

ICS

点击此处添加中国标准文献分类号

DB

地 方 标 准

DB XX/ XXXXX—XXXX

锚拉重力式挡土墙设计与施工技术标准

Technical Standard for Construction and Design of Gravity Retaining Wall with
Anchor

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

（征求意见稿）

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX

发 布

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本原则和要求 2

5 地质勘测与环境调查 2

6 锚拉重力式挡土墙设计 2

 6.1 一般规定 2

 6.2 一般构造 3

 6.3 设计计算 4

7 材料 6

8 锚拉重力式挡土墙施工 7

 8.1 一般规定 7

 8.2 试验段实施 7

 8.3 施工要点 7

 8.4 监测及维护 8

9 质量管理与检查验收 8

 9.1 一般规定 8

 9.2 基本要求 8

 9.3 实测项目 8

 9.4 外观鉴定 9

 9.5 检查验收 9

附录 A 锚拉重力式挡土墙设计算例 10

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由山东省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：山东省交通运输厅公路局、山东大学、山东省交通规划设计院、齐鲁交通发展集团有限公司青临分公司。

本标准主要起草人：李英勇、毕玉峰、张宏博、薛志超、宋修广、李涛、李颖、赵秋宇、杨秀生、郑立志、于一凡、陈晓光、朱兆昌、李光太。

引 言

挡土墙在路堤边坡处治中具有集约用地、保护环境等优点，其中重力式挡土墙因取材方便、工艺简单、适用范围广、造价相对较低，在土木工程中应用较为普遍。但由于极限高度低、地基承载力要求高等因素制约了重力式挡土墙更为广泛地应用。锚拉重力式挡土墙是在传统重力式挡土墙的基础上衍生创新的新型挡土墙型式，针对传统重力式挡土墙的受力原理和主要破坏形式，在挡土墙墙身与土体之中设置锚杆，并根据服役条件要求在不同实施阶段锁定或施加预应力，使锚拉重力式挡土墙具有更高的自身稳定性和受力变形自协调能力，并能够显著减少挡土墙断面尺寸和节约土地。由于锚拉重力式挡土墙墙土之间力学作用特性复杂、作用力自平衡过程难以公式表示、施工材料和工艺要求高，所以国内外工程技术人员虽然对锚拉重力式挡土墙进行了一些研究，但未提出锚拉重力式挡土墙设计与施工技术及相关质量控制的相关标准。

近年来，结合山东省公路建设实践和山东省交通科技项目支持，在理论分析、数值模拟、模型验证和大量现场试验段的基础上，对我省锚拉重力式挡土墙的设计与施工进行广泛研究和全面总结，取得了宝贵的理论分析和工程应用成果。为明确统一锚拉重力式挡土墙设计、施工和验收标准，提高设计工作质量和施工控制水平，结合实体工程应用经验和长期监测成果，制定本技术标准。

各有关单位在标准使用过程中，若发现存在不当之处或有好的意见和建议，请及时函告山东省交通运输厅公路局（联系地址：山东省济南市舜耕路19号，邮编：250002），以便修订时参考。

锚拉重力式挡土墙设计与施工技术标准

1 范围

本标准规定了锚拉重力式挡土墙的设计、施工和质量验收标准。除本标准已有规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

本标准适用于新建和改扩建公路的锚拉重力式挡土墙的设计与施工。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

- JTG D30 公路路基设计规范
- JTG F10 公路路基施工技术规范
- DL/T 5083 水电水利工程预应力锚索施工规范
- JTG/T F50 公路桥涵施工技术规范
- JGJ/T 98 砌筑砂浆配合比设计规程
- GB 50003 砌体结构设计规范
- GB 50010 混凝土结构设计规范
- JGJ 85 预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程
- JTG 054 公路工程石料试验规程
- JTG D61 公路圬工桥涵设计规范
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准
- GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范
- DB 33/T 904 公路软土地基路堤设计施工技术规范
- JTG D62 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
- JTG/T F83-01 高速公路护栏安全性能评价标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

锚拉重力式挡土墙 gravity retaining wall with anchor

一种重力式挡土墙，由墙身、锚杆、及锚杆外的水泥砂浆注浆体构成的复合挡土结构。

3.2

预应力锚杆 prestressing anchor

能将张拉力传递到稳定的或适宜的岩土体中的一种受拉杆件（体系），一般由锚头、杆体自由段、杆体锚固段组成。

3.3

砌筑砂浆 masonry mortar

由水泥、砂、水以及根据需要掺入的掺和料和外加剂等组分，按一定比例，采用机械拌和制成，专门用于砌筑砌块的砂浆。

4 基本原则和要求

- 4.1 在锚拉重力式挡土墙设计与施工中应贯彻执行国家的技术经济政策，按照安全、经济、耐久的原则，精细设计，精心实施，精准控制。
- 4.2 锚拉重力式挡土墙适用于地基承载力较高、石料较丰富、路基填筑材料较好的地段。对节约用地和节省建筑石材要求较高的路段，需减少拆迁、保护生态环境的路段，为保护重要建筑物和其他需要特殊保护的构筑物的路段宜采用锚拉重力式挡土墙。
- 4.3 应根据工程环境水文地质条件、荷载作用效应的特征、工后位移及变形要求、防腐耐久性要求，按照动态设计理念及便于后期养护的要求进行设计。
- 4.4 施工前应对工程环境、地质条件进行详细核查，制定与设计要求相对应的施工方案，并经专家进行专项论证，施工工艺参数一般应通过试验段确定。
- 4.5 施工时应加强对砂浆、锚杆(索)、石材、路基填料等施工材料的质量检测工作，强化锚杆构造部位的质量管控。应充分分析安全风险因素，制定周密的监测方案，监测数据可作为设计和施工优化的依据。
- 4.6 竣工后应按照《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1）的规定进行工程质量评定。

5 地质勘测与环境调查

- 5.1 挡土墙工程的地质勘测应与公路地基勘测同步进行，也可在公路地基勘测后，根据挡土墙设计需要进行补充勘测。
- 5.2 挡土墙工程地质勘测前，应确定勘测深度及勘测范围，并编写岩土工程勘察计划书。
- 5.3 地质勘测与环境调查的内容应包括：
- a) 挡土墙路段的地形地貌特征和自然稳定状况；
 - b) 地下水的类型、分布、水质及其对边坡稳定的影响；
 - c) 地基的地层结构、岩土类型、地基承载力及其物理力学性质；
 - d) 填筑材料的来源、表观特征和物理力学性质；
 - e) 挡土墙周围地上建筑物或构筑物的分布情况；
 - f) 挡土墙周边 2~3 倍挡土墙埋深范围内的管线系统的分布、走向、材质、类型及承载能力要求等。
- 5.4 挡土墙工程的承重部位，应采用挖探、钻探进行勘探。同一地质条件范围内，纵向勘探点的数量每 50m 不得少于 1 个，不足 50m 按 50m 计算。地质条件变化较大时，宜结合物探进行综合勘探，勘探深度应达持力层以下的稳定地层中不小于 3m。
- 5.5 挡土墙承重部位下部可能存在滑动面时，需对其影响区范围内进行挖探。

6 锚拉重力式挡土墙设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 锚拉重力式挡土墙由重力式墙身、基础及锚固系统组合而成。锚固系统由锚杆、锚具、（锚定板）、连接件及锚杆外注浆体等组成。
- 6.1.2 锚拉重力式挡土墙分为预应力式和非预应力式两种类型，非预应力式按工法又可分为施工后锚固和施工中锚固。
- 6.1.3 锚拉重力式挡土墙的设计应综合考虑工程地质、荷载作用情况、环境条件、施工条件和工程造价等因素。
- 6.1.4 锚拉重力式挡土墙设计应包括基础及墙身的断面尺寸设计、锚拉系统的构造及防腐设计，挡土墙稳定性、锚拉力等计算。
- 6.1.5 设计中应考虑挡土墙对环境的影响，确定必要的环境保护方案和植物措施。

6.1.6 挡土墙的设计计算应参照现行《公路路基设计规范》（JTG D30）、《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》（GB 50086）的相关规定执行，并根据不同类型锚拉重力式挡土墙的现场试验情况，进行动态设计。

6.1.7 路肩式挡土墙的顶面宽度不应占据硬路肩、行车道及路缘带的路基宽度范围，并应设置护栏。护栏设计应符合《高速公路护栏安全性能评价标准》（JTG/T F83-01）的有关规定。

6.2 一般构造

6.2.1 应按照有关规定在墙面设置泄水孔及墙背反滤和排水构造，墙身沉降缝及伸缩缝距离锚杆的间距不小于 0.5 倍锚杆横向设置间距。

6.2.2 锚拉重力式挡土墙锚杆按一层或多层布设，两层布设时采用方形或三角形，三层及以上时采用梅花形布设。

6.2.3 锚拉重力式挡土墙锚头可采用锚墩、框架梁、钢板等形式。锚固段均采用现浇式设置，非预应力锚拉重力式挡土墙墙体部分设置套管，预应力锚拉重力式挡土墙墙体及自由段设置套管。连接件采用螺栓连接、焊接或法兰盘方式连接。

6.2.4 锚拉重力式挡土墙按墙背常用线型一般分为锚拉垂直式、锚拉俯斜式，如图 1 所示。

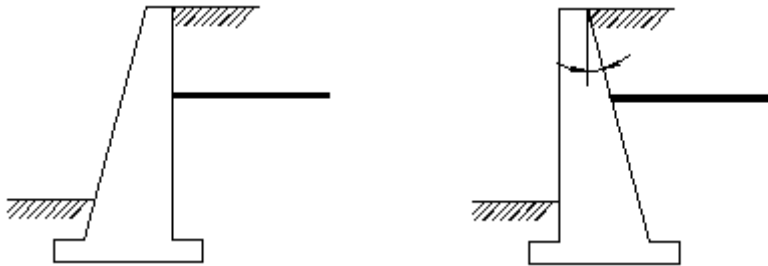
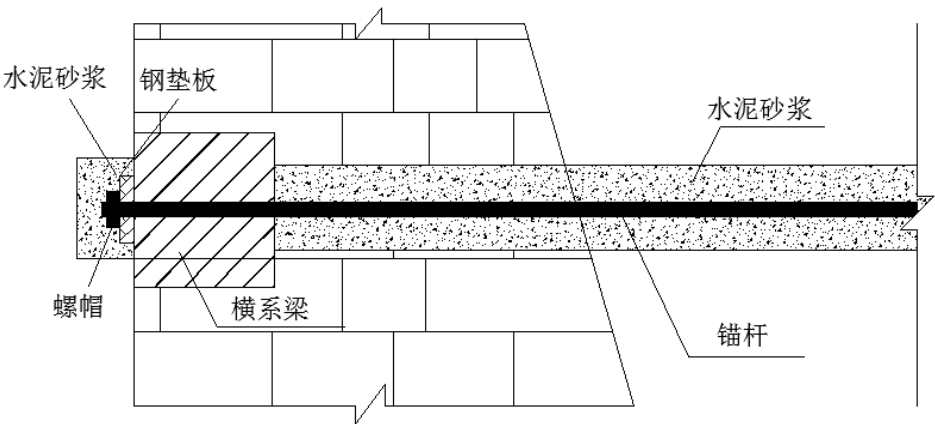


图1 锚拉重力式挡土墙墙背线型

6.2.5 锚拉重力式挡土墙根据锚头所在位置可分为显式和隐式两种类型。如图 2 所示。



a) 显式

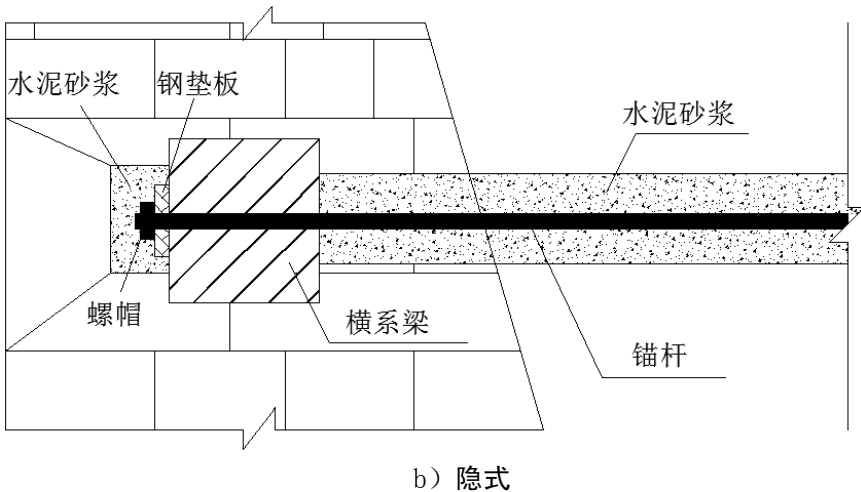


图2 显式与隐式锚拉重力式挡土墙

6.2.6 锚杆（索）采用油脂、PVC 管等防腐方式处理，水泥砂浆保护层厚度不应小于 20mm。

6.3 设计计算

6.3.1 设计内容

锚拉重力式挡土墙设计计算的内容应包括：

- a) 挡土墙墙背、墙面所受土压力；
- b) 挡土墙地基应具有的最小承载力；
- c) 挡土墙墙身与基础的截面尺寸；
- d) 挡土墙墙面、墙背的倾角；
- e) 挡土墙抗滑动、抗倾覆稳定性的验算；
- f) 锚杆的尺寸、位置、布置方式及其与挡土墙的连接方式；
- g) 锚杆拉力的计算。

6.3.2 设计方法

锚拉重力式挡土墙设计方法：

- a) 根据挡土墙周围地形和环境条件或者节约土地的要求，确定挡土墙的设置位置和断面形式。
- b) 根据对挡土墙稳定性初步计算后，确定锚拉重力式挡土墙形式及锚杆的施加方式。
- c) 施工后锚固的非预应力式挡土墙土压力计算可采用《公路路基设计规范》（JTG D30）的规定；对预应力锚拉重力式挡土墙和施工中锚固的非预应力式挡土墙应采用数值模拟或模型试验，确定计算墙背的土压力和锚杆抗拔力。
- d) 细化基础及墙身设计参数，优化锚杆的直径、数量和具体布置位置。
- e) 挡土墙水平位移 $\Delta h / H$ 应小于 0.3~0.7%，基础的稳定系数不应小于表 2 的规定。

荷载组合方式

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荷载组合
II	组合 I 与基本可变荷载相组合
III	组合 II 与其他可变荷载相组合

抗滑动和抗倾覆的稳定系数

荷载情况	验算项目	稳定系数	
荷载组合 I、II	抗滑动	K_C	1.4
	抗倾覆	K_0	1.7
荷载组合 III	抗滑动	K_C	1.4
	抗倾覆	K_0	1.4
施工阶段验算	抗滑动	K_C	1.3
	抗倾覆	K_0	1.3

墙身稳定性系数不低于1.0，加锚杆后应达到本表要求。

- f) 锚拉重力式挡土墙的墙身材料强度可按现行《公路圬工桥涵设计规范》（JTG D61）的规定采用，应进行墙身的剪应力验算。
- g) 锚杆、锚索安全系数应满足表 3 的要求。

锚杆、锚索安全系数

锚拉重力式挡土墙类型		安全系数	
		锚杆	锚索
预应力式		2.4	2.5
非预应力式	施工中锚固	2.2	2.3
	施工后锚固	2.1	2.2

6.3.3 设计算例

锚拉重力式挡土墙详细的设计计算方法参见附录A。

6.3.4 设计要点

- 6.3.4.1 挡土墙宜采用明挖基础。基底建筑在大于 5%纵向斜坡上的挡土墙，基底应设计为台阶式。
- 6.3.4.2 基础的埋置深度应按照《公路路基设计规范》（JTG D30）进行设计。
- 6.3.4.3 应根据墙趾地形情况、墙身受力情况及经济比较，合理选择挡土墙的墙背坡度，墙背坡度一般取值为 1:0~1:0.4，台阶式一般不超过三级。墙面坡度应与墙背坡度相配合。
- 6.3.4.4 墙顶宽度应按照《公路路基设计规范》（JTG D30）进行设计。
- 6.3.4.5 锚杆宜设置 0.5~0.6 倍墙高范围内，锚杆纵横向布置间距应根据挡土墙受力情况进行确定，锚杆最小间距为 1.5m，锚索最小间距为 2m。
- 6.3.4.6 挡土墙墙背内锚杆长度不宜小于 5m，锚索不宜小于 8m（对于预应力式挡土墙，锚固段不宜小于 2m）。单根锚杆拉力不应超过锚杆强度的 75%，锚索拉力不应超过锚索强度的 60%。
- 6.3.4.7 锚杆宜水平设置，与水平夹角不应大于 5 度。
- 6.3.4.8 锚头采用框架梁形式时，截面宽度不得小于 0.30m，梁的设计宜分单元进行。梁内弯矩、剪力按框架梁或连续梁计算，梁结构应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》（GB 50010）计算。梁内主筋应分单元配置通长钢筋，混凝土强度不宜低于 C30。

锚头采用锚墩形式时，锚墩截面形式一般为方形或圆形，其截面尺寸和配筋应根据锚拉力大小、墙体承载要求计算确定。锚墩截面厚度不得小于0.30m，混凝土强度不宜低于C30。

- 锚头采用钢垫板形式时，钢垫板面积应根据锚拉力的大小及锚下墙体的局部承压强度计算确定，锚垫板的厚度不宜小于10mm。若采用混凝土保护，其厚度不得小于5cm。
- 6.3.4.9 挡土墙墙背内注浆体应现场支模浇筑，其截面尺寸应根据锚固力大小设计，一般不宜小于30cm。墙体内及预应力自由段应进行防腐处置。
- 6.3.4.10 锚拉重力式挡土墙内部应设横系梁，并应根据横系梁受力情况配筋，横系梁可预制或现场浇筑，预制时，横系梁应预留锚孔，锚杆与横系梁锚孔间的空隙应注浆处理。
- 6.3.4.11 墙体的锚杆或锚索在墙体采用预先设置的方式，锚杆通过焊接、螺栓、法兰盘进行连接，锚索预留足够的设计长度。
- 6.3.4.12 宜在墙面均匀布设 10%的锚杆（索）补设孔，墙体内按锚杆设计长度通长布设内径为 10～15cmPVC 管。补设注浆宜采用分层多次的注浆方式。
- 6.3.4.13 实际工程中，应选取试验段进行锚杆轴力和挡土墙变形情况的监测，可根据监测数据适当增加锚杆长度或设置锚定板。
- 6.3.4.14 应根据墙背渗水量的大小合理设计泄水孔或泄水管的尺寸与布置方式，并完善相应的防排水系统。泄水孔沿墙高和墙长设置，间距宜为 2～3m。
- 6.3.4.15 应结合墙趾实际地形、水文、地质变化情况及锚杆（索）布设设计沉降缝和伸缩缝，挡土墙每分段宜为 10～15m，相邻段高差不宜超过 1.2m，沉降缝和伸缩缝可合并设置，缝宽宜为 10～20mm。
- 6.3.4.16 挡土墙墙背填料宜采用渗水性强的砂性土、砂砾、碎（砾）石、粉煤灰等材料，严禁采用淤泥、腐殖土、膨胀土，不宜采用粘土作为填料。在季节性冻土地区，不应采用冻胀性材料做填料。
- 6.3.4.17 角石和顶石应根据挡土墙设计高度、现场基础顶面标高、砌缝宽度进行单独设计，最小顶石厚度不应小于块石厚度的 50%，最小角石长度不应小于块石长度的 50%。
- 6.3.4.18 挡土墙可采用锥坡与路堤连接，墙端伸入路堤内长度不应小于 0.75m，锥坡坡率宜与路堤边坡一致，并宜采用植草防护措施。

7 材料

7.1 墙身及其附属结构所用材料强度等级应符合表 4 的规定。

墙身及附属构造物所用材料最低强度等级表

墙身材料	材料最低强度等级		适用条件
	水泥砂浆	石料	
块石	M15	MU40	预应力锚拉重力式挡土墙
	M10	MU30	施工后锚固锚拉重力式挡土墙
	M15	MU30	施工中锚固锚拉重力式挡土墙
	M15	MU40	浸水挡土墙的浸水部分，急流槽，冲刷防护，严寒地区的截水沟

- 7.2 砂浆材料中水泥宜使用普通硅酸盐水泥，不得使用高铝水泥。
- 7.3 石料强度的测定应按现行《公路工程石料试验规程》（JTJ 054）执行。
- 7.4 非预应力锚拉重力式挡土墙锚杆体可使用精轧螺纹钢，预应力锚拉重力式挡土墙锚杆（索）体宜选用钢绞线或高强螺纹钢筋，锚杆（索）原材料性能应符合国家现行标准的有关规定。

7.5 预应力锚拉重力式挡土墙中预应力筋用锚具、夹具和连接器的性能均应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》（JGJ 85）的规定。

7.6 应优先选择渗水性良好的砂土、碎（砾）石土作为路基填料。

8 锚拉重力式挡土墙施工

8.1 一般规定

8.1.1 应根据对设计文件核对后的工程量、工地特点、工期要求和施工条件，结合实际设备能力，并进行现场试验段及对监测数据分析总结后，编制实施性施工组织设计。

8.1.2 锚拉重力式挡土墙施工时应加强监测，并进行动态施工。

8.1.3 在岩体破碎、土质松软或易汇水地段修建挡土墙，宜避开雨季施工。

8.1.4 锚拉重力式挡土墙的施工，除应符合本规范外，还应符合国家现行的有关标准和规范。

8.2 试验段实施

8.2.1 在具有代表性的路段实施试验段，试验段长度不宜小于 20m。

8.2.2 编制试验段实施方案，试验段施工前需进行专门的技术交底。

8.2.3 试验段实施过程中，应加强现场的监测和巡视，建立施工方案定期协商机制。

8.2.4 对于试验段监测数据进行分析后，完善施工图设计，并据此编制施工组织设计，组织专家专项论证后，进行常规施工。

8.3 施工要点

8.3.1 挡土墙施工前，应做好截、排水及防渗设施。

8.3.2 基坑的开挖尺寸应满足基础施工的要求，基坑底的平面尺寸宜大于基础外缘 0.5~1.0m。

8.3.3 挡土墙墙身采用片（块）石平砌砌筑。块石墙身要分层错缝砌筑。块石的镶面石应一丁一顺排列，灰缝宽度应为 20~30mm，上下层竖缝错开距离应不小于 80mm。

8.3.4 砌出地面后，基坑应及时分层回填夯实，并在回填土表面设 3%的向外斜坡，防止积水渗入基底。

8.3.5 根据砌出地面后剩余墙高进行层次配料，加工顶石和角石，每层石料高度应齐平。

8.3.6 墙体施工时，应按照设计要求正确布置锚杆（索）通道、锚杆预埋件或锚索、泄水孔（管）等预埋构件，并按储备锚杆（索）的设计规定沿墙身内通长布设 PVC 管。

8.3.7 应根据设计图的分段长度进行沉降缝和伸缩缝的施工，沉降缝、伸缩缝的缝宽，应整齐一致，上下贯通，缝中防水材料应按相关标准的要求施工。

8.3.8 当砌筑墙身达到锚杆设计高度时，应按设计要求设置横系梁、锚墩或锚垫板等构造。现浇混凝土达到设计强度的 75%时，方可砌筑上部墙体。

8.3.9 当墙身达到设计强度时，方可进行墙背填料施工。

8.3.10 距挡土墙墙背 1.5m 范围内不允许用重型振动压路机压实，应采用小型压实机进行压实处理或人工夯实。

8.3.11 当路基填土达到锚杆设计高度以上 30cm 时，应按设计要求尺寸反开挖路基。按设计长度布设锚杆，锚杆与挡土墙墙身内预留部分通过焊接、螺栓或法兰盘等方式进行连接；将预留设计长度的锚索予以顺直，并按设计位置就位，并在自由段范围内设置保护套管。

8.3.12 锚杆（索）外水泥砂浆的浇筑宜按以下顺序进行：

- a) 清理沟槽，保证沟槽底部水平，用垫块把锚杆（索）架起，宜使锚杆（索）位于注浆体设计截面的中心位置，并保证锚杆（索）水平。

- b) 进行水泥砂浆浇筑, 锚杆全长进行浇筑, 锚索浇筑锚固端。浇筑完成之后按规定进行养护, 当达到设计强度的 75%后, 进行下一层填土施工。

8.3.13 非预应力施工后锚固的锚拉重力式挡土墙在路基填筑完成后予以张拉锁定; 施工中锚固的锚拉重力式挡土墙, 在锚固端砂浆到达设计强度后予以张拉锁定。

8.3.14 预应力锚拉重力式挡土墙在锚固端砂浆达到设计强度并根据设计要求填筑相应路基厚度后, 进行张拉锚固。待路基填筑完成后, 对全部锚拉杆(索)锚拉力按设计和监测数据进行调整并锁定。

8.3.15 预应力锚拉重力式挡土墙锚杆(索)张拉、锁定和防腐应符合《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB50086)的要求。

8.3.16 防、排水设施应与墙体、路基施工同步进行, 同时完成。

8.4 监测及维护

8.4.1 锚拉重力式挡土墙在施工过程中及运营期应编制监测方案, 对挡土墙的竖向及侧向变形、锚杆拉力、墙身土压力等进行监测。

8.4.2 试验段应选取 3~5 个断面的锚杆安装轴力计, 沿挡土墙墙身与基底布设土压力传感器, 监测施工过程中锚杆轴力及墙身与基底土压力的变化。监测频率为: 施工期每天不少于 3 次。

8.4.3 正式施工时墙身变形和位移每 10~20m 不应少于 1 个监测断面, 锚杆拉力和墙身土压力每 50m 不少于 1 个监测断面。施工期每天监测不少于 2 次, 运营期每月监测不少于 1 次。

8.4.4 监测数据应及时进行整理和分析, 并上报建设管理运营单位。

8.4.5 当挡土墙顶部水平位移超过 20mm 或者水平位移变化速率大于 4mm/d 时, 应及时上报并加强监测。

9 质量管理与检查验收

9.1 一般规定

9.1.1 挡土墙施工现场质量管理应有相应的施工技术标准、健全的质量管理体系、施工质量控制和质量检验制度。

9.1.2 施工期监测报告的内容主要包括: 部位、项目、方法、仪器型号、规格和标定资料。

9.1.3 锚拉重力式挡土墙施工过程及竣工后, 应按设计要求和质量合格条件分步分项进行质量检验和验收试验。

9.1.4 工程施工中对检验出不合格的锚杆或其它材料应根据不同情况分别采取增补或更换方法处治。

9.2 基本要求

9.2.1 所有原材料的质量和规格应符合本标准及有关规范的要求, 进场时应认真检查并做好记录。

9.2.2 施工前应根据规范要求对所用石料、钢筋、锚具、水泥砂浆的性能进行试验, 依据试验结果编制试验报告并由相关人员签字、单位盖章、归档保存。

9.2.3 石料的强度、规格和质量应符合有关规范和设计要求。

9.2.4 砂浆所用的水泥、砂、水的质量应符合有关规范的要求, 按规定的配合比施工。

9.2.5 地基承载力必须满足设计要求, 基础埋置深度应满足施工规范要求。

9.2.6 砌筑应分层错缝, 坐浆挤紧, 嵌填饱满密实, 不得有空洞。

9.2.7 锚杆(索)的质量、规格和数量必须满足设计和有关规范的要求。

9.2.8 沉降缝、泄水孔、反滤层的设置位置、质量和数量应符合设计要求。

9.3 实测项目

9.3.1 锚拉重力式挡土墙实测项目的施工质量应符合表 5~6 的规定。

锚拉重力式挡土墙施工质量标准

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工作台面2组试件
2	平面位置 (mm)		50	经纬仪: 每20m检查墙顶外边线5点
3	顶面高程 (mm)		±20	水准仪: 每10m检查2点
4	竖直度或坡度 (%)		0.5	吊垂线: 每20m检查4点
5	断面尺寸		不小于设计	尺量: 每20m量4个断面
6	底面高程 (mm)		±50	水准仪: 每20m检查2点
7	表面平整度 (mm)	块石	20	2m直尺: 每20m检查5处, 每处检查竖直和墙长两个方向
8	混凝土强度		不小于设计强度	每1工作台面2组试件

锚杆 (索) 施工质量标准

序号	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	锚杆 (索) 长度 (mm)	±50	尺量: 每20m检查5根
2	锚杆 (索) 间距 (mm)	±20	尺量: 每20m检查5根
3	锚杆 (索) 与墙体连接	符合设计要求	目测: 每20m检查5处
4	锚杆 (索) 防护	符合设计要求	目测: 每20m检查10处
5	锚杆 (索) 锚拉力	封锚前: 预应力损失不低于20%	根据锚杆 (索) 测力计测试
6	锚墩、锚垫板尺寸	符合设计要求	尺量: 检测数量20%

9.4 外观鉴定

9.4.1 砌体表面平整, 砌缝完好、无开裂现象, 勾缝平顺、无脱落现象。

9.4.2 锚墩、横隔梁表面密实, 无开裂现象。锚垫板防腐措施完好。

9.4.3 泄水孔坡度向外, 无堵塞现象。不符合要求时必须进行处理。

9.4.4 沉降缝整齐垂直, 上下贯通。不符合要求时必须进行处理。

9.5 检查验收

按《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80/1) 执行。

附 录 A
锚拉重力式挡土墙设计算例

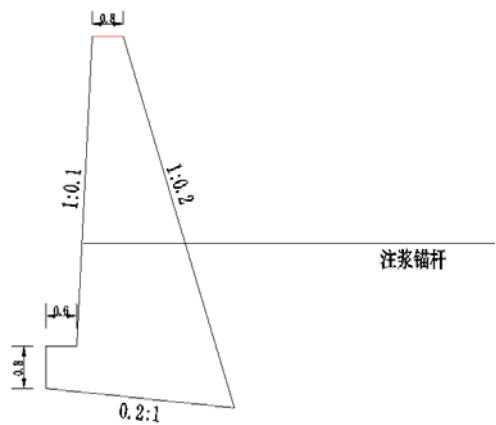


图 A. 1 锚拉重力式挡土墙示意图

不施加锚杆时，按传统的重力式挡土墙进行设计，运用理正挡土墙设计软件计算，挡土墙墙高为 6.5m，根据经验初步确定挡土墙的断面尺寸，取墙顶宽度为 1m，面坡倾斜坡度 1:0.100，背坡倾斜坡度 1:0.200，采用 1 个扩展墙趾台阶，墙趾台阶 0.600m，墙趾台阶 0.800m，墙趾台阶与墙面坡坡度相同，墙底倾斜坡率 0.200:1。

物理参数：

圬工砌体容重：23.000kN/m³

圬工之间摩擦系数：0.400

地基土摩擦系数：0.500

墙身砌体容许压应力：2100.000kPa

墙身砌体容许剪应力：110.000kPa

墙身砌体容许拉应力：150.000kPa

墙身砌体容许弯曲拉应力：280.000kPa

墙后填土内摩擦角：24.000 度

墙后填土粘聚力：0.000kPa

墙后填土容重：18.000kN/m³

墙背与墙后填土摩擦角：17.500 度

地基土容重：8.000kN/m³

墙底摩擦系数：0.400

地基土内摩擦角：30.000 度

土压力计算

第 1 破裂角：36.800 度

$E_a=325.532\text{kN}$ ， $E_x=285.238\text{kN}$ ， $E_y=156.876\text{kN}$ ，作用点高度 $Z_y=2.686\text{m}$

因为俯斜墙背，需判断第二破裂面是否存在，计算后发现第二破裂面不存在

墙身截面积=14.630m²，重量=336.496 kN

滑动稳定性验算

基底摩擦系数=0.400

采用倾斜基底增强抗滑动稳定性,计算过程如下：

基底倾斜角度=11.310 度

$W_n=329.961\text{kN}$, $E_n=209.769\text{kN}$, $W_t=65.992\text{kN}$, $E_t=248.933\text{kN}$

滑移力=182.941kN, 抗滑力=215.892kN

滑移验算: $K_c=1.180$

我们假定墙身抗滑移稳定系数取 1.0, 故不满足要求, 应修改断面尺寸, 取顶宽 $b_1=0.8\text{m}$, 再进行上述验算。得墙体自重 $G=303.21\text{kN/m}$ 。

求得 $K_c=1.08$, $K_t=1.62$

滑动力 $F_1=220.4\text{kN}$, 挡墙墙体本身重力提供的抗滑力 $F_2=231.42\text{kN}$ 。

假设锚杆提供的拉力为 F , 得 $(F_2+F)/F_1 \geq 1.3$

得 $F \geq 55.1\text{kN}$

由锚杆截面面积: $\gamma_0 \gamma_{Q1} N_k \leq f_{sd} A_s / \gamma_R$

$$\text{锚杆有效锚固长度 } L_a \geq \frac{\gamma_p N_K}{\pi D \tau_i}$$

且 $L_a \geq 4m$.

得 $L_a = 4m$

破裂面倾角为 $45^\circ + \frac{\varphi}{2}$

得到自由端长度为 6.1m, 故锚杆长度为 10.1m。

(3) 倾覆稳定验算

求出自重 G 的重心距离墙趾 O 点距离 $X_0=1.88\text{m}$, 土压力水平分力的力臂 $H_f=2.3\text{m}$, 土压力垂直分力力臂 $X_f=1.46\text{m}$ 。

求得抗倾覆安全系数为 $K_t = (GX_0 + E_z X_f) / E_x H_f$

得 $K_t=1.87$

抗倾覆验算满足要求。

因此, 采用重力式挡土墙, 墙高 6.5m 时, 墙顶宽度为 0.8m。

Plaxis 计算模拟:

建立数值计算模型, 取挡土墙顶宽为 0.8m, 墙高为 6.5m, 设置一层锚杆, 锚杆长度为 10.1m, 模型如图 A.2 所示。

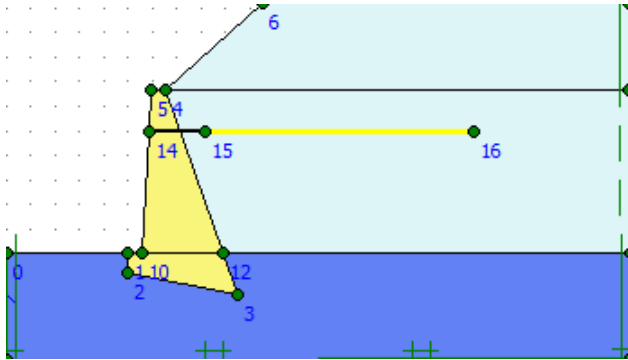


图 A.2 Plaxis 模型图

挡土墙采用弹性本构模型，土体采用摩尔-库伦弹塑性本构模型，挡土墙及土质参数见表 A.1 所示。

表 A. 1 挡土墙及土质参数表

名称	弹性模量 MPa	剪切模量	体积模量	泊松比	内摩擦角	粘聚力 Kpa	容重 KN/m ³
挡土墙	5650	—	—	0.23	—	—	19.5
路基填土	—	18.5	40	0.25	17	6	16.0
地基土	—	18.5	40	0.25	21	8	17.5

计算结果：

墙背设置锚杆及锚杆施加预应力时墙背土压力如图 A.3 所示。从图中可以看出，施加锚杆后挡土墙墙背土压力发生明显变化，在锚杆位置处出现峰值。在锚杆上施加预应力后，锚杆位置出的土压力增幅较明显，峰值变化范围约为 1m。

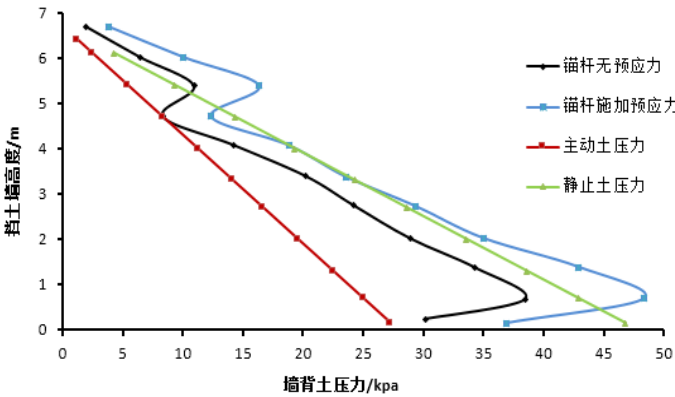


图 A. 3 锚拉重力式挡土墙墙背土压力分布图

图 A.4 为设置锚杆的挡土墙水平位移图。提取挡土墙上点的位移数据，得到设置锚杆时（无预应力）挡土墙最大位移为 42.16mm， $\Delta h/H=0.64\%$ ，锚杆加预应力时挡土墙最大位移为 20.58mm， $\Delta h/H=0.32\%$ ，均满足要求。锚杆的设置，能够减小挡土墙的侧向位移，预应力的施加，使得挡土墙的侧向位移减小的更为明显。

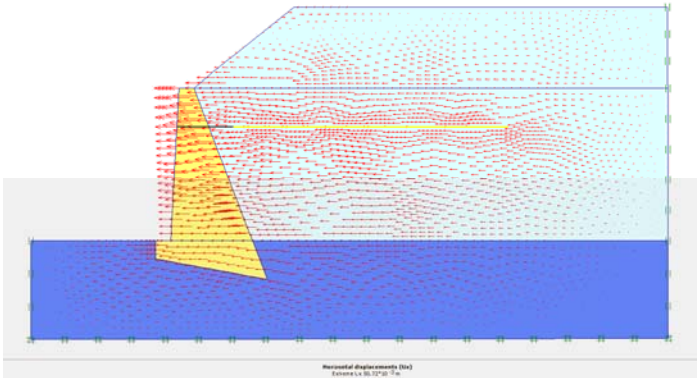


图 A. 4 水平位移图