

螺杆灌注桩技术规程

Technical specification for part-screw pile

1 总 则

- 1.0.1 为规范螺杆灌注桩及螺杆灌注桩复合地基的勘察、设计、施工及检验，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制定本规程。
- 1.0.2 本规程适用于建筑与市政工程中的螺杆灌注桩及螺杆灌注桩复合地基勘察、设计、施工、检验和验收。
- 1.0.3 螺杆灌注桩及螺杆灌注桩复合地基的勘察、设计、施工和质量检验除应执行本规程外，尚应符合国家现行有关标准、规范的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 螺杆灌注桩 part-screw pile

采用具有同步技术的专用桩机形成的一种“上部为圆柱型，下部为螺丝型”的组合式挤土型灌注桩。

2.1.2 同步技术 synchronous technology

钻具每正向(反向)旋转一周，钻具向下(上)相应位移一个螺距的成桩施工技术。

2.1.3 桩芯 pile core

螺杆灌注桩螺纹段不包括螺牙的桩体轴芯部分。

2.1.4 螺牙 screw thread

螺杆灌注桩桩身螺纹段的纹路。

2.1.5 螺距 screw pitch

螺杆灌注桩桩身螺纹段相邻螺牙之间的中心距离。

2.1.6 螺杆灌注桩复合地基 composite foundation with part-screw piles

采用具有同步技术的专用桩机钻具旋转挤压土体成孔，钻杆管内泵压混凝土形成竖向增强体的复合地基。

2.1.7 地基承载力特征值 characteristic value of subsoil bearing capacity

由载荷试验测定的地基土压力变形曲线线性变形段内规定的变形所对应的压力值，其最大值为比例界限值。

2.1.8 单桩竖向极限承载力标准值 standard value of ultimate vertical bearing capacity of a single pile

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承载力。

2.1.9 极限侧阻力标准值 standard value of ultimate shaft resistance

相应于桩顶作用极限荷载时，桩身侧表面所发生的岩土阻力。

2.1.10 极限端阻力标准值 standard value of ultimate tip resistance

相应于桩顶作用极限荷载时，桩端所发生的岩土阻力。

2.1.11 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。

2.1.12 褥垫层 cushion

指设置于基础和复合地基之间用以调整桩土应力比、减小桩土不均匀沉降的传力层。

2.2 符号

2.2.1 作用和作用效应

- N ——相应于荷载效应基本组合时，作用于螺杆灌注桩桩顶的轴向压力设计值；
 N_g ——相应于荷载效应基本组合时，作用于螺杆灌注桩螺纹段顶截面的轴向压力设计值。

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_y' ——纵向主筋抗压强度设计值；
 f_{cu} ——桩体混凝土试块（边长150mm的立方体）标准养护28d立方体抗压强度平均值；
 f_{spk} ——复合地基承载力特征值；
 f_{sk} ——处理后桩间土的承载力特征值；
 f_{spa} ——深度修正后的复合地基承载力特征值；
 Q_{uk} ——螺杆灌注桩单桩竖向极限承载力标准值；
 Q_{sk1} ——螺杆灌注桩直杆段极限侧阻力标准值；
 Q_{sk2} ——螺杆灌注桩螺纹段极限侧阻力标准值；
 Q_{pk} ——螺杆灌注桩桩端总极限端阻力标准值；
 q_{sik} ——桩身范围内第*i*层土的极限侧阻力标准值；
 q_{pk} ——单桩极限端阻力标准值；
 R_a ——螺杆灌注桩单桩竖向承载力特征值；
 R_a' ——作用于螺纹段顶截面的轴向压力计算值；
 R_{ta} ——螺杆灌注桩单桩竖向抗拔承载力特征值；
 T_{uk1} ——螺杆灌注桩直杆段抗拔极限承载力标准值；
 T_{uk2} ——螺杆灌注桩螺纹段抗拔极限承载力标准值。

2.2.3 几何参数

- u ——桩身周长；
 A_{p0} ——螺杆灌注桩桩芯横截面积；
 A_p ——螺杆灌注桩直杆段横截面积；
 d_0 ——螺杆灌注桩内径；
 d_1 ——螺杆灌注桩外径、桩身设计直径；
 d ——基础埋置深度；
 d_e ——一根桩分担的处理地基面积的等效圆直径；
 l_i ——桩长范围内第*i*层土的厚度。

2.2.4 计算系数

- α_i ——直杆段第*i*层土的极限侧阻力增强系数；
 β_i ——螺纹段第*i*层土的极限侧阻力增强系数；
 K ——安全系数；
 λ ——抗拔系数；
 m ——面积置换率；
 β ——桩间土承载力发挥系数；
 γ_m ——基础底面以上土的加权平均重度；

- ψ_c ——成桩工艺系数；
 ψ_l ——土层液化影响折减影响系数；
 λ_i ——单桩承载力发挥系数。

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 螺杆灌注桩可用于黏性土、粉土、砂土、碎石土、全风化岩、强风化岩等地层。其中螺纹段应用于硬塑及坚硬的黏性土、密实的砂土、碎石土、全风化及强风化岩等土层时，应通过挤土成螺纹孔、灌注成螺纹段的试验确定其适应性。
- 3.0.3 螺杆灌注桩应用于复合地基时增强体可不配钢筋。对于欠固结土、湿陷性黄土、可液化土等特殊土地基，采用螺杆灌注桩作为复合地基增强体时，应满足处理后地基土和增强体共同承担荷载的技术要求。
- 3.0.4 螺杆灌注桩可根据地层情况，选择匹配的螺杆钻具，形成螺纹段和直杆段组合桩。
- 3.0.5 螺杆灌注桩设计和施工前，应具备以下资料：
- 1 岩土工程详细勘察资料；
 - 2 施工场地及环境条件的有关资料；
 - 3 建筑场地和邻近区域内的建（构）筑物、地下管线、地下构筑物等的相关资料。
- 3.0.6 螺杆灌注桩设计和施工前宜搜集本地区或相似场地上类似工程的工程经验、施工情况及技术经济指标等资料。
- 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，宜按上部结构、基础和地基的共同作用方法进行承载力计算和变形验算。
- 3.0.8 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。
- 3.0.9 螺杆灌注桩应按现行国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003、《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的有关规定进行工程质量检验和验收。
- 3.0.10 采用螺杆灌注桩的建筑物和构筑物在施工期间及使用期间，应按现行国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003 的有关规定进行沉降观测，直至沉降稳定。
- 3.0.11 螺杆灌注桩及螺杆灌注桩复合地基的设计应综合考虑场地地质条件、上部结构类型、使用功能、荷载特征等因素，并重视地方经验，因地制宜，节约资源。

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、建筑总平面图等；

2 建筑物的高度、层数、结构类型、荷载、结构安全等级、基础形式和埋置深度，以及使用功能上的特殊要求等；

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及特征情况；

4 搜集影像资料，了解建筑场地及周边一定范围内的历史变迁情况。

4.0.2 岩土工程勘察应采用与场地岩土特性相适应的勘察手段与原位测试方法。

4.0.3 螺杆灌注桩的详细勘察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，尚应满足下列规定：

1 勘探点间距：

1) 对于端承型桩：勘探点间距宜为12m~24m。当相邻两个勘探点揭露的桩端持力层面坡度大于10%或桩端持力层起伏较大、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：勘探点间距宜为20m~30m，当土层性质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) 复杂地质条件下的柱下单桩基础应按每柱设置勘探点。

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倍~5倍桩身设计直径且不小于5m；当相邻桩底的基岩面起伏较大时应加深勘探孔的深度；

2) 一般性勘探孔深度应达到预计桩端平面以下3倍~5倍桩身设计直径且不小于3m；对于大直径桩或大面积群桩，不得小于5m；

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，进入深度应满足控制性勘探孔和一般性勘探孔的要求；

4) 当预计深度有溶洞存在且可能影响地基稳定时，全部勘探孔进入洞底基岩面以下的深度不应小于5m。

4.0.4 螺杆灌注桩的施工勘察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，尚应满足下列规定：

1 岩溶地区的端承桩应进行施工勘察：柱下单桩或多桩的工程，每柱下至少设置一个勘探孔；对于群桩的工程，勘探孔数量不应少于总桩数的1/3；

2 构造发育、风化极不均匀的建筑场地端承桩宜进行施工勘察：柱下单桩或多桩的工程，每柱下至少设置一个勘探孔；对于群桩的工程，勘探孔数量不应少于总桩数的1/3。

4.0.5 岩土工程勘察应根据地质条件、结构类型、荷载特征，结合地方经验评价螺杆灌注桩成孔和成桩的可行性。

4.0.6 施工揭露工程地质条件、水文地质条件与勘察报告出现明显差异时，应进行施工勘察。

4.0.7 岩土工程勘察报告应提供下列成果并作出评价：

1 对场地的不良地质作用和特殊岩土等对桩基工程的危害程度应有明确的判断和结论，并提出防治方案和建议；

2 提供场地地下水的类型、埋藏条件及年变化幅度等水文地质条件，判定地下水对建筑材料的腐蚀性，评价地下水对桩基、复合地基设计和施工的影响；

- 3 提供各层岩土桩侧极限阻力值、桩端极限阻力值、天然地基承载力特征值及其它设计、施工所需的岩土参数，提出桩端持力层的建议；
- 4 对需进行沉降计算的桩基、复合地基工程，应提供地基土层的变形参数；
- 5 评价螺杆灌注桩成孔和成桩的可能性，预测施工期间可能遇到的岩土工程问题，并提出预防和处理措施；
- 6 评价螺杆灌注桩成孔和成桩对环境的影响。

5 基桩设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 螺杆灌注桩基桩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》JGJ 94的有关规定执行。
- 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》JGJ 94的有关规定确定。
- 5.1.3 采用螺杆灌注桩的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 螺杆灌注桩基桩设计时，应根据工程地质条件、水文地质条件、荷载情况等确定桩长、桩径及螺纹段长度，螺纹段长度宜为桩长的2/3，且直杆段长度不宜小于桩身设计直径的5倍。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。螺杆灌注桩示意图及符号说明见附录A。
- 5.1.5 采用螺杆灌注桩的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》JGJ 94的有关规定执行。

5.2 桩的布置及基桩构造

- 5.2.1 螺杆灌注桩应选择稳定的中低压缩性土层或岩层作为桩端持力层。桩端全断面进入持力层的深度，对于黏性土、粉土不宜小于 $2d_1$ ，砂土不宜小于 $1.5d_1$ ，碎石类土不宜小于 $1d_1$ 。当桩端存在软弱下卧层时，桩端以下持力层厚度不应小于 $3d_1$ 。
- 5.2.2 螺杆灌注桩的最小中心距应符合表5.2.2规定。

表 5.2.2 螺杆灌注桩基桩的最小中心距

	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、饱和非黏性土	$3.5d_1$	$3.0d_1$
饱和黏性土	$4.0d_1$	$3.5d_1$

注： d_1 —桩身直杆段外径。

- 5.2.3 在挤土效应明显的地层（淤泥或淤泥质土）时，可采取跳打施工或屏障技术等施工措施。屏障技术所采用的屏障钢管等屏障措施，应穿过挤土效应明显的地层。屏障技术示意图详见附录C。
- 5.2.4 螺杆灌注桩设计桩径宜采用300mm~1000mm。
- 5.2.5 螺杆灌注桩螺纹段应满足以下要求：
- 1 螺牙端部厚度宜为30mm~50mm，根部厚度宜为50mm~70mm，螺距不宜小于350mm，螺距与桩身设计直径之比宜为0.6~1.0（小直径取高值）；
 - 2 螺杆灌注桩用于抗压桩设计时内径可按表5.2.5-1取值，用于抗拔桩设计时内径可按表5.2.5-2取值，当螺杆灌注桩既用于抗压桩也用于抗拔桩设计时内径取表5.2.5-1与表5.2.5-2中的大值。

表 5.2.5-1 螺杆灌注桩用于抗压桩设计时内径取值参考表

设计桩径 d_1 (mm)	400	500	600	700	800~1000
内径 d_0 (mm)	360	460	560	660	$0.95 d_1$

表 5.2.5-2 螺杆灌注桩用于抗拔桩设计时内径取值参考表

设计桩径 d_1 (mm)	300	400	500	600	700	800~1000
内径 d_0 (mm)	273	299	340	380	450	$0.65 d_1$

5.2.6 螺杆灌注桩直杆段长度宜为桩长的1/3,且不宜小于桩身设计直径的5倍。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。

5.2.7 作为基桩的螺杆灌注桩,桩身混凝土强度等级不应小于C30。

5.2.8 螺杆灌注桩纵向受力钢筋的混凝土保护层厚度不应小于50mm,腐蚀环境中螺杆灌注桩纵向受力钢筋的混凝土保护层厚度不应小于55mm,螺杆灌注桩的保护层厚度从螺纹段的内径算起。

5.2.9 螺杆灌注桩的最小配筋率可取0.4%~0.65%,小直径桩取高值;对于受荷载特别大的桩、抗拔桩和端承桩应根据计算确定配筋率,且不应小于最小配筋率的规定值。

5.2.10 螺杆灌注桩的配筋长度应符合下列规定:

- 1 作为端承型桩使用时,应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;当受水平荷载时,配筋长度尚不宜小于 $4.0/\alpha$ (α 为桩的水平变形系数);
- 3 对于受地震作用的基桩,应通长配筋;
- 4 对于受负摩阻力的桩,配筋应穿过软弱土层,进入稳定土层的深度不应小于 $3d_1$;
- 5 对于抗拔桩及承受拔力的桩,应等截面或变截面通长配筋。

5.2.11 对于受水平荷载的螺杆灌注桩,主筋不应小于 $8\phi 12$;对于抗压桩和抗拔桩,主筋不应少于 $6\phi 10$;纵向主筋应沿桩身周边均匀布置,其净距不应小于60mm。

5.2.12 箍筋应采用螺旋式,直径不应小于6mm,间距宜为200mm~300mm;受水平荷载较大的基桩、承受水平地震作用的基桩以及考虑主筋作用计算桩身受压承载力时,桩顶以下 $5d_1$ 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》GB 50010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;当钢筋笼长度超过20m且主筋较小时,应每隔1.5米设置一道直径不小于12mm的焊接加劲箍筋。

5.3 单桩竖向极限承载力

1 受压桩

5.3.1 螺杆菌灌注桩单桩竖向承载力特征值 R_a 应按下式确定:

$$R_a = \frac{1}{K} Q_{uk} \quad (5.3.1)$$

式中: Q_{uk} ——螺杆菌灌注桩单桩竖向极限承载力标准值(kN);

K ——安全系数, 取 $K = 2$ 。

5.3.2 螺杆菌灌注桩单桩竖向极限承载力标准值应通过单桩静载试验确定。单桩竖向静载试验及竖向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》JGJ 106执行。初步设计时, 螺杆菌灌注桩单桩竖向极限承载力标准值可按本节计算方法进行估算。

$$Q_{uk} = Q_{sk1} + Q_{sk2} + Q_{pk} \quad (5.3.2-1)$$

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

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

$$Q_{pk} = q_{pk} A_p \quad (5.3.2-4)$$

式中: Q_{sk1} ——螺杆菌灌注桩直杆段总极限侧阻力标准值(kN);

Q_{sk2} ——螺杆菌灌注桩螺纹段总极限侧阻力标准值(kN);

Q_{pk} ——螺杆菌灌注桩桩端总极限端阻力标准值(kN);

q_{sik} ——螺杆菌灌注桩桩身范围内第*i*层土的极限侧阻力标准值, 宜根据试验资料和工程经验确定, 当缺乏试验资料时, 可按《建筑桩基技术规范》JGJ 94表5.3.5-1中混凝土预制桩取值;

q_{pk} ——桩端极限端阻力标准值, 宜根据试验资料和工程经验确定, 当缺乏试验资料时, 可按《建筑桩基技术规范》JGJ 94表5.3.5-2中混凝土预制桩取值;

u ——桩身周长(m), 直杆段及螺纹段 $u = \pi d_1$;

A_p ——螺杆菌灌注桩直杆段横截面面积(m^2);

l_i ——相应于桩周第*i*层土的厚度(m);

α_i ——直杆段第*i*层土的极限侧阻力增强系数, 宜根据试验资料和工程经验确定, 当缺乏试验资料时, 依据土性选择 $\alpha_i = 1.0 \sim 1.2$; 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、强风化岩宜取高值;

β_i ——螺纹段第*i*层土的极限侧阻力增强系数, 宜根据试验资料和工程经验确定, 当缺乏试验资料时, 对于适应的土层, 可取 $1.3 \sim 1.7$, 当螺纹段桩侧土以砂土为主时取高值, 以粘性土为主时取低值。

5.3.3 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 的非液化土或软弱土层时, 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 5.3.3 确定。

表 5.3.3 土层液化影响折减系数 ψ_l

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

2 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。

II 抗拔桩

5.3.4 承受拔力的基桩，应按下列公式同时验算群桩基础呈整体破坏和呈非整体破坏时基桩抗拔承载力：

$$N_k \leq T_{gk} / 2 + G_{gp} \quad (5.3.4-1)$$

$$N_k \leq T_{uk} / 2 + G_p \quad (5.3.4-2)$$

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；

T_{uk} ——群桩呈非整体破坏时基桩的抗拔极限承载力标准值；

G_{gp} ——群桩基础所包围体积的桩土总自重除以总桩数，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。

5.3.5 群桩基础及其基桩的抗拔极限承载力的确定应符合下列规定：

1 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。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》JGJ 106 执行。

2 初步设计时，群桩基础及单桩抗拔极限承载力标准值可按下式估算：

1) 群桩呈非整体破坏时，基桩的抗拔极限承载力标准值可按下式计算：

$$T_{uk} = T_{uk1} + T_{uk2} \quad (5.3.5-1)$$

$$T_{uk1} = u \sum \lambda_i \alpha_i q_{sik} l_i \quad (5.3.5-2)$$

$$T_{uk2} = u \sum \lambda_i \beta_i q_{sik} l_i \quad (5.3.5-3)$$

式中： T_{uk} ——螺杆灌注桩单桩抗拔极限承载力标准值；

T_{uk1} ——螺杆灌注桩直杆段抗拔极限承载力标准值；

T_{uk2} ——螺杆灌注桩螺纹段抗拔极限承载力标准值；

q_{sik} ——螺杆灌注桩侧面第 i 层土的抗压极限侧阻力标准值；

u ——桩身周长(m),直杆段及螺纹段 $u = \pi d_1$ ；

λ ——抗拔系数，无经验时可按表 5.3.5 取值。

表 5.3.5 抗拔系数 λ

土层分类	抗拔系数 λ
砂土	0.50-0.70
黏性土、粉土	0.70-0.80

注：桩长 l 与桩径 d_1 之比小于 20 时，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可按下式计算：

$$T_{\text{gk}} = \frac{1}{n} u_1 \sum \lambda_i q_{\text{sik}} l_i \quad (5.3.5-4)$$

式中： u_1 ——桩群外围周长。

5.4 桩身承载力

I 受压桩

5.4.1 螺杆灌注桩桩身承载力除应验算桩顶正截面受压承载力外，尚应验算螺纹段桩身正截面受压承载力。

5.4.2 螺杆灌注桩桩顶直杆段正截面受压承载力应符合下列规定：

1 当桩顶以下 $5d_1$ 范围的桩身螺旋式箍筋间距不大于 100mm，且符合本规程第 5.2.9~5.2.12 条规定时：

$$N \leq \psi_c f_c A_p + 0.9 f_y' A_s' \quad (5.4.2-1)$$

2 当桩身配筋不符合上述 1 款规定时：

$$N \leq \psi_c f_c A_p \quad (5.4.2-2)$$

式中： N ——荷载效应基本组合时，桩顶轴向压力设计值(kN)；

ψ_c ——螺杆灌注桩成桩工艺系数，可取 0.75-0.85；

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

f_y' ——纵向主筋抗压强度设计值；

A_s' ——纵向主筋截面面积。

5.4.3 螺杆灌注桩桩身螺纹段正截面受压承载力应符合下列规定：

$$N_s \leq \psi_c f_c A_{p0} \quad (5.4.3-1)$$

1 对于端承桩，作用于桩身螺纹段的轴向压力设计值：

$$N_s = N \quad (5.4.3-2)$$

2 其他情况，作用于桩身螺纹段的轴向压力设计值：

$$N_s = N - Q_{\text{sk1}} / 2 \quad (5.4.3-3)$$

式中： N_s ——荷载效应基本组合时，作用于桩身螺纹段的轴向压力设计值(kN)；

A_{p0} ——螺杆灌注桩桩芯横截面积(m²)。

5.4.4 对于高承台基桩、桩身穿越可液化土或不排水抗剪强度小于 10kPa 的软弱土层的基桩，应考虑压屈影响，计算方法按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 执行。

II 抗拔桩

5.4.5 螺杆灌注桩轴心抗拔桩的正截面受拉承载力应符合下式规定：

$$N \leq f_y A_s \quad (5.4.5)$$

式中： N ——荷载效应基本组合下桩顶轴向拉力设计值；

f_y ——普通钢筋的抗拉强度设计值；

A_s ——普通钢筋的截面面积。

5.4.6 螺杆灌注桩按荷载效应标准组合计算的最大裂缝宽度应符合下列规定：

$$\omega_{\max} \leq \omega_{\lim} \quad (5.4.6)$$

式中： ω_{\max} ——按荷载效应标准组合计算的最大裂缝宽度可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算；

ω_{\lim} ——最大裂缝宽度限值，应满足行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 中关于耐久性的规定。

5.5 单桩水平承载力

5.5.1 螺杆灌注桩单桩水平承载力特征值的确定按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 执行。

6 螺杆灌注桩复合地基设计

6.0.1 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 $3.5d_1$ ，在软土地区，宜适当增大桩间距，一般不小于 $4.0d_1$ 。

6.0.2 螺杆灌注桩可只在基础范围内布置，并应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 框架核心筒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。

6.0.3 边桩中心至基础边缘的距离不宜小于 $1d_1$ ；桩的边缘与基础边缘的距离，条形基础不宜小于 75mm，其他形式的基础不宜小于 150mm。

6.0.4 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结合工程经验综合确定。

6.0.5 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，垫层的夯填度不应大于 0.9。对湿陷性黄土，垫层材料应采用灰土。

6.0.6 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：

$$f_{\text{spk}} = \lambda_1 m \frac{R_a}{A_p} + \beta(1-m)f_{\text{sk}} \quad (6.0.6)$$

式中： f_{spk} ——复合地基承载力特征值(kPa)；

A_p ——螺杆灌注桩直杆段横截面积(m²)；

R_a ——螺杆灌注桩单桩竖向承载力特征值(kN)，按本规程式(5.3.1)和式(5.3.2)计算；

f_{sk} ——处理后桩间土承载力特征值，宜按现场原位实验结果或地区经验取值，如无经验时，可取天然地基承载力特征值；

m ——面积置换率， $m = d_1^2 / d_e^2$ ； d_1 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 $d_e = 1.05s$ ，正方形布桩 $d_e = 1.13s$ ，矩形布桩 $d_e = 1.13\sqrt{s_1 s_2}$ ， s 、 s_1 、 s_2 分别为桩间距、纵向桩间距和横向桩间距；

λ_1 ——单桩承载力发挥系数，可按地区经验取值，无地区经验时可取 0.8~0.9；

β ——桩间土承载力发挥系数，可按地区经验取值，无地区经验时可取 0.9~1.0。

6.0.7 螺杆灌注桩桩身混凝土强度等级不应小于 C25，且应符合下列规定：

1 作为复合地基增强体的螺杆灌注桩直杆段、螺纹段桩身强度应分别满足式(6.0.7-1)、(6.0.7-2)的要求。

$$f_{\text{cu}} \geq 4 \frac{\lambda_1 R_a}{A_p} \quad (6.0.7-1)$$

$$f_{cu} \geq 4 \frac{\lambda_1 R'_a}{A_{p0}} \quad (6.0.7-2)$$

2 当复合地基承载力进行深度修正时，螺杆灌注桩直杆段、螺纹段桩身强度应分别满足式(6.0.7-3)、(6.0.7-4)的要求。

$$f_{cu} \geq 4 \frac{\lambda_1 R'_a}{A_p} \left[1 + \frac{\gamma_m (d-0.5)}{f_{spa}} \right] \quad (6.0.7-3)$$

$$f_{cu} \geq 4 \frac{\lambda_1 R'_a}{A_{p0}} \left[1 + \frac{\gamma_m (d-0.5)}{f_{spa}} \right] \quad (6.0.7-4)$$

3 作用于直杆段的轴向压力应取螺杆灌注桩单桩竖向承载力特征值(kN)，按本规程式(5.3.1)和式(5.3.2)计算。

4 对于端承桩，作用于螺纹段顶截面的轴向压力应按下列式计算：

$$R'_a = R_a \quad (6.0.7-5)$$

5 其他情况，作用于螺纹段顶截面的轴向压力应按下列式计算：

$$R'_a = R_a - 0.5Q_{sk1} \quad (6.0.7-6)$$

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/m³)，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)。

6.0.8 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、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定执行。

7 施 工

7.1 基本规定

- 7.1.1 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。
- 7.1.2 螺杆灌注桩施工应采用螺杆灌注桩桩机及相关配套设备，螺杆灌注桩机应满足下列要求：
- 1 配备电力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 采用匹配的螺杆钻具；
 - 4 动力装置额定直流输出扭矩不小于250kN·m。
- 7.1.3 施工前应结合静载试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。
- 7.1.4 螺杆灌注桩施工桩顶标高宜高出设计桩顶标高0.5m~1.0m。
- 7.1.5 螺杆灌注桩的混凝土充盈系数应符合设计要求且不应小于1.0。
- 7.1.6 螺杆灌注桩施工的允许偏差应满足表7.1.6-1，表7.1.6-2的规定。

表 7.1.6-1 螺杆灌注桩桩基础施工允许偏差

桩径允许偏差 (mm)	垂直度允许偏差 (%)	桩位允许偏差(mm)	
		1~3根桩、条形桩基沿垂直轴线方向和群桩基础中的边桩	条形桩基沿轴线方向和群桩基础的中间桩
≥0	1	$d_i/6$ 且不大于100	$d_i/4$ 且不大于150

表 7.1.6-2 螺杆灌注桩复合地基施工允许偏差

桩径允许偏差 (mm)	垂直度允许偏差 (%)	桩位允许偏差(mm)	
		条基布桩	满堂布桩
≥0	1	$\leq 0.25d_i$	$\leq 0.4d_i$

7.2 施工准备

- 7.2.1 螺杆灌注桩施工前应具备下列资料：
- 1 建筑场地岩土工程勘察报告；
 - 2 螺杆灌注桩施工图及图纸会审纪要；
 - 3 建筑场地和邻近区域内的建筑物、地下管线、地下构筑物等相关资料；
 - 4 桩基工程施工组织设计或施工方案；
 - 5 有关承载力、施工工艺试验参数资料；
 - 6 施工桩机及配套设备的技术性能资料。
- 7.2.2 施工前应清除地上和地下障碍物并平整场地，按设计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。
- 7.2.3 施工前应进行图纸会审，编制专项施工方案，做好技术交底和原材料质量检验工作。

7.2.4 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，并复核桩位位置以减少偏差、避免漏桩，经有关部门验线合格后方可施工。

7.2.5 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，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。

7.2.6 螺杆灌注桩成桩工艺试验应符合下列规定：

- 1 试验点位的岩土条件应具有代表性；
- 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、泵送速度等指标；
- 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工艺及其控制参数。

7.3 施工流程

7.3.1 螺杆灌注桩施工工艺流程宜按图7.3.1执行：

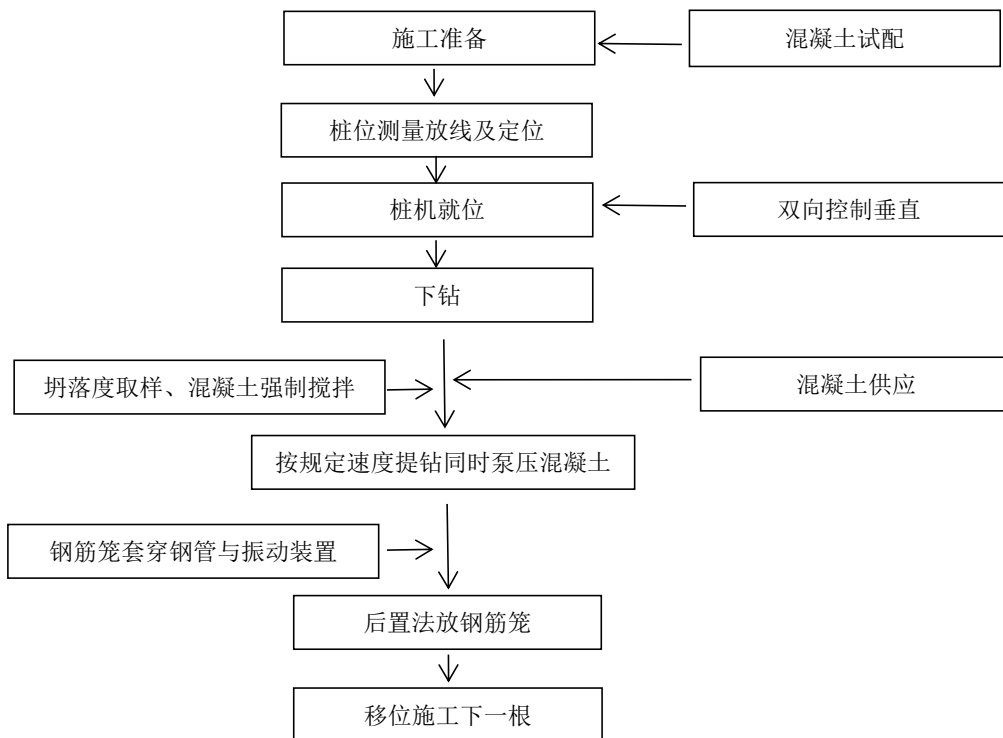


图7.3.1 螺杆灌注桩施工工艺流程

7.4 施工控制

7.4.1 螺杆灌注桩施工应按表7.4.1选择施工工艺。

表 7.4.1 螺杆灌注桩成桩工艺

桩段		下钻	提钻
直杆段	常规工艺	正向同步	正向
	坚硬土层	正向非同步	
螺纹段		正向同步	反向同步

7.4.2 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。

7.4.3 螺杆灌注桩机就位后必须保证平整、稳固，成桩过程中不应发生倾斜和偏移，桩机上应设置控制深度和垂直度的仪表或标尺，并应在施工中进行观测记录。

7.4.4 螺杆灌注桩的施工顺序应符合下列规定：

- 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工；
- 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，宜先密后疏施工；
- 6 当土层为软土、松散填土或液化土层时，宜采用跳桩施工。

7.4.5 螺杆灌注桩的成孔成桩应符合下列规定：

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，应正向和反向旋转提钻，并同时泵送混凝土。螺纹段应采用反向同步提钻，直杆段应采用正向非同步提钻。

7.4.6 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 桩端持力层为中低压缩性的土层或岩层时，应以控制加压力、钻进扭矩为主，以控制桩长为辅。

7.4.7 最大提钻速度应符合表7.4.7规定。

表 7.4.7 最大提钻速度

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

7.4.8 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，初凝时间不宜少于6h。

7.4.9 螺杆灌注桩泵送混凝土应符合下列规定：

1 提钻及泵送过程应连续进行，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。

7.4.10 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7.4.10 的规定；

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；

表 7.4.10 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

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，将钢筋笼压入桩体；

10 大直径螺杆灌注桩钢筋笼内可根据设计要求放置声测管，声测管的安放应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106规定。

7.4.11 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。

7.4.12 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，钢筋混凝土桩宜采用专门的机械，也可采用风镐将桩头凿至设计标高，严禁横向锤击桩头。

7.4.13 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。

7.4.14 在施工过程中应按本规程附录D要求做好记录。

8 检验和验收

8.1 一般规定

- 8.1.1 桩基工程应进行桩位、桩长、桩径、桩身质量、承载力的检验。
- 8.1.2 桩基工程的验收应按时间顺序分为施工前检验、施工中检验和施工后检验。
- 8.1.3 对主要材料，砂子、石子、水泥、外加剂、混凝土、钢筋等质量的检验项目和方法应符合国家现行有关标准的规定。

8.2 施工前检验

- 8.2.1 施工前，人员、材料、设备、场地及技术等准备工作应符合本规程要求，并应具备健全的质量管理体系和质量保证措施。
- 8.2.2 水泥、砂、石子、钢筋等原材料的质量、检验项目、批量和检验方法，应符合国家现行标准的规定。
- 8.2.3 施工前应对放线后的桩位进行严格检查，应满足桩位允许偏差要求。
- 8.2.4 商品混凝土应有合格证和搅拌站提供的质量检查资料。
- 8.2.5 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。
- 8.2.6 螺杆灌注桩施工前应试桩。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；试桩数量在同一地质条件下不应少于3根，且不宜少于预计总桩数的1%；当预计工程桩总数在50根以内时，试桩数量不应少于2根。

8.3 施工检验

- 8.3.1 施工过程中应进行下列检验：
 - 1 灌注混凝土前，应对已成孔的中心位置、孔深、孔径和垂直度进行检验；
 - 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 对混凝土强度等级、混凝土配合比、坍落度等进行检查；
 - 4 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；
 - 5 施工过程中应对桩顶和地面土体的竖向和水平位移进行系统观测，若发现异常，应暂停作业，并分析原因，采取相应措施。
- 8.3.2 复合地基褥垫层材料应进行夯填度检验。
- 8.3.3 灌注桩混凝土强度检验的试件应在施工现场随机留取，大直径桩或单桩混凝土量超过 25m^3 的桩，每根桩桩身混凝土应留有1组试件；非大直径桩或单桩混凝土量不超过 25m^3 的桩，每个灌注台班不得少于1组；每组试件应留3件。
- 8.3.4 螺杆灌注桩复合地基的质量检验标准应符合表8.3.4的规定。

表 8.3.4 螺杆灌注桩复合地基的质量检验标准

项目	序号	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	原材料		设计要求	查产品合格证书或抽样送检
	2	桩径	mm	≥ 0	用钢尺量
	3	桩身强度		设计要求	查28天试块强度
	4	地基承载力		设计要求	按《建筑地基处理技术规范》JGJ 79中复合地基静载荷试验
一般项目	1	桩身完整性		设计要求	按《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106中低应变法检测
	2	桩位偏差		满堂布桩 $\leq 0.4d_1$	用钢尺量, d_1 为桩径
				条基布桩 $\leq 0.25d_1$	
	3	桩垂直度	%	≤ 1.0	用经纬仪测桩管
	4	桩长	mm	+100	测钻杆
5	褥垫层夯填度		≤ 0.9	用钢尺量	

注：1 夯填度指夯实后的褥垫层厚度与虚铺厚度的比值。

8.4 施工后检验

- 8.4.1 工程桩应进行承载力和桩身质量检验。
- 8.4.2 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。
- 8.4.3 施工完成后的桩基工程，应采用静荷载试验对工程桩的单桩竖向承载力进行检测，抽检数量不少于总桩数的1%，且不少于3根；当总桩数在50根以内时，不应少于2根。
- 8.4.4 螺杆灌注桩桩身质量除对预留混凝土试件进行强度等级检验外，尚应进行现场检测。检测方法可采用低应变法，对于大直径螺杆灌注桩还应采用钻芯法或声波透射法；检测数量应满足现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的规定。
- 8.4.5 采用低应变法检测螺杆灌注桩桩身完整性时，抽检数量不应少于总桩数的30%，且不得少于20根。
- 8.4.6 对专用抗拔桩和对水平承载力有特殊要求的桩基工程，应进行单桩抗拔静载试验和水平静载试验检测。
- 8.4.7 螺杆灌注桩复合地基承载力检验采用复合地基载荷试验。当设计有单桩竖向承载力要求时，应分别进行复合地基载荷试验和单桩静载试验。检验应在桩身强度满足试验荷载条件时，并宜在施工结束28天后进行。
- 8.4.8 复合地基载荷试验每个单体工程的检测数量不应少于总桩数的1%，且不应少于3点；单桩静载试验每个单体工程的检测数量不应少于总桩数的1%，且不应少于3根。

8.5 工程质量验收

- 8.5.1 螺杆灌注桩复合地基工程质量验收应按现行《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202、《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79和《建筑地基检测技术规范》JGJ 340等标准、规范执行。
- 8.5.2 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，应待开挖到设计桩顶标高后进行验收。
- 8.5.3 隐蔽工程应在施工单位自检合格后，于隐蔽前通知有关人员检查验收，并形成中间验收文件。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/418120105074006027>