

1、总 则

1.0.1 为了统一江苏省内管桩的制作、基础设计、施工及验收标准。贯彻执行国家的技术经济政策，做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量、保护环境，特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于锤击贯入法、静力压入法施工的管桩基础。当管桩基础采用本规程方法确定承载力时，所用的管桩及施工工艺必须同时符合本规程的有关规定。

1.0.3 本规程适用于建（构）筑物的低承台管桩桩基的设计。对于高承台管桩桩基，应根据具体情况另行设计。

1.0.4 管桩桩基的设计与施工，应综合考虑工程地质与水文地质条件、上部结构类型、使用功能、荷载特征、施工技术条件与环境；应重视地方经验，因地制宜，注重概念设计，合理选择管桩桩型和承台形式，优化布桩，节约资源；应强化施工质量控制与管理。

1.0.5 管桩桩基的设计、施工与验收，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准、规范的规定。

2、术语和主要符号

2.1 术语

2.1.1 管桩(Concrete Pipe pile)

本规程所称的管桩，是指采用离心成型的先张法预应力混凝土环形截面桩。

2.1.2 管桩基础(Concrete pipe foundation)

由打入土（岩）层中的管桩和连接于桩顶的承台共同组成的建（构）筑物基础。

2.1.3 锤击贯入法(Hammer driving)

利用打桩设备的锤击能量将桩沉入土（岩）层的施工方法。

2.1.4 静力压桩法(Method of pressing pile by static pressure)

利用静载设备的静压力将桩压入土（岩）层的施工方法。

2.1.5 收锤标准(Condition for stop hammering)

将桩端打至预定深度附近时终止锤击的控制条件。

2.1.6 液压式桩机(Hydraulic pressing pile driver)

通过液压式传力机构施加压力于桩身上的一种静压桩施工机械，由桩架、行走机构、液压机构、导向夹持机构和配重等部件组成。

2.1.7 顶压式液压压桩机(Jacking type of hydraulic pressing driver)

施加压力作用在桩顶部的液压式压桩机。

2.1.8 选桩(pile following)

打桩过程中，借助送桩器将桩顶沉至地面以下的工序。

2.1.9 填芯混凝土(Cavity-filling concrete)

灌填在管桩顶部内腔的混凝土。

2.1.10 单桩竖向极限承载力(Ultimate vertical bearing capacity of a single pile)

单桩在竖向荷载作用下达到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承载力。

2.1.11 极限侧阻力(Ultimate shaft resistance)

相应于桩顶作用极限荷载时，桩身侧表面所发生土（岩）阻力。

2.1.12 极限端阻力(Ultimate tip resistance)

相应于桩顶作用极限荷载时，桩端所发生的土（岩）阻力。

2.1.13 单桩竖向承载力特征值(Characteristic value of the vertical bearing capacity of a single pile)

单桩竖向极限承载力标准值除以安全系数后的承载力值。

2.1.14 负摩阻力(Negative skin friction, negative shaft resistance)

桩周土由于自重固结、湿陷、地面荷载作用等原因而产生大于基桩的沉降所引起的对桩表面的向下摩阻力。

2.1.15 下拉荷载(Downdrag)

作用于单桩中性点以上的负摩阻力之和。

2.1.16 土塞效应(Plugging effect)

管桩用开口桩尖沉桩过程中土体涌入管内形成的土塞，对桩端阻力的影响效应。

2.2 主要符号

2.2.1 作用和作用效应

F_k —按荷载效应标准组合计算的作用于承台顶面的竖向力

(KN) ;

G_k —桩基承台和承台上土自重标准值 (KN) ;

H_k —按荷载效应标准组合计算的作用于承台底面的水平力 (KN) ;

H_{ik} —按荷载效应标准组合计算的作用于第 i 基桩的水平力 (KN) ;

M_{xk} 、 M_{yk} —按荷载效应标准组合计算的作用于承台底面的外力, 绕通过桩群形心的 x 、 y 主轴的力矩 (KN-m) ;

N_{ik} —荷载效应标准组合偏心竖向力作用下第 i 基桩的竖向力 (KN) ;

G_p —单桩自重标准值 (KN) 。

2.2.2 抗力和材料性能

f_c —混凝土轴心抗压强度设计值 (MPa) ;

f_t —混凝土轴心抗拉强度设计值 (MPa) ;

f_t^w —焊缝抗拉强度设计值 (N/mm²) ;

q_{sik} —单桩第 i 层土的极限侧阻力标准值 (KPa) ;

q_{pk} —单桩极限侧阻力标准值 (KPa) ;

Q_{sk} —单桩总极限侧阻力 (KN) ;

Q_{pk} —单桩总极限端阻力标准值 (KN) ;

R —基桩竖向承载力特征值 (KN) ;

R_a —按场地土计算的单桩竖向承载力特征值 (KN) ;

R_{ha} —单桩水平承载力特征值 (KN) ;

R_h —基桩水平承载力特征值 (KN) ;

T_{gk} —群桩呈整体破坏时基桩抗拔极限承载力标准值 (KN) ;

T_{uk} —群桩呈非整体破坏时基桩抗拔极限承载力标准值 (KN) ;

N_1 —单桩允许上拔力设计值 (KN) ;

P_{max} —桩身允许抱压压桩力 (KN) ;

R_p —桩身混凝土强度允许的竖向承载力设计值 (KN) ;

σ_{pc} —桩身混凝土有效预应力 (MPa) ;

γ —土的重度 (KN/m³) .

2.2.3 几何参数

A —管桩有效横截面面积 (mm²) ;

A_p —桩身横截面面积 (mm²) ;

d —管桩外径 (mm) ;

D_1 —焊缝外径 (mm) ;

D_2 —焊缝内径 (mm) ;

a —焊缝宽度 (mm) ;

L —管桩长度 (m) ;

l_i —管桩穿越第 i 层土 (岩) 的厚度 (m) ;

t —管桩壁厚 (mm) ;

U_p —桩身外周长 (mm) ;

x_i 、 x_j 、 y_i 、 y_j 、—第 i 、 j 基桩至 y 、 x 轴的距离 (m) ;

2.2.4 计算系数

γ_0 —桩基重要性系数；

ψ_c —管桩成型工艺系数；

λ_0 —抗拔系数；

n —同一桩基承台桩数。

3、一般规定

3.0.1 设计采用的管桩桩型，应符合本规程的规定。

3.0.2 用于施工的设计图纸必须通过施工图审查。

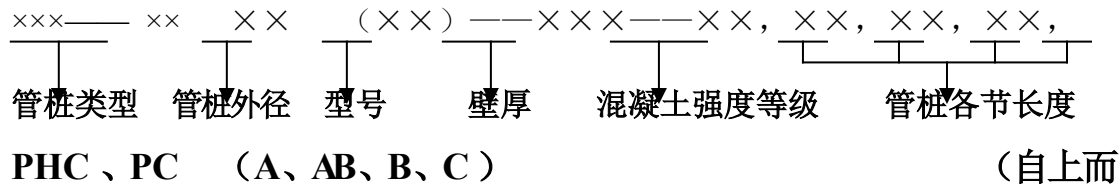
3.0.3 生产先张法预应力混凝土管桩的企业应具有混凝土预制构件专业企业二级资质标准。

3.0.4 企业的混凝土专项实验室条件应符合江苏省有关规定。

3.0.5 管桩生产企业、沉桩施工单位除应具备专业资质外，还应建立完善的质量管理体系和质量检验制度。

3.0.6 管桩生产、施工设备、计量器具应按规定进行校验校定。

3.0.7 管桩应按如下标记



下)

例如: PHC-600AB (110) -C80-8, 9, 10, 12

4、管桩基础设计

4.1 一般规定

4.1.1 管桩基础应按下列两类极限状态设计：

1、承载能力极限状态：管桩桩基达到最大承载能力、整体失稳或发生不适于继续承载的变形；

2、正常使用极限状态：管桩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。

4.1.2 根据管桩桩基问题，可能造成建筑物破坏或影响正常使用的程度以及根据建筑规模、功能特征、对差异变形的适应性、场地地基和建筑物体形的复杂性，管桩桩基设计时应根据表 4.1.2 确定设计等级。

表 4.1.2 建筑管桩桩基设计等级

设计等级	建 筑 类 型	桩基重要性系数 γ_0
甲级	(1)、重要的工业与民用建筑物； (2)、30 层以上或高度超过 100m 的高层建筑； (3)、体形复杂且层数相差超过 10 层的高低层（含纯地下室）连成一体建筑物； (4) 20 层以上框架一核心筒结构及其他对差异沉降有特殊要求的建筑； (5) 场地和地基条件复杂的 7 层以上的一般建筑及坡地、岸边建筑； (6) 对相邻既有工程影响较大的建筑； (7) 单桩竖向承载力特征值大于 3000KN 的桩基。	1.1
乙级	除甲级、丙级以外的工业与民用建筑	1.0
丙级	场地和地基条件简单、荷载分布均匀的 7 层及 7 层以下的工业与民用建筑。	1.0

注：1、对于同一承台桩数不多于 2 根的桩基，宜按提高一级考虑，当为甲级桩基且同一承台内桩数不多于 2 根的桩基，宜取 $\gamma_0 = 1.2$ 。

2、桩基的安全等级，不得低于该建筑物的安全等级。

4.1.3 管桩桩基应根据工程具体条件分别进行下列承载力计算和稳定性验算：

1、应根据管桩桩基的使用功能和受力特征分别进行桩基的竖向承载力计算和水平承载力计算；

2、应对管桩桩身强度和承台结构承载力进行计算；对桩侧土不排水抗剪强度小于 10KPa 且长径比大于 50 的工程管桩，应进行桩身压屈验算；应对管桩进行运输、吊装、锤击和静压等过程中的强度和抗裂验算；

3、应对坡地、岸边的管桩桩基进行整体稳定性验算；

4、应对抗浮、抗拔管桩桩基进行单桩和群桩的抗拔承载力计算；

5、应对桩身材料强度进行承载力验算；

6、应对抗震设防区的管桩桩基进行竖向和水平抗震承载力验算；

7、当管桩桩端平面以下存在软弱下卧层时，应进行软弱下卧层承载力验算；

4.1.4 下列建筑管桩桩基应进行沉降计算：

1、设计等级为甲级的非嵌岩桩和非深厚坚硬持力层的建筑桩基；

2、设计等级为乙级的体形复杂、荷载分布显著不均匀或桩端平面以下存在软弱土层的建筑桩基。

4.1.5 对受水平荷载较大，或对水平位移有严格限制的建筑管桩桩基，应计算其水平位移。

4.1.6 应根据管桩及桩基所处的环境类别和相应的裂缝控制等级，验算桩和承台正截面的抗裂和裂缝宽度。对于管桩处于腐蚀环境和三类环境，应按一级严格要求不出现裂缝；二类环境，可按二级一般要求不出现裂缝。低桩承台的裂缝宽度对于腐蚀环境和三类环境，应 $\leq 0.2\text{mm}$ ；二类环境应 $\leq 0.3\text{mm}$

4.1.7 管桩桩基设计时，所采用的作用效应组合与相应的抗力应符合

下列规定：

1、确定桩数和布桩时，应采用传至承台底面的荷载效应标准组合；相应的抗力应采用基桩或复合基桩承载力特征值。

2、计算荷载作用下的桩基沉降和水平位移时，应采用荷载效应准永久组合；计算水平地震作用、风荷载作用下的桩基水平位移时，应采用水平地震作用、风荷载效应标准组合。

3、验算坡地、岸边建筑桩基的整体稳定性时，应采用荷载效应标准组合；抗震设防区，应采用地震作用效应和荷载效应的标准组合。

4、在计算桩基结构承载力、确定尺寸和配筋时，应采用传至承台顶面的荷载效应基本组合。当进行承台和桩身裂缝控制验算时，应分别采用荷载效应标准组合和荷载效应准永久组合。

5、桩基结构安全等级和结构合理设计使用年限应按现行有关建筑结构规范的规定采用；桩基结构的设计等级和重要性系数按本规程 4.1.2 条确定。

6、对桩基结构进行抗震验算时，其抗震承载力调整系数为 γ_{RE} 应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定采用。

4.1.8 对于本规程 4.1.4 条规定应进行沉降计算的建筑桩基，在其施工过程及建成后使用期间，应进行系统的沉降观测直至沉降稳定。

4.2 基本资料

4.2.1 管桩桩基设计应具备下列资料

1、按照现行《岩土工程勘察规范》GB50021、《建筑地基基础设计规范》GB50007 以及相关工程地质勘察规范要求整理的岩土勘察文件

其主要内容包括：

1)、管桩桩基按两类极限状态进行设计所需要的岩土物理力学参数及原位测试参数；

2)、对建筑场地的不良地质作用，如滑坡、崩塌、泥石流、岩溶、土洞等，有明确判断、结论和防治方案；

3)、地下水位埋藏情况、类型和水位变化幅度及抗浮设计水位，水、土的腐蚀性评价，地下水浮力计算的设计水位；

4)、抗震设防区按设防烈度提供的液化土层资料；

5)、有关地基土冻胀性、湿陷性、膨胀性评价。

2、建筑场地与环境条件的有关资料：

1)、建筑场地现状，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、基础形式及埋置深度；

3)、附近类似工程地质条件场地的桩基工程试桩资料和单桩承载力设计参数；

4)、周围建筑物的防振、防噪声的要求；

5)、泥浆排放、弃土条件；

6) 建筑物所在地区的抗震设防烈度和建筑场地类别。

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、荷载、使用条件和设备对基础竖向及水平位移的要求；

3)、建筑结构的安全等级。

4、施工条件的有关资料:

1)、施工机械设备条件、动力条件、施工工艺对地质条件的适应性;

2)、水、电及有关建筑材料的供应条件;

3)、施工机械的进出场及现场运行条件。

5、供设计比较用的有关管桩桩型及实施的可行性的资料。

4.2.2 管桩桩基的详细勘察除应满足现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB50021)、《高层建筑岩土工程勘察规程》(JGJ72、J366)的有关要求外,尚应满足下列要求:

1、勘探点间距

1)、对于端承桩(含嵌岩桩): 主要根据桩端持力层顶面坡度决定,宜为12~24m。当相邻两个勘察点揭露出的桩端持力层层面坡度大于10%或持力层起伏较大、土层分布复杂时,应根据具体工程条件适当加密勘探点。

2) 对于摩擦桩: 宜按15~30m布置勘探孔,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或设计有特殊要求时,应适当加密勘探点。

2、勘探深度

1) 宜布置1/3~1/2的勘探孔为控制性孔。对于设计等级为甲级的建筑桩基,至少应布置3个控制性孔;设计等级为乙级的建筑桩基,至少应布置2个控制性孔。控制性孔应穿透桩端平面以下压缩层

厚度；一般性勘探孔深度应达到预计桩端平面以下 3~5m，对于管桩外径 ≥ 600 时，不得小于 5m。

2) 嵌全风化、强风化岩层的控制性钻孔应深入预计桩端平面以下不得小于 3~5m，一般性钻孔应深入预计桩端平面以下 1~2m。当持力层较薄时，应有部分钻孔钻穿持力岩层。在岩溶、断面破碎带地区，应查明溶洞、溶沟、溶槽等分布情况，钻孔应钻穿溶洞或断层破碎带进入稳定土层，进入深度应满足控制性孔和一般性钻孔的要求。

3、在勘探深度范围内的每一地层，均应采取不扰动土样进行室内试验或根据土质情况选用有效的原位测试方法进行原位测试，提供设计所需参数。

4.2.3 选用管桩作建筑物桩基时，宜进行标准贯入试验；勘探资料中标准贯入试验数据不足时，应根据设计要求补充勘探。

4.2.4 标准贯入试验除应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB50021) 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1、各主要土层均应测试，其中遇中密~密实的砂层、硬塑~坚硬粘性土层、残积土层及全风化岩层时，约每 1.5m 测试一次，预计作桩端持力层的土层时，根据现场情况宜每 0.5~1m 测试一次。

2、在预计作桩端持力层的测试中，当锤击数已达 100 击而贯入深度未到 300mm 时，可记录实际贯入深度并终止试验，但钻孔深度应符合本规程第 4.2.2 条规定。

4.3 管桩的适用范围、选用与布置

4.3.1 管桩的适用范围

1、管桩适用于抗震设防烈度 ≤ 7 度的一般工业与民用建筑的低承台桩基。

2、管桩适用于主要承受竖向荷载，且水平荷载较小的低承台桩基，当承受水平荷载较大或表层土有较厚液化土层或用作抗拔桩时，应结合工程有关因素经分析验算后选用或另行设计。

3、管桩不应用于地下强腐蚀环境。对中、弱腐蚀的地下环境应根据《工业建筑防腐蚀设计规范》（GB50046-2008）的规定采用特种抗腐蚀材料。并采用封闭桩尖且管腔内不得进入腐蚀性介质。宜选用PHC桩，桩身混凝土抗渗等级应 $\geq S10$ 。

4、管桩适用于设计年限为50年的桩基工程，对处于二类和三类环境中的管桩及桩基结构的混凝土耐久性应符合《建筑桩基技术规范》（JGJ94-2008）表3.5.2的规定。

5、管桩适用于素填土、杂填土、淤泥、淤泥质土、粉土、粘性土、碎石土等地基。不适用于密实较厚的砂土层及风化岩层。

4.3.2 管桩的选用

1、设计人员应根据工程地质情况、建筑物结构类型、荷载性质、桩的使用功能，沉桩设备（静压、锤击）、施工条件、施工经验等，经综合分析后选用。

2、管桩用作摩擦桩或端承摩擦桩且穿越的坚硬土层较薄时，宜选用A、AB型桩，其长径比（桩总长/桩外径）不宜大于100；当用于端承桩或摩擦端承桩且需穿越一定厚度较硬土层时，宜选用AB、B型桩，其长径比不宜大于80。

3、软土地基宜采用 AB、B 型的 PHC 管桩。

4、尽量减少接桩，接桩宜在桩尖穿过硬土层后进行。

5、管桩用作受拉（抗拔）桩及锚桩时，设计人员应分析验算桩顶与承台连接处抗拉强度；桩身抗拉强度；桩与桩接头处抗拉强度；桩身与端板连接处抗拉强度，按最不利处的抗拉强度确定工程管桩的抗拉承载力。

4.3.3 管桩的布置应符合下列要求：

1、管桩的最小中心距应符合表 4.3.3 的规定

表 4.3.3 管桩的最小中心距

土类与桩基情况		排数不少于 3 排且桩数不少于 9 根的摩擦型桩桩基	其它情况
挤土桩	饱和粘性土	4.5d	4.0d
	非饱和土、饱和非粘性土	4.0d	3.5d
部分挤土桩	饱和粘性土	4.0d	3.5d
	非饱和土、饱和非粘性土	3.5d	3.0d

注：1）、d—管桩外直径

2）、当纵横向桩距不相等时，其最小中心距应满足“其他情况”一栏的规定。

3）、“部分挤土桩”指沉桩时采取引孔或应力释放孔等措施的桩基。

4）、当桩穿越较厚淤泥质等软弱土层，桩中心距不宜小于 4.5d。

2、排列基桩时，宜使桩群承载力合力点与竖向永久荷载合力作用点重合，并使基桩受水平力和力矩较大方向有较大的抗弯截面模量。

3、对于软弱粘性土层地基上大面积布桩时，应采取消减孔隙水压力和挤土效应的技术措施，并控制布桩密度。

4、当管桩穿越厚度较大的淤泥等软弱土层、表层土有较厚的液化

土层时，应考虑桩的稳定对承载力的影响。

5、应选择较硬土层作为桩端持力层（如强风化或全风化岩层、坚硬粘性土层、密实碎石土、砂土、粉土层）。桩端全断面进入持力层的深度（不包括桩尖部分）对于粘性土、粉土不宜小于 $2.5d$ ，砂土不宜小于 $2.0d$ ，碎石类土不宜小于 $1.5d$ ，全风化岩不宜小于 $1.0d$ 。当存在软弱下卧层时，桩端以下坚硬持力层厚度不宜小于 $4d$ ，并视软弱下卧层性质，验算其承载力。当硬持力层较厚且施工条件许可时，端桩全断面进入持力层的深度宜达到桩端阻力的临界深度。对于土层中含有较多难以清除的孤石、障碍物或含有不适宜作持力层且管桩难以贯穿的坚硬夹层、难以贯入的岩面上不适宜作桩端持力层的土层，持力层较薄且持力层的上覆土层较松软，难以贯入的岩面埋藏较浅且倾斜较大等地质条件，不宜选用管桩。

6、同一承台的桩数不宜少于 2 根，当不多于 2 根时，应加强承台间的拉结。

7、同一结构单元宜避免采用不同类型的管桩或受力性质差别较大的同类型管桩。同一基础相邻桩的桩底标高差，对于非嵌岩端承型桩，不宜超过相邻桩的中心距；对于摩擦型桩，在相同的土层中不宜超过桩长 $1/10$ 。

4.4 管桩桩基构造

4.4.1 管桩与承台连接处的填芯混凝土应灌注饱满。灌注深度不得小于 $3d$ ，且不得小于 1.5 米（ d -管桩外径），填芯混凝土强度等级不得低于 C40。

4.4.2 管桩与承台的连接应符合下列规定：

1、桩顶嵌入承台内长度对中等直径管桩不应小于 50mm；对大直径管桩不应小于 100mm。

2、采用管桩内的纵向钢筋直接与承台锚固时，锚固长度不得小于 50 倍纵向钢筋直径，且不小于 500mm。当采用锚入和腔内的后插钢筋与承台连接时，其锚入承台内有长度不应小于 35 倍纵向钢筋直径。

3、对于抗拔桩，应优先将桩身纵向钢筋全部直接锚入承台内，当采用其它方式与承台连接时，纵向钢筋锚入承台内的长度应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 确定。

4.4.3 管桩接桩应符合下列规定：

1、任一根桩的接头数量不应超过四个；

2、管桩接头处的各项力学指标不应低于桩身；

3、持力层标准贯入击数大于 30 时，不应利用截桩余下部分作接桩之用；

4、管桩的连接应符合本规程第 6.3 节规定。

4.4.4 与管桩连接的承台构造，均按现行《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008 及《建筑地基基础设计规范》GB50007 的规定执行。

4.5 管桩桩基计算

4.5.1 对于一般建筑物和受水平力（包括力矩和水平剪力）较小高层建筑建筑物且桩径相同的群桩基础，应按下列公式计算群桩桩基中单桩的桩顶作用效应：

1、竖向力作用下

轴心竖向力作用下

$$N_k = \frac{F_k + G_k}{n} \quad (4.5.1-1)$$

偏心竖向力作用下

$$N_{ik} = \frac{F_k + G_k}{n} \pm \frac{M_{xk} y_i}{\sum y_j^2} \pm \frac{M_{yk} x_i}{\sum x_j^2} \quad (4.5.1-2)$$

2、水平力作用下

$$H_{ik} = \frac{H_k}{n} \quad (4.5.1-3)$$

式中： F_k —荷载效应标准组合下，作用于桩基承台顶面的竖向力；

G_k —桩基承台自重及承台上土自重标准值，对稳定的地下水位以下部分应扣除水的浮力；

N_k —荷载效应标准组合轴心竖向力作用下任一单桩的竖向力；

n —桩基中的桩数

N_{ik} —荷载效应标准组合偏心竖向力作用下第 i 根桩的竖向力；

N_{xk} 、 N_{yk} —荷载效应标准组合下，作用于承台底面，绕通过桩群形心的 x 、 y 主轴的力矩；

X_i 、 X_j 、 y_i 、 y_j —第 i 、 j 根基桩至 y 、 x 轴的距离；

H_k —荷载效应标准组合下，作用于桩基承台底面的水平力；

H_{ik} —荷载效应标准组合下，作用于第 i 根基桩水平力。

4.5.2 对于主要承受竖向荷载的抗震设防区低承台桩基，在同时满足下列条件时，桩顶作用效应计算可不考虑地震作用：

1、按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 规定，可不进行桩基抗震承载力验算的建筑物；

2、建筑场地位于建筑抗震的有利地段。

4.5.3 非液化土中及存在液化土层的桩基抗震验算，应按《建筑抗震设计规范》GB50011、《建筑桩基技术规范》JGJ94 的规定执行。

4.5.4 桩基中单桩竖向承载力计算应符合下列要求：

1、轴心竖向力作用下

$$\gamma_0 \cdot N_k \leq R \quad (4.5.4-1)$$

2、偏心竖向力作用下，除满足上式外，尚应满足下式的要求：

$$\gamma_0 \cdot N_{ikmax} \leq 1.2R \quad (4.5.4-2)$$

3、水平荷载作用下

$$H_{ik} \leq R_h \quad (4.5.4-3)$$

式中：R—基桩中的单桩竖向承载力特征值；

N_{ikmax} —荷载效应标准组合偏心竖向力作用下，桩顶最大竖向力；

H_{ik} —在荷载效应标准组合下，作用于基桩 i 桩顶处的水平力；

R_h —单桩桩基或群桩中基桩的水平承载力特征值，对于单桩桩基，可取单桩的水平承载力特征值 R_{ha} 。

4.5.5 需要进行地震作用效应计算的建筑物桩基应符合下列要求：

1、轴心竖向力作用下

$$N_{Ek} \leq 1.25R \quad (4.5.5-1)$$

2、偏心竖向力作用下，除满足上式外，尚应满足下式的要求：

$$N_{Ekmax} \leq 1.5R \quad (4.5.5-2)$$

3、水平荷载作用下

$$H_{Ek} \leq 1.25R_h \quad (4.5.5-3)$$

式中：

N_{Ek} —地震作用效应和荷载效应标准组合下，基桩的平均竖向力；

N_{Ekmax} —地震作用效应和荷载效应标准组合下，基桩的最大竖向力；

H_{Ek} —地震作用效应和荷载效应标准组合下，基桩的平均水平力。

4.5.6 单桩竖向承载力特征值 R_a 应按下列式确定：

$$R_a = 1/K \cdot Q_{uk} \quad (4.5.6-1)$$

式中： Q_{uk} —单桩竖向极限承载力标准值；

K —安全系数，取 $K=2$ 。

4.5.7 单桩竖向极限承载力标准值的确定应符合下列规定：

1、设计等级为甲级的建筑桩基，应通过单桩静载试验确定，且不得超过按 4.5.9 条规定的桩身强度允许的竖向承载力。

2、设计等级为乙级的建筑桩基，当地质条件简单时，可参照地质条件相同的试桩资料，结合静力触探等原位测试和经验参数综合确定；其余均应通过单桩静载试验确定；均不得超过按 4.5.9 条规定的桩身强度允许的竖向承载力。

3、设计等级为丙级的建筑桩基，可根据原位测试和经验参数确定。且不得超过按 4.5.9 条规定的桩身强度允许的竖向承载力。

4.5.8 当根据土的物理指标与承载力参数之间的经验关系确定单桩竖向极限承载力标准值时，宜按下式估算：

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum q_{sik} l_i + q_{pk} A_p \quad (4.5.8-1)$$

式中： q_{sik} —桩侧第 i 层土的极限侧阻力标准值，按工程勘察报告提

供的数值；

q_{pk} —极限端阻力标准值，按工程勘察报告提供的数值；

A_p —桩底端横截面面积（桩尖水平投影面积）；当采用开口型桩尖时，按闭口型桩尖计算水平投影面积；

U —桩身外周边长度；

l_i —桩穿越第 i 层土的厚度。

4.5.9 桩身结构混凝土强度允许的竖向承载力设计值，应按下列公式计算

$$R_p = \psi_c (f_c - \sigma_{pc}) A \quad (4.5.9-1)$$

式中： R_p —桩身混凝土强度允许的竖向承载力设计值；

f_c —混凝土轴心抗压强度设计值，按现行《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定取值；—

σ_{pc} —桩身混凝土有效预压应力，一般 $\sigma_{pc}=4\sim 10\text{Mpa}$ ，计算时按江苏省现行预应力混凝土管桩标准图集取用；

A —管桩有效横截面面积；

ψ_c —管桩成桩工艺系数，取 0.70。

说明：桩身结构混凝土强度对应的竖向承载力特征值按 $R_p/1.35$ 计算。

4.5.10 单桩水平承载力特征值取决于桩的材料强度、截面刚度、入土深度、土质条件、桩顶水平位移允许值和桩顶嵌固情况等因素，应通过现场水平载荷试验确定。必要时可进行带承台桩的载荷试验，试验时采用慢速维持荷载法。现场试验单桩水平承载力不得大于桩身抗剪

承载力。

4.5.11 建筑物管桩基础的沉降验算，应按《建筑地基基础设计规范》GB50007 及《建筑桩基技术规范》JGJ94 中的相关规定执行。

4.5.12 应按有关规范规定考虑特殊场地土对管桩桩基的影响。抗震设防区的管桩桩基应按现行《建筑抗震设计规范》GB50011 中的有关规定执行。

软土地区的管桩基础，桩周土因自重固结、蠕变、大面积堆载影响而产生大于桩的沉降时，应考虑由此引起的桩侧负摩擦力对桩竖向抗压承载力的影响。施工中挤土对桩基的影响。在深厚软土中采用大片密集管桩时，应采取消减孔隙水压力和挤土效应的技术措施，并控制沉桩速率，减小挤土效应对成桩质量、邻近建筑物、道路、地下管道线和基坑边坡产生的不利影响。沉桩结束，应两周后再进行开挖。

季节性冻土和膨胀土地区、湿陷性黄土地区、岩溶地区、坡地、岸边等特殊条件下的管桩桩基，应参照《建筑桩基技术规范》JGJ94 的相关规定执行。

4.5.13 抗震设防区管桩桩基除按本规程 4.5.5 条进行抗震验算外，尚应按下列原则设计：

- 1、桩端全断面进入液化层下稳定土层的长度（不包括桩尖部分）应按计算确定；对于碎石土，砾、粗砂、中砂、密实粘土，坚硬粘性土尚不应小于 3d，对其他非岩石类土尚不宜小于 5d；

- 2、承台和地下室外墙周围应采用灰土、级配砂石、压实性较好的素土回填，并分层夯实，也可采用素混凝土回填；

3、当承台周围为可液化土或地基承载力特征值小于 40Kpa（或不排水抗剪强度小于 15 Kpa）的软土时，且桩基水平承载力不满足计算要求时，可将承台周边一定范围的土进行加固（不宜小于 1/2 承台长边）；

4、对于存在液化扩展的地段，应验算桩基在流动的侧向力作用下的稳定性；

5、对建于可能因地震引起上部土层滑移地段的桩基，应考虑滑移体对桩产生的附加水平力；

6、当承台周围的回填土夯实至干密度不小于《建筑地基基础设计规范》GB50007 对填土的要求时，可由承台正面回填土共同承担水平地震作用，但不计入承台底面与地基土之间的摩擦力。

4.5.14 管桩桩基设计时，宜结合地区经验考虑桩、土、承台的共同工作。

4.5.15 当承台的混凝土强度等级低于柱或桩的混凝土强度等级时，尚应验算柱下或桩上承台的局部受压承载力。

4.5.16 管桩桩基承台的构造及配筋，除应满足抗冲切、抗剪切、抗弯承载力和上部结构要求外，尚应满足现行《建筑地基基础设计规范》GB50007、《建筑桩基技术规范》JGJ94 的相关规定。

4.5.17 承台与承台之间的连接构造，应满足现行《建筑地基基础设计规范》GB50007、《建筑桩基技术规范》JGJ94 的相关规定。

4.5.18 可能出现负摩阻力的管桩桩基设计原则应符合下列规定：

1、对于填土建筑场地，先填土并保证填土密实性，软土场地填

土前应采取排水措施，待填土地基沉降基本稳定后方可沉桩；

2、对于大面积堆载的建筑物，应采取减少地面沉降对建筑物桩基影响的措施；

3、对于自重湿陷性黄土地基，可采用强夯、挤密土桩等先行处理，消除上部或全部土层的自重湿陷；对于欠固结土采取先期排水预压等措施；

4、对于中性点以上的桩身可对表面进行处理，以减少负摩阻力。

4.5.19 建于粘性土、粉土上甲级建筑桩基及软土地区的甲、乙级建筑桩基，在其施工过程中及建成后使用期内，应进行系统的沉降观测直至沉降稳定。

4.5.20 承受拔力的管桩桩基，应按下列公式同时验算群桩基础呈整体破坏各呈非整体破坏时基桩的抗拔承载力：

$$N_k \leq T_{gk}/2 + G_{gp} \quad (4.5.20-1)$$

$$N_k \leq T_{uk}/2 + G_p \quad (4.5.20-2)$$

式中： N_k —按荷载效应标准组合计算的基桩拔力；

T_{gk} —群桩呈整体破坏时基桩的抗拔极限承载力标准值，可按本规程第 4.5.21 条确定；

T_{uk} —群桩呈非整体破坏时基桩的抗拔极限承载力标准值，可按本规程第 4.5.21 条确定；

G_{gp} —群桩基础所包围体积的桩土总重除以总桩数，地下水位以下取浮重度；

G_p —基桩自重，地下水位以下取浮重度。

4.5.21 管桩群桩桩基及基桩的抗拔极限承载力的确定应符合下列规定：

1、对于设计等级为甲级和乙级的建筑桩基，基桩的抗拔极限承载力应通过现场单桩上拔静载荷试验确定。单桩上拔静载荷试验及抗拔极限承载力标准值取值，可按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ106 进行。

2、如无当地经验，群桩桩基及设计等级为丙级的建筑桩基，基桩的抗拔极限承载力取值可按下列规定计算：

1) 群桩呈非整体破坏时，基桩的抗拔极限承载力标准值按下列公式计算：

$$T_{uk} = \sum \lambda_i q_{sik} u_i l_i \quad (4.5.21-1)$$

式中：

T_{uk} —群桩呈非整体破坏时基桩的抗拔极限承载力标准值；

u_i —桩身周长，对于管桩取 $U = \pi d$ ；

q_{sik} —桩侧表面第 i 层土的抗压极限侧阻力标准值，按工程勘察报告提供的数值；

λ_i —抗拔系数，按表 4.5.21 取值。

表 4.5.21 管桩抗拔系数 λ_i

土的类别	λ 值
粘性土、粉土	0.70~0.80
砂 土	0.50~0.70

注：桩长 l 与桩径 d 比小于 20 时， λ 取小值。

2) 群桩呈整体破坏时，基桩的抗拔极限承载力标准值按下式计算：

$$T_{gk} = 1/n \cdot u_1 \sum \lambda_i q_{sik} l_i \quad (4.5.21-2)$$

式中： T_{gk} —群桩呈整体破坏时基桩的抗拔极限承载力标准值；

u_1 —桩群外围周长；

n —桩数。

4.5.22 根据管桩桩身结构强度，接桩焊缝强度、端板孔口抗剪强度、钢棒镢头强度、桩顶采用填芯混凝土与承台连接处强度等确定单桩抗拔承载力时，应分别按下列规定计算：

1、根据管桩桩身结构强度确定单桩抗拔承载力时，按下式计算：

1) 管桩处于腐蚀环境或设计严格要求不出现裂缝时。

$$N_1 \leq \sigma_{pc} A \quad (4.5.22-1)$$

式中 N_1 —管桩单桩上拔力设计值；

σ_{pc} —管桩混凝土有效预压应力，按江苏省现行预应力混凝土管桩标准图集取值；

A —管桩有效横截面面积。

2) 管桩处于一般环境或设计一般要求不出现裂缝时。

$$N_1 \leq (\sigma_{pc} + f_t) A \quad (4.5.22-2)$$

式中： f_t —桩身混凝土轴心抗拉强度设计值。

2、根据管桩接桩处焊缝强度确定单桩抗拔承载力时，按下式计算：

$$N_1 \leq 1/4 \pi (D_1^2 - D_2^2) f_t^w \quad (4.5.22-3)$$

式中： N_1 —管桩单桩上拔力设计值；

D_1 —焊缝外径，取 $D_1 = D - 2$ (mm)

D_2 —焊缝内径，取 $D_2 = D - a$ (mm)

D —管桩端板外径，按江苏省现行预应力混凝土管桩标准图集取值；

a —焊缝径向厚度，按江苏省现行预应力混凝土管桩标准图取值；

f_t^w —焊缝抗拉强度设计值，取 175 N/mm^2 。

3、根据管桩端板孔口（预应力筋锚头锚固处）抗剪强度确定单桩抗拔承载力时，按下式计算：

$$N_1 \leq n \pi (d_1 - d_2) \left(t_s - \frac{h_1 + h_2}{2} \right) f_v / 2 \quad (4.5.22-4)$$

式中： N_1 —管桩单桩上拔力设计值；

n —预应力钢筋数量（根）；

d_1 —端板上预应力钢筋锚固孔台阶上口直径（mm）

d_2 —端板上预应力钢筋锚固孔台阶下口直径（mm）

h_1 —端板上预应力钢筋锚固孔台阶上口距端板顶距离（mm）

h_2 —端板上预应力钢筋锚固孔台阶下口距端板顶距离（mm）

f_v —端板抗剪强度设计值（ N/mm^2 ），取 $f_v = 120 \text{ N/mm}^2$

t_s —端板厚度。

上述各符号意义见图一。

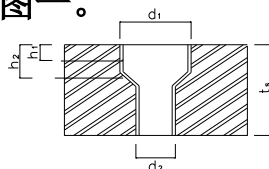


图 1 端板与预应力筋连接示意图

4、根据预应力钢筋锚头抗拉强度确定单桩抗拔承载力时，按下式计算：

$$N_1 \leq 0.90 f_{py} A_p \quad (4.5.22-5)$$

式中： N_1 —管桩单桩上拔力设计值；

f_{py} —预应力钢筋拉强度设计值（ N/mm^2 ）；

A_p —预应力钢筋总横截面面积（ mm^2 ）。

5、根据管腔内填芯微膨胀混凝土（不低于 C40）确定单桩抗拔承载力时，按下式计算：（管腔内壁浮浆应清除干净，并刷 32.5 级纯水泥浆一遍，填芯混凝土内纵向钢筋应满足单桩抗拔承载力要求。采用端板焊接钢筋等方法与承台连接时，其抗拔承载力应通过计算和构造综合确定。）

$$N_1 \leq K_1 \pi d l f \quad (4.5.22-6)$$

式中： N_1 —管桩单桩上拔力设计值；

K_1 —经验系数，取 0.8；

d —填芯混凝土直径（管桩内径 mm ）；

l —填芯混凝土长度（ mm ）；

f —填芯混凝土与管桩内壁之间的粘结强度设计值，取 $0.48 N/mm^2$

4.5.23 管桩的抗拔承载力应取第 4.5.21、第 4.5.22 条各式计算的较小值。按第 4.5.22 条计算采用特征值时，应将右边项计算结果除以 1.2。

5 管桩的分类、构造和生产制作

5.1 管桩的分类

5.1.1 预应力混凝土管桩按桩身混凝土强度等级分为：预应力高强混凝土

管桩（代号 PHC），桩身混凝土强度等级不得低于 C80；预应力混凝土

管桩（代号 PC），桩身混凝土强度等级不得低于 C60。

5.1.2 预应力混凝土管桩按外直径分别有：300mm、350mm、400mm、450mm、500mm、550mm、600mm、700mm、800mm、1000mm等规格。

5.1.3 预应力混凝土管桩按桩身抗弯性能及其混凝土有效预压应力值分别为：A 型、AB 型、B 型、C 型。其混凝土有效预压应力值分别为：4.0、6.0、8.0、10.0（N/mm²）。

5.2 管桩的构造

5.2.1 预应力混凝土管桩由桩身、端板、桩套箍、等组成，其结构形状和各部分名称参见附录 A。

5.2.2 管桩的结构应满足《先张法预应力混凝土管桩》GB13476 的规定。

5.2.3 管桩各部分的结构构造要求应符合表 5.2.3 的要求。

表 5.2.3 管桩的构造要求 (mm)

管桩 外径	最小 壁厚	螺旋箍筋				预应力 钢筋的 保护层	桩端板			桩套箍		
		直径	桩端加密区		非加 密区		预应 力筋 直径	最小 厚度	外径	厚度	高度	外径
			间距	长度								
300	70	≥4	≤40	≥200	≤80	≥25	Φ7.1	≥16	299	≥1.	≥12	299
350	80	≥4		0		≥25	Φ9.0	≥18	349	5≥1	0≥1	349
400	95	≥5				≥40	Φ10.7	≥20	399	.5	20	399
450	95	≥5				≥40	Φ12.6	≥24	449	≥1.	≥15	449
500	100	≥5				≥40			499	5	0	499
550	110	≥5				≥40			549	≥1.	≥15	549
600	110	≥5				≥40			599	5	0	599
700	110	≥6				≥40			699	≥1.	≥15	699
800	110	≥6				≥40			799	5	0	799
1000	130	≥6				≥40			999	≥1.	≥15	999
										5	0	
										≥1.	≥15	
										5	0	
										≥2.	≥20	
										0	0	
										≥2.	≥25	
										0	0	

										≥ 2 0	≥ 30 0	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------------	----------------	--

注：1、桩套箍外径指与桩端板连接处的尺寸。

5.2.4 管桩各部位尺寸偏差应符合表 5.2.4 的规定

表 5.2.4 管桩的尺寸允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)		检查工具和检查方法
1	长度 L	$\pm 0.5\%L$		用钢卷尺测量, 精确至 1mm。
2	端部倾斜	$\leq 0.5\%D$		将直角靠尺的边紧靠桩身, 另一边与端板紧靠, 测其最大间隙处, 精确至 1mm。
3	外径 D	300mm~700mm	+5, -2	用卡尺或钢直尺在同一断面测定相互垂直的两直径, 取其平均值, 精确至 1mm。
		800mm~1000mm	+7, -4	
4	壁厚 t	+20, 0		用钢直尺在同一断面相互垂直的两直径上测定四处壁厚, 取其平均值, 精确至 1mm。
5	保护层厚度	+5, 0		用深度游标卡尺或钢直尺在管桩中部同一断面的三处不同部位测量, 精确至 0.1mm。
6	桩身弯曲度	$L \leq 15m$	$\leq L/100$ 0	将拉线紧靠桩的两端部, 用钢直尺测量其弯曲处的最大距离, 精确至 1mm。
		$15m < L \leq 30m$	$\leq L/200$ 0	
7	端 板	端面平整度	≤ 0.5	用钢直尺立起横放在端板面上缓慢旋转, 用塞尺测量最大间隙, 精确至 0.1mm。
		外径	0, -1	用卡尺或钢直尺在同一断面测定相互垂直的两直径, 取其平均值, 精确到 1mm。
		内径	0, -2	用钢直尺在同一断面测定相互垂直的两直径, 取其平均值, 精确至 1mm。
		厚度	正偏差 不限, 0	用钢直尺在同一断面相互垂直的两直径上测定四处厚度, 取其平均值, 精确至 0.1mm。

5.2.5 管桩的外观质量要求应符合表 5.2.5 的规定

表 5.2.5 管桩的外观质量要求

序号	项 目	外 观 质 量 要 求
1	粘皮和麻面	局部粘皮和麻面累计面积不应大于桩总外表面的 0.5%; 每处粘皮和麻面的深度不得大于 5mm, 且应做有效的修补。
2	桩身合缝漏浆	漏浆深度不应大于 5mm, 每处漏浆长度不得大于 300mm, 累计长度不得大于地管桩长度的 10%, 或对称漏浆的搭接长度不得大于 100mm, 且应做有效修补。
3	局部磕损	局部磕损深度不应大于 5mm, 每处面积不得大于 5000mm ² , 且应做有效修补。

4	内外表面露筋	不允许
5	表面裂缝	不得出现环向或纵向裂缝，但龟裂、水纹和内壁浮浆层中的收缩裂缝不在此限。
6	桩断面平整度	管桩端面混凝土和预应力钢筋锚头不得高出端板平面。
7	断筋、脱头	不允许
8	桩套箍凹陷	凹陷深度不应大于 5mm。
9	内表面混凝土塌落	不允许
10	桩接头及桩套箍与混凝土结合处	漏浆深度不应大于 5mm，漏浆长度不得大于周长的 1/6，且应做有效修补，不允许出现空洞和蜂窝。
11	桩内壁浮浆	离心成型后内壁浮浆应清除干净。

5.2.6 管桩桩身的抗裂弯矩和极限弯矩检验值，应符合 GB13476 的规定。

5.3 管桩原材料

5.3.1 水泥

宜采用强度等级不低于 42.5 级的硅酸盐水泥，普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥，其质量应符合 GB175 的规定。

5.3.2 骨料

1、细骨料宜采用洁净的天然硬质中粗砂，细度模数为 2.5～3.2，采用人工砂时，细度模数可为 2.5～3.5，其质量应符合 GB/T14684 的有关规定，且砂的含泥量不大于 1%，氯离子含量不大于 0.01%，硫化物及硫酸盐含量不大于 0.5%。

2、粗骨料宜采用碎石，其最大粒径不应大于 25mm，且不得超过钢筋净距的 3/4，其质量应符合 GB/T14685 的有关规定，且碎石的含泥量不大于 0.5%，硫化物及硫酸盐含量不大于 0.5%。

3、对于有抗冻、抗渗或其他特殊要求的管桩，其所使用的骨料应符合相关标准的有关规定。

5.3.3 钢材

1、预应力钢筋应采用预应力混凝土用低松驰螺旋槽钢棒（代号 PCB-L-HG），其质量应符合《预应力混凝土用钢棒》（GB/T5223.3）中的相关规定。预应力混凝土钢棒的几何特性及力学性能应分别符合表 5.3.3-1 和表 5.3.3-2 的规定。

表 5.3.3-1 低松驰螺旋槽钢棒（PCB-L-HG）几何特性

公称直径 D_n (mm)	基本直径 D (mm)	公称截面直径 S_n (mm)	理论重量 (kg/m)
7.1	7.25	40.0	0.314
9.0	9.15	64.0	0.502
10.7	11.10	90.0	0.707
12.6	13.10	125.0	0.981

注：1、公称直径：设计采用的直径，按有效面积换算成圆的直径。

2、基本直径：钢筋的外接圆直径。

3、公称截面：公称直径对应的圆形钢筋的横截面面积。

表 5.3.3-2 低松驰螺旋槽钢棒（PCB-L-HG）的力学性能

符号	规定非比例延伸强度 (N/mm^2)	抗拉强度标准值 (N/mm^2)	断后伸长率 (%)	弹性模量 (N/mm^2)	1000h 松驰值 (%)
Φ^D	≥ 1280	≥ 1420	≥ 7.0	2.0×10^5	≤ 2.0

注：1、断后伸长率取 $L_0=8D_n$

2、螺旋箍筋宜采用低碳钢热轧圆盘条、混凝土制品用冷拔低碳钢丝中的甲级冷拔低碳钢丝，其质量应分别符合 GB/T701、JC/T540 的有关规定。用甲级冷拔低碳钢丝作螺旋箍筋，其力学性能应符合表 5.3.3-3 的规定。

表 5.3.3-3 甲级冷拔低碳钢丝的力学性能

符号	钢筋抗拉强度标准值	断后伸长率 A_{100}	180° 反复变曲次数	弹性模量
----	-----------	-----------------	-------------	------

ϕ^b	$\geq 550\text{MPa}$	$\geq 2.5\%$	≥ 4	$2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$
----------	----------------------	--------------	----------	----------------------------------

3、端板应采用不低于 Q235B，其性能应符合 JC/T947 的规定。桩套箍的力学性能应符合 GB/T700 中 Q235 的规定。

5.3.4 水

混凝土拌和用水的质量应符合《混凝土拌和用水标准》JGJ63 的规定。

5.3.4 外加剂

外加剂的质量应符合《混凝土外加剂》GB8076 的规定，严禁使用氯盐类外加剂。

5.3.6 掺和料

掺和料宜采用硅砂粉、矿渣微粉、粉煤灰或硅灰，硅砂粉的质量应符合 JC/T950-2005 中表 1 的有关规定；矿渣微粉的质量不应低于 GB/T18046-2008 表 1 中 S95 级的有关规定；粉煤灰的质量不低于 GB/T1596-2005 中 II 级 F 类的有关规定；硅灰的质量应符合 GB/T18736-2002 中表 1 的有关规定。当采用其他品种的掺和料时，应通过试验鉴定，确认符合管桩混凝土质量要求时，方可使用。

5.3.7 对腐蚀及特殊要求环境下的管桩，应对其原材料、混凝土配合比和生产工艺等相关技术进行控制，并采取相应的有效措施。

5.4 管桩的生产制作

5.4.1 钢筋笼的制作

1、预应力钢筋

1)、所采用的预应力钢筋必须有两证（生产许可证、钢材合格证），并按规定进行材料复验，合格后方可使用，不同厂家的钢筋不得混用。

2)、钢筋应清除油污，切断前应保持平直，不应有局部弯曲、锈蚀、夹皮等缺陷，切断后断面应平整。同一骨架中，预应力钢筋下料长度的相对差值：长度小于或等于 15m 时不得大于 1.5mm，长度大于 15m 时不得大于 2mm。

3)、预应力钢筋应由计算确定下料长度，计算时应考虑下列因素：管桩长度、端板厚度、镦头预留量、张拉伸长值、模具的弹性回缩值。

4)、预应力钢筋采用镦头锚固，其镦头强度不得低于该材料抗拉强度的 90%。

2、螺旋筋

1)、螺旋筋应调直除锈、去油后方可使用。

2)、螺旋箍筋与预应力钢筋采用焊接连接，焊点的强度损失不应大于该材料抗拉强度的 5%。

3、钢筋骨架

1)、预应力钢筋应沿其分布圆周均匀配置，最小配筋率不得低于 0.4%，并不得小于 6 根，间距允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。预应力钢筋最小配筋面积应符合 GB13476 的规定。

2)、螺旋箍筋的直径不应小于 GB13476 的规定。两端加密区长度不应小于 2000mm，螺旋箍筋间距应 $\leq 40\text{mm}$ ，非加密区螺旋箍筋间距

应 $\leq 80\text{mm}$ ，螺距允许偏差为 -5mm 。

3)、架立圈间距偏差不应大于 $\pm 20\text{mm}$ ，垂直度偏差不应大于架立圈直径的 $1/40$ 。

4) 端部设置锚固筋时，应符合江苏省标准图集的要求。

5)、钢筋骨架入模前，应将漏焊、脱焊处用铁丝扎牢。

5.4.2 桩端板、桩套箍制作

1、桩端板、桩套箍应清理锈渣，去除油污。

2、桩套箍在抱箍机上整平、切断、焊接、压制而成。

3、桩端板与桩套箍应均匀连续焊牢。

5.4.3 混凝土浇筑

1、制作管桩的钢模应具有足够的刚度，应严格控制钢模的变形。

2、应采用对钢筋污染小且易清洗的高效可靠的隔离剂。涂刷隔离剂应保证均匀一致，严防漏刷或雨淋。

3、混凝土质量控制应符合《混凝土质量控制标准》GB50164 的规定。

4、应根据计算确定每个钢模内浇筑的混凝土用量。

5、混凝土从搅拌开始至离心完毕的时间，不得超过水泥的初凝时间。

6、混凝土入模时的坍落度一般为 $3\sim 5\text{cm}$ ，夏季适当加大到 $4\sim 7\text{cm}$ 。

7、配制混凝土原料的称量误差，不应超过如下规定：水泥、水、外加剂 $\pm 1\%$ ；粗、细骨料 $\pm 2\%$ 。

8、混凝土应充分搅拌，搅拌时间应符合现行混凝土质量相关规定。

9、宜采用喂料机向钢模内浇筑混凝土，并按先中间、后两端，再中间的喂料方法，并沿钢模长度方向均匀布料，并保证两端 1m 范围的混凝土量不小于管模内的平均用量。

10、应在混凝土浇筑完毕前，对钢筋骨架予以调整修复。

11、混凝土浇筑完毕后，应将钢模两边及企口内混凝土清理干净，然后按钢模号吊装上扇钢模，两端对齐，并将接口处的螺栓拧紧。

12、放张预应力钢筋时，混凝土抗压强度不得低于 45MPa。

5.4.4 预应力钢筋张拉

1、采用一次张拉法。根据生产需要，可以采用比设计提高 3% 的超张拉，但均应符合《混凝土结构工程质量验收规范》GB50204 的规定。

2、张拉设备必须保证张拉准确，张拉设备应定期校验，测力计误差应 $\leq 3\%$ 。

3、张拉预应力钢筋时，应均匀加载并反复量测伸长值，若有异常应停止张拉，排除问题后方可继续张拉，张拉结束后，应拧紧锚固螺丝，保证可靠的锚固。

5.4.5 管桩成型

1、管桩采用离心工艺成型，离心成型工艺分四个阶段：低速、低中速、中速、高速。离心作业应保证混凝土密实，又不致离析分层。

2、应根据产品的不同规格控制离心机转速和各阶段离心时间。

3、离心时应密切注意管模跳动状态并做好记录。

4、离心设备应定期校验。

5、离心完毕，应立即将混凝土离出的余浆倒净，并查看管桩内壁混凝土有无坍塌及离心前产生的混凝土早凝现象，并及时处理。

5.4.6 蒸养池养护

1、离心成型后的管桩，应立即放入蒸养池进行常压蒸气养护。

2、蒸养池常压蒸气养护分四个过程：静停（约 1.5 小时常温），升温（2 小时升至养护温度），恒温（3 小时保持养护温度），降温（1.5 小时）。升温应均匀，且不应升温过快。

3、养护池测温表应定期校验。

4、池盖应密封，池底积水应及时抽排，减少池内上下层温差。

5、PC 桩，蒸养池养护结束后，脱模运至堆场堆放，并对成品桩继续洒水自然养护。夏季应增加淋水次数。

5.4.7 高压釜养护

1、PHC 桩在蒸养池养护完成并脱模后，应立即放入高压釜养护。

2、高压釜养护分三个阶段：升压（2 小时），恒压（3~5 小时，保持 10MPa 压力，温度 180~190℃），降压（2 小时）。降压完成后，排除余汽后打开高压釜门，通风降温一般需 2 小时左右，雨天需 5 小时。严禁降压后立即运出釜外。

5.4.8 管桩出釜后应标明起吊点。

5.4.9 管桩出厂应有产品标识和产品合格证。

6、管桩基础施工

6. 1 一般规定

6.1.1 管桩基础施工前，应完成下列准备工作：

- 1、组织有关单位会审图纸。
- 2、调查施工区域及毗邻的地下管线及建(构)筑物，并提出相应的安全措施。
- 3、清理施工场区内影响打桩的高空及地下障碍物，遇高空高压线应做好安全防护。
- 4、编制施工组织设计或施工方案
- 5、向施工人员做技术交底。
- 6、平整场地。施工场地的地面应平整，排水通畅，坡度不大于1%，承压能力应满足打桩机稳定和管桩运输堆放的要求。
- 7、在不受施工影响的地方设置控制点，并按施工要求标注轴线定位点。
- 8、搭建施工的临时设施，并完成水、电、道路、排水等满足施工要求。

6.1.2 管桩施工前，应具备如下文件及资料：

- 1、施工场地的地质勘察报告。
- 2、桩的施工图设计文件及设计交底、图纸会审记录。
- 3、施工组织设计或施工方案。
- 4、管桩的出厂合格证及产品说明书。合格证应包括：合格证编号、产品等级、类型、外径、壁厚、型号、长度、尺寸偏差、混凝土抗压强度、抗弯性能、制造日期、出厂日期、检验员签名、厂名、盖章。

5、施工区域四周影响范围内的建(构)筑物、地下管线、高空线路、市政马路等相关资料和详实位置。

6.1.3 打桩设备的选用：管桩施工机械有锤击打桩机和静压打桩机二种。

1、锤击法沉桩机械常用有柴油锤桩机，具体规格和性能见表

6.1.3-1。静压桩机常用全液压式静压桩机，按沉桩施工方式不同分为顶压和抱压两种，具体的规格和性能见表 6.1.3-2。

表 6.1.3-1 柴油锤重选择表

锤 型			锤 重 (t)						
			D25	D35	D45	D60	D72	D80	D100
锤的动力性能		冲击部分重 (t)	2.5	3.5	4.5	6.0	7.2	8.0	10.0
		总质量 (t)	6.5	7.2	9.6	15.0	17.0	18.0	20.0
		冲击力 (kN)	2000 ~ 2500	2500 ~ 4000	4000 ~ 5000	5000 ~ 7000	7000 ~ 10000	>10000	>12000
		常用冲程 (m)	1.8~2.3						
截面尺寸		管桩外径 (mm)	350~ 400	400~ 450	450~ 500	500~ 550	550~ 600	600 以上	600 以上
持力层	粘性土 粉土	一般进入深度 (m)	1.5~ 2.5	2.0~ 3.0	2.5~ 3.5	3.0~ 4.0	3.0~ 5.0	3.0~ 5.0	
		静力触探比贯入阻力 P _s 平均值 (MPa)	4	5	>5	>5	>5		
	砂土	一般进入深度 (m)	0.5~ 1.5	1.0~ 2.0	1.5~ 2.5	2.0~ 3.0	2.5~ 3.5	4.0~ 5.0	5.0~ 6.0
		标准贯入击数值 N _{63.5} (未修正)	20~ 30	30~ 40	40~ 45	45~50	>50	>50	>50
	极软岩	一般进入深度 (m)	0.5	0.5~ 1.0	1.0~ 2.0	1.5~ 2.5	2.0~ 3.0	2.0~ 3.0	2.5~ 3.5
	软岩	一般进入深度 (m)			0.5	0.5~ 1.0	1.0~ 2.0	1.0~ 2.0	1.5~ 2.5
锤击常用控制贯入度 (cm/10 击)			2~3		3~5	4~8	4~8	5~10	7~12
设计单桩极限承载力 (kN)			800 ~ 1600	2500 ~ 4000	3000 ~ 5000	5000 ~ 7000	7000~ 10000	>10000	>10000

注：1、本表仅供选锤参考

2、适用于桩长 20~60m，且桩尖进入硬土层一定深度，不适用桩尖在软土层的情况。

2、极软岩和软岩的鉴定可参照《岩土工程勘察规范》GB50021。

表 6.1.3-2 静压桩机选择表

压桩机型号性能	YZY120	YZY160~180	YZY200~280	YZY300~360	YZY400~450	YZY500~600
最大压桩力 (kN)	1200	1600~1800	2000~2800	3000~3600	4000~4500	5000~6000
适用管桩外径 (mm)	300~350	300~400	300~500	350~500	400~550	500~600
桩端持力层	中密砂层 硬塑的粘土层	中密~密实砂层， 硬塑~坚硬粘土	密实砂层 坚硬粘土层 极软岩	密实砂层 坚硬粘土层 极软岩	密实砂层 坚硬粘土层， 极软岩~强风化岩	密实砂层 坚硬粘土层， 极软岩~强风化岩
桩端持力层标准贯入击数值 $N_{63.5}$ (未修正)	15~20	20~25	20~35	30~40	30~50	30~55
穿透中密~密实砂层厚度 (m)	<1	约 2	2~3	3~4	5~6	5~8
单桩极限承载力 (kN)	800~1200	1000~2000	1300~2000	1900~3800	2800~4000	3500~5500

注：1、本表仅供选择静压桩机用。

2、极软岩的鉴定可参照《岩土工程勘察规范》GB50021。

3、根据设计文件和工程勘察报告及周边环境选择合适的沉桩机械。

4、打桩机应有产品合格证书、产品说明书、桩机相关技术参数以及桩机对施工现场地基承载力要求。

5、打桩机进入施工现场前，应进行标定。

6.1.4 当打桩施工可能影响附近建（构）筑物时，应采取减少震动

和挤土影响的措施。必要时，应对受影响的建（构）筑物进行加固处理并观测设点；在毗邻边坡打桩时，应随时注意打桩对边坡的影响。

6.1.5 深基坑围护结构中的管桩工程，宜先打工程桩再施工基坑的围护结构；自然放坡基坑中先挖土后打桩的管桩工程，应加强对边坡的监测，并采取有效措施保持边坡稳定。

6.1.6 管桩工程基坑开挖应符合下列规定：

- 1、严禁边沉桩边开挖基坑。
- 2、在饱和粘性土、粉土地区，宜在打桩全部完成 15 天后进行。
- 3、挖土宜分层均匀进行，且桩周土体高差不宜大于 1 米。
- 4、开挖基坑时应制订合理的施工方案和程序，注意保持基坑围护结构或边坡、土体的稳定。
- 5、基坑顶部边缘地带不得堆土及其他重物。

6.1.7 对于抗拔桩及高承台桩，其接头焊缝处外露部分应做防锈处理。

6.1.8 应进行不少于 2 根桩的试沉桩，以核对地质资料的正确性、检验沉桩机械选用的合理性，并确定打桩控制参数及施工停止沉桩的标准。

6.1.9 沉桩顺序应符合下列规定：

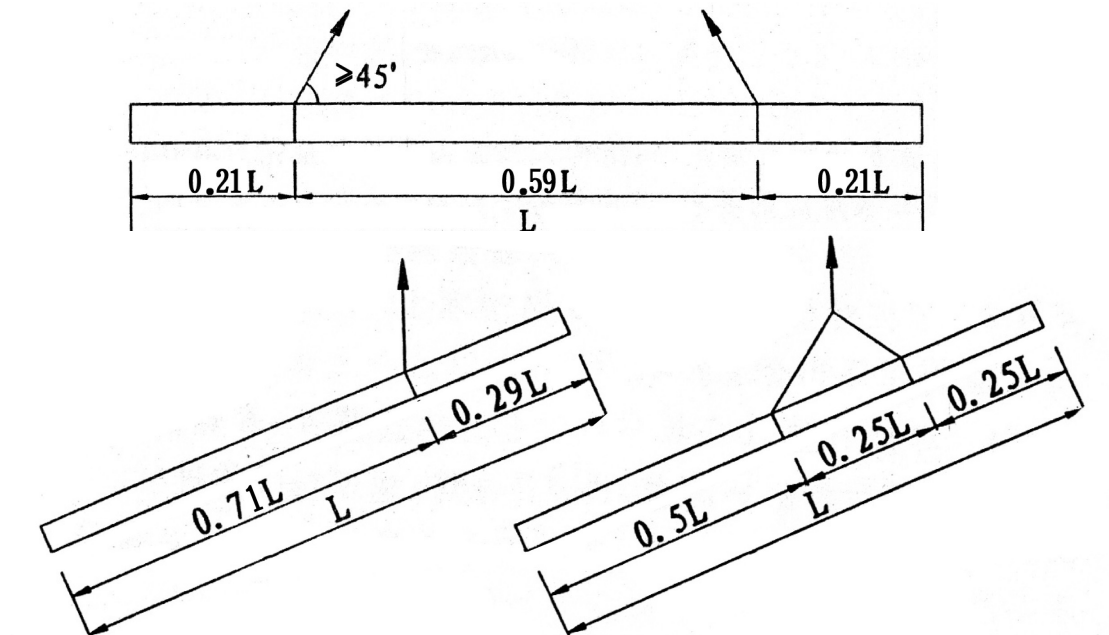
- 1、沉桩顺序应在施工组织设计或施工方案中确定。对密集桩，正中间向两个方向或向四周对称施工；一侧由近至远施工。
- 2、根据桩长及桩顶的设计标高，宜先长后短。
- 3、根据管桩的规格，宜先大后小。

4、根据建筑设计的主次，先主后辅，先高层后多层。

5、管桩吊点位置应符合下列规定：

1) 管桩单节长度经验算符合钩吊要求的，可以采用专用吊钩直接钩住管桩两端起吊脱模，否则应采取其它措施进行脱模。

2)、施工、运输时管桩长度不大于 15m 时且符合 GB13476 规定的单节长度时，宜采用两点起吊或经验算符合钩吊要求的可直接钩住管桩两端起吊，吊点位置如图 6.1.9—1。施工现场吊运管桩时，宜按图 6.1.9—2 进行。长度大于 15m 的管桩或拼接桩，应采用不少于四个吊点进行起吊，吊点位置应计算确定。



6.1.10 管桩间距小于 $3.5d$ (d 为管桩外径) 时，宜采用跳打。应控制每天打桩根数。

6.1.11 施工用管桩在施打前应双控，即桩的混凝土强度应达到

100%的设计强度，同时应满足锤击静压管桩混凝土龄期大于 14 天和高压釜养护管桩龄期大于 7 天的要求。

6.1.12 管桩桩尖应根据地质条件和设计要求选用。

6.1.13 施工安全、文物和环境保护等应按有关规定执行。

6.1.14 沉桩单位应按本规程附录 B（管桩基础施工记录用表）做好沉桩记录。

6.2 管桩的吊运和堆放

6.2.1 管桩吊运应符合下列规定：

1、管桩出厂前应作出厂检查，其规格、批号、制作日期应符合所属的验收批号内容。

2、管桩在吊运过程中应轻吊轻放，避免剧烈碰撞。

3、管桩应按出厂标定的起吊点吊装，经吊装验算符合钩吊强度的单节管桩，也可用专用吊钩钩住管桩两端内壁直接水平起吊。

4、管桩运至施工现场时按本规程 5.2.5，5.2.6 条，要求进行检查验收。严禁使用质量不合格及在吊运过程产生裂缝的管桩。

5、管桩吊点位置示意图。

6.2.2 管桩堆放应符合下列规定

1、堆放场地应平整坚实，堆放时应设垫枕防滑防滚。

2 按不同规格长度及施工流水顺序分别堆放。

3 管桩宜单层堆放，叠层堆放时，外径为 300~400mm 的管桩不宜超过 9 层，外径 400~600mm 的管桩不宜超过 7 层，外径 700~1000mm 的管桩不宜超过 4 层。

4、叠层堆放管桩时，应在垂直管桩长度方向的地面设置二道垫木，垫木应分别位于距桩端 0.21 倍桩长处，底层最外的管桩在垫木处塞紧以防滚动。

6.2.3 施工现场移桩应符合如下规定：

1、管桩叠层堆放超过 2 层时，应用吊机取桩，严禁拖拉移桩。

2、当管桩叠层小于 2 层时，可拖拉移桩；当叠层为 2 层时，桩的拖地端应用废轮胎等弹性材料保护。

3、三点支撑履带自行式打桩机不宜拖拉取桩。

6.3 管桩接桩

6.3.1 当管桩需接长时，接头个数不应超过 4 个，且宜尽量避免桩尖落在厚粘性土层中接桩。

6.3.2 焊接接桩应符合下列规定：

1、当管桩需接长时，其入土部分桩段的桩顶宜高出地面 0.5～1.0m。

2、下节桩的桩头处宜设导向箍或其它导向措施，以方便上节桩就位。接桩时上下桩段应保持顺直，错位偏差不宜大于 1mm。节点弯曲点高不应大于 1‰桩长。

3、管桩对接前，上下端板表面应用铁刷子清刷干净，坡口处应刷至露出金属光泽。

4、焊接时宜先在坡口周围对称点焊 4～6 点，待上下节桩固定后拆除导向箍，再分层施焊，施焊应对称进行。

5、焊接层数不得少于三层，内层焊渣必须清理干净后方可施焊

外一层，焊缝应饱满连续。

6、焊好的桩接头应自然冷却后才可继续沉桩，自然冷却时间不应少于8分钟；严禁用水冷却或焊好即沉桩施工。

6.3.3 焊接接桩应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50205二级焊缝的要求。

6.4 管桩沉桩

6.4.1 锤击法沉桩

1、锤重的选择可根据设计要求和工程地质勘察报告或根据试桩资料选择合适的锤型，在没有规定和没有资料时，宜根据表 6.1.3-1 选择锤重。

2、管桩打入时应符合下列规定：

1) 桩帽和送桩器与管桩周围的间隙应为 5~10mm。

2) 桩锤和桩帽(或送桩器)与桩之间应加设弹性衬垫。

3) 桩插入时的垂直度偏差不大于 0.5%，在管桩施打过程中应及时利用两个垂直方向经纬仪进行校测。桩锤和桩帽或送桩器与管桩的中心线应重合。

4) 每根桩宜一次性连续施打到位，尽量减少中间停歇时间，且尽可能避免在管桩接近设计持力层时接桩。

3、打桩顺序按本规程 6.1.9 规定执行。

4、接桩按本规程 6.3 节规定执行。

5、在桩身上标出以米为单位的长度标记，及时记录入土深度和每米锤击数。

6、每根桩总锤击数及最后 1m 桩锤击数应符合下列规定：

1)PC 桩总锤击数不宜超过 1800 锤，最后 1m 锤击数不宜超过 200 锤。

2)PHC 桩总锤击数不宜超过 2200 锤，最后 1m 锤击数不宜超过 250 锤。

7、终锤标准

1) 桩端位于一般土层以控制设计桩长和标高为主，贯入度作参考。

2) 桩端达到坚硬、硬塑的粘性土、中密以上粉土、砂土，极软岩～软岩时以贯入度为主，控制桩长和标高为辅。

3) 贯入度达到要求而设计标高未达到，应继续锤击 3 阵，按每阵 10 击的贯入度小于设计规定的数值加以确定，必要时通过静载试验与有关勘察设计单位商定。

6.4.2 静压法沉桩

1、压桩机型号及配重可根据设计要求、工程地质勘察报告或试桩资料确定。在没有规定和没有资料情况下，宜根据表 6.2.3-2 选用。

2、压桩过程应符合下列规定：

1) 首节桩下插时垂直度偏差不应大于 0.5%，压桩机要求调至水平。压桩时应采用两个垂直方向的经纬仪校测。采用顶压式的桩机，桩帽（送桩器）与桩之间应设置弹性衬垫。

2) 每根桩宜一次连续压到位。接桩、送桩期间不应停歇，尽量缩短停歇时间，尽可能避免在接近设计持力层时接桩。

3、压桩顺序按 6.1.9 条规定执行。

4、接桩按 6.3.1 条规定执行。

5、在桩身标记以米数为单位的标高标记，及时记录桩身入土深度和该深度时的压力值（通过桩机上的油压表工作压强和压力换算关系计算，压力表必须按规定进行检验标定）有条件时应在桩机上装置压桩自动记录仪，正确记录入土深度和压桩力关系曲线。

6、当一根桩压完后，若有露出地面的桩段，应在移机前截去，严禁利用压桩机强行扳断。

7、终压标准

1) 一般情况以设计桩长和标高为准。最终压桩力作为参考，在试压可先施工 2~3 根桩，待 24 小时后采用与桩的极限承载力相等的压桩力进行复压，如果桩身不下沉，即可按设计桩长和标高进行全面施工，否则应进行调整。

2) 桩端达到坚硬的硬塑性粘土、中密以上粉土、砂土，极软岩、软岩时，以最终压桩力为准，设计桩长和桩顶标高作参考。

3) 根据试桩确定桩进入持力层的最大终压桩力。

8、管桩桩身允许抱压压力宜满足下列要求：

1) PC 桩： $P_{\max} \leq 0.5(f_{cu,k} - \sigma_{pc})A$

2) PHC 桩： $P_{\max} \leq 0.45(f_{cu,k} - \sigma_{pc})A$

式中： $P_{\max}$ —桩身允许抱压桩压力

$f_{cu,k}$ —管桩混凝土立方体抗压强度

σ_{pc} —管桩混凝土有效预压应力

A—桩身截面面积

9、顶压式桩机的最大施压压力或抱压式桩机送桩时施压力可比桩身允许抱压力大10%。

6.5 管桩的送桩

6.5.1 管桩送桩时，送桩器应满足如下要求：

1、送桩器宜做成圆筒形，并有足够的强度、刚度。

2、送桩器长度宜做成送桩深度的1.2倍。

3、送桩器应与管桩匹配。采用套筒式送桩器、套筒深度宜取250～350mm，内径应比管桩外径大20～30mm。

4、送桩器下端面应设置排气孔，使管桩内腔与外界相通；上下端面应平整，且与送桩器中心轴线垂直。

6.5.2 接桩完成并正常施打（或施压）后，应根据设计要求以及试打时确定的控制参数来决定是否采取送桩。

6.5.3 送桩前，管桩露出地面高度宜控制在0.3～0.5m。

6.5.4 送桩完成后，应及时将空孔回填密实。

6.5.5 采用送桩时测试的贯入度，应参考同一条件下的管桩不送桩时的最后贯入度。

7、验收

7.1 一般规定

7.1.1 桩基子分部中先张法预应力混凝土管桩作为一个分项工程，

原则上按每台班、每桩机、同规格划分检验批，检验批施工质量按主控项目和一般项目验收。

7.1.2 先张法预应力混凝土管桩的质量检验标准见表 7.1.2-1。

表 7.1.2-1 先张法预应力混凝土管桩质量检验标准

项	序	检查项目		允许偏差或允许值		检查方法
				单位	数值	
主控项目	1	桩体质量检验		JGJ106		JGJ106
	2	桩位偏差		见表 7. 1. 2-2		用钢尺量
	3	承载力		JGJ106		JGJ106
一般项目	1	成品桩质量	类型、型号 (A、AB、B、C 型)	设计要求		出厂合格证
			外观	无蜂窝、露筋、裂缝、色感均匀、桩顶处无孔隙。		直观
			桩径	mm	300~700 +5, -2	用钢尺量
					800~1000 +7, -4	
			管壁厚度	mm	+20, 0	用钢尺量
			桩尖中心线	mm	<2	用钢尺量
			顶面平整度	mm	≤0. 5	用水平尺量
			桩体弯曲	L≤15m ≤L/1000		用钢尺量，为桩长
				15≤L≤/30m ≤L/2000		
	2	接桩：焊缝质量，电焊结束后停歇时间，上下节平面偏差节点弯曲矢高	见表 7. 1. 2-3		见表 7. 1. 2-3	
			分钟	>8. 0	秒表测定	
			mm	<10	和钢尺量	
			同桩体弯曲要求		用钢尺量，为两节桩长	
	3	停锤标准或油压值		设计要求		现场实测或查沉桩记录
	4	桩顶标高		mm	±50	水准仪
	5	垂直度		≤0. 5%		两个垂直方向经纬仪测量

表 7.1.2-2 桩位的允许偏差

项	项 目		允许偏差
1	带有基础梁的管桩	垂直基础梁的中心线	100+0.01H
		沿基础梁的中心线	150+0.01H

2	桩数为 1~3 根桩基中的桩		100
3	桩数为 4~16 根桩基中的桩		1/3 桩径或 1/3 边长
4	桩数大于 16 根 桩基中的桩	最外边的桩	1/3 桩径或 1/3 边长
		中间桩	1/2 桩径或 1/2 边长

注：H 为施工现场地面标高与桩顶设计标高的距离

表 7-1.2-3 电焊接桩焊缝检验标准

项	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
		单位	数值	
1	上下节端部错口 (外径 $\geq 700\text{mm}$) (外径 $< 700\text{mm}$)	mm	≤ 2 ≤ 1	用钢尺量
2	焊缝咬边深度	mm	≤ 0.5	焊缝检查仪
3	焊缝加强层高度	mm	2	焊缝检查仪
4	焊接加强层宽度	mm	2	焊缝检查仪
5	焊接电焊质量外观	无气孔, 无焊瘤, 无裂缝		直观
6	焊缝探伤检验	满足设计要求		按设计要求

7.1.3 主控项目必须符合验收标准规定, 发现问题应立即处理直至符合要求; 一般项目应有 80%以上合格。

7.2 进场验收

7.2.1 先张法预应力混凝土管桩运到工地后, 施工单位、监理(建设)单位应对成品桩质量进行检验, 检查管桩永久标志(厂名或产品注册商标)和临时标志(管桩标记、制造日期、编号)及产品合格证和抗弯性能检测报告等, 并形成进场验收记录。

7.2.2 管桩吊运应轻吊轻放, 严禁碰撞。管桩混凝土强度应达到设计强度后才能出厂。管桩沉桩时龄期要求应按 6.1.10 条执行。

7.2.3 成品桩质量检验标准见表 5.2.5 和表 5.2.6 的规定。

7.2.4 对成品桩质量有怀疑的, 必要时每批可抽取 2 节桩破开桩身检测配筋、钢筋保护层厚度等, 或委托有资质的检测单位进行抗弯曲性

能检测。

7.2.5 管桩的质量应符合《先张法预应力混凝土管桩》(GB13476)产品标准要求。

7.3 施工和验收

7.3.1 试沉桩应符合下列规定：

- 1、试沉桩的类型规格、长度及地质条件应与工程桩一致。
- 2、试沉桩应选在地质勘察孔附近。
- 3、试沉桩施工机械等条件应与工程桩一致。
- 4、用静载法进行测试，有条件时静载试验宜加载至桩的极限荷载。

7.3.2 管桩桩位的放样允许偏差为：群桩， $\pm 20\text{mm}$ ；单排桩 $\pm 10\text{mm}$ 。

7.3.3 施工前应检查接桩用电焊条产品质量。焊条型号、性能应符合设计要求和有关标准、规范的规定。

7.3.4 除设计明确规定以桩端标高控制的摩擦桩应保证设计桩长外，其它管桩应按设计、监理、施工等单位共同确认的停锤标准收锤或最终压力值停止压桩。

7.3.5 施工过程中应检查桩的贯入情况、桩顶完整状况、电焊接桩质量、桩体垂直度、电焊后停歇时间等，其检验标准见表 7.1.2-1 中一般项目的第 2、3、4 条的规定。

7.3.6 地基基础设计等级为甲级的、地质条件较差或桩节数超过 3 节时，应对电焊接头做 10%的焊缝探伤检查。

7.3.7 配置封口型桩尖(十字型或圆锥型)的工程桩桩身质量检查,可采用直观法检查,即在收锤后立即将低压电灯泡沉入管桩内腔用灯光照射检查。

7.4 竣工验收

7.4.1 桩位验收,除设计有规定外,应按下列要求进行:

1、当桩顶设计标高与施工现场标高相同时,或桩基施工结束后,有可能对桩位进行检查时,桩基工程的验收应在施工结束后进行。

2、当桩顶设计标高低于施工现场标高,送桩后无法对桩位进行检查时,对打入桩可在每根桩顶沉至场地标高时,进行中间验收,待全部桩施工结束,开挖到设计标高后,再做最终验收。

3、桩位偏差的检验标准见表 7.1.2—2 的规定。

7.4.2 桩基验收条件应符合下列要求:

1、现场桩头清理到位,混凝土灌芯已完成。

2、竣工图等质量控制资料已经监理审查并签署意见。

3、桩位偏差超标等质量问题已有设计书面处理意见。

4、检测报告已出具。

5、桩基子分部已经施工自检合格。

7.4.3 桩体质量检验和承载力的检验的标准见表 7.1.2-1 中主控项目的第 1、3 条规定,并还应符合下列规定:

1、地基基础设计等级为甲级、地质条件较差(软土地区或地质差异较大)及桩节数超过 3 节时,桩基承载力试验应采用静载试验法。

检测数量为单位工程总桩数的 1%,并不少于 3 根;总桩数小于 50

根的，不少于 2 根。对于成片开发的具有相似地质情况相目同桩型、承载力、施工工艺的多幢建筑物，设计、监理等单位共同确定检测方案，但每幢不得少于 2 根。

2、当静载试验法受场地条件限制确实很难实施时，可采用高应变法检测，但应有可靠的动静对比资料。高应变试验检测数量为单位工程总桩数的 5%，且不少于 5 根；总桩数小于 50 根的，不少于 3 根。

3、桩身质量检验采用低应变动测法，对地基基础设计等级为甲级，检测数量为总桩数的 100%；其它为总桩数的 30%，且不应少于 10 根；每个柱子承台下不得少于 1 根。

4、工程桩不得用作静载试验时的锚拉桩。

7.4.4 竣工验收时应提交的资料：

- 1、设计文件和设计变更通知；
- 2、工程地质勘察报告；
- 3、工程测量、定位放线记录；
- 4、开、竣工报告；
- 5、施工组织设计；
- 6、图纸会审记录；
- 7、技术交底资料；
- 8、管桩试打记录；
- 9、管桩的出厂合格证和抗弯性能检测报告；
- 10、管桩的进场验收记录；

- 11、管桩的焊接材料合格证和检验报告；
- 12、管桩的接桩隐蔽验收记录；
- 13、管桩的沉桩施工记录；
- 14、桩基工程竣工图；
- 15、质量事故处理记录；
- 16、桩基载荷试验报告和桩身质量检测报告
- 17、桩基工程质量控制资料核查记录；
- 18、打(压)桩分项工程质量验收记录；
- 19、桩基工程质量验收报告。

附录 B 管桩基础施工记录用表

施工单位：

工程名称				工程地址				打桩顺序号														
管桩外径	mm	管桩壁厚	mm	接头形式		桩头类型		管桩生产厂														
桩位编号		桩机型号		桩锤类型		桩帽重量	KN	单桩承载力特征值或 单桩极限承载力标准值	KN													
锤 击 记 录																						
桩节顺序 (从底至顶)	节长 (m)	管桩制作 日期(年月日)	锤规格 及落距	锤击起止时间			每米沉桩锤击数															累计 总数
				日	时	分																
第一节							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1 1	1 2	1 3	1 4	15	
第二节																						
第三节																						
第四节																						
第五节																						
收 锤 记 录																						
收锤时间	月 日 时 分			锤规格、落距			最后贯入度		mm /10 击		C _p +C _q		mm									
配桩长度	m	送桩深度	m	桩入土深度	m		桩露出高度		m		送桩器重量		KN									
备注	若采用开口桩尖，应记录管桩内腔涌土高度。如沉桩异常，也应在此栏注明。											天 气										
												填表日期		年 月 日								

记录员		班组长		工地负责人		监理代表	
-----	--	-----	--	-------	--	------	--

附录 C 预应力混凝土管桩的计算

C.1 预应力混凝土管桩的预应力损失及桩身混凝土有效预压应力值的计算方法，按照现行《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定计算。根据管桩的生产工艺特点，预应力损失一般考虑管桩中直线预应力钢棒由于锚夹具变形和钢棒内缩引起的预应力损失值 σ_{11} ；预应力钢棒的应力松弛引起的预应力损失 σ_{14} ；管桩混凝土收缩、徐变引起预应力损失 σ_{15} 。

1、预应力钢筋由于锚夹具变形和钢筋内缩引起的预应力损失值 σ_{11} 按下列公式计算：

$$\sigma_{11} = \frac{\alpha}{L} E_s$$

式中 α — 张拉端锚具变形和钢筋内缩值 (mm)；

L — 单节管桩长度或单根和模长度 (mm)；

E_s — 预应力钢筋的弹性模量 ($2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$)。

2、预应力钢筋的应力松弛引起的预应力损失值 σ_{14} 按下列公式计算：

$$\sigma_{14} = 0.025 \sigma_{\text{con}}$$

式中 σ_{con} — 预应力钢筋张拉控制应力 (N/mm^2)；

0.025 — 松弛系数，按低松弛螺旋槽钢棒确定。

3、混凝土收缩、徐变引起的预应力损失值 σ_{15} 按下列公式计算：

$$\sigma_{15} = \frac{60 + 340 \sigma_{\text{pcI}} f'_{\text{cu}}}{1 + 15 \rho}$$

式中 σ_{pcI} — 管桩横截面上预应力钢棒合力点处的混凝土法向应力 (

$$\sigma_{pcI} = (\sigma_{con} - \sigma_{i1} - \sigma_{i4}) A_p / A_o$$

f'_{cu} —施加预应力时的混凝土立方体抗压强度；

ρ —管桩横截面上预应力钢筋的配筋率。

4、管桩横截面上混凝土有效预压力值应按下式计算：

$$\sigma_{pc} = (\sigma_{con} - \sigma_i) A_p / A_o$$

式中： σ_{con} —预应力钢筋张拉控制应力（一般取 $\sigma_{con} = 0.70f_{ptk}$ ）

σ_i —钢筋的总预应力损失值（ $\sigma_i = (\sigma_{i1} + \sigma_{i4} + \sigma_{i5})$ ）

A_p —管桩横截面上预应力钢筋总截面积；

A_o —管桩换算横截面面积。

C.2 管桩在纯弯状态下的抗弯承载力设计值和抗弯承载力极限值分别按下规定计算：

1、管桩的抗弯承载力设计值按下式计算

$$M = \alpha_1 f_c A (r_1 + r_2) \frac{\sin \pi \alpha}{2\pi} + f'_{py} A_p r_p \frac{\sin \pi \alpha}{\pi} + (f'_{py} - \sigma_{po}) A_p r_p \frac{\sin \pi \alpha}{\pi}$$

式中：

$$\alpha = \frac{f_{py} A_p}{\quad}$$

$$\alpha_1 f_c A + f'_{py} A_p + 1.5 (f_{py} - \sigma_{po}) A_p$$

$$\alpha_t = 1 - 1.5 \alpha$$

A —管桩有效横截面面积 (mm^2) ;

A_p —预应力钢棒的总横截面面积 (mm^2) ;

r_1 、 r_2 —管桩截面的内、外半径 (mm) ;

r_p —纵向预应力钢筋重心所在圆周的半径 (mm) ;

α —受压区混凝土截面面积与全截面面积的比值;

α_t —纵向受拉钢筋截面面积与全部纵向钢筋截面面积的比值,

当 $\alpha > 2/3$ 时, 取 $\alpha_t = 0$

α_1 —受压力混凝土矩形应力图的应力值与混凝土轴心抗压强度设计值的比值。

注: 本条适用于截面内纵向钢筋数量不少于 6 根且 $r_1/r_2 \geq 0.5$ 的情况。

2、管桩的抗弯承载力极限值按下式计算:

$$M_u = [\gamma_u] M$$

式中: $[\gamma_u]$ —管桩抗弯承载力检验系数允许值。根据现行《先张法预应力混凝土管桩》GB13467 的三种破坏状态: 受拉区混凝土裂缝宽度达到 1.5mm、受压力混凝土破坏、受拉钢筋被拉断; 现行《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 对应的抗弯承载力检验系数分别为 $[\gamma_u] = 1.35$ 、1.45、1.40, 本规程取 $[\gamma_u] = 1.35$ 。

C.3 管桩在弯、剪状态下的抗剪承载力设计值和抗剪承载力极限值分别按下列规定计算:

1、管桩抗剪承载力设计值按下式计算:

$$V=V_c+V_s$$

$$V_c=\frac{2tI_z\tau}{S_z}$$

$$V_s=\frac{\pi A_{sv1} f_{yv}}{2S \sin \alpha}$$

$$\tau=\sqrt{f_t(f_t+\sigma_{pc})}$$

式中： V_c —管桩环形截面混凝土抗剪承载力设计值（N）；

V_s —管桩螺旋箍筋的抗剪承载力设计值（N）；

t —管桩壁厚（mm）；

I_z —管桩环形截面对中性轴的惯性矩（mm⁴）；

S_z —管桩半圆截面积对中性轴的面积矩（mm³）；

A_{sv1} —管桩螺旋箍筋截面积（mm²）；

f_{yv} —管桩螺旋箍筋抗拉强度设计值（N/mm²）；

S —螺旋箍筋的间距（mm）；

D —为箍筋中心线所围成的圆周直径（mm）；

α —螺旋箍筋与环形截面中心线的夹角；

τ —管桩截面混凝土产生裂缝时的剪应力（N/mm²）。

2、管桩抗剪承载力极限值按下式计算：

$$V_u=1.40V$$

本规程用词说明

1、为了便于在执行本规程条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的；

正词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的；

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3)、表示允许稍有选择，在条件允许时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2、条文中指明应按其他有关标准、规范执行的，写法为：

“应按……执行”或“应符合……的规定（或要求）”。