

挡土墙土压力

DANGTUQIANG TUYALI JISUANSHOUC

计算手册

· 顾慰慈 著

中国建材工业出版社

挡土墙土压力计算手册

顾慰慈 著

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

挡土墙土压力计算手册/顾慰慈著. —北京: 中国建材工业出版社, 2004. 8
ISBN 7-80159-665-X

I. 挡... II. 顾... III. 挡土墙-土压力-计算-手册 IV. TU476-62

中国版本图书馆CIP数据核字 (2004) 第 070716 号

内 容 简 介

本书是一本计算挡土墙土压力的手册, 包括作用在刚性挡土墙、悬臂式挡土墙、扶壁式挡土墙、板桩墙、锚定板墙和加筋土挡土墙上的土压力, 较全面地介绍了各种土压力的计算方法, 其中主要有朗肯土压理论、库仑土压理论、极限平衡理论、能量理论、空间土压理论、凝聚力等效法则、有限单元方法和水平层计算方法等, 书中有大量计算用表和计算实例, 可供读者使用和参考。

本书可供土木工程、水利水电工程、公路工程、铁道工程、航运工程、矿山工程等专业的设计、施工、科研人员阅读和使用, 也可供相关专业的大专院校师生阅读和参考。

挡土墙土压力计算手册

顾慰慈 著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 40

字 数: 1021 千字

版 次: 2005 年 1 月第一版

印 次: 2005 年 1 月第一次

定 价: 72.00 元

网上书店: www.ecool100.com

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386904

前 言

在土木工程、建筑工程、铁道工程、公路工程、航运工程、水利水电工程中，挡土墙的应用极广，常用作挡墙、护岸墙、护坡墙及码头、建筑物的边墙、翼墙和连接墙，桥梁的桥台，房屋地下室四周的边墙，抽水站和水电站前池的边墙等等，挡土墙的形式则有普通重力式墙、衡重式墙、悬臂式墙、扶壁式墙、锚定板墙、板桩墙和加筋土墙等，而且随着生产的发展，挡土墙的高度也已从几米发展到二三十米。

挡土墙的主要荷载是土压力，土压力的理论计算始于1773年，库仑(C. A. Coulomb)发表了以挡土墙墙背滑裂体整体极限平衡为条件的著名库仑土压理论，其后，1857年朗肯(W. J. M. Rankine)又发表了以微分土体极限平衡为条件的朗肯土压理论，此后许多学者，如太沙基(K. Terzaghi)、契波塔廖夫(Tschebotarioff)、皮克(R. B. Peak)、毕晓普(A. B. Bishop)、罗威(P. W. Rowe)等，又相继对土压力的计算理论及方法进行了研究，扩展了库仑和朗肯土压理论的应用范围，使其直至今日仍为挡土墙设计中经常采用的重要方法。同时，随着科学技术的进步和许多学者的研究，又提出了许多新的理论和计算方法，如极限平衡理论、能量理论、空间土压力理论、有限单元计算方法、水平层计算方法、凝聚力等效法则和其他许多土压力的简化计算方法等，使土压力的计算方法和计算理论更趋完善，使计算结果与实际更加吻合。

本书共分十八章，除第十八章为讲述重力式挡土墙的计算方法外，其余十七章分别讲述了各种土压力理论及其计算方法，以及在各种情况下的应用，内容比较全面。书中除重点讲述了重力式挡土墙土压力的计算方法外，也讲述了其他型式挡土墙，如悬臂式、扶壁式、衡重式、板桩墙、加筋土墙土压力的计算。书中还附有大量的计算图表和计算实例，以及相应的计算机计算程序，以便读者参考和使用。

为了便于读者查阅，本书的目录分为3~4个层次，即按章、节、目、条的层次列出，并注明了页码。

本书是在《挡土墙土压力计算》一书的基础上，经过增删、修订和改编而成，介绍了国内外各种计算方法，力求能用于各种情况下土压力的计算。书中不完善之处，欢迎读者指正。

在本书编写过程中，蒋幼新、高红、蒋栩等同志也参加了部分编写工作。

作 者

2004年10月16日

目 录

第一章 概述	1
1.1 挡土墙的型式及土压力	1
1.1.1 挡土墙的型式	1
1.1.2 作用在挡土墙上的土压力	2
1.1.3 土压力的种类	4
1.2 土的强度和土中一点的应力	7
1.2.1 土的强度	7
1.2.2 土中一点处的应力状态	8
1.2.3 应力圆〔莫尔 (More) 应力圆〕	9
1.3 土中应力的极限平衡条件	10
1.4 静止土压力	12
1.4.1 静止土压力	12
1.4.2 静止土压力系数	14
第二章 按朗肯理论计算土压力	18
2.1 朗肯土压理论	18
2.2 无黏性土的主动土压力	19
2.2.1 填土表面无荷载的情况	19
2.2.2 填土表面以下深度 H_1 处有地下水的情况	21
2.2.3 填土表面有均布荷载的情况	25
2.2.4 填土表面有均布荷载、填土面以下深度 H_1 处有地下水的情况	26
2.2.5 层状土的主动土压力	29
2.2.5.1 双层填土	29
2.2.5.2 多层填土	31
2.3 黏性土的主动土压力	34
2.3.1 单层黏性填土的情况	34
2.3.2 多层黏性填土的情况	36
2.3.3 填土中有地下水的情况	42
2.3.4 填土表面有均布荷载的情况	44
2.3.5 填土表面有均布荷载和填土面以下有地下水的情况	46
2.4 无黏性土的被动土压力	54
2.4.1 填土表面无荷载的情况	54
2.4.2 填土表面有均布荷载的情况	55
2.4.3 填土表面以下有地下水的情况	56
2.4.4 填土表面有均布荷载和填土内有地下水的情况	59

2.4.5 双层填土的情况·····	62
2.5 黏性土的被动土压力·····	63
2.5.1 填土表面无荷载的情况·····	63
2.5.2 填土表面有均布荷载的情况·····	65
2.5.3 填土表面以下有地下水的情况·····	67
2.5.4 填土表面有均布荷载和填土内有地下水的情况·····	68
2.6 填土表面为倾斜平面时土压力的计算·····	70
2.6.1 土体为无黏性土的情况·····	70
2.6.1.1 主动土压力的计算·····	70
2.6.1.2 被动土压力的计算·····	72
2.6.2 土体为黏性土的情况·····	73
2.6.2.1 主动土压力的计算·····	73
2.6.2.2 被动土压力的计算·····	73
第三章 按库仑理论计算土压力 ·····	74
3.1 库仑土压理论·····	74
3.2 主动土压力·····	74
3.2.1 当墙面倾斜和填土表面上倾斜时 ($\alpha \neq 0, \beta \neq 0$) ·····	80
3.2.2 当 $\alpha = 0, \beta \neq 0, \delta \neq 0$ 时 ·····	81
3.2.3 当 $\alpha \neq 0, \beta = 0, \delta \neq 0$ 时 ·····	82
3.2.4 当 $\alpha \neq 0, \beta \neq 0, \delta = 0$ 时 ·····	83
3.2.5 当 $\alpha = \beta = 0, \delta \neq 0$ 时 ·····	84
3.2.6 当 $\alpha = \delta = 0, \beta \neq 0$ 时 ·····	84
3.2.7 当 $\alpha \neq 0, \beta = \delta = 0$ 时 ·····	85
3.2.8 当 $\alpha = \beta = \delta = 0$ 时 ·····	85
3.3 被动土压力·····	86
3.3.1 当 $\alpha \neq 0, \beta \neq 0, \delta \neq 0$ 时 ·····	88
3.3.2 当 $\alpha \neq 0, \beta = 0, \delta \neq 0$ 时 ·····	89
3.3.3 当 $\alpha = 0, \beta \neq 0, \delta \neq 0$ 时 ·····	90
3.3.4 当 $\alpha \neq 0, \beta \neq 0, \delta = 0$ 时 ·····	91
3.3.5 当 $\alpha = \beta = 0, \delta \neq 0$ 时 ·····	91
3.3.6 当 $\alpha \neq 0, \beta = \delta = 0$ 时 ·····	92
3.3.7 当 $\alpha = \beta = \delta = 0$ 时 ·····	92
3.4 特殊情况下土压力的计算·····	92
3.4.1 墙面为折线的情况·····	93
3.4.2 填土表面为折线形的情况·····	93
3.4.3 填土表面有均布荷载的情况·····	94
3.4.4 层状填土的情况·····	95
3.4.5 均布荷载起点距墙顶有一定距离的情况·····	96
3.4.6 有局部均布荷载的情况·····	97
3.4.7 有集中荷载 P 的情况 ·····	97

3.5 黏性土的主动土压力 (广义库仑理论)	98
3.5.1 精确解	99
3.5.1.1 不考虑填土表面出现裂缝的情况	99
3.5.1.2 考虑填土表面出现裂缝的情况	103
3.5.1.3 各种情况下主动土压力的计算公式	169
(一) 当 $\alpha \neq 0, \beta \neq 0, \delta \neq 0, k \neq 0$ 时	169
(二) 当 $\alpha \neq 0, \beta \neq 0, \delta \neq 0, k = 0$ 时	169
(三) 当 $\alpha \neq 0, \beta = 0, \delta \neq 0, k \neq 0$ 时	170
(四) 当 $\alpha = 0, \beta \neq 0, \delta \neq 0, k \neq 0$ 时	171
(五) 当 $\alpha = \beta = 0, \delta \neq 0, k \neq 0$ 时	171
(六) 当 $\alpha = \beta = \delta = k = q = 0$ 时	172
3.5.2 其他情况下主动土压力的计算	179
3.5.2.1 当均布荷载的起点距墙顶有一定距离时	179
3.5.2.2 当集中荷载作用时	181
3.5.3 四川省建筑科学研究院方法	181
3.5.3.1 不考虑填土表面出现裂缝和作用荷载的情况	181
3.5.3.2 考虑填土表面出现裂缝的情况	183
3.5.3.3 考虑填土表面作用均布荷载 q 和填土表面出现裂缝的情况	185
3.5.4 建筑地基基础设计规范方法	185
3.6 填土表面作用均布切力时的主动土压力	187
3.6.1 填土表面作用均布切力时	187
3.6.2 填土表面作用均布垂直荷载及切力 (指向墙体) 时	192
3.6.3 填土表面作用均布垂直荷载及切力 (指向填土) 时	195
第四章 被动土压力的其他计算方法	199
4.1 概述	199
4.1.1 填土与墙面的摩擦角对被动土压力的影响	199
4.1.2 滑动面形状对被动土压力的影响	199
4.2 对数螺旋线组合法	200
4.3 圆弧组合法	203
第五章 土压力的图解法	205
5.1 无黏性土的土压力	205
5.1.1 彭赛莱法	205
5.1.1.1 填土表面为一平面 (直线)	205
(一) 主动土压力	205
(二) 被动土压力	208
5.1.1.2 填土表面为折线	209
5.1.2 库尔曼法	210
5.1.2.1 主动土压力	210
5.1.2.2 被动土压力	212
5.1.3 恩格舍图解法	214

5.1.3.1	主动土压力	215
5.1.3.2	被动土压力	216
5.2	黏性土的土压力	218
5.2.1	主动土压力	218
5.2.1.1	不考虑填土表面开裂的情况	218
5.2.1.2	考虑填土表面开裂的情况	220
5.2.2	被动土压力	223
5.3	极点圆法	226
5.3.1	滑动面为平面的情况	226
5.3.1.1	填土为无黏性土时	226
(一)	主动土压力	226
(二)	被动土压力	227
5.3.1.2	填土为黏性土时	227
(一)	主动土压力	227
(二)	被动土压力	228
5.3.2	滑动面为组合面的情况	228
5.3.2.1	填土为无黏性土时	228
(一)	主动土压力	228
(二)	被动土压力	231
5.3.2.2	填土为黏性土时	232
(一)	主动土压力	232
(二)	被动土压力	232
第六章	水平层分析法	235
6.1	概述	235
6.2	无黏性土的主动土压力	239
6.2.1	填土表面无外荷载作用时	242
6.2.2	填土表面作用均布荷载 q_0 时	243
6.3	黏性土的主动土压力	246
6.3.1	当填土与墙面的摩擦角 δ 较小时	246
6.3.1.1	不考虑填土表面开裂时	248
(一)	填土表面无荷载作用	248
(二)	填土表面作用均布荷载	249
6.3.1.2	考虑填土表面开裂时	251
(一)	填土表面无荷载作用	251
(二)	填土表面作用均布荷载	252
6.3.1.3	滑动面的倾角	257
6.3.2	当填土与墙面的摩擦角 δ 较大时	258
第七章	按极限平衡理论计算挡土墙土压力	263
7.1	土的静力平衡微分方程	263
7.2	土的极限平衡条件和平面极限平衡微分方程	264

7.2.1	土的极限平衡条件	264
7.2.2	土的平面极限平衡微分方程	266
7.3	特征线方程及其解法	267
7.3.1	特征线方程	267
7.3.2	特征线的解法	269
7.3.3	边值问题	270
7.4	挡土墙上主动土压力的计算	275
7.4.1	基本假定	275
7.4.2	边界条件	275
7.4.3	计算步骤	279
7.5	挡土墙上被动土压力的计算	283
7.5.1	边界条件	284
7.5.2	被动土压力的计算	288
7.6	计算实例	290
第八章	按能量理论计算挡土墙土压力	298
8.1	概述	298
8.1.1	概述	298
8.1.2	流动法则	298
8.1.3	土体在塑流中的能量消耗	299
8.2	土压力(上限)的计算	300
8.2.1	滑动面为平面时的土压力	300
8.2.1.1	主动土压力	300
8.2.1.2	被动土压力	302
8.2.2	滑动面为组合面时的土压力	304
8.2.2.1	主动土压力	305
8.2.2.2	被动土压力	305
第九章	土压力的空间计算理论	306
9.1	概述	306
9.1.1	基本原理	306
9.1.2	空间土压力研究的发展	306
9.2	挡土墙背面填土中滑裂体形状的试验研究	308
9.2.1	试验方法	308
9.2.2	试验结果	308
9.3	平衡拱的形状及其数学模型	311
9.4	挡土墙背面填土中滑裂体的形状	314
9.5	挡土墙上土压力的计算	315
9.5.1	滑裂体的平面尺寸	315
9.5.2	滑裂体的体积	317
9.5.3	作用在挡土墙墙面上的主动土压力	318
9.5.4	土压力沿墙高的分布	325

9.5.5	土压力合力的作用点	326
9.5.6	土压力沿墙长的分布	327
9.6	土压力按空间问题计算的近似方法	328
9.6.1	滑裂体的基本尺寸	328
9.6.2	作用在挡土墙上的主动土压力	330
9.6.3	土压力作用点位置的确定	332
9.7	连接墙上的土压力计算	333
9.7.1	连接墙的类型	333
9.7.2	连接墙上土压力的计算原理	333
9.7.3	滑裂体的计算	334
9.7.4	作用在假想平面上的土压力	336
9.7.5	土压力沿假想墙面的分布	337
9.7.6	作用在实际墙面上的土压力	338
9.8	圆弧形挡土墙的土压力计算	352
9.8.1	圆弧形挡土墙背面填土滑裂体的形状	352
9.8.2	滑裂体的尺寸	353
9.8.3	滑动面与挡土墙墙面间的夹角 θ 值	357
9.8.4	土压力沿墙高的分布	362
9.8.5	土压力合力位置的确定	363
9.8.6	土压力沿墙长的分布	392
9.9	土压力按空间问题计算的其他方法	396
9.9.1	索柯洛夫方法	396
9.9.2	克列恩方法	398
9.9.3	卡斯台德方法	399
9.10	圆弧形挡土墙的近似计算方法	401
9.10.1	弦线法	401
9.10.2	同心圆法	402
9.10.3	单位弧长法	404
第十章	支撑墙、锚定板挡土墙和板桩墙的土压力计算	407
10.1	支撑墙上土压力的计算	407
10.1.1	支撑墙的类型	407
10.1.2	支撑墙的变形和作用在其上的土压力	407
10.1.3	支撑墙上土压力的计算	408
10.2	锚定板挡土墙土压力的计算	410
10.2.1	锚定板挡土墙的类型	410
10.2.2	作用在锚定板挡土墙上的土压力	411
10.2.3	锚定板挡土墙土压力的计算	411
10.3	板桩墙上土压力的计算	412
10.3.1	概述	412
10.3.2	非锚固板桩墙的土压力计算图形	413

10.3.2.1	自由端板桩墙	413
10.3.2.2	固定端板桩墙	414
10.3.2.3	锚定墙	414
10.3.3	锚固板桩墙上的土压力及板桩墙计算	415
10.3.3.1	力矩平衡法	415
10.3.3.2	最小功法	418
10.3.3.3	有限差分法	420
10.3.3.4	链杆法	423
10.3.3.5	位移法	426
第十一章	地震土压力的计算	430
11.1	土中的地震应力	430
11.2	刚性挡土墙的地震土压力计算	432
11.2.1	物部冈部计算法	432
11.2.2	罗米谢计算法	437
11.2.3	纳彼特瓦里泽计算法	438
11.2.4	按朗肯土压理论的计算方法	443
11.2.5	地震规范方法	443
11.2.5.1	俄罗斯和保加利亚按震规范方法	443
11.2.5.2	我国京津地区道路建筑物抗震设计暂行规定中建议方法	443
11.2.5.3	我国水工建筑物抗震设计规范方法	444
11.2.6	按谐振定律的计算方法	445
11.3	板桩墙地震土压力的计算	447
11.3.1	板桩墙的变形特点	447
11.3.2	板桩墙地震土压力的计算	448
第十二章	加筋土挡土墙的计算	450
12.1	概述	450
12.1.1	加筋土挡土墙的发展	450
12.1.2	加筋土挡土墙的基本结构	450
12.1.3	加筋土挡土墙的破坏形式	452
12.2	加筋土挡土墙的土压力计算	453
12.2.1	按非整体工作计算	453
12.2.2	按整体工作计算	456
12.2.3	加筋土挡土墙的计算	458
第十三章	倒坡挡土墙和坦坡挡土墙上的土压力	460
13.1	倒坡挡土墙上的土压力	460
13.1.1	土中任意点处滑裂面的方向	460
13.1.2	各滑动区的角度关系及滑动区上作用力的方向	461
13.1.3	各滑动区的重量及 AF 面上的荷载	462
13.1.4	作用在挡土墙上的主动土压力	462
13.1.5	主动土压力沿墙面的分布	464

13.1.6	主动土压力的作用点	464
13.1.7	倒坡墙和垂直墙土压力的比较	466
13.2	坦坡挡土墙上的土压力	466
13.2.1	坦坡挡土墙与普通挡土墙的界限	466
13.2.2	作用在坦坡挡土墙上的主动土压力	467
13.2.3	作用在墙面 AB 上的土压力强度	468
13.2.4	坦坡挡土墙上主动土压力作用点的位置	470
第十四章	有限单元法计算土压力	473
14.1	连续体的离散化	473
14.2	位移与坐标的关系	474
14.3	荷载向结点的移置	476
14.3.1	自重的移置	476
14.3.2	集中力的移置	477
14.3.3	边界上荷载的移置	477
14.4	单元中任意点处应变与位移的关系	478
14.5	单元中任意点处应力与应变的关系	479
14.6	单元中任意点处应力与位移的关系	480
14.7	结点力与结点位移的关系	481
14.7.1	结点力和结点荷载	481
14.7.2	结点力和结点位移	482
14.8	土的应力应变关系	483
14.9	土与墙接触面的计算模型	486
14.10	土压力的计算	488
第十五章	按凝聚力等效法则计算黏性土的土压力	491
15.1	黏性土凝聚力的等效法则	491
15.2	黏性土主动土压力的计算	494
15.2.1	不考虑填土表面出现裂缝的情况	495
15.2.2	考虑填土表面出现裂缝的情况	500
15.3	黏性土主动土压力的近似计算	506
15.3.1	考虑填土表面出现裂缝的情况	506
15.3.2	不考虑填土表面出现裂缝的情况	511
15.3.3	在不同情况下 K_0 值和 h_c 值的计算	512
15.3.3.1	当填土表面水平和无均布荷载时	512
15.3.3.2	当填土表面水平和作用均布荷载, 挡土墙墙面竖直时	513
15.3.3.3	当填土表面水平和作用均布荷载, 挡土墙墙面光滑时	513
15.3.3.4	当填土表面水平和作用均布荷载, 挡土墙墙面竖直光滑时	514
第十六章	作用在非直线形墙面上的主动土压力	518
16.1	解析法	518
16.1.1	土压力的基本计算公式	518
16.1.2	作用在各折坡面上的土压力	519

16.1.3	滑动面与竖直线之间的夹角 θ 的计算	524
16.2	图解法	527
16.2.1	滑动面的确定	527
16.2.2	墙段上土压力的分布	528
第十七章	几种常用挡土墙的土压力计算	533
17.1	扶臂式挡土墙的土压力计算	533
17.1.1	按空间问题计算	534
17.1.2	按平面问题计算	540
17.1.2.1	填土为黏性土的情况	540
17.1.2.2	填土为无黏性土的情况	543
17.2	悬臂式挡土墙的土压力计算	547
17.2.1	填土为黏性土的情况	548
17.2.2	填土为无黏性土的情况	551
17.3	有减压平台的挡土墙的土压力计算	553
17.3.1	滑动面倾角 θ 的计算	554
17.3.2	作用在各段墙面上的土压力及其作用点位置	556
17.4	膨胀土对挡土墙的压力	562
17.4.1	膨胀土的土压力	562
17.4.2	减小挡土墙上膨胀压力的措施	565
第十八章	刚性挡土墙的计算	567
18.1	概述	567
18.1.1	重力式挡土墙的基本尺寸	567
18.1.2	作用在挡土墙上的荷载	567
18.1.3	挡土墙应满足的稳定性条件	568
18.1.4	墙背面填土土料的选择	569
18.2	内倾式挡土墙的计算	569
18.2.1	墙体自重的计算	569
18.2.2	挡土墙上作用力对墙基脚 o 点的力矩	570
18.2.3	挡土墙的抗滑稳定性	570
18.2.4	挡土墙的抗倾覆稳定性	570
18.2.5	挡土墙底面应力	571
18.2.6	挡土墙底面宽度的确定	575
18.3	外倾式挡土墙的计算	575
18.3.1	挡土墙的自重和作用在墙上的竖向合力	575
18.3.2	挡土墙上作用力对墙基脚 o 点的力矩	576
18.3.3	挡土墙的抗滑稳定性	576
18.3.4	挡土墙的抗倾覆条件	576
18.3.5	挡土墙底面应力条件	577
18.3.6	挡土墙底面宽度的确定	578
附录	挡土墙土压力计算程序	579

A-1	按库仑理论计算非直线形（折线形）挡土墙墙面上土压力的计算程序	579
A-2	填土表面作用集中荷载时黏性土对挡土墙的土压力的计算程序	582
A-3	填土表面作用局部均布荷载时黏性土对挡土墙的土压力的计算程序	584
A-4	按空间理论简化计算方法计算挡土墙上土压力的计算程序	585
A-5	按水平层分析法计算挡土墙上土压力（黏性填土考虑填土 表面裂缝）的计算程序	587
A-6	按极限平衡理论计算挡土墙上主动土压力的计算程序	590
A-7	按极限平衡理论计算挡土墙上被动土压力的计算程序	595
A-8	在平面滑动面情况下按能量理论计算主动土压力系数的计算程序	601
A-9	在平面滑动面情况下按能量理论计算被动土压力系数的计算程序	602
A-10	在组合滑动面情况下按能量理论计算主动土压力系数的计算程序	603
A-11	在组合滑动面情况下按能量理论计算被动土压力系数的计算程序	604
A-12	按空间理论（笔者方法）计算挡土墙上土压力的计算程序	605
A-13	按索柯洛夫方法（空间理论）计算挡土墙上土压力的计算程序	607
A-14	按空间理论（笔者方法）计算连接墙（有刺墙）上土压力的计算程序	609
A-15	按空间理论（笔者方法）计算圆弧形挡土墙上土压力的计算程序	611
A-16	按克列恩方法（空间理论）计算土压力的计算程序	613
A-17	按差分法计算板桩墙上土压力的计算程序	614
A-18	加筋土挡土墙的计算程序	616
A-19	内倾式墙面刚性挡土墙的计算程序	618
A-20	外倾式墙面刚性挡土墙的计算程序	620
参考文献		622

第一章 概 述

1.1 挡土墙的类型及土压力

1.1.1 挡土墙的类型

挡土墙是土木建筑、水利水电、铁道交通等工程建设中广泛应用的一种结构物，例如房基侧面的挡墙，路基两旁的护墙，水工建筑物进出口处的翼墙和两侧的边墙，桥梁的桥台，河道两岸的护岸墙，港池的护墙，地下建筑物的边墙，边坡的挡墙，等等，均为挡土墙。

挡土墙的类型很多，根据其结构特点可分为：

- (1) 重力式挡土墙 [图 1-1 (a)]；
- (2) 悬臂式挡土墙 [图 1-1 (b)]；
- (3) 扶臂式挡土墙 [图 1-1 (c)]；
- (4) 支撑墙 [图 1-1 (d)]；
- (5) 板桩墙挡土墙和锚定板挡土墙 [图 1-1 (e)]；
- (6) 加筋土挡土墙 [图 1-1 (f)]。

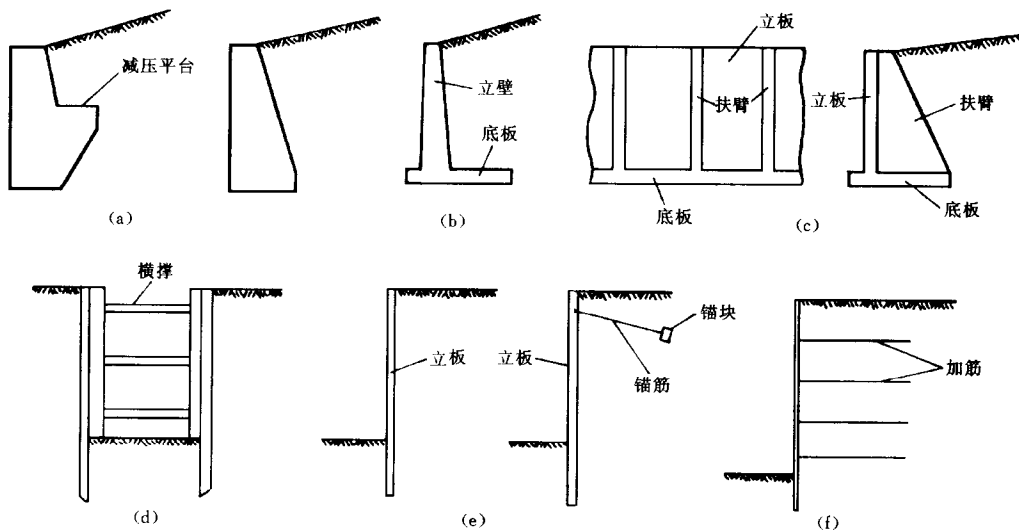


图 1-1 挡土墙的类型

在上述挡土墙中，重力式挡土墙应用最广，是历史最长久的一种挡土墙。锚定板挡土墙和加筋土挡土墙，则是近几十年发展起来的一种新型挡土墙，也是一种比较节省材料的挡土结构。

根据墙体刚度的不同，挡土墙又可分为刚性挡土墙和柔性挡土墙两类。刚性挡土墙是指墙体本身刚度较大，在土压力作用下墙体基本不变形或变形很小的挡土墙，如用砖、石、混凝土、钢筋混凝土等材料建筑的重力式挡土墙、悬臂式挡土墙、扶臂式挡土墙等，在计算这

种挡土墙上的土压力时，可以不考虑墙体变形对土压力及其分布的影响。柔性挡土墙是指墙体的刚度不大，在土压力作用下墙体本身会产生变形的挡土墙，如支撑墙、板桩墙、锚定板挡土墙等，在计算这类挡土墙上的土压力时，应考虑墙体变形的影响。

1.1.2 作用在挡土墙上的土压力

土压力是土力学中的一个重要课题，从18世纪开始就有许多学者对此进行了研究，提出了土压力的计算理论和计算方法，其中最著名的是1773年库仑(C. A. Coulomb)提出的土压力理论和1857年朗肯(W. J. M. Rankine)提出的土压力理论，这两个土压力理论得到了广泛的应用，至今也是工程建设中进行土压力计算的基础。

作用在挡土墙上的土压力，其大小和分布与许多因素有关，例如：

- (1) 挡土墙的类型和墙体的刚度；
- (2) 挡土墙表面的倾斜度及其粗糙程度；
- (3) 挡土墙的变形和位移；
- (4) 填土的性质（如土的均匀性，土的物理力学性质等）；
- (5) 填土表面荷载的情况；
- (6) 地下水的情况。

挡土墙型式不同，作用在其上的土压力的大小和分布也不相同，库仑土压力理论和朗肯土压力理论主要适用于刚性挡土墙。柔性挡土墙由于受到墙体本身变形的影响，土压力及其分布与刚性挡土墙有很大区别。

挡土墙表面的粗糙度和倾斜度将直接影响到作用在墙面上的土压力的大小和作用方向，

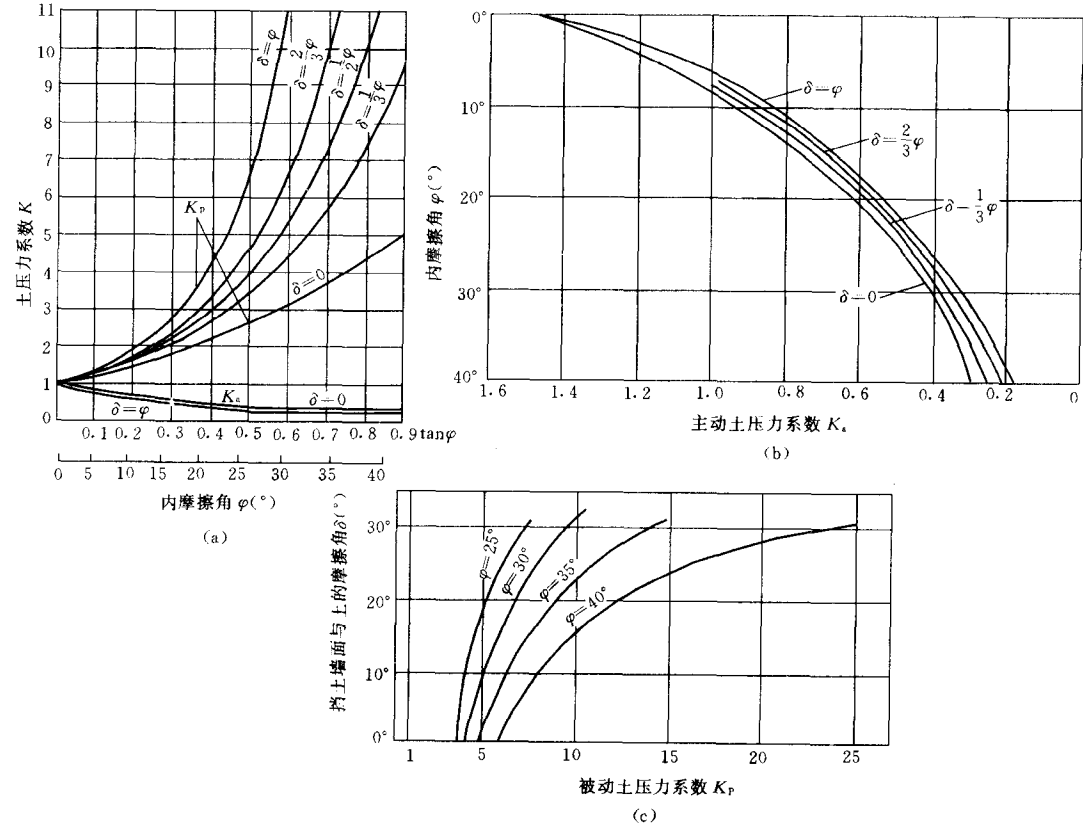


图1-2 填土的内摩擦角 φ 和填土与墙面摩擦角 δ 与土压力(主动土压力和被动土压力)的关系

作用在光滑墙面上的土压力要比作用在粗糙墙面上的土压力小，前者土压力的作用方向与墙面的法线一致，而后者则与墙面法线成某一角度（等于墙面与填土的摩擦角）。此外，墙面的俯仰角愈大，则作用在墙面上的土压力也愈大。契波塔廖夫（Tschebotarioff）对填土为砂土，填土表面水平，墙面竖直的挡土墙进行了研究，结果表明 [图 1-2 (a)]，填土与墙面的摩擦角 δ 对主动土压力系数 K_a 的影响比较小，但对被动土压力系数 K_p 的影响就比较大。当填土的内摩擦角 $\varphi \leq 5^\circ$ 时， δ 对 K_p 值的影响比较小，而 $\delta = \varphi$ 的 K_p 值约为 $\delta = 0^\circ$ 时的 K_p 值的 1.26 倍；当 φ 增大到 15° 时， $\delta = \varphi$ 时的 K_p 值约为 $\delta = 0^\circ$ 时的 K_p 值的 1.46 倍；当 $\varphi = 20^\circ$ 时， $\delta = \varphi$ 时的 K_p 值约为 $\delta = 0^\circ$ 时的 K_p 值的 1.8 倍；当 φ 超过 20° 以后，两种情况下 K_p 值的差别迅速增大，例如当 $\varphi = 25^\circ$ 时， $\delta = \varphi$ 时的 K_p 值约为 $\delta = 0^\circ$ 时 K_p 值的 2.4 倍，而当 $\varphi = 30^\circ$ 时， $\delta = \varphi$ 时的 K_p 值约为 $\delta = 0^\circ$ 时 K_p 值的 3.3 倍。图 1-2 (b)、(c) 中表示出填土内摩擦角 φ 和填土与墙面摩擦角 δ 与主动土压力系数 K_a 和被动土压力系数 K_p 的关系。

填土的不均匀性不仅影响到墙面上土压力的大小，而且也影响到土压力沿墙面的分布。砂土的土压力较黏性土大，而填土的抗剪强度指标愈大，土压力则愈小。

填土的容重（重度）或填土的密实度将影响到填土内摩擦角的大小，填土的密实度愈大，则填土的内摩擦角也愈大。而填土的内摩擦角将直接影响土压力的大小，一般是内摩擦角愈大，填土所产生的侧向土压力愈小；内摩擦角愈小，则侧向土压力愈大。图 1-3 为方云书（Yung-Show Fang）和爱什贝茨（Isao Ishibashi）通过试验获得的墙体绕墙顶转动时填土的内摩擦角 φ 和填土的密度（容重）与水平主动土压力系数 K_{ah} 的关系。由图中可见，水平主动土压力系数 K_{ah} 随着内摩擦角 φ 和填土密实度（容重）的增大而减小，当填土（砂土）的内摩擦角 φ 由 32.5° 增大到 40.5° ，容重由 15.25 kN/m^3 增大到 16.30 kN/m^3 时，水平主动土压力系数平均由 0.32 减小到 0.23 左右，水平土压力系数的变化幅度约为 0.09。水平土压力系数 K_{ah} 实测值上下波动的范围约在 1.13 倍到 1.27 倍库仑水平土压力系数值之间。

同样，填土的内摩擦角和密实度也将影响到土压力沿墙高的分布图形，因而也影响到土压力合力作用点的位置。某些试验表明，砂土的内摩擦角 φ 由 32° 变化到 42° 时，当墙体围绕墙顶转动时，土压力合力作用点距墙底的高度由墙高的 0.38 逐渐增大到 0.58 左右；当墙体围绕墙底转动时，土压力合力作用点距墙底的距离则由墙高的 0.29 降低到 0.25 左右；而当墙体为水平位移时，土压力合力作用点距墙底的距离则由墙高的 0.40 增大到 0.45 左右。

填土表面作用荷载时，将在挡土墙墙面上产生一个附加的土压力。附加土压力的大小及其沿墙面的分布，与荷载的大小及其在填土表面的分布有直接关系。荷载大，附加土压力也大；荷载在填土表面分布不同，附加土压力在墙面上的分布也不同。

地下水将改变填土的物理力学性质，因而也影响到土压力的大小。通常，地下水位以下土的容重 γ 、内摩擦角 φ 和凝聚力 c 将比地下水位以上的土小，因而对于同一种土，无地下水时的土压力将比有地下水时的土压力大，但有地下水时挡土墙墙面上将增加一个孔隙水压力，这种孔

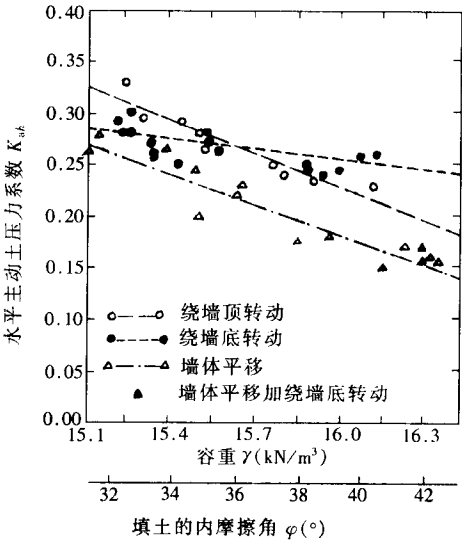


图 1-3 填土的内摩擦角和密实度与水平主动土压力系数之间的关系