



执业资格考试丛书

注册岩土工程师 专业考试应试指南

本书编委会



中国建筑工业出版社

执业资格考试丛书

注册岩土工程师专业考试应试指南

本书编委会

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

注册岩土工程师专业考试应试指南/本书编委会. —北京: 中国建筑工业出版社, 2006

(执业资格考试丛书)

ISBN 7-112-08152-1

I. 注... II. 本... III. 岩土工程-工程技术人员-资格考核-自学参考资料 IV. TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 011505 号

本书是依据“注册土木工程师 (岩土) 专业考试大纲”规定的考试要求, 按现行规范的内容编写的。本书的主要内容基本上覆盖了“考试大纲”规定要求考核的主要知识点, 同时引入与之对应的相关规范内容, 并在每节都给出相关试题。主要目的是帮助考生迅速掌握大纲规定的重点内容, 熟悉规范相关内容, 了解考试题型, 便于举一反三、提高复习效率。

* * *

责任编辑: 咸大庆 王 梅

责任设计: 彭路路

责任校对: 刘玉英

执业资格考试丛书
注册岩土工程师专业考试应试指南
本书编委会

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市彩桥印刷有限责任公司印刷

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张: 34½ 字数: 838 千字

2006 年 2 月第一版 2006 年 2 月第一次印刷

印数: 1—4 000 册 定价: 53.00 元

ISBN 7 112-08152-1
(14106)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

目 录

第一章 岩土工程勘察	1
第一节 岩土的分类和鉴定.....	1
第二节 勘察工作的布置	15
第三节 工程地质测绘与调查	32
第四节 勘察和取样	34
第五节 室内试验	42
第六节 原位测试	50
第七节 地下水	62
第八节 特殊性的岩土勘察	70
第九节 岩土工程评价	82
第十节 现场检验与监测	89
第二章 浅基础	94
第一节 地基基础设计的荷载与设计原则	94
第二节 浅基础方案选用与比较	98
第三节 地基的评价与计算.....	100
第四节 基础设计.....	129
第五节 动力基础设计.....	148
第六节 减小不均匀沉降对建筑物损害的措施.....	155
第七节 地基基础与上部结构共同作用的概念.....	158
第三章 深基础	160
第一节 桩的类型、选型与布置.....	160
第二节 单桩竖向承载力.....	163
第三节 群桩竖向承载力.....	169
第四节 特殊条件下桩基的设计及其竖向承载力.....	178
第五节 桩基沉降计算.....	185
第六节 桩基水平承载力和水平位移.....	192
第七节 承台设计计算.....	201
第八节 桩基施工.....	217
第九节 基桩检测与验收.....	220
第十节 沉井基础.....	222

第四章 地基处理	224
第一节 换填垫层法	224
第二节 预压法	233
第三节 强夯法和强夯置换法	244
第四节 振冲法	248
第五节 砂石桩法	253
第六节 水泥粉煤灰碎石桩法	258
第七节 夯实水泥土桩法	262
第八节 水泥土搅拌桩法	264
第九节 高压喷射注浆法	270
第十节 石灰桩法	275
第十一节 灰土挤密桩法和土挤密桩法	278
第十二节 柱锤冲扩桩法	283
第十三节 单液硅化法和碱液法	284
第十四节 既有建筑地基基础加固	288
第五章 土工结构、边坡与支挡结构、基坑与地下工程	292
第一节 路基工程	292
第二节 土石坝与边坡	309
第三节 基坑工程	339
第四节 地下工程	380
第五节 地下水控制	395
第六章 特殊条件下岩土工程	409
第一节 岩溶与土洞	409
第二节 滑坡与崩塌	417
第三节 泥石流	432
第四节 采空区	440
第五节 地面沉降与地裂缝	446
第六节 湿陷性土	451
第七节 膨胀土	463
第八节 冻土	472
第七章 地震工程	481
第一节 抗震设防的基本知识	481
第二节 地震作用与地震反应谱	490
第三节 抗震设计中的场地问题	498
第四节 土的液化和震陷	505

第五节	地基基础的抗震验算	518
第六节	堤坝的抗震验算	522
第八章	工程经济与管理	526
第一节	工程项目总投资的构成及其包含的内容	526
第二节	工程建设的基本程序与岩土工程各方面技术经济分析	527
第三节	岩土工程概预算	529
第四节	岩土工程招标与投标	533
第五节	岩土工程监理	535
第六节	岩土工程合同	538
第七节	有关行政法规	540
第八节	2000 版 ISO9000 方案标准	541
第九节	建筑工程项目管理	543

第一章 岩土工程勘察

第一节 岩土的分类和鉴定

复习要点：掌握工程岩体和土的分类和鉴定，熟悉岩土各种指标的意义和应用。

一、岩土的分类

(一)《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001) 分类

《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)

3.2 岩石的分类和鉴定

3.2.1 在进行岩土工程勘察时，应鉴定岩石的地质名称和风化程度，并进行岩石坚硬程度、岩体完整程度和岩体基本质量等级的划分。

3.2.2 岩石坚硬程度、岩体完整程度和岩体基本质量等级的划分，应分别按表 3.2.2-1 ~ 表 3.2.2-3 执行。

岩石坚硬程度分类

表 3.2.2-1

坚硬程度	坚硬岩	较硬岩	较软岩	软 岩	极软岩
饱和单轴抗压强度 (MPa)	$f_r > 60$	$60 \geq f_r > 30$	$30 \geq f_r > 15$	$15 \geq f_r > 5$	$f_r \leq 5$

注：1. 当无法取得饱和单轴抗压强度数据时，可用点荷载试验强度换算，换算方法按现行国家标准《工程岩体分级标准》(GB 50218) 执行；

2. 当岩体完整程度为极破碎时，可不进行坚硬程度分类。

岩体完整程度分类

表 3.2.2-2

完整程度	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：完整性指数为岩体压缩波速度与岩块压缩波速度之比的平方，选定岩体和岩块测定波速时，应注意其代表性。

岩体基本质量等级分类

表 3.2.2-3

完整程度 坚硬程度	完 整	较完整	较破碎	破 碎	极破碎
坚硬岩	I	II	III	IV	V
较硬岩	II	III	IV	IV	V
较软岩	III	IV	IV	V	V
软 岩	IV	IV	V	V	V
极软岩	V	V	V	V	V

3.2.3 当缺乏有关试验数据时，可按本规范附录 A 表 A.0.1 和表 A.0.2 划分岩石的坚硬程度和完整程度。岩石风化程度的划分可按本规范附录 A 表 A.0.3 执行。

3.2.4 当软化系数等于或小于 0.75 时，应定为软化岩石。当岩石具有特殊成分、结构特征和性质时，应定为特殊性岩石，如易溶性岩石、膨胀性岩石、崩解性岩石、盐渍化岩石等。

岩石按风化程度分类 表 A.0.3

风化程度	野外特征	风化程度参数指标	
		波速比 K_v	风化系数 K_f
未风化	岩质新鲜，偶见风化痕迹	0.9~1.0	0.9~1.0
微风化	结构基本未变，仅节理面有渲染或略有变色，有少量风化裂隙	0.8~0.9	0.8~0.9
中等风化	结构部分破坏，沿节理面有次生矿物，风化裂隙发育，岩体被切割成岩块，用镐难挖，岩芯钻方可钻进	0.6~0.8	0.4~0.8
强风化	结构大部分破坏，矿物成分显著变化，风化裂隙很发育，岩体破碎，用镐可挖，干钻不易钻进	0.4~0.6	<0.4
全风化	结构基本破坏，但尚可辨认，有残余结构强度，可用镐挖，干钻可钻进	0.2~0.4	—
残积土	组织结构全部破坏，已风化成土状，锹镐易挖掘，干钻易钻进，具可塑性	<0.2	—

- 注：1. 波速比 K_v 为风化岩石与新鲜岩石压缩波速度之比；
2. 风化系数 K_f 为风化岩石与新鲜岩石饱和单轴抗压强度之比；
3. 岩石风化程度，除按表列野外特征和定量指标划分外，也可根据当地经验划分；
4. 花岗岩类岩石，可采用标准贯入试验划分， $N \geq 50$ 为强风化； $50 > N \geq 30$ 为全风化； $N < 30$ 为残积土；
5. 泥岩和半成岩，可不进行风化程度划分。

3.2.5 岩石的描述应包括地质年代、地质名称、风化程度、颜色、主要矿物、结构、构造和岩石质量指标 RQD。对沉积岩应着重描述沉积物的颗粒大小、形状、胶结物成分和胶结程度；对岩浆岩和变岩应着重描述矿物结晶大小和结晶程度。

根据岩石质量指标 RQD，可分为好的（RQD > 90）、较好的（RQD = 75 ~ 90）、较差的（RQD = 50 ~ 75）、差的（RQD = 25 ~ 50）和极差的（RQD < 25）。

3.2.6 岩体的描述包括结构面、结构体、岩层厚度和结构类型，并应符合下列规定。

- 1 结构面的描述包括类型、性质、产状、组合形成、发育程度、延展情况、闭合程度、粗糙程度、充填情况和充填物性质以及充水性质等；
- 2 结构体的描述包括类型、形状、大小和结构体在围岩中的受力情况等；
- 3 岩层厚度分类应按表 3.2.6 执行。

岩层厚度分类 表 3.2.6

层厚分类	单层厚度 h (m)	层厚分类	单层厚度 h (m)
巨厚层	$h > 1.0$	中厚层	$0.5 \geq h > 0.1$
厚层	$1.0 \geq h > 0.5$	薄层	$h \leq 0.1$

3.2.7 对地下洞室和边坡工程,尚应确定岩体的结构类型。岩体结构类型的划分应按本规范附录 A 表 A.0.4 执行。

3.2.8 对岩体基本质量等级为Ⅳ级和Ⅴ级岩体,鉴定和描述除按本规范第 3.2.5 条~3.2.7 条执行外,尚应符合下列规定:

- 1 对软岩和极软岩,应注意是否具有可软化性、膨胀性、崩解性等特殊性质;
- 2 对极破碎岩体,应说明破碎的原因,如断层、全风化等;
- 3 开挖后是否有进一步风化的特性。

3.3 土的分类和鉴定

3.3.1 晚更新世 Q_3 及其以前沉积的土,应定为老沉积土;第四纪全新世中近期沉积的土,应定为新近沉积土。根据地质成因,可划分为残积土、坡积土、洪积土、冲积土、淤积土、冰积土和风积土等。土根据有机质含量分类,应按本规范附录 A 表 A.0.5 执行。

3.3.2 粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 50% 的土,应定名为碎石土,并按表 3.3.2 进一步分类。

注:定名时,应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。

3.3.3 粒径大 2mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%,粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 50% 的土,应定名为砂土,并按表 3.3.3 进一步分类。

3.3.4 粒径大于 0.075mm 的颗粒质量不超过总质量的 50% 且塑性指数等于或小于 10 的土,应定名为粉土。

3.3.5 塑性指数大于 10 的土应定名为黏性土。

黏性土应根据塑性指数分为粉质黏土和黏土。塑性指数大于 10,且小于或等于 17 的土,应定名为粉质黏土;塑性指数大于 17 的土应定名为黏土。

注:塑性指数应由相应于 76g 圆锥仪沉入土中深度为 10mm 时测定的液限计算而得。

3.3.6 除按颗粒级配或塑性指数定名外,土的综合定名应符合下列规定:

- 1 对特殊成因和年代的土类应结合其成因和年代特征定名;
- 2 对特殊性土,应结合颗粒级配或塑性指数定名;
- 3 对混合土,应冠以主要含有的土类定名;
- 4 对同一土层中相间呈韵律沉积,当薄层与厚层的厚比大于 1/3 时,宜定为“互层”;厚度比为 1/10 时,宜定为“夹层”;厚度比小于 1/10 的土层,且多次出现时,宜定为“夹薄层”;
- 5 当土层厚度大于 0.5m 时,宜单独分层。

3.3.7 土的鉴定应在现场描述的基础上,结合室内试验的开土记录和试验结果综合确定。土的描述应符合下列规定:

- 1 碎石土应描述颗粒级配、颗粒形状、颗粒排列、母岩成分、风化程度、充填物的性质和充填程度、密实度等;
- 2 砂土应描述颜色、矿物组成、颗粒级配、颗粒形状、黏粒含量、湿度、密实度等;
- 3 粉土应描述颜色、包含物、光泽反应、摇震反应、光泽反应、干强度、韧性等;

4 黏土应描述颜色、状态、包含物、光泽反应、摇震反应、干强度、韧性、土层结构等；

5 特殊性土除应描述上述相应土类规定的内容外，尚应描述其特殊成分和特殊性质；如对淤泥尚需描述嗅味，对填土尚需描述物质成分、堆积年代、密实度和厚度的均匀程度等；

6 对具有互层、夹层、夹薄层特征的土，尚应描述各层的厚度和层理特征。

3.3.8 碎石土的密实度可根据圆锥动力触探锤击数按表 3.3.8-1 或表 3.3.8-2 确定，表中的 $N_{63.5}$ 和 N_{120} 应按本规范附录 B 修正。定性描述可按本规范附录 A 表 A.0.6 的规定执行。

碎石土密实度分类 表 3.3.8-1

重型动力触探锤击数 $N_{63.5}$	密实度	重型动力触探锤击数 $N_{63.5}$	密实度
$N_{63.5} \leq 5$	松 散	$10 < N_{63.5} \leq 20$	中 密
$5 < N_{63.5} \leq 10$	稍 密	$N_{63.5} > 20$	密 实

注：本表适用于平均粒径等于或小于 50mm，且最大粒径小于 100mm 的碎石土。对于平均粒径大于 50mm，或最大粒径大于 100mm 的碎石土，可用超重型动力触探或用野外观察鉴别。

碎石土密实度分类 表 3.3.8-2

超重型动力触探锤击数 N_{120}	密实度	超重型动力触探锤击数 N_{120}	密实度
$N_{120} \leq 3$	松 散	$11 < N_{120} \leq 14$	密 实
$3 < N_{120} \leq 6$	稍 密	$N_{120} > 14$	很 密
$6 < N_{120} \leq 11$	中 密		

3.3.9 砂土的密实度应根据标准贯入试验锤击数实测值 N 划分为密实、中密、稍密和松散，并应符合表 3.3.9 的规定。

砂土密实度分类 表 3.3.9

标准贯入锤击数 N	密实度	标准贯入锤击数 N	密实度
$N \leq 10$	松 散	$15 < N \leq 30$	中 密
$10 < N \leq 15$	稍 密	$N > 30$	密 实

3.3.10 粉土的密实度应根据孔隙比 e 划分为密实、中密和稍密；其湿度应根据含水量 w (%) 划分为稍湿、湿、很湿。密实度和湿度的划分应分别符合表 3.3.10-1 和表 3.3.10-2 的规定

粉土密实度的分类 表 3.3.10-1

孔隙比 e	密实度	孔隙比 e	密实度
$e < 0.75$	密 实	$e > 0.90$	稍 密
$0.75 \leq e \leq 0.90$	中 密		

注：当有经验时，也可用原位测试或其他方法划分粉土的密实度

粉土湿度的分类				表 3.3.10-2
含水量 w	湿 度	含水量 w	湿 度	
$w < 20$	稍 湿	$w > 30$	很 湿	
$20 \leq w \leq 30$	湿			

3.3.11 黏性土的状态应根据液性指数 I_L 划分为坚硬、硬塑、可塑、软塑和流塑，并应符合表 3.3.11 的规定。

黏性土状态的分类				表 3.3.11
液 性 指 数	状 态	液 性 指 数	状 态	
$I_L \leq 0$	坚 硬	$0.75 < I_L \leq 1$	软 塑	
$0 < I_L \leq 0.25$	硬 塑	$I_L > 1$	流 塑	
$0.25 < I_L \leq 0.75$	可 塑			

(二) 洞室围岩分类

按《工程岩体分级标准》(GB 50218—94)

岩石基本质量应由岩石坚硬程度和岩石完整程度两个因素确定。

岩石坚硬程度和岩石完整程度，应采用定性划分和定量指标两种方法确定。

岩石坚硬程度的定性划分：硬质岩、软质岩两大类，硬质岩又可分为坚硬岩、较坚硬岩，软质岩又可分为较软岩、软岩、极软岩。岩石

岩石风化程度的划分：未风化、微风化、弱风化、强风化、全风化。

岩石完整程度的定性划分：完整、较完整、较破碎、破碎、极破碎。

结构面结合程度的划分：结合很好、结合好、结合一般、结合差、结合很差。

《工程岩体分级标准》(GB 50218—94)

3.4.1 岩石坚硬程度的定量指标，应采用岩石单轴饱和抗压强度 (R_c)。 R_c 应采用实测值。当无条件取得实测值时，也可采用实测的岩石点荷载强度指数 ($I_{S(50)}$) 的换算值，并按下式换算： $R_c = 22.82 I_{S(50)}^{0.75}$

3.4.2 岩石单轴饱和抗压强度 (R_c) 与定性划分的岩石坚硬程度的对应关系，可按表 3.4.2 确定。

R_c 与定性划分的岩石坚硬程度的对应关系					表 3.4.2
R_c (MPa)	> 60	60 ~ 30	30 ~ 15	15 ~ 5	≤ 5
坚硬程度	坚硬岩	较坚硬岩	较软岩	软 岩	极软岩

3.4.3 岩石完整程度的定量指标，应采用岩石完整性指数 (K_v)。 K_v 应采用实测值。当无条件取得实测值时，也可用岩体节理数 (J_v)，按表 343 确定相应的 K_v 值。

J_v 与 K_v 对照表					表 3.4.3
J_v (条/ m^3)	< 3	3 ~ 10	10 ~ 20	20 ~ 35	> 35
K_v	> 0.75	0.75 ~ 0.55	0.55 ~ 0.35	0.35 ~ 0.15	< 0.15

3.4.4 岩石完整性指数 (K_v) 与定性划分的岩石完整程度的对应关系, 可按表 3.4.4 确定

K_v 与定性划分的岩石完整程度的对应关系 表 3.4.4

K_v	> 0.75	0.75 ~ 0.55	0.55 ~ 0.35	0.35 ~ 0.15	< 0.15
完整程度	完 整	较完整	较破碎	破 碎	极破碎

3.4.5 定量指标 K_v 、 J_v 的测试, 应符合本标准附录 A 的规定。

$$K_v = (V_{pm}/V_{pr})^2 \quad (A.0.1)$$

式中 V_{pm} ——岩体弹性纵波波速 (km/s);

V_{pr} ——岩石弹性纵波波速 (km/s)。

4.1.1 岩体基本质量分级, 应根据岩体基本质量的定性特征和岩体基本质量指标 (BQ) 两者相结合, 按表 4.1.1 确定。

岩体基本质量分级 表 4.1.1

基本质量级别	岩体基本质量的定性特性	岩体基本质量指标 (BQ)
I	坚硬岩, 岩体完整	> 550
II	坚硬岩, 岩体较完整; 较坚硬岩, 岩体完整	550 ~ 451
III	坚硬岩, 岩体较破碎; 较软岩, 岩体完整; 较坚硬岩或软硬岩互层, 岩体较完整	450 ~ 351
IV	坚硬岩, 岩体破碎; 较坚硬岩, 岩体较破碎—破碎; 较软岩或软硬岩互层, 且以软岩为主; 岩体较完整—较破碎; 软岩, 岩体完整—较完整	350 ~ 251
V	较软岩, 岩体破碎; 软岩, 岩体较破碎—破碎; 全部极软岩及全部极破碎岩	≤ 250

4.2.2 岩体基本质量指标值 (BQ), 应根据分级因素的定量指标 R_c 的兆帕数值和 K_v , 按下式计算:

$$BQ = 90 + 3R_c + 250K_v \quad (4.2.2)$$

注: 使用 (4.2.2) 式时, 应遵守下列限制条件:

①当 $R_c > 90K_v + 30$ 时, 应以 $R_c = 90K_v + 30$ 和 K_v 代入计算 BQ 值。

② $K_v > 0.04R_c + 0.4$ 时, 应以 $K_v = 0.04R_c + 0.4$ 和 R_c 代入计算 BQ 值。

5.2.1 地下工程岩体详细定级时, 如遇有下列情况之一时, 应对岩体基本质量指标 (BQ) 进行修正, 并以修正后的值按表 4.1.1 确定岩体级别。

5.2.1.1 有地下水;

5.2.1.2 岩体稳定性受软弱结构面影响, 且由一组起控制作用;

5.2.1.3 存在本附录 B 表 B.0.1 所列高初始应力现象。

高初始应力区岩体在开挖过程中出现的主要现象

表 B.0.1

应力情况	主 要 现 象	$R_c/\sigma_{\max}$
极高应力	1. 硬质岩：开挖过程中时有岩爆发生；2. 软质岩：岩芯常有饼化现象	<4
高应力	1. 硬质岩：开挖过程中可能出现岩爆；2. 软质岩：岩芯时有饼化现象	4~7

注： $\sigma_{\max}$ 为垂直洞轴线方向的最大初始应力。

5.2.2 地下工程岩体基本质量指标修正值 [BQ]，可按附录 D 算。

D.0.1 岩体基本质量指标修正值 [BQ]，可按式计算。

$$[BQ] = BQ - 100(K_1 + K_2 + K_3)$$

式中 K_1 ——地下水影响修正系数；

K_2 ——主要软弱结构面产状影响修正系数；

K_3 ——初始应力状态影响修正系数。

K_1 、 K_2 、 K_3 值，可分别按表 D.0.1-1、D.0.1-2、D.0.1-3 确定。无表中所列情况时，修正系数取零。[BQ] 出现负值时，应按特殊情况处理。

5.2.3 对跨度等于或小于 20m 的地下工程，当已确定级别的岩体，其实际的自稳能力，与本标准附录 E 相应级别的自稳能力不相符时，应对岩体级别作相应的调整。

(三) 公路岩土分类

公路的岩土分类执行公路路基、桥涵、隧道三个专业的岩土分类。

1. 岩石分类

岩石的分类与《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001) 有所不同，依据于岩石程度、风化程度、破碎程度分类，见《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024—85) 附表 1.9、附表 1.10 和附表 1.12。

《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024—85)

岩石按强度分类

附表 1.9

岩石类别	饱和单轴极限抗压强度 (MPa)	代 表 性 岩 石
硬质岩石	>30	花岗岩、花岗片麻岩、闪长岩、玄武岩、石灰岩、石英砂岩、石英岩、大理岩、硅质砾岩等
软质岩石	5~30	泥质砂岩、钙质页岩、千枚岩、片岩等
极软岩石	<5	黏土岩、泥质页岩、泥灰岩等

注：1. 本表适用于确定天然地基容许承载力的分类；

2. 当地基为软质岩石时，在确保不浸水的条件下，可用天然湿度的单轴极限抗压强度；当受水浸时，软质岩的强度按浸水后的强度考虑；

3. 岩石试件直径为 7~10cm，试件高度与其直径相同。

岩石风化程度表		附表 1.10
风化程度	风化系数 (K_f)	野 外 特 征
微风化	$K_f > 0.8$	岩质新鲜, 表面稍有风化迹象
弱风化	$0.4 < K_f \leq 0.8$	结构未破坏, 构造层理清晰; 岩体被节理裂隙分割成块碎状 (20~40cm), 裂隙中填充少量风化物; 矿物成分基本未变化, 仅沿节理面出现次生矿物; 锤击声脆, 石块不易击碎, 不能用镐挖掘, 岩芯钻方可钻进
强风化	$0.2 \leq K_f \leq 0.4$	结构已部分破坏, 构造层理不甚清晰; 岩体节理裂隙分割成块碎状 (2~20cm); 矿物成分已显著变化; 锤击声哑, 碎石可用物折断, 用镐可以挖掘, 手摇钻不易钻进
全风化	$K_f < 0.2$	结构已全部破坏, 仅外观保持原岩状态; 岩体被风化裂隙分割成散体状; 除石英外其他矿物均变质成次生矿物; 碎石可用手捏碎, 手摇钻可钻进

注: 风化系数 (K_f) 等于风化岩石与新鲜岩石的饱和单轴抗压强度之比。

2. 土的分类

土按堆积年代、成因类型、有机质含量分类的标准同《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)。

公路工程用土的分类依据土颗粒组成特征、土的塑性指标、土中有机质存在情况进行分类, 其分类详见《公路土工试验规程》(JT J051—93)。

公路桥涵土的分类, 除了碎石土外, 其它按颗粒级配及塑性指数分类与《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001) 不同, 其分类、密实度、状态划分, 见附表 1.1、1.2、1.4、1.5、1.6。

《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024—85)					附表 1.1
黏性土 (细粒土) 的塑性指数表					
本 规 范		公路土工试验规程			
土 名	塑性指数 I_p	土 名	塑性指数 I_p	分类符号	
亚砂土	$1 < I_p \leq 7$	低塑性黏土	$I_p > 2$	CL	
		粉质低塑性黏土	$I_p > 2$	CLM	
		粉 土	$I_p > 2$	ML MI	
亚黏土	$7 < I_p \leq 17$	中塑性黏土	$I_p > 10$	CI	
		粉质中塑性黏土	$I_p > 10$	CH	
黏 土	$I_p > 17$	高塑性黏土	$I_p > 26$	CH	
		极高塑性黏土	$I_p > 40$	CE	

注：1. 表中列出本规范与《公路土工试验规程》两种土名和塑性指数，以资对照比较。

2. 表中 I_p 按下式计算： $I_p = w_L - w_p$ ，

式中 w_L ——液限（以含水重量的百分数表示）；

w_p ——塑限（以含水重量的百分数表示）。

黏性土的状态按液性指数划分表

附表 1.2

分 级		液 性 指 数 (I_L)
坚硬、半坚硬状态		$I_L < 0$
可 塑 状 态	硬 塑	$0 \leq I_L < 0.5$
	软 塑	$0.5 \leq I_L < 1.0$
流 塑 状 态		$I_L \geq 1.0$

注: $I_L = \frac{w - w_p}{I_p}$

式中 w ——天然含水量;
 w_p ——塑限;
 I_p ——塑性指数。

砂土 密 实 度 表

附表 1.5

分 级		相对密实度 (D_r)	实测平均锤击数 $N_{63.5}$
密 实		$D_r \geq 0.67$	30 ~ 50
中 密		$0.67 > D_r \geq 0.33$	10 ~ 29
松 散	稍 松	$0.33 > D_r \geq 0.20$	5 ~ 9
	极 松	$D_r < 0.20$	< 5

注: 相对密实度 D_r 用下述两种方法确定。

(1) 由室内试验按下式计算: $D_r = (e_{\max} - e) / (e_{\max} - e_{\min})$

式中: $e_{\max}$ ——最大孔隙比;
 $e_{\min}$ ——最小孔隙比;
 e ——土的天然孔隙比。

(2) $N_{63.5}$ 采用标准贯入试验 [锤重 63kg, 落距 76cm, 贯入度 30cm] 的实测锤击数 N 的平均值。

3. 隧道围岩分类

《公路工程地质勘察规范》(JTJ 064—98)

G.0.1 隧道围岩分类

隧道围岩划分为 I ~ VI 类 (由差到好, 与岩土勘察规范不同)。其围岩主要工程地质条件与围岩开挖后的稳定状态, 见表 G.0.1 (从略)。

G.0.2 围岩主要工程地质特征。

1. 岩石等级划分。

将岩浆岩、沉积岩和变质岩, 依岩性、物理力学指标、耐风化能力及建筑材料的要求, 划分为硬质岩石及软质岩石两级, 又依饱和抗压极限强度 R_b 与工程的关系分为四种, 其标准及代表性岩石见表 G.0.2-1。

岩石等级划分

表 G.0.2-1

岩石等级	饱和抗压极限强度 R_b MPa (kgf/cm ²)	耐风化能力		代表性岩石
		程度	现象	
硬 质 岩 石	极硬岩	60 > (600)	强	1. 花岗岩、闪长岩、玄武岩等岩浆岩类; 2. 硅质、铁质胶结的砾岩及砂岩、石灰岩、白云岩等沉积岩类; 3. 片麻岩、石英岩、大理岩、板岩、片岩等变质岩类
	硬质岩	30 > (300)		
软 质 岩 石	软质岩	5 ~ 30 (50 ~ 30)	弱	1. 凝灰岩等喷出岩类; 2. 泥砾岩、泥质砂岩、泥质页岩、灰质页岩、泥灰岩、泥岩、劣质煤等沉积岩类; 3. 云母片岩或千枚岩等变质岩类
	极软岩	≤ 5 (50)		

2. 围岩受地质构造影响程度的等级划分见表 G.0.2-2 (从略)。

3. 围岩节理 (裂隙) 发育程度的划分见表 G.0.2-3 (从略)。

4. 层状岩层的层厚划分

厚层: 大于 0.5m;

中层: 0.1 ~ 0.5m;

薄层: 小于 0.1m。

5. 风化作用对围岩分类的影响。

结构完整状态方面: 当风化作用使岩体结构松散、破碎、软硬不一时, 应结合因风化作用造成的各种状况, 综合考虑确定围岩的结构完整状态。

岩石等级方面: 当风化作用使岩石成分改变, 强度降低时, 应按风化后之强度确定岩石等级。

6. 遇有地下水时, 可按下列原则调整围岩类别。

在Ⅵ类围岩或属于Ⅴ类的硬质岩石中, 一般地下水对其稳定性影响不大, 可不考虑降低。

在Ⅵ类围岩或属于Ⅴ类的软质岩石, 应根据地下水的类型、水量大小和危害程度调整围岩类别。当地下水影响围岩稳定产生局部坍塌或软化软弱面时, 可酌情降低 1 级。

Ⅲ类、Ⅱ类围岩已成碎石状松散结构, 裂隙中并有黏性土充填物, 地下水对围岩稳定性影响较大, 可根据地下水的类型、水量大小、渗流条件、动水和静水压力等情况, 判断其对围岩的危害程度, 适当降低 1 ~ 2 级。

在Ⅰ类围岩中, 分类中已考虑了一般含水地质情况的影响, 但在特殊含水地层 (如处于饱水状态或具有较大承压水流时), 需另做处理。

G.0.3 本表中“类别”和“围岩主要工程地质条件”栏, 适用于单、双车道公路隧道, 但不适用于特殊地质条件的围岩 (如膨胀性盐岩、多年冻土等)。

G.0.4 弹性波速划分隧道围岩分类, 见表 G.0.4。

隧道围岩分类					表 G.0.4	
围岩类别	VI	V	IV	III	II	I
围岩弹性波速度 v_p (km/s)	>4.5	3.5~4.5	2.5~4.0	1.5~3.0	1.0~2.0	<1.0

(四) 铁路工程岩土分类

1. 岩石分类

铁道部于 2001 年发布《铁路工程岩土分类标准》(TB 10077—2001)，岩石的分类与《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001) 基本一致，但在岩石强度分类、岩体的完整程度划分存在以下差别；

2. 土的分类

碎石土、砂土、粉土、黏性土分类，《铁路工程岩土分类标准》(TB 10077—2001) 和《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001) 是一致的，但 TB 10077—2001 增加了碎石和砂类土潮湿程度的划分，黏性土状态的划分与 GB 50021—2001 不同（表 4.2.7-1，表 4.2.7-3）。

《铁路工程岩土分类标准》(TB 10077—2001)			
碎石类土和砂类土潮湿		黏性土塑性状	
程度的划分		态的划分	
表 4.2.7-1		表 4.2.7-3	
分 级	饱和度 S_r (%)	塑性状态	液性指数 I_L
稍 湿	$S_r \leq 50$	坚 硬	$I_L \leq 0$
潮 湿	$50 < S_r \leq 80$	硬 塑	$0 < I_L \leq 0.5$
饱 和	$S_r > 80$	软 塑	$0.5 < I_L \leq 1$
		流 塑	$I_L > 1$

3. 特殊土的分类

《铁路工程岩土分类标准》(TB 10077—2001)			
黄土按塑性指数		膨胀土的详判指标	
数分类表		表 4.3.4-2	
名 称	塑性指数 I_p	名 称	判别指标
砂质黄土	$I_p \leq 10$	自由膨胀率 F_s (%)	$F_s \geq 40$
粉质黄土	$I_p > 10$	蒙脱石含量 M (%)	$M \geq 7$
		阳离子量 CEC (NH^{+4}) (mmol/kg)	CEC (NH^{+4}) ≥ 170
注：CEC(NH^{+4})表示 1kg 土中阳离子(NH^{+4})的交换量。			
膨胀土采用表 4.3.4-2 中的指标判定，如满足表中的两项指标，应判为膨胀土。			
膨胀土的膨胀潜势应按表 4.3.4-3 分为强、中、弱三级。			
膨胀潜势的分级			
表 4.3.4-3			
分级指标 \ 级别	弱膨胀土	中等膨胀土	强膨胀土
自由膨胀率 F_s (%)	$40 \leq F_s < 60$	$60 \leq F_s < 90$	$F_s \geq 90$
蒙脱石含量 M (%)	$7 \leq M < 17$	$17 \leq M < 27$	$M \geq 27$
阳离子交换量 CEC (NH^{+4}) (mmol/kg)	$170 \leq \text{CEC} (\text{NH}^{+4}) < 260$	$260 \leq \text{CEC} (\text{NH}^{+4}) < 360$	$\text{CEC} (\text{NH}^{+4}) \geq 360$