

全面系统的资料，简捷快速地查找

国内

第一套

结构设计施工
资料集

简明

地下结构
设计施工

资料集成

本书编委会 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

5

2005

简明 地下结构 设计施工 资料集成

本书编委会 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书以国家最新颁布的地下结构相关工程现行设计规范、施工质量验收规范、行业标准等为依据,参考大量文献资料编写而成。

本书主要内容包括:隧道工程、地下硐室设计施工、地下工程中地下水的处理以及地下工程监测等各个方面。在此基础上,从设计、计算、施工、质量检验等各个环节展开论述。书中包含大量构造图、施工设备图、施工流程图以及丰富的工程实例,相信对广大读者开展工作有较好的辅助作用。

本书可供广大地下工程从业人员使用,也可供大专院校地下工程类专业师生以及研究单位工作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

简明地下结构设计施工资料集成/《简明地下结构设计施工资料集成》
编委会编. —北京:中国电力出版社,2005

ISBN 7-5083-3297-0

I. 简... II. 简... III. ①地下工程-结构设计-资料-汇编②地下工程-工程施工-资料-汇编 IV. TU9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 026349 号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

责任编辑:梁 瑶 黄 肖 责任印制:陈焊彬 责任校对:刘振英

北京铁成印刷厂印刷·各地新华书店经售

2005 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷

889mm×1194mm 1/16·23.75 印张·689 千字

定价:56.00 元

版权专有 翻印必究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

本社购书热线电话(010-88386685)

前 言

地下建筑结构设计施工是一项复杂的系统工程。随着我国现代化建设如火如荼地进行，出现了众多的高层、超高层建筑以及各种地上地下的巨大建（构）筑物，与此同时，地下空间的开发也作为一种弥补城市空间不足的思路而显得越来越重要。在这样的背景下，地下工程的设计施工对广大地下工程从业人员提出了前所未有的挑战。

市面上有不少结构施工手册，而对于广大地下工程建设者来说，手册的形式复杂难懂，不利于快速查阅。如果能有一本简单易懂、方便查阅的资料集，无疑是一个福音，于是就有了这本地下结构工程资料集的出现。

本书参考了大量文献，根据国家最新颁布的地下结构工程的设计规范、施工质量验收规范、规程以及相关行业标准编写而成。本书在内容上力求详尽，包括了隧道工程、地下硐室设计施工、地下工程防水以及地下工程施工监测等各个方面。在此基础上，从设计、计算、施工、质量检验等各个环节展开论述。书中包含大量构造图、施工设备图、施工流程图以及丰富的工程实例，供读者参考。

本书作为国内第一本地下结构工程的资料集，有其自身的特点和显而易见的优越性：

（1）简明实用。本书把与地下工程相关的繁杂内容以表格和图形的形式浓缩编写成资料集，查找问题一目了然，从而可以节省读者大量时间，提高效率。

（2）内容全面。本书参考了大量文献资料，包括了地下结构相关工程从设计施工到质量检验的各个环节，基本上能满足设计施工人员的各种要求，力争做到一册在手，别无他求。

（3）采用最新标准。本书以国家最新颁布的现行设计规范、施工规范、材料规范、规程以及相关行业标准为依据编写而成。

由于时间仓促，编者水平有限，错误在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一篇 绪 论

第1章 绪 论	1	3.3 朗肯土压力理论	18
1.1 地下结构的分类	1	3.4 库伦土压力理论	20
1.2 地下结构形式	1	第4章 结构力学的计算方法	23
1.3 地下结构的设计内容	4	4.1 概论	23
第2章 土的物理性质及工程特性	5	4.2 不考虑弹性反力的计算方法	26
2.1 土的结构、构造和特性	5	4.3 假定弹性反力的计算方法	34
2.2 土的三相含量指标	6	4.4 弹性地基梁法	36
2.3 土的物理状态及其有关指标	6	4.5 考虑施工荷载的结构计算	42
2.4 土的工程分类	9	4.6 支挡结构计算	48
2.5 特殊土	11	第5章 现代支护结构设计方法	58
第3章 土压力计算	17	5.1 现代支护结构类型	58
3.1 土压力的种类	17	5.2 以围岩分级为基础的经验设计	63
3.2 静止土压力	18	5.3 轴对称条件下锚喷支护的计算与设计	75

第二篇 隧道工程的设计与施工

第6章 盾构法隧道设计与施工	77	7.5 接缝管段的处理和防水措施	115
6.1 盾构法概述	77	7.6 管段的制作及浮运	122
6.2 工程勘察和工程调查	87	7.7 管段的沉放与水下连接	125
6.3 盾构施工	89	7.8 基础处理	128
6.4 衬砌	97	第8章 明挖法隧道设计与施工	133
6.5 内力计算与管片结构设计	99	8.1 敞口放坡法	133
第7章 沉管法隧道设计与施工	105	8.2 围护结构	135
7.1 常用水下隧道施工方法	105	8.3 板桩法	146
7.2 沉管隧道概述	106	8.4 井点法降低地下水位的设计与计算	149
7.3 沉管法施工的前期调查工作	107	8.5 旋喷法	153
7.4 沉放管段的设计	108	第9章 逆作法设计与施工	156
		9.1 逆作法的概述	156

9.2 逆作法的设计及计算	158	11.1 顶管法施工概述	196
9.3 逆作法的施工	164	11.2 顶管法施工准备工作	196
第10章 特殊地段隧道设计与施工	172	11.3 常用顶管介绍	205
10.1 浅埋的地下结构	172	11.4 中继环	211
10.2 混凝土帷幕法	179	11.5 管道及其接口	212
10.3 冻结法	188	11.6 顶管法施工主要技术措施	214
第11章 顶管法管道设计与施工	196	11.7 曲线顶进技术	221

第三篇 硐室工程的设计与施工

第12章 地铁车站	227	14.2 地下粮库与冷库	256
12.1 车站的位置与类型	227	14.3 布局与出入口的防护	258
12.2 站台形式	228	第15章 地下电站	259
12.3 站厅布置	231	15.1 地下水电站	259
12.4 出入口布置	232	15.2 原子能发电站	264
第13章 地下停车场	237	第16章 其他地下工程	266
13.1 地下停车场的形式与规划	237	16.1 地下街道	266
13.2 技术标准与设计	241	16.2 地下管线	267
第14章 地下仓库	251	16.3 地下防护工程	269
14.1 地下燃油、燃气库	251		

第四篇 地下工程中地下水的处理

第17章 地下工程的防水与堵漏施工	273	17.2 防水混凝土	274
17.1 概述	273	17.3 附加防水层	284
		17.4 渗漏治理方法	305

第五篇 地下工程监测

第18章 地下工程监测	309	18.5 监测资料的整理与分析	324
18.1 监测方案的编制	309	附录A 常用设计荷载	325
18.2 监测的组织与实施	309	1. 民用建筑楼面均布活荷载标准值及其准永久值系数	325
18.3 监测仪器和监测元件	311	2. 活荷载按楼层数的折减系数	326
18.4 常用监测项目及其方法	314		

3. 屋面均布活荷载	326	计算	343
4. 楼面和屋面的施工或检修集中荷载和 栏杆水平荷载	326		
附录 B 常用建筑材料密度、导热系数及说明 ...	327		
附录 C 结构静力计算公式	330		
1. 常用截面的几何及力学特性	330		
2. 短柱应力计算公式	332		
3. 长柱应力极限荷载计算公式	332		
4. 单跨梁反力、弯矩、剪力、挠度 计算公式	333		
5. 等截面连续梁的弯矩、剪力、挠度计算 系数与公式	336		
6. 不等跨连续梁在均布荷载作用下的弯矩、 剪力计算系数与公式	338		
7. 双向板在均布荷载作用下的弯矩、挠度 计算系数与公式	339		
8. 双向板在三角形荷载作用下的弯矩			
		附录 D 钢板桩、H 型钢、钢管桩及常用 型材计算公式	349
		1. 钢板桩的种类和几何特征	349
		2. H 型钢的种类和几何特征	356
		3. 钢板桩的机械性能和质量标准	359
		4. 钢管桩规格、力学性能与化学成分及制作 质量要求	359
		5. 常用型材理论质量 (重量) 计算公式 ...	363
		附录 E 双曲线三角函数 $\phi_1 \sim \phi_{15}$	365
		附录 F 对称荷载作用下基础梁的角变计算 ...	368
		1. 两个对称力矩作用下基础梁的角变 θ ...	368
		2. 两个对称集中荷载作用下基础梁的 角变 θ	369
		参考文献	371

第一篇 绪 论

第 1 章 绪 论

1.1 地下结构的分类

按照用途不同，地下工程的分类见表 1-1-1。

表 1-1-1 地下工程的分类

工 程 类 型	举 例
交通隧道	铁路隧道、公路隧道、城市地下铁道及水底隧道等
水工隧洞	水力发电站的各种输水隧洞，为农业灌溉开凿的输水隧洞以及给水排水隧洞等
矿山巷道	各类矿山的运输巷道及开采井巷等
地下仓库	粮食、油料、酿酒和水果、蔬菜等的储藏库，鱼肉食品的冷藏库，车库以及核废料封存库等
地下工厂	水力或火力发电站的地下厂房以及各种轻、重工业的地下厂房等
地下民用与公共建筑	地下商店、图书馆、体育馆、展览厅、影剧院、旅馆、餐厅、住宅及其综合建筑体系——城市地下街等
地下市政工程	给水工程、污水、管路、线路、废物处理中心等
人防工程	人员隐蔽部、指挥所、疏散干道、连接通道、医院、救护站及大楼防空地下室
国防地下工程	飞机库、舰艇库、武器库、弹药库、作战指挥所、通讯枢纽、军医院和各类野战工事以及永久筑城工事等

1.2 地下结构形式

按水平坑道埋置深度的不同，又可分成浅埋和深埋两种。浅埋结构一般是指覆土厚度在 5m 以内而不采用暗挖法修建的结构。

地下结构断面可以有如图 1-2-1 的几种形式。

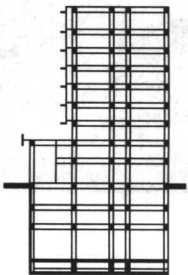
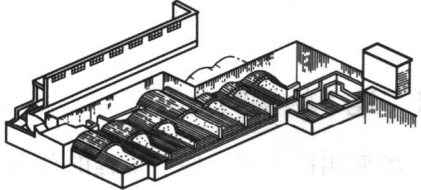
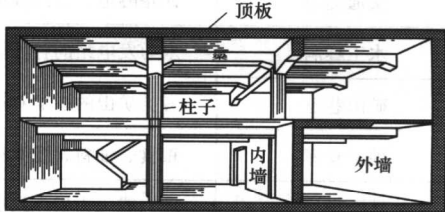
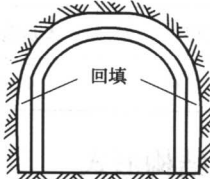
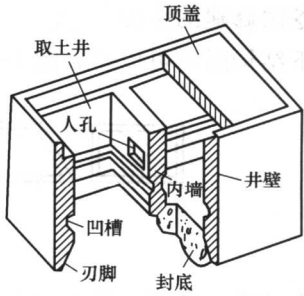


图 1-2-1 地下结构断面的几种形式

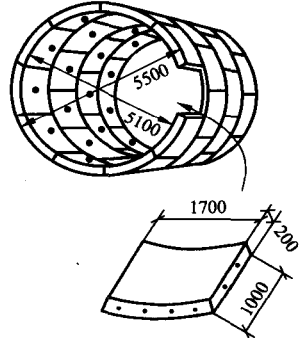
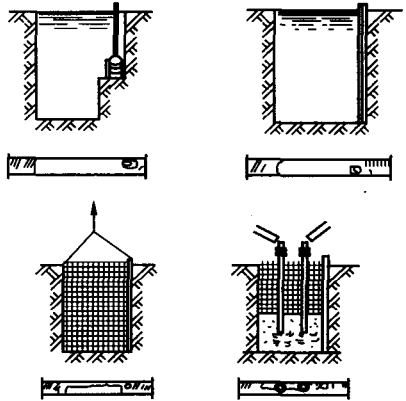
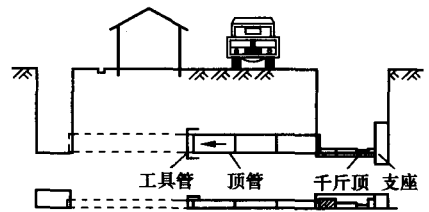
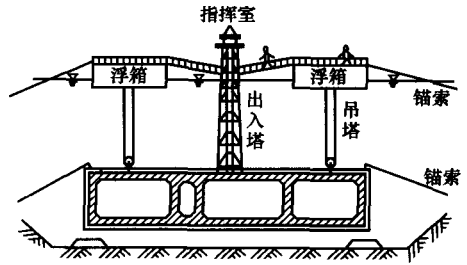
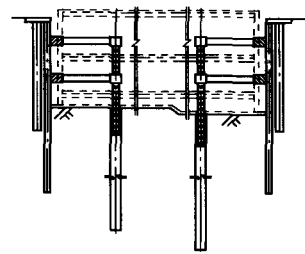
综合地质、使用、施工三方面因素，地下结构常见的形式见表 1-2-1。

表 1-2-1

地下结构常见形式

结构形式	形 式 说 明	示 意 图
附建式结构	房屋建筑下面的地下室，一般有承重的外墙、内墙（地下室作为大厅用时则为内柱）和板或梁板式平底结构	
浅埋式结构	平面呈方形或长方形，当顶板做成平顶时，常用梁板式结构。地下指挥所可以采用平面呈条形的单跨或多跨结构，为节省材料顶部可做成拱形，如一般人员掩蔽部常做成直墙拱形结构，如图（a）；如平面为条形的地下铁道等大中型结构，则常做成矩形框架结构，如图（b）所示	 (a)  (b)
地道式结构	采用矿山法暗挖施工，有直墙拱形结构（右图）或曲墙式结构	
沉井法结构	沉井施工时需要在沉井底部挖土，顶部出土，故施工时的沉井为一开口的井筒结构，水平断面一般做成方形，也有圆形，可以单孔也可以多孔，沉至要求标高后再做底板、顶板	

续表

结构形式	形 式 说 明	示 意 图
盾构法结构	盾构推进时，以圆形为最好，故常采用装配式圆形衬砌，也有做成方形和半圆形的	
连续墙结构	先建造两条连续墙，然后在中间挖土，修建底板、顶板和中间楼层	
顶管结构	靠千斤顶顶进就位。断面小而长的顶管结构一般采用圆形结构，断面大而短时可采用矩形结构或多跨箱涵结构	
沉管法结构	一般做成箱形结构，两端加以临时封口，运至预定水面处，沉放至设计位置	
基坑工程	由地面向下开挖的一个地下空间，四周一般为垂直的挡土结构	

1.3 地下结构的设计内容

修建地下结构工程，必须遵循基本建设程序，进行勘察、设计与施工。设计分工艺设计、规划设计、建筑设计、防护设计、结构设计、设备设计等。结构设计一般分初步设计和施工图设计两个阶段。

初步设计的内容见表 1-3-1。

表 1-3-1 初步设计的内容

序 号	设 计 内 容
1	工程防护等级、三防要求与动载标准的确定
2	确定埋置深度与施工方法
3	草算荷载值
4	选择建筑材料
5	选定结构形式和布置
6	估算结构跨度、高度、顶板、底板及边墙厚度等主要尺寸
7	绘制初步设计结构图
8	估算工程材料数量及财务概算

技术设计的内容见表 1-3-2。

表 1-3-2 技术设计的内容

序 号	设 计 内 容
1	计算荷载，按建筑用途、防护等级、地震级别、埋置深度和土层情况等求出作用在结构上的各种荷载值
2	计算简图，根据实际结构和计算工具情况，拟定出恰当的计算图式
3	内力分析，选择结构内力计算方法，得出结构各控制设计截面的内力
4	内力组合，在各种荷载内力分别计算的基础上，对最不利的可能情况进行内力组合，求出各控制截面的最大设计内力值
5	配筋设计，通过截面强度和裂缝计算得出受力钢筋，并确定必要的分布钢筋与架立钢筋
6	绘制结构施工详图，如结构平面图、结构构件配筋图、节点详图，还有通风、水、电和其他内部设备的预埋件图
7	材料、工程数量和工程财务预算

第2章 土的物理性质及工程特性

2.1 土的结构、构造和特性

2.1.1 土的结构

土的结构分类见表 2-1-1。表中的三种结构以密实的单粒结构工程性质最好，蜂窝结构与絮状结构如果被扰动破坏天然结构，强度就会降低、压缩性提高，不能用作天然地基。

表 2-1-1 土的结构分类

结 构 类 型	说 明	附 图
单粒结构	粗颗粒土（如卵石和砂土等），在沉积过程中，每一个颗粒在自重作用下单独下沉并达到稳定状态	
蜂窝结构	土颗粒较细（粒径在 0.002 ~ 0.02mm 范围）时，在水中单个下沉，碰到已沉积的土粒，因土粒之间的分子引力大于土粒自重，则下沉的土粒被吸引不再下沉	
絮状结构 (二级蜂窝结构)	粒径极细的黏土颗粒（粒径小于 0.005mm）在水中长期悬浮，相互碰撞而吸引逐渐形成小链环状的土骨粒，质量增大而下沉，当一个小链环碰到另一小链环时相互吸引，不断扩大形成大链环状，形成絮状结构	

2.1.2 土的构造

常见的土的构造见表 2-1-2。一般地，分散构造的工程性质最好，结核状构造的工程性质的好坏取决于细粒土部分；裂隙状构造因为裂隙强度低、渗透性大，所以工程性质差。

表 2-1-2 土的构造

序号	构造类型	说 明
1	层状构造	土层由不同的颜色或不同粒径的土组成层理，一层一层互相平行。平原地区的层理通常呈水平方向
2	分散构造	土层中土粒分布均匀，性质相近，如砂与卵石层为分散构造
3	结核状构造	在细粒土中混有粗颗粒或各种结核，如含砾石的粉质黏土、含砾石的冰碛黏土等，均属结构状构造
4	裂隙状构造	土体中有很多不连续的小裂隙，某些硬塑或坚硬状态的黏土为此种构造

2.1.3 土的工程特性

土的工程性质见表 2-1-3。

表 2-1-3 土的工程性质

序号	工程性质	说 明	举 例
1	压缩性高	变形模量 E ，随着材料性质不同而有极大的差别	当应力数值相同，材料厚度一样时，卵石的压缩性为钢筋压缩性的 4200 倍；饱和细砂的压缩性比 C20 混凝土的压缩性高 1600 倍。软塑或流塑状态的黏性土往往比饱和细砂的压缩性还要高
2	强度低	抗剪强度	土的强度比其他建筑材料（如钢材、混凝土等）都低得多
3	透水性大	土体中固体矿物颗粒之间是透水的	粗颗粒的卵石或砂土，其透水性极大

2.2 土的三相含量指标

土由固体矿物、液体水和气体三个部分组成。土中的固体矿物构成土的骨架，骨架之间贯穿着大量孔隙，孔隙中填充着液体水和空气。

土的三相含量指标见表 2-2-1。

表 2-2-1

土的三相含量指标

序号	含量指标	说 明	计 算 公 式
1	质量密度 ρ	土的质量 m 与其体积 V 之比。单位多用 “g/cm ³ ” 或 “kg/m ³ ”	$\rho = \frac{m}{V}$
2	重力密度 γ	单位体积土所受的重力，一般简称为重度（也称容重），单位多用 “kN/m ³ ”	$\gamma = \frac{W}{V}$
3	含水量 ω	水的质量 m_w 与干土粒的质量 m_s 之比，也是两者所受的重力比	$\omega = \frac{m_w}{m_s} = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$
4	土粒重度 γ_s	土粒所受重力 W_s 与土粒体积 V_s 之比	$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$
5	土粒比重 G_s	烘干土粒与同体积的 4℃ 纯水之间的质量比或重力比	$G_s = \frac{m_s}{M_w} = \frac{m_s}{V_s \cdot \rho_w}$
6	孔隙比 e	土中孔隙体积 V_v 与土粒体积 V_s 之比	$e = \frac{V_v}{V_s} \quad e = \frac{\gamma_s (1 + \omega)}{\gamma} - 1$
7	孔隙率 n	孔隙体积与（三相）土的体积 V 之比，一般用百分数表示	$n = \frac{V_v}{V} = \frac{V_v}{V_s + V_v} \times 100\% \quad n = \frac{e}{1 + e}$
8	饱和度 S_r	土中水的体积 V_w 与孔隙体积 V_v 之比	$S_r = \frac{V_w}{V_v} = \frac{\omega G_s}{e}$
9	饱和重度 γ_{sat}	$S_r = 1$ 的饱和土重度 γ_{sat}	$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_s + e\gamma_w}{1 + e}$
10	浮重度 γ'	浸入水中受到浮力的土的重度	$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e}$
11	干重度 γ_d	单位体积土中的干土粒重	$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{\gamma_s}{1 + e} = \frac{\gamma}{1 + \omega}$

2.3 土的物理状态及其有关指标

土的物理状态对于无黏性土主要是评定它的密实程度，对于黏性土主要是评定它的软硬程度，即稠度。

2.3.1 粉土及粗粒土的密实程度

《岩土工程勘察规范》（GB 50021—2001）中规定粉土的密实度按它的孔隙比 e 可以分为如表 2-3-1 所示的三种。

表 2-3-1

粉土的密实度分类

稍 密	中 密	密 实
$e > 0.9$	$0.75 \leq e \leq 0.9$	$e < 0.75$

评定砂土密实程度的指标通常有相对密实度 D_r 、标准贯入锤击数 $N_{63.5}$ 。

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (2-3-1)$$

式中 $e_{\max}$ 、 $e_{\min}$ ——土的最大、最小孔隙比，分别相应于最疏松、最紧密状态的孔隙比；
 e ——土的天然状态孔隙比。

砂土密实程度的划分见表 2-3-2。

表 2-3-2

按相对密实度 D_r 划分砂土密实程度

松 散		中 密	密 实
极 松	稍 松		
$D_r < 1/5$	$D_r = 1/5 \sim 1/3$	$D_r = 1/3 \sim 2/3$	$D_r > 2/3$

标准贯入试验是用质量为 63.5kg 的穿心锤，760mm 的落距，把一个特制的对开式标准贯入器（图 2-3-1）按一定的要求打入土中，并且记录每打下 300mm 所需的锤击数，即 $N_{63.5}$ 或 N 值。根据实测后 $N_{63.5}$ 的平均值即可划分砂土的密实程度，详见表 2-3-3。

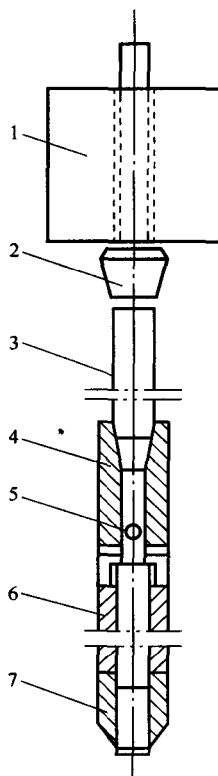


图 2-3-1 标准贯入试验设备

表 2-3-3

按标准贯入击数 $N_{63.5}$ 划分砂土密实（程）度

岩 土 工 程 勘 察 规 范		铁 路 桥 规	
	N		$N_{63.5}$
密实	> 30	密实	30 ~ 50
中密	$15 < N \leq 30$	中密	10 ~ 29
稍密	$10 < N \leq 15$	松散	5 ~ 9
松散	≤ 10		< 5

2.3.2 黏性土的状态和可塑性

1. 黏性土的状态及界限含水量

黏性土的状态会直接影响到它的力学性质。图 2-3-2 所示为重塑黏性土在不同含水量下的不同物理状态界限和体积变化，以及液性界限 ω_L 、塑性界限 ω_P 、收缩界限 ω_s 。

分类更为完善。

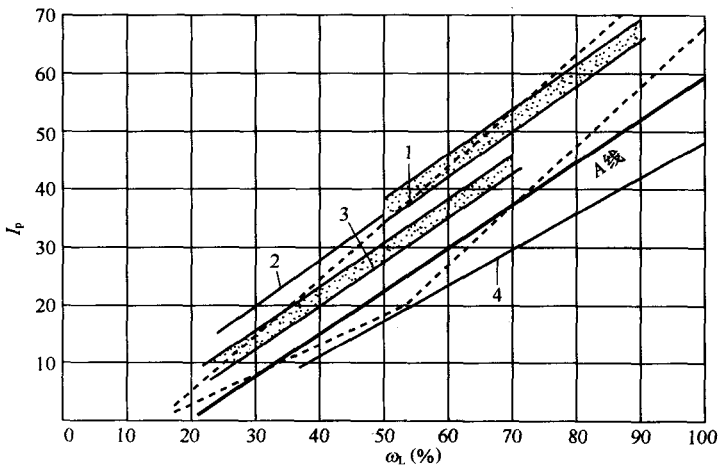


图 2-3-3 液限与塑性指数间关系

为了定量判别黏性土处于何种物理状态（《铁路桥涵设计规范》称为潮湿程度），目前普遍采用的指标是液性指数 I_L 。

$$I_L = \frac{\omega - \omega_p}{\omega_L - \omega_p} \tag{2-3-3}$$

式中 ω ——天然土的含水量。

得到液性指数 I_L 后，再按表 2-3-5 即可定出该土的状态。

表 2-3-5 按液性指数确定黏性土状态

含水量 ω	ω_p				ω_L
液性指数 I_L	0	0.25	0.5	0.75	1
岩土工程勘察规范	坚硬	硬塑	可塑	软塑	流塑
铁路桥规	半干硬	硬塑		软塑	流塑

2.4 土的工程分类

2.4.1 岩石的工程分类

表 2-4-1 岩石的分类及工程性质

按坚固性分	硬质岩石	凡新鲜岩石的饱和单轴极限抗压强度 $f_t \geq 30\text{MPa}$ 者，为硬质岩石，如花岗石等
	软质岩石	凡 $f_t < 30\text{MPa}$ 者，为软质岩石，如页岩、黏土岩等
按风化程度分	微风化	岩质新鲜，表面稍有风化迹象
	中等风化	结构和构造层理清晰，岩体被节理、裂隙分割成块状（20~50cm），裂隙中填充少量风化物。锤击声脆，且不易击碎。用镐难挖掘，岩心钻方可钻进
	强风化	结构和构造层理不甚清晰，矿物成分已显著变化。岩体被节理、裂隙分割成碎石状（2~20cm），碎石用手可以折断。用镐可以挖掘，手摇钻不易钻进

2.4.2 碎石土的工程分类

碎石土中粒径 $d > 2\text{mm}$ 的颗粒含量超过全重 50%。

根据土的粒径级配中各粒组的含量和颗粒形状进行分类定名，见表 2-4-2。

表 2-4-2

碎石土分类

土 的 名 称	颗 粒 形 状	粒 组 含 量
漂石	圆形及亚圆形为主	粒径 $d > 200\text{mm}$ 的颗粒质量超过全重 50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形及亚圆形为主	粒径 $d > 20\text{mm}$ 的颗粒质量超过全重 50%
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形及亚圆形为主	粒径 $d > 2\text{mm}$ 的颗粒质量超过全重 50%
角砾	棱角形为主	

注：定名时应根据粒组含量由大到小，以最先符合者确定。

碎石土的工程性质见表 2-4-3。

表 2-4-3

碎石土的工程性质

分 类	工 程 性 质
密实碎石土	骨架颗粒含量大于总重的 70%，呈交错排列，连续接触。锹镐挖掘困难，井壁一般较稳定。钻进极困难，冲击钻探时钻杆、吊锤跳动剧烈。这种土为优等地基
中密碎石土	骨架颗粒含量等于总重的 60% ~ 70%，呈交错排列，大部分接触。镐可挖掘，井壁有掉块现象，从井壁取出大颗粒处，能保持颗粒凹面形状。钻进较困难，冲击钻探时钻杆、吊锤跳动不剧烈。这种土为优良地基
稍密碎石土	骨架颗粒含量小于总重的 60%，排列混乱，大部分不接触。锹可以挖掘，井壁易坍塌，从井壁取出大颗粒后砂土立即塌落。钻进较容易，冲击钻探时钻杆稍有跳动

2.4.3 砂土的工程分类

砂土中粒径 $d > 2\text{mm}$ 的颗粒含量不超过全重 50%，且 $d > 0.075\text{mm}$ 的颗粒超过全重 50%。

根据砂土的粒径级配各粒组含量定名，见表 2-4-4。

表 2-4-4

砂土分类

土 的 名 称	粒 组 含 量
砾砂	粒径 $d > 2\text{mm}$ 的颗粒占总质量 25% ~ 50%
粗砂	粒径 $d > 0.5\text{mm}$ 的颗粒超过总质量 50%
中砂	粒径 $d > 0.25\text{mm}$ 的颗粒超过总质量 50%
细砂	粒径 $d > 0.075\text{mm}$ 的颗粒超过总质量 85%
粉砂	粒径 $d > 0.075\text{mm}$ 的颗粒超过总质量 50%

注：定名时应根据粒径分组含量由大到小，以最先符合者确定。

2.4.4 粉土的工程分类

粉土的塑性指数 $I_p \leq 10$ 。

国家标准中粉土的性质介于砂土与黏性土之间，见表 2-4-5。

表 2-4-5

粉土的分类及性质

分 类	北 京 市 标 准	上 海 市 标 准
砂质粉土	$I_p \leq 7$	粒径 $d < 0.005\text{mm}$ 的颗粒含量小于等于全重的 10%
黏质粉土	$7 < I_p \leq 10$	$d < 0.005\text{mm}$ 的颗粒含量超过全重的 10%，小于等于全重的 15%

粉土的密实度的划分见表 2-4-6。