝土拌合物入模时的塌落度应不大于120mm。
- 4 混凝土应按照混凝土配合比通知单进行生产，原材料每盘称量的允许偏差应符合表5.4.3的规定。

表5.4.3 混凝土原材料每盘称量的允许偏差

项次	检查项目	允许偏差 mm
1	胶凝材料	±2%
2	粗、细骨料	±3%
3	水、外加剂	±1%

5.4.4 混凝土应进行抗压强度检验，并应符合下列规定：

- 1 混凝土检验试件应在浇筑地点取样制作。
- 2 每拌制100盘且不超过100m³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。

3 每批制作强度检验试块不少于3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挡土墙脱模和出厂时控制其混凝土强度。

4 蒸汽养护的挡土墙，其强度评定混凝土试块应随同构件蒸养后，再转入标准条件养护。

5 除设计有要求外，挡土墙出厂时的混凝土强度不宜低于设计混凝土强度等级值的75%。

5.4.5 混凝土浇筑应符合下列规定：

1 混凝土浇筑前，预埋件及预留钢筋的外露部分宜采取防止污染的措施。

2 混凝土浇筑应连续进行。

3 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60min，气温不高于25℃时不宜超过90min。

5.4.6 混凝土振捣应符合下列规定：

1 混凝土宜采用机械振捣方式成型。

2 当采用振捣棒时，混凝土振捣过程中不应碰触钢筋骨架和预埋件。

3 采用弹性造型模具时，实际振捣方式、时间应根据试验确定。

4 混凝土振捣过程中应随时检查模具有无漏浆、变形或预埋件有无移位等现象。

5.4.7 养护应符合下列规定：

1 应根据现场条件、环境温湿度、水泥品种、外添加剂、施工进度要求以及对混凝土性能的要求，选择自然养护、自然养护加养护剂或加热养护方式。

2 混凝土浇筑完毕或压面工序完成后应及时覆盖保湿，脱模前不得揭开。

3 涂刷养护剂应在混凝土终凝后进行。

4 加热养护可选择蒸汽加热、电加热或模具加热等方式。

5 加热养护制度应通过试验确定，宜在常温下预养护2h~6h，升、降温速度不宜超过20℃/h，最高养护温度不宜超过60℃。

6 挡土墙脱模时的表面温度与环境温度的差值不宜超过25℃。

5.4.8 预制混凝土构件脱模应符合下列规定：

1 预制混凝土构件脱模起吊时，混凝土的强度应计算确定，且不应低于

15MPa。

2 预制构件脱模应严格按照顺序拆除模具，不得使用振动方式拆模；预制构件与模具之间的连接部分完全拆除后方可进行脱模。

3 预制构件脱模后应及时进行检查验收；脱模或移动构件时，均应防止预制构件棱角和接缝等部位碰撞损伤。

5.4.9 采用后浇混凝土或砂浆、灌浆料连接的预制构件结合面，制作时应按设计要求进行粗糙面处理。设计无具体要求时，可采用化学处理、拉毛或凿毛等方法制作粗糙面。

5.5 出厂检测

5.5.1 预制混凝土构件的外观质量不应有严重缺陷，且不宜有一般缺陷。对已出现的一般缺陷，应进行处理，并应重新检验。

5.5.2 预制混凝土构件允许尺寸偏差及检验方法应符合表7.2.8。

5.5.3 预制混凝土构件应按设计要求和现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB50204）的有关规定进行结构性能检验。

5.5.4 预制构件检查合格后，应在构件上设置表面标识，标识内容宜包括构件编号、制作日期、合格状态等信息。

6 装配施工

6.1 一般规定

6.1.1 装配式挡土墙安装前应结合实际情况，制定施工测量方案，并建立满足安装精度要求的施工测量控制网。

6.1.2 施工组织方案编制应符合以下规定：

- 1 装配式挡土墙安装前，施工单位应编制施工组织设计、施工方案。
- 2 施工组织设计的内容应符合现行国家标准《建筑工程施工组织设计规范》（GB/T 50502）的规定。
- 3 施工方案的内容应包括构件安装及节点施工方案、构件安装的质量管理及安全措施等。

6.1.3 预制混凝土构件安装采用的材料及配件应符合国家现行有关标准及产品技术手册的规定，并应按照国家现行相关标准的规定进行进场验收。

6.1.4 未经设计允许不得对预制混凝土构件进行切割、开洞，涉及孔洞应于构件预制时预留，并根据设计要求进行孔洞加强与防水处理。

6.1.5 在预制装配式挡土墙的施工过程中，应采取防止预制混凝土构件、预埋件损伤或污染的保护措施。

6.1.6 装配式挡土墙施工过程中应采取安全措施，并应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》(JGJ 80)、《建筑机械使用安全技术规程》(JGJ 33)和《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ 46)的有关规定。

6.1.7 除本标准特殊说明外，对于雨季、大风等影响施工质量及安全的特殊气候条件，应暂停施工，特殊环境还应满足现行有关规范的要求。

6.2 施工准备

6.2.1 装配式挡土墙安装前，宜选择有代表性的节段进行预制混凝土构件试安装，并应根据试安装结果调整施工工艺、完善施工方案。

6.2.2 开工前应对挡土墙结构做好实地放样工作，设置构件安装定位标识。预制拼装挡土墙以直代曲时，应按图纸对原始线型进行复核。

6.2.3 垫层材料应符合设计要求，垫层经验收合格后方可进行装配式挡土墙安装。

6.2.4 预制混凝土构件进入现场后应进行质量检查，检查预制混凝土构件的质量证明文件和出厂标识，并对预制混凝土构件和预埋件及配件的型号、规格、数量、尺寸等进行检查。

6.2.5 拼装前施工、监理单位应对专项施工方案中的人员、材料及机械设备到场情况、吊装区域地基处理情况进行严格复核。

6.2.6 预制混凝土构件的吊装应按专项施工方案的要求进行，吊装前，应检查吊装设备及吊具，并核实现场环境、天气、道路状况是否满足吊装施工要求。

6.3 运输与堆放

6.3.1 应制定运输与堆放方案，包括：运输时间、次序、堆放场地、运输路线、固定要求及成品保护措施等。对于超高、超宽、形状特殊等大型构件的运输与堆放应制定专门的质量安全保障措施。

6.3.2 预制混凝土构件吊离预制台座、搬运、存放时，混凝土的强度不应低于设计要求。设计无要求时，一般不应低于设计强度的 75%。

6.3.3 预制混凝土构件的运输车辆应满足构件尺寸和载重要求，装卸与运输时应符合下列规定：

- 1 装卸构件时应采取保证车体平衡的措施。
- 2 运输构件时应采取防止构件移动、倾倒、变形等的固定措施。
- 3 运输构件时应采取防止构件损坏的措施，对构件边角部或链索接触处的混凝土宜设置保护衬垫；应对构件外露钢筋采取保护措施，并应对灌浆套筒采取包裹、封盖措施。
- 4 采用靠放架堆放和运输构件时，靠放架应具有足够的承载力和刚度，与地面倾斜角度宜大于 80°。
- 5 采用插放架运输构件时，宜采取直立运输方式。插放架应有足够的承载力和刚度，并应支垫稳固。
- 6 采用叠层平放的方式运输构件时，应采取防止构件产生裂缝的措施。

6.3.4 预制混凝土构件堆放应符合下列规定：

- 1 存放场地应平整、坚实，并应有相应的防排水设施。
- 2 构件吊离预制台座移至堆场后应及时进行养护。
- 3 存放台座应坚固稳定，宜高出地面 200mm 以上。存放台座的设计应保证

构件在存放期间不致因支点沉陷而受到损坏。

4 混凝土预制构件应按照其刚度及受力情况选择对应的堆放方式。构件水平向存放时，每层构件间的垫块应上下对齐，堆放层数应根据构件、垫块的承载力确定；竖向存放时应有必要的防倾覆措施。

5 应合理设置垫块支点位置，支点宜与起吊点位置一致；支点处应采用垫木、橡胶板等弹性物支垫，不得将构件直接支承在坚硬的存放台座上。

6 构件应按照产品品种、规格型号、检验状态分类存放，且要有一定的通道，标识宜朝向通道一侧。

7 构件存放时间应符合设计规定。

6.4 吊装与运输

6.4.1 预制混凝土构件吊装应符合下列规定：

1 预制混凝土构件应按施工方案的要求吊装，对绳索与构件水平面的夹角不宜小于 60° ，且不应小于 45° ，否则应采用吊架或采取其它有效措施。

2 预制混凝土构件吊装应采用慢起、快升、缓放的操作方式。

3 预制混凝土构件吊装过程不应偏斜、扭转和大幅摆动，严禁吊装构件长时间悬挂在空中。

4 预制混凝土构件吊装时，构件上应设置缆风绳控制构件转动，保证构件就位平稳。

5 构件翻转过程应做好混凝土保护措施，采取布卷、木方等柔性无污染搁垫物，不宜使用橡胶制品。

6.4.2 预制混凝土构件吊装就位后，应及时校准。预制混凝土构件就位校核与调整应符合下列规定：

1 预制底板安装后，应对安装位置、安装标高和顶面高差进行校核与调整。

2 预制立壁安装后，应对安装位置、安装标高、垂直度进行校核与调整。

3 预制混凝土构件就位宜以挡土墙外边线为控制线。

6.4.3 预制构件与吊具的分离应在校准定位及临时支撑安装完成后进行。

6.5 挡土墙安装

6.5.1 安装施工前，应进行测量放线、设置构件安装定位标识。测量放线应符合现行国家标准《工程测量规范》（GB 50026）的有关规定。

6.5.2 安装施工前应核对已施工完成结构、基础的外观质量和尺寸偏差，并按设计文件核对预制构件的混凝土强度、节点连接构造、临时支撑方案及预制构件配件的型号、规格、数量等。

6.5.3 预制底板安装应符合下列规定：

- 1 同一路段内的挡土墙，应按先深后浅的顺序施工。
- 2 预制底板应与垫层密贴，不得有空隙，底板安装后应平整稳固。预制底板（基础板）的安装应保证结构水平。

6.5.4 预制底板（基础板）预就位后，应即时测量底板的坐标、标高和水平度，坐标及标高允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$ ，水平度允许偏差为 $\pm 1\text{mm/m}$ ，安装前应对拼接面的坐标、标高和水平度进行复测。

6.5.5 预制立壁（扶壁）安装应符合下列规定：

- 1 立壁与底板拼装前应进行预拼装。
- 2 拼装前预制混凝土构件拼接面应充分润湿，表面不得有积水、浮浆、油污、粉尘及其他杂物。
- 3 在拼接缝位置，预制底板上应布置调节垫块，砂浆垫层铺设厚度应大于垫块高度。调节垫块材质和强度应符合设计要求。
- 4 预制立壁（扶壁）就位宜采用由上而下插入式安装形式。
- 5 预制立壁宜设置调节设备。
- 6 预制立壁吊装应及时设置临时固定措施，临时固定措施应符合施工方案的要求。
- 7 吊钩应采用弹簧防开钩，预制混凝土墙板斜支撑安装就位后，完成校正并可靠固定后方可松开吊钩。
- 8 立壁安装应位置准确、直顺与相邻板板面平齐，板缝与变形缝一致。
- 9 立壁调节完成时，应保证预制立壁与预制底板间的拼接面浆液饱满。
- 10 后浇混凝土强度达到设计要求后方可拆除预制混凝土墙板斜支撑。拆模时的混凝土强度应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》（GB 50666）的有关规定和设计要求。

6.5.6 高强无收缩砂浆施工应符合以下规定：

- 1 使用的高强无收缩砂浆的技术指标，应符合设计规定。

- 2 应依据设计要求和试验测试结果，精确控制配合比。
 - 3 应采用专用设备进行搅拌，并严格控制搅拌工艺参数。
 - 4 每节段构件拼接面所需高强无收缩砂浆应连续拌制，且应略有富余，宜一次铺筑完成。
 - 5 高强无收缩砂浆应及时进行养护。
- 6.5.7** 钢筋焊接、机械连接施工应符合 JTG/T 3650 规定。
- 6.5.8** 装配式挡土墙采用螺栓式连接时，套筒灌浆施工应符合下列规定：
- 1 使用的高强无收缩水泥灌浆料的技术指标，应符合设计规定。
 - 2 应依据设计要求和试验测试结果，精确控制配合比。
 - 3 应采用专用设备进行搅拌和灌浆，并严格控制搅拌、灌浆工艺参数。
 - 4 灌浆前应再次检查套筒，确保内腔通畅无杂质，螺杆表面应无油污和铁锈。
 - 5 灌浆施工应保持连续，灌浆应密实，灌浆完成后应及时清理残留在构件上的多余浆体。

6 当施工时气温低于 5℃时，应对高强无收缩水泥灌浆料进行保温，温度应不低于 10℃且不高于 40℃；同时应对拌合所需的水进行加热，温度应不低于 30℃且不高于 65℃；拌合灌浆料成品工作温度应不低于 10℃。对温度要求进行规定。

6.5.9 装配式挡土墙采用螺栓式连接时，螺栓式连接施工除应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》（GB 50755）外，还应符合下列规定：

- 1 套筒灌浆后，宜立即进行螺栓连接，并应清除预埋件表面浆液。
- 2 螺栓施拧前，连接处钢板表面应平整、无焊接飞溅、无毛刺、无油污。
- 3 螺栓应由中央顺序向外拧紧。
- 4 螺栓拧紧检查验收合格后，连接处应根据设计进行防腐处理和封闭。

6.5.10 装配式悬臂挡土墙纵向连接采用预留钢件焊接时，施工应符合现行标准《钢结构焊接施工规范》（GB 50661）、《钢结构工程施工规范》（GB 50755）和《钢结构工程施工质量验收规范》（GB 50205）的有关规定。

6.5.11 钢筋、预留钢件采用焊接时应采取防止因连续施焊引起的连接部位混凝土开裂的措施。

6.5.12 钢筋采用焊接、机械连接施工，应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》（JGJ 18）、《钢筋机械连接技术规程》（JGJ 107）的有关规定。

6.5.13 装配式挡土墙连接采用预留后浇带时，后浇前应按本标准第7章要求进行检测，后浇筑混凝土的施工应符合下列规定：

- 1 预制混凝土构件结合面应采用粗糙面，疏松部分的混凝土应剔除并清理干净。
- 2 结合面处应洒水润湿，并不得有积水。
- 3 模具宜采用工具式支架和定型模具，应保证后浇筑混凝土部分形状、尺寸准确，并应防止漏浆。
- 4 混凝土应分层振捣密实，浇筑完成后应及时进行保湿养护。

6.5.14 装配式轻型挡土墙纵向连接采用纵向预应力连接时，应符合现行标准《混凝土工程施工规范》(GB50666)和《无粘结预应力混凝土结构技术规程》(JGJ92)的有关规定。

6.5.15 沉降缝、伸缩缝的位置、尺寸和数量应满足设计要求；沉降缝及伸缩缝应竖直、贯通，采用弹性材料填充密实，填充深度满足设计要求。

6.6 附属设施安装

6.6.1 装配式轻型挡土墙排水系统施工应下列规定：

1 挡土墙施工时，应按设计规定设置完善的排水系统，并应采取措施疏干墙背填料中的水分，防止墙后积水，减少雨水和地面水下渗，避免墙身承受额外的静水压力。

2 反滤层、透水层、隔水层等材料应符合设计要求，并与墙体施工同步进行，同时完成。

3 排水工程齐全、沟底平整、不渗漏、线条直顺、曲线圆滑、排水畅通，不应有杂物；施工质量应符合《公路路基施工技术规范》(JTGT 3610)的规定要求。

6.6.2 装配式轻型挡土墙接缝防水施工应下列规定：

- 1 防水施工前，应将板缝空腔清理干净。
- 2 应按设计要求填塞背衬材料。
- 3 密封材料嵌填应饱满、密实、均匀、顺直、表面平滑，其厚度应符合设计要求。

6.6.3 装配式轻型挡土墙防护栏施工应符合下列规定：

- 1 预制混凝土护栏的施工场地应平整、坚实，排水良好、交通方便。

2 应采用钢模具，模具长度应根据吊装和运输条件确定，宜采用固定的规格。

3 每块预制混凝土护栏必须一次浇筑完成。

4 拆模时间应根据气温和混凝土达到的强度而定，拆模时混凝土强度不应低于设计强度的 70%。拆模时不得损坏混凝土护栏的边角，并应保持模具完好。

5 在起吊、运输和堆放过程中，不得损坏混凝土护栏构件的边角，否则在安装就位后，应采用高于混凝土护栏强度的材料及时修补。

6 混凝土护栏的安装应从一端逐步向前推进，护栏的线形应与公路的平、纵线形相协调。

6.6.4 装配式轻型挡土墙加固孔预留及施工应符合下列规定：

1 加固孔应按设计要求设计模具进行施工。

2 在预留加固孔处，可采用注浆管对背侧土体进行注浆加固，注浆管直径可为 25mm，钻孔与水平面的倾角不应小于 30°，钻孔孔径不应小于注浆管的直径，钻孔孔距可为 0.5m~1.0m。

3 浆液材料可采用水泥浆或改性环氧树脂等，注浆压力可取 0.1MPa~0.3MPa。如果浆液不下沉，可逐渐加大压力至 0.6MPa，浆液在 10min~15min 内不再下沉，可停止注浆。

6.7 墙背回填

6.7.1 碾压前应进行压实试验，根据碾压机具、填料性质及最佳含水率，控制填料的松铺厚度，并分层压实。

6.7.2 当墙背填料采用透水性不良的填料时，除应做到拌和均匀，控制黏土块含量，控制最佳含水量外，还应本规程第 6.6.1 条的要求在墙后设置连续排水层。

6.7.3 装配式轻型挡土墙应在机械连接完成或以及湿接缝现浇混凝土及灌浆材料等强度达到设计强度的 75%以上时，方可进行墙后填料施工。

6.7.4 墙后必须回填均匀，摊铺平整，填料顶面横坡符合设计要求。墙后 1.5m 范围内，不应有大型机械行驶或作业，为防止碰坏墙体，应采用小型压实机械碾压。

7 质量检验

7.1 一般规定

7.1.1 质量检验包括材料检验、施工过程中的质量管理和检查验收。

7.1.2 作为生产、施工质量检查验收的基础，装配式挡土墙应按底板、立壁、扶壁划分为分部工程或子分部工程进行质量检验。

7.1.3 检验批应分为出厂构件检验批、安装与连接检验批。分部工程、分项工程以及检验批划分应符合表7.1.3的要求。

表 7.1.3 分部、分项工程以及检验批划分

分部工程 (子分部工程)	分项工程	检验批
挡土墙底板	预制挡土墙底板	每个构件节段
	安装与连接	每个底板
挡土墙立壁、扶壁	预制挡土墙立壁、扶壁	每个构件节段
	安装与连接	每个立壁、扶壁与底板

7.1.4 装配式轻型挡土墙构件混凝土浇筑前应进行隐蔽工程质量检验。隐蔽工程质量检验应包括下列主要内容：

1 钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距，箍筋弯钩的弯折角度及平直段长度。

2 钢筋的连接方式、接头位置、接头数量、接头面积百分比率、搭接长度、锚固方式及锚固长度。

3 钢筋的混凝土保护层厚度。

4 预埋件、预留孔洞的规程、数量、位置。

7.1.5 预制构件的外观质量应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收标准》（GB 50204）关于现浇混凝土结构的有关规定，结构外观如有缺陷或损伤时，应按有关规定进行修整后，方能进行验收。

7.1.6 预制构件的进场质量验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收标准》（GB 50204）的有关规定外，还应提供下列文件和记录：

1 预制构件、主要材料及配件的质量证明文件、进场验收记录、抽样复验报告。

- 2 预制构件安装施工记录。
- 3 后浇混凝土、灌浆料、坐浆材料强度检测报告。
- 4 重大问题的处理方案和验收记录。
- 5 装配式工程的其他文件和记录。

7.1.7 其他构配件进场质量验收应符合相关国家现行标准的规定。

7.2 主控检测项目

7.2.1 按混凝土预制构件进场批次检查其合格证，出厂检验报告，钢筋套筒与高强无收缩水泥灌浆料组合体系性能应经过国家专业检测部门试验检测，并应提供检验报告，混凝土预制构件的标识应完整。全数检查且通过检查检验报告等质量证明文件、观察进行检查。

7.2.2 混凝土预制构件的外观质量不应有严重的缺陷，可按表7.2.2规定划分严重缺陷和一般缺陷，且不应影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差；预制构件粗糙面的质量应符合设计要求。

表7.2.2 预制构件外观质量缺陷分类

名称	现象	严重缺陷	一般缺陷
露筋	构件内钢筋未被混凝土包裹而外露	纵向受力钢筋有露筋	其他钢筋有少量露筋
蜂窝	混凝土表面缺少水泥砂浆而形成石子外露	构件主要受力部位有蜂窝	其他部位有少量蜂窝
孔洞	混凝土中孔穴深度和长度均超过保护层厚度	构件主要受力部位有孔洞	其他部位有少量孔洞
夹渣	混凝土中夹有杂物且深度超过保护层厚度	构件主要受力部位有夹渣	其他部位有少量夹渣
疏松	混凝土中局部不密实	构件主要受力部位有疏松	其他部位有少量疏松
裂缝	缝隙从混凝土表面延伸至混凝土内部	构件主要受力部位有影响结构性能或使用功能的裂缝	其他部位有少量不影响结构性能或使用功能的裂缝
连接部位缺陷	构件连接处混凝土缺陷及连接钢筋、连接件松动，插筋严重锈蚀、弯曲	连接部位有影响结构传力性能的缺陷	连接部位有基本不影响结构传力性能的缺陷
外形缺陷	缺棱掉角、棱角不	有影响使用功能的	有不影响使用功能

	直、翘曲不平、飞出凸肋等，装饰面砖粘结不牢、表面不平、砖缝不顺直等	外形缺陷	的外形缺陷
外表缺陷	构件表面麻面、掉皮、起砂、沾污等	有影响使用功能的外表缺陷	有不影响使用功能的外表缺陷

7.2.3 混凝土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。

合格标准：混凝土强度等级应符合设计要求。

7.2.4 混凝土预制构件钢筋安装检验结果应符合设计要求，实测项目符合表7.2.4规定。当构件实体检验结果不满足设计要求，应按国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB 50204）的规定进行加密检测，检测结果仍不合格时，应由原设计单位核算并确认；对满足结构安全和使用功能的检验批，可予以验收。

表7.2.4 钢筋安装实测项目

项次	检查项目	允许偏差 mm	检验方法和频率
1	钢筋保护层厚度	+8, -5	钢板尺, 10%, 且同一类型每次抽检不少于 5 件

7.2.5 预制构件上的预埋件、预留插筋、预埋管线等的规格和数量以及预留孔、预留洞的数量应符合设计要求，实测项目应符合表7.2.5规定。

表7.2.5 预埋件和预留孔洞实测项目

项次	检查项目	规定值与允许偏差 mm	检验方法和频率
1	开孔位置偏差	±5	尺量, 100%, 且每个构件不少于 4 点
2	预埋件位置偏差	±5	尺量, 100%, 且每个构件不少于 4 点

7.2.6 预制构件现场安装与连接应符合施工方案要求，接缝施工质量及防水性能应符合设计要求，实测项目应符合表7.2.6规定。

表7.2.6 预制构件安装与连接实测项目

项次	检查项目	规定值与允许偏差 mm	检验方法和频率
1	轴线位置	±10	经纬仪及尺量，

			100%, 每个节段 2 点
2	板顶高程	±10	水准仪, 100%, 每个节段 1 点
3	垂直度	≤0.3% H 且不大于 15	经纬仪测量或垂线、尺量, 100%, 每个节段 2 点、纵横向各 1 点
4	相邻节段间错台	±5	钢板尺和塞尺, 100%, 每个节段 2 点、纵横向各 1 点
5	接缝宽度	±5	尺量, 100%, 且每个构件不少于 4 点

7.3 一般检测项目

7.3.1 混凝土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，应按技术处理方案进行处理，并重新检查验收。

7.3.2 混凝土预制构件的尺寸偏差及检验方法应符合表7.2.8规定。

表7.2.8 预制构件尺寸实测项目

项次	检查项目	允许偏差 mm	检验方法和频率
1	混凝土强度(MPa)	符合设计要求	按《公路工程质量检验评定标准第一册 土建工程》(JTGF80/1-2017)附录 D 检查
2	长度、宽度 (mm)	±10	尺量, 抽查 5%, 且不少于 3 件, 每件不少于
3	厚度 (mm)	±5	尺量, 抽查 5%, 且不少于 3 件
4	对角线 (mm)	10	尺量, 抽查 5%, 且不少于 3 件
5	外露面平整度 (mm)	3	2m 直尺, 抽查 5%, 且不少于 3 件

7.3.3 土墙的排水系统、泄水孔、反滤层应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察。

合格标准：挡土墙的排水系统、泄水孔、反滤层应符合设计要求。

附录 A 挡土墙设计荷载组合、地基承载力及稳定性验算方法

A.0.1荷载类型、荷载效应组合、分项系数应按表A.0.1-1~A.0.1-3采用。

表A.0.1-1 作用（或荷载）分类表

作用（或荷载）分类		作用（或荷载）名称
永久作用（或荷载）		挡土墙结构重力
		填土
		填土侧压力
		墙顶上的有效永久荷载
		墙顶与第二破裂面之间的有效荷载
		计算水位的浮力及静水压力
		预加力
		混凝土收缩及徐变影响力
		基础变位影响力
可变作用（或荷载）	基本可变作用（或荷载）	车辆荷载引起的土侧压力
		人群荷载、人群荷载引起的土侧压力
	其他可变作用（或荷载）	水位退落时的动水压力
		流水压力
		波浪压力
		冻胀压力和冰压力
		温度影响力
	施工荷载	与各类型挡土墙施工有关的临时荷载
偶然作用（或荷载）		地震作用力
		滑坡、泥石流作用力
		作用于墙顶护栏上的车辆碰撞力

表A.0.1-2 常见作用（或荷载）组合表

组合	作用（或荷载）名称
I	挡土墙结构重力,墙顶上的有效永久荷载,填土重力,填土侧压力及其他永久作用（或荷载）相组合
II	组合 I 与基本可变作用（或荷载）相组合
III	组合 II 与其他可变作用（或荷载）相组合

表A.0.1-3 常见作用（或荷载）组合表

情况	作用（或荷载）增大对挡土墙结构起有利作用时		作用（或荷载）增大对挡土墙结构起不利作用时	
	I, II	III	I, II	III
垂直恒载 γ_G	0.90		1.20	
恒载或车辆荷载、人群荷载引起的主动土压力分项系数 γ_{Q1}	1.00	0.95	1.40	1.30

被动土压力分项系数 γ_{Q2}	0.30	—
水浮力分项系数 γ_{Q3}	0.95	1.10
静水压力分项系数 γ_{Q4}	0.95	1.05
动水压力分项系数 γ_{Q5}	0.90	1.20
流水压力分项系数 γ_{Q5}	0.95	1.10

A.0.2 挡土墙地基承载力特征值、基底压应力计算应符合以下规定：

1基底合力的偏心距 e_0 可按式 (A.0.2-1) 计算：

$$e_0 = \frac{M_k}{N_k} \leq [e_0] \quad (\text{A.0.2-1})$$

式中： M_k ——采用作用效应标准组合时，作用于基底形心的弯矩 (MPa)；

N_k ——采用作用效应标准组合时，作用于基底上的垂直力 (kN/m)；

$[e_0]$ ——偏心距容许值，土质地基应不大于基底宽度 $B/6$ ；岩质地基应不
大于基底宽度 $B/4$ ； $e_0 < 0$ 时，取 $e_0 = 0$ 。

2挡土墙基底压应力满足地基承载力要求，按式 (A.0.2-2) ~ (A.0.2-5) 计
算：

$$|e_0| \leq \frac{B}{6}, \sigma_{1,2} = \frac{N_k}{A} (1 \pm \frac{6e_0}{B}) \quad (\text{A.0.2-2})$$

$$e_0 > \frac{B}{6}, \sigma_1 = \frac{2N_k}{3a_1}, \sigma_2 = 0 \quad (\text{A.0.2-3})$$

$$a_1 = \frac{B}{2} - e_0 \quad (\text{A.0.2-4})$$

$$\sigma_{1,2} \leq \gamma_R f_a' \quad (\text{A.0.2-5})$$

式中： σ_1 ——挡土墙趾部的压应力 (kPa)；

σ_2 ——挡土墙踵部的压应力 (kPa)；

B ——基底宽度 (m)；

A ——基础底面每延米的面积，矩形基础为基础宽度 $B \times 1$ (m^2)；

f_a' ——经基础埋深修正后的地基承载力特征值 (kPa)，可按《公路桥涵
地基与基础设计规范》(JTG3363) 的规定采用；

γ_R ——地基承载力抗力系数，可按《公路桥涵地基与基础设计规范》
(JTG3363) 的规定采用。

A.0.3装配式轻型挡土墙稳定性验算，应符合以下规定：

1挡土墙稳定验算，施加在挡土墙上的作用（或荷载）及效应组合，应符合A.0.1条，验算挡土墙的抗滑动、抗倾覆稳定系数应满足表A.0.3-1的规定。

表A.0.3-1 抗滑动和抗倾覆的稳定系数

验算项目	荷载组合 I、II	荷载组合 III	施工阶段验算
抗滑动稳定系数 K_c	1.3	1.2	1.2
抗倾覆稳定系数 K_0	1.5	1.3	1.2

2挡土墙的滑动稳定方程与抗滑动稳定系数可按下列公式计算：

1) 滑动稳定方程：

$$[1.1G + \gamma_{Q1}E_y]\mu - \gamma_{Q1}E_x + \gamma_{Q2}E_p > 0 \quad (\text{A.0.3-1})$$

式中：G——墙身重力、基础重力、基础上填土的重力及作用于墙顶的其他竖向荷载的标准值（kN），浸水挡土墙的浸水部分应计入浮力； E_x ——墙后主动土压力标准值的水平分量（kN）；

E_y ——墙后主动土压力标准值的竖向分量（kN）；

E_p ——墙前被动土压力标准值的水平分量（kN），浸水挡土墙， $E_p=0$ ；

μ ——基底与地基间的摩擦系数，当缺乏可靠试验资料时，可按表A.0.3-2的规定采用；

γ_{Q1} 、 γ_{Q2} ——主动土压力分项系数、墙前被动土压力分项系数，按照表A.0.1-3的规定采用。

表A.0.3-2 基底与基底土间的摩擦系数 μ

地基土的分类	μ
软塑黏土	0.25
硬塑黏土	0.30
砂类土、黏砂土、半干硬的黏土	0.30~0.40
砂类土	0.40
碎石类土	0.50
软质岩石	0.40~0.60
硬质岩石	0.60~0.70

2) 抗滑动稳定系数 K_c 计算公式：

$$K_c = \frac{N\mu + P}{E_x} \quad (\text{A.0.3-2})$$

式中：N——基底上作用力的合力标准值的竖向分量（kN），浸水挡土墙应计入
浸水部分的浮力；

E'_P ——墙前被动土压力标准值水平分量的0.3倍（kN）。

3挡土墙的倾覆稳定方程与抗倾覆稳定系数可按下列公式计算：

1) 倾覆稳定方程：

$$0.8GZ_G + \gamma_{Q1}(E_y Z_x - E_x Z_y) + \gamma_{Q2}E'_P Z_P > 0 \quad (\text{A.0.3-3})$$

式中： Z_G ——墙身重力、基础重力、基础上填土的重力及作用于墙顶的其他竖
向荷载的合力重心到墙趾的距离（m）；

Z_x ——墙后主动土压力的竖向分量到墙趾的距离（m）；

Z_y ——墙后主动土压力的水平分量到墙趾的距离（m）；

Z_P ——墙前被动土压力的水平分量到墙趾的距离（m）。

2) 抗倾覆稳定系数 K_0 计算公式：

$$K_0 = \frac{GZ_G + E_y Z_x + E'_P Z_P}{E_x Z_y} \quad (\text{A.0.3-4})$$

附录 B 装配式悬臂挡土墙计算方法

B.0.1立壁截面设计时，可不计立壁自重，仅计入主动土压力的水平分量。
立壁上任一截面的剪力和弯矩，计算如下：

$$Q_{Li} = \gamma_s h_i \cos \varphi (0.5h_i + h_0) K_a \quad (\text{B.0.1-1})$$

$$M_{Li} = \frac{1}{6} \gamma_s h_i^2 \cos \varphi (h_i + 3h_0) K_a \quad (\text{B.0.1-2})$$

式中： Q_{Li} 、 M_{Li} ——立壁计算截面处的剪力（kN）和弯矩（kN·m）；

γ_s ——土的重度（kN/m³）；

h_i ——立壁计算长度（墙顶至计算截面的距离，m）；

φ ——填土的内摩擦角（°）；

h_0 ——墙顶填土和附加荷载换算的等效土层厚度（m）；

K_a ——主动土压力系数。

B.0.2作用于后踵板上的计算荷载为计算墙背与实际墙背间的填土重量及换算土层重量、计算墙背上的土压力的竖向分量、后踵板自重、基底反力。

$$Q_{hi} = B_{hi} \left[\gamma_s (H_1 + h_0) + \gamma_c t - \sigma_2 - \frac{1}{2} B_{hi} \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{B} - \gamma_s \tan \beta \right) \right] + E_{Bh} \sin \beta \quad (\text{B.0.2-1})$$

$$M_{hi} =$$

$$\frac{B_{hi}}{6} \left[3\gamma_s (H_1 + h_0) + 3\gamma_c t - 3\sigma_2 - B_{hi} \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{B} - 2\gamma_s \tan \beta \right) \right] + E_{Bh} \sin \beta Z_{EBh} \quad (\text{B.0.2-2})$$

式中： Q_{hi} 、 M_{hi} ——后踵板计算截面处的剪力（kN）和弯矩（kN·m）；

B_{hi} ——后踵板计算截面距根部的距离（m）；

γ_s ——土的重度（kN/m³）；

γ_c ——钢筋混凝土的重度（kN/m³）；

σ_1 、 σ_2 ——墙趾和墙踵处的基底应力（kPa）；

β ——墙顶填土坡面与水平面的夹角（°）；

E_{Bh} ——作用在墙踵板上的主动土压力（kN）；

Z_{EB} ——作用在墙踵板上的主动土压力的竖向分力对计算截面的力臂，
(m)。

$$Z_{EBh} = \frac{B}{3} \left[1 + \frac{(H_1 + h_0) + 2B_{hi} \tan \beta}{2(H_1 + h_0) + B_{hi} \tan \beta} \right] \quad (\text{B.0.2-3})$$

式中: H_1 ——立壁的高度 (m);

h_0 ——墙顶填土和附加荷载的等效土层厚度 (m)。

注: 当后踵板根部的固端弯矩大于立壁根部固端弯矩时, 可采用立壁固端弯矩作为后踵板根部的设计弯矩。

B.0.3作用于前趾板上的计算荷载为前趾板上填土重量、前趾板自重、基底反力。前趾板上填土重量计算按天然地面上或冲刷线以下1.0m算起, 墙前被动土压力可不计。

$$Q_{qi} = B_{qi} \left[\sigma_1 - (\sigma_1 - \sigma_2) \frac{B_{qi}}{2B} - \gamma_c t - \gamma_s (h_d - t) \right] \quad (\text{B.0.3-1})$$

$$M_{qi} = \frac{B_{qi}^2}{6} \left[3(\sigma_1 - \gamma_c t - \gamma_s h_d + \gamma_s t) - (\sigma_1 - \sigma_2) \frac{B_{qi}}{B} \right] \quad (\text{B.0.3-2})$$

式中: Q_{qi} 、 M_{qi} ——前趾板计算截面处的剪力 (kN) 和弯矩 (kN·m);

B_{qi} ——前趾板计算截面距根部的距离 (m);

σ_1 、 σ_2 ——墙趾和墙踵处的基底应力 (kPa);

γ_c ——钢筋混凝土的重度 (kN/m^3);

t ——底板的厚度 (m);

h_d ——基底埋深 (m);

γ_s ——土的重度 (kN/m^3)。

B.0.4挡土墙单元连接处的剪力和弯矩宜按式 (B.0.4-1) ~ (B.0.4-2) 计算。

$$Q_c = \gamma_s H_1 \cos \varphi (0.5H_1 + h_0) K_a L_0 \quad (\text{B.0.4-1})$$

$$M_c = \frac{1}{6} K_a \gamma_s H_1^2 (H_1 + 3h_0) \cos \varphi L_0 \quad (\text{B.0.4-2})$$

式中: Q_c 、 M_c ——连接处的剪力 (kN) 和弯矩 (kN/m);

γ_s ——墙后填土的重度 (kN/m^3);

H_1 ——立壁的高度 (m);

L_0 ——挡土墙单元的长度 (m);

h_0 ——墙顶填土的换算土层厚度 (m);

K_a ——主动土压力系数;

φ ——墙后填土的内摩擦角（°）。

附录 C 装配式扶臂挡土墙计算方法

C.0.1 作用在立壁上的荷载以及作用效应，按以下方法进行计算：

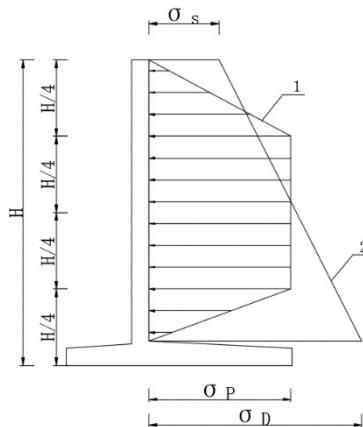
1 立壁上的作用（或荷载）仅计入墙后主动土压力的水平向分量，可不计入立壁自重、墙后土压力的竖向分量、墙前被动土压力等。

2 作用于立壁上的替代水平土压应力可简化为梯形分布， $1/4 \sim 3/4$ 墙高区段的替代水平土压应力 σ_p ，按式（C.0.1-1）计算：

$$\sigma_p = \frac{\sigma_s + \sigma_d}{2} \quad (\text{C.0.1-1})$$

式中： σ_p ——作用于立壁上的简化水平土压应力（kPa）；

σ_s 、 σ_d ——作用于立壁顶面、底端的水平土压应力（kPa）。



图C.0.1-1 扶壁式挡土墙立壁上的替代水平土压应力图

1—替代水平土压应力；2—计算水平土压应力

3 计算立壁沿墙长方向的作用效应时，可沿墙高方向截取单位立壁高度为板宽的水平板条进行计算，并将水平板条按支撑于扶壁上的连续梁进行计算，荷载沿板条长度方向均匀分布，其值等于该板条所在立壁高度处的水平土压应力。

4 立壁沿墙长方向计算时，单位宽度板条在支点处和跨中的内力组合设计值按式（C.0.1-2）~（C.0.1-4）计算：

支点处的剪力组合设计值：

$$Q_{1d1i} = \frac{1}{2} \gamma_{Q1} \sigma_{pi} L_0 \quad (\text{C.0.1-2})$$

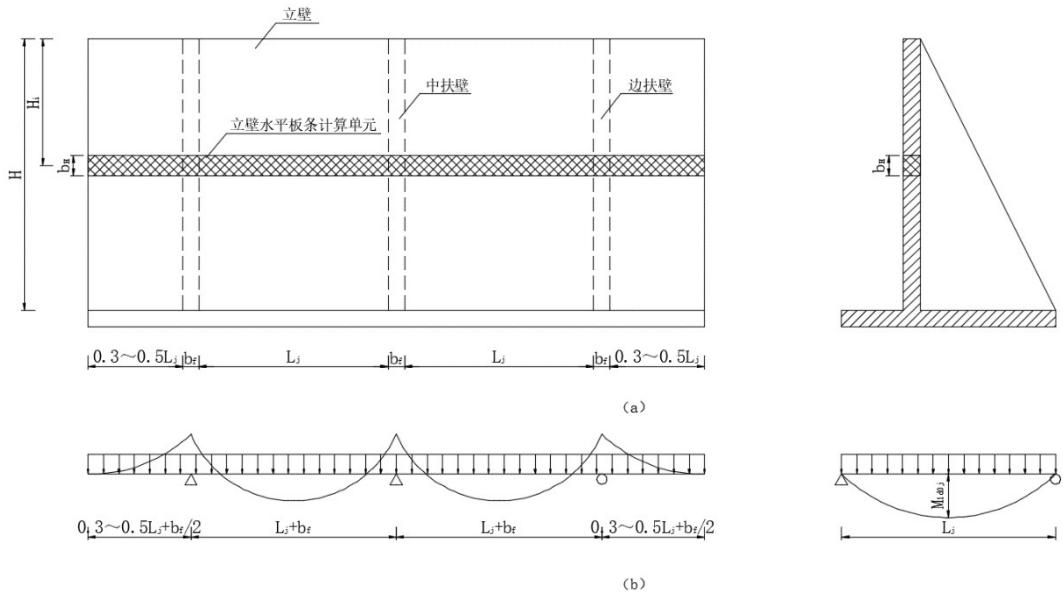
支点处的负弯矩组合设计值：

$$M_{1d1i} = -\frac{1}{18} \sigma_{pi} L_0^2 \quad (\text{C.0.1-3})$$

跨中正弯矩组合设计值：

$$M_{1d2i} = \frac{1}{50} \sigma_{pi} L_0^2 \quad (\text{C.0.1-4})$$

式中： Q_{1d1i} 、 M_{1d1i} ——第*i*个板条所在高度支点的剪力组合设计值(kN)和负弯矩组合设计值(kN/m)；
 M_{1d2i} ——第*i*个板条所在高度跨中的正弯矩组合设计值(kN/m)；
 σ_{pi} ——第*i*个板条所在高度的水平土压应力(kPa)；
 γ_{Q1} ——主动土压力分项系数；
 L_0 ——跨长(m)， $L_0 = L_j + b_f$ 。

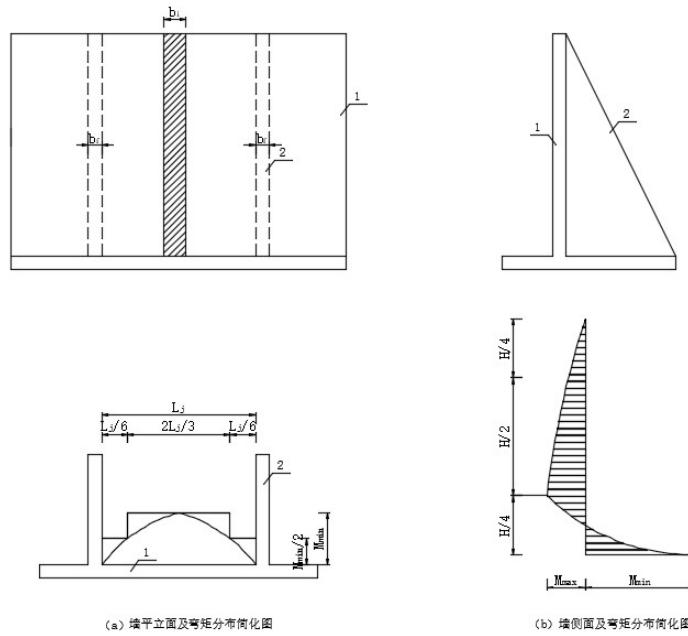


图C.0.1-2 扶壁式挡土墙立壁计算的单元水平板条及计算图示

(a) 连续梁计算图示；(b) 简化计算图示

5计算立壁沿墙高方向的内力时，可沿墙长方向分段截取单位墙长为宽度的竖直板条进行计算。

6墙底最小负弯矩、最大正弯矩按式(C.0.1-5)~(C.0.1-8)进行计算。



图C.0.1-3 扶壁式挡土墙立壁竖向弯矩分布图

(a) 弯矩沿墙长分布图示; (b) 弯矩沿墙高分布图示

跨中 $2L/3$ 区段内的墙底最小负弯矩、最大正弯矩:

$$M_{1max} = 0.0075\sigma_D H_1 L_j \quad (\text{C.0.1-5})$$

$$M_{1min} = -4M_{1max} \quad (\text{C.0.1-6})$$

式中: M_{1max} 、 M_{1min} ——立壁竖向最大正弯矩和最大负弯矩 (kN/m);

σ_D ——立壁底端的水平土压力 (kPa);

H_1 ——立壁的高度 (m);

L_j ——相邻扶壁间的净距 (m)。

墙两端各 $L/6$ 区段的墙底最小负弯矩与最大正弯矩:

$$M_{1max} = 0.0075\sigma_D H_1 L_j / 2 \quad (\text{C.0.1-7})$$

$$M_{1min} = -2M_{1max} \quad (\text{C.0.1-8})$$

C.0.2 后踵板计算应符合以下规定:

1后踵板上的计算荷载, 除与规定的作用于悬臂式挡土墙后踵板上的荷载相同外, 还应计入前趾板的弯矩在后踵板上引起的等效竖向荷载。每延米挡土墙上, 后踵处的竖直压应力 σ_w 及组合荷载综合分项系数 γ_{QC} , 按 (C.0.2-1)~(C.0.2-2) 计算:

$$\sigma_w = \gamma_s(H_1 + B_q \tan \beta + h_0) + \gamma_c t + \frac{\sin \beta}{B_q} (E_{BH} + 2E_t) + \frac{2.4M_1}{B_h^2} - p_2 \quad (\text{C.0.2-1})$$

$$\gamma_{QC} = \left[\gamma_s(H_1 + B_q \tan \beta + h_0) + \gamma_c t + \frac{\sin \beta}{B_q} (E_{BH} + 2E_t) + \frac{2.4M_1}{B_h^2} - p_2 \right] / \sigma_w \quad (\text{C.0.2-2})$$

式中: σ_w ——后踵处的竖向压应力 (kPa) ;

γ_{QC} ——组合荷载综合分项系数;

γ_s ——土的重度 (kN/m³) ;

H_1 ——立壁的高度 (m) ;

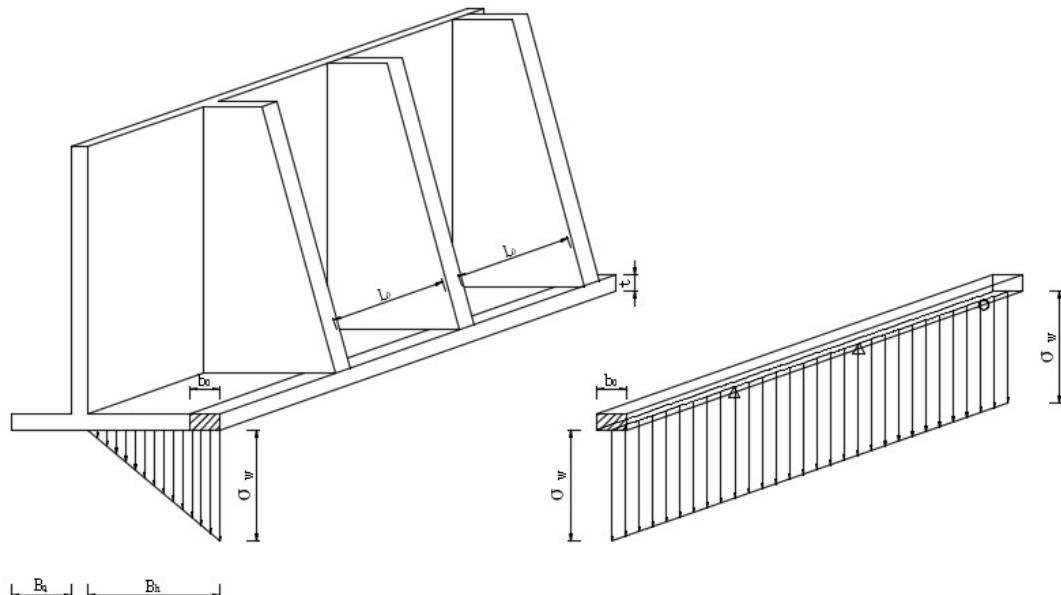
B_q ——前趾板的长度 (m) ;

B_h ——后踵板的长度 (m) ;

β ——墙顶填土坡面与水平面的夹角 (°) ;

h_0 ——墙顶附加荷载的等效土层厚度 (m) ;

E_{BH} ——作用在墙踵板上的主动土压力 (kN) 。



图C.0.2 扶壁式挡土墙后踵板上组合竖向荷载分布示意图

2 在顺墙长方向, 后踵板可作为支承于扶壁上的连续梁构件。计算作用效应时, 可在踵板宽度上, 取单位宽度为板宽, 按水平板条进行计算, 荷载沿板条长度方向均匀分布。计算点处作用效应组合设计值按式 (C.0.2-3) ~ (C.0.2-5) 计算:

支点处的剪力组合设计值:

$$Q_{2d1i} = \frac{1}{2} \gamma_{QC} \sigma_{wi} L_j \quad (\text{C.0.2-3})$$

支点处的负弯矩组合设计值:

$$M_{2d1i} = -\frac{1}{18} \sigma_{wi} L_j^2 \quad (\text{C.0.2-4})$$

跨中正弯矩组合设计值:

$$M_{2d2i} = \frac{1}{50} \sigma_{wi} L_j^2 \quad (\text{C.0.2-5})$$

式中: Q_{2d1i} 、 M_{2d1i} ——第*i*个板条所在高度支点的剪力组合设计值 (kN) 和负弯矩组合设计值 (kN/m) ;

M_{2d2i} ——第*i*个板条所在高度跨中的正弯矩组合设计值(kN/m);

σ_{wi} ——第*i*个板条所在高度的竖向土压应力 (kPa) ;

γ_{QC} ——组合荷载综合分项系数;

L_j ——相邻扶壁间净距 (m) 。

3依据立壁竖直板条固定端作用效应的组合设计值, 配置后踵板垂直与墙长方向顶面所需水平钢筋。

C.0.3 扶壁计算应符合以下规定:

1扶壁可按锚固在底板上的T形变截面悬臂梁计算, 立壁为梁截面的翼缘板, 扶壁为腹板。

2作用在扶壁上的荷载可只考虑相邻扶壁跨中至跨中长度与立壁高度范围内的水平土压力, 产生的剪力和弯矩可按式 (C.0.3-1) ~ (C.0.3-2) 计算:

$$Q_{hi} = \gamma_s h_i L_0 (0.5h_i + h_0) K_a \cos \varphi \quad (\text{C.0.3-1})$$

$$M_{hi} = \frac{1}{6} \gamma_s h_i^2 L_0 (h_i + 3h_0) K_a \cos \varphi \quad (\text{C.0.3-2})$$

式中: Q_{hi} 、 M_{hi} ——距墙顶 h_i 高度处的剪力 (kN) 和弯矩 (kN/m) ;

γ_s ——墙后填土的重度 (kN/m³) ;

h_i ——扶壁计算截面距墙顶的距离 (m) ;

L_0 ——跨长 (m) , $L_0 = L_j + b_f$;

h_0 ——墙顶填土的换算土层厚度 (m) ;

K_a ——主动土压力系数;

φ ——墙后填土的内摩擦角（ $^{\circ}$ ）。

C.0.4 扶壁式挡土墙连接处计算应符合以下规定：

1 立壁与底板连接处的弯矩和剪力按式（C.0.4-1）～（C.0.4-2）计算：

$$Q_{1d} = \frac{3}{4}\sigma_p H_1 (L_j - d_f) \quad (\text{C.0.4-1})$$

$$M_{1d} = -0.3\sigma_D H_1 L_j^2 \quad (\text{C.0.4-2})$$

式中： Q_{1d} 、 M_{1d} ——立壁与底板连接处的剪力（kN）和弯矩（kN/m）；

H_1 ——立壁的高度（m）；

L_j ——相邻扶壁间净距（m）；

d_f ——扶壁的厚度（m）；

σ_p ——作用于立壁上的替代水平土压力（kPa）；

σ_D ——作用于立壁底端的水平土压力（kPa）。

2 立壁与扶壁连接处的拉力按式（C.0.4-3）计算：

$$N_{1f} = 0.75\sigma_D H_1 (L_j - d_f) \quad (\text{C.0.4-3})$$

式中： N_{1f} ——立壁与底板连接处的拉力（kN）；

H_1 ——立壁的高度（m）；

L_j ——相邻扶壁间净距（m）；

d_f ——扶壁的厚度（m）；

σ_D ——作用于立壁底端的水平土压力（kPa）。

3 扶壁与底板连接处的弯矩和剪力按式（C.0.4-4）～（C.0.4-5）计算：

$$Q_{fd} = \gamma_s H_1 L_j (0.5H_1 + h_0) K_a \cos \varphi \quad (\text{C.0.4-4})$$

$$M_{fd} = \frac{1}{6}\gamma_s H_1^2 L_0 (H_1 + 3h_0) K_a \cos \varphi \quad (\text{C.0.4-5})$$

式中： Q_{fd} 、 M_{fd} ——扶壁与底板连接处的剪力（kN）和弯矩（kN/m）；

γ_s ——墙后填土的重度（kN/m³）；

L_0 ——挡土墙跨长（m）；

K_a ——主动土压力系数；

H_1 ——立壁的高度 (m) ;

L_j ——相邻扶壁间净距 (m) ;

φ ——墙后填土的内摩擦角 ($^{\circ}$) 。

附录 D 连接结构计算方法

D.0.1 预留钢筋焊接连接应按以下规定进行设计和验算：

1 切应力 τ_f 可按下计算：

$$\tau_f = \frac{N}{h_e \sum l_w} \leq f_f^w \quad (\text{D.0.1-1})$$

式中： τ_f ——角焊缝的切应力（kN）；

N ——焊缝承受的轴心力（kN）；

h_e ——角焊缝的有效厚度（mm）；

$\sum l_w$ ——两焊件间角焊缝的计算长度总和（mm）；

f_f^w ——角焊缝强度设计值（MPa）。

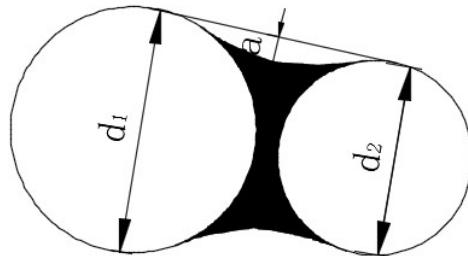
2 有效厚度 h_e 可按下计算：

$$h_e = 0.1(d_1 + 2d_2) + a \quad (\text{D.0.1-2})$$

式中： h_e ——角焊缝的有效厚度（mm）；

d_1 、 d_2 ——圆钢直径（mm）；

a ——焊缝表面到两圆公切线的距离（mm）。



图D.0.1 焊缝有效厚度计算图式

D.0.2 螺栓连接应按以下规定进行设计和验算：

1 螺栓的预拉力设计值 P 按下计算：

$$P = \frac{0.9 \times 0.9 \times 0.9}{1.2} A_e f_u \quad (\text{D.0.2-1})$$

式中： P ——螺栓的预拉力设计值（kN）；

A_e ——螺栓螺纹处的有效截面面积（ m^2 ）；

f_u ——螺纹材料经热处理后的最低抗拉强度（MPa），其中8.8级为

830MPa; 10.9级为1040MPa。

2单个螺栓的抗剪承载力设计值 N_v^b 按下式计算:

$$N_v^b = 0.9n_f\mu P \quad (\text{D.0.2-2})$$

式中: N_v^b ——单个螺栓的抗剪承载力设计值(kN);

n_f ——螺栓的传力摩擦面数目, 单剪时为1, 双剪时为2;

μ ——摩擦面抗滑移系数。

3单个螺栓的抗剪承载力设计值 N_t^b 按下式计算:

$$N_t^b = 0.8P \quad (\text{D.0.2-3})$$

式中: N_t^b ——单个螺栓的抗拉承载力设计值(kN);

P ——螺栓的预拉力设计值(kN)。

4单个螺栓同时承受拉力和剪力时承载力设计值按下式计算:

$$\frac{N_v}{N_v^b} + \frac{N_t}{N_t^b} \leq 1 \quad (\text{D.0.2-4})$$

式中: N_v 、 N_t ——单个螺栓所承受的剪力和拉力(kN);

N_v^b 、 N_t^b ——单个螺栓的抗剪和抗拉承载力设计值(kN)。

5螺栓群轴心受剪时所需螺栓数目 n 按下式计算:

$$n \geq \frac{N_v}{N_v^b} \quad (\text{D.0.2-5})$$

式中: n ——螺栓群轴心受剪时所需螺栓数目(个);

N_v ——螺栓所承受的剪力(kN);

N_v^b ——单个螺栓的抗剪承载力设计值(kN)。

6螺栓群轴心受剪时所需螺栓数目 n 按下式计算:

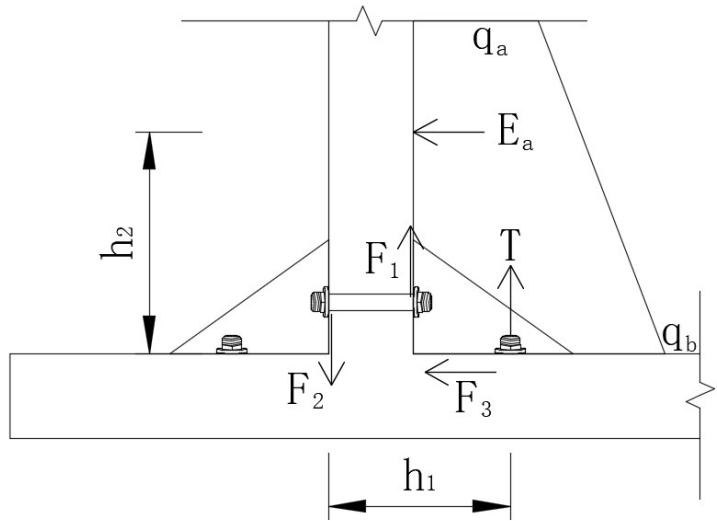
$$n \geq \frac{N_t}{N_t^b} \quad (\text{D.0.2-6})$$

式中: n ——螺栓群轴心受剪时所需螺栓数目(个);

N_t ——螺栓所承受的拉力(kN);

N_t^b ——单个螺栓的抗拉承载力设计值(kN)。

D.0.3螺栓角钢连接应按以下规定进行设计和验算:



图D.0.3螺栓角钢连接式

1立壁螺栓所受剪力合力 F_1 按下式计算:

$$F_1 = \frac{l_d E_a h_2}{h_1} \quad (\text{D.0.3-1})$$

式中: F_1 ——立壁螺栓所受剪力合力 (kN) ;

h_1 ——螺栓距离立壁的距离 (m) ;

h_2 ——土压力 E_a 距立壁距离, $h_2 = \frac{1}{3}H_1$, H_1 为立壁高度, (m);

l_d ——挡墙预制单元纵向长度 (m) ;

E_a ——墙后填土土压力合力, (kN/m) 。

2立壁螺栓受剪时所需螺栓数目 n_1 按下式计算:

$$n_1 \geq \frac{F_1}{N_v^b} \quad (\text{D.0.3-2})$$

式中: n_1 ——立壁螺栓受剪时所需螺栓数目 (个) ;

N_v^b ——单个螺栓的抗剪承载力设计值 (kN) 。

3底板螺栓所受拉力合力 T 按下式计算:

$$T = \frac{h_l F_1}{h_1} \quad (\text{D.0.3-3})$$

式中: T ——底板螺栓所受拉力合力 (kN) ;

h_l ——立壁厚度 (m) 。

4底板螺栓受拉时所需螺栓数目 n_2 按下式计算:

$$n_2 \geq \frac{T}{N_t^b} \quad (\text{D.0.3-4})$$

式中: n_2 ——底板螺栓受拉时所需螺栓数目 (个) ;

N_t^b ——单个螺栓的抗拉承载力设计值（kN）。

5底板螺栓所受剪力合力 F_3 按下式计算：

$$F_3 = l_d E_a \quad (\text{D.0.3-5})$$

式中： F_3 ——底板螺栓所受剪力合力（kN）。

6底板螺栓受剪时所需螺栓数目 n_3 按下式计算：

$$n_3 \geq \frac{F_3}{N_v^b} \quad (\text{D.0.3-6})$$

式中： n_3 ——底板螺栓受剪时所需螺栓数目（个）；

N_v^b ——单个螺栓的抗剪承载力设计值（kN）。

7底板螺栓所需螺栓数目 n ，考虑1.5的安全系数， n 按下式计算：

$$n = 1.5 \times \max\{n_2, n_3\} \quad (\text{D.0.3-7})$$