ICS

CCS　　点击此处添加CCS号

DB

辽 宁 省 工 程 建 设 地 方 标 准

DB XX/T XXXX—XXXX

螺杆桩复合地基技术规程

Technical specification for design of half-screw pile composite foundation

（征求意见稿）

年 ***月日发布　　***年***月***日实施

辽宁省住房和城乡建设厅　　联合发布

辽宁省质量技术监督局

辽宁省工程建设地方标准

螺杆桩复合地基技术规程

Technical specification for design of half-screw pile composite foundation

DB21-***-2023

主编单位：大连市建筑科学研究设计院股份有限公司

大连理工大学

海南卓典高科技开发有限公司

批准部门：辽宁省住房和城乡建设委员会

施行日期： ****年 **月 ** 日

2022

前　言

根据****，标准编制组经广泛调查研究，认真总结工程实践经验，参考有关国家标准，并在广泛征求意见的基础上，制订本标准。

本标准主要技术内容是：1.总则；2.术语、符号；3.基本规定；4.勘察；5.桩基设计；6.复合地基设计；7施工；8.质量检验与验收。

本标准由辽宁省住房和城乡建设厅负责日常管理，由大连市建筑科学研究设计院股份有限公司、大连理工大学、海南卓典高科技开发有限公司负责技术内容的解释。请各单位在本标准执行过程中，总结经验，积累资料，并将有关意见和建议寄送至大连市建筑科学研究设计院股份有限公司（地址：辽宁省大连市沙河口区春柳街3号，邮政编码：116023，电话0411-84633103），以便今后修订时参考。

本规程主编单位、参编单位、主要起草人和审查专家

主编单位：大连市建筑科学研究设计院股份有限公司

大连理工大学

海南卓典高科技开发有限公司

参编单位：

主要起草人：

审查专家：

目　录

1　总　则 1

2　术 语、符号 2

2.1　术 语 2

2.2　符 号 3

3 基本规定 5

4　勘　察 6

5 桩基设计 8

5.1 一般规定 8

5.2 桩的布置及基桩构造 ..... 错误！未定义书签。

5.3 单桩竖向极限承载力 10

5.4 桩身承载力 16

5.5 单桩水平承载力 18

6 复合地基设计 19

7 施　工 22

7.1 基本规定 22

7.2 施工准备 22

7.3 施工流程 23

7.4 施工控制 24

8　检查和验收 28

8.1　一般规定 28

8.2　施工前检验 28

8.3　施工检验 28

8.4　施工后检验 29

8.5　工程质量验收 30

附录 A　螺杆灌注桩示意图 32

附录 B　螺杆灌注桩桩型 33

附录 C　组合式齿状螺纹钻具 34

附录 D　螺杆桩成桩工艺过程示意图 35

附录 E　螺杆灌注桩扩大体工艺示意图 36

附录 F　消除桩挤土效应的屏障技术示意图 37
附录 G　螺杆灌注桩施工记录表 38
附录 H　螺杆桩桩基设计说明（参考） 40
本规程用词说明 44
引用标准名录 45
附：条文说明 46

Contents

1 General Provisions 1

2 Terms and Symbols 2

2.1 Terms 2

2.2 Symbols 4

3 Basic Requirements 6

4 Geotechnical Investigation 7

5 Design of Pile Foundation 8

5.1 General Requirements 8

5.2 Structural Measure of Foundation Pile 8

5.3 Ultinate Vertical Bearing Capacity of a Single Pile 11

5.4 Pile Bearing Capacity 18

5.5 Vertical Uplift Capacity of a Single Pile 19

5.6 Lateral Load Capacity of a Single Pile 19

6 Design of Composite Foundation 20

7 Construction 23

7.1 Basic Requirements 23

7.2 Construction Preparation 24

7.3 Construction Process 25

7.4 Construction Control 25

8 Quality Inspection and Acceptance 29

8.1 General Requirements 29

8.2 Prc-Construction Inspection 29

8.3 Inspection During Construction 29

8.4 Post-Construction Inspection 30

8.5 Acceptance of Quality 30

Appendix A Detail Drawing of Part-Screw Pile 32

Appendix B Pile Type of Part-Screw Pile 33

Appendix C Assembled Toothed Thread Drilling Tool 34

Appendix D Schematic Diagram of Pile Forming Process of Part-Screw Pile 35

Appendix E Schematic Diagram of Expanded Body Forming Processof Part-Screw Pile 36

Appendix F Sketch Map of Barrier Technology for Eliminating Pile Compacting Effect 37

Appendix G Construction Record of Part-Screw Pile 38

Explanation of Wording in This Specification..... 40

List of Quoted Standards..... 41

1 总 则

1.0.1 为规范螺杆桩复合地基的设计、施工及检测，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工业与民用建筑、市政工程中的螺杆桩复合地基勘察、设计、施工及验收，其他行业亦可参考使用。

1.0.3 螺杆桩复合地基的设计应综合考虑场地地质条件、上部结构类型、使用功能、荷载特征等因素，并重视地方经验，因地制宜，优化设计、节约资源。

1.0.4 螺杆桩复合地基的设计和质量检验除应执行本规程外，尚应符合国家现行有关标准、规范的规定。

2 术 语、符号

2.1 术 语

2.1.1 螺杆桩 half-screw pile

采用具有同步技术的专用桩机形成的一种“上部为圆柱型，下部为螺丝型”的组合式灌注桩。

2.1.2 同步技术 synchronous technique

钻具每旋转一周，钻具向上或向下的相应位移为一个螺距时，形成的桩孔或桩为螺纹状。

2.1.3 桩芯 pile core

螺杆桩螺纹段的桩体轴芯部分。

2.1.4 螺牙 screw thread

螺杆桩桩身螺纹段的纹路。

2.1.5 螺距 screw pitch

螺杆桩桩身螺纹段相邻螺牙之间的距离。

2.1.6 螺杆桩复合地基 half-screw pile composite foundation

采用具有同步技术的专用桩机钻具旋转挤压土体成孔，钻杆管内泵压混凝土形成竖向增强体的复合地基。

2.1.7 地基承载力特征值 characteristic value of subsoil bearing capacity

由载荷试验测定的地基土压力变形曲线线性变形段内规定的变形所对应的压力值，其最大值为比例界限值。

2.1.8 单桩竖向极限承载力标准值 standard value of ultimate vertical 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，它取决于土对桩的支承阻力和桩身材料承载力。

2.1.9 极限侧阻力标准值 standard value of ultimate shaft resistance

相应于桩顶作用极限荷载时，桩身侧表面所发生的岩土阻力。

2.1.10 极限端阻力标准值 standard value of ultimate tip resistance

相应于桩顶作用极限荷载时，桩端所发生的岩土阻力。

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

单桩竖向极限承载力标准值除以安全系数后的承载力值。

2.1.12 褥垫层 cushion

指设置于基础和复合地基之间用以调整桩土应力比、减小桩土不均匀沉降的传力层。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应

N——相应于荷载效应基本组合时，作用于螺杆灌注桩桩顶的轴向压力设计值；

N_s——相应于荷载效应基本组合时，作用于螺杆灌注桩螺纹段顶截面的轴向压力设计值。

2.2.2 抗力和材料性能

f_c——混凝土轴心抗压强度设计值；

f_y'——纵向主筋抗压强度设计值；

f_{cu}——桩体混凝土试块（边长150mm 的立方体）标准养护 28d 立方体抗压强度平均值；

f_{spk}——复合地基承载力特征值；

f_{sk}——处理后桩间土承载力特征值；

f_{spa}——深度修正后的复合地基承载力特征值；

f_{rk}——岩石单轴饱和抗压强度标准值；

Q_{uk}——螺杆灌注桩单桩竖向极限承载力标准值；

Q_{sk1}——螺杆灌注桩直杆段极限侧阻力标准值；

Q_{sk2}——螺杆灌注桩螺纹段极限侧阻力标准值；

Q_{sk3}——螺杆灌注桩扩大体段极限侧阻力标准值；

Q_{pk}——螺杆灌注桩的极限端阻力标准值；

Q_{rk}——螺杆灌注桩嵌岩段总极限阻力标准值；

Q_{sk}——螺杆灌注桩非嵌岩段总极限侧阻力标准值；

q_{sik}——桩身范围内第 i 层土的极限侧阻力标准值；

q_{pk}——极限端阻力标准值；

R_a——螺杆灌注桩单桩竖向承载力特征值；

R_a' ——作用于螺纹段顶截面的轴向压力计算值；

R_{ta}——螺杆灌注桩单桩竖向抗拔承载力特征值；

T_{uk1}——螺杆灌注桩直杆段抗拔极限承载力标准值；

T_{uk2}——螺杆灌注桩螺纹段抗拔极限承载力标准值；

T_{uk3}——螺杆灌注桩扩大体段单桩抗拔极限承载力标准值。

2.2.3 几何参数

u——桩身周长；

A_{p1}——螺杆灌注桩直杆段横截面积；

A_{p2}——螺杆灌注桩扩大体段横截面积；

A_s——螺杆灌注桩桩芯横截面积；

A_s'——纵向主筋截面面积；

d——基础埋置深度；

d_1——螺杆灌注桩外径；

d_0——螺杆灌注桩内径；

d_2——螺杆灌注桩扩大体外径；

d_e——一根桩分担的处理地基面积的等效圆直径；

l_i——桩长范围内第 i 层土的厚度。

2.2.4 计算系数

α——直杆段第 i 层土的极限侧阻力的提高系数；

β_i——螺纹段与扩大体段第 i 层土的极限侧阻力的提高系数；

K——安全系数；

λ——抗拔系数；

m——面积置换率；

β——桩间土承载力发挥系数；

r_m——基础底面以上土的加权平均重度；

ψ_c——成桩工艺系数；

λ_i——单桩承载力发挥系数；

ξ——嵌岩段侧阻和端阻综合系数；

ψ_l——土层液化影响折减影响系数。

3 基本规定

3.0.1 螺杆灌注桩的设计应满足承载力、变形、稳性定和耐久性要求。

3.0.2 螺杆灌注桩可用于黏性土、粉土、砂土、碎石土、全风化岩、强风化岩、中风化软质岩及黄土等地层。当应用于流塑状黏性土、淤泥、淤泥质土、泥炭质土、泥炭、及硬岩等地层时，以及冻土、膨胀土、盐渍土等特殊性岩土层时，应通过现场试验或按地区经验确定适用性。

3.0.3 螺杆灌注桩可用作桩基础中的基桩或复合地基中的增强体，应用于复合地基时增强体可不配钢筋。对于欠固结土、湿陷性黄土、可液化土等特殊土地基，采用螺杆桩作为复合地基增强体时，应满足处理后地基土和增强体共同承担荷载的技术要求。

3.0.4 螺杆灌注桩可根据地层情况，选择组合式齿状螺纹钻具，形成挤土桩或部分挤土桩。

3.0.5 螺杆灌注桩设计和施工前，应具备以下资料：

1 岩土工程详细勘察资料；

2 施工场地及环境条件的有关资料；

3 建筑场地和邻近区域内的建（构）筑物、地下管线、地下构筑物等的相关资料。

3.0.6 螺杆灌注桩设计和施工前宜搜集本地区或相似场地上类似工程的工程经验、施工情况及技术经济指标等资料。

3.0.7 当螺杆灌注桩用于上部结构荷载或刚度差异较大的工程时，宜按上部结构、基础和地基的共同作用方法进行承载力计算和变形验算。

3.0.8 螺杆灌注桩的施工设备的性能应与地质条件、设计参数相匹配。

3.0.9 螺杆灌注桩应按现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202的有关规定进行工程质量检验和验收。

3.0.10 采用螺杆灌注桩的建筑物和构筑物在施工期间及使用期间，应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的有关规定进行沉降观测，直至沉降稳定。

4 勘 察

4.0.1 岩土工程勘察前应搜集区域地质资料、当地工程经验，了解场地的工程地质与水文地质条件，并应取得下列资料：

1 建筑场地地形图、建筑总平面图等；

2 建筑物的高度、层数、结构类型、荷载、结构安全等级、基础形式和埋置深度，以及使用功能上的特殊要求等；

3 场地周边环境条件及地下管道、电缆、地下构筑物等的分布情况。

4 搜集影像资料，了解建筑场地及周边一定范围内的历史变迁情况。

4.0.2 岩土工程勘察应采用与场地岩土特性相适应的勘察手段与原位测试方法。

4.0.3 螺杆灌注桩的详细勘察除应符合现行国家标准《岩工工程勘察规范》GB 50021的有关规定外，尚应满足下列规定：

1 勘探点间距：

1)对于端承型桩及摩擦型嵌岩桩：勘探点间距宜为12m～24m。当相邻两个勘探点揭露的桩端持力层层面坡度大于10%或桩端持力层起伏较大、地层分布复杂时，应根据具体工程条件适当加密勘探点；

2)对于摩擦型桩：勘探点间距宜为20m～30m, 当土层性质或状态在水平方向变化较大或存在可能影响成桩的土层时，应适当加密勘探点；

3)复杂地质条件下的柱下单桩基础应按每柱设置勘探点。

2 勘探孔深度：

1)控制性勘探孔深度应满足软弱下卧层验算和变形计算的要求；对于嵌岩桩，控制性勘探孔深度应达到预计桩端平面以下3倍～5倍桩身设计直径且不小于5m;岩溶发育地区，当相邻桩底的基岩面起伏较大时应加深勘探孔的深度；

2)一般性勘探孔深度应达到预计桩端平面以下3倍～5倍桩身设计直径且不小于3m；对于大直径桩或大面积群桩，不得小于5m；对于嵌岩桩，一般性勘探孔深度应达到预计桩端平面以下1倍～3倍桩身设计直径；

3)在断层破碎带地区，勘探孔应钻穿断层破碎带进入稳定土层，进入深度应满足控制性勘探孔和一般性勘探孔的要求。

4）当预计深度有溶洞存在且可能影响地基稳定时，全部勘探孔进入洞底基岩面以下的深度不应小于5m。

4.0.4 螺杆灌注桩的施工勘察除应符合现行国家标准《岩工工程勘察规范》GB 50021

的有关规定外，尚应满足下列规定：

1 岩溶地区的端承桩应进行施工勘察：柱下单桩或多桩的工程，每柱下至少设置一个勘探孔；对于群桩的工程，勘探孔数量不应少于总桩数的1/3。

2 构造发育、风化极不均匀的建筑场地端承桩基础宜进行施工勘察：柱下单桩或多桩的工程，每柱下至少设置一个勘探孔；对于群桩的工程，勘探孔数量不应少于总桩数的1/3。

4.0.5 岩土工程勘察应根据地质条件、结构类型、荷载特征，结合地方经验评价螺杆灌注桩成孔和成桩的可行性。

4.0.6 施工揭露工程地质条件、水文地质条件与勘察报告出现明显差异时，应进行施工勘察。

5 桩基设计

5.1 一般规定

5.1.1 螺杆灌注桩桩基设计时所采用的作用效应组合与相应的抗力应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94的有关规定执行。

5.1.2 螺杆灌注桩的建筑桩基设计等级应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94的有关规定确定。

5.1.3 螺杆灌注桩桩基础应按下列两类极限状态设计：

1 承载能力极限状态：桩基达到最大承载力、整体失稳或发生不适于继续承载的变形；

2 正常使用极限状态：桩基达到建筑物正常使用所规定的变形限值或达到耐久性要求的某项限值。

5.1.4 螺杆灌注桩桩基设计时，应根据工程地质条件、水文地质条件、荷载情况等确定桩长、桩径及螺纹段长度，螺纹段长度宜为桩长的2/3，且直杆段长度不宜小于桩身直杆段设计直径d_1的5倍。当桩周土层可能引起桩侧负摩阻力时，中性点以上的负摩阻力区域应为直杆段。螺杆灌注桩示意图及符号说明见附录A。

5.1.5 桩顶作用效应计算应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94的有关规定执行。

5.1.6 桩基竖向承载力计算应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94的有关规定执行，安全系数取K=2。

5.1.7 螺杆灌注桩桩基工程的沉降计算应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94的有关规定执行，沉降计算时基桩直径可按螺纹段直径的d_1取值。

5.2 桩的布置及基桩构造

5.2.1 螺杆灌注桩应选择稳定的中低压缩性土层或岩层作为桩端持力层。桩端全断面进入持力层的深度，对于黏性土、粉土不宜小于$2d_1$，砂土不宜小于$1.5d_1$,碎石类土不宜小于$1d_1$。当桩端存在软弱下卧层时，桩端以下持力层厚度不应小于$3d_1$。

5.2.2 当桩端嵌岩时，嵌岩深度应根据荷载、上覆土层、基岩、桩径、桩长等因素综合确定。全断面嵌入完整和较完整岩的深度不宜小于0.5m, 嵌入倾斜度大于30%的中

风化软质岩时，宜根据倾斜度及岩石完整性加大嵌岩深度。

5.2.3 螺杆灌注桩扩大体宜设置在承载力高、层位稳定的地层，宜设置一个扩大体，也可根据承载力需要和地层条件设置两个或以上扩大体。桩身形状可根据承载性能要求和地层条件按本标准附录B选用。

5.2.4 螺杆灌注桩的最小中心距应符合表5.2.4规定。

表 5.2.4 螺杆灌注桩基桩的最小中心距

土类	排数不少于3排且桩数不少于9 根的摩擦型桩桩基	其他情况
非饱和土、饱和非黏性土	$3.5d_1$或$2.2d_2$	$3.0d_1$或$2.0d_2$
饱和黏性土	$4.0d_1$或$2.5d_2$	$3.5d_1$或$2.2d_2$

5.2.5 在挤土效应明显的地层（淤泥或淤泥质土）时，可采取跳打施工或屏障技术等施工措施，屏障技术所采用的屏障钢管等屏障措施，应穿过挤土效应明显的地层。屏障技术示意图详见附录F。

5.2.6 螺杆灌注桩设计桩径宜采用 300mm～1000mm。

5.2.7 螺杆灌注桩螺纹段应满足以下要求：

1 螺牙端部厚度宜为30mm～50mm,根部厚度宜为50mm～70mm,螺距不宜小于350mm,螺距与桩径d_1之比宜为0.6～1.0(小直径取高值)；

2 螺杆灌注桩用于抗压桩设计时内径可按表5.2.7-1取值，用于抗拔桩设计时内径可按表5.2.7-2取值，当螺杆灌注桩既用于抗压桩也用于抗拔桩设计时内径取表5.2.7-1与表5.2.7-2中的大值。

表 5.2.7-1 螺杆灌注桩用于抗压桩设计时内径取值参考表

桩径d_1(mm)	400	500	600	700	800～1000
内径d_0(mm)	360	460	560	660	$0.95d_1$

表 5.2.7-2 螺杆灌注桩用于抗拔桩设计时内径取值参考表

桩径d_1(mm)	300	400	500	600	700	800～1000
内径d_0(mm)	273	299	340	380	450	$0.65d_1$

5.2.8 螺杆灌注桩直杆段长度宜为桩长的1/3,且不宜小于桩身设计直径d_1的5 倍。当桩周土层可能引起桩侧负摩阻力时，中性点以上的负摩阻力区域应为直杆段。

5.2.9 螺杆灌注桩扩大体直径宜为$2\sqrt{\frac{2A_{P1}}{\pi}}$，扩大体高度不宜小于1m。

5.2.10 作为基桩的螺杆灌注桩，桩身混凝土强度等级不应小于C25。

5.2.11 螺杆灌注桩主筋的混凝土保护层厚度不应小于50mm。

5.2.12 螺杆灌注桩的最小配筋率可取0.65%～0.3%,小直径桩取高值；对于受荷载特别大的桩、抗拔桩和端承桩应根据计算确定配筋率，且不应小于最小配筋率的规定值。

5.2.13 螺杆灌注桩的配筋长度应符合下列规定：

1 作为端承型桩使用时，应沿桩身等截面或变截面通长配筋；

2 作为摩擦型桩使用时，配筋长度不应小于2/3桩长；

3 对于受地震作用的基桩，应通长配筋；

4 对于受负摩阻力的桩，配筋应穿过软弱土层，进入稳定土层的深度不应小于$3d_1$；

5 对于抗拔桩及承受拔力的桩，应等截面或变截面通长配筋。

5.2.14 对于受水平荷载的螺杆灌注桩，主筋不应小于8φ12；对于抗压桩和抗拔桩，主筋不应少于6φ10；纵向主筋应沿桩身周边均匀布置，其净距不应小于60mm。

5.2.15 箍筋应采用螺旋式，直径不应小于6mm, 间距宜为200mm～300mm；受水平荷载较大的桩基、承受水平地震作用的桩基以及考虑主筋作用计算桩身受压承载力时，桩顶以下$5d_1$范围内的箍筋应加密，间距不应大于100mm；当桩身位于液化土层范围内时箍筋应加密；当考虑箍筋受力作用时，箍筋配置应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的有关规定；当钢筋笼长度超过4m时，应每隔2m设一道直径不小于12mm的焊接加劲箍筋；当钢筋笼长度超过20m且主筋较小时，应每隔 1.5米设置一道直径不小于φ12mm的焊接加劲箍筋。

5.3 单桩竖向极限承载力

Ⅰ受压桩

5.3.1 螺杆灌注桩单桩竖向极限承载力标准值应通过单桩静载试验确定。单桩竖向静载荷试验及竖向极限承载力标准值取值可按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ106进行。

5.3.2 初步设计时可按本节计算方法进行估算，采用连续钻进及灌注的螺杆灌注桩可不考虑大直径桩承载力折减。

1 当桩身不带扩大体时，可按下式估算：

$$Q_{uk} = Q_{sk1} + Q_{sk2} + Q_{pk1} \qquad (5.3.2\text{-}1)$$

$$Q_{sk1} = u\sum \alpha_i q_{sik} l_i \qquad (5.3.2\text{-}2)$$

$$Q_{sk2} = u\sum \beta_i q_{sik} l_i \quad (5.3.2\text{-}3)$$

$$Q_{pk1} = q_{pk} A_{p1} \quad (5.3.2\text{-}4)$$

2 当桩身带扩大体时，可按下式估算：

$$Q_{uk} = Q_{sk1} + Q_{sk2} + Q_{sk3} + Q_{pk1} + Q_{pk2}$$

(5.3.2-5)

$$Q_{sk3} = u\sum \alpha_i q_{sik} l_i \quad (5.3.2\text{-}6)$$

$$Q_{pk2} = q_{pk}(A_{p2} - A_{p1}) \quad (5.3.2\text{-}7)$$

式中：Q_{sk1}---螺杆灌注桩直杆段总极限侧阻力标准值(kN)；

Q_{sk2}---螺杆灌注桩螺纹段总极限侧阻力标准值(kN)；

Q_{sk3}---螺杆灌注桩扩大体段总极限侧阻力标准值(kN)；

Q_{pk1}---螺杆灌注桩桩端极限端阻力标准值(kN)；

Q_{pk2}---螺杆灌注桩扩大体极限端阻力标准值(kN),当扩大体置于非桩端部位时，桩端极限端阻力标准值为Q_{pk1}；

q_{sik}---螺杆灌注桩桩身范围内第i层土的极限侧阻力标准值，宜根据试验资料和工程经验确定，当缺乏试验资料时，可按表5.3.2-1取值，对于扩大体变截面以上$2d_1$长度范围不及侧阻力；

q_{pk}---极限端阻力标准值，宜根据试验资料和工程经验确定，当缺乏试验资料时，可按表5.3.2-2取值；

u---桩身周长(m),直杆段及螺纹段$u=\pi d_1$，扩大体段$u=\pi d_2$

A_{p1}---螺杆灌注桩直杆段横截面积(m^2)；

A_{p2}---扩大体横截面积(m^2)，宜根据试验资料和工程经验确定，当缺乏试验资料时，可取$2A_{p1}$；

l_i---相应于桩周第i层土的厚度(m)；

α_i---直杆段与扩大体段第i层土的极限侧阻力标准值的增强系数，宜根据试验资料和工程经验确定，当缺乏试验资料时，依据土性选择α_i=1.0～1.2；黏性土、粉土、黄土宜取低值，砂土、砾砂、角砾、圆砾、碎石、卵石、全风化岩、强风化岩和中风化软岩宜取高值；

β_i---螺纹段第i层土的极限侧阻力提高系数，宜根据试验资料和工程经验确定，当缺乏试验资料时，可按表5.3.2-3取值。

表5.3.2-1　桩的极限侧阻力标准值(kPa)

土的名称	土的状态		极限侧阻力标准值
填土	-		22～30
淤泥	-		14～20
淤泥质土	-		22～30
黏性土	流塑	$I_L>1$	24～40
	软塑	$0.75<I_L\leqslant1$	40～55
	可塑	$0.5<I_L\leqslant0.75$	55～70
	硬可塑	$0.25<I_L\leqslant0.5$	70～86
	硬塑	$0<I_L\leqslant0.25$	86～98
	坚硬	$I_L\leqslant0$	98～105
红黏土	$0.7<a_w\leqslant1.0$		13～32
	$0.5<a_w\leqslant0.7$		32～74
粉土	稍密	$e>0.9$	26～46
	中密	$0.75\leqslant e\leqslant0.9$	46～66
	密实	$e<0.75$	66～88
粉细砂	稍密	$10<N\leqslant15$	24～48
	中密	$15<N\leqslant30$	48～66
	密实	$N>30$	66～88
中砂	中密	$15<N\leqslant 30$	54～74
	密实	$N>30$	74～95
粗砂	中密	$15<N\leqslant30$	74～95
	密实	$N>30$	95～116
砾砂	稍密	$5<N_{63.5}\leqslant15$	70～110
	中密(密实)	$N_{63.5}>15$	116～138
角砾、圆砾	中密、密实	$N_{63.5}>10$	160～200
碎石、卵石	中密、密实	$N_{63.5}>10$	200～300
全风化软质岩	-	$30<N\leqslant50$	100～120
全风化硬质岩	-	$30<N\leqslant50$	140～160
强风化软质岩	-	$N_{63.5}>10$	160～240
强风化硬质岩	-	$N_{63.5}>10$	220～300
中风化软质岩	-	$N_{63.5}>10$	180～260

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

2 a_w为含水比，a_w=w/w_1，w为土的天然含水量，w_1为土的液限；

3 N为标准贯入击数，N63.5为重型圆锥动力触探击数；

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

表5.3.2-2 桩的极限端阻力标准值q_{pk}（ kPa ）

土名称	土的状态		螺杆灌注桩桩长 l (m)			
			l ≤9	9 < l ≤16	16 < l ≤30	l ＞30
黏性土	软塑	0.75 < I_L≤1	—	—	—	-
	可塑	0.5 < I_L≤0.75	850 ~ 1700	1400 ~ 2200	1900 ~ 2800	2300 ~ 3600
	硬可塑	0.25 < I_L≤0.5	1500 ~ 2300	2300 ~ 3300	2700 ~ 3600	3600 ~ 4400
	硬塑	0 < IL≤0.25	2500 ~ 3800	3800 ~ 5500	5500 ~ 6000	6000 ~ 6800
粉土	中密	0.75≤e≤0.9	950 ~ 1700	1400 ~ 2100	1900 ~ 2700	2500 ~ 3400
	密实	e < 0.75	1500 ~ 2600	2100 ~ 3000	2700 ~ 3600	3600 ~ 4400
粉砂	稍密	10 < N≤15	1000 ~ 1600	1500 ~ 2300	1900 ~ 2700	2100 ~ 3000
	中密、密实	N > 15	1400-2200	2100 ~ 3000	3000 ~ 4500	3800 ~ 5500
细砂	中密、密实	N > 15	2500 ~ 4000	3600 ~ 5000	4400 ~ 6000	5300 ~ 7000
中砂			4000 ~ 6000	5500 ~ 7000	6500 ~ 8000	7500 ~ 9000
粗砂			5700 ~ 7500	7500 ~ 8500	8500 ~ 10000	9500 ~ 11000
砾砂	中密、密实	N > 15	6000 ~ 9500		9000 ~ 10500	
角砾、圆砾		N63.5 > 10	7000 ~ 10000		9500 ~ 11500	
碎石、卵石			8000 ~ 11000		10500 ~ 13000	
全风化软质岩		30 < N≤50	4000 ~ 6000			
全风化硬质岩			5000 ~ 8000			
强风化软质岩		N63.5 > 10	6000 ~ 9000			
强风化硬质岩			7000 ~ 11000			
中风化软质岩			9000~13000			

注：1 砂土和碎石土中桩的极限端阻力取值，宜综合考虑土的密实度，桩端进入持力层深径比hb/d1，土愈密实，hb/d1愈大，取值愈高；

2 螺杆灌注桩的岩石极限端阻力指桩端支承进入全风化岩、全风化岩、中风化软质岩一定深度条件下极限端阻力；

3 软质岩和硬质岩指其母岩分别为 frk≤15MPa、fr＞30MPa的岩石。

表5.3.2-3 螺杆灌注桩螺纹段的极限侧阻力增强系数

土的名称	土的状态	桩侧阻力提高系数βi
黏性土	软塑	1.2～1.5
	可塑	1.5～2.0
	硬塑、坚硬	1.3～1.7

粉土	稍密	1.7～2.0
	中密	1.6～1.9
	密实	1.3～1.7
粉砂细砂	稍密	1.6～1.9
	中密	1.6～2.0
	密实	1.4～1.8
中砂	中密	1.6～2.0
	密实	1.4～1.8
粗砂	中密	1.6～2.0
	密实	1.4～1.8
砾砂	中密密实	1.6～2.0
砾石、卵石	松散	1.2～1.5
	中密密实	1.3～1.6
风化岩	全～ 强风化	1.2～1.5
	中风化软质岩	1.0～1.2

5.3.3 螺杆灌注桩桩端置于完整、较完整基岩的嵌岩桩单桩竖向极限承载力可按下列公式估算：

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{rk} \qquad (5.3.3\text{-}1)$$

$$Q_{rk} = \zeta_r f_{rk} A_p \qquad (5.3.3\text{-}2)$$

式中： Q_{sk}——螺杆灌注桩非嵌岩段总极限侧阻力标准值(kN)；

Q_{rk}——螺杆灌注桩嵌岩段总极限阻力标准值(kN)；

f_{rk}——岩石单轴饱和抗压强度标准值，泥岩取天然湿度单轴抗压强度标准值(kPa)；

ζ_r——嵌岩段侧阻和端阻综合系数，按表5.3.3取值。

表5.3.3 螺杆灌注桩嵌岩段侧阻和端阻综合系数 ζr

嵌岩深径比h_1/d_1	0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
极软岩、软岩	0.72	0.96	1.14	1.42	1.62	1.78	1.88	1.96	1.99	2.04
较硬岩	0.54	0.78	0.97	1.08	1.20	1.25	—	—	—	—

5.3.4 螺杆灌注桩软质岩嵌岩桩单桩极限承载力估算值应取式5.3.2与式5.3.3计算值的大值。

5.3.5 对于桩身周围有液化土层的低承台桩基，当承台底面上下分别有厚度不小于

1.5m、1.0m的非液化土或软弱土层时，可将液化土层极限侧阻力乘以土层液化影响折减系数计算单桩极限承载力标准值。土层液化影响折减系数 Ψ_l可按表5.3.5确定。

表5.3.5 土层液化影响折减系数ΨI

$\lambda_N=N/N_{cr}$	自地面算起的液化 土层深度d_L(m)	Ψ_l
$\lambda_N \leqslant 0.6$	$d_L \leqslant 10$ $10 < d_L \leqslant 20$	0 1/3
$0.6 < \lambda_N \leqslant 0.8$	$d_L \leqslant 10$ $10 < d_L \leqslant 20$	1/3 2/3
$0.8 < \lambda_N \leqslant 1.0$	$d_L \leqslant 10$ $10 < d_L \leqslant 20$	2/3 1.0

注：1 N为饱和土标贯击数实测值；Ncr为液化判别标贯击数临界值。

2 当承台底面上下非液化土层厚度小于以上规定时，土层液化影响折减系数Ψl取0。

II抗拔桩

5.3.6 承受拔力的基桩，应该下列公式同时验算群桩基础呈整体破坏和呈非整体破坏时基桩抗拔承载力：

$$N_k \leq T_{gk}/2 + G_{gp} \qquad (5.3.6\text{-}1)$$

$$N_k \leq T_{uk}/2 + G_p \qquad (5.3.6\text{-}2)$$

式中 N_k——按荷载效应标准组合计算的基桩拔力；

T_{gk}——群桩呈整体破坏时基桩的抗拔极限承载力标准值，可按本规范第XXXX条确定；

T_{uk}——群桩呈非整体破坏时基桩的抗拔极限承载力标准值，可按本规范第XXXX条确定；

G_{gp}——群桩基础所包围体积的桩土总自重除以总桩数，地下水位一下取浮重度；

G_p——基桩自重，地下水位一下取浮重度，对于带扩大体的螺杆桩应按本规范表xxxx确定桩、土柱体周长，计算桩、土自重。

5.3.7 群桩基础及其基桩的抗拔极限承载力的确定应符合下列规定：

1 单桩的抗拔极限承载力应通过现场单桩上拔静载荷试验确定。单桩上拔静载荷试验及抗拔极限承载力标准值取值可按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ106进行。

2 初步设计时，群桩基础及单桩抗拔极限承载力标准值可按下式估算：

1）群桩呈非整体破坏时，基桩的抗拔极限承载力标准值可按下式计算：

$$T_{uk} = T_{uk1} + T_{uk2} + T_{uk3}$$

(5.3.7-1)

$$T_{uk1} = u\sum \lambda_i \alpha_i q_{sik} l_i$$

(5.3.7-2)

$$T_{uk2} = u\sum \lambda_i \beta_i q_{sik} l_i$$

(5.3.7-3)

$$T_{uk3} = u\sum \lambda_i \alpha_i q_{sik} l_i$$

(5.3.7-4)

式中：T_{uk}——螺杆灌注桩单桩抗拔极限承载力标准值；

T_{uk1}——螺杆灌注桩直杆段抗拔极限承载力标准值；

T_{uk2} ——螺杆灌注桩螺纹段抗拔极限承载力标准值；

T_{uk3} ——螺杆灌注桩扩大体段单桩抗拔极限承载力标准值；

q_{sik} ——螺杆灌注桩侧表面第i层土的抗压极限侧阻力标准值，可按本标准表5.3.2-1取值；

u——桩身周长(m),直杆段及螺纹段$u = \pi d_1$，扩大体段$u = \pi d_2$,扩大体段自扩大体底部起算的长度l_i可取（4～10）d,对于软土取低值，对于卵石、砾石取高值，l_i取值按内摩擦角增大而增大;

λ——抗拔系数，无经验时可按表 5.3.7 取值。

表 5.5.1 抗拔系数入

土层分类	抗拔系数
砂土	0.50-0.70
黏性土、粉土	0.70-0.80

注：桩长L与桩径d1之比小于20时， 取小值。

2）群桩呈整体破坏时，基桩的抗拔极限承载力标准值可按下式计算：

$$T_{gk} = \frac{1}{n} u_l \sum \lambda_i q_{sik} l_i \qquad (5.3.7\text{-}1)$$

式中：u_l——桩群外围周长，取螺杆装外径d_1。

5.4 桩身承载力

Ⅰ受压桩

5.4.1 螺杆灌注桩桩身承载力除应验算桩顶正截面受压承载力外，尚应验算螺纹段桩身正截面受压承载力。

5.4.2 螺杆灌注桩桩顶直杆段正截面受压承载力应符合下列规定：

1 当桩顶以下$5d_1$范围的桩身螺旋式箍筋间距不大于100mm，且符合本标准第5.2.13条规定时：

$$N \le \psi_c f_c A_{p1} + 0.9 f'_y$$

(5.4.2-1)

2 当桩身配筋不符合上述1款规定时：

$$N \le \psi_c f_c A_{p1}$$

(5.4.2-2)

式中：N——荷载效应基本组合时，桩顶轴向压力设计值(kN)；

ψ_c——螺杆灌注桩成桩工艺系数，可取 0.8-0.85；

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

f'_y——纵向主筋抗压强度设计值(kPa)；

A'_s——纵向主筋截面面积(m²)；

5.4.2 螺杆灌注桩桩身螺纹段正截面受压承载力应符合下列规定：

$$N_s \le \psi_c f_c A_{p0}$$

(5.4.3-1)

1 对于端承桩或长径比小于15的嵌岩桩，作用于桩身螺纹段的轴向压力设计值：

$$N_s = N$$

(5.4.3-2)

2 其他情况，作用于桩身螺纹段的轴向压力设计值：

$$N_s = N - 0.675 Q_{sk1}$$

(5.4.3-3)

式中：N_s——荷载效应基本组合时，作用于桩身螺纹段的轴向压力设计值（kN）；

A_{p0}——螺杆灌注桩桩芯横截面积(m²)。

Ⅱ抗拔桩

5.4.3 螺杆灌注桩轴心抗拔桩的正截面受拉承载力应符合下式规定：

$$N \leq f_y A_s \tag{5.4.4}$$

式中：N——荷载效应基本组合下桩顶轴向拉力设计值；

f_y——普通钢筋的抗拉强度设计值；

A_s——普通钢筋的截面面积。

5.4.4 螺杆灌注桩按荷载效应标准组合计算的最大裂缝宽度应符合下列规定：

$$\omega_{max} \leq \omega_{lim} \tag{5.4.5}$$

式中：ω_{max}——按荷载效应标准组合计算的最大裂缝宽度可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010计算；

ω_{lim}——最大裂缝宽度限制，应满足行业标准《建筑桩基技术规范》中关于耐久性的规定。

5.5 单桩水平承载力

5.5.1 螺杆桩群桩水平承载力特征值的确定按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 执行。

6 复合地基设计

6.0.1 作为复合地基增强体的螺杆灌注，桩径宜采用 400m～600mm。螺杆灌注桩的最小中心距不宜小于 3.5d_1，在软土地区，宜适当加大增大桩间距，一般不小于 4.0d_1。

6.0.2 螺杆灌注桩可只在基础范围内布置，并应根据建筑物荷载分布、基础形式和地基土性状按下列规定布桩：

1 框架核心筒结构内筒部位可采用减小桩距 、增大桩长或桩径布桩；

2 对相邻柱荷载水平相差较大的独立基础，应按变形控制确定桩长和桩距；

3 筏板厚度与跨距之比小于 1/6 的平板式筏基、梁的高跨比大于 1/6 且板的厚跨比（筏板厚度与梁的中心距之比）小于 1/6 的梁板式筏基，应在柱（平板式筏基）和梁（梁板式筏基）边缘每边外扩 2.5 倍板厚的面积范围内布桩；

4 对荷载水平不高的墙下条形基础可采用墙下单排布桩。

6.0.3 桩的中心与基础边缘的距离不宜小于 1d_1；桩的边缘与基础边缘的距离，条形基础不宜小于 75mm，其他形式的基础不宜小于 150mm。

6.0.4 螺杆灌注桩单桩承载力特征值、复合地基承载力特征值应通过静载荷试验结合工程经验综合确定。

6.0.5 螺杆灌注桩桩顶和基础之间应设置褥垫层。褥垫层材料宜用中砂、粗砂、级配砂石或碎石等，最大粒径不宜大于 30mm。褥垫层厚度宜取 150mm～300mm。

6.0.6 螺杆灌注桩复合地基承载力特征值初步设计时，可按下列公式估算：

$$f_{spk}=\lambda_i m\frac{R_a}{A_p}+\beta(1-m)f_{sk} \tag{6.0.6}$$

式中：f_{spk} ——复合地基承载力特征值(kPa)；

A_p ——螺杆灌注桩直杆段横截面积(m^2)；

R_a ——螺杆灌注桩单桩竖向承载力特征值(kN)，按本标准式(5.3.1)和式(5.3.2)计算；

f_{sk} ——处理后桩间土承载力特征值（kPa），可按地区经验确定，如无经验时，对于一般黏性土地基，可取天然地基承载力特征值，松散粉土、砂土可取天然地基承载力特征值（1.1～1.4）倍；

m ——面积置换率，$m=d_1^2/d_e^2$；d_1为螺杆灌注桩直杆段直径（m），d_e为一根

桩分担的处理地基面积的等效圆直径(m);等边三角形布桩d_e=1.05s，正方形布桩d_e=1.13s，矩形布桩$d_e=1.13\sqrt{s_1 s_2}$，s、s_1、s_2分别为桩间距、纵向桩间距和横向桩间距；

λ_i——单桩承载力发挥系数，可按地区经验取值，无地区经验时可取 0.8～0.9；

β——桩间土承载力发挥系数，可按地区经验取值，无地区经验时可取 0.9~1.0。

6.0.7 螺杆灌注桩桩身混凝土强度等级不应小于 C25,且应符合下列规定：

1 作为复合地基增强体的螺杆灌注桩桩身强度应满足式(6.0.7-1)、(6.0.7-2)的要求。

$$f_{cu} \geqslant 4\frac{\lambda_i P_k}{A_p} \quad (6.0.7\text{-}1)$$

$$f_{cu} \geqslant 4\frac{\lambda_i P'_k}{A_s} \quad (6.0.7\text{-}2)$$

2 当复合地基承载力进行深度修正时， 螺杆灌注桩桩身强度应满足式(6.0.7-3)、(6.0.7-4)的要求。

$$f_{cu} \geqslant 4\frac{\lambda_i P_k}{A_p}\left[1+\frac{\gamma_m(d-0.5)}{f_{spa}}\right] \quad (6.0.7\text{-}3)$$

$$f_{cu} \geqslant 4\frac{\lambda_i P'_k}{A_s}\left[1+\frac{\gamma_m(d-0.5)}{f_{spa}}\right] \quad (6.0.7\text{-}4)$$

3 作用于直杆段的轴向压力应按下式计算：

$$P_k=R_a \quad (6.0.7\text{-}5)$$

4 对于端承桩或长径比小于 15 的嵌岩桩，作用于螺纹段顶截面的轴向压力应按下式计算：

$$p'_k=R_a \quad (6.0.7\text{-}6)$$

5 其他情况，作用于螺纹段顶截面的轴向压力应按下式计算：

$$R'_a=R_a-0.5Q_{sk1} \quad (6.0.7\text{-}7)$$

式中：f_{cu}——桩体试块（边长 150mm 立方体）标准养护 28d 的立方体抗压强度平均值（kPa）；

P_k——作用于直杆段的轴向压力计算值（kN）；

p'_k——作用于螺纹段顶界面的轴向压力计算值（kN）；

γ_m——基础底面以上土的加权平均重度（kN/m^3），地下水位一下取有效重度；

d——基础埋置深度（m）；

f_{spa}——深度修正后的复合地基承载力特征值（kPa）。

6.0.8 螺杆灌注桩复合地基变形计算应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007的有关规定执行。

7 施　工

7.1 基本规定

7.1.1 螺杆灌注桩的施工质量管理应符合现行国家施工技术标准规范的要求，且应建立健全质量保证体系、施工质最控制和检验制度。

7.1.2 螺杆灌注桩施工应采用螺杆灌注桩桩机及相关配套设备，螺杆桩机应满足下列要求：

1 配备直流动力装置和加压装置；

2 具有能实现同步控制技术的自动控制系统；

3 采用组合式齿状螺纹钻具；

4 动力装置额定直流输出扭矩不小于250kN·m。

7.1.3 施工前应结合静载验进行成桩工艺试验，确定钻进速度、钻杆提升速度、泵送速度、加压力、混凝土充盈系数等工艺参数。试桩数量不宜少于3根。

7.1.4 螺杆灌注桩施工桩顶标高宜高出设计桩顶标高0.5m～1.0m。

7.1.5 螺杆灌注桩的混凝土充盈系数应符合设计要求且不应小于 1.0。

7.1.6 螺杆灌注桩施工的允许偏差应满足表7.1.6-1, 表7.1.6-2的规定。

表 7.1.6-1 螺杆灌注桩桩基础施工允许偏差

桩径允许偏差(mm)	垂直度允许偏差（%）	桩位允许偏差(mm)	
		1～3根桩、条形桩基沿垂直轴线方向和群桩基础中的边桩	条形桩基沿轴线方向和群桩基础的中间桩
不小于设计值	1	d_1/6且不大于100	d_1/6且不大于150

表 7.1.6- 2 螺杆灌注桩复合地基施工允许偏差

桩径允许偏差(mm)	垂直度允许偏差（%）	桩位允许偏差(mm)	
		条基布桩	满堂布桩
0,+50	1	≤0.4d_1	≤0.25d_1,

7.2 施工准备

7.2.1 螺杆灌注桩施工前应具备下列资料：

1 建筑场地岩土工程勘察报告；

2 建（构）筑物平面布置图；

3 螺杆灌注桩施工图；

4 建筑场地和邻近区域内的建筑物、地下管线、地下构筑物等的相关资料；

5 桩基工程施工组织设计或施工方案；

6 有关承载力、施工工艺试验参数资料；

7 施工桩机及配套设备的技术性能资料 。

7.2.2 施工前应清除地上和地下障碍物并平整场地，按平面布置图的要求做好施工现场的施工道路、供水供电、施工设施布置、材料堆放等有关布设。

7.2.3 施工前应进行图纸会审，编制专项施工方案，做好技术交底和原材料质量检验工作。

7.2.4 桩位放线定位前应测量定位点和水准基点，并采取妥善措施加以保护。根据设计桩位图在施工现场布置桩位，桩位确定后应填写放线记录，桩位点应设有不易破坏的标记，并复核桩位位置以减少偏差、避免漏桩，经有关部门验线合格后方可施工。

7.2.5 螺杆灌注桩施工现场应符合下列规定：

1 施工场地应平整，施工工作面应满足桩机工作要求，地基承载力特征值不宜小于120kPa；

2 施工场地内应有完善的排水设施；

3 水、电等应满足施工要求。

7.2.6 螺杆灌注桩成桩工艺试验应符合下列规定：

1 试验点位的岩土条件应具有代表性；

2 应记录成孔深度、成孔直径、成孔时间、加压力及分层钻进扭矩等参数；

3 应确定混凝土缓凝时间、充盈系数、泵送速度等指标；

4 应对桩顶和地面土体的竖向和水平位移进行监测；

5 遇有挤土敏感土层、易窜孔土层时应确定合理施工间距；

6 应根据成桩工艺试验结果确定施工工艺及其控制参数。

7.3 施工流程

7.3.1 螺杆桩施工工艺流程宜按图7.3.1执行：

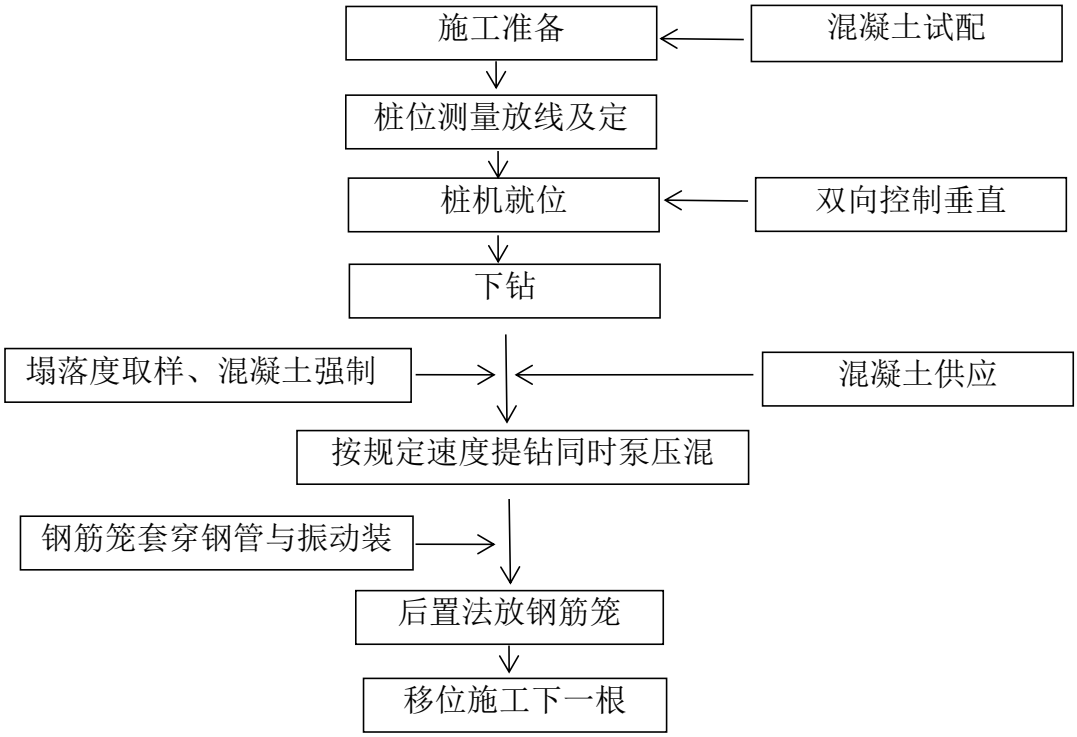


图7.3.1 螺杆桩施工工艺流程

7.4 施工控制

7.4.1 螺杆灌注桩施工应按表7.4.1选择施工工艺。

表 7.4.1 螺杆灌注桩成桩工艺

桩段		下钻	提钻
直杆段	常规工法	正向同步	正向
	坚硬土层	正向非同步	
螺纹段		正向同步	反向同步

7.4.2 螺杆灌注桩施工应根据试桩的结果和地层的渗透性、挤土效应情况确定合理的施工顺序。

7.4.3 螺杆桩机就位后必须保证平整、稳固，成桩过程中不应发生倾斜和偏移，桩机上应设置控制深度和垂直度的仪表或标尺，并应在施工中进行观测记录。

7.4.4 螺杆灌注桩的施工顺序宜符合下列规定：

1 对于密集桩群，宜由中间向两个方向或四周对称施工；

2 当一侧毗邻建筑物时，宜由毗邻建筑物处向另一方向施工；

3 根据基础的设计标高，宜先深后浅施工；

4 根据桩的规格，宜先大后小、先长后短施工；

5 根据桩的布置，宜先密后疏施工；

6 当土层为软土、松散填土或液化土层时，宜采用跳桩施工。

7.4.5 螺杆灌注桩的成孔应符合下列规定：

1 钻进过程中，应正向旋转钻进，螺纹段采用正向同步钻进；桩机施加扭矩的同时应施加竖向压力，钻至设计深度前，不得反向旋转或提升钻杆；

2 钻至设计深度后，应正向或反向旋转提钻，并应同时泵送混凝土。螺纹段应采用同步提钻，直杆段应采用非同步提钻。

7.4.6 螺杆灌注桩的终孔标准应结合工程地质情况、桩端持力层性状及桩端进入持力层的钻进速度、钻进扭等矩因素综合确定：

1 对于摩擦型桩，应以控制桩长为主，以控制加压力、钻进扭矩为辅；

2 桩端持力层为坚硬、硬塑的黏性土，中密以上的粉土、砂土、卵石，极软岩～软岩时，应以控制加压力、钻进扭矩为主，以控制桩长为辅。

7.4.7 最大提钻速度应符合表7.4.7规定。

表 7.4.7 最大提钻速度

桩径(mm)	300	400	500	600	700 以上
提钻速度(m/min)	≤5.0	≤3.0	≤1.8	≤1.2	≤1.0

7.4.8 螺杆灌注桩桩身混凝土应符合下列规定：

1 施工前应按设计要求通过试验确定混凝土配合比，混凝土坍落度宜为180mm～240mm；

2 粗骨料粒径宜为5mm～15mm, 细骨料宜为中粗砂，混凝土水泥用量不宜小于400kg/m^3，初凝时间不宜少于6h。

7.4.9 螺杆灌注桩泵送混凝土宜符合下列规定：

1 提钻及泵送过程应连续进行，提钻速度应与混凝土泵送量相匹配，钻杆管内的混凝土高度高于钻头不宜小于2m；

2 混凝土泵料斗内的混凝土应连续搅拌。泵送混凝土时，料斗内混凝土的高度不得低于400mm；

3 混凝土输送泵管布置宜减少弯道、保持水平，输送泵管应保证密封良好，输送泵管下应垫实；

4 当气温高于30℃时，应采取降温、隔热措施。

7.4.10 螺杆灌注桩钢筋笼制作、安装应符合下列规定：

1 钢筋笼的材质、尺寸应符合设计文件规定，制作允许偏差应符合表7.4.10 的规定；

2 钢筋笼制作应符合国家现行标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定；

表 7.4.10 钢筋笼制作允许偏差

项目	允许偏差(mm)
主筋间距	±10
箍筋间距	±20
钢筋笼直径	±10
钢筋笼长度	±100

3 螺旋箍筋与主筋应采用焊接，不得采用绑扎连接；

4 钢筋笼的加劲箍筋宜设在主筋内侧；

5 钢筋笼底部应收口，形成漏斗状；

6 钢筋笼应设置混凝土保护块或耳筋；

7 搬运和吊装钢筋笼时，应采取有效措施防止钢筋笼变形；

8 混凝土压灌结束后，应立即将钢筋笼对准孔位，插至设计深度；

9 钢筋笼安装使用钻机副卷扬或吊车进行吊装，平板振动器上焊接大刚度钢管，钢管从钢筋笼内部伸入钢筋笼 ，将平板振动器的振动力传递至钢筋笼底部，将钢筋笼拉入桩体；

10 大直径螺杆灌注桩钢筋笼内可根据设计要求放置声测管，声测管的安放应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106规定。

7.4.11 大直径桩或单桩混凝土超过25m^3的桩，每根桩混凝土应留有1组试件；非直径桩或单桩混凝土不超过25m^3的桩，每个灌注台班不得少于1组；每组试件应留3件。

7.4.12 清土和截桩时，不得造成桩顶标高以下桩身断裂或桩间土扰动。

7.4.13 当基桩龄期达14天后方可破除桩头，素混凝土桩可用手提切割锯割除桩头，钢筋混凝土桩宜采用专门的机械，也可采用风镐将桩头凿至设计标高，严禁横向锤击桩头。

7.4.14 褥垫层铺设宜采用静力压实法，当基础底面下桩间土的含水量较低时，也可

采用动力夯实法，夯填度不应大于0.9。

7.4.15 在施工过程中应按本规程附录G要求做好记录。

8 检查和验收

8.1 一般规定

8.1.1 桩基工程应进行桩位、桩长、桩径、桩身质量、承载力的检验。

8.1.2 桩基工程的验收应按时间顺序分为施工前检验、施工检验和施工后检验。

8.1.3 对主要材料，砂子、石子、水泥、外加剂、混凝土、钢筋等质量的检验项目和方法应符合国家现行有关标准的规定。

8.2 施工前检验

8.2.1 施工前，人员、材料、设备、场地及技术等准备工作应符合本规程要求，并应具备健全的质量管理体系和质量保证措施。

8.2.2 水泥、砂、石子（如现场搅拌）、钢筋等原材料的质量、检验项目、批量和检验方法，应符合国家现行标准的规定。

8.2.3 应严格对桩位进行检验，桩位的施工允许偏差群桩为±20mm，单排桩为±10mm。

8.2.4 对混凝土强度等级、混凝土配合比、坍落度等进行检查。商品混凝土应有合格证和搅拌站提供的质量检查资料。

8.2.5 应对钢筋规格、焊条规格、品种、焊口规格、焊缝长度、焊缝外观和质量、主筋和箍筋的制作偏差进行检查。

8.2.6 设计等级为甲、乙级或设计有要求的建筑桩基，施工前应试桩。试验桩检测应依据设计要求确定的基桩受力状态采用相对应的载荷试验方法确定单桩极限承载力标准值；试桩数量在同一地质条件下不应少于3根，且不宜少于预计总桩数的1%；当预计工程桩总数在50根以内时，试桩数量不应少于2根。

8.3 施工检验

8.3.1 施工过程中应进行下列检验：

1 灌注混凝土前，应对已成孔的中心位置、孔深、孔径和垂直度进行检验；

2 应对钢筋笼安放的实际位置进行检查，并填写相应质量检测、检查记录；

3 混凝土灌注应检查单桩灌注方量，记录灌注完成时间，计算充盈系数。

4 施工过程中应对桩顶和地面土体的竖向和水平位移进行系统观测，若发现异常，应暂停作业，并分析原因，采取相应措施。

8.3.2 复合地基褥垫层材料应进行检验。

8.3.3 成桩过程中，应现场取样制作混凝土试块，大直径桩或单桩混凝土量超过25m^{3}的桩，每根桩桩身混凝土应留有1组试件；非大直径桩或单桩混凝土量不超过25m^{3}的桩，每个灌注台班不得少于1组；每组试件应留3件。

8.3.4 螺杆桩复合地基的质量检验标准应符合表8.3.4的规定。

表8.3.4　螺杆桩复合地基的质量检验标准

项目	序号	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	原材料	设计要求		查产品合格证书或抽样送检
	2	桩径	mm	-20	用钢尺量
	3	桩身强度	设计要求		查28天试块强度
	4	地基承载力	设计要求		按《建筑地基处理技术规范》JGJ79中复合地基静载荷试验
一般项目	1	桩身完整性	设计要求		按《建筑基桩检测技术规范》JGJ106中低应变法检测
	2	桩位偏差		满堂布桩≤0.4D	用钢尺量，D为桩径
				条基布桩≤0.25D	
	3	桩垂直度	%	≤1.5	用经纬仪测桩管
	4	桩长	mm	+100	测钻杆
	5	褥垫层夯填度	≤0.9		用钢尺量

注：1　夯填度指夯实后的褥垫层厚度与虚铺厚度的比值。

2　桩径允许偏差负值是指个别断面。

8.4　施工后检验

8.4.1 工程桩应进行承载力和桩身质量检验。

8.4.2 施工完成后应按灌注桩基础或复合地基的要求检查桩位偏差和桩顶标高。

8.4.3 有下列情况之一的桩基工程，应采用静荷载试验对工程桩的单桩竖向承载力进行检测，抽检数量不少于总桩数的 1%，且不少于 3 根；当总桩数在 50 根以内时，不应少于 2 根。

1　设计等级为甲级的桩基；

2　工程施工前已进行单桩静载试验，但施工过程中变更了工艺参数或施工质量出现异常时；

3　施工前工程未按相关规范和规程的规定进行单桩静载试验的工程；

4　地质条件复杂、桩的施工质量可靠性低；

5　对于没有螺杆桩施工经验的地区；

6　施工过程中产生挤土上浮或偏位的桩群。

8.4.4　螺杆桩桩身质量除对预留混凝土试件进行强度等级检验外，尚应进行现场检测。检测方法可采用低应变法，对于大直径螺杆灌注桩还应采用钻芯法或声波透射法；检测数量应根据现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的规定。

8.4.4　采用低应变法检测螺杆桩桩身完整性时，抽检数量不应少于总桩数的30%，且不得少于20根。

8.4.5 对专用抗拔桩和对水平承载力有特殊要求的桩基工程，应进行单桩抗拔静载试验和水平静载试验检测。

8.4.6　螺杆桩复合地基承载力检验采用复合地基载荷试验。当设计有单桩竖向承载力要求时，应分别进行复合地基载荷试验和单桩静载试验。检验应在桩身强度满足试验荷载条件时，并宜在施工结束28天后进行。

8.4.7 复合地基载荷试验每个单体工程的检测数量不应少于总桩数的1%，且不应少于3点；单桩静载试验每个单体工程的检测数量不应少于总桩数的1%，且不应少于3点，当总桩数小于50根时，检测数量不应少于2根。

8.5　工程质量验收

8.5.1　螺杆桩复合地基工程质量验收应符合《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB50202、《建筑基桩检测技术规范》JGJ106、《建筑地基处理技术规范》JGJ79和《建筑地基检测技术规范》JGJ340现行执行。

8.5.2　当桩顶设计标高与施工场地标高相近时，基桩的验收应待基桩施工完毕后进行；当桩顶设计标高低于施工场地标高时，应待开挖到设计桩顶标高后进行验收。

8.5.3　隐蔽工程应在施工单位自检合格后，于隐蔽前通知有关人员检查验收，并形成中间验收文件。

8.5.4　螺杆桩基础及复合地基工程质量验收应在施工单位自检合格的基础上进行。工程验收时应提供下列技术文件和记录：

1　岩土工程勘察报告、施工图纸及会审纪要、设计变更及材料代用通知单；

2　经审定的施工组织设计及变更情况记录；

3　桩位测量放线图和工程桩位质量复核签证单；

4　原材料质量合格证明及试验检验资料；

5　施工记录及隐蔽工程验收文件；

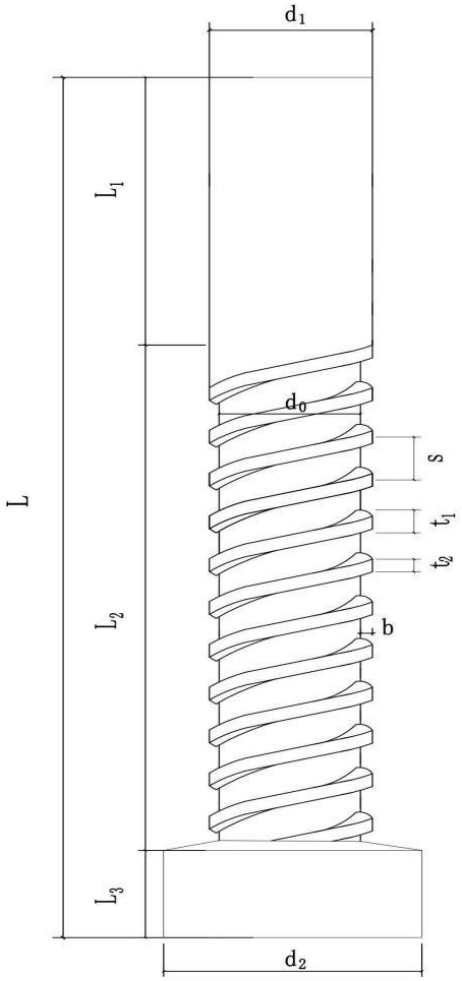
6　混凝土检测报告及评定资料；

7　成桩质量检查报告，单桩承载力检测报告，复合地基承载力检测报告；

8　复合地基竣工平面图（含影视资料）及收方记录；

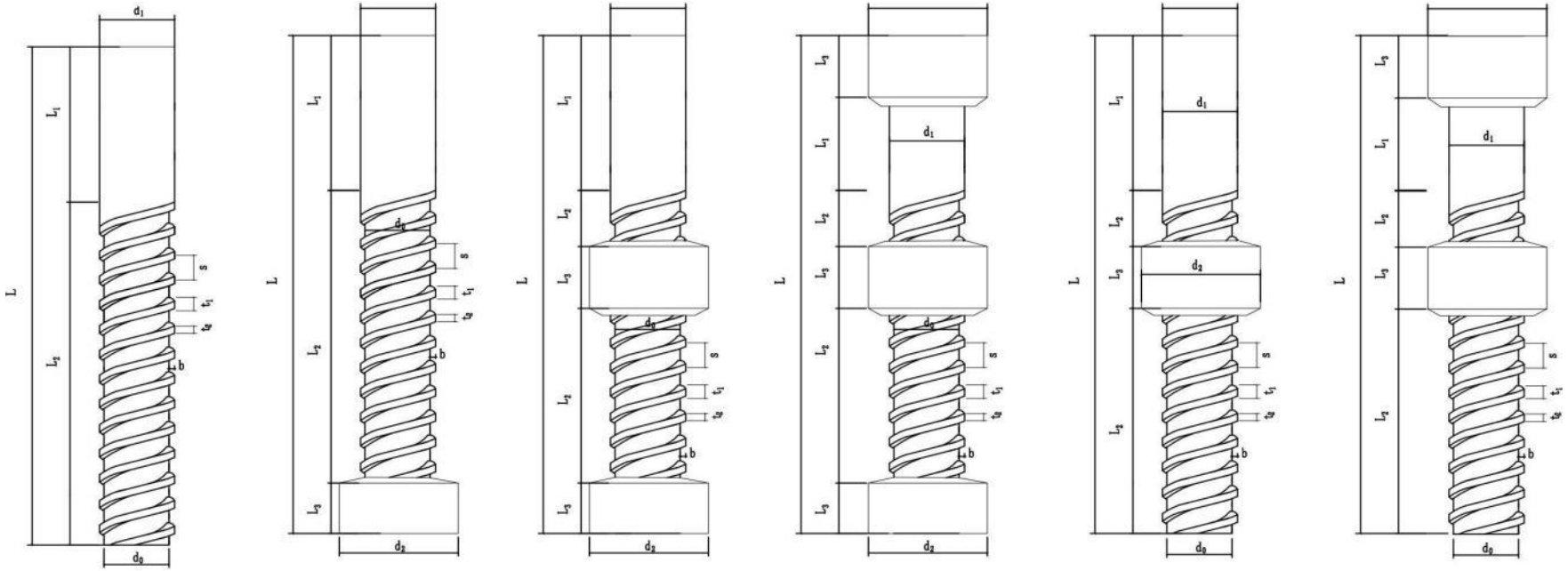
9　其它相关资料。

附录A　螺杆灌注桩示意图



L—设计桩长；L_1—直杆段长度；L_2—螺纹段长度；L_3—扩大体段高度；d_0—内径；d_1—外径；d_2—扩大体外径；t_1—螺牙根部厚度；t_2—螺牙端部厚；b—螺牙宽度；s—螺距。

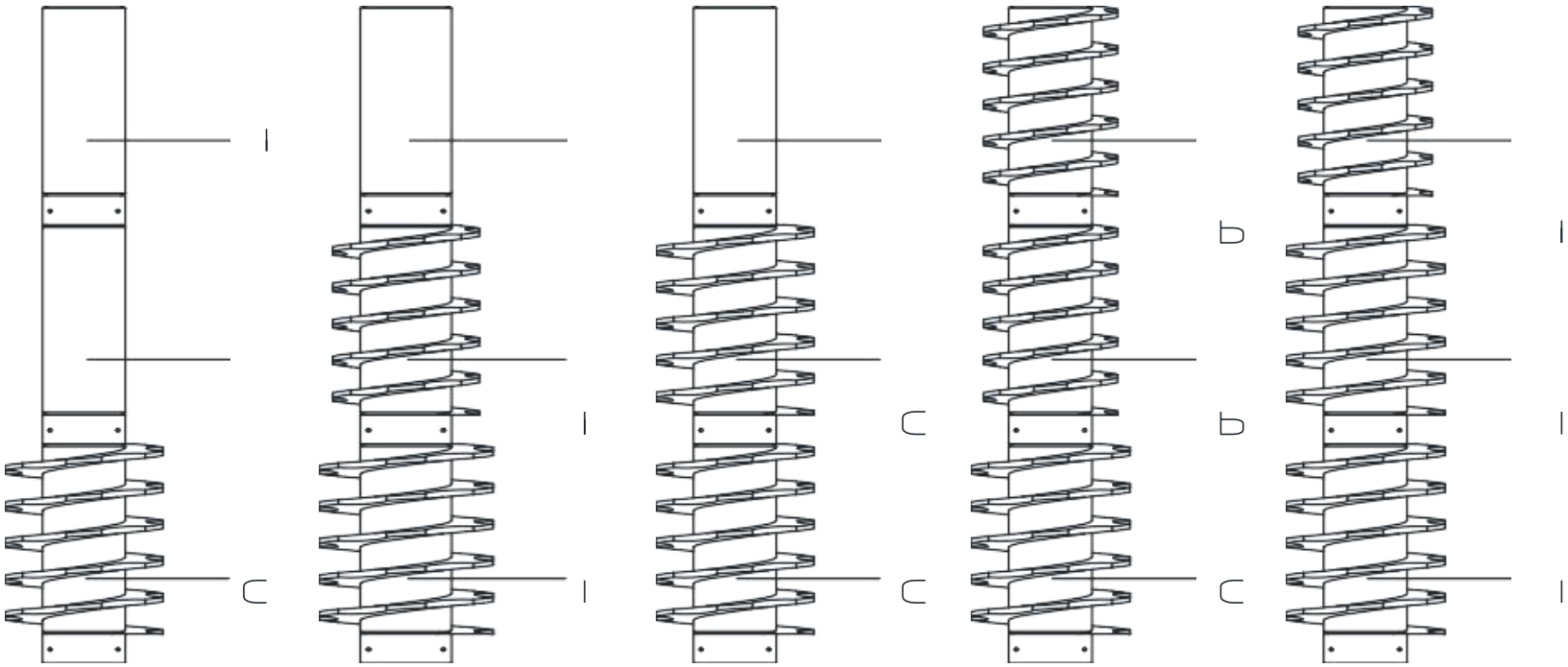
附录B　螺杆灌注桩桩型



（1）　（2）　（3）　（4）　（5）　（6）

说明：（1）上部直杆型，下部为螺纹型；（2）上部直杆型，下部为螺纹型，桩端带扩大体；（3）上部直杆型，下部为螺纹型，桩身和桩端各带一个扩大体；（4）上部直杆型，下部为螺纹型，桩身带三个扩大体；（5）上部直杆型，下部为螺纹型，桩上部带一个扩大体；（6）上部直杆型，下部为螺纹型，桩上部带两个扩大体。

附录C　组合式齿状螺纹钻具



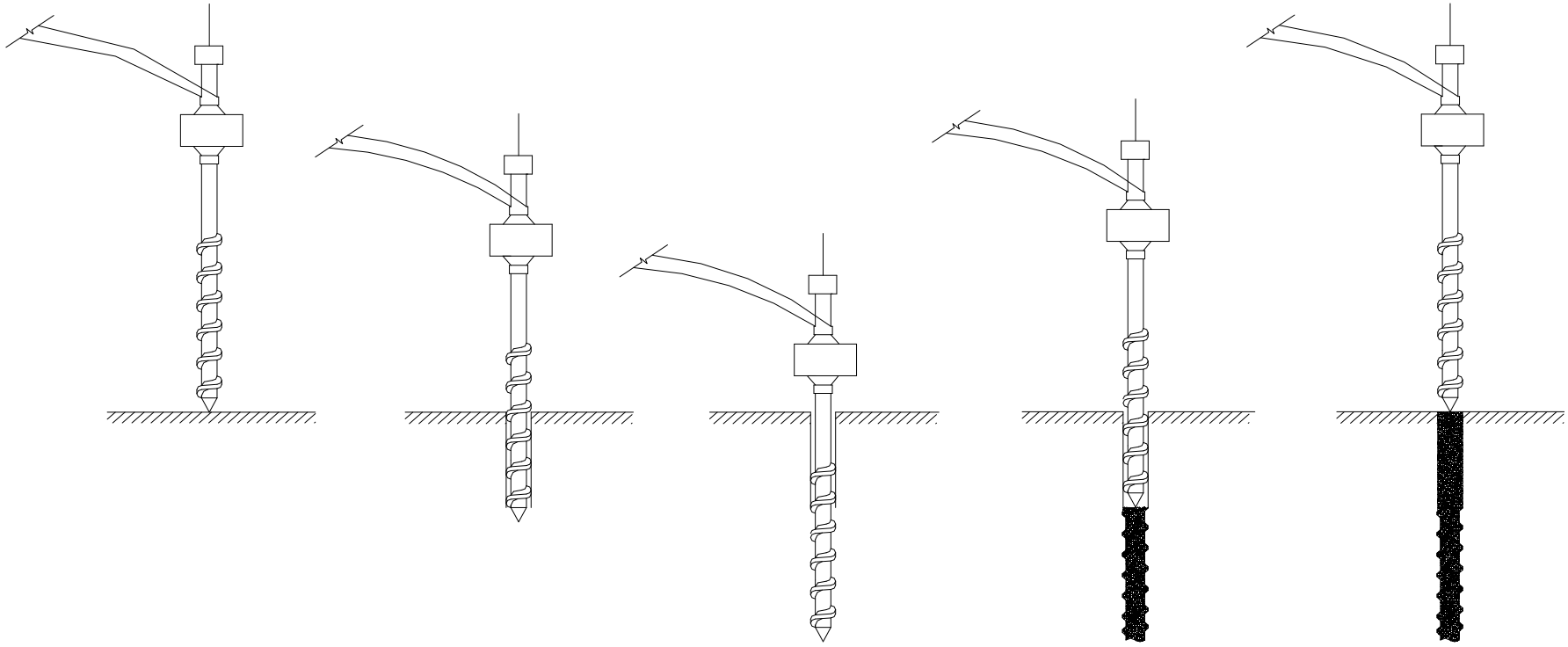
（1）　（2）　（3）　（4）　（5）

说明：a 为光壁杆；b、c 为齿状螺纹钻杆；且 b 外径＜c 外径；

（1）从上到下为 a+a+c;（2）从上到下为 a+b+c;（3）从上到下为 a+c+c;（4）从上到下为 b+b+c;（5）从上到下为 b+c+c。

根据土层情况采用各类不同直径的钻杆排列组合，使钻具外径从上到下由小直径变为大直径直至与设计桩长等径的组合式齿状螺纹钻具，可以有效地排出土体中的气体，使钻进过程阻力减少，效率以及桩身质量得到保证。

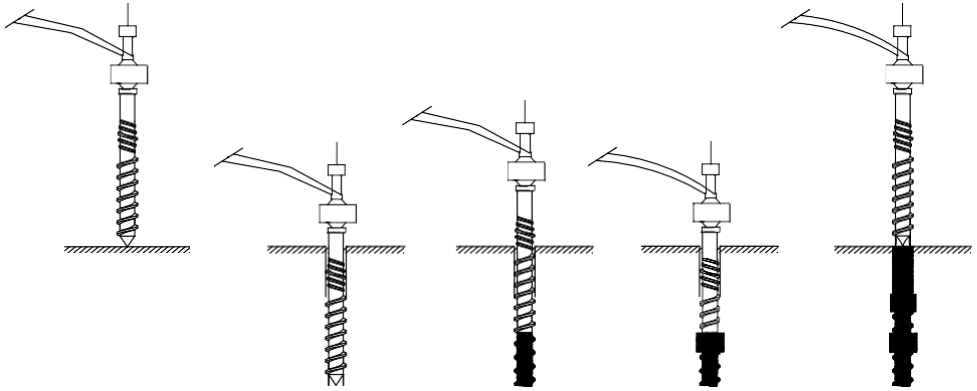
附录D　螺杆桩成桩工艺过程示意图



（a）　（b）　（c）　（d）　（e）

说明：(a)第一步：桩工钻机对准桩位；(b)第二步：钻杆正向非同步钻进至直杆段设计深度；(c)第三步：钻杆正向同步钻进至桩底，形成桩的螺纹段；(d)第四步：在提钻同时泵机利用钻杆作为通道，保持额定泵压和泵速在高压状态下使混凝土形成下部螺纹状桩体和上部圆柱状桩体；(e)混凝土浇筑完毕，形成螺杆桩。

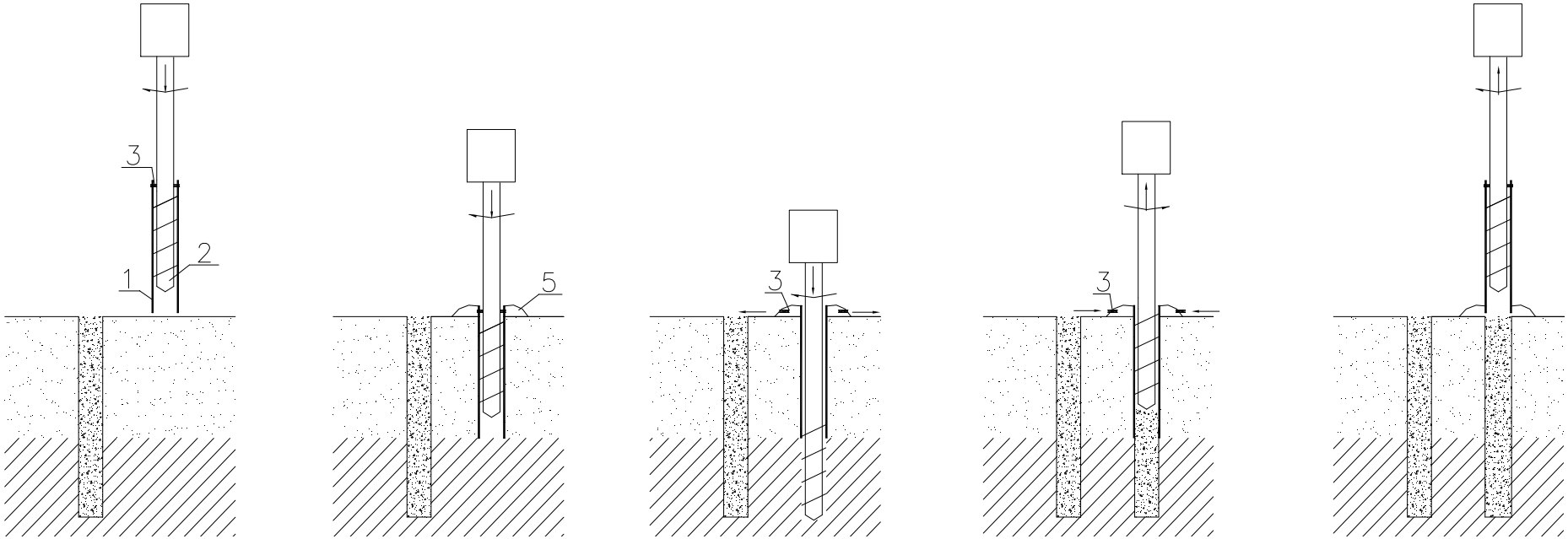
附录E　螺杆灌注桩扩大体工艺示意图



（a）　（b）　（c）　（d）　（e）

说明：（a）第一步：钻机对准桩位；（b）第二步：钻杆正向非同步钻进至直杆段设计深度；（c）第三步：钻杆正向同步钻进至桩底，形成桩的螺纹段；（d）第四步：同步反转提钻到一定高度后，同步正转下钻至扩大体底面设计标高后同步反转提钻至设计标高，同时泵机连续泵送混凝土利用钻杆对混凝土的挤压形成桩身扩大体；（e）可在桩身任意部位形成一个或多个桩身扩大体。

附录F　消除桩挤土效应的屏障技术示意图



（a）　（b）　（c）　（d）　（e）

注：1—屏障钢管（上下敞开、周边封闭的横截面为圆形）；2—连续齿状螺纹挤土型钻具；3—定位销；（a）将屏障器用定位销定位在钻具上；（b）将钻具往下正向旋转钻进，带动屏障器进入土中至设计要求消除挤土效应的深度时即停止下钻，从屏障器内逸出的淤泥质土或饱和性粘土从屏障器上端排出；（c）取出定位销，将钻具及屏障器分离，屏障器不动，钻具采用挤压土体成孔继续往下钻进至桩的设计深度；(d)钻具反向旋转上提，同时浇筑混凝土或水泥浆形成带螺纹状的挤土型桩体，也可采用钻具正向旋转上提，形成直杆状的挤土型桩体；（e）至屏障器上端定位销位置时停止上提，插上定位销，将连续螺纹状挤土型钻具及屏障器连接定位。连续螺纹状挤土型钻具继续正向旋转上提并带动屏障器上提，同时连续浇筑混凝土或水泥浆至地面，形成直杆状取土型桩体。最终形成上部为取土型、下部为挤土型的部分挤土型桩。

附录 G　螺杆灌注桩施工记录表

G.0.1　螺杆灌注桩施工记录可按表G.0.1执行。

表G.0.1　螺杆灌注桩施工记录表

工程名称：　　施工单位：

施工日期：　　设计有效桩长：　　m　设计桩径：　　mm　　混凝土坍落度：　mm　　编号：

序号	桩编号	施工桩长（m）	螺纹段长度（mm）	钻孔时间		泵送时间		投料量（m^3）	施工面标高（m）	桩顶标高(m)	桩端进入持力层深度（m）	终孔钻进扭矩（kN·m）	加压力（kN）	备注
				起	止	起	止							

记录（签名）：　　机长（签名）：　　现场技术主管（签名）：　　监理（签名）：

G.0.2　螺杆灌注桩质量控可按表G.0.2执行。

表 G.0.2　螺杆灌注桩质量控制记录表

工程名称：　　施工单位：　　编号：

序号	桩号	桩长（mm）	混凝土是否强制搅拌 3~5 分钟	下钻前扇门是否自由开闭	是否先泵送后提钻	是否先冒出砼后出钻头	是否连续泵送混凝土（连续泵送中断深度）	理论泵送方量（m^3）	实际泵送方量（m^3）	备注

附录H　螺杆桩桩基设计说明（参考）

H.0.1　螺杆桩桩基设计说明可参考表H.0.1。

表H.0.1　螺杆桩桩基设计说明

设计依据：

1、ＸＸＸＸ勘察院提供的《ＸＸＸＸ岩土工程勘察报告》(工程编号：ＸＸＸＸ)。

2、《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011

3、《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008

4、《建筑地基处理技术规范》JGJ79-2002

设计说明：

1、本工程±0.000相当于绝对标高_____m，以下未注明标高均为相对标高，桩顶设计相对标高为_____m。

2、本工程采用挤土型螺杆桩承台式地基。

3、螺杆桩桩径为_____mm，有效桩长_____m，螺纹段长度为_____m，非螺纹段长度为_____m，施工保护桩长为 700 mm，桩端进入_____土层m，单桩承载力特征值_____KN，极限值大于_____KN，采用 CＸＸ 钢筋混凝土，混凝土灌注充盈系数≥1.05。

4、未注明桩定位均关于轴线对中。

5、桩基施工前应对本工程范围场地进行平整，去除表层杂填土，用素土将建筑场地填至相应标高，并对素土进行分层压实。

6、本工程要求先在工程桩外打试桩，并做静载试验，试桩完成到可以进行静载试验的间歇时间为四周，要求做破坏试验，试验结果应及时通知设计院，以便根据单桩承载力和挤土效应确定是否需要调整桩间距和桩径、桩长及混凝土标号。

7、基槽开挖时，不得在桩身部分用重锤或挖斗横向锤击或撞击,否则造成浅层断桩由基槽开挖施工方责。

续表H.0.1　螺杆桩桩基设计说明

8、桩基测试：

1）本工程做三组桩的静载试验，检测单桩竖向承载力，最大加载荷重_____kN。

2）低应变试验检测数量随机抽取不少于总桩数的30%(试桩必须做低应变动测)。

3）动测检验程序按《建筑基桩检测技术规范》(JGJ106-2003)执行。

9、施工要求：

1）本工程采用商品混凝土或自动配料机混凝土搅拌站泵送混凝土连续施工；

2）混凝土坍落度　　mm；

3）钻机拔杆速度不得超过2.5m/min，钻机钻至设计深度后，空钻杆提升高度不得超过0.5m即泵送灌注混凝土；

4）混凝土试块取样按每台班一组(一组共3块)；

5）桩机钻杆垂直度小于等于1%，采用钻机塔架双面吊线技术措施，单面吊线长度不得小于10米；

6）开工前应试打一至两根桩，确定混凝土用量并换算成泵机打泵数量(泵量/每根桩)，确定提升速度，确保混凝土用量不得少于规定用量；

7）电梯间施工应采取由中心向外逐步打桩的技术措施；

8）钻机主桅杆应在明显位置标明钻杆深度尺寸；

9）钢筋笼采用后置法放置，为避免钢筋笼下沉超过设计深度，应采用相应的技术措施。

10、工程桩全部完成后，应经中间验收合格并向设计单位提供桩位竣工平面图，成桩施工记录，桩的测试报告等必要的技术资料，经复查认可，并凿除桩顶浮浆，方能进行下道工序的施工。

H.0.2　螺杆桩复合地基设计说明可参考表H.0.2。

表H.0.2 螺杆桩复合地基设计说明

设计依据：

1、ＸＸＸＸ勘察院提供的《ＸＸＸＸ岩土工程勘察报告》(工程编号：ＸＸＸＸ)。

2、《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011

3、《建筑地基处理技术规范》JGJ79-2002

4、《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008

设计说明：

1、本工程±0.000相当于绝对标高_____m，以下未注明标高均为相对标高，桩顶设计相对标高为_____m。

2、本工程采用螺杆桩复合地基，复合地基处理后地基承载力特征值≥____kPa。

3、螺杆桩桩径为_____mm，有效桩长_____m，螺纹段长度为_____m，非螺纹段长度为_____m，施工保护桩长为 700 mm，桩端进入_____土层_____m，单桩承载力特征值_____kN，采用 CＸＸ素混凝土，混凝土灌注充盈系数≥1.05。

4、桩基施工前应对本工程范围场地进行平整，去除表层杂填土，用素土将建筑场地填至相应标高，并对素土进行分层压实。

5、螺杆桩复合地基采用褥垫层，褥垫层厚度为200mm，为级配碎石垫层，比例为5：3：1，[碎石（1-3cm）：中粗砂：水]，要求褥垫层的夯填度<0.9，应通过检测验收合格后方可进行下道工序的施工。

6、基槽开挖时，不得在桩身部分用重锤或挖掘机挖斗横向锤击或撞击，以避免发生桩身断裂。

7、桩基测试：

1) 本工程做三组桩的静载试验，检测复合地基承载力，最大加载荷重_____kPa。

2) 低应变试验检测数量随机抽取不少于总桩数的30%。

3) 动测检验程序按《建筑基桩检测技术规范》(JGJ106-2003)执行。

8、螺杆桩施工要求：

1）本工程采用商品混凝土或自动配料机混凝土搅拌站泵送混凝土连续施工；

2）混凝土坍落度　　mm；

续表H.0.2　螺杆桩复合地基设计说明

3）钻机拔杆速度不得超过2.5m/min，钻机钻至设计深度后，空钻杆提升高度不得超过0.5m即泵送灌注混凝土；

4）混凝土试块取样按每台班一组(一组3块)；

5）钻机钻杆垂直度小于等于1%，采用钻机塔架双面吊线技术措施，单面吊线长度不得小于10米；

6）开工前应试打一至两根桩，确定混凝土用量并换算成泵机打泵数量(泵量/每根桩)，确定提升速度，确保混凝土用量不得少于规定用量；

7）电梯间施工应采取由中心向外逐步打桩的技术措施；

8）钻机主桅杆在明显位置应标明钻杆深度尺寸；

9、工程桩全部完成后，应经中间验收合格并向设计单位提供桩位竣工平面图，成桩施工记录，桩的测试报告等资料，经复查认可，并凿除桩顶浮浆，方能进行下道工序施工。

本规程用词说明

1　为方便在执行本规程条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”；

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、规范执行的写法为：“应按……执行”或“应符合……的规定或要求”。

引用标准名录

1 《建筑地基基础设计规范》GB 50007

2 《混凝土结构设计规范》GB 50010

3 《岩土工程勘察规范》GB 50021

4 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202

5 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204

6 《建筑桩基技术规范》JGJ 94

7 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79

8 《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106

9 《建筑地基检测技术规范》JGJ340

10 《建筑地基基础设计规范》DB21/T 907

辽宁省工程建设地方标准

螺杆桩复合地基设计技术规程

DB21-***-****

条　文　说　明

******　辽宁**

目　录

1　总 则 48

2 术语和符号 49

2.1 术语 49

3 基本规定 51

4 勘察 52

5 桩基设计 53

5.1 一般规定 ..... 错误！未定义书签。

5.2 基桩构造 53

5.3 螺杆灌注桩单桩竖向极限承载力 54

5.4 桩身承载力 56

6 复合地基设计 57

7 施工 59

7.1 基本规定 59

7.2 施工准备 59

7.4 施工控制 60

8 质量检验与验收 62

8.1 一般规定 62

8.2 施工前检验 62

8.4 施工后检验 62

1 总 则

1.0.1 螺杆灌注桩技术原称“半螺丝桩技术”，由于这种技术在应用时可根据实际需要调整“螺”与“杆”的比例 ，“半螺丝桩”叫法有一定局限性，现已统称为“螺杆灌注桩”，主要用于以承受竖向抗压及抗拔为主的基桩或复合地基增强体。螺杆灌注桩技术专利名称包含《半螺丝桩》（专利号03128265.2）、《螺杆桩、螺纹桩成桩设备及成桩工法》（专利号200610019756.6）、《一种正反向等径螺杆桩和钻具》（专利号201810349449.7）、《一种螺杆桩和组合式钻具》（专利号 201820415803.7）等专利。目前，在螺杆灌注桩基础上已衍生了一系列桩型及其工法，形成螺杆灌注桩成套技术体系。

螺杆灌注桩是一种带螺牙的异形混凝土灌注桩，它采用带自控装置的螺杆桩机施工，通过特制的组合式齿状螺纹钻具钻进，自控系统严格控制钻杆提升速度与旋转速度同步，钻至设计深度在土体中形成带螺纹的钻孔后，混凝土由高压泵输送至空心螺纹钻杆由钻头泵出，在孔中填实形成桩侧带正反螺纹的混凝土桩基。该技术具有单桩承载力高、成桩速度快、不坍孔、无沉渣、无噪音、无泥浆排放及整体造价低的特点。

近年来，螺杆灌注桩已在海南及全国近20个省市自治区及多个行业推广应用，主要应用于高层和超高层建筑。螺杆灌注桩在海南、广东、广西、四川、重庆、陕西等成功实现了桩身带扩大体的螺杆灌注桩，并写入了新的地方规程。三亚某项目直径600mm螺杆灌注桩，桩长26米 ，桩端持力层为硬塑粉质粘土，在螺杆灌注桩桩端及中部（粗砂层）共设置了两个扩大体，经现场单桩静载试验，加载至8000kN时，沉降14.45mm。

1.0.2 螺杆灌注桩适用范围广泛，在桩基础及复合地基中均得到成功应用。近几年，螺杆灌注桩不仅在国内外建筑和市政工程中得到广泛应用，在公路、铁路、港口、水利等行业也得到迅速推广和应用。

1.0.3 螺杆灌注桩设计与施工要实现安全适用、技术先进、经济合理、保证质量、节能环保等目标，应综合考虑工程与水文地质条件、上部结构类型和荷载特征、施工技术及环境条件等因素，把握相关技术要点。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 螺杆灌注桩系列技术不仅在外形上包含了上部直杆、螺纹与直杆并存的桩身构造，即当前为业界广泛熟知的“螺杆桩”；更重要的是，在施工方法上采用专用的螺杆桩成桩设备与组合式齿状螺纹钻具（见附录C），顺时针旋转成孔成形至设计深度，利用泵机挤压混凝土，从钻杆底压出混凝土，并正向或反向旋转提钻杆、保持钻杆内与土体周边介质的压力差，不得中断混凝土，逆时针旋转提升混凝土，通过挤压了形成下部螺丝型结构部分。经过多年的工程实践以及桩工机械效能的跨代提升，现在已可实现在桩身任意部分形成桩身扩大体的“膨胀螺丝”构造手段，并形成正反等径螺纹形状，通过大扭矩旋转挤压成型保证桩侧地基土剪切滑动面的完整或基本完整，从而大幅提升单桩承载力。

螺纹的成型方式可分为两大类：

第一类，剪切成型；

第二类，挤压成型。

剪切成型工艺所形成的螺纹，仅仅是改变了桩与土之间的接触状态，即增大了桩与土之间的摩擦系数，而且在剪切过程中对原状土进行了扰动，因而对桩承载力的提升作用有限 ；而挤压成型工艺所形成的螺纹，通过严格的正反旋同步和介质压力，保持并提升了原状土的力学性状，在理论上桩承载力的本质是土的剪切强度， 尽管本标准仍将其简化为侧阻增强系数，但挤压成型螺杆灌注桩的侧阻增强系数要高于和有别于其他剪切成型的螺纹桩。

2.1.2-2.1.4 同步技术和非同步技术是通过螺杆灌注桩机高精度自控系统实现，使钻具旋转速度和主卷扬（为动力头和钻具提供竖向力卷扬器）竖向位移速度按照自控系统预定参数而形成相应比例关系的一种控制技术。需要指出的是，实现同步技术的关键是桩机需要具备加压装置。

2.1.5-2.1.11 螺杆灌注桩桩身结构具有一定的特殊性，比普通灌注桩更为复杂。螺杆灌注桩内径、螺杆灌注桩外径、螺牙厚度、螺牙宽度、螺距的大小，都直接影响螺杆桩的受力机理、承载力与稳定性。

螺杆灌注桩受力较为特殊，螺牙宽度、螺纹间距和深度不同，其承载力机理发挥

也不同，但为方便设计，假定螺杆桩承载力由端承力和按螺杆灌注桩外径形成的侧面提供的侧阻力提供，提出了等效侧阻的概念。等效侧阻就是桩侧提供的承载力除以桩侧的面积。

2.1.12 螺杆灌注桩桩身扩大体是在桩身较硬土层部分和桩端通过专用螺杆桩机钻具重复压灌混凝土形成扩大腔体，同时对扩大体周围土层进行挤密，提高了桩的整体承载力。

3 基本规定

3.0.2 场地内存在流塑状淤泥或其他挤土效应明显的饱和软土时，应优先考虑采用跳打施工，在试桩时分别进行不同间距条件下的施工，得出合理施工间距。如跳打施工难以实施，可采用附录F所示屏障技术进行施工，但由于该方法对工效影响较大，对混凝土缓凝的要求也较严格，因此当挤土效应非常明显才考虑使用本方法，如工期允许，宜先将场地软土硬化后再施工，其整体经济性优于屏障技术。

3.0.3 复合地基是指由地基土、竖向增强体、褥垫层等组成，可以共同承担荷载的人工地基。螺杆灌注桩可用于复合地基中的增强体。 当地基土为欠固结土、可液化土等特殊性土 ，采用螺杆灌注桩复合地基时，设计时综合考虑土体的特殊性质，采取相应的技术措施，以保证处理后的地基土和增强体共同承担荷载。

4 勘察

4.0.5 螺杆灌注桩成孔、成桩施工受周边环境、地层条件、基坑开挖顺序、桩的施工顺序及机械施工能力等因素的制约。螺杆灌注桩在饱和土体中成桩会产生一定的超孔隙水压力，故应在掌握可靠资料的基础上，综合分析成桩可能性及对周围环境的影响，防止对场地内已成桩和周边建筑物、地下管线产生危害。

5 桩基设计

5.2 基桩构造

5.2.3 螺杆灌注桩扩大体的设置原则，一是选择设置扩大体的土层地基承载力高、地层结构稳定且符合设置扩大体持力层的厚度要求；二 是设置扩大体的土层具有比较高的压缩模量和内摩擦角，如中密、密 实的砂土和粉土。

螺杆灌注桩根据不同的地质情况和不同的设计要求，桩身构造可多样化：在承载力较高土层，桩身可不设扩大体；可以桩身全长设置扩大体，形成大直径复合“粗桩”，大幅度提高单桩承载能力；在液化土层中可增加复打和复灌次数，增大扩大体长度及直径，固化液化土层，提高基桩抗震能力；通过机械扩孔钻具形成带螺纹的扩大体，进一步提高桩身侧摩阻力。

5.2.4 表5.2.4与现行《建筑桩基技术规范》JGJ 94 中表 3.3.3 中部分挤土桩数据相同，适用于一般的可以挤压的土层；施工间距过小时，在淤泥、硬粘土等土层会发生变形、缩径、断桩、偏斜等事故，在饱和粉土、饱和粉细砂等土层成桩时，可能会导致未初凝邻桩中的水泥浆渗涌，从而引发夹泥、缩径、断桩等事故。应尽可能选择大桩距，必要时还应采用跳打方案和屏障技术施工。

5.2.5 屏障技术是在上部为饱和软土，下部为较好土层时采用的一种消除挤土效应的方法，可理解为在套管中进行钻孔成桩，饱和软土的侧向位移被套管阻断，只能通过套管上部的空间被钻杆带出地面，从 而在饱和软土中形成取土型桩。进入较好土层后，套管留在原位，钻杆继续钻进并挤土成桩，需要指出，如采用屏障技术，应适当增加直杆段长度，避免因荷载过大导致桩身破坏，详见附录 E。

5.2.6 螺杆灌注桩以外径为设计桩径，螺杆灌注桩外径尺寸与直杆段外径一致。

5.2.7 目前螺杆桩机采用的钻具标准内径有φ273、φ299和φ340三种规格，施工时可对钻头进行改造，将内径加大至设计要求。

5.2.8 螺杆灌注桩是在全螺纹灌注桩基础上发展而来的技术，由于作用于桩身的轴向压力随着深度的增加而逐渐减小，与全螺纹灌注桩相比，螺杆灌注桩上部的直杆段具有比螺纹段更大的截面积， 用于承受桩上部所受的较大荷载，为下部螺纹段发挥作用提供了缓冲和保障。合理选取螺杆灌注桩直杆段与螺纹段长度，既能充分发挥螺纹

段对桩侧阻力的增大作用，又不至于因螺纹段截面面积的减小影响桩身受压承载力。根据现有工程实践经验，螺杆灌注桩螺纹段长度宜为桩长的2/3。螺杆灌注桩螺纹段对侧阻力有增大作用，螺纹段不能设置在可能产生负摩阻力的地层（如填土、欠固结土、液化土等。）

5.2.9 螺杆灌注桩形成扩大体技术已在在海南、广东、广西、四川、重庆、陕西等省市成功实施。在四川某项目，经现场开挖测量，在形成扩大体段土层复打复灌时，扩大范围灌注了原桩身两倍以上的混凝土方量，所以扩大体段的截面积也相应了增加了两倍以上。另外，扩大体几何尺寸对扩径体端阻力也有一定的影响，桩顶施加荷载后，扩大体产生楔子效应，扩大体实体核向四周对称外挤，产生了很大的水平力，扩大体处土体变形受到很大的约束，对提高桩端承载力、减小沉降变形也有一定的作用。

5.2.11 螺杆灌注桩属于摩擦桩型，根据现行《建筑桩基技术规范》JGJ94的规定，可以部分配筋，但不小于桩长的2/3。

在8度以上抗震地区，需要通长配筋时，可将钢筋笼设计为分段变径形式，分别满足直杆段和螺纹段的主筋保护层厚度要求，同时应采用有效措施保证钢筋笼的垂直度和偏移量在允许范围内。

5.2.12 现行《建筑桩基技术规范》JGJ 94要求桩径为300mm～2000mm的灌注桩正截面构造配筋率为0.65%～0.2%, 但对于小桩径应取高值，螺杆灌注桩桩径为300mm～1000mm, 因此将螺杆灌注桩正截面构造配筋率提高为0.65～0.3%。

5.3 螺杆灌注桩单桩竖向极限承载力

5.3.1 单桩竖向静载荷试验是确定单桩竖向极限承载力最可靠的方法，螺杆灌注桩在海南地区已成功运用于近两百栋建筑，但仍需积累经验，为慎重起见，本标准规定所有桩基设计等级的螺杆灌注桩的基桩承载力采用静载试验确定。初步设计时，可利用地质条件相同的试桩资料和原位测试及端阻力、侧阻力与土的物理指标的经验关系参数计算。

5.3.2 螺杆灌注桩为挤土或部分挤土桩，在初步设计时，地勘中无经验参数的，桩的极限侧阻力标准值和和极限端阻力标准值取值可按本标准表 5.3.2-1,5.3.2-2选取，或参照地勘中预应力混凝土管桩取值，在施工图设计时选取的值根据现场单桩静载试验结果进行验证和调整。

英国科学家Tomlinson于1971年进行的螺纹桩承载力试验中，桩侧土体在形成螺

纹式受力状态时，桩侧阻力最高可提高为 5 倍，但在淤泥土中桩侧阻力几乎没有提高，因此流塑～软塑粘土（淤泥或淤泥质土）的提高系数为1.0, 在表5.3.2-3中没有列出。

普通桩和螺杆灌注桩最大区别在桩侧等效侧阻的发挥上，普通桩侧阻为桩土间的抗剪力，而螺杆灌注桩桩侧等效侧阻来源于螺牙间土体的抗剪强度，故螺杆灌注桩等效侧阻和普通桩侧阻的不同表现为土抗剪强度和桩土界面抗剪强度的不同，地基土的内摩擦角大于桩土间的摩擦角，因此本标准提出了螺杆灌注桩的螺纹段侧阻力增强系数队

表5.3.2-3中的数据来自全国各地的试桩结果，包括海南省15项 120根试桩、云南省2项工程8根试桩、广西2项工程9根试桩、广东南省2项工程5根试桩、福建省1项工程3根试桩、山东省2项工程 14根试桩、江苏省2项工程6根试桩、浙江省3项工程9根试桩、安徽省2项工程33根试桩、江西省1项工程3根试桩、河北省1项工程9根试桩、陕西省11项工程47根试桩、辽宁省3项工程10根试桩、四川省和重庆市14项工程138根试桩，共计414根。

计算螺纹段侧阻力时，应兼顾设计安全性和经济性，按表5.3.2-3取值时不应盲目取高修土，也不宜一味取低值，常用的方法是初步设计单桩承载力时取低值计算理论值，静载试验时取高值估算最大加载值。施工图设计时选用的βi，值根据现场单桩静载试验结果或已有试桩资料进行验证和调整。

此外，螺纹段侧阻力及端阻力计算时采用螺纹段外径。这里要作一个合理简化性假设——假设土体破坏面是直径等于螺纹段外径的圆柱面。这种假设是安全的，因为螺杆灌注桩的螺纹段将应力向土体传递和扩散，使得破坏面不是沿着桩身，而是在桩身外围包络柱整个桩身（即应力泡），实际破坏面积远比假设破坏面要大，见图1。定量地计算实际破坏面的面积非常困难，进行上述假设以简化计算过程，因此式（5.3.2）计算螺纹段侧阻力及端阻力采用的均是螺纹段外径，计算结果是安全的。

图 1 螺杆灌注桩桩周土体中的“应力泡”

5.4 桩身承载力

5.4.3 桩身受压承载力设计值R_P与桩身极限受压承载力计算值 R_u二者的关系为$R_u=2R_p/1.35$，即$R_P=1.35R_u/2=0.675R_u$，其中1.35系数为单桩承载力特征值与设计值的换算系数（综合荷载分项系数）。本标准式（5.4.3-3）中的0.675即由此来，将桩顶轴向压力设计值减去直杆段侧阻力设计值总值后，验算螺纹段桩身正截面受压承载力。

6 复合地基设计

6.0.1 复合地基是天然地基在地基处理过程中，部分土体得到增强， 或被置换，或在天然地基中设置加筋体，由天然地基土体和增强体两部分组成共同承担荷载的人工地基。在桩顶和基础之间设置一定厚度的散体粒状材料组成的褥垫层，由褥垫层调整桩土共同承担荷载，形成复合地基。

螺杆灌注桩具有承载力高、沉降小、不取土等优点，采用螺杆灌注桩作为复合地基的增强体，复合地基承载力得到大幅度提高，承载力提高幅值既有挤密分量又有置换分量，复合模量大大提高，地基变形更小。

螺杆灌注桩复合地基成功运用于海口某工程，该工程由3栋29层、商业楼及车库组成，设计桩径400mm，有效桩长21m，复合地基承载力特征值为560kPa，复合地基沉降均满足设计要求。

6.0.5 刚性桩复合地基的褥垫层的材料通常采用砂石材料，可加速桩间土排水固结；同时，当有隔水防潮要求时，褥垫层采用灰土，已有大量工程应用。

规定褥垫层的厚度的建议范围为150mm-300mm，螺杆桩复合地基属于“桩承载力高、桩距大”的情形，因而，设计应当适当增大螺杆桩复合地基褥垫层厚度，考虑控制总体沉降、基坑开挖深度、褥垫层造价等因素。

褥垫层铺设范围宜超过基础边缘不少于褥垫层厚度，褥垫层外围宜设置围梁。当存在基础侧面土质较差、基坑回填质量难以保证独立基础布桩、单排布桩等四种情形之一时，褥垫层外围宜设置围梁。龚晓南院士主编的浙江省工程建设标准《复合地基技术规程（DB 33/1051-2008）》、《刚-柔性桩复合地基技术规程（JGJ/T210-2010）》、《复合地基技术规范（GB/T 50783-2012）》中，均提出“褥垫层外围宜设置围梁”，解说中指出：“垫层外围设置围梁能保证周边的垫层不致流失，并可保证边缘垫层在围梁约束下能很好地发挥作用。在荷载板试验时也要求周围有围梁”。“规程规定褥垫层设置范围宜比基础外围每边大200mm-300mm，主要考虑当基础四周易因褥垫层过早向基础范围以外挤出而导致桩、土的承载力不能完全发挥。若基础侧面土质较好褥垫层设置范围可适当减小。也可在基础下四边设置围梁，防 止褥垫层侧向挤出”。

6.0.6 螺杆灌注桩复合地基承载力设计时，由于螺杆灌注桩为挤土桩，松散粉土、砂土的天然地基承载力特征值提高1.1倍～1.4倍，强度低的土取大值。

6.0.7 复合地基增强体的强度是保证复合地基工作的必要条件，必须保证其安全度。作为复合地基增强体的螺杆灌注桩按建筑物基础底面作用在螺杆灌注桩上的压力进行验算，当复合地基承载力验算需要进行基础埋深的深度修正时，螺杆灌注桩桩身强度验算按基底压力验算，分别按本标准式（6.0.7-3）和式（6.0.7-4）进行验算。作为复合地基增强体的螺杆灌注桩桩身强度，既要验算直杆段桩身强度，也要验算螺纹段顶截面。对于端承桩或长径比小于15的嵌岩桩作用于螺纹段顶截面的轴向压力计算值 R'a=Ra，其他情况R'a=R-0.5Qsk1。

6.0.8 螺杆灌注桩作为复合地基的增强体属刚性桩，复合地基沉降计 算按国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑地基处理技术规范》JGJ79 的有关规定执行。

7 施工

7.1 基本规定

7.1.2 螺杆灌注桩技术经过十余年的工程实践，对于生产设备总结出很多有价值的技术经验，其中，可靠的加压装置、自动高效的同步技术和足够的扭矩动力是保证螺杆桩成桩质量的关键因素，若旋转动力或压力不足无法对地基土进行挤压，难以实现螺纹的挤压成型；穿透卵石层、坚硬土层、岩层的桩基旋转动力扭矩宜大于250kN·m。

7.1.3 应重视试验桩阶段的工程参数收集，可为设计提供二次优化的参数，也可根据试桩参数形成工程桩的施工依据，有效保证工程桩质量的稳定性。

7.1.4 《建筑桩基技术规范》（JGJ 94-2008）中对不同类型灌注桩的混凝土超灌高度作了具体规定：

（泥浆护壁成孔灌注桩）灌注水下混凝土的质最控制应满足下列要求：应控制最后一次灌注量，超灌高度宜为0.8-1.0m，凿除泛浆高度后必须保证暴露的桩顶混凝土强度达到设计等级。（长螺旋钻孔压灌桩）桩顶混凝土超灌高度不宜小于0.3- 0.5m。（沉管灌注桩和内夯沉管灌注桩）成桩后的桩身混凝土顶面应高于桩顶设计标高500mm以内。《建筑地基处理技术规范》（JGJ 79- 2012）7.7.3 条对水泥粉煤灰碎石桩复合地基的施工规定：施工桩顶标高高出设计桩顶标高不宜少于0.5m；当施工作业面高出桩顶标高较大时，宜增加混凝土灌注量，提高施工桩顶标高，防止缩径。《建筑地基基础工程施工质量验收规范》（GB 50202-2002)则不加区分基桩的施工工艺，在桩基础的一般规定中，5.1.4条统一规定为：灌注桩的桩位偏差必须符合有关规定，桩顶标高至少要比设计标高高出0.5m。

7.2 施工准备

7.2.5 螺杆桩机整机重量为 80t～125t，场地软弱为导致螺杆桩机陷机或发生倾覆事故，施工场地应满足螺杆桩机对地面坡度及接地压力的要求，目前国内钻机装备要求的接地压力一般不低于120kPa。因此软弱场地应进行预处理，如降水、铺设钢板、铺设并夯实厚度大于0.5m的垫层等措施均有良好效果。

7.2.6 施工前进行试成桩工艺试验，一般选择在工程桩位外进行试打，若已有当地静

载试验资料和类似土层中的施工经验，也可在工程桩位进行试成孔试验。

重视试成孔试验阶段的工程参数收集，试成孔试验工作应详细记录成孔直径、成孔深度、成孔时间、加压力以及钻进扭矩、进入持力层深度、相邻孔之间的影响等施工工艺参数，以上参数可作为工程桩施工及优化设计的依据。

7.4 施工控制

7.4.5 施工中严格控制钻进速度，刚接触地面时，下钻速度要快。钻进速度应根据土层情况来确定：杂填土、黏性土、砂卵石层为0.2～0.5m/min；索填土、黏土、粉土、砂层为1.0- 1.5m/min施工前应根据试桩结果进行调整。在钻进过程中，如遇到卡钻、钻机摇晃、偏斜或发现有节奏的声响时，应立即停钻，查明原因，采取相应措施后，方可继续作业，当需停钻时间较长时，应将钻杆提至地表。

7.4.7 提钻速度与泵送速度可根据式（1）和（2）计算，泵送过程应连续进行。

$$V_P = \frac{\mu n V}{\lambda A_p} \tag{1}$$

$$V_{ps} = \frac{\mu n V}{\lambda A_{ps}} \tag{2}$$

式中：V_p、V_{ps}——直杆段、螺纹段提钻速度（m/min）；

μ——混凝土泵填充系数，一般可取 0.7～0.8；

N——泵送速度（泵/min），一般为 8～12 泵/min，混凝土泵行程较大时取低值；

V——每泵理论体积（m^3），根据混凝土泵缸径和行程计算；

λ——充盈系数；

A_p、A_{ps}——直杆段、螺纹段横截面积（m2）

7.4.9 螺杆灌注桩技术选用混凝土泵的标准行程一般有14m、1.6m、1.8m三种规格，行程大时选用较低的泵速，且泵速应在施工前打4～6空泵并计时测算但一般情况下每泵均有一定的填充率，这与泵的性能老化程度以及混凝土坍落度等都有关系，一般可达到70～80% ，泵型适合、保养良好、坍落度理想的状况下可达 95% 以上。

7.4.10 后插筋工艺对钢筋笼的要求与传统工艺有所不同，由此需要借助平板振动器，绑扎节点可能在插筋过程中被振散，因此所有节点均要求采用焊接连接。

钢筋笼后插筋工艺除满足国家相关规范要求外，还应满足以下要求：

1)插筋前清理桩头、钢筋笼上的杂物、泥土；

2)插筋过程中应慢放、点动并不断调整垂直度。

8 质量检验与验收

8.1 一般规定

8.1.1 现行国家标准《建筑地基基础施工质最验收规范》GB 50202 和行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 以强制性条文规定必须对基桩承载力和桩身完整性进行检验。桩身质量与基桩承载力密切相关，桩身质量有时会严重影响基桩承载力，桩身质量检测抽样率较高，费用较低。通过检测可减少桩基安全隐患，并可为判定基桩承载力提供参考。

8.2 施工前检验

8.2.6 本条规定的试桩数最仅仅是下限，若实际中由于某些原因不足以为设计提供可靠依据或设计另有要求时，可根据实际情况增加试桩数量。另外，如果施工时桩参数发生了较大变动或施工工艺发生了变化，应重新试桩。对于大型工程，“同条件下”可能包含若干个子单位工程（子分部工程）。

8.4 施工后检验

8.4.1～8.4.3 桩基工程属于一个单位工程的分部（子分部）工程中的分项工程，一般以分项工程单独验收。所以本规范限定的工程桩承载力验收检测范围是在一个单位工程内。本条同时规定了在何种条件下工程桩应进行单桩竖向抗压静载试验及检测数量底限。

8.4.4-8.4.7 对于具体的检测项目，应根据检测目的、内容和要求，结 合各检测方法的适用范围和检测能力，考虑工程重要性、设计要求、地质条件、施工因素等情况选择检测方法和检测数量。影响桩基承载力和桩身质量的因素存在于桩基施工的全过程中，仅有施工后的试验和施工后的验收是不全面、不完整的。桩基施工中出现的局部地质条件与勘察报告不符、工程桩施工参数与施工前的试验参数不同、原材料发生变化、设计变更、施工单位变更等情况，都可能产生质量隐患，因此加强施工过程中的检验是有必要的。不同阶段的检验要求可参照现行国家标准《建筑地基基础施工质量验收规范》GB 50202和现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106执行。