

四川省工程建设地方标准

四川省预成孔植桩技术标准

Technical standard for planting pile in prebored hole
in Sichuan Province

DBJ51/T 184—2021

主编单位：四川省建筑科学研究院有限公司
建华建材（四川）有限公司
批准部门：四川省住房和城乡建设厅
施行日期：2022年4月1日

西南交通大学出版社

2022 成 都

1.请通读全文，将需要修改的内容直接通过注释功能标注于本PDF即可，也可统一将修改汇总于同一个Word中。

2.书中的公式重录，图重绘，请注意核对。

请于3月21日将修改意见返回。

谢谢！

关于发布《四川省建设工程造价电子数据标准》 等 5 项四川省工程建设地方标准的通知

川建标发〔2021〕327 号

各市（州）及扩权试点县（市）住房城乡建设行政主管部门，各有关单位：

现批准《四川省建设工程造价电子数据标准》《四川省工程建设项目招标代理操作规程》《四川省盾构隧道混凝土预制管片技术规程》《四川省预成孔植桩技术标准》《四川省纳米蒙脱石纤维复合材料工程应用技术标准》等 5 项为四川省工程建设推荐性地方标准（见附件）。

附件：《四川省建设工程造价电子数据标准》等 5 项四川省工程建设推荐性地方标准

四川省住房和城乡建设厅

2021 年 12 月 24 日

附件

《四川省建设工程造价电子数据标准》等 5 项 四川省工程建设推荐性地方标准

序号	地方标准名称	主编单位	标准号	施行时间	负责技术内容 解释单位	备注
1	四川省建设工程造价电子数据标准	四川省建设工程造价总站、成都鹏业软件股份有限公司	DBJ51/T 048 - 2021	2022 年 4 月 1 日	四川省建设工程造价总站	原《四川省建设工程造价电子数据标准》DBJ51/T 048 - 2015 于本标准施行之日起废止
2	四川省建设工程项目招标投标代理操作规程	四川省建设工程招标投标总站	DBJ51/T 040 - 2021	2022 年 4 月 1 日	四川省建设工程招标投标总站	原《四川省建设工程项目招标投标代理操作规程》DBJ51/T 040 - 2015 于本标准施行之日起废止
3	四川省盾构隧道混凝土预制管片技术规程	中铁二十三局集团有限公司	DBJ51/T 183 - 2021	2022 年 4 月 1 日	中铁二十三局集团有限公司	—
4	四川省预成孔植桩技术标准	四川省建筑科学研究院有限公司、建华建材（四川）有限公司	DBJ51/T 184 - 2021	2022 年 4 月 1 日	四川省建筑科学研究院有限公司	—
5	四川省纳米蒙脱石纤维复合材料工程应用技术标准	中国建筑西南设计研究院有限公司	DBJ51/T 185 - 2021	2022 年 4 月 1 日	中国建筑西南设计研究院有限公司	—

前 言

根据四川省住房和城乡建设厅《关于下达工程建设地方标准计划的通知》(川建标发〔2020〕157号)的要求,由四川省建筑科学研究院有限公司、建华建材(中国)有限公司会同有关单位组成的标准编制组经过广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国内外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准主要内容包括:1 总则;2 术语和符号;3 基本规定;4 设计;5 施工;6 质量检查和验收。

本标准由四川省住房和城乡建设厅负责管理,由四川省建筑科学研究院有限公司负责具体内容的解释。本标准在执行过程中,如有意见或建议,请寄送至四川省建筑科学研究院有限公司(地址:成都市一环路北三段 55 号;电话:028-83371831;邮箱:184719906@qq.com;邮编 610081)。

主 编 单 位 : 四川省建筑科学研究院有限公司

建华建材(四川)有限公司

参 编 单 位 : 四川省建筑工程质量检测中心有限公司

四川华西管桩工程有限公司

中国建筑西南设计研究院有限公司

中冶成都勘察研究总院有限公司

中国建筑西南勘察设计研究院有限公司

成都四海岩土工程有限公司

成都市建设工程质量监督站

四川中泰联合设计股份有限公司

四川鑫祥晟建筑工程有限公司

四川精工勘测基础工程有限公司

主要起草人： 蒋志军 李泽泽 张炳焜 许 星
 李志高 毕 琼 李耀家 沈 泽
 李晓岑 岳大昌 徐存光 李 明
 胡 熠 梁 立 胡 刚 廖中原
 罗东林 雷 雨 莫道平 江 海
 钟家明 杨小洪 陈 鹏 章学良
 雷发洪 宋 静
主要审查人： 罗进元 张仕忠 钟义敏 黄练红
 梁 勇 余德彬 吴 波

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	3
3	基本规定	5
4	设 计	7
4.1	一般规定	7
4.2	构 造	9
4.3	桩 基	12
4.4	基坑支护	18
5	施 工	20
5.1	一般规定	20
5.2	施工准备	20
5.3	施 工	21
6	质量检查和验收	26
6.1	一般规定	26
6.2	施工前检验	26
6.3	施工过程检验	27
6.4	施工后检验	27
6.5	工程质量验收	28

附录 A 预成孔施工记录	29
附录 B 植桩施工记录	31
本标准用词说明	33
引用标准名录	35
附：条文说明	37

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic requirements	5
4	Design	7
4.1	General requirements	7
4.2	Basic structures	9
4.3	Pile foundation	12
4.4	Retaining and protection for excavations	18
5	Construction	20
5.1	General requirements	20
5.2	Construction preparation	20
5.3	Construction	21
6	Quality inspection and acceptance	26
6.1	General requirements	26
6.2	Inspection before construction	26
6.3	Inspection in construction	27
6.4	Inspection after construction	27
6.5	Acceptance of construction quality	28

Appendix A	Construction record of prebored hole	29
Appendix B	Construction record of planting pile	31
	Explanation of wording in this code	33
	List of quoted standards	35
Addition:	Explanation of provisions	37

1 总 则

1.0.1 为规范预成孔植桩的设计、施工、质量检查和验收，贯彻执行国家技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于四川省内工业与民用建筑工程、市政工程中预成孔植桩的设计、施工、质量检查和验收。

1.0.3 预成孔植桩的设计、施工、质量检查和验收除应符合本标准的规定外，尚应符合国家和四川省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 预成孔植桩 method of planting pile in preformed hole

预先用机械设备（旋挖钻机或螺旋钻机等）在桩位处钻孔至设计深度或设计要求持力层后，再灌入填充料，最后将预制桩插入孔内，并通过静压或锤击将预制桩置于孔底处的施工方法。

2.1.2 预应力高强混凝土空心桩 prestressed high-strength concrete hollow pile

采用离心成型的先张法预应力高强度混凝土（强度等级不低于 C80）中空的桩。

2.1.3 预应力高强混凝土管桩 prestressed high-strength concrete pipe pile

采用离心成型的先张法预应力高强度混凝土（强度等级不低于 C80）空心的环形截面桩。

2.1.4 预应力高强混凝土空心方桩 prestressed high-strength concrete hollow square pile

采用离心成型的先张法预应力高强度混凝土（强度等级不低于 C80）空心的方形截面桩。

2.1.5 混合配筋高强混凝土管桩 prestressed high-strength concrete pipe pile with composite bars

主筋配筋形式为预应力钢棒和普通钢筋组合布置的高强混凝土（强度等级不低于 C80）空心的环形截面桩。

2.1.6 减沉复合疏桩基础 composite foundation with settle-reducing piles

软土地基天然地基承载力基本满足要求的情况下，为减小沉降采用疏布摩擦型桩的复合桩基。

2.2 符 号

2.2.1 几何参数

A_p ——预应力高强混凝土空心桩桩端面积；

A_{pc} ——预应力高强混凝土空心桩桩身横截面净面积；

d ——预制桩直径；

D ——预成孔直径；

l ——预应力高强混凝土空心桩桩长；

l_i ——第 i 层土（岩）的厚度；

u_D ——预成孔周长；

u_d ——预应力高强混凝土空心桩周长；

u_l ——桩群外围周长。

2.2.2 作用和作用效应

N ——荷载效应基本组合下的桩顶轴向压力设计值。

2.2.3 抗力和材料性能

f_c ——桩身混凝土轴心抗压强度设计值；

f_{rk} ——岩石饱和单轴抗压强度标准值，黏土岩取天然湿度单轴抗压强度标准值；

q_{pk} ——单桩极限端阻力标准值；

q_{sik} ——单桩第 i 层土（岩）的极限侧阻力标准值；

Q_{uk} ——单桩竖向极限承载力标准值；

R_a ——单桩竖向承载力特征值；

T_{gk} ——群桩呈整体破坏时基桩抗拔极限承载力标准值；

T_{uk} ——群桩呈非整体破坏时基桩抗拔极限承载力标准值。

2.2.4 计算参数及其他

K ——安全系数；

α_{si} ——桩侧阻力发挥系数；

ψ_c ——工作条件系数；

λ_i ——抗拔系数；

ζ_r ——桩嵌岩段侧阻和端阻综合系数。

3 基本规定

3.0.1 预成孔植桩应根据成孔设备能力确定适用岩土层范围，对于存在下列水文及地层条件的场地，应通过试验确定其适用性及有关施工参数：

- 1 流塑状黏性土、淤泥、淤泥质土、泥炭质土、泥炭等土层；
- 2 厚度较大的新近填土；
- 3 影响成桩质量的地下水条件。

3.0.2 预成孔植桩可用于基础基桩、基坑支护桩施工。植入预应力高强混凝土空心桩的产品质量应符合国家现行标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476、《预应力混凝土空心方桩》JG/T 197 的有关规定。

3.0.3 预成孔植桩的岩土工程勘察应满足地基基础设计、施工要求，并提出施工对环境的影响评价及保护措施建议。

3.0.4 采用预成孔植桩的桩基设计应满足承载力、变形、稳定性和耐久性要求。

3.0.5 采用预成孔植桩的地基基础设计与施工应根据场地工程地质条件、水文地质条件、上部结构特点、荷载特征、施工技术条件与周围环境等综合考虑，并应加强施工过程的质量控制和管理。

3.0.6 地基基础设计等级为甲级，或地质条件复杂的设计等级为乙级的预成孔植桩桩基，应通过现场工艺试验，验证其可行性，并应通过单桩静载荷试验确定单桩承载力特征值，同一条件下，静载荷试验数量不应少于 3 根。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 采用预成孔植桩的桩基或基坑支护工程设计时，应具备下列资料：

- 1 岩土工程勘察报告；
- 2 建筑物总平面布置图，上部结构类型、荷载大小及分布，建筑物对基础变形的要求；
- 3 场地周边环境情况及其对基坑变形的承受能力；
- 4 基坑支护设计时应掌握主体地下结构、基础形式及施工方法，了解基坑平面形状及尺寸；
- 5 施工机械设备、施工工艺及其对场地条件的适应性；
- 6 施工对周边环境的不利影响。

4.1.2 预成孔植桩设计时应根据工程地质条件及荷载要求确定桩的型号、桩径、桩长或持力层等相关参数。

4.1.3 采用预成孔植桩的桩基应根据具体条件分别进行下列承载力计算和稳定性验算：

- 1 根据桩基使用功能和受力特征应进行桩的承载力计算；
- 2 应对桩身、承台结构承载力进行计算；对桩侧土不排水抗剪强度小于 10 kPa 且长径比大于 50 的桩，应进行桩身压缩验算；应按吊装、运输和锤击作用进行桩身承载力验算；
- 3 当桩端平面以下存在软弱下卧层时，应进行软弱下卧层承载力验算；

- 4 位于坡地、岸边的桩基，应进行整体稳定性验算；
- 5 对于抗拔桩基，应进行基桩和群桩的抗拔承载力计算；
- 6 对于抗震设防区的桩基，应进行抗震承载力验算。

4.1.4 下列预成孔植桩桩基应进行沉降计算：

- 1 对设计等级为甲级的非嵌岩桩、非深厚坚硬持力层的桩基；
- 2 设计等级为乙级的体型复杂、荷载分布显著不均匀、桩端平面以下存在软弱土层的桩基；
- 3 软土地基多层建筑减沉复合疏桩基础。

4.1.5 承受水平荷载较大或水平位移有严格限制的预成孔植桩桩基，应计算其水平位移。

4.1.6 预成孔植桩桩基的沉降和水平位移计算应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定进行。

4.1.7 采用预成孔植桩的基坑支护结构计算、验算及基坑变形控制应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定，基坑支护结构最大水平位移控制值宜符合表 4.1.7 的规定。

表 4.1.7 支护结构最大水平位移控制值

基坑安全等级	锚拉桩支护	悬臂式排桩支护
一级	$\leq 0.002H$ ，且 ≤ 30 mm	$\leq 0.003H$ ，且 ≤ 35 mm
二级	$\leq 0.003H$ ，且 ≤ 35 mm	$\leq 0.004H$ ，且 ≤ 40 mm
三级	$\leq 0.004H$ ，且 ≤ 40 mm	$\leq 0.005H$ ，且 ≤ 45 mm

注：1 表中 H 为基坑深度（mm）；

2 位移控制值是指支护结构容许发生的最大水平位移变形值。

4.1.8 对于不允许出现裂缝的桩基，应进行桩身抗裂验算；对

于限制裂缝宽度的桩基，应进行桩身裂缝宽度验算；桩身的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定执行。

4.1.9 应根据地下水或土对预制桩的腐蚀等级进行防腐设计，防腐设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046 的有关规定。

4.1.10 对于本标准第 4.1.4 条规定应进行沉降计算的建筑桩基，在施工过程期间及建成后使用期间，应进行系统的沉降观测直至沉降稳定。

4.2 构造

4.2.1 预成孔植桩的成孔直径应大于预应力高强混凝土空心桩外径，成孔直径与预应力高强混凝土空心桩外径或边长之差宜为 100 ~ 400 mm。

4.2.2 预应力高强混凝土空心桩与预成孔的孔壁之间空隙填充料可选用水泥浆、水泥砂浆、细石混凝土等材料。水泥宜选用 42.5 级及以上的普通硅酸水泥，水泥砂浆强度等级不宜低于 M20，细石混凝土强度等级不宜低于 C20。

4.2.3 预成孔植桩桩端宜采用闭口型桩尖封闭。

4.2.4 预成孔植桩桩基的基桩最小中心距不宜小于 $3.0d$ ，以硬质岩为持力层的端承桩，最小中心距不宜小于 $2.5d$ 。

4.2.5 桩端持力层应选择硬土层，桩端全断面进入持力层深度（不包括桩尖部分）应符合下列要求：

- 1 对于黏性土、粉土、全风化岩不宜小于 $2.0D$ ；

- 2 砂土、强风化软质岩等不宜小于 $1.5D$;
- 3 碎石土、强风化硬质岩等不宜小于 $1.0D$;
- 4 当存在软弱下卧层时,桩端以下硬持力层厚度不宜小于 $3D$;
- 5 抗震设防区桩端进入液化层以下稳定土层的长度应按计算确定并应满足本条第 1~4 款要求。

4.2.6 植桩接桩应符合下列规定:

1 桩上下节拼接可以采用端板焊接连接或机械接头连接,接头应保证桩内纵向钢筋与端板等效传力,接头连接强度不应小于桩身强度;

- 2 用作抗拔的桩宜采用机械连接;
- 3 单桩接头数量不宜超过 3 个。

4.2.7 预应力高强混凝土空心桩顶部与承台连接的混凝土填芯应符合下列规定:

1 对于承压桩,填芯混凝土深度不应小于 3 倍桩径且不应小于 1.5 m ;对于抗拔桩,利用填芯混凝土承受抗拔力时,填芯混凝土深度应通过计算确定,且不应小于 3 m ;对于桩顶承担较大水平力的桩,填芯混凝土深度应通过计算确定,不应小于 6 倍桩径,且不得小于 3 m ;填芯混凝土深度计算应按现行行业标准《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406 的有关规定执行;

2 应采用无收缩混凝土或微膨胀混凝土,其强度等级应比承台或承台梁提高一个等级,且不应低于 C30;

- 3 填芯混凝土应灌注饱满,振捣密实。

4.2.8 桩与承台连接应符合下列规定:

1 中等直径的预制桩桩顶嵌入深度不应小于 50 mm ,大直径桩桩顶嵌入深度不应小于 100 mm ;

2 桩与承台之间连接应设置连接钢筋，钢筋深入桩内的长度不应小于 40 倍钢筋直径，且应与顶部填芯混凝土灌注深度相同；

3 对于承压桩，连接钢筋配筋率按桩外径实心截面计算不应小于 0.6%，数量不宜小于 4 根，锚入承台内的长度不应小于 35 倍钢筋直径。

4 对于抗拔桩，连接钢筋的数量应根据抗拔承载力确定，锚入承台内的长度尚应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.2.9 植桩桩基承台之间的连系梁应符合下列规定：

1 单桩承台应在两个方向设置；

2 两桩承台应在其短向设置；

3 有抗震设防要求的柱下桩基承台，宜沿两个主轴方向设置；

4 连系梁顶面宜与承台顶面位于同一标高。连系梁宽度不宜小于 250 mm，其高度可取承台中心距的 1/10 ~ 1/15，且不宜小于 400 mm；

5 连系梁配筋应按计算确定，梁上、下部配筋不宜小于 2 根直径为 12 mm 的钢筋，并应接受拉钢筋锚入承台；当连系梁承受柱底弯矩时，应按框架梁配筋设计。

4.2.10 基坑支护采用双排预应力高强混凝土空心桩时，前后排距不宜小于 3 倍桩径。

4.2.11 基坑支护桩桩间钢筋网宜采用土钉固定，土钉长度不宜小于 1 倍桩间距，混凝土面板厚度不应小于 80 mm。

4.2.12 支护桩桩顶应设置钢筋混凝土冠梁，桩与冠梁的连接应符合本标准第 4.2.7 条和 4.2.8 条的规定，冠梁混凝土强度等级不

应低于 C30，宽度宜大于排桩桩径 200 mm，高度不宜小于桩径的 0.6 倍，且不宜小于 500 mm。

4.3 桩 基

4.3.1 预成孔植桩桩基设计时所采用的作用效应组合与相应抗力的确定应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定执行。

4.3.2 单桩竖向承载力特征值 R_a 应按下列式确定：

$$R_a = \frac{1}{K} Q_{uk} \quad (4.3.2)$$

式中： Q_{uk} ——单桩竖向极限承载力标准值（kN）；

K ——安全系数，取 $K=2$ 。

4.3.3 初步设计时，单桩竖向极限承载力标准值可按下列式估算：

$$\text{摩擦型桩或端承型桩} \quad Q_{uk} = u_D \sum \alpha_{si} q_{sik} l_i + q_{pk} A_p \quad (4.3.3-1)$$

$$\text{嵌岩桩} \quad Q_{uk} = u_D \sum \alpha_{si} q_{sik} l_i + \zeta_r f_{rk} A_p \quad (4.3.3-2)$$

式中： α_{si} ——桩侧阻力发挥系数，可取 1.1 ~ 1.3，黏性土可取低值，砂性土可取高值；

u_D ——预成孔周长（m）；

l_i ——第 i 层土（岩）的厚度（m）；

q_{sik} ——单桩第 i 层土（岩）的极限侧阻力标准值（kPa），无经验时，可按表 4.3.3-1 取值；

q_{pk} ——单桩极限端阻力标准值 (kPa), 无经验时, 可按表 4.3.3-2 取值;

f_{rk} ——岩石饱和单轴抗压强度标准值 (kPa), 黏土岩取天然湿度单轴抗压强度标准值;

G_r ——桩嵌岩段侧阻和端阻综合系数, 可按表 4.3.3-3 采用;

A_p ——预应力高强混凝土空心桩桩端面积 (m^2);

表 4.3.3-1 桩的极限侧阻力标准值 q_{sik} (kPa)

土的名称	土的状态		泥浆护壁钻 (冲)孔桩	干作业钻孔桩
填土	—		20 ~ 28	20 ~ 28
淤泥	—		12 ~ 18	12 ~ 18
淤泥质土	—		20 ~ 28	20 ~ 28
黏性土	流塑	$I_L > 1$	21 ~ 38	21 ~ 38
	软塑	$0.75 < I_L \leq 1$	38 ~ 53	38 ~ 53
	可塑	$0.50 < I_L \leq 0.75$	53 ~ 68	53 ~ 66
	硬可塑	$0.25 < I_L \leq 0.50$	68 ~ 84	66 ~ 82
	硬塑	$0 < I_L \leq 0.25$	84 ~ 96	82 ~ 94
	坚硬	$I_L \leq 0$	96 ~ 102	94 ~ 104
红黏土	可塑 $0.7 < a_w \leq 1$		12 ~ 30	12 ~ 30
	硬塑 $0.5 < a_w \leq 0.7$		30 ~ 70	30 ~ 70
粉土	稍密	$e > 0.9$	24 ~ 42	24 ~ 42
	中密	$0.75 \leq e \leq 0.9$	42 ~ 62	42 ~ 62
	密实	$e < 0.75$	62 ~ 82	62 ~ 82
粉细砂	稍密	$10 < N \leq 15$	22 ~ 46	22 ~ 46
	中密	$15 < N \leq 30$	46 ~ 64	46 ~ 64
	密实	$N > 30$	64 ~ 86	64 ~ 86

续表

土的名称	土的状态		泥浆护壁钻 (冲)孔桩	干作业钻孔桩
中砂	中密	$15 < N \leq 30$	53 ~ 72	53 ~ 72
	密实	$N > 30$	72 ~ 94	72 ~ 94
粗砂	中密	$15 < N \leq 30$	74 ~ 95	76 ~ 98
	密实	$N > 30$	95 ~ 116	98 ~ 120
砾砂	稍密	$5 < N_{63.5} \leq 15$	50 ~ 90	60 ~ 100
	中密(密实)	$N_{63.5} > 15$	116 ~ 130	112 ~ 130
圆砂、角砾	中密、密实	$N_{63.5} > 10$	135 ~ 150	135 ~ 150
碎石、卵石	中密、密实	$N_{63.5} > 10$	140 ~ 170	150 ~ 170
全风化软质岩	—	$30 < N \leq 50$	80 ~ 100	80 ~ 100
全风化硬质岩	—	$30 < N \leq 50$	120 ~ 140	120 ~ 150
强风化软质岩	—	$N_{63.5} > 10$	140 ~ 200	140 ~ 220
强风化硬质岩	—	$N_{63.5} > 10$	160 ~ 240	160 ~ 260

注：1 对于尚未完成自重固结的填土和以生活垃圾为主的杂填土，不计算其侧阻力；

2 a_w 为含水比， $a_w = w/w_l$ ， w 为土的天然含水量， w_l 为土的液限；

3 N 为标准贯入击数， $N_{63.5}$ 为重型圆锥动力触探击数；

4 全风化、强风化软质岩和全风化、强风化硬质岩系指其母岩分别为 $f_{rk} \leq 15 \text{ MPa}$ 、 $f_{rk} > 30 \text{ MPa}$ 的岩石。

表 4.3.3-2 桩的极限端阻力标准值 q_{pk} (kPa)

土的名称	土的状态		预应力混凝土管桩
黏性土	软塑	$0.75 < I_L \leq 1$	210 ~ 850
	可塑	$0.50 < I_L \leq 0.75$	850 ~ 1 700
	硬可塑	$0.25 < I_L \leq 0.50$	1 500 ~ 2 300
	硬塑	$0 < I_L \leq 0.25$	2 500 ~ 3 800

续表

土的名称	土的状态		预应力混凝土管桩
粉土	中密 密实	$0.75 \leq e \leq 0.9$ $e < 0.75$	950 ~ 1700 1 500 ~ 2 600
	稍密	$10 < N \leq 15$	1 000 ~ 1 600
粉砂	中密、密实	$N > 15$	1 400 ~ 2 200
	中密、密实	$N > 15$	2 500 ~ 4 000
细砂	中密、密实	$N > 15$	4 000 ~ 6 000
中砂	中密、密实	$N > 15$	5 700 ~ 7 500
粗砂	中密、密实	$N > 15$	6 000 ~ 9 500
砾砂	中密、密实	$N > 15$	7 000 ~ 10 000
圆砂、角砾	中密、密实	$N_{63.5} > 10$	8 000 ~ 11 000
碎石、卵石	中密、密实	$N_{63.5} > 10$	4 000 ~ 6 000
全风化软质岩	—	$30 < N \leq 50$	5 000 ~ 8 000
全风化硬质岩	—	$30 < N \leq 50$	6 000 ~ 9 000
强风化软质岩	—	$N_{63.5} > 10$	7 000 ~ 11 000
强风化硬质岩	—	$N_{63.5} > 10$	8 000 ~ 12 000
中风化软质岩	—	—	

- 注：1 碎石类土中桩的 q_{pk} 取值，宜综合考虑土的密实度，桩端进入持力层的深径比 h_d/d ，土愈密实， h_d/d 愈大，取值愈高；
- 2 全风化、强风化软质岩和全风化、强风化硬质岩系指其母岩分别为 $f_{tk} \leq 15 \text{ MPa}$ 、 $f_{tk} > 30 \text{ MPa}$ 的岩石。

表 4.3.3-3 嵌岩段侧阻和端阻综合系数 ζ_r

嵌岩深径比	0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
极软岩、软岩	0.72	0.96	1.14	1.42	1.62	1.78	1.88	1.96	1.99	2.04
较硬岩、坚硬岩	0.54	0.78	0.97	1.08	1.20	1.25	—	—	—	—

- 注：1 极软岩、软岩指 $f_{rk} \leq 15$ MPa，较硬岩、坚硬岩指 $f_{rk} > 30$ MPa，介于二者之间可内插取值；
 2 为桩身嵌岩深度，当岩面倾斜时，以坡下方嵌岩深度为准，当为非表列值时， ζ_r 可内插取值。

4.3.4 预成孔植桩桩基轴心受压时，桩身正截面受压承载力应满足下式要求：

$$N \leq \psi_c f_c A_{pc} \quad (4.3.4)$$

式中： N ——荷载效应基本组合下的桩顶轴向压力设计值（kN）；
 ψ_c ——工作条件系数，0.85 ~ 0.90；
 f_c ——桩身混凝土轴心抗压强度设计值（kPa）；
 A_{pc} ——预应力高强混凝土空心桩桩身横截面净面积（ m^2 ）。

4.3.5 当计算桩身压屈、桩侧负摩阻力、桩基础沉降时，应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

4.3.6 桩基承台计算应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定执行，桩基竖向反力宜全部由预应力高强混凝土空心桩承担，承台受冲切计算时桩径宜按预应力高强混凝土空心桩直径计算。

4.3.7 初步设计时，群桩基础及其基桩的抗拔极限承载力的估算应符合下列规定：

- 1 群桩呈非整体破坏时，基桩的抗拔极限承载力标准值可

按下式估算：

$$T_{uk} = u_d \sum \lambda_i q_{sik} l_i \quad (4.3.7-1)$$

式中： T_{uk} ——群桩呈非整体破坏时基桩抗拔极限承载力标准值(kN)；
 λ_i ——抗拔系数，可按表 4.3.7 取值；
 u_d ——预应力高强混凝土空心桩周长 (m)。

表 4.3.7 抗拔系数

土类	抗拔系数 λ_i
砂土	0.50 ~ 0.70
黏性土、粉土	0.70 ~ 0.80

注：当长径比 l/d 小于 20 时，抗拔系数取小值。

2 群桩呈整体破坏时，基桩的抗拔极限承载力标准值可按
 下式计算：

$$T_{gk} = \frac{1}{n} u_l \sum \lambda_i q_{sik} l_i \quad (4.3.7-2)$$

式中： T_{gk} ——群桩呈整体破坏时基桩抗拔极限承载力标准值(kN)；
 u_l ——桩群外围周长 (m)。

4.3.8 承受竖向上拔力作用的预应力高强混凝土空心桩应进行
 预应力钢筋抗拉强度、端板锚固孔抗剪强度、接桩连接处强度、
 管腔内填芯微膨胀混凝土深度及填芯混凝土纵向钢筋强度等验
 算，并按最不利处确定桩的抗拔承载力，强度验算应符合现行
 行业标准《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406 的有关规定。

4.3.9 承受竖向上拔力作用的预应力高强混凝土空心桩的裂缝

控制计算应按现行行业标准《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406 的有关规定执行。

4.3.10 水平受荷的预成孔植桩桩基设计应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定执行。

4.4 基坑支护

4.4.1 采用预成孔植桩的基坑支护设计应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定，计算采用的桩身直径应取预应力高强混凝土空心桩直径。

4.4.2 以下基坑工程不宜采用预应力高强混凝土空心桩作支护悬臂桩：

- 1 深厚软土基坑工程；
- 2 开挖深度大于 6 m 的膨胀性土或填土基坑工程；
- 3 支护结构挠曲变形计算结果大于 30 mm 的基坑工程。

4.4.3 采用预应力高强混凝土空心桩作支护结构时，应符合下列规定：

- 1 悬臂式支护适用于基坑深度小于 6 m；
- 2 双排桩支护适用于基坑深度小于 9 m；
- 3 排桩+锚杆或排桩+内支撑联合支护适用于基坑深度小于 12 m。

4.4.4 基坑支护的预制桩宜选混合配筋高强混凝土空心桩；对于采用悬臂支护桩的基坑工程，宜选用直径大于或等于 500 mm 的混合配筋高强混凝土空心桩，且不宜接桩；对于排桩+锚杆或排桩+内支撑联合支护的基坑工程，空心桩直径不宜小于 500 mm。

4.4.5 预成孔植桩的基坑监测应符合国家现行标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 及《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 的有关规定。

5 施 工

5.1 一般规定

5.1.1 预成孔植桩施工前应编制施工组织设计或专项施工方案。

5.1.2 施工前应进行成桩工艺试验，确定施工工艺和施工参数，并进行安全和技术培训。

5.1.3 施工前成桩工艺试验应符合下列规定：

- 1 试验点位的岩土条件应具有代表性；
- 2 试验桩的桩径、桩长应符合设计要求；
- 3 试验应记录不同土层中钻进速度、成孔深度、填充料的配合比及灌注量、沉桩深度、贯入度等信息；
- 4 采用泥浆护壁时，宜确定护壁浆液相关配比及性能要求；
- 5 应进行单桩静载荷试验测试单桩承载力，试验数量不应少于3根。

5.1.4 预成孔设备宜采用旋挖钻机或螺旋钻机，成孔工艺应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94、现行地方标准《四川省旋挖钻孔灌注桩基技术规程》DBJ51/T 062的有关规定。

5.1.5 预成孔植桩施工质量控制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。

5.2 施工准备

5.2.1 施工前应具备下列资料：

- 1 建筑场地岩土工程详细勘察报告；
- 2 场地和邻近区域内的建（构）筑物、道路、管线等相关资料；
- 3 桩基、基坑支护施工图及图纸会审纪要；
- 4 施工组织设计或专项施工方案；
- 5 安全技术交底资料；
- 6 原材料的质量合格证明文件（如材料质检报告、型式检验报告、产品合格证及复试报告），施工机具设备的技术性能资料等。

5.2.2 施工现场应具备下列条件：

- 1 施工场地应平整，清除施工区域障碍物；
- 2 地基承载性能应满足设备工作要求；
- 3 施工工作面应满足施工机械作业要求。

5.3 施 工

5.3.1 桩位测量与放样应根据设计桩位平面图、主要基准轴线确定，并宜设置桩位定位装置，定位允许偏差应为 ± 10 mm，桩位应经复核后方可施工。

5.3.2 成孔设备就位后应保证其平稳，并应确保成孔过程中不发生倾斜和偏移。

5.3.3 钻孔过程中应及时检查成孔垂直度，垂直度不应大于1%。

5.3.4 采用旋挖或螺旋钻进成孔应满足以下要求：

- 1 宜间隔施工，间隔距离不宜小于 6 倍桩孔直径，植桩施工完成、填充料初凝以后方可在临近桩位施工；钻孔过程排出的

渣土应及时清除运走；

2 旋挖钻至设计标高或持力层时，应采用适宜的钻具及时清孔，孔底宜平整，沉渣厚度控制指标应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定；

3 螺旋钻至设计标高或持力层后，宜在原处空转清孔，然后停止回转，在提升钻具前应先泵入填充料并停顿 10 s ~ 20 s 后，再缓慢提升钻杆，在提升过程中应控制提钻速度并应保证管内有一定高度的填充料。

5.3.5 终孔后，应核实成孔深度、桩端持力层是否满足设计要求。

5.3.6 成孔完毕应立即灌注水泥浆、水泥砂浆或细石混凝土等填充料。水泥浆水灰比宜取 0.45 ~ 0.55，水泥砂浆灰砂比宜为 0.80 ~ 1.50，细石混凝土的配合比宜根据试验或工程经验确定。填充料灌入量应根据孔径、孔深、空心桩直径计算确定，实际灌入量不宜小于理论计算量的 1.2 倍，可根据施工现场实际情况及时进行调整，预应力高强混凝土空心桩与孔壁之间的空隙应完全填充。

5.3.7 当采用泥浆护壁成孔或成孔后孔内有积水时，应采用水下灌注工艺。填充料的灌注方式应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

5.3.8 填充料灌入后，应在填充料初凝前完成沉桩施工作业，不得在填充料凝固后再进行沉桩作业。

5.3.9 接桩时应在下节桩桩顶距离地面 0.8 m ~ 1.0 m 时，用专用工具将桩固定，固定桩的专用工具应具有足够强度、刚度，置于孔口周围应保持稳定。固定后的预应力高强混凝土空心桩应垂直对中，垂直度不应大于 0.5%；接桩时应防止已植入孔内的桩与

孔外的桩滑落。

5.3.10 管桩接桩可采用焊接连接方式，也可采用机械连接方式，其接桩要求应符合现行行业标准《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406的有关规定。

5.3.11 沉桩可采用静压法沉桩或锤击法沉桩，沉桩控制深度以预成孔孔底标高为准。

5.3.12 当出现下列特殊情况之一时，应停止施工，经原因分析和可靠处理后方可继续施工：

- 1 沉桩过程桩身突然倾斜；
- 2 压桩力或沉桩贯入度突变，沉桩不到位，且与钻孔孔底标高差异大；
- 3 沉桩还未到孔底标高，桩头混凝土剥落、破碎，或桩身混凝土出现裂缝或破碎。

5.3.13 静压法沉桩或锤击法沉桩应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94的有关规定，其终压标准或收锤标准应通过成桩工艺试验确定。

5.3.14 预成孔植桩质量的控制应符合下列要求：

- 1 应在沉桩前做好桩位标记，严格控制桩的对中程度；
- 2 钻孔孔口应有防止坠物措施；
- 3 整根桩垂直度不应大于1%；
- 4 预应力高强混凝土空心桩与预成孔孔壁间填充料应填充饱满。

5.3.15 沉桩完成应立即检查桩顶以下桩身空心部分深度，其深度应满足孔内填芯混凝土深度要求。

5.3.16 预应力高强混凝土空心桩的吊运应符合下列规定：

- 1 宜采用平板车运输，并应采取措施防止桩滑移与滚动；
- 2 管桩吊装和搬运时，桩身混凝土应达到 100%设计强度；
- 3 吊运过程中应轻吊轻放，严禁碰撞、滚落；
- 4 不宜在施工现场多次倒运，避免桩破损；

5 长度小于或等于 15 m 且符合现行国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476 规定的单节桩采用两点起吊（见图 5.3.16-1），或采用专用吊钩钩住桩两端内壁进行水平起吊，吊绳与桩夹角应大于 45° ；

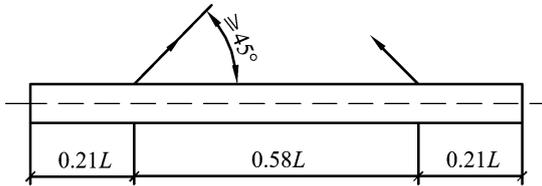


图 5.3.16-1 长度小于或等于 15 m 桩吊点位置

6 长度大于 15 m 且小于 30 m 的拼接桩，应按图 5.3.16-2 采用四点吊；长度大于 30 m 的拼接桩，应采用多点吊，吊点位置应通过验算确定；

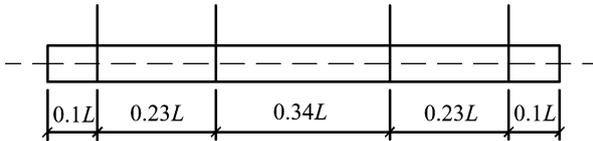


图 5.3.16-2 15 m ~ 30 m 长桩吊点位置

7 施工现场应采用吊机取桩，严禁拖拉移桩。

5.3.17 预应力高强混凝土空心桩的堆放应符合下列规定：

- 1 堆放场地应平整坚实，排水条件良好；
- 2 按不同规格、长度及施工流水顺序分类堆放；

3 宜单层或双层堆放，叠层堆放时，直径大于 500 mm 不宜超过 4 层，直径小于等于 500 mm 不宜超过 6 层；

4 堆放时应在垂直于桩身长度方向的地面上设置耐压的长木方或枕木作为垫木，底层最外缘桩的垫木应用木楔塞紧，叠层堆放上下对应的垫木位置应距桩端 0.21 倍桩长处。

5.3.18 基槽、基坑等土方开挖时应采取有效措施保护已施工的工程桩，并满足下列要求：

1 土方开挖前应调查场地周边环境条件及已施工的工程桩分布情况；

2 当承台埋置较深时，应对邻近建筑物及市政设施采取必要的保护措施，基坑（槽）开挖深度大于 3 m 时应进行基坑支护专项设计及监测；

3 土方开挖应均衡分层分段开挖，土方开挖面积较大时，应分区分段开挖，对于流塑状软土的基坑开挖，开挖分层厚度不得大于 1 m。

5.3.19 基坑顶部堆土、堆放重物及机械车辆的荷载不得超过设计允许荷载的限值。

5.3.20 施工机械在工作时不得损坏基坑支护结构。

6 质量检查和验收

6.1 一般规定

6.1.1 预成孔植桩应进行桩位、孔径、桩长、桩身完整性和单桩承载力检验。

6.1.2 预成孔植桩施工使用的水泥、砂、石、焊条等原材料质量的检验项目和方法应符合国家现行有关标准的规定。

6.1.3 检验按时间顺序可分为三个阶段：施工前检验、施工过程中检验和施工后检验。

6.2 施工前检验

6.2.1 施工前应对预应力高强混凝土空心桩进行成品质量检查，成品尺寸允许偏差及外观质量应按现行地方标准《四川省先张法预应力高强混凝土管桩基础技术规程》DB51/T 5070 的规定执行。

6.2.2 对试桩进行承载力检测前应采用低应变法进行桩身结构完整性检测；单桩承载力检测应采用静载荷试验，静载荷试验测试数量为同一条件下不应少于 3 根；在进行单桩竖向抗压静载试验时，荷载应直接施加于预应力高强混凝土空心桩桩顶。

6.3 施工过程检验

6.3.1 施工过程中应进行下列检查检验：

- 1 检查钻头直径，使满足成孔直径的要求；
- 2 校核钻头与桩位的对中情况；
- 3 检验成孔直径；
- 4 校核钻孔终孔时孔底标高、孔底土层性状及进入持力层深度；
- 5 检查孔底地下水情况；
- 6 检查沉渣厚度；
- 7 检查填充料灌入量；
- 8 检查焊缝质量。

6.3.2 现场应取水泥砂浆或细石混凝土制作试块，每个台班不得少于 1 组，每组应制作试块数量 3 件。

6.3.3 施工过程中应对桩身垂直度进行检查。

6.3.4 对焊接接桩及机械接桩的检验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。

6.3.5 施工过程中可能危及周边建构筑物、道路、市政设施及地下管网时，应对周边环境情况进行监测。

6.4 施工后检验

6.4.1 预成孔植桩施工后应检查桩位偏差、桩顶标高及桩身垂直度，检测结果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。

6.4.2 桩基基桩应进行桩身完整性和单桩承载力检测，基坑支

护桩应进行桩身完整性检测。桩身完整性及单桩承载力检测应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 及现行地方标准《四川省建筑地基基础检测技术规程》DBJ51/ 014 的有关规定。

6.5 工程质量验收

6.5.1 工程验收应具备下列资料：

- 1 岩土工程勘察报告、地基基础工程设计施工图、图纸会审纪要、设计变更资料等；
- 2 经审定的施工组织设计或专项施工方案；
- 3 桩位测量放线图及复测记录；
- 4 原材料的质量合格证明文件（如材料质检报告、型式检验报告、产品合格证及复试报告）和管桩的合格证；
- 5 施工记录及隐蔽工程验收记录文件；
- 6 桩身完整性、单桩承载力检测报告；
- 7 其他必须提供的文件和记录。

6.5.2 工程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。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应按……执行”或“应符合……规定”。

引用标准名录

- 1 《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476
- 2 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 3 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 4 《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046
- 5 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202
- 6 《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497
- 7 《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T 72
- 8 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 9 《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106
- 10 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120
- 11 《预应力混凝土空心方桩》JG/T 197
- 12 《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406
- 13 《四川省建筑地基基础检测技术规程》DBJ51/ 014
- 14 《四川省旋挖钻孔灌注桩基技术规程》DBJ51/T 062
- 15 《四川省先张法预应力高强混凝土管桩基础技术规程》
DB51/T 5070
- 16 《成都地区建筑深基坑工程安全技术规范》DB51/T 5072

四川省工程建设地方标准

四川省预成孔植桩技术标准

Technical standard for planting pile in prebored hole
in Sichuan province

DBJ51/T 184—2021

条文说明

修订说明

为便于广大设计、施工、监理、检测、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文说明，本标准编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明，但是，条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	43
2	术语和符号	44
2.1	术 语	44
3	基本规定	45
4	设 计	47
4.1	一般规定	47
4.2	构 造	48
4.3	桩 基	49
4.4	基坑支护	50
5	施 工	52
5.1	一般规定	52
5.2	施工准备	53
5.3	施 工	53

1 总 则

1.0.1 预制桩在四川省工业与民用建筑工程、市政工程中广泛应用，常用的施工方法有静压施工、锤击施工。近几年一种预成孔植桩施工方法蓬勃发展，该施工方法先采用旋挖钻机、螺旋钻机等机械设备预先成孔至设计要求的深度或持力层，孔内灌入水泥浆、水泥砂浆或细石混凝土等填充料，然后采用静压或锤击方式将预应力高强混凝土空心桩沉入孔底，施工流程示意图。在黏性土地带，采用该施工方法能避免基桩上浮的问题；对于强风化、中风化泥岩交互出现的地层，采用该施工方法，既能达到设计深度或持力层，又能较好封闭桩底，减少对持力层的扰动；预成孔植桩施工对桩身保护较好，通过孔内灌入填充料能提高单桩竖向承载力。

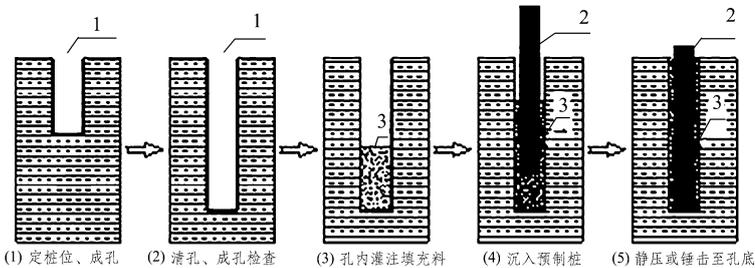


图 1 预成孔植桩施工流程示意图

1—预成孔；2—预制桩；3—填充料

1.0.2 本标准预成孔方式主要指采用旋挖钻机、螺旋钻机等机械设备取土钻进的非挤土成孔。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 理论上预成孔方式可分为人孔挖孔和机械成孔，其中机械成孔根据机械设备的不同，一般有旋挖钻进、正（反）循环回旋钻进、螺旋钻进、冲击钻进、气动潜孔锤钻进、螺杆挤压钻进、全回转全套管钻进等成孔方式，四川省内主要采用旋挖钻孔或螺旋钻孔等方式进行预钻孔，再植入预制桩，目前使用的预制桩主要为预应力高强混凝土管桩、预应力高强混凝土空心方桩、混合配筋高强混凝土管桩等。

3 基本规定

3.0.1 四川省内已有预成孔植桩工程案例的成孔设备主要有旋挖钻机、螺旋钻机，设计预成孔植桩时，应充分了解成孔设备能力，根据场地地层情况选择适宜的成孔方式。对于流塑状黏性土、淤泥、淤泥质土、泥炭质土、泥炭及厚度较大的新近填土等土层，钻进速度、孔壁稳定方式均影响成孔质量；地下水流速较大，刚灌入孔内的填充料易流失，影响成桩效果，对这些特殊情况应进行现场试验确定施工工艺参数。

3.0.3 采用预成孔植桩的桩基或基坑工程，由于工程类别的差异，对岩土工程勘察要求不尽相同，特别是四川省内工程地质差异较大，具有明显的区域性特点。国家现行标准《岩土工程勘察规范》GB 50021、《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T 72、《建筑桩基技术规范》JGJ 94、《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 及现行地方标准《四川省先张法预应力高强混凝土管桩基础技术规程》DB51/T5070，对岩土工程勘察有相应的规定，在实际工程中应遵照执行。

3.0.5 建设场地的地层分布特征、地下水赋存状态是确定成孔工艺、桩端持力层的关键因素；上部结构类型对于抵抗或适应桩基差异沉降的性能不同；荷载大小与分布是确定桩的几何参数与布桩所应考虑的主要因素；桩型与成孔工艺应与建筑场地周边环境相适应，并应考虑当地成孔设备与技术水平，做到技术可行、质量可靠。

3.0.6 “同一条件”指地基条件和桩长相近，桩端持力层、桩型、桩径和成桩工艺相同。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 场地周边环境情况主要包括受施工影响的地上及地下建(构)筑物、道路、管线等分布情况,建(构)筑物的地基基础情况、防振及防噪音等要求。施工机械设备包括设备动力条件,对地层条件的适应性,设备进出场及现场运行条件等。

4.1.3 关于桩基承载力计算和稳定性验算,是承载能力极限状态设计的具体内容,应结合工程具体条件有针对性地进行计算或验算。

4.1.4 ~ 4.1.5 桩基变形涵盖沉降和水平位移两大方面,桩基沉降是计算绝对沉降、差异沉降、整体倾斜和局部倾斜的基本参数;水平位移包括长期水平荷载、高烈度区地震作用以及风荷载等引起的水平位移。

4.1.7 该表数据出自地方标准《成都地区建筑深基坑工程安全技术规范》DB51/T 5072—2011 表 3.1.8。由于目前基坑工程的设计尤其在地下水降低以及支护结构变形引起周边变形的计算理论尚不成熟,无法进行准确计算,仅能依据工程经验进行估算。根据现有基坑工程的实践经验,表 4.1.7 的规定基本能满足工程需要的控制范围。

4.2 构造

4.2.1 预成孔植桩设计应根据场地工程地质情况，成孔设备情况，明确预钻孔直径大小。根据工程经验，目前预成孔直径与预应力高强混凝土空心桩外径之差为 100 mm ~ 400 mm。

4.2.2 根据地层条件，选用合适的填充料。对于以基岩为桩端持力层的情况，宜选用水泥砂浆或水泥浆；对于未经压实的人工填土、非密实的碎石类土，宜选用水泥砂浆或细石混凝土；对于地下水位较高，有承压水的碎石土、砂土层，不宜选用纯水泥浆。

4.2.4 本标准预成孔植桩施工方法具有非挤土特征，对于群桩基础，基桩中心距不小于 3 d 时，既能有效发挥桩的承载力，又能对因群桩效应而增大桩基变形，降低桩基竖向支承刚度的情况可控。但对于以硬质岩为持力层的端承桩，桩基的竖向支承刚度大，可适当减少基桩间距。

4.2.6 接头质量受现场施工环境、施工工人技术水平影响较大。接头数量较多时，施工的风险更大，且接头超过 3 个时，通常桩长超过 30 m，长径比多数超 50，沉桩过程的垂直度不易控制，沉桩施工难度加大；接桩的施工误差易造成桩身在竖向力作用下的偏心受压或弯曲破坏。因此，规定一根植桩的接头数量不宜超过 3 个接头。

4.2.7 无论承压桩或抗拔桩，桩顶均应设置填芯混凝土，主要用于插筋的锚固，有利于桩和承台的连接，同时从整体上改善桩顶部位桩身的抗剪、抗弯能力。桩顶填芯混凝土长度与孔内连接钢筋相同，一般做法是用 2 mm ~ 3 mm 厚的钢板做成一个托盘，托盘的作用是挡住填芯混凝土不下落到桩底。施工作业时，先将

桩顶内孔清洗干净，将钢筋笼连同托盘放入桩内孔，放入深度应满足设计要求，然后临时固定钢筋笼，再灌入填芯混凝土，用振动棒振动密实。

填芯混凝土的施工质量与整个植桩桩基的质量紧密相连，故一定要精心施工，加强过程控制，确保质量。实践表明，填芯采用补偿收缩混凝土或微膨胀混凝土可取得较好效果。膨胀率过大，影响填芯混凝土的强度，也会对植桩内壁产生环向压力，使桩头处于复杂受力状态，甚至导致桩头劈裂。膨胀率过小补偿不了混凝土的干缩，填芯混凝土与管壁间结合不紧密，不能传递拉力。采用膨胀剂的品种和数量应通过实验确定，实验应按现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定执行。

4.2.11 桩间处理主要考虑排桩桩间土体形成拱效应的条件，由于不能在预应力高强混凝土空心桩桩身钻孔植筋挂网，故规定设置土钉固定钢筋网。

4.3 桩 基

4.3.3 理论上预成孔植桩单桩竖向承载力受预应力高强混凝土空心桩与填充料（水泥浆、水泥砂浆或细石混凝土）凝固体界面、填充料凝固体与土（岩）界面的极限侧阻力小者控制。桩孔内填充水泥浆、水泥砂浆或细石混凝土，在植入预制桩的过程中的挤压、振动作用，对孔壁及桩侧土有一定挤压作用，填充料凝固后，与桩周土结合较紧密，可以提高桩侧阻力。桩与桩周土（岩）的接触情况类似泥浆护壁成桩后注浆，根据现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 泥浆护壁成桩后注浆的有关规定，后注浆侧

阻力增强系数，最低为淤泥、淤泥质土 1.2~1.3，根据四川省已有预成孔植桩桩基工程案例，本着安全出发，本标准规定初步设计估算单桩承载力时，桩侧阻力发挥系数取 1.1~1.3，黏性土可取低值，砂性土可取高值。预成孔植桩由于需要通过静压压桩或锤击沉桩，其桩端和持力层的结合比较紧密，其情况与全程采用静压压桩或锤击沉桩类似，故 q_{pk} 可选用管桩的桩端极限端阻力。嵌岩桩桩嵌岩段侧阻和端阻综合系数 ζ_r 可取行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94—2008 中表 5.3.9 中所列数值的 1.2 倍。

4.3.4 预成孔植桩与锤击沉桩比较，能较好地控制桩身结构质量，桩身不易出现裂缝。对于静压压桩或单节桩 ψ_c 可取高值，锤击沉桩或多节桩取低值。另外桩身承载力验算未考虑桩身外围水泥浆、水泥砂浆或细石混凝土的强度贡献，总体偏于安全。

4.3.6 在竖向荷载作用下，预成孔植桩基桩承担主要荷载，本条规定按预应力高强混凝土空心桩承担全部荷载来进行承台计算，偏于安全。

4.4 基坑支护

4.4.2 预应力高强混凝土空心桩的脆性破坏、接头施工质量不易控制等问题一直困扰其用于支护结构，对一些特殊情况的基坑工程，为确保安全，本条做出限制。

4.4.4 预应力高强混凝土空心桩破坏形式为受拉区预应力钢筋突然拉断发生脆性破坏，而混合配筋高强混凝土空心桩的破坏模式与之不同，一般为受压区混凝土开裂破坏。针对基坑围护体的受力特点，四川省内用于基坑悬臂桩的空心桩采用混合配筋高强

混凝土空心桩，即在预应力空心桩中增加非预应力钢筋，以提高桩的延性和抗弯能力，预制产品的水平承载力和抗弯能力应按其自身性能及接桩部位性能确定。

用于支护的预应力高强混凝土空心桩主要承受水平力产生的弯矩和剪力，原则上宜采用单节桩。有工程经验的地区，需要接桩时，接桩部位应进行抗剪、抗弯强度验算，但应控制接头数量，原则上接头不宜超过 1 个。预制桩的连接主要是通过端板焊接、机械连接或端板焊接与机械连接组合连接等方式，不同的连接方式的接头抗弯性能也不一致，不管采用哪种连接形式，均应满足桩身抗剪、抗弯强度设计要求，且接桩位置不宜设在计算最大弯矩或剪力的位置，相邻支护桩的接桩标高应不同。不同接桩方式，对现场施工人员技术水平要求不一样，为确保基坑安全，接桩数量应尽量减少，同时预制桩的接桩处是耐久性的薄弱环节，接桩数量也应尽量减少，同时构造应严密。

5 施 工

5.1 一般规定

5.1.1 施工前应根据工程特点、工程地质条件、周边环境、设计要求、施工工法等编制施工组织设计，施工组织应包括施工质量管理及保证措施、施工安全措施及环境保护措施等，明确施工操作内容，合理布置施工材料、施工机械和施工线路。应根据场地工程地质条件及设计要求，选用合适的施工工艺和施工设备，首先场地条件要确保机械设备的平稳安全操作，成孔工艺能确保成孔质量满足沉桩要求，施工对周围环境的影响应控制在规定范围以内。

5.1.2 ~ 5.1.3 通过试桩工作，可以核实现场工程地质实际情况，在成孔及植桩过程中去发现问题和解决问题，确定不同土层的钻孔速度、护壁浆液相关配比及性能、填充料灌注速度及灌注量、压桩压力或锤击沉桩的锤击数、桩长等施工工艺参数，最后通过静载试验测试单桩承载力。试桩位置、数量应根据场地工程地质复杂情况、地基基础重要性综合考量，试桩数量不应少于 3 根。利用工程桩位置施工试打桩，试桩应经建设、设计、勘察、监理等单位确认符合设计要求后按工程桩进行验收。试打桩的位置、地质条件及其规格、长度应具有代表性，应选择在地质勘探孔附近。钻孔施工中护壁液种类较多，四川地区主要采用泥浆护壁，泥浆比重、黏度等性能指标通过工艺试验确定。采用泥浆护壁液需注意：泥浆浓度低，形成不了护壁泥膜或形成的泥皮黏附

力差，易于脱落，导致孔壁稳定性差，易产生塌孔；泥浆稠度大，比重大，含砂率高，影响钻进速度，形成的泥皮厚度大，降低桩的侧摩阻力。

5.1.4 本条规定是基于目前四川省内预成孔植桩的成孔施工设备主要是旋挖钻机或螺旋钻机。

5.2 施工准备

5.2.1 ~ 5.2.2 施工前应做好相关准备，选择合适的施工设备，确定钻头类型等；熟悉场地周围环境，包括影响施工的高压架空线、地下管线、构筑物及其他障碍物等，同时应考虑施工对周围建筑及环境造成的影响；施工供水、供电、道路、排水、临时房屋等临时设施，在开工前应准备就绪；建筑场地应平整，无地下和空中障碍物，地基承载力应满足施工机械接地压力的要求，保障正常施工；编写施工组织设计或专项施工方案，分析工程重点难点，现场施工平面布置，做好材料计划、机械设备和人员准备，理清施工工序，规划施工顺序和线路，建构质量和安全的管理架构，制定确保安全、质量、工期的措施。

5.3 施 工

5.3.1 确定桩位是预成孔植桩施工的重要工序，必须采取严格的测量、检查、交接和验收工序，确保施工桩位精确。为确保放线定位的准确性，基桩轴线的控制点和水准点应设在不受施工影响的地方，设置的位置应稳定、易于长期保存，并妥善保护，当有工作基点时，应定期将其与基准点进行联测。放线工作应按照

程序进行严格的检查、交接、记录和验收。

5.3.3 钻孔垂直度对桩能否正常植入到孔底至关重要，决定最终植桩的成败，所以要严格控制钻孔垂直度。

5.3.4 清孔是旋挖桩施工、保证成桩质量的重要一环，通过清孔确保孔底沉渣厚度符合要求。螺旋成孔终孔时应排除管内空气后，再提钻，提钻前必须先泵入填充料（水泥、水泥砂浆或细石混凝土），避免桩端存在虚土。

5.3.9 应控制桩的对中定位、垂直度，接桩时防止发生溜桩、掉桩等问题，对多节桩施工时应考虑接桩稳定性，制订相关安全措施。

5.3.11 当采用锤击沉桩时应坚持“重锤轻击”的原则。静压或锤击沉桩参数以工艺试验为准。当端承桩以细石混凝土为填充料时，可能出现沉桩深度无法达到预成孔孔底标高的情况，该情况下以压桩力或贯入度控制为主，确保预制桩桩底无虚土，对以岩石为持力层时，不得破坏桩端岩石。