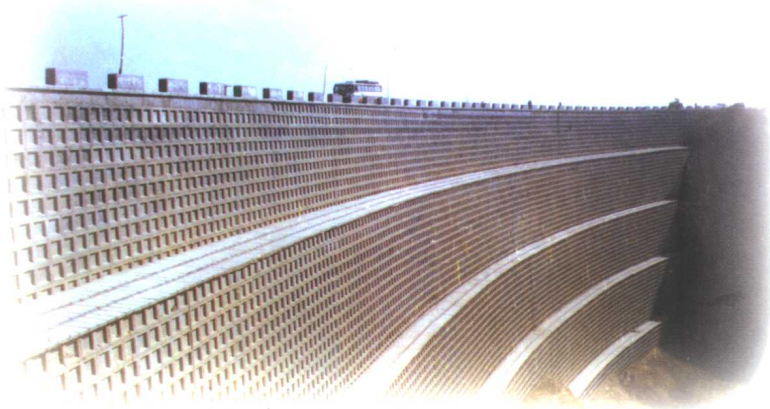


# 公路挡土墙设计

GONGLU DANGTUQIANG SHEJI

陈忠达 编著  
王秉纲 审



人民交通出版社

# 公路挡土墙设计

Gonglu Dangtuqiang Sheji

陈忠燕 编著

王秉纲 审

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书共分九章,第一章简要介绍挡土墙的基本概念和作用、挡土墙结构形式、特点及适用条件、设计基本资料及常用参数;第二章介绍土压力的基本概念及各种类型土压力的计算方法;第三章至第八章介绍各种挡土墙的基本原理与设计方法;第九章为抗滑挡土墙设计。本书力求系统、完整地阐述公路挡土墙的设计理论和方法,以供高等院校相关专业师生学习和工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

公路挡土墙设计/陈忠达编著. -北京:人民交通出版社, 1999.10

ISBN 7-114-03515-2

I.公… II.陈… III.公路-挡土墙-设计 IV.U417.1

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第61303号

## 公路挡土墙设计

陈忠达 编著

王秉纲 审

版式设计:刘晓方 责任校对:刘素燕 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号 010-64216602)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本:850×1168 1/32 印张:9.125 字数:250千

1999年10月 第1版

2000年5月 第1版 第2次印刷

印数:4501~8500册 定价:19.00元

ISBN 7-114-03515-2

U·02523

# 前 言

挡土墙是公路工程中广泛采用的一种构造物。随着我国高等级公路建设的飞速发展,特别是高等级公路建设向中西部地区的推进,路基挡土墙愈来愈显得重要,应用愈来愈多,而且其结构形式日新月异,设计理论也在不断发展。鉴于目前我国还没有一本全面、系统地论述挡土墙设计理论和方法的著作,为此,作者查阅了大量国内外资料和最新研究成果,结合多年从事路基支挡工程教学和科研工作的经验,编写了《公路挡土墙设计》一书,力求通过本书系统、完整地阐述公路挡土墙的设计理论和方法,以供高等院校学生学习和工程技术人员参考。

挡土墙设计方法有两种,即容许应力法和极限状态法。以往挡土墙设计一直采用容许应力法,而即将颁布的《公路挡土墙设计与施工技术规范》则明确要求使用极限状态法。从理论上讲,极限状态法更加科学、合理,是发展的趋势,但目前正处于两种方法的交替过渡时期,而且由于极限状态法在公路挡土墙设计方面研究不够充分,尚缺乏工程实践应用。此外,大量的理论计算表明,在相同的设计指标下,运用极限状态法和容许应力法所得墙身截面相差较大。为此,编写中以容许应力法为主,辅以极限状态法,以便读者对照应用。

全书共分九章,第一章简要介绍挡土墙的基本概念和作用;挡土墙的结构形式、特点及适用条件;挡土墙设计应具备的基本资料与常用设计参数。第二章介绍土压力的基本概念及各种类型土压力的计算方法,重点介绍朗金、库伦土压力理论及各种条件下的土压力计算方法。第三章至第八章介绍各种结构形式挡土墙的基本原理和设计方法,包括重力式及衡重式、悬臂式、扶壁式、加筋土

式、锚杆式、锚定板式、竖向预应力锚杆式、土钉式及桩板式等。第九章为抗滑挡土墙设计,主要介绍滑坡推力的计算方法和重力式抗滑挡土墙的设计方法。

本书部分内容曾在西安公路交通大学开设的《路基支挡工程》和《路基构造物设计》课中讲授,特别是第五章和第六章是在《加筋土挡墙》和《锚杆挡土墙》讲义(金应春编写)的基础上经修改、补充而完成的。

西安公路交通大学的王秉纲教授全面细致地审阅了编写大纲及书稿,提出了许多宝贵的意见,并亲笔对书稿进行了修正和润色;张登良教授对本书编写工作给予了热情的鼓励和大力的支持;交通部第二公路勘察设计院的彭扬言高工对编写大纲亦提出了修改意见,在此,一并表示衷心的感谢。

在编写过程中,得到了石烽同志的大力支持,并为本书绘制全部插图,在此,亦表示由衷的谢意。

由于作者水平有限,书中难免存在错误和不当之处,恳请专家和读者批评指正。

陈忠达

1999年5月

# 目 录

|                 |    |
|-----------------|----|
| 第一章 绪论          | 1  |
| 第一节 基本概念        | 1  |
| 第二节 挡土墙类型及适用范围  | 3  |
| 第三节 挡土墙设计基本资料   | 7  |
| 一、调查、勘测的方法和内容   | 7  |
| 二、挡土墙设计基本资料     | 8  |
| 三、常用设计参数        | 10 |
| 第二章 土压力计算       | 20 |
| 第一节 概 述         | 20 |
| 一、土压力的概念        | 20 |
| 二、土压力的分类        | 21 |
| 第二节 静止土压力计算     | 23 |
| 第三节 朗金土压力理论     | 24 |
| 一、基本原理          | 24 |
| 二、主动土压力         | 26 |
| 三、被动土压力         | 28 |
| 四、倾斜平面时的土压力     | 29 |
| 五、朗金土压力理论的应用    | 31 |
| 第四节 库伦土压力理论     | 33 |
| 一、基本原理          | 33 |
| 二、主动土压力         | 34 |
| 三、被动土压力         | 36 |
| 四、复杂边界条件下的主动土压力 | 38 |
| 五、土压应力分布图       | 39 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 六、库伦土压力理论的适用范围 .....     | 42 |
| 第五节 特殊条件下的土压力计算 .....    | 43 |
| 一、第二破裂面的土压力 .....        | 43 |
| 二、折线形墙背的土压力 .....        | 45 |
| 三、粘性土的土压力 .....          | 48 |
| 四、有限范围填土的土压力 .....       | 50 |
| 五、浸水挡土墙的土压力 .....        | 51 |
| 六、地震作用下的土压力 .....        | 53 |
| 七、车辆荷载作用下的土压力 .....      | 55 |
| 第六节 土压力问题讨论 .....        | 57 |
| 一、土压力分布 .....            | 57 |
| 二、破裂面形状 .....            | 58 |
| 三、粘性土土压力 .....           | 59 |
| 四、墙背摩擦角 .....            | 60 |
| 五、墙背倾斜度 .....            | 61 |
| 六、极限平衡理论的应用范围 .....      | 62 |
| 第三章 重力式挡土墙 .....         | 63 |
| 第一节 概述 .....             | 63 |
| 第二节 挡土墙的构造和布置 .....      | 64 |
| 一、挡土墙的构造 .....           | 64 |
| 二、挡土墙的布置 .....           | 68 |
| 第三节 挡土墙的验算 .....         | 70 |
| 一、作用在挡土墙上的力系 .....       | 71 |
| 二、容许应力验算法 .....          | 73 |
| 三、极限状态验算法 .....          | 82 |
| 四、浸水挡土墙的验算 .....         | 92 |
| 五、地震条件下挡土墙的验算 .....      | 96 |
| 第四节 材料要求及设计、施工注意事项 ..... | 97 |
| 一、填料选择 .....             | 97 |
| 二、墙身材料要求 .....           | 98 |

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| 三、设计注意事项 .....          | 99         |
| 四、施工注意事项 .....          | 100        |
| <b>第四章 薄壁式挡土墙</b> ..... | <b>102</b> |
| 第一节 概述 .....            | 102        |
| 第二节 土压力计算 .....         | 103        |
| 一、库伦土压力法 .....          | 103        |
| 二、朗金土压力法 .....          | 104        |
| 第三节 悬臂式挡土墙 .....        | 105        |
| 一、墙身构造设计 .....          | 105        |
| 二、墙身截面尺寸的拟定 .....       | 106        |
| 三、墙身稳定性及基底应力验算 .....    | 113        |
| 四、配筋设计 .....            | 113        |
| 第四节 扶壁式挡土墙 .....        | 114        |
| 一、墙身构造设计 .....          | 115        |
| 二、墙面板设计计算 .....         | 116        |
| 三、墙踵板设计计算 .....         | 119        |
| 四、扶肋设计计算 .....          | 121        |
| 五、配筋设计 .....            | 123        |
| <b>第五章 加筋土挡土墙</b> ..... | <b>125</b> |
| 第一节 概述 .....            | 125        |
| 第二节 加筋土的基本原理 .....      | 127        |
| 一、摩擦加筋理论 .....          | 127        |
| 二、准粘聚力理论 .....          | 129        |
| 第三节 加筋体材料与构造设计 .....    | 132        |
| 一、加筋体横断面 .....          | 132        |
| 二、填料 .....              | 133        |
| 三、拉筋 .....              | 134        |
| 四、墙面板 .....             | 137        |
| 五、基础设计 .....            | 141        |
| 第四节 内部稳定性分析 .....       | 142        |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 一、加筋土挡土墙内部失稳形式 ..... | 142 |
| 二、应力分析法 .....        | 145 |
| 三、楔体平衡分析法 .....      | 154 |
| 四、滑裂楔体法 .....        | 156 |
| 五、其他分析方法 .....       | 159 |
| 六、问题的讨论 .....        | 163 |
| 第五节 外部稳定性分析 .....    | 165 |
| 一、加筋土挡土墙外部失稳形式 ..... | 165 |
| 二、土压力计算 .....        | 166 |
| 三、抗滑稳定性分析 .....      | 167 |
| 四、抗倾覆稳定性分析 .....     | 168 |
| 五、地基承载力分析 .....      | 168 |
| 六、整体抗滑稳定性分析 .....    | 169 |
| 七、沉降分析 .....         | 170 |
| 第六章 锚杆挡土墙 .....      | 171 |
| 第一节 概述 .....         | 171 |
| 第二节 土压力计算 .....      | 173 |
| 第三节 锚杆抗拔力计算 .....    | 174 |
| 一、摩擦型灌浆锚杆的抗拔力 .....  | 174 |
| 二、扩孔型灌浆锚杆的抗拔力 .....  | 178 |
| 第四节 构件设计 .....       | 180 |
| 一、挡土板设计 .....        | 180 |
| 二、肋柱设计 .....         | 183 |
| 三、锚杆设计 .....         | 192 |
| 四、壁板式锚杆挡土墙 .....     | 197 |
| 第五节 结构稳定性分析 .....    | 198 |
| 一、单层锚杆的稳定性分析 .....   | 198 |
| 二、多层锚杆的稳定性分析 .....   | 200 |
| 三、粘性土中锚杆的稳定性分析 ..... | 204 |
| 四、分层土中锚杆的稳定性分析 ..... | 206 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>第七章 锚定板挡土墙</b> .....     | 207 |
| 第一节 概述 .....                | 207 |
| 第二节 土压力计算 .....             | 209 |
| 第三节 锚定板抗拔力计算 .....          | 211 |
| 一、极限抗拔力的基本概念 .....          | 212 |
| 二、深埋锚定板容许抗拔力 .....          | 213 |
| 三、浅埋锚定板容许抗拔力 .....          | 214 |
| 四、锚定板抗拔力其他计算方法 .....        | 215 |
| 第四节 构件设计 .....              | 216 |
| 一、肋柱设计 .....                | 216 |
| 二、拉杆设计 .....                | 222 |
| 三、锚定板设计 .....               | 223 |
| 四、挡土板设计 .....               | 224 |
| 五、肋柱基础设计 .....              | 224 |
| 六、填料要求与基底处理 .....           | 225 |
| 第五节 结构稳定性分析 .....           | 226 |
| 一、克朗兹法 .....                | 226 |
| 二、折线裂面分析法 .....             | 227 |
| 三、整体土墙法 .....               | 233 |
| <b>第八章 其他结构形式的挡土墙</b> ..... | 236 |
| 第一节 竖向预应力锚杆挡土墙 .....        | 236 |
| 一、概述 .....                  | 236 |
| 二、锚杆设计 .....                | 236 |
| 三、锚杆有效预拉力计算 .....           | 239 |
| 四、挡土墙稳定性验算 .....            | 240 |
| 第二节 土钉式挡土墙 .....            | 242 |
| 一、概述 .....                  | 242 |
| 二、土钉墙与锚杆挡土墙、加筋土挡土墙的异同 ..... | 243 |
| 三、土钉墙的基本原理 .....            | 245 |
| 四、土钉墙构造 .....               | 246 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 五、内部稳定性分析 .....         | 249 |
| 六、外部稳定性分析 .....         | 253 |
| 第三节 桩板式挡土墙 .....        | 254 |
| 一、概述 .....              | 254 |
| 二、土压力计算 .....           | 255 |
| 三、桩设计 .....             | 256 |
| 四、挡土板设计 .....           | 260 |
| 第九章 抗滑挡土墙 .....         | 261 |
| 第一节 概述 .....            | 261 |
| 第二节 滑坡推力计算 .....        | 262 |
| 一、滑坡推力的特征 .....         | 262 |
| 二、抗剪强度指标的确定 .....       | 263 |
| 三、安全系数的确定 .....         | 269 |
| 四、滑坡推力的计算 .....         | 270 |
| 五、附加力的计算 .....          | 273 |
| 第三节 抗滑挡土墙设计 .....       | 274 |
| 一、抗滑挡土墙的结构特征与断面形式 ..... | 275 |
| 二、抗滑挡土墙的平面布置 .....      | 275 |
| 三、设计推力的确定 .....         | 276 |
| 四、合理墙高的确定 .....         | 277 |
| 五、基础埋置深度的确定 .....       | 277 |
| 六、抗滑挡土墙的验算 .....        | 277 |
| 参考文献 .....              | 279 |

# 第一章 绪 论

## 第一节 基 本 概 念

挡土墙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一种构造物。在路基工程中,挡土墙可用以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,并经常用于整治坍方、滑坡等路基病害。在山区公路中,挡土墙的应用更为广泛。

路基在遇到下列情况时可考虑修建挡土墙:

- (1) 陡坡地段;
- (2) 岩石风化的路堑边坡地段;
- (3) 为避免大量挖方及降低边坡高度的路堑地段;
- (4) 可能产生坍方、滑坡的不良地质地段;
- (5) 高填方地段;
- (6) 水流冲刷严重或长期受水浸泡的沿河路基地段;
- (7) 为节约用地、减少拆迁或少占农田的地段;
- (8) 为保护重要建筑物、生态环境或其他特殊需要的地段。

挡土墙各部分的名称如图 1-1 所示。墙身靠填土(或山体)一侧称为墙背,大部分外露的一侧称为墙面(或墙胸),墙的顶面部分称为墙顶,墙的底面部分则称为墙底,墙背与墙底的交线称为墙踵,墙面与墙底的交线称为墙趾。墙背与竖直面的夹角称为墙背倾角,一般用  $\alpha$  表示;工程中常用单位墙高与其水平长度之比来表示,即可表示为  $1:n$ 。墙踵到墙顶的垂直距离称为墙高,用  $H$  表示。



在考虑挡土墙设计方案时,应与其他工程方案进行技术经济比较。例如,采用路堤或路肩挡土墙时,常与栈桥或填方等进行方案比较;采用路堑或山坡挡土墙时,常与隧道、明洞或刷缓边坡等方案作比较,以求工程技术经济合理。

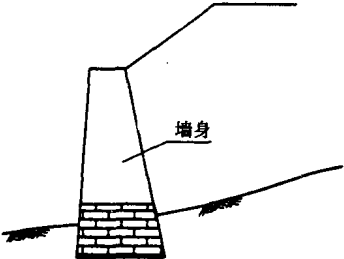
## 第二节 挡土墙类型及适用范围

挡土墙类型的划分方法较多,除按挡土墙设置位置划分外,还可按结构形式、建筑材料、施工方法及所处环境条件等进行划分。如按建筑材料可分为石、混凝土及钢筋混凝土挡土墙等;按所处环境条件可分为一般地区挡土墙、浸水地区挡土墙与地震地区挡土墙等。

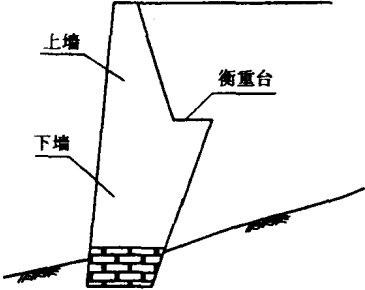
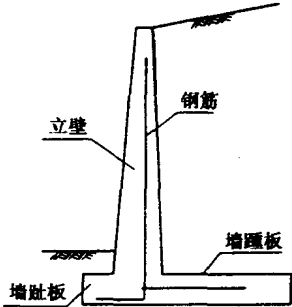
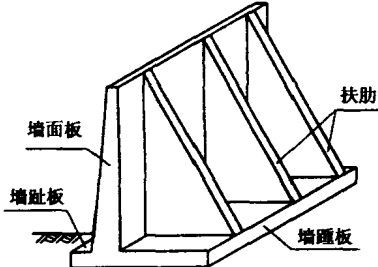
一般以挡土墙的结构形式分类为主,常见的挡土墙形式有:重力式、衡重式、悬臂式、扶壁式、加筋土式、锚杆式和锚定板式,此外,还有竖向预应力锚杆式、土钉式及桩板式。各类挡土墙的适用范围取决于墙址地形、工程地质、水文地质、建筑材料、墙的用途、施工方法、技术经济条件及当地的经验等因素。表 1-1 简要列出了各类挡土墙的结构形式、特点及适用范围。

挡土墙结构类型、特点及适用范围

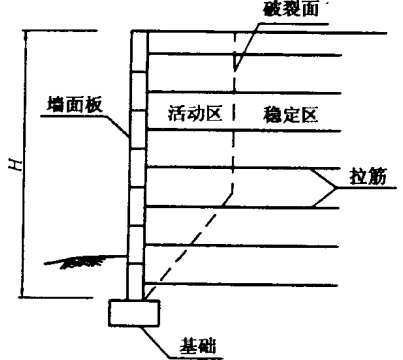
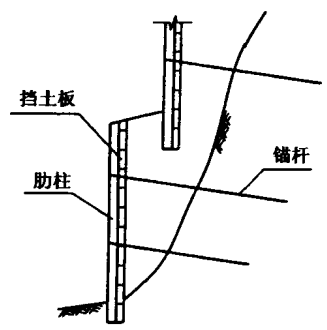
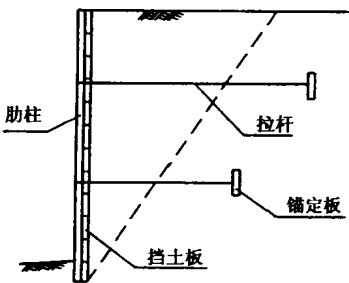
表 1-1

| 类型          | 结 构 示 意 图                                                                           | 特点及适用范围                                                                                                                              |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 重<br>力<br>式 |  | <p>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,适用范围广泛。多用浆砌片(块)石,墙高较低(<math>\leq 6\text{m}</math>)时也可用干砌,在缺乏石料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> |

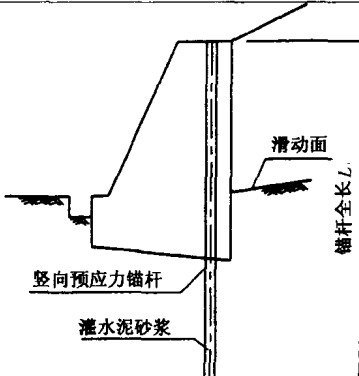
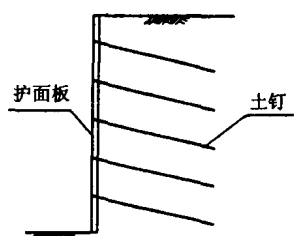
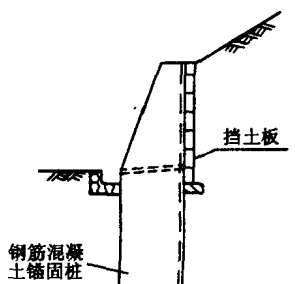
续上表

| 类型  | 结构示意图                                                                               | 特点及适用范围                                                                                                                                                  |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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,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,上墙墙背加缓冲墙后,可作为拦截崩坠石之用</p> |
| 悬臂式 |    | <p>钢筋混凝土结构由立壁、墙趾板和墙踵板三个悬臂部分组成,墙身稳定主要依靠墙踵板上的填土重力来保证。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。多用做墙高 <math>\leq 6\text{m}</math> 的路肩墙,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>钢筋混凝土结构由墙面板(立壁)、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,把墙面板与墙踵板连接起来。适用于缺乏石料的地区和地基承载力较低的地段,墙较高(<math>&gt; 6\text{m}</math>)时,较悬臂式挡土墙经济</p>            |

续上表

| 类型   | 结构示意图                                                                               | 特点及适用范围                                                                                                                                            |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 加筋土式 |    | <p>由墙面板、拉筋和填土三部分组成,借助于拉筋与填土间的摩擦作用,把土的侧压力传给拉筋,从而稳定土体。既是柔性结构,可承受地基较大的变形;又是重力式结构,可承受荷载的冲击、振动作用。施工简便、外形美观、占地面积少,而且对地基的适应性强。适用于缺乏石料的地区和大型填方工程</p>       |
| 锚杆式  |    | <p>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。土石方和圬工量都较少,施工安全,较为经济。适用于墙高较大,缺乏石料的地区或挖基困难的地段,具有锚固条件的路堑墙,对地基承载力要求不高</p> |
| 锚定板式 |  | <p>由锚定板、拉杆、钢筋混凝土墙面和填土组成。锚定板埋置于墙后的稳定土层内,利用锚定板产生的抗拔力抵抗侧向土压力,维持挡土墙的稳定。基底应力小,圬工数量少,不受地基承载力的限制,构件轻简,可预制拼装、机械化施工。适用于缺乏石料的路堤墙和路肩墙,墙高时可分级修建</p>            |

续上表

| 类型       | 结构示意图                                                                               | 特点及适用范围                                                                                                                                                         |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 竖向预应力锚杆式 |    | <p>锚杆竖向锚固在地基中,并砌筑于墙身内,最后张拉锚杆,利用锚杆的弹性回缩对墙身施加预应力来提高挡土墙的稳定性。一般一根16Mn<math>\Phi</math>22的锚杆可替代5m<sup>3</sup>的浆砌片石圬工。施工中可用轻型钻机或人工冲孔,灌浆及预应力张拉较简易。适用于岩质地基,多用于抗滑挡土墙</p> |
| 土钉式      |    | <p>由土体、土钉和护面板三部分组成。利用土钉对天然土体就地实施加固,并与喷射混凝土护面板相结合,形成类似于重力式挡土墙的复合加强体,从而使开挖坡面稳定。对土体适应性强、工艺简单、材料用量与工程量较少,可自上而下分级施工。常用于稳定挖方边坡,也可作为挖方工程的临时支护</p>                      |
| 桩板式      |  | <p>由钢筋混凝土锚固桩和挡土板组成。利用深埋的锚固桩段的锚固作用和被动抗力抵抗侧向土压力,从而维护挡土墙的稳定。适用于岩质地基、土压力较大、要求基础深埋的地段,墙高不受一般挡土墙高度的限制。开挖面小,施工较为安全</p>                                                 |