

GONGLU

# 公路支挡结构

● 凌天清 曾德荣 编著

ZHIDANG

JIEGOU

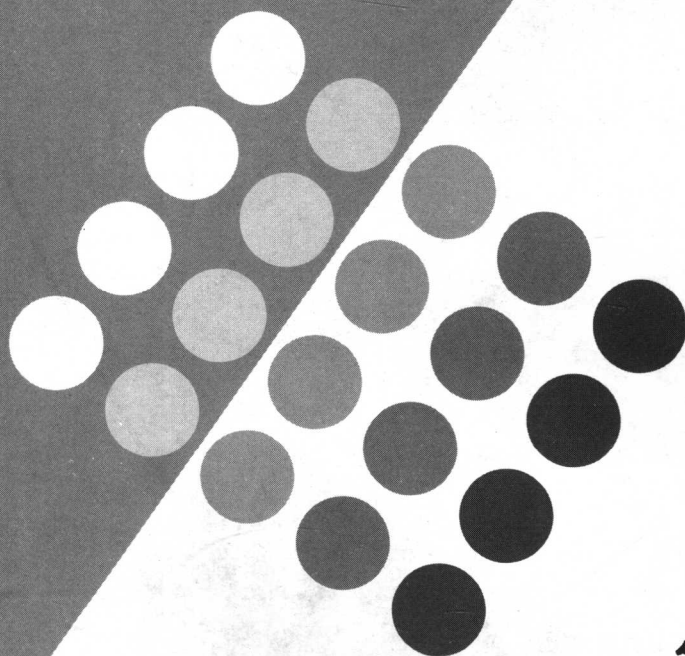


人民交通出版社

China Communications Press

# 公路支挡结构

● 凌天清 曾德荣 编著



人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书旨在介绍公路路基支挡结构的特点、使用情况、设计原理与计算方法。尤以重力式挡墙、加筋土挡墙、悬臂式及护壁式挡墙、桩板式挡墙、锚杆挡墙、锚索桩板墙、土钉墙等路基支挡结构为介绍重点,书中还特别介绍了新型的边坡柔性防护系统 SNS 的设计原理,以及作者对加筋土挡墙的研究成果。

本书采用理论联系实际,以实用为原则进行编写。因此对于每一种支挡结构,首先介绍其特点、适用场合、构造与布设要求,然后介绍该支挡结构的设计原理与计算方法,并通过设计计算示例说明设计计算过程。最后介绍与支挡结构有关的施工方法、材料与质量控制标准。

本书可供从事道路工程建设的科研、设计、施工与管理的专业技术人员使用,也可作为土木工程(公路与城市道路工程、桥梁工程)与岩土工程专业的学生课外参考书和选修课教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

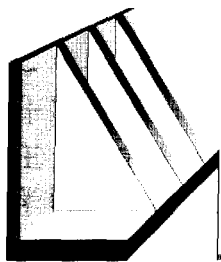
公路支挡结构/凌天清,曾德荣编著.  
北京:人民交通出版社,2005.11  
ISBN 7-114-05838-1

I.公... II.①凌...②曾... III.①公路路基-挡土墙-支撑-结构设计②公路路基-挡土墙-支撑-工程施工 IV.U417.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 131792 号

书 名:公路支挡结构  
著 作 者:凌天清 曾德荣  
责任编辑:龙丽华 师 云  
出版发行:人民交通出版社  
地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号  
网 址:<http://www.ccpres.com.cn>  
销售电话:(010)85285656,85285838,85285995  
总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司  
经 销:各地新华书店  
印 刷:北京凯通印刷厂  
开 本:787×1092 1/16  
印 张:23  
字 数:576 千  
版 次:2006 年 1 月 第 1 版  
印 次:2006 年 1 月 第 1 次印刷  
书 号:ISBN 7-114-05838-1  
印 数:0001~3500 册  
定 价:46.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



## 前言

“西部大开发,交通要先行”。西南山区地形复杂,地质情况特殊,公路路基高填深挖普遍、路基病害多。为了提高路基的稳定性,或者为了治理路基病害工程,使得路基支挡工程的应用非常普遍。特别是近年来在西南地区的高等级公路建设中,高大支挡结构的设计、高边坡防护与滑坡治理等技术难题得到广泛的研究,为西部公路交通建设提供了可靠的技术保证,节约了工程成本,提高了工程质量与公路运营效益和使用性能,直接服务于地方经济建设,产生了重大的经济效益和社会效益。本书就是作者近年来科学研究和工程实践经验的一个总结。

本书按照支挡结构的设计过程、一般常用支挡结构到特殊支挡结构、基本理论到设计计算方法的思路进行编写,简明易懂,实用性强。第一章介绍支挡工程的作用及用途、支挡工程的种类及使用范围以及支挡工程设计中的一般问题。第二章介绍土压力计算原理,包括库仑理论及主动土压力、朗金理论及土压力、第二破裂面下的土压力、折线形墙背的土压力以及粘土填料、浸水和地震条件下的主动土压力等土压力的计算方法与示例。第三章介绍重力式挡土墙的构造要求、断面形式比选、稳定性验算与增加稳定性的措施,以及墙身截面强度验算等内容,并列出了设计计算示例。第四章介绍加筋土挡墙的设计原理、内部稳定性分析、外部稳定性分析,以及加筋土挡墙的材料与构造设计,列举了工程实例与计算示例,以及作者对加筋土挡墙的研究成果。第五章介绍悬臂式及扶壁式挡土墙的设计计算原理与方法,列举了一个计算示例。第六章介绍锚杆挡土墙的土压力计算、锚杆抗拔力计算,以及构件设计和结构稳定性分析等内容。第七章介绍土钉墙的适用性及其特点、土钉墙的构造、加固机理与设计计算原理。第八章介绍锚定板挡土墙的土压力计算、肋柱设计、拉杆设计、挡土板设计、锚定板的设计和锚定板挡土墙整体稳定性验算。第九章介绍桩板式挡土墙的土压力计算原理、桩的设计和挡土板设计。第十章主要介绍抗滑挡墙的构造、布置及设计与计算方法,简要介绍抗滑桩的设计原理。第十一章介绍锚索桩板墙的结构计算与设计,以及计算机辅助设计软件。第十二章介绍简易支挡结构物的设计,包括石砌护肩、砌石路基、石砌护脚、护堤、崩塌地段拦石墙的设计和泥石流地段拦挡坝的设计。第十三章介绍了新型的公路边坡柔性防护系统的设计原理。第十四章介绍公路支挡结构的施工与质量控制,包括挡土墙基础与防、排水设施、沉降缝与伸缩缝、墙背填料等结构与设施的要求,以及各类支挡结构的施工技术与要求,最后介绍了各类

支挡结构的施工质量检验标准。

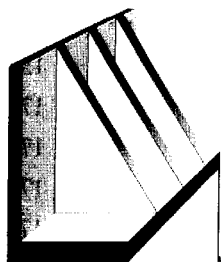
本书由凌天清统稿,并编写第一章至第十章、第十二章、第十三章的第一节~第十二节和附录,曾德荣编写第十一章和第十三章的第十三节和第十四节,第十三章由凌天清、郑智能编写。在本书的编写过程中,得到了重庆交通学院学生王慎川,硕士研究生刘唐志、张麒麟、崔伯恩以及博士研究生熊出华、郑智能等同学的支持和协助,在此一并表示感谢。

对于促进本书出版编写给予帮助的单位 and 同志,作者表示衷心感谢!

由于科学技术在不断的发展与进步之中,加之作者水平有限,不妥之处在所难免,敬请读者不吝指正,以臻完善。来信请寄重庆交通大学土木建筑学院道路工程系(重庆市南岸区学府大道 66 号,邮编 400074),电话:023 - 62652625、62652702。

作 者

2005 年 6 月

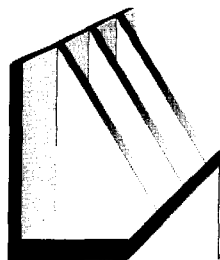


# 目 录

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>第一章 绪论</b> .....         | 1   |
| 第一节 支挡工程的作用及用途.....         | 1   |
| 第二节 支挡工程的种类及使用范围.....       | 2   |
| 第三节 支挡工程设计中的一般问题.....       | 4   |
| <b>第二章 土压力计算原理</b> .....    | 11  |
| 第一节 概述 .....                | 11  |
| 第二节 库仑理论及主动土压力 .....        | 13  |
| 第三节 朗金理论及土压力 .....          | 16  |
| 第四节 第二破裂面土压力 .....          | 19  |
| 第五节 折线形墙背土压力 .....          | 27  |
| 第六节 其他情况下的主动土压力 .....       | 35  |
| 第七节 计算示例 .....              | 44  |
| <b>第三章 重力式挡土墙</b> .....     | 53  |
| 第一节 构造要求 .....              | 53  |
| 第二节 断面形式比选 .....            | 58  |
| 第三节 稳定性验算及增加稳定性的措施 .....    | 59  |
| 第四节 墙身截面强度验算 .....          | 75  |
| 第五节 极限状态法简介 .....           | 80  |
| 第六节 设计计算示例 .....            | 86  |
| <b>第四章 加筋土挡墙</b> .....      | 94  |
| 第一节 加筋土技术发展概况及其特点 .....     | 94  |
| 第二节 加筋土挡墙的设计原理 .....        | 95  |
| 第三节 内部稳定性分析 .....           | 97  |
| 第四节 外部稳定性分析.....            | 110 |
| 第五节 材料与构造设计.....            | 114 |
| 第六节 计算示例与工程实例.....          | 121 |
| 第七节 高大加筋土挡墙设计方法.....        | 133 |
| 第八节 特殊断面加筋土挡墙的设计方法.....     | 139 |
| <b>第五章 悬臂式及扶壁式挡土墙</b> ..... | 144 |
| 第一节 概述.....                 | 144 |
| 第二节 悬臂式挡土墙.....             | 145 |

|             |                   |            |
|-------------|-------------------|------------|
| 第三节         | 扶壁式挡土墙            | 150        |
| 第四节         | 设计计算示例            | 154        |
| <b>第六章</b>  | <b>锚杆挡土墙</b>      | <b>173</b> |
| 第一节         | 概述                | 173        |
| 第二节         | 土压力计算             | 174        |
| 第三节         | 锚杆抗拔力计算           | 174        |
| 第四节         | 构件设计              | 178        |
| 第五节         | 结构稳定性分析           | 189        |
| <b>第七章</b>  | <b>土钉墙</b>        | <b>194</b> |
| 第一节         | 土钉的分类             | 194        |
| 第二节         | 土钉墙与加筋土挡墙、锚杆挡墙的对比 | 194        |
| 第三节         | 土钉墙的适用性及其特点       | 195        |
| 第四节         | 土钉墙的构造            | 196        |
| 第五节         | 土钉墙的加固机理          | 198        |
| 第六节         | 土钉墙的设计计算原理        | 200        |
| 第七节         | 设计计算示例            | 204        |
| <b>第八章</b>  | <b>锚定板挡土墙</b>     | <b>207</b> |
| 第一节         | 概述                | 207        |
| 第二节         | 土压力计算             | 208        |
| 第三节         | 肋柱设计              | 209        |
| 第四节         | 拉杆的设计             | 212        |
| 第五节         | 挡土板设计             | 213        |
| 第六节         | 锚定板的设计            | 213        |
| 第七节         | 整体稳定性验算           | 216        |
| <b>第九章</b>  | <b>桩板式挡土墙</b>     | <b>220</b> |
| 第一节         | 概述                | 220        |
| 第二节         | 土压力计算             | 220        |
| 第三节         | 桩的设计              | 220        |
| 第四节         | 挡土板设计             | 224        |
| <b>第十章</b>  | <b>抗滑支挡结构</b>     | <b>225</b> |
| 第一节         | 概述                | 225        |
| 第二节         | 滑坡推力的计算           | 225        |
| 第三节         | 抗滑挡墙的构造           | 231        |
| 第四节         | 抗滑挡墙的布置           | 232        |
| 第五节         | 抗滑挡墙的设计与计算内容      | 232        |
| 第六节         | 抗滑桩设计             | 235        |
| <b>第十一章</b> | <b>锚索桩板墙</b>      | <b>243</b> |
| 第一节         | 概述                | 243        |
| 第二节         | 结构计算与设计           | 245        |
| 第三节         | 计算机辅助设计软件         | 256        |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| <b>第十二章 简易支挡结构物</b>  | 263 |
| 第一节 石砌护肩             | 263 |
| 第二节 砌石路基             | 263 |
| 第三节 石砌护脚             | 265 |
| 第四节 护堤               | 266 |
| 第五节 崩塌地区拦石墙的设计       | 267 |
| 第六节 泥石流地区拦挡坝的设计      | 270 |
| <b>第十三章 边坡柔性防护技术</b> | 276 |
| 第一节 概述               | 276 |
| 第二节 主要构件的主要技术指标要求    | 279 |
| 第三节 边坡柔性防护的设计计算      | 282 |
| 第四节 边坡柔性防护系统的施工与安装要求 | 287 |
| <b>第十四章 公路挡土墙施工</b>  | 288 |
| 第一节 施工准备             | 288 |
| 第二节 挡土墙基础            | 290 |
| 第三节 防、排水设施           | 291 |
| 第四节 沉降缝与伸缩缝          | 292 |
| 第五节 墙背填料             | 293 |
| 第六节 重力式挡土墙           | 293 |
| 第七节 悬臂式和扶壁式挡土墙       | 296 |
| 第八节 桩板式挡土墙           | 300 |
| 第九节 锚杆挡土墙            | 302 |
| 第十节 锚定板挡土墙           | 306 |
| 第十一节 加筋土挡土墙          | 309 |
| 第十二节 土钉墙的施工技术        | 315 |
| 第十三节 预应力锚索桩          | 323 |
| 第十四节 施工质量检验          | 330 |
| <b>附 录</b>           | 337 |
| 一、常用计算参考资料           | 337 |
| 二、筋带现场拉拔试验           | 345 |
| 三、筋带的拉力试验及土工带偏斜度试验方法 | 346 |
| 四、钢件防锈与隔离处理方法        | 347 |
| 五、桩基础设计方法            | 348 |
| 六、地基抗滑稳定性的验算         | 351 |
| 七、几何形心计算             | 356 |
| 八、土工加筋带产品技术要求        | 357 |
| <b>参考文献</b>          | 359 |



# 第一章 绪 论

## 第一节 支挡工程的作用及用途

路基支挡工程是一种能够抵抗侧向土压力、防止边坡或路基主体崩塌而设置在路旁的结构物。在公路工程中,支挡工程常用于以下几个方面:

(1)降低挖方边坡的高度,减少挖方的数量,避免山体失稳崩塌[如图 1-1a)]而修建路堑挡土墙;

(2)收缩路堤坡脚,减少填方数量[图 1-1b)]或减少拆迁[图 1-1c)]或在土地珍贵处减少占用耕地及农田面积,以保证路基稳定而修建护脚、护堤或挡土墙;

(3)避免路基挤压河床,防止沿河、海、湖泊路基的边坡被水流冲刷[图 1-1d)]而修建路肩挡土墙或驳岸;

(4)岩堆地区防止山坡覆盖层下滑[图 1-1e)]而修建山坡挡土墙;

(5)滑坡地区在滑坡体前缘抗滑段设置抗滑支挡结构,防止滑坡体向下滑动[图 1-1f)];

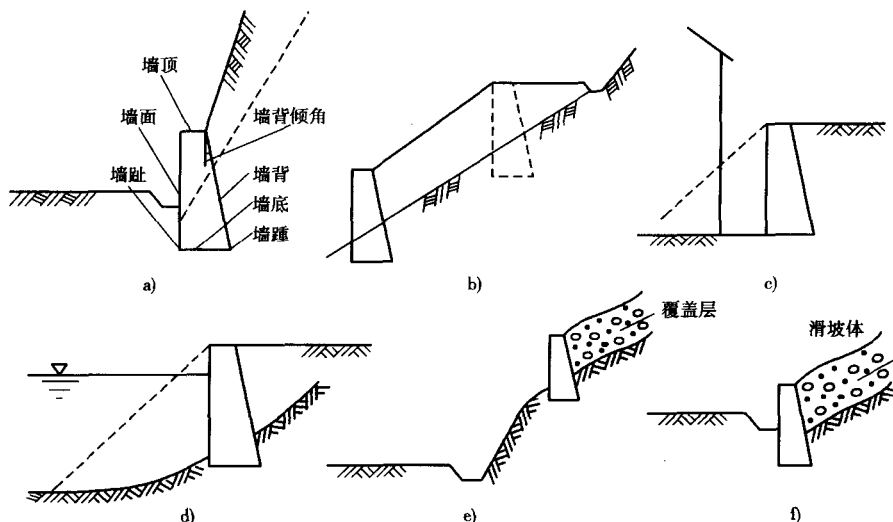


图 1-1 设置支挡工程的位置

(6)为了防止隧道洞口坍方,修建洞口挡墙;

(7)为了便于桥梁与路堤相接而修建桥头挡墙。

其他还可采用护肩、护脚、砌石等加固陡坡上的路堤边坡等,都是支挡工程在路基中的广泛应用。

永久性的支挡工程,造价相对较高,在决定采用支挡结构之前,应同其他工程方案进行比较后确定,也即在决定时应考虑以下几个方面:

- (1)与移动路线位置进行比较;
- (2)与放缓边坡后所增大的土石方工程数量进行比较;
- (3)与拆迁妨碍路基的构造物(房屋、河道、水渠等)相比较;
- (4)与设置其他类型的构造物(如桥、导流结构物、护墙等)相比较;
- (5)与刷坡清方或其他防治坍塌的措施相比较。

对方案进行全面地技术经济论证,以达到路基安全稳定、造价经济、技术合理的目的。

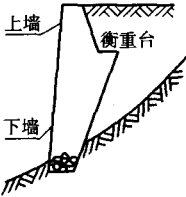
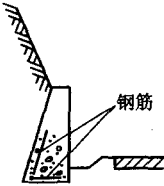
## 第二节 支挡工程的种类及使用范围

路基支挡工程类型较多,包括各种类型的挡土墙与其他具有承重作用的支撑结构物(护肩、护脚、砌石路基、抗滑桩等)。就挡土墙而言,按其设置的位置可以分为路堑挡土墙、路肩挡土墙、路堤挡土墙、山坡挡土墙等;按其所在的地区可以分为一般地区挡土墙、浸水地区挡土墙、地震地区挡土墙、滑坡地区的抗滑挡土墙等;按其结构形式可以分为重力式及衡重式挡土墙、悬臂式及扶臂式挡土墙、锚杆式挡土墙、桩板式挡土墙、带卸荷板的柱板式及框架式挡土墙等。在公路、铁路建设中,由于石料丰富,就地取材方便,施工方法简单等诸方面的原因,石砌重力式和衡重式挡土墙应用得最多。结构新颖的加筋土挡土墙由于具有其他挡土墙所不可比拟的优点,近年来在公路、铁路的建设中得到了较为广泛应用。

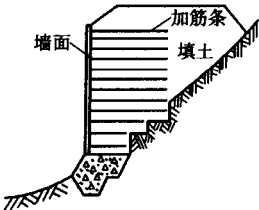
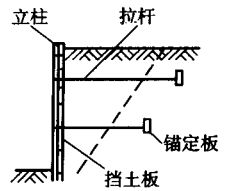
各种结构形式挡土墙的适用范围列于表 1-1 中。

各种支挡结构的适用范围

表 1-1

| 类型    | 特 点                                                                     | 结构示意图                                                                               | 适 用 范 围                                                               |
|-------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 重力式   | (1)依靠墙身自重抵抗土压力的作用;<br>(2)形式简单,取材容易,施工简易                                 |  | (1)盛产砂石地区;<br>(2)墙高在 6.0m 以下,地基良好,非地震区和沿河受水冲刷时,可采用干砌;<br>(3)其他情况,宜用浆砌 |
| 石砌衡重式 | (1)利用衡重台上部填土的下压作用和全墙重心的后移,增加墙身稳定,节约断面尺寸;<br>(2)墙面陡直,下墙墙背仰斜,可降低墙高,减少基础开挖 |  | (1)盛产砂石地区;<br>(2)山区、地面横坡陡峻的路肩墙;<br>(3)也可用于路堑墙,兼有拦挡坠石作用;<br>(4)亦可用于路堤墙 |
| 半重力式  | 用混凝土灌注,在墙背设少量钢筋,并将墙趾展宽(必要时设少量钢筋),或基底设凸榫,以减薄墙身,节省圬工                      |  | (1)缺乏石料地区;<br>(2)一般适用于低墙                                              |

| 类型       | 特 点                                                                                                                    | 结构示意图 | 适用范围                                                                                                                                      |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 锚杆式      | <p>(1)由立柱、挡板和锚杆三部分组成,靠锚杆锚固在山体内拉住立柱;</p> <p>(2)断面尺寸小;</p> <p>(3)立柱、挡板可预制</p>                                            |       | <p>(1)高挡墙(高度超过 12m);</p> <p>(2)备有钻岩机、压浆机等设备;</p> <p>(3)较宜用于路堑墙,亦可用于路肩墙</p>                                                                |
| 柱板式      | <p>(1)由立柱、底梁、拉杆、挡板、底板(卸荷板)和基座组成,借底板上的土重平衡全墙;</p> <p>(2)基础开挖较悬臂式和扶壁式少;</p> <p>(3)断面尺寸小;</p> <p>(4)可预制拼装,快速施工</p>        |       | <p>(1)高挡墙;</p> <p>(2)较适宜于路堑墙,特别适用于支挡土质路堑高边坡或处治边坡坍塌</p>                                                                                    |
| 桩板式      | <p>(1)主要由桩与桩间的挡板组成;</p> <p>(2)基础开挖较悬臂式和扶壁式少;</p> <p>(3)断面尺寸小;</p> <p>(4)桩顶处可能产生较大的水平位移或转动;</p> <p>(5)挡土板可预制拼装,快速施工</p> |       | <p>(1)适用于土压力大,墙高超过一般挡墙的情况;</p> <p>(2)多用于表土及强风化层较薄的均匀岩石地基;</p> <p>(3)可作为路肩与路堤挡墙使用,也适宜于路堑墙,特别适用于处治边坡坍塌;</p> <p>(4)为了控制桩顶处水平位移,常常用预应力锚索桩</p> |
| 钢筋混凝土悬臂式 | <p>(1)由立壁、墙趾板和墙踵板 3 个悬臂梁组成,断面尺寸较小;</p> <p>(2)墙高时,立壁下部的弯矩大,消耗钢筋多,不经济</p>                                                |       | <p>(1)缺乏石料地区;</p> <p>(2)普通高度(不大于 6m)的路肩墙;</p> <p>(3)地基情况可以差些</p>                                                                          |
| 钢筋混凝土扶壁式 | <p>沿悬壁式墙的墙长,隔一定距离加一道扶壁,使立壁与墙踵板连接起来,更好受力</p>                                                                            |       | <p>在高挡墙时较悬臂式经济,其余同上</p>                                                                                                                   |

| 类型     | 特 点                                                                                          | 结构示意图                                                                             | 适用范围                                         |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 加筋土挡土墙 | (1)由加筋条(带)、墙面板和填土三部分组成,靠筋带与填料之间的摩擦力保持墙身稳定;<br>(2)施工简便,造型美观;<br>(3)对地基的适应性强,占地少               |  | (1)缺乏石料地区;<br>(2)适用于石质土、砂性土和黄土地区修建较高的路肩墙或路堤墙 |
| 锚定板挡土墙 | (1)由钢筋混凝土墙面(肋柱及挡板)、钢拉杆和锚定板组成,靠埋置在破裂面后稳定土层内的锚定板和锚杆拉住墙面,保持墙身稳定;<br>(2)拼装简易、施工快;<br>(3)结构轻便,柔性大 |  | (1)缺乏石料地区;<br>(2)高路肩墙或路堤墙,特别是地基不良时           |

### 第三节 支挡工程设计中的一般问题

#### 一、支挡工程的布置

##### 1. 支挡工程设置位置的选择

(1)路堑挡土墙的位置通常设于路基边沟外侧,其高度和长度应保证墙顶以上边坡的稳定。根据路堑边坡基岩出露的情况也可以将挡土墙设置于边坡的中部,但要注意地基是否可靠、施工是否方便等因素。基础以下岩层裸露部分需结合岩性情况考虑防止风化的防护工程。

(2)采用路肩墙或路堤墙应通过比较方能确定。由图 1-1b)可见路肩墙可充分收缩坡脚,故可大量减少填方和占地,但其侧向的土压力较大需用圬工较多。反之路堤墙需用圬工较少,但占地面积和填方数量则较大。因此在拟定方案时需通过具体的比较方能决定取舍。当地面横坡与路基边坡坡度接近时,两者墙高、圬工数量相近,地基条件符合要求,应优先选用路肩墙;如路堤墙可明显降低墙高,减少圬工,地基情况也较好,则宜选用路堤墙;如两者条件相当,亦可采用综合的方案,它们之间以斜墙或端墙连接。

路肩墙按路肩宽度置于路基一侧(半填半挖式路基)或两侧(路堤)。路堤墙的位置需通过经济比较确定。

(3)沿路路堤设置挡土墙应结合河流的水文、地质情况及河道工程来布置;要注意设墙后仍保持水流畅通,不致形成旋涡发生严重的局部冲刷,更不可挤压河道阻水。

(4)滑坡地段布置挡土墙,应结合地形、地质、滑面形状、滑坡推力及其他工程(如抗滑桩、减载、排水等)来考虑。

(5)滞留拦截落石的挡土墙(称拦石墙)则应按落石的范围、规模及弹跳的轨迹来布置。

(6)泥石流地段布置滞留拦截泥石流中泥沙、石块等固体物质的拦截坝时,应结合设坝的目的、沟谷地形及基础条件综合考虑。

(7)受其他建筑物(如房屋、铁路、桥梁、水渠、隧道等)控制的支挡结构,则应在满足特定的

要求下,按技术经济条件综合考虑。

## 2. 纵向布置

支挡结构的纵向布置,在墙趾纵断面图上进行。布置后,绘制成立面图(图 1-2)。其布置内容包括:

(1)确定起讫点和长度,以及与路基或其他结构物(如桥台)的衔接方式。一般路肩墙与路堤衔接,应采用锥坡或嵌入石质路堑中;与桥台连接时,为了防止墙后回填土从桥台尾端与挡墙连接处的空隙中漏出,需要在台尾与挡墙之间设置隔墙(与挡墙的横断面平行)和接头墙(与隔墙垂直)。路堑挡墙在隧道洞口应结合隧道洞门、翼墙的设置情况平顺衔接;与路堑边坡衔接时,一般将墙高逐渐降低至 2m 以下,使边坡的坡脚不至于伸入边沟内,有时也可以用横向的端墙连接。

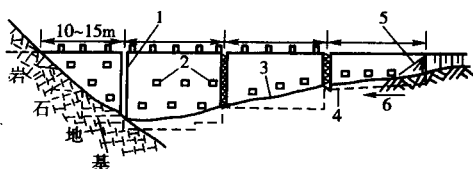


图 1-2 支挡工程纵向布置图

1-沉降(伸缩)缝;2-泄水孔;3-地面线;4-基底线;  
5-锥坡;6-基底纵坡  $i \leq 5\%$

(2)按地基及地形情况进行分段,确定伸缩缝和沉降缝的位置。对于非岩石地基,宜每隔 10~15m 设置一道伸缩沉降缝;对于岩石地基,沉降缝的间隔可以适当增大。伸缩沉降缝的缝宽一般为 2~3cm。

(3)根据墙趾处地面线的起伏情况及地质情况,初步确定基础的埋置深度;墙趾处地面有纵坡时,为减少开挖,可沿纵向做成台阶,台阶的大小随纵坡的大小而定,但其高度与宽度之比不宜大于 1:2。

(4)布置泄水孔的位置,包括数量、间距和大小。泄水孔的间距一般为 2~3m,上下左右交错布置;孔眼尺寸由排水量而定,一般为 5cm × 10cm、10cm × 10cm 和 15cm × 20cm(方孔)或直径为 5~10cm(圆孔)。最下一排泄水孔的出口应高出地面或常水位或边沟水位 0.3m。

在纵向布置图(立面图)上应注明各特征断面的桩号,墙(坝)顶、基础顶面、基底、冲刷线、冰冻线、常水位或设计洪水位的标高等。

## 3. 横向布置

在有代表性的横断面图(如起讫点、墙高最大处、墙身断面或基础形式可能变化处以及其他必要桩号处的路基横断面)上进行挡土墙及其他支挡构造物的横向布置,确定构造物断面的形式。根据墙型、墙高、地基及填料的物理力学指标等,确定断面的尺寸、基础形式和埋深、布设排水设备、指定墙背填料的类别等,并绘制成支挡工程的横断面设计图。

## 4. 平面布置

对于个别复杂的支挡工程,还需要绘制平面图。图上需标明支挡构造物与路线平面位置的关系,与其有关的地物地貌(特别是对支挡构造物有干扰的建筑物)等情况。沿河支挡结构物还应绘出河道及水流的方向、防护与加固工程等。

在以上设计图纸上,可标写简要说明。必要时,可另编写设计说明书,说明选用挡土墙及其他支挡构造物方案的理由,选用结构类型和设计参数的依据,对材料和施工的要求和注意事项,主要工程数量(如墙身、基础、锥坡、挖基、回填、泄水孔后的碎砾石和胶泥等)等;如系采用标准图,应注明标准图的名称和编号。

# 二、设计支挡结构物应收集的资料

## 1. 路线资料

路线资料包括纵断面图、横断面图(视地形地质的复杂程度,每5~10m作一个横断面)及有关的大比例尺平面图等;支挡结构物的位置及其设置的原因等。例如,位于沿河地区或斜坡地区;修建的形式、结构及设置范围;墙背填料的种类与排水措施,施工方法;附近的桥涵位置,以及冻结深度与冰冻时期等。

## 2. 地质勘测资料

(1)地形地貌特点、山坡天然水系及河流特点,以及地下水的分布、藏量、露头位置、水位标高等。

(2)斜坡坡面植被覆盖层与堆积层的形态及其稳定性、坡面自然倾斜角。

(3)基本岩层的构造,不同岩层的分布、层理及主要节理的倾向与倾角;岩层的性质、风化程度、抗压强度、摩擦系数与粘结力的数值;基岩上堆积层的厚度,支挡结构物基础的土壤承载力。

(4)进行地质勘测的观测点数目与位置,以及试坑的数目与位置。

(5)所在地区的各种不良地质现象、地震情况(分布、烈度)。

(6)所在地区能够采用作为支挡结构的材料名称、数量、运距等。

(7)在下列情况下还宜绘制1:500~1:200的工程地质平面图。

①需要在纸上研究布置支挡结构的平面位置地段;

②需要选取不同方向地形、地质断面而现场勘测又不易掌握选准的地段;

③支挡工程设计牵涉改沟、改河、改移公路、拆迁建筑物等需用平面反映的地段。

(8)在地形、地基土质纵向起伏变化大的地段,宜测绘墙趾地质纵断面图。比例尺一般横竖一致,结构物很长时,可用较小比例,横向为1:100~1:500,竖向为1:100~1:200。

(9)地质横断面图一般采用1:200的比例尺。测绘时应考虑以下问题:

①断面间距视地形、地质变化情况而定,以满足设计、施工的要求为准。在复杂情况下采用5~10m,基础标高变化不大的可采用10~30m,在墙的两端应该密一些,以便确定支挡工程的起讫位置。

②断面宽度、精度(比例大小)除了满足路基设计要求外,还应考虑计算土压力的需要。因此,代表性横断面应较一般断面范围宽些。

(10)支挡工程设计的主要物理力学指标一般可按地基、填料情况,通过调查、试验,对比已有工程实践经验或参考文献资料选用;特殊情况时,如粘土填料或高大挡土墙背填料,应尽可能由试验取得;锚杆挡土墙的锚杆和加筋土挡墙的拉筋抗拔力宜通过现场拉拔试验取得可靠数据。

## 3. 水文资料

包括地面水和地下水的情况。对于地下水应弄清其性质和流量,以便分析选用土的物理力学性质指标,分析静水、动水压力的影响,采取必要的排水措施。

沿河挡土墙及其他沿河支挡工程则应收集下列资料:

(1)河床土的粒径,水流的流速流向,河流的变动和冲刷情况。根据这些资料确定基础的埋置深度。

(2)各种水位(包括测量时水位、低水位、路肩设计水位),洪水季节,洪峰持续时间等;并分析这些因素对支挡结构设计和施工的影响。

## 4. 其他资料

如气象、施工调查、地震调查和水质对圬工、钢筋以及加筋土挡墙的拉筋带的浸蚀作用等资料。

三、设计参数

1. 填料的物理力学指标

墙后填料的物理力学指标,对土压力值的影响很大,因此设计支挡结构时应根据所采用的填料的性质和湿密状态,恰当地选用计算内摩擦角值。最好是按填料的实际工作情况进行试验测定,并考虑一定的安全度后再确定。当无试验资料时,可参照表 1-2 选用。

路堑挡土墙墙后原状土(天然土)的容重及内摩擦角可根据现场试验确定。

填料的物理力学指标 表 1-2

| 填 料 类 型      |                       | 计算内摩擦角 $\varphi(^{\circ})$ | 容重 $\gamma(\text{kN}/\text{m}^3)$ |
|--------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 粘性土          | 墙高 $H \leq 6\text{m}$ | 35 ~ 40                    | 17 ~ 18                           |
|              | 墙高 $H > 6\text{m}$    | 30 ~ 35                    | 17 ~ 18                           |
| 砂类土          |                       | 30 ~ 35                    | 17 ~ 18                           |
| 砂砾、卵石土       |                       | 35 ~ 40                    | 18 ~ 19                           |
| 碎石或不易风化的岩石碎块 |                       | 40 ~ 45                    | 18 ~ 19                           |
| 不易风化的石块      |                       | 45 ~ 50                    | 18 ~ 19                           |

注:表中粘性土的计算内摩擦角为换算内摩擦角(综合内摩擦角)。

2. 墙背摩擦角

墙背摩擦角  $\delta$  值,受墙背的粗糙程度(墙背愈粗糙, $\delta$  值愈大)、墙后填料的性质( $\varphi$  值愈大, $\delta$  值也愈大)及墙背排水条件(排水条件愈好则  $\delta$  值也愈大)等因素的影响。另外, $\delta$  值还与墙背移动方式及排水过程有关。根据原《公路路基设计规范》(JTJ 013)的规定,墙背摩擦角  $\delta$  可视墙背粗糙程度和排水条件而定;无试验资料时,可按下式计算:

- 墙背光滑,排水不良时,  $\delta = 0$ ;
- 混凝土墙背,排水良好时,  $\delta = 0.5\varphi$ ;
- 石砌墙背,排水良好时,  $\delta = 0.5\varphi$ ;
- 对台阶形的石砌墙背,排水良好时,  $\delta = \frac{2}{3}\varphi$ ;
- 对第二破裂面或假想墙背时,  $\delta = \varphi$ ;
- 以上式中的  $\varphi$  为填料的计算内摩擦角( $^{\circ}$ )。

3. 基底摩擦系数

基础底面(圬工)与地基土之间的摩擦系数,依基底粗糙度、排水条件和土质而定,无试验资料时,可参考表 1-3 选用。

基 底 摩 擦 系 数 表 1-3

| 地 基 土 名 称 |       | 摩 擦 系 数     |
|-----------|-------|-------------|
| 粘性土       | 软塑状态  | 0.25        |
|           | 硬塑状态  | 0.30        |
|           | 半坚硬状态 | 0.30 ~ 0.40 |
| 轻亚粘土、亚粘土  |       | 0.30 ~ 0.40 |
| 砂类土       |       | 0.40        |
| 碎(卵)石类土   |       | 0.50        |
| 软质岩石      |       | 0.30 ~ 0.60 |
| 硬质岩石      |       | 0.60 ~ 0.70 |

#### 4. 地基土的内摩擦系数

验算支挡结构物的滑动稳定性时,除验算沿基底的滑动稳定性外,还应验算通过墙踵的地基土水平面的滑动稳定性。此时的摩擦系数应采用地基土的内摩擦系数,无实测资料时,可参照附录一选用。

#### 5. 地基容许承载力

在岩石地基上,由于其允许压应力较高,一般不会产生不均匀沉陷,因而设置在岩石地基上的支挡结构物大都是安全的。土质地基则复杂得多,它与地基的物理力学性质和地形形态、基础埋置深度、基底倾斜度,以及作用于基底合力的倾斜、偏心等因素有关,因此设计时必须辨证地去处理。关于地基允许承载力 $[\sigma]$ 可参考交通部现行《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024—85)的规定或本书附录一选用。

#### 6. 圬工砌体的容重

圬工砌体的容重参考表 1-4 论证选用。

圬工砌体的容重

表 1-4

| 材料名称                   | 混凝土 | 片石混凝土 | 钢筋混凝土 | 浆砌粗料石 | 浆砌块石 | 浆砌片石 | 备 注 |
|------------------------|-----|-------|-------|-------|------|------|-----|
| 容重(kN/m <sup>3</sup> ) | 23  | 23    | 25    | 25    | 23   | 22   |     |

#### 7. 圬工砌体的容许应力

包括墙身截面的容许压应力和容许剪应力两个指标,其具体的数据可以参考《公路圬工桥涵设计规范》(JTJ D61—2005)及附录一选用。

#### 8. 钢筋的容重及容许应力见附录一。

### 四、汽车荷载的换算

#### 1. 汽车荷载分级

按《公路工程技术标准》(JTJ B01—2003)的规定,汽车荷载分为公路-I级和公路-II级两个等级。汽车荷载由车道荷载和车辆荷载组成。挡土墙上汽车引起的土压力计算只应采用车辆荷载。

汽车荷载等级应符合表 1-5 规定。汽车荷载等级的选用应根据公路等级和远景发展需求确定。一条公路上的桥涵挡墙设计宜采用同一汽车荷载等级。

汽车荷载等级

表 1-5

| 公路等级   | 高速公路  | 一级公路  | 二级公路   | 三级公路   | 四级公路   |
|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 汽车荷载等级 | 公路-I级 | 公路-I级 | 公路-II级 | 公路-II级 | 公路-II级 |

#### 2. 车辆荷载主要技术指标

《公路工程技术标准》(JTJ B01—2003)规定,公路-I级汽车荷载的车辆荷载以一辆标准车表示,其主要技术指标应符合表 1-6 规定。公路-II级汽车荷载的车辆荷载标准值与公路-I级汽车荷载的车辆荷载标准值相同。

车辆荷载主要技术指标

表 1-6

| 项 目     | 单位 | 技术指标        | 项 目         | 单位  | 技术指标    |
|---------|----|-------------|-------------|-----|---------|
| 车辆重力标准值 | kN | 550         | 轮距          | m   | 1.8     |
| 前轴重力标准值 | kN | 30          | 前轮着地宽度及长度   | m   | 0.3×0.2 |
| 中轴重力标准值 | kN | 2×120       | 中、后轮着地宽度及长度 | m   | 0.6×0.2 |
| 后轴重力标准值 | kN | 2×140       | 车辆外形尺寸(长×宽) | m×m | 15×2.5  |
| 轴距      | m  | 3+1.4+7+1.4 |             |     |         |

车辆荷载是每条设计车道上布置一辆单车。车辆荷载的横向布置应符合图 1-3 的规定。

### 3. 等代均布土层厚度

作用于墙后破裂棱体上的车辆荷载,在土体中产生附加的竖向应力,从而产生附加的侧向压力。考虑到这种影响,可将车辆荷载近似地按均布荷载考虑,换算成容重与墙后填料相同的均布土层。等代均布土层厚度计算传统的方法有《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)中的换算方法及按车道宽度均摊的换算方法。《公路路基设计规范》(JTG D30—2004)采用另一种新的确定方法,即不考虑车辆荷载等级,而按墙高分别取车辆荷载附加荷载强度。下面对这三种方法分别介绍如下。

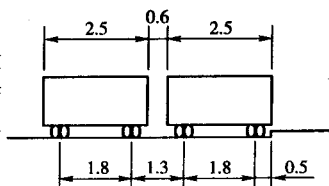


图 1-3 车辆荷载横向布置(尺寸单位:m)

#### (1)《公路桥涵通用设计规范》中的方法

把作用在破裂棱体上的车辆荷载换算为等代均布土层,其换算厚度  $h_0$  为:

$$h_0 = \frac{\sum Q}{\gamma B_0 L} \quad (1-1)$$

式中:  $\gamma$ ——墙后填料的容重( $\text{kN}/\text{m}^3$ );

$B_0$ ——不计车辆荷载作用时,破裂棱体的宽度,对于路堤墙,为破裂棱体范围内的路基宽;

$L$ ——挡土墙的计算长度(m);

$\sum Q$ ——布置在  $B_0 \times L$  面积内的轮重(kN)。

挡土墙的计算长度  $L$  按下列规定取值:

①当挡土墙分段长度小于等于 13m 时,  $L$  取分段长度。

②当挡土墙分段长度大于 13m 时,  $L$  取车辆的扩散长度。车辆的扩散长度(图 1-4)按下式计算:

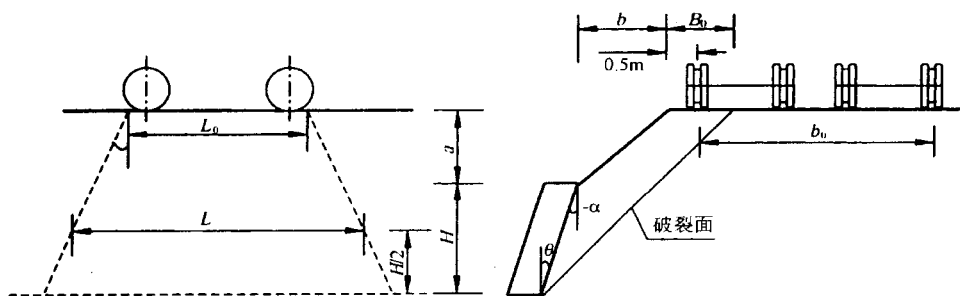


图 1-4 车辆荷载换算

$$L = L_0 + (H + 2a) \tan 30^\circ \quad (1-2)$$

式中:  $L_0$ ——车辆前后轴距加一个轮胎的着地长度, m。公路-I 级和公路-II 级均为 13m。

$H$ ——挡土墙高度(m);

$a$ ——挡土墙顶面以上的填土高度(m)。

当挡土墙分段长度小于 13m 时,  $L$  取分段长度。

挡土墙上车辆荷载布置与等代均布土层厚度计算规定如下:

纵向:当取用挡土墙的分段长度时,为分段长度内可能布置的车轮;当采用车辆的扩散长度时,为一辆车辆荷载。