

# 目 录

第1章 概述	1
1.1 支挡结构的定义、分类及使用范围	1
1.1.1 支挡结构的分类	1
1.1.2 支挡结构的特点	2
1.2 支挡结构的设计原则	6
1.3 支挡结构的设计	7
1.3.1 支挡结构设计准备工作	7
1.3.2 确定支挡结构方案	8
1.3.3 支挡结构布置和结构计算简图的确定	8
1.3.4 支挡结构分析与设计计算	9
1.3.5 支挡结构设计的成果	9
1.4 理正岩土软件的特点及工程应用	10
1.5 理正岩土软件基本操作流程	10
1.5.1 操作流程	10
1.5.2 基本操作指南	11
1.6 理正岩土软件的安装	16
1.7 理正岩土软件的基本组成模块	19
第2章 土压力与滑坡推力	21
2.1 土压力计算理论	21
2.2 土压力的基本计算方法	22
2.2.1 土压力的类别	22
2.2.2 主动土压力计算	24
2.2.3 被动土压力计算	28
2.2.4 静止土压力计算	29
2.2.5 黏性填土的土压力计算	31
2.3 特殊条件下的土压力计算	34
2.3.1 折线形墙背土压力计算	34
2.3.2 多层填土时的土压力计算	36
2.3.3 有限范围填土的土压力计算	36
2.3.4 墙后填土有地下水时土压力计算	37
2.3.5 填土表面不规则时土压力计算	39

2.3.6	地面超载作用下的土压力计算	39
<b>2.4</b>	<b>滑坡推力计算</b>	<b>43</b>
2.4.1	概述	43
2.4.2	滑坡推力计算的基本原则	46
2.4.3	传递系数法计算滑坡推力	46
<b>第3章</b>	<b>重力式挡土墙设计</b>	<b>48</b>
<b>3.1</b>	<b>一般规定</b>	<b>48</b>
<b>3.2</b>	<b>构造要求</b>	<b>49</b>
<b>3.3</b>	<b>设计计算内容与方法</b>	<b>49</b>
3.3.1	滑动稳定性验算	50
3.3.2	倾覆稳定性验算	51
3.3.3	地基应力与偏心距验算	52
3.3.4	墙身截面强度验算	54
3.3.5	整体稳定计算	55
<b>3.4</b>	<b>理正岩土设计流程及参数详解</b>	<b>56</b>
3.4.1	交通行业挡土墙设计	56
3.4.2	建筑行业挡土墙设计	67
<b>3.5</b>	<b>重力式挡土墙例题</b>	<b>71</b>
3.5.1	设计资料	71
3.5.2	验算过程	72
3.5.3	结果分析	74
<b>第4章</b>	<b>悬臂式与扶壁式挡土墙设计</b>	<b>76</b>
<b>4.1</b>	<b>一般规定</b>	<b>77</b>
<b>4.2</b>	<b>构造要求</b>	<b>78</b>
<b>4.3</b>	<b>悬臂式挡土墙设计计算内容与方法</b>	<b>79</b>
4.3.1	墙身截面尺寸的拟定	79
4.3.2	土压力计算	82
4.3.3	挡土墙体内力计算	84
4.3.4	配筋设计	86
4.3.5	外部稳定性验算	87
<b>4.4</b>	<b>扶壁式挡土墙设计计算内容与方法</b>	<b>89</b>
4.4.1	墙身截面尺寸的拟定	90
4.4.2	土压力计算	90
4.4.3	挡土墙体内力计算	90
4.4.4	挡土墙配筋设计	93
<b>4.5</b>	<b>理正软件设计流程及参数详解</b>	<b>95</b>
4.5.1	交通行业挡土墙设计	95

4.5.2	建筑行业挡土墙设计	103
<b>4.6</b>	<b>悬臂式挡土墙例题</b>	<b>107</b>
4.6.1	设计资料	107
4.6.2	验算过程	107
4.6.3	结果分析	111
<b>第5章</b>	<b>加筋土挡土墙设计</b>	<b>115</b>
<b>5.1</b>	<b>一般规定</b>	<b>116</b>
<b>5.2</b>	<b>构造要求</b>	<b>116</b>
<b>5.3</b>	<b>设计计算内容与方法</b>	<b>117</b>
5.3.1	内部稳定性验算	117
5.3.2	外部稳定性验算	124
5.3.3	整体稳定性验算	125
5.3.4	浸水挡墙验算	126
<b>5.4</b>	<b>理正岩土设计流程及参数详解</b>	<b>126</b>
<b>5.5</b>	<b>加筋土挡土墙例题</b>	<b>134</b>
5.5.1	设计资料	134
5.5.2	验算过程	135
5.5.3	结果分析	139
<b>第6章</b>	<b>锚定板式挡土墙设计</b>	<b>141</b>
<b>6.1</b>	<b>一般规定</b>	<b>142</b>
<b>6.2</b>	<b>构造要求</b>	<b>142</b>
<b>6.3</b>	<b>设计计算内容与方法</b>	<b>143</b>
6.3.1	土压力计算	143
6.3.2	整体稳定验算	143
6.3.3	挡土板、肋柱、锚杆内力计算	144
6.3.4	挡土板、肋柱的配筋计算	145
6.3.5	锚定板的内力及配筋计算	148
<b>6.4</b>	<b>理正岩土设计流程及参数详解</b>	<b>148</b>
<b>6.5</b>	<b>锚定板式挡土墙例题</b>	<b>157</b>
6.5.1	设计资料	157
6.5.2	验算过程	158
6.5.3	结果分析	162
<b>第7章</b>	<b>土钉墙设计</b>	<b>165</b>
<b>7.1</b>	<b>一般规定</b>	<b>165</b>
<b>7.2</b>	<b>构造要求</b>	<b>165</b>
<b>7.3</b>	<b>设计计算内容与方法</b>	<b>166</b>

7.3.1	潜在破裂面的确定 .....	167
7.3.2	土压力计算 .....	168
7.3.3	土钉墙内部稳定验算 .....	168
7.3.4	土钉墙整体稳定性验算 .....	169
<b>7.4</b>	<b>理正岩土设计流程及参数详解 .....</b>	<b>171</b>
7.4.1	复合土钉墙 .....	172
7.4.2	超级土钉墙 .....	178
<b>7.5</b>	<b>土钉墙例题 .....</b>	<b>185</b>
7.5.1	设计资料 .....	185
7.5.2	验算过程 .....	186
7.5.3	结果分析 .....	192
<b>第8章</b>	<b>锚杆挡土墙设计 .....</b>	<b>197</b>
<b>8.1</b>	<b>一般规定 .....</b>	<b>197</b>
<b>8.2</b>	<b>构造要求 .....</b>	<b>198</b>
<b>8.3</b>	<b>设计计算内容与方法 .....</b>	<b>199</b>
8.3.1	肋柱和挡土板的结构设计 .....	199
8.3.2	锚杆结构设计 .....	204
8.3.3	连接部分的结构设计 .....	207
<b>8.4</b>	<b>理正岩土设计流程及参数详解 .....</b>	<b>208</b>
8.4.1	交通行业锚杆式挡土墙设计 .....	209
8.4.2	建坡排桩式锚杆挡墙 .....	217
8.4.3	建坡板肋式锚杆挡墙 .....	222
8.4.4	建坡格构式锚杆挡墙 .....	223
<b>8.5</b>	<b>锚杆挡土墙算例 .....</b>	<b>225</b>
8.5.1	设计资料 .....	225
8.5.2	验算过程 .....	225
8.5.3	结果分析 .....	229
<b>第9章</b>	<b>边坡稳定性分析 .....</b>	<b>231</b>
<b>9.1</b>	<b>土质边坡稳定性分析 .....</b>	<b>231</b>
9.1.1	砂性土坡的稳定性分析 .....	231
9.1.2	均质黏性土土坡的整体稳定分析法 .....	232
9.1.3	黏性土土坡稳定分析的条分法 .....	237
<b>9.2</b>	<b>岩质边坡稳定性分析 .....</b>	<b>239</b>
9.2.1	平面滑动岩坡稳定性分析 .....	240
9.2.2	双平面滑动岩坡稳定性分析 .....	242
9.2.3	多平面滑动岩坡稳定性分析 .....	245
9.2.4	楔形体滑动岩坡稳定性分析 .....	246

<b>9.3 理正岩土设计流程及参数详解</b> .....	248
9.3.1 岩质边坡简单平面稳定分析 .....	249
9.3.2 岩质边坡复杂平面稳定分析 .....	252
9.3.3 土质边坡稳定分析 .....	257
<b>9.4 岩质边坡稳定性分析例题</b> .....	262
9.4.1 设计资料 (复杂平面滑动) .....	263
9.4.2 验算过程 .....	263
9.4.3 结果分析 .....	267
<b>9.5 土质边坡稳定性分析例题</b> .....	268
9.5.1 设计资料 (等厚土层土坡稳定计算) .....	268
9.5.2 验算过程 .....	268
9.5.3 结果分析 .....	273
<b>第10章 桩板式挡土墙设计</b> .....	275
<b>10.1 一般规定</b> .....	276
<b>10.2 构造要求</b> .....	276
<b>10.3 设计计算内容与方法</b> .....	276
10.3.1 土压力 .....	276
10.3.2 整体稳定性验算 .....	276
10.3.3 桩板内力计算 .....	277
10.3.4 桩板强度 (配筋) 计算 .....	278
<b>10.4 理正岩土设计流程及参数详解</b> .....	282
<b>10.5 桩板式挡土墙例题</b> .....	290
10.5.1 设计资料 .....	290
10.5.2 验算过程 .....	290
10.5.3 结果分析 .....	294
<b>第11章 抗滑桩设计</b> .....	298
<b>11.1 一般规定</b> .....	298
<b>11.2 构造要求</b> .....	299
<b>11.3 抗滑桩设计计算内容与方法</b> .....	299
11.3.1 滑坡推力计算内容 .....	299
11.3.2 滑带岩土强度指标及安全系数 $K$ 值的选用 .....	302
11.3.3 桩前反力及桩身受力计算方法 .....	303
11.3.4 抗滑桩的内力、位移计算 .....	304
<b>11.4 理正抗滑桩设计流程及参数详解</b> .....	305
11.4.1 滑坡推力计算 .....	306
11.4.2 抗滑桩的设计 .....	311
11.4.3 抗滑桩综合分析 .....	318

11.5 理正抗滑桩设计实例.....	327
11.5.1 设计资料.....	327
11.5.2 设计过程 .....	328
11.5.3 结果分析.....	333
参考文献 .....	335

# 第 1 章 概 述

## 1.1 支挡结构的定义、分类及使用范围

支挡结构，包括挡土墙、抗滑桩、预应力锚索等支撑和锚固结构，是用来支撑、加固填土或山坡土体、防止坍塌以保持其稳定的一种建筑物。在铁路、公路路基工程中，支挡结构主要用于承受土体侧向土压力，它被广泛应用于稳定路堤、路堑、隧道洞口以及桥梁两端的路基边坡等工程，近几年在高速铁路建设工程中，在软土或松软土地基地段也采用了一种新型的路基桩板结构，用来支承铁路上部结构和路堤填方。在水利、矿场、房屋建筑工程中，支挡结构主要用于加固山坡、基坑边坡和河流岸壁的稳定等。当以上工程或其他岩土工程遇到不良地质灾害时，支挡结构主要用于加固或拦挡不良地质体，例如，加固滑坡、崩塌、岩堆体、拦挡落石、泥石流等。支挡结构是岩土工程的一个重要组成部分，随着我国国民经济水平的提高，基本建设的不断发展，支挡结构技术水平的提高以及减少环境破坏、节约用地观念的加强等，支挡结构在岩土工程中的使用越来越广泛，特别是在铁路、公路路基及建筑基础工程中所占的比重也越来越大。

### 1.1.1 支挡结构的分类

支挡结构类型划分方法很多，一般按支挡结构的材料、结构形式、设置位置、设置地区等进行划分，现说明如下：

#### (1) 按结构形式分类

重力式挡土墙（包括衡重力式挡土墙）；托盘式挡土墙和卸荷板式挡土墙；悬臂式挡土墙和扶壁式挡土墙；加筋土式挡土墙；锚定板挡土墙；抗滑桩及由此演变而来的桩板式挡土墙；锚杆挡墙；土钉墙；预应力锚索加固技术及由此发展而来的锚索桩等桩索复合结构；桩基托梁挡土墙；槽型挡土墙；桩板结构。

#### (2) 按设置支挡结构的地区条件分类

支挡结构可分为一般地区、地震地区、浸水地区以及不良地质地区和特殊岩土地区等。

#### (3) 按支挡结构的材料分类

支挡结构可分为浆砌片石支挡结构（如浆砌片石挡土墙）和混凝土支挡结构（如混凝土挡土墙、抗滑桩和桩板式挡土墙、桩基托梁挡土墙、槽形挡土墙、桩板结构等）、土工合成材料支挡结构（如包裹式加筋土挡土墙）以及复合型支挡结构（如卸荷板式或托盘式挡土墙、土钉墙、预应力锚索、锚索桩等）。

#### (4) 按支挡结构设置的位置分类

① 用于稳定路堑边坡的路堑边坡支挡结构。

② 用于稳定路堤边坡的路堤边坡支挡结构，又可分为墙顶与路肩一样平的路肩式支

挡结构及墙顶以上有一定填土高度的路堤式支挡结构。

- ③ 用于支承铁路上部荷载或路堤填方的支挡结构。
- ④ 用于稳定建筑物旁的陡峻边坡以减少挖方的边坡支挡结构。
- ⑤ 用于稳定滑坡、岩堆等不良地质体的抗滑支挡结构。
- ⑥ 用于加固河岸、基坑边坡、拦挡落石等其他特殊部位的支挡结构。

### 1.1.2 支挡结构的特点

#### (1) 重力式挡土墙 (图 1-1)

- ① 依靠墙身自重承受土侧压力。
- ② 一般用浆砌片石砌筑或混凝土(片石混凝土)灌注。
- ③ 形式简单、取材容易、施工简便。
- ④ 适用于一般地区、浸水地区、地震地区的边坡支挡工程,当地基承载力较低或地质条件较复杂时应适当控制墙高。

#### (2) 衡重式挡土墙 (图 1-2)

- ① 利用衡重台上的填土重量及墙体自重共同抵抗土压力以增加墙身的稳定性。
- ② 由于墙胸坡陡、下墙背仰斜,在陡坡地区可降低墙高,减少基坑开挖面积。
- ③ 主要用于地面横坡较陡的路肩墙和路堤墙,也可用于拦挡落石的路堑墙。

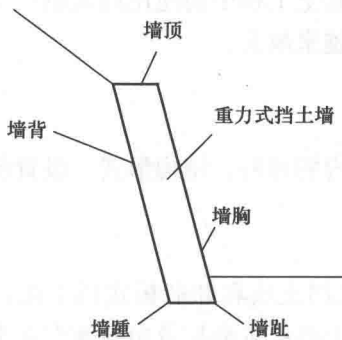


图 1-1 重力式挡土墙

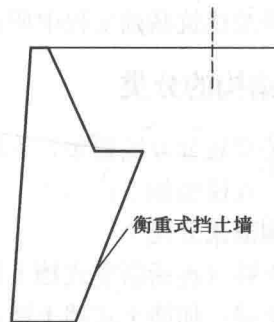


图 1-2 衡重式挡土墙

#### (3) 卸荷板式挡土墙 (图 1-3)

- ① 在衡重式挡土墙的墙背设置一定长度的水平卸荷板,卸荷板上的填料作为墙体重量,而卸荷板又减少了衡重式挡土墙下墙的土压力,增加了全墙的抗倾覆稳定性。
- ② 地基强度较大地段、墙高大于 6m 时,卸荷板式挡土墙与衡重式挡土墙比较,显示出优越性,铁路系统目前在《铁路路基支挡结构设计规范》TB 10025—2006 中规定本结构使用范围为墙高大于 6m、小于 12m 的路肩墙。

#### (4) 托盘式挡土墙 (图 1-4)

- ① 在挡土墙顶部设置钢筋混凝土的托盘及道砟槽,承受线路上部建筑和列车的重量。
- ② 在山区地面陡峻地带或受既有建筑物影响,横向空间受限制时,设置托盘式挡土墙可降低墙高、缩短横向距离。
- ③ 要求挡土墙的地基承载力较高。



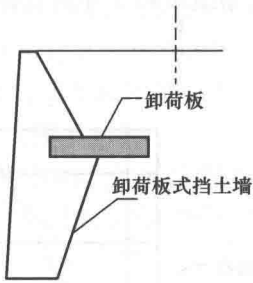


图 1-3 卸荷板式挡土墙

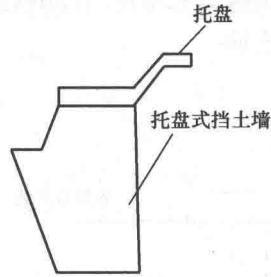


图 1-4 托盘式挡土墙

### (5) 悬臂式挡土墙 (图 1-5)

- ① 采用钢筋混凝土材料，由立壁、墙趾板、墙踵板三部分组成，墙的断面尺寸较小。
- ② 墙较高时立壁下部的弯矩较大。
- ③ 宜在石料缺乏、地基承载力较低的填方地段使用。
- ④ 墙高不宜大于 6m，当墙高大于 6m 时宜在墙面板前加肋。

### (6) 扶壁式挡土墙 (图 1-6)

- ① 当悬臂式挡土墙的立壁较高时，沿墙长方向每隔一定距离加一道扶壁，把墙面板和墙踵板连接起来，以减小立壁下部的弯矩。
- ② 扶壁式挡土墙宜在石料缺乏、地基承载力较低的地段使用，墙高不宜大于 10m；装配式的扶壁式挡土墙不宜在不良地质地段或设计地震动峰值加速度为  $0.2g$ （原八度）及以上地区采用。

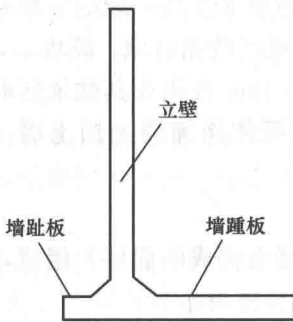


图 1-5 悬臂式挡土墙

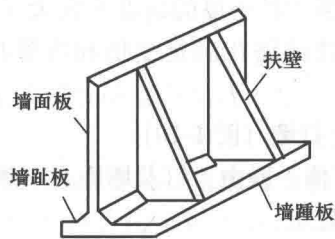


图 1-6 扶壁式挡土墙

### (7) 锚杆挡土墙 (图 1-7)

- ① 锚杆挡土墙是由钢筋混凝土肋柱、墙面板和锚杆组成，靠锚杆拉力来维持稳定，肋柱、挡板可预制，有时根据地质和工程的具体情况，也采用无肋柱式锚杆挡土墙。
- ② 锚杆挡土墙适用于一般地区岩质或土质边坡加固工程（铁路支挡规范规定目前仅使用于岩质路堑边坡），可采用单级或多级，在多级墙的上下级之间应设平台，每级墙高不宜大于 8m，总高度宜控制在 18m 以内。

### (8) 锚定板挡土墙 (图 1-8)

- ① 锚定板挡土墙是由钢筋混凝土墙面板和锚杆及锚定板共同组成，靠固定在稳定区

的锚定板提供的抗拔力来维持墙体的稳定，有时，根据地质和工程的具体情况，也采用无肋柱式锚定板挡土墙。

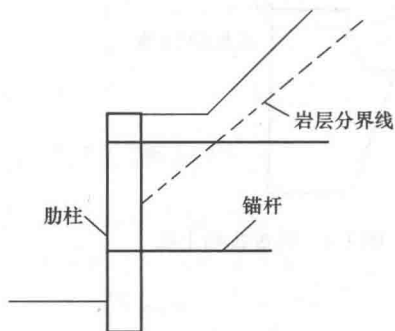


图 1-7 锚杆挡土墙

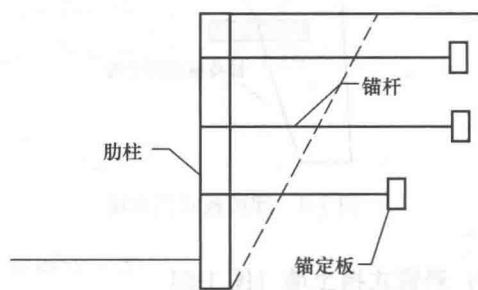


图 1-8 锚定板挡土墙

② 锚定板挡土墙适用于一般地区墙高不大于 10m 的路肩墙或路堤墙，设计时可采用单级或双级；在双级墙的上下级之间应设平台；单级墙高不宜大于 6m，双级墙总高度宜控制在 10m 以内。

### (9) 加筋土挡土墙 (图 1-9)

① 加筋土挡土墙是由墙面系、拉筋和填土共同组成的支挡结构，由拉筋和填土间的摩阻力维持墙体的稳定。墙面板宜采用钢筋混凝土板，拉筋宜采用土工格栅，也可采用钢筋混凝土板条、钢带、复合拉筋带等；目前也有采用土工合成材料作拉筋的包裹式（无面板）加筋土挡土墙。

② 加筋土挡土墙由于是柔性结构，对地基承载力的要求不高，能适应地基轻微的变形；铁路工程中加筋土挡土墙可使用在一般地区和地震地区的路肩墙、路堤墙，在铁路一级干线上加筋土挡土墙的高度不宜大于 10m，高度大于 10m 或用在其他地区时按特殊设计考虑；高速铁路在满足变形和沉降控制的情况下也可使用加筋土挡土墙，但应降低墙高。

### (10) 土钉墙 (图 1-10)

① 土钉墙一般由土钉及墙面系（钢筋网和喷射混凝土构成的面层）组成，靠土钉拉力维持边坡稳定。

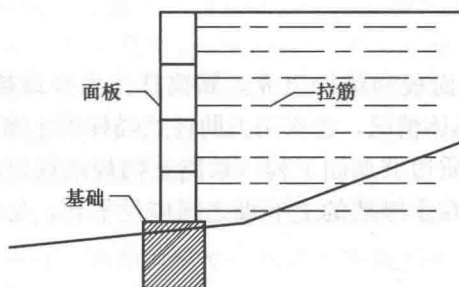


图 1-9 加筋土挡土墙

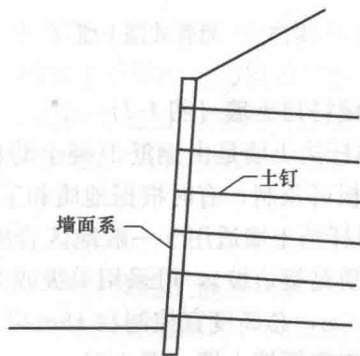


图 1-10 土钉墙

② 土钉墙可用于一般地区及破碎软弱岩质边坡加固工程，在腐蚀性地层、膨胀土地段及地下水较发育或边坡土质松散时，不宜采用土钉墙；土质边坡土钉墙总高度不应大于10m，岩质边坡土钉墙总高度不应大于18m，单级土钉墙高度宜控制在10m以内。

### (11) 抗滑桩 (图 1-11)

① 抗滑桩是一种由其锚固段侧向地基抗力来抵抗悬臂段的土压力或滑坡下滑力的横向受力桩（当用在非滑坡工程时常称其为锚固桩），在土质和软弱松散岩质地层中常设置锁口和护壁。

② 抗滑桩常用于稳定滑坡、加固其他特殊边坡（例如作为软弱松散岩质路堑边坡的预加固桩），桩间距一般为6~10m，桩的截面最小边长不小于1.25m。

### (12) 桩板式挡土墙 (图 1-12)

① 桩板式挡土墙是一种在桩间设挡板或土钉等其他结构来稳定土体的支挡结构。

② 桩板式挡土墙可用于一般地区、浸水地区和地震区的路堑和路堤支挡，也可用于滑坡等特殊路基的支挡工程。桩的自由臂长度不宜大于15m，桩间距宜为5~8m；当桩的地面以上长度较大或桩侧土压力较大时，可在桩上部加设锚索（杆）组成预应力锚索（杆）桩。

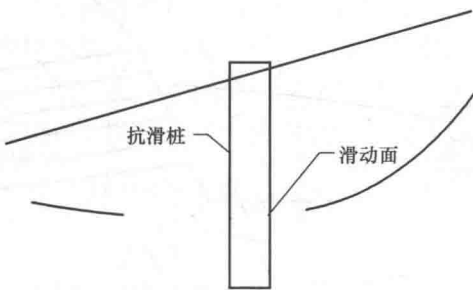


图 1-11 抗滑桩

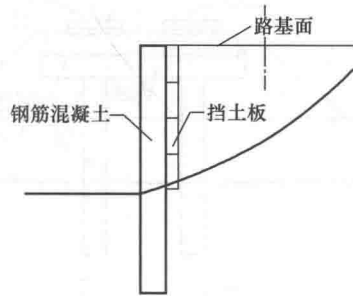


图 1-12 桩板式挡土墙

### (13) 桩基托梁挡土墙 (图 1-13)

① 桩基托梁挡土墙是一种由基桩、托梁及挡土墙组成的复合结构来稳定土体的支挡结构。

② 桩基托梁挡土墙一般用在地基承载力不满足需要的地段，当地面陡峻或地表覆盖层为松散体时，采用桩基础将基底置于稳定地层；挡土墙墙高控制在10m以下，托梁底一般置于原地面。

### (14) 槽形挡土墙 (图 1-14)

① 槽形挡土墙由钢筋混凝土底板和钢筋混凝土边墙组成，适用于地下水丰富、地下水位较高，降水、排水或放坡条件受到限制的挖方、填方地段路基。

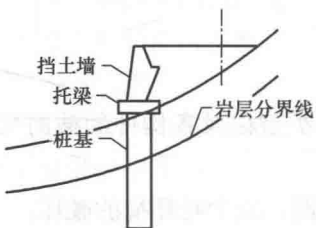


图 1-13 桩基托梁挡土墙

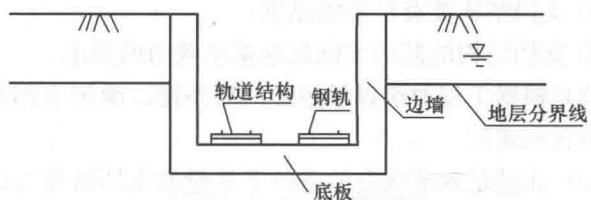


图 1-14 槽型挡土墙

② 在陡峻山坡地区，当路基靠山一侧需设置路堑挡土墙，而路基外侧也需设置路肩挡土墙，但地基软弱、稳定性差，这时也可考虑采用边墙不等高的槽形挡土墙。

### (15) 桩板结构 (图 1-15)

① 桩板结构是路基地基处理的一种新型方法，是用来支撑铁路上部结构和路堤填方的一种新型结构，主要由钢筋混凝土桩基、托梁和承台板或桩基和承台板组成。

② 桩板结构适用于基础变形控制严格的深厚软弱地基，湿陷性黄土地基低路堤、路堑，桥隧间短路基过渡段，岔区路基及既有路基加固。

### (16) 预应力锚索 (图 1-16)

① 预应力锚索由锚固段、自由段及锚头组成，通过对锚索施加预应力以加固岩土体使其达到稳定状态或改善结构内部的受力状态，预应力锚索采用高强度低松弛钢绞线制成。

② 预应力锚索可用于土质、岩质地层的边坡及地基加固，其锚固段宜置于稳定地层中；预应力锚索也常与抗滑桩结合组成锚索桩，以减小抗滑桩的锚固段长度及桩身截面。

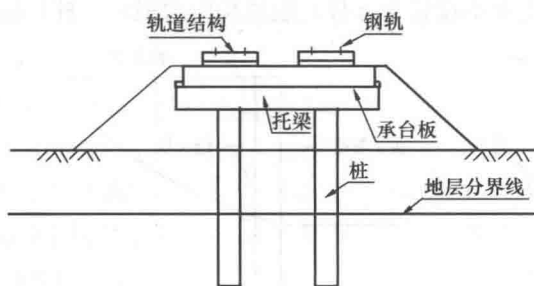


图 1-15 桩板结构

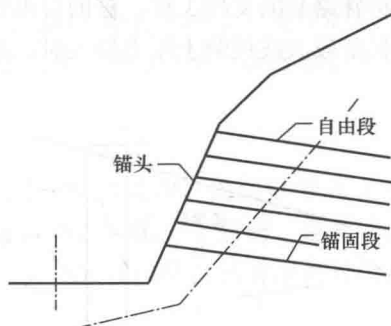


图 1-16 预应力锚索

## 1.2 支挡结构的设计原则

支挡结构要保证被挡土体和支挡结构本身的稳定，要求支挡结构本身有足够的承载力和足够的刚度，同时也要求支挡结构与被挡土体有足够的稳定性，以保证支挡结构的安全使用，同时设计中还要满足支挡结构选型新颖、受力合理、经济实用和对环境破坏较小等要求。因此，支挡结构设计的基本原则是：

(1) 支挡结构必须保证安全正常使用，因此应满足以下条件：

- ① 支挡结构不能滑动；
- ② 支挡结构不能倾覆；
- ③ 支挡结构本身要有足够的承载力；
- ④ 支挡结构要有足够的刚度；
- ⑤ 支挡结构的基础要满足地基承载力的要求。

(2) 根据工程要求以及地形地质条件，确定支挡结构的类型以及各构件的截面尺寸、平面布置和高度。

(3) 在满足规范规定的条件下尽量使支挡结构与环境协调，减少对环境的破坏。

(4) 为保证结构的耐久性，应对永久性支挡结构进行耐久性设计，并在设计中应对使

用过程中的维修给出相应的措施。

(5) 对支挡结构的施工提出指导性意见。

## 1.3 支挡结构的设计

支挡结构是由结构与岩土相互作用形成的一种复杂结构,支挡的方法有用结构挡土的方法,有用材料加固土体并与挡土结构共同挡土的方法,也有用挡土结构加锚固体共同加固边坡的方法。对支挡结构来说,不管使用什么样的挡土方法,其受力都比较复杂,分析方法均涉及挡土结构与岩土协同工作问题。我国《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011、《公路工程地质勘察规范》JTG C20—2011、《公路路基设计规范》JTG D30—2015、《岩土工程勘察规范》GB 50021—2001、《土层锚杆设计与施工规范》CECS 22:90、《基坑土钉支护技术规程》GB 50739—2011、《建筑边坡工程技术规范》GB 50330—2013、《铁路路基支挡结构设计规范》TB 10025—2006,对支挡结构分析和设计的基本原则和方法做出了相关规定,但是这些规范行业条块分割,分析设计方法不统一,本书将尽量考虑行业不同特点,给出支挡结构较为统一的分析与设计方法。

一个大型的支挡结构工程的完成,需要设计规划师、岩土与结构工程师、施工工程师共同合作才能完成。支挡结构设计一般由岩土或结构工程师负责,它与勘察、施工等方面的工作是相互关联的。支挡结构设计一般按以下步骤进行。

### 1.3.1 支挡结构设计准备工作

#### (1) 了解工程背景

了解工程项目的资金来源、投资规模;了解工程项目的建设规模、用途及使用要求;了解项目中规划、岩土、结构与施工的程序、内容与要求;了解与项目建设有关的各单位的相互关系及合作方式等。这些对于工程师圆满地完成支挡结构设计是有利的。

岩土或结构工程师应尽可能在规划设计阶段就参与对初步设计方案的讨论,并在扩大初步设计阶段发挥积极的作用,为施工图设计奠定良好的基础。

#### (2) 取得支挡结构设计所需要的原始资料

##### ① 工程地质条件

支挡结构的位置及周围环境,支挡结构所在位置的地形、地貌;支挡范围内的土质构成,土层分布状况,岩土的物理力学性质,地基土的承载力,场地类别等;最高地下水位,水质有无侵蚀性等相关地质资料。

##### ② 支挡结构的使用环境和抗震设防烈度

了解和掌握支挡结构使用环境的类别,根据支挡结构的重要性和本地区地震基本烈度确定本项工程的设防烈度。

##### ③ 气象条件

气温条件,如最高温度、最低温度、季节温差、昼夜温差等;降水,如平均年降雨量、雨量集中期等。

##### ④ 其他技术条件

当地施工队伍的素质、水平;建筑材料、构配件及半成品供应条件;施工机械设备及

大型工具供应条件；场地及运输条件；水电力供应条件；劳动力供应及生活条件；工期要求等。

### (3) 收集设计参考资料

应收集相关的国家和地方标准，如各种设计规范、规程等，有时甚至要参考国外的标准；常用设计手册、图表，支挡结构设计构造图集，国内外各种文献，以往相近工作的经验，为项目开展的一些专题研究获得的理论或试验成果，支挡结构分析所需要的计算软件及用户手册等。

### (4) 制定工作计划

支挡结构设计的具体工作内容；工作进度；支挡结构设计统一技术规定、措施等。

## 1.3.2 确定支挡结构方案

支挡结构方案的确定是支挡结构设计是否合理的关键。支挡结构方案应在确定初步设计阶段即着手考虑，提出初步设想；进入设计阶段后，经分析比较加以确定。

确定支挡结构方案的原则是：在规范的限定条件下，满足使用要求，受力合理，技术上可行，尽可能达到综合经济技术指标先进。

支挡结构方案的选择包括两方面的内容：支挡结构选材和支挡结构体系的选定。在方案阶段，宜先提出多种不同方案作为支挡结构方案的初步设想，然后进行方案的经济技术指标比较，综合考虑优选方案。

支挡结构设计的方案确定，主要包括以下几个方面：

### (1) 支挡结构方案与布置

支挡结构方案的选择除考虑支挡的重要性、使用功能、环境地质条件外还应满足规范要求。

### (2) 细部结构方案与布置

根据支挡结构作业面上作用的荷载大小、高度和支挡结构类型可确定支挡结构的细部方案与布置方式。

### (3) 基础方案与布置

根据上部支挡结构形式和工程地质条件确定基础类型。

### (4) 支挡结构主要构造措施及特殊部位的处理

## 1.3.3 支挡结构布置和结构计算简图的确定

支挡结构布置就是在支挡结构方案的基础上，确定各支挡结构构件之间的相关关系，例如，扶壁式挡墙中的扶壁的布置，框架预应力锚杆挡墙中的锚杆间距等，以确定支挡结构的传力路径，初步定出结构的全部尺寸。

确定支挡结构的传力路径，就是使所有荷载都有惟一的传递路径，至少，设计者应在支挡结构的力学模型上确定各种荷载的惟一的传递路径。这就要求合理地确定支挡结构的计算模型。所采用的计算模型应符合下列要求：

(1) 能够反映结构的实际体型、尺度、边界条件、截面尺寸、材料性能及连接方式等；

(2) 根据支挡结构的特点及实际受力情况，考虑施工偏差、初始位移及变形状况等对

计算模型加以修正。

支挡结构布置所面临的问题是，支挡结构构件的尺寸不是惟一的，需要人为给定。可以用一些方法估算出构件的尺寸，最后由设计者选定尺寸。

支挡结构布置中所面临的这些选择一般要凭经验确定，有一定的技巧性，选择时，可参照有关规范、手册和指南，在没有任何经验可供借鉴的情况下，这种选择则依赖于设计者的直觉判断，带有一定的尝试性。

### 1.3.4 支挡结构分析与设计计算

#### (1) 支挡结构上的作用计算

按照支挡结构尺寸计算恒荷载的标准值和按相关规范的规定计算支挡结构上部超载的标准值，一般直接施加于支挡结构的荷载有：支挡结构构件的自重、支挡结构上部超载、挡土结构上的土压力、静水压力、波浪压力、浮力等。

能使支挡结构产生效应的作用还有：基础间发生的不均匀沉降；在温度变化的环境中，结构构件材料的热胀冷缩；地震造成的地面运动，使结构产生加速度反应和变形等。

#### (2) 支挡结构的承载力和稳定性计算

进行支挡结构分析时，应遵守以下基本原则：

① 按承载能力极限状态计算时，应按国家现行有关规范标准规定的作用（荷载）对结构的整体进行作用（荷载）效应分析，验算其承载力和整体稳定性。

② 当支挡结构在施工和使用期间不同阶段有多种受力状况时，应分别进行分析，并按规范规定确定其最不利的作用效应组合。

支挡结构可能遭遇地震、爆炸、撞击等偶然作用时，尚应按国家现行有关规范的要求进行相应的结构分析。

③ 支挡结构分析所需的各种几何尺寸，以及所采用的计算图形、边界条件、作用的取值与组合、材料性能的计算指标等，应符合结构的实际工作状况，并应具有相应的构造保证措施。

支挡结构分析中所采用的各种简化和近似假定，应有理论或试验的依据，或经工程实践验证。计算结果的准确程度应符合工程设计的要求。

#### (3) 构造设计

构造设计主要是指计算所需之外的构件最小尺寸、配筋（分布钢筋、架立钢筋等）、钢筋的锚固、截断的确定、构件支承条件的正确实现以及腋角等细部尺寸的确定等，这可参考构造手册确定。目前，支挡结构设计的相当一部分内容不能通过计算确定，只能通过构造来确定。每项构造措施都有其原理，因此，构造设计也是概念设计的重要内容。

### 1.3.5 支挡结构设计的成果

支挡结构设计的成果主要有以下形式：

#### (1) 支挡结构方案设计说明书

支挡结构方案设计说明书应对所确定的方案予以说明，并简释理由。

#### (2) 支挡结构设计计算书

支挡结构设计计算书对支挡结构计算简图的选取、支挡结构所受的荷载、支挡结构内

力的分析方法及结果、支挡结构构件主要截面的配筋计算等，都应有明确的说明。

如果支挡结构计算是采用商业化软件，应说明具体的软件名称，并应对计算结果作必要的校核。

### (3) 支挡结构设计图纸

所有设计结果，最后必须以施工图的形式反映出来。在设计各个阶段，都要进行设计图的绘制。图纸应按施工详图要求绘制，如支挡结构构件施工详图、节点构造、大样等，这部分图纸要求完全反映设计意图，包括正确选用材料、构件具体尺寸规格、各构件之间的相关关系、施工方法、有关采用的标准（或通用）图集编号等，要达到不作任何附加说明即可施工的要求。

在工程实际中，目前一般已能做到支挡结构设计图纸全部采用计算机绘制。

## 1.4 理正岩土软件的特点及工程应用

北京理正软件股份有限公司开发的“理正岩土系列软件”是一套集降水沉降分析、岩土边坡稳定和岩质边坡稳定分析、地基路堤及堤坝设计、支挡结构设计、地基处理设计、渗流分析、弹性地基梁分析等为一体的计算机辅助设计软件。理正岩土能够分析计算岩土工程的内力、变形、稳定性。涵盖岩土工程设计、治理等各个领域，在三峡工程、青藏铁路、广州地铁等重大工程中成功应用；适应铁路、公路、水利、电力、市政、城建等行业应用；特别适合相应的地质灾害治理。

经过多年的发展，理正岩土系列软件在国内市场占有率一直处于领先地位，理正岩土软件以其全中文的操作界面、直观简捷的参数输入、多样的分析功能、全面丰富的后处理、多行业标准、图文并茂的计算书，已在国内得到广泛的应用，是当前土木建筑领域应用最广泛的计算机辅助设计软件之一。

## 1.5 理正岩土软件基本操作流程

### 1.5.1 操作流程

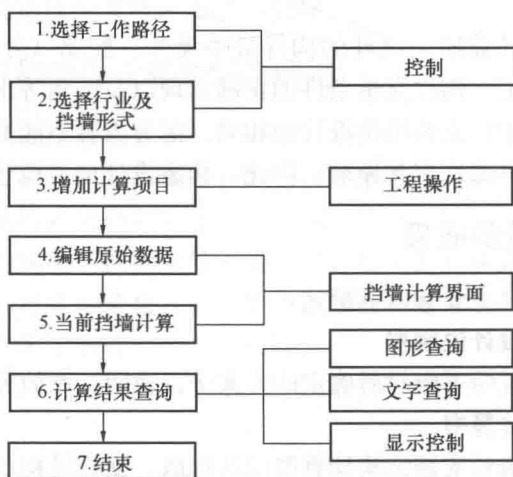


图 1-17 操作流程



## 1.5.2 基本操作指南

### (1) 选择工作路径



图 1-18 指定工作路径

注意：岩土软件总界面上指定的工作路径是所有岩土模块的工作路径。在进入建坡挡墙计算模块后，还可以通过按钮【选工程】重新指定此模块的工作路径。

### (2) 选择挡墙形式

① 适用于公路、铁路、水利及其他行业以及建（构）筑物和市政工程的边坡工程，也适用于岩石基坑工程。

② 对于普通挡土墙设计，有 13 种供选择，如图 1-19 (a) 所示：重力式、衡重式、加筋土式、半重力式、悬臂式、扶壁式、桩板式、锚杆式、锚定板式、垂直预应力锚杆式、装配式悬臂、卸荷板式挡土墙及装配式扶壁。对于建坡挡土墙设计，支挡结构计算项目有 7 种供选择，如图 1-19 (b) 所示：重力式、衡重式、悬臂式、扶壁式、排桩式、板肋式、格构式支挡结构。

### (3) 确定基本参数

运行理正岩土软件，选择【挡土墙设计】系统弹出如图 1-20 (a) 所示的工程计算内容对话框，其功能是选择挡土墙形式和工程行业。可选择【其他行业】、【公路行业】、【铁路行业】、【水利行业】。如选择【其他行业】、【水利行业】，则会弹出图 1-20 (b) 中所示对话框。

其中【公路行业】所输入的参数规定如下：

#### ① 安全系数

仅适用总安全系数的容许应力法。