

广东省标准



DBJ/T 15-94-2013

备案号 J12359-2013

静压预制混凝土桩基础技术规程

Specification for static pressing precasted concrete pile foundation

2013-05-08 发布

2013-10-01 实施

广东省住房和城乡建设厅 发布

广东省标准

静压预制混凝土桩基础技术规程

Specification for static pressing precasted concrete pile foundation

DBJ/T 15—94—2013

住房和城乡建设部备案号：J12359—2013

批准部门：广东省住房和城乡建设厅

实施日期：2013 年 10 月 1 日

中国城市出版社

· 北 京 ·

广东省住房和城乡建设厅关于发布广东省标准 《静压预制混凝土桩基础技术规程》的公告

粤建公告〔2013〕27号

现批准《静压预制混凝土桩基础技术规程》为广东省地方标准，编号为 DBJ/T 15-94-2013，自 2013 年 10 月 1 日起实施。

本规程由广东省住房和城乡建设厅负责管理，广东省土木建筑学会负责具体技术内容的解释。

广东省住房和城乡建设厅
2013 年 5 月 8 日

前 言

本标准是根据原广东省建设委员会粤建函〔1993〕第265号文“关于下达《静力压桩基础技术规程》编制任务的通知”精神立项的。之前，广东应用的静压桩均是边长不大于400mm的预制钢筋混凝土方桩；1994年底，攻克了预应力管桩采用静压法施工的技术难关，此后几年中，静压管桩的应用在广东省乃至全国得到飞速的发展，同时，抱压式液压压桩机的制造技术也得到长足的进步。1998年6月本规程编制正式启动，规程名称定为《静压预制混凝土桩基础技术规程》；2001年完成讨论稿，2003年基本完成征求意见稿，但为了配合广东省标准《锤击式预应力混凝土管桩基础技术规程》(DBJ/T 15-22)以及国家标准《先张法预应力混凝土管桩》(GB 13476)的修订，并与之协调，放缓了编制速度，期间作了几次较大的修改。本规程由广东省土木建筑学会负责主编，并会同有关勘察、设计、施工、监理、质检、科研、学校、静压桩及压桩机制造厂等20个单位共同编制而成。

本规程共有6章6个附录，主要技术内容有：总则；术语和符号；静压桩基础的岩土工程勘察；静压桩基础设计；静压桩基础施工；工程质量检查、检测和工程验收等。

本规程由广东省住房和城乡建设厅负责管理；由广东省土木建筑学会负责具体解释。在执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验，如发现有需要修改和补充之处，请及时将意见和建议寄交：广东省土木建筑学会（地址：广州市先烈东路121号广东省建筑科学研究院大院内，邮编：510500，E-mail: gdtjxh@163.com）。

主编单位：广东省土木建筑学会

参编单位：广东省基础工程公司

广东永基建筑基础有限公司
 广东中山建筑设计院有限公司
 河源市建设工程质量安全监督站
 广东省建筑科学研究院
 东莞市桦业土木基础工程有限公司
 中核华泰建设有限公司
 广州穗芳建设咨询监理有限公司
 广东省建筑设计研究院
 广州大学土木工程学院
 湖南山河智能机械股份有限公司
 广州市建筑机械施工有限公司
 广东省地质工程公司
 湖北华建基础工程有限公司
 佛山市顺固业岩土工程有限公司
 广东建华管桩有限公司
 中山市德荣建筑有限公司
 中山市华强水泥制品厂
 汕头市建安（集团）公司
 武汉市建筑工程机械厂

主要起草人：王 离 邵孟新 黎志中 黄照明 彭跃莺
 徐天平 徐醒华 黄有钊 宋 荣

（以下按姓氏笔画顺序排列）

方守宏 王晓乾 邓汉荣 刘沛光 朱建新
 何建华 何清华 陆卫平 陈德祥 吴天文
 吴文浩 张国才 林本海 赵 晖 郭卓权
 翁镇辉 韩金田 彭志明 廖振中

主要审定人：莫海鸿 夏继君 张旷成 倪建国 张三戒
 舒宣武 刘玉树 唐孟雄 袁振宇 李梦其
 柯 苹

（以上排名不分先后）

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	3
2.1	术语	3
2.2	符号	5
3	静压桩基础的岩土工程勘察	8
4	静压桩基础设计	11
4.1	一般规定	11
4.2	桩的种类、连接及选用	15
4.3	桩基计算	19
5	静压桩基础施工	32
5.1	一般规定	32
5.2	压桩机具	34
5.3	桩的吊运与堆放	36
5.4	压桩	37
6	工程质量检查、检测和工程验收	47
6.1	压桩前对桩身及桩尖的检查 and 检测	47
6.2	压桩过程中的工程质量检查 and 检测	49
6.3	压桩后成桩质量检查 and 检测	51
6.4	工程验收	54
附录 A	静压桩的结构构造和桩身质量要求	55
附录 B	常用静压管桩的桩尖构造图	66
附录 C	抱压式液压压桩机结构示意图	72
附录 D	压桩机基本参数表	73
附录 E	选择静力压桩机参考表	74
附录 F	静力压桩施工记录表	75
	本规程用词说明	76
	条文说明	77

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	3
2.1	Terms	3
2.2	Symbols	5
3	Investigation of geotechnical engineering	8
4	Design of static pressing precast concrete pile foundation	11
4.1	General rules	11
4.2	Type, connection and selection of pile	15
4.3	Pile foundation calculation	19
5	Construction of static pressing precast concrete pile foundation	32
5.1	General rules	32
5.2	Piling equipment	34
5.3	Lifting and stacking of piles	36
5.4	Piling	37
6	Engineering quality inspection and acceptances of works	47
6.1	Inspection and testing for the pile shaft and pile toe	47
6.2	Quality inspection and testing in the course of pressing pile ...	49
6.3	Pile quality inspection and testing	51
6.4	Acceptances of works	54
Appendix A	Structure of static pile and quality requirements of pile shaft	55
Appendix B	Constructional drawing of normal static pressing precast concrete pipe-pile toe	66

Appendix C	Schematic of hold type hydraulic pressing pile machine	72
Appendix D	Basic parameters table for pressing pile machine	73
Appendix E	Reference table of static pressing pile machine selection	74
Appendix F	Construction record sheet of static pressing pile	75
	Explanation of Wording in this specification	76
	Description of provisions	77

1 总 则

1.0.1 为了贯彻执行国家的技术经济政策，使广东省静压预制混凝土桩（以下简称静压桩）基础设计与施工做到安全适用、技术先进、经济合理、保证质量、保护环境，制定本规程。

1.0.2 本规程是根据国家及广东省现行有关标准，考虑到静压桩基础设计和施工的特殊性，在总结广东地区已有经验的基础上制订的。

1.0.3 本规程适用于用静力压桩机施工的建（构）筑物低承台静压桩基础的岩土工程勘察、设计、施工及质量检查、检测和工程验收。本规程未作规定的其他内容，尚应按国家和广东省现行有关标准执行。

1.0.4 静压桩可采用先张法预应力混凝土管桩（以下简称静压管桩）和预制钢筋混凝土方桩（以下简称静压方桩）。

1.0.5 静压桩适用于非抗震和抗震设防烈度为 6 度、7 度及建筑场地类别为 I、II 类的 8 度地区，其所选桩型的各项力学指标应满足设计要求和有关标准的规定。

1.0.6 本规程中的施工条文是根据抱压式液压压桩机的性能和施工工艺编制的，在使用其他型式的压桩机或压桩施工法时，则应注意各自施工工艺的特殊性。

1.0.7 静压桩基础宜用于：覆盖层易压穿、桩端持力层为强风化、全风化岩层；硬塑～坚硬的黏性土层；中密～密实的碎（卵）石土、砂土、粉土层的地质条件。

下列地质条件不宜采用静压桩基础或应采取有效措施后方可采用：

1 现场地表土层松软且地面承载力特征值 $\leq 120\text{kPa}$ 又未经处理的场地；

2 覆盖层中含有较多球状风化体（孤石）或其他障碍物；

3 桩端持力层为中密～密实的砂土层且其覆盖层几乎全是稍密～中密的砂土层；

4 覆盖层中含有难以压穿的坚硬夹薄层；

5 基岩面起伏较大且其上没有合适持力层的岩溶地层；

6 非岩溶地区覆盖层为淤泥等松软土层且其下直接为中风化岩层或微风化岩层；

7 桩端持力层为扰动后易软化的风化岩层；

8 抗震设防烈度为 8 度且建筑场地类别为Ⅲ、Ⅳ类的场地；

9 地下水或地基土对桩身混凝土、钢筋及钢零部件有强腐蚀作用的场地。

1.0.8 静压桩基础是一种勘察、设计和施工必须密切配合才能顺利完成的桩基础工程，特别是在施工阶段，勘察、设计和施工技术人员应紧密合作，当桩的实际桩长短于设计桩长较多时，应共同研究，及时对桩的承载力和桩数作出必要的调整。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 静力压桩法 Method of static pressing of pile

利用压桩机把预制桩压入地基土（岩）层一定深度的施工方法，简称静压法。

2.1.2 静压桩 Static pressing precast concrete pile

用静压法施工的预制钢筋混凝土桩。

2.1.3 静压方桩 Static pressing precast concrete square-pile

用静压法施工的预制钢筋混凝土方桩。

2.1.4 静压管桩 Static pressing precast concrete tube-pile

用静压法施工的先张法预应力混凝土管桩。

2.1.5 静压预制混凝土桩基础 Foundation of static pressing pile

由静压预制混凝土桩和连接于桩顶的承台共同组成的建（构）筑物基础，简称静压桩基础。

2.1.6 长径比 Slenderness ratio

静压管桩的桩长与直径之比或静压方桩的桩长与边长之比。

2.1.7 液压式压桩机 Hydraulic pressing pile machine

通过液压传力机构施加压力于桩身上的一种静压桩施工机械。

2.1.8 顶压式液压压桩机 Jack type hydraulic pressing pile machine

压桩力作用在桩顶端面的液压式压桩机。

2.1.9 抱压式液压压桩机 Hold type hydraulic pressing pile machine

通过夹持机构抱住桩身向下施压的液压式压桩机。

2.1.10 夹持机构 Clamping device

利用多个液压夹块从侧面将桩身抱住并可沿导向架上下移动的压桩机液压部件。

2.1.11 压边桩机构 Device of pressing border pile

装置在压桩机侧边的用于施压边桩的一套特殊的能较方便安装拆卸的抱桩和压桩机构。

2.1.12 配重 Additional weight

附加在桩架上可拆卸的用于调节压桩机重量的定型重物块。

2.1.13 最小边桩距 Minimum distance for border pile

压桩机邻近已有建（构）筑物时所能施压的桩中心到该建（构）筑物边缘的最小距离。

2.1.14 接地压强 Pressure intensity of ground contact

压桩机行走或施工时接地部位的平均单位面积压力值。

2.1.15 复压 Method of repeated pressing

静压桩施工终压后，经间隔一段时间再次施压的作业法。

2.1.16 桩身抱压允许压桩力 Allowable pressure of clamping pile shaft

用抱压式压桩机抱住桩身施压时桩身允许的最大压桩力。

2.1.17 终压标准 Control standard of final pressing

为满足静压桩设计要求而确定的终止压桩施工的控制措施和条件。

2.1.18 终压力值 Final pressure value

达到终压标准而终止压桩的最终压桩力。

2.1.19 终压次数 Times of continuously repeated pressing with final pressure

静压桩终压时用终压力值对静压桩连续间断施压的次数。

2.1.20 稳压时间 Time of steady pressure

终压时每次用终压力值持续施压的时间。

2.1.21 单桩竖向抗压极限承载力 Ultimate vertical compression bearing capacity of a single pile

单桩在竖向荷载作用下到达破坏状态前或出现不适于继续承

载的变形时所对应的最大荷载。

2.1.22 竖向抗压极限承载力与终压力相关系数 Ratio of ultimate vertical bearing capacity and final pressure value

静压桩的单桩竖向抗压极限承载力与施工终压力值之比。

2.1.23 引孔压桩法 Method of pressing pile with pre-augering

用引孔设备在桩位处预成孔，然后将预制桩放入孔内，再用压桩机施压的作业法。

2.1.24 喂桩 Pile loading

将静压桩吊入压桩机夹持机构的一道施工工序，俗称“喂桩”。

2.1.25 单桩竖向承载力特征值 Characteristic value of the vertical bearing capacity of a single pile

单桩在竖向荷载（压或拔）作用下达到破坏状态前或不适于继续承载的变形时所对应的最大荷载除以安全系数所得的承载力值。

2.1.26 浮机 Machine floating

在压桩过程中，出现压桩机部分底盘脱离地面成悬空的状态，俗称“浮机”。

2.2 符 号

2.2.1 抗力和材料性能

E_c ——静压桩桩身混凝土的弹性模量；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；

f_{nk} ——填芯混凝土与管桩内壁的粘结强度标准值；

F_{ptk} ——管桩预应力钢筋的抗拉强度标准值；

f_y ——钢筋的抗拉强度设计值；

q_{sia} ——单桩第 i 层土（岩）的侧阻力特征值；

q_{pa} ——单桩的端阻力特征值；

q_c ——静力触探锥头阻力；

R_a ——单桩竖向抗压承载力特征值；

R_{ha} ——单桩水平承载力特征值；
 R_{ta} ——单桩竖向抗拔承载力特征值；
 R_m ——桩身的抗弯承载力设计值；
 R_p ——静压桩桩身竖向承载力设计值；
 σ_{pc} ——预应力管桩混凝土有效预压应力值；
 P_{jmax} ——桩身抱压允许压桩力。

2.2.2 作用和效应

F_k ——相应于荷载效应标准组合时，作用于桩基承台顶面的竖向力；
 G_k ——桩基承台和承台上方土自重标准值；
 G_p ——静压桩自重；
 H_k ——相应于荷载效应标准组合时，作用于承台底面的水平力；
 H_{ik} ——相应于荷载效应标准组合时，作用于任一根桩桩顶的水平力；
 M_{xk} ——相对于荷载效应标准组合时，作用于承台底面通过群桩形心 x 轴的弯矩；
 M_{yk} ——相对于荷载效应标准组合时，作用于承台底面通过群桩形心 y 轴的弯矩；
 M ——相应于荷载效应基本组合时的单桩弯矩设计值；
 N ——实测的标准贯入击数；
 N' ——校正后的标准贯入击数；
 N_k ——该层标准贯入实测击数的标准值；
 P_{ze} ——静压桩施工终压力值；
 Q_k ——相应于荷载效应标准组合时的轴心竖向力作用下任一根桩的竖向力；
 Q_{ik} ——相应于荷载效应标准组合时的偏心竖向力作用下第 i 根桩的竖向力；
 Q_t ——相应于荷载效应基本组合时的单桩竖向拔力设计值；
 Q_{tk} ——相应于荷载效应标准组合时，作用于单桩顶部的竖

向拔力；

$Y_{\max}$ ——液压式压桩机最大压桩力。

2.2.3 几何参数

A ——静压桩截面面积；

A_a ——管桩单根预应力钢筋的公称截面面积；

A_p ——静压桩桩端水平投影面积；

b ——静压方桩边长；

d ——静压管桩外直径；

d_1 ——静压管桩内直径；

h ——静压桩的入土深度；

h_b ——静压桩桩端进入持力层深度；

L ——单节桩长；静压桩的入土深度；

I ——静压桩截面惯性矩；

L_a ——桩顶填芯混凝土深度；

l_i ——静压桩穿越第 i 层土（岩）的厚度；

U_p ——静压桩桩身外周长。

2.2.4 计算系数

α ——标准贯入试验的触探杆长度校正系数；土的恢复系数；静压桩的水平变形系数；

β ——竖向抗压极限承载力与终压力的相关系数；

λ_i ——抗拔摩阻力折减系数；

ξ_p ——静压桩桩端阻力修正系数；

ψ_c ——成桩工艺系数。

3 静压桩基础的岩土工程勘察

3.0.1 静压桩基础的岩土工程勘察点，其平面布设、深度以及勘探深度范围内每一主要土层的取样和测试要求，除应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和《高层建筑岩土工程勘察规程》JGJ 72 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 勘探布点间距宜取 12m~24m，且每个单位工程的勘探孔不宜少于 5 个，其中控制性勘探孔的数量不应少于勘探孔总数的 1/2 且不得少于 2 个。当地质条件复杂时，应适当加密勘探孔；

2 一般性勘探孔深度应深入预估桩端持力层以下 3m~5m；控制性勘探孔深度应深入预估桩端持力层以下 5m~10m；

3 应对施工场地表土层进行详细勘察。勘察时应采用轻便动力触探、取土样、标准贯入试验等手段，准确查明表层 3m 厚土层的承载能力。

3.0.2 设计拟选用静压桩作基础时，岩土工程勘察应根据岩土层特点适当增加标准贯入或重型圆锥动力触探、双桥探头静力触探等原位试验。

3.0.3 当进行标准贯入试验时，应符合下列规定：

1 控制性勘探孔深度范围内的每一土层和全风化、强风化岩层，均应进行标准贯入试验。其中在淤泥、淤泥质土层中应每层测试一次；在硬塑~坚硬黏土层、残积土层及全风化岩层中，应每 2m 厚测试一次；遇中密~密实砂层时，应每 1m 厚测试一次；拟作桩端持力层的土（岩）层应每 1m 厚测试一次；

2 一般性勘探孔宜在拟作桩端持力层中每 1m 厚测试一次；

3 在拟作桩端持力层的土（岩）层中作标准贯入试验时，当锤击数已达 100 击而贯入深度不足 30cm 时，可终止试验，并应记录 100 击时的实际贯入深度，但钻孔深度仍应符合 3.0.1 条

的有关规定。

3.0.4 当采用双桥探头静力触探试验时，除应符合国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定外，尚应贯入至锥尖阻力 $q_c \geq 20\text{MPa}$ 的岩土层 5m 左右或静探力 $\geq 300\text{kN}$ 才能终孔。

3.0.5 当选用全风化、强风化岩层中的桩侧摩阻力特征值和端阻力特征值的经验值时，应采用按钻杆长度校正后的标准贯入击数。校正后的标准贯入击数 N' 应按下列公式计算：

$$N' = \alpha N \quad (3.0.5)$$

式中： N' ——校正后的标准贯入击数；

N ——实测的标准贯入击数；

α ——钻杆长度校正系数，可按表 3.0.5 采用。

表 3.0.5 钻杆长度校正系数

杆长 (m)	≤ 3	6	9	12	15	18	21
校正系数 α	1.00	0.92	0.86	0.81	0.77	0.73	0.70
杆长 (m)	24	27	30	33	36	39	≥ 42
校正系数 α	0.67	0.64	0.61	0.58	0.55	0.52	0.49

3.0.6 花岗岩的强风化、全风化岩及残积土类，可采用实测标准贯入击数 N 来划分， $N \geq 50$ 为强风化岩； $50 > N \geq 30$ 为全风化岩； $N < 30$ 为残积土。其他岩石的强风化、全风化岩类的划分可参照执行。估算压桩深度时则应采用校正后的标准贯入击数 N' 。

3.0.7 岩土工程勘察中应对工程场地中的水和土对预制桩的腐蚀性进行评价；当有足够经验或充分资料认定工程场地的水或土对建筑材料不具腐蚀性时，可不取样做腐蚀性指标的测试；否则，应取水试样或土试样进行试验。水试样和土试样的取样方法、水和土腐蚀性指标的测试以及腐蚀性评价应按国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定执行。

3.0.8 静压桩基础的岩土工程勘察报告应符合国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定，并宜详列下列内容：

1 工程概况、场地位置、地形及地貌、各岩土层的名称、特征的叙述，以及所处地貌单元、主要岩土层的地质年代、成因的分析论证；

2 对建筑场地的不良地质现象，如孤石、坚硬夹层、岩溶、土洞、构造断裂的分布及成因、岩面坡度对桩端稳定性的影响等，有明确的判断结论；

3 地下水类型、稳定水位及其变化幅度；

4 场地地下水和地基土对混凝土预制桩腐蚀性评价的结论；

5 抗震设防区按地震烈度提供的可液化地层分布和判定资料；

6 标准贯入试验及其他原位测试试验成果；

7 根据表土 3m 厚深范围内土层承载力对静压桩施工是否出现陷机的可能性所作出的评估；

8 提出选择桩端持力层、沉桩可行性的建议；

9 提出符合静压桩基础的侧摩阻力特征值和端阻力特征值；预估单桩竖向承载力特征值及其变形特征；

10 对场地存在扰动后易软化的风化岩层作出评估，提出应对措施；

11 评价压桩对周边环境的影响；

12 勘探点平面布置图、工程地质柱状图、工程地质剖面图、强风化岩等可作为桩端持力层的岩土层面的等高线图及岩芯彩色照片等。

4 静压桩基础设计

4.1 一般规定

4.1.1 根据建筑规模、功能特征、对差异变形的适应性、场地地基和建（构）筑物体型的复杂性以及由于桩基问题可能造成建（构）筑物破坏或影响正常使用的程度，将静压桩基础设计分为表 4.1.1 所列的三个设计等级。静压桩基础设计时，应根据表 4.1.1 确定设计等级。

表 4.1.1 静压桩基础设计等级

设计等级	建筑类型
甲级	(1) 重要的工业与民用建筑； (2) 30 层以上或高度超过 100m 的高层建筑； (3) 体形复杂、层数相差超过 10 层的高低层连成一体的建筑物； (4) 对地基变形有特殊要求的建（构）筑物； (5) 场地和地基条件复杂的七层以上的一般建筑物及坡地、岸边建（构）筑物； (6) 对原有工程影响较大的新建建（构）筑物； (7) 大跨度（ $\geq 60\text{m}$ ）结构建筑； (8) 大面积的多层地下建（构）筑物
乙级	除甲级、丙级以外的建（构）筑物
丙级	场地和地基条件简单、荷载分布均匀的 7 层及 7 层以下的一般建筑，次要的轻型建（构）筑物

4.1.2 静压桩基础设计应具备下列基本资料：

- 1 符合本规程第 3 章规定的岩土工程勘察报告；
- 2 建筑场地与环境条件，包括高压架空线及地下管线、地下构筑物的分布，可能受压桩影响的临近建（构）筑物的安全等

级、地基及基础情况，压桩机进退场及现场运行条件等；

3 建（构）筑物上部结构类型及形式，荷载大小、分布及性质，生产工艺和设备对基础沉降及水平位移的要求；

4 建筑场地的总平面图、建（构）筑物地下室或首层结构平面图；

5 抗震设防的有关资料；

6 可选用的静压桩规格和型号、单节桩长、接头形式及供应条件；

7 压桩设备性能及其对地质条件的适应性以及压边桩的能力。

4.1.3 静压桩基础应根据具体条件分别进行下列计算和验算：

1 应根据静压桩基础的使用功能和受力特性分别进行桩基的竖向承载力计算和水平承载力计算；

2 应对桩身和承台结构承载力进行计算；还应按吊装、运输和喂桩作业时的受力情况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，应进行下卧层承载力验算；

4 对位于坡地、岸边的静压桩基础，应进行整体稳定性验算；位于大面积淤泥、淤泥质土地区的静压桩基础，当基坑开挖、基坑周边有堆载时，应进行整体稳定性验算，并采取有关防治措施；

5 对于抗拔的静压桩基础，应进行单桩和群桩的抗拔承载力计算；

6 对于抗震设防区的静压桩基础，应进行抗震承载力验算；

7 设计等级为甲级的以第四系土层、全风化岩层作为桩端持力层的静压桩基础或设计等级为乙级的体形复杂、荷载分布明显不均匀或桩端平面以下存在软弱土层的静压桩基础应进行沉降计算；

8 对受水平荷载较大，或对水平位移有严格限制的静压桩基础，应进行水平位移验算；

9 当使用条件要求限制混凝土裂缝时，尚应对静压桩基础

进行抗裂或裂缝宽度验算。

4.1.4 静压桩基础设计时，所采用的作用效应组合及相应的抗力与变形限值应符合下列规定：

1 按单桩承载力确定桩数和布桩时，采用传至承台底面的荷载效应的标准组合；相应的抗力采用单桩承载力特征值；

2 计算荷载作用下的桩基沉降和水平位移时，采用荷载效应的准永久组合，不计入风荷载和地震作用，相应的限值为桩基变形允许值。计算水平地震作用、风载作用下的桩基水平位移时，采用水平地震作用、风载效应的标准组合；

3 验算坡地、岸边静压桩基础的整体稳定性时，采用荷载效应的标准组合；

4 在计算静压桩基础承台内力、确定承台尺寸、配筋和验算静压桩桩身强度时，采用传至承台表面的荷载效应的基本组合。相应的抗力采用承载力设计值。当进行承台和桩身裂缝验算时，分别采用荷载效应的标准组合和荷载效应的准永久组合。

4.1.5 在进行静压桩基础结构构件的截面承载力计算或验算时，可按下列规定确定相应的荷载效应基本组合设计值 S ，取其不利者：

1 永久荷载与竖向可变荷载组合：

计算时已考虑组合值系数（即活荷载折减），取

$$S = 1.35S_k \quad (4.1.5-1)$$

计算时组合值系数取 1（即不考虑活荷载折减），取

$$S = 1.30S_k \quad (4.1.5-2)$$

2 永久荷载与可变荷载（包括竖向荷载、风、地震作用等）组合，取

$$S = 1.25S_k \quad (4.1.5-3)$$

并应满足 $S \leq R$ (4.1.5-4)

式中： R ——静压桩基础结构构件抗力的设计值（kN），按有关建筑结构设计规范的规定确定；

S_k ——荷载效应的标准组合值（kN）。

4.1.6 静压桩的平面布置可按下列原则进行：

1 相邻桩的中心距应满足表 4.1.6 中的要求；

表 4.1.6 相邻桩中心距的要求

桩 基 情 况	相邻桩中心距要求
独立承台内桩数超过 30 根；大面积群桩	不宜小于 $4.0d$ (b)
独立承台内桩数超过 9 根，但不超过 30 根； 条形承台内桩排数超过 2 排	不宜小于 $3.5d$ (b)
其他情况	不得小于 $3.0d$ (b)

注：1 相邻桩中心距指两根相邻桩截面中心点之间的距离；

2 d 为管桩的外径， b 为方桩的边长；

3 当独立承台内桩数超过 9 根，或条形承台内桩排数超过 2 排，且桩周土为饱和黏性土时，相应桩的中心距宜比表中值增大 $0.5d$ (b)；

4 当采用减少挤土效应的措施时，相邻桩的中心距可比表中值适当减少，但不得小于 $3.0d$ (b)。

2 采用多桩或群桩时，宜使桩群承载力合力点与其上构件竖向永久荷载作用的合力中心相重合，并使基桩在承受水平力和弯矩方向有较大的抵抗矩；

3 对于桩箱基础、剪力墙结构桩筏（含平板和梁板式承台）基础，宜将桩布置在墙下；

4 同一结构单元应避免同时采用摩擦桩和端承桩以及同时采用浅基础和静压桩基础。当受条件限制不得不采用时，则应估计其可能产生的差异沉降对上部结构的影响，必要时应有相应的加强措施。

4.1.7 静压桩用作摩擦型桩时，其长径比不宜大于 100；用作端承型桩时，其长径比不宜大于 60。当静压桩穿越厚度较大的淤泥等软弱土层或可液化土层时，应考虑桩身的稳定性及对承载力的影响。

4.1.8 桩端持力层应按本规程 1.0.7 条的规定进行选择。桩端全断面进入持力层的深度，对于黏性土、粉土、全风化岩等，不宜小于 $2d$ (b)；砂土不宜小于 $1.5d$ (b)；碎（卵）石类土、强风化岩等，不宜小于 $1.0d$ (b)。

4.1.9 单桩承台应沿两个主轴方向设置基础连系梁；双桩承台应至少在短轴方向设置基础连系梁。

4.1.10 在满足相邻桩中心距要求的前提下，单个承台下多桩及群桩基础总的承载力特征值可视为各单桩承载力特征值之和。

4.1.11 基础混凝土结构的耐久性设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中的有关规定。承台和基础连系梁的混凝土强度等级不得低于 C25。

4.1.12 静压桩基础承台设计应符合现行广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 15—31 中有关承台计算及构造要求的规定。

4.1.13 当施工场地表土层承载力特征值 $\leq 120\text{kPa}$ ，或勘察报告中提出静压桩施工出现陷机可能性的评估结论时，应对场地进行加固处理并提出具体的处理意见。

4.2 桩的种类、连接及选用

4.2.1 静压桩的种类可分为静压方桩和静压管桩。各类桩应符合下列要求：

1 静压方桩应符合行业标准《预制钢筋混凝土方桩》JC 934 的有关规定。其构造设计可参照国家建筑标准设计图集《预制钢筋混凝土方桩》04G361 中的有关内容，但静压方桩的配筋率、保护层厚度、混凝土强度等级以及接头的抗弯性能均应符合附录 A 的要求。建筑工程中常用静压方桩的边长为 300mm、350mm、400mm 和 450mm。

2 静压管桩应符合国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476 的有关规定。静压管桩的结构构造和桩身质量要求尚应符合附录 A 的要求。管桩按混凝土强度等级分为预应力混凝土管桩（代号：PC）和预应力高强混凝土管桩（代号：PHC）。PC 桩的混凝土强度等级不得低于 C60，PHC 桩的混凝土强度等级不得低于 C80。建筑工程中常用静压管桩的外径为 300mm、400mm、500mm 和 600mm。

4.2.2 静压方桩的接头应符合下列规定：

- 1 每根桩的接头数量不宜超过 3 个；
- 2 接头宜采用焊接法，不得采用硫磺胶泥锚接法；
- 3 焊接接头宜采用水平焊缝的构造形式，也可参照国家建筑标准设计图集《预制钢筋混凝土方桩》04G361 中的相关形式进行设计；采用其他的新型接头，必须通过广东省有关建设行政主管部门组织的技术鉴定；

- 4 接头处的极限弯矩应大于桩身的极限弯矩。

4.2.3 静压管桩的接头应符合下列规定：

- 1 每根桩的接头数量不宜超过 3 个；
- 2 接头处的极限弯矩应大于桩身的极限弯矩；
- 3 当采用焊接接头时，应符合 5.4.10 条的规定；当采用机械啮合接头时，应符合 5.4.11 条的规定。采用其他的新型接头，必须通过广东省有关建设行政主管部门组织的技术鉴定。

4.2.4 机械啮合接头适用于 $\phi 300$ 、 $\phi 400$ 、 $\phi 500$ 和 $\phi 600$ 的 A 型和 AB 型管桩。其中连接销、连接板、弹簧和连接盒的材料、尺寸及制作要求应符合广东省标准《预应力混凝土管桩机械啮合接头技术规程》DBJ 15—63 的规定。

4.2.5 下列条件之一的静压管桩宜采用机械啮合接头：

- 1 地下水或地基土对管桩有弱腐蚀或中腐蚀作用时；
- 2 基桩为抗拔桩时；
- 3 当桩数较多较密集、挤土效应较大时；
- 4 在环境温度低于 0°C 或长期风雨天作业时。

4.2.6 采用电焊焊接接头的抗拔管桩，焊缝坡口应严格按附录 A 表 A.0.11 中规定的坡口尺寸 ($w \times l_a$) 进行制作；焊缝应连续饱满。必要时，应根据具体要求设置桩端锚固筋，或适当加大端板厚度。

4.2.7 静压桩应根据工程地质等条件选择合适的桩尖。静压管桩基础必须设置桩尖。桩尖的构造应符合下列规定：

- 1 桩尖宜用钢板制作，钢板性能应符合国家标准《优质碳素结构钢技术条件》GB 699 或《碳素结构钢》GB/T 700 的有关

规定，材质应采用 Q235B；桩尖制作应符合国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定；

2 静压方桩的桩尖可将主筋合拢焊在桩尖中心的辅助钢筋上；在密实砂层和碎（卵）石类土中及强风化岩层中，可在桩尖处外包钢板桩靴；带桩靴的桩尖构造可参照国家建筑标准设计图集《预制钢筋混凝土方桩》04G361 中的有关内容；

3 常用静压管桩宜选用封口型桩尖。常用静压管桩的桩尖构造图可参见附录 B。

4.2.8 静压方桩与承台连接时，桩顶嵌入承台深度宜取 50mm～100mm，伸入承台内的纵向受力钢筋应符合下列规定：

1 对于抗压桩，应将桩本身的纵向受力钢筋全部锚入承台内，锚固长度不宜小于 35 倍纵向受力钢筋直径；

2 对于抗拔桩，应将桩本身的纵向受力钢筋全部锚入承台内，锚固长度不得小于 45 倍纵向受力钢筋直径。

4.2.9 静压管桩与承台连接时，应采用桩顶填芯混凝土中埋设连接钢筋的连接方式，桩顶嵌入承台内的长度宜取 50mm～100mm，并应符合下列规定：

1 填芯混凝土应是补偿收缩混凝土，其强度等级不得低于 C30；填芯混凝土深度：承压桩不得小于 $2d$ 且不得小于 1.2m；抗拔桩应按 4.2.10 条规定计算确定，且不得小于 2.0m；

2 连接钢筋数量不宜少于 4 根，埋入填芯混凝土部分的箍筋应为 $\phi 6@200$ （4 根连接钢筋）或 $\phi 8@200$ （多于 4 根连接钢筋）；

3 埋入桩顶填芯混凝土中的连接钢筋长度应与桩顶填芯混凝土深度相同；

4 承压桩的连接钢筋数量和规格，可按下列要求采用： $4\Phi 14$ （ $\phi 300$ 桩）、 $4\Phi 16$ （ $\phi 400$ 桩）、 $4\Phi 20$ （ $\phi 500$ 桩）和 $4\Phi 25$ （ $\phi 600$ 桩）；

5 连接钢筋锚入承台内的长度：承压桩不宜小于 35 倍连接钢筋直径；抗拔桩不得小于 45 倍连接钢筋直径。

4.2.10 抗拔管桩的桩顶填芯混凝土深度和连接钢筋公称截面总

面积应按下列公式计算：

$$L_a \geq \frac{2Q_t}{f_{nk} \cdot U_{pn}} \quad (4.2.10-1)$$

$$A_s \geq \frac{Q_t}{f_y} \quad (4.2.10-2)$$

式中： L_a ——桩顶填芯混凝土深度（mm），不应少于 2.0m；

A_s ——连接钢筋公称截面总面积（mm²）；

Q_t ——相应于荷载效应基本组合时的单桩竖向拔力设计值（N）；

f_{nk} ——填芯混凝土与管桩内壁的粘结强度标准值，宜由现场试验确定。当缺乏试验资料时，C30 的补偿收缩混凝土 f_{nk} 可取 0.60~0.70N/mm²；

U_{pn} ——管桩内孔圆周长（mm）；

f_y ——钢筋的抗拉强度设计值（N/mm²）。

4.2.11 静压方桩的选用应考虑工程的具体情况：抗震设防烈度小于 7 度地区可选用 A、B、C 型方桩，7 度或建筑场地类别为 I、II 类的 8 度地区应选用 B、C 型方桩，且所选桩型的各项力学指标应满足桩基的设计要求和有关标准的规定；非预应力的静压方桩不宜用作抗拔桩。

4.2.12 静压管桩的选用应遵照下列原则：

1 用于抗震设防烈度为建筑场地类别 I、II 类的 8 度地区的管桩基础工程，或设计等级为甲级的以及工程地质条件较复杂的设计等级为乙级的管桩基础工程，宜选用 AB 型或 B 型、C 型管桩，且所选桩型的各项力学指标应满足桩基的设计要求和有关标准的规定；设计等级为甲级的管桩基础工程，不得选用 $\phi 300$ 管桩；

2 在地下水或地基土对混凝土、钢筋和钢零部件有弱腐蚀或中腐蚀环境下应用的管桩基础工程，应选用 AB 型或 B 型、C 型且桩身合缝和端头处不得有修补痕迹的管桩，不得选用 $\phi 300$ 管桩，同时应按 4.2.13 条规定根据不同的腐蚀性等级采用相应

的防腐蚀措施；

3 抗拔桩宜选用 AB 型或 B 型、C 型管桩，同时应按 4.2.3 条～4.2.6 条的规定选择合适的管桩接头形式； $\phi 300$ 管桩不宜选作抗拔桩。

4.2.13 在地下水或地基土对静压桩的混凝土、钢筋和钢零部件有腐蚀作用的环境下应用静压桩时，其防腐蚀措施可按下列规定执行：

1 用于弱腐蚀或中腐蚀环境下的静压桩，其钢筋的保护层厚度不应小于 40mm，静压管桩的桩尖应采用封口型；

2 在强腐蚀的环境下，不宜采用静压桩。当必须选用静压桩时，应经试验论证，并采取可靠措施，确能满足防腐蚀要求时方可使用；

3 桩身应减少接头数量，宜采用单节桩。若需要接桩时，接头宜设置在微腐蚀土层中，不得设置在干湿交替的环境中；

4 在中腐蚀的环境下，静压管桩的接头宜采用机械啮合接头，连接销、连接盒内应涂上或注入沥青涂料；焊缝坡口应焊满封闭；桩孔底部应灌注高度为 1.5m～2.0m 的 C30 细石混凝土，必要时可将管桩内孔全部灌满；

5 在硫酸盐的中腐蚀环境下应用的静压桩，桩身混凝土应采用抗硫酸盐水泥，或应掺加矿物掺合料。在氯离子的中腐蚀环境下应用的静压桩，应掺加钢筋阻锈剂（但不得采用亚盐酸类的阻锈剂）和矿物掺合料。当有多类介质同时作用时，应分别满足各自的防护要求，但相同的防护措施不迭加。

4.3 桩基计算

4.3.1 对于一般建筑物和受水平力较小的高大建筑物且桩径相同的多桩或群桩基础，单桩桩顶作用力应按下列公式计算：

1 轴心竖向力作用下

$$Q_k = \frac{F_k + G_k}{n} \quad (4.3.1-1)$$

偏心竖向力作用下

$$Q_{ik} = \frac{F_k + G_k}{n} \pm \frac{M_{xk} y_i}{\sum y_i^2} \pm \frac{M_{yk} x_i}{\sum x_i^2} \quad (4.3.1-2)$$

2 水平力作用下

$$H_{ik} = \frac{H_k}{n} \quad (4.3.1-3)$$

式中： F_k ——相应于荷载效应标准组合时，作用于桩基承台顶面的竖向力（kN）；

G_k ——桩基承台和承台上土自重标准值（kN），对地下水位以下部分应扣除水的浮力；

n ——同一桩基承台中的桩数；

Q_k ——相应于荷载效应标准组合时的轴心竖向力作用下任一根桩所承受的竖向力（kN）；

Q_{ik} ——相应于荷载效应标准组合时的偏心竖向力作用下第 i 根桩所承受的竖向力（kN）；

M_{xk} ——相应于荷载效应标准组合时，作用于承台底面通过群桩形心的 x 轴的弯矩（kN·m）；

M_{yk} ——相应于荷载效应标准组合时，作用于承台底面通过群桩形心的 y 轴的弯矩（kN·m）；

x_i ——第 i 根桩至群桩形心 y 轴线的距离（m）；

y_i ——第 i 根桩至群桩形心 x 轴线的距离（m）；

H_k ——相应于荷载效应标准组合时，作用于承台底面的水平力（kN）；

H_{ik} ——相应于荷载效应标准组合时，作用于第 i 根桩桩顶的水平力（kN）。

4.3.2 单桩竖向抗压承载力计算应符合下列设计表达式：

1 不考虑地震作用效应组合的标准值：

轴心竖向力作用下

$$Q_k \leq R_a \quad (4.3.2-1)$$

偏心竖向力作用下，除应满足上式外，尚应满足：

$$Q_{ikmax} \leq 1.2R_a \quad (4.3.2-2)$$

2 考虑地震作用效应组合的标准值：

轴心竖向力作用下

$$Q_k \leq 1.25R_a \quad (4.3.2-3)$$

偏心竖向力作用下，除应满足上式外，尚应满足：

$$Q_{ikmax} \leq 1.5R_a \quad (4.3.2-4)$$

式中： R_a ——单桩竖向抗压承载力特征值（kN）；

Q_{ikmax} ——相应于荷载效应标准组合时的偏心竖向力作用下单桩所承受的最大竖向力（kN）。

4.3.3 静压桩单桩竖向抗压承载力特征值可按下列方法确定：

1 当静压桩桩基设计等级为甲级或设计等级为乙级且地质条件较复杂时；或设计经验不足时；或静压桩的有效桩长较短时，单桩竖向抗压承载力特征值应在设计阶段通过静载试验确定。选择静载试验桩的位置应考虑工程地质条件的代表性和基础部位的重要性。静载试验桩数不得少于3根。静载试验桩的竖向静载试验方法应按广东省标准《建筑地基基础检测规范》DBJ 15—60 执行。但静载试验应在压桩7d后进行；若当地经验确认风化岩持力层有扰动后易软化的现象时，静载试验宜在压桩25d后进行。

2 当工程位于应用静压桩多年且设计经验较丰富的地区时，单桩竖向抗压承载力特征值可利用试压桩配合复压法确定。除持力层为易软化的风化岩及砂土层的基桩外，试压桩完成24h后进行复压所测得的桩身起动时的压力值可作为该桩单桩竖向抗压极限承载力的参考值，有条件时可用高应变动测法加以验证。

3 当根据土的物理指标与承载力参数之间的经验关系确定单桩竖向抗压承载力特征值 R_a 时，在确保本规程5.4.15条所要求的终压力值的前提下，可按下列公式估算：

$$R_a = U_p \sum q_{sia} l_i + \xi_p q_{pa} A_p \quad (4.3.3-1)$$

式中： U_p ——静压桩桩身外周长（m）；

q_{sia} ——静压桩第*i*层土（岩）的侧摩阻力特征值（kPa），

如无试验数据时可按表 4.3.3-1 的经验值取用；

l_i ——静压桩穿越第 i 层土（岩）的厚度（m）；

q_{pa} ——静压桩的端阻力特征值（kPa），如无试验数据时可按表 4.3.3-2 的经验值取用；

A_p ——桩端圆外围面积（ m^2 ）；当为开口型桩尖时，仍按封口型桩尖的桩端圆外围面积计算；

ξ_p ——静压桩端阻力修正系数：当入土桩长 $L \geq 16m$ 时取 1.0，当 $9m \leq L < 16m$ 时取 1.10~1.40，桩愈短取值愈大；非扰动后易软化的风化岩层取高值，砂土层取低值；当 $L < 9m$ 时宜通过试压桩试验确定。

表 4.3.3-1 静压桩侧摩阻力特征值的经验值 q_{sia} （kPa）

土（岩）的名称	土（岩）的状态	桩侧摩阻力特征值 q_{sia}
填 土		11~15
淤 泥		7~10
淤泥质土		11~15
黏性土	$I_L > 1$ （流塑）	12~20
	$0.75 < I_L \leq 1$ （软塑）	20~27
	$0.50 < I_L \leq 0.75$ （可塑）	27~35
	$0.25 < I_L \leq 0.5$ （硬可塑）	35~43
	$0 < I_L \leq 0.25$ （硬塑）	43~49
	$I_L \leq 0$ （坚硬）	49~52
粉 土	稍密	13~23
	中密	23~33
	密实	33~44
粉、细砂	稍密	12~24
	中密	24~33
	密实	33~44
中 砂	稍密	16~27
	中密	27~37
	密实	37~47

续表 4.3.3-1

土（岩）的名称		土（岩）的状态	桩侧摩阻力特征值 q_{sia}
粗 砂		稍密	21~37
		中密	37~47
		密实	47~58
砾 砂		中密、密实	58~69
圆砾、角砾		中密、密实	80~100
碎石、卵石		中密、密实	100~150
花 岗 岩 残 积 土	黏 性 土	$2 < N_k \leq 4$ 软塑	20~30
		$4 < N_k \leq 15$ 可塑	30~40
	砂质黏性土	$4 < N_k \leq 15$ 可塑	35~45
		$15 < N_k \leq 30$ 硬塑	45~50
	砾质黏性土	$4 < N_k \leq 15$ 可塑	40~50
		$15 < N_k \leq 30$ 硬塑	50~55
全风化（强风化）软质岩		$30 \leq N' < 50$	50~100
全风化（强风化）硬质岩		$30 \leq N' < 50$	70~120

注：1 对于尚未完成自重固结的土类，不计算其侧摩阻力；

2 N_k 为该层标准贯入实测击数的标准值； N' 为校正后的标准贯入击数。

表 4.3.3-2 静压桩端阻力特征值的经验值 q_{pa} (kPa)

土（岩） 名 称	桩入土 深度 土（岩） (m) 的状态	静压桩端阻力特征值的经验值 q_{pa}			
		$h \leq 9$	$9 < h \leq 16$	$16 < h \leq 25$	$h > 25$
黏性土	$0.25 < I_L \leq 0.50$	800~1200	1200~1600	1400~1700	1700~2200
	$I_L \leq 0.25$	1300~1900	1900~2700	2700~2900	2900~3400
粉 土	中密、密实	500~1200	800~1500	1000~1500	1300~2200
粉 砂	中密、密实	700~1100	1000~1500	1500~1900	1700~2700
细 砂	中密、密实	1300~1900	1800~2400	2200~2600	2500~3400
中 砂	中密、密实	2000~3000	2700~3200	2900~3300	3200~4000
粗 砂	中密、密实	2800~3700	3400~3800	3600~4200	4000~4500

续表 4.3.3-2

土（岩） 名 称	桩入土 深度 土（岩） （m） 的状态	静压桩端阻力特征值的经验值 q_{pa}			
		$h \leq 9$	$9 < h \leq 16$	$16 < h \leq 25$	$h > 25$
砾 砂	中密、密实	3000~4000	3800~4800		
角砾、圆砾	中密、密实	3000~4100	3800~5000		
碎石、卵石	中密、密实	3000~4200	4000~5500		
全风化 （强风化） 软质岩	$30 \leq N' < 50$	3000~3500			
全风化 （强风化） 硬质岩	$30 \leq N' < 50$	3500~4000			
强风化 软质岩	$N' \geq 50$	4000~5000			
强风化 硬质岩	$N' \geq 50$	4500~5500			

注： N' 为校正后的标准贯入击数。 N' 愈大， q_{pa} 取值愈大；反之取较低值。

4 当需要确定以桩长控制的静压桩单桩竖向抗压承载力特征值时，或单桩竖向抗压承载力特征值已设定而需要选定合理的桩长时，可通过同一区域内不同配桩长度的试压桩经停歇 24h 后再进行复压所得的结果加以综合分析确定。

5 当每根桩终压后，根据终压力值、桩入土深度及桩周土质情况，可通过下列公式估算该桩的单桩竖向抗压承载力特征值：

$$\text{当 } 6\text{m} \leq L \leq 9\text{m} \text{ 时, } R_a = (0.30 \sim 0.40) P_{ze} \quad (4.3.3-2)$$

$$9\text{m} < L \leq 16\text{m} \text{ 时, } R_a = (0.35 \sim 0.50) P_{ze} \quad (4.3.3-3)$$

$$16\text{m} < L \leq 25\text{m} \text{ 时, } R_a = (0.43 \sim 0.50) P_{ze} \quad (4.3.3-4)$$

$$L > 25\text{m} \text{ 时, } R_a = (0.50 \sim 0.58) P_{ze} \quad (4.3.3-5)$$

式中： L ——静压桩的入土深度；

R_a ——入土部分的静压桩单桩竖向抗压承载力特征值；

P_{ze} ——静压桩的终压力值。

4.3.4 除按地基岩土条件确定静压桩的竖向抗压承载力特征值外，桩身混凝土强度应满足桩的抗压承载力设计要求。对于轴向受压的静压桩，当不考虑桩身构造配筋的作用时，应符合下列规定：

$$Q \leq R_p \quad (4.3.4)$$

式中： Q ——相应于荷载效应基本组合时的单桩竖向压力设计值 (kN)；

R_p ——桩身竖向抗压承载力设计值 (kN)，应按 4.3.5 条确定。

4.3.5 静压桩桩身结构竖向抗压承载力设计值可按下列公式计算：

当不考虑桩身压屈影响时：

$$R_p \leq \phi_c f_c A \quad (4.3.5-1)$$

式中： R_p ——静压桩桩身竖向抗压承载力设计值 (N)；

ϕ_c ——成桩工艺系数，预制钢筋混凝土实心方桩 $\phi_c = 0.75$ ；空心方桩 $\phi_c = 0.70$ ；管桩 $\phi_c = 0.70$ ；

f_c ——静压桩混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm²)，应按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 取值。C80 混凝土，取 $f_c = 35.9$ N/mm²；

A ——静压桩截面面积 (mm²)。

当桩身穿越可液化土或不排水抗剪强度小于 10kPa 的软弱土层时，应考虑压屈影响：

$$R \leq A \cdot \phi_c \cdot f_c A \quad (4.3.5-2)$$

式中： A ——受压稳定系数，可按行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008 中 5.8.4 条的有关规定计算。

4.3.6 承受竖向拔力的静压桩基础，应按下式验算单桩的抗拔承载力：

$$Q_{tk} \leq R_{ta} \quad (4.3.6)$$

式中： Q_{tk} ——相应于荷载效应标准组合时，作用于单桩桩顶的竖向拔力（kN）；

R_{ta} ——单桩竖向抗拔承载力特征值（kN）。

4.3.7 静压桩单桩竖向抗拔承载力特征值应按下列规定确定：

1 单桩竖向抗拔承载力特征值宜通过现场竖向抗拔静载荷试验确定。选择试验桩的位置应考虑工程地质条件的代表性和基础受力部位的重要性。试验桩数量不得少于 3 根。单桩竖向抗拔静载荷试验应按广东省标准《建筑地基基础检测规范》DBJ 15—60 执行。从压桩完成至开始试验的间歇时间：砂土中不得少于 7d；黏性土中不宜少于 25d。

2 当根据土的物理指标与承载力参数之间的经验关系确定单桩竖向抗拔承载力特征值 R_{ta} 时，可按下列公式估算：

$$R_{ta} = U_p \sum \lambda_i \cdot q_{sia} \cdot l_i + 0.9G_p \quad (4.3.7)$$

式中： U_p ——静压桩桩身外周长（m）；

λ_i ——抗拔摩阻力折减系数，如无试验数据时可按表 4.3.7 的经验值取用；

q_{sia} ——静压桩第 i 层土（岩）的侧摩阻力特征值（kPa），如无试验数据时可按表 4.3.3-1 的经验值取用；

l_i ——静压桩穿越第 i 层土（岩）的厚度（m）；

G_p ——静压桩自重（kN），对抗浮设防水位以下部分应扣除水的浮力。

表 4.3.7 抗拔摩阻力折减系数 λ_i

土（岩）的类别	λ_i
强风化岩、花岗岩残积土	0.50~0.70
砂土	0.50~0.70
黏性土、粉土	0.70~0.80

注：桩的长径比小于 20 时， λ_i 取较小值。

4.3.8 抗拔静压桩宜选用预应力管桩。抗拔静压管桩的单桩竖向抗拔承载力除应符合 4.3.7 条规定外，尚应符合下列规定：

$$Q_t \leq \sigma_{pc} A \quad (4.3.8)$$

式中： Q_t ——相应于荷载效应基本组合时的单桩竖向拔力设计值 (kN)；

σ_{pc} ——管桩混凝土的有效预压应力值 (kPa)，可按式 (4.3.9) 计算；

A ——管桩截面面积 (m^2)。

4.3.9 管桩混凝土有效预压应力值可按国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476-2009 附录 D 的有关计算方法进行计算，也可按下列经验公式估算：

$$\sigma_{pc} = 0.56 n A_a F_{ptk} / A \approx 800 n A_a / A \quad (4.3.9)$$

式中： σ_{pc} ——管桩混凝土有效预压应力值 (N/mm^2)；

n ——预应力钢筋数量；

A_a ——单根预应力钢筋的公称截面面积 (mm^2)；

F_{ptk} ——预应力钢筋的抗拉强度标准值 (N/mm^2)，取 $1420 N/mm^2$ ；

A ——管桩截面面积，按管桩直径和壁厚的理论面积计算 (mm^2)。

4.3.10 承受水平力的静压桩基础，其单桩的水平承载力应符合下列规定：

$$H_{ik} \leq R_{ha} \quad (4.3.10-1)$$

当验算与地震作用效应组合的静压桩基础水平承载力时，应满足下列要求：

$$H_{ik} \leq 1.25 R_{ha} \quad (4.3.10-2)$$

式中： H_{ik} ——相应于荷载效应标准组合时，作用于第 i 根桩桩顶的水平力 (kN)；

R_{ha} ——单桩水平承载力特征值 (kN)，按 4.3.11 条或 4.3.12 条确定。

4.3.11 静压桩基础的单桩水平承载力特征值与静压桩的规格型

号、桩周土质条件、桩顶水平位移允许值和桩顶嵌固情况等因素有关，宜通过现场单桩水平荷载试验确定。试验应按广东省标准《建筑地基基础检测规范》DBJ 15-60 执行。满足桩最小中心距的同一承台中的多桩或群桩的水平承载力特征值可视为各单桩水平承载力特征值之和。

4.3.12 当桩的水平承载力由水平位移控制，且缺少单桩水平荷载试验资料时，静压桩单桩水平承载力特征值 R_{ha} 可按下列公式估算：

$$R_{ha} = 0.75 \frac{\alpha^3 EI}{v_x} x_{0a} \quad (4.3.12)$$

式中： EI ——桩身抗弯刚度 ($\text{kN} \cdot \text{m}^2$)， $EI = 0.85 E_c I_0$ ，其中 E_c 为桩身混凝土弹性模量， I_0 为桩身换算截面惯性矩；

实心方桩的 $I_0 = W_0 b_0 / 2$ ， $W_0 = \frac{b}{6} [b^2 + 2$

$(\alpha_E - 1) \rho_g b_0^2]$ ， b 为方桩边长， b_0 为方桩边长 b 扣除两边保护层厚度的宽度， α_E 为钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值； ρ_g 为桩身配筋率；管桩

的 $I_0 = \frac{1}{2} W_0 d$ ， d 为管桩的外径， W_0 为桩身换算

截面受拉边缘的截面模量， $W_0 = \frac{\pi d}{32} [d^2 + 2 (\alpha_E$

$- 1) d_0^2 \rho_g \frac{d^2 - d_1^2}{d^2}] - \frac{\pi d_1^4}{32d}$ ， d_0 为管桩预应力钢筋

分布圆的直径， d_1 为管桩的内径， α_E 为预应力钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值， ρ_g 为管桩

的配筋率， $\rho_g = \frac{A_g}{\pi (d^2 - d_1^2) / 4}$ ，其中 A_g 为预应

力钢筋的总公称截面面积；

x_{0a} ——静压桩桩顶允许水平位移 (m)；

v_x ——静压桩桩顶水平位移系数，按表 4.3.12-1 取值；

α ——静压桩的水平变形系数 (m^{-1})：

$$\alpha = \sqrt[5]{\frac{mb_0}{E_c I}}$$

其中 m 为土的水平抗力系数的比例系数 (mN/m^4)，宜通过桩的水平荷载试验确定，当缺乏试验资料时可按表 4.3.12-2 选用； b_0 为静压桩桩身计算宽度 (m)，静压管桩的 $b_0 = 0.9 (1.5d + 0.5)$ ，静压方桩的 $b_0 = 1.5b + 0.5$ 。

表 4.3.12-1 静压桩桩顶水平位移系数 v_x

桩顶约束情况	桩的换算深度 ($\alpha \ell$)	v_x
铰 接	4.0	2.441
	3.5	2.502
	3.0	2.727
	2.8	2.905
	2.6	3.163
	2.4	3.526
刚 接	4.0	0.940
	3.5	0.970
	3.0	1.028
	2.8	1.055
	2.6	1.079
	2.4	1.095

注：当 $\alpha \ell > 4.0$ 时，取 $\alpha \ell = 4.0$ (ℓ 为静压桩的入土深度)。

表 4.3.12-2 桩侧土水平抗力系数的比例系数 m 值

序号	桩侧土类别	m (mN/m^4)	相应桩顶面处水平位移 (mm)
1	淤泥，淤泥质土	2.0~4.5	10
2	流塑 ($I_L > 1$)、软塑 ($0.75 < I_L \leq 1$) 状黏性土，松散粉土，松散粉细砂，松散或稍密填土	4.5~6.0	10
3	可塑 ($0.25 < I_L \leq 0.75$) 状黏性土，稍密粉土，中密填土，稍密细砂	6.0~10.0	10

续表 4.3.12-2

序号	桩侧土类别	m (mN/m ⁴)	相应桩顶面处 水平位移 (mm)
4	硬塑 ($0 < I_L < 0.25$)、坚硬 ($I_L \leq 0$) 状黏性土, 中密或密实粉土, 中密中 粗砂, 密实老填土	10.0~22.0	10

- 注: 1 当桩顶位移大于 10mm, m 值宜适当降低; 反之, 可适当提高;
 2 当水平荷载为长期荷载时, 应将表列数值乘以 0.4 后采用;
 3 m 值宜根据桩顶以下主要影响深度 $2(d+1)$ m 或 $2(b+1)$ m 范围内的
 地基土类别进行选取, d 为静压管桩外径, b 为静压方桩边长。

4.3.13 当静压桩桩身仅承受弯矩作用时, 应符合下列规定:

$$M \leq R_m \quad (4.3.13)$$

式中: M ——相应于荷载效应基本组合时的单桩弯矩设计值 (kN·m);

R_m ——桩身的抗弯承载力设计值 (kN·m); 静压方桩宜通过试验确定; 静压管桩当桩身不允许开裂时, 可按附录 A 表 A.0.14 的桩身抗裂弯矩除以 1.2 确定; 当桩身允许裂缝出现时, 可按附录 A 表 A.0.14 的桩身极限弯矩除以 1.6 确定。

4.3.14 当静压桩桩周土体自重固结或受地面大面积堆载影响而产生大于桩的沉降时, 应考虑由此引起的桩侧负摩擦力对桩抗压承载力的影响。当缺乏经验及实测资料、没有相似条件下的工程类比经验作参考时, 桩侧负摩擦力可按照广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 15-31 的有关规定进行估算。

4.3.15 静压桩基础的沉降不得超过建筑物的沉降允许值。当有可靠地区经验时, 对地质条件不复杂、荷载均匀、对沉降无特殊要求的静压桩基础可不进行沉降验算。下列条件之一的静压桩基础应进行沉降验算:

- 1 设计等级为甲级的静压桩基础;
- 2 体型复杂、荷载不均匀或桩端以下存在软弱土层的设计等级为乙级的静压桩基础;

3 以桩长控制的静压桩基础。

4.3.16 静压桩基础的沉降量估算方法及建筑物的沉降允许值应按广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 15—31 的有关规定执行。

4.3.17 当静压桩基础的桩端持力层为扰动后易软化的风化岩层时，设计应注意下列问题：

1 单桩承载力取值问题：单桩竖向抗压承载力特征值应按计算值乘以特种地基的折减系数 0.9~0.7；入土深度不足 9m 的桩，单桩承载力特征值宜通过试验桩确定；

2 桩尖的密封性问题：静压桩应采用封口型桩尖，焊缝应连续饱满不渗水，且宜在施压过程中往桩孔底部灌注高度为 1.5m~2.0m 的 C30 细石混凝土进行封底；

3 送桩深度控制问题：不宜超过 1.0m。

5 静压桩基础施工

5.1 一般规定

5.1.1 静压桩基础开工前应完成下列准备工作：

- 1 施工图纸会审并形成图纸会审纪要；
- 2 调查施工场地及毗邻区域内的地下和地上管线、建（构）筑物及障碍物，量测边桩与附近建（构）筑物的最短距离，判断可能影响施工或受施工影响的范围和程度，作出相应的安全技术措施；对可能受压桩施工影响范围内的建（构）筑物，应由相应资质的第三方对其检测，做好记录，作出鉴定；
- 3 处理施工场地内影响压桩的上空及地下障碍物；
- 4 平整及处理施工场地，达到地面平整、排水通畅、坡度不大于 2%；对于可能不适合压桩机正常运行的松软场地应作处理，使场地的承压能力能满足压桩机正常运行的要求；
- 5 在不受施工影响的地方设置基桩轴线的控制点和高程水准基点，且标记明显并做好保护；
- 6 编制施工组织设计或施工方案，提出静压桩施工的监测要求；
- 7 供电、供水、道路、排水、照明、临设房屋等设施能满足安全文明施工要求；
- 8 选择合适的压桩机型号及数量；压桩机进场安装就位，试运转正常；
- 9 施工现场必要的工作人员到位、配套工种齐备；并向施工人员进行技术安全交底。

5.1.2 静压桩基础施工前应具备下列文件和资料：

- 1 有关主管部门颁发的该建设项目施工许可证件；
- 2 建设场地的工程地质及水文地质资料，国土及规划部门

的测量验收报告；

3 经审查批准的静压桩基础施工图设计文件及图纸会审纪要；

4 经审查批准的施工组织设计或施工方案；

5 压桩机的技术性能资料；

6 静压桩结构配筋图、静压桩产品说明书、产品试验报告、产品合格证及现场验收资料；

7 有关静压桩承载力、施工工艺的试验资料等。

5.1.3 桩尖应根据地质条件和设计要求合理选用。桩尖的构造及材料应符合 4.2.7 条的规定，并应经监理检查。

5.1.4 当压桩施工可能影响附近建（构）筑物的正常使用和安全时，应采取有效措施减少影响。在正式施工前，应由相应资质的第三方对这些建（构）筑物进行质量安全鉴定并设点监测；必要时，应对这些建（构）筑物进行加固处理。在毗邻边坡压桩时，应随时注意压桩机运行时对边坡的影响。

5.1.5 具有刚性围护结构深基坑的静压桩工程，宜先在地面进行压桩施工然后再做围护结构和开挖土方。若基坑较深、面积较大，需要在基坑内压桩施工，必须先进行可行性研究，确定后方可进行。在基坑内压桩施工，应采取有效措施减少陷机和挤土效应所产生的各种不利影响，同时应加强对基坑边坡、围护结构和周围环境的监测。

5.1.6 静压桩基础工程的基坑开挖应符合下列规定：

1 严禁在同一个施工现场范围内边压桩边开挖基坑；

2 饱和黏性土、粉土地区的基坑开挖，宜在压桩全部完成并相隔 15d 后进行；

3 基坑开挖前，应制订合理的施工方案，采取正确的施工程序；

4 挖土宜分层均匀进行，严禁集中一处开挖；每层土宜对称开挖，桩周土体高差不宜大于 1m；开挖的土方不得堆积在基坑内，应及时外运；运土坡道应尽可能避开基桩位置或采取保护

措施；

5 当开挖深厚淤泥等软弱土地层中的基坑时，应先在基坑内进行地基加固处理，然后再用挖土机械开挖；当基坑面积较小时，可采用人工开挖，或采用桩与桩之间构件连接等措施；

6 深厚淤泥等软弱土地层中的基坑或开挖深度大于 5m 的基坑，应实施基坑工程监测。监测应按国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 执行。重点应监测基坑支护结构的变形和静压桩的水平位移；

7 严禁挖土、运土等机械碰及桩身或桩头；

8 基坑顶部边缘地带不得堆土或堆放其他重物；当基坑支护结构设计已考虑挖土机等机械的附加荷载时才允许挖土机等机械在基坑边作业。

5.1.7 施工安全、文物和环境保护等应按有关规定执行。

5.2 压桩机具

5.2.1 静力压桩设备按力源形式可分为液压式和绳索式两种；液压式压桩机按其加力部位的不同可分为顶压式液压压桩机和抱压式液压压桩机。抱压式液压压桩机按主压桩机构在桩机平面的不同位置可分为中置式液压压桩机和前置式液压压桩机。在城区内施工宜选用液压式压桩机。抱压式液压压桩机的结构见附录 C。压桩机基本参数可参阅附录 D。各种详细的技术参数可参阅生产厂的产品说明书。压桩机长船型履靴的接地压强不宜大于 100kPa；短船型履靴的接地压强不宜大于 120kPa。

5.2.2 压桩机资料必须具备下列内容：

- 1 压桩机的产品合格证及设备检测合格证明；
- 2 压桩机型号、机架重量（不含配重）、整机的额定压桩力等；
- 3 压桩机的外型尺寸及拖运尺寸；
- 4 压桩机的最小边桩距及压边桩机构的额定压桩力；
- 5 长、短船型履靴的接地压强；

- 6 夹持机构的形式；
- 7 液压油缸的数量、直径，校正或检定后的压力表读数与压桩力的对应关系；
- 8 吊桩机构的性能及吊桩能力。

5.2.3 压桩机的每件配重必须经过核实并将其重量标记在该件配重的外露表面。液压式压桩机的最大压桩力可按下列经验公式估算：

$$Y_{\max} = 0.9 (W_c + W_a) \quad (5.2.3)$$

式中： $Y_{\max}$ ——液压式压桩机最大压桩力（kN）；

W_c ——压桩机机架重量（kN）；

W_a ——压桩机配重（kN）。

5.2.4 压桩机的选择应综合考虑下列因素后确定：

- 1 性能指标应符合附录 D 的有关内容；
- 2 夹持机构应适应桩截面形状且桩身混凝土不发生夹裂现象；
- 3 压边桩的能力能满足现场施工要求；
- 4 最大压桩力应达到按 5.4.15 条所规定的终压力值。

5.2.5 送桩器应符合下列规定：

- 1 施工现场应配备专用送桩器，不得采用工程用桩做送桩器；
- 2 送桩器横截面外廓形状应与静压桩横截面外廓形状相一致；
- 3 送桩器应有足够的强度和刚度；送桩器上下两个端面应平整，并与送桩器中心轴线相垂直；送桩器长度应满足送桩深度的要求，器身弯曲度不得大于 1/1000 的送桩器长度；送桩器上应有长度尺寸标志；
- 4 施工过程中所用的送桩器宜采用端部不设套筒的送桩器；复压时所用的送桩器宜采用端部设有套筒的送桩器；
- 5 送桩器表面应有防止夹持机构打滑的设施。

5.2.6 当正常作业的压桩机不能施压工程中的边桩时，宜在压

桩机侧边装置压边桩机构来施压。

5.2.7 当设计要求或施工需要采用引孔法压桩时，应配备有效的引孔设备。

5.2.8 施工现场应根据施工需要配备诸如电焊机、气割工具、索具、撬棍、钢丝刷、锯桩机等施工机具；每台压桩机尚应配备一把长条型水准尺，可随时量测桩身的垂直度。

5.2.9 有条件时，每台压桩机上宜装置“压桩自动记录仪”，以便自动记录每根桩的入土深度和压桩力，并打印出两者的关系曲线即压桩贯入阻力曲线。

5.3 桩的吊运与堆放

5.3.1 预制钢筋混凝土方桩应达到桩身混凝土设计强度等级值的 70% 方可起吊，达到 100% 才能运输；PC 桩脱模后即可起吊，达到桩身混凝土设计强度等级值方可运输；PHC 桩从高压釜取出后即可吊运。

5.3.2 桩出厂时厂方应提供产品质量合格证，其规格、批号、制作日期应符合相应的验收批号内容。

5.3.3 桩的吊运应符合下列规定：

- 1 桩在吊运过程中应轻吊轻放，保持平稳，避免碰撞；
- 2 单节管桩可用专用吊钩钩住管桩两端内壁直接进行水平起吊，吊绳与管桩夹角应大于 45° ；单节实心方桩应采用双吊点法起吊，吊点位置应设在离桩端头 0.21 倍桩长处；
- 3 运桩宜用平板车或驳船。装运时，应采取可靠措施确保桩不发生滑动或滚动。

5.3.4 桩运至现场后，应进行检查验收，除对桩的外观质量和桩身尺寸进行检验外，重点应对桩身在运输过程中是否产生裂缝及碰伤进行检查。严禁使用质量不合格及在吊运过程中产生断裂的桩。

5.3.5 桩的现场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 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 当场地及供桩条件许可时，宜单层放置；若需叠层堆放时不宜超过 3 层；

4 叠层堆放时，应在垂直于桩长方向的地面上设置 2 道垫木，贴地垫木应有足够的宽度和高度，支点应分别位于离桩端头 0.21 倍桩长处；两支点间不得有突出地面的石块等硬物；底层最外缘的管桩应在垫木处用木楔塞紧；管桩叠层堆放时，层与层之间可不设置小型垫木；方桩叠层堆放时，层与层之间应设置小型垫木。上下层垫木应在同一垂线上；

5 垫木宜选用耐压的木质材料，不得使用有棱角的金属构件。

5.3.6 取桩应符合下列规定：

1 抱压式压桩机施工用的桩，可利用压桩机上的吊机进行吊取；顶压式压桩机施工用的桩，需另配备吊机进行吊取；

2 堆放在压桩机上吊机作业半径以外的桩，不论是单层还是叠层堆放，应另配吊机取桩，进行二次搬运，不得采用拖拉法取桩。采用机械啮合接头的管桩，宜将管桩吊运到压桩机附近后才安装连接销，然后再起吊喂桩。

5.4 压 桩

5.4.1 正式压桩施工前应完成下列准备工作：

1 压桩机运入现场安装就位后，认真检查压桩设备各部分的质量和性能，并进行试运转；

2 按附录 A 的规定检查桩身质量和桩的生产日期；

3 绘制整个工程的桩位编号图，并根据施工组织设计或施工方案确定合理可行的施工流水线路；

4 由专职测量人员测定并标出场地上的桩位，桩位偏差不得大于 20mm；若采用静压管桩，宜用石灰粉在桩位处放一个与管桩直径一样的圆圈标记；

5 在桩身上划出以米为单位的长度标记，并沿桩身从下而上标明桩的长度；

6 按规定进行静载试验桩或试压桩的试验。

5.4.2 设计阶段未做静载试验桩的工程，在正式压桩施工前必须进行试压桩。试压桩应符合下列规定：

1 试压桩数量应不少于工程桩总数的 1% 且不少于 5 根。试压桩宜选择工程桩；

2 试压桩的规格、长度及地质条件应具有代表性；

3 试压桩应选在地质勘探技术孔附近；

4 施压方法及施压条件应与工程桩施工相一致；

5 试压桩经过 24h 停歇后应进行复压。

5.4.3 试压桩完成后应提供下列信息资料：

1 压桩全过程记录，包括桩不同入土深度时的压桩力、终压力值、终压次数、最终桩长、桩端持力层等；

2 桩身混凝土经抱压后完整性的目测检查记录；

3 压桩机整体运行情况；

4 桩接头型式及接头施工记录；

5 复压资料；

6 出现异常情况的详细记录。

5.4.4 压桩路线应综合考虑下列原则后确定：

1 根据桩的密集程度及桩基础与周围建（构）筑物的关系：

1) 若桩较密集且距周围建（构）筑物较远，施工场地较开阔时，宜从中间向四周进行；

2) 若桩较密集、场地狭长、两端距建（构）筑物较远时，宜从中间向两端进行；

3) 若桩较密集且一侧靠近建（构）筑物时，宜从毗邻建（构）筑物的一侧开始由近及远地进行。

2 根据场地的工程地质条件和桩的分布情况：

1) 若场地较大且部分区域的上覆土层中含有砂（碎石、卵石）层时，宜先在含砂（碎石、卵石）层区域内施

压；

- 2) 若场地内存在 30 根桩以上的大承台时，宜先施压大承台桩后施压小承台桩；
- 3) 若场地较大、各区域桩的入土深度差别较大时，宜先施压长桩区域后施压短桩区域内的桩。

3 根据施工现场压桩机的数量：

- 1) 当工地只有一台压桩机时，压桩路线应简短，不宜交叉或重叠；
- 2) 当工地有两台或两台以上压桩机时，各机的压桩范围宜独立、分明，压桩路线不宜交叉或重叠。

5.4.5 抱压式液压压桩机的最大压桩力不宜大于桩身抱压允许压桩力；顶压式压桩机的最大压桩力或抱压式压桩机送桩时的压桩力可比桩身抱压允许压桩力大 10%。桩身抱压允许压桩力可按下列经验公式估算：

$$\text{实心方桩: } P_{j\max} = 1.05 f_c A \quad (5.4.5-1)$$

$$\text{空心方桩: } P_{j\max} = 1.00 f_c A \quad (5.4.5-2)$$

$$\text{PC 管桩: } P_{j\max} = 1.00 f_c A \quad (5.4.5-3)$$

$$\text{PHC 管桩: } P_{j\max} = 0.95 f_c A \quad (5.4.5-4)$$

式中： $P_{j\max}$ ——静压桩桩身抱压允许压桩力（kN）；

f_c ——静压桩混凝土轴心抗压强度设计值（kPa）；

A ——静压桩截面面积（ m^2 ）。

5.4.6 带有钢桩尖的静压桩，桩尖焊接应在喂桩起吊前完成，严禁喂桩后在桩身垂直状态下将桩尖托住再进行焊接的做法。钢桩尖的焊接应按 5.4.9 条或 5.4.10 条的要求进行。重要工程的钢桩尖应在工厂内完成焊接；在工地焊接时，应在桩身横卧的状态下先焊好桩尖的上半部分，再将桩身沿轴向转动 180° 后，施焊剩下的部分。焊缝应连续封闭。

5.4.7 抱压式液压压桩机压桩作业应符合下列规定：

- 1 压桩机应按 5.2.3 条及 5.4.5 条的规定安装能满足最大压桩力要求的配重；

- 2 吊桩喂桩时，单吊点位置应在距桩顶 0.3 倍桩长处；
 - 3 当压桩机上吊机进行吊桩喂桩时，严禁压桩机行走和调整；
 - 4 喂桩时，管桩桩身两侧合缝位置应放在相邻夹具的空隙处；
 - 5 压桩前，应对桩位进行校核；压桩对中时，可采用线锤法，距离偏差不宜大于 10mm；
 - 6 带有桩尖的第一节桩插入地面 0.5m~1.0m 时，应严格调整桩的垂直度，偏差不得大于 0.3%；
 - 7 压桩过程中应经常观测桩身的垂直度，垂直度偏差不宜大于 0.5%；当桩身垂直度偏差大于 0.8% 时，应找出原因并设法纠正；当桩尖进入较硬土层后，严禁用移动机架等方法强行纠偏；
 - 8 压桩过程中应注意观察桩身混凝土的完整性，一旦发现桩身裂缝或掉角，应立即停机，找出原因，采取改进措施后再施压；
 - 9 压桩时的压入速度不宜大于 1.0m/min；
 - 10 整个压桩过程中，严禁浮机；
 - 11 每一根桩应一次连续压到底，中间不得无故停歇；
 - 12 压桩时应由专职记录员及时真实地填写压桩施工记录表，并经当班监理人员和建设单位代表验证签名后才可作为有效施工记录。压桩施工记录表格式见附录 G。
- 5.4.8** 当一根桩施压完毕，露出地面的桩段必须在移机前截除。管桩应采用锯桩机截割，方桩宜用手工凿子截割，严禁利用压桩机行走的推力强行将桩扳断或用锥形物体压入管桩顶部内孔进行破碎桩头的做法。桩头截除后应采用水准仪等仪器测出其桩顶标高，待全部工程桩施压完毕，再复测一次。
- 5.4.9** 静压方桩焊接接桩除应符合国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 焊接接桩时，预埋钢板表面应保持清洁，必要时应用铁

刷子清刷；上下节桩桩顶端面平面度必须小于 0.5mm，连接件必须符合国家建筑标准设计图集《预制钢筋混凝土方桩》04G361 的设计要求；

2 当桩需要接长时，入土桩段宜高出地表 0.5m~1.0m。接桩时上下节桩应对齐，上下节桩错位偏差不得大于 2mm；上节桩应保持垂直，接头处的间隙应采用厚薄适当的铁片填实焊牢；

3 焊接宜采用手工电弧焊，应将四角点焊固定后再施焊，施焊宜由两个焊工对称进行。第一层焊缝应采用不大于 $\phi 4$ 的焊条；第二层焊缝方可采用大于 $\phi 4$ 的焊条。焊缝必须每层检查，不应有夹渣、气孔等缺陷；焊缝应连续饱满，厚度必须满足设计要求；

4 接头焊接完毕，应自然冷却 5min 后方可继续压桩，严禁用水冷却或焊好后立即施压。

5.4.10 静压管桩焊接接桩除应符合国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 当桩需要接长时，入土桩段的桩头宜高出地表（平台）0.5m~1.0m；接桩时上下节桩应保持顺直，接驳处上下节桩的端面应紧密接触，错位偏差不得大于 2mm；

2 对接前，管桩端板表面应用铁刷子清刷干净，坡口处应刷至露出金属光泽；

3 焊接宜采用二氧化碳气体保护焊，施焊时宜用两台焊机对称进行，焊缝应连续饱满；当风雨天作业时，应做好遮风挡雨的防护措施；

4 当采用手工电弧焊时，施焊宜由两个焊工对称进行。焊条宜采用 E4303 或 E4316，其质量应满足国家标准《碳钢焊条》GB/T 5117 的规定；焊接应逐层进行，层数不得少于 2 层， $\phi 400 \sim \phi 600$ 管桩宜为 2 层 3 道；第 1 层焊缝应采用不大于 $\phi 4$ 的焊条施焊，且根部必须焊透，内层焊渣必须清理干净后方能施焊外一层。焊接时间不宜过短也不宜过长，两个焊工对焊时，正常情况

下 $\phi 300$ 管桩接头焊接时间宜为8min~10min, $\phi 400$ 管桩宜为12min~15min, $\phi 500$ 管桩宜为15min~22min, $\phi 600$ 管桩宜为22min~28min。焊缝应连续饱满;

5 焊好的焊缝应自然冷却一定时间后方可继续施压: 二氧化碳气体保护焊的焊缝自然冷却时间不应少于3min; 手工电弧焊的焊缝自然冷却时间不应少于5min。严禁用水冷却或焊好后立即施压。

5.4.11 机械啮合接头接桩法采用的机械接头零部件的数量、尺寸、构造及质量等要求应符合广东省标准《预应力混凝土管桩机械啮合接头技术规程》DBJ 15-63的有关规定, 常规情况下(下节桩的顶端设连接槽, 上节桩的底端设连接销)其现场操作应按下列规定进行:

1 下节桩沉入土层后露出的桩头宜高出地面1.0m~1.5m; 当地表以下有厚度10m以上的流塑淤泥土层时, 第一节露出地面的桩头近地面处宜设置“防滑箍”;

2 连接前, 上下节桩的端板应清扫干净;

3 在上节桩吊装前拆除上节桩端板上螺栓孔中的保护块, 清洁螺栓孔使其干净无杂物, 用扳手将已涂抹上沥青涂料的连接销逐条旋入上节桩端板的螺栓孔内, 并用特制的钢模型校正板调整好连接销的方位;

4 拆除下节桩的顶端连接槽内填塞的泡塑保护块, 清洁槽孔使其干净无杂物, 在槽内注入沥青涂料, 并在桩顶端板周边抹上宽20mm、厚3mm的沥青涂料; 当地下水或地基土对管桩有中腐蚀作用时, 端板应涂满厚3mm的沥青涂料;

5 将上节桩起吊至下节桩上部, 使上节桩的下端部连接销对准下节桩顶端的连接槽口, 并徐徐下降上节桩, 使各连接销同时插入连接槽内5mm左右;

6 略为放松上节桩, 利用上节桩的自重将连接销完全插入下节桩的连接槽内。经检查接头无异样后, 便可继续施压。

5.4.12 遇下列情况之一应暂停压桩作业, 并及时与设计、勘

察、监理等研究处理：

- 1 压力表读数骤变或读数与地质报告中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 有效桩长不足 6m；
- 5 桩身混凝土出现裂缝或破碎；
- 6 沉桩过程中地下传出桩身崩裂声等异常现象；
- 7 桩头混凝土剥落、破裂；
- 8 桩身突然倾斜、跑位；
- 9 夹持机构打滑；
- 10 地面明显隆起，附近房屋及市政设施开裂受损；
- 11 邻桩上浮或桩头偏移；
- 12 压桩机下陷和倾斜等。

5.4.13 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，合格后应立即送桩；
- 2 送桩器应符合 5.2.5 条的规定；
- 3 当根据经验判断可能需要复压的静压桩基础工程，送桩深度不宜超过 1.0m；
- 4 除前款规定外，送桩深度根据需要可超过 2.0m，但不宜大于 6.0m。

5.4.14 终压标准宜根据下列条件和原则综合确定：

- 1 现场静载试验桩或试压桩的试验结果；
- 2 参考条件相似工程的施工经验；
- 3 终压力值除应满足 5.4.5 条的规定外，尚可按 5.4.15 条条文说明中列出的《静压桩竖向抗压极限承载力与终压力的经验关系公式》来估算；
- 4 终压次数应根据桩长及地质条件等因素确定，不宜超过 3 次；但对入土深度小于 9m 的短桩，终压次数可增至 3~5 次；

5 稳压时间应符合下列规定：终压力不大于 3000kN 时稳压时间不宜大于 5s；终压力大于 3000kN 时稳压时间应控制在 3s~5s。

5.4.15 当无类似工程施工经验时可参照下列终压标准：

1 对于按桩长控制的摩擦型静压桩，应按设计桩长进行终压控制，终压力值作参考；

2 对于选择持力层的端承摩擦桩或摩擦端承桩，除持力层作为定性控制外，终压标准可按下列规定执行：

- 1) 当 $6\text{m} \leq L \leq 9\text{m}$ 时 (L 为桩的入土深度)，终压力值可取桩的竖向抗压承载力特征值的 2.8~3.2 倍，终压次数为 3~5 次；
- 2) 当 $9\text{m} < L \leq 16\text{m}$ 时，终压力值可取桩的竖向抗压承载力特征值的 2.2~3.0 倍，终压次数为 3 次；
- 3) 当 $16\text{m} < L \leq 25\text{m}$ 时，终压力值可取桩的竖向抗压承载力特征值的 2.0~2.4 倍，终压次数为 2~3 次；
- 4) 当 $L > 25\text{m}$ 时，终压力值可取桩的竖向抗压承载力特征值的 2.0 倍，终压次数为 1~2 次；但桩周土为黏性土时，终压力值则可取桩的竖向抗压承载力特征值的 1.7~1.9 倍，终压次数为 1~2 次。

5.4.16 终压施工尚应符合下列规定：

1 当终压次数超过 1 次时，其间隔时间不宜大于 2min；

2 每次终压的压桩力应取终压力值。不送桩终压时，终压力不宜大于桩身抱压允许压桩力；送桩时，终压力值不宜大于桩身抱压允许压桩力的 1.1 倍；

3 当根据施压实际情况并参照 5.4.15 条确定的终压力值超出上一款的规定时，施工方应及时向设计、监理方反映，宜降低单桩竖向抗压承载力特征值。不应超压施工，不得任意增加终压次数和稳压时间。

5.4.17 桩端持力层为扰动后易软化的风化岩层的静压管桩基础应按下列规定进行施工：

1 按设计要求采用封口型桩尖。桩尖的焊接按 5.4.6 条的

规定执行；

2 当设计要求在桩孔底部灌注高 1.5m~2.0m 的 C30 细石混凝土进行封底时，应在每根桩的第一节桩入土后立即实施；

3 入土深度小于 16m 的静压管桩，为使送桩深度不超过 1.0m，应精心配桩；

4 终压力值应比由 4.3.17 条和 5.4.15 条规定所计得的预估值增大 15%~30%。

5.4.18 为减少压桩引起的挤土影响，宜采用下列一种或几种技术措施：

- 1 参照 5.4.4 条，合理安排压桩路线；
- 2 采用引孔压桩法；
- 3 设置袋装砂井或塑料排水板；
- 4 设置地下隔离墙；
- 5 开挖地面防挤沟；
- 6 控制压桩速度，限制每日压桩数量等。

5.4.19 引孔压桩法应符合下列规定：

- 1 引孔的直径、孔深宜通过试验桩的试验结果确定；
- 2 引孔宜用长螺旋钻机干作业钻孔法；引孔的垂直度偏差不宜大于 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，不宜压桩作业，必要时宜采用开口型桩尖的管桩。

5.4.20 当承台中桩数多于 30 根或场地内桩较密集且桩周土层为饱和淤泥质土、粉土或黏性土时，压桩施工时应按桩总数的 10%左右设置观测点，监测桩的上浮量及桩顶偏位值。

5.4.21 采用封口型桩尖的静压管桩终压后，施工人员应会同监理及有关人员共同将带铁丝罩的低压灯泡或孔内摄像仪放入桩孔内检查桩内壁质量，并做好记录。

5.4.22 当群桩上浮引起基桩承载力不足的工程需采用复压措施

进行补强时，应按下列要求进行：

1 复压桩的桩头应平整，埋深不宜超过 1.0m，复压前应将其清理出来；

2 场地应平整硬实，确保复压施工时压桩机不陷机；

3 送桩器套筒内应加装弹性垫层，其压实后的厚度不应少于 60mm；

4 复压力宜取终压力值；桩头略为破损者，可取两倍单桩竖向抗压承载力特征值；

5 复压施工时压桩机行走路线应简短，不宜交叉或重叠，严禁反复来回作业；

6 认真做好每根复压桩的沉降测量工作，并做好记录。

5.4.23 终压后的静压管桩顶部孔口应采取有效措施加以封堵；送桩所造成的孔洞，应立即回填密实至地表。

6 工程质量检查、检测和工程验收

6.1 压桩前对桩身及桩尖的检查 and 检测

6.1.1 静压桩运到工地后，工程监理和施工单位应对下列内容进行检查和检测：

- 1 桩规格、型号的核查；
- 2 桩的尺寸偏差、外观质量的抽检；
- 3 桩身结构钢筋的抽检；
- 4 桩堆放及桩身破损情况的检查等。

6.1.2 静压桩运入工地后，应按设计图纸、施工组织设计以及本规程 4.2 节的有关要求，对照产品的合格证、运货单及桩外壁的标志，对其规格、型号以及种类逐条进行检查。龄期不足的桩严禁使用。

6.1.3 运入工地的静压桩，应按附录 A 的有关要求，抽查其尺寸偏差、外观质量和单节长度。抽查数量不得少于桩节数量的 2% 且不得少于 2 节。当抽检结果出现一根桩节不符合质量要求时，应加倍检查，若再发现有不合格者，则该批桩不得使用并必须撤离现场。

6.1.4 当静压管桩采取焊接接头时，应按附录 A 的有关要求和行业标准《先张法预应力混凝土管桩用端板》JC/T 947 的有关规定检查桩套箍和端板的质量，重点应检查端板的材质、厚度和电焊坡口尺寸。抽检端板厚度的桩节数量不得少于桩节数量的 2% 且不得少于 2 节；电焊坡口尺寸检查应逐条进行。凡端板厚度或电焊坡口尺寸不合格的桩严禁使用。端板的材质检查可先查阅管桩或端板生产厂家所提供的材质检验报告，必要时可在工地上随机选取 2~3 个端板，送到具有金属材料检测资质的检测单位进行材质检测，若检测不合格，该批桩不得使用。

6.1.5 静压管桩结构钢筋抽检的主要内容应为预应力钢筋的数量和直径，螺旋筋的直径、间距和加密区的长度，以及钢筋的混凝土保护层厚度。每个工地抽检桩节数不应少于2根，可利用先施工的2m以上长度的余桩经人工破碎后进行检测；若工地没有余桩可利用，则应在工地上随机选取二节桩经人工破碎后检测。检测螺旋筋直径可用游标卡尺；检测螺旋筋间距和加密区长度可用钢卷尺，螺旋筋间距的检测值以加密区2.0m范围内所有螺旋筋间距值的算术平均值计；检测预应力钢筋规格可截一段钢筋称其重量；检查保护层厚度可用深度游标卡尺。检测结果应以附录A所列的有关标准来判断，凡发现有不合格者，该批桩以后不得使用。已打入的桩应采取处理措施。管桩所用预应力钢筋和螺旋筋的材质应符合现行国家有关标准的规定，检查时一般可查阅钢材生产厂的产品质量报告及管桩生产厂抽检报告，有怀疑时可送有资质的检测单位进行检测。

6.1.6 静压方桩也应按静压管桩的做法，检测受力钢筋的数量、直径、螺旋筋的直径和间距，钢筋的混凝土保护层厚度，还应检测桩接头的结构构造等。

6.1.7 运到工地的静压桩若需叠堆时，应按5.3.5条的有关要求检查堆放的场地条件、垫木材质、尺寸及位置、堆放层数等，防止静压桩受损。

6.1.8 工程监理应对静压桩的起吊进行旁站监理，当静压桩起吊就位前，应认真检查静压桩在运输、装卸、堆放过程中有否产生裂缝，严禁使用有裂缝的静压桩。

6.1.9 桩身混凝土强度等级的检查可查阅生产厂家提供的产品合格证书；当对桩身混凝土强度等级有争议时，可采用钻芯方法检测。芯样不得在施压过的静压桩上钻取。若检测不合格，该批桩不得使用。

6.1.10 桩尖的检查 and 检测，应按设计要求或4.2.7条的有关规定进行。生产厂家应提供桩尖钢材化学成分和力学性能的测试报告。桩尖的规格、构造的检查 and 验收应按设计的要求或本规程附

录 B 的要求进行。常用静压管桩的桩尖检查除应量测各尺寸外，尚可随机抽取 5% 的桩尖进行重量的检查。若单个桩尖重量达不到规定理论重量的 90% 应作不合格论。必要时应逐个检查，不合格的桩尖不得使用。

6.2 压桩过程中的工程质量和检测

6.2.1 压桩过程中工程质量和检测应包括下列内容：

- 1 桩位的复测；
- 2 压桩机具的检查；
- 3 桩身垂直度检测及桩身裂缝的监控；
- 4 桩接头施工质量监控；
- 5 终压力值、终压次数和稳压时间的监控；
- 6 压桩记录的监督和检查；
- 7 压桩对周围环境影响的监测；
- 8 基坑开挖和截桩头的监控等。

6.2.2 桩位经施工单位放线定位后，监理人员应根据 5.4.1 条的有关要求对桩位进行复核。压桩对中前，应再次进行校核。压桩过程中，应注意施工现场桩位标记的保护。

6.2.3 压桩机具的检查应根据本规程 5.2 节的有关要求进行。

6.2.4 桩身垂直度检测应按下列规定执行：

- 1 根据 5.4.7 条的有关规定，检查第一节桩定位时的垂直度；当垂直度偏差不大于 0.3% 时，方可开始施压；
- 2 根据 5.4.7 条的有关规定，在施压过程中，应经常观测桩身的垂直度。当桩身垂直度偏差大于 0.8% 时，应找出原因并设法纠正；当桩尖进入较硬土层后，严禁用移动机架等方法强行纠偏；
- 3 测量桩身垂直度可用吊线锤法。送桩前应测量一次桩身垂直度。成桩后的桩身垂直度测量应在基坑土方开挖后进行。

6.2.5 桩接头连接质量监控应符合下列规定：

- 1 焊接接头的施工应按 5.4.9 条或 5.4.10 条的规定执行，

检查和监控的内容应包括：电焊工上岗资格证书；焊条的质量和直径；电焊坡口的尺寸；焊接所用的时间；焊缝的质量；焊完后的停歇时间等；

2 机械啮合接头的施工应按 5.4.11 条的规定执行，检查和监控的内容应包括：接头零部件的数量、尺寸及质量；安装后全部连接销的方位，接头啮合后的质量等。

6.2.6 终压监控应按 5.4.13 条～5.4.16 条的有关规定执行。

6.2.7 压桩记录的审核应按下列规定执行：

1 当压桩机上配置压桩自动记录仪时，可查阅自动记录仪打印的各种压桩数据；

2 当压桩机上没有配备压桩自动记录仪时，应先检查压桩作业班组是否安排专人记录，并应监控专职记录员认真如实填好压桩记录表，检查压桩记录表是否齐全、真实、清楚；

3 每根桩经监理等人员签名确认后，方可作为有效的施工记录。

6.2.8 压桩对周围环境影响的监测应注意下列几点：

1 压桩过程中，应根据 5.4.4 条的规定和施工组织设计（施工方案）的安排，监控压桩顺序；

2 当采用引孔压桩法施工时，应按 5.4.19 条的规定进行监理；

3 压桩时应密切注意四周建（构）筑物、道路、市政设施和工地现场土体的变化，除应按 5.1.4 条和 5.4.18 条的规定作出相应的安全技术措施外，尚应及时监测其变形情况；

4 当桩较密或挤土效应明显的静压桩工程，应根据 5.4.20 条的规定设置观测点，定时检测基桩的上浮量及桩顶偏位值等。同时应根据 5.4.18 条的有关规定，控制压桩速度，限制并监控每日压桩数量。

6.2.9 终压后应按 5.4.23 条的规定，检查静压管桩顶部孔口封堵及送桩所造成的孔洞回填的情况。

6.3 压桩后成桩质量检查和检测

6.3.1 压桩后成桩质量的检查和检测应包括下列内容：

- 1 桩身垂直度检查；
- 2 截桩后的桩顶标高检查；
- 3 桩顶平面位置检查；
- 4 桩身的完整性检查与检测；
- 5 单桩承载力检测。

6.3.2 静压桩的成桩桩身垂直度检查应符合下列规定：

- 1 逐根检查；
- 2 检查方法应按 6.2.4 条的规定执行；
- 3 桩身垂直度允许偏差为 1%。

6.3.3 截桩后桩顶的实际标高与设计标高的允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ 。
桩顶标高可用水准仪或经纬仪检测。

6.3.4 设计标高处桩顶平面位置的允许偏差应符合表 6.3.4 的规定。

表 6.3.4 静压桩桩顶平面位置的允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)
单排或双排条形桩基： (1) 垂直于条形桩基纵向轴的桩 (2) 平行于条形桩基纵向轴的桩	$100 + 0.01H$ $150 + 0.01H$
承台桩数为 1~3 根的桩：	100
承台桩数为 4~16 根的桩： (1) 周边桩 (2) 中间桩	150 $d/2$ ($b/2$) 或 200 两者中较小者
承台桩数多于 16 根的桩： (1) 周边桩 (2) 中间桩	$d/3$ ($b/3$) $d/2$ ($b/2$)

注：1 d 为静压管桩的外径， b 为静压方桩的边长；

2 H 为施工现场地面标高与桩顶设计标高的距离。

6.3.5 成桩桩身完整性检查和单桩竖向抗压承载力检测应符合下列规定：

1 采用封口型桩尖且接头为电焊焊接的静压管桩基础，应在每一根桩终压后，由监理人员和施工人员用带铁丝罩的低压灯泡吊放入管桩内孔从上到下再从下到上慢慢用灯光照射管壁作目测检查，并且应用吊锤检查桩管的实际深度与沉桩的记录长度是否一致，对桩底或内壁有进泥、进水、断桩、烂桩尖等现象作详细记录；同样的检查宜在 24h 后再进行一次。有条件的工地可用孔内摄像仪进行检查；

2 符合下列条件之一的静压桩基础工程，应采用低应变动测法进行桩身完整性检测和静载荷试验进行单桩竖向抗压承载力检测：

- 1) 岩溶地区的静压桩基础；
- 2) 非岩溶地区上覆土层为淤泥等软弱土层，其下直接为中风化岩或微风化岩、或中风化岩面上只有较薄的强风化岩层的静压桩基础；
- 3) 桩端持力层为扰动后易软化的风化岩层中的静压桩基础；
- 4) 采用引孔压桩法施工的静压桩基础。

低应变动测法进行桩身完整性检测的数量不应少于总桩数的 20%；静载荷试验的抽检数量应不少于总桩数的 1%，且不得少于 3 根；当总桩数在 50 根以内时，不得少于 2 根。最大试荷不应小于设计要求的单桩竖向抗压承载力特征值的 2.0 倍；试验方法应按广东省标准《建筑地基基础检测规范》DBJ 15—60 执行。

3 对本条第 2 款规定以外的静压桩基础，应采用高应变动测法同时进行桩身完整性检测和单桩竖向抗压承载力检测。抽检桩数不应少于同条件下总桩数的 8%，且不得少于 10 根。设计等级为甲级和地质条件较为复杂的设计等级为乙级的静压桩基础工程，抽检桩数应增加 1%。其中符合下列条件之一的静压桩基础工程，抽检桩数可减少 1%：

- 1) 已按有关规范的规定对焊接接缝进行了焊缝探伤检查的静压桩基础工程；
- 2) 对于已采用孔内摄像或低压灯泡进行桩身完整性检查的桩数超过工程桩总数的 80% 且未发现明显质量缺陷的静压桩基础工程；
- 3) 施工过程中采用压桩自动记录仪进行施工记录的静压桩基础工程。

6.3.6 同条件下总桩数超过 1000 根的大型单位工程的抽检桩数可按下列规定确定：当采用高应变动测法时，每增多 1000 根桩时检测桩数可减少 0.5%，但累计减少后检测桩数不得少于总桩数的 5%；采用静载荷试验时，每增多 1000 根桩时检测桩数可减少 0.1%，但累计减少后检测桩数不得少于总桩数的 0.7%。

6.3.7 设计阶段所做的静载试验桩或采用高应变动测法检测的试压桩，如果桩身未破坏且单桩竖向抗压承载力大于等于 2 倍单桩竖向抗压承载力特征值，这类桩桩数的一半可计入同方法验收抽检数量。

6.3.8 当设计需要进行成桩的单桩水平承载力或单桩竖向抗拔承载力的检测时，抽检桩数应不少于同条件下总桩数的 1%，且不得少于 3 根。当总桩数在 50 根以内时，不得少于 2 根。检测方法应按广东省标准《建筑地基基础检测规范》DBJ 15—60 执行。

6.3.9 静压桩承载力抽检的开始时间即从成桩到开始进行高应变动测或静载试验的间歇时间应符合下列规定：对砂土，不宜少于 7d；对于粉土，不宜少于 10d；对非饱和黏性土，不宜少于 15d；对于饱和黏性土，不宜少于 25d；对于当地经验确认桩端持力层有扰动后易软化现象的风化岩层，不应少于 25d。

6.3.10 下列静压桩基础工程应在承台完成以后的施工期间及使用期间进行沉降变形观测直到沉降达到稳定标准：

- 1 设计等级为甲级的静压桩基础工程；
- 2 地质条件较复杂的设计等级为乙级的静压桩基础工程；
- 3 桩端持力层为扰动后易软化的风化岩层的静压桩基础工程。

6.4 工程验收

6.4.1 静压桩基础工程验收程序应符合下列规定：

- 1 当桩顶标高与施工现场标高基本一致时，可待全部静压桩施压完毕后一次性验收；
- 2 当需要送桩时，在送桩前应进行中间检查，合格后方可送桩；
- 3 全部静压桩施压完毕并开挖到设计标高后再进行子分部工程验收。

6.4.2 静压桩基础工程验收时应具备下列资料：

- 1 施工合同、施工许可证件、施工单位资质证书；
- 2 桩基设计文件，包括施工图、图纸会审纪要、设计变更单等；
- 3 桩位测量放线图，包括工程基线复核签证单；
- 4 工程地质和水文地质勘察报告；
- 5 经批准的施工组织设计或施工方案，包括实施中的变更资料；
- 6 静压桩出厂合格证、产品说明书；
- 7 压桩施工记录汇总，包括桩位编号图、终压力值、终压次数等；
- 8 工地用桩用材检查资料，包括桩端板和桩尖的尺寸和材质抽检，预应力钢筋和螺旋筋抽检、电焊条规格和质量检查、接头焊缝验收记录等汇总资料；
- 9 压桩工程竣工图（桩位实测偏位情况，补桩、试桩位置等）；
- 10 成桩质量检查报告（含桩顶标高、桩顶平面位置、垂直度偏差检测结果、桩身完整性检测报告等）；
- 11 单桩承载力检测报告；
- 12 质量事故处理记录；
- 13 施工技术措施记录、技术总结资料等。

附录 A 静压桩的结构构造和桩身质量要求

A.0.1 静压桩可分为静压方桩和静压管桩。

A.0.2 静压方桩可分为静压实心方桩和静压空心方桩两大类，其规格和型号应符合下列规定：

1 实心方桩（代号：ZH）按截面边长可分为 200mm×200mm、250mm×250mm、300mm×300mm、350mm×350mm、400mm×400mm、450mm×450mm、500mm×500mm 等规格；根据截面配筋率的大小分为 A 型、B 型、C 型，其中 A 型方桩的配筋率不得小于 0.6%，B 型方桩的配筋率不得小于 1.0%，C 型方桩的配筋率不得小于 1.2%；

2 空心方桩（代号：KZH）按截面边长可分为 300mm×300mm（ $\phi 150$ mm）、350mm×350mm（ $\phi 170$ mm）、400mm×400mm（ $\phi 200$ mm）、450mm×450mm（ $\phi 220$ mm）等规格；根据截面配筋率的大小分为 A 型、B 型，其中 A 型方桩的配筋率不得小于 0.6%，B 型方桩的配筋率不得小于 1.0%。

A.0.3 静压方桩所用混凝土强度等级应符合表 A.0.3 的要求。

表 A.0.3 静压方桩所用混凝土强度等级

序号	规格（mm×mm）	型号	混凝土强度等级
1	200×200	A	≥C30
2	250×250	A	≥C30
		B	≥C30
3	300×300	A	≥C30
		B	≥C30
		C	≥C40

续表 A.0.3

序号	规格 (mm×mm)	型号	混凝土强度等级
4	350×350	A	≥C30
		B	≥C30
		C	≥C40
5	400×400	A	≥C30
		B	≥C30
		C	≥C40
6	450×450	A	≥C30
		B	≥C30
		C	≥C40
7	500×500	A	≥C30
		B	≥C30
		C	≥C40

A.0.4 静压方桩纵向受力钢筋的混凝土保护层厚度不得小于40mm。

A.0.5 静压方桩钢筋骨架的纵向受力钢筋连接宜采用对焊或电弧焊，纵向受力钢筋接头的配置应符合下列规定：

1 当采用闪光对焊或电弧焊时，同一截面内焊接接头的截面面积不得超过50%；如采用双面搭接焊时，搭接长度不得小于纵向受力钢筋直径的5倍；

2 相邻两根纵向受力钢筋接头截面的距离应大于35倍纵向受力钢筋的直径，并不应小于500mm；

3 在桩顶桩尖各2m范围内的纵向受力钢筋不宜有接头；

4 同一纵向受力钢筋不宜设置两个以上的接头。

A.0.6 静压方桩的分节长度应根据施工运输条件及吊机吊装能力确定，一般不宜超过12m；静压方桩喂桩时宜采用单点起吊，且起吊点应设在距桩顶0.3倍桩长处。

A.0.7 静压管桩的规格和型号应符合下列规定：

1 按外径可分为 300mm、400mm、500mm、600mm 和 700mm、800mm、1000mm、1200mm、1300mm、1400mm 等规格，建筑工程中常用静压管桩的规格为 300mm、400mm、500mm 和 600mm。

2 按混凝土有效预压应力值可分为 A 型、AB 型、B 型和 C 型，其有效预压应力值应分别为 4.0N/mm^2 、 6.0N/mm^2 、 8.0N/mm^2 和 10.0N/mm^2 ，且其抗弯性能必须达到现行国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476 的有关规定。常用静压管桩的抗裂弯矩和极限弯矩可查阅表 A.0.14 的规定。

A.0.8 常用静压管桩的基本尺寸应符合表 A.0.8 的规定。

表 A.0.8 常用静压管桩的基本尺寸

外径 d (mm)	型号	壁厚 t (mm)		单节桩长 L (m)	外径 d (mm)	型号	壁厚 t (mm)		单节桩长 L (m)	
		PC	PHC				PC	PHC		
300	A	70		≤ 11	500	A	100 125		≤ 14	
	AB					AB			≤ 15	
	B					B				
	C					C				
400	A	95		≤ 12	600	A	110 130		≤ 15	
	AB			≤ 13		AB				
	B					B				
	C					C				

A.0.9 静压管桩的预应力钢筋应采用预应力混凝土用钢棒，其质量应符合国家标准《预应力混凝土用钢棒》GB/T 5223·3 中螺旋槽钢棒（代号 HG）的规定。管桩预应力钢筋应沿其分布圆周均匀配置，最小配筋率为 0.4%，且不得少于 6 根。常用静压管桩的预应力钢筋直径和数量不得低于表 A.0.9 的规定。

表 A.0.9 常用静压管桩的预应力钢筋配置表

外径 d (mm)	壁厚 (mm)	单节桩长 (m)	型号	预应力钢筋根数 和直径 ($n \times \phi$)	钢筋分布圆 直径 d_p (mm)	最小配筋 面积 (mm^2)
300	70	≤ 11	A	$6 \phi 7.1$	230	240
			AB	$6 \phi 9.0$		384
			B	$8 \phi 9.0$		512
			C	$8 \phi 10.7$		720
400	95	≤ 12	A	$10 \phi 7.1/7 \phi 9.0$	308	400 (448)
			AB	$10 \phi 9.0/7 \phi 10.7$		640 (630)
		≤ 13	B	$10 \phi 10.7$		900
			C	$13 \phi 10.7$		1170
500	100	≤ 14	A	$11 \phi 9.0$	406	704
		≤ 15	AB	$11 \phi 10.7$		990
			B	$11 \phi 12.6$		1375
			C	$13 \phi 12.6$		1625
	125	≤ 14	A	$12 \phi 9.0$	406	768
		≤ 15	AB	$12 \phi 10.7$		1080
			B	$12 \phi 12.6$		1500
			C	$15 \phi 12.6$		1875
600	110	≤ 15	A	$14 \phi 9.0$	506	896
			AB	$14 \phi 10.7$		1260
			B	$14 \phi 12.6$		1750
			C	$17 \phi 12.6$		2125
	130	≤ 15	A	$16 \phi 9.0$	506	1024
			AB	$16 \phi 10.7$		1440
			B	$16 \phi 12.6$		2000
			C	$20 \phi 12.6$		2500

- 注：1 表中预应力钢筋的直径均用公称直径表示（详见附录 A 中的 A.0.13 条）；
- 2 管桩单节长度不宜超过表中规定值，以便于用吊钩两端起吊。若超过表中规定值，应增添钢筋，并应进行结构验算和试验验证。选用静压管桩的最大单节长度时，尚应考虑喂桩时吊机的吊装能力；
- 3 若管桩采用不同于表中规定的预应力钢筋直径时应进行等量代换，代换要求应符合附录 A 中的 A.0.13 条的规定。

A. 0. 10 静压管桩所用螺旋筋宜采用低碳钢热轧圆盘条或混凝土制品用低碳冷拔钢丝，其质量应分别符合《低碳钢热轧圆盘条》GB/T 701 或《混凝土制品用冷拔低碳钢丝》JC/T 540 的有关规定。静压管桩端板性能应符合行业标准《先张法预应力混凝土用端板》TC/T 947 的规定，材质应采用 Q235B，其厚度不得低于表 A. 0. 10 的有关规定。

表 A. 0. 10 端板最小厚度 t_s

钢筋直径 (mm)	7. 1	9. 0	10. 7	12. 6
端板最小厚度 (mm)	16	18	20	24

A. 0. 11 静压管桩的构造要求应符合国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476 的规定。常用静压管桩的构造要求除预应力钢筋和端板外尚应符合表 A. 0. 11 的规定。

表 A. 0. 11 常用静压管桩的构造要求 (mm)

外径 d	常用 壁厚 t	螺旋筋				端板坡口 $w \times I_a$	桩套箍		
		直径	桩端加密区 L_1		非加密 区 L_2		板厚 t_1	套箍 高 h_1	搭接 长度 h_2
			间 距	长 度	间 距				
300	70	≥ 4.0	45 ± 5	2000	80 ± 5	4.0×9	≥ 1.4	≥ 110	5~7
400	95	≥ 4.0	45 ± 5	2000	80 ± 5	4.5×10	≥ 1.4	≥ 110	5~7
500	100	≥ 5.0	45 ± 5	2000	80 ± 5	4.5×11	≥ 1.4	≥ 125	5~7
	125								
600	110	≥ 5.0	45 ± 5	2000	80 ± 5	4.5×12	≥ 1.4	≥ 125	5~7
	130								

- 注：1 桩套箍材质的性能应符合国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 中 Q235 的规定；
2 桩套箍与端板的连接可采用焊接法，也可采用机械挤压嵌入法。当采用焊接法连接时，焊接应连续施焊，不得采用点焊，焊渣应全部清除。当采用机械挤压嵌入法时，端板厚度不得小于 18mm；
3 坡口尺寸中的 W 为坡口外边缘处的最大高度； I_a 为坡口平面上径向的最大深度。

A. 0. 12 静压管桩预应力钢筋的内外混凝土保护层，除 $\phi 300$ 管桩不得小于 25mm 外，其余规格的管桩不得小于 40mm。用于强腐蚀环境下的管桩，可根据设计要求采取增加保护层厚度等措施。

A. 0. 13 预应力钢筋代换应符合下列规定：

1 代换钢筋的公称截面总面积不得小于表 A. 0. 13 规定值所算得的最小配筋面积；

2 预应力钢筋的几何特征、理论重量和允许最小重量应符合表 A. 0. 13 的规定。

表 A. 0. 13 预应力钢筋的几何特征、理论重量和允许最小重量

公称直径 (mm)	基本直径及允许 偏差 (mm)	公称截面面积 (mm ²)	最小截面 面积 (mm ²)	理论重量 (kg/m)	允许最小重量 (kg/m)
7. 1	7. 25 $\pm$ 0. 15	40. 0	39. 0	0. 314	0. 306
9. 0	9. 15 $\pm$ 0. 20	64. 0	62. 4	0. 502	0. 490
10. 7	11. 10 $\pm$ 0. 20	90. 0	87. 5	0. 707	0. 687
12. 6	13. 10 $\pm$ 0. 20	125. 0	121. 5	0. 981	0. 954

注：1 公称直径：设计采用的直径，按有效面积换算成圆形光面钢筋的直径；

2 基本直径：钢筋的外接圆直径；

3 允许偏差：钢筋外接圆直径的偏差；

4 公称截面面积：按公称直径计算的截面面积。

A. 0. 14 常用静压管桩的抗弯性能指标（抗裂弯矩和极限弯矩）不得低于表 A. 0. 14 的有关规定。

A. 0. 15 静压管桩的分节长度除应符合国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476 或表 A. 0. 8 或表 A. 0. 9 的有关规定外，尚应根据施工运输条件及喂桩时吊机的吊装能力确定。

表 A.0.14 常用静压管桩的抗弯性能

外径 d (mm)	型号	壁厚 t (mm)	抗裂弯矩 (kN·m)	极限弯矩 (kN·m)
300	A	70	25	37
	AB		30	50
	B		34	62
	C		39	79
400	A	95	54	81
	AB		64	106
	B		74	132
	C		88	176
500	A	100	103	155
	AB		125	210
	B		147	265
	C		167	334
	A	125	111	167
	AB		136	226
	B		160	285
	C		180	360
600	A	110	167	250
	AB		206	346
	B		245	441
	C		285	569
	A	130	180	270
	AB		223	374
	B		265	477
	C		307	615

A. 0. 16 静压方桩宜在具有合格资质的专门工厂制作，且方桩的外观质量要求与检查方法应满足表 A. 0. 16 的规定。

表 A. 0. 16 静压方桩的外观质量要求与检查方法

项 目	质量要求	检测方法
露 筋	不应有	目测
孔 洞	不应有	目测
蜂 窝	桩顶及桩尖处不应有，局部蜂窝不超过全部桩体表面积的 0.5%，并不得过分集中	目测
裂 缝	宽度不得大于 0.25mm，横向裂缝不超过边长的一半	目测并用尺、刻度放大镜量测
桩端混凝土疏松	不应有	目测
外形缺陷	不宜有，局部掉角深度不得大于 10mm	目测
空心方桩内表面混凝土塌落	不应有	目测

A. 0. 17 静压方桩单节桩各部位的尺寸验收标准应符合表 A. 0. 17 的规定。

表 A. 0. 17 静压方桩的尺寸允许偏差与检查方法

序号	项目	允许偏差 (mm)	检测方法	测量工具分度值 (mm)
1	桩长	±20	用钢卷尺测量	1
2	横截面边长	±5	用钢尺量测截面四条边	1
3	桩顶对角线之差	≤10	用钢直尺量测桩顶两个对角线	1
4	保护层厚度	±5	用钢尺或钢筋保护层厚度测定仪器量测	1

表 A. 0. 17

序号	项目	允许 偏差 (mm)	检测方法	测量工具 分度值 (mm)
5	桩身弯曲度	$\leq l/1000$	将拉线紧靠桩的两端部，用钢直尺测量其弯曲处的最大距离	1
6	桩尖中心线	<10	用钢直尺量，纵横两个方向中心线，取其中较大值	1
7	桩端面倾斜	$<0.5\%b$	用钢直角靠尺量测	1

A. 0. 18 本规程未作规定的方桩质量的其他要求，应符合行业标准《预制钢筋混凝土方桩》JC 934 和国家建筑标准设计图集《预制钢筋混凝土方桩》04G361 的相关规定。

A. 0. 19 静压管桩的外观质量的验收标准应符合表 A. 0. 19 的规定。

表 A. 0. 19 静压管桩外观质量的验收标准

序号	项 目	外观质量要求
1	粘皮和麻面	局部粘皮和麻面累计面积不应大于桩总外表面积的 0.5%；每处粘皮和麻面的深度不应大于 5mm，且应修补
2	桩身合缝漏浆	漏浆深度不应大于 5mm，每处漏浆长度不应大于 300mm，累计长度不应大于管桩长度的 10%，或对称漏浆的搭接长度不应大于 100mm，且应修补
3	局部磕损	局部磕损深度不应大于 5mm，每处面积不得大于 50cm ² ，且应修补
4	内外表面露筋	不允许
5	表面裂缝	不得出现环向和纵向裂缝，但龟裂、水纹和内壁浮浆层中的收缩裂纹不在此限
6	桩端面平整度	管桩端面混凝土和预应力钢筋锚头不得高出端板平面

续表 A. 0. 19

序号	项 目		外观质量要求
7	断筋、脱头		不允许
8	桩套箍凹陷		凹陷深度不应大于 10mm
9	内表面混凝土塌落		不允许
10	接头、桩套箍与桩身结合面	漏 浆	漏浆深度不应大于 5mm，漏浆长度不应大于周长的 1/6，且应修补
		空洞和蜂窝	不允许

注：用于设计等级为甲级管桩基础工程或中、强腐蚀性环境下的静压管桩不允许桩身合缝处、桩套箍与桩身结合面处有修补过的漏浆缝。

A. 0. 20 静压管桩单节各部位的尺寸允许偏差与检查方法应符合表 A. 0. 20 的规定。

表 A. 0. 20 静压管桩的尺寸允许偏差与检查方法

序号	项 目		允许偏差值 (mm)	检查工具与检查方法	测量工具分度值 (mm)
1	长度 L		$\pm 0.5\%L$	用钢卷尺测量，精确至 1mm	1
2	端部倾斜		$\leq 0.5\%d$	将直角靠尺的一边紧靠桩身，另一边与端板紧靠，测其最大间隙处，精确至 1mm	0.5
3	外径 d	≤ 700	$+5, -2$	用卡尺或钢直尺在同一断面测定相互垂直的两直径，取其平均值，精确至 1mm	1
4	壁厚 t		$+20$ 0	用钢直尺在同一断面相互垂直的两直径上测定四处壁厚，取其平均值，精确至 1mm	0.5
5	保护层厚度		$+5$ 0	用深度游标卡尺在管桩的中间同一圆周垂直方向的四处不同部位测量，精确至 0.1mm	0.05
6	桩身弯曲度		$\leq L/1000$	将拉线紧靠桩的两端部，用钢直尺测量其弯曲处的最大距离，精确至 1mm	0.5

表 A. 0. 20

序号	项 目	允许偏差值 (mm)	检查工具与检查方法	测量工具 分度值 (mm)
7	端 板	端面 平面 度	将钢直尺立起横放在端板上， 然后慢慢旋转 360°，用塞尺测量 最大间隙，精确至 0.1mm	0.02
		外 径	用钢卷尺在两个互相垂直的方 向上进行测量，取其平均值，精 确至 1mm	1
		内 径		
		厚 度	用游标卡尺在互相垂直的两直 径处量测端板厚度，取其平均 值，精确至 0.5mm	0.05
8	椭圆度	≤5mm	用大卡尺在管桩两端 1m 处及 桩中点，量出桩身合缝处的直径 与其垂直方向的直径之差，取其 平均值，精确至 1mm	1

注：表内尺寸以管桩设计图纸为基准。

A. 0. 21 用于抱压式压桩机施工用的管桩尺寸允许偏差除应符合表 A. 0. 20 的规定外，其横截面的椭圆度及沿桩身长度方向上的表面平整度尚应符合下列规定：

1 桩身合缝处的直径与其相垂直方向的直径之差不应大于 5mm；

2 钢模板环向连接处的桩身混凝土应平整，不得有显明的竹节状。

A. 0. 22 本规程未作规定的管桩质量的其他要求及离心混凝土强度等级评定方法，应符合国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476 的有关规定。

附录 B 常用静压管桩的桩尖构造图

B. 0. 1 平底十字型桩尖构造见图 B. 0. 1 和表 B. 0. 1。

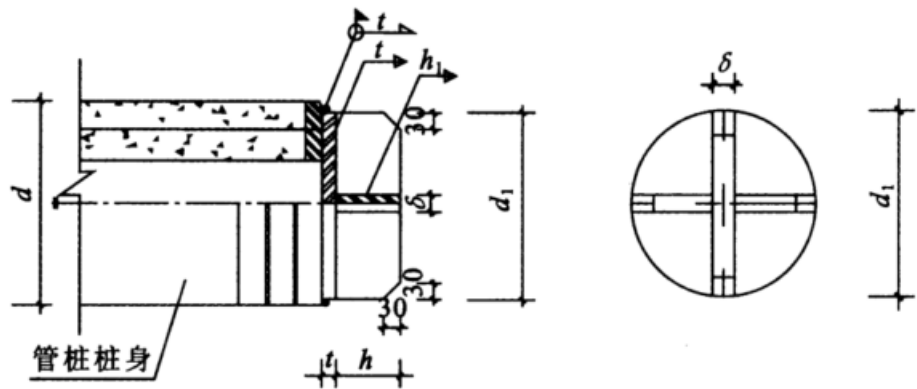


图 B. 0. 1 平底十字型桩尖

表 B. 0. 1 平底十字型桩尖构造尺寸 (mm)

d	d_1	h	δ	t	h_1	净重 (kg/个)
300	270	80	14	8	12	8. 0
400	350	100	16	8	14	14. 4
500	450	110	16	10	14	24. 5
600	540	125	18	12	16	40. 1

B. 0. 2 尖底十字 I (Ⅱ) 型桩尖构造见图 B. 0. 2 和表 B. 0. 2。

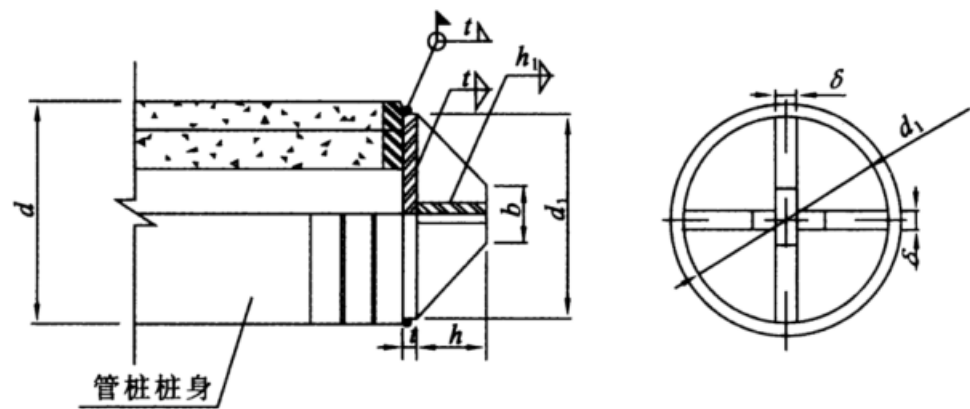


图 B. 0. 2 尖底十字 I (Ⅱ) 型桩尖

表 B.0.2 尖底十字 I (II) 型桩尖构造尺寸 (mm)

d	d_1	h	b	δ	t	h_1	净重 (kg/个)
300	270	70 (100)	60	14	8	12	6.0 (7.5)
400	350	100 (135)	80	16	8	14	11.2 (13.1)
500	450	110 (175)	100	16	10	14	19.9 (25.6)
600	540	125 (210)	120	18	12	16	32.9 (40.6)

注：括号内数字为 II 型，适用于持力层岩面较陡 ($\geq 30^\circ$) 的情况。

B.0.3 锯齿十字型桩尖构造见图 B.0.3 和表 B.0.3。

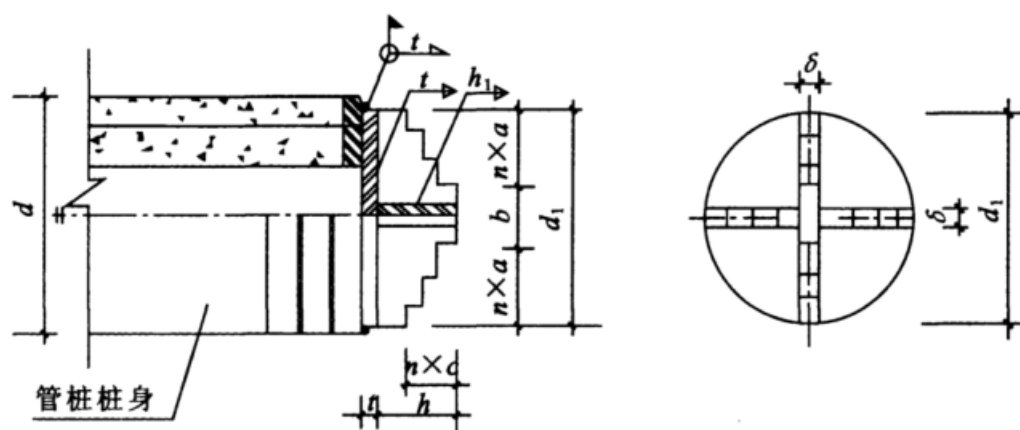


图 B.0.3 锯齿十字型桩尖

表 B.0.3 锯齿十字型桩尖构造尺寸 (mm)

d	d_1	h	n	a	b	c	δ	t	h_1	净重 (kg/个)
300	270	105	2	45	80	35	14	8	12	6.8
400	350	135	2	50	110	45	16	8	14	12.4
500	450	180	3	55	120	45	16	10	14	23.1
600	540	220	3	65	150	55	18	12	16	39.4

B.0.4 四棱锥型桩尖构造见图 B.0.4 和表 B.0.4。

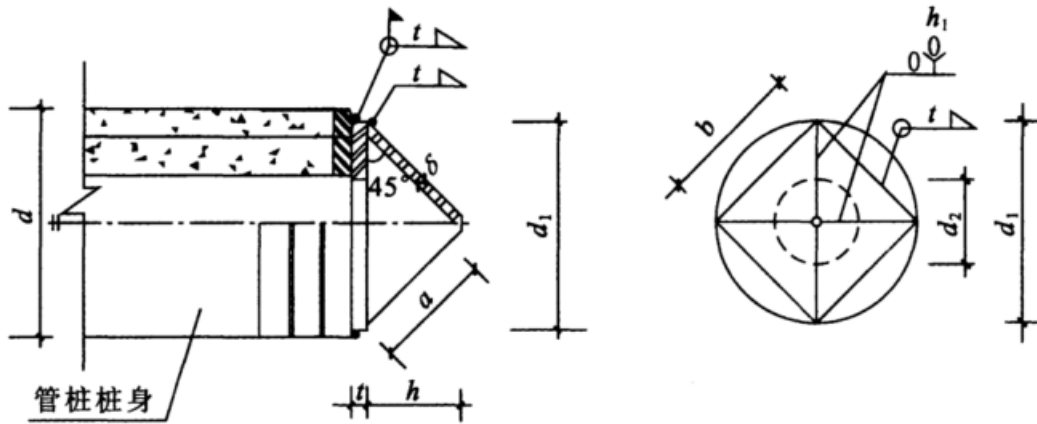


图 A.0.4 四棱锥型桩尖

表 B.0.4 四棱锥型桩尖构造尺寸 (mm)

d	d_1	d_2	h	a	b	δ	t	h_1	净重 (kg/个)
300	270	100	135	184	184	10	8	14	8.5
400	350	120	175	247	247	10	8	14	14.4
500	450	150	225	318	318	12	10	17	29.0
600	540	200	270	382	382	14	10	20	45.7

注：必要时桩尖内可灌 C30 混凝土填实。

B.0.5 六棱锥型桩尖构造见图 B.0.5 和表 B.0.5。

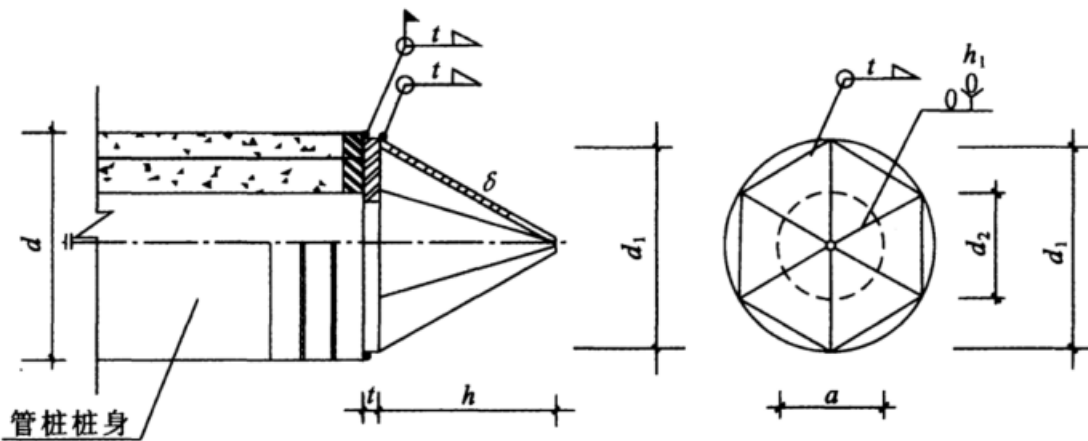


图 B.0.5 六棱锥型桩尖

表 B.0.5 六棱锥型桩尖构造尺寸 (mm)

d	d_1	d_2	h	a	δ	t	h_1	净重 (kg/个)
300	270	100	180	120	10	8	14	9.2
400	350	120	240	165	10	8	14	16.4
500	450	150	310	215	12	10	17	33.4
600	540	200	375	260	14	10	20	53.5

注：必要时桩尖内可灌 C30 混凝土填实。

B.0.6 H 钢 1 型桩尖构造见图 B.0.6 和表 B.0.6。

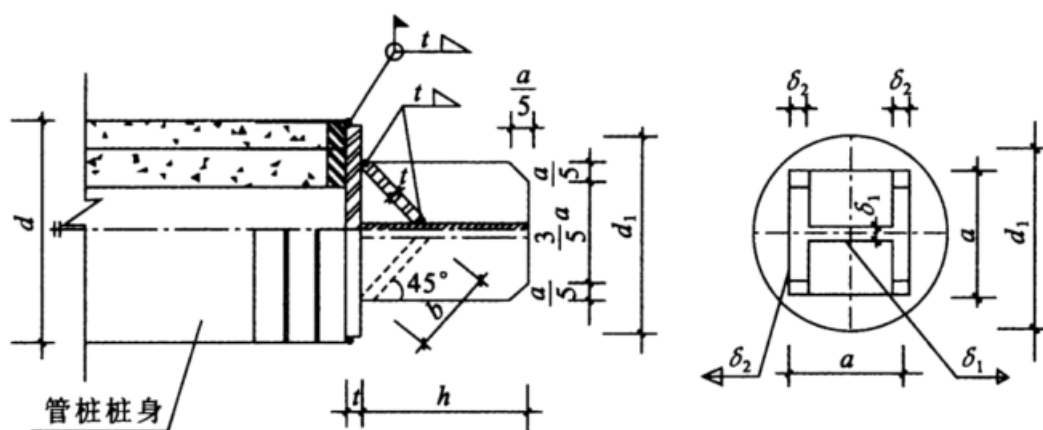


图 B.0.6 H 钢 1 型桩尖

表 B.0.6 H 钢 1 型桩尖构造尺寸 (mm)

d	d_1	h	a	b	HW 型钢	δ_1	δ_2	t	净重 (kg/个)
300	270	150	200	130	200×200	8	12	8	13.7
400	350	200	250	163	250×250	9	14	8	24.5
500	450	230	300	198	300×300	10	15	10	41.8
600	540	250	350	232	350×350	12	19	12	65.7

B.0.7 H 钢 2 型桩尖构造见图 B.0.7 和表 B.0.7。

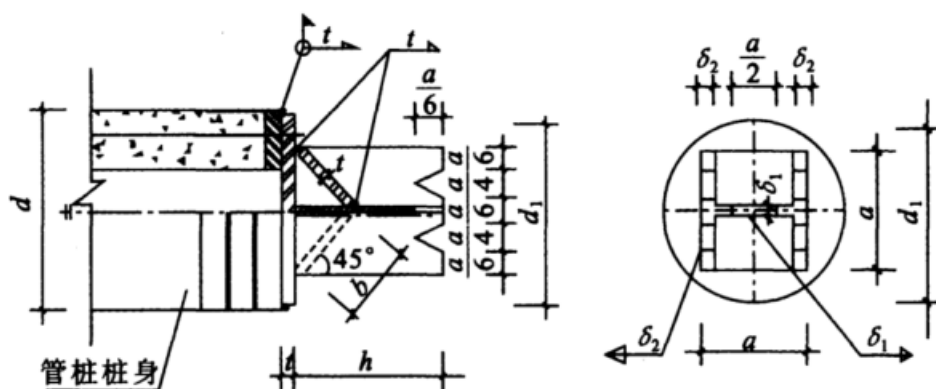


图 B.0.7 H 钢 2 型桩尖

表 B.0.7 H 钢 2 型桩尖构造尺寸 (mm)

d	d_1	h	a	b	HW 型钢	δ_1	δ_2	t	净重 (kg/个)
300	270	150 (120)	200	130	200×200	12	12	8	14.5 (12.9)
400	350	200 (150)	250	163	250×250	14	14	8	26.1 (22.1)
500	450	230 (150)	300	198	300×300	15	15	10	44.0 (35.8)
600	540	250 (150)	350	232	350×350	19	19	12	69.6 (54.5)

注： h 括号内的桩尖高度较短，适合于岩溶地区的静压桩。

B.0.8 开口型桩尖构造见图 B.0.8 和表 B.0.8。

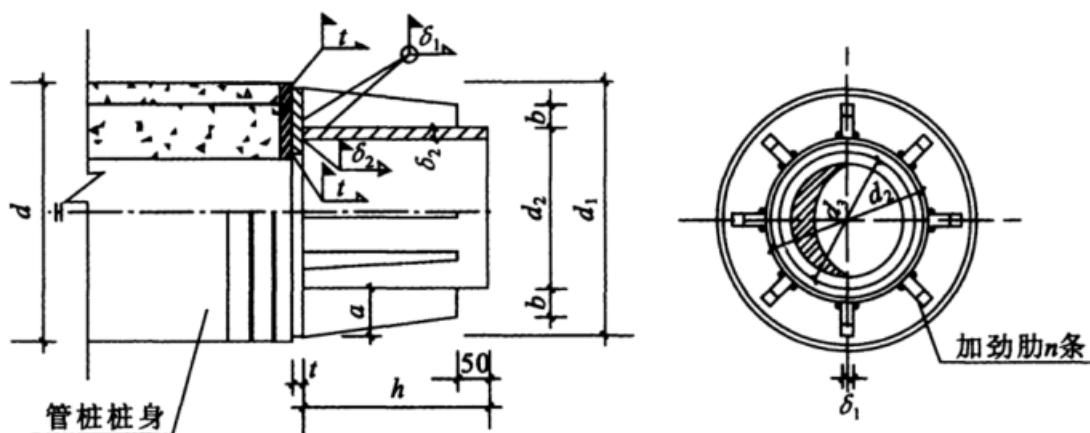


图 B.0.8 开口型桩尖

表 B.0.8 开口型桩尖构造尺寸 (mm)

d	d_1	d_2	d_3	h	a	b	δ_1	δ_2	t	n	净重 (kg/个)
$\phi 300$	270	219	180	150	25	15	10	10	8	4	10.4
$\phi 400$	350	299	250	200	30	20	12	10	8	5	19.0
$\phi 500$	450	377	300	230	30	20	14	12	10	6	34.8
$\phi 600$	540	480	400	250	30	20	14	12	12	8	49.0

附录 C 抱压式液压压桩机结构示意图

抱压式液压压桩机结构见图 C。

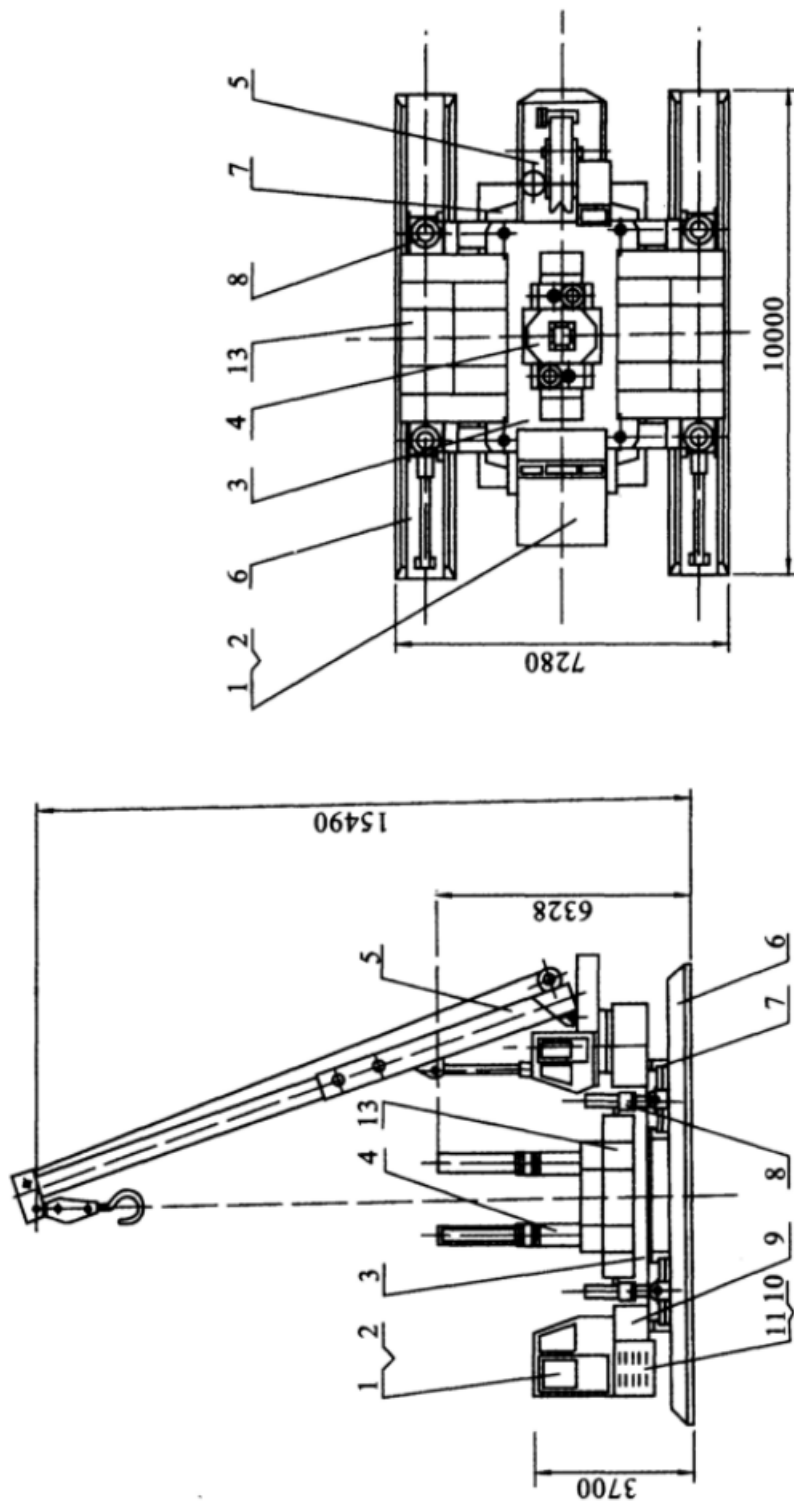


图 C 抱压式液压压桩机结构示意图

1-司机室;2-操作台;3-机身;4-压桩机;5-起重机构;6-纵向移动机构;7-横向移动及回钻机构;8-升降机构;9-油箱;
10-动力室;11-泵站;12-液路管;13-配重;14-电气系统

附录 D 压桩机基本参数表

压桩机基本参数见表 D。

表 D 压桩机基本参数表

型 号	最大压桩力 (kN)	压桩速度 (m/min)	压桩行程 (m)	履靴每次回转角度 (°)	整机质量 (不含配重) (t)
YZY120	1200	≥1.8	≥1.5	≥14	≤60
YZY160	1600				≤80
YZY200	2000				≤90
YZY240	2400			≥10	≤110
YZY280	2800				≤120
YZY320	3200	≤125			
YZY360	3600	≤130			
YZY400	4000	≤140			
YZY450	4500	≤150			
YZY500	5000	≤160			
YZY550	5500	≤170			
YZY600	6000	≤180			
YZY700	7000	≥1.3			≤190
YZY800	8000				≤200

注：压桩机的接地压强、行走速度、压桩速度、压桩行程、工作吊机性能、主机外型尺寸及拖运尺寸等具体参数各厂不同，可参阅各厂的压桩机说明书。

附录 E 选择静力压桩机参考表

选择静力压桩机参考表 E。

表 E 选择静力压桩机参考表

压桩机型号 项目		160~180	240~280	300~380	400~460	500~600
最大压桩力 (kN)		1600~1800	2400~2800	3000~3800	4000~4600	5000~6000
适用 管桩	最小桩径 (mm)	300	300	400	400	500
	最大桩径 (mm)	400	500	500	500	600
适用 方桩	最小边长 (mm)	300	350	350	400	450
	最大边长 (mm)	400	450	450	500	500
单桩承载力特征 值 (kN)		500~1000	800~1500	1000~1900	1500~2500	1800~2800
桩端持力层		中密~密 实砂层、 硬塑~坚 硬黏土 层、残积 土层	密实砂 层、坚硬 黏土层、 全风化岩 层	密实砂 层、坚硬 黏土层、 全风化岩 层	密实砂 层、坚硬 黏土层、 全风化岩 层、强风 化岩层	密实砂 层、坚硬 黏土层、 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	30~45	30~50
穿透中密~密实 砂层厚度 (m)		约 1.5	1.5~2.5	2~3	2~4	3~5

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：

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”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的：

采用“可”。

2 规程中指明应按其他有关标准执行时，写法为：“应符合……的规定（要求）”或“应按……执行”。

广东省标准

静压预制混凝土桩基础技术规程

DBJ/T 15—94—2013

条文说明

目 次

1	总则	79
2	符号和术语	91
2.1	术语	91
3	静压桩基础的岩土工程勘察	94
4	静压桩基础设计	97
4.1	一般规定	97
4.2	桩的种类、连接及选用	99
4.3	桩基计算	107
5	静压桩基础施工	118
5.1	一般规定	118
5.2	压桩机具	121
5.3	桩的吊运及堆放	122
5.4	压桩	124
6	工程质量检查、检测和工程验收	133
6.1	压桩前对桩身及桩尖的检查 and 检测	133
6.2	压桩过程中的工程质量检查和检测	134
6.3	压桩后成桩质量检查与检测	135

1 总 则

1.0.1 静力压桩是借助压桩机的自重和配重，通过卷扬机滑轮组或液压油缸的作用，对预制桩施加持续静压力，将其压入地基土层中的一种施工方法。压桩机分为绳索式压桩机和液压式压桩机；目前使用最多的是全液压式静力压桩机。

静压桩具有：（1）静压施工基本无噪声，适宜在城市内作业；（2）静压施工无振动，适宜在危房、精密仪器房附近及河口岸边等地区施工；（3）静压用的预制桩可工厂化预制，桩身质量较有保证；（4）施工过程中可观测记录压桩阻力，了解整个沉桩过程，有经验的工程技术人员尚可预估桩的承载力；（5）自动化操作程度高，施工速度快；（6）送桩较深；（7）施工文明、场地清洁等优点，是一种比较环保的施工法。预制混凝土桩的沉桩方式有五六种之多，但在我国用得最多的是两种：锤击贯入法和静力压桩法。在城市内静压桩用得较多，在郊区、农村、新开发区，锤击桩用量较大。据初步统计，目前广东采用锤击法施工的筒式柴油锤数量超过 2000 个，用于静压法施工的全液压式压桩机数量超过 1000 台，其中锤击沉桩和静压沉桩所占的比例大概各占一半。由于两者沉桩方法差异较大，所以广东省将锤击沉桩和静压沉桩编成两部不同的规程。其中广东省标准《锤击式预应力混凝土管桩基础技术规程》DBJ/T 15—22—2008 已公布实施，本规程取名《静压预制混凝土桩基础技术规程》，是针对静压预制混凝土桩基础的岩土勘察、设计、施工、检查、检测而编制的，两个规程有不少相同点，也有许多不同点，在阅读过程中宜参照对照。静压预制混凝土桩不仅仅指预应力管桩，还包括预制钢筋混凝土方桩。

两种不同施工方法的桩基础，其主要不同点列举如下：

1 施工机具不同：锤击法施工机具主要包括打桩锤和打桩

机两大部分，常用的打桩锤有柴油锤和液压锤。静压法施工是通过静力压桩机以机身自重和机架上配重作为反力将预制桩压入地基土层中，其中全液压抱压式压桩机占了绝大多数。

2 对施工场地的要求不同：打桩机重量相对于压桩机还是较轻的，因此打桩机对施工场地要求相对较低；静力压桩机由于自重和配重较大，如果场地的地基承载力特征值 $\leq 120\text{kPa}$ ，容易发生陷机。因此，对于地表土为软弱土层的场地在静压施工前应进行加固处理。

3 对桩身外型的要求不同：压桩施工对桩的质量要求较高，尤其是预应力管桩的外形，要求不得有明显的竹节状，桩身合缝处直径与其垂直方向直径偏差要求不大于 5mm 。另外为避免过大的抱压力将静压桩夹至破裂，施工时还需对桩身抱压压桩力加以一定限制。

4 穿透岩土层能力不同：打桩锤击力属冲击动力，预制桩在强力冲击下具有较强的穿透能力，锤击桩尤其是锤击管桩的桩尖可进入 $N'=50\sim 60$ 的强风化岩 $1\text{m}\sim 2\text{m}$ ；压桩力则属静力，造成桩的穿透能力相对较小，静压桩一般只能压入 $N'=50$ 的强风化岩面；当地质条件大致相同时，静压桩的成桩长度通常会比锤击桩短 $1\text{m}\sim 2\text{m}$ ，有时甚至短 $3\text{m}\sim 4\text{m}$ 。

5 成桩后桩身质量不相同：打桩容易击碎桩头和桩身，并对电焊接头质量影响较大一些；压桩时有可能会夹伤桩身混凝土，但对电焊接头损伤较小。

6 单桩承载力不同：一般来说，桩长小于 16m 的桩尤其是 $\leq 9\text{m}$ 的短桩，静压桩的竖向抗压承载力要比锤击桩小，大约小 $10\%\sim 30\%$ 。

7 对地质条件的适应性不同：自上而下均为中密或中密以上砂层的地质条件宜采用锤击桩；在“上软下硬，软硬突变”的地层或岩面起伏不大的石灰岩地区不宜采用锤击桩，但有采用静压桩成功的实例。

8 对环境的影响不同：锤击桩施工时会产生油烟、噪声、

振动和挤土等影响，尤其是噪声可高达 130dB 以上；静压法施工除了挤土外基本可消除上述影响。

9 对边桩施工的要求不同：打桩机较灵活，与建筑物相距仅约 1.0m 的边桩均可施打，而静力压桩机则占地面积较大，一般仅可施压与已有建筑物相距 4.0m 以上的桩，由于压边桩机构的发明及应用，现在压桩机可压与已有建筑物相距仅 0.6m~0.7m 的桩。

10 对送桩深度的要求不同：打桩施工时送桩深度一般要求不超过 2m；静压施工时送桩深度允许加大到 6m。

11 设计选桩的要求不同：锤击桩基础设计时为了充分发挥每根桩的承载力，单个工程可选用各种不同直径的桩和不同规格的打桩锤进行施打；而静压桩基础单个工程宜采用相同直径的桩，采用同一吨位的压桩机一次性完成施压，尽量避免压桩机来回碾压而造成质量事故。

12 单桩承载力计算方法不同：锤击管桩单桩竖向抗压承载力特征值的经验计算公式中采用侧摩阻力、端阻力的修正系数，当桩端持力层为 $N' \geq 50$ 的强风化岩层时，端阻力修正系数最高可取 1.35。而静压桩单桩竖向抗压承载力特征值的经验计算公式中，只有在桩长小于 16m 时才对端阻力进行修正提高，且承载力特征值还受到终压力值的限制，单桩竖向抗压承载力特征值并非等于终压力值除以 2（安全系数）。

13 沉桩施工终止标准不同：锤击法收锤标准的控制指标虽较多，但主要是量测最后贯入度；压桩终压标准主要有：终压力值、终压次数和稳压时间。

以上是两者的主要不同点，尚可列出其他不同点，在此不一一列出。鉴于静压桩与锤击桩各自特点，本规程只适用静压桩基础。

1.0.2 全液压式压桩机静压预制桩施工法是我国独有的沉桩工法。全液压式压桩机尤其是全液压抱压式压桩机，是我国发明的，其施工工艺也是我国独创的，可以说，它是我国拥有自主知

识产权的原创性的具有中国特色的新型桩工机械和压桩施工法。

1975 年~1977 年间,本规程参编单位之一的武汉市建筑工程机械厂在武汉市建筑科学研究所研究发明的基础上,率先试制出压桩力为 600kN 的全液压抱压式压桩机,其行走、转向、升降、吊桩、夹桩、压桩等工作全部液压自动化操作,从而使我国的静力压桩机的生产和使用跨入一个新时代。1982 年该厂又研制出压桩力为 800kN 的全液压抱压式压桩机,1984 年又将这类压桩机的压桩力提高到 1200kN,1985 年提高到 1600kN,1991 年提高到 2000kN,以后又陆续研制出各种型号的大吨位压桩机,至 20 世纪 90 年代末,该厂生产的 YZY 系列的全液压抱压式压桩机最大压桩力高达 6500kN。进入 20 世纪 90 年代,本规程另一个参编单位——长沙山河工程机械制造有限公司(现湖南山河智能机械股份有限公司),也研制出 ZYJ 系列全液压抱压式压桩机,最大压桩力达到 8000kN,还发明了新型的夹桩机构。目前,压桩机制造厂遍布全国。

广东地区从 1988 年底开始使用液压式静力压桩机,当时由本规程参编单位广东省基础工程公司引进武汉建筑工程机械厂研制的 YZY-160 型全液压抱压式静力压桩机,施压边长为 300mm、350mm 和 400mm 的预制混凝土方桩。1988 年底在中山交通商业大厦完成了第一个静压桩基础工程,引起了许多工程界人士的关注。1991 年广东省基础工程公司四位工程技术人员,在总结近 20 个静压桩基础工程经验的基础上,完成了《静压预制桩施工技术研究》的课题;1992 年又编制了广东省省级《静压预制桩工法》,有力地推动了广东地区乃至全国的静压预制桩的推广应用。

1994 年以前,全液压抱压式压桩机只能施压预制钢筋混凝土方桩,使用的压桩机最大压桩力一般为 1600kN~2400kN,可施压边长为 300mm、350mm 和 400mm 的预制钢筋混凝土方桩。到 20 世纪 90 年代中期,由于压桩机最大压桩力冲破 4000kN 的大关,静压方桩的边长增大到 450mm 和 500mm。

1994 年 10 月，本规程主要起草人之一的吴天文高工与湖北省机械施工公司的工程技术人员共同攻关、改进抱桩用的夹桩机构，攻克了抱夹预应力管桩的技术难题，使静力压桩机施压预应力管桩在广东珠海市某高层建筑工地获得成功。这是静压桩施工技术在广东省、我国的一个历史性突破，从此拓宽了静压桩的应用范围，使预应力管桩的应用特别是在城市内的应用找到了一条新路子，有力地推动预应力管桩的应用与发展。

1997 年前，压桩机所夹持的预制桩都是放在压桩机的中央，而压桩机底座的宽度尺寸至少有 8m，因而距离既有建筑物不足 4m 宽度的桩是无法施压的。1998 年，本规程参编单位湖南山河智能机械股份有限公司的科技人员又发明研制出一套压边桩的机构，可施压距既有建筑物仅 60mm~70mm 距离的边桩，从而又解决了静力压桩机施工的一个难题。我国第一个压边桩的工程就在广州市东风中路边上的一栋九层住宅楼。

据初步统计，目前广东省拥有各种吨位的全液压式静力压桩机已超过 1000 台，主要分布在珠江流域、韩江流域及粤西地区；压桩机型号形成系列化，有 160 型、240 型、300 型、400 型、450 型、550 型、600 型、650 型等，最大压桩力可达 6000kN 甚至更高，可施压边长为 300mm、350mm、400mm、450mm 及 500mm 的预制混凝土方桩，也可施压 $\phi 300$ 、 $\phi 400$ 、 $\phi 500$ 、 $\phi 600$ 甚至 $\phi 700$ 的预应力管桩。目前广东地区应用静压桩基础技术比较成熟，应用比较广泛，因此需要有一个统一的标准来规范静压桩的设计和施工等问题。

1.0.3 目前，应用静压桩最多的是工业与民用建筑（包括构筑物），但近几年来，在港口、市政、桥梁、铁路、公路、水利等工程中应用的静压桩数量也逐年增多。在工民建中，绝大部分承台是低桩承台，本规程是在此经验基础上制定的，但适用范围不仅仅是工业与民用建筑，所以，目前的最新提法是：本规程适用于用静力压桩机施工的建（构）筑物低承台静压桩基础的岩土工程勘察、设计、施工及质量检查和工程验收。

1.0.4 静压预制混凝土桩简称静压桩，静压桩可采用预制钢筋混凝土方桩和先张法预应力混凝土管桩。钢筋混凝土方桩可分为钢筋混凝土实心方桩和空心方桩两大类，还可分为预应力钢筋混凝土方桩和非预应力钢筋混凝土方桩。目前由于广东推广使用预应力管桩数量很大，预制混凝土方桩的用量不到预应力管桩用量的5%。十多年以前，广东有预制方桩生产厂家约20家左右，目前，只剩下几家，而生产预应力混凝土方桩的厂家在广东土建行业里几乎销声匿迹。另外，离心成型的预应力混凝土方桩在广东没有生产使用。从1998年以来，广东地区共应用管桩达6亿延米之多，珠三角地区许多城市的管桩应用量占到整个桩基应用量的80%以上，管桩成为广东工程技术人员首选的桩型。其中，静压法施工的管桩基础的用桩量约占管桩用量的一半左右，其余一半是采用锤击法施工的。

近几年来，华东地区有厂家在推广离心成型的预应力空心方桩（简称离心方桩），但广东地区没有推广应用，所以广东地区应用的静压方桩，主要是实心方桩，且数量不多。

离心方桩目前还有一些技术难题未解决：一是由于外型是四方的，离心时离心力不相同，混凝土流动不像圆形那样顺畅，方桩四只角上的混凝土有部分不密实，整个横截面上的混凝土密实度不均匀；二是横截面上混凝土的有效预压应力分布不均匀，尤其是方桩的四角预应力强度最低，锤击或抱压沉桩时四角上的混凝土容易破损剥落；三是离心后大部分混凝土滚向方桩的四角，方桩四边中间混凝土厚度较薄，钢筋的保护层厚度只能做成25mm左右，达不到国家标准要求的40mm，与薄壁的PTC桩差不多；四是因为截面外形为四方形，应力容易集中，高压蒸养后，桩身混凝土容易出现裂纹。鉴于上述原因，在这些技术难题未解决之前，不宜在广东地区生产推广应用这种离心方桩。

1.0.5 本条明确了静压桩适用于非抗震和抗震设防烈度为6度、7度及建筑场地类别为Ⅰ、Ⅱ类的8度地区，其所选桩型的各项力学指标应满足设计要求和有关规范的规定。这里所指的静压桩

包括静压方桩和静压管桩。静压方桩是指符合相关专业规范和规程的要求用振捣成型的制作法制作的方桩（不包含离心方桩）。

由建设部批准的华东建筑设计研究院有限公司主编的图集《预制钢筋混凝土方桩》04G361 也有相关规定，其总说明第 1.1 条：“本图集适用抗震设防烈度 8 度（含 8 度）以下的一般工业与民用建筑物的低承台竖向基桩；铁路、公路、港口、市政、水利等工程的低承台竖向基桩的设计也可参考使用，但尚应符合有关专业规范和规程的要求”。

2010 年由住房和城乡建设部批准的由苏州中材建筑建材设计研究院主编的国家建筑标准设计图集《预应力混凝土管桩》10G409 总说明中关于适用范围是这样规定的：“本图集为先张法工艺制作的预应力高强混凝土管桩（代号 PHC）和预应力混凝土管桩（代号 PC），适用于非抗震和抗震设防烈度小于等于 8 度地区的工业与民用建筑、构筑物等工程的低承台桩基础，抗震设防烈度为 8 度且建筑场地类别为Ⅲ、Ⅳ类时慎用”。国家行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008 第 3.3.2 条第 3 款规定：“抗震设防烈度为 8 度及以上地区，不宜采用预应力混凝土管桩（PC）和预应力混凝土空心方桩（PS）。”可见预应力高强混凝土管桩（PHC）不在此限。根据广东省的经验，PC 桩的韧性比 PHC 桩好，既然 PHC 桩可适用于抗震设防烈度为 8 度的某些场地，那么，PC 桩也适用于抗震设防烈度为 8 度的某些场地，但必须进行验算，进行选择，所选桩型的各项力学指标应满足设计要求和有关标准的规定。因为管桩按混凝土有效预应力值可分为 A 型、AB 型、B 型、C 型四种类型（参见本规程附录 A），有时 A 型桩不满足，可选 AB 型桩，甚至 B 型、C 型桩。

1.0.6 静力压桩机有多种形式：较旧式的有绳索式压桩机，通过卷扬机加钢丝绳滑轮组来加压；液压式压桩机也可根据其静压桩加力部位的不同而分为顶压式液压压桩机和抱压式液压压桩机。顶压式压桩机将压力作用在静压桩的桩顶端面上，抱压式压桩机先用抱夹机构将静压桩夹住，然后再施加压力于夹持机构将

桩压入地基土层中。广东省使用顶压式压桩机数量很少，绝大部分是抱压式液压压桩机。此外，在一些建筑物的加固或纠偏工程中，往往采用锚杆反力装置或利用结构作反力再用千斤顶将小型预制桩压入地基土层内，这些也是压桩施工法。各种压桩机施压预制桩基础的基本原理是相同的，都是用静压力将预制桩压入地基土层中。本规程有关施工条文是根据全液压抱压式压桩机的性能和施工工艺进行编制的，当使用绳索式、顶压式或其他形式的压桩机时在施工工艺方面应注意各自的特殊性。

1.0.7 本条主要内容有两部分：一是指出适宜做静压桩基础桩端持力层的岩土层，二是指出静压桩不宜采用或应采取有效措施后方可采用的地质场地条件。

静压桩基础适用于覆盖层易压穿、桩端持力层较致密、坚硬的地质条件。桩端持力层可选择为强风化岩层、全风化岩层；硬塑～坚硬的黏性土层；中密～密实的碎（卵）石土、砂土、粉土层。这些持力层可提供很高的桩端阻力。广东珠三角地区，许多地方地面以下 10m～30m 处有一层强风化岩层，很适宜做静压桩的桩端持力层。

静压桩与别的桩基一样，不是任何地质场地条件都可适用的。静压桩不宜采用或应采取有效措施后方可采用的地质场地条件本规程列出了九款，其中有六七款与锤击桩基本相同，只有第 1 款和第 3 款是静压桩所特有的：

1 现场地表层土松软且地面承载力特征值 $\leq 120\text{kPa}$ 又未经处理的场地不宜应用静压桩。主要原因是在这样的场地条件下施工，容易产生陷机。陷机后会使附近已施压好的基桩遭受较大推力而损伤，也可将桩头平地面的基桩踩断；另外，陷机产生的土体侧向压力使地面产生水平位移，未施工的桩位标志会跟随地面飘移，飘移量从几厘米到几十厘米不等，如果施工人员不注意重新放桩位，很容易造成桩位偏移量过大的质量事故；陷机还会引起场地周边混凝土路面开裂和地下管线损坏，尤其是上下水管最容易受到损坏；当场地边缘埋有水管时，浅层土体位移变形带动

水管弯曲变形，导致水管接口松动或开裂而漏水，水的浸泡又使浅层土体发生软化，致使陷机更加严重，形成恶性循环；当场地边缘有低矮旧民宅时，就会造成墙壁开裂，有的甚至影响使用功能，如房门不能关启、地板隆起损坏等。因此，当地质条件适用于静压桩基础时，场地必须进行加固处理，一般的方法是采用填沙或填废砖块等建筑垃圾材料，厚度一般需要 60cm~80cm 甚至更厚，也有采用换土或地基加固的各种处理方法。本款中地表土松软的界限值定为地面 3m 范围内土体承载力特征值 $\leq 120\text{kPa}$ ，是广东省静压桩施工经验的总结。

2 覆盖层中含有较多球状风化体（孤石）或其他障碍物的场地不宜采用静压桩。在这样的场地压桩，一是静压桩易损坏，二是桩端持力层达不到设计要求，单桩承载力较低。在孤石和障碍物埋深不大时，可采用先清除孤石和障碍物后再压桩的办法；在整个现场只有少数几个点有孤石或其他障碍物时，可针对少数几个点的具体情况进行特殊处理，如减少单桩设计承载力增加桩数等方法。

3 桩端持力层为中密~密实的砂土层且其覆盖层几乎全是稍密~中密的砂土层，宜慎用静压桩。因为在这样的地质条件下压桩施工，静压桩下沉相当困难，特别是当桩尖接近中密~密实砂土层的桩端持力层时，压桩下沉更为困难，压一下，沉一点，没完没了，这样做，既容易损坏压桩机，又容易损坏静压桩桩身混凝土。当静压桩终压后，过一段时间进行复压，桩尖又会下沉一点。所以在这样的地质条件下，不仅施压的时间长，而且桩的承载力得不到保证。但是，如果持力层上面的覆盖层不是稍密~中密的砂土层，而是松散的砂土层，那么静压桩穿过松散的砂土层就比较容易，施工就不会像穿透厚厚的稍密~中密的砂土层那么困难。

4 覆盖层中含有难以压穿的坚硬夹薄层时，不宜采用静压桩。遇到这种硬夹薄层，静压桩就很难压穿，若硬压时桩身容易损坏，而不压穿这些硬夹薄层又不符合作桩端持力层的要求。这

样的场地应经一定的技术处理如采用预钻孔等方法，才可采用静压桩。

5 本款的提法为基岩面起伏较大且其上没有合适持力层的岩溶地区，不宜采用静压桩。这与锤击桩的提法略有区别。总的来说，石灰岩等岩溶地区，一般不应采用预制桩，除非基岩上面存在着合适作预制桩持力层的岩土层，因为石灰岩等岩溶地区基岩表面就是新鲜岩石，预制桩不管是锤击施工法还是静压施工法，桩尖不能进入石灰岩层。在石灰岩地区打桩，锤击桩的破损率高达60%~80%，甚至更高。在石灰岩地区压桩，特别是岩面起伏较大的地区，静压桩的破损率也可高达20%~50%。但在一些基岩面较平坦、起伏不大的石灰岩地区，静压桩压到基岩面时，桩的破损率比锤击桩低很多，所以在基岩面起伏不大的石灰岩地区，静压桩也有不少成功应用的实例，广州白云区和花都区的有些工程采用的就是静压管桩基础。广东肇庆地区普遍存在石灰岩地层，那里的静压桩应用也较多。因此，在石灰岩等岩溶地区受水平力较小的桩基工程可根据实际情况考虑采用静压桩，但应用时桩尖宜采用特殊的钢桩尖，如H型钢带多齿的桩尖，同时，应本着“小桩多桩”的原则进行桩基的设计。

6 非岩溶地区覆盖层为淤泥等松软土层且其下直接为中风化岩层或微风化岩层，一般也不宜采用静压桩。这种地质条件俗称“上软下硬、软硬突变”，在这样的场地打桩，桩身很快穿越松软的覆盖层，桩尖直接碰到坚硬的中风化岩面，此时桩身反弹厉害，容易出现桩头破碎、桩身下部断裂等事故。压桩时虽不会出现反弹现象，但桩尖进不了中风化或微风化岩层，基桩的稳固性较差，所以一般情况下不宜采用。

7 在桩端持力层为扰动后易软化的风化岩层的地质条件下，要慎用静压桩，并应采取有效的应对措施。所谓扰动后易软化的风化岩层，主要是指某些强风化泥岩，因为以这种强风化泥岩层作桩端持力层的静压桩基础，终压时发现不了什么问题，甚至做静载荷试验单桩竖向抗压承载力也能达到设计要求，但过了二三

十天，若这根桩再做静载荷试验，发现单桩竖向抗压承载力大幅降低，桩的沉降量加大；若对这些原先“已达到设计要求的桩”进行复压，又可以压下去，有的可压下去几十厘米，有的甚至可再压下去 1m~4m，这是 20 世纪 90 年代中期广州市海珠区几个工地首先遇到的，以后省内有些地区也时有发现这种现象。究其原因，有些专家认为，主要是桩尖进入坚硬（ $N' = 40 \sim 50$ ）的强风化泥岩后，桩尖附近的岩体受扰动、破裂，若桩尖密封性差，漏水、进水，强风化泥岩遇水就易软化，致使桩端岩土承载力大大降低，复压时桩会继续下沉且下沉量很大。当时有些设计、施工单位采用了一种管桩内腔底部灌注封底混凝土的做法，这个封底的做法总体上还是有效的，许多封了底以后的管桩，复压时就不再下沉。但这个办法也不是万能的，有些管桩虽灌了封底混凝土，但桩尖岩土还是被“软化”，有些实心方桩也会发生类似的情况，有专家认为原因是静压桩桩尖上部桩身外壁四周的阻水土层厚度较小，止水性能差，上层水仍可通过静压桩外壁渗漏到桩尖附近的岩层中，使持力层岩体软化。值得一提的是：不是所有的强风化泥岩都会发生软化的现象，有的地区虽然也以强风化泥岩作持力层，但没有发生持力层软化的问题，因此，要积累地区经验。以强风化泥质粉砂岩或含泥量较多的强风化、全风化花岗岩层作持力层的静压桩基础，也有一个扰动后易软化的问题，但软化的程度没有强风化泥岩那么严重。对于强风化泥岩是否存在遇水软化的问题，也有专家对此持有不同的看法，认为主要是由超孔隙水压力引起的，由于超孔隙水压力的形成且较难消散，静压桩施工终压时可以达到终压要求，随着时间的推移超孔隙水压力的逐渐消散，再复压时，桩身还可以继续下沉。这种观点可以较好地解释有些强风化泥岩为什么不软化、实心方桩也有复压下沉现象发生的原因，但不能解释复压下沉 1m~4m 的现象，因为由超孔隙水压力较难消散的原因所引起桩上浮后的复压下沉量，一般只有几厘米或几十厘米。总之，这两种观点各有各的理由。本规程编制组认为对这个问题的本质和机理，今后将作

为一个课题再进行深入研究，在目前尚未有统一认识的情况下，编制组经反复推敲和广泛征求意见，认为采用“扰动后易软化”的用词较为适宜，它把这两种不同观点综合起来，虽然提法有点含糊，但并不影响本规程的安全实施，其目的是为了提醒工程技术人员要关注这种所谓的“软化”现象，以便遇到此类问题后能提出应对措施。

8 抗震设防烈度为 8 度且建筑场地类别为Ⅲ、Ⅳ类的场地，不宜使用静压桩，详见国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。主要是软弱土层太厚，桩基的抗弯、抗水平能力太弱。

9 地下水或地基土对静压桩的桩身混凝土、钢筋及钢零部件有强腐蚀作用的场地，不宜应用静压桩，因为常规制作的预制混凝土桩，满足不了耐强腐蚀的要求。但目前广东省已有管桩厂研制出适用于强腐蚀条件下的特种管桩，并采取有效的防腐措施，正在推广使用。

1.0.8 本条明确指出静压桩基础的勘察、设计和施工是需要密切配合的，只有勘察、设计人员和施工人员的密切配合才能顺利完成，例如在地质情况较复杂的场地，当桩的实际桩长短于设计桩长较多时，多数情况下单桩竖向承载力达不到设计要求，这时就要及时调整桩的承载力，必要时应增加桩数，这种调整工作应立即进行并尽快实施，最好在每个承台内的桩基施压完成时进行，不要等整个工地上的工程桩全部完成以后再来做，因为这样做，压桩机要来回移动，对已完成的桩基会产生挤压破坏作用。

2 符号和术语

2.1 术 语

2.1.1 静力压桩法是预制桩（包括预制钢桩和预制钢筋混凝土桩）沉桩施工方法的一种。本规程只适用于静力压桩法施工的预制钢筋混凝土桩基础。锤击法施工的管桩基础在广东省有专门的标准《锤击式预应力混凝土管桩基础技术规程》DBJ/T 15—22—2008。

2.1.2 静压桩是根据施工方法来定义的，是静压预制钢筋混凝土桩的简称，静压桩包括了静压方桩和静压管桩。

2.1.3 静压方桩是指用静力压桩法施工的预制钢筋混凝土方桩。本规程所定义的预制钢筋混凝土方桩是指符合行业标准《预制钢筋混凝土方桩》JC 934 和本规程的有关规定生产的方桩，可分为实心方桩和空心方桩两大类。

2.1.4 静压管桩是指用静力压桩法施工的先张法预应力混凝土管桩。本规程所指的先张法预应力混凝土管桩是采用先张法预应力离心成型工艺的混凝土环形截面桩，其结构构造应符合国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476 的有关规定，其基本内容可参见本规程附录 A。

2.1.5 本规程定义的静压预制混凝土桩基础，由沉入土（岩）层中的静压预制混凝土桩和连接于桩顶的承台所组成的建（构）筑物基础，用的最多的是建筑工程中的低承台和静压桩共同组成的结构形式。

2.1.11 压边桩机构就是装置在压桩机侧边的用于施压边桩的一套特殊的能较方便安装拆卸的抱桩和压桩机构。不是每台压桩机都有，而是要专门配置的。压桩机正常施压时，静压桩放置在压桩机的中心部位，压桩时的反力几乎就是整台压桩机及其配重的

重量。所以压桩力较大。当采用压边桩机构施压边桩时，压桩机构上的反力不是整台压桩机及其配重的重量，大约只有正常反力的 60%，所以，当最大压桩力为 5500kN 的压桩机，正常作业时，可施压 $\phi 500$ 的管桩，当用压边桩机构施压时，最大的压桩力一般都不会超过 3300kN，也就是说，若用压边桩机构施压 $\phi 500$ 管桩时，单桩承载力就达不到原定的设计要求，故只能施压 $\phi 400$ 管桩，所以设计人员在设计边桩时要考虑这种影响，往往将 $\phi 500$ 的边桩改成两根 $\phi 400$ 管桩，并重新布桩。

2.1.16 桩身抱压允许压桩力是个新取的名字。目前广东省乃至全国，用得最多的压桩机是全液压抱压式压桩机。它是用压桩机上的夹持机构抱住桩身再通过液压作用让夹持机构向下移动，从而把桩身压入地基土中。夹持机构抱住桩身对桩身施加多少抱压力，目前还未有精确的计算方法。因此，我们采用一个“桩身抱压允许压桩力”的概念来控制抱压式压桩机压桩作业施加的最大压桩力，目的是为了为了保护桩身免受太大的抱压力夹坏桩身混凝土。详见本规程 5.4.5 条。

2.1.17 终压标准就是压桩施工到最后的终止施压的控制措施和条件，有些类似于打桩的收锤标准。收锤标准的主要控制指标是最后三阵贯入度，而终压标准的主要控制指标是：终压力值、终压次数和稳压时间。

2.1.22 极限承载力与终压力的相关系数，是指静压桩的单桩竖向抗压极限承载力与施工终压力值的比值。终压力和承载力是两个不同概念的力，但经过规程编制组长期调查统计研究的结果，两者还是有一定的相关关系。所以，根据统计结果得出的经验公式，有下列用处：已知终压力值和桩的入土深度及桩周的土质，可以初步估算出静压桩的单桩竖向抗压承载力特征值；已知单桩竖向抗压承载力特征值以及地质资料，可以估算出所需的终压力值，详见本规程 4.3.3 条第 5 款和 5.4.15 条的条文说明。

2.1.24 喂桩是将预制桩垂直起吊后放入压桩机夹持机构内的这道施工工序的一种通俗形象的叫法。预制桩的起吊一般由配备在

压桩机上的吊机进行起吊。

2.1.26 浮机是指压桩机脱离地面而“浮起来”的一种作业形态。压桩机的底盘平面形状是矩形，不是整个压桩机底盘全部脱离地面才叫浮机，本规程规定，只要压桩机底盘平面上有一角脱离地面，就算浮机。浮机非常危险，很容易损坏压桩机及静压桩桩身，也容易使夹持机构突然下滑而发生震动，所以本规程 5.4.7 条第 10 款规定：整个压桩过程中，严禁浮机。

3 静压桩基础的岩土工程勘察

3.0.1 本条规定静压桩基础的岩土工程勘探布点间距宜取 12m~24m, 与国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 (2009 年版) 4.9.2 条的规定基本一致, 地基复杂时可取小值, 简单时可取大值, 这与国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 4.1.15 条规定略有不同, 原因是因为这是静压桩基础, 不同设计等级的预制桩基础都涉及到一个现场配桩的问题, 所以勘探点宜布密一些, 同时不分建筑物的等级, 要求每项工程或大型项目的每个单位工程的勘探孔不宜少于 5 个, 其中控制性勘探孔的数量不应少于勘探孔总数的 1/2 且不得少于 2 个, 就是一些场地面积不大的工程, 也应在地块的四角及中心布设勘探孔。当地质条件复杂时, 应适当加密勘探点, 这对预制桩的配桩很有利。静压桩施工对表土层承载力有较高的要求, 所以应对静压桩施工场地表土层进行详细勘察, 勘察结果应准确查明表层 3m 厚土层的承载能力。

3.0.2 本条内容是根据广东应用预制桩的长期经验确定的。岩土工程勘察中采用标准贯入试验、静力触探试验及动力触探试验等多种测试能取得较好的勘察效果。标准贯入试验适用于各类土层和全风化、强风化岩层; 重型圆锥动力触探试验特别适用于厚层的稍密~中密砂层。双桥探头静力触探试验贯入过程与静压桩贯入过程非常类似, 也适用于各类土层和全风化、强风化岩层, 有条件时宜优先采用。目前双桥探头静力触探应用仍不广泛, 主要是由于探头贯入能力不足, 难于到达预制桩的持力层。据顺德某勘测有限公司的研究, 现在已有能连续贯入 $15\text{MPa} < q_c \leq 25\text{MPa}$ 岩土层 5m 的全套静力触探设备。

3.0.3 本条是对标准贯入试验的测试方法和测试内容作出的详细规定, 这是针对静压桩基础的特点而提出的, 适合广东的实际

情况。广东地区在应用预应力管桩时，不管是锤击沉桩还是静力压桩，采用标准贯入试验的结果来选择桩端持力层和预估桩的入土深度，是有相当丰富经验的。

3.0.5 本条强调当选用全风化、强风化岩层中的桩侧摩阻力特征值和端阻力特征值的经验值时，应采用校正后的标准贯入击数，即标准贯入试验击数应进行钻杆长度校正，同时提出校正系数和校正公式。根据国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021规定，岩（土）名称和状态若按标准贯入击数来分，其标准贯入击数就是现场的实测值，而广东地区历来是按标准贯入击数的校正值即标贯实测击数乘钻杆长度校正系数来界定岩（土）状态，从而合理选用预制桩基础的桩侧摩阻力特征值和端阻力特征值，确定预制桩的桩端持力层及较正确地预估桩的入土深度。根据以往的压桩经验，预制桩可压入 $N' = 40$ 左右的风化岩层中约 $1\text{m} \sim 2\text{m}$ ，很难压入 $N' = 50$ 的强风化岩层，若按这样的判断，配桩长度与预估长度可以做到基本一致；若按 $N \geq 50$ 来界定强风化岩层，那么，广东的工程技术人员到现在还很难判断静压桩的桩尖能进入强风化岩层多少深度，同时，也容易使人误解静压桩只要压入 $N \geq 50$ 的强风化岩中 $1\text{m} \sim 2\text{m}$ 就可以终止压桩，事实上，这样预估的桩长与实际的桩长相差较大，所以本条强调当选用风化岩层中预制桩桩侧摩阻力特征值和端阻力特征值的经验值时，均应采用校正后的标准贯入击数，但岩土的名称仍根据国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定，按标准贯入试验的实测击数来分类和定名，所以当 $30 \leq N' \leq 50$ 时，就有全风化岩或强风化岩两种可能（见本规程表 4.3.3-1 和表 4.3.3-2）。这样做符合广东的习惯做法。否则，计算单桩承载力特征值时误差就大，预估桩的入土深度与实际桩长也很不一致。

3.0.6 本条遵照国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定对花岗岩类岩石的强风化、全风化岩及残积土按实测标准贯入击数进行了分类。但考虑到静压桩基础工程常用强风化岩作桩端持力层，所以，根据广东地区的工程经验，补充了其他类岩石的

强风化、全风化岩的分类标准。同时也强调估算压桩深度时则应采用校正后的标准贯入击数 N' ，因为静压桩只可压入 $N'=40\sim 50$ 的全风化（强风化）岩层，按此标准预估预制桩的压入深度是较为正确的，这里的 N' 是校正后的标准贯入击数，而不是实测的标准贯入击数。总之，现在强风化岩的名称是按 $N\geq 50$ 来划分的，而 $40\leq N'\leq 50$ 的风化岩层是静压桩常用的桩端持力层，它可能是全风化岩，也可能是强风化岩层，可根据岩层的埋深来反算。

3.0.7 本条是为静压桩基础防腐蚀设计服务的，所以要求岩土工程勘察中应对工程场地中的水和土对静压桩的腐蚀性进行测试和评价。

3.0.8 国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 规定了岩土工程勘察报告的基本要求，本规程根据静压桩基础设计与施工的需要，列出了静压桩基础岩土勘察报告的详细内容。

4 静压桩基础设计

4.1 一般规定

4.1.1 关于静压桩基础设计等级，引用了最新的行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 中“建筑桩基设计等级”再略作增添作为静压桩基础的设计等级。

4.1.2 本条是关于静压桩基础设计应具备的基本资料的规定。这是总结广东地区静压桩基础设计所需基本资料的基础上提出来的。在特殊情况下，尚应根据具体情况增加必要的有关资料以满足设计要求。

4.1.3 本条是将静压桩基础计算或验算的主要内容列出，方便选用。各项计算或验算的方法和要求列于本章各有关条款中，可根据工程的实际情况进行全部内容或部分内容的计算或验算工作。

4.1.4 本条是针对静压桩基础设计时所采用的荷载效应最不利组合及相应的抗力与变形限值所作的规定，是根据国家标准所列的有关强制性条文结合静压桩基础设计的特点提出来的。

4.1.5 本条是引用广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 15-31 的有关规定，是针对基础结构构件的截面承载力计算或验算用的，因为静压桩基础的设计计算是采用相当于正常使用极限状态下荷载效应的标准组合值 S_k ，即不考虑分项系数；而进行基础结构构件如桩身、承台的截面承载力计算或验算时，采用的是承载能力极限状态下荷载效应的基本组合设计值 S ，即应考虑相应的分项系数。对由永久荷载效应控制的组合，也可采用简化规则，本条内容就是结合实际工程经验得出的近似换算关系。具体换算方法可参阅广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 15-31 第三章的有关条文说明。

4.1.6 本条是针对静压桩基础设计时静压桩的平面布置问题所作的专门规定。广东地区目前使用的静压桩，按承载力性状分，多属于摩擦端承桩；按成桩工艺来分，多属于挤土桩。静压桩的平面布置要求，是在现行国家标准和广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 15—31 关于上述特性桩的布置要求的基础上，考虑静压桩的特点而提出来的。

第 1 款是针对相邻静压桩中心距所提出的要求。根据大量的工程实践经验，独立承台内桩数超过 30 根时，或大面积群桩，相邻桩的中心距不宜小于 $4.0d(b)$ 。独立承台内桩数超过 9 根，但不超过 30 根时，或条型承台内桩排数超过 2 排时，相邻桩的中心距不宜小于 $3.5d(b)$ 。这样的布桩法有利于减少或防止压桩时引起相邻桩上浮或倾斜等危害，当然再大一点的中心距，对相邻桩的影响就更小，但太大的中心距又会增大承台的体积。有时由于地质条件的差异，或采用其他一些技术措施，相邻静压桩中心距不一定非达到 $4.0d(b)$ 或 $3.5d(b)$ 。所以，对相邻桩的中心距本规程只是提出一些建议值，供设计人员根据具体情况进行选择，但最小中心距本规程明确限定为 $3.0d(b)$ 。

第 4 款讲的是同一结构单元应避免同时采用摩擦桩和端承桩以及同时采用浅基础和静压桩基础，主要原因是两者的差异沉降不容易控制。当受条件限制不得不采用时，应采取可靠措施，控制好沉降差异量，并估算所产生的差异沉降对上部结构可能产生的影响，必要时应有相应的加强措施。

4.1.8 本条主要是对桩端进入持力层的深度作出规定。静压桩桩端进入规定的持力层深度，一般均可做到，除非地质条件复杂，如强风化岩层太薄。定此规定的目的，是提高静压桩端阻力，增强静压桩基础端部的稳固性。

4.1.12 本条是关于静压桩基础承台的设计。因为广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 15—31 有专门的一节对“承台设计”作出规定，静压桩基础的承台设计可按此规定执行，不再赘述。

4.1.13 本条对静压桩施工可能出现陷机的场地应进行加固处理的规定，并要求设计人员作出具体的处理意见。静压桩施工时发生陷机，对已压下去的桩基危害性很大，不仅施工无法正常进行，还会推动桩基移位，严重时会将附近的桩基推斜折断。有些业主为了节约场地处理费，抱着侥幸心理，结果后果严重，补救的费用远远大于场地处理费。这样的惨痛教训屡有发生。因此，当有陷机的可能性时，设计人员应对施工现场作出加固处理意见。根据广东的经验，常用的方法就是填土，即在场地上堆放60cm~80cm厚的砂土或建筑垃圾土，也有采用井点降水、换土、碾压等方法。

4.2 桩的种类、连接及选用

4.2.1 本条对静压桩进行了分类，并对各类静压桩提出了具体的要求。静压桩可分为静压方桩和静压管桩。方桩可分为实心方桩和空心方桩，还有预应力和非预应力之别。因为广东地区应用预应力管桩太普遍，所以方桩的应用量不多，预应力方桩就更少。

行业标准《预制钢筋混凝土方桩》JC 934—2004，对方桩（实心 and 空心）的结构构造、保护层厚度等作出了详细的规定，但对方桩的接头构造没有作出具体的规定。方桩的接头一直是这类桩的一个薄弱环节。有关方桩的接头，国家建筑标准设计图集《预制钢筋混凝土方桩》04G361可作参照。但静压方桩的配筋率、保护层厚度、混凝土强度等级以及接头的抗弯性能应符合本规程附录A的要求。

静压用的管桩的规格、型号和构造应与锤击用的管桩一致，不必再另搞一套，目的是统一标准，保证质量，便于应用。预应力管桩的规格、型号、构造和质量要求有统一的国家标准，最新修订的国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476—2009的实施日期就是2010年3月1日。本规程附录A列出了常用静压方桩和静压管桩的结构构造和桩身质量要求，便于使用者查阅。

压桩和打桩的区别之一就是桩的规格不尽相同。打桩用的筒式柴油锤目前可以做到 D150 甚至 D220，可以在港口工程中施打直径 1000mm 和 1200mm 甚至 1400mm 的大直径管桩；就是在陆地上，也可以施打直径 700mm 和 800mm 的大直径管桩。但静压管桩，由于压桩机和压桩力的限制，施压直径 600mm 的管桩已有相当难度，因为桩径越大，要求压桩机的体型和重量就越大，从机械制造能力看，目前我国制造 1000t 重的压桩机是没有问题的，问题是压桩机太大，压桩机的接地压强就越大，一般的施工现场地面就承受不了，压桩机容易下陷，无法顺利施工，也容易造成质量事故。所以，常用的静压管桩的外径为 300mm、400mm、500mm 和 600mm，其中用得最多的是 $\phi 400\text{mm}$ 和 $\phi 500\text{mm}$ 管桩。

4.2.2 本条是对静压方桩接头所作的规定。其中每根桩的接头数量不宜超过 3 个，是与行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定一致。关于静压方桩的接头，以前常用的方法是硫磺胶泥锚接法和电焊焊接法。且不说硫磺胶泥接头的耐久性，单就硫磺胶泥生产过程中产生的硫磺废气就会极大地污染当地环境，一些生产厂家往往是非法生产的；硫磺胶泥半成品在施工现场熬制时，也会对工地四周环境产生强烈的刺鼻的硫磺气味，所以从环保角度，是禁止使用硫磺胶泥接头的。故本条第 2 款规定：接头宜采用焊接法，不得采用硫磺胶泥锚接法。但焊接接头的构造型式有多种，大多数静压方桩的接头采用方桩四角部位加角钢连接件，但工地现场施工时，角钢连接件的焊缝都是竖向的，立焊对焊工的要求非常高，根据目前施工企业的现状，要保证立焊的焊接质量难度较大，所以本规程要求设计者宜将接头设计成桩端板之间利用坡口进行焊接即焊缝成水平状态的构造型式。接头处的极限弯矩应大于桩身的极限弯矩是对接头强度的基本要求。

4.2.4 本条指出机械啮合接头只适用于 $\phi 300$ 、 $\phi 400$ 、 $\phi 500$ 和 $\phi 600$ 的 A 型和 AB 型管桩，也就是说尚不适用 B 型和 C 型管桩，因为管桩接头的极限弯矩应大于桩身的极限弯矩，B 型或 C 型桩

的桩身极限弯矩较大，接头处的连接盒数量就要多几个，无法埋下。为此，请设计者注意合理选用。

4.2.6 抗拔管桩的接头宜采用机械啮合接头，因为电焊接头施工的人工因素较多，电焊质量波动较大，而机械啮合接头人为因素较少，自动化程度较高，质量容易得到保证，所以，优先推荐采用机械啮合接头。但对静压抗拔管桩来说，也允许采用电焊接头。锤击抗拔管桩和静压抗拔管桩对电焊接头的要求是有所不同的，因为锤击对焊缝的损害较大，而静压对焊缝的损害较小。所以，广东省标准《锤击式预应力混凝土管桩基础技术规程》DBJ/T 15—22—2008 第 5.3.5 条对锤击抗拔管桩作出以下规定：“若采用电焊焊接时，焊缝坡口尺寸宜按常规坡口尺寸各加大 1mm，或由设计人员提出要求进行特制。若坡口尺寸不加大，则接头焊缝应做 10% 的焊缝探伤检查。”而本条规定：“若采用电焊焊接时，焊缝坡口应严格按附录 A 表 A.0.11 中规定的坡口尺寸进行制作，焊缝应连续饱满。”当然，在设计抗拔管桩基础时，除了对接头提出要求外，还提出：必要时，应根据具体要求设置桩端锚固筋，或适当加大端板厚度。至于焊缝强度的验算，只要焊缝坡口尺寸标准，焊缝连续饱满，其强度都是超过规范要求的。所以，一般情况下，均不作验算。

4.2.7 本条是针对静压桩桩尖问题所作的规定。静压方桩尤其是实心方桩，在制作底桩（第一节桩）时就一起将桩尖做好。在广东地区，预应力管桩都是需要另配钢桩尖，使用时将钢桩尖焊接到底桩的端部，所以，钢桩尖一般是针对预应力管桩而言的。桩尖在以往的实际应用中存在的问题：一是制作桩尖的材质不符合要求；二是桩尖的构造、尺寸不符合有关规定，尺寸往往偏小，有的甚至不用桩尖；三是桩尖与桩身的焊接较马虎。

桩尖若采用铸铁铸钢甚至用废钢铁熔炼而成的“地条钢”来制作，那么就存在质量隐患。本条明确规定：“制作桩尖用钢板的材质应采用 Q235B。”桩尖有挤土、导向、护桩、止水、破岩、嵌固等作用。为规范桩尖的尺寸和质量，本规程附录 B 列

出了常用静压管桩的桩尖构造图，共有八种桩尖型式可供选择。这八种桩尖，可分两大类：封口型和开口型。封口型桩尖又可分为：十字型、棱锥型和 H 型三小类。这些静压管桩的桩尖构造图与常用锤击式管桩桩尖构造图基本一致，略有不同之处在 H 钢 2 型桩尖上：锤击管桩的 H 钢 2 型桩尖，高度较高，适用于“上软下硬、软硬突变”的地质条件，桩尖可以嵌入中风化岩面，当然，这种桩尖也适用于静压管桩基础，但静压管桩又增添了高度较小的 H 钢 2 型桩尖，适用于岩面较平坦的一些岩溶地区的静压桩。

本条强调静压管桩基础必须设置桩尖。开口型桩尖不等于不设置桩尖，开口型桩尖所耗用的钢材比十字型桩尖还要多。不设桩尖的弊病，一是桩端容易破损；二是预应力钢棒的镢头无混凝土保护层，若不设保护板，预应力钢筋的镢头是裸露的，容易受腐蚀，从建筑物耐久性考虑，管桩基础必须要设置桩尖。静压管桩的直径不太大，一般为 300mm~600mm，而使用最多的是 $\phi 400$ 和 $\phi 500$ 厚壁管桩，管桩内孔直径较小，用开口型桩尖，其排土效应不明显，所以本规程推荐常用静压管桩宜选用封口型桩尖，因为采用封口型桩尖的管桩成桩后，可以用低压灯泡放入管桩内孔或用孔内摄像方法对管桩桩身的完整性进行检查，既方便简单又实用有效。这是预应力管桩的一大特色。至于桩尖和桩身的焊接问题，本规程有专门的条文规定，参见本规程 5.4.6 条及其条文说明。

4.2.8 本条是对静压方桩与承台连接时桩顶嵌入承台内的长度和纵向受力钢筋锚入承台内的长度所作出的规定，其基本要求与行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 规定一致，该标准规定：“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现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 确定。”对方桩来说，桩顶锚固筋都是用人工敲凿桩头

混凝土后露出来的桩身纵向受力钢筋。对抗压桩，本规程规定锚固长度不宜小于 35 倍纵向受力钢筋直径；对抗拔桩来说，本规程规定：“锚固长度不得小于 45 倍纵向受力直径。”与行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定一致。严格来说受拉钢筋的锚固长度应按有关公式计算确定。对于普通二级钢筋来说，锚固长度与钢筋的外形系数、钢筋的抗拉强度设计值成正比，与混凝土轴心抗拉强度设计值成反比。静压方桩常用 HRB335 作主筋，承台的混凝土强度等级不小于 C25。若按 C25 计算，二级钢筋的锚固长度为 $45d$ ；若按 C30 计算，锚固长度不到 $45d$ 。为方便施工，采用了一种简略的方法，规定抗拔桩的锚固长度一律不得小于 $45d$ ，应是安全的。

4.2.9 本条是对静压管桩与承台连接的要求所作的规定。静压管桩与承台连接的要求跟静压方桩的要求基本一样。但静压管桩桩顶的锚固筋，本规程采用桩顶填芯混凝土中埋设连接钢筋的方法，与传统的做法略有不同。抗压管桩与承台的连接方式以前主要采用的是利用管桩本身的预应力钢筋锚入承台内的做法。对于抗拔桩的连接方式，以前要求将管桩内的预应力钢筋敲凿出来全部锚入承台内。由于敲凿清除预应力管桩桩头那段高强混凝土较麻烦，费力费时，且质量难以保证，另外，施工沉桩时要求桩顶留有的余量比较大，一是浪费管桩，二是施工沉桩时由于地质条件的变化无法控制桩顶的余量，当余量不够时，预应力钢筋的接长又是一个难题。所以设计人员和施工人员普遍反映这种做法要改进。经过广大工程技术人员的多次试验和实际应用，目前广东地区普遍的做法就是采用锯桩机将桩头截到所需的标高，然后在桩顶填芯混凝土中埋设连接钢筋，再将连接钢筋锚入承台内。这种方法简单方便实用，不仅抗压管桩中采用这种方法，抗拔管桩也采用这种方法。本条就是对填芯混凝土的做法和要求、连接钢筋长度、数量、规格以及伸入承台内的锚固长度等作出了详细的规定。桩顶填芯混凝土的一般做法是：用 2mm~3mm 厚的钢板做成一个圆形的托盘，托盘的主要作用是挡住填芯混凝土不使其

下落到桩孔底。托盘的直径应比管桩内径小 20mm 左右（以能放入管桩内孔为准），然后在托盘上垂直放置连接钢筋笼，并将两者焊牢。钢筋笼的长度应为填芯混凝土的深度再加锚固长度。施工作业时，先将管桩顶部内孔清洗干净，必要时应将残留的余浆凿去，再将钢筋笼连同托盘小心地放入管桩内孔一定深度（即填芯混凝土的深度，按本条规定确定），然后在孔口用两条架立筋临时固定钢筋笼，再灌入所要求的混凝土至管桩顶面，用混凝土振动棒振动密实，并使混凝土面与桩顶面平齐。填芯混凝土应是补偿收缩混凝土，其强度等级不得低于 C30，一般采用掺微膨胀剂的混凝土。填芯混凝土的质量与整个管桩基础的工程质量密切相关，来不得半点马虎，一定要精心设计，精心施工，保证质量。

4.2.10 本条是抗拔桩的桩顶填芯混凝土深度和连接钢筋公称截面总面积的经验计算公式，是广东经验的总结。广东地区应用预应力管桩作为抗拔桩基础的工程实例已很多，有比较成熟的经验。但也应清醒地认识到：抗拔桩除了桩接头是个薄弱环节外，桩顶填芯混凝土的质量也是个关键问题，如何保证填芯混凝土的施工质量，请参阅本规程 4.2.9 条的条文说明。至于填芯混凝土与管桩内壁的粘结强度，由于管桩内壁存在着一层浮浆，取值不宜太高，宜由现场试验确定。当缺乏试验资料时，C30 的补偿收缩混凝土的粘结强度标准值可取 $0.60\text{N/mm}^2 \sim 0.70\text{N/mm}^2$ ，这个经验值是通过一些抗拔试验资料反算出来的，并留有一定的安全余量，当然，前提就是要保证填芯混凝土的质量。所以，在灌注填芯混凝土时，监理工程师一定要进行旁站监理。

4.2.11 本条是选用静压方桩的一些原则，主要引用了国家建筑标准设计图集《预制钢筋混凝土方桩》04G361 中的有关内容。因为本规程所指的静压方桩 A、B、C 型相当于标准设计图集中的 A、B、C 组桩，要求其设计和制作基本按该图集规定执行，至于具体选用何种桩型，最起码的要求就是所选桩型的各项力学指标应满足桩基设计要求和有关规范的规定。另外还提醒：非预

应力的静压方桩不宜用作抗拔桩。因为非预应力桩受拉力时，桩身容易产生较大裂缝，对桩的耐久性大打折扣。目前广东应用预应力管桩作抗拔桩时，一般是以桩身不出现拉应力作为抗拔承载力设计值的控制条件。

4.2.12 本条是选用静压管桩的一些原则。因为静压管桩在实际应用中的数量比静压方桩多得多，所以选用的原则条文内容也较详细。

第1款指的是在三种情况下宜选用AB型或B型、C型管桩，这三种情况是：用于抗震设防烈度8度地区的管桩基础；设计等级为甲级的管桩基础；地质条件较复杂的设计等级为乙级的管桩基础。从中可以领会到，在这三种情况下，是不宜应用A型管桩。因A型管桩配筋较少，静压或锤击沉桩后桩身的损伤较大，对桩身的质量和耐久性不利。另外，设计等级为甲级的管桩基础工程，规定不得选用 $\phi 300$ 管桩，因为 $\phi 300$ 管桩，其混凝土保护层厚度只有25mm，达不到其他规格的管桩有40mm混凝土保护层厚度的要求，所以，随着时间的推移，对基础工程的质量和耐久性要求会更高，A型桩和 $\phi 300$ 管桩的用量会逐渐减少，甚至可能会退出历史舞台。

第2款可以理解为预应力管桩可用于弱腐蚀及中腐蚀环境，但应选用AB型或B型、C型且桩身合缝处和端头处不得有修补痕迹的管桩。在国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476—2009以及本规程附录A中，对管桩外观质量的验收标准中，对管桩合缝处的漏浆深度、漏浆长度都作了规定，当不大于规定的漏浆管桩，允许修补且要求应修补好才允许使用。另外，对接头、桩套箍与桩身结合面处即本款所称的端头处漏浆也作出同样的规定。这些经修补后的管桩，用于一般工程中是没有问题，用于弱腐蚀和中腐蚀环境下就有个抗腐蚀能力的问题，故应选用无漏浆的优质管桩。本款言外之意，就是不应选用A型桩，同时，明确规定不得选用 $\phi 300$ 管桩。

第3款是抗拔桩的选用原则。从理论上讲，用作抗拔桩的桩

身有效预压应力值越大越好，但具体应用时还应考虑其性价比。抗拔桩宜选用 AB 型或 B 型、C 型管桩，主要是使管桩受最大拉力时桩周的岩土抗拔摩阻力与桩身抗拉强度相匹配。当然，最大上拔力较小时，也可选用 A 型桩。抗拔桩的接头是个薄弱环节，如何保证抗拔桩接头的质量以及选择这样合适的管桩接头型式，本规程作了专门的规定，可参见 4.2.3 条~4.2.6 条以及施工的有关条文及其条文说明。本条仍然规定， $\phi 300$ 管桩不宜选作抗拔桩，主要原因还是 $\phi 300$ 管桩的混凝土保护层达不到 40mm 的要求。

4.2.13 本条是对腐蚀环境下应用静压桩时提出的一些防腐蚀措施，是参考了国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 的有关规定，结合广东地区的一些经验提出来的。由于这方面的研究还需继续深入，故提出的条文还比较粗糙，还需不断总结经验。

第 1 款要求所有静压桩，其钢筋的保护层厚度不应小于 40mm，海港工程用桩，按水工规范要求其保护层厚度尚需加大，所以， $\phi 300$ 管桩在有防腐蚀要求的环境中禁止使用。静压管桩宜采用封口型桩尖，原因不仅是便于检查管桩基础的成桩质量，主要是便于必要时在桩孔中灌注混凝土以提高管桩基础的抗腐蚀能力。

第 2 款规定在强腐蚀的环境中，不宜采用静压桩。这里没有采用不应的字眼。国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 有关注解中也提出：“当必须选用管桩时，应经试验论证，并采取可靠措施，确能满足防腐蚀要求方可使用。”实际上，广东省已有管桩生产厂正在研制能抗强腐蚀的管桩，且已取得阶段性成果。

第 3 款是要求静压桩基础的桩接头数量应减少。未经防腐处理的接头，其防腐蚀能力较差，所以最好采用无接头的单节桩。在水工工程中，单节桩可长达 50m~55m，在工民建中，单节桩不可能那么长。若需接桩，接头最好设置在微腐蚀土层中，不要

设置在干湿交替的环境中，尤其是工民建工程，地面以下 2.5m 范围内不要有桩接头存在，因为钢接头在干湿交替的环境下很快就被腐蚀损坏。所以在施工配桩时，就要注意到这个问题。

第 4 款是广东地区应用经验的总结，供设计者参考。

第 5 款要求在中腐蚀环境下应用的静压桩，应针对不同的腐蚀介质，采取不同的有效措施和方法，制造能满足防腐蚀的静压桩。根据广东的经验，预应力管桩混凝土拌合料中加入一定比例的磨细石英砂，且管桩的制作工艺特别是压蒸工艺符合有关规定后，桩身混凝土的电通量可小于 1000 库仑，其抗氯离子腐蚀的能力就较好，所以，加大这方面的科研力度，必定会使静压桩的防腐蚀措施日趋成熟和完善。

4.3 桩基计算

4.3.1 本条中式 (4.3.1-1) ~ 式 (4.3.1-3) 是桩基础设计中沿用已久的单桩桩顶作用力的计算公式，作了三点假定：①承台是绝对刚性，即受弯矩作用时呈平面转动，不产生挠曲；②桩与承台为铰接，只传递轴力和水平力，不传递弯矩；③同一承台中各桩的刚度（竖向或水平）相等。这样，大大简化了计算。

4.3.3 本条是静压桩单桩竖向抗压承载力特征值的确定方法，提供了五种途径：

一是用静载荷试验方法确定。此法适用于设计等级为甲级且地质条件较复杂的静压桩基础工程，地质条件复杂的工程也包括持力层为扰动后易软化的风化岩中的静压桩基础工程；或当地使用静压桩时间不长、设计经验不足的各设计等级的静压桩基础工程；或静压桩的有效桩长较短时。所谓较短者，一般指有效桩长小于 9m 的静压桩。为了求得合理的单桩设计承载力和其他设计参数，应事先进行试验桩，这就是本规程所称的“静载试验桩”。这种桩应在设计阶段进行。静载试验桩的数量、选择的位置本条作了大体的规定：不得少于 3 根。但没有按总桩数的 1% 要求进行。静载荷试验方法应按广东省标准《建筑地基基础检测规范》

DBJ 15—60 的有关规定执行。至于静载荷试验的开始时间，广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 15—31 中规定：“预制桩在砂土中入土 7 天后；粉土不得少于 10 天；对于饱和软黏土不得少于 25 天。”本规程考虑到静压桩基础的特点，根据广东的经验，在压试验桩以后进行静载荷试验的开始时间定为：除持力层为扰动后易软化的风化岩的基桩外，应在压桩 7d 后。这是指不管在砂土、粉土、黏性土还是饱和软黏土层中的静压桩，均按不少于 7d 来控制。在沙土层中的静压桩，当压桩完成 7d 后，若有“假凝”现象也已暴露出来，其得到的承载力应是实际承载力，所以本规程规定砂土层中静压桩的开始静载试验时间与广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 15—31 规定的时间一致。至于在粉土、黏性土中特别是饱和软土层中的静压桩，本规程规定的开始静载试验的时间比广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 15—31 规定的时间要短一些，目的是为了节约时间，这样测出来的承载力还是有一定的安全储备，因为在这些软土中的静压桩基，其土体的固结、摩阻力的恢复随时间而增加，7d 的承载力若能达到要求，那么 7d 后的承载力会有所增加，因此，这样的做法可使静压桩基础总体上是趋于安全的。至于持力层为扰动后易软化的风化岩的基桩，应在压桩 25d 后进行静载荷试验。这是广东地区应用静压桩的经验总结。因为静压桩基础的持力层一般为强风化岩层，也有一些是全风化岩层，而强风化、全风化泥岩中的一些静压桩基础（含泥量较多的强风化或全风化花岗岩层也须关注），当压桩后 7d~8d 进行静载荷试验得到的单桩承载力较高，但经过 20d~30d 后，由于桩尖附近的持力层风化岩遇水软化或崩解，强度降低，此时，若进行复压，静压桩还可继续下沉，最多可下沉 3m~4m。若再进行静载荷试验，其承载力大大降低。因此，在这样的地质条件下静载荷试验开始的时间应至少在压桩入土后 25d。遇到这样的地质条件，其设计和施工的注意事项应遵照本规程的有关规定。但从全省来看，不是说凡是强风化、全风化泥岩中的静压桩基础，都有扰动后易软化的问

题。有些地区的强风化泥岩作静压桩基础持力层的工程就没有桩端岩（土）层软化的问题。所以本规程强调当地经验确认风化岩持力层有软化现象时，才确定静载试验的开始时间为压桩 25d 后。如果当地经验确认强风化泥岩持力层没有扰动后易软化的问题，那么静载试验的开始时间仍按压桩 7d 后考虑。

二是在正式施工前通过试压桩配合复压法确定。这适用于应用静压桩多年且设计经验较丰富的地区，但不适用持力层为扰动后易软化的风化岩及沙土层的基桩。试压桩不是在设计阶段进行，一般在正式施工前进行，主要目的是验证用经验公式得到的单桩竖向承载力特征值估算值的可信度。因为在这些地区，设计者有一定的设计经验，桩端持力层、桩入土深度、终压力值及单桩承载力特征值大小等对设计者来讲一般是心中比较有底的，通过试压桩来验证一下，以确保工程质量。试压桩一般是利用工程桩来进行的。试压桩的数量，本规程规定：不宜少于总桩数的 1%，且不得少于 5 根。这是因为每一个工地，至少可在四角及中心位置各布置一根试压桩，地质条件复杂的工地，可以多布置一些试压桩。试压桩的具体做法可参阅本规程 5.4.2 条和 5.4.3 条的规定。试压桩配合复压法可测试单桩竖向抗压承载力，根据广东的经验，以试压桩沉桩完成再停歇 24h 后复压所获得的桩身起动时的压力值可作为单桩竖向抗压极限承载力的参考值，当然，也可用 2 倍单桩竖向抗压承载力特征值进行复压，若复压时桩身不下沉，说明这根桩的承载力可达到设计要求。这是静压桩的一大特色。这样做既快捷又安全，当然，这里不包括持力层为扰动后易软化风化岩以及沙土层的静压桩基础。在扰动后易软化的风化岩场地尤其是风化岩埋藏较浅的场地，属于地层条件较复杂的场地，本规程 1.0.5 条已有明确的规定，对这种地质条件下的静压桩基础静载荷试验的开始时间本规程定为压桩后 25d，那么，试压桩时其复压的时间也应选在试压桩完成后 25d，如此长的间歇时间对施工前的试压桩就会失去其意义。持力层为沙土层的静压桩基础，有时会出现“假凝”现象，过一二个星期再复

压，承载力有可能降低。由此可见，在这两种地质条件下，最好的方法是在设计阶段进行静载试验桩的试验。

静载试验桩或试压桩是在施工者已知该桩要被检测的情况下进行施压的基桩，工作人员一般都会精心操作，且基桩刚开始施压时，基本不发生挤土效应，这与大规模施工、群桩发生挤土效应的正式施工条件有所不同。因此，静载试验桩或试压桩时得到的极限承载力往往比实际工程中的工程桩要高一些，设计者在确定工程桩单桩承载力特征值时应注意到这一点。

三是根据地基土的物理指标与承载力参数之间的经验关系来估算单桩竖向抗压承载力特征值。但经验估算公式估算出来的单桩竖向抗压承载力特征值一般作为初步设计阶段的估算值，宜经过试验桩、试压桩来验证或整调。单桩竖向承载力的经验估算公式，各种规范（规程）基本一致，其表达式基本上都是桩端总阻力加桩侧总摩阻力。

本规程中的花岗岩残积土是按国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定来划分的，实际工程中，静压桩的桩端持力层选取强风化岩层为最多，选取全风化岩层也有，但选取残积土层就很少，所以，在表 4.3.3-2 静压桩的端阻力特征值的经验值中，没有列出花岗岩残积土层。本规程 3.0.5 条的条文说明中，就强调当选用全风化、强风化岩层中的静压桩侧摩阻力特征值和端阻力特征值时应采用校正后的标贯击数，而岩土的名称，仍根据国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定，按标贯试验的实测击数来分类。这样一来，就很容易产生混淆，如岩土的状态为 $30 \leq N' < 50$ 时，有可能是全风化岩层，也有可能是强风化岩层，故提醒使用者留意。

表 4.3.3-1 静压桩侧摩阻力特征值的经验值 q_{sia} ，其中填土直到碎石类土的 q_{sia} 是根据行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008 中有关混凝土预制桩的极限侧摩阻力标准值 q_{sik} 除以安全系数 2 所得的值，而花岗岩残积土和全风化（强风化）岩的静压桩侧摩阻力特征值的经验值 q_{sia} 是根据广东的经验提出来的。

静压桩端阻力特征值的经验值 q_{pa} ，细砂及其之前的各类土，也基本上是根据行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008 中有关混凝土预制桩的极限端阻力标准值除以安全系数 2 所得的值。中砂至碎石类的 q_{pa} ，要比行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008 所列值除安全系数 2 得到的值要小一些，因为静压桩在这些砂性土层中很难压下去，就算是终压后经过一段时间又可压下去一些，所以本规程将这些 q_{pa} 值进行了下调。全风化岩和强风化岩的 q_{pa} 是根据广东的经验提出来的。不过，端阻力特征值 q_{pa} 是根据桩的不同入土深度提出不同的 q_{pa} 值。行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008 是将入土深度分为 $h \leq 9\text{m}$ 、 $9\text{m} < h \leq 16\text{m}$ 、 $16\text{m} < h \leq 30\text{m}$ 以及 $h > 30\text{m}$ 四种，而静压桩的入土深度，根据广东的统计分析，也可分为四种，即 $h \leq 9\text{m}$ 、 $9\text{m} < h \leq 16\text{m}$ 、 $16\text{m} < h \leq 25\text{m}$ 及 $h > 25\text{m}$ ，前两种非常吻合，后两种略有差别，所以后两种入土深度的 q_{pa} 本规程也略作一些调整。

公式 4.3.3 是静压桩单桩竖向抗压承载力特征值 R_a 的经验计算公式，与一般的预制桩承载力计算公式不同点在于总端阻力这一项有一个修正系数，与锤击式预应力管桩基础的单桩竖向抗压承载力特征值计算公式不同的是：锤击桩计算公式中有两个修正系数，而静压桩计算公式中只有端阻力这一项中有修正系数，且修正系数在桩长 $\geq 16\text{m}$ 时取 1.0，也就是说当静压桩入土桩长小于 16m 时，才会使用修正系数加以提高。

静压桩端阻力修正系数，当桩长 $9\text{m} \leq L < 16\text{m}$ 时，取 1.10~1.40，是根据静压桩试桩资料加以试算统计而得出来的。当桩长小于 9m 的短桩，有的修正系数可以取得比 1.40 还大，有的却比较小，离散性较大。所以这种短桩承载力的确定，本规程建议宜通过试压桩试验确定。

四是通过复压方式来确定长细比较大的以桩长控制的静压桩的单桩竖向抗压承载力特征值。一般来说，软土地区桩长比较大的 ($> 25\text{m}$) 以桩长控制的静压桩，其承载力特征值主要是靠桩侧摩阻力来得到的，桩端阻力基本上不发挥作用，可以看作是纯

摩擦型桩，但这类桩的理论计算值误差较大。根据广东的经验，这类桩的单桩竖向抗压承载力特征值可通过复压方法来求得，既省事又快捷可靠。这类桩施压时，往往不是以终压力值来控制，而是以桩长来控制。当桩长设定以后，可以先用一定的压桩力将静压桩压入所设定的深度，等 24h 以后再对此桩进行复压，复压所取得的起动压力值可作为此桩的极限承载力。用同样的方法在同一区域内再试压几根桩，所得到的检测结果，加以综合分析后便可确定这类桩的单桩竖向抗压承载力特征值。另外，当单桩竖向承载力特征值基本设定后，需要确定合理的桩长时，一般的做法是：先用 2 倍 R_a 值进行试压，可以得到首根入土深度较长的试压桩，然后再在附近试压比首根试压桩桩长短几米（最好采用分级长度）的试压桩，24h 后再用 $2R_a$ 的压桩力进行复压，复压不动时，可取较短桩的桩长作为正式施工的入土深度。这种方法既简单又可靠实用。这是静压桩的一大特色。这种方法一般适用于试压桩阶段，这时桩的数量不多，桩周土体内一般还不会形成较大的超孔隙水压力。如果在施工阶段大量的密集的桩经压下后，土颗粒之间的超孔隙水要过至少半个多月的时间才能消散，用 24h 后的复压力来确定单桩承载力是不准确的，往往偏大。当然，在施工阶段新施压的桩较稀疏时，这种检测方法也还是可行的。

五是利用静压桩竖向抗压极限承载力与终压力的经验关系公式，在已知终压力值、桩入土深度及桩周土质情况下，可很快估算出该桩的竖向抗压承载力特征值（严格来讲，应是该桩入土深度范围内桩的竖向抗压承载力特征值；当扣除上部开挖范围内土的侧摩阻力特征值后，才是该桩真实的竖向抗压承载力特征值）。这是规程编制组经过长期调查统计研究的成果，虽粗略一点，但较实用。这个经验公式适用于端承摩擦桩或摩擦端承桩，不适用于摩擦桩或端承桩（摩擦桩承载力的确定见本条第 4 款的规定）。公式中的终压力（ P_{ze} ）一般要接近于桩身的抱压允许压桩力（见 5.4.5 条）。当终压力小于极限承载力较多时，该桩应属于摩

擦桩，此公式也不适用。当桩的入土深度较长且桩周土质较好时，公式中的相关系数可取大值；反之，取较小值；中间可内插或根据经验确定。相关系数的取值，各地可根据工程实际自行积累经验，特别是当桩的入土深度小于 16m 时，相关系数的变幅较大，取值当否与工程经验关系较紧密，当缺乏类似经验时，可采用试压实测手段来确定。

由此可见，本条提供五种确定静压桩单桩竖向抗压承载力特征值的方法，各有优缺点，各有应用的条件，故宜针对不同地质条件的工程采用多种方法加以综合确定。

4.3.4 本条是对静压桩桩身混凝土强度的要求。由于是涉及混凝土结构问题，需采用以概率理论为基础的极限状态设计方法。用荷载效应基本组合计算出来的单桩竖向力设计值，应不大于静压桩桩身结构竖向抗压承载力设计值。这是静压桩桩身竖向承载力设计值，不是所谓的单桩竖向承载力特征值，两者的相关关系可参阅本规程 4.1.4 条和 4.1.5 条的规定。有些施工人员往往将静压桩桩身竖向承载力设计值误认为是单桩竖向承载力特征值。

4.3.5 本条是有关静压桩桩身结构竖向抗压承载力设计值的经验估算公式。其表达形式与现行国家和广东省的设计规范相一致，均采用 $R_p = \Psi_c \cdot f_c \cdot A$ 的表达式，其中 Ψ_c 为成桩工艺系数。广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 15-31 的经验计算公式中，推荐预制桩的成桩工艺系数为 0.8~0.9，而行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008 中的管桩成桩工艺系数 Ψ_c 为 0.85。考虑到静压桩经过强力抱压后桩身混凝土强度降低较多的特点，本规程对静压桩的成桩工艺系数作下列规定：预制钢筋混凝土实心方桩取 0.75；空心方桩取 0.70；预应力管桩取 0.70，应该说是趋于安全的。

为什么公式 $R_p = \Psi_c \cdot f_c \cdot A$ 中没有 σ_{pc} 这一项数据呢？原先编制组在征求意见稿中采用的静压管桩桩身结构竖向抗压承载力设计值计算公式是 $R_p = 0.75 (f_c - \sigma_{pc}) \cdot A$ ，可见，此时的工作条件系数 Ψ_c 是取 0.75，但后来考虑到这样的事实： Ψ_c 严格来

说是个变数， δ_{pc} 值大的管桩（如 B 型桩），其耐打耐压性能要比 A 型、AB 型桩好一些，故 Ψ_c 值要比 A 型、AB 型大一些；顺理，AB 型桩的 Ψ_c 又要比 A 型桩的 Ψ_c 大一些。但此时也应看到， δ_{pc} 值越大， $f_c - \delta_{pc}$ 值就越小；相反， δ_{pc} 值小的管桩（如 A 型桩），其耐打耐压性就差一些，按理其 Ψ_c 应取小一些，但由于 δ_{pc} 值小， $f_c - \delta_{pc}$ 值就大一些。这样此长彼短，两者的乘积基本一样。针对这样的情况，最后编制组经综合平衡后，决定从公式中取消 δ_{pc} 值，从而使计算公式更简单化： $R_p = \Psi_c \cdot f_c \cdot A$ ，但此时， Ψ_c 从 0.75 降至 0.70；由于实心方桩的脆性比管桩要小一些，故取 Ψ_c 为 0.75。国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 第 8.5.11 条规定：“工作条件系数，非预应力预制桩取 0.75，预应力桩取 0.55~0.65……”，在该条的条文说明中可看出，规定预应力桩的工作条件系数为 0.55~0.65 的依据，是结合日本、广东省的经验公式，用纯数学换算方法得来的。条文说明中推算出有效预应力值最低的（ $\delta_{pc} = 4\text{MPa}$ ）A 型 PHC 桩的工作条件系数 $\Psi_c = 0.699 \approx 0.70$ （见国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007—2011 第 293 页），那么，根据广东的经验，有效预应力值更大的 AB 型、B 型、C 型的 PHC 桩，耐打（压）性更好，其工作条件系数理应比 A 型桩大一些，即 Ψ_c 应大于 0.70；为安全起见，本规程 PHC 桩的 Ψ_c 取 0.70；而 PC 桩的脆性比 PHC 桩要小一些，其工作条件系数应比 PHC 桩大，即 Ψ_c 应大于 0.70，但本规程仍取 $\Psi_c = 0.70$ ，是留有余地的。从工程常识来看，预应力桩比非预应力桩的耐打（压）性强，预应力桩是在非预应力桩的基础上发展起来的，是一种技术进步，所以，预应力桩的工作条件系数理应比非预应力桩大一些，因此将非预应力预制桩的工作条件系数定得比预应力管桩的工作条件系数高得多，是不符常理的。为此编制组认为，静压桩的工作条件系数 Ψ_c 取 0.70~0.75 是较为合理的，也符合广东的一贯做法。

4.3.6 本条是对验算静压桩单桩竖向抗拔承载力的规定。按最小中心距 $3d$ 或 $3d$ 以上布桩的静压桩基础作抗拔分析，认为静压

桩基础整个抗拔能力基本上是由各单桩抗拔能力组合而成的，故仅需作单桩破坏验算。

4.3.7 单桩竖向抗拔承载力特征值宜通过现场竖向抗拔静载荷试验确定。试验方法应按广东省标准《建筑地基基础检测规范》DBJ 15—60 执行；也可按式（4.3.7）的经验公式进行估算。公式的后半部分是桩身重量所起的作用。计算静压桩桩身的自重，应扣除抗浮设防水位以下桩体的浮力。

4.3.8 本条强调抗拔静压桩宜选用预应力管桩。因为近一二十年来，广东很少应用预应力混凝土方桩，大量应用的是预应力管桩。用预应力管桩作抗拔桩在广东较普遍，也有相当丰富的经验。管桩用作抗拔桩时，应充分重视桩身抗拉强度的验算。因为在较多情况下，静压管桩的抗拔承载力特征值不是由桩土之间的摩阻力所决定，而是由桩身抗拉强度所左右。作为受拉且埋藏在地基土层中的构件，要求桩身受最大拉力时不出现裂缝。式（4.3.8）就是在要求桩身混凝土不出现拉应力的条件下建立的。所以，对设计等级为甲级、乙级的或抗拔力较大的抗拔管桩基础，宜选用有效预压应力值较大的 AB 型或 B 型、C 型管桩。但对设计等级为丙级的、或临时性的、或抗拔力较小的抗拔管桩基础，也可选用 A 型桩。静压管桩作为抗拔桩时，除应充分重视桩身抗拉强度的验算外，尚应十分注意管桩接头和桩顶与承台之间锚固连接的质量。对管桩接头的质量要求，本条条文中未加以赘述，但在本规程 4.2.3～4.2.6 条中已有明确的确定。可参见这些条文的条文说明。至于桩顶与承台之间的连接，详见本规程 4.2.9～4.2.10 条的规定，也可参见有关的条文说明。大量的工程实践表明，目前抗拔静压管桩，除了桩长 $<9\text{m}$ 的超短桩外，其抗拔力大小，许多是由静压桩的接头质量（包括端板材质、厚度；预应力钢筋的镦头强度；电焊坡口尺寸、电焊质量等）所控制的，所以说接头的质量和强度是提高静压桩抗拔承载力的一个瓶颈。为此，式（4.3.8）中，采用的是 Q_t 而不是 Q_k ，留有 1.3 左右的安全系数，这比裂缝控制等级为一级的要求还严格。按这

个公式计算， $\phi 400-95$ 的 AB 级 PHC 桩，其单桩竖向抗拉承载力特征值限值约为 380 kN，而 $\phi 500-125$ AB 级 PHC 桩，其单桩竖向抗拉承载力特征值限值约为 600kN，比较符合当前广东应用抗拔管桩的实况。在这样的设计条件下，端板厚度、焊缝强度等可不作验算。当然，随着科技的进步，以及管桩接头质量和强度的提高，静压管桩基础单桩抗拔承载力特征值的取值尚可根椐具体情况作适当提高。

4.3.9 这是广东地区计算管桩混凝土有效预压应力值的经验公式。以往各地计算管桩混凝土有效预压应力时都是按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定计算预应力损失值。但由于管桩是离心混凝土，PHC 桩还经过高压蒸养，许多引起预应力值损失的因素与一般常规的预应力混凝土结构不同，因此计算出来的误差较大，而且不同人计算往往会得出不同的计算结果。新版的国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476—2009 附录 D 列出了全国统一计算预应力管桩有效预压应力值的计算方法和计算公式，但比较繁复。本规程所推荐的经验公式是约按张拉应力的 20% 作为预应力损失值来估算的，而张拉力一般以达到预应力钢筋抗拉强度标准值的 70% 时的总拉力来控制的，故 $0.7 \times (1 - 0.20) = 0.56$ 。用此公式计算结果与国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476—2009 推荐的计算方法所计算的结果基本一致，尤其是 A 型桩和 AB 型桩，计算结果相当吻合。但此方法简单实用，不仅符合工程使用要求，也可使大家有一个共同的计算结果，尤其在抗拔管桩桩身抗拉强度计算中显出快捷的优点。

4.3.10~4.3.12 这几条是对静压桩基础的单桩水平承载力提出的要求以及单桩水平承载力特征值的确定方法，是引用了广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 15—31 和广东省标准《建筑地基基础检测规范》DBJ 15—60 的有关内容。其中 4.3.12 条静压桩单桩水平承载力特征值 R_{hm} 的经验估算公式中，管桩桩身换算截面受拉边缘的截面模量 W_o ，在广东省标准《锤击式预应

力混凝土管桩基础技术规程》DBJ/T 15—22 中，采用一个较粗略的计算公式，后经详细推导，得到现在这个计算公式，应该会更精确一些。

4.3.17 这是根据广东多年来应用静压桩特别是静压管桩的实践而提出来的，桩端持力层为扰动后易软化的风化岩层中的静压桩基础设计时应注意的 3 个问题。这是一种综合治理的方法和思路。桩端持力层为扰动后易软化的风化岩层中的单桩承载力不稳定的机理可参见本规程 1.0.7 条第 7 款的条文说明。规定送桩深度不宜超过 1.0m，是为了便于日后采用全面复压而作准备。如果送桩太深，复压就相当困难。根据广东的经验，遇到此类扰动后易软化的难题，从三个方面入手解决是可行的，但降低单桩竖向抗压承载力特征值是最为有效的方法。所以本条第 1 款就讲单桩竖向抗压承载力特征值取值，应按常规方法计算得到的值乘折减系数 0.90~0.70，即降低 10%~30%。至于在桩孔底灌注封底混凝土的做法，有专家认为，能收到一定的成效，但也有专家认为，封底混凝土的质量不易控制，起不到封底止水的作用。有些地方采用开口型桩尖反而能收到较好的效果。总之，客观情况复杂，是否需要封底，各地设计人员可根据当地经验加以确定。

5 静压桩基础施工

5.1 一般规定

5.1.1 静压桩基础施工前应完成的准备工作，本条共列出 9 款，款款都需要，不可缺少。

5.1.3 本条基本宗旨是要求合理选用桩尖。桩尖的构造及材质，本规程 4.2.7 条作了具体的规定，并在条文说明中作了详细的说明。在施工前及施工过程中，施工及监理人员应按规程或设计的要求设置桩尖，认真检查所用桩尖的构造和材质，不合格者不得使用。

桩尖的选用应根据工程地质条件和设计要求来进行。本规程附录 B 列出了常用静压管桩的桩尖构造图，共四大类 8 种钢桩尖，供设计者选用。

第一大类为十字型桩尖，其中分平底型、尖底型和锯齿型三种。平底型桩尖适应于土岩层逐步变硬的地质条件，即在以强风化岩作持力层的上覆地层是较厚的全风化岩或残积土层。广东以往最多使用的就是这种桩尖。尖底十字型桩尖是平底十字型桩尖的一种改进，适应的范围较广，也更节约钢材；对于软硬变化稍大而且强风化岩面稍有倾斜的地质条件也能适应。该桩尖按高度 h 分为Ⅰ型和Ⅱ型，当岩面倾斜度在 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 时采用 h 较大的Ⅱ型为好。锯齿十字型桩尖刚性较好，又有防滑移的锯齿，适用于强风化岩面更倾斜（倾斜度在 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ ）的地质条件，对于防止桩尖在岩面上滑移破坏有一定效果。

第二大类为棱锥型桩尖，其中分为四棱锥和六棱锥型两种。棱锥型桩尖加工方便，可取代以前的圆锥型桩尖。棱锥型桩尖刚度大，穿越岩土层能力强，适用于需要穿越较厚砂砾层的桩基础，相对来说，六棱锥穿越性能更好，但加工复杂，成本较高。

有时为了加强其刚性，可将桩尖内的空隙用 C30 素混凝土填灌密实。

第三大类为 H 型钢桩尖，其中又可分为 H 钢 1 型和 H 钢 2 型。H 型钢桩尖，总体上来说刚性较强，具有良好的穿透能力，且导向性也较好。当全风化岩层中夹有中风化岩块、石英岩脉等情况下，使用 H 型钢桩尖就不易发生桩偏位现象。在扰动后易软化的风化岩中沉桩，为防止持力层软化，可以将 H 型钢桩尖加长使用。在石灰岩地区或有孤石的地层中，宜采用 H 钢 2 型桩尖并采用静压法施工，可以大大减少施工中发生的烂桩率，使管桩基础在这些锤击法沉桩施工不成功的地质条件下有可能获得成功。

第四类为开口型桩尖。开口型桩尖不等于不设桩尖。开口型桩尖一般用在直径 $>500\text{mm}$ 的管桩基础中，其主要用来减少桩的挤土上浮。开口型桩尖刚性强，导向性好，穿越密实砂层的能力强。

第一到第三类全是封口型桩尖。本规程推荐直径小于等于 600mm 的管桩，尽量采用封口型桩尖。随着科技的进步，新型桩尖还会不断发明创造出来，如福建省有一种混凝土密封桩尖，与管桩连在一起进入高压釜蒸养，其止水性能好，耐腐蚀能力强，也值得设计人员关注。

5.1.5 这是对基坑围护结构和压桩施工两者先后顺序所作的有关规定。在一般情况下，本条规定：“具有刚性围护结构深基坑的静压桩工程，宜先在地面进行压桩然后再做围护结构和开挖土方。”所谓刚性基坑围护结构，是指地下连续墙包括排桩式连续墙；钢板桩围堰；深层搅拌桩、旋喷桩等重力式挡墙。在设有这些刚性围护结构的深基坑内压桩施工，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，降低甚至破坏围护结构的挡土止水作用；二是容易引起先施压的基桩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基桩向土坑中心倾斜。所以，常规的做法是先压桩后做围护结构再开挖土方。但近几年来，出现了不少大面积的地下室工程，且地下室的层数也不断增加，若先压桩再做围护结构，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，有些大型深基坑工程，采用先做围护结构再挖去部分基坑内土方，然后再进行压桩施工的做法，也获得成功。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。若在基坑内压桩，应采取有效措施减少压桩机陷机和压桩挤土效应所产生的各种不利影响，同时加强对边坡、围护结构和周围环境的监测。由于压桩施工的送桩深度要比打桩施工的送桩深度大，最多允许送到 6m，所以在一层地下室的情况下，根据经验还是先在地面进行压桩施工再做围护结构为好。

5.1.6 这是对静压桩基础工程的基坑土方开挖所作的一系列规定，一共有 8 款，每款都有血的教训。这是广东地区应用静压桩十多年来的经验教训的全面总结。基坑开挖包括地下室基坑的开挖和承台基坑的开挖。在这十多年内，广东地区尤其是珠三角地区，由于基坑土方开挖不当而引起大规模基桩倾斜甚至被折断的严重事故屡有发生。有的设计、施工人员对软土地区基坑的开挖难度和严重后果认识不足，未作足够的思想准备，未采取必要的技术措施。大多数事故是发生在挖土操作人员的野蛮施工中，如有的挖土操作工贪快图方便，挖土时拼命集中在一个点上进行土方开挖，基桩两边土体高差相差不是 1m，而是 3m~5m，从而很快使附近基桩倾斜。所以，本条作了非常具体的规定。尤其是在深厚淤泥等软弱土层中的基坑开挖土方时，本条第 5 款强调应先在基坑内进行地基加固处理，然后再用机械开挖。近几年来，在珠三角深厚软土层中的基坑支护开挖设计方案中，有的事先采用真空预压法，有的采用基坑内换土法，有的在基坑内采用深层搅拌桩按隔栅式布置的地基加固方案，使得桩与桩之间有一定的

侧向支撑，不容易倾斜，并且基坑底面强度较高，小型的挖土机可在其上作业。这样做，虽然多花费一些成本，但能使基坑开挖工作顺利进行，也是值得的、必要的。对于一些开挖面积较小的基坑，如市政工程中的桥墩承台基坑，也可采用人工开挖，或采用桩与桩之间的构件连接等措施。

5.2 压桩机具

5.2.1 本条是介绍静力压桩设备的条文。全液压式压桩机是我国拥有自主知识产权的原创性的新型桩工机械。其发展历史可参见本规程 1.0.2 条的条文说明。压桩机从理论上讲可以做得很大，但由于施工现场地表土的承载力限制，又不能做得太大，为了便于现场施工且不会发生陷机现象，本条对压桩机底部的接地压强作了限制：压桩机长船型履靴的接地压强不宜大于 100kPa；短船型履靴的接地压强不宜大于 120kPa。在选用压桩机时，首先就要考虑这个问题。

5.2.2 本条是对压桩机所需具备资料的规定。其中第 1 款产品合格证是基本要求；第 2 款特别是整桩的额定压桩力即最大压桩力也是设计、施工、监理等技术人员最需了解的数据，要防止“小机压大桩”的弄虚作假行为；第 3 款压桩机外形尺寸与施工场地是否要采用压边桩工艺有关系；拖运尺寸与运输进场有关系，有些地方因运输道路窄小，压桩机无法运进现场，致使压桩无法进行；第 7 款弄清校正或检定后的压力表读数与压桩力的对应关系非常重要，我们只能通过压力表的读数，换算成压桩力，通过压桩力的大小，可以判断压桩所穿越的岩土层性状，估算静压桩的单桩承载力等。

5.2.3 列出了确定压桩机最大压桩力的经验估算公式。当然，压桩机最大压桩力不能超过整机的额定压桩力。这里是指配重未全部装上去的情况下，估算压桩机最大压桩力的经验方法。保证压桩机的压桩力能达到终压力值是静压桩施工的基本条件。压桩机的压桩力靠压桩机的自重和配重作为反力来达到的。因此，压

桩机上的每件配重的重量应是真实的，因此事先需要核实，并在该件配重的外露表面上进行标记，使施工人员和监理人员便于清点计算。式（5.2.3）表明液压压桩机的最大压桩力就是机重加配重总量的90%。其中10%重量相当于两只短船型履靴的重量，这两只履靴，在施加终压力的任何情况下都不允许与长船型履靴一起脱离地面，因此起不到作反力装置的作用，故必须扣除。

5.2.5 本条是对静压桩送桩器所作的规定。静压桩送桩器与锤击桩送桩器是不相同的。锤击桩送桩器要求在送桩器底部设有套筒，使用时在套筒内需放置垫层；而静压桩送桩器在正常压桩时底部一般不设套筒，只要求送桩器横截面外廓形状与静压桩横截面外廓形状相一致，且端面平整，并与送桩器中心轴线相垂直，施工送桩时，一般都要求连续作业，送桩器端面与静压桩顶面可以调整到重合，但复压时所用的送桩器，应采用端部设有套筒的送桩器，以便使送桩器中心线和复压桩中心线相重合并且可在套筒内加装弹性垫层（详见本规程5.4.22条）。以往，有些压桩工地，将工程用桩当送桩器应用，用过之后，仍将此节桩当作工程桩使用，殊不知这节桩桩身往往有破损。所以，本条明文确定：施工现场应配备专用送桩器，不得采用工程用桩做送桩器。有的施工单位，到管桩厂定制一节预压应力值较高的管桩，专门用来作送桩器，只要后来不将此节桩用作工程桩，也是允许的。

5.2.6 当工程桩的边桩离已有建（构）筑物或障碍物太近时，需要用压边桩机构来施压。此时应注意二点：①在选择压桩机时，就要求选有配备压边桩机构的压桩机；②若用压边桩机构装置来施压工程桩，桩的直径和承载力均应减少，桩数应增多，因此设计布桩时就应考虑到这一点，详见本规程2.1.11条的条文说明。

5.3 桩的吊运及堆放

5.3.1 对静压桩的起吊强度作出规定，是为了防止起吊时引起桩身开裂，特别是预制方桩和PC管桩。对于预制方桩应达到设

计强度等级值的 70% 方可起吊，这是指预制方桩从制作平台上起吊到堆场的强度要求，达到 100% 才能运输；根据经验，PC 桩常压蒸养脱模后可以起吊，但不能运输和使用，一般经过 14d 的淋水养护方可使用；至于经压蒸养护的 PHC 桩，从高压釜冷却出来后就可吊运和使用。

5.3.3 这是关于静压用桩吊运的条文。常用管桩单节长度最大限值在本规程附录 A 表 A.0.8 和表 A.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。这种两端钩吊法方便快捷，广东已沿用了二十余年，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，应采用单节方桩所用的双吊点法起吊，吊点位置应设在离桩端头 0.21 倍的桩长处。

5.3.4 静压桩运至工地现场接受验收时，除按本规程附录 A 的要求对桩的外观质量和桩身尺寸进行验收外，重点应对桩身在运输过程中是否产生裂缝及碰伤情况进行检查，断裂的桩禁止使用。

5.3.5 这是关于施工现场堆放静压用桩的条文。静压桩施工现场堆放条件没有预制桩厂内堆场的条件好，工地现场大多情况下，高低不平，所以不宜叠层堆放，当场地宽阔时，应优先采用单层放置法。若要叠层堆放，场地应平整坚实。一般较好的做法是：按工程进度分批运入预制桩，既避免二次搬运，又便于单层着地放置。若非要叠层堆放时，垫木只能设置 2 道，不得设置 3 道或多道。两支点间不能有突出地面的石块等硬物存在，以防支座垫木下沉时该硬物将预制桩顶住导致桩身断裂。上下层垫木如果不在同一垂线上，且上层垫木在下层垫木的外边，下层桩的悬臂部分就会有被压断的危险。

5.3.6 这是关于施工现场取桩的一些规定。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、吊桩的作业方法。但现实工程中大量采用拖拉法取桩。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。

5.4 压 桩

5.4.1 这是对正式压桩前应完成的准备工作所作的规定，表达得比较具体明白。检查静压桩的生产日期，主要是针对预制钢筋混凝土方桩和 PC 桩，因 PHC 桩冷却出釜后即可运到工地施压。根据经验，普通预制钢筋混凝土方桩应有不少于 28d 的龄期方可施压；若采用技术措施后两星期内能达到混凝土设计强度等级值的预制钢筋混凝土方桩和 PC 桩，也应有 14d 的龄期才能施压。另外，储存日期太久的静压桩，也要认真检查端板和钢筋的锈蚀情况。制定静压桩的施工流水线路，其基本原则可参见本规程 5.4.4 条。测放桩位时常用做法有两种：工程不大时，一次性全部放完桩位；工程较大时，可分批测放桩位。静压管桩采用十字型桩尖较多，这种桩尖对中较困难，有一种放划圆圈标记的做法值得推荐：在标定的桩位中心处打插一根 20cm~30cm 长的 A6 钢筋，露出地面 5cm~10cm，上绑红布条，再用一块与管桩截面一样的圆夹板，其中心小孔插进桩位钢筋，并使圆夹板座落在地面上，再在圆夹板周边撒上白石灰粉，拿掉圆夹板，地面上呈现的圆圈就是管桩就位的范围，于是管桩对中就非常方便直观。至于有锥形桩尖的静压桩可用线锤法进行对中。在桩身上划出以米为单位的长度标记，便于观测桩的入土深度。试压桩也应归到正式压桩前的准备工作中，因为静压桩的试压工作比锤击桩的试打工作更方便更容易实施。

5.4.2 这条是对试压桩的有关规定，包括试压桩的数量、选点等。试压桩一般是在正式施工前进行的。试压桩应经过 24h 停歇后进行复压，目的是探测该桩周围地基土的固结能力，测量桩的竖向抗压承载力，一般来说，复压所测到的桩身起动时的压力值可作为单桩竖向抗压极限承载力的参考值，其原理可参见本规程 4.3.3 条的条文说明。

5.4.4 这是确定压桩路线的基本原则，是广东地区静压桩施工的经验总结。是基于下列几个问题上所得出的一些做法：①是考

考虑到静压桩是挤土桩，压桩顺序应注意尽量减少挤土效应的发生；②是考虑到压桩穿越砂层较困难，所以压桩顺序应先施压难穿越的土层再施压容易穿越的土层；③是考虑到压桩机往返行走会对已压桩产生危害，因此，要求压桩路线应简短，不宜交叉和重叠。根据这些原则，再综合考虑，最后确定较好的压桩路线，最终目的就是要保证静压桩基础的工程质量。

5.4.5 这是桩身抱压允许压桩力的基本要求和计算公式。有关桩身抱压允许压桩力的概念，可参阅本规程 2.1.16 条的条文说明。桩身抱压允许压桩力的经验计算公式是广东地区经验的总结。以往有些工地，为了穿越厚砂层或为了使短桩的承载力达到一个较高的设计值而不惜增大压桩力，结果将桩身夹裂，或使静压桩桩头产生竖向裂缝，为此，必须限制抱压压桩力值，以 $\phi 400-95$ PHC 桩为例，其抱压允许压桩力约为 3100kN，送桩时可以增大 10% 即 3400kN； $\phi 500-125$ PHC 桩，其抱压允许压桩力约为 5000kN，送桩时可增大 10% 即 5500kN。这是广东地区用得最多的两种静压桩型，当 $\phi 400-95$ PHC 桩压桩力不超过 3400kN、 $\phi 500-125$ PHC 桩不超过 5500kN，桩身基本完好，若超过这个值，桩身就会有破损的可能。

5.4.6 是对静压桩的钢桩尖焊接所作的规定。其不规范的做法是将管桩起吊放入压桩机的夹持口内（俗称喂桩），在桩身垂直状态下将桩尖托在桩底部然后再点焊几下，结果焊接质量不好，不仅管内容易进水，而且桩尖容易脱落，起不到桩尖的作用，所以，对这种做法，本规程采用“严禁”的字样加以禁止使用，并提出了正确的做法。

5.4.7 这是抱压式液压压桩机压桩作业时应遵循的条文，共有 12 款，都是广东经验的总结。其中第 6 款带有桩尖的第一节桩插桩后的垂直度偏差，在锤击桩技术规程中要求不得大于 0.5%，由于第一节桩的垂直度对静压桩的垂直度起到至关重要的作用，所以本规程要求第一节桩的垂直度偏差不得大于 0.3%，事实上这个要求，只要稍为认真操作，是能做到的。整

个压桩过程，严禁浮机。关于浮机的问题，可参阅本规程 2.1.26 条的条文说明。

5.4.8 这一节中规定桩尖截除后应采用水准仪等仪器测出其桩顶标高，待全部工程桩施压完毕，再复测一次，目的是要测出桩身的上浮量，因为截除桩头的静压桩顶部就在地表附近，比送桩后的静压桩容易测量。

5.4.9~5.4.10 是对电焊接桩工作提出的要求，其中 5.4.9 条是针对静压方桩的；5.4.10 条是针对静压管桩的。两者的共同点，就是如何保证焊缝的质量。现场焊缝质量总的要求是按国家标准二级焊缝质量的要求进行施焊，但根据桩基工程实际情况，一般非特殊要求的工程，现场不做焊缝探伤检测。关于焊接的时间，特别是静压管桩的焊接时间，以往有些工地为了抢进度、减少电焊成本，便不顾焊接质量，草草了事，三五分钟就将一个直径为 400mm 甚至 500mm 的管桩接头焊完。所以 5.4.10 条第 4 款列出了两个焊工对焊时各种常用静压管桩的每个接头的施焊时间，便于操作者自我控制，也便于监理工程师旁站监理。一般来说，锤击桩接桩宜优先采用手工电弧焊，而静压管桩宜优先采用二氧化碳气体保护焊，当然也可采用手工电弧焊。二氧化碳气体保护焊较适宜于静压管桩的施工，是因为一是管桩是圆形的，便于自动或半自动二氧化碳气体保护焊的操作；二是焊接作业是在压桩机的“内腹”进行的，遮风避雨的作业环境比锤击桩要好，焊接质量较好，且焊接施工速度较快。所以，本规程优先推荐采用二氧化碳气体保护焊的作业法。

至于电焊结束后焊缝冷却的时间，在广东省标准《预应力混凝土管桩基础技术规程》DBJ/T 15—22—98 中，规定自然冷却时间不宜少于 8min，是因为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。后经研究，认为现场焊缝一般温度不超过 800℃，与淬火性质不完全相同，且静压桩静压作业时对焊缝的影响比锤击桩的影响要小，所以经综合考虑和广泛征求意见，确定手工电弧焊的焊缝自然冷却时间不应少于

5min。但二氧化碳气体保护焊所用焊条的直径较细，散热快，所以确定其自然冷却时间为不应少于 3min。另外，在桩的接长作业中，静压方桩与静压管桩是有所不同的：静压方桩的底桩若偏斜一些，当上节桩接上去时，允许接头处有间隙存在，但要求上节桩保持垂直，接头处存在的间隙应采用厚薄适当的铁片填实焊牢。而静压管桩接长时，不允许接头间存在间隙，不允许采用垫片将间隙塞满，而是要求上下节桩保持顺直即可。原因是方桩截面是方形的，垫片塞满后是条块接触，接触面积较大，压应力就较小，而管桩截面是圆弧形的，垫片塞满后，接触面基本上像个点，压桩时，容易应力集中，容易使桩接头处破坏。

5.4.11 这是对机械啮合接头施工法规定的条文，内容比较详细明白。需要提醒的是：采用机械啮合接头的管桩接头，是利用上节桩的自重将装在上节桩下端部的连接销完全插入下节桩顶端的连接槽内。在软弱土层太厚的场地接桩施工时，下节桩还没进入较坚硬的土层，桩入土部分的侧摩阻力较小，当上节桩对中下压时，由于下节桩没有足够的支承力，不仅连接销无法顺利地插入连接槽内，而且可能把下节桩顺势压入软土层中，因此，在一般情况下，当需要接桩时下节桩桩头露出地面的高度要比电焊接头露出地面的桩头高度略高一些。当地表下有厚度 10m 以上的流塑淤泥土层时，第一节桩（底桩）露出地面的桩头近地面处宜设置“防滑箍”，所谓“防滑箍”就是用两个半圆形的钢箍合起来夹住管桩外周，以增加底桩的支承力。当地表下软土层厚度小于 10m，且第一节底桩长度较长可使底桩下端进入坚硬土层时，可不设防滑箍。

5.4.13 是对静压桩送桩作业作出的规定。内容包括送桩作业的总体要求、送桩器要求和送桩深度的规定。送桩前，应先测出桩身的垂直度，检查桩头质量，合格后立即送桩，要求压桩、送桩作业应连续进行，中间停歇时间不宜太久，否则，桩身四周土体固结，送桩就难以进行。当场地上多数桩较短（ $\leq 16\text{m}$ ）或桩端持力层为扰动后易软化的风化岩时，送桩深度不宜超过 1.0m，

主要原因是这些桩基工程可能需要复压，准备复压的桩基工程送桩深度就不能太深。除此之外的静压桩工程，送桩深度可超过2.0m，最大允许送6m。因为静压桩送桩时采用的是静压力，送桩器和工程桩桩头的接触面比较平稳，不像锤击桩送桩施工时，送桩器下端部与工程桩桩头接触面是有离有合的，送桩器处于跳动状态，加上广东许多地区送桩2m后，桩头已浸入淤泥软土中，在这样的土况下锤击送桩，桩头容易破损。所以锤击桩送桩深度规定不宜超过2.0m，而静压桩送桩深度可允许达6.0m，不允许再往下送，送得太深的弊病有：一是承载力难以保证，二是送桩器是保持垂直状态，而工程桩若有1%的垂直度偏差，容易引起接触不良而产生偏压；三是拔出送桩器比较困难。

5.4.14 这条是关于终压标准的确定原则和方法。终压标准有点类似于打桩的收锤标准，主要的定量控制指标是：终压力值、终压次数和稳压时间。稳定时间一般规定为3s~5s，所以实际上只有终压力值和终压次数这二项。确定终压标准最好的方法就是现场试压桩，也可参考类似工程的经验做法，或通过经验公式来估算所需的终压力值。终压次数一般不宜超过3次。靠增加终压次数来提高静压桩的承载力，是得不偿失的一种做法，终压次数太多，承载力并没有太多的增长，反而容易引起桩身和压桩机的破损。当然，对施压入土深度小于9m的短桩，本规程允许终压次数可增至3~5次。稳压时间是指终压时每次用终压力值持续稳压的时间，不宜太长，一般应控制在3s~5s。稳压时间太长，压桩机上高压油泵和油管很快破损，另外，增长稳压时间，对单桩承载力的增加起不了多大作用，因为这些都是瞬间压力，倒不如增大终压力值，反而能起到一点增载的效果，但终压力值受桩身抱压允许压桩力的限制，又不能无限增加，所以，工程师的责任就是要掌握一个度，取一个合理的终压力数值。

5.4.15 这是无类似工程施工经验时可作参考的终压标准。分两类：对于以桩长控制的摩擦型静压桩，应按设计桩长进行终压控制，终压力值只作为参考。如何通过试压桩更合理地选定实际桩

长，可参阅本规程 4.3.3 条的条文说明。对于选择持力层的端承摩擦桩或摩擦端承桩，终压标准与单桩设计承载力、桩的入土深度、桩周土的性质有很大关系，本条提出的终压力值就是根据下列“静压桩竖向抗压极限承载力与终压力的经验关系公式”推算出来的：

$$\text{当 } 6\text{m} \leq L \leq 9\text{m} \text{ 时 } Q_U = \beta P_{ze} = (0.60 \sim 0.80) P_{ze}$$

$$9\text{m} < L \leq 16\text{m} \text{ 时 } Q_U = \beta P_{ze} = (0.70 \sim 1.00) P_{ze}$$

$$16\text{m} < L \leq 25\text{m} \text{ 时 } Q_U = \beta P_{ze} = (0.85 \sim 1.00) P_{ze}$$

$$L > 25\text{m} \text{ 时 } Q_U = \beta P_{ze} = (1.00 \sim 1.15) P_{ze}$$

式中： L ——静压桩的入土深度；

Q_U ——入土部分的静压桩竖向抗压极限承载力；

β ——静压桩竖向抗压极限承载力与终压力的相关系数；

P_{ze} ——静压桩的终压力值。

终压次数是广东施工经验的总结。一般来说，桩愈短，压桩次数就多一些。从经验公式可知，桩长小于 16m 的短桩，其终压力值与单桩竖向抗压承载力特征值不是 2 倍的关系，而是 3 倍甚至更多倍数的关系。桩愈短，倍数就越大，但一般不会大于 3.5 倍。至于桩端的持力层，静压桩终压标准与打桩收锤标准一样，将其作为一个定性的控制指标。静压桩一般以强风化岩、全风化岩或密实的砂土层作桩端持力层，最多只能压到 $N' = 50$ (N' 为校正后的标贯值) 的强风化岩层，在终压施工时，要注意桩端进入持力层的情况，作定性的控制，但这不是非要达到的控制指标，我们要实事求是地进行分析判断，尤其是大面积的群桩工程，往往是先施压的桩尖进入设计要求的持力层比较容易，由于挤土效应，后压的桩进入设计要求的持力层就比先压的桩要浅一些，到最后，有可能进不到设计要求的持力层。这些都是正常现象。根据广东的经验，除特殊的复杂的地质条件外，一般情况下，只要正确控制终压力值和终压次数，都能达到设计承载力和沉降的要求。

5.4.16 这是终压施工时的有关规定和应注意事项，包括终压施

工的间隔时间。另外，规定终压力值不宜大于桩身抱压允许压桩力，当桩长较短、终压力值又超过桩身抱压允许压桩力时，不得任意增加终压次数和稳压时间，应按实际情况降低单桩竖向抗压承载力特征值。关于桩身抱压允许压桩力，可参阅本规程 2.1.16 条和 5.4.5 条的条文说明。

由此可见本规程中贯穿着这么一个“双控”思想：一是控制终压力值，不宜大于桩身抱压允许压桩力；二是控制单桩竖向抗压承载力特征值，使其需要的终压力值不宜大于桩身抱压允许压桩力。因为桩长较短的桩，终压时所需要的终压力值，不是单桩竖向抗压承载力特征值的两倍，而是三倍甚至三倍以上。如若单桩竖向抗压承载力特征值定得太高时，那么三倍以上单桩承载力特征值即此桩所需的终压力值从理论上讲就大大超过桩身的抱压允许压桩力，这是不允许的。在这样的情况下，惟一的解决办法就是降低单桩竖向抗压承载力的特征值，使其所需要的终压力值刚好等于桩身的抱压允许压桩力，这样，才是最合理的设计，否则，就算任意增大终压力值或加大稳压时间，其结果也是徒劳的，必然适得其反，压坏了桩身混凝土，损坏了压桩机液压部件。所以，设计、施工技术人员只有真正理解并掌握这个“双控”思想，才能既保证桩身的质量，又能保证桩的承载力，达到“双赢”。

5.4.17 这是静压桩基础在桩端持力层为扰动后易软化风化岩层的地质条件下进行静压施工所要采取的一些技术措施。本规程 4.3.17 条是对设计要求而言的，而本条是对施工要求而言的。第 1 款按设计要求采用封口型桩尖，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，按本规程 5.4.6 条的规定执行，应做到焊缝连续饱满不渗水。第 2 款是讲当设计有采用 C30 细石混凝土进行封底的要求时，施工人员应在每根桩的第一节桩入土后立即实施。第 3 款讲入土深度小于 16m 的静压管桩，为使送桩深度不超过 1.0m，应精心配桩，目的是为日后复压作准备。而入土深度大于 16m 的静压管桩基础，一般常用

做法是降低设计承载力，因为复压对静压桩基础来说并不是一种好方法，详见本规程 4.3.17 条的条文说明。

5.4.18 这是根据广东和全国各地的实践经验总结出来的减少压桩施工所引起的挤土影响的一些技术措施。其中采用引孔压桩法较为有效。在饱和软土层中施压群桩，采用控制沉桩速度，限制每天沉桩数量也是一种有效的方法，这主要是限制超孔隙水压力的迅速增加。根据经验，每台压桩机每一台班的压桩数量不宜超过 12 根。当然，这些减少压桩引起的挤土影响的技术措施，是从施工方面加以考虑而提出来的，但也可从设计角度加以考虑，如合理选择桩径、适当加大桩间距、提高单桩设计承载力减少用桩数量等。

5.4.19 这是对引孔压桩法提出的一些遵循原则和具体做法。引孔压桩的主要目的是减少挤土效应，有时也为了增加桩的入土深度。引孔就是预钻孔，在预钻孔内插桩压桩，这种施工法称为引孔压桩法。根据经验和工程实际，引孔的直径一般可以比静压桩直径或边长小 10cm 或 5cm，也有与静压桩直径或边长一样的孔径，主要看现场的土质情况、桩直径或边长、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，静压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。引孔时应注意引孔不得对周边环境产生不利影响。引孔内积水，不宜插桩压桩，若采用预应力管桩，宜采用开口型桩尖。若用封口型桩尖或静压方桩，压桩时孔内的积水无法消散，桩端部一般达不到孔底，会造成工程质量事故。

5.4.21 这是用低压灯泡 ($\leq 35V$) 或孔内摄像仪放入采用封口型桩尖的静压管桩桩孔内检查内壁质量的条文。可说是管桩基础的一大特色。目测检查内容：桩孔是否通畅，灯泡沉入孔底后能否见到灯光（桩身是否变形弯曲），桩孔内有否渗水漏水等。孔内摄像仪包括简易孔内摄像仪在孔内无水的情况下更容易发现管壁上的裂缝或破损情况。必要时，还可在桩孔内量测桩的实际桩长。

5.4.23 终压后的静压管桩顶部孔口应采取有效措施加以封堵，主要是从安全角度考虑，尤其是直径较大的管桩更应注意封堵，因为全国各地屡屡发生小孩坠入管桩桩孔内的人身安全事故。常用的封堵方法是采用砂包填压。送桩所造成的孔洞，应立即回填密实至地表。除了安全性外，还因为孔洞太深，若不回填密实，当附近的基桩施压时，会朝送桩遗留孔洞的方向倾斜，所以送桩孔洞必须立即回填密实至地表。回填材料可用砂土或石粉等。

6 工程质量检查、检测和工程验收

6.1 压桩前对桩身及桩尖的检查 and 检测

6.1.1 本条列出运到工地后的静压桩应作的检查和检测的内容，便于施工单位自检，监理、质监、业主等单位检查验收。

6.1.2 对运入工地的静压桩，首先要对其规格、型号以及种类等进行核对和检查；高压蒸养的管桩只要出釜以后一两天即可适用，而常压蒸养的管桩和自然养护的钢筋混凝土预制方桩则有养护龄期的问题，龄期不足的预制桩严禁使用。有关养护龄期的问题可参见本规程 5.4.1 条的规定。

6.1.3 这条是对静压桩尺寸偏差、外观质量和单节长度检查验收方法的规定。对有些重要工程设计要求采用不出现合缝和桩头漏浆的管桩，还应对这些管桩的合缝和桩头漏浆情况逐条检查验收。

6.1.4 这条是关于对焊接接头的静压管桩的桩套箍和端板质量检查检测的规定。对桩套箍的高度、套箍的板厚，应按本规程附录 A 表 A.0.11 的要求，并按本条的抽检要求进行抽检，不合格者不予验收。对端板质量的检查，重点应放在对端板的材质、厚度和电焊坡口尺寸的检查上。端板厚度应按本规程附录 A 表 A.0.10 的要求进行检查，不合格者不准使用。电焊坡口尺寸应按本规程附录 A 表 A.0.11 的要求逐个检查，一般可先目测检查，发现尺寸偏小时，再用钢尺量测。坡口尺寸不合格的静压管桩也不准使用。端板材质应采用 Q235B，端板钢材的化学成分和力学性能在现行行业标准《先张法预应力混凝土管桩用端板》JC/T 947 中有详细规定。端板材质的抽检滞后于管桩的施工，一旦检查出管桩端板不合格，则已压入的基桩应采取处理措施，如降低承载力、补桩等。因此，管桩生产厂应严格按规范（规

程)的有关规定执行,免得引起不必要的麻烦。

6.1.10 这是对桩尖检查和检测的规定。常用静压管桩的钢桩尖本规程附录 B 有详细的规定。平底十字型钢桩尖和尖底十字型钢桩尖属于常用桩尖,其他诸如锯齿十字型、四棱锥型、六棱锥型、H 型、开口型钢桩尖等属于特殊桩尖,除开口型钢桩尖外,其余各种钢桩尖属于封口型桩尖,可根据地质条件、设计要求进行选用。目前在桩尖上存在的问题是:桩尖的材质、桩尖的尺寸构造、桩尖的焊接等不符合规范要求,有的施工队趁监理不在时,甚至不用桩尖。尤其是对开口型桩尖的理解,有些设计、施工人员误以为不用桩尖就是开口型桩尖。桩尖的尺寸构造问题主要是外形偏小、钢板偏薄,检测方法就是量测其尺寸并称其重量。桩尖的焊接应在底桩起吊前焊好,实际上不少施工队在静压桩起吊就位后处于悬吊状态下在桩端进行点焊或仰焊,这样做,焊接时间短,焊缝质量差,在沉桩过程中桩尖可能会脱落或者被挤入静压管桩的内孔,因此,对桩尖的检查应严格认真。

6.2 压桩过程中的工程质量和检测

6.2.1 列出压桩过程中工程质量和检测的主要内容,供施工单位自检,监理、业主、质监、设计等单位检查和控制。

6.2.2 放线定位及桩位标记保护工作很重要,不注意也会造成工程桩的重大质量事故,尤其是桩位的偏差值。对于锤击桩而言,大承台群桩基础,宜先施打承台内的桩,承台四周边缘的桩位待承台内其他桩全部打完后重新测定,而这样施打结果的基桩,整个群桩基础的外围形状不变,承台模板及混凝土施工既方便又节约。但是对静压桩来讲,这样的做法是不适宜的,群桩承台边缘的桩与承台内的桩应根据施工顺序一起完成,但在施工过程中要随时注意桩位标记的保护,防止桩位标记发生错乱和移位。

6.2.4 第一节底桩垂直度控制得好坏对整根桩的垂直度影响至关重要,因此对底桩垂直度控制要严格一些,不得大于 0.3 %,

详见本规程 5.4.7 条的条文说明。送桩以后桩身垂直度偏差尤其是实心方桩更不易测量，故在送桩前应测量一次。一般在送桩深度 $\leq 2.0\text{m}$ 的情况下，送桩前后的桩身垂直度不会有较大的变化，故送桩前测量的桩身垂直度有时可作为送桩后的桩身垂直度，但在深基坑内的基桩，有时由于基坑土方开挖不当会引起桩身倾斜，故在基坑土方开挖后，需再次测量桩身垂直度，最后以这次测量成果作为成桩后的桩身垂直度。

6.2.5 桩接头连接质量的监控非常重要，监理工程师应作旁站监理。焊接接头施工应检查电焊工上岗资质证书；检查焊条的规格、直径和质量；检查电焊坡口的尺寸；对照本规程 5.4.10 条第 4 款的要求，纪录并监控焊接所需时间；对照本规程 5.4.10 条第 5 款的要求，监控焊完后开始施压前的停歇时间。

6.2.7 是有关压桩记录审核的规定。压桩自动记录仪可自动如实记录并打印各种压桩数据。目前在压桩机上配置压桩自动记录仪的施工单位还很少，但这是发展方向，应大力推广。现在绝大多数施工单位是用手工记录，只要如实记录，也是允许的，监理人员应认真监控专职记录员如实填好压桩记录表。

6.3 压桩后成桩质量检查与检测

6.3.1 静压桩成桩质量的检查、检测内容：桩身垂直度检查；桩顶标高检查；桩顶平面位置检查；桩身的完整性检查与检测及单桩承载力检测。

6.3.2~6.3.4 分别是成桩桩身垂直度、桩顶标高和桩顶平面位置偏差的检查方法和允许偏差值。

6.3.5 这是对静压桩桩身完整性检测和单桩竖向抗压承载力检测的有关规定。

第 1 款是采用人工目测检查。这里强调要发挥静压管桩空心的特点，以便采用低压灯泡吊入成桩内孔作桩身完整性检查，有老专家称：“这种办法看起来是土办法，其实其效果比某些洋办法好。”在实际施工中，有经验的沉桩施工队往往用这种方法来

自我检查成桩质量，而对于少数弄虚作假的施工队，是最不喜欢别人用这种方法对其施压的管桩作这种方法的检查。因为灯光照亮成桩内壁，其成桩质量好坏一目了然，还可以实测其实际桩长，杜绝虚报桩长的行为。有条件的工地，可用孔内摄像仪进行检查，尤其是简易孔内摄像仪，对施工单位来说，价格便宜，使用方便，值得推广应用。

第2款是对采用低应变动测法进行桩身完整性检测和用静载荷试验进行单桩竖向抗压承载力检测的有关规定。这样的检测方法和检测程序都是传统的做法。鉴于低应变动测法测试和判断多节静压桩的完整性有一定的局限性，本规程大力推广用高应变动测法同时进行桩身完整性和单桩竖向抗压承载力的检测方法，而采取逐步淡化低应变动测法的态度，故对这种传统的做法，本规程限定在所列的四种条件下进行，因为在这四种条件下，目前采用高应变动测法还有一定的难度，例如，在岩溶地区或“上软下硬，软硬突变”地质条件下的静压桩，采用高应变动测法，容易损坏静压桩的桩身完整性。

第3款鼓励用高应变动测法对静压桩同时进行桩身完整性和单桩竖向抗压承载力的检测方法。总体要求：抽检桩数不应少于同条件下总桩数的8%，且不得少于10根，但对设计等级为甲级或地质条件较为复杂的乙级静压桩基础工程，抽检桩数应增加一个百分点，另外，符合规定条件之一的还可减少一个百分点，但不能累计。这是与广东省标准《建筑地基基础检测规范》DBJ 15-60-2008和广东省标准《锤击式预应力混凝土管桩基础技术规程》DBJ/T 15-22-2008的条文是一致的。因为采用这些措施后，成桩工程质量较有保证，安全感较强，同时，也鼓励采用新技术新工艺。

6.3.6 广东省近几年来出现许多特大型工程，有的单体工程静压桩数量多达七八千根，按以往规定静载荷试验的桩数为总桩数的1%计就有70~80根，这70~80根基桩做静载荷试验的时间往往比压桩施工的时间还长，而这些特大型工程往往工期短，时

间紧迫。许多大型设计院有丰富设计经验的专家提议在地质条件变化不大、施工条件基本一致的前提下，宜适当降低抽检桩数的比例。为此，编制小组经调查研究，并参考广东省标准《锤击式预应力混凝土管桩基础技术规程》DBJ/T 15—22—2008，提出了此项规定，具体实施时宜根据工程的具体情况，由质检、监理、设计等共同确认一个合适的抽检比例。

6.3.9 本条是对静压桩成桩后进行承载力（主要是竖向抗压承载力，也含水平承载力、抗拔承载力）抽检的开始时间，即从成桩到进行高应变动测或静载荷试验的停歇时间作了规定，与现行国家、省《建筑地基基础设计规范》GB 50007 及广东省标准《建筑地基基础检测规范》DBJ 15—60 的规定时间相一致。对于桩端持力层为易软化的静压桩基础，检测的开始时间本规程规定不应少于 25d，但不是所有的强风化泥岩或强风化花岗岩都会发生易软化的现象，广东省有些地区以强风化泥岩为桩端持力层的静压桩基础就没有发生承载力下降的现象，因此，要多积累地区经验。所以本规程强调，对于当地经验确认桩端持力层有易软化现象的风化岩中的静压桩基础，开始检测的时间不应少于 25d，当地经验确认当地不存在风化岩层有易软化现象的静压桩，还是按常规岩土层要求的检测开始时间进行检测。