



T/CECS G:

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction Standardization

公路挡土墙加固设计技术规程

Technical code for design of reinforcement of highway 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

公路挡土墙加固设计技术规程

Technical code for design of reinforcement of highway 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《公路挡土墙加固设计技术规程》(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挡土墙加固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 6 章,主要内容包括:1 总则;2 术语和符号;3 基本规定;4 调查、勘测与评估;5 加固设计;6 监测。

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:尹利华;电话:029-88853000-8613,电子邮箱:yinlihua@ccccltd.cn),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: 尹利华

主要参编人员:

主审: 阎宗岭

参与审查人员:

参与人员:

目录

1 总则	1
2 术语与符号	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	2
3 一般规定	4
4 调查、勘测与评估.....	6
4.1 一般规定.....	6
4.2 调查.....	6
4.3 技术状况评估	7
4.3 勘测.....	9
4.4 稳定性计算.....	10
5 加固设计	11
5.1 一般规定.....	11
5.2 加固设计计算.....	11
5.3 墙体病害修复与加固.....	12
5.4 墙背填土换填法.....	13
5.5 注浆加固法.....	14
5.6 增设支挡结构物法.....	18
5.7 锚杆（索）加固法.....	20
5.8 微型桩加固法.....	23
5.9 竖向增强体加固法.....	25
5.10 临水挡土墙加固	28
5.11 排水设计	31
6 监测	32

6.1 一般规定.....	32
6.2 监测内容与方法.....	32
6.3 监测资料整理与分析	34

1 总则

1.0.1 为适应公路养护发展的需要,指导公路挡土墙加固设计,提高公路挡土墙加固设计水平,制订本规程。

1.0.2 本规程适用于各等级公路重力式挡土墙、半重力式挡土墙、扶壁式挡土墙、悬臂式挡土墙和加筋土挡土墙的加固设计,其它类型挡土墙可以参考使用。

1.0.3 挡土墙加固设计前应综合论证既有挡土墙评估结果、加固方案的可行性和经济性等方面进行论证。

1.0.4 应结合挡土墙病害类型,选择经济合理、安全可靠加固方案,积极稳妥的采用新方法、新技术、新材料、新工艺和新设备。

1.0.5 挡土墙加固设计应与周边自然环境相协调,采取切实有效的施工方法及安全生产措施,减少环境污染与破坏,保证人员和设施的安全。

1.0.6 公路挡土墙加固设计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 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 挡土墙加固工程 retaining wall reinforcement works

对挡土墙结构及影响其整体稳定性的病害采取一定处治措施进行加固的工程。

2.1.2 挡土墙评估 Retaining wall assessment

对出现病害的挡土墙，采取调查、检测等手段进行评估，并确定其技术状况等级。

2.1.3 墙背填土换填加固 Wall back filling replacement and reinforcement

对墙背填土换填轻质土、粗粒土和加固土等处治挡土墙病害。

2.1.4 注浆加固 grouting reinforcement

对墙背土或者地基土进行注射水泥砂浆加固等处治挡土墙病害。

2.1.5 增设支挡结构物加固 additional retaining structure

对既有挡土墙外新增挡土墙、抗滑墩、反压块体等处治挡土墙病害。

2.1.6 锚杆（索）加固 anchor (cable) reinforcement

对既有挡土墙设置横向、竖向锚固结构的一种挡土墙加固。

2.1.7 微型桩加固 micropile reinforcement method

采用钢管桩、工字钢桩、钢筋混凝土桩等微型桩对挡土墙结构加固。

2.1.9 竖向增强体加固 vertical reinforcement method

通过在墙底地基中增加石灰桩、旋喷桩、灰土挤密桩或水泥土搅拌桩等，与地基土形成复合地基，提高地基承载力，以达到增强挡土墙稳定性的目的。

2.2 符号

ϕ ——试验所得内摩擦角；

ϕ_0 ——综合内摩擦角；

c ——土的黏聚力值；

γ ——土的重度；

α ——滑移土体与水平方向的夹角；

β ——挡土墙内墙面与垂直方向的夹角；

q ——车辆均布荷载；

L —滑移体的最大宽度;

ϵ —行驶车辆与公路边缘的距离常数;

F_W —挡土墙内墙面摩擦力;

H_C —填土的开裂深度;

k_a 、 k_{at} 、 k_{al} —分别为主动土压力系数、车辆荷载引起的土压力侧压力系数和车辆动荷载侧压系数。

3 一般规定

3.0.1 确定挡土墙加固方案前应对既有挡土墙进行技术状况评估和经济性论证。

条文说明

挡土墙加固前，应根据挡土墙类型、工程地质条件、病害特征和稳定性分析结果等编制初步加固方案，论证加固技术方案可行性和经济性，并根据论证结果，确定加固措施或拆除重建。

3.0.2 挡土墙工程技术状况评估结果应能反映挡土墙服役状态，且应明确技术状况等级。

条文说明

通过对挡土墙墙体表观病害、构造病害、稳定性及外部环境等方面进行评定，确定挡土墙技术状况评分，根据评分明确挡土墙技术状况等级，并给出加固维修方案建议。

3.0.3 加固设计前应搜集原挡土墙勘察设计图、竣工图及养护与监测等资料，当相关资料缺失时，应通过勘察、检测等手段查明墙体材料与结构形式等。

3.0.4 挡土墙加固勘察需查明现状挡土墙工程地质条件、埋深及结构特征，以下情况需要进行补充勘察：

- 1 原勘察资料丢失，且影响加固治理方案设计。
- 2 地质环境复杂且原挡土墙有明显变形迹象。
- 3 超过原设计适用范围。

3.0.5 加固后挡土墙应满足下列使用功能要求：

- 1 能承受施工和正常使用时可能出现的各种荷载。
- 2 在正常使用时具有良好的工作性能。
- 3 在正常维护下具有足够的耐久性。
- 4 整体稳定性应满足现有规范要求。

3.0.6 加固设计计算，应考虑挡土墙结构病害、材料老化、新旧材料结合性能及差异等因素影响。

3.0.7 变形较严重的挡土墙，应进行应急监测，加固勘察设计阶段应采取临时安全工程措施，保障挡土墙加固工程施工安全。

条文说明

变形较严重的挡土墙，应做好交通保畅，减少车辆荷载对其影响，同时进行稳定性监测，并立即采用块片石反压、石笼反压或工字钢等临时措施，确保公路运营安全；根据监测结果，若挡土墙存在较大变形可能性时，应立即中断交通，撤离相关人员，保证安全。

3.0.8 公路挡土墙加固施工应编制专项施工方案，避免施工中既有挡土墙出现倾斜、失稳、坍塌等破坏。

条文说明

公路挡土墙加固施工时，墙背填土换填法造成挡土墙存在临空面，注浆加固法、锚杆（索）加固法等引起挡土墙受力重新分布，施工器械及施工材料等引发挡土墙承受的荷载发生较大变化，同时施工过程中挡土墙病害继续发展，因此施工前应在施工方案中明确施工工艺、施工流程及应急处理措施。

3.0.9 公路挡土墙加固设计宜按图 3.0.9 流程进行。

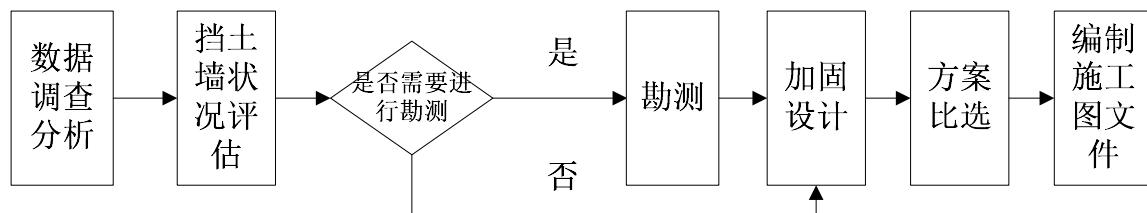


图 3.0.9 挡土墙加固设计流程图

4 调查、勘测与评估

4.1 一般规定

4.1.1 公路挡土墙调查、勘测与评估宜按图 4.1.1 流程进行。

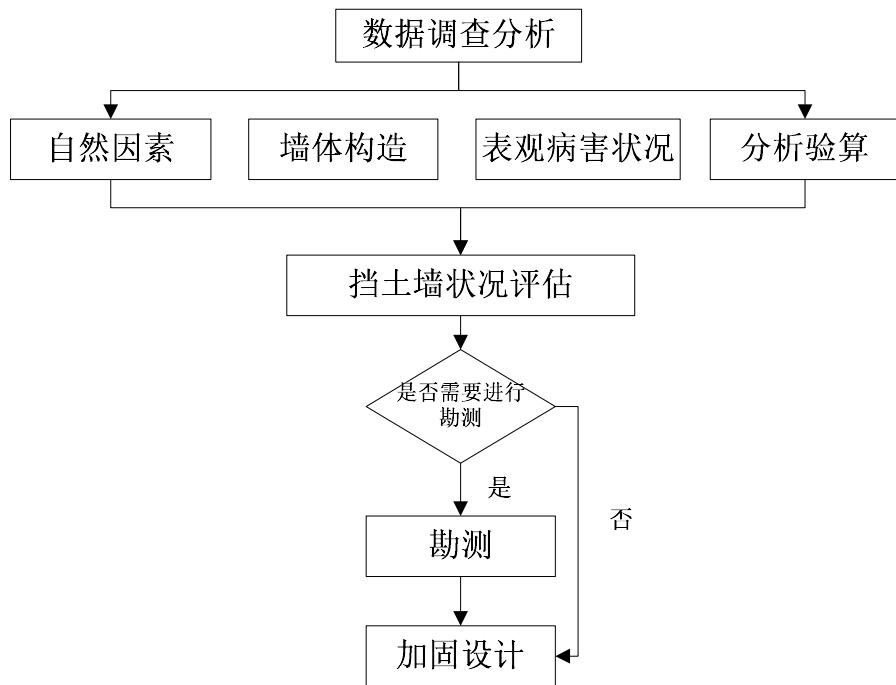


图 4.1.1 挡土墙调查、勘测与评估流程图

4.1.2 挡土墙工程调查方法应符合《公路工程技术状况评定标准》（JTG 5210）、《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1）、《混凝土强度检验评定标准》（GB/T 50107）和《建筑结构检测技术标准》（GB/T 50344）的有关规定。

4.1.3 挡土墙工程调查内容应包括结构完整性、墙体材料、构造特征、排水设施、伸缩缝、变形情况、病害特征、外部环境等。

4.1.4 挡土墙加固工程补充勘察应综合考虑加固工程的重要性、加固处置方案、地质环境等因素，确定勘察方案。

4.1.5 对于受水流冲刷的挡土墙、浸水挡土墙或有特殊要求的挡土墙加固工程还应进行水文勘测。

4.2 调查

4.2.1 调查内容宜包括以下内容：

- 1 几何尺寸与构造特征，包括挡土墙类型、几何尺寸、构造设置等。

2 病害及变形特征，包括墙体裂缝、鼓裂、开裂、错断等病害特征，墙体倾斜量、滑移量、沉降量等变形特征，伸缩缝间距、缝宽、填充物状态。

3 材料类型及施工质量调查，包括钢筋、混凝土强度、砂浆强度、浆砌片石强度、砂浆饱满程度等。

4 排水设施调查，包括排水孔类型、间距、尺寸、堵塞情况、反滤能力等。

5 外部环境调查，包括墙前开挖及冲刷情况、墙后堆载、降雨量和地下水分布等。

6 地质灾害调查，包括滑坡、泥石流、崩塌、地面塌陷和地裂缝等。

条文说明

调查方法宜包括以下内容：几何尺寸与构造特征，应通过查阅施工图、竣工图等资料确定构造特征，相关资料缺失时，应采用简易勘测手段查明现状墙体构造尺寸。病害及变形特征，应进行多点标志，采用全站仪、水准仪等设备对标志点进行位移、高程测量。材料类型及施工质量调查宜通过钢筋测定仪、非金属超声检测仪、抗压强度等设备测定混凝土、块片石强度。排水设施、外部环境调查宜采用现场观测、查阅相关资料等方法。地质灾害调查应通过查阅已有地质相关资料，并结合补充勘察等方法。

4.2.2 临河、临湖、滨海挡土墙病害调查内容和调查方法除应满足 4.2.1 的规定外，还应满足以下要求：

1 调查内容应包括挡土墙的平面位置、襟边宽度、水流冲刷深度等。

2 调查方法应包括采用全站仪、水准仪等设备对河流（湖或海）宽度、深度及长度进行测量。

4.3 技术状况评估

4.3.1 技术状况评估应根据墙体材料、墙体埋深、襟边宽度、墙背填料综合内摩擦角、排水设施、伸缩缝、墙体外倾、墙体破损、墙体平移、墙体沉陷和变形验算等方面综合进行评价，其中稳定性系数应满足表 4.3.1 的有关规定。

条文说明

在对挡土墙进行技术评估时，首先应对其进行抗滑动稳定性、抗倾覆稳定性和整体稳定性验算，若验算的稳定系数中有一项不满足规定时，应立即对挡土墙进行专项加固设计。

表 4.3.1 挡土墙变形验算稳定性系数

荷载情况	验算项目	稳定系数
荷载组合 I 、 II	抗滑动稳定性	1. 3
	抗倾覆稳定性	1. 5
荷载组合III	抗滑动稳定性	1. 3
	抗倾覆稳定性	1. 3
加固施工阶段验算	抗滑动稳定性	1. 3
	抗倾覆稳定性	1. 2
任何荷载情况	整体稳定性验算	1. 25

4.3.2 挡土墙技术状况评估内容与评分标准宜按表 4.3.2 的规定取值。

表 4.3.2 挡土墙加固工程评估标准表

一级指标	一级指标权重 x_t	二级指标	二级指标权重 y_i	单指标分值 k_i			
				4	3	2	1
自然因素	0.2	地质灾害（滑坡、地震等）	0.60	未出现过地质灾害	远期出现过大的地质灾害	近期出现过轻微地质灾害	近期出现过大的地质灾害
		地基状况	0.40	极好	好	一般	差
墙体构造	0.3	墙体材料/砂浆	0.30	材质性能优良，无缺陷	少许缺陷，不影响使用	较多缺陷，力学性质有改变	劣质材料
		墙背填料综合内摩擦角	0.20	≤ 13	$13 \sim 20$	$20 \sim 30$	> 30
		墙体破损	0.15	不发育	稍发育	发育	极发育
		墙趾埋深 m	0.10	≥ 1.0 (0.6)	0.5 (0.3) ~ 1.0 (0.6)	0.3 (0.1) ~ 0.5 (0.3)	≤ 0.3 (0.1)
		襟边宽度 m	0.10	≥ 2.5 (2.0)	$2.0 \sim 2.5$	$1.5 \sim 2.0$	≤ 1.5
		排水设施	0.10	几乎无损毁，满足排水要求	少量损毁一般情况下，能正常排水	部分损毁，排水较差	严重损毁
		伸缩缝/沉降缝	0.05	无充填	少量充填	大部分充填	全部充填

墙 体 变 形	0.5	墙体外倾 mm	0.40	≤10	10~15	15~20	≥20
		墙体平移 mm	0.40	≤30	30~50	50~70	≥70
		墙体下沉 mm	0.20	≤30	30~50	50~70	≥70

4.3.3 挡土墙技术状况评分, 按式 (4.2.1) 计算

$$D_t = \sum_{t=1}^4 (u_t \times x_t) \quad (4.2.1)$$

其中 $u_t = \sum_{y=1}^{19} (y_i \times k_i)$

式中: D_t ——挡土墙技术状况得分, 值域为 1-4 分;

u_t ——挡土墙二级指标得分, 值域为 1-4 分;

k_i ——单指标分值;

y_i ——二级指标的权重值;

x_t ——一级指标的权重值;

4.3.4 挡土墙技术状况评估分类界限按表 4.3.4 的规定取值。

表 4.3.4 挡土墙加技术状况分类界限表

技术状况评分	技术状况等级			
	良好	一般	较差	差
D	[4.0, 3.6]	[3.6, 3.2]	[3.2, 2.0]	[2.0, 1.0]

4.3.5 挡土墙技术状况等级对应处理维修措施按表 4.3.5 的规定执行。

表 4.3.5 挡土墙加技术状况等级对应处理维修措施表

等级	技术状况等级	处理措施
一	良好	日常维护
二	一般	小修保养
三	较差	中等加固维修
四	差	专项加固, 紧急处理

4.4 勘测

4.4.1 经技术状况评估需进行补充勘察的挡土墙加固工程, 应通过地质调绘、测绘、勘探、监测等手段查明挡土墙技术状况、工程地质及水文地质条件, 为设计计算提供依据。

条文说明

地质调查和勘察手段宜采用地质调绘、钻探、原位测试以及室内试验相结合的方法, 应查明各地层的物理力学指标、层内水位及变化特征。

4.4.2 勘探点布置应符合以下规定:

1 每工点应设置 2-3 条典型地质断面, 当加固长度大于 200m 时, 应间隔 30-60m 增

设一条。

2 每条断面上勘探点数量不应小于 2 个。

3 勘探点深度应能查明主要地层特征。

4.4.3 加固方案勘察应符合以下规定：

1 采用墙背填土换填法时，应查明墙背需换填材料的深度、宽度和长度等。

2 采用注浆法时，应查明墙背及地基土的含水率、密实度等指标及是否存在裂隙、空洞等。

3 锚杆（索）加固挡土墙时，应查明地层岩性、粘结强度、水、土腐蚀性等。

4 增设结构物加固挡土墙时，应查明地层岩性及地基承载力。

5 临河挡土墙加固设计，应搜集水深、流速、流向和冲刷深度等资料。

4.5 稳定性计算

4.5.1 拟加固挡土墙的结构重要性系数、荷载分类、荷载组合、常用作用（或荷载）分项系数、极限承载能力计算、主动土压力、被动土压力等取值或计算应符合《公路路基设计规范》（JTG D30）附录 H 的规定。

4.5.2 拟加固挡土墙具有明显滑动面或位于泥石流段时，其荷载计算应符合《公路路基设计规范》（JTG D30）第 5.7、第 7.2 和第 7.5 节的规定。

5 加固设计

5.1 一般规定

5.1.1 挡土墙加固措施应与周围环境和谐, 避免大开大挖, 尽量不破坏既有结构。

5.1.2 挡土墙加固设计阶段, 应结合现场实际情况, 进行墙体稳定性监测, 贯穿动态设计理念。

5.1.3 挡土墙加固时, 应优先疏导与修复排水孔, 完善外围排水设施, 提升挡土墙稳定性。

5.1.4 针对多种病害类型挡土墙, 应根据公路等级、地质环境条件、结构特征和病害类型, 可采用一种或多种组合的加固措施。

5.1.5 挡土墙加固设计方案的选取应充分考虑施工阶段挡土墙的稳定性, 加固方案可按表 5.1.7 选取:

表 5.1.7 挡土墙加固方案推荐表

加固方法 适用范围		墙背填土 换填法	注浆加固 法	支挡结构 物法	锚杆(索) 加固法	微型桩加 固法	竖向增强 体加固法
病害类型	倾覆破坏	×	○	○	○	○	○
	整体破坏	×	○	○	△	○	○
	墙背填土沉陷变形	○	○	○	○	○	○
	挡墙滑移	△	○	○	○	○	○
	基础冲刷掏空	×	△	△	△	△	△
挡土墙类型	重力式挡土墙	○	○	○	○	○	○
	半重力式挡土墙	○	○	○	○	○	○
	悬臂式挡土墙	○	○	○	○	○	○
	扶壁式挡土墙	○	○	○	○	○	○
	加筋土挡土墙	×	○	○	○	○	○
地质环境条 件	一般地区	○	○	○	○	○	○
	浸水地区	△	△	○	○	○	○
	地震地区	○	○	○	○	○	○

注: 1.○—适用; △—有条件适用; ×—不适用。

5.2 加固设计计算

5.2.1 拟加固挡土墙基础设计、抗滑稳定性计算、抗倾覆稳定性计算及稳定系数取值, 应符合《公路路基设计规范》(JTG D30) H.0.2 条的规定。

条文说明

挡土墙加固设计,挡土墙墙背路面出现开裂,计算墙后填土滑移力时,不考虑土体黏聚力。挡土墙整体结构已破坏,计算挡土墙墙后填土滑移力时,不考虑挡土墙内墙面摩擦力。

5.2.2 作用于挡土墙的地震作用力、地震主动压力及抗震强度、稳定性验算,应符合《公路工程抗震规范》(JTG B02)的规定。

5.2.3 采用注浆加固法对挡土墙墙背填土、墙体或地基进行加固,注浆材料、注浆范围、注浆压力及注浆孔布置的设计计算应符合《既有建筑地基基础加固技术规范》(JGJ 123)。

5.2.4 采用锚杆(索)加固法对挡土墙进行加固,锚杆(索)的设计计算应符合《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB 50086)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的规定。

5.3 墙体加固

5.3.1 公路挡土墙裂缝可分为结构性裂缝和非结构性裂缝,在裂缝处理中,应分析其裂缝成因,采用相应处治措施。

条文说明

挡土墙结构性裂缝通常由超载、不均匀沉降等引起,对挡土墙的强度、稳定性和耐久性造成严重影响,可能会导致挡土墙失稳,因此应采取系统性加固方案。挡土墙非结构性裂缝通常由墙身干缩、收缩或温度变化引起的,主要发生在挡土墙表面,呈垂直或近似垂直状,不会对挡土墙强度和稳定性产生较大影响,更多是影响美观及耐久性,一般以裂缝修补处治为主。

5.3.2 水泥混凝土挡土墙墙体裂缝修补方法宜符合以下规定:

1 裂缝宽度小于 0.15mm,采用表面封闭法。当裂缝数量较多,宽度在 0.1mm~0.15mm,采用自动低压渗注法。

2 裂缝宽度大于 0.15mm,采用压力灌注法。

3 裂缝修补材料宜用聚合物水泥注浆料,劈裂抗拉强度不应低于 5.0MPa,抗压强度不应低于 40.0MPa,抗折强度不应低于 10.0MPa。

5.3.3 块片石挡土墙墙体裂缝修补宜采用小导管注浆注浆方式,小导管注浆应符合以下规定:

1 注浆材料宜采用水泥砂浆或水泥-水玻璃双浆液,注浆压力宜控制在

0.5Mpa-1.0MPa。

2 导管宜采用外径 50mm 热轧无缝钢管、壁厚 5mm，管节长度 4.5m，管口段 1.0m 钢管不开孔，其余 15cm 间距梅花型设置注浆孔，孔径 8mm。

5.3.4 挡土墙墙体破损修复材料宜符合以下规定：

1 块片石砌筑材料墙体破损修复的材料，宜与已有墙体材料保持一致。

2 水泥混凝土挡土墙破损修复，宜采用自密实混凝土进行修复。

3 修复材料强度等级不应低于既有挡土墙材料强度。

5.3.5 挡土墙排水孔出现导水不畅或不导水情况时，应对排水孔进行疏通或在合适位置新增排水孔。

5.3.6 墙体病害修复与加固施工宜符合以下规定：

1 进行裂缝修补时，聚合物水泥注浆料性能应满足 5.3.2 规定，采用表面封闭法时，应保证封闭后墙体表面美观；采用压力灌注法时，宜按照清缝→布嘴→封缝→试气→灌浆→养护→检验工艺进行。

2 块片石挡土墙破损修复时，应对破损部位及临近松动砌体进行清除后进行修复，砌体尺寸应与旧墙体砌体材料尺寸保持一致，并分层砌筑，宜以 2-3 层组成一工作层，水平缝大致找平，竖缝应错开，不应贯通。

3 水泥混凝土挡土墙破损修复时，应对破损部位清除后，对其周边区域进行凿毛后进行修复，宜按照配合比设计→基础或结合面处理→自密实混凝土拌合→运输→浇筑入仓→养护→质量检查工艺进行，应保证修复墙体表面平整，强度符合设计要求。

5.4 墙背填土换填加固

5.4.1 墙背填土换填法适用于饱和粉土、黏性土或其他松散填料的换填处治。

5.4.2 墙背填土换填宜采用碎石、砂砾等粗粒料、石灰土、水泥土等加固土及轻质土等。

5.4.3 换填粗粒料技术要求宜符合以下规定：

1 换填粗粒料含泥量不应大于 5%，碎石宜采用 5~40mm 的天然级配、最大粒径不应大于 100mm，砂砾不均匀系数不宜小于 10。

2 换填粗粒料强度及压实度应符合《公路路基设计规范》(JTG D30) 有关规定。

5.4.4 换填加固土技术要求宜符合以下规定：

1 加固土宜采用石灰土、水泥土等。

2 石灰土宜采用III级钙质消石灰,石灰掺量宜为7%~8%,土料宜采用塑性指数7~15的黏质土,不应含有机质,土块粒径不宜大于15mm。

3 水泥土宜采用强度等级为32.5的普通硅酸盐水泥,水泥掺量宜为4%~5%,土料塑性指数不宜大于7。

5.4.5 换填轻质土技术要求宜符合以下规定:

1 轻质土宜采用现浇泡沫轻质土,其施工湿重度应为5~11kN/m³,流值宜为170~190mm,无侧限抗压强度应大于0.4MPa。

2 换填轻质土底面宽度不宜小于2.0m,最小填筑厚度不宜小于1.0m,填筑高度不宜超过15.0m,与已有路基衔接面坡度不宜大于1:1,宜设置台阶过渡,台阶宽度不宜小于1.5m。

5.4.6 墙背填土换填法施工宜符合以下规定:

1 施工前应保证挡土墙无明显结构性病害,墙背填土开挖后墙体能保持稳定,保证施工安全。

2 应根据换填材料采取不同层厚进行分层填筑、分层压实,并应满足设计要求的压实度。

3 采用小型夯实机具压实,粗粒料和加固土的换填分层厚度不宜大于150mm。

5.4.7 墙背填土换填施工质量检验应符合现行《公路路基施工技术规范》(JTGT 3610)的有关规定。

5.5 注浆加固

5.5.1 注浆加固法适用于砂土、粉土、黏性土或人工填土的挡土墙地基或墙背填土。

5.5.2 注浆加固法可选用水泥浆液、硅化浆液和碱液等浆液,且注浆材料宜符合以下规定:

1 水泥:选用普通硅酸盐水泥或矿物掺合料水泥,强度等级不低于32.5。

2 石灰:选用优质石灰粉。

3 砂:选用中砂或细砂。

4 水:选用清洁的自来水或净化水,PH值为6.5~8.5。

5 添加剂:选用微膨胀剂、抗冻剂、缓凝剂等添加剂。

条文说明

可根据工程需要在浆液制备时加入添加剂。为提高浆液扩散能力和可泵性，可掺加表面活性剂或减水剂。为提高浆液均匀性和稳定性，可掺加用量不大于水泥用量 5% 的膨润土。为满足工程其他需求，可掺加早强剂、微膨胀剂、抗冻剂、缓凝剂等。

5.5.3 注浆压力不应小于 1.5MPa，注浆扩散半径、注浆量、注浆孔直径、深度应通过现场注浆试验进行确定。

5.5.3 水泥浆液注浆加固设计宜符合以下规定：

1 对挡土墙地基为软弱地基土，可选用以水泥为主剂的浆液及水泥和水玻璃的双液型混合浆液。对有地下水流动的软弱地基，不应采用单液水泥浆液。

2 对于挡土墙地基及墙背为人工填土，应采用多次注浆，间隔时间应按浆液的初凝试验结果确定，且不应大于 4h。

3 浆液黏度应为 80s~90s，封闭泥浆 7d 后 70. 7mm×70.7mm×70.7mm 立方体试块的抗压强度应为 0.3MPa~0.5MPa。

4 浆液宜用普通硅酸盐水泥。注浆时可部分掺用粉煤灰，掺入量可为水泥重量的 20%~50%。根据工程需要，可在浆液拌制时加入速凝剂、减水剂和防析水剂。

5 注浆用水 pH 值不得小于 4。

5.5.4 硅化浆液注浆加固设计宜符合以下规定：

1 对挡土墙地基为砂土、黏性土宜采用压力双液硅化注浆。地基渗透系数为 (0.1~2.0)m/d 的地下水位以上的湿陷性黄土，可采用无压或压力单液硅化注浆；自重湿陷性黄土宜采用无压单液硅化注浆。

2 防渗注浆加固用的水玻璃模数不宜小于 2.2，用于地基加固的水玻璃模数宜为 2.5~3.3，且不溶于水的杂质含量不应超过 2%。

3 双液硅化注浆用的氧化钙溶液中的杂质含量不得超过 0.06%，悬浮颗粒含量不得超过 1%，溶液的 pH 值不得小于 5.5。

5.5.5 碱液注浆加固设计宜符合以下规定：

1 碱液注浆加固适用于处理挡土墙地基地下水位以上渗透系数为 (0.1~2.0)m/d 的湿陷性黄土地基，对自重湿陷性黄土地基的适应性应通过试验确定。

2 当 100g 干土中可溶性和交换性钙镁离子含量大于 10mg.eq 时，可采用灌注氢氧化钠一种溶液的单液法。其他情况可采用灌注氢氧化钠和氯化钙双液灌注加固。

3 碱液加固挡土墙地基的深度应根据地基的湿陷类型、地基湿陷等级和湿陷性黄土层厚度，并结合挡土墙类别与湿陷事故的严重程度等综合因素确定。

5.5.6 水泥浆液注浆加固施工宜符合以下规定：

1 可以采用花管注浆法或压密注浆法。水泥浆的水灰比可取 0.6~2.0，常用的水灰比为 1.0。注浆的流量可取(7~10)L/min，对充填型注浆，流量不宜大于 20L/min。

2 当用花管注浆和带有活堵头的金属管注浆时，每次上拔或下钻高度宜为 0.5m。浆体应经过搅拌机充分搅拌均匀后，方可压注，注浆过程中应不停缓慢搅拌，搅拌时间应小于浆液初凝时间。浆液在泵送前应经过筛网过滤。

3 水温不得超过 30℃~35℃，盛浆桶和注浆管路在注浆体静止状态不得暴露于阳光下，防止浆液凝固；当日平均温度低于 5℃或最低温度低于-3℃的条件下注浆时，应采取措施防止浆液冻结。

4 应采用跳孔间隔注浆，且先外围后中间的注浆顺序。当地下水水流速较大时，应从水头高的一端开始注浆。对渗透系数相同的土层，应先注浆封顶，后由下而上进行注浆，防止浆液上冒。如土层的渗透系数随深度而增大，则应自下而上注浆。对互层地层，应先对渗透性或孔隙率大的地层进行注浆。

5 对挡土墙地基进行注浆加固时，应对挡土墙及其邻近未出现病害挡土墙、建筑、地下管线和地面的沉降、倾斜、位移和裂缝进行监测。并应采用多孔间隔注浆和缩短浆液凝固时间等措施，减少未出现病害及既有建筑基础因注浆而产生的附加沉降。

条文说明

施工工序可按下列步骤进行：钻机与注浆设备就位。钻孔或采用振动法将花管置入土层。当采用钻孔法时，应从钻杆内注入封闭泥浆，然后插入孔径为 50mm 的金属花管。待封闭泥浆凝固后，移动花管自下而上或自上而下进行注浆。

5.5.7 硅化浆液注浆加固施工宜符合以下规定：

1 硅化浆液注浆加固向土中打入灌注管和灌注溶液，应自基础底面标高起向下分层进行，达到设计深度后，应将管拔出，清洗干净方可继续使用。

2 加固挡土墙地基时，应采用沿基础侧向先外排，后内排的施工顺序。

3 灌注溶液的压力值由小逐渐增大，最大压力不宜超过 200kPa。

4 待溶液量全部注入土中后，注浆孔宜用体积比为 2:8 灰土分层回填夯实。

条文说明

溶液自渗的施工步骤，应符合下列规定：在基础侧向，将设计布置的灌注孔分批或全部打入或钻至设计深度。将配好的硅酸钠溶液满注灌注孔，溶液面宜高出基础底面标高 0.50m，使溶液自行渗入土中。在溶液自渗过程中，每隔 2h~3h，向孔内添加一次溶液，防止孔内溶液渗干。

5.5.8 碱液注浆加固施工宜符合以下规定：

1 灌注孔可用洛阳铲、螺旋钻成孔或用带有尖端的钢管打人土中成孔，孔径宜为 60mm~100mm，孔中应填入粒径为 20mm~40mm 的石子到注液管下端标高处，再将内径 20mm 的注液管插入孔中，管底以上 300mm 高度内应填入粒径为 2mm~5mm 的石子，上部宜用体积比为 2:8 灰土填入夯实。

2 碱液可用固体烧碱或液体烧碱配制，每加固 1m³ 黄土宜用氢氧化钠溶液 35kg~45kg。碱液浓度不应低于 90g/L；双液加固时，氯化钙溶液的浓度为 50 g/L~80g/L。

3 配置好的碱液应将桶内加热到 90C 以上方能进行灌注，灌注过程中，桶内溶液温度不应低于 80C。

4 灌注碱液的速度，宜为(2~5)L/min。

5 碱液加固施工，应合理安排灌注顺序和控制灌注速率。宜采用隔(1~2)孔灌注，分段施工，相邻两孔灌注的间隔时间不宜少于 3d。同时灌注的两孔间距不应小于 3m。

6 当采用双液加固时，应先灌注氢氧化钠溶液，待间隔 8h~12h 后，再灌注氯化钙溶液，氯化钙溶液用量宜为氢氧化钠溶液用量的 1/2~1/4。

5.5.9 注浆加固质量检测宜符合以下规定：

1 注浆加固施工应做好施工记录，检查碱液浓度及每孔注入量是否符合设计要求。.

2 注浆检验应在注浆结束 28d 后进行。采用钻探取芯法检测，钻取 φ108mm 或 φ89mm 的注浆体岩芯，进行无侧限抗压强度试验，判断注浆加固效果。可选用标准贯入、轻型动力触探、静力触探或面波等方法进行加固地层均匀性检测。

3 按加固土体深度范围每间隔 1m 取样进行室内试验，测定土体压缩性、强度或渗透性。

4 注浆检验点不应少于注浆孔数的 2%~5%。检验点合格率小于 80% 时，应对不合格的注浆区实施重复注浆。

5.6 增设支挡结构物加固

5.6.1 增设支挡结构物宜设置于既有挡土墙墙前，是一种被动承载加固方式，适用于挡土墙应急加固，包括加厚既有挡土墙、重力式翼墙、重力式挡土墙、后跺式扶壁墙、抗滑桩等。

条文说明

增设支挡结构物宜采用以极限状态设计的分项系数法为主的设计方法，车辆荷载计算宜采用附加荷载强度法；增设支挡结构物后的挡土墙，应对整体进行抗滑动稳定性和抗倾覆稳定性验算，并应符合《公路路基设计规范》（JTG D30）的相关规定。

5.6.2 加厚既有挡土墙设计宜符合以下规定：

1 既在原挡土墙外侧加宽基础、加厚墙体，要求新旧基础、墙体结合牢固，必要时可设置钢筋锚或石樁增强连接。

2 加厚墙体最小厚度应不少于 30cm。采用混凝土墙身时宜采用混凝土现浇，混凝土强度不低于 C20，应根据砌筑高度分层浇筑，每层浇筑高度不应大于 0.3 m。

3 加厚混凝土基础及混凝土墙身应设置沉降缝，其位置应与原挡墙沉降缝位置一致。

4 泄水管按梅花形布设，原设有泄水管的挡墙，外包墙身的泄水管应与原有泄水管顺接，泄水管可采用 $\phi 5$ cmPVC 泄水管。

5 加厚时特别需要注意加厚墙的基础处理。当地基承载力不足时，基础必须进行处理，处理后的承载力必须满足挡土墙基底承载力要求。

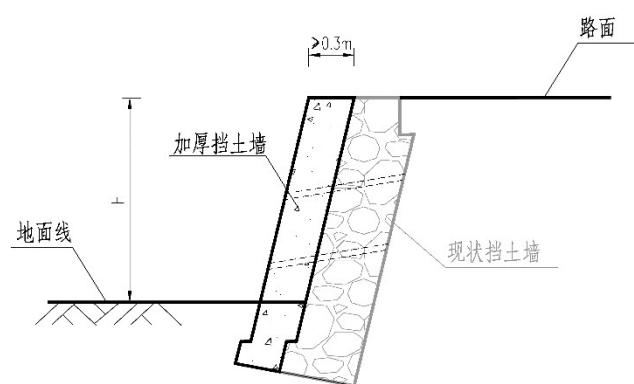


图 5.6.1 加厚既有挡土墙示意图

5.6.3 增设重力式翼墙设计宜符合以下规定：

1 重力式翼墙是于挡土墙外层，每隔相应距离就增加建设翼墙，且翼墙的基础预埋深度、规格和间距应通过计算来确定。

2 翼墙基础最小埋置深度不应小于 1m。风化层不厚的硬质岩石地基，基底应置于基岩未风化层以下。

3 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，且最小埋置深度不小于 1.0m。冻结深度大于 1.0m 时，基础最小埋置深度不应小于 1.25m，并应对基底至冻结线以下 0.25m 深度范围的地基土采取措施，防止冻害。

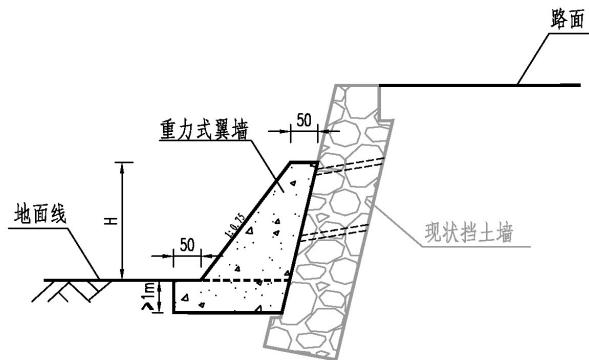


图 5.6.2 增设重力式翼墙示意图

5.6.4 增设重力式挡土墙设计宜符合以下规定：

1 墙顶宽度，当墙身为混凝土浇筑时，不应小于 0.4m；浆砌片石时，不应小于 0.5m；干砌片石时，不应小于 0.6m。

2 应根据墙趾处地形情况及经济比较，合理选择重力式挡土墙墙背坡度。

3 半重力式挡土墙应按弯曲抗拉强度和刚度计算要求，确定立壁与底板之间的转折点数，端部厚度不应小于 0.4m，底板的前趾扩展长度不宜大于 1.5m。

4 墙高小于 10m 的挡土墙可采用浆砌片石，墙高大于 10m 的挡土墙和浸水挡土墙宜采用片石混凝土。

5.6.5 增设后跺式扶壁挡土墙设计宜符合以下规定：

1 立壁的顶宽不应小于 0.2m，底板厚度不应小于 0.3m。挡土墙分段长度不宜超过 20m。扶壁式挡土墙每一分段宜设 3 个或 3 个以上的扶壁。

2 应采用钢筋混凝土浇筑，配置于墙中的主筋，直径不宜小于 12mm。

3 后跺式扶壁墙钢筋混凝土构件的承载能力极限状态计算、正常使用极限状态验算及构造要求等，应按《公路路基施工技术规范》（JTG F10）有关规定执行。

5.6.6 增设抗滑桩支挡结构设计宜符合以下规定：

1 抗滑桩应进行锚固段长度设计和桩身结构设计，抗滑桩锚固段长度应满足桩侧最大应力不大于地基横向容许承载力的要求。

2 抗滑桩的截面宜采用矩形，截面尺寸应根据土体的自重和车辆荷载大小、桩间距、锚固段地基强度等因素确定，最小边宽度不宜小于 1.25m，桩间距宜为 5m~8m。

3 抗滑桩桩身设计、配筋等应符合《公路滑坡防治设计规范》(JTG/T 3334) 有关规定。

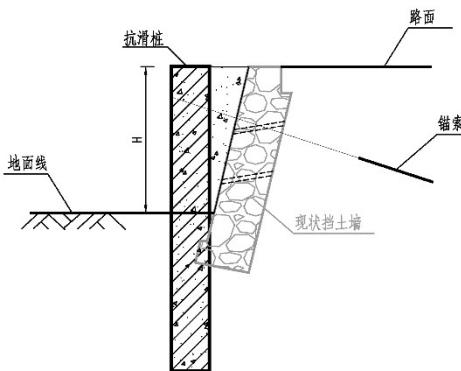


图 5.6.3 增设抗滑桩示意图

5.6.7 增设支挡结构物的施工工艺应宜符合以下规定：

1 施工前，应做好截、排水及防渗设施，在岩体破碎、土质松软或地下水丰富地段修建时，应避开雨季施工。施工过程中应对地质情况进行核对，与设计不符时，应及时处理，基坑开挖应分段跳槽进行，坑内积水应随时排干。

2 采用倾斜基底时，基底标高应按设计控制，不得超挖补填，基底检验合格后，应及时进行下道工序施工。伸缩缝与沉降缝内两侧壁应竖直、平齐，无搭叠，缝中防水材料应按设计要求施工。泄水孔应在砌筑墙身过程中设置，确保排水畅通，并应保证墙背反滤、防渗设施的施工质量。

3 增设支挡结构物的施工工艺应符合《公路路基施工技术规范》(JTG F10) 规定。

5.6.8 增设支挡结构物质量检验方法与标准应符合《公路路基施工技术规范》(JTG F10) 规定。

5.7 锚杆（索）加固

5.7.1 锚杆（索）加固适应于出现抗滑动和抗倾覆稳定性不足且墙体无明显结构性病害的挡土墙加固。

5.7.2 锚杆（索）加固法包括钢锚管加固、预应力锚索加固、垂直预应力杆加固和锚杆对拉加固法等方法，锚杆（索）材料、设计应满足《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB 50086) 有关规定。

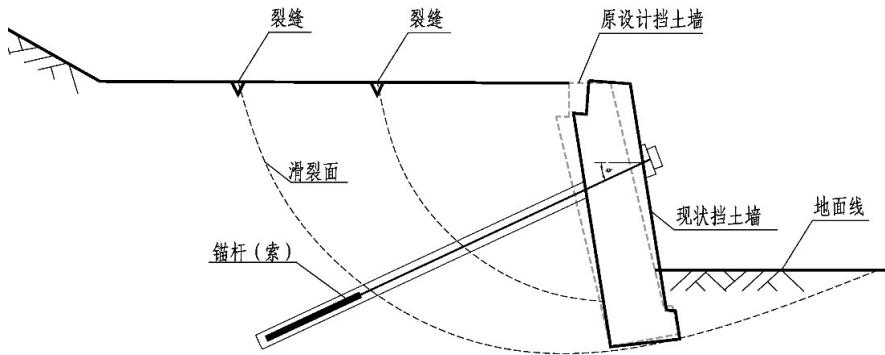


图 5.7.2 锚杆（索）加固原理示意图

5.7.3 锚杆（索）斜向加固设计应根据主动土压力和地层进行锚杆（索）设计计算，确定锚杆（索）类型、承载力、布置方式和间距等。

5.7.4 锚杆（索）对拉加固设计宜符合以下规定：

- 1 适用于路基单侧或双侧挡土墙出现倾覆、滑移等病害。
- 2 对拉锚杆（索）轴力小于 20% 预紧力的中间区段占总长的 50% 时，对应锚杆（索）长度为临界长度。
- 3 应根据挡土墙类型、材质和路基填料确定对拉锚杆（索）间距、预紧力。

5.7.5 垂直预应力杆加固设计宜符合以下规定：

- 1 垂直预应力杆由自由端和锚固段组成，自由端宜灌注沥青，锚固段宜灌注水泥砂浆。
- 2 应根据墙背土压力、墙体自重、基底摩擦阻力通过分析抗滑、抗倾覆稳定性验算确定垂直预应力杆的竖向预应力。

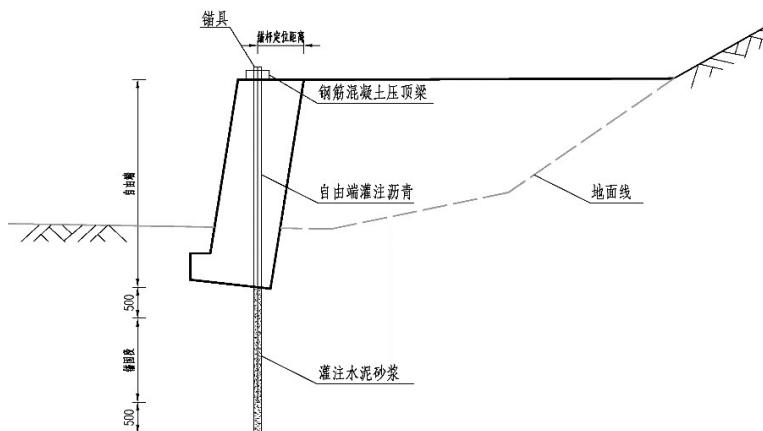


图 5.7.5 垂直预应力杆加固示意图

5.7.6 锚杆（索）加固应根据墙体病害与变形特征特征，选取点锚、锚杆横梁、锚杆框架、锚杆肋板墙等结构进行配合使用。

1 传递锚杆拉力的格梁、腰梁、台座的截面尺寸与配筋，应根据锚杆拉力设计值、地层承载力及工作条件由计算确定，且其应符合《混凝土结构设计规范》(GB 50010)有关规定。

2 台座若采用钢板竖梁，其高度应与挡土墙高度保持一致，宽度不应小于锚杆锚固段1.5倍，厚度不应低于15mm，屈服强度不应低于235Mpa。

5.7.7 锚杆(索)长度应根据现场实际情况和几何关系确定，锚固段长度应在满足注浆体不能和锚杆(索)及周围土体脱离的前提下进行设计，其长度可按式(5.7.7-1)、(5.7.7-2)进行计算，根据计算结果取最大值：

$$L_1 = \frac{kN}{\pi da_1 a_2 \tau_1} \quad (5.7.7-1)$$

$$L_2 = \frac{kN}{\pi Da_1 \tau_2} \quad (5.7.7-2)$$

式中： L_1 、 L_2 为锚固段长度(m)；

N —为单根锚杆的抗拔力(KN)；

k —为安全系数；

a_1 —为折减系数；

a_2 —为等效系数；

τ_1 —为浆体与锚杆的粘结强度(Mpa)；

τ_2 —为浆体与周围土体之间的粘结强度(Mpa)；

D —为锚固体直径(mm)；

5.7.8 锚杆(索)倾角宜采用 $10^\circ \sim 35^\circ$ ，并应避免对相邻构筑物产生不利影响；锚杆上下排垂直间距、水平间距均不宜小于2.0m，当锚杆的间距小于1.5m时，应根据群锚效应对锚杆(索)抗拔承载力进行折减或改变相邻锚杆(索)的倾角。

5.7.9 锚杆(索)加固法中锚杆直径设计可按式(5.7.9)进行计算，并应满足锚杆(索)抗拔承载力和防腐保护要求：

$$d = \sqrt{\frac{4kN_t}{\pi f_{ptk}}} \quad (5.7.9)$$

式中： d —为锚杆直径(mm)；

k —为安全系数；

N_t —为锚杆的承载力值(Mpa)；

f_{ptk} —为钢筋的强度标准值。

5.7.10 传递锚杆（索）拉力的喷射混凝土、加筋喷射混凝土的截面尺寸与配筋，应根据锚杆（索）拉力设计值、地层承载力及锚杆的工作条件由计算确定，且应符合《混凝土结构设计规范》（GB 50010）有关规定。

5.7.11 锚杆（索）加固法施工工艺应满足《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》（GB 50086）有关规定。

5.7.12 锚杆（索）质量检验方法与标准应符合《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规程》（GB 5006）有关规定。

5.8 微型桩加固

5.8.1 微型桩加固可采用微型灌注桩、微型预制桩和微型注浆钢管桩等，其水平承载力、竖向承载力标准值和抗拔极限承载力标准值等应符合《建筑桩基技术规程》（JGJ 94）有关规定。

条文说明

对于墙前开挖、冲刷、地基滑移等导致墙体抗滑移稳定性不满足要求时，采用墙前增设微型桩加固法，提升挡土墙与地基整体抗滑移能力；当墙背填料性质较差引发路面病害、墙体抗倾覆能力不足时，采用墙背增设微型桩加固法，提升挡土墙抗倾覆能力、修复路面病害；加固范围应在变形范围外不少于一排桩。

5.8.2 微型桩的适用于淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土、砂土、湿陷性黄土、碎石土、人工填土等挡土墙的地基加固。

5.8.3 微型灌注桩设计宜符合以下规定：

1 微型灌注桩宜采用竖直桩或斜桩布置，基桩的中心距不应小于桩直径的3倍。

2 宜选用中、低压缩土层作为桩端持力层，进入持力层深度不宜小于桩身桩径的5倍。

3 微型灌注桩配筋率不宜小于0.65%，主筋不应少于3根，钢筋直径不应小于12mm，宜通长配筋。

4 微型灌注桩箍筋应采用螺旋式，直径不应小于6mm，间距宜为100mm-200mm，受水平荷载较大或承受水平地震作用的桩基及考虑主筋作用计算桩身受压承载力时，桩顶至以下10d（d为微型桩直径）范围箍筋应加密，间距不应大于100mm。

5 桩身混凝土强度等级不应低于C25，主筋的混凝土保护层厚度不应小于35mm，水

泥灌注桩的主筋混凝土保护层厚度不得小于50mm。

5.8.4 微型预制桩设计宜符合以下规定：

1对于非饱和土、饱和非黏性土中采用静压法施工的预制桩，基桩的中心距不应小于桩直径的3.5倍，对于饱和黏性土中采用静压法施工的预制桩，基桩的中心距不应小于桩直径的4倍；

2宜选用中、低压缩土层作为桩端持力层，进入持力层深度不宜小于桩身桩径的5倍；

3预制桩可采用边长150mm-300mm预制混凝土方桩、直径300mm的预应力混凝土管桩，截面尺寸为150mm-300mm的型钢、钢管桩。

5.8.5 微型注浆钢管桩设计宜符合以下规定：

1微型注浆钢管桩的中心距不应小于桩直径的3倍。

2宜选用中、低压缩土层作为桩端持力层，进入持力层深度不宜小于桩身桩径的5倍。

3桩身截面参数应经计算确定，钢管壁厚不应小于3mm。水泥浆、水泥砂浆强度等级不应低于30Mpa。钢管水泥浆、水泥砂浆保护层厚度不应小于35mm。

4桩的连接应采用套管焊接，焊接材料及焊接强度应符合现行国家标准《钢结构通用规范》(GB55006)、《钢管混凝土结构技术规范》(GB50936)的相关规定。

5.8.6 微型桩加固法施工宜符合以下规定：

1进行灌注桩施工时宜采用间隔施工、间歇施工或添加速凝剂等措施，以防止相邻桩孔移位和串孔，当地下水水流速较大可能导致水泥浆、砂浆或混凝土流失影响灌注质量时，应采用永久套管、护筒或其他保护措施。

2采用静压法或植入法进行预制桩施工时，预制桩的最小配筋率不宜小于0.65%。采用锤击法沉桩时，预制桩的最小配筋率不宜少于0.8%，主筋直径不宜小于14mm。预制桩身混凝土强度等级不应低于C30，钢筋保护层厚度不应小于30mm。

3可采用静压法或植入法等进行钢管桩施工，当采用植入法施工时，应采用封孔注浆工艺，封孔长度应满足形成注浆压力的要求。水泥浆应按设计水灰比进行制备，水泥浆搅拌时间不应小于2min，并应过筛后使用，自制备至用完的时间不应超过2h，施工过程中应测量水泥浆密度，测量次数不应少于3次/台班。

条文说明

灌注桩的桩体灌注材料必须具备良好的和易性和自密性，配合比应通过试验确定。当采用管送或泵送混凝土或砂浆时，应选用圆形骨料。细石骨料粒径宜为10mm-15mm，且不应大于纵向钢筋净距的1/4，水泥宜采用普通硅酸盐水泥，水灰比不宜大于0.55。

预制桩施工时应一次性压到设计标高，当必须中途停压时，桩端应停留在软弱土层中，且停压的间隔时间不宜超过24h。桩尖应达到设计深度，且压桩力不小于单桩承载力特征值的2倍时的持续时间不少于5min，可终止压桩。

钢管桩施工时，水泥浆灌注方法应根据注浆泵和注浆系统合理选用，注浆泵与注浆孔口距离不宜大于30m。当采用桩身钢管进行注浆时，可通过底部一次或多次灌浆。当采用花管注浆时，可通过花管进行全长多次灌浆，也可通过花管及阀门进行分段灌浆，或通过互相交错的后注浆管进行分步灌浆。

5.8.7 微型桩加固质量检测内容、要求、数量宜符合以下规定：

1微型桩桩身完整性检验宜采用低应变法进行检测，抽检数量不得少于总桩数的10%，且不得少于10根，每个柱下承台的抽检数不应小于1根。

2微型桩承载力检验数量应采用静载荷试验，检验桩数不得少于总桩数的1%，且不得少于3根。

3应提供施工过程有关参数，原材料的力学性能检验报告；应提供试件留置数量及制作养护方法，混凝土和砂浆抗压强度试验报告，型钢、钢管和钢筋笼制作资料检查报告。

4微型桩施工桩位允许偏差，沿垂直挡土墙轴线方向应为1/6桩径，沿挡土墙轴线方向应为1/4桩径；桩身垂直度的允许偏差应为1%。

5单桩竖向抗拔静载试验、水平静载试验应符合《建筑基桩检测技术规范》(JGJ106)有关规定执行。

5.9 竖向增强体加固

5.9.1 竖向增强体桩按桩身材料和施工工艺可分为石灰桩、旋喷桩、灰土挤密桩、水泥土搅拌桩等。

条文说明

对于墙体变形引起路面开裂、塌陷、不均匀沉降等，可采用竖向增强体加固路基及地基，提升墙背抗剪及承载能力。对于墙前积水、湿软地基沉陷引起墙前倾斜，可在墙前设置竖向增强体，控制墙前地基土变形。

5.9.2 竖向增强体桩适用于黏性土、粉土、松散粉细砂、淤泥、淤泥质土、砂土、碎石土、杂填土或饱和黄土等挡土墙的墙前或墙背地基加固。

5.9.3 石灰桩设计宜符合以下规定：

1 石灰桩适用于地下水位以下的黏性土、粉土、松散粉细砂、淤泥、淤泥质土、杂填土或饱和黄土等挡土墙的地基加固，对重要挡土墙或地质条件复杂而又缺乏经验的地区，施工前，应通过现场试验确定其适用性。

2 石灰桩桩径应由成孔孔具确定，桩距宜为 2.5 倍-3.5 倍桩径，桩长应由挡土墙状态和地基土质综合决定，应采用三角形或正方形布置。

3 石灰桩的配合比宜为生石灰：粉煤灰=1:1、1:1.5、1:2，为提高桩身强度，可掺入适量水泥、砂或石屑。

5.9.3 旋喷桩设计宜符合以下规定：

1 旋喷桩适用于淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土、砂土、黄土、素填土和碎石土等挡土墙的地基加固，对于砾石粒径过大，含量过多及淤泥、淤泥质土有大量纤维质的腐殖土等，应通过现场试验确定其适用性。

2 旋喷桩加固体强度和直径，应通过现场试验确定，与桩间土形成复合地基承载力特征值和单桩竖向承载力特征值应通过现场静载荷试验确定。

3 旋喷浆液，宜采用强度等级为 42.5 级的普通硅酸盐水泥，可根据需要加入适量的外添加剂及掺合料，用量应通过试验确定；水泥浆液的水灰比宜为 0.8-1.2。

5.9.4 灰土挤密桩设计宜符合以下规定：

1 灰土挤密桩适用于地下水位以下的黏性土、粉土、素填土、杂填土或饱和湿陷性黄土等挡土墙的地基加固。

2 灰土挤密桩深度应根据建筑场地的土质情况、工程要求和成孔及夯实设备等因素确定。桩孔直径宜为 300mm-600mm，桩孔宜按等边三角形布置，桩孔之间的中心距离，可为桩孔直径的 2.0-3.0 倍。

3 桩孔内的填土填料，消石灰与土的体积配合比，宜为 2:8 或 3:7，土料宜选用粉质

黏土,土料的有机质含量不应超过 5%,且不得含有冻土,渣土垃圾粒径不应超过 15mm。石灰可选用新鲜的消石灰或生石灰粉,粒径不应大于 5mm,消石灰的质量应合格,有效 $\text{CaO}+\text{MgO}$ 含量不得低于 60%。

5.9.5 水泥土搅拌桩设计宜符合以下规定:

1 水泥土搅拌桩适用于正常固结的淤泥与淤泥质土、素填土、软-可塑黏性土、松散-中密细砂、稍密-中密粉土、松散-稍密中粗砂、饱和黄土等挡土墙的地基加固。

2 水泥搅拌桩长度,应根据挡土墙对地基承载力和变形的要求确定,并应穿透软弱土层到达地基承载力相对较高的土层,其桩长应超过危险滑弧以下不少于 2.0m,干法的加固深度不宜大于 15m,湿法加固深度不宜大于 20m。

3 单桩承载力特征值,应通过现场静载荷试验确定,且应符合《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79)相关规定。

4 湿法施工配备注浆泵的额定压力不宜小于 5.0MPa,干法施工的最大送粉压力不小于 0.5MPa。水泥搅拌桩水泥掺量不应小于 12%,块状加固时水泥掺量不应小于加固天然土质量的 7%,湿法的水泥浆水灰比可取 0.5-0.6。

5.9.6 竖向增强体加固法施工宜符合以下规定:

1 石灰桩施工可选用振动成桩法(分管内填料成桩或管外填料成桩)、锤击成桩法、螺旋钻成桩法或洛阳铲成桩工艺等。施工过程中,应检查施工现场有无地面隆起异常及漏桩现象,并应按设计要求,抽查桩位、桩距,详细记录,对不符合质量要求的竖向增强体桩,应采用补救处理措施。

2 旋喷桩的施工工序为:机具就位、贯入喷射管、喷射注浆、拔管和冲洗等。喷射孔与高压注浆泵的距离不宜大于 50m,钻孔位置的允许偏差应为 $\pm 50\text{mm}$,垂直度允许偏差应为 $\pm 1\%$;在旋喷注浆过程中出现压力骤然下降、上升或冒浆异常时,应查明原因并及时采取措施。

3 灰土挤密桩施工时孔内填料应分层回填夯实,填料的平均压实系数不应低于 0.97,其中压实系数最小值不应低于 0.93。

4 水泥搅拌桩施工前应根据设计进行工艺试桩,数量不得少于 3 根,多轴搅拌施工不得少于 3 组,应对工艺试桩的质量进行检验,确定施工参数。施工中搅拌头翼片的枚数、宽度、与搅拌轴的垂直夹角、搅拌头的回转数、提升速度应相互匹配,干法搅拌时

钻头每转一圈的提升（或下沉）量宜为 10mm-15mm，确保加固深度范围内土体的任何一点均能经过 20 次以上的搅拌。

5.9.7 竖向增强体加固质量检测内容、要求、数量宜符合以下规定：

1 竖向增强体质量检验可在施工结束 28d 后进行，可采用钻探取芯法、低应变法等方法检测桩体强度，对桩间土在竖向增强体设计处理深度内每隔 0.5m 取 1~2 个土样进行室内试验测定压实度，验算复合地基承载力。

2 石灰桩检验数量不应少于总桩数的 2%，且不得少于 3 根。桩位中心点的允许偏差不应超过桩距设计值的 8%，桩的垂直度允许偏差不应大于桩长的 1.5%。

3 旋喷桩可根据工程要求和当地经验采用开挖检查、钻孔取芯、标准贯入试验、动力触探和静载荷试验等方法进行检验。成桩质量检验点的数量不少于施工孔数的 2%，并不应少于 6 点，承载力检验宜在成桩 28d 后进行。

4 灰土挤密桩应随机抽样检测夯后桩长范围内灰土或土填料的平均压实系数，抽检的数量不应少于桩总数的 1%，且不得少于 9 根；承载力检验应在成桩后 14d-28d 后进行，检测数量不应少于总桩数的 1%，且每项单体工程静载荷试验不少于 3 点。

5 水泥搅拌桩检验数量为施工总桩数的 1%，且不少于 3 根；成桩 7d 内，采用浅部开挖桩头进行检查，开挖深度宜超过停浆（灰）面下 0.5m，检查搅拌的均匀性，量测成桩直径，检查数量不少于总桩数的 5%；成桩 28d 后，进行水泥搅拌桩静载荷试验，验收检验数量不少于总桩数的 1%。

5.10 临水挡土墙加固

5.10.1 临水挡土墙加固适用于河流、湖泊或降雨等引发水毁破坏的挡土墙加固。

5.10.2 临水挡土墙病害类型包括：挡土墙开裂、挡土墙滑移、挡土墙沉降、挡土墙基础掏空等。

条文说明

临水挡土墙病害原因分析：开裂原因砌体砂浆不饱满、墙后积水严重造成墙后内力增加。滑移原因填挖交界处成为受力软弱层、基底未到岩层或密实土基、基础埋深不足。沉降原因基础强度未达到设计要求、墙脚积水、墙脚堆积虚土。基础掏空原因水流对基础冲刷掏空。

5.10.3 临水挡土墙开裂的加固设计宜符合以下规定：

1 疏通泄水孔。

2 墙背填土开挖重做卵砾石反滤层。

3 对于表面开裂的片块石，应拆除重建，且片块石强度及尺寸应符合要求，砂浆座浆应饱满，若拆除重建困难，可采用框架梁进行加固，并应符合本规程 5.3 节规定。

5.10.4 临水挡土墙滑移的加固设计宜符合以下规定：

1 墙外侧堆填土石反压。

2 墙背填土开挖换填，并应符合本规程 5.4 节规定。

3 框架梁、锚杆（索）进行加固，并应符合本规定 5.7 节规定。

5.10.5 临水挡土墙沉降的加固设计宜符合以下规定：

1 基础进行注浆、微型桩或竖向增强体加固，并应符合本规程 5.5 节、5.8 节和 5.9 节规定。

5.10.6 临水挡土墙基础掏空的加固设计宜符合以下规定：

1 掏空部位采用混凝土进行回填，同时对基础进行注浆、微型桩或竖向增强体加固。

2 设置护坦，护坦可用浆砌片石、干砌片石灌浆或石笼、抛石等修筑，护坦及墙身下部一定高度范围内的墙面部分可采用 C20 混凝土或片石混凝土，并应符合各类防护的有关设计要求。

3 在河床狭窄和地质条件较好路段的挡土墙设置拦砂坝。

4 在宽浅变迁性河段设置拦丁坝，用以挑流或减低流速，减轻水流对河岸挡土墙的冲刷。

5 在河床断面较窄、基础地质条件较差的河岸挡土墙段设置顺坝，调整流水曲度和改善流态。

6 在河流流速为 4-5m/s 段临水挡土墙外侧设置石笼反压。

7 水流方向较平顺，河床地层承载力较强无严重局部冲刷的挡土墙段设置片石反压。

8 丁坝、顺坝、石笼反压和片石反压设计应符合《公路路基设计规范》（JTG D30）有关规定。

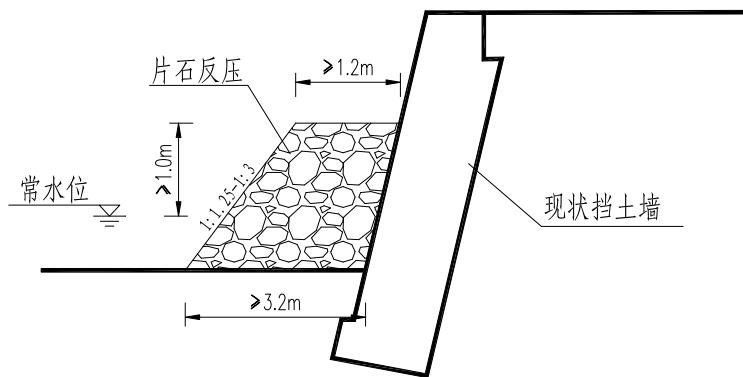


图 5.10.6 片石反压加固方案示意图

5.10.7 临水挡土墙加固施工要求宜符合以下规定:

- 1 施工前应制定合理的施工方案,合理安排工期,避免因工期过长引起农田、村庄、上下游路基冲刷。
- 2 挡土墙开裂、挡土墙滑移、挡土墙沉降、挡土墙基础掏空等加固方案的施工应符合本规程有关规定。
- 3 丁坝、顺坝、石笼反压和片石反压施工应符合《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610) 规定。

5.10.8 临水挡土墙加固质量检测内容、要求、数量宜符合以下规定:

- 1 挡土墙开裂、挡土墙滑移、挡土墙沉降、挡土墙基础掏空等加固方案的质量检测内容、要求、数量应符合本规程有关规定。
- 2 石笼反压施工质量标准应符合表 5.10.8-1 有关规定。

表 5.10.8-1 石笼反压施工质量标准

序号	检查项目	允许偏差	检查方法和频率
1	平面位置 (mm)	符合设计要求	经纬仪: 按设计图控制坐标检查
2	长度 (mm)	不小于设计长度-300	尺量: 每个(段) 检查
3	宽度 (mm)	不小于设计宽度-200	每个(段) 量 8 处
4	高度 (mm)	不小于设计	水准仪或尺量: 每个(段) 检查 8 处
5	底面高程 (mm)	不高于设计	水准仪: 每个(段) 检查 8 点

- 3 丁坝、顺坝施工质量标准应符合表 5.10.8-2 有关规定。

表 5.10.8-2 丁坝、顺坝加固施工质量标准

序号	检查项目	允许偏差	检查方法和频率
1	砂浆强度(MPa)	不小于设计强度	每 1 工作台班 2 组试件
2	平面位置 (mm)	30	经纬仪: 按设计图控制坐标检查
3	长度 (mm)	不小于设计长度-100	尺量: 每个检查
4	断面尺寸	不小于设计	尺量: 检查 8 处
5	高程 基底	不大于设计	水准仪: 每个(段) 检查 8 点

	(mm)	顶面	±30	
--	------	----	-----	--

5.11 排水设计

5.11.1 挡土墙加固时，既有挡土墙的墙身上泄水孔处治应符合以下规定：

- 1 因泄水不良引起挡土墙病害，应对堵塞的泄水管予以疏通。
- 2 对泄水管上翘，或墙身无泄水孔、泄水孔间距过大的，应在挡土墙上钻孔设置泄水孔。

3 新设置的泄水孔宜采用网状硬式透水管，内侧端头采用无纺布包封。

5.11.2 采用注浆进行加固的挡土墙（墙背注浆加固、锚杆（索）加固等），施工完成后，应确保既有挡墙墙身泄水孔的通畅性。

5.11.3 既有挡土墙墙背回填材料为粘性土的，加固后应确保雨水不能进入挡土墙墙背，防止挡土墙因土压力增大而损毁。

5.11.4 对非浸水挡土墙，挡土墙基底为粘性土、素填土等非透水性土体时，挡墙加固后，挡土墙墙趾位置应采用粘性土封闭压实，防止雨水侵入导致挡土墙基底土体软化，承载力失效。

6 监测

6.1 一般规定

6.1.1 应对加固的公路挡土墙进行监测，确定挡土墙变形程度、稳定状态，验证加固工程效果，保障挡土墙加固施工和公路运营安全。

6.1.2 公路挡土墙监测可分为施工安全监测和加固效果监测。

6.1.3 公路挡土墙监测应根据挡土墙类型、高度、病害特征、公路等级及环境条件等，综合确定监测频率和力度。

6.1.4 公路挡土墙监测应遵循动态设计、动态实施的原则，应综合利用仪器测量、现场巡查等手段，宜采用自动化监测手段。

6.2 监测内容与方法

6.2.1 公路挡土墙监测应根据挡土墙加固安全等级、处治方案和监测任务书等确定监测内容，并应符合表 6.2.1 要求。

表 6.2.1 公路挡土墙加固监测内容

处治方案	监测内容					备注
	坡面位移	路表沉降	挡土墙水平位移	深层水平位移	预应力锚杆（索）应力	
墙背填土换填法	应测	应测	应测	不测	不测	
注浆加固法	应测	应测	应测	不测	不测	
支挡结构物法	应测	应测	应测	不测	不测	
锚杆（索）加固法	应测	应测	应测	不测	应测	
微型桩加固法	应测	应测	应测	选测	不测	
竖向增强体加固法	应测	应测	应测	选测	不测	

6.2.2 公路挡土墙各监测阶段的周期、观测频率和力度宜按以下要求执行：

1 监测单位应编制监测方案。监测方案应有监测依据、目的、项目、方法和精度要求，应包括测点布置、监测周期及频率和信息反馈制度等内容。

2 施工期间，监测应符合国家标准《工程测量规范》GB50026 及行业标准《建筑变形测量规范》JGJ8 等规定，精度不宜低于上述规范二等（二级）的要求。每 1~2 天应人工巡视检查一次，且大雨、台风等恶劣天气结束后必须进行人工巡视检查。

条文说明

巡视检查以目测为主，配备必要的工具以及影像记录设备，做好记录。巡视内容包括：挡土墙墙身有无开裂或隆起，浆砌片（块）石挡墙的水泥砂浆勾缝有无脱落，墙体线型是否变形或移位，墙体上泄水管有无泄水，墙顶内侧土体有无裂缝，墙体沉降缝有无变形等。

3 施工期间监测频率，应2~3天监测一次，交（竣）工后半年内，要求每半个月应监测一次，剩余一年半时间，每个月监测一次。发生大雨、台风等天气时，应动态调整、加密监测频率。挡土墙达到或出现预警值时，应进一步加密监测频率。

4 加固效果监测应起于加固工程交工验收，止于工程竣工验收后不少于一个水文年，监测数据采集每月不少于1次，连续降雨或暴雨期及挡土墙出现异常时，应增加观测次数。

6.2.3 挡土墙加固施工安全监测和加固效果监测的监测断面、监测点布置宜符合以下规定：

1 公路挡土墙加固前，应对挡土墙两侧的道路、构造物等进行检查、拍照留证。

2 监测测点布置宜按表 6.2.3 要求执行，且加固挡土墙长度不足 30 米时，应至少布设 2 个监测点。

3 有条件时，宜实施自动化监测。

表 6.2.3 监测测点布置要求

项目	测点布置位置	布置要求
坡面水平位移	监测点宜设置在边坡平台和坡脚处，并保证一侧断面上不少于 3 个点	断面间距 15m~30m
路表沉降	监测点宜设置在路中线、路肩等处	断面间距 15m~30m
挡土墙顶部水平位移	监测点宜沿支挡线布设	水平间距不宜大于 20m
深层水平位移	深层水平位移监测，可通过钻孔安装测斜管，利用测斜仪进行监测，监测深度应依据潜在滑动面的位置确定，测斜管进入稳定土层深度不宜小于 5m 或进入稳定岩层不宜小于 2m	断面间距 15m~30m，每个断面测点数量不应少于 2 个
预应力锚杆（索）应力	典型剖面处的外锚头或锚杆主筋	不少于总数的 5%，且不应少于 3 根。设置多层锚杆体系时，每层不少 1 根，总数不少于 6 根

6.2.4 每期监测结束后，应及时处理观测数据，当数据处理结果出现下列情况时，应立即预警并采取应急处理措施：

1 变形量达到预警值或接近允许值。

2 变形量出现异常变化。

6.2.5 监测数据取得后应及时校对、整理、分析，发现异常现象应查找原因，必要时复测。

6.3 监测资料整理与分析

6.3.1 监测资料及数据分析应符合以下要求：

1 使用正式的监测记录表格，记录表格应有监测人、复核人签字。

2 监测记录应有相应的工况描述。

3 监测数据取得后应及时校对、整理、分析，发现异常现象应查找原因，必要时复测。

4 对监测数据的变化及发展情况的分析和评述应及时。

6.3.2 应结合勘察、设计和施工资料进行监测资料整理与分析，并对其发展趋势作出预测，根据监测成果提出相应的工程对策与建议等。

6.3.3 挡土墙监测应提供监测报告和监测点的监测图表资料。

6.3.4 挡土墙监测报告和主要图表资料组成宜符合以下规定：

1 监测技术成果文件应包括监测过程中提供的监测日报表、监测中间报告和最终报告。

2 监测日报表中应说明天气、工况等基本情况，并包括各监测项目的日变化量、累计变化量以及发展和变化情况的评述；

3 工程结束时应提交完整的监测总结报告，报告内容应包括：工程概况、监测项目、监测点布设、监测仪器、监测方法及其精度、监测数据的整理、监测结果分析和评价等；