

备案号：正在报建设部备案中

DB

浙江省工程建设标准

DB33/T1182-2019

钻孔扩径混凝土灌注桩技术规程

Technical specification for bored cast-in-place pile with
expanded diameters

（发布稿）

2019-12-02 发布

2020-03-01 实施

浙江省住房和城乡建设厅 发布

浙江省工程建设标准

钻孔扩径混凝土灌注桩技术规程

Technical specification for bored cast-in-place pile with
expanded diameters

DB33/T 1182-2019

主编单位：浙江省建筑设计研究院

浙江欣捷建设有限公司

浙江华展工程研究设计院有限公司

批准部门：浙江省住房和城乡建设厅

施行日期：2020年03月01日

前 言

根据浙江省住房和城乡建设厅关于印发《2017 年度浙江省建筑节能与绿色建筑及相关工程建设标准制修订计划》的通知（建设发〔2018〕3 号）的要求，规程编制组通过深入调查研究，参考国内外的有关标准，并结合实际施工经验，制定了本规程。

本规程共分 6 章及 5 个附录，主要技术内容是：1.总则；2.术语和符号；3.勘察；4.设计；5.施工；6.验收。

本规程由浙江省住房和城乡建设厅负责管理，由浙江省建筑设计研究院负责技术内容的解释。执行过程中，请各有关单位结合实际，不断总结经验，并将发现的问题、意见和建议函告浙江省建筑设计研究院地下工程设计院《钻孔扩径混凝土灌注桩技术规程》管理组[地址：杭州市古墩路 598 号同人广场 C 座 14 楼，邮政编码：310030]，以供修订时参考。

本规程主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

本规程主编单位：浙江省建筑设计研究院

浙江欣捷建设有限公司

浙江华展工程研究设计院有限公司

本规程参编单位：宁波宁大地基处理技术有限公司

宁波大学

杭州市勘测设计研究院

中铁第六勘察设计院集团有限公司

浙江省地矿建设有限公司

杭州市交通投资集团有限公司

华汇工程设计集团股份有限公司

华汇建设集团有限公司

浙江万寿建筑工程有限公司

杭州中宙建工集团有限公司

浙江祥生建设工程有限公司

平湖市华舟市政园林建设有限公司

浙江华昌建设有限公司

宁波住宅建设集团股份有限公司

湖州市城市规划设计研究院

温州市勘察测绘研究院

恒祥市政园林有限公司

浙江祥达建设有限公司

嘉兴市鼎宏建设工程有限公司

浙江德林建设有限公司

浙江圆周建设有限公司

浙江丽水宏瑜建设有限公司

浙江瓯立园林建设有限公司

浙江罗邦建设有限公司

浙江立新建设有限公司

本规程主要起草人：刘兴旺 洪灵正 陈 忠 朱纪平 李冰河 刘干斌 邰仲华
陈信甫 刘恒新 徐玉峰 陈威文 朱连根 陶 琨 何彦承
庄光明 钟新明 童 磊 沈华骏 罗桂红 周 健 吴权林
邹素红 谭满生 韦海军 潘 琦 陆华中 樊 烽 周 军
沈小明 郁兴科 俞成成 陶国军 费晓佳 施晓春 杨小军
夏建建 叶波涛 章 疆 曹万才 赵俊坤

本规程主要审查人：蒋建良 姜天鹤 肖志斌 史文杰 俞济涛 张 迪 应宏伟

目 次

1 总 则.....	1
2 术语和符号.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	2
3 勘 察.....	4
4 设 计.....	5
4.1 一般规定.....	5
4.2 承载力与沉降.....	6
4.3 桩身构造.....	8
5 施 工.....	10
5.1 一般规定.....	10
5.2 施工准备.....	11
5.3 钻孔及扩径.....	12
5.4 质量控制.....	12
5.5 安全与环境保护.....	13
6 验 收.....	14
6.1 一般规定.....	14
6.2 质量验收.....	15
附录 A 桩侧桩端阻力特征值.....	16
附录 B 钻孔扩径桩施工记录表.....	4
附录 C 钻孔扩径桩成桩记录表.....	20
附录 D 伞形孔径仪检测方法.....	21
附录 E 超声波成孔检测方法.....	7
本规程用词说明.....	9
引用标准名录.....	10
条文说明.....	11

Contents

1	General Provision.....	1
2	Terms and Symbols.....	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols.....	2
3	Reconnaissance.....	4
4	Design.....	5
4.1	General Requirements.....	5
4.2	Bearing Capacity and Settlement.....	6
4.3	Pile Structure.....	8
5	Construction.....	9
5.1	General Requirements.....	9
5.2	Construction Preparation.....	10
5.3	Drilling and Expanding.....	11
5.4	Quality Control	11
5.5	Safety and environmental protection.....	12
6	Check and Accept.....	13
6.1	General Requirements.....	13
6.2	Quality Acceptance.....	14
Appendix A	Characteristic Value of Pile Side and Pile Tip Resistance.....	15
Appendix B	Construction Record Form of Bored Cast-in-place Pile With Expanded Diameters	18
Appendix C	Pile-forming Record Form of Bored Cast-in-place Pile With Expanded Diameters	20
Appendix D	Detection Method of Umbrella Aperture Meter.....	21
Appendix E	Detection Method of Ultrasound Hole Forming.....	23
	Explanation of Wording in This Specification.....	25
	List of Quoted Standards.....	26
	Explanation of Provisions.....	27

1 总 则

1.0.1 为规范钻孔扩径混凝土灌注桩的工程应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、保护环境，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于浙江省工程建设中钻孔扩径混凝土灌注桩的勘察、设计、施工和验收。

1.0.3 钻孔扩径混凝土灌注桩的工程应用，应综合考虑工程地质与水文地质条件、结构类型、荷载特征、施工技术与环境条件等，因地制宜选择成桩工艺和技术参数。

1.0.4 钻孔扩径混凝土灌注桩的工程应用除应符合本规程外，尚应符合现行国家、行业和地方有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 钻孔扩径混凝土灌注桩 bored cast-in-place pile with expanded diameters

在灌注桩钻孔施工过程中，由扩径设备在设计深度通过旋钻工艺扩大孔径，现场浇筑混凝土，形成由等直径桩身、扩径体构成的钢筋混凝土灌注桩，以下简称钻孔扩径桩。

2.1.2 等直径桩身 equal diameter section of pile shaft

钻孔扩径桩全长的等直径部分。

2.1.3 扩径体 expanded body

由扩径设备在设计深度进行旋扩形成圆锥状腔体，灌注混凝土后形成的桩身扩大部位，包括桩身扩径体和桩端扩径体。

2.1.4 成孔同步扩径工艺 expand the diameters while drilling

等直径桩身成孔过程中，在扩径体部位同步进行扩孔施工，使扩径一次成型的钻孔扩径桩施工工艺。

2.1.5 成孔后扩径工艺 expand the diameters after drilling

等直径桩身成孔结束后，在扩径体部位进行扩孔施工，形成钻孔扩径桩的施工工艺。

2.2 符号

2.2.1 作用和作用效应

G_{pk} ——单桩自重标准值；

G'_{pk} ——群桩基础所包围体积的桩土总自重标准值除以总桩数；

2.2.2 抗力和材料性能

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；

——第 i 层土的桩侧阻力特征值；

q_{sia}

q_p ——扩底底部土层的端阻力特征值；

q_{pi}

——第 i 层土中桩身扩径体所支承的土的端阻力特征值；

Q

——相应于荷载效应基本组合时的单桩竖向力设计值；

R_{al}

——钻孔扩径桩单桩竖向抗拔承载力特征值；

R_a

——钻孔扩径桩单桩竖向抗压承载力特征值的设计估算值。

2.2.3 几何参数

A ——等直径桩身的截面面积；

A_p

——桩端水平投影面积；

A_{pij}

——第 i 土层中第 j 个桩身扩径体的水平投影面积；

d	——等直径桩身的直径；
D	——桩端扩径体外径；
D_{ij}	——第 i 土层中第 j 个桩身扩径体的外径；
h	——桩端扩径体的高度；
h_{ij}	——第 i 层土中第 j 个桩身扩径体的高度；
h_a	——桩端扩径体的扩大段斜边高度；
h_{aij}	——第 i 层土中第 j 个桩身扩径体的扩大段斜边高度；
h_b	——桩端扩径体最大尺寸处的高度；
h_{bij}	——第 i 层土中第 j 个桩身扩径体的最大尺寸处高度；
h_c	——桩端扩径体的矢高；
h_{cij}	——第 i 层土中第 j 个桩身扩径体的矢高；
H_i	——第 i 层土的厚度；
l_i	——第 i 层土桩侧阻力的有效计算高度；
n_i	——第 i 层土的桩身扩径体数量；
u	——等直径桩身周长；
u_l	——群桩外围周长。

2.2.4 计算系数

δ_1	——扩径体上部桩身不计侧阻力的范围系数
δ_2	——扩径体下部桩身不计侧阻力的范围系数
η	——桩端扩径体判断系数
ψ_c	——工作条件系数；
λ_i	——桩周第 i 层土的侧阻力抗拔系数。

3 勘 察

3.0.1 钻孔扩径桩工程勘察应查明桩基受力范围内岩土层的岩土特性,评价扩径体成型的技术条件和施工对周围环境的影响,提出设计技术参数。

3.0.2 勘察应查明桩端持力层和扩径体所在岩土层的承载力及变形特征;对作桩端持力层的基岩,尚应查明基岩的岩性、构造、岩面变化和风化程度,确定其坚硬程度、完整性和基本质量等级,判定有无洞穴、临空面、破碎岩体或软弱夹层、风化球体等。

3.0.3 勘探点的布置应能控制桩端持力层和扩径体所在岩土层的层面和厚度变化,其间距宜为 12m~24m;当相邻勘探点所揭露桩端持力层和扩径体所在岩土层的层面坡度超过 10% 时,钻孔应加密。

3.0.4 勘探孔深度应满足下列规定:

1 控制性勘探孔的深度应穿透预计桩端持力层并满足沉降计算的要求,当桩端持力层为基岩时,进入持力层深度宜为 $3D\sim5D$,且不应小于 5m;

2 一般性勘探孔的深度应达到预计桩长以下 $2D\sim3D$,且不应小于 3m;

3 控制性勘探孔的比例宜为勘探孔总数的 $1/3\sim1/2$ 。

3.0.5 钻孔扩径桩的勘察尚应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和现行浙江省工程建设标准《工程建设岩土工程勘察规范》DB33/T 1065 中关于端承型桩的相关规定。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 钻孔扩径桩可用于人工填土、黏性土、粉土、砂土、碎石土和岩石等土层，桩身扩径体宜设置在下列土层：

- 1 可塑～硬塑状态的黏性土；
- 2 稍密～密实状态的粉土和砂土；
- 3 稍密～密实状态的碎石土。

4.1.2 桩端持力层应设置在较硬土层，桩端进入持力层的深度不应小于 $1.5d\sim 2.0d$ ，扩径体应全断面进入持力层；当扩径体下存在软弱下卧层时，扩径体以下持力层厚度不宜小于1.5倍扩径体外径。

4.1.3 单桩扩径体不宜超过3个，扩径体的尺寸应符合下列规定：

- 1 扩径体外径（ D 或 D_{ij} ）与等直径桩身的直径 d 之比不应大于 2.5；
- 2 扩径体矢高与扩径体外径的比值（ h_c/D 或 h_{cij}/D_{ij} ）宜为 0.15～0.20；

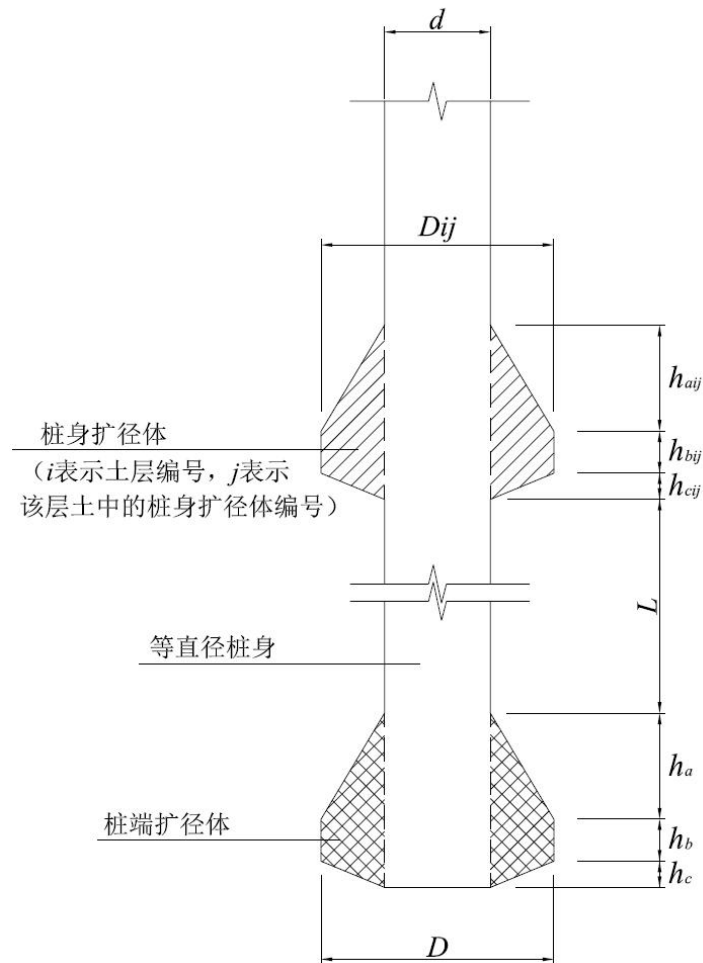


图 4.1.3 钻孔扩径桩构造

d ——等直径桩身的直径； D ——桩端扩径体外径； D_{ij} ——第 i 土层中第 j 个桩身扩径体的外径；
 h_a ——桩端扩径体的扩大段斜边高度； h_{aij} ——第 i 层土中第 j 个桩身扩径体的扩大段斜边高度； h_b ——桩端扩径体最大尺寸处的高度； h_{bij} ——第 i 层土中第 j 个桩身扩径体的最大尺寸处高度； h_c ——桩端扩径体的矢高； h_{cij} ——第 i 层土中第 j 个桩身扩径体的矢高； L ——相邻扩径体的竖向净距

3 扩径体上侧面的斜率宜按表 4.1.3 取值，并通过试成孔确定；

表4.1.3 扩径体上侧面的斜率取值

扩径体所在土层	砂土、碎石土	粉土、黏性土	岩石
扩径体侧面斜率取值	$\leq 1/4$	$\leq 1/3$	$\leq 1/2$

4 相邻扩径体的竖向净距 L 不宜小于 3.0 倍扩径体外径（取相邻扩径体外径之大值）；

5 扩径体最大尺寸处的高度（ h_b 或 h_{bij} ）不小于 $0.5d$ 。

4.1.4 等直径桩身的直径 d 宜取600mm~800mm，水平净距不应小于1.0m，且中心距不宜小于 $3.0d$ 或1.5倍最大扩径体的外径。

4.1.5 钻孔扩径桩桩基础的设计等级及设计计算内容应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94的规定。

4.2 承载力与沉降

4.2.1 钻孔扩径桩单桩竖向抗压承载力特征值应通过单桩竖向静载荷试验确定。

4.2.2 根据土的物理力学性质指标与承载力参数之间的关系，单桩竖向抗压承载力特征值的设计估算值可按下式计算：

$$R_a = u \sum q_{sia} l_i + \sum q_{pi} \sum_{j=1}^{n_i} A_{pij} + q_p A_p \quad (4.2.2-1)$$

$$l_i = \begin{cases} H_i & \text{（当第 } i \text{ 土层未设置扩径体）} \\ H_i - \sum_{j=1}^{n_i} [h_{ij} + \delta_1 d + \delta_2 d] - \eta h & \text{（当第 } i \text{ 土层设置扩径体）} \end{cases} \quad (4.2.2-2)$$

$$A_{pij} = 0.25\pi(D_{ij}^2 - d^2) \quad (4.2.2-3)$$

式中： R_a ——钻孔扩径桩单桩竖向抗压承载力特征值的设计估算值；

u ——等直径桩身周长(m)；

q_{sia} ——第 i 层土的桩侧阻力特征值(kPa)，应按勘察报告提供的数据或按本规程附录

A 中表 A.0.1 的规定取值；

H_i ——第 i 层土的厚度(m)；

l_i ——第 i 层土桩侧阻力的有效计算高度(m)；

n_i ——第 i 层土的扩径体数量；

h_{ij} ——第 i 层土中第 j 个扩径体的高度(m)；

δ_1 ——扩径体上部桩身不计侧阻力的范围系数，取 0.8~1.6，扩径体埋置深度大时取小值；

δ_2 ——扩径体下部桩身不计侧阻力的范围系数，当扩径体位于桩端时， $\delta_2=0$ ，其余情况下， $\delta_2=1.0$ ；

η ——桩端扩径体判断系数，当该层土设置桩端扩径体时， $\eta=1$ ；当该层土未设置桩端扩径体时， $\eta=0$ ；

h ——桩端扩径体的高度(m)；

q_{pi} ——第 i 土层中扩径体所支承的土的端阻力特征值 (kPa)，按勘察报告提供的数据或按本规程附录 A 中表 A.0.2 的规定取值；

A_{pij} ——第 i 土层中第 j 个桩身扩径体的水平投影面积 (m²)；

q_p ——桩端持力层的端阻力特征值(kPa)，按勘察报告提供的数据或按本规程附录 A 中表 A.0.2 的规定取值；

A_p ——桩端水平投影面积 (m²)；

4.2.3 桩身混凝土强度应满足桩的承载力设计要求，桩轴心受压时桩身混凝土强度应符合下式要求：

$$Q = \psi_c f_c A \quad (4.2.3)$$

式中： Q ——相应于荷载效应基本组合时的单桩竖向力设计值(kN)；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值(kPa)，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 取值；

A ——等直径桩身截面面积(m²)；

ψ_c ——工作条件系数，取 0.6~0.8。

4.2.4 钻孔扩径桩单桩抗拔承载力特征值 R_{al} 应通过单桩竖向抗拔静载荷试验确定；根据土的物理力学性质指标与承载力参数之间的关系，单桩竖向抗拔承载力特征值的设计估算值可按下式计算：

1) 单桩或群桩呈非整体破坏时：

$$R_{al} = u \sum \lambda_i q_{si} H_i + G_{pk} \quad (4.2.4-1)$$

2) 群桩呈整体破坏时：

$$R_{al} = \frac{1}{n} u_l \sum \lambda_i q_{si} H_i + G'_{pk} \quad (4.2.4-2)$$

式中： R_{al} ——钻孔扩径桩单桩竖向抗拔承载力特征值的设计估算值（kN）；

（当群桩呈整体破坏时的计算结果大于按4.2.4-1的计算结果时，取小值）

λ_i ——桩周第 i 层土的侧阻力抗拔系数，按表 4.2.4 取值；

u ——等直径桩身周长，取 $u = \pi d$ ；

G_{pk} ——单桩自重标准值，地下水位以下应扣除浮力；

u_l ——群桩外围周长，可按等直径桩身外边缘计算；

G'_{pk} ——群桩基础所包围体积的桩土总自重标准值除以总桩数，地下水位以下应扣除浮力。

表 4.2.4 抗拔承载力系数 λ

土的类型	λ
砂土	0.50~0.70
黏性土、粉土	0.70~0.80
淤泥、淤泥质土	0.80~0.85
全风化岩、花岗岩残积土	0.50~0.60

注：当桩长与等直径桩身的直径 d 之比小于 20 时， λ 取小值。

4.2.5 当作用于桩基上的外力主要为水平力时，应根据使用要求对桩顶变形的限制，按桩身直径为 d 的等截面灌注桩进行水平承载力验算。当外力作用面的桩距较大时，桩基的水平承载力可视为各单桩的水平承载力之和；当承台侧面的土未经扰动或回填密实时，可考虑土抗力的有利作用。

4.2.6 对于承受水平荷载较大的、设计等级为甲级的建筑桩基，单桩水平承载力特征值应通过单桩水平静载试验确定。试验应采用慢速维持荷载法，并符合现行行业标准《建筑桩基检测技术规范》JGJ 106 的规定。

4.2.7 当需要进行沉降验算时，钻孔扩径桩基础可按桩身直径为 d 的等直径桩基础，按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定进行计算。

4.2.8 抗拔桩的裂缝控制计算应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定。

4.3 桩身构造

4.3.1 桩身混凝土强度等级不得低于 C30。水下桩身主筋的混凝土保护层厚度不应小于 50mm。

4.3.2 桩身配筋应按计算确定，并应符合下列规定：

1 桩身正截面配筋率（按等直径桩身计算）宜取 0.4%~0.65%；

2 桩身主筋应采用 HRB400 以上规格的钢筋；对于抗压桩和抗拔桩，钢筋直径不应小于 12mm，数量不应少于 6 根；对于受水平荷载的桩，钢筋直径不应小于 12mm，数量不应少于 8 根；纵向主筋应沿等直径桩身周边布置，其净距不应小于 60mm；

3 对于桩顶位于淤泥、淤泥质土中的桩，桩顶下淤泥、淤泥质土范围箍筋应加密，且加密范围不应小于 $5d$ ，加密范围内箍筋间距不应大于 100mm ；

4 钢筋笼长度应伸入最下部桩身扩径体以下不少于 1m ，当设置桩端扩径体时，应通长配筋。

5 施 工

5.1 一般规定

5.1.1 钻孔扩径桩的扩径施工可采用成孔同步扩径和成孔后扩径两种工艺。

5.1.2 采用成孔同步扩径工艺时，钻孔扩径桩的施工流程应符合图 5.1.2 的规定。

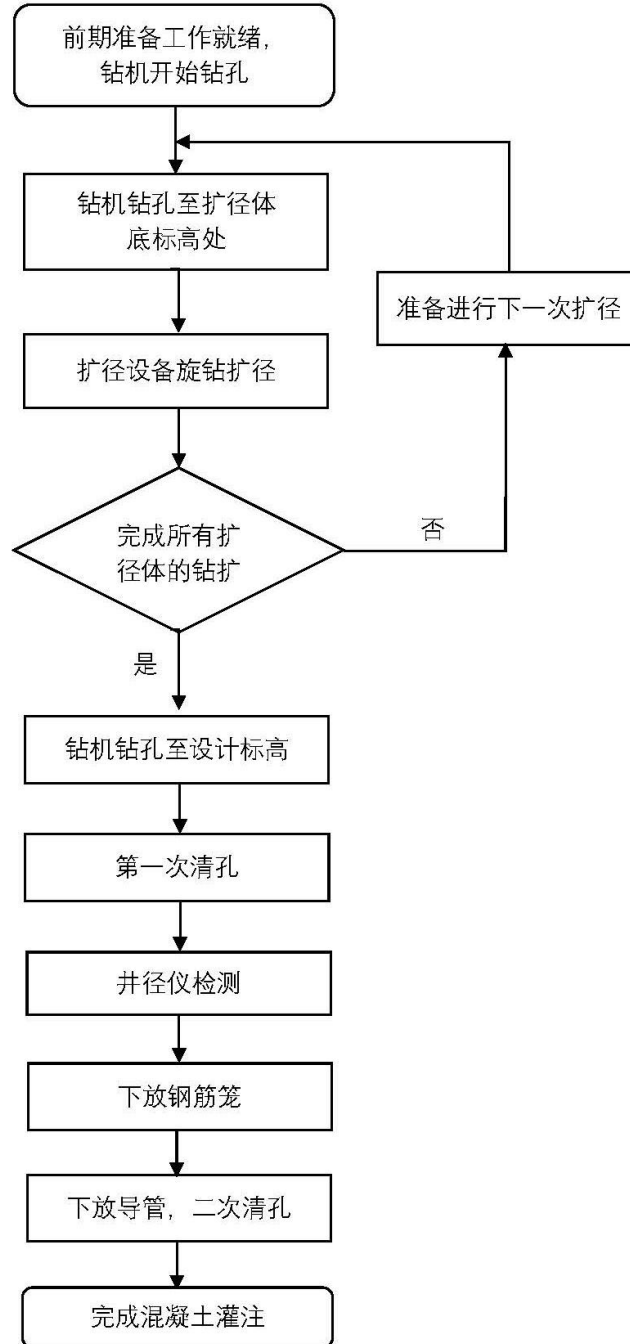


图 5.1.2 成孔同步钻孔扩径施工流程图

5.1.3 采用成孔后扩径工艺时，钻孔扩径桩的工艺流程应符合图5.1.3的规定。

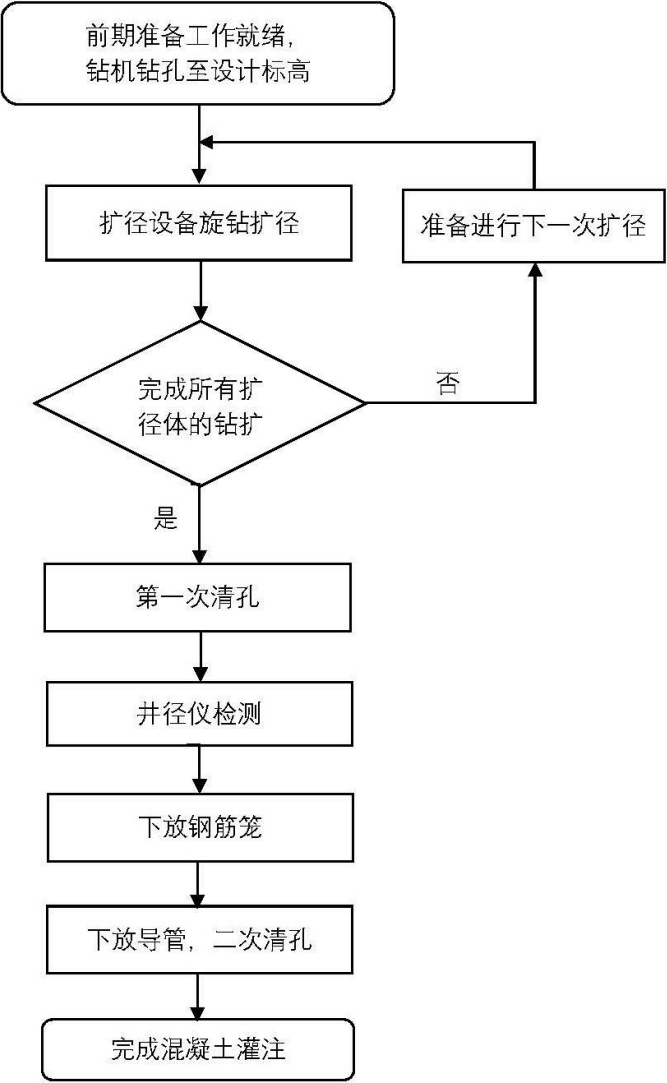


图 5.1.3 成孔后钻孔扩径施工流程图

5.1.4 钻孔扩径桩的成孔、清孔、钢筋笼加工及下放、混凝土灌注和质量检查除应符合本规程的规定外，尚应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定。

5.1.5 扩径设备应具有施工过程中扩径质量监控的装置；钻孔扩径桩施工过程中，应记录扩径体成型的主要技术参数。

5.2 施工准备

5.2.1 施工前应具备下列资料：

- 1 岩土工程勘察报告；
- 2 设计文件；
- 3 主要施工机械及其配套设备的技术性能资料；
- 4 专项施工方案。

5.2.2 施工前应调查场地和环境条件，查明地下障碍物分布情况，并应平整场地，必要时进行浅层地基处理。

5.2.3 正式施工前，应进行试成桩。试成桩时应检查施工设备，验证施工参数与扩径体参数的相关性。

5.2.4 试成桩阶段应检验扩径设备各项工艺参数，工艺参数应包括下列内容：

- 1 钻头全收和全张时的长度、钻头全张时的最大行程；
- 2 钻头不同扩径的扩径行程；
- 3 钻头在设计深度的最大扩径。

5.3 钻孔及扩径

5.3.1 桩身钻孔的中心位置、孔深、孔径、垂直度应符合设计及相关规范要求。

5.3.2 采用成孔同步扩径工艺时，钻孔及扩径施工应符合下列规定：

- 1 扩径应采用与钻具相配套的扩孔钻头；
- 2 采取泥浆护壁措施时，泥浆的相对密度宜取1.10~1.25，当土层为黏性土时，泥浆的相对密度取小值；
- 3 钻孔与扩径施工宜持续进行；
- 4 施工过程应按照附录B中表B.0.1的格式填写成孔记录。

5.3.3 采用成孔后扩径工艺时，扩径施工应符合下列规定：

- 1 等直径桩身成孔结束后应跟进进行扩径施工；
- 2 当存在多个扩径体时，应自上而下持续施工；
- 3 扩径钻头应对准孔口中心；
- 4 扩径钻头应缓慢下放，不应碰撞孔壁；
- 5 扩径完成后应收拢钻头，提钻头到孔外应保持轻缓，不得强提、猛拉；
- 6 施工过程应按照附录B中表B.0.2的格式填写成孔记录。

5.3.4 钻孔扩径桩成桩过程应按本规程附录C的规定填写成桩施工记录。

5.4 质量控制

5.4.1 钻杆中心与护筒中心的偏差不应大于5cm。

5.4.2 钢筋笼制作和安装的质量应符合下列规定：

- 1 分段制作的钢筋笼，宜采用焊接或机械式接头，并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和现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18和《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107的规定；
- 2 钢筋接头应避开变径处；
- 3 钢筋笼下放时应避免触碰孔壁和自由落下，位置应居中。

5.4.3 在钻进终孔时，应进行一次清孔。一次清孔后沉渣厚度应小于300mm；钢筋笼下放

及导管就位后、混凝土灌注前应进行二次清孔，二次清孔后沉渣厚度应小于 50 mm。

5.4.4 混凝土灌注至扩径体标高时，应采取导管多次插拔、放缓导管提升速度等措施，保证扩径体位置的混凝土质量。

5.5 安全与环境保护

5.5.1 桩孔口应设置围栏或护栏、盖板等安全防护设施，严禁非施工作业人员入内。

5.5.2 应在泥浆池设置安全防护设施。废弃泥浆、渣土应有序排放，严禁随意流淌或倾倒。

5.5.3 雨、雪、冰冻天气应采取相应的安全措施，雨后施工应排除积水。

6 验 收

6.1 一般规定

6.1.1 钻孔扩径桩的检验应包括成孔质量检验和成桩质量检验。

6.1.2 钻孔扩径桩成孔质量检验应符合下列规定：

1 试成孔应全数进行成孔质量检验；

2 钻孔扩径桩应进行桩位、桩长、桩径、扩径体标高及尺寸、桩端进入持力层深度、桩身质量和单桩承载力的检验；

3 扩径完成后，应对扩径体外径、扩径体的扩大段斜边高度、扩径体最大尺寸处的高度、扩径体的矢高等进行检验，检查方法可采用伞形孔径仪检测方法或超声波成孔检测方法，伞形孔径仪检测方法应符合本规程附录 D 的规定，超声波成孔检测方法应符合本规程附录 E 的规定；

4 施工成孔检测数量不应少于总孔数的 30%，且不少于 10 孔；当施工总桩数少于 10 根时，应全数检测。每个承台下的检测数量不应少于 1 孔；

5 当检测结果不满足设计要求时，应分析原因并扩大检测。

6.1.3 钻孔扩径桩成桩质量检验应符合下列规定：

1 钻孔扩径桩应进行承载力和桩身完整性检验；

2 设计等级为甲级或地质条件复杂时，应采用静载试验的方法对桩基承载力进行验收检验，检验桩数不应少于总桩数的 1%，且不应少于 3 根，当总桩数少于 50 根时，不应少于 2 根；在有经验和对比资料的地区，设计等级为乙级或丙级的桩基可采用高应变法对桩基进行竖向抗压承载力检测，检测数量不应少于总桩数的 5%，且不应少于 10 根；

3 工程桩的桩身完整性应全数进行质量检验。

6.1.4 钻孔扩径桩质量合格判定应符合下列规定：

1 桩的平面位置和成孔质量符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的规定；

2 孔深和桩身完整性符合设计要求；

3 桩身所用的原材料合格；每桩留有桩身混凝土试件，其养护龄期和混凝土强度等级应符合设计要求；

4 单桩承载力特征值符合设计要求；

5 扩径体的埋置深度、外径、最大尺寸处的高度符合设计要求；

6 沉渣厚度、桩径、垂直度、泥浆比重、扩径体直径、混凝土坍落度、钢筋笼安装深度、混凝土充盈系数和桩顶标高经检验合格。

6.1.5 钻孔扩径桩的验收应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 和现行浙江省工

程建设标准《建筑地基基础设计规范》DB33/T 1136 的规定，承台工程的验收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 的规定。

6.2 质量验收

I 主控项目

6.2.1 钻孔扩径桩主控项目质量检验应符合表 6.2.1 的规定。

表 6.2.1 钻孔扩径桩质量检验标准

序	检查项目	允许偏差	检查方法
1	桩 位	群桩：100mm 单排桩：50mm	开挖后量桩中心
2	孔 深	摩擦桩：不小于设计值 端承桩：超过设计深度 50mm	测钻具长度或用重锤测量
3	混凝土强度	设计要求	试件报告或钻芯取样送检
4	桩身完整性	设计要求	参考等直径桩低应变测试曲线和扩径检测、超声波、取芯结果综合判定
5	承载力	设计要求	静载法，自平衡法， 如条件容许也可采用锚桩法
6	扩径体埋置深度	设计要求	测钻具长度或用重锤测量
7	扩径体外径	设计要求	采用伞形孔径仪检测或超声波成孔检测
8	扩径体最大尺寸处的高度	设计要求	

II 一般项目

6.2.2 钻孔扩径桩一般项目质量检验应符合表 6.2.2 的规定。

表 6.2.2 钻孔扩径桩质量检验标准

序	检查项目	允许偏差	检查方法
1	沉渣厚度	≤50mm	用沉渣测定仪或重锤测量
2	桩 径	不小于设计桩径	用伞形孔径仪或超声波检测
3	垂直度	钻孔：<1.0%	测钻杆的垂直度或用超声波探测
4	泥浆相对密度	<1.25	用比重计测，清孔后在距孔底 50cm 处取样
5	扩径体外径	±50mm	用伞形孔径仪或超声波检测
6	混凝土坍落度(mm)	泥浆护壁：160~220	用坍落度桶检验
7	钢筋笼安装深度	±50mm	用钢尺量
8	混凝土充盈系数	>1.0	检查桩的实际灌注量
9	桩顶标高	+30mm -50mm	用水准仪量

注：1 沉渣厚度检测宜在清孔完毕后，灌注混凝土前进行；

2 检测应至少进行 3 次，取 3 次检测数据的平均值为最终检测结果。

附录 A 桩侧及桩端阻力特征值

A.0.1 桩侧阻力特征值可根据土的状态由表 A.0.1 确定。

表 A.0.1 桩侧阻力特征值表(kPa)

岩土名称	土的状态		泥浆护壁钻孔桩
人工填土	完成自重固结		10~25
黏性土	流塑	$I_L > 1$	14~22
	软塑	$0.75 < I_L \leq 1$	22~30
	软可塑	$0.50 < I_L \leq 0.75$	30~40
	硬可塑	$0.25 < I_L \leq 0.50$	40~48
	硬塑	$0 < I_L \leq 0.25$	48~56
	坚硬	$I_L \leq 0$	56~70
粉土	稍密	$e > 0.9$	18~22
	中密	$0.75 \leq e \leq 0.9$	22~35
	密实	$e < 0.75$	35~42
粉细砂	稍密	$10 < N \leq 15$	12~26
	中密	$15 < N \leq 30$	26~34
	密实	$N > 30$	34~45
中砂	中密	$15 < N \leq 30$	31~43
	密实	$N > 30$	43~54
粗砂	中密	$15 < N \leq 30$	42~51
	密实	$N > 30$	51~64
砾砂	稍密	$5 < N_{63.5} \leq 15$	32~48
	中密、密实	$N_{63.5} > 15$	60~65
圆砾、角砾	中密、密实	$N_{63.5} > 10$	72~80
碎石、卵石	中密、密实	$N_{63.5} > 10$	80~92
全风化软质岩	-	$30 < N \leq 50$	42~52
全风化硬质岩	-	$30 < N \leq 50$	52~70
强风化软质岩	-	$N_{63.5} > 10$	70~120
强风化硬质岩	-	$N_{63.5} > 10$	80~140

注：1 岩石的坚硬程度和风化程度按《岩土工程勘察规范》GB 50021确定；

2 N为标准贯入击数， $N_{63.5}$ 为重型圆锥动力触探击数；

3 未完成自重固结填土不计侧阻力。

A.0.2 桩端阻力特征值可根据土的状态由表 A.0.2 确定。

表 A.0.2 桩端阻力特征值 q_{pi} 、 q_p 表(kPa)

土的名称	第一指标	第二指标	第三指标	扩径体外径	q_{pa} (kPa)	
	土的状态	q_c (kPa)		D(m)	$5<H\leq 20$	$H>20$
黏性土	$0.50<I_L\leq 0.75$	1600~2500	$0.22<e_{1-2}\leq 0.30$	1.0	144~224	224~378
				1.5	115~179	179~302
				2.0	72~112	112~189
	$0.25<I_L\leq 0.50$	2000~3500	$0.10<e_{1-2}\leq 0.20$	1.0	192~300	300~490
				1.5	154~240	240~392
				2.0	96~150	150~245
	$0.00<I_L\leq 0.25$	3000~4000	$0.06<e_{1-2}\leq 0.15$	1.0	300~480	480~780
				1.5	240~384	384~624
				2.0	150~240	240~390
粉土	$0.85<e_0\leq 0.95$	2000~4000		1.0	192~245	245~390
				1.5	154~196	196~312
				2.0	96~123	123~195
	$0.75<e_0\leq 0.85$	4000~6000		1.0	240~360	360~570
				1.5	192~288	288~456
				2.0	120~180	180~285
	$e_0\leq 0.75$	6000~8000		1.0	350~450	450~650
				1.5	280~360	360~520
				2.0	175~225	225~325
粉砂 细沙	稍密	3000~6000		1.0	240~360	360~480
				1.5	192~288	288~384
				2.0	120~180	180~240
	中密	6000~12000		1.0	432~490	490~600
				1.5	346~392	392~480
				2.0	216~245	245~300
	密实	>12000		1.0	480~630	630~720
				1.5	384~504	504~576
				2.0	240~315	315~360
中粗砂	中密		$15<N_{63.5}\leq 30$	1.0	315~665	665~945
				1.5	252~532	532~756
				2.0	158~333	333~473
	密实		$N_{63.5}>30$	1.0	420~805	805~1120
				1.5	336~644	644~896
				2.0	210~403	403~560
砾砂	中密		$15<N_{63.5}\leq 30$	1.0	525~840	840~990
				1.5	420~672	672~792
				2.0	263 420	420 495
	密实		$N_{63.5}>30$	1.0	630~945	945~1203
				1.5	504~756	756~962
				2.0	315~473	473~602
圆（角） 砾 卵（碎） 石	中密		$15<N_{63.5}\leq 30$	1.0	720~1085	1085~1200
				1.5	576~868	868~960
				2.0	360~543	543~600
	密实		$N_{63.5}>30$	1.0	1080~1110	1110~1380
				1.5	864~888	888~1104
				2.0	540~555	555~690
软质岩	全风化			1.0	490~980	
				1.5	392~784	
				2.0	245~490	
	强风化			1.0	840~1080	
				1.5	672~864	

	中等~微风化			2.0	420~540
				1.0	1080~1800
				1.5	864~1440
				2.0	540~900
硬质岩	全风化			1.0	960~1400
				1.5	768~1120
				2.0	480~700
	强风化			1.0	980~1500
				1.5	784~1200
				2.0	490~750
	中等~微风化			1.0	1500~2700
				1.5	1200~2160
				2.0	750~1350

注：1 干作业挖孔桩的端阻力取高值，泥浆护壁钻孔桩取低值；

2 岩石的坚硬程度按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 确定；

3 表中数值取用浙江省工程建设标准《建筑地基基础设计规范》DB33/T 1136表10.6.46-1中数值根据扩径体直径乘以修正系数0.5~1.0。

附录 B 钻孔扩径桩施工记录表

B.0.1 钻孔扩径桩（成孔同步扩径工艺）施工记录表应符合表 B.0.1 的规定。

表 B.0.1 钻孔扩径桩（成孔同步扩径工艺）施工记录表

工程(标段)名称					施工单位					钻机类型及编号				扩径设备编号			
单位工程					钻孔起讫时间					钻头类型及直径				扩径钻头型号			
部位					桩号					设计桩顶高程(m)				转盘顶高程(m)			
等直径桩身的直径 d (mm)					设计孔深(m)					设计孔底高程(m)				护筒顶高程(m)			
扩径体序号		I	扩径体外径 D (m)		扩径体高度(m)		扩径体设计顶标高(m)		扩径体设计底标高(m)		扩径体顶实际标高(m)		扩径体底实际标高(m)				
		II															
		III															
月 日	工作内容	时间			钻(旋)压(t)	转速(r/min)	钻杆长度(m)			钻进(m)		孔底高程(m)	地质情况	泥浆比重	作业人	记录人	
起	止	小计	编号	本次			累计	本次	累计								
	钻孔																
	扩孔 I						/	/	/	/	/	/					
	扩孔 II						/	/	/	/	/	/					
	扩孔 III						/	/	/	/	/	/					
有关情况说明：																	
监 理：				工程负责人：				校 核 人：				记 录 人：					
年 月 日				年 月 日				年 月 日				年 月 日					

B.0.2 钻孔扩径桩（成孔后扩径工艺）施工记录表应符合表 B.0.2 的规定。

表 B.0.2 钻孔扩径桩（成孔后扩径工艺）施工记录表

工程(标段)名称						施工单位				钻机类型及编号				扩径设备编号					
单位工程						钻孔起讫时间				钻头类型及直径				扩径钻头型号					
部位				桩号				设计桩顶高程(m)				转盘顶高程(m)							
等直径桩身的直径 d (mm)				设计孔深(m)				设计孔底高程(m)				护筒顶高程(m)							
扩径体序号		I		扩径体外径 D (m)				扩径体高度(m)				扩径体设计顶标高(m)		扩径体设计底标高(m)					
		II																	
		III																	
月 日	工作内容	序号	时间			钻(旋)压(t)	转速(r/min)	扩径体顶实际标高(m)	扩径体底实际标高(m)	地质情况	泥浆比重	作业人	记录人						
	扩孔	I	起	止	小计														
		II																	
		III																	
有关情况说明：																			
监理：					工程负责人：					校核人：					记录人：				
年 月 日					年 月 日					年 月 日					年 月 日				

附录 C 钻孔扩径桩成桩记录表

表 C 钻孔扩径桩成桩记录表

工程名称					工程编号		
施工单位							
桩顶设计标高 (m)		桩底设计标高 (m)		地面标高 (m)		砼等级	
施工日期							
桩号							
桩径(mm)							
钢筋笼验收时间 (吊装结束时间)							
钢筋笼长 (m)							
导管安装结束时间							
清孔结束时间							
泥浆比重							
沉渣厚度 (cm)							
砼浇筑开始时间							
砼坍落度 (cm)							
砼浇筑结束时间							
实际桩长 (m) (含超灌高度)							
砼实际浇灌量 (m ³)							
砼理论浇灌量 (m ³)							
砼充盈系数							
砼试块封样编号							

记录员：

检验员：

技术负责人：

现场监理：

附录 D 伞形孔径仪检测方法

D.0.1 接触式仪器组合法采用的各种仪器设备，应具备标定装置。标定装置应经国家法定计量检测机构检定合格。

D.0.2 伞形孔径仪检测前应按下列规定进行检查：

- 1 伞形孔径仪的检查应在专用标定架上进行。标定架应定期送交计量检测机构检定；
- 2 标定架刻度误差应 $\pm 1\text{mm}$ 范围内；
- 3 伞形孔径仪的检查方法应符合下列规定：
 - 1) 连接孔径仪，打开电源，确认设备工作正常；
 - 2) 按从小到大，从大到小的顺序，分别将四条测臂置于标定架不同直径的刻度点，记录仪器每次测量值；
 - 3) 将各次的直径—测量值数据组，按最小二乘法拟合出 $D' \sim d$ 的线性方程，如下式：

$$d = D_0 + k \times D' \quad (\text{D.0.2})$$

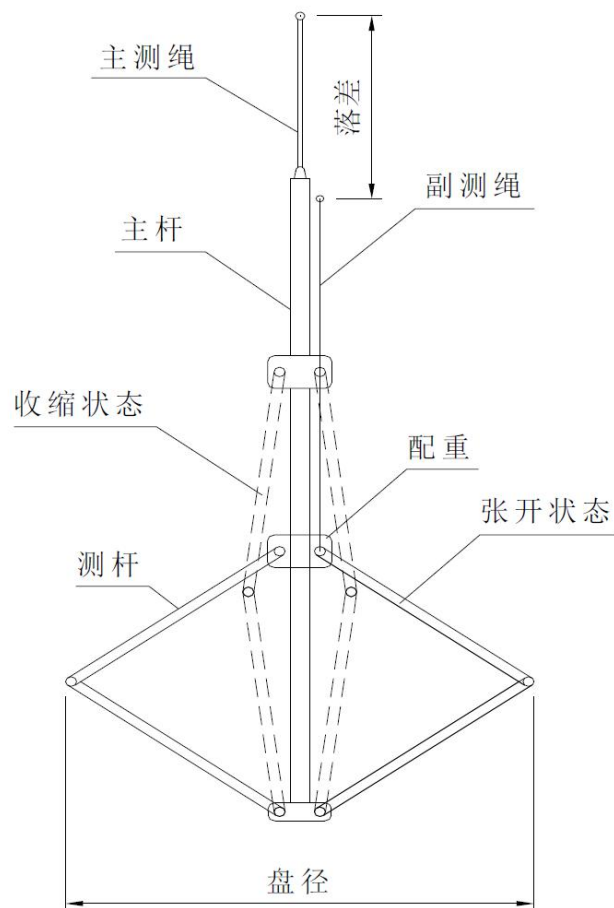
式中： k ——斜率（仪器常数）；

D_0 ——截距（起始孔径）。

- 4) 将方程求出的仪器常数及起始孔径输入记录仪；
 - 5) 将测臂置于标定架不同直径刻度点 3 次，分别记录各次仪器测量值；
 - 6) 将上述 3 次标准直径分别代入线性方程，计算出方程的测量值；
 - 7) 对应不同标准直径，比较方程测量值与仪器测量值的差值。
- 4 根据检查的结果，当仪器测量值与方程测量值之差满足规范精度要求时，则仪器正常，可进行检测。否则应重新标定确定仪器常数及起始孔径，若精度仍不满足要求，仪器应返厂维修。

D.0.3 伞形孔径仪（图 D.0.3）应符合下列规定：

- 1 被测孔径小于 1.2m 时，孔径检测误差 $\leq \pm 15\text{mm}$ ，被测孔径大于等于 1.2m 时，孔径检测误差 $\leq \pm 25\text{mm}$ ；
- 2 孔深检测精度不低于 0.3% ；
- 3 探头绝缘性能不小于 $100\text{M}\Omega/500\text{V}$ ，在潮湿情况下不小于 $2\text{M}\Omega/500\text{V}$ 。



图D.0.3 伞形孔径仪示意图

D.0.4 专用测斜仪应符合下列规定：

- 1 顶角测量范围： $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$ ；
- 2 顶角测量误差： $\leq \pm 10'$ ；
- 3 分辨率不底于 $36''$ ；
- 4 孔深检测精度不底于 0.3%。

D.0.5 孔径记录图应满足下列要求：

- 1 有明显孔径及深度的刻度标记，能准确显示任何深度截面的孔径；
- 2 有设计孔径基准线、基准零线及同步记录深度标记；
- 3 记录图纵横比例尺，应根据设计孔径及孔深合理设定，并应满足分析精度需要。

D.0.6 扩径部位的孔径可按下式计算：

$$D' = D_0 + k \times \Delta V / I \quad (\text{D.0.6})$$

式中： D_0 ——起始孔径(m)；

k ——仪器常数(m/Ω)；

ΔV ——信号电位差(V)；

I ——恒定电流源电流 (A)。

附录 E 超声波成孔检测方法

E.0.1 本方法适用于泥浆护壁钻孔扩径桩桩孔的垂直度、孔径检测。

E.0.2 超声波法检测时，孔内泥浆性能应满足表 E.0.2 的要求。

表 E.0.2 泥浆性能指标

项目	性能指标
相对密度	<1.25
粘度	18~25(s)
含砂量	<4%

E.0.3 检测中应采取有效手段，保证检测信号清晰有效。

E.0.4 检测中探头升降速度不宜大于 10m/min。

E.0.5 超声波法检测仪器设备应符合下列规定：

- 1 孔径（槽宽）检测精度不底于 0.2%；
- 2 孔（槽）深度检测精度不底于 0.3%；
- 3 测量系统为超声波脉冲系统；
- 4 超声波工作频率应满足检测精度要求；
- 5 脉冲重复频率应满足检测精度要求；
- 6 检测通道应至少两通道；
- 7 记录方式为模拟式或数字式；
- 8 具有自校功能。

E.0.6 超声波法检测仪器进入现场前应利用自校程序进行自校，每孔测试前应利用护筒直径或导墙的宽度作为标准距离标定仪器系统。标定应至少进行 2 次。

E.0.7 标定完成后应及时锁定标定旋钮，在该孔的检测过程中不得变动。

E.0.8 超声波法成孔检测，应在钻孔清孔完毕，孔中泥浆内气泡基本消散后进行。

E.0.9 仪器探头宜对准护筒中心。

E.0.10 检测宜自孔口至孔底或自孔底至孔口连续进行。

E.0.11 应正交 x-x'、y-y'二方向检测，直径大于 4m 的桩孔、支盘桩孔、试成孔及静载荷试桩孔应增加检测方位。

E.0.12 应标明检测剖面 x-x'、y-y'等走向与实际方位的关系。

E.0.13 超声波在泥浆介质中传播速度可按下式计算：

$$C_p = 2(d_0 - d')/(t_1 + t_2) \quad (\text{E.0.13})$$

式中： C_p ——超声波在泥浆介质中传播的速度(m/s)；

d_0 ——护筒直径或导墙宽度（m）；

d' ——两方向相反换能器的发射（接收）面之间的距离（m）；

t_1 、 t_2 ——对称探头的实测声时（s）。

E.0.14 孔径可按式计算：

$$d = d' + c_p \times (t_1 + t_2) / 2 \quad (\text{E.0.14})$$

式中： d ——孔径（m）；

其余符号意义同上。

E.0.15 孔径的垂直度 可按式计算：

$$J = (e / l) \times 100\% \quad (\text{E.0.15})$$

式中： e ——孔的偏心距(m)；

l ——实测孔深度(m)。

E.0.16 现场检测记录图应符合下列规定：

- 1 有明显的刻度标记，能准确显示任何深度截面的孔径及孔壁的形状；
- 2 应标记检测时间、设计孔径、检测方向及孔底深度。

本规程用词说明

- 1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：
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 条文中指明应按其它有关标准执行的写法为“应符合……规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》 GB 50202
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 《钢筋焊接及验收规程》 JGJ 18
- 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
- 《建筑基桩检测技术规范》 JGJ 106
- 《钢筋机械连接技术规程》 JGJ 107
- 《大直径扩底灌注桩技术规程》 JGJ/T 225
- 《工程建设岩土工程勘察规范》 DB33/T 1065
- 《建筑地基基础设计规范》 DB33/T 1136

浙江省工程建设标准

钻孔扩径混凝土灌注桩技术规程

Technical specification for bored cast-in-place pile with
expanded diameters

DB××××-2019

条文说明

目 次

1	总 则.....	13
2	术语和符号.....	31
2.1	术语.....	31
3	勘 察.....	32
4	设 计.....	19
4.1	一般规定.....	19
4.2	承载力与沉降.....	19
4.3	桩身构造.....	22
5	施 工.....	23
5.2	施工准备.....	23
5.3	钻孔及扩径.....	23
5.4	质量控制.....	24
5.5	安全与环境保护.....	25
6	验 收.....	26
6.2	质量验收.....	26

1 总 则

1.0.1~1.0.3 钻孔扩径桩通过沿桩身不同深度设置的扩径体,使等直径灌注桩成为变截面多支点的端承摩擦桩或摩擦端承桩,从而改变桩的受力机理,显著提高单桩承载力,增加桩基稳定性,减小桩基础沉降,降低桩基工程造价。

钻孔扩径桩的设计要综合考虑下列诸因素,把握相关技术要点,实现安全适用、经济合理、确保质量、节能环保和技术先进等目标:

1 地质条件:建设场地的地质条件,包括地层分布特性与土性,地下水赋存状态与水质等,不仅是在特定荷载条件下确定桩径、桩长的主要因素,也是选择扩径体的主要依据。因此,场地勘察做到完整可靠,使设计人员可根据具体工程的地质条件,采用优化设计方法,从而提高设计质量。

2 上部结构类型、使用功能与荷载特征。上部结构有不同的结构形式,结构构件有不同的平面和竖向布置状况,具有不同的刚度和整体性,其抗震性能及对地基变形有不同的适应能力。荷载特征是指荷载的动静态,恒载与可变荷载的大小,偶发荷载的大小,竖向压、拔荷载的大小,竖向荷载的偏心距,水平荷载的大小及其变化特征。上部结构使用功能不同,对地基基础的要求也不同。而不同的桩端与扩径、桩端持力层、扩径体的数量及其排列与布置等,则具有不同的竖向和水平承载力与变形性状。因此如何与上部结构相协调,如何适应上部结构是钻孔扩径桩的布置与计算应考虑的内容。

3 施工技术与环境条件:指钻孔扩径桩成孔成桩设备、技术及其成熟性,施工现场的设备运转、弃土及排污要求等。

钻孔扩径桩相比于同长度的非钻孔扩径桩,钻孔扩径桩单桩承载力可提高20%~50%,大幅节省工程造价,经济效益明显,具有广泛的应用前景。挑选了10处案例作为代表,如表1-1~表1-10所示。

表 1-1 宁波市镇海某项目桩基对比试验

工况参数	原设计桩型	优化桩型		
桩型	普通钻孔桩	扩径、扩底桩		
钻孔桩径	600	600		600
扩头直径	-	1400mm		1400mm (两个扩径体)
扩头土层	-	4-2中砂 (扩底)	5-2粉土 (扩底)	4-2中砂 (扩径)

					5-2粉土（扩底）
桩长	26~27mm	47~48m	26~27m	47~48m	47~48m
设计承载力特征值	750kN	1100kN	1650kn	2250kn	2600kN
承载力提高值			120%	125%	136%

表 1-2 宁波市江北区某项目桩基对比试验

工况参数	原设计桩型		优化桩型	
桩型	普通钻孔桩		钻孔扩径桩	
钻孔桩径	600mm	700 mm	700mm	800mm
扩头直径	-	-	1700mm	1700mm
扩头土层	7-2层粉质黏土夹细砂	8-1层细砂	7-2层粉质黏土夹细砂（扩径） 8-1层细砂（扩底）	
桩长	58m	58m	58m	58m
设计承载力特征值	2400 kN	2900kN	4800kN	5800kN
承载力提高值			65.5%	2根φ700普通钻孔桩

表 1-3 宁波市江北区某项目桩基对比试验

工况参数	原设计桩型	优化桩型
桩型	普通钻孔桩	钻孔扩径桩
钻孔桩径	700mm	700mm
扩头直径	-	1400mm（两个扩径体）
扩头土层	8层中砂	5-1层黏土（扩径） 8层中砂（扩底）
桩长	63.5m	63.5m
设计承载力特征值	3200kN	4500kN
承载力提高值	40.6%	

表 1-4 南京某项目桩基对比试验

工况参数	原设计桩型	优化桩型
桩型	普通钻孔桩	扩底桩
钻孔桩径	700mm	700mm
扩头直径	-	1200mm
扩头土层	-	7-2层中风化粉砂质泥岩
桩长	26.4m	26.4m
设计承载力特征值	2640kN	3575kN
承载力提高值	35%	

表 1-5 宁波市鄞州区某项目桩基对比试验

工况参数	原设计桩型	优化桩型
桩型	普通钻孔桩	扩底桩
钻孔桩径	700mm	700mm
扩头直径	-	1500mm
扩头土层	-	6-2层圆砾层
桩长	44.4m	44.4m
设计承载力特征值	2200kN	2700kN
承载力提高值	22.7%（试桩破坏时实测承载力特征值为3500kN）	

表 1-6 宁波某项目桩基对比试验

工况参数	原设计桩型	优化桩型
桩型	普通钻孔桩	扩底桩
钻孔桩径	800mm	800mm
扩头直径	-	1500mm
扩头土层	8层细砂	7-2层中砂（扩径） 8-1层细砂（扩底）
桩长	58m	56.5m
设计承载力特征值	3900kN	5500kN
承载力提高值	41.0%	

表 1-7 宁波市某项目桩基对比试验

工况参数	原设计桩型		优化桩型	
桩型	普通钻孔桩		扩底桩	
钻孔桩径	800mm		800mm	
扩头直径	-		1800mm	
扩头土层	8-1层细砂	8-2层中砂	8-1层细砂	8-2层中砂
桩长	46m	52m	46m	52m
设计承载力特征值	3200kn	3800kn	4700 kN	5285kN
承载力提高值			46.8%	39.0%

表 1-8 申嘉湖高速公路某桩基

工况参数	原设计桩型	优化桩型
桩型	普通钻孔桩	大直径扩底桩
钻孔桩径	850mm	850mm

扩头直径	-	1200mm
扩头土层	-	8-2 层粉质粘土夹粉砂
桩长	55m	55m
设计承载力特征值	3480kN	4160kN
承载力提高值	19.5%	
造价节约	15.5%	

表 1-9 上海轨道交通 1 号线某桩基

工况参数	原设计桩型	优化桩型
桩型	普通钻孔桩	大直径扩底桩
钻孔桩径	1400mm	1400mm
扩头直径	-	2400mm
扩头土层	-	8-3 层亚粘土:
桩长	48m	48m
设计承载力特征值	5256kN	7256kN
承载力提高值	38%	
造价节约	18%	

表 1-10 天津某桩基

工况参数	原设计桩型	优化桩型
桩型	普通钻孔桩	大直径扩底桩
钻孔桩径	1800mm	1800mm
扩头直径	-	3000mm
扩头土层	-	9-4层
桩长	48m	30m
设计承载力特征值	11200kN	11200kN
混凝土方量节约	35.8%	
造价节约	24%	

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1～2.1.3 等直径桩身、桩身扩径体与桩端扩径体如图2-1所示。

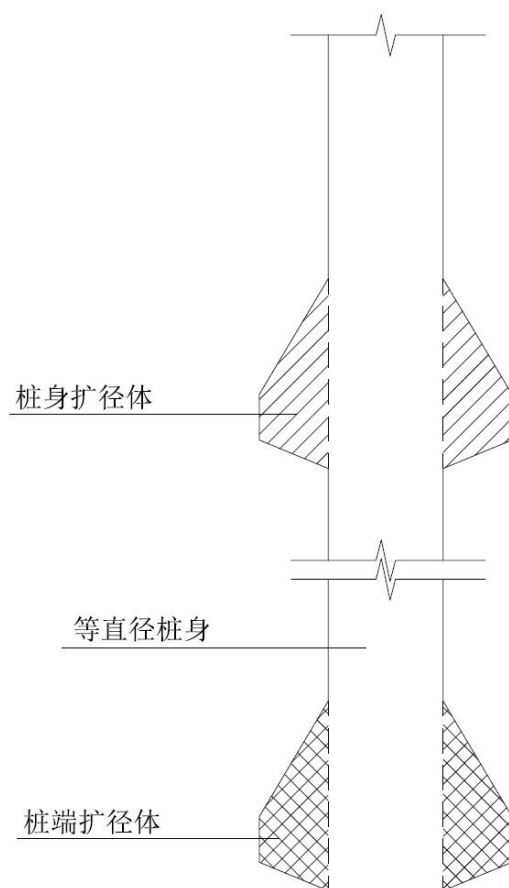


图2-1 桩身扩径体与桩端扩径体示意图

2.1.4 成孔同步扩径施工工艺为：扩径钻机钻孔，待钻机下放扩径钻头至设计扩径深度后扩径，再继续钻进至下一节扩径体的设计扩径深度后扩径，再进行一次清孔，继续伞形检测仪检测、下放钢筋笼、下放导管、成孔。

2.1.5 成孔后扩径施工工艺为：钻机钻孔至设计孔深，完成等直径桩孔成孔施工，再使用扩径钻机从上至下依次扩径，完成扩径体后进行一次清孔，继续伞形检测仪检测、下放钢筋笼、下放导管、成孔。

3 勘 察

3.0.2 勘察工作的关键是准确获得确定承载力和变形特性的参数，推荐选择合理的持力层。

3.0.3 荷载较大或复杂地基的一柱一桩工程，在桩位确定后应进行逐桩勘察。荷载较大是指一般单桩荷载大于 20000kN，持力层通常为风化基岩及密实的砂土、碎石土的钻孔扩径桩，这类钻孔扩径桩桩基承载力很难通过单桩静载试验确定，施工验槽时重点对持力层的性质及扩底的直径进行检验，检测的重点是桩身混凝土质量及完整性；复杂地基是指桩端持力层岩土种类多、均匀性差、性质变化大的地基，由于持力层不均匀很容易造成持力层误判，一旦出现差错或事故，后果严重，因此规定在桩位确定后必须按桩位进行逐桩勘察。

3.0.4 当没有设置桩端扩径体时， D 取等直径桩身的直径 d 。直径大时取小值，直径小时取大值。

3.0.5 勘察阶段应根据确定钻孔扩径桩承载力的不同方法分别提供工程勘察资料和相关岩土参数。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 软弱土层、湿陷性或溶陷性土层、存在不稳定溶洞、土洞、采空区及扩大端施工时容易坍塌的土层，未经处理不得采用钻孔扩径桩。钻孔扩径桩的设计和施工，经验性很强，故无论用于竖向、水平向或抗拔，均需有一定的经验。当缺乏地区经验时，应通过试验确定其设计和施工参数。

扩径体不应设置在下列土层：

- 1 淤泥及淤泥质土层；
- 2 松散状态的砂土层；
- 3 可液化土层。

在软弱土层、松散土层和一些特殊性质土层中设置扩径体难以发挥承载作用。淤泥及淤泥质土层、松散状态的砂土层和可能液化土层，除因承载能力弱不起作用外，还由于旋扩时土易发生流动或坍落，致使扩径体腔难以成形。故淤泥及淤泥质土层、松散状态的砂土层和可液化土层不得作为扩径体的持力土层。

钻孔扩径桩的试验结果表明，按地层土质、桩长、等直径桩身的直径、扩径体外径与数量及扩径体持力层等不同情况，从荷载传递机理看，钻孔扩径桩可分属于端承摩擦桩或摩擦端承桩，而扩径体是钻孔扩径桩的重要的承载部分。因此选择结构稳定、压缩性较小、承载能力较高的土层作为扩径体的持力土层对于保证钻孔扩径桩的承载能力是十分重要的。

4.1.2 桩端进入持力层的深度不应小于 $1.5\sim 2.0d$ ， d 为等直径桩身的直径，直径大时取小值。

4.1.3 对于桩身扩径体，扩径体上侧面的斜率按 $(D-d)/2h_a$ 计算；对于桩端扩径体，扩径体上侧面的斜率按 $(D_{ij}-d)/2h_{aij}$ 计算。扩径体位于多种土层中时，应按最不利情况确定扩径体侧面的斜率值。

4.1.4 灌注桩桩径 d 超过800mm应通过试验确定工艺可行性。

4.2 承载力与沉降

4.2.1 设计采用的单桩竖向极限承载力特征值应符合下列规定：

1 设计等级为甲级的建筑桩基和工程水文地质条件复杂的乙级建筑桩基，应通过静载试验确定承载力特征值，方法为：在同一条件下的试桩数量，不宜少于总桩数的1%，且不应

少于 3 根。单桩的静载试验应符合浙江省工程建设标准《建筑地基基础设计规范》DB33/1001 中的规定。有可靠地区经验，可通过深层载荷试验或标准直径（800mm）桩试验确定桩端阻力特征值；

2 设计等级为乙级的建筑桩基，当有可靠地区经验时，可参照地质条件相同的试桩资料，结合原位测试和经验参数综合确定；

3 设计等级为丙级的建筑桩基，当有可靠地区经验时，可根据室内试验及原位测试成果，根据经验参数确定；

4 初步设计时的建筑桩基，根据原位测试和经验参数确定。

4.2.2 在按本规程第 4.2.2 条确定单桩承载力时，钻孔扩径桩扩大头斜面及变截面以上一定长度范围内不应计入桩侧阻力（ d 为等直径桩身的直径）；当桩周为淤泥、新近沉积土、可液化土层或以生活垃圾为主的杂填土时，也不应计入此类土层的桩侧阻力。

钻孔扩径桩单桩竖向抗压承载力特征值的计算包括第 j 个扩径体的端阻力、扩底端阻力以及有效计算高度 l_i 范围内的桩侧阻力。由于扩径体的存在会减小其附近侧阻的发挥，扩径体斜面、扩径体斜面上端 $0.8d \sim 1.6d$ 范围内的侧阻以及扩径体底面下端 $1d$ 范围的侧阻不应计入桩的承载力，本规程的 l_i 是在现行行业标准《大直径扩底灌注桩技术规程》JGJ/T 225 和现行浙江省工程建设标准《建筑地基基础设计规范》DB33/T 1136 有关挤扩支盘桩承载力计算的相关规定基础上，编制组开展大量试验研究和实际工程验证，充分研究论证得出。

宁波至温州沿海一带深埋厚度较大的淤泥质土层。在宁波地区某粉质黏土中开展等直径桩、扩底桩和钻孔扩径桩（中部扩径+扩底）进行模型试验，桩直径分别为 80mm 和 100mm，壁厚 2mm，桩长 1m，扩径直径分别为 120mm、150mm，扩径体高度为 120mm，桩身弹性模量为 70GPa。土性参数： $\gamma=18.9\text{kN/m}^3$ ，土层的压缩模量为 3.92MPa，桩侧极限侧阻力 q_s 为 9kPa，土层极限端阻力 q_p 为 160kPa，利用本规程 4.2.2 式钻孔扩径桩单桩竖向抗压承载力与实测极限承载力对比结果如表 4-1。

表 4-1 钻孔扩径桩模型试验极限承载力计算与实测结果对比

桩径/mm	桩型 d/mm	Q_s/kPa	Q_p/kPa	Q_u/kN 计算值	Q_u/kN 实测值	误差/%
80 (120)	等直径桩	9	160	2.912	2.687	8.4
	扩底桩			3.451	3.608	-4.4
	钻孔扩径桩（两个扩径体）			4.465	4.482	-0.4
100 (150)	等直径桩	11	180	4.625	4.561	1.4
	扩底桩			5.370	5.596	-4.0

	钻孔扩径桩（两个扩径体）			6.618	7.056	-6.2
--	--------------	--	--	-------	-------	------

宁波市鄞州区高桥镇新村建设安置小区项目工程设计试桩为 $\phi 700$ 钻孔灌注桩，混凝土等级为 C35，桩长 44.4m，桩端持力层为⑥2 圆砾层，扩底直径 $\phi 1500$ ，扩径体高度为 1.2m，桩端持力层为⑥2 圆砾层，地层物理力学指标如表 4-2。按破坏进行试桩，取桩顶沉降量 40mm 的荷载作为极限承载力，并利用本规程 4.2.2 式钻孔扩径桩单桩竖向抗压承载力特征值进行对比结果如表 4-3。

表 4-2 土层主要物理力学指标

层号	土层名称	厚度/m	重度/kN/m ³	粘聚力/kPa	内摩擦/°	压缩模/ E_s /MPa
1	黏土	0.5	17.6	20.6	11.7	3.17
2-1	淤泥质黏土	7.5	16.7	12.9	7.3	2.06
2-2	淤泥质黏土	11.2	17.1	13.4	7.4	2.23
3	粘质粉土	3.3	18.3	17.4	28.1	6.34
4	淤泥质粘土	9.8	17.1	14.5	8.5	2.52
5-1	粉质粘土	2.5	18.7	29.9	17.6	5.5
6-1	粘土	2.9	17.7	20.3	12	3.85
6-2a	粉砂	1.7	18.7	13.4	30.4	6.62
6-2	圆砾	4.8	21	/	/	/

表 4-3 宁波市鄞州区高桥镇新村建设安置小区项目桩基承载力计算与实测结果对比

桩型	Q_{uk} /kN 计算值	Q_{uk} /kN 实测值	误差/%
等直径桩	4440	4400	-0.9
扩底桩	6540	7000	6.8

4.2.3 工作条件系数取值应符合下列规定：

- 1 采用泥浆护壁、套管护壁成孔时取小值；
- 2 采用干作业成孔时取大值。

4.2.4 使用钻孔扩径桩可适当提高抗拔值，并符合下列规定：

1 对于地基基础设计等级为甲、乙级的建筑物，钻孔扩径桩单桩抗拔承载力特征值 R_{al} 通过单桩竖向抗拔静载荷试验确定。试验方法应符合浙江省工程建设标准《建筑地基基础设计规范》DB33/T 1136 中的规定；

2 钻孔扩径桩单桩抗拔承载力特征值计算中，单桩自重标准值考虑安全因素，故不计扩大头质量。

4.2.7 对于桩中心距小于或等于 $3D$ 的桩基， S_2 可按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94中的等效作用分层总和法计算；对于桩中心距大于 $3D$ 的桩基， S_2 可按现行行业标注《建筑桩基技术规范》JGJ 94中关于单排桩、疏桩基础的有关规定计算。

4.3 桩身构造

4.3.2 正常情况时扩径体范围内等直径桩身都需配置钢筋，但当桩身强度有保证时，可不配置。

5 施 工

5.1 一般规定

5.1.5 钻孔扩径桩施工过程中，扩径体的形成是施工质量控制的关键，监控装置应能够实时监控、记录扩径体的成形过程。施工过程记录的扩径体形成的主要技术参数包括：扩径体外径、扩径体的扩大段斜边高度、扩径体最大尺寸处的高度、扩径体的矢高等。

5.2 施工准备

5.2.1 经审查通过的设计文件包括：批准的桩基工程施工图（包括桩位平面图、断面图及相应的勘察报告，应标出扩径体的位置及相关土层）及图纸会审记录。

5.2.2 浅层地基加固的目的是，使其表层形成一层具有一定承载力的硬壳层，从而满足施工机械所需要的承载能力。

5.2.4 施工设备的性能应符合下列规定：

- 1 全张时的最大扩径直径应满足设计扩径体直径要求；
- 2 扩径设备应能进行可控的扩大与收拢；
- 3 桩架应具有垂直度监控和调整的功能；
- 4 钻孔深度大于最大钻杆长度时，钻杆应具有接杆功能；
- 5 应具有显示主要施工参数的仪器仪表。

5.3 钻孔及扩径

5.3.2 采用成孔同步扩径工艺时，钻孔及扩径施工应符合下列规定：

1 常用的钻扩设备为兼具钻孔与扩孔功能的一体化设备，常用的扩孔钻头为液压式扩径钻头；扩孔时应先采用低压慢转，之后逐渐转入正常状态施工；

液压式扩径钻头的示意图如图 5-1，数控钻孔扩径钻头型号表如表 5-1，该类可满足要求。

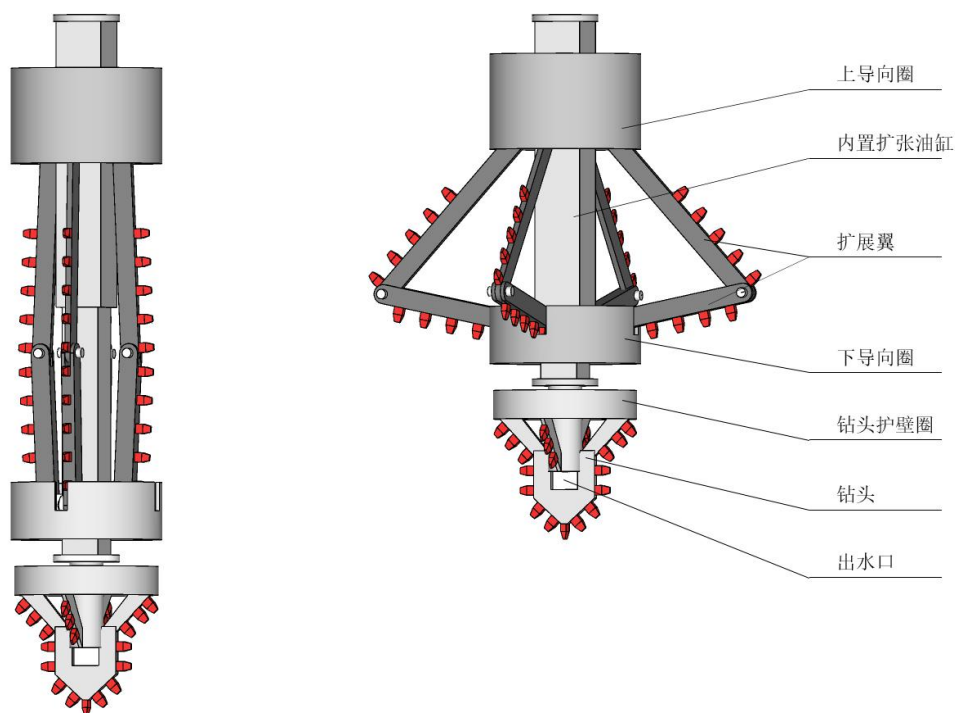


图 5-1 钻孔扩径钻头示意图

表 5-1 数控钻孔扩径钻头型号表

数控钻孔扩径钻头型号	SUK1	SUK2	SUK3
适用桩径范围(mm)	600~700	700~800	800~1000
适用扩径直径范围(mm)	1200~1500	1500~1700	1700~2000

2 与同样长度的等直径桩相比，扩径桩施工的成孔时间长，对土的扰动大，因此对护壁泥浆的要求相应较高，以避免塌孔。

5.3.3 采用成孔后扩径工艺时，首先用普通钻孔设备完成等直径桩身部分的成孔；扩孔阶段可采用与成孔同步扩径工艺相同的钻扩孔一体化钻头，利用其液压式扩径钻头完成扩孔。扩径施工时应先采用低压慢转，之后逐渐转入正常状态施工。

5.4 质量控制

5.4.3 在使用扩径设备旋钻形成圆锥状腔体的过程中，由于腔体上部的反斜面相对不稳定，且旋钻扩径施工时的不可控因素相对较多，孔底的沉渣厚度往往较大，为沉渣的清理带来一定难度。若孔底沉渣未能按要求进行清理，桩端扩径体的成型质量将受明显影响，进而不利于桩身的承载性能。

5.4.4 相比等直径桩身，扩径体位置由于几何形态复杂、混凝土用量大，其混凝土浇筑更难保证混凝土的密实度。因此，有必要采取导管多次插拔、放缓导管提升速度等施工措施，保证导管底口始终位于混凝土面以下，使混凝土充分、致密地填充扩径体处的腔体，确保成桩

后扩径体可满足竖向承载的相应设计要求。

5.5 安全与环境保护

5.5.3 施工期间如遇雨、雪、冰冻天气，应避免未达到养护龄期混凝土的长时间暴露；雨后应及时清除地面积水，避免施工人员因地面湿滑而受伤。

6 验收

6.1 一般规定

6.1.2 验证检测或扩大检测采用的方法和检测数量应得到工程建设有关方的确认。

6.2 质量验收

6.2.2 钻孔扩径桩扩径孔径的检测可采用伞形孔径仪检测或超声波成孔检测，以判定扩径效果。例如宁波市江北区投资创业中心门户区长兴路以南 3#-4 地块桩基工程，其设计试桩 Φ 700mm 钻孔灌注桩，采用 2 个扩径体，直径为 1400mm，混凝土强度 C45，采用伞形孔径仪检测成孔结果如图 6-1 所示。

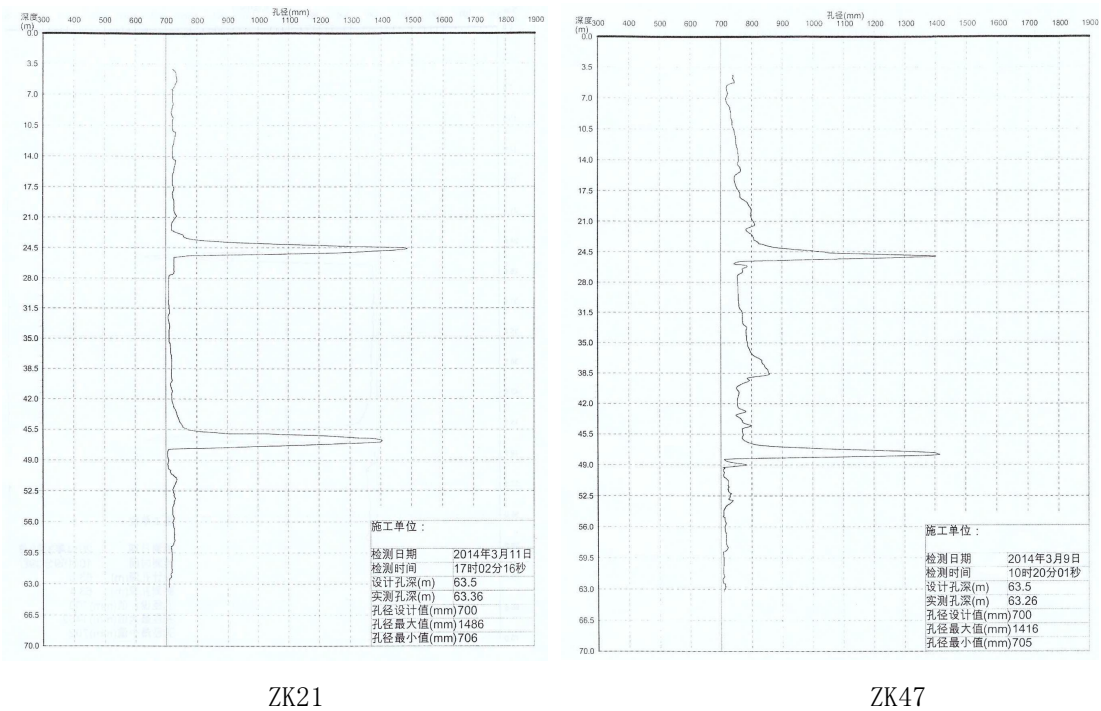


图 6-1 成孔检测结果

在数控液压扩径循环钻机界面，设定扩径压力、扩径直径等参数。

钻孔扩径桩对持力层的要求高，应按设计控制成孔深度，以确保桩端置于设计标高的持力层。