

建筑施工实用技术丛书

土石方工程 施工技术

仲景冰 余群舟 编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



建筑施工实用技术丛书

土石方工程施工技术

仲景冰 余群舟 编



机械工业出版社

本书为“建筑施工实用技术丛书”之一，内容包括：土的性质与分类、土方工程量的计算、施工排水、土方开挖与填筑、爆破工程等。

本书按最新颁布的设计规范、土方工程施工验收规范及相关的施工手册编写，力求简明、实用、新颖，反映国内外先进技术水平，并总结近年来工程实践中积累起来的新技术、新材料、新工艺，还辅以必要的附图和实例，便于迅速查阅。

本丛书可供从事工程施工、监理、质量监督和建筑施工的技术人员使用，也可供本专业高等院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

土石方工程施工技术/仲景冰, 余群舟编. —北京: 机械工业出版社, 2003.7
(建筑施工实用技术丛书)

ISBN 7-111-12292-5

I. 土... II. ①仲...②余... III. ①土方工程—工程施工②石方工程—工程施工 IV. TU751

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 043100 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 荆宏智 俞逢英 版式设计: 张世琴 责任校对: 李汝庚

封面设计: 姚 毅 责任印制: 路 琳

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·8.25 印张·201 千字

0 001—4 000 册

定价: 14.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

建筑施工实用技术丛书 编审委员会名单

主 任：李惠强

副主任：吴贤国

委 员：（按姓氏笔画排列）

王望珍 仲景冰 陈跃庆 陈悦华

余群舟 曾文杰 薛莉敏

前 言

近十年来，我国建设事业蓬勃发展，全国各地兴建了大量现代化建筑，促进了建筑施工领域新技术、新工艺的不断发展和进步。与此同时，许多新的施工验收规范、技术规程及有关定额也相继颁布实施。为了能够更好地应用新规范、推广新技术、解决新问题，编写了这套建筑施工实用技术丛书，以满足当前工程施工实际的迫切需要。

“建筑施工实用技术丛书”根据我国最新的有关规范、规程较全面系统地介绍了建筑工程各分部、分项工程的施工技术和施工工艺方法，注重总结和介绍近年来工程实践中广泛应用的新技术、新工艺、新材料、新设备，是广大工程技术人员解决工程实际问题、应用新技术和新工艺的参考书。本丛书可供从事工程施工、监理、质量监督和建筑施工的科技人员及本专业高校师生使用。

本丛书分为六册，即《土石方工程施工技术》、《地基与基础工程施工技术》、《建筑结构主体工程施工技术》、《建筑屋面与地下工程防水施工技术》、《建筑装饰工程施工技术》以及《高层建筑施工新技术》。

《土石方工程施工技术》的绪论、第1、3、5章由仲景冰编写，第2、4章由余群舟编写。

在本丛书的编写过程中，参阅了一些资料和书籍，并得到出版社领导和有关人员的大力支持，谨此表示衷心感谢！由于我们水平有限，加上时间仓促，书中缺点在所难免，恳切希望读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

前言		方法	33
绪论	1	2.3.2 例题	34
1 土的性质与分类	2	3 施工排水	38
1.1 土的物理性质	2	3.1 地表水的排除	38
1.2 土的力学性质指标	3	3.2 地下水位的降低	39
1.2.1 土的压缩性指标	3	3.2.1 集水井降水法	39
1.2.2 土的抗剪强度	3	3.2.2 井点降水法	45
1.3 土的分类	4	3.3 降水与排水的质量检验标准	61
1.3.1 地基土的分类	4	3.4 降水土方开挖与降水过程中 特殊问题的处理	61
1.3.2 土的工程分类	5	3.4.1 流砂处理	61
1.4 土的工程性质	6	3.4.2 流砂处理的常用措施	62
1.4.1 土的可松性	6	4 土方开挖与填筑	63
1.4.2 土的渗透性	7	4.1 土的开挖	63
1.4.3 土的含水量	8	4.1.1 场地土的开挖	63
1.5 土的现场鉴别方法	8	4.1.2 基坑、槽、沟的开挖	67
1.5.1 碎石土、砂土的现场鉴别 方法	8	4.2 土的填筑与压实	79
1.5.2 粘性土的现场鉴别方法	9	4.2.1 土的填筑	79
1.5.3 人工填土、淤泥、黄土、泥炭 的现场鉴别方法	10	4.2.2 土的压(夯)实	81
2 土方工程量的计算	12	4.3 土方施工机械	83
2.1 沟槽、基坑、路堤土方计算	12	4.3.1 土方机械的选择	83
2.1.1 计算原理及常见断面计 算式	12	4.3.2 土方机械的作业方法	92
2.1.2 土方量计算公式	15	5 爆破工程	100
2.1.3 沟槽、路堤填、挖土方量 计算表	16	5.1 爆破概念及原理	100
2.2 场地平整土方量计算	23	5.1.1 爆破的概念	100
2.2.1 设计标高的确定	23	5.1.2 爆破的基本原理	100
2.2.2 用方格网法计算土 方量	24	5.2 爆破材料	101
2.2.3 土方计算实例	27	5.2.1 炸药	101
2.2.4 边坡土方量计算	30	5.2.2 静态破碎剂	104
2.3 土方调配	33	5.2.3 高能燃烧剂	104
2.3.1 土方调配原则、步骤与		5.2.4 起爆材料	106
		5.3 药包及药包量的计算	110
		5.3.1 药包的分类	110
		5.3.2 药包量的计算	111

5.4 钻孔与起爆方法	113	5.6 爆破安全技术	122
5.4.1 钻孔方法	113	5.6.1 爆破材料的贮存、保管与 运输	122
5.4.2 起爆方法	113	5.6.2 爆破施工作业的安全措施	123
5.5 爆破方法	117	5.6.3 瞎炮的预防及处理措施	124
5.5.1 基本爆破方法	117	参考文献	125
5.5.2 特殊爆破方法	119		

绪 论

任何建筑物都是必须建立在土层上的。由于地基土层的形成年代、生成环境及成分的不同，地基土的种类是多种多样的，其性质也是复杂而多样的。因此，在建筑工程设计和施工前，必须对土层进行工程地质勘探，充分了解土的物理力学性质，以便作出合理的工程地质评价，选择合理的土方工程的施工方案。

土方工程是整个建筑工程施工的第一步，合理地选择施工方案，关系到工程的经济效益乃至整个建筑物的施工安全和对附近建筑物是否造成危害；一旦出现失误，往往会造成重大损失，而且处理也比较困难。如果测量放线不准确，有可能造成土方开挖的浪费（错挖或多挖）；而对土的性质不了解，就不能合理选择施工方法及回填要求；施工的排水与降水方法更应注意选择，否则就可能造成大的事故。例如某地有一工程对地下水的处理曾造成附近高架桥墩倾斜，使高架桥工程推迟了两个月竣工。这一事故就是由于施工时对降水技术处理方案考虑不周所致。还有对于土方机械化施工与爆破工程等问题，都必须引起我们足够的重视。

本书针对土方工程的理论、设计、施工等各环节，按照土方工程的施工顺序，重点介绍了土方工程测量与放线、土的性质、土方工程量的计算、土方工程施工的排水与降水、土方开挖与填筑以及边坡支护、土方机械化施工与爆破工程等的施工方法、技术措施、施工验收、质量等并给出了必要的参考数据。

本书主要是针对工程技术人员的实际需要编写的，并根据 2002 年最新的《施工质量验收规范》，加入了相应的施工质量的验收内容。书中以实用技术为主，并针对各部分内容，附录了一些例题，便于读者学习、掌握，以提高读者分析问题和解决问题的能力。

1 土的性质与分类

土由固相（颗粒）、液相（水）和气相（气体）三部分组成。土中颗粒的大小、成分及三相之间的比例关系，反映出土的不同性质，如干、湿，密、松，硬、软等等。土的三相组成决定了土的物理、力学性质。

1.1 土的物理性质

土的物理性质指标见表 1-1。

表 1-1 土的物理性质指标

指标名称	符号	单位	物理意义	表达式	附注
密度	ρ	t/m ³	单位体积土的质量，又称体积质量或（质量）密度	$\rho = \frac{m}{V}$	由试验方法（一般用环刀法）直接测定。一般为 1.6~2.0t/m ³
重度	γ	kN/m ³	单位体积土所受的重力，又称重力密度	$\gamma = \frac{W}{V}$ 或 $\gamma = \rho g$	由试验方法测定后计算求得。一般土为 16~20kN/m ³
相对密度	d		土粒单位体积的质量与 4℃ 时蒸馏水的密度之比	$d = \frac{m_s}{V_s \rho_w}$	由试验方法（用比重瓶法）测定。一般粘性土为 2.7~2.75；砂土为 2.65~2.69
干密度	ρ_d	t/m ³	土的单位体积内颗粒的质量	$\rho_d = \frac{m_s}{V}$	由试验方法测定后计算求得，一般土为 1.3~1.8t/m ³
干重度	γ_d	kN/m ³	土的单位体积内颗粒的重度	$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$	由试验方法直接测定。一般土为 13~18kN/m ³
含水量	w	%	土中水的质量（ m_w ）与颗粒质量（ m_s ）之比	$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\%$	由试验方法（烘干法）测定。土的含水量 ^① 一般为 20%~60%
饱和密度	ρ_{sat}	t/m ³	土中孔隙完全被水充满时土的密度	$\rho_{sat} = \frac{m_s + V_v \rho_v}{V}$	由计算求得，一般土为 1.3~2.3
饱和重度	γ_{sat}	kN/m ³	土中孔隙完全被水充满时土的重度	$\gamma_{sat} = \rho_{sat} g$	由计算求得；一般土为 13~23kN/m ³
有效重度	γ'	kN/m ³	在地下水位以下，土体受到水的浮力作用时土的重度，又称浮重度	$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$	由计算求得；一般土为 8~13kN/m ³
孔隙比	e		土中孔隙体积（ V_v ）与土粒体积之（ V_s ）比	$e = \frac{V_v}{V_s}$	由计算求得，一般粘性土为 0.5~1.2；砂土为 0.3~0.9

(续)

指标名称	符号	单位	物理意义	表达式	附注
孔隙率	n	%	土中孔隙体积与土的总体积之比	$n = \frac{V_v}{V} \times 100\%$	由计算求得, 一般粘性土为 30%~60%; 砂土为 25%~45%
饱和度	S_r	%	土中水的体积与孔隙体积之比	$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100\%$	由计算求得, 一般土为 0~0.1; 孔隙全部为水所充填 $S_r = 1$ 的土称为饱和土; $S_r \geq 0.8$ 的土可认为是饱和土

注: m ——土的总质量; m_s ——土的固体颗粒质量; V ——土的总体积; W ——土的总重量; W_s ——土的固体颗粒重量; ρ_w ——蒸馏水的密度, 一般取 1t/m^3 ; γ_d ——水的重度, 近似取 10kN/m^3 ; g ——重力加速度, 取 10m/s^2 ; 其余符号见表 1-1 中的物理意义解释。

① 重量百分含量的正确的量名称为质量分数, 下同。如表中含水量一般为 20%~60%, 即水的质量分数 (w) 为 20%~60%。

1.2 土的力学性质指标

1.2.1 土的压缩性指标

土在外界压力作用下体积会缩小。由于土中水和土颗粒几乎是不能被压缩的, 因此, 土的压缩主要是孔隙体积的减少。土的压缩性指标通常用压缩系数来表示, 其值可以根据原状土的压缩试验确定。

压缩系数计算见下式:

$$a = \frac{e_1 - e_2}{p_1 - p_2} \quad (1-1)$$

式中 a ——土的压缩系数 (MPa^{-1});

p_1 ——相对应于 e_1 时的固结压力 (MPa);

p_2 ——相对应于 e_2 时的固结压力 (MPa);

e_1 ——相对应于 p_1 时的孔隙比;

e_2 ——相对应于 p_2 时的孔隙比。

评价地基土的压缩性, 一般是按 $p_1 = 100\text{kPa}$ 和 $p_2 = 200\text{kPa}$ 时求出的压缩系数 a_{1-2} 来评价, 其评价标准为: $a_{1-2} < 0.1$ 为低压缩性土; $0.1 \leq a_{1-2} < 0.5$ 为中压缩性土; $a_{1-2} \geq 0.5$ 为高压缩性土。

地基土压缩性和建筑物荷载的大小, 将会直接影响地基沉降量的大小, 因此, 一般应选择低压缩性土作为地基, 而高压缩性土则需经过处理后, 才能作为地基。

1.2.2 土的抗剪强度

土的抗剪强度是指土在外力作用下抵抗剪切破坏的极限强度。土的抗剪强度可以用室内直剪、原位直剪、三轴剪切试验、十字板剪切试验、野外标准贯入、静力触探、动力触探等试验方法进行测定。它是评价地基承载力、边坡稳定性、计算土压力的重要指标。

1. 抗剪强度计算 土的抗剪强度可按下列式子计算:

对于砂土:

$$\tau_f = \sigma \tan \varphi \quad (1-2)$$

对于粘性土：

$$\tau_f = \sigma \tan \varphi + c \quad (1-3)$$

式中 τ_f ——土的抗剪强度 (kPa)；

σ ——剪切面上的法向应力 (kPa)；

φ ——土的内摩擦角 (°)；

c ——土的粘聚力 (kPa)。

2. 土的内摩擦角 φ 和粘聚力 c 的确定

土的内摩擦角 φ 和粘聚力 c 是反映土的抗剪强度大小的两个重要指标。其大小可以在剪切试验后，直接用比例尺在坐标纸上绘出，如图 1-1 所示。

砂土的内摩擦角一般是随土的粒度变细而变小；砾砂、粗砂、中砂的 φ 值约为 $32^\circ \sim 40^\circ$ ；细砂、粉砂的 φ 值为 $28^\circ \sim 36^\circ$ ；砂土的粘聚力 c 很小，可以忽略不计。

粘性土的内摩擦角 φ 的变化范围为 $0^\circ \sim 36^\circ$ ，而粘聚力一般为 $10 \sim 100 \text{ kPa}$ ，坚硬粘土其值更高。

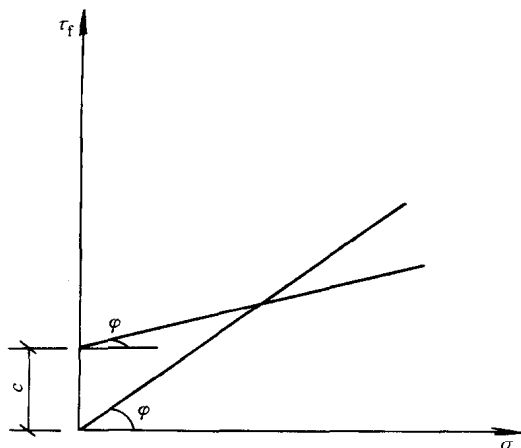


图 1-1 抗剪强度与法向应力的关系

1.3 土的分类

1.3.1 地基土的分类

根据现行《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002) 标准规定，将承受建筑荷载的地基土划分为岩石、碎石土、砂土、粉土、粘性土和人工填土等几种。

1. 岩石的分类 岩石为颗粒间的牢固连接，呈整体或具有节理裂隙的岩体。作为建筑物地基，除应确定岩石的地质名称外，尚应按坚硬程度和完整程度划分。

岩石的坚硬程度可根据岩块的饱和单轴抗压强度 f_{rk} 的大小来划分，表 1-2 将其划分为坚硬岩、较硬岩、较软岩、软岩和极软岩。岩石的风化程度可分为未风化、微风化、中风化、强风化和全风化。

表 1-2 岩石坚硬程度的划分

坚硬程度类别	坚硬岩	较硬岩	较软岩	软岩	极软岩
饱和单轴抗压强度标准值 f_{rk}/MPa	$f_{rk} > 60$	$60 \geq f_{rk} > 30$	$30 \geq f_{rk} > 15$	$15 \geq f_{rk} > 5$	$f_{rk} \leq 5$

岩体的完整程度可按表 1-3 划分为完整、较完整、较破碎、破碎和极破碎。

表 1-3 岩体完整程度的划分

完整程度等级	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
完整性指数	> 0.75	$0.75 \sim 0.55$	$0.55 \sim 0.35$	$0.35 \sim 0.15$	< 0.15

注：完整性指数为岩体纵波波速与岩块纵波波速之比的平方。选定岩体、岩块测定波速时应有代表性。

2. 碎石土的分类 粒径大于 2mm 的颗粒含量（质量分数）超过全重 50% 的土称为碎石土。碎石土可根据粒径分组含量和颗粒形状划分为漂石、块石、卵石、碎石、圆砾和角砾，详见表 1-4。

表 1-4 碎石土的分类

分类名称	颗粒形状	颗粒级配
漂石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 200mm 的颗粒含量超过全重 50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 20mm 的颗粒含量超过全重 50%
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形及亚圆形为主	粒径大于 2mm 的颗粒含量超过全重 50%
角砾	棱角形为主	

注：分类时应根据粒径组含量栏从上到下以最先符合者确定。

3. 砂土的分类 根据粒径的大小不同，砂土可分为五类，详见表 1-5。

4. 粘性土的分类 可根据塑性指数 I_p 划分：粘性土为塑性指数 $I_p > 10$ 的土；塑性指数 $I_p > 17$ 的土为砂土； $10 < I_p \leq 17$ 的土为粉质粘土。

5. 粉土 粉土是指介于砂土与粘性土之间，其塑性指数 $I_p \leq 10$ 且粒径大于 0.075mm 的颗粒含量不超过全重 50% 的土。

表 1-5 砂土分类

分类名称	颗粒级配
砾砂	粒径大于 2mm 的颗粒含量占全重 25% ~ 50%
粗砂	粒径大于 0.5mm 的颗粒含量占全重 50%
中砂	粒径大于 0.25mm 的颗粒含量占全重 50%
细砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒含量占全重 85%
粉砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒含量占全重 50%

注：砂土定名时，应根据其粒径分组由大到小以最先符合者确定。

5. 人工填土 人工填土根据其组成和成因的不同，可分为素填土、压实填土、杂填土和冲填土。

素填土是由碎石土、砂土、粉土、粘性土等组成的填土。经过压实或夯实的素填土为压实填土。杂填土是指含有建筑垃圾、工业废料和生活垃圾等杂物的填土。冲填土是由水力冲填泥砂形成的填土。

1.3.2 土的工程分类

土的工程分类是按照土的开挖难易程度划分的。我国现行劳动定额和预算定额将土分为八类，其中前面四类为土，后面四类为石，详见表 1-6。

表 1-6 土的工程分类

土的分类	包括的内容	坚实系数 f	密度 / (t/m^3)	开挖工具及方法
一类土 (松软土)	砂、粉土、冲击砂土层、种植土、淤泥 (泥炭)	0.5 ~ 0.6	0.6 ~ 1.5	用锹、锄头挖掘

(续)

土的分类	包括的内容	坚实系数 f	密度 / (t/m^3)	开挖工具及方法
二类土 (普通土)	粉质粘土, 潮湿的黄土, 夹有碎石、卵石的砂, 种植土, 粉土, 填筑土	0.6~0.8	1.1~1.6	用锹、锄头挖掘, 少许用镐翻松
三类土 (坚土)	软粘土及中等密实粘土, 重粉质粘土, 砾质土, 干黄土及夹有卵石、碎石的黄土、粉质粘土, 压实的填筑土	0.8~1.0	1.75~1.9	主要用镐, 少许用锹、锄头挖掘, 部分用撬棒
四类土 (砂砾坚土)	坚硬密实的粘性土或黄土, 含碎石、卵石的粘性土或黄土, 天然级配砂石, 软泥灰岩	1.0~1.5	1.9	先用镐、撬棒, 后用锹挖掘, 部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	硬质粘土、中密的页岩、泥灰岩、白垩土、胶结不紧的砾岩、软的石灰岩	1.5~4.0	1.1~2.7	用镐或撬棒、大锤挖掘, 部分使用爆破方法
六类土 (次坚石)	泥岩、砂岩、砾岩、坚实的页岩、泥灰岩、密实的石灰岩、风化花岗岩、片麻岩	4.0~10.0	2.2~2.9	用爆破方法开挖, 部分用风镐
七类土 (坚石)	大理石、辉绿岩、玢岩、粗、中粒花岗岩, 坚实的白云岩、砂岩、砾岩、片麻岩、石灰岩, 微风化安山岩、玄武岩	10.0~18.0	2.5~3.1	用爆破方法开挖
八类土 (特坚石)	安山岩、玄武岩、花岗片麻岩、坚实的细粒花岗岩、闪长岩、石英岩、辉长岩、辉绿岩、玢岩、角闪岩	18.0~25.0 以上	2.7~3.3	用爆破方法开挖

1.4 土的工程性质

1.4.1 土的可松性

自然状态下的土, 经过开挖以后, 其体积因松散而增加, 后虽经回填压实, 仍不能恢复到原体积, 这种性质称为土的可松性。

土的可松性是用可松性系数来表示的。自然状态土经开挖后的松散体积与原自然状态下的体积之比, 称为最初可松性系数 K_s ; 土经回填压实后的体积与原自然状态下的体积之比, 称为最终可松性系数 K_s' 。它们的求法如下面二式:

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-4)$$

$$K_s' = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-5)$$

式中 K_s ——土的最初可松性系数;

K_s' ——土的最终可松性系数;

V_1 ——土在自然状态下的体积 (m^3);

V_2 ——土经开挖后的松散体积 (m^3);

V_3 ——土经回填压实后的体积 (m^3)。

土的可松性是一个非常重要的工程性质。它对于场地平整、土方调配、土方的开挖、运输和回填, 以及土方挖掘机械和运输机械的数量、斗容量的确定, 都有很大影响。例如土方开挖后的运输量, 要考虑土的最初可松性系数 K_s ; 借土回填时, 就需要考虑土的最终可松

性系数 K_s' 。下面举一个实例。

例 1-1 某土方工程需回填 100m^3 土，而现场已无土回填，必须另外取土，所选回填土的最初可松性系数 $K_s = 1.2$ ，最终可松性系数 $K_s' = 1.05$ ，问需取多少土？

解：已知需回填的土方量（即回填压实后的体积）为 $V_3 = 100\text{m}^3$

且： $K_s = 1.2$ ， $K_s' = 1.05$

则：需开挖土自然状态下的体积 $V_1 = \frac{V_3}{K_s'} = \frac{100\text{m}^3}{1.05} = 95.24\text{m}^3$

开挖后需运输的土体积 $V_2 = V_1 \times K_s = 95.24\text{m}^3 \times 1.2 = 114.29\text{m}^3$

另外，在土方工程中，也正是因为土的可松性存在，土经开挖后，土壤的结构遭到破坏，地基的抗剪能力有所下降，所以，一般情况下不允许用回填土做地基。

各类土的可松性系数参考值见表 1-7。

表 1-7 各类土的可松性系数参考值

土的类别	土的可松性	
	K_s	K_s'
一类土（种植土除外）	1.08~1.17	1.01~1.03
一类土（种植土、泥炭）	1.20~1.30	1.03~1.04
二类土	1.14~1.28	1.02~1.05
三类土	1.24~1.30	1.04~1.07
四类土（泥灰岩、蛋白石除外）	1.26~1.32	1.06~1.09
四类土（泥灰岩、蛋白石）	1.33~1.37	1.11~1.15
五~七类土	1.30~1.45	1.10~1.20
八类土	1.45~1.50	1.20~1.30

1.4.2 土的渗透性

土体孔隙中的自由水在重力作用下会透过土体而运动，这种土体被水透过的性质称为土的渗透性。土的渗透性以渗透系数 K 来表示土透水性的 大小，其物理意义是，当水力坡度等于 1 时的渗透系数，一般通过室内渗透试验或现场抽水或压水试验确定。土渗透系数的大小对土方工程中施工降水与排水的影响较大，施工时应加以注意。

渗透系数 K 按下列公式计算

$$K = \frac{Q}{AI} = \frac{u}{I} \quad (1-6)$$

式中 K ——渗透系数（ cm/s 或 m/d ）；

Q ——单位时间内渗透通过的水量（ cm^3/s 或 m^3/d ）；

A ——通过水量的总横断面积（ cm^2 或 m^2 ）；

u ——渗透水流的速度（ cm/s 或 m/d ）；

I ——水力坡度（高水位 h_1 与低水位 h_2 之差与渗透距离 s 的比值）；

$$I = \frac{h_1 - h_2}{s} = \frac{h}{s}$$

土的渗透系数参考值见表 1-8。

表 1-8 土的渗透系数 K 参考值

名 称	渗透系数 $K / (m/d)$	名 称	渗透系数 $K / (m/d)$
粘土	< 0.005	中砂	$5.0 \sim 20$
粉质粘土	$0.005 \sim 0.1$	均值中砂	$25 \sim 50$
粉土	$0.1 \sim 0.5$	粗砂	$20 \sim 50$
黄土	$0.25 \sim 0.5$	圆砾	$50 \sim 100$
粉砂	$0.5 \sim 1.0$	卵石	$100 \sim 500$
细砂	$1.0 \sim 5.0$	无充填物卵石	$500 \sim 1000$

1.4.3 土的含水量

土的含水量是指土中所含的水与土的固体颗粒重量之比的百分率（用质量分数表示符号为 w ，下同）其计算公式如下：

$$w_w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中 w_w ——水的质量分数（%）；

m_w ——土中水的质量，为含水土的质量与烘干后的土质量之差；

m_s ——土中固体颗粒的质量，为烘干后的土质量。

土的含水量与土方边坡的稳定性及回填土的质量有直接关系。各类土都存在一个最佳含水量，当土的含水量处于最佳时，回填土的密实度最大。

1.5 土的现场鉴别方法

1.5.1 碎石土、砂土的现场鉴别方法

碎石土、砂土的现场鉴别方法见表 1-9。碎石类土密实度现场鉴别方法见表 1-10。

表 1-9 碎石土、砂土的现场鉴别方法

类别	土的名称	观察颗粒粗细	干燥时的状态及强度	潮湿时用手拍击状态	粘着程度
碎石土	卵(碎)石	一半以上颗粒超过 20mm	颗粒完全分散	表面无变化	无粘着感觉
	圆(角)砾	一半以上颗粒超过 2mm (小高粱粒大小)	颗粒完全分散	表面无变化	无粘着感觉
砂土	砾砂	约有 1/4 以上的颗粒超过 2mm (小高粱粒大小)	颗粒完全分散	表面无变化	无粘着感觉
	粗砂	约有一半以上的颗粒超过 0.5mm (细小米粒大小)	颗粒完全分散，但有个别的胶结在一起	表面无变化	无粘着感觉
	中砂	约有一半以上的颗粒超过 0.25mm (白菜籽粒大小)	颗粒基本分散，局部胶结，但一碰即散	表面偶有水印	无粘着感觉
	细砂	大部分颗粒与粗豆米粉 ($> 0.074mm$) 近似	颗粒大部分分散，少量胶结，部分稍加碰撞即散	表面有水印 (翻浆)	偶有轻微粘着感觉
	粉砂	大部分颗粒与大小米粉近似	颗粒少部分分散，大部分胶结，稍加压力可分散	表面有显著的翻浆现象	有轻微粘着感觉

表 1-10 碎石土密实度野外鉴别方法

密 实 度	骨架和充填物	可 挖 性	可 钻 性
密实	骨架颗粒含量大于总重的 70%，呈交错紧排列，连续接触	锹镐挖掘困难，用撬棍方能松动，井壁一般较稳定	钻进困难，冲击钻探时，钻杆、吊锤跳动剧烈，孔壁较稳定
中密	骨架颗粒含量等于总重的 60%~70%，呈交错排列，大部分接触	锹镐可挖掘，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，孔壁有坍塌现象
稍密	骨架颗粒含量等于总重的 55%~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，砂土立即坍落	钻进较容易，冲击钻探时，钻杆稍有跳动，孔壁易坍塌
松散	骨架颗粒含量小于总重的 55%，排列十分混乱，绝大部分不接触	锹易挖掘，井壁极易坍塌	钻进很容易，冲击钻探时，钻杆无跳动，孔壁极易坍塌

注：表中%，均指该类物质的质量分数，下同。

1.5.2 粘性土的现场鉴别方法

粘性土的现场鉴别方法见表 1-11。粘性土和粉土的稠度鉴别方法见表 1-12。粘性土的潮湿程度鉴别方法见表 1-13。新近沉积粘性土的现场鉴别方法见表 1-14。

表 1-11 粘性土的现场鉴别方法

土的名称	潮湿时用刀切	湿土用手捻摸时的感觉	土的状态		湿土捻条情况
			干土	湿土	
粘土	切面光滑，有粘刀阻力	有滑腻感，感觉不到有砂粒，水分较大，很粘手	土块坚硬，用锤才能打碎	易粘着物体，干燥后不易剥去	塑性大，能搓成直径小于 0.5mm 的长条（长度不短于手掌），手持一端不易断裂
粉质粘土	稍有光滑面，切面平整	稍有滑腻感，有粘滞感，感觉到有少量砂粒	土块用力可压碎	能粘着物体，干燥后较易剥去	有塑性，能搓成直径为 2~3mm 的土条
粉土	无光滑面，切面稍粗糙	有轻微粘滞感或无粘滞感，感觉到有较多砂粒、粗糙	土块用手捏或抛扔时易碎	不易粘着物体，干燥后一碰就掉	塑性小，能搓成直径为 2~3mm 的短条
砂土	无光滑面，切面粗糙	无粘滞感，感觉到全是砂粒、粗糙	松散	不能粘着物体	无塑性，不能搓成土条

表 1-12 粘性土和粉土的稠度鉴别方法

稠度状态	鉴 别 特 征
坚硬	人工小钻钻探时很费力，几乎钻不进去，钻头取出的土样用手捏不动，加力不能使土变形，只能碎裂
硬塑	人工小钻钻探时较费力，钻头取出的土样用手捍时，只有用较大的力才略有变形并即碎裂松散
可塑	钻头取出的土样，手指用力不大就能按入土中，土可捏成各种形状
软塑	可以把土捏成各种形状，手指按入土中毫不费力，钻头取出的土样还能成形
流塑	钻进很容易，钻头不易取出土样，取出的土已不能成形，放在手中也不易成块

表 1-13 粘性土的潮湿程度鉴别方法

土的潮湿程度	鉴 别 方 法
稍湿的	经过扰动的土不易捏成团，易碎成粉末，放在手中不湿手，但感觉凉，而且感觉是湿土
很湿的	经过扰动的土能捏成各种形状，放在手中会湿手，在土面上滴水能慢慢渗入土中
饱和的	滴水不能渗入土中，可以看出孔隙中的水发亮

表 1-14 新近沉积粘性土的现场鉴别方法

沉 积 环 境	颜 色	结 构 性	含 有 物
河漫滩和山前洪、冲积扇（锥）的表层，故河道，已填塞的湖、塘、沟谷、河道泛滥区	颜色较深而暗，呈褐、暗黄或灰色，含有机物较多的带灰黑色	结构性差，用手扰动原状土时极易变软，塑性较低的土还有振动析水现象	在完整的沉积粘性土剖面中，无原生的粒状结核体，但可能含有圆形及亚圆形的钙质结核体（如姜结石）或贝壳等，在城镇附近可能含有少量碎砖、陶片或朽木等人类活动的遗物

1.5.3 人工填土、淤泥、黄土、泥炭的现场鉴别方法

人工填土、淤泥、黄土、泥炭（腐植土）的现场鉴别方法见表 1-15。

表 1-15 人工填土、淤泥、黄土、泥炭的现场鉴别方法

土的名称	观察颜色	夹杂物质	形状（构造）	浸入水中的现象	湿土搓条情况	干燥后强度
人工填土	无固定颜色	砖瓦碎块、垃圾、炉灰等	夹杂物显露于外，构造无规律	大部分在水中变为稀软泥炭，其余部分为碎瓦、炉渣，可在水中单独出现	一般能搓成直径 3mm 土条，但易断，遇有杂质甚多时，就不能搓条	干燥后部分杂质脱落，故无定形，稍微施加压力即行破碎
淤泥	灰黑色有臭味	池、沼中有半腐朽的细小动植物遗体，如草根、小螺壳等	经仔细观察，可以发现夹杂物，其构造常呈层状，但有时不明显	外观无明显变化，在水面出现气泡	一般淤泥质土接近于粉土，故能搓成直径 3mm 土条（长至少 30mm）容易断裂	干燥后体积显著收缩，强度不大，锤击时呈粉末状，用手指能捻碎
黄土	黄褐两色的混合色	有白色粉末出现在纹理之中	夹杂物的常清晰显现，构造上有垂直大孔（肉眼可见）	即行崩散而分成散的颗粒集团，在水面上出现很多白色液体	搓条情况与正常的粉质粘土类似	一般黄土相当于粉质粘土，干燥后的强度很高，手指不易捻碎
泥炭	深灰或黑色	有半腐朽的动植物遗体，其含量（质量分数）超过 60%	夹杂物有时可见。构造无规律	极易崩碎，变为稀软淤泥，其余部分为植物根、动物残体渣滓悬浮于水中	一般能搓成直径为 1~3mm 土条，但残渣甚多时，仅能搓成直径 3mm 以上的土条	干燥后大量收缩，部分杂质脱落，故有时无定形