

## 编写委员会

- |         |                  |
|---------|------------------|
| 主 编:黄钊鑫 | 重庆路威土木工程设计有限公司   |
| 周元辅     | 重庆交通大学           |
| 副主编:徐 伟 | 四川宏图都市建筑设计有限公司   |
| 黄 伟     | 核工业西南勘察设计研究院有限公司 |
| 参 编:索晓庆 | 重庆交通大学           |
| 王约斌     | 核工业西南勘察设计研究院有限公司 |
| 薛 果     | 核工业西南勘察设计研究院有限公司 |
| 何邹祥     | 四川宏图都市建筑设计有限公司   |
| 唐 凯     | 四川齐航交通勘察设计有限公司   |
| 王升堂     | 重庆路威土木工程设计有限公司   |
| 沈 为     | 湖南省建筑设计院有限公司     |

# 前言

近年来,随着国民经济的持续发展,公路、铁路、市政等基础设施建设投资持续增加,工程设计行业人员的专业基础、知识结构差异较大,设计经验、水平参差不齐。目前工程设计行业主要存在以下两个问题:一是设计单位的设计任务普遍偏重,且多数项目工期短,然而许多设计人员没有系统学习公路工程支挡结构设计理论,主要参考类似项目图纸完成设计;二是大多数小型设计单位人员配备不齐或者人才断层,岩土工程设计技术整体不强。公路路基支挡结构是公路工程的重要组成部分,其结构的安全性、经济合理性是公路工程建设成败的关键因素之一。

编者为提高从事支挡结构设计人员的相关理论与实践应用能力,策划和撰写了本书,希望能帮助读者掌握各种土压力计算方法,熟悉常用支挡结构设计的相关规范规定,正确使用理正岩土软件进行设计。

本书系统介绍了支挡结构设计中可能遇到的所有特殊边界条件和特殊场地条件的土压力计算理论;按照现行《公路路基设计规范》(JTG D30—2015)、《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3363—2019)、《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61—2005)及《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362—2018)等相关规范内容,对常用的多种支挡结构构造、适用条件和计算原理进行了详细介绍,并编写了相应工程案例。希望读者在参阅本书之后,能够丰富自己的理论知识,通过案例学习积累经验。

本书第1章由重庆交通大学索晓庆博士编写;第2章及第6章理论部分由重庆交通大学周元辅副教授编写;第3章由重庆路威土木工程设计有限公司黄钊鑫(曾用名黄长春)编写;第4章理论部分由核工业西南勘察设计研究院有限公司黄伟编写,案例部分由王约斌编写;第5章理论部分由四川宏图都市建筑设计有限公司徐伟编写,案例部分由何邹祥编写;第6章案例部分由核工业西南勘察设计研究院有限公司薛果编写;第7章理论部分由四川齐航交通勘察设计有限公司唐凯编写,案例部分由重庆路威土木工程设计有限公司王升堂编写;全

书由黄钊鑫与周元辅统稿,本书案例复核由湖南省建筑设计院有限公司沈为完成。

本书的出版得到大量行业单位和同行友人的支持,在此表示感谢。尤其感谢重庆交通大学王成教授对本书编写工作的指导和建议,以及重庆交通大学硕士研究生张丹锋和李明勇对部分书稿的校对工作。同时,感谢引用文献的作者及对本书提出意见和建议的读者。

由于作者水平有限,书中疏漏之处在所难免,恳请同行专家和读者批评指正。

编者  
2019年6月

# 本书使用建议

1. 对于有相关理论基础的读者,可直接参阅相关案例,相应操作界面上均有备注,如此可提高学习效率。

2. 对于理论基础薄弱(时间充足)的读者,可根据书中的内容编排进行学习。土压力计算是支挡工程设计的理论基础,每种结构的实用条件和计算模型是设计的核心,建议深入学习,加深理解,便于灵活运用。

3. 支挡结构设计都是基于一定的假设、简化基础上建立的计算模型,因此结构的安全、合理性取决于模型、边界(岩土界面、结构与岩土体的约束情况)及关键参数(岩土体抗剪强度参数  $c, \varphi$  值,地基承载力,基底摩擦系数  $\mu$ , 水平地基系数  $K$  值等)的合理性。因此,读者在支挡结构设计时,要结合项目现场情况,对勘察报告提供的岩土体参数进行复核,以确保项目的安全、经济、合理性。

编者

2019年6月

# 主要符号

|            |                          |
|------------|--------------------------|
| $H$        | 挡土墙高度(m)                 |
| $\alpha_0$ | 挡土墙基底倾斜角( $^\circ$ )     |
| $\alpha$   | 墙背与竖直面夹角( $^\circ$ )     |
| $\delta$   | 墙背摩擦角( $^\circ$ )        |
| $\beta$    | 填土上表面与水平面的倾角( $^\circ$ ) |
| $\theta$   | 破裂面与竖直面的夹角( $^\circ$ )   |
| $\theta_i$ | 第一破裂面角( $^\circ$ )       |
| $\alpha_i$ | 第二破裂面角( $^\circ$ )       |

|             |                                 |
|-------------|---------------------------------|
| $\mu$       | 基底与地基土的摩擦因数                     |
| $\varphi$   | 内摩擦角( $^\circ$ )                |
| $\varphi_D$ | 等效内摩擦角( $^\circ$ )              |
| $\varphi_0$ | 综合内摩擦角( $^\circ$ )              |
| $c$         | 黏聚力(kPa)                        |
| $\nu$       | 填土的泊松比                          |
| $\gamma$    | 填土的重度( $\text{kN}/\text{m}^3$ ) |
| $R$         | 填土的超固结比                         |

|            |              |
|------------|--------------|
| $E_0$      | 静止土压力(kN)    |
| $E_a$      | 主动土压力(kN)    |
| $E_p$      | 被动土压力(kN)    |
| $\sigma_z$ | 填土的自重应力(kPa) |
| $\sigma_x$ | 填土的水平应力(kPa) |
| $\sigma_0$ | 静止土压应力(kPa)  |
| $\sigma_a$ | 主动土压应力(kPa)  |
| $\sigma_p$ | 被动土压应力(kPa)  |
| $\sigma_1$ | 最大主应力(kPa)   |
| $\sigma_3$ | 最小主应力(kPa)   |

|            |                         |
|------------|-------------------------|
| $e_a$      | 倾斜表面对应的侧向土压力(kPa)       |
| $e'_a$     | 水平表面对应的侧向土压力(kPa)       |
| $K_0$      | 静止土压力系数                 |
| $K_a$      | 主动土压力系数                 |
| $K_p$      | 被动土压力系数                 |
| $z$        | 填土表面至某一点的深度(m)          |
| $h_c$      | 临界深度(m)                 |
| $Q_L$      | 线分布荷载标准值(kN/m)          |
| $W$        | 自重(kN)                  |
| $C_x$      | 地震综合影响系数                |
| $K_h$      | 水平地震力系数                 |
| $\theta_s$ | 地震角                     |
| $C_i$      | 抗震重要性修正系数               |
| $T$        | 滑体单位长度重力及其他外力引起的下滑力(kN) |
| $R$        | 滑体单位长度重力及其他外力引起的抗滑力(kN) |
| $L$        | 滑面长度                    |
| $G_b$      | 单位宽度竖向附加荷载(kN)          |
| $Q$        | 单位宽度水平荷载(kN)            |
| $E_h$      | 水平地震力                   |
| $h_w$      | 后缘陡倾裂隙充水高度(m)           |
| $F_s$      | 稳定安全系数                  |
| $\psi_i$   | 传递系数                    |
| $K_c$      | 抗滑稳定系数                  |
| $\sum N$   | 作用于基底的竖向力的代数和(kN)       |
| $W_0$      | 墙顶上的有效荷载(kN)            |
| $W_r$      | 墙背与第二破裂面之间的有效荷载(kN)     |
| $E_y$      | 墙背主动土压力的竖向分力(kN)        |
| $E_x$      | 墙背主动土压力的水平分力(kN)        |
| $E'_p$     | 墙前被动土压力水平分量的0.3倍(kN)    |
| $\Delta G$ | 基底与通过墙踵的地基水平面间的土楔重力(kN) |

|             |                                   |
|-------------|-----------------------------------|
| $\mu_n$     | 地基土的内摩擦因数                         |
| $e_p$       | 凸榫的被动土压力强度(kN/m)                  |
| $h_1$       | 基础凸榫的深度(m)                        |
| $b_2$       | 基础凸榫的宽度(m)                        |
| $\sum M_y$  | 稳定力矩之和                            |
| $\sum M_0$  | 倾覆力矩之和                            |
| $Z_G$       | 挡土墙自重对墙趾 $O$ 点的力臂(m)              |
| $Z_x$       | 墙背主动土压力的水平分力对墙趾 $O$ 点的力臂(m)       |
| $Z_y$       | 墙背主动土压力的竖向分力对墙趾 $O$ 点的力臂(m)       |
| $Z_p$       | 墙前被动土压力水平分量的 0.3 倍对墙趾 $O$ 点的力臂(m) |
| $\sum M$    | 各力对中性轴的力矩之和(kN·m)                 |
| $A$         | 基底面积(m <sup>2</sup> )             |
| $[f_a]$     | 修正后的地基承载力特征值(kPa)                 |
| $[f_{a_0}]$ | 地基承载力特征值(kPa)                     |

# 目 录

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 第 1 章 绪论           | 1   |
| 1.1 常用支挡结构类型及适用范围  | 1   |
| 1.2 常用支挡结构总体布置与构造  | 4   |
| 1.3 常用支挡结构设计原则     | 8   |
| 1.4 支挡结构建筑材料选用及其参数 | 9   |
| 第 2 章 土压力          | 12  |
| 2.1 土压力概述          | 12  |
| 2.2 朗金土压力计算        | 15  |
| 2.3 库仑土压力计算        | 24  |
| 2.4 特殊场地环境下土压力计算   | 36  |
| 2.5 滑坡推力计算及稳定性评价   | 39  |
| 2.6 荷载及荷载组合        | 49  |
| 第 3 章 重力式挡土墙       | 51  |
| 3.1 重力式挡土墙概述       | 51  |
| 3.2 重力式挡土墙构造       | 52  |
| 3.3 重力式挡土墙的设计      | 54  |
| 3.4 衡重式挡土墙的设计      | 71  |
| 3.5 浸水挡土墙的验算       | 72  |
| 3.6 抗震挡土墙的验算       | 74  |
| 案例 1 衡重式挡土墙设计案例    | 77  |
| 第 4 章 抗滑桩及桩板式挡土墙   | 105 |
| 4.1 抗滑桩概述          | 105 |
| 4.2 抗滑桩构造          | 109 |
| 4.3 抗滑桩的设计         | 110 |
| 4.4 桩板式挡土墙设计       | 122 |
| 4.5 抗滑挡土墙设计        | 124 |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 案例 2 抗滑桩设计案例 .....          | 127        |
| 案例 3 护壁设计案例 .....           | 140        |
| <b>第 5 章 薄壁式挡土墙 .....</b>   | <b>142</b> |
| 5.1 薄壁式挡土墙概述 .....          | 142        |
| 5.2 薄壁式挡土墙土压力计算 .....       | 143        |
| 5.3 悬臂式挡土墙设计 .....          | 145        |
| 5.4 扶壁式挡土墙设计 .....          | 161        |
| 案例 4 悬臂式挡土墙设计案例 .....       | 171        |
| 案例 5 扶壁式挡土墙设计案例 .....       | 180        |
| <b>第 6 章 锚杆(索)挡土墙 .....</b> | <b>190</b> |
| 6.1 锚杆(索)挡土墙概述 .....        | 190        |
| 6.2 锚杆(索)挡土墙的构造 .....       | 191        |
| 6.3 锚杆(索)挡土墙设计 .....        | 193        |
| 案例 6 肋柱锚杆挡土墙设计案例 .....      | 203        |
| <b>第 7 章 桩基托梁挡土墙 .....</b>  | <b>217</b> |
| 7.1 桩基托梁挡土墙概述 .....         | 217        |
| 7.2 桩基托梁挡土墙构造 .....         | 217        |
| 7.3 桩基托梁挡土墙设计 .....         | 220        |
| 案例 7 桩基托梁挡土墙设计案例 .....      | 228        |
| <b>参考文献 .....</b>           | <b>242</b> |

# 第 1 章

## 绪 论

### 1.1 常用支挡结构类型及适用范围

支挡结构是用来支承路基填土或山坡土体,防止填土或土体变形失稳的设施。支挡结构可用于稳定路堤和路堑边坡,减少土石方工程量和占地面积,防止水流冲刷路基,整治塌方、滑坡等路基病害。支挡结构主要包括各类挡土墙和抗滑桩。

#### 1.1.1 挡土墙的作用及分类

工程中挡土墙是最常用的支挡结构。当山区地面横坡过陡,常在下侧边坡或在靠山侧设置挡土墙。如果刷坡过多,不仅土石方工程数量大,而且破坏了天然植被,容易引起灾害,因此,应设置挡土墙以降低路堑高度。平原地区多为良田,为了节约用地,往往会在路基一侧或两侧设置挡土墙。在滨河地段或有其他建筑物时,修建挡土墙可以收回坡脚,以避免冲刷威胁或避开建筑物。当高路堤、深路堑土石方数量大,取、弃土困难时,也可设置挡土墙以减少土石方数量。因此,挡土墙的用途可简要归纳为:

- ①降低挖方边坡高度,减少挖方数量,避免山体失稳滑塌。
- ②收缩路堤坡脚,减少填方数量和占地面积,保证路堤稳定。
- ③避免沿河路基挤缩河床,防止水流冲刷路基。
- ④防止山坡覆盖层下滑和滑坡治理。

根据在路基横断面上的位置,挡土墙可分为路肩墙(图 1.1)、路堤墙及路堑墙(图 1.2)。当墙顶置于路肩时,称为路肩式挡土墙;如果挡土墙支撑路堤边坡,墙顶以上尚有一定的填土高度,则称为路堤式挡土墙,又称坡脚式挡土墙;如果挡土墙用于稳定路堑边坡,称为路堑式挡土墙。设置在山坡上用于防止山坡覆盖层下滑的挡土墙,称为山坡挡土墙。

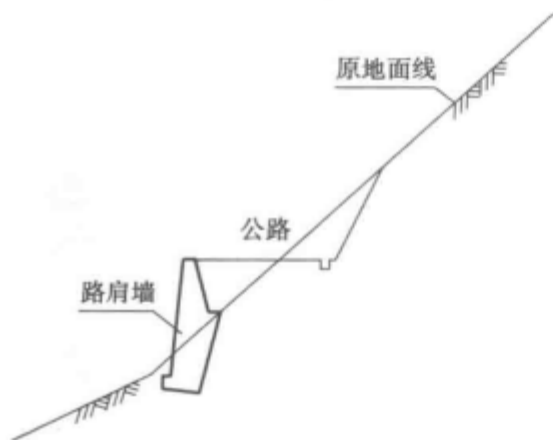


图 1.1 路肩墙示意图

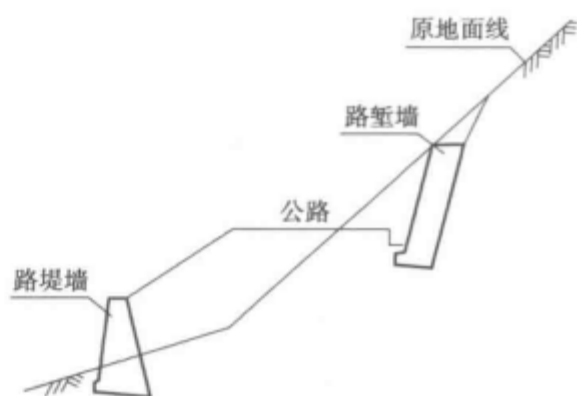


图 1.2 路堤墙及路堑墙示意图

根据所处环境和作用,挡土墙可分为一般地区挡土墙、浸水地区挡土墙、地震地区挡土墙和用于整治滑坡的抗滑挡土墙。

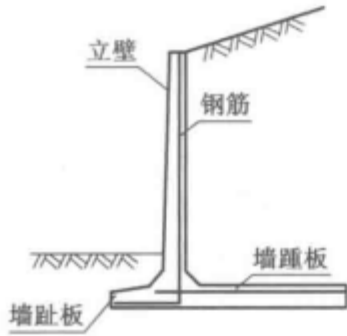
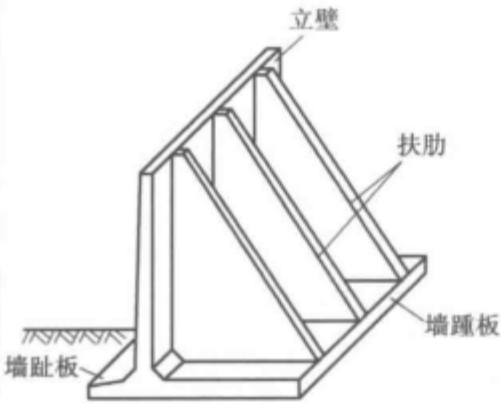
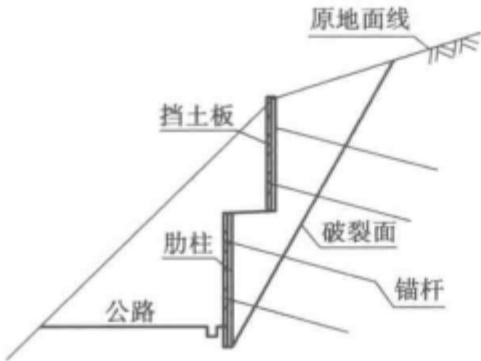
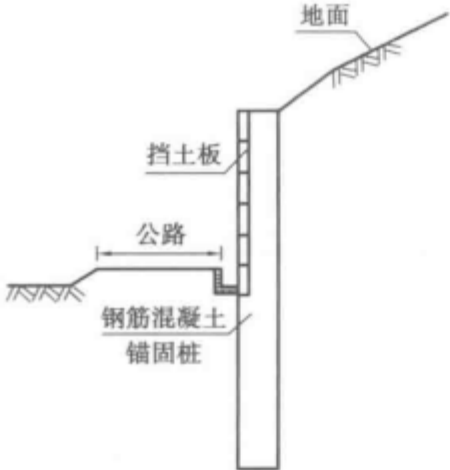
### 1.1.2 挡土墙的选型

挡土墙的结构形式很多,常见的挡土墙形式有重力式、衡重式、悬臂式、扶壁式、锚杆式、桩板式、抗滑桩及桩基托梁挡土墙等。各类挡土墙的适用范围取决于支挡处地形、工程地质、水文地质、建筑材料、墙的用途、施工方法、技术经济条件及当地的应用经验和习惯等因素。表 1.1 简要列出了各类常用挡土墙的结构形式、特点及适用范围。

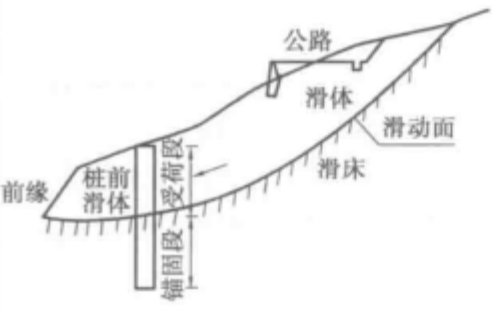
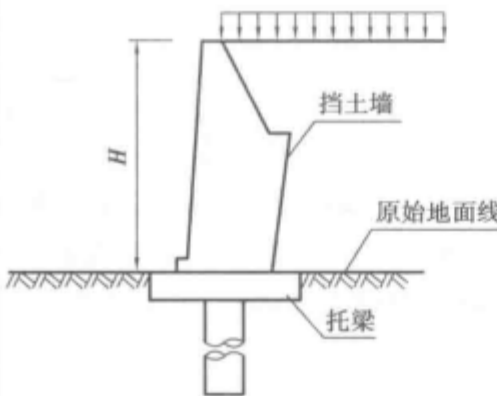
表 1.1 常用挡土墙的结构形式、特点及适用范围

| 类型  | 结构示意图 | 特点及适用范围                                                                                                                                                    |
|-----|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 重力式 |       | <p>重力式主要依靠墙身自重保持稳定。它取材容易,形式简单,施工简便,适用范围广。多用浆砌片(块)石,墙高不宜超过 12 m,墙高较低(<math>\leq 6</math> m)时也可用干砌,在缺乏石料的地区可用混凝土浇筑。其断面尺寸较大,墙身较重,对地基承载力的要求较高</p>              |
| 衡重式 |       | <p>上下墙背间有衡重台,利用衡重台上填土重力和墙身自重共同作用维持其稳定。其断面尺寸较重力式小,且因墙面陡直、下墙墙背仰斜,其稳定性好,可降低墙高和减少基础开挖量,但地基承载力要求较高。多用于地面横坡陡峻的路肩墙,也可作路堤墙或路堑墙。由于衡重台以上有较大的容纳空间,上墙墙背加缓冲层后,可拦截落石</p> |

续表

| 类型  | 结构示意图                                                                               | 特点及适用范围                                                                                                                                                           |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 悬臂式 |    | <p>钢筋混凝土结构由立壁(墙面板)、墙趾板和墙踵板组成,墙身稳定主要依靠墙踵板上的填土重力来保证。其断面尺寸较小,但墙较高时,立壁下部的弯矩大,钢筋与混凝土用量大,经济性差。它多用作墙高不大于5 m的填方地段,适用于缺乏石料的地区和承载能力较低的地基</p>                                |
| 扶壁式 |   | <p>钢筋混凝土结构由立壁(墙面板)、墙趾板、墙踵板和扶肋(扶壁)组成,即沿悬臂式挡土墙的墙长,每隔一定距离增设扶肋,把立壁与墙踵板连接起来。它适用于缺乏石料的地区和地基承载力较低的地段,墙较高(5 m &lt;math&gt;H \leq 15\text{ m}&lt;/math&gt;)时,比悬臂式挡土墙经济</p> |
| 锚杆式 |  | <p>锚杆式由锚杆和钢筋混凝土墙面组成。锚杆一端锚固在稳定的地层中,另一端与墙面连接,依靠锚杆与地层之间的锚固力(即锚杆抗拔力)承受土压力,维持挡土墙的平衡。土石方和圻工量都较少,施工安全,较为经济。它适用于墙高较大,缺乏石料的地区或无放坡条件的岩质挖方地段的路堑墙,对地基承载力要求不高,墙高时可分级修建</p>     |
| 桩板式 |  | <p>桩板式由钢筋混凝土锚固桩和挡土板组成。利用深埋的锚固段的锚固作用抵抗侧向土压力,从而维持挡土墙的稳定。它适用于岩质地基、土压力较大的地段,悬臂不宜大于15 m。开挖面小,施工较为安全</p>                                                                |

续表

| 类型     | 结构示意图                                                                              | 特点及适用范围                                                                                                                                                                                        |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 抗滑桩    |   | <p>抗滑桩(也称锚固桩)依靠埋于稳定滑床中桩与桩周岩土体的相互嵌制作用把滑坡推力传递到稳定地层,利用稳定地层的锚固作用和被动抗力,使滑坡得到稳定。抗滑桩是钢筋混凝土埋式侧向受力桩,被广泛应用于滑坡的整治。抗滑桩还可用于路基边坡加固,阻止填方沿基底滑动,加固既有构造物,如挡土墙及隧道防止开裂扩大等。由于抗滑桩利用桩周土体对桩的嵌制作用稳定土体,因而不宜在软塑体滑坡中应用</p> |
| 桩基托梁挡墙 |  | <p>桩基托梁挡土墙是挡土墙与桩基托梁的组合结构,主要用于地面横坡较陡且稳定性较差的松散覆盖土(深基坑开挖失稳风险大)、基岩埋藏较深(常规方法处理后,地基承载力仍然不满足设计要求)或与既有建筑结构基础紧邻基础无法开挖等地段</p>                                                                            |

挡土墙类型的选择应根据支挡填土或土体稳定的需要,结合荷载大小、基础埋置深度、地形地质条件、与既有建筑物平顺衔接、容许的不均匀沉降、可能的地震作用、墙壁的外观、环保的特殊要求、施工的难易和工程造价等,综合比较后确定。

## 1.2 常用支挡结构总体布置与构造

### 1.2.1 挡土墙布置

挡土墙布置是挡土墙设计的一个重要内容,通常在路基横断面图和墙趾纵断面图上进行。布置前,应现场核对路基横断面图,不满足要求时应补测,并测绘墙趾处的纵断面图,收集墙趾处的地质和水文等资料。挡土墙布置包括位置选定、纵向布置、横向布置以及平面布置等。

#### 1) 位置选定

路堑挡土墙大多设在边沟旁,山坡挡土墙应考虑设在基础可靠处。墙的高度应保证设墙后墙顶以上边坡或土体的稳定。

路肩挡土墙因能充分收缩坡脚,可大量减少填方和占地。当路肩墙与路堤墙的墙高或墙身断面圬工数量相近、基础情况相似时,应优先选用路肩墙,按路基宽度布置挡土墙位置。若路堤墙的高度或圬工数量比路肩墙显著降低,而且基础可靠时,宜选用路堤墙。必要时应作技术经济比较以确定挡土墙的位置。

沿河路堤设置挡土墙时,应结合河流的水文、地质情况以及河道工程来布置。注意:设墙后,仍应保持水流顺畅,以免挤压河道而引起局部冲刷。

## 2) 纵向布置

纵向布置在墙址纵断面图上进行,布置后绘制挡土墙立面图,如图 1.3 所示。

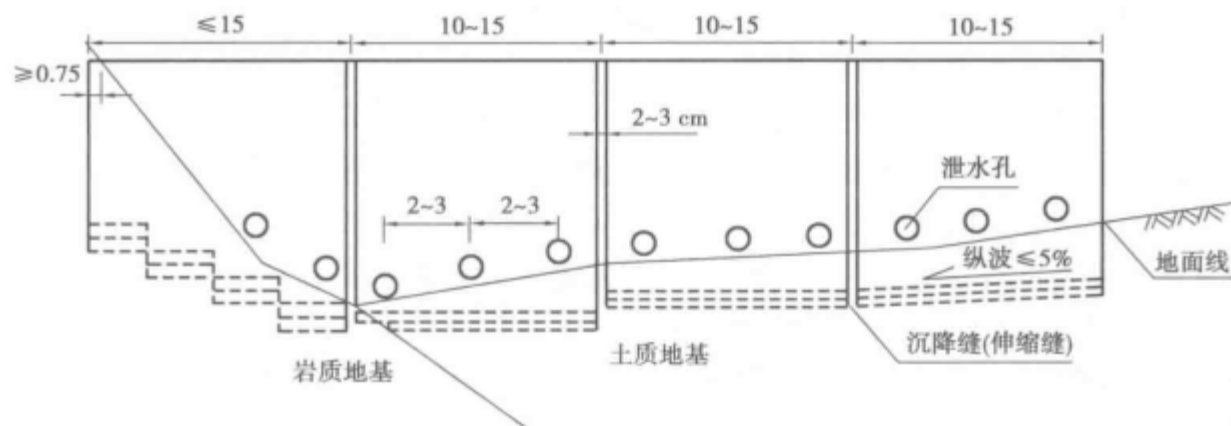


图 1.3 挡土墙纵向布置图(尺寸单位:m)

布置的内容包括:

①确定挡土墙的起讫点和墙长,选择挡土墙与路基或其他结构物的衔接方式。

按照《公路路基设计规范》(JTG D30—2015)第 5.4.4 条第 1 款要求:挡土墙与路堤之间可采用锥坡连接,墙端应伸入路堤内不小于 0.75 m;路堑挡土墙端部应嵌入路堑坡体内,其嵌入原地层的深度,土质地层不应小于 1.5 m,风化软质岩层不应小于 1.0 m,微风化岩层不应小于 0.5 m。

②按地基、地形及墙身断面变化情况进行分段,确定伸缩缝和沉降缝的位置。

③布置各段挡土墙的基础。墙趾地面有纵坡时,挡土墙的基底宜做成不大于 5% 的纵坡。但地基为岩质时,为减少开挖,可沿纵向做成台阶。台阶尺寸随纵坡大小而定,但其高宽比不宜大于 1:2。对于加筋土挡土墙,基底则不宜设置纵坡。

④布置泄水孔,包括数量、间隔和尺寸等。

此外,在布置图上应注明各特征断面的桩号、墙顶、基础顶面、基底、冲刷线、冰冻线、常水位或设计洪水位的高程等。

## 3) 横向布置

横向布置选择在墙高最大处、墙身断面或基础形式有变异处,及其他有桩号的横断面图上进行。根据墙型、墙高、地基及填土的物理力学指标等设计资料,确定墙身断面、基础形式和埋置深度,布置排水设施等,并绘制挡土墙横断面图。

## 4) 平面布置

对于个别复杂的挡土墙而言,如高、长的沿河挡土墙和曲线挡土墙,除了纵、横向布置外,还应作平面布置。绘制平面图,应标明挡土墙与路线的平面位置关系及附近地貌和地物等情况。特别是与挡土墙有干扰的建筑物的情况,沿河挡土墙还应绘出河道及水流方向、其他防护与加固工程等。

除此之外,还应编写简要说明,说明选用挡土墙方案的理由,选用挡土墙结构类型和设计参数的依据,对材料和施工的要求及注意事项,主要工程数量等。

### 1.2.2 防排水措施

挡土墙防排水的作用在于疏导墙后土体地下水和防止地表水下渗后积水,以免墙身承受额外的静水压力;减小季节性冰冻地区填料的冻胀压力。

挡土墙的防排水措施通常由地面防排水和墙身排水两部分组成。地面防排水主要防止地表水渗入墙后土体或地基,主要措施有:

- ①设置地面排水沟,截引地表水。
- ②夯实回填土顶面和地表松土,防止雨水和地表水下渗,必要时可设铺砌层。
- ③路堑挡土墙趾前的边沟应予以铺砌加固,以防边沟水渗入基础。

墙身排水主要是排除墙后积水,按照《公路路基设计规范》(JTG D30—2015)第5.4.4条第2款要求:墙身应设置倾向墙外且坡度不小于4%的排水孔,墙背应设置反滤层。排水孔的位置及数量应根据挡土墙墙背渗水情况合理布设,排水孔可采用管型材料,进水口应设置反滤层,并宜采用透水土工布。墙背反滤层宜采用透水性的砂砾、碎石,含泥量应小于5%,厚度不应小于0.50 m(图1.4)。

通常在墙身的适当高度处布置一排或数排泄水孔,如图1.4所示。泄水孔的尺寸可视泄水量大小分别采用5 cm×10 cm、10 cm×10 cm、15 cm×20 cm的矩形孔或直径为5~20 cm的圆孔。孔眼间距一般为2~3 m,干旱地区可予增大,多雨地区则可减小。对于浸水挡土墙孔眼间距则为1.0~1.5 m。孔眼应上下交错设置,最下一排泄水孔的出水口应高出地面30 cm;如为路堑挡土墙,应高出边沟水位30 cm;浸水挡土墙则应高出常水位30 cm。下排泄水孔进水口的底部,应铺设30 cm厚的黏土层,并夯实,以防水分渗入基础。泄水孔的进水口部分应设置反滤层,以防孔道淤塞。干砌挡土墙可不设泄水孔。

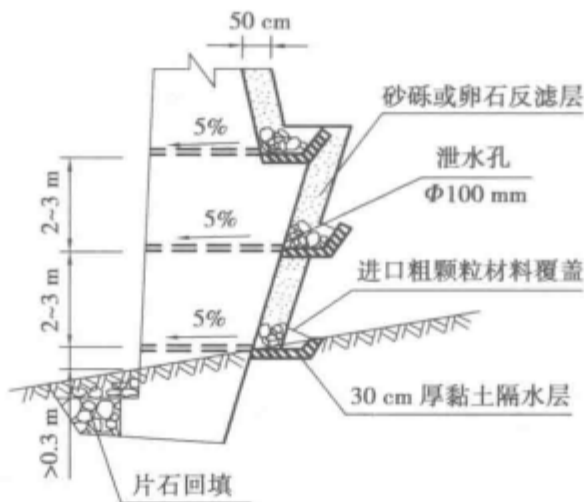


图 1.4 挡土墙泄水孔及反滤层布置图

需要在挡土墙上开孔设置涵洞时,应对挡土墙墙身及基础进行补强和防水处理,并采取有效措施,防止涵洞渗漏及保证填料排水顺畅。

### 1.2.3 变形缝

各类挡土墙应根据构造特点,设置容许构件收缩、膨胀及适应不均匀沉降的变形缝,变形缝包括沉降缝和伸缩缝。

按照《公路路基设计规范》(JTG D30—2015)第5.4.4条第3款要求:具有整体式墙面的挡土墙应设置伸缩缝和沉降缝。沿墙长度方向在墙身断面变化处、与其他构造物相接处应设置伸缩缝,在地形、地基变化处应设置沉降缝。伸缩缝和沉降缝可合并设置。

为避免因地基不均匀沉陷而引起墙身开裂,根据地地质、水文条件的变化和墙高、墙身断面的变化情况须设置沉降缝。在平曲线地段,挡土墙可按折线形布置,并在转折处以沉降缝断开。为防止圬工砌体因收缩硬化和温度变化而产生裂缝,应设置伸缩缝,与其他建筑连接处也需设置伸缩缝。一般将沉降缝和伸缩缝合并设置,沿路线方向每隔10~15 m设置一道,岩质地基也不宜超过20 m。缝宽2~3 cm,自墙顶贯通至基底,缝内宜采用沥青麻筋或沥青木板等具有弹性的材料堵塞,沿内、外、顶三侧填塞,填塞深度不宜小于15 cm。当挡土墙位于冻害不严重的地区,且墙后为岩质路堑或填石路堤时,也可不填塞,即设置空缝。

为防止墙身表面出现微小的开裂,钢筋混凝土挡土墙表面还应设置垂直的V形槽,如图1.5所示,间距不应大于10 m。当墙高较低,地基坚固时,可在前后墙面设置槽口缝,如图1.6所示。特别注意V形槽和槽口缝在钢筋构造上的区别,即设V形槽处钢筋不截断,而在设槽口缝处水平钢筋应截断。

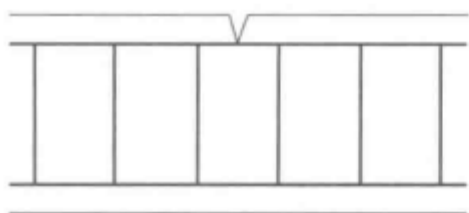


图1.5 V形槽

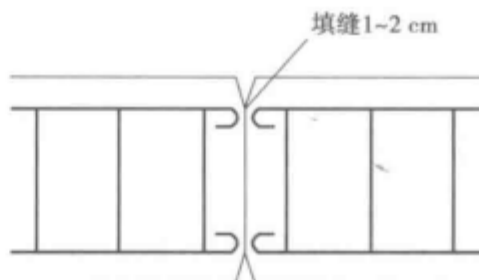


图1.6 槽口缝

#### 1.2.4 基础埋置深度

基础埋置深度应按地基的性质、承载力的要求、冻胀的影响、地形和水文地质条件等确定。挡土墙基础的埋置深度应符合《公路路基设计规范》(JTG D30—2015)第5.4.3条要求:

①基础最小埋置深度不应小于1.0 m。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。

②受水流冲刷时,应按路基设计洪水频率计算冲刷深度,基底应置于局部冲刷线以下不小于1.0 m。

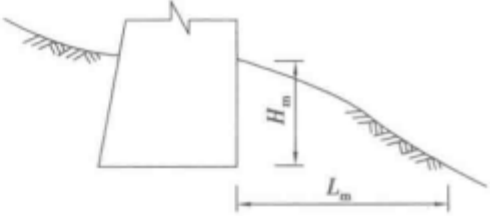
③当冻结深度小于或等于1.0 m时,基底应在冻结线以下不小于0.25 m,且最小埋置深度不小于1.0 m。冻结深度大于1.0 m时,基础最小埋置深度不应小于1.25 m,并应对基底至冻结线以下0.25 m深度范围的地基土采取措施,防止冻害。

④路堑挡土墙基底在路肩以下不应小于1.0 m,并低于边沟砌体底面不小于0.2 m。

⑤基础位于稳定斜坡地面上时,前趾埋入深度和距地表的水平距离满足《公路路基设计规范》(JTG D30—2015)表5.4.3(表1.2)的规定。位于纵向斜坡上的挡土墙,当基底纵坡大于5%时,基底应设计为台阶式。

表 1.2 斜坡地面基础埋置条件

| 土层类别 | 埋深 $H_m/m$  | 距地表水平距离 $L_m/m$ |
|------|-------------|-----------------|
| 硬质岩层 | 0.6         | 1.50            |
| 软质岩层 | 1.00        | 2.00            |
| 土层   | $\geq 1.00$ | 2.50            |



挡土墙采用倾斜基底是提高抗滑稳定性行之有效的措施,但当基底斜坡较大时,将增加墙身与基底土体一起滑动的可能,而且将影响地基承载能力。可按照《公路挡土墙设计与施工技术细则》表 5.1.4 控制,见表 1.3。

表 1.3 基底倾斜度

| 地层类型 |                         | 基底倾斜度 $\tan \alpha_0$ |
|------|-------------------------|-----------------------|
| 一般地基 | 岩质                      | $\leq 0.3$            |
|      | 土质                      | $\leq 0.2$            |
| 浸水地基 | $\mu < 0.5$             | 0.0                   |
|      | $0.5 \leq \mu \leq 0.6$ | $\leq 0.1$            |
|      | $\mu > 0.6$             | $\leq 0.2$            |

注: $\alpha_0$  为基底倾斜角( $^\circ$ ),为基底面与水平线的夹角; $\mu$  为基底与地基土的摩擦系数。

### 1.3 常用支挡结构设计原则

支挡结构应保证填土、边坡及构筑物本身的稳定,结构应具有足够的承载力和刚度,保证结构的安全正常使用。同时,在设计中还应做到技术先进、经济合理及方便施工。

为保证安全正常使用,支挡结构必须满足承载能力极限状态和正常使用极限状态的设计要求,对支挡结构应进行下列计算和验算:

#### 1) 承载能力极限状态的计算

支挡结构均应进行承载能力极限状态的计算,计算内容应包括:

①根据支挡结构形式及受力特点进行土体稳定性计算。稳定性验算通常应包括以下内容:

- 支挡结构的整体稳定验算,即保证结构不会沿墙底地基中某一滑动面产生整体滑动;
- 支挡结构抗倾覆稳定验算;
- 支挡结构抗滑移验算;
- 支护结构抗隆起稳定验算;
- 支挡结构抗渗流验算。