



T/CECS 592-2019

中国工程建设标准化协会标准

钻孔灌注桩施工技术标准

Technical standard for construction of bored pile



中国建筑工业出版社

jicvba.cn

中国工程建设标准化协会标准

钻孔灌注桩施工技术标准

Technical standard for construction of bored pile

T/CECS 592 - 2019

主编单位：中冶集团武汉勘察研究院有限公司

河北建设勘察研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2 0 1 9 年 1 1 月 1 日

中国建筑工业出版社

2019 北 京

Jcvba.cn

中国工程建设标准化协会标准
钻孔灌注桩施工技术标准
Technical standard for construction of bored pile
T/CECS 592 - 2019

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京海淀三里河路9号）
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：4 $\frac{3}{4}$ 字数：127千字
2019年11月第一版 2019年11月第一次印刷

印数：1—1000册

定价：57.00元

统一书号：15112·34338

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

Jcvba.cn

中国工程建设标准化协会公告

第 442 号

关于发布《钻孔灌注桩施工技术标准》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2015 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字 [2015] 044 号) 的要求, 由中冶集团武汉勘察研究院有限公司、河北建设勘察研究院有限公司等单位编制的《钻孔灌注桩施工技术标准》, 经本协会地基基础专业委员会组织审查, 现批准发布, 编号为 T/CECS 592-2019, 自 2019 年 11 月 1 日起施行。

中国工程建设标准化协会
2019 年 5 月 20 日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2015 第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2015〕044 号）的要求，本标准编制组经过广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外有关标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准共分 11 章和 4 个附录，主要内容包括：总则、术语和符号、施工准备、成孔、特殊条件下的成孔、清孔、成桩、后注浆、质量检验及工程验收、安全及环保措施、成品保护等。

本标准由中国工程建设标准化协会地基基础专业委员会负责管理，由中冶集团武汉勘察研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中，如发现需要修改和补充之处，请将意见和建议寄送解释单位（地址：湖北省武汉市青山区冶金大道 17 号；邮政编码：430080）。

主 编 单 位：中冶集团武汉勘察研究院有限公司
河北建设勘察研究院有限公司

参 编 单 位：建研地基基础工程有限责任公司
中国建筑西南勘察设计研究院有限公司
武汉地质勘察基础工程有限公司
深圳地质建设工程公司
中基发展建设工程有限责任公司
中国地质大学（武汉）
长春工程学院
机械工业勘察设计研究院有限公司

主要起草人：刘耀峰 潘献义 昌 钰 聂庆科
王 涛 钟 明 王 新 杨海朋
金亚兵 王秀丽 黄生根 潘殿琦
宁国立 曾纪文 党智荣 荣延祥
刘 勇 杨彩虎
主要审查人：钱力航 袁内镇 周开国 赵大军
董忠级 陈 晖 祝世平

目 次

1	总则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(4)
3	施工准备	(6)
3.1	技术准备	(6)
3.2	现场准备	(8)
3.3	成孔设备准备	(9)
3.4	材料准备	(11)
3.5	泥浆的制备、循环与净化	(16)
4	成孔	(19)
4.1	一般规定	(19)
4.2	旋挖钻进成孔	(21)
4.3	正(反)循环回转钻进成孔	(24)
4.4	冲、抓钻进成孔	(27)
4.5	长螺旋成孔	(30)
4.6	旋转挤压成孔	(32)
4.7	钻孔扩底成孔	(33)
5	特殊条件下的成孔	(36)
5.1	大直径嵌岩桩成孔	(36)
5.2	岩溶发育区成孔	(36)
5.3	深厚填土、软土地层成孔	(37)
5.4	其他特殊性岩土地层成孔	(39)
6	清孔	(41)

6.1	干作业清孔	(41)
6.2	泥浆护壁清孔	(41)
7	成桩	(43)
7.1	钢筋笼的制作与安装	(43)
7.2	混凝土制备与运输	(46)
7.3	混凝土灌注	(49)
8	后注浆	(54)
8.1	后注浆装置制作与安装	(54)
8.2	注浆施工	(55)
9	质量检验及工程验收	(57)
9.1	质量控制	(57)
9.2	质量检验	(57)
9.3	工程验收	(60)
10	安全及环保措施	(62)
11	成品保护	(64)
附录 A	钻孔灌注桩施工工艺流程图	(65)
附录 B	施工记录表	(68)
附录 C	正（反）循环回转钻进成孔钻进参数	(76)
附录 D	钻孔灌注桩工序质量控制表	(80)
	本标准用词说明	(84)
	引用标准名录	(85)
附：	条文说明	(87)

Contents

1	General Provisions	(1)
2	Terms and Symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(4)
3	Construction Preparation	(6)
3.1	Technical Preparation	(6)
3.2	Site Preparation	(8)
3.3	Drilling Equipment Preparation	(9)
3.4	Material Preparation	(11)
3.5	Preparation, Circulation and Purification of Slurry	(16)
4	Borehole Drilling Construction	(19)
4.1	General Requirements	(19)
4.2	Hydraulic Rotary Drilling	(21)
4.3	Direct (Reverse) Circulation Drilling	(24)
4.4	Percussion-Grab Drilling	(27)
4.5	Long Auger Drilling	(30)
4.6	Rotating Extrusion Drilling	(32)
4.7	Bottom-Enlarged Borehole Drilling	(33)
5	Borehole Drilling Under Special Circumstances	(36)
5.1	Large-Diameter Socketed Pile Drilling	(36)
5.2	Borehole Drilling in Karst Area	(36)
5.3	Borehole Drilling in Deep Filling and Soft Soil Area	(37)
5.4	Borehole Drilling in Other Special Stratum	(39)
6	Borehole Cleaning	(41)

6.1	Dry Borehole Cleaning	(41)
6.2	Borehole Cleaning Under Slurry Protection	(41)
7	Pile Construction	(43)
7.1	Fabrication and Installation of Reinforcement Cage	(43)
7.2	Preparation and Transportation of Concrete	(46)
7.3	Concrete Pouring	(49)
8	Post-grouting	(54)
8.1	Fabrication and Installation of Post-Grouting Devices	(54)
8.2	Grouting Construction	(55)
9	Quality Control, Inspection and Acceptance	(57)
9.1	Quality Control	(57)
9.2	Quality Inspection	(57)
9.3	Acceptance of Work	(60)
10	Safety and Environmental Protection Measures	(62)
11	Finished Product Protection	(64)
Appendix A	Construction Flow Chart of Cast-in-Situ Bored Pile	(65)
Appendix B	Construction Record Sheet	(68)
Appendix C	Parameters of Direct (Reverse) Circulation Drilling	(76)
Appendix D	Quality Control Sheet of Cast-in-Situ Bored Pile Construction	(80)
	Explanation of Wording in This Standard	(84)
	List of Quoted Standards	(85)
	Addition: Explanation of Provisions	(87)

1 总 则

1.0.1 为了规范钻孔灌注桩施工行为，做到安全适用、确保质量、保护环境、技术先进、经济合理，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于房屋建筑和市政工程钻孔灌注桩的施工、检验及验收。

1.0.3 钻孔灌注桩施工应根据设计要求、地质条件、设备性能、环境条件等，采取有效的技术措施，强化工序过程技术质量控制与管理。

1.0.4 钻孔灌注桩施工除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 钻孔灌注桩 cast-in-situ bored pile

通过机械钻进工艺，如冲击、回转、旋挖、挤压、螺旋钻等，在地基土或岩体中形成桩孔，并在其内放置钢筋笼、灌注混凝土而形成的受力杆件，简称灌注桩。

2.1.2 泥浆 drilling mud

用作钻孔护壁、冷却钻具、携带钻屑，由黏土颗粒或与添加剂均匀而稳定地分散在水中形成的分散体系。

2.1.3 钻具 boring rig

钻进时使用的各种孔内机具。

2.1.4 导管水下灌注混凝土 tremie concrete

通过导管由孔底向上顶灌混凝土的施工方法。

2.1.5 冲击钻进成孔方法 percussion drilling

借助钻具重量，在一定的冲程内，周期性地上下冲击，将孔底岩、土体破碎成渣，部分碎渣被挤向孔壁，大部分碎渣悬浮于泥浆中被掏渣筒或循环系统排出的钻进方法。

2.1.6 回转钻进成孔方法 rotary drilling

利用回转钻机或孔底动力机具转动钻头破碎孔底土（岩）体的钻进方法。

2.1.7 正循环钻进成孔方法 direct circulation drilling

泥浆经钻具进入孔底，并携带岩屑从钻具与孔壁的间隙返回地面的钻进方法。

2.1.8 反循环钻进成孔方法 reverse circulation drilling

携带岩屑的冲洗介质由钻杆内返回地面的钻进方法。

2.1.9 泵吸反循环钻进成孔方法 suction pump reverse circulation drilling

利用砂石泵在钻杆内腔形成负压产生的抽吸作用，将泥浆和钻渣经由钻杆内腔排至地面沉淀池内的反循环钻进方法。

2.1.10 气举反循环钻进成孔方法 air lift reverse circulation drilling

将压缩空气注入钻杆内一定深度与泥浆混合，形成低密度的气-液混合液，利用钻杆内外的压力差实现反循环的钻进方法。

2.1.11 冲抓钻进成孔方法 percussive-grab drilling

采用冲抓锥周期性地冲切地层，通过钢丝绳提升冲抓锥抓取土或钻渣，并将冲抓锥提出孔口卸掉土或钻渣的钻进方法。

2.1.12 螺旋钻成孔方法 auger drilling

利用螺旋钻机驱动螺旋钻头切削土体、提土钻进成孔的方法。

2.1.13 旋挖钻进成孔方法 hydraulic rotary drilling

利用全液压力驱动钻头直接旋转挖孔的钻进方法。

2.1.14 旋转挤压成孔灌注桩 rotating extrusion cast-in-situ pile

由螺杆钻机及配套钻具旋转挤压岩土体成孔，然后通过向钻杆管内连续泵送混凝土成桩形成的现浇混凝土灌注桩。

2.1.15 钻进参数 drilling parameters

影响钻进速度的可控因素。是钻进速度、成孔质量的控制指标，一般指钻头转速、钻压、泵量等。

2.1.16 灌注桩后注浆 post grouting for cast-in-site pile

灌注桩成桩后一定时间，通过预设于桩身内的注浆导管及与之相连的桩端、桩侧注浆阀注入水泥浆，使桩端、桩侧土体（包括沉渣和泥皮）得到加固，从而提高单桩承载力，减小沉降的工艺技术。

2.1.17 沉渣 sediment

钻孔灌注桩成孔后，淤积于孔底的非原状沉淀颗粒物。

2.1.18 淹没比 submerge ratio

空气压缩机清孔时，混合器沉没孔内泥浆液面下深度与风管底端风口至出浆管顶端间长度之比。

2.2 符 号

- A ——扭矩系数；
- D ——设计桩孔直径；
- d ——导管内径；
- F ——泥浆上返最大过水断面面积、钻头破岩面积；
- G_c ——注浆量；
- h ——初灌混凝土后导管埋入深度；
- h_r ——最大气举高度；
- K ——充盈系数；
- L ——桩孔深度、混合器至孔底的长度、初灌后导管内混凝土长度；
- M ——制备泥浆所需原料的总质量、扭矩、钻头质量；
- M_0 ——单位面积破岩所需扭矩；
- N ——设备台数；
- n ——桩侧注浆断面数；
- Δp ——供气管道压力损失；
- p ——搅拌机生产能力；
- Q ——泵量；
- q ——混凝土每小时灌注量；
- r ——原泥浆密度；
- r_1 ——泥浆与岩屑混合后的密度；
- r_2 ——气、液、岩屑混合后排出的混合物平均密度；
- S ——混合器潜入孔内水位以下的深度、桩横截面积；
- S_{\min} ——最小淹没深度；
- T ——时间；

- t ——合理灌注时间；
- V ——单桩实际用混凝土量、混凝土初灌量、制备泥浆所需原料的总体积；
- V_1 ——泥浆总体积；
- V_L ——每泵理论混凝土量；
- V_s ——提钻速度；
- v ——泥浆上返流速；
- α_p ——桩端注浆量经验系数；
- α_s ——桩侧注浆量经验系数；
- ρ ——配制泥浆的密度；
- ρ_1 ——原料的密度；
- ρ_2 ——要求的泥浆密度；
- ρ_3 ——水的密度；
- μ ——混凝土泵填充率；
- μ_1 ——泵送速度。

3 施工准备

3.1 技术准备

3.1.1 钻孔灌注桩施工前应具备下列技术资料：

- 1 岩土工程勘察报告；
- 2 水文、气象和水文地质资料；
- 3 工程现场内和邻近区域内的地下管线、地下建（构）筑物、障碍物、防空洞、地下文物、危房、精密车间以及架空输电线、架空通信线等资料；
- 4 规划红线图及施工总平面图；
- 5 有关标准及施工图等资料；
- 6 水泥、砂、石、水、外加剂、钢材等原材料的出厂合格证明及质检报告；
- 7 混凝土配合比及相应强度、坍落度、初凝时间等试验资料；
- 8 有关荷载试验资料和施工工艺性试验资料；
- 9 施工机械及配套设备的技术性能资料。

3.1.2 施工前，应组织施工图会审，会审纪要、施工图等施工依据应归入工程档案。

3.1.3 施工前，应对甲方提供的测量控制点进行复测，测量控制点应设置在稳固的不受施工影响的位置，施工过程中应复测，妥善保护。

3.1.4 用于施工质量检测和安全监测的仪器、仪表性能和精度应经过计量部门校正后方可使用。

3.1.5 灌注桩施工组织设计应根据工程特点、工期要求和工程所处的自然环境条件等因素进行编制，其内容和要求应符合现行

国家标准《建筑施工组织设计规范》GB/T 50502 的有关规定，编制施工组织设计，应包括下列主要内容：

- 1 工程概况、岩土工程条件、设计参数、施工内容及主要工程量等；
- 2 场外和场内道路规划、水电路布置、护壁泥浆制备及循环系统布置、临时设施及材料加工仓储区域等施工总平面布置；
- 3 工程目标、施工方法、施工顺序、作业计划和总进度计划等施工部署；
- 4 材料供应计划和设备投入及进、退场计划；
- 5 施工组织机构和人力资源配备；
- 6 有针对性的工期、质量、安全文明生产、职业健康和环境保护技术措施和保证措施；
- 7 冬期、雨期、夜间施工措施；
- 8 施工前，应进行危险源识别和评估，并据此制定相应的应急预案；
- 9 在城区施工时，应制定交通疏解方案；
- 10 施工技术方案；
- 11 新技术、新方法的使用说明。

3.1.6 灌注桩施工技术方案应符合下列规定：

- 1 成孔方法应根据施工区域内的地层结构、岩土特性和环境因素确定。
- 2 主要机械设备的性能指标和设备投入量应满足工程施工要求。
- 3 护筒构造应根据地层状况、地下水埋深、设计要求和护筒埋置工艺等因素确定。
- 4 护壁泥浆的制备、循环和钻渣处理应符合性能和环保要求；施工现场应有足够的泥浆储备设施，泥浆储备量应符合施工及清孔时泥浆供应量的要求。
- 5 施工工艺可按本标准图 A.0.1~图 A.0.3 的相应流程进行。

3.1.7 灌注桩施工前，应在调研场地周边环境和借鉴类似工程经验基础上，对下列主要临时工程编制专项方案：

1 连接主通道的道路和场内临时道路应能满足运输和施工设备转场的要求；路面宽度、高程和结构应满足施工期连续使用要求。

2 施工供水、供电能力应根据施工需求进行规划设计，当施工供电能力不能满足施工高峰要求时，应安装自备电源或采取双回路供电系统。

3 当施工现场远离商品混凝土供应站时，可自建混凝土搅拌站，其生产能力应根据最大混凝土灌注量确定。

4 采用筑岛方式施工时，应采取环保措施和制订施工完成后筑岛的拆除方案；采用水上作业平台施工时，应制定材料供应和施工设备的进、退场方案。

3.1.8 根据工程特点、地质条件、设计要求等情况，施工前宜进行工艺性试成孔。

3.2 现场准备

3.2.1 施工前，应清除场地杂物，探明和复核地下管线、防空洞，清除桩位处的地下障碍物，平整场地、复核场地地面高程及控制点，钻孔测量放线、布置运输道路、设置供水供电系统。

3.2.2 场地条件应满足施工机械作业、车辆运输、冬雨期施工等需要。

3.2.3 施工现场应设置围墙或围挡，进行地面硬化，并应安装车辆清洗设施，满足安全文明施工和环境保护的要求。

3.2.4 施工前，应做好设备进场、安装、调试等准备工作。

3.2.5 当施工区地质条件复杂，易塌孔、漏浆时，施工前应在桩孔附近准备充足的水、黏性土、片石、袋装水泥、袋装黄土等应急材料。

3.2.6 施工现场应设置泥浆制备、循环、净化系统，泥浆宜循环使用，宜采用少排浆、多排渣的施工工艺。

3.3 成孔设备准备

3.3.1 成孔设备应根据现场工程地质条件、设备性能、施工场地条件及设计要求进行选择。

3.3.2 成孔设备性能应满足钻进和提升能力的要求，钻架应满足承载能力和最大提钻高度的要求。在实际施工中应根据设备使用说明书的有关规定和要求选择。采用回转设备时宜选用多级变速钻机，其扭矩 M 应按式估算：

$$M = A \cdot M_0 \cdot F \quad (3.3.2)$$

式中： A ——扭矩系数，取 1.4~1.7，坚硬岩层取上限；

M_0 ——单位面积破岩所需之扭矩，直钻一次性成孔取 $600\text{N} \cdot \text{m}/\text{m}^2 \sim 800\text{N} \cdot \text{m}/\text{m}^2$ ，扩钻取 $400\text{N} \cdot \text{m}/\text{m}^2 \sim 800\text{N} \cdot \text{m}/\text{m}^2$ ，坚硬岩层取上限；

F ——钻头破岩面积 (m^2)。

3.3.3 钻头的形式、种类及适用范围宜根据地层、设计桩径、成孔工艺等因素按表 3.3.3 选择。

表 3.3.3 钻头的形式、种类及适用范围

成孔工艺	钻头种类	钻头形式	适用岩(土)层范围
正反循环 回转钻进	翼片(刮 刀)钻头	鱼尾钻头	软土、黏性土、松散砂土、松散圆(角)砾
		三翼钻头	软土、黏性土、砂土、圆(角)砾、软质岩、强风化硬质岩
		四翼钻头	
		笼式钻头	软土、黏性土、粉土、砂土、碎石土(块石、漂石除外)、软质岩、强风化硬质岩
	牙轮(滚 刀)钻头	盆形滚刀	破碎岩、硬质岩
		楔齿滚刀	
		球齿滚刀	
	组合钻头	软硬不均地层、厚层砂土、孤石、漂石地层	

续表 3.3.3

成孔工艺	钻头种类	钻头形式	适用岩(土)层范围
冲击钻进	冲击铲(锤、锥)		碎(卵)石、块(漂)石、各类岩石
	筒式钻头		填土、黏性土、粉土、砂土、碎石土、软质岩、强风化和中风化硬质岩
旋挖钻进	钻斗		软土、黏性土、粉土、砂土、碎石土、软质岩、强风化硬质岩
	筒式取芯钻头		硬质岩
	打捞钻头		孤石、块石、漂石
	螺旋钻头		软质岩
螺旋钻成孔	尖底钻头		黏性土
	平底形三翼导向钻头		砂土
	耙式钻头		填土、碎石土

注：笼式钻头前部可加一导向小钻头起导向作用，也利于集渣和清孔。

3.3.4 采用回转钻进成孔时，钻杆的直径、强度等应符合设计孔径和钻进工艺的要求，并应与主动钻杆和钻头相匹配；采用冲击钻进成孔时，钢丝绳总负荷应满足主卷扬机的额定提升能力的要求。

3.3.5 成孔设备选择应根据桩位布置情况选用固定式或自行移动式，宜配备起吊设备或铺设枕木、道轨进行整机移动，简化搬迁程序。

3.3.6 泥浆泵、注浆泵类型的选择应根据设计桩径、孔深、地层、成孔工艺、钻进速度、泵量及扬程等因素确定。

3.3.7 采用气举反循环成孔、清孔时，空压机性能应满足施工要求。

3.3.8 设备应有专人管理、专人维护和保养，并建立台账，使用过程中应认真填写设备运行记录。

3.4 材料准备

3.4.1 材料准备应符合下列规定：

- 1 钻孔灌注桩施工主要材料应符合设计要求；
- 2 进场材料应具备出厂合格证或出厂检验报告等质量证明文件，并按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 有关要求取样复检、试验，合格后方可使用；
- 3 当主要材料的品种、级别或规格变更时，应办理相关变更手续；
- 4 地基土或地下水对桩身材料有腐蚀性时，应按设计要求采取抗腐蚀措施。

3.4.2 混凝土应符合下列规定：

- 1 桩身混凝土的强度等级应符合设计要求。
- 2 宜选用预拌混凝土。水下灌注混凝土应符合下列规定：
 - 1) 混凝土应具备良好的和易性，配合比应通过试验确定，坍落度宜为 180mm~220mm，水泥用量不应少于 $360\text{kg}/\text{m}^3$ ，含砂率宜为 40%~50%；
 - 2) 混凝土宜掺入粉煤灰、矿粉、硅灰等矿物掺合料，掺入量应根据试验确定；
 - 3) 掺用矿物掺合料的混凝土，宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥；
 - 4) 混凝土拌合物坍落度的经时损失不宜大于 30mm/h。
- 3 混凝土拌合物的凝结时间应满足施工要求和混凝土性能要求。

3.4.3 水泥应符合下列规定：

- 1 水泥品种应根据设计、施工要求及工程所处环境确定。宜采用通用硅酸盐水泥，高强度混凝土宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，当有防腐要求时应使用抗硫酸盐水泥。
- 2 水泥质量控制项目主要包括凝结时间、安定性、胶砂强

度、氧化镁和氯离子含量。不得使用初凝时间或安定性不符合标准要求的水泥。

3 当水泥出厂时间超过三个月时，应进行重新检验，合格后方可使用。

3.4.4 骨料应符合下列规定：

1 细骨料宜采用天然中粗砂，采用人工砂或混合砂时应检查其石粉含量。不宜使用海砂，若使用海砂时，应按现行行业标准《海砂混凝土应用技术规范》JGJ 206 执行。

2 粗骨料宜采用连续级配碎石或卵石，其最大粒径应小于40mm，且不得大于钢筋间最小净距的3/4。

3 砂、石进场后，应取样检查，砂、石质量应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定。砂、石的质量控制项目应包括：

1) 砂的质量控制项目应包括颗粒级配、细度模数、含泥量、泥块含量等；

2) 碎石和卵石的质量控制项目应包括颗粒级配、针片状颗粒含量、含泥量、泥块含量、压碎值指标和坚固性，高强混凝土还应包括岩石抗压强度。

4 对钢筋混凝土灌注桩，砂中氯离子含量不应大于0.06%。

5 对于有抗渗、抗腐蚀要求的桩身混凝土，粗骨料中的含泥量和泥块含量分别不应大于1.0%和0.5%；砂中的含泥量和泥块含量分别不应大于3.0%和1.0%；砂、石坚固性检验的质量损失不应大于8%。

3.4.5 矿物掺合料应符合下列规定：

1 混凝土矿物掺合料包括粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、钢渣粉、磷渣粉、硅灰等，可采用两种或两种以上的矿物掺合料，按一定比例混合使用。

2 矿物掺合料的质量应符合现行国家标准《矿物掺合料应

用技术规范》GB/T 51003 的规定，其质量控制项目应包括：

- 1) 粉煤灰的质量控制项目应包括细度、需水量比、烧失量和三氧化硫含量，C类粉煤灰的质量控制项目尚应包括游离氧化钙含量和安定性；
- 2) 粒化高炉矿渣粉的质量控制项目应包括比表面积、活性指数和流动度比；
- 3) 钢渣粉的质量控制项目应包括比表面积、活性指数、流动度比、游离氧化钙含量、三氧化硫含量、氧化镁含量和安定性；
- 4) 磷渣粉的质量控制项目应包括细度、活性指数、流动度比、五氧化二磷含量和安定性；
- 5) 硅灰的质量控制项目应包括比表面积和二氧化硅含量。

3 对于高强混凝土或有抗渗、抗腐蚀等特殊要求的混凝土，不宜采用低于Ⅱ级的粉煤灰；当采用硅灰时，其二氧化硅含量不宜小于90%。

4 矿物掺合料存储期超过3个月时，应进行复检，合格后方可使用。

3.4.6 外加剂应符合下列规定：

1 需在混凝土中掺用外加剂时，外加剂应与水泥具有良好的适应性，其种类和掺入量应经试验确定，宜优先采用液态外加剂；

2 外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 的有关规定，其质量控制项目应包括掺外加剂混凝土性能和外加剂匀质性：

- 1) 混凝土性能的主要控制项目应包括减水率、凝结时间差和抗压强度比；外加剂匀质性的主要控制项目应包括pH值、氯离子含量和碱含量；
- 2) 膨胀剂主要控制项目应包括凝结时间、限制膨胀率和抗压强度。

3 外加剂中的氯离子含量和碱含量应符合混凝土设计要求。

3.4.7 钢筋应符合下列规定：

1 钢筋的品种、规格、数量应符合设计要求；

2 钢筋进场时，应按现行有关标准的规定抽取试件进行力学性能和重量偏差检验，钢筋的质量和抽样复试应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1、《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2的有关规定，应有出厂质量保证书、说明书和试验报告，进场应按批号、型号、规格分批验收并妥善保管，防止污染和锈蚀；

3 钢筋的质量检查项目应包括力学性能、弯曲、反向弯曲、尺寸、表面、重量偏差等。

3.4.8 材料检验应符合下列规定：

1 原材料进场时，应按规定批次验收出厂检验报告或合格证等质量证明文件，外加剂产品尚应具有使用说明书。

2 现场供应混凝土的原材料进场时，应进行检验，检验样品应随机抽取，检验批量应符合下列规定：

1) 散装水泥应按每 500t 为一个检验批；袋装水泥应按每 200t 为一个检验批；粉煤灰或粒化高炉矿渣粉等矿物掺合料应按每 200t 为一个检验批；硅灰应按每 30t 为一个检验批；砂、石骨料应按每 400m³或 600t 为一个检验批；外加剂应按每 50t 为一个检验批；水应按同一水源不少于一个检验批。

2) 对经产品认证机构认证符合要求的产品；来源稳定且连续三次检验合格；同一厂家的同批出厂材料，用于同时施工且属于同一工程项目的多个单位工程，可将检验批量扩大一倍。

3) 不同批次或非连续供应的不足一个检验批量的混凝土原材料应作为一个检验批。

3 原材料的取样应符合下列规定：

- 1) 对同一水泥厂生产的同期出厂、同品种、同强度等级的散装水泥，以一次进场的同一出厂编号的水泥为一批，从不少于3个车罐中各随机采取等量水泥，经搅拌均匀后从中称取12kg水泥作为检验试样；
- 2) 对同一水泥厂生产的同期出厂、同品种、同强度等级的袋装水泥，以一次进场的同一出厂编号的水泥为一批，从20袋中随机采取等量水泥，经搅拌均匀后从中称取12kg作为检验试样；
- 3) 在料堆上取砂样时，取样部位应分布均匀，取样前先将取样部位表层铲除，然后取大致等量的砂8份，组成一组样品；
- 4) 在料堆上取石样时，取样部位应分布均匀，取样前先将取样部位表层铲除，在料堆的顶部、中部、底部抽取大致等量的石子15份，组成一组样品；
- 5) 每批外加剂的取样应从10个以上的不同部位取等量样品，混合均匀，分成两等份，并密封保存，一份对其检验项目按现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076进行试验，另一份封存半年，以备有疑问时提交国家指定检验机构进行复验。每批的取样数量宜按其掺入量不少于0.2t水泥所需外加剂量。

4 应在搅拌地点和灌注地点分别对混凝土拌合物进行抽样检验；取样检验频率应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107的有关规定。

5 混凝土强度检验频率应符合下列规定：

- 1) 直径大于1000mm或单桩混凝土量大于 25.0m^3 的桩，每根桩桩身混凝土应留置1组试件；
- 2) 直径不大于1000mm的桩或单桩混凝土量不大于 25.0m^3 的桩，每个灌注台班不得少于1组；

- 3) 每组试件应留置 3 件。
- 6 钢筋的组批、取样应符合下列规定：
- 1) 钢筋应按批进行检查和验收，每批重量不应大于 60t；
 - 2) 每批钢筋应由同一牌号、同一炉罐号、同一规格的钢筋组成；同一牌号、同一冶炼方法、同一灌注方法不同炉罐号的钢筋可组成混合批，单个炉罐号的含碳量之差不应大于 0.02%，含锰量之差不应大于 0.15%；
 - 3) 试样应在外观和尺寸合格的钢筋上且截去端部 500mm 后截取。取样时应从同一取样批中任意抽取两根钢筋，每根钢筋上取拉伸、冷弯试样各 1 件，组成一组试样；
 - 4) 拉伸试样长度不应小于 $200\text{mm}+10d$ ，冷弯试样长度不应小于 $150\text{mm}+5d$ 。

3.5 泥浆的制备、循环与净化

3.5.1 制备泥浆应符合下列规定：

- 1 制备泥浆的性能指标应符合表 3.5.1 的规定。

表 3.5.1 制备泥浆的性能指标

项次	项目	性能指标	检验方法
1	相对密度	1.05~1.15	泥浆比重秤、玻璃密度计
2	黏度	18s~28s	500mL/700mL 漏斗式泥浆黏度计
3	含砂率	<4%	量杯法、泥浆含砂量测定仪
4	胶体率	≥95%	量杯法
5	pH 值	7~9	pH 试纸

- 2 制备泥浆所需原料总质量可按下列式计算确定：

$$M = V\rho_1 = \rho_1 V_1 (\rho_2 - \rho_3) / (\rho_1 - \rho_3) \quad (3.5.1)$$

式中： M ——制备泥浆所需原料总质量 (kg)；

V ——制备泥浆所需原料总体积 (m^3)；

- V_1 ——泥浆总体积 (m^3);
 ρ_1 ——原料的密度 (kg/m^3);
 ρ_2 ——要求的泥浆密度 (kg/m^3);
 ρ_3 ——水的密度 (kg/m^3)。

3 当需要采用化学成品泥浆时应按使用说明书要求配置。

3.5.2 泥浆使用应符合下列规定:

- 1 现场应配备泥浆性能指标测定仪,并设专人管理。每班至少测定一次黏度、相对密度和含砂率并记录。
- 2 成孔过程中,泥浆面应高于地下水位 1.0m;在受水位涨落影响时,应高于最高水位 1.5m。
- 3 清孔过程中,应通过置换泥浆的方法使泥浆参数达到水下混凝土灌注要求。
- 4 灌注水下混凝土前,距孔底 500mm 以内的泥浆相对密度不宜大于 1.25、含砂率不宜大于 8%、黏度不宜大于 28s。
- 5 在容易产生泥浆渗漏的地层中,应增大泥浆黏度和胶体率。

3.5.3 泥浆循环和净化应符合下列规定:

- 1 泥浆循环系统应由泥浆池、沉淀池、循环槽、废浆池、输送管道和机械分离装置等组成。其设置应符合施工平面布置图的要求,且宜避开松散地层。
- 2 沉淀池和泥浆池应设在循环槽末端,泥浆池容积不宜小于单孔总体积的 1.5 倍。对漏浆较重的地层,应增大泥浆池容积。
- 3 循环槽设置应满足现场施工要求,槽底纵向坡度不宜大于 1%。
- 4 泥浆循环系统应设有清洗、排水等设施,并及时清除钻渣。
- 5 废弃泥浆处理可采用沉淀法、机械除砂法、化学处理法及生物处理法,并应符合下列环保规定:

- 1) 废弃泥浆与钻渣应集中存放，不得污染周边环境。排放时应遵守有关环保规定。
- 2) 废弃泥浆处理应采取脱水和清除有害杂质的措施。
- 3) 固态渣土可现场回填或外运，分离的水应循环利用。

4 成 孔

4.1 一 般 规 定

4.1.1 钻孔灌注桩成孔工艺的选择，应根据工程情况、地质条件、设计桩型、桩孔深度、施工设备、施工技术与环境、试成孔情况、泥浆处理要求等条件综合确定。

4.1.2 桩位应按设计桩位平面布置图测量确定，并复测，桩位允许偏差应为 10mm。

4.1.3 护筒的制作与埋设应符合下列规定：

1 护筒应按工程设计要求制作；当设计无要求时，宜采用厚度为 6mm~12mm 的钢板制作，顶部可采用钢板或角钢加固，穿过硬土层时，底部应加强。其内径应大于桩径并按选用的钻进方式确定，当采用回转钻机时宜大于 150mm；当用旋挖钻机冲、抓钻机时宜大于 200mm。每节护筒长度宜为 1.5m~2.0m，宜开设 1 个~2 个宽度为 300mm、高度为 200mm 的溢浆口并设置 2 个~4 个提升环。

2 在陆域可采用开挖方式埋设护筒，当地下水位较高、埋设深度较大时，可采用压入法埋设护筒；在水域，护筒导正定位后，采用振动、锤击或静压并辅以筒内除土的方法埋设护筒。

3 护筒埋设应准确、竖直、稳固，护筒中心与桩位的偏移不宜大于 50mm，倾斜的允许偏差宜为 0.5%。

4 护筒底部应进入稳定地层，其底部外侧宜采用黏土填实，厚度不小于 0.5m。在黏性土中护筒的埋设深度不宜小于 0.5m；在砂土中不宜小于 1.0m；在水域施工时，置入不透水层或较密实的砂卵石层的护筒长度不宜小于 1.0m。

5 陆域护筒顶面高于地面或填筑面的高度宜为 0.2m~

0.3m, 护筒内泥浆面应高于地下水位或承压水位且不宜小于1.5m。

6 水域护筒的顶标高高于施工期间最高潮位的高度不应小于1.5m。

7 软塑土层、流沙层或水域埋设护筒, 护筒中心与桩位的偏移不宜大于30mm, 倾斜的允许偏差宜为0.5%; 当多节护筒连接时, 应保证护筒的连接质量, 接缝应牢固、不漏水、耐拉、耐压, 筒内连接处无突出物。

8 斜桩施工时, 宜采用全护筒, 在较浅覆盖层的水中护筒宜嵌入岩层内。

4.1.4 钻机安装应符合下列规定:

1 钻机就位时, 应保持钻机底盘、转盘或回转器面水平和钻架垂直, 回转钻机钻架升降系统的大钩中心、转盘或回转器中心与孔位、钻头中心应在同一铅垂线上。冲击或冲抓钻机钻架的天车滑轮前缘的铅垂线应对准孔位点, 就位后应进行定位复核, 钻头中心偏移桩位不应大于10mm。

2 钻进过程中, 应加强对钻机垂直度的监测、监控, 并应采取防止钻机发生滑移或倾斜。

3 在输电线路附近安装和操作钻机设备时, 设备与输电线路最近距离应符合表4.1.4的规定。

表 4.1.4 设备与输电线路最近距离值

输电线电压 (kV)	<1	1~10	35~110	154~220	330~500
最近距离 (m)	4.0	6.0	8.0	10.0	15.0

注: 现场穿越道路的电缆应架空或加套管保护, 挖沟埋设。

4.1.5 当钻进至易偏孔的地层时, 宜减压钻进, 并设置导正装置。

4.1.6 成孔施工应连续进行, 不得无故停钻。

4.1.7 当桩孔净间距小于5.0m且遇不稳定地层或周围环境复

杂时，应采取跳打成孔施工措施。

4.1.8 当钻进过程中，发生孔斜、塌孔和护筒周围冒浆时应立即停止钻进，采取相应措施后，方可继续钻进，且应对桩位进行复测。

4.1.9 钻头直径应根据地层条件、设计桩径、成孔工艺及经验选择，并应有保径装置或措施；当采用两级钻进成孔时，第一级钻头底面积可取桩孔截面面积的 1/2。

4.1.10 成孔深度控制应符合设计要求。

4.1.11 成孔过程中，应及时填写本标准表 B.0.1；终孔后应及时填写本标准表 B.0.2。

4.2 旋挖钻进成孔

4.2.1 旋挖钻进成孔可用于填土、软土、黏性土、粉土、砂土、碎石土及岩石等地层。

4.2.2 干作业钻进成孔时，根据地质和水文条件可采用全套管或裸孔钻进；湿作业成孔时应采用稳定液钻进或全套管钻进。

4.2.3 旋挖钻进成孔应依据地层条件和设计桩型，选择适宜的设备、钻杆、钻头、稳定液类型和钻进参数：

1 黏性土层、砂层可选用摩阻钻杆，卵石层、风化岩层应根据地层的坚硬程度选用摩阻钻杆或机锁钻杆。

2 钻进黏土层时，宜选用单层底门的挖泥斗齿钻头，采用提高转速，持续加压给进的钻进措施。

3 钻进砂层时，宜选用双层底门的挖砂斗齿钻头，采用低转速、低钻压、减少回次进尺、适当增加稳定液相对密度和黏度的钻进方法；砂性土地层采用聚合物稳定液钻进时，钻至设计孔底标高以上 500mm 时，应暂停钻进 30min~60min，待稳定液中的钻渣沉淀至孔底后，再钻至设计标高。

4 钻进碎石土层时，宜选用多刃切削式钻头，保持慢速钻进并适当加压、大扭矩作业，并采用挖砂钻头减压扫孔和捞渣。

5 钻进岩石地层时，宜根据岩石强度和入岩深度，选用螺旋钻头、截齿筒式钻头、牙轮筒式钻头等。

6 当采用稳定液护壁时，宜采用膨润土制备稳定液，砂性土地层可选用聚合物稳定液。施工前，应在现场布置稳定液循环系统。稳定液参数应符合本标准第 3.5.1 条的规定。

4.2.4 孔口护筒埋设应符合本标准第 4.1.3 条的规定外，尚应符合下列规定：

1 宜采用不小于 10mm 厚的钢板制作，护筒内径宜比设计桩径大 200mm 以上；

2 护筒埋设深度应考虑地层条件、地下水位、设计桩径、设备类型等因素，在黏性土中不宜小于 0.5m；在砂土中不宜小于 1.0m；填土中宜超过填土厚度，进入稳定土层不宜少于 1.0m；护筒上口高出自然地面不宜少于 0.3m；护筒外侧四周应用黏性土填实。

4.2.5 旋挖钻机安装时，除应符合本标准第 4.1.4 的相关规定外，就位前护筒周围地基应坚实平整，可在护筒前铺设钢板。

4.2.6 旋挖钻机就位后，应利用钻机电子控制系统调整桅杆垂直度，垂直度符合要求后，钻头中心应对准桩位点，方可开始钻孔作业。

4.2.7 成孔操作应符合下列规定：

1 下放钻具时，应先将钻头垂吊稳定后，再缓慢进入钻孔，不得快速下放；提钻时，应先慢速提升，钻头脱离孔底阻力减小后，再按正常速度提升；钻杆提升中途遇到阻力时，应把钻具下放 300mm~500mm，将钻头转动一定角度后再提升，不得强行提拉。

2 钻斗在孔内的升降速度应采用最低挡速，钻斗载重提升时，宜控制在 0.5m/s 左右；空斗下降时，可控制在 0.8m/s 左右。

3 钻斗的回次进尺以钻斗的高度为限，钻渣装斗量不宜大

于钻斗总容量的 80%，对软弱土宜降低装斗量，宜使用深度计进行控制。

4 钻进过程中，应及时向孔内补充稳定液，孔内稳定液面高于护筒底口的高度不应小于 1.0m，且高于地下水位的高度不应小于 1.0m；受水位涨落影响严重的施工场地，高于地下水位的高度不宜小于 1.5m；在淤泥质土等软弱地层钻进时，应在孔口设置稳定液缓存池。

5 桩孔上部孔段钻进时，宜轻压、慢转；在淤泥、淤泥质黏性土等地层中钻进时，应减少钻具对地层的扰动，采取缓慢给进、减少回次进尺、适当增加稳定液相对密度和扫孔次数的钻进方法。钻斗转速宜按表 4.2.7 选用。

表 4.2.7 钻斗转速经验值

土层类型	转速 (r/min)
表土层	<10
淤泥质粉质黏土、淤泥质粉土	<20
砂质粉土夹粉砂、粉土、粉砂、粉质黏土等	<15
粉细砂、粉砂、粗砂等	<8

6 由硬层进入软层后，可加快钻进速度；由软层进入硬层后，宜减速慢进。

7 提钻前，应将钻杆反转 1 圈~2 圈，斗底活门应关闭；卸除钻头中的钻渣时宜先轻轻打开钻头底盖后再抖动钻具。不应在钻头底盖打开前高速旋转钻具。钻渣堆放距离桩孔口应大于 6.0m，并及时清运。每次卸渣均应对渣样进行鉴别或记录。

8 在钻进过程中，应随时监控并校核钻机桅杆的垂直度，每钻进 10.0m 至少校核 1 次，导轨垂直度偏差应小于 0.1%。

9 钻进过程中，应做好孔深、地层变化、钻进时间记录，并根据地层情况控制进尺速度，每回次钻进深度不宜大于 0.5m。

10 钻孔过程中，应经常检查钻头（钻斗）和钻杆连接插

销、钻头底部的活门、提引器销轴等部位的磨损情况，以及钢丝绳的状况，发现问题应及时维修或更换。

11 当钻进过程中，发生钻机系统压力、钻头回转阻力异常时，应立即停机并查明原因，及时采取措施。

12 遇到塌孔、缩径、斜孔时，应及时采取处理措施。

13 终孔前，应适当减小回次钻进深度，及时量测钻孔深度。钻孔达到设计深度后，应进行第一次清孔。

4.2.8 成孔达到设计要求后，应对成孔质量进行验收。

4.3 正（反）循环回转钻进成孔

4.3.1 正（反）循环回转钻进的适用条件应符合下列规定：

1 正循环回转钻进适用于填土、软土、黏性土、粉土、砂土、软质岩、强风化和中风化硬质岩；

2 反循环回转钻进适用于软土、黏性土、粉土、砂土、碎石土、岩石；

3 采用泵吸反循环钻进时，桩径不宜小于 800mm，孔深不宜大于 80.0m；

4 对孔深大于 60.0m，钻孔孔径大于 2500mm 的大直径钻孔灌注桩宜采用气举反循环回转钻进。

4.3.2 正（反）循环回转钻进时，孔口护筒设置应符合本标准第 4.1.3 条的规定。

4.3.3 正循环回转钻进成孔应符合下列规定：

1 钻进成孔的操作方法应符合下列规定：

1) 开钻前，设备应进行试运转。

2) 开孔时，在护筒内宜放入一定数量的泥浆或黏土块，注入清水，低挡慢速钻进至护筒刃脚下 1.0m，形成泥皮护壁后，正常速度钻进。

3) 开钻时，应先开泵后钻进；停钻时，应先停钻后关泵；加接钻杆时，应先将钻具提高孔底 200mm~300mm。

待泥浆循环 2min~3min 后，再拧卸接头加接钻杆。

- 4) 在黏土层中钻进时，宜选用小角度锥形钻头，采用中等转速、大泵量，泥浆相对密度不宜大于 1.1。
- 5) 在砂土、软土等易坍塌、缩径土层中钻进时，宜选用大角度锥形钻头，采用控制进尺、低压慢速、大泵量，泥浆相对密度不宜小于 1.1。
- 6) 在坚硬土层中钻进时，宜采用低钻速、大泵量。
- 7) 在填土、软土、黏性土、粉土、砂土层钻进时，每工作日宜量测检查一次钻头直径；在碎石土、岩层中钻进时，每个台班应至少量测检查一次钻头直径。
- 8) 钻进过程遇到钻具跳动、钻孔偏斜等异常现象时，应停机查明原因，并调整钻进技术参数、控制钻速，必要时，应采取调整泥浆性能指标、提钻检查、更换钻头或增加导向钻具等措施。

2 钻进参数应符合下列规定：

- 1) 钻头转速可按本标准表 C.0.1 选用；
- 2) 钻压应根据钻进地层、钻头类型、设备能力及钻具结构等因素按本标准表 C.0.2 选用；
- 3) 泵量应根据孔内泥浆上返流速确定，应大于 0.30m/s；当上部岩（土）层有不稳定层段时，上返流速尚应符合式（4.3.3）的要求；当上部岩（土）层无不稳定层段时，泵量可按本标准表 C.0.3 选用。

$$v = \frac{Q}{1000F} \leq 10 \quad (4.3.3)$$

式中： v ——泥浆上返流速（m/min）；

Q ——泵量（L/min）；

F ——泥浆上返最大过水断面面积（ m^2 ）。

4.3.4 泵吸反循环回转钻进应符合下列规定：

- 1 钻进成孔的水龙头弯管最高点的泥浆压力不应小于泥浆

的汽化压力；砂石泵吸入口处泥浆压力应大于砂石泵的吸入压力。

2 根据不同地层可选用清水或泥浆钻进，钻进过程中泥浆应保证连续循环。

3 开钻前，应对钻机、钻具和泵组等进行检查；钻进参数可按本标准表 C.0.4~表 C.0.6 选用。

4 开钻时，待泵组启动，反循环正常后，应先慢转轻压，进入正常钻进后可逐渐增大转速，调整钻压。

5 钻进时，地层颗粒粒径不应大于钻杆内径的 3/4，且不宜大于钻头吸渣口直径的 2/3。

6 钻进时，应观察进尺和砂石泵的排水出渣情况，排量减少或出水含钻渣较多时，应控制给进速度。

7 在加接钻杆前，应先停止钻进，并将钻头提离孔底 100mm~200mm，维持泥浆循环 1min~2min，然后停泵加接钻杆；在恢复钻进时，应先把钻头提离孔底 200mm~300mm，待形成正常反循环后下放钻具，继续钻进。

8 孔深达到设计要求时，钻头应提离孔底 200mm~300mm，维持泵吸反循环清孔，直到符合清孔要求。提钻时应注意操作轻稳，防止钻头拖刮孔壁，并向孔内补充泥浆，稳定孔内水头高度。

4.3.5 气举反循环回转钻进应符合下列规定：

1 气举反循环回转钻进宜在淹没比大于 0.5 的情况下使用，最佳工作状态下的淹没比应为 0.6~0.8；

2 在系统管路直径较大，长度较短的情况下，最大气举高度 (h_r) 和最小淹没深度 (S_{\min}) 可按下列公式计算：

最大气举高度：

$$h_r = S \left(\frac{r}{r_2} - 1 \right) - L \frac{r_2 - r}{r_2} \quad (4.3.5-1)$$

最小淹没深度：

$$S_{\min} = \frac{h_r + L(r_1 - r)/r_2}{r/r_2 - 1} \quad (4.3.5-2)$$

式中： r ——原泥浆密度 (kg/m^3)；

r_1 ——泥浆与岩屑混合后的密度 (kg/m^3)；

r_2 ——气、液、岩屑混合后排出的混合物平均密度 (kg/m^3)；

L ——混合器至孔底的长度 (m)；

S ——混合器潜入孔内水位以下的深度 (m)。

3 混合器淹没最大深度应与空压机的风压匹配，其匹配关系应符合表 4.3.5-1 要求；

表 4.3.5-1 混合器淹没最大深度与风压关系

风压 (MPa)	0.6	0.8	1.0	1.2	2.0
混合器最大允许淹没深度 (m)	51	72	90	108	192

4 钻杆的规格应根据钻机的型号和钻孔直径综合选用；

5 风量应根据钻杆内径按表 4.3.5-2 选用；

表 4.3.5-2 钻杆内径与空压机风量关系

钻杆内径 (mm)	94	120	150	200	300
空压机风量 (m^3/min)	4.0	4.5	6.0	6.0~10.0	15.0~20.0

6 停钻时应保持循环系统正常工作，应待岩屑排净后再停止送风；

7 采用悬挂式风管气举反循环钻进时，风管之间应采用左旋螺纹连接，且应逐节扭紧；

8 钻压、转速等钻进参数可按泵吸反循环钻进方法的相关要求确定。

4.4 冲、抓钻进成孔

4.4.1 冲击钻进成孔可用于填土、黏性土、粉土、砂土、碎石土及各类岩石。也适用于旧基础、建筑垃圾、大孤石等特殊

地层。

4.4.2 冲击钻进钻具应符合下列规定：

1 钻具应连接紧固，钢丝绳总负荷不得超过主卷扬机的额定提升能力。

2 钻进过程中，应定期检查钢丝绳的磨损情况，钢丝绳与钻具采用活心或活环连接时，应连接牢固、钢丝绳转动灵活；抽筒活门应开启灵活，关闭紧密，加焊肋骨均匀、对称。

3 应根据地层情况和钻头磨损状况，用硬质合金或其他耐磨材料及时对磨损钻头进行修复。

4.4.3 冲击钻进成孔的操作方法应符合下列规定：

1 钻进前，应根据地层情况埋设护筒，且应符合本标准第4.1.3条的规定；钻头中心应对正护筒内孔位。

2 地下水位较低时，应保持孔内液面高于地下水位 2.0m 以上。

3 开孔时，应低锤多击；在松散、坍塌、漏失严重地层中钻进时，应采用泥浆或护筒护壁，泥浆漏斗黏度宜大于 28s；在淤泥、细砂等松软土层钻进时，可加小片石和黏土块，反复冲击造壁，泥浆相对密度不宜小于 1.35。

4 在松散地层用肋骨抽筒钻进时，应控制回次进尺。

5 遇孤石时，可抛填相似硬度的片石或卵石，用大冲程冲击，或大小冲程交替冲击。

6 当进入基岩时，应低锤多击，当发现钻孔偏斜，应回填片石重新钻进；在基岩中宜采用大冲程、40 次/min 以下低频率冲击。

7 大直径桩孔可采用分级扩孔。第一级钻头直径宜取第二级钻头直径的 0.4~0.6 倍。

8 自动冲击成孔时，宜调节钢丝绳放松量，宜勤放少放；手动冲击成孔时，应在钢丝绳上做控制冲程标记。

9 钻具脱离孔内液面时，应放慢提升速度，同时向孔内补

充泥浆，待孔内液面回升后，方可提出钻具。

10 每钻进回次，应由小冲程逐渐加大到正常冲程。

11 应采用低速平稳起下钻，防止冲撞护筒和孔壁。钻头进出孔口时，孔口附近严禁站人；停钻时，钻具应随即提出孔口或提至安全孔段，不得停放孔底，孔口应加盖保护。

12 每钻进一定深度、更换钻头前、易缩孔处应进行验孔。

13 冲击钻进技术参数可按本标准表 C.0.7 选用。

4.4.4 抽砂筒捞渣应符合下列规定：

1 抽砂筒直径宜为桩孔直径的 50%~70%；

2 开孔阶段，孔深不足 4.0m 时，不宜捞渣，宜使钻渣挤入孔壁；

3 孔深大于 4.0m 时，每钻进 0.5m~1.0m 应捞渣一次，每次捞渣宜为 4 筒~6 筒；

4 每次捞渣后，应及时向孔内补充泥浆或黏土，保持孔内泥浆面高于地下水位 2.0m。

4.4.5 冲击反循环钻进应符合下列规定：

1 冲击反循环钻头中心应根据不同地层设置吸渣口通孔，其直径不应小于 100mm，且不应大于排渣管内径的 2/3；

2 开孔时，应先采用正循环钻进，应在护筒内加黏土块，小冲程造浆，并启动泥浆泵循环，直至泵吸反循环开始正常工作；

3 钻进参数及施工要点，可按本标准表 C.0.8 选用；

4 当排渣弯头下降到离孔口 1.0m 时，应及时接换排渣管；

5 冲击反循环钻进应针对不同的地层，采用不同的泥浆相对密度。砂卵石地层泥浆相对密度不宜小于 1.25；岩层泥浆相对密度宜为 1.05~1.15；其他稳定地层泥浆相对密度宜为 1.15~1.25。

4.4.6 冲抓锥钻进应符合下列规定：

1 钻进时，应采用泥浆或全套管护壁；

2 当采用泥浆钻进时，应不断补充优质泥浆，始终保持泥

浆的液柱压力；当采用全套管护壁时，应保证套管本身强度、刚度、同圆度及垂直度；

3 冲抓出的钻渣应堆放在距离桩孔口大于 3.0m 处，堆垛高度不应大于 1.5m，并应及时外运；

4 成孔过程中，应检查冲抓锥钻头中心与桩孔中心是否在同一条直线上，当有偏差时，应及时调整；

5 每钻进 1.0m~2.0m 时检查一次成孔直径及垂直度，发生偏差时应立即停止冲抓，对偏斜部位进行纠偏；

6 冲抓锥下落时，应防止内外套钢丝绳扭结，内套钢绳放松长度应比孔深长 1.0m~2.0m；

7 成孔过程中，遇到斜孔、弯孔、梅花孔、塌孔、护筒周围冒浆等情况时，应立即停止钻进，采取措施处理后再进行钻进。

4.5 长螺旋成孔

4.5.1 长螺旋成孔适用于素填土、黏性土、粉土、砂土、砾石、全风化岩、强风化岩。当需要钻进老黏土、碎（卵）石时，应进行试钻孔；长螺旋钻机成孔直径宜为 300mm~1000mm，深度不宜大于 45.0m。

4.5.2 长螺旋成孔的设备应包括导向架、动力机、螺旋钻具、卷扬机等。应根据不同地层选择钻头：

1 黏性土地层可用尖底式钻头；对于较硬黏性土层或冻土层，可在刃口上镶焊合金刀头。

2 松软土层宜用平底式钻头。

3 杂填土层可采用耙式钻头。

4 当遇到混凝土块、块石等障碍物时，可采用镶焊合金刀头的筒式钻头，每次钻进深度应小于筒身高度。

4.5.3 施工前，应试成孔确定钻进速度、钻杆提升速度等参数。试成桩孔数量不宜少于 2 根。

4.5.4 钻机就位后，底盘应保持水平，并调整钻塔至垂直位置，钻杆的连接应牢固；定位后应进行复检，钻头中心与桩位点偏移不宜大于 20mm；钻孔开始时，给进速度应选择钻机本身的最低挡速和最小压力；钻进过程中，不宜反转和提升钻杆。

4.5.5 钻机钻进时，宜根据地层、孔径、孔内阻力大小及时调整钻进速度，并保持匀速钻进。小扭矩钻机钻压宜为 10kN~15kN，大扭矩钻机钻压宜为 20kN~30kN。

4.5.6 钻进时应符合下列规定：

1 应采用导正套作业开孔，钻具连接应同心，桩位上应放置定位环。

2 应根据土层特征选择给进量，正常钻进时给进量以每转 10mm~20mm 为宜；在硬土层施工时，宜采用高转速，小给进量；在钻进或穿过软硬土层交界处时，钻杆应保持垂直，并缓慢钻进。

3 在含建筑垃圾的杂填土层中钻进时，应控制钻杆摆动，避免扩大孔径。

4 钻孔时，应经常检查钻机紧固螺栓是否松动，发现松动应立即停机，紧固后方可继续作业。

5 螺旋钻具磨损后，应及时补焊，钻杆与出土装置导向轮间隙不应大于钻杆外径的 4%。

6 在地下水位以下的砂土层中钻进时，钻杆底部活门应设有防止进水的措施。

7 钻进至设计深度后，应先泵入混凝土并停顿 10s~20s，再缓慢提升钻杆。

4.5.7 钻进中遇到下列情况时应采取措施：

1 钻进过程中，当遇到卡钻、钻机摇晃、偏斜或发生异常声响、跳动或不进尺等异常状况时，应立即停钻，查明原因，采取相应措施后方可继续作业；

2 桩间距小于 2D 的饱和粉细砂及软土层部位，宜采取间

隔桩位成孔的方法；

3 应随时清理孔口积土；遇到孔内塌孔、串孔、缩径等异常情况时，应将钻具从孔内提出，然后会同相关专业人员研究处理。

4.6 旋转挤压成孔

4.6.1 旋转挤压成孔适用于填土、软塑至坚硬黏性土、粉土、砂性土、砾砂、卵石、碎石土、全风化岩等地层。

4.6.2 旋转挤压灌注桩孔径宜为 400mm~1000mm。

4.6.3 旋转挤压灌注桩施工可按本标准附录 A 图 A.0.2 的流程进行。

4.6.4 成孔施工前，应根据设计要求在具有代表性场地试成孔，通过试验的孔深、成孔时间，将钻进过程中的电流统计值作为成孔依据，并填写本标准表 B.0.3。

4.6.5 混凝土压灌量、钻杆提钻参数、混凝土缓凝时间参数宜通过成桩试验确定；对于挤土敏感层、易串孔土层，应用不同施工间距的成桩试验，调整桩的合理施工间距。

4.6.6 旋转挤压灌注桩的施工顺序应符合下列规定：

1 成孔直径宜先大后小，成孔深度宜先深后浅；

2 宜先施工高层建筑的桩，后施工低层建筑或裙楼桩；

3 按桩间距，宜先密后疏，对于桩间距小于 3.5D 的密距桩，宜采用间隔跳钻施工；

4 对密距桩，侧面靠近建筑时，宜从毗邻建筑物的一侧开始由近及远进行；

5 对密距桩，距周围建筑物较远，施工场地较开阔时，宜从中间向四周进行；

6 布桩密集，场地为条形状且两端距建筑物较远时，宜从中间开始向两端进行；

7 对临近湖塘等软弱地层的场区，宜从远离软弱场区一侧

由远及近进行。

4.6.7 旋转挤压灌注桩施工场地应符合下列规定：

1 除应符合本标准第 3.2 节对场地的要求外，地面坡度宜小于 3%，地面承载力应满足施工桩机地面行走的要求，场地地基承载力不宜小于 120kPa；

2 地下障碍物及地下管线应按要求清除或移开，并符合安全要求。

4.6.8 旋转挤压灌注桩钻进成孔应符合下列规定：

1 钻机就位应使钻头尖对准桩位中心，偏移不应大于 20mm，并应将钻头尖开启的活门关闭，活门内不可进土。成桩垂直度偏差不得大于 1%。

2 钻孔开始时，应关闭钻头阀门，当向下移动钻杆至钻头触及地面时，方可启动电机旋转钻进，钻进速度应缓慢；钻进过程中钻头应采用同步技术正向旋转挤压土体，同时施加竖向压力，直至钻进到设计桩端持力层或桩端标高前，钻具不应反钻或提升钻杆。

4.6.9 旋转挤压灌注桩终止成孔的控制应符合下列规定：

1 终孔应结合工程地质情况、入土深度、电流变化、桩端持力层设计深度及桩长控制的要求确定。

2 对于摩擦桩，宜以保证设计桩长为主，电流值为参考，若电流值达到要求而设计桩长未达到，应查明原因，宜继续钻进 2.0m~3.0m 确定终孔。当桩端进入硬塑和坚硬黏性土、中密以上粉土、砂土、卵石、软岩时，宜以电流值为主，控制桩长为辅。

3 终孔后，应向空心钻杆内泵入混凝土，钻杆正向旋转并缓慢提升钻具。

4.7 钻孔扩底成孔

4.7.1 钻孔扩底宜用于可塑、硬塑黏性土、粉土、密实砂土、

碎石土和风化岩层。宜按地下水位情况分干作业扩孔和泥浆护壁钻进扩孔。

4.7.2 钻孔扩底成孔可采用正循环、反循环回转或旋挖扩底，根据工程设计、地层特性和施工条件等合理选择扩底方法。大直径扩底钻孔灌注桩施工应符合现行行业标准《大直径扩底灌注桩技术规程》JGJ/T 225 的有关规定。

4.7.3 钻孔扩底直径与桩身直径之比不宜大于 2.5；砂性土中扩孔时扩大角不宜大于 14° 。

4.7.4 钻孔扩底应根据地层情况合理选择钻机、钻杆和扩底钻头；基岩中钻孔扩底宜选用硬质合金刮刀扩底钻头或滚刀扩底钻头。

4.7.5 扩底钻头应在使用前做张、收试验，确定扩底时的行程，以满足扩底直径要求。

4.7.6 钻孔扩底钻进应符合下列规定：

1 直孔段终孔后，应清孔，方可换用扩底钻头进行扩底钻进。

2 下放扩底钻具前，应对钻具各连接部位及刮刀、滚刀架等进行整体检验。

3 钻孔扩底时，应做好标记，先开动钻机，再逐渐张开扩底翼，根据扩径设计控制给进速度，扩底钻进宜采用低转速，切削具的线速度宜取 1.5m/s ；扩底钻进速度不宜大于 0.5m/h 。

4 扩底钻进过程中，不得反转施工；正常扩底时，不得无故提动钻具。

5 在可塑、硬塑黏性土地层中扩底钻进时，可采用清水护壁；在粉土、砂土和碎石土地层中应采用泥浆护壁，应根据地层特性调整泥浆的相对密度和黏度，孔内静水压力宜保持在 $15\text{kPa}\sim 20\text{kPa}$ 。

6 扩底完成后，应及时清孔，在满足孔深要求后，方可收拢钻具，且将钻具轻缓地提出孔外，并冲洗、检查、及时维修。

4.7.7 桩孔间距小于1.5倍扩大直径时应采用跳隔成孔施工。

4.7.8 扩底钻进结束后，应进行扩底质量检验，扩底质量应符合现行行业标准《大直径扩底灌注桩技术规程》JGJ/T 225的有关规定。

5 特殊条件下的成孔

5.1 大直径嵌岩桩成孔

5.1.1 当钻孔灌注桩直径较大且嵌入基岩一定深度时，应根据基岩软硬程度、基岩面起伏程度以及软硬交替情况，选用回转、冲击、旋挖等多种工艺钻进成孔。钻头选取及成孔方式应符合下列规定：

- 1 在较破碎的基岩中钻进时，宜采用牙轮钻头或组合钻头；
- 2 当采用旋挖钻机在坚硬的基岩中钻进时，宜选用筒式牙轮掌齿取芯钻头；
- 3 采用组合钻进时，上部宜采用回转钻机或旋挖钻机钻进成孔，下部可采用冲击钻机或冲击反循环钻机复合方式成孔，亦可采用大直径潜孔锤钻进成孔。

5.1.2 当基岩面为倾斜面、凹凸不平时，应先投入坚硬碎石或灌注素混凝土，将基岩面填平后再冲击钻进。

5.1.3 在坚硬基岩中施工时，可采用 2 级~3 级成孔方式成孔。

5.2 岩溶发育区成孔

5.2.1 岩溶发育区成孔前的施工勘察，除应符合设计要求外，尚应符合下列规定：

- 1 应逐桩进行勘察，施工勘察孔数量及布置应根据设计桩径的大小、岩性等因素确定；
- 2 钻孔遇溶洞时，应钻入溶洞底板以下 4 倍桩径，并不小于 5.0m；
- 3 宜采用物探、钻探相结合的方法进行勘察；
- 4 遇溶隙或溶洞的勘察孔，可用作注浆孔。当不需留用时，

应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定及时封孔。

5.2.2 岩溶地层钻进成孔，应符合下列规定：

1 上部覆盖层宜采用回转钻机或旋挖钻机钻进成孔，下部岩溶地层宜采用冲击钻机接力钻进成孔，变更钻机时，应复核孔位；

2 岩溶、溶隙地层钻进宜采用冲击或旋挖钻机钻进成孔。泥浆或稳定液的制备按本标准第 3.5 节的规定执行；

3 成孔时，应采取防止泥浆漏失、孔壁失稳坍塌、斜孔和卡钻、掉钻、埋钻等措施。

5.2.3 在溶洞、溶隙发育区，可采取注浆、回填黏土、混凝土、碎石等处理措施。

5.2.4 当岩溶上覆盖层较薄时，宜将护筒下至岩层顶部或对覆盖层进行注浆处理。

5.3 深厚填土、软土地层成孔

5.3.1 在深厚填土成孔过程中，宜采用防止漏浆、防塌孔等措施。

5.3.2 当深厚软土地层难以成孔，必要时可对软土进行预处理。

5.3.3 采用振动沉拔钢护筒工艺处理时，钢护筒应符合下列规定：

1 钢护筒的内径宜大于设计桩径 50mm~100mm；

2 钢护筒的钢板厚度不宜小于 10mm，距护筒底 500mm 范围内应加厚至 15mm~20mm；

3 钢护筒的长度应穿过填土、软土层，深入稳定地层的深度不宜少于 0.5m；钢护筒可分节制作，单节长度不宜大于 12.0m，护筒可采用连接器、高强螺栓连接，应确保连接质量；

4 应根据钢护筒的直径和长度选择适宜的起吊设备和振动锤，振动锤与钢护筒连接的接头钢板厚度不应小于 12mm，并宜

用筋板加强。

5.3.4 采用振动沉拔钢护筒全护筒钻进时，应符合下列规定：

1 桩位测放完毕后，应采用十字交叉法在桩孔周围设置四个引线点控制护筒定位架，并确定护筒埋入的平面位置。

2 吊挂振动锤并连接钢护筒后，放入定位架中心，将钢护筒中心定位，偏移不应大于 50mm。

3 钢护筒的垂直度应在相互垂直的方向观测，垂直度宜小于 0.5%，确认钢护筒垂直后开始缓慢下放，靠护筒自重沉入土中。当沉入受阻时，可启动振动锤高频振动，将护筒沉入预定深度。

4 下沉过程中，应检查护筒中心偏差、垂直度偏差。

5 下沉符合要求后，钻机就位，开始钻进，在护筒内钻进时应缓慢，钻至护筒底口以下后，可正常钻进，上提钻头时应防止钩挂护筒底口。

6 混凝土初凝前，应采用振动锤将钢护筒提拔出地面，速度不宜大于 2.0m/min，提拔过程中应保持护筒垂直。

7 拔出的钢护筒应及时将内、外壁清理干净。

5.3.5 利用旋挖钻机动头驱动器下护筒时，应将旋挖钻机动头通过护筒驱动器、连接盘、销轴与护筒连接，利用旋挖钻机动头回转和加压驱动护筒切入岩土层中；护筒下沉过程中，若遇到下沉困难，可采用旋挖钻头在护筒中取土，边下设护筒边取土，应交替进行。

5.3.6 采用全套管全回转钻进时，应符合下列规定：

1 施工场地应满足重型设备的施工要求，合理规划布置现场作业面，保证设备有足够的操作空间。

2 桩孔定位并复测，偏位应小于 10mm，验收合格后，方可进行钻进施工。

3 桩孔定位后，应将定位板放在桩孔指定位置，其中心应与桩孔中心重合，钻机中心应与定过位的桩孔中心重合。主机应

调整水平并保证 4 个支脚油缸均匀受力；钻机辅件安装后，应调整垂直度；桩孔垂直度不应大于 1/200。

4 应在主副夹具完全打开的状态下，放入带切削刃的首节套管。

5 首节套管在切削刃接近地面 150mm 时，应予以夹紧，根据水平情况做微量调整后，方可进入回转程序，并随时监测。

6 钻机回转的同时，应将压持装置往下压，压入行程结束后，应启动副夹紧装置夹紧套管，同时松开主夹紧装置；应提起压持装置至最大行程状态，再启动主夹紧装置，松开副夹紧装置，上述动作应重复进行。

7 边回转边压入时，应配合其他螺旋钻、回转钻、冲击钻、旋挖钻等钻进工艺取出套管内岩土，直至套管下到桩端持力层为止。挖掘完毕后，应立即进行挖掘深度的测量，并确认持力层，满足要求后，应清除虚土或沉渣，然后进行下道工序。

8 在混凝土初凝之前，应起拔钢套管，起拔钢套管时，应正反搓动套管，宜边灌注边拔管，混凝土灌入量每超过一节套管长度时，应及时拔起，拔出的套管用清水洗净，分类堆放。

5.3.7 全套管全回转成孔工艺可按本标准图 A.0.3 流程进行。

5.3.8 施工前对钻孔灌注桩周围的土层采用预处理时，应符合设计要求。

5.4 其他特殊性岩土地层成孔

5.4.1 对于自重湿陷性黄土场地，成孔前可先采用强夯、挤密桩等进行预处理。应采取措施阻止雨水、地表水和施工用水等流入桩位区域，避免桩孔周围土体产生自重湿陷。

5.4.2 膨胀土地层成孔前，应做好施工区与临时生活区的给水排水规划，场地排水应通畅。成孔应优先采用干作业成孔法；宜避开雨期施工，同时应避免施工过程中造成地基土体浸湿或冲水，成孔过程中，不得向孔内注水；清孔后，应及时灌注混凝土

成桩。

5.4.3 多年冻土地区成孔应符合下列规定：

- 1 宜采用干作业成孔工艺；
- 2 成孔时间宜安排在每日低温时段进行；
- 3 护筒埋设深度宜大于多年冻土深度的上限值 0.5m；
- 4 成孔时宜选用低温泥浆进行低速钻进并应采取措施避免

成孔周围出现人工溶区或孔内冻结；

5 成孔后应及时覆盖孔口保温，并灌注混凝土成桩，减少孔内冻土暴露时间；

- 6 成孔区域应建立地温观测点，进行地温观测。

5.4.4 在盐渍土地层成孔时，应避免土体浸湿，防止盐渍土融陷。防腐措施应按设计要求和有关技术标准规定进行。

5.4.5 对饱和粉土、砂土及软土，应采取措施，防止施工产生液化和振陷。

5.4.6 在特殊性岩土地层成孔时，对已有大量试验资料和地区工程实践的单位，可在施工组织设计书或专项技术方案中综合利用其类似工程经验，且应符合设计要求。

6 清 孔

6.1 干作业清孔

6.1.1 干作业成孔的终孔深度、持力层、孔底虚土或渣土厚度应符合设计要求。

6.1.2 干作业成孔在安装钢筋笼后，应对孔底虚土或渣土进行清除；验收合格后，应立即封底和灌注桩身混凝土。

6.2 泥浆护壁清孔

6.2.1 清孔宜进行两次，终孔后应进行第一次清孔，且应满足设计要求的沉渣厚度；灌注混凝土前，应进行第二次清孔，且宜采用气举反循环。

6.2.2 二次清孔后，灌注混凝土前应符合下列规定：

- 1 泥浆指标应符合本标准第 3.5.2 条的规定；
- 2 孔底沉渣厚度应符合下列规定：
 - 1) 端承桩，不应大于 50mm；
 - 2) 摩擦桩，不应大于 100mm；
 - 3) 抗拔桩、抗水平力桩，不应大于 200mm。

6.2.3 清孔时，应适时补充泥浆保持孔内液面高度，不宜采用清水置换孔内泥浆。

6.2.4 清孔方法应根据地层条件、设计要求、成孔工艺和设备性能确定：

1 换浆法应符合下列规定：

- 1) 适用于各种地层正循环成孔，终孔后提钻前应将钻头提起 100mm~200mm，慢速间断旋转，送入相对密度 1.15 左右、含砂率不大于 6% 的泥浆，直至符合清孔

要求；

- 2) 适用于反循环成孔，终孔后提钻前，应将钻头提起 100mm~200mm 低转速空转，维持反循环 5min~15min 进行清孔。

2 掏渣法应符合下列规定：

- 1) 适用于无循环旋挖成孔，钻至设计孔底标高以上 0.5m~1.0m 时，应暂停钻进 30min~60min，待泥浆中的钻渣沉淀至孔底后再钻至设计孔底标高；
- 2) 适用于冲击、冲抓钻进的桩孔，掏渣时，应及时补充泥浆。

6.2.5 气举反循环清孔设备应根据孔深、孔径合理配置，主要配套设备应包括空气压缩机、送风管、气液混合器、出水管道等。

6.2.6 气举反循环清孔应符合本标准第 4.3.5 条的规定外，尚应符合下列规定：

1 气举反循环应在淹没比大于 0.5 的情况下使用，出水管道底至沉渣面的距离宜为 300mm~400mm。

2 清孔时，应先送泥浆后送气；停止清孔时，应先停气后停送泥浆。

3 送风量应根据导管直径按本标准表 4.3.5-2 选用。

6.2.7 清孔过程中泥浆（稳定液）的处理与排放应符合本标准第 3.5.3 条的有关规定。

7 成 桩

7.1 钢筋笼的制作与安装

7.1.1 钢筋笼制作场地应满足下列要求：

1 应设置材料存放区、钢筋加工区、成品区，并应满足材料运输要求；

2 钢材的储存应满足防潮、防锈的要求；

3 钢筋加工区应平整硬化，满足钢筋加工的要求。

7.1.2 钢筋笼应根据设计长度及吊装设备能力整体或分段制作。

7.1.3 钢筋的加工制作应符合下列规定：

1 计算用料量应根据设计要求进行。

2 钢筋的品种、规格、材质应符合设计要求，并应现场见证取样试验，符合现行国家相关标准规定，已检、未检材料应分开堆放、标识明确。

3 焊接用焊条应与钢筋材质合理匹配，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。

4 焊接工艺评定及焊接试验应在现场条件下进行，焊工应持证上岗。

5 钢筋主筋应根据钢筋笼的分节长度和原料长度排料，同一根钢筋应少设接头，同一截面内的钢筋接头数量不得超过主筋总数的 50%。

6 主筋连接宜采用焊接或机械连接，焊接可采用闪光对焊或搭接焊，直径大于 25mm 时，宜采用机械连接；并应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 和《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定。

7 箍筋调直应采用冷拉方式，伸长率应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定。

8 箍筋的制作应先根据设计要求加工制作模架，箍筋的封闭连接宜采用双面搭接焊。

9 钢筋笼成品应设置已检、未检标识，分开堆放，且堆放高度不宜超过3层。

7.1.4 钢筋笼的制作应符合下列规定：

1 钢筋笼的结构应符合设计要求。

2 钢筋笼宜采用环形模分段制作，其成型应在模架上进行。

3 主筋固定时，应保证顺直，不得扭曲；相邻两根主筋的接头应错开，错开距离不宜小于35倍钢筋直径；加劲筋宜设在主筋内侧，其箍筋平面应与主筋垂直，并按设计间距与主筋焊牢，桩径小于600mm时，箍筋可设在主筋外侧。

4 主筋不宜设弯钩，因施工工艺要求设置弯钩的，不得向内圆伸露；当桩身通长配筋时，钢筋笼最下端主筋可向中心稍微收拢，弯曲角度不宜大于 15° ，弯折长度不宜大于钢筋笼直径的 $1/4$ 。

5 钢筋笼长度的调节段应在终孔后的清孔和起钻期间制作，其段长应根据孔深计算，并置于最下端。

6 分段钢筋笼主筋连接或孔口连接，可采用焊接或机械连接两种方式。钢筋笼顶锚固区内不宜有接头。

7 主筋与箍筋的连接应采用点焊焊接；螺旋筋与主筋宜采用梅花形布置的点焊固定，或采用铁丝绑扎并间隔点焊固定，绑扎连接时，应采用一正一反交叉方式，并扎紧，绑扎点数不宜少于50%。当设计有特殊要求时，应满足设计要求。

8 湿作业成孔灌注桩钢筋笼的主筋外侧应设置控制保护层厚度的装置；其保护层厚度不应小于50mm，允许偏差应为 $\pm 20\text{mm}$ ；干作业成孔灌注桩钢筋笼的保护层厚度不应小于35mm，允许偏差应为 $\pm 10\text{mm}$ 。

9 钢筋可能产生腐蚀时，应进行防腐或特殊处理，且应符合设计要求。

7.1.5 钢筋笼制作允许偏差应符合表 7.1.5 的规定。

表 7.1.5 钢筋笼制作允许偏差

序号	项目	允许偏差
1	主筋间距	±10mm
2	箍筋间距	±20mm
3	螺旋筋间距	±20mm
4	钢筋笼直径	±10mm
5	钢筋笼长度	±100mm
6	主筋弯曲度	<1%
7	钢筋笼弯曲度	≤1%

7.1.6 钢筋笼的运输、安放应符合下列规定：

1 钢筋笼在起吊和运输时，应采取防止变形措施，运距较长时应使用运输车。

2 钢筋笼起吊点宜设在加劲筋处，可设单、双吊点，并采取防止钢筋脱焊、变形的措施；对于直径大于 1200mm、长度大于 9.0m 的钢筋笼，起吊时应加横担或对称起吊点，并人工扶正。

3 钢筋笼吊装入孔时，应保持竖直状态，对准孔位中心慢速下放，不得强行压入。

4 钢筋笼在孔口对接时，上下主筋位置应对正，上下节钢筋笼轴线应一致，连接方式可采用焊接或机械连接，尚应满足设计要求和现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18、《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。

5 孔口对接时，下节钢筋笼上端露出操作平台的高度宜为

1.0m；应先取两根对称主筋连接，后缓慢上提 50mm~100mm，再连接其他主筋，并应补足连接部位的螺旋筋。

6 钢筋笼的保护层垫块应均匀布置，宜每间隔 3.0m~5.0m 设置一道，每道不少于 3 个，沿环向均匀布置，桩顶应布置一道，垫块宜用水泥砂浆制作或用成品垫块。

7 钢筋笼安放完毕验收后应固定，且应符合下列规定：

- 1) 笼顶标高与设计定位标高允许偏差应为±100mm；
- 2) 笼中心与孔中心偏位不应大于 100mm。

7.1.7 声测管、注浆管、检测专用管、地源热泵循环管等预埋件的连接头应牢固，两端管口应封闭严实。

7.1.8 旋转挤压和长螺旋成孔灌注桩后置钢筋笼的制作与吊装除应符合本标准第 7.1.1 条~7.1.6 条的规定外，尚应符合下列规定：

1 钢筋笼宜一次性单节安装，确需分段吊安时，可采用焊接或机械连接方式快速安放；

2 钢筋笼搬运和吊装应采用双吊点或多吊点起吊；

3 混凝土灌注后，应采用专用的插筋器将钢筋笼插至设计深度；

4 对于非通长钢筋笼，下放至设计标高时应固定。

7.1.9 钢筋笼安装完毕后，应立即进行隐蔽工程验收，并按本标准表 B.0.4 填写。

7.2 混凝土制备与运输

7.2.1 钻孔灌注桩宜采用商品混凝土。商品混凝土运输、灌注的设备应满足混凝土连续灌注的要求。

7.2.2 现场搅拌混凝土原材料的计量装置和计量应符合下列规定：

1 原材料的计量装置应由法定计量鉴定部门检定，出具计量检定证书后方可使用；

- 2 每台班开始前，应对计量装置进行零点校准；
- 3 每盘混凝土原材料计量的允许偏差应符合表 7.2.2 的规定；

表 7.2.2 原材料计量的允许偏差

原材料种类	允许计量偏差	原材料种类	允许计量偏差
胶凝材料（水泥、矿物掺合料）	±2%	拌合用水	±1%
粗、细骨料	±3%	外加剂	±1%

4 应对坍落度筒、试模、钢卷尺等工具进行检查、校验。

7.2.3 现场搅拌混凝土强度等级应满足设计要求，配合比应符合国家现行标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

7.2.4 水下混凝土的配合比应符合下列规定：

1 搅拌前，应检测使用的粗、细骨料含水率和细骨料中的粒径大于 5mm 砾石含量。

2 水下混凝土的含砂率宜为 40%~45%，宜选用中粗砂；粗骨料的最大粒径应小于 40mm，宜采用连续级配。

3 水下混凝土配合比应通过试验确定，应具备良好的和易性；坍落度宜为 180mm~220mm；水泥用量不应少于 360kg/m³。

4 水下混凝土强度等级应按设计要求提高一个强度等级配制。

5 水下混凝土宜掺外加剂，初凝时间应大于单桩灌注时间。

7.2.5 现场搅拌混凝土时，应符合下列规定：

1 搅拌前，应做好用料量列表挂牌，检查搅拌机的水泵时间控制器、各基础螺栓、离合器、上料系统等；

2 搅拌时，应配置备用应急电源；

3 现场用料的配比误差应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定；

4 上料顺序应为石子、水泥、砂子、水，搅拌时间宜为60s~90s；

5 搅拌过程中，应按要求做好记录；

6 每台班同配合比混凝土的坍落度检查不宜少于3次；

7 混凝土的最短搅拌时间应根据混凝土的坍落度、搅拌机的机型和出料量确定；

8 冬期施工期间，搅拌混凝土的原材料、配合比设计及拌制应按冬期施工要求控制；

9 极端环境条件下，应采取适当措施保证混凝土拌合物灌注前的温度。

7.2.6 混凝土单位时间供应量不应小于混凝土每小时灌注量。

1 每小时灌注量按下式计算：

$$q = V/t \quad (7.2.6-1)$$

式中： q ——混凝土每小时灌注量（ m^3/h ）；

V ——单桩实际用混凝土量（ m^3 ），应根据地层和成孔情况考虑充盈系数的影响；

t ——合理灌注时间（h）。

2 现场搅拌应使用强制式搅拌机，容量不宜小于350L，所需搅拌机台数可按下式计算：

$$N = q/p \quad (7.2.6-2)$$

式中： N ——搅拌机的数量（台）；

p ——搅拌机的生产能力（ m^3/h ）。

7.2.7 完成混凝土搅拌后，应在搅拌地点对其抽样检验，混凝土强度检验试件的留取应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004的有关规定。

7.2.8 混凝土的运输应符合下列规定：

1 混凝土的运输宜采用混凝土罐车，冬期施工时，混凝土罐车搅拌罐应设保温措施；

2 混凝土坍落度经时损失较大时，可在混凝土拌合物中掺

入适量减水剂并快挡旋转搅拌罐，减水剂掺量应经过试验确定；

3 环境温度高于 25℃时，混凝土从搅拌机卸出至施工现场开始灌注的时间间隔不宜大于 60min；环境温度低于 25℃时，时间间隔不宜大于 90min。

7.2.9 运输和灌注过程中，不得直接向混凝土拌合物中加水。

7.3 混凝土灌注

7.3.1 水下混凝土灌注应使用导管。导管的构造和使用应符合下列规定：

1 导管材质应为钢材，壁厚不宜小于 4mm，导管的分节长度宜为 2.0m~3.0m，漏斗下首节配管长宜为 1.0m，底管长度不宜小于 4.0m，导管总长应备有 20%~30%的余量储备；导管直径的选择应与桩径大小和通过能力相匹配，并应符合表 7.3.1 的要求。

表 7.3.1 导管直径与通过能力

桩径 (mm)	导管直径 (mm)	导管壁厚 (mm)	通过能力 (m ³ /h)
<800	200	4~5	12
800~1200	250	4~5	17~20
1200~2000	300	5~6	>25
>2000	宜采用双导管灌注		

2 导管制作时，内径应一致，直径制作误差应为 ±2mm；内壁应光滑，弯曲误差不超过长度的 1%；应保证隔水栓（塞）顺利通行。

3 导管接头宜采用双头螺纹方扣连接，并扣紧，接头处应设置密封圈，不应漏水；使用前，应试拼、试压，试压压力不应小于灌注过程中导管承受压力的 1.2 倍。

4 导管下入孔中的深度和实际孔深应测量准确，位置应居中，并固定牢靠；导管底口距孔底应为 300mm~500mm。

5 导管拆卸后,应立即将接头和内外壁洗净;长时间停放时,螺扣应涂油防锈。

7.3.2 导管安装完成后,应进行二次清孔,清孔方法、沉渣厚度和泥浆、稳定液性能指标除符合本标准第 6.2 节规定外,尚应符合下列规定:

1 端承型桩宜采用反循环工艺。清孔时,泥浆的循环时间应根据孔深和孔径确定,且不宜少于 20min;

2 清孔达标后,应在 30min 内灌注水下混凝土。

7.3.3 混凝土灌注前,应向导管内置入隔水栓(塞),直径宜比导管内径小 10mm~20mm;使用的隔水栓(塞)应有良好的隔水性能,且能顺利排出;宜采用耐压的充气球胆或耐压塑料气球。

7.3.4 水下混凝土灌注应符合下列规定:

1 储料斗宜用厚度为 4mm~6mm 钢板制作,并设置加筋固定;其下部锥体夹角不宜大于 75°。

2 初灌混凝土应采用大储料斗灌注,并有足够储存量,初灌量应使导管埋入混凝土面以下的深度不小于 1.0m。初灌量可按下式估算:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \times L + \frac{\pi D^2}{4} \times (h + 0.5) \times k \quad (7.3.4)$$

式中: V ——初灌量 (m^3);

d ——导管内径 (m);

D ——钻孔直径 (m);

L ——初灌后导管内混凝土长度 (m),一般可取孔内导管长度的一半;

h ——初灌后埋管深度 (m),宜取 $h=1.0\text{m}$;

k ——充盈系数,无经验时可取 1.2。

3 正常灌注时,导管埋入混凝土内的深度宜为 2.0m~6.0m。

4 混凝土坍落度应根据运输、气候、施工现场等环境条件综合确定，灌注前，应测量混凝土坍落度。

5 灌注应连续进行，每根桩的总灌注时间不应大于初灌混凝土的初凝时间。

6 灌注过程中，应及时测量导管埋深及管内外混凝土面高差，并填写水下混凝土灌注记录。

7 根据测量数据，随着混凝土面的上升，应及时拆卸相应数量的导管；不得将导管底端提高混凝土面；导管提升时，不得卡挂钢筋笼。

8 混凝土面应高于设计桩顶标高，超灌高度应考虑虚孔深度，虚孔较深时，应加大超灌高度。桩顶超灌高度宜为 $1.0D$ 且不应小于 $0.6m$ ；混凝土充盈系数应符合设计要求，且不得小于 1.0 。

9 灌注过程出现异常时，应如实记录并及时通知设计人员采取补救、补强等措施，对于经过补救或处理的桩，应进行桩身质量或承载力检测。

10 灌注过程中，应将孔内溢出的泥浆按本标准第 3.5.3 条和环保的法律法规要求进行处理；灌注完成后应及时冲洗导管、料斗、输送泵管等灌注设备。

11 桩身混凝土初凝后，应及时解除对钢筋笼的固定。

7.3.5 混凝土灌注过程中，应在灌注地点抽样检验混凝土的强度。混凝土的强度检验试件的留取除应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 现场对直径大于 $1000mm$ 或单桩混凝土量超过 $25.0m^3$ 的桩，每根桩桩身混凝土应留置 1 组试件；直径不大于 $1000mm$ 的桩或单桩混凝土量不超过 $25.0m^3$ 的桩，每个灌注台班留置试件不得少于 1 组，每组 3 件，并进行标准养护。

2 当一次连续拌制的同配合比混凝土大于 $1000.0m^3$ 时，每

200.0m³混凝土应留取试件不少于1组。

7.3.6 水下混凝土灌注施工应及时填写本标准表 B.0.5。

7.3.7 长螺旋、旋转挤压压灌桩桩身混凝土及泵送应符合下列规定：

1 按设计要求且通过实验确定的混凝土配合比，坍落度宜为160mm~220mm；粗骨料可选用碎石或卵石，最大粒径不宜大于30mm，可掺加粉煤灰或外加剂。

2 成孔至设计标高后，开始通过钻杆内空心管道泵送混凝土并停顿10s~20s，不得先提钻后泵料。其提升速度应与混凝土泵送量相匹配，结合桩径大小宜控制在4m/min以内。成桩过程应连续进行，钻杆内混凝土高度应高于自然地面，且不小于1.0m；提钻速度可按表7.3.7选用或按下式估算：

$$V_s = \frac{\mu \cdot \mu_1 \cdot V_L}{K \cdot S} \quad (7.3.7)$$

式中： V_s ——提钻速度（m/min）；

μ ——混凝土泵填充率，宜取0.7~0.8；

μ_1 ——泵送速度（泵/min），宜取（8~12）泵/min，视泵行程取值，行程大时取低值；

V_L ——每泵理论混凝土量（m³），与泵缸径和行程相关；

K ——充盈系数，宜取1.1~1.5；

S ——桩横截面面积（m²）。

表 7.3.7 提钻速度取值表

桩径（mm）	300	400	500	600	>600
提钻速度 V_s （m/min）	3.0~4.0	2.0~3.0	1.5~2.0	1.0~1.5	<1.0

3 泵送料斗内的混凝土应连续搅拌，泵送时料斗内的混凝土高度不得低于400mm。

4 桩顶混凝土超灌高度宜为1.0D且不小于0.8m；混凝土充盈系数应满足设计要求，且不得小于1.1。

5 混凝土泵送管路宜减小弯道，避免过大变径，宜保持水平。长距离泵送时，泵管下面应用枕木垫实，且泵送距离不宜大于80.0m。

6 当气温超过30℃时，应在混凝土泵送管上采取降温措施；冬期施工时，应在泵送管周围包裹保温材料或采用其他保温措施。

7 成桩后，应及时清除钻杆及软管内残留的混凝土，当成桩停置时，应采用清水将钻杆、泵管、混凝土泵清洗干净。

8 混凝土压灌应填写本标准表B.0.6。

7.3.8 干作业灌注桩，采用导管灌注混凝土时，导管下口距孔底的距离不宜大于2.0m；采用串筒灌注混凝土时应振捣。

7.3.9 不同厂家生产的不同品种、不同强度等级的水泥拌制的混凝土，以及不同混凝土供应商的混凝土，不得用于同一根桩。

8 后 注 浆

8.1 后注浆装置制作与安装

8.1.1 后注浆可分为桩侧注浆、桩端注浆及桩端桩侧复式注浆。

8.1.2 注浆机具、材料应根据设计要求、地质条件选择，并应符合下列规定：

1 注浆机具应满足压力、最大排量和流量调节等功能；

2 注浆管可选用直径为 25mm~48mm，壁厚不小于 3mm 的钢管；桩端后注浆喷浆阀孔应均匀设置在注浆管底部 0.5m 范围内；采用环状管进行侧注浆时，喷浆孔应均匀设置在直径为 33mm~40mm 的高压聚氯乙烯（PVC）软管上；喷浆阀孔直径不应小于 8mm，间距宜为 80mm~100mm，宜为梅花形布置，并宜设置具有浆液逆止功能的保护装置。

8.1.3 注浆管的设置与安装应符合下列规定：

1 连接注浆泵和注浆管的输浆管应采用耐高压胶管，连接应牢固；

2 注浆管底管单向阀构造及包扎应按设计规定确定；当设计无规定时，宜按本标准第 8.1.2 条的相关规定确定；

3 桩端后注浆管的设置数量应根据桩径大小确定，不应少于 2 根，对于直径大于 1200mm 的桩不宜少于 3 根；

4 桩侧注浆管数量应根据地层情况、桩长和承载力增幅要求等综合确定，并应符合设计要求；

5 桩端注浆管底端宜放置到孔底，注浆管最上面一个接头距自然地面不宜小于 6.0m，注浆管顶端露出自然地面不宜小于 0.3m；注浆管埋设应采取固定措施并应符合本标准第 7.1.7 条的规定。

8.2 注浆施工

8.2.1 注浆主材料宜选用强度等级不小于 32.5 的水泥，可掺加减水剂，其掺量宜为水泥用量的 0.6%。初始注浆水灰比宜控制在 0.4~0.6，正常注浆水灰比宜控制在 0.5~0.7，可依据注浆压力和地层情况适当调增。浆液搅拌筒应设置 2 个，每筒浆液搅拌时间不宜小于 5min。

8.2.2 注浆参数应符合下列规定：

1 注浆初始压力宜为 2.0MPa~7.0MPa，正常工作压力宜为 0.5MPa~3.0MPa，终止压力宜为 1.5MPa~3.0MPa，非饱和土、岩层的注浆终止压力宜为 3.0MPa~10.0MPa，终止注浆时间宜维持 3min~5min；

2 注浆泵量应控制在 25L/min~50L/min，且不宜大于 75L/min，可根据设计注浆量进行调整，注浆量较小时，取较小值；

3 单桩注浆量的设计应根据桩径、桩长、持力层或承载力增幅等因素确定，可按下列式估算；

$$G_c = \alpha_p D + \alpha_s n D \quad (8.2.2)$$

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， $\alpha_p = 1.5 \sim 1.8$ ， $\alpha_s = 0.5 \sim 0.7$ ；一般地层取低值，对于卵石、中粗砂取较高值；

n ——桩侧注浆断面数；

D ——设计桩孔直径 (m)。

4 清水打开注浆装置的阀孔应在成桩 8h~16h 进行且压力不宜大于 2.0MPa；注浆时间宜选择在成桩 2d 后，且不宜超过 28d。

8.2.3 注浆终止条件应以注浆总量控制为主，注浆压力控制为辅，满足下列条件之一可终止注浆：

- 1 注浆总量和压力均达到设计要求；
- 2 当压力超过设计值时，注浆总量不低于设计值的 80%；
- 3 当注浆压力未达到设计值时，注浆总量宜达到设计值 1.2 倍，并经设计单位确认。

8.2.4 注浆施工操作应符合下列规定：

- 1 应对注浆管和接头的材质、水泥质量等进行检验；
- 2 注浆前，应检查设备完好性，注浆应连续进行；
- 3 注浆管底封死，喷浆孔段用橡胶带包紧，孔眼处用防水胶带缠牢，不得漏水；
- 4 注浆管应采用丝扣连接，不宜焊接，安装注浆管时应进行水密性试验；
- 5 注浆管与钢筋笼加劲箍绑扎固定，露出地面的管口应用堵头密封，并分类标记；
- 6 水泥浆应经过过滤，先侧注浆后端注浆，二者间隔时间不宜少于 2h，多段桩侧注浆宜先上后下，对于群桩注浆宜先外后内；
- 7 注浆位置与相邻成孔作业点的距离不宜小于 8.0m~10.0m；
- 8 当注浆压力长时间低于设计值、地面出现冒浆或周围桩孔出现串浆时，应调低浆液水灰比或改为间歇注浆，间歇时间宜为 30min~60min；
- 9 注浆时，应按本标准表 B.0.7 及时填写施工记录。

8.2.5 灌注桩进行后注浆时，应观测记录施工场地及其周边地表面渗浆现象。

9 质量检验及工程验收

9.1 质量控制

9.1.1 钻孔灌注桩施工应按成孔、清孔、钢筋笼制作安装、导管安装、二次清孔、混凝土灌注等关键工序进行质量控制，并应具有健全的质量管理体系和质量保证措施。

9.1.2 施工过程中，应及时填写施工记录表，施工记录表应符合本标准附录 B 的规定。

9.1.3 工序质量控制点的设置、控制标准、控制措施与自检方法应符合本标准附录 D 的规定。

9.1.4 质量控制过程中发现问题时，应分析原因，并在采取防治措施后方可进行下一道工序。

9.2 质量检验

9.2.1 钻孔灌注桩施工前，应对砂、石子、水泥、钢材、水等主要原材料进行质量检验，合格后方可使用。

9.2.2 施工中，应对测量放线、桩孔位、成孔、清孔、钢筋笼制作安装及混凝土灌注等进行全过程检查。

9.2.3 施工结束后，应对混凝土强度、桩身质量及承载力进行判别和评价。工程桩的桩身完整性和承载力等检测方法和数量应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的有关规定并应满足设计要求。

9.2.4 钻孔灌注桩质量检验应按成孔质量检验和成桩质量检验两个步骤进行，并应符合下列规定：

1 成孔质量检验应按下列方法进行：

1) 孔位检查，在标点埋设、安装钻机时均应进行测量与

复测，并应及时纠偏；

- 2) 孔径检验，成孔孔径宜采用检孔器、井径仪或超声波孔壁检测仪检查；对于淤泥质土深厚的地层，应用检孔器检查孔径；
- 3) 桩孔垂直度检验，应满足现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的要求，根据地层及施工情况宜选用陀螺测斜仪或井斜仪检查；
- 4) 孔底沉渣厚度检验，宜采用平底测锤量测；
- 5) 孔深检验，应满足设计要求，当施工中有设计变更时，以设计变更通知书为准；采用测绳量测时，测绳的伸长率应符合规定，同时应对绳长定期复核；端承桩桩端持力层应由勘察单位鉴别确认；
- 6) 成孔质量检验应符合表 9.2.4-1 的要求。

表 9.2.4-1 成孔质量标准

桩孔质量指标	成孔方式				检测方法
	干作业成孔	正反循环成孔	冲击、冲抓成孔	旋挖成孔	
孔径允许偏差 (mm)	≥ 0	≥ 0	≥ 0	≥ 0	检孔器、超声波孔壁检测仪、井径仪
孔位允许偏差 (mm)	摩擦桩： ≤ 50 端承桩： ≤ 30				用经纬仪或全站仪测量
垂直度允许偏差	直桩： $\leq 1\%$ 斜桩：倾斜角正切值的 15%				陀螺测斜仪、井斜仪
孔深 (m)	符合设计要求的终孔条件				用测绳测，嵌岩桩应确保嵌岩深度满足设计要求
孔底沉渣 (mm)	摩擦桩： ≤ 100 端承桩： ≤ 50				用沉渣仪或测绳测量 (平底测锤重量不宜小于 1.0kg)

注：倾斜角为斜桩中心线与垂直线的夹角；孔径允许偏差正值为平均断面。

2 成桩质量检验应符合下列规定：

- 1) 材质检验及制作过程检验应符合本标准第 3.4 节的规定；
- 2) 施工结束后，应进行桩位偏差检验，检查桩中心位置的实际偏差，并将其值绘制在桩位竣工平面图上；
- 3) 桩身结构完整性和单桩竖向极限承载力应根据设计要求进行检验；
- 4) 成桩质量检验应符合表 9.2.4-2 的规定。

表 9.2.4-2 成桩质量标准

成桩质量指标	成孔方式					
	干作业成孔	长螺旋挤压成孔	正反循环（含旋挖）成孔		冲击、冲抓	
桩位允许偏差（mm）	1 根~3 根桩、条形桩基沿垂直轴线方向和群桩基础中的边桩（或单桩与边桩）			条形桩基沿轴线方向和群桩基础中间桩（或群桩与中间桩）		
	D/6 且不大于 100			D/4 且不大于 150		
钢筋笼弯曲度	≤1%					
二次清孔后泥浆指标	—		相对密度	含砂率	粘度	胶体率
			≤1.25	≤8%	≤28S	≥95%
桩体混凝土质量	桩体混凝土强度和完整性应满足设计要求					
桩顶标高控制（mm）	0.5D 且不小于 500		1.0D 且不小于 600			

注：1. 桩位允许偏差，以桩基混凝土的形心为基准；

2. 二次清孔后，泥浆指标指离孔底小于 500mm 内取样泥浆参数；

3. D 为设计桩径。

3 旋转挤压、长螺旋成孔施工质量检验应符合表 9.2.4-3 的要求。

表 9.2.4-3 旋转挤压、长螺旋成孔施工质量检验标准

项目	序号	检查项目		允许偏差 或允许值		检查方法
				单位	数值	
主控项目	1	桩位	1 根~3 根、单排 桩基垂直于中心线方向 和群桩基础的边桩	mm	70	用钢尺和全站仪量测
			条形桩基沿中心线 方向和群桩基础的中间桩		150	
	2	桩径	mm	≥ 0	用钢尺测钻杆直径或计算 用料量	
	3	孔深	mm	+100	用重锤测或测钻杆长度。 嵌岩桩应确保嵌岩深度满足 设计要求	
一般项目	1	垂直度	%	<1	用经纬仪、全站仪或钻机 水平尺	
	2	桩顶标高	mm	+30 -50	水准仪测量，应扣除桩顶 浮浆及劣质桩体	

9.3 工程验收

9.3.1 钻孔灌注桩经检验合格并确认符合设计要求后，方可进行工程验收。工程质量验收的程序和组织应按现行国家标准《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，尚应满足项目所在地或行业相关要求。

9.3.2 钻孔灌注桩工程验收时，应提交下列资料：

1 岩土工程勘察报告、桩基施工图及会审纪要、设计变更

及材料代用通知单等；

2 经批准的施工组织设计、专项施工方案及执行过程中的变更情况记录、事故处理记录及有关文件等；

3 桩位测量轴线平面图、工程桩位复核签证单；

4 原材料合格证及试验检验报告；

5 混凝土强度试验报告；

6 施工记录，包括成孔、成桩原始记录、隐蔽工程验收记录等；

7 桩身质量检验及单桩承载力检测报告；

8 工程质量检验评定表；

9 桩基竣工平面图及桩顶标高测量值；

10 其他应提供的文件和资料。

9.3.3 钻孔灌注桩工程检验批质量验收可按本标准表 B.0.8 进行。

9.3.4 钻孔灌注桩混凝土质量验收资料应包括：混凝土原材料检验及配合比试验报告、混凝土试块试验报告及评定表、桩身混凝土抽芯检验报告等。

10 安全及环保措施

10.0.1 施工前，应进行危险源、环境因素识别、评价，并采取相应的防护措施。

10.0.2 施工时，应设置隔离围墙或围栏，实行全封闭施工。应对泥浆池进行安全防护，设置警示标识，防止人员、设备坠入；当桩孔灌注混凝土后上部存在空孔时，应及时回填。

10.0.3 工程开工前，应进行安全教育培训，配备专职安全员；建立健全安全生产责任制，严格执行安全操作规程，并应符合现行行业标准《建筑施工安全检查标准》JGJ 59 的有关规定，制定安全预防应急救援预案。

10.0.4 施工现场的所有电源、电路的安装和拆除必须由持证电工操作，电器必须严格接地、接零和使用漏电保护装置；各机器设备用电必须分闸，禁止一闸多用，并应符合现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 的有关规定。

10.0.5 对所有机械、电气设备应做好安全防护和保养工作，设备不得带病作业，并应符合现行行业标准《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33 的有关规定。

10.0.6 遇六级及以上大风和雷雨等恶劣天气，应停止作业，放平钻机塔架或把钻机的重心调至面对风的方向，锁紧制动器。

10.0.7 当采用旋挖钻机成孔时，作业前应清除作业范围内的障碍，应有专业人员指挥，作业半径范围内严禁人员停留或通过；冲击成孔时，孔口附近严禁站人，停钻时，钻头应随即提出孔口至附近安全位置。

10.0.8 螺旋或螺杆桩机作业时，应有专业人员指挥，作业半径范围内严禁人员停留或通过；严禁用手清理螺旋叶片上的泥土。

10.0.9 夜间施工应符合现行国家标准《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523 的有关规定。

10.0.10 出场车辆应冲洗干净，不得带泥，严禁污染路面。应严格管理场内泥浆循环系统，禁止泥浆污染周围环境。

10.0.11 现场设备的维护保养应采取相应措施，防止机械漏油污染地面、地下土壤和水。

10.0.12 当采用冲、抓钻进时，应采取措施避免或减轻施工振动对周边建（构）筑物的损害，应做好震动、噪声及裂缝等监测。

10.0.13 做好废浆渣土的净化处理和排放，严禁违章处理和排放。

10.0.14 相关单位应对施工周边环境安全进行监测，保留相关监测数据。

11 成品保护

11.0.1 桩身混凝土未到达初凝时间，其周边 $4D$ 的距离范围内不得进行钻孔、土方开挖等工作。

11.0.2 挤土桩和钻孔灌注桩合用时，应先施工挤土桩。

11.0.3 基础施工或基坑开挖应在桩身混凝土龄期满 28d 后进行。

11.0.4 开挖过程中，应对桩身进行保护；在深厚填土、软土基坑中开挖时，应合理安排开挖顺序，分区、分层平衡开挖，确保临时边坡的稳定，防止因塌方破坏桩体，并应符合基础或基坑专项施工方案的要求，挖掘机具不得碰撞桩体，不得因开挖造成桩体位移或损伤。

11.0.5 破除桩头时，应对锚固钢筋、预留件和设计桩顶混凝土进行保护，不得任意弯折、压断主筋、预留件和损坏桩顶混凝土。

11.0.6 在气温 -5°C 以下施工期间，桩顶应采取保温措施，保温深度应根据当地的冻土深度确定。

附录 A 钻孔灌注桩施工工艺流程图

A.0.1 钻孔灌注桩施工应按照图 A.0.1 工艺流程图进行。

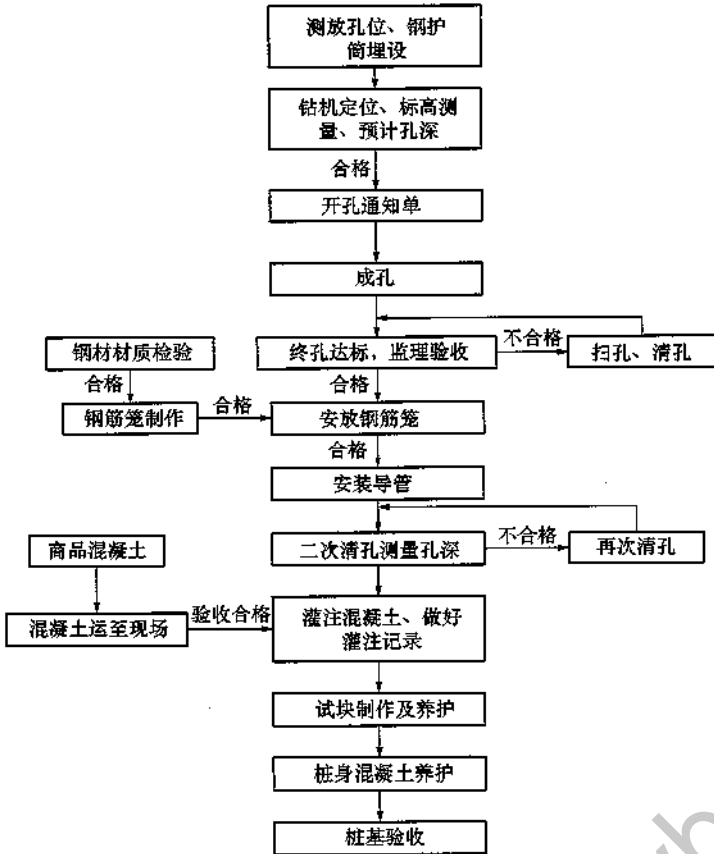


图 A.0.1 钻孔灌注桩施工工艺流程图

A.0.2 旋转挤压灌注桩施工应按照图 A.0.2 工艺流程图进行。

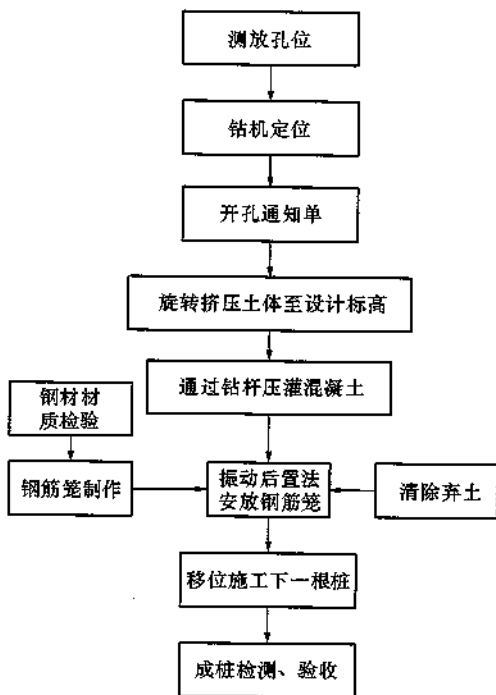


图 A.0.2 旋转挤压灌注桩施工工艺流程图

A.0.3 全套管全回转钻机施工应按照图 A.0.3 工艺流程图进行。

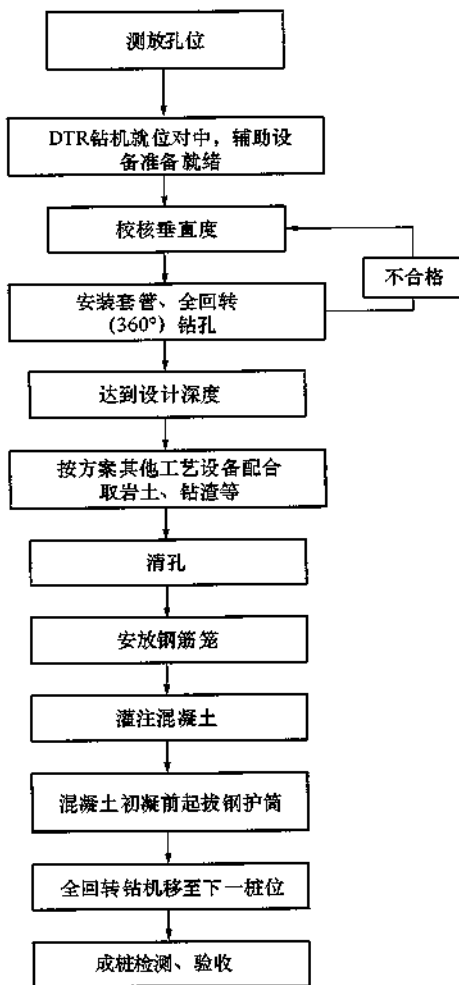


图 A.0.3 全套管全回转钻机施工工艺流程图

B.0.2 钻孔灌注桩终孔验收可按表 B.0.2 记录。

表 B.0.2 钻孔灌注桩终孔验收记录

工程名称				桩号			
施工单位				钻机编号		班组长	
设计桩径 (mm)		设计桩长 (m)		设计孔深 (m)		实际孔深 (m)	
持力层名称		进入持力层深度 (m)		嵌岩深度 (m)			
		设计		实际		强风化	
孔口标高 (m)							
开工时间		终孔时间				孔底沉渣 (mm)	
检查项目				检验评定记录		监督验收记录	
主控项目	桩位偏差 (mm)	(1) 1根~3根、条形桩基沿垂直轴线方向和群桩基础中的边桩(或单桩与边桩), $D/6$ 且不大于 100; (2) 条形桩基沿轴线方向和群桩基础中间桩(或群桩与中间桩), $D/4$ 且不大于 150					
	孔深 (mm)	(1) 砂、土地层+100 (2) 嵌岩桩满足设计要求					
一般项目	垂直度 (%)	<1					
	桩径 (mm)	≥ 0					
	泥浆相对密度	1.10~1.25					
	泥浆面高出地下水位标高 (m)	0.5~1.0					
施工单位检查评定结果		项目专业质检员:		年 月 日			
监理(建设)单位验收结论		监理工程师: (建设单位项目专业技术负责人)		年 月 日			

B.0.5 水下混凝土施工应按表 B.0.5 记录。

表 B.0.5 水下混凝土施工记录

工程名称							
桩号				孔口标高 (m)			
桩顶标高 (m)				导管规格 (mm)			
导管配长 (m)				混凝土设计强度等级			
混凝土厂家				实测混凝土坍落度 (mm)			
序号	施工时间	混凝土灌注方量	导管长度	管外混凝土深度	管内混凝土深度	导管埋深	卸管长度
		m ³	m	m	m	m	m
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
混凝土顶埋深 (m):		实浇桩长 (m):		超浇高度 (m):			
设计混凝土用量 (m ³):		实际混凝土用量 (m ³):		充盈系数:			
混凝土配合比							
试块编号							
记录员:		项目专业质检员:		专业监理工程师:			
				(建设单位项目专业技术负责人):			
				年 月 日			

B.0.7 后注浆宜按表 B.0.7 记录。

表 B.0.7 后注浆记录

编号:												
工程名称											水泥 强度等级	
施工单位											设计注浆 水泥用量 (t)	
序号	桩号	施工日期	注浆管安 设深度 (m)		浆液水 灰比	冲破 压力 (MPa)	正常 压力 (MPa)	终止 压力 (MPa)	水泥用量(t)		备注	
									单管 注浆量	合计		
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												

记录员: _____ 项目专业质检员: _____ 专业监理工程师:
(建设单位项目专业技术负责人); _____
年 月 日

B.0.8 混凝土灌注桩工程检验批质量验收应按表 B.0.8 记录。

表 B.0.8 混凝土灌注桩工程检验批质量验收记录

单位(子单位)工程名称				
分部(子分部)工程名称		验收部位		
施工单位		项目经理		
施工执行标准名称及编号		《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202-2018 《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008		
检查项目		施工单位检查 评定记录	监理(建设)单位 验收记录	
主控项目	1	桩位	GB 50202 第 5.1.4 条	
	2	孔深 (mm)	砂、土地层+100 嵌岩桩满足设计要求	
	3	桩体质量检验	设计要求	
	4	混凝土强度	设计要求	
	5	承载力	设计要求	
一般项目	1	垂直度	GB 50202 第 5.1.4 条	
	2	桩径	GB 50202 第 5.1.4 条	
	3	泥浆相对密度 (黏土 或砂性土中)	1.10~1.25	
	4	泥浆面标高 (高于地 下水位) (m)	0.5~1.0	
	5	沉渣厚度 (mm)	端承桩	≤50
			摩擦桩	≤100
			抗拔桩、抗水 平力桩	≤200
	6	混凝土坍 落度	水下灌注 (mm)	180~220
			干作业 (mm)	90~150
	7	钢筋笼安装深度 (mm)	+100, 0	
8	混凝土充盈系数	≥1		
9	桩顶标高 (mm)	+30, -50		
施工单位检查 评定结果		专业工长(施工员)	施工班组长	
		项目专业质检员: _____ 年 月 日		
监理(建设)单位 验收结论		专业监理工程师: (建设单位项目专业技术负责人): _____ 年 月 日		

附录 C 正（反）循环回转钻进成孔钻进参数

C.0.1 正循环回转钻进钻头转速可按表 C.0.1 选用。

表 C.0.1 正循环回转钻进钻头转速

岩（土）层类别	线速度 (m/s)	钻头直径 (mm)			
		600	800	1000	≥1200
		钻头转速 (r/min)			
黏性土、粉土	1.5~3.5	48~111	36~84	29~67	24~56
填土、软土	0.7~1.5	22~48	17~36	13~29	11~24
砂层、漂石、卵石层	0.5~0.7	16~22	12~17	10~13	8~11
软岩 $f_{rk} \leq 30\text{MPa}$	1.7~2.0	54~64	41~48	32~38	27~32
硬岩 $f_{rk} \geq 30\text{MPa}$	1.4~1.7	45~54	33~41	27~32	22~27

注： f_{rk} 为岩石饱和单轴抗压强度标准值；在软硬不均或钻至基岩面、穿越硬夹层，转速应相应降低。

C.0.2 正循环回转钻进钻压可按表 C.0.2 选用。

表 C.0.2 正循环回转钻进钻压

岩（土）层类别	单轴抗压 强度 (MPa)	孔径 (mm)			
		600	800	1000	≥1200
		钻压 (kN)			
砂土		3~11	4~15	5~19	6~23
黏性土		11~26	15~35	19~43	23~53
强风化泥岩、泥灰页岩	<5	26~33	35~44	43~55	53~65
强风化至中风化页岩、砾卵石层	5~30	33~75	44~99	55~124	65~149
中风化至微风化砂页岩、砾岩	>30	75~103	99~137	124~171	149~205

C.0.3 正循环回转钻进泵量可按表 C.0.3 选用。

表 C.0.3 正循环回转钻进泵量

地层情况与钻进方法	孔径 (mm)			
	600	800	1000	≥1200
	泵量 (L/min)			
上部无不稳定层 (刮刀或牙轮钻进)	500~825	990~1485	1560~2330	2350~3200
上部无不稳定层	200~450	270~600	340~755	480~950
上部有不稳定层	<280	<500	<780	<1000

注: 泥浆上返流速宜为 0.4m/s~0.6m/s。

C.0.4 泵吸反循环钻进钻压可按表 C.0.4 选用。

表 C.0.4 泵吸反循环钻进钻压 (kN)

钻头类别	规格 (mm)	地层			
		黏性土层	砂层、砾石层、卵石层	软岩层	中硬层
翼片式钻头	800	8~10	6~12	10~30	—
	1000	9~12	8~15	15~35	—
	1200	12~15	10~20	25~40	—
	1500	15~30	12~25	30~45	—
	1800	20~35	15~30	40~50	—
	2000	25~45	20~35	50~80	—
滚刀、牙轮钻头	800	—	1. 牙轮钻头按钻头直径 (0.5kN~1.0kN)/cm 选用; 2. 滚刀钻头按钻头每把滚刀 10.0kN~20.0kN 选用		
	1000	—			
	1200	—			
	1500	—			
	1800	—			
	2000	—			

C.0.5 钻头外缘线速度可按表 C.0.5 选用。

表 C.0.5 钻头外缘线速度

岩(土)层类别	岩石单轴抗压强度 (MPa)	钻头线速度 (m/s)
土层		1.3~3.5
软质岩层	5~15	1.6~1.8
	15~30	1.4~1.6
中硬岩层	30~60	1.2~1.4
硬岩层	>60	1.0~1.2

C.0.6 反循环钻进泥浆流速经验数据宜按表 C.0.6 选用。

表 C.0.6 反循环钻进泥浆流速经验数据

泥浆流动方向	流速 (m/s)
钻杆内泥浆上返流速	2~4
孔底泥浆横向流速	0.3~0.50 (泥浆取 0.3, 清水 0.5)
钻孔外环状间隙泥浆垂直流速	0.02~0.04 不超过 0.16

注: 1 钻孔直径较小时, 钻压宜选下限, 转速宜选上限, 可获得较快进尺; 钻孔直径较大时, 钻压宜选上限, 转速宜选下限, 进尺会慢些;

2 为防止因钻屑过多, 堵塞管路, 可采用减压钻进或间断给进的操作方法控制进尺速度。

C.0.7 冲击钻进参数施工应遵守表 C.0.7 要点。

表 C.0.7 冲击钻进参数施工要点

钻头类型	适用地层	单位钻头刃长的钻具重力 (N/cm)	冲程 (m)	冲击频率 (次/min)	回次进尺 (m)	施工要点
圆形钻头	卵、漂石层、胶结层、基岩层	250~300	0.75~1.0	40~50	0.2~0.4	勤提钻、勤捞渣, 泥浆相对密度 1.3~1.5
一字、十字、工字钻头		150~250			0.3~0.5	勤提钻、勤掏渣、修整孔壁, 保持桩孔圆直、经常检查钻头连接是否牢靠、泥浆相对密度 1.3~1.5 勤掏渣、经常检查钻头连接是否牢靠、泥浆相对密度 1.3左右

续表 C. 0. 7

钻头类型	适用地层	单位钻头刃长的钻具重力 (N/cm)	冲程 (m)	冲击频率 (次/min)	回次进尺 (m)	施工要点
抽筒或肋骨抽筒	土、砂质地层	100~150	0.5~0.75	40~50	0.5~1.0	勤放绳、少放绳，回次进尺不宜超过抽筒高度的 1/3 或筒身高度的 1/2
	砾、卵、漂石地层	100~200	0.75~1		0.4~1.0	经常检查活门工作情况，对于大于活门内径的卵、漂石宜先用钻头冲碎再行捞取
塌孔回填重钻	小冲程反复冲击，加黏土块和片石，泥浆相对密度 1.3~1.5					

C. 0. 8 冲击反循环钻进参数可按表 C. 0. 8 选用，并遵守其施工要点。

表 C. 0. 8 冲击反循环钻进参数及施工要点

地层	冲程 (m)	冲击频率 (次/min)	排渣管底口距孔底距离 (m)	施工要点
黏性土层	0.4~0.6	58~60	0.6~0.8	小冲程（不宜大于 0.5m）冲击，注意防止泥包钻头堵塞排渣管； 在塑性很大的地层钻进时，应适当加碎石和卵石； 必要时可改正循环钻进；排渣管底口及时跟进
砂类土层	0.4~0.6	62~64	0.5~0.8	用小冲程（不宜大于 0.5m）冲击，排渣管增加应及时跟进
卵砾石层、漂石层	0.6~1.2	45~50	0.4~0.6	泥浆相对密度和黏度应适当提高；可适当投入黏土球，并正循环钻进，使投入黏土挤入孔壁后，再用反循环钻进
岩层	0.8~1.5	40~42	0.3~0.5	冲程为 0.5m~1.5m 冲击，排渣管的底口应距离孔底 0.3m~0.5m，且应及时跟进

附录 D 钻孔灌注桩工序质量控制表

表 D 钻孔灌注桩工序质量控制

工序过程	工序内容	控制点设置	控制标准	控制措施与自检方法	检查人
成孔与滑孔	钻机定位	定位偏差	$<10\text{mm}$	1. 依据桩位埋设护筒, 用十字交叉法定桩位 2. 钻机转盘中心对准十字交叉点 3. 检查冲击、旋挖等钻头中心与桩位偏差	机长 测量员
	泥浆	密度 黏度 含砂率	<1.25 $\leq 28\text{s}$ $\leq 8\%$	用比重计检测 用漏斗黏度计检测 用含砂率测定仪检测	施工员 质检员
	孔径	桩孔孔径	≥ 0	用孔径检测器具检测	施工员 质检员
	孔斜	桩孔垂直度	$<1\%$	1. 目测钻杆是否居中 2. 用孔斜仪检测	施工员 质检员

续表 D

工序过程	工序内容	控制点设置	控制标准	控制措施与自检方法	检查人
成孔与清孔	成孔深度	孔深	符合设计要求	<ol style="list-style-type: none"> 1. 终孔前取样验证, 确认持力层 2. 用测绳量测孔深 	机长 质检员
	清孔	孔底沉渣厚度	摩擦桩 $\leq 100\text{mm}$, 端承桩 $\leq 50\text{mm}$, 抗拔桩、抗水平力桩 $\leq 200\text{mm}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 核对钻具长度和钻探孔深 2. 用平底测锤测孔深 	机长 质检员
钢筋笼制作安	材质检验	<ol style="list-style-type: none"> 1. 钢筋品种、规格 2. 焊条品种、规格 	符合有关工艺标准和设计要求	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查钢筋出厂合格证书 2. 外观检查 (种类、直径及表面生锈、损伤、裂纹情况) 3. 钢筋力学性能试验 	施工员 质检员 试验员
	制作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 制作允许偏差 2. 焊点质量 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主筋间距 $\pm 10\text{mm}$ 箍筋间距 $\pm 20\text{mm}$ 笼径 $\pm 10\text{mm}$ 笼长 $\pm 100\text{mm}$ 2. 无脱落、气孔、裂纹及明显烧伤 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主筋调直, 模具定位, 量测间距 2. 箍筋无明显弯曲, 量测间距 3. 焊点外观检查 	施工员 质检员
	安放	<ol style="list-style-type: none"> 1. 笼径、笼长 2. 主筋搭接长度和焊接质量 3. 吊装安放质量 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 笼径、笼长符合设计要求 2. 搭接长度、焊接质量符合规范要求 3. 笼顶标高符合设计要求 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 焊工持证上岗 2. 外观检查焊接尺寸与质量 3. 焊接接头按规定取样送检 	施工员 质检员

续表 D

工序过程	工序内容	控制点设置	控制标准	控制措施与自检方法	检查人
混凝土拌制与灌注	导管安装	<ol style="list-style-type: none"> 1. 导管长度 2. 密封性能 3. 距孔底距离 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 导管配长\geq孔深 2. 导管底端距孔底 300mm~500mm 3. 导管连接处密封性能好, 密水试验不漏水 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 量测导管配置长度与内径 2. 检查接头密封圈完好性 3. 检查量测导管顶部在地面上的高度, 计算导管底端距孔底的距离 	灌注班长 质检员
	混凝土拌制	<ol style="list-style-type: none"> 1. 配合比 2. 和易性 3. 坍落度 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 配合比符合设计检验要求 2. 和易性良好, 无离析、泌水现象 3. 坍落度 180mm~220mm 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原材料检验合格 2. 严格按设计配合比称量拌制 3. 现场抽检坍落度、和易性 4. 按规定取样制作试块、养护并试验 	试验员 施工员 质检员
	混凝土灌注	<ol style="list-style-type: none"> 1. 混凝土料斗容量 2. 灌注连续性 and 全程时间 3. 灌注混凝土顶面标高 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 料斗容量保证初灌导管底端埋入混凝土面下 1.0m 以上 2. 灌注中导管埋深保证 2.0m~6.0m 3. 灌注全程时间不超过混凝土初凝时间 4. 灌注混凝土面超过设计桩顶标高 0.6m 以上 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 计算初灌量, 确定储料斗容积 2. 起拔导管前, 用测绳量测导管埋入混凝土面以下深度 3. 根据混凝土初凝时间和混凝土土量, 调配混凝土车辆和运送、灌注速度 4. 控制最后一次灌注量, 测绳量测混凝土顶面标高 	施工员 质检员 灌注班长

续表 D

工序过程	工序内容	控制点设置	控制标准	控制措施与自检方法	检查人
混凝土拌制与灌注	混凝土强度	留置混凝土试件	试件 28d 龄期强度满足设计要求	1. 现场按规定随机抽样留置试件 2. 标准养护 3. 龄期达 28d 进行抗压强度试验	施工员 质检员 试验员
	充盈系数	混凝土灌注充盈系数	符合设计要求或 ≥ 1.0	1. 按各次灌注盘及量测的导管内外混凝土面深度，绘制灌注曲线，检查各段充盈系数 2. 按实际灌注量计算整桩灌注充盈系数	质检员 资料员

注：灌注混凝土过程中出现异常情况如，灌注不连续，导管漏水、断桩、钢筋笼上浮或下沉，应及时处理，如实记录处理情况并报告监理和设计单位。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1) 表示很严格，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 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
- 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 《建筑施工组织设计规范》GB/T 50502
- 《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003
- 《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004
- 《混凝土外加剂》GB 8076
- 《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523
- 《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1
- 《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2
- 《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18
- 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33
- 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46
- 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
- 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
- 《建筑施工安全检查标准》JGJ 59
- 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106
- 《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107
- 《海砂混凝土应用技术规范》JGJ 206
- 《大直径扩底灌注桩技术规程》JGJ/T 225

中国工程建设标准化协会标准

钻孔灌注桩施工技术标准

T/CECS 592 - 2019

条文说明

JCVBA.CN

目 次

1	总则	(91)
2	术语和符号	(92)
2.1	术语	(92)
3	施工准备	(93)
3.1	技术准备	(93)
3.2	现场准备	(94)
3.3	成孔设备准备	(95)
3.4	材料准备	(98)
3.5	泥浆的制备、循环与净化	(98)
4	成孔	(100)
4.1	一般规定	(100)
4.2	旋挖钻进成孔	(102)
4.3	正(反)循环回转钻进成孔	(105)
4.4	冲、抓钻进成孔	(109)
4.5	长螺旋成孔	(112)
4.6	旋转挤压成孔	(114)
4.7	钻孔扩底成孔	(115)
5	特殊条件下的成孔	(117)
5.1	大直径嵌岩桩成孔	(117)
5.2	岩溶发育区成孔	(118)
5.3	深厚填土、软土地层成孔	(119)
5.4	其他特殊性岩土地层成孔	(121)
6	清孔	(123)
6.2	泥浆护壁清孔	(123)

7	成桩	(125)
7.1	钢筋笼的制作与安装	(125)
7.2	混凝土制备与运输	(127)
7.3	混凝土灌注	(129)
8	后注浆	(134)
8.1	后注浆装置制作与安装	(134)
8.2	注浆施工	(135)
9	质量检验及工程验收	(138)
9.1	质量控制	(138)
9.2	质量检验	(138)
9.3	工程验收	(140)
10	安全及环保措施	(141)
11	成品保护	(142)

1 总 则

1.0.1 多年来，从事钻孔灌注桩施工的国内施工单位很多，技术水平和管理水平不尽一致，为保证钻孔灌注桩的工程质量控制和管理，使之在各地区健康发展，需要统一施工技术要求，规范钻孔灌注桩施工行为，特制定本标准。

1.0.2 钻孔灌注桩以其独特优点广泛应用于高层、超高层建筑基础、水利、桥基、码头、边坡治理、基坑支护等建设工程。

1.0.3 钻孔灌注桩是项质量要求高、施工工艺种类繁多、工序复杂的地下隐蔽工程，适用于不同地质条件，且应在较短时间内连续完成。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.3 国家标准《冶金工业建设钻探技术规范》GB 50734 - 2012, 第 2.1.5 条对钻具的定义是: 由钻头、钻杆、连接接头等组成的钻探工具。随着成孔工艺的多样和技术的不断进步, 需要对钻具进行重新定义, 以显得更全面。

2.1.14 旋转挤压成孔灌注桩是一种现浇混凝土灌注桩, 用螺杆钻机及配套钻具旋转挤压岩土体成孔, 管内连续泵送混凝土成桩。采用钻具护壁, 避免塌孔, 无泥浆循环, 上下钻过程中, 钻具对土体产生合理挤密, 可充分发挥侧摩阻力作用, 提高桩的承载力。

3 施工准备

3.1 技术准备

3.1.1 灌注桩施工前的技术资料收集意义非常重大，是施工工艺、设备及材料选择的重要依据，也是施工单位编制施工组织设计等作业指导文件的基本资料。

2 应根据工程具体地点，提出包括地表水的水位、流速、波浪等资料；水文地质报告一般不用于桩基工程，但相关水文地质资料应具备。

3 地下文物、防空洞、危房并非在所有工程中存在，技术资料收集不到时应说明情况。

3.1.2 本条强调了施工图会审及设计技术交底的重要性。

3.1.5 本条强调了编制施工组织设计的基本要求，明确了施工组织设计应包括的基本内容。编制时，根据工程的规模大小和复杂程度，其内容有所增减。施工组织设计是施工中各项工作的技术文件，钻孔灌注桩施工前，不论桩基工程规模大小都应由施工单位按有关标准和设计文件的要求编制并按规定程序报批。

3.1.6 成孔方法的选择：在砂土、黏性土地层内宜用回转钻进或旋挖钻进成孔；在含有孤石地层或岩层内宜用冲击钻进或大直径潜孔锤钻进成孔；当作业区域附近有防震要求的建（构）筑物或孔径大于 2.0m 时，宜用回转钻进成孔。工艺流程图可按本标准附录 A 的相应流程进行，图 A.0.1 多用于旋挖钻、正反循环回转钻、冲击钻等成孔工艺；长螺旋成孔工艺流程可参考图 A.0.2；图 A.0.3 多用于全套管全回转成孔。

3.1.7 本条要求结合施工经验和现场情况采取临时技术措施及专项技术设计方案。

4 水上施工筑岛平台应考虑筑岛后对河道过水断面的缩小和对泄洪能力的影响，并采取相应措施；平台填筑密实，顶面应平整，临水面边坡应有防水冲刷措施。

当采用水上透空平台时，平台尺寸和结构应满足下列要求：①平台尺寸满足钻孔设备的布置、操作、移动和混凝土灌注要求；②平台顶高程根据施工期水位、潮位、波浪和钻孔工艺等因素确定；③平台结构满足施工荷载、水流力、波浪力、风压力、冰凌作用和施工船舶系、靠泊力等要求；④平台顶面的位移和沉降应满足安全使用和成孔、成桩质量要求；⑤平台上设有防浪、防洪、防台风和保障人员、设备等安全设施，并设立航行标志和其他必要的警示标志。

施工栈桥的设计应包括下列内容：①栈桥顶面高程宜与水上施工平台的高程一致；②栈桥宽度满足流动机械的通行能力，同时留有敷设水、电管线的富裕宽度；③栈桥结构满足在其上通行的设备和人群荷载、水流力、波浪力、风压力和冰凌或河面漂浮物的撞击力、挤压力等要求；④栈桥的位移和沉降不影响施工期安全使用；⑤栈桥上设有防浪、防洪、防台风和保障人员、设备等安全设施，并设立航行标志和其他必要的警示标志。

3.1.8 遇重大、特殊工程或地质条件复杂的工程，施工前宜进行至少两个工艺性试成孔，积累施工工艺性资料。本条系按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定，意在验证针对工程对象所采用的施工工艺的适用性和合理性，以便核对地质资料，检验所选的设备、机具、施工工艺及技术要求是否适宜。如孔径、垂直度、孔壁稳定性和沉渣等检测指标不能满足设计要求时，应拟定补救技术措施，或重新选择其他施工工艺。

3.2 现场准备

3.2.1 根据甲方提供红线、基准线或建筑物轴线等测量基准和正式施工图纸，按施工平面布置图的要求做好施工区域内的供

水、供电、施工道路、施工设施、材料堆场及生活设施等的布置安排。对于在市区施工钻孔灌注桩，施工场地普遍狭窄，布置现场应按程序报批。清除地下障碍物时，注意文物保护，若发现有文物、古迹或地下管线等应设标记予以保护并立即向有关部门报告，处理后，方可进行下步工作。

3.2.5 本条强调应对特殊复杂地层所采取的应急准备措施。复杂地层是指施工区地质条件复杂，易塌孔、漏浆，如溶洞漏浆时应迅速补水、补浆；塌孔时应及时抛填黏土、片石和水泥等材料，以满足恢复正常钻孔作业需求。

3.2.6 泥浆的使用与排放影响环境，所在地政府部门都有相关规定。

3.3 成孔设备准备

3.3.1 钻孔灌注桩的成孔设备种类繁多，主要包括：旋挖钻机、回转钻机、长螺旋钻机、冲击钻机等，施工前应结合地质条件、场地条件、试桩资料合理选择。成孔工艺及配套的选型，可根据施工要求确定，包括动力机械、成孔设备、灌注设备、吊装设备、运输设备以及主要机具等；不同工艺方法选择与地层相关，表1仅供参考。

表1 常见钻孔灌注桩施工工艺方法及适用地层

成孔方式	工艺方法	清孔方式	灌注方式	适用地层
干成孔	螺旋钻、振动钻	排土、夯实	溜槽、导管	人工填土、黏性土、砂土、砂层、卵石层、软岩 (<20MPa)
泥浆护壁 回转成孔	旋挖钻	第一次无浆循环、捞渣钻斗；第二次泵吸或气举	水下导管灌注	软土、黏性土、粉土、砂土、碎石土及岩石
	正循环回转钻	泥浆循环、空压机	水下导管灌注	软土、黏性土、粉土、砂土、碎石土(块石、漂石除外)、软质岩、强风化和中风化硬质岩石
	反循环回转钻	泵吸、气举	水下导管灌注	

续表 1

成孔方式	工艺方法	清孔方式	灌注方式	适用地层
冲击、冲抓成孔	冲击钻、冲抓锥	泥浆泵、砂石泵、空压机	水下导管灌注	填土层、黏土层、砂、卵、砾石层、漂石、基岩及岩溶发育等各种地层
螺旋挤压成孔	螺杆桩机钻	挤土、钻具护壁	钻具管内连续泵送混凝土	回填土、黏性土、黄土、砂土、砾砂、角圆砾、碎石、小卵石
扩孔	专用扩孔钻头	泥浆泵、砂石泵、空压机	水下导管灌注	可塑、硬塑状态黏土、粉土；中密至密实的砂土和部分胶结碎石土层和岩层

- 注：1 螺旋挤压灌注桩钢筋笼是在混凝土灌注结束后，通过专用振动器连接钢管传送到钢筋笼底部将钢筋笼拉入桩体；
- 2 带有承压水的砂层中施工易发生涌砂现场，应抬高孔口护筒标高；
- 3 地层倾斜较大时会造成桩的弯曲或斜桩，承载力不易满足设计要求，在特殊条件下成孔中应有具体办法；
- 4 在含有地障、孤石的地层中施工、成孔处理费时；
- 5 在深厚淤泥中不宜采用旋挖、冲击、反循环回转成孔设备。

在实际施工中应参照设备使用说明书的有关规定和要求选择。在选择钻机时应考虑钻机的额定扭矩能否满足桩径和岩层岩性施工要求。目前市场上钻机分类一般是以能钻入基岩的钻孔最大直径来标识的，如 GPS—15 钻机，钻风化岩桩孔直径不大于 1500mm，但在粉细砂中可以施工比额定直径更大的桩孔。

3.3.2 本条是指设备主要性能体现在扭矩，一般施工中的设备选型应选择性能参数稍大一级的设备，要求设备具有多级变速功能，以适应复杂多变地层和不同桩径，并与钻管具强度相匹配。回转设备钻进能力主要体现在能适应岩体单轴抗压强度和桩径大小上，本条公式针对岩体应用，A 的取值随岩性变化而变化，岩

性强度大，取较大值，反之取小值；坚硬岩层一般指饱和单轴抗压强度 60MPa 以上；与孔径大小也有关系，一般依靠操作者经验。

3.3.3 钻头选用应根据不同地层条件确定，但选用的钻头最好适应性比较强。因为桩孔钻进中要穿过几种不同的地层，不可能一种地层用一种钻头，因此应选用适应性强的钻头，如翼形（三、四翼）钻头靠刀尖进行切削，对淤泥层、黏土层、砂、砂砾石层等 V、IV 级以下的地层最适用，对于风化岩等软岩层及较硬的胶结层也有一定的切削能力，所以翼形钻头在钻机上应用较多。牙轮钻头直径宜比设计桩径小 10mm 左右，也是经验所得，如钻杆同心的影响；但当钻进淤泥、淤泥质土及流塑土层时，钻头直径应经试成孔确定，宜大于设计桩径 50mm。在大型桥梁深水水域钻孔灌注桩施工中，对于硬岩石应选用球齿型滚刀钻头；对于软岩石和密实土层可选用楔齿滚刀钻头和钎头或硬质合金钻头。

打捞钻头是针对孤石、漂石或孔内较大块石所采取直接将其捞取至孔外的工具钻头，一般形状为筒状。钻头形式 1：靠近筒形钻头底唇面沿径向钻眼，并穿插一定直径钢丝绳，钢丝绳于钻头中心处交叉缠绕，形成放射式绳网；钻头底唇面有切削刃或齿；钻头形式 2：钻头底面单面活门，筒内侧附焊弹簧板，形成锥形，也有设卡、楔等形式，也可根据地层条件采取其他形式。

3.3.6 关于泵的型号功能，国内生产厂商较多，各区域选用并不相同。其原因：一是配件符合性、供应方便性；二是用户习惯带有区域特色；三是部分用户采用其他工艺生产用泵，亦可用于后注浆。

3.3.8 设备使用前，操作人员应对设备进行认真检查。检查各按钮和手柄是否灵活可靠、仪表显示是否正常；检查发动机、水泵有无异常和渗漏，液位是否满足要求；液压管接头是否渗油、漏油或出现松动现象；各油缸是否有泄漏；检查钻具、钢丝绳接

头和钢丝绳磨损情况；检查各类电气系统是否正常；设备启动后应检查发动机是否有异常声响等。

3.4 材料准备

本节所述材料，指构成工程构件的主要材料及外加剂；重要的是应把好原材料进场关，原材料进场时应进行检查、验收和检验，检验样品应随机抽取。应按规定批次检查出厂检验报告或合格证等质量证明文件是否完备。

3.4.2 本条对混凝土性能及矿物掺合料作了要求。

2 现在粉煤灰、硅灰等比较缺乏，多用矿粉替代。

3.4.4 本条是对混凝土骨料的采用要求并强调注意事项。

4 砂中氯离子含量以干砂的质量百分率计。

3.5 泥浆的制备、循环与净化

钻孔泥浆本标准大致分为稳定液、泥浆和水等。稳定液的表述一般用于旋挖成孔，泥浆多用于冲击、回转循环成孔，主要作用是护壁（防塌孔、维护孔壁稳定）和冷却钻头，携带钻渣，同时还具有润滑钻具的作用。钻进成孔可优先采用原土造浆护壁。

3.5.1 单孔所需黏土量，应按充满桩孔、循环槽的体积计算，并考虑孔径扩大、孔壁和循环槽的渗漏量。本条强调对泥浆性能指标的管理。

1 本款着重强调了制备泥浆控制指标。制备泥浆宜使用淡水，使用海水时必须经过试验检验，满足要求后方可使用；优质膨润土泥浆黏度高，但是相对密度低，用量大时不经济，常作为配制旋挖钻机成孔所需稳定液的原材料；相对密度、含砂率、黏度等参数是泥浆的主要指标，泥浆相对密度能在较大范围内调节，以建立与地层压力相平衡的泥浆水位压力，以防止漏、塌、卡、埋等孔内复杂情况的发生，应充分发挥泥浆的作用。

采用黏土造浆时，所使用的黏土造浆能力不应低于 2.5L/

kg。当无较好黏土时，可在浆液中掺入碳酸钠 (Na_2CO_3)、氢氧化钠 (NaOH)、钠羧甲基纤维素 (Na-CMC) 或膨润土粉末。掺入量应经试验确定。 Na_2CO_3 的掺入量宜为制备泥浆质量的 0.1%~0.2%。

3 化学泥浆一般用得较少，不利于经济核算和环保要求，若需要可自然降解的泥浆时，可能会采用到化学泥浆。

3.5.2 介绍了泥浆使用的基本要求，灌注前泥浆指标的控制及渗漏地层泥浆的指标调整。

3.5.3 本条明确了泥浆循环槽和泥浆池的设置方法，指出在必要时使用机械净化。

1 泥浆宜集中搅拌供应，废浆处理应有专用外运工具或车辆，泥浆池和沉淀池应组合设置，一个泥浆池配备的沉淀池不宜少于两个，循环泥浆经二级沉淀后，上口优质泥浆流入泥浆池循环使用。

2 现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 规定泥浆制备能力应大于钻孔时段泥浆需求量，储备量应大于单孔体积，漏浆严重地层钻孔，泥浆池应大于 2 倍以上的储量，至于具体量应以满足需求为原则，可以从试成孔或其他经验中获得；泥浆池不能设在新堆积的土堆上，以防垮塌。

5 采用沉淀法净化泥浆，通过泥浆循环系统的长度、泥浆槽布置功能、体积等自然沉积；机械分离装置一般指除砂器，机械除砂法净化泥浆效果较好，应积极采用；通过泥浆振动筛或旋流除砂器降低泥浆的含砂率；化学处理法是通过加一些经过配制的促凝剂与泥浆中岩屑和黏土颗粒产生凝结反应，凝结成较大的絮凝物颗粒然后沉淀，再用脱水机分离泥砂土和水。抓斗和旋挖产生的钻渣和废泥浆一般在现场沉淀一段时间，自然脱水且符合环保要求后，外运至指定堆场。一些废泥浆用密封排浆罐车外运，倒入符合环保要求的低洼地或坑内，但在干化之前应设警示标识。

4 成 孔

4.1 一 般 规 定

4.1.1 应综合考虑工程地质和水文地质条件、施工技术条件与环境；应重视工程所在地施工经验，因地制宜。

4.1.3 本条是对孔口护筒结构、护筒埋设的规定及注意事项。第1款是护筒制作规定；第2款至3款是护筒埋设及控制；第4款是埋设深度；第5款是陆地护筒埋设；第6款至8款是指特殊区域。

1~4 钻孔灌注桩护筒构造应根据地层状况、地下水位高度、设计要求和护筒埋设工艺等因素确定。护筒种类一般有砖砌护筒、钢护筒、钢筋混凝土护筒；护筒作用：控制桩位、导正钻具，防止孔口不稳定坍塌。护筒顶面可作为钻孔深度基准，安放钢筋笼及灌注混凝土的支撑面，以及测量导管理深的基准。护筒埋设是泥浆护壁成孔灌注桩施工的第一道工序，护筒位置与垂直度准确与否，周围与底脚是否紧密，是否透水，对成孔、成桩影响较大。应严格控制护筒内外液面高差，当地下水位动态变化大时，护筒应加高加深；溢浆口应对准循环槽沟，以免泥浆漫流。对于冲刷严重的河床，护筒底部进入局部冲刷线以下的长度不得少于1.0m。

5 护筒距地面高度应根据施工工艺确定，应保持孔内泥浆液面稳定。正循环成孔时，泥浆液面高度不应低于自然地面以下0.3m，反循环成孔时，应保持孔内水头压力大于地下水头压力10kPa。

当地层条件较好时，泥浆液面与地下水位液面差不宜小于0.5m；地层条件较差时液面差不宜小于1.5m。

有冲刷影响的河床进入冲刷线以下 1.0m，季节性冻土进入未冻层不宜小于 0.5m，机械埋设时应适当加深。

6~7 水域护筒埋设要求更高，应有经过审批的专项组织设计方案，且应符合专项方案的要求，并通过审查批准。埋设护筒孔口应予加盖和竖立警告提示标识，防止人员跌入造成伤害。

8 斜桩施工应结合设计要求，护筒埋设在覆盖层较浅的地层时，宜嵌入岩层内。

4.1.4 本条是对钻机安装注意事项的规定。

1 安装钻机（指回转循环钻进设备）时，钻机底盘和转盘面（或回转器）应采用水准尺从两个方向测量水平度，竖直方向应保证天轮、水龙头（动力头）、钻杆、钻头几点一线；自控程度高的钻机（如旋挖钻机等）可通过操作台仪表显示控制，且进行设备自我调平；冲击钻机除无回转装置外与回转设备要求一样。钻机安装质量是成孔、成桩垂直度的保障。

3 关于设备与输电线路距离，用电安全有关标准针对性要求水平距离和垂直距离，本标准所采用设备一般为钻机，对其塔架与输电线路之间的最近距离要求更严一些。

4.1.5 本条规定是为了有效保证桩孔的垂直度，针对回转成孔，钻杆宜设置扶正器或钻头设置导正装置。钻进过程中通过检查钻机钻塔垂直度、地面主动钻杆的垂直度及钻机进尺判断桩孔是否有倾斜情况，有针对性测量钻孔垂直度并记录；冲击钻进也可根据地层变化的不同层段，通过观察钢丝绳摆动及对比初始钻进时钢丝绳位居孔中心位置变化，或孔内出现异常情况下，测量其具体孔段垂直度，尽量避免成孔后再来纠偏。

4.1.6 本条强调了成孔成桩施工的连续性。成孔完毕至灌注混凝土的时间间隔应在孔内安全时间内完成，且不宜大于 10h。成孔时间过长或成孔后灌注时间间隔过长对孔壁稳定不利，缩孔及护壁泥皮过厚对成桩质量也会产生不利影响，故作此规定。

4.1.7 目的是防止相邻孔串通影响成桩质量。“跳打成桩”是指

为防止发生串孔，间隔一个及以上桩孔位距离后钻孔成桩，基层作业者常称“跳钻成孔”、“跳打成桩”或“间隔成孔”，本标准中其他条款也会用到。

4.1.9 两级钻进第一级钻头的直径可取桩孔直径的 0.7 倍，成孔直径必须达到设计要求的桩径且充盈系数符合设计和规范要求。

4.1.10 摩擦型桩按设计桩长控制成孔深度；端承型桩桩孔进入持力层深度必须满足设计要求，经勘察单位、设计单位、监理单位共同确认。持力层判断确定依据：地质资料、等高线预计孔深、岩样、测绳手感，还可依据孔径、岩性、设备性能、可钻性，参考试桩情况并与在持力层中的进尺情况进行对比。

4.2 旋挖钻进成孔

4.2.1 近年来，旋挖钻机已广泛应用于钻孔灌注桩施工中，尤其应用于房屋建筑、市政、水利、交通、冶金等各类建设工程。

旋挖钻机适应的地层范围越来越广，从饱和土到基岩都能适用，针对不同的地层，应采用相应的旋挖钻具和工艺，才可有效地进行成孔施工。

4.2.2 干作业或清水旋挖成孔必须符合两个条件：成孔孔壁稳定和无地下水。在黏土、泥夹卵石、泥岩等其他岩层中成孔时孔壁较稳定，可采用干作业。场地地下水位相对稳定，成孔时孔壁稳定且无渗水可以直接采用干作业旋挖钻进成孔，干作业时可采用全套管跟进法钻进，湿作业时可采用稳定液护壁钻进。采用套管护壁钻进时，护筒和套管长度由现场地层决定，本标准第 4.2.4 条有专项规定。本条所指全套管跟进是一种工法，不指孔口管或护筒。

4.2.3 本条主要是针对不同地层选择适合的钻具和钻进参数。

在淤泥及流塑软土中钻进易缩孔，可适当加大钻头直径并严格控制钻进和提升的速度；在承压水位以下施工时可加入增重

剂，相对密度控制在 1.15~1.25；在松散土、冲填土、粉细砂等易塌孔的地层中钻进时，可采用长护筒护壁，也可采用相对密度大于 1.30 的稳定液护壁；在较硬的基岩中钻进时，应选用耐磨性好的钻头，也可先采取螺旋入岩钻头（或筒式钻头）破碎岩层后，用捞渣斗扩孔清渣。

关于转速、钻压的具体参数，难以量化，不同厂家、不同型号的旋挖钻机设备性能差异较大，加上钻头形式的多样化，不同操作者技术经验不同，建议应按设备制造商的产品使用说明书的具体要求进行操作，或通过试成孔得到相应参数，指导操作者采用。

旋挖钻头种类较多，一般有钻斗、短螺旋钻头和其他作业装置。钻斗是旋挖钻机最主要的钻头，分锅底式、多刃式、扩底式、牙轮取芯式等，挖泥（砂）斗齿钻头也指钻斗；配合嵌装截齿，具有切削破碎岩石功能和暂时储存岩、土功能，而捞渣（砂）斗则为无斗齿无开合底门系统的筒型钻头。

风化岩层应根据岩层的软硬程度选用摩阻或机锁钻杆，配备嵌岩钻头。施工时可根据岩层的硬度选用短螺旋钻头、嵌岩筒钻或牙轮筒钻等。

4.2.4 本条对旋挖成孔的护筒制作和埋设提出特殊要求。

1 护筒一般采用钢板制作，因为旋挖机自重较大，钻进过程中钻机震动大，当地基软弱时，易沉陷，会加大上部桩孔口的侧壁压力，钢板应有足够强度和刚度，以免钢护筒被挤压变形，造成孔口坍塌；旋挖机成孔工艺决定了频繁上下提钻易触碰护筒底刃造成内卷；不小于 10mm 厚的钢板卷制，也是旋挖机成孔的施工经验所得，操作者也可根据地基情况和设计桩孔直径大小来选择钢板厚度。

2 填土应符合设计要求。护筒埋设深度宜超过填土厚度，有些地域填土过深，护筒埋设不能满足深度要求的情况下，可采取其他防孔内坍塌措施或从回填土密实度、稳定液性能指标等方面

面进行要求，应根据填土实际情况和经验判断以保证孔壁稳定为原则。

4.2.5 旋挖钻机自重大，安装时除应遵守本标准第 4.1.4 条的规定外，还必须置于平坦、坚实的地面上，当地基软弱时应用砖渣修路或铺设钢板，保证钻机安全行走和正常操作，钻进过程中钻机不沉陷。为避免增加上部桩孔的侧壁压力，钻机就位时其履带底盘应尽可能远离桩孔，降低重压致孔口坍塌的危险。

4.2.6 旋挖钻机全部可通过操作控制台随时调整钻进参数。应先粗调垂直度，在对准桩位后，再次调整垂直度；宜借助操作室内的钻杆旋转扭矩切换开关、转速切换开关及推进器压力计进行。

4.2.7 针对不同的地质条件旋挖钻机钻进成孔的操作方法也有不同，本条作了相应的规定。

1 低速下放，斗底活门在下降过程中应保持开启状态，减少钻斗对稳定液及稳定液对孔壁的冲击；慢速提升，本款是提醒旋挖钻机操作者，每回次提钻由于钻头接触孔底，孔底残留钻渣会在钻头根（底）部，加之重复破碎后泥渣土对钻头有一定吸附力，另钻头周围新进尺孔段对钻头会形成反向摩擦阻力，开始提钻瞬间阻力较大，同时孔底负真空开始形成，待提钻开始稳定液及时回流后，才正常提升钻具。

2 本款与本条第 1 款有所不同，控制或降低提升速度是为了避免在钻头底部形成真空负压区；钻斗升降速度可按表 2 选用。

表 2 钻斗提升速度参考值

桩径 (mm)		700	800	1000	1200	1500	2000	2500
钻斗提升速度 (m/s)	载重	0.75	0.75	0.75	0.75	0.58	0.44	0.23
	空斗	1.00	1.00	1.00	0.83	0.83	0.62	0.31

4 加强对稳定液的监测，防止孔壁坍塌；应配备泥浆泵，在取土时随时向孔内补充稳定液，使液面始终高出地下水位 1.0m 以上，且不低于护筒底部标高。

5 轻压、慢转，是为了降低超径；适当增加稳定液相对密度和扫孔次数的钻进方法是防止缩径。

6 对可塑、硬塑地层宜采用快转速钻进，以提高钻进效率。

8 旋挖机垂直度监控与校核参考本标准第 4.1.4 条和第 4.1.5 条条文说明，但旋挖机自重较大，提钻时，对地基突增压力，一般应在靠孔位一侧铺设一定厚度钢板。

10、11 为避免钻进过程出现异常现象，如钻杆跳动、机架晃动、钻机移位、孔内异响等，应多检查、勤维护，保证孔内钻具的安全性。

12 旋挖钻进发现塌孔时，应立即采用下列技术措施：①向孔内投放黏土球，用钻头加压，逆向转动挤密搅拌，稳定地层；②采用优质膨润土时，适当增加添加剂调制高性能泥浆，相对密度不应小于 1.2，黏度不应小于 28s；③旋挖钻斗提速宜为 0.5m/s 左右，防止抽吸，以免引起孔壁垮塌；④若漏失较严重地层，泥浆性能应以黏度、胶体率为主要指标，而稳定液相对密度会增加液柱压力从而加大漏失量。

13 本款强调对终孔质量的控制，特别是沉渣控制要求，旋挖钻机成孔的沉渣控制较难，可采用挖砂钻斗和专门捞渣斗捞出钻渣和虚土等措施，成孔深度一定要准确。

4.3 正（反）循环回转钻进成孔

4.3.1 本条对正（反）循环回转钻进时应注意事项作了要求：

2 大直径钻孔灌注桩一般采用反循环回转钻进成孔，因孔径大，正循环不利于排渣，容易造成钻探重复破碎，钻进效率低，而反循环上返流速高，可直接排出破碎的岩、土屑。

3、4 反循环回转钻进施工一般宜采用泵吸反循环，当成孔

深度超过 60.0m 时，宜采用气举反循环。这是由于泵吸反循环驱动泥浆循环压力小于一个大气压，限制了泵吸反循环的钻进深度，而气举反循环的原理是以气体为动力介质，送至孔内气液混合室，空气膨胀、液气混合，形成一种密度小于原孔内液体的液气混合物，以液流体为载运介质携带固体颗粒上返形成的反循环，因此气举反循环的钻进深度相对较深。理论和实践表明，泵吸反循环在孔深 60.0m 以内效率较高，随孔深逐渐加深，效率逐渐降低。交通部标准规定，一般 80.0m 深以内的钻孔采用泵吸反循环；深于 60.0m 的钻孔宜采用气举反循环钻进工艺。气举反循环适用于深度 20.0m~300.0m 的桩孔施工，以解决正循环施工时循环液（泥浆）上返速度不足和泵吸反循环施工时钻进深度受水泵吸程限制所造成的困难；但反循环钻进中一定要维持孔内泥浆面高度，发现漏浆速度过快或液面突然下降，要及时分析是否遇到卵砾石层或地下溶洞等，并及时停钻，采取增加泥浆黏度或投黏土球等措施处理后再进行钻进。在岩溶地层漏失严重时，不宜使用反循环工艺成孔，但终孔，孔壁稳定后，二次清孔可采用气举反循环。

4.3.2 埋设护筒是控制桩位、导正钻具、防止孔口坍塌的必要措施。因此本标准规定正（反）循环回转钻进成孔施工前应埋设护筒，并对护筒的选用和埋设作了具体的规定。

4.3.3 本条是对正循环回转钻进的操作方法及控制参数的规定。钻压、转速、泵量各项参数是相互匹配的，控制参数仅为参照范围。实际上，钻机转盘的额定转数和泥浆泵的定额流量分不同挡级，因此在钻进中，应根据地层、桩径及钻机性能等情况合理选用和控制钻进参数，保证钻进顺利和成孔质量。正循环钻进除采用各类往复式泥浆泵、立式泥浆泵外，也可用 4PH 灰渣泵和 4PS 砂泵。钻机的钻杆、配重钻杆、钻头安装之前应进行编号并测量和记录实际长度；为增加钻头和岩石之间的切削力，可适当增加钻头配重，通过钻压调整来满足钻头在钻进过程中的稳定

性。开钻前设备要试运转，开孔时先在护筒内放入一定数量的泥浆或黏土块，提钻慢速空转，且钻头不得碰撞和挤磨护筒，并从钻杆内注入清水，搅拌成浆，开动泥浆泵循环，待泥浆搅拌均匀后开始钻进。

钻压：在松散地层中钻进时，钻压的选择应以保持泥浆畅通，钻渣清除及时和孔壁完整为前提。在硬质地层中钻进可用钻艇或加配重块来提高钻压，但应注意不超过钻机负荷。也可根据本标准表 C.0.2 选用钻压，并在钻进中根据地层情况进行调整，加在钻头上的竖向力，应是钻头和配重的重量，但实际操作难以做到，钻杆的作用是传递扭矩力、输送泥浆和压缩空气，决不能把钻杆的重量换成竖向力，所以每加一次钻杆之后还要根据钻杆重量、地层情况、桩径大小等来调整卷扬或主油泵压力，确保压力值不小于钻杆的总重，如果施加在钻杆上压力过大，钻杆在承受很大扭矩的同时会产生钻杆本身疲劳损坏或连接装置受到伤害而扭断，从而造成掉钻等孔内异常情况发生。增加钻头配重可减少钻进过程中钻具摆动，有利于控制成孔垂直度。

钻进过程遇到异常现象一般指钻具剧烈跳动、憋车、掉钻、卡钻、埋钻、憋泵、孔内严重漏水、涌水、钻孔偏斜等，本款第 8 项叙述的“必要时”是指孔内异常现象较为严重时。

泥浆沿钻孔壁上返流速是指泥浆上返通过的最大过水断面面积 (m^2) 的速度 (m/min)。

4.3.4 本条规定了泵吸反循环在不同情况下操作的要求，应结合不同厂家设备本身性能、地层情况及桩孔类型来选择钻进参数。

1 大气压与泵的吸入压力之差即为砂石泵所能达到的真空度。

4 应先采用正循环钻进 10.0m~15.0m；开启砂石泵，反循环正常后，停止正循环的泥浆泵，开始钻进。开始时应先慢转轻压，进入正常钻进后可逐渐增大转速，调整钻压既保证进尺又

可避免钻头吸渣口堵塞。目前市场上出现的汽车钻，可以直接采用泵吸反循环，但对开孔的孔口稳定不利。

5 本款是实际操作经验总结，并不是固定值，地层颗粒粒径以不易堵塞钻头水口或管路，影响冲洗液的正常循环为原则。

6 在硬黏性土层中钻进时，宜采用一档转速，放松主卷扬钢丝绳，自由进尺；在一般黏性土层中钻进时，宜采用二、三挡转速，自由进尺；在砂类土或含少量卵石的地层中钻进时，宜采用一、二挡转速，并应控制进尺，可采用减少钻压或间断给进的方法控制钻进速度；在地下水丰富，孔壁易坍塌的粉、细砂或粉土中钻进时，宜采用低挡慢速，加大泥浆相对密度、提高水头；在砂砾、砂卵、卵砾石层中钻进时，为防止钻渣过多，较大颗粒堵塞管道，宜采用间断进尺、间断回转的方法控制钻进。

7 加接钻杆时应先停止进尺，将钻具提高孔底 300mm 左右，反循环进行 1min~2min，再停泵接钻杆；钻杆应拧紧牢固且密封。

4.3.5 本条是对气举反循环回转钻进成孔的操作方法及钻进参数的控制作出的规定。混合器淹没比可按下式计算。

$$k_s = S / (S + h_r) \quad (1)$$

式中： k_s ——淹没比；

h_r ——气举高度 (m)；

S ——混合器淹没深度 (m)；

混合器至钻头的距离 (L 值) 基本保持不变时，随着钻孔加深，混合器的淹没深度 S 值也相应增加。气举反循环钻进效率随着钻孔加深而提高 (在空压机额定工作压力内)。当混合器在孔内的位置随钻孔加深而往上调整，即混合器淹没孔内水位以下的深度 S 值基本变化不大时，其钻进效率开始时是随孔深增大而提高，但孔深达到某一深度后则效率逐渐降低。气举反循环工作原理示意图 1。

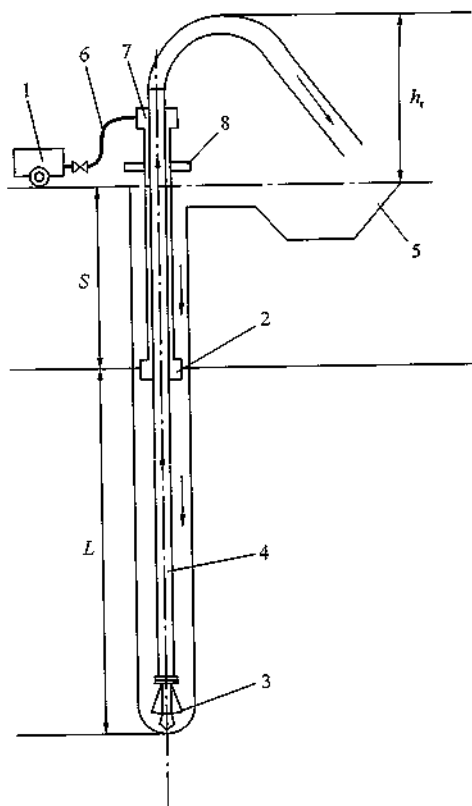


图1 气举反循环工作原理示意

1—空压机；2—混合器；3—钻头；4—钻杆；5—沉淀池；6—风管；7—气水龙头；8—转盘

4.4 冲、抓钻进成孔

4.4.2 本条是对冲击钻进的钻具及连接进行规定。

1 冲击钻具在频繁冲击中承受复杂的载荷，易产生疲劳破坏，造成钻具脱落，因此，钻具的牢固连接和可靠的防断脱措施，是保证正常钻进的前提。

2 采用活心钢丝绳接头，钢丝绳与活套之间宜用铅锡合金

浇铸，或用尖楔楔紧；

采用合金浇铸时，应将钢丝绳铸焊部分清污后浇铸；冬季浇铸时，先将活套与钢丝绳进行预热处理，浇铸后的活套必须经过冷却后方能使用。

采用尖楔楔紧时，应检查尖楔的完好程度，尖楔表面加工横向细槽以增大摩擦。

当采用活环钢丝绳连接时，应使用钢丝绳导槽，钢丝绳卡子必须卡紧，其数量不得少于 3 个，钢丝绳夹不得在钢丝绳上交替布置，且布置数量、间距、方向应满足现行国家标准《钢丝绳夹》GB/T 5976 的有关要求。

4.4.3 关于冲击钻进成孔的操作方法：

1 采用套管护壁时，螺纹连接的套管，管扣必须拧紧；采用电焊连接的套管，管口必须平整，焊缝必须牢固，并保证连接的同心度，以避免钻头上下运行时挂碰套管。当采用边掏边跟管的方法，套管不能自由跟进时，可采用锤击下管，但锤击下管深度不能超过钻进深度。

3 在松散、易坍塌且泥浆漏失严重地层，若采用泥浆护壁钻进时，应注意，理论上增大泥浆相对密度会增加液柱压力从而增加漏失量，而只有增大黏度、胶体率才能增加泥皮厚度及韧性，从而减少渗漏，且应根据钻进地层的具体情况进行调整，可适当加大泥浆黏度至 28s、胶体率 95% 以上；在松软黏土层，泥浆黏度宜不大于 20s，相对密度可不小于 1.2；在砂砾、卵石等松散层宜采用泥浆黏度不小于 25s，相对密度可加大至 1.35 以上。

4 选用肋骨抽筒是为了防止进尺过多造成砂石从抽筒上溢出，发生挤夹抽筒或埋陷事故。

5 关于冲击成孔的冲程，0.75m 以下为小冲程，冲击反循环的小冲程不宜大于 0.5m；1.0m 以上一般指大冲程，冲程大小界定不是绝对的。

8 钢丝绳放松过多会减少冲程，放松过少会形成“打空

锤”。钻头下放到孔底后应及时收绳提起冲击钻头，避免钢丝绳缠卷冲击钻具或反缠卷筒。

11 停钻时，严禁钻具长时间滞留孔内，以防埋钻。

12 “钻进一定深度”，并没有确切值（量化）的原因，是因为不同地层对钻头磨损程度不同，在软弱易缩孔地层，一般5.0m左右宜验一次孔径。

13 冲击钻进中，影响钻进效率的钻进技术参数包括单位钻头刃长的钻具重力、冲击高度、冲击次数和回次进尺，这些参数应根据岩层性质而定，也可按本标准表 C. 0. 7 选用。

冲击钻头质量，可按下式计算确定：

$$M = PL/g \quad (2)$$

式中：M——冲击钻头质量 (kg)；

P——底刃线压力 (N/cm)；

g——重力加速度 (m/s²)；

L——底刃总长 (cm)。

对多刃冲击钻头，底刃分布原则是：冲击动能的分配应充分考虑钻头外缘部分的冲击破碎需要及底刃的磨损状况，外缘冲击破碎面积大，底刃数量应比内缘至少多一倍。

冲程和冲击频率的关系为：

$$f = k/s^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

式中：f——冲击频率 (次/min)；

s——冲程 (m)；

k——系数，k=47~51。

f 与 s 宜按表 3 选择。

表 3 f、s 选择表

s (m)	f (次/min)	s (m)	f (次/min)	s (m)	f (次/min)
1.5	34~38	1.1	48~52	0.78	58~60
1.2	40~44	0.95	50~54	0.50	62~64

冲击钻进中的钢丝绳要承受较大的变动荷载，钢丝绳总拉力可按下式计算：

$$F_1 \geq 9.806r_0 \cdot k \cdot M \quad (4)$$

式中： F_1 ——钢丝绳总拉力 (kN)；

r_0 ——钻具在孔内的阻塞系数， $r_0=1.2\sim 1.5$ ；

k ——安全系数， $k=1.5$ ；

M ——钻头质量 (kg)。

4.4.5 冲击反循环在黏性土中钻进，要适量向孔内投入碎石或粗砂，防止糊钻，必要时可改用正循环钻进；在胶结很差或无胶结的砂土层中钻进时，可向孔内投入黏土或黏土球，并停止循环，通过钻头冲击将黏土挤入孔壁，保证孔壁稳定。

冲击反循环在钻进硬质岩层时具有效率优势，在倾角大的斜面岩层易偏孔，应引起注意。

4.4.6 本条是关于冲抓锥钻进的规定。防冲抓偏斜时，可采用低冲程轻抓，间断冲击孔的方法，以保证孔形良好。

4.5 长螺旋成孔

4.5.1 长螺旋成孔方法的主要优点是不使用循环介质，噪声和振动小，对环境影响较小，施工速度快，混凝土灌注质量能得到较好的控制。缺点是孔底的虚土不易清除干净，如处理不好影响桩的承载力。螺旋钻成孔施工法有长螺旋成孔、短螺旋成孔、环状螺旋成孔、振动螺旋成孔和跟管螺旋成孔几种，本标准对常用的长螺旋成孔进行了规定。长螺旋钻进成孔直径较小，深度受机架高度限制，功率消耗较大；对于塑性指数大于 25 的黏土，宜进行试钻，但随着制造动力增大，适用范围也在逐步拓广。

4.5.2 长螺旋成孔对不同地层成孔的钻头适应性有差别，应分别选择。

1 较硬黏土，本条指硬塑、坚硬黏性土层或冻土层，一般液性指数不大于 0.25。

4 一般情况应清障处理，在钻进回填土，除膨胀土、湿陷性黄土等特殊土地层外，在钻进中可适当加水。

4.5.4 本条是对桩位测定、桩位恢复、桩位监测的规定。桩机就位，使钻尖对准桩位，钻尖与桩中心点偏移不宜大于 20mm，较其他灌注桩要求放宽，是因控制操作的难度较大，设备自控能力受限，事实上用在复合地基上，经设计同意，桩位点偏差可以稍微放宽。

钻机启动前应将钻杆、钻尖内的土块等清理干净，在机架上作出深度控制标尺。根据业主提供的水准点、坐标控制点及红线图建立适合本工程的测量定位网络和高程控制点，重要的控制坐标要做成相对永久点加以保护，并请业主代表或监理工程师核验。

4.5.6 关于长螺旋成孔操作。

桩机就位，使钻尖对准桩位，并将钻尖开启的阀门关闭，确保活门内不进土。通过线坠调整钻机垂直度，确保成桩后垂直度不大于 1%。

控制给进量以正常钻进给进量为参考，在砂层和粉土、含砂粉质黏性土层钻进时，宜根据土层性质控制给进量，利用经验多一些，本标准正文没有对不同地层及软硬交接地层，给具体量值。清孔一般是在原地标高处不进尺空转挤压清理虚土，然后停止转动，提升钻具。

钻杆底部活门应有防止进水的措施，压灌混凝土应连续进行。钻至设计标高后，停止钻进，开始泵送混凝土，当钻杆芯管充满混凝土后开始拔管，不得先提管后泵料。成桩的提拔速度宜控制在 2m/min~3m/min，成桩过程宜连续进行。施工中每根桩的投料量不得少于设计灌注量。

4.5.7 塌孔缩孔预防措施：注意地层变化，发现砂卵石或流塑淤泥、上层滞水层渗漏等情况，应会同有关单位研究处理。

根据经验，当穿越老黏土、塑性指数大于 25 的黏土及钙质

结核富集层厚度大于 500mm 的黄土层时，可采取加水钻进的方法。

4.6 旋转挤压成孔

4.6.1 旋转挤压成孔在中风化岩层已有成功应用，一般可适用饱和单轴抗压强度小于 20MPa 风化岩层，随着设备性能增强和技术创新，该工艺在岩层的应用范围将更加广泛。旋转挤压成孔灌注桩适用于桩基础的基桩、复合桩基和支护桩等基础工程。

4.6.2 旋转挤压灌注桩主要机具设备为螺杆桩机及泵送混凝土机。随着设备性能增强，目前国内已有达到直径 1000mm 成桩记录。钻机与配套设备的选择，应根据钻机动力头扭矩、钻具类型、主桅杆高度、泵送混凝土机性能综合考虑确定，设备进场检查、安装与保养是保证顺利施工的重要环节。

4.6.4 试成孔应在施工前，选择在工程桩外进行，试成孔应详细记录成孔的孔径、孔深、入持力层深度、相邻孔之间的影响及电流值等参数，注意收集试桩及静载荷试验资料和类似地质条件下的成桩经验，以便为设计提供依据，为工程桩施工提供参数，若条件许可，也可在工程桩中进行试成孔。

试桩全程观测并记录施工参数，形成试桩参数记录表，可参考本标准表 B.0.3 填写；整理试桩参数如下：成孔直径、深度、时长；钻进过程中的电流与加压荷载，制定每米钻进电流变化表（三个孔平均），核对地质柱状图，可与勘察报告对比判断持力层。按不同施工间距成孔，观测挤土效应，检查孔与孔之间的影响程度，确定适当的最小施工间距。

4.6.6 桩的施工顺序应考虑场地周边环境和施工特点，正文所述是一般要求，可视具体情况分析调配；密距桩本标准指桩间距小于 3.5 倍桩径；“布桩密集”是指成片布置的密距桩；据经验当桩距小于 1200mm，若遇湖塘等深厚淤泥或较松散砂层时应跳打成桩，注意控制混凝土凝固时间间隔，以防桩孔之间

串孔。

4.6.8 本条是对旋转挤压灌注桩成孔的要求。

1 本款是对桩位偏差控制要求，因钻机设备自重大，塔架高，施工场地不可能 100% 满足设备成孔、成桩的动载荷需求，所以钻机就位后一定要复核桩位及钻机塔架（含钻杆）垂直度，底盘水平度，一般用吊锤线直接对钻杆校正和水平尺检查。

2 下钻过程，通过钻机加压系统正向旋转挤压土体，表现为顺时针，应先慢后快，以减少钻杆摇晃保证设备安全且又控制成孔偏差，还可以及时纠正，进入土层几米后，应检测桩位偏差情况，以便纠正。

同步控制包含两个方面：双电机同步，否则降低扭矩，加剧机械损耗。钻机旋转速度与钻进速度同步，形成良好同步有利于在土层中钻进，节约施工时间和能耗。

4.6.9 本条强调不同持力层终孔两个参考条件。成孔参数（试验成孔）要点：孔深、孔径是否满足设计要求；成孔过程中扭矩电流及加压荷载的变化情况。

4.7 钻孔扩底成孔

4.7.2 钻孔扩底成孔方法主要用于扩底桩扩大头的施工。回转扩底钻头有上开式、下开式、滑降式和扩刃推出式等，施工时可根据工程设计、地层特性和施工条件合理选用。

4.7.3 扩大角是指扩大头侧壁与孔中心垂线夹角，根据现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定，砂土侧面斜率可取 1/4，反算为 14°。

4.7.6 本条是对钻孔扩底操作的规定。

3 钻孔扩底时应谨慎操作，防止孔内水压激变以及人为扰动孔壁。在裂隙发育、不均质的风化岩中扩底时，施加压力应在运转平稳后进行，以防卡住钻具，造成孔内事故。

控制进度的其他参数：钻压和转速也不宜过大，一般钻压为

12kN~25kN，转速为 13r/min~23r/min。泥浆排量可稍大些，但因钻速慢，岩屑不可能太多，并考虑到泥浆对孔壁的冲刷，也应控制好泥浆排量。

5 扩底钻进因孔径较大，产生的钻屑多，且扩径部分肩部悬空，宜采用正、反循环钻进并调整好泥浆性能，以确保孔壁稳定和顺利扩孔。

6 当出现提钻受阻时，不得强提、猛拉，应上下窜动钻具；扩底完毕，应继续空转数圈，待孔底钻渣排净，方可收拢扩底翼并慢慢提升钻具。提钻时应注意保持孔内水位，以防垮孔。提钻完毕，应尽快灌注混凝土。

5 特殊条件下的成孔

本标准所指“特殊条件”一般是复杂、不良、难度较大地质条件，以下统称“特殊条件”，该地层中成孔可采用单一钻机多种钻头成孔或多种钻机的组合式成孔工艺；组合式钻进应采用泥浆护壁，清孔宜采用反循环方式；前后不同类型钻机的安装均应保证孔位偏差符合标准和设计要求；泥浆的制备与净化应执行本标准第 3.5 节的规定。

5.1 大直径嵌岩桩成孔

对于大直径桩概念表述不一，房屋建筑常指大于等于 800mm，交通桥梁则一般指大于 2500mm 为大直径桩。随着生产力水平提高，机械性能有很大提升，只要正确选择施工工艺方法，成孔操作是基本一样的，机型选择很关键。本节侧重强调入岩较深时，对钻头选取及成孔方式的要求。

5.1.1 钻进岩层时，岩石破坏决定于剪切力、岩面正应力，根据岩层强度和入岩深度，选用型号适合的回转钻机或冲击钻机，也可选用大功率旋挖钻机。选用旋挖钻机时优先选用 280 以上进口钻机，配机械钻杆，钻斗的选择根据岩石硬度确定，岩石强度小于 12MPa 用扁齿双底捞砂斗，岩石强度 12MPa~20MPa 之间，用截齿双底捞砂斗。

在较硬的基岩中钻进时，应侧重钻头结构、材料耐磨性等方面，也需要勤捞渣，选用旋挖钻机钻进时可按本标准第 4.2.3 条的规定执行；随岩石强度增加宜配牙轮钻头或多钻头方案，高强度岩石可用旋挖取心钻头（牙轮掌齿）。当采用组合钻进变更钻机时应复核孔位。

5.1.2 冲击钻进成孔时，应及时排渣使钻锥经常冲击新鲜岩层，提高作业效率。

5.1.3 所谓的坚硬基岩是指饱和单轴抗压强度大于 60MPa 的岩石，分级的选择应根据钻孔直径、钻机性能等综合考虑。

5.2 岩溶发育区成孔

5.2.1 针对岩溶发育区成孔前的施工勘察作了要求。

1 岩溶发育区地质条件复杂，溶洞、溶沟、溶隙、石芽等十分常见，基岩面埋深不一，起伏较大，本身是一种形态奇特的自然现象，宏观上虽有特定的发育规律，其分布则是无常的，施工时无法完全查清，可预见性差；有时出现实际施工揭露的地质情况与勘察资料不符的现象，这无形中就给钻孔灌注桩施工增加了难度及不确定性，对于局部较复杂地段采用一桩两孔或多孔；所以施工成孔前必须严格按相关规定进行施工勘察。

3 为了探准岩溶情况，分析对比初勘、详勘和施工勘察阶段的资料，也可采用物探、钻探相结合的方法，掌握场地内岩溶分布状态，有利于降低施工质量风险。遇溶隙或溶洞的勘察孔，可留作压浆或注浆孔。如不需留用应注浆封孔。

5.2.2~5.2.4 目前在岩溶发育地区施工最为有效的钻进方法是冲击或旋挖成孔法，它对不均匀地层具有良好的适应性，破碎岩体效率高、所耗功率小。

当上部为松散层，下部为岩溶地层时，可选用旋挖钻机钻进成孔，也可上部采用回转钻机或旋挖钻机钻进成孔，下部采用冲击钻机接力钻进成孔，变换钻机时应复核孔位，且注意以下事项和操作要求：

岩溶地层钻进成孔时应防止泥浆漏失、孔壁失稳坍塌、斜孔和卡钻埋钻等事故；可在桩位周边布置 3 个~4 个注浆孔，先注浆充填，后钻进成孔；

冲击钻机在接近溶洞顶板 0.3m~0.5m 时，应减小冲程，

宜采用 0.3m~0.5m 低冲程将顶板击穿，发生漏浆甚至偏孔时，应提钻并加大泥浆黏度或回填充填材料；若溶洞较小可用片石、黏土包将其充填后反复冲击，直至穿过整个顶板；在溶洞内升降钻头要缓慢、平稳，以免扰动或触及片石形成的临时护壁；

溶洞较大，漏浆严重时，可抛填片石、黏土包、水泥包或低标号素混凝土，填充无法解决问题，可将内径相当的钢护筒（图 2）下放到溶洞位置以防止大量漏浆或坍塌。

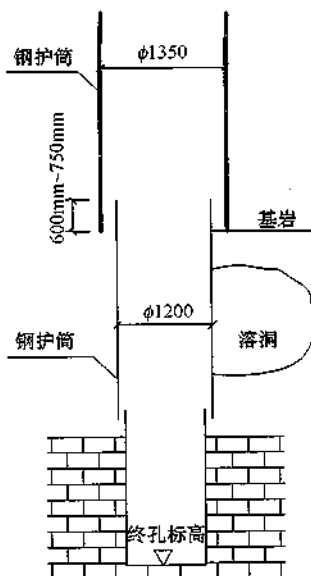


图 2 钢护筒堵漏

回转钻进时应及时发现和处理因地层软硬不均而引起的钻孔

偏斜，可采用“多级组合牙轮导正钻头”回转钻进，防偏斜，也可将此作为成孔工法配合其他成孔工艺；出现孔内掉钻事故时，可采用“钻具打捞器”处理。

岩溶地层一般设计为嵌岩桩，孔底沉渣厚度直接影响灌注桩的承载力，成孔后，孔内稳定，不漏浆（静失水状态）情况下，宜采用气举反循环清孔，清孔质量、效率高。

5.3 深厚填土、软土地层成孔

5.3.1、5.3.2 深厚填土指的是填土厚度超过 3.0m 的填土。当填土厚度小于 3.0m 时，对施工影响不大，常规的施工方法即可解决。填土区钻孔灌注桩施工常遇到的问题有：塌孔、障碍物、软硬交替等；软土的天然孔隙比不小于 1.0，包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土，成孔会对软土应力状态分布、强度和压缩

性产生影响；因此在成孔工艺选择上，应重点考虑以上问题。本标准第 5.3.2 条中的“必要时”指根据勘察资料和经验判断，易产生缩孔、塌孔、沉陷等情况。

关于采取措施和预处理，有全套管护壁、一定泥浆性能护壁或加固桩周土等方式。宜采用全护筒、全套管全回转成孔工艺，也可在施工前对钻孔灌注桩周围的土层采取压力灌浆、高压旋喷桩、深层搅拌桩、预压等方式进行预处理。

5.3.3 本条钢护筒与本标准第 4.1.3 条所指护筒的区别在厚度、深度和下护筒方法的不同。考虑混凝土的充盈系数，埋深较深的钢护筒内径不宜过大，同时也应考虑孔壁的稳定和安全。

5.3.6 全套管全回转施工工法是由法国贝诺特公司在 40 多年前发明的一种施工方法，也有“万能施工工法”之称，配合的施工工艺设备称为全套管全回转钻机（DTR），主要适用于软弱地层、强缩颈地层、卵、漂石地层、岩溶地层、厚流砂及其他地层，可用于接桩、拔桩、清理地障、钻井施工，地下连续墙咬合桩等大型建筑基础钻孔灌注桩施工。其特点：

无噪声、无振动、安全性能高，不使用泥浆，作业面整洁，环保性好，避免泥浆对混凝土的不利影响，成桩质量高；

有利于直观判别岩土层，并准确把握持力层；

孔内取岩土，方法多样，可以配合多种取土工艺，如多头爪+螺旋钻、旋挖、冲抓等联合工法，含水量较低，外运方便；

安装钻机辅件时，两侧应各安装一件反力架和反力叉，反力架上放置配重块，反力叉在施工时，应用履带吊把套管吊放进全回转钻机中心孔里，启动夹紧装置，套管夹紧后应根据自动调平装置中的角度传感器采集的信号，反映到地面数据采集仪上的数据，检测套管的垂直度，垂直度精确度可达 1/200 以上或 1/500；

成孔直径标准，不会产生缩孔现象，钢筋笼保护层容易得到保障；

不易产生塌孔现象，清孔彻底，孔底沉渣可清至 30mm 左右。

4 为了保证全回转套管垂直度及稳定性要求，首节套管较长，一般为 7.0m 左右。

8 正反搓动套管平面角度一般不超过 100° ，搓动时间一般为 1min~2min，以保证套管壁与混凝土充分脱离。

5.3.8 全套管全回转钻机自身重量较大，对地基有密实强度和地面平整要求，预处理有利于施工质量安全，一般由设计部门或施工单位在施工组织设计中提出，得到建设单位批准，地基较差的预处理方案宜进行专家论证。

5.4 其他特殊性岩土地层成孔

湿陷性黄土、膨胀土、高寒多年冻土地区、盐渍土地层、液化场地等成孔，应结合各行业标准 and 具体设计要求以及已有大量实验资料和当地工程经验来选择有针对性的工艺措施进行处理，可以在施工组织设计及专项方案中进行要求或布置。

5.4.1 湿陷性土若遇下部含水地层采用泥浆护壁施工时，应防止泥浆、水对周围环境的不利影响，可根据土质特征、湿陷程度和当地成孔施工经验等因素确定防止措施。

5.4.2 膨胀土地区的工程施工应遵循“先治理，后施工”的原则；坡地地段，用水设施应布置在施工区的下方；膨胀土应避免施工过程中造成地基土体浸湿或冲水。其承载力一般不是主要矛盾，但承载力随含水量增加而降低，孔底沉渣一定要符合设计或规范要求。混凝土灌注要及时，无间断进行；混凝土养护应防止养护水渗入地基，宜采用润湿法养护。

5.4.3 多年冻土指含有固态水且冻结状态持续 2 年以上（含 2 年）的土；高寒多年冻土地层主要分布在青藏高原、西部高山、东北大小兴安岭；钻进应低速慢进，特别是旋挖钻斗转速过快，易摩擦生热，影响桩基承载力；该区域应建立地温观测点，进行

地温观测。

5.4.4 盐渍岩土地层指易溶盐含量大于 0.3%，具有盐胀、溶陷、腐蚀作用，现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021，为工程安全，把易溶盐含量 0.5%改为 0.3%，处理时应结合当地工程经验进行。

5.4.5 施工设备对地层振动产生液化，是主要诱因之一，应结合工程经验来选取工艺及设备，并保持良好的泥浆性能参数，有条件情况下可先行预处理。

6 清 孔

6.2 泥浆护壁清孔

6.2.1 清孔的目的不仅是清除孔底浮渣，而且也是一个调整泥浆参数的过程，通过第一次清孔使沉渣厚度符合设计要求，泥浆参数指标相对接近或达到验收要求，适当调整泥浆指标，以保证孔壁稳定为主，为第二次清孔达标验收创造条件，从而降低灌注混凝土前裸孔安全稳定及质量风险。第一次清孔后至灌注水下混凝土中间还要进行安放钢筋笼和导管两道工序，其时间间隔应尽量缩短，在此时间内泥浆中悬浮的颗粒势必大量下沉而使孔底沉淤厚度超出规范要求，因此规定必须进行二次清孔。

6.2.2 孔底沉渣要求应首先考虑满足设计要求。

6.2.3 适时补充泥浆防止泥浆面下落，确保孔壁稳定。

6.2.4 清孔是泥浆护壁钻孔灌注桩的一道重要工艺。泥浆指标和沉渣厚度直接影响混凝土的灌注质量。选用清孔方法应因地制宜，是在满足技术要求的前提下，力求经济合理，优先利用成孔设备和机具。本条也是清孔方法的具体规定，明确了各种清孔方法的适应地层和操作方法。

2 在钻进过程中，钻渣一部分连同泥浆被挤入孔壁，大部分用掏渣筒清出。也可在清渣后向孔内投入浸泡过的散碎黏土，再用冲击锥低冲程反复拌浆，使孔底剩余沉渣悬浮排出。

6.2.6 本条是对气举反循环的一般要求。设备规格参数要满足清孔动力需求；送风量宜由小到大，风压应稍大于孔底水头压力。孔底沉渣较厚、颗粒较大或沉淀较密时，可适当加大风量，摇晃转动出水管（指导管），便于清理孔底沉渣。条文说明第4.3.5条有相应工作原理介绍。

混合器的淹没深度、送往孔内的空气流量和压力是影响气举反循环的重要因素，空气流量、压力由空压机能力决定，一般不考虑管道损失，因此实践中、高压气管底端的混合器（不含尾管）淹没深度应大于孔内泥浆面至出浆口高度的 1.0 倍，且不宜小于 15.0m。

3 关于导管直径的选择可以参照气举钻进时钻杆内径与空压机的对应关系。

6.2.7 泥浆排放应符合环保要求，不得将废浆直接排放到江河、海洋、湖泊、农田及城市下水道中。

7 成 桩

7.1 钢筋笼的制作与安装

7.1.1 本条是钢筋及半成品存放的场地要求。

7.1.3 本条是钢筋的加工制作工艺及质量的规定。其基本要求应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定执行。

7.1.4 本条是对钢筋笼制作的规定。

2 分段长度根据钢筋定尺、钢筋笼整体刚度、设计笼长、作业现场空间情况及吊装机械设备能力等因素确定。

3 本款强调了箍筋平面必须与主筋垂直且焊牢，防止笼身局部出现椭圆不平直现象。

6 主筋直径大于 25mm 或主筋材质为高碳钢时，分段钢筋笼连接可优先选用直螺纹套筒连接。不宜采用绑扎，因为钢筋有可能在重力、振动作用下掉落或滑移。

8 钢筋笼主筋保护层厚度的规范要求。保护层厚度以设计为准，水下灌注混凝土允许偏差为±20mm，非水下允许偏差为±10mm，为此下放钢筋笼时，必须有相应措施，保证钢筋中心和钻孔中心重合，使钢筋笼四周保护层均匀一致。

7.1.5 钢筋笼直径偏差，一般设计要求保护层是不小于 50mm，则要求钢筋笼弯曲度小于 1%，一般情况下会存在局部弯曲或变形，应保证上、下节垂直、同心度（同圆度）99%以上，且直径不宜大于设计直径，以免影响保护层厚度。

7.1.6 钢筋笼运输与吊装很重要，本条作了明确规定。

2 成形钢筋笼刚度比较小容易变形，故本条规定钢筋笼起吊、搬运时应合理选择吊点，应有防变形措施，对于长度较大的

钢筋笼，应设置多点起吊。

3 分段制作的钢筋笼吊装入孔，在前一段放入孔内后，立即用钢管穿入钢筋笼上部的箍筋下面，临时将钢筋笼搁置在钻机大梁或平台架上，再吊接另一段，对正位置先点焊，轻微起吊调整钢筋笼上下节垂直为止，目的是钢筋笼上下垂直同心；下放钢筋笼受阻时，应查明原因，不得强行下放。不能安装到位时，应重新扫孔处理。

4 分段钢筋笼在孔口对接时，保证上、下节垂直、同心；

分段钢筋在孔口安装焊接应满足吊装需要，安装钢筋笼耗时较多的是各段之间的焊接，为缩短笼体组装的焊接时间，可采用点焊（搭接长度按绑扎要求）的方法，也可考虑多名焊工同时操作。

6 垫块指钢筋笼保护层的间隔件，一般有现场制作或购置成品件，其布置数量随桩径增大而增加，桩径大于1000mm，每道不少于4个。

7 对钢筋笼安放的允许偏差，为统一施工中实际控制标准，本标准对钢筋笼安放标高和笼中心的允许偏差作了定量规定，目的是与桩位和笼长的允许偏差相一致。当笼顶低于孔口时，用悬挂器、吊筋或螺杆连接主筋至孔口固定；当笼顶近于孔口时，可将主筋点焊在孔口钢护筒上或其他固定方式使钢筋笼定位。

7.1.7 注意保护声测管、注浆管或其他检测预埋件，声测管与钢筋笼用钢丝软连接，确保每根检测管到位。

7.1.8 旋转挤压和长螺旋成孔后置钢筋笼的要求。

3 采用钻机副卷扬或吊车吊装时，振动器连接大刚度钢管，深入钢筋笼内部至笼底部，先依靠钢筋笼与钢管的自重缓慢插入，再开启振动装置，振动力通过钢管传至钢筋笼底部，将钢筋笼拉入桩体，使下沉到设计深度，下放时禁止采用直接脱钩的方法；起拔钢管时，断开振动装置与钢筋笼的连接，缓慢连续振动拔出钢管。钢筋笼应连续下放，不宜停顿。

7.2 混凝土制备与运输

7.2.1 地方政府因环保要求，在人口密集的市区内施工不得现场搅拌混凝土，并明确划定了使用商品混凝土的区域，但有的地区根据不同条件，对现场搅拌混凝土并未限制，为此本条规定宜采用商品混凝土，这也是一种提倡。

7.2.2 本条是对现场搅拌混凝土计量方面的要求：

- 1 原材料计量装置应每月用标准砝码校验 1 次；
- 2 原材料计量装置偏差应每班检查 1 次；
- 3 施工过程中发现拌合物体积或拌合物的和易性发生明显变化时，应及时用标准砝码对计量装置进行校验，表 7.2.2 原材料按质量计量。

7.2.4 本条侧重水下混凝土施工配合比的规定：

1 施工配合比中的细骨料用量应扣除所含砾石量，细骨料中的砾石应计入粗骨料用量；

施工配合比中的粗、细骨料用量应调增骨料所含含水量而减少的用量；

施工配合比中的用水量应扣除粗、细骨料中的含水量；

施工配合比一般应每天调整一次，当施工条件变化不大时，可适当减少调整次数；当遇大雨等可能引起骨料含水量急剧变化的情况时，应及时调整。

3 掺入粉煤灰时水泥用量可不受此限。

4 根据施工经验、水下混凝土灌注实际状况和桩身抽芯的混凝土强度结果作出的一般要求；首先应满足设计要求，提高施工配合比是为了确保达到设计强度等级，施工前应甲方、设计磋商确定。

5 本款是对初凝时间的要求，但因混凝土性能指标可调性不大，所以应采取措施降低单桩灌注时间。单桩混凝土量较大时，宜掺入缓凝剂。

7.2.5 本条是对混凝土搅拌的要求。

1 列表挂牌于搅拌机旁，将水泥、砂、石运料车称重标记（袋装水泥按袋计）；

3 关于用料配比误差：

1) 砂、石子按质量计，允许误差不超过 3%；

2) 用水量按砂、石子的含水率作适当调整；

3) 水泥和干燥状态的外加剂按质量计，允许误差不超过 2%；

4) 外加剂的水溶液按质量计，允许误差不超过 2%。

4 对搅拌时间的规定是根据现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的要求进行。对掺有粉煤灰的混凝土搅拌时间延长量为 (0.5~1.0) 倍为宜。

5 应详细记录搅拌日期、施工配合比、强度等级、搅拌方量、坍落度检查情况等。

7 当采用强制式搅拌机、单盘出料量不少于 1.0m^3 、混凝土坍落度大于 160mm 时，最短搅拌时间不宜小于 60s。当采用粉状外加剂时，最短搅拌时间不宜少于 75s。混凝土搅拌时间应每班检查 2 次。

部分国产混凝土搅拌机性能见表 4。

表 4 混凝土搅拌机性能参数

性能	鼓形搅拌机			双锥反转出料搅拌机				
	JG150	JG250	JG500	JZ150	JZ200	JZ250	JZ350	JZ500
出料斗容量 (L)	150	250	500	150	200	250	350	500
每小时工作循环次数 (\geq)	25	20	20	30	30	30	30	30
骨料最大粒径 (mm)	60	80	60	60	60	60	60	80

8 冬期施工时，应对原材料的加热、搅拌运输、灌注和养护进行热工计算，加热方法应根据热工计算确定，但不得超过以下拌合用水和骨料的温度。宜优先采用加热水的方法提高拌合物温度，也可同时采用加热骨料的方法提高拌合物温度；当同时加热拌合用水和骨料时，拌合用水的加热温度不应超过 60℃，骨料的加热温度不应超过 40℃；当骨料不加热时，拌合用水可加热到 60℃~80℃；搅拌时，应先投入骨料和热水进行搅拌，然后再投入胶凝材料等共同搅拌。

9 夏季天气炎热时，混凝土拌合物的入模温度不应高于 35℃；当冬期施工时，混凝土拌合物入模温度不应低于 5℃。

7.2.8 混凝土搅拌罐车装料前，应先排净搅拌罐内残存的积水和杂物。在运输过程中，搅拌罐应持续慢速转动，控制混凝土不离析、不分层，运至灌注现场时混凝土拌合物性能应满足施工要求。施工现场卸料前应采用快挡旋转搅拌罐不少于 20s，再进行反转卸料。坍落度经时损失过大是因运距过远、交通拥堵或灌注现场等待等问题造成。

7.3 混凝土灌注

7.3.1 混凝土灌注是导管水下混凝土灌注的简称。本条对导管的结构，拼装、保养作出了规定。

1 导管的直径由桩长、桩径和每小时需要通过的混凝土数量决定，一般直径为 250mm~300mm，最小不得小于 200mm。

2 制作一定规格导管的误差要符合要求，对混凝土灌注是否顺利，影响很大；导管本身应有足够强度、刚度和垂直度，内壁光滑，底管口应包上一层外护管，严防内卷；弯曲误差也是指垂直度应小于 1%。

3 导管连接后应保证接头处不漏水。导管使用前应试拼、试压，在地面做气密性试验，试压压力应根据孔深计算孔底泥浆压力确定，一般不应小于孔底泥浆压力的 1.2 倍；导管工作压力

的经验公式（式 5）：

$$P = \gamma_c h_c - \gamma_w h_w \quad (5)$$

式中： P ——导管承受的最大压力；

γ_c ——混凝土密度；

h_c ——导管内混凝土最大高度；

γ_w ——孔内泥浆密度；

h_w ——孔内泥浆深度。

4 导管长度应根据钻孔深度确定，底管长度一般不小于 4.0m，应综合考虑虚孔深度和拆卸安全性。

5 导管应定期检查、保养，不符合要求的，应进行修整或调换。

7.3.2 二次清孔后，若停歇时间过长，孔底沉淤仍会重新积厚，形成沉渣，因此行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008 规定“二次清孔达标后，应在 30min 内灌注混凝土”，混凝土不能及时灌注时，应重新测验孔深，或再次清孔。

7.3.3 行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008 第 6.3.29 条推荐隔水栓宜采用球胆或与桩身混凝土强度等级相同的细石混凝土制作，本标准从适用方便角度，推荐耐压的充气球胆，直径应与导管内径相配合，保证顺利排出。

7.3.4 本条是水下混凝土灌注的规定。

水下混凝土灌注是整个成桩的关键工序，灌注过程易形成断桩质量事故，产生的原因如下：①灌注时间过长；②表层混凝土和易性差；③导管埋深过浅或提出混凝土面；④灌注中断时间较长；⑤量测混凝土深度不准确；⑥拆除导管长度统计错误等。桩顶标高可采用“水下混凝土浇筑标高控制装置及使用方法”控制。

1 料斗容量主要与桩径有关，其下端接头应便于与导管连接。

2 大储料斗灌注是钻孔灌注桩灌注良好开端，大口径钻孔

灌注桩特别强调首批混凝土灌注能使导管埋深达一定深度，以防止泥浆从管底进入导管内为原则；大料斗混凝土灌注还能冲开间歇 30min 内的孔内沉渣或残余沉渣，达到第三次清孔效果。

同时提倡灌注混凝土整个过程中均采用大料斗灌注，直至桩顶设计标高，灌注过程中导管埋入混凝土中深度以 2.0m~6.0m 为宜，岩溶地层埋深可适当加深；混凝土灌注时间过长，其和易性下降，甚至混凝土未灌注完毕前出现初凝，造成堵管和导管屏死现象，因此混凝土的灌注时间必须控制在混凝土的有效缓凝时间内。

5 水下混凝土的灌注应连续进行，中途不得中断。

7 可在管外混凝土面上升 4.0m~5.0m 时，卸除导管，导管埋入混凝土的最小深度不宜小于 2.0m，最大深度应根据单桩灌注总时间、需灌入的混凝土方量等确定，正常情况不宜大于 6.0m；导管应逐节卸除，不可连节拔出，以免在地面上卸洗不安全。对灌注过程中出现的异常现象均应记录备案。

8 为保证桩顶混凝土达到设计强度，混凝土超灌高度控制不宜小于 0.6m，应根据地质情况、桩长和施工经验来确定，为减少投资浪费不宜规定太死板，可取 0.6m~1.0m。

9 若灌注过程中出现堵管情况，排除后，可采用二次灌注（用大料斗）方法，灌注前吸清导管内泥浆，若无法进行再次灌注，应如实记录并报设计院，进行设计变更。对于经过补救或处理的桩应进行桩身质量或承载力检测。

11 解除对钢筋笼固定以便让钢筋笼随同混凝土收缩，对混凝土侧向约束力增强，提高混凝土轴压强度。

桩周受土约束，侧阻力使轴向荷载随深度递减，箍筋作用不仅起水平抗剪，还对混凝土增强侧向约束，这便是设计规范规定桩顶以下 $3D\sim 5D$ （ D 为桩身直径）范围箍筋加密间距不大于 100mm 的理由之一。

7.3.5 混凝土试件的留置数量是行业标准《建筑桩基技术规范》

JGJ 94 - 2008 第 6.2.7 条的规定,与国家标准《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004 - 2015 第 5.6.21 条、《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 - 2018 第 5.1.3 条的规定有差异,经研讨,专家认为前者更为合理且体现行业标准严格于国家标准。因为本标准是工程建设施工标准,涉及引用标准时,以首先引用施工类标准和行业标准为原则。本条关于混凝土留置数量与本标准第 3.4.8 第 5 款关于检验频率及试件留置数量的要求相一致,仅增加了混凝土大于 1000.0m³时检验要求。

实际工作中,小直径桩且单桩方量不足 10m³,按台班留置试件比较合理。但市政桥桩、单柱单桩,方量较大的桩,应留单桩试件。所以混凝土试件的留置数量施工前应和设计、监理、质检等部门沟通好,以免影响钻孔灌注桩的竣工验收。

7.3.7 本条是对长螺旋、旋转挤压压灌桩身混凝土的规定,不同于导管水下灌注成桩的工艺。因混凝土灌注是泵送压灌方式,考虑与本标准第 4.5 节、第 4.6 节内容相连接,在条款上有个别词句上有重复情况,是因为该灌注桩成孔成桩工艺是具有紧密连续性,即提钻的同时就是混凝土灌注的过程。

1 国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 - 2018 第 5.8.4 条对该混凝土坍落度允许值为 160mm ~ 220mm,范围跨度较大,现场可根据混凝土材料配比、气象条件、所在地使用经验等,在允许值范围内选择。

2 钻孔至设计标高后,提钻仍正向顺时针非同步旋转上提,同时启动泵送混凝土,混凝土进入钻杆至钻头底部到持力层后,停顿时间是加压的时间,当钻具充满混凝土后的前提下,缓慢提升钻具,并保持混凝土泵连续供料,提速与泵速一定要相匹配,混凝土料足够且在钻杆内有保证高度。正在施工的桩会对临近已成桩产生振动和挤压,增高混凝土高度即增加本身自重压力,可提高混凝土对桩身周围土挤压能力。

混凝土泵型号应根据桩径选择。

3 钻头始终埋在混凝土面以下不小于1.0m，混凝土应连续搅拌，料斗内混凝土有一定面高，是防止吸进空气造成堵管，其结果损失混凝土且不利成桩质量。

4 成桩过程中，及时关注输送泵的压力变化，出现突变时及时分析原因，调整泵压，控制桩顶标高和成桩充盈系数；本款与本标准第7.3.4条第8款要求略有区别，是因实际施工情况不同。

6 本款对混凝土输送通道及环境温度作了要求。

8 对于旋转挤压成孔灌注桩的质量验收记录可以参照表B.0.6长螺旋钻孔压灌桩质量验收记录表填写，表B.0.3旋转挤压压灌桩施工记录的列出，其主要原因是为旋转挤压成孔施工（包括试桩）定制，其电流值的变化记录是重要成孔操作参数，也可以作为试桩参数记录表。关于表头用到“压灌桩质量验收记录”是引用国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202-2018第5.8节的用词。

7.3.8 落距低于3.0m可采用溜槽；当落距超过3.0m时，应采用串筒，串筒底端距孔底不宜大于2.0m；提倡采用导管泵送。

7.3.9 本条是对混凝土主要原材料水泥使用的要求。

在同一根桩中若使用不同品种、标号、厂家的水泥可能会产生两种不良情况。一是因水泥性质不同而影响拌制的混凝土性能；二是不同水泥拌制的混凝土会在桩身中形成复杂的界面，影响桩身的受力性能。

不同混凝土制备商供应混凝土用于同一根桩，混凝土原材料、品质会有差异，灌注桩本身混凝土质量责任也分不清，无可追溯性。

8 后 注 浆

8.1 后注浆装置制作与安装

8.1.1 选用后注浆时应考虑强径流地下水的影响，尤其是岩溶地区的地下暗河的影响。注浆工艺特别适宜于桩孔的砂层、砂砾石层、卵砾石层等，有利于充分发挥砂砾层和卵砾层的承载力。多个工程统计，在地质条件和桩身结构相同时，后注浆桩的单桩竖向承载力比普通桩提高 30% 左右，有效解决了超高层建筑桩身过长、嵌岩过深、桩孔过于密集的矛盾。后注浆工艺，可以有效地处理各类钻、挖、冲孔灌注桩及地下连续墙的沉渣（虚土）、桩侧泥皮，加固桩侧一定范围内的土体。

8.1.2 目前后注浆设备普遍采用往复式定量泵，本标准第 3.3.6 条的条文说明有相应解释，选泵时，应注意泵压、泵量能否满足工艺要求；注浆管可选用直径 25mm~48mm 的钢管或 PVC 高压软塑管。注浆管结构可参考图 3、图 4。

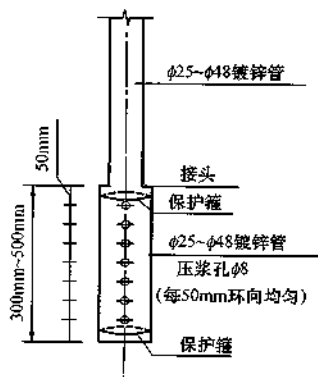


图 3 注浆管大样图

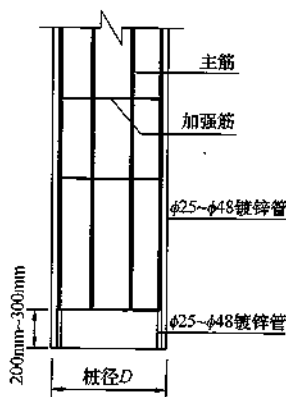


图 4 注浆管布置

8.1.3 注浆管的设置及安装应符合设计要求，设计无规定时，可参照本标准要求。

2 注浆管的设置要求，各设计单位一般给出注浆管数量，但没有具体结构或设计要求，由各施工单位自行确定，报设计单位批准，本标准第8.1.2条作了规定，并在条文说明中给出了设置结构大样图，供后注浆操作者参考。

3 对于直径大于1200mm的桩，建议设置3根，是考虑后注浆浆液扩散的均匀对称，提高后注浆的可靠性。

4 桩侧后注浆断面间距视地层情况、桩长、承载力增幅要求而定，当采用多处断面侧注浆时，应根据地质条件布设，在注浆层很厚时，宜在离桩底5.0m以上、桩顶8.0m以下每隔6.0m~12.0m设置一道桩侧注浆阀，若设计有要求则按图施工。

5 桩端注浆管与钢筋笼应采用绑扎固定且均匀布置，注浆管顶端应高出地面300mm以上，管口应封闭；当桩底为土层时，桩端注浆管底端应伸出钢筋笼底端下端至灌注桩孔底200mm~300mm，桩端持力层为碎石、基岩时，注浆管下端宜做成T形并与钢筋笼底部齐平。对于非通长配筋桩，下部应有不少于2根与注浆管等长的主筋组成的钢筋笼通底。

8.2 注浆施工

8.2.1 初始注浆一般压力较大，管道畅通性差，水头损失也大一些，采用水灰比上限范围，随着注浆正常，注浆压力逐步降低，可适当调低水灰比。从地层角度，如岩溶地层注浆压力较小，应调低浆液水灰比，以增加水泥浆浓度。

8.2.2 本条的参数参照多个工程实例和黄熙龄等主编《建筑地基与基础工程》（中国建筑工业出版社，2016）一书的内容，注浆的压力大小与地层特性、喷管埋置深度、输浆管直径、长度及注浆泵的参数有关。

成桩后，控制好打开注浆阀塞的时间，会有利于压通注浆管

路，冲开注浆阀，当注清水压力突然下降，甚至趋于零，立刻停止注水，视为开塞成功；桩体混凝土的强度达到 70% 时，可以开始注浆。注浆量视地层条件及设计要求确定。注浆量根据现场工程测试结果确定。式 (8.2.2) 是经验公式，引用行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008 第 6.7.4 条的规定，供编写注浆方案时作参考，也可参考表 5 选用。

表 5 每根桩注浆量

桩直径 (mm)	600	700	800	900	1000
水泥用量 (t)	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0

8.2.3 当终止注浆条件不能满足时，可采用下列措施进行补救：
对注浆量偏低的情况，可按注浆压力不低于设计值的 1.2 倍的要求进行；

当注浆量达不到设计要求而泵压值很高无法注进水泥浆时，可起用备用注浆管进行注浆直至满足设计要求；若仍不能满足设计要求，则按设计变更或补救；

如果出现注浆压力长时间低于正常值，地面出现冒浆或周围桩孔串浆，改为间歇注浆，间歇时间为 30min~60min，间歇注浆时可适当降低水灰比。当间歇的时间超过 60min 时应注入清水清洗注浆管（内）和注浆装置；

当上述措施仍不能满足设计注浆量要求，或因其他原因堵塞、被破坏注浆管无法进行注浆时，可在离桩侧壁 200mm~300mm 位置处钻直径 150mm 小孔，并埋置注浆管，进行补充注浆，直至注浆量满足设计要求，此时的注浆量应大于设计量。

8.2.4 本条是注浆施工操作要点的规定。

1 应对注浆管和接头的材质、安装质量、喷孔设置及保护、注水试验、水泥质量、水灰比、初始压力、初始注浆量、终止注力、终止注浆量等进行控制和检查。

4 注浆管安装时，每连接一节必须注水试验，检查接头密

封和管道破损情况，同时平衡管内外压力；妥善保管，不得碰撞。

6 注浆顺序为先稀浆后稠浆，先侧注浆后端注浆等。

8.2.5 因注浆压力较高，水泥浆无序渗透，现场不同程度存在冒浆现象，应注意巡查，发现问题，及时中止，进行处理。

9 质量检验及工程验收

9.1 质量控制

9.1.1 钢筋笼下放、导管安装、二次清孔对桩质量影响明显，建议重点控制，施工过程中经常出现导管安装不到位现象，大多是作业人员责任心、职业素质问题；若设计有后注浆时，也应列为关键工序质量控制。

9.1.2 钻孔原始记录在很多项目上甲方及监理要求不同，作为施工单位要认真填写当班原始记录。当质量检验发现有缺陷时，作为可追溯性文件，可以帮助分析缺陷产生的原因，从而提出合理的解决、修复缺陷的方法。

9.1.3 钻孔灌注桩关键工序质量控制是保证成桩质量的关键控制点，施工企业及监理单位应重点关注。

标准中钻机定位偏差严于其他规范要求，主要考虑了在实际施工中因虚孔、地质条件、钻探设备等各方面原因会造成一定的偏差，为更好地保证桩位偏差，应高标准、严要求。

9.1.4 施工企业在编制施工方案时应充分考虑施工过程中可能出现的质量问题，并提出完备的应急处理方案。

9.2 质量检验

钻孔灌注桩是一项质量要求高，施工工序多，连续作业的地下隐蔽工程，其质量检验按时间顺序分：施工前检验、施工中检验和施工后检验三个阶段。复杂地质条件下施工质量控制难度大，检验时，应特别关注。

9.2.1 水是主要原材料之一，施工用水应符合要求，禁止直接采用海水及其他污染水等。

9.2.4 本条对成孔质量检验和成桩质量检验的规定，是施工过程检验行为。

1 成孔质量检验

- 1) 孔位检查一定要用测量仪器检查，一般分为埋标测放孔位、孔口开挖埋设护筒后再次测放桩位点及钻机安装到位后的复测三步进行，未经测量验收严禁开钻。
- 3) 桩孔垂直度一定要在事中控制，钻进过程中应确保钻孔的垂直度满足设计要求，可根据地层变化的不同层段，有针对性测量并记录钻孔的垂直度，具体由操作者经验判断和按设计要求进行。钻进过程中也可以通过检查钻机钻塔垂直度、地面主动钻杆的垂直度、冲击钻钢丝绳居中度及进尺情况判断桩孔是否倾斜，尽量避免成孔后再来纠偏。
- 5) 本款增加了对测绳要求，建议按现行行业标准《纤维卷尺、测绳检定规程》JJG 5 进行复查，宜采用钻杆量测；对于桩持力层岩土性质应由勘察单位鉴别；嵌岩桩终孔验收时，应保存桩端持力层岩样。现场留置持力层岩样应封装编号保管，留置时间至少应留至竣工验收，或更长一段时间。

2 成桩质量检验

- 2) 桩位偏差检验时，桩中心位置有两种情况，一是混凝土平面的中心点，二是钢筋笼中心点，以前在实际测量检验或验收时一般按钢筋笼中心点作为桩中心位置。本标准对成桩质量验收中关于桩位允许偏差问题侧重混凝土的形心，有单位按钢筋笼顶中心为基准进行（抗拔桩多一些），桩位偏差超过标准允许范围的，应报设计单位采取设计变更措施。

9.3 工程验收

9.3.1 近几年钻孔灌注桩质量事故频发，为加强监测确保工程质量，针对钻孔灌注桩验收，有些省、市采取了一些强制性的检测手段，如100%低应变检测、钻孔取芯、超声波检测桩身完整性、在基坑开挖完成后随机抽取工程桩做静载试验等，施工单位应重视钻孔灌注桩产品质量，同时配合完成各项检测工作。

9.3.2 钻孔灌注桩工程验收时，应如实、全面并按要求提供资料。

9.3.3 附录B中的表B.0.8适用于本标准第4.2节~4.4节及第4.7节成孔灌注桩工程质量验收。

10 安全及环保措施

本章实际有两部分内容且有相关性，第 10.0.1 条～10.0.9 条以安全方面为主；第 10.0.10 条～10.0.13 条侧重要求环保绿色施工。施工单位应遵守“安全第一，预防为主，综合治理”的方针。当经济效益与安全生产发生矛盾时，经济效益要给安全生产让步；要把做好安全生产工作摆到第一位，防止发生人身伤害和财产损失等生产事故，消除安全隐患，控制危险源、有害因素，保障人身安全与健康，设备和设施免受损坏，环境免遭破坏。钻孔灌注桩施工污染主要存在以下方面：泥浆排放污染环境、夜间施工噪声污染、光污染环境、机械漏油污染地面及地下土壤和水等。为降低污染，保护环境推荐用螺旋钻、旋挖钻，减少泥浆排放，同时做好废浆净化处理。建设和施工单位应对施工周边环境安全进行监测，包括周边临近区域内地面建（构）筑物、地下管线及其他市政设施的安全，水、土体环境安全等，保留相关监测数据，按规定提交有关部门。

11 成品保护

本章要求项目管理者对成桩质量应进行保护。因工期或场地施工条件限制，项目管理容易忽视已成桩的半成品或成品保护。成品保护指施工过程中的成品保护、施工完成的成品保护、凿除桩头过程中的成品保护，也应考虑气象条件对成品可能的影响，本章为此作出了相应要求。

桩基础开挖过程，特别是软土地基基坑、临时边坡开挖时，必须有专人指挥和监视，挖掘机具不得碰撞桩体。不得因开挖造成桩体位移或损伤，如发生类似情况必须及时制止并通知有关各方。