



铁路工程设计技术手册

《路基》 附录

路基设计参考资料

铁道部第一设计院主编

人民铁道出版社

铁路工程设计技术手册

《路基》 附录

路基设计参考资料

铁道部第一设计院主编

人民铁道出版社

1977年·北京

内 容 简 介

铁路工程设计技术手册《路基》，内容包括路基构造、路基排水、浸水路基及改河工程、特殊条件下路基、改建既有线及增建第二线、路基防护、挡土墙等七篇及附录——路基设计参考资料。为满足现场设计工作急需，现按各篇定稿先后暂以分篇形式出版。

本附录包括：

- (一) 有关地质、气象和水力计算的参考资料——铁道部第一设计院编写
- (二) 有关工程材料的资料——铁道部第一设计院编写
- (三) 常用数学力学公式图表——兰州铁道学院、铁道部第一设计院编写
- (四) 钢筋混凝土结构计算图表——铁道部第一设计院编写

铁路工程设计技术手册

《路基》 附录

路基设计参考资料

铁道部第一设计院主编

人民铁道出版社出版

(北京市东单三条14号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{8}$ 印张：7 字数：240 千

1977年4月 第1版

1977年4月 第1版 第1次印刷

印数：0001—8,000册 定价(科三)：0.60元

(限国内发行)

毛主席语录

阶级斗争是纲，其余都是目。

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

目 录

附录(一) 有关地质、气象和水力计算的参考资料

第 I 部分 有关地质和气象的参考资料 ·····8·1	30. 冻土地基的基本承载力表·····8·13
1. 岩石按强度分类表·····8·1	31. 基础容许承载力值修正表·····8·13
2. 若干岩石的基本工程性质参考数值表·····8·1	32. 基底下卧土层附加压力系数 α 表·····8·14
3. 判定岩石耐冻性用的饱和系数(S)经验数值表·····8·2	33. 摩擦系数参考数值表·····8·15
4. 岩石的抗拉强度、抗剪强度和抗弯强度与抗压强度(R)经验关系表·····8·2	34. 土中毛细水上升高度参考数值表·····8·15
5. 几种岩石的极限抗拉强度、极限抗弯强度试验数值表·····8·2	35. 各类土(或地层)的渗透系数近似值表·····8·16
6. 若干岩石的与抗剪强度有关的参考数值表·····8·2	36. 土层中渗流降落曲线平均坡度及影响半径表·····8·16
7. 各类软弱面与抗剪强度有关的参数一般变化范围表·····8·3	37. 自下而上的渗流开始冲动砂粒的临界流速表·····8·16
8. 软弱夹层与抗剪强度有关的参考数值表·····8·3	38. 我国气候带的四季及温度指标·····8·17
9. 若干岩石的变形模量和泊桑比的参考数值表·····8·3	39. 我国降水量分带表·····8·17
10. 岩石节理发育程度分级表·····8·4	40. 气压与海拔高度关系(气温为 0°C)表·····8·17
11. 新鲜岩石抗风化能力分级表·····8·4	41. 风力等级表·····8·17
12. 岩石风化程度分级表·····8·4	42. 边坡坡率换算角度表·····8·18
13. 土的颗粒分类表·····8·5	43. 地层时代符号表·····8·18
14. 碎石类土分类表·····8·5	44. 第四系沉积成因分类符号表·····8·19
15. 砂类土分类表·····8·5	45(a). 土的图例·····8·19
16. 粘性土按塑性指数分类表·····8·5	45(b). 沉积岩的图例和符号·····8·19
17. 碎石类土及砂类土潮湿程度划分表·····8·5	45(c). 岩浆岩的图例和符号·····8·20
18. 粘性土潮湿程度划分表·····8·5	45(d). 变质岩的图例和符号·····8·20
19. 碎石类土密实程度划分表·····8·5	46. 地质构造图例·····8·20
20. 砂类土密实程度划分表·····8·5	47. 地貌及不良地质图例·····8·21
21. 土的物理性质指标换算关系式表·····8·6	48. 建筑物变形图例·····8·22
22. 土的主要物理力学性质指标参考数值表·····8·8	49. 水文地质图例·····8·22
23. 土、石工程分级表·····8·10	50. 地质勘探、地质界线和地震烈度的图例·····8·22
24. Q_4 的冲(洪)积粘性土地基的基本承载力表·····8·10	第 II 部分 有关水力计算的参考资料 ·····8·23
25. 砂类土地基的基本承载力表·····8·11	1. 非粘性土的容许无冲刷流速参考数值表·····8·23
26. 碎石类土地基的基本承载力表·····8·11	2. 粘性土的容许无冲刷流速参考数值表·····8·24
27. 岩石地基的基本承载力表·····8·11	3. 岩层的容许无冲刷流速参考数值表·····8·24
28. 黄土地基的基本承载力表·····8·12	4. 人工护面的容许无冲刷流速参考数值表·····8·25
29. 软土地基容许承载力表·····8·12	5. 临界不淤流速参考数值表之一·····8·26
	6. 临界不淤流速参考数值表之二·····8·26
	7. 天然河道粗糙系数参考数值表之一·····8·27

8. 天然河道粗糙系数参考数值表之二	8·27	13. 流速系数 c 值表之二	8·30
9. 天然河道粗糙系数参考数值表之三	8·27	14. 用单位特性流量系数法求算梯形明槽中正常水深的 $\frac{1}{K_1} = f(\alpha)$ 数值表	8·32
10. 人工管渠及护面的粗糙系数参考数值表之一	8·28	15. 用单位特性流量系数法求算梯形明槽的底宽的 $\frac{1}{K'_1} = f(\beta)$ 数值表	8·32
11. 人工管渠及护面的粗糙系数参考数值表之二	8·28		
12. 流速系数 c 值表之一	8·29		

附录 (二) 有关工程材料的资料

第一节 钢材	8·34	第五节 混凝土	8·47
一、钢的分类及用途	8·34	一、混凝土的主要性质	8·47
二、钢丝	8·34	二、使混凝土快硬与高强的措施	8·48
三、钢丝绳	8·35	三、混凝土集料的质量要求	8·48
四、钉栓	8·36	四、混凝土用的水质要求	8·48
五、常用角钢、工字钢、槽形钢	8·38	五、混凝土和钢筋混凝土的材料用量	8·48
六、钢材基本容许应力	8·40	六、钢筋混凝土轨枕规格	8·49
第二节 木材	8·40	第六节 石料圬工	8·49
一、木材的分类和一般性质	8·40	一、石料依其加工程度的不同所作的分类	8·49
二、材积计算方法	8·41	二、砌护工程用石料的技术条件	8·49
三、材积表	8·42	三、每 1 立方米浆砌石料圬工的石料、灰浆用量表	8·49
第三节 常用胶结材料	8·43	第七节 化学加固材料	8·50
一、水泥	8·43	一、土体化学加固介绍	8·50
二、石灰	8·43	二、化学加固材料的种类	8·50
三、沥青	8·43	三、浆液的性能	8·50
四、塑料	8·44	四、水玻璃类——水玻璃水泥浆液	8·50
第四节 砂浆	8·45	五、亚硫酸低浆废液类	8·51
一、砂浆分类	8·45	六、丙烯酸铵类	8·51
二、砂浆应有的性能	8·46	七、氰凝	8·52
三、配合性能好的砂浆注意要点	8·46	第八节 保温材料	8·53
四、石灰砂浆	8·46		
五、沥青砂浆	8·46		
六、各种砂浆材料数量表	8·46		

附录 (三) 常用数学力学公式图表

第 I 部分 数学	8·54	(四) 三角函数乘积	8·60
一、常用计量单位及换算	8·54	(五) 倍角及半角之函数	8·60
(一) 统一公制计量单位表	8·54	(六) 边角关系	8·61
(二) 单位换算	8·54	五、指数函数及双曲线函数表	8·61
二、常用平面图形的面积、重心位置		第 II 部分 力学	8·62
计算公式	8·56	一、各种截面的力学性能	8·62
(一) 常用平面图形的面积和重心位置	8·56	二、受静载的梁的内力及变位计算	8·66
(二) 梯形重心位置的简化公式	8·57	(一) 简支梁、单跨悬臂梁、有悬臂的简支梁，一端固定一端简支并有悬臂的梁，一端固定一端简支的梁。两端固定的梁	8·66
三、常用几何体表面积、体积和重心位置	8·59	(二) 连续梁	8·77
四、三角函数	8·60	三、拱的内力计算	8·80
(一) 各象限的关系	8·60	(一) 双铰等截面圆拱的内力计算	8·80
(二) 重要角度的函数	8·60	(二) 无铰等截面圆拱的内力计算	8·81
(三) 二角和及差之函数	8·60		

附录(四) 钢筋混凝土结构构件计算

一、钢筋混凝土材料的力学参数·····8·83	(1) 翼板的计算宽度·····8·94
(一) 混凝土的弹性模量·····8·83	(2) 单筋T形梁槽形梁计算
(二) 混凝土的标准强度·····8·83	公式·····8·95
(三) 钢筋的弹性模量·····8·83	(四) 梁的抗剪计算·····8·95
(四) 钢筋的标准强度·····8·83	1. 斜截面的计算位置·····8·95
(五) 常用圆钢筋截面面积、重量·····8·83	2. 斜截面抗剪强度的计算公式·····8·96
二、按容许应力法的计算·····8·84	(五) 裂缝检算公式·····8·96
(一) 材料的容许应力和换算系数·····8·84	(六) 中心受压构件承载能力的计算·····8·97
1. 混凝土的容许应力·····8·84	1. 箍筋柱计算公式·····8·97
2. 钢筋的容许应力·····8·84	2. 旋筋柱计算公式·····8·98
3. 换算系数 n 值·····8·84	(七) 偏心受压构件承载能力的计算·····8·98
(二) 受弯构件承载能力的计算·····8·84	1. 大偏心和小偏心的分界条件·····8·98
1. 矩形梁(或板)·····8·84	2. 偏心距增大系数·····8·98
(1) 单筋矩形梁计算公式·····8·85	3. 矩形截面大偏心受压构件的
(2) 双筋矩形梁计算公式·····8·87	计算公式·····8·99
2. T形梁·····8·88	4. 矩形截面小偏心受压构件的
(1) 翼板的厚度和宽度·····8·88	计算公式·····8·100
(2) 单筋T形梁槽形梁计算	(八) 构造要求·····8·100
公式·····8·88	1. 构造的一般规定·····8·100
(三) 梁的抗剪计算公式·····8·89	(1) 混凝土保护层·····8·100
(四) 裂缝检算公式·····8·89	(2) 钢筋的搭接·····8·100
(五) 构造要求·····8·90	(3) 钢筋的锚固·····8·100
1. 钢筋的构造·····8·90	(4) 最小配筋率·····8·101
2. 梁的构造·····8·90	2. 板的构造·····8·101
三、按极限状态总安全系数法的计算·····8·90	3. 梁的构造·····8·101
(一) 强度安全系数·····8·90	(1) 纵向受力钢筋·····8·101
(二) 材料的设计强度·····8·91	(2) 弯起钢筋·····8·102
(三) 受弯构件承载能力的计算·····8·91	(3) 箍筋·····8·102
1. 矩形梁(或板)·····8·91	(4) 纵向构造钢筋·····8·102
(1) 单筋矩形梁计算公式·····8·91	4. 柱的构造·····8·102
(2) 双筋矩形梁计算公式·····8·94	5. 吊环·····8·103
2. T形梁·····8·94	

附录(一) 有关地质、气象和水力计算的参考资料

第 I 部分 有关地质和气象的参考资料

1. 岩石按强度分类表

表附1-I-1

岩石类别		饱和单轴极限抗压强度 (kg/cm ²)	代表性岩石
硬质岩石	极硬岩	大于600	花岗岩、闪长岩、玄武岩等岩浆岩, 硅质、钙质胶结的砾岩、砂岩、石灰岩、泥灰岩、白云岩等沉积岩, 片麻岩、石英岩、大理岩、板岩、片岩等变质岩
	硬质岩	300以上至600	
软质岩石	软质岩	50以上至300	凝灰岩、浮石等岩浆岩, 泥砾岩、泥质页岩、泥质砂岩、炭质页岩、泥灰岩、泥岩、粘土岩、煤等沉积岩, 云母片岩或千枚岩等变质岩
	极软岩	50及以下	

- 注: 1. 本表适用于确定天然地基容许承载力和隧道围岩分类。
 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。
 3. 试块直径为7~10厘米, 试块高度与直径相等。

2. 若干岩石的基本工程性质参考数值表

表附1-I-2

岩石名称		天然容重 (t/m ³)	比重	孔隙度 (%)	吸水率 (%)	天然状态下极限抗压强度 (kg/cm ²)
花岗岩		2.6~2.9	2.6~2.9	0.05~2.8	0.1~0.7	1000~2000
正长岩		2.5~2.8	2.5~2.8	大致同上	0.47~1.94	1000~1800
闪长岩		2.7~2.95	2.7~3.0	0.25左右	1.0~2.0	1800~2500
辉绿岩		2.7~3.0	2.7~3.1	0.29~1.13	0.8~5.0	1800~2500甚至>2500
玄武岩		2.6~3.1	2.5~3.2	0.3~21.8	0.3左右	2000~2500甚至>2500
安山岩		2.7~3.1	2.6~3.2	0.3	大致同上	同上
石灰岩	软质多孔	1.2	1.3~2.9	0.8~27.0	0.1~4.5	200~400
	泥灰质	2.3				600~800
	坚实的	2.7~3.1				800~2000
砾岩	泥质	1.9~2.2	2.2~2.9	>20	1.0~5.0	<200
	灰质	2.2~2.8				200~1200
	硅质	2.5~2.9				400~1600
砂岩	泥质	2.0~2.2	2.2~2.8	4.8~28.3 甚至有的>40	0.2~7.0	<200
	灰质	2.6				200~1200
	硅质	2.7~2.8				400~1400
页岩	泥质	2.3	2.2~2.7	0.4~4.1	0.1~2.0	<200
	炭质	2.6				200~1000
片麻岩		2.6~2.9	2.6~3.0	0.3~2.4	0.1~3.1	1000~2000
石英岩		2.8~3.0	2.8~3.0	0.8左右	0.1~1.45	2000~2500甚至>2500
大理岩		2.7~2.8	2.7~2.8	0.1~6.0	0.1~0.8	1000~2000
结晶片岩		2.6~2.8	2.6~3.0	0.02~1.8	0.1~0.2	1000~1800
泥质板岩		2.7	2.7~2.8	0.45左右	0.1~0.3	300~600

- 注: 1. 岩石大都是比较复杂的非均质的各向异性体, 其物理力学性质差异较大, 故在实际工作中应对所研究的岩石进行试验, 以便取得可靠的资料。本表所列的岩石的基本工程性质只是若干资料的平均值, 仅供参考。
 2. 在一般条件下岩石的吸水能力称为吸水率。

$$\text{吸水率} = \frac{\text{一般条件下岩石的吸水量}}{\text{干燥岩石的重量}}$$

3. 判定岩石耐冻性用的饱和系数 (S) 经验数值表

表附1-I-3

岩石种类	耐冻岩石	不耐冻岩石
一般岩石的理论值	$S < 0.9$	$S \geq 0.9$
粒状结晶孔隙均匀的岩石	$S < 0.8$	$S \geq 0.8$
孔隙不均匀或呈层状分布有粘土物质充填的岩石	$S < 0.7$	$S \geq 0.7$

注: 饱和系数 (S) 是指在一般慢速饱和条件下水进入岩石孔隙所占的体积与岩石中可进入水的孔隙总体积之比, 即 $S = n/G$ 。式中 n 为吸水率; G 为饱水度, 即在150个大气压力下, 岩石的最大吸水能力。

4. 岩石的抗拉强度、抗剪强度和抗弯强度与抗压强度 (R) 经验关系表

表附1-I-4

岩石名称	抗拉强度	抗剪强度	抗弯强度
花岗岩	$0.028R$	$0.068 \sim 0.09R$	$0.07 \sim 0.08R$
石灰岩	$0.059R$	$0.06 \sim 0.15R$	$0.119R$
砂岩	$0.029R$	$0.06 \sim 0.078R$	$0.09 \sim 0.095R$
斑岩	$0.033R$	$0.06 \sim 0.064R$	$0.105R$

5. 几种岩石的极限抗拉强度、极限抗弯强度试验数值表

表附1-I-5

岩石名称	极限抗拉强度 (kg/cm^2)		极限抗弯强度 (kg/cm^2)	
	平行层理	垂直层理	平行层理	垂直层理
砂岩	20~50	40~60	75~125	55~75
砂质页岩	30~40	30~35	100~220	25~155
页岩	13	20~30	20~215	50~80
致密石灰岩	32		注: 前三项的抗拉和抗弯试验的岩块不是同一块岩石, 试件本身有一定的差异。	
石灰岩	5~15			
花岗岩	20~100			

6. 若干岩石的与抗剪强度有关的参考数值表

表附1-I-6

岩石名称	地质年代	饱和抗压强度 (kg/cm^2)	摩擦系数 (f)	粘聚力 C (kg/cm^2)	岩石名称	地质年代	饱和抗压强度 (kg/cm^2)	摩擦系数 f	粘聚力 C (kg/cm^2)
辉绿岩		1700	0.45	0	白云质泥灰岩	奥陶纪	872	0.67	0.05
角闪花岗岩	白垩纪	1065	0.57		薄层灰岩	奥陶纪	1063	0.75	0.22
花岗闪长岩	三迭纪	1161	0.64	0.05	石灰岩	奥陶纪	878	0.70	0.23
花岗岩	燕山期	1600	0.70	0.31	泥灰岩	石炭纪	1283	0.60	0.21
云母石英片岩	前震旦纪	1130	0.55	0.28	石英砂岩	寒武纪	681	0.54	0.13
千枚岩	前震旦纪	89	0.73	0.25	砂岩	寒武纪	1089	0.82	0.02
大理岩	前震旦纪	637	0.60	0.51	中粒砂岩	寒武纪	399	0.75	0.03
石英砾岩	泥盆纪	1252	0.69	0.10	砂质页岩	侏罗纪	1044	0.69	0.39
石英砂岩	震旦纪	1658	0.49	0.54	页岩	侏罗纪	438	0.70	0.47

注: 系国内某些工程的试验成果, 可供参考

7. 各类软弱面与抗剪强度有关的参数一般变化范围表

表附1-1-7

软弱面的类型	摩擦角 φ (度)	摩擦系数 (f)	粘聚力 C (kg/cm^2)
各种泥化的软弱面、滑石片岩片理面、云母片岩片理面等	9~20	0.16~0.36	0.0~0.5
粘土岩层面、泥灰岩层面、凝灰岩层面、夹泥断层、页岩层面、炭质夹层、干枚岩片理面、绿泥石片岩片理面等	20~30	0.36~0.58	0.5~1.0
砂岩层面、石灰岩层面、部分页岩层面、构造裂隙等	30~40	0.58~0.64	0.5~1.0 有时至4.0
各种坚硬岩体的构造裂隙、砾岩层面、部分砂岩层面、部分石灰岩层面等	40~43.5 有时至49	0.84~0.94 有时至1.14	0.8~2.2 有时至5.0

注：本表根据相当数量的现场试验，沿软弱面施加剪力所获得的岩体软弱面峰值抗剪强度资料而综合的，可供参考。

8. 软弱夹层与抗剪强度有关的参考数值表

表附1-1-8

软弱夹层性质	f	C (kg/cm^2)	软弱夹层性质	f	C (kg/cm^2)
含阳起石的构造挤压破碎带	0.48	0.27	节理中充填30%的粘土	1.0	1.0
粘土页岩夹层	0.40	0.15	节理中充填40%的粘土	0.51	0
断层破碎带	0.35	0	碎石充填的节理	0.4~0.5	1.0~3.0
膨润土薄层充填的页岩状石灰岩	0.13	0.15	有粘土覆盖的节理	0.2~0.3	0.0~1.0
膨润土薄层	0.21~0.30	0.93~1.19	含角砾的泥岩	0.42	0.1

9. 若干岩石的变形模量和泊桑比的参考数值表

表附1-1-9

岩石名称	边界条件		变形模量 ($10^4 \text{kg}/\text{cm}^2$)	泊桑比
	抗压强度(kg/cm^2)	应力范围(kg/cm^2)		
花岗岩	1050	10~130	19.4	0.10
	1050	10~350	29.2	0.14
片麻岩	1332	10~610	31.7	
	1332	10~410	28.0	0.033
	1332	10~50	21.0	0.015
大理岩	1475	10~60	56.0	0.032
	1100	50~150	78.8	0.026
	1100	10~200	86.5	0.023
石灰岩	887	10~90	97.5	0.037
	1450	10~90	81.7	0.032
	846	10~250	78.3	0.032
砂岩	765	5~500	11.3	
	453	10~230	7.4	0.043
	746	5~15	3.3	0.013

注：1. 根据虎克定律，各同性的物体，在外力作用下，物体将产生变形，其单位应力与单位变形的比，在弹性界限内近于常数，这种比例关系称为弹性模量。由于岩石多有不同程度的受范性，在不同压力下，应力应变有相应的数值，随压力变化而变化的应力应变比，称变形模量。变形模量比弹性模量小。

2. 岩石受应力而产生变形，其横向变形与纵向变形的比值，称为泊桑比。

10. 岩石节理发育程度分级表

表附1-I-10

发育程度等级	基本特征
节理不发育	节理1~2组, 规则, 为构造型, 间距在1米以上, 多为密闭节理, 岩体切割成大块状。
节理较发育	节理2~3组, 呈X型, 较规则, 以构造型为主, 多数间距大于0.4米, 多为密闭节理, 部分为微张节理, 少有充填物, 岩体切割呈大块状。
节理发育	节理3组以上, 不规则, 呈X型或米字型, 以构造型或风化型为主, 多数间距小于0.4m, 大部分为张开节理, 部分有充填物, 岩体切割成小块状。
节理很发育	节理3组以上, 杂乱, 以风化和构造型为主, 多数间距小于0.2米以张开节理为主, 一般均有充填物, 岩体切割成碎石状。

- 注: 1. 节理裂缝宽度小于1mm者称为密闭节理;
 节理裂缝宽度为1~3mm者称为微张节理;
 节理裂缝宽度为3~5mm者称为张开节理;
 节理裂缝宽度大于5mm者称为宽张节理。
2. 对节理进行工程评价时, 除其发育程度外, 尚应考虑节理的延伸长度, 节理的产状及其对工程的影响, 及节理裂缝中充填物的性质和含水情况等。

11. 新鲜岩石抗风化能力分级表

表附1-I-11

项目	分级	
	不易风化的	易风化的
软化系数	>0.75	≤0.75
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	橄榄石、辉石、角闪石较多
胶结物	硅质的	钙质的 泥质的
耐风化时间	暴露后一、二年尚不易风化	暴露后数日至数月即出现风化壳

注: 在饱和状态下的极限抗压强度与在天然状态下的极限抗压强度之比称为软化系数。

12. 岩石风化程度分级表

表附1-I-12

风化程度分级	岩层分带	鉴定标准		
		岩矿颜色	岩石结构	破碎程度
未经风化	新鲜岩石	所有矿物及其胶结物的颜色都是新鲜的	保持原有组织结构	除构造裂隙外, 肉眼见不到其它裂隙
风化轻微	微风化带	岩石颜色稍比新鲜岩石暗淡, 只节理面附近部分矿物变色	组织结构未变, 沿节理面稍有风化现象或有水锈	发生少数风化裂隙, 但不易与新鲜岩石区别
风化颇重	中等风化带	造岩矿物失去光泽, 部分易风化的矿物, 如长石、黄铁矿、橄榄石, 已改变了颜色, 黑云母失去弹性, 变为黄褐色	部分岩体结构已遭破坏, 裂隙面可能有风化夹层, 一般为块状或球状结构	风化裂隙发育, 完整性较差
风化严重	强风化带	岩石及大部分矿物已变色, 如黑云母已呈棕红色	组织结构大部分破坏, 矿物变质, 形成次生矿物, 如斜长石风化成高岭土等。可能形成圆球状结构, 球心仍是新鲜的	松散破碎完整性很差
风化极严重	全风化带	已完全变色, 黑云母不仅变色, 且已变为蛭石	组织结构完全破坏, 仅外观保持了岩体状态, 矿物晶体间失去胶结联系, 大部分矿物变异, 如长石变成高岭土、叶腊石、绢云母; 角闪石、绿泥石化; 石英松散成砂粒等	用手可压碎

13. 土的颗粒分类表 表附1-I-13

颗粒名称		粒径(m m)	
漂石(浑圆或圆棱)或块石(尖棱)	大	>800	
	中	800~400	
	小	400~200	
卵石(浑圆或圆棱)或碎石(尖棱)	大	200~60	
	中	60~40	
	小	40~20	
砾石(浑圆或圆棱)或角砾(尖棱)	大	20~10	
	中	10~4	
	小	4~2	
砂	粗	2~0.5	
	中	0.5~0.25	
	细	0.25~0.05	
粉	粒	0.05~0.005	
粘	土	粒	<0.005

14. 碎石类土分类表 表附1-I-14

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毫米的颗粒超过全重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毫米的颗粒超过全重50%
碎石土	尖棱状为主	
砾石土	浑圆或圆棱状为主	粒径大于2毫米的颗粒超过全重50%
角砾土	尖棱状为主	

19. 碎石类土密实程度划分表

表附1-I-19

密实程度	骨架和充填物	天然坡和开、挖情况	钻探情况
密实	骨架颗粒交错紧贴, 孔隙填满, 充填物密实。	天然陡坡较稳定, 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, 冲击钻探时, 钻杆、吊锤跳动剧烈。孔壁较稳定。
中密	骨架颗粒疏密不均, 部分不连续, 孔隙填满, 充填物中密。	天然坡不易陡立, 或陡坎下堆积物较多, 但大于粗颗粒的安息角。镐可挖掘, 坑壁有掉块现象。从坑壁取出大颗粒处砂类土不易保持凹面形状。	钻进较难, 冲击钻探时, 钻杆、吊锤跳动不剧烈, 孔壁有坍塌现象。
松散	多数骨架颗粒不接触而被充填物包裹, 充填物松散。	不能形成陡坎, 天然坡接近于粗颗粒的安息角。锹可以挖掘, 坑壁易坍塌, 从坑壁取出大颗粒后, 砂类土即塌落。	钻进较容易, 冲击钻探时, 钻杆稍有跳动, 孔壁易坍塌。

20. 砂类土密实程度划分表

表附1-I-20

分 级	相 对 密 度 (D_r)
密 实	$D_r \geq 0.67$
中 密	$0.67 > D_r \geq 0.33$
松 散	$0.33 \geq D_r \geq 0.20$
	$D_r < 0.20$

注:

$$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$$

e_{max} ——最大孔隙比
 e_{min} ——最小孔隙比
 e ——天然孔隙比

15. 砂类土分类表 表附1-I-15

土的名称	土的颗粒级配
砾 砂	粒径大于2毫米的颗粒为全重25~50%
粗 砂	粒径大于0.5毫米的颗粒超过全重50%
中 砂	粒径大于0.25毫米的颗粒超过全重50%
细 砂	粒径大于0.1毫米的颗粒超过全重75%
粉 砂	粒径大于0.1毫米的颗粒少于全重75%

16. 粘性土按塑性指数分类表

表附1-I-16

土的名称	塑 性 指 数 (I_P)
粘 土	$I_P > 17$
砂 粘 土	$17 \geq I_P > 7$
粘 砂 土	$7 \geq I_P > 1$

17. 碎石类土及砂类土潮湿程度划分表

表附1-I-17

分 级	饱和度 (S_r)
稍 湿	$S_r \leq 0.5$
潮 湿	$0.5 < S_r \leq 0.8$
饱 和	$S_r > 0.8$

注: 饱和度 (S_r), 即土中所含水分体积与土中孔隙体积之比。

18. 粘性土潮湿程度划分表 表附1-I-18

分 级	液性指数 (I_L)	
半干硬状态	$I_L < 0$	
可塑状态	硬塑状态	$0 \leq I_L < 0.5$
	软塑状态	$0.5 \leq I_L < 1$
流塑状态	$I_L \geq 1$	

注: 液性指数 (I_L), 即天然含水量与塑性限度含水量之差与塑性指数之比。

21. 土 的 物 理 性 质 指

指 标		说 明	比 重 (Δ_s)	天然容重 (γ)	干 容 重 (γ_d)
名 称	符 号				
比 重	Δ_s	土的固体物质(骨架)单位体积的重量与同体积的水(温度为4°C时)的重量之比。	Δ_s	$\frac{\gamma(1+e)}{1+W}$	$\frac{\gamma_d}{1-n}$
天然容重	γ	在天然含水量情况下土的单位体积的重量。	$\Delta_s(1-n)(1+W)$	γ	$\gamma_d(1+W)$
干 容 重 (骨架容重)	γ_d	单位体积土中固体物质(骨架)的重量(一般可在105°C温度下将土烘干后称重)。	$\frac{\Delta_s}{1+e}$	$\frac{\gamma}{1+W}$	γ_d
天然孔隙度	n	土中孔隙所占体积与土的总体积之比,以百分数表示之。	$\frac{\Delta_s - \gamma_d}{\Delta_s}$	$\frac{\gamma \cdot W_g}{1+W}$	$\gamma_d \cdot W_g$
天然孔隙比	e	土中孔隙所占体积与土骨架所占体积之比。	$\frac{\Delta_s - \gamma_d}{\gamma_d}$	$\frac{\Delta_s(1+W)}{\gamma} - 1$	$\frac{\gamma_d \cdot W_g}{1 - \gamma_d \cdot W_g}$
天然含水量	W	在天然状态下土的孔隙中所含水分的重量与其骨架重量之比,通常以百分数表示之。	$\frac{S_r \cdot e}{\Delta_s}$	$\frac{\gamma}{\gamma_d} - 1$	$\frac{S_r \cdot \Delta_s - \gamma_d}{\Delta_s \cdot \gamma_d}$
饱和度	S_r	土中孔隙所含水分的体积与土中孔隙体积之比,以百分数表示之。	$\frac{\Delta_s \cdot W}{e}$	$\frac{\gamma(1+e) - \Delta_s}{e}$	$\frac{\Delta_s \cdot \gamma_d \cdot W}{\Delta_s - \gamma_d}$
饱和含水量	W_g	土的孔隙完全被水充满时的水重与其骨架重量之比,以百分数表示。	$\frac{e}{\Delta_s}$	$\frac{e(1+W)}{\gamma(1+e)}$	$\frac{\Delta_s - \gamma_d}{\Delta_s \cdot \gamma_d}$
水下容重	γ_{uz}	单位体积土的骨架重量减去骨架体积所排去的水重之差。	$\Delta_s(1-n)$	$\frac{\gamma(\Delta_s - 1)}{\Delta_s(1+W)}$	$\frac{\gamma_d(\Delta_s - 1)}{\Delta_s}$
土粒体积 (骨架体积)	V_1	单位体积土中固体物质(骨架)的体积。	$\frac{\gamma_d}{\Delta_s}$	$\frac{\gamma}{\Delta_s(1+W)}$	$\frac{\gamma_d \cdot W_g}{e}$

注: 1. 表中土的比重(Δ_s)、天然容重(γ)和天然含水量(W)三者为基本性质指标(通常以土工试验测

2. 表中所列是常用的关系式,必要时还可推导其他形式的关系式。

标 换 算 关 系 式 表

表附1- I -21

天然孔隙度 (n)	天然孔隙比 (e)	天然含水量 W	饱和含水量 W_g	水下容重 γ_u	饱和度 S_r	土粒体积 V_1
$\frac{n}{(1-n)W_g}$	$\gamma_d(1+e)$	$\frac{\gamma_d \cdot S_r}{S_r - \gamma_d \cdot W}$	$\frac{e}{W_g}$	$1 + \frac{\gamma_u}{1-n}$	$\frac{S_r \cdot e}{W}$	$\frac{\gamma_d}{V_1}$
$\Delta_s(1-n)(1+W)$	$\frac{\Delta_s(1+W)}{1+e}$	$\frac{n(1+W)}{W_g}$	$\frac{\Delta_s(1+W)}{\Delta_s W_g + 1}$	$\frac{\Delta_s \gamma_u(1+W)}{\Delta_s - 1}$	$\frac{S_r \cdot e + \Delta_s}{1+e}$	$\Delta_s \cdot V_1(1+W)$
$\Delta_s(1-n)$ 或 $\frac{n}{W_g}$	$\frac{e}{(1+e)W_g}$	$\frac{n \cdot S_r}{W}$	$\frac{\Delta_s}{1+W_g \cdot \Delta_s}$	$\frac{\gamma_u \cdot \Delta_s}{\Delta_s - 1}$	$\frac{S_r \cdot \Delta_s}{S_r + \Delta_s \cdot W}$	$V_1 \cdot \Delta_s$
n	$\frac{e}{1+e}$	$1 - \frac{\gamma}{\Delta_s(1+W)}$	$\frac{W_g \cdot \Delta_s}{1+W_g \cdot \Delta_s}$	$1 - \frac{\gamma_u}{\Delta_s - 1}$	$\frac{\Delta_s \cdot W}{S_r + \Delta_s \cdot W}$	$1 - V_1$ 或 $V_1 \cdot e$
$\frac{n}{1-n}$	e	$\frac{\gamma_d \cdot W}{S_r - \gamma_d \cdot W}$	$W_g \cdot \Delta_s$	$\frac{\Delta_s - 1}{\gamma_u} - 1$	$\frac{\Delta_s \cdot W}{S_r}$	$\frac{n}{V_1}$
$\frac{\gamma}{\Delta_s(1-n)} - 1$	$\frac{\gamma(1+e)}{\Delta_s} - 1$	W	$\frac{W_g \cdot \gamma}{n} - 1$	$\frac{\gamma}{\gamma_u + 1 - n} - 1$	$S_r \cdot W_g$	$\frac{\gamma}{V_1 \cdot \Delta_s} - 1$
$\frac{\Delta_s \cdot W(1-n)}{n}$ 或 $\frac{W \cdot \gamma_d}{n}$	$\frac{W \cdot \gamma_d(1+e)}{e}$	$\frac{\Delta_s \cdot \gamma \cdot W}{\Delta_s(1+W) - \gamma}$	$\frac{W}{W_g}$	$\frac{\Delta_s \cdot W \cdot \gamma_u}{\Delta_s - \gamma_u - 1}$	S_r	$\frac{\gamma_d \cdot W}{1 - V_1}$
$\frac{n}{\gamma_d}$ 或 $\frac{n}{\Delta_s(1-n)}$	$\frac{e}{\gamma_d(1+e)}$	$\frac{\Delta_s(1+W) - \gamma}{\Delta_s \gamma}$	W_g	$\frac{\gamma_u \cdot \Delta_s}{n(\Delta_s - 1)}$	$\frac{W}{S_r}$	$\frac{V_1 \cdot e}{\gamma_d}$
$\gamma_d + n - 1$	$\frac{\Delta_s - 1}{1+e}$	$\frac{\gamma(1+W_g)}{1+W} - 1$	$\frac{n(\Delta_s - 1)}{\Delta_s \cdot W_g}$	γ_u	$\frac{S_r(\Delta_s - 1)}{S_r + \Delta_s \cdot W}$	$\frac{\gamma_d - V_1}{V_1(1+e)}$
$\frac{n}{e}$ 或 $1 - n$	$\frac{1}{1+e}$	$\frac{S_r - \gamma_d \cdot W}{S_r}$	$1 - \gamma_d \cdot W_g$	$\frac{\gamma_u}{\Delta_s - 1}$	$\frac{S_r}{S_r + \Delta_s \cdot W}$	V_1

定), 由此三者可计算出其他任一指标。

22. 土的主要物理力学性质指标参考数值表之一

表附1-1-22a

土的名称	土的潮湿程度	天然含水量 (%)	平均比重	天然容重 (t/m ³)			泊桑比 (μ)	侧压力系数 (ξ)	变形模量 E_0 (kg/cm ²)
				松散	中密	密实			
卵石土 (碎石土)	稍湿	<9	2.65~2.80	1.80~2.00	2.00~2.20	2.05~2.25	0.12~0.17	0.14~0.20	540~650 (碎石土 290~650)
	潮湿	9~24							
	饱和	>24							
砾石土	稍湿	<9	2.65~2.80	1.80~2.00	2.00~2.20	2.05~2.25	0.12~0.17	0.14~0.20	140~420
	潮湿	9~24							
	饱和	>24							
砾砂	稍湿	<9.5	2.66	1.85~1.90	1.90~2.00	2.00~2.10	0.26~0.30	0.35~0.42	360~480
	潮湿	9.5~21		1.95~2.00	2.00~2.10	2.10~2.15			
	饱和	>21		2.00~2.10	2.10~2.20	2.20~2.25			
中砂	稍湿	<9.5	2.66	1.60~1.70	1.70~1.80	1.80~1.95	0.26~0.30	0.35~0.42	310~420
	潮湿	9.5~21		1.70~1.85	1.85~1.95	1.95~2.05			
	饱和	>21		1.90~2.00	2.00~2.05	2.05~2.15			
细砂	稍湿	<9.5	2.66	1.50~1.60	1.60~1.75	1.75~1.90	0.26~0.30	0.35~0.42	250~360
	潮湿	9.5~21		1.65~1.75	1.75~1.90	1.90~2.00			190~310
	饱和	>21		1.85~1.90	1.90~2.00	2.00~2.10			
粉砂	稍湿	<9.5	2.66	1.50~1.60	1.60~1.80	1.80~2.00	0.26~0.30	0.35~0.42	175~210
	潮湿	9.5~24		1.70~1.80	1.80~1.90	1.90~2.05			140~175
	饱和	>24		1.85~1.90	1.90~2.00	2.00~2.15			90~140
轻粘砂土	半坚硬	<9.5	2.70	1.50~1.60	1.60~1.80	1.80~2.00	0.33~0.41	0.50~0.70	125~160
	可塑	9.5~16		1.70~1.80	1.80~1.90	1.90~2.05			50~125
	流塑	>16		<1.80	—	—			—
重粘砂土	半坚硬	<12.5	2.70	1.50~1.60	1.60~1.80	1.80~2.00	0.33~0.41	0.50~0.70	125~160
	可塑	12.5~19.5		1.70~1.80	1.80~1.90	1.90~2.05			50~125
	流塑	>19.5		1.80~1.90	—	—			—
轻中砂粘土	半坚硬	<15.5	2.71	1.50~1.70	1.70~1.90	1.90~2.00	0.33~0.41	0.50~0.70	160~390
	可塑	15.5~32.5		1.70~1.80	1.80~2.00	2.00~2.10			40~160
	流塑	>32.5		<1.80	—	—			—
重砂粘土	半坚硬	<18.5	2.71	1.50~1.70	1.70~1.90	1.90~2.00	0.33~0.41	0.50~0.70	160~390
	可塑	18.5~35.5		1.70~1.80	1.80~2.00	2.00~2.10			40~160
	流塑	>35.5		<1.80	—	—			—
轻粘土	半坚硬	<22.5	2.74	1.70~1.80	1.80~2.00	2.00~2.10	0.41~0.43	0.70~0.75	160~590
	可塑	22.5~52.5		1.80~1.90	1.90~2.05	2.05~2.15			40~160
	流塑	>52.5		<1.80	—	—			—
重粘土	半坚硬	<26.5	2.74	1.70~1.80	1.80~2.00	2.00~2.10	0.41~0.43	0.70~0.75	160~590
	可塑	26.5~86.5		1.80~1.90	1.90~2.05	2.05~2.15			40~160
	流塑	>86.5		<1.80	—	—			—

注: 1. 土在无侧限条件下受压时, 由压缩引起的侧向膨胀应变与纵向压缩应变的比值, 称为侧膨胀系数, 又叫泊桑比。

2. 土样在渗压容器中受到纵向压应力时, 容器垂直壁与土样间产生横向侧压力。侧压力的增加量与纵向压应力增加量之比值, 称为侧压力系数。

3. 土层受压, 在压应力变化范围不大时, 应力与应变成直线关系。压应力与应变的比例常数称变形模量。

土的主要物理力学性质指标参考数值表之二

表附1- I -22b

土的名称	土的潮湿程度	粘聚力 $C(\text{kg}/\text{cm}^2)$	内 摩 擦 角 φ (度)			安 息 角 α_A (度)		
			松 散	中 密	密 实	松 散	中 密	密 实
卵石土 (碎石土)	稍湿	—	30~33	33~37	37~40	30~33	33~37	37~40
	潮湿	—	30~33	33~37	37~40	30~33	33~37	37~40
	饱和	—	30~33	33~37	37~40	30~33	33~37	37~40
砾石土	稍湿	—	25~30	30~35	35~40	25~30	33~35	35~40
	潮湿	—	25~30	30~35	35~40	25~30	33~35	35~40
	饱和	—	25~30	30~35	35~40	25~30	33~35	35~40
砾砂	稍湿	—	33~36	35~38	37~42	35~37	37~40	40~45
	潮湿	—	28~30	30~33	33~35	28~30	30~33	33~35
	饱和	—	28~30	30~33	33~35	28~30	30~33	33~35
中砂	稍湿	—	30~33	33~36	35~38	33~36	36~38	40~45
	潮湿	—	28~30	30~33	33~35	28~30	30~33	33~35
	饱和	—	26~28	28~30	30~33	26~28	28~30	30~33
细砂	稍湿	—	27~30	30~34	33~36	30~33	33~37	40~45
	潮湿	—	24~26	26~28	28~30	24~26	26~28	28~30
	饱和	—	22~24	24~26	26~28	22~24	24~26	26~28
粉砂	稍湿	0.05	27~28	30~32	32~34	30~33	33~35	38~40
	潮湿	0.02~0.03	21~23	24~26	26~28	21~23	24~26	26~28
	饱和	0~0.01	17~19	19~21	21~23	17~19	19~21	21~23
轻粘砂土	半坚硬	0.10~0.15	24~26	26~28	28~30	33~37	37~40	40~45
	可塑	0.02~0.10	19~21	21~23	23~25	20~25	25~30	30~35
	流塑	—	≤14	—	—	—	—	—
重粘砂土	半坚硬	0.15~0.20	22~24	24~26	26~28	33~37	37~40	40~45
	可塑	0.05~0.15	18~20	20~22	22~24	20~25	25~30	30~35
	流塑	—	<14	—	—	—	—	—
轻中粘砂土	半坚硬	0.25~0.40	20~22	22~24	24~26	40	40	45
	可塑	0.05~0.25	14~18	18~20	20~22	20~25	25~30	30~35
	流塑	<0.05	≤10	—	—	—	—	—
重粘砂土	半坚硬	0.40~0.60	19~21	21~23	23~25	40	40	45
	可塑	0.10~0.40	13~17	17~19	19~21	20~25	25~30	30~35
	流塑	<0.05	<10	—	—	—	—	—
轻粘土	半坚硬	0.60~1.00	17~19	19~21	21~23	40	40	45
	可塑	0.10~0.60	11~15	15~17	17~19	20~25	25~30	30~37
	流塑	<0.05	≤6	—	—	—	—	—
重粘土	半坚硬	0.60~1.00以上	16~18	18~20	20~22	40	40	45
	可塑	0.20~0.60	8~14	14~16	16~18	20~25	25~30	30~37
	流塑	<0.05	<6	—	—	—	—	—

注：1. 土中粘聚力是由于土粒和吸附水之间的分子引力，土中胶结物质的粘着力，以及土中毛细管压力的亲和力所形成，为粘性土抗剪强度的组成部分。

2. 土中内摩擦力由于土粒表面的粗糙性而产生，并与所受法向压力成正比。内摩擦系数（ f ）通常以内摩擦角（ φ ）的正切表示之，其数值与土粒大小和形状、土的矿物成分以及土的含水量和密实程度有关。

3. 将土堆放在水平地面上形成稳定边坡时的坡度角称为安息角。

23. 土、石工程分级表

表附1-I-23

土石等级	等级名称	土石名称	钻眼 1m 所需时间			爆破 1m ³ 所需炮眼长度 (m)		开挖方法
			湿式凿岩一字合金钻头 (净钻分钟)	湿式凿岩普通洋火钻头 (净钻分钟)	双打眼 (工天)	路堑	隧道导坑	
I	松土	砂类土、腐植土、种植土、中密的砂粘土及粘砂土、松散的水份不大的粘土、含有30毫米以下的树根或灌木根的泥炭土						用铁锹挖，脚蹬一下到底的松散土层
II	普通土	水份较大的粘土，密实的砂粘土及粘砂土、密实半干硬的黄土、含有30毫米以上的树根或灌木根的泥炭土、碎石类土(不包括块石土及漂石土)						部分用镐刨松，再用铁锹挖，以脚蹬锹需连蹬数次才能挖动的
III	硬土	硬粘土、密实的硬黄土、含土较多的块石土及漂石土、各种风化或土状的岩石						必须用镐先整个刨过才能用锹的
IV	软石	各种松软岩石、岩盐、胶结不紧的砾石、泥质页岩、砂岩、煤、较坚实的泥灰岩、块石土及漂石土、软的节理多的石灰岩		7 以内	0.2 以内	0.2 以内	0.2 以内	部分用撬棍或十字镐及大锤开挖，部分用爆破法开挖
V	次坚石	硅质页岩、砂岩、白云岩、石灰岩、坚实的泥灰岩、软玄武岩、片麻岩、正长岩、花岗岩	15 以内	7 ~ 20	0.2 ~ 1.0	0.2 ~ 0.4	2.0 ~ 3.5	用爆破法开挖
VI	坚石	硬玄武岩、坚实的石灰岩、白云岩、大理岩、石英岩、闪长岩、粗粒花岗岩、正长岩	15 以上	20 以上	1.0 以上	0.4 以上	3.5 以上	用爆破法开挖

24. Q_s的冲(洪)积粘性土地基的基本承载力 (t/m²) 表 表附1-I-24a

基本承载力 σ_0 天然孔隙比 e	液性指数 (IL)											
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
0.5	45	44	43	42	40	38	35	31	27	—	—	—
0.6	42	41	40	38	36	34	31	28	25	21	—	—
0.7	40	37	35	33	31	29	27	24	22	19	16	—
0.8	38	33	30	28	26	24	23	21	18	16	14	—
0.9	32	28	26	24	22	21	19	18	16	14	12	—
1.0	—	23	22	21	19	17	16	15	14	12	—	—
1.1	—	—	16	15	14	13	12	11	10	—	—	—

注：1. 土中含有粒径大于2毫米的颗粒按重量计占全重30%以上时， σ_0 可酌予提高。

2. 地基承载力均录自铁路工程技术规范第二篇《桥涵》。

半干硬粘性土和Q_s及其以前的冲(洪)积粘性土地基的基本承载力表 表附1-I-24b

压缩模量 E_s (kg/cm ²)	100	150	200	250	300	350	400
基本承载力 σ_0 (t/m ²)	38	46	52	55	58	61	63

注： $E_s = \frac{1+e_1}{a_{1-2}}$ 式中： e_1 ——压力1 kg/cm²时土样的孔隙比；
 a_{1-2} ——对应于1—2 kg/cm²压力段的压缩系数 (cm²/kg)。