

UDC

中华人民共和国行业标准

P

TB

TB 10077—2001

J 123—2001

铁路工程岩土分类标准

Code for rock and soil classification
of railway engineering

2001-08-27 发布

2001-12-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

中华人民共和国行业标准

铁路工程岩土分类标准

Code for rock and soil classification of railway engineering

TB 10077—2001

J 123—2001

主编单位：铁道第一勘察设计院

批准部门：中华人民共和国铁道部

施行日期：2001年12月1日

中 国 铁 道 出 版 社

2001年·北京

关于发布岩土分类等6项铁路工程 建设标准的通知

铁建设[2001]90号

《铁路工程岩土分类标准》(TB 10077—2001)、《铁路工程地质勘察规范》(TB 10012—2001)、《铁路工程不良地质勘察规程》(TB 10027—2001)、《铁路工程特殊岩土勘察规程》(TB 10038—2001)、《铁路路基支挡结构设计规范》(TB 10025—2001)和《铁路工业站、港湾站设计规范》(TB 10078—2001) 6项铁路工程建设标准,经审查现批准发布,自2001年12月1日起施行。原《铁路工程地质技术规范》(TBJ 12—96)、《铁路工程地质泥石流勘测规则》(TBJ 27—91)、《铁路工程地质岩溶勘测规则》(TBJ 28—91)、《铁路工程地质滑坡勘测规则》(TBJ 34—91)、《铁路工程地质风沙勘测规则》(TB 10053—98)、《铁路工程地质黄土地区勘测规则》(TB 10055—98)、《铁路工程地质膨胀土勘测规则》(TB 10042—95)、《铁路工程地质软土勘测规则》(TBJ 38—93)、《铁路工程地质盐渍土勘测规则》(TB 10045—96)、《铁路路基支挡结构物设计规则》(TBJ 25—90)同时废止。

对勘测设计中新老规范衔接问题,按《关于实施新发布设计规范有关问题的通知》(建技[1999]88号)办理。

以上标准由部建设管理司负责解释,中国铁道出版社和铁路工程技术标准所组织出版发行。

中华人民共和国铁道部
二〇〇一年八月二十七日

前 言

本标准是根据铁道部铁建函[1998]43号文的计划安排编制的。

本标准内容包括总则、术语和符号、岩石和岩体的分类及土的分类等4章。

本标准系首次编制，在执行过程中，希望各单位结合工程实践，认真总结经验，积累资料。如发现需要修改和补充之处，请及时将意见和有关资料寄交铁道第一勘察设计院（兰州市和政路75号，邮政编码：730000），并抄送铁路工程技术标准所（北京市朝阳区门外大街227号，邮政编码：100020），供今后修订改时参考。

本标准由铁道部建设管理司负责解释。

本标准主编单位：铁道第一勘察设计院。

本标准参编单位：西南交通大学。

本标准主要起草人：龚重远、李法昶、张增淮、胡厚田、韩会增、文江泉。

目 次

1 总 则	1
2 术语和符号	2
2.1 术 语	2
2.2 符 号	2
3 岩石和岩体的分类	4
3.1 岩石的分类	4
3.2 岩体的分类	6
4 土的分类	11
4.1 一般规定	11
4.2 一般土的分类	12
4.3 特殊土的分类	16
本标准用词说明	26
《铁路工程岩土分类标准》条文说明	27

1 总 则

1.0.1 为统一铁路工程勘察、设计、施工和运营养护维修工作中岩土分类的技术标准，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于铁路工程的岩土分类。

1.0.3 岩土分类应采用现场鉴定与室内外试验，定性划分与定量评定相结合的方法。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 岩石 rock

岩石块体。指单一的不包含明显结构面的岩石块体。

2.1.2 岩体 rock mass

工程影响范围内，有相当体积的岩石天然地质体。

2.1.3 结构面 structural plane

岩体内具有一定方向，延伸较长，厚度较小的地质界面或裂面。如层面、片理面、节理面、断层面、层间错动面等。

2.1.4 一般土 general soil

不具有特殊结构，不含或所含特殊成分不影响土的工程性质的土。

2.1.5 特殊土 special soil

含有特殊成分或具有特殊状态、结构特征，并影响工程性质的土。

2.2 符 号

$a_{0.1-0.2}$ ——压缩系数

CEC (NH_4^+)——阳离子交换量

CU——不排水抗剪强度

D_r ——相对密度

e ——天然孔隙比

F_s ——自由膨胀率

I_L ——液性指数

I_p ——塑性指数

- I_r ——液塑比
 I_r' ——界限液塑比
 k ——渗透系数
 k_f ——风化系数
 k_p ——波速比
 k_r ——软化系数
 K_v ——岩体完整性指数
 M ——蒙脱石含量
 N ——实测标准贯入锤击数
 p_s ——静力触探比贯入阻力
 R_c ——岩石单轴饱和抗压强度
 S_r ——饱和度
 S_t ——灵敏度
 v_p ——纵波速度
 w ——天然含水率
 w_A ——总含水率
 w_L ——土的液限含水率，简称液限
 w_p ——土的塑限含水率，简称塑限
 w_u ——有机质含量
 α_w ——含水比
 δ_s ——湿陷系数

3 岩石和岩体的分类

3.1 岩石的分类

3.1.1 在铁路工程中，岩石应按其坚硬程度、软化性和抗风化能力进行分类。当岩石中所含的特殊成分影响岩石的工程地质性质时，应定为特殊性岩石。

3.1.2 岩石坚硬程度的定性划分，应符合表 3.1.2 的规定。

表 3.1.2 岩石坚硬程度的定性划分

名 称		定 性 鉴 定	代 表 性 岩 石
硬 质 岩	极硬岩	锤击声清脆，锤击有回弹，震手，难击碎，浸水后大多无吸水反应	未风化或微风化的花岗岩、片麻岩、闪长岩、石英岩、硅质灰岩、硅质胶结的砂岩或砾岩等
	硬 岩	锤击声较清脆，锤击有轻微的回弹，稍震手，较难击碎，浸水后有轻微的吸水反应	弱风化的极硬岩；未风化或微风化的熔结凝灰岩、大理岩、板岩、白云岩、灰岩、钙质胶结的砂岩、结晶颗粒较粗的岩浆岩等
软 质 岩	较软岩	锤击声不清脆，锤击无回弹，较易击碎，吸水明显，浸水后指甲可划出印痕	强风化的极硬岩；弱风化的硬岩；未风化或微风化的千枚岩、云母片岩、砂质泥岩、钙泥质胶结的粉砂岩和砾岩、泥灰岩、页岩、凝灰岩等
	软 岩	锤击声哑，锤击无回弹，有凹痕，易击碎，浸水后手可掰开	强风化的极硬岩；弱风化~强风化的硬岩；弱风化的较软岩和未风化或微风化的泥质岩类：泥岩、煤、泥质胶结的砂岩和砾岩等
	极软岩	锤击声哑，锤击无回弹，有较深的凹痕，手可掰开，浸水后可捏成团或捻碎	全风化的各类岩石和成岩作用差的岩石

3.1.3 岩石坚硬程度的定量划分，应采用岩石单轴饱和抗压强度 (R_c) 指标，并符合表 3.1.3 的规定。

表 3.1.3 R_c 与定性划分岩石坚硬程度的对应关系

岩石单轴饱和抗压强度 R_c (MPa)	$R_c > 60$	$60 \geq R_c > 30$	$30 \geq R_c > 15$	$15 \geq R_c > 5$	$R_c \leq 5$
坚硬程度	极硬岩	硬岩	较软岩	软岩	极软岩

3.1.4 岩石的软化性按软化系数分类，应符合表 3.1.4 的规定。

表 3.1.4 岩石软化性分类

名称	不易软化的	易软化的
软化系数 k_r	> 0.75	≤ 0.75

注：软化系数 k_r 为同一岩体中岩石单轴饱和抗压强度与风干状态下岩石单轴抗压强度的比值。

3.1.5 新鲜岩石抗风化能力分级应符合表 3.1.5 的规定。

表 3.1.5 新鲜岩石抗风化能力的分级

指标和特征	分级	
项目	不易风化的	易风化的
软化性	不易软化的	易软化的
耐冻性	耐冻的	不耐冻的
岩浆岩的结构	细粒的	粗粒的
造岩矿物	以石英为主	长石、辉石、角闪石较多 黄铁矿、橄榄石、黑云母含量较多
胶结物	硅质的	钙质的 泥质的
耐风化时间	暴露一、二年尚不易风化	暴露后数日至数月即出现风化

3.1.6 含有较多亲水矿物，含水率变化时产生较大体积变化的岩石，应判定为膨胀岩。

膨胀岩的判定应依据勘察阶段的需要、膨胀岩的野外地质特征和膨胀岩的室内试验指标，按表 3.1.6—1 和表 3.1.6—2 的规定进行综合判定。

表 3.1.6—1 膨胀岩的野外地质特征

地 貌	一般形成波状起伏的低缓丘陵，相对高度 20—30 m，丘顶多浑圆，坡面圆顺，山坡坡度缓于 40°，岗丘之间为宽阔的 U 形谷地；当具有砂岩夹层时，常形成一些陡坎
岩 性	主要为灰白、灰绿、灰黄、紫红和灰色的泥岩、泥质粉砂岩、页岩、风化的泥灰岩、风化的基性岩浆岩、蒙脱石化的凝灰岩以及含硬石膏、芒硝的岩石等。岩石由细颗粒组成，遇水时有滑腻感。泥质膨胀岩的分布地层以石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、第三系为主
结构构造	岩层多为薄层和中厚层状，裂隙发育，裂隙多被灰白、灰绿色等富含蒙脱石物质充填
风 化	风化裂隙多沿构造面、层理面进一步发展，使已被结构面切割的岩块更加破碎；地表的岩石碎块风化为鸡粪土，剥落现象明显；天然含水的岩石在曝晒时多沿层理方向产生微裂隙；干燥的岩块泡水后易崩解成碎块、碎片或土状

表 3.1.6—2 膨胀岩的室内试验判定指标

试 验 项 目		判 定 指 标
自由膨胀率 F_s (%)	不易崩解的岩石	$F_s \geq 3$
	易崩解的岩石	$F_s \geq 30$
膨胀力 P_p (kPa)		$P_p \geq 100$
饱和吸水率 w_m (%)		$w_m \geq 10$

- 注：1 对于不易崩解的岩石，应取轴向或径向自由膨胀率中的大值进行判定；
 2 对于易崩解的岩石应将其粉碎，过 0.5 mm 的筛去除粗颗粒后，比照土的自由膨胀率试验方法进行试验；
 3 当有 2 项及以上符合表中所列指标时，在室内可判定为膨胀岩。

3.2 岩体的分类

3.2.1 工程影响范围内的岩体，可按结构类型、岩层厚度、节理发育程度、受地质构造影响程度、完整程度、风化程度等进行分类或分带。

3.2.2 岩体按结构类型分类应符合表 3.2.2 的规定。

表 3.2.2 岩体按结构类型分类

名称	地质体类型	主要结构体形状	结构面发育情况	岩体工程特征	可能发生的岩土工程问题
巨块状整体结构	均质、巨块状岩浆岩或变质岩,巨厚层状的沉积岩、正变质岩	巨块状厚层状	以原生构造节理及层面为主,多呈闭合型,结构面间距大于1m,一般不超过1~2组,无危险结构面组成的落石掉块	整体强度高,岩体稳定,可视为均质弹性的各向同性体	不稳定结构体的局部滑动或坍塌,深埋洞室发生岩爆
块状结构	块状岩浆岩、变质岩,厚层状沉积岩、正变质岩	厚层状块状柱状	只具有少量贯穿性较好的节理裂隙,结构面间距多数大于0.4m,一般为2~3组,有少量分离体	整体强度较高,结构面互相牵制,岩体基本稳定,接近弹性各向同性体	
层状、块状、碎石状结构	多韵律的薄层及中厚层状沉积岩、副变质岩	块状、石状、层状、板状	有层理、片理、节理,常有层间错动面,结构面间距一般为0.2~0.4m,一般为3组	接近均一的各向异性体,其变形和强度特征受层面及岩层组合控制,可视为弹塑性体,稳定性较差	不稳定结构体可产生滑塌,特别是岩层的弯张破坏及软弱的塑性变形
碎石角砾状结构	构造影响严重的破碎岩层	碎石、角砾状	断层、断层破碎带、片理、层理及层间结构面较发育,结构面间距小于0.2m,一般在3组以上,由许多分离体组成	完整性破坏较大,整体强度很低,并受断裂等结构面控制,多呈弹塑性介质,稳定性很差	易引起规模较大的岩体失稳,地下水加剧岩体失稳
散体状结构	构造影响很严重的断层破碎带,强风化带、强风化带内的岩体	碎屑状颗粒状	断层破碎带交叉,构造及风化裂隙密集,结构面及组合错综复杂,并多充填黏性土,形成许多大小不一的分离岩体	完整性遭到很大破坏,稳定性极差,岩体属性接近松散体介质	易引起规模较大的岩体失稳,地下水加剧岩体失稳

3.2.3 岩层按层厚分类应符合表 3.2.3 的规定。

表 3.2.3 岩层按层厚分类

名称	巨厚层	厚层	中厚层	薄层
层厚 h (m)	$h > 1.0$	$0.5 < h \leq 1.0$	$0.1 < h \leq 0.5$	$h \leq 0.1$

3.2.4 岩体按节理宽度分级应符合表 3.2.4 的规定。

表 3.2.4 岩体按节理宽度分级

名 称	节理宽度 b (mm)
密闭节理	$b < 1$
微张节理	$1 \leq b < 3$
张开节理	$3 \leq b < 5$
宽张节理	$b \geq 5$

3.2.5 岩体节理发育程度应按表 3.2.5 确定。

表 3.2.5 岩体节理发育程度分级

节理发育程度分级	基 本 特 征
节理不发育	节理 1~2 组，规则，为构造型，间距在 1 m 以上，多为密闭节理。岩体被切割成巨块状
节理较发育	节理 2~3 组，呈 X 形，较规则，以构造型为主，多数间距大于 0.4 m，多为密闭节理，部分为微张节理，少有充填物。岩体被切割成大块状
节理发育	节理 3 组以上，不规则，呈 X 形或米字形，以构造型风化型为主，多数间距小于 0.4 m，大部分为张开节理，部分有充填物。岩体被切割成块状
节理很发育	节理 3 组以上，杂乱，以风化型和构造型为主，多数间距小于 0.2 m，以张开节理为主，有个别宽张节理，一般均有充填物。岩体被切割成碎裂状

3.2.6 岩体按受地质构造影响程度划分应符合表 3.2.6 的规定。

表 3.2.6 岩体按受地质构造影响程度划分

名 称	基 本 特 征
轻 微	地质构造变动小，节理不发育
较 重	地质构造变动较大，位于断层或褶曲轴的邻近地段，可有小断层，节理较发育
严 重	地质构造变动剧烈，位于褶曲轴部或断层影响带内，软质岩多见扭曲及拖拉现象，节理发育
很严重	位于断层破碎带内，岩体呈块石、碎石、角砾状，有的甚至呈粉末、泥土状，节理很发育

3.2.7 岩体按完整程度划分应符合表 3.2.7 的规定。

表 3.2.7 岩体完整程度划分

名称	结构面特征	结构类型	岩体完整性指数 K_v
完整	结构面 1~2 组, 以构造型节理或层面为主, 密闭型	巨块状整体结构	$K_v > 0.75$
较完整	结构面 2~3 组, 以构造型节理、层面为主, 裂隙多呈密闭型, 部分为微张型, 少有充填物	块状结构	$0.55 < K_v \leq 0.75$
较破碎	结构面一般为 3 组, 以节理及风化裂隙为主, 在断层附近受构造作用影响较大, 裂隙以微张型和张开型为主, 多有充填物	层状、块石、碎石状结构	$0.35 < K_v \leq 0.55$
破碎	结构面大于 3 组, 并多以风化型裂隙为主, 在断层附近受构造作用影响较大, 裂隙以张开型为主, 多有充填物	碎石角砾状结构	$0.15 < K_v \leq 0.35$
极破碎	结构面杂乱无序, 在断层附近受构造作用影响很大, 宽张裂隙全为泥质或泥夹岩屑充填, 充填物厚度大	散体状结构	$K_v \leq 0.15$

注: 1 表中裂隙宽度的类型, 可参见本标准表 3.2.4;

2 表中岩体完整性指数是岩体弹性纵波速度与同一岩体中岩石的弹性纵波速度比值的平方。

3.2.8 岩体按风化程度分带应符合表 3.2.8 的规定。

表 3.2.8 岩体风化程度分带

风化程度分带	野外鉴定特征				风化程度参数指标		
	岩石矿物颜色	结构	破碎程度	坚硬程度	风化系数 k_f	波速比 k_p	纵波速度 v_p (m/s)
未风化	岩石、矿物及胶结物颜色新鲜, 保持原色	保持岩体原有结构	除构造裂隙外肉眼见不到其他裂隙, 整体性好	除泥质岩可用大锤击碎外, 其余岩类不易击开, 放炮才能掘进	$k_f > 0.9$	$k_p > 0.9$	硬质岩 $v_p > 5000$ 软质岩 $v_p > 4000$
微风化	岩石、矿物颜色较暗淡, 节理面附近部分矿物变色	岩体结构未破坏, 仅沿节理面有风化现象或有水锈	有少量风化裂隙, 裂隙间距多数大于 0.4 m 整体性仍较好	要用大锤和楔子才能剖开, 泥质岩用大锤可以击碎, 放炮才能掘进	硬质岩 $0.8 < k_f \leq 0.9$ 软质岩 $0.8 < k_f \leq 0.9$	硬质岩 $0.8 < k_p \leq 0.9$ 软质岩 $0.8 < k_p \leq 0.9$	硬质岩 $4000 < v_p \leq 5000$ 软质岩 $3000 < v_p \leq 4000$

续表 3.2.8

风化程度分带	野外鉴定特征				风化程度参数指标		
	岩石矿物颜色	结构	破碎程度	坚硬程度	风化系数 k_f	波速比 k_p	纵波速度 v_p (m/s)
弱风化	岩石、矿物失去光泽,颜色暗淡,易矿化,部分风化已变色,黑云母失去弹性	岩体结构已部分破坏,裂隙可能出风化层,一般呈块状或球状结构	风化裂隙发育,裂隙间距多为 0.2~0.4 m,整体性差	可用大锤击碎,用手锤不易击碎,大部分需放炮掘进,岩石钻方可钻进	硬质岩 $0.4 < k_f \leq 0.8$ 软质岩 $0.3 < k_f \leq 0.8$	硬质岩 $0.6 < k_p \leq 0.8$ 软质岩 $0.5 < k_p \leq 0.8$	硬质岩 $2000 < v_p \leq 4000$ 软质岩 $1500 < v_p \leq 3000$
强风化	岩石矿物及大部分变成矿色,形成次生矿物	岩体结构已大部分破坏,形成碎块状或球状结构	风化裂隙很发育,岩体破碎,风化体呈碎石状或碎石含砂状,裂隙间距小于 0.2 m,完整性很差	用手锤可击碎,用镐可以掘进,用锹则很困难,干钻可钻进	硬质岩 $k_f \leq 0.4$ 软质岩 $k_f \leq 0.3$	硬质岩 $0.4 < k_p \leq 0.6$ 软质岩 $0.3 < k_p \leq 0.5$	硬质岩 $1000 < v_p \leq 2000$ 软质岩 $700 < v_p \leq 1500$
全风化	岩石、矿物已全部变色,大部发生异常,外部风化状	岩体结构已完全破坏,仅外观保持原岩特征,矿物晶体连接,石英呈粒状	风化破碎呈碎屑状、土状或砂状	用手可捏碎,用锹就可掘进,干钻较易钻进	—	硬质岩 $k_p \leq 0.4$ 软质岩 $k_p \leq 0.3$	硬质岩 $500 < v_p \leq 1000$ 软质岩 $300 < v_p \leq 700$

注:1 k_f 是同一岩体中风化岩石的单轴饱和抗压强度与未风化岩石的单轴饱和抗压强度的比值;

2 k_p 是同一岩体中风化岩体的纵波波速与未风化岩体纵波波速的比值。

4 土的分类

4.1 一般规定

4.1.1 根据土的工程地质性质，土可分为“一般土”和“特殊土”两大类。

4.1.2 土也可按堆积时代、地质成因、土颗粒的形状、级配或塑性指数等进行分类。

1 土按堆积时代可划分为老堆积土 (Q_3 及其以前堆积的土层)、一般堆积土 (文化期以前的 Q_4^I 堆积的土层)、新近堆积土 (文化期以来的 Q_4^{II} 堆积的土层)。

2 土根据地质成因可划分为残积土、坡积土、洪积土、冲积土、海积土、湖积土、淤积土、冰积土和风积土等。

3 根据土颗粒的形状、级配或塑性指数，一般土可划分为碎石类土、砂类土、粉土和黏性土。

4.1.3 对成韵律沉积的土层，当薄层与厚层厚度之比为 $1/10 \sim 1/3$ 时，宜定名为“夹层”，厚层的土名写在前面，如黏土夹粉砂层；当厚度之比大于 $1/3$ 时，宜定名为“互层”，如黏土与粉砂互层；当厚度之比小于 $1/10$ ，且有规律多次出现时，宜定名为“夹薄层”，如黏土夹薄层粉砂。

4.1.4 由坡积、洪积、冰水沉积形成的，颗粒级配不连续，粗细颗粒混杂的土，应判定为“混合土”。土的名称为在主要土名前冠以主要含有物的名称。当主要含有物 (碎石类土、砂类土、粉土、黏性土等) 的质量占总质量的 $5\% \sim 25\%$ 时，应定名为“微含”，如微含黏土角砾土，微含碎石黏土等；当主要含有物的含量大于或等于 25% 时，应定名为“含”，如含黏土角砾土、含碎石黏土等。

4.2 一般土的分类

4.2.1 土的颗粒分组应符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 土的颗粒分组

颗粒名称		粒径 d (mm)
漂石 (浑圆、圆棱) 或块石 (尖棱)	大	$d > 800$
	中	$400 < d \leq 800$
	小	$200 < d \leq 400$
卵石 (浑圆、圆棱) 或碎石 (尖棱)	大	$60 < d \leq 200$
	中	$40 < d \leq 60$
	小	$20 < d \leq 40$
圆砾 (浑圆、圆棱) 或角砾	大	$10 < d \leq 20$
	中	$5 < d \leq 10$
	小	$2 < d \leq 5$
砂 粒	粗	$0.5 < d \leq 2$
	中	$0.25 < d \leq 0.5$
	细	$0.075 < d \leq 0.25$
粉 粒		$0.005 \leq d \leq 0.075$
黏 粒		$d < 0.005$

4.2.2 碎石类土根据土颗粒的形状和级配的划分, 应符合表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 碎石类土的划分

土的名称	颗粒形状	土的颗粒级配
漂石土	浑圆或圆棱状为主	粒径大于 200 mm 的颗粒超过总质量的 50%
块石土	尖棱状为主	
卵石土	浑圆或圆棱状为主	粒径大于 20 mm 的颗粒超过总质量的 50%
碎石土	尖棱状为主	
圆砾土	浑圆或圆棱状为主	粒径大于 2 mm 的颗粒超过总质量的 50%
角砾土	尖棱状为主	

注: 定名时应根据粒径分组, 由大到小, 以最先符合者确定。

4.2.3 砂类土根据土的颗粒级配的划分,应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 砂类土的划分

土的名称	土的颗粒级配
砾砂	粒径大于 2 mm 颗粒的质量占总质量的 25%~50%
粗砂	粒径大于 0.5 mm 颗粒的质量超过总质量的 50%
中砂	粒径大于 0.25 mm 颗粒的质量超过总质量的 50%
细砂	粒径大于 0.075 mm 颗粒的质量超过总质量的 85%
粉砂	粒径大于 0.075 mm 颗粒的质量超过总质量的 50%

注:定名时应根据颗粒级配,由大到小,以最先符合者确定。

4.2.4 塑性指数等于或小于 10,且粒径大于 0.075 mm 颗粒的质量不超过全部质量 50% 的土,应定名为粉土。

4.2.5 黏性土应根据土的塑性指数,按表 4.2.5 划分。

表 4.2.5 黏性土的划分

土的名称	塑性指数 I_p
粉质黏土	$10 < I_p \leq 17$
黏土	$I_p > 17$

注:1 塑性指数等于土的液限含水率与塑限含水率之差;
2 液限含水率试验采用圆锥仪法,圆锥仪总质量为 76 g,入土深度 10 mm;
3 塑限含水率试验采用搓条法。

4.2.6 碎石类土、砂类土、粉土的密实程度和黏性土的压缩性,应分别根据野外调查鉴定、相对密度和标准贯入锤击数、孔隙比、压缩系数等指标确定。

1 碎石类土的密实程度应根据结构特征、地貌、天然坡形态、开挖及钻探情况,按表 4.2.6—1 确定。

2 砂类土的密实程度应根据标准贯入锤击数或相对密度,按表 4.2.6—2 划分。相对密度 D_r 按下式计算:

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (4.2.6)$$

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

表 4.2.6—1 碎石类土密实程度的划分

密实程度	结构特征	天然坡和开挖情况	钻探情况
密实	骨架颗粒交错紧贴连续接触，孔隙填满、密实	天然陡坡稳定，坎下堆积物较少。镐挖掘困难，用撬棍方能松动，坑壁稳定。从坑壁取出大颗粒处，能保持凹面形状	钻进困难。钻探时，钻具跳动剧烈，孔壁较稳定
中密	骨架颗粒排列疏密不匀，部分颗粒不接触，孔隙填满，但不密实	天然坡不易陡立或陡坎下堆积物较多。天然坡大于粗颗粒的安息角。镐可挖掘，坑壁有掉块现象。充填物为砂类土时，坑壁取出大颗粒处，不易保持凹面形状	钻进较难。钻探时，钻具跳动不剧烈，孔壁有坍塌现象
稍密	多数骨架颗粒不接触，孔隙基本填满，但较松散	不易形成陡坎，天然坡略大于粗颗粒的安息角。镐较易挖掘。坑壁易掉块，从坑壁取出大颗粒后易塌落	钻进较难。钻探时，钻具有跳动，孔壁较易坍塌
松散	骨架颗粒间有较大孔隙，充填物少，且松散	锹可以挖掘。天然坡多为主要颗粒的安息角。坑壁易坍塌	钻进较容易。钻进中孔壁易坍塌

表 4.2.6—2 砂类土密实程度的划分

密实程度	标准贯入锤击数 N	相对密度 D_r
密实	$N > 30$	$D_r \geq 0.67$
中密	$15 < N \leq 30$	$0.4 < D_r \leq 0.67$
稍密	$10 < N \leq 15$	$0.33 \leq D_r \leq 0.4$
松散	$N \leq 10$	$D_r < 0.33$

3 粉土密实程度的划分，应根据孔隙比按表 4.2.6—3 确定。

表 4.2.6—3 粉土密实程度的划分

密实程度	孔隙比 e 值
密实	$e < 0.75$
中密	$0.75 \leq e \leq 0.9$
稍密	$e > 0.9$

4 黏性土的压缩性应根据压缩系数, 按表 4.2.6—4 确定。

表 4.2.6—4 黏性土压缩性的划分

压缩性分级	压缩系数 $a_{0.1-0.2}$ (MPa^{-1})
低压缩性	$a_{0.1-0.2} < 0.1$
中压缩性	$0.1 \leq a_{0.1-0.2} < 0.5$
高压缩性	$a_{0.1-0.2} \geq 0.5$

注: $a_{0.1-0.2}$ 为 0.1—0.2 MPa 压力范围内的压缩系数。

4.2.7 碎石类土、砂类土、粉土的潮湿程度和黏性土的塑性状态, 应分别根据饱和度、天然含水率、液性指数等指标确定。

1 碎石类土、砂类土的潮湿程度应根据饱和度, 按表 4.2.7—1 划分。饱和度 S_r 按下式计算:

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100\% \quad (4.2.7-1)$$

式中 V_w ——水所占的体积;

V_v ——孔隙(包括水及气体)部分的体积。

表 4.2.7—1 碎石类土和砂类土潮湿程度的划分

分 级	饱和度 S_r (%)
稍 湿	$S_r \leq 50$
潮 湿	$50 < S_r \leq 80$
饱 和	$S_r > 80$

2 粉土潮湿程度应根据天然含水率, 按表 4.2.7—2 划分。

3 黏性土的塑性状态应根据液性指数, 按表 4.2.7—3 划

分。液性指数 I_L 按下式计算：

$$I_L = \frac{w - w_p}{I_p} \quad (4.2.7-2)$$

式中 w ——天然含水率；

w_p ——塑限含水率；

I_p ——塑性指数。

表 4.2.7—2 粉土潮湿程度的划分

分 级	天然含水率 w (%)
稍 湿	$w < 20$
潮 湿	$20 \leq w \leq 30$
饱 和	$w > 30$

表 4.2.7—3 黏性土塑性状态的划分

塑 性 状 态	液 性 指 数 I_L
坚 硬	$I_L \leq 0$
硬 塑	$0 < I_L \leq 0.5$
软 塑	$0.5 < I_L \leq 1$
流 塑	$I_L > 1$

4.3 特殊土的分类

4.3.1 根据土中特殊物质的含量、结构特征和特殊的工程地质性质等因素，可将特殊土划分为黄土、红黏土、膨胀土、软土、盐渍土、多年冻土、填土等。

4.3.2 黄土的判定及分类应符合下列规定：

1 第四纪以来，在干旱、半干旱气候条件下形成的，土颗粒成分以粉粒为主、含碳酸钙及少量易溶盐、并具大孔隙和垂直节理、抗水性能差、易崩解和潜蚀、上部多具湿陷性等工程地质特征的土，应判定为黄土。

2 黄土按堆积时代的划分，应符合表 4.3.2—1 的规定。

表 4.3.2—1 黄土按堆积时代的划分

时 代		地 层 名 称		说 明
全新世 Q_4	近期 Q_4^2	新 黄 土	—	新近堆积黄土 一般有湿陷性 常具有高压缩性
	早期 Q_4^1		—	湿陷性黄土 有湿陷性
晚更新世 Q_3			马兰黄土	
中更新世 Q_2		老 黄 土	离石黄土	一般不具湿陷性
早更新世 Q_1			午城黄土	

注： Q_2 离石黄土层顶面以下的黄土湿陷性，应根据建筑物的实际压力或上覆土的饱和自重压力进行室内湿陷性试验或现场浸水性试验确定。

3 黄土按塑性指数 I_p 的分类，应符合表 4.3.2—2 的规定。

表 4.3.2—2 黄土按塑性指数的分类

名 称	塑性指数 I_p
砂质黄土	$I_p \leq 10$
黏质黄土	$I_p > 10$

4 黄土的湿陷性应根据室内湿陷性试验在一定压力下测定的湿陷系数值，按表 4.3.2—3 判定。

表 4.3.2—3 黄土湿陷性的划分

名 称	湿陷系数 δ_s
非湿陷性黄土	$\delta_s < 0.015$
湿陷性黄土	$\delta_s \geq 0.015$

5 黄土在上覆土的自重压力下受水浸湿发生湿陷时，应定为自重湿陷性黄土；当黄土在大于上覆土的自重压力（包括土的自重压力和附加压力）下受水浸湿发生湿陷时，应定为非自重湿陷性黄土。

4.3.3 红黏土的判定和分类，应符合下列规定：

1 颜色呈棕红、褐黄色，覆盖于碳酸盐系岩层之上，且液限等于或大于 50% 的高塑性黏土，应判定为红黏土。红黏土经

搬运、沉积后仍保留残积黏土的基本特征，且液限大于45%，应判定为次生红黏土。红黏土具有遇水软化、失水收缩强烈、裂隙发育、易剥落等工程地质特征。

2 红黏土塑性状态的划分，应符合表4.3.3—1的规定。

表 4.3.3—1 红黏土塑性状态的划分

状态	含水比 α_w 值	比贯入阻力 P_s (MPa)	经验指标
坚硬	$\alpha_w \leq 0.55$	$P_s \geq 2.3$	土质较干、硬
硬塑	$0.55 < \alpha_w \leq 0.7$	$1.3 \leq P_s < 2.3$	不易搓成3mm粗的土条
软塑	$0.7 < \alpha_w \leq 1.0$	$0.2 \leq P_s < 1.3$	易搓成3mm粗的土条
流塑	$\alpha_w > 1.0$	$P_s < 0.2$	流动状态

注：含水比为土的天然含水率与液限之比。

3 红黏土的裂隙状态划分，应符合表4.3.3—2的规定。

表 4.3.3—2 红黏土裂隙状态划分

裂隙状态	外观特征
致密状	偶见裂隙，少于1条/m
巨块状	裂隙较多，1~5条/m
碎块状	裂隙发育，多于5条/m

4 红黏土按界限液塑比和液塑比关系分类，应符合表4.3.3—3的规定。界限液塑比 I_r' 和液塑比 I_r 按下列公式计算：

$$I_r' = 1.4 + 0.066w_L \quad (4.3.3-1)$$

$$I_r = \frac{w_L}{w_p} \quad (4.3.3-2)$$

式中 w_L ——土的液限；

w_p ——土的塑限。

表 4.3.3—3 红黏土按界限液塑比和液塑比关系的分类

类别	I_r 与 I_r' 的关系	收缩特征
I类	$I_r \geq I_r'$	收缩后再浸水，膨胀量能恢复到原位
II类	$I_r < I_r'$	收缩后再浸水，膨胀量不能恢复到原位

4.3.4 膨胀土的判定和分类,应符合下列规定:

1 土中黏粒成分主要由亲水矿物组成,具有吸水显著膨胀软化,失水急剧收缩开裂,并能产生往复胀缩变形的黏性土,应判定为膨胀土。

2 膨胀土应根据勘察阶段的需要,按下列规定进行初判和详判。

- 1) 膨胀土的初判应根据地貌、土的颜色、结构、土质情况、自然地质现象和土的自由膨胀率等特征,按表 4.3.4—1 综合判定。

表 4.3.4—1 膨胀土的初判条件

地 貌	具垄岗式地貌景观,常呈垄岗与沟谷相间;地形平缓开阔,无自然陡坎,坡面沟槽发育
颜 色	多呈棕、黄、褐色,间夹灰白、灰绿色条带或薄膜;灰白、灰绿色多呈透镜体或夹层出现
结 构	具多裂隙结构,方向不规则。表面光滑,可见擦痕。裂隙中常充填灰白、灰绿色黏土
土 质	土质细腻,具滑感,土中常含有钙质或铁锰质结核或豆石,局部可富集成层
自然地质现象	坡面常见浅层溜坍、滑坡、地面裂缝。当坡面有数层土时,其中膨胀土层往往形成凹形坡。新开挖的坑壁易发生坍塌
自由膨胀率 F_s (%)	$F_s \geq 40$

- 2) 膨胀土详判应采用自由膨胀率、蒙脱石含量、阳离子交换量三项指标。当符合表 4.3.4—2 中的两项指标时,即应判定为膨胀土。

表 4.3.4—2 膨胀土的详判指标

名 称	判 定 指 标
自由膨胀率 F_s (%)	$F_s \geq 40$
蒙脱石含量 M (%)	$M \geq 7$
阳离子交换量 $CEC(NH_4^+)$ (mmol/kg)	$CEC(NH_4^+) \geq 170$

注: $CEC(NH_4^+)$ 表示 1 kg 干土中阳离子 (NH_4^+) 的交换量。

3 膨胀土的膨胀潜势，应按表 4.3.4—3 分为强、中、弱三级。

表 4.3.4—3 膨胀潜势的分级

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 $\text{CEC}(\text{NH}_4^+)$ (mmol/kg)	$170 \leq \text{CEC}(\text{NH}_4^+) < 260$	$260 \leq \text{CEC}(\text{NH}_4^+) < 360$	$\text{CEC}(\text{NH}_4^+) \geq 360$

注：当有 2 项指标符合时，即判定为该等级。

4.3.5 软土的判定和分类，应符合下列规定。

1 天然孔隙比大于或等于 1.0，天然含水率大于或等于液限，压缩系数大于或等于 0.5 MPa^{-1} ，不排水抗剪强度小于 30 kPa 的黏性土，应判定为软土。软土一般含有有机质，具有压缩性高、强度低、灵敏度高和排水固结缓慢的特点。软土的结构扰动后，强度有很大降低。

2 软土按物理力学性质的分类，应符合表 4.3.5—1 的规定。

表 4.3.5—1 软土的分类

名称		软黏性土	淤泥质土	淤泥	泥炭质土	泥炭
有机质含量 w_o	%	$w_o < 3$	$3 \leq w_o < 10$		$10 \leq w_o \leq 60$	$w_o > 60$
天然孔隙比 e		$e \geq 1.0$	$1.0 \leq e \leq 1.5$	$e > 1.5$	$e > 3$	$e > 10$
天然含水率 w	%		$w \geq w_L$		$w > w_L$	
渗透系数 k	cm/s		$k < 10^{-6}$		$k < 10^{-3}$	$k < 10^{-2}$
压缩系数 $a_{0.1-0.2}$	MPa^{-1}		$a_{0.1-0.2} \geq 0.5$		—	
不排水抗剪强度 CU	kPa		$\text{CU} < 30$		$\text{CU} < 10$	
静力触探比贯入阻力 P_s	kPa	$P_s < 800$				
标准贯入试验锤击数 N	击	$N < 4$	$N < 2$			

注：当粉土的物理力学性质大部分与表中指标相符时，可定名为“软粉土”。

3 软土按成因分类,应符合表 4.3.5—2 的规定。

表 4.3.5—2 软土的成因类型

地貌特征	成因类型	沉积特征
滨海平原	滨海相	地层不均匀、极疏松,常与砂砾层混杂
	泻湖相	颗粒细、孔隙比大、强度低、常夹有泥炭薄层
	溺谷相	孔隙比大、结构疏松、含水率高
	三角洲相	分选性差,结构疏松、多交错层理,多粉砂薄层
湖积平原	湖相	粉土颗粒含量高,呈明显的层理,结构松软。表层硬壳厚度不规律
河流冲积平原	河漫滩相 牛轭湖相	成层情况复杂,成分不均一,以淤泥及软黏土为主,间与砂或泥炭互层
山间谷地	谷地相	软土呈片状、带状分布,靠山边浅,谷地中心深,厚度变化大。颗粒由山前向谷地中心逐渐变细。下伏硬底坡度大
泥炭沼泽地	沼泽相	以泥炭为主,且常出露于地表。孔隙极大,富有弹性。下部有淤泥或薄层淤泥与泥炭互层

4 软土的灵敏度应根据无侧限抗压强度试验或现场十字板剪切试验,按表 4.3.5—3 判定。

表 4.3.5—3 软土灵敏度的划分

灵敏度分类	灵敏度 S_t
中灵敏性	$2 < S_t \leq 4$
高灵敏性	$4 < S_t \leq 8$
极灵敏性	$8 < S_t \leq 16$
流性	$S_t > 16$

1) 软土的灵敏度 S_t ,当采用无侧限抗压强度试验确定时,应按下式计算:

$$S_t = \frac{q_u}{q_u'} \quad (4.3.5-1)$$

式中 q_u ——原状土的无侧限抗压强度 (kPa);

q_u' ——与原状土密度和含水率相同,但结构彻底破坏的重

塑土的无侧限抗压强度。

- 2) 软土的灵敏度 S_t ，当采用现场十字板剪切试验确定时，应按下式计算：

$$S_t = \frac{S_u}{S_u'} \quad (4.3.5-2)$$

式中 S_u ——十字板剪切试验峰值强度 (kPa)；

S_u' ——十字板剪切试验复剪土强度 (kPa)。

4.3.6 盐渍土的判定和分类，应符合下列规定：

1 易溶盐含量大于 0.5% 的土，应判定为盐渍土。当地表以下 1.0 m 深度内易溶盐的平均含量大于 0.5% 时，应定为盐渍土地区或场地。盐渍土具有较强的吸湿、松胀、溶陷及腐蚀性等工程地质特性。

- 2 盐渍土按含盐性质的分类，应符合表 4.3.6—1 的规定。

表 4.3.6—1 盐渍土按含盐性质的分类

盐渍土名称	盐分比值 D_1	盐分比值 D_2
氯化盐渍土	$D_1 > 2$	—
亚氯化盐渍土	$2 \geq D_1 > 1$	—
亚硫酸盐渍土	$1 \geq D_1 \geq 0.3$	—
硫酸盐渍土	$D_1 < 0.3$	—
碱性盐渍土	—	$D_2 > 0.3$

- 3 盐渍土含盐性质应采用下式计算：

$$D_1 = \frac{b(\text{Cl}^-)}{2b(\text{SO}_4^{2-})} \quad (4.3.6-1)$$

$$D_2 = \frac{2b(\text{CO}_3^{2-}) + b(\text{HCO}_3^-)}{b(\text{Cl}^-) + 2b(\text{SO}_4^{2-})} \quad (4.3.6-2)$$

式中 $b(\text{Cl}^-)$ 、 $b(\text{HCO}_3^-)$ 、 $2b(\text{SO}_4^{2-})$ 、 $2b(\text{CO}_3^{2-})$ 是指 1 kg 土中所含括号内物质的质量摩尔浓度，单位为 mmol/kg。

- 4 盐渍土盐渍化程度的分类，应符合表 4.3.6—2 的规定。

表 4.3.6—2 盐渍土盐渍化程度的分类

盐渍化程度	土层的平均含盐量 \overline{DT} (%)		
	氯化盐渍土及亚氯化盐渍土	硫酸盐渍土及亚硫酸盐渍土	碱性盐渍土
弱盐渍土	$0.5 < \overline{DT} \leq 1.0$	—	—
中盐渍土	$1.0 < \overline{DT} \leq 5.0$	$0.5 < \overline{DT} \leq 2.0$	$0.5 < \overline{DT} \leq 1.0$
强盐渍土	$5.0 < \overline{DT} \leq 8.0$	$2.0 < \overline{DT} \leq 5.0$	$1.0 < \overline{DT} \leq 2.0$
超盐渍土	$\overline{DT} > 8.0$	$\overline{DT} > 5.0$	$\overline{DT} > 2.0$

注：表中“平均含盐量”按取样所代表的厚度加权平均计算。

4.3.7 多年冻土的判定和分类，应符合下列规定：

1 在自然界中，冻结状态持续两年或两年以上的土层，应判定为多年冻土。当多年冻土温度改变后，其物理力学性质随之改变，并可产生冻胀、融沉、热融滑塌等现象。

2 多年冻土的分类应根据土的类型、总含水量等，按表 4.3.7—1 进行划分。

3 多年冻土的融沉性分级，应符合表 4.3.7—2 的规定。融化下沉系数 δ_0 应按下式计算：

$$\delta_0 = \frac{h_1 - h_2}{h_1} \times 100\% \quad (4.3.7)$$

式中 h_1 ——冻土试件融化前的高度 (mm)；

h_2 ——冻土试件融化后的高度 (mm)。

表 4.3.7—1 多年冻土的分类

多年冻土类型	土的名称	总含水率 w_A (%)	融化后的潮湿程度	融沉等级	融沉类别
少冰冻土	碎石类土、砾砂、粗砂、中砂 (粉黏粒质量不大于 15%)	$w_A < 10$	潮湿	I	不融沉
	碎石类土、砾砂、粗砂、中砂 (粉黏粒质量大于 15%)	$w_A < 12$	稍湿		
	细砂、粉砂	$w_A < 14$			
	粉土	$w_A < 17$			
	黏性土	$w_A < w_p$	坚硬		

续表 4.3.7-1

多年冻土类型	土的名称	总含水率 w_A (%)	融化后的潮湿程度	融沉等级	融沉类别
多冰冻土	碎石类土、砾砂、粗砂、中砂(粉黏粒质量不大于15%)	$10 \leq w_A < 15$	饱和	II	弱融沉
	碎石类土、砾砂、粗砂、中砂(粉黏粒质量大于15%)	$12 \leq w_A < 15$	潮湿		
	细砂、粉砂	$14 \leq w_A < 18$			
	粉土	$17 \leq w_A < 21$			
	黏性土	$w_p \leq w_A < w_p + 4$			
富冰冻土	碎石类土、砾砂、粗砂、中砂(粉黏粒质量不大于15%)	$15 \leq w_A < 25$	饱和出水(出水量小于10%)	III	融沉
	碎石类土、砾砂、粗砂、中砂(粉黏粒质量大于15%)	$15 \leq w_A < 25$	饱和		
	细砂、粉砂	$18 \leq w_A < 28$			
	粉土	$21 \leq w_A < 32$			
	黏性土	$w_p + 4 \leq w_A < w_p + 15$			
饱冰冻土	碎石类土、砾砂、粗砂、中砂(粉黏粒质量不大于15%)	$25 \leq w_A < 44$	饱和大量出水(出水量为10%~20%)	IV	强融沉
	碎石类土、砾砂、粗砂、中砂(粉黏粒质量大于15%)	$25 \leq w_A < 44$	饱和出水(出水量小于10%)		
	细砂、粉砂	$28 \leq w_A < 44$			
	粉土	$32 \leq w_A < 44$			
	黏性土	$w_p + 15 \leq w_A < w_p + 35$			
含土冻层	碎石类土、砂类土粉土	$w_A \geq 44$	饱和大量出水(出水量为10%~20%)	V	融陷
	黏性土	$w_A \geq w_p + 35$	流塑		

注: 1 总含水率包括冰和未冻水;

2 盐渍化冻土、泥炭化冻土、腐植土、高塑性黏土不在表列。

表 4.3.7—2 多年冻土的融沉性分级

融化下沉系数 δ_0	$\delta_0 \leq 1$	$1 < \delta_0 \leq 3$	$3 < \delta_0 \leq 10$	$10 < \delta_0 \leq 25$	$\delta_0 > 25$
融沉性分级	不融沉	弱融沉	融沉	强融沉	融陷

4.3.8 填土的判定和分类，应符合下列规定：

1 人为活动堆填的土应判定为填土，一般具有成分复杂、固结时间短等特点。

2 填土按物质组成和堆填方式的分类，应符合表 4.3.8 的规定。

表 4.3.8 填土的分类

名 称	填 土 特 征
杂填土	土中含有较多的建筑垃圾、工业废料、生活垃圾等杂质
素填土	由碎石类土、砂类土、粉土、黏性土组成，不含杂质或杂质很少
冲填土	由水力冲填泥、砂等而成
填筑土	经人工按一定标准夯实、压密

本标准用词说明

执行本标准条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

(1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

(2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

(3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

《铁路工程岩土分类标准》

条文说明

本条文说明系对重点条文的编制依据、存在的问题以及在执行中应注意的事项等予以说明。为了减少篇幅，只列条文号，未抄录原条文。

1.0.2 本标准所涉及的是自然的、未经人工开采或加工的，与工程建设有关的岩土。不包括人工开采的块石、料石，或经人工筛选的各种砂料、土料等，也不包括经人工处理过的地基。

1.0.3 在进行岩土分类时，本标准强调采用现场鉴定与室内、外试验，定性划分与定量评定相结合的方法。“现场鉴定”是指在地质调查的基础上，主要通过肉眼、简单的勘探手段，并结合实践经验进行的定性鉴定，它具有宏观、快速、方便和实用的优点，但量化程度往往不够。而“室内、外试验”则是对现场鉴定的验证、核对和补充，是对岩土分类提供定量指标和认识深化的重要依据。故两者缺一不可。

在进行室内、外试验时，应注意采用统一的、符合有关标准、规范的方法。在对岩土进行分类时，应注意的主要内容见说明表 1.0.3。

说明表 1.0.3 对岩土进行分类时应注意的主要内容

项 目	现 场 鉴 定	室 内、外 试 验
岩 石 或 岩 体	成因时代、名称、岩层产状、层厚、颜色、矿物成分、结构及构造特征、节理裂隙等各类结构面的发育情况、裂隙张开及充填情况，主要结构体形状，整体强度受构造影响情况，风化程度等	干燥及饱和条件下的抗压强度，耐冻性，吸水率，显微镜鉴定，胶结物情况，各种波速的测试

续说明表 1.0.3

项 目	现 场 鉴 定	室内、外试验
土	成因时代、土名、所处的地形地貌环境、植被生长情况、颜色、颗粒级配、骨架颗粒的成分、充填物或夹杂物的主要成分、颗粒形状、胶结物、成层情况、潮湿程度、密实程度等	静力触探、动力触探、标准贯入试验、载荷试验等原位测试手段；土的物理力学性质、土的化学成分等内容的室内测试

2

本章是对本标准的主要术语和符号给出定义。对有的术语为了与一般理解相区别，特别阐明了在本标准中的特定含义。如“岩石”一词，在本标准中不是“矿物岩石学”中的一般意义，而是着重阐明其在工程方面的意义。符号的规定除采用习惯用法以外，还考虑了向国家标准靠拢，如将含水量改为含水率。

3.1.2 岩石坚硬程度的划分标准与国家标准《工程岩体分级标准》(GB 50218—94) 基本一致。考虑铁路规范的连续性，此次名称仍沿用“极硬岩”、“硬岩”，而非“坚硬岩”、“较坚硬岩”。

3.1.3 原《铁路工程地质技术规范》(TBJ 12) 中的“软质岩”单轴饱和抗压强度值为 5~30 MPa，此类岩石在工程中较常遇到，而其范围值较大，工程性质差别亦较大，为工作方便起见，参考国家标准《工程岩体分级标准》(GB 50218—94) 将“软质岩石”大类中的“软质岩”分为“较软岩”和“软岩”两类。

作为建筑地基的岩石，在进行岩石单轴抗压强度试验时，一般采用圆柱体作为标准试件。其直径为 50 mm，允许偏差为 ±2 mm，高度与直径之比值为 2.0。当采用点荷载试验时，由点荷载强度指数换算成岩石单轴抗压强度，可按下式计算：

$$R_c = 24.3382 I_{s(50)}^{0.7333} \quad (\text{说明 3.1.3})$$

式中 R_c ——直径为 50 mm，高径比为 2 的岩石试件单轴抗压强度 (MPa)；

$I_{s(50)}$ ——岩石基准试件点荷载强度指数 (MPa)。

3.1.5 岩石的耐冻性目前还没有一种较简便，又比较成熟的指

标可以纳入规范。实际工作中可参阅《铁路工程岩石试验规程》(TB 10115—98)和《公路工程集料试验规程》(JTJ 058—94)的规定。

3.1.5 测定软化系数所用试件的尺寸应为“基准试件”，即采用直径 50 mm，允许偏差为 ± 2 mm的圆柱体，高径比为 2。

3.1.6 膨胀岩是一种特殊性岩石。近年来，在铁路工程建设中越来越引起设计和施工单位的重视。早在 30 年前铁路部门就有研究，在随后的侯月线、宝中线及南昆线的建设中，都结合勘测设计和施工进行了有关膨胀岩的试验研究，铁道部科学研究院西北分院、铁道部隧道工程局还专门进行了膨胀岩判定和分级标准、膨胀岩隧道设计与修建技术等研究。鉴于铁路行业对膨胀岩理论已有一定深度的认识，工程实践中也积累了一些经验，为体现规范在技术上的进步，满足工程建设的需要，本着实事求是、积极稳妥的原则，将膨胀岩纳入规范是必要的和有基础的。但是我们也应看到，目前我们对某些膨胀岩膨胀机理的研究还有待于进一步深化；研究膨胀岩的某些试验方法还不完善；膨胀岩的膨胀性分级标准，以及与膨胀性分级相对应的工程措施之间还没有建立起很好的联系等，这些都有待于今后的深入研究和实践经验的积累。为此，本标准仅规定了膨胀岩的定义和膨胀岩的判定标准。

膨胀岩判定标准的室内试验方法，应采用现行《铁路工程岩石试验规程》(TB 10115—98)中规定的自由膨胀率试验、膨胀压力试验和饱和吸水率试验方法。由于易崩解岩石的自由膨胀率试验在浸水情况下无法测定其径向和轴向的自由膨胀率，所以作了“将岩石砸碎成小于 5 mm 粒径的角砾，置于粉碎机中粉碎，全部过 0.5 mm 的筛后按膨胀土自由膨胀率的测试方法进行试验”的规定。

由于不易崩解岩石的自由膨胀率试验可得到岩石轴向和径向两个自由膨胀率数值，为便于操作，本标准规定了取两值中的大值与表中判定标准进行对比、判定的办法。

因为膨胀岩含有大量的亲水矿物，它所具有的膨胀性特征均与水有着密切的关系，所以在勘测设计与施工中应特别重视水对膨胀岩体的影响。

3.2.7 在对岩体进行完整程度划分时，除采用“岩体完整性指数”外，还可采用“岩体体积节理数”作为参考指标。测试方法如下：

针对不同的工程地质岩组或岩性段，选择有代表性的具有三维空间的岩体露头或工程开挖面进行节理（或结构面）的统计。每一测点的面积不小于 $2\text{ m} \times 5\text{ m}$ ，测线布置应垂直于被测的一组结构面走向，且测线长度不小于 5 m 。测量垂直于测线结构面的条数或每组节理的平均间距，并按下式计算：

$$J_v = S_1 + S_2 + S_3 + \cdots + S_n + S_k \quad (\text{说明 } 3.2.7)$$

式中 J_v ——岩体体积节理数（条/ m^3 ）；

S_n ——第 n 组节理每米长测线上的条数；

S_k ——每立方米岩体中非成组节理的条数。

已为硅质、铁质、钙质充填并再胶结的节理不予统计。

“岩体体积节理数 J_v ”与“岩体完整性指数 K_v ”的对应关系如说明表 3.2.7。

说明表 3.2.7 J_v 与 K_v 对应关系

J_v (条/ m^3)	$J_v < 3$	$3 \leq J_v < 10$	$10 \leq J_v < 20$	$20 \leq J_v < 35$	$J_v \geq 35$
K_v	$K_v > 0.75$	$0.75 \geq K_v > 0.55$	$0.55 \geq K_v > 0.35$	$0.35 \geq K_v > 0.15$	$K_v \leq 0.15$

4.1.4 关于“混合土”国内外较多的规范都将含有物小于 5% 作为“不含”的标准，即不考虑含有物对土工程性质的影响。如碎石类土中含有小于 5% 的砂或土时，其含有物仅充填碎石类土中的孔隙，起骨架作用的仍是粗颗粒。当含有物为 5% ~ 25%（有的规范为 5% ~ 15% 或 5% ~ 20%）时，含有物对土的工程性质将有一定的影响，定名时应予以考虑。当含有物大于 25% 时，对土的工程性质将产生较大影响。如黏性土中含有的粗颗粒质量大于 25% 时，粗颗粒已能在土中起到部分骨架作用，对土的基

本承载力、抗剪强度、摩擦力等工程性质都会有影响，鉴于上述情况及多年的实践经验，本标准考虑划分指标的简化，规定了含有物大于 5% 时才参与土的定名，并将 25% 作为“微含”与“含”的界限。

4.2.4 根据多年来的实践经验，粉土是具有一定塑性，但又同时具有某些砂类土特性的土。这种土具有较特殊的工程性质，如不具有典型的塑性，干强度较低，有明显的摇振反应，易液化等。因此，应采用不同的试验方法对其进行评价，有针对性地提出这类土的设计参数和工程措施意见。本标准对粉土的定名采用了两个指标，即塑性指数小于或等于 10 和粒径大于 0.075 mm 颗粒的质量不超过全部质量的 50%。在实际工作中可先进行塑性指数的判定，当塑性指数小于 3 时，为与粉砂相区别，应再做颗粒分析试验，以确定大于 0.075 mm 颗粒的含量。

4.2.5 土的液、塑限试验方法规定如下：塑限采用搓条法；液限采用圆锥仪法，圆锥仪总质量为 76 g。

4.2.6 在实际工作中遇到的第四系碎石类土及中、粗、砾砂呈密实或松散状态的并不很多，常见的一般是中密状态的。但同是“中密”状态的碎石类土及砂类土，其工程性质却往往相差较大。为此，参照《岩土工程勘察规范》(GB 50021—94)，并根据天然坡和开挖情况、钻探情况、相对密度、标贯锤击数等，将“中密”的碎石类土及砂类土进一步划分为“中密”和“稍密”两类。

由于碎石类土动力触探锤击数不仅与其密实程度有关，而且与碎石的成分和级配有关，因此采用动探锤击数作为划分碎石类土密实程度的定量指标离散性较大，目前资料也较少，还有待资料的积累和分析总结。

随着原位测试技术的不断发展，实际工作中已很少用“相对密度”，而多采用标准贯入试验的方法来划分砂类土的密实程度，这种方法准确、简便易行。因此，在确定砂类土的密实程度时，应将标准贯入试验作为主要手段。

粉土因具有砂类土的某些特性，其压实程度的划分指标采用孔隙比是比较科学的。划分的依据可参阅《岩土工程勘察规范》(GB 50021—94)第2.2.10条条文说明的有关内容。

4.2.7 经验证明，由于粉土低塑性的特征，其潮湿程度如采用液性指数，显然不适用于塑性指数小于3的粉土的情况；比照砂类土采用饱和度指标又很难反映粉土的情况，因此目前只能采用含水率指标来进行划分。划分的依据可参阅《岩土工程勘察规范》(GB 50021—94)第2.2.10条条文说明。

4.3.1 自然界中具有特殊工程地质性质的土较多，除本标准所列的一些特殊土以外，还有污染土、风化土或残积土等。因实际工作中遇到较少，对它们研究不够，加之它们的工程性质随土的污染程度、污染物成分、母岩成分、土中所夹成分等的不同，会有很大的变化，目前纳入规范的条件还不成熟，待积累资料后再考虑纳入本标准。

4.3.2 黄土是我国北方地区常见的一种特殊土。因受成因和土中所含碳酸钙成分控制，使其具有湿陷性，抗水性能差，易崩解、潜蚀，具大孔隙和垂直节理发育等特征。本标准列出其主要特征之一——湿陷性的划分标准。对于其他特征，如具垂直节理、遇水易受侵蚀等，在工程中均应根据具体情况，采取相应的措施，以保证工程的安全。

对于一般建筑物来说，条文中室内湿陷性试验的“一定压力”是指，基底以下10 m以内的土层采用200 kPa压力；10 m以下至非湿陷土层顶面，采用上覆土层的饱和自重压力，当大于300 kPa时，仍用300 kPa；当基底压力大于300 kPa时，可按实际压力考虑。对建于厚层黄土上的重要建筑物，应慎重研究黄土的湿陷性。

4.3.3 为了方便对红黏土塑性状态的划分，本标准规定了划分的定量指标：含水比和野外原位测试的方法；还提出了经验指标。实际工作中三种指标可分别单独使用。当按某种方法确定，指标位于界限值附近，判断困难时，应采用另外两种方法予以核

对。

红黏土塑性状态划分的标准主要是参考了《岩土工程勘察规范》(GB 50021—94)附录八的有关内容。为了与铁路有关规范塑性状态划分的级别一致,从红黏土的特殊性和偏于安全方面考虑,将《岩土工程勘察规范》(GB 50021—94)中“可塑”状态的指标划归“软塑”。由于此次标准制定中对红黏土工程性质的研究较少,分类指标还有待今后室内试验与工程实践经验的积累。

4.3.4 对膨胀土的判别规定了初判和详判两个步骤。一般情况下,在一个地区开展工作时应首先根据地貌、土的颜色、结构、土质、自然地质现象等进行调查、分析、对比,并辅以简单的“自由膨胀率”试验进行初判。在初判基础上应根据勘测阶段的要求进行详判,并确定膨胀土的膨胀潜势。

4.3.5 软土应采用多种指标综合判定,除天然孔隙比大于或等于1和天然含水率大于或等于液限外,还应考虑压缩系数、不排水抗剪强度和静力触探比贯入阻力等指标。

软土的判定应以天然孔隙比、天然含水率及原位测试方法(如十字板剪切强度、静力触探比贯入阻力等)为主要判定标准。当天然含水率接近液限、天然孔隙比接近1时,应参考其他指标综合确定。

软土力学指标的取得,本标准推荐采用现场原位测试的方法。

粉土是本标准新划分出的一种土类。它包括了原铁路工程土类划分中的黏砂土(塑性指数3~7的黏性土)和部分砂黏土(塑性指数7~10的黏性土),当这部分土的物理力学指标达到软土的指标时,也应定为软土。由于具有软土特征的这部分粉土的工程性质研究的还不充分,所以只在“表4.3.5—1软土的分类”中以注的形式出现,且暂定名为“软粉土”。

软土灵敏度指标的取得,一般采用现场十字板剪切试验和原状土室内试验两种方法。现场十字板抗剪强度试验是将十字板剪切的“峰值强度”与“重复剪土的强度”的比值作为灵敏度指

标；室内试验是将“原状土的无侧限抗压强度”与“与原状土同密度、同含水率，但结构彻底破坏的重塑土的无侧限抗压强度”的比值作为灵敏度指标。

4.3.6 本条规定了对盐渍土和盐渍土地的含义。对土而言，只要土中的易溶盐含量大于或等于 0.5%，就应定为盐渍土。其中易溶盐含量是指 1 000 g 土中所含易溶盐的“克”数，以百分数表示。在评价盐渍土地时，应根据地表以下 1.0 m 深度范围内土的平均含盐量确定。确定方法如下：

作为盐渍土分析的土样应分段连续采集，取样深度一般为 1 m。在 0～0.05 m、0.05～0.25 m、0.25～0.5 m、0.5～0.75 m、0.75～1.0 m 五段分别采集。因地下水位以下土中含盐量明显减少，所以，当地下水位小于 1.0 m 时，取样至地下水位；如地下水位大于 1.0 m，且 1.0 m 深度以下土中的含盐量仍较大时，应加大取土深度。

土层中平均含盐量的计算应根据每层土的含盐量，按取样厚度加权平均。计算公式如下：

$$\overline{DT} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \cdot DT_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \quad (\text{说明 4.3.6})$$

式中 \overline{DT} ——土层的平均含盐量 (%)；

DT_i ——第 i 层土的含盐量 (%)；

h_i ——第 i 层土的厚度 (m)。