

中华人民共和国行业标准

建筑桩基技术规范

Technical Code for Building Pile Foundations

JGJ 94—94

主编单位：中国建筑科学研究院

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：1995年7月1日

中国建筑工业出版社

1995 北京

中华人民共和国行业标准

建筑桩基技术规范

Technical Code for Building Pile Foundations

JGJ 94—94

主编单位：中国建筑科学研究院

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：1995年7月1日

中国建筑工业出版社

1995 北京

(京) 新登字 035 号

中华人民共和国行业标准

建筑桩基技术规范

JGJ 94—94

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

新华书店经销

北京彩桥印刷厂印刷

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：9 字数：238千字

1995年9月第一版 1997年12月第五次印刷

印数：118,601—126,600册 定价：27.00元

统一书号：15112·7699

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

目 次

1	总则	1
2	术语、符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本设计规定	6
3.1	基本资料	6
3.2	桩的选型与布置	8
3.3	设计原则	10
3.4	特殊条件下的桩基	12
4	桩基构造	15
4.1	桩的构造	15
4.2	承台构造	22
5	桩基计算	25
5.1	桩顶作用效应计算	25
5.2	桩基竖向承载力计算	26
5.3	桩基沉降计算	47
5.4	桩基水平承载力与位移计算	51
5.5	桩身承载力与抗裂计算	57
5.6	承台计算	62
6	灌注桩施工	73
6.1	施工准备	73
6.2	一般规定	74
6.3	泥浆护壁成孔灌注桩	78
6.4	沉管灌注桩和内夯灌注桩	83
6.5	干作业成孔灌注桩	87
7	混凝土预制桩与钢桩的施工	90
7.1	混凝土预制桩的制作	90

7.2	混凝土预制桩的起吊、运输和堆存	92
7.3	混凝土预制桩的接桩	92
7.4	混凝土预制桩的沉桩	94
7.5	钢桩（钢管桩、H 型桩及其他异型钢桩）的制作	97
7.6	钢桩的焊接	98
7.7	钢桩的运输和堆存	99
7.8	钢桩的沉桩	99
8	承台施工	101
8.1	一般规定	101
8.2	基坑开挖和回填	101
8.3	钢筋和混凝土施工	102
9	桩基工程质量检查及验收	103
9.1	成桩质量检查	103
9.2	单桩承载力检测	104
9.3	基桩及承台工程验收资料	104
附录 A	成桩工艺选择参考表	106
附录 B	考虑承台（包括地下墙体）、基桩协同工作和土的 弹性抗力作用计算受水平荷载的桩基	110
附录 C	单桩竖向抗压静载试验	130
附录 D	单桩竖向抗拔静载试验	137
附录 E	单桩水平静载试验	139
附录 F	按倒置弹性地基梁计算墙下条形桩基承台梁	144
附录 G	附加应力系数 α' 、平均附加应力系数 α	147
附录 H	桩基等效沉降系数 ψ_e 计算参数表	162
附录 I	本规范用词说明	173
附加说明	本规范主编单位、参加单位和主要起草人名单	174
条文说明	175

1 总 则

1.0.1 为了在桩基设计与施工中做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于工业与民用建筑（包括构筑物）桩基的设计与施工。

1.0.3 桩基的设计与施工，应综合考虑地质条件、上部结构类型、荷载特征、施工技术条件与环境、检测条件等因素，精心设计、精心施工。

1.0.4 本规范系根据《建筑结构设计统一标准》GBJ 68—84的基本原则制订。与建筑结构有关的符号、单位和术语按《建筑结构设计基本术语、通用符号和计量单位》GBJ 83—85采用。

1.0.5 采用本规范时，土分类按现行的《建筑地基基础设计规范》规定执行；荷载取值按现行的《建筑结构荷载规范》规定执行；混凝土桩和承台的截面计算按现行的《混凝土结构设计规范》的有关规定执行；钢桩的截面计算按现行的《钢结构设计规范》规定执行。对于特殊土地区的桩基、地震和机械振动荷载作用下的桩基，尚应按现行的有关规范执行。本规范未作规定的其他内容，尚应符合现行的有关标准、规范的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

桩基础——由基桩和连接于桩顶的承台共同组成。若桩身全部埋于土中，承台底面与土体接触，则称为低承台桩基；若桩身上部露出地面而承台底位于地面以上，则称为高承台桩基。建筑桩基通常为低承台桩基础。

单桩基础——采用一根桩（通常为大直径桩）以承受和传递上部结构（通常为柱）荷载的独立基础。

群桩基础——由2根以上基桩组成的桩基础。

基桩——群桩基础中的单桩。

复合桩基——由桩和承台底地基土共同承担荷载的桩基。

复合基桩——包含承台底土阻力的基桩。

单桩竖向极限承载力——单桩在竖向荷载作用下到达破坏状态前或出现不适于继续承载的变形时所对应的最大荷载。它取决于土对桩的支承阻力和桩身材料强度，一般由土对桩的支承阻力控制，对于端承桩、超长桩和桩身质量有缺陷的桩，可能由桩身材料强度控制。

群桩效应——群桩基础受竖向荷载后，由于承台、桩、土的相互作用使其桩侧阻力、桩端阻力、沉降等性状发生变化而与单桩明显不同，承载力往往不等于各单桩承载力之和，称其为群桩效应。群桩效应受土性、桩距、桩数、桩的长径比、桩长与承台宽度比、成桩方法等多因素的影响而变化。

群桩效应系数——用以度量构成群桩承载力的各个分量因群桩效应而降低或提高的幅度指标，如侧阻、端阻、承台底土阻力的群桩效应系数。

桩侧阻力群桩效应系数——群桩中的基桩平均极限侧阻与单

桩平均极限侧阻之比。

桩端阻力群桩效应系数——群桩中的基桩平均极限端阻与单桩平均极限端阻之比。

桩侧阻端阻综合群桩效应系数——群桩中的基桩平均极限承载力与单桩极限承载力之比。

承台底土阻力群桩效应系数——群桩承台底平均极限土阻力与承台底地基土极限阻力之比。

负摩阻力——桩身周围土由于自重固结、自重湿陷、地面附加荷载等原因而产生大于桩身的沉降时，土对桩侧表面所产生的向下摩阻力。在桩身某一深度处的桩土位移量相等，该处称为中性点。中性点是正、负摩阻力的分界点。

下拉荷载——对于单桩基础，中性点以上负摩阻力的累计值即为下拉荷载。对于群桩基础中的基桩，尚需考虑负摩阻力的群桩效应，即其下拉荷载尚应将单桩下拉荷载乘以相应的负摩阻力群桩效应系数予以折减。

闭塞效应——开口管桩沉入过程，桩端土一部分被挤向外围，一部分涌入管内形成“土塞”。土塞受到管壁摩阻力作用将产生一定压缩，土塞高度及其闭塞程度与土性、管径、壁厚及进入持力层的深度等诸多因素有关。闭塞程度直接影响端阻发挥与破坏性状及桩的承载力。称此为“闭塞效应”。

2.2 符 号

2.2.1 抗力和材料性能

q_{sik} ——单桩第 i 层土的极限侧阻力标准值；

q_{pk} ——单桩的极限端阻力标准值；

q_{ck} ——承台底地基土极限阻力标准值；

Q_{sk} 、 Q_{pk} ——单桩总极限侧阻力、总极限端阻力标准值；

Q_{uk} ——单桩竖向极限承载力标准值；

Q_{ck} ——相应于任一复合基桩的承台底地基土总极限阻力标准值；

R ——桩基中复合基桩或基桩的竖向承载力设计值；
 U_k ——单桩抗拔极限承载力标准值；
 U_{gh} ——群桩中任一基桩的抗拔极限承载力标准值；
 R_{h1} ——复合基桩或基桩的水平承载力设计值；
 R_h ——单桩水平承载力设计值；
 p_s ——静力触探单桥探头比贯入阻力值；
 f_s 、 q_c ——静力触探双桥探头平均侧阻力、平均端阻力；
 m ——桩侧地基土水平抗力系数的比例系数；
 f_{rc} ——岩石饱和单轴抗压强度标准值；
 f_t 、 f_c ——混凝土抗拉、抗压强度设计值；
 E_s ——土的压缩模量；
 γ 、 γ_e ——土的重度、有效重度。

2.2.2 作用和作用效应

F ——作用于桩基承台顶面的竖向力设计值；
 G ——桩基承台和承台上土自重设计值；
 N_i ——第 i 复合基桩或基桩上的竖向力设计值；
 M_x 、 M_y ——作用于承台底面的外力对通过桩群形心的 x 、 y 轴的力矩；
 H ——作用于承台底面的水平力设计值；
 H_i ——作用于任一复合基桩或基桩的水平力设计值；
 q_{sk}^n ——单桩平均负摩阻力标准值；
 Q_k^n ——作用于单桩侧面的下拉荷载标准值；
 Q_{gk}^n ——作用于群桩中任一基桩的下拉荷载标准值；
 q_t ——切向冻胀力设计值；
 s ——桩基最终沉降量。

2.2.3 几何参数

s_n ——桩中心距；
 l ——桩身长度；
 d ——桩身设计直径；

D ——桩端扩底设计直径；
 d_s ——钢管桩外直径；
 u ——桩身周长；
 A_c ——承台底净面积；
 A ——桩身截面面积；
 A_p ——桩端面积；
 A_n ——桩身换算截面积；
 h_n ——桩的换算深度；
 L_c ——承台长度；
 B_c ——承台宽度；
 z_n ——桩基沉降计算深度（从桩端平面算起）。

2.2.4 计算系数

γ_o ——建筑桩基重要性系数；
 γ_s 、 γ_p ——桩侧阻、桩端阻力分项系数；
 γ_{sp} ——桩侧阻端阻综合抗力分项系数；
 γ_c ——承台底土阻力分项系数；
 η_s 、 η_p ——桩侧阻、桩端阻群桩效应系数；
 η_{sp} ——桩侧阻端阻综合群桩效应系数；
 η_c ——承台底土阻力群桩效应系数；
 η_i ——冻胀影响系数；
 ζ_s 、 ζ_p ——嵌岩段侧阻力、端阻力修正系数；
 ψ_s 、 ψ_b ——大直径桩侧阻力、端阻力尺寸效应系数；
 λ_s ——钢管桩侧阻挤土效应系数；
 λ_p ——敞口桩桩端闭塞效应系数；
 μ ——承台底与基土间摩阻系数；
 ψ_e ——桩基等效沉降系数；
 ψ ——桩基沉降计算经验系数；
 ψ_c ——基桩施工工艺系数；
 α_E ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值。

3 基本设计规定

3.1 基本资料

3.1.1 桩基设计应具备以下资料：

3.1.1.1 岩土工程勘察资料

(1) 按照现行《岩土工程勘察规范》要求整理的工程地质报告和图件；

(2) 桩基按两类极限状态进行设计所需用的岩土物理力学性能指标值；

(3) 对建筑场地的不良地质现象，如滑坡、崩塌、泥石流、岩溶、土洞等，有明确的判断、结论和防治方案；

(4) 已确定和预测的地下水位及地下水化学分析结论；

(5) 现场或其他可供参考的试桩资料及附近类似桩基工程经验资料；

(6) 抗震设防区按设防烈度提供的液化地层资料；

(7) 有关地基土冻胀性、湿陷性、膨胀性的资料。

3.1.1.2 建筑场地与环境条件的有关资料

(1) 建筑场地的平面图，包括交通设施、高压架空线、地下管线和地下构筑物的分布；

(2) 相邻建筑物安全等级、基础型式及埋置深度；

(3) 水、电及有关建筑材料的供应条件；

(4) 周围建筑物及边坡的防振、防噪音的要求；

(5) 泥浆排泄、弃土条件。

3.1.1.3 建筑物的有关资料

(1) 建筑物的总平面布置图；

(2) 建筑物的结构类型、荷重及建筑物的使用或生产设备对

基础竖向及水平位移的要求；

(3) 建筑物的安全等级；

(4) 建筑物的抗震设防烈度和建筑（抗震）类别。

3.1.1.4 施工条件的有关资料

(1) 施工机械设备条件，制桩条件、动力条件以及对地质条件的适应性；

(2) 施工机械设备的进出场及现场运行条件。

3.1.1.5 供设计比较用的各种桩型及其实行的可能性。

3.1.2 桩基的详细勘察除满足现行勘察规范有关要求外尚应满足以下要求：

3.1.2.1 勘探点间距

(1) 对于端承桩和嵌岩桩：主要根据桩端持力层顶面坡度决定，宜为 12~24m。当相邻两个勘探点揭露出的层面坡度大于 10% 时，应根据具体工程条件适当加密勘探点；

(2) 对于摩擦桩：宜为 20~30m 布置勘探点，但遇到土层的性质或状态在水平方向分布变化较大，或存在可能影响成桩的土层存在时，应适当加密勘探点；

(3) 复杂地质条件下的柱下单桩基础应按桩列线布置勘探点，并宜每桩设一勘探点。

3.1.2.2 勘探深度

(1) 布置 $1/3 \sim 1/2$ 的勘探孔为控制性孔，且安全等级为一级建筑桩基，场地至少应布置 3 个控制性孔，安全等级为二级的建筑桩基应不少于 2 个控制性孔。控制性孔深度应穿透桩端平面以下压缩层厚度，一般性勘探孔应深入桩端平面以下 3~5m；

(2) 嵌岩桩钻孔应深入持力岩层不小于 3~5 倍桩径；当持力岩层较薄时，应有部分钻孔钻穿持力岩层。岩溶地区，应查明溶洞、溶沟、溶槽、石笋等的分布情况。

3.1.2.3 在勘察深度范围内的每一地层，均应进行室内试验或原位测试，提供设计所需参数。

3.2 桩的选型与布置

3.2.1 桩可按下列规定分类

3.2.1.1 按承载性状分类

(1) 摩擦型桩：

摩擦桩：在极限承载力状态下，桩顶荷载由桩侧阻力承受；

端承摩擦桩：在极限承载力状态下，桩顶荷载主要由桩侧阻力承受。

(2) 端承型桩：

端承桩：在极限承载力状态下，桩顶荷载由桩端阻力承受；

摩擦端承桩：在极限承载力状态下，桩顶荷载主要由桩端阻力承受。

3.2.1.2 按桩的使用功能分类

(1) 竖向抗压桩（抗压桩）；

(2) 竖向抗拔桩（抗拔桩）；

(3) 水平受荷桩（主要承受水平荷载）；

(4) 复合受荷桩（竖向、水平荷载均较大）。

3.2.1.3 按桩身材料分类

(1) 混凝土桩：灌注桩、预制桩；

(2) 钢桩；

(3) 组合材料桩。

3.2.1.4 按成桩方法分类

(1) 非挤土桩：干作业法、泥浆护壁法、套管护壁法；

(2) 部分挤土桩：部分挤土灌注桩、预钻孔打入式预制桩、打入式敞口桩；

(3) 挤土桩：挤土灌注桩、挤土预制桩（打入或静压）。

3.2.1.5 按桩径大小分类

(1) 小桩： $d \leq 250\text{mm}$ ；

(2) 中等直径桩： $250\text{mm} < d < 800\text{mm}$ ；

(3) 大直径桩： $d \geq 800\text{mm}$ 。

d ——桩身设计直径。

3.2.2 桩型与工艺选择应根据建筑结构类型、荷载性质、桩的使用功能、穿越土层、桩端持力层土类、地下水位、施工设备、施工环境、施工经验、制桩材料供应条件等，选择经济合理、安全适用的桩型和成桩工艺。选择时可参考附录 A。

3.2.3 桩的布置需符合下列要求：

3.2.3.1 桩的中心距：

(1) 桩的最小中心距应符合表 3.2.3-1 的规定。对于大面积桩群，尤其是挤土桩，桩的最小中心距宜按表列值适当加大；

桩的最小中心距 **表 3.2.3-1**

土类与成桩工艺		排数不少于 3 排且桩数不少于 9 根的摩擦型桩基	其他情况
非挤土和部分挤土灌注桩		$3.0d$	$2.5d$
挤土灌注桩	穿越非饱和土	$3.5d$	$3.0d$
	穿越饱和软土	$4.0d$	$3.5d$
挤土预制桩		$3.5d$	$3.0d$
打入式敞口管桩和 H 型钢桩		$3.5d$	$3.0d$

注： d ——圆桩直径或方桩边长。

(2) 扩底灌注桩除应符合表 3.2.3-1 的要求外，尚应满足表 3.2.3-2 的规定。

灌注桩扩底端最小中心距 **表 3.2.3-2**

成桩方法	最小中心距
钻、挖孔灌注桩	$1.5D$ 或 $D+1m$ (当 $D>2m$ 时)
沉管夯扩灌注桩	$2.0D$

注： D ——扩大端设计直径。

3.2.3.2 排列基桩时，宜使桩群承载力合力点与长期荷载重心重合，并使桩基受水平力和力矩较大方向有较大的截面模量。

3.2.3.3 对于桩箱基础，宜将桩布置于墙下；对于带梁（肋）桩筏基础，宜将桩布置于梁（肋）下；对于大直径桩宜采用

一柱一桩；

3.2.3.4 同一结构单元宜避免采用不同类型的桩。

3.2.3.5 一般应选择较硬土层作为桩端持力层。桩端全断面进入持力层的深度，对于粘性土、粉土不宜小于 $2d$ ，砂土不宜小于 $1.5d$ ，碎石类土，不宜小于 $1d$ 。当存在软弱下卧层时，桩基以下硬持力层厚度不宜小于 $4d$ 。

当硬持力层较厚且施工条件许可时，桩端全断面进入持力层的深度宜达到桩端阻力的临界深度。

3.3 设计原则

3.3.1 建筑桩基采用以概率理论为基础的极限状态设计法，以可靠指标度量桩基的可靠度，采用以分项系数表达的极限状态设计表达式进行计算。

3.3.2 桩基极限状态分为下列两类：

3.3.2.1 承载能力极限状态：对应于桩基达到最大承载能力或整体失稳或发生不适于继续承载的变形；

3.3.2.2 正常使用极限状态：对应于桩基达到建筑物正常使用所规定的变形限值或达到耐久性要求的某项限值。

3.3.3 根据桩基损坏造成建筑物的破坏后果（危及人的生命、造成经济损失、产生社会影响）的严重性，桩基设计时应根据表 3.3.3 选用适当的安全等级。

建筑桩基安全等级

表 3.3.3

安全等级	破坏后果	建筑物类型
一级	很严重	重要的工业与民用建筑物；对桩基变形有特殊要求的工业建筑物
二级	严重	一般的工业与民用建筑物
三级	不严重	次要的建筑物

3.3.4 根据承载能力极限状态和正常使用极限状态的要求，桩基需进行下列计算和验算。

3.3.4.1 所有桩基均应进行承载能力极限状态的计算，计算内容包括：

(1) 根据桩基的使用功能和受力特征进行桩基的竖向（抗压或抗拔）承载力计算和水平承载力计算；对于某些条件下的群桩基础宜考虑由桩群、土、承台相互作用产生的承载力群桩效应；

(2) 对桩身及承台承载力进行计算；对于桩身露出地面或桩侧为可液化土、极限承载力小于 50kPa（或不排水抗剪强度小于 10kPa）土层中的细长桩尚应进行桩身压屈验算；对混凝土预制桩尚应按施工阶段的吊装、运输和锤击作用进行强度验算；

(3) 当桩端平面以下存在软弱下卧层时，应验算软弱下卧层的承载力；

(4) 对位于坡地、岸边的桩基应验算整体稳定性；

(5) 按现行《建筑抗震设计规范》规定应进行抗震验算的桩基，应验算抗震承载力。

3.3.4.2 下列建筑桩基应验算变形：

(1) 桩端持力层为软弱土的一、二级建筑桩基以及桩端持力层为粘性土、粉土或存在软弱下卧层的一级建筑桩基，应验算沉降；并宜考虑上部结构与基础的共同作用；

(2) 受水平荷载较大或对水平变位要求严格的一级建筑桩基应验算水平变位。

3.3.4.3 下列建筑桩基应进行桩身和承台抗裂和裂缝宽度验算：

根据使用条件要求混凝土不得出现裂缝的桩基应进行抗裂验算；对使用上需限制裂缝宽度的桩基应进行裂缝宽度验算。

3.3.5 桩基承载能力极限状态的计算应采用作用效应的基本组合和地震作用效应组合。

当进行桩基的抗震承载力计算时，荷载设计值和地震作用设计值应符合现行《建筑抗震设计规范》的规定。

3.3.6 按正常使用极限状态验算桩基沉降时应采用荷载的长期效应组合；验算桩基的水平变位、抗裂、裂缝宽度时，根据使用要求和裂缝控制等级应分别采用作用效应的短期效应组合或短期效应组合考虑长期荷载的影响。

3.3.7 建于粘性土、粉土上的一级建筑桩基及软土地区的一、二级建筑桩基，在其施工过程及建成后使用期间，必须进行系统的沉降观测直至沉降稳定。

3.4 特殊条件下的桩基

3.4.1 软土地区的桩基应按下列原则设计：

3.4.1.1 软土中的桩基宜选择中、低压缩性的粘性土、粉土、中密和密实的砂类土以及碎石类土作为桩端持力层；对于一级建筑桩基，不宜采用桩端置于软弱土层上的摩擦桩；

3.4.1.2 桩周软土因自重固结、场地填土、地面大面积堆载、降低地下水等原因而产生的沉降大于桩的沉降时，应视具体情况考虑桩侧负摩阻力对基桩承载力的影响；

3.4.1.3 采用挤土桩时应考虑沉桩(管)挤土效应对邻近桩、建(构)筑物、道路和地下管线等产生的不利影响；

3.4.1.4 先沉桩后开挖基坑时，必须考虑基坑挖土顺序、坑边土体侧移对桩的影响；

3.4.1.5 在高灵敏度厚层淤泥中不宜采用大片密集沉管灌注桩。

3.4.2 湿陷性黄土地区的桩基应按下列原则设计：

3.4.2.1 基桩应穿透湿陷性黄土层，桩端应支承在压缩性较低的粘性土层或中密、密实的粉土、砂土、碎石类土层中；

3.4.2.2 在自重湿陷性黄土地基中，宜采用干作业法的钻、挖孔灌注桩；

3.4.2.3 非自重湿陷性黄土地基中的单桩极限承载力应按下列规定确定：

(1) 对一级建筑桩基应按现场浸水载荷试验并结合地区经验