

前 言

根据《河北省住房和城乡建设厅〈关于印发2019年度省工程建设标准和标准设计第一批编制计划〉的通知》（冀建质安函〔2019〕27号）的要求，标准编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内相关标准，结合河北省实际，在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准共分7章和8个附录，主要技术内容包括：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 材料；5. 设计；6. 施工；7. 质量检验与工程验收。

本标准由中国兵器工业北方勘察设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释，由河北省绿色建筑推广与建设工程标准编制中心负责管理。

本标准执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验、积累资料，如有意见或建议及时反馈至中国兵器工业北方勘察设计研究院有限公司（地址：河北省石家庄市长安区建设南大街45号，邮编：050011，电话：0311-86662167，邮箱：csgdjtnzc@163.com），以供今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和审查人员名单：

主编单位：中国兵器工业北方勘察设计研究院有限公司
汤始建华建材（天津）有限公司
衡水京坤岩土工程有限公司

参编单位：河北省建筑科学研究院有限公司
北京中岩大地科技股份有限公司

北方工程设计研究院有限公司
河北太行宏业建设集团有限公司
中兵北勘（河北）工程检测有限公司
中土大地国际建筑设计有限公司
中建八局发展建设有限公司
唐山中冶地岩土工程有限公司
河北省水文工程地质勘察院
石家庄铁路职业技术学院
河北省地下空间工程岩土技术创新中心

主要起草人：孙会哲 毛由田 崔建波 许鹏展 柳建国
梁耀哲 吴浩 陆洪根 周志刚 杨金雷
刘超 王永波 何学礼 王长科 武文娟
王新洲 杨宝森 王治国 张春辉 李亚军
魏晓萌 郑铁柱 黄磊 亢永强 王瑞华
刘佳 陈朋 闻建忠 李亚然 何学锥
张卫良 刘岩 王玉瑛 裴志广 段永乐
王云龙 张珍 曹阳 程佳 王欣
张国召 吉新萌 王宁 常淑敏 王德银
张勇 张玉峰 刘阳 王晓磊 张爱国
谢彦朝 张彦德 赵莉

审查人员：聂庆科 王孟科 何柏林 张振栓 周保良
王海周 岳祖润

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	4
4	材料	6
4.1	材料	6
4.2	构造与性能	7
5	设计	9
5.1	一般规定	9
5.2	构造要求	9
5.3	桩基设计	12
5.4	复合地基设计	17
5.5	支护桩设计	19
6	施工	22
6.1	一般规定	22
6.2	施工准备	23
6.3	水泥石制备	25
6.4	长螺旋成孔与压灌水泥石	25
6.5	静压植桩	27
6.6	施工安全和环境保护	32
7	质量检验与工程验收	33
7.1	一般规定	33

7.2	施工前检验	33
7.3	施工中检验	33
7.4	施工后检验	34
7.5	工程验收	36
附录A	施工记录表	37
附录B	设备技术参数及适用范围表	39
附录C	施工前质量检验标准	40
附录D	施工中质量检验标准	41
附录E	施工后质量检验标准	42
附录F	单桩竖向抗压静载试验	43
附录G	单桩竖向抗拔静载试验	49
附录H	单桩水平静载试验	52
	本标准用词说明	56
	引用标准名录	57
	条文说明	59

住房城乡建设厅信息公开浏览专用

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	Basic Requirements	4
4	Material	6
4.1	Material	6
4.2	Construction and Property	7
5	Design	9
5.1	General Requirement	9
5.2	Detailed Requirements	9
5.3	Design of Pile Foundation	12
5.4	Design of Composite Foundation	17
5.5	Design of Retaining Pile of Bracing	19
6	Construction	22
6.1	General Requirement	22
6.2	Construction Preparation	23
6.3	Preparation of Cement Soil	25
6.4	Long Spiral Pore Forming and Pressure Irrigation Soil	25
6.5	Static Pressure Planted Pile	27
6.6	Construction Safety and Environmental Protection	32
7	Inspection and Acceptance of Quality	33
7.1	General Requirement	33

7.2	Inspection Before Construction	33
7.3	Inspection During Construction	33
7.4	Inspection After Construction	34
7.5	Project Acceptance	36
Appendix A	Construction Record Sheet	37
Appendix B	Equipment Selection Table	39
Appendix C	Quality Inspection Standard Before Construction	40
Appendix D	Quality Inspection Standards in Construction	41
Appendix E	Quality Inspection Standard After Construction	42
Appendix F	Vertical Compressive Static Load Test on Single Pile	43
Appendix G	Vertical Uplift Static Load Test on Single Pile	49
Appendix H	Lateral Static Load Test on Single Pile	52
	Explanation of Wording in This Standard	56
	List of Quoted Standards	57
	Explanation of Provisions	59

住房城乡建设厅信息中心 公开征求意见

1 总 则

1.0.1 为规范长螺旋压灌水泥土静压预制桩的应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、质量可靠、保护环境、节约资源，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于河北省长螺旋压灌水泥土静压预制桩技术的设计、施工、监测和检验验收。

1.0.3 长螺旋压灌水泥土静压预制桩技术除应符合本标准的规定外，尚应符合国家和河北省现行有关标准的规定。

住房城乡建设厅信息公开审查专用

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 长螺旋压灌水泥土静压预制桩 bored cement-soil static pressure pile

采用长螺旋钻机等成孔后，在孔中灌注水泥土、水泥砂浆等形成水泥土桩，与同心植入的预制混凝土桩复合而形成的基桩。

2.1.2 水泥土 cement soil

水泥、水和土以及其他组分按适当比例混合、拌制，满足一定工作性能的材料。

2.1.3 水泥土复合桩基础 cement-soil composite pile foundation

由设置于土层中的水泥土复合桩和连接于桩顶的承台组成的基础。

2.1.4 水泥掺入比 cement mixing ratio

掺入的水泥质量与被加固土的天然质量之比，以百分数表示。

2.2 符号

2.2.1 抗力、材料性能和作用效应

f_{ak} —— 地基承载力特征值；

f_{cu} —— 与复合桩桩身材料配比相同的室内加固土边

长为 70.7mm 或 50.0mm 的立方体试块，在标准

养护条件下 28d 龄期的立方体抗压强度平均值；

f_{sk} —— 桩间土的承载力特征值；

f_{spk} —— 复合地基的承载力特征值；

T_{uk} —— 群桩呈非整体破坏时水泥土静压桩单桩竖向抗拔承载力特征值；

T_{gk} —— 群桩呈整体破坏时水泥土静压桩单桩竖向抗拔承载力特征值；

Q_{uk} —— 单桩竖向极限承载力特征值；

R_a —— 单桩竖向承载力特征值；

N —— 轴心竖向力作用下单桩所受竖向压力设计值。

2.2.2 几何参数

A_p —— 复合桩桩身截面积；

A_p^c —— 复合桩内预制桩桩身截面积；

u —— 水泥土扩体桩桩身周长；

u_l —— 桩群外围周长。

2.2.3 计算系数

K —— 安全系数；

m —— 面积置换率；

γ_0 —— 重要性系数；

β —— 桩间土承载力发挥系数；

λ_i —— 抗拔系数。

3 基本规定

3.0.1 长螺旋压灌水泥土静压预制桩设计施工，应综合考虑场地岩土工程条件、周边环境、上部结构类型，因地制宜。

3.0.2 长螺旋压灌水泥土静压预制桩适用于黏性土、粉土、砂土、人工填土等地基；对湿陷性土、膨胀土等特殊土，地下水影响成桩质量，腐蚀性环境中和无工程经验的地区时，在应用本标准时应结合当地工程经验或通过试验确定其适用性。

3.0.3 地基基础设计等级为甲级的建筑物在使用时应进行专门研究，并经充分论证。

3.0.4 长螺旋压灌水泥土静压预制桩设计前应具备下列资料：

- 1 岩土工程勘察报告和地基基础设计资料；
- 2 建筑总平面布置图及上部结构类型、荷载大小及分布、建筑物对基础变形的要求；
- 3 施工场地及其周边建筑物、道路、地下管线等分布情况；
- 4 施工条件及类似的工程经验和使用情况；
- 5 施工设备能力以及对地质条件的适应性；
- 6 供选用的预制桩的规格和接头形式。

3.0.5 长螺旋压灌水泥土静压预制桩设计应满足承载力、变形和稳定性要求。

3.0.6 施工前应进行水泥土配合比试验。

3.0.7 在进行水泥土配合比设计前，应完成下列工作：

- 1 收集详细的岩土工程勘察资料；
- 2 根据工程设计的要求，确定配合比试验所需的各种材料

并检验其性能指标；

3 结合工程情况，了解当地相关经验、配合比试验资料和影响水泥石强度的因素。

3.0.8 水泥石的配合比宜进行 7d、28d 和 90d 三种龄期的试验。无特殊要求的工程，水泥石的性能指标宜以 90d 龄期的试验结果为准；有特殊要求的工程，水泥石的性能指标可按设计要求执行。

3.0.9 长螺旋压灌水泥石静压预制桩的耐久性应符合现行国家相关标准的规定。

3.0.10 对于采用长螺旋压灌水泥石静压预制桩技术的建（构）筑物，应按现行标准的有关规定进行变形监测。

住房城乡建设厅信息公开平台浏览专用

4 材 料

4.1 材 料

4.1.1 长螺旋压灌混凝土静压预制桩的填充料混凝土 28d 龄期的立方体抗压强度平均值不宜小于 4MPa。水泥浆料宜掺入高效减水剂，细砂、膨润土、粉煤灰等其他外加剂，外加剂的掺入量宜通过配比试验确定。

4.1.2 长螺旋压灌混凝土静压预制桩的内芯可选用超高强预应力混凝土管桩（UHC 管桩）、高强预应力混凝土管桩（PHC 管桩）、预应力混凝土管桩（PC 管桩）、混合配筋混凝土管桩（PRC 管桩）、高强预应力混凝土离心方桩（PHS 桩）、先张法预应力混凝土离心方桩（PS 桩）、预应力混凝土方桩（YRS 桩）等预制桩。

4.1.3 当无可靠的混凝土复合桩基础工程经验时，设计前应针对桩长范围内主要土层进行室内混凝土配合比试验，选择合适的水泥品种、外掺剂及其掺量，并应符合下列规定：

- 1 宜选用普通硅酸盐水泥，强度等级可选用 42.5 级以上，对于地下水有腐蚀性环境宜选用抗腐蚀性水泥；
- 2 水泥掺入比不宜小于 15%；
- 3 水泥浆的水灰比应按工程要求确定，可取 0.8~1.5；
- 4 外掺剂可根据工程需要和地质条件选用具有早强、缓凝及节省水泥等作用的材料。

4.1.4 混凝土的土料宜优先选用场地原土，可选用素填土、粉

土、黏性土、砂土。土料中有机物质含量不得超过 5%，不得含有冻土或膨胀土，土料粒径不应大于 20mm。

4.1.5 水泥土外加剂可根据工程需要和土质条件选用具有早强、缓凝、减水以及节省水泥等性质的材料，应避免污染环境，并符合下列规定：

1 可根据工程需要和土质条件选用不同类型的外加剂，其品种和掺量应通过试验或工程经验确定；

2 外加剂性能应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 的规定。

4.2 构造与性能

4.2.1 混凝土预制桩的纵向钢筋混凝土保护层厚度应符合以下规定：

1 当预制桩用于桩基工程时，混凝土保护层厚度不应小于 35mm；

2 当预制桩用于复合地基、临时支护工程和临时性设施基础时，混凝土保护层厚度不应小于 25mm。

4.2.2 预制桩作承压桩时，可不设置桩端锚固筋；当用作抗拔桩或支护桩时，可根据具体要求设置桩端锚固筋。

4.2.3 预制桩的钢筋应均匀布置，用于桩基工程的预制桩的最小配筋率和钢筋根数应符合表 4.2.3 的规定，间距允许偏差应为 $\pm 5\text{mm}$ 。

表4.2.3 预制桩的最小配筋率和钢筋根数

类别	最小配筋率 (%)	根数
预应力混凝土管桩 (PC、PHC、UHC)	0.5	不少于 6 根
预应力混凝土空心方桩 (PS、PHS)	0.4	不少于 8 根
预应力混凝土实心方桩 (YFZ)	0.4	不少于 4 根
混合配筋预应力混凝土管桩 (PRC)	0.5	不少于 6 根
地基处理用管桩 (PC、PTC、PHC)	0.4	不少于 6 根

4.2.4 预制桩出厂时的桩身混凝土抗压强度不得低于设计要求。成桩质量及抗弯要求应满足相关规范的要求。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 长螺旋压灌水泥土静压预制桩应进行工艺性试验，确定有关设计、施工参数及工艺措施。工艺性试验应选择有代表性场地进行，同一条件下成桩数量不宜少于 3 根。

5.1.2 长螺旋压灌水泥土静压预制桩应根据具体条件进行下列验算：

1 应根据使用功能和受力特征分别进行桩的竖向承载力计算和水平承载力计算；

2 混凝土预制桩应按吊装、运输和沉桩分别进行桩身强度验算；

3 当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 位于坡地、岸边的桩基应进行整体稳定性验算；

5 抗拔桩基应进行基桩和群桩的抗拔承载力计算。

5.1.3 长螺旋压灌水泥土静压预制桩设计时所采用的设计等级、作用组合和抗力限值应符合相关现行国家和地方标准的规定。

5.2 构造要求

5.2.1 长螺旋压灌水泥土静压预制桩结构如图 5.2.1 所示，其构造应符合下列要求：水泥土桩外径应大于预制桩直径，两径比 1.4~3.0，水泥土厚度不小于 150mm。

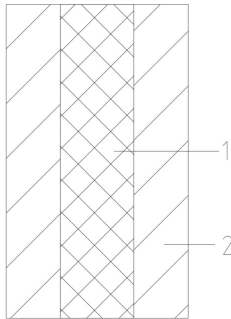


图5.2.1 构造示意图

1—预制桩；2—混凝土桩

5.2.2 预制桩的接头应符合下列规定：

1 每根桩的接头数量不宜超过3个，对防腐桩应尽量减少接头数量，接头宜位于微腐蚀土层中；

2 桩上、下节拼接可采用端板焊接或机械接头连接，接头应保证桩内纵向钢筋与端板等效传力，接头连接强度不应低于桩身强度；

3 用于抗拔桩的接头宜采用机械连接或经专项设计。

5.2.3 预制桩顶部与承台连接处的混凝土填芯应符合下列规定：

1 对于承压桩，填芯混凝土深度不应小于3倍桩径且不应小于1.5m，当预制桩内充满水泥浆无法采用填芯与承台连接时，预制桩与承台连接应符合下列要求（图5.2.3）：

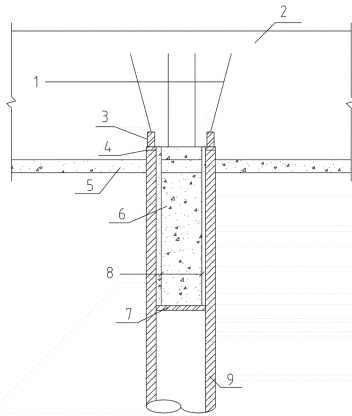


图5.2.3 桩顶与承台连接详图

1—锚固钢筋；2—承台；3—连接钢板；4—端板；5—混凝土垫层；6—填芯混凝土；
7—托板；8—钢筋；9—预制桩

1) 主筋应与端板焊牢，双面焊，焊缝不应小于 $6d$ (d 为钢筋直径，下同)，其焊点位置应避开钢筋弯曲半径 $10d$ 以上。钢筋焊接尚应满足相关焊接规程及验收规范的要求。

2) 预制桩与承台的连接配筋应符合相关规定。

2 对于抗拔桩，填芯混凝土深度、桩顶与承台连接按照图集《预应力混凝土管桩》23G409 的规定执行。

3 填芯混凝土的强度等级应比承台和承台梁高一个等级，且不应低于 C30。应采用无收缩混凝土或微膨胀混凝土。

4 填芯混凝土应灌注饱满，振捣密实，下封层不得漏浆。

5.2.4 预制桩与承台连接应符合下列规定：

1 预制桩桩顶嵌入深度不小于 50mm ，当受水平力较大时，不宜小于 100mm ；

2 对于抗压桩，应将桩本身的纵向受力钢筋全部锚入承台内，锚固长度不应小于 35 倍纵向受力钢筋直径；

3 对于抗拔桩，连接钢筋的数量应根据抗拔承载力确定，锚入承台内的长度尚应满足《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

5.3 桩基设计

5.3.1 长螺旋压灌水泥土静压预制桩荷载效应标准组合、地震作用效应及桩基承载力的计算应按照现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定执行。

5.3.2 桩的中心距不宜小于 4.0 倍内芯直径且不宜小于 2.5 倍水泥土桩直径。

5.3.3 桩端持力层宜选择中、低压缩性土层，桩端全断面进入持力层的长度可按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定执行；当存在软弱下卧层时，桩端以下持力层厚度不宜小于 3 倍水泥土桩直径。

5.3.4 单桩竖向承载力特征值 R_a 应按下式确定：

$$R_a = \frac{1}{K} Q_{uk} \quad (5.3.4)$$

式中： Q_{uk} ——单桩竖向极限承载力标准值（kN）；

R_a ——单桩竖向承载力特征值（kN）；

K ——安全系数，取 $K=2$ 。

5.3.5 初步设计时，可根据土的物理力学性质指标或原位测试结果，按下式进行承载力估算，尚应进行破坏界面强度及桩身材料强度验算，根据式（5.3.5-1）、式（5.3.5-2）估算，并取其中小值。

1) 桩侧破坏面位于水泥土桩和桩周土的界面时，单桩竖向

抗压极限承载力标准值可按下式估算：

$$Q_{uk} = u \odot q_{sik} l_i + q_{pk} A_p \quad (5.3.5-1)$$

桩侧破坏面位于预制桩和水泥土的界面时，单桩竖向抗压极限承载力标准值可按下式估算：

$$Q_{uk} = u^c q_{sk}^c l_i + q_{pk}^c A_p^c \quad (5.3.5-2)$$

式中： Q_{uk} —— 单桩竖向极限承载力标准值（kN）；

u —— 水泥土复合桩桩身周长（m）；

u^c —— 预制桩桩身周长（m）；

l_i —— 第*i*层土厚度（m）；

q_{sik} —— 水泥土桩第*i*土层极限侧阻力标准值（kPa），宜按现场试验或地区经验取值；无试验资料和地区经验时，可按表5.3.5-1取值；

q_{sk}^c —— 预制桩极限侧阻力标准值（kPa），宜按现场试验或地区经验取值；无试验资料和地区经验时，复合段极限侧阻力标准值宜取室内相同配比水泥土试块在标准条件下90d龄期的立方体（边长70.7mm）无侧限抗压强度的0.05~0.10倍；

q_{pk} —— 桩端极限端阻力标准值（kPa）；宜按现场试验或也可取桩端地基土未经修正的承载力特征值；

q_{pk}^c —— 桩端极限端阻力标准值（kPa）；宜按现场试验或地区经验取值；无试验资料和地区经验时，可按表5.3.5-2取值；

A_p —— 水泥土复合桩身截面积（m²）；

A_p^c —— 预制桩桩身截面积 (m^2)。

表5.3.5-1 桩的极限侧阻力标准值 q_{sk} (kPa)

土的名称	土的状态		桩的极限侧阻力 q_{sk} (kPa)
填土	—		20~28
黏性土	软塑	$0.75 < I_L \leq 1$	38~53
	可塑	$0.50 < I_L \leq 0.75$	53~68
	硬可塑	$0.25 < I_L \leq 0.50$	68~84
	硬塑	$0 < I_L \leq 0.25$	84~96
	坚硬	$I_L \leq 0$	96~102
粉土	稍密	$e > 0.9$	24~42
	中密	$0.75 \leq e \leq 0.9$	42~62
	密实	$e < 0.75$	62~82
粉砂	稍密	$10 < N \leq 15$	22~46
	中密	$15 < N \leq 30$	46~64
	密实	$N > 30$	64~86
细砂	稍密	$10 < N \leq 15$	22~46
	中密	$15 < N \leq 30$	46~64
	密实	$N > 30$	64~86
中砂	中密	$15 < N \leq 30$	53~72
	密实	$N > 30$	72~94
粗砂	中密	$15 < N \leq 30$	74~95
	密实	$N > 30$	95~116
砾砂	稍密	$5 < N_{63.5} \leq 15$	50~90
	中密 (密实)	$N_{63.5} > 15$	116~130

表5.3.5-2 桩的极限端阻力标准值 q_{pk} (kPa)

土的名称	土的状态		桩的极限端阻力 q_{pk} (kPa)			
			$5 \leq I < 10$	$10 \leq I < 15$	$15 \leq I < 30$	$30 \leq I$
黏性土	软塑	$0.75 < I_L \leq 0.1$	150~250	250~300	300~450	300~450
	可塑	$0.50 < I_L \leq 0.75$	350~450	450~600	600~750	750~800
	硬可塑	$0.25 < I_L \leq 0.50$	800~900	900~1000	1000~1200	1200~1400
	硬塑	$0 < I_L \leq 0.25$	1100~1200	1200~1400	1400~1600	1600~1800
粉土	中密	$0.75 \leq e \leq 0.9$	300~500	500~650	650~750	750~850
	密实	$e < 0.75$	650~900	750~950	900~1100	1100~1200

土的名称	土的状态		桩的极限端阻力 q_{pk} (kPa)			
			$5 \leq l < 10$	$10 \leq l < 15$	$15 \leq l < 30$	$30 \leq l$
粉砂	稍密	$10 < N \leq 15$	350~500	450~600	600~700	650~750
	中密、密实	$N > 15$	600~750	750~900	900~1100	1100~1200
细砂	中密、密实	$N > 15$	650~850	900~1200	1200~1500	1500~1800
中砂			850~1050	1100~1500	1500~1900	1900~2100
粗砂			1500~1800	2100~2400	2400~2600	2600~2800
砾砂	中密、密实	$N > 15$	1400~2000		2000~3200	

注： l 为桩身长度。

2) 桩身强度验算：

应根据混凝土原材料及生产制作工艺、成桩工艺、工作条件按下式验算桩身强度：

$$N \leq \psi_c f_c A_j \quad (5.3.5-3)$$

式中： N —— 轴心竖向力作用下单桩所受竖向压力设计值 (kN)；

ψ_c —— 管桩施工工艺系数，取0.85；

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

A_j —— 预制桩桩身横截面面积 (m^2)。

5.3.6 抗拔桩应进行抗拔承载力、桩身强度和裂缝控制验算。群桩基础及其基桩的抗拔极限承载力应符合下列规定：

1 对于设计等级为甲级和乙级建筑桩基，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。单桩抗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 进行。

2 如无当地经验，群桩基础及设计等级为丙级建筑桩基，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，可根据破坏面位置假定按式 (5.3.6-1)、式 (5.3.6-2) 估算，并取两者小值：

$$T_{ua} = u^c \lambda^c q_{sk}^c l_i \quad (5.3.6-1)$$

$$T_{ua} = u \textcircled{C} \lambda_i q_{sik} l_i \quad (5.3.6-2)$$

式中： T_{ua} —— 基桩的抗拔极限承载力标准值 (kN) ；

q_{sik} —— 桩侧表面第 i 层土的抗压极限侧阻力标准值，可按本标准表 5.3.5-1 取值；

λ^c 、 λ_i —— 抗拔系数，可按表 5.3.6 取值。

表 5.3.6 抗拔系数

土类	λ^c 值	λ 值
砂土	0.90~1.00	0.50~0.70
黏性土、粉土	0.80~0.90	0.70~0.80

注：当桩长 l 与桩径 d 之比小于 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可按下式计算：

$$T_{gk} = \frac{1}{n} u_1 \textcircled{C} \lambda_i q_{sik} l_i \quad (5.3.6-3)$$

式中： u_1 —— 桩群外围周长。

3 芯桩正截面受拉承载力、裂缝控制计算应符合现行行业

标准《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406 的相关规定。

5.3.7 下列长螺旋压灌水泥土静压预制桩桩基应进行沉降计算：

- 1 设计等级为甲级的桩基础；
- 2 设计等级为乙级的体型复杂、荷载分布均匀性差或桩端平面以下存在软弱土层的桩基。

5.3.8 桩基的沉降和水平变形计算应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 执行。

5.3.9 桩基沉降变形计算应符合下列规定：

- 1 沉降量计算可按等代实体深基础的单向压缩分层总和法进行，相应地基内应力的计算宜采用均质各向同性弹性体变形理论方法，沉降计算位置应从桩端开始，计算深度处的附加应力 σ_z 与土的自重应力 σ_c 应符合 $\sigma_z \leq 0.2\sigma_c$ 的要求。

- 2 桩基沉降变形计算值不应大于沉降变形允许值。沉降变形允许值应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定。

5.3.10 桩基承台的构造尺寸应满足抗冲切、抗剪切、抗弯和上部结构要求。

5.4 复合地基设计

5.4.1 长螺旋压灌水泥土静压预制桩用于复合地基适用于处理黏性土、粉土、砂土和自重固结已经完成的素填土地基。

5.4.2 桩长应根据上部结构对承载力和变形的要求确定，且应选择承载力和压缩模量相对较高的土层作为桩端持力层，宜穿透软弱土层到达承载力相对较高的土层。

5.4.3 长螺旋压灌水泥土静压预制桩复合地基设计时可只在基础范围内布桩，并根据建筑物荷载分布、基础形式和地基土性状，合理确定布桩参数。置换率应根据设计要求的复合地基承载力、地基土特性、施工工艺等确定，桩的中心距不宜小于3倍内芯直径且不宜小于1.5倍水泥土桩直径。

5.4.4 长螺旋压灌水泥土静压预制桩复合地基承载力特征值确定应符合下列规定：

1 复合地基承载力特征值应根据单桩复合地基或多桩复合地基载荷试验确定。

2 初步设计时，复合地基承载力特征值可按下式估算：

$$f_{\text{spk}} = \lambda m \frac{R_a}{A_p} + \beta(1-m)f_{\text{sk}} \quad (5.4.4)$$

式中： f_{spk} ——复合地基承载力特征值（kPa）；

λ ——单桩承载力发挥系数，应按地区经验取值，无经验时可取0.80~0.90；

m ——面积置换率；

R_a ——单桩竖向抗压承载力特征值（kN），应根据载荷试验确定，或按本标准第5.3估算；

A_p ——水泥土桩桩截面积（m²）；

β ——桩间土承载力发挥系数，应按地区经验取值，无经验时可取0.8~1.0；

f_{sk} ——处理后桩间土承载力特征值（kPa），应按地区经验确定；无试验资料时，可取天然地基承载力特征值。

5.4.5 复合地基的变形计算应符合现行标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定，变形量应为复合土层的平均压缩变形与桩端下未加固土层的压缩变形之和。

5.4.6 复合地基处理深度范围以下存在软弱下卧层时，应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定进行承载力、变形和稳定性验算。

5.4.7 桩顶和基础之间应设置褥垫层，并应符合下列规定：

1 褥垫层材料宜用中砂、粗砂或级配砂石，碎石最大粒径不宜大于 30mm；

2 褥垫层厚度宜取水泥土复合桩直径的 1/2，且不小于 200mm，当桩径大或桩距大时褥垫层厚度宜取大值；

3 褥垫层夯填度不应大于 0.90。

5.5 支护桩设计

5.5.1 长螺旋压灌水泥土静压预制桩用于支护工程时，应综合考虑周边环境、工程地质、水文条件、支护深度等因素，选择悬臂式、双排桩、锚拉式、支撑式和组合式等支护结构。

5.5.2 预制桩的选型应符合下列要求：

1 宜选用混合配筋桩，挠曲变形不应大于 30mm；采用全预应力桩时，挠曲变形不应超过 20mm；

2 采用多节桩时，接头位置宜避开计算最大弯矩或剪力位置，且相邻桩的接头位置应错开，错开距离不宜小于 1m；

3 多节桩可根据预制桩计算内力和土层情况，选用混合配筋桩与预应力桩组合使用的方式。

5.5.3 水泥土桩尺寸应根据预制桩形状和尺寸确定，并应符合下

列要求:

1 混凝土桩直径应大于预制桩直径或方桩对角线长度的300mm;

2 混凝土桩长度应大于预制桩长度0.5m~1.0m。

5.5.4 多节桩的接头应满足与桩身等强度设计的要求, 接桩处按荷载效应标准组合计算的弯矩值应符合下列公式的规定:

$$\gamma_0 M_k \leq M_{cr}$$

式中: M_{cr} —— 不考虑非预应力钢筋作用的预制桩桩身开裂弯矩计算值;

M_k —— 接桩处按荷载效应标准组合计算的弯矩值;

γ_0 —— 支护结构重要性系数, 一级基坑取1.1, 二、三级取1.0。

5.5.5 支护桩顶部应设置混凝土冠梁, 混凝土冠梁与支护桩的连接应符合下列要求:

1 支护桩伸入冠梁的深度不宜小于100mm;

2 冠梁宽度宜大于预制桩直径或边长, 高度不宜小于400mm;

3 当空心支护桩内充满水泥浆时, 支护桩与冠梁应采用端板焊接锚固钢筋的方式进行连接; 否则应按本标准第5.2.3条的规定采用填芯混凝土的方式。

5.5.6 锚拉式或支撑式支护结构设置腰梁时, 宜采用在冠梁内预埋吊筋的方式(图5.5.6), 吊筋伸入冠梁和腰梁内的长度应满足锚固长度, 且应与冠梁顶部及腰梁底部主筋绑扎或焊接。

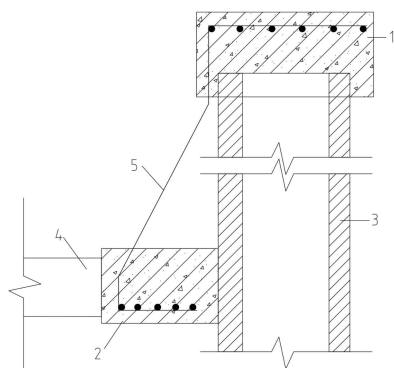


图 5.5.6 腰梁连接图

1—冠梁；2—腰梁；3—芯桩；4—内支撑；5—吊筋

5.5.7 预制支护桩的设计尚应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的相关规定，计算采用的桩身直径应取预制桩直径。

住房城乡建设厅信息中心门户网站浏览专用

6 施 工

6.1 一 般 规 定

6.1.1 施工前应编制钻孔水泥土静压桩施工组织设计或施工专项方案。

6.1.2 长螺旋压灌水泥土静压预制桩主要施工工序为：

- 1 施工机具就位、桩机调平；
- 2 制备水泥土浆；
- 3 钻机成孔；
- 4 钻机提升注入水泥土浆；
- 5 采用整体式施工机械时，旋转桩架、预制桩定位；采用组合式施工机械时，移走水泥土桩施工机具，预制桩施工机具就位、预制桩定位调直；
- 6 水泥土初凝前，将预制桩同心植入水泥土桩中、接桩、送桩至设计标高；
- 7 移位，进行下一根桩施工。

6.1.3 施工场地应满足施工机械安全行走要求，且作业面标高宜高于设计桩顶标高不小于500mm。

6.1.4 施工前应进行施工地面标高测量和桩的定位放线，桩位放线标志埋设应可靠稳固，桩位放样偏差不应大于10mm。

6.1.5 钻机塔身应保持垂直，垂直度的允许偏差应为0.5%。

6.1.6 长螺旋压灌水泥土静压预制桩成孔工艺应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94、《长螺旋钻孔压灌桩技术标

准》JGJ/T 419，地方标准《长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基技术标准》DB13(J)/T 8514 中有关施工规定；当用于基坑支护桩时，尚应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规范》JGJ 120 的规定。

6.1.7 施工前应进行成桩工艺试验，确定施工工艺和施工参数。

成桩工艺试验应符合下列规定：

- 1 试验点位的工程地质条件应具备代表性；
- 2 试验点位的桩长、桩径应符合设计要求；
- 3 试验应记录钻进速度、成孔深度、水泥浆水灰比及流量、沉桩深度、贯入度等信息；
- 4 采用泥浆护壁时，宜确定泥浆配比及性能要求；
- 5 压桩全过程记录，包括桩不同入土深度时的压桩力、压桩力曲线等；
- 6 接头形式及施工记录；
- 7 孔口返浆情况。

6.1.8 应对施工前、施工中、施工后的全过程进行质量检查；施工过程中应记录施工过程，施工记录表可参照本标准附录 A，全部桩施工完成后，应进行承载力和桩身质量检验，并对桩位进行核对验收。

6.2 施工准备

6.2.1 长螺旋压灌水泥土静压预制桩施工应具备下列资料：

- 1 拟建场地的岩土工程勘察报告；
- 2 拟建场地周围道路、建（构）筑物、地下管线、高空线

路等相关技术资料；

3 经审查批准的桩基础施工图、施工组织设计或专项施工方案；

4 施工作业人员技术安全交底书；

5 主要施工设备的技术性能资料，部分设备可参照本标准附录 B 选用；

6 预制桩产品试验报告、合格证及说明书；

7 水泥等原材料质检报告；

8 水泥土配合比及工艺指标；

9 施工工艺试验资料；

10 保障工程质量、安全生产、文明施工和季节性施工的技术措施。

6.2.2 长螺旋压灌水泥土静压预制桩施工前应做如下准备：

1 调查评估场地及临近区域内高空线路、地下管线、建筑物、地下障碍物、场地围挡等对施工影响，并提出相应的技术安全措施；

2 边桩与周边建（构）筑物、管线、基坑支护结构的最近距离；

3 场地平整，清除施工区域的表面硬层及地下障碍物。压桩设备的接地压强应满足地基承载力要求，对易陷机的软弱地基应采用加固措施；

4 压桩设备选型应根据场地环境条件、地质条件、工程特性、压桩阻力、施工条件等因素，并结合工程经验综合确定；

5 施工平面控制点和高程控制点应设在不受施工影响处，应妥善保护和复核；

6.3 水泥土制备

6.3.1 水泥土可采用水泥或固化剂与土搅拌制备。

6.3.2 水泥浆应过筛后使用，其搅拌时间不应少于2min，自制备至用完的时间不应超过2h。

6.3.3 土料可就地取材，基坑（槽）挖出的粉细砂、粉土及粉质黏土均可用作水泥土的原料。土料所含粗粒最大粒径不超过15mm，土料的有机质含量不得超过5%。淤泥、耕土、冻土、膨胀土、未经处理的污染土等不得使用。

6.3.4 拌合用水宜符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ63的规定。当采用其他生产用水时应进行试验验证。

6.3.5 水泥土的和易性采用坍落度控制，其坍落度应满足灌注工艺要求。

6.3.6 水泥土配合比设计应采用工程实际使用的原材料，并应符合《水泥土配合比设计规程》JGJ/T 233的相关规定。

6.3.7 施工时，宜先将水泥、外加剂与一定的水拌合成浆液，再将水泥浆加土和水拌合均匀。水泥土拌合宜采用机械拌合，机械拌合可用强制式混凝土搅拌机，搅拌时间不低于2min。拌合好的水泥土应及时用完，放置时间超过2h，不宜使用。

6.3.8 水泥土可采用现场搅拌，或在搅拌站集中搅拌，并通过混凝土罐车运输到现场。

6.4 长螺旋成孔与压灌水泥土

6.4.1 长螺旋钻成孔直径一般为0.6m~1.0m，深度不宜超过30m。

6.4.2 施工中应根据地层、成桩直径等不同条件选择钻进参数：

1 转速：一般为 30r/min~60r/min；

2 钻压：一般小扭矩钻机加压 1t~1.5t，大扭矩钻机可加压 2t~3t。

6.4.3 钻进时应符合下列规定：

1 钻进施工前可在桩位上放置定位环；

2 当钻进或穿过软硬土层交界处时，宜缓慢钻进，并保持钻杆垂直；

3 在含砖头、瓦块的杂填土层或含水量较大的软塑性土层中钻进时，应注意减少钻杆摆动，以免扩大孔径；

4 钻进中出现钻杆晃动、跳动或不进尺时，应停车检查。

5 应根据孔内阻力大小及时调整钻进速度并尽量保持匀速钻进，以免造成机具损坏和孔内事故；

6 钻进过程中，随时清理孔口积土，遇到孔内渗水、塌孔、缩径等异常情况时，应将钻具从孔内提出。

6.4.4 成孔终孔及压灌水泥土应确保桩端持力层且孔底无虚土。对不同直径、深度的桩孔分别计算出填充料浇筑灌入量，施工中要保证灌入量满足要求，超灌高度宜为600mm~1000mm。

6.4.5 钻机提钻时，应及时清除钻杆叶片上的泥土，不得带泥上提。

6.4.6 水泥土输送泵及相关设备的规格和性能应根据工程需要选用。连接水泥土输送泵与钻机的钢管、高强柔性管内径，应与水泥土输送泵及钻机的水泥土输送口管径相匹配。

6.4.7 钻孔施工至设计标高后，螺旋钻杆宜停止转动并开始泵送水泥土。

6.4.8 水泥土压灌过程中，应保持钻具排气孔畅通，钻杆提升速度应与水泥土泵送量相匹配。

6.4.9 当采用导管灌注时，孔内经检查沉渣满足规范要求，导管需伸至孔底，逐渐灌注填充料时缓慢提管。

6.4.10 冬期施工时，水泥土泵、输送管路应采用覆盖保温材料等措施，水泥土入孔温度不应低于5℃。

6.4.11 施工期间气温高于30℃时，水泥土泵、输送管路应采用覆盖隔热材料等措施。

6.4.12 停止施工后应及时用清水清洗水泥土泵及管路。

6.5 静压植桩

6.5.1 预应力高强混凝土空心桩的吊运和堆放应符合现行行业标准《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406 的规定。

6.5.2 静压法沉桩应符合下列规定：

1 静压沉桩应根据地质条件、预制桩型号、入土深度等因素，选用顶压式沉桩工法或抱压式沉桩工法。

2 压桩机型号和配重可根据设计要求和勘察报告或根据试桩资料等因素选择。在没有规定要求和现有资料的情况下，可根据本标准附录 B 选择压桩机类型。

3 静压法沉桩场地应满足压桩机接地压力的要求，当不能满足时，应采取有效措施保证压桩机的稳定。

4 压桩过程中应记录沉桩过程中的各种情况，包括压桩时间、桩位编号、桩身质量、入土深度和对应的压力读数。

5 沉桩时应符合下列要求：

1) 首节桩插入时，垂直度偏差不得大于 0.5%；

2) 压桩时压桩机应保持水平；抱压力不应大于桩身允许侧向压力的 1.1 倍；

3) 沉桩宜连续一次性将桩沉到设计标高，尽量缩短中间停顿时间，应避免在接近持力层时接桩。

6.5.3 抱压式液压压桩机压桩作业应符合下列规定：

- 1 压桩机应安装能满足最大压桩力要求的配重；
- 2 当机上吊机在进行吊桩续桩过程中，压桩机严禁行走和调整；
- 3 压桩过程中应观察桩身混凝土的完整性，一旦发现桩身裂缝或掉角，应立即停机，采取改进措施后方可再施压；
- 4 遇有夹持机构打滑、压桩机下陷或浮机时，应暂停压桩作业，采取处理措施。

6.5.4 静压施工应配备专用送桩器，严禁采用工程桩作为送桩器，送桩器应符合下列规定：

- 1 送桩器应有足够的强度和刚度、送桩器长度应满足送桩深度的要求；
- 2 送桩器的横截面外周形状应与所抱桩相一致，下端应设置套筒、套筒深度宜为 300mm~350mm，内径应比预制桩外径大 20mm~30mm，送桩器的弯曲度不得大于送桩器长度的 1%；
- 3 送桩器上应有尺寸标志；
- 4 送桩器下端面应设置排气孔，保证预制桩内腔与外界相通。

6.5.5 采用送桩器施工时，应符合下列规定：

- 1 送桩器与桩顶的接触面应平整，并与送桩器中心轴线垂直。送桩器与桩顶的接触面间应加衬垫，防止桩顶压碎。衬垫需

经常更换，送桩器与桩顶接触面应密贴。

2 送桩前应测量桩的垂直度、并检查桩头质量。最上面一节桩的端板应套上防土桩帽。桩帽用 1mm~2mm 的薄钢板焊成。薄钢板上应开孔、保证预制桩内腔与外界连通。合格后方可送桩，送桩作业应连续进行。

3 送桩前，预制桩露出地面高度宜为 0.3m~0.5m。

6.5.6 送桩深度不宜大于 10m~12m。当送桩深度大于 8m 时，应对送桩器进行专门设计，采用专用设备起吊，并应通过试送桩检验方可使用。

6.5.7 终压控制标准应根据设计要求、试桩压桩情况、桩端进入持力层情况及压桩阻力等因素，结合静载试验综合确定。摩擦桩应按桩顶标高控制；端承摩擦桩应以桩顶标高控制为主，终压力控制为辅；端承桩应以终压力控制为主，桩顶标高控制为辅。预设终压标准可取单桩承载力特征值的 1.5 倍~1.8 倍。

6.5.8 遇下列特殊情况之一时，应暂停沉桩，研究处理后方可继续施工：

1 压桩力突变；压桩不到位。沉桩过程出现异常声响；桩身突然倾斜；

2 沉桩入土深度与设计要求差异大；实际沉桩情况与地质报告中的土层性质明显不符；

3 桩头混凝土剥落、破碎，或桩身混凝土出现裂缝或破碎。

6.5.9 压桩终止应符合终压控制标准，出现异常时，应停止施工，及时查阅勘察报告分析原因。对地层情况有疑问时，应进行施工勘察。

6.5.10 焊接接桩应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 中二级焊缝的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 入土部分桩段的桩头宜高出地面 1.0m；
- 2 下节桩的桩头处宜设置导向箍或其他导向措施。接桩时，上、下节桩段应保持顺直，错位不超过 2mm，逐节接桩时，节点弯曲矢高不得大于 1/1000 桩长，且不得大于 20mm。
- 3 上、下节桩接头端板坡口应洁净、干燥，且焊接处应采取除锈措施；
- 4 手工焊接时宜先在坡口四周上对称点焊 4 点~6 点，待上、下节桩固定后拆除导向箍再分层焊接，焊接宜对称进行；
- 5 焊接层数不得少于 2 层，内层焊渣必须清理干净后方可施焊外层，焊缝应饱满连续；
- 6 手工电弧焊接时，第一层宜用 ϕ 3.2mm 电焊条施焊，保证根部焊透。第二层可用粗焊条，宜采用 E43 型系列焊条；采用二氧化碳气体保护焊时，焊丝宜采用 ER50-6 型；
- 7 桩接头焊好后应进行外观检查，合格后方可继续沉桩。严禁浇水冷却；
- 8 钢桩尖或者混凝土桩尖宜在工厂内焊接；当在工地焊接时，宜在堆放现场焊接。严禁桩起吊后点焊、仰焊做法；
- 9 桩身接头焊接外露部分应满足设计防腐要求；
- 10 雨天焊接时，应采取防雨措施。

6.5.11 预制桩采用机械连接方式时，应符合相关标准的规定，并满足下列要求：

- 1 采用机械螺纹接头接桩时，应符合下列规定：
 - 1) 接桩前检查桩两端制作的尺寸偏差及连接件，无损伤后

方可起吊施工，下节桩段的桩头宜高出地面 0.8m~1.0m。

2) 接桩时，卸下上、下节桩两端的保护装置后，应清理接头残留物涂抹润滑脂。

3) 采用专用接头锥度对中，对准上下节桩后，旋紧连接。

4) 可采用专用链条式扳手旋紧，锁紧后两端板尚应有 1mm~2mm 的间隙。

2 采用机械啮合接头接桩时，应符合下列规定：

1) 连接前，连接处的桩端端头板必须先清理干净，把满涂沥青涂料的连接销用扳手逐根旋入预制桩带孔端板的螺栓孔内，并用钢模型板检测调整连接销的方位。

2) 剔除下边已就位预制桩带槽端板连接槽内填塞的泡塑保护块，在连接槽内注入不少于半槽深的沥青涂料，并沿带槽端板外周边抹上宽度 20mm、厚度 3mm 的沥青涂料。当预制桩基础的地基土、地下水为中等以上腐蚀介质时，带槽端板板面应满涂沥青涂料，厚度不应小于 2mm。

3) 将上节预制桩吊起，使连接销与带槽端板上的各个连接口对准，随即将连接销插入连接槽内。

4) 加压使上、下桩节的桩端端头板接触完成接桩。

3. 采用其他机械方式接桩时，应符合相应机械连接方式操作要求的规定，固定正确牢固。

6.5.12 预制桩截桩应采用专用锯桩器，不得采用大锤横向敲击截桩或强行扳拉截桩。

6.5.13 接桩时应在下节桩桩顶距离地面 0.8m~1.0m 时，用专用工具将桩固定，确保植入桩垂直对中；吊下一节桩接桩时，孔内

桩顶卡口夹具需有足够强度和刚度，防止已植入孔内的桩与孔外的桩在连接时滑落。

6.6 施工安全和环境保护

6.6.1 钻孔灌注水泥石桩施工安全应符合下列规定：

- 1 应定期检查机械及防护设施，确保安全运行；
- 2 施工前应对注浆泵、高压水泵、空气压缩机、水龙头等设备和供水、供气、供浆管路系统进行安全检查；
- 3 遇暴风雨、雷电时，应暂停施工并切断电源；
- 4 施工完成后应在桩位处设置防护措施。

6.6.2 环境保护应符合下列规定：

- 1 采用加防护罩等措施对施工机械进行降噪处理；
- 2 水泥运输、水泥浆搅拌应采取覆盖、封闭等防尘措施；
- 3 废弃水泥浆应处理后排放，不得污染环境；
- 4 应及时清理返浆并集中堆放。

7 质量检验与工程验收

7.1 一般规定

7.1.1 长螺旋压灌水泥土静压预制桩质量检验宜按时间顺序分为三个阶段：施工前检验、施工中检验和施工后检验。

7.1.2 长螺旋压灌水泥土静压预制桩质量检验主控项目应包括水泥及外掺剂质量、水泥用量、桩数、桩位偏差、桩身完整性和单桩承载力，详见本标准附录 C~附录 E。

7.1.3 长螺旋压灌水泥土静压预制桩完工后，应按《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 及《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 进行工程验收。

7.2 施工前检验

7.2.1 施工前应对水泥、外掺剂、预制桩、接桩用材料等产品质量进行检验。进场材料应每批次随附产品合格证。

7.2.2 施工前应对水泥土强度进行室内试验检验。

7.2.3 施工前应对施工机械设备及性能进行检验。

7.2.4 施工前应对基准点、桩位放样偏差进行检验。

7.2.5 施工前质量检验标准除本标准附录 C 外，尚应符合现行有关标准的规定。

7.3 施工中检验

7.3.1 对于成桩工艺性试验应采取浅部开挖检查的方法，主要检

查水泥土固结体形态大小、垂直度、桩身均匀程度及胶结情况。

7.3.2 对重要工程或因岩土工程条件复杂造成水泥土桩成桩质量可靠性较低的工程，成桩工艺性试验除按本标准第 7.3.1 条执行外，尚应采用钻孔取芯（常规取芯或软取芯）方法进行质量检查，检测数量不宜少于总桩数的 1%，且不宜少于 3 根。

7.3.3 长螺旋压灌水泥土静压预制桩中的水泥土桩施工时检查内容包括：桩位放样偏差、水灰比、水泥用量、桩长、钻杆升降速率、桩顶及桩底标高、垂直度等施工参数及程序。

7.3.4 预制桩施工时检查内容包括：预制桩的压入情况、桩位、桩径、桩长、桩身垂直度、桩底及桩顶标高、接桩质量、压桩力及终压力。

7.3.5 长螺旋压灌水泥土静压预制桩施工过程质量检验标准除本标准附录 D 外，尚应符合现行有关标准的规定。

7.3.6 在施工过程中施工单位应按本标准第 7.3.5 条的规定对每根桩进行质量检验，对不符合预定质量参数的桩经监理单位确认后报设计单位进行处理或予以报废。

7.4 施工后检验

7.4.1 基槽开挖至设计标高后，应检查桩径、桩数、预制桩中心偏差、桩顶标高及槽底土质情况，如不符合设计要求应采取有效的补救措施。

7.4.2 长螺旋压灌水泥土静压预制桩质量检验应符合本标准附录 E 的规定外，尚应符合现行有关标准的规定。

7.4.3 施工完成后的工程桩应进行桩身完整性检验和承载力检验。

7.4.4 长螺旋压灌水泥土静压预制桩检测及数量除应符合下列规定：

1 作为桩基时，竖向承载力的检验应采用单桩竖向抗压静载试验。检测数量不应少于工程桩总数的 1%，每个单体工程同一条件下的工程桩不应少于 3 根；当总桩数少于 50 根时，不应少于 2 根。

2 对于承受较大水平力或可能承受拉力的水泥土复合管桩，应进行单桩水平静载试验或单桩竖向抗拔静载试验，检测桩数不应少于同条件下总桩数的 1%，且不应少于 3 根。

3 作为复合地基时，应进行复合地基静载荷试验和单桩静载荷试验。复合地基静载荷试验的检验数量不应少于总桩数的 0.5%，且不应少于 3 点。单桩静载荷试验的检验数量不应少于总桩数的 0.5%，且不应少于 3 根。

4 桩身完整性检验，检测桩数不应少于总桩数的 20%，且不得少于 10 根，且每根桩下承台的检测桩数不应少于 1 根。预制桩应采用可靠的动测法进行，水泥土质量检验可按现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定采用浅部开挖、轻型动力触探或钻芯法检测。

7.4.5 长螺旋压灌水泥土静压预制桩静载荷试验除应符合现行国家行业标准的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 竖向抗压静载试验：宜在桩顶铺设粗砂或中砂找平层，厚度宜取 20mm~30mm。预估极限承载力较大时宜采用桩箍对桩头进行加固。桩帽直径应根据设计时水泥土复合桩极限承载力控制条件确定。

2 竖向抗拔静载试验：当预制桩采用空心桩时应采用桩内

灌注填芯混凝土，并配置通长抗拔锚筋、填芯混凝土底端固定抗拔钢筋等方法传递拉力。抗拔钢筋数量应通过计算确定。

3 水平静载试验：水平荷载应直接施加在预制桩上；单桩水平承载力特征值应按水平临界荷载的 0.6 倍取值，且不应大于单桩水平极限承载力的 50%。

7.5 工程验收

7.5.1 基坑开挖后，施工单位应对长螺旋压灌水泥土静压预制桩桩身质量及承载力、桩位、桩径、桩顶标高等进行自检，自检合格后可申请工程验收。

7.5.2 长螺旋压灌水泥土静压预制桩工程验收应具备下列资料：

1 岩土工程勘察报告、桩基施工图、图纸会审纪要、设计变更、材料检验报告等；

2 经审批的施工组织设计或施工方案、技术交底及执行中的变更情况；

3 桩位测量放样图及工程桩位复核签证单；

4 预制桩出厂合格证、相关技术参数说明；进场验收记录；

5 水泥等其他材料的质量合格证明、见证取样文件及复验报告；

6 施工记录及隐蔽工程验收文件；

7 工程质量事故及事故调查处理资料；

8 单桩或复合地基检测报告；

9 竣工图和竣工报告。

附录A 施工记录表

工程名称： 施工单位： 建设单位：

总包单位： 施工日期： 桩号：

桩型及规格		设计承载力特征值 (kN)		配桩				
钻孔深度		实际钻孔深度		自然地 面标高				
钻孔直径		桩顶设计标高		桩顶实 际标高				
钻孔过程记录								
序号	接杆米数	开始钻孔时间	钻孔完成 时间	备注				
1								
2								
3								
植桩过程记录								
序号	桩型	植入桩 机型号	开始接 桩时间	接桩完 成时间	开始沉 桩时间	沉桩完 成时间	送桩 深度 (m)	终压力 (kN)
1								
2								
3								
总 桩 长			桩校正完成时间					
备注								
水 泥 浆 情 况	桩端 用水 量 (kg)	桩周用 水量 (kg)	用水量 合计(kg)	桩端水 泥用量 (kg)	桩周水 泥用量 (kg)	水泥量 合计 (kg)	桩端 水灰 比	桩周水 灰比

设计用量								
实际用量								
专业监理工程师： 年 月 日			专业质量检查员： 年 月 日			记录： 年 月 日		

住房城乡建设厅信息公开浏览专用

附录B 设备技术参数及适用范围表

B.0.1 静压桩机技术参数应按表 B.0.1 取值。

表 B.0.1 静压桩机技术参数表

项目 \ 压装机型号 (吨位)		160~ 180	210~ 280	300~ 360	400~ 460	500~ 600	800~ 1000	1200~ 1400
最大压桩力 (kN)		1600~ 1800	2400~ 2800	3000~ 3600	4000~ 4600	5000~ 6000	8000~ 10000	12000~ 14000
行程 (m)	纵向 (一次)	3	3	3	3	3	3	3
	横向 (一次)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.55	0.55
最大回转角 (°)		18	18	18	18	18	20	20

B.0.2 静压桩机适用范围参数应按表 B.0.2 取值。

表 B.0.2 静压桩机适用范围参数表

项目 \ 压装机型号 (吨位)		160~ 180	210~ 280	300~ 360	400~ 460	500~ 600	800~ 1000	1200~ 1400
适用 管 径	最小桩径 (mm)	300	300	400	400	500	500	600
	最大桩径 (mm)	400	500	500	550	600	800	800
单桩承载力特征 值 (kN)		500~ 1000	800~ 1500	1000~ 1900	1500~ 2500	1800~ 2800	2800~ 3600	4000~ 4800

附录C 施工前质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值	检查方法
主控项目	1	水泥及外加剂质量	符合出厂及设计要求	查产品合格证和抽样送检
	2	桩位偏差 (mm)	≤ 10	查放线记录
一般项目	1	土料有机质含量	$\leq 5\%$	灼烧减量法
	2	施工机械设备性能	符合出厂及设计要求	查设备标定记录
	3	管桩外观质量	表面平整、颜色均匀、无漏筋，局部磕损深度 $\leq 5\text{mm}$ ，掉角深度 $\leq 10\text{mm}$ ，蜂窝窝面积小于总面积的0.5%，预应力管桩不得出现纵向裂缝，非预应力管桩混凝土收缩裂缝深度 $\leq 20\text{mm}$ 宽度 $\leq 0.15\text{mm}$	直观 用钢尺量
	4	管桩桩径(边长)(mm)	5	用钢尺量
	5	管壁厚度 (mm)	正偏差不限 0	用钢尺量
	6	管桩桩长(m)	$\pm 0.5\% l_c$	用钢尺量
	7	桩尖中心线 (mm)	< 10	用钢尺量
	8	桩顶对桩中心线垂直度偏差 (mm)	< 1	用直角靠尺量
	9	桩体弯曲	$< 1/1000l_c$ 且 $\leq 20\text{mm}$	用钢尺量
	10	接桩用材料	符合出厂及设计要求	查产品合格证或抽样送检

注： l_c 为管桩长度。

附录D 施工中质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值	检查方法
主控项目	1	水泥及外加剂用量	按设计要求	查施工记录
一般项目	1	浆液压力	按施工组织设计要求	查施工记录
	2	气压	按施工组织设计要求	查施工记录
	3	钻杆提升速度	按施工组织设计要求	查施工记录
	4	钻杆旋转速度	按施工组织设计要求	查施工记录
	5	水泥土桩垂直度 (%)	1	经纬仪
	6	水泥土桩底标高	按设计要求	测量钻头深度
	7	管桩垂直度 (%)	0.5	经纬仪
	8	管桩桩顶标高 (mm)	±50	水准仪
	9	接桩质量	按设计或规范要求	满足设计或规范要求
	10	接桩停歇时间 (min)	>5	秒表测定
	11	接桩上下节平面偏差 (mm)	≤10	用钢尺量
	12	接桩节点弯曲矢高 (mm)	同桩体弯曲要求	用钢尺量
	13	终压标准	设计要求	现场实测或查施工记录
	14	接桩质量	设计要求	焊缝检查仪 超声波或射线探伤

注： l_c 为管桩长度。

附录E 施工后质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值	检查方法
主控项目	1	承载力（单桩承载力和复合地基承载力）	不小于设计值	按本标准
	2	预制桩中心偏差（mm）	按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 打入桩桩位允许偏差执行	全站仪及钢尺量
	3	预制桩桩身完整性	—	低应变法
	4	桩数	按设计要求	现场清点
一般项目	1	长螺旋压灌水泥土静压预制桩桩径	不小于设计值	用钢尺量
	2	桩顶标高（mm）	±50	水准仪

附录F 单桩竖向抗压静载试验

F.0.1 本方法适用于检测单桩的竖向抗压承载力。

F.0.2 为设计提供依据的试验桩，应加载至桩侧与桩端的岩土阻力达到极限状态；当桩的承载力由桩身强度控制时，可按设计要求的加载量进行加载。

F.0.3 工程桩验收检测时，加载量不应小于设计要求的单桩承载力特征值的 2.0 倍。

F.1 设备仪器及其安装

F.1.1 试验加载设备宜采用液压千斤顶。当采用两台或两台以上千斤顶加载时，应并联同步工作，且应符合下列规定：

- 1 采用的千斤顶型号、规格应相同；
- 2 千斤顶的合力中心应与受检桩的横截面形心重合。

F.1.2 加载反力装置可根据现场条件，选择锚桩反力装置、压重平台反力装置、锚桩压重联合反力装置、地锚反力装置等，且应符合下列规定：

- 1 加载反力装置提供的反力不得小于最大加载值的 1.2 倍；
- 2 加载反力装置的构件应满足承载力和变形的要求；
- 3 应对锚桩的桩侧土阻力、钢筋、接头进行验算，并满足抗拔承载力的要求；

4 工程桩作锚桩时，锚桩数量不宜少于 4 根，且应对锚桩上拔量进行监测；

5 压重宜在检测前一次加足，并均匀稳固地放置于平台上，且压重施加于地基的压应力不宜大于地基承载力特征值的 1.5 倍；有条件时，宜利用工程桩作为堆载支点。

F.1.3 荷载测量可用放置在千斤顶上的荷重传感器直接测定。当通过并联于千斤顶油路的压力表或压力传感器测定油压并换算荷载时，应根据千斤顶率定曲线进行荷载换算。荷重传感器、压力传感器或压力表的准确度应优于或等于 0.5 级。试验用压力表、油泵、油管在最大加载时的压力不应超过规定工作压力的 80%。

F.1.4 沉降测量宜采用大量程的位移传感器或百分表，且应符合下列规定：

1 测量误差不得大于 0.1%FS，分度值/分辨力应小于或等于 0.01mm；

2 直径或边宽大于 500mm 的桩，应在其两个方向对称安置 4 个位移测试仪表，直径或边宽小于等于 500mm 的桩可对称安置 2 个位移测试仪表；

3 基准梁应具有足够的刚度，梁的一端应固定在基准桩上，另一端应简支于基准桩上；

4 固定和支撑位移计（百分表）的夹具及基准梁不得受气温、振动及其他外界因素的影响；当基准梁暴露在阳光下时，应采取遮挡措施。

F.1.5 沉降测定平面宜设置在桩顶以下 200mm 的位置，测点应固定在桩身上。

F.1.6 试桩、锚桩（压重平台支墩边）和基准桩之间的中心距，应符合相关规定。当试桩或锚桩为扩底桩或多支盘桩时，试桩与锚桩的中心距不应小于 2 倍扩大端直径。软土场地压重平台堆载重量较大时，宜增加支墩边与基准桩中心和试桩中心之间的距离，并在试验过程中观测基准桩的竖向位移。

F.2 现场检测

F.2.1 试验桩的桩型尺寸、成桩工艺和质量控制标准应与工程桩一致。

F.2.2 试验桩桩顶宜高出试坑底面，试坑底面宜与桩承台底标高一致。

F.2.3 试验加、卸载方式应符合下列规定：

1 加载应分级进行，且采用逐级等量加载；分级荷载宜为最大加载值或预估极限承载力的 1/10，其中，第一级加载量可取分级荷载的 2 倍；

2 卸载应分级进行，每级卸载量宜取加载时分级荷载的 2 倍，且应逐级等量卸载；

3 加、卸载时，应使荷载传递均匀、连续、无冲击，且每级荷载在维持过程中的变化幅度不得超过分级荷载的 $\pm 10\%$ 。

F.2.4 为设计提供依据的单桩竖向抗压静载试验应采用慢速维持荷载法。

F.2.5 慢速维持荷载法试验应符合下列规定：

1 每级荷载施加后，应分别按第 5min、15min、30min、45min、60min 测读桩顶沉降量，以后每隔 30min 测读一次桩顶沉降量；

2 试桩沉降相对稳定标准：每一小时内的桩顶沉降量不得超过 0.1mm，并连续出现两次（从分级荷载施加后的第 30min 开始，按 1.5h 连续三次每 30min 的沉降观测值计算）；

3 当桩顶沉降速率达到相对稳定标准时，可施加下一级荷载；

4 卸载时，每级荷载应维持 1h，分别按第 15min、30min、60min 测读桩顶沉降量后，即可卸下一级荷载；卸载至零后，应测读桩顶残余沉降量，维持时间不得少于 3h，测读时间分别为第 15min、30min，以后每隔 30min 测读一次桩顶残余沉降量。

F.2.6 工程桩验收检测宜采用慢速维持荷载法。当有成熟的地区经验时，也可采用快速维持荷载法。快速维持荷载法的每级荷载维持时间不应少于 1h，且当本级荷载作用下的桩顶沉降速率收敛时，可施加下一级荷载。

F.2.7 当出现下列情况之一时，可终止加载：

1 某级荷载作用下，桩顶沉降量大于前一级荷载作用下的沉降量的 5 倍，且桩顶总沉降量超过 40mm；

2 某级荷载作用下，桩顶沉降量大于前一级荷载作用下的沉降量的 2 倍，且经 24h 尚未达到本标准第 F.2.5 条第 2 款相对稳定标准；

3 已达到设计要求的最大加载值且桩顶沉降达到相对稳定标准；

- 4 工程桩作锚桩时，锚桩上拔量已达到允许值；
- 5 荷载—沉降曲线呈缓变型时，可加载至桩顶总沉降量 60mm~80mm；当桩端阻力尚未充分发挥时，可加载至桩顶累计沉降量超过 80mm。

F.3 检测数据分析与判定

F.3.1 确定单桩竖向抗压承载力时，应绘制竖向荷载—沉降 ($Q-s$) 曲线、沉降—时间对数 ($s-\lg t$) 曲线；也可绘制其他辅助分析曲线。

F.3.2 单桩竖向抗压极限承载力应按下列方法分析确定：

- 1 根据沉降随荷载变化的特征确定：对于陡降型 $Q-s$ 曲线，应取其发生明显陡降的起始点对应的荷载值；

- 2 根据沉降随时间变化的特征确定：应取 $s-\lg t$ 曲线尾部出现明显向下弯曲的前一级荷载值；

- 3 符合本标准第 F.2.7 条第 2 款情况时，宜取前一级荷载值；

- 4 对于缓变型 $Q-s$ 曲线，宜根据桩顶总沉降量，取 s 等于 40mm 对应的荷载值；对 D (D 为桩端直径) 大于或等于 800mm 的桩，可取 s 等于 $0.05D$ 对应的荷载值；当桩长大于 40m 时，宜考虑桩身弹性压缩；

- 5 不满足本条第 1~4 款情况时，桩的竖向抗压极限承载力宜取最大加载值。

F.3.3 为设计提供依据的单桩竖向抗压极限承载力的统计取值，应符合下列规定：

1 对参加算术平均的试验桩检测结果，当极差不超过平均值的 30%时，可取其算术平均值为单桩竖向抗压极限承载力；当极差超过平均值的 30%时，应分析原因，结合桩型、施工工艺、地基条件、基础形式等工程具体情况综合确定极限承载力；不能明确极差过大的原因时，宜增加试桩数量；

2 试验桩数量小于 3 根或桩基承台下的桩数不大于 3 根时，应取低值。

F.3.4 单桩竖向抗压承载力特征值应接单桩竖向抗压极限承载力的 50%取值。

附录G 单桩竖向抗拔静载试验

G.0.1 为设计提供依据的试验桩，应加载至桩侧岩土阻力达到极限状态或桩身材料达到设计强度；工程桩验收检测时，施加的上拔荷载不得小于单桩竖向抗拔承载力特征值的 2.0 倍或使桩顶产生的上拔量达到设计要求的限值。

当抗拔承载力受抗裂条件控制时，可按设计要求确定最大加载值。

G.0.2 检测时的抗拔桩受力状态，应与设计规定的受力状态一致。

G.0.3 预估的最大试验荷载不得大于钢筋的设计强度。

G.1 设备仪器及其安装

G.1.1 试验加载设备宜采用液压千斤顶，加载方式应符合本标准第 F.1.1 条的规定。

G.1.2 试验反力系统宜采用反力桩提供支座反力，反力桩可采用工程桩；也可根据现场情况，采用地基提供支座反力。反力架的承载力应具有 1.2 倍的安全系数，并应符合下列规定：

1 采用反力桩提供支座反力时，桩顶面应平整并具有足够的强度；

2 采用地基提供反力时，施加于地基的压应力不宜超过地基承载力特征值的 1.5 倍；反力梁的支点重心应与支座中心重合。

G.1.3 荷载测量及其仪器的技术要求应符合本标准第 F.1.3 条的规定。

G.1.4 上拔量测量及其仪器的技术要求应符合本标准第 F.1.4 条的规定。

G.1.5 上拔量测量点宜设置在桩顶以下不小于 1 倍桩径的桩身上，不得设置在受拉钢筋上；对于大直径灌注桩，可设置在钢筋笼内侧的桩顶面混凝土上。

G.2 现场检测

G.2.1 对混凝土灌注桩、有接头的预制桩，宜在拔桩试验前采用低应变法检测受检桩的桩身完整性。为设计提供依据的抗拔灌注桩，施工时应进行成孔质量检测，桩身中、下部位出现明显扩径的桩，不宜作为抗拔试验桩；对有接头的预制桩，应复核接头强度。

G.2.2 单桩竖向抗拔静载试验应采用慢速维持荷载法。设计有要求时，可采用多循环加、卸载方法或恒载法。

G.2.3 当出现下列情况之一时，可终止加载：

1 在某级荷载作用下，桩顶上拔量大于前一级上拔荷载作用下的上拔量 5 倍；

2 按桩顶上拔量控制，累计桩顶上拔量超过 100mm；

3 按钢筋抗拉强度控制，钢筋应力达到钢筋强度设计值，或某根钢筋拉断；

4 对于工程桩验收检测，达到设计或抗裂要求的最大上拔量或上拔荷载值。

G.3 检测数据分析与判定

G.3.1 数据处理应绘制上拔荷载—桩顶上拔量 ($U-\delta$) 关系曲线和桩顶上拔量—时间对数 ($\delta-\lg t$) 关系曲线。

G.3.2 单桩竖向抗拔极限承载力应按下列方法确定：

1 根据上拔量随荷载变化的特征确定：对陡变型 $U-\delta$ 曲线，应取陡升起始点对应的荷载值；

2 根据上拔量随时间变化的特征确定：应取 $\delta-\lg t$ 曲线斜率明显变陡或曲线尾部明显弯曲的前一级荷载值；

3 当在某级荷载下抗拔钢筋断裂时，应取前一级荷载值。

G.3.3 为设计提供依据的单桩竖向抗拔极限承载力，可按本标准第 F.3.3 条的统计方法确定。

G.3.4 当验收检测的受检桩在最大上拔荷载作用下，未出现本标准第 F.3.2 条第 1~3 款情况时，单桩竖向抗拔极限承载力应按下列情况对应的荷载值取值：

1 设计要求最大上拔量控制值对应的荷载；

2 施加的最大荷载；

3 钢筋应力达到设计强度值时对应的荷载。

G.3.5 单桩竖向抗拔承载力特征值应按单桩竖向抗拔极限承载力的 50% 取值。当工程桩不允许带裂缝工作时，应取桩身开裂的前一级荷载作为单桩竖向抗拔承载力特征值，并与按极限荷载 50% 取值确定的承载力特征值相比，取低值。

附录H 单桩水平静载试验

H.0.1 本方法适用于在桩顶自由的试验条件下，检测单桩的水平承载力，推定地基土水平抗力系数的比例系数。

H.0.2 为设计提供依据的试验桩，宜加载至桩顶出现较大水平位移或桩身结构破坏；对工程桩抽样检测，可按设计要求的水平位移允许值控制加载。

H.1 设备仪器及其安装

H.1.1 水平推力加载设备宜采用卧式千斤顶，其加载能力不得小于最大试验加载量的 1.2 倍。

H.1.2 水平推力的反力可由相邻桩提供；当专门设置反力结构时，其承载能力和刚度应大于试验桩的 1.2 倍。

H.1.3 荷载测量及其仪器的技术要求应符合本标准第 F.1.3 条的规定；水平力作用点宜与实际工程的桩基承台底面标高一致；千斤顶和试验桩接触处应安置球形铰支座，千斤顶作用力应水平通过桩身轴线；当千斤顶与试桩接触面的混凝土不密实或不平整时，应对其进行补强或补平处理。

H.1.4 桩的水平位移测量及其仪器的技术要求应符合本标准第 F.1.4 条的有关规定。在水平力作用平面的受检桩两侧应对称安装两个位移计；当测量桩顶转角时，尚应在水平力作用平面以上 50cm 的受检桩两侧对称安装两个位移计。

H.1.5 位移测量的基准点设置不应受试验和其他因素的影响，基准点应设置在与作用力方向垂直且与位移方向相反的试桩侧面，基准点与试桩净距不应小于 1 倍桩径。

H.1.6 测量桩身应变时，各测试断面的测量传感器应沿受力方向对称布置在远离中性轴的受拉和受压主筋上；埋设传感器的纵剖面与受力方向之间的夹角不得大于 10° 。地面下 10 倍桩径或桩宽的深度范围内，桩身的主要受力部分应加密测试断面，断面间距不宜超过 1 倍桩径；超过 10 倍桩径或桩宽的深度，测试断面间距可以加大。

H.2 现场检测

H.2.1 加载方法宜根据工程桩实际受力特性，选用单向多循环加载法或慢速维持荷载法。当对试桩桩身横截面弯曲应变进行测量时，宜采用维持荷载法。

H.2.2 试验加、卸载方式和水平位移测量，应符合下列规定：

1 单向多循环加载法的分级荷载，不应大于预估水平极限承载力或最大试验荷载的 $1/10$ ；每级荷载施加后，恒载 4min 后，可测读水平位移，然后卸载至零，停 2min 测读残余水平位移，至此完成一个加卸载循环；如此循环 5 次，完成一级荷载的位移观测；试验不得中间停顿；

2 慢速维持荷载法的加、卸载分级以及水平位移的测读方式，应分别符合本标准第 F.2.3 条和第 F.2.5 条的规定。

H.2.3 当出现下列情况之一时，可终止加载：

1 桩身折断；

2 水平位移超过 30mm~40mm；软土中的桩或大直径桩时可取高值；

3 水平位移达到设计要求的水平位移允许值。

H.3 检测数据分析与判定

H.3.1 检测数据的处理应符合下列规定：

1 采用单向多循环加载法时，应分别绘制水平力—时间—作用点位移 ($H-t-Y_0$) 关系曲线和水平力—位移梯度 ($H-Y_0/\Delta H$) 关系曲线；

2 采用慢速维持荷载法时，应分别绘制水平力—力作用点位移 ($H-Y$) 关系曲线、水平力—位移梯度 ($H-\Delta Y_0/\Delta H$) 关系曲线、力作用点位移—时间对数 ($Y_0-\lg t$) 关系曲线和水平力—力作用点位移双对数 ($\lg H-\lg Y_0$) 关系曲线；

3 绘制水平力、水平力作用点水平位移—地基土水平抗力系数的比例系数的关系曲线 ($H-m$ 、 Y_0-m)。

H.3.2 对进行桩身横截面弯曲应变测定的试验，应绘制下列曲线，且应列表给出相应的数据：

1 各级水平力作用下的桩身弯矩分布图；

2 水平力—最大弯矩截面钢筋拉应力 ($H-\sigma_s$) 曲线。

H.3.3 单桩的水平临界荷载可按下列方法综合确定：

1 取单向多循环加载法时的 $H-t-Y_0$ 曲线或慢速维持荷载法时的 $H-Y_0$ 曲线出现拐点的前一级水平荷载值；

2 取 $H-\Delta Y_0/\Delta H$ 曲线或 $\lg H-\lg Y_0$ 曲线上第一拐点对应的水平荷载值；

3 取 $H-\sigma_s$ 曲线第一拐点对应的水平荷载值。

H.3.4 单桩水平极限承载力可按下列方法确定：

1 取单向多循环加载法时的 $H-t-Y_0$ 曲线产生明显陡降的前一级，或慢速维持荷载法时的 $H-Y_0$ 曲线发生明显陡降的起始点对应的水平荷载值；

2 取慢速维持荷载法时的 $Y_0-\lg t$ 曲线尾部出现明显弯曲的前一级水平荷载值；

3 取 $H-\Delta Y_0/\Delta H$ 曲线或 $\lg H-\lg Y_0$ 曲线上第二拐点对应的水平荷载值；

4 取桩身折断或受拉钢筋屈服时的前一级水平荷载值。

H.3.5 为设计提供依据的水平极限承载力和水平临界荷载，可按本标准第 F.3.3 条的统计方法确定。

H.3.6 单桩水平承载力特征值的确定应符合下列规定：

1 当桩身不允许开裂或灌注桩的桩身配筋率小于 0.65% 时，可取水平临界荷载的 0.75 倍作为单桩水平承载力特征值。

2 对钢筋混凝土预制桩、钢桩和桩身配筋率不小于 0.65% 的灌注桩，可取设计桩顶标高处水平位移所对应荷载的 0.75 倍作为单桩水平承载力特征值；水平位移可按下列规定取值：

1) 对水平位移敏感建筑物取 6mm；

2) 对水平位移不敏感建筑物取 10mm。

3 取设计要求的水平允许位移对应的荷载作为单桩水平承载力特征值，且应满足桩身抗裂要求。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示严格，非这样做不可的：

正面词采用“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，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

4) 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执行的写法为：“按……执行”或“应符合……的规定”。

引用标准名录

- 1 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 2 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 3 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 4 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 5 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》 GB 50202
- 6 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 7 《工程测量规范》 GB 50026
- 8 《建筑与市政地基基础通用规范》 GB 55003
- 9 《建筑变形测量规范》 JGJ 8
- 10 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
- 11 《劲性复合桩技术规程》 JGJ/T 327
- 12 《水泥土复合管桩基础技术规程》 JGJ/T 330
- 13 《水泥土配合比设计规程》 JGJ/T 233
- 14 《长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基技术标准》
DB13(J)/T 8514

住房城乡建设厅信息公开浏览专用

河北省工程建设标准
长螺旋压灌水泥土静压预制桩
技术标准

DB13(J)/T 8570-2024

条文说明

住房城乡建设厅信息公开浏览专用

制定说明

《长螺旋压灌水泥土静压预制桩技术标准》DB13(J)/T 8570-2024，经河北省住房和城乡建设厅2024年3月14日以第39号公告批准发布。

为便于有关人员在使用本标准时能正确理解和执行有关条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握条文规定的参考。

目 次

1	总则	62
3	基本规定	63
4	材料	68
4.1	材料	68
4.2	构造与性能	71
5	设计	72
5.1	一般规定	72
5.2	构造要求	72
5.3	桩基设计	74
5.4	复合地基设计	75
5.5	支护桩设计	76
6	施工	77
6.1	一般规定	77
6.2	施工准备	77
6.3	水泥土制备	78
6.5	静压植桩	78
7	质量检验与工程验收	80
7.1	一般规定	80
7.2	施工前检验	80
7.3	施工中检验	81
7.4	施工后检验	82
7.5	工程验收	83

1 总 则

1.0.1 长螺旋压灌水泥土静压预制桩技术是由机械成孔后，压灌入水泥土形成水泥土桩，在其中与同心植入的预制桩复合桩的一项技术。该复合桩有效地解决了预制桩在河北地区深厚砂层和坚硬土的施工难题，为了使本技术更好地推广应用，并确保质量、保护环境、减少污染、经济合理、安全适用、规范操作的目的，制定本标准。

1.0.2、1.0.3 明确了本标准的适用范围。对于特殊土的使用应由试验并参照地方经验，复合桩的应用、设计、施工要综合地层周边环境等信息，确保安全和经济。

3 基本规定

3.0.1~3.0.3 长螺旋压灌水泥土静压预制桩由水泥土桩与同心植入的预制桩构成，施工工艺包括水泥土桩施工与预制桩植入两个步骤，其材料性能、施工方法决定了该桩型可用于素填土、粉土、黏性土、松散砂土、稍密砂土、中密砂土等土层，本款中所列的其他情况应通过试验研究和取得工程经验后方可应用。

水泥品种与强度等级对水泥土成桩质量至关重要，应根据工程要求确定。宜优先选用 42.5 级及以上的普通硅酸盐系列水泥。在某些地区的地下水含有大量硫酸盐，因硫酸盐与水泥发生反应时，对水泥土具有结晶性侵蚀，会出现开裂、崩解而丧失强度。为此应根据场地条件，选择对应耐腐蚀的水泥，保证水泥土的强度，提高水泥土的抗侵蚀性能。

另外为达到泵送效果，水泥土中水含量较高，当地下水较丰富时，曾出现水泥土强度达不到设计要求的情况，因此，建议通过试验检验其适用性，并为设计提供参数。

地基基础设计等级为甲级的判断可根据《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定，地基基础设计甲级的建筑物地基基础复杂程度和技术难度均较大，有时需要采用多种地基和基础类型或考虑采用地基与基础和上部结构共同作用的变形分析计算来解决不均匀沉降对基础和上部结构的影响问题，增加了地基基础设计的复杂性，使用本技术时应进行专门研究，并论证。

3.0.4 对于岩土工程勘察文件包括：设计所需用岩土物理力学参数及原位测试参数，工程不良地质作用和防治方案；地下水位埋藏情况、类型和水位变化幅度及抗浮设计水位；建设场地的地层

分布特征土、水腐蚀性评价；抗震设防区按抗震设防烈度提供的液化土层资料；有关特殊性地基土评价。

建筑场地与环境条件包括交通设施、地上及地下管线、地下构筑物的分布；相邻建筑物安全等级、基础形式及埋置深度；上部结构类型对于抵抗或适应桩基差异沉降的性能不同；荷载大小与分布是确定桩的几何参数与布桩所应考虑的主要因素。

附近类似工程地质条件场地的桩基工程试桩资料、设计施工经验、载荷试验资料、沉降观测资料和单桩承载力设计参数等；施工条件包括：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；水、电及有关建筑材料的供应条件；施工机械进出场及现场运行条件。桩型与成孔工艺应与建筑场地周边环境相适应，并应考虑当地成孔设备与技术水平，做到技术可行、质量可靠。

3.0.5 长螺旋压灌水泥土静压预制桩设计中一定要重视上部结构、基础和地基的共同作用。设计中要重视沉降可能对上部结构产生的不良影响。因此在设计时既要按照承载力控制设计，也要满足沉降控制变形要求，甚至以沉降控制变形为主进行设计。

长螺旋压灌水泥土静压预制桩作为一种新桩型，应在工程桩正式施工前进行基桩竖向或水平静载试验，并加载至破坏，确定单桩竖向极限承载力或水平极限承载力，为设计人员提供足够的设计依据。同时验证地层条件适应性，确定实际成桩步骤、浆液压力、水灰比、钻杆提升速度、钻杆旋转速度等工艺参数，了解钻进阻力及植桩情况并采取相应措施。

成桩工艺性试验应选择有代表性场地进行，试验桩的直径、长度等参数应符合设计要求。成桩后可以采用超声波、井径仪或

钻芯等方法检查成桩直径及桩身均匀程度，采用静载试验测试承载力和沉降变形。

3.0.6 影响水泥土物理力学特性的因素有：水泥掺入比、水泥强度等级、龄期、含水率、有机质含量、外加剂、养护条件及土性等。

通过室内配合比设计，确定场地内原土是否可以与水泥土混合起到加固作用，是否需要另外购买土料。当使用原场地的土体时通过试验选择合适的水泥类型及掺量，以减少水泥土强度的损失。

不同的外加剂、水泥掺量、水灰比对水泥土强度和可泵性均有着不同的影响在室内试验时需要确定。

按现行行业标准《水泥土配合比设计规程》JGJ/T 233 的有关规定进行室内水泥土配合比试验，同时结合成桩试验进行验证和调整，应满足水泥土强度、可泵性、耐久性和其他特殊性的要求。

水泥土的强度、可泵性、耐久性能受到土质（级配、密度、天然含水率等）、水泥品种、掺入比和水灰比等因素的影响较大，应根据工程实际情况并结合设计要求来经济合理地选择水泥品种、掺入比等指标，从而保证工程质量。

现有研究指出水泥土耐盐酸腐蚀的评定可以用外观和质量损失来评定，质量损失不超过 0.5%且外观无明显变化或有轻微粉化现象时为耐蚀；质量损失大于 0.5%但小于 3%或外观有粉化、起砂等现象为尚耐蚀；质量损失大于 3%或外观有开裂、掉角等宏观缺损现象的则可判不耐蚀。此外，不管采用何种土质、何种水泥来拌制水泥土，其中水泥掺入比不宜小于 12%。

3.0.7 本条规定在进行水泥石配合比设计前应完成的工作，其中强调结合工程情况，了解当地相关经验，搜集水泥石配合比试验资料和影响水泥石强度的因素，对于有特殊要求的工程，均应了解其他地区相似场地上同类项目经验和使用情况等。

另外除了常规的工程地质勘察要求外，尚应注意查明：

1 填土层的组成：特别是大块物质（石块和树根等）的尺寸和含量。含大块石对采用水泥石搅拌法的施工有很大的影响，所以必须清除大块石等再施工。

2 土的含水率。当水泥石配方相同时，其强度随土样的天然含水率的降低而增大。

3 有机质含量：有机质含量较高会阻碍水泥水化反应，影响水泥石强度的增长。故对有机质含量较高的明、暗浜填土及吹填土应予慎重考虑。对生活垃圾的填土不应采用水泥石方法进行加固。

4 水质分析：对地下水的酸碱度（pH 值）以及硫酸盐含量等进行分析，以判断对水泥侵蚀性的影响。

5 塑性指数：当土的塑性指数大于 25 时，水泥和土不易搅拌均匀。

6 采用水泥加固砂性土应进行颗粒级配分析。特别注意土的黏粒含量及对水泥有害的土中离子种类及数量，如 SO_4^{2-} 、 Cl^- 等。

3.0.8 本条规定水泥石配合比试验龄期要求，现有研究表明水泥和土的硬凝反应约需 3 个月才能充分完成。水泥石的强度随着龄期的增长而提高，一般在龄期超过 28d 后仍有明显增长，为了降低造价，对承受竖向承载的水泥石选用 90d 期龄强度作为水泥石

的标准强度较为适宜。

根据以往无侧限试验结果，可以得出在其在条件相同时，不同龄期的水泥石无侧限抗压强度大致呈线性关系。其经验关系如下：

$$f_{cu7} = (0.72 \sim 0.90) f_{cu28}$$
$$f_{cu90} = (1.48 \sim 1.56) f_{cu28}$$

虽然根据 7d 或 28d 期龄的试验结果可以推算 90d 的参数。由于龄期越短，试验结果离散性越大。因此建议尽量采用 90d 期龄的试块强度进行设计

为便于积累地区经验，室内试验应进行 90d 标准龄期的试验。尽管试验时间较长，但对积累经验、建立不同龄期与标准龄期之间的相关关系、提高推算精度非常有意义。

当桩长范围内为成层土时，应选择主要土层进行室内水泥石配合比试验，并以其中的较弱土层对应的标准养护条件下 90d 龄期的立方体抗压强度平均值单桩承载力计算依据。

3.0.10 为了积累资料，本条规定对所有应用水泥石复合桩基础的建（构）筑物均应进行沉降观测，沉降观测应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

4 材 料

4.1 材 料

4.1.1 根据地层条件，选用合适的填充料。为满足压灌施工及后期预制桩的植入施工，保证复合桩有足够的承载力，填充材料应满足强度等要求。

考虑到桩身水泥石强度折减系数、预制桩—水泥石界面黏结性能、预制桩与水泥石荷载分担比例等因素，水泥石强度存在下限值，与桩身水泥石配比相同的室内水泥石试块（边长为 70.7mm 的立方体）在标准养护条件下 28d 龄期的立方体抗压强度平均值不宜低于 4MPa。

填充料也可根据实际情况选用细石混凝土、水泥砂浆混合料或水泥砂浆、水泥石、固化土，细石混凝土强度等级不宜小于 C20，水泥砂浆强度不宜小于 M15，水泥石 28d 龄期的立方体抗压强度平均值不宜小于 4MPa。水泥砂浆混合料、细石混凝土等材料的初凝时间不宜小于 12h；用于泵送的细石混凝土、水泥砂浆混合料的塌落度不宜小于 220mm。

4.1.2 内芯桩可根据具体工程选择不同形式及形状的预制桩，以满足工程要求。

4.1.3 水泥石可优先选用场地原土，试验表明，对于一般的素填土、粉土、黏性土、松散砂土、稍密砂土、中密砂土，采用 42.5 级普通硅酸盐水泥、掺入比 20%~35%，按《水泥石配合比设计规程》JGJ/T 233 的方法配制的水泥石试样立方体抗压强度一般能满足要求。当原土不满足条件时，需购买客土。当桩长范围内

为成层土时，应选择主要土层进行室内水泥石配合比试验，并以其中的较弱土层对应的标准养护条件下 90d 龄期的立方体抗压强度作为单桩承载力计算依据。

水泥品种与强度等级对水泥石成桩质量至关重要，水泥的品种宜根据设计要求并结合当地工程经验和土质条件确定，其最佳掺量应通过试验结果最终确定，水泥强度等级的评定方法应按照国家相关技术规范执行。目前，多采用普通硅酸盐水泥和矿渣硅酸盐水泥，复合硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥也有少量使用，若采用火山灰质硅酸盐水泥则需首先确定其适用性。

水泥掺量可取被加固土质量的 20%~35%，当土质较差或设计要求水泥石强度较高时，水泥掺量可取高值。

4.1.4、4.1.5 试验用土一般可从工程场区内拟加固的有代表性的土层中挖掘或钻取，并搜集拟加固区域内详尽的岩土工程资料，尤其是土层的组成、厚度，加固土层的分布范围、分层情况，地下水位及 pH 值，了解典型土层的物理力学性能指标，主要包括土的含水率、塑性指数、土颗粒级配和有机质含量，以及地下水的埋藏条件、渗透性和水质成分等。对于含有过多有机质的土层，其处理效果取决于固结体的化学稳定性。对于湿陷性黄土地基，因当前试验资料和施工实例较少，应预先进行现场可行性试验。

外加剂具有改善水泥石加固体性能的作用，是提高水泥石强度的有效措施之一。可根据工程需要和土质条件选用不同类型的外加剂(见表 1)和掺合料，其掺入比应根据配比试验确定。在有经验的地区使用普通硅酸盐水泥作为固化剂时可以适当添加粉煤灰。粉煤灰是具有较高活性和较明显水硬性的工业废料，可作为

水泥搅拌桩的掺合料，对于不同土质，不同掺量对水泥土强度提高量不同，其掺量应通过试验确定。冬期施工时，应注意负温对处理效果的影响。在我国北纬 40°以南的冬季负温条件下，冰冻对水泥土的结构损害甚微，由于水泥与黏土矿物的各种反应减弱，水泥土的强度增长缓慢(甚至停止)，但升温后随着水泥水化等反应的继续深入，水泥土的强度可接近标准强度。

表1 水泥土外加剂种类及掺量汇总表

名称	试剂	掺量占水泥重(%)	说明
速凝剂	氯化钙	1~2	加速凝结和硬化
	硅酸钠	0.5~3	加速凝结
	铝酸钠		
缓凝剂	木质磺酸钙	0.2~0.5	亦增加流动性
	酒石酸	0.1~0.5	
	糖	0.1~0.5	
流动剂	木质磺酸钙	0.2~0.3	
	去垢剂	0.05	产生空气
引气剂	松香树脂	0.1~0.2	产生约 10%的空气
膨胀剂	铝粉	0.005~0.02	约膨胀 154
	饱和盐水	30~60	约膨胀 1%
防析水剂	纤维素	0.2~0.3	
	硫酸铝	约 20	产生空气

注：由于各地土质条件不同，以上外加剂掺量仅供参考，应以试验结果为准。

4.2 构造与性能

4.2.1~4.2.6 对长螺旋压灌水泥土静压预制桩中的预制桩和水泥土的构造及性能给出了构造上的规定。

住房城乡建设厅信息公开浏览专用

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 施工前应进行试桩施工，反馈给设计单位，校核设计参数，验证施工质量，保证安全。

5.2 构造要求

5.2.1 水泥土复合桩在竖向荷载作用下的工作机理为：预制桩承担的大部分荷载通过预制桩—水泥土界面传递至水泥土桩，然后再通过水泥土—土界面传递至桩侧土，预制桩、水泥土桩、桩侧土构成了由刚性向柔性过渡的结构。作为预制桩与桩侧土之间的过渡层——“水泥土”不宜太薄，否则无法保证水泥土复合桩有效工作。同时包裹在预制桩周围的水泥土还起到了保护层作用，改善了管桩的耐久性。综合考虑水泥土复合桩承载力机理、桩基所处环境类别、施工偏差、垂直度偏差等因素，“水泥土”不宜太薄。

同时考虑经济因素，外侧水泥土不宜太厚，水泥土太厚，意味着桩径加大，对施工机械等施工成本都需要增加，同时桩的承载力提高不大，因此太厚的水泥土造成浪费。行业标准《水泥土复合管桩基础技术规程》JGJ/T 330 规定了管桩的直径宜为 300mm、400mm、500mm、600mm、800mm，根据不同管桩直径给出了复合桩与芯桩直径比，见表 2，另外水泥土厚度不小于 150mm。

表 2 水泥石复合桩直径与管桩直径之比

$d(\text{mm})$	300	400	500	600	800
D/d	2.7~3.0	2.0~2.5	1.7~2.2	1.5~2.0	1.4~1.8

行业标准《劲性复合桩技术规程》JGJ/T 327 规定了管桩的直径宜为 220mm~800mm，水泥石复合桩桩径宜为 500mm~1200mm，复合桩的外芯厚度宜为 150mm~250mm。编制组经过实验分析不同外径与内径比对基桩极限强度，推荐水泥石复合桩与预制桩的直径比为 1.6~1.8。

5.2.2 接头质量受现场施工环境、施工工人技术水平影响较大。接头数量较多时，施工的风险更大，且接头超过 3 个时，通常桩长超过 30m，长径比多数超 50，沉桩过程的垂直度不易控制，沉桩施工难度加大，而且易造成外侧水泥石薄厚不均匀；接桩的施工误差易造成桩身在竖向力作用下的偏心受压或弯曲破坏。因此，规定一根植桩的接头数量不宜超过 3 个接头。

当地下水或土对钢材有腐蚀性时，对于弱腐蚀性，可按年腐蚀率 0.03mm 考虑接桩焊缝厚度和端头板厚度，即设计厚度大于计算（或构造）所需钢材厚度加上设计使用年限可能腐蚀的厚度之和。预制桩顶、底端建议采用薄铁皮封闭。

5.2.3、5.2.4 预制桩的填芯混凝土，对承压桩，其作用主要是改善桩顶的受力状态，有利于桩与承台的连接；对可能承受拉力的桩，还必须起到将力均匀传至桩身的作用。填芯混凝土的灌注深度及质量直接影响到力的传递，设计时应慎重处理，必要时应通过试验确定。

预制桩水泥土复合基桩与承台连接时，一般构造为外围水泥土桩顶清理平整，其桩顶标高与垫层底标高相同；也可结合当地经验在桩顶设置加强帽等构造措施。

桩顶填芯混凝土长度与孔内连接钢筋相同，一般做法是用2mm~3mm厚的钢板做成一个托盘，托盘的作用是挡住填芯混凝土不下落到桩底。施工作业时，先将桩顶内孔清洗干净，将钢筋笼连同托盘放入桩内孔，放入深度应满足设计要求，然后临时固定钢筋笼，再灌入填芯混凝土，用振动棒振动密实。填芯采用补偿收缩混凝土或微膨胀混凝土可取得较好效果。膨胀率过大，影响填芯混凝土的强度，也会对植桩内壁产生环向压力，使桩头处于复杂受力状态，甚至导致桩头劈裂。膨胀率过小补偿不了混凝土的干缩，填芯混凝土与管壁间结合不紧密，不能传递拉力。采用膨胀剂的品种和数量应通过实验确定，实验应按现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119的有关规定执行。

5.3 桩基设计

5.3.2 本标准预成孔植桩施工方法具有非挤土特征，对于群桩基础，选择合适的桩间距，既能有效发挥桩的承载力，又能控制因群桩效应而增大桩基变形，从而降低桩基竖向支承刚度。

5.3.3~5.3.5 计算复合桩基竖向抗压和抗拔承载力时，采用综合安全系数为2，保持了与《建筑桩基技术规范》JGJ 94的一致。国内现行行业和地方标准，对于桩基抗压承载力计算公式不统一，但均规定初步设计时，计算两种破坏模式下的桩基承载力，并取小值。承载力计算还有待于数据积累，本标准在此不增大摩

阻力，考虑部分桩端阻力，留有一定安全储备。根据搜寻现阶段研究资料，预制桩—水泥土界面极限侧阻力标准值与对应位置水泥土立方体抗压强度平均值之比一般为 0.16~0.19，而国家行业标准《劲性复合桩技术规程》JGJ/T 327 给出 0.04~0.08 的范围，《水泥土复合管桩基础技术规程》JGJ/T 330 规定取 0.0528 倍水泥土抗压强度值，在此，本标准规定采用 0.04~0.10 的范围值，便于设计采用。

5.3.6 长螺旋压灌水泥土静压预制桩承受竖向上拔荷载破坏模式有：水泥土复合桩从地基土中拔出、预制桩从水泥土中拔出、预制桩材料破坏。因此单桩竖向抗拔极限承载力标准值应按三种情况进行计算并取小值。

5.3.7~5.3.9 桩基沉降变形计算是桩基设计中的一个重要组成部分。5.3.7~5.3.9 规定了需要进行沉降计算的情形。对于变形计算包括沉降和水平位移两方面，可参照《建筑桩基技术规范》JGJ 94 进行计算。

长螺旋压灌水泥土静压预制桩是一种新桩型，沉降观测资料较少，尚无法给出合适的沉降计算经验系数。山东地区搜集到的资料，单桩总沉降量实测值与计算值之比为 0.56~1.67，平均值为 0.84，所以沉降计算经验系数可取 1.00。

5.3.10 当作为桩基础时，尚应进行承台验算。

5.4 复合地基设计

5.4.1 长螺旋压灌水泥土静压预制桩具有高单桩承载力，低置换率，施工受天气影响较小，对环境污染较小的优点。当应用于复

合地基时，应注意其置换率，同时与传统的复合地基处理方案进行经济指标对比，选择合适的方案。

5.5 支护桩设计

5.5.1 预制桩的脆性破坏、接头施工质量不易控制等问题一直困扰其用于支护结构，对一些特殊情况的基坑工程，为确保安全，使用时应慎重。对于不同支护形式及计算得到支护桩变形值，在选择预制桩时，应考虑其变形和受力特点，保证预制桩具有足够的延性和抗弯能力，另外预制桩的水平承载力和抗弯能力还受到接桩部位及接桩方式的影响。悬臂式支护适用于基坑深度小于6m；双排桩支护适用于基坑深度小于9m；排桩+锚杆或排桩+内支撑联合支护适用于基坑深度小于12m。

5.5.2、5.5.3 用于支护的预制桩主要承受水平力产生的弯矩和剪力，原则上宜采用单节桩。有工程经验的地区，需要接桩时，接桩部位应进行抗剪、抗弯强度验算，但应控制接头数量，原则上接头不宜超过1个。接桩位置不宜设在计算最大弯矩或剪力的位置，相邻支护桩的接桩标高应不同。另外接桩时应保证垂直度，防止预制桩发生偏心，水泥土薄厚不均匀。

5.5.4~5.5.7 由于预制桩破坏形式及特点，在基坑设计时，三级基坑重要性系数也按1.0考虑。喷面和腰梁施工时，应注意对预制桩芯桩的保护，另外考虑施工时可能出现清土过量、芯桩偏心等问题，造成预制桩芯桩外侧水泥土薄厚不一致，故在计算时，桩身直径应取预制桩直径。

6 施 工

6.1 一 般 规 定

6.1.1 施工前应根据地质条件、周边环境、设计要求、施工工法等编制施工组织设计或专项施工方案。其内容应包括现场布置、施工机械和施工路线、施工管理人员和劳动力组织计划、主要材料的品种、规格、性能及采购、验收计划、施工进度计划、施工质量管理及保证措施、施工安全措施、环境保护措施，应根据场地工程条件和设计要求，选用合适的施工工艺和施工设备。

6.1.3~6.1.5 对于长螺旋压灌水泥土静压预制桩，由于预制桩为同心植入，且一般成孔外径较预制桩外径大 300mm~400mm，因此成孔及植入预制桩时的放样偏差及垂直度对预制桩的顺利沉入到位非常重要，特别是桩长较长而下部土层为坚硬的黏性土、密实的砂层或卵石时，若放样及垂直度控制不好，很容易出现预制桩不同心而触碰桩底侧壁导致无法插入到位的情况。

6.1.6 本条规定是基于目前河北省内长螺旋压灌水泥土静压预制桩的成孔应根据现行行业和地方标准控制。

6.1.7 通过成桩工艺试验确定施工工艺对现场工程地质条件的适用情况，核实现场地层条件，确定施工工艺和施工参数，发现和解决成孔、植桩过程中的问题，为工程桩施工提供依据。

6.2 施 工 准 备

6.2.1、6.2.2 施工前应准备好相关的各种资料，一是根据场地条件选择合适的施工工艺和施工设备；二是场地现状及周围环境，

包括影响预制桩施工的高压架空线、地下电缆、地下管线、位于桩位处的旧建筑物基础和杂填土中的石块等，场地回填情况、地下构筑物等埋藏情况等资料，同时应考虑施工对周围建筑及环境造成的影响；三是编写施工组织设计，它是作为现场管理和质量保障的主要依据，能充分反映施工单位现场管理水平和技术水平。

当有基坑存在时，河北地区桩基施工面多接近基底，一般是先开挖后打桩，因此需要考虑边桩对静压机选型的影响。

6.3 水泥土制备

6.3.1 固化剂是一种水硬性胶凝材料，通过固化剂的水化反应，与土颗粒一起形成一定的强度。固化剂是以CaO、活性 Al_2O_3 和 SiO_2 为主要成分的无机水硬性胶凝材料，不同的项目其采用的固化剂也不相同，固化剂的确定一般根据拌合土的特性和工程性能要求确定。

6.3.3 作为原材料土可就近选用，包括素填土、黏性土、粉土、粉细砂、中粗砂和黄土等，其土颗粒大小对流动性等有一定的影响，根据目前的施工设备土颗粒的最大粒径不宜超过5cm，否则设备容易损坏。为保证填充材料的稳定性，土中有机质的含量不得超过5%，为保护自然环境，污染的土不得作为施工拌和原材料。

6.5 静压植桩

6.5.1~6.5.9 对静压桩法施工要求做出规定。

水泥石初凝前特指：在该时段内水泥石保持流塑状态，管桩同心植入水泥石桩后，不影响水泥石的成桩形态、后期强度以及管桩—水泥石界面的粘结强度。

根据已有的工程经验，在正常施工条件下，水泥石桩施工完成后 2h~3h，水泥石尚未初凝。综合考虑多种因素，推荐管桩施工与水泥石桩施工完成时间间隔为 0.5h~1.0h，最大不宜超过 2h。

为避免流塑状态的水泥石进入管桩内腔，影响后期填芯混凝土施工，应采用薄铁皮等方法将首节管桩底端及末节管桩顶端封闭。

6.5.12 预制桩截桩应采用锯桩器。先行截桩应采取有效措施防止桩头开裂，若截桩时出现较严重的裂缝，应继续下移截桩，将裂缝段去除。

住房城乡建设厅信息公开平台

7 质量检验与工程验收

7.1 一般规定

7.1.1 影响长螺旋压灌水泥土静压预制桩单桩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验收是不全面、不完整的。如施工过程中出现的局部岩土工程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，应按不同施工阶段对长螺旋压灌水泥土静压预制桩进行检验。

长螺旋压灌水泥土静压预制桩质量检验主要包括对水泥土桩施工、预制桩施工及施工工序过程的质量检验。

7.1.2 参照现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 和现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106、《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的相关规定，本条给出了长螺旋压灌水泥土静压预制桩质量检验的主控项目，如水泥及外掺剂质量、水泥用量、桩数、桩位偏差、桩身完整性和单桩承载力。

7.2 施工前检验

7.2.1~7.2.4 参照现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 和行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 给出了钻孔压灌水泥土静压桩施工前质量检验标准，见本标准附录

C。

桩位放样指的是施工前在施工现场进行的桩位放样，桩位放样前应对基准点进行校核。

进入现场的预制桩除应按本标准附录 C 进行检查外，还须查验产品合格证。

7.3 施工中检验

7.3.1 通过开挖检查和成桩工艺性试验，为工程桩确定合理的施工工艺参数。开挖检查一般在水泥土桩施工 3d 后进行，可沿水泥土固结体周围或一侧进行，开挖深度视土层性质和场地范围确定。

7.3.2 由于开挖检查深度有限，对重要工程或因岩土工程条件复杂造成水泥土桩成桩质量可靠性较低的工程，成桩工艺性试验还应采用钻孔取芯法检查水泥掺入量及搅拌均匀程度、成桩直径沿地层的变化，并测试水泥土的抗压强度。

软取芯是指在刚施工完成而尚未凝固的水泥土桩中取浆液制作试块，可按现行行业标准《型钢水泥土搅拌墙技术规程》JGJ/T 199 的有关规定执行。浆液取样点可设置在桩顶、预制桩底端以下 0.5m 范围内及最软弱土层处的水泥土桩内。

7.3.6 经监理单位确认后报设计单位进行处理的方法有多种，可以通过桩身完整性或单桩承载力的验证检测；也可以通过有效手段证明确实需要调整施工工艺参数来解决；或通过设计复核计算，对于不合格的桩采取补桩等措施；或经监理单位确认后不报设计单位直接予以报废。

7.4 施工后检验

7.4.1 本条给出了基槽开挖至设计标高后对长螺旋压灌水泥土静压预制桩进行检查的内容。

7.4.4 按国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79、《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的有关规定，应对施工完成后的工程桩进行桩身完整性和承载力检验。桩身完整性与基桩承载力密切相关，桩身完整性检测抽样率较高，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。

桩身完整性检验应包括预制桩和外侧水泥土，预制桩检测可采用行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106中的低应变法。水泥土体可按现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79的有关规定采用浅部开挖或轻型动力触探方法进行外围水泥土桩施工质量检验，经浅部开挖、轻型动力触探和静载荷试验对桩身质量有怀疑时，应采用钻孔取芯作抗压强度试验作为水泥土试块强度的验证检测方法。钻芯法检测应在成桩28d后进行，检验数量为桩总数的0.5%，且每项单体工程不应少于3点。一般采用双管单动取样器对桩身钻芯取样，制成试块，进行桩身实际强度测定。强度评定方法可参照现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的有关规定执行。

7.4.5 长螺旋压灌水泥土静压预制桩静载荷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，在单桩竖向抗压静载试验时，宜对桩顶进行保护，可在桩顶部位设置桩帽，避免试验时压碎或损伤桩顶。

单桩竖向抗拔静载试验时，可采用空心桩空心内灌注填芯混凝土并预埋通长抗拔钢筋、预制桩底部固定抗拔钢筋（焊接于端板或桩尖上）等方法传递拔力。抗拔钢筋种类和数量应通过计算确定。

为偏于安全，单桩水平承载力特征值应同时满足不大于水平临界荷载的 0.6 倍与水平极限承载力的 50% 两个条件。

7.5 工程验收

7.5.1~7.5.3 工程验收除应符合本标准有关规定外，尚应符合河北省主管部门关于工程验收及国家现行标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202、《建筑桩基技术规范》JGJ 94 等的有关规定。