

深圳市工程建设地方标准

SJG

SJG 126 – 2023

桩基施工技术标准

Standard for pile foundation construction

2023-04-04 发布

2023-05-01 实施

深圳市住房和建设局 发布

深圳市工程建设地方标准

桩基施工技术标准

Standard for pile foundation construction

SJG 126 - 2023

2023 深 圳

前 言

根据《深圳市住房和建设局关于发布 2019 年深圳市工程建设标准制订修订计划项目的通知》（深建设〔2019〕40 号）的要求，标准编制组经广泛调研，收集施工技术资料，总结包括深圳地区在内的各地桩基工程经验，参照国家与行业的相关规范标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 预应力管桩；5. 机械成孔灌注桩；6. 灌注桩成桩；7. 人工挖孔灌注桩；8. 长螺旋钻孔压灌桩；9. 承台施工；10. 检验与验收；11. 环境保护与污染控制。

本标准由深圳市住房和建设局批准发布，由深圳市住房和建设局业务归口具体负责管理与解释，并组织深圳市工勘岩土集团有限公司负责技术内容的解释。本标准在执行过程中如有问题、意见和建议，请寄送深圳市工勘岩土集团有限公司（地址：深圳市南山区科技南八路工勘大厦 15 楼深圳市工勘岩土集团有限公司，邮编：518118），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：深圳市工勘岩土集团有限公司

本标准参编单位：深圳宏业基岩土科技股份有限公司
深圳市岩土工程有限公司
深圳市市政工程总公司
深圳地质建设工程公司
中国京冶工程技术有限公司深圳分公司
中建二局第三建筑工程有限公司
深圳市建筑工程质量安全监督总站
深圳市市政工程质量安全监督总站
深圳市房屋安全和工程质量检测鉴定中心
深圳市建设工程质量安全检测鉴定学会
深圳市勘察测绘院有限公司
深圳市建筑设计研究总院有限公司
深圳市湛联基础建筑工程有限公司

本标准主要起草人员：刘小敏 雷 斌 常 璐 饶运东 于 芳
刘都义 吴旭君 夏海林 黄圭峰 王贤能
徐轶昀 陈泽波 杨 立 雷 飞 陈枝东
黄 新 王召磊 肖 兵 王启文 宋明智
唐四联 莫 莉

本标准主要审查人员：丘建金 金亚兵 刘建国 杨志银 黄 磊
吕德威 邹雪芹

本标准主要指导人员：宋 延 郭晓宁 黄冬生 范少峰 蔡 月
梁溢维

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	基本规定	4
3.1	施工准备	4
3.2	施工组织设计	5
3.3	施工资源准备	6
3.4	质量与安全	6
4	预应力管桩	8
4.1	一般规定	8
4.2	吊运与堆放	8
4.3	接桩	9
4.4	沉桩施工	9
4.5	质量检验	12
5	机械成孔灌注桩	14
5.1	一般规定	14
5.2	护筒	14
5.3	桩孔护壁泥浆	15
5.4	旋挖钻进成孔	16
5.5	回转钻进成孔	17
5.6	冲击钻进成孔	18
5.7	全套管钻进成孔	18
5.8	其它钻进成孔	19
5.9	清孔	20
5.10	质量检验	21
6	灌注桩成桩	23
6.1	一般规定	23
6.2	钢筋笼制安	23
6.3	水下混凝土配制与灌注	23
6.4	灌注桩后注浆	25
6.5	质量检验	26
7	人工挖孔灌注桩	28
7.1	一般规定	28
7.2	施工安全措施	28
7.3	成孔与护壁施工	28

7.4	成桩施工	29
7.5	质量检验	30
8	长螺旋钻孔压灌桩	31
8.1	一般规定	31
8.2	施工设备机具与材料	31
8.3	成孔施工	31
8.4	成桩施工	32
8.5	质量检验	33
9	承台施工	34
9.1	一般规定	34
9.2	承台开挖与桩头处理	34
9.3	承台施工	35
9.4	质量检验	36
10	检验与验收	38
10.1	一般规定	38
10.2	验收准备	38
10.3	桩基检验	38
10.4	桩基与承台验收	39
11	环境保护与污染控制	41
11.1	一般规定	41
11.2	浆渣废水排放控制	41
11.3	粉尘与渣土控制	42
11.4	噪声与振动控制	42
附录 A	沉桩桩锤选择	44
附录 B	成孔钻机与钻头类型	46
附录 C	常用泥浆性能指标测定方法	47
附录 D	全套管钻机型号与性能	48
附录 E	常见灌注故障及处理措施	49
附录 F	长螺旋钻机与配套机具型号与性能	50
附录 G	分项工程（桩基）质量验收目录	51
附录 H	建筑施工噪声及振动控制标准	53
	本标准用词说明	54
	引用标准名录	55
	附：条文说明	55

Contents

1	General provision.....	1
2	Terms and Symbols.....	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols.....	2
3	Basic Requirements	4
3.1	Preparation	4
3.2	Construction Design.....	5
3.3	Diverse Resources Preparation	6
3.4	Quality and Safety	6
4	Prestressed Concrete Pipe Pile.....	8
4.1	General Requirement.....	8
4.2	Handing and Stacking.....	8
4.3	Pile Extension.....	9
4.4	Piling Construction	9
4.5	Inspection	12
5	Cast-in-situ Pile Digging.....	14
5.1	General Requirement.....	14
5.2	Pile Casing	14
5.3	Mudding Up	15
5.4	Rotary Dig Drilling.....	16
5.5	Rotary Drilling.....	17
5.6	Percussive Drilling	18
5.7	Full Casing drilling.....	18
5.8	Other Drilling Methods.....	19
5.9	Hole Cleaning	20
5.10	Inspection.....	21
6	Cast-in-situ Pore Forming.....	23
6.1	General Requirement.....	23
6.2	Reinforcement Cage Fabrication	23
6.3	Underwater Concreting Installation.....	23
6.4	Post Grouting for Cast-in-situ Pile	25
6.5	Inspection	26
7	Cast-in-situ Pile of Manual Digging	28
7.1	General Requirement.....	28
7.2	Construction Security Measures	28
7.3	Digging and Panelling Construction.....	28
7.4	Concrete Placing	29
7.5	Inspection	30
8	Long Auger Drilled and Press-grouting Pile.....	31

8.1	General Requirement	31
8.2	Construction Equipment and Materials	31
8.3	Drilling and Pore-forming	31
8.4	Concrete Placing.....	32
8.5	Inspection.....	33
9	Bearing Platform Construction	34
9.1	General Requirement	34
9.2	Foundation Trench Excavation and Pile Head Treatment	34
9.3	Bearing Platform Construction	35
9.4	Inspection.....	36
10	Inspection and Acceptance.....	38
10.1	General Requirement	38
10.2	Preparation for Acceptance	38
10.3	Pile Foundation Inspection	38
10.4	Pile Foundation and Bearing Platform Acceptance	39
11	Environment Protection and Pollution Control	41
11.1	General Requirement	41
11.2	Mud Wastewater Emission Control.....	41
11.3	Dust and Waste Residue Control	42
11.4	Noise and Vibration Control.....	42
	Selection of Pile-sinking Hammer	44
Appendix B	Model of Drilling Rig and Drill Bit	46
Appendix C	Determination of Drilling Mud Performance	47
Appendix D	Model of Full Casing Drilling Rig and Supporting Equipment	48
Appendix E	The Common Perfusion Problems and Treatment Measures	49
Appendix F	Model of Long Auger Machine and Supporting Equipment	50
Appendix G	The Catalogue of Quality Acceptance of Pile Foundation Sub-project.....	51
Appendix H	The Standards of Controlling Construction Noise and Vibration	53
	Explanation of Words in This Specification.....	54
	List of Quoted Standards	55
	Addition: Explanation of Provisions	56

1 总 则

- 1.0.1** 为促进深圳市建筑业高质量发展，提高桩基础施工技术先进性以及经济合理性，做到保证质量、保护环境、安全适用，制定本标准。
- 1.0.2** 本标准适用于深圳市建筑工程与市政工程的桩基施工、检验验收、环境保护等。
- 1.0.3** 桩基的施工应综合考虑场地工程地质与水文地质条件、场地条件、环境条件、施工条件等因素。
- 1.0.4** 桩基施工技术除应符合本标准外，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 预应力混凝土管桩 prestressed pipe pile

指采用先张法预应力预制的混凝土管桩。桩身混凝土强度等级不大于 C60 的为普通强度预制混凝土管桩 (PC)，桩身混凝土强度等级大于 C60 的为高强预制混凝土管桩 (PHC)。

2.1.2 锤击沉桩法 hammer driven sinking pile method

利用打桩锤的锤击能量将预制桩打入岩土层设计深度的施工方法。

2.1.3 静压沉桩法 method of press-in piling

利用静力将预制桩压入岩土层设计深度的施工方法。

2.1.4 正循环成孔法 method of drill deep holes with normal circulation

灌注桩成孔施工的同时，钻孔泥浆通过泥浆泵和钻杆内腔输入桩孔内，携带钻渣从孔底沿桩孔与钻杆环状空间向上流返至地面泥浆池。

2.1.5 反循环成孔法 method of drill deep holes with reverse circulation

灌注桩成孔施工的同时，钻孔泥浆由孔口流入桩孔内，通过泥浆泵抽吸作用，将混合钻渣的泥浆经钻杆内腔抽返至地面泥浆池。

2.1.6 机械扩底灌注桩 mechanical expanded base cast-in-situ pile

桩孔施工到设计深度后，采用机械式扩孔钻头，在桩孔底部一定高度的桩身进行扩孔，形成底部桩身扩大段，然后灌注混凝土形成扩底灌注桩。

2.1.7 全套管灌注桩 full casing bored of cast-in situ pile

采用摇动式或全回转全套管钻机，通过边旋转边压入方式，将钢套管压入地层中，同时利用冲抓斗挖取钢套管内的岩土，持续向下形成桩孔；达到预定深度后清除孔底虚土并灌注混凝土成桩，同时拔出钢套管。

2.1.8 长螺旋钻孔压灌桩 long auger drilled and press-grouting pile

利用长螺旋钻机钻孔至设计深度，在提钻的同时利用混凝土输送泵通过钻杆内腔，以一定压力将混凝土压灌入孔成桩，并借助自重或专用振动设备将钢筋笼植入桩身混凝土中。

2.1.9 灌注桩后注浆 post grouting pipe for cast-in-situ pipe

灌注桩成桩后一定时间内，通过预设于桩身内的注浆管及向桩端和桩侧注入水泥浆，使桩端和桩侧得到加固，提高单桩承载力。

2.1.10 工艺性试桩 technological pile test

对成桩施工工艺进行现场试验，检验施工机械的性能、对地层的适应性、施工技术参数等，为后续成桩施工提供指导。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应

P_{jmax} ——抱压最大压桩力。

2.2.2 抗力和材料特性

f_c ——桩身混凝土轴心抗压强度设计值；

N ——土的标贯击数平均值；

\bar{N}_{si} ——桩侧第 i 层土的标贯击数平均值。

2.2.3 几何参数

- A ——桩身截面积；
- A_p ——桩端面积；
- D ——桩孔直径；
- d ——桩径；
- L ——桩入土深度；
- l_i ——第 i 层土的厚度；
- U_p ——桩身周长；
- α_p ——桩端注浆量经验系数；
- α_s ——桩侧注浆量经验系数；
- n ——桩侧注浆断面数；
- G_c ——注浆量。

3 基本规定

3.1 施工准备

3.1.1 桩基施工前应对施工场地与环境进行调查，评估施工场地与环境条件对施工的影响。施工场地与环境调查应包括下列内容：

- 1 场地内及周边地下管线分布、类别、材质、埋深、走向与保护要求；
- 2 场地内及周边空中线路的架设、类别、走向与保护要求；
- 3 场地周边施工影响范围内地上和地下的建（构）筑物调查；
- 4 场地周边地铁及综合管廊的分布与保护要求；
- 5 边桩与周边建筑物、围墙、管线的最近距离；
- 6 施工场地平整情况与高程变化。

3.1.2 桩基施工前应做好施工场地的“三通一平”及施工道路硬化，并应清除影响施工的地下障碍物，实现施工用电、用水的现场接驳。施工通道应满足施工机械行走通畅与绿色施工的要求。

3.1.3 桩基施工前应具备下列资料：

- 1 岩土工程勘察报告；
- 2 桩基设计图纸和设计交底文件、图纸会审记录；
- 3 建设单位提供的坐标及高程控制点，场地周边地上和地下建（构）筑物、管道等的分布、埋深和现状等资料；
- 4 施工组织设计和分部分项工程专项施工方案、危险性较大工程专项安全施工方案、施工技术交底文件、桩基施工对周边环境影响的评估及实施保护的措施方案；
- 5 桩基材料质量合格证书、检验证书或抽检报告；
- 6 桩工机械设备与工器具检验情况等资料；
- 7 开工报告。

3.1.4 施工场地布置应满足施工机械设备场内调度运移、施工路线安排、最小安全施工作业空间、现场材料堆放、施工车辆安全行走等需求，并宜满足现场临时设施搭建、临时渣土堆放等需求。

3.1.5 桩位放线测量的控制点和高程水准基点应设在不受干扰之处，并应妥善保护与定期复核。桩位放线测量应符合下列规定：

- 1 场地地形与高程的测量或复核应符合建设用地红线图及测量坐标系统的要求；
- 2 桩位放线测量成果应符合桩基设计图纸要求；
- 3 桩位放线测量应采用首级平面、高程控制点（网）的一级导线测量和二等水准测量，并应与同级控制点（网）相联测。

3.1.6 基坑内桩基施工应符合下列要求：

- 1 基坑内桩基施工应在施工前采取降排水措施，满足基坑排水要求；
- 2 基坑内浆沟池的布置应满足废浆废渣清运要求；
- 3 靠近基坑、边坡施工时应留有满足安全施工所需的作业空间，且不影响基坑、边坡的安全稳定；
- 4 采用锤击桩或静压桩施工工艺，应评估锤击震动或挤土作用对基坑支护结构安全的影响。

3.1.7 对可能影响桩基施工的复杂地层，应根据桩基施工需要进行施工超前钻或补充勘察。

3.1.8 采用以下类型桩基工程时，应对其桩基施工方案进行论证：

- 1 超过一定规模和深度的人工挖孔桩工程；

- 2 场地地质条件复杂的桩基工程；
- 3 采用“四新技术”施工的桩基工程；
- 4 施工场地周边地上和地下紧邻重要建筑物或重要构筑物的桩基工程；
- 5 有特殊要求的桩基工程。

3.2 施工组织设计

3.2.1 桩基施工应执行工程建设程序，编制施工组织设计，并应符合下列要求：

- 1 应科学有据、技术可靠、经济合理、安全可靠、社会安定；
- 2 宜结合工程特点采用新技术、新工艺、新材料、新设备；
- 3 宜推广绿色施工技术，实现节能、节地、节水、节材和环境保护的要求。

3.2.2 施工组织设计编制应满足下列要求：

- 1 应结合项目岩土工程勘察报告及当地气象资料；
- 2 应满足桩基设计图纸及相关设计文件的设计要求；
- 3 应考虑施工现场与周边环境条件；
- 4 应考虑施工机具设备能力与完好情况。

3.2.3 施工组织设计应包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 编制依据；
- 3 工程重点、难点分析及管理措施；
- 4 施工部署及施工现场平面布置；
- 5 施工准备；
- 6 施工方案与施工工艺方法；
- 7 主要施工管理计划（质量、安全、文明施工、绿色施工等计划）；
- 8 应急预案等。

3.2.4 需要论证的桩基施工方案应包括下列内容：

1 工程概况和特点、施工平面布置、场地及周边环境情况、施工要求和技术保证条件等工程概况；

2 相关规范性文件、标准、规范、操作规程及施工图设计文件、施工组织设计等编制依据；

3 施工进度计划、材料与设备计划、劳动力计划等施工计划；

4 技术参数、工艺流程、施工方法、操作要求、检查要求等施工工艺技术；

5 组织保障措施、技术措施、监测监控措施等施工安全保证措施；

6 施工管理人员、专职安全生产管理人员、特种作业人员、其他作业人员等施工管理及作业人员配备和分工；

7 验收标准、验收程序、验收内容、验收人员等验收要求；

8 应急处置措施；

9 计算书、相关施工图纸及节点详图。

3.2.5 当出现下列情况时，施工组织设计应及时进行修改或补充，并重新报审：

1 桩基设计存在重大修改；

2 主要施工资源配置有重大调整；

3 施工环境有重大改变；

4 其他设计图纸和现场条件等重大变更情况。

3.2.6 桩基施工中，应对施工组织设计的实施情况进行检查、分析并适时调整。桩基工程竣工验收后，施工组织设计（含调整的施工方案）应作为工程原始资料进行归档。

3.3 施工资源准备

3.3.1 施工单位应组织调配满足施工需要的机械设备、工器具、材料和人力等施工资源。

3.3.2 机械设备和工器具性能与技术操作应符合现行国家相关施工安全的规定和污染物排放标准的规定，并应满足桩基施工要求。

3.3.3 施工单位应按设计要求和进度需要调运施工材料，经报验合格后方可运输进场，并应经见证送检合格后方可投入使用。

3.3.4 施工现场应配置技术性能符合要求的质量检测仪器设备。需要进行计量强检的仪器设备在使用期间应持有计量部门颁发的强检合格证书。

3.3.5 施工人员应接受相应的安全教育，主要管理人员、关键岗位人员和特殊工种人员应持证上岗。

3.4 质量与安全

3.4.1 桩基施工前应组织图纸会审与质量技术交底。施工单位应建立施工质量保证体系与过程质量检查与控制流程，并应及时进行施工隐蔽工程验收。原材料和制品等应符合设计要求和国家现行有关标准的规定，并应经检验合格后方可使用。

3.4.2 桩基施工前宜进行现场常规性试验施工，检验确定施工参数和工艺标准；当采用新工艺、新设备、新材料或遇到复杂地质条件时，应做工艺性试验。施工中应做好施工过程控制与施工记录。

3.4.3 施工中应对桩基轴线与桩位点进行定期复测修正。机械设备安装应平整、稳固，确保在施工中不发生倾斜和偏移，并应保证桩身垂直度符合设计要求。对于灌注桩，应保证桩端达到进入持力层的设计深度；孔底沉渣应符合国家现行有关标准的规定；钢筋笼与桩身混凝土强度应符合设计要求。

3.4.4 桩基工程应在施工结束后进行质量检验，检验方法与合格标准应符合国家现行有关标准的规定，并应达到桩基设计要求。

3.4.5 施工现场供水、供电、道路、排水、照明、临时房屋等临时设施，应符合用电、用水、消防等安全规定。人工挖孔桩应做好孔内通风、排水、高空坠落、物体打击等防护，孔口不得超载。工序操作应严格按施工规程进行，不得违章作业。

3.4.6 施工中的劳动保护、防火、防水、防台风、防雷、防高温、爆破作业、高空作业、特种作业和环境保护等方面的安全要求，应按下列规定执行：

1 施工安全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；

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》JGJ 33 的有关规定；

3 施工临时用电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；

4 施工过程的环境保护应符合现行行业标准《建设工程施工现场环境与卫生标准》JGJ 146 的有关规定。

3.4.7 施工单位应编制施工应急预案且配备应急材料，并应对施工人员进行应急培训和演练。雨季、台风等特殊季节或灾害天气下施工时，应制订针对性的安全措施保证施工安全。

3.4.8 施工过程中出现异常情况时，应暂停施工、分析原因、采取措施、消除隐患。当出现险情时，应及时启动应急预案控制险情。

3.4.9 施工中如发现文物、古迹、遗址等，应立即停止施工并报告有关部门，并应在现场采取有效保护措施，防止哄抢、毁坏、流失等情况发生。

4 预应力管桩

4.1 一般规定

4.1.1 预应力管桩施工前，应进行沉桩工艺性试桩，确定沉桩施工参数及停止沉桩的标准。沉桩工艺性试桩试验数量不宜少于 5 根，有条件时宜利用工程桩进行试沉桩。

4.1.2 预应力管桩沉桩可采用锤击或静压施工方法。沉桩方法与施工机械应根据设计要求、场地岩土工程条件、周边环境等因素确定。当在基坑内或沉桩场地附近存在基坑时，应考虑沉桩施工对基坑安全稳定的影响，并应进行施工监测。

4.1.3 施工时应采取有效措施减少沉桩施工振动和挤土的影响，沉桩施工期间应对周边建（构）筑物、道路和地下管线进行施工监测。

4.1.4 沉桩施工的先后顺序应按下列原则确定：

1 沉桩桩间距大于 $5d$ 且距周边建（构）筑物大于 10m、施工场地较开阔时，宜从中间开始向四周进行；沉桩桩间距小于 $5d$ 且场地狭长、两端距建（构）筑物大于 10m 时，宜从中间开始向两端进行；沉桩桩间距小于 $5d$ 且一侧距离建（构）筑物小于 10m 时，宜从毗邻建（构）筑物的一侧开始由近及远布置；

2 沉桩施工宜先施工长桩，后施工短桩；

3 沉桩施工宜先施工大直径桩，后施工小直径桩；

4 沉桩施工宜先施工主楼（高层）桩，后施工裙房（低层）桩；

5 沉桩施工宜先施工密距桩，后施工疏距桩；

6 沉桩桩间距小于 $3.5d$ 时，应采用间隔沉桩施工。

4.1.5 预应力管桩用作抗拔桩时，宜采用单节桩。需要采用多节桩时，应采用非焊接方式连接，并应对连接部位进行防腐处理。

4.2 吊运与堆放

4.2.1 桩的吊运应符合下列规定：

1 吊运过程中应轻吊轻放，保持平稳，不得碰撞、滚落；

2 管桩长度不大于 15m 的，宜采用两支点法起吊，吊点位置距桩端宜为 0.21 倍桩长，可采用吊钩法，吊绳与桩水平夹角应大于 45° ；

3 管桩长度大于 15m 的，应采用多点起吊，吊点位置应另行验算；

4 吊运结束后应检查桩身在吊运过程中是否产生裂缝及碰伤，不得使用吊运过程中产生碰损断裂的管桩。

4.2.2 桩的现场堆放应符合下列规定：

1 堆放场地应平整坚实，其排水条件应良好；

2 应按不同规格、长度及施工流水顺序分别堆放；条件许可时可按工程进度分批供桩，避免二次搬运；

3 宜采用单层放置，若需叠层堆放时不宜超过 3 层；叠层堆放时，应在垂直于桩长方向的地面上设置不少于 2 道垫木，底层最外缘的管桩应在垫木处用木楔塞紧。

4.2.3 取桩应符合下列规定：

1 管桩叠层堆放超过 2 层时，应使用吊机取桩；

- 2 三点支撑履带自行式打桩机不应采用拖拉取桩；走管式打桩机拖拉取桩时，钢丝绳应通过桩架底盘的导向滑轮；抱压式压桩机可利用自带吊机进行取桩；顶压式压桩机应使用吊机取桩；
- 3 采用机械啮合接头的管桩，应将管桩吊运到桩机附近后安装连接销，然后再起吊喂桩。

4.3 接 桩

4.3.1 不同类型预制桩的接桩连接方式应符合下列规定：

- 1 预应力管桩可采用焊接或机械连接；
- 2 抗压桩接头宜采取焊接连接；
- 3 抗拔桩宜采用机械啮合接桩。

4.3.2 采用焊接接桩，除应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 下节桩段的桩头宜高出地面 0.5m~1.0m；
- 2 应清理干净下节桩接头处并设置导向箍，接桩时上下节桩中心线偏差不宜大于 2mm，节点弯曲矢高不得大于桩段长的 0.1%，不得采用大锤横向敲打纠偏；
- 3 焊接时宜先在坡口圆周上对称点焊 4 点~6 点固定后拆除导向箍，再分层施焊；焊接层数不应少于 2 层，焊缝应连续饱满，外观质量应连续、饱满、无气孔、无夹渣等；
- 4 完成的焊接接头应自然冷却后方可继续沉桩，且自然冷却时间不应少于 8min；采用二氧化碳气体保护焊时，冷却时间不应少于 5min；不得浇水冷却或不冷却就继续沉桩。

4.3.3 采用机械啮合接桩，除应符合现行广东省地方标准《预应力混凝土管桩啮合式机械连接技术规程》DBJ/T 15-63 的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 下节桩桩头宜高出地面 1.0m~1.5m；当地表以下有厚度 10m 以上的流塑淤泥土层时，首节露出地面的桩头近地面处宜设置“防滑箍”；
- 2 应清扫干净连接端板，应拆除上节桩端板螺栓孔的保护块并清洁螺栓孔，应将已涂抹沥青涂料的连接销旋入螺栓孔内并调整连接销的方位；
- 3 应拆除下节桩连接槽内保护块和在清洁槽孔注入沥青涂料，并应在端板周边抹上宽 20mm、厚 3mm 的沥青涂料；当地下水或地基土对管桩有中等腐蚀作用时，应将端板全部涂满沥青涂料，且厚度不宜少于 3mm；
- 4 起吊连接时，应利用上节桩的自重将连接销完全插入下节桩的连接槽内，插入深度不宜小于 5mm；应经检查连接符合要求后，方可继续沉桩。

4.4 沉 桩 施 工

4.4.1 工程桩施工前应进行沉桩工艺性试验，并应符合下列规定：

- 1 试桩的规格、长度及沉桩深度应与工程桩一致；
- 2 试桩应选在地质勘探孔附近；
- 3 试桩方法及条件应与工程桩施工一致；
- 4 锤击桩可采用高应变动测法配合测试；
- 5 静压沉桩应记录压力值及变化情况。

4.4.2 锤击桩桩锤可根据地质条件、桩型、桩的密集程度、入土深度、单桩竖向承载力、试桩资料及现有施工条件等因素以及本标准附录 A 的规定，按“桩锤匹配，重锤低击”的原则综合选用。

4.4.3 桩打入时应符合下列规定：

- 1 桩帽或送桩器与桩周围的间隙宜为 5mm~10mm；桩帽应有足够的强度、刚度和耐打性，

应设桩垫和锤垫，并应在打桩期间经常检查与更换，桩帽制作可按本标准附录 A 的规定执行；

2 首节桩插入时，桩位偏差不可大于 20mm，垂直度偏差不可大于 0.5%，桩锤、桩帽或送桩器应与桩身在同一中心线上；遇表层厚度较大的淤泥、淤泥质土等软土时，柴油锤可利用锤重将管桩压入，液压锤宜按落距 200mm~300mm 施打，并宜控制管桩入土速度，防止桩身倾斜；

3 当地表以下有较厚软土层时，送桩器送桩深度不宜大于 2.0m；当地层条件较好，且能保证桩身垂直度时，可合理增加送桩深度，送桩深度不宜大于 6.0m；

4 管桩施打宜重锤轻击，连续一次性将桩沉到设计标高；当桩身垂直度偏差超过 0.8%时，应停止锤击分析原因进行纠正；当桩身入土深度超过 1.5m 发生垂直度偏差时，应将管桩拔出并在空洞填砂后重新插入；

5 送桩和复打时，应检查管桩腔内的水位；若水位较高时，应在抽水后再进行施打。

4.4.4 沉桩施工每根桩的总锤击数及最后 1m 沉桩锤击数宜按下列要求进行控制：

1 PC 桩总锤击数不宜大于 2000 击，最后 1m 沉桩锤击数不宜大于 250 击；

2 PHC 桩总锤击数不宜大于 2500 击，最后 1m 沉桩锤击数不宜大于 300 击。

4.4.5 锤击沉桩收锤标准应符合下列规定：

1 应结合地质条件、桩承载力性状、锤重、桩的规格和长度、进入持力层的要求，以及相关锤击沉桩经验综合确定；

2 采用摩擦桩时，宜按桩长和标高控制；采用端承摩擦桩时，宜以控制桩端设计标高为主，最后贯入度控制为辅；采用摩擦端承桩时，宜以最后贯入度控制为主，桩端标高控制为辅；

3 最后贯入度宜连续测量 3 次，当每一阵贯入度逐次递减并到达收锤标准时即可收锤。当持力层为厚度不大于 3.0m，且下卧层为中、微风化岩层时，最后贯入度可适当减少，最后贯入度量测可减少至 1 次，达到收锤标准即可收锤。最后贯入度控制值可按本标准附录 A 的规定取值，并结合相近工程的打桩经验，经试打桩验证后确定。送桩的最后贯入度控制值应根据相同条件下不送桩时的最后贯入度确定。

4.4.6 桩端持力层为遇水易软化的风化岩层时，应采用封口型桩尖。桩尖焊接时焊缝应连续饱满不渗水。施工时应在第一节桩管内灌注封底混凝土，封底混凝土的高度不应小于 2.0m。

4.4.7 当存在地下障碍物、填石、孤石、坚硬夹层等沉桩困难的地层，或需要控制锤击沉桩挤土效应时，可采用引孔辅助沉桩。引孔的直径、深度应根据工程桩的直径和有效桩长确定，引孔垂直度偏差不得大于 0.5%。引孔宜采用长螺旋、潜孔锤钻进引孔，引孔作业和打桩施工应密切配合，随引随打。

4.4.8 施打大面积密集群桩时，可采用下列一种或几种辅助技术措施：

1 设置袋装砂井或塑料排水板排水，消除超孔隙水压力；

2 设置地下隔离墙或开挖边沟，消除打桩振动影响；

3 控制打桩速度，限制打桩区域与数量；

4 钻孔引孔。

4.4.9 打桩过程中遇到贯入度剧变，桩身突然发生倾斜、位移或有严重回弹、桩顶或桩身出现严重裂缝、破碎等情况时，应停止施打，分析原因并采取相应的措施，消除上述非正常情况后方可继续施打。

4.4.10 静力压桩宜根据单节桩的长度，选用顶压式液压桩机或抱压式液压桩机。压桩机的型号、规格、尺寸和配重可根据地质条件、场地条件、周边环境、设计要求、试桩资料等综合选用，或根据本标准附录 A 的规定选用。液压式压桩机的最大压桩力应取压桩机的机架重量和配重之和的 0.9 倍。

4.4.11 抱压式液压压桩机的最大施压力不宜大于桩身抱压允许压桩力。顶压式液压压桩机的最大施压力不宜大于桩身抱压允许压桩力的 1.1 倍。桩身抱压允许压桩力可按下列经验公式估算：

$$\text{PC 管桩:} \quad P_{j\max} \leq 1.00 f_c A \quad (4.4.11-1)$$

$$\text{PHC 管桩:} \quad P_{j\max} \leq 0.95 f_c A \quad (4.4.11-2)$$

式中： $P_{j\max}$ ——静压桩桩身抱压最大压桩力（kN）；

f_c ——静压桩混凝土轴心抗压强度设计值（MPa）；

A ——静压桩截面面积（ m^2 ）。

4.4.12 桩压入时应符合下列规定：

- 1 压桩机应满足最大压桩力的要求；
- 2 压桩机吊机在进行吊桩、喂压桩过程中，不得行走和调整；
- 3 首节桩插入应严格控制桩的垂直度；
- 4 当桩身垂直度偏差大于 0.8% 时，应停止压入并分析原因；当桩尖进入较硬土层后，不得用移动机架等方法强行纠偏；
- 5 每节桩应一次连续压入到底，压入速度不宜大于 1m/min。

4.4.13 终压标准应根据现场试桩的结果和设计要求，结合类似地质条件压桩工程的经验综合确定，并应符合下列规定：

- 1 终压连续复压次数应根据桩长及地质条件确定；对于入土深度大于 9.0m 的桩，终压次数可为 2 次~3 次；对于入土深度小于 9.0m 的桩，终压次数可为 3~5 次；
- 2 稳压压桩力不应小于终压力，稳压时间宜为 5s~10s；
- 3 按桩长控制的摩擦桩应按设计桩长进行终压控制，终压力值可作参考；
- 4 端承摩擦桩的终压标准宜按下列规定执行：
 - 1) 当桩入土深度 $L > 25\text{m}$ 时，终压值可取桩的竖向抗压承载力特征值的 2.0 倍，终压次数宜为 2 次~3 次；
 - 2) 当 $16\text{m} < L \leq 25\text{m}$ 时，终压值可取桩的竖向抗压承载力特征值的 2.0 倍~2.4 倍，终压次数宜为 2 次~3 次；
 - 3) 当 $9\text{m} < L \leq 16\text{m}$ 时，终压值可取桩的竖向抗压承载力特征值的 2.2 倍~3.0 倍，终压次数宜为 3 次~4 次；
 - 4) 当 $6\text{m} \leq L \leq 9\text{m}$ 时，终压值可取桩的竖向抗压承载力特征值的 2.8 倍~3.2 倍，终压次数宜为 3 次~5 次。

4.4.14 送桩应符合下列规定：

- 1 当桩顶被压至接近地面需要送桩时，应测出桩的垂直度并检查桩头质量，经检测合格后应立即送桩；
- 2 送桩应采用专制钢质送桩器，不得将工程桩用作送桩器；
- 3 当场地上多数桩的有效桩长小于或等于 16m，或桩端持力层为风化软质岩可能需要复压时，送桩深度不宜超过 1.5m；当桩的有效桩长大于 16m，送桩深度不宜大于 8.0m；
- 4 送桩时的最大压桩力不宜超过桩身抱压允许压桩力的 1.1 倍。

4.4.15 出现下列情况之一时，应暂停压桩作业，分析原因并采取相应措施：

- 1 压力表读数显示的土层与勘察报告对应的土层性质明显不符；
- 2 桩难以穿越具有软弱下卧层的硬夹层；

- 3 实际桩长与设计桩长相差较大；
 - 4 桩身倾斜、跑位、纵向裂缝、桩头混凝土剥落等异常现象；
 - 5 地面明显隆起，邻桩上浮或桩头位移，附近房屋或市政设施开裂受损；
 - 6 压桩机出现异常工况或下陷、倾斜、夹桩机构打滑等。
- 4.4.16 压桩引孔应符合下列规定：
- 1 引孔的直径、深度应通过试验确定；
 - 2 引孔的垂直度偏差不应大于 0.5%；
 - 3 引孔作业和压桩作业应连续进行，间隔时间不宜大于 12h；
 - 4 引孔中有积水时，不宜进行压桩，可根据实际情况采用开口型桩尖。
- 4.4.17 存在淤泥及淤泥质土、饱和黏性土时，应检测桩的上浮量及桩顶偏位值。压桩总桩数小于 500 根时，应按总桩数的 10%设置观测点；压桩总桩数不小于 500 根时，应按总桩数的 5%设置观测点，并应检测桩的上浮量及桩顶偏位值。
- 4.4.18 当群桩上浮影响单桩承载力时，应进行复压或复打。复压压力应大于终压值，复打的桩应达到设计要求的收锤标准。

4.5 质量检验

- 4.5.1 施工前应按设计要求和有关标准对进场的成品桩、接桩电焊条进行检验，其检验应包含下列内容：
- 1 管桩的规格、型号、尺寸偏差、结构钢筋、套箍和端头板、机械啮合接头连接件及质量等级；
 - 2 桩身混凝土强度、养护龄期、桩身外观质量；
 - 3 管桩的出厂检验报告、产品合格证；
 - 4 桩尖的材料、规格和构造；
 - 5 电焊条产品合格证、规格、品种。
- 4.5.2 施工中应根据不同的沉桩工艺，检查下列内容：
- 1 桩的定位及沉桩就位前的再次复核；
 - 2 打桩机具的检查；
 - 3 桩身垂直度检测；
 - 4 桩接头施工质量的监控；
 - 5 收锤或终压力的监控；
 - 6 打桩记录的监督和检查。
- 4.5.3 施工完毕后应对桩进行下列检验：
- 1 桩顶的平面位置允许偏差符合表 4.5.3 的规定；
 - 2 截桩后的桩顶标高；
 - 3 桩身完整性；
 - 4 桩身垂直度；
 - 5 单桩承载力。

表 4.5.3 管桩顶平面位置允许偏差（ d 为管桩外径）

项 目	允许偏差值 (mm)
柱下单桩	80

续表 4.5.3

项 目		允许偏差值 (mm)
单排或双排桩条形桩基	垂直于条形桩基横向轴的桩	100
	平行于条形桩基纵向轴的桩	150
承台桩数为2~4根的桩		100
承台桩数为5~16根的桩	周边桩	100
	中间桩	$d/3$ 或150两者中较大者
承台桩数多于16根的桩	边桩	$d/3$ 或150两者中较大者
	中间桩	$d/2$

4.5.4 截桩后桩顶的实际标高与设计标高的允许偏差应为 $\pm 10\text{mm}$ 。

4.5.5 每根桩施工完成后,可采用孔内摄像或低压灯泡进行桩身裂缝、接头等检查。桩身完整性检测应采用低应变动测法,其检测要求及检测数量应符合现行深圳市地方标准《深圳市建筑基桩检测规程》SJG 09的有关规定。

4.5.6 桩身的垂直度应逐根检查,可采用吊锤法或双向全站仪法检测,其允许偏差应为1%。

4.5.7 单桩承载力检测宜采用静载荷试验,或可采用高应变动测法进行检测,其检测要求及检测数量应符合现行深圳市地方标准《深圳市建筑基桩检测规程》SJG 09的有关规定。

5 机械成孔灌注桩

5.1 一般规定

5.1.1 机械成孔灌注桩工艺应包括旋挖钻进成孔、回转钻进成孔、冲击钻进成孔、全套管钻进成孔等，并应适用于各类土层、岩层钻进成孔。不同地层的钻进成孔工艺选择可按表 5.1.1 的规定确定，成孔钻机与钻头选择可按本标准附录 B 的规定确定。

表 5.1.1 不同地层钻进成孔施工工艺选择

成孔工艺	适用地层
旋挖钻进成孔	填土、黏性土、粉质黏土、淤泥质土、砂土、碎石土、 全~强风化层、中~微风化岩层、孤石、岩溶地层
回转钻进成孔	素填土、黏性土、粉质黏土、淤泥质土、砂土、碎石土、 全~强风化层、中风化岩层
冲孔钻进成孔	旧基础、杂填土、填石、黏性土、粉质黏土、砂土、碎石土、 全~强风化层、中~微风化岩层、孤石、岩溶地层
全套管钻进成孔	旧基础、黏性土、粉质黏土、卵（漂）石、砂层、淤泥、 全~强风化层、中风化岩层、溶洞地层

5.1.2 泥浆护壁成孔灌注桩应进行成孔工艺性试桩，数量不宜少于 3 根。采用泥浆护壁的抗拔桩，其正式施工应在试桩后进行。

5.1.3 当灌注桩桩中心距小于 $3d$ 桩径，或在深厚新近填土层、吹填土、淤泥土及淤泥质土层等稳定性差的地层进行成孔施工时，应采取跳桩施工，并应在相邻孔混凝土达到终凝或灌注时间间隔不宜小于 24h 后施工。

5.1.4 成孔施工应不间断完成，不得无故中断或停止作业。

5.2 护筒

5.2.1 成孔时应在孔位埋设护筒，护筒埋设应符合下列规定：

1 护筒应采用钢板制作，应有足够厚度、刚度，使用时应根据孔径、埋深确定，可选择 4mm~16mm 钢板卷制；护筒上部应设置 1 个~2 个溢浆口，下端外侧应采用粘土填实；

2 护筒高度应满足孔内泥浆面高度要求，护筒顶面宜高出施工水位地面 0.2m~0.3m 或高于地下水位 2.0m，护筒底部应进入稳定土层；

3 护筒埋设应准确、稳定，护筒中心与孔位中心的偏差不得大于 50mm。

5.2.2 旋挖成孔和冲击成孔的护筒内径应比钻头外径大 100mm~200mm，垂直度偏差不宜大于 1/100。

5.2.3 旋挖钻机埋设护筒时，宜先采用稍大口径的钻头钻至预定位置，提出钻头后再用钻斗将钢护筒压入至预定深度。

5.2.4 当需要埋设深长护筒时，宜采用振动锤辅助下沉。振动锤下沉护筒时，应采取定位、导正、监控技术控制措施，确保长护筒垂直度满足要求。

5.2.5 当振动锤作业对周边造成影响时，宜选择免共振振动锤。

5.3 桩孔护壁泥浆

5.3.1 桩孔护壁宜采用泥浆护壁、钢套管护壁等方式。

5.3.2 成孔护壁泥浆制备宜采用膨润土或粘土调制；当采用原土造浆时，制备泥浆的性能指标应符合表 5.3.2 的规定。

表 5.3.2 制备泥浆的性能指标

项目	性能指标		检验方法
比重	1.10~1.15		泥浆比重
粘度	粘性土	18s~25s	漏斗法
	砂土	25s~30s	
	漏失地层	>35s	
含砂率	<6%		洗砂瓶
胶体率	>95%		量杯法
失水量	<30ml/30min		失水量仪
泥皮厚度	1mm/30min~3mm/30min		失水量仪
静切力	1min:20mg/cm ² ~30mg/cm ²		静切力计
	10min:50mg/cm ² ~100mg/cm ²		
pH 值	7~9		pH 试纸

5.3.3 成孔时应根据土层情况调整泥浆指标，排入孔口的循环泥浆的性能指标应符合表 5.3.3 的规定。

表 5.3.3 循环泥浆的性能指标

项目	性能指标		检验方法
比重	粘性土	1.1~1.2	泥浆比重计
	砂土	1.1~1.25	
	砂土、砂夹卵石	1.2~1.3	
粘度	粘性土	18s~30s	漏斗法
	砂土	25s~35s	
含砂率	<8%		洗砂瓶
胶体率	>90%		量杯法

5.3.4 施工现场应配备测量泥浆指标的比重计、粘度计、含砂率量杯以及 PH 试纸等测量用具。在成孔过程中每个钻孔每台班应检测一次泥浆性能指标并记录，泥浆取样部位应为孔口循环泥浆。泥浆指标具体测定方法可按本标准附录 C 的规定执行。

5.3.5 泥浆循环系统应由泥浆池、沉淀池、循环沟和储浆池等组成，每根桩宜设独立的泥浆循环系统。泥浆池的容积不宜小于成孔体积的 1.5 倍~2.0 倍。

5.3.6 成孔时，泥浆护壁应符合下列规定：

- 1 施工期间应保持孔内泥浆液柱高度，护筒内的泥浆面应高出地下水位 1.0m 以上；在受

水位涨落影响时，泥浆面应高出最高水位 1.5m；

2 在清孔过程中，应不断置换泥浆，直至灌注水下混凝土；

3 灌注混凝土前，孔底 500mm 以内的泥浆比重应小于 1.25，含砂率不应大于 8%，粘度不应大于 28s；

4 在容易产生泥浆渗漏的土层中应采取维持孔壁稳定的措施。

5.3.7 泥浆循环使用过程中应使用泥浆净化设备。废弃的浆、渣应进行分离处理，处理后的废渣晾晒后应及时外运，废浆宜现场压榨成泥饼后外运，不得污染环境。

5.3.8 采用钢护筒护壁时，可采用干成孔或清水钻进。在二次清孔时，应使用优质循环泥浆清除孔底沉渣，确保清孔效果满足要求。

5.4 旋挖钻进成孔

5.4.1 旋挖钻机就位前，场地平整度、承载力应满足旋挖钻机使用说明书对场地的要求。孔口附近不应有妨碍施工的障碍物，影响钻机行走的孔洞应按要求回填压实。

5.4.2 旋挖钻机施工时，应保证机械稳定、安全作业，可根据实际情况在场地铺设能保证其安全行走和操作的钢板或垫层（路基板）。

5.4.3 旋挖钻成孔灌注桩应根据不同的地层情况及地下水位埋深，采用干作业成孔和泥浆护壁成孔工艺。

5.4.4 泥浆护壁旋挖钻成孔时，在容易产生泥浆渗漏的地层中，可采取掺入增粘剂、加重剂、烧碱以提高泥浆比重和泥浆粘度，或可加入堵漏剂维持孔壁稳定。

5.4.5 旋挖钻进时，应根据桩径、桩深、地层情况选用合适的旋挖钻机及配套机具。旋挖钻具和钻进参数可按表 5.4.5 的规定选用。

表 5.4.5 旋挖钻具和钻进参数选用表

地质条件	钻头选用	转速 (r/min)	回次进尺 (m)	提钻速度 (m/s)
一般黏性土	单层底旋挖钻头、短螺旋钻头、分体式钻头	20~50	≤0.8	≤0.8
杂填土、软土、砂土、松散卵砾石层	双层底旋挖钻头	20~30	≤0.5	≤0.6
硬黏土	单层底旋挖钻头或斗齿螺旋钻头	20~30	≤0.8	≤0.8
胶结的卵砾石和强风化岩	锥形螺旋钻头或双层底斗齿旋挖钻头	9~20	≤0.5	≤0.6
中、微风化岩	截齿或牙轮筒式钻头、锥形斗齿螺旋钻头、双层底斗齿旋挖钻头	9~15	≤0.5	≤0.8

5.4.6 成孔前和每次提出钻斗时，应检查钻头保护装置、钻头直径及钻头磨损情况，以及钻斗和钻杆连接销子、钻斗门连接销子的状况，并应清除钻斗上的渣土。

5.4.7 钻进成孔过程中，应控制钻具的升降速度；钻具提出护筒前应及时补充泥浆，应始终保持孔内液面高度，确保孔壁稳定。

5.4.8 成孔时桩距宜控制在 4d 桩径外。排出的渣土距桩孔口距离宜大于 6m，并应及时清除。

5.4.9 对于大直径旋挖钻入硬岩成孔，宜采用按断面直径由小至大分级扩孔钻进工艺。

5.4.10 对于桩端入岩超深的桩孔，可根据地层情况和旋挖钻机的施工能力，采用上部土层旋挖钻进、下部入岩冲击钻进工艺。

5.4.11 采用旋挖钻机下入深长护筒时，应配置接驳器和护筒靴。

5.4.12 旋挖钻机与搓管钻机、全套管全回转钻机配合时，应控制取土深度保持套管入土深度不小于 2m。

5.4.13 旋挖成孔达到设计深度时，应及时采用清孔钻头清孔。

5.5 回转钻进成孔

5.5.1 对孔深较大的端承桩和粗粒土层中的摩擦型桩，宜采用反循环工艺成孔或清孔；或根据土层情况，宜采用正循环钻进、反循环清孔。

5.5.2 正循环回转成孔应符合下列规定：

1 在粘性土层中钻进时，宜中等钻速、大泵量、稀泥浆钻进，并宜控制钻进速度，防止排渣不畅造成泥包钻头情况发生；

2 在砂土、易坍塌地地层或软土层中钻进时，宜选用平底钻头、轻压慢转、大泵量、稠泥浆钻进，并宜控制钻进速度；在砂卵石或砾石层中钻进时，宜选用低转速、大泵量、优质泥浆钻进，并宜控制钻压；在硬岩中钻进时，宜采用牙轮或滚刀钻头钻进或采取多级成孔措施；

3 加接钻杆时，应先将钻具提离孔底，待泥浆循环 3min~5min 后进行；

4 较大口径桩孔施工时，可采用两级或多级扩孔钻进。

5.5.3 泵吸反循环回转成孔应符合下列规定：

1 应在砂石泵启动至反循环正常后再开动钻机钻进；

2 钻进过程中，应保持泥浆循环沟槽畅通，保持足够泥浆顺畅回流至孔内；

3 在砂砾石和卵石层中钻进时，应防止进尺过快而产生堵塞；

4 钻进过程中若出现涌砂或坍塌现象，应及时将钻具提离孔底，应控制泵量并向孔内输送符合性能要求的泥浆；

5 应根据不同的地层情况、桩径、砂石泵排量合理选择和调整钻进参数，具体钻进参数可按表 5.5.3 的规定采用；

表 5.5.3 泵吸反循环钻进参数表

地 层	钻进参数			
	钻压 (kN)	转速 (r/min)	砂石泵排量 (m ³ /h)	钻速 (m/h)
黏土层、硬土层	10~25	30~40	180	4~6
砂土层	5~15	20~40	160~180	6~10
砂层、砂砾层、砂卵石层	3~10	20~40	160~180	8~12
中硬以下基岩、风化基岩	20~40	10~30	140~160	0.5~1

6 钻进至设计深度后，应在提钻前持续上下活动钻具，并应保持泥浆的循环，直至将孔底残渣吸尽。

5.5.4 气举反循环回转钻进应符合下列规定：

1 气举反循环钻进效率应结合钻头形式、地层条件、孔深、孔径、钻杆尺寸、空压机的能力及混合器在孔内的位置（深度）等因素，现场合理优化选择。

2 气举反循环钻进时，宜选用风量 6m³/min~13m³/min、风压 0.7MPa~1.2MPa 的空压

机。

3 气举反循环钻进时，应保持优质泥浆性能指标确保循环效果。

5.6 冲击钻进成孔

5.6.1 在钻头锥顶和提升钢丝绳之间应设置保证钻头自动转向的装置。在钻进过程中，应定期检查钢丝绳、卡扣及转向装置；冲击时应控制钢丝绳放松量。

5.6.2 开孔时，在护筒内和护筒刃脚下 2m 范围内，应低锤密击，成孔至护筒下 3m~4m 后可正常冲击。

5.6.3 在粘土层钻进时，宜采用 1m~2m 的小冲程，泵入清水或稀泥浆；在粉砂或中粗砂层钻进时，宜采用 2m~3m 的中冲程，泥浆比重宜保持在 1.2~1.5；在砂、卵砾石层中钻进时，宜采用 3m~4m 的大冲程，泥浆比重宜控制在 1.3~1.6。

5.6.4 在基岩中冲击钻进时，宜采用大冲程、低频率冲击；冲击时应不断转动钻头，改变钻头在孔底的冲击位置，防止出现梅花形孔底或发生孔斜。

5.6.5 岩层表面不平或遇孤石时，应向孔内投入粘土、片石，将孔底表面填平后应低锤快击，形成紧密平台，再进行正常冲击。孔位出现偏差时，应回填片石至偏孔上方 300mm~500mm 处，再重新冲孔。

5.6.6 遇溶洞、土洞时，应泵入浓泥浆，回填粘土、块石、水泥等；遇大溶洞或串通溶洞时，可采用灌注低标号混凝土或砂浆封孔，或可采用下入钢护筒护壁成孔。

5.6.7 成孔过程中，应及时排除废渣。排渣宜采用泥浆正循环工艺。

5.6.8 冲击钻头应定期检修补焊。在基岩钻进时，若冲击钻头直径变小，应及时更换钻头，防止孔径变小、卡锤。

5.6.9 应采用跳冲成孔，防止冲击振动使邻孔孔壁坍塌或影响邻孔已浇筑混凝土的凝固。

5.6.10 钻进至桩端持力层应按每 100mm~300mm 清孔取样，并应做好记录。

5.7 全套管钻进成孔

5.7.1 钻机、锤式抓斗、动力装置、钢套管、吊装设备、运输设备等施工设备和机具应根据场地的地质条件、桩型、桩径、桩长选择，并应做好进场、安装、调试等工作。根据成孔深度，应提前准备钢套管，并应进行钢套管顺直度的检查和校正；整根套管的顺直度偏差应小于 0.2%。全套管钻机型号与性能可按本标准附录 D 的规定选用。

5.7.2 钻机地基应坚实。当钻机地基土质松软时，应采取铺石、场地硬化或铺设走道板等技术措施，防止钻机机架和套管出现重心偏移。岩溶地区应确保地基土有足够的承载力能承受钻机起拔套管时的压力；地下空洞、土洞、溶洞等埋深小于 6m 时，应在施工前对空洞、溶洞进行回填或注浆处理。

5.7.3 钻具及刀头应根据地层条件与钻机扭矩进行选用。对直径 1.5m 以下的桩，应选用壁厚不小于 35mm 的钢套管，刀头应选用 40mm~45mm 的钹齿刀头；对直径 1.5m 以上的桩基，应选用壁厚不小于 50mm 的双层套管，刀头应选用 45mm~50mm 的钹齿刀头。钻进地层为土层时，可选用“一外一内”刀头安装法；钻进地层为岩层时，宜采用“两外一内”刀头安装法。

5.7.4 钻机就位后，应将第一节套管立于桩位处，应在自重力、夹持机构回转力及夹持机构压力的复合作用下，将第一节套管沉入土层中并连接第二节套管，同时应测量并严格控制第一、二节套管的垂直度。当钢套管出现偏斜时，应拔出钢套管重新沉入，垂直度允许偏差不得大于 0.5%。

5.7.5 锤式抓斗或十字凿锤挖掘方式应根据下列地层条件进行选用：

1 对于软土层钻进，应使套管超前下沉，宜超出孔内开挖面 1.5m 以上，采用锤式抓斗套管内挖土；

2 对于一般土层钻进，应使套管超前下沉，开挖时宜使套管超前下沉 300mm 以上，采用锤式抓斗套管内挖土；

3 对于密实砂土、漂石、卵石层，应使套管超前下沉，锤式抓斗宜超前下挖 200mm~500mm，再利用锤式抓斗将土块抓至孔外；

4 对于坚硬土层及岩层，应先利用十字凿锤将土层或岩层击碎，再利用锤式抓斗将其抓至孔外。

5.7.6 在承压水段挖掘时不宜采用超前下挖的方法，防止产生孔底涌土、涌砂现象；宜采用套管超前下沉或在钢套管内注水泥浆等方法挖掘。

5.7.7 在成孔挖掘中遇到孤石或进入基岩时，可采用下列方法：

1 改换十字凿锤从钢套管内冲击穿过孤石或基岩达到设计桩底高程；

2 采用旋挖钻机、冲击钻机配合钻进等方法穿过孤石或基岩达到设计桩底高程。

5.7.8 在岩溶地区施工时，当钻穿一层溶洞后，应将套管提至溶洞顶板附近，向套管内回填粘土或将冲抓出的原土层进行溶洞回填，并应在套管内用重锤夯实，再重新钻进；钻遇多层溶洞时，应重复上述步骤。

5.8 其它钻进成孔

5.8.1 硬岩分级扩孔钻进应符合下列规定：

1 硬岩分级扩孔钻进时，应采用小直径钻头取芯、捞渣，并应逐步分级扩大钻进直径，直至达到设计桩径；

2 硬岩分级扩孔的级差应根据硬岩强度确定，其分级极差应控制在 20cm~50cm；

3 分级扩孔初始钻进直径应根据硬岩强度、旋挖钻机类型确定，并应控制在 1200mm~1600mm；分级扩孔时，应使用大扭矩、大功率旋挖钻机；

4 分级扩孔钻进应采用旋挖牙轮或截齿筒钻，宜选择长筒身钻头取芯钻进，有效控制钻孔垂直度；钻进时应定期进行捞渣，避免重复破碎。

5 当孔深超过 60m 或硬岩裂隙发育时，分级扩孔应采用上扶正和下扶正分级扩孔钻头，保证扩孔时钻孔垂直度满足要求。

5.8.2 硬岩小钻阵列取芯钻进应符合下列规定：

1 硬岩小钻阵列取芯钻进时，应采用同一种小直径筒钻，应按照阵列依次取芯、旋挖钻头捞渣，并应采用设计桩径筒钻整体一次性削平的钻进工艺；

2 小钻阵列取芯钻进直径可选择 1200mm~1600mm；

3 小钻阵列回次进尺应控制在 1.0m~1.2m，大断面整体钻头钻进进尺应控制在 1.0m；

4 小钻阵列钻进时钻筒长度应不小于 1.6m；

5 小钻阵列钻进时应合理优化选择钻孔的先后顺序，保证钻孔垂直度满足要求。

5.8.3 灌注桩扩底钻进应符合下列规定：

1 桩端持力层为全风化岩、强风化岩层灌注桩时，宜使用扩底钻进；

2 扩底用机械式钻具应在竖起力的作用下能自由收放；

3 每一规格的扩底钻具使用前，应进行张、收试验和检查，应确定钻头扩底时的最大行程、全张时的最大扩底直径、同一钻头不同扩底直径的扩底行程等参数；

4 扩底成孔时，应先轻压、慢转，并应适当控制泥浆泵量；当进入正常扩底时，可逐渐加大

转速、转压；

5 扩底成孔中，应根据钻机运转状况及时调整钻进参数；

6 扩底施工时，不宜无故提动钻具；在裂隙发育、不均质的风化岩中扩底施工时，施加压力应平稳进行，防止卡住钻机造成孔内事故；

7 扩底施工完成后，应保持钻头空转 3min~5min，待清孔完毕后方可收拢扩刀提升钻具；当出现提钻受阻时，不得强提、猛拉；

8 扩底完成后，应采用孔内超声波仪对扩底钻孔进行检测。

5.8.4 潜孔锤钻进应符合下列规定：

1 填石、孤石和硬岩钻进宜采用潜孔锤钻进；钻进直径采用单体潜孔锤时应不大于 1500mm，采用集束潜孔锤时应不大于 3000mm；

2 钻进时可采用土层旋挖全护筒护壁钻进、硬岩潜孔锤钻头凿岩钻进；

3 当钻孔全孔潜孔锤钻进时，应在套管底配制管靴，并应采用潜孔锤全套管跟管钻进工艺；

4 当全套管跟管钻进至岩面时，可采用单体潜孔锤凿岩钻进；

5 采用潜孔锤钻进时，应根据钻孔直径、凿岩深度等选择匹配的空压机，应保持足够的高风压将钻渣吹出孔外；

6 潜孔锤钻进时，应采用有效措施防止粉尘、浆渣和噪音污染环境。

5.8.5 全套管全回转钻进应符合下列规定：

1 松散填土、卵石、砾石、流砂、淤泥等强缩径地层，以及在桩位下方存有高承压水、溶洞、桩位下方存在废桩等复杂地层条件下，应采用全套管全回转钻进施工；在桩位中心紧临地下建（构）筑物周边，或对变形敏感的建（构）筑物的环境条件下，应采用全套管全回转钻进施工；

2 全套管全回转钻进时，应根据钻孔直径、孔深和地层选择适合的机型，以及配套的液压系统、套管、冲抓斗等设备机具进场施工；

3 全套管全回转在填土、淤泥、流砂层等易塌孔、缩径地层钻进时，套管内取土面应始终高于套管底口且深度不小于 2.5m；全套管全回转在漂、卵石层钻进时，应超前取土 300mm~400mm，遇较大漂石时宜采用冲击锤将其击碎后再抓出；

4 全套管全回转在旧桩下成孔时，宜采用全套管全回转钻机拔除旧桩并重新钻进施工新桩；

5 全套管全回转在溶洞段钻进时，套管应穿越溶洞；全套管全回转硬岩层成孔时，应采用超挖法进行套管跟进，或将套管底置于岩层面；

6 全套管全回转钻进过程中，宜采用与旋挖、潜孔锤、RCD 等组合钻进工法；

7 当钻进超深孔时，宜采用安放内、外套管变截面成孔，外套管直径应比内套管直径大 40cm，长度宜为内套管的一半；应先安放外套管，再下入内套管直至预定的位置；

8 全套管全回转钻机用于低净空环境桩基施工时，其净空高度应不小于 8.5m。当采用专门的低净空全套管全回转钻时时，其高度应不小于 4.5m。

5.9 清 孔

5.9.1 桩孔终孔后应及时进行一次清孔，清孔方式应根据桩径、孔深、成孔工艺及地层情况，选择正循环或反循环清孔工艺。钢筋笼和灌注导管安装完成后，应进行二次清孔。

5.9.2 正循环清孔应符合下列规定：

1 一次清孔可利用成孔钻具直接进行，清孔时应先将钻头提高孔底 200mm~300mm，输入泥浆循环清孔；输入的泥浆性能应符合本标准表 5.3.2 的规定；

2 二次清孔应利用灌注导管输入优质泥浆循环清孔。输入的泥浆性能应符合本标准表 5.3.2

的规定。

5.9.3 泵吸循环清孔应符合下列规定：

- 1 一次清孔时应将钻头提高孔底 500mm~800mm，输入泥浆循环清孔；输入的泥浆性能应符合本标准表 5.3.2 的规定；
- 2 二次清孔灌注导管底口距孔内沉渣面宜为 200mm~300mm，输入优质泥浆循环清孔；输入的泥浆性能应符合本标准表 5.3.2 的规定；
- 3 二次清孔时输入孔内的泥浆量不应小于砂石泵的排量，并应始终保持孔内液面高度满足孔壁稳定要求。

5.9.4 气举反循环清孔应符合下列规定：

- 1 排浆管底应下放至距沉渣面 30mm~40mm；气水混合器至液面距离宜为孔深的 0.55 倍~0.65 倍；
- 2 开始送气时应向孔内供浆，停止清孔时应先关气后断浆；
- 3 送气量应由小到大，气压应大于孔底水头压力；孔底沉渣较厚、块体较大或沉渣板结时，宜加大气量；
- 4 清孔时应始终维持孔内泥浆液面的稳定。

5.9.5 钻孔扩底灌注桩清孔宜采用三次清孔。直孔段成孔后宜第一次清孔，扩底完成后宜第二次清孔，灌注混凝土前宜第三次清孔。第一次、第二次清孔应采用扩底钻具清孔，第三次清孔应采用灌注导管清孔，清孔宜采用反循环作业。

5.9.6 全套管钻进终孔后，若桩孔为干孔，可采用冲抓斗将孔内余渣清除；若桩孔内有水，可采用抓斗冲抓或气举反循环方法。

5.9.7 全套管全回转钻进终孔后，应采用冲抓斗清除孔底渣土。二次清孔时，宜采用气反循环或套管内清渣斗反循环清孔。

5.9.8 灌注桩在灌注混凝土前，清孔后孔底沉渣厚度指标应符合下列规定：

- 1 对于端承型桩，不应大于 50mm；
- 2 对于摩擦型桩，不应大于 100mm；
- 3 对于抗拔、抗水平力桩，不应大于 200mm。

5.10 质量检验

5.10.1 灌注桩成孔应对孔位、孔径、持力层、孔深、垂直度、沉渣厚度等进行检验。

5.10.2 灌注桩成孔允许偏差应满足表 5.10.2 的规定。

表 5.10.2 灌注桩成孔施工的允许偏差

设计 桩径 (mm)	桩径 允许 偏差 (mm)	垂直度 允许偏差 (%)	桩位允许偏差 (mm)	
			1~3 根桩、条开桩基沿垂直轴线方 向和群桩基础中的边桩	条形桩基沿轴线方向和群桩基础的 中间桩
$d \leq 1000$	±50	1	$d/6$ 且不大于 100	$d/4$ 且不大于 150
$d > 1000$	±50		$100 + 0.01H$	$150 + 0.01H$

注：1 桩径允许偏差的负值是指个别断面；

2 H 为施工现场地面标高与桩顶设计标高的距离；

3 桩位偏差不应大于设计允许值；

4 d 为设计桩径。

5.10.3 灌注桩成孔过程中形成的各类原始施工记录、设计施工变更文件、隐蔽工程验收、签证等资料应及时整理归档。

6 灌注桩成桩

6.1 一般规定

- 6.1.1** 灌注桩灌注混凝土成桩前，应做好孔口安全防护，防止人员及工具器具坠入孔内。桩孔内应保持泥浆液面高度，防止桩孔垮塌及孔壁失稳脱落。
- 6.1.2** 混凝土灌注应保证初灌量和埋管深度，应准确记录灌注量并绘制灌注曲线，应控制桩顶超灌量。混凝土灌注施工应不间断一次完成，不应无故中断或停止灌注施工。如遇突发事件造成灌注作业中断，应及时启动应急预案，防止产生灌注质量事故。
- 6.1.3** 成桩混凝土的强度等级应符合设计要求，混凝土坍落度、初（终）凝时间及配比应满足施工要求，混凝土配制材料、水灰比、外掺剂等应符合现行国家有关标准的规定。

6.2 钢筋笼制安

6.2.1 钢筋笼材质与连接接头应符合下列规定：

- 1 钢筋材质、尺寸应符合设计要求，并应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 的有关规定；
- 2 钢筋笼除主筋接头宜采用焊接或机械式接头，并应符合现行行业标准《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。

6.2.2 钢筋笼制作应符合下列规定：

- 1 钢筋笼直径大于 1.5m 时，应沿轴线方向间隔 2m~4m 设置防止变形的笼内三角加强撑；三角加强撑可用与主筋规格相同的钢筋，焊接于钢筋笼内的加强筋上；
- 2 钢筋笼宜分段制作，宜采取孔口连接的方式接长；
- 3 钢筋笼主筋宜设置保护层隔件；保护层隔件宜采用混凝土保护块，不宜采用钢筋耳形筋；每组保护块隔件应对称设置，且每组不应少于 3 块，其竖向间距不宜大于 4m；
- 5 钢筋笼制作允许偏差应符合本标准表 6.5.1 的规定。

6.2.3 钢筋笼安装应符合下列规定：

- 1 钢筋笼顶端应设置 2 个~4 个起吊点；当钢筋笼直径大于 1200mm、长度大于 6m 时，应对起吊点采取加强加固措施，确保钢筋笼在起吊时不变形；
- 2 吊放钢筋笼入孔时应对准孔位，保持垂直，轻放、慢放入孔，应避免碰撞孔壁；若遇阻碍应停止下放，应查明原因并进行妥善处理，不得高提猛落和强行压入；
- 3 钢筋笼吊放入孔位置容许偏差应符合本标准表 6.5.1 的规定；
- 4 钢筋笼分节长度应按孔深、起吊高度选定；孔口连接时主筋位置应对正，并应从垂直两个方向校正钢筋笼垂直度，保持钢筋笼上下轴线一致；
- 5 钢筋笼全部下入孔后，当桩顶标高低于孔口时，钢筋笼上端可用悬挂定位器或 2 根~4 根吊筋延长至孔口并固定，防止钢筋笼因自重下落或灌注混凝土时上浮。

6.3 水下混凝土配制与灌注

6.3.1 水下混凝土配制应符合下列规定：

- 1 应具备良好的和易性，坍落度宜为 180mm~220mm；
- 2 混凝土配制及外掺剂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；

3 水下混凝土初凝时间应满足灌注工艺需要，且不宜小于 6h。

6.3.2 水下混凝土灌注导管构造和使用应符合下列规定：

1 灌注导管应平直且内壁光滑，导管壁厚不宜小于 3mm；

2 导管直径应根据桩径大小匹配选用，导管直径宜为 200mm~300mm，直径允许偏差不应超过±2mm；

3 导管的分节长度宜按灌注工艺要求确定，初灌导管的长度不宜小于 6m；

4 导管使用前应试拼装与试压，试水压力应为 0.6MPa~1.0MPa，持压时间不宜少于 15min，试压不合格的导管不得使用；

5 导管安装时应连接可靠、接头严密，连接部位宜涂抹黄油、加密封圈；导管吊入桩孔时位置应居孔中，并应防止刮擦钢筋笼和碰撞孔壁；

6 导管下入应设置有良好隔水性能的隔水塞或球胆，并应保证灌注后能顺利排出；

7 每次灌注提管、拆管后应对导管内外进行清洗，导管应放置于不易产生变形的地方或专用架。

6.3.3 灌注斗配制与初灌量应符合下列规定：

1 导管顶部应设置灌注斗，灌注斗可用 4mm~6mm 钢板制作，应不漏浆、不挂浆；

2 灌注斗容量应满足混凝土初灌的最小埋管要求，初灌埋管高度不宜少于 0.8m~1.0m。

6.3.4 水下混凝土灌注施工应符合下列规定：

1 灌注混凝土前应计算导管长度，导管底部至孔底的距离宜为 300mm~500mm；

2 水下混凝土灌注应在二次清孔结束后 30min 内进行；

3 灌注前应使用清水冲洗灌注斗，应保持内壁湿润及砼排放畅顺；

4 首批混凝土出料时，应作坍落度测定，并应检查混凝土配比；

5 初灌后应连续进行灌注，灌注时应有专人测量导管埋深及管内外混凝土灌注面的高差；控制导管埋入混凝土的深度应不小于 2m，且不宜大于 6m；

6 混凝土超灌高度宜控制在设计桩顶标高 0.8m~1.0m 以上；凿除浮浆后应保证暴露的桩顶混凝土强度达到设计等级要求；

7 灌注过程应填写水下混凝土灌注记录，并应绘制混凝土灌注曲线；

8 每根灌注桩混凝土试块数量按每灌注 50m³ 不应少于 1 组（每组 3 块）留取；砼灌注量小于 50m³ 时，应留取一组试块。

6.3.5 特殊条件下混凝土灌注应满足下列要求：

1 当桩孔上部分布较厚淤泥土层时，应放慢灌注速度，并应在完成混凝土灌注后保持孔口灌注导管的埋深，应观察混凝土面位置的变化；如出现混凝土面扩散标高下降时，应及时补灌；

2 在岩溶发育地段灌注混凝土时，应加密探测混凝土面上升情况，并应加大导管埋深，防止溶洞段混凝土漏失；

3 扩底灌注桩初灌时，应准确计算扩大端体积，满足扩大端混凝土初灌量需要，并确保初灌埋管深度要求；

4 采用全套管护壁的灌注桩，应根据实际情况加大桩顶超灌混凝土高度，防止套管拔出后桩顶混凝土面下降；

5 雨季灌注混凝土时，应在孔口搭设临时防雨棚并做好孔口防雨措施；

6 高温期间灌注混凝土时，应根据实际情况调整混凝土配合比，控制混凝土灌注温度不宜超过 35℃；

7 大体积混凝土灌注时，应编制专项混凝土灌注方案，优化混凝土配合比和控制入模温度。

6.3.6 灌注过程中出现故障时，应正确分析和判断发生故障的原因，制定相应的处理故障措施。常见灌注故障及处理措施可根据本标准附录 E 的规定确定。

6.4 灌注桩后注浆

6.4.1 后注浆应符合下列规定：

- 1 淤泥、淤泥质土、饱和黏性土、含流动地下水等地层应通过试验确定其施工可行性；
- 2 后注浆加强桩侧和桩端时，应在施工前根据后注浆设计编制专项施工方案；
- 3 后注浆宜采用预埋注浆钢管与高压胶管进行注浆；桩端宜采用压密式注浆或压裂式工艺，桩侧宜采用渗入式注浆或压裂式注浆工艺；
- 4 后注浆作业时，应做好过程质量监控，应真实完整记录泵量、泵压、水泥用量、压浆时间等注浆数据。后注浆作业应一次完成，不应无故中断。

6.4.2 后注浆装置的设置应符合下列规定：

- 1 后注浆导管宜选用钢管，钢管直径宜为 25mm~30mm，钢管壁厚宜为 2.5mm~3.0 mm；
- 2 后注浆导管间宜采用螺纹连接，且应与钢筋笼加劲筋绑扎固定，其长度应比通长配筋的钢筋笼长 50mm~80mm；
- 3 桩端后注浆导管及注浆阀设置数量应根据桩径大小配置；对于直径小于 1200mm 的桩，宜沿钢筋笼圆周对称设置 2 根；对于直径为 1200mm~2500mm 的桩，宜沿钢筋笼圆周对称设置 3 根；每根后注浆钢管上部均应安设注浆阀；
- 4 对于桩长超过 15m 且承载力增幅要求较高的桩，宜采用桩端桩侧复式注浆；桩侧后注浆管阀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，宜在离桩底 5m~15m、桩顶 8m 以下，每隔 6m~12m 设置一道桩侧注浆阀；当有粗粒土时，宜将注浆阀设置于粗粒土层下部；
- 5 对于非通长配筋桩，钢筋笼下部应有不少于 2 根~3 根与后注浆管等长的主筋通至桩端。

6.4.3 后注浆阀应满足下列要求：

- 1 注浆阀应能承受 1MPa 以上的静水压力；注浆阀外部保护层应能抵抗砂石等硬物质的刮撞且不致使注浆阀受损；
- 2 注浆阀应打开灵敏且逆止可靠。

6.4.4 后注浆施工工艺流程宜包含终孔并一次清孔、随同钢筋笼下放后注浆管、安放灌注导管、桩身灌注混凝土、清水压通注浆管、压注水泥浆液、卸除并清洗临时地面管路等环节。

6.4.5 后注浆管安设应符合下列规定：

- 1 使用前应检查注浆管是否有裂缝、破损等情况以及管内是否通畅等；
- 2 后注浆管入孔后应进行压水检验。

6.4.6 清水压通后注浆管应符合下列规定：

- 1 疏通注浆管宜在桩身混凝土灌注完成 8h~12h 后进行，开塞时宜采用注浆泵泵送清水；
- 2 清水压通作业时应观察压力表，注入水量应由小至大，泵压应由低至高；
- 3 清水压通至注浆管返出清水后，应停止压通作业，接通压浆管路，进行后注浆。

6.4.7 注浆浆液配比应符合下列规定：

- 1 浆液的水灰比应根据土的饱和度、渗透性确定；对于饱和土，水灰比宜为 0.45~0.55；对于非饱和土，水灰比宜为 0.7~0.9；对于松散碎石土、砂砾，水灰比宜为 0.5~0.55；低水灰比浆液宜掺入减水剂；
- 2 注浆浆液应按配合比计量搅拌，搅拌充分后应及时泵入，并保持连续不停顿注浆作业，

防止沉淀。

6.4.8 注浆终止压力、注浆泵流量、注浆量等参数应按下列条件确定：

1 注浆终止压力应根据桩周土层性质、注浆点深度确定；对于风化岩、非饱和粘性土及粉土地，注浆压力宜为 3.0MPa~10.0MPa；对于饱和土层，注浆压力宜为 1.2MPa~4.0MPa；

2 注浆流量不宜大于 75L/min；

3 单桩注浆量的设计应根据桩径、桩长、桩端与桩侧土层性质、单桩承载力增幅等因素确定，可按下列式估算；对独立单桩、桩距大于 6d 的群桩的注浆量宜按下述估算值 G_C 乘以 1.2 的系数：

$$G_C = \alpha_p d + \alpha_s n d \quad (6.4.8)$$

式中： α_p 、 α_s ——分别为桩端、桩侧注浆量经验系数， $\alpha_p=1.5\sim 1.8$ ， $\alpha_s=0.7\sim 1.1$ ；对于卵砾石层、中粗砂层、断层破碎带及裂隙空洞等取较高值；

n ——桩侧注浆断面数；

d ——桩设计直径（m）；

G_C ——注浆量，以水泥质量计（t）。

4 后注浆作业开始前，宜进行注浆试验，宜经优化最终确定注浆参数；

5 注浆应采取一次压注，连续作业。压注水泥浆应有原始注浆记录，并应准确记录注浆起讫时间、压力变化、注入浆量及终止注浆时的注浆压力等。

6.4.9 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均达到设计要求；

2 浆液注入缓慢但注浆总量超过设计预估值的 75%，且注浆压力超过设计值。

6.4.10 当注浆压力长时间低于正常值或周围桩孔串浆及地面冒浆时，应改为间歇注浆或调低浆液水灰比。若为间歇注浆，其间歇时间宜为 30min~60min。

6.4.11 后注浆施工过程中，应对后注浆的各项工艺参数进行检查，发现异常情况应采取相应处理措施。当注浆量达不到设计值时，应及时查明原因，并应根据具体工况采取相应措施。

6.5 质量检验

6.5.1 混凝土灌注成桩前应进行隐蔽工程检验。隐蔽工程检验应包括下列内容：

1 混凝土配合比、坍落度、外掺剂等检验；

2 钢筋规格、焊条规格、品种、焊缝质量、主筋和箍筋的制作偏差等检验；

3 钢筋笼制作与吊放允许偏差应符合表 6.5.1 的规定。

表 6.5.1 钢筋笼制作与吊放允许偏差

项目	允许偏差(mm)
主筋间距	±10
箍筋间距	±20
钢筋笼直径	±10
钢筋笼长度	±100
钢筋笼中心与桩孔中心	±10
钢筋笼定位标高	±50

6.5.2 灌注桩成桩质量检验应包括下列内容：

- 1 桩位、桩长、桩径、垂直度等尺寸检验；
 - 2 孔底沉渣和持力层检验；
 - 3 桩身混凝土质量和完整性检验；
 - 4 单桩承载力检验。
- 6.5.3** 后注浆桩基工程质量和验收应满足下列要求：
- 1 后注浆施工完成后，应提供水泥材质检验报告、压力表检定证书、试注浆记录、设计工艺参数、后注浆作业记录、特殊情况处理记录等资料；
 - 2 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 20d 后进行。

7 人工挖孔灌注桩

7.1 一般规定

7.1.1 人工挖孔桩施工前应掌握场地岩土工程勘察报告提供的岩土信息，应分析场地地下水条件对挖孔施工的影响，并应根据工程桩（柱）位布置施工超前钻，查明地层变化和桩端持力层等情况。

7.1.2 挖孔开挖面以下，有下列情况之一者，应谨慎采用人工挖孔桩：

- 1 地基土中分布有厚度超过 2m 的流塑状泥或厚度超过 4m 的软塑状土；
- 2 地下水位以下有层厚超过 2m 的松散、稍密的砂层或层厚超过 3m 的中密、密实砂层；
- 3 溶岩地区；
- 4 有涌水的地质断裂带；
- 5 地下水丰富，采取措施后仍无法避免边抽水边作业；
- 6 高压缩性人工杂填土厚度超过 5m；
- 7 工作面 3m 以下土层中有腐植质有机物、煤层等可能存在有毒气体的土层；
- 8 孔深超过 25m 或桩径小于 1.2m；
- 9 未设置可靠的安全措施，可能对周围建（构）筑物、道路、管线等造成危害。

7.1.3 人工挖孔桩施工应评估施工降水对周围地上和地下建（构）筑物、道路、管线等可能造成的危害，并应采取相应的监测和防护措施；对于可能造成的危害，应制定应急预案。对邻近有变形敏感的地铁、地下管廊、地下交通枢纽等地下建筑物，以及地上敏感建（构）筑物，不应进行人工挖孔桩施工。

7.2 施工安全措施

7.2.1 人工挖孔桩施工应编制安全专项方案，并应经专家评审通过后方可实施。桩孔内石方需实施爆破施工时，应编制专项方案并经专家评审和相关管理部门审查通过后方可实施。

7.2.2 挖孔施工时孔内应设置应急软爬梯供人员上下，不得使用麻绳和尼龙绳吊挂或脚踏井壁凸缘上下。使用的电葫芦、吊笼等应安全可靠，并应配有自动卡紧保险装置，使用前应检查其安全起吊能力和吊绳、吊笼的安全性。电葫芦宜选用按钮式开关。

7.2.3 施工现场应配备毒气检测仪，每日开工前应检测井下的有毒、有害气体，并应有足够的安全防范措施。当桩孔开挖深度超过 3m 时，应有专门向井下送风的设备，风量不宜少于 25 l/s。

7.2.4 孔口四周应设置刚性护栏，护栏高度不应小于 1.2m。

7.2.5 挖出的土石方应及时运离孔口，不应堆放在孔口周边 1m 范围内。机动车辆的通行不应应对井壁的安全造成影响。

7.2.6 施工现场的一切电源、电路的安装和拆除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，并应编制临时用电专项方案。桩孔内施工照明应使用 12V 低压电源。

7.2.7 开工前，应对各工序的现场施工人员进行安全培训、安全交底与安全考核，并应留存相关记录。

7.3 成孔与护壁施工

7.3.1 开孔前应对桩位进行准确定位放点，并应在桩位外侧设置定位基准桩。安装护壁模板应按

桩中心点校正模板位置。扩大头施工应配备 300mm~500mm 高度的护壁钢模板。

7.3.2 在挖孔桩施工前宜进行工艺性试挖，并应验证地质资料检验挖孔桩施工安全措施适应性。

7.3.3 当桩净距小于 $2d$ 桩径且小于 2.5m 时，应采用间隔开挖。相邻排桩跳挖的最小施工净距不得小于 4.5m。挖孔过程中，应定期检查桩身净空尺寸和平面位置。

7.3.4 桩孔混凝土护壁的厚度不应小于 150mm，每节高度不得大于 1.0m。混凝土强度等级不宜低于 C30，并应振捣密实。护壁应配置直径不小于 8mm 的构造钢筋，竖向筋应上下搭接或拉接。

7.3.5 采用混凝土护壁时，对于松软土层每天掘进深度不得大于一节；对坚硬土层或风化岩层可连续掘进，但进行下一节掘进时，上一节护壁应达到终凝且不得拆除模板。

7.3.6 第一节井圈护壁应符合下列规定：

- 1 井圈中心线与设计轴线的偏差不应大于 20mm；
- 2 井圈顶面应比场地高出 200mm，壁厚应比下层井壁厚度增加 100mm~150mm。

7.3.7 浇筑井圈护壁应符合下列规定：

- 1 护壁的厚度、拉接钢筋、配筋、混凝土强度等级应符合设计要求；
- 2 上下节护壁的搭接长度不应小于 50mm，同一水平面上的井圈任意直径的偏差不应大于 50mm；
- 3 每节护壁均应在当日连续施工完毕；
- 4 护壁模板的拆除应在灌注混凝土 24h 之后；
- 5 发现护壁有蜂窝、漏水现象时，应及时补强；
- 6 护壁混凝土不应采用现场人工拌合；每节护壁完成均应进行中间验收。

7.3.8 当遇有局部或厚度不大于 1.5m 的流塑性淤泥及淤泥质土，或可能出现涌土涌砂时，护壁施工可按下列方法处理：

- 1 将每节护壁的高度减小到 300mm~500mm，并随挖、随验、随浇筑混凝土；
- 2 采用钢护筒或有效的降水、止水措施等。

7.3.9 桩孔开挖达到设计标高或桩端持力层终孔时，应清除护壁上的淤泥和孔底残渣、积水，再进行隐蔽工程验收，并应留存验孔记录和孔底照片。

7.3.10 桩孔允许偏差应符合表 7.3.10 的规定，底部扩大段尺寸形态应符合设计要求。

表 7.3.10 人工挖孔桩的平面位置和垂直度的允许偏差

成孔方法		桩径允许偏差(mm)	垂直度允许偏差(%)	桩位允许偏差(mm)	
				1~3 根、单排桩基垂直于中心线方向和群桩基础的边桩	条形桩基沿中心线方向和群桩基础的中间桩
人工挖孔桩	混凝土护壁	±50	≤0.5	≤50	≤150
	钢套管护壁	±50	≤1	≤100	≤200

注：桩径允许偏差的负值指个别断面。

7.4 成桩施工

7.4.1 钢筋笼制作与安装根据现场施工条件，可在地面加工场制作、孔口吊装钢筋笼，或采用在桩孔内绑扎制安。

7.4.2 钢筋笼主筋位置应用钢筋定位支架控制等分距离。主筋连接方式应采用冷挤压或机械式

连接，加劲箍宜设为主筋外侧。

7.4.3 钢筋笼制作与安装经检验合格后，应采用工艺筋（吊筋、抗浮筋）固定，避免钢筋笼下沉或上浮。

7.4.4 钢筋保护层的厚度无混凝土护壁时应为 70mm，有混凝土护壁时应为 35mm。保护层垫块宜采用水泥砂浆块制作，垫块宜每 1.5m~2.0m 设一组，每组 3 个宜均匀布置，每组之间宜呈梅花形布置。保护层的允许偏差应为 $\pm 10\text{mm}$ 。当无混凝土护壁时，不得使用粘土砖或短钢筋头代替。

7.4.5 灌注混凝土前，应对桩孔孔壁和孔底进行清理，孔底应无浮渣，孔壁应无挂土。孔底沉渣厚度应符合设计要求。

7.4.6 桩孔内有地下水而渗水量不大时，应将孔内积水抽排，并应采用串筒法浇灌混凝土。串筒底口离孔底高度不宜大于 2m，浇灌混凝土时宜采用插入式振捣器振捣密实。当孔内涌水量超过 1.0l/s 时，应采用导管法进行水下灌注混凝土。

7.4.7 混凝土应具有较好的流动性和粘聚性，混凝土坍落度宜为 50mm~80mm。每浇灌 1.5m~2.0m 为一层，即应及时振捣密实，保持浇灌与振捣的连续性。混凝土出现离析时不得浇灌入孔。

7.4.8 桩顶混凝土的浇灌标高应控制，浇灌标高宜高于设计标高 100mm~300mm。桩顶凿除浮浆层后，桩头宜满足进入承台内 50mm~100mm 的要求。

7.4.9 混凝土的养护应根据气温变化采取相应措施。

7.4.10 对于直径超过 3.0m 的大体积混凝土浇灌，应制订专门混凝土浇灌施工方案，并应采取降温措施。

7.5 质量检验

7.5.1 人工挖孔桩的直径、长度、垂直度、桩端持力层深度与岩性等，应在挖孔施工中按设计要求进行中间验收。

7.5.2 桩身混凝土应留取试块，每 50m³ 混凝土及每个浇灌台班不应少于 1 组；少于 50m³ 时应留取 1 组试块。

7.5.3 成桩质量检验应符合现行深圳市地方标准《深圳市建筑基桩检测规程》SJG 09 的有关规定。

8 长螺旋钻孔压灌桩

8.1 一般规定

8.1.1 对于长螺旋钻孔压灌桩，当需要穿越厚层砂土、碎石土、水位以下的新近代沉积土以及塑性指数大于 25 的高塑性黏土时，应通过试验确定其适用性。

8.1.2 长螺旋钻孔压灌桩成桩直径不宜大于 1200mm，成桩深度不宜大于 40m，且桩的任一断面直径不应小于设计直径。充盈系数宜为 1.0~1.2。桩顶混凝土超灌高度不应小于 300mm。

8.1.3 施工前应进行场地平整，场地地基承载力应满足机械设备安装、施工与行走要求，场地高差不宜大于 200mm。长螺旋钻机行走道路坡度不宜大于 15°。

8.1.4 工程桩施工前应在现场选择有代表性地层进行成桩工艺试验，确定钻进速度、提升速度、混凝土坍落度、泵送量、钢筋笼沉放等工艺参数，试桩数量不宜少于 3 根。

8.1.5 施工中各工序应连续进行，缩短间隔时间。如间隔时间超过混凝土初凝时间，应将混凝土输送泵及管内混凝土清除。成桩完成后，应及时清除钻杆及输送管内残留混凝土。长时间停置时，应用清水清洗钻杆、混凝土输送管、输送泵。

8.2 施工设备机具与材料

8.2.1 长螺旋钻孔压灌桩主要施工设备机具性能应符合下列规定：

1 长螺旋钻机参数与能力应满足场地地质条件、设计桩径和成孔深度的需要，动力头输出扭矩应满足钻进成孔和压灌混凝土需要；

2 步履机械应行走平稳、安装稳固，机架应收立到位、无卡顿，机架立起垂直度偏差不应大于 0.5%；

3 钢筋笼置入振动锤及导入管应满足钢筋笼置入定位和混凝土压灌需要。

8.2.2 主要施工材料应符合下列规定：

1 混凝土宜采用和易性较好的预拌混凝土，初凝时间不应少于 6 小时；当气温高于 30℃ 时，应对混凝土采取掺加外加剂等缓凝措施；

2 压灌混凝土坍落度宜为 190mm~220mm；若钢筋笼插入困难，混凝土坍落度可提高至 220mm~240mm；

3 粗骨料可采用卵石或碎石，粒径不宜大于 25mm，且不应大于主筋最小净距的 1/3。细骨料应选用中粗砂，砂率宜为 40%~50%。

8.3 成孔施工

8.3.1 长螺旋钻机及相应的振动锤型号应根据桩型、钻孔深度、桩径、土层情况、地下水条件、施工环境及成桩效率等因素，结合本标准附录 F 的规定选用。主要设备机具性能参数应合格完好，不得使用不合格设备和机具。

8.3.2 设备组装应设置隔离区，应配备专人指挥，并应严格按程序安装。钻机定位后，应保持钻机平稳、机架垂直，钻杆应连接牢固。

8.3.3 压灌桩施工工艺流程宜为平整场地、桩位放样、钻机就位调平、钻至设计深度、边提钻边由钻杆中心管向孔内泵送混凝土至设定标高、提出钻具、振动锤置入钢筋笼、桩顶保护，并应根据地质条件及桩长、桩距等因素确定施工跳打顺序。

8.3.4 开孔前应进行桩位复检，钻头与桩位点偏差不得大于±20mm。

8.3.5 开孔时应先关闭钻头底部阀门，并应将钻杆、钻头内的土块、残留的混凝土等清理干净。正常钻进速度应根据地层情况按成桩工艺试验确定的参数进行，可控制在 1.0m/min~1.5m/min。

8.3.6 长螺旋钻进成孔操作应符合下列规定：

1 钻进过程中，钻压、转速和钻进速度应根据地质变化与动力头工作电流显示值进行合理调整；当电流值大于额定电流时应进行空钻，待电流值降到正常范围后方可继续钻进；

2 钻进过程中，如需提升钻杆或反转，应将钻头提至孔口，并应对钻头底部阀门重新清洗、调试、密封；

3 当遇到卡钻、钻机摇晃、偏斜或发生异常声响时，应立即停钻并查明原因，消除异常后方可继续钻进；

4 在地下水位以下的砂土层中钻进时，钻头底部阀门应采用防止进水密封垫等措施；

5 对桩间距小于 3.5d 的饱和粉细砂及软弱土地层，宜采取隔桩跳打施工。

8.3.7 钻至设计桩底标高后，转头应在原位旋转 2min~3min 后方可进行终孔验收。

8.4 成桩施工

8.4.1 混凝土输送泵的型号应根据现场试桩参数确定。混凝土泵输送量可根据成桩直径和钻具提升速度按下式估算：

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{K_1}{K_2} \cdot V \cdot 60 \quad (8.4.1)$$

式中：Q——混凝土泵输送量（m³/h）；

D——桩身直径（m）；

K₁——桩身混凝土充盈系数，取 1.0~1.2；

K₂——混凝土泵送量折减系数，取 0.5~0.6；

V——提钻速度，取 1.5m/min~2.5m/min。

8.4.2 对于连接混凝土输送泵与钻机的钢管和高强柔性管，其内径不宜小于 150mm。混凝土输送泵管布置宜保持水平，宜减少弯道，泵管下面应垫实。混凝土泵与钻机的距离不宜超过 60m。

8.4.3 首次泵送前或停工时间过长时，应先开机采用砂浆润管。混凝土开始压灌时，宜先提升钻头 200mm~300mm 后开始泵送混凝土，宜停顿 10s~20s 并确认钻头底部阀门打开后方可提钻。混凝土压灌的泵送压力宜为 6MPa~10MPa，钻头提升速度不宜大于 2.5m/min。混凝土压灌应一次连续完成，不应停泵待料，应边压灌边提钻。

8.4.4 压灌过程应保持料斗内混凝土的高度不低于 400mm，钻头底部阀门出口埋入孔内混凝土面以下的深度不应小于 1m。

8.4.5 压灌作业中应定期检查泵送压力、弯头和钻杆状态。当气温高于 30℃时，每隔一段时间应洒水降温，宜在输送泵管上覆盖隔热材料。

8.4.6 混凝土压灌结束后，应立即采用专用振动插筋器将钢筋笼插入至设计深度。钢筋笼宜采用较大直径钢筋制作，宜减少主筋根数并满足振插需要，笼底至桩底的距离宜大于 1.5m；钢筋笼保护层应采用混凝土垫块，每笼不应少于 3 组，每组不应少于 4 块。空桩段较长时应在笼顶焊接不少于 2 根钢筋作为吊耳控制笼顶标高。

8.4.7 振动装置应用钢管在地面水平穿入钢筋笼内至笼底，应与振动装置可靠连接。钢筋笼顶部与振动装置连接点应不少于 3 点，吊装安放应对准孔位，并应保证钢筋笼垂直、居中。

8.4.8 插入钢筋笼时，宜先依靠钢筋笼与震动锤的自重缓慢插入。当依靠自重不能继续插入时，应开启振动装置下沉钢筋笼，下沉速度宜控制在 1.2m/min~1.5m/min。钢筋笼宜整节安放，当采用分段安放时，接头可采用焊接或机械连接。

8.4.9 插笼过程中应对钢筋笼进行垂直度监测。当垂直度超差时应及时通知操作手及下笼作业人员停机，应纠正钢筋笼垂直超差，并应扶正钢筋笼重新插入混凝土内。

8.4.10 钢筋笼下插至设计位置后应关闭振动锤电源，应用长螺旋钻机提升钢管和振动锤，提升过程中应每 3m 开启振动锤一次，确保混凝土的密实性。

8.5 质量检验

8.5.1 桩间土挖除及凿桩头等后续工作宜在成桩 3d 后进行。从成桩至桩检测的间歇时间应符合下列规定：

- 1 对于砂类土，间歇时间不应少于 10d；
- 2 对于黏性土，间歇时间不应少于 15d；
- 3 对于淤泥质土，间歇时间不应少于 25d。

8.5.2 压灌桩施工隐蔽工程检验应符合下列规定：

1 直径大于 1m 的桩或单桩混凝土量大于 25m³ 的桩，每根桩应留取不少于 1 组混凝土试块；直径小于 1m 的桩或单桩混凝土量不超过 25m³ 的桩，每个压灌台班应留取 1 组混凝土试块；单柱单桩或每一承台的群桩，应留取不少于 2 组混凝土试块；

- 2 压灌桩施工隐蔽工程检验应检查钢筋笼振插偏差。

8.5.3 桩头开挖时应检查桩数、桩位偏差及桩头外观质量。

8.5.4 成桩检测要求及检测数量应符合现行深圳市地方标准《深圳市建筑基桩检测规程》SJG 09 的有关规定。

9 承台施工

9.1 一般规定

9.1.1 承台开挖与承台施工前，应对施工场地环境进行调查，并应评估场地环境条件对施工的影响，以及承台开挖施工对周边环境或基坑支护安全的影响。

9.1.2 对于开挖深度超过 3m 的承台，或深度小于等于 3m 的临边型承台，或承台底存在承压水或承台底地层为深厚淤泥时，应出具正式的支护施工图。支护方式应根据地层条件、开挖深度、基桩类型，结合现场条件、周边环境、工期、气候和地面载荷等合理选择，应制定专项施工方案，并应在施工前向施工作业人员进行施工与安全交底。

9.1.3 承台基槽开挖前应作好坑内排水，抽排出的积水应经过滤或沉淀达标后排放。

9.2 承台开挖与桩头处理

9.2.1 承台开挖宜采用人工配合机械开挖。机械开挖至接近承台底设计标高时，应预留 300mm 的厚度采用人工开挖，避免扰动承台底部以下的土层。机械挖土作业时不得碰撞损坏承台下的桩基。承台基槽放坡开挖坡度可按表 9.2.1 的规定采用。

表 9.2.1 承台基槽放坡开挖坡度

槽壁土层	槽壁坡度		
	基槽顶部四周无载荷	基槽顶部四周有静载荷	基槽顶部四周有动载
砂性土	1:1.2	1:1.3	1:1.5
碎石类土	1:0.75	1:1	1:1.25
黏性土、粉土	1:0.33	1:0.5	1:0.75
极软岩、软岩	1:0.25	1:0.33	1:0.67
较软岩	1:0.1	1:0.2	1:0.25
极硬岩、硬岩	1:0	1:0	1:0

注：1 基槽开挖通过不同的土层时，边坡可分层选定，并酌留平台；

2 岩土层起伏较大时，基槽开挖应防止土层滑塌；

3 距离既有建筑物较近开挖基槽时，且可能会对既有建筑物地基基础安全带来影响时，应根据基槽开挖平面及深度，进行必要的支护。

9.2.2 在流塑或软塑状淤泥及淤泥质土等饱和黏性土地层进行承台基槽开挖时，基槽内土面开挖高度应保持平衡，高差不宜超过 0.5m。进行换填施工时，应按设计要求对换填层整平、压（夯）实。

9.2.3 独立桩基承台基槽开挖的施工顺序宜先深后浅。承台埋置较深时，应对临近建筑物及市政设施采取有效的保护措施，并应在施工期间进行监测。

9.2.4 对于工程桩采用管桩的承台，基槽开挖施工应避免对管桩的挤推作用，不得挖土机械碰及桩身或桩头。

9.2.5 桩头凿除处理后应进行隐蔽工程验收。承台基槽开挖至设计基底高程并经检验合格后，应按设计要求浇筑基础垫层混凝土，垫层混凝土顶面高程不得高于承台底设计高程。

9.3 承台施工

9.3.1 承台基础侧模应按照承台施工方案组织施工。基础侧模与基槽之间回填土应夯填密实，其密实度应满足设计要求。承台基础侧模系统应满足基槽支护及承台混凝土结构施工需要，其整体稳定性、整体刚度与受力性能应符合国家现行有关标准的规定。

9.3.2 承台钢筋进场检验及加工制作与安装应符合下列规定：

1 钢筋的质量、品种、级别或规格、焊条、焊剂牌号等材料性能应满足设计要求和符合国家现行有关标准的规定；加工尺寸、接头形式及机械性能、制作偏差应满足设计要求和符合国家现行有关标准的规定；

2 钢筋绑扎前，应对基槽进行清扫，并应对桩头清洗；桩基钢筋嵌入承台部分应按设计要求做成喇叭型；

3 采用桩顶主筋伸入承台连结时，承台底层钢筋网在越过桩顶处不得截断。采用桩顶部直接埋入承台连结且承台底层钢筋网碰及基桩时，宜调整钢筋间距或在基桩两侧改用束筋越过；确需截断时，宜在截断处增设附加等强度钢筋连续绕过；

4 钢筋绑扎应在垫层混凝土达到设计强度 75%后进行。承台钢筋的规格、形状、尺寸、数量、间距、锚固长度、接头设置、保护层厚度等均应符合设计要求和国家现行施工有关标准的规定。绑扎钢筋的缺扣、松扣数量不应超过绑扣总数的 10%且不应集中；弯钩的朝向应正确，绑扎接头应符合国家现行施工有关标准的规定，搭接长度均不应小于规定值；

5 钢筋主筋与模板间，应用与承台混凝土同标号的混凝土垫块支垫。垫块应提前预制，垫块间距应按照国家现行有关标准的规定设置，垫块应互相交错、分散布置；

6 在绑扎承台顶网钢筋时，应同时安装预埋件，并应注意综合接地钢筋的设置，应按设计要求进行预埋及红油漆标识。预埋钢筋的绑扎应在模型立设完毕后进行，并应根据模型上口尺寸控制其准确性；

7 坑中坑承台底层钢筋绑扎后，上层钢筋绑扎前，应按照专项方案要求，制作安装大型承台钢筋承重型钢（或钢筋）支架，应安装稳固相互连成一体；

8 浇筑混凝土之前，应进行钢筋隐蔽工程验收。

9.3.3 承台混凝土应符合下列规定：

1 混凝土浇筑应采用商品混凝土。混凝土所用的水泥、水、骨料、外掺剂等材料的质量、检验项目、批量和检验方法，应符合国家现行有关标准的规定。混凝土应具有良好的和易性、流动性，应拌和均匀，并应无离析和沁水现象；

2 混凝土浇筑前，应对支架、模板、钢筋和预埋件进行检查验收，应将桩头及模板内杂物彻底清理干净，并应保证桩头处施工缝的处理符合国家现行有关施工标准的规定。混凝土浇筑期间应设专人随时检查模板、钢筋及预埋件的稳固情况；

3 混凝土浇筑应采用分层浇筑方式振捣密实；应避免振动棒碰撞钢筋、模板及预埋件等。当发现有钢筋、模板或预埋件有松动、变形、移位时，应在混凝土浇筑前及时处理；

4 普通承台混凝土应一次浇注完成，混凝土入槽宜采用平铺法；

5 大体积混凝土施工应按照编制审批的大体积混凝土专项施工方案及现行国家标准《大体积混凝土施工标准》GB 50496 的有关规定组织施工；应根据大体积混凝土热工计算，针对性完善温度应力控制措施，防止出现温度应力引起的裂缝，确保混凝土施工质量；

6 混凝土浇筑完毕后，应对混凝土面及时进行修整、收浆抹平，待定浆后混凝土稍有硬度，应进行二次抹面；应对柱接头处进行拉毛，露出混凝土中大颗粒石子，保证柱与承台混凝土连接良好；

7 混凝土浇筑完毕后，应及时进行养护。对采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥拌制的混凝土，混凝土浇水养护的时间不应少于 7d；对掺用缓凝型外掺剂或有抗渗要求的混凝土，不应少于 14d。

9.3.4 模板及其支架拆除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。模板及其支架拆除的时间、顺序及安全措施应按模板施工方案执行。

9.3.5 承台施工应具备下列质量文件：

- 1 水泥的出厂证明与进场检验证明。商品混凝土应有出厂合格证；
- 2 钢筋的出厂证明或合格证与进场检验证明；
- 3 承台基槽开挖检验与验收记录；
- 4 桩头开挖检验与承台连接隐蔽工程验收记录；
- 5 钢筋工程隐蔽验收记录；
- 6 模板标高、尺寸的预检记录；
- 7 钢筋焊接接头拉伸试验报告；
- 8 混凝土配合比通知单；
- 9 混凝土试块 28d 标养抗压强度试验报告。

9.4 质量检验

9.4.1 承台工程质量检验除应提供本标准第 9.3.5 条规定的质量文件外，尚应包括下列文件和记录资料：

- 1 承台定位测量放线图，包括基坑挖至设计标高的基桩竣工平面图及桩顶标高图；
- 2 钢筋接头试验报告；
- 3 混凝土工程施工记录；
- 4 承台钢筋、混凝土的施工与检查记录；
- 5 桩头与承台的锚筋、边桩离承台边缘距离、承台钢筋保护层记录；
- 6 桩头与承台防水构造及施工记录；
- 7 承台厚度、长度和宽度的量测记录及外观情况描述等；
- 8 重大质量问题的处理方案和验收记录。

9.4.2 承台钢筋制作的允许偏差应符合表 9.4.2 的规定。

表 9.4.2 钢筋安装位置的允许偏差和检验方法

项 目		允许偏差(mm)	检验方法
绑扎钢筋网	长、宽	±10	钢尺检查
	网眼尺寸	±20	钢尺量连续三档，取最大值
绑扎钢筋骨架	长	±10	钢尺检查
	宽、高	±5	钢尺检查
受力钢筋	间距	±10	钢尺量两端中间，各一点取最大值
	排距	±5	
	保护层厚度	基础	±10
绑扎箍筋、横向钢筋间距		±20	钢尺量连续三档，取最大值
钢筋弯起点位置		20	钢尺检查

续表 9.4.2

项 目		允许偏差(mm)	检验方法
预埋件	中心线位置	5	钢尺检查
	水平高差	+3, 0	钢尺和塞尺检查

注：检查预埋件中心线位置时，应沿纵、横两个方向量测，并取其中的较大值。

9.4.3 承台施工允许偏差应符合表 9.4.3 的规定。

表 9.4.3 承台各部位允许偏差

序 号	项 目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	尺寸	±30mm	用尺量：长、宽、高各 2 点
2	顶面高程	±20mm	水准仪：检查 5 处
3	轴线偏位	15mm	全站仪：纵横各测量 2 点
4	前、后、左、右边缘 距设计中心线尺寸	±30mm	测量检查不少于 2 处
5	混凝土强度 (Mpa)	在合格标准内	按附录 D 检查
6	相邻模板错台	2	尺量检查不少于 5 处
7	混凝土外观	平整光滑，不得有蜂窝、麻面和露筋	—

9.4.4 承台工程验收除应符合本节规定外，尚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。

10 检验与验收

10.1 一般规定

10.1.1 桩基工程质量验收应在施工单位自检合格的基础上，经监理单位复核后，由工程质量验收责任方组织，工程建设相关单位应参加。验收过程中，应对检验批、分项、分部（子分部）及其隐蔽工程的质量进行抽样检验，应对技术文件进行审核，并应根据设计文件和相关标准以书面形式对工程质量是否达到合格作出确定。

10.1.2 桩基工程应坚持先验收后隐蔽的原则。施工过程中应进行隐蔽验收或检验批验收，桩基竣工在进行承台混凝土浇筑前应进行竣工验收。

10.1.3 桩基施工质量验收除应符合本标准规定外，尚应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的有关规定。

10.1.4 承台施工质量验收除应符合本标准规定外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

10.2 验收准备

10.2.1 桩基施工完成后，土方开挖前应编制土方开挖方案，并应选择合适的开挖方法和机械设备。开挖时应采取必要措施防止机械碾压、碰撞桩身。机械开挖时监理单位应进行旁站监理，应对机械碰撞情况进行记录，并应在确定低应变检测桩位时作为选桩参考。

10.2.2 截除桩顶标高以上多余混凝土前，应测量桩顶设计标高，并应沿桩周标记桩顶标高线。截桩时应保证桩顶标高，保持桩顶平整；应保持桩头锚筋的顺直，不得将锚筋弯成麻花状或来回大角度弯折；不得破坏桩嵌入承台部分主筋的混凝土保护层。预应力管桩截除多余桩顶部分时，应采用机械切割方法。

10.2.3 桩头应按设计要求进行防水处理。当无设计要求时，可采用渗透结晶水泥浆涂抹的方法进行桩头防水处理。

10.2.4 截除桩顶标高以上多余混凝土后，施工和监理单位应对桩头质量进行全面检查。检查项目应包括桩位偏差、桩顶标高、桩头混凝土质量、桩头钢筋保护层、桩头钢筋质量等。对存在质量问题或未达到设计文件和验收规范要求的部分，应提供设计单位进行复核，经复核达不到设计要求时应进行变更处理。对桩头混凝土质量、桩头钢筋保护层、桩头钢筋质量等存在质量问题需要处理时，应编制处理修补方案，应经批准后方可实施。

10.3 桩基检验

10.3.1 桩基质量检验采用分段检验和验收时，应对每个划定的区段确定检验方法和数量，每个验收区段中各检验方法的最少检验数量应满足国家现行有关标准的规定。

10.3.2 桩基检验前各相关责任单位应共同确定受检桩桩号。受检桩应选取对施工质量有疑问、重要部位、地质情况复杂、持力层偏软弱、桩长偏短的桩。

10.3.3 桩基检验应按要求提供现场检验条件，相关单位应在桩基检验中相互配合。当确因现场条件无法满足桩基检验要求时，应由检测单位提出无法检验说明，并应编制替代方案，应经专家论证后确定并作为桩基验收依据。桩基检验方法应符合下列规定：

- 1 检验方法的起始时间应符合现行深圳市地方标准《深圳市建筑基桩检测规程》SJG 09 的

有关规定；

2 静载检验应具备足够的堆载空间和安全的荷载运输条件；当需要在基坑内进行静载检验时，应在基坑开挖和工程桩施工前确定检验方法；

3 低应变和高应变检测应在桩头处理至设计桩顶标高处进行。

10.3.4 工程桩检测宜先进行完整性检测，后进行承载力检测。检测方案宜包括工程概况、地基条件、桩基设计要求、施工工艺、检测方法和数量、受检桩选取原则、检测进度以及所需检测装备与人工配合等。

10.3.5 当桩基检验出现不合格项目后，应按下列程序进行处理：

1 应通过分析产生桩基不合格质量问题的设计、勘察地质、施工等原因，确定不合格桩基分布范围；

2 应按国家现行有关标准的规定进行扩大检验，并应根据排查、评估和处理问题的需要，增加检验项目和数量；

3 应根据原因分析和检验结果，对不合格的桩以及检验代表的整个分项或分段验收批的桩进行排查和评估；

4 当评估结果达不到设计和有关验收规范要求时，应提交设计单位进行复核；需要加固补强处理时，应由设计单位提出加固补强方案，并应经专家专门论证同意后实施；

5 桩基加固补强完成后，应根据实际情况进行加固补强效果检验，检验合格后施工和监理单位应提交质量问题专题报告，并应汇集相关材料提交桩基工程验收。

10.4 桩基与承台验收

10.4.1 桩基子分部工程可由若干桩基分项工程组成，承台基础子分部工程可由若干基础承台工程组成，并宜符合下列规定：

1 子分部工程划分可按单位工程范围内相应的分部进行划分；当不是同一栋建筑，但承台地板相连，且施工单位、设计单位及地质条件都相同、桩施工过程连续时，可作为同一个子分部工程进行竣工验收；

2 分项工程宜按人工挖孔灌注桩基础、钻孔灌注桩基础、冲孔灌注桩基础、旋挖灌注桩基础、机械扩底灌注桩基础、长螺旋灌注桩基础、锤击预应力管桩基础、静压预应力管桩基础、全套管灌注桩基础、桩基承台基础等项目进行划分；

3 每个分项工程应由不少于 2 种检验批项目组成，每种检验批项目可根据桩基施工时间、工序、工程量划分成若干个检验批，并宜符合下列规定：

1) 混凝土灌注桩宜按每根桩一个检验批划分，钢筋笼检验批每批钢筋笼数量不宜大于 10 个；

2) 预应力管桩宜按每桩架每台班的施工根数进行划分，管桩的外观检验批可结合管桩进场检查进行，每个检验批的管桩根数不宜大于 30 根；

3) 承台检验批宜按照承台施工进度分段进行划分。

10.4.2 桩基检验批工程质量验收合格应符合下列条件：

1 检验批主控项目和一般项目的质量应经抽样检验合格；

2 检验批施工质量控制资料应齐全，各项技术指标应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。

10.4.3 桩基分项工程质量验收合格应符合下列条件：

1 分项工程所属的各个检验批工程质量应经验收合格，且检验批质量验收表及附件资料应

齐全；

2 分项工程验收质量控制资料应完整，各项技术指标应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。分项工程质量验收技术资料目录可按本标准附录 G 的规定采用。

10.4.4 同一桩基子分部工程宜一次性竣工验收。当工程规模较大，一次性竣工验收相对困难时，可结合实际施工工期要求，经各方责任单位同意后，进行分段检验和竣工验收。分段竣工验收应具备下列条件：

1 验收段内桩基工程施工和开挖应完成，相应检验批质量验收应合格，主要技术资料应齐全，各项质量控制指标应合格；

2 验收段内各项桩基检验应合格，检验项目和数量应符合国家现行有关标准的规定；当子分部工程桩不能全部完成检验时，应对分段区域内的桩基单独制定检验方案；

3 桩基检验采用快报结果时，检测单位应参加验收会议对检验情况和结果进行说明。

10.4.5 桩基竣工验收应由总监理工程师组织，建设单位项目负责人、施工单位项目负责人及项目技术质量负责人、施工单位技术和质量部门负责人、勘察单位和设计单位项目负责人、桩基承台底板施工单位项目负责人参加，桩基检测负责人可根据实际情况参加。

10.4.6 桩基竣工验收应按下列程序进行：

1 施工单位和监理单位应分别总结评价桩基施工质量；

2 参加验收各方应现场抽查桩基实物质量与各类施工记录、检验报告等检查验收资料是否齐全完整；

3 勘察单位、设计单位和建设单位等参加验收人员，应对桩基持力层情况和施工质量是否满足设计要求给出明确意见；

4 各方应通过验收意见，并应签署验收会议纪要；

5 监督单位应对验收程序、验收资料、现场桩基实物检查、监督抽查结果提出意见。

10.4.7 承台工程应为承台基础子分部，其分项工程应包括模板工程、钢筋工程、混凝土工程分项。工程质量验收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。分项工程检验批验收表应按主体结构分部混凝土结构子分部相应的分项工程执行。

10.4.8 承台工程验收应包括下列资料：

1 钢筋、水泥、商品混凝土等主要原材料进场检验报告；

2 各检验批检查验收记录、钢筋隐蔽记录等；

3 混凝土试块强度检测报告和混凝土强度统计评定；

4 桩头与承台防水构造及施工质量资料；

5 承台外观量测记录及外观质量检查资料等。

11 环境保护与污染控制

11.1 一般规定

11.1.1 施工现场应设置醒目环境保护标示，明示环境保护内容与要求。施工现场应采用封闭围挡，围挡高度不宜低于 2.5m。围挡宜采用可回收重复使用的材料进行修筑。

11.1.2 施工现场的施工区域应与办公、生活区应相对隔离。工地临时建筑宜采用可重复使用的活动房，满足节地、节能和环保的要求。

11.1.3 施工现场的古树名木和文物古迹应采取有效保护措施。施工过程中，当发现古墓、古物等地下文物或其他不能辨认的液体、气体及异物时，应立即停止作业，做好现场保护，并报有关部门妥善处理后方可恢复施工。

11.1.4 在城市轨道交通保护区内进行打桩、爆破、开挖、地基加固、降排水等施工时，施工单位应制定安全保护专项方案，并应符合下列城市轨道交通保护区规定：

1 城市轨道交通保护区应包括下列范围：

- 1) 地下车站与隧道周边外侧 50m~80m 内；
- 2) 地面站和高架车站以及线路轨道外边线外侧 30m 内；
- 3) 出入口、通风亭、变电站等建筑物、构筑物外边线外侧 10m 内。

2 城市轨道交通保护区内，应采用对地铁设施影响小的施工方法，并应在施工中严格控制地下水对地铁结构的影响；在隧道周边 3m 范围内不得施工；

3 施工过程中应控制打桩振动及爆破震动的影响，对车站、隧道引起的振动峰值速度应控制小于 25mm/s；对连续性震动应按小于峰值速度的 50% 严格控制。

11.1.5 施工现场应控制工地照明产生的光污染，应采取限定照明时间与照明强度对照明灯加装遮光罩或隔片，或采用新型节能照明技术与照明灯具等措施。

11.1.6 人工挖孔桩孔内抽排地下水，应评估降排水对周边环境的影响，应根据现场实际情况采取控制地下水降排措施、调整施工顺序或施工方法。

11.1.7 施工现场应合理安排施工顺序，应加强施工监测，并应控制抽排地下水，避免施工作业不当引发周边道路、地下管线及建（构）筑物的不均匀沉降、开裂及塌陷。

11.1.8 在容易产生风沙尘土的季节或邻近居住办公区域施工，应制订防止扬尘污染大气的方案措施，并应符合有关防止大气污染的规定。

11.2 浆渣废水排放控制

11.2.1 泥浆沟池设置的截面积或容积应满足施工泥浆循环量的需要。泥浆沟池应经常清理，保证泥浆正常循环，防止外溢。不得向排水系统排放泥浆。泥浆池四周应设置防护栏。

11.2.2 施工场地内的废土、废渣应集中堆放。堆放处周边应设围挡，对堆土进行遮盖。废土、渣土及废浆应及时外运，废浆应采用密封式罐车外运至规定地点倾倒，不得将废浆废渣排放至市政道路、下水道、河道、水渠、沟塘、农田洼地等处。

11.2.3 施工产生的建筑废渣废土，应按相关规定进行资源化处理，综合再利用。

11.2.4 施工污水排放应符合下列规定：

- 1 现场道路和材料堆放场地周边应设排水沟；
- 2 施工污水和试验室混凝土养护用水应采取去泥沙、除油污、分解有机质、沉淀过滤、酸碱

中和等处理方式，达标后排入市政污水管道；

- 3 现场厕所应设置化粪池，化粪池应定期清理；
- 4 工地厨房应设置隔油池，并应定期清理；
- 5 雨水、污水应分流排放。

11.3 粉尘与渣土控制

11.3.1 扬尘控制应符合下列规定：

- 1 现场应建立洒水清扫制度，配备洒水设备，并应有专人负责；
- 2 施工现场的主要道路应进行硬化处理，土方应集中堆放。裸露的场地和集中堆放的土方应采取覆盖、固化或绿化措施；
- 3 运送渣土等易产生扬尘的车辆应采取封闭或遮盖措施；
- 4 现场进出口应设冲洗池和吸湿垫，保持进出现场车辆清洁；
- 5 易产生扬尘的施工作业应采取遮挡、抑尘等措施；如在工地内堆放，应采取覆盖防尘网或者防尘布，并应采取定期喷洒粉尘抑制剂，洒水等措施，防止风蚀起尘；
- 6 爆破作业应有降尘措施；
- 7 现场使用散装水泥、预拌砂浆应有封闭防尘措施；
- 8 施工现场不得焚烧各类废弃物。

11.3.2 空气中的可吸入颗粒物（粒径小于等于 $10\mu\text{m}$ ）的浓度限值，应按现行国家标准《环境空气质量标准》GB 3095 的有关规定执行。可吸入颗粒物的测定方法宜按现行行业标准《环境空气 PM10 和 PM2.5 的测定重量法》HJ 618 的规定执行。

11.3.3 采用爆破方法穿越桩孔内孤石或开挖孔底岩体时，每次爆破后再进入工作面的等待时间不应少于 15min；桩孔深度大于 7.0m 时，应采用机械通风。起爆前后应采用喷水装置进行降尘，并应遵守有关粉尘防爆的有关规定。

11.4 噪声与振动控制

11.4.1 施工噪声与振动等控制应符合下列规定：

- 1 应根据各种设备噪声、振动的产生机理，合理采用各种针对性的降噪减振技术且选用低噪声设备和减振材料，进行源强控制，减少或抑制噪声与振动产生；
- 2 若高噪声和强振动产生在设备已安装之后，声源降噪受到局限甚至无法实施的情况下，应在传播路径上采取隔声、吸声、消声、隔振、阻尼处理等有效手段及综合治理措施进行传输路径控制，抑制噪声与振动的扩散；
- 3 在对噪声源或传输路径均难以采用有效噪声与振动控制措施的情况下，应采取敏感点保护专项防护措施对污染敏感点进行保护。

11.4.2 周围有噪声敏感建（构）筑物时，桩基施工过程中场界环境噪声排放限值应符合本标准附录 H 的规定。建筑施工场界环境噪声的测定方法应按现行国家标准《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523 的有关规定执行。

11.4.3 在各类振动环境功能区内，桩基施工产生环境振动的 Z 振级 VL_z 限值应符合本标准附录 H 的规定。环境振动的测定方法应按现行国家标准《城市区域环境振动标准》GB 10070 的有关规定执行。

11.4.4 当采用锤击和振动法打桩时，对建筑结构影响在时域范围内的容许振动值，宜按本标准附录 H 的规定确定。打桩施工对建筑结构的振动测量方法应按现行国家标准《建筑工程容许振动标准》GB 50868 的有关规定执行。

11.4.5 人工挖孔桩岩石爆破施工对建筑结构影响的容许振动值，应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定。

11.4.6 应根据各种机械设备噪声、振动的产生机理，合理采用各种针对性的降噪减振技术。降噪减振技术措施制定应符合下列规定：

1 应采用低噪声施工工艺、先进的机械和低噪声设备进行施工，不得使用国家明令淘汰的产生噪声污染的落后施工工艺和施工机械设备；

2 施工现场不得使用产生强噪声和强振动的设备；若因条件所限确需使用的，应在传播途径上采取隔声、吸声、消声、隔振、阻尼处理等有效技术手段抑制噪声振动的扩散，并报环保部门批准后方可使用；

3 不得在居民住宅、医疗卫生、康复疗养、文化教育、科研设计、行政办公等噪声敏感建筑物集中区域内，使用蒸汽桩机、锤击桩机等噪声严重超标的设备；

4 产生噪声和振动的设备应安装在远离居民住宅的位置、远离施工现场办公区和生活区的地方，减少施工噪声和振动对居民和施工人员的影响；

5 可开挖减振沟，减少或消除施工振动对周边道路管线、生活办公区的影响。

6 对确因技术条件所限，通过治理排放的噪声仍不能达到建筑施工场界噪声排放标准的，应采取限制施工作业时间等有效措施把噪声污染降低到最低限度。

11.4.7 在城市建成区内，不得在规定不允许施工的时间进行产生环境噪声的施工作业；存在下列情形之一的除外，但应制订环境噪声控制方案与措施，并应通过采用低噪声施工方法减少噪声和振动对环境的影响：

1 因特殊需要必须连续施工作业的；

2 因施工工艺要求不得停顿必须连续施工作业的；

3 因道路交通管制的原因需要在指定时间装卸、运输建筑材料、土石方和建筑废弃物的；

4 抢修、抢险、应急作业的。

附录 A 沉桩桩锤选择

A.0.1 锤击预应力管桩桩锤型号与性能可按表 A.0.1 的规定采用。

表 A.0.1 锤击预应力管桩桩锤型号与性能

柴油锤型号	32#~36#	40#~50#	60#~62#	72#	80#
冲击体质量 (t)	3.2	4.0			
	3.5	4.5	6.0	7.2	8.0
	3.6	4.6	6.3		
		5.0			
锤体总质量 (t)	7.2~8.2	9.2~11.0	12.5~15.0	18.4	17.4~20.5
常用冲程 (m)	1.6~3.2	1.8~3.2	1.9~3.6	1.8~2.5	2.0~3.4
适用管桩规格	Φ300	Φ400	Φ500	Φ550	Φ600
	Φ400	Φ500	Φ550	Φ600	Φ800
			Φ600		
单桩竖向承载力设计值适用范围 (kN)	800~1600	1300~2400	1800~3800	2200~3800	2600~4500
桩尖可进入的岩土层	密实砂层 坚硬土层 强风化岩	强风化岩 (N>50)	强风化岩 (N>50)	强风化岩 (N>50)	强风化岩 (N>50)
常用控制贯入度 (mm/10击)	20~50	20~50	20~50	30~70	30~80
液压锤规格 (t)	7	7~9	9~11	9~13	11~13

A.0.2 锤击预应力管桩桩帽制作应符合下列规定：

1 桩帽的套桩头用的筒体深度宜为 350mm~400mm，并设有导向脚与桩架导轨相连，保证与柴油锤的中心线重合；

2 桩帽应设有桩垫和锤垫，锤垫设在桩帽的上部，应用竖纹硬木或盘圆层叠的钢丝绳制作，厚度宜取 150mm~200mm；桩垫设在桩帽的下部套筒内，与管桩顶面相接触，可采用麻袋，硬纸板，水泥纸袋，胶合板等材料制作，厚度应均匀一致，且经锤击压实后的厚度不宜小于 120mm，在打桩期间应经常检查，并及时更换和补充。

A.0.3 静压桩机型号与性能可按表 A.0.3 的规定采用。

表 A.0.3 静压桩机型号与性能

压桩机型号		160~180	240~280	300~360	400~460	500~600
		项目				
最大压桩力 (kN)		160~1800	240~2800	300~3600	400~4600	500~6000
适用管桩	最小桩径 (mm)	300	300	400	400	500
	最大桩径 (mm)	400	500	500	550	600
单桩承载力特征值 (kN)		500~1000	800~1500	1000~1900	1500~2500	1800~2800

续表 A.0.3

压桩机型号 项目	160~180	240~280	300~360	400~460	500~600
桩端持力层	中密~密实砂层、硬塑~坚硬粘土层	密实砂层、坚硬粘土层、全风化岩层	密实砂层、坚硬粘土层、全风化岩层	密实砂层、坚硬粘土层、全风化岩层、强风化岩层	密实砂层、坚硬粘土层、全风化岩层、强风化岩层
桩端持力层标贯值 N	20~25	20~35	30~40	30~50	30~55
穿透中密~密实砂层厚度 (m)	约 2	2~3	3~4	4~5	4~6

附录 B 成孔钻机与钻头类型

表 B 成孔钻机与钻头类型及性能

成孔钻机	钻头类型	入岩（适宜）情况	成孔深度
回转钻机	双腰带合金钻头、滚刀钻头、牙轮钻头	强风化岩、中~风化岩	≤100m
旋挖钻机	短螺旋截齿钻头、截齿筒钻、牙轮筒钻	强风化岩、中~微风化岩	≤120m
冲击钻机	十字冲击钻头	强风化岩、中~微风化岩	≤80m
全套管钻机	冲抓锥、十字锤	强风化岩、中风化岩、岩溶洞穴	≤100m

附录 C 常用泥浆性能指标测定方法

C.0.1 相对密度（比重） ρ

用泥浆相对密度计测定泥浆的相对密度，方法是将要测量的泥浆装满泥浆杯，加盖并洗净从小孔溢出的泥浆，然后置于支架上，移动游码，使杠杆呈水平状态（即气泡处于中央），读出游码靠近泥浆杯侧所示刻度，即为泥浆的相对密度。

C.0.2 粘度 η (s)

标准漏斗粘度计测定泥浆粘度，使用量杯分别量取 200ml 和 500ml 泥浆，通过滤网滤去大砂粒后，将泥浆 700ml 均注入漏斗，然后使泥浆从漏斗流出，充满 500mL 量杯所需时间 (s)，即为所测泥浆的粘度。

校正方法：漏斗中注入 700ml 清水，流出 500ml 所需时间应为 15s，如偏差超过 $\pm 1s$ ，则测泥浆粘度时应校正。

C.0.3 含砂率 (%)

含砂率计测定泥浆含砂率。测量时，把调制好的泥浆 50ml 倒进含砂率计，然后再倒 450ml 清水，将仪口塞紧，摇动 1min，使泥浆与水混合均匀，再将仪器竖直静放 3 min，仪器下端沉淀物的体积乘 2 就是含砂率 (%)。

C.0.4 胶体率 (%)

泥浆中土粒保持悬浮状态的性能，亦称稳定率。测定方法：可将 100ml 的泥浆放入干净量杯中，用玻璃板盖上，静置 24h 后，量杯上部的泥浆可能澄清为透明的水，量杯底部可能有沉淀物。以 $100\text{mL} - (\text{水} + \text{沉淀物})\text{ml}$ 的值即为胶体率。

C.0.5 失水量 (ml/30min) 和泥皮厚度 (mm)

将 $120\text{mm} \times 120\text{mm}$ 的滤纸置于水平玻璃板上，中央画一直径 30mm 的圆圈，将 2ml 的泥浆滴于圆圈中心，30min 后，量算湿润圆圈的平均半径减去泥浆坍平成为泥饼的平均半径 (mm) 即为失水量，算出的结果 (mm) 值代表失水量，单位为 ml/min。在滤纸上量出泥饼厚度 (mm)，即为泥皮厚。

附录 D 全套管钻机型号与性能

D.0.1 全套管钻机型号与性能参数可按表 D.0.1 的规定取值。

表 D.0.1 全套管钻机型号与性能参数

性能指标	DTR1505H	DTR2005H	DTR2605H	DTR3205H
钻孔直径 (mm)	800~1500	1000~2000	1200~2600	2000~3200
钻孔深度 (m)	80	80	80	80
回转扭矩 (kN.m)	1500/975/600 瞬间 1800	2965/1752/990 瞬间 3391	5292/3127/1766 瞬间 6174	9080/5368/3034 瞬间 10593
回转速度 (rpm)	1.60/2.46/4.00	1.00/1.70/2.90	0.60/1.00/1.80	0.60/1.00/1.80
套管下压力 (kN)	最大 360 +自重 210	最大 600 +自重 260	最大 830 +自重 350	最大 1100 +自重 600
套管起拔力 (kN)	2444 瞬间 2690	3760 瞬间 4300	3800 瞬间 4340	7237 瞬间 8370
压拔行程 (mm)	750	750	750	750
质量 (kg)	31000+ (履带选装) 7000	45000+ (履带选装) 9000	55000+ (履带选装) 10000	96000 (含楔形辅助夹 紧)

附录 E 常见灌注故障及处理措施

表 E 常见灌注故障及处理措施

常见故障	产生故障的原因	故障处理措施
隔水塞卡在导管内	<ol style="list-style-type: none"> 1 隔水塞翻转或胶垫过大； 2 隔水塞遇物卡住； 3 导管连接不直； 4 导管变形 	<ol style="list-style-type: none"> 1 用长杆冲捣或振捣，若无效提出导管，取出隔水塞重放，并检查导管连接的垂直度； 2 拆换变形的导管
导管内进水	<ol style="list-style-type: none"> 1 导管连接处不好，垫圈放置不平整，法兰盘螺丝松动； 2 初灌量不足，未埋住导管 	<ol style="list-style-type: none"> 1 提出导管，检查垫圈，重新安放并检查密封情况； 2 提出导管，清除灌入的混凝土，重新开始灌注，增加初灌量，调整导管底口至孔底高度
混凝土在导管内出不去	<ol style="list-style-type: none"> 1 混凝土配比不符合要求,水灰比过小,坍落度过低； 2 混凝土搅拌质量不符合要求； 3 混凝土泌水离析严重 4 导管内进水未及时发现造成混凝土严重稀释，水泥浆与砂、石分离； 5 灌注时间过长，表层混凝土已初凝 	<ol style="list-style-type: none"> 1 将混凝土按比例要求重新拌合并检查坍落度； 2 检查所使用的水泥品种、标号和质量，按要求重新拌制； 3 在不增大水灰比的原则下重新拌合； 4 上下提动导管或捣实，使导管疏通；若无效，提出导管进行清理，然后重新插入混凝土内足够深度，用潜水泵或空气吸泥机将导管内泥浆、浮浆、杂物等吸除干净恢复灌注；尽量不采取提起导管下隔水塞
断桩	<ol style="list-style-type: none"> 1 导管提升过高，导管底部脱离混凝土面； 2 灌注作业因故中断 	<p>提出导管进行清理，然后重新插入混凝土内足够深度，用潜水泵或空气吸泥机将导管内泥浆、浮浆、杂物等吸除干净恢复灌注</p>
夹层	<ol style="list-style-type: none"> 1 埋管深度不够，混入浮浆； 2 孔壁垮落物夹入混凝土内； 3 导管进水使混凝土部分稀释 	
钢筋笼错位或回窜	<ol style="list-style-type: none"> 1 钢筋笼焊接质量不好； 2 钢筋笼未固定牢或未固定 	<p>吊起钢筋笼重新焊好下入孔内，检查钢筋笼固定情况，并加焊固定</p>

附录 F 长螺旋钻机与配套机具型号与性能

F.0.1 长螺旋钻机性能参数可按表 F.0.1 的规定取值。

表 F.0.1 长螺旋钻机性能参数

电机功率 (kW)	钻孔直径 (mm)	钻孔深度 (m)	钻杆转速 (r/min)	扭矩 (kN·m)	回转角度 (°)
37×2	300-800	16~18	16~31	18~34	90~180
45×2	400-800	20~30	21~31	26~39	90~180
55×2	400-1000	20~30	12~21	48~50	90~180

F.0.2 钢筋笼的置入设备应配置振动锤及导入管。振动锤及导入管应根据钢筋笼直径及长度合理选用，其振动锤动力性能参数可按表 F.0.2 的规定取值。

表 F.0.2 常用的振动锤动力性能参数

电机功率 (kW)	激振力 (kN)	静偏心力矩 (N·m)	振动频率 (r/min)	最大加压力 (Kn)	最大提拔力 (kN)	整机质量 (t)
15	75~106	70~120	980~1100	60	60~72	1.5
22	140~160	110~132	980~1100	—	—	2
30	180~237	170~192	980~1100	100	100	3.13

附录 G 分项工程（桩基）质量验收目录

表 G 分项工程（桩基）质量验收目录

序号	文件题名
1	项目经理任命及授权通知书
2	工程项目管理人员岗位设置通知书
3	项目经理部人员资质文件
4	工程项目启用印章通知书
5	施工图设计文件会审记录(一)(二)
6	施工层基线复核记录
7	单位工程坐标定位测量记录
8	施工现场质量管理检查记录
9	施工组织设计（方案）报审表
10	施工组织设计（施工方案）
11	单位（分部）工程开工报审表
12	工程开工令
13	工程竣工报验单
14	单位（子单位）工程竣工验收报审表
15	地基与基础分部工程质量控制资料核查记录
16	地基与基础分部工程安全和功能检验资料核查及主要功能抽查记录
17	地基与基础分部工程观感质量检查评定记录汇总表
18	单位(子单位)工程质量竣工验收记录
19	单位(子单位)工程竣工验收报告
20	工程总结
21	工程检查测试计量仪表（仪器、器具）配备表
22	工程检查测试计量仪表（仪器、器具）定期标定文件
23	设计变更通知单及附图
24	设计变更通知单汇总表
25	工程材料、构配件、设备报审表（含数量清单、出厂质量合格证明文件、进场后复试报告）
26	施工物资产品质量证明文件汇总核查表
27	基桩检测报告
28	预拌混凝土配合比设计报告
29	预拌混凝土出厂质量合格证明文件
30	钢筋机械连接拉伸性能试验报告

续表 G

序号	文件题名
31	钢筋焊件力学工艺性能试验报告
32	现场实体检测报告汇总表
33	混凝土试块抗压强度试验报告
34	普通混凝土抗水渗透试验报告
35	标准养护混凝土试块试验结果汇总表
36	混凝土抗压强度计算表
37	施工测量放线报验表
38	工程基线复核表
39	泥浆护壁成孔灌注桩施工记录
40	护壁泥浆质量检查记录
41	灌注桩、地下连续墙灌注水下混凝土记录
42	灌注桩施工资料汇总表
43	土方开挖后桩基础复核及桩质量检查表
44	混凝土工程浇灌审批表
45	混凝土坍落度检测记录
46	灌注桩钢筋笼安装隐蔽验收记录
47	灌注桩隐蔽验收记录
48	工程验收/检测报审表
49	混凝土灌注桩（钢筋笼）检验批质量验收记录
50	混凝土灌注桩检验批质量验收记录
51	分项工程质量验收记录
52	子分部工程质量验收记录
53	分部工程质量验收记录
54	工程竣工图登记表
55	竣工图

附录 H 建筑施工噪声及振动控制标准

H.0.1 建筑施工过程中场界环境噪声不得超过表 H.0.1 规定的排放限值，并应符合下列规定：

1 夜间噪声最大声级超过限值的幅度不得高于 15dB (A)；

2 当场界距噪声敏感建筑物较近，其室外不满足测量条件时，可在噪声敏感建筑物室内测量，并将表 H.0.1 规定的限值减 10dB (A) 作为评价依据。

表 H.0.1 建筑施工场界环境噪声排放限值

昼间	夜间
70 dB (A)	55 dB (A)

注：1 “昼间”是指 7:00 至 23:00 之间的时段；“夜间”是指 23:00 至次日 7:00 之间的时段；

2 本表不适用于抢修、抢险施工过程中产生噪声的排放监管。

H.0.2 在各类振动环境功能区内，桩基施工产生的环境振动 Z 振级 VL_z 限值应符合表 H.0.2 的规定。

表 H.0.2 环境振动限值 (dB)

振动环境功能区类别	时 段	
	昼 间	夜 间
0 类	65	65
1 类	70	65
2 类	75	70

注：1 按区域的使用功能特点和环境质量要求，《环境振动标准》GB10070 中将振动环境功能区分为五种类型，本节涉及前三类：0 类振动环境功能区：指康复疗养区等具有较高环境振动保护要求的区域。1 类振动环境功能区：指以居民住宅、医疗卫生、文化教育、科研涉及、行政办公为主要功能，具有一定环境振动保护要求的区域。2 类振动环境功能区：指以商业金融、集市贸易为主要功能，或者居住、商业、工业混杂等，具有一定环境振动保护要求的区域；

2 Z 振级 VL_z ：垂直于地面方向，按国家现行 GB/T 13441.1 有关规定的 W_k 计权因子修正后得到的振动加速度级，单位为分贝 dB。

H.0.3 当采用锤击和振动法打桩时，对建筑结构影响在时域范围内的容许振动值，宜按表 H.0.3 的规定确定。对于未达到国家现行抗震设防标准的旧房和未经正规设计自行建造的房屋容许振动值，宜按表 H.0.3 规定的居住建筑的 70% 确定。

表 H.0.3 打桩对建筑结构影响在时域范围内容许振动值

建筑物类型	顶层楼面处容许振动速度峰值 (mm/s)	基础处容许振动速度峰值 (mm/s)		
	1Hz~100Hz	1Hz~10Hz	50Hz	100Hz
工业建筑、公共建筑	12.0	6.0	12.0	15.0
居住建筑	6.0	3.0	6.0	8.0
对振动敏感、具有保护价值、不能划归上述两类的建筑	3.0	1.5	3.0	4.0

注：表中容许振动值按频率线性插值确定。

本标准用词说明

- 1 为了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，非这样做不可的用词：
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用词：
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用词：
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用词，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关的标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2
- 2 《环境空气质量标准》GB 3095
- 3 《爆破安全规程》GB 6722
- 4 《城市区域环境振动标准》GB 10070
- 5 《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523
- 6 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202
- 7 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 8 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205
- 9 《大体积混凝土施工规范》GB 50496
- 10 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 11 《建筑工程容许振动标准》GB 50868
- 12 《环境空气 PM10 和 PM2.5 的测定重量法》HJ 618-2011
- 13 《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18
- 14 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33
- 15 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46
- 16 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
- 17 《建筑施工安全检查标准》JGJ 59
- 18 《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81
- 19 《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107
- 20 《建设工程施工现场环境与卫生标准》JGJ 146
- 21 《建筑地基基础检测规范》DBJ/T 15-60
- 22 《预应力混凝土管桩机械啮合接头技术规程》DBJ/T 15-63
- 23 《深圳市建筑基桩检测规程》SJG 09

深圳市工程建设地方标准

桩基施工技术标准

SJG 126 - 2023

条文说明

目 次

1	总则	59
3	基本规定	60
3.1	施工准备	60
3.2	施工组织设计	60
3.3	施工资源准备	60
3.4	质量与安全	60
4	预应力管桩	62
4.1	一般规定	62
4.2	吊运与堆放	62
4.3	接桩	63
4.4	沉桩施工	63
4.5	质量控制	65
5	机械成孔灌注桩	66
5.1	一般规定	66
5.2	护筒	66
5.3	桩孔护壁泥浆	66
5.4	旋挖钻进施工	67
5.5	回转钻进成孔	68
5.6	冲击钻进成孔	68
5.7	全套管回转钻孔施工	69
5.8	其它钻进成孔	69
5.9	清孔	72
5.10	质量检验	72
6	灌注桩成桩	73
6.1	一般规定	73
6.2	钢筋笼制安	73
6.3	水下混凝土配制与灌注	73
6.4	灌注桩后注浆	74
6.5	质量检验	74
7	人工挖孔灌注桩	75
7.1	一般规定	75
7.2	施工安全措施	75
7.3	成孔与护壁施工	75
7.4	成桩施工	76
8	长螺旋钻孔压灌桩	77
8.1	一般规定	77
8.2	施工设备机具与材料	77
8.3	成孔施工	77
8.4	成桩施工	78
9	承台施工	79
9.1	一般规定	79
9.2	承台开挖与桩头处理	79
9.3	承台施工	80
10	检验与验收	81
10.1	一般规定	81

10.2	验收准备	81
10.3	桩基检验	81
10.4	桩基与承台验收	82
11	环境保护与污染控制	84
11.1	一般规定	84
11.2	浆渣废水排放控制	84
11.3	粉尘与渣土控制	85
11.4	噪声与振动控制	85

1 总 则

1.0.1~1.0.5 桩基工程是建（构）筑物主要基础形式之一，特别是深圳地区高层与超高层建筑使用灌注桩、管桩等桩基础达到 90%以上，包括地铁、市政基础设施在内的市政工程也大量采用桩基础。桩基础是主体结构的部分分项工程，其施工质量直接关系到基础的安全稳固与正常使用。深圳地区自采用桩基工程至今，积累了丰富的施工经验，采用的桩基施工技术包括锤击预制桩、锤击或静压预应力管桩、人工挖孔灌注桩、振动沉管灌注桩、冲孔钻进灌注桩、回转钻进灌注桩、旋挖钻进灌注桩、全套管钻进灌注桩等，完成的 100m 以上的高程超高层建筑数千栋，其中建筑高度超过 400m 的超高层建筑有近十栋，最高的为平安国际金融大厦，建筑高度约 600m，采用直径达 9.0m 的人工挖孔灌注桩，该记录在国内至今未能打破。这也反映了深圳地区桩基工程施工技术水平处于国内一流；在建筑和市政工程领域里，超大直径桩基（桩径大于 4.0m）施工、咬合桩施工、高强度硬岩桩基施工等在国内也处于领先水平。

在多年的桩基工程施工中，既有创新的技术发展、成熟的施工工艺、有效的检验方法与验收程序，确保了桩基工程施工质量。但也应看到在桩基工程施工中仍然存在大量的不符合施工工艺要求的不规范操作，存在诸多施工质量事故，造成的损失也是不可忽视的。为此，在总结多年来桩基工程施工得失成败的经验基础上，结合桩基施工新技术、新设备、新机具、新工艺的推广应用，编制本桩基施工标准，以指导桩基施工，消除桩基施工存在的质量通病，进一步提升桩基工程质量。本标准强调桩基施工要综合分析场地岩土工程条件和周边地上地下的施工环境，重视桩基施工经验，鼓励创新与推广，推动桩基施工向更高水平发展。

本标准涉及的有关质量标准、检验方法与现行国家强制性规范条文和国家、行业、广东省有关的规范标准中，对桩基施工的规定要求一致。

3 基本规定

3.1 施工准备

3.1.1~3.1.3 施工准备是桩基施工的必要环节。施工准备工作是否充分，直接影响现场施工效果。施工准备包括对施工场地周边地上地下环境的调查、“三通一平”条件、技术方案和资料准备、施工设备机械与工器具的检修保养、材料采购及进场检验等。

3.1.4~3.1.5 合理的施工场地布置能最大限度减少对施工的影响，避免重复无序与无效的场地内周转，有利于促进施工效能的提高，节省施工措施及成本费用。施工场地布置应结合施工机械的工作区域与转移行走路线，避免交叉作业造成的现场混乱、窝工、停待。桩位测量放线与保护应在场地布置时综合考虑。

3.1.6 基坑内采用锤击或静压管桩施工，应采用必要措施防止挤土效应对基坑支护结构产生有害影响；灌注桩施工作业面应高于坑底 2m~3m，以保持桩孔内的液面高度；坑内桩基施工产生的废浆废渣应及时清排出基坑，防止浸泡基坑坡脚；人工挖孔桩应重视孔内抽水对基坑周边的影响。

3.2 施工组织设计

3.2.1~3.2.4 施工组织设计是指导桩基施工的主要依据，遵守现行有关法律、法规，符合合同有关质量、进度、安全、文明施工、环境保护等方面的要求，按照现场施工条件，选择适宜的桩工机械，制订合理的施工方案，严格工序操作和验收程序，确保桩基施工质量满足设计要求，这些都应反映在项目的施工组织设计中，编制工作应具有针对性、指导性。

3.2.5 施工组织设计应严格按程序进行审批，如遇到桩型调整、基础方案变更、施工工序改变等情况时，应及时进行修改完善，并重新报审。

3.3 施工资源准备

3.3.1~3.3.2 桩基施工资源包括机械设备、工器具、材料和劳动力等，机械设备应做好相关配套，在施工过程中做好优化匹配工作，充分发挥机械的各自优势。

3.3.5 进场人员应满足施工需要，并与申报的人员相符，主要管理人员和关键岗位、特殊工种人员应持证上岗。

3.4 质量与安全

3.4.2 桩基正式施工前进行工艺性试桩或试成孔施工是很有必要的。通过工艺性试桩或试成孔施工，可以检验桩基施工工艺对场地岩土条件的适应性，修改或调整施工方案；通过试成孔施工，对桩基穿越的地层有充的了解，对容易垮孔的地层可采取针对性的护孔措施，保证桩孔的稳定。工艺性试桩或试成孔应做好施工过程记录，试桩施工结束后应收集整理施工的数据资料，确定桩基正式施工的工艺和操作规程，以正确指导施工。

3.4.5~3.4.6 桩基施工供电、供水、排水、照明、施工交通、劳动保护、防火、防台风、防雷电、防高温、爆破作业、高空作业、环境保护等均应符合国家和深圳市的有关规定，防止发生人身伤害与财产损失事故，确保安全生产与文明施工。

3.4.7 编制应急预案是应对突发情况或事件的必要措施。施工单位应按照应急预案的要求，在施

工现场做好突发情况或事件的应急物资和人员的配备,明确应急处理流程与各应急环节的责任人,制订应急预案的启动机制和预防处理措施,确保应急处理的效果。

3.4.9 保护施工中发现的文物、古迹、遗址等,是施工单位的重要职责;如施工中发现异常,应立即停止施工,采取保护措施,报告有关部门,防止哄抢毁坏流失。

4 预应力管桩

4.1 一般规定

4.1.1 对沉桩进行工艺性试验作出相应规定是必要的，由于场地勘察钻孔的有限性和地质条件的复杂性，正式施工前在现场选择性进行工艺性试桩，包括沉桩工艺试验的数量、选点等，沉桩工艺试验数量按每一类型工程桩不少于 5 根。关于工艺性试桩的数量，广东省的标准为不少于 3 根且不少于总桩数的 1%。本标准规定工艺性试桩数量不少于 5 根，取消按总桩数一定比例的规定符合深圳市桩基施工的实际情况。

4.1.2 在基坑内沉桩施工，若基坑面积不大且桩数较多时，容易出现下列现象和危害：一是挤土会对围护结构直接产生挤压力，严重的可以将围护结构挤坏，和破坏围护结构的挡土止水作用；二是容易引起先沉桩的桩体上浮倾斜等工程质量事故；三是会使基坑内的土体孔隙水压力骤升且难以在短时期内消散，以致日后开挖基坑土方时，先挖的土坑就成为超孔隙水压力释放的目标，导致土坑四周土体和桩基向土坑中心倾斜。所以，常规的做法是先沉桩后做基坑围护结构再开挖土方。但对于大面积的地下室工程，且地下室的层数也不断增加，若先沉桩再做围护结构，势必产生余桩截除量较大的问题，同时，也给土方开挖带来许多不便，所以，有些基坑工程，采用先做基坑围护结构再挖去部分基坑内土方再沉桩施工的做法，也是可行的。为此，本规程对两者的施工先后顺序没有作硬性的规定，但要求作详细的可行性研究后再确定施工顺序。若在基坑内沉桩，应采取有效措施减少沉桩挤土效应所产生的各种不利影响，同时加强对围护结构和周边环境的监测。

在相邻工程的基坑附近沉桩时，因为桩机自重和挤土效应会严重影响该基坑边坡或围护结构的稳定和安全。如必须这样做时，应视具体情况对应采取的措施，进行多方案比较，通过论证和相关方同意后才能实施。

4.1.3 因沉桩时挤土对周围建（构）筑物、道路、地下管线的影响，应在施工前对工程周边的环境条件进行分析，当沉桩施工可能影响附近建（构）筑物、道路、地下管线正常使用和安全时，管桩施工前应根据地质情况和设计要求采用有针对性的技术措施加以处理有效地消除挤土影响对周边环境的危害，如可采取开挖防挤（震）沟、采用开口型桩尖、预成孔取土后再沉桩、设置砂井或塑料排水板、中掘法沉桩、合理安排沉桩顺序等措施。必要时对建（构）筑物进行加固，对道路和地下管线采取保护措施，设置观测点进行监测。

4.2 吊运与堆放

4.2.1 对预应力管桩的起吊强度作出规定，是为了防止起吊时引起桩身开裂。常用管桩单节长度起吊，参照广东省地方标准《静压预制混凝土桩基础技术规程》DBJ/T 15-94-2013 附录 A 表 1.0.8 和表 1.0.9 中都有明确的规定。在这些规定范围内的单节管桩，均可用专制的吊钩钩住管桩两端孔内壁进行水平起吊。这比两端钩吊法方便快捷，已沿用了二十余年，但如果节长超过了这个单节限值的管桩，就不能用两头钩吊法起吊，应采用双吊点法起吊，吊点位置应设在离桩端头 0.21 倍的桩长处。

4.2.2 对预应力管桩在施工现场的堆放和取桩作出规定。目前施工现场取桩吊桩方法有吊机直接起吊和钢丝绳拖拉两种方法，应大力提倡现场使用专用吊机取桩、吊桩的作业。现实工程中采用拖拉法取桩，与吊机取桩吊桩相比，拖拉取桩成本可以下降，但容易损伤桩身和端头板。

4.3 接 桩

4.3.2 电焊接桩时，现场焊缝质量是按国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的要求进行施焊，但根据桩基工程的实际情况，一般非特殊要求的工程，现场不做焊缝探伤检测。焊接可采用手工电弧焊，当天晴无风或采取一定的技术措施后，也可采用二氧化碳气体保护电弧焊。焊缝宜采用 2 层 3 道的形式，应连续饱满。

至于电焊结束后焊缝冷却的时间，考虑到高温的焊缝遇到地下水，如同淬火一样，焊缝容易变脆而被打裂。经研究了解，现场焊缝一般温度不超过 800°C，与淬火性质不完全相同，因此经综合考虑和广泛征求意见，参考广东省的有关标准，本标准规定手工电弧焊的焊缝自然冷却时间不应少于 8min；二氧化碳气体保护焊所用焊条的直径较细，散热快，确定其自然冷却时间为不应少于 5min。

4.3.3 采用机械快速连接的方法较多，各有各的特点。深圳地区较多采用的是机械啮合连接方法，本条即是对机械啮合接桩施工法作出规定。

4.4 沉 桩 施 工

4.4.2 桩锤可选择柴油锤或液压锤，因深圳地区采用液压锤施工的工程经验不多，本标准附录 A 主要涉及的是柴油锤。柴油锤一般分为导杆式和筒式，导杆式柴油锤锤击能量较小，在深圳地区主要用于夯扩桩施工，预应力管桩施工一般采用筒式柴油锤，大部分柴油锤设有 4 档供油门，1 档供油量最小，4 档供油量最大，正常沉桩一般采用 2 档油门。“重锤低击”指的是在相同锤击能量下应优先选用冲击体大一些的柴油锤，采用较小一些的落距，使得在沉桩施工过程中不仅贯入力强，桩身和桩头也不容易破损。

4.4.3 本条为锤击沉桩过程应遵守的准则和施工方法。

1 本条对桩帽的结构及构造提出了要求，它关系打桩的质量。桩帽要经得起重锤击打，桩帽下部套桩头用的套筒为圆筒形，圆筒中心与锤垫中心重合，深度应为 350mm~400mm。桩帽垫层包括桩垫和锤垫，锤垫设在桩帽的上部，是保护锤的，桩垫设在桩帽下部，放在圆筒体的里面，可以延长锤击作用的时间，降低锤击应力的峰值，起到保护桩头的作用和提高管桩的贯入效率。桩垫可采用纸板、胶合板等材料制作，经锤击压实的厚度应为 120mm~150mm。锤垫应用坚实的硬木或盘绕叠成的钢丝绳制作，厚度应为 150mm~200mm。

2 沉桩时，必须严格控制第一节桩的沉桩质量，认真观察稳桩、压桩时的桩身变化情况，发现有偏移或倾斜时，应立即分析原因，采取校正措施。开始锤击时，遇表层厚度较大的淤泥、淤泥质土等软土时，柴油锤可利用锤重将管桩压入，遇表层土层情况较好时，宜用低能量、低冲程或空锤锤击 3~5 击，在确认桩身贯入方向无异常时，方可连续锤击。

3 送桩作业关系到基桩的工程质量。桩头进入淤泥、淤泥质土等软土最好不要送桩，因桩头侧限较弱，重锤击打下容易发生质量事故。由于施工现场一般软土上覆 1.0m~2.0m 硬壳施工垫层，所以本条规定：当地表以下有较厚软土层时，送桩器送桩深度不宜大于 2.0m。当地表以下没有软土，桩端持力层条件较好，在沉桩施工过程中能保证桩身垂直度时，可适当加大送桩深度，但不应大于 6.0m。

4 送桩的最后贯入度应比同一条件下不送桩时的最后贯入度要小一些，这样才能达到同样的承载力。因为送桩器是套在桩头上的，两者连接是非刚性的，锤击能量在连接位置有损失，所以送桩的最后贯入度标准要修正。按经验，在一般的工程地质条件下送桩，收锤贯入度（每阵）可按比不送桩时的收锤贯入度标准小 4mm~6mm 来控制。

5 在送桩和复打时,若水位较高时,管桩内腔充满水,会造成打桩时桩锤冲击力通过管桩内腔的水体产生沿桩身径向的作用力,造成桩身开裂。本条是为避免产生此类质量事故而采取的技术措施。

4.4.4 对桩的总锤击数及最后 1m 沉桩锤击数进行限制,目的是为了防正桩身混凝土产生疲劳损坏。

4.4.5 收锤标准的确定因素较多,主要是抓住关键控制指标:最后贯入度、最后 1m 锤击数、持力层进入深度等要素,才能保证桩达到设计要求。

1 本条对收锤标准作了原则性的规定。

2 本条规定摩擦桩按桩长和标高控制,其他凡指定桩端持力层的桩以到达桩端持力层和最后贯入度控制值为主要控制指标。其中桩端持力层作为定性控制指标,最后贯入度为定量控制指标,其他指标如总锤击数、每米沉桩锤击数及最后 1m 沉桩锤击数等可根据具体情况有所选择,作为参考指标。

4.4.6 本条是桩端持力层为遇水易软化岩土层的地质条件下进行沉桩施工所要采取的一种技术措施,要求桩尖应采用封口型桩尖,只有封口型桩尖,才能灌注混凝土进行封底。桩尖焊接质量要有保证,应做到焊缝连续饱满不渗水。以往的工程经验证明,多数情况下采用封底混凝土对保证管桩的承载力是有效的技术措施。

4.4.7 引孔的目的是穿过覆盖层中的孤石、障碍物及管桩又难以贯穿的坚硬夹层,减少挤土效应,有时也为了增加桩的入土深度。引孔就是预钻孔,在预钻孔内插桩再沉桩。根据经验和工程实际,引孔的直径一般可以比管桩直径小 10cm 或 5cm,也有与管桩直径一样甚至略大一点的孔径,主要看现场的地质情况、桩直径、桩的密集程度等因素而定。一般情况下,引孔深度不宜超过 12m,主要是因为孔引得太深,孔的垂直度偏差不易控制,一旦引孔偏斜,管桩下沉时就沿着孔壁下去,很难纠偏,也很容易发生桩身折断事故。

在深圳地区采用的引孔方法较多,有长螺旋钻孔、螺旋挤压钻孔、潜孔锤钻孔及冲击钻孔等方法,长螺旋引孔、螺旋挤压引孔、潜孔锤引孔为挤压式引孔,其引孔效果较好。

当地层中分布深厚块石、硬质夹层、孤石等,采用潜孔锤引孔是深圳常用的引孔方法,潜孔锤引孔直径在填石层时,引孔潜孔锤钻头直径宜比管桩直径小 0~50mm;在孤石、坚硬岩夹层时,宜不小于管桩直径。潜孔锤引孔施工时,应采取措施保证引孔钻机的平稳,并监测钻杆的垂直度;同时,潜孔锤钻机的钻杆直径应与管桩直径大小匹配,以最大限度减少引孔时钻具的晃动,造成引孔垂直度超标,导致后续管桩无法下沉到位。根据实际引孔施工经验,当预应力管桩直径为 500mm 时,潜孔锤钻杆直径宜不小于 426mm;当管桩直径为 600mm 时,钻杆直径宜不小于 560mm。

采用何种方法主要取决地质条件等因素。值得注意的是,引孔作业应与沉桩施工密切配合,随钻随沉桩,避免引孔坍塌后沉桩困难。

4.4.8 为避免大面积密集沉桩施工所引起的挤土影响,采用先引孔沉桩法较为有效。在饱和软土层中群桩沉桩施工,采用设置袋装砂井或塑料排水板排水和控制沉桩速度,限制每天沉桩数量等方法都是非常有效的,其原理是使沉桩施工过程中产生的超孔隙水压力快速消散和限制超孔隙水压力的迅速增加。

4.4.9 打桩施工受地层变化影响较大,如淤泥软土、软硬夹层、飘石块石、卵砾石、球状风化、硬砂层、高承压水地层等复杂地层,会发生贯入度剧变、桩身严重倾斜、严重回弹、严重位移、桩头破碎、桩身开裂、接头错位等质量事故。遇到上述情况时,应即停止施工,分析判断事故原因,采取针对性排除措施。

4.4.10 静力压桩机分为顶压式与抱压式两种,应根据单节桩长、地质条件、静压力、周边环境

及作业空间等因素来选用。在根据压桩力选用压桩机时，应依靠压桩机的反力时由压桩机自重和配重提供，但因压桩机两只短船型履靴的重量占压桩机重量的 10%左右，而这两只履靴在施加终压力的情况下不允许与长船型履靴一起脱离地面，因此起不到反力作用，故在按重量估算反力时应予扣除。

4.4.11 本条是桩身抱压允许压桩力的基本要求和计算公式。工程经验表明，当压桩力不大于计算值时，桩身可保持完好；若压桩力大于计算值时，桩身就可能出现破损。

4.4.12 静压桩施工应控制静压力，保持静压桩机与压桩过程的稳定与连续，特别是控制首节管桩压入的垂直度，根据地层的变化，控制压入速度与持续压入深度。

4.4.13 终压标准时静压桩主要的质量控制指标，包括终压力值、终压次数和稳压时间。特别要注意的是，要控制终压力值不大于桩身抱压允许压桩力。一般情况下，类似地层的工程经验可作为参考的终压标准，主要分为两类：一是对按桩长控制的摩擦桩，应按设计桩长进行终压控制，终压力值作参考；二是对选择有桩端持力层的其他类型的桩，终压标准与单桩设计承载力、桩的入土深度、桩周土的性质等有关系，本条终压标准和终压力值参考了现行广东省标准《静压预制混凝土桩基础技术规程》(DBJ/T15-94)，并结合深圳市大量的工程经验作出的规定。

4.4.14 本条是对静压送桩作业做出的规定，包括送桩作业的总体要求以及送桩器要求和送桩深度的规定。因为静压送桩为静压力送桩器和桩头接触面比较平稳，较锤击送桩条件优越，因此静压送桩深度一般控制在 8m。

4.4.15 压桩施工除了复杂地层变化及地下障碍物等导致施工作业出现异常情况外，施工操作不当也是引起施工作业异常的重要原因。所以如果出现异常情况，需要从地层和操作两方面逐一查找原因并予以排除。

4.4.16 引孔是管桩施工的重要辅助手段。常用的引孔方法有螺旋钻孔法、回转钻孔法、冲击钻孔法、潜孔锤钻孔法等，可根据静压桩施工要求、引孔孔径、引孔深度和地层条件合理选用。引孔孔径一般比管桩外径小 50mm~80mm。如果采用植入法施工管桩，则引孔孔径宜比管桩外径大 50mm~80mm。

4.4.17~4.4.18 管桩施工期间应设置一定数量的观测点，观测打桩或压桩对邻近管桩或群桩的上浮情况。在淤泥、淤泥质土、泥炭土及高含水率软黏土等土层中施工管桩，管桩上浮是经常出现的质量问题，对管桩承载力及稳定性有较大影响。通过施工观测，可以及早发现这类问题，调整施工策略，消除此类质量问题。

4.5 质量控制

4.5.1~4.5.2 预应力管桩施工作为重要的隐蔽工程，应对管桩本身的质量进行检验，同时在施工期间应对施工质量进行检验，确保管桩施工质量。

4.5.3~4.5.7 本条规定管桩施工完毕后的质量检验内容、要求及主要检验方法。管桩施工质量检验和验收方面的规定详见本标准第 10 章“检验与验收”的有关规定。

5 机械成孔灌注桩

5.1 一般规定

5.1.1 灌注桩成孔工艺包括旋挖钻进成孔、回转钻进成孔、冲击钻进成孔、全套管钻进成孔等，每一种成孔工艺都有其最适宜的地层，实际施工中应根据场地地层、桩深、桩径，以及施工环境、综合成本等进行优化合理选择。

5.1.2 考虑到泥浆护壁对灌注桩桩侧摩阻力的影响，特别是对抗拔桩承载力的影响，因此对采用泥浆护壁的灌注桩应进行工艺性试桩，检测泥浆护壁的影响及泥浆性能控制措施，并以此指导灌注桩成孔施工与泥浆作业。对采用泥浆护壁的抗拔桩，由于受不同成孔方式和成孔过程中泥浆护壁的影响，抗拔试验结果与设计预期存在较大差异。因此对抗拔桩应在进行抗拔试验，确定相应的施工工艺及施工操作规程，以此指导抗拔桩正式施工。

5.1.3 当桩基设计的桩间距小于 3 倍桩径，或一柱一桩布置的大直径灌注桩及扩底灌注桩的桩间距较小时，或在容易垮孔超径的地层中施工灌注桩均应采取跳打施工方式，避免施工中发生垮孔、串孔等质量问题。

5.2 护筒

5.2.1~5.2.3 护筒一般应埋入不稳定地层，护筒埋设过程中应利用在护筒周边设十字交叉线恢复中心点。

5.2.4 当采用振动锤埋设深长护筒时，应采用二个方向吊垂直线、测量仪器观测等措施，严格控制护筒的垂直度。

5.2.5 当采用振动锤埋设深长护筒时，护筒下沉过程会产生较大的振动，对临近建（构）筑物及影响较大，干扰人员的正常生活和工作，此时应采用免振振动锤，尽可能避免振动影响。

5.3 桩孔护壁泥浆

5.3.2~5.3.3 泥浆是由水、膨润土（或粘土）和添加剂等组成的浆体。在灌注桩施工过程中，泥浆能在孔壁上形成泥皮而加固孔壁，同时稳定孔内浆液面高度，防止坍孔。另外，通过泥浆循环还能起到携带出孔内岩土钻渣的作用。因此，无论在成孔阶段以及灌注成桩阶段，泥浆都对成桩质量有重要的影响。

泥浆的主要指标性能有泥浆比重（相对密度）、粘度、静切力、含砂率、胶体率、失水率、酸碱度等指标，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环节，在施工过程中应注意检测泥浆的各项指标，其中比重、粘度是最直观、最重要的指标，泥浆比重过大既影响钻速，又使孔壁泥皮增厚；泥浆比重过小则护壁性能差，容易塌孔。泥浆中的粘性可使钻渣、岩屑悬浮而不发生沉淀，且能阻止泥浆向孔壁侵入，在粘性土中粘土颗粒之间内聚力较大，泥浆中土渣不容易发生沉淀，在粘性土中粘度宜控制在 18s~25s 之间。在砂性土中，应适当加大泥浆粘度，以防止砂土中的土渣沉淀导致成孔质量不佳，根据经验，砂性土中控制在 25s~35s 之间。

5.3.6 灌注桩成孔遇到容易产生泥浆渗漏的地层时，应采取加大泥浆比重、回填粘土或块石堵漏，或采用下入深长钢护筒措施。

5.3.7 灌注桩成孔过程中，泥浆净化设备将浆渣有效分离。对分离出的浆可进行再次循环利用，对废浆宜在现场利用泥浆压榨机形成塑性的泥饼和透明的水，泥浆得到减量化处理，压榨形成的

水可用于洗车、喷洒，有助于提升现场文明施工水平，并节省成本。

5.4 旋挖钻进施工

5.4.1 平整度、承载力是影响旋挖钻机垂直度、孔壁稳定及预防钻机事故的两个重要因素。当旋挖钻使用说明中无具体要求时，应满足旋挖钻机桅杆倾斜小于 2 度，场地地面（地基）承载力大于 150KPa。

5.4.2 由于旋挖钻机自重较大，且成孔钻进时距离孔口位置较近，加之钻进时产生的附加压力，容易产生孔壁不稳定现象。因此，特别强调在旋挖钻机的履带下方事先铺设钢板防护。

5.4.3 旋挖桩在地下水位以下的土层中施工，通常需要使用泥浆护壁。考虑到旋挖钻头在钻孔过程中的提升和下放产生的激动压力，对孔壁稳定的影响较大。因此，控制好泥浆性能和液面高度，保持孔壁稳定是保证桩孔质量的重要环节。钻具提升至孔口时，应采用优质泥浆及时补充孔内，稳定孔内的泥浆液面高度；下放钻具时，要控制下放速度，减少泥浆的外溢。

5.4.4 旋挖钻进过程中，遇到易产生渗漏地层时，可采取在泥浆中投入速效剂和增粘剂，以提高护壁效果。

5.4.5 旋挖钻头选用的原则一是根据旋挖钻进的岩土层特性，二是满足钻孔钻进要求，三是有利于提高钻进工效。钻头常用的主要有钻筒和钻斗，其切削齿分截齿和牙轮，在使用一段时间后，应及时检查钻头的磨损情况，并及时更换，以保持桩孔孔径不减小。钻头外侧可根据需要设置导排槽，引导泥浆沿钻斗外壁旋回上升，减轻泥浆对孔壁的冲刷。

选择的钻头应与旋挖桩机配套。在选择旋挖桩机时需要考虑的因素主要有地层情况、钻机功能、孔深、孔径等四个方面。在旋挖钻机工作前，应先对桩的类型、桩身长度、直径大小及数量进行充分的了解。一般来说，旋挖钻机机型的选择与桩身长度、桩径大小、钻头类型及基岩强度都有关系，在多款机型都能满足工程使用要求时，土层旋挖施工尽量选择输出扭矩低的机型，基岩旋挖施工应选择输出扭矩大的机型。

实际施工过程中，经常发生旋挖钻机钻头脱落至孔内的现象，施工过程中应加强检查。

5.4.7 旋挖钻进时，由于钻头的活塞效应，当提升或下降速度过快时，孔内泥浆将会对孔壁进行冲刷，甚至在提升钻斗时在钻头下方产生负压，导致垮孔；当钻头提出护筒前，会造成孔内泥浆液面瞬间下降，导致孔内水头高度不足而产生垮孔，此时应将钻具在孔口位置稍稍停留，钻机机手应及时通知泥浆后台及时启动泥浆泵向孔内补充泥浆，待孔内泥浆补充后达到稳定面后再将钻具提出护筒。

5.4.10 当旋挖钻进尤其是入岩超过旋挖钻进能力时，可采取组合钻进工艺，如上部土层采用旋挖钻进，以提升钻进工效；下部可采用冲击或回转钻进工艺，以解决深孔的入岩钻进困难。

5.4.11 当利用旋挖钻机自行下入深长护筒时，应配置相应的接驳器与钻杆和护筒连接，并在护筒底部设置合金切削刃的管靴，以提升护筒的下沉能力。值得注意的是，当采用旋挖钻机下护筒时，需要克服护筒壁与地层间的摩擦力，通常要求使用 360kN·m 及以上的大扭矩旋挖钻机，下入的护筒直径约 1200mm，深度超过 10m 以后往往较为困难。为此，实际施工中常采用全液压大扭矩多功能钻机下入护筒，配置变径的子母扣接驳器，可下入直径 3000mm、长度 17m 的钢护筒；在下放护筒前，可采用旋挖钻机先行引孔再将护筒安放到位。

5.4.12 当旋挖钻机与全搓管钻机、全套管全回转钻机配合时，应根据地层情况控制钻取土深度，保持护壁套管内入土深度，本标准规定的不小于 2m，是针对不利地层制定的指标，具体入土深度的大小可根据地层特性进行现场控制，如在粘性土层内钻进，不易出现坍孔，套管沉入也较困难，此时可根据现场的实际情况减小套管内入土深度，或采取不大于 20cm 深的超挖，以提高钻进和

套管的下沉速度。

5.5 回转钻进成孔

5.5.1 采用回转钻进成孔工艺时，因反循环回转钻进工艺具有抽吸能力强、钻孔速度快、桩孔形态较规则，排渣效果好，孔底沉渣较少，在深孔钻进中应优先选用。正循环回转钻进时钻渣重复在孔内破碎，与反循环钻进相比效率相对较低，但在开孔段和易坍孔地层段宜采用正循环钻机，以利于孔壁的稳定。实际施工中，可根据桩径、孔深和地层条件，优化选择钻进和循环工艺。

5.5.3 泵吸反循环钻进采用的钻头，在一般粘性土、淤泥、淤泥质土、砂土等地层，宜选用笼式钻头或刮刀式钻头；在砂卵石层、强风化岩层、单轴抗压强度小于 15MPa 的软岩等，可选用加强切削刃笼式钻头；在单轴抗压强度大于 15MPa 的较硬基岩，可选用牙轮钻头、滚刀钻头、节锥钻头，并采用多级成孔工艺；遇较大块石、球状风化、旧基础等地下障碍物时，可选用筒式硬质合金钻头。在不稳定地层中钻进，钻头可选用双腰带钻头，以提高其钻进过程的导向，保证钻孔的垂直度。

泵吸反循环的砂石泵组排量要考虑孔径大小和地层合理选择调整，一般外环间隙泥浆流速不宜大于 10m/min，钻杆内上返速度应大于 2.4m/s。钻孔直径较大时，钻压宜选用上限值，转速宜选用下限；桩孔直径较小时，钻压宜选用下限，转速宜选用上限。

5.5.4 气举反循环因其排量大，泥浆在孔内流速高，对孔壁抽吸作用强，所以一般应用于直径大于 2.0m 的钻孔施工。气举反循环施工作业的关键点是控制喷嘴的沉没比，保持均衡持续的压缩空气输入，采取大风量、中等压力送风参数。多台空压机同时工作时，应设置空气压力罐（包），消除压缩空气管道内的压力激动效应。在厚砂层中钻进应控制钻进速度及压缩空气流量，防止抽垮孔壁。气举反循环在钻进施工前，应检查气举循环管线的密封情况，特别是气举水龙头是否漏气、堵塞等。

5.6 冲击钻进成孔

5.6.1 机械升降钻头冲击钻孔工艺由于钻进效率低、孔壁泥皮厚、孔底沉渣厚、成桩质量差，目前在土层钻孔施工中采用不多，主要用于基岩或岩溶地层钻孔施工。

5.6.3 冲击钻孔工艺用于土层时，宜采用小参数操作施工。在容易垮孔的砂层及砂卵石层钻进，需要大比重、高粘度泥浆护壁与冲洗携带钻渣。开孔时应采用小冲程 1m 左右、浓泥浆比重 1.2~1.3 冲击，以形成钻进所需的泥浆和加固护筒底口及其下孔壁。

5.6.4 在基岩中冲击钻孔时，应定期检查冲击钻头的磨损情况，及时修补钻头的外径或外切削刃，增强钻头底面抗冲击磨损能力，防止桩孔直径变小，孔底不规则，修孔时卡钻等。

5.6.5 冲击钻进施工，遇地下障碍物、孤石或岩面起伏变化大等情况时，容易产生钻孔偏斜超差。常用的处理办法是向孔内投入黏土、片石或灌注水下不分散混凝土回填，然后常用小冲程操作参数，底锤快击挤密，形成比较规则的孔段后再恢复正常冲击钻进。回填段不宜过长，一般为 1.5m~2m 即可；实际施工过程中，如效果不佳，可重复多次回填。

5.6.6 岩溶地区冲击钻进施工，根据钻遇岩溶洞穴的充填情况、大小规模，分别采取不同的处理措施。对溶沟溶槽和高度小于 2m 的洞穴，采用黏土、块石、低标号素混凝土等回填后恢复冲击钻进；对 2m~5m 的洞穴或间隔小于 1m、2~3 层的串珠型溶洞，宜采取下套管隔离然后在冲击钻进；对大于 5m 的洞穴及间隔 1~3m、大于 3 层的串珠型溶洞。宜采用全套管钻孔施工工艺。

5.7 全套管回转钻孔施工

5.7.1 全套管回转设备包括液压钻机、钢套管、锤式抓斗、十字凿锤、动力装置及吊装设备等。机具设备的配套完善是全套管回转施工顺利进行的重要保证条件，应予以重视。应定期检查配套机具设备的完好情况，特别是要检查钢套管的圆度、垂直度、连接部位的变形、钢套管底部及切削刃的磨损等，做到“工欲善其事，必先利其器”。

5.7.2 本条是针对全套管回转钻机作业场地的规定。以往一些常用全套管回转钻进施工的现场，由于钻机本身重量较大，地面承载力不足，造成钻机下陷、钢套管歪斜，施工停顿。因此，在正式施工前，对地面承载力不足的场地，需要进行适当的加固。在岩溶地区施工，还需要关注地层中是否发育土洞、溶沟溶槽及溶洞埋深情况，避免对钻机行走与就位施工造成危害。

5.7.3 根据设计桩径选择匹配钢套管和刀头，是编制施工方案的重点。本条总结了多个全套管回转工程的工程实践，对不同桩径选用与之匹配的钢套管和刀头，并区分土层和岩层，采取不同的刀头安装方法。

5.7.4 保证全套管桩孔施工质量的关键环节是控制钢套管的垂直度，而控制钢套管下沉垂直度的关键是控制初始第一节和第二节钢套管沉入的垂直度。本条规定钢套管垂直度偏差不大于0.5%，以保证桩孔垂直度偏差符合有关规范标准的要求。

5.7.5~5.7.6 全套管回转钻孔要在钢套管沉入土层中，应配合采用锤式抓斗从钢套管内抓土并提至孔外。锤式抓斗的重量与容量应根据桩孔直径与岩土层的相关性能指标选择，并控制配合钢套管的沉入深度。遇有地下障碍物、孤石、硬夹层、陡峭起伏变化的岩面等地层，应及时换用十字凿锤进行冲切破碎后，再采用抓斗抓取。

遇砂层、卵砾石层、淤泥与淤泥质土、泥炭土及含承压水等复杂地层时，应采取相应的技术措施：砂层或卵砾石层宜向钢套管内投入黏土或黏土球团，用冲击锤反复夯实，时黏土挤入管底砂层或卵砾石层，边夯边回转沉入钢套管；也可在钢套管底部压入水泥浆，使水泥浆扩散在砂层或卵砾石层中凝固后，在边冲抓边回转沉入钢套管实施隔离。对淤泥及淤泥质土，应控制钢套管沉入深度，为防止管底隆起涌泥，可采用软土固化方法对管底淤泥及原状土加固，通过回转钢套管快速穿过软土层。对高含水的泥炭土及承压水地层，可采取向管内灌注快凝水泥浆或低标号素混凝土进行封闭，同时快速回转沉入钢套管穿越。

5.7.8 岩溶强烈发育地区推广应用全套管回转钻孔施工工艺是一项比较好的选择。由于岩溶发育地区地层复杂，地质条件多变，特别是间隔频密多层溶洞发育的地层，采用冲击钻进钻孔或回转钻进钻孔困难重重，事故率居高，施工质量难保证，工期与造价难以控制。而采用全套管回转钻孔工艺，利用沉入的厚壁钢套管的强度与刚度，可有效隔离溶洞，尤其是多层溶洞，简化施工过程，避免多发性溶洞区域的施工事故，成桩质量得以保障，工期与成本也能得到有效控制。

5.8 其它钻进成孔

5.8.1 分级扩孔适用于桩孔直径不小于1800mm的灌注桩硬岩成孔。硬岩分级扩孔是目前普遍采用的一种大直径桩硬岩钻进方法，分级次数的多少依据岩石强度和桩孔直径而定，岩石强度越小，分级次数越少，分级极差越大；岩石强度越大，分级次数越多，分级极差越小；根据实践经验，一般第一级钻进以筒钻取芯优先为原则，分级极差应控制在30cm~70cm为宜。实际施工过程中，以直径2800mm的入岩桩为例，可参考表1进行选用。

表 1 硬岩分级扩孔

分级次数	孔径分级 (m)	适应地层
二级	Φ1.6、Φ2.2、Φ2.4、Φ2.8	饱和单轴抗压强度小于 50MPa
三级	Φ1.4、Φ1.8、Φ2.4、Φ2.8	饱和单轴抗压强度小于 70MPa
四级	Φ1.2、Φ1.6、Φ2.0、Φ2.4、Φ2.8	饱和单轴抗压强度不小于 90MPa

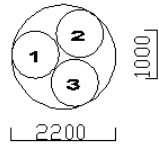
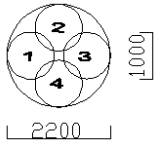
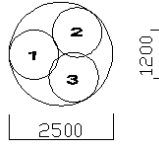
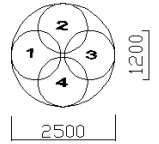
当硬岩钻进采用分级扩孔，尤其是在较破碎或裂隙较发育的硬岩中扩孔时，如何保证分级钻进时的垂直度是关键。实际施工中，第一级钻孔常采用上扶正旋挖钻头，通过钻头上方设置的扶正环保持与孔壁的有效接触，避免了钻进时的钻头滑移而造成偏孔；而在后续扩孔时，为保证分级扩孔的垂直度，常采用下扶正旋挖钻头，通过第一级钻孔的孔壁作为钻进时的钻头导向，有效保证扩孔时的垂直度。

5.8.2 小钻阵列取芯孔适用于桩径 2200mm 及以上的灌注硬岩钻进成孔。旋挖桩硬岩分级扩孔工艺，钻进时需要配备各种不同直径的旋挖入岩筒钻和捞渣钻斗，钻进和清渣过程中需频繁更换钻头，增加了旋挖钻机起钻的次数，一定程度上影响钻进效率；同时，随着分级钻头直径的加大，其在硬岩中的扭矩也将增大，其钻进速度慢，钻进效率低。为此，实际钻进施工中总结出一种旋挖硬岩“小钻阵列（或梅花）取芯、大钻整体削平”的钻进方法，即当旋挖钻进至硬岩时，采用一种小直径截齿筒钻，按照阵列依次取芯、旋挖钻斗捞渣，最后采用设计桩径筒钻整体一次性削平的钻进工艺，为硬岩钻进提供了一种新的工艺方法。

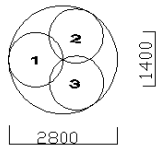
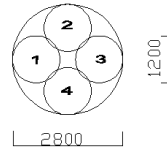
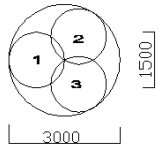
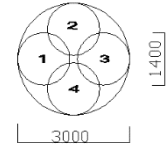
考虑到目前旋挖钻机扭矩和钻头入岩能力的提升，一般实际工程中硬岩全断面钻进可达 1200~1600mm，为此，采用硬岩小钻阵列取芯法适用于桩径 2200mm 及以上的旋挖灌注桩成孔。

小钻阵列取芯孔的布设与硬岩强度、旋挖钻机扭矩、灌注桩设计桩径等相关。根据实际施工经验，对不同灌注桩设计桩径，在不同强度硬岩中的布孔方式可参照表 5.8.2 进行了原则性设计，具体布孔方式见表 2；实际钻进施工过程中，可根据现场使用的旋挖钻机的功率和工况进行调整。硬岩钻进根据阵列孔直径大小、硬岩强度和使用的旋挖筒式钻头的形式（截齿或牙轮），一般阵列小钻回次进尺控制在 1.0~1.4m，大断面整体钻头钻进进尺控制一般 1.0m。

表 2 阵列布孔方式

设计桩径 (mm)	岩石抗压强度					
	岩石抗压强度<40MPa			岩石抗压强度>40MPa		
	阵列孔径	设计桩径	布孔排列	阵列孔径	设计桩径	布孔排列
2200	1000	2200		1000	2200	
2500	1200	2500		1200	2500	

续表 2

设计桩径 (mm)	岩石抗压强度					
	岩石抗压强度<40MPa			岩石抗压强度>40MPa		
	阵列孔径	设计桩径	布孔排列	阵列孔径	设计桩径	布孔排列
2800	1400	2800		1200	2800	
3000	1500	3000		1400	3000	

5.8.3 机械扩底使用的扩底钻头分为机械压力式和液压式两类。机械压力式一般采用伞形结构，通过钻杆向下施压，推动扩底钻头上的活动套筒下行撑开带有切削刃的撑杆，回转切削土体达到扩孔效果；完成扩孔作业后提升钻杆带动活动套管上行，将撑杆收回。液压式扩底钻头则通过液压油缸活塞的伸出与收回，带动活动套管下行或上行，实现回转扩孔与撑杆回收。根据上述机械扩底原理，为保证桩孔扩孔达到设计要求，需要在扩底施工前对扩底钻头进行伸张、收回试验，确定预设的扩底行程，检查钻头零部件、切削刃、密封圈等的机械加工与安装质量等。

深圳地区扩底施工主要采用原位扩孔，即在钻孔直孔段钻进至设计孔深后，再下入扩底钻头在原位进行扩孔，通过扩孔行程控制达到所需的扩孔孔径后，提升扩底钻头。原位扩孔施工过程中要控制钻头转速，轻压慢转至扩孔刀翼（带切削刃撑杆）全部张开后，逐步加大钻压，增大转速，保持大排量泥浆循环，满足清排扩孔钻渣。应注意观察扩孔排渣情况，如钻渣突然增多或钻渣颜色成分发生明显变化，则判断孔内可能发生垮孔；如扩孔阻力明显增大，则判断孔内可能发生卡钻、埋钻故障。出现上述情况时应即时将钻头反转提离孔底，使用大排量优质泥浆稀水泥浆或进行清孔护壁，清除故障后在恢复扩孔施工。

扩底施工完成后，应采用孔内超声波仪对扩底效果进行检测。

5.8.4 潜孔锤钻进技术是近年来快速发展的一种钻进新技术，其广泛适用于深厚填石、孤石和硬岩钻进，其采用高风压将孔内潜孔锤破碎的岩屑直接吹出孔外，破岩效率高、钻进速度快，实际工程中常应用于预应力管桩引孔、基坑支护灌注桩引孔等，其在特殊地层条件下具有明显的优势。

潜孔锤钻进受由高风压带动，其钻进直径越大，空压机配置要求越高、风压越大。通常钻进直径采用单体潜孔锤时不大于 1500mm，采用集束潜孔锤时不大于 3000mm。单体潜孔锤分平底和锥形状，可根据地层情况选用。

灌注桩采用潜孔锤钻进时，由于高风压对孔壁的冲击作用大，在土层段应采用潜孔锤全套管跟管钻进工艺。

由于潜孔锤钻进时高风压作业，钻进过程中应采取优化配置空压机数量以减小噪音和消耗，采用气液钻进、孔口合瓣式防尘罩、串筒式防尘罩等措施，用以控制粉尘和浆渣扩散污染环境，有效提升现场文明施工水平。

5.8.5 全套管全回转钻进适用于直径 0.8m~3.2m 的不同桩径桩基施工，钻孔深度最大 130mm。全套管全回转钻进时采用全护筒护壁，其为一种安全、可靠的钻进方法，其广泛适用于松散填土、

卵石、砾石、流砂、淤泥等强缩径地层，以及桩位下方存有高压水、溶洞、桩位下方存在废桩等复杂地层条件下施工；在桩位中心紧临地下建（构）筑物周边，或对变形敏感的建（构）筑物的环境条件下施工。

近年来，随着桩工机械的发展，目前国内施工的最大直径达 3.2m、成深度达 130m。钻进时应根据钻孔直径、孔深和地层选择适合的机型，以及配套的液压系统、套管、冲抓斗等设备机具进场施工。

在填土、淤泥、流砂层等易塌孔、缩径地层钻进，套管内取土面应始终高于套管底口且深度不小于 2.5m；在漂、卵石层钻进，应超前取土 400mm 左右，遇较大漂石时宜采用冲击锤将其击碎后再抓出。

在灌注桩桩位处存在旧桩时，宜采用全套管全回转钻机拔除旧桩，重新钻进施工新桩。在溶洞段钻进时，套管应穿越溶洞；硬岩层成孔时，应采用超挖法进行套管跟进，或将套管底置于岩层面。当钻进超深孔时，宜采用安放内、外套管变截面成孔，先安放外套管，外套管直径比内套管直径约大 40cm，长度约为内套管的一半；外套管安放后，再下入内套管直至预定的位置。

全套管全回转钻进过程中，宜采用与旋挖、潜孔锤、RCD 等组合钻进工法，以提高综合钻进效率。

全套管全回转钻机最高约 3.5m 左右，其还可用于基坑支撑梁下灌注桩缺陷处理，在处于低净空环境下施工灌注桩，此时对净空高度一般要求不小于 8.5m 左右；当采用专门的低净空全套管全回转钻时，其对净空高度要求为不小于 4.5m。

5.9 清 孔

5.9.1 桩孔清孔是保证成桩质量的重要环节，是桩基隐蔽工程验收的主要指标之一。清孔方法应根据桩径、桩深、地层条件综合考虑，宜选择简单、有效的清孔方法。下放钢筋笼后应进行二次清孔，在灌注混凝土前应检查孔底沉渣是否满足设计及本标准的有关规定，如果超标需要再次清孔。

5.9.3 泵吸反循环清孔时应注避免抽吸作用过大而垮孔，还需要控制清孔作业时间，不可长时间进行反循环抽排。清孔作业时，应保持回流孔内泥浆性能符合要求，并保持孔口泥浆液面稳定。如出现孔口泥浆液面突然下降或返出孔口的泥浆钻渣含量明显增加、泥浆颜色发生明显变化时，应即时停止清孔，查找原因，消除异常后方可恢复清孔作业。

5.9.6 采用全套管回转钻孔，孔底沉渣清排方法可根据孔底情况选择。孔底无水干作业条件下，对孔底进行夯实平整，满足承载力要求，则可采用混凝土浇筑振捣施工方法；孔底水量较大时，采用反循环清孔方法；孔底水量不大时，可结合抽排水对孔底沉渣进行清排。

5.10 质 量 检 验

5.10.1~5.10.3 灌注桩成孔质量检验包括孔位、孔径、孔深、垂直度、沉渣厚度及持力层等，以及施工原始记录、经批准的桩孔设计施工变更文件、有关签证资料等。成孔质量检验后应进行隐蔽工程验收，验收合格后才能进行下一步成桩施工。

6 灌注桩成桩

6.1 一般规定

6.1.2 灌注桩水下混凝土灌注事故以初灌量不足、埋管深度不够、灌浆管拔出混凝土面等居多。避免发生上述灌注事故的有效措施是确保混凝土初灌量、准确记录混凝土灌入量，控制好导管的埋管深度。现场通过绘制混凝土灌注曲线，在曲线上可标注初灌量与埋管深度、灌入量与埋管深度的关系、灌注导管起拔高度、灌注强度变化等，可综合反映了灌注过程操作是否符合要求。灌注桩身混凝土时，通过不断测量相关数据，绘制灌注曲线可作为水下混凝土灌注施工质量控制的主要依据。

6.2 钢筋笼制安

6.2.1~6.2.3 钢筋笼接头应符合现行行业标准关于焊接及机械连接相关规程的规定，考虑操作难度，焊接接头宜采用双帮条单面焊接，焊接长度不小于 $10d$ (d 为钢筋直径)，焊接接头在同一截面的接头数量不应大于主筋总数的 50%。采用机械接头时，II 级接头率不应大于 50%，I 级接头率不受限制；同一断面的机械接头应相互错开，错开距离不应小于 $35d$ 。

深圳地区钢筋笼连接普遍采用机械连接，接头对正率也比较高。机械连接加工阶段应先进行对待接钢筋笼进行试连接；钢筋笼制作时，应在钢筋笼设置专用起吊筋及起吊点，增加钢筋笼的整体刚度，防止钢筋笼起吊时变形或损坏，影响后续孔口机械连接；在有条件时，宜采用长钢筋笼入孔，减少钢筋笼在孔口连接；根据以往类似工程经验，单节钢筋笼长度，以不超过 30m 为宜；对超长钢筋笼应复核吊装要求及其安全性。

当制作钢筋笼采用滚轮机时，应切实作好相关的安全防护工作。

6.3 水下混凝土配制与灌注

6.3.2 水下混凝土灌注导管宜采用无缝钢管制作，接头宜采用螺纹丝扣连接，内设密封圈，接头外径与灌浆管外径差不宜大于 60mm；灌浆管（含接头部位）应承受不小于 1.0MPa 的压力，壁厚不宜小于 3mm；每套灌浆管宜配置一根满足初灌埋管长度的单节长管，一般长度不宜小于 6.0m，长度 1m~2m 的短节 2 根~3 根，标准节的长度宜为 3m~4m。灌浆导管使用前应进行试接装与试压，检查导管的垂直度与密封性能。灌注作业结束，应及时对导管进行冲洗和接头保养。

6.3.3 保证初灌量是桩身下部混凝土灌注质量的控制要点。而要满足初灌量要求，就需要对储料斗和灌注斗作出相应的制作规定与工作性能要求。本条对此作出规定，便于料斗的加工制作，并对加工制作质量进行检查。

6.3.4~6.3.5 水下混凝土灌注作业应连续不间断进行。灌注前应制订周密的商品混凝土供应方案，出现意外情况临时中断供应的应急预案；初灌完成后，应保持埋管深度，平稳操作；灌注作业中遇塌孔、埋管等中断灌注时，应即时提升导管，启动应急预案，防止发生导管埋死，桩孔报废的质量事故。

对于超大直径的灌注桩，当桩身混凝土体积大于 200m^3 ，宜按单桩大体积混凝土施工要求，制订专项施工方案指导施工。

6.3.6 初灌量是保证将导管内泥浆置换出导管，实现水下封底并保证泥浆上浮不进入混凝土内的关键。导管埋入深度过大易产生因上顶阻力增加而出现局部夹泥，或因混凝土泛出阻

力大造成上部混凝土流动性差、灌注不畅等结果；埋入埋入深度过小易造成导管拔出混凝土浇筑面，或发生新灌入混凝土冲翻顶面造成夹泥断桩等质量事故。

6.4 灌注桩后注浆

6.4.1 灌注桩后注浆可用于各类钻、冲孔灌注桩的桩端、桩侧加强及沉渣、泥皮处理。灌注桩后注浆通常分为桩端后注浆、桩侧后注浆与桩端桩侧联合注浆等三种。深圳地区的后注浆，在当持力层为中风化及以下的微风化岩层时，主要用来处理桩端的沉渣；以土状强风化及以上的土层作持力层时，用于桩端沉渣和桩侧泥皮的处理；近年来，一些工程项目为提高抗拔桩的承载力，采用了后注浆方法，有一定的处理效果。在用于提高单桩竖向抗压承载力方面，还需要积累更多的工程经验。

6.4.2 后注浆管一般采用钢管。桩端注浆管的布置应根据灌注桩直径选择，直径小于 1.2m 时宜对称布置 2 根，直径 1.2m~2.5m 时宜对称布置 3 根。实际施工中每根注浆管喷涂不同的颜色以示区别。

6.4.4 本条对后注浆施工流程作出规定，以便在编制后注浆专项施工方案，组织现场注浆施工时有条不紊地进行。

6.4.5 注浆管在安设前，应按设计要求分别对桩端注浆管和桩侧注浆管进行检查，重点是注浆管长度、连接件、注浆孔开设、与地面送浆管的连接等。必要时应对注浆管进行水压力测试，检查耐压情况。竖向桩端注浆管应通过点焊或绑扎方式固定在钢筋笼上，每节注浆管长度应予单节钢筋笼长度一致，便于孔口地面连接，注浆管可采用丝扣连接。

6.4.6 根据实际经验，宜在桩身混凝土灌注完成 8h~12h 后，将后注浆管路用清水压通。如果开塞时间延后太长，注浆管路难以疏通，影响注浆效果或注浆无效。

6.4.9 根据实际后注浆工程经验，终止后注浆的条件主要是以下三方面，一是桩端和桩侧的注浆量与注浆压力达到设计要求；二是注浆总量达到预计总量的 75%以上，且注浆过程中，浆液注入缓慢，注浆量明显下降，虽提高注浆压力，但注浆量仍未有增加；三是灌注桩周边出现返浆且返浆量不断增加。

6.5 质量检验

6.5.1~6.5.3 质量检验的重点是注浆施工期间的注浆压力与注浆量；终止注浆的压力；单桩注浆验收记录、水泥浆配比、外掺剂类型与掺量、水泥浆取样与试块试验等。

7 人工挖孔灌注桩

7.1 一般规定

7.1.1 岩土工程详细勘察资料由于勘探点间距较大而不足以控制各个桩位地质条件，因此，对地质条件变化较大，特别是可能存在前述的不良地质条件或者桩端持力层面起伏较大的场地，应进行一桩一孔或多孔的超前勘探，并以此作为人工挖孔桩的施工依据。

7.1.2 人工挖孔灌注桩作为一种传统的成桩施工工艺，具有造价低、所需施工设备简单、成桩直径大、成桩质量容易保证等特点，同时也存在受地质条件限制，工人劳动强度大、危险性高，以及施工降水或爆破容易对周围地面和建（构）筑物造成不良影响。因此，在广东省及深圳市都属限制性使用的桩型，本条为广东省住房和城乡建设厅关于限制使用人工挖孔灌注桩的通知内容（粤建管字〔2003〕49号）。

7.1.3 人工挖孔桩施工工艺属干法施工，开挖过程中的降水疏干作业不可避免会造成周边地下水位下降，引起地基土体的压缩变形、地面沉降，从而危害建（构）筑物。当桩孔开挖中有较大量的石方需进行明爆施工时，爆破振动也可能对周边建（构）筑物或设施造成不良影响。因此，开工前必须对上述不良影响进行认真评估，加强监测防护并制定有效的应急预案。对邻近有对变形敏感的地铁、地下管廊、地下交通枢纽等地下建（构）筑物，不得进行人工挖孔桩施工。

7.2 施工安全措施

7.2.1 人工挖孔桩施工必须编制安全专项方案，并经专家评审通过方可实施；岩石的爆破（非静爆）属特种作业，挖孔桩施工中必须分包给专业爆破公司。爆破施工必须编制专项方案，经第三方专家组评审和政府管理部门审查通过后方可实施。

7.2.3 当场地内存在某些不良地层或物体（如有机质土、煤系地层、工业污染物、生活垃圾等）以及桩孔开挖到较大深度时，孔内都可能产生或积聚一些有毒有害气体，直接危及施工人员的生命安全，以往的这类安全教训多且深刻。因此，毒气检测和孔内送风都是必须的。必须保证毒气检测仪的检测能力和精度，检测气体至少应包括一氧化碳、二氧化碳、甲烷、二氧化硫、硫化氢、氨气等。

7.2.6 现场施工用电必须严格执行现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46，编制临时用电专项方案。桩孔内需进行抽排水作业时，施工人员不得在水中停留。

7.3 成孔与护壁施工

7.3.1 桩孔开孔前必须准确定位，施工过程中每三节应通过基准点随时校核，确保桩位偏差满足规范要求。

7.3.2 若场地地质条件比较复杂，经综合分析有必要时可进行工艺性试验施工。

7.3.3 跳挖施工的目的是尽量减少相邻桩孔施工中的相互干扰，严防桩孔串通事故，同时减少对周边可能产生的不良影响。

7.3.4 严格控制桩孔偏差，加强孔口的安全保证措施。

7.3.6~7.3.8 护壁施工应该严格执行设计文件的要求，确保施工质量和施工过程的安全。

7.4 成桩施工

7.4.1 人工挖孔桩的钢筋笼一般在现场孔内制作。为了孔内操作的安全和便利，主筋的连接不应采用焊接方式。

7.4.2~7.4.4 钢筋笼制安的质量控制措施，重点在于保证保护层厚度和灌注混凝土时钢筋笼不上浮、不偏移。

7.4.5 严格清理孔底沉渣，确保桩底沉渣满足设计要求。

7.4.6 人工挖孔桩属于干法施工工艺，一般无需进行水下混凝土灌注，但最后灌注的部分桩孔由于地下水的汇集而需要进行水下灌注。

7.4.7~7.4.8 桩基混凝土必须使用商品混凝土，应明确提出对混凝土的基本要求，确保桩身质量。

7.4.10 对于直径超过 3.0m 的大体积混凝土浇灌，应制订专门混凝土浇灌施工方案，采取适当降温措施。

8 长螺旋钻孔压灌桩

8.1 一般规定

8.1.1~8.1.2 长螺旋钻孔压灌桩适用于黏性土、砂土、非密实碎石土、填土及强风化等地层。长螺旋钻进成孔与钻杆中心管压送混凝土后插筋成桩，具有穿透土层能力强、低噪音、无振动、无泥浆污染、施工效率高、质量容易控制且对周围居民和环境不良影响较小等特点。

长螺旋钻孔压灌桩采用振动锤置入钢筋笼，混凝土通过压灌至桩孔内，保证钢筋笼插入前孔内压灌满混凝土，以防止钢筋笼振动插入过程中将孔壁土块带入桩身混凝土中，影响成桩质量。

长螺旋钻孔压灌桩适用于地下水位较高、易塌孔、且长螺旋钻机可以钻进的地层，如填土、淤泥质土、粉质粘土、粘土、粉细砂、砂卵石层等。当地层有较厚且粒径较大密实卵石层或桩端嵌岩时，应分析成孔的可行性并进行现场试验。对含承压水且承压头高于施工面，以及地下水流速较大的地层应慎用。根据目前已完成的工程实例，长螺旋钻孔压灌桩成孔深度不宜大于 40m，成桩直径不宜大于 1.2m，充盈系数不宜大于 1.2。

8.1.3~8.1.5 长螺旋钻孔压灌桩钻进由于重量较大，施工前需要对施工现场进行平整压实，并控制长螺旋钻机行走场地坡度不大于 15°。长螺旋钻孔成桩施工，由于采取混凝土压灌工艺，故配套设备机具相对较多，包括螺旋钻杆与钻头、钻杆压灌龙头、混凝土输送泵与输送管、钢筋笼振动器等。施工前应对各配套设备机具性能与管线连接进行检查；在现场进行工艺性试桩，确定施工操作参数；施工结束应对上述配套设备机具进行清洗保养。

8.2 施工设备机具与材料

8.2.2 长螺旋钻孔压灌桩对混凝土要求较高，坍落度太大，混凝土易产生泌水、离析，泵压作用下，骨料与砂浆分离导致堵管；坍落度太小，混凝土流动性差，也容易造成堵管，同时振插钢筋笼困难。应根据当地施工经验及钢筋笼的尺寸合理选择混凝土的原材料、坍落度及和易性，以利于混凝土的泵送和钢筋笼的插放。

8.3 成孔施工

8.3.1 长螺旋钻机应根据桩型、钻孔深度、桩径、土层情况、地下水条件、施工环境及成桩效率等选择，可参照附录 F 选用长螺旋钻机及相应的振动锤型号。

8.3.2~8.3.3 长螺旋钻机一般都采用步履式行走机构，因此应合理规划钻机的行走路线，对行走场地进行平整压实；钻机安装应平稳垂直，就位后应保持机架稳定牢靠；安装与性质作业时设置非操作人员的隔离区，做好现场安全防护。长螺旋压灌桩施工流程与其他灌注桩的施工流程在钻进成桩环节不同，需要在施工组织设计中根据场地施工条件予以明确，并做好施工流程交底，以便指导施工。

8.3.5~8.3.7 长螺旋钻进采用带螺旋叶片的钻头，螺旋叶片的螺距应适应所钻地层的岩土特性，钻头上镶焊的切削刃宜选择柱状硬质合金，增强钻头钻进能力；叶片宜选择高强合金钢材，并应经过热处理，提供叶片的强度与耐磨性；钻头及叶片直径不应小于设计桩径。

长螺旋钻进压灌桩开孔时，应先关闭钻头底部阀门，并将钻杆、钻头内的土块、等及时清理干净。下钻速度要慢，正常钻进速度根据地层情况按成桩工艺试验确定的参数指导施工，宜控制在 1.0m/min~1.5m/min。

长螺旋钻进应根据工艺性试桩确定的操作规程进行，施工中应根据地层变化及混凝土压灌情况及时调整操作。压灌混凝土施工对孔壁有一定的挤压作用，会引起孔壁周边一定范围内土层位移及地下水压力变化，桩间距较小时会影响相邻桩的成桩质量。具体表现为相邻桩桩顶冒水、钢筋笼上抬等，一般容易在饱和粉细砂层及淤泥质土等软弱土层中发生。处理措施为隔桩（一桩或两桩）跳打分序施工，待一序桩施工完成并达到一定强度后进行下一序桩施工。施工分序应在正式施工前通过试桩确定。钻进中通过螺旋钻杆排出的钻渣弃土应及时清运，弃土清运应与桩基施工密切配合进行，清运车辆应避让桩位放线点。

钻至设计桩端标高后，应根据钻速及钻机电流的变化，结合勘察钻孔资料，判断桩端是否进入设计持力层。目前尚无可靠的孔底清渣工艺，一般采取钻头达到设计深度和持力层后，原位旋转 1min~2min 进行清理浮土钻渣，达到清孔的目的。同时适当加大压灌混凝土量，压实孔底。

8.4 成桩施工

8.4.1~8.4.2 混凝土输送泵的安放位置应与钻机的行走路线相配合，避开运输路线，尽量减少弯道，混凝土输送泵与钻机的距离宜控制在 60m 以内以减少输送管路堵塞。输送泵管尽可能保持水平，泵管下面应用垫木垫实。

8.4.3~8.4.4 应准确掌握提拔钻杆时间，杜绝在泵送混凝土正常工作之前提拔钻杆，以免造成桩端虚土或桩端混凝土离析；当遇易塌孔的饱和粉细砂等地层时可直接压灌混凝土而不用预先提钻；提拔钻杆过程中应连续泵送混凝土，特别是在饱和砂土及淤泥质土层中不得停泵待料，以避免造成混凝土离析、桩身缩径和断桩。

8.4.5 桩顶以上空孔段要求灌满混凝土，有利于钢筋笼振动插放，避免钢筋笼振动插放过程中将空孔段孔壁土块带入桩身混凝土，影响成桩质量。当气温高于 30℃时，可在混凝土输送泵管上覆盖两层湿草袋，每隔一段时间洒水湿润，降低混凝土输送泵管温度，防止管内混凝土失水离析堵塞泵管。

8.4.6 由于后插钢筋笼过程中振动锤要给钢筋笼施加一定的冲击力，为保证钢筋笼能完好的下至孔底，钢筋笼底部端头需采取特殊的加强构造措施。较典型的一种做法是将钢筋笼底部的主筋都弯向中心，在钢筋笼底形成一个锥尖，在距尖头 100mm 左右的位置，用 $\phi 8\text{mm} \sim \phi 10\text{mm}$ 钢筋绕 7 圈~10 圈箍筋焊牢，在尖头内放入两个 $\phi 16\text{mm} \sim \phi 20\text{mm}$ 的“U”字型钢筋，十字交叉固定并与主筋可靠焊接。加强钢筋的参数可根据钢筋笼长度和直径调整。

由于钢筋笼插放过程采用振动下沉方式，保护层垫块容易被刮蹭振动脱落，可在钢筋笼主筋外侧焊接保护层定位钢筋，定位钢筋间距一般为 2m~3m 且每笼不应少于 3 组，每组不少于 4 块，定位钢筋不宜少于 4 根。

8.4.7~8.4.8 钢筋笼不应采用直接脱钩法下沉，下沉过程中，钢筋笼顶部采用钢丝绳与振动锤连接，防止钢筋笼脱离振动钢管及钢筋笼偏斜。振动下插时宜控制下放速度，及时观察调整钢筋笼的垂直度。提拔传力钢管过程中宜开启振动锤，上拔速度不宜过快，以避免桩中心形成空洞同时保证桩身混凝土振动密实。

钢筋笼宜均匀配筋，以避免振插过程中发生偏斜。采用直径较大、根数较少的钢筋笼，钢筋间净距大，利于混凝土中粗骨料进入笼内。桩身混凝土在振动力的作用下，粗骨料易沉淀至孔底段，据施工经验，钢筋笼振动下插至距桩底 1000mm 范围内，沉放较困难。

9 承台施工

9.1 一般规定

9.1.1~9.1.2 承台施工前应根据承台开挖地层、开挖深度、桩基类型,结合现场条件、周边环境、工期、气候和地面载荷等条件,选择承台开挖方式,规划布置施工顺序;当承台开挖深度大于 3.0m,或深度小于等于 3m 的临边型承台,或承台底存在承压水或承台底地层为深厚淤泥时,应进行承台基坑专项支护设计,并应制定相应的施工方案及施工与安全交底。

目前承台开挖施工中,因开挖方式不当或承台深坑缺乏有效支护而引发的坍塌事故不断;有的因承台距离工程桩较近,开挖施工不慎对邻近的工程桩造成损坏;特别是在淤泥及淤泥质土土层中进行承台开挖,往往引发淤泥土层滑移,造成大面积的工程桩尤其是管桩的倾斜,处理非常困难;有的承台面积较大且位于建筑基坑坑底附近,不当开挖并缺少承台深坑的支护,对基坑的安全稳定造成重大隐患。所以对承台开挖安全必须引起足够的重视,质量安全监督部门也对此作出了专门规定。

9.1.3 承台开挖后应及时将坑内的计算排出,防止承台孔壁及坑底土层被水浸泡,引发垮塌。承台开挖后续施工应紧密相接,尽早进行封底并浇筑承台混凝土。

9.2 承台开挖与桩头处理

9.2.1 承台开挖应采用机械开挖为主,人工配合机械开挖方式。挖机型号应根据开挖承台的大小与地层选用,当承台体积小于 10m³时,可选择挖斗容量 0.5m³的挖机;承台体积大于 10m³时可选用挖斗为 1.0m³的挖机。承台挖至距离设计定 0.3~0.5m 时,应改用人工开挖,并对孔底进行平整压实,避免扰动承台底部及以下土层。当承台开挖深度不大于 3.0m,周边具有放坡空间,且不影响承台周边工程桩时,可以采取放坡开挖。根据承台开挖的工程经验,对不同岩土层,开挖放坡坡度可参照表 3 采用。

表 3 承台开挖放坡坡度

承台坑壁土层	开挖坡度		
	顶部四周无载荷	顶部四周有静载荷	顶部四周有动载荷
砂性土	1:1.05~1.10	1:1.10~1.2	1:1.5~1.25
碎石类土	1:0.65~0.75	1:0.75~1.0	1:1.0~1.15
黏性土	1:0.5~0.75	1:0.75~1.0	1:0.75~1.0
全风化、强风化	1:0.25~0.5	1:0.5~0.75	1:0.5~0.75
中风化、微风化	1:0.1	1:0.1	1:0.1

9.2.2 在流塑或软塑状淤泥及淤泥质土等土层进行承台开挖施工时,应保持承台坑内土面开挖高度平衡,高差不宜超过 0.5m,防止发生淤泥软土滑移或垮塌;当开挖中出现大量涌泥涌砂时,应及时停止开挖作业,采取换填措施;换填深度应在实际承台底标高以下不小于 0.5m,换填范围宜大于承台四边 1.0m;采取搅拌桩等措施对坑底软土加固时,承台开挖宜沿加固位置布置施工路线。

9.2.3 对一柱一桩的独立桩基承台开挖,应按“先深后浅”的原则合理安排施工顺序。对临近建筑物、市政设施与基坑坡脚,且距离较近,开挖深度较大的承台,应进行专项开挖支护设计,采取必要的保护措施,布置承台施工期间的监测,监测项目与控制指标可参考有关基坑工程监测的

规范标准及设计规定。

9.2.4 工程桩采用管桩的承台，开挖施工应避免对管桩的挤推作用，严禁挖土机械碰及桩身或桩头。承台开挖损坏管桩及灌注桩钻头部位的情况时经常发生的施工问题，因此需要严格规定。

9.3 承台施工

9.3.1 承台混凝土施工，有条件时可利用承台坑壁作为侧向土模；当采用模板时，应按承台施工方案进行安装。承台施工的侧向模板与承台坑槽之间的回填土应夯填密实，其密实度应满足设计要求。承台侧向模板安装不应影响承台基坑的支护，并满足承台混凝土结构施工需要；侧模板体系的整体稳定性与整体刚度应符合现行有关混凝土施工规范的要求。

9.3.2 承台钢筋进场与加工制作与安装绑扎应遵循有关钢筋混凝土施工规范标准的规定，包括钢筋进场检验、钢筋加工制作、安装绑扎、保护层与垫块设置、锚固长度、焊接连接等各道工序。当工程桩顶主筋伸入承台连结时，承台底层钢筋网在越过桩顶处不得截断。采用工程桩顶部直接埋入承台连结时，承台底层钢筋网碰及基桩时，可以调整钢筋间距或在基桩两侧改用束筋越过，确需截断时，宜在截断处增设附加等强度钢筋连续绕过；

钢筋绑扎应在垫层混凝土达到设计强度 75% 后进行。绑扎钢筋的缺扣、松扣数量不应超过绑扎总数的 5%，且缺扣、松扣的位置不应集中一处，钢筋弯钩的朝向应正确，钢筋搭接长度不应小于设计规定值。在绑扎承台顶网钢筋时，应同时安装预埋件，并注意综合接地钢筋的设置，按设计要求进行预埋及红油漆标识；预埋钢筋的绑扎应在模型立设完毕后进行，并根据模型上口尺寸控制其准确性；

桩与承台的连接，桩嵌入承台内的长度对中等直径桩不宜小于 50mm；对大直径桩不宜小于 100mm。混凝土桩的桩顶纵向主筋应锚入承台内，其锚入长度不宜小于 35 倍纵向主筋直径。对于抗拔桩，桩顶纵向主筋的锚固长度应按设计要求及现行国家标准《混凝土结构设计规范》的有关规定执行。

9.3.3 承台混凝土浇筑施工应遵循有关钢筋混凝土施工的规范标准，采用的商品混凝土性能应符合承台设计施工的要求，包括混凝土所用的水泥、水、骨料、外掺剂等材料的质量、检验项目、批量和检验方法等；混凝土应具有良好的和易性、流动性，并拌和均匀，无离析和沁水现象。

混凝土浇筑前，应对支架、模板、钢筋和预埋件进行检查验收，将桩头及模板内杂物清理干净；混凝土浇筑期间应设专人随时检查模板、钢筋及预埋件的稳固情况；混凝土浇筑应采用分层浇筑方式，振捣密实，避免振动棒碰撞钢筋、模板及预埋件等。当发现有钢筋、模板或预埋件有松动、变形、移位时，应在混凝土浇筑前及时处理。

普通承台混凝土应一次浇注完成，混凝土入槽宜采用平铺法；对大体积混凝土施工，应严格按照大体积混凝土专项施工方案及大体积混凝土施工的有关规范标准的规定组织施工；根据大体积混凝土热工计算采取温度控制措施，防止温度应力引起的裂缝，确保混凝土施工质量。

混凝土浇筑完毕，应对混凝土面及时进行修整、收浆抹平，待定浆后混凝土稍有硬度，再进行二次抹面；对柱接头处进行拉毛，露出混凝土中的大颗粒石子，保证柱与承台混凝土连接良好。混凝土浇筑后，应及时进行养护。对采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥拌制的混凝土，混凝土浇水养护的时间不得少于 7d；对掺用缓凝型外掺剂或有抗渗要求的混凝土，不得少于 14d。

10 检验与验收

10.1 一般规定

10.1.1 桩基验收过程是发现、整改质量问题的最后一道控制环节。先隐蔽后验收可能致使质量问题不被发现，或资料和检测中发现的问题无法进一步验证，无法有效处理，给桩基工程留下质量安全隐患。根据《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的相关规定，桩基验收包括检验批、分项、分部（子分部）。其中检验批验收在工程施工过程中按进度进行，分项和子分部工程在工程桩完成后进行，即桩基竣工验收。由于检验批质量验收记录表中的各项检查实测项目经常需要在不同阶段施工才能实测得到，以至于由于有些施工阶段已经隐蔽，验收时无法填写实测数据，为此，隐蔽之前应进行相应的检查验收，也即对检验批验收前隐蔽的部分进行隐蔽验收。隐蔽验收可看成是检验批验收的一种辅助验收。

10.1.2 《深圳市建筑基桩检测规程》SJG 09 是综合国家和省相关标准，结合深圳实际情况制定的标准，在深圳地区进行桩基质量检验应优先采用该标准。

10.2 验收准备

10.2.1 桩承台土方开挖时经常由于开挖不当造成桩身受损，土方开挖使桩身受损一般有桩身断裂、倾斜，桩身或桩身混凝土破坏，桩顶钢筋碾压、弯折受损等。所以，要加强土方开挖的管理，采取措施避免土方开挖对桩的损害。

10.2.2 土方开挖后对多余桩头的截除经常出现桩头质量问题。比如，桩顶标高过低，桩顶混凝土面极度凹凸不平，桩头钢筋保护层破坏，桩头钢筋折断或来回大角度弯折，甚至弯成了麻花状。所以，施工单位应采用切实有效的方法，避免因截桩不当产生桩头质量问题。

10.2.4 在实际工程施工中，有些施工和监理单位不认真检查，当在竣工验收抽查时发现桩头质量问题，该报设计的没有报，该处理的没有处理，有的在验收时承台钢筋已经绑扎完成，给后续补救造成麻烦和损失。桩头混凝土质量问题可参考如下方法处理：

1 混凝土浮浆没有清理或混凝土不密实、空洞、夹泥等，处理方法是凿除问题混凝土至新鲜混凝土；

2 桩头钢筋保护层缺失时，如果是因为凿桩头破坏的应延缺失处往下清理至有保护层处，然后用同强度细石混凝土修补保护层，如果是因为钢筋笼垫块失效，导致整个钢筋笼偏向一侧，则应报设计处理；

3 桩头钢筋质量问题表现为钢筋折断时应采用焊接方法接长钢筋，麻花状的钢筋应进行鉴别，当钢筋明显受损时应同样采用焊接方法从未受损处进行焊接接长，未经设计书面同意，禁止采用植筋方法接长钢筋。

10.3 桩基检验

10.3.3~10.3.4 静载法使用的压重或施加于地基的压力，不宜大于地基承载力特征值的 1.5 倍，否则应对场地进行处理（如换填、浇筑钢筋混凝土板）。有条件时可利用工程桩作为压重堆载支点或反力桩。试验设备和场地受限制时，可经论证后采用自反力法检测抗拔、抗压承载力。

对检测过程中承受较大静荷载或动荷载的受检桩，桩头宜做加强处理。管桩宜加装 3~5mm 厚的钢套箍。混凝土灌注桩宜制作检测用钢筋混凝土承台，承台宜按最大加载量配筋，宜使用较高

等级的混凝土。

预制管桩抗拔试验前应按最大加载量，配置抗拔钢筋笼、计算锚固深度，设计连接工艺。

高应变法适用于判定单桩竖向抗压承载力、检测桩身完整性及监控预制桩打桩过程。监控参数主要是桩身锤击拉（压）应力、锤击能量等。桩身锤击拉应力宜在预计桩端进入软弱土层或桩端穿过硬土层进入软弱夹层时测试。桩身锤击压应力宜在桩端进入硬土层或桩周土阻力较大时测试。

低应变法适用于检测桩身完整性，判定桩身缺陷的程度及位置。预制管桩施工阶段应准确记录配桩情况、截桩长度，因不准确的接桩、截桩数据导致检测结果误判时有发生。灌注桩桩顶混凝土应凿除浮浆和松动部分，否则会检测结果产生不利影响。

超声法适用于检测灌注桩的桩身完整性。检测用声测管应采用具有一定的强度和刚度钢质管材，管径宜为 50mm，接头连接方式应可靠。下放钢筋笼时，声测管内应注满清水。开挖及破除桩头浮浆时，应注意保护声测管。

钻芯法适用于检测灌注桩的混凝土强度、桩身完整性、桩长、沉渣厚度，判定或鉴别桩端持力层岩土性状。受检桩长径比不宜大于 30，桩径不宜小于 800mm，否则难以顺利钻至桩底。对长径比较大的灌注桩宜安装界面取芯管，以检测桩底沉渣和桩端持力层性状。

10.4 桩基与承台验收

10.4.1 根据《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 附录 B，各种桩基工程和各种基础工程都各自成为基础子分部下的一个分项工程。在实际工程施工中，桩基工程具有专业的施工队伍、施工工艺，以及自成体系的质量管理系统和检测检验、验收要求。而基础承台工程往往由上部主体施工单位施工。所以，本标准为了更好的对桩基工程进行质量管理，在不违反统一标准分部分项划分的原则精神下，将基础子分部一分为二，即桩基子分部工程和基础承台子分部工程。比如一个工程项目采用了若干种桩基，还有抗浮锚杆等，则每种桩基以及抗浮锚杆仍然各自为一个分项工程，竣工验收时，按若干个桩基分项工程组成了一个桩基子分部工程进行验收。如果该项工程仅一种桩基，则最后竣工验收还按一个基础子分部工程验收。同样，桩基以上的各种基础承台分项组成一个基础承台子分部工程。

根据《建筑地基基础工程施工工程质量验收规范》GB 50202 及《广东省建筑工程竣工验收技术资料统一用表》相关规定，每种桩基工程均有两种检验批质量验收记录表，比如，人工挖孔灌注桩基础就有《混凝土灌注桩钢筋笼制作工程检验批验收记录》和《人工挖孔混凝土灌注桩工程检验批验收记录》。由于施工单位经常搞错，不需要的用了，需要的却没有使用，在本标准条文中做了强调，即每个分项工程需要不少于 2 种检验批表。在实际工程施工中，施工单位对每种检验批的划分五花八门，有的一个大项目每种检验批表仅一张，不能起到质量检查控制的效果；有的每根桩一张检验批表，比如每根管桩一张外观质量检验批表，这样也没有必要。所以，在本标准条文中提供了指导性的检验批划分方法。

10.4.2 检验批验收是工程质量控制的最基础、最重要一个环节。工程质量控制存在于施工整个过程中，检验批验收时对应各种检查项目应认真检查相关质量控制资料和实物质量。由于检验批质量验收记录表中的各项检查实测项目经常处于施工不同阶段才能实测得到，甚至有些检查项目在检验批验收时已经隐蔽。为此，统一用表还提供了一些隐蔽验收用表，以便于对检验批提前隐蔽的部分进行隐蔽验收。

10.4.3 分项工程在检验批验收合格的基础上进行，子分部工程在各分项工程验收合格的基础上进行。实际验收时，检验批验收在施工过程中进行，分项和子分部工程在工程完成并桩验收检验

结束后进行,所以分项工程和子分部工程可在竣工验收时同时进行,即先进行各个分项工程验收,最后汇总对子分部工程作出验收结论。为了方便施工单位整理汇总资料,附录 G 表中列出了分项工程质量验收技术资料目录,各分项工程资料齐全后,汇总即成为桩基工程竣工验收技术资料。当然,作为工程档案资料还须符合档案管理部门的相关内容和要求。

10.4.4 部分规模大的工程,作为子分部竣工验收由于部分桩头未开挖,部分桩检测未完成,显然不符和验收条件。为了施工方便也不能先进行部分隐蔽后进行总验收,但可进行分段验收隐蔽。对于这种情况,本标准给出了分段验收的办法,但分段验收必要条件是桩检测合格,既然子分部桩检测未完成不能下结论,只有按分段下结论。分段下桩基检测结论时,应分段区域内的检测项目和检测数量是否与检测规范要求相符,当分部工程部分检测项目已经全部完成,可复核未完成部分检测项目的数量是否符合要求,比如子分部项目的静载已经全部完成,但钻芯和低应变未全部完成,则仅复核分段范围内总桩数为基数的钻芯和低应变检测比例是否达到检测规范规定的数量。另外,分段验收时子分部检测未完成,检测单位往往未出正式检测报告,仅提供检测快报,报告手续和内容不全。所以分段验收时必须检测单位人员到场,对检测情况和检测结论进行说明,待子分部验收时补齐正式报告。

10.4.5 桩基子分部工程由若干项桩基分项工程组成,桩基工程竣工验收即桩基子分部工程验收,所以,桩基工程质量竣工验收的组织程序按《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 有关规定进行。本标准除规定的参加人员外,还列入了建设单位负责人参加。这是因为桩基工程的重要性,还因为桩基工程往往单独承包,建设单位参与验收对工程质量认可,便于工程结算,从某种角度看桩基竣工验收具有单位工程验收的属性。同时本条还规定桩基承台底板施工单位项目负责人参加,其原因一是最最终的桩位偏差是否符合要求应由桩基承台底板施工单位复核签字;二是桩头开挖往往由桩基承台底板施工单位进行,有些桩头质量问题与开挖单位有关,质量问题处理也由开挖单位实施;三是一些桩施工单位未完成的工序由承台底板施工单位实施,比如管桩桩芯混凝土和钢筋笼施工,桩顶防水施工等。本标准要求必要时还应邀请桩基检测单位项目负责人参加,其原因一是资料核查中发现检测报告存在问题或疑问,二是检测结论存在不合格桩,在这样情况下需要检测单位到验收现场说明。

10.4.6 由于相关规范没有对验收程序进行规定,工程质量验收流于形式,往往没有起到把好工程质量最后一道关的作用。为此,本条规范在总结深圳验收实践的基础上,提出了桩基工程质量竣工验收程序。

10.4.7 桩基承台工程从施工内容看就是混凝土结构工程,现有规范中的基础承台施工和验收规定支离破碎,而《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定比较成熟、全面、权威。所以,本标准也直接明确基础承台质量验收参照混凝土结构工程施工质量验收规范相关规定。

11 环境保护与污染控制

11.1 一般规定

11.1.1 桩基施工过程中的环境污染有施工噪声与振动、固体废弃物、施工扬尘、废水废浆等。施工噪声包括现场挖掘、装载等产生的噪声和车辆运输产生的噪声，施工过程中将动用挖掘机、空压机、钻孔机、风镐等施工机械，这些施工机械在作业时产生噪声，成为对邻近敏感点有较大影响的噪声源；有些工艺要求必须连续施工，在噪声敏感区夜间施工扰民问题比较突出。

施工振动包括重型施工机械运转、打桩、锤击等施工作业时产生的振动和爆破作业产生的振动，施工作业产生的振动通常在距振源 30m 以内；爆破作业产生的振动的影响范围依爆破方式、装药量、地质条件等因素的不同而不同。

11.1.2 挖土、装卸、运输、回填、夯实等施工过程中会产生扬尘，特别是车辆在未铺装道路上行驶会产生大量的扬尘；扬尘在大风天气和旱季较为严重，形成施工期的主要大气污染。

项目建设过程中的废水主要来自于施工废水（废浆）、生活污水和暴雨地表径流；钻孔桩、冲孔桩、旋挖桩等成桩工艺产生施工废水废浆，含泥沙量高，所含污染物主要是悬浮物；生活污水污染因子主要有 COD、BOD₅、悬浮物和氨氮。

施工期产生的固体废物主要有建筑垃圾、工程弃土、工地生活垃圾等。

11.1.3 执行《深圳市建筑废弃物减排与利用条例》（深圳市第四届人民代表大会常务委员会公告，第 104 号）第十九条规定。

11.1.4 本条主要依据下列管理规定：深圳市《地铁运营安全保护区和建设规划控制区工程管理办法》、《深圳市地铁运营管理办法》（深圳市人民政府令第 140 号）等。

11.1.5 光污染现在已经成为继废水污染、大气污染、噪声污染、固体废物污染之后的第五大污染，是 21 世纪直接影响人类健康的又一环境杀手。光污染是指由人工光源导致的违背人生理与心理需求或有损于生理与心理健康的现象。包括眩光污染、射线污染、光泛滥、视单调、视屏蔽、频闪等。光污染的形成主要来自两个方面：1）城市建筑物采用大面积镜面装饰外墙、玻璃幕墙所形成的光污染；2）夜景照明所形成的光污染。

11.1.6 在龙岗隐伏型岩溶发育地区桩基施工期间，因施工扰动、或地下水抽排等原因，常会发生地面塌陷，影响施工安全，也影响到道路行驶安全、建（构）筑物的安全。

不当降排地下水是引发周边道路、地下管线、地面构筑物不均匀沉降的重要原因，严重时可能造成地面塌陷、建筑物倒塌等恶性事故。降排水过度会引发土体松软，地表浅部土体层发育空洞（或土洞），进而发生地面坍塌事故。2013 年，深圳市人民政府办公厅发布了关于印发地面坍塌事故防范治理专项工作方案的通知（深府办函〔2013〕109 号），深圳市住建局制定了《深圳市地下设施建设工程防地面坍塌技术管理规定（试行）》。

11.2 浆渣废水排放控制

11.2.2 桩基施工产生的废浆废渣、被污染的弃土及不能回收的施工废料，禁止向下水道、河道、沟渠、水塘、农田及海域排放倾倒，防止对地上、地下环境及水体造成污染。凿除的桩头禁止倾倒入填海区域，避免在填海区域开发时对地基处理与基础施工形成地下障碍物。

11.2.4 桩基成桩施工期的废浆，应经隔油、沉淀等措施处理后方可排入市政污水管道。废浆中的主要污染物为悬浮物（SS）、石油类。施工人员产生的生活废水的主要污染物为悬浮物（SS）、

生化需氧量（BOD₅）、化学需氧量（COD）、氨氮（NH₃-N）等。根据广东省标准《水污染排放限值》DB4426 的规定，自 2002 年 1 月 1 日起的建设项目，水污染的排放执行第二时段标准值。施工期的废浆废水中的污染物均属于第二类污染物，最高允许排放浓度采用表 4 中的三级标准。

表 4 第二类污染物第二时段最高允许排放浓度（mg/L）

序号	污染物名称	适用范围	一级标准	二级标准	三级标准
1	悬浮物（SS）	其他排放单位	60	100	400
2	生化需氧量（BOD ₅ ）	其他排放单位	20	30	300
3	化学需氧量（COD）	其他排放单位	90	110	500
4	石油类	其他排放单位	5	8	20
5	氨氮（NH ₃ -N）	其他排放单位	10	15	-

11.3 粉尘与渣土控制

11.3.1 可吸入颗粒物，也就是粉尘，在绝大多数情况下总是空气质量的首要污染物。可吸入颗粒物大部分是建设工地的扬尘，以及马路上汽车引起的扬尘。有数据显示，气总悬浮颗粒物中，地面扬尘约占 60%。因此，扬尘控制对于改善大气中的可吸入颗粒物效果十分明显。

施工扬尘污染的危害具体表现为：一是大气中颗粒物会降低能见度，易形成浓烟和雾，造成严重的视觉污染；二是空气中灰尘、颗粒物增多容易形成降水，其中的酸性物质，可以形成酸沉降，对金属、建筑材料及文物表面具有极强的腐蚀作用；三是建筑扬尘对于城市的绿色植物的生长可能造成影响，堵塞气孔，降低其光合作用；四是建筑扬尘进入人体呼吸道、支气管和肺泡，可以引起呼吸道的疾病，并通过空气传播多种流行性疾病，很多病菌、病毒正是附着在扬尘表面传染的；五是空气中扬尘积累到一定程度，会严重影响市容及民众日常生活。

2008 年，深圳市人民政府颁布实施了《深圳市扬尘污染防治管理办法》（深圳市人民政府令第 187 号）。该管理办法所称扬尘污染，是指在建设工程施工（包括房屋建筑、道路与管线、市政公用设施、港口建设等）、房屋拆除、采石取土、物料运输与堆放、公共场所和道路保洁、养护绿化等活动中以及因泥地裸露产生粉尘颗粒物对周边环境和大气造成的污染；所称易产生扬尘污染的物料，是指煤炭、砂石、灰土、建筑垃圾、工程渣土等易产生粉尘颗粒物的物料。该管理办法的第十条，对建设工程提出了具体的要求，摘录如下。

第十条 建设工程施工应当符合下列扬尘污染防治要求：

（一）施工工地周围应当设置连续、密闭的围挡。在深圳市主要路段和市容景观道路及机场、码头、车站广场设置围挡，其高度不得低于 2.5 米。在其他路段设置围挡的，其高度不得低于 1.8 米；

（二）施工工地地面、车行道路应当进行硬化等降尘处理；

（三）气象部门发布建筑施工扬尘污染天气预警期间，应当停止土石方挖掘、爆破、房屋拆除等作业；

（四）建筑垃圾、工程渣土等在 48 小时内未能清运的，应当在施工工地内设置临时堆放场，临时堆放场应当采取围挡、遮盖等防尘措施；

（五）运输车辆应当在除泥、冲洗干净后方可驶出作业场所，不得使用空气压缩机等易产生扬尘的设备清理车辆、设备和物料的尘埃；

（六）在进行产生大量泥浆的施工作业时，应当配备相应的泥浆池、泥浆沟，做到泥浆不外溢，废浆应当采用密封式罐车外运；

(七)需使用混凝土的,应当使用预拌混凝土或者进行密闭搅拌并采取相应的扬尘防治措施,严禁现场露天搅拌;

(八)闲置 6 个月以上的施工工地,建设单位应当对其裸露泥地进行临时绿化或者铺装;

(九)对工程材料、砂石、土方等易产生扬尘的物料应当密闭处理。若在工地内堆放,应当采取覆盖防尘网或者防尘布,配合定期喷洒粉尘抑制剂、洒水等措施,防止风蚀起尘;

(十)在建筑物、构筑物上运送散装物料、建筑垃圾和渣土的,应当采用密闭方式清运,禁止高空抛掷、扬撒。

11.3.2 大气颗粒物的粒径范围在 0.01~100 μm 之间,统称为总悬浮颗粒物(TSP)。国际标准化组织规定,粒径小于 75 μm 的固体悬浮物定义为粉尘。PM₁₀和 PM_{2.5}分别指空气动力学直径小于或者等于 10 μm 和 2.5 μm 的大气颗粒物。PM₁₀也称为可吸入颗粒物,世界卫生组织则称之为可进入胸部的颗粒物。PM_{2.5}通常称为可进入肺颗粒物,是指能够进入人体肺泡的颗粒,属于细微颗粒的范畴,通常也称为细粒子。

在修订的国家标准《环境空气质量标准》GB3095 中,规定了二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、一氧化碳(CO)、臭氧(O₃)、颗粒物(粒径小于等于 10 μm)、颗粒物(粒径小于等于 2.5 μm)等六种污染物的浓度限值。表 5 中列出了颗粒物(粒径小于等于 10 μm)、颗粒物(粒径小于等于 2.5 μm)的浓度限值。

表 5 环境空气污染物基本项目浓度限值 (mg/L)

序号	污染项目	平均时间	浓度限值		单位
			一级	二级	
1	颗粒物 (粒径小于等于 10 μm)	年平均	40	70	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
		24 小时平均	50	150	
2	颗粒物 (粒径小于等于 2.5 μm)	年平均	15	35	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
		24 小时平均	35	75	

环境空气功能区分为二类:一类为自然保护区、风景名胜区和需要特殊保护的区域;二类区为居住区、商业交通居民混合区、文化区、工业区和农村地区。一类区适用于表 5 中的一级浓度限值,二类区适用于二级浓度限值。

11.4 噪声与振动控制

11.4.1 噪声与振动控制工程涉及的污染要素是环境噪声和环境振动,属于典型的物理污染。建筑施工噪声是环境污染的一类,在基础施工阶段噪声的声源有:打桩机、钻孔机、风镐、凿岩机、打夯机、混凝土搅拌机、输送泵、浇注机械,移动式空压机、发电机等施工机具产生的噪声;声源的特性:种类多样(多具移动性),作业面大、影响范围广,噪声频谱、时域特性复杂。

噪声与振动控制工程的设计、施工、验收和运行维护的通用技术要求,应按行业标准《环境噪声与振动控制工程技术导则》HJ2034 的规定执行。

11.4.2 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011),代替《建筑施工场界噪声限值》(GB 12523-90)和《建筑施工场界噪声测量方法》(GB 12524-90)。本标准适用于周围有噪声敏感建筑物的建筑施工噪声排放的管理、评价及控制。市政、通信、交通、水利等其他类型的施工噪声排放可参照本标准执行。本标准不适用于抢修、抢险施工过程中产生噪声的排放监管。

常见施工设备噪声源强(声压级)度和建筑施工噪声类比监测数据一览表,参见表 6 和表 7。

表 6 常见施工设备噪声源不同距离声压级 (dB (A))

施工设备名称	距声源 5m	距声源 10m	施工设备名称	距声源 5m	距声源 10m
液压挖掘机	82~90	78~86	振动夯锤	92~100	86~94
电动挖掘机	80~86	75~83	打桩机	100~110	95~105
轮式装载机	90~95	85~91	静力压桩机	70~75	68~73
推土机	83~88	80~85	风镐	88~92	83~87
移动式发电机	95~102	90~98	混凝土输送泵	88~95	84~90
各类压路机	80~90	76~86	商品混凝土搅拌车	85~90	82~84
重型运输车	82~90	78~86	混凝土振捣器	80~88	75~84
木工电锯	93~99	90~95	云石机、角磨机	90~96	84~90
电锤	100~105	95~99	空压机	88~92	83~88

表 7 深圳市建筑施工噪声类比监测数据一览表 (试行) (dB (A))

施工阶段	机械设备声源名称	噪声源与场界不同距离时的类比性场界噪声值 (分贝)					
		5m 以内	5-10m	10-15m	15-20m	20-25m	25-30m
土石方	装载机	80	77	75	74	73	72
	柴油空压机	88	82	78	76	74	72
	挖掘机	79	75	73	72	71	70
	风镐	91	87	84	82	81	80
打桩	灌注桩钻机	82	78	75	74	72	71
	静压桩	76	73	71	70	69	68
结构	输送泵	81	77	74	73	71	70
	起重机	80	77	75	73	72	71
	振动棒	78	75	73	71	70	69
装修	拉直切断机	78	73	70	67	66	64

11.4.4 振动型作业包括钻孔、打桩、大型挖土机和空压机的运行，回填期间夯具的使用等，常用施工机械振动源强度见表 8 所示。除打桩机外，施工机械振动在 30m 处约为 64-76 dB，基本满足振动昼间标准。

表 8 常用施工机械振动强度 (dB)

施工机械	距振源距离 (m)			
	5	10	20	30
风镐	88~92	83~85	78	73~75
挖掘机	82~84	78~80	74~76	69~71
压路机	86	82	77	71
空压机	84~85	81	74~78	70~76
推土机	83	79	74	69
重型运输车	80~82	74~76	69~71	64~66

11.4.5 基坑开挖或挖孔桩遇到岩石需要进行爆破作业，爆破振动通常用爆破振动速度来评价。《爆破安全规程》(GB 6722) 规定了建筑物地面质点的安全振动速度，见表 9。

表 9 爆破振动安全允许标准 (cm/s)

序号	保护对象类别	安全允许振动速度 (cm/s)		
		<10Hz	10Hz~50Hz	50Hz~100Hz
1	一般砖房、非抗震的大型砌块建筑物	2.0~2.5	2.3~2.8	2.7~3.0
2	钢筋混凝土结构房屋	3.0~4.0	3.5~4.5	4.2~5.0
3	一般固建筑与古迹	0.1~0.3	0.2~0.4	0.3~0.5

按国家有关规定实施的爆破作业，其振动主要是对人感觉的影响，很少达到引起建筑物结构破坏的程度。但一些强烈、重复性的振动对敏感设备和陈旧建筑物也会造成破坏，在确定振动影响时距振动源的距离通常是最重要的因素。

11.4.6 应根据对施工噪声与振动的控制要求，合理采用降噪减振施工工艺，采用低噪声与低振动的施工设备机具，减少或抑制噪声振动对环境的影响。应禁止使用国家明令淘汰的产生噪声污染的落后施工工艺和施工机械设备。严禁在居民住宅、医疗卫生、康复疗养、文化教育、科研设计、行政办公等对噪声振动敏感区域内，使用蒸汽桩机、锤击桩机以及强夯作业等噪声振动严重超标的设备和施工工艺。

建设单位和施工单位应严格遵守《深圳市预拌混凝土和预拌砂浆管理规定》(深圳市人民政府令第 2 号，2009 年)，不得在施工现场生产混凝土和砂浆。防止粉尘污染、废浆废水污染以及噪声污染等。

11.4.7 根据深圳环境保护地方法规《深圳经济特区环境噪声污染防治条例》(2011 年 10 月 31 日 深圳市第五届人民代表大会常务委员会第十一次会议修订)，严禁中午 (12:00 至 14:00 时) 或者夜间 (23:00 至次日 7:00 时) 在城市建成区内进行产生环境噪声的建筑施工作业。符合条件确需连续施工作业的，需填写《中午或者夜间建筑施工噪声排放许可申请表》，经建设部门预审后向环保部门申请，经批准取得《施工噪声许可证》后才可施工。