

上海市土木工程学会标准

T/SSCE 000X—2023

# 桩端后注浆预制桩技术规程

Technical specification for tip post grouted  
prefabricated pile

(报批稿)

T/SSCE 000X—2023 发布

T/SSCE 000X—2023 实施

上海市土木工程学会 发布

上海市土木工程学会标准

## 桩端后注浆预制桩技术规程

Technical specification for tip post grouted  
prefabricated pile

主编单位：上海同人里岩土工程有限公司

上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司

上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司

批准部门：上海市土木工程学会

执行日期：2023 年 12 月 1 日

2023 上海

## 前言

根据上海市土木工程学会 2023 年 6 月 1 日组织的《桩端后注浆预制桩技术规程》(以下简称本规程) 启动暨大纲评审会的要求, 本规程编制组通过广泛调查研究, 参考了国内外的有关标准, 并结合桩端后注浆预制桩的应用实践, 制定了本规程。

本规程的主要章节有: 1. 总则; 2. 术语和符号; 3. 基本规定; 4. 材料与设备; 5. 设计; 6. 施工; 7. 质量检查和验收。

本规程的某些内容涉及专利《一种预应力管桩后注浆装置》(专利号: ZL202020997654.7)、《一种预制实心方桩后注浆装置》(专利号: ZL202120368646.0)、《一种空心预制桩的空腔后注浆装置》(专利号: ZL202120368920.4) 和《桩端后注浆预制斜撑》(专利号: ZL202222163570.5)。使用者可依据《中华人民共和国专利法》的有关规定与专利权人上海同人里岩土工程技术有限公司联系处理。本学会对于相关专利的真实性、有效性和范围无任何立场, 且不承担识别相关专利的责任。

本规程由上海市土木工程学会负责管理, 上海同人里岩土工程技术有限公司负责技术内容的解释。执行过程中, 请各有关单位结合实际, 不断总结经验, 并将发现的问题、意见和建议函告上海同人里岩土工程技术有限公司[地址: 中国(上海)自由贸易试验区临港新片区丽正路 1628 号 4 幢 1-2 层, 邮编: 201304, 电子邮箱: 2143083834@qq.com]。

主编单位: 上海同人里岩土工程技术有限公司

上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司

上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司

参编单位: 安徽岩土工程有限责任公司

江西省地质工程集团有限公司

上海奔汇投资咨询有限公司

上海公路投资建设发展有限公司

上海建工四建集团有限公司

上海建科工程咨询有限公司

上海金桥(集团)有限公司

上海市基础工程集团有限公司  
上海市机械施工集团有限公司  
上海市民防地基勘察院有限公司  
上海天华建筑设计有限公司  
同济大学  
同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司  
中国建筑上海设计研究院有限公司  
中铁第五勘察设计院集团有限公司

主要起草人员：胡玉银 卢永成 邓玮琳

（以下按姓氏笔画排列）

丁德申 卫张震 王志坚 王明龙  
孔德志 文新伦 石端学 兰 勇  
朱小军 刘经熠 阳吉宝 李光磊  
李济南 杨子松 肖 翔 吴建兵  
何宗义 何晓光 应坚国 宋 珪  
张习上 张玉富 张瑞滨 陈建兰  
陈洪胜 林建萍 周 铮 庞作会  
赵 程 赵家毅 俞 露 俞明德  
项培林 费思异 黄剑敏 常 盛  
符宇欣 蒋益平 富志根

主要审查人员：李永盛、叶国强、岳贵平、陆元春、张冠军、陈文艳

## 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 材料与设备.....                 | 5  |
| 4.1 材料.....                  | 5  |
| 4.2 设备.....                  | 5  |
| 5 设计.....                    | 7  |
| 5.1 一般规定.....                | 7  |
| 5.2 桩基构造.....                | 8  |
| 5.3 单桩抗压承载力.....             | 9  |
| 5.4 桩端后注浆技术参数.....           | 12 |
| 6 施工.....                    | 14 |
| 6.1 一般规定.....                | 14 |
| 6.2 施工准备.....                | 14 |
| 6.3 成桩施工.....                | 15 |
| 6.4 桩端后注浆.....               | 16 |
| 7 质量检查和验收.....               | 19 |
| 7.1 一般规定.....                | 19 |
| 7.2 施工前检验.....               | 19 |
| 7.3 施工检验.....                | 19 |
| 7.4 施工后检验.....               | 20 |
| 7.5 工程验收.....                | 20 |
| 附录 A 静压成桩施工记录表.....          | 22 |
| 附录 B 植入法成桩施工记录表.....         | 23 |
| 附录 C 桩端后注浆施工记录表.....         | 25 |
| 附录 D 桩端后注浆预制桩检验批质量验收记录表..... | 26 |
| 本规程用词说明.....                 | 28 |
| 引用标准名录.....                  | 29 |
| 条文说明.....                    | 30 |

## 1 总则

**1.0.1** 为规范桩端后注浆预制桩的应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于上海地区建筑、市政和公路工程的桩端后注浆预制桩的设计、施工、检验与验收。

**1.0.3** 桩端后注浆预制桩的设计与施工，应综合考虑工程勘察资料、上部结构类型、材料性能、施工条件、使用条件、工程造价及环境影响等因素，切实做到精心设计，并强化施工质量控制与管理，以保证工程的安全和正常使用。

**1.0.4** 桩端后注浆预制桩设计、施工、检验与验收除应符合本规程外，尚应符合现行国家、行业和地方有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 桩端后注浆预制桩 tip post grouted prefabricated pile

桩端附近土层通过桩端后注浆得到加固的预制桩。

#### 2.1.2 注浆桩尖 grouting pile shoe

内置有注浆器的桩尖，具有桩端后注浆和穿越坚硬土层的功能。

#### 2.1.3 注浆器 grouting injector

预置于注浆桩尖中的注浆器具，通过其对预制桩桩端附近土层注浆。

#### 2.1.4 注浆管 grouting pipe

内置于预制桩桩体内部的管材，通过其向预制桩桩端的注浆器输送浆液。

#### 2.1.5 静压成桩 static pile driving

利用静力压桩机将预制桩沉至设计标高的施工工艺。

#### 2.1.6 搅拌植入成桩 pre-soil-mixing aided pile driving

采用单轴搅拌桩机在桩位处施工搅拌桩，然后将预制桩植入搅拌桩中的施工工艺。

#### 2.1.7 引孔植入成桩 pre-boring aided pile driving

采用钻机在桩位处钻孔，并利用水泥浆或水泥砂浆置换孔中泥浆，然后将预制桩植入钻孔中的施工工艺。

#### 2.1.8 开塞 grout injector opening

通过压注清水打通注浆通道。

### 2.2 符号

#### 2.2.1 作用和作用效应

$N_k$ ——荷载效应标准组合作用下基桩的竖向力；

$N_{Ek}$ ——地震作用效应和荷载效应标准组合下基桩的竖向力。

#### 2.2.2 抗力和材料性能

$f_c$ ——桩身混凝土轴心抗压强度设计值；

$Q_{gpk}$ ——后注浆总极限端阻力标准值；

$Q_{gsk}$ ——后注浆竖向增强段的总极限侧阻力标准值；

$Q_{sk}$ ——后注浆非竖向增强段的总极限侧阻力标准值；  
 $Q_{uk}$ ——单桩竖向抗压极限承载力标准值；  
 $q_{sik}$ ——后注浆竖向增强段第  $i$  土层初始极限侧阻力标准值；  
 $q_{sjk}$ ——非竖向增强段第  $j$  土层初始极限侧阻力标准值；  
 $q_{pk}$ ——初始极限端阻力标准值；  
 $R_a$ ——单桩竖向抗压承载力特征值；  
 $\sigma_{pc}$ ——桩身截面上混凝土有效预加应力。

### 2.2.3 几何参数

$A_p$ ——预制桩桩端面积；  
 $A_{ps}$ ——混凝土预制桩桩身横截面面积；  
 $b$ ——基桩设计边长；  
 $d$ ——基桩设计直径；  
 $l_j$ ——后注浆非竖向增强段内第  $j$  层土厚度；  
 $l_{gi}$ ——后注浆竖向增强段内第  $i$  层土厚度；  
 $u$ ——桩身周长。

### 2.2.4 计算系数

$G_c$ ——单桩桩端注浆量；  
 $K$ ——安全系数；  
 $\alpha_p$ ——桩端注浆量经验系数；  
 $\beta_{sl}$ ——后注浆侧阻力增强系数；  
 $\beta_p$ ——后注浆端阻力增强系数；  
 $\gamma_R$ ——单桩竖向承载力调整系数；  
 $\gamma_{RE}$ ——单桩竖向承载力抗震调整系数。



### 3 基本规定

**3.0.1** 桩端后注浆预制桩的持力层宜为粉性土层、砂土层、或中等压缩性黏性土层。

**3.0.2** 桩端后注浆预制桩成桩工艺主要包括静压、搅拌植入和引孔植入三种。

**3.0.3** 桩端后注浆预制桩应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计，并通过试桩确定设计及施工参数。

**3.0.4** 桩端后注浆预制桩设计等级、安全等级、作用效应与抗力限值、承载能力和稳定性验算、桩基沉降与变形验算，应符合现行国家、行业和地方有关标准的规定。

**3.0.5** 桩端后注浆预制桩应根据设计使用年限、环境类别，以及水、土对钢、混凝土腐蚀性的评价进行耐久性设计、施工。耐久性设计和施工应符合《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476、《建筑桩基技术规范》JGJ 94 等国家、行业和地方相关标准的规定。

## 4 材料与设备

### 4.1 材料

**4.1.1** 桩端后注浆预制桩桩身主要为混凝土预制桩，根据工程需要可选用预应力混凝土管桩（PC）、预应力高强混凝土管桩（PHC）、预应力混凝土空心方桩（PS）、预应力高强混凝土空心方桩（PHS）。混凝土预制桩桩身质量应符合现行国家、行业、地方标准和图集的规定。

**4.1.2** 桩端后注浆浆液材料宜采用水泥浆。

**4.1.3** 预置于注浆桩尖中的注浆器应为气门芯式，采用黑铁管和硬橡胶管制作，应能承受 1.0MPa 及以上水压力，并应具有止回功能。

**4.1.4** 除注浆器外，注浆桩尖其他部件均应采用普通碳素结构钢制作，钢材强度等级不应低于 Q235，其材料应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的规定。

### 4.2 设备

**4.2.1** 预制桩静压沉桩宜选用抱压式液压桩机，压桩机的选择应检查下列内容：

- 1 产品合格证及设备检测合格证明；
- 2 压桩机型号、桩机重量（不含配重）、最大压桩力等；
- 3 压桩机的外型尺寸、工作空间等；
- 4 压桩机场地承载力的要求；
- 5 标定后的压力表读数与压桩力之间的关系；
- 6 夹持机构的型式；
- 7 压桩机的吊装能力，包括重量和尺寸。

**4.2.2** 搅拌植入应采用单轴搅拌桩机，搅拌桩机选择时应检查下列内容：

- 1 产品合格证及设备检测合格证明；
- 2 动力性能、钻杆和钻头直径；
- 3 水泥浆制备、输送、计量系统等。

**4.2.3** 引孔植入应根据地质条件等选择合适的引孔设备，如回转钻机、长螺旋钻机、旋挖钻机。

**4.2.4** 注浆泵宜选用高压泵，工作压力不应小于 15.0MPa，最小流量不应大于

50L/min。

## 5 设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 桩端后注浆预制桩在建筑工程中桩基设计等级的划分应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

**5.1.2** 桩端后注浆预制桩基础应根据具体条件进行下列计算或验算：

1 应根据桩基的使用功能和受力特征分别进行桩基的竖向抗压、抗拔承载力和水平承载力计算；

2 应进行桩身及承台结构承载力计算；

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 对于抗拔桩基，应进行基桩和群桩的抗拔承载力计算；

5 应进行沉降计算；

6 应进行抗震承载力验算。

**5.1.3** 桩端后注浆预制桩设计时，所采用的作用效应组合与相应的抗力应符合现行国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003 的有关规定。建筑工程尚应符合现行上海市工程建设规范《地基基础设计标准》DGJ 08-11 的有关规定；市政、公路工程尚应符合现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60、《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363 的有关规定。

**5.1.4** 桩端后注浆预制桩基桩之间的中心距，对于建筑工程应符合现行上海市工程建设规范《地基基础设计标准》DGJ 08-11 的有关规定；对于市政、公路工程应符合现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363 的关于静压沉桩的有关规定，桩中心距在桩端处不应小于桩径或边长的 3 倍。

**5.1.5** 桩端后注浆预制桩宜选择粉性土层、砂土层、或中等压缩性的黏性土层作为持力层。桩端全断面进入粉性土层、砂土层、或中等压缩性的黏性土层的深度不应小于 0.5m；同时也不宜小于 1.5 倍~2 倍桩的桩径或边长（黏性土、粉性土取高值，砂土取低值）。当持力层下存在软弱下卧层时，桩端以下持力层厚度不宜小于桩径或边长的 3 倍。

**5.1.6** 桩端后注浆预制桩抗压承载力的确定应符合下列规定：

1 单桩竖向极限抗压承载力标准值应通过静载荷试验确定；

2 同一条件下静载荷试验数量不宜少于总桩数的0.5%，且不应少于3根；

3 静载荷试验方法应采用慢速维持荷载法。

5.1.7 桩端后注浆预制桩的抗拔承载力和水平承载力按现行国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003 的有关规定计算。建筑工程尚应符合现行上海市工程建设规范《地基基础设计标准》DGJ 08-11 的有关规定；市政、公路工程尚应符合现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363 的有关规定。

5.1.8 桩端后注浆预制桩基础的沉降应按现行上海市工程建设规范《地基基础设计标准》DGJ 08-11 的有关规定计算。

5.1.9 桩端后注浆预制桩基础的抗震验算应符合现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002。对于建筑工程，尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定；对于城市桥梁，尚应符合现行行业标准《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166；对于公路桥梁，尚应符合现行行业标准《公路桥梁抗震设计规范》JTG/T 2231-01。

5.1.10 桩端后注浆预制桩基础承台的截面承载力计算和构造要求，建筑工程应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 和行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定；市政、公路工程尚应符合现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363 的有关规定。

5.1.11 桩端后注浆设计应明确水泥强度等级、注浆量、水泥浆液水胶比和注浆控制标准等技术参数，并通过试桩确定。

## 5.2 基桩构造

5.2.1 桩端后注浆预制桩桩身应符合现行国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476、现行行业标准《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406 和《预应力混凝土异型预制桩技术规程》JGJ/T 405 等相关标准的规定。

5.2.2 桩端后注浆预制桩接长时，其连接可采用端板焊接连接、法兰连接、机械啮合连接。接头应保证管桩内纵向钢筋与端板等效传力，接头连接强度不应小于预制桩桩身强度。每根桩的接头数量不宜超过 3 个。

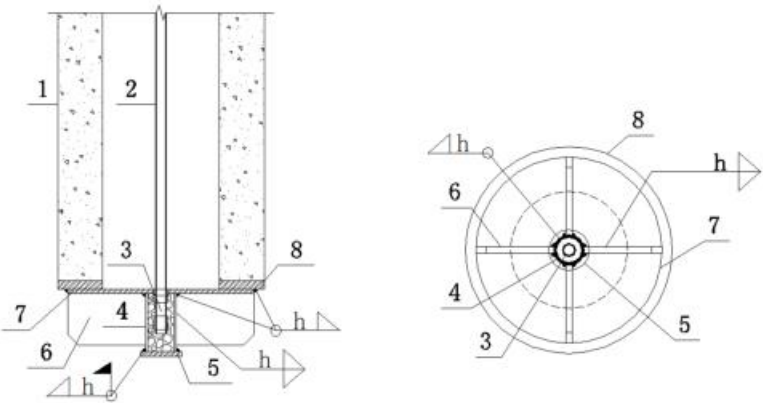
5.2.3 桩端后注浆预制桩长径比不宜大于 100。当桩端后注浆预制桩穿越

较厚的淤泥质黏性土层或液化土层时，应考虑桩身的稳定性及其对承载力的影响。

**5.2.4** 搅拌植入的桩端后注浆预制桩，水泥搅拌桩直径应大于植入桩外径 50mm~150mm；搅拌桩深度应根据环境保护要求等确定，桩端进入原状土不少于 3 倍桩径或边长。

**5.2.5** 引孔植入的桩端后注浆预制桩，引孔直径宜与植入桩外径相同；引孔深度应根据地质条件等确定，桩端进入原状土不少于 3 倍桩径或边长。

**5.2.6** 桩端后注浆预制桩的桩端应配置具有注浆功能的注浆桩尖。注浆桩尖必须具备止回功能。注浆桩尖设计宜符合现行行业标准《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406 的相关规定。桩端后注浆预制桩桩端构造示意图见图 5.2.6。



(a) 桩端构造侧视图 (b) 桩端构造底视图

图 5.2.6 桩端后注浆预制桩桩端构造示意图

1—预制混凝土桩；2—注浆管；3—注浆器；4—保护钢管；5—保护钢管封头板；  
6—十字形桩尖；7—桩尖底板；8—预制桩端板

### 5.3 单桩抗压承载力

**5.3.1** 单桩竖向抗压承载力的验算应符合下列要求：

$$N_k \leq \gamma_R R_a \quad (5.3.1)$$

式中： $N_k$  —— 荷载效应标准组合作用下基桩的竖向力；  
 $\gamma_R$  —— 单桩竖向抗压承载力调整系数；

$R_a$ ——桩端后注浆预制桩单桩竖向抗压承载力特征值。当为市政及公路桥梁时，桩身自重与置换土重（当自重计入浮力时，置换土重也计入浮力）的差值计入作用效应。

表 5.3.1 单桩竖向抗压承载力调整系数 $\gamma_R$

| 工程类型    | 作用工况                           | $\gamma_R$ |
|---------|--------------------------------|------------|
| 建筑工程    | 轴心竖向力作用下                       | 1.0        |
|         | 偏心竖向力作用下                       | 1.2        |
| 市政及公路工程 | 仅计结构重力、预应力、土的重力、土侧压力和汽车荷载、人群荷载 | 1.0        |
|         | 永久作用与可变作用组合                    | 1.25       |

**5.3.2** 地震作用时，单桩竖向抗压承载力的计算应符合下列规定：

$$N_{Ek} \leq \gamma_{RE} R_a \quad (5.3.2)$$

式中： $N_{Ek}$  —— 地震作用效应和荷载效应标准组合下基桩的竖向力；

$\gamma_{RE}$  —— 单桩竖向抗压承载力抗震调整系数。

表 5.3.2 单桩竖向抗压承载力抗震调整系数 $\gamma_{RE}$

| 工程类型    | 作用工况           | $\gamma_{RE}$ |
|---------|----------------|---------------|
| 建筑工程    | 轴心竖向力作用下       | 1.25          |
|         | 偏心竖向力作用下       | 1.5           |
| 市政及公路工程 | E1 地震作用下（非液化土） | 1.25          |
|         | E2 地震作用下（非液化土） | 2.0           |

**5.3.3** 桩端后注浆预制桩单桩竖向抗压承载力特征值 $R_a$ 应按下列式确定：

$$R_a = \frac{1}{K} Q_{uk} \quad (5.3.3)$$

式中： $Q_{uk}$ ——单桩竖向抗压极限承载力标准值；

$K$ ——安全系数， $K=2$ 。

**5.3.4** 桩端后注浆预制桩单桩竖向抗压极限承载力标准值应通过单桩竖向抗压静载荷试验确定，可按下列式估算：

$$\begin{aligned}
 Q_{uk} &= Q_{sk} + Q_{gsk} + Q_{gpk} \\
 &= u \sum q_{sjk} l_j + u \sum \beta_{si} q_{sik} l_{gi} + \beta_p q_{pk} A_p
 \end{aligned} \quad (5.3.4)$$

式中： $Q_{sk}$  ——后注浆非竖向增强段的总极限侧阻力标准值；

$Q_{gsk}$ ——后注浆竖向增强段的总极限侧阻力标准值；

$Q_{gpk}$ ——后注浆总极限端阻力标准值；

$Q_{uk}$ ——单桩竖向抗压极限承载力标准值；

$u$ ——桩身周长；

$l_j$ ——后注浆非竖向增强段第 $j$ 层土厚度；

$l_{gi}$ ——后注浆竖向增强段内第 $i$ 层土厚度：竖向增强段为桩端以上10m～12m；

$q_{sik}$ 、 $q_{sjk}$ 、 $q_{pk}$ ——分别为后注浆竖向增强段第 $i$ 土层初始极限侧阻力标准值、非竖向增强段第 $j$ 土层初始极限侧阻力标准值、初始极限端阻力标准值，按地勘资料中的预制桩参数取用；

$\beta_{si}$ 、 $\beta_p$ ——分别为后注浆侧阻力、端阻力增强系数，无当地经验时，可按表5.3.4取值；

$A_p$ ——预制桩桩端面积。

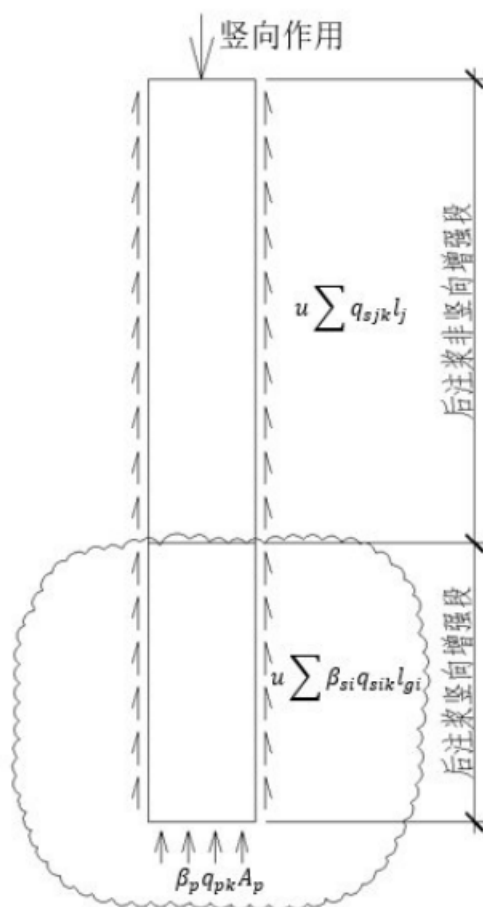




图 5.3.4 桩端后注浆预制桩受压时单桩的承载力示意图

表 5.3.4 后注浆侧阻力增强系数 $\beta_{si}$ 、端阻力增强系数 $\beta_p$

| 土层名称         | 黏性土<br>粉土 | 粉砂<br>细砂 |
|--------------|-----------|----------|
| $\beta_{si}$ | 1.4~1.8   | 1.6~2.0  |
| $\beta_p$    | 2.2~2.5   | 2.4~2.8  |

注：表中给出的数值参照《建筑桩基技术规范》JGJ 94 中钻孔灌注桩的后注浆侧阻力增强系数 $\beta_{si}$ 、端阻力增强系数 $\beta_p$ 取值。

**5.3.5** 桩端后注浆预制桩抗压时，应对桩身截面强度进行验算。对于轴向受压的混凝土预制桩基础，不考虑压屈影响时，桩身混凝土强度验算应符合下式规定：

$$N \leq (0.75 \sim 0.85) f_c A_{ps} - 0.37 A_{ps} \sigma_{pc} \quad (5.3.5)$$

式中：

- $N$  —— 荷载效应基本组合下的桩顶轴向压力设计值；  
 $f_c$  —— 桩身混凝土轴心抗压强度设计值；  
 $A_{ps}$  —— 混凝土预制桩桩身横截面面积；  
 $\sigma_{pc}$  —— 桩身截面上混凝土有效预加应力。

## 5.4 桩端后注浆技术参数

**5.4.1** 水泥宜采用普通硅酸盐水泥；有抗侵蚀性要求时，宜采用抗硫酸盐水泥；强度等级不低于 42.5 级；其水泥质量应分别符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 和《抗硫酸盐硅酸盐水泥》GB 748 的规定。

**5.4.2** 单桩桩端后注浆水泥用量应通过试桩确定，可根据桩径、桩长、桩端持力层渗透性以及单桩承载力增幅需求等，按下式估算：

$$G_c = \alpha_p d \quad (5.4.2)$$

式中： $G_c$  —— 单桩桩端注浆量，以水泥质量计（t）；

$\alpha_p$  —— 桩端注浆量经验系数（t/m）， $\alpha_p = 2.5 \sim 3.5$ ，对于超长桩、承载力增幅要求高和渗透系数不小于  $10^{-4}$  cm/s 的土层取较高值；

$d$  —— 基桩设计直径（m），对于预制方桩，则为基桩设计边长  $b$ （m）。

**5.4.3** 水泥浆液的水胶比应根据桩端持力层及附近土层的渗透性选择，宜为 0.45~0.80，对于渗透系数不小于  $10^{-4}$  cm/s 的土层宜取低值，其余土层宜取高值。

**5.4.4** 桩端后注浆以注浆量控制为主，完成设计注浆量可终止注浆；若注浆量达设计注浆量的 80%以上，且注浆压力值不小于 2.5MPa，并保持不少于 3min，可终止注浆。注浆过程中如果地面冒浆，应暂停注浆不少于 15min，然后降低注浆流量注浆，直至完成设计的注浆量。

## 6 施工

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 施工前应踏勘现场，熟悉工程水文、地质、地下管线、地下构筑物等情况，编制专项施工方案。
- 6.1.2 施工安全和文物、环境保护等应按有关规定执行。
- 6.1.3 宜采用智能化机械设备对注浆等重要施工过程进行监控。
- 6.1.4 应对施工主要过程进行记录，记录表参见附录中表 A～表 C。
- 6.1.5 正式施工前宜进行试桩，以确定施工工艺及其控制参数。
- 6.1.6 桩端后注浆预制桩施工除应符合本规程外，尚应符合现行国家和行业标准《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004、《建筑桩基技术规范》JGJ 94、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79、《静压桩施工技术规范》JGJ/T 394、《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 和《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 等的相关规定。

### 6.2 施工准备

- 6.2.1 施工前准备工作应满足下列要求：
  - 1 施工前应复核测量基准线、基准点，基准点应设在不受桩基施工影响的区域，并应妥善保护；
  - 2 应根据地质条件、周边环境条件、成桩深度、桩径等选用静力压桩机、搅拌桩机、钻机、起重机械、水泥浆制备系统、注浆泵等机具设备；
  - 3 进场机具设备使用前应出具符合要求的检测证明、标定证明；
  - 4 必要时对周边建（构）筑物、设施等布设监测点；
  - 5 现场完成三通一平，并具备正常施工所需的地基承载力。
- 6.2.2 开工前应具备以下技术及原材料检测资料：
  - 1 岩土工程勘察报告、桩位布置图、桩身构造详图及相关技术要求；
  - 2 平面及高程引测点资料；
  - 3 邻近建（构）筑物和地下设施类型、分布及结构质量情况；
  - 4 试验性施工资料；
  - 5 专项施工方案；

- 6 水泥需要提供产品合格证书及抽样送检报告，注浆管、预制桩需要提供产品合格证书；
- 7 水泥浆配合比资料。

### 6.3 成桩施工

6.3.1 预制桩成桩宜根据场地土层条件和周边环境保护要求，采用静压成桩、搅拌植入成桩或引孔植入成桩工艺。

表 6.3.1 各类成桩工艺的适用条件

| <div> <div>场地土层条件</div> <div>周边环境保护要求</div> </div> | 无难以穿越的粉土、砂土等 | 有难以穿越的粉土、砂土等 |
|----------------------------------------------------|--------------|--------------|
|                                                    | 静压成桩         | 引孔植入成桩       |
| 周边有重要建（构）筑物及设施等，环境保护要求严格                           | 搅拌植入成桩       | 引孔植入成桩       |

6.3.2 静压成桩应符合下列规定：

- 1 压桩机的型号及配重的选用应根据地质条件、桩的疏密程度、单桩竖向承载力及现场施工条件等因素综合确定，最大压桩力不得小于设计的单桩竖向极限承载力标准值；
- 2 预制桩的起吊、搬运与堆放、压桩、接桩与截桩应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的相关规定；
- 3 首节预制桩起吊时，应在起重设备将桩身吊起前，注浆管与桩尖可靠连接后，将桩尖与桩底端板焊接固定。桩顶设置注浆管固定支架。注浆管宜露出桩顶不小于 100mm；
- 4 非首节预制桩起吊前，桩顶设置注浆管固定支架及防脱落装置，注浆管底端不宜露出桩底；
- 5 采用焊接接桩时，焊接质量及电焊结束后自然冷却时间等应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的相关规定；
- 6 采用机械接头连接时，应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工规

范》GB 51004 的相关规定；

7 压桩机应配备专用送桩器，送桩器横截面外形轮廓与所压桩一致；

8 压桩完成后，注浆管延伸至地面，并采取措施保护注浆管及其接头。

#### **6.3.3 搅拌植入成桩应符合下列规定：**

1 搅拌植入施工应按照设计要求先进行搅拌桩施工，然后植入预制桩至设计标高；

2 搅拌桩桩径应为预制桩桩径  $d+(50\sim150)$  mm，宜为  $d+100$ mm；

3 搅拌桩桩位偏差不应大于 10mm，垂直度偏差不应大于 0.5%；

4 搅拌桩水泥掺量宜为 10%~20%，水胶比 1.2~2.0；

5 搅拌桩施工完成后宜 6h 内植入预制桩，预制桩采用静压植入工艺施工，参见本规程 6.3.2 的规定。

#### **6.3.4 引孔植入成桩应符合下列规定：**

1 引孔植入施工应按照设计要求先钻孔，然后注入水泥浆，最后植入预制桩至设计标高；

2 引孔可采用回转钻机、长螺旋钻机、旋挖钻机等机具。引孔机具及工艺的选择应根据地质条件、引孔直径、引孔深度、试成孔情况等综合确定；

3 引孔孔位偏差不应大于 10mm，孔径宜与预制桩桩径相同，垂直度偏差不应大于 0.5%；

4 引孔完成后孔内应通过注浆管注入水泥浆，注浆管应插入孔底。水泥浆液水胶比 0.5~0.7，水泥浆用量宜为引孔体积的 1/3；

5 水泥浆置换完成后宜 6h 内植入预制桩，预制桩采用静压植入工艺施工，参见本规程 6.3.2 的规定。

### **6.4 桩端后注浆**

#### **6.4.1 注浆桩尖加工制作应符合下列规定：**

1 注浆桩尖采用定制化产品，应具有可靠的注浆、止回功能及足够的强度；

2 注浆桩尖宜采用十字型钢桩尖；

3 注浆器宜采用气门芯式的定制化产品，内置于保护钢管内，注浆器与保护钢管之间空腔填充松散的碎石，填充量宜为空腔体积的 4/5；

4 保护钢管周侧四面应对称开设出浆孔，总数不应少于 16 个，出浆孔直径宜为 8mm；

- 5 注浆器应穿过桩尖底板，并与其焊接；
- 6 注浆桩尖制作的焊接质量应符合现行行业标准《建筑钢结构焊接技术规范》JGJ 81 的规定。
- 6.4.2 注浆桩尖安装应符合下列规定：**
- 1 注浆桩尖宜在吊装前与预制桩端板焊接完成；
  - 2 注浆桩尖安装前应通清水检验，抽检比例不低于总量的 1%且不少于 3 个；
  - 3 注浆桩尖安装顺序：桩尖与首节桩的注浆管连接→桩尖与预制桩桩端中心对齐并点焊固定→桩尖与预制桩端板满焊。
- 6.4.3 注浆管安装应符合下列规定：**
- 1 注浆管宜选用普通焊接钢管，内径 25mm，壁厚不应小于 3.2mm，也可选择钢丝编织胶管（工作压力不应小于 10MPa）；
  - 2 注浆管为钢管时，宜采用直螺纹钢套筒连接，套筒长度不应小于 40mm，每端拧入的丝扣长度不应小于 20mm，丝扣应缠绕生胶带；注浆管为钢丝编织胶管时，应采用专用接头；
  - 3 注浆管应根据每节预制桩的长度进行配管。首节桩注浆管宜高出预制桩顶面不小于 100mm。中间节桩注浆管长度宜与预制桩相等。若桩顶设计标高高于地面，则末节桩注浆管宜与其等长；若桩顶设计标高位于地面以下，则末节桩注浆管应配至地面，空孔段注浆管宜选用钢丝编织胶管；
  - 4 预制桩起吊前应将注浆管提前布置于其空腔内。宜在预制桩上口设置注浆管固定支架。注浆管下端不应露出预制桩底面；
  - 5 接桩前应先连接注浆管，然后接桩。
- 6.4.4 开塞应符合下列规定：**
- 1 预制桩沉桩到位后 24h 内应完成开塞，开塞宜选用清水；
  - 2 开塞应采用高压、大流量，压力不宜小于 5MPa，流量不宜小于 100L/min；
  - 3 开塞成功后，应立即停止；
  - 4 开塞压力应记录并填入施工记录表。
- 6.4.5 浆液制备应符合下列规定：**
- 1 浆液应采用专用装置进行制备、盛放；
  - 2 浆液的各组分原材料应精确计量；
  - 3 浆液应充分搅拌，吸浆龙头应加装 30 目过滤网。
- 6.4.6 注浆应符合下列规定：**

- 1** 采用静压成桩工艺时，可在开塞后立即注浆；
- 2** 采用搅拌植入或引孔植入工艺时，应在成桩 3d~7d 后进行注浆；
- 3** 每根桩应独立制备浆液、独立注浆，应避免多桩混用；
- 4** 注浆应以注浆量控制为主、压力控制为辅；
- 5** 应采用低压、小流量注浆，注浆压力不应超过 5MPa，流量不宜大于 50L/min。如注浆压力小于 0.5MPa，应调小水胶比；
- 6** 若地面冒浆，应暂停注浆不少于 15min，然后降低注浆流量注浆，直至完成设计的注浆量；
- 7** 注浆过程中的注浆压力、注浆量及异常情况应记录并填入施工记录表。

## 7 质量检查和验收

### 7.1 一般规定

- 7.1.1 桩基工程应进行桩位、桩长、桩径、桩身质量和单桩承载力的检验。
- 7.1.2 桩基工程的检验按时间顺序分为三个阶段：施工前检验、施工检验和施工后检验。
- 7.1.3 后注浆施工验收应提供注浆材料检验报告、压力表检定证书、试注浆记录、设计工艺参数、后注浆施工记录、特殊情况处理记录等资料。
- 7.1.4 对预制桩、注浆材料质量的检验项目和方法应符合现行有关标准的规定。
- 7.1.5 植入桩中水泥搅拌桩施工应符合现行行业标准《型钢水泥搅拌墙技术规程》JGJ/T 199 的有关规定。

### 7.2 施工前检验

- 7.2.1 施工前应对桩位进行检验。
- 7.2.2 预制桩应按选定的标准图或设计图制作，现场应对其外观质量及桩身强度进行检验。
- 7.2.3 注浆桩尖应按设计图制作，现场应对其外观质量及构造进行检验。注浆桩尖应按不低于总量的 1%且不少于 3 个进行通水检查。
- 7.2.4 应对接桩用焊条、注浆管、注浆管接头、压桩用压力表等材料 and 仪表进行检验。

### 7.3 施工检验

- 7.3.1 施工过程中应检查下列内容：
  - 1 成桩深度、静压终止压力值及桩身（架）垂直度；
  - 2 接桩质量、接桩间歇时间及桩身完整状况；
  - 3 开塞压力、注浆量、水胶比和注浆压力。
- 7.3.2 施工过程中应进行桩顶和地面土体的竖向和水平位移观测，若发现异常，应调整沉桩速率或采取复压等措施。



## **7.4 施工后检验**

**7.4.1** 不同桩型应按本规程检查成桩桩位偏差。

**7.4.2** 工程桩应进行承载力检验。检测数量应根据桩基设计等级、本工程施工前取得试验数据的可靠性因素，按不低于现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106、《公路工程基桩检测技术规程》JTG/T 3512等确定。

**7.4.3** 工程桩承载力检验应在注浆完成28d后进行，浆液中掺入早强剂时可于注浆完成15d后进行。

**7.4.4** 工程桩施工完成后，应进行桩身完整性检测，检测数量应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106和《公路工程基桩检测技术规程》JTG/T 3512等的规定。

## **7.5 工程验收**

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

**7.5.2** 基桩验收应包括下列资料：

- 1 预制桩出厂合格证；
- 2 预制桩进场验收记录；
- 3 注浆管出厂合格证和进场验收记录；
- 4 注浆料/外加剂合格证及质检报告；
- 5 桩位测量放线图、桩位复核签证单；
- 6 岩土工程勘察报告；
- 7 图纸会审记录及设计变更联系单；
- 8 经批准的施工组织设计或专项施工方案及技术交底资料；
- 9 施工记录、桩位编号图；
- 10 接桩隐蔽验收记录；
- 11 包含桩位实测偏位情况、补桩位置、试桩位置等内容的工程竣工图；
- 12 质量事故处理记录；
- 13 试成桩记录；
- 14 静载荷试验报告和桩身低应变检测报告。

**7.5.3** 桩端后注浆预制桩的检验批质量验收应按本规程附录D进行。

**7.5.4** 桩端后注浆预制桩的验收除应符合本规程外，尚应符合现行国家和行业标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202、《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2和《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1等的有关规定。



## 附录 B 植入法成桩施工记录表

**表 B 植入法成桩施工记录表**

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<br>(kN)     |           | 生产厂家<br>及配桩    |  |
| 设计钻孔/搅拌深度<br>(m) |           | 实际钻孔/搅拌深度<br>(m)     |           | 钻孔/搅拌直径<br>(m) |  |
| 自然地面标高<br>(m)    |           | 建筑±0.000 相对于绝对标高 (m) |           | 桩顶设计标高<br>(m)  |  |
| 桩顶实际标高<br>(m)    |           |                      |           |                |  |
| 钻孔或搅拌施工过程记录      |           |                      |           |                |  |
| 序号               | 接杆米数或搅拌遍数 | 开始钻孔/搅拌时间            | 完成钻孔/搅拌时间 | 备注             |  |
|                  |           |                      |           |                |  |
|                  |           |                      |           |                |  |
|                  |           |                      |           |                |  |
|                  |           |                      |           |                |  |
|                  |           |                      |           |                |  |
| 修孔、拔杆或复搅过程记录     |           |                      |           |                |  |
| 项目               |           | 开始时间                 |           | 完成时间           |  |
| 修孔过程             |           |                      |           |                |  |
| 拔杆过程             |           |                      |           |                |  |
| 复搅过程             |           |                      |           |                |  |
|                  |           |                      |           |                |  |
|                  |           |                      |           |                |  |

续表 B

| 植桩过程记录         |      |              |             |                   |                   |             |             |              |
|----------------|------|--------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------|-------------|--------------|
| 序号             | 桩型   | 植 入 桩<br>机型号 | 开始植桩时间      | 中 间 接 桩 开 始<br>时间 | 中 间 接 桩 完 成<br>时间 | 植桩完成时间      |             |              |
|                |      |              |             |                   |                   |             |             |              |
|                |      |              |             |                   |                   |             |             |              |
|                |      |              |             |                   |                   |             |             |              |
|                |      |              |             |                   |                   |             |             |              |
|                |      |              |             |                   |                   |             |             |              |
|                |      |              |             |                   |                   |             |             |              |
|                |      |              |             |                   |                   |             |             |              |
|                |      |              |             |                   |                   |             |             |              |
|                |      |              |             |                   |                   |             |             |              |
|                |      |              |             |                   |                   |             |             |              |
|                |      |              |             |                   |                   |             |             |              |
|                |      |              |             |                   |                   |             |             |              |
| 总桩长（m）         |      |              | 桩校正完成时间     |                   |                   |             |             |              |
| 备注             |      |              |             |                   |                   |             |             |              |
| 水泥或水泥浆<br>使用情况 | 泥浆置换 |              |             | 桩端后注浆             |                   |             | 总用水<br>量(t) | 总用水泥量<br>(t) |
|                | 水胶比  | 水用量<br>(t)   | 水泥用量<br>(t) | 水胶比               | 水用量<br>(t)        | 水泥用量<br>(t) |             |              |
| 设计值            |      |              |             |                   |                   |             |             |              |
| 实际值            |      |              |             |                   |                   |             |             |              |

建设单位代表：

监理：

工程负责人：

技术负责人：

记录：

年 月 日

附录 C 桩端后注浆施工记录表

表 C 桩端后注浆施工记录表

工程名称：\_\_\_\_\_ 施工单位：\_\_\_\_\_ 建设单位：\_\_\_\_\_ 总包单位：\_\_\_\_\_ 第 \_\_\_\_\_ 页

| 桩号 | 桩型 | 实际桩长<br>(m) | 设计注浆量<br>(t/桩) | 开塞压力<br>(MPa) | 注浆压力<br>(MPa) | 实际注浆量<br>(t/桩) | 注浆耗时<br>(min) | 有无异常 | 备注 |
|----|----|-------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|------|----|
|    |    |             |                |               |               |                |               |      |    |
|    |    |             |                |               |               |                |               |      |    |
|    |    |             |                |               |               |                |               |      |    |
|    |    |             |                |               |               |                |               |      |    |
|    |    |             |                |               |               |                |               |      |    |
|    |    |             |                |               |               |                |               |      |    |
|    |    |             |                |               |               |                |               |      |    |

建设单位代表：\_\_\_\_\_ 监理：\_\_\_\_\_ 施工方工程负责人：\_\_\_\_\_ 施工方技术负责人：\_\_\_\_\_ 记录员：\_\_\_\_\_ 年 月 日

附录 D 桩端后注浆预制桩检验批质量验收记录表

表 D 桩端后注浆预制桩检验批质量验收记录表

| 单位工程名称 |    | 分部工程名称              |                     | 分项工程名称        |      |
|--------|----|---------------------|---------------------|---------------|------|
| 施工单位   |    | 项目负责人               |                     | 检验批容量         |      |
| 分包单位   |    | 分包单位<br>项目负责人       |                     | 检验批部位         |      |
| 施工依据   |    | 验收依据                |                     |               |      |
| 验收项目   |    | 设计要求及规范规定           |                     | 最小/实际<br>抽检数量 | 检查结果 |
|        |    | 单位                  | 数值                  |               |      |
| 主控项目   | 1  | 原材料检测               | 注浆料<br>外加剂<br>注浆管   | 合格            |      |
|        | 2  | 桩身完整性               | 按基桩检测技术规范           |               |      |
|        | 3  | 桩位偏差                | mm 符合相关标准           |               |      |
|        | 4  | 承载力                 | 按基桩检测技术规范           |               |      |
| 一般项目   | 1  | 预制桩外观质量、尺寸偏差        | 符合相关标准要求            |               |      |
|        | 2  | 终压标准                | 设计要求 现场记录或查施工记录     |               |      |
|        | 3  | 桩顶标高                | mm $\pm 50$         |               |      |
|        | 4  | 注浆桩尖外观质量            | 设计要求 现场记录或查施工记录     |               |      |
|        | 5  | 电焊接桩                | 上、下端部错口             | mm $\leq 3$   |      |
|        |    |                     | 节点弯曲矢高              | mm $< 1/1000$ |      |
|        |    |                     | 焊缝咬边深度              | mm $\leq 0.5$ |      |
|        |    |                     | 焊缝加强层高度             | mm $\leq 2$   |      |
|        |    |                     | 焊缝加强层宽度             | mm $\leq 3$   |      |
|        |    |                     | 外观质量                | 无气泡、无焊瘤       |      |
|        |    |                     | 焊接后停歇时间             | min 6 (3')    |      |
|        |    | 机械连接                | 连接外观质量              | 符合相关标准要求      |      |
|        |    |                     | 其他技术要求              |               |      |
|        | 6  | 桩垂直度偏差              | $< 1\%$             |               |      |
|        | 7  | 桩顶标高                | mm $\pm 50$         |               |      |
|        | 8  | 水泥浆水胶比              | 符合设计要求              |               |      |
|        | 9  | 注浆料用量               | 正偏差无限, -2%          |               |      |
|        | 10 | 注浆压力<br>(与设计参数比)(%) | $\pm 10$            |               |      |
|        | 11 | 水泥浆试块强度             | $\geq 20\text{MPa}$ |               |      |

续表 D.

|              |                                                             |
|--------------|-------------------------------------------------------------|
| 施工单位<br>检查结果 | 项目专业<br>质量检查员：（技术）负责人： <div>           年 月 日         </div> |
| 监理单位<br>验收结论 | 专业监理工程师： <div>           年 月 日         </div>               |

备注: \*表示为采用二氧化碳气体保护焊时的焊接后停歇时间



## 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 规程中指明应按其他有关标准、规范执行的，写法为：“应按……执行”或“应符合……的规定或要求”。非必须按所指定的标准、规范或其他规定执行时，写法为“可参照……”。

## 引用标准名录

- 1 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 2 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 3 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202
- 4 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
- 5 《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004
- 6 《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002
- 7 《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003
- 8 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 9 《碳素结构钢》GB/T 700
- 10 《抗硫酸盐硅酸盐水泥》GB 748
- 11 《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476
- 12 《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2
- 13 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79
- 14 《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1
- 15 《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81
- 16 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 17 《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106
- 18 《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166
- 19 《型钢水泥搅拌墙技术规程》JGJ/T 199
- 20 《静压桩施工技术规程》JGJ/T 394
- 21 《公路桥梁抗震设计规范》JTG/T 2231-01
- 22 《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363
- 23 《公路工程基桩检测技术规程》JTG/T 3512
- 24 《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650
- 25 《预应力混凝土异型预制桩技术规程》JGJ/T 405
- 26 《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406
- 27 《地基基础设计标准》DGJ 08-11
- 28 《岩土工程勘察规范》DGJ 08-37

上海市土木工程学会标准

## 桩端后注浆预制桩技术规程

Technical specification for tip post grouted  
prefabricated pile

T/SSCE 000X—2023

条文说明

## 目 次

|               |    |
|---------------|----|
| 1 总则          | 32 |
| 2 术语和符号       | 33 |
| 2.1 术语        | 33 |
| 3 基本规定        | 34 |
| 4 材料与设备       | 35 |
| 4.1 材料        | 35 |
| 4.2 设备        | 35 |
| 5 设计          | 36 |
| 5.1 一般规定      | 36 |
| 5.2 基桩构造      | 36 |
| 5.3 单桩抗压桩承载力  | 37 |
| 5.4 桩端后注浆技术参数 | 38 |
| 6 施工          | 40 |
| 6.1 一般规定      | 40 |
| 6.3 成桩施工      | 40 |
| 6.4 桩端后注浆     | 42 |
| 7 质量检查和验收     | 48 |
| 7.1 一般规定      | 48 |
| 7.2 施工前检验     | 48 |
| 7.3 施工检验      | 48 |
| 7.4 施工后检验     | 48 |

## 1 总则

**1.0.2** 本条明确了桩端后注浆预制桩适用的范围。根据技术特点和工程经验，桩端后注浆预制桩目前适用于上海地区建筑、市政和公路工程。其它地区和铁路、港口、水利和电力工程等其它行业应用桩端后注浆预制桩时，可参照本规程，但尚应符合现行国家、行业和地方有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

**2.1.1** 本条所述桩端后注浆预制桩为采用预置注浆桩尖于预制桩桩端，加固桩端附近土层而成的预制桩。目前，有同行正在研究通过引孔后置或静压后置注浆装置于预制桩桩端，以加固预制桩桩端附近土层，形成桩端后注浆预制桩，但是研究成果还不多，工程应用比较少，因此未将后置注浆装置技术纳入本规程。待后置注浆装置技术成熟后，其设计、施工、检验和验收可参照本规程。

### 3 基本规定

**3.0.1** 本条明确了桩端后注浆预制桩适用的场地。粉性土或砂土层力学性质好、渗透性强、注浆加固效果好，因此桩端后注浆预制桩特别适用于粉性土层或砂土层的场地。

## **4 材料与设备**

### **4.1 材料**

**4.1.3** 注浆器的止回功能，是指水泥浆仅能从注浆器内向外流、不能倒流。

### **4.2 设备**

**4.2.4** 注浆泵市场上有很多，一般的高压泥浆泵均可使用。本工艺中清水开塞时压力相对较大，正常注浆时压力相对较小，根据目前多个试桩和工程应用项目经验，开塞压力大部分为 6 MPa~9MPa，注浆压力一般为 1 MPa~3MPa，因此注浆泵应选择高压泵，工作压力不应小于 15MPa。为了实现更好的注浆效果，注浆时应采用低压力、小流量，从而切实实现渗透性注浆。注浆流量应控制在 50L/min 以下，因此注浆泵最小流量不应大于 50L/min。



## 5 设计

### 5.1 一般规定

**5.1.4** 桩端后注浆预制桩基桩之间的中心距可参考上海市工程建设规范《地基基础设计标准》DGJ 08-11 或《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363 静压沉桩预制桩的有关规定，其中桩径或桩边长是指桩端后注浆预制桩中的预制桩的桩径或桩边长。

**5.1.5** 本条参考上海市工程建设规范《地基基础设计标准》DGJ 08-11 的有关规定。

**5.1.7** 桩端后注浆有利于提高基桩的抗拔承载力和水平承载力。因相关研究尚不充分，本规程不考虑后注浆对基桩抗拔承载力和水平承载力的有利影响。

**5.1.8** 桩端后注浆有利于减小基桩的沉降。因相关研究尚不充分，本规程不考虑后注浆对基桩沉降的有利影响。

### 5.2 基桩构造

**5.2.1** 桩端后注浆预制桩的桩身常采用预应力混凝土管桩、预应力混凝土异型管桩，也可采用预制混凝土方桩和钢管桩等。桩身质量需要满足相关标准的规定。

**5.2.2** 接头质量受现场施工环境、施工工人技术等影响较大。接头数量较多时，施工质量更不易控制，且接头超过 3 个时，通常桩长超过 50m，沉桩过程中的垂直度控制要求更高，可能会由于接桩的施工误差造成桩身在竖向力作用下偏心受压或弯曲破坏。因此，规定一根桩的接头数量不宜超过 3 个。

**5.2.3** 桩端后注浆预制桩通常为摩擦型桩，其长径比不宜大于 100；如果用于端承型桩，其长径比不宜大于 80。

**5.2.4 和 5.2.5** 桩端应进入原状土 3 倍以上桩径或边长，一是防止注浆桩尖处于水泥土或水泥浆中，水泥土或水泥浆固化后堵塞注浆桩尖；二是确保桩端注浆时水泥浆受到原状土约束而渗入桩端附近土层，防止水泥浆过早上返，影响注浆加固效果。

**5.2.6** 桩端后注浆成败关键在于具有注浆功能的注浆桩尖。注浆桩尖必须

具备可靠的止回功能，防止返浆和出浆孔被堵塞；必须具备很强的穿透能力，能够穿越坚硬土层；必须具有一定的强度，防止注浆器被土体损坏，因此采用钢管保护。

### 5.3 单桩抗压承载力

**5.3.1 和 5.3.2** 对于建筑工程，单桩竖向承载力调整系数 $\gamma_R$ 和单桩竖向承载力抗震调整系数 $\gamma_{RE}$ 与《建筑桩基技术规范》JGJ 94 相应系数保持一致；对于市政及公路桥梁， $\gamma_R$ 和 $\gamma_{RE}$ 参数参照《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363、《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166 和《公路桥梁抗震设计规范》JTG/T 2231-01 执行。当地基内有液化土层时，抗震验算时液化土层的承载力应按照相应规范进行折减。

**5.3.3** 桩端后注浆预制桩作为新技术，目前工程经验较少，根据目前静载荷试验结果，偏于安全考虑，安全系数K取2.0。

**5.3.4** 桩端后注浆预制桩单桩竖向极限承载力计算公式参照《建筑桩基技术规范》JGJ 94 后注浆灌注桩单桩竖向极限承载力计算公式，桩周土极限摩阻力标准值与桩端极限端阻力标准值采用上海工程建设规范《地基基础设计标准》DGJ 08-11 表 7.2.4-1 预制桩相关参数。

桩端后注浆浆液通过渗透（粗粒土）和劈裂（细粒土）形式在桩端附近一定范围土体中扩散，从而起到加固作用。试验表明，浆液循桩侧向上扩散10m~12m的高度，对桩侧阻力起增强作用。这说明桩端注浆既增强端阻又使桩端以上一定范围的侧阻力得到增强。该现象均已通过开挖观察和桩身轴力测试得到证实。

本规程编制过程中，收集上海、肇庆、珠海、昆山、无锡、杭州等城市桩端后注浆预制桩静载荷试桩资料23份。根据本规程第5.3.4条的计算公式求得 $Q_{uk}$ ，其中 $q_{sk}$ 、 $q_{pk}$ 取勘察报告提供的经验值；增强系数 $\beta_{si}$ 、 $\beta_p$ 取本规范表5.3.4所列平均值，实测值 $R_{a实}$ 与计算值 $R_{a计}$ 散点图如图5.3.4所示。由图5.3.4可知，实测值基本位于45°线及45°线以上，即均高于或接近于计算值，表明桩端后注浆预制桩单桩竖向抗压极限承载力标准值按第5.3.4条计算的可靠性较高。由于试桩试验样本数量较少，该桩单桩竖向抗压极限承载力标准值应通过单桩静载荷试验确定。

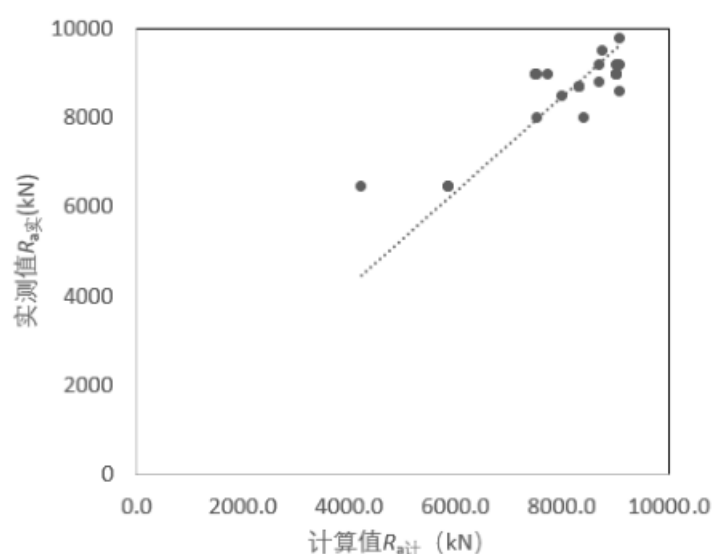


图 5.3.4 桩端后注浆预制桩单桩竖向抗压极限承载力实测值与计算值关系曲线

**5.3.5** 桩端后注浆预制桩桩身受压强度验算时，需要对桩身强度进行修正。桩身混凝土强度验算采用上海市工程建设规范《地基基础设计标准》DGJ 08-11 预应力桩身强度验算公式  $N \leq (0.75 \sim 0.85)f_c A_{ps} - 0.37A_p \sigma_{pc}$ ，本工程采用静压，取较低值。

## 5.4 桩端后注浆技术参数

**5.4.2** 单桩桩端后注浆量与桩长、桩径、桩端持力层渗透性和承载力增幅需求密切相关，可按公式（5.4.2）估算。桩长和桩径大、桩端附近土层渗透性强和承载力增幅需求高时，注浆量宜取高值。

**5.4.3** 渗透注浆是加固土层最有效的方法，因此桩端后注浆时应通过选择合适的水泥浆液水胶比，实现桩端渗透注浆。渗透系数不小于  $10^{-4}$  cm/s 土层为渗透性中等和强的土层，水泥浆液水胶比过大，水泥浆扩散范围太大，影响注浆效果；对于其它土层，水泥浆液水胶比过小，难以实现渗透注浆。因此应当根据桩端持力层及附近土层的渗透性选择合适的水泥浆液水胶比，可根据注浆影响深度范围内的不同土层渗透性，插值取水泥浆液水胶比。

**5.4.4** 注浆量是保证注浆加固效果的重要指标，桩端后注浆一定要保证设计注浆量；考虑土层的复杂性，当注浆量难以达到设计注浆量时，提

出注浆量和压力控制值。注浆过程中如果地面冒浆，应暂停注浆 15min，待水泥浆消散再注浆，同时控制注浆压力和注浆流量，直至完成设计的注浆量。

## 6 施工

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 专项方案内容应包括：施工工艺流程、施工方法、施工技术参数、施工安全技术措施、应急预案、工程监测要求等。

**6.1.2** 应采取措施控制振动、噪声、扬尘、废水、废弃物以及有毒有害物质对工程场地、周边环境和人身健康的危害。静力压桩过程可能会产生挤土效应，应根据地质情况、周边环境情况、成桩工艺等综合判断，必要时采取缓解挤土效应的措施，并对周边环境进行监测。

**6.1.3** 宜采用数字化、可视化、自动化机械设备对重要的施工过程进行实时监控，监控数据不可篡改、多方共享、可追溯，以便达到更好施工质量。

**6.1.5** 试桩数量视地质情况复杂程度宜为1根~3根。试桩时重点关注注浆过程，提前检验整个注浆管路中接头的密封性。

### 6.3 成桩施工

**6.3.1** 三种成桩工艺施工流程如下：

1 静压成桩施工工艺流程如图 6.3.1-1 所示：

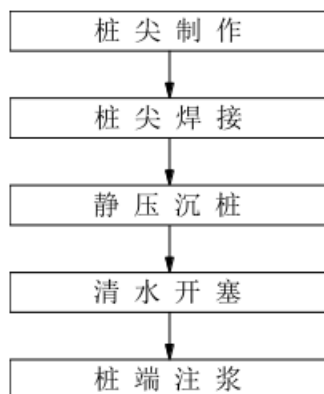


图 6.3.1-1 静压成桩施工工艺流程

2 搅拌植入成桩施工工艺流程如图 6.3.1-2 所示：

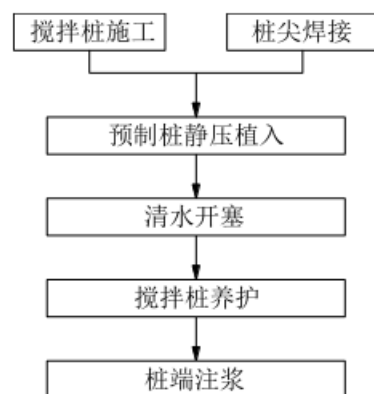


图 6.3.1-2 搅拌植入成桩施工工艺流程

3 引孔植入成桩施工工艺流程如图 6.3.1-3 所示

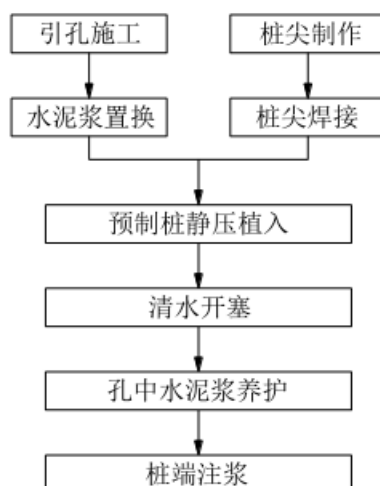


图 6.3.1-3 引孔植入成桩施工工艺流程

**6.3.2** 首节桩桩顶设置注浆管固定支架，是为了防止注浆管在吊运过程中晃动过大，造成注浆管与桩尖连接部位断裂（如图 6.3.2-1）。

非首节桩桩顶设置注浆固定支架，可以防止预制桩起吊后注浆管滑落。注浆管接管时可以将上节注浆管从挂钩中取出，方便连接操作（如图 6.3.2-2）。

注浆管不露出预制桩底端是为了防止注浆管折弯破坏（如图 6.3.2-3）。



图 6.3.2-1 注浆管侧向固定 图 6.3.2-2 注浆管顶端固定 图 6.3.2-3 注浆管外露易折

送桩器应做成中空式，便于注浆管延伸至地面。

**6.3.3** 搅拌桩施工是为了降低预制桩沉桩的挤土效应，其桩径略大于预制桩即可，避免影响桩端后注浆预制桩的承载力。

搅拌桩垂直度会影响植预制桩植入及其承载力，应严格控制。

预制桩桩底进入原状土一定深度，既保障了桩端持力层的强度，又降低了注浆时冒浆风险，从而保障预制桩的承载力。

搅拌桩水泥掺量和水胶比可根据预制桩埋深情况分段设置，浅部水泥掺量宜取低值，水胶比取高值；深部水泥掺量可取高值，水胶比取低值。

搅拌桩施工应符合现行行业标准《型钢水泥土搅拌墙技术规程》JGJ/T 199 第 5.3 节的相关要求。

**6.3.4** 若场地有难以穿越的砂、砾、碎石层等，静压成桩或搅拌植入成桩都非常困难，应采用引孔植入成桩工艺。

引孔直径和深度的选择以预制桩能穿越硬土层、其挤土效应得到有效控制、且其承载力不受影响为原则。

预制桩桩底进入原状土一定深度，既保障了桩端持力层的强度，又降低了注浆时冒浆风险，从而保障预制桩的承载力。

注浆管插入孔底置换是为了确保孔底泥浆置换充分。

## 6.4 桩端后注浆

**6.4.1** 注浆桩尖加工制作要点如下：

- 1 注浆桩尖为一种定制化产品，已获国家专利授权。
- 2 注浆桩尖为十字型钢桩尖，但在其基础上增加了注浆器、保护钢管及保

护钢管封头板，从而集穿越土层、注浆、止回等多种功能于一体。注浆桩尖结构巧妙、操作方便、成本低廉，使得预制桩桩端后注浆应用成为可能。通过桩端后注浆可以大幅提高承载能力，减少材料浪费，节约成本。注浆桩尖构造示意图详见图 6.4.1-1 所示。

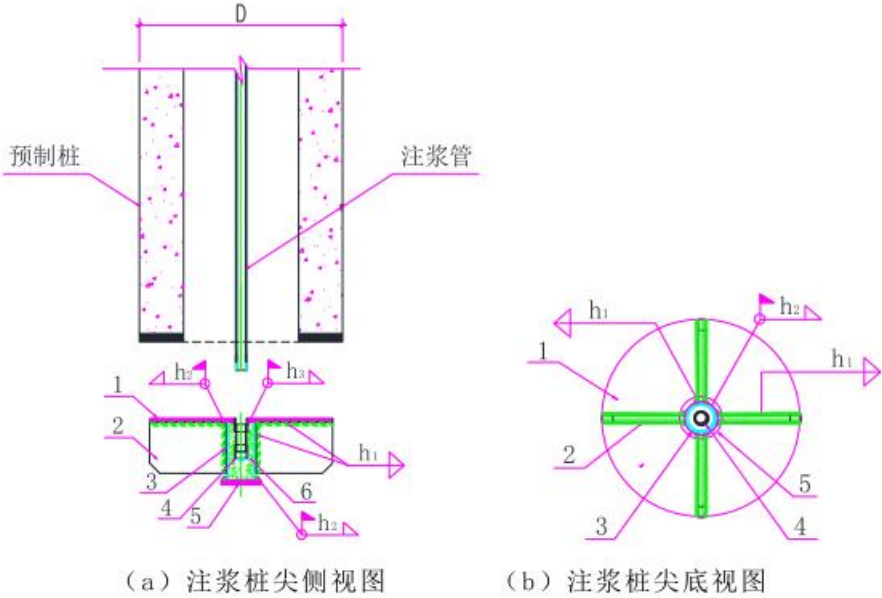


图 6.4.1-1 注浆桩尖构造示意图

1—桩尖底板；2—桩尖筋板；3—保护钢管（开出浆孔）；4—注浆器；5—保护钢管封头板；6—填充碎石

**3** 注浆器是一种气门芯式的定制化产品。注浆器本体由普通焊接钢管（俗称黑铁管）制成，上下端均连接一个直螺纹钢套筒；中段呈梅花状开设直径8mm的出浆孔，外包硬橡胶管；下端的直螺纹套筒拧入一个封堵头。注浆器构造示意图详见图 6.4.1-2 所示。

出浆孔的面积总和不应小于注浆器本体钢管的截面积。硬橡胶管可以承受1MPa 水压力。注浆时，在注浆压力作用下，橡胶管被撑开，浆液流出。注浆停止后，橡胶管在自身弹性和外围水土压力作用下，被压缩至紧贴注浆器本体钢管表面，从而阻止了浆液倒流。



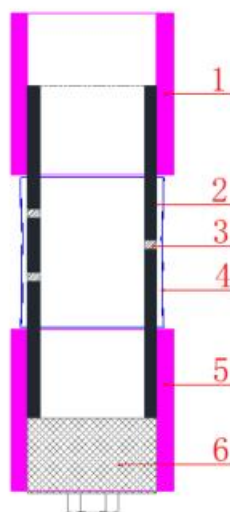


图 6.4.1-2 注浆器构造示意图

1—上端直螺纹钢套筒；2—注浆器本体钢管；3—本体钢管上开设的出浆孔；4—中段硬橡胶管；5—下端直螺纹钢套管；6—注浆器下端堵头

4 保护钢管内置注浆器，外侧与桩尖筋板焊接，顶端与桩尖底板焊接；保护钢管被筋板分隔为 4 个侧面，每个侧面开设 1 列不少于 4 个出浆孔，孔径宜为 8mm，出浆孔中心间距约 30mm。

5 注浆桩尖的组装流程如下：

- 1) 注浆器上端直螺纹套筒装入桩尖底板中心开孔，先点焊固定，然后取下注浆器，将套筒与桩尖底板焊接连接；
- 2) 保护钢管与桩尖底板焊接连接；
- 3) 筋板与保护钢管、桩尖底板焊接；
- 4) 注浆器装入保护钢管，拧入已与桩尖底板焊接的直螺纹套筒；
- 5) 在保护钢管内填充碎石，约占注浆器与保护钢管之间空腔体积的 4/5，碎石粒径不小于出浆孔直径；
- 6) 焊接保护钢管的封头板，至此注浆桩尖组装完成。

6.4.2 注浆桩尖安装要点如下：

1 工程桩大面积施工时，注浆桩尖宜在预制桩吊装就位前与桩端板焊接完成，这样桩尖安装就不占用预制桩沉桩的绝对工期，利于穿插提效。

2 注浆桩尖安装前，应先进行通清水检验，主要目的是检验注浆管、注浆器、出浆孔等是否畅通；通水检验采取抽检方式，抽检比例不应低于总量的 1% 且不少于 3 个。

3 在预制桩平躺在地面的情况下，将注浆管穿入预制桩空腔内，与桩尖相

连接，连接时丝牙应缠生胶带，确保接头处不漏浆；

注浆桩尖与预制桩端板的焊接应满焊，确保不漏水、不漏浆。注浆时浆液压力较大，若不满焊、存在渗漏问题，则浆液可能溢流到了预制桩空腔内，影响注浆加固效果。

#### **6.4.3 注浆管安装要点如下：**

1 注浆管选用黑铁管，主要是因为其成本相对较低，也可以选用其他同规格的钢管，或者钢丝编织胶管。

2 注浆管若为硬管，注浆管对接时宜通过直螺纹钢套筒连接，钢套筒长度不小于 40mm，一端拧入的丝扣长度不应小于 20mm，主要目的为确保连接的可靠性。连接套筒禁用生铁管箍，其材料脆性大、易断裂。

3 注浆管若采用钢丝编织胶管，钢丝编织胶管连接的接头应采用专用接头；钢丝编织胶管最底部与注浆桩尖连接的接头，以及最顶部的接头，均应采用丝扣形式；中间的连接接头可采用丝扣形式，也可以采用快速接头。

4 注浆管一般应提前放入预制桩空腔内，随每节预制桩同步吊装、就位、连接，因此注浆管需根据每节预制桩的长度进行配置；

首节桩注浆管底端已与注浆桩尖连接，注浆管高出预制桩顶面约 200mm，主要是方便和上节注浆管的连接操作。

中间节桩注浆管长度虽然与预制桩相等，但是当预制桩和注浆管均对接完成后，注浆管的顶面仍然是高出预制桩顶面约 200mm，再和上节注浆管连接时依然操作方便。

若桩顶设计标高位于地面以下，为方便注浆，则末节桩注浆管应配至地面。另外，沉桩结束后，泥土会流入空孔段；同时地面也会有车辆等行走；若空孔段注浆管为硬管，则很容易损坏，所以建议空孔段注浆管选用钢丝编织胶管。

#### **6.4.4 开塞要点如下：**

沉桩到位后桩端土体被挤压密实，同时注浆桩尖也受土体挤压，此时开塞是指通过压注清水打通注浆通道。

1 开塞一般在沉桩到位后 24h 内完成，宜选用清水开塞，清水水质同水泥浆拌合用水。

2 根据目前十余个试桩和工程应用项目经验，清水开塞的压力比正式注浆时压力大，大部分情况下约 6MPa~9MPa。为方便管路打通，建议采用大压力、大流量进行开塞。

3 根据目前项目经验，整个开塞过程中，开塞压力随着压注量的增加持续升高到某一峰值，一旦注浆通道打通，压力立即下降到 1MPa~2MPa，说明此时已开塞成功，此时可立即停止开塞。

#### 6.4.5 浆液制备要点如下：

水泥浆浆液的制备、质量关系着桩基的施工质量和承载能力，因此应重点关注：

1 专用的制备装置有利于确保浆液的配置质量，比如浆液的水胶比、搅拌充分程度、泵吸效率等。配置好的浆液仍需持续搅拌。严禁在地面挖坑作为容器盛放浆液，否则随着水的渗透流失，浆液的水胶比难以控制。

2 浆液设计有明显的水胶比，每一桶浆液所需原材料均应精确计量，才能确保水胶比准确。尽量采用智能计量系统，规避人为操作的误差、失误带来的质量风险。

3 浆液在拌合的过程中，若搅拌不充分，水泥很容易结团；而注浆器和保护钢管的出浆孔直径均只有 8mm，若不采取过滤措施，则很容易造成堵塞，甚至导致注浆失败。

#### 6.4.6 注浆要点如下：

1 采用静压成桩工艺时，因桩端和桩侧均处于被挤密的原状土中，土体与预制桩紧密相接，故开塞后可立即注浆。

2 当采用搅拌植入或引孔植入工艺时，桩侧大部分为受到搅拌或置换的非挤密的原状土，相当于存在软弱界面/土层。在注浆压力作用下，该软弱界面/土层很容易被击穿，出现跑浆问题，影响注浆效果，故一般选择在成桩 3d~7d 后，即待软弱界面/土层硬化一定程度后进行注浆。

3 因为注浆量直接影响桩的承载能力，所以为准确记录每根桩的注浆量，要求针对每根桩独立制备浆液、独立注浆，避免多桩混用。

4 桩端后注浆以注浆量控制为主、压力控制为辅。特定土层的加固程度主要取决于注浆量的多少，因此一定要保证注浆量满足设计要求。

5 为达到渗透为主、劈裂为辅的注浆特点和效果，要求注浆时采用低压、小流量。压力和流量过大很容易导致劈裂注浆、浆液扩散得太远，影响加固效果；若压力过小，说明此时浆液在地层中渗透过快，此时应调整浆液配比，减少浆液的水胶比，降低浆液的扩散速度，确保注浆效果。

6 地面冒浆时，暂停注浆约 15min，让桩端土层的水泥浆渗透、扩散。再

次注浆时采用低流量注浆，有利于保证注浆效果。

**7** 设定终止注浆标准，是为了实现预定的注浆效果。

## **7 质量检查和验收**

### **7.1 一般规定**

**7.1.4** 除水泥系注浆料外，众多其他类注浆料或混合料在实际工程中有着较多的应用并取得不错的效果，其质量检验应符合相关标准。

### **7.2 施工前检验**

**7.2.3** 注浆桩尖对注浆质量至关重要，其与工艺的适配性应有一定的试验基础，不得现场制作注浆桩尖。注浆桩尖构造是保证注浆开塞、防止堵管的关键，现场应按图纸要求进行检查。注浆器作为关键部件整合在注浆桩尖中，需在使用前按要求进行通水检验，以确保注浆效果。

### **7.3 施工检验**

**7.3.1** 开塞压力是判断注浆通道是否打通的重要依据，注浆量及注浆压力是保证注浆质量、判断注浆程度的关键指标，施工过程中应予以控制。

### **7.4 施工后检验**

**7.4.2** 施工控制对后注浆工艺尤为重要，本条强调作为永久工程桩应进行承载力检验，检测数量可根据设计要求确定，但不得低于现行行业标准。