

各试验岩土参数取值汇总

类别	测试名称	参数取值	测试点数取样个数	修正要求
原位测试	岩石地基载荷试验	最小值(特征值)	≥ 3 个	
	浅层平板载荷试验	平均值(特征值)	≥ 3 个	极差不超过平均值的 30%
	深层平板载荷试验	平均值(特征值)	≥ 3 个	极差不超过平均值的 30%
	圆锥动力触探试验	用于评价取平均值 用于力学计算取标准值	土层连续贯入	剔除异常值, 进行杆长校正
	标准贯入试验	用于评价取平均值 用于力学计算取标准值	一般垂直间距, 1~1.5 米一个测点	剔除异常值, 不进行杆长校正
	十字板剪切试验	峰值强度	单点或多点	长期强度为峰值强度的 60%~70%
	抽水试验	平均值	1~3 个降深	剔除异常值
室内试验	单轴抗压强度试验	标准值	≥ 6 个	剔除异常值
	含水量试验	平均值	2 个平行试验	测定的差值: 当 $\omega < 10\%$ 时为 0.5%; 当 $10\% \leq \omega \leq 40\%$ 时为 1.0%; 当 $\omega > 30\%$ 时为 2.0%。 对层状和网状构造的冻土最大 允许值另有规定
	击实试验	最大干密度峰值	≥ 5 个	
	承载比试验	平均值	3 个平行试验	变异系数大于 12%, 去掉偏离大 值后取平均值; 变异系数小于 12%直接取平均值
	其他各土工试验	力学指标采用标准值, 因为力学指标计算的结果都有一个可靠度的问题, 例如: 抗剪强度指标 $c_k$ 、 $\phi_k$ 评价指标采用平均值, 因为评价指标不参与计算, 只做评价用, 例如: 含水率 $w$ 、标贯击数 $N$ 沉降计算采用的压缩性指标用平均值, 例如孔隙比 $e$ 、压缩系数 $a_v$ 、压缩模量 $E_s$		
工程检测	单桩竖向抗压、 抗拔载荷试验	3 根以上取平均值 3 根及以下取小值	多点	极差不超过平均值的 30%
	单桩水平载荷试验	平均值	多点	极差不超过平均值的 30%
	钻芯法(岩芯试样抗压 强度试验)	每组取平均值 每孔取小值	每孔取多组 每组取 3 块	
	土钉、锚杆抗拔试验	平均值(特征值)	≥ 3 根	极差不超过平均值的 30%

基础形式	扩散后形状	公式
圆形	圆形	$p_z = \frac{d^2(p_k - p_c)}{d'^2} = \frac{d^2(p_k - p_c)}{(d + 2z \tan \theta)^2}$
环形	环形 ( $d - 2z \tan \theta > 0$ )	$p_z = \frac{(D^2 - d^2)(p_k - p_c)}{D'^2 - d'^2} = \frac{(D^2 - d^2)(p_k - p_c)}{(D + 2z \tan \theta)^2 - (d - 2z \tan \theta)^2}$
	实心圆形 ( $d - 2z \tan \theta \leq 0$ )	不考虑应力叠加: $p_z = \frac{(D^2 - d^2)(p_k - p_c)}{D'^2} = \frac{(D^2 - d^2)(p_k - p_c)}{(D + 2z \tan \theta)^2}$ 考虑应力叠加: $p_z = \frac{(D^2 - d^2)(p_k - p_c)}{(D + 2z \tan \theta)^2 + (d - 2z \tan \theta)^2}$ 和 $2p_z$

基础形式	扩散后形状	公式
圆形	圆形	$p_z = \frac{d^2(p_k - p_c)}{d'^2} = \frac{d^2(p_k - p_c)}{(d + 2z \tan \theta)^2}$
环形	环形 ( $d - 2z \tan \theta > 0$ )	$p_z = \frac{(D^2 - d^2)(p_k - p_c)}{D'^2 - d'^2} = \frac{(D^2 - d^2)(p_k - p_c)}{(D + 2z \tan \theta)^2 - (d - 2z \tan \theta)^2}$
	实心圆形 ( $d - 2z \tan \theta \leq 0$ )	不考虑应力叠加: $p_z = \frac{(D^2 - d^2)(p_k - p_c)}{D'^2} = \frac{(D^2 - d^2)(p_k - p_c)}{(D + 2z \tan \theta)^2}$ 考虑应力叠加: $p_z = \frac{(D^2 - d^2)(p_k - p_c)}{(D + 2z \tan \theta)^2 + (d - 2z \tan \theta)^2}$ 和 $2p_z$

有无 预钻孔	地面 标高	计算公式（其中高度变化系数 $\delta = h_2/h_1$ 、振动下沉修正系数 $\xi$ 、桩间土平均挤密系数 $\bar{\eta}_c$ ） $\bar{\eta}_c \rho_{d\max} = \rho_{d2}$ , $\bar{\rho}_d = \rho_{d1}$
无 预钻孔	H 不变	三角形布桩: $s = 0.95d \sqrt{\frac{1+e_0}{e_0-e_1}} = 0.95d \sqrt{\frac{\rho_{d2}}{\rho_{d2}-\rho_{d1}}} = 0.95d \sqrt{\frac{\bar{\eta}_c \rho_{d\max}}{\bar{\eta}_c \rho_{d\max} - \bar{\rho}_d}} = 0.95d \sqrt{\frac{1}{m}}$ 正方形布桩: $s = 0.89d \sqrt{\frac{1+e_0}{e_0-e_1}} = 0.89d \sqrt{\frac{\rho_{d2}}{\rho_{d2}-\rho_{d1}}} = 0.89d \sqrt{\frac{\bar{\eta}_c \rho_{d\max}}{\bar{\eta}_c \rho_{d\max} - \bar{\rho}_d}} = 0.89d \sqrt{\frac{1}{m}}$
	H 变化	三角形布桩: $s = 0.95\xi d \sqrt{\frac{1+e_0}{e_0-e_1}} = 0.95d \sqrt{\frac{(1+e_0)\delta}{(1+e_0)\delta - (1+e_1)}} = 0.95d \sqrt{\frac{\rho_{d2}\delta}{\rho_{d2}\delta - \rho_{d1}}} = 0.95\xi d \sqrt{\frac{1}{m}}$ 正方形布桩: $s = 0.89\xi d \sqrt{\frac{1+e_0}{e_0-e_1}} = 0.89d \sqrt{\frac{(1+e_0)\delta}{(1+e_0)\delta - (1+e_1)}} = 0.89d \sqrt{\frac{\rho_{d2}\delta}{\rho_{d2}\delta - \rho_{d1}}} = 0.89\xi d \sqrt{\frac{1}{m}}$
有 预钻孔	H 不变	三角形布桩: $s = 0.95 \sqrt{\frac{D^2(1+e_0) - d_{\text{预钻孔}}^2(1+e_1)}{e_0-e_1}} = 0.95 \sqrt{\frac{\rho_{d2}D^2 - \rho_{d1}d_{\text{预钻孔}}^2}{\rho_{d2} - \rho_{d1}}} = 0.95 \sqrt{\frac{\bar{\eta}_c \rho_{d\max}D^2 - \rho_{d1}d_{\text{预钻孔}}^2}{\bar{\eta}_c \rho_{d\max} - \rho_{d1}}}$ 正方形布桩: $s = 0.89 \sqrt{\frac{D^2(1+e_0) - d_{\text{预钻孔}}^2(1+e_1)}{e_0-e_1}} = 0.89 \sqrt{\frac{\rho_{d2}D^2 - \rho_{d1}d_{\text{预钻孔}}^2}{\rho_{d2} - \rho_{d1}}} = 0.89 \sqrt{\frac{\bar{\eta}_c \rho_{d\max}D^2 - \rho_{d1}d_{\text{预钻孔}}^2}{\bar{\eta}_c \rho_{d\max} - \rho_{d1}}}$
	H 变化	三角形布桩: $s = 0.95\xi \sqrt{\frac{D^2(1+e_0) - d_{\text{预钻孔}}^2(1+e_1)}{e_0-e_1}} = 0.95 \sqrt{\frac{D^2(1+e_0)\delta - d_{\text{预钻孔}}^2(1+e_1)}{(1+e_0)\delta - (1+e_1)}} = 0.95 \sqrt{\frac{\rho_{d2}D^2\delta - \rho_{d1}d_{\text{预钻孔}}^2}{\rho_{d2}\delta - \rho_{d1}}}$ 正方形布桩: $s = 0.89\xi \sqrt{\frac{D^2(1+e_0) - d_{\text{预钻孔}}^2(1+e_1)}{e_0-e_1}} = 0.89 \sqrt{\frac{D^2(1+e_0)\delta - d_{\text{预钻孔}}^2(1+e_1)}{(1+e_0)\delta - (1+e_1)}} = 0.89 \sqrt{\frac{\rho_{d2}D^2\delta - \rho_{d1}d_{\text{预钻孔}}^2}{\rho_{d2}\delta - \rho_{d1}}}$

内摩擦角 $\varphi$ 与  $K_a$ 、 $K_p$  对应关系表

$\varphi$	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°
$K_a$	0.704	0.680	0.656	0.633	0.610	0.589	0.568	0.548	0.528	0.509
$K_p$	1.420	1.472	1.525	1.580	1.638	1.698	1.761	1.826	1.894	1.965
$\varphi$	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°
$K_a$	0.490	0.472	0.455	0.438	0.422	0.406	0.390	0.376	0.361	0.347
$K_p$	2.040	2.117	2.198	2.283	2.371	2.464	2.561	2.663	2.770	2.882
$\varphi$	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	38°	40°	45°
$K_a$	0.333	0.320	0.307	0.295	0.283	0.271	0.260	0.238	0.217	0.172
$K_p$	3.000	3.124	3.255	3.392	3.537	3.690	3.852	4.204	4.599	5.828

	主动土压力		被动土压力
①黏性土	$E_a = \frac{G \sin(\theta - \varphi) - cL \cos \varphi}{\sin(\alpha + \theta - \varphi - \delta)}$ 朗金条件: $\beta = 0^\circ$ , $\alpha = 90^\circ$ 时, $E_a = \frac{G \sin(\theta - \varphi) - cL \cos \varphi}{\cos(\theta - \varphi)}$		$E_p = \frac{G \sin(\theta + \varphi) + cL \cos \varphi}{\sin(\alpha + \theta + \varphi + \delta)}$ 朗金条件: $\beta = 0^\circ$ , $\alpha = 90^\circ$ 时, $E_p = \frac{G \sin(\theta + \varphi) + cL \cos \varphi}{\cos(\theta + \varphi)}$
②无黏性土	$E_a = \frac{G \sin(\theta - \varphi)}{\sin(\alpha + \theta - \varphi - \delta)}$ 朗金条件: $\beta = 0^\circ$ , $\alpha = 90^\circ$ 时, $E_a = G \tan(\theta - \varphi)$		$E_p = \frac{G \sin(\theta + \varphi)}{\sin(\alpha + \theta + \varphi + \delta)}$ 朗金条件: $\beta = 0^\circ$ , $\alpha = 90^\circ$ 时, $E_p = G \tan(\theta + \varphi)$
$G$	通用公式: $G = \frac{1}{2} \gamma H^2 \frac{\sin(\alpha + \beta) \sin(\alpha + \theta)}{\sin^2 \alpha \sin(\theta - \beta)}$ 简化公式 1: $\alpha = 90^\circ$ 时, $G = \frac{1}{2} \gamma H^2 \frac{\cos \beta \cos \theta}{\sin(\theta - \beta)}$ 简化公式 2: $\beta = 0^\circ$ 时, $G = \frac{1}{2} \gamma H^2 \frac{\sin(\alpha + \theta)}{\sin \alpha \sin \theta} = \frac{1}{2} \gamma H^2 (\frac{1}{\tan \theta} + \frac{1}{\tan \alpha})$ 朗金条件: $\beta = 0^\circ$ , $\alpha = 90^\circ$ 时, $G = \frac{1}{2} \gamma H^2 \frac{1}{\tan \theta} = \frac{1}{2} \gamma b H$		
$L$	$L = \frac{H \sin(\alpha + \beta)}{\sin \alpha \sin(\theta - \beta)}$ 朗金条件: $\beta = 0^\circ$ , $\alpha = 90^\circ$ 时, $L = H / \sin \theta$		
特殊 1.1 填土后有岩石 ( $\theta > 45^\circ + \varphi/2$ )	岩质边坡: 边坡 6.2.8、地规 6.7.3 $E_a = \frac{G \sin(\theta - \delta_R) - cL \cos \delta_R}{\sin(\alpha + \theta - \delta_R - \delta)}$ $E_p = \frac{G \sin(\theta + \delta_R) + cL \cos \delta_R}{\sin(\alpha + \theta + \delta_R + \delta)}$		
特殊 1.2 填土后有岩石 ( $\theta < 45^\circ + \varphi/2$ )	无黏性土: (1) 填土内: 沿 $45^\circ + \varphi/2$ 的滑裂面, 用 $\varphi$ , 库仑理论/楔体公式② (2) 填土与岩石交接界面: $E_a = G \sin(\theta - \delta_R) / \sin(\alpha + \theta - \delta_R - \delta)$		
特殊 1.3 对称挡墙 无黏性土	(1) $\theta > 45^\circ + \varphi/2$ 时, 沿 $\theta$ 的滑裂面, 楔体公式② (2) $\theta < 45^\circ + \varphi/2$ 时, 沿 $45^\circ + \varphi/2$ 的滑裂面, 楔体公式②		
特殊 1.4 对称挡墙 黏性土 ( $\alpha = 90^\circ, \delta = 0$ )	$z_0 = \frac{2c}{\gamma \sqrt{K_a}}$	(1) $\theta' = \tan^{-1} \frac{b}{H - z_0} \geq 45^\circ - \varphi/2$ 时, $E_a = \frac{1}{2} \gamma (H - z_0)^2 K_a$ (2) $\theta' = \tan^{-1} \frac{b}{H - z_0} < 45^\circ - \varphi/2$ 时, $G = \frac{1}{2} \gamma (H - z_0)^2 \tan \theta' + \gamma z_0 (H - z_0) \tan \theta'$ $L = (H - z_0) / \cos \theta'$ , 代入楔体公式①求解	
特殊 2 地震 (地震角 $\rho$ )	$E_a = \frac{\frac{G}{\cos \rho} \sin(\theta - \varphi + \rho) - cL \cos(\varphi - \rho)}{\sin(\alpha + \theta - \varphi - \delta)}$		$E_p = \frac{\frac{G}{\cos \rho} \sin(\theta + \varphi - \rho) + cL \cos(\varphi - \rho)}{\sin(\alpha + \theta + \varphi + \delta)}$
水平分力 竖直分力	$E_x = E_a \sin(\alpha - \delta)$ $E_y = E_a \cos(\alpha - \delta)$		
均布荷载 $q$	$G' = G \times k_q = \frac{1}{2} \gamma H^2 \frac{\sin(\alpha + \beta) \sin(\alpha + \theta)}{\sin^2 \alpha \sin(\theta - \beta)} \times (1 + \frac{2q \sin \alpha \cos \beta}{\gamma H \sin(\alpha + \beta)})$ 简化公式: $\beta = 0^\circ$ 时, $G' = (\frac{1}{2} \gamma H^2 + qH)(\frac{1}{\tan \theta} + \frac{1}{\tan \alpha})$		

主动土压力	土压力强度 $e_a$	水土分算		$e_a = (\sum \gamma' h + q)K_a - 2c\sqrt{K_a}$ , $e_w = \gamma_w h_w$
		水土合算		$e_a = (\sum \gamma_{\text{sat}} h + q)K_a - 2c\sqrt{K_a}$
	计算土压力 $E_a$	砂土 $c = 0$		$E_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a + qHK_a$
		黏性土 $c \neq 0$	$z_0 \geq 0$	$E_a = \frac{1}{2}\gamma(H - z_0)^2 K_a$
			$z_0 < 0$	$E_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a + (qK_a - 2c\sqrt{K_a})H$
	计算力矩 $E_a a_a$	砂土 $c = 0$		$E_a a_a = \frac{1}{6}\gamma H^3 K_a + \frac{1}{2}qH^2 K_a$
		黏性土 $c \neq 0$	$z_0 \geq 0$	$E_a a_a = \frac{1}{6}\gamma(H - z_0)^3 K_a$
$z_0 < 0$			$E_a a_a = \frac{1}{6}\gamma H^3 K_a + (qK_a - 2c\sqrt{K_a})\frac{H^2}{2}$	
被动土压力	土压力强度 $e_a$	水土分算		$e_p = \sum \gamma' h K_p + 2c\sqrt{K_p}$ , $e_w = \gamma_w h_w$
		水土合算		$e_p = \sum \gamma_{\text{sat}} h K_p + 2c\sqrt{K_p}$
	计算土压力 $E_p$			$E_p = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_p + 2cH\sqrt{K_p}$
	计算力矩 $E_p a_p$			$E_p a_p = \frac{1}{6}\gamma H^3 K_p + cH^2\sqrt{K_p}$
土压力零点位置 $z_0$				$z_0 = (\frac{2c}{\sqrt{K_a}} - q)/\gamma$

自重湿陷量 $\Delta_{zs}$ 计算（起始： $\left\{ \begin{array}{l} \text{一般：天然地面} \\ \text{挖、填方场地：设计地面} \end{array} \right.$ ， $\delta_{zs} < 0.015$ 的土层不累计）

湿陷性黄土地（计算至 $\min\{\text{非湿陷性黄土层顶面}(\delta_s \geq 0.015 \text{ 或题示})$ ，控制性勘探点深度）				
$\beta_0$	I 陇西地区	II 陇东-陕北-晋西	III 关中地区	其它地区
	1.5	1.2	0.9	0.5

总湿陷量 $\Delta_s$ 计算（起始： $\left\{ \begin{array}{l} \text{一般：基础底面} \\ \text{初勘阶段、基底标高不确定：自地面下1.5m} \end{array} \right.$ ，湿陷系数  $\delta_s < 0.015$ 的土层不累计）

自重湿陷性黄土地（ $\Delta_{zs} > 70\text{mm}$ ）（计算至 $\min\{\text{非湿陷性黄土层顶面}(\delta_s \geq 0.015 \text{ 或题示})$ ，控制性勘探点深度）								
基底(或 1.5m)以下深度 $z(\text{m})$ / 取样深度 $h_t(\text{m})$	I 陇西地区		II 陇东-陕北-晋西		III 关中地区		其它地区	
	$\alpha$ (无水)	$\beta$	$\alpha$ (无水)	$\beta$	$\alpha$ (无水)	$\beta$	$\alpha$ (无水)	$\beta$
$0 \leq z \leq 5$ ( $h_{\text{基底}} < h_1 \leq h_{\text{基底}} + 5$ )	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5
$5 < z \leq 10$ ( $h_{\text{基底}} + 5 < h_1 \leq h_{\text{基底}} + 10$ )	1	1.5	1	1.2	1	1	1	1
$10 < z \leq 20$ ( $h_{\text{基底}} + 10 < h_1 \leq h_{\text{基底}} + 20$ )	0.9	1.5	0.9	1.2	0.9	0.9	0.9	0.5
$20 < z \leq 25$ ( $h_{\text{基底}} + 20 < h_1 \leq h_{\text{基底}} + 25$ )	0.6	1.5	0.6	1.2	0.6	0.9	0.6	0.5
$z > 25$ ( $h_1 > h_{\text{基底}} + 25$ )	0.5	1.5	0.5	1.2	0.5	0.9	0.5	0.5

计算深度： $z_{\text{总}} = \sum h_{\text{取样}} + h_{\text{井口}} - h_{\text{基础}} + 0.5\text{m}$ （一般 $h_{\text{井口}} = 0$ ）

非自重湿陷性黄土地（ $\Delta_{zs} \leq 70\text{mm}$ ）（计算至 $\max\{\text{基底} \text{ 下 } 10\text{m}, \text{地基压缩层深度}\}$ ）								
基底(或 1.5m)以下深度 $z(\text{m})$ / 取样深度 $h_t(\text{m})$	I 陇西地区		II 陇东-陕北-晋西		III 关中地区		其它地区	
	$\alpha$ (无水)	$\beta$	$\alpha$ (无水)	$\beta$	$\alpha$ (无水)	$\beta$	$\alpha$ (无水)	$\beta$
$0 \leq z \leq 5$ ( $h_{\text{基底}} < h_1 \leq h_{\text{基底}} + 5$ )	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5
$5 < z \leq 10$ ( $h_{\text{基底}} + 5 < h_1 \leq h_{\text{基底}} + 10$ )	1	1	1	1	1	1	1	1
$10 < z \leq 20$ ( $h_{\text{基底}} + 10 < h_1 \leq h_{\text{基底}} + 20$ )	0.9	1	0.9	1	0.9	0.9	0.9	0.5
$20 < z \leq 25$ ( $h_{\text{基底}} + 20 < h_1 \leq h_{\text{基底}} + 25$ )	0.6	1	0.6	1	0.6	0.9	0.6	0.5
$z > 25$ ( $h_1 > h_{\text{基底}} + 25$ )	0.5	1	0.5	1	0.5	0.9	0.5	0.5

软土按有机质含量分类			
有机质含量	详细特征	分类名称	
$W_u < 5\%$		无机土	
$5\% \leq W_u \leq 10\%$	$\omega > \omega_L, 1.0 \leq e \leq 1.5$	淤泥质土	有机质土
	$\omega > \omega_L, e \geq 1.5$	淤泥	
$10\% < W_u \leq 60\%$	$10\% < W_u \leq 25\%$	弱泥炭质土	泥炭质土
	$25\% < W_u \leq 40\%$	中泥炭质土	
	$40\% < W_u \leq 60\%$	强泥炭质土	
$W_u > 60\%$		泥炭	

特征周期 $T_g$ 等值线表(可插值) 罕遇+0.05s																										
$v_{se}$ (m/s)	$d_{ov}$ (m)																									场地类别
	<2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	10.0	15.0	20.0	30.0	35.0	40.0	45.0	48.0	50.0	65.0	80.0	90.0	100.0	110.0	≥120			
>510	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	I	
500	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	I
450	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	0.28	0.29	0.29	0.30	0.30	0.30	0.31	0.32	0.33	0.33	0.34	0.34	0.34	II
400	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.26	0.26	0.26	0.27	0.28	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.35	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41	0.41	0.41	0.41	II
350	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.26	0.26	0.26	0.27	0.28	0.30	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.36	0.38	0.39	0.40	0.41	0.41	0.42	0.42	II
300	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.26	0.27	0.27	0.28	0.29	0.31	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37	0.37	0.39	0.40	0.41	0.41	0.42	0.42	0.42	0.42	II
275	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.26	0.27	0.27	0.28	0.30	0.32	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.38	0.40	0.41	0.42	0.42	0.43	0.43	0.43	0.43	II
250	0.25	0.25	0.25	0.26	0.26	0.27	0.27	0.27	0.28	0.31	0.33	0.35	0.36	0.37	0.37	0.38	0.39	0.40	0.42	0.42	0.43	0.44	0.45	0.45	0.45	III
225	0.25	0.25	0.25	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.32	0.34	0.36	0.37	0.38	0.38	0.39	0.39	0.41	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.47	0.47	III
200	0.25	0.25	0.25	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.32	0.34	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40	0.40	0.42	0.44	0.45	0.46	0.47	0.49	0.49	0.49	III
180	0.25	0.25	0.25	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.32	0.35	0.37	0.38	0.39	0.40	0.40	0.41	0.43	0.46	0.48	0.49	0.50	0.51	0.51	0.51	III
160	0.25	0.25	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.31	0.33	0.36	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.42	0.46	0.49	0.51	0.53	0.55	0.57	0.57	0.57	III
150	0.25	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.31	0.34	0.36	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.43	0.47	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59	0.59	0.59	III
140	0.25	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.31	0.34	0.36	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44	0.44	0.48	0.52	0.54	0.56	0.58	0.6	0.6	0.6	III
120	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29	0.3	0.32	0.32	0.33	0.35	0.37	0.40	0.41	0.43	0.44	0.45	0.46	0.5	0.54	0.57	0.6	0.63	0.66	0.66	III	
100	0.25	0.25	0.26	0.28	0.29	0.31	0.33	0.33	0.34	0.36	0.38	0.41	0.43	0.44	0.46	0.47	0.48	0.52	0.57	0.6	0.63	0.66	0.69	0.69	III	
90	0.25	0.25	0.26	0.28	0.29	0.31	0.33	0.33	0.34	0.36	0.38	0.41	0.43	0.45	0.47	0.48	0.48	0.53	0.58	0.62	0.65	0.68	0.71	0.71	III	
85	0.25	0.25	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.34	0.35	0.36	0.38	0.42	0.43	0.45	0.48	0.49	0.49	0.54	0.6	0.64	0.67	0.71	0.74	0.74	III	
80	0.25	0.25	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.34	0.35	0.36	0.38	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50	0.50	0.56	0.62	0.66	0.70	0.74	0.77	0.77	III	
70	0.25	0.25	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.34	0.35	0.37	0.39	0.43	0.44	0.46	0.50	0.51	0.51	0.58	0.65	0.70	0.74	0.81	0.83	0.83	III	
60	0.25	0.25	0.26	0.28	0.31	0.33	0.35	0.35	0.36	0.37	0.39	0.43	0.45	0.47	0.51	0.53	0.53	0.61	0.69	0.74	0.79	0.87	0.88	0.88	III	
50	0.25	0.25	0.26	0.28	0.31	0.33	0.35	0.35	0.36	0.38	0.40	0.44	0.45	0.47	0.52	0.54	0.55	0.64	0.72	0.78	0.84	0.94	0.94	0.94	III	
45	0.25	0.25	0.26	0.28	0.31	0.33	0.35	0.35	0.36	0.38	0.40	0.44	0.46	0.48	0.53	0.55	0.56	0.65	0.74	0.80	0.86	0.97	0.97	0.97	III	
40	0.25	0.25	0.26	0.28	0.31	0.33	0.35	0.35	0.36	0.38	0.40	0.44	0.46	0.48	0.54	0.56	0.56	0.66	0.76	0.82	0.88	1.00	1.00	1.00	III	
30	0.25	0.25	0.26	0.29	0.31	0.34	0.36	0.36	0.37	0.39	0.41	0.46	0.48	0.50	0.55	0.57	0.58	0.69	0.79	0.86	0.93	1.00	1.00	1.00	III	
场地类别	I	II									III									IV						

阻尼比汇总					
类型	高度		小震	大震	出处
一般结构	无高度限制		0.05	≤0.07	高 3.11.3
钢结构	偏心支撑 框架部分倾覆力矩>0.5 总倾覆力矩	H≤50m	0.045	0.05	抗 8.2.2
		50<H<200m	0.035		
		H≥200m	0.025		
	其它	H≤50m	0.04		
		50<H<200m	0.03		
		H≥200m	0.02		
混合结构	----		0.04	0.05	高 11.3.5

桥涵分类		
桥涵分类	多孔跨径总长 $L$ (m)	单孔跨径 $L_k$
特大桥	$L > 1000$	$L_k > 150$
大桥	$100 \leq L \leq 1000$	$40 \leq L_k \leq 150$
中桥	$30 < L < 100$	$20 \leq L_k < 40$
小桥	$8 \leq L \leq 30$	$5 \leq L_k < 20$
涵洞	---	$L_k < 5$

【《高层建筑岩土工程勘察标准》附录 H.0.6 条文说明】独基

对于砂性土地基：仅需进行基础尺寸修正  
对于粘性土地基：需进行基础尺寸和基础形状两项修正  
(1) 基础尺寸修正

根据实际基础尺寸，修正后的竖向地基土基床系数  $K_{v1}$  (kN/m³)按下列公式计算：

黏性土：
$$K_{v1} = \frac{0.30}{b} K_v \tag{13}$$

砂 土：
$$K_{v1} = \left( \frac{b+0.30}{2b} \right)^2 K_v \tag{14}$$

(2) 基础形状修正  
根据实际基础形状，修正后的竖向地基基床系数  $K_s$  (kN/m³)按下列公式计算：

黏性土：
$$K_s = K_{v1} \left( \frac{2l+b}{3l} \right) \tag{15}$$

砂 土：
$$K_s = K_{v1} \tag{16}$$

b、l：基础尺寸(m)

地下水抗浮设防水位=勘察期间实测地下水位+地下水季节变化幅度(旱季勘察时变幅大值，雨季勘察时变幅小值)+意外补给可能带来的地下水升高值

地下水抗浮设防地下水埋深=勘察期间实测地下水埋深-地下水季节变化幅度(旱季勘察时变幅大值，雨季勘察时变幅小值)-意外补给可能带来的地下水升高值

环境对冻深的影响系数 $\psi_{ze}$ （《建筑地基》表 5.1.7-3）

城市人口	市区	近郊 (人口未知时按 0.95)	村、镇、旷野
20 万-50 万	0.95	1	1
(50 万-100 万]	0.9	1	1
>100 万	0.9	0.95（市区 5km 以内，近郊） 1（市区 5km 以外，郊外）	

环境对冻深的影响系数 $\psi_{ze}$ （《公路桥涵地基》表 5.1.2-3）

城市人口	市区	近郊 (人口未知时按 0.95)	村、镇、旷野
20 万-50 万	0.95	1	1
(50 万-100 万]	0.9	1	1
>100 万	0.9	0.95（市区 5km 以内，近郊） 1（市区 5km 以外，郊外）	

山南水北为阳，山北水南为阴

环境对冻深的影响系数 $\psi_{ze}$ （《建筑地基》表 5.1.7-3）

城市人口	市区	近郊 (人口未知时按 0.95)	村、镇、旷野
20 万-50 万	0.95	1	1
(50 万-100 万]	0.9	1	1
>100 万	0.9	0.95（市区 5km 以内，近郊） 1（市区 5km 以外，郊外）	

环境对冻深的影响系数 $\psi_{zc}$ （《铁路地质勘察》附 F.0.1 条文）

城市人口	市区	近郊	村、镇、旷野
20 万-50 万	0.9	1	1
(50 万-100 万]	0.9	0.95（市区 10km 以内，近郊） 1（市区 10km 以外，郊外）	
>100 万	0.9	0.95（市区 20km 以内，近郊） 1（市区 20km 以外，郊外）	

山南水北为阳，山北水南为阴

浅层平板、深层平板、螺旋板载荷试验对比

试验名称	浅层平板载荷试验	深层平板载荷试验	螺旋板载荷试验
适用范围	适用于确定浅层地基土层承载力 and 变形参数	适用于确定深层土及大直径桩的桩端土层承载力	适用于确定深层土或地下水位以下的土层承载力
承压板大小	承压板面积不应小于 0.25m²，对于软土不应小于 0.5m²	承压板面积宜选用 0.5m²	承压板直径根据土性分别取 0.160m 或 0.252m
边载条件	无边载，且试验基坑宽度不应小于承压板宽度或直径的 3 倍	试井直径应等于承压板直径	—
承载力的确定	取比例界限和最大加载量一半两者的小值		

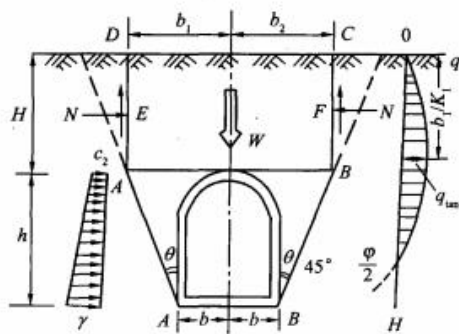


图 7-3-4 土质较好的浅埋洞室

土压力计算示意

(2) 对上覆土层较好的浅埋洞室, 松动土体压力可按式计算:

洞顶垂直均布压力:

$$q_v = \gamma H \left[ 1 - \frac{H}{2b_1} K_1 - \frac{c}{b_1 \gamma} (1 - 2K_2) \right]$$

洞侧水平均布压力:

$$q_h = (\gamma/2)(2H + h) \tan^2 (45 - \varphi/2)$$

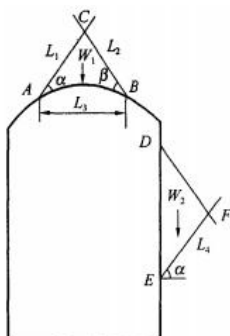


图 7-3-1 洞顶洞壁分离

块体稳定性计算

$$\frac{L_1}{\sin \beta} = \frac{L_2}{\sin \alpha}$$

### 松动土体压力计算《工程地质手册》P810

(1) 对粉细砂、淤泥或新回填土中的浅埋洞室, 松动土体压力可按式计算:

洞顶垂直均布压力:

$$q_v = \gamma H$$

洞侧水平均布压力:

$$q_h = (\gamma/2)(2H + h) \tan^2 (45 - \varphi/2)$$

$$b_1 = b + h \tan (45 - \varphi/2)$$

$$K_1 = \tan \varphi \tan^2 (45 - \varphi/2)$$

$$K_2 = \tan \varphi \tan (45 - \varphi/2)$$

### 洞室分离块体的稳定性计算《工程地质手册》P809

(1) 洞壁块体的稳定性

$$F_s = (W_2 \cos \alpha \tan \varphi + c_1 L_1) / (W_2 \sin \alpha)$$

式中  $\varphi$ ——结构面  $L_1$  的内摩擦角 ( $^\circ$ );

$c_1$ ——结构面  $L_1$  的黏聚力 (kPa);

$\alpha$ ——结构面  $L_1$  的倾角 ( $^\circ$ );

$W_2$ ——块体的重力 (kN)。

(2) 洞顶块体的稳定性

$$F_s = [2(c_1 L_1 + c_2 L_2)(\cos \alpha + \cos \beta)] / \gamma L_3^2$$

式中  $c_1$ ——结构面  $L_1$  的黏聚力 (kPa);

$c_2$ ——结构面  $L_2$  的黏聚力 (kPa);

$\alpha$ ——结构面  $L_1$  的倾角 ( $^\circ$ );

$\beta$ ——结构面  $L_2$  的倾角 ( $^\circ$ );

$\gamma$ ——岩体的重度 (kN/m<sup>3</sup>)。

(3) 稳定性判别标准

当  $F_s \geq 2$  时, 块体稳定;

当  $F_s < 2$  时, 块体不稳定。

特征周期  $T_g$  等值线表 (可插值) 罕遇 +0.05s

$v_{se}$ (m/s)	$d_{ov}$ (m)																				场 类
	<2.55	2.55	3	3.45	(3.45~4.25)	4.25	5	5.75	(5.75~12.75)	12.75	15	17.25	(17.25~42.5)	42.5	50	57.5	57.5~68	68	80	92	>92
>575	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
575	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.281	0.281	0.281	0.281	0.281	0.281	0.281	0.281	0.281	0.281	0.281	0.281	0.281	0.281	0.281	0.281
500	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.293	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
425	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.293	0.3	0.303	∞	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
(287.5~425)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.293	0.3	0.303	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
287.5	0.25	0.285	0.285	0.285	∞	0.293	0.3	0.303	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.372	0.372	0.372	0.372	0.372	0.372	0.372	0.372
250	0.25	0.293	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.303	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.378	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
212.5	0.25	0.293	0.3	0.306	∞	0.317	0.325	0.333	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.378	0.4	0.438	∞	0.456	0.456	0.456	0.456
(172.5~212.5)	0.25	0.293	0.3	0.306	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.378	0.4	0.438	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
172.5	0.25	0.293	0.3	0.306	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.378	0.378	0.378	0.378	0.378	0.4	0.438	0.45	0.49	0.516	0.516	0.516
150	0.25	0.293	0.3	0.306	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.386	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.438	0.45	0.49	0.55	0.55	0.55
127.5	0.25	0.293	0.3	0.306	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.386	0.4	0.409	∞	0.415	0.415	0.438	0.45	0.49	0.55	0.58	0.58
≤60	0.25	0.293	0.3	0.306	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.386	0.4	0.409	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.49	0.55	0.67	0.65
场地类别	I	II										III					IV				

表 14 饱和土的 A 值

土类	砂类土	粉土	粉质黏土		黏土	
			OCR=1	1<OCR≤4	OCR=1	1<OCR≤4
A	0	0.10~0.20	0.15~0.25	0~0.15	0.25~0.5	0~0.25

### 按相对变形值确定天然地基及人工地基承载力特征值

地基类型	地基土性质	特征值对应的变形值
天然地基	高压缩性土	0.015 <i>b</i>
	中压缩性土	0.012 <i>b</i>
	低压缩性土和砂性土	0.010 <i>b</i>
人工地基	中、低压缩性土	0.010 <i>b</i>

### 软土按有机质含量分类

有机质含量	详细特征	分类名称	
$W_u < 5\%$		无机土	
$5\% \leq W_u \leq 10\%$	$\omega > \omega_L, 1.0 \leq e \leq 1.5$	淤泥质土	有机质土
	$\omega > \omega_L, e \geq 1.5$	淤泥	
$10\% < W_u \leq 60\%$	$10\% < W_u \leq 25\%$	弱泥炭质土	泥炭质土
	$25\% < W_u \leq 40\%$	中泥炭质土	
	$40\% < W_u \leq 60\%$	强泥炭质土	
$W_u > 60\%$		泥炭	

沉降计算经验系数  $\psi_s$

基底附加压力 $p_0$	$\bar{E}_s = (\sum A_i) / (\sum \frac{A_i}{E_{si}})$ (MPa) $A_i = \frac{(\alpha_{j-1} + \alpha_j) l_j}{2}$								
	2.5	2.5~4	4	4~7	7	7~15	15	15~20	20
$p_0 \geq f_{ak}$	1.4	$\frac{47 - 2\bar{E}_s}{30}$	1.3	$-0.1\bar{E}_s + 1.7$	1	$\frac{61 - 3\bar{E}_s}{40}$	0.4	$-0.04\bar{E}_s + 1$	0.2
$p_0 \leq 0.75f_{ak}$	1.1	$\frac{19 - \bar{E}_s}{15}$	1	$-0.1\bar{E}_s + 1.4$	0.7	$\frac{77 - 3\bar{E}_s}{80}$			
$0.75f_{ak} < p_0 < f_{ak}$ 时: 插值									

沉降计算经验系数  $\psi_s$

基底附加压力 $p_0$	$\bar{E}_s = (\sum A_i)/(\sum \frac{A_i}{E_{si}})$ (MPa) $A_i = \frac{(\alpha_{j-1}+\alpha_j)h_i}{2}$								
	2.5	2.5~4	4	4~7	7	7~15	15	15~20	20
$p_0 \geq f_{ak}$	1.4	$\frac{47-2\bar{E}_s}{30}$	1.3	$-0.1\bar{E}_s+1.7$	1	$\frac{61-3\bar{E}_s}{40}$	0.4	$-0.04\bar{E}_s+1$	0.2
$p_0 \leq 0.75f_{ak}$	1.1	$\frac{19-\bar{E}_s}{15}$	1	$-0.1\bar{E}_s+1.4$	0.7	$\frac{77-3\bar{E}_s}{80}$			
$0.75f_{ak} < p_0 < f_{ak}$ 时: 插值									



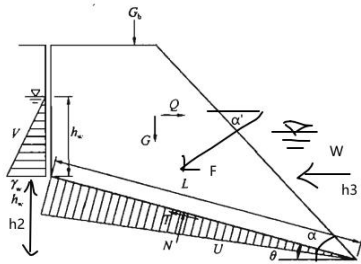


图 A.0.2 平面滑动面边坡计算简图

$G_b$ : 滑体单位宽度竖向附加荷载 (kN/m)

$c$ : 滑面粘聚力 (kPa)

$L$ : 滑面长度 (m)

$F$ : 单位宽度锚杆力 (kN/m)

通用公式	$F_s = \frac{[(G' + G_b) \cos \theta + W \cos (\alpha - \theta) - Q \sin \theta - V \sin \theta - U + F \sin (\theta + \alpha')] \tan \varphi + cL + F \cos (\theta + \alpha')}{(G + G_b) \sin \theta + Q \cos \theta + V \cos \theta - W \sin (\alpha - \theta)}$	
$L$	无裂隙 $L = \frac{H}{\sin \theta}$	有裂隙 $L = \frac{h_2}{\sin \theta}$
$G'$	$G = \frac{1}{2} \gamma H^2 \left[ \frac{1 - (\frac{h_1}{H})^2}{\tan \theta} - \frac{1}{\tan \alpha} \right]$ $H = h_1 + h_2$	
	坡面不透水 $G' = G$	坡面透水 $G' = G - \gamma_w V_w$
地震 $Q_e$	$Q_e = a_w G$	
坡面水 $W$	坡面有水: $W = \frac{1}{2} \gamma_w h_3^2 \frac{1}{\sin \alpha}$	
裂隙水 $V$	裂隙有水: $V = \frac{1}{2} \gamma_w h_w^2$	
滑面水 $U$	滑面有水, 坡脚堵水 / $h_3$ 水位剧降 $U = \frac{1}{2} \gamma_w h_2^2 \frac{1}{\sin \theta}$	坡面水和滑面水联通 / 坡脚渗水 / 水位稳定 $U = \frac{1}{2} \gamma_w \frac{(h_1 + h_3) h_2}{\sin \theta}$
锚杆力 $F$	$F = \frac{F'}{s}$	

#### 锚索加固边坡计算公式

计算原理	计算公式	公式来源
圆弧滑动抗滑移	$K_s = \frac{W_2 d_2 + N_{ak} d_4 / s_x + cLR}{W_1 d_1 - W_3 d_3}$	《工程地质手册》P669 手册二 P104
平面滑动抗滑移	$K_s = \frac{[G \cos \theta + N \sin (\theta + \alpha')] \tan \varphi + cL + N \cos (\theta + \alpha')}{G \sin \theta}$	《建筑边坡工程技术规范》附录 A 手册二 P96
	$K_s = \frac{[G \cos \theta + N \sin (\theta + \alpha')] \tan \varphi + cL}{G \sin \theta - N \cos (\theta + \alpha')}$	《建筑边坡工程鉴定与加固技术规范》附录 A 手册四 P352
抗倾覆	$F_s = \frac{M_R + N / s_x \times (\gamma \cos \alpha' + x \sin \alpha')}{M_s}$	《建筑边坡工程技术规范》11.2 手册二 P143
抗滑移	$F_s = \frac{(G_n + E_{an} + N \sin (\alpha - \alpha')) \mu - N \cos (\alpha - \alpha')}{E_{at} - G_t}$	《建筑边坡工程技术规范》11.2 手册二 P142
危岩加固抗滑移 (锚喷支护)	$K_b = \frac{\sum N_{aki} \cos (\theta + \alpha') + f \sum N_{aki} \sin (\theta + \alpha')}{G \sin \theta - f G \cos \theta - cH / \sin \theta}$	《建筑边坡工程技术规范》10.2.4 手册二 P138
抗滑移	锚索拉力 $P_t = \frac{F}{\lambda \sin (\theta + \alpha') \tan \varphi + \cos (\theta + \alpha')}$	《铁路路基支挡结构设计规范》12.2.4 手册三 P323
	锚杆设计锚固力 $P_d = \frac{F}{\sin (\theta + \alpha') \tan \varphi + \cos (\theta + \alpha')}$	《公路路基设计规范》5.5.4 手册三 P220
抗倾覆抗滑移	$\zeta_L R_N + R_0 \geq KS$	《建筑边坡工程鉴定与加固技术规范》6.2.2 手册四 P345

说明表 10.5.5—2 预测地表最大变形值的经验公式

项 目	中国科学院矿冶研究所 煤炭科学院北京研究所	唐山煤炭科学研究院
最大倾斜值 $i_0$ (mm/m 或‰)	$i_0 = \eta_0/r$	$i_0 = 0.9\eta_0/r$
最大曲率值 $K_0$ (mm/m)	$K_0 = \pm 1.52\eta_0/r^2$	$K_0 = 1.39\eta_0/L$
最大水平移动值 $\xi_0$ (mm/m)	$\xi_0 = b\eta_0$	$\xi_0 = 0.9K_H\eta_0/L$
最大水平变形值 $\varepsilon_0$ (mm/m)	$\varepsilon_0 = \pm 1.52bi_0$	$\varepsilon_0 = 1.39K_H\eta_0/L^2$

$H_0$ ——平均开采深度(m)；  
 $L$ ——盆地中心(最大下沉点)至下沉曲线拐点(转折点)的距离(m)；  
 $b$ ——水平移动系数,界于0.2~0.4之间。  
 $K_H$ ——系数,界于5~20之间,一般采用10~20。

### 岩溶充填灌浆量计算 (《铁路工程地基处理技术规程》21.2.6)

$$V = K\pi R^2 L \mu \beta' \alpha (1 - \gamma)$$

其中,  $V$ : 注浆量 ( $m^3$ )  $R$ : 扩散半径 (m), 宜3~5m  $L$ : 压浆段长度 (m)  $\mu$ : 岩石裂隙率 (小数计)  
 $\beta'$ : 有效充填系数 (注浆系数), 宜0.8~0.9  $\alpha$ : 工作条件系数 (超灌系数), 宜1.2  
 $\gamma$ : 扣除稀疏填充物后的岩溶裂隙充填率  $K$ : 基岩的实际充填系数, 宜2~3, 水平岩溶发育区取小值, 垂直岩溶发育区取大值

### 地表移动变形监测法

按地表移动变形值确定场地稳定性等级

表 6-5-7

稳定 状态	评价因子				备注
	下沉速率 $v_w$ (mm/d)	倾斜 $\Delta i$ (mm/m)	曲率 $\Delta K$ ( $\times 10^{-3}/m$ )	水平变形 $\Delta \varepsilon$ (mm/m)	
稳定	<1.0mm/d, 且连续6 个月累计下沉<30mm	<3	<0.2	<2	同时具备
基本稳定	<1.0mm/d, 但连续6 个月累计下沉 $\geq 30$ mm	3~10	0.2~0.6	2~6	具备其一
不稳定	$\geq 1.0$ mm/d	>10	>0.6	>6	具备其一

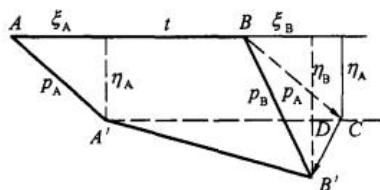


图 6-5-6 移动盆地变形分析

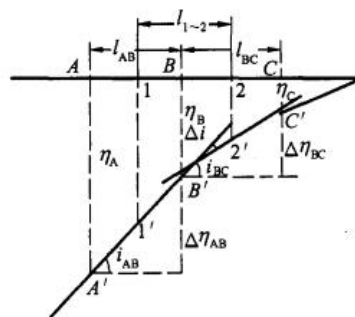


图 6-5-7 倾斜变形分析

垂直移动:  $\Delta \eta = \eta_B - \eta_A$  (6-5-1)

水平移动  $\Delta \xi = \xi_A - \xi_B$  (6-5-2)

倾斜  $i = \frac{\Delta \eta}{l}$  (6-5-3)

水平变形  $\varepsilon = \frac{\Delta \xi}{l}$  (6-5-4)

式中  $\Delta \eta$ 、 $\Delta \xi$ ——垂直移动和水平移动 (mm)；

$i$ ——倾斜 (mm/m)；

$\xi_A$ 、 $\xi_B$ ——A、B 两点水平移动的分量 (mm)；

$\eta_A$ 、 $\eta_B$ ——A、B 两点垂直移动的分量 (mm)。

曲率  $K_B = \frac{(i_{AB} - i_{BC})}{l_{1-2}} = \Delta i_{1-2}$  (6-5-5)

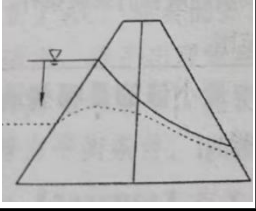
曲率半径 (m)  $R_B$ 可从式 (6-5-6) 求得:

$$R_B = \frac{1000}{K_B} = \frac{1000 l_{1-2}}{\Delta i} \quad (6-5-6)$$

三轴试验中土的剪切性状		
砂性土	内摩擦角	$\varphi_d$ （固结排水剪），一般浸水后降低 $2^\circ$
	应力-轴向应变-体积变化	紧砂：剪胀性-应变软化型-强度 $CU > CD$ 松砂：剪缩性-应变硬化型-强度 $CU < CD$ 临界孔隙比 $e_{cr}$ ：砂土在某孔隙比下受剪，剪破时体积等于其初始体积时的孔隙比（随围压 $\uparrow$ 而 $\downarrow$ ）
	残余强度	$\tau_r$
	砂土液化	在饱和疏松的粉细砂受到突发荷载时，短时间内来不及向外排水，因而产生很大的孔隙水压力，使得有效应力为 0，砂土强度丧失，砂呈液体流动状态
粘性土	正常固结土	$UU: \varphi_u = 0, \tau_f = c_u = \frac{\sigma_{1f} - \sigma_{3f}}{2}$ （有效应力圆在总应力圆左侧） $CU: \sigma_{cu} = 0, \tau_f = \sigma \tan \varphi_{cu}, (\varphi' > \varphi_{cu}, c' = 0, \text{有效应力圆在总应力圆左侧})$ $CD: \sigma_d = 0, \tau_f = \sigma \tan \varphi_d, (c_d = c', \varphi_d = \varphi', \sigma = \sigma', \text{总应力圆即为有效应力圆})$ $c_u > c_{cu} = c_d = 0, \varphi_d > \varphi_{cu} > \varphi_u = 0$
	超固结土	$UU: \varphi_u = 0, c_u \neq 0$ $CU: \tau_f = c_{cu} + \sigma \tan \varphi_{cu} (c_{cu} > c', \varphi_{cu} < \varphi')$ $CD: \tau_f = c_d + \sigma \tan \varphi_d (c_d = c', \varphi_d = \varphi', \sigma = \sigma')$ $c_u > c_{cu} > c_d, \varphi_d > \varphi_{cu} > \varphi_u = 0, \sigma_3 \uparrow \varphi_c \uparrow$
	残余强度	$\tau_r = \sigma \tan \varphi_r$ （ $\varphi_r$ ：残余内摩擦角）
	结构性	粘土的强度（或其他性质）随其结构的改变而发生变化的特性
	灵敏度	$S_t = q_u / q'_u$ （原状土/重塑土无侧限抗压强度）
	土的蠕变	在恒定剪应力作用下应变随时间而增长的现象，分为弹性应变阶段、初始蠕变阶段、稳定蠕变阶段、加速蠕变阶段

条分法和条分法稳定系数的比较				
方法	假定	条间力	滑面形状	稳定系数
瑞典圆弧法	仅适用 $\varphi = 0$ 的均质黏性土	不考虑	圆弧面	稳定系数最小 用于工程时偏于安全
瑞典条分法 （简单条分法）	土体是理想的塑性材料，不考虑土条本身的应力-应变关系，将土体作为刚性体，按极限平衡的原则进行受力分析	不考虑	圆弧面	忽略条间力，不满足所有静力平衡条件，仅满足对圆心的力矩平衡，不用迭代，稳定系数大于瑞典圆弧法，一般认为比严格条分法小 10%左右
简化毕肖普条分法		考虑土条侧面作用力	圆弧面	忽略条间切向力，考虑条间水平力，稳定系数大于瑞典条分法，与满足所有平衡条件的严格条分法的计算结果相当接近
简布条分法 （普遍条分法）		条间力合力水平	任意	计算迭代收敛快，稳定系数大于毕肖普法，但两者计算结果比较接近，当条块分块很大时，简布法存在误差较大的缺点
斯塞宾法		条间力合力方向平行	任意	稳定系数大于简布条分法，且三维大于二维
摩根斯顿-普莱斯法		条间力合力方向为函数	任意	条间力考虑越多计算稳定系数越接近实际情况
不平衡推力法 推力传递系数法		条间合力与上一土条底面平行；引入条间竖向剪力	任意	稳定系数偏大
瑞典圆弧法 $\leq$ 瑞典条分法 $\leq$ 毕肖普法 $\leq$ 简布法 $\leq$ 二维摩根斯顿-普莱斯法 $\leq$ 三维摩根斯顿-普莱斯法				

土的动力特性参数的测定方法		
室内	振动三轴	动剪切模量、动弹性模量、阻尼比、动强度、抗液化强度、动孔隙水压力、泊松比、动强度比
	共振柱	动剪切模量、动弹性模量、阻尼比
	动直剪	动剪切模量
	动单剪	动剪切模量
室外	波速测试	动剪切模量、动弹性模量、动泊松比
	载荷板振动法	动剪切模量
	动力旁压试验	等效剪切模量、等效阻尼比
	地脉动测试	卓越周期、卓越频率、地脉动幅值

不同工况下的土坡稳定性分析		
圆弧滑动	边坡下部浸水	滑动力矩减小，抗滑力矩也减小，抗滑力矩减小的幅度比滑动力矩减小的幅度大， <b>稳定系数降低</b>
	$\varphi = 0$ 的饱和软黏土	抗滑力矩由滑弧面上的黏聚力提供，浸水使滑动土体自重减小，下滑力矩也随之减小，抗滑力矩不变， <b>稳定系数提高</b>
直线滑动	边坡淹没静水中	对无黏性土，假定抗剪强度不变时，安全系数不变，抗剪强度变化，安全系数减小
	边坡下部浸水	1、坡面有防护或不透水时：坡面受水压力作用，稳定系数提高； 2、坡面透水时，对于无黏性土而言，水下内摩擦角小于水上内摩擦角，据 $F_s = \frac{G \cos \alpha \tan \varphi}{G \sin \alpha} = \frac{\tan \varphi}{\tan \alpha}$ ， <b>稳定系数降低</b> ； 3、有裂缝时，裂缝中有水，坡外无水， <b>稳定系数降低</b> ； 坡外有水，缝隙中无水，且缝隙底部不透水时， <b>稳定系数提高</b> ； 坡外和缝隙中都有水，缝隙中形成渗流，稳定系数降低
渗流的影响		1、迎水坡水位上升时：迎水坡水向内渗流，渗透力有利于迎水坡面增加抗滑力矩， <b>迎水坡安全系数提高</b> ，背水坡面水向外渗流，减少抗滑力矩，增加滑动力矩， <b>背水坡安全系数降低</b> ； 2、迎水坡水位快速下降时：迎水坡水向外渗流，渗透力增加滑动力矩，减少抗滑力矩， <b>迎水坡安全系数降低</b> ，背水坡面，浸润线降低，渗透力减小，与高水位相比，抗滑力矩增加，滑动力矩减小， <b>背水坡安全系数提高</b>

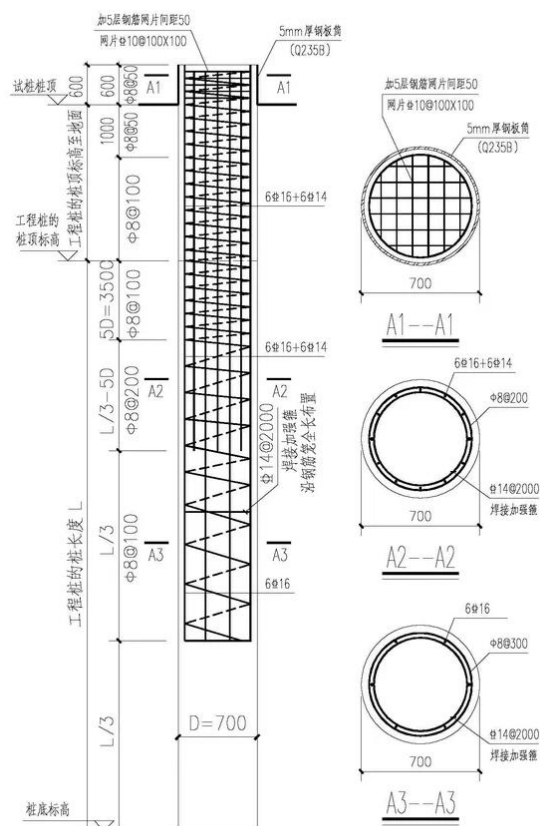
潜水等水位线的作用	
潜水等水位线及其绘制	<p>潜水面的形状，可以用潜水面等高线图（即等水位线）表示，其绘制方法与绘制地形等高线图基本相同的各点相连绘制而成。由于潜水面时刻都在变化，因此要注明测定水位的日期。通过不同时期内等水位线图的对比，有助于了解潜水的动态变化</p>
潜水等水位线图的作用	<p><b>1. 确定潜水的流向：</b>潜水是沿着潜水面坡度最大的方向流动，因此垂直等水位线从高水位指向低水位的方向，即为潜水的流向，常用箭头表示</p> <p><b>2. 确定潜水面的坡度：</b>在潜水流向上任取两点得水位差，与水的渗流路径之比，即为潜水的坡度。一般潜水的坡度很小，常为千分之几至百分之几</p> <p><b>3. 确定潜水与河水的相互关系：</b>潜水与河水有以下几种关系</p> <p>①潜水补给河水：潜水面倾向河流，多见于河流的中上游山区；</p> <p>②河水补给潜水：潜水面背向河流，多见于河流的下游（如黄河下游）；</p> <p>③一岸河水补给潜水，另一岸为潜水补给河水：即潜水面一岸背向河流，另一岸倾向河流，如某些山前地区的河流可见到此种情况</p> <p><b>4. 确定潜水的埋藏深度：</b>某一地点的地面标高减去该点的水位标高，即为此点的潜水埋藏深度。根据各点的埋藏深度，可进一步做出潜水埋藏深度图</p> <p><b>5. 确定含水层的厚度：</b>若在等水位线图上有隔水底板等高线时，则可确定任一点的含水层厚度，其值等于潜水位标高减去隔水底板标高</p> <p><b>6. 推断含水层透水性及厚度的变化：</b></p> <p>①潜水自透水性较弱的岩层流入透水性强的岩层时，潜水面坡度由陡变缓，等水位线由密变疏；相反，潜水面坡度便由缓变陡，等水位线由疏变密；</p> <p>②潜水含水层岩性均匀时，当流量一定时，含水层薄的地方水面坡度变陡，含水层厚的地方水面坡度变缓，相应的等水位线便密集或稀疏</p> <p>7.根据等水位线图的资料，还可以合理布置给水或排水建筑物的位置，一般应在平行等水位线（垂直于流向）和地下水汇流处，开挖截水渠或打井</p>

承压水等水位线的作用	
承压水等水位线及其绘制	<p>1.承压水等水压线图承压水位标高点点的连线，便是承压水等水压线。</p> <p>①平面图上的等水压线图，可以反映承压水（位）面的起伏情况。承压水（位）面和潜水面不同，潜水面是一个实际存在的地下水面，即含水层的顶面，而<b>承压水（位）面是一个势面</b>，这个面可以与地形极不吻合，甚至高出地面；</p> <p>②只有当钻孔打穿上覆隔水层至含水层顶面时才能测到。因此，承压水等水压线图通常要附以含水层顶板等高线；</p> <p>2.承压水等水压线图的绘制：与潜水等水位线图相似。在某一承压含水层内，将一定数量的钻孔、井、泉（上升泉）的初见水位（或含水层顶板的高程）和稳定水位（即承压水位）等资料，绘在一定比例尺的地形图上，用内插法将承压水位等高的点相连，即得等水压线图</p>
承压水等水位线图的作用	<p><b>1. 确定承压水的流向：</b>承压水流向应垂直等水压线，常用箭头表示，箭头指向较低的等水压线；</p> <p><b>2. 计算承压水某地段的水力坡度：</b>在流向方向上，取任意两点的承压水位差，除以两点间的距离，即得该地段的平均水力坡度；</p> <p><b>3. 确定承压水位距地表的深度：</b>可由地面高程减去承压水位得到。这个数字越小，开采利用越方便；当该值是负值时，表示水会自溢出地表。据此可选定开采承压水的最佳地点；</p> <p><b>4. 确定承压含水层的埋藏深度：</b>用地面高程减去含水层顶板高程即得；</p> <p><b>5. 确定承压水头的大小：</b>承压水位与含水层顶板高程之差，即为承压水头高度。据此，可以预测开挖基坑和洞室时的水压力</p>

**补偿基础：**补偿基础的原理是把建筑物的基础或地下部分做成中空，封闭的形式，被挖去的土重就可以用来补偿上部结构部分甚至是全部重量。当基底平均压力等于基础底面处土的自重压力时，称为**全补偿基础**，大于基底处土的自重压力时为**欠补偿基础**，小于时为**超补偿基础**。虽然补偿基础设计使得基底附加压力大大减小，由附加压力产生的地基沉降量自然也大大减小，甚至忽略不计，但基础仍存在沉降问题，因为在深基坑开挖过程中产生的基坑底回弹及随后施工基础和上部结构的再加荷可引起显著的沉降，任何补偿基础，都不能避免一定的沉降发生。

建筑基础类型及其适用范围			
结构类型分类		材料分类	适用范围
独立基础	柱下墙下	砖、石、素混凝土、灰土等	适用于不超过六层的民用建筑和砌体承重的厂房、地基承载力特征值不宜低于 80kPa；墙下单独基础不宜深于 3.0m
	柱下	钢筋混凝土	多层框架结构建筑或厂房排架柱下基础
条形基础	墙下	砖、石、素混凝土、灰土等	适用于不超过 6 层的民用建筑和砌体承重结构，一般地基承载力特征值不宜低于 80kPa
	柱下墙下	钢筋混凝土	荷载较大或荷载分布不均匀，地基承载力偏低，为增加基础底面积或者增强整体刚度，以减少不均匀沉降，墙下条形基础一般为墙承重、地基较软时建筑物的常用基础型式
筏板基础	墙下	钢筋混凝土	适用于多层砌体承重结构房屋，且地基软弱时的浅埋基础型式
	柱下		适用于框架结构、剪力墙结构的柱下基础，荷载较大且不均匀，地基承载力低的条件下，使整体刚度明显提高，减少不均匀沉降，并可获得可利用的地下空间
箱型基础		钢筋混凝土	适用于荷载大、对地基不均匀沉降要求严格的高层建筑、重型建筑，以及软弱地基上多层建筑、部分高层建筑，是整体刚度好的基础形式，且抗震性能好，有较好地下空间可供使用
桩基础		钢筋混凝土、钢管	适用于地基浅层无良好持力层或广布深厚软弱土层条件下结构对沉降敏感、荷载大、层数高等诸多类型的建筑物、构筑物，应用广泛
沉井、沉箱		混凝土、钢筋混凝土	适用于荷重大的设备基础，或大型地下构筑物等浅层地基软弱、深层有良好持力层的情形，以及水下施工等
动力机器基础		混凝土、钢筋混凝土	适用于承受振动、冲击等机器动力作用的基础，应具有承重、减少振动等作用
特种基础		钢筋混凝土为主	用于高耸构筑物的壳体基础；适用于低层软弱的折板基础；抗拔基础等

灌注桩、预制桩、钢桩优缺点对比		
预制桩	优点	1.单位面积承载力较高，由于其属挤土桩，桩打入后其四周的土层被挤密，从而提高地基承载力； 2.桩身质量易于保证和检查，施工工效高；适用于水下施工，桩身砼的密度大，抗腐蚀性能强
	缺点	1.预制桩单价较灌注桩高，预制桩的配筋是根据搬运、吊装和压桩时的应力设计的，远超过正逆常工作荷载的要求，用钢量大。接桩时，还需增加相关费用； 2.锤击和振动法下沉的预制桩施工时，震动噪音大，影响周围环境，不宜在城市建筑物密集的地区使用，一般需改为静压桩机进行施工； 3.预制桩是挤土桩，施工时易引起四周地面隆起，有时还会引起已就位的邻桩上浮； 4.受起吊设备能力的限制，单节桩的长度不能过长，一般为 10 余 m。长桩需接桩时，接头处形成薄弱环节，如不能确保全桩长的垂直度，则将降低桩的承载能力，甚至还会在打桩时出现断桩； 5.不易穿透较厚的坚硬地层，当坚硬地层下仍存在需穿过的软弱层时，则需辅以其他施工措施，如采用预钻孔等
	适用条件	①持力层上覆盖为松软土层，没有坚硬的夹层；②持力层顶面的土质变化不大，桩长易于控制，减少截桩或多次接桩；③水下桩基工程；④大面积打桩工程由于此桩工序简单，工效高，在桩数较多的前提下，可抵消预制价格较高的缺点，节省基建投资；⑤工期比较紧的工程，因已在工厂预制，缩短工期
灌注桩	优点	1.适用地层范围广，桩长可随持力层起伏变化调节，桩长、桩径选择范围大； 2.按桩身内力大小配筋，用钢量较少，单桩承载力高，施工噪声小
	缺点	1.孔底沉积物不易清除干净，容易出现桩底沉渣过厚，影响单桩承载力； 2.同时桩身质量要严格控制，防止出现缩颈、断桩、夹泥
钢桩	优点	1.重量轻，刚性好，运输方便，不易损坏，承载力高； 2.沉桩接桩方便，施工迅速； 3.具有较高的竖向和水平向承载力及抗锤击能力，且易于贯穿坚硬土层； 4.桩的长度调节方便，常用圆形或 H 型，截面小，沉桩时挤土效应小
	缺点	钢材用量大、工程造价较高、打桩机具设备较复杂、振动与噪声较大、桩材保护不善易腐蚀等



竖向抗压试桩详图示意

混凝土为 C40

#### 1.承台砼强度

桩 4.2.2 二 a 环境：一般 C25 二 b、三类环境：一般 C30

#### 2.纵向钢筋锚入承台内长度：桩 4.2.4-2 35d

#### 3.桩嵌入承台内的长度

桩 4.2.4-1 对中等直径桩不宜小于 50mm；对大直径桩不宜小于 100mm

#### 4.螺旋箍加密区范围：桩 4.1.1-4 桩顶以下 5d 范围内，直径≥6mm

### 群桩效应和影响群桩承载力的因素

摩擦型群桩	承台不分担荷载	影响因素	群桩桩端平面以上的应力因各邻桩扩散应力相互叠加而增大，单位厚度压缩变形增大，沉降大于单桩	
			承台刚度	刚性承台下各基桩分配的实际荷载是不相等的，基底反力角桩最大，边桩次之，中心桩最小，设计时可减少群桩中内部桩的桩数，增加外围桩数
			地基土	打入疏松土中的挤土桩，桩间土被挤密，使桩侧阻力和桩端阻力增大，非挤土桩，在受荷沉降过程中，桩间土变密，侧阻力提高。这两种原因引起的侧摩阻力增加，都是中间桩最大，边桩、角桩较小（规范未加以考虑）
		桩距	桩距 $S_a \leq 3d$ ，应力叠加严重，降低侧阻的发挥，桩端处应力叠加，使得群桩桩端压力比单桩大，桩距是摩擦型群桩基础群桩效应的主导因素	
	承台分担荷载	刚性承台底面土反力呈马鞍形分布，中间小，外围大		
效应作用		①对桩侧阻力的削弱作用 ②对桩端阻力的增强作用 ③对地基土侧移的阻挡作用		
		提高承台分担荷载的措施	承台与桩间土直接接触，在竖向压力作用下，承台会发生向下的位移，桩间土表面承压，分担了部分作用于桩上的荷载；可通过 <b>增加桩距、适当增加桩顶变形的措施提高承台分担的荷载</b>	
端承型群桩	持力层刚硬，桩端贯入变形小，由桩身压缩引起的桩顶沉降不大，承台底面土反力小，端承型群桩基础中基桩的工作性状接近于单桩， <b>群桩基础承载力等于各单桩之和，群桩的沉降等于单桩的沉降</b>			
影响群桩桩基竖向承载力的因素	1 基桩承载力 2 桩土相互作用对桩侧阻力和端阻力的影响，即群桩效应 3 承台底土抗力分担荷载 《建筑桩基技术规范》忽略了 $s_a \geq 3d$ 时的群桩效应，不考虑侧阻和端阻的群桩效应			
群桩变形的群桩效应	由于桩-土、桩-桩、土-桩、土-土的相互作用，导致群桩的竖向刚度降低，压缩层加深，沉降增大。 <b>群桩效应系数=群桩承载力/各单桩承载力之和</b>			

承台效应		
承台土反力	分布特征	①承台土反力分布的总体特征是承台外缘大，桩群内部小，呈 <b>马鞍形</b> 或抛物形； ②土反力分布不随荷载增加而明显变化，桩群内部（内区）土反力总体比较均匀； ③承台内区土反力随桩距增大而增大，外区土反力受桩距影响相对较小；承台内、外区土反力的差异随桩距增大而增大； ④饱和软土中群桩的承台土反力：承台土反力分布图形与粉土中群桩是相似的，但对于常规桩距（3~4d），其内、外区土反力差异更大。平板基础的土反力分布图形明显不同于带桩的承台，其内、外差异较小，这说明桩群对于承台土反力的影响是显著的
	影响因素	①承台底土的压缩性愈低，强度愈高，承台土反力愈大，n。越大； ②桩端持力层刚度高，桩的贯入变形小，承台土反力发挥程度减小； ③桩距愈大，承台土反力愈大，承台外缘(外区)土反力大于桩群内部（内区）； ④承台土反力随荷载水平提高； ⑤桩愈短，桩长与承台宽度比愈小，桩侧阻力发挥值愈低，承台土反力相应提高； ⑥桩顶变形大，桩土相对位移提高，承台土反力发挥程度高

泥浆护壁灌注桩施工常见问题		
常见问题	主要原因	处理方法
断桩	灌注时导管提开过高，导管底部脱离混凝土层	导管提升均匀平稳，慢慢提升
	灌注质量差	尊重操作规程，连续作业
夹泥	导管埋入深度不够，混入泥浆	重新确定埋管深度
	孔壁坍落物混入到混凝土中	停止灌注，清理坍落物
缩颈	地层承压水对桩周混凝土侵蚀	护筒止水，位置浅，开挖补救，位置深且缩颈严重，考虑补桩
	由于泥浆比重低，成孔发生缩颈 常发生在流塑状淤泥、软土中（膨胀岩体）	调整泥浆相对密度
混凝土离析	混凝土配合比不合理	选择合理配合比
	混凝土搅拌不均匀	严格检查，按规定拌和
坍孔	孔隙水压力偏大，泥浆比重小	调整泥浆相对密度
沉渣偏厚	泥浆含砂率大	
影响混凝土灌注质量的主要指标：清孔后泥浆的 <b>相对密度、含砂率、粘度</b> 正、反循环钻孔灌注桩的 <b>沉渣厚度要求</b> ：端承桩≤50mm，摩擦桩≤100mm，抗拔、抗水平力桩，≤200mm		

后注浆工艺选择		
注浆工艺选择	桩侧注浆	桩侧土为粗粒土（卵、砾、中粗砂）：桩侧注浆以渗入性注浆为主
		桩侧土为细粒土（粉细砂、粉土、黏性土）：桩侧注浆以劈裂注浆为主
		桩表面附着的泥皮薄弱区的泥浆护壁灌注桩：较易发生劈裂注浆，浆液沿桩身表面上溯
		浆液稠度较大，注浆点处于地下水位以下且桩侧为高渗透性土层，或当注浆点处于非饱和土中时：可能出现以压密注浆为主
	桩端注浆	当桩端持力层为粗粒土，或虽为细粒土但桩身穿越且紧邻粗粒土，或混凝土浇注过程有离析发生时，则桩底注浆以渗入注浆为主，随后将出现桩底土一定范围的劈裂注浆(细粒土)及沿桩身向上 10～20m 高度的劈裂注浆
当桩端持力层及桩测均为细粒土时，桩底注浆开始为渗入、压密注浆，随后转化为劈裂注浆		
承载力增强机理分析		1.固化效应：沉渣和泥皮被固化；伴随扩底和扩径效应； 2.充填胶结效应：粗粒土（卵砾、粗中砂）因渗入注浆被胶结； 3.加筋效应：细粒土（黏性土、粉土、粉细砂）因劈裂注浆成加筋复合土； 4.卵砾石、中粗砂的增强机理包括：上部泥皮固化、中部渗入胶结、端部沉渣固化； 5.黏性土、粉土、粉细砂的增强机理包括：上部泥皮固化、中部劈裂加筋、端部沉渣固化

人工挖孔桩的施工要求	
桩径	1.桩基规范：孔径（不含护壁）不得小于 0.8m，且不宜大于 2.5m； 2.《铁路桥涵与地基基础规范》（TB10093-2017）：挖孔桩的桩径或边宽应满足人工开挖时操作净宽的要求，一般不应小于 1.25m； 3.当 $L < 8m$ 时，桩身直径（不含护壁）不宜小于 0.8m；当 $8m < L < 15m$ 时，桩身直径不宜小于 1.0m； $15m < L < 20m$ 时，桩身直径不宜小于 1.2m；当桩长 $L > 20m$ 时，桩身直径应适当加大中等密
桩长	挖孔桩的孔深（桩长）一般不宜超过 30m，主要为施工不便所致
适用情形	1.适用于地下水位以上的人工填土层、黏土层、粉土层、砂土层、碎石土层和风化岩层，也可在黄土、膨胀土和冻土中使用，适应性较强； 2.在覆盖层较深且具有起伏较大的基岩面的山区和丘陵地区建设中，采用不同深度的挖孔桩，将上部荷载通过桩身传给基岩，技术可靠，受力合理； 3.适用于地下水位较深，或能采用井点降水的地下水位较浅而持力层较浅且持力层以上无流动性淤泥质土的情形
不适用情形	1.地下水的涌水量多且难以抽水的地层； 2.有松砂层，尤其是在地下水位下有松砂层； 3.有连续的极软弱土层； 4.孔中氧气缺乏或有毒气发生的地层； 5.成孔过程可能出现流砂、涌水、涌泥的地层
优点	1.成孔机具简单，作业时无振动、无噪声，当施工场地狭窄，邻近建筑物密集或桩数较少时尤为适用； 2.施工工期短，可按施工进度要求分组同时作业，若干根桩孔齐头并进； 3.人工挖掘，便于清底，孔底虚土能清除干净；便于检查孔壁和孔底，可以核实桩孔地层土质优点情况，质量可控性好； 4.桩径和桩深可随承载力的情况而变化； 5.桩端可以人工扩大，以获得较大的承载力，满足一桩一桩的要求； 6.国内因劳动力便宜，故人工挖（扩）孔桩造价低； 7.灌注桩身各段混凝土时，可人工采用震捣棒捣实，混凝土灌注质量较好
缺点	1.桩孔内空间狭小，劳动强度大，工作环境差，安全事故多； 2.人员在孔内作业，容易发生人身伤亡事故，可采用机械成孔条件下应避免采用
注意事项	1.当孔底有较深积水时，应采用水下灌注混凝土，混凝土初凝前不得于相邻桩孔中抽水； 2.当桩净距小于 2.5m 时，应采用间隔开挖。相邻排桩跳挖的最小施工净距不得小于 4.5m； 3.挖出的土石方应及时运离孔口，不得堆放在孔口周边 1m 范围内，机动车辆的通行不得对井壁的安全造成影响

动力排水固结	
适用范围	含水量大、压缩性大、工程性质差的软土类地基
夯击能力	动力系统能力施加有小到大，少击多遍
排水系统	施工前应在软土中设置人工排水系统，以改善软土的排水条件
再固结效应	动力排水固结的再固结效应明显，其表现为超静孔隙水压力消散后土体的固结变形，其力学机理为在外部荷载作用下，结合水膜被激活，并向自由水转换的过程

28d 龄期 $f_{cu}$ 参考值（单位：MPa，不适用于水泥土搅拌桩）					
C15	C20	C25	C30	C35	C40
14.95	20.04	24.97	30.05	34.99	40.07



挤土效应					
桩型			作用	挤土效应	
挤土桩	灌注桩	内夯沉管灌注桩 <b>软土地区慎用</b>	在成桩过程中，大量挤土，使桩周土体受到扰动，桩周土体的工程性质有很大改变	正影响	松散土层和非饱和填土中，起到挤密和提高承载力作用
	预制桩	打入式混凝土预制桩		负影响	灌注桩：断桩、缩颈
		闭口钢管桩			预制桩：桩体侧移，倾斜，上浮甚至断桩，承载力降低，沉降增大
		混凝土管桩			饱和黏性土：挤土使饱和黏性土强度降低，造成断桩、缩颈
		静压桩			软土密集桩群：沉桩困难、产生负摩阻力
部分挤土桩	灌注桩	冲击成孔灌注桩	成桩过程中引起部分挤土，桩周土体的扰动轻微，结构和工程特性变化不明显	<b>软土地区事故</b>	
		长螺旋钻孔灌注桩		预制桩接头被拉断，桩体侧移和上浮 沉管灌注桩发生缩颈、断桩	
		钻孔扩多支盘桩		<b>预防挤土效应的辅助措施</b>	
	预制桩	预钻孔打入式预制桩		因地制宜合理选择桩型，采取减小孔压和挤土效应的措施：1.打排水板、袋装砂井消减孔压；2.预钻孔、引孔；3.控制沉桩速率；4.合理安排沉桩顺序 5 增加桩间距	
		静压混凝土敞口管桩			
		H 型钢桩			
非挤土桩	干作业	敞口钢管桩			
		长螺旋钻孔灌注桩 短螺旋钻孔灌注桩 钻孔扩底灌注桩 洛阳铲成孔 人工挖孔灌注桩	饱和软土中打桩时，桩身置换同体积的土，在打桩范围内外将会发生竖向和水平向的位移同时桩周土会产生较大的超静孔隙水压力；成桩过程中，引起的挤土效应主要是： <b>地面隆起和土体侧移，建筑物破坏</b>  <b>挤土成桩的打桩顺序：</b> ①对于密集桩群，自中间向两边或四周对称施打 ②当一侧毗邻建筑物时，由毗邻建筑物向另一方向施打 ③根据基础的设计标高，宜先深后浅 ④根据桩的规格，宜先大后小，先长后短		
	泥浆护壁	潜水钻成孔灌注桩 正、反循环钻孔灌注桩 旋挖成孔灌注桩 钻孔扩底灌注桩			
	套管护壁	贝诺托灌注桩 短螺旋钻孔灌注桩			

堆载预压与真空预压的对比（均为排水固结）		
	堆载预压法	真空预压法
适用条件	适用于淤泥质土、淤泥、冲填土等饱和黏性土地基;对 <b>塑性指数大于 25 且含水量大于 85% 的淤泥</b> ，应通过现场试验确定其适用性	适用于处理以黏性土为主的软弱地基，当存在粉土、砂土等透水、透气层时，加固区周边应采取确保膜下真空压力满足设计要求的措施。当 <b>加固土层上覆有厚度大于 5m 以上的回填土或承载力较高的黏性土的情形时，不适用</b>
作用原理	<b>总应力增加</b> ，孔隙水压力消散，从而使 <b>有效应力增加</b>	<b>总应力不变</b> ，孔隙水压力减小，从而使 <b>有效应力增加</b>
作用机理	加载预压过程中，一方面 <b>土体强度在提高</b> ，另一方面 <b>剪应力也在增大</b> ，当剪应力达到抗剪强度时，土体发生破坏	预压过程中，有效应力增量是各向相等的， <b>剪应力不增加，不会引起土体的剪切破坏</b>
加载速率	堆载过程中需要 <b>控制加载速率</b> （由土竖向变形、边桩水平位移、孔隙水压力控制）	<b>不需要控制加载速率</b> ，可连续抽真空至最大真空度，故可缩短预压时间
有无排水竖井	深厚软黏土地基，应设置排水竖井， <b>当软土层厚度较小或软土层中含较多薄粉细砂夹层，且固结速率能满足工期要求，可不设排水竖井</b>	应设置竖井
地基变形	在预压过程中，预压区周围土产生 <b>向外的侧向变形</b> ，按单向压缩分层总和法计算固结变形后尚应乘以 <b>1.1~1.4</b> 的经验系数以反映地基向外侧变形的影响	在预压过程中，预压区周围土产生 <b>指向预压区的侧向变形</b> ，因此，按单向压缩分层总和法计算所得的固结沉降应乘以一个经验系数方可得到最终的沉降值。该经验系数可取 <b>1.0~1.3</b> ，对真空-堆载联合预压以真空预压为主时，可取 <b>1.0~1.3</b>
应力变化	<b>非等向应力增量</b> 下固结而获得强度增长	<b>等向应力增量</b> 下固结而使土的强度增长
有效影响深度	堆载预压法的有效影响深度较大，有效影响深度取决于附加应力的 <b>大小和分布</b>	真空预压法的真空度往下传递有一定衰减，实测真空度沿深度 <b>衰减每延米(0.8~2.0)kPa</b>
<b>减少预压工期的措施</b>	1.增大砂井直径、减小砂井间距增大了排水面积，加速固结；减小排水距离也可以加速固结； 2.超载预压可以减少处理工期，减少工后沉降量（以变形量控制）； 3.对深厚受压土层，在施工能力可行时，应尽可能增加排水竖井深度，加速土层固结，缩短工期 4.减少含水量、降低液性指数	

设排水砂垫层的真空预压与直排式真空预压的对比		
直排式真空预压法	是在传统的真空预压基础上发展起来的一种较为新型的地基处理加固方式。该法将塑料排水板竖向打入需处理的软土地基中，塑料排水板的上端与水平设置的多根真空滤管直接相连，将与真空滤管连接后的塑料排水板上端埋入工作垫层或置于工作垫层的表面，真空滤管与抽真空设备密封连接。	
	这种方法用软管讲排水板与真空管直接相连，使排水板上部的真空压力直接达到膜下压力，降低了真空能量的沿程损失，提高了真空预压能量。故而该法最大特点是 <b>减少了真空度传递及孔隙水渗流路径中砂垫层产生的阻力</b> ，提高了真空度传递效率，具有节省电力和 <b>中粗砂资源</b> ，缩短工程工期、降低了工程造价等特点。	
	设排水砂垫层的真空预压法	直排式真空预压法
排水通道	利用中粗砂垫层作为水平排水通道	利用每根排水板与滤管相连的方式形成水平向排水通道
对砂料的要求	中、粗砂（要求较高，成本较为昂贵）	可采用细砂、粉砂、粉土等（相较于普通真空预压法，每平米综合造价降低了 35 元左右）
排水潜在问题	可能存在插板带泥或“反淤”现象对水平排水体的堵塞影响	大大减小了插板带泥或“反淤”现象对水平排水体的堵塞影响
工期方面	/	相较于设排水砂垫层的真空预压法，工期更短
真空度衰减	/	真空度衰减较普通真空预压法为慢，亦即相同深度处真空压力大于普通真空预压法
软土处理深度	小	真空压力沿着深度方向衰减较慢，相应的地基处理深度较普通真空预压法为大
最大沉降量	/	在同样预压时间内，同样的预压荷载下，直排式真空预压方法处理的地基最大沉降量显著大于普通真空预压法
侧向水平位移	小	大
变形影响深度	小	大

砂井法与砂桩法的对比		
	砂井法	砂桩法（相当于振冲碎石桩）
原理	1.砂井法:在软黏土地基中设置一系列砂井，在砂井之上铺设砂垫或砂沟，人为地增加土层固结排水通道，缩短排水距离，从而加速固结并加速强度的增长; 2.砂井直径主要由黏性上层的固结特征和施工期限的要求确定，一般情况下，减小砂井间距比增大砂井直径效果更好，即“细而密”比“粗而稀”效果好 3..砂井法发挥作用需要进行 <b>预压</b> ，以产生孔隙水向砂井流动的压力	1.砂桩也称为挤密砂桩或砂桩挤密法，是指用振动、冲击或水冲等方式在软弱地基中成孔后再将砂挤入土中，形成大直径密实砂桩体的地基加固方式，属于散体材料桩的一种，通过振密、挤密作用，可以显著提高地基强度，改善地基整体稳定性，并减少地基沉降量 2.砂桩在松散砂土地基起振密、挤密作用，在软黏土中起置换作用，还可以起到排水作用。 <b>不需要预压</b> 3.对变形要求不严格的工程可以用砂桩置换处理，砂桩法也可以处理液化地基
适用范围	透水性低的软弱黏性土 对于泥炭土等有机质沉积物不适用	适用于松散砂土、粉土、黏性土、素填土、杂填土等地基，一般不用于饱和软黏土地基
直径	普通砂井:300~500mm 袋装砂井:70~120mm	300~800mm，国外可达 2 米
填料	中粗砂，黏粒含量不应大于 3%，需设置垫层	中粗砂，含泥量不大于 5%，需设置垫层

涂抹效应和井阻效应的影响因素		
	涂抹效应	井阻效应
影响因素	1.涂抹区 <b>直径</b> 越大，涂抹影响越严重 2.涂抹区土的水平向渗透系数与天然土层的水平渗透系数的比值越小，涂抹影响越严重 3.越靠近竖井，涂抹区 <b>水平向渗透系数</b> 越小，涂抹影响越严重 4.涂抹对土层固结速率影响显著	1.竖井 <b>深度</b> ：竖井深度越大，竖井长径比越大，井对水的渗流阻力较大，井阻效应越大 2.井内填料的 <b>渗透性</b> 越大，井阻效应越小 3.增大袋装砂井 <b>直径</b> ，可以减小井阻效应 4.竖井纵向 <b>通水量</b> 越大，井阻效应越小

砂井的施工方法与质量问题		
施工方法		特点
普通砂井	振动沉管法	以振动锤为动力，将套管沉到预定深度，灌砂后振动、提管形成砂井。采用该法施工不仅避免了管内砂随管被带上来问题，保证砂井的连续性，同时砂受到振密，砂井质量较好
	射水法	是指利用高压水通过射水管形成高速水流的冲击和环刀的机械切削，使土体破坏，并形成一定直径和深度的砂井孔，然后灌砂而成砂井。射水法成井的设备比较简单，对土的扰动较小，但在泥浆排放、塌孔、缩颈、串孔、灌砂等方面都还存在一定的问题
		对土质较好且均匀的黏性土地基是较适用的： 不适用的情形： ①对土质很软的淤泥，因成孔和灌砂过程中容易缩孔，很难保证砂井的直径和连续性 ②对夹有粉砂薄层的软土地基，若压力控制不严，易在冲水成孔时出现串孔，对地基扰动较大
	螺旋钻成孔法	是用动力螺旋钻钻孔，属于干钻法施工，提钻后孔内灌砂成形。该工艺所用设备简单而机动，成孔比较规整，但灌砂质量较难掌握
		此法适用于陆上工程、砂井长度在 10m 以内，土质较好，不会出现缩颈和塌孔现象的软弱地基：对很软弱的地基则不太适用
	爆破法	是先用直径 73mm 的螺纹钻钻成一个砂井所要求设计深度的孔，在孔中放置由传爆线和炸药组成的条形药包，爆破后将孔扩大，然后往孔内灌砂形成砂井
施工简易，不需要复杂的机具，适用于深度为 6~7m 的浅砂井		
普通砂井存在问题		1.砂井成孔方法易使井周围土扰动，使透水性减弱(即涂抹作用)，或使砂井中混入较多泥砂，或难使孔壁直立 2.砂井不连续或缩颈、断颈、错位现象很难完全避免 3.所用成井设备相对笨重，不便于在很软弱地基上进行大面积施工 4.砂井采用大截面完全为施工的需要，而从排水要求出发并不需要，造成材料大量浪费 5.造价相对比较高，高于袋装砂井
袋装砂井	袋装砂井是在合成材料编织袋内充填中粗砂构成的砂袋，装入地基孔内，以加速地基排水固结，其加固原理、设计与砂井完全相同。袋装砂井的直径按排水及施工工艺要求确定，一般采用 7~12cm，我国目前较多采用 7cm 直径。袋装砂井的编织袋应具有良好的透水性，袋内的砂不易漏失，袋子的材料应有足够的强度，有一定的抗老化及耐地下水腐蚀的性能	

桩土应力比经验值及其影响因素		
工程经验值	黏性土	2.0~4.0
	砂土、粉土	1.5~3.0
	振冲碎石桩	一般取 2~4，原土强度低时取大值，原土强度高时取小值
	水泥粉煤灰碎石桩（CFG）	多数在 10~40 之间变化，较软的土有的可达 100 左右，桩承担的荷载占总荷载的比率一般在 40%~75%
	水泥土搅拌桩	桩土应力比随上部荷载 P 先变大后变小，有明显峰值，最后趋于稳定，桩土应力比建议取 10
散体材料桩 （振冲碎石桩、沉管碎石桩、灰土挤密桩、土挤密桩、柱锤冲扩桩）		1.地基土强度：地基土强度越大，桩土应力比越小 2.桩距：桩间距越小，桩土应力比越小 3.桩长：在同样的条件下，桩越长，桩土应力比越大，当达到某定值时，n 不变 4.桩土模量比：模量比越大，桩土应力比越大 5.荷载水平：初期桩土应力比随荷载增大而增大，随荷载的进一步增大，n 减小直至到某定值
刚性桩 （钢筋混凝土桩、素混凝土桩、CFG 桩、预制桩）		1.桩间距：随桩间距增大而增大 2.桩径：随桩径增大而减小 3.桩长：随桩长增大而增大，但到某一定值时，n 不变，这个值为合理桩长 4.桩间土变形模量：随变形模量增大而减小 5.持力层的变形模量：随变形模量增大而减小 6.荷载水平：初期桩土应力比随荷载增大而增大，随荷载进一步增大，n 减小直至到某一定值

复合地基承载力计算系数汇总 $R_a = u_p \sum q_{si} l_{pi} + \alpha_p q_p A_p$ , $f_{spk} = \lambda m R_a / A_p + \beta (1 - m) f_{sk}$					
增强体类型	单桩 $\lambda$	桩间土 $\beta$	桩间土 $f_{sk}$	端阻 $a_p$	端阻 $q_p$
水泥土搅拌桩	1.0	对淤泥质土和流塑状软土 可取 0.1~0.4 对其它土层取 0.4~0.8	取 $f_{ak}$	0.4~0.6 天然地基承载力高 时取低值	$\lambda$
旋喷桩	0.8~1.0	由试验确定		1.0	
CFG 桩	0.8~0.9	0.9~1.0	非挤土成桩取 $f_{ak}$ 挤土成桩黏性土取 $f_{ak}$ 松散砂土、粉土取 $1.2f_{ak}$	1.0	
夯实水泥土桩	1.0	0.9~1.0		1.0	
其它	①桩长 $\uparrow \lambda \downarrow$ ② $\lambda \downarrow \beta \uparrow$ ③挤土桩 $\beta >$ 非挤土桩 $\beta$				

砂石桩和碎石桩	
垫层的作用	水平排水，加速固结;减小桩土应力比;使间土分担更多荷;对独立基础起到力扩散，降低桩体竖向应力，减少桩体侧向变形，提高承载力，减少地基变形量： <b>对于砂土地基，排水不是主要作用</b>
破坏模式	轴向荷载作用下，散体材料桩复合地基可能出现 <b>膨胀破坏</b> 、刺入破坏、整体剪切破坏和整体滑动破坏
单桩 承载力	影响因素 <b>桩周土体所能提供的最大水平侧限力</b>
	提高措施 1.扩大桩径，提高置换率 2.提高桩体材料的密实度从而提高内摩擦角 3.提高桩周土体的抗剪强度，从而提高桩周土的水平侧限压力（影响最大）

多桩型复合地基		
液化地基 软黏土地基	短碎石桩+长 CFG 桩 短碎石桩+长水泥土桩 砂井+水泥土搅拌桩	碎石桩提高一定的承载力，减小沉降和不均匀沉降，降低液化或湿陷性，CFG 桩提供较大的地基承载力
湿陷性黄土	灰土挤密桩+CFG 桩 灰土桩+挤密 CFG 桩 灰土桩+预应力管桩	<b>长桩作用：</b> 提高承载力，减小变形，桩体强度要求高，多采用刚性桩，如 CFG、钢筋混凝土、预制桩 <b>短桩作用：</b> 对土体进行处理，减小浅层的应力集中提高承载力，减小软土层的不均匀沉降，多采用散体桩、柔性桩，如搅拌桩、碎石桩、灰土桩等

地基处理方法不适用条件	
处理方式	不适用条件
堆载预压	边施工，边堆载不适用于变形严格要求时(如高速公路、多层厂房、甲、乙级建筑物)
真空预压	1.处理后地基承载力大于 <b>80kPa</b> 2. <b>土中夹砂石</b> 3. $I_p$ 大于 25 且 $w$ 大于 85%的淤泥
强夯法	1.直接夯实压密饱和软土    2.邻近有建筑物和管线时
强夯置换	1.变形严格要求时(如高速公路、多层厂房、甲、乙级建筑物)    2.处理厚度大于 10m
振冲挤密	软弱黏性土
砂石、碎石桩	变形严格要求(如高速公路、多层厂房、甲、乙级建筑物下有软土地基)
(灰)土挤密桩	1.水位以下    2. $w$ 大于 24%， $S_r$ 大于 65%时
桩锤冲扩法	1.水位以下饱和软土    2.处理厚度大于 10m    3.淤泥质土
水泥搅拌桩	1.含孤石或障碍物不易清除的杂填土、欠固结软土、硬塑及坚硬黏性土、密实砂土、有地下水渗流的土 2.泥炭质土、有机质土、PH 值小于 4， $I_p$ 大于 25 的黏土，腐蚀性环境中 3. $w$ 小于 30%(黄土小于 25%)时不适用干法    4.自重湿陷性黄土
旋喷桩	1.含有较大直径块石、大量植物根茎和高含量的有机质时，以及地下水流速较大的工程 2.对岩溶地段、永冻土以及对水泥有腐蚀的环境下
夯实水泥土桩	1.水位以下    2.处理深度大于 15m
CFG 桩	淤泥质土或 $f_{ak}$ 小于 75kPa 的土

消除液化的地基处理措施	
方法	原理
换填法	用非液化土替换全部液化土层
强夯	强夯法是反复将夯锤提到一定高度使其自由落下，给地基以冲击和振动能量，产生强大动应力，通过振动压密、振动液化、动力固结和触变效应等作用，从而提高地基的承载力并降低其压缩性，消除液化
振冲砂石桩 沉管碎石桩 （优）	成孔和挤密过程中，桩周土产生水平和竖向位移，密实度增加，同时土体在振动下，局部液化，颗粒重新排列，提高桩间土的抗剪能力和抗液化能力，另外复合地基中的砂石桩桩体强度远大于桩间土强度，在地震剪应力作用下，应力向桩集中，减少桩间土的剪应力，砂石桩体具有增强抗震能力的效果
水泥粉煤灰碎石桩	若地基土是松散的饱和粉土、粉细砂，以消除液化和提高地基承载力为目的，应选择振动沉管桩基施工，振动沉管属于挤土成桩工艺，对桩间土具有挤密作用，可处理液化地基
柱锤冲扩桩	柱锤冲扩桩成孔和成桩过程中对原土有动力挤密作用，可处理液化地基
多桩型复核地基	短碎石桩-长 CFG 桩、短碎石+长水泥土桩、砂井+水泥土搅拌桩

提高承载力和减小沉降的措施		
提高承载力	柔性桩	1.增大桩径，减小桩距，提高面积置换率 2.提高桩体强度 3.增加桩长的作用有限，超过有效桩长后，承载力提高不大
	刚性桩	1.增大桩径，减小桩距，提高面积置换率 2.增加桩长，应注意桩端持力层的选择
减小沉降		增加桩长

灌浆法		
灌浆的目的	灌浆法的实质: 是用气压、液压或电化学原理，把某些能周化的浆液注入天然的和人为的裂缝或孔隙中，以改善各种介质的物理力学性质	
	防渗	降低渗透性，减少渗流量，提高抗渗能力，降低孔隙水压力
	堵漏	封填孔洞，堵截流水
	加固	提高岩土体的力学强度和变形模量，恢复混凝土结构及工建筑物的整体性
	纠偏	纠正建筑物倾斜，使已发生不均匀沉降的建筑物恢复原位或减少其倾斜度
渗入性灌浆		在灌浆压力作用下，浆液克服各种阻力而渗入孔隙和裂隙，压力越大，吸浆量及浆液扩散距离就越大。这种理论假定，在灌浆过程中地层结构不受扰动和破坏，所用的灌浆压力相对较小。渗入性灌浆适用于中砂、粗砂、砾石地基等，灌浆压力一般较小，为低压灌浆
劈裂灌浆 （适用于密实砂层）		①在灌浆压力作用下，浆液克服地层的初始应力和抗拉强度，引起岩石或土体结构的破坏和扰动，使地层中原有的孔隙或裂隙扩张，或形成新的裂缝或孔隙，从而提高低透水性地层的可灌性和增大浆液的扩散距离 ②在处理软弱地基时，通过较高的灌浆压力作用，浆液将克服地基中的初始应力并且抵抗土体抗拉强度，使得土体发生劈裂，其方向是沿着垂直于主应力的平面或在土体强度最弱的平面，渗入型注浆法不能灌入的土体部分可顺利实施灌注，从而增大浆液扩散范围 ③劈裂灌浆:适用于岩基或粉细砂、黏性土地基:灌浆压力范围变化较大，多为高压灌浆 [注]劈裂灌浆时劈裂缝的发展走向无法人为控制
压密灌浆 （适用于松散砂层）		①通过钻孔向土层中压入浓浆，随着土体的压密和浆液的挤入，将在压浆点周围形成灯泡形空间，并因浆液的挤压作用而产生辐射状上抬力，从而引起地层局部隆起，许多工程利用这一原理纠正了地面建筑物的不均匀沉降 ②压密灌浆的主要特点之一是它在较软弱的土体中也具有较好的效果，但注浆速率不能过高，以免引起过高的孔隙水压力。压密灌浆最常用于中砂地基，黏性土地基中若有适宜的排松苏限水条件也可采用
固结灌浆		为改善节理裂隙发育或有破碎带的岩石的物理力学性能而进行的灌浆工程。其主要作用是 ①提高岩石的整体性与均质性 ②提高岩石的抗压强度与弹性模量 ③减少岩石的变形与不均匀沉降
电动力学灌浆		其方法是在地基中插入金属电极并通以直流电，借助电渗作用将浆液注入土体中，或将浆液注入电渗区，通过电渗使浆液均匀扩散以提高灌浆效果

复合地基施工检验的方法与间隔时间		
处理方法	施工质量检验监测	竣工验收
换填垫层	1.对粘性土、灰土、砂石、煤灰垫层采取环刀取样、静力触探、轻型动力触探、标贯试验 2.对碎石、矿渣进行重型动力触探 3.压实系数采用灌砂法、灌水法，测干密度，压实系数	静载荷试验检验垫层承载力
压实地基	塑料排水带进行纵向通水量等监测、预压工程对地基竖向变形、水平位移和孔隙水压力监测，真空一堆载联合预压，尚应进行膜下真空度和预压法地下水的监测	原位试验：十字板剪切试验、静力触探 室内试验：地基承载力静载荷实验
强夯	地基均匀性检验可采用动力触探、标贯试验、静力触探等原位测试及土工试验	地基承载力用静载荷试验、其他原位测试和室内土工试验综合确定
强夯置换	强夯置换采用超重型、重型动力触探	单墩静载荷试验、动力触探查明置换墩着底情况及密度随深度的变化情况
振冲碎石桩 沉管砂石桩	桩体采用重型动力触探，桩间土采用标贯试验、静力触探、动力触探，欲消除液化作用的地基用标贯试验	地基承载力用静载荷试验
水泥土搅拌桩	成桩 3d 轻型动力触探检查上部桩身均匀性； 成桩 7d 浅部开挖头检查	复合地基静载荷试验和单桩静载荷试验，对变形有严格要求的工程，成桩 28d 后钻芯取样做抗压强度试验
旋喷桩	开挖检查、钻孔取芯、标贯试验、动力触探、静载荷实验	复合地基静载荷试验和单桩静荷试验
灰土挤密桩 土挤密桩	检测桩孔内灰土、土填料的平均压实系数；检测桩间土的平均挤密系数；对垫层测干密度，压实系数 对湿陷性进行现场浸水载荷试验	复合地基静载荷试验
夯实水泥土桩	检验桩体干密度	复合地基静载荷试验和单桩静载荷试验，对大型工程，进行多桩复合地基静载荷试验
水泥粉煤灰碎石桩	混合料坍落度、桩数桩位偏差，褥垫层厚度、夯填度、桩体试块抗压强度，桩间土用静力触探、标贯试验、载荷试验	复合地基静载荷试验和单桩静载荷试验，低应变检测桩身完整性
柱锤冲扩桩	重型动力触探、标贯试验对桩身、桩间土检验 处理黄土时对垫层测干密度，压实系数	复合地基静载荷试验
注浆加固	<b>水泥为主剂的注浆：</b> 标贯、轻型动探、静力触探、面波法，取样进行室内试验，检验土体压缩性、强度或渗透性 <b>硅化注浆：</b> 动力触探或其他原位测试检验地基均匀性，室内试验测定压缩性和湿陷性 <b>碱液加固：</b> 开挖、钻孔取样进行无侧限抗压强度试验和水稳性试验	静载荷试验
休止时间影响因素	①桩身强度      ②桩周土的强度恢复情况      ③桩周土中的孔隙水压力消散情况	

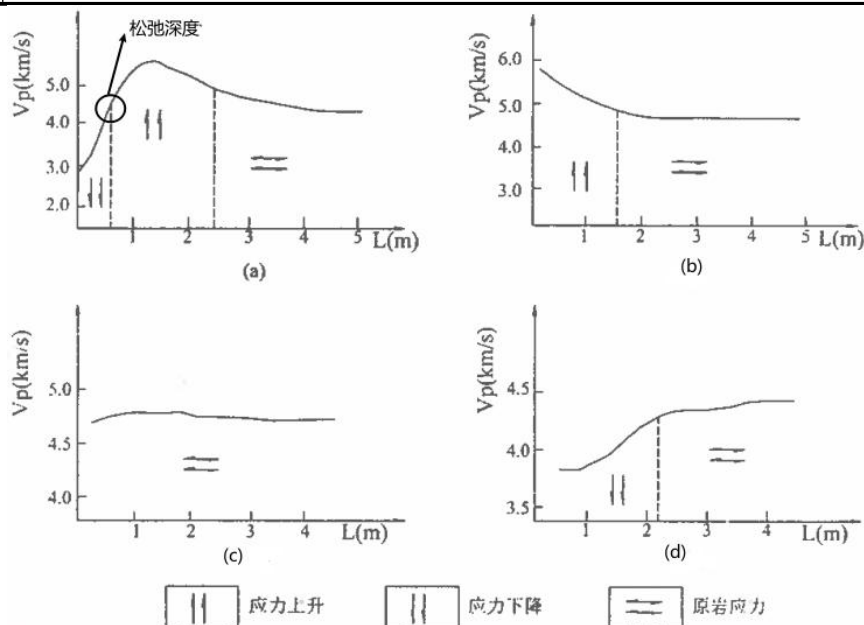
盾构推进引起的地面沉降	
沉降类型	主要原因
初始沉降	地下水位降低，土体受挤压密
开挖面前方隆陷	隆起：盾构机推力过大
	沉降：盾构机推力过小
盾构通过时地面沉降	施工震动扰动，剪切错动
盾尾沉降	土体失去盾构支撑，管片壁后注浆不及时
固结沉降	土体后续时效变形

既有建筑物地基加固与基础托换施工流程	
加固方法	施工流程
基础补强 注浆加固法	注浆类型按加固机理可分为充填注浆、渗透注浆、挤密注浆和劈裂注浆等四种方法，可根据不同的地层选用不同的注浆类型
	施工准备→搭设钻孔平台→分区或分段钻孔→清孔→搅拌浆液→安放注浆管→注浆→封堵→等强(混凝土形成强度)→效果检测 <b>塑料阀管:</b> 钻机与灌浆设备就位→钻孔→灌入封闭泥浆→插入塑料单向阀管→插入双向密封注浆芯管→注浆
加大基础 底面积法	施工准备→挖出原基础→清理原基础面→凿露钢筋或钻孔植筋→焊接、绑扎钢筋→搭设模板→浇筑混凝土→拆除模板→回填土方
加深基础法	开挖托换导坑→将导坑扩展至托换基础下方→挖至基础下方持力层→用混凝土浇筑基础下方导坑→填实现浇混凝土与基础间空隙，重复上述步骤，直至基础托换全部完成
铺杆静压桩法	施工准备→挖出基础工作面→开凿压桩孔→钻锚杆孔→埋设锚杆→安装压桩架→起吊桩段→就位桩孔→压桩→起吊下节桩段→接桩→压桩→重复接桩压桩直至满足设计要求→封桩→桩与基础连接→压桩施工完成
树根桩法	施工准备→钻孔→清孔→安放钢筋笼和注浆管→填灌碎石→注浆→拔注浆管→振捣桩头→浇筑承台
坑式静压桩法	施工准备→开挖竖向导坑→开挖托换坑→托换压桩→接桩→封顶→回填托换坑及导坑
预压桩托换法	施工准备→开挖竖向导坑→开挖托换坑→托换压桩→安装托换千斤顶→塞入钢柱及钢垫板→托换千斤顶卸载至零→钢柱两端与桩顶和基底焊接牢固→回填→支模、浇筑混凝土承台

围岩稳定性的影响因素及稳定性评价指标	
围岩稳定性的 影响因素	1.岩体完整性：岩体是否完整，岩体中各种节理、片理、层理、断层等结构面的发育程度对洞室稳定性影响极大。主要考虑三方面问题：①结构面的组数、密度和规模；②结构面的强度；③结构面的产状、组合形态及其与洞壁的关系。
	2.岩石强度：其主要取决于岩石的物质成分、组织结构、胶结程度和风化程度等。
	3.地下水：地下水的长期作用将降低岩石强度、软弱夹层强度，加速岩石风化，对软弱结构面起软化润滑作用，促使岩块极易坍塌。如遇膨胀性岩石，还会引起膨胀，增加围岩压力。地下水位很高，还有静水压力作用，对洞室稳定不利。
	4.工程因素：洞室的埋深、几何形状、跨度、高度，洞室立体组合关系及间距，施工方法，围岩暴露时间及衬砌类型等，对围岩应力的的大小和性质影响很大。对深埋洞室必须考虑地应力的影响。
围岩稳定性评 价指标的选择	目前主要是应用围岩位移、位移速率、围岩位移加速度(由变位-时间曲线看出)等数据，此处的变位数据包括隧道拱顶下沉量、洞顶围岩内部垂直位移量、洞壁围岩径向位移量、隧道收敛位移量。此外还要测试初期支护承受的应力、应变、锚杆的拉拔力等。
围岩稳定性的 判据	1.实测位移值不应大于隧道的极限位移：一般情况下将隧道设计的预留变形量作为极限位移，设计变形量应根据检测结果不断修正；
	2.根据位移速率变化：速率大于 1.0mm/d 时，围岩处于急剧变形状态，应加强初期支护，速率变化在 0.2~1.0mm/d 时，应加强观测，做好加固的准备；当速率小于 0.2mm/d 时，围岩达到基本稳定。上述标准适用于一般隧道情形，对于高地应力软岩、膨胀岩土、流变端变岩上和挤压地层等不良地质和特殊性岩土中，需根据具体情况指定判定标准；
	3.根据位移速率变化趋势判断：当围岩位移速率不断下降，围岩出于稳定状态;当围岩位移速率保持不变时，围岩尚不稳定，应加强支护；当围岩位移速率上升时，围岩处于危险状态必须立即停止掘进，采取应急措施；
	4.初期支护承受的应力、应变、压力实测值与允许值之比≥0.8 时，围岩不稳定，应加强初期支护；初期支护承受的应力、应变、压力实测值与允许值之比<0.8 时，围岩出于稳定状态

### 硐室围岩松弛圈(带)及其声波曲线分析

	硐室开挖打破了岩体原有的平衡条件,导致岩体内的应力重分布,出现塑性变形,形成非弹性变形区,即应力降低区,在洞壁周边的岩体将出现应力释放的松弛带,地应力向外围转移,形成弹性变形区,即应力升高区,这两个区(即应力降低区+应力升高区)合称为硐室松弛圈
硐室松弛圈	硐室松弛圈的大小定量反映了岩体强度和受力状况及它们之间的联系,主要取决于岩体所处的地质构造情况、岩石的物理力学特征及地下硐室在岩体中的部位、形状、洞径大小和施工方法
	研究硐室松弛圈的意义:是分析围岩稳定、确定岩体荷载、确定锚喷范围和厚度、确定衬砌支护方式的一个重要参数
硐室岩体松弛圈的物理特征	<p>表现为岩体结构松弛,松弛层之外应力集中并成为硐室的持力层,持力层之外为应力过渡带并最终过渡到原始应力状态,不同应力带的物理参数差异明显,采用物探方法测定松弛圈厚度就是依据围岩不同性质的各带具有不同的物性参数。</p> <p>1.弹性波测试松弛圈厚度时,松弛层表现为低速层,持力层表现为高速区,初始应力区波速为正常值,通过测定沿垂直洞壁方向且一定深度的岩体波速的变化规律并对各速度区进行分析即可确定松弛层厚度。</p> <p>2.应用探地雷达测定硐室松弛圈主要是利用地下工程围岩松弛圈内存在的许多裂缝界而穿括其中,界面处物性差异很大,导致材料的相对介电常数差别很大,从而会使电磁波产生反射回波信号,根据反射回波信号的同相轴位置变化来判定松弛圈厚度。</p>
松弛圈的物探方法	<p>主要探测方法有:单孔声波测试、穿透声波测试、钻孔全孔壁数字成像等;</p> <p>辅助探测方法有:浅层折射波法、瑞利波法、地震 CT 法、探地雷达等。</p>
典型声波测试曲线的分析	<p>声波法测试的原理:利用波速随着围岩体裂隙发育而降低,随应力增大而加快的特性,可以通过测试超声波波速的变化,可以判断围岩松弛圈的范围。</p> <p>影响超声波在围岩体中传播速度的主要因素有:围岩体矿物成分、围岩体结构构造特性、围岩体的空隙率(包括孔隙、裂隙、溶隙等)、围岩体所在区域的地应力、围岩体含水率、温度等。</p> <p>将各测点所测得单孔(穿透)波速值绘制成波速~孔深变化的曲线,有以下几种类型:</p> <p>1、如图(a)所示,可清晰划分出应力上升带和不受开挖影响的原始应力带,洞壁附近波速降低,反映了表层岩体松弛,随着深度增加,出现波速增高,这是硐室周边的应力集中区,波速增高表明该区岩体完整,应力集中明显;</p> <p>2、如图(b)所示,当洞径较小且四周岩体完整坚硬时,洞壁只有弹性形变,出现应力集中现象,无松弛区;</p> <p>3、如图(c)所示,洞壁松弛不明显,各测点波速基本一致,波速较高,但总的波速接近于完整岩体波速;</p> <p>4、如图(d)所示,洞壁松弛,应力集中现象不明显,这种现象经常出现在洞壁较为破碎的硐室</p>





滑坡标志及各发展阶段特征	
稳定滑坡标志	1.后壁较高，长满了树木，出现“马刀树”，找不到擦痕，且十分稳定 2.滑坡体上的台地已变平缓，滑坡后壁变缓并生长草木，没有崩塌发生 3.滑坡前缘的斜坡较陡，土体密实，长满树木，无松散崩塌现象，前缘迎河部分有被河水冲刷的现象 4.目前的河水远离滑坡的舌部，甚至在舌部外已有漫滩、阶地分布 5.滑坡体两侧的自然冲刷沟切割很深，甚至已达基岩 6.滑坡体比较干燥，地表一般没有泉水或湿地，滑坡体舌部的坡脚有清澈的泉水出流
不稳定滑坡标志	1.滑坡体表面总体坡度较陡，而且延伸很长，坡面高低不平 2.有滑坡平台，面积不大，且有向下缓倾的现象和未夷平现象 3.滑坡体表面有泉水、湿地、滑坡两侧多为新生冲沟，沟底多为松散堆积物 4.滑坡表面有不均匀沉陷的局部平台，参差不齐 5.滑坡前缘上石松散，小型崩塌时有发生，潜坡舌部的坡脚有时有季节性、不稳定泉水出露
阶段	主要标志
蠕动阶段	斜坡面上出现不连续裂缝，局部有隆起、错台或向坡下微量移动现象。在蠕动、挤压剧烈地段，可见垂直裂缝或弧形展布的裂缝并有局部的小规模坍塌 弱变形阶段：滑坡后壁先出现张拉裂缝 强变形阶段：滑坡后缘张开，拉张裂缝加宽，滑坡体两侧开始出现羽毛状剪切裂缝
滑动阶段	滑坡周界已形成，主裂缝贯通，错台清晰，滑动面已形成。滑坡体沿滑动面缓慢或快速整体向坡下移动。滑坡后缘张裂缝逐渐加宽，水塘、泉水突然干涸或混浊；滑坡前部鼓胀突起、有坍塌现象；坡脚有泉水、湿地出露；坡面上生长的树木歪斜
稳定阶段	滑坡体坡面平缓，滑坡舌伸入阶地，滑坡受挤压逐渐密实。坡面上的裂缝、错台多被充填或消失，坡面生长植被或辟为耕地

滑坡的勘察		
岩土工程勘察规范	勘探方法	钻探、触探、探井
	勘探线	除沿主滑方向布置外，在其两侧滑坡体外也应布置一定数量勘探线，勘探点间距不宜大于40m，在滑坡体转折处、预计采取工程措施的地段也应布
	孔深	应穿过最下一层滑面，进入稳定地层，控制性勘探孔应深入稳定地层一定深度，满足滑坡治理设计的需要
铁路工程不良地址勘察规程	钻探方法	双层岩芯管钻进，或干钻、风压钻进、无泵反循环钻进，土质滑坡采用干钻，严禁采用水钻
	勘探点布置	沿滑坡主轴断面勘探点不应少于3个，地质条件复杂勘探点应加密，滑坡较复杂或规模较大时，宜布置纵横向勘探断面，滑坡体外必要时应布勘
	孔深	穿透滑动面以下至稳定岩土层不小于5m，多次滑动或滑动有向深部发展可能时加深，钻入基岩的深度不小于滑坡体中最大块石直径的1.5倍
公路工程地质勘察规程	钻探方法	干钻、无泵反循环钻、双层岩芯管钻进、物探
	勘探点布置	沿着滑坡主滑方向，规模大、性质复杂时，进行综合布置
	孔深	滑坡体下稳定地层不小于3m，设置支挡部位应满足工程要求
	回次进尺	严格控制回次进尺，至预估的滑动面以上5m或发现滑动面迹象时，必须进行干钻，回次进尺不得大于0.3m，及时检查岩芯，确定滑动面位置

滑坡推力的计算比较	
建筑地基基础规范 (传递系数法)	当滑体有多层滑动面时，取滑坡推力最大的滑动面确定滑坡推力，剩余下滑力方向平行于滑动面
	滑坡推力作用点可取滑体厚度的一半处
	选择平行于滑动方向的几个具有代表性的断面进行计算，计算断面一般不少于2个，其中应有一个是滑动主轴断面；根据滑动面几何特征划分条块，滑坡体不可压缩，不考虑条块间的挤压变形，不考虑力矩平衡
	安全系数应根据滑坡现状及其对工程的影响等因素确定，对地基基础设计等级为甲级取1.30，对乙级取1.20，丙级取1.10
岩土工程勘察规范	出现与滑动方向相反的滑动分力时，下滑力可取负值
	当滑坡体内地下水已形成统一水面时，应计入浮托力和动水压力 动水压力是指地下水在流动过程中作用于岩土体颗粒的力，是使下滑力增加的附加力
	采用反分析法时，应采用滑动后实测主断面计算，对正在滑动的安全系数取0.95~1.0，暂时稳定的取1.00~1.05，对地震、暴雨工况的安全系数适当降低
建筑工程边坡技术规范	支挡结构上的滑坡推力根据滑体性质和厚度分为三角形、矩形、梯形，滑体为完整的块石、碎石土时为三角形，采用锚拉桩时推力图形宜取矩形，滑体为黏性土时，取矩形，介于二者之间的滑体取梯形
	滑坡推力取最大推力为设计值，并使每层滑坡均满足稳定性要求
	选择平行滑动方向的断面不宜少于3条，其中一条应是主滑断面

滑动面、滑带土抗剪强度确定方法	
岩土工程勘察规范	采用室内、野外滑面重合剪，滑带土宜做重塑土或原状土多次剪试验，并求出多次剪和残余剪的抗剪强度
	采用反分析法检验滑动面的抗剪强度指标
铁路工程不良地质勘察规程	正在活动的滑坡、滑带土为黏性土时，采用残余强度剪或多次快剪
	已稳定滑坡(包括暂时稳定)，采用固结快剪或三轴剪切试验
	若滑带土的稠度不大，滑动面清晰时，采用滑面重合剪试验
	若滑动带土为饱和状或泥化流动状时，采用浸水饱和和快剪试验
	有条件时，可进行原位大面积剪切试验或其他原位测试
公路工程地质勘察规程	对于均匀饱和黏性土，采用综合粘聚力法
抗剪强度参数的反算	滑面重合剪、重塑土多次剪，有条件时，宜进行大面积剪切试验
	<b>反算：</b> 是通过已知稳定系数及滑面等条件下反算滑面的岩土抗剪强度参数 ①当计算的前提十分清晰和准确时，反算的结果是准确的。这种情况下可以反算参数为主，确定滑带抗剪强度 ②有些情况下，获得的计算前提并不十分清晰和准确，因而反算结果可信度也低，通常也只作为校验之用
反算前提	反算的基本前提条件： ①必须知道当时坡体的稳定系数值； ②要事前知道滑面的确切位置，包括后缘拉裂缝及前缘剪出口等； ③滑坡剧滑动时的工况，必须查清剧滑动前的雨情、震情、水位升降、斜坡弃土等生成剧滑动破坏的外力因素
稳定系数的经验值	1.当清坡处于刚滑动阶段，此时正处于极限平衡状态，可认为滑坡稳定系数为 1 或稍小于 1.0 2.当滑坡处于剧滑动阶段，稳定系数假设为 0.95~0.98，这是可以接受的 3.当滑坡处于挤压变形阶段或强变形阶段，一般稳定系数取 1.01~1.05 4.当滑坡处于蠕动变形阶段或弱变形阶段，稳定系数的取值便没有把握，因为此时滑面还没有真正形成
反算整个滑面抗剪强度的平均值	当已知反算的三个前提后，就可以反算出某种工况下(一般为自重工况或暴雨工况)整个滑面的平均 $c$ 、 $\varphi$ 值。反算采用的公式应视滑面来定。 1.综合内摩擦角法：以粗粒岩屑或残积物为主，滑动过程可以排出滑带水时，令 $c = 0$ ，反求 $\varphi$ 值 2.综合黏聚力法：滑带土成分以黏性土为主，土质均匀，滑动带饱水且排水困难时，假定 $\varphi = 0$ 反求 $c$ 值 3.滑带土是黏性土和岩屑碎粒时，则假定不同的 $c$ 、 $\varphi$ 组合值试算求得合适的 $c$ 、 $\varphi$ 值
不恢复滑动前原始地面线	不恢复滑动前斜坡断面的反算方法： 1.对于单一平面形岩石顺层滑坡，因为地面形状变化很小，可不恢复原地面而直接用现有滑坡断面进行反算 2.对于古老滑坡，由于滑壁的剥蚀、坍塌，改变了原来的形态，或因缺少原有地形资料，不容易恢复原地面线，这时可不恢复原地面线，而根据滑坡复活时所处的发育阶段及其相应的稳定系数(不一定等于 1.0)，用现有断面进行反算。如滑坡处于蠕动挤压阶段，取稳定系数为 1.0~1.05，正在等速滑动时稳定系数为 1.0，加速滑动时稳定系数取 0.95~0.98，代入公式进行反算，所得指标反映当前状态 3.当有建筑物(如挡土墙)或地物被滑坡滑动破坏时，在方程中应包括其可能的最大抗力，即滑坡推力，这就是工程地质类比算法。此外，在计算中还应根据滑坡发生的具体情况决定是否计入静水压力和地震力的作用

滑坡的公、铁路选线
1.避开巨型、大型滑坡、错落及滑坡群和错落群、坡脚有地下水出露的山坡
2.滑坡规模小，治理方案可行，选择在有利于滑坡和错落稳定的部位通过
3.通过稳定的滑坡和错落体时，不宜在其上部填方或下部挖方，不得开挖坡脚，且不应在滑坡体的上方以填方形式通过。一般滑坡体上缘或下缘比滑坡体中部稳定，下缘的路基以路堤形式通过，上缘宜设置成路堑形式(上挖下填的形式)
4.线路不应与大断裂平行，不宜切割松散堆积体或风化破碎岩的坡脚
5.避开岩层顺层或贯通节理等不利结构面倾向线路的地段，特别是受河水强烈冲刷的傍河顺层地段
6.越岭地段应避开岩层严重风化破碎带或构造断裂带形成的址口，在山坡的同一侧展线时，上下行线宜避免相互影响

减轻膨胀土对建筑物破坏的措施	
工程措施	措施内容
增加基础埋深	增加基础埋深，膨胀土的膨胀量减小，规范要求最低要超过大气急剧影响深度
地基土换填	换土可采用非膨胀性土或灰土
设置沉降缝	1.挖方与填方交界处或地基土显著不均匀处； 2.建筑结构(或基础)类型不同部位； 3.建筑物平面转折部位或高度(或荷重)有显著差异部位
宽散水	散水措施：是指在房屋等建筑物外墙的墙脚周围，用砖石、混凝土铺成的斜坡，以便将屋面的雨水排至远处，是防止因雨水渗入导致地基下沉的有效措施
结构措施	1.较均匀的弱膨胀土地基，可采用条基； 2.基础埋深较大或条基基底压力较小时，宜采用墩基； 3.承重砌体结构可采用拉结较好的实心砖墙，不得采用空斗墙、砌块墙或无砂混凝土砌体，不宜采用砖拱结构、无砂大孔混凝土和无筋中型砌块等对变形敏感的结构；II级、III级膨胀土地区，砂浆强度等级不宜低于 M2.5； 4.房屋顶层和基础顶部宜设置圈梁(地基梁、承台梁可代替基础圈梁)，多层房屋的其他各层可隔层设置，必要时，也可层层设置；外廊式房屋应采用悬挑结构 5.砖混结构房屋设置圈梁

盐渍土对建筑材料性能的腐蚀作用	
建筑材料	产生条件及腐蚀特征
沥青	1.当氯盐含量大于 3%~5%时，随着含盐量增加，沥青的延展度普遍下降； 2.Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 和 NaHCO <sub>3</sub> 能使的亲水性增加，并使土与沥青互相作用形成水溶盐，造成沥材料乳化
混凝土	1.当氯盐含量超过 4%，硫酸钠含量超过 1%时，对混凝能产生腐蚀作用，尤以 <b>硫酸钠结晶的水合物</b> 更严重，使水泥加固的土、砂浆、混凝土等产生松胀剥落、掉皮等； 2.氯盐和石膏总含量在 2%~3%以下时，能加速水泥硬化，提高水泥加固的土的强度
金属	1.易溶盐中的各种酸离子与金属材料直接作用，即可腐蚀金属材料； 2.各种盐的强烈化学反应，促使金属材料遇水后产生不均匀的电位差，导致水与氧等对金属材料的锈蚀
其他	易溶盐对砖、橡胶等材料均有不同程度的腐蚀性

地基冻胀作用的防护与防护措施		
冻土地基的防护	目的：预防冻土天然状态的改变或消除其危害产生的根源，避免冻土对工程产生危害	
	通风基础	一般包括架空通风和管道通风，是将建筑物通过桩、柱抬升隔离地表，通过埋置通风管道或预设隔热垫层，使建筑物不能和地表直接接触，以达到冻土地基不改变其原始通风基础温度条件而得以维持其稳定性
	粗颗粒土垫高地基	在年均气温低于 0℃的冻土地区，大多数建筑地基可采用粗颗粒(碎石、砾石)垫高地基垫高地基超出建筑物外围至少 0.3m
	铺设隔热层	作为隔热层的材料必须是具有一定刚度的土工织物或泡沫材料，且使用期间不吸湿(防潮性)
	桩基础	由于桩基可隔离上层建筑与冻土的直接接触，且于其间易于设置架空空间及铺设绝热材料，因此桩基础是冻土区建筑采用相对较为广泛的基础形式
冻土地基的防治	热棒(桩)	热桩是一种特殊类型的桩，通过自身相转换或强制循环制冷消散土体中热量，故其能够将土体内部的温度降低，因此在改善冻土地基、防止冻土融化下沉和冻胀以及提高地基稳定性方面，都是极好的处理手段
	目的：主要是消除其冻胀和融沉特性，以保证工程建设的正常完成和有效运营	
	1.多年冻土地基的防冻胀措施： ①换填，即用粗砂、砾石等非冻胀性的土体材料置换天然地基的冻胀性土，以消除或削弱天然地基的冻胀性； ②物理化学法：利用交换阳离子及盐分对冻胀的规律对冻土地基进行改良	
	2.冻土地基的防融沉措施： ①主要从改良土体的角度出发，通过剥离土层或其他工业融化方法对冻土进行融、预固结； ②采用纯净的粗颗粒土换填富冰土或含土冰层，以直接消除或削弱土层的融沉； ③工程中也有采取多填方、少挖方的方针，以尽可能避免对冻土的扰动破坏	
	3.季节性冻土基础工程防冻胀措施： ①基础四侧换上，采用较纯净的砂、砂砾石等粗颗粒土换填基础四周冻土，填土夯实； ②改善基础侧面平滑度，基础必须浇筑密实，具有平滑表面； ③基础侧面在冻土范围内还可以用工业凡士林、渣油等涂刷以减少切向冻胀力； ④选用抗冻胀性基础改变基础断面形状，利用冻胀反力的自锚作用增加基础抗冻拔的能力	
冻土地基的防治	4.多年冻土地基工程的防融沉措施： ①一般采取的办法有换填基底土，对采用融化原则的基底上可换填碎、卵、砾石或粗砂等，换填深度可到季节融化深度或受压层深度； ②选择好基础形式，对融沉、强融沉土用轻型墩台，适当增大基底面积，减少压应力，或加深基础埋置深度； ③注意隔热措施，采取保持冻结原则时施工中注意保护地表上覆盖植被，或以保温性能较好材料铺盖地表减少热渗入量； ④施工和养护中，保证结构物周围排水通畅，防止地表水灌入基坑内	

铁路路基挡土墙适用范围

重力式挡土墙	重力式挡土墙适用于一般地区、浸水地区和地震地区。重力式挡土墙可设置于路肩、路堤和路堑等部位。 1 路肩墙、路堤墙，墙高不宜大于 10m。2 土质路堑地段，墙高不宜大于 6m；石质路堑地段，墙高不宜大于 10m。3 膨胀岩土路堑地段，墙高不宜大于 4m。4 墙身采用浆砌片石时，墙高不宜大于 5m。
悬臂式和扶壁式挡土墙	悬臂式和扶壁式挡土墙适用于一般地区、浸水地区和地震地区。悬臂式墙高不宜大于 6m，扶壁式墙高不宜大于 10m
槽型挡土墙	槽型挡土墙适用于地下水位较高的路堑及放坡条件受到限制的路堑或路堤地段。边墙悬臂高度不宜大于 8m，顶宽不宜小于 0.3m
加筋土挡土墙	加筋土挡土墙适用于一般地区和地履地区，可设置于路肩或路堤边坡，单级墙高不宜大于 10m
土钉墙	土钉墙适用于一一般地区和地震地区土质及破碎软弱岩质路堑地段。在腐蚀性地层、膨胀土地段、松散的土质边坡以及地下水较发育地段，不宜采用土钉墙
锚杆挡土墙	锚杆挡土墙适用于一般地区和地震地区的岩质和土质边坡。锚杆挡土墙宜设置成单级或两级。在岩层中每级墙高度不宜大于 10m；在土层中或拼装预制的柱板式锚杆挡土墙，每级墙高度不宜大于 8m，总高度不宜大于 16m。上、下两级墙之间应设置平台，宽度不宜小于 2m
桩墙结构	桩墙结构适用于一般地区、浸水地区和地震地区。桩悬臂段长度不宜大于 12m，大于 12m 时桩上宜设置预应力锚索
短卸荷板式挡土墙	短卸荷板式挡土墙适用于一般地区地基承载力较高的路肩地段，墙高宜为 6m~12m
锚定板挡土墙	锚定板挡土墙可用于一般地区的路肩或路堤地段，单级墙高度不宜大于 6m，双级墙总高度不宜大于 10

沉降计算 $(s = \psi_s s' = \psi_s p_0 \frac{\sum A_i}{E_s} \quad \bar{E}_s = (\sum A_i)/(\sum \frac{A_i}{E_{si}}) = (z_n \bar{\alpha}_n)/(\sum \frac{z_i \bar{\alpha}_i - z_{i-1} \bar{\alpha}_{i-1}}{E_{si}}) \quad A_i = \frac{(\alpha_{i-1} + \alpha_i) h_i}{2})$									
$z(m)$	$\frac{z}{b_{\text{墙}}/2} (\text{圆形} \frac{z}{r})$	$\frac{l_k/2}{b_{\text{墙}}/2}$	$\bar{\alpha}_i$	$4z_i \bar{\alpha}_i$	$4(z_i \bar{\alpha}_i - z_{i-1} \bar{\alpha}_{i-1})$	$E_{si}(\text{Mpa})$	$\Delta s_i = p_0 \frac{4(z_i \bar{\alpha}_i - z_{i-1} \bar{\alpha}_{i-1})}{E_{si}}$	$s_i = \sum_{j=1}^i \Delta s_j$	$\frac{\Delta s_i}{s_i} \leq 0.025$ 时满足
0	0		0	0	0		0	0	0
$z_n$				$4z_n \bar{\alpha}_n$					

注： $z_n = b(2.5 - 0.4 \ln b)$ ，在计算深度范围内存在基岩时， $z_n$ 可取至基岩表面；  
当存在较厚的**坚硬黏性土层**，其  $e < 0.5$ 、 $E_{si} > 50\text{MPa}$ ， $z_n$ 可取至该层土表面；  
或存在较厚的**密实砂卵石层**，其  $E_{si} > 80\text{MPa}$  时， $z_n$ 可取至该层土表面。

$\Delta z_n$ 满足				
$b(m)$	$\leq 2$	$2 < b \leq 4$	$4 < b \leq 8$	$b > 8$
$\Delta z(m)$	0.3	0.6	0.8	1.0

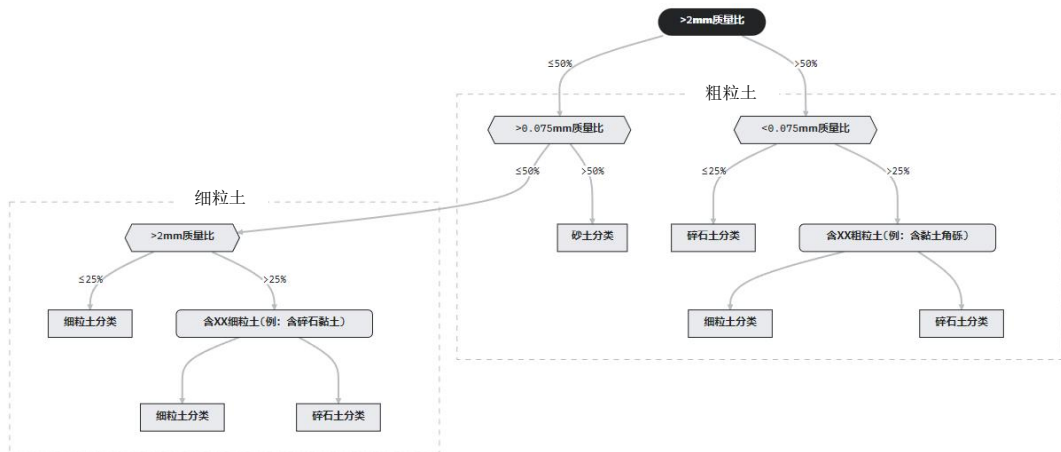
压缩模量当量值计算 $(E_s = (\sum A_i)/(\sum \frac{A_i}{E_{si}}) \quad A_i = \frac{(\alpha_{i-1} + \alpha_i) h_i}{2})$							
$z(m)$	$\frac{z}{b_{\text{墙}}/2} (\text{圆形} \frac{z}{r})$	$\frac{l_k/2}{b_{\text{墙}}/2}$	$\bar{\alpha}_i$	$4z_i \bar{\alpha}_i$	$4(z_i \bar{\alpha}_i - z_{i-1} \bar{\alpha}_{i-1})$	$E_{si}(\text{Mpa})$	$E_s$
0	0		0	0	0		$\frac{z_n \bar{\alpha}_n}{\sum \frac{(z_i \bar{\alpha}_i - z_{i-1} \bar{\alpha}_{i-1})}{E_{si}}}$
$z_n$				$4z_n \bar{\alpha}_n$			

注： $z_n = b(2.5 - 0.4 \ln b)$ ，在计算深度范围内存在基岩时， $z_n$ 可取至基岩表面；  
当存在较厚的**坚硬黏性土层**，其  $e < 0.5$ 、 $E_{si} > 50\text{MPa}$ ， $z_n$ 可取至该层土表面；  
或存在较厚的**密实砂卵石层**，其  $E_{si} > 80\text{MPa}$  时， $z_n$ 可取至该层土表面。

$\Delta z_n$ 满足			
$b(m)$	$\leq 2$	$2 < b \leq 4$	$4 < b \leq 8$
$\Delta z(m)$	0.3	0.6	0.8

试验温度

试验类型	试验温度	试验类型	试验温度
土含水率，烘干温度	一般土：105~110℃ 有机土：65~70℃	土渗透系数，标准水温	20℃
易溶盐含量，烘干温度	105~110℃	盐溶解度，水温	20℃



矩形面积上均布荷载作用下角点附加应力系数 $\alpha$

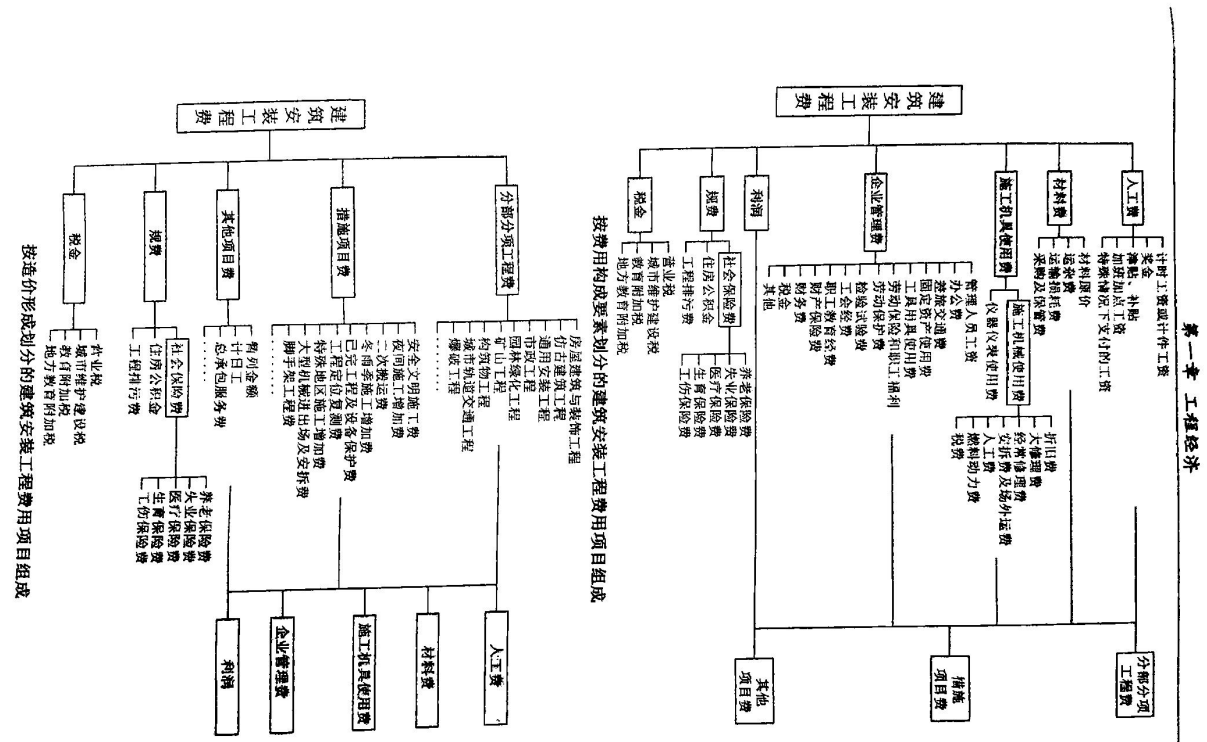
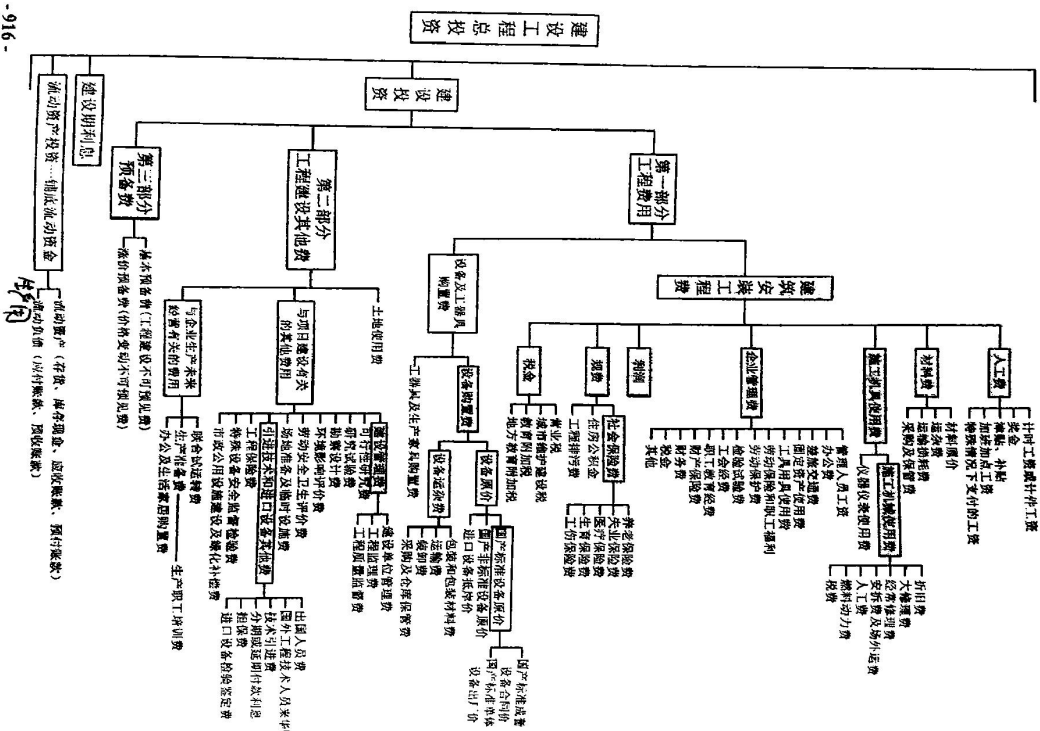
z/b	1/b											
	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	10	条形
0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
0.2	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249
0.4	0.24	0.242	0.243	0.243	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244
0.6	0.223	0.228	0.23	0.232	0.232	0.233	0.234	0.234	0.234	0.234	0.234	0.234
0.8	0.2	0.207	0.212	0.215	0.216	0.218	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
1	0.175	0.185	0.191	0.195	0.198	0.2	0.203	0.204	0.204	0.204	0.205	0.205
1.2	0.152	0.163	0.171	0.176	0.179	0.182	0.187	0.188	0.189	0.189	0.189	0.189
1.4	0.131	0.142	0.151	0.157	0.161	0.164	0.171	0.173	0.174	0.174	0.174	0.174
1.6	0.112	0.124	0.133	0.14	0.145	0.148	0.157	0.159	0.16	0.16	0.16	0.16
1.8	0.097	0.108	0.117	0.124	0.129	0.133	0.143	0.146	0.147	0.148	0.148	0.148
2	0.084	0.095	0.103	0.11	0.116	0.12	0.131	0.135	0.136	0.137	0.137	0.137
2.2	0.073	0.083	0.092	0.098	0.104	0.108	0.121	0.125	0.126	0.127	0.128	0.128
2.4	0.064	0.073	0.081	0.088	0.093	0.098	0.111	0.116	0.118	0.118	0.119	0.119
2.6	0.057	0.065	0.072	0.079	0.084	0.089	0.102	0.107	0.11	0.111	0.112	0.112
2.8	0.05	0.058	0.065	0.071	0.076	0.08	0.094	0.1	0.102	0.104	0.105	0.105
3	0.045	0.052	0.058	0.064	0.069	0.073	0.087	0.093	0.096	0.097	0.099	0.099
3.2	0.04	0.047	0.053	0.058	0.063	0.067	0.081	0.087	0.09	0.092	0.093	0.094
3.4	0.036	0.042	0.048	0.053	0.057	0.061	0.075	0.081	0.085	0.086	0.088	0.089
3.6	0.033	0.038	0.043	0.048	0.052	0.056	0.069	0.076	0.08	0.082	0.084	0.084
3.8	0.03	0.035	0.04	0.044	0.048	0.052	0.065	0.072	0.075	0.077	0.08	0.08
4	0.027	0.032	0.036	0.04	0.044	0.048	0.06	0.067	0.071	0.073	0.076	0.076
4.2	0.025	0.029	0.033	0.037	0.041	0.044	0.056	0.063	0.067	0.07	0.072	0.073
4.4	0.023	0.027	0.031	0.034	0.038	0.041	0.053	0.06	0.064	0.066	0.069	0.07
4.6	0.021	0.025	0.028	0.032	0.035	0.038	0.049	0.056	0.061	0.063	0.066	0.067
4.8	0.019	0.023	0.026	0.029	0.032	0.035	0.046	0.053	0.058	0.06	0.064	0.064
5	0.018	0.021	0.024	0.027	0.03	0.033	0.043	0.05	0.055	0.057	0.061	0.062
6	0.013	0.015	0.017	0.02	0.022	0.024	0.033	0.039	0.043	0.046	0.051	0.052
7	0.009	0.011	0.013	0.015	0.016	0.018	0.025	0.031	0.035	0.038	0.043	0.045
8	0.007	0.009	0.01	0.011	0.013	0.014	0.02	0.025	0.028	0.031	0.037	0.039
9	0.006	0.007	0.008	0.009	0.01	0.011	0.016	0.02	0.024	0.026	0.032	0.035
10	0.005	0.006	0.007	0.007	0.008	0.009	0.013	0.017	0.02	0.022	0.028	0.032
12	0.003	0.004	0.005	0.005	0.006	0.006	0.009	0.012	0.014	0.017	0.022	0.026
14	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.007	0.009	0.011	0.013	0.018	0.023
16	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.005	0.007	0.009	0.01	0.014	0.02
18	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004	0.006	0.007	0.008	0.012	0.018
20	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.005	0.006	0.007	0.01	0.016
25	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004	0.004	0.007	0.013
30	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.005	0.011
35	0	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.004	0.009
40	0	0	0	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.008

矩形面积上均布荷载作用下角点的平均附加应力系数 $\alpha$

z/b	1/b												
	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	5	10
0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
0.2	0.2496	0.2497	0.2497	0.2498	0.2498	0.2498	0.2498	0.2498	0.2498	0.2498	0.2498	0.2498	0.2498
0.4	0.2474	0.2479	0.2481	0.2483	0.2483	0.2484	0.2485	0.2485	0.2485	0.2485	0.2485	0.2485	0.2485
0.6	0.2423	0.2437	0.2444	0.2448	0.2451	0.2452	0.2454	0.2455	0.2455	0.2455	0.2455	0.2455	0.2456
0.8	0.2346	0.2372	0.2387	0.2395	0.24	0.2403	0.2407	0.2408	0.2409	0.2409	0.241	0.241	0.241
1	0.2252	0.2291	0.2313	0.2326	0.2335	0.234	0.2346	0.2349	0.2351	0.2352	0.2352	0.2353	0.2353
1.2	0.2149	0.2199	0.2229	0.2248	0.226	0.2268	0.2278	0.2282	0.2285	0.2286	0.2287	0.2288	0.2289
1.4	0.2043	0.2102	0.214	0.2164	0.218	0.2191	0.2204	0.2211	0.2215	0.2217	0.2218	0.222	0.2221
1.6	0.1939	0.2006	0.2049	0.2079	0.2099	0.2113	0.213	0.2138	0.2143	0.2146	0.2148	0.215	0.2152
1.8	0.184	0.1912	0.196	0.1994	0.2018	0.2034	0.2055	0.2066	0.2073	0.2077	0.2079	0.2082	0.2084
2	0.1746	0.1822	0.1875	0.1912	0.1938	0.1958	0.1982	0.1996	0.2004	0.2009	0.2012	0.2015	0.2018
2.2	0.1659	0.1737	0.1793	0.1833	0.1862	0.1883	0.1911	0.1927	0.1937	0.1943	0.1947	0.1952	0.1955
2.4	0.1578	0.1657	0.1715	0.1757	0.1789	0.1812	0.1843	0.1862	0.1873	0.188	0.1885	0.189	0.1895
2.6	0.1503	0.1583	0.1642	0.1686	0.1719	0.1745	0.1779	0.1799	0.1812	0.182	0.1825	0.1832	0.1838
2.8	0.1433	0.1514	0.1574	0.1619	0.1654	0.168	0.1717	0.1739	0.1753	0.1763	0.1769	0.1777	0.1784
3	0.1369	0.1449	0.151	0.1556	0.1592	0.1619	0.1658	0.1682	0.1698	0.1708	0.1715	0.1725	0.1733
3.2	0.131	0.139	0.145	0.1497	0.1533	0.1562	0.1602	0.1628	0.1645	0.1657	0.1664	0.1675	0.1685
3.4	0.1256	0.1334	0.1394	0.1441	0.1478	0.1508	0.155	0.1577	0.1595	0.1607	0.1616	0.1628	0.1639
3.6	0.1205	0.1282	0.1342	0.1389	0.1427	0.1456	0.15	0.1528	0.1548	0.1561	0.157	0.1583	0.1595
3.8	0.1158	0.1234	0.1293	0.134	0.1378	0.1408	0.1452	0.1482	0.1502	0.1516	0.1526	0.1541	0.1554
4	0.1114	0.1189	0.1248	0.1294	0.1332	0.1362	0.1408	0.1438	0.1459	0.1474	0.1485	0.1500	0.1516
4.2	0.1073	0.1147	0.1205	0.1251	0.1289	0.1319	0.1365	0.1396	0.1418	0.1434	0.1445	0.1462	0.1479
4.4	0.1053	0.1107	0.1164	0.121	0.1248	0.1279	0.1325	0.1357	0.1379	0.1396	0.1407	0.1425	0.1444
4.6	0.1	0.107	0.1127	0.1172	0.1209	0.124	0.1287	0.1319	0.1342	0.1359	0.1371	0.139	0.141
4.8	0.0967	0.1036	0.1091	0.1136	0.1173	0.1204	0.125	0.1283	0.1307	0.1324	0.1337	0.1357	0.1379
5	0.0935	0.1003	0.1057	0.1102	0.1139	0.1169	0.1216	0.1249	0.1273	0.1291	0.1304	0.1325	0.1348
5.2	0.0906	0.0972	0.1026	0.107	0.1106	0.1136	0.1183	0.1217	0.1241	0.1259	0.1273	0.1295	0.132
5.4	0.0878	0.0943	0.0996	0.1039	0.1075	0.1105	0.1152	0.1186	0.1211	0.1229	0.1243	0.1265	0.1292
5.6	0.0852	0.0916	0.0968	0.101	0.1046	0.1076	0.1122	0.1156	0.1181	0.12	0.1215	0.1238	0.1266
5.8	0.0828	0.089	0.0941	0.0983	0.1018	0.1047	0.1094	0.1128	0.1153	0.1172	0.1187	0.1211	0.124
6	0.0805	0.0866	0.0916	0.0957	0.0991	0.1021	0.1067	0.1101	0.1126	0.1146	0.1161	0.1185	0.1216
6.2	0.0783	0.0842	0.0891	0.0932	0.0966	0.0995	0.1041	0.1075	0.1101	0.112	0.1136	0.1161	0.1193
6.4	0.0762	0.082	0.0869	0.0909	0.0942	0.0971	0.1016	0.105	0.1076	0.1096	0.1111	0.1137	0.1171
6.6	0.0742	0.0799	0.0847	0.0886	0.0919	0.0948	0.0993	0.1027	0.1053	0.1073	0.1088	0.1114	0.1149
6.8	0.0723	0.0779	0.0826	0.0865	0.0898	0.0926	0.097	0.1004	0.103	0.105	0.1066	0.1092	0.1129
7	0.0705	0.0761	0.0806	0.0844	0.0877	0.0904	0.0949	0.0982	0.1008	0.1028	0.1044	0.1071	0.1109
7.2	0.0688	0.0742	0.0787	0.0825	0.0857	0.0884	0.0928	0.0962	0.0987	0.1008	0.1023	0.1051	0.109
7.4	0.0672	0.0725	0.0769	0.0806	0.0838	0.0865	0.0908	0.0942	0.0967	0.0988	0.1004	0.1031	0.1071
7.6	0.0656	0.0709	0.0752	0.0789	0.082	0.0846	0.0889	0.0922	0.0948	0.0968	0.0984	0.1012	0.1054
7.8	0.0642	0.0693	0.0736	0.0771	0.0802	0.0828	0.0871	0.0904	0.0929	0.095	0.0966	0.0994	0.1036
8	0.0627	0.0678	0.072	0.0755	0.0785	0.0811	0.0853	0.0886	0.0912	0.0932	0.0948	0.0976	0.102
8.2	0.0614	0.0663	0.0705	0.0739	0.0769	0.0795	0.0837	0.0869	0.0894	0.0914	0.0931	0.0959	0.1004
8.4	0.0601	0.0649	0.069	0.0724	0.0754	0.0779	0.082	0.0852	0.0878	0.0893	0.0914	0.0943	0.0938
8.6	0.0588	0.0636	0.0676	0.071	0.0739	0.0764	0.0805	0.0836	0.0862	0.0882	0.0898	0.0927	0.0973
8.8	0.0576	0.0623	0.0663	0.0696	0.0724	0.0749	0.079	0.0821	0.0846	0.0866	0.0882	0.0912	0.0959
9.2	0.0554	0.0599	0.0637	0.067	0.0697	0.0721	0.0761	0.0792	0.0817	0.0837	0.0853	0.0882	0.0931
9.6	0.0533	0.0577	0.0614	0.0645	0.0672	0.0696	0.0734	0.0765	0.0789	0.0809	0.0825	0.0855	0.0905
10	0.0514	0.0556	0.0592	0.0622	0.0649	0.0672	0.071	0.0739	0.0763	0.0783	0.0799	0.0829	0.088
10.4	0.0496	0.0537	0.0572	0.0601	0.0627	0.0649	0.0686	0.0716	0.0739	0.0759	0.0775	0.0804	0.0857
10.8	0.0479	0.0519	0.0553	0.0581	0.0606	0.0628	0.0664	0.0693	0.0717	0.0736	0.0751	0.0781	0.0834
11.2	0.0463	0.0502	0.0535	0.0563	0.0587	0.0609	0.0644	0.0672	0.0695	0.0714	0.073	0.0759	0.0813
11.6	0.0448	0.0486	0.0518	0.0545	0.0569	0.059	0.0625	0.0652	0.0675	0.0694	0.0709	0.0738	0.0793
12	0.0435	0.0471	0.0502	0.0529	0.0552	0.0573	0.0606	0.0634	0.0656	0.0674	0.069	0.0719	0.0774
12.8	0.0409	0.0444	0.0474	0.0499	0.0521	0.0541	0.0573	0.0599	0.0621	0.0639	0.0654	0.0682	0.0739
13.6	0.0387	0.042	0.0448	0.0472	0.0493	0.0512	0.0543	0.0568	0.0589	0.0607	0.0621	0.0649	0.0707
14.4	0.0367	0.0398	0.0425	0.0448	0.0468	0.0486	0.0516	0.054	0.0561	0.0577	0.0592	0.0619	0.0677
15.2	0.0349	0.0379	0.0404	0.0426	0.0446	0.0463	0.0492	0.0515	0.0535	0.0551	0.0565	0.0592	0.065
16	0.0332	0.0361	0.0385	0.0407	0.0425	0.0442	0.0469	0.0492	0.0511	0.0527	0.054	0.0567	0.0625
18	0.0297	0.0323	0.0345	0.0364	0.0381	0.0396	0.0422	0.0442	0.046	0.0475	0.0487	0.0512	0.057
20	0.0269	0.0292	0.0312	0.033	0.0345	0.0359	0.0383	0.0402	0.0418	0.0432	0.0444	0.0468	0.0524

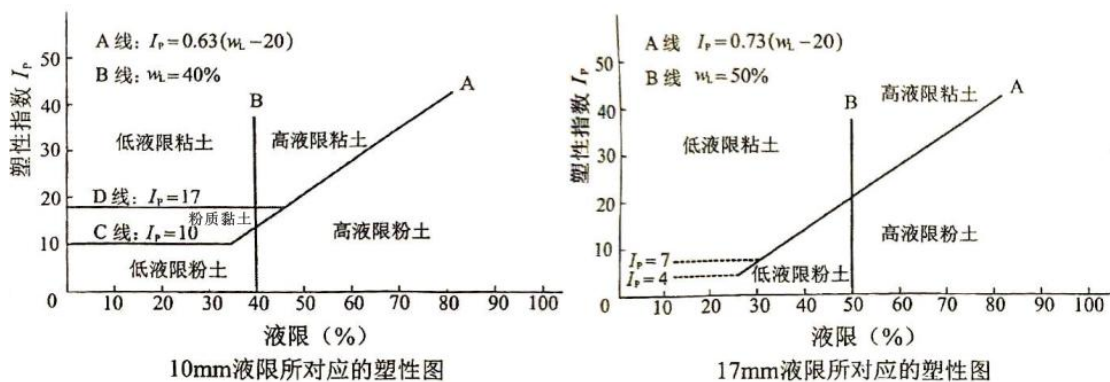
第十四篇 工程经济与法规

第一章 工程经济



泥石流						
《工程地质手册》分类	流域特征	标准型泥石流	呈扇状，可以明显分出形成区、通过区、堆积区			
		河谷型泥石流	狭长形，形成区不明显，松散物质来源于中游			
		山坡型泥石流	面积小，呈漏斗状，流通区不明显，形成区与堆积区直接相连			
	固体物质特征	泥流	以黏性土为主，混少量砂土、块石，黏度大，呈黏稠状			
		泥石流	由大量的黏性土和粒径不等的砂、块石组成			
		水石流	以大小不等的块石、砂土为主，黏性土含量很少			
	物质状态	黏性泥石流	含大量黏性土的泥石流或泥流，水不是搬运介质而是组成物质，块石呈悬浮或支撑状态			
稀性泥石流		水是主要成分，黏性土含量少，有很大分散性，水是搬运介质，块石滚动向前				
《岩土工程勘察规范》分类	频率	I高频率泥石流	每年基本都发生，固体物质主要来源于沟谷的滑坡、崩塌、滑坡、崩塌严重的沟谷多发生黏性泥石流			
		II低频率泥石流	爆发周期一般 10 年以上，固体物质来源于沟床，性质有粘有稀			
《铁路工程不良地质勘察规程》分类	固体物质成分	泥流	固体物质为黏粒、粉粒，少量砂砾、碎石			
		泥石流	固体物质为黏粒、粉粒、砂砾、砾石、碎石、块石、漂石			
		水石流	固体物质为块石、碎石、砾石，少量黏粒、粉粒			
	规模	类别	峰值流量 $Q_c(\text{m}^3/\text{s})$	固体物质一次最大冲出量 $V_c(\text{m}^3)$		
		小型	$Q_c < 20$	$V_c < 2 \times 10^4$		
		中型	$20 \leq Q_c < 100$	$2 \times 10^4 \leq V_c < 20 \times 10^4$		
		大型	$100 \leq Q_c < 200$	$20 \times 10^4 \leq V_c < 50 \times 10^4$		
		特大型	$Q_c \geq 200$	$V_c \geq 50 \times 10^4$		
	频率	高频	中频	低频	极低频	
		$\geq 1$ 次/年	1 次/10 年~小于 1 次/年	1 次/100 年~小于 1 次/10 年	<1 次/100 年	
	流域形态特征	沟谷型	流域面积>1km <sup>2</sup> ，主沟长度>2km，沟谷形态明显，一般上游宽下游窄，堆积物呈扇形或带状，颗粒有一定磨圆度			
		山坡型	流域面积<1km <sup>2</sup> ，主沟长度<2kmn，沟谷短、浅、陡，一般无支沟，堆积物呈锥形，颗粒粗大，棱角明显			
	流体性质	性质	流体密度(kg/m <sup>3</sup> )	流态特征	堆积特征	
		黏性	泥流	$\rho_c > 1.5 \times 10^3$	层流、固液等速运动	多呈舌状，表层有泥球，粗颗粒有悬浮特点
			泥石流	$1.6 \times 10^3 \leq \rho_c \leq 2.3 \times 10^3$	层流，固、液两相物质呈整体等速运动，能将巨大的漂石悬移或滚动	多呈扇状或舌状，砾石、块石呈悬浮或支撑状，堆积物无分选，一次堆积无层次，各次堆积分层明显
稀性		泥流	$1.3 \times 10^3 \leq \rho_c \leq 1.5 \times 10^3$	紊流状，砾石、碎石块石至滚动或跃移前进，弯道处常见泥浆	呈扇状或垄岗状，间有“泥球”出现	
		泥石流	$1.2 \times 10^3 \leq \rho_c \leq 1.6 \times 10^3$	紊流状，漂块石呈滚动或跃移前进	呈扇状或举岗状，堆积物分选差	
		水石流	$\rho_c < 1.2 \times 10^3$	紊流状，砾石、块石呈推移式前进	一般呈扇状，堆积物有分选性	





细粒土塑性图分类

土的塑性指数在塑性图中的位置				土类代号	土名称
10mm 液限（《岩土勘察》）		17mm 液限（《土红粉土》、《土试》、《土试》）			
塑性指数	液限	塑性指数	液限		
$I_p \geq 0.63(w_L - 20)$ 和 $I_p \geq 17$	$w_L \geq 40\%$	$I_p \geq 0.73(w_L - 20)$ 和 $I_p \geq 7$	$w_L \geq 50\%$	CH	高液限黏土
	$w_L < 40\%$		$w_L < 50\%$	CL	低液限黏土
$I_p < 0.63(w_L - 20)$ 和 $I_p < 10$	$w_L \geq 40\%$	$I_p < 0.73(w_L - 20)$ 和 $I_p < 4$	$w_L \geq 50\%$	MH	高液限粉土
	$w_L < 40\%$		$w_L < 50\%$	ML	低液限粉土

试验数据统计计算方法

舍弃试验数据	$\phi_m \pm 3\sigma_f$
原位试验数据的平均值:	$\phi_m = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i}{n}$
原位试验数据的标准差:	$\sigma_f = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n \phi_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n \phi_i)^2}{n} \right]}$
原位试验数据的变异系数:	$\delta = \frac{\sigma_f}{\phi_m}$
统计修正系数:	$\gamma_s = 1 - \left\{ \frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right\} \delta$
原位试验数据的标准值:	$\phi_k = \gamma_s \phi_m$

塌方程度系数 A 值

塌方程度	塌方区岩性及边坡特征	塌方面积率(%)	$I_c(\%)$	A
严重的	塌方区经常处于不稳定状态, 表层松散, 多为近代残积、坡积层, 第三系半胶结粉细砂岩, 泥灰岩。松散堆积层厚度大于 10m, 塌方集中, 多滑坡, 冲沟发育, 沟头多为葫芦状	20~30	$\geq 500$	1.1~1.4
较严重的	山坡不很稳定, 岩层破碎, 残积、坡积层厚 3~10m, 中等密实, 表层松散, 塌方区不太集中, 沟岸冲刷严重, 但对其上方山坡稳定性影响小	10~20	350~500	0.9~1.1
一般的	山坡为砂页岩互层, 风化较严重, 堆积层不厚, 表上含砂量大, 有小型塌方和小型冲沟, 且分散	5~10	270~400	0.7~0.9
轻微的	塌方区边坡较缓, 或上陡下缓, 有趋于稳定的现象, 沟岸等处堆积层趋于稳定, 少部分山坡岩层风化剥落, 其他多属死塌方、死滑坡	3~5	250~350	0.5~0.7

离子含量 mmol/L、mg/L 与 me/L 换算系数表 (mmol/L =  $\frac{\text{mg/L}}{\text{化学结构式量}}$ ; me/L = mg/L × 换算系数)

离子名称	$K^+ + Na^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$NH_4^+$	$Cl^-$	$SO_4^{2-}$	$HCO_3^-$	$CO_3^{2-}$
化学结构式量	23	40	24	18	35.5	96	61	60
mg/L 换算为 me/L 的系数	0.043	0.050	0.082	0.055	0.028	0.021	0.016	0.033

地表变形最大值计算			
地表最大下沉值 (垂直移动)	充分采动	$W_{\text{cm}} = M \cdot q \cdot \cos \alpha$	
	非充分采动	$W_{\text{fm}} = M \cdot q \cdot n \cdot \cos \alpha$ $n = \sqrt{n_1 \cdot n_3}$ , $n_1 = k_1 \cdot \frac{D_1}{H_0} \leq 1$ , $n_3 = k_3 \cdot \frac{D_3}{H_0} \leq 1$	
地表最大水平移动值 (水平移动)	沿煤层走向	$U_{\text{cm}} = b \cdot W_{\text{cm}}$	
	沿煤层倾斜走向	$U_{\text{cm}} = b(\alpha) \cdot W_{\text{cm}}$ 或 $U_{\text{cm}} = (b + 0.7P_0) \cdot W_{\text{cm}}$ $P_0 = \tan \alpha - \frac{h}{H_0 - h} \geq 0$	
地面主要影响半径	$r = \frac{H}{\tan \beta}$ (m)	最大倾斜变形值	$i_{\text{cm}} = \frac{W_{\text{cm}}}{r} \leq 10\text{mm/m}$
最大水平变形值	$\varepsilon_{\text{cm}} = 1.52b \cdot \frac{W_{\text{cm}}}{r} \leq 6\text{mm/m}$	最大曲率变形值	$k_{\text{cm}} = 1.52 \cdot \frac{W_{\text{cm}}}{r^2} \leq 0.6\text{mm/m}^2$
采深采厚比	采深采厚比 = 开采深度/矿层真厚度 $\geq 30$		
<div><div><math>W_{\text{cm}}</math>——充分采动条件下地表最大下沉值(mm) <math>q</math>——充分采动条件下的下沉系数(mm/m) <math>W_{\text{fm}}</math>——非充分采动条件下地表最大下沉值(mm) <math>D_1</math>、<math>D_3</math>——倾向及走向工作面长度(m) <math>H_0</math>——采空区的平均采深(m) <math>b(\alpha)</math>——水平移动系数(无量纲), 随倾角<math>\alpha</math>变化 <math>P_0</math>——计算系数, 当小于0时, 取0 <math>\beta</math>——移动角(主要影响角)(°)</div><div><math>M</math>——采出矿层法向厚度, 即真厚度(m)=(底埋深-顶埋深)<math>\times \cos \alpha</math> = 揭露厚度 <math>\alpha</math>——煤层倾角(°) <math>n</math>——地表充分采动系数, <math>n_1</math>、<math>n_3</math>大于1时取1 <math>k_1</math>、<math>k_3</math>——与覆岩岩性有关的系数, 坚硬岩层取0.7, 较硬岩层取0.8, 软弱岩层取0.9 <math>U_{\text{cm}}</math>——充分开采的最大水平移动值(mm) <math>b</math>——水平移动系数(无量纲) <math>h</math>——松散层厚度(m) <math>H</math>——采空区采深, 即开采深度, 矿层开采顶面的埋深(m)</div></div>			

渗透注浆注浆量计算

$$Q = n\pi r^2(l+r)\alpha\beta$$

$$Q = K\mu(1-\gamma)\pi r^2l\alpha\beta$$

对岩石地基

其中,  $Q$ : 注浆量 (m<sup>3</sup>)      $n$ : 土平均孔隙率      $r$ : 浆液扩散半径 (m)      $l$ : 注浆段长度或厚度 (m)  
 $\alpha$ : 有效充填系数 (注浆系数), 宜 0.8~1.0      $\beta$ : 工作条件系数 (超灌系数), 宜 1.2~1.5      $\mu$ : 岩溶裂隙率  
 $\gamma$ : 扣除稀疏填充物后的岩溶裂隙充填率      $K$ : 基岩的实际充填系数, 宜 2~3, 水平岩溶发育区取小值, 垂直岩溶发育区取大值

水利行业岩土物理力学参数取值		
参数		标准值确定方法
物理性参数	算术平均值作为标准值	
抗剪强度	直剪试验峰值强度的小值平均值作为标准值	
	有效应力进行稳定性分析	三轴试验测定的抗剪强度, 取平均值作为标准值
	边坡工程	饱和固结快剪、快剪强度的小值平均值或三轴压缩的平均值作为标准值
压缩模量	对于高压缩性软土, 宜以压缩模量的小值平均值作为标准值	
渗透系数	人工降低地下水及排水计算	采用抽水试验的小值平均值作为标准值
	水库(渠道)渗漏量、地下洞室涌水量、基坑涌水量	采用抽水试验的大值平均值作为标准值
	浸没区预测	采用试验的平均值作为标准值
	供水工程计算	采用抽水试验的小值平均值作为标准值
岩石	密度、单轴抗压强度、抗拉强度、点荷载强度、波速等指标取算术平均值作为标准值	
小值平均值: 小于平均值的数值再平均		大值平均值: 大于平均值的数值再平均

岩浆岩的分类									
化学成分		含 Si、Al 为主		含 Fe、Mg 为主		产状			
酸碱性		酸性	中性	基性	超基性				
颜色		浅色的 (浅灰、浅红、红色、黄色)		深色的 (深灰、绿色、黑色)					
成因及结构		矿物成分		含正长石		含斜长石		不含长石	产状
		石英、云母、角闪石	黑云母、角闪石、辉石	角闪石、辉石、黑云母	辉石、角闪石、橄榄石	辉石、橄榄石角闪石			
深成的	等粒状，有时为斑状，所有矿物皆能用肉眼鉴别	花岗岩	正长岩	闪长岩	辉长岩	橄榄岩 辉岩	岩基 岩株		
浅成的	斑状(斑晶较大且可分辨出矿物名称)	花岗斑岩	正长斑岩	玢岩	辉绿岩	苦橄玢岩 (少见)	岩脉岩 枝岩盘		
喷出的	玻璃状，有时为细粒斑状，矿物难于用肉眼鉴别	流纹岩	粗面岩	安山岩	玄武岩	苦橄岩(少见) 金伯利岩	熔岩流		
	玻璃状或碎屑状	黑曜岩、浮石、火山凝灰岩、火山碎屑岩、火山玻璃					火山喷出的堆积物		

沉积岩的分类				
成因	硅质的	泥质的	灰质的	其他成分
碎屑沉积	石英砾岩、石英角砾岩、燧石角砾岩、砂岩、石英岩	泥岩、页岩、黏土岩	石灰砾岩、石灰角砾岩、多种石灰岩	集块岩
化学沉积	硅华、燧石、石髓岩	泥铁石	石笋、石钟乳、石灰华、白云岩、石灰岩、泥灰岩	岩盐、石膏、硬石膏、硝石
生物沉积	硅藻土	油页岩	白垩、白云岩、珊瑚石灰岩	煤炭、油砂、某种磷酸盐岩石

变质岩的分类			
岩石类别	岩石名称	主要矿物成分	鉴定特征
片状岩石类	片麻岩	石英、长石、云母	片麻状构造，浅色长石带和深色云母带互相交错，结晶粒状或斑状结构
	云母片岩	云母、石英	具有薄片理，片理面上有强的 <b>丝绸光泽</b> ，石英凭肉眼常看不到
	绿泥石片岩	绿泥石	绿色，常为鳞片状或叶片状的绿泥石块
	滑石片岩	滑石	鳞片状或叶片状的滑石块，用指甲可刻划，有滑感
	角闪石片岩	普通角闪石、石英	片理常常表现不明显，坚硬
	千枚岩、板岩	云母、石英等	具有片理，肉眼不易识别矿物，锤击声清脆，并具有 <b>丝绸光泽</b> ，千枚岩表现得很明显
块状岩石类	大理岩	方解石、少量白云石	结晶粒状结构，遇盐酸起泡
	石英岩	石英	致密的、细粒的块体，坚硬，莫氏硬度为 7，玻璃光泽、断口贝壳状或次贝壳状

岩爆发生的最小埋深（铁路地勘 条文 4.3.2）

$$H_{cr} = \frac{0.318R_b(1-\mu)}{(3-4\mu)\gamma}$$

其中， $R_b$ ：岩石单轴抗压强度（kPa）  
 $\mu$ ：岩石泊松比  
 $\gamma$ ：岩石重度（kN/m³）

隧道涌水量预测方法及其适用条件			
隧道涌水量 预测方法	适用阶段		应用条件
	勘察阶段	施工阶段	
水均衡法	√	√	具有独立的地表水流域或水文地质单元，有较丰富的气象、水文观测资料，水文地质条件复杂
流域水文模型法	×	√	隧道掘进遭遇地下暗河，暗河地下水是隧道突水点的主要水源，利用暗河在不同降雨条件下的水文过程来预测隧道涌水量
数理统计法	×	√	隧道涌水点有较详细的降雨量、涌水量观测数据，用统计相关数据的数学方法预测突水点涌水量的近期变化趋势
水文地质比拟法	√	√	隧道附近有既有隧道或矿井(坑道)的涌水量观测资料，预测隧道与其水文地质条件相似
地下水动力学法	√	√	不受附近水文网直接影响的浅部和深部循环带内的隧道，地下水为均匀的裂隙岩溶水
地下水径流模数法	√	√	只在管状地下河地区适用，且所评价的水点必须是泉、地下暗河的天窗，或必须是与地下暗河有密切的水力联系
降水入渗法	√	√	也适用于非岩溶岩类（基岩裂隙水）隧道计算隧道涌水量

隧道涌水量预测方法及其适用条件		
序号	工作阶段	应用条件
1	加深地质工作	地下水径流模数法、降水入渗法
2	初测	地下水径流模数法、降水入渗法、水文地质比拟法
3	定测	地下水径流模数法、降水入渗法、水文地质比拟法、地下水动力学法
4	施工	数理统计法、流域水文模型法、地下水动力学法、降水入渗法、水文地质比拟法
5	运营	数理统计法、降水入渗法

隧道涌水量计算			
地下径流深度法	$Q_s = 2.74h \cdot A$ $h = W - H - E - SS$ $A = L \cdot B$	$Q_s$ ——隧道正常涌水量(m³/d) $W$ ——年降水量(mm) $H$ ——年地表径流深度(mm) $E$ ——某流域年蒸发散量(mm) $SS$ ——年地表滞水深度(mm) $M$ ——年平均地下径流模数[m³/(d·km²)] $\alpha$ ——降水入渗系数，一般取 0.15~0.80	$h$ ——年地下径流深度(mm) $A$ ——隧道通过含水体地段的集水面积(km²) $L$ ——隧道通过含水体地段的长度(km) $B$ ——隧道涌水地段 $L$ 长度内对两侧的影响宽度(km) $Q'$ ——地下水补给的河流的流量或下降泉流量(m³/d)，采用枯水期流量计算 $F$ ——与 $Q'$ 的地表水或下降泉流量相当的地表流域面积(km²)
地下径流模数法	$Q_s = M \cdot A$ $M = Q'/F$		
降水入渗法	$Q_s = 2.74\alpha \cdot W \cdot A$		
地下水动力学法	<b>最大涌水量</b> 古德曼经验公式 $Q = L \cdot \frac{2\pi \cdot K \cdot H}{\ln(4H/d)}$ 佐藤邦明非稳定流公式 $q_0 = \frac{2\pi \cdot m \cdot K \cdot H}{\ln[\tan \frac{\pi(2H-d)}{4h_c} \cdot \cot \frac{\pi \cdot d}{4h_c}]}$ $Q$ ——隧道最大涌水量(m³/d)	<b>正常涌水量</b> 裘布依理论公式 $Q_s = L \cdot K \cdot \frac{h_c^2 - h^2}{R_y - r}$ 佐藤邦明非稳定流公式 $q_s = q_0 - 0.584\varepsilon \cdot K \cdot d$ $q_0$ ——隧道单位长度最大涌水量[m³/(d·m)] $Q_s$ ——隧道正常涌水量(m³/d) $q_s$ ——隧道单位长度正常涌水量[m³/(d·m)]	$H$ ——静止水位至洞身横断面等价圆中心的距离(m) $d$ ——洞身横断面等价圆直径(m) $L$ ——隧道通过含水体的长度(m) $K$ ——含水层或含水体的渗透系数(m/d) $m$ ——换算系数，一般取 0.85 $h_c$ ——含水层厚度(m) $h$ ——洞外水柱高度(m)，一般考虑水跃值 $R_y$ ——隧道涌水地段的引用补给半径(m) $r$ ——隧道洞身横断面宽度之半(m) $\varepsilon$ ——试验系数，一般取 12.8
水文地质比拟法	$Q = Q' \cdot \frac{F \cdot s}{F' \cdot s'} = Q' \cdot \frac{B \cdot L \cdot s}{B' \cdot L' \cdot s'}$	$Q$ 、 $Q'$ ——新建、既有隧道(坑道)通过含水体地段的正常涌水量或最大涌水量(m³/d) $F$ 、 $F'$ ——新建、既有隧道(坑道)通过含水体地段的涌水面积(m²) $s$ 、 $s'$ ——新建、既有隧道(坑道)通过含水体中自静水水位计起的水位降深(m) $B$ 、 $B'$ ——新建、既有隧道(坑道)洞身横断面的周长(m) $L$ 、 $L'$ ——新建、既有隧道(坑道)通过含水体地段的长度(m)	

坡顶非水平-土压力计算（边坡附B）

局部水平	局部斜面	中部斜面
$e_a = \gamma z \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}}$		
$e_a = e'_a \text{ 求出 } f \text{ 点 } z_f, e_f$ $z = H - h$ $E_a = \frac{e_f}{2}(z_f + h) + \frac{e_f + e_d}{2}(z - z_f)$	$e_a = e'_a \text{ 求出 } f \text{ 点 } z_f, e_f$ $z = H$ $E_a = \frac{e_f}{2}z_f + \frac{e_f + e_d}{2}(z - z_f)$	$e_a = e''_a \text{ 求出 } f \text{ 点 } z_f, e_f$ $e_a = e'_a \text{ 求出 } h \text{ 点 } z_h, e_h$ $h_1 = BB' \cdot \tan \beta; z = H - h_1$ $E_a = \frac{e_f}{2}(z_f + h_1) + \frac{e_f + e_h}{2}(z_h - z_f) + \frac{e_h + e_d}{2}(z - z_h)$

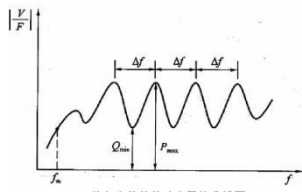
桩端进入持力层的深度

普通桩	对于黏性土、粉土不宜小于 2d，砂土不宜小于 1.5d，碎石类土不宜小于 1d
嵌岩桩	(1) 嵌入平整、完整的坚硬岩和较硬岩的深度不宜小于 0.2d，且不应小于 0.2m； (2) 嵌入倾斜的完整和较完整岩的全断面深度不宜小于 0.4d 且不小于 0.5m，倾斜度大于 30%的中风化岩，宜根据倾斜度及岩石完整性适当加大嵌岩深度
桩端下存在软弱下卧层	桩端以下硬持力层厚度不宜小于 3d
湿陷性黄土地基桩	基桩应穿透湿陷性黄土层，桩端应支承在压缩性低的黏性土、粉土、中密和密实砂土以及碎石类土层中
季节性冻土、膨胀土地基桩基	桩端进入冻深线或膨胀土的大气影响急剧层以下的深度，应满足抗拔稳定性验算要求，且不得小于 4 倍桩径及 1 倍扩大端直径，最小深度应大于 1.5m
抗震设防区液化土桩基	桩进入液化土层以下稳定土层的长度(不包括桩尖部分)应按计算确定： (1) 对于碎石土，砾、粗、中砂，密实粉土，坚硬黏性土尚不应小于(2~3)d； (2) 对其他非岩石土尚不宜小于(4~5)d

压实填土地基压实系数控制值

结构类别	填土部位	压实系数 ( $\lambda_c$ )	控制含水量 (%)
砌体承重及框架结构	在地基主要受力层范围内	$\geq 0.97$	$\omega_{op} \pm 2$
	在地基主要受力层范围以下	$\geq 0.95$	
排架结构	在地基主要受力层范围内	$\geq 0.96$	
	在地基主要受力层范围以下	$\geq 0.94$	
地坪垫层以下从基础底面标高以上的压实填土		$\geq 0.94$	

根据速度导纳曲线判定桩身完整性（基桩检测规 8.4.3 条文）

导纳理论计算值	$N_c = \frac{1}{\rho c_m A}$	 <p>均匀完整桩的速度导纳曲线图</p>
实测导纳几何平均值	$N_m = \sqrt{P_{\max} \cdot Q_{\min}}$	
动刚度	$K_d = \frac{2\pi f_m}{\left  \frac{V}{F} \right _m}$	
判定标准	$\begin{cases} \text{完整桩 } N_m \approx N_c, K_d \text{ 值正常} \\ \text{缺陷桩 } N_m > N_c, K_d \text{ 值低} \\ \text{扩底桩 } N_m < N_c, K_d \text{ 值高} \end{cases}$	<p><math>\rho</math> —— 桩材质量密度(kg/m<sup>3</sup>)</p> <p><math>c_m</math> —— 桩身波速平均值(m/s)</p> <p><math>A</math> —— 设计桩身截面积(m<sup>2</sup>)</p> <p><math>P_{\max}</math> —— 导纳曲线上谐振波峰的最大值(m/s · N<sup>-1</sup>)</p> <p><math>Q_{\min}</math> —— 导纳曲线上谐振波谷的最小值(m/s · N<sup>-1</sup>)</p> <p><math>f_m</math> —— 导纳曲线上起始近似直线段上任一频率值(Hz)</p> <p><math>\left  \frac{V}{F} \right _m</math> —— 与 <math>f_m</math> 对应的导纳幅值(m/s · N<sup>-1</sup>)</p>

中国部分地区的蒸发力及降水量 (mm)

站名		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\alpha \cdot \sum w_i \cdot \sum c_i$	da
汉中	蒸发力	14.2	20.6	43.6	60.3	94.1	114.8	121.5	118.1	57.4	39	17.6	11.9	0.225	2.8
	降水量	7.5	10.7	32.2	68.1	86.6	110.2	158	141.7	146.9	80.3	38	9.3	0.94	
	c	6.7	9.9	11.4	0	7.5	4.6	0	0	0	0	0	2.6	42.7	
安康	蒸发力	18.5	27	51	67.3	98.3	122.8	132.6	131.9	67.2	43.9	20.6	16.3	0.243	3.35
	降水量	4.4	11.1	33.2	80.8	88.5	78.6	120.7	118.7	133.7	70.2	32.8	7	0.83	
	c	14.1	15.9	17.8	0	9.8	44.2	11.9	13.2	0	0	0	9.3	136.2	
通州	蒸发力	15.6	21.5	51	87.3	136.9	44	130.5	111.2	74.4	44.6	20.1	2.3	0.241	4.2
	降水量	2.7	7.7	9.2	22.7	35.6	70.6	197	243.5	64	21	7.8	1.6	0.68	
	c	12.9	13.8	41.8	64.6	101.3	0	0	0	10.4	23.6	12.3	0.7	281.4	
唐山	蒸发力	14.3	20.3	49.8	83	138.8	140.8	126.2	112.4	75.5	45.5	20.4	19.1	0.231	5.4
	降水量	2.1	6.2	6.5	27.2	24.3	64.4	224.8	196.5	46.2	22.5	6.9	4	0.56	
	c	12.2	14.1	43.3	55.8	114.5	76.4	0	0	29.3	23	13.5	15.1	397.2	
泰安	蒸发力	16.8	24.9	56.8	85.6	132.5	148.1	133.8	123.6	78.5	54.6	23.8	14.2	0.238	4.5
	降水量	5.5	8.7	16.5	36.8	42.4	87.4	228.8	163.2	70.7	32.2	26.4	8.1	0.65	
	c	11.3	16.2	40.3	48.8	90.1	60.7	0	0	7.8	22.4	0	6.1	303.7	
兖州	蒸发力	16	24.9	58.2	87.7	137.9	158.5	140.3	129.5	81	56.6	24.8	14.7	0.234	4.6
	降水量	8.2	11.2	20.4	42.1	40	90.4	237.1	156.7	60.8	30	27	11.3	0.64	
	c	7.8	13.7	37.8	45.6	97.9	68.1	0	0	20.2	26.6	0	3.4	321.1	
临沂	蒸发力	17.2	24.3	53.1	78.9	123.7	137.2	123.3	123.7	77.5	56.2	25.6	15.5	0.253	3.7
	降水量	11.5	15.1	24.4	52.1	48.2	111.1	284.8	183.1	160.4	33.7	32.3	13.3	0.76	
	c	5.7	9.2	28.7	26.8	75.5	26.1	0	0	0	22.5	0	2.2	196.7	
文登	蒸发力	13.2	20.2	47.7	71.5	120.4	121.1	110.4	112.3	73.4	48	21.4	12	0.244	3.65
	降水量	15.7	12.5	22.4	44.3	43.3	82.4	234.1	194.3	107.9	36	35.3	6.3	0.77	
	c	0	7.7	25.3	27.2	77.1	38.7	0	0	0	12	0	5.7	193.7	
南京	蒸发力	19.5	24.9	50.1	70.5	103.5	120.6	140	139.1	80.7	59	27.3	17.8	0.269	2.95
	降水量	31.8	53	78.7	98.7	97.3	139.9	182	121	100.9	44.3	53.2	21.2	0.91	
	c	0	0	0	0	6.2	0	0	18.1	0	14.7	0	0	39	
蚌埠	蒸发力	19	25.9	52	74.4	114.3	136.9	137.2	136	79.1	57.8	28.2	8.5	0.251	3.2
	降水量	26.6	32.6	60.8	62.5	74.3	106.8	205.8	153.7	87	38.2	40.3	22	0.86	
	c	0	0	0	0	11.9	40	30.1	0	0	19.6	0	0	101.6	
合肥	蒸发力	19	25.6	51.3	71.7	111.5	131.9	150	146.3	80.8	59.2	27.9	18.5	0.258	3.15
	降水量	33.6	50.2	75.4	106.1	105.9	96.3	181.5	114.1	80	43.2	52.5	31.5	0.87	
	c	0	0	0	0	5.6	35.6	0	32.2	0.8	16	0	0	90.2	
巢湖	蒸发力	22.8	27.6	54.2	72.6	111.3	134.8	159.7	149.9	84.2	64.7	31.2	21.6	0.27	3.4
	降水量	27.4	45.5	73.7	111.1	110.2	89	158.1	98.9	76.6	40.1	59.6	26.1	0.82	
	c	0	0	0	0	1.1	45.8	1.6	51	7.6	24.6	0	0	131.7	
许昌	蒸发力	20.3	26.8	33	75.7	122.3	153	140.7	125.2	76.8	54.6	27.5	19	0.257	3.9
	降水量	13	15	19.8	53	53.8	70.4	185.7	156.4	72.2	39.9	37.9	10.7	0.72	
	c	7.3	11.8	13.2	22.7	68.5	82.6	0	0	4.6	14.7	0	8.3	233.7	
南阳	蒸发力	19.2	29.9	53.3	74.4	113.8	144.8	137.6	132.6	78.8	55.6	26.5	18.6	0.258	3.55
	降水量	14.2	16.1	36.2	69.9	66	84	196.8	163.1	93.8	47.3	31.5	10.2	0.79	
	c	5	13.8	17.1	4.5	47.8	60.8	0	0	0	8.3	0	8.4	165.7	
邵阳	蒸发力	17.5	23.3	46.5	65.7	105.3	131	135.7	127	69.4	49	23.3	16.2	0.245	3.15
	降水量	14.5	20.3	43.7	84.1	74.8	74.7	145.2	134.6	109.7	61.7	38.9	12.3	0.87	
	c	3	3	2.8	0	30.5	56.3	0	0	0	0	0	3.9	99.5	
钟祥	蒸发力	23.4	29.1	52.2	70.5	108.6	131.2	151.3	146.2	89.9	62.5	31.9	21.7	0.281	3.05
	降水量	26.4	30.3	55.9	99.4	119.5	136.5	184.6	114	73.7	53.1	47.2	22.8	0.89	
	c	0	0	0	0	0	0	0	32.2	16.2	9.4	0	0	57.8	
江陵荆州	蒸发力	20.1	24.8	45.6	61.7	96.5	120.2	146.8	136.9	82.3	54.4	27	18.8	0.272	2.85
	降水量	30	40.7	77.1	132.7	160.2	165.9	177.6	124.6	70	74	53.5	31.2	0.93	
	c	0	0	0	0	0	0	0	12.3	12.3	0	0	0	24.6	
全州	蒸发力	29.1	27.9	47.1	59.4	90.6	105.8	151.5	137.7	98.6	68.5	35.7	27.5	0.327	3.45
	降水量	55	89	131.9	250.1	231	198.9	110.6	130.8	48.3	69.9	86	58.6	0.81	
	c	0	0	0	0	0	0	40.9	6.9	50.3	0	0	0	98.1	
桂林	蒸发力	32.5	31.2	47.7	61.6	91.5	106.7	138.4	133.5	106.9	78.5	42.9	33.5	0.36	3.25
	降水量	55.6	76.1	134	279.7	318.4	315.8	224.2	166.9	65.2	97.3	83.2	56.6	0.85	
	c	0	0	0	0	0	0	0	0	41.7	0	0	0	41.7	
百色	蒸发力	31.6	36.9	67.6	90.5	123	117.9	134.1	128.8	96.8	68.3	40	26.4	0.312	3.75
	降水量	19.9	17.3	31.1	66.1	168.7	195.7	70.3	189.3	109.4	81.3	39.6	17.7	0.75	
	c	11.7	19.6	36.5	24.4	0	0	63.8	0	0	0	0.4	8.7	165.1	
田东	蒸发力	37.1	41.2	70.1	68	125.5	122	138.5	132.8	101.1	73.9	42.7	35.5	0.335	3.5
	降水量	17.4	22.3	37.2	66	159.4	213.5	153.7	211.2	134.5	67.3	37.2	22.4	0.8	
	c	19.7	18.9	32.9	2	0	0	0	0	0	6.6	5.5	13.1	98.7	
贵港	蒸发力	41.8	36.7	52.7	67.6	110.6	109.2	135	33.1	111.4	91.2	52.1	42.1	0.425	4.4
	降水量	33.3	48.4	63.2	144	183.6	302.5	221.4	244.9	1.4	66.6	38	27.4	0.66	
	c	8.5	0	0	0	0	0	0	0	110	24.6	14.1	14.7	171.9	
南宁	蒸发力	25.1	33.4	51.2	71.3	116	115.7	136.3	130.5	101.9	81.7	46.1	35.3	0.343	3.15
	降水量	40.2	41.8	63	84.1	183.3	241.8	179.9	203.6	110.1	67	43.3	25.1	0.87	
	c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.7	2.8	10.2	27.7	
上思	蒸发力	45	34.7	54.9	74.3	123	108.5	127.2	19	91.4	73.4	42.5	34.6	0.388	3.65
	降水量	23.4	26	23.1	62.4	126.7	144.3	201	235.6	141.7	74	40.4	18	0.77	
	c	21.6	8.7	31.8	11.9	0	0	0	0	0	0	2.1	16.6	92.7	
来宾	蒸发力	36	34.2	51.3	76.4	107.5	112.6	140.9	135.7	107	79.9	43.4	34.2	0.349	3.25
	降水量	28.8	52.7	67.2	116.9	182.8	296.1	195.9	209	68.5	78.3	57.3	36.3	0.85	
	c	7.2	0	0	0	0	0	0	0	38.5	1.6	0	0	47.3	
韶关(曲江)	蒸发力	32.2	31.8	51.4	65	103.4	111.4	155.6	141.2	109.9	79.5	44.4	32.2	0.344	3.35
	降水量	52.4	83.2	149.7	226.2	239.9	264.1	127.6	138.4	90.8	57.3	49.3	43.5	0.83	
	c	0	0	0	0	0	0	28	2.8	19.1	22.2	0	0	72.1	
广州	蒸发力	40.1	35.9	53.1	66.2	105.4	109.2	137.5	131.1	99.5	88.4	54.5	41.8	0.374	3.5
	降水量	39.3	62.5	91.3	158.2	266.7	299.2	220	225.5	204	52.2	42	19.7	0.8	
	c	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	36.2	12.5	22.1	71.6	
湛江	蒸发力	43	37.1	55.9	26.9	123.8	122.3	144.9	132	105.1	87.8	58.9	46.2	0.384	3.45
	降水量	25.2	38.7	63.5	40.6	163.3	209.2	163.5	251.2	254.4	90.9	44.7	19.5	0.81	
	c	17.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.2	26.7	58.7	
绵阳	蒸发力	16.8	21.4	43.8	61.2	92.8	97	109.4	104	56.7	38.2	21.9	15.2	0.251	3.05
	降水量	6.1	10.9	20.2	54.5	83.5	162	244	224.6	143.5	43.9	19.7	6.1	0.89	
	c	10.7	10.5	23.6	6.7	9.3	0	0	0	0	0	2.2	9.1	72.1	
成都	蒸发力	17.5	21.4	43.6	59.7	91	94.3	107.7	102.1	56	37.5	21.7	15.7	0.254	

