UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

JGJ/T 394－2017

P

备案号 J 2354－2017

静压桩施工技术规程

Technical specification for method of press-in piling

最新标准官方首发群：141160466

最新标准 定期更新 | 资源共享 有求必应

2017－03－23 发布　　2017－09－01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国住房和城乡建设部
公　　告

第1507号

住房城乡建设部关于发布行业标准《静压桩施工技术规程》的公告

现批准《静压桩施工技术规程》为行业标准，编号为JGJ/T 394－2017，自2017年9月1日起实施。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2017年3月23日

前　言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2010年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标［2010］43号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规程。

本规程主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 设备选型及要求；5. 施工；6. 周边环境保护与施工监测；7. 施工质量检查；8. 安全管理。

本规程由住房和城乡建设部负责管理，由上海岩土工程勘察设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送上海岩土工程勘察设计研究院有限公司（地址：上海市水丰路38号，邮编：200093）。

本规程主编单位：上海岩土工程勘察设计研究院有限公司
上海强劲地基工程股份有限公司

本规程参编单位：机械工业勘察设计研究院有限公司
天津市建筑设计院
深圳市西部城建工程有限公司
中煤矿山建设集团有限责任公司
上海捷盛土木工程结构设计事务所有限公司
武汉地质勘察基础工程有限公司
江苏永丰建设集团有限公司

本规程主要起草人员：顾国荣　魏建华　裴　捷　宋伟民
张建山　刘全林　宋昭煌　邹雪芹

本规程主要审查人员：徐　枫　王继献　樊向阳　罗成恒
张家柱　华金云　周友旺　高　林
张　雁　顾晓鲁　钱力航　桂业琨
唐建华　刘汉龙　杨　敏　周同和
丘建金　柳建国　李耀良　梁志荣

最新标准官方首发群：141160466

最新标准 定期更新 | 资源共享 有求必应

目　　次

1　总则 …… 1
2　术语和符号 …… 2
2.1　术语 …… 2
2.2　符号 …… 3
3　基本规定 …… 5
4　设备选型及要求 …… 7
4.1　压桩阻力估算 …… 7
4.2　压桩设备选型及要求 …… 9
5　施工 …… 11
5.1　一般规定 …… 11
5.2　测量定位 …… 12
5.3　运输吊装和堆放 …… 12
5.4　压桩 …… 13
5.5　接桩 …… 15
5.6　送桩 …… 17
5.7　压桩辅助措施 …… 18
6　周边环境保护与施工监测 …… 19
6.1　一般规定 …… 19
6.2　周边环境保护 …… 19
6.3　施工监测 …… 20
7　施工质量检查 …… 22
7.1　施工前检查 …… 22
7.2　施工中检查 …… 23
7.3　施工后检查 …… 24
8　安全管理 …… 25

附录 A　静压压桩机型号选择参数表 …… 27
附录 B　静压桩施工记录表 …… 29
本规程用词说明 …… 32
引用标准名录 …… 33
附：条文说明 …… 35

Contents

1 General Provisions 1
2 Terms and Symbols 2
2.1 Terms 2
2.2 Symbols 3
3 Basic Requirements 5
4 Equipments Selections and Requirements 7
4.1 Estimation of Press-in Resistance 7
4.2 Piling Equipments Selections and Requirements 9
5 Construction 11
5.1 General Requirements 11
5.2 Surveying and Positioning 12
5.3 Transportation, Hoisting and Stocking 12
5.4 Piling 13
5.5 Pile Lapping 15
5.6 Pile Following 17
5.7 Auxiliary Measure of Piling 18
6 Surrounding Environmental Protection and Monitoring 19
6.1 General Requirements 19
6.2 Surrounding Environmental Protection 19
6.3 Monitoring 20
7 Quality Inspection 22
7.1 Pre-construction Inspection 22
7.2 Under-construction Inspection 23
7.3 Post-construction Inspection 24

8 Safety Management ····· 25
Appendix A Parameter Table for Selecting Press-in Machines ····· 27
Appendix B Record Sheet for Press-in Pile Construction ····· 29
Explanation of Wording in This Specification ····· 32
List of Quoted Standards ····· 33
Addition: Explanation of Provisions ····· 35

1 总　　则

1.0.1　为在静压桩施工中做到安全适用、保证质量、技术先进、保护环境，制定本规程。

1.0.2　本规程适用于建筑工程与市政工程的静压桩施工。

1.0.3　静压桩施工时，应综合分析建设场地的工程地质和水文地质条件、施工条件及周边环境，重视地方经验，因地制宜，合理选择压桩设备，强化施工质量及安全控制。

1.0.4　静压桩施工除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

最新标准官方首发群：141160466

最新标准 定期更新 | 资源共享 有求必应

2 术语和符号

2.1 术　　语

2.1.1 静力压桩法　method of press-in piling

利用静力将桩压入地基岩土中的施工方法，简称静压法。

2.1.2 静压桩　press-in piles

采用静力压桩法施工的工程桩。

2.1.3 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。

2.1.4 压桩阻力　resistance against pressing-in pile

压桩过程中土体对桩身的总阻力。

2.1.5 考虑群桩挤密效应的最大压桩阻力　maximum resistance against pressing-in pile considering densification effect of pile group

密集群桩的挤土效应会提高桩周土体的密实度，相应压桩过程中桩周土体将增大对桩的阻力，故估算最大压桩阻力应考虑群桩的挤密效应。

2.1.6 最大压桩力　maximum pressing-in force

压桩过程中压桩机能提供的最大竖向压力值。

2.1.7 试压桩　pilot piles

为检验压桩机性能和场地地基承载力，校核场地地质情况，在工程桩施工前进行的试验性静压桩。

2.1.8 终压控制标准　control standard of stopping pressing

为满足设计要求而制定的压桩施工终止的控制条件。

2.1.9 复压　re-pressing

终止压桩后，间隔一段时间再次施压的作业方法。

2.1.10 稳压时间　duration of steady pressing

在一定的压桩力作用下桩体维持基本稳定状态的持续时间。

2.2 符　　号

2.2.1 作用和作用效应

P——压桩力；

P_e——终压力值；

$P_{j\,max}$——抱压最大压桩力；

$P_{v\,max}$——顶压最大压桩力。

2.2.2 抗力和材料特性

f_c——桩身混凝土轴心抗压强度设计值；

N——桩端土的标贯击数平均值；

N_1——群桩挤密后的标贯锤击数估算值；

N_p——压桩前的标准贯入锤击数；

$\overline{N}_{si}$——桩侧第 i 层土的标贯击数平均值；

p_s——静力触探单桥探头比贯入阻力；

P_{sk}——桩端处土的极限端阻力标准值；

p_{s1}——群桩挤密后的静力触探比贯入阻力估算值；

p_{sp}——压桩前的静力触探比贯入阻力；

q_c——静力触探双桥探头平均端阻力；

q_{sik}——第 i 层土的极限侧阻力标准值；

R_r——压桩阻力估算值；

S_{ti}——第 i 层土的灵敏度。

2.2.3 几何参数

A_p——桩端面积；

A_{p1}——桩身横截面面积；

H——桩端入土深度；

l_i——第 i 层土的厚度；

U_p——桩身周长。

2.2.4 计算系数

α_i——第 i 层土桩侧阻力深度修正系数；

β——桩端阻力深度修正系数；

ρ——预制桩的面积置换率；

ψ_{jc}——抱压工艺系数；

ψ_{vc}——顶压工艺系数。

3 基本规定

3.0.1 当场地浅层存在软弱土层或难以穿越的土层时，应预处理或采取措施后方可采用静力压桩法。

3.0.2 拟采用静力压桩法施工的场地岩土工程勘察，应符合下列规定：

1 应查明浅层明浜、暗浜、淤泥等软弱土范围和深度，应探明浅层杂填土、冲填土、碎石土的成分及其范围和深度，应查明地下障碍物范围和深度；应评价表层土地基承载力；

2 应提供原位测试参数；土性变异性大或持力层起伏较大时应加密原位测试间距或增加测试孔数；

3 饱和黏性土宜测试其灵敏度；

4 当采用基岩作为桩基持力层时，应查明基岩的岩性、岩面变化、风化程度，确定其坚硬、完整程度等；应评价岩面坡度对桩基稳定性的影响程度；

5 应对孤石、坚硬夹层、岩溶、土洞、风化软质岩、破碎带等不良地质条件的分布和成因作出评价。

3.0.3 拟采用静力压桩法施工时，应对场地和周边环境进行调查，调查应包括下列内容：

1 场地内地下管线、高空管线走向；

2 边桩与周边建（构）筑物、管线、基坑支护结构的最近距离；

3 施工场地影响范围内的建（构）筑物基础和结构形式、地下管线材质、埋深等。

3.0.4 压桩设备选型应根据场地环境条件、地质条件、工程特性、压桩阻力、施工条件等因素，并结合工程经验综合确定。压桩设备的接地压强应满足地基承载力要求，对易陷机的软弱地基

应采取加固措施。

3.0.5 压桩机械、压力表等应具备合格证书；压桩机械进场安装后，经检测合格方可使用，压力表应定期校准。桩产品、接桩用材料应具备合格产品证明文件，并应符合设计要求；对成品桩应进行质量检验。

3.0.6 施工平面控制点和高程控制点应设在不受施工影响处，经复核后应妥善保护。

3.0.7 正式施工前，应进行试压桩施工，试压桩数量不少于3根。

3.0.8 压桩施工时应做好施工记录，监测周边环境和工程桩位移；应根据监测数据及时调整施工顺序和压桩速率。

3.0.9 压桩终止应符合终压控制标准，出现异常时，应停止施工，及时查阅勘察报告分析原因。对地层情况有疑问时，应补充施工勘察。

最新标准官方首发群：141160466

3.0.10 静压桩工程应对施工前、施工中、施工后的全过程进行质量检查；全部桩施工完成后，应进行承载力和桩身质量检验，并对桩位进行核对验收。

最新标准定期更新 | 资源共享 有求必应

3.0.11 静压桩施工时，对劳动保护、防火、文物及环境保护等应按有关规定执行。

4 设备选型及要求

4.1 压桩阻力估算

4.1.1 压桩设备选型前，宜采用原位测试成果估算单桩最大压桩阻力和考虑群桩挤密效应的最大压桩阻力。

4.1.2 桩身穿过含砂、碎石、卵石等硬土层时，尚应估算穿透时的压桩阻力；对同一场地的不同地质单元，应分别估算压桩阻力。

4.1.3 压桩阻力宜根据试压桩或地区经验估算，也可按下列公式估算：

1 当根据单桥静力触探资料估算压桩阻力时，可按下式计算：

$$R_r = U_p \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \cdot \frac{q_{sik} l_i}{S_{ti}} + \beta \cdot p_{sk} A_p \qquad (4.1.3\text{-}1)$$

式中：R_r——压桩阻力估算值（kN）；

U_p——桩周长（m）；

n——桩身穿过的土层数；

q_{sik}——用静力触探比贯入阻力值估算的桩周第 i 层土的极限侧阻力标准值（kPa），按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 原位测试法计算，砂土上限值取 200kPa；

l_i——第 i 层土的厚度（m）；

S_{ti}——第 i 层土层的灵敏度；

p_{sk}——桩端处土的极限端阻力标准值，取桩端全截面以上 4 倍桩径范围内的比贯入阻力平均值与桩端全截面以下 4 倍桩径范围内的比贯入阻力平均值的平均值（kPa）；

A_p——桩端面积（m^2）；

α_i、β——第 i 层土桩侧阻力深度修正系数、桩端阻力深度修正系数，应根据工程经验确定；无经验时，可按表 4.1.3 确定；

$\overline{z_i}$——第 i 层土层中点的深度（m）；

H——桩端入土深度（m）。

表 4.1.3　第 i 层土桩侧阻力深度修正系数、桩端阻力深度修正系数值

土层类别	α_i	β
黏土	1	—
粉土、砂土	按 $0.5+\overline{z_i}/100$ 计算，当 $\alpha_i>1$，取 $\alpha_i=1$	按 $0.5+H/100$ 计算，当 $\beta>1$，取 $\beta=1$

2　当根据双桥静力触探资料估算压桩阻力时，可按下式将双桥静力触探探头阻力 q_c 换算成单桥静力触探的比贯入阻力 p_s 后按式（4.1.3-1）计算。

$$p_s = 1.1\,q_c \tag{4.1.3-2}$$

3　当采用标准贯入试验资料估算压桩阻力时，可按下式计算：

$$R_r = 6.25U_p\sum_1^n \frac{\alpha_i \cdot \overline{N}_{si}l_i}{S_{ti}} + 312.5\beta \cdot NA_p \tag{4.1.3-3}$$

式中：$\overline{N}_{si}$——桩侧第 i 层土的标贯击数平均值（击）；

N——桩端土的标贯击数平均值（击）。

4　对挤密效应明显的粉土、砂土、碎石等土层，群桩挤密后桩间土的静力触探比贯入阻力或标贯击数，可按式（4.1.3-4）或式（4.1.3-5）估算，并按（4.1.3-1）或式（4.1.3-3）计算考虑群桩挤密效应的压桩阻力。

1）单桥静力触探：

$$p_{s1} = p_{sp} + 31.25\rho(1 - e^{-0.96p_{sp}}) \tag{4.1.3-4}$$

2）标准贯入：

$$N_1 = N_p + 100\rho(1 - e^{-0.3N_p}) \tag{4.1.3-5}$$

式中：p_{s1}——群桩挤密后的静力触探比贯入阻力估算值（MPa）；

p_{sp}——压桩前的静力触探比贯入阻力（MPa）；

ρ——预制桩的面积置换率，计算时空心桩取截面全面积；

N_1——群桩挤密后的标贯锤击数估算值；

N_p——压桩前的标贯锤击数。

4.1.4 当持力层为砾砂、圆砾、碎石、强风化岩时，原位测试为重型圆锥动力触探，该类土层桩侧动阻力值和桩端动阻力值可按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 经验参数法确定，并将该类土层的桩侧极限侧阻力标准值和桩端极限端阻力标准值乘 1.3～2.0 的经验系数。

4.2 压桩设备选型及要求

4.2.1 压桩设备可根据试压桩和估算的压桩阻力，按本规程附录 A 选择。

4.2.2 压桩设备选型时尚应符合下列规定：

1 压桩机提供的最大压桩力应大于考虑群桩挤密效应的最大压桩阻力，并应小于压桩机的机架重量和配重之和的 0.9 倍；

2 桩侧抱压时，其夹持机构应能全接触面抱紧桩体，且不应夹伤桩身混凝土，压桩过程中的最大压桩力应符合下式的规定：

$$P_{j\,max} < \psi_{jc}\, f_c\, A_{pl} \tag{4.2.2-1}$$

3 顶压或抱压送桩时，压桩过程中的最大压桩力应符合下式的规定：

$$P_{v\,max} < \psi_{vc}\, f_c\, A_{pl} \tag{4.2.2-2}$$

式中：$P_{j\,max}$——抱压最大压桩力（kN）；

$P_{v\,max}$——顶压最大压桩力（kN）；

ψ_{jc}——抱压工艺系数，取 ψ_{jc}=0.95～1.00；

ψ_{vc}——顶压（抱压送桩）工艺系数，取 ψ_{vc} = 1.05

～1.10；

f_c——桩混凝土轴心抗压强度设计值（kPa）；

A_{pl}——桩身横截面面积（m^2）。

4.2.3 压桩机技术文件应包括下列内容：

1 产品合格证及设备检测合格证明；

2 型号、桩机重量（不含配重）、最大压桩力等；

3 外形尺寸及运输尺寸；

4 最小边桩距及压边桩机构的最大压桩能力；

5 长、短船形履靴的接地压强；

6 夹持机构型号；

7 液压油缸数量、直径，标定后的压力表读数与压桩力的对应关系；

8 吊桩机构性能及吊桩能力。

4.2.4 压桩机每件配重应明确材料性质，应核实并将其重量标记在该件配重的外露表面。

4.2.5 当压桩阻力估算值与压桩力实测值偏差较大时，应检查压桩机的油路系统和工作油缸尺寸及数量，重新标定压力表读数与压桩力之间的对应关系。

5 施　　工

5.1 一 般 规 定

5.1.1 静压桩施工前应具备下列文件和资料：

1 施工许可证件；

2 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 施工图设计文件；

4 拟建场地周边环境调查资料和保护要求；

5 压桩设备的技术资料及有效的标定校验资料；

6 试桩资料或类似桩基工程的参考资料。

5.1.2 静压桩施工前应完成下列准备工作：

1 组织施工文件和图纸会审，并形成纪要；

2 编制施工组织设计或施工方案，提出施工监测要求；

3 道路、供电、照明、排水等符合安全文明施工的要求；

4 处理影响施工的障碍物；

5 平整及处理施工场地，处理后场地地基承载力应满足桩机行走和压桩施工的要求；

6 在不受施工影响的区域设置高程和基桩轴线控制点，标记明显并妥善保护；

7 静压桩机安装就位，试运转正常；

8 施工人员到位、配套工种齐备，进行技术及安全交底。

5.1.3 工厂预制桩运输时，桩身混凝土强度应达到设计强度；现场预制的混凝土桩，起吊移位时混凝土强度不应小于设计强度的70%；压桩应在达到桩身混凝土设计强度和龄期后方可进行。

5.1.4 桩节可根据桩身承载力要求组合配置，接桩时桩端不宜停留在砂、碎石、卵石等土层，不宜接近设计持力层时进行。

最新标准 定期更新 资源共享 有求必应 141160466

5.1.5 桩尖应根据地质条件和设计要求选用。场地土或地下水对工程桩有腐蚀作用时，或桩端持力层为风化软质岩时，空心桩应采用闭口桩尖，桩尖焊缝应连续饱满不渗水；首节桩压入后宜立即在桩芯底部灌注高度不小于 1.0m 的细石混凝土封底。

5.1.6 采用静压桩的基坑工程应符合下列规定：

1 先开挖基坑后压桩时，应加强基坑监测，保证基坑支护结构和边坡的稳定；

2 先压桩后开挖基坑时，土层应分层开挖，机械挖土作业应采取措施保护工程桩；

3 压桩与基坑开挖作业邻近时，不应边压桩边开挖基坑。

5.2 测 量 定 位

5.2.1 平面控制点和高程控制点不应少于 2 处，并应设在不受施工影响处。控制点应校核，每周不应少于 2 次。

5.2.2 单体控制点（测站）施放完毕后，使用前应复核。

5.2.3 压桩前，应对每个桩位进行放样和复核，桩位偏差应小于 20mm。

5.2.4 压桩机应准确定位，采用线锤对点时，锤尖距离样点的垂直距离不应大于 10mm。

5.3 运输吊装和堆放

5.3.1 桩的运输吊装应符合下列规定：

1 桩的运输宜采用平板车或驳船，装卸及运输时应保证桩不产生滑移与损伤；

2 吊装时应轻吊轻放，避免剧烈碰撞；

3 单节空心桩宜采用专用吊钩水平起吊，吊绳与桩夹角应大于 45°；实心桩宜采用两支点法，吊点至桩端的距离宜为 0.20 倍桩长；超长桩应进行起吊验算，宜采用三点起吊或制作时增加抗弯钢筋。

5.3.2 桩运至现场后，应对桩的外观质量和桩身尺寸进行检查，

质量不合格及在运输过程中产生有害裂缝的桩严禁使用。

5.3.3 桩的现场堆放应符合下列规定：

1 堆放场地应平整，排水良好；

2 垫木宜选用耐压的长方木或枕木，不得使用有棱角的金属构件；

3 应按不同规格、长度及施工顺序分类堆放；条件许可时，可按工程进度分批供桩，避免重复倒运；

4 叠层堆放时，不宜超过 4 层，应满足地基承载力要求；应设置两道垫木，垫木搁置点应位于距桩端 0.20 倍桩长处，上下叠层搁置点不应错位；管桩堆放时，底层最外缘桩的垫木处应用木楔塞紧，防止溜滑。

5.3.4 施工现场取桩、喂桩应符合下列规定：

1 喂桩可采用压桩机自带吊机，单节桩长大于 15m 时宜采用独立的可移动式起重机喂桩；

2 对于压桩机自带吊机作业半径以外的桩，应搬运至其作业半径内起吊喂桩，不应斜吊或长距离拖拉取桩。

5.4 压　　桩

5.4.1 试压桩应符合下列规定：

1 试压桩数量不应少于 3 根，地质条件复杂的场地应增加数量；

2 试压桩的规格、长度、位置及地质条件应具有代表性；位置宜选在原位测试孔附近；

3 桩身应划出以米为单位的长度标记，自下而上标明桩长度；

4 终压力值较估算值偏小 30%时，宜在 24h 后复压；仍然偏小时，宜进行施工补勘，复核地质条件。

5 应做好施工记录，记录内容应包括接头施工、压桩力曲线、终压力值、复压记录、压桩机整体运行情况、异常情况或处理的详细记录，并对施工记录进行分析评价；

6 压桩后应进行桩身混凝土完整性检测。

5.4.2 压桩作业应符合下列规定：

1 吊桩、喂桩时，严禁压桩机行走和调整；

2 喂桩时，空心桩桩身两侧合缝位置应避免与夹具直接接触；

3 压桩过程中应控制桩身垂直度；首节桩插入地面0.5m～1.0m时，桩身垂直度允许偏差应为0.3%；压桩过程中桩身垂直度允许偏差应为0.5%；当桩身垂直度偏差大于1%时，应查找原因并纠正；当桩端进入硬土层后，严禁用移动机架等方法强行纠偏；

4 压桩时应观察桩身混凝土的完整性，桩身出现裂缝或混凝土脱落时，应立即停止压桩，采取措施后方可继续施工。

5.4.3 截桩宜采用锯桩机截割，空心桩应采用机械截割，严禁用压桩机将桩强行扳断。

5.4.4 遇下列情况之一时，应暂停压桩作业，并应及时采取处理措施：

1 压力表读数骤变或读数反映的状况与勘察报告中的土层性质明显不符；

2 桩难以穿透硬夹层，桩端实际标高与设计标高相差较大；

3 桩身出现裂缝或破碎，出现崩裂声等异常现象；

4 桩身倾斜、跑位，邻桩上浮或桩头偏移；

5 周围地面明显隆起，周边道路、管线及建（构）筑物位移超过限值；

6 压桩机下陷或浮机，夹持机具打滑。

5.4.5 终压控制标准应根据设计要求、试压桩情况、桩端进入持力层情况及压桩阻力等因素，结合静载荷试验综合确定；摩擦桩应按桩顶标高控制；端承摩擦桩应以桩顶标高控制为主，终压力控制为辅；端承桩应以终压力控制为主，桩顶标高控制为辅。

5.4.6 压桩记录宜采用自动记录仪；无自动记录仪时，压桩记录应专人负责，如实、及时填写压桩记录表。

5.5 接　　桩

5.5.1 接桩可采用焊接或螺纹式、啮合式、卡扣式、抱箍式等机械快速连接方式。

5.5.2 焊接接桩、机械快速螺纹接桩时，下节桩段的桩头宜高出地面 0.5m～1.0m；啮合式、卡扣式和抱箍式机械连接接桩时，下节桩段的桩头宜高出地面 1.0m～1.5m。

5.5.3 焊接接桩所采用的焊接工艺、质量控制等除应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定外，现场施工尚应符合下列规定：

1 接头端板或预埋钢板表面应清洁干燥，焊接处应除锈露出金属光泽；

2 下节桩的桩头处宜设置导向箍等导向措施，上下节桩段应保持顺直，接桩时上下节错位不宜大于 2mm；

3 采用角钢连接的桩，上下节桩间隙应采用楔形扁铁填实焊牢；角钢贴角立焊应保证焊接质量；

4 当焊接采用二氧化碳气体保护焊时，宜对称施焊，焊缝应连续饱满；宜采用 E4303 或 E4316 焊条，其质量应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117 的规定；

5 桩接头焊缝应自然冷却后方可继续压桩，严禁用水冷却，严禁焊好即压；手工电弧焊自然冷却时间不应少于 8min；二氧化碳气体保护焊不应少于 5min；

6 钢桩尖宜在工厂内焊接；工地焊接时，严禁桩起吊后点焊、仰焊；

7 雨天焊接时，应采取防雨措施，保证焊条干燥，焊接时焊缝不得沾水。

5.5.4 焊接接桩应分层施焊，焊缝层数不应少于 2 层，上一层焊完后应把焊渣清理干净方可进行下一层施焊，焊缝应连续、饱满。焊接接头应进行探伤抽样检测，检测数量不应少于总桩数的 1%，且不应少于 3 根。

5.5.5 采用螺纹式机械接头时，接桩应符合下列规定：

1 接桩前应检查桩端尺寸偏差及连接件，确定无受损后方可起吊；

2 接桩时，卸除上下节桩两端的保护装置后，应清理接头残留物，涂抹润滑脂；

3 应采用专用接头锥度对中，对准上下节桩后，旋紧连接，锁紧后两端板尚应有 1mm～2mm 的间隙。

5.5.6 采用啮合式机械接头时，接桩应符合下列规定：

1 当作业面以下存在厚度大于 10m 的淤泥土层时，第一节露出地面的桩头近地面处宜设置防滑措施；

2 应将上下节桩端头板清理干净，用扳手将已涂抹沥青涂料的连接销逐根旋入上节桩端头板的螺栓孔内，并用钢模板调整好连接销的方位；

3 应剔除下节桩端头板连接槽内泡沫塑料保护块，在连接槽内注入沥青涂料，并在端头板面周围抹宽度 20mm、厚度 3mm 的沥青涂料；

4 上节桩下端的连接销与下节桩顶端的连接槽口应对准，加压使上节桩的连接销完全插入下节桩的连接槽内，并使端头板接触。

5.5.7 采用卡扣式机械接头时，接桩应符合下列规定：

1 接桩前，应检查桩端尺寸偏差及连接卡扣件，确认无受损后方可起吊；

2 卸除上下节桩两端的保护装置后，应清理接头残留物；应将插杆安装在上节桩张拉端的小螺帽内，将弹簧配件及中间螺帽安装在下节桩的固定端大螺帽内；应检测上下桩连接件安装精度，在下节桩端面涂抹专用密封材料；

3 应将上节桩下端的插杆与下节桩顶端的中间套对准，加压使上节桩的插杆缓缓插入下节桩的中间套内；

4 插接后，密封材料宜溢出接口，接口应无缝隙，在确认上下节桩完全连接后，方可压桩。

5.5.8 采用抱箍式机械接头时，接桩应符合下列规定：

1 接桩前，应确保端板清洁，端面平整；上下节桩端板应对中，允许偏差应为0.5mm；

2 接桩时，应先将上节桩吊装就位，当上下两节桩端板距离约20cm时，将2个～3个相同的定位销通过螺牙固定于下节桩端板的张拉螺孔内，使上下两节桩端板螺栓孔位置对齐，稳定缓慢下放上节桩，使定位销插入上节桩端板张拉螺孔内；

3 上下节桩端板面接触就位后，应拧紧全部螺丝确保安装到位。

5.6 送　　桩

5.6.1 送桩深度不宜大于10m～12m。当送桩深度大于8m时，送桩器应专门设计，采用专用设备起吊，并应通过试送桩检验方可使用。

5.6.2 送桩器应符合下列规定：

1 送桩器应有足够的强度和刚度，长度应符合送桩深度要求；

2 送桩器外周截面形状应与静压桩外周截面形状一致，器身弯曲度不得大于送桩器长度的0.1%；

3 送桩器与桩顶面接触的端面应平整，并与送桩器轴线垂直；

4 送桩器上应有便于测读桩顶标高、控制桩入土深度的尺寸标志；

5 抱压式压桩机的送桩器表面应有防止夹持机构打滑的设施。

5.6.3 送桩前应检查桩头质量，空心桩最上面一节桩的端板宜加焊2mm～3mm薄钢板封孔，检验合格后方可送桩，送桩作业应连续进行。

5.6.4 送桩器与桩顶接触面之间宜加衬垫，压桩时送桩器应与桩顶紧密接触。

5.6.5 送桩时，应用两台经纬仪观测控制送桩器的垂直度，送桩器与桩身的纵向轴线应保持一致。

5.6.6 桩顶压至场地标高时，宜进行桩位中间复核，合格后方可送桩。

5.7 压桩辅助措施

5.7.1 当压桩出现困难时，可采用复压、引孔、组合桩法等一种或多种辅助措施。

5.7.2 当群桩出现上涌，且送桩深度不大于1.5m、场地浅层地质条件良好或根据地区经验需要复压时，可采用复压措施，复压应符合下列规定：

1 终压时连续复压次数应根据桩长及地质条件等因素确定，不宜超过3次；入土深度小于8m的短桩，复压次数可增至3次～5次；

2 当压桩力不大于3000kN时，复压稳压时间不宜超过10s；当压桩力大于3000kN时，不宜超过5s。

5.7.3 当深度20m范围内的地基土有难以穿透的硬土层时，可预先引孔辅助压桩，引孔时应符合下列规定：

1 引孔直径、孔深及数量应经设计单位同意；

2 引孔宜采用螺旋钻干作业钻孔法，垂直度偏差不宜大于0.5%；

3 引孔和压桩作业应密切配合，随引孔随压桩；

4 引孔中有积水时，宜用开口型桩尖。

5.7.4 当深度30m范围内的地基土有厚薄不等、软硬相间的多层硬土层时，可采取组合桩法，组合桩设计、施工时应符合下列规定：

1 组合桩下节桩宜采用钢桩或高强度复合配筋混凝土桩；

2 采用管桩时，最下节桩宜用钢管桩；采用方桩时，最下节桩宜用工字钢桩、H型钢桩或组合截面钢桩；

3 采用钢桩时，应验算混凝土桩端板局部承压和钢桩稳定性，并应满足抗腐蚀性要求。

6 周边环境保护与施工监测

6.1 一 般 规 定

6.1.1 静压桩施工前应对压桩影响范围内的环境状况进行调查，明确保护要求。

6.1.2 静压桩施工前应根据周边环境、地质条件、工程桩设计等资料对压桩挤土效应进行分析，并编制专项监测方案。施工过程中，应根据监测数据实时调整压桩顺序、压桩速率和沉桩防护等措施。

6.1.3 位于历史保护建筑物及地铁、隧道、原水管、共同沟等重要设施安全保护区内的静压桩施工和监测，应按有关规定执行。

6.2 周边环境保护

6.2.1 静压桩施工应按“先深后浅、先长后短、先大后小、避免密集”的原则进行，并应符合下列规定：

1 当距离保护对象较远、施工场地较开阔时，宜从中间向四周进行；当场地狭长、两端距保护对象较远时，宜从中间向两端对称进行；

2 静压桩施工宜沿建筑物的长轴线方向进行；

3 同一承台桩数大于5根时，不宜连续压桩。

6.2.2 静压桩施工应根据工程地质条件、周边环境、桩位布置等情况综合确定压桩速率和日压桩量。密集群桩区的静压桩不宜24h连续作业，日停歇时间不宜少于8h。

6.2.3 相邻建筑的桩基和地下工程同时施工时，应采取减少相互影响的措施。

6.2.4 在压桩施工前，可采用下列措施减小压桩对周边环境的

影响：

1 选择接地压强小的压桩机；

2 在场地四周开挖防挤沟，或设置应力释放孔，应力释放孔深度宜根据土质情况、挤土量确定；

3 在饱和软黏土中可设置袋装砂井、塑料排水板、管笼井等竖向排水通道；

4 设置板桩、水泥土搅拌桩等隔离屏蔽措施。

6.2.5 在压桩过程中，可采用下列措施减小压桩对周边环境和已施工工程桩的影响：

1 按设计要求和地质条件选用合适的桩尖；

2 根据施工监测数据，在密集压桩区域内宜调整压桩参数或设置应力释放孔；

3 可采用引孔压桩法。

6.3 施 工 监 测

6.3.1 静压桩施工监测应包括工程桩监测和周边环境监测。挤土效应明显的大面积密集群桩或桩上浮、水平位移明显时，宜设置桩顶上浮和水平位移监测点。周边环境监测范围应根据压桩影响范围、保护要求和周边环境情况确定。

6.3.2 施工监测项目和内容应符合下列规定：

1 挤土效应明显的工程，宜按总桩数的10%且每单体建筑不少于3根设置桩顶上浮和水平位移监测点；

2 影响范围内建（构）筑物应布置竖向、水平位移监测和裂缝观测；

3 影响范围内地下管线应布置竖向位移监测点，邻近的地下管线及煤气、自来水等重要管线宜增设水平位移监测，且埋设直接测点；

4 影响范围内道路宜布置地表竖向位移监测点；

5 重要保护对象附近可布置土体深层侧向位移监测点；

6 地铁、原水管等重要市政设施监测项目应符合相关规定；

7　饱和软黏土地区，压桩区影响范围内宜布置孔隙水压力监测点。

6.3.3　监测周期应从静压桩施工开始，直至工程桩施工全部结束，且压桩区外土体再固结引起的沉降基本稳定为止。

6.3.4　监测报警值应符合下列规定：

1　报警值可由累计变化量和变化速率确定；

2　管线报警值可由总变形量、变形速率和单位长度内差异变形量等指标控制，其限值可根据管线要求确定；

3　周边建筑物报警值宜按有关规定，应以累计沉降量、沉降速率、差异沉降量并结合裂缝观测进行确定；

4　地铁、原水管等重要市政设施、地下管线监测项目报警值应符合相关规定。

6.3.5　压桩期间宜每天监测一次，当达到报警值或观测值变化速率加快时，宜加密监测频率。

6.3.6　当监测数据表明周边环境或工程桩位移达到报警值时，应立即停止压桩，会同各方分析原因，调整压桩顺序和压桩速率，并采取环境保护措施，控制压桩挤土效应对周边环境或已压工程桩的不利影响。

7 施工质量检查

7.1 施工前检查

7.1.1 施工前，应对成品桩进行下列检查和检测：

1 桩规格、型号及合格证；

2 尺寸偏差、外观质量抽检；

3 端板或连接部件抽检；

4 桩身结构钢筋、混凝土强度抽检；

5 桩尖检查。

7.1.2 现场预制桩除应按本规程第7.1.1条检查和检测外，尚应增加原材料、钢筋骨架、混凝土强度检查或检测。

7.1.3 成品桩进场后的检查应符合下列规定：

1 按设计要求和国家现行有关标准，对照产品合格证、运货单及桩外壁标志，检查规格、型号、种类、长度等；

2 检查桩的尺寸偏差、外观质量；不合格的桩节不得使用。

7.1.4 采用焊接接头时，焊接接头检查应符合下列规定：

1 重点检查桩套箍和端板的材质、厚度和电焊坡口尺寸；

2 抽查端板厚度的桩节数量不应少于桩节数的2%且不应少于3节；

3 严禁使用端板厚度或电焊坡口尺寸不合格的桩；

4 宜随机选取2个～3个端板进行材质检测，当有一个不合格，该批桩不得使用。

7.1.5 采用机械接头时，应检查连接部件的质量。抽查桩节数量不应少于桩节数的2%且不应少于3节。连接部件的材质、部件数量及尺寸有不符合要求时，该批桩不得使用。

7.1.6 桩结构钢筋抽检重点为主筋数量和直径，箍筋直径、间距和加密区长度，以及保护层厚度；抽检桩节数宜为2节～3

节，当抽检发现有不合格者，该批桩不得使用。

7.1.7 桩身混凝土强度检查可查阅产品合格证书；对桩身混凝土强度有疑问时，可采取钻芯方法检测。当抽检发现有不合格者，该批桩不得使用。

7.1.8 桩尖的检查和检测，应符合下列规定：

1 按设计要求和国家现行有关标准，检查规格和构造，生产厂家应提供桩尖钢材化学和力学性能的测试报告；

2 除量测各尺寸外，宜随机抽取3%的桩尖进行重量检查，单个桩尖重量达不到理论值的90%时，应判定为不合格；

3 应逐个检查，不合格者不得使用。

7.1.9 施工前应对接桩用焊接材料、压桩用压力表等材料和设备进行检验。

7.2 施工中检查

7.2.1 压桩过程中对桩的质量检查应包括下列内容：

1 桩位和桩身垂直度检查；

2 桩接头施工质量检查；

3 压桩阻力和终压控制的检查；

4 压桩记录检查。

7.2.2 桩位和桩身垂直度检查应符合下列规定：

1 复核桩位，群桩的允许偏差应为±20mm，单排桩的允许偏差应为±10mm，并应妥善保护桩位标记；

2 首节桩垂直度允许偏差应为±0.5%，送桩前应测量桩身垂直度。

7.2.3 焊接接头质量检查和检验应符合下列规定：

1 焊缝检查应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661和《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202的规定；

2 焊缝直观检查应无气孔、无焊瘤、无裂缝、焊缝饱满；

3 记录并监控焊接时间、焊接后的冷却时间。

7.2.4 机械接头应检查全部连接销的位置和接头结合质量。

7.2.5 每根桩压桩过程中，质量检查和监控应符合下列规定：

1 压入过程中桩身应完整，无裂缝和压碎现象；

2 压桩应按终压控制标准和复压要求严格控制；

3 压桩记录应真实、完整；各方签名确认后，方可作为有效的施工记录；

4 应及时分析压桩记录，发现压桩阻力异常应及时分析处理。

7.2.6 密集群桩或挤土效应明显的静压桩，施工时尚应检查和控制工程桩的上浮量和桩位偏位值，结合监测数据控制日压桩量和停歇时间。

7.3 施工后检查

7.3.1 静压桩施工后，应检验承载力和桩身完整性，检验要求应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的规定。

7.3.2 闭口型桩尖的空心桩质量检查宜增加桩身内孔照明目测法，并应采用吊锤检查桩孔的实际深度，有条件时可采用孔内摄像法检查。开口型桩尖的空心桩宜对总桩数的 10%进行土塞高度抽查，有异常时要加强桩长检测。

7.3.3 桩位应逐根检查，并应符合下列规定：

1 桩身垂直度允许偏差应为±1%；

2 桩顶标高和桩顶平面位置的允许偏差应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 的规定。

8 安全管理

8.0.1 施工安全应符合现行行业标准《建筑施工安全检查标准》JGJ 59、《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33 和《施工现场临时用电安全技术规程》JGJ 46 的有关规定。

8.0.2 机械设备操作人员应持证上岗，操作时应遵守操作规程。

8.0.3 压桩作业前，安全准备工作应符合下列规定：

1 场地应整平压实，地基承载力应符合压桩机的作业要求；

2 作业区与架空输电管线、地下管线和地下设施的安全距离应符合有关要求；

3 应对作业人员进行技术安全交底。

8.0.4 压桩机行走时，应符合下列规定：

1 长、短船与水平方向坡度不应超出使用说明书的允许值；

2 压桩机爬坡或在松软场地与坚硬场地之间过渡时，严禁横向行走；

3 行走过程中出现陷机时，应立即停止行走。

8.0.5 压桩作业时，应符合下列规定：

1 压桩和吊桩作业人员应统一指挥，相互配合；

2 每根桩压桩前，应检查、确认桩机各部件连接牢靠，作业范围内无人和障碍物；

3 压桩机在吊桩后不应全程回转或行走；吊桩时，应在桩上拴好拉绳，避免桩与机架碰撞；压桩前确认吊钩已脱离桩体；

4 压桩时，起重机的起重臂及桩机配重下方严禁站人；作业人员应按压桩机技术性能表作业，不得超载运行；手足不得伸入压桩台与机身间隙；

5 应经常检查压桩机的运转情况，当发生异响、漏油、停电等异常时，应立即停机检查，排除故障后，方可重新开机；

6 压桩机发生浮机时，应停止作业，采取措施后，方可继续作业；

7 焊接作业时应有安全防护措施；

8 起拔送桩器不得超过压桩机起重能力。

8.0.6 压桩机上的吊机只能喂桩，不得卸放工程桩。

8.0.7 施工场地的沟、坑应设置安全护栏，施工完毕的桩孔应及时回填。

附录 A　静压压桩机型号选择参数表

A. 0. 1　静压压桩机应根据最大压桩阻力、桩的截面尺寸、单桩竖向极限承载力、桩端持力层土层情况、穿越土层情况等条件选择，可按表 A. 0. 1 进行。

表 A. 0. 1　静压压桩机型号选择参数表

压桩机型号（吨位） / 项　目	160～180	240～280	300～380	400～460	500～600	800～1000
最大压桩力（kN）	1600～1800	2400～2800	3000～3800	4000～4600	5000～6000	8000～10000
估算的最大压桩阻力（kN）	1300～1500	2000～2200	2400～3000	3200～3700	4000～4800	6400～8000
适用管桩桩径（mm）	300～400	300～500	400～500	400～550	500～600	500～800
适用方桩边长（mm）	250～350	300～450	350～450	400～500	450～500	500～600
桩端持力层	中密砂层、硬塑～坚硬黏土层、残积土层	中密～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	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
桩端持力层标贯击数 N（击）	20～25	20～35	30～40	30～50	30～55	35～60
桩端持力层单桥静力触探比贯入阻力 p_s 值（MPa）	6～8	6～12	10～13	10～16	10～18	12～20

续表 A.0.1

压桩机型号（吨位） 项　目	160～180	240～280	300～380	400～460	500～600	800～1000
桩端可进入中密～密实砂层厚度（m）	约 1.5	1.5～2.5	2～3	2～4	3～5	4～6

附录B　静压桩施工记录表

B.0.1　静压桩焊接接桩施工记录应符合表B.0.1的规定。

B.0.2　静压桩施工记录应符合表B.0.2的规定，其中桩位偏差为送桩前测量。

B.0.3　试压桩及工程桩总数的10%桩以及地层有变化区域的工程桩，必须详细记录每米的压桩力，施工记录应符合表B.0.3的规定。

表B.0.1　静压桩焊接接桩施工记录

第　　页　　共　　页

<table>
<tr><td colspan="3">工程名称</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">压机型号</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="3">施工单位</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">桩型及规格</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="3">监理单位</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">焊条型号</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">施工日期</td><td rowspan="2">桩号</td><td rowspan="2">接桩节点位置</td><td rowspan="2">焊接起讫时间</td><td rowspan="2">焊接冷却时间(min)</td><td colspan="4">上下节桩顶面间隙</td><td colspan="2">焊缝质量</td><td rowspan="2">自检评定意见</td></tr>
<tr><td>东</td><td>南</td><td>西</td><td>北</td><td>焊缝堆高(mm)</td><td>焊缝宽度(mm)</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>施工单位签章</td><td colspan="4">项目技术负责人：
项目经理：
年　月　日</td><td>监理单位签章</td><td colspan="5">专业监理工程师：
年　月　日</td></tr>
</table>

记录员：　　班长：　　质量检查员：

表 B.0.2　静压桩施工记录

第　　页　　共　　页

工程名称								压机型号							
施工单位								桩型及规格							
监理单位								压力换算							
年		序号	桩位号	压桩时间		压力表读数（MPa）	终压力值（kN）	桩长（m）	桩位偏差（cm）				桩顶设计标高（m）	桩顶实际标高（m）	备注
月	日			开始	结束				东	南	西	北			
施工单位签章			项目技术负责人： 项目经理： 年　月　日					监理单位签章			专业监理工程师： 年　月　日				

记录员：　　班长：　　质量检查员：

表 B.0.3　静压桩压桩力施工记录

第　　页　　共　　页

工程名称				压机型号	
施工单位				桩型及规格	
监理单位				压力换算	

年		序号	桩位号	压桩时间		桩入土深度对应的压力表读数（MPa）															终压力值（kN）	送桩（m）	桩身节长（m）				桩顶设计标高（m）	桩顶实际标高（m）	备注
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			下节	中节		上节			
月	日			开始	结束	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				下	上				

施工单位签章	项目技术负责人： 项目经理： 年　月　日	监理单位签章	专业监理工程师： 年　月　日

记录员：　　班长：　　质量检查员：

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，在条件许可时首先这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

4） 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

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

引用标准名录

1 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202
2 《钢结构焊接规范》GB 50661
3 《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117
4 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33
5 《施工现场临时用电安全技术规程》JGJ 46
6 《建筑施工安全检查标准》JGJ 59
7 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
8 《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106

中华人民共和国行业标准

静压桩施工技术规程

JGJ/T 394－2017

条 文 说 明

编 制 说 明

《静压桩施工技术规程》JGJ/T 394－2017 经住房和城乡建设部 2017 年 3 月 23 日以 1507 号公告批准、发布。

本规程编制过程中，编制组对国内静压桩施工的应用情况、质量现状进行了调查研究，对压桩阻力作了专题分析，总结了我国静压桩施工的实践经验，同时参考了国内外先进技术标准，通过工程验证取得本规程有关重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《静压桩施工技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目　　次

1　总则…… 38
2　术语和符号…… 39
2.1　术语 …… 39
3　基本规定…… 40
4　设备选型及要求…… 47
4.1　压桩阻力估算 …… 47
4.2　压桩设备选型及要求 …… 52
5　施工…… 54
5.1　一般规定 …… 54
5.2　测量定位 …… 55
5.3　运输吊装和堆放 …… 55
5.4　压桩 …… 56
5.5　接桩 …… 58
5.6　送桩 …… 59
5.7　压桩辅助措施 …… 60
6　周边环境保护与施工监测…… 62
6.1　一般规定 …… 62
6.2　周边环境保护 …… 62
6.3　施工监测 …… 64
7　施工质量检查…… 66
7.1　施工前检查…… 66
7.2　施工中检查…… 67
7.3　施工后检查…… 68
8　安全管理…… 69

1 总　　则

1.0.1 静力压桩法具有许多优点，如：①施工基本无噪声，适宜市区施工；②静压采用的预制桩可工厂化生产，桩身质量较有保证；③施工过程中可记录压桩阻力，压桩过程直观，异常情况容易判断；④自动化操作程度高，施工速度快；⑤无泥浆污染，施工文明，场地整洁等。静力压桩法被称为“环保型”绿色沉桩技术，起步于20世纪80年代，在20世纪90年代得到大力发展。其中，全液压式压桩机静压预制桩施工是我国独有的沉桩工法，尤其是目前使用最广泛的液压抱压式压桩工艺，更是具有中国特色的压桩施工工法。

但作为一项施工技术，也有其不足，比如挤土效应，近年来软土地区压桩过程中常常出现周边房屋开裂、管线损坏等诸多纠纷；在某些硬土地区，桩身容易上浮而影响承载力。同时，近年来静压桩施工存在质量下降的趋势，出现较多质量事故。另外，静压桩施工是一种过程需要严格控制的施工工艺。

由于以上特点和原因，特编制本规程，用于规范静压桩施工，并强调周边环境安全、强化工程质量。

1.0.2 静压桩施工主要在建筑工程和市政工程领域采用，本规程主要适用预制混凝土桩的静压施工。

1.0.3 静压桩施工是实践性很强的工艺，与工程地质和水文地质条件非常相关，所以具有很强的区域性，但也有较强的规律性，尤其是在挤土效应、沉桩阻力与承载力的相关性、复压工艺等方面，故应重视地区经验的积累总结。

2 术语和符号

2.1 术　　语

2.1.1 静力压桩法根据机械对桩作用力位置不同分为：①顶压压桩法，压桩力作用在桩顶部的压桩方法；②抱压压桩法，通过夹持机构抱住桩身向下施压的压桩方法。静力压桩机也有多种类型：①绳索式压桩机，通过卷扬机加钢丝绳索滑轮组来加压；②液压式压桩机，根据加力部位不同分为顶压式液压压桩机和抱压式液压压桩机。目前绳索式压桩机基本不采用，全国范围压桩机主要为抱压式液压压桩机。抱压式液压压桩机是我国发明的，其施工工艺也是我国独创的。本规程有关施工条文偏重于抱压式液压压桩施工工艺，当采用绳索式压桩机、顶压式液压压桩机尚应注意设备自身的特性。

2.1.4 压桩阻力是根据油缸油压值乘以压力换算系数计算而来；宜采用自动记录仪记录压桩阻力曲线；若无自动记录仪，应每米记录一次，进入持力层宜每 0.5m 记录一次。作为作用力与反作用力，压桩阻力值等同于压桩力值，压桩阻力曲线也可理解为压桩力曲线。

2.1.8 终压控制标准包括桩顶标高、终压力值、稳压时间等要求。

3 基本规定

3.0.1 静力压桩法适用于浅层土易穿越，桩端持力层较致密、坚硬的场地。桩端持力层可选择硬塑～坚硬黏土、中密～密实的粉土和砂土、碎石土、全风化岩层和强风化岩层；部分软土地区，承载力要求较小的桩也可选择可塑黏土作为持力层。

表层土质软弱且压机作业面承载力低的场地应预先处理好，才可采用静力压桩法。因为在这样的场地桩机容易出现陷机，使邻近已压好的基桩遭受较大水平推力而出现损伤；另外陷机会导致地表位移，未施工的桩位标志会出现漂移，很容易出现桩位偏移过大的事故；陷机还会导致周边环境隆沉而对邻近道路、管线、建筑物产生危害。

静压桩也有不适用或采取有效措施后方可使用的场地：

1 桩侧浅层存在较厚（超过5m）的饱和淤泥、淤泥质软黏土（地基承载力特征值小于50kPa，或单桥静力触探 p_s 平均值小于0.4MPa）的场地。该类场地浅层填道渣加固处理后也常常因为压桩或土方开挖时损伤工程桩，桩身质量不易保证。如在吴江、珠海、宁波、温州等地，浅层分布有较厚的淤泥，单桥静力触探 p_s 平均值甚至不到0.3MPa，在这种地层中压桩时很容易出现工程桩水平偏位的事故。根据当地施工经验，宜采取有效加固措施后方可使用。

2 土层中含有较多孤石、风化球或其他障碍物的场地。在该类场地施工，桩经常压不到持力层，承载力变异性很大，且桩身容易压偏而损坏。如果场地只有少数障碍物且容易清除，清除后可采用静压桩。

3 有难以穿越的坚硬薄夹层或较厚的稍密～中密砂土层的场地。该类场地施工时，常常出现压桩阻力大、桩端难以进入持

力层的情况，从而导致桩基承载力和沉降不能满足设计要求；另外，压桩困难，容易损坏桩身，也容易损坏压桩机。该类场地需引孔后才可采用静压桩。

4 基岩面起伏较大且其上没有合适持力层的岩溶场地应限制使用。因为岩溶地区基岩表面一般就是新鲜岩石，桩尖无法进入，且岩面起伏大，桩的破损率很高。

5 浅层土体软弱，岩面埋藏较浅且岩面倾斜较大的场地。该类场地浅层不能提供足够的水平约束，桩进入倾斜大于10°的中风化岩面时，容易出现桩尖滑移导致桩身突然折断的事故。该类场地应采用穿透能力强的钢桩靴，能嵌入岩石一定深度方可使用。

6 桩端持力层为易软化的风化岩层（尤其是强风化泥岩，以及含泥较多的强风化、全风化花岗岩）的场地。在该类场地，有时压桩和28d静载荷试验显示承载力均能达到设计要求；但时间长后再做静载荷试验，承载力降低许多，复压有时能再压入几十厘米，甚至1m～2m。究其原因是桩尖附近有水，或有水渗到桩尖，而强风化泥岩遇水就软化，含泥较多的强风化、全风化花岗岩遇水发生崩解，导致桩端阻力大大降低。有些地区采用闭口桩尖，且及时灌入封底混凝土可解决软化问题，但有的地区采取上述措施还不行，需要积累经验。

3.0.2 本条主要是针对静压桩的特点，提出对勘察的要求。

1 根据静压桩设备和工艺的特点，对勘察提出重点注意或特殊的要求。表层土地基承载力是复核压机接地压强是否满足要求，以及确定是否需要地基处理的重要指标。对浅部土层、障碍物的调查是为判断是否适合采用静压桩提供依据，也是确定是否需要采取清障等措施的前提。

2 原位测试手段对于估算压桩阻力，判别进入持力层深度非常有效。静力触探贯入过程与静压桩贯入过程非常类似，目前国内静力触探入土深度最大可达100m，能连续贯入比贯入阻力15MPa～20MPa的砂土、全风化～强风化岩层。原位测试能判别适合静压桩的所有土层，可取得很好的勘察效果，应优先采用。

3 饱和黏性土在压桩过程中挤土效应明显，灵敏度高的黏土土体强度受到损伤非常大，其恢复土体强度的时间也很长，容易出现承载力达不到要求和桩身出现水平裂缝等现象。同时，灵敏度对于黏土也是估算压桩阻力的重要参数。

3.0.3 拟建场地和周边环境调查主要有三方面作用：①发现施工影响范围内的管线和建（构）筑物，以确定保护对象和保护等级；②测量被保护对象的距离，为评价压桩挤土效应、桩机陷机对周边环境的影响分析时提供依据；③测量与基坑支护、建（构）筑物的最小边桩距，为压桩设备选择提供依据。

3.0.4 场地环境条件包括交通设施、高压架空线、地上及地下管线、地下构筑物的分布，可能受到影响的邻近建筑物或构筑物的地基及基础情况，施工机械进退场及现场运行条件等。工程经验包括现场试压桩或条件相近的类似工程经验。

控制压桩机接地压强的主要目的是防止地表土层破坏，并在一定程度上减小地表土层的变形，从而保证已就位工程桩的桩身质量和变形。压桩机接地压强，当桩顶入土深度较小（视地区经验而定，一般为1.0m～2.0m）时应从严控制，不宜超过场地地基承载力特征值的1.20倍，以满足工程桩偏位的控制要求；当桩顶入土深度较大（≥4m）时可适当放宽，但不宜超过场地地基承载力特征值的1.35倍。宜选择接地压强小的设备，当压桩设备接地压强难以满足场地天然地基承载力时，应采取地基土换填及铺设道渣等措施。

静压桩设备按驱动力机理分为液压式和机械式，按行走机构分为滚筒式和步履式，按吊机设置分为自吊式和它吊式。液压式压桩机按给桩施加压力部位的不同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压桩机构在桩机平面的不同位置分为前置式液压压桩机和中置式液压压桩机。

当最小边桩距不能满足中置式压桩机施压条件时，宜利用压边桩机械或选用前置式压桩机进行压桩，但此时应估计压桩能力降低造成的影响。

3.0.5 近年来，随着预制混凝土桩的广泛使用，成品桩质量不容乐观，静压桩施工过程基桩承受较大的压桩力，若桩身质量先天不足，压桩过程易受损伤，造成质量隐患和事故。故需要在进场前对成品桩加强质量检验，把好第一道关。

3.0.7 试压桩非常重要。在正式施工前通过试压桩，检验所选用设备是否满足场地承载力并检验桩身穿越各土层的可行性，以及静压桩方案能否实施、能否满足桩基承载力和变形要求。试压桩施工可达到下列目的：

目的一：验证压桩机选型的合理性，检验施工场地地基土承载力、复核桩身穿越土层情况以及对桩身强度的影响，可综合评价静压桩沉桩的可能性并合理选择桩基持力层。对于静压桩设计施工经验丰富的地区，静载荷试桩也可结合试压桩进行。若试压桩达不到设计标高或终压力值达不到预估值，在桩身完整的前提下，可通过单桩静载荷试验来确定是否有必要增减桩长或改换桩型。

目的二：通过试压桩和静载荷试验，建立该场地终压力值与单桩极限承载力标准值之间的关系，以便综合确定终压控制标准，确保桩基工程的质量。

压桩终压力值与单桩竖向抗压极限承载力标准值存在相关性，但不同地区经验相差较大。

1 广东地区经验：

对于端承摩擦桩或摩擦端承桩，除按持力层作为定性控制外，终压控制标准可按下列规定执行：

1） 当桩端入土深度 $L>25\text{m}$ 时，终压力值可取桩的竖向受压承载力特征值的 2.0 倍；但桩周土为黏性土且灵敏度较高时，终压力值则可取桩的竖向受压承载力特征值的 1.7 倍～1.9 倍；

2） 当 $16\text{m}<L\leqslant25\text{m}$ 时，终压力值可取桩的竖向受压承载力特征值的 2.0 倍～2.4 倍；

3） 当 $9\text{m}<L\leqslant16\text{m}$ 时，终压力值可取桩的竖向受压承载力特征值的 2.2 倍～3.0 倍；

4）当 6m≤L≤ 9m 时，终压力值可取桩的竖向受压承载力特征值的 2.8 倍～3.2 倍。

2 上海地区经验：

上海岩土工程勘察设计研究院有限公司曾对上海地区的预制桩工程进行系统研究，相关研究结果如下：

根据桩端土和桩侧土性质，将上海地区桩基土分为 4 种类型（表 1）。

表 1 上海地区桩基土分类

桩基土类型	桩端土性质	桩侧土性质
Ⅰ	一般黏性土或稍密～中密粉性土、砂土	无厚度较大的硬土层
Ⅱ	硬塑以上黏性土或中密以上粉性土、砂土	无厚度较大的硬土层
Ⅲ	硬塑以上黏性土或中密以上粉性土、砂土	有厚度较大的硬土层
Ⅳ	一般黏性土或稍密～中密粉性土、砂土	有厚度较大的硬土层

注：桩侧土中厚度较大的硬土层主要指单桥静力触探 p_s>5MPa 或标贯击数 N>15 且厚度>3m，或 p_s>3MPa 或标贯击数 N>10 且厚度>5m 的土层。

针对上海地区收集的 50 项工程资料，对破坏性单桩静载荷试验，按试验结果确定其单桩极限承载力标准值，对非破坏性单桩静载荷试验，用双曲线法确定单桩极限承载力标准值。线性拟合后得出静压桩的极限承载力标准值与终压力值的关系（图 1～图 4、表 2）。

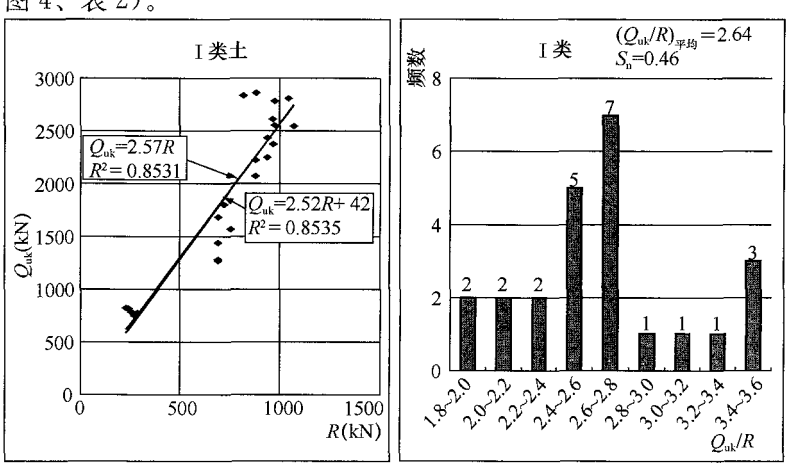

图 1 Ⅰ类土单桩极限承载力标准值与终压力值相互关系

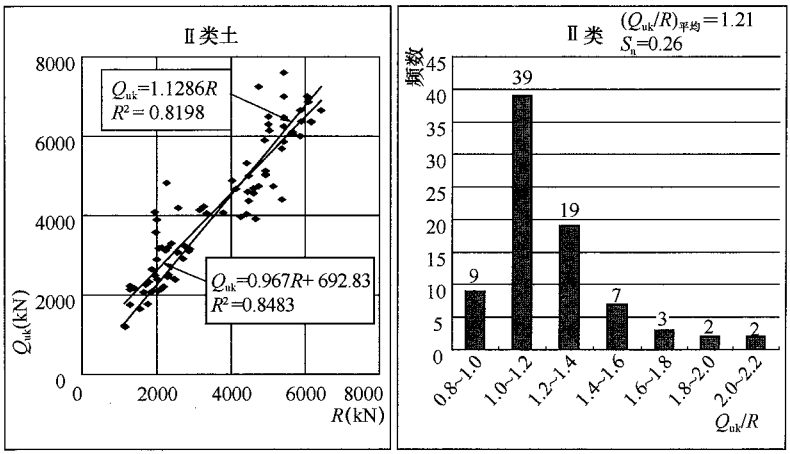

图 2　Ⅱ类土单桩极限承载力标准值与终压力值相互关系

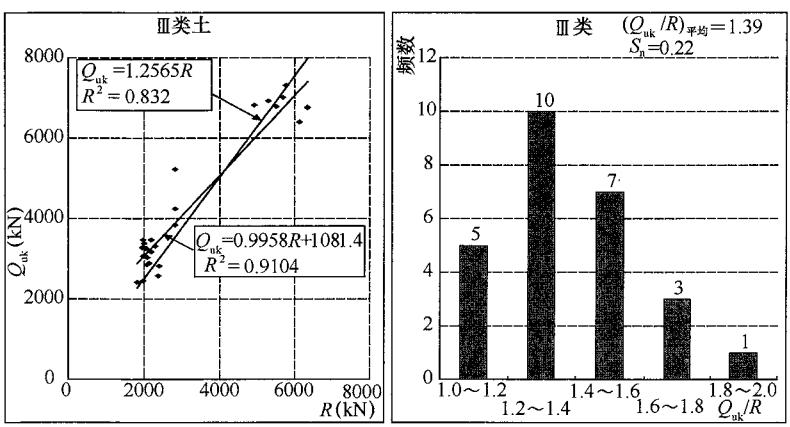

图 3　Ⅲ类土单桩极限承载力标准值与终压力值相互关系

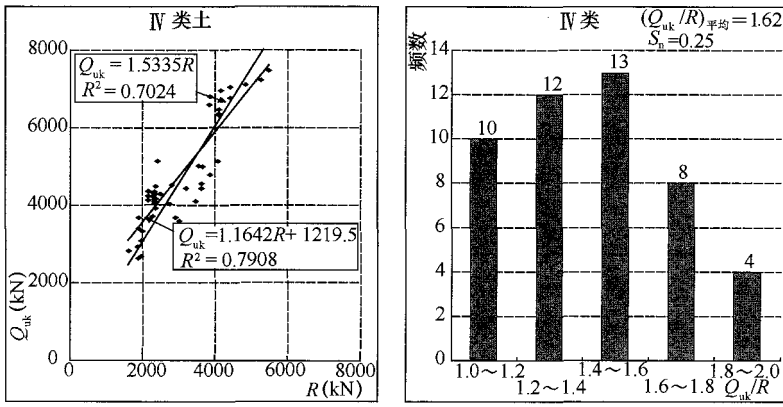

图 4　Ⅳ类土单桩极限承载力标准值与终压力值相互关系

表 2　单桩极限承载力标准值与终压力值经验公式

地基土类型	经验公式	子样数	相关系数 R^2
Ⅰ	$Q_{uk}=2.57R$	24	0.8531
Ⅱ	$Q_{uk}=1.13R$	81	0.8198
Ⅲ	$Q_{uk}=1.26R$	26	0.8320
Ⅳ	$Q_{uk}=1.53R$	47	0.7024

上述两地区经验表明，压桩终压力值与单桩竖向受压极限承载力标准值存在较好的相关性，但各地土层差异很大，故需要进行试压桩试验，并重视积累地方经验。

3.0.8　目前，部分工程存在施工记录后补现象和压桩阻力记录失真的情况，这样会导致无法根据压桩阻力预先判别承载力是否异常，压桩阻力记录作为过程质量控制主要手段的作用将失去意义。静压桩工程若不进行施工监测，将无法实时掌握周边环境和工程桩位移情况，容易出现桩基质量事故和周边环境纠纷。

3.0.10　静压桩是隐蔽工程，故应加强过程管理。施工质量检查分三个阶段是为重点突出施工前和施工中检查，目的是事先严格控制工程质量，以避免质量隐患，并减少事后补救和工程事故。

4 设备选型及要求

4.1 压桩阻力估算

4.1.1 对于挤密效应明显的压桩施工，由于群桩挤密效应对土体密实度的提高，压桩阻力会有明显增加，有时可提高50%，故需估算群桩挤密后的压桩阻力。

4.1.2 若桩身需穿过含砂、碎石、卵石等硬土层时，单桩最大压桩阻力可能出现在穿过这些硬土层时，因此除了估算终压力值外，尚需估算穿透时的压桩阻力。

4.1.3 本条说明压桩阻力估算的内容。

1 式（4.1.3-1）与现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94中采用原位测试法估算单桩竖向承载力相协调，但砂土q_{sik}上限值可放大到200kPa，是根据调研总结而来。土层的灵敏度S_{ti}见勘察报告。淤泥质土S_{ti}一般为4～5，流塑黏土S_{ti}一般为3～4，软塑黏土S_{ti}一般为2～3；可塑黏土S_{ti}一般为1.5～2.0；硬塑及以上黏土、粉土、砂土等均假定为1.0。

《上海地区静压桩沉桩阻力和沉桩挤土效应研究》课题研究期间，结合上海地区的工程资料（样本数量为250组），根据压桩阻力实测值，初步对式（4.1.3-1）进行了验证，其结果如图5所示。

由图5表明，压桩阻力估算值与实测值很接近，两者比值总体平均值为1.043，样本标准差为0.145，用线性拟合，其相关性很好，相关系数为0.975。

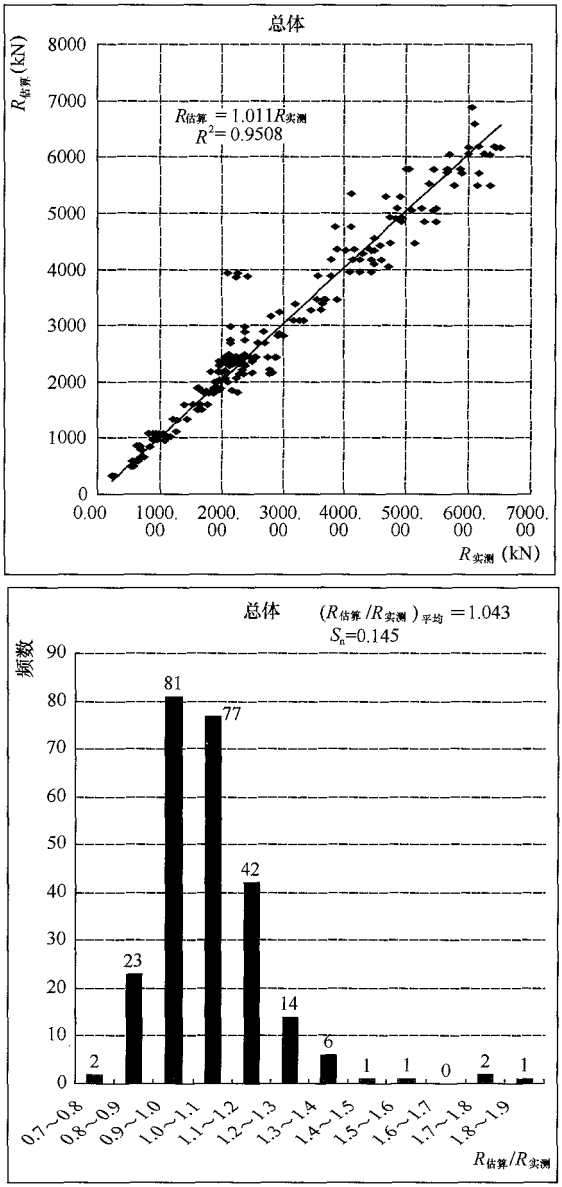

图 5　上海地区压桩阻力估算值与实测值相互关系

由表 3 表明，沉桩阻力估算值与实测值的比值基本在 0.8～1.2 之间，一般均能满足工程上误差 20%的要求。

表 3　压桩阻力估算值与实测值对比

样本数量	相关系数 R^2	压桩阻力估算值/实测值				
		平均值	样本方差	<0.8 (%)	0.8～1.2 (%)	>1.2 (%)
250	0.9508	1.043	0.145	0.80	89.60	9.60

同时，为了验证公式（4.1.3-1），本次收集了国内部分地区 19 项 61 根桩实测工程资料，通过单桥静力触探方法得到的静压桩压桩阻力估算值与实测值比较（样本数 61 组），其结果如图 6 所示。

由图 6 可以看出，整体而言，压桩阻力估算值与实测值很接近，其比值基本在 0.8～1.1 之间，一般均能满足工程上误差 20%的要求。两者比值总体平均值为 0.976，样本标准差为

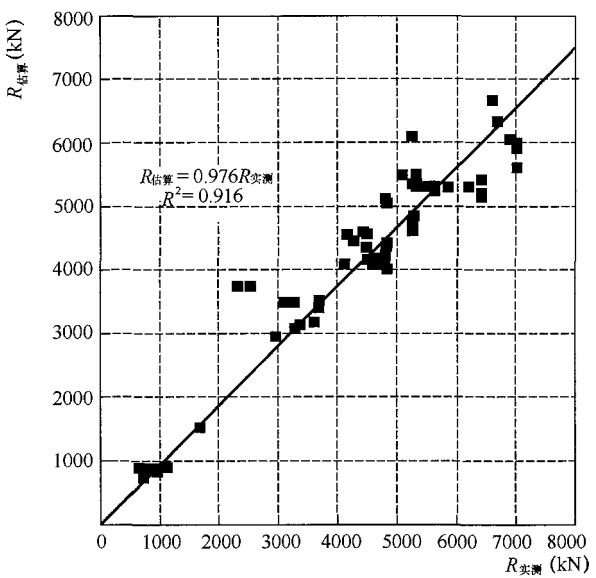

图 6　国内部分地区压桩阻力估算值与实测值相互关系（一）

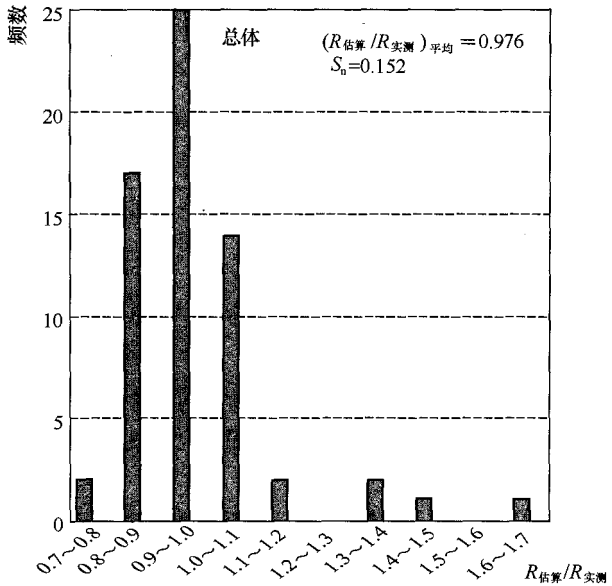

图 6　国内部分地区压桩阻力估算值与实测值相互关系（二）

0.152，用线性拟合，其相关性较好，相关系数为 0.957。

上述工程实测资料对我们提出的压桩阻力估算公式验证表明：本规程推荐的经验公式能满足工程要求。

2　单桥静力触探值与双桥静力触探值有很强的线性关系，一般采用铁道科学院提出的适用于各种土类的公式 $q_c=0.91p_s$，亦即 $p_s=1.1q_c$。该公式在黏性土中较为适用，在粉性土和砂性土中，按照该公式估算出的 p_s 值略小，为简便使用，统一公式。

双桥探头的圆锥底面积为 1500mm^2，锥角 60°，摩擦套筒高 218.5mm，侧面积 30000mm^2。

3　当采用标准贯入试验资料估算压桩阻力时，可按本规程式（4.1.3-3）计算。

公式（4.1.3-3）推导过程如下：

对粉土、砂土，按行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94－2008，用静力触探比贯入阻力值估算的第 i 层土的极限侧阻力标

准值（kPa）：

$$q_{sik} = 0.02p_{sik}$$

根据经验，砂性土、粉性土中标准贯入试验 N 值与单桥静力触探比贯入阻力 p_s 之间一般为 3 倍～3.5 倍关系，为简单起见，取中值：

$$N = 3.2p_s(\text{MPa})$$

将上面两式代入本规程式（4.1.3-1）得：

$$R_r = U_p \sum_{i=1}^{n} \alpha \cdot \frac{0.02p_{sik}l_i}{S_{ti}} + \beta \cdot p_{sk}A_p$$

$$= U_p \sum_{i=1}^{n} \alpha \cdot \frac{0.02Nl_i}{3.2} + \beta \cdot \frac{N}{3.2}A_p$$

$$= 0.00625U_p \sum_{i=1}^{n} \alpha \cdot N \cdot l_i + 0.3125\beta \cdot N \cdot A_p(\text{MN})$$

即 $$R_r = 6.25U_p \sum_{i=1}^{n} \alpha \cdot N \cdot l_i + 312.5\beta \cdot N \cdot A_p(\text{kN})$$

推导中取 $N=3.2p_s$（MPa），各地可根据当地经验对该公式调整。

4 本款说明考虑群桩挤密效应的压桩阻力计算的内容。

考虑群桩挤密后桩间土的标贯击数公式，国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011－2010 规定“打桩后桩间土的标准贯入锤击数宜由试验确定，也可按下式计算：$N_1 = N_p + 100\rho(1 - e^{-0.3N_p})$”。

本规程式（4.1.3-5）推导过程如下：

将标准贯入试验 N 值与单桥静力触探比贯入阻力 p_s 的关系代入本规程式（4.1.3-4）得：

$$\frac{N_1}{3.2} = \frac{N_p}{3.2} + 31.25\rho(1 - e^{-0.96\frac{N_p}{3.2}})$$

两边同时乘以 3.2 得：

$$N_1 = N_p + 100\rho(1 - e^{-0.3N_p})$$

本款针对挤密效应明显的粉土、砂土、碎石等土层；对于饱

和软黏土，压桩后桩间土的静力触探比贯入阻力或标贯击数变化不大，甚至由于土体的扰动而变小。

4.2 压桩设备选型及要求

4.2.1 压桩机选型需考虑的因素较多，一般可根据场地地质和桩的尺寸等条件初步选择，然后通过最大压桩阻力估算值校核。

本规程附录 A 中最大压桩力为压桩设备理论最大压桩力，压桩时压桩机提供的实际最大压桩力约为其机架重量和配重之和的 0.9 倍。本规程表 A.0.1 中给出了桩端可进入中密～密实砂层的厚度，对桩端持力层不是中密～密实砂层的工程，桩端可进入持力层的深度宜根据压桩阻力估算值、桩身强度并结合地区经验等因素综合确定。

4.2.2 本条说明压桩设备选型还应符合的规定。

1 压桩机的压桩力靠压桩机的自重和配重作为反力来达到。本款表明压桩机的最大压桩力约为机重加配重总量的 90%。另外 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同时离开地面，因此起不到反力装置的作用，故必须扣除。

2 选择抱压式液压压桩机时，其夹持机构对圆形截面的工程桩已经很成熟，但对于方形截面的工程桩，尤其是对预应力混凝土空心方桩，施工时出现过采用圆形截面的夹持机构，容易造成夹伤桩身混凝土的现象。因此，对于方形截面的工程桩，也应选择方形截面的夹持机构。

桩侧抱压允许压桩力一般小于顶压允许压桩力。有些工程，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，为此，必须限制抱压允许压桩力。

3 本规程按送桩过程中的顶压允许压桩力可比桩侧抱压压桩力大 10%。预应力管桩是圆形，抱压时桩身受力比较均匀，可取高值。

4.2.3 最大压桩能力是设计、施工、监理等技术人员最需了解的数据，要防止“小机压大桩”的行为。压桩机外形尺寸与施工场地是否要采用压边桩工艺有关。标定后的压力表读数与压桩力的对应关系非常重要，相关技术人员只能通过压力表的读数，换算成压桩力。

4.2.4 压桩机上每件配重的重量应该是真实的，因此事先需要核实，并在该件配重的外露表面上进行标记，便于施工人员和监理人员清点计算。

4.2.5 一般而言，压桩机有 2 个～4 个油缸。压桩时，为了提高压桩效率，压桩阻力较小时，桩机只利用其中的部分油缸进行压桩，当压桩阻力较大时，则启动剩余油缸进行工作。因此，校验时需确认其工作油缸的大小及数量，确保油压表标定准确，油路系统工作正常。对重要的工程或有疑问的工程，应通过电子秤校验确定压力表读数与压桩力之间的对应关系。

5 施　工

5.1 一 般 规 定

5.1.1 静压桩施工是一种区域性和经验性都很强的施工工艺，因此应先进行试压桩，并尽量收集本地区的试（压）桩资料和附近类似桩基工程的设计施工资料，为本场地工程桩的顺利施工提供参考。

5.1.3 混凝土不达到一定强度起吊，桩身容易出现裂缝。根据经验，满足强度不满足龄期的预制桩压桩时容易出现桩身破坏。

5.1.4 桩端停留在砂、碎石、卵石等土层或接近设计持力层时进行接桩，压桩阻力将大大增加，容易出现压桩不到位的现象。

5.1.5 一般优先选择开口桩尖，开口桩尖压桩阻力更小，挤土效应更小，对桩侧土体损伤也小。但桩端持力层为风化软质岩的空心桩，由于桩端土体遇水容易软化，桩端阻力会大大降低，故需对空心桩桩端封底。桩芯底部灌注 1.0m～2.0m 高的细石混凝土封底是常规方法。当场地土或地下水对工程桩有腐蚀作用时，空心管腔内也不得进入腐蚀物质。

5.1.6 本条主要说明基坑工程与工程桩之间的施工影响。

大量工程经验表明，由于土方开挖不当而引起基桩倾斜甚至断裂的事故时常发生。大多数事故是由于不规范施工引起的，也有的是因为土层条件太差造成的。因此，必须采用相应的技术措施保证基坑开挖过程中基桩不受损伤。在软土中进行基坑开挖时，桩周土体出现高差很容易造成附近基桩倾斜甚至断裂，故桩周土体高差不宜大于 1m；当桩周土体土性较好时，高差可适当放大，但不宜大于 2m。当基坑深度范围内有较厚的淤泥等软弱土层时，宜优先选用长臂挖机；土方开挖前，宜先采取地基加固处理或将工程桩之间用钢构件连接等技术措施，以保护工程桩。

由于挤土效应，压桩与相邻基坑工程同时施工相互影响的事例经常发生，本条强调注意其产生的不良后果并通过协调来减少其相互影响。

5.2 测 量 定 位

5.2.1 平面控制点和高程控制点的准确是保证桩位偏差和桩顶标高的前提条件，故应设置在不受施工影响的区域。

5.2.2 为了确保引测所得的单体控制点的准确性，需多方复核。

5.2.3 桩位放样准确是保证桩位准确的关键，曾经出现过因桩位放样不准而导致整栋建筑物桩位偏移的情况，也出现过桩位放样时因方向错误而导致整栋建筑物桩位完全错误的情况，故桩位放样后还要复核。

5.3 运输吊装和堆放

5.3.1 近年来，有少数厂家生产的单节桩，长度超过相关规范及图集规定的节长，对于这类超长桩应进行起吊验算，当两点起吊不能满足要求时，一般采用三点起吊或增加抗弯钢筋。对于单节长度超过 20m 的桩应采用四点起吊。

5.3.2 有害裂缝主要指对桩身承载力和耐久性产生影响的裂缝，预应力桩的裂缝均为有害裂缝，预制实心桩的表面收缩裂缝超过 0.15mm，深度超过 20mm 或横向裂缝长度大于边长的 1/2 均为有害裂缝。

5.3.3 施工现场堆放条件较差时不宜叠层堆放。若要叠层堆放，场地应平整坚实，且堆放层数不宜超过 4 层。一般较好的做法是：按工程进度分批供桩，既避免二次搬运，又便于单层着地堆放。垫木只能设置两道，不得设置三道或多道。两支点间不得有突出地面的石块等硬物，以防支座下沉时该硬物将桩身顶折。

5.3.4 施工现场取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的作业方法，但实际工程中大量采用拖拉法取桩。与吊机取桩相比，拖拉法取桩成本低，

但容易损伤桩身和桩头，也易引起压桩机倾斜等安全事故，故本规程规定不得长距离拖拉取桩。

5.4 压　　桩

5.4.1 一般工程试压桩的数量不宜少于工程桩数量的1%，但对于已有较多静压桩工程经验的地区，且地质条件又非异常时，试压桩数量可适当减少，但不应少于3根，对于地质条件复杂的场地，试压桩数量应适当增加。试压桩选在原位测试孔附近的原因是根据试压桩压桩阻力实测值，可对按地质条件估算的压桩阻力进行复核。当压桩终压力实测值明显偏小时，不排除地质资料失真的可能，故建议补勘复核。

试压桩应提供每米压力值，并绘制压桩力曲线。实际工程中，当工程桩数量较多时，每根工程桩均提供每米压力值的可能性不大，一般只提供终压力值。但对试压桩，应记录每延米的压力值。

压桩经24h休止后宜复压的目的，一方面是为了消除桩体上浮引起的桩端阻力减小的不利影响，另一方面是为了快速了解单桩竖向承载力。但注意：在土体灵敏度较大的软土地区，大量工程经验表明，单桩竖向承载力随休止时间的增加而增加，休止28d后单桩竖向极限承载力标准值较压桩阻力终压力值高很多，有时甚至达到3倍以上，故复压意义不大；此外，在泥岩或遇水易软化的其他风化岩中，最终单桩竖向极限承载力标准值较压桩阻力终压力值低。

本规程要求试压桩施工结束后，除提供常规终压力值外，尚需提供压桩力曲线（一般为每延米压桩力曲线）。此外，应对桩的穿透能力、桩身完整性、压桩机整体运行及异常情况等进行分析评价，无分析评价能力时，需提交相关资料。

5.4.2 空心桩桩身两侧合缝位置是桩身的薄弱部位，对抱压式压桩机，当抱压力较大时，若夹具位于合缝位置，容易导致桩身纵向裂缝甚至被夹碎，故应避开。

5.4.3 对于以桩顶标高控制为主的工程，工程桩一般位于地表下1.0m以上，当桩顶压至设计标高后无需截桩。对于试桩，建议也将桩顶标高压至地表下0.5m以上，这样并不影响试桩，并方便压桩机行走及对试桩的保护。对于以压桩力控制为主的工程，桩顶露出地面在所难免，但为了保证桩身——尤其是桩顶质量，空心桩应采用锯桩机截割，实心桩也宜采用锯桩机截割，严禁用压桩机将桩强行扳断。

5.4.4 压桩过程中的特殊情况很多，本条的各款都可能发生。产生的原因多种多样，当出现其中之一时，应暂停压桩作业，并根据具体情况及时研究处理，问题解决后方可继续施工。

5.4.5 本条所规定的终压控制标准的原则适用于一般情况，实践中也存在某些特例。如粉土、砂土中的密集桩群，由于压桩挤密作用，后期压桩阻力会明显增大，如坚持按设计标高控制很难实现。按压桩终压力值控制的桩，有时也会出现满足不了设计要求的情况。对于重要建筑，强调终压力值和桩顶标高均达到设计要求，即实行双控是必要的。

对于摩擦桩，压桩阻力相对较小，桩顶压至设计标高后，随着土体强度的恢复，休止后单桩承载力一般能够达到设计要求，故终压标准应按桩顶标高控制；对于端承桩，桩端进入持力层后，压桩阻力会急剧增大，尤其是对于持力层变化幅度较大的地层，按桩顶标高控制难以实现，故一般以终压力控制为主，桩顶标高控制为辅；对于端承摩擦桩，结合端承桩和摩擦桩的特点，同时考虑到土方开挖及桩顶处理等后续工作的方便性，一般以桩顶标高控制为主，终压力控制为辅。

5.4.6 压桩记录是最原始的施工资料，必须如实记录，以作分析。自动记录仪记录客观真实，避免作假，应大力推荐，目前天津等地区在推广，部分压桩机械设备厂家也配套此技术。目前大多数施工单位采用手工记录，只要真实，也是允许的，但不允许后补的虚假记录。

5.5 接　桩

5.5.1 机械快速接头施工速度快，相比焊接接头质量可靠度高，在一些地区已开始使用。预应力抗拔桩采用焊接接头质量事故较多，可采用机械快速接头。

5.5.3 本条第3款是要求上下桩接缝应填实。本条第4款建议优先采用采用二氧化碳气体保护焊；若采用手工电弧焊时，第一层焊缝应采用不大于 ϕ3.2 的焊条施焊，并确保根部焊透。第5款是关于电焊结束后冷却时间的规定，主要是考虑到高温的焊缝遇地下水，如同淬火一样，焊缝容易变脆。但二氧化碳气体保护焊所用焊条的直径细，散热快，且二氧化碳具有较强的冷却作用，所以确定其自然冷却时间较手工电弧焊短。第6款是桩尖焊接的规定，目前工地上的桩尖焊法不太规范，焊接质量较差，因此一定要加强桩尖焊接质量的监督。

5.5.4 大量的预制桩接头采用焊接接头，经常出现未分层焊接、焊接时间短、焊缝不饱满等现象，导致电焊质量差；在挤土效应作用下，容易出现桩节脱空、折断等质量事故。故加强预制桩焊接质量控制，对焊缝接头进行抽样检测是必需的。

5.5.6 本条指出的啮合式机械接头只适用于桩接头的极限弯矩大于桩身极限弯矩的情况，当桩身极限弯矩较大时，需验算桩接头的极限弯矩，必要时宜增加接头处的连接销数量。另外需要提醒的是：采用啮合式机械接头的桩接头，是利用上节桩的自重将连接销完全插入下节桩的连接槽内。在软弱土层太厚的场地接桩施工时，下节桩还没有进入较坚硬土层，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焊接接桩时露出地面的桩头高度略高一些。当地面下有厚度10m以上的流塑淤泥土层时，第一节桩（底桩）露出地面的桩段外周地面处宜设置“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，且第一节桩（底桩）长度足以使其下端进入坚硬土层时，可不设“防滑箍”。

5.5.7 采用密封材料是保证连接接头与地下水不接触，避免腐蚀；密封材料一般采用环氧树脂、芳香胺等按1∶0.6比例配置，初凝时间不超过6h，终凝时间不超过12h。上下节桩要对准3个以上的孔方可插入。

5.6 送　　桩

5.6.1 对送桩深度的规定，各地差异很大。在广东地区地下三层都可采用静压桩，通过先开挖基坑一定深度后压桩，将送桩控制在6m左右；而在上海、江浙地区一般地下两层均可采用静压桩，由于浅层土层软弱，基坑通常采用支撑体系，静压桩常常在地面送桩，送桩深度为8m～11m，部分地下三层项目送桩深度达到12m～15m。行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94－2008第7.5.13条规定：“当桩的垂直度偏差小于1%，且桩的有效桩长大于15m时，静压桩送桩深度不宜超过8m”。因此，送桩深度宜结合地区经验确定，但无论如何，太深的送桩作业务必小心谨慎。

当送桩深度大于8m时，即使桩的垂直度满足规范及设计要求，但桩顶与送桩器间没有水平约束，微小的桩身倾斜可能会导致送桩器滑动，从而引起桩顶压碎等不良后果，因此宜专门设计送桩器，以减小桩顶与送桩器间的水平滑动。对于空心桩，可在送桩器与桩顶接触的端面设置略大于桩外径20mm～30mm、高度200mm～300mm的环板，并通过试送桩进行验证。

5.6.3 空心桩最上面一节桩的端板加焊薄钢板封孔，目的是在桩顶以上土方开挖后，撬掉薄钢板直接填芯，从而减少桩孔内清孔的麻烦，同时由于不用清孔，填芯与桩的连接质量更好。薄钢板一般较桩孔内径略大，并在端板均匀布置四个点点焊连接。该方法在送桩深度较大时，作用尤其明显。

5.6.6 目前桩位出现偏移主要有压桩挤土效应和土方开挖不当两方面原因，为减少压桩单位与土方开挖单位的纠纷，同时提高压桩时的定位精度，建议送桩前进行桩位中间复核。

5.7 压桩辅助措施

5.7.1 除复压、引孔和组合桩法辅助措施外，近年来，还出现了一些新的静压桩施工工法。①中掘法：该法是将钻头通过桩芯插入土中，一边钻进一边压桩，既可减小压桩阻力和挤土效应，又可增加桩的入土深度。该工法适用于大直径预制空心桩。②旋喷桩辅助压桩法：先采用旋喷桩预先施工，将砂土预先搅拌松弛，并采用水泥浆使砂土悬浮以减小压桩阻力。

5.7.2 布桩密集且地基土孔隙率较小的场地，压桩容易引起群桩上涌，从而影响桩基的承载力，并容易产生不均匀沉降。复压是处理群桩上涌的一种有效方法，是否采用宜根据地区经验确定。但采用复压需要一定的条件，它要求原先的送桩不能太深，截桩数量不宜太多，因无端板的桩头容易被压碎；另外，要求施工场地条件好，要有一定的地基承载力，使压桩机来回走动不陷机。

稳压时间一般规定为5s～10s，复压次数一般不宜超过3次。靠增加复压次数来提高静压桩的承载力，是得不偿失的一种做法，复压次数太多，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。对于入土深度小于8m的短桩，复压次数可增至3次～5次。根据经验，一般上浮量超过5cm～10cm，宜采取复压措施。

5.7.3 引孔压桩是采用长螺旋钻机等设备，先在桩位上钻穿桩身需穿透的硬土层，然后在引孔上压桩，从而减小桩身穿透硬土层时的压桩阻力，以便工程桩顺利压至设计标高。但若桩身难以穿透的硬土层深度大于20m，是否采用引孔压桩法，需通过工期、质量和造价等方面的综合比选后确定。

1 引孔直径不宜过大，否则会明显降低单桩承载力。一般

来说，引孔直径宜比桩径（或方桩对角线）小 50mm～100mm；引孔深度可根据桩距和土的密实度、渗透性等确定，宜为桩长的 1/3～1/2；但引孔直径和桩径的比例关系随着土质情况、桩直径、桩的密集程度等的不同而有明显差异，故应由设计和施工单位根据当地经验协商确定，无当地经验时，应在工程桩施工前通过试压桩和静载荷试验进行确定。

2 引孔的垂直度必须从严控制，垂直度偏差应小于 1/150，一旦引孔偏斜，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。

3 引孔作业和压桩作业应连续进行，否则孔壁可能会坍塌。一般来说，间隔时间不宜大于 12h，在软土地区不宜大于 3h。

4 引孔内积水，若采用封口型桩尖或者静压方桩，压桩时孔内积水无法消散，桩端一般达不到孔底，容易造成工程质量事故。

5.7.4 组合桩是利用钢桩较大的穿透能力，将工程桩压至设计标高，该方法在多项工程中得到成功应用。采用组合桩法时，单桩竖向承载力应通过试桩确定。

组合桩应进行专项设计，最下节钢桩的桩长不宜过长，并应验算其桩身结构强度。钢桩与其上混凝土预制桩连接前，应将混凝土预制桩端头板加厚，以免对混凝土预制桩端头造成损伤。

6 周边环境保护与施工监测

6.1 一 般 规 定

6.1.1、6.1.2 静压桩存在挤土效应，饱和软黏土地区的沉桩挤土效应对周边环境影响最为明显，静压密集群桩（布桩面积系数大于5%）的影响范围有时可达到$2H\sim3H$，独立承台桩的影响范围也有H（H为桩端入土深度），当软黏土中夹有渗透性较好的粉土或砂土层时，影响范围则相对较小。因此静压桩的影响范围应根据土层条件、桩长、桩径、桩数、布桩密集程度、桩尖、压桩速率、压桩顺序等诸多因素结合地区经验综合确定。

为合理确定监测方案，以及对监测数据作出评估，在静压桩施工前，应对压桩影响范围内的环境状况进行详细调查研究，收集如下有关资料：

1 周边建筑物的总平面图、基础类型、使用现状等；

2 周边地下管线的布置图；煤气管和上下水管的管材、管节长度、管径、接头构造、闸阀位置、埋设深度；电缆线的规格型号、负荷；通信电缆的规格型号、服务范围等；

3 周边建筑物、地下管线对不均匀沉降和水平位移的敏感程度，并据此确定沉降量、沉降差、水平位移监控值等。

6.1.3 各地区对历史保护建筑物及地铁、隧道、原水管、共同沟等重要设施常常设立安全保护区，并对保护区范围内的施工作业和监测有更加严格的要求。

6.2 周边环境保护

6.2.2 合理控制压桩速率和日压桩量对减少压桩挤土效应的影响非常重要。控制每台压机的日压桩量主要是确保工程桩施工质量，同时也是减小每天挤土量，减小对已沉工程桩和周边环境的

影响。密集群桩区的静压桩不宜24h连续作业、日停歇时间不宜少于8h，是为了让超静孔隙水压力有一个消散缓冲时间，土体自身强度能得到一定程度的恢复。对于日压桩量的控制标准，目前较难给出定量结论，它与环境保护要求、土层条件、桩尺寸参数、布桩密集程度、桩尖、压桩顺序等因素有关，建议每天压桩数根据当地经验结合周边环境监测数进行调整。以上海、宁波为代表的饱和软黏土地区，当周边环境较复杂时，在初始压桩时ϕ500以下的管桩或400mm×400mm以下的方桩日压桩量不宜超过10根；ϕ600管桩或450mm×450mm方桩日压桩量不宜超过8根；其后可根据监测数据适当调整，但ϕ500以下的管桩或400mm×400mm以下的方桩日压桩量不宜超过12根，ϕ600管桩或450mm×450mm方桩日压桩量不宜超过10根。其他地区可根据周边环境情况、当地施工经验和监测数据来确定日压桩量。当邻近建筑物和地下管线的变形接近或达到报警值时，可暂停压桩2d～3d，或者每天压桩数减少，使位移值尽量不再超过前期出现的峰值。

6.2.3 由于挤土效应，相邻建筑的桩基或地下工程同时施工相互影响的事例经常发生，本条强调注意其产生的不良后果和通过协调来减少其相互影响。

6.2.4 大量工程实践表明，压桩机对表层土的挤压比较厉害，所以应尽量选择接地压强小的压桩机。

袋装砂井直径宜为70mm～80mm，间距宜为1.0m～1.5m，深度根据软黏土厚度确定，宜为10m～15m；塑料排水板的深度和间距可同袋装砂井。

管笼井的具体做法：在密集群桩内，利用钻机成孔，直径400mm左右，深度15m～20m，孔内放入用土工布或塑料编织袋包裹的钢筋笼。压桩时产生的超静孔隙水压力可就近通过此管井得以迅速消散。必要时，也可在井内置一小型潜水泵抽水产生负压，加速孔隙水压力的消散。当邻近有建筑物需要保护时，可在压桩区外侧设置密排管笼井，清水护壁。由于这一排孔洞的存

在，在被保护建筑物与压桩区之间形成了一条缓冲带，压桩区土体向外挤出时，孔井被压扁，但井深范围内的侧向挤压力已经被释放，对防治挤土效应较为有效。

6.2.5 对于预制桩，选择合适的桩尖不但可以增强桩的穿透能力，而且可减少压桩对原状土的扰动，确保单桩竖向承载力的正常发挥。

引孔压桩既可减少静压桩的挤土效应，又可增强桩的穿透能力、增加桩的入土深度，有关引孔压桩的注意事项详见本规程第5.7.3条及条文说明。

6.3 施 工 监 测

6.3.1 密集的静压桩会使得桩周土体的侧向挤出、向上隆起现象比较明显，这样对周边先压入的工程桩和邻近建筑物、地下管线会产生有害的影响。为保护已压工程桩和周边环境的安全，应在静压桩施工期间采取有针对性的监测。

静压桩工程的监测对象应包括周边环境和已压工程桩。对影响范围内的重要建筑物、管线、交通干道等设施，应加密监测点。在安徽合肥、江苏张家港等浅部有较厚老黏土的地区，静压PHC管桩时甚至出现土塞直接到桩顶，工程桩的隆起可达20cm～40cm，此时更应加强对已沉桩桩顶位移的监测。

6.3.2 本条对监测项目和内容作出规定。

1 部分工程的挤土效应能使已沉桩上浮几厘米到几十厘米，根据收集的资料，桩顶上浮5cm～10cm，桩承载力就出现下降。故应设置桩顶位移监测点，以确定是否需要复压，被监测的桩需要把桩加长至地面下1.0m左右。

2 邻近建（构）筑物竖向和水平位移监测点应布置在基础类型、埋深和荷载有明显不同处及沉降缝、伸缩缝、新老建筑物连接处的两侧、建筑物的角点、中点；工业厂房监测点宜布置在独立柱基上。

3 邻近地下管线监测点宜布置在上水、煤气管处、窨井、

阀门以及检查井等管线设备处、地下电缆接头处、管线端点、拐弯处；影响范围内有多条管线时，宜根据管线年份、类型、材质、管径等情况综合确定监测点，且宜在内侧和重要管线上布置监测点。

4 压桩影响范围内的地表竖向和水平位移监测点宜从静压桩边线开始由里向外先密后疏布置。

5 深层土体侧向位移监测（测斜）一般只针对特别重要的保护对象，宜布设在压桩区与被保护对象之间，测点间距一般为20m，且不少于2点。测斜管的埋深可结合桩长、布桩密集程度、周围环境要求、地质条件等综合确定。

7 在饱和软黏土地区，挤土效应产生的超静孔隙水压力消散很慢，并且波及很大范围。通过孔隙水压力监测可掌握孔隙水压力的增长及消散规律，为调整压桩速率和顺序提供依据。压桩区内的孔隙水压力观测孔宜均匀布设或在预计孔隙水压力较高区域均匀布设；压桩区外的观测孔宜从压桩区边线开始向外逐渐增大间距。测点的竖向布置应在应力影响范围内按土层分布情况布设，并以软弱土层为重点，测点间距一般为4m～5m。

6.3.3 静压桩引起的超静孔隙水压力消散需要时间，特别是在软黏土地区，由于土体渗透系数低，超静孔隙水压力的消散时间较长。因此，监测工作不能随着静压桩施工的结束而立即停止，而应等到压桩区外超静孔隙水压力基本消散、土体再固结引起的沉降基本稳定为止。

6.3.4 本条主要规定监测报警值内容。管线报警值累计变化量应根据管线单位的要求确定，一般不宜超过20mm，日报警值宜为2mm/d～3mm/d。道路地表沉降报警值累计变化量不宜超过30mm，日报警值宜为2mm/d～3mm/d。周边建筑物累计沉降量一般不宜超过20mm，日报警值宜为2mm/d～3mm/d，并结合压桩前的建筑物状况、裂缝观测等综合进行控制。工程桩上浮累计变化量报警值宜为5cm～10cm。

7 施工质量检查

7.1 施工前检查

7.1.1 目前成品桩桩身质量不容乐观，故强调施工前质量检查和检测。本条明确检查、检测内容，便于施工单位自检，也方便监理、质检、建设单位检查验收。

7.1.3 本条第2款是关于桩尺寸偏差、外观质量检查的规定。存在蜂窝、漏浆、裂缝、不密实、露筋的桩不应使用，因其承载力和耐久性均有下降。抱压施工时，桩身混凝土由于外形尺寸不合要求容易被抱坏。

7.1.4 本条是关于焊接接头检查的规定。目前，少数厂家对桩套箍的高度、板厚进行缩水，端板的质量也不容忽视。主要问题有：①材质不是Q235钢材，而采用铸钢或“地条钢”，导致可焊性和耐久性很差；②端板厚度偏薄，导致钢棒与端板的连接较差，尤其是抗拔桩；③端板不平整，导致桩节接触不紧密；④电焊坡口尺寸不规范，导致焊缝高度不符合要求。

7.1.5 本条是关于机械接头检查的规定。机械接头对连接部件精度要求更高，连接部件材质、尺寸、数量不符合要求或发生变形，不得使用。

7.1.6 本条是关于桩身配筋检查的规定。少数厂家出于节约成本目的，桩身材料以次充好。箍筋不按设计要求，导致预制桩抗水平承载力下降；主筋的直径或配筋率达不到标准图集或设计要求，导致桩抗裂和抗拔承载力下降。少数厂家所用的钢筋材质也存在问题。另外混凝土保护层厚度对基桩的耐久性至关重要。因此，要求厂家严格按照有关规定和设计要求生产合格的产品，也要求监理、施工单位加强检验。

7.1.7 本条是关于桩身混凝土强度质量检查的规定。近年来，

少数厂家由于配料、工艺、养护条件等原因，桩身混凝土强度达不到设计要求，导致压桩时桩身在较小压桩力下就出现损坏，有的甚至只有设计强度要求的60%～70%。

7.1.8 本条是对桩尖检查和检测的规定。桩尖可提高桩的穿透能力，减小压桩阻力，减少对桩侧土体的损伤，有利于压桩后桩侧土体强度的恢复。但近年来，桩尖的质量不容乐观，主要问题有：桩尖的材质、尺寸和构造、焊接质量不符合规范、设计要求。有些施工单位甚至不用桩尖，部分设计、施工人员也认为桩尖没多大作用。桩尖主要尺寸构造问题为尺寸小、钢板薄，压桩时易压曲导致桩端混凝土受损。桩尖与桩节焊接不好，压桩过程中可能会脱落，甚至挤入空心桩内孔导致桩身混凝土受损。

7.2 施工中检查

7.2.2 在压桩过程中，应随时注意桩位标记的保护，防止桩位标记发生错乱和移位。压桩前应再次复核桩位，以免造成工程桩的桩位偏差超过相关规范和设计要求。首节桩垂直度控制的好坏对整根桩的垂直度影响至关重要，因此对首节桩垂直度控制要求要严格一些。

7.2.3 桩接头焊接质量非常重要，目前焊接质量非常不乐观。应检查焊条的规格、直径、质量；重点检查电焊坡口尺寸，记录监控焊接时间；焊接后的冷却时间应满足本规程的规定。

7.2.5 目前大多数施工记录是手工记录，监理人员应认真监控专职记录员如实记录。对压桩阻力记录及时分析，可校核进入持力层深度，同时根据压桩阻力可初步判断单桩竖向承载力是否满足要求，故压桩阻力出现异常时应及时分析处理。

7.2.6 在存在较厚超固结黏土土层的场地（如合肥、张家港），静压桩的挤土效应明显，但土体不易被压缩，导致土体向上隆起，带动桩上浮，出现桩底虚空甚至桩脱节，单桩竖向承载力大大降低。故对基桩的上浮量和偏位值要进行检查和控制，必要时采取复压。

控制日压桩量和停歇时间是为了减少挤土效应，并给超静孔隙水压力一定的消散时间，应根据周边环境情况，结合监测数据合理控制。

7.3 施工后检查

7.3.2 配置闭口型桩尖的空心桩桩身质量可采用孔内检查。孔内摄像法是近年来判断桩身质量、解决相关争议的有效手段；该方法直观、准确，当桩长较长时应用比较多。当桩长较短时，也可将低压灯泡或手电筒吊放到桩内孔，从上到下再从下到上慢慢用灯光照射管壁作目测检查；使用该方法成桩质量好坏一目了然，还可以检查桩的实际长度。开口型桩尖的空心桩由于存在土塞无法目测桩长，而少数施工单位存在偷桩长现象，故建议通过抽查土塞高度检查桩长。

8 安 全 管 理

8.0.2 机械设备操作人员应持安全部门颁发的证书上岗。

8.0.4、8.0.5 施工人员必须安全操作，以避免施工安全事故。

8.0.7 沟、坑设置安全护栏是防止人员掉进桩孔内造成安全事故。