住房和城乡建设部备案号：XXXXXXXX-XXX

海南省工程建设地方标准 **HN**

DBJ46-xxx-xxxx

螺杆灌注桩技术规程

Technical code for part-screw pile

XXXX-XX-XX 发布 XXXX-XX-XX 实施

海南省住房和城乡建设厅 发布

海南省工程建设地方标准

螺杆灌注桩技术规程

Technical code for part-screw pile

DBJ46-xxx-xxxx

xxxx年　海口

前　言

螺杆灌注桩技术是在吸收了 AJ 桩（一种由混凝土和钢纤维预制而成的全螺纹桩）、全螺纹灌注桩等技术优点的基础上，由我国自主创新的一种涵盖桩、成桩设备、成桩工法于一体的异型灌注桩专利技术，对传统桩工艺技术进行了变革，具有以下技术特征：

1、成孔成桩一次性完成，杜绝因孔壁塌方造成的安全事故；

2、桩身带有螺纹型构造，显著提高了基桩承载力；

3、施工高效，用材节约，有效降低工程造价；

4、施工微取土、无须泥浆护壁、噪音和震动较小。

螺杆灌注桩技术原称“半螺丝桩技术”，专利名称《半螺丝桩及其成桩工法》（专利号 03128265.2）、《螺杆桩、螺纹桩成桩设备及成桩工法》（专利号 200610019756.6）、《一种正反向等径螺杆桩和钻具及其成桩工法》（专利号 201810349449.7）、《一种螺杆桩和组合式钻具》（专利号 201820415803.7）。由于这种技术在应用时可根据实际需要调整“螺”与“杆”的比例，“半螺丝桩”的叫法有一定局限性，现已统称为“螺杆灌注桩”，主要用于以承受竖向抗压及抗拔为主的基桩或复合地基增强体，目前，已形成以螺杆灌注桩为核心的技术体系。

本规程根据《建筑地基基础设计规范》GB50007、《建筑桩基技术规范》JGJ94、《建筑基桩检测技术规范》JGJ106 等相关规范编制而成。

本规程编制过程中总结了海南省及全国各地及国外部分地区的螺杆灌注桩技术实践经验，在原《螺杆灌注桩技术规程》（DBJ46-026-2013)地方标准的基础上进行补充、修改和完整，并广泛征求了勘察、设计、施工、科研、教学等各有关单位的意见，经专家反复讨论和修改，经审查后最终定稿。

本规程主要内容包括螺杆灌注桩的勘察、设计、施工、工程质量检验及验收等。

本标准由海南省住房和城乡建设厅负责管理，由海南省建设标准定额站负责

日常管理，由主编单位负责具体技术内容的解释。本标准在执行过程中如有意见或建议，请随时将有关意见和建议反馈至海南省建设标准定额站（地址：海南省海口市美兰区白龙南路 77 号，邮编：570203，电话：0898-65359219，电子邮箱：bzk_dez@hainan.gov.cn），以供今后修订时参考。

主编单位：

参编单位：

主要起草人员：

主要审查人员：

目 录

前　言 1
1　总 则 5
2　术语和符号 6
　2.1　术语 6
　2.2　符号 7
3　基本规定 9
4　勘察 11
5　设计 13
　5.1　一般规定 13
　5.2　基桩构造 13
　5.3　单桩竖向极限承载力 16
　5.4　桩身承载力 23
　5.5　单桩竖向抗拔承载力 25
　5.6　单桩水平承载力确定 26
　5.7　螺杆灌注桩复合地基设计 26
　5.8　沉降计算 29
6　施工 30
　6.1　基本规定 30
　6.2　施工准备 31
　6.3　施工流程 32
　6.4　施工控制 33
7　质量检验与验收 37
　7.1　一般规定 37
　7.2　施工前检验 37
　7.3　施工过程检验 37
　7.4　施工后检验 38
　7.5　桩的检测 39

7.6　工程质量验收..... 41
附录 A　螺杆灌注桩构造示意图.....43
附录 B 螺杆灌注桩桩型..... 44
附录 C 组合式齿状螺纹钻具..... 45
附录 D 螺杆灌注桩成桩工艺过程示意图..... 46
附录 E 螺杆灌注桩扩大体工艺示意图..... 47
附录 F 消除挤土效应的屏障技术示意图..... 48
附录 G　螺杆灌注桩质量控制记录表..... 49
附录 H　螺杆灌注桩施工记录表..... 50
附录 I　螺杆灌注桩桩基设计说明（参考）..... 51
附录 J　螺杆灌注桩复合地基设计说明（参考）..... 53
本规程用词说明..... 55
引用标准名录..... 56
附：条文说明..... 57

1 总 则

1.0.1 为规范螺杆灌注桩的设计和施工，做到技术先进、经济合理、安全适用、保证质量、保护环境，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于海南省工业与民用建（构）筑物以及市政工程中的螺杆灌注桩的勘察、设计、施工及验收，其他行业亦可参照使用。

1.0.3 螺杆灌注桩的设计与施工应综合考虑工程地质条件、水文地质条件、上部结构类型、工程特点、使用功能、场地环境、施工设备性能等因素，因地制宜，重视当地经验与条件，精心设计、严格施工。

1.0.4 采用螺杆灌注桩时除应执行本规程外，尚应符合现行国家、行业标准的规定。

2　术语和符号

2.1　术语

2.1.1　螺杆灌注桩　part-screw pile

采用具有加压装置和同步技术的专用桩机形成的一种上部为圆柱型、下部为螺纹型的组合式挤土型灌注桩，简称“螺杆桩”。

2.1.2　标准同步技术　standard synchronous manner

钻杆每向上（下）相应位移一个螺距，钻杆相应正向（反向）旋转一周，所形成的桩孔或桩为等距螺纹。

2.1.3　非标准同步技术　nonstandard synchronous manner

钻杆每向上（下）相应位移一个螺距，钻杆相应反向（正向）旋转一周，所形成的桩孔或桩为非等距螺纹。

2.1.4　非同步技术　unstandard synchronous manner

钻具向下（向上）移动一个螺距，钻杆旋转大于或小于一周，可改变转速和钻杆尺寸从而调整取土量，所形成的桩孔为圆柱形。

2.1.5　螺牙　screw thread

螺杆灌注桩桩身的螺纹段连续凸起部分。

2.1.6　螺距　screw pitch

螺杆灌注桩桩身螺纹段相邻螺牙之间的中心距。

2.1.7　螺牙厚度　the thickness of the screw thread

螺牙沿轴线方向的长度。

2.1.8　螺牙宽度　the width of the screw thread

螺牙垂直于轴线方向的长度。

2.1.9　桩芯　pile core

螺杆灌注桩螺纹段不包括螺牙的桩体。

2.1.10　螺杆灌注桩内径　inner diameter of screw pile

螺杆灌注桩桩芯的直径。

2.1.11　螺杆灌注桩外径　external diameter of screw pile

螺杆灌注桩桩身包括螺牙在内的桩体直径。

2.1.12　提高系数　correction factor

由土体侧摩阻力标准值计算总侧阻力标准值的参数。

2.2 符号

2.2.1 作用效应

Q_{uk} ——螺杆灌注桩单桩竖向极限承载力标准值；

Q_{sk1}——螺杆灌注桩直杆段的极限侧阻力标准值；

Q_{sk2}——螺杆灌注桩螺纹段的极限侧阻力标准值；

Q_{sk3}——螺杆灌注桩扩大体段的极限侧阻力标准值；

Q_{pk1}—— 螺杆灌注桩的极限端阻力标准值；

Q_{pk2}——螺杆灌注桩扩大体的极限端阻力标准值；

Q_{rk}——螺杆灌注桩嵌岩段总极限阻力标准值；

N ——相应于荷载效应基本组合时，作用于螺杆桩顶的竖向压力设计值；

T_{uk1}——单桩抗拔承载力极限值；

T_{uk2}——单桩抗拔承载力极限值；

T_{uk3}——单桩抗拔承载力极限值。

2.2.2 抗力和材料性能

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；

f_{cu}—— 桩体混凝土试块（边长 150mm 立方体）标准养护 28d 立方体抗压强度平均值；

f_{sk} ——处理后桩间土承载力特征值；

f_{spk} ——复合地基承载力特征值；

q_{sik} ——单桩直杆段第 i 层土的极限侧阻力标准值；

Q_{pk1}——螺杆灌注桩的极限端阻力标准值；

Q_{pk2}——螺杆灌注桩扩大体的极限端阻力标准值。

R_a ——单桩竖向抗压承载力特征值；

R_{ta}——单桩竖向抗拔承载力特征值。

2.2.3 几何参数

u——桩身周长；

A_p ——桩直杆段横截面积；

L——螺杆桩设计桩长

L_1——螺杆灌注桩直杆段设计长度

L_2——螺杆灌注桩螺纹段设计长度

L_3——螺杆灌注桩扩大体段设计长度

l_i——桩长范围内第 i 层土的分层厚度；

A_{Pl} ——按设计桩径计算的桩身截面面积；

2.2.4 计算系数

α_i——螺纹段第 i 层土的桩侧极限侧阻力标准值的提高系数；

β_i——直杆段与扩大体段第 i 层土的桩侧极限侧阻力标准值的提高系数；

K——安全系数

λ——单桩承载力发挥系数；

m ——面积置换率；

β_s——桩间土承载力发挥系数；

ψ_c——成桩工艺系数；

λ_i ——抗拔系数；

ξ_r——嵌岩段侧阻和端阻综合系数。

3　基本规定

3.0.1　螺杆灌注桩的设计应满足承载力、变形、稳定性和耐久性要求。

3.0.2　螺杆灌注桩适用于黏性土、粉土、砂土、碎石土、全风化岩、强风化岩、中风化软岩等地层。直杆段穿越流塑状黏性土、淤泥或淤泥质土可采用屏障技术辅助成孔成桩。

3.0.3　螺杆灌注桩适用于桩基础中的基桩或复合地基中的增强体，应用于复合地基时桩身可不配钢筋。

3.0.4　螺杆灌注桩可根据地层情况，采用挤土或部分挤土工艺，选择组合式齿状螺纹钻具，形成挤土桩或部分挤土桩。

3.0.5　螺杆灌注桩设计和施工前，应具备以下资料：

1　详细的岩土工程勘察资料；

2　施工场地及环境条件的有关资料；

3　相邻建筑物、构筑物的有关资料。

3.0.6　螺杆灌注桩应进行承载力计算，计算内容包括：桩顶作用效应、桩基竖向承载力、单桩竖向承载力、抗拔承载力、桩基沉降、桩基水平承载力及位移、桩身强度（裂缝）验算。螺杆灌注桩抗震验算应按《建筑抗震设计规范》GB50011 规定执行。无成桩经验及承载力数据时，可根据本规程第 5 章有关条款进行计算，施工前宜进行成孔、成桩试验以确定施工技术参数和桩的承载力。

3.0.7　当螺杆灌注桩用于上部结构荷载或刚度差异较大的工程时，应考虑上部结构、基础和地基的共同作用。

3.0.8　螺杆灌注桩承载力、变形计算等验算所采用的荷载作用效应组合应符合现行《建筑地基基础设计规范》GB50007 的相关规定。

3.0.9　螺杆灌注桩为变截面桩，桩身强度验算时应进行直杆段顶部

和底部两个部位的截面验算。

3.0.10 螺杆灌注桩的施工设备的性能应与地质条件、设计参数相匹配。

4　勘察

4.0.1　岩土工程勘察前应搜集区域地质资料、当地工程经验，了解场地的工程地质与水文地质条件，并应取得下列资料：

1　建筑场地地形图、建筑总平面图；

2　建筑物的性质、高度、层数、结构类型、荷载、结构安全等级、基础形式和埋置深度，使用功能上的特殊要求，地基允许变形要求等；

3　场地周边环境条件及地下管道、电缆、地下构筑物等的分布情况。

4.0.2　岩土工程勘察宜采用钻探、触探及其他原位测试相结合的方式进行。对黏性土、粉土和砂土，宜采用静力触探、标准贯入试验、旁压试验等；对碎石土宜采用重型或超重型圆锥动力触探、剪切波速等。

4.0.3　螺杆灌注桩的详细勘察除应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定外，尚应满足下列要求：

1　勘探点间距：

1）　对于端承型桩（含嵌岩桩）：主要根据桩端持力层顶面坡度决定，宜为 12m~24m。当相邻两个勘探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、地层分布复杂时，应根据具体工程条件适当加密勘探点。

2）　对于摩擦型桩：宜按 20m~30m 间距布置勘探点遇到土层性质或状态在水平方向变化较大，或存在可能影响成桩的土层时，应适当加密勘探点；

3）　复杂地质条件下的一柱一桩工程，应每柱设置勘探点。

2　勘探孔深度：

1）　控制性勘探孔深度应满足软弱下卧层验算和变形计算的要求；对于嵌岩桩，控制性勘探孔深度应达到预计桩端平面以下（3~5）桩身设计直径且不小于 5m；

2）　一般性勘探孔深度应达到预计桩端以下（3~5）桩身设计直径且不小于 3m；对于大直径桩，不得小于 5m；对于嵌岩桩，一般性勘探孔深度应达到预计桩端平面以下（1~3）桩身设计直径；

3）　在断层破碎带地区，勘探孔应钻穿断层破碎带进入稳定土层，进入深度应满足上述控制性勘探孔和一般性勘探孔的要求。

4.0.4　施工发现地质条件与勘察报告出现明显差异时，应进行施工勘察。

5　设计

5.1　一般规定

5.1.1　螺杆灌注桩桩基设计时所采用的作用效应组合与相应的抗力应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94 执行。

5.1.2　螺杆灌注桩的建筑桩基设计等级应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94 确定。

5.1.3　螺杆灌注桩桩基础应按下列两类极限状态设计：

1　承载能力极限状态：桩基达到最大承载力、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：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。

5.1.4　螺杆灌注桩单桩承载力特征值应通过单桩静载试验并结合施工经验综合确定。

5.1.5　螺杆灌注桩桩基工程的沉降计算应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94 有关规定执行。

5.2　基桩构造

5.2.1　螺杆灌注桩设计桩径是指直杆段桩的直径，螺纹段外径等于直杆段直径。螺杆灌注桩设计桩径宜采用 300~1000mm。

5.2.2　螺杆灌注桩螺纹段尺寸与螺杆灌注桩机及其后续衍生产品相匹配，并应满足以下要求：

1　螺杆灌注桩螺牙端部厚度为 30~50mm，根部厚度为 50~70mm，螺距与桩径 D 之比宜为 0.6~1.0；

2　螺杆灌注桩用于抗压设计时标准内径可按表 5.2.2-1 取值，螺杆灌注桩用于抗拔设计时标准内径可按表 5.2.2-2 取值，设计要求单桩承载力高、且桩径不小于 500mm 时，螺杆灌注桩内径可酌情增加 10%~20%。

表 5.2.2-1　螺杆灌注桩用于抗压设计时内径取值参考表

桩径 D（mm）	300	400	500	600	700	800~1000
内径 d(mm)	260	360	460	560	660	0.95D

表 5.2.2-2　螺杆灌注桩用于抗拔设计时内径取值参考表

桩径 D（mm）	300	400	500	600	700	700~1000
内径 d(mm)	273	299	340	380	450	0.65D

5.2.3　螺杆灌注桩直杆段长度宜取有效桩长的 1/3 与 5D 的较大值，当桩周土层可能引起桩侧负摩阻力时，中性点以上的负摩阻力区域应为直杆段。

5.2.4　螺杆灌注桩应选择稳定且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。当桩端存在软弱下卧层时，桩端以下硬持力层厚度不应小于 3d。

5.2.5　当桩端嵌岩时，嵌岩深度应根据荷载、上覆土层、基岩、桩径、桩长等因素综合确定。全断面嵌入完整和较完整岩的深度不宜小于 0.5m，嵌入倾斜度大于 30%的中风化软质岩时，宜根据倾斜度及岩石完整性加大嵌岩深度。

5.2.6　螺杆灌注桩的最小中心距应符合表 5.2.6 的规定。

表 5.2.6　基桩的最小中心距

土类	排数不少于 3 排且桩数不少于 9 根的摩擦型桩桩基	其他情况
非饱和土、	3.5D	3.0D

饱和非黏性土		
饱和黏性土	4.0D	3.5D

5.2.7 在挤土效应明显的地层（淤泥或淤泥质土）施工时，应适当加大桩间距，并采取跳打施工或屏障技术等施工措施。屏障技术示意图详见附录 F。

5.2.8 作为基桩的螺杆灌注桩，桩身混凝土强度等级不应小于 C25。

5.2.9 螺杆灌注桩主筋的混凝土保护层厚度不应小于 50mm。

5.2.10 螺杆灌注桩的钢筋配置应符合下列规定：

1 配筋率：最小配筋率不宜小于 0.30%~0.65%（小直径取高值）；对于受荷载特别大的桩、抗拔桩和端承桩，桩身配筋率应根据计算确定，且不应小于上述规定值。

2 配筋长度：

1) 作为端承型桩使用时，沿桩身等截面或变截面通长配筋；

2) 作为摩擦型桩使用时，配筋长度不应小于 2/3 桩长；

3) 对于受地震作用的基桩，桩身配筋长应穿过可液化土层和软弱土层，进入稳定土层的长度应按计算确定；对于碎石类土，砾砂，粗砂、中砂，密实细砂、粉砂、粉土，坚硬黏土尚不应小于 2d~3d，对其他非岩石土尚不应小于 4d~5d；

4) 承受负摩阻力的桩或成桩后开挖基坑而随地基土回弹的桩，其配筋长度应穿过软弱土层并进入稳定土层，进入深度不应小于 2d~3d;

5) 抗拔桩及因地震作用而受拔力的桩，应等截面或变截面通长配筋。

3 对于受水平荷载的桩，主筋不应小于 8φ12；对于抗压桩和抗拔桩，主筋不应少于 6φ10；纵向主筋应沿桩身周边均匀布置，其净距不应小于 60mm。

4 箍筋应采用螺旋式，直径不应小于 6mm，间距宜为

200mm~300mm；受水平荷载较大的桩基、承受水平地震作用的桩基以及考虑主筋作用计算桩身受压承载力时，桩顶以下 5d 范围内的箍筋应加密，间距不应大于 100mm；当桩身位于液化土层范围内时箍筋应加密；当考虑箍筋受力作用时，箍筋配置应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定；当钢筋笼长度超过 4m 时，应每隔 2m 设一道直径不小于 12mm 的焊接加劲箍筋。

5.3 单桩竖向极限承载力

5.3.1 螺杆灌注桩单桩竖向承载力特征值 R_a 应按下式确定：

$$R_a = \frac{1}{K} Q_{uk} \tag{5.3.1}$$

式中：Q_{uk}——单桩竖向极限承载力标准值；

K——安全系数，取 K=2。

5.3.2 单桩竖向极限承载力标准值应通过现场静载试验确定。初步设计时可按下式估算：

$$Q_{uk} = Q_{sk1} + Q_{sk2} + Q_{sk3} + Q_{pk1} + Q_{pk2} \tag{5.3.2-1}$$

$$Q_{sk1} = u\sum \alpha_i q_{sik} l_i \tag{5.3.2-2}$$

$$Q_{sk2} = u\sum \beta_i q_{sik} l_i \tag{5.3.2-3}$$

$$Q_{sk3} = u\sum \alpha_i q_{sik} l_i \tag{5.3.2-4}$$

$$Q_{pk1} = q_{pk1} A_{p1} \tag{5.3.2-5}$$

$$Q_{pk2} = q_{pk2}(A_{p2} - A_{p1}) \qquad (5.3.2\text{-}6)$$

式中：Q_{uk}——螺杆灌注桩单桩竖向极限承载力标准值；

Q_{sk1}、Q_{sk2}、Q_{sk3}——螺杆灌注桩直杆段、螺纹段、扩大体段总极限侧阻力标准值；

Q_{pk1}——螺杆灌注桩桩端极限端阻力标准值；

Q_{pk2}——螺杆灌注桩扩大体极限端阻力标准值；

q_{sik}——螺杆灌注桩桩身范围内第 i 层土的极限侧阻力标准值，可根据工程经验取值；无经验时，可按表 5.2.3-1 取值；

q_{pk1}——螺杆灌注桩桩端所在土层极限端阻力标准值，可根据工程经验取值；无经验时，可按表 5.3.2-2 取值；

q_{pk2}——螺杆灌注桩扩大体底面所在土层极限端阻力标准值，可根据工程经验取值；无经验时，可按表 5.3.2-2 取值；

u ——桩身周长;

A_{P1}——桩端面积;

A_{p2}——扩大体截面积，无经验时可按：$2A_{p1}$；

l_i——桩周第 i 层土的厚度;

α_i ——直杆段与扩大体段第 i 层土的桩侧极限侧阻力标准值的提高系数，可根据工程经验确定，无经验时依据土性选择 α_i =1.0~1.2; 黏性土、粉土、黄土宜取低值，砂土、砾砂、角砾、圆砾、碎石、卵石、全风化岩、强风化岩和中风化软岩宜取高值；取值宜根据现场单桩静载试验结果或当地已有试桩资料进行验证和调整。

β_i ——螺纹段第 i 层土的桩侧极限侧阻力提高系数，按表 5.2.2-3 取值，无经验时取低值，通过静载试验得到数据后再进行优化调整；

表 5.3.2-1　螺杆灌注桩极限侧阻力标准值 q_{sik} （kPa）

土的名称	土的状态		极限侧阻力标准值
填　土	—		22～30
淤　泥	—		14～20
淤泥质土	—		22～30
黏性土	流塑	$I_L>1$	24～40
	软塑	$0.75<I_L\leqslant1$	40～55
	可塑	$0.5<I_L\leqslant0.75$	55～70
	硬可塑	$0.25<I_L\leqslant0.5$	70～86
	硬塑	$0<I_L\leqslant0.25$	86～98
	坚硬	$I_L\leqslant0$	98～105
红黏土	$0.7<a_w\leqslant1$		13～32
	$0.5<a_w\leqslant0.7$		32～74
粉土	稍密	$e>0.9$	26～46

土的名称	土的状态		极限侧阻力标准值
	中密	0.75≤e≤0.9	46～66
	密实	e＜0.75	66～88
粉细砂	稍密	10＜N≤15	24～48
	中密	15＜N≤30	48～66
	密实	N＞30	66～88
中砂	中密	15＜N≤30	54～74
	密实	N＞30	74～95
粗砂	中密	15＜N≤30	74～95
	密实	N＞30	95～116
砾砂	稍密	$5<N_{63.5}\leq 15$	70～110
	中密（密实）	$N_{63.5}>15$	116～138
角砾、圆砾	中密、密实	$N_{63.5}>10$	160～200
碎石、卵石	中密、密实	$N_{63.5}>10$	200～300
全风化软质岩	—	30＜N≤50	100～120
全风化硬质岩	—	30＜N≤50	140～160
强风化软质岩	—	$N_{63.5}>10$	160～240
强风化硬质岩	—	$N_{63.5}>10$	220～300

注：1　对于尚未完成自重固结的填土和以生活垃圾为主的杂填土，不计算其侧阻力；

2　a_w 为含水比，$a_w=w/w_1$，w 为土的天然含水量，w_1 为土的液限；

3　N 为标准贯入击数，$N_{63.5}$ 为重型圆锥动力触探击数；

4　全风化、强风化软质岩和全风化、强风化硬质岩系指其母岩分别为 $f_{rk}\leq 15MPa$、$f_{rk}>30MPa$ 的岩石。

表 5.3.2-2　螺杆灌注桩极限端阻力标准值 q_{pk} （kPa）

土名称	土的状态		极限端阻力标准值			
			桩长 l (m)			
			$l \leqslant 9$	$9 < l \leqslant 16$	$16 < l \leqslant 30$	$l > 30$
黏性土	软塑	$0.75 < I_L \leqslant 1$	—	—	—	-
	可塑	$0.5 < I_L \leqslant 0.75$	850～1700	1400～2200	1900～2800	2300～3600
	硬可塑	$0.25 < I_L \leqslant 0.5$	1500～2300	2300～3300	2700～3600	3600～4400
	硬塑	$0 < I_L \leqslant 0.25$	2500～3800	3800～5500	5500～6000	6000～6800
粉土	中密	$0.75 \leqslant e \leqslant 0.9$	950～1700	1400～2100	1900～2700	2500～3400
	密实	$e < 0.75$	1500～2600	2100～3000	2700～3600	3600～4400
粉砂	稍密	$10 < N \leqslant 15$	1000～1600	1500～2300	1900～2700	2100～3000
	中密、密实	$N > 15$	1400-2200	2100～3000	3000～4500	3800～5500
细砂	中密、密实	$N > 15$	2500～4000	3600～5000	4400～6000	5300～7000
中砂			4000～6000	5500～7000	6500～8000	7500～9000
粗砂			5700～7500	7500～8500	8500～10000	9500～11000
砾砂	中密、密实	$N > 15$	6000～9500		9000～10500	
角砾、圆砾		$N_{63.5} > 10$	7000～10000		9500～11500	
碎石、卵石			8000～11000		10500～13000	
全风化软质岩		$30 < N \leqslant 50$	4000～6000			
全风化硬质岩			5000～8000			
强风化软质岩		$N_{63.5} > 10$	6000～9000			

强风化硬质岩			7000～11000
中风化软质岩			9000~13000

注：1　砂土和碎石土中桩的极限端阻力取值，宜综合考虑土的密实度，桩端进入持力层深径比 h_b / d ，土愈密实，h_b / d 愈大，取值愈高；

2　桩的岩石极限端阻力指桩端支承于中、微风化基岩表面或进入强风化岩、软质岩一定深度条件下极限端阻力；

3　全风化、强风化软质岩和全风化、强风化硬质岩指其母岩分别为 f_{rk}≤15MPa、f_{rk}＞30MPa 的岩石。

表 5.3.2-3　螺纹段第 i 层土的桩侧极限侧阻力提高系数

土的名称	土的状态	桩侧阻力提高系数 β_i
黏性土	软塑~可塑	1.3~1.7
	可塑~硬塑	1.5~2.3
	硬塑~坚硬	1.3~1.7
粉土	稍密	1.8~2.4
	中密	1.6~2.2
	密实	1.3~1.7
粉细砂	稍密	1.8~2.6
	中密	1.6~2.4
	密实	1.4~1.8
中砂	中密	1.6~2.4
	密实	1.4~1.8
粗砂	中密	1.6~2.4
	密实	1.4~1.8
砾砂	中密、密实	1.6~2.0
砾石、卵石	松散	1.4~1.7

	中密、密实	1.3~1.6
风化岩	全~强风化	1.4~1.7

5.3.3 螺杆灌注桩用于嵌岩桩时单桩竖向极限承载力由桩周土总极限侧阻力和嵌岩段总极限阻力组成。当根据岩石单轴抗压强度确定单桩竖向极限承载力标准值时，可按下列公式估算：

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{rk} \qquad (5.3.3\text{-}1)$$

$$Q_{rk} = \xi_r f_{rk} A_p \qquad (5.3.3\text{-}2)$$

式中：Q_{sk}——螺杆灌注桩非嵌岩段总极限侧阻力标准值;

Q_{rk}——螺杆灌注桩嵌岩段总极限阻力标准值;

f_{rk}——岩石单轴饱和抗压强度标准值，泥岩取天然湿度单轴抗压强度标准值；

ξ_r——嵌岩段侧阻和端阻综合系数，按表 5.3.3 取值。

表 5.3.3 螺杆灌注桩嵌岩段侧阻和端阻综合系数 ξ_r

嵌岩深径比 h_r / d	0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
极软岩、软岩	0.72	0.96	1.14	1.42	1.62	1.78	1.88	1.96	1.99	2.04
较硬岩	0.54	0.78	0.97	1.08	1.20	1.25	—	—	—	—

5.3.4 螺杆灌注桩软质岩嵌岩桩单桩极限承载力估算值应取式（5.3.2）与式（5.3.3-1）计算值的大值。

5.3.5 对于桩身周围有液化土层的低承台桩基，当承台底面上下分别有厚度不小于 1.5m、1.0m 的非液化土或非软弱土时，可将液化土层极限侧阻力乘以土层液化影响折减系数计算单桩极限承载力标准值。土层液化影响折减系数ψ_l可按表 5.3.5 确定。

表 5.3.5 土层液化折减系数ψ_l

$\lambda_N = N / N_{cr}$	自地面算起的液化土层深度d_L (m)	ψ_L
$\lambda_N \le 0.6$	$d_L \le 10$ $10 < d_L \le 20$	0 1/3
$0.6 < \lambda_N \le 0.8$	$d_L \le 10$ $10 < d_L \le 20$	1/3 2/3
$0.8 < \lambda_N \le 1.0$	$d_L \le 10$ $10 < d_L \le 20$	2/3 1.0

注：**1** N 为饱和土标贯击数实测值；N_{cr}为液化判别标贯击数临界值。

当承台底面上下非液化土层厚度小于以上规定时，土层液化影响折减系数ψ_l取 0。

5.4 桩身承载力

5.4.1 螺杆灌注桩桩身承载力除应验算桩顶轴心抗压承载力外，尚应验算螺纹段的桩身抗压承载力。

1 桩顶轴心抗压承载力：

1） 当桩顶以下 5d 范围的桩身螺旋式箍筋间距不大于 100mm，且符合本规程第 5.2.10 条规定时：

$$N \le \psi_c f_c A_p + 0.9 f_y' A_s' \qquad (5.4.1\text{-}1)$$

2） 当桩身配筋不符合上述 1 款规定时：

$$N \le \psi_c f_c A_p \qquad (5.4.1\text{-}2)$$

2 螺纹段抗压承载力：

$$N_s \leqslant \psi_c f_c A_{p_s} \qquad (5.4.1\text{-}3)$$

$$N_s = N - 0.675 Q_{sk1} \qquad (5.4.1\text{-}4)$$

式中：N——荷载效应基本组合时，作用于螺杆灌注桩桩顶的竖向压力设计值（kN）；

ψ_c——螺杆灌注桩成桩工艺系数，可取 0.8~0.85；

f_c—— 混凝土轴心抗压强度设计值，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定；

A_p—— 桩身直杆段截面面积，桩径取螺杆灌注桩外径 D（桩身直杆段直径）；

$f_y^{'}$——纵向主筋抗压强度设计值（kPa）；

$A_s^{'}$——纵向主筋截面面积（m^2）；

N_s——荷载效应基本组合时，作用于螺纹段顶截面的轴向压力设计值（kN）；

A_{p_s}——桩身螺纹段截面面积，桩径取桩芯直径 d（m^2）。

5.5 单桩竖向抗拔承载力

5.5.1 螺杆灌注桩的抗拔承载力特征值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，单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。试验及抗拔极承载力标准值的取值按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ106 执行，在同一条件下的试桩数量，不少于总桩数的 1%，且不少于 3 根。

2 对于设计等级为丙级的建筑桩基，纵筋满足要求的条件下，单桩抗拔承载力特征值可按下式估算：

$$R_{ta} = \frac{T_{uk1} + T_{uk2} + T_{uk3}}{2} \qquad (5.5.1\text{-}1)$$

$$T_{uk1} = u\sum \alpha_i q_{sik} l_i \lambda_i \qquad (5.5.1\text{-}2)$$

$$T_{uk2} = u\sum \beta_i q_{sik} l_i \lambda_i \qquad (5.5.1\text{-}3)$$

$$T_{uk3} = u\sum \alpha_i q_{sik} l_i \lambda_i \qquad (5.5.1\text{-}4)$$

式中 T_{uk1}、T_{uk2}、T_{uk3} ——螺杆灌注桩直杆段、螺纹段、扩大体单桩抗拔极限承载力极限值；

R_{ta}——单桩竖向抗拔承载力特征值；

λ_i——抗拔系数，无经验时可按表 5.5.1 取值；

表 5.5.1 抗拔系数 λ_i

土层分类	抗拔系数

砂土	0.50~0.70
黏性土、粉土	0.70~0.80

5.6 单桩水平承载力确定

5.6.1 螺杆桩群桩水平承载力特征值的确定可按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94 执行。

5.7 螺杆灌注桩复合地基设计

5.7.1 作为复合地基增强体的螺杆灌注桩桩径宜采用 400mm~600mm。螺杆灌注桩的最小中心距不宜小于 3.5*d*。

5.7.2 螺杆灌注桩可只在基础范围内布置，并可根据建筑物荷载分布、基础形式和地基土性状按下列规定布桩：

1 内筒外框结构内筒部位可采用减小桩距、增大桩长或桩径布桩；

2 对相邻柱荷载水平相差较大的独立基础，应按变形控制确定桩长和桩距；

3 筏板厚度与跨距之比小于 1/6 的平板式筏基、梁的高跨比大于 1/6 且板的厚跨比（筏板厚度与梁的中心距之比）小于 1/6 的梁板式筏基，应在柱（平板式筏基）和梁（梁板式筏基）边缘每边外扩 2.5 倍板厚的面积范围内布桩；

4 对荷载水平不高的墙下条形基础可采用墙下单排布桩。

5.7.3 桩的中心与基础边缘的距离不宜小于 1 倍桩径；桩的边缘与基础边缘的距离，条形基础不宜小于 75mm；其他基础形式不宜小于 150mm。

5.7.4 螺杆灌注桩单桩承载力特征值、复合地基承载力特征值应通

过静载荷试验确定。

5.7.5 螺杆灌注桩桩顶和基础之间应设置褥垫层。褥垫层材料宜用中砂、粗砂、级配砂石或碎石等，最大粒径不宜大于 30mm。褥垫层厚度宜取 150mm ~300mm。

5.7.6 螺杆灌注桩复合地基承载力特征值初步设计时，可按下列公式估算：

$$f_{\mathrm{spk}} = \lambda m \frac{R_{\mathrm{a}}}{A_{\mathrm{p}}} + \beta（1 - m）f_{\mathrm{sk}} \tag{5.7.6}$$

式中：A_{p}——螺杆灌注桩直杆段横截面积(m^2)；

R_{a}——单桩竖向承载力特征值（kN），按本规程公式（5.3.1）和公式（5.3.2）计算；

f_{spk}——复合地基承载力特征值（kPa）；

f_{sk}——处理后桩间土承载力特征值（kPa），可按地区经验确定，如无经验时，对于一般黏性土地基，可取天然地基承载力特征值，松散粉土、砂土可取天然地基承载力特征值（1.1～1.4）倍；

m——面积置换率，$m=d^2/d_{\mathrm{e}}^2$；d 为螺杆灌注桩直杆段直径（m），d_{e} 为一根桩分担的处理地基面积的等效圆直径（m）；等边三角形布桩 $d_{\mathrm{e}}=1.05s$，正方形布桩 $d_{\mathrm{e}}=1.13s$，矩形布桩 $d_{\mathrm{e}} = 1.13\sqrt{s_1 s_2}$，$s$、$s_1$、$s_2$ 分别为桩间距、纵向桩间距和横向桩间距；

λ——单桩承载力发挥系数，无经验时可取 1.0；

β——桩间土承载力发挥系数，无当地经验时可取 0.9~1.0，天然地基承载力较高时取大值，对变形要求较高的建筑取低值。

5.7.7 作为复合地基增强体的螺杆灌注桩桩身强度应满足式(5.7.7-1)、(5.7.7-2)的要求。当复合地基承载力进行基础埋深的深度修正时，螺杆灌注桩桩身强度应满足式(6.0.7-3)、(6.0.7-4)的要求。桩身混凝土强度等级不应小于 C25。

$$f_{cu} \geqslant 4\frac{\lambda R_a}{A_p} \tag{5.7.7-1}$$

$$f_{cu} \geqslant 4\frac{\lambda R_a^{'}}{A_s} \tag{5.7.7-2}$$

$$f_{cu} \geqslant 4\frac{\lambda R_a}{A_p}\left[1+\frac{\gamma_m(d-0.5)}{f_{spa}}\right] \tag{5.7.7-3}$$

$$f_{cu} \geqslant 4\frac{\lambda R_a^{'}}{A_s}\left[1+\frac{\gamma_m(d-0.5)}{f_{spa}}\right] \tag{5.7.7-4}$$

对于端承桩或长径比小于 15 的嵌岩桩

$$R_a^{'} = R_a \tag{5.7.7-5}$$

其他情况，以及长径比大于 15 的嵌岩桩

$$R_a^{'} = R_a - 0.5u\sum q_{sik} l_i \tag{5.7.7-6}$$

式中：f_{cu}——桩体试块（边长 150mm 立方体）标准养护 28d 的立方体抗压强度平均值（kPa）；

$R_a^{'}$——作用于螺纹段顶截面的轴向压力计算值（kN）；

γ_m——基础底面以上土的加权平均重度(kN/m^3)，地下水位以下取有效重度；

d——基础埋置深度（m）；

f_{spa}——深度修正后的复合地基承载力特征值（kPa）。

5.7.8 螺杆灌注桩复合地基变形计算应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定执行。

5.8 沉降计算

5.8.1 螺杆灌注桩用于桩基础时，沉降计算按现行《建筑桩基技术规范》JGJ94 要求执行。

5.8.2 螺杆灌注桩用于复合地基时，沉降计算按现行《建筑地基基础设计规范》GB50007 要求执行。

6　施工

6.1　基本规定

6.1.1　螺杆灌注桩的施工质量管理应符合现行国家施工技术标准规范的要求，且应建立健全质量保证体系、施工质量控制和检验制度。

6.1.2　螺杆灌注桩施工应采用螺杆桩机，螺杆桩机应满足下列要求：

1　配备直流动力装置和加压装置；

2　具有能实现同步控制技术的自动控制系统；

3　采用组合式齿状螺纹钻具；

4　动力装置额定直流输出扭矩不小于 250kN・m。

6.1.3　施工前应结合静载验进行成桩工艺试验，确定钻进速度、钻杆提升速度、泵送速度、加压力、混凝土充盈系数等工艺参数。试桩数量不宜少于 3 根。

6.1.4　螺杆灌注桩施工桩顶标高宜高出设计桩顶标高 0.5m～1.0m。

6.1.5　螺杆灌注桩的混凝土充盈系数不应小于 1.0。

6.1.6　螺杆灌注桩施工的允许偏差应满足表 6.1.6-1、表 6.1.6-2 的规定。

表 6.1.6-1　螺杆灌注桩桩基础施工允许偏差

桩径充许偏差（mm）	垂直度允许偏差（%）	桩位允许偏差（mm）
不小于设计值	1	≤70+0.01H

注：H 为桩基施工面至设计桩顶的距离（mm）。

表 6.1.6-2　螺杆灌注桩复合地基施工允许偏差

桩径充许偏差（mm）	垂直度允许偏差（%）	桩位允许偏差（mm）		
		条基边桩沿	垂直轴线	基他情况

		轴线		
0，+50	1	≤1/4d	≤1/6d	≤2/5d

6.2 施工准备

6.2.1 螺杆桩施工前应具备下列资料：

1 施工场地岩土工程详细勘察报告；

2 场地平面布置图；

3 螺杆灌注桩施工图；

4 建筑场地和邻近区域内的建筑物、地下管线、地下构筑物等的相关资料；

5 桩基工程施工组织设计和施工技术方案；

6 有关承载力、施工工艺试验参数资料；

7 施工桩机及配套设备的技术性能资料。

6.2.2 施工前应清除地上和地下障碍物并平整场地，探明和清除桩位处的地下障碍物，按平面布置图的要求做好施工现场的施工道路、供水供电、施工设施布置、材料堆放等有关布设。

6.2.3 施工前应进行图纸和施工方案交底，并做好原材料质量检验工作。

6.2.4 桩位放线定位前应测量定位点和水准基点，并采取妥善措施加以保护。根据设计桩位图在施工现场布置桩位，桩位确定后应填写放线记录，桩位点应设有不易破坏的标记，并经常复核桩位位置以减少偏差、避免漏桩，经有关部分验线合格后方可施工。

6.2.5 螺杆灌注桩施工现场应符合下列规定：

1 施工场地应平整，施工工作面应满足桩机工作要求，天然地基承载力特征值不宜小于 120kPa；

2 施工场地内应有完善的排水设施；

3　水、电等应满足施工要求。

6.2.6　螺杆灌注桩成桩工艺试验应符合下列规定：

1　试验点位的土层应具有代表性；

2　应记录成孔深度、成孔直径、成孔时间、加压力及分层钻进扭矩等参数；

3　应确定混凝土缓凝时间、充盈系数等指标；

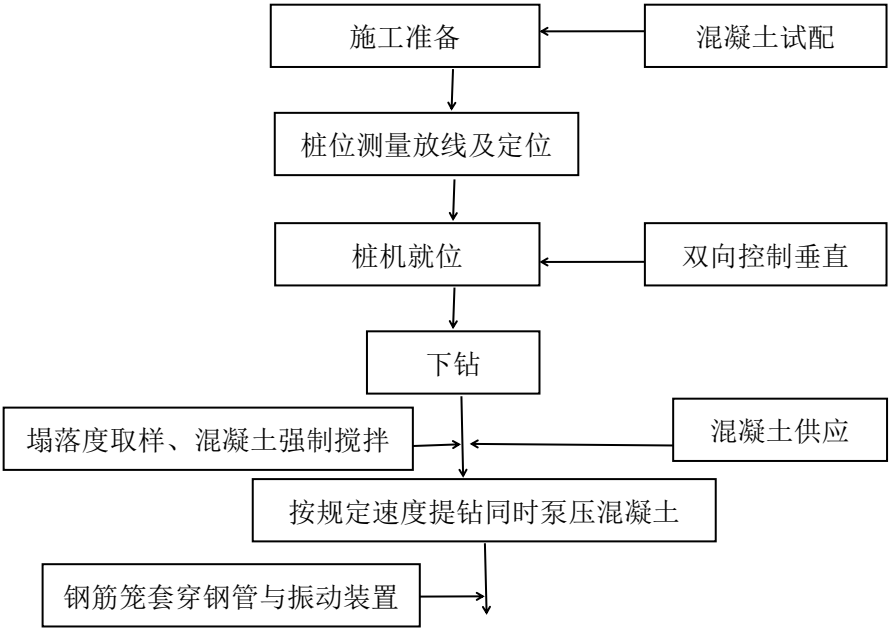
4　应对桩顶和地面土体的竖向和水平位移进行监测；

5　遇有挤土敏感土层、易窜孔土层时应确定合理施工间距；

6　应根据成桩工艺试验结果确定施工方案。

6.3　施工流程

6.3.1　螺杆桩施工工艺流程宜按图 6.3.1 执行：



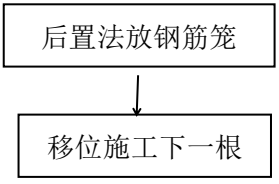


图 6.3.1　螺杆桩施工工艺流程

6.4　施工控制

6.4.1　螺杆灌注桩成桩工艺可分为下钻工艺和提钻工艺，下钻工艺和提钻工艺又可分别分为直杆段工艺和螺纹段工艺，详见表 6.4.1。施工时应根据地质情况、设计要求选择适合的工艺组合。

表 6.4.1　螺杆灌注桩成桩工艺

桩段		下钻	提钻
直杆段	常规工法	正向同步技术	正向（扫螺）
	坚硬土层	正向非同步技术	
螺纹段		正向同步技术	反向同步技术

螺杆灌注桩上部直杆段范围采用直杆段工艺，下部螺纹段范围采用螺纹段工艺。

6.4.2　螺杆灌注桩施工应根据试桩的结果和地层的渗透性、挤土效应情况确定合理的施工顺序，宜避免造成串浆或挤土效应。

6.4.3　桩位按设计要求确定后，在桩中心点上插一标杆，移动施工钻机至施工桩位，桩基就位后，校正垂直度至允许误差范围，使钻杆垂直并对准桩位中心。

6.4.4　螺杆灌注桩的施工顺序宜符合下列规定：

1　对于密集桩群，宜由中间向两个方向或四周对称施工；

2　当一侧毗邻建筑物时，宜由毗邻建筑物处向另一方向施打；

3　根据基础的设计标高，宜先深后浅施工；

4　根据桩的规格，宜先大后小、先长后短施工；

5　根据桩的布置，宜先密后疏；

6　当土层为软土、松散填土或液化土层时，宜采用跳桩施工。

6.4.5　螺杆灌注桩的成孔应符合下列规定：

1　钻进过程中，应正向旋转钻进，螺纹段采用正向同步钻进；桩机施加扭矩的同时应施加竖向压力，钻至设计深度前，不得反向旋转或提升钻杆；

2　钻至设计深度后，应正向或反向旋转提钻，并应同时泵送混凝土。螺纹段应采用同步提钻，直杆段应采用非同步提钻。

6.4.6　螺杆灌注桩的终孔标准应结合工程地质情况、桩端持力层性状及桩端进入持力层的钻进速度、钻进扭矩等因素综合确定：

1　对于摩擦型桩，应以控制桩长为主，以控制加压力、钻进扭矩为辅；

2　桩端持力层为坚硬、硬塑的粘性土，中密以上的粉土、砂土、卵石，极软岩～软岩时，应以控制加压力、钻进扭矩为主，以控制桩长为辅。

6.4.7　螺杆灌注桩提钻速度应符合表 6.4.7 规定。

表 6.4.7　最大提钻速度取值表

桩径（mm）	300	400	500	600	700 以上
提钻速度（m/min）	≤5.0	≤3.0	≤1.8	≤1.2	≤1.0

6.4.8　螺杆灌注桩桩身混凝土应符合下列规定：

1　施工前应按设计要求通过试验确定混凝土配合比，混凝土坍落度宜为 180mm～240mm；

2　粗骨料粒径宜为 5mm～15mm，细骨料宜为中粗砂，混凝土水泥用量不宜小于 400kg/m^3，初凝时间不宜少于 6h。

6.4.9　螺杆灌注桩泵送混凝土宜符合下列规定：

1　提钻及泵送过程中应连续进行，提钻速度应与混凝土泵送量

相匹配，钻杆管内的混凝土高度高于钻头不宜小于 2m；

2　混凝土泵料斗内的混凝土应连续搅拌。泵送混凝土时，料斗内混凝土的高度不得低于 400mm；

3　混凝土输送泵管布置宜减少弯道、保持水平，输送泵管应保证密封良好，输送泵管下应垫实；

4　当气温高于 30℃时，应采取降温、隔热措施。

6.4.10　螺杆灌注桩钢筋笼制作、安装应符合下列规定：

1　钢筋笼的材质、尺寸应符合设计文件规定，制作允许偏差应符合表 6.4.10 的规定；

表 6.4.10　钢筋笼制作允许偏差

项目	允许偏差（mm）
主筋间距	±10
箍筋间距	±20
钢筋笼直径	±10
钢筋笼长度	±100

2　钢筋笼制作应符合国家现行标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定；

3　螺旋箍筋与主筋应采用焊接，不得采用绑扎连接；

4　钢筋笼的加劲箍筋宜设在主筋内侧；

5　钢筋笼底部应收口，形成漏斗状；

6　钢筋笼应设置混凝土保护块或耳筋；

7　搬运和吊装钢筋笼时，应采取有效措施防止钢筋笼变形；

8　混凝土压灌结束后，应立即将钢筋笼对准孔位，插至设计深度；

9　钢筋笼安装使用钻机副卷扬或吊车进行吊装，平板振动器上焊接大刚度钢管，钢管从钢筋笼内部伸入钢筋笼，将平板振动器的振

动力传递至钢筋笼底部，将钢筋笼拉入桩体。

6.4.11 混凝土灌注须留混凝土试件，每灌注 50m³ 混凝土应取 1 组试件；每个灌注台班灌注量不足 50m³ 时应每个灌注台班取 1 组试件。

6.4.12 清土和截桩时，不得造成桩顶标高以下桩身断裂或桩间土扰动。

6.4.13 当基桩龄期达 14 天后方可破除桩头，素混凝土桩可用手提切割锯割除桩头，钢筋混凝土桩可用风镐将桩头凿至设计标高，严禁横向锤击桩头。

6.4.14 褥垫层铺设宜采用静力压实法，当基础底面下桩间土的含水量较低时，也可采用动力夯实法，夯填度不应大于 0.9。

6.4.15 在施工过程中应按本规程附录 G、附录 H 要求作好记录。

7　质量检验与验收

7.1　一般规定

7.1.1　桩基工程应进行桩位、桩长、桩径、桩身质量、承载力的检验。

7.1.2　桩基工程的检验应按时间顺序分为施工前检验、施工过程检验和施工后检验三个阶段。

7.1.3　对砂、石子、水泥、钢材等桩体原材料质量的检验项目和方法应符合现行国家有关标准的规定。

7.2　施工前检验

7.2.1　施工前必须对桩位进行复测。

7.2.2　施工前应进行下列检验：

1　应对拌制混凝土的原材料的质量与计量、混凝土配合比、坍落度等进行检查；商品混凝土应有合格证和搅拌站提供的质量检查资料。

2　应对钢筋规格、焊条规格、品种、焊口规格、焊缝长度、焊缝外观和质量、主筋和箍筋的制作偏差进行检查。

7.2.3　设计等级为甲、乙或设计有要求的建筑桩基，施工前应先做试验桩。试验桩检测应依据设计要求确定的基桩受力状态采用相对应的载荷试验方法确定单桩极限承载力标准值；试验桩数量在同一地质条件下不应少于 3 根；当预计工程桩总数在 50 根以内时，试验桩数量不应少于 2 根。

7.3　施工过程检验

7.3.1 施工过程中应进行下列检验：

1 灌注混凝土前，应对已成孔的孔深和垂直度进行检验；

2 应对钢筋笼安放的实际位置进行检查，并填写相应质量检测、检查记录；

3 混凝土灌注应检查单桩灌注方量，记录灌注完成时间，计算充盈系数。

7.3.2 复合地基褥垫层材料应进行检验。

7.4 施工后检验

7.4.1 施工完成后应按灌注桩基础或复合地基的要求检查桩位偏差和桩顶标高。

7.4.2 工程桩应进行承载力和桩身质量检验。

7.4.3 存在下列情况之一的桩基工程，应采用静载荷试验对工程桩单桩竖向承载力进行验收监测，检测数量应根据桩基设计等级，按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ106 确定：

1 甲级、乙级建筑工程；

2 施工过程变更了工艺参数或施工质量出现异常；

3 地质条件复杂、桩的施工质量可靠性低；

4 设计文件有明确的检测要求的。

7.4.4 除对桩身灌注时预留的混凝土试件进行强度等级检测外，尚应对桩身完整性进行现场检测。检测方法可采用动测法；检测数量应根据现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ106 确定。

7.4.5 对抗拔桩和水平承载力有特殊要求的桩基工程，应进行单桩抗拔静载荷试验和水平静载荷试验检测。

7.4.6 复合地基承载力可采用复合地基静载荷试验、单桩静载荷试验确定，试验方法应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007、现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79 执行。

7.5　桩的检测

7.5.1　检测工作的程序，应按图 7.5.1 进行。

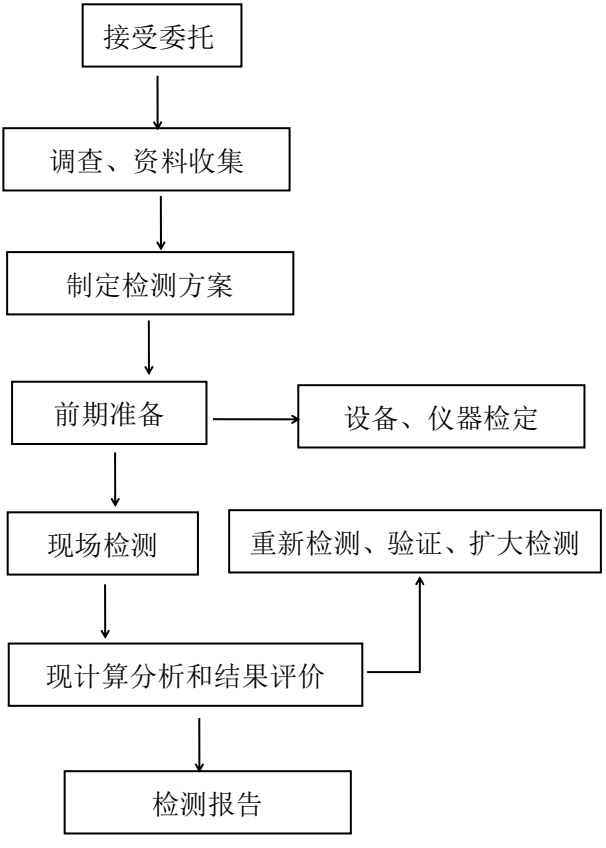


图 7.5.1　　检测工作程序

7.5.2　调查、资料收集阶段宜包括下列内容：

1　收集被检测工程的岩土工程勘察资料、桩基设计图纸、施工记录；

2　了解施工工艺和施工中出现的异常情况；检测的具体要求；

3　检测项目现场实施的可行性。

7.5.3　应根据调查结果、检测目的和检测方法的适用范围，选择检测方法，制定检测方案；检测方案宜包含工程及地质概况、基桩参数和设计要求、施工工艺、检测方法和数量、受检桩选取原则、检测周期以及所需的机械或人工配合。

7.5.4　检测开始时间应符合下列规定：

1　当采用低应变法检测时，受检桩混凝土强度应达到设计强度的 75%，且不小于 15MPa；

2　当采用钻芯法检测时，受检桩的混凝土龄期应达到 28d 或同条件养护的预留试块强度达到设计强度；

3　承载力检测前的休止时间除应达到本条第 2 款规定的桩身混凝土强度外，当无成熟的地区经验时，尚不应少于表 7.5.4 规定的时间。

表 7. 5. 4　休止时间

土的类别		休止时间（d）
砂土		10
粉土		15
黏性土	非饱和	20
	饱和	28

7.5.5　验收检测的受检桩选择原则应符合下列规定：

1　施工质量有疑问的桩；

2　设计方认为重要的桩；

3　局部地质条件出现异常的桩；

4　施工工艺不同的桩；

5　承载力验收检验时适量选择完整性检测中判断的Ⅲ类桩；

6　除上述规定外，同类型桩宜均匀随机分布。

7.5.6　受验桩应先进行桩身完整性检测，后进行承载力检测。当基础

埋深较大时，桩身完整性检测和承载力检测应在基坑开挖至基底标高后进行。

7.5.7 检测报告应结论明确、用词规范。检测报告应包含以下内容：

1 委托方名称、工程名称、地点、建设、勘察、设计、监理和施工单位、基础型式、结构型式、建筑层数、设计要求、检测目的、检测依据、检测数量、检测日期：

2 地质条件描述；

3 受检桩的桩型、尺寸、桩号、桩位、桩顶标高和相关施工记录；

4 检测方法，检测仪器设备，检测过程叙述；

5 受检桩的检测数据，实测与计算分析曲线、表格和汇总报告；

6 与检测内容相应的检测结论。

7.6 工程质量验收

7.6.1 当桩顶设计标高与施工场地标高相近时，基桩的验收应待基桩施工完毕后进行；当桩顶设计标高低于施工场地标高时，应待开挖到设计标高后进行验收。

7.6.2 验收应包括下列资料：

1 岩土工程勘察报告、桩基施工图、图纸会审纪要、设计变更单及材料代用通知单等；

2 经审定的施工组织设计、施工方案及执行中的变更单；

3 桩位测量放线图，包括工程桩轴线复核审定单；

4 原材料的质量合格证和检验报告；

5 施工记录及隐蔽工程验收文件；

6 成桩质量检查报告；

7 桩基或复合地基检测报告；

8 桩基竣工平面图及桩顶标高图；

9　其他必须提供的文件和记录。

7.6.3　承台工程验收时应包括下列资料

1　承台钢筋、混凝土的施工与检查记录；

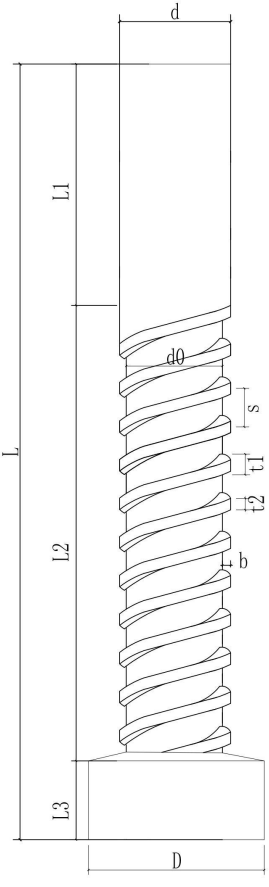
2　桩头与承台的锚筋、边桩离承台边缘距离、承台钢筋保护层记录；

3　桩头与承台防水构造及施工质量；

4　承台厚度、长度和宽度的量测记录及外观情况描述等。

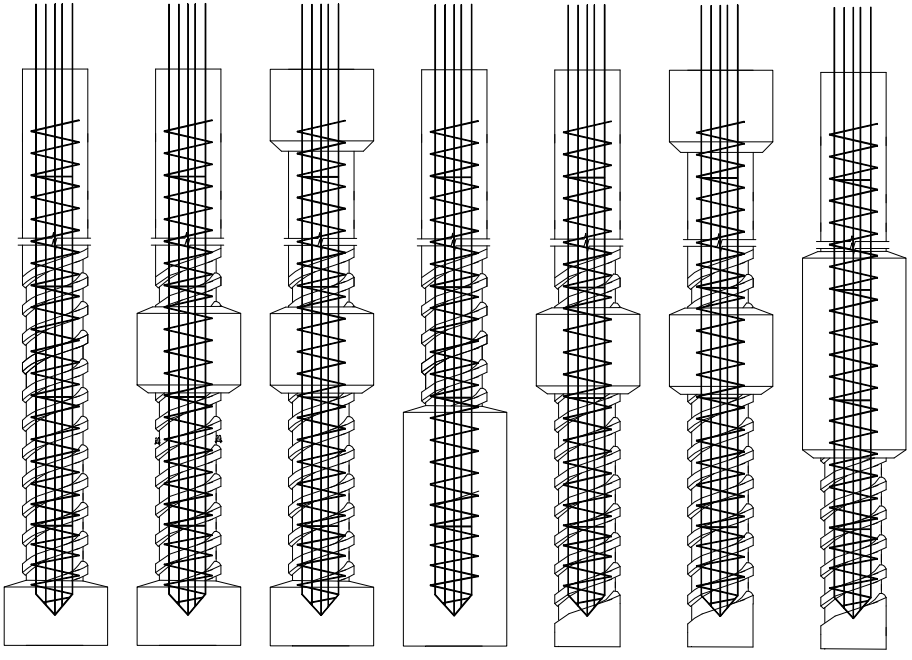
7.6.4　承台工程验收除符合本节规定外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的规定。

附录 A　螺杆灌注桩构造示意图

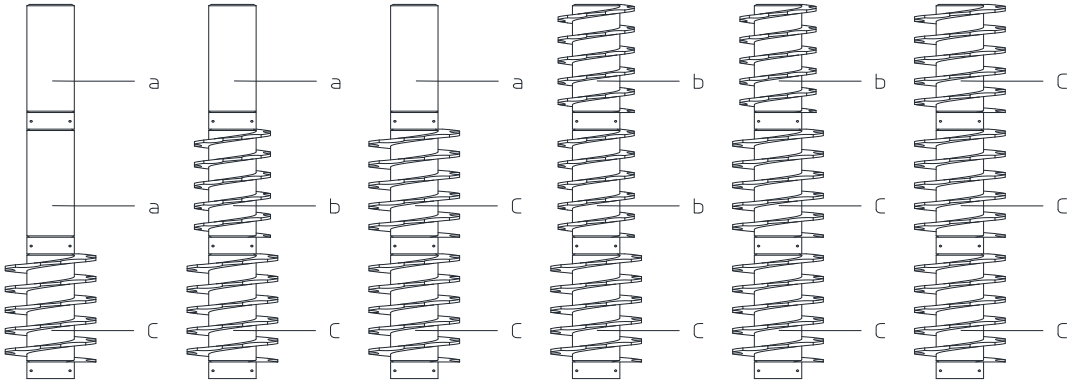


L—设计桩长；L1—直杆段长度；L2—螺纹段长度；L3—扩大体段长度；D—扩大体直径；d—螺杆桩外径；d0—螺杆桩内径；t1—螺牙根部厚度；t2—螺牙端部厚；b—螺牙宽度；s—螺距。

附录 B　螺杆灌注桩桩型



附录 C 组合式齿状螺纹钻具



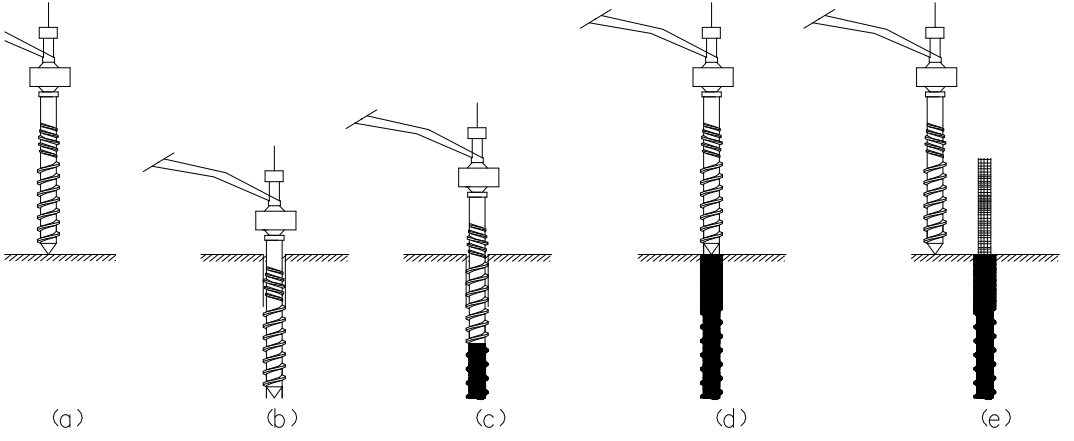
（1）　　（2）　　（3）　　（4）　　（5）　　（6）

说明：a 为光壁杆；b、c 为齿状螺纹钻杆；且 b 外径＜c 外径；

（1）从上到下为 a+a+c；（2）从上到下为 a+b+c；（3）从上到下为 a+c+c；（4）从上到下为 b+b+c；（5）从上到下为 b+c+c；（6）从上到下为 c+c+c。

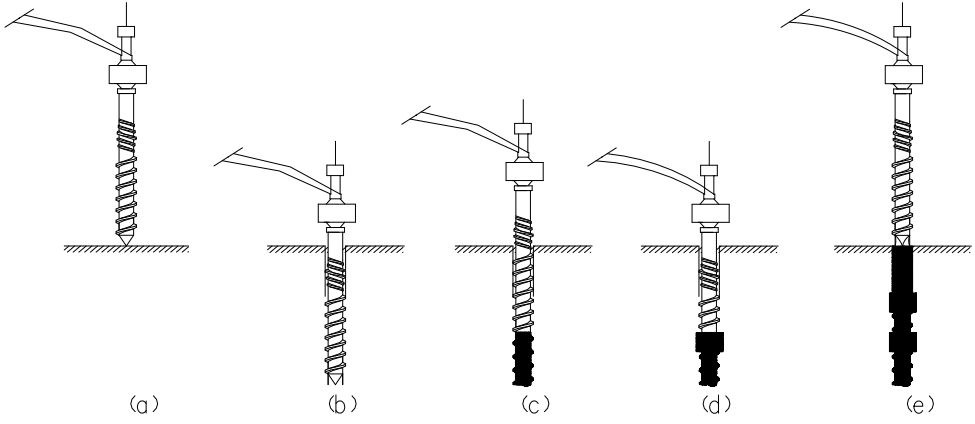
根据土层情况采用各类不同直径的钻杆排列组合，使钻具外径从上到下由小直径变为大直径直至与设计桩长等径的组合式齿状螺纹钻具，可以有效的排出土体中的气体，使钻进过程阻力减少，效率以及桩身质量得到保证。

附录 D 螺杆灌注桩成桩工艺过程示意图



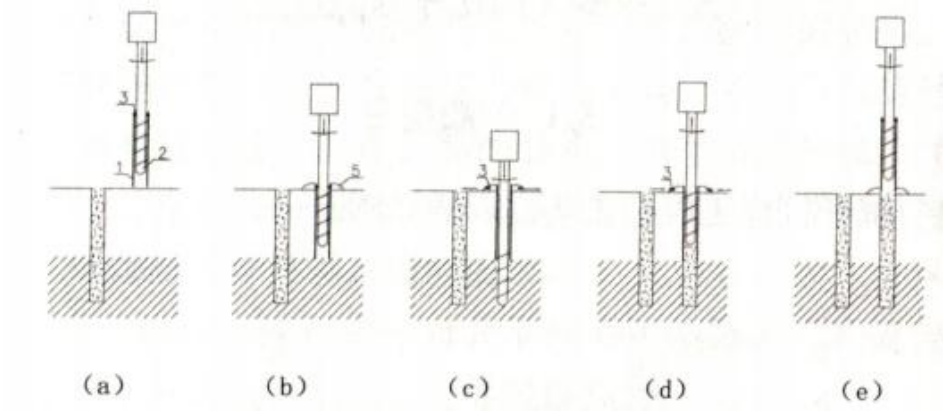
说明：(a)第一步：钻机对准桩位；(b)第二步：钻杆正向非同步钻进至直杆段设计深度；(C) 第.步：钻杆正向同步钻进至桩底，形成桩的螺纹段；(d)第四步：在同步反转提钻同时泵机 利用钻杆作为通道，保持额定泵压和泵速在高压状态下使混凝土形成下部螺纹状桩体和上部 圆柱状桩体；(e)混凝土浇筑完毕，采用后插筋法安置钢筋笼，形成螺杆桩。

附录 E 螺杆灌注桩扩大体工艺示意图



说明：(a)第一步：钻机对准桩位；(b)第二步：钻杆正向非同步钻进至直杆段设计深度；(C) 第三步：钻杆正向同步钻进至桩底，形成桩的螺纹段；(d)第四步：同步反转提钻到一定高度后，同步正转下钻至扩大体底面设计标高后同步反转提钻至设计标高，同时泵机连续泵送混凝土 利用钻杆对混凝土的挤压形成桩身扩大体；(e)可在桩身任意部位形成一个或多个桩身扩大体。

附录 F 消除挤土效应的屏障技术示意图



说明：1 一屏障钢管（上下敞开、周边封闭的横截面为圆形）；2—连续齿状螺纹挤土型钻具；3 一定位销：（a）将屏障器用定位销定位在钻具上：（b）将钻具往下正向旋转钻进，带动屏障器进入土中至设计要求消除挤土效应的深度时即停止下钻，从屏障器内逸出的淤泥质土或饱和性黏土从屏障器上端排出；（c）取出定位销，将钻具及屏障器分离，屏障器不动， 钻具采用挤压土体成孔继续往下钻进至桩的设计深度；（d）钻具反向旋转上提，同时浇筑混凝 土或水泥浆形成带螺纹状的挤土型桩体，也可采用钻具正向旋转上提，形成直杆状的挤土型 桩体：（e）至屏障器上端定位销位置时停止上提，插上定位销，将连续螺纹状挤土型钻具及 屏障器连接定位。连续螺纹状挤土型钻具继续正向旋转上提并带动屏障器上提，同时连续浇 筑混凝土或水泥浆至地面，形成直杆状桩体。最终形成上部为取土型、下部为挤土型的部分挤土型桩。

附录 G　螺杆灌注桩质量控制记录表

螺杆灌注桩质量控制记录									
施工部位：									
记录 桩号	混凝土是否强制搅拌 3~5 分钟	下钻前扇门是否自由开闭	是否先泵送后提钻	是否先冒出砼后出钻头	是否连续泵送混凝土（连续泵送中断深度）	桩长（mm）	理论泵送次数	实际泵送次数	备注

附录H　螺杆灌注桩施工记录表

H.0.1　螺杆灌注桩施工记录可按表A.0.1执行。

表H.0.1　螺杆灌注桩施工记录

施工单位：　　工程名称：　　编号：

施工日期：　　设计有效桩长：　　设计桩径：　　混凝土坍落度：

序号	桩编号	施工桩长（m）	螺纹段长度（mm）	钻孔时间		泵送时间		投料量（m^3）	施工面标高（m）	桩顶标高（m）	桩端进入持力层深度（m）	终孔钻进扭矩（kN•m）	加压力（kN）	备注
				起	止	起	止							

记录（签名）：　　机长（签名）：　　现场技术主管（签名）：　　监理（签名）：

附录 I　螺杆灌注桩桩基设计说明（参考）

I.0.1 螺杆灌注桩桩基设计说明可参考 I.0.1。

表 I.0.1 螺杆灌注桩桩基设计说明

设计依据：

1、XXXX 勘察院提供的《XXXX 岩土工程勘察报告》（工程编号：XXXX）。

2、《螺杆灌注桩技术规程》DBJ 46-026-2013

3、《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011

4、《建筑桩基技术规范》 JGJ 94-2008

设计说明：

1、本工程相当于绝对标高____m，以下未注明标高均为相对标高，桩顶设计相对标高为____m。

2、本工程采用螺杆灌注桩。

3、螺杆灌注桩桩径为___mm，有效桩长___m，螺纹段长度为____m，施工保护桩长为　　mm，桩端进入___土层___m，单桩承载力特征值KN,极限值大于____KN。采用 C___混凝土，混凝土灌注充盈系数≥1.10。

4、未注明桩定位关于轴线对中。

5、桩基施工前应对本工程范围场地进行平整，去除表层杂填土，用素土将建筑场地填至相应标高，并对素土进行分层压实。

6、本工程要求打试桩，并做静载试验，试验结果应及时通知设计院，以便根据试验结果调整设计参数。

7、基槽开挖时，不得在桩身部分用重锤或挖斗横向锤击撞击，否则造成浅层断桩由基槽开挖施工方责。

8、桩基检测：

1）本工程做_____根桩进行单桩竖向承载力检验，最大加载荷重____KN。

2）低应变试验检测数量随机抽取不少于总数的 30%（试桩必须做低应变动测）。

3）动测检验按《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 执行。

9、施工要求：

1）本工程采用商品混凝土或自动配料机混凝土搅拌站泵送混凝土连续施工；

2）混凝土坍落度____mm；

3）钻机拔杆速度不得超过 2.5/min，钻机钻至设计深度后，空钻杆提升高度不得超过 0.5m 即泵送灌注混凝土；

4）混凝土试块取样按每台班一组（一组共 3 块）；

5）桩机钻杆垂直度小于等于 1%，采用钻机塔架双面吊线技术措施，单面吊线长度不小于 10m。

6）开工前应试打一至两根桩，确定混凝土用量并换算成泵机打泵数量（泵量/每根桩），确定提升速度，确保混凝土用量不得少于规定用量；

7）电梯间施工应采取中心向外逐步打桩是技术措施；

8）钻机主桅杆应在明显位置标明钻杆深度尺寸；

9）钢筋笼采用后置法放置，为避免钢筋笼下沉超过设计深度，应采用相应的技术措施。

10、工程桩全部完成后，应经中间验收合格并向设计单位提供桩位竣工平面布置图，成桩施工记录，桩的测试报告等必要的技术资料，经复查认可，并凿除桩顶浮桨，方能进行下道工序的施工。

附录 J　螺杆灌注桩复合地基设计说明（参考）

J.0.1 螺杆灌注桩复合地基设计说明可见参考 J.0.1。

表 J.0.1 螺杆灌注桩费和地基设计说明

设计依据：

1、XXXX 勘察院提供的《XXXX 岩土工程勘察报告》（工程编号：XXXX)

2、《螺杆灌注桩技术规程》DBJ 46-026-2013

3、《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011

4、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79

设计说明：

1、本工程相对于绝对标高_____m，以下未注明标高为相对标高，桩顶设计相对标高为____m.

2、本工程采用螺杆灌注桩复合地基，复合地基处理后地基承载力特征值≥____kPa。螺杆灌注桩桩径为____mm，有效桩长_____m，螺纹段长度为_____m，施工保护桩长为____m，桩端进入_____土层_____m，单桩承载力特征值_____KN，采用 C　混凝土，混凝土灌注充盈系数≥1.1。

3、桩基施工前应对本工程范围场地进行平整，去除表层杂填土，用素土将建筑场地填至相应标高，并对素土进行分层压实。

4、螺杆灌注桩复合地基采用褥垫层，褥垫层厚度为　mm，为级分配碎石垫层，比例为 5:3:1，[碎石(1-3cm):中粗砂：水]，要求褥垫层的夯填度<0.9，应通过检测验收后合格后方可进行下道工序的施工。

5、基槽开挖时，不得在桩身部分用重锤或挖掘机挖斗横向锤击或撞击，以避免发生桩身断裂。

6、桩基测验：

1）本工程取____根桩进行单桩竖向承载力检验，静载值静 KN；取___载点进行复合地基承载力检验。

2）低应变试验检测数量随机抽取不少总桩数的 30%。

3）动力检验按《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 执行。

8.螺杆灌注桩施工要求：

1）本工程采用商品混凝土或自动配料机混凝土搅拌站泵送混凝土连续施工；混凝土坍落度____mm；

2）钻机拔杆速度不得超过 2.5/min，钻机钻至设计深度后，空钻杆提升高度不得超过 0.5m 即泵送灌注混凝土；

3）混凝土试块取样按每台班一组；

4）钻机钻杆垂直度小于等于 1%，采用钻机塔架双面吊线技术措施，单面吊线长度不小于 10m。

5）开工前应试打一至两根桩，确定混凝土用量并换算成泵机打泵数量（泵量/每根桩），确定提升速度，确保混凝土用量不得少于规定用量；

6）电梯间施工应采取由中心向外逐步打桩的技术施工；

7）钻机主桅杆在明显位置应标明钻杆深度尺寸；

8）工程桩全部完成后，应经中间验收合格并向设计单位提供桩位竣工平面布置图，成桩施工记录，桩的测试报告等必要的技术资料，经复查认可，并凿除桩顶浮桨，方能进行下道工序的施工。

本规程用词说明

1 为方便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

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”；

表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

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 规程中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或：“应按……执行”。

引用标准名录

1 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
2 《混凝土结构设计规范》GB 50010
3 《岩土工程勘察规范》GB 50021
4 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202
5 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
6 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
7 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79
8 《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106
9 《普通混凝土用砂石质量标准及验收方法》JGJ 52

海南省工程建设地方标准

螺杆灌注桩技术规程

条文说明

1　总则

1.0.1~1.0.4　螺杆灌注桩技术专利名称包含《半螺丝桩及其成桩工法》（专利号 03128265.2）、《螺杆桩、螺纹桩成桩设备及成桩工法》（专利号 200610019756.6）、《一种正反向等径螺杆桩和钻具及其成桩工法》（专利号 201810349449.7）、《一种螺杆桩和组合式钻具》（专利号 201820415803.7）。目前，在螺杆灌注桩基础上已衍生了一系列桩型及其工法，形成螺杆灌注桩成套技术体系。

螺杆灌注桩是一种带螺牙的异形混凝土灌注桩，它采用带自控装置的螺杆桩机施工,通过特制的组合式齿状螺纹钻具钻进，自控系统严格控制钻杆提升速度与旋转速度同步，钻至设计深度在土体中形成带螺纹的钻孔后，混凝土由高压泵输送至空心螺纹钻杆由钻头泵出，在孔中填实形成桩侧带正反螺纹的混凝土桩基。该技术具有单桩承载力高、成桩速度快、不坍孔、无沉渣、无噪音、无泥浆排放及整体造价低的特点。本规程编写的目的是为确保在设计、施工中做到安全适用、确保工程质量。

螺杆灌注桩设计与施工要实现安全适用、技术先进、经济合理、保证质量、节能环保等目标，应综合考虑工程与水文地质条件、 上部结构类型和荷载特征、施工技术及环境条件等因素，把握相关技术要点。

除本规程规定的适用范围外，在特殊性土层中应通过试验确定其适用性。

对于其他行业（例如电厂、港口、公路、铁路等）采用螺杆灌注桩的工程，本规程可使用，但同时应符合相应行业标准规定。

2　术语和符号

2.1　术语

2.1.1　螺杆灌注桩系列技术不仅在外形上包含了上部直杆、螺纹与直杆并存的桩身构造，即当前为业界广泛熟知的“螺杆桩”；更重要的是，在施工方法上采用专用的螺杆桩成桩设备与组合式齿状螺纹钻具（见附录 C），顺时针旋转成孔成形至设计深度，利用泵机挤压混凝土，从钻杆底压出混凝土，并正向或反向旋转提钻杆、保持钻杆内与土体周边介质的压力差，不得中断混凝土，逆时针旋转提升混凝土，通过挤压了形成下部螺丝型结构部分。经过多年的工程实践以及桩工机械效能的跨代提升，现在已可实现在桩身任意部分形成桩身扩大体的“膨胀螺丝”构造手段，并形成正反等径螺纹形状，通过大扭矩旋转挤压成型保证桩侧地基土剪切滑动面的完整或基本完整，从而大幅提升单桩承载力。

在《螺纹桩技术规程（JGJ/T 379-2016）》中，对螺纹桩进行了定义：螺纹桩 screw concrete pile 桩身带有螺牙的混凝土灌注桩。

其中，螺牙 screw thread 桩身的螺纹部分。

显然，《螺纹桩技术规程（JGJ/T 379-2016）》对于螺纹的定义极为宽泛，仅仅是从从外部形态上对螺纹以及螺纹桩进行了定义，并未涉及螺纹的成型方式，螺纹的成型方式可分为两大类：

第一类，剪切成型；

第二类，挤压成型。

剪切成型工艺所形成的螺纹，仅仅是改变了桩与土之间的接触状态，即增大了桩与土之间的摩擦系数，而且在剪切过程中对原状土进

行了扰动，因而对桩承载力的提升作用有限，综合反映在《螺纹桩技术规程（JGJ/T 379-2016）》的侧阻提高系数偏低；而挤压成型工艺所形成的螺纹，通过严格的正反旋同步和介质压力，保持并提升了原状土的力学性状，在理论上桩承载力的本质是土的剪切强度，尽管本规程仍将其简化为侧阻提高系数，但挤压成型螺杆桩的侧阻提高系数要高于和有别于其他剪切成型的螺纹桩。

2.1.2-2.1.4 同步技术和非同步技术是通过螺杆灌注桩机高精度自控系统实现，使钻具旋转速度和主卷扬（为动力头和钻具提供竖向力卷扬器）竖向位移速度按照自控系统预定参数而形成相应比例关系的一种控制技术。

需要指出的是，由于粉土、砂性土具有流动补偿的特性，因此应优先考虑在埋深较深、承载力较好的粉土和砂性土中采用同步技术形成螺纹；粘性土中，尤其是较硬或硬度较大的粘土层中可能出现乱螺现象，一般宜优先考虑设置直杆段，作为桩端持力层时除外。

2.1.5-2.1.8 螺杆灌注桩桩身结构具有一定的特殊性，比普通灌注桩更为复杂。螺杆灌注桩内径、螺杆桩外径、螺牙厚度、螺牙宽度、 螺距的大小，都直接影响螺杆桩的受力机理、承载力与稳定性。

螺杆灌注桩受力较为特殊，螺牙宽度、螺纹间距和深度不同，其承载力机理发挥也不同，但为方便设计，假定螺杆桩承载力由端承力和按螺杆桩外径形成的侧面提供的侧阻力提供，提出了等效侧阻的概念。等效侧阻就是桩侧提供的承载力除以桩侧的面积。

2.1.11 1971 年，英国学者 Tomlinson 根据试验得出，桩身形成螺纹式构造时，土体承载力最高可达摩擦式构造的 5 倍。本规程所述的提高系数，是通过大量工程和试验取得的数据，体现各种土层中形成螺纹式构造时土体承载力的提高程度。

3　基本规定

3.0.2　场地内存在流塑状淤泥或其他挤土效应明显的饱和软土时，应优先考虑采用跳打施工，在试桩时分别进行不同间距条件下的施工，得出合理施工间距。如跳打施工难以实施，可采用附录 E 所示屏障技术进行施工，但由于该方法对工效影响较大，对混凝土缓凝的要求也较严格，因此当挤土效应非常明显才考虑使用本方法，如工期允许，宜先将场地软土硬化后再施工，其整体经济性优于屏障技术。

4　勘察

4.0.3　端承桩的承载力依赖于桩端土层，勘探点间距宜小些；摩擦型桩的承载力依赖于桩侧土层，勘探点间距适当大些。

5 设计

5.2 基桩构造

5.2.1 螺杆灌注桩以外径为设计桩径，与同桩径的圆柱形桩相比减少了桩身螺纹之间的混凝土用量。

由于螺杆灌注桩螺纹段刚度有所削弱，应合理控制桩的长径比，当场地无淤泥、淤泥质土、松散粉细砂、湿陷性黄土等软弱土层时，土体可以有效提供侧阻，长径比可适当调高为 60~80，但不应大于 80.

5.2.2 螺杆灌注桩机采用的钻具标准内径有 φ273、φ299 和 φ340 三种规格，当进行大桩径施工时，可对钻头进行改造，将内径加大至设计要求。

5.2.3 螺杆灌注桩是在全螺纹灌注桩基础上发展而来的技术，与全螺纹灌注桩相比，螺杆灌注桩上部的直杆段具有比螺纹段更大的截面积，用于承受桩上部所受的较大荷载，为下部螺纹段发挥作用提供了缓冲和保障。

5.2.10 螺杆灌注桩属于摩擦桩型，根据现行《建筑桩基技术规范》JGJ94 的规定，可以部分配筋，但不小于桩长的 2/3。

在 8 度以上抗震地区，需要通长配筋时，可将钢筋笼设计为分段变径形式，分别满足直杆段和螺纹段的主筋保护层厚度要求，同时应采用有效措施保证钢筋笼的垂直度和偏移量在允许范围内。

现行《建筑桩基技术规范》JGJ94 要求桩径为 300~2000mm 的灌注桩正截面构造配筋率为 0.2~0.65%，但对于小桩径应取高值，螺杆灌注桩可施工桩径为 300~700mm，因此将螺杆灌注桩正截面构造配筋率提高为 0.4~0.65%,

5.2.6～5.2.7 表 5.2.6 与现行《建筑桩基技术规范的表》3.3.3-1 中

部分挤土桩数据相同，适用于一般的可以挤压的土层；施工间距过小时，在淤泥、硬粘土等土层会发生变形、缩径、断桩、偏斜等事故，在饱和粉土、饱和粉细砂等土层成桩时，可能会导致未初凝邻桩中的水泥浆渗漏，从而引发夹泥、缩径、断桩等事故。应尽可能选择大桩距，必要时还应采用跳打方案和屏障技术施工。

屏障技术是在上部为饱和软土，下部为较好土层时采用的一种消除挤土效应的方法，可理解为在套管中进行钻孔成桩，饱和软土的侧向位移被套管阻断，只能通过套管上部的空间被钻杆带出地面，从而在饱和软土中形成取土型桩。进入较好土层后，套管留在原位，钻杆继续钻进并挤土成桩，需要指出，如采用屏障技术，应适当增加直杆段长度，避免因荷载过大导致桩身破坏，详附录 E。

5.3 单桩竖向极限承载力

5.3.2 螺杆桩的受力与常规直杆桩的受力原理不同，除桩径、桩长和桩侧及桩端地基土影响单桩承载力外，螺纹间距和宽度对承载力影响也较大。根据太沙基极限平衡理论，螺杆桩螺牙的受力可假定为浅基础受力，螺牙以上的土体看作均布荷载，每一片螺牙可假定为一倾斜的圆形浅基础。当螺杆桩受力时，每一级螺牙下地基分别受力，随着荷载的增加，螺牙下地基土达到塑性，随荷载增加塑性区域逐渐扩大，滑裂面向上延伸。

假定螺牙的底面是粗糙的，螺牙周围土体滑动面如图 2 所示，可分为两个区域：I 区是螺牙底面下的土楔 abo,由于假定螺牙是粗糙的，具有很大的摩擦力，因此 ab 面不会发生剪切位移， I 区内土体不是处于朗肯主动状态，而是处于弹性压密状态，它与螺牙底面一起移动。假定滑动面 ob 与水平面成α角。II 区滑动 而是通过 ofe 点的辐射线，忽略重度对滑动面形状的影响，其向径 $r = r_o e^{\theta \tan\varphi}$。

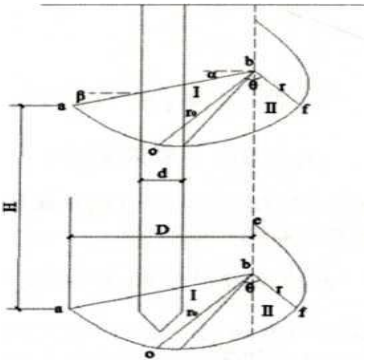


图 1　螺杆灌注桩极限荷载剪切破坏面

当上下两级螺牙滑裂面的 e 和 e' 点重合时，螺杆桩受力最优，最优间距与外径满足：

$$r_1 + r_2 = H \tag{1}$$

而 $r = r_0 e^{\theta \tan\varphi}$，根据三角关系，$r_0 = \dfrac{D\cos\beta}{2\cos\alpha}$ 代入上式得

$$H = \frac{D\cos\beta}{2\cos\alpha}\left[e^{(\frac{\pi}{2}-a)tg\varphi} + e^{(\frac{3\pi}{2}-a)tg\varphi} \right] \tag{2}$$

式中：H ——螺杆灌注桩螺距

D ——叶片外径

α ——压密核区与水平面夹角

β ——叶片倾角

θ ——向径旋转角

r_0 ——初始向径

r ——滑裂面向径

φ——土的内摩擦角

当螺牙间距小于最优间距时，螺牙受力相互影响，两滑裂面相交，最终形成近似以螺牙外径为直径的滑裂面。

当螺牙间距大于 H 时，每个螺牙下地基土受力互不影响.随着荷载加大，螺牙下塑性区增大，滑裂面向上与桩身相交，上下滑裂区间的桩侧侧阻开始发挥，当侧阻达到极限时，螺杆灌注桩承载力达到极限。

可见螺杆灌注桩承载力受桩间土、螺牙宽度和间距等多种因素的影响，当螺牙间距较小、土的抗剪强度较低时，螺杆灌注桩单桩侧阻力为螺杆灌注桩外径形成的剪切面的抗剪力；当螺牙间距较大、土的抗剪强度也较高时，螺杆桩各螺牙承载力类似浅基础的受力，单桩承载力为所有螺牙承载力和螺纹段内径发挥侧阻。

由于螺杆灌注桩受力受多因素的影响，精确计算螺杆灌注桩单桩承载力特征值非常困难，而实际螺杆灌注桩的螺距一般为外径的 1.1~1.4 倍，为方便设计人员设计计算，我们提出了采用常规桩基承载力估算方法估算螺杆灌注桩单桩极限承载力，如公式(5.3.2-1)～(5.3.2-6),将螺杆灌注桩极限承载力标准值简化为桩端极限端承力和等效极限桩侧阻之和。有设计经验的地区可以根据经 验对端阻和等效侧阻进行取值，在没有成熟地区经验的地区，本规程提出了经验计算公式，参考干作业钻孔灌注桩极限承载力进 行估算，根据试验研究证明，相同桩长、桩外径的螺杆灌注桩与干作业钻孔灌注桩底端承力略有差别，但相差不大，假设两种桩型的桩端承力是相同的，根据螺杆灌注桩静载荷试验的极限承载力，扣除端承力后计算出螺杆桩桩侧发挥的承载力，按螺杆灌注桩外径形成的 侧而面积计算出桩侧的等效极限侧阻，并与干作业钻孔桩的极限侧阻对比，计算出螺杆灌注桩等效极限侧阻较干作业钻孔桩极限侧阻的提高系数，对各个地区的工程进行统计分析提出了提高系数的经验取值，表 1 为部分统计工程螺杆灌注桩侧阻增强系数。

表 1 部分工程等效侧阻增强系数的统计				
工程名称	桩长	内径	外径	侧阻提高系数
一江某「・程试验桩	8.0-19.0	350-500	400-850	1.50-1.84
史际钢铁物流	16. 5-17.5	377	500	1. 55- 1. 60
一二半世纪 K 江苑	17-23.0	377	500	1.43-1. 72
续表 1				
天门金汉宫城	23.0	377	500	1.45-1.63
世博园试桩	20.0	377	500	1.64-1.81 |
东营辛兴小区	21.5	300	400	1.35-1.64
山东机务飞行倒班宿舍楼	15.0	300	500	1.39-1.45 \
博兴阳光小区	16. 08	300	500	1.35-1.47 、
博兴名士豪庭	7.5	300	400	1.40-1.65 ；・
北部湾某工程	22.0	377	500	1.50
・东城半岛	24.0	377	500	1.68
迪亚溪谷	12.0	377	400	1.84-1.90
盘锦某安置房	7.0	377	400	1. 75-1. 90
海兴行政中心	8.0	377	500	1.78-2.05 i
试验桩	10.0-16.0	377	400-550	1.42-1.83 ；

从理论上分析，普通桩基和螺杆灌注桩基最大区别在桩侧侧 g 等效侧阻的发挥上，普通桩基础其侧阻为桩土间抗剪力，而螺杆灌注桩桩侧等效侧阻来源于螺牙间土体的抗剪强度，故螺杆灌注桩等效侧阻和普通桩基础侧阻的不同表现为土抗剪强度和桩土界面抗剪强度的不同，地基土的内摩擦角大于桩土间的摩擦角，因此螺杆灌注桩承载力高于普通直杆桩承载力。

根据现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 和 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 中建议的挡土墙摩擦角（见表 2），在不考虑土的粘聚力情况下，根据土的抗剪强度计算公式，螺杆灌注桩等效极限侧阻和普通桩基极限侧阻比值为土的抗剪强度和桩土抗剪强度比值，即为地基土内摩擦角与桩土摩擦角的正切比值，根据表 2,桩土摩擦角按第三种情况取值。表 3 为地基土 内摩擦角为 5’～

45°时螺杆灌注桩等效极限侧阻增强系数的计算值，经计算为 1.49～2.41,与统计值基本相符，这也是提出等效极限侧阻增提高系数的理论依据。

表 2 土对挡土墙背的摩擦角度 δ

挡土墙情况	摩擦角 δ
墙背平滑，排水良好	(0-0.33)外 φ_k
墙背粗槌，排水良好	(0.33-0.50) φ_k
墙背很粗糙，排水良好	(0.50-0.67) φ_k
墙背与填土间不能滑动	(0.67-1.00) φ_k

内摩擦角 φ_k	$\delta = 0.67\phi k$	$\tan\varphi_A / \tan\delta$	$\delta = 0.50\phi k$	$\tan\varphi_k / \tan\delta$
5	3.35	1.49	2.50	2.00
10	6.7	1.50	5.00	2.02
15	10.05	1.51	7.50	2.04
20	13.4	1.53	10.00	2.06
25	16.75	1.55	12.50	2.10
30	20.1	1.58	15.00	2.15
-35	23.45	1.61	17.50	2.22
40	26.8	1.66	20.00	2.31
45	30.15	1.72	22.50	2.41

3 土的摩阻力和界面摩阻力的比值

5.4 桩身承载力

5.4.1 螺杆灌注桩螺牙对桩身承载力有一定贡献，但由于螺牙提供的承载力很谁精确计算，故在验算时忽略螺牙对桩身承载力的有利影响，桩身截面面积按设计桩径进行计算。

当桩侧穿过可液化土层或不排水强度小于 10kPa 的软弱土层时，桩侧土的侧向约束较小，验算桩身承载力时应考虑压屈影响。

5.7 螺杆灌注桩复合地基设计

5.7.5 刚性桩复合地基的褥垫层的材料通常采用砂石材料，可加速桩间土排水固结；同时，当有隔水防潮要求时，褥垫层采用灰土，已有大量工程应用。

规定褥垫层的厚度的建议范围为 150mm-300mm，螺杆桩复合地基属于“桩承载力高、桩距大”的情形，因而，设计应当适当增大螺杆桩复合地基褥垫层厚度，考虑控制总体沉降、基坑开挖深度、褥垫层造价等因素。

褥垫层铺设范围宜超过基础边缘不少于褥垫层厚度，褥垫层外围宜设置围梁。当存在基础侧面土质较差、基坑回填质量难以保证、独立基础布桩、单排布桩等四种情形之一时，褥垫层外围宜设置围梁。龚晓南院士主编的浙江省工程建设标准《复合地基技术规程（DB33／1051-2008）》、《刚-柔性桩复合地基技术规程（JGJ/T210-2010）》、《复合地基技术规范（GB/T 50783-2012）》中，均提出“褥垫层外围宜设置围梁”，解说中指出：“垫层外围设置围梁能保证周边的垫层不致流失，并可保证边缘垫层在围梁约束下能很好地发挥作用。在荷载板试验时也要求周围有围梁”。“规程规定褥垫层设置范围宜比基础外围每边大 200mm-300mm，主要考虑当基础四周易因褥垫层过早向基础范围以外挤出而导致桩、土的承载力不能完全发挥。若基础侧面土质较好褥垫层设置范围可适当减小。也可在基础下四边设置围梁，防止褥垫层侧向挤出”。

6 施工

6.1 基本规定

6.1.2 螺杆灌注桩技术经过十余年的工程实践，对于生产设备总结出很多有价值的技术经验，其中，可靠的加压装置、自动高效的同步技术和足够的扭矩动力是保证螺杆桩成桩质量的关键因素，若旋转动力和/或压力不足无法对地基土进行挤压，难以实现螺纹的挤压成型；穿透卵石层、坚硬土层、岩层的桩基旋转动力扭矩宜大于 250kN.m。

6.1.3 应重视试验桩阶段的工程参数收集，可为设计提供二次优化的参数，也可根据试桩参数形成工程桩的施工依据，有效保证工程桩质量的稳定性。

6.1.4 《建筑桩基技术规范》（JGJ94-2008）中对不同类型灌注桩的混凝土超灌高度作了具体规定：

（泥浆护壁成孔灌注桩）灌注水下混凝土的质量控制应满足下列要求：应控制最后一次灌注量，超灌高度宜为 0.8-1.0m，凿除泛浆高度后必须保证暴露的桩顶混凝土强度达到设计等级。

（长螺旋钻孔压灌桩）桩顶混凝土超灌高度不宜小于 0.3-0.5m。

（沉管灌注桩和内夯沉管灌注桩）成桩后的桩身混凝土顶面应高于桩顶设计标高 500mm 以内。

《建筑地基处理技术规范》(JGJ79-2012)7.7.3 条对水泥粉煤灰碎石桩复合地基的施工规定：施工桩顶标高高出设计桩顶标高不宜少于 0.5m；当施工作业面高出桩顶标高较大时，宜增加混凝土灌注量，提高施工桩顶标高，防止缩径。

《建筑地基基础工程施工质量验收规范》（GB50202-2002）则不加区分基桩的施工工艺，在桩基础的一般规定中，5. 1. 4 条统一规定为：灌注桩的桩位偏差必须符合有关规定，桩顶标高至少要比设计

标高高出 0.5m。

6.2 施工准备

6.2.5 场地软弱会导致螺杆灌注桩机陷机，局部软弱还可能引发螺杆灌注桩机倾覆等事故，因此软弱场地应进行预处理，如降水、铺设钢板、铺设并夯实厚度大于 0.5m 的垫层等措施均有良好效果。

6.4 施工控制

6.4.7 施工中严格控制钻进速度，刚接触地面时，下钻速度要快。钻进速度应根据土层情况来确定：杂填土、黏性土、砂卵石层为 0. 2~0. 5m/min；素填土、黏土、粉土、砂层为 1.0～1. 5m/ min 施工前应根据试桩结果进行调整。在钻进过程中，如遇到卡钻、钻机摇晃、偏斜或发现有节奏的声响时，应立即停钻，查明原因，采取相应措施后，方可继续作业，当需停钻时间较长时，应将钻杆提至地表。

提钻速度与泵送速度可根据式（3）和（4）计算，泵送过程应连续进行。

$$V_p = \frac{\mu n V}{\lambda A_p} \qquad (3)$$

$$V_{ps} = \frac{\mu n V}{\lambda A_{ps}} \qquad (4)$$

式中：V_p、V_{ps} ——直杆段、螺纹段提钻速度（m/min）；

μ ——混凝土泵填充系数，一般可取 0.7~0.8；

n——泵送速度（泵/min）,一般为 8~12 泵/min，混凝土泵行程

较大时取低值；

V ——每泵理论体积（m³），根据混凝土泵缸径和行程计算；

λ ——充盈系数；

A_p 、 A_{ps} ——直杆段、螺纹段横截面积（m²）。

6.4.9 螺杆灌注桩技术选用混凝土泵的标准行程一般有 14m、1.6m、1.8m 三种规格，行程大时选用较低的泵速，且泵速应在施工前打 4~6 空泵并计时测算但一般情况下每泵均有一定的填充率，这与泵的性能、老化程度以及混凝土坍落度等都有关系，一般可达到 70~80%，泵型适合、保养良好、坍落度理想的状况下可达 95%以上。

6.4.10 后插筋工艺对钢筋笼的要求与传统工艺有所不同，由此需要借助平板振动器，绑扎节点可能在插筋过程中被振散，因此所有节点均要求采用焊接连接。

钢筋笼后插筋工艺除满足国家相关规范要求外，还应满足以下要求：

1 插筋前清理桩头、钢筋笼上的杂物、泥土；

2 插筋过程中应慢放、点动并不断调整垂直度。

7　质量检验与验收

7.1　一般规定

7.1.1　现行国家标准《建筑地基基础施工质量验收规范》 GB50202 和行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ106 以强制性条文规定必须对基桩承载力和桩身完整性进行检验。桩身质量与基桩承载力密切相关，桩身质量有时会严重影响基桩承载力，桩身质量检测抽样率较高，费用较低。通过检测可减少桩基安全隐患，并可为判定基桩承载力提供参考。

7.2　施工前检验

7.2.3　本条规定的试桩数量仅仅是下限，若实际中由于某些原因不足以为设计提供可靠依据或设计另有要求时，可根据实际情况增加试桩数量。另外，如果施工时桩参数发生了较大变动或施工工艺发生了变化，应重新试桩。对于大型工程，“同条件下” 可能包含若干个子单位工程（子分部工程）。

7.4　施工后检验

7.4.1~7.4.3　桩基工程属于一个单位工程的分部（子分部）工程中的分项工程，一般以分项工程单独验收。所以本规范限定的工程桩承载力验收检测范围是在一个单位工程内。本条同时规定了在何种条件下工程桩应进行单桩竖向抗压静载试验及检测数量底限。

7.4.4~7.4.6 对于具体的检测项目，应根据检测目的、内容和要求，结合各检测方法的适用范围和检测能力，考虑工程重要性、设计要求、地质条件、施工因素等情况选择检测方法和检测数量。影响桩基承载力和桩身质量的因素存在于桩基施工的全过程中，仅有施工后的试验和施工后的验收是不全面、不完整的。 桩基施工中出现的局部地质条件与勘察报告不符、工程桩施工参数与施工前的试验参数不同、原材料发生变化、设计变更、施工单位变更等情况，都可能产生质量隐患，因此加强施工过程中的 检验是有必要的。不同阶段的检验要求可参照现行国家标准《建筑地基基础施工质量验收规范》GB50202 和现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ106 执行。

7.5 桩的检测

7.5.1 图 7.5.1 是检测机构应遵循的检测工作程序。实际执行检测程序中，由于不可预知的原因，如委托要求的变化、现场调查情况与委托方介绍的不符，或在现场检测尚未全部完成就已发现质量问题而需要进一步排查，都可能使原检测方案中的检测 数量、受检桩桩位、检测方法发生变化。如首先用低应变法普测（或扩检），再根据低应变法检测结果，采用钻芯法、高应变法 或静载荷试验，对有缺陷的桩重点抽测。总之，检测方案并非一成不变，可根据实际情况动态调整。

7.5.2 根据桩基检测工作的特殊性，本条对调查阶段工作提出了具体要求。为了正确地对基桩质量进行检测和评价，提高基桩 检测工作的质量，做到有的放矢，应尽可能详细了解和搜集有关 技术资料，并按表 4 填写受检桩设计施工记录表。另外，有时委托方的介绍和提出的要求时笼统的、非技术性的，也需要通过调查 来进一步明确委托方的具体要求和现场实施的可行性；有些情况下还需要检测技术人员到现场了解和搜集。

表 4 受检桩设计施工概况表

桩号	桩横截面尺寸	混凝土设计强度等级（MPa）	设计桩顶标高(m)	检测时桩顶标高（m）	施工桩顶标高（m）	施工桩长（m）	成桩日期	设计桩端持力层	单桩承载力特征值或极限值	备注
工程名称				地点				桩型		

7.5.3 本条提出的检测方案内容为一般情况下包含的内容，某些情况下还需要包括桩头加固、处理方案以及场地开挖、道路、供电、照明等要求。有时检测方案还需要与委托方或设计方共同研究制定。

7.5.4 混凝土是一种与龄期相关材料，其强度随时间的增加而增长。在最初几天内强度快速增加，随后逐渐变缓，其物理力学、声学参数变化趋势亦大体如此。对于低应变法测试，规定桩 身混凝土强度应大于设计强度的 70%,并不得低于 15MPa。钻芯法 检测的内容之一即是桩身混凝土的强度，显然受检桩应达到 28d 龄期或同条件养护试块达到设计强度，如果不是以检测混凝土强 度为目的的验证检测，也可根据实际情况适当缩短混凝土龄期。 高应变法和静载荷试验在桩身产止的应力水平高，若桩身混凝土强度低，有可能引起桩身损伤或破坏。为分清责任，桩身混凝土 应达到 28d 龄期或设计强度。另外，桩身混凝土强度过低，也可能出现桩身材料应力-应变关系的严重非线性，使高应变测试信号失真。

桩在施工过程中不可避免地扰动桩周土，降低土体强度，引起桩的承载力下降，以高灵敏度饱和黏性土中的摩擦桩最明显。随着休止

时间的增加，土体重新固结，土体强度逐渐恢复提高，桩的承载力也逐渐增加。因此，对于承载力检测，应同时满足地基土休止时间和桩身混凝土龄期(或设计强度)双重规定，若验收检测工期紧无法满足休止时间规定时，应在检测报告中注明。

7.5.5 由于检测成本和周期问题，很难做到对桩基工程全部基桩进行检测。施工后验收检测的最终目的是查明隐患、确保安全为了在有限的检测数量中更能充分暴露桩基存在的质量问题，宜优先检测本条 1～5 款所列的桩，其次再考虑随机性。

7.5.6 相对于静载荷试验而言，本规范规定的完整性检测方法作为普查手段，具有速度快、费用低和检测数量大的特点，容易发现桩基的整体施工质量问题，至少能为有针对性的选择静载荷试验提供依据。所以，完整性检测安排在静载荷试验之前是合理的。当基础埋深较大时，基坑开挖产生土侧移将桩推断或机械开挖將桩碰断的现象时有发生，此时完整性检测应等到开挖至基底标高后进行。

7.5.7 检测报告应根据所采用的检测方法和相应的检测内容出具检测结论。为使报告内容完整和具有较强的可读性，报告中应包括常规内容的叙述。还需特别强调：检测报告应包含各受检桩的原始检测数据和曲线，并附有相关的计算分析数据和曲线。检测报告仅有检测结果而无任何检测数据和曲线的现象必须杜绝。