

铁路工程设计技术手册

《路基》 第七篇

挡 土 墙

铁道部第一设计院主编

人 民 铁 道 出 版 社

1958年1月21日

铁路工程设计技术手册

《路基》 第七篇

挡 土 墙

铁道部第一设计院主编

人 民 铁 道 出 版 社

1977年·北京

铁路工程设计技术手册

《路基》第七篇

挡土墙

铁道部第一设计院主编

人民铁道出版社出版

(北京市东单三条14号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

张家口地区印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 13 字数: 462千

1977年11月第1版

1977年11月第1版第1次印刷

印数: 0001—8,000册 定价(科三): 1.05元

(限国内发行)

内 容 简 介

铁路工程设计技术手册第二册《路基》，内容包括路基构造、路基排水、浸水路基及改河工程、特殊条件下路基、既有线改建及增建第二线、路基防护、挡土墙等七篇及附录——路基设计参考资料。为满足现场设计工作急需，现按各篇定稿先后暂以分篇形式出版。

本篇包括：

第二十六章 挡土墙类型、设置原则及资料

第二十七章 土压力计算

第二十八章 挡土墙稳定性检算及结构设计

第二十九章 挡土墙构造及有关注意事项

第三十章 其它类型挡土墙

以上各章均为铁道部第二设计院编写。

目 录

第七篇 挡土墙

第二十六章 挡土墙类型、设置原则及资料

第一节 概述	7·1
第二节 墙类型及适用范围	7·1
第三节 设置原则及断面形式比选	7·4
一、挡土墙设置原则	7·4
二、挡土墙位置选择	7·4
三、挡土墙断面形式比选	7·5
第四节 勘测资料和设计参数	7·5
一、挡土墙设计应搜集的主要资料	7·5
二、选用设计参数应注意事项	7·6
第二十七章 土压力计算	7·8
第一节 概述	7·8
一、土压力计算中的几个主要问题	7·8
二、有关规定	7·10
第二节 库伦方法	7·10
一、库伦理论的基本假定	7·10
二、雷朋汉定理	7·11
三、各种边界条件的库伦主动土压力公式及图表	7·12
四、图解法	7·15
五、库伦方法(主动土压力)的适用范围	7·17
六、库伦被动土压力公式及其使用条件	7·18
第三节 朗金方法	7·18
一、朗金理论的要点及基本假定	7·18
二、朗金方法的使用条件及应注意之点	7·18
三、朗金破裂角及土压力计算公式	7·19
四、被动土压力计算	7·22
第四节 第二破裂面的土压力计算	7·23
一、第二破裂面出现的条件	7·23
二、第二破裂面土压力公式的推导	7·23
三、第二破裂面土压力的计算步骤及算例	7·25
四、第二破裂面的土压力图解法	7·28
第五节 复杂情况下的土压力计算	7·29
一、折线形挡土墙土压力计算	7·29
二、不同土层的土压力计算	7·32
三、地震作用时挡土墙的土压力计算	7·33
四、浸水挡土墙的土压力计算	7·34
第六节 粘性土土压力计算	7·38
一、裂缝深度	7·38
二、数解法	7·38
三、图解法(楔体试算法)	7·43

第二十八章 挡土墙稳定性检算及结构设计

第一节 挡土墙稳定性检算	7·131
一、概述	7·131
二、滑动稳定检算的基本公式	7·131
三、倾复稳定检算的基本公式	7·131
四、合力偏心距和基底应力	7·132
五、挡土墙稳定计算要求	7·133
第二节 挡土墙截面强度检算	7·134
一、石砌和混凝土圬工挡土墙的截面检算	7·134
二、混凝土加筋挡土墙的截面检算	7·135
第三节 基础设计	7·137
一、基础埋深设计	7·137
二、扩大基础设计	7·140
三、切割台阶基础设计	7·141
四、换填地基土	7·142
五、岩石锚桩基础	7·142
六、桩基础	7·143
第四节 增加挡土墙稳定性的措施	7·144
一、增加抗倾覆稳定的方法	7·144
二、增加抗滑稳定的方法	7·145
第五节 浸水地区、地震地区及陡坡挡土墙设计	7·147
一、浸水地区挡土墙设计	7·147
二、地震区挡土墙设计	7·152
三、陡坡挡土墙设计	7·152
第二十九章 挡土墙构造及有关注意事项	7·154
第一节 挡土墙构造	7·154
一、墙身及基础的构造	7·154
二、材料要求	7·154
三、沉降缝与伸缩缝	7·154
四、排水措施	7·155
五、挡土墙与其它铁路建筑物的连接	7·155
六、附属设备	7·157
第二节 设计、施工注意事项	7·157
第三十章 其它类型挡土墙	7·159
第一节 锚杆挡土墙	7·159
一、概述	7·159
二、锚杆挡土墙计算	7·159
三、锚杆的防锈措施	7·164
四、锚杆挡土墙算例	7·164
第二节 悬臂式和扶壁式挡土墙	7·173
一、悬臂式挡土墙设计	7·173
二、扶壁式挡土墙设计	7·179

第二十六章 挡土墙类型、设置原则及资料

第一节 概 述

挡土墙是防止土坡坍塌，支承侧向土压力的建筑物。它在铁路工程中被广泛地用于支承路堤或路堑边坡、隧道洞口、桥梁两端及河流岸壁等。

铁路上常用的挡土墙有：用于稳定路堑边坡的路堑挡土墙，如图26—1a；墙顶同路肩一样平的路肩挡土墙，如图26—1b；用于路堤坡脚，墙顶以上有一定填土高度的路堤挡土墙，如图26—1c。此外

尚有设置在山坡上的山坡挡土墙，为抗滑坡而设的抗滑挡土墙，用于车站內便于旅客上下或装卸货物的站台墙等。挡土墙各部分称谓如图26—1。根据墙背倾斜方向，有俯斜、仰斜、垂直三种形式；墙背坡只有一个的为直线形墙背，多于一个的为折线形墙背。

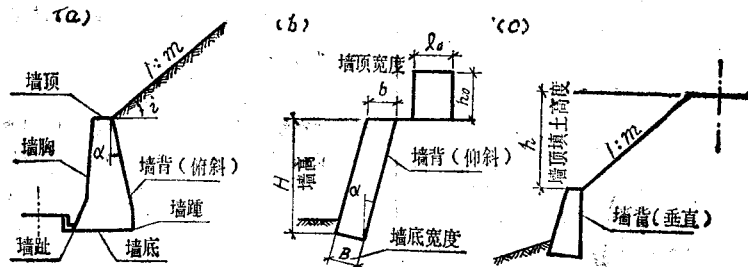


图26—1 常用挡土墙示意图

l_0 ——活载分布宽度； h_0 ——活载换算土柱高度。

在我国铁路建设中，由于石料来源丰富，就地取材方便，施工方法简单，石砌的重力式挡土墙和衡重式挡土墙曾被广泛地采用。近年来随着铁路向山区进展，为适应不同的地区条件，挡土墙的结构

形式又有了很大的发展，如锚杆挡土墙、各种钢筋混凝土挡土墙、垛式挡土墙及带卸荷板的柱板式挡土墙等（见本篇第三十章）。此外，还有一些新的结构形式在试验研究中。

第二节 墙类型及适用范围

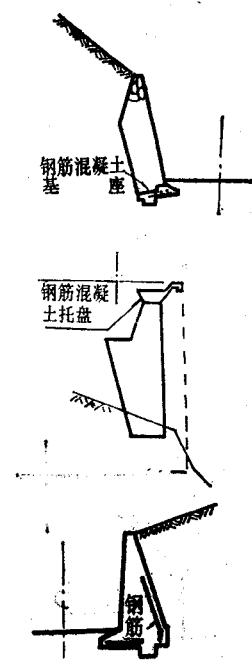
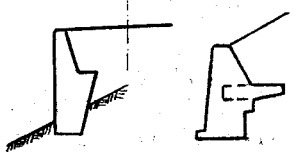
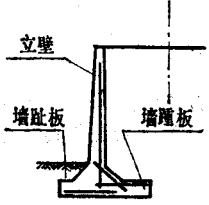
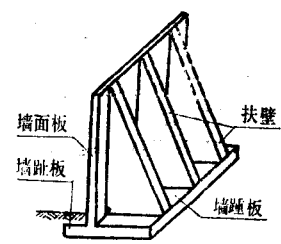
挡土墙类型区分方法很多，大体说来有按材料、施工方法、墙的位置、地区、计算理论、结构

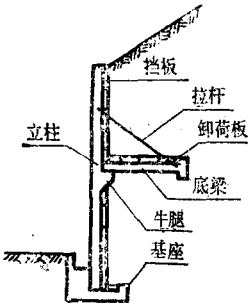
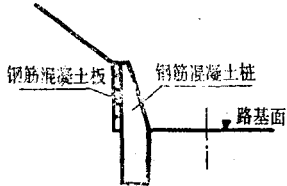
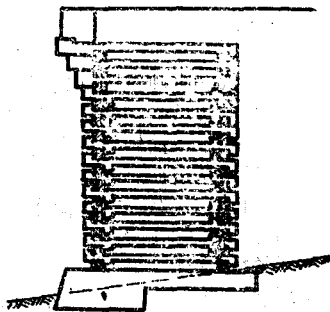
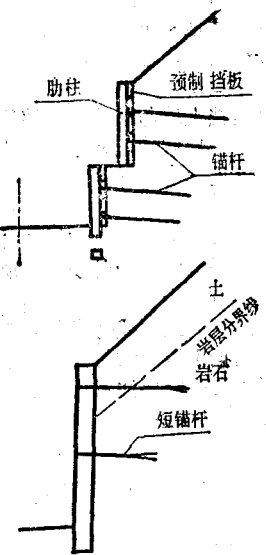
型式等多种区分方法。为了使用和叙述的方便，下面按结构型式分类列表说明其特点及适用范围。

各类挡土墙特点及适用范围

表26—1

类型	结构示意图	特点及适用范围
重力式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 依靠墙自重承受土压力的作用。 2. 一般用浆砌片石砌筑，缺乏石料地区也可用混凝土。 3. 型式简单，取材容易，施工简便。 4. 当地基承载力低，可于墙底设钢筋混凝土基座，以减薄墙身，减小开挖量。

类型	结构示意图	特点及适用范围
重力式		<p>5. 托盘式挡土墙，顶部用钢筋混凝土作成托盘及道碴槽，用于山区路肩挡土墙可降低设墙高度，节省圬工。要求地基承载力高。用于路堑可作为拦截落石用。</p> <p>6. 如在墙背设少量钢筋，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。</p>
衡重式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用衡重台上的填土和全墙重心后移增加墙身稳定。 2. 墙胸陡，下墙背仰斜，可降低墙高，减少基础开挖。 3. 适于山区、地面横坡陡的路肩墙，也可用于路堑墙（兼拦挡落石）或路堤墙。
悬臂式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 采用钢筋混凝土材料，由立壁、墙趾板、墙踵板三个部分组成；断面尺寸较小。 2. 墙高时立壁下部的弯矩大，耗钢筋多。 3. 适于石料缺乏地区及挡土墙高度不大于6米地段，当墙高大于6米时，可于墙前加设扶壁，即为前垛式。
扶壁式		<p>沿墙长，隔相当距离加筑肋板（扶壁）使墙面板与墙踵板联结。在高墙时较悬臂式墙经济。</p>

类型	结构示意图	特点及适用范围
带卸荷板的柱板式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 由立柱、底梁、拉杆、挡板、卸荷板和基座组成，借卸荷板上的土重平衡全墙。 2. 基础开挖较悬臂式墙少。 3. 可预制拼装，快速施工。 4. 较适于路堑墙，防止土坡坍塌。
桩板式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 在深埋的桩间用挡板挡住土体。 2. 适宜于土压力大，要求基础埋深地段。
垛式(框架式)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用钢筋混凝土预制杆件，纵横交错装配成框架，框内填土或石块，以抵挡土压力。 2. 对杆件接头的设计、制作、安装精度要求均高。 3. 适于缺石料地区的路肩或路堤墙。
锚杆式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 由肋柱、挡板、锚杆组成，靠锚杆锚固在山体内拉住肋柱。肋柱、挡板可预制。 2. 适于石料缺乏、挡土墙高度超过12米，或开挖基础有困难地区，一般较宜于路堑墙。 3. 小锚杆挡土墙：锚头为楔缝式，锚杆短，适于岩层边坡覆盖土薄地段。

类型	结构示意图	特点及适用范围
锚 碇 板 式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 结构特点与锚杆式相似，只锚杆，固定端用锚碇板固定于稳定区。最初多埋于被动区，近年开始在中性区设置锚碇板，并试建多层锚碇板挡土墙。 2. 填土易将锚杆压弯，产生次应力。 3. 适宜于路堤、缺乏石料地区。

第三节 设置原则及断面形式比选

一、挡土墙设置原则

铁路路基工程中，一般在下列情况要考虑修建挡土墙：

(一) 陡坡路堤，地面横坡过陡，薄条填土不稳定，需作加固建筑物支撑路堤，经过修建副堤、片石垛等与修建挡土墙的比较后，认为修建挡土墙有利时。

(二) 路堑设计边坡的坡度与地面坡近似平行，如采取刷坡，形成剥山皮，破坏天然植被过多，可能造成山坡危岩活动，而采用护坡、护墙等建筑物加以防护又不如采用挡土墙能降低边坡高度而且经济合理时。

(三) 地质不良地段，如土质松散或山坡有较厚的堆积层，开挖路堑后可能引起滑移，而设置挡土墙后就能加固边坡时；在整治滑坡时，亦常将挡土墙作为支撑滑坡防止其滑动的重要措施之一；在山坡落石地段，常有挡土墙方案与隧道或明洞方案，经过二者比较后，认为以修建挡土墙方案为宜时。

(四) 滨河路堤，坡脚伸入河中侵占河床过多，采用护坡将受到主流的严重冲刷，或受地形地质条件的限制，不宜采用导流建筑物来引走水流，而修建挡土墙则可缩回路堤坡脚，减少路堤受冲刷的威胁时。

(五) 高路堤、深路堑土石方工程数量大，取土、弃土困难，或占用农田过多，如在坡脚设置挡土墙，则可减少土石方和用地数量时；有时需要与栈桥、隧道进行比较，认为修建挡土墙较经济合理时。

(六) 线路靠近既有建筑物（如厂房、公路、水利设施等），路基边坡受到干扰，改移线路或拆迁既有建筑物都有困难，而修建挡土墙既能保存既有建筑物又能保护路基边坡时。

(七) 需要同其它铁路建筑物如隧道（明洞）洞口及桥头两端作总体配合时。

二、挡土墙位置选择

(一) 路堑挡土墙的位置通常设置于路基侧沟边，其高度和长度应保证墙顶以上边坡稳定。根据路堑边坡基岩出露情况，也可以将挡土墙设置于边坡中部，但要注意地基可靠，施工方便。基础以下岩层裸露部分须结合岩性情况，考虑防止风化的防护工程。

(二) 路堤挡土墙与路肩挡土墙比较，当设墙高度、工程数量、地基情况相近时，宜作路肩挡土墙。当路肩、路堤挡土墙并列时，宜综合布置用斜墙、端墙衔接。

当墙身位于弧形地段，例如桥头锥体坡脚挡土墙，受力情况与平行路基的直线挡土墙不同，受力后沿墙延长切线方向产生张力，容易出现竖向裂缝，宜缩短伸缩缝间距，或考虑其它措施。

(三) 滨河挡土墙要结合河流的水文、地质情况及河道工程来布置；要注意设墙后水流平顺，不致形成漩涡发生严重的局部冲刷，更不可挤压河道阻水。

(四) 滑坡地段布置挡土墙，应结合地形、地质、滑面形状、滑坡推力及其它工程（如抗滑桩、减载、排水等）来考虑。带拦截落石的挡土墙则应按落石范围、规模、弹跳轨迹来布置。受其它建筑

物(房屋、公路、桥涵、隧道)控制的墙,则应在满足特定要求下,按技术经济条件考虑。

(五)路基石断面两侧,同时需设置路堑、路肩挡土墙时(或路堤挡土墙),要分析两者之间是否

有应力影响,采取措施,使两个墙位间控制最小距离 $B_2 > B_1$ (如图26-2a)在 B_2 不能大于 B_1 的条件下,可将路堑挡土墙基础加深,也可研究设计成一体结构(如图26-2b)。

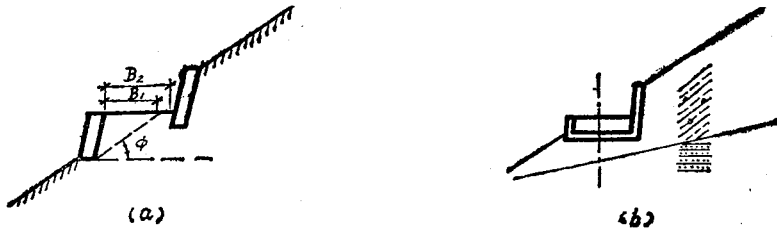


图26-2 路堑路肩挡土墙布置图

三、挡土墙断面形式比选

比选时,除考虑圬工数量外,还要考虑设墙后开挖量最少,施工安全等因素。

(一)在地形陡峭的山区挡土墙,其胸坡的陡度直接影响挡土墙的高度。山区铁路挡土墙胸坡一般采用 $1:0.05 \sim 1:0.2$;平缓地段胸坡缓些比较经济,一般多采用 $1:0.2 \sim 1:0.3$ 或 $1:0.4$ 。

(二)背坡坡度及形式的选取,主要考虑结构经济,施工开挖量少,回填工程量少,回填前结构自身稳定,以及目前采用土压力理论的适应范围等

因素。从重力式挡土墙背坡倾斜来说,有仰斜、俯斜、垂直以及混合的几种。

(三)胸坡与背坡要协调,根据填土的物理力学性质,地基地质情况,结合基础设计一起来考虑。在满足结构整体稳定及不致发生局部破坏的前提下,力求经济合理。

(四)选择挡土墙断面形式,在一处的挡土墙,其形式不宜过多,以免造成施工困难,和影响墙的外观。

第四节 勘测资料和设计参数

一、挡土墙设计应搜集的主要资料

新建铁路定测阶段挡土墙工点的资料主要内容一般有下述各种。

(一)勘测说明

内容包括:

1. 方案选定理由。说明方案取舍原因,包括地形、地质、水文因素以及施工、运营条件等。与桥、隧工程相连接的挡土墙,要共同研究选用断面形式和设计计算数据。

2. 设计意见及注意事项。拟建挡土墙位置、结构类型、计算数据、填料要求、地基加固办法、排水措施、地震和浸水地区挡土墙设计中有关要求、施工注意事项等。

3. 现场调查访问资料。

(二)墙址地形、地质平面图

一般挡土墙布置简单,无其它特殊要求者,不必专门为工点施测大比例尺($1:500$)的工程地质平面图。在下列情况下宜有 $1:500 \sim 1:200$ 的工程地质平面图:

1. 需要在纸上研究布置挡土墙的平面位置地段;

2. 需要选取不同方向的地形、地质断面,而现场勘测又不易掌握选准的地段;

3. 挡土墙设计牵涉有关改河、改沟、改移公路、拆迁建筑物等需用平面反映的地段。

(三)墙址地质纵断面图

在地形或地基土质纵向起伏变化大的地段,宜做墙址地质纵断面图。比例尺一般横竖一致,挡土墙很长时,可用较小比例,横向为 $1:100 \sim 1:500$,竖向为 $1:100 \sim 1:200$ 。

(四)地质横断面图

一般采用 $1:200$ 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,以能满足设计、施工的要求为准。在复杂情况采用 $5 \sim 10$ 米,基础标高变化不大的可采用 $10 \sim 30$ 米。在墙的两端应密一些,以便确定挡土墙起讫位置。

2. 断面宽度、精度除满足路基设计要求外,要考虑计算土压力的需要,因此,代表性横断面应较一般断面做宽些。

(五)挡土墙设计主要物理力学指标

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提供;特殊的如粘土填料或高大挡土墙背填料,应尽可能由试验取得;锚杆挡土墙锚杆抗拔力宜通过现场抗拔试验取得可靠数据。

(六)水文资料

包括地面水和地下水。对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。

滨河挡土墙则应搜集下列资料:

1. 河床土的粒径, 水流的流速流向, 河流的变动和下切情况。根据这些资料确定挡土墙基础埋置深度。

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。分析这些因素对挡土墙设计和施工的影响。

(七) 其它资料

如气象、施工调查、地震调查、水质对圬工的侵蚀作用等资料。

二、选用设计参数应注意事项

(一) 关于填料的物理力学指标

设计挡土墙时最好根据试验确定土的物理力学指标。如采用换算内摩擦角作为计算内摩擦角而无试验指标时, 可参照表26-2的数据选用。

填料物理力学指标 表26-2

填 料 种 类		计算内摩擦角 φ	容重 t/m^3
一般粘性土	墙高 $H \leq 6$ 米	$35^\circ \sim 40^\circ$	1.7
	$H > 6$ 米	$30^\circ \sim 35^\circ$	1.7
砂类土		35°	1.8
不易风化的岩石弃碴或碎石类土		40°	1.9
不易风化的石块		45°	1.9

对路堑挡土墙, 墙背除利用开挖的土石回填部分外, 其余均为天然土, 其岩层结构产状、成份、紧密程度及含水量等均较复杂, 往往又非均质, 因此习惯上多参考天然坡角确定设计 φ 角值。

(二) 关于墙背与填料的摩擦角(δ)

影响 δ 值的因素, 从一些试验、文献资料看, 有墙背的粗糙度(墙背愈粗糙, δ 值愈大), 填料的性质(φ 值愈大, δ 值也愈大)及墙背排水条件等。另外 δ 值还与墙移动方式及排水过程有关系。至于墙背的倾斜方向、墙顶的地面形状是否与 δ 值有密切关系, 则有不同的看法。

根据《铁路工程技术规范》的规定, 墙背与填料的摩擦角 δ , 可视墙背粗糙程度和排水条件而定。当无试验资料时, 一般可选用下列数值:

1. 混凝土墙背 $\delta = 0 \sim \frac{1}{2}\varphi$

2. 石砌墙背 $\delta = 0 \sim \frac{2}{3}\varphi$

式中 φ 为换算内摩擦角。

(三) 关于基底摩擦系数

基底摩擦系数, 依基底粗糙程度、排水条件和土质而定, 无试验资料时, 可采用下表所列数值。

应当指出, 基底摩擦和墙背的摩擦概念基本相同, 但其边界条件稍异, 前者土质相对紧密, 后者相对松散; 基底施工往往采用现场灌注混凝土或先浇一层水泥砂浆再砌片石, 当地基为粘性土时, 常

由于表面土层粘附在墙底, 滑动时墙底带着土沿土发生滑动。有人主张挡土墙抗滑指标按相应土质的抗剪性能考虑, 但要注意地基表层土结构破坏后较之天然埋藏条件下的不利因素。

基底摩擦系数 表26-3

地 基 土 的 分 类	摩 擦 系 数
软塑粘土	0.25
硬塑粘土	0.30
砂粘土、粘砂土、半干硬的粘土	0.30~0.4
砂类土	0.40
碎石类土	0.50
软质岩石	0.3~0.6
硬质岩石	0.60~0.7

(四) 关于地基的容许承载力

在岩石地基上, 由于其容许压应力较高, 一般不会产生不均匀沉陷, 因而设置在岩石地基上的挡土墙绝大多数是安全的。土质地基则复杂得多, 它与地基的物理力学性质和地面形态、基础埋置深度、基底倾斜度, 以及作用于基底的合力倾斜、偏心等因素有关, 因此设计时必须辩证地去处理。具体数据应按照《铁路工程技术规范》第二篇“地基容许承载力”的规定选用。

(五) 关于建筑材料的容重

采用表26-4中的数值。

建筑材料容重(吨/立方米) 表26-4

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	钢材
容重	2.3	2.3	2.5	2.5	2.3	2.2	7.85

(六) 关于混凝土的容许应力

采用表26-5中的数值。

混凝土的容许应力(公斤/平方厘米) 表26-5

应力种类	混 凝 土 标 号				
	100	150	200	250	300
压应力 $[\sigma]$	35	55	70	90	105
剪应力 $[\tau]$	5.0	6.5	8.0	9.5	10.5

注: 片石混凝土的容许应力可采用表中数值, 片石标号不应低于300号, 片石掺用量不应超过片石混凝土体积的20%。

(七) 关于石砌体的容许应力

采用表26-6中的数值。

石砌体的容许应力 (公斤/平方厘米) 表26-6

容许应力 水泥沙浆或小石子 混凝土标号	砌体种类	压应力 $[\sigma]$						剪应力 $[\tau]$
		片石砌体	小石子混凝土片石砌体	块石砌体	粗料石砌体	混凝土砌体标号		
						150	200	
75		13	16	—	—	—	—	1.4
100		15	18	25	40	27	34	1.6
150		18	21	28	44	31	38	2.0
200		20	23	30	47	—	41	2.3

- 注: 1. 砌体标号除注明者外均为300。
2. 混凝土及石砌体的容许弯曲抗拉应力, 可参照表中剪应力数值。

(八) 关于片石砌体沿灰缝截面破坏时的强度采用表26-7中的数值。

片石砌体沿灰缝截面破坏时砌体的极限强度 (公斤/平方厘米) 表26-7

强度类别	砂浆标号	
	100	50
轴心抗拉强度 R_t	2.5	2.0
沿齿缝截面弯曲抗拉强度 R_{bt}	5.0	4.0
沿齿缝截面抗剪强度 R_v	6.0	4.5

第二十七章 土压力计算

第一节 概 述

挡土墙的土压力计算，与墙的结构形式、施工程序、位移状态、材料性质（刚度、粗糙度）、墙后地表形态、土的物理力学性质以及计算理论的基本假定都有关系。特别是路肩、路堤挡土墙作用有局部荷载时，土压力计算的问题更为复杂。从国内外工程实践和理论研究的成果看来，目前仍广泛地采用库伦、朗金两个古典理论。后来经过许多试验研究，逐步地提出了公式的适用范围和简化计算方法。在铁路挡土墙工程中所遇到的情况，有些与理论基本假定并不完全符合，有少数情况是否能用这

两个理论直接进行计算，也还存在着不少问题。本章内容着重介绍库伦方法，并列出一一些常用的土压力系数。对一般图解法和复杂情况下的土压力计算、粘性土的土压力计算以及朗金方法等则作概略的介绍。

一、土压力计算中的几个主要问题

(一) 土压力类别

根据试验结果，挡土墙上土压力的大小随墙的变位状态而不同。

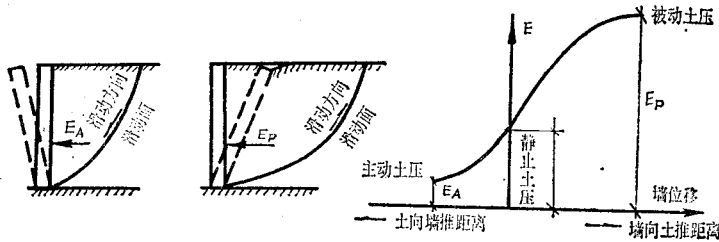


图27-1 土压力类别图

如图27-1，当墙向外移动时，土压力随之减少，直至墙后土体达到向下滑动的极限平衡状态时，土压力达最小值。此时土体作用在墙背上的土压力，称为主动土压力；当墙向土体挤压移动，土压力随之增大，直至土被推破达到向上滑动的极限平衡状态时，土压力达到最大值，此时土体作用在墙背上的土压力，称为被动土压力；墙处在原来位置不动时，则土压力介于上述二者之间，称为静止土压力。静止土压力也可能存在于被建筑物侧向支撑着的土层中，如不允许移动的地下室的墙要采用静止土压力计算。根据试验，为达到被动土压状态所需的侧向压缩较主动土压状态所需的变形量要大

很多。至于需要的绝对变形量，则依据土的性质和变形形式而定。

(二) 土体平衡状态

土体中某一点的应力状态，可用这一点的应力圆来表示。

如图27-2 (a) 所示，土体中各个方向上的剪应力均较其抗剪强度为小，因而这一点的土体是处于弹性平衡状态。如图27-2 (b) 所示，M、N 两点所决定的相应平面上的剪应力等于土的抗剪强度时，土体沿着这两个相应平面发生剪切位移，即所谓极限平衡状态。计算挡土墙土压力，广泛采用的就是这个极限平衡的基本假定。

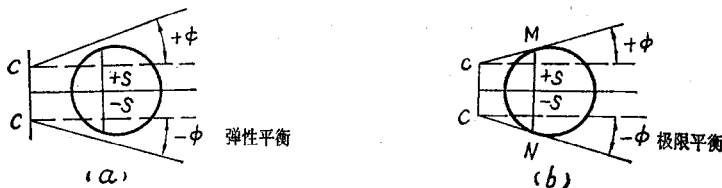


图27-2 土中一点的应力圆

(三) 关于衡重式挡土墙上墙截面检算的土压力计算

衡重式挡土墙上墙承受的土压力，从理论上进行分析是很复杂的。上下墙是一个整体，上下墙是

互相有影响的，上墙影响下墙的土压力，下墙也影响上墙的土压力。若把上墙视为一单独的小墙，求算其主动土压力，由于上下墙间不允许有开裂，其结果将与实际情况有较大出入。从模型试验证实，上墙由于有衡重台，如台宽超过一定宽度，就会出现第二破裂面，故上墙截面检算的土压力，以按出

现第二破裂面的情况进行计算，采用第二破裂面上的土压力作为上墙土压力，较为接近实际。至于如何将计算所得的第二破裂面土压力传递到上墙墙背上，一般是假定衡重台及墙背上均无摩擦力产生，采用力多边形法来推求，如图27-3。

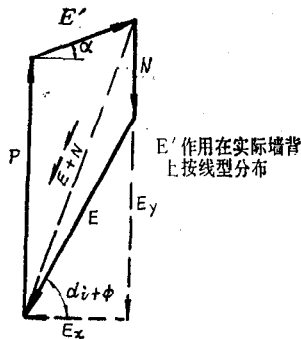
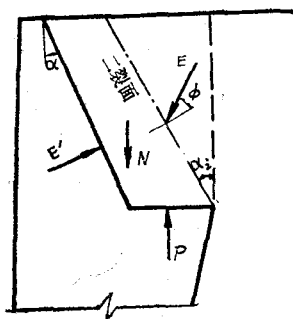


图27-3 第二破裂面土压力计算图

N ——二裂面与上墙背间土重； E' ——传递至上墙背土压力；
 E ——二裂面上土压力； P ——衡重台上反力。

从力多边形可知：

$$E'_x = E_x \text{ (上墙第二破裂面上水平土压力)}$$

$$E'_y = E'_x \operatorname{tg} \alpha = E_x \operatorname{tg} \alpha$$

$$= E_y \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha_i + \phi)}$$

上墙土压力亦可比照悬臂式挡土墙土压力计算方法来进行，见第30章。

(四) 关于粘性土土压力计算问题

目前仅限于从库伦理论出发，考虑了粘聚力的作用，还缺少用这种方法所设计的挡土墙的使用经验。特别是某些特殊土质如裂隙粘土，对其破坏机理各说不一，有待研究。铁路挡土墙设计中常用换算内摩擦角法，通过提高粘性土的内摩擦角后按砂性土计算土压力的公式求算土压力。常用的几种换算方法有：

1. 假设换算内摩擦角 $\varphi_D = 30^\circ \sim 35^\circ$ ，这是一种半经验方法。

2. 根据土的抗剪强度相等的原理计算 φ_D 值，如图27-4中：

$$\operatorname{tg} \varphi_D = \frac{\tau'}{\gamma H} = \operatorname{tg} \varphi + \frac{C}{\gamma H}$$

即
$$\varphi_D = \operatorname{tg}^{-1} \left(\operatorname{tg} \varphi + \frac{C}{\gamma H} \right)$$

3. 根据土压力相等的原理计算 φ_D 值。为计算方便， φ_D 值可按地面水平，墙背竖直和 $\delta = 0$ 的简单边界条件确定。如图27-5所示，假定粘性土土压力与换算后的砂性土土压力相等，可求得

$$\begin{aligned} E_a &= \frac{1}{2} \gamma H^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \\ &\quad - 2CH \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) + \frac{2C^2}{\gamma} \\ &= \frac{1}{2} \gamma H^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_D}{2} \right) \end{aligned}$$

$$\therefore \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) - \frac{2C}{\gamma H} = \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi_D}{2} \right)$$

一般来说，按经验确定 φ_D 值的方法在使用中较为方便。但以某一 φ_D 值代替粘性土求得的土压力，仅与某一墙高的土压力相符合。从图27-4中可以看出，根据一定墙高 H 换算的内摩擦角 φ_D 求得的土压力进行设计，对低于此 H 高度的挡土墙则过于保守，而对高于此 H 高度的挡土墙则处于不安全。

按抗剪强度相等或土压力相等计算的 φ_D 值，虽考虑了土的粘聚力和墙高的影响，但公式中并未

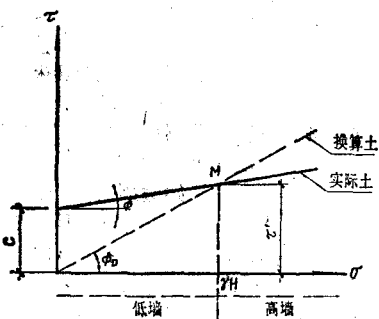


图27-4 换算后的抗剪强度曲线

考虑其它边界条件对 φ_D 值的影响, 它们的不同点, 只是在按土压力相等求 φ_D 值的方法中还考虑了土体顶部裂缝深度的影响。

为了进一步阐述粘性土土压力同换算内摩擦角间的关系, 在 C 、 φ 和 γ 值相同的条件下, 若采用本章楔体试算法计算粘性土的土压力 E_a , 由 E_a 反求 φ_D , 根据计算的结果表明: 不同墙高求出的 φ_D 不同; 同一挡土墙高度下, 仰斜墙背求出的 φ_D

大, 竖直墙背求出的 φ_D 居中, 俯斜墙背求出的 φ_D 最小; 即使是同一墙型, 如仰斜墙背, 求出的 φ_D 也是随填土坡度的增大而减小。因此要选取与粘性土真实情况相适应的 φ_D 值来计算粘性土土压力是比较困难的, 要解决这一问题, 还需在今后工程实践中去补充完善。

本章第六节系介绍考虑了粘聚力的作用时的粘性土土压力计算方法。

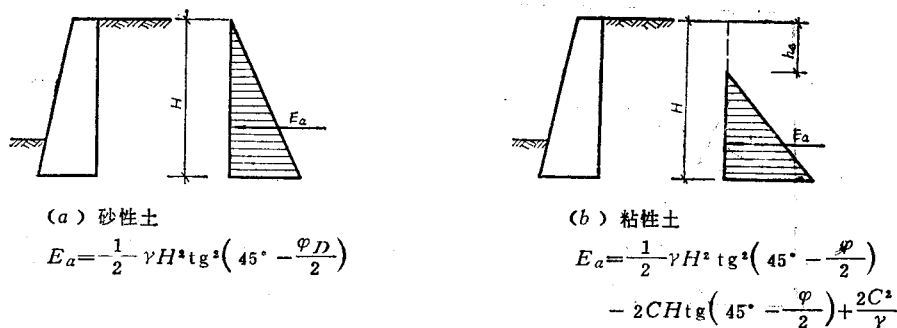


图27-5 用土压力相等的原理计算 φ_D

二、有关规定

(一) 挡土墙承受的土压力, 一般按库伦理论计算。若墙背俯斜较大, 土体中可能出现第二破裂面时, 应按第二破裂面计算土压力。墙后填料为粘性土时, 可用粘性土的力学指标或换算内摩擦角方法计算土压力。

挡土墙位于陡坡地段时, 应根据可能出现的所有滑动面检算, 求出最大的土压力。

折线形墙背的挡土墙, 其土压力为各直线段墙背上的土压力之总和。

浸水挡土墙应考虑洪水对墙身及墙后填料的影

响。
(二) 路肩或路堤挡土墙上的列车活载, 采用“中——活载”, 不考虑列车的冲击力、离心力、制动力和摇摆力。

(三) 活荷载换算办法见本手册第一章中“列车荷载和轨道荷载的换算”。

(四) 地震作用时挡土墙的土压力计算, 应按现行的抗震设计规则的规定办理。

第二节 库伦方法

一、库伦理论的基本假定

(一) 墙后土体为散粒均质物质, 依靠颗粒间的摩擦来抵抗土体的相对移动。

(二) 在主动状态下 (图27-6) 挡土墙向前产生微小移动, 墙后土体形成破裂棱体 ABC , 沿着墙背 AB 和破裂面 BC 向下滑动, 如虚线箭头所示。在被动状态下 (图27-7), 挡土墙在外力作用下向墙后土体方向移动达到一定量后, 破裂棱体沿着墙背和破裂面向上移动, 如虚线箭头所示。

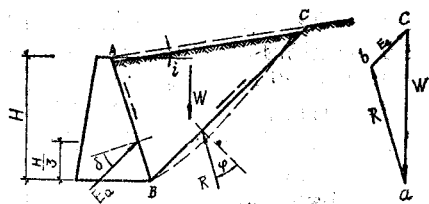


图27-6 主动状态下的破裂棱体

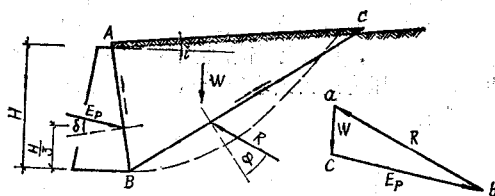


图27-7 被动状态下的破裂棱体

(三) 将具有和对数螺旋线相似的实际破裂面 (图中虚线所示) 以一平面代替。

(四) 当墙后土体开始破裂时, 土体处于极限平衡状态, 破裂棱体 ABC 在其自重 W 、墙背反力 E 和破裂面上反力 R 的作用下维持静力平衡。由于破裂棱体与墙背及土体间的摩擦, 反力 E 和 R 分别与各自的作用面的法线成 δ 角 (墙背摩擦角) 和 φ 角 (土的内摩擦角)。

(五) 挡土墙及破裂棱体均视为刚体，在外力作用下无压缩或伸张变形。

二、雷朋汉定理

雷朋汉根据彭斯列作图法原理提出了确定主动土压力和破裂角的方法，对推导库伦主动土压力公式比较方便，现扼要介绍如下：

(一) 雷朋汉第一定理：在图27-8中当BC为破裂面时，图形ABC的面积等于△BCN的面积。

证明：根据库伦基本假定，破裂棱体ABC在W、E_a和R三力作用下维持静力平衡。因此，作用在墙背的主动土压力可以从力三角形abc中根据正弦定律求得：

$$E_a = W \frac{\sin(90^\circ - \theta - \varphi)}{\sin(\theta + \varphi + \delta - \alpha)} \quad (27-1)$$

公式27-1为库伦主动土压力基本公式。从图27-8可知：当条件已定时，破裂棱体重量W为破裂角θ的函数。假定破裂面处于不同位置（即假定不同的θ）时，均有一相应的E_a。将E_a对θ微

由 $\frac{dE_a}{d\theta} = \frac{dW}{d\theta} \cdot \frac{\sin(90^\circ - \theta - \varphi)}{\sin(\theta + \varphi + \delta - \alpha)}$

$$- W \frac{\sin(\theta + \varphi + \delta - \alpha) \cos(90^\circ - \theta - \varphi) + \cos(\theta + \varphi + \delta - \alpha) \sin(90^\circ - \theta - \varphi)}{\sin^2(\theta + \varphi + \delta - \alpha)}$$

$$= \frac{dW}{d\theta} \cdot \frac{\sin(90^\circ - \theta - \varphi)}{\sin(\theta + \varphi + \delta - \alpha)} - W \frac{\sin(90^\circ + \delta - \alpha)}{\sin^2(\theta + \varphi + \delta - \alpha)} = 0$$

得 $W = \frac{dW}{d\theta} \cdot \frac{\sin(90^\circ - \theta - \varphi) \sin(\theta + \varphi + \delta - \alpha)}{\sin(90^\circ + \delta - \alpha)}$

设破裂面由BC变到BC₁，则θ减小dθ，当破裂棱体为单位墙长时，破裂棱体重量减小相当于△BCC₁面积的重量，如γ为土的容重，则

$$W = \frac{1}{2} \gamma \overline{BC}^2 \frac{\sin(90^\circ - \theta - \varphi) \sin(\theta + \varphi + \delta - \alpha)}{\sin(90^\circ + \delta - \alpha)}$$

作直线CN使∠BCN=θ+φ+δ-α，由△BCN中可得：

$$BC = BN \frac{\sin(90^\circ + \alpha - \delta)}{\sin(\theta + \varphi + \delta - \alpha)}$$

$$= BN \frac{\sin(90^\circ + \delta - \alpha)}{\sin(\theta + \varphi + \delta - \alpha)}$$

$$\therefore W = \frac{1}{2} \gamma BC \cdot BN \sin(90^\circ - \theta - \varphi)$$

$$= \gamma \cdot \text{面积}(\triangle BCN)$$

分，并令 $\frac{dE_a}{d\theta} = 0$ ，求得出现最大E_a值时的θ，

即为破裂角。将θ代入公式27-1便得主动土压力E_a。

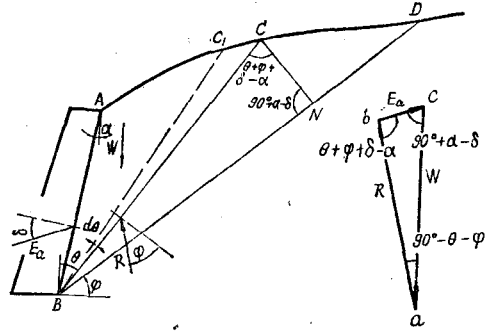


图27-8 雷朋汉第一定理示意图

$$dW = \gamma \cdot \text{面积}(\triangle BCC_1) = \frac{1}{2} \gamma \overline{BC}^2 d\theta$$

代入上式得：

$$\therefore \text{面积}(\triangle ABC) = \text{面积}(\triangle BCN)$$

(二) 雷朋汉第二定理：单位墙长的主动土压力等于土的容重乘三角形CNS（又称力三角形）的面积。

证明：在图27-9中，假设BC为破裂面，过C点作CN，使∠BCN=θ+φ+δ-α，并与水平线成φ角的BD线交于N点。截取NS使其等于NC，则△CNS称为力三角形。

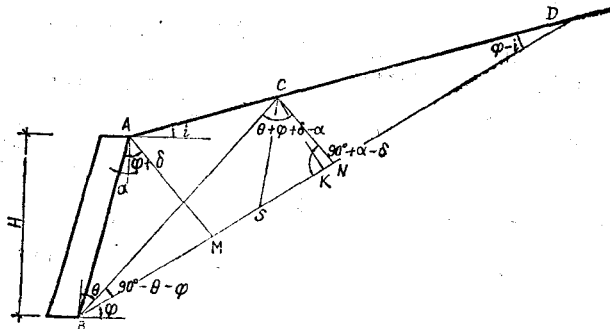


图27-9 雷朋汉第二定理示意图