

90-2820-2

建筑结构按新规范设计资料

地基与基础按新规范设计

(TJ—4)

武汉工业大学建筑系资料室
武汉市汉南建筑高新技术研究所
一九九四年九月

地基与基础按新规范设计

(TJ—4)

土的物理性质指标及分类

为了评价地基土的建筑条件好坏，首先需要了解地基土的物理性质。物理性质是土的最基本的工程特性。本节主要介绍土的物理性质的各种指标确定方法和指标间相互换算关系；按土的有关特征和指标进行土的分类。

一、土的物理性质指标

大多数房屋都建在土层上，所以设计房屋基础时，首先要在建筑场地进行勘察，在现场鉴别土的种类，或用钻探、挖坑等方法来取土样进行确定土的物理指标，只有通过这些勘察或试验方能合理地确定地基承载力，从而进行基础设计。下面介绍土的几个物理指标的意义及其确定方法。

土和一般固体不同，它是一种具有结构性的多相（固相、液相或气相）分散体系。在一般情况下，土是固体颗粒、水和气体三部分组成，土中的颗粒、水和气体相互的比例不同，反映出土处在各种不同状态：软或硬、干或湿、松或密等。它们对评价土的工程性质，进行土的工程分类具有重要的意义。

土的三相物质是混合分布的，为了便于说明，把土中固体颗粒、水或气体分别放在一起，用图-1表示各部分间的数量关系，并采用如下的符号：

G ——土的总重量（ N ）；

G_s ——土的固体颗粒重量（ N ）；

G_w ——土中水的重量（ N ）；

G_a ——土中气体的重量

(可忽略不计);

V ——土的总体积 (cm^3);

V_s ——土的固体颗粒体
积 (cm^3);

W_w ——土中水的体积 (cm^3);

V_a ——土中气体体积 (cm^3).

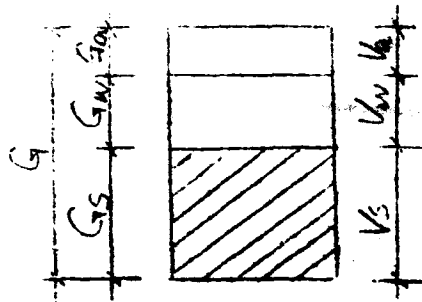


图1 土的组成示意图

土的主要物理指标为：比重、容重、含水量、水容重、孔隙比、饱和度等。在这些物理指标中，土的容重、比重、含水量是三个最基本的指标，由试验确定，其它指标可由这三个指标换算得出。现根据图-1的关系可取得出以下几个主要物理指标。

(一) 土的重力密度 γ

天然状态下单位体积土的重量，称为重力密度 γ (KN/m^3)，

即：

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

重力密度与土的矿物成分，孔隙大小，含水的多少有关系，可由试验测定，一般 $\gamma = 16 \sim 20 \text{KN}/\text{m}^3$ 之间。

(二) 比重 d_s

土的固体颗粒重量与同体积 4°C 时纯水的重量之比，称为土的比重 d_s ，即：

$$d_s = \frac{G_s}{V_s \gamma_w}$$

式中：水在 4°C 时的容重等于 $10 \text{KN}/\text{m}^3$ 。

土的比重可由试验测定，土的比重取决于土的矿物成分，一般变化不大，矿土的比重约为 2.65，粘性土的比重为 2.70-2.80。

(三) 土的含水量 w

土中水的重量与土颗粒重量之比，称为含水量 w 。以百分数表示，即：

$$w = \frac{G_w}{G_s} \times 100\%$$

含水量 w 是表示土的湿度的一个指标。含水量少，土较干，其强度就高；含水量多，土就湿，其强度就低，土的含水量也可以由试验测定。

(四) 土的孔隙比 e

土中孔隙体积与土的颗粒体积之比，称为孔隙比，即

$$e = \frac{V_a + V_w}{V_s}$$

孔隙比表明土的密实程度的一个重要的物理性指标。由土的三相简图关系可得：

$$e = \frac{d_s(1+w)}{\gamma} - 1$$

(五) 饱和度 S_r

土中水的体积与空隙体积之比，称为饱和度 S_r ，以百分数表示，即：

$$S_r = \frac{V_w}{V_w + V_a} \times 100\%$$

饱和度说明土中的潮湿程度，饱和度越大，土的湿度越大。依饱和度 S_r 的数值，砂土可分为稍湿的、很湿的和饱和的三种湿

度状态。见表1。

表1 砂土的状态

湿 度	稍湿的	很湿的	饱和的
饱和度 S_r (100%)	≥ 50	$50 < S_r \leq 80$	> 80

饱和度 S_r 可由三相图关系可得：

$$S_r = \frac{G_s W}{e} \quad (1)$$

此外，还有下列几个反映粘性土的物理状态和塑性性能指标。

(六) 塑限 W_p

塑限是指土由固体状态变到塑性状态时的分界含水量。同含水量一样，塑限用百分数表示。通常塑限一般用搓条法进行测定的，即在土内加适当的水，拌合均匀后，用手搓成土条，当土条搓成直径为3毫米时，恰好开始断裂，这时土条的含水量就是塑限。

(七) 液限 W_L

液限是指土由塑性状态转变到流动状态时的分界含水量。也以百分数表示，可由试验测定。

(八) 塑性指数 I_p

液限与塑限之差称为塑性指数。即：

$$I_p = W_L - W_p \quad (2)$$

塑性指数的大小主要与土内所含粘粒的多少有关。塑性指数越大，土的粘性就越大。

(九) 液性指数 I_L

粘性土在天然状态时软硬程度指标，是用液性指数 I_L 表示。

它是粘性土天然含水量和塑限的差值与塑性指数之比，即

$$I_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p} = \frac{w - w_p}{I_p} \quad (3)$$

(十) 含水比

含水比是土的天然含水率与液限 w_L 的比值，即：

$$u = \frac{w}{w_L} \quad (4)$$

含水比的意义同液性指数相似。

以上介绍的是土的基本物理性质指标，根据这些指标，就可以区别地基土的种类并确定地基的容许承载力，从而进行基础设计。

表 2 土的主要物理性质指标

指标名称	符 号	物 理 概 念	表 达 式	单 位
比重	d_s	土粒重量与同体积的水在 4℃ 时重量之比	$d_s = \frac{U_s}{V_s \gamma_w}$ $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$	
密度	γ	土在天然状态下, 单位体积的重量	$\gamma = \frac{G}{V}$	KN/m^3
含水量	w	土中水的重量与土颗粒重量之比	$w = \frac{G_w}{G_s}$	%
孔隙比	e	土中孔隙的体积与土颗粒体积之比	$e = \frac{V_a + V_w}{V_s}$	—
饱和度	S_r	土中水的体积与孔隙体积之比	$S_r = \frac{V_w}{V_w + V_a}$	%

w_p ——塑限; w_L ——液限。

地基土的承载力与设计准则

一、地基承载力的确定

(一) 地基承载力

1. 确定地基承载力的方法

地基承载力是地基基础设计的基本指标。地基承载力就是满足土的强度条件和变形要求时的地基单位面积上的承载能力。地基承载力不仅与土的物理性质、形成条件有关，而且还与基础的型式、宽度、埋置深度等有密切的关系。

(1)、确定地基承载力的方法

确定地基承载力的方法有：

a. 按实践经验确定地基承载力，即参考条件相近的已有建筑物的实践经验，确定地基承载力。

b. 按《地基基础设计规范》的地基承载力表格查取。

c. 现场载荷试验。动力、静力触探方法确定。

d. 根据室内外土的试验，按常用理论计算公式确定。

对于重要的或结构特殊的房屋，应按上述几种方法综合确定地基的承载力。对于层数不多的一般房屋，可按上述 a 或 b 的方法确定地基承载力。本节着重介绍《地基规范》确定地基承载力的方法。

(2) 按规范确定地基承载力

a. 按《地基规范》提供的地基承载力表是根据土的物理性质指标或野外鉴别结果，适用于基础宽度不大于 2 m，埋深为 0.5 - 1.0 m 的条件，超出此范围时，其承载力应进行宽度和深度的修正。

岩石根据风化程度和软硬类别可查附录表 1。

b. 根据土的物理力学指标或野外鉴别结果确定地基承载力时, 承载力的标准值可查附录表 3—表 7 确定。设计值按下式计算:

$$q_d = r q_k \quad (5)$$

式中:

q_d ——地基承载力设计值;

q_k ——地基承载力标准值;

r ——分项系数, 按下式计算:

$$r = 1 - (2.884 / \sqrt{n} + 7.918 / n^2) \delta \quad (6)$$

n ——参加统计的样本数;

δ ——变异系数:

$$\delta = \frac{\delta_f}{f_m} \quad (7)$$

f_m ——某一指标 f 有 n 个测定数据的统计参数, 即

$$\text{平均值 } f_m = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n} \quad (8)$$

δ_1 ——标准差, 即:

$$\delta_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n f_i)^2}{n}}{n-1}} \quad (9)$$

另按规范规定，附录表 1、表 2 和表 8 γ 应取为 1。当 $\gamma < 0.75$ 时，应分析 δ 过大的原因，如分层是否合理，试验操作失误等，并应同时增加试样测量。

对于用两个指标的地基承载力表，计算分项系数时采用两个指标的变异系数折算后的综合变异系数 δ ：

$$\delta = \delta_1 + \xi \delta_2$$

式中： δ_1 ——第一个指标的变异系数；

δ_2 ——第二个指标的变异系数；

ξ ——第二个指标的折算系数，见附录 3、表 4 和表 6 中注。

(二) 地基承载力的修正

地基承载力设计值 q_d ，应按下式求得：

$$q_d = \gamma q_k + \psi_b \gamma_b (b - 3) + \psi_d \gamma_0 (d - 1.5) \quad (10)$$

式中： ψ_b 、 ψ_d ——基础宽度和埋深的修正系数，按基底土类查附录表 9；

γ_b ——基底以下土的天然密度 ρ 与重力加速度 g 的乘积 ($\gamma_b = \rho g$)，称为土的重度，地下水位以下取有效重度 (KN/m^3)；

b ——基础底面宽度 (m)，当基宽小于 3 m 按 3 m 考虑，大于 6 m，按 6 m 考虑；

γ_0 ——基础底面以上土的加权平均重度，地下水位以上取有效重度 (KN/m^3)，可按下式计算：

$$\gamma_0 = \frac{\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \dots}{h_1 + h_2 + \dots} \quad (11)$$

γ_1 、 γ_2 ……——基础底面以上各层土的重度 (KN/m^3)；

$h_1, h_2, \dots$ ——基础底面以上各层土的厚度；

d ——基础埋置深度 (m)。一般自室外地面起算。在填方整平地区，可自填土面算起，但填土在上部结构施工完成时，应从天然地面起算。对于地下室的内外墙以及内柱基础，均按自室内地面起算。当埋深小于 1.5 m 时，按 1.5 m 考虑。

二、地基基础的设计原则、步骤和方法

(一) 一般房屋地基设计原则

地基设计的目的是确保房屋的稳定性，不因地基产生过大的不均匀变形而影响房屋的安全和正常使用。一般说来，在进行房屋地基设计时，必须遵守下列原则：

1. 按承载力计算地基

地基在外荷载作用下，若基底土中出现限定的局部塑性变形，此时即达到承载力正常使用极限状态，地基的计算必须符合下式要求：

$$p \leq q_d \quad (12)$$

式中： p ——基础底面处的平均压力 (kPa)；

q_d ——地基承载力 (kPa)。

2. 按变形计算

按变形计算要求建筑物的地基变形值应不大于地基变形容许值 $[f]$ ，当地基变形达到此值时，即为正常使用极限状态，即

$$s \leq [f] \quad (13)$$

上述原则往往是相互联系，但又有区别，例如，当地基土的承载能力较高，压缩性较低（如密实的碎石土、砂土和老粘土）且按

均匀，或者当房屋荷载较小时，一般只要满足了第一个条件，也将会满足最后一个条件。但对于地质复杂，土质不匀，房屋的荷载大，或地基比较弱，或结构荷载相差较大时，即使满足第一个条件，也会因地基产生不均匀沉降变形差异过大，引起房屋开裂破坏。因此，在地基设计时，还需进行变形验算，使之满足第二个条件。

但是，按变形计算不是所有房屋都要进行的，如果地基条件和建筑物类型符合表-3规定要求时，可不按变形计算，而只需按承载力计算。

表 3 可不作地基变形计算的范围

地基主要 受力层的 情况	地基承载力标准 值 q_k (KPa)	$60 \leq q_k < 80$	$80 \leq q_k < 100$	$100 \leq q_k < 130$	$130 \leq q_k < 160$	$160 \leq q_k < 200$	$200 \leq q_k < 300$
		$q_k < 80$	$q_k < 100$	$q_k < 130$	$q_k < 160$	$q_k < 200$	$q_k < 300$
	各土层坏度 (%)	≤ 5	≤ 5	≤ 10	≤ 10	≤ 10	
房屋类型	砌体承重结构层数	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 6	≤ 6	≤ 7

注：①地基主要受力层系指条形基础底下面深度为 $3b$ (b 为基础底面宽度)，独立基础下为 $1b$ ，厚度均不小于 $5m$ 的范围（二层以下的民用房屋除外）。

②地基主要受力层中如有承载力 q_k 小于 $130KPa$ 的土层时，房屋应采取防止不均匀沉降影响的结构措施。

大量的中小型房屋和比较均匀的地基均能满足表3规定，这样，对大量的一般中小型房屋在地基基础设计时，就可以直接按承载力

进行计算，免除了比较繁琐的变形计算，从而简化了基础计算的工作量。

(二)、按承载力计算时浅基础设计的内容和步骤

设计天然地基上的浅基础，一般按下列内容和步骤进行：

1. 选择基础类型、材料、平面布置；
2. 选择基础的埋置深度，即确定地基的持力层；
3. 按土的物理性质指标确定地基的承载力设计值；
4. 根据地基承载力计算基础底面尺寸；
5. 按照表 9 - 8 确定是否需要验算地基变形；
6. 确定基础剖面尺寸和结构设计；
7. 绘制施工图。

下面介绍按地面承载力计算的一般经常采用的天然地基浅基础设计的内容。

天然地基上浅基础设计

一、基础埋置深度的确定：基础埋置深度是指从基础底面（一般指设计地面）的距离

土的冻结深度决定于当地的气温，而地基土是否发生冻胀，这与土的类别，土中含水量的多少及地下水位高低有关。根据冻胀对建筑物危害的程度，《地基规范》将地基土分为不冻胀、弱冻胀、冻胀和强冻胀四类。见表 - 4（见下页）。

表-4 地基土冻胀性分类

土的名称	天然含水量 W (%)	冻结期间地下水位低于冻深的最小距离(m)	冻胀类别
岩石、碎石土、砾砂、粗砂、中砂、细砂	不 考 虑	不 考 虑	不 冻 胀
粉 砂	$W < 14$	> 1.5	不冻胀
		≤ 1.5	弱冻胀
	$14 < W < 19$	> 1.5	弱冻胀
		≤ 1.5	冻 胀
	$W > 19$	> 1.5	冻 胀
		≤ 1.5	强冻胀
粉 土	$W < 19$	> 2.0	不冻胀
		≤ 2.0	弱冻胀
	$19 < W < 22$	> 2.0	弱冻胀
		≤ 2.0	冻 胀
	$22 < W < 26$	> 2.0	冻 胀
		≤ 2.0	强冻胀
粘性土	$W \leq W_p + 2$	> 2.0	不冻胀
		≤ 2.0	弱冻胀
	$W_p + 2 < W \leq W_p + 9$	> 2.0	弱冻胀
		≤ 2.0	冻 胀
	$W_p + 2 < W \leq W_p + 5$	> 2.0	冻 胀
		≤ 2.0	强冻胀
	$W > W_p + 9$		
		不 考 虑	

注：①表中碎石土仅指充填物为砂土或硬塑，坚硬状态的粘性

土，或 $e_r < 0.50$ 的粉土，如无填物为其它状态的粘性土或粒土时，其冻胀性应按粘性土或粉土确定。

(2)表中细砂仅指粒径大于 0.074mm 的颗粒超过全重 9% 的细砂，其它细砂的冻胀性应按粉砂确定。

在确定基础埋深时，对于不冻胀土的基础埋深，可不考虑冻深的影响；对于弱冻胀、冻胀和强冻胀土的基础最小埋深，可按下列式确定：

$$d_{\min} = Z_0 \cdot \psi_t - d_{fr} \quad (14)$$

式中： $d_{\min}$ ——基础最小埋深 (m)；

Z_0 ——标准冻深 (m)，系采用在地表无积雪和草皮等覆盖条件下多年实测最大冻深的平均值。

ψ_t ——采暖对冻深的影响系数，可按表-5确定；

d_{fr} ——基底下容许残留冻土层厚度 (m)；

对弱冻胀土 $d_{fr} = 0.17 Z_0 \psi_t + 0.26$

冻胀土 $d_{fr} = 0.15 Z_0 \psi_t$

强冻胀土 $d_{fr} = 0$

表-5 采暖对冻深的影响系数 ψ_t 值

室内地面比室外地面高出 (mm)	外墙中段	外墙角段
≤ 300	0.70	0.85
> 750	1.00	1.00

注：①外墙角段系指从外墙阳角顶点算起在 4m 范围以内的外

墙。其余部分为中段。

②采暖建筑物中采暖房间（门头、过道和楼梯间等）。其外墙基础处的 ϕ_t 值，取与外墙角段相同值。

③在采暖期间室内月平均温度小于 10°C ，取 $\phi_t = 1.00$ ，不采暖的建筑物，取 $\phi_t = 1.10$ 。

④室内地面比室外地面高出 $300 - 750\text{mm}$ 之间时，可内插求得。

我国一些城市的标准冻深大致为：

北京	0.62m	满洲里	2.82m
天津	0.51m	长春	1.69m
沈阳	1.2m	兰州	1.03m
大连	0.93m	太原	0.74m
哈尔滨	1.98m	济南	0.5m
乌鲁木齐	1.52m	上海	0.12m

基础最小埋深

考虑地面受大气变化及动植物活动和生长的影响，要求基础的最小埋深除岩石地基一般为

50cm，并宜使基础在老土层（位于耕土或弃填土下的土层）

内的深度不小于10cm，为了保护基础不受冲击、磨损等，一般要求基础顶面至少低于室外设计地面10cm，如图2所示。

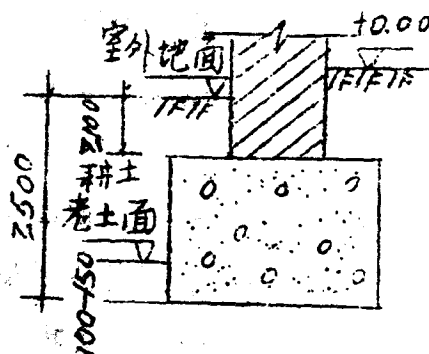


图2 基础最小埋深

二、刚性基础底面尺寸的确定

在选择基础类型和埋置深度以后，就可根据底面的压力和地基土的容许承载力计算基础底面尺寸。对于刚性方案房屋墙柱基础，可近似地按均匀分布计算，如图-3所示。

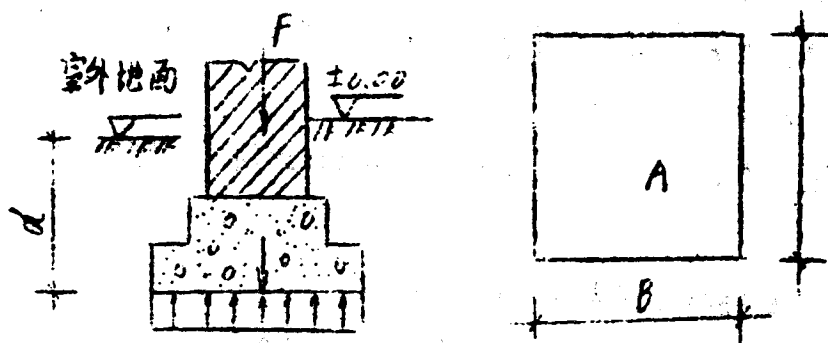


图3 基础受力示意图

(一) 基础底面平均压力

基础在垂直轴向力 F 作用下，基础应对称于轴向力布置。这时基础底面受到中心荷载作用反力呈均匀分布，基底均布压力为：

$$p = \frac{F + G}{A} \quad (15)$$

式中： F ——上部结构传来的荷载 (kN)，外墙外柱计算到室外设计地面，内墙内柱计算到室内设计地面；

G ——基础及其台阶上土的总重量 (kN)，可按下列式计算：

$$G = A \cdot d \cdot \gamma_p$$

A ——基础底面面积 (m^2)；

d ——基础埋置深度 (m)；

γ_p ——基础及其上土的平均重度 (kN/ m^3)，可近似取

$\gamma_p = 20 \text{ kN}/m^3$ 。根据公式 (15) 写成：