**CCES**

**低预应力预制混凝土耐腐蚀实心方桩技术规程**

**中国土木工程学会标准**

**低预应力预制混凝土耐腐蚀实心方桩技术规程**

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

威海市水利岩土工程有限公司

批准部门：中国土木工程学会

施行日期：201**×**年**××**月**××**日

201**×** 北京

**前言**

根据中国土木工程学会《关于发布<2017年中国土木工程学会标准研编计划(第一批)>的通知》（土标委〔2017〕14号）文件的要求，编制组经广泛调查研究，结合我国实际情况，参考有关国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分7章和9个附录，主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、材料与制作、设计、施工、质量检测和工程验收等。

本规程的某些内容涉及专利（专利号：），涉及专利的具体技术问题，使用者可直接与专利持有人（专利持有人：）协商处理。本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国土木工程学会归口管理，由中国建筑科学研究院地基基础研究所负责解释。在执行过程中如有意见或建议，请寄送中国建筑科学研究院地基基础研究所（地址：北京市北三环东路30号，邮编：100013）。

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

威海市水利岩土工程有限公司

参编单位：威海市同威建筑科技有限公司

威海齐德新型建材有限公司

深圳市勘察研究院有限公司

中国建筑西南勘察设计研究院有限公司

中国建筑设计院有限公司

天津大学建筑设计研究院

北京市建筑设计研究院有限公司

大连恒合工程检测有限公司

北京维拓时代建筑设计股份有限公司

广东三和管桩股份有限公司

天津市勘察院

唐山市规划建筑设计研究院

汉嘉设计集团股份有限公司

昆明市建筑设计研究院集团有限公司

福建省建筑科学研究院

安徽省金田建筑设计咨询有限责任公司

新疆建筑设计研究院

威海市建筑设计院有限公司

威海市凯得建筑设计有限公司

山东新元建筑规划设计有限公司

威海市建设工程勘察设计审查中心有限公司

威海市规划设计研究院有限公司

山东圣凯建筑设计咨询有限公司

烟台市建筑设计研究院

烟台市勘察设计审查服务中心

青岛腾远设计事务所有限公司

青岛沿海建筑设计有限公司

青岛市建设工程施工图设计审查中心

主要起草人：刘金波 魏宜龄 董建军 李连营 王德利 许国平 耿鹤良

张雪婵 王亦德 傅正茂 张长城 丁永君 尤天直 郭金雪

李焕君 于东健 刘 婧 刘春波 赵玉相 刘小敏 康景文

纪智超 杨蔚彪 张国强 李洪求 高春荣 郭 跃 褚青青

张志伟 洪 适 叶小慧 吕娇云 孙林红 徐荣盛 吴本国

于明武 蔡雅琳 孙绍东 高振双

主要审查人：

目次

[1 总则 1](#_Toc9425)

[2 术语和符号 2](#_Toc8834)

[2.1 术语 2](#_Toc4893)

[2.2 符号 2](#_Toc13426)

[3 基本规定 4](#_Toc9845)

[4材料与制作 6](#_Toc24)

[4.1 一般规定 6](#_Toc3862)

[4.2 材料与制作 6](#_Toc19867)

[4.3 设计 8](#_Toc20995)

[4.4 构造 9](#_Toc15767)

[5.设计 11](#_Toc9827)

[5.1一般规定 11](#_Toc26516)

[5.2荷载效应 12](#_Toc30393)

[5.3桩基承载力计算 14](#_Toc16593)

[5.4 桩身承载力 14](#_Toc27873)

[5.5桩基构造 15](#_Toc14039)

[6 施工 16](#_Toc26362)

[6.1一般规定 16](#_Toc813)

[6.2吊运及堆放 19](#_Toc25770)

[6.3沉桩 20](#_Toc10789)

[7 质量检测和工程验收 25](#_Toc14162)

[7.1 出厂检验 25](#_Toc25757)

[7.2 型式检验 25](#_Toc21817)

[7.3 施工检测 26](#_Toc29982)

[7.4 工后检测及验收 26](#_Toc28341)

[附录A 低预应力耐腐蚀方桩基本尺寸 28](#_Toc10960)

[附录B 低预应力耐腐蚀方桩的抗弯性能指标 29](#_Toc7631)

[附录C 静压桩机选用参考表 30](#_Toc10511)

[附录D 柴油锤重选用参考表 31](#_Toc3079)

[附录E 低预应力耐腐蚀方桩施工记录表 32](#_Toc168)

[附录F 抗弯性能检验 33](#_Toc1814)

[附录G 耐久性检验 34](#_Toc20491)

[本规程用词说明 35](#_Toc1250)

[引用标准名录 36](#_Toc2542)

[条文说明 38](#_Toc22532)

**CONTENTS**

1 General Provisions…………………………………………………………………………1

2 Terms and Symbols…………………………………………………………………………2

2.1 Terms …………………………………………………………………………………2

2.2 Symbols ………………………………………………………………………………2

3 Basic Requirements…………………………………………………………………………4

4 Materials and Production…… …………………………………………………………6

4.1 General Requirements……………………………………………………………………6

4.2 Materials and Production…………………………………………………………………6

4.3 Design……………………………………………………………………………………8

4.4 Structure…………………………………………………………………………………………9

5 Design……………………………………………………………………………………11

5.1 General Requirements…………………………………………………………………11

5.2 Load Effect……………………………………………………………………………12

5.3 Calculation of Pile Foundation Bearing Capacity……………………………………………14

5.4 Bearing Capacity of Pile ……………………………………………………………………14

5.5 Pile Foundation Structure……………………………………………………………………15

6 Construction………………………………………………………………………………16

6.1 General Requirements……………………………………………………………………16

6.2 Hoist and Stack…………………………………………………………………………19

6.3 Pile Sinking……………………………………………………………………………………20

7 Quality Inspection and Engineering Acceptance……………………………………………25

7.1 Factory Inspection…………………………………………………………………………25

7.2 Type Inspection…………………………………………………………………………25

7.3 Construction Inspection…………………………………………………………………26

7.4 Post-Construction Inspection and Acceptance……………………………………………26

Appendix A Basic Dimensions of Low Prestress Corrosion-Resistant Square Piles………………… 28

Appendix B Bending Performance Index of Low Prestress Corrosion-Resistant Square Pile………29

Appendix C Reference Table of Hydrostatic Pressure pile Driver……………………………………30

Appendix D Reference Table of Weight Choice of Diesel Hammer…………………………………31

Appendix E Construction Record Tablet of Low Prestress Corrosion-Resistant Square Pile…………32

Appendix F Flexural Performance Test …………………………………………………………33

Appendix G Durability Test…………………………………………………………………………34

Explanation of Wording in This Regulation…………………………………………………35

List of Quoted Standards……………………………………………………………………36

Addtion: Explanation of Provisions……………………………………………………………38

# 1 总则

* + 1. 为在低预应力预制混凝土耐腐蚀实心方桩（以下简称低预应力耐腐蚀方桩）设计、施工中做到安全适用、保护环境、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规程。
    2. 本规程适用于按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021评价的中、强腐蚀等级的一般工业与民用建筑使用低预应力耐腐蚀方桩作为桩基础的生产、试验、设计、施工及检测。铁路、公路、桥梁、港口、市政、水利等工程可参考使用。
    3. 低预应力耐腐蚀方桩的设计与施工应综合考虑工程地质与水文地质条件、上部结构类型、使用功能、荷载特征、施工技术条件与环境；并应重视地方经验，因地制宜，注重概念设计，合理选择桩型、成桩工艺和承台形式，优化布桩，节约资源；强化施工质量控制与管理。
    4. 低预应力耐腐蚀方桩设计、施工及验收时，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准、规范的规定。

# 2 术语和符号

**2.1 术语**

* + 1. 低预应力耐腐蚀方桩

低预应力耐腐蚀方桩是选用普通三级钢为受力主筋，施加低预应力满足起吊、运输过程中因桩身受拉或受弯引起的抗裂需求的能够在腐蚀环境中使用的混凝土实心方桩。

* + 1. 腐蚀环境

腐蚀环境分为氯盐腐蚀环境、硫酸盐腐蚀环境。

**2.2 符号**

* + 1. 作用和作用效应

*Fk*——按荷载效应标准组合计算的作用于承台顶面的竖向力；

Gk——桩基承台和承台上土自重标准值；

*Hik*——相应于荷载效应标准组合时，作用于任一单桩桩顶的水平力；

*Hk*——相应于荷载效应标准组合时，作用于承台底面的水平力；

*Mxk、Myk*——相应于荷载效应标准组合时，作用于承台底面，绕通过桩群形心的x、y主轴的力矩；

*Qk*——相应于荷载效应标准组合时，轴心竖向力作用下任一单桩的竖向力；

*Qik*——相应于荷载效应标准组合时，偏心竖向力作用下第*i*根桩的竖向力；

*Hk*——相应于荷载效应标准组合时，作用于承台底面的水平力（kN）；

*Hik*——相应于荷载效应标准组合时，作用于任一单桩桩顶的水平力（kN）；

*Qtk*——相应于荷载效应标准组合时，作用于单桩桩顶的竖向拔力（kN）。

* + 1. 材料性能和抗力

——混凝土轴心抗压强度设计值；

——预应力钢筋抗拉强度设计值；

——荷载效应标准组合下桩身混凝土正截面法向拉应力；

——桩身截面混凝土有效预压应力；

——混凝土轴心抗拉强度标准值；

Ra ——单桩竖向承载力特征值；

Rta——单桩竖向抗拔承载力特征值；

Rha——单桩的水平承载力特征值（kN），可按《建筑桩基技术规范》 JGJ 94-2008确定；

Quk——单桩竖向极限承载力标准值。

* + 1. 几何参数

*A*——桩身计算截面面积；

——预应力钢筋的横截面积；

——方桩的边长。

* + 1. 设计参数和计算系数

——低预应力耐腐蚀方桩成桩工艺系数；

C——考虑预应力钢筋墩头与端板连接处受力不均匀等因素的影响而取的折减系数。

# 3 基本规定

**3.0.1**低预应力耐腐蚀方桩，适用于一般工业与民用建筑桩基础工程。其几何尺寸和桩身力学性能宜符合本标准附录A、B的规定。

**3.0.2**低预应力耐腐蚀方桩适用于三a、三b类环境和中、强腐蚀（硫酸盐含量，氯离子含量）等级的地质条件。不同型号的耐腐蚀方桩适用环境类型详见表3.0.2。

表3.0.2 低预应力耐腐蚀方桩代号及其适用环境

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 环境类别和腐蚀等级 | 抗氯盐 | | 抗硫酸盐 | |
| 中等腐蚀 | 强腐蚀 | 中等腐蚀 | 强腐蚀 |
| 低预应力耐腐蚀方桩代号 | NFZ-Ⅰ | NFZ-Ⅱ | NFZ-Ⅲ | NFZ-Ⅳ |

**3.0.3**低预应力耐腐蚀方桩主要适用于承受竖向荷载的基桩，当用于承受较大水平荷载时需验算后使用；当用于抗拔桩时须根据实际受力状况进行单独设计。

**3.0.4** 岩土工程勘察应满足下列要求：

1调查场地土和水的污染情况及当地工程建设经验，掌握钢筋混凝土、钢结构的腐蚀情况和防腐蚀经验；

2场地岩土层具有腐蚀性时，应查明其分布、所含腐蚀介质类型和含量，进行土对混凝土结构的腐蚀性评价；

3 查明水文和水文地质特点、毛细水上升高度等，采取水样进行腐蚀性测试，查明所含腐蚀介质类型和含量，进行地下水对混凝土结构的腐蚀性评价；

4场地土和地下水对钢筋混凝土结构的腐蚀等级，应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021、《工业建筑防腐蚀设计规范》GB50046的有关规定确定。

**3.0.5** 低预应力耐腐蚀方桩混凝土应符合表3.0.5的规定，桩身耐久性能指标参见附录G。

表3.0.5 低预应力耐腐蚀方桩混凝土的基本要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 桩型 | 混凝土最低强度等级 | 抗渗等级 | Cl-含量（%） | 碱含量（kg/m3） | 最大水胶比 |
| 低预应力耐腐蚀方桩 | C60 | ≥P10 | ≤0.06 | ≤3 | 0.4 |

**3.0.6** 低预应力耐腐蚀方桩应优先选用单节桩。接桩接头不应超过3个，位于污染土层的桩接头中等腐蚀环境下可采用焊接法或套筒端板连接，强腐蚀环境下还应在接桩零件外露部分增加热收缩聚乙烯套膜或纤维布围贴。

**3.0.7** 当方桩的表面涂有防腐涂料时，在估算单桩承载力时，可不计入土层范围内的桩侧阻力。

**3.0.8** 低预应力耐腐蚀方桩耐久性应满足设计使用年限的要求。

**3.0.9** 岩土工程勘察报告在满足相关规范的前提下，应进行下列重点评价：

1 评价预制桩应用于该场地的适宜性。当场地中存在孤石、坚硬夹层、障碍物、岩溶、土洞和构造断裂等不良地质条件时，评价沉桩可行性并提出可行的沉桩方法或替代施工方法；

2 对沉桩可能产生的挤土效应及可能对支护结构、周围环境等造成的不良影响进行分析、评价；

3 结合地区经验对单桩承载力提出合理的建议；

4 对软土地区后期基坑开挖、堆土等容易造成桩位偏移等不利因素进行分析、评价。

**3.0.10** 低预应力耐腐蚀方桩施工监控应保证桩身完整、无损伤。沉桩方法的选用应根据具体的地质情况、工程特点、场地施工条件以及挤土、施工振动、噪声等对周边环境和安全影响等因素确定。

**3.0.11** 低预应力耐腐蚀方桩施工前宜在现场进行沉桩工艺试验。当采用锤击法施工工艺时，宜同时进行沉桩工艺监测。

# 4材料与制作

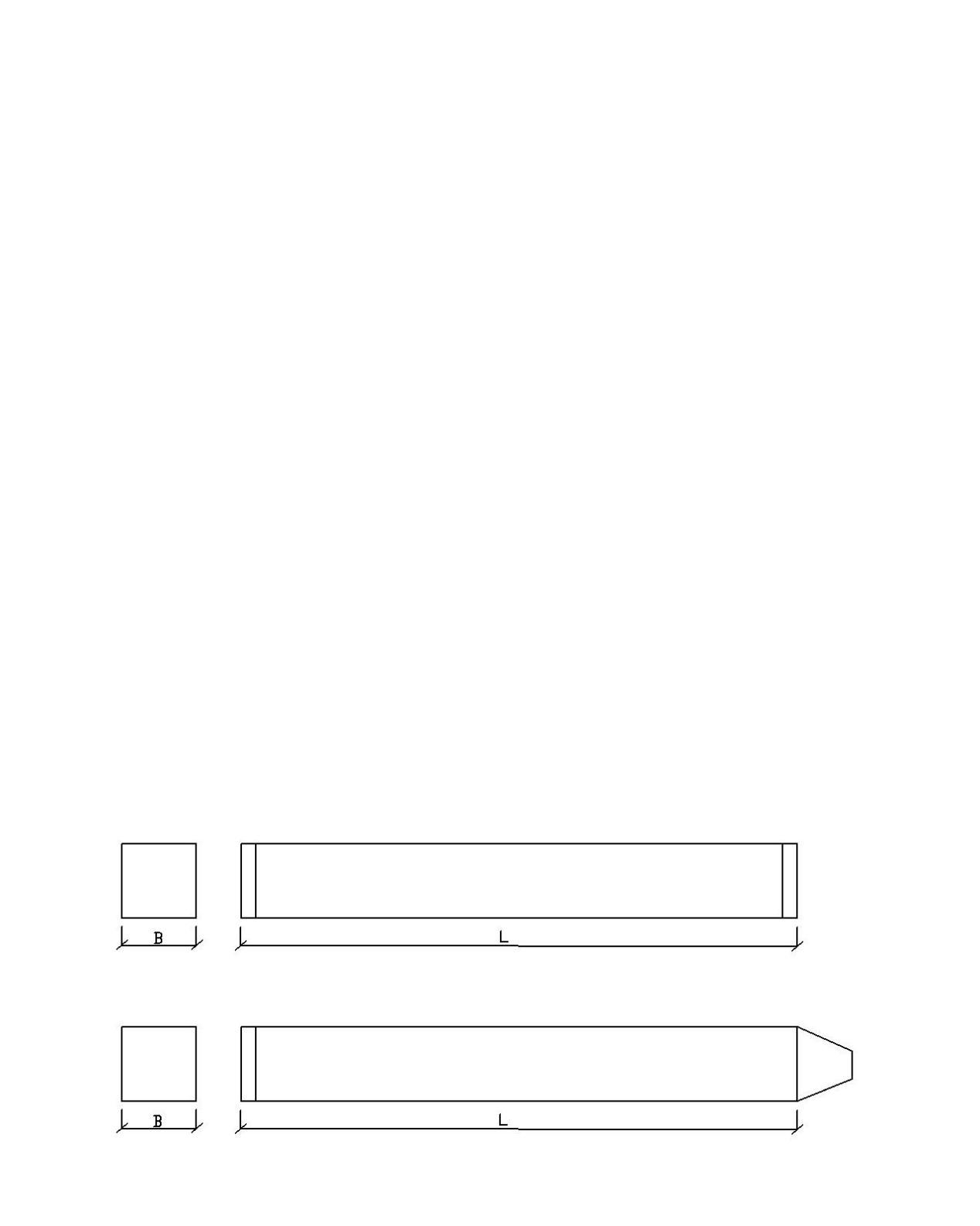
**4.1 一般规定**

**4.1.1**低预应力耐腐蚀方桩按边长分为250mm、300mm、350mm、400mm、450mm、500mm、550mm、600mm等规格。

**4.1.2** 低预应力耐腐蚀方桩放张预应力（或脱模）时，产品的混凝土抗压强度不宜低于45MPa。产品出厂时，混凝土抗压强度不应低于混凝土设计强度等级。

**4.1.3** 结构尺寸

低预应力耐腐蚀方桩结构形状示意图如图4.1.3所示。



②

①

B—边长；L—桩长；①—不带桩尖；②—带桩尖（普通桩尖a、钢靴桩尖b）

图4.1.3低预应力耐腐蚀方桩结构形状示意图

**4.1.4** 标记示例

抗氯盐中等腐蚀环境，边长为450mm，长度为12m，带普通桩尖的耐腐蚀方桩（单节桩、接桩）分别标记为：

NFZ450-Ⅰ-12-a，JNFZ450-Ⅰ-12-a

抗氯盐强腐蚀环境，边长为450mm，长度为13m，不带桩尖的耐腐蚀方桩（接桩）标记为：

JNFZ450-Ⅱ-13

抗硫酸盐中等腐蚀环境，边长为500mm，长度为14m，带钢靴桩尖的耐腐蚀方桩（单节桩、接桩）分别标记为：

NFZ450-Ⅲ-14-b，JNFZ450-Ⅲ-14-b

抗硫酸盐强腐蚀环境，边长为500mm，长度为14m，不带桩尖的耐腐蚀方桩（接桩）标记为：

JNFZ450-Ⅳ-14

**4.2 材料与制作**

**4.2.1**低预应力耐腐蚀方桩对混凝土材料的要求应符合下列规定：

1 水泥

水泥宜采用强度等级不低于42.5级的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，其质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175的有关规定，其中C3A含量不大于8%。

2 骨料

细骨料应采用洁净的天然砂或机制砂，质量应符合现行国家标准《建筑用砂》GB/T 14684的有关规定。其中氯离子含量不大于0.01%，硫化物及硫酸盐含量不大于0.5%。采用天然砂时，其细度模数宜为2.5~3.2，含泥量不大于1%；采用机制砂时，其细度模数宜为2.5~3.5，其石粉含量当MB值≤1.4时宜不大于3%、当MB值＞1.4时宜不大于1%。

粗骨料宜采用碎石或破碎的卵石，质量应符合现行国家标准《建筑用卵石、碎石》GB14685的有关规定。针片状颗粒含量不宜超过10%，含泥量应不大于1%。最大粒径不宜大于35mm，且不应超过钢筋净距的3/4。含泥量应不大于0.5%，硫化物及硫酸盐含量宜不大于0.5%。

3 水

混凝土拌合用水中氯离子含量不应大于200mg/L，其质量应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ63的有关规定。

4 外加剂

混凝土外加剂宜采用高效减水剂，其质量应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB8076的有关规定。若采用混凝土防腐剂或钢筋阻锈剂等外加剂，不得含有氯盐或有害物。

5 掺合料

掺合料宜采用矿渣微粉、粉煤灰、硅灰、硅砂粉等。矿渣微粉的质量应不低于现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T18046表1中S95级的有关规定，粉煤灰的质量应不低于现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T1596中Ⅱ级F类的有关规定；硅灰的质量应符合现行国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》GBT 27690中表1的有关规定；硅粉砂的质量应符合现行行业标准《预应力高强混凝土管桩用硅砂粉》JC/T950表1的有关规定；当采用其他品种的掺合料时，应通过试验确定，满足产品混凝土质量要求时方可使用。掺合料使用前必须对其相关性能和质量进行试验验证。

**4.2.2** 低预应力耐腐蚀方桩对保护层的要求应符合下列规定：

低预应力耐腐蚀方桩主筋保护层厚度为55mm。

**4.2.3** 耐腐蚀方桩对钢筋的要求应符合下列规定：

1 低预应力耐腐蚀方桩的纵向钢筋采用热轧带肋钢筋，其质量应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB1499.2中HRB400的有关规定，且直径不宜小于14mm。

2 螺旋筋宜采用低碳钢热轧圆盘条或冷拔低碳钢丝，其质量应分别符合现行国家标准和行业标准《低碳钢热轧圆盘条》GB/T701和《冷拔低碳钢丝应用技术规程》JGJ19的有关规定。

3 端板性能宜符合现行行业标准《预应力离心混凝土空心方桩用端板》JC/T2239的有关规定。桩套箍材质应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T700中Q235的有关规定，端板、桩套箍的结构尺寸按设计要求制作。

4 焊条采用E43型，质量应符合《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T5117的规定。桩节、桩尖等焊缝质量不应低于二级，现场焊缝质量除注明外，不应低于二级。

5 吊环应采用HPB300级钢筋制作，严禁采用冷加工钢筋。

**4.2.4** 钢筋加工应符合下列规定：

1 钢筋应清除油污，切断前应保持平直，不应存在局部弯曲，切断后端面应平整。同根产品中钢筋长度的相对差值不得大于1.0mm。

2 钢筋镦头部位的强度不得低于该材料抗拉强度的90%。

3 钢筋应按桩身截面形状均匀对称布置。

**4.2.5** 钢筋骨架的制作应符合下列规定：

1 钢筋骨架宜采用编笼机制作。耐腐蚀方桩当边长为250mm~450mm时，螺旋筋直径应为4mm；边长为500mm~600mm时，螺旋筋直径应为5mm。螺旋筋的螺距：产品两端4~5倍桩身边长且不小于1500mm范围内为60mm，其余为100mm。螺距偏差为±5mm。

2 钢筋和螺旋筋的焊接点，强度损失不得大于该材料抗拉强度的5%。

**4.3 设计**

**4.3.1** 张拉控制应力应符合下列规定：

低预应力钢筋控制应力：一般取为0.5fy

**4.3.2** 预应力损失按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010中10.2节的有关规定计算，仅考虑张拉锁定时锚具1mm变形所引起的损失。

**4.3.3** 开裂弯矩按下式计算，其开裂弯矩应符合附录B的规定：

Mcr=(σpc+ γftk）W0 （4.3.3）

式中：M cr——桩身抗裂弯矩；

σpc——桩身截面混凝土有效预压应力；

γ —— 桩身截面抵抗矩塑性影响系数，γ =（0.7+120/h）γm；

h —— 截面高度；等于桩截面边长B，当h<400mm时，取h=400mm；

γm——混凝土构件的截面抵抗矩塑性影响系数基本值，本规程方桩为矩形截面取1.55；

ftk——方桩混凝土轴心抗拉强度标准值；

W0——方桩换算面积受拉边缘的弹性抵抗矩。

**4.3.4** 桩身竖向抗压承载力设计值按下式计算：

（4.3.4）

式中：*R*p——桩身竖向承载力设计值；

*f*c ——混凝土轴心抗压强度设计值；

A ——桩身截面面积；

——成桩工艺系数，取0.75。

桩身对应的竖向承载力特征值*R*a=*R*p/1.35。

**4.3.5** 抗弯承载力设计值按下式计算，其抗弯性能应符合附录B的规定：

M= fpy Ap（h-a'p） （4.3.5）

式中：M——桩身正截面受弯承载力设计值；

fpy——预应力钢筋抗拉强度设计值；

Ap——受拉预应力筋的截面积；

h ——受拉预应力筋到混凝土受压区外边缘距离；

a'p——受压区预应力筋合力点至截面受压边缘的距离。

**4.3.6** 斜截面受剪承载力应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010中的6.3节有关规定计算。

**4.3.7** 受拉构件的正截面承载力计算按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010中有关规定执行。

**4.3.8** 挠度及裂缝宽度按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010中有关规定进行验算。

**4.3.9** 吊环钢筋按各个吊环同时受力考虑，每个吊环按2个截面计算的钢筋应力不应大于65N/mm2。

**4.4 构造**

**4.4.1** 桩的制作质量标准除应符合有关规范规定外，尚应符合下列各项要求：

1 钢筋镦头宜采用热镦工艺，镦头强度不得低于该钢材强度标准的90%；

2 钢筋骨架编笼应采用滚焊机成笼；

3 主筋连接宜采用闪光对焊和电弧焊，在同一截面内主筋接头数量不得超过50%；相邻两根主筋接头截面的距离应大于35d，并不应小于500mm。在桩端范围内主筋不得有接头，且主筋必须调直；

4 采用先张法施加预应力工艺，张拉力应计算确定并按确定的张拉力施拉；

5 制桩时应采取措施保证入模后主筋保护层厚度一致；

6 灌注混凝土时，应由桩顶部分往桩尖方向进行，必须连续灌注，不得中断，对桩顶、桩尖部分应加强振捣；

7 方桩的制作严禁采用拉模或翻模等快速脱模；

8 桩套箍的焊接应平直、方正，不允许倾斜、串角或翘曲，焊缝必须融透饱满；

9 桩顶主筋与桩套箍焊接时宜选用专用模具；

10 桩顶钢筋网片应垂直于桩长方向，间距均匀；

11 桩的混凝土试块应与方桩同条件养护，方桩的强度以混凝土试块强度判定。

**4.4.2** 低预应力耐腐蚀方桩的外观质量应符合下列要求：

1 表面平整、密实、掉角深度不应超过10mm，局部蜂窝和掉角的缺损面积不超过全部桩表面积的0.5%，并不得过分集中。

2 桩顶与桩尖不得有蜂窝、麻面、裂缝或掉角。

**4.4.3** 耐腐蚀方桩的尺寸允许偏差应符合表4.4.3-1、4.4.3-2的规定。

表4.4.3-1 耐腐蚀方桩尺寸允许偏差要求 单位：mm

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 允许偏差 |
| 1 | 横截面边长B | ±5 |
| 2 | 桩顶对角线之差 | ≤5 |
| 3 | 主筋保护层厚度 | ＋5 |
| 4 | 桩身弯曲矢高 | 不大于L/1000，且不大于20 |
| 5 | 桩尖偏心 | ≤10 |
| 6 | 桩端面倾斜 | ≤0.5% |
| 7 | 桩节长度 | ±20 |

表4.4.3-2 耐腐蚀方桩钢筋骨架的允许偏差要求 单位：mm

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 允许偏差 |
| 1 | 主筋间距 | ±5 |
| 2 | 桩尖中心线 | 10 |
| 3 | 箍筋间距或螺旋筋的螺距 | ±20 |
| 4 | 吊环沿纵轴线方向 | ±20 |
| 5 | 吊环沿垂直于桩纵轴线方向 | ±20 |
| 6 | 吊环露出桩表面的高度 | ±10 |
| 7 | 主筋距桩顶距离 | ±5 |
| 8 | 桩顶钢筋网片位置 | ±10 |
| 9 | 预埋件位置 | ±3 |

# 5.设计

**5.1一般规定**

1. 低预应力耐腐蚀方桩基础设计宜具备下列基本资料；

1 岩土工程勘察报告，建筑物所在地区的抗震设防烈度和建筑场地类别，地基土液化、冻胀性、湿陷性、膨胀性评价，地基土、水的腐蚀性评价；

2 建筑场地总平面布置图、建筑物地下室平面布置图，建筑物上部结构类型与荷载，建筑物对基础沉降及水平位移的要求；

3 建筑场地地上及地下管线、地下构筑物的分布，受沉桩影响的临近建（构）筑物的地基基础情况及防振、防噪声要求，施工机械进出场及现场运行条件；

4 沉桩设备性能、施工工艺及其对场地条件的适应性；

5 可选用的低预应力耐腐蚀方桩规格、接头形式及生产条件。

1. 低预应力耐腐蚀方桩的桩位偏差应满足表5.1.2的要求：

表 5.1.2 低预应力耐腐蚀方桩桩位的允许偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 允许偏差 | |
| 有基础梁的桩： （1）垂直基础梁的中心线  （2）沿基础梁的中心线 | 100+0.01H  150+0.01H |
| 桩数为1~3根桩基中的桩 | 100 |
| 桩数为4~16根桩基中的桩 | 1/2边长 |
| 桩数大于16根桩基中的桩： （1）最外边的桩  （2）中间桩 | 1/3边长  1/2边长 |

注： H为施工现场地面标高与桩顶设计标高的距离。

1. 单桩竖向极限承载力标准值的确定应符合下列规定：

1 设计等级为甲级、乙级的低预应力耐腐蚀方桩基础，应在施工前采用单桩静载荷试验确定，在同一条件下的试桩数量不少于3根，并应符合下列规定：

试桩的规格、长度级地质条件应具有代表性；

1）试桩应选在地质勘探孔附近；

2）试桩施工条件应与工程桩一致。

2 设计等级为丙级的低预应力耐腐蚀方桩基础，可结合静力触探原位试验参数和工程经验参数综合确定。

1. 对于承受水平荷载大的设计等级为甲级、乙级的低预应力耐腐蚀方桩基础，应通过现场单桩水平静载试验确定单桩水平承载力特征值。试验宜采用单项多循环加载法或慢速维持荷载法，按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106-2014执行。
2. 受水平荷载的低预应力耐腐蚀方桩，其桩身受弯承载力和受剪承载力的验算应符合下列规定：
3. 应验算桩身最大弯矩处的受弯承载力；
4. 应验算桩顶斜截面的受剪承载力；
5. 桩身所承受最大弯矩和水平剪力的计算，可按现行行业标准《建筑桩基技术规范》 JGJ 94-2008计算；
6. 桩身正截面受弯承载力和斜截面受剪承载力的计算，可按《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010的规定执行。
7. 低预应力耐腐蚀方桩应按下列规定进行受拉应力验算：
8. 对于严格要求不出现裂缝的低预应力耐腐蚀方桩，其裂缝控制等级应为一级，在荷载效应标准组合下混凝土不应产生拉应力，应符合下式要求：



1. 对于一般要求不出现裂缝的低预应力耐腐蚀方桩，其裂缝控制等级应为二级，在荷载效应标准组合下受拉边缘的应力不大于混凝土轴心受拉强度标准值，应符合下式要求：



式中：——荷载效应标准组合下桩身混凝土正截面法向拉应力（N/mm2）；

——低预应力耐腐蚀方桩桩身截面混凝土有效预压应力（N/mm2）；

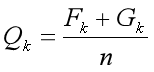
——混凝土轴心抗拉强度标准值（N/mm2）。

1. 低预应力耐腐蚀方桩桩身轴心受拉时，裂缝控制等级为一级；低预应力耐腐蚀方桩桩身受弯时，处于弱腐蚀环境及以上的低预应力耐腐蚀方桩裂缝控制等级为二级，中等、强腐蚀环境及以上的低预应力耐腐蚀方桩裂缝控制等级为一级。

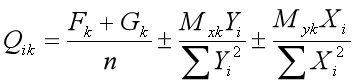
**5.2荷载效应**

**5.2.1** 对于一般建筑物和受水平力（包括力矩和水平剪力）较小的建筑物，当采用桩型相同的多桩或群桩基础，群桩中单桩桩顶作用力应按下列公式计算：

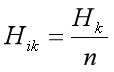
1. 轴心竖向力作用下

 (5.2.1-1)

1. 偏心竖向力作用下

 (5.2.1-2)

1. 水平力作用下

 (5.2.1-3)

式中：*Fk*——相应于荷载效应标准组合时，作用于桩基承台顶面的竖向力（kN）；

*Gk*——桩基承台及其上覆土自重标准值（kN）；

*Qk*——相应于荷载效应标准组合时，轴心竖向力作用下任一单桩的竖向力（kN）；

*n* —— 同一承台中的桩数；

*Qik*——相应于荷载效应标准组合时，偏心竖向力作用下第*i*根桩的竖向力（kN）

*Mxk、Myk*——相应于荷载效应标准组合时，作用于承台底面，绕通过桩群形心的x、y主轴的力矩（kN·M）；

*Xi、Yi*——第*i*根桩至桩群形心的y、x主轴线的距离（m）；

*Hk*——相应于荷载效应标准组合时，作用于承台底面的水平力（kN）；

*Hik*——相应于荷载效应标准组合时，作用于任一单桩桩顶的水平力（kN）。

**5.2.2** 对于抗震设防区承受竖向荷载的桩基，其桩顶作用效应的计算应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的有关规定。

**5.2.3** 承受竖向荷载作用的低承台桩基，当地面下无液化土层，且桩承台周围无淤泥、淤泥质土等软土和地基承载力特征值不大于100kPa的填土时，下列建筑的桩顶作用效应计算可不考虑地震作用：

1 设防烈度为6度时的建筑（不规则建筑及建造于Ⅳ类场地上较高的高层建筑除外）；

2 砌体房屋；

3 一般的单层厂房和单层空旷房屋；

4 不超过8层且高度在24米以下的一般民用框架和框架-抗震墙房屋；

5 基础荷载与第4项相当的多层框架厂房和多层抗震墙房屋。

**5.2.4** 单桩承载力计算应符合下列要求：

1 不考虑地震作用效应组合的标准值：

轴心竖向力作用下

C:\Users\lenovo3\AppData\Local\Temp\ksohtml\wps20C0.tmp.png (5.2.4-1)

偏心竖向力作用下，除满足式（5.2.4-1）外，尚应满足：

C:\Users\lenovo3\AppData\Local\Temp\ksohtml\wps20C1.tmp.png (5.2.4-2)

水平力作用下

C:\Users\lenovo3\AppData\Local\Temp\ksohtml\wps20C2.tmp.png (5.2.4-3)

2 考虑地震作用效应组合的标准值：

轴心竖向力作用下

C:\Users\lenovo3\AppData\Local\Temp\ksohtml\wps20D3.tmp.png (5.2.4-4)

偏心竖向力作用下，除满足式（5.2.3-1）外，尚应满足：

C:\Users\lenovo3\AppData\Local\Temp\ksohtml\wps20D4.tmp.png (5.2.4-5)

水平力作用下

C:\Users\lenovo3\AppData\Local\Temp\ksohtml\wps20D5.tmp.png (5.2.4-6)

式中： *Ra*——单桩竖向承载力特征值（kN）；

*Qikmax*——相应于荷载效应标准组合时偏心竖向力作用下，桩顶最大竖向力（kN）。

*Rha*——单桩的水平承载力特征值（kN），可按《建筑桩基技术规范》 JGJ 94-2008确定。

**5.2.5** 承受竖向拔力的低预应力耐腐蚀方桩基础，应按下式验算单桩的抗拔承载力

C:\Users\lenovo3\AppData\Local\Temp\ksohtml\wps20D6.tmp.png (5.2.5)

式中：*Qtk*——相应于荷载效应标准组合时，作用于单桩桩顶的竖向拔力（kN）；

*Rta*——单桩竖向抗拔承载力特征值（kN）。

**5.3桩基承载力计算**

* + 1. 单桩竖向承载力特征值应符合下列要求：

单桩竖向承载力特征值为单桩竖向极限承载力除以安全系数2.0，按下式计算：

　　　　　　　 　(5.3.1)

式中：*Ra*——单桩竖向承载力特征值；

*Quk*——单桩竖向极限承载力标准值。

* + 1. 单桩竖向极限承载力标准值可根据土的物理指标与承载力参数之间的经验关系按下式估算：

 (5.3.2)

式中：*Quk*——单桩竖向极限承载力标准值；

*qsik* ——桩侧第*i*层土的极限侧阻力标准值，取值可参考《建筑桩基技术规范》 JGJ 94-2008；

*qpk*——桩的极限端阻力标准值，取值可参考《建筑桩基技术规范》 JGJ 94-2008；

*u*——桩身周长；

*li*——桩侧第i层土的厚度；

*A*——桩身横截面面积。

**5.4 桩身承载力**

1. 低预应力耐腐蚀方桩正截面受压承载力应符合下列规定：

 (5.4.1)

式中：*N*——荷载效应基本组合下桩顶轴向压力设计值；

*fc*——预应力钢筋的抗拉强度设计值；

——桩身截面混凝土有效预压应力；

*A*——桩身计算截面面积；

——低预应力耐腐蚀方桩成桩工艺系数，取0.85。

1. 抗拔桩的正截面受拉承载力应符合下式规定：

 (5.4.2)

式中：*Nt*——荷载效应基本组合下桩顶轴向拉力设计值；

——预应力钢筋的抗拉强度设计值；

——预应力钢筋的截面面积。

C——考虑预应力钢筋墩头与端板连接处受力不均匀等因素的影响而取的折减系数，值为0.85。

1. 当考虑地震作用验算桩身抗拔承载力时，应根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定，对作用于桩顶的地震作用效应进行调整。

**5.5桩基构造**

1. 低预应力耐腐蚀方桩与承台连接的一端或各截桩连接端处可设置锚固筋并应符合设计要求。
2. 低预应力耐腐蚀方桩顶部与承台连接应符合下列规定：
3. 桩顶嵌入承台内长度宜为50~100mm。
4. 锚筋入承台或基础梁内的长度不宜小于35*d*，*d*为锚筋直径。
5. 桩基承台的垫层和表面防护，应符合《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046表4.8.5-1的规定。

# 6 施工

**6.1一般规定**

**6.1.1**施工时应注意对周边环境的保护，并满足下列要求：

1 桩基施工不能影响附近建(构)筑物的正常使用和安全，必要时应采取有效的防震、防侧向挤土等措施。

2 沉桩过程中应加强邻近建筑物、地下管线等的观测、监护。

**6.1.2** 施工设备及场地应满足下列要求：

1预制桩沉桩机具分为静压式和锤击式两种，应结合场地周围环境、土质条件、施工工艺、设计对单桩承载力要求和桩型要求等综合选取沉桩机具；选择沉桩机具时，压桩力或锤重应结合单桩承载力要求、设计贯入度要求及进入密实持力层深度要求等综合确定。

2静力压桩机一般采用液压式动力装置，按其加力部位不同可分为顶压式压桩机和抱压式压桩机。静压桩机的选取应符合下列规定：

1）施工前应结合单桩承载力要求、地层情况、场地情况、桩体强度、桩径及垂直度要求等合理选取机型和配重；

2）压桩机和配重的重量应满足压桩力的要求，并应预留适当的储备系数；

3）压桩机夹持器表面应平整，对面夹板应与桩轴线平行且相对应，夹板运行速率应一致；

4）最大压桩力值不得超过桩体强度，不宜超过允许抱压压桩力的1.1倍，抱压力不应大于桩身允许侧向压力的1.1倍，防止对桩造成破坏。

3静压桩机的选用应根据地质条件、场地施工条件、单桩竖向承载力等因素综合确定，也可按本规程附录C选用。选择压桩机的参数应包括下列内容：

1）压桩机型号、桩机质量（不含配重）、最大压桩力等；

2）压桩机的外型尺寸及拖运尺寸；

3）压桩机的最小边桩距及最大压桩力；

4）长、短船型履靴的接地压强；

5）夹持机构的型式；

6）液压油缸的数量、直径，率定后的压力表读数与压桩力的对应关系；

7）吊桩机构的性能及吊桩能力；

8）液压式压桩机的最大压桩力应取压桩机的机架重量和配重之和乘的0.9倍。

4 锤击法沉桩机具的选取应符合下列规定：

1）应合理选择锤重、桩帽和锤垫；

2）打桩机的机架必须具有足够的强度、刚度和稳定性，并应与所挂锤重相匹配。

5桩锤的选用应根据地质条件、桩型、桩的密集程度、单桩竖向承载力及现有施工条件等因素确定，也可按本规程附录D选用。

6 送桩器设置应符合下列规定：

1）送桩器应有足够的强度、刚度和耐打性，送桩器长度应满足送桩深度的要求；

2）送桩器端面应平整，且与送桩器中心轴线相垂直；

3）送桩器应与桩匹配，对于静压法沉桩，送装器应做成正方型，送桩器截面尺寸与桩外边长的误差不宜超过10mm；对于锤击法沉桩，送桩器应做成套筒式，下端的套筒深度宜取(250～350)mm，内边长应比桩边长大(20～30)mm；

4）对于静压法沉桩，送桩器侧表面应平整，便于夹持器抱紧。

7 施工现场应“三通一平”，满足桩机承重、运输和施工要求，尤其注意对地下管线、地下障碍物清除情况的验收。

8 采用静压沉桩时，场地地基承载力不宜低于100kPa，且不应小于压桩机接地压强的1.2倍。

**6.1.3** 施工应符合下列规定：

1 施工前应具备下列资料：

1）桩位布置图及设计说明、施工总平面图及设计交底、图纸会审记录；

2）场地工程地质资料及水文地质资料；

3）建筑场地和邻近区域内的现有建筑物(包括危房、精密仪器车间等)、地下电缆、地下管线及地下构筑物、地下障碍物等埋藏情况、施工现场上空的高压电线等的调查资料；

4）桩的出厂质量证明报告及现场检验报告；

5）编制施工组织设计；

6）试打资料。工程桩在施工前，宜根据地质条件在有代表性的位置进行试打，试打桩数不宜少于3根，其施工工艺用于指导工程桩施工。

2 施工前应备齐下列原始记录表：

1）工程定位测量、复测记录表；

2）静压或锤击预制桩施工记录；

3）隐蔽工程检查验收记录；

4）桩基工程验收记录；

5）焊接检验报告、焊条（剂）合格证汇总表。

3 施工前现场准备：

1）验收现场“三通一平”，场地高差不宜大于20cm，尤其注意对地下管线、地下障碍物清除情况的验收；

2）平整场地，并将地面压实,以满足桩机承重和施工要求；道路应通畅，以保进场设备及材料的正常运输；

3）基桩轴线的控制点和水准点应设在不受施工影响的地方并保留相应的记录；建筑轴线应得到规划部门的验收认可，施放的桩位应经甲方或监理有关人员验收复核；

4）按设计要求的砼强度等级及工艺要求，现场对预制混凝土方桩及时进行强度检验；

5）成桩机械必须经鉴定合格方可使用，不合格机械不得使用。

**6.1.4** 接桩应符合下列规定：

1桩的连接有端板焊接和机械连接两种方法；当桩需要接长时，其入土部分桩段的桩头宜高出地面(0.5～1.0)m；

2 下节桩的桩头处宜设导向箍以方便上节桩就位，接桩时上下节桩段应保持顺直，错位偏差不宜大于2mm；

3 采用端板焊接法连接时，应符合下列规定：

1）桩对接前，上下端板表面应用铁刷子清刷干净，坡口处应刷至露出金属光泽，上下节桩之间的间隙，应用铁板填实焊牢；

2）接桩焊接应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》(JGJ 18)的有关规定；

3）焊接材料的型号、质量应符合设计要求并附有出厂合格证明书、复试报告；

4）混凝土实心方桩焊接时宜先在坡口周围上每边对称点焊(2～3)点，待上下桩节固定后再分层施焊，施焊应由两个焊工对角焊接；焊接层数不得少于二层，内层焊必须清理干净后方能进行施焊外一层；焊缝应饱满连续，不得有任何裂缝或缺焊等；

5）混凝土实心方桩焊接时采用两人对角焊接，≤350mm的桩连接件一般采用L63×6×340角铁,>350mm的桩连接件多采用L75×6×460角铁；

6）焊接接桩应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204二级焊缝的要求；

7）应在焊接好的接头自然冷却后才可继续沉桩，冷却时间不宜少于8min；严禁用水冷却或焊好即沉桩施工；

8）接头宜采用探伤检测，同一工程检测量不得少于3个接头；

9）雨天焊接时，应采取可靠的防雨措施。

4 采用机械连接时，应符合下列规定：

1）桩对接前应检查桩两端制作的尺寸偏差及连接件，无受损后方可起吊施工；

2）接桩时，卸下上下节桩两端的保护装置后，应清理接头残物，涂上润滑脂；

3）应采用专用接头锥度对中，对准上下节桩进行旋紧连接；

4）可采用专用链条式扳手进行旋紧，锁紧后两端板间尚应有(1～2)mm的间隙。

**6.1.5** 端板施工应符合下列规定：

1预应力离心方桩的端板外形是方形的，且预应力主筋的沉孔沿端板四边、角均匀分布。端板安装前，四周需焊接厚度为1.5mm～2mm的薄钢板制作成的方形桩套箍；

2 端面混凝土及主筋墩头不得高出端板平面。

**6.1.6** 截桩应符合下列规定：

1采用人工和截桩器相配合截桩，先用截桩器把多余的桩身截去，用钢筋箍紧截口下部桩身，然后沿截口处仔细剔凿混凝土，截桩过程中，应保护好主筋避免损伤，多余钢筋可用气割法、机械法切断；

2严禁使用大锤敲击、强行扳拉等方法截桩；

3截桩后，应调直主筋，不得有弯折。

**6.1.7** 施工顺序应符合下列规定：

1 对于桩的中心距小于4倍桩外边长的群桩基础，应由中间向外或向后退打；对于在软土地区锤击法施工桩的中心距小于4倍桩径的排桩，或群桩基础的同一承台的桩，宜采取跳打或对角线打的施工措施；

2 多桩承台边缘的桩宜待承台内其他桩施工完并重新测定桩位后再施工；

3 对于一侧靠近现有建(构)筑物的场地，宜从毗邻建(构)筑物的一侧开始由近至远端施工；

4 同一场地桩长差异较大或桩边长不同时，宜遵循先长后短、先大后小的施工顺序；

5 对于有基坑围护结构的工程，宜先施工工程桩(实心方桩)，后施工围护桩。

**6.1.8** 遇下列特殊情况之一应暂停打桩，并及时与设计、监理等有关人员分析原因，采取相应措施：

1 压桩力(贯入度)突变；

2 沉桩入土深度或压桩力(贯入度)与设计要求差异较大；

3 桩头混凝土剥落、破碎，或桩身混凝土出现裂缝或破碎；

4 桩身突然倾斜、跑位；

5 地面明显隆起、邻桩上浮或位移过大；

6 压桩不到位，或总锤击数超过规定值。

**6.1.9** 沉桩完成后应对桩头高出地表部分进行妥善保护，并应及时将孔洞填平。

**6.2吊运及堆放**

**6.2.1** 吊装应符合下列规定：

1 桩出厂前应作出厂检查，其规格、批号、制作日期应符合所属的验收批号内容；

2 混凝土强度达到设计强度75%及以上方可起吊；

3 方桩起吊时应轻吊轻放，保持平稳，避免剧烈碰撞、滚落。现场水平运输时，采用两点吊法，吊点位于桩端0.207L处，喂桩时桩机吊车起吊，采用一点吊法，吊点位于桩端0.293L处，严禁勾住一个吊环起吊；

4 桩不宜在施工现场多次倒运，以免引起桩的破损；

5 严禁使用质量不合格及在吊运过程中产生裂缝的桩。

**6.2.2** 运输应符合下列规定：

1 桩在装卸起吊时应采取相应措施，并符合6.2.1条要求；

2 混凝土强度达到设计强度100%方可运输；

3 桩身应平稳放置，防止侧滑、滚动；

4 水平运输时，应保证安全平稳，保护桩身质量，严禁在现场以直接拖拉桩体方式运桩；

5 运至施工现场时应进行检查验收，严禁使用质量不合格及在吊运过程中产生裂缝的桩。

**6.2.3** 堆放应符合下列规定：

1 堆放场地应平整坚实，最下层与地面接触的垫木应有足够的宽度和高度。堆放时桩应稳固；

2 场地条件许可时，宜单层堆放；叠层堆放时，不宜超过4层；桩叠层堆放超过2层时，应用吊车取桩，严禁拖拉取桩；

**6.3沉桩**

**6.3.1** 沉桩应符合下列规定：

1预制桩可采用静压法、植桩法和锤击法等方法沉桩，应结合场地周围环境、场地地质条件、单桩承载力要求、对垂直度要求等综合确定；

2 桩尖有普通桩尖和钢靴桩尖，具体选用应根据地质条件和沉桩情况等综合确定。

3打桩时桩帽和桩锤之间、桩帽与桩头之间、送桩器与桩头之间必须设置桩垫，桩垫宜选用胶皮垫、布轮、棕绳等弹性较好的材料，其厚度宜取(150～200)mm。在打桩期间应经常检查，及时更换或补充。

4施工现场应配备必要的电气焊、铅坠、水准仪、经纬仪等施工用具。

**6.3.2** 静压施工应符合下列规定：

1 桩机就位

1)在桩位复核无误后，桩机按照规定的打桩顺序就位；

2)如果施工现场地基较软，应考虑进行处理或采用路基箱，以保证就位桩机的平稳。

2 喂桩

1)选用吊车将桩送至距桩机距离的适当位置，摆放平顺，保证桩机起吊方便；

2)在喂桩过程中，确保安全、平稳，防止桩体磕碰损伤、伤人和伤机；

3)喂桩前，要仔细检查，确保所使用桩的质量、型号准确无误。

3 桩对位、调直

1)直接将桩吊入井口，用夹持器将桩抱紧。将桩尖对准桩位插入，第一节桩起吊就位插入地面时的垂直度偏差不得大于0.5%，必要时宜拔出重插；

2)应采用经纬仪或线坠等方法观测桩体的垂直度，并在压桩过程中跟踪观察，随时调整垂直度偏差。

4 压桩

1)在确认桩位准确无误后，方可加压使桩体连续下沉，软土层中的沉桩速率不宜超过3.0m/min,硬土层中的沉桩速率不宜超过1.5m/min；

2)在压桩过程中，当遇到压力值急剧增加，桩体突然发生倾斜、移位，桩顶或桩体出现严重裂缝、破碎等情况时，应暂停压桩，并分析原因，采取相应措施；

3)在压桩过程中准确记录沉桩过程中的各种情况和变化，详细记录沉桩的压力读数、压桩时间和桩位编号及桩的质量情况；

4)用送桩器将桩送到设计标高；

5)详细记录每一行程的压力值。

5 压桩结束后，将桩机移到下一桩位处，目测观察桩的平面位置偏差。

6 最大压桩力可由现场试验确定；桩进入持力层但不能达到设计标高时，可根据设计要求或试桩情况按最终压桩力进行控制。

7 压桩过程中应测量桩身的垂直度。当桩身垂直度偏差大于1％的时，应找出原因并设法纠正；当桩尖进入较硬土层后，严禁用移动机架等方法强行纠偏。

8 当边桩空位不能满足中置式压桩机施压条件时，宜利用压边桩机构或选用前置式液压压桩机进行压桩，但此时应估计最大压桩能力减少造成的影响。

**6.3.3**植桩施工应符合下列规定：

1当静压沉桩不能满足设计沉桩要求且场地不具备使用锤击法沉桩条件时，预制桩可采用植桩法施工，确保沉桩施工满足设计要求。

2 引孔植桩可采用高压旋喷法、螺旋钻干作业法或单轴搅拌桩预搅成孔法。

1）高压旋喷法可对粉土、砂土等硬土层段采用高压旋喷喷射清水或水泥浆引孔，再沉入预制桩；

2）螺旋钻干作业法应穿透粉土、砂土等硬土层段，再沉入预制桩；螺旋钻引孔的孔径应小于实心方桩对角线至少100 mm；

3）单轴搅拌桩预搅成孔并喷入一定量的水泥浆，搅拌桩可在桩顶部、桩端部或桩中部硬土层及桩接头部位通过液压或机械方式扩搅，再沉入预制桩。

3 植桩法需进行工艺试桩和场外承载力试验后方可进行工程桩的施工。

4引孔的垂直度偏差不宜大于0.5%；

5引孔作业和植桩作业应连续进行，间隔时间不宜大于12h：

6引孔深度最深至桩端设计标高以上1～2m，然后采用静压法或锤击法沉桩至设计标高；

7引孔植桩法施工的桩试桩休止期应适当延长。

**6.3.4** 锤击施工应符合下列规定：

1 桩机就位

1)在桩位复核无误后，桩机按照规定的打桩顺序就位；

2)如果施工现场地基较软，应考虑进行处理或采用路基箱，以保证就位桩机的平稳。

2 喂桩

1)选用吊车将桩送至距桩机距离的适当位置，摆放平顺，保证桩机起吊方便；

2)在喂桩过程中，确保安全、平稳，防止桩体磕碰损伤、伤人和伤机；

3)喂桩前，要仔细检查，确保所使用桩的质量、型号准确无误。

3 桩对位、调直

1)桩头送入桩帽内后，桩体连同桩帽一起吊起。将桩尖对准桩位插入，第一节桩起吊就位插入地面时的垂直度偏差不得大于0.5%，必要时宜拔出重插；

2)应采用经纬仪观测桩体的垂直度，当桩身倾斜率超过1.0%时，应找出原因并设法纠正；当桩尖进入硬土层后，严禁用移动桩架等强行回扳的方法纠偏。

4 锤击沉桩应符合下列规定：

1）应确保桩锤、桩帽(或送桩帽)和桩身在同一中心线上；

2）桩帽或送桩帽与桩周围的间隙应为5～10mm；锤与桩帽、桩帽与桩之间应加设硬木、麻袋、草垫等弹性衬垫；

3）宜重锤轻击，尽可能避免在接近设计深度或较硬土层中进行接桩；

4）用送桩器将桩送到设计标高；

5）应详细记录每米的锤击数；

6）当桩端为密实砂土层时，宜采用“重锤低击”的沉桩方式。

5 锤击沉桩结束后，将桩机移到下一桩位处，目测观察桩的平面位置偏差。

6当遇到贯入度剧变，桩身突然发生倾斜、位移或有严重回弹、桩顶或桩身出现严重裂缝、破碎等情况时，应暂停打桩，并分析原因，采取相应措施。

**6.3.5** 施工质量控制应符合下列规定：

1 桩位控制应符合下列规定：

1）桩点施放应根据桩位平面图、建筑红线和主要基轴线，用经纬仪定向、钢尺量距确定各桩位点，或采用全站仪定向及确距。点位误差精度：群桩小于20mm，单排桩小于10mm；

2）沉桩时桩机定位应准确、水平、稳固，确保在施工中不发生倾斜、移动。

2 沉桩终止施工标准

1）沉桩的控制深度应根据地质条件、贯入度(压桩力)和设计桩长(标高)等因素综合确定。当桩端持力层为黏性土时，应以标高控制为主，贯入度(压桩力)控制为辅；当桩端持力层为密实砂性土时，应以贯入度(压桩力)控制为主，标高控制为辅；

2）除设计明确规定以桩端标高控制的摩擦桩应保证设计桩长外，其它桩应按设计、质检、施工等单位共同确认压桩力（贯入度）终止施工；

3）锤击施工时，收锤标准应根据场地工程地质条件、单桩承载力设计值、桩的规格和长短、锤的大小和落距（冲程）等因素，综合考虑最后贯入度、桩入土深度、总锤击数、每米沉桩锤击数及最后1m沉桩锤击数、桩端持力层的岩土类别以及桩尖进入持力层深度等指标后给出；

4）贯入度必须严格按设计要求控制，连续三阵的每阵(10击)贯入深度不宜大于20mm；或根据试桩时的确定值执行。

3 静压送桩的质量控制应符合下列规定：

1）测量桩的垂直度并检查桩头质量，合格后方可送桩，压、送作业应连续进行；

2）送桩应采用专制钢质送桩器，不得将工程桩用作送桩器；

3）送桩的最大压桩力不宜超过桩身允许抱压压桩力的1.1倍。

4 当桩较密集或土层为厚层饱和淤泥质土时，沉桩施工过程应对桩设置上浮和水平偏位观测点，定时监测桩的上浮量及桩顶偏位值。

5 桩工程的基坑开挖应符合下列规定：

1）应制定合理的基坑开挖方案和施工顺序，注意保持基坑围护结构或边坡土体的稳定；

2）开挖基坑时，应采取有效措施分层、分片对称开挖，防止开挖和岸边堆土造成桩侧移、倾斜和挤断桩；

3）有效桩顶标高以上至少0.3m严禁用机械开挖，必须采用人工开挖，严禁扰动桩间地基土及碰桩头。

**6.3.6** 施工遇到问题应按下列方法处理：

1断桩问题  
 对沉桩过程中遇到的桩身断裂、桩顶(底)开裂、接桩处开裂等断桩现象，主要采取的防治措施如下：

1) 施工前，应清除地下障碍物，对浅层障碍物采用挖土机挖除；

2）选用的桩机能量大小应与设计要求、桩径、桩长及地质条件相匹配，即桩机选型、配重应符合施工要求；

3）每节桩的细长比不宜过大，一般不超过30；在初沉桩过程中，如发现桩不垂直应及时纠正；

4）桩在堆放、起吊、运输过程中，应严格按照有关规定或操作规程执行；

5）控制好桩机施工终止条件，对摩擦桩，终止条件宜以设计桩长为控制条件；对端承桩应以终压力或贯入度为控制条件；

6）施工过程中应加强对桩身原材料的检查验收。宜采用低应变等有效的手段检测桩身情况，确定处理方法；

7）接桩时，要保证上下两节桩在同一轴线上。

2 挤土效应及上浮问题

 为防止桩挤土效应及上浮问题，可采取如下措施：

1）控制布桩密度，对桩距较密部分的预制桩可采用预钻孔沉桩方法，孔径约比桩径小50－100mm，深度宜为桩长的1/3－1/2，施工时应随钻随打；或采用间隔跳打法，但在施工过程中严禁形成封闭桩；

2）控制沉桩速率，一般控制在1m/min 左右；

  3）施工前合理安排压桩顺序，制定有效的沉桩流水路线；

4）沉桩过程中应加强临近建筑物、地下管线的观测、监护，对靠近特别重要的管线及建筑物处可改其它桩型；

5）控制施工过程中停歇时间，避免由于停歇时间过程，摩阻力增大影响桩机施工，造成沉桩困难。

3 沉桩达不到设计要求

桩设计时是以最终压力值和最终标高作为施工的最终控制，施工过程中如发生沉桩达不到设计的最终控制要求，可采取如下措施：

1）查明工程地质条件，必要时应作补勘，正确选择持力层或标高；

2）改变沉桩工艺，或采取增加桩尖等措施；

3）采用引孔植桩的工艺。

4 桩身倾斜问题

场地不平、桩机本身倾斜、稳桩时桩不垂直、送桩器及桩不在同一条直线上等情况均有可能造成桩身倾斜。预防措施也相对较简单，只要保证场地条件、施工操作严格按规范执行即可。

# 7 质量检测和工程验收

**7.1 出厂检验**

**7.1.1** 耐腐蚀方桩出厂前应标注型号，具备出厂检测报告和合格证。

**7.1.2** 出厂检测报告应包含混凝土抗压强度、外观质量、尺寸允许偏差、抗裂性能及耐久性能等内容。

**7.1.3** 混凝土抗压强度检测批量和抽样应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T50107的有关规定执行。

**7.1.4** 外观质量和尺寸允许偏差应以同品种、同规格、同型号的方桩连续生产300000m为一批，但在三个月内生产总数不足300000m时仍作为一批，应随机抽取10根进行检验。

**7.1.5** 应在外观质量和尺寸允许偏差检验合格的产品中随机抽取二根进行抗裂性能的检验。

**7.1.6**耐久性能检测项目包括抗氯离子渗透、抗硫酸盐侵蚀检测。检测方法可按现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082进行，评价方法可按现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193进行。对同一项工程、同一种配合比的混凝土，出厂检验批不应少于一个；同一检验批按设计要求的检验项目应至少完成一组试验。

**7.1.7** 在混凝土抗压强度、抗裂性能及耐久性能合格的基础上，外观质量和尺寸允许偏差全部合格时，则判该批产品为合格，否则判为不合格。

**7.2 型式检验**

**7.2.1** 耐腐蚀方桩有下列情况之一时应进行型式检验：

1 新产品投产或老产品转厂生产的试制定型鉴定。

2 当结构、材料、工艺有较大改变时。

3 正常生产每半年进行一次。

4 停产半年以上恢复生产时。

5 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

**7.2.2** 型式检验项目应包括混凝土抗压强度、外观质量、尺寸允许偏差、保护层厚度、抗弯性能及耐久性能。

**7.2.3** 在同品种、同规格、同型号的出厂检验合格产品中随机抽取10根进行外观质量和尺寸允许偏差检验，10根中随机抽取2根进行抗弯性能检验。抗弯试验完成后，在2根中抽取1根，于耐腐蚀方桩中部同一断面的4处不同部位测量保护层厚度。

**7.2.4** 耐久性能的检测应委托有资质的第三方检测机构进行。检测数量应不少于3组，每组3个试件。当混凝土配合比调整、原材料发生变更、养护条件发生变化时，应进行5组试验。

**7.2.5** 在混凝土抗压强度、保护层厚度、抗弯性能及耐久性能合格的基础上，外观质量和尺寸允许偏差全部合格时，则判该批产品为合格，否则判为不合格。

**7.3 施工检测**

**7.3.1** 在强腐蚀性环境施工时，耐腐蚀方桩进场后施工前，建设单位应委托有资质的第三方检测机构现场钻芯取样检验桩身混凝土强度，每个单位工程检验数量不应少于2根桩，每根桩不少于1组、每组3块试件；耐腐蚀方桩钻芯检测方法应按现行国家标准《钻芯检测离心高强混凝土抗压强度试验方法》GB/T 19496的有关规定执行。

**7.3.2** 在中等腐蚀及其以下等级环境中，当耐腐蚀方桩施工过程中容易出现崩裂、脆断等现象，且对桩身混凝土强度等级有争议时，也可采用钻芯法检测，钻芯不得在施打过的耐腐蚀方桩上钻取；每个单位工程检验数量不应少于2根桩，每根桩不少于1组、每组3个块试。

**7.3.3** 耐腐蚀预制方桩的施工过程中应进行下列检验：

1 打入（静压）深度、停锤标准、静压终止压力值及桩身（架）垂直度检查；

2 接桩质量、接桩间歇时间及桩顶完整状况；

3 每米进尺锤击数、最后1.0m 锤击数、总锤击数、最后三阵贯入度及桩尖标高等。

**7.3.4** 耐腐蚀方桩焊接接桩的焊缝质量检测，在强腐蚀性环境中，同一单位工程内探伤检测数量不应少于总桩数的5%，且不应少于5个接头；在中等腐蚀环境中，同一单位工程内探伤检测数量不应少于3根桩，且不应少于3个接头。

**7.3.5** 在中等腐蚀环境中，采用抱压式沉桩、电焊接桩的耐腐蚀方桩施工完成后，建设单位应委托有资质的第三方检测机构，对耐腐蚀方桩空心孔内采用孔内摄像方式，检查耐腐蚀方桩接头附近的桩身混凝土竖向裂缝情况，同一工程检查数量不应少于3根，检查桩中每个接头全方位的清晰照片不应少于2张。

**7.3.6** 焊接接头现场涂刷的防腐层和机械啮合接头中使用的沥青涂料，原材料质量取样检验数量应符合本规程的规定。

**7.3.7** 耐腐蚀方桩基础的基层处理和面层防腐蚀材料的施工质量检验，应按国家现行国家标准《建筑防腐蚀工程施工质量验收规范》GB 50224的有关规定执行。

**7.3.8** 耐腐蚀预制方桩挤土施工时，施工过程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，应采取复打、复压、引孔、设置排水措施及调整沉桩速率等措施。

**7.4 工后检测及验收**

**7.4.1** 施工后应按本规程表 规定检查成桩桩位偏差。

**7.4.2** 工程桩应进行承载力和桩身质量检验。承载力及桩身质量检测应按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106执行。

**7.4.3** 施工质量验收及验收程序、组织应按国家现行国家标准《建筑防腐蚀工程施工质量验收规范》GB 50224的有关规定执行。

**7.4.4** 耐腐蚀桩基工程的验收，应包含中间工序交接、隐蔽工程交接和交工验收。未经工程交接和交工验收，不得进入下一道工序的施工。

# 附录A 低预应力耐腐蚀方桩基本尺寸

表A.0.1 低预应力耐腐蚀方桩基本尺寸

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 边长B（mm） | 配筋NΦ | 钢筋布置呈正方形的边长Bp（mm） | 配筋率（%） | 单节桩长L（m） | 理论重量（kg/m） |
| 250 | 4Φ14 | 126 | 1.0 | ≤9 | 156 |
| 300 | 4Φ16 | 174 | 0.9 | ≤11 | 225 |
| 350 | 4Φ18 | 222 | 0.8 | ≤12 | 306 |
| 400 | 8Φ14 | 276 | 0.8 | ≤12 | 400 |
| 450 | 8Φ16 | 324 | 0.8 | ≤13 | 506 |
| 500 | 8Φ18 | 372 | 0.8 | ≤14 | 625 |
| 550 | 12Φ16 | 424 | 0.8 | ≤15 | 756 |
| 600 | 12Φ18 | 472 | 0.8 | ≤15 | 900 |

注：1. 根据供需双方协议，也可生产其它规格、长度的产品单需重新计算。

1. Bp值为主筋保护层最小厚度为55mm时的值。

# 附录B 低预应力耐腐蚀方桩的抗弯性能指标

表B.0.1 低预应力耐腐蚀方桩的抗弯性能指标

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 边长B（mm） | 钢筋布置呈方形的边长Bp（mm） | 桩身抗弯承载力设计值M（kN.m） | 桩身极限抗弯承载力设计值Mu（kN.m） | 桩身竖向承载力设计值Rp（kN） | 桩身竖向承载力特征值Ra（kN） | 桩身受拉承载力设计值Nt（kN） | 桩身抗剪承载力设计值V（kN） |
| 250 | 126 | 14.0 | 22.5 | 1289 | 955 | 199 | 88 |
| 300 | 174 | 25.2 | 37.0 | 1856 | 1375 | 260 | 128 |
| 350 | 222 | 40.7 | 54.5 | 2527 | 1872 | 330 | 175 |
| 400 | 276 | 45.9 | 77.0 | 3300 | 2444 | 399 | 232 |
| 450 | 324 | 70.4 | 113.0 | 4177 | 3094 | 521 | 295 |
| 500 | 372 | 102.2 | 159.5 | 5156 | 3189 | 660 | 385 |
| 550 | 424 | 122.8 | 210.0 | 6239 | 4622 | 782 | 466 |
| 600 | 472 | 173.0 | 290.0 | 7425 | 5500 | 989 | 585 |

# 附录C 静压桩机选用参考表

表C.0.1 静压桩机选用参考表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 桩边长(mm) | 压桩力  (kN) | 粉(砂)土层  标贯击数(击) | 适用条件 | |
| 进入粉(砂)土层厚度(m) | Quk(kN) |
| 250 | 800～1200 | 20～30 | 1.0～2.0 | 800～1000 |
| 1000～1700 | >30 | 1.0～2.0 | 1000～1500 |
| 300 | 2000～2500 | 20～30 | 1.0～2.0 | 1500～2000 |
| 2500～3000 | >30 | 1.0～2.0 | 2000～2500 |
| 350 | 2000～3000 | 20～30 | 1.0～2.0 | 2000～2500 |
| 3000～3500 | >30 | 1.0～2.0 | 2500～3000 |
| 400 | 2500～3500 | 20～30 | 1.0～2.0 | 2000～3000 |
| 3500～4500 | >30 | 1.0～2.0 | 3000～3500 |
| 450 | 3500～4500 | 20～30 | 1.0～2.0 | 3000～3500 |
| 4500～5500 | >30 | 1.0～2.0 | 3000～4000 |
| 500 | 3500～4500 | 20～30 | 1.0～2.0 | 3000～4000 |
| 4500～6500 | >30 | 1.0～2.0 | 4000～4500 |
| 550 | 4000～5500 | 20～30 | 1.0～2.0 | 4000～4500 |
| 5500～7000 | >30 | 1.0～2.0 | 4500～5000 |
| 600 | 5000～6500 | 20～30 | 1.0～2.0 | 4500～5000 |
| 6500～8000 | >30 | 1.0～2.0 | 5000～5500 |

注：①本表仅供静压机选型参考；②本表适用于(20～30)m长方桩。

# 附录D 柴油锤重选用参考表

表D.0.1 柴油锤重选用参考表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 锤 型 | | | 柴油锤(kN) | | | | | | | |
| 20 | 25 | 35 | 45 | 45 | 60 | 72 | 80 |
| 锤的  动力  性能 | | 冲击部分质量(kN) | 20 | 25 | 35 | 45 | 45 | 60 | 72 | 80 |
| 总质量(kN) | 45 | 65 | 72 | 96 | 96 | 150 | 180 | 195 |
| 冲击力(kN) | 1500～2000 | 2000～2500 | 2500～4000 | 4000～5000 | 4000～5000 | 5000～7000 | 7000～10000 | 8000～11000 |
| 常用冲程(m) | 1.8～2.3 | | | | | | | |
| 空心方桩边长  (mm) | | | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 |
| 持  力  层 | 黏性土 | 一般进入深度(m) | 1.0～2.0 | 1.5～2.5 | 2.0～3.0 | 2.5～3.5 | 2.5～3.5 | 3.0～4.0 | 3.0～5.0 | 3.0～6.0 |
| 静力触探比贯入阻力Ps平均值(MPa) | 1～2 | 1～2 | 2～3 | 2～3 | 3～4 | 3～4 | 3～4 | 3～4 |
| 单桩极限承载力标准  Quk (kN) | 800～1000 | 1000～1500 | 1500～2000 | 2000～2500 | 2500～3000 | 3000～3500 | 3500～4000 | 4000～4500 |
| 粉土  砂土 | 一般进入深度(m) | 2.0～3.0 | 1.5～2.5 | 1.5～2.5 | 1.0～2.0 | 1.0～2.0 | 1.0～2.0 | 1.0～2.0 | 1.0～2.0 |
| 静力触探比贯入阻力Ps平均值(MPa) | >5 | >8 | >10 | >15 | >15 | >15 | >15 | >15 |
| 标准贯入击数N  (未修正) | 15～25 | 20～30 | 30～40 | >40 | >40 | >40 | >40 | >40 |
| 锤的常用控制贯入度(cm/10击) | 2～4 | 2～3 | 1～2 | 1～2 | 1～2 | 1～2 | 1～2 | 1～2 |
| 单桩极限承载力标准值Quk (kN) | 1200～1800 | 1800～2300 | 2300～3000 | 3000～3800 | 3800～4500 | 4500～5500 | 5000～6000 | 5500～6500 |

注：①本表仅供选锤参考；②本表适用于(20～30)m长方桩。

# 附录E 低预应力耐腐蚀方桩施工记录表

表E.0.1 方桩(静压、锤击)施工记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工程名称 | |  | | | | 方桩规格 | | | | |  | | | | | | | | | | 桩顶标高(m) |  | |
| 桩机型号及规格 | |  | | | | 静压桩机型号及压力换算系数 | | | | |  | | | | | | | | | | 接桩形式 |  | |
| 日期 | 序号 | 桩号 | 送桩深度 | 桩节 顺序 | 节长 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 最终压力值(kN) | 接头  检查 | 备注 |
| 最后1m锤击数(击) |
|  |  |  |  | 第一节 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 第二节 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 第一节 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 第二节 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 第一节 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 第二节 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 第一节 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 第二节 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 第一节 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 第二节 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 第一节 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 第二节 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 第一节 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 第二节 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

记录员： 机长： 技术负责： 项目经理： 现场监理：

# 附录F 抗弯性能检验

F.0.1产品的抗弯性能指标不得低于表B.0.1的规定。

F.0.2产品应进行抗弯试验，当加载至表B.0.1中的抗弯承载力设计值时，桩身不得出现裂缝。

F.0.3当加载至表B.0.1中的极限弯矩值时，产品不得出现下列任何一种情况：

1） 受拉区混凝土裂缝宽度达到1.5mm；

2） 受拉钢筋被拉断；

3） 受压区混凝土被破坏。

# 附录G 耐久性检验

**G.0.1** 低预应力耐腐蚀方桩桩身混凝土的耐久性能应符合表G.0.1的规定。

表G.0.1 低预应力耐腐蚀方桩桩身混凝土耐久性能指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 产品代号 | 混凝土电通量值  （C） | 氯离子扩散系数（RCM法）  （10-12m2/s） | 抗硫酸盐等级  KS |
| NFZ-Ⅰ  J NFZ-Ⅰ | ≤1000 | ≤5.0 | - |
| NFZ-Ⅱ  JNFZ-Ⅱ | ≤800 | ≤4.0 | - |
| NFZ-Ⅲ  JNFZ-Ⅲ | ≤1000 | - | ≥KS120 |
| NFZ-Ⅳ  JNFZ-Ⅳ | ≤800 | - | ≥KS150 |

注：1. 表中混凝土耐久性指标为设计使用年限50年；

1. 表中强腐蚀等级条件为硫酸盐含量SO42-≤8000mg/L，氯离子含量CL-≤3500mg/L.
2. 对于设计使用年限为100年或产品处于极限强腐蚀（SO42-＞8000mg/L， CL-＞3500mg/L）环境时，应采取可靠的防腐蚀措施，通过试验验证，方可采用。

# 本规程用词说明

1 为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：

1)表示很严格，非这样不可的：

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、规范执行的，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》GB50021
4. 《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046
5. 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082
6. 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476
7. 《通用硅酸盐水泥》GB175
8. 《建筑用砂》GB/T14684
9. 《建筑用卵石、碎石》GB/T14685
10. 《混凝土用水标准》JGJ63
11. 《混凝土外加剂》GB8076
12. 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T18046
13. 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T1596
14. 《砂浆和混凝土用硅灰》GBT 27690
15. 《预应力高强混凝土管桩用硅砂粉》JC/T950
16. 《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB1499.2
17. 《低碳钢热轧圆盘条》GB/T 701
18. 《冷拔低碳钢丝应用技术规程》JGJ19
19. 《预应力离心混凝土空心方桩用端板》JC/T2239
20. 《碳素结构钢》GB/T 700
21. 《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T5117
22. 《建筑桩基技术规范》JGJ 94；
23. 《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106
24. 《建筑抗震设计规范》GB50011
25. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
26. 《混凝土强度检验评定标准》GB/T50107
27. 《钻芯检测离心高强混凝土抗压强度试验方法》GB/T 19496
28. 《建筑防腐蚀工程施工质量验收规范》GB 50224
29. 《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18
30. 《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193

**中国土木工程学会标准**

**低预应力预制混凝土耐腐蚀实心方桩技术规程**

**Technical Specification for Low Prefabricated Concrete Anticorrosion Solid Square piles**

**CCES**

条文说明

# 制订说明

本规程制订过程中，编制组进行了广泛而深入的调查研究，总结了我国低预应力预制混凝土耐腐蚀实心方桩勘察、设计、施工及检验等方面的实际工程经验，同时参考了国家、行业和地方先进技术法规、技术标准制订了本标准。

为便于广大勘察、设计、施工、科研等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《低预应力预制混凝土耐腐蚀实心方桩技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据及执行中需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标准规定的参考。

**目次**

[1 总则 41](#_Toc14198)

[3 基本规定 42](#_Toc17981)

[4 材料与制作 43](#_Toc15557)

[4.2 材料与制作 43](#_Toc16767)

[5设计 44](#_Toc18317)

[5.2荷载效应 44](#_Toc20769)

[5.3桩基承载力计算 44](#_Toc6108)

[6 施工 46](#_Toc13623)

[6.1 一般规定 46](#_Toc29871)

[6.2 吊运及堆放 49](#_Toc27422)

[6.3 沉桩 49](#_Toc14073)

# 1 总则

# 3 基本规定

**3.0.1** 耐腐蚀方桩是在传统预制钢筋混凝土方桩的基础上，运用先张法预应力混凝土生产工艺的一种新型预制桩。桩主筋不采用低松弛预应力钢棒，而采用普通三级钢，因预应力钢棒直径小，配筋率相同的情况下，选用普通大直径钢筋，抗蚀裕量大。

桩身采用高性能混凝土（HPC），混凝土中掺加了高性能减水剂、阻锈剂、磨细矿渣、粉煤灰等外加剂和矿物掺合料，混凝土水胶比低，结构致密。由于密实效应的叠加，使混凝土力学性能优异，同时耐久性能优良，具有超低的渗透性、抗裂性、抗氯离子渗透和抗硫酸盐侵蚀能力强，避免碱-骨料反应，可防止潮湿和侵蚀环境对混凝土及钢筋的侵蚀，提高方桩抗腐蚀能力。

地震发生时，由于普通钢筋的延伸率大于预应力钢棒，所以消减地震力的能力强、地震对桩造成的弯剪破坏小。

**3.0.5** 钢筋混凝土的自身耐久性能对桩的耐久性有重要作用，所以对混凝土的强度等级、水胶比、抗渗等级和钢筋的混凝土保护层均有较高的要求。在硫酸根离子、氯离子介质腐蚀条件下，提出桩身采用耐腐蚀材料制作的措施是个治本的办法，当已能满足防腐蚀性能要求时，可以不再考虑其他防护措施。

1 在硫酸根离子介质腐蚀条件下，桩身可采用抗硫酸盐硅酸盐水泥混凝土或掺入抗硫酸盐的外加剂、矿物掺合料的普通硅酸盐水泥混凝土制作；

2 在氯离子介质腐蚀条件下，可在混凝土内掺入钢筋阻锈剂、矿物掺合料。

采用抗硫酸盐硅酸盐水泥和掺入抗硫酸盐的外加剂、钢筋阻锈剂、矿物掺合料等外加剂时，应符合《工业建筑防腐蚀设计规范》GB50046的规定。

**3.0.10** 在进行实心方桩适用性评价时，应对实心方桩沉桩可能性、挤土效应、基坑开挖、周围环境影响等综合评价，忽视哪一种都有可能对设计和施工产生不良后果。

# 4 材料与制作

**4.2 材料与制作**

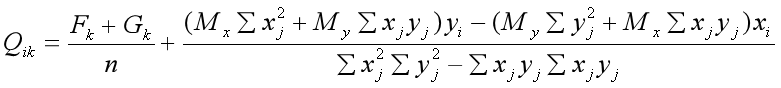
**4.2.3** 低预应力耐腐蚀方桩的纵向钢筋采用热轧带肋钢筋，其质量应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB1499.2中HRB400的有关规定，且直径不宜小于14mm。当采用现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB1499.2中牌号带“E”的热轧带肋钢筋时，其强度和弹性模量应现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010第4.2节有关热轧带肋钢筋的规定采用。

**5设计**

**5.2荷载效应**

**5.2.1** 关于桩顶竖向力和水平力的计算，是基于上部结构分析得到的桩、墙等竖向构件作用于基础的荷载作用。其假定为：1）承台为绝对刚性；2）桩与承台为铰接；3）各基桩的刚度相等。

采用式5.2.1-2计算偏心竖向力作用下的群桩受力时，该式为简化公式，适用于计算坐标系的原点为群桩形心，且要求坐标轴方向为群桩的主轴方向，即计算坐标轴必须为群桩形心主轴。当采用通过群桩形心的任意坐标轴时，可按下式计算：



应用该公式时，坐标、力和弯矩的正负应严格遵照笛卡尔坐标体系。

**5.3桩基承载力计算**

**5.3.2** 单桩竖向极限承载力标准值的确定就其可靠性和准确性而言，仍以传统的静载荷试验最高，但由于单桩静载荷试验的费用、时间、人力消耗都较高，大量推广应用显然是不现实的，因此，根据建筑物的类别选择确定单桩极限承载力标准值的方法也是在可靠性与经济性之间选择合理的平衡。按《建筑桩基技术规范》(JGJ 94)提供的根据土的物理性质指标估算单桩竖向极限承载力标准值，计算结果与静载荷试验实测值一般会有一定的偏差，但作为初步设计使用还是可行的。

另外，天津地区利用双桥静力触探结果估算实心方桩单桩极限承载力标准值*Q*uk的准确性是较高的，一般可采用公式（1）计算：

 (1)

式中 ——单桩极限承载力标准值(kN)；

——方桩桩身横截面面积(m2)；

——桩身周长(m)；

——桩在第i层土中的长度(m)；

——桩端静力触探锥尖阻力(kPa)，按下式取值：

——桩端以上和以下各4d(d为桩径，m)范围内，按分层厚度加权的平均值(kPa)；

——分别为桩端土类修正函数与桩侧土类修正函数，其土类划分标准按表1。

对于I类土：

 (2)

 (3)

对于Ⅱ类土：

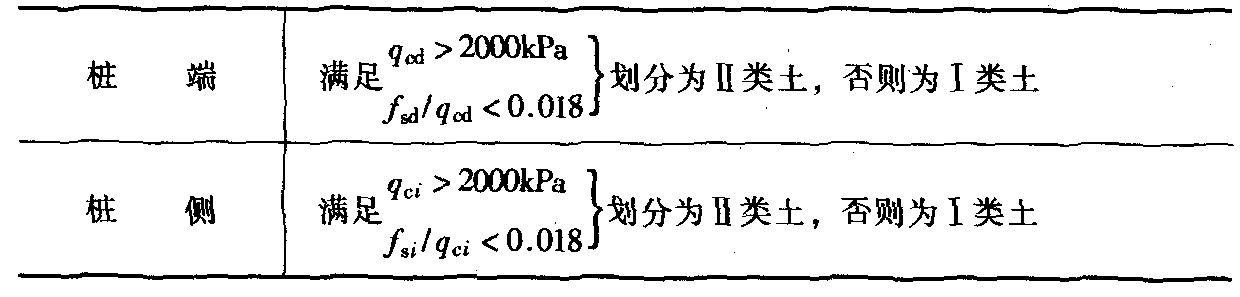
 (4)

 (5)

——与相对应的静力触探侧摩阻力值。其取值方法为：

当，取桩端上、下各4d范围内，按分层厚度加权的以平均值(kPa)；，取桩端下4d范围内，按分层厚度加权的平均值(kPa)；

表1 土类划分标准



——第i层土的静力触探侧摩阻力(kPa)。同一层土值有变化时，取厚度加权平均值，参加同一层计算的。

——第i层土的静力触探锥尖阻力(kPa)。同一层土值有变化时，取厚度加权平均值。

# 6 施工

**6.1 一般规定**

**6.1.1**桩基施工时应充分考虑施工震动、挤土、噪音等可能对附近建(构)筑物的正常使用和安全的影响，应根据建(构)筑物的正常使用和安全的要求并结合场地地质条件及施工能力采取相应的有效措施，如采用预钻孔植桩、开挖地面防挤沟、设点进行沉降及开裂观测等，必要时应对建(构)筑物采取加固措施。

**6.1.2** 施工设备及场地要求

1 目前，预制方桩施工所使用的沉桩施工工艺主要有两种，即锤击法沉桩和静压法沉桩；针对设计人要求的设计参数、桩体材质、地质条件、施工场地周围环境，结合设备的施工能力选用施工设备。不同的设计工艺选用不同的设备，不同的设计参数选用不同型号的桩机。如果设备选型不当，容易造成沉桩质量事故，或达不到设计要求，因此，应根据不同的设计参数选用设备。另外，施工前的现场准备是施工质量的保证，准备工作越细，施工质量越有保证。

2 静力压桩机是采用机械或液压方式产生静压力，克服土的反作用力，使桩在持续静压力作用下压入至所需深度，因此，桩机的选择必须根据具体工程的地质资料和设计的单桩承载力要求，根据桩型、沉桩深度、接头形式以及对沉桩阻力作出分析，选用合适的静压桩机设备。如果压桩机吨位过小，可能出现桩压不到位的情况，因而无法达到设计承载力要求；反之，如果压桩机吨位过大，易发生陷机情况和断桩现象，所以应该合理地选择压桩机型号。

3在选择静压桩机时，其机械性能应符合下列要求：

① 桩机机架应坚固、稳定，并有足够刚度，沉桩时不产生颤动位移；

② 夹具应有足够的刚度和硬度，夹具在工作时，夹片内侧与桩周应完整贴合，呈面接触状态，且应保证对称向心施力，严防点接触和不均匀受力；

③ 压桩机行走要灵活，压桩机的底盘要能承受机械自重和配重的基本要求；

④ 静压桩施工多采用超载施工，一般情况下，桩机的压桩力应不小于单桩竖向极限承载力标准值的1.2倍。

4锤击法沉桩工艺效率高、进度快，穿透砂层和进入持力层的能力明显强于静压法沉桩，所以锤击法沉桩所提供的承载力一般要大于静压法沉桩承载力。但该施工工艺施工噪声污染大，由于挤土、震动对临近建筑物的使用安全影响较大。锤击法沉桩工艺选锤原则如下：

1）锤击冲击力大于土的阻抗力，才能保证桩穿过硬土层，进入持力层；

2）保证满足设计要求的同时确保桩体的完整性；

3）锤重是桩重的(1.5～2.5)倍，采用重锤低击的方法。

通过实践经验表明，锤重和桩型应当相匹配，如锤重选小了，锤击数过高，造成桩顶混凝土疲劳而破坏，送桩不到位；锤重过大，造成桩体压曲或局部破坏。

**6.1.3** 施工注意事项

1 施工前应做好下列准备工作：

1）施工前应根据场地地质条件进行桩型适用性分析，选择合适的施工设备，确定桩体强度及考虑是否加桩尖等；

2）场地现状及周围环境，包括场地回填情况、地下管线及地下构筑物等埋藏情况、施工现场上空的高压电线等资料，同时应考虑施工对周围建筑及环境造成的影响；

3）方桩进入现场，主要做三方面验收工作：

① 资质及强度报告：首先要验收内务资料三证(厂家资质、厂家营业执照、厂家试验室资质)，其次要验证产品原材复试报告(出厂合格证、混凝土试块强度报告、钢材出厂合格证及复试报告、水泥出厂合格证及复试报告及砂、石试验报告、混凝土配比单、混凝土碱集料试验报告)；

②现场产品验收主要主要检验端头板是否和桩身垂直、端头板预应力钢筋墩头是否有露出端头板外、桩端头混凝土与端头板密实程度、桩的挠曲度并检查是否有横裂及其他缺陷；

③现场强度验收，现场一般可采用回弹仪进行强度检测。

2 编写施工组织设计，它是作为现场管理和质量保证的主要依据，能充分反映施工单位现场管理水平和技术水平。施工组织设计应结合工程特点、地质条件，有针对性地制定相应现场施工技术管理、施工组织管理及质量管理措施。施工组织设计至少应包括以下内容：

1）工程概况、设计要求及场地工程地质与水文地质条件；

2）施工方案：包括静压成桩工艺方法、桩尺寸及与此相配套的设备选型；

3）施工平面布置图：应标明拟建物、水电线路的安排及走向、材料堆放、临时生活设施等；

4）桩位图和施工流程说明，应标明桩位及桩号，确定合理的施工顺序；

5）施工工艺技术要求：包括成桩施工方法等的工艺技术要求；

6）保证工程质量、安全施工、季节性施工和环境保护的技术措施；

7）工程进度计划和施工作业计划；

8）施工设备及机具的选型及配备计划；

9）桩的供应计划；

10）劳动力组织计划；

11）试打及试桩计划；

12）技术复核项目计划；

13）隐蔽工程验收项目计划。

3 对于不熟悉或地质条件有可能不利于沉桩的场地，在工程桩正式施工前，根据地质条件在有代表性的位置进行试打沉桩，在取得工艺试验参数后再全面开工，有利于沉桩的顺利进行。

**6.1.4** 接桩施工注意事项

1 实心方桩焊接前，上下节桩段接桩应保持顺直，错位偏差不宜大于2mm；焊好后的桩接头应自然冷却一定时间方可继续锤击或静压施工。对于持力层为密实粉(砂)土层场地，冷却时间应严格按规定的时间执行；对于一般黏性土层场地，冷却时间可适当减少，在保证桩头焊接质量前提下，锤击法冷却时间最少不应少于3分钟，静压法冷却时间最少不应少于2分钟。

2 机械连接是将加工好的机械连接接头预先浇注在桩两头,然后在施工现场用螺纹连接的一种新型连接工艺，接头由螺纹端盘、螺母、连接端盘、挡板防松嵌块组成，通过连接件的机械咬合作用及端面的承压作用，实现连接。这种连接技术与目前焊接工艺连接方法相比，具有接头对中性好、施工速度快、操作方便、质量稳定、无明火作业，不受施工环境及气候的影响，可全天候施工等特点。该接头产品能在(2～3)分钟内将两根桩顺利地连接起来，这比用焊接工艺的效率要提高几倍，并且操作简便，质量可靠，接桩后整根桩的受力性能满足国家标准有关规定。

**6.1.7**施工顺序注意事项：

打入式钢筋混凝土预制桩属挤土桩，由于桩对土体的挤密作用，先打入的桩被后打入的桩水平[挤推](http://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=285924&ss_c=ssc.citiao.link" \t "_blank)而造成偏移和变位或被垂直挤拔造成浮桩；而后打入的桩难以达到[设计标高](http://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=71568053&ss_c=ssc.citiao.link" \t "_blank)或入土深度，造成土体隆起和挤压，截桩过大。所以，群桩施工时，为了保证质量和进度，防止周围建筑物破坏，打桩前根据桩的密集程度、桩的规格、、基础的设计标高、现场地形条件、土质情况等因素来选择正确的打桩顺序。常用的打桩顺序一般有下面几种：

1 由一侧向单一方向进行：打桩推进方向宜逐排改变，以免土壤朝一个方向挤压，而导致土壤挤压不均匀，对于同一排桩，必要时还可采用间隔跳打的方式；

2 自中间向两个方向对称进行；

3 自中间向四周进行。

对于基坑内施工预制桩，当基坑较大时，应将基坑分成数段，而后在各段范围内分别进行。对于大面积的桩群，宜采用后两种打桩顺序，以免土壤受到严重挤压，使桩难以打入，或使先打入的桩受挤压而倾斜。大面积的桩群，宜分成几个区域，由多台[打桩机](http://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=512524&ss_c=ssc.citiao.link" \t "_blank)采用合理的顺序进行打设。

**6.1.8** 桩基施工是对勘察、设计、桩体质量等的有效验证，因此，施工遇到本条所列情况之一时均应暂停打桩，并及时报设计、监理等有关人员，以便进行原因分析，并研究处理解决的措施。

**6.2 吊运及堆放**

**6.2.1**预制桩吊装应注意以下问题：

1 预制桩应在混凝土达到设计强度等级的70%方可起吊，如提前吊运，必须采取措施并经过[验算](http://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=8344436&ss_c=ssc.citiao.link" \t "_blank)合格后才能进行；

2 起吊时，必须合理选择[吊点](http://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=71755864&ss_c=ssc.citiao.link" \t "_blank)，防止在起吊过程中过弯而损坏。当吊点少于或等于3个时，其位置按正负[弯矩](http://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=318562&ss_c=ssc.citiao.link" \t "_blank)相等的原则计算确定；当吊点多于3个时，其位置按反力相等的原则计算确定。

**6.2.2**预制桩运输宜根据沉桩进度随打随运，以减少桩的二次搬运。桩的运输方式：对现场制作的桩，运距不大时，可在桩下垫以滚筒，用卷扬机托动桩前进；运距较大时，可采用平板拖车运输；严禁在场地上以直接拖拉桩体方式代替装车运输。

**6.2.3**预制桩堆放时，垫木位置应与吊点保持在同一横断面平面上，各层垫木应上下对齐，堆放层数不宜超过四层；不同规格的桩，应分别堆放。

**6.3 沉桩**

**6.3.2** 静压施工

静压法施工是通过静力压桩机以压桩机自重及桩架上的配重作反力将预制桩压入土中的一种沉桩工艺。早在20世纪50年代初，我国沿海地区就开始采用静力压桩法；到80年代，随着压桩机械的发展和环保意识的增强得到了进一步推广；至90年代，压桩机实现系列化，且最大压桩力达到8000KN。适用的建筑物已不仅是多层和中高层，也可以是20层及以上的高层建筑。

静压法通常适用于较均质的可塑性粘性土地基，对砂土及其他较坚硬土层（如基岩地区或卵砾石层），由于压桩阻力过大，适用性较差，因此，当桩以基岩、卵砾石为持力层或须穿透一定厚度的卵砾石、砂性土夹层时，必须根据桩机的压桩力与终压力及土层分布的形状、厚度、密度、桩型、桩的构造、强度、桩截面规格大小与布桩形式、地下水位高低以及终压前的稳压时间与稳压次数等综合考虑其适用性。静压桩是挤土桩，压入过程中会导致桩周围土的密度增加，其挤土效应取决于桩截面的几何形状、桩间距以及土层的性能。

1 静压桩的施工工艺流程一般一般遵循以下程序：测量定位－桩机就位—复核桩位－吊桩插桩－桩身对中调直－静压沉桩－接桩－再静压沉桩－送桩－终止压桩－桩质量检验。静压桩机施工流程图如图1：

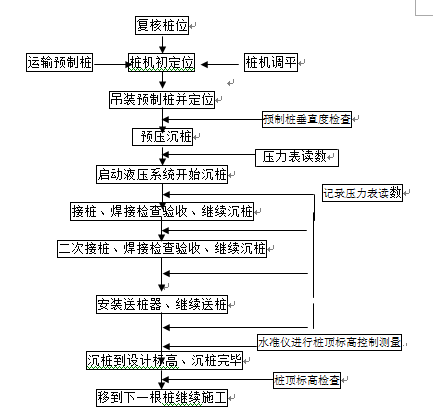


图1 静压桩机施工流程图

2 压桩力的控制标准应符合下列规定：

1）压桩力不得超过桩身强度；

2）压桩力必须严格按设计要求控制，或根据试桩时的确定值执行，或按长期的施工经验确定。

3 施工放线与定桩位

由于放线的准确与否直接影响建筑物的位置是否符合“规划”要求，而桩位的准确与否又直接影响着整个工程的结构，因此，这两个工序的重要性不容忽视。轴线的引测工作，现场必须设置两个以上的轴线控制点，用砼保护好，或引测到固定构筑物上；桩位放线要求设置相对固定的基准点，四角大样与场地地面标高的测定必须准确，基准点一定要安全保护。项目技术管理人员应该对已定好的轴线位进行复核，根据建筑物与结构桩位图逐位校核，发现不符合要求的及时纠正。

4 终压力的确定

1）终压力与单桩竖向极限承载力的差别：终压力与单桩竖向极限承载力是两个不同的概念，一些初接触静压桩的设计、施工人员往往将两者混为一谈。终压力Pu是桩尖达到设计持力层终止压桩时出现的最终静压力，其每次出现持续时间通常只有5～10秒；单桩竖向极限承载力Quk是沉桩结束且桩周土体产生固结后，桩能承受的最大荷载。因土层结构、桩型截面、桩长、压桩力不同，会出现终压力大于或小于单桩承载力极限承载力的情况。

2）终压力与单桩竖向极限承载力的关系：在静压桩施工完成后，土体中孔隙水压力开始消散，土体发生固结强度逐渐恢复，这时桩才开始获得了工程意义上的极限承载力。虽然终压力与单桩竖向极限承载力是两个不同的概念，但桩的终压力与极限承载力两者也有一定的联系。从大量的工程实践看，粘性土中长度较长的静压桩其最终的极限承载力比压桩施工时的终压力要大很多，在土体固结系数较高的软土地区，静压桩最后获得的单桩竖向极限承载力可比终压力值高出1～2倍；但是桩端为密实状态的粉土、砂土时，压桩力普遍偏高，最终极限承载力达不到桩的终压力。根据工作经验，桩长18－25m终压值Q与单桩竖向极限承载力标准值Quk的比值可按表1参考。

表1 终压值Q与单桩竖向极限承载力标准值Quk的比值

|  |  |
| --- | --- |
| 桩端持力层土性 | 终压值Q/单桩极限承载力Quk |
| 粉质粘土（Ip介于14－17） | 0.2－0.4 |
| 粉质粘土（Ip介于12－14） | 0.4－0.8 |
| 粉质粘土（Ip介于10.5－12） | 0.8－1.0 |
| 粉土、粉砂（N≤25击，进入厚度≤1.0m） | 1.0－1.2 |
| 粉土、粉砂（N≤25击，进入厚度1.0－2.0m） | 1.2－1.4 |
| 砂土（N介于25－40击，进入厚度≤1.0m） | 1.4－1.5 |
| 砂土（N介于25－40击，进入厚度1.0－2.0m） | 1.5－1.6 |
| 砂土（N>40击，进入厚度≤0.5m） | 1.6－1.8 |
| 砂土（N>40击，进入厚度0.5－1.0m） | 1.8－2.2 |

5 静压施工时，应着重注意以下问题：

1）架设水准仪，依据水准点高程计算出水准仪高程，根据有效桩顶标高计算出桩顶到水准视线基点的距离（即送桩深度），并在送桩器上做出标记，作为控制桩顶标高的依据；

2）如果施工现场地基较软，应考虑进行处理或采用路基箱，以保证就位桩机的平稳；

3）在桩体相互垂直的两个方向支立线坠或采用经纬仪，观测桩体的垂直度；如果桩体垂直度不能满足规范要求，通过调整打桩机的液压油缸来调整桩体，保证桩体的垂直度，并在压桩过程中跟踪观察，随时调整垂直度偏差。

4）为了便于控制终止压桩，了解桩进入持力层深度是否满足设计要求，在压桩过程中准确记录沉桩过程中的各种情况和变化，详细记录沉桩每一行程的的压力读数、压桩时间和桩位编号及桩的质量情况；

5）静压桩机沉桩施工时，不仅要求夹持器表面应平整，还要求四个方向的夹板运行速率尽量一致；

6）桩的最大压桩力、最大抱压力取决于桩的强度、质量，不同类型的实心方桩所能承受的最大压桩力、最大抱压力差异均很大，施工时应结合施工经验综合确定。

**6.3.3**植桩施工

1 “引孔植桩法”既是对桩身范围内的土层(特别是密实土层)通过高压旋喷喷射清水或水泥浆引孔、螺旋钻干作业法引孔或单轴搅拌桩预搅成孔，达到桩沉到位的目的；

2 引孔的最大难点在于控制垂直度偏差；

3 采用螺旋钻干作业法引孔时，其引孔直径应小于实心方桩对角线至少100 mm，否则设计应考虑引孔对承载力的影响。

另外，对于沉桩困难的场地还有一种沉桩方法—水冲沉桩法，一般与锤击沉桩法联合使用。它是借助安装于桩身底部的射水管，通过高压水泵产生高压水流冲刷桩尖下土壤，从而减少桩身与土间摩阻力，使桩体在自重或锤击作用下，沉入土中。水冲沉桩法适用于砂土和碎石土层，不能用于粗卵石和极坚硬的黏性土层。但水冲沉桩施工时，当桩体下落到最后1～2m，应停止射水，并改用锤击打至设计标高。

**6.3.4** 锤击施工

1 [锤击沉桩](https://www.baidu.com/s?wd=%E9%94%A4%E5%87%BB%E6%B2%89%E6%A1%A9&tn=44039180_cpr&fenlei=mv6quAkxTZn0IZRqIHckPjm4nH00T1Y4mHc3PjRkP1--mWnvn1D30ZwV5Hcvrjm3rH6sPfKWUMw85HfYnjn4nH6sgvPsT6KdThsqpZwYTjCEQLGCpyw9Uz4Bmy-bIi4WUvYETgN-TLwGUv3EPjnznWfsnjmz" \t "_blank)是利用桩锤下落时的瞬时冲击机械能，克服土体对桩的阻力，使其[静力平衡](https://www.baidu.com/s?wd=%E9%9D%99%E5%8A%9B%E5%B9%B3%E8%A1%A1&tn=44039180_cpr&fenlei=mv6quAkxTZn0IZRqIHckPjm4nH00T1Y4mHc3PjRkP1--mWnvn1D30ZwV5Hcvrjm3rH6sPfKWUMw85HfYnjn4nH6sgvPsT6KdThsqpZwYTjCEQLGCpyw9Uz4Bmy-bIi4WUvYETgN-TLwGUv3EPjnznWfsnjmz" \t "_blank)状态遭到破坏，导致桩体下沉，达到新的静压平衡状态，如此反复地锤击桩头，桩身也就不断地下沉。[锤击沉桩](https://www.baidu.com/s?wd=%E9%94%A4%E5%87%BB%E6%B2%89%E6%A1%A9&tn=44039180_cpr&fenlei=mv6quAkxTZn0IZRqIHckPjm4nH00T1Y4mHc3PjRkP1--mWnvn1D30ZwV5Hcvrjm3rH6sPfKWUMw85HfYnjn4nH6sgvPsT6KdThsqpZwYTjCEQLGCpyw9Uz4Bmy-bIi4WUvYETgN-TLwGUv3EPjnznWfsnjmz" \t "_blank)是预制桩最常用的沉桩方法。该法施工速度快，机械化程度高，适应范围广，现场文明程度高，但施工时有挤土、噪音和振动等公害，对城市中心和夜间施工有所限制。打桩所用机具设备主要包括桩锤、桩架和动力设备三部分。

（1）桩锤。常见的桩锤有落锤、单动汽锤、双动汽锤、柴油锤等。

（2）桩架。桩架是打桩时用于起重和导向的设备，其作用是：吊桩就位、起吊桩锤和支承桩身，在打桩过程中引导锤和桩的方向，移动桩位。常见桩架有滚筒式、多功能和履带式桩架。

（3）动力设备。动力设备的设置取决于所选用的桩锤，如选用单动汽锤或双动汽锤，则需配备空压机、蒸汽锅炉和卷扬机。其作用在于提供打桩时的动力设施。

打桩有“轻锤高击”和“重锤低击”两种方式。这两种方式，如果所做的功相同，而所得到的效果却不相同。轻锤高击，所得的动量小，而桩锤对桩头的冲击力大，因而回弹也大，桩头容易损坏大部分能量均消耗在桩锤的回弹上，故桩难以入土。相反，重锤低击，所得的动量大，而桩锤对桩头的冲击力小，因而回弹也小，桩头不易被打碎，大部分能量都可以用来克服桩身与土壤的摩阻力和桩尖的阻力，故桩很快入土。此外，又由于重锤低击的落距小，因而可提高锤击 频率，打桩效率也高，正因为桩锤频率较高，对于较密实的土层，如砂土或[粘性土](http://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=8442860&ss_c=ssc.citiao.link" \t "_blank)也能较容易地穿过，所以打桩宜采用“重锤低击”。锤击沉桩流程如下图2所示：

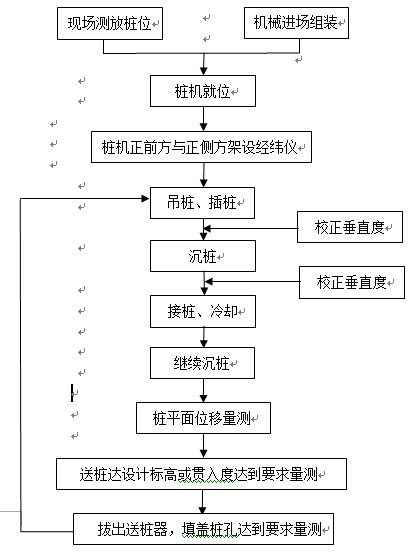


图2 锤击桩桩机施工流程图

1 沉桩前应对桩架、桩锤、动力机械等主要设备部件进行检查；开锤前应再次检查桩锤、桩帽以及送桩与桩的中轴线是否一致；

2 锤击沉桩开始时，应严格控制各种桩锤的动能：用坠锤和单动气锤时，提锤高度不宜超过0.50m；用双动气锤时，可少开气阀降低气压和进气量，以减少每分钟的锤击数；用柴油机锤时，可控制供油量以减少锤击能量；

3 当沉桩贯入度突然发生急剧变化，如桩身突然发生倾斜、移位、桩不下沉、桩锤有严重的回弹现象、桩顶破碎或桩身开裂、变形，桩侧地面有严重隆起等现象时，应立即停止锤击，查明原因，采取措施后方可继续施工。  
 4 在同一场地桩基中，各桩的最终贯入度应大致接近，如因持力层土质变化太大，致使各桩贯入度相差过大时，应报设计、监理等；

5 从沉桩开始时起，应严格控制桩位及桩的垂直度。在沉桩过程中，不得采用顶、拉桩头或桩身办法来纠偏，以防桩身开裂并增加桩身附加弯矩；

6[锤击沉桩](http://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=70885342&ss_c=ssc.citiao.link" \t "_blank)应考虑对邻近建（构）筑物和周边土体的影响，对其沉降和位移应进行观测，发现异常时应停止沉桩并研究处理。

**6.3.5** 施工质量控制要求

1桩点施放是现场控制重要环节之一，同时应防止施工时的桩点跑位，因此，施工时应经常对将要施工的桩位进行复核，以保证桩点位误差在允许范围内。

2打桩顺序是打桩施工方案的一项重要内容，以往施工单位不注意合理安排打桩顺序而造成事故的事例很多，如桩位偏移、挤断上拔、地面隆起过多、建筑物破坏等，因此，施工时必须合理安排施工顺序。

3为准确控制沉桩深度或桩顶标高，施工前应对全部工程桩的桩顶标高进行分类，并在施工时严格按设计标高执行，一般采用水准仪控制桩顶标高。对于以密实土层作为桩端持力层的场地沉桩时，锤击法可采用贯入度控制，最后三阵击每阵击贯入深度不宜控制太小，以防止将桩头锤坏，并根据不同的锤重或不同的设计要求综合确定；静压法可采用压桩力控制，其控制的压桩力不能超过桩身结构承载力设计值。对于不能达到设计要求的桩，应及时向设计人员反馈；对于施工桩长与设计桩长差异较大时，设计应采取相应的措施。

4 压桩施工注意事项

1）压桩施工前应对现场的地质条件了解清楚，做到心中有数；同时应做好设备的检查工作，保证使用可靠；

2）压桩过程中，应随时注意使桩保持轴心受压，若有偏移，要及时调整；

3）接桩时应保证上、下节桩的轴线一致，并尽可能地缩短接桩时间；

4）量测压力等仪表应注意保养、及时检修和定期标定，以减少量测误差；

5）压桩机行驶道路的地基应有足够的承载力，必要时需作处理。

5 为保证沉桩的垂直度，送桩器端面应平整，且与送桩器中心轴线相垂直；使用的送桩器必须与桩相匹配，保证施工过程中桩体质量不受损坏。

6 贯入度是指满锤情况下连续3个10锤(一阵)的贯入深度。本条所规定的停止锤击的控制原则适用于一般情况，确定停锤标准是较复杂的，宜借鉴经验与通过静(动)载试验综合确定停锤标准。

7 当桩较密集或土层为厚层饱和淤泥质土时，由于挤土效应的影响，很容易对周围已施工的桩位产生上浮和水平偏位，设观测点检测是必要的。

**6.3.6** 施工遇到问题处理方法

1断桩问题  
 沉桩过程中经常会遇到桩身断裂、桩顶(底)开裂、接桩处开裂等断桩现象，主要表现在压桩力突变。分析断桩的原因主要有以下几个方面：

1）碰到孤石或其它障碍物使桩尖偏移造成断桩；由于地质勘察报告中一般不会特别强调浅层障碍物的分布深度和范围，导致沉桩时遇到浅部的旧基础、孤石等障碍物无法施工；

2）桩身质量达不到规范要求，或桩身质量的均匀性较差；

3）施工过程中由于斜桩现象或桩端、送桩器不平整导致桩端应力集中，使桩头或接桩部位爆裂；

4）桩机施工压力值超过桩体强度；

5）采用焊接连接时，连接处表面未清理干净，桩端不平整；焊接质量不好；两节桩不在同一条直线上，接桩处产生曲折。

2 挤土效应及上浮问题

由于静压桩是挤土桩，沉桩时使桩四周的土体结构受到扰动，改变了土体的应力状态，产生挤土效应；在场地桩数量较多、桩距较密的情况下，时常后压的桩会对周围已施工的桩造成较大的跑位，同时已压的桩易产生浮桩现象（特别对于短桩），形成所谓的吊脚桩。浮桩在做静载试验时，开始沉降较大（很容易达到判定桩破坏的沉降值），曲线较陡，但当桩尖达到持力层，承载力又有明显增加，沉降曲线又趋于平缓，这是桩身上抬浮桩的典型曲线。

3 沉桩达不到设计要求

静压沉桩施工经常发生沉桩达不到设计深度的现象，分析原因，既有土层太密实的原因，也有设备选型不合理的因素，也有设计不合理的问题。其原因主要有以下几个方面：

1）持力层起伏大。对于持力层起伏较大而又不能分区确定合理桩长时，设计一般以最低标高确定桩长，极易造成持力层揭示较早的部位沉桩不到位；

2）设计选择桩端持力层不合理。由于承载力不满足设计要求等原因造成设计确定桩端持力层不合理，很容易造成部分桩甚至全部桩沉不到位，虽然施工可采取大吨位的锤击设备等措施施工，但仍很可能造成桩不到位；

3）勘察资料不准确。勘探点不够或勘探资料粗，对工程地质情况不明，尤其是对持力层起伏标高不明，致使设计考虑持力层和选择桩长有误。对于不准确的勘察资料，一旦持力层为密实土层，很容易造成部分桩甚至全部桩沉不到位。另外，勘探工作是以点带面，对局部硬夹层、软夹层、地下障碍物不可能全部了解清楚，尤其在复杂的工程地质条件下，压桩施工就会达不到设计要求的控制标准；

4）桩尖需穿透局部的较厚硬夹层。由于硬夹层分布不稳定，设计选择穿透硬夹层，以下部土层作为桩端持力层，分布硬夹层的部位经常造成沉桩不到位；

5）设备选型不合理。由于对持力层及桩周土层认识不清，导致设备选型不合理；

6）中断沉桩时间过长。由于设备故障或其他特殊原因，致使沉桩过程突然中断，若延续时间过长，沉桩阻力增加，使桩无法沉到设计深度。或接桩时，桩尖停留在硬土层内，若时间拖长，很可能不能继续沉桩；

7）设计桩距过小，挤土效应明显。静压法施工预应力管桩属于挤土类型，往往由于沉桩时使桩四周的土体结构受到扰动，改变了土体的应力状态，产生挤土效应；

8）施工顺序安排不合理。施工时未制定严格的施工顺序和有效的沉桩流水路线，未执行先长后短、先高后低、从中间向四周等施工顺序，造成后打桩沉桩不能到位。

总之，发生沉桩沉不到位时，应冷静分析原因，找出对策才能继续施工，切不要盲目加大压桩力强行沉桩。

4 桩身倾斜问题

场地不平、桩机本身倾斜、稳桩时桩不垂直、送桩器及桩不在同一条直线上等情况均有可能造成桩身倾斜。预防措施也相对较简单，只要保证场地条件、施工操作严格按规范执行即可。