

天津市工程建设标准



DB/T 29-293-2021

备案号: J16245-2022

天津市钻孔灌注桩施工技术规范

Technical specification for construction of

bored cast-in-place pile in Tianjin

2022-01-27 发布

2022-04-01 实施

天津市住房和城乡建设委员会 发布

天津市工程建设标准

天津市钻孔灌注桩施工技术规范

Technical specification for construction of
bored cast-in-place pile in Tianjin

DB/T29-293-2021

J16245-2022

主编单位：天津市博川岩土工程有限公司

天津市勘察设计院集团有限公司

批准部门：天津市住房和城乡建设委员会

实施日期：2022 年 04 月 01 日

2022 天津

天津市住房和城乡建设委员会文件

津住建设[2022]7 号

市住房城乡建设委关于发布《天津市钻孔 灌注桩施工技术规程》的通知

各有关单位：

根据《市住房城乡建设委关于下达 2019 年天津市建设系统工程建设地方标准编制计划的通知》（津住建设〔2019〕27 号）要求，天津市博川岩土工程有限公司、天津市勘察设计院集团有限公司等单位编制完成了《天津市钻孔灌注桩施工技术规程》，经市住房城乡建设委组织专家评审通过，现批准为天津市工程建设地方标准，编号为 DB/T29-293-2021，自 2022 年 4 月 1 日起实施。

各相关单位在实施过程中如有意见和建议，请及时反馈给天津市博川岩土工程有限公司、天津市勘察设计院集团有限公司。

本规程由天津市住房和城乡建设委员会负责管理，天津市博川岩土工程有限公司、天津市勘察设计院集团有限公司负责具体技术内容的解释。

天津市住房和城乡建设委员会
2022 年 1 月 27 日

前言

根据《市住房城乡建设委关于下达 2019 年天津市工程建设地方标准编制计划的通知》（津住建设[2019]27 号）要求，天津市博川岩土工程有限公司、天津市勘察设计院集团有限公司会同有关勘察、设计、施工、检测、研究和教学等单位，在广泛深入调研，认真总结实践经验，参考相关标准和借鉴成熟经验的基础上，制定本规程。

本规程共分 10 章，主要技术内容有：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.成孔；5.清孔；6.钢筋笼制作与安装；7.混凝土灌注；8.后注浆施工；9.质量检查与验收；10.施工安全与环境保护。

本规程由天津市住房和城乡建设委员会负责管理，天津市勘察设计院集团有限公司、天津市博川岩土工程有限公司负责具体技术内容的解释。各有关单位和人员在执行本规程过程中，如有意见和建议，请寄至天津市博川岩土工程有限公司（地址：天津市津南区梨双路达港南路 2 号，邮编：300350，E-mail: bochuanyantu@163.com），以供今后修订时参考。

本规程主编单位：天津市博川岩土工程有限公司
天津市勘察设计院集团有限公司

本规程参编单位：天津大学
天津市市政工程设计研究院
天津市建筑科学研究院有限公司
中国建筑第八工程局有限公司
天津泰勘工程技术咨询有限公司
天津市天勘建筑设计院
天津建城基业集团有限公司

本规程主要起草人员：周玉明 李连营 汪 勇 杨金瑞 房立兴
刘月辉 赵兴中 王宝德 王成华 刘永超
孙怀军 李玉龙 王欣华 康和勇 康宪泉
符亚兵 许 洁 李艾华 任彦华 刘秀凤
路 清 蔡克俭 张春增 王晓建 李 斌
刘文渊

本规程主要审查人员：胡德均 王存贵 杨少元 黄 健 左克伟
李 军 潘家明

目 次

1	总则	1
2	术语、符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	6
4	成孔	8
4.1	一般规定	8
4.2	正循环成孔	10
4.3	反循环成孔	12
4.4	旋挖成孔	13
5	清孔	15
5.1	一般规定	15
5.2	正循环清孔	16
5.3	反循环清孔	17
6	钢筋笼制作与安装	19
6.1	一般规定	19
6.2	钢筋笼制作	20
6.3	钢筋笼安装	22
7	混凝土灌注	24
7.1	一般规定	24
7.2	混凝土灌注	26

8	后注浆施工	29
8.1	一般规定	29
8.2	设备与装置	29
8.3	后注浆施工	31
9	质量检查与验收	34
9.1	一般规定	34
9.2	质量检测	35
9.3	质量验收	37
10	施工安全与环境保护	39
10.1	施工安全	39
10.2	环境保护	40
	附录 A 钻孔灌注桩施工记录表.....	41
	附录 B 天津市影响钻孔灌注桩施工的土层及注意事项.....	42
	附录 C 常见问题原因及处理方法.....	44
	附录 D 桩端后注浆施工记录表.....	50
	本规程用词说明	51
	本规程引用标准名录	52
	条文说明	53

Contents

1	General.....	1
2	Terms and symbols	2
	2.1 Term	2
	2.2 Symbol.....	3
3	Basic regulations	6
4	Drilling	8
	4.1 General requirements	8
	4.2 Direct circulation drilling	10
	4.3 Reverse circulation drilling	12
	4.4 Rotary drilling	13
5	Hole cleaning	15
	5.1 General requirements	15
	5.2 Direct circulation hole cleaning	16
	5.3 Reverse circulation hole cleaning	17
6	Fabrication and emplacement of steel reinforcement cage	19
	6.1 General requirements	19
	6.2 Fabrication of steel reinforcement cage	20
	6.3 Emplacement of steel reinforcement cage.....	22
7	Concrete pouring.....	24
	7.1 General requirements	24
	7.2 Concrete pouring	26
8	Post grouting construction	29
	8.1 General requirements	29
	8.2 Equipment and devices	29
	8.3 Post-grouting construction	31
9	Quality Inspection and acceptance	34
	9.1 General requirements	34
	9.2 Quality inspection	35
	9.3 Quality acceptance	37

10	Construction safety and environmental protection	39
10.1	Construction safety	39
10.2	Environmental protection.....	40
Appendix A	Construction record form of bored cast-in-place pile	41
Appendix B	Soil layers and precautions affecting the construction of bored cast-in-place pile in Tianjin	42
Appendix C	Causes and treatment methods of common problems.....	44
Appendix D	Post-grouting construction record form of pile tip	50
	Explanation of Wording in This Specification	51
	List of Quoted Standards	52
	Explanation of Articles	53

1 总则

1.0.1 为了使天津市钻孔灌注桩施工做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量和保护环境，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于天津市建筑工程和市政工程的泥浆护壁钻孔灌注桩施工。

1.0.3 钻孔灌注桩施工应坚持因地制宜、保护环境和节约资源的原则。

1.0.4 在天津市范围内的建筑工程和市政工程钻孔灌注桩施工，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家、行业和天津市现行有关标准和规范的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 钻孔灌注桩 bored cast-in-place pile

采用机械钻进成孔，并在其内安装钢筋笼、灌注混凝土，成型后具有一定承载能力的承载构件。

2.1.2 泥浆 slurry

泥浆是黏土微小颗粒在水中分散、并与水混合形成具有护壁、携渣、堵漏、冷却钻头等作用的半胶体悬浮液。

2.1.3 原土造浆法 the method of natural soil slurry

在钻进过程中通过加水使原状土分散在水中产生泥浆的方法。

2.1.4 人工造浆法 the method of artificial slurry

采用人工或搅拌机将黏土分散在水中，并根据需要加入添加剂或化学处理剂制造泥浆的方法。

2.1.5 泥浆相对密度 the relative density of slurry

即泥浆比重，泥浆的密度与水在 4℃时密度的比值。

2.1.6 泥浆黏度 slurry viscosity

描述泥浆流动性能的物理指标。

2.1.7 含砂率 sand content ratio

泥浆中大于等于 0.075mm 的非粘性土占泥浆总体积的百分含量。

2.1.8 沉渣 sediment

钻孔灌注桩成孔后，沉积于孔底的非原状沉淀颗粒（物）。

2.1.9 正循环 direct circulation

泥浆经钻杆、钻具或附着管路进入孔底，然后将土层颗粒从钻杆钻

具与孔壁之间的空隙携带返回地面的循环方式。

2.1.10 反循环 reverse circulation

泥浆由孔口经钻杆、钻具与孔壁之间的空隙流入孔底，经泵吸、气举等方式将土层颗粒从钻具、钻杆中抽返至地面的循环方式。

2.1.11 护筒 pile casing

为防止孔口土层和颗粒坍塌、坠落至孔内而在孔口设置的围护装置。

2.1.12 稳定液 stabilizing fluid

用于保持孔壁稳定的液体。

2.1.13 一次清孔 the first round hole cleaning

钻具钻至设计标高后使用泥浆进行循环置换，并随之将孔底钻渣携带出孔口的一道工序。

2.1.14 二次清孔 the second round hole cleaning

灌注导管安装完毕后，使用满足要求的泥浆进行循环置换，并将孔底沉渣携带出孔口、使沉渣厚度满足规范要求的一道工序。

2.1.15 隔水塞 plug

为积聚初灌混凝土而置于集料斗下口或导管内的球状、柱状或锥状体。

2.1.16 充盈系数 fulling coefficient

桩孔内实际灌注的混凝土体积与设计桩身体积（含预留桩身长度的体积）之比。

2.1.17 后注浆灌注桩 post-grouted cast-in-place pile

混凝土浇筑完成后一段时间内，通过预先埋设在桩身内的注浆管和注浆阀，对桩端或桩侧土体进行高压注入水泥浆所形成的灌注桩。

2.2 符号

2.2.1 成孔

D ——灌注桩设计桩径；

H ——桩基施工面至设计桩顶的距离，即桩顶埋深。

2.2.2 清孔

d_t ——灌注导管内径；

H_q ——气水混合器底部到孔内泥浆液面的深度；

P ——气举反循环清孔送风压力；

P_s ——供气管道压力损失；

Q ——气举反循环清孔所需风量；

v ——导管内混合液上升速度；

γ_s ——泥浆相对密度。

2.2.3 钢筋笼制作与安装

d ——钢筋直径。

2.2.4 混凝土灌注

$f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值；

$f_{cu,min}$ ——同一检验批混凝土立方体抗压强度的最小值；

m_{fcu} ——同一检验批混凝土立方体抗压强度的平均值；

S_{fcu} ——同一检验批混凝土立方体抗压强度标准差；

λ_1 、 λ_2 ——混凝土试件合格判定系数；

V ——混凝土初灌量；

k ——混凝土充盈系数；

h ——孔深；

h_1 ——导管与桩孔内混凝土面的高差；

h_2 ——初灌混凝土下灌后导管外混凝土面高度；

ρ_w ——泥浆密度；

ρ_c ——混凝土密度。

2.2.5 后注浆施工

α_p ——桩端注浆量经验系数；

α_s ——桩侧注浆量经验系数；

G_c ——注浆量，以水泥质量计；
 n ——桩侧注浆断面数。

3 基本规定

3.0.1 钻孔灌注桩施工前应按有关规范、标准和设计文件要求编制施工方案。施工方案编制前应熟悉施工图、工程地质和水文地质等资料，并应对施工现场及周边进行踏勘，充分了解场地条件和周边环境。

3.0.2 钻孔灌注桩施工前应做好下列工程资料准备工作：

- 1 施工图纸及图纸会审资料等；
- 2 场地工程地质及水文地质资料；
- 3 建筑场地和邻近区域内的设施、地下管线、地下建（构）筑物等埋藏情况及施工现场上空架空管线的调查资料；
- 4 定位测量的基准点位置、坐标及高程等；
- 5 进场的钢筋、混凝土和水泥等材料的产品合格证和质量检验报告；
- 6 编制施工方案。

3.0.3 施工前应完成技术交底工作。施工中应严格落实各工序的质量控制，并及时验收，验收合格后方可进行下道工序施工。

3.0.4 当孔深小于 60m 时，可采用正循环成孔、清孔；孔深 60m~80m 时，宜采用反循环成孔、泵吸反循环清孔；孔深大于 80m 时，宜采用反循环成孔、气举反循环清孔。在有技术经验和措施可靠条件下，也可采用正循环成孔、反循环清孔。

3.0.5 采用旋挖工艺时，宜采用稳定液护壁的湿作业旋挖成孔。

3.0.6 正式施工前宜进行试成孔，数量不宜少于 2 个，并进行超声波成孔检测。对工程地质条件复杂、重要建筑物桩基、超长桩，应按设计要求进行试成孔。

3.0.7 后注浆施工应确保注浆设备和装置符合要求，并应严格控制注浆起止时间、注浆顺序、注浆压力、浆液流量和注浆量，以及对周边成孔、成桩的保护。

3.0.8 蓟州山区、滨海新区等特殊土地地区的钻孔灌注桩施工，应根据地质条件的特点，选择合理的施工工艺和参数。

3.0.9 水上钻孔灌注桩施工，宜根据水文、气象和通航等条件，采取必要措施以确保桩基施工安全和施工质量。在浅水区域或流速较慢的水域施工时，宜采用围堰或筑岛方法构筑作业场地，作业场地高出施工期间可能出现的最高水位不宜小于 0.5m；在深水区、流速较快或水底淤泥层较厚的水域施工时，宜搭设牢固稳定的施工平台。

3.0.10 钻孔灌注桩施工应严格执行职业健康安全和环境保护的有关规定，配备劳动保护用品，做好扬尘控制、废弃泥浆和渣土的清运或处理等工作。

3.0.11 施工中应及时做好施工记录，确保数据真实、准确、全面。施工记录应按本规程附录 A 进行填写。必要时，留存影像资料。

3.0.12 施工单位应按现行地方标准《天津市建筑工程施工质量验收资料管理规程》DB/T29-209 的有关规定，在桩基工程施工质量验收过程中提供真实、有效、完整的工程资料。

4 成孔

4.1 一般规定

4.1.1 成孔前应做好下列现场准备工作：

- 1 桩位处地下障碍物的清除和施工作业区场地的平整；
- 2 桩基施工的供水、供电、道路、排水、材料堆场、加工场地和泥浆循环系统等设施；
- 3 成桩机械现场调试合格，确保正常运转；
- 4 防火、防雨、防风和环境保护措施，以及安全防护用品；
- 5 施工现场硬化；
- 6 现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 规定和其他必要的准备工作。

4.1.2 成孔前应根据建设单位提供的测量控制点做好定位测量、引测和复核工作，依据设计图纸测放桩位，做好标识，经监理验收合格后方可施工。群桩桩位放样允许偏差应不大于 20mm，单桩桩位放样允许偏差应不大于 10mm。

4.1.3 成孔工艺应根据工程特点、场地条件、设计要求、地质情况、设备性能和桩顶埋深等综合考虑、合理选择。

4.1.4 钻头直径应根据设计桩径、地质条件和成孔工艺等合理选定，保证成孔直径必须达到设计桩径。开钻前应检查钻头直径。

4.1.5 成孔前应在孔口埋设护筒。护筒的制作和埋设应符合下列规定：

- 1 护筒宜采用 4mm~10mm 钢板卷制，具有足够的刚度和强度，护筒内径大于钻孔直径不宜小于 200mm，上部应设 1~2 个溢浆孔，

并设有防护筒下窜措施；

2 护筒中心与桩位中心的偏差不应大于 50mm，并保持护筒垂直偏差不大于 1%；

3 护筒埋设深度不应小于填土厚度，以护筒底口进入较好土层深度不宜小于 0.2m，护筒上口宜高出地表 0.2m~0.3m；

4 护筒周围应采用黏性土分层、均匀回填并压实；

5 水上灌注桩施工中，护筒底端埋置深度不宜小于 1.0~1.5 倍桩径，对于深水域、砂性土或存在较厚淤泥层时，应加大埋置深度；对于有冲刷影响的区域，护筒底端应进入冲刷线以下 1.0~1.5 倍桩径；护筒长度超过 20m 时，护筒直径和护筒中心偏差可在本条第 1~2 款的基础上适当加大；

6 受水位涨落影响的水域，护筒上口应固定牢靠，且应高出最高水位 1.5m~2.0m。

4.1.6 成孔时钻机定位应准确、水平、稳固，确保成孔过程中不发生倾斜或偏移，钻头中心与设计桩位中心偏差不应大于 20mm。钻机定位时，钻杆与钻头中心线应始终保持在同一铅垂线上。

4.1.7 护壁泥浆可采用原土造浆。对不适用原土造浆的地层或工艺有特殊要求时，可采用人工造浆。对软塑或流塑的淤泥质土、较厚粉土粉砂等易坍塌地层，应提高泥浆相对密度；滨海新区冲填土和古河道区，应根据试成孔结果调整钻头直径、钻进参数和泥浆指标。泥浆性能指标应符合表 4.1.7 的规定。

表4.1.7 制备泥浆的性能指标

项目	成孔工艺	指标值		常用检验仪器
相对密度	正循环	一般地层	1.05~1.20	泥浆密度计
		易坍塌地层	1.20~1.45	
	反循环	一般地层	1.02~1.06	
		易坍塌地层	1.06~1.10	

	旋挖(湿作业)	一般地层	1.05~1.15	
黏度		18s~28s		漏斗式泥浆黏度计
含砂率		≤4%		洗砂瓶
PH 值		7~11		PH 试纸

4.1.8 成孔过程中，应保持孔内泥浆液面稳定。钻进过程中应根据土层情况按表 4.1.7 的规定调整泥浆指标，松软和易坍塌土层泥浆指标宜按表 4.1.7 规定值的上限取用。

4.1.9 成孔至设计深度后，应按设计要求进行成孔检测，符合要求后，方可进行下道工序施工；不符合要求时，应分析原因，采取相应处理措施。

4.1.10 成孔施工应一次不间断完成，不得无故停钻。成孔完毕至灌注混凝土的间隔时间不宜大于 12 小时；超过 12 小时，应重新进行桩孔的质量检测，并依据检测结果决定进行下道工序或采取措施。

4.1.11 灌注桩的桩径、垂直度及孔深允许偏差应符合表 4.1.11 的规定。“单柱单桩”基础设计方案等对垂直度和桩位允许偏差有特殊要求的灌注桩，应按设计要求执行。

表4.1.11 灌注桩成孔施工允许偏差

桩径允许偏差 (mm)	垂直度允许偏差	孔深允许偏差 (mm)
≥0	≤1/100;	0~300

4.1.12 多台钻机同时施工时，相邻两钻机不宜距离太近，以免相互干扰。混凝土灌注完成不足 36 小时的桩周 4 倍桩径范围内，不应进行成孔作业。

4.1.13 影响钻孔灌注桩施工质量的土层及注意事项可按本规程附录 B 执行。

4.2 正循环成孔

4.2.1 正循环钻进成孔设备应符合下列规定：

- 1 成孔设备应具备足够的功率和扭矩；
- 2 钻杆的性能和刚度、泥浆泵与管路的选择应与成孔要求相匹配。

4.2.2 正循环泥浆系统的设置和使用应符合下列规定：

- 1 宜采用泵送回灌式循环系统；
- 2 泥浆循环系统应由泥浆池、沉淀池、循环槽、泥浆泵、除渣器等设施设备组成，并应设有排水、清洗、排渣等设施；
- 3 循环槽截面应保证泥浆正常循环而不外溢；
- 4 泥浆池宜设在地势较低处，且不应设在易渗漏新回填的土层上，当不能避免时可采取铺设不透水布或其他防渗漏浆措施；
- 5 泥浆循环槽、泥浆池和沉淀池应经常疏通、清理，清理出的泥渣应集中妥善处置。

4.2.3 正循环钻进成孔操作应符合下列规定：

- 1 开钻前，应先开泵在护筒内灌满泥浆，然后开机钻进；
- 2 开钻时，应先轻压慢转并控制泵量，逐渐加大转速和钻压；
- 3 加接钻杆或暂停钻进时，应先将钻具提离孔底 0.2m~0.3m，待泥浆循环 2~3 分钟后，再拧卸接头加接钻杆；
- 4 正常钻进时，应合理控制钻进参数，及时排渣；应掌握好起重滑轮组钢丝绳和水龙带的松紧度，减少晃动；在易坍塌地层中钻进时，应适当加大泥浆的相对密度和黏度；
- 5 钻进中遇到异常情况，应停机检查，查出原因，进行处理后方可继续钻进。正循环成孔常见问题原因及处理方法可按本规程附录 C 中表 C.0.1 执行。

4.2.4 正循环成孔应根据泥浆补给及排渣情况控制钻进速度，在淤泥和淤泥质土中钻进速度以 0.6m/min~0.8m/min 为宜，且不应大于 1.0m/min；在黏性土及砂土层中钻进速度以钻机不发生跳动、钻孔不产生偏斜为准，一般以 0.4m/min~0.7m/min 为宜。

4.2.5 潜水钻机的钻头上应有不小于 3D 长度的导向装置；利用钻杆加压的正循环回转钻机，在钻具中应加设扶正器。

4.2.6 如在钻进过程中发生斜孔、塌孔和护筒周围冒浆、失稳等现象时，应立即停钻，待采取相应措施后再进行钻进。

4.3 反循环成孔

4.3.1 反循环钻进成孔设备应符合下列规定：

1 成孔设备应有足够的功率和提升力，回转钻机应具备足够的扭矩；

2 钻杆的性能应满足相应成孔孔径、孔深和不同地层中钻进工艺的要求；

3 砂石泵选型应根据设计桩径、地层、成孔工艺、钻进速度、泵量大小等因素选择。

4.3.2 反循环泥浆循环系统的设置和使用应符合下列规定：

1 泥浆循环系统应由泥浆池、沉淀池、循环槽、砂石泵、除渣器等设施设备组成，并应设有排水、清洗、排放废浆等设施；

2 地面循环系统可根据现场条件、地层和设备情况选择自流回灌式或泵送回灌式；

3 泥浆池、沉淀池设置位置及构筑要求应符合本规程 4.2.2 条中 3~5 款的规定。

4.3.3 反循环钻进成孔操作应符合下列规定：

1 开钻前，应对钻机、钻具和泵组等进行检查，确保吸水系统连接严密、牢固和通顺；

2 开钻时，应在蓄浆状态下开启砂石泵，待泵组启动并形成正常反循环后，才能钻进。开始时应先轻压慢钻，进入正常钻进后，可逐渐增大转速，调整钻压，以不造成钻头吸渣口堵塞为限；

3 加接钻杆或暂停钻进时，在钻具停止回转后仍要维持反循环 2~3 分钟，待吸到钻杆内的钻渣全部排出地表后再停泵和进行下一步操作；

4 正常钻进时，注意观察排渣的种类、形状、大小等，判断地层情况和钻进动态，合理调整和控制钻进参数；

5 钻进中若遇到故障或异常情况，应停机检查，分析查找原因，进行处理后方可继续钻进。反循环成孔常见问题原因分析及处理方法可按本规程附录 C 中表 C.0.2 执行。

4.3.4 反循环钻进成孔过程控制应符合下列规定：

1 反循环回转钻机在蓟州山区等碎石风化岩层或含有结核体土层中钻进时，渣块最大直径不宜超过钻头吸渣口的 2/3；

2 根据不同地层调整泥浆参数，钻进过程必须连续循环；

3 在松散地层中，应根据泥浆冲洗及钻渣排除情况，调整钻压；在硬层中钻进，必要时可配置加重块，提高钻压；

4 反循环成孔孔内的水头压力大于地下水的水压力不宜少于 20kPa；

4.3.5 反循环钻进成孔应通过钻压、钻头转速和泵量控制钻进速度，以 0.1m/min~0.4m/min 为宜。

4.4 旋挖成孔

4.4.1 旋挖成孔宜用于填土、黏性土、粉土、砂土、碎石土、软岩及风化岩等岩土层。古河道、厚层淤泥质土等特殊地质条件下，应根据试成孔情况采取防止塌孔、缩径措施。

4.4.2 旋挖成孔设备应符合下列规定：

1 应配备用于施工的仪器仪表、器具，其性能指标应符合国家现行相关标准的规定，并在检定有效期内；

2 应根据地质条件及桩型尺寸选择不同类型的钻机、钻具、钻杆和加压方式；

3 应设有钻头保护装置，钻具及各连接部件应确保安全可靠。

4.4.3 旋挖钻机成孔配制的稳定液应符合下列规定：

1 现场应设置稳定液池，且容积不应小于单桩成孔体积 2 倍；

2 现场应配备稳定液搅拌设备和稳定液测试仪器；

3 应根据地质条件合理配制稳定液，必要时掺入分散剂、增黏剂、堵漏剂和增重剂等处理剂；

4 若采用其他钻孔桩泥浆作为稳定液时，应对泥浆性能进行改良与测试，满足要求后方可使用。

4.4.4 旋挖钻进成孔应符合下列规定：

1 成孔过程中应保持桩机稳定，钻杆垂直度符合要求；

2 应根据地层变化及时调整钻进速度、钻进压力和旋转速度；

3 应控制钻斗的升降速度，并应及时注入稳定液以维持孔内液面稳定；

4 应采用跳挖方式成孔，钻斗卸出的土距离孔口的距离不应小于 6m，并及时清除；

5 达到设计深度，应清除孔内虚土。

5 清孔

5.1 一般规定

5.1.1 钻孔灌注桩清孔应分两次进行。一次清孔应在成孔完毕后立即进行；二次清孔应在钢筋笼和灌注导管安装完成后、混凝土灌注前进行。

5.1.2 清孔方法应根据桩孔规格、设计要求、地质条件以及成孔工艺匹配等因素合理选择。常用的清孔方法有正循环清孔和反循环清孔。当正循环清孔泵量不足、泥浆上返速度不能满足要求时，可采用反循环清孔。

5.1.3 二次清孔时，用于置换孔内泥浆所采用的循环泥浆，其性能指标应符合表 5.1.3 的规定。

表 5.1.3 循环泥浆性能指标及检测方法

项目		指标值	检测仪器
相对密度	一般地层	1.05~1.20	泥浆密度计
	易坍塌地层	1.20~1.40	
黏度		18s~28s	漏斗式泥浆黏度计
含砂率		≤6%	洗砂瓶

5.1.4 二次清孔结束后测定泥浆指标和孔底沉渣厚度，应符合表 5.1.4 的规定。

表 5.1.4 二次清孔后泥浆和孔底沉渣厚度指标及检测方法

项目		技术指标	检测方法
相对密度	一般地层	1.10~1.25	泥浆密度计
	易坍塌地层	1.25~1.40	

黏度		18s~28s	漏斗式泥浆黏度计
含砂率		≤8%	洗砂瓶
沉渣厚度	端承型桩	≤50mm	测锤或沉渣测定仪
	摩擦型桩	≤100mm	
	抗拔、抗水平力桩	≤200mm	

5.1.5 二次清孔结束后，孔内应保持水头高度，并应在 30 分钟内灌注混凝土。清孔结束超过 30 分钟未进行灌注的，应在灌注前重新清孔。

5.1.6 用于检测沉渣厚度的测锤，上部应设有系绳环扣，重量宜为 1.0kg~1.2kg，测锤长度宜为 130mm，直径宜为 40mm~50mm。

5.1.7 钻孔达到设计深度时，应采用清孔钻头进行清孔，并满足本规范第 5 章的相关要求。

5.2 正循环清孔

5.2.1 桩径不大于 1200mm 或孔深小于 60m 的钻孔灌注桩可采用正循环清孔工艺。

5.2.2 正循环一次清孔时，应符合下列规定：

1 清孔前，宜先将钻头提离孔底 0.2m~0.3m 的距离，保持钻头轻压慢转的同时输入循环泥浆；

2 桩径小于 800mm 时，一次清孔时间不宜小于 20 分钟；桩径大于等于 800mm 时，一次清孔时间不宜小于 30 分钟。

5.2.3 正循环二次清孔时，应符合下列规定：

1 桩径小于 800mm 时，二次清孔时间不宜小于 15 分钟；桩径大于等于 800mm 时，二次清孔时间不宜小于 20 分钟；

2 当孔径大于 800mm 时，清孔中应上下、左右移动导管位置，提高清孔效率。

5.3 反循环清孔

5.3.1 桩径大于 1200mm 或孔深 60m~80m 的钻孔灌注桩可采用泵吸反循环清孔；桩径大于 1200mm 或孔深大于 80m 的钻孔灌注桩可采用气举反循环清孔。

5.3.2 泵吸反循环清孔时，应符合下列规定：

1 泵吸反循环的一次清孔，应将钻头提离孔底 0.5m~0.8m，利用钻具空转，输入循环泥浆进行清孔，一次清孔时间不宜少于 30 分钟；

2 泵吸反循环的二次清孔，可利用混凝土灌注导管进行。当孔径大于 800mm 时，清孔中应上下、左右移动导管位置，提高清孔效率。

3 砂石泵的排量应根据孔径、地层情况及泥浆输入量综合确定。

5.3.3 气举反循环清孔的主要机具设备包括空压机、储气罐、灌注导管、送风管和气水混合器等，其中储气罐容积不应小于 2m^3 。

5.3.4 气举反循环清孔的风压可按式 5.3.4 进行估算。

$$P = \gamma_s \cdot \frac{H_q}{100} + P_s \quad (5.3.4)$$

式中：P——气举反循环清孔送风压力（MPa）；

γ_s ——泥浆相对密度，可取 1.15；

H_q ——气水混合器底部到孔内泥浆液面的深度（m）；

P_s ——供气管道压力损失，取 0.05MPa~0.1 MPa。

5.3.5 气举反循环清孔的送风量可按式 5.3.5 进行估算，且不应小于 $6\text{m}^3/\text{min}$ 。

$$Q = \alpha d^2 v \quad (5.3.5)$$

式中：Q——气举反循环清孔所需送风量（ m^3/min ）；

α ——系数，可取 0.6；

d——灌注导管内径（m）；

v ——导管内混合液上升速度 (m/s)，可取 1.5m/s~2.0m/s。

5.3.6 气举反循环清孔施工应符合下列规定：

1 导管下放深度以导管底距沉渣面 30mm~40mm 为宜，气水混合器的安置深度宜为孔深的 0.55~0.65 倍；

2 送风前应先将孔内送浆，清孔过程中，应及时向孔内补充泥浆并维持液面稳定，防止塌孔；

3 在空压机气压稳定后方可向孔内送气，送气量应由小到大，输送气压应稍大于孔底水头压力。当孔底沉渣较厚、块体较大或沉淀板结时，可加大送风量，并摇动导管，以利排渣；

4 随着钻渣的排出，孔底沉渣厚度减小，导管应同步跟进，并满足本条第 1 款的相关规定。

6 钢筋笼制作与安装

6.1 一般规定

6.1.1 钢筋的材质、规格应符合设计要求。

6.1.2 钢筋的质量应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢》GB/T 1499 的有关规定，钢筋进场时必须提供出厂质量证明书和试验报告书。

6.1.3 进场钢筋应按批次、厂家、牌号、炉批号和规格进行检查与验收，并在监理单位的见证下按现行国家标准《钢筋混凝土用钢》GB/T 1499 的有关规定取样送检复试，复试合格后方可使用。

6.1.4 钢筋进场后应按批次、规格分类堆放，标识清楚，并采取防潮防锈措施，妥善保管。

6.1.5 分段制作的钢筋笼，主筋应采用焊接或机械连接。

6.1.6 钢筋焊接所用焊条应具有出厂质量合格证明书，按规定保管与存放，并应采取防止锈蚀、受潮变质的措施。

6.1.7 从事钢筋笼焊接的作业人员，应持证上岗，并在现场条件下进行焊接工艺检验，经检验合格后，方可进行正式焊接作业。

6.1.8 钢筋的机械连接所用的套筒应有产品合格证。合格证应清晰注明套筒类型、生产单位、生产日期以及可追溯产品原材力学性能和加工质量的生产批号。

6.1.9 钢筋加工区应具备排水、防潮等措施，钢筋笼加工平台应平稳、牢靠。

6.2 钢筋笼制作

6.2.1 钢筋笼制作前应认真阅读设计图纸，并与设计单位沟通，明确钢筋笼参数，并对钢筋加工班组进行技术交底。

6.2.2 钢筋笼制作前，应清除钢筋表面污垢与铁锈，并将主筋调直。不得使用有损伤、带有颗粒状或片状老锈的钢筋。

6.2.3 分段制作的钢筋笼，分段长度应根据成笼的整体刚度、吊装能力、单筋长度、钢筋笼总长和布筋特点等综合确定。钢筋笼分段最大长度应符合表 6.2.3 的规定。

表 6.2.3 钢筋笼的分段最大长度

钢筋笼直径（mm）	<600	600~800	800~1200	>1200
钢筋笼分段最大长度（m）	15	18	20	24

6.2.4 钢筋笼制作应符合下列规定：

1 施工现场制作钢筋笼宜先制作加劲箍，加劲箍尺寸要准确，形状要规范；

2 加劲箍宜设置在主筋外侧，当因施工工艺有特殊要求时也可置于内侧；

3 设置第一道加劲箍时应确保预留的锚固筋长度符合设计要求；

4 钢筋笼相邻主筋净距应符合设计要求；

5 钢筋笼成型后应纵向顺直、外观规整，材质、尺寸应符合设计要求，制作偏差应符合表 6.2.4 的规定。

表 6.2.4 钢筋笼制作允许偏差

检查项目	允许偏差（mm）	检查方法
钢筋笼长度	±100	用钢尺量

钢筋笼直径	± 10	用钢尺量
主筋间距	± 10	用钢尺量
箍筋间距	± 20	用钢尺量

6.2.5 加劲箍与主筋的连接应采用焊接，螺旋箍筋与主筋应具有可靠的连接措施。

6.2.6 钢筋笼焊接应符合下列规定：

1 钢筋焊接所用焊条，应根据钢筋母材的型号选择使用，并符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ18 的相关规定；

2 搭接焊时，单面搭接焊的搭接长度不应小于 $10d$ ，双面搭接焊的搭接长度不应小于 $5d$ ；

3 焊缝宽度不应小于 $0.8d$ ，焊缝厚度不小于 $0.3d$ ，在 $2d$ 长度内气孔及夹渣不得多于 2 处，且面积不得大于 6mm^2 ；

4 钢筋焊接接头应间隔错开布置，错开间距应不小于 $35d$ ，同一截面内的同规格钢筋焊接接头数量不得大于主筋总根数的 50%；钢筋笼预留的锚固筋、连接筋长度不得小于 $35d$ ，且不应有接头；

5 电弧焊的质量检验应分批进行外观检查和力学性能试验，同牌号、同形式的接头，按每 300 个接头作为一个检验批，每批随机选取 3 个接头做拉伸试验检验；

6 当环境温度低于 -20°C 时，不宜进行各种焊接；不宜在大风、雨雪天进行露天施焊作业，必须施焊时，应采取有效的遮蔽措施；

7 焊接质量及其他要求应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ18 中的有关规定。

6.2.7 钢筋机械连接应符合下列规定：

1 接头的材质、形式、力学性能应满足设计要求，且应具备有效的检验报告；

2 接头现场抽检项目应包括极限抗拉强度试验、加工和安装质量检验。以每 500 个接头为一检验批，按现行行业标准《钢筋机械

连接技术规程》JGJ 107 有关规定抽样检验与结果评定；

3 同一截面内同规格钢筋机械连接接头数量占主筋总根数的比例，Ⅱ级接头不应大于 50%，Ⅰ级接头不受限制。锚固筋、连接筋的要求应符合 6.2.6 条的规定；

4 直螺纹钢筋丝头的加工长度应为正公差，保证上下段钢筋丝头在套筒内可相互顶紧，以减小残余变形；

5 机械接头在连接安装时可采用扭力扳手拧紧。直螺纹扭矩值应符合表 6.2.7 的规定；

6 连接质量及其他要求应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。

表 6.2.7 直螺纹接头安装时的最小拧紧扭矩值

钢筋直径（mm）	≤16	18~20	22~25	28~32	36~40
拧紧扭矩（N·m）	100	200	260	320	360

6.2.8 成型的钢筋笼应平卧堆放在平整洁净的地面或平台上，堆放层数不宜超过 2 层。不同种类及分段制作的上下节钢筋笼，应分区堆放或作出明确标识，并经监理人员验收合格后才能使用。

6.2.9 对有声透管或测斜管等预埋构件的钻孔灌注桩钻孔灌注桩中设置的声透管和测斜管等预埋构件，应在钢筋笼制作时同步加工，并满足相应使用要求；后注浆钻孔灌注桩的钢筋笼制作还应满足 8.2 节的要求。

6.3 钢筋笼安装

6.3.1 制作完成的钢筋笼须经验收合格后方可安装入孔。

6.3.2 钢筋笼吊运宜采用两点或多点起吊，吊点位置应经计算并布置在可靠部位，在吊运过程中应采取措施防止笼体变形和焊点开焊。

6.3.3 钢筋笼运至孔口，应放置在便于起吊的平整场地处，避免碰

撞，并保持钢筋笼整洁。

6.3.4 钢筋笼起吊、安装可由桩机设备或吊车完成，吊点依据钢筋笼的直径、长度、重量等因素设置单点或多点，单点起吊吊点宜设置在距钢筋笼顶端约 1/3 处。

6.3.5 钢筋笼起吊竖直下放过程中，应有人工配合扶正。安装入孔时，应保持钢筋笼竖直状态，对准孔位徐徐轻放，以免撞击护筒、孔壁。

6.3.6 上下段钢筋笼孔口连接作业，应符合下列规定：

1 采用焊接时，上下段钢筋笼主筋应平行搭插、相互紧靠，且须保证上下段均为竖直状态，连接时应对称进行，以防扭曲，宜采用单面焊接；

2 采用机械连接时，宜于正式搭接前进行预拼装，以检验搭接效果；

3 每段钢筋笼连接完成后应补足连接部位的箍筋，并经验收合格后方可进行下一段钢筋笼的安装或下一道工序。

6.3.7 钢筋笼上应设保护层垫块，其厚度应满足设计对保护层厚度的要求且不得小于 50mm；垫块每隔 4.0m 设置 1 组，每组不得少于 3 块且应均匀分布在同一截面上；桩径大于 800mm 时每组不应少于 4 块。垫块与钢筋笼应具备可靠固定措施。

6.3.8 钢筋笼应居中安装，使用吊筋将钢筋笼位置进行固定，笼顶标高允许偏差应为 0mm~100mm；吊筋的直径和数量应根据钢筋笼总重量计算确定，且单根直径不得小于 8mm。

6.3.9 钢筋笼吊放过程中如发生困难，严禁强行下放，应查明原因，采取相应措施后再行安装。钢筋笼施工常见问题原因及处理方法可按本规程附录 C 中表 C.0.3 执行。

7 混凝土灌注

7.1 一般规定

7.1.1 钻孔灌注桩应采用预拌混凝土，预拌混凝土应满足现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55 和现行地方标准《天津市预拌混凝土质量管理规程》DB/T29-184 的要求，并应符合下列规定：

1 预拌混凝土进场应提供混凝土质量证明资料；

2 混凝土应按设计要求配置，每立方米混凝土水泥用量不宜小于 360kg，当掺入粉煤灰时水泥用量可不受此限；

3 应考虑天气、运输等因素导致的坍落度损失，灌注时混凝土坍落度宜为 180mm~220mm；灌注前应对混凝土坍落度进行检查，坍落度应满足灌注要求，严禁现场私自加水调制；

4 混凝土应具有良好的和易性，灌注过程中不得出现离析等现象；

5 混凝土初凝时间不应小于运输和灌注时间之和的 2 倍，且不宜小于 6 小时。

7.1.2 钻孔灌注桩混凝土可根据工程实际情况掺加适量的缓凝、减水或泵送类的外加剂，掺量大小应通过试验确定，并符合现行地方标准《天津市预拌混凝土质量管理规程》DB/T29-184 的有关规定。

7.1.3 混凝土试件制作、养护和试验应符合下列规定：

1 试件所用混凝土应取自其所代表批次桩实际灌注使用的混凝土，同组试件应取自同车混凝土；

2 直径大于 1000mm 或单桩混凝土理论方量超过 25m³ 的桩，每

根桩桩身混凝土应留有 1 组试件；直径不大于 1000mm 的桩或单桩混凝土量不超过 25m³ 的桩，每灌注 50m³ 应至少留置 1 组试件；当混凝土灌注不足 50m³ 时，应留置 1 组试件；对“单柱单桩”每根桩应留置 1 组试件；每组试件应留 3 件；

3 对有抗渗设计要求的混凝土，同一厂家、同一混凝土强度等级、抗渗等级、同一配合比，按每 500m³ 留置一组试件，不足 500m³ 时，试件留置不少于 2 组；每组试件应留 6 件；

4 代表桩身混凝土检验批强度的试块应采用统计法进行评定，其评定结果应满足式 7.1.3-1 和 7.1.3-2 的要求：

$$m_{f_{cu}} \geq f_{cu,k} + \lambda_1 \cdot S_{f_{cu}} \tag{7.1.3-1}$$

$$f_{cu, \min} \geq \lambda_2 \cdot f_{cu,k} \tag{7.1.3-2}$$

$$S_{f_{cu}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - n \cdot m_{f_{cu}}^2}{n-1}} \tag{7.1.3-3}$$

式中： $m_{f_{cu}}$ ——同一检验批混凝土立方体抗压强度的平均值，(N/mm²)；

$f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值，(N/mm²)；

$f_{cu, \min}$ ——同一检验批混凝土立方体抗压强度的最小值，(N/mm²)；

$S_{f_{cu}}$ ——同一检验批混凝土立方体抗压强度标准差，(N/mm²)；

λ_1 、 λ_2 ——合格判定系数，按表 7.1.3 取用；

n——检验期内的样本容量。

表 7.1.3 混凝土强度统计系数 λ_1 、 λ_2 取值表

试件组数	10~14	15~19	≥20
λ_1	1.15	1.05	0.95
λ_2	0.9	0.85	

7.1.4 冬期施工期间，预拌混凝土的原材料、配合比设计及拌制应

按冬期施工和设计要求进行控制。

7.2 混凝土灌注

7.2.1 桩身混凝土灌注应采用导管法。灌注用导管应符合下列规定：

- 1 导管宜采用无缝钢管制作，内径小于等于 250mm 的导管壁厚不宜小于 5mm，内径 250mm~300mm 的导管壁厚不宜小于 6mm。导管截面应规整，长度方向顺直，不得有明显的挠曲和局部凹陷，应保证隔水塞顺利通过；
- 2 导管内径应与桩径相匹配，并应符合表 7.2.1 的规定；
- 3 导管标准节长宜为 2.5m~3.0m，并根据需要配置长度为 0.5m~2.0m 的短节导管。最底节导管长度不宜小于 4m；
- 4 导管使用前应清除接头周边杂物，保证导管接头连接紧密、顺直可靠、密封良好；
- 5 导管使用前应做闭水试验；
- 6 导管应定期检查，不符合要求的应及时整修或更换，每次灌注后应对导管进行清洗。

表 7.2.1 不同桩径时的导管内径

桩径（mm）	≤800	800~1200	>1200
导管内径（mm）	200~250	250~300	>300

7.2.2 混凝土灌注前应设置隔水塞，隔水塞应具有良好的隔水性能，并保证能够顺利排出。

7.2.3 桩身混凝土灌注时应在导管顶部设置集料斗，集料斗宜采用 4mm~6mm 钢板制作，形状宜为漏斗状，并在下部设置有与导管连接的接头。

7.2.4 灌注时，导管在孔中位置应居中，初灌时导管下口距离孔底 300mm~500mm。灌注期间，混凝土应连续供给，并保证导管内饱

满灌注：首次连续灌注混凝土总量应不小于初灌量要求。

7.2.5 混凝土的初灌量应能保证混凝土初灌后导管埋入混凝土面的深度不小于 1.0m，并使导管内混凝土柱和导管外泥浆柱保持压强平衡，初灌量应按式 7.2.5 进行计算。

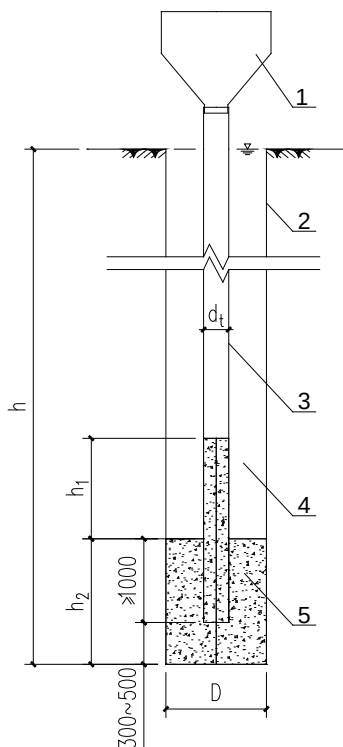


图 7.2.5 混凝土初灌量计算示意图

注：1—集料斗；2—孔壁；3—导管；4—孔内泥浆；5—混凝土

$$V = \frac{1}{4}(k\pi D^2 h_2 + \pi d_t^2 h_1) \quad (7.2.5)$$

式中: V ——混凝土初灌量 (m^3);

D ——桩孔直径 (m);

k ——充盈系数, 取 1.20~1.30;

d_t ——导管内径 (m);

h_1 ——桩孔内混凝土面的高差 (m), $h_1 = (h - h_2) \rho_w / \rho_c$;

h_2 ——初灌混凝土下灌后导管外混凝土面高度, 取 1.3m~1.5m;

ρ_w ——泥浆密度, 一般可取 1.20, 或以实测确定;

ρ_c ——混凝土密度, 取 $2.35 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 。

7.2.6 混凝土灌注充盈系数应满足设计要求, 且不得小于 1.0。

7.2.7 混凝土灌注过程中应上下提振导管促进混凝土密实, 并保证导管底端始终埋在混凝土中, 严禁将导管提出混凝土面。导管埋入混凝土面的深度以 2m~6m 为宜, 一次提管拆管不得超过 6m。

7.2.8 混凝土灌注中应防止钢筋笼上浮, 且应符合下列要求:

1 当孔内混凝土面上升到距离钢筋笼底 2m~5m 时, 导管埋深应适当减小, 以控制在 3m 左右为宜, 并放慢混凝土灌注速度;

2 当混凝土面进入钢筋笼底端 1m~2m 后, 宜适当提升导管, 增大钢筋笼下端在混凝土中的埋置深度, 导管提升要平稳, 避免出料冲击过大或钩带钢筋笼。

7.2.9 混凝土超灌高度宜为 0.8m~1.0m, 凿除泛浆后应保证桩顶混凝土强度达到设计要求, 当桩顶设计标高接近或达到地面时, 应采取措施保证桩顶混凝土强度符合要求。

7.2.10 对有后注浆、声测管或测斜管等预埋构件的灌注桩, 灌注过程中应做好构件的保护和标识, 防止破坏、堵塞管路。

7.2.11 混凝土灌注常见问题原因与处理方法可按本规程附录 C 中表 C.0.4 执行。

8 后注浆施工

8.1 一般规定

8.1.1 后注浆灌注桩适用于黏性土、粉土、砂性土、砾卵石层及风化岩层。

8.1.2 应按设计要求采用桩端后注浆、桩侧后注浆及桩端、桩侧复式注浆。

8.1.3 灌注桩后注浆参数应通过试注浆试验确定。

8.1.4 后注浆施工应提供水泥材质检验报告、压力表检定证书、试注浆记录、设计参数、后注浆施工记录、特殊情况处理记录等资料。

8.2 设备与装置

8.2.1 后注浆施工主要设备包括注浆泵、监控压力表、液浆搅拌机及输浆管，其选用应符合下列规定：

1 注浆泵采用高压注浆泵，功率应不小于 10kW，且额定压力不小于 7MPa；

2 监控压力表应选用量程不小于 16MPa 抗震压力表；

3 浆液搅拌机应与注浆泵相匹配，容积不宜小于 0.35m^3 ，功率不宜小于 4kW；

4 水泥浆液的输浆管采用高压流体泵送软管，额定压力不小于 8MPa。

8.2.2 后注浆装置由注浆导管、注浆阀、注浆管、侧环管和相应的连接配件组成，其选用应符合设计要求。设计无要求时，应符合下列规定：

1 桩端注浆导管和注浆管应采用钢管，内径不宜小于 25mm，壁厚不宜小于 3.25mm；

2 桩侧注浆导管应采用钢管，内径不宜小于 20mm，壁厚不宜小于 2.75mm，侧环管宜采用 PVC 加筋管；

3 注浆阀应具备逆止功能，应能承受大于 1.0MPa 的静水压力；

4 桩端注浆管的环向面呈梅花状均匀分布出浆孔，出浆孔孔径不应大于 8mm；桩侧侧环管外侧环向面呈梅花状均匀分布出浆孔，出浆孔孔径不应大于 6mm；下孔时出浆孔应采用胶布或橡胶包裹；

5 连接接头应采用管箍连接或套管焊接。

8.2.3 注浆导管及注浆阀数量的设置应符合下列要求：

1 桩端注浆导管：对于直径不大于 1200mm 的桩，应沿钢筋笼圆周对称设置 2 根；对于直径大于 1200mm 的桩，应均匀设置 3 根；并用接头连接桩端注浆阀和注浆管；

2 桩侧注浆导管：对于直径不大于 800mm 的桩，应在每个设计注浆位置设置 1 根；对于直径大于 800mm 的桩，应在每个设计注浆位置沿钢筋笼圆周对称设置 2 根；用连接接头连接注浆阀和侧环管；

3 桩端注浆管长度不宜小于 300mm，桩侧注浆阀加侧环管的厚度不宜小于保护层厚度。

8.2.4 当桩长超过 35m 且承载力增幅要求较高时，宜采用桩端桩侧复式注浆。

1 桩侧注浆导管设置数量应综合地层情况、桩长和承载力增幅要求等因素确定；

2 桩侧注浆点可设置在离桩端 10m~15m 以上、桩顶 15m 以下；当桩侧为黏性土时，每隔 15m~20m 设置一道桩侧注浆点；当桩侧

为粉土、砂土时，每隔 10m~12m 设置一道桩侧注浆点；

3 当有粗粒土时，宜将注浆点设置于粗粒土层下部。

8.2.5 对于非通长配筋桩的桩端注浆，下部应有不少于 2 根与注浆导管等长的主筋组成的钢筋笼通底。

8.3 后注浆施工

8.3.1 注浆导管替代主筋使用时，材质规格应满足设计要求，且注浆导管应与钢筋笼加劲筋绑扎固定或焊接；桩侧注浆导管可根据桩侧喷浆点位置绑扎于螺旋箍外侧，绑扎间距 2m~3m。

8.3.2 当采用多节钢筋笼时，应做好上下钢筋笼的注浆导管连接，下节钢筋笼的注浆套管口应朝上便于上节钢筋笼注浆导管插入焊接。

8.3.3 孔深严禁超钻。后注浆钢筋笼安装应符合下列要求：

1 钢筋笼在搬运过程，应注意保护好注浆导管上下端和三通管件丝扣，确保管路通畅；

2 钢筋笼安装过程中应注意检查注浆阀、注浆管和侧环管的安装质量，发现破损应及时更换；

3 钢筋笼应沉放到底，不得悬吊；

4 注浆导管顶端应高出地面至少 200mm 以上，管口应用管帽或丝扣封闭。

5 混凝土灌注后应做好地表注浆导管的保护，禁止碰撞、碾压。注浆前发现地表注浆导管损坏时，应及时采取补救措施。

8.3.4 浆液配比、终止注浆压力、流量、注浆量等参数应符合下列规定：

1 浆液制备应满足：

1) 配置浆液的水泥强度等级应不低于 32.5 级；

2) 浆液的水灰比应根据土的饱和度、渗透性确定, 对于饱和粉土、粉砂, 水灰比宜为 0.45~0.65; 对于饱和黏性土, 水灰比宜为 0.70~0.90; 对于非饱和松散碎石土、砂砾, 水灰比宜为 0.50~0.60; 低水灰比浆液宜掺入减水剂;

3) 配制好的浆液应过滤, 滤网网眼应不大于 40 μ m。

2 终止注浆压力应根据土层性质及注浆点深度确定, 对于非饱和土层, 注浆压力宜为 3 MPa~8MPa; 对于饱和土层, 注浆压力宜为 1.5MPa~4.0MPa, 软土宜取低值, 密实土层宜取高值;

3 注浆流量不宜超过 75L/min;

4 单桩注浆量的设计应根据桩径、桩长、桩端桩侧土层性质、单桩承载力增幅及是否复式注浆等因素确定, 可按式 8.3.4 估算:

$$G_c = \alpha_p D + \alpha_s n D \quad (8.3.4)$$

式中: G_c ——注浆量, 以水泥质量计 (t);

α_p 、 α_s ——分别为桩端、桩侧注浆量经验系数, $\alpha_p=2.0\sim2.5$, $\alpha_s=0.6\sim1.0$; 对于厚层粉土、砂土及粗颗粒土取较高值; 对试桩、独立单桩、桩距大于 6D 的群桩注浆量应按上述估算值乘以 1.2 的系数;

n ——桩侧注浆断面数;

D ——灌注桩设计直径 (m)。

8.3.5 后注浆作业起始时间、顺序和速率应符合下列规定:

1 注浆作业宜选择成桩后 2~30 天进行;

2 注浆作业与成孔作业点的距离不宜小于 10m;

3 桩端与桩侧复式注浆时, 在饱和土中宜先桩侧后桩端, 在非饱和土中宜先桩端后桩侧; 多断面桩侧注浆应先上后下连续注浆; 桩侧桩端注浆间隔时间不宜少于 24 小时;

4 对于群桩注浆宜先外围、后内部;

5 对于桩径小于等于 700mm 的桩端注浆, 可单管注浆, 另一管备用; 对于桩径大于 700mm 的桩端注浆, 注浆时应对同一根桩

的各注浆导管依次实施等量注浆。

8.3.6 注浆终止条件按注浆量与注浆压力双控原则，以注浆量为主，注浆压力控制为辅。当满足下列条件之一时可终止注浆：

1 注浆总量和注浆压力达到设计要求；

2 注浆总量已达到设计值的 80%，注浆压力超过设计值，且在提高浆液水灰比后注浆压力仍超过设计值。

8.3.7 当注浆量、注浆压力等主要参数达不到设计值时，应采取如下措施：

1 注浆量达到水泥设计用量，但注浆压力低于设计值，可间隔 30 分钟～60 分钟并降低浆液水灰比继续注浆，达到设计要求的注浆压力时终止；

2 注浆量未达到水泥设计用量，注浆压力大于设计值，可提高浆液水灰比继续注浆，水泥用量达到设计值的 80%方可停止注浆；

3 当泵压连续大于等于 8MPa 仍无法打开注浆阀，应停泵更换注浆导管注浆；如所有注浆阀均未打开，可在离桩侧 200mm～300mm 位置钻孔埋设注浆管，进行补注浆，水泥用量应不小于设计值的 1.2 倍；

4 当出现地面冒浆或周围桩孔串浆，应调小浆液水灰比，改用间歇注浆，水泥用量应不小于设计值的 80%。

8.3.8 在桩身混凝土强度达到设计要求的条件下，承载力检验应在注浆完成 20 天后进行，浆液中掺入早强剂时可用于注浆完成 15 天后进行。

8.3.9 后注浆钻孔灌注桩施工应做好后注浆施工记录，桩端后注浆施工记录表可按本规程附录 D 进行填写。

8.3.10 后注浆施工常见问题原因及处理方法可按本规程附录 C 中表 C.0.6 执行。

9 质量检查与验收

9.1 一般规定

9.1.1 基桩质量检测分为施工前为设计提供依据的试验桩检测和施工后为验收提供依据的工程桩检测，检测事项应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 和现行地方标准《天津市建筑基桩检测技术规程》DB/T 29-38 的相关规定。

9.1.2 检测用仪器应在检定或校准的有效期内，检测前应对仪器设备检查调试，确保采集数据的可靠性。

9.1.3 钻孔灌注桩施工中应进行成孔检测，施工完成后应对桩身完整性、混凝土强度及单桩承载力进行检测。

9.1.4 检测时间应符合下列规定：

1 采用低应变法或声波透射法检测时，受检桩混凝土强度不得低于设计强度的 70%，且不得小于 15MPa；

2 承载力检测或钻芯法检测时，受检桩的混凝土龄期不得小于 28 天，同条件养护试件的强度不得低于设计强度。

9.1.5 对设计有要求的预埋声测管及清堵应符合下列规定：

1 声波检测管宜采用钢管，其内径宜比换能器外径大 15mm，管身不得有破损，管内不得有异物；

2 钢管宜用螺纹外套管接头连接，声测管的底部应封闭，出露检测工作面的高度宜为 300mm，且各声测管管口高度应相等；

3 声测管可焊接或绑扎在钢筋笼内侧，每节声测管在钢筋笼上的固定点不应少于 3 处，声测管之间应互相平行；

4 声测管随钢筋笼下沉完毕后，应在管内注满清水，其顶部应

采用管帽或丝扣封闭；

5 声波透射法检测前，应检查声波管是否通畅，淤堵的声测管应采取措施清堵后方可进行检测；

6 声测管设置数量应符合设计要求。设计无要求时，桩径小于等于 800mm 时应埋设双管；桩径介于 800mm~1500mm 之间时应埋设三根管；当桩径大于 1500mm 时埋设声测管的数量不应少于四根。

9.1.6 低应变检测前桩顶处理应符合下列规定：

- 1 被检测桩应凿去浮浆及破损部分并剔至设计标高，露出坚硬密实的混凝土，平整桩头，清除碎石浮土；
- 2 检测时的桩头截面尺寸、形状宜和桩身一样；
- 3 桩顶外露钢筋应不影响检测信号的采集和分析。

9.2 质量检测

9.2.1 成孔检测数量应满足设计要求，并符合下列规定：

- 1 等直径钻孔灌注桩，成孔检测数量应不少于总孔数的 20%，且不少 10 个桩孔；
- 2 非等直径钻孔灌注桩，成孔检测数量应不少于总孔数的 40%，且不少 20 个桩孔；
- 3 每个柱下承台成孔检测数量应不少于 1 个孔；
- 4 市政桥梁的基桩应 100%进行成孔检测；
- 5 试成孔及静载试验桩应 100%进行成孔检测。

9.2.2 桩身完整性和承载力检测的桩应按下列原则确定：

- 1 对施工质量有疑问的桩；
- 2 设计认为重要、明确提出应予以检测的桩；
- 3 局部地基条件出现异常的桩；

4 施工工艺不同的桩；

5 宜采取随机抽样或均匀分布。

9.2.3 桩身完整性检测抽检数量，应按现行地方标准《天津市建筑基桩检测技术规程》DB/T29-38 确定：

1 每个承台检测桩数不应少于 1 根；

2 对设计等级为甲级、地质条件复杂或成桩质量可靠性较低的灌注桩，抽检数量不应少于总桩数的 40%，且不得少于 20 根；其他桩基工程的抽检数量不应少于总桩数的 30%，且不得少于 20 根；

3 城市桥梁的桩应 100%进行检测；

4 大直径灌注桩，应按上述三款规定的抽检数量合理选择检测方法。当采用包括声波透射法在内的两种或两种以上方法进行桩身完整性检测时，其中采用的声波透射法的抽检数量不得少于总桩数的 10%。城市桥梁的大直径灌注桩，采用声波透射法的抽检数量不得少于总桩数的 50%；

5 采用钻芯法进行混凝土灌注桩桩身混凝土强度、完整性、桩长、桩端沉渣厚度等方面检测，抽检数量不宜少于总桩数的 1%，且不得少于 3 根；

6 设计文件要求的检测项目与数量。

9.2.4 当一种方法不能全面评判基桩完整性时，应采用两种或多种检测方法联合进行检测。

9.2.5 对单桩竖向抗压承载力的检验，检测数量应符合下列规定：

1 对于试验桩，应满足设计要求，且在同一条件下不应少于 3 根；

2 对于工程桩，单位工程同一条件下不应少于基桩总数的 1%，且不应少于 3 根；施工前的设计试桩作为工程桩使用的，可作为工程桩验收依据；

3 对于满足高应变法适用范围的灌注桩，可采用高应变法检测单桩竖向抗压承载力，检测数量不应少于总桩数的 5%，且不应少

于 5 根。

9.2.6 当需要检测钢筋笼长度时，单位工程抽检数量不宜少于总桩数的 1%，且不得少于 3 根。

9.2.7 对设计有抗拔或水平承载力要求的桩基工程，单桩承载力验收检测应采用单桩竖向抗拔或单桩水平静载试验确定，检测数量应符合设计和相关规范要求。

9.2.8 对在承载力和完整性检测中发现质量问题的基桩，应按照现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ106 和现行地方标准《建筑基桩检测技术规程》DB/T 29-38 的规定进行验证与扩大检测。混凝土灌注桩常见质量缺陷和处理方法详可按本规程附录 C 中表 C.0.5 执行。

9.3 质量验收

9.3.1 桩基工程质量验收的程序和组织应按照现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300 的规定执行，质量验收标准按照现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的有关规定执行。

9.3.2 钻孔灌注桩验收包括隐蔽工程验收和桩基工程竣工验收，隐蔽工程验收应在被验工序施工完毕后、下道工序实施前进行；竣工验收应当在桩基工程施工完毕，并经检测合格后予以验收。

9.3.3 施工中应对进场的原材料、成孔、清孔、钢筋笼制作与安装、水下混凝土灌注、后注浆等各项质量指标进行检查与验收，并及时完成相应检验批、隐蔽等工程资料的编制与留存。

9.3.4 桩基工程竣工验收时应应对桩位、桩径、钢筋锚固长度、桩身完整性、单桩承载力等进行检测，对桩位、桩径、桩身完整性的检测应在基础开挖、桩头剔除后进行。检验质量标准应符合现行国家

标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB50202 的有关规定。

9.3.5 桩基工程质量验收，应提交下列资料：

- 1 桩基施工图、施工图会审纪要、设计洽商及变更等；
- 2 经审定的施工方案；
- 3 原材料的质量证明文件、见证取样检测报告；
- 4 定位测量及复核等相关资料；
- 5 灌注桩施工记录；
- 6 桩基竣工图、桩位偏移、桩顶标高复核记录；
- 7 桩身质量检测报告；
- 8 单桩承载力检测报告；
- 9 灌注桩隐蔽、检验批质量验收记录；
- 10 其他涉及工程质量应当提供的文件和记录。

10 施工安全与环境保护

10.1 施工安全

10.1.1 施工过程的安全控制应严格执行施工方案相关要求，并应符合现行行业标准《建筑施工安全检查标准》JGJ59的有关规定。

10.1.2 施工机械的使用应符合现行行业标准《建筑机械使用安全技术规程》JGJ33的有关规定，并做好机械设备的日常检查、维修和保养。

10.1.3 施工临时用电及防护应符合现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46的规定，电缆线路应采取埋地或架空铺设，并应避免机械损伤和介质腐蚀。

10.1.4 施工现场的安全施工措施应符合以下规定：

1 施工范围应搭设封闭围挡，实行封闭施工；

2 施工开挖的沟、槽、坑洞和施工完毕的桩孔，应采取防坠落措施和张贴警示标识，泥浆池、循环池等四周应架设防护栏，施工完成后及时回填；

3 设置专职安全员，做好安全教育培训，建立安全生产责任制，严格执行安全操作规程，制定应急预案。

10.1.5 施工前应对建筑场地和临近区域内的建（构）筑物及地下管线进行查勘，并采取必要措施对其进行保护或规避，施工中予以必要的监测。

10.1.6 潜水钻机下井电缆应绝缘良好、无破损，并在孔口等易磨损部位采取保护措施。

10.2 环境保护

10.2.1 施工过程的环境保护应符合《中华人民共和国环境保护法》和现行行业标准《建设工程施工现场环境与卫生标准》JGJ146，以及其他有关规定要求。

10.2.2 施工现场出入口，应设置冲洗设施、排水沟、沉淀池，对进出场车辆进行冲洗。车辆冲洗用水宜设立循环用水装置，节约用水。

10.2.3 钻孔灌注桩施工应设置完备的泥浆循环系统，并采取防止泥浆循环系统跑、冒、漏浆的措施。

10.2.4 废弃泥浆宜优先采取脱水固化处理，外运泥浆应采用密闭槽罐车运输至指定地点消纳，不得污染市政道路，严禁违章排放在河道、湖泊、农田或市政管网中。

10.2.5 运输土方的车辆，应采用有苫盖的自卸车，保证车辆清洁和有效措施，不得带泥上路，运输中防止土体散落和泄漏等。

10.2.6 场内道路应经常洒水湿润或设置喷淋设施、裸土苫盖和采取必要措施，做好施工现场扬尘控制。

10.2.7 施工现场应严格按照现行国家标准《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB12523 的规定控制施工噪声。夜间施工应办理相关手续，并应采取措施减少声、光和噪音对周边环境的不良影响。

10.2.8 进场散装水泥应采用水泥罐盛装，袋装水泥应进行苫盖，浆液搅拌作业应采取防尘降尘措施。

附录 A 钻孔灌注桩施工记录表

编 号：

单位（子单位）工程名称：_____ 施工单位：_____ 施工班组：_____

监理单位：_____ 钻机类型：_____ 砼强度设计等级：_____ 隔水塞种类：_____

序 号	日 期	桩 号	设计 桩径 (mm)	设计 桩长 (m)	桩顶设 计标高 (m)	孔口 标高 (m)	钻孔时间		一次清 孔孔深 (m)	导管 长度 (m)	二次清 孔孔深 (m)	泥浆 相对 密度	沉渣 厚度 (mm)	灌注时间		砼坍 落度 (mm)	实际 砼灌 注量 (m³)	充盈 系数	备 注
							开始	结束						开始	结束				

专业监理工程师：_____ 技术负责人：_____ 质量员：_____ 班组长：_____ 记录人：_____

附录 B 天津市影响钻孔灌注桩施工的土层及注意事项

表 B.0.1 市区影响钻孔灌注桩施工土层及注意事项

成因	标准层号	土层名称	层底埋深 (m)	常见厚度 (m)	土层特征	分布状况	注意事项
人工堆积	① ₁	杂填土	0.5~3.0	0.5~2.5	成份复杂,松散状态,主要由建筑及生活垃圾、工业废料和素填土组成,软硬不均,局部坑深大于 10.0m	遍布	当建筑垃圾块体较大或素土含量较少时,易出现钻头跑偏、钻进困难、塌孔、漏浆等问题,应提前翻槽清除建筑垃圾大块回填素土并碾压夯实处理、埋设护筒、必要时泥浆添加增黏剂和堵漏剂
	① ₂	素填土	1.0~4.0	0.5~3.0	褐色、黄褐色,软塑~可塑,以粉质黏土为主,含杂质,工程性质变化较大	局部分布	
	① ₃	冲填土	2.5~5.5	1.0~4.0	褐灰~灰褐色,软塑~流塑,主要由海河清淤冲填的粉质黏土组成,局部分布有稍密状态的粉土、或电厂冲填的粉煤灰,粉土和粉煤灰易液化	局部分布	易出现塌孔、缩径等问题,应采取提高泥浆比重及黏度、埋设护筒,反复扫孔稳孔护壁等措施
坑底淤积	②	淤泥质土	2.5~5.5	0.5~1.5	灰黑~黑色,软塑~流塑,淤泥为主,局部有淤泥质黏土分布,含有机质及腐植物,工程性质很差	古沟坑区	自稳能力差,孔壁不稳定,易造成缩径,可采取降低钻速、反复扫孔护壁、埋设护筒、调整泥浆配比等措施,禁止重车直接在孔口附近碾压行驶
古河道、注淀冲积	③ ₂	粉土	6.0~12.0	1.0~5.5	褐黄色、褐灰色,稍密状态,工程性质较差,易液化	分布于古河道及注淀区	易塌孔,塌孔和土体流变易导致钢筋笼移位,桩头成形不规则,可采取降低钻速、提高泥浆比重及黏度,稳孔护壁等措施,禁止重车直接在孔口附近碾压行驶
	③ ₃	淤泥质土	4.0~11.0	0.5~4.0	褐灰色,流塑~软塑,主要由淤泥质黏土组成,局部有淤泥分布,工程性质差	古河道区	易造成塌孔、缩径,可采取降低钻速、往复扫孔、提高泥浆比重等措施
	③ ₄	粉质黏土	8.0~16.0	1.0~5.0	褐黄色、褐灰色,软塑,土质较软。局部分布有稍密状态易液化的粉土透镜体		
浅海相沉积	⑥ ₂	淤泥质土	7.0~11.0	0.5~4.0	灰色,流塑,有层理,含贝壳,以淤泥质黏土为主,局部夹淤泥,本层为软弱下卧层	局部分布	厚层软土易造成缩径,可采取降低钻速、往复扫孔护壁、提高泥浆比重等措施

表 B.0.2 滨海新区影响钻孔灌注桩施工土层及注意事项

成因	标准 层号	土层名称	层底埋深 (m)	常见厚度 (m)	土层特征	分布状况	注意事项及措施
人工堆积	① ₁	杂填土	1~3	0.5~1.5	成份复杂,松散状态,主要由建筑及生活垃圾、工业废料和素填土组成,软硬不均	除冲填区外基本遍布	当建筑垃圾块体较大或素土含量较少时,易出现钻头跑偏、钻进困难、塌孔、漏浆等问题,应提前翻槽清除建筑垃圾大块回填素土并碾压夯实处理、埋设护筒、必要时泥浆添加增黏剂和堵漏剂
	① ₂	素填土	1~4	0.5~2.5	褐色、黄褐色、灰色等,软塑~可塑,以粉质黏土为主,含杂质,工程性质变化较大	基本遍布	
	① ₃	冲填土	3~7	4.0~7.0	灰色、褐灰~灰褐色,软塑~流塑,主要由渤海及海河冲填的粉质黏土组成,局部分布有稍密状态的粉土,粉土易液化	东疆保税港区、滨海旅游区、临港经济区、南港工业区及开发区东部地区	
坑底淤积	②	淤泥质土	1~5	0.5~1.0	灰黑~黑色,淤泥为主,软塑~流塑,局部有淤泥质黏土分布,含有机质及腐植物,工程性质很差	沟坑塘区域分布	自稳能力差,孔壁不稳定,易造成缩径,可采取降低钻速、反复扫孔护壁、埋设护筒、调整泥浆配比等措施,禁止重车直接在孔口附近碾压行驶
古河道、洼淀冲积	③ ₂	粉土	3~12	1.0~6.0	褐黄色、褐灰色,稍密状态,工程性质较差,易液化	零星分布	易塌孔,塌孔和土体流变易导致钢筋笼变位,桩头成形不规则,可采取降低钻速、提高泥浆比重及黏度,稳孔护壁等措施,禁止重车直接在孔口附近碾压行驶
	③ ₃	淤泥质土	4~10	2.0~4.0	褐灰色,软塑~流塑,主要由淤泥质黏土组成,局部有淤泥分布,工程性质差	古河道区域分布	厚层软土受挤压扰动,局部产生孔隙压力,易造成缩径,可采取降低钻速、往复扫孔、提高泥浆比重等措施
	③ ₄	粉质黏土	8~12	3.0~6.0	褐黄色、褐灰色,软塑,土质较软		
浅海相沉积	④ ₁	淤泥质土	6~10	2.5~7.0	灰色,流塑,有层理,含贝壳,以淤泥质黏土为主,局部夹淤泥,本层为软弱下卧层	大部分地区分布	厚层软土易造成缩径,可采取降低钻速、往复扫孔稳孔护壁、提高泥浆比重等措施
	④ ₂	粉质黏土	6~12	1.0~4.0	灰色,软塑~流塑,有层理,含贝壳,土质较软	主要分布于北部	
	④ ₄	淤泥质土	10~18	4.0~8.0	灰色,软塑~流塑,有层理,含贝壳,以淤泥质黏土为主	基本遍布	
	④ ₅	粉质黏土	13~22	2.0~5.0	灰色,软塑~流塑,有层理,含贝壳,土质较软	基本遍布	

附录 C 常见问题原因及处理方法

表 C.0.1 正循环成孔常见问题原因及处理方法

序号	常见问题	主要原因	处理方法
1	在黏土层中钻进，进尺很慢，憋泵	泥浆黏度过大	调整泥浆性能指标
		钻压过大，孔底钻渣未能及时排出	调整钻进参数
		钻头有泥包或糊钻	调节泥浆相对密度和黏度，适当增大泵量或向孔内投入适量砂石，解除泥包糊钻
2	在砂砾层中钻进进尺缓慢，钻头磨损大	泥浆上返流速小	加大泵量，增大上返流速
		钻渣不能及时排出	成孔中增加清渣过程
		钻头磨损严重	修复或更换钻头、钻齿
3	钻具跳动大，回转阻力大，切削具崩落	孔内有石块等障碍物	浅部可挖除后重新钻孔，深部可以采用冲击钻进行破碎或挤压让位
4	泥浆泵无泵量或泵量明显减少	泥浆泵故障	停机检查泥浆泵、维修或更换
		钻杆、钻头、泥浆管路堵塞	检查管路并清理堵塞物
5	泥浆液面突然下降	窜孔导致泥浆漏失	及时回填黏土块，钻头慢速空转不进尺至液面不再变化，方可继续钻进
6	缩径	地层松软或场地环境问题	调整泥浆性能，增加往复扫孔，加强护壁作用
		进尺速度过快	调整钻进参数，增加往复扫孔
		泥浆比重过小	调整泥浆比重，增加往复扫孔
7	塌孔	土体松散易失稳	调整泥浆比重与黏度，加强护壁作用，并尽量减小钻具对孔壁扰动
		泥浆性能不合理	调整泥浆性能
		孔周边的影响	检查周围环境，减小对钻孔的扰动
8	孔斜	地层原因导致土体软硬不均匀	降低钻机转速与进尺速度，反复扫孔
		钻机不平整或场地沉降	稳定钻机上下扫孔，孔斜严重时应回填后重新钻进
		钻杆或钻头问题	检测钻杆垂直度、钻杆连接处或钻头结构

表 C.0.2 反循环成孔常见问题原因及处理方法

序号	常见问题	主要原因	处理方法
1	真空泵启动时，系统真空度达不到要求	启动时间不够	适当延长启动时间，但不宜超过10min
		气水分离器中未加足清水	向气水分离器中加足清水
		管路系统漏气，密封不好	检修管路系统，尤其是砂石泵塞线和水龙头处
		真空泵机械故障	检修或更换
		操作方法不当	按正确操作方法操作
2	真空泵启动时不吸水，或吸水但启动砂石泵时不上水	真空管路或循环管路被堵	检修管路，查看真空管路上的阀是否打开
		钻头水口被堵住	将钻头提离孔底，并冲堵
		吸程过大	降低吸程，吸程不宜超过6.5m
3	灌注启动时阻力大，孔口不返水	管路系统被堵塞物堵死	清除堵塞物
		钻头水口被埋住	把钻具提离孔底，用正循环冲堵
4	砂石泵启动、正常循环后突然（或逐渐）中断	管路系统漏气	检修管路，紧固砂石泵塞线压盖或水龙头压盖
		管路突然被堵	冲堵管路
		钻头水口被堵	消除钻头水口堵塞物
		吸水胶管内层脱胶损坏	更换吸水胶管
5	在黏土层中钻进，进尺很慢，憋泵	钻头有缺陷	检修或更换钻头
		钻头有泥包或糊钻	调节泥浆相对密度和黏度，适当增大泵量或向孔内投入适量砂石，解除泥包糊钻
		钻进参数不合理	调整钻进参数
6	循环突然中断或排量突然减小，钻头在孔内跳动厉害	管路被砂石堵死	清除堵塞物
		泥浆的相对密度过大	提升钻具，调整泥浆相对密度至符合要求
		泥浆中钻渣含量过大	降低钻速，加大排量，及时清渣
		孔内有掉落的石块	起钻用专门工具清除石块
7	塌孔	地层松散，水头压力不够	及时向孔内补充足量泥浆，必要时加大泥浆相对密度或抬高水头高度
		孔内漏失，水位下降	向漏水层投入泥浆或冻胶泥堵漏
		松散地层泵量过大造成抽吸塌孔	调整泵量减少抽吸

表 C.0.3 钢筋笼施工常见问题原因与处理方法

序号	常见问题	主要原因	处理方法
1	钢筋笼尺寸偏差过大,螺旋箍筋脱焊	加劲箍制作不规范,箍筋松紧不当	加劲箍制作标准化,箍筋螺旋盘绕均匀
		主筋间距不均匀	加劲箍上标识主筋电焊点位或卡具测量固定
		螺旋箍筋焊点不牢固或漏焊	箍筋与主筋贴实后点焊,焊点牢固且不咬筋
2	钢筋笼下放受阻	成孔不规则,局部缩径,垂直度超限	控制成孔质量、垂直度,必要时回钻扫孔
		一次清孔不到位,孔中泥块板结	严格落实一次清孔工序,注意施工连续性
		接头部位连接弯曲不顺直造成卡壁	孔口搭接应保持上下节钢筋笼顺直
		配筋较少,钢筋笼刚度弱、起吊易弯曲	采取多点起吊或于钢筋内绑设杉篙等措施防止钢筋笼变形,确保钢筋笼顺直下放
3	钢筋笼孔内坠落	加劲箍强度低或与主筋焊点不牢	加强焊接质量,必要时采用双加劲箍
		压笼杠滑脱	搭接时,压笼杠应布置稳固、牢靠
		吊筋拉脱或拉断	加强吊筋与钢筋笼连接,合理选择吊筋
4	钢筋笼上浮	钢筋笼重量较轻	可在孔口采取压笼措施
		灌注速度太快产生向上冲击力、混凝土和易性、流动性差	合理控制灌注速度和埋管深度,严格控制混凝土坍落度、和易性、流动性等

表 C.0.4 混凝土灌注常见问题原因与处理方法

序号	常见问题	主要原因	处理方法
1	堵管	混凝土和易性较差	合理设计混凝土配合比和灌注坍落度
		孔底钻渣、沉渣过厚	合理控制钻进速度，强化清孔质量
		导管埋深太大造成内外压差过小	灌注时上下抖管，及时提管拆管控制埋深
		导管内混凝土时间过长失去流动性	混凝土供应需及时，灌注过程应连续
		导管拔出混凝土面、管内回浆导致混凝土泡水平析而堵管	拆管前测定导管埋深，合理确定拔管拆管长度，防止拔空。
		异物堵塞导管	查明堵管原因，清堵或加设灌注筛网
		导管变形而堵管	选用适当壁厚导管，灌注时从集料斗一侧匀速落料，避免形成气栓
2	断桩	导管密封不良，长时间中断浇筑	改善密封管理，保证浇筑连续
		灌注中导管拔空，管内进入泥浆	正确测算导管埋深和拆管长度
		孔壁塌落或孔口坠物	提高泥浆护壁能力，孔口合理设置护筒
3	导管坠落孔内	导管丝扣磨损严重，灌注中脱扣	提前检查导管，更换不合格导管，控制埋管深度，灌注中勤于提抖
		导管挂住钢筋笼，强行提升导致脱扣	勾挂钢筋笼避免强行提管，恰当解除勾挂
4	导管抱死	异物卡在钢筋笼和导管之间	埋设护筒防止块石等异物坠入
		孔底钻渣淤积形成活塞效应	严格落实一次清孔和二次清孔工序和指标
		孔壁坍塌，钢筋笼变形卡住导管	依据地质条件合理配置泥浆，成孔周边严禁距离振动
		混凝土和易性差或灌注中停滞时间长	和易性差的混凝土不得强行灌注，保证浇筑的连续性

表 C.0.5 灌注桩常见质量缺陷与处理方法

序号	缺陷类型	处理方法
1	桩身夹泥	可开挖部位：开挖至夹泥位置，清除夹泥并进行接桩；深部：注浆或补桩
2	桩顶混凝土松散、强度低	剔凿掉桩头松散部位混凝土，清理干净接触面，埋设护筒后二次接桩
3	桩身断裂	可开挖部位：开挖至断桩处，清理掉断桩以上部分后进行灌注接桩；深部：补桩
4	桩头保护层不足	开挖至缺陷处，清理接触面后设置护筒灌注混凝土补修
5	锚固筋长度不足	对钢筋笼主筋采取同心弯焊接接筋，搭接及接头要求同孔口搭接

表 C.0.6 后注浆施工常见问题原因与处理方法

序号	常见问题	主要原因	处理方法
1	注浆管路不通	注浆阀打不开或注浆管制作不合格	采用设计合理、质量优良的注浆阀和注浆管，应地表进行试打开通试验
		机械触碰或其他原因导致注浆管弯折损坏	利用备用注浆管注浆；浅部损坏可开挖至装置损坏处，清除损坏部位露出完好注浆管后再行注浆
		开塞时泥水倒灌	注水清堵；利用备用注浆管注浆；设计认可情况下，在桩侧下管注浆后再行注浆
		钢筋笼安插深度不够或超打导致注浆阀被混凝土封住	设计认可情况下，在桩侧下管注浆后再行注浆
2	孔深超钻	施工机具故障或其他原因	调节注浆管长度
3	串浆、冒浆	地质条件、桩长、桩身质量、养护龄期等客观因素或注浆参数、注浆顺序不合理	调整注浆参数，合理安排施工顺序；可采用多次间歇式注浆方式施工
		注浆管不密闭而漏浆	注浆管制作和安装中应检查密闭性；利用备用管注浆
4	注浆量和注浆压力达不到设计要求	串孔导致浆液流失	合理安排注浆顺序和注浆时间，多次注浆；减小水灰比
		地质原因导致浆液扩散	通过降低注浆压力和流量控制浆液渗透流动速度；调整水灰比或掺入水玻璃等外加剂；采取间歇式注浆
5	注浆管见不到水泥界面	注浆管漏浆导致界面下降较深	采用钢筋棍或其他工具探测水泥界面

附录 D 桩端后注浆施工记录表

单位（子单位）工程名称：

施 工 单 位 名 称：

监 理 单 位 名 称：

水泥类型与强度：

单桩设计水泥量：

序号	桩号	日 期	注浆管安装深度		浆液 水灰比	开始时间	终止时间	冲破压力	正常压力	终止压力	水泥用量（t）		备注
			（m）					（MPa）	（MPa）	（MPa）	单管注入量	合计	
			端 A										
			端 B										
													
			端 A										
			端 B										
													
			端 A										
			端 B										
													

本规程用词说明

1 为了便于在执行本规范条文时区别对待，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”。

本规程引用标准名录

- 1 《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004
- 2 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB50202
- 3 《建筑地基基础设计规范》GB50007
- 4 《钢筋混凝土用钢第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1
- 5 《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2
- 6 《混凝土强度检验评定标准》GB 50107
- 7 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204
- 8 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300
- 9 《建筑工程绿色施工评价标准》GB/T50640
- 10 《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523
- 11 《建筑施工安全检查标准》JGJ59
- 12 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ33
- 13 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46
- 14 《建筑桩基技术规范》JGJ94
- 15 《钢筋焊接与验收规程》JGJ18
- 16 《钢筋机械连接技术规程》JGJ107
- 17 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55
- 18 《建筑基桩检测技术规范》JGJ106
- 19 《天津市岩土工程技术规范》DB/T29-20
- 20 《天津市预拌混凝土质量管理规程》DB/T 29-184
- 21 《天津市建筑基桩检测技术规程》DB/T29-38
- 22 《钻孔灌注桩成孔、地下连续墙成槽检测技术规程》DB/T29-112
- 23 《天津市建筑工程施工质量验收资料管理规程》DB/T29-209

天津市工程建设标准

天津市钻孔灌注桩施工技术规范

DB/T29-293-2021
J16245-2022

条文说明

2022 天津

前言

《天津市钻孔灌注桩施工技术规程》DB/T29-293-2021，经天津市住房和城乡建设委员会 2022 年 1 月 27 日以第 7 号文件批准、发布。

本规程的主编单位是天津市博川岩土工程有限公司和天津市勘察设计院集团有限公司，参编单位是天津大学、天津市市政工程设计研究院、天津市建筑科学研究院有限公司、中国建筑第八工程局有限公司、天津泰勘工程技术咨询有限公司、天津市天勘建筑设计院、天津建城基业集团有限公司。

为便于有关人员在使用本规程时能够正确理解和执行条文规定，《天津市钻孔灌注桩施工技术规程》编制组按章、节、条、款顺序编制了本规程的条文说明，供使用者参考。在使用过程中如发现本条文说明有不妥之处，请将意见函寄至主编单位。

目次

3 基本规定	58
4 成孔	60
4.1 一般规定	60
4.2 正循环成孔	62
4.3 反循环成孔	62
4.4 旋挖成孔	62
5 清孔	65
5.1 一般规定	65
5.2 正循环清孔	66
5.3 施工作业	66
6 钢筋笼制作与安装	67
6.2 钢筋笼制作	67
6.3 钢筋笼安装	68
7 混凝土灌注	69
7.1 一般规定	69
7.2 混凝土灌注	69
8 后注浆施工	71
8.1 一般规定	71
8.2 设备与装置	72
8.3 后注浆施工	73
9 质量检查与验收	74
9.1 一般规定	74
9.2 质量检测	74
10 施工安全与环境保护	76
10.2 环境保护	76

3 基本规定

3.0.2 施工方案应根据工程概况、重点难点、施工工艺、材料供应和进度计划等进行综合、全面和有针对性编制，并应符合国家现行标准《建筑施工组织设计规范》GB50502 和《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

3.0.5 旋挖钻机是一种多功能、高效率的灌注桩成孔设备，旋挖钻进具有高效、节能、低噪声、无污染、适应地层广泛等优点，可适应填土、黏性土、粉土、砂土、碎石土、软岩及风化岩等，广泛应用于建筑与市政工程桩基施工中。其可分为干作业旋挖成孔、湿作业旋挖成孔、套管护壁旋挖成孔和复合工艺旋挖成孔等几种形式。天津大部分是典型的软土地质区域，地下水位较高，故旋挖钻机在本地区的工程实际应用中，基本采用稳定液护壁的湿作业旋挖成孔工艺。

3.0.6 试成孔目的是为核验地质资料、检验施工工艺、技术要求和设备适用性，同时应根据试成孔结果，对所选施工工艺进行评价认定或修改完善。

3.0.8 天津属于软土地区，钻孔灌注桩施工有着浓郁的地方特色，如潜水钻机的普遍应用。但北部的蓟州山区和东部的滨海吹填区，其地质条件却较为特殊。蓟州山区的岩石层可采用旋挖、冲击钻或潜孔锤等施工，其工艺参数应满足现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 和现行天津市标准《天津市岩土工程技术规范》DB/T 29-20 的有关规定；深厚粉土粉砂层、蓟州山区的角砾层、滨海新区生态城和吹填土地区采用泥浆护壁钻孔灌注桩施工时，应根据地质条件、试成孔结果和地区经验，合理制备泥浆，如采取增大泥浆相对密度，掺入锯末、膨润土等提高泥浆黏度的方式来维持孔壁稳定。当采取上述措施仍不能满足成孔要求时，可采取适当增大钻头直径或埋设长护筒等措施，并根据试成孔及基桩检测结果确定工艺

和措施的可行性。

3.0.9 水上桩施工在护筒埋放、泥浆循环系统的设置和远岸作业以及施工安全方面，都有其特殊性，施工中应予以高度重视。水上桩施工构筑作业场地的常用方法有围堰、筑岛和施工平台。

3.0.10 为贯彻国家和天津市建筑行业环境保护的有关政策，施工现场应对扬尘、噪声和光污染等采取相应控制措施。近年来，泥浆排放导致的环境污染问题日益突出并日渐受到重视，泥浆的外运、排放应符合天津市有关管理部门的要求。同时，各有关单位也应积极探索和开展泥浆脱水、固化、资源化回收利用等技术在工程当中的研究与应用，寻求废弃泥浆的无害化处理和资源化利用。

4 成孔

4.1 一般规定

4.1.1 翻槽和场地平整可依据施工流水设计分段实施。必要时，应对施工道路、材料堆场、钢筋加工区等进行硬化处理，硬化强度和厚度建议根据上部荷载及地基承载力要求确定，以满足使用要求为宜。

4.1.3 成孔工艺的选择应因地制宜。目前天津地区钻孔灌注桩施工，正循环回转钻进成孔（如潜水钻机、磨盘钻机等）应用广泛、工艺成熟且性价比高，除此之外，湿作业成孔的旋挖工艺也有着大量的应用；但对于大直径和超长灌注桩，宜优先选择反循环施工工艺。蓟州区和滨海新区土质条件较为特殊，应重点考虑地质条件对工艺的限制，可结合地区经验，合理选择。

4.1.4 成孔直径除与钻头大小有关，还与成孔工艺、钻杆连接方式等有关，结合天津土质特性和工程经验、以及广泛应用的潜水钻机和磨盘钻机，考虑钻头旋转的截面位移，建议钻头直径 $\geq (D-30\text{mm})$ ，但成孔直径须满足设计桩径 D 的要求。施工过程中应经常查验钻头尺寸和有效成孔直径，并根据磨损情况及时修整，形状及旋转应满足同心圆要求，为避免钻齿磨损不均匀和损耗过快，应采用合金钻齿。

4.1.5 埋设护筒是控制桩位、导正钻具、防止上口护壁泥浆渗漏、地表水渗入和孔口坍塌的必要措施，因此本条对护筒的选用和埋设作了具体规定。有障碍物的桩位，应在清除障碍物后再埋设护筒，且护筒底边须进入清障底面以下不少于 0.2m 。大量的工程实践证明，人工填土的场地施工灌注桩，成孔、清孔、下钢筋笼和灌注过

程填土均可能会坠落孔中，导致桩身夹泥夹石，影响桩身完整性，因此，规范、合理的埋设护筒对成桩质量的控制是十分重要、更是十分必要的。

4.1.7 原土造浆的特点是技术要求低，不需要专门配置泥浆，施工费用小，且能够满足短期成孔护壁的要求。天津地区地层的黏性土颗粒含量较高，造浆性能较好，本规程建议优先采取原土造浆，这也是目前天津地区钻孔灌注桩极为普遍的做法。大量工程实践证明，泥浆是泥浆护壁成孔灌注桩成孔质量好坏的重要因素，在施工过程中应注意检查泥浆的各项指标，其中相对密度、黏度和含砂率是最直观、最重要的指标。泥浆相对密度过大既影响钻进速度，又使孔壁泥皮增厚；泥浆相对密度过小则护壁性能差，容易塌孔。泥浆中的黏性可使土渣悬浮而不发生沉淀，且能阻止泥浆向地基土的侵入，黏性土中黏度宜控制在 18s~25s 之间；在砂性土中，为防止砂土中的颗粒沉淀导致成孔质量不佳，应适当增大泥浆黏度，根据经验，砂性土中黏度控制在 25s~28s 之间。含砂率过高不仅会导致泥浆性能下降，也会导致钻具、水泵等设备的加速磨损，制备泥浆含砂率一般以不大于 4%为宜，泥浆含砂率过高时，可采用物理和化学等方法进行除砂处理。当地表杂填土黏粒含量较少、或下部土层砂层较厚，导致原土造浆不能满足成孔要求时，可通过添加膨润土、增黏剂、增重剂等材料进行人工造浆。

4.1.8 在成孔中保持泥浆液面高度和适度控制泥浆指标对于孔壁稳定和成孔质量都非常重要，同时也是对地下钻进情况的一种反馈，施工中应对液面高度勤于查验，在泥浆液面突变时要及时分析原因并采取措施。

4.1.10 成孔过程和成孔后的下一道工序间隔时间过长会影响孔壁稳定或导致泥皮过厚，对成桩质量产生不利影响。

4.1.12 邻桩施工间距和时间间隔作出规定的目的是为了防止窜孔、塌孔和断桩现象，避免刚浇筑完毕的灌注桩桩身受到损坏。施工安全间距需综合考虑桩径、扩径及垂直度偏差等因素，并在此基础上

储备 1 倍桩径安全度，故规定 4 倍桩径。间隔时间规定 36 小时，是确保桩身混凝土已凝固。施工安全距离和间隔时间只需满足其中一项即可。对于天津地区淤泥质软土、古河道和冲填土等，成孔安全间距可在此基础上予以增大。

4.2 正循环成孔

4.2.4 钻压、转速、泵量等各项参数是相互匹配的，因此在钻进过程中，应根据土层、桩径及钻机性能等合理选用和控制钻进参数，保证钻进顺利和成孔质量。

4.3 反循环成孔

4.3.2 根据反循环设备不同，通常可以分为泵吸反循环、气举反循环和射流反循环。当孔深 60m~80m 时宜采用泵吸反循环成孔；孔深大于 80m 时宜采用气举反循环。相比正循环，反循环的钻进具有成孔直径和深度大、成孔质量高、对泥浆要求低等优点，但也存在钻进速度慢、操作复杂、用水量大等缺点。

4.3.5 反循环成孔的钻孔参数应根据地质条件、钻头种类、孔径、孔深等综合考虑，一般桩径较大时采用高钻压低转速，桩径较小时采用低钻压高转速。泵量的选取需要保证钻杆内的冲洗液上升流速大于钻渣下沉速度。

4.4 旋挖成孔

4.4.1 天津地区处于海河流域下游，地势平坦低洼，河网密布。历史上泛滥性河流的自然改道以及人工治理河流（筑堤建坝、开挖减

河、裁弯取直等）导致河流改道，遗留下多种不同规模的古河道，详见表 1。历经时代变迁和城市发展，废弃河道由于新近的洪泛、淤积及人工填埋而埋藏于地下。古河道内厚层杂填土及粉土粉砂黏聚力小，自稳能力差，且土层含水量较大，灌注桩成孔时，孔壁极不稳定，易造成缩径、塌孔等工程问题。

表 1 天津市中心城区典型古河道分布

名称	分布	埋深
海河古河道	多分布于现海河两侧，呈条带状分布	最深达 19m
北运河古河道	多分布于现北运河两侧，北起南仓道，南至三岔河口，呈条带状分布	最深达 16m
南运河古河道	多分布于现南运河两侧，东起三岔河口大胡同附近，西至外环西路大卞庄附近，呈条带状分布	普遍深度大于 7m，最深达 17.6m
金钟河古河道	自三岔河口，沿金钟路—金钟河大街—津蓟高速—津芦线分布	普遍埋深大于 3m，最深处达 10m
大清河古河道	位于北运河和子牙河之间，自伍街村起，经刘家码头村、津霸桥、天平桥，沿光荣道、新红路分布，至北运河止	深度普遍大于 4m，最深处可达 14.5m
普济河古河道	位于勤俭新村附近，自勤俭立交桥起，沿普济河道、普济河东道向东北分布，直至宜兴埠桥	深度普遍大于 3m，最深处可达 7.5m
墙子河古河道	是天津壕墙护城河废弃后填埋形成的古河道，贯通南运河、海河、金钟河（已废弃）、北运河，环老城厢呈方形分布	深度普遍大于 3m，最深处达 16m 左右
卫津河古河道	包括海光寺古河道和尖山古河道，两者均属随城市发展逐渐被填平后遗留下来的古河道	最深处约 5.5m
赤龙河古河道	包括南门外大街古河道、南开大学古河道和水上公园古河道，三者均属随城市发展逐渐被填平后遗留下来的古河道	最深处约 9m 左右
永定河古河道	在天津市北部遗留有多处古河道，外环线内仅可准确描绘出一条，位于津保高速与津霸线之间，自西向东经津霸桥附近至郭辛庄与北运河交汇	深度普遍大于 4m
黄河古河道	主要分布在独流减河至津滨高速之间，跨越西青区、南开区、河西区、津南区	市区内已发现最深处 17.5m

4.4.3 稳定液测试仪器主要包括相对密度计、黏度计、洗砂瓶和量

筒等。旋挖成孔配置稳定液时，宜选择膨润土，在黏性土层，可加入分散剂；在杂填土、淤泥质土和砂层中，可加入增黏剂和增重剂；在易漏失地层还可加入锯末、珍珠岩粉和水泥等堵漏材料。

表 2 稳定液常用处理剂

类型	处理剂名称	主要作用
分散剂	碳酸钠（Na ₂ CO ₃ ）、氢氧化钠（NaOH）等	分散黏粒、 调节 PH 值
增黏剂	羧甲基纤维素（LV-CMC、MV-CMC）、羧甲基纤维素钠盐（HV-CMC）、复合离子型聚丙烯酸盐（PAC141）等	降滤失、 增加黏度
堵漏剂	棉花籽壳粉、蛭石粉、核桃皮粉、珍珠岩粉、锯末、稻壳碎末、水泥等	地层堵漏
增重剂	重晶石粉（BaSO ₄ ）、石灰石粉(CaCO ₃)、氧化铁粉（Fe ₃ O ₄ ）等	增加稳定液 相对密度

4.4.4 旋挖成孔过程中应控制钻具在孔内的升降速度，对于软土地层，回次进尺不宜大于 0.5m，提钻速度不宜大于 0.5m/s，转速 10r/min~20r/min。升降速度太快，将加重孔内泥浆对孔壁的冲刷，甚至提升过程中在钻斗下方产生负压，致使缩径或塌孔。

5 清孔

5.1 一般规定

5.1.1 本规程明确规定清孔必须采用两次清孔。主要原因是，一是成孔的护壁泥浆一般采用原土自然造浆，泥浆的稳定性较低，当孔内泥浆一旦停止循环，泥浆中悬浮的颗粒会在短时间内下沉造成沉淀。而根据成孔成桩的工艺流程，当成孔完毕第一次清孔结束到混凝土灌注前，中间需要进行钻具提拆、安装钢筋笼和下导管等数道工序，其所需时间较长。在这么长的时间内孔内泥浆中悬浮的颗粒势必下沉而使孔底沉渣厚度增加。二是在提钻具、下放钢筋笼和安装导管过程中，难免会碰擦孔壁，使孔壁上的泥皮刮落至孔底。综上，清孔分两次进行是十分必要的。

5.1.5 二次清孔完成后，若遇到浇筑混凝土间隔时间过长，孔内沉渣仍会在孔底重新积聚，规定清孔完成至灌注混凝土时间间隔不应超过 30 分钟，本质是强调灌注桩施工应讲究工艺连贯性，成孔后尽快灌注混凝土。

5.1.6 施工现场也可采用 3 根同直径（20mm~22mm 为宜）、长度为 130mm 的钢筋集束拼焊制作。实际施工中，孔底沉渣的准确测量是比较困难的，测量器具和测量人员的经验对沉渣的测量也存在一定的差异，因此施工中应结合工程经验，严格控制钻进参数和清孔时间，注意成孔、清孔与灌注的连续性。

5.1.7 旋挖钻机成孔时，应采用清孔钻头进行清渣清孔，必要时，可采用桩端后注浆工艺保证桩端承载力。

5.2 正循环清孔

5.2.2 本条强调一次清孔应保持足够时间。一次清孔的目的是通过清孔将成孔中产生的超标泥浆充分置换，一次清孔充分有利于后续二次清孔和总体成孔效果，故此不能因为存在二次清孔而认为一次清孔多此一举而省略。

5.2.3 二次清孔是对一次清孔至混凝土灌注前孔内泥浆的新沉淀物进行上携和置换，保证孔底附近的泥浆指标及沉渣厚度在规定范围内。清孔工作做到位既是成孔质量的保障，又能有效预防混凝土灌注中的堵管、桩头夹泥、承载力降低等工程问题，应予以重视。

5.3 施工作业

5.3.2 输入孔内的泥浆量不应小于砂石泵的排量，以保持孔内泥浆液面稳定，防止孔壁坍塌。同时，还应避免砂石泵泵量过大，以防吸塌孔壁。

5.3.3 气水混合器可用直径 25mm~32mm 镀锌管制作，底端封堵，在 1m 长度范围内打 6 排、每排 4 个直径 8mm 的小孔。

6 钢筋笼制作与安装

6.2 钢筋笼制作

6.2.1 施工前，对于钢筋笼详图和钢筋材料的施工说明都应充分查阅和掌握，准确把握设计意图，对标注不够明确的参数要及时与设计单位沟通、确认，班组交底过程中，对钢筋下料和钢筋笼制作细节要交代详实、到位。

6.2.3 当采用焊接连接钢筋笼时，每个电焊接头的搭接长度宜按单面搭接焊 $10d$ 计算，并可预留 $30\text{mm}\sim 50\text{mm}$ 的余量。当采用机械式连接时，每个接头的长度，应根据机械接头的长度进行计算。确定钢筋笼长度时，应结合主筋根数、主筋直径、施工条件、桩总长度等合理确定。

6.2.4 对钢筋笼主筋最小净距的规定，目的是避免由于钢筋笼布筋过密导致间距过小，影响灌注时混凝土的流动性，致使混凝土难以进入到钢筋笼与孔壁间的空间，影响保护层的灌注质量，同时也避免由于间隙过小导致的混凝土离析。钢筋笼制作允许偏差执行了现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的相关规定。桩径较小、主筋数量较少、主筋直径较小的钢筋笼制作过程中，可在钢筋笼内、两道加劲箍之间增加环形胎模，以避免产生束腰或纵向笼体弯曲等问题。

6.2.5 螺旋箍筋与主筋的连接方式主要有铁丝绑扎、绑扎加间隔点焊固定及直接点焊固定等几种。目前随着技术的发展，使用滚焊机进行螺旋筋与主筋连接的技术也日趋完善，其具有施工效率高、质量稳定等优点，有条件时可以推广应用。

6.2.6 同一截面是指长度为 $35d$ 且不小于 500mm 的区段。

6.2.7 近年来，钢筋的机械连接已在钻孔灌注桩钢筋笼应用，尤其

是在公路桥梁灌注桩基础领域,机械连接以其成本低廉、工序简单、牢固稳定的特点而备受青睐。对于接头等级的划分,按照现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定进行界定划分。

6.3 钢筋笼安装

6.3.1 钢筋隐蔽工程检查验收的主要内容有钢筋品种、规格、数量、节数、总长、钢筋连接方式、接头位置数量、接头面积百分率、箍筋数量、间距、保护层措施等。

6.3.2 一般钢筋笼吊点设置在加劲箍筋部位或距离钢筋笼端部2m~3m处,但对于自重较大的钢筋笼,可靠起吊点应经计算确定。对于较长的钢筋笼可在适当的间距(3m~5m)加焊临时支撑及在钢筋笼内侧绑设杉篙等措施,下孔时再解除及撤出,可防止扭转变形。

6.3.8 吊筋的规格、钢筋笼重量和混凝土灌注速度等都将对钢筋笼的标高有所影响,施工中应予以重视。桩身混凝土凝固沉缩、吊筋拉伸等会导致钢筋笼下沉;当钢筋笼较轻、混凝土灌注速度较快或导管挂笼等情况,会导致钢筋笼上浮。施工中应采取适当措施予以规避。

6.3.9 孔斜、缩径、清孔不合格、钢筋笼制作不规范等都可能造成钢筋笼安装困难,应分析原因、采取如重新扫孔、纠斜等必要措施,严禁强行下压。

7 混凝土灌注

7.1 一般规定

7.1.1 质量证明资料应载明混凝土所用的胶凝材料，骨料、外加剂、混凝土配合比以及混凝土初凝时间等信息。坍落度过低，易导致灌注困难、容易堵管；坍落度过高，混凝土容易离析、混凝土面容易下沉等，故夏季高温施工，混凝土坍落度设计时应考虑运输过程中坍落度的损失，必要时应采取必要措施降低坍落度损失，灌注前应对混凝土坍落度进行测量并做好记录。

7.1.3 关于本条第 2 款，国家现行标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB50202、《建筑地基基础工程施工规范》GB51004 和《建筑桩基技术规范》JGJ94 等各规范对试件留置的相关规定不尽相同，为避免造成规范引用困扰，结合地区实际情况，本规程对此部分内容进行了规定。

7.2 混凝土灌注

7.2.1 本条强调了管径与桩径相匹配，桩径小、管径大，容易造成挂笼导致钢筋笼上浮；桩径大、管径小，延长灌注时间和影响灌注质量。闭水试验，可将 3~5 节测试的导管连接后，向管内加注容量约 70% 的清水，一端密封，另一端通过空压机加注压缩空气，控制气压在 0.6 MPa ~1.0MPa，维持时间 15 分钟，若导管和接头不渗水即为合格。

7.2.2 大量工程实践表明，设置隔水塞可以有效提高桩身混凝土灌

注质量,故本条对隔水塞的设置作了规定。目前隔水塞的种类较多,主要有橡胶球胆、预制隔水栓等。

7.2.5 控制混凝土初灌量是水下混凝土施工的重要环节,其作用是积聚一定量的混凝土所储备的势能,将导管内的泥浆压出,实现封底,并须保证防止封底后导管外泥浆在压力作用下浸入混凝土内。

7.2.7 条文中对最小埋管深度作了规定,埋管过浅,可能发生导管拔出混凝土面而引起桩身夹泥或断桩;但埋管过深,会导致管内混凝土顶升阻力过大而引起堵管、抱管。

7.2.9 本条文对超灌高度作了规定,超灌过低,桩头剔凿后容易产生桩顶夹泥、桩头强度低;超灌过高,后期处理困难,浪费材料,增加成本。施工过程中,应采取各种辅助措施,在保证桩顶质量的前提下,尽量减小超灌量,以达到绿色环保的目的。

8 后注浆施工

8.1 一般规定

8.1.1 后注浆灌注桩是指混凝土浇筑完成后一段时间内，通过预先埋设在桩身内的注浆管和注浆阀，对桩端或桩侧土体高压注入水泥浆所形成的灌注桩。后注浆灌注桩通过桩端桩侧后注浆可有效加固桩端沉渣和桩侧一定范围的土体，以大幅提高桩的承载力，增强桩的质量稳定性，减小桩基沉降，有效的解决了天津地区超高层桩身过长、桩布置较密的问题。天津平原地区通过近百项工程项目统计，在地质条件和桩身结构相同时，桩端为粉质黏土、粉土时，单一桩端后注浆单桩竖向承载力比普通钻孔灌注桩提高 20%~30%；桩端为砂土时，单一桩端后注浆单桩竖向承载力比普通钻孔灌注桩提高 30%~55%；但提高比例与桩长、桩径、施工工艺等直接相关。另外天津蓟州北部山区，目前一些高层建筑灌注桩以砾卵石、风化岩层为桩端持力层时也采用桩端后注浆施工工法；对于厚层软土地区的桩侧注浆，对桩基施工和桩侧注浆的质量要求很严格，应慎重采用。

8.1.2 桩端及桩侧后注浆工艺原理是灌注桩成桩后，桩身混凝土达到一定强度时，浆液在一定的压力作用下，通过预埋在桩身中的注浆导管和桩端桩侧注浆管向周围扩散，同时沿桩身上返，浆液中矿物与水发生水解及水化反应，通过渗透、劈裂和挤密作用，固化桩端沉渣，加固桩侧土体，改善土体性质及泥皮性质，由此达到改善桩端及改变桩侧土体的受力特性，从而提高桩端阻力和桩侧阻力，达到提高钻孔灌注桩的承载力和减少桩身沉降量的效果，按后注浆方式可分为桩端后注浆、桩侧后注浆及桩端、桩侧复式注浆三种方

式。

8.1.3 后注浆技术对提高灌注桩竖向承载力和减小沉降效果显著，尤其是对桩端进入密实粉土及粉细砂层的桩。施工前进行试注浆试验，通过试验最终确定合理的浆液配比、注浆压力、注浆量和注浆速度等工艺参数。

8.2 设备与装置

8.2.1 目前后注浆普遍采用往复式定量泵。选泵时应注意泵压、泵量能满足工艺要求。

8.2.2 注浆导管一般采用国标低压流体输送用焊接钢管，桩端注浆导管内径一般为 25mm，壁厚 3.25mm，桩侧注浆导管内径一般为 20mm，壁厚不宜小于 2.75mm；注浆导管的管壁不应太薄，否则与注浆阀管箍连接易出现断裂。当桩端注浆导管用作桩身超声波检测时，可根据检测要求适当加大注浆导管直径。注浆导管的管箍连接简单、易操作，适用于钢筋笼运输和放置过程中挠度不大、对应的注浆导管受的拉力很小的情况，否则必须采用套管焊接。焊接必须连续密闭，焊缝饱满均匀，不得有孔隙、砂眼，每个焊点应敲掉焊渣检查焊接质量，符合要求后才能进行下一道工序。另外，注浆管、注浆阀及侧环管在开工前应在地表进行试打开，且数量不宜少于 2 组。

8.2.3 后注浆导管的设置数量应根据桩径大小确定，最少不得少于 2 根，对于 $D > 1200\text{mm}$ 的桩增至 3 根，目的在于确保后注浆浆液扩散的均匀对称及后注浆的可靠性。

8.2.4 考虑到泥浆护壁钻孔灌注桩，采用单一桩端或桩侧注浆时，竖向增强段一般为注浆断面以上 12 米，桩侧注浆断面间距视土层性质、桩长、承载力增幅要求而定，宜为 10m~20m。

8.3 后注浆施工

8.3.4 浆液水灰比是根据大量工程实践经验提出的。水灰比过大容易造成浆液流失,降低后注浆的有效性,水灰比过小会增大注浆阻力,降低可注性,乃至转化为压密注浆。因此,水灰比的大小应根据土层类别、土的密实度、土是否饱和诸因素确定。当浆液水灰比不超过 0.5 时,加入减水、微膨胀等外加剂在于增加浆液的流动性和对土体的增强效应。确保最佳注浆量是确保桩的承载力增幅达到要求的重要因素,过量注浆会增加不必要的消耗,应通过试注浆确定。这里推荐的用于预估注浆量公式是以大量工程经验确定有关参数推导提出的经验公式,供编写注浆方案时参考。

8.3.5 关于注浆作业起始时间和顺序的规定是大量工程实践经验的总结,对于提高后注浆的可靠性和有效性至关重要。“单管注浆,另一管备用”即为一根注浆管作为主注浆管,另一根备用,而不需要等量注浆。对于桩径小于等于 700mm 的灌注桩,在保证注浆量和注浆压力均能达到要求时,可仅使用主注浆管注浆,也可多注浆管等量注浆。

8.3.6 规定终止注浆的条件是为了保证后注浆的预期效果及避免无效过量注浆。注浆压力与地层特性、注浆管埋置深度、输浆管直径、长度及注浆泵的参数等有关;注浆量视地层条件及设计要求确定,因此本条规定以注浆量控制为主,压力控制为辅。

9 质量检查与验收

9.1 一般规定

9.1.1 桩基试验和检测工作多数情况下分别放在设计和验收两阶段，即施工前和施工后。大多数桩基工程的试验和检测工作确是在这两个阶段展开的，但对桩数较多、施工周期较长的大型桩基工程，验收检测应尽早施工过程中穿插进行，而且这种做法应大力提倡。桩承载力检测，应根据基桩实际受力状态和设计要求合理选择，主要有静载荷试验、高应变法和自平衡等检测方法。桩身完整性检测主要有低应变法、声波透射法、高应变法和钻芯法。对于大直径灌注桩建议同时选用两种或多种检测方法，以便互相补充验证，形成优势互补。

9.1.3 单桩承载力是指桩的竖向抗压承载力、竖向抗拔承载力和水平承载力；桩身完整性是指桩身截面尺寸相对变化、桩身材料密实性和连续性的综合定性指标；混凝土强度应根据预留试块的无侧限抗压强度试验结果按照本规程 7.1.3 的有关规定进行评定。

9.1.5 声波透射法检测前应使用测绳进行管路检查，若存在淤堵，可使用后注浆设备泵送清水或其他方式进行清堵。

9.2 质量检测

9.2.1 本条第 1~4 款规定了钻孔灌注桩成孔检测数量的下限标准，当设计单位根据地质条件、主体结构或其他因素认为必须检测的，理应按照设计要求进行检测。本条第 5 款执行了天津市地方标准

《钻孔灌注桩成孔、地下连续墙成槽检测技术规程》DB/T29-112的规定。试验桩成孔检测的目的是核对地质资料、检验所选设备、施工工艺及技术要求是否合适。

9.2.2 宜优先检测本条第 1~4 款所列的桩，其次再考虑随机性和均匀分布。

9.2.4 桩身完整性检测，应在保证准确全面判定的原则上，首选适用、快速、经济的检测方法。中小直径钻孔灌注桩常采用低应变法，但大直径、桩长大的灌注桩，由于尺寸效应和有效检测深度的影响，低应变法无法检测或检测效果不佳，而采用钻芯法、声波透射法却能较好解决。同时，对于大深灌注桩采用多方式联合检测，能够使检测结果互相验证、补充，提高检测的可靠性，降低工程风险。

9.2.5 桩基工程属于一个单位工程的分部（子分部）工程中的分项工程，一般以分项工程单独验收，所以本规程对承载力验收检测数量限定在分项工程内。本条款规定的单桩竖向抗压静载荷试验检测数量为下限检测数量。高应变法作为一种以检测承载力和桩身完整性为主的试验方法，尚不能完全取代静载试验，其可靠性与检测人员的技术水平和经验有很大关系。本条第 3 款虽然允许采用高应变法进行验收检测，但仍需结合工程实测经验、本项目的动静对比系数或本地区相近条件下的可靠对比验证资料进行综合分析。

10 施工安全与环境保护

10.2 环境保护

10.2.4 随着城市的发展和环境治理的要求，泥浆减量化、资源化处置已成为今后桩基施工的发展方向。

10.2.7 根据《中华人民共和国环境噪声污染防治法》第三十条规定，在城市市区噪声敏感建筑物集中区域内，禁止夜间进行产生环境噪声污染的建筑施工作业，但抢修、抢险作业和因生产工艺上要求或者特殊需要必须连续作业的除外。因特殊需要必须连续作业的，必须有县级以上人民政府或者其有关主管部门的证明。前款规定的夜间作业，必须公告附近居民。