

# T/GEDA

## 团体标准

T/GEDA XXX-2024

### 挤土式螺旋灌注桩技术规程

Technical specification for soil extrusion spiral cast-in-place pile

征求意见稿

XXX-XX-XX 发布

XXX-XX-XX 实施

广西勘察设计协会 发布

# 目 次

1 总 则 .....	- 1 -
2 术语和符号 .....	- 2 -
2.1 术 语 .....	- 2 -
2.2 符 号 .....	- 2 -
3 基本规定 .....	- 3 -
4 勘 察 .....	- 5 -
5 设 计 .....	- 7 -
5.1 一般规定 .....	- 7 -
5.2 桩的分类与布置 .....	- 7 -
5.3 基桩构造 .....	- 8 -
5.4 单桩竖向抗压承载力确定 .....	- 10 -
5.5 抗拔承载力验算 .....	- 15 -
5.6 单桩水平承载力计算 .....	- 17 -
5.7 桩基沉降计算 .....	- 17 -
5.8 复合地基 .....	- 18 -
6 施 工 .....	- 22 -
6.1 一般规定 .....	- 22 -
6.2 施工准备 .....	- 22 -
6.3 钻机、钻具与施工方法 .....	- 23 -
6.4 施工与质量控制 .....	- 24 -
7 检验和验收 .....	- 27 -
7.1 一般规定 .....	- 27 -
7.2 施工检验 .....	- 27 -
7.3 工程验收 .....	- 28 -
附录 A 螺旋挤扩钻具的结构构造 .....	- 30 -
附录 B 施工质量控制要点与控制措施 .....	- 32 -
附录 C 施工工艺流程 .....	- 33 -
用 词 说 明 .....	- 34 -
引用标准名录 .....	- 35 -
条文说明 .....	错误! 未定义书签。

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范挤土式螺旋灌注桩的技术要求，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** 本规程适用广西壮族自治区房屋建筑与市政基础设施工程中挤土式螺旋灌注桩的勘察、设计、施工和质量检验。

**1.0.3** 挤土式螺旋灌注桩应根据岩土工程勘察资料，综合考虑拟建场地环境、荷载特征、施工技术及设备条件，合理选型和强化施工质量控制及检验。

**1.0.4** 挤土式螺旋灌注桩的勘察、设计、施工和检验，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家、行业和广西壮族自治区现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 挤土式螺旋灌注桩 Soil-squeezing spiral cast-in-place pile

一种利用螺旋挤扩钻具在可挤密岩土层中钻掘挤土成孔并通过钻具中心压灌混凝土而形成的圆柱形的桩体。

#### 2.1.2 桩基 Pile foundation

由设置于岩土中的桩和与桩顶连接的承台或筏板共同组成的基础或由柱与桩直接连接的单桩基础。

#### 2.1.3 复合桩基 Composite pile foundation

由基桩和承台或筏板（或箱形基础）下地基土共同承担荷载的桩基础。

#### 2.1.4 复合地基 Composite foundation

部分土体被增强或被置换，形成由地基土和竖向增强体共同承担荷载的人工地基。

#### 2.1.5 挤土式螺旋灌注桩复合地基 Compaction-type spiral grouting pile

以挤土式螺旋灌注桩作为竖向增强体的复合地基。

#### 2.1.6 全挤土式螺旋挤扩钻具 Full-extrusion type spiral extrusion drilling tool

由中空钻杆、钻杆螺旋叶片、挤扩体、钻头反向螺旋叶片与钻头构成的钻具。

#### 2.1.7 部分挤土式螺旋挤扩钻具 Partial soil-squeezing screw expanding drilling tool

由中空钻杆、钻杆螺旋叶片、挤扩体、挤扩体中排土槽、钻头正向螺旋叶片、挤扩体加长钻杆与钻头构成的钻具。

### 2.2 符号

#### 2.2.1 作用和作用效应：

$N$  ——相应于作用的基本组合时，作用于桩顶的竖向力设计值；

$N_k$  ——相应于作用的标准组合时，作用于基桩的竖向上拔力；

$p_0$  ——相应于作用的准永久组合时，作用于基础底面处的附加压力。

#### 2.2.2 抗力和材料性能：

$E_{spi}$  ——加固区第*i*土层的复合压缩模量；

$E_{si}$  ——加固区第*i*土层的压缩模量；

$E_{sj}$  ——加固区以下第*j*土层的压缩模量；

- $\bar{E}_s$  ——变形计算深度范围内压缩模量的当量值；  
 $f_c$  ——混凝土轴心抗压强度设计值；  
 $f'_y$  ——纵向受力钢筋抗压强度设计值；  
 $f_{spa}$  ——深度修正后的复合地基承载力特征值；  
 $f_{spk}$  ——复合地基承载力特征值；  
 $f_{spk2}$  ——采用桩径为 $d_2$ 的桩进行地基处理，在基础底面形成的复合地基承载力特征值；  
 $f_{ak}$  ——基础底面下天然地基承载力特征值；  
 $f_{sk}$  ——处理后桩间土承载力特征值；  
 $f_{cu}$  ——桩体试块(边长为150mm的立方体)标准养护28d的立方体抗压强度平均值；  
 $G_{gp}$  ——群桩基础及其所包围的桩间土总自重除以总桩数后计算的单桩自重标准值；  
 $G_p$  ——基桩自重及其扩径体以上部分土体自重标准值；  
 $Q_{uk}$  ——单桩竖向抗压极限承载力标准值；  
 $q_{pk}$  ——单桩极限端阻力标准值；  
 $q_{sik}$  ——桩侧第 $i$ 层土的极限侧阻力标准值；  
 $R_a$  ——单桩竖向抗压承载力特征值；  
 $T_{gk}$  ——群桩呈整体破坏时，基桩总抗拔极限侧阻力标准值；  
 $T_{uk}$  ——群桩呈非整体破坏时，基桩总抗拔极限侧阻力标准值；  
 $\gamma_m$  ——基础底面以上土的加权平均重度。

### 2.2.3 几何参数：

- $A_p$  ——桩身截面面积；  
 $A_s'$  ——纵向受力钢筋截面面积；  
 $D$  ——桩身直径；  
 $d$  ——基础埋置深度；  
 $l$  ——桩身长度；  
 $m$  ——按桩身截面面积计算的面积置换率；或加固区以下土层分层数；  
 $n$  ——群桩基础中的桩数；或加固区土层分层数；  
 $s$  ——挤土式螺旋灌注桩桩基的最终沉降量；或复合地基最终沉降变形量；  
 $s_z$  ——按等截面桩基计算的最终沉降量；  
 $s_1$  ——复合地基加固区土层压缩变形量；  
 $s_2$  ——复合地基加固区以下土层压缩变形量；

$u$  ——桩身周长；  
 $u_{gk}$  ——群桩外围周长。

#### 2.2.4 计算系数：

$K$  ——安全系数；  
 $\beta$  ——桩间土承载力发挥系数；  
 $\beta_p$  ——挤土式螺旋灌注桩端阻力提高系数；  
 $\beta_{si}$  ——挤土式螺旋灌注桩侧阻力提高系数；  
 $\lambda$  ——复合地基单桩承载力发挥系数；或加固区地基变形量调整系数；  
 $\lambda_i$  ——抗拔系数；  
 $\zeta$  ——加固土层压缩模量提高系数；  
 $\xi_l$  ——等效抗拔长度系数；  
 $\Psi_B$  ——桩基沉降计算经验系数；  
 $\Psi_c$  ——基桩成桩工艺系数；  
 $\Psi_s$  ——复合地基沉降计算经验系数。

### 3 基本规定

**3.0.1** 挤土式螺旋灌注桩适用于一般填土，黏性土，粉土，砂土，细粒碎石土，全风化基岩，强风化软质岩；红黏土，膨胀土，广西新近系、古近系全~强风化软质半成岩等可挤密的岩土层；对深厚饱和软黏土、淤泥质土、含碎（块）石填土，粗粒碎石土，强风化硬质岩，广西新近系、古近系中风化软质半成岩地层，应通过试验确定。

**3.0.2** 挤土式螺旋灌注桩可用作桩基础的基桩和复合地基的竖向增强体。

**3.0.3** 挤土式螺旋灌注桩的桩径宜为200mm~800mm。

**3.0.4** 挤土式螺旋灌注桩基础及挤土式螺旋灌注桩复合地基设计前，应具备岩土工程勘察报告、上部结构及基础设计和场地环境等有关资料。

**3.0.5** 挤土式螺旋灌注桩桩基础或挤土式螺旋灌注桩复合地基设计应基于下列资料：

1 拟建场地与环境条件资料，包括下列内容：

1) 岩土工程详细勘察报告，主要包括拟建场地类别、抗震设防烈度及设计地震动参数；

2) 拟建场地内及周边交通设施、地上与地下管线及地下结构物分布；

3) 附近工程地质条件类似场地的桩基或复合地基的现场试验资料；

4) 周围环境的防振与防噪声要求。

2 建（构）筑物的相关资料，包括下列内容：

1) 总平面布置图；

2) 结构类型、荷载分布、建（构）筑物的使用条件、对地基基础的竖向及水平向变形的要求；

3) 建筑结构的安全等级。

**3.0.6** 排列基桩时，宜使桩群承载力合力点与竖向永久荷载和力作用点重合。

**3.0.7** 桩身混凝土应采用和易性较好的超流态混凝土，混凝土拌制所用的原材料应符合下列规定：

1 水泥强度等级不应低于32.5MPa；

2 粗骨料宜选用质地坚硬的卵石或碎石，最大粒径不宜大于20mm，含泥量不应大于2%，粗骨料的质量应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定；

3 细骨料应选用中砂，含泥量不应大于3%，质量应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定；

4 粉煤灰宜选用I级或II级粉煤灰，质量应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的有关规定；

5 外加剂宜选用丙烯酸系水下混凝土絮凝剂，质量应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定；

6 混凝土拌制用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

**3.0.8** 挤土式螺旋灌注桩施工应具备下列资料：

- 1 不同的挤土成桩施工工艺对地质条件的适用性评价；
- 2 挤土式螺旋封闭挤扩钻具的类型、钻机的技术性能参数及动力要求；
- 3 水、电及建筑材料的供应条件；
- 4 施工机械设备的进出场及现场作业条件。

**3.0.9** 采用挤土式螺旋灌注桩的工程，施工前应通过成桩工艺性试验确定桩的施工参数。

**3.0.10** 挤土式螺旋灌注桩应根据设计用途进行施工质量检验。



## 4 勘 察

**4.0.1** 拟采用挤土式螺旋灌注桩的桩基础与复合地基工程，应根据工程重要性与特点、场地条件、地基复杂程度及本规程的桩基础与复合地基的设计需要确定岩土工程勘察方案；岩土工程勘察应采用现场勘探、原位测试与土工试验相结合的方法，并合理确定勘探点间距、勘探孔深度及控制性勘探孔深度。

**4.0.2** 拟采用挤土式螺旋灌注桩的桩基础或复合地基工程的场地，工程地质与水文地质勘察应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 及《广西壮族自治区岩土工程勘察规范》DBJ/T 45-066 的有关规定，并应符合下列规定：

- 1 应依据地貌单元、地层时代与地层岩性确定地层划分、岩土层结构与性质、风化等级与程度及岩土体对建筑材料的腐蚀性；
- 2 应查明场地及周边不良地质作用类型、成因、分布及危害程度，评价坡地、近岸场地的稳定性；
- 3 应查明地下水的类型与分布，含水层的分布、厚度、埋深与水位及补给排泄条件，并应评价地下水对建筑材料的腐蚀性以及对施工与正常使用期间的不利影响；
- 4 应提供岩土层的分类指标、物理性质指标、工程力学指标等；
- 5 对于可液化土、欠固结土、红黏土及膨胀岩土，应查明特殊地基土的范围与性质，并应分析桩周土体产生负摩阻力的可能性，提供桩侧负摩阻力计算参数；
- 6 持力层为倾斜地层、基岩面凹凸不平、具有临空面或洞穴时，应评估桩基础或复合地基的稳定性。

**4.0.3** 岩土勘察前应收集拟建场地与环境条件的有关资料：

- 1 拟建场地地上及地下管线、地下构筑物 and 受沉桩影响的相邻既有建筑安全等级、基础形式及埋置深度；
- 2 附近类似工程地质条件场地的工程试桩资料和单桩承载力设计参数。

**4.0.4** 挤土式螺旋灌注桩作为桩基础时，其详细勘察除应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021及《广西壮族自治区岩土工程勘察规范》DBJ/T 45-066的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 对于端承型桩，当相邻两个勘探点揭露出的桩端持力层面坡度大于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，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柱列轴线布置勘探点，并宜每桩设一勘探点；

4 软土、黏性土、粉土和砂土的原位测试方法宜采用标准贯入试验，碎石土宜采用重型或超重型圆锥动力触探试验；

5 勘探深度应满足稳定性和沉降计算深度的要求。

**4.0.5** 挤土式螺旋灌注桩作为地基处理竖向增强体时，其详细勘察应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 及《广西壮族自治区岩土工程勘察规范》DBJT 45-066 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 勘探点平面布设应按天然地基勘察方案布设，当适宜作为桩端持力层的土层顶面高程、厚度变化较大时，应加密勘探点，查明其变化；

2 勘探点深度应符合本规程第4.0.4条的规定，查明适宜作为桩端持力层的地层分布情况和下卧层岩土层的性状。

**4.0.6** 岩土工程勘察报告有关挤土式螺旋灌注桩技术选用的评价应包括下列内容：

1 拟建场地所在地区的地震效应、地基土液化、湿陷性、膨胀性以及泥岩砂岩软化性评价；

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 对挤土式螺旋灌注桩技术可行性进行定性分析、评价，并对成桩过程中的施工风险及对周围环境等造成的不良影响进行分析、评价；

4 根据勘察成果，结合当地经验和既有工程资料，提出挤土式螺旋灌注桩工艺选择建议及相关技术设计参数。

**4.0.7** 当已有勘察资料不能满足挤土式螺旋灌注桩设计和施工要求、地下水状态和性质对设计和施工有影响时，应进行施工勘察。

## 5 设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 挤土式螺旋灌注桩基础和挤土式螺旋灌注桩复合地基应根据现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的有关规定，按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。

**5.1.2** 挤土式螺旋灌注桩按桩基础设计时，应根据现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定确定设计等级。

**5.1.3** 应根据挤土式螺旋灌注桩基础的使用功能和受力特征分别进行桩基的竖向承载力计算、水平承载力计算及稳定性验算，并应符合下列规定：

1 设计等级为甲级的建筑或有设计要求时，应在场地有代表性的区域进行试验性施工和试验桩试验，并应根据检验结果进行桩基础设计；

2 布桩方案应在综合分析建筑物或构筑物的使用要求、结构类型、荷载分布、基础形式、地质条件及环境条件的基础上确定；

3 桩基础的沉降变形计算与稳定性验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。

**5.1.4** 挤土式螺旋灌注桩复合地基应按上部结构、基础和地基共同作用的原理进行设计，并应符合下列规定：

1 对于大型和重要工程，应在有代表性的场地上进行现场试验或试验性施工，并应检验设计参数和处理效果，通过分析计算对设计方案进行优化；

2 复合地基的承载力与变形计算及稳定性验算应按国家现行标准《复合地基技术规范》GB/T 50783 和现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定执行；

3 复合地基应进行桩身强度及完整性检验，复合地基承载力应采用复合地基静载荷试验和单桩静载荷试验进行验收检验。

### 5.2 桩的分类与布置

**5.2.1** 挤土式螺旋灌注桩用作基础桩时宜采用摩擦型桩或端承摩擦型桩。

**5.2.2** 挤土式螺旋灌注桩用作基础桩时，最小中心距应根据相邻基桩间的成桩挤土效应影响范围和挤密程度来确定，最小中心距应符合表5.2.2 的规定；有当地经验或施工中采用减小挤土效应的技术措施时，最小中心距可适当减小。

**表 5.2.2 挤土式螺旋灌注桩用作桩基础时的最小中心距**

岩土类别	排数不少于 3 排， 且桩数不少于 9 根的情况	其他情况
非饱和土、饱和非黏性土、 风化软质岩	4.0D	3.5D
饱和黏性土、细粒碎石土	4.5D	4.0D

注：D为桩身直径。

**5.2.3** 需要利用挤密效应处理松散填土、碎石土的挤土式螺旋灌注桩基础或挤土式螺旋灌注桩复合地基的工程，桩的最小中心距宜取  $(2.5\sim 3.0)D$ 。

**5.2.4** 桩端持力层应选择较为密实、坚硬、层位稳定的岩土层，桩端全断面进入持力层的深度应符合下列规定：

- 1 黏性土、粉土层不宜小于 $2.0D$ ；
- 2 砂土层不宜小于 $1.5D$ ；
- 3 碎石土层、全风化软质岩与强风化软质岩层不宜小于 $1.0D$ ；
- 4 当存在软弱下卧层时，桩端以下硬持力层厚度不应小于 $3.0D$ 。

## 5.3 基桩构造

**5.3.1** 挤土式螺旋灌注桩用作桩基础时，其配筋应符合下列规定：

1 受压桩的正截面配筋率宜取 $0.40\%\sim 0.65\%$ ，小直径桩应取高值，承重较大荷载的受压桩应根据计算确定配筋率，且配筋率不宜小于表5.3.1的规定值。

2 基桩的纵向钢筋配筋长度应符合下列规定：

1) 设计等级为甲级的建筑桩基、位于地震设防烈度8度及以上地震区或 $2/3$ 桩长位于具有湿陷性的填土层中的桩基础，应沿桩身等截面或变截面通长配筋，且变截面长度应小于桩长的 $1/2$ ；

2) 地震设防烈度小于8度区域的场地，摩擦型受压桩配筋长度不宜小于 $2/3$ 桩长；

3) 基桩纵向主筋应穿过可液化土及欠固结土层，且进入稳定岩土层的深度不宜小于 $3.0D$ ；

4) 可能产生负摩阻力的桩，桩身纵向主筋应穿过可能产生负摩阻力的土层，进入稳定岩土层深度不宜小于 $3.0D$ 。

表5.3.1 挤土式螺旋灌注桩的纵向钢筋最小配筋率

岩土类别	$D < 500\text{mm}$	$500\text{mm} \leq D < 600\text{mm}$	$D > 600\text{mm}$
淤泥质土、严重液化土	0.50%	0.45%	0.40%
饱和黏性土、具有湿陷性的土、素填土	0.45%	0.40%	0.40%
全风化软质岩、强风化软质岩、其他土	0.40%	0.40%	0.40%

3 基桩的箍筋配筋应符合下列规定：

1) 箍筋应采用螺旋式，箍筋直径不应小于 $6\text{mm}$ ，间距宜为 $200\text{mm} \sim 300\text{mm}$ ；受水平荷载较大的基桩及计入纵筋作用计算桩身受压承载力时，桩顶以下 $5.0D$ 范围内的箍筋应加密，且箍筋间距不应大于 $100\text{mm}$ ；

2) 位于可液化土层范围内的桩身箍筋应加密；钢筋笼长度超过 $4\text{m}$ 时，应每隔 $2\text{m}$ 设置一道直径不小于 $12\text{mm}$ 的焊接加劲箍筋；

3) 桩身配筋其他要求应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

5.3.2 对于受水平荷载的桩，主筋不应小于 $8\phi 12$ ；对于抗压桩和抗拔桩，主筋不应小于 $6\phi 10$ ；纵向主筋应沿桩身周边均匀布置，其净距不应小于 $60\text{mm}$ ，并应尽量减少钢筋接头。

5.3.3 工程中的锚桩，主筋配筋应根据锚桩抗拔力通过计算确定，箍筋配置的长度可与工程桩钢筋笼相同。

5.3.4 桩顶嵌入承台内的长度不宜小于 $50\text{mm}$ ，当桩主要承受水平力时，不宜小于 $100\text{mm}$ ；主筋伸入承台内的锚固长度不宜小于钢筋直径的35倍。

5.3.5 桩身混凝土强度等级及混凝土保护层厚度应符合下列规定：

1 挤土式螺旋灌注桩用作桩基础时，桩身混凝土强度等级不应低于C25；挤土式螺旋灌注桩用作复合地基竖向增强体时，桩身混凝土强度等级不应低于C20；

2 基桩的钢筋笼纵向主筋的混凝土保护层厚度不应小于 $50\text{mm}$ ；

3 四类、五类环境中的基桩桩身混凝土保护层厚度应符合国家现行标准《工业建筑防腐设计标准》GB/T 50046 的有关规定。

5.3.6 桩基结构的耐久性设计应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 和《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

## 5.4 单桩竖向抗压承载力确定

5.4.1 挤土式螺旋灌注桩单桩竖向抗压极限承载力标准值应通过单桩竖向静载试验确定，并应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 及《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的有关规定。

5.4.2 对于建（构）筑物和受水平力较小的高层建筑的挤土式螺旋灌注桩，应按下列公式柱、墙、核心筒等群桩中基桩或复合基桩的桩顶作用效应按下列公式计算：

### 1 竖向力

#### 1) 轴心竖向力作用下

$$N_k = \frac{F_k + G_k}{n} \quad (5.4.2-1)$$

#### 2) 偏心竖向力作用下

$$N_{ik} = \frac{F_k + G_k}{n} \pm \frac{M_{xk} y_i}{\sum y_j^2} \pm \frac{M_{yk} x_i}{\sum x_j^2} \quad (5.4.2-2)$$

### 2 水平力

$$H_{ik} = \frac{H_k}{n} \quad (5.4.2-3)$$

式中

$F_k$  ——荷载效应标准组合下，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，对稳定的地下水位以下部分应扣除水的浮力（kN）；

$N_k$  ——荷载效应标准组合轴心竖向力作用下，基桩或复合基桩的平均竖向力（kN）；

$N_{ik}$  ——荷载效应标准组合偏心竖向力作用下，第  $i$  基桩或复合基桩的竖向力（kN）；

$M_{xk}$ 、 $M_{yk}$  ——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（kN·m）；

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

$H_k$  ——荷载效应标准组合下，作用于桩基承台底面的水平力（kN）；

$H_{ik}$  ——荷载效应标准组合下，作用于第  $i$  基桩或复合基桩的水平力

( $kN$ );

$n$  ——桩基中的桩数。

**5.4.3** 挤土式螺旋灌注桩作为桩基础时，桩基础的抗震验算应按国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《建筑桩基技术规范》JGJ 94的有关规定执行。

**5.4.4** 单桩竖向承载力计算应符合下列规定：

1 荷载效应标准组合：

1) 轴心竖向力作用下

$$N_k \leq R \quad (5.4.4-1)$$

2) 偏心竖向力作用下，除应满足式(5.2.4-1)外，尚应满足下式的要求：

$$N \leq 1.2 \quad (5.4.4-2)$$

2 地震作用效应和荷载效应标准组合：

1) 轴心竖向力作用下

$$N_{Ek} \leq 1.25R \quad (5.4.4-3)$$

2) 偏心竖向力作用下，除应满足式(6.2.4-3)外，尚应满足下式的要求：

$$N_{Ekmax} \leq 1.5R \quad (5.4.4-4)$$

式中  $N_k$ ——荷载效应标准组合轴心竖向力作用下，基桩或复合基桩的平均竖向力；

$N_{kmax}$ ——荷载效应标准组合偏心竖向力作用下，桩顶最大竖向力；

$N_{Ek}$ ——地震作用效应和荷载效应标准组合下，基桩或复合基桩的平均竖向力；

$N_{Ekmax}$ ——地震作用效应和荷载效应标准组合下，基桩或复合基桩的最大竖向力；

$R$ ——基桩或复合基桩竖向承载力特征值。

**5.4.5** 单桩竖向承载力特征值 $R_a$ 应按下式确定：

$$R_a = \frac{1}{K} Q_{uk} \quad (5.4.5)$$

式中  $Q_{uk}$ ——单桩竖向极限承载力标准值；

$K$ ——安全系数，取 $K=2$ 。

**5.4.6** 对于摩擦型或部分端承摩擦型挤土式螺旋灌注桩基础，可采用桩土共同作用分析方法计算；计入承台效应的复合基桩竖向承载力特征值( $R$ )可按下列公式估算：

1 不计入地震作用时

$$R \leq R_a + k_c \eta_c f_{ak} A_c \quad (5.4.6-1)$$

## 2 计入地震作用时

$$R = R_a + \frac{\zeta_a k_c \eta_c f_{ak} A_c}{1.25} \quad (5.4.6-2)$$

$$A_c = \frac{A - nA_p}{n} \quad (5.4.6-3)$$

$$H_{ik} = \frac{H_k}{n} \quad (5.4.6-4)$$

式中

$\eta_c$  ——承台效应系数，无当地经验或试验数据时，可按表 6.4.6 取值，当承台底面以下地基土为可液化土、高灵敏度软土、欠固结土或新近填土时，取  $\eta_c = 0$ ；

$f_{ak}$  ——承台下 1/2 承台宽度且不超过 5m 深度范围内各层土的地基承载力特征值，按厚度加权的平均值取值 (kPa)；

$A_c$  ——基桩所对应的承台扣除基桩截面积后的承台底净面积 (m<sup>2</sup>)；

$A_p$  ——桩身截面积 (m<sup>2</sup>)；

$A$  ——单桩承台、单排桩条形承台或筏板计算域面积 (m<sup>2</sup>)；

$n$  ——桩基中的桩数；

$k_c$  ——与挤土效应相关的桩间土承载力提高系数，无当地经验或试验数据时，取  $k_c = 1.0 \sim 1.1$ ；

表 5.4.6 承台效应系数  $\eta_c$

$B/l$ \ $s/D$	3	4	5	6	>6
$\leq 0.4$	0.06~0.08	0.14~0.17	0.22~0.26	0.32~0.38	0.50~0.80
0.4~0.8	0.08~0.10	0.17~0.20	0.26~0.30	0.38~0.44	
>0.8	0.10~0.12	0.20~0.22	0.30~0.34	0.44~0.50	
单排桩条形承台	0.15~0.18	0.25~0.30	0.38~0.45	0.50~0.60	

注：1  $s/D$ 为基桩中心距与桩径之比； $B/l$ 为承台宽度与桩长之比；基桩为非正方形排列时，基桩中心距  $s = \sqrt{A/n}$ ， $A$ 为承台或筏板计算域面积， $n$ 为总桩数；

2 对于桩布置于墙下的箱、筏基础， $\eta_c$ 可按单排桩条形承台取值；

3 对于单排桩条形承台，当承台宽度小于 1.5D 时， $\eta_c$ 按非条形承台取值；

4 对于饱和黏性土中的桩基承台， $\eta_c$ 取低值的 80%。

### 5.4.7 挤土式螺旋灌注桩的单桩竖向极限承载力标准值确定应符合下列规定：

1 设计等级为甲级的建筑桩基，单桩竖向极限承载力应通过单桩竖向抗压静载试验确定，试验桩数量不应少于3根，且应采用低应变法检测试验桩的桩身完整性；



2 设计等级为乙级的建筑桩基，可通过单桩竖向抗压静载试验确定单桩竖向极限承载力；当地质条件简单时，可根据地质条件相同的试桩资料，并结合经验参数法和原位测试参数法综合分析确定；

3 设计等级为丙级的建筑桩基，可采用经验参数法或原位测试参数法确定单桩竖向极限承载力；

4 单桩竖向抗压静载试验应按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的有关规定执行。

5.4.8 桩端持力层下受力范围内存在软弱下卧层时，应验算软弱下卧层的地基承载力。

5.4.9 按经验参数法确定挤土式螺旋灌注桩的单桩竖向极限承载力标准值时，应根据岩土类别、岩土状态、物理力学指标、基桩几何尺寸与承载力计算参数之间的经验关系来确定单桩竖向极限承载力标准值，宜按下式估算：

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum q_{sik} l_i + q_{pk} A_p \quad (5.4.9)$$

式中  $Q_{uk}$ ——单桩竖向抗压极限承载力标准值 (kN)；

$Q_{sk}$ ——单桩总极限侧阻力标准值 (kN)；

$Q_{pk}$ ——单桩总极限端阻力标准值 (kN)；

$u$ ——桩身周长 (m)；

$q_{sik}$ ——桩侧第  $i$  层土的极限侧阻力标准值，无当地经验时，可按本规程表 5.4.9 取值 (kPa)；

$q_{pk}$ ——极限端阻力标准值，无当地经验时，可按本规程表 5.4.9 取值 (kPa)；

$A_p$ ——桩端截面积 (m<sup>2</sup>)。

表 5.4.9 挤土式螺旋灌注桩的极限侧阻力标准值 $q_{sik}$ 和桩的极限端阻力标准值 $q_{pk}$  (kPa)

岩土层名称	岩土层状态		桩的极限侧阻力标准值 $q_{sik}$	桩的极限端阻力标准值 $q_{pk}$			
				桩长 $l$ (m)			
				$6 \leq l < 9$	$9 \leq l < 16$	$16 \leq l < 25$	$l > 25$
填土	—		24~40	—	—	—	—
淤泥	—		14~20	—	—	—	—
淤泥质土	—		18~30	—	—	—	—
黏性土	流塑	$I_L > 1.00$	24~40	—	—	—	—
	软塑	$0.75 < I_L \leq 1$	38~65	—	—	—	—
	可塑	$0.50 < I_L \leq 0.75$	60~90	850~1700	1300~2200	1700~2800	1900~3600
	硬可塑	$0.25 < I_L \leq 0.50$	80~110	1500~2500	2100~3300	2700~3800	3500~4500
	硬塑	$0.00 < I_L \leq 0.25$	90~130	2300~3800	3200~5500	3600~6000	4400~6800
	坚硬	$I_L \leq 0.00$	100~135	3600~4800	4600~5800	5500~6500	6000~7000

续表 5.4.9 挤土式螺旋灌注桩的极限侧阻力标准值 $q_{sik}$ 和桩的极限端阻力标准值 $q_{pk}$  (kPa)

岩土层名称	岩土层状态		桩的极限侧阻力标准值 $q_{sik}$	桩的极限端阻力标准值 $q_{pk}$			
				桩长 $l$ (m)			
				$6 \leq l < 9$	$9 \leq l < 16$	$16 \leq l < 25$	$l > 25$
红黏土	$0.7 < \alpha_w \leq 1.0$		15~35	600~1500	800~2000	1000~2500	1200~3000
	$0.5 < \alpha_w \leq 0.7$		35~75	2000~3500	2500~5000	3200~5500	4000~6000
粉土	稍密	$e > 0.9$	30~55	600~1000	800~1500	1000~1800	1500~2400
	中密	$0.75 < e \leq 0.9$	55~80	950~1700	1400~2100	1700~2700	2200~3500
	密实	$e < 0.75$	85~100	1500~2600	2000~3000	2600~3600	3400~4400
粉砂	稍密	$10 < N \leq 15$	25~50	1000~1600	1500~2300	1900~2800	2100~3300
	中密	$15 < N \leq 30$	50~70	1400~2200	2100~3000	2700~4500	3200~5500
	密实	$N > 30$	65~95				
细砂	稍密	$10 < N \leq 15$	25~55	1200~2100	1700~3000	2100~3600	2300~3800
	中密	$15 < N \leq 30$	50~80	2000~4000	2800~5000	3500~6000	3600~7000
	密实	$N > 30$	70~100				
中砂	中密	$15 < N \leq 30$	60~90	4000~6000	5500~7000	6500~8000	7500~9000
	密实	$N > 30$	80~110				
粗砂	中密	$15 < N \leq 30$	75~115	5500~7500	7200~8500	8000~10000	9000~11000
	密实	$N > 30$	100~150				
砾砂	稍密	$10 < N \leq 15$	75~110	2000~3600	3000~4800	3500~6000	4500~6500
	中密	$15 < N \leq 30$	105~130	4800~9000		6500~10000	
	密实	$N > 30$	120~160				
角砾、圆砾	中密、密实	$N_{63.5} > 10$	160~220	6500~10000		9000~11000	
碎石、卵石	中密、密实	$N_{63.5} > 10$	200~300	7500~11000		10000~12000	
全风化软质岩	—	$30 < N \leq 50$	105~150	4000~6000			
全风化硬质岩	—	$30 < N \leq 50$	150~180	5000~8000			
强风化软质岩	—	$N_{63.5} > 10$	140~250	5500~9000			

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  $\alpha_w$ 为含水比平均值， $\alpha_w = \omega/\omega_l$ ， $\alpha_w$ 为土的天然含水量平均值， $\omega_l$ 为土的液限平均值；

3  $N$ 为标准贯入试验锤击数标准值； $N_{63.5}$ 为重型动力触探锤击数标准值；

4 全风化系指其母岩分别为 $f_{rk} \leq 15\text{MPa}$ 的岩石。

5 砂土和碎石类土中桩的极限端阻力取值，宜综合考虑土的密实度，桩端进入持力层的深径比 $h_b/d$ ，土愈密实， $h_b/d$ 愈大，取值愈高；

6 红黏土桩的极限端阻力与含水比 $\alpha_w$ 、孔隙比 $e$ 之间存在线性负相关关系，含水比 $\alpha_w$ 、孔隙比 $e$ 愈大，取值愈低。

**5.4.10** 按原位测试参数法确定挤土式螺旋灌注桩的单桩竖向极限承载力标准值时，应根据标准贯入试验资料来确定单桩竖向极限承载力标准值，宜按下式估算：

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum q_{sik}^{SPT} l_i + q_{pk}^{SPT} A_p \quad (5.4.10)$$

式中  $Q_{uk}$ ——单桩竖向抗压极限承载力标准值 (kN)；  
 $Q_{sk}$ ——单桩总极限侧阻力标准值 (kN)；  
 $Q_{pk}$ ——单桩总极限端阻力标准值 (kN)；  
 $u$ ——桩身周长 (m)；  
 $q_{sik}^{SPT}$ ——基于标准贯入试验锤击数桩侧第  $i$  层土的极限侧阻力标准值，无当地经验时，可按本规程表 5.4.10 取值 (kPa)；  
 $q_{pk}^{SPT}$ ——基于标准贯入试验锤击数桩的极限端阻力标准值，无当地经验时，可按本规程表 5.4.10 取值 (kPa)；  
 $A_p$ ——桩端截面积 (m<sup>2</sup>)；  
 $l_i$ ——桩周第  $i$  层岩土厚度 (m)。

**表5.4.10 基于标准贯入试验锤击数桩的极限侧阻力标准值 $q_{sik}^{SPT}$ 和桩的极限端阻力标准值 $q_{pk}^{SPT}$  (kPa)**

计算内容	岩土类别	计算参数 $q_{sik}^{SPT}$ 或 $q_{pk}^{SPT}$ (kPa)
桩的极限侧阻力 标准值	素填土、黏性土、粉土、粉砂、细砂、中砂	(7.0~10.0) $N_i$
	粗砂、砾砂、全风化软质岩、强风化软质岩	(8.0~12.0) $N_i$
桩的极限端阻力 标准值	素填土、黏性土、粉土、粉砂、细砂	(200.0~350.0) $N$
	中砂、粗砂、砾砂、全风化软质岩、强风化软质岩	(300.0~450.0) $N$

注：1  $N_i$ 为桩侧第 $i$ 层岩土的未经修正的标准贯入试验锤击数平均值，当 $N_i > 40$ 时取 $N_i = 40$ ；

2  $N$ 为桩端面以上 $4D$ 和以下 $4D$ 范围内岩土的未经修正的标准贯入试验锤击数的加权平均值，当 $N > 40$ 时取 $N = 40$ ；

3 当角砾、圆砾、碎石与卵石土层有重型圆锥动力触探试验资料时，可按 $N = (2.5 \sim 3.0) N_{63.5}$ 取值。

**5.4.11** 抗拔或水平受力的基桩应按现行国家标准《混凝土结构设计规范（2015年版）》GB 50010 的有关规定验算基桩材料的承载力，并进行裂缝控制计算。

## 5.5 抗拔承载力验算

**5.5.1** 承受上拔力的挤土式螺旋灌注桩，群桩基础及基桩的抗拔承载力的验算，应符合下列规定：

1 群桩呈非整体破坏时，应满足下式要求：

$$N_k \leq \frac{1}{2}T_{uk} + G_p \quad (5.5.1-1)$$

2 群桩呈整体破坏时，应满足下式要求：

$$N_k \leq \frac{1}{2}T_{gk} + G_{gp} \quad (5.5.1-2)$$

式中  $N_k$  ——相应于作用的标准组合时，作用于基桩的竖向拔力 ( $kN$ )；

$T_{uk}$  ——群桩呈非整体破坏时，基桩总抗拔极限侧阻力标准值 ( $kN$ )，按本规程式 (5.5.2-1) 确定；

$T_{gk}$  ——群桩呈整体破坏时，基桩总抗拔极限侧阻力标准值 ( $kN$ )，按本规程式 (5.5.2-1) 确定；

$G_p$  ——基桩自重标准值 ( $kN$ )，计算地下水位以下部分的基桩自重时应扣除水浮力；

$G_{gp}$  ——群桩基础及其所包围的桩间土总自重除以总桩数后计算的单桩自重标准值 ( $kN$ )，地下水位以下的部分扣除水浮力。

**5.5.2** 挤土式螺旋灌注桩单桩竖向抗拔极限承载力标准值的确定应符合下列规定：

1 设计等级为甲级和乙级的桩基础，基桩的抗拔极限承载力标准值应通过单桩竖向抗拔静载试验确定。单桩抗拔静载试验及抗拔极限承载力标准值的确定应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的有关规定。

2 无当地经验时，群桩基础及设计等级为丙级的桩基础，基桩的抗拔极限承载力应按本规程式 (5.3.1-1) 和式 (5.3.1-2) 进行验算，其中  $T_{uk}$  和  $T_{gk}$  的计算可按下列规定执行：

1) 群桩呈非整体破坏时，基桩总抗拔极限侧阻力标准值可按下列式计算：

$$T_{uk} = \sum \lambda_i q_{sik} u_i l_i \quad (5.5.2-1)$$

式中  $q_{sik}$  ——桩侧第  $i$  层土的抗压极限侧阻力标准值 ( $kPa$ )，可按本规程表 5.4.9 取值；

$u_i$  ——桩身破坏表面周长 ( $m$ )，取  $u_i = \pi D$ ；

$l_i$  ——桩周第  $i$  土层的厚度 ( $m$ )；

$\lambda_i$  ——抗拔系数，按表 5.5.2 取值。

表 5.5.2 抗拔系数 $\lambda_i$

土类	全风化软质岩	细粒碎石土 (角砾、圆砾、碎石、卵石)	砂土	黏性土(红黏土)、 粉土
$\lambda_i$	0.7~0.9	0.4~0.6	0.5~0.7	0.7~0.8

注：桩长与桩径之比小于20时， $\lambda_i$ 取小值。

2) 群桩基础呈整体破坏时，基桩总抗拔极限侧阻力标准值可按下式计算：

$$T_{gk} = \frac{1}{n} u_{gk} \sum \lambda_i q_{sik} l_i \quad (5.5.2-2)$$

式中  $u_{gk}$  ——群桩外围周长 (m)，按表 5.4.9 分段计算；  
 $n$  ——群桩基础中的桩数。

## 5.6 单桩水平承载力计算

5.6.1 对于受水平荷载较大的设计等级为甲级和乙级桩基础，挤土式螺旋灌注桩单桩水平承载力特征值应通过单桩水平静载试验确定，试验方法可按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的有关规定执行。

5.6.2 单桩水平承载力特征值确定应符合下列规定：

- 1 承受水平荷载较大且设计等级为甲级和乙级的建筑桩基，单桩水平承载力特征值应通过单桩水平静载试验确定；
- 2 桩身配筋率小于0.56%时，可取单桩水平静载试验的临界荷载的75%作为单桩水平承载力特征值；
- 3 桩身配筋率大于0.56%时，可取单桩水平静载试验结果在地面处水平位移为10mm所对应荷载的75%作为单桩水平承载力特征值，对于水平位移敏感的建筑物或构筑物，可取水平位移6mm所对应荷载的75%作为单桩水平承载力特征值。

## 5.7 桩基沉降计算

5.7.1 挤土式螺旋灌注桩桩基沉降计算应符合下列规定：

- 1 对以下建筑物的桩基应进行沉降验算：
  - 1) 地基基础设计等级为甲级的建筑物桩基；
  - 2) 体形复杂、荷载不均匀或桩端以下存在软弱土层的设计等级为乙级的建筑物桩基；
  - 3) 摩擦型桩基。

2 桩基沉降不得超过建筑物的沉降允许值。

5.7.2 设计等级为丙级的建筑物桩基、对沉降无特殊要求的条形基础下不超过两排桩的桩基、吊车工作级别A5及A5以下的单层工业厂房且桩端下为密实土层的桩基，可不进行沉降验算。当有可靠地区经验时，对地质条件不复杂、荷载均匀、对沉降无特殊要求的端承型桩基也可不进行沉降验算。

5.7.3 挤土式螺旋灌注桩桩基需要进行沉降验算时，沉降计算和沉降允许值应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

5.7.4 挤土式螺旋灌注桩桩基最终沉降量宜按下式计算：

$$s = \psi_B s_z \quad (5.7.4)$$

式中  $s$  ——长螺旋钻孔高压旋喷扩底桩桩基的最终沉降量 ( $mm$ )；

$\psi_B$  ——桩基沉降计算经验系数，宜根据地区沉降观测资料及经验确定，无当地经验时取 0.6~0.8，桩端持力层为砂土时取低值，桩端持力层为黏土时取高值；

$s_z$  ——按等截面桩基计算的最终沉降量 ( $mm$ )，其中等截面桩直径为桩身平均直径，按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 49 的有关规定计算最终沉降量。

5.7.5 按等截面桩基计算最终沉降量 $s_z$ 时，应符合下列规定：

1 桩中心距不大于 $3D$ 的桩基，最终沉降量 $s_z$ ，可采用现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的等效作用分层总和法计算；

2 桩中心距大于 $3D$ 的桩基，最终沉降量 $s_z$ ，宜按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94关于单桩、单排桩或疏桩基础的有关规定计算，其中桩身压缩量应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定计算，桩身压缩系数宜按端承桩取值。

## 5.8 复合地基

5.8.1 挤土式螺旋灌注桩复合地基设计应根据复合地基承载力、地层性状、地基变形、施工工艺等因素综合确定桩径、桩距、桩长、扩径体尺寸及布桩方式。

5.8.2 复合地基增强体桩身直径宜选用400mm、500mm、600mm、700mm、800mm。

5.8.3 复合地基增强体桩中心距宜为 (3.0~5.0)  $D$ 。

**5.8.4** 复合地基增强体桩顶应设置褥垫层，褥垫层的厚度宜为  $(0.4\sim 0.6)D$ 。当桩直径或桩间距大时，褥垫层厚度宜取大值。褥垫层材料宜为粗砂、级配良好的砂石或碎石等，最大粒径不宜大于  $30\text{mm}$ 。

**5.8.5** 复合地基的设计、施工、质量检验应符合现行行业标准《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 的有关规定。

**5.8.6** 复合地基承载力特征值应通过单桩竖向静载试验及复合地基静载试验确定。初步设计时，可按式(5.8.6)估算：

$$f_{spk} = \lambda m \frac{R_a}{A_p} + \beta(1 - m)f_{sk} \quad (5.8.6)$$

式中  $f_{spk}$  ——复合地基承载力特征值 ( $\text{kPa}$ )；

$f_{sk}$  ——处理后桩间土承载力特征值 ( $\text{kPa}$ )，可按地区经验确定，无试验资料时，取桩身范围内天然地基土经深度修正后承载力最低的特征值 ( $\text{kPa}$ )；

$\lambda$  ——复合地基单桩承载力发挥系数，可按地区经验确定，无经验时取  $0.8\sim 1.0$ ；

$R_a$  ——复合地基增强体单桩竖向抗压承载力特征值 ( $\text{kN}$ )，按本规程 4.4 章节公式计算；

$A_p$  ——桩身截面面积 ( $\text{m}^2$ )；

$m$  ——面积置换率，按现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 计算；

$\beta$  ——桩间土承载力发挥系数，可按地区经验确定，无经验时取  $0.9\sim 1.0$ 。当复合地基单桩承载力发挥系数  $\lambda$  取大值时， $\beta$  取小值；反之，亦然。

**5.8.7** 桩身混凝土强度的计算应符合下列规定：

挤土式螺旋灌注桩桩身混凝土强度应符合公式(5.8.7-1)的规定，当复合地基承载力进行基础埋深修正时，应符合公式(5.8.7-2)的规定：

$$f_{cu} \geq 4 \frac{\lambda R_a}{A_p} \quad (5.8.7-1)$$

$$f_{cu} \geq 4 \frac{\lambda R_a}{A_p} \left[ 1 + \frac{\gamma_m(d - 0.5)}{f_{spa}} \right] \quad (5.8.7-2)$$

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

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

$d$  ——基础埋置深度 ( $\text{m}$ )；

$R_a$  ——复合地基增强体单桩竖向抗压承载力特征值 ( $\text{kN}$ )，按本规程 4.4 章节公

式计算：

$A_p$  ——桩身截面面积 ( $m^2$ )；

$f_{spa}$  ——深度修正后的复合地基承载力特征值 ( $kPa$ )。

**5.8.8** 复合地基的变形计算应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定外，还应符合下列规定：

- 1 地基变形计算深度应大于复合土层的深度；
- 2 各复合土层的分层应与天然地基相同，各复合土层的压缩模量可按下列公式计算：

$$E_{spi} = E_{si} \cdot \zeta \quad (5.8.8-1)$$

$$\zeta = \frac{f_{spk}}{f_{ak}} \quad (5.8.8-2)$$

式中  $E_{spi}$  ——第  $i$  复合土层的压缩模量 ( $MPa$ )；

$E_{si}$  ——加固区第  $i$  土层的压缩模量 ( $MPa$ )；

$f_{ak}$  ——基础底面下控制复合地基承载力的岩土层。取桩身范围内天然地基土经深度修正后承载力最低岩土层的天然地基承载力特征值 ( $kPa$ )；

$\zeta$  ——加固土层压缩模量提高系数；

$f_{spk}$  ——复合地基承载力特征值 ( $kPa$ )。

- 3 加固区复合土层和下卧层均应按分层总和法进行沉降计算；

- 4 复合地基最终沉降变形量可按下列公式计算：

$$s = s_1 + s_2 = \psi_s \left[ \lambda \sum_{i=1}^n \frac{p_0}{E_{spi}} (z_i \bar{\alpha}_i - z_{i-1} \bar{\alpha}_{i-1}) + \sum_{j=1}^m \frac{p_0}{E_{sj}} (z_j \bar{\alpha}_j - z_{j-1} \bar{\alpha}_{j-1}) \right] \quad (5.8.8-3)$$

式中  $s$  ——复合地基最终沉降变形量 ( $mm$ )；

$s_1$  ——复合地基加固区土层压缩变形量 ( $mm$ )；

$s_2$  ——复合地基加固区以下土层压缩变形量 ( $mm$ )；

$n$  ——加固区土层分层数；

$m$  ——加固区以下土层分层数；

$p_0$  ——相应于作用的准永久组合时，作用于基础底面处的附加压力 ( $kPa$ )；

$\bar{\alpha}_i$ 、 $\bar{\alpha}_{i-1}$  ——基础底面计算点至加固区第  $i$  土层、第  $i-1$  土层产生的平均附加应力系数；

$\bar{\alpha}_j$ 、 $\bar{\alpha}_{j-1}$  ——基础底面计算点至加固区以下第  $j$  土层、第  $j-1$  土层产生的平均附加应力系数；



- $E_{spi}$  ——加固区第  $i$  土层的复合压缩模量 (MPa);  
 $E_{sj}$  ——加固区以下第  $j$  土层的压缩模量 (MPa);  
 $z_i$ 、 $z_{i-1}$  ——基础底面至加固区第  $i$  层土、第  $i-1$  层土底面的距离 (m);  
 $z_j$ 、 $z_{j-1}$  ——基础底面至加固区以下第  $j$  层土、第  $j-1$  层土底面的距离 (m);  
 $\lambda$  ——加固区地基变形量调整系数, 取 0.5~0.8; 扩径体位于砂土时取小值, 黏土时取大值;  
 $\psi_s$  ——复合地基沉降计算经验系数, 按地区沉降观测资料统计值确定, 无经验取值时, 采用表 5.8.8 的数值。

表5.8.8 沉降计算经验系数 $\psi_s$

$\bar{E}_s$ (MPa)	$\leq 4.0$	7.0	15.0	20.0	$\geq 35.0$
$\psi_s$	1.0	0.7	0.4	0.25	0.2

注:  $\bar{E}_s$ 为变形计算深度范围内压缩模量的当量值。

5 变形计算深度范围内压缩模量的当量值 ( $\bar{E}_s$ ), 应按下式计算:

$$\bar{E}_s = \frac{\sum_{i=1}^n A_i + \sum_{j=1}^m A_j}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{E_{spi}} + \sum_{j=1}^m \frac{A_j}{E_{sj}}} \quad (5.8.8-4)$$

式中  $A_i$  ——加固土层第  $i$  土层附加应力系数沿土层厚度的积分值;  
 $A_j$  ——加固土层下第  $j$  土层附加应力系数沿土层厚度的积分值。

## 6 施 工

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 挤土式螺旋灌注桩施工应采用专用钻机和专用螺旋挤扩钻具，设备扭矩满足施工要求。

**6.1.2** 正式施工前应检查钻机、螺旋挤扩钻具、电气设施及安全装置，并宜进行钻机试成孔或试成桩试验。

**6.1.3** 基桩成桩深度应符合下列规定：

- 1 摩擦桩应以设计桩长为依据控制成孔深度；
- 2 端承摩擦桩应以设计桩长及桩端进入持力层深度控制成孔深度。

### 6.2 施工准备

**6.2.1** 挤土式螺旋灌注桩施工前应具备下列资料：

- 1 拟建场地岩土工程勘察报告；
- 2 施工图与图纸会审纪要；
- 3 桩基工程的施工组织设计；
- 4 施工工艺参数资料；
- 5 拟建场地和周边区域内的地下管线、地下构筑物、相邻建筑物或构筑物的调查资料；
- 6 钻机、螺旋挤扩钻具及配套设备的技术资料；
- 7 水泥、砂石料、钢筋、掺合料、外加剂等原材料及其制品的质检报告。

**6.2.2** 应根据钻机技术性能、最大成孔深度、成桩直径、地层条件以及试成孔试验结果，确定螺旋挤扩钻具型号及施工工艺参数。

**6.2.3** 施工场地应平整，地面承载力应满足钻机的接地压力要求，在基坑内施工时，场地作业面应满足钻机施工及行走的要求。

**6.2.4** 成孔施工前应分析钻具钻孔挤土效应对已成基桩、邻近建筑物或构筑物、周边道路、地下管线的影响，并制定降低孔隙水压力和减小挤土效应的技术方案，具体技术措施宜包括采用可调控挤土量的螺旋挤扩钻具、部分挤土施工方法、合理的施工顺序、降低钻具钻掘速度以及减小钻具竖向下压力等。

## 6.3 钻机、钻具与施工方法

6.3.1 挤土式螺旋灌注桩施工钻机应符合下列规定：

- 1 钻机应符合本规程第6.1.1条规定；
- 2 钻机动力头滑行系统应配置安全限位装置；
- 3 钻机控制系统应具备下列功能：
  - 1) 应能对行走、回转操作进行有效控制；
  - 2) 应能调整控制主枢杆的垂直度与倾斜度；
  - 3) 应能精准控制钻机的输出扭矩、竖向钻压、钻掘速度、钻进深度、旋转方向、钻具转速与提升速度。

4 在施工过程中，通过各类传感器实时采集的施工数据宜包括桩孔定位、主枢杆垂直度、钻掘速度、钻具转速、输出扭矩、竖向钻压、钻孔深度、钻具提升速度、混凝土灌注压力与泵量等。

6.3.2 螺旋挤扩钻具的选型及使用应符合下列规定：

1 钻具可分为全挤土螺旋挤扩钻具 (*Type I*) 和部分挤土螺旋挤扩钻具 (*Type II*)，两种挤扩钻具的结构构造应符合本规程附录A 的规定。挤扩钻具的使用宜符合下列规定：

1) 全挤土螺旋挤扩钻具宜用于标准贯入试验锤击数 ( $N$ ) 不大于35击/30cm的岩土层，且成桩直径不宜大于600mm桩体施工；

2) 部分挤土螺旋挤扩钻具宜用于标准贯入试验锤击数标准值 ( $N$ ) 大于 35击/30cm的岩土层，且成桩直径可大于600mm桩体施工。

- 2 钻杆与钻具应设置内径不小于140mm的中空芯管作为混凝土灌注通道；
- 3 钻具的钻头可采用连接式或分离式头；
- 4 钻具宜选用合金钢、金刚石钻齿与截齿；
- 5 钻具外表面宜铺设焊接耐磨合金钢板、条或块。

6.3.3 挤土式螺旋灌注桩施工方法可分为全挤土施工方法和部分挤土施工方法，施工前应按下列要求选择确定：

1 全挤土施工方法宜用于标准贯入试验锤击数 ( $N$ ) 不大于35击/30cm的地层，包括软塑~硬塑黏性土、稍密~中密粉土和黄土、稍密~密实砂土、角砾、圆砾及全风化软质岩等可挤密岩土层，且桩径不宜大于600mm、桩孔深度不宜大于30m，施工应采用螺旋封闭挤扩钻具，钻机动力头输出扭矩不应小于200kN·m；

2 部分挤土施工方法宜用于标准贯入试验锤击数 ( $N$ ) 不大于60击/30cm的地层，包括硬塑~坚硬黏性土、中密~密实粉土和黄土、中密~密实砂土、角砾、圆砾、碎石、

卵石土层及全风化软质岩与强风化软质岩层，且桩径可大于600mm、桩孔深度可大于30m，施工应采用部分挤土螺旋挤扩钻具，钻机动力头输出扭矩不宜小于300kN·m。

**6.3.4 挤土式螺旋灌注桩成桩工艺应按下列步骤施工：**

1 在动力头扭矩作用下，螺旋挤扩钻具应沿顺时针方向下旋钻掘挤土成孔，钻头钻掘出的岩土体应被全部或大部分挤压入桩孔侧壁；当采用部分挤土螺旋挤扩钻具时，可有部分岩土体通过排土槽进入钻具上方桩孔内；

2 钻具底端达到设计桩端标高后，应保持顺时针方向旋转并上旋提升钻具，并通过钻具将钻具上方桩孔内的坍落或输入岩土体全部挤压入桩孔侧壁；

3 在钻具开始上旋提升前应先启动混凝土泵，并应通过钻具底端出口向桩孔内连续压灌混凝土，直至混凝土达到桩顶施工标高形成圆柱形挤土灌注桩为止；

4 桩身混凝土灌注结束后，可在灌注桩体内插入钢筋笼、钢筋束或型钢。

## 6.4 施工与质量控制

**6.4.1 挤土式螺旋灌注桩的施工质量管理与控制应贯穿施工全过程，且应针对钻机成孔、混凝土制备与灌注、钢筋笼制作与沉放三个关键工序进行质量管理及控制，并确保成桩质量符合设计文件的规定。**

**6.4.2 施工质量管理与控制的关键环节应包含主控内容、控制要点、控制标准与要求以及控制措施与检查方法，并应符合本规程附录B 的规定。**

**6.4.3 基桩桩位测设精度应符合本规程附录B 的规定，且应测量桩位地面标高。**

**6.4.4 施工过程中应填写基桩施工记录表，填表内容应符合本规程附录C 的规定。**

### I 成孔施工

**6.4.5 钻机开钻时，螺旋挤扩钻具的钻尖应对准桩位，基桩成孔施工的桩位偏差应符合本规程附录B的规定。**

**6.4.6 施工场地为饱和砂土层时，螺旋挤扩钻具的上部应连接带有螺旋叶片且具有较大直径的中心管的钻杆。**

**6.4.7 成孔施工顺序应符合下列规定：**

1 群桩施工宜自中间向外两个方向或四周进行对称施工；

2 一侧毗邻已有建筑物或构筑物时，宜从近建筑物或构筑物一侧开始由近端至远端施工；

3 位于多桩承台边缘的桩，宜待承台内部基桩施工完成，并重新测量桩位后再施工；

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/387150100120006111>