

JTJ

中华人民共和国行业标准

JTJ 261—97

港口工程 预应力混凝土大直径管桩 设计与施工规程

Port engineering
technical code of design and construction
for large diameter post tensioned prestress
concrete cylinder pile

1997—07—31 发布

1997—10—01 实施

中华人民共和国交通部发布

中华人民共和国行业标准

港口工程

预应力混凝土大直径管桩设计与施工规程

JTJ/T261-97

主编单位:交通部第三航务工程局科学研究所

批准单位:中华人民共和国交通部

施行日期:1997年10月1日

关于发布《港口工程预应力混凝土 大直径管桩设计与施工规程》的通知

交基发[1997]455号

由我部组织第三航务工程局科学研究所等单位编制的《港口工程预应力混凝土大直径管桩设计与施工规程》，业经审查，现批准为推荐性行业标准，编号为 JTJ/T261—97，自 1997 年 10 月 1 日起施行。

本规程的管理工作与出版组织工作由部基建司负责，具体解释工作由第三航务工程局科学研究所负责。

中华人民共和国交通部

一九九七年七月三十一日

前 言

预应力混凝土大直径管桩是“六五”国家科技攻关研究成果,在“七五”期间经过进一步的工艺改进、完善和工程实践的考验,目前预应力混凝土大直径管桩在许多大、中型港口码头工程、桥梁工程中已得到推广应用。

预应力混凝土大直径管桩采用离心、振动、辊压相结合的复合法工艺生产,这种管桩混凝土强度高,密实性好,耐锤击,它使用在海岸与海洋工程的桩柱式结构方面具有优越性,是桩基工程中一种新的桩型。在内河港口工程中预应力混凝土大直径管桩也有采用立式支模浇注混凝土的立式法工艺生产。

本规程是依据现行国家标准《港口工程结构可靠度设计统一标准》(GB50158)规定的原则制订。符号和基本术语按现行国家标准《工程结构基本术语和通用符号》(GBJ132)的规定采用。

本规程共分 8 章 24 节 144 条和 4 个附录,另编附有条文说明。

本规程对预应力混凝土大直径管桩的设计、制作、沉桩等方面分别作了较为详细的规定。由于预应力混凝土大直径管桩在国内尚属新的桩型,因此还有待于进一步的完善和发展,请有关单位在使用过程中,将发现的问题和意见及时函告主编单位第三航务工程局科学研究所,以便修订时参考。

目 次

1 总则	(1)
2 术语和符号	(2)
2.1 术语	(2)
2.2 主要符号	(2)
3 管桩设计	(4)
3.1 计算	(4)
3.2 构造	(9)
4 管节制造	(11)
4.1 钢模设计与制作	(11)
4.2 原材料	(12)
4.3 混凝土技术参数	(13)
4.4 管节成型工艺	(14)
4.5 管节养护	(16)
4.6 管节质量检查	(16)
5 管桩拼接	(18)
5.1 预应力钢筋	(18)
5.2 钢绞线锚具	(18)
5.3 粘结剂技术参数	(19)
5.4 拼接张拉工艺	(20)
5.5 预留孔道压浆	(21)
6 管桩吊运、堆存和装运	(23)
6.1 场内吊运	(23)
6.2 场内堆存	(23)
6.3 装运	(23)
7 管桩质量检验	(25)
7.1 质量要求	(25)

7.2	结构性能测定	(25)
7.3	允许偏差	(25)
8	管桩沉桩	(27)
8.1	沉桩工艺选择	(27)
8.2	沉桩控制及质量标准	(28)
8.3	沉桩注意事项	(29)
附录 A 常用预应力混凝土大直径管桩型号、规格和力学性能		
		(31)
附录 B 预应力混凝土大直径管桩嵌岩施工		
		(37)
附录 C 选锤参考资料		
		(39)
附录 D 本规程用词用语说明		
		(40)
附加说明 本规程主编单位、参加单位和主要起草人名单		
		(41)
JTJ/T261—97 条文说明		
		(42)

1 总 则

1.0.1 为了保证预应力混凝土大直径管桩的设计与施工质量,促进该项技术的进一步发展,制订本规程。

1.0.2 本规程适用于港口工程中应用的直径为 1.0m~1.4m 预应力混凝土管桩;修造船工程和其他类似工程可参照采用。

1.0.3 除应按本规程规定外,凡本规程未作规定的其它内容,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

- 2.1.1 复合法:混凝土管节采用离心—振动—辊压复合工艺成型。
- 2.1.2 立式法:混凝土管节采用立式支模浇注混凝土工艺成型。
- 2.1.3 复合法桩:采用复合法工艺成型的混凝土管节所拼接的桩。
- 2.1.4 立式法桩:采用立式法工艺成型的混凝土管节所拼接的桩。
- 2.1.5 组合桩:混凝土管桩桩端与钢管桩组合成的桩。

2.2 主要符号

- A ——管桩截面面积或桩端计算面积;
- C_{60} ——表示立方体强度标准为 60N/mm^2 的混凝土强度等级;
- D ——管桩外径、钢模内径或外模内径;
- E_s ——钢绞线弹性模量;
- Q_d ——单桩垂直承载力设计值;
- Q_k ——单桩垂直承载力标准值;
- d ——管桩内径或内模外径;
- f_{ck}, f_c ——混凝土轴心抗压强度标准值、设计值;
- f_{ptk} ——钢绞线强度标准值;
- f_{py} ——钢绞线抗拉强度设计值;
- f_{tk}, f_t ——混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值;

- σ_{con} —— 钢绞线张拉控制应力值；
- σ_l —— 钢绞线在施工各阶段总预应力损失值；
- σ_P —— 锤击沉桩压应力标准值；
- σ_{pc} —— 混凝土有效预应力值；
- σ_k —— 锤击沉桩拉应力标准值。

3 管 桩 设 计

3.1 计 算

3.1.1 管桩(图 3.1.1)应按下列状况进行正截面承载力计算和抗裂度验算。

3.1.1.1 对使用和施工状况进行正截面承载力计算和抗裂度验算。

3.1.1.2 锤击沉桩拉应力和压应力验算。

3.1.1.3 进行正截面承载力计算和抗裂度验算时,应根据管桩实际受力状况按表 3.1.1 规定进行计算。如承受较大扭矩作用时,尚应对受扭状况进行验算。

管桩正截面承载力计算和抗裂度验算项目表 表 3.1.1

项 目	作用和作用效应	项 目	作用和作用效应
轴向受压	受压桩轴向压力、锤击沉桩压应力	偏心受压	受压桩轴向压力与弯矩组合
轴向受拉	受拉桩轴向拉力、锤击沉桩拉应力	偏心受拉	受拉桩轴向拉力与弯矩组合
弯曲	吊运及其他阶段产生的弯矩		

3.1.2 管桩正截面承载力计算和抗裂度验算方法,应按现行行业标准《港口工程混凝土结构设计规范》(JTJ267)的规定执行,并符合下列规定。

3.1.2.1 施加预应力时,混凝土立方体抗压强度不得低于设计强度的 75%。

3.1.2.2 结构计算时,不应考虑非预应力钢筋。

3.1.2.3 预应力主筋采用高强度低松弛钢绞线,钢绞线的强度

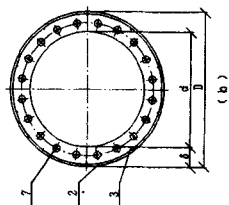
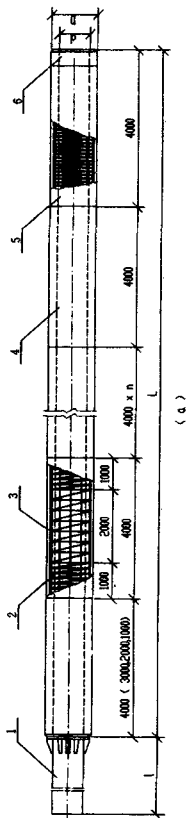


图 3.1.1 预应力混凝土大直径管桩结构图

(a)管桩正视图; (b)管桩截面图

1-钢管桩或钢桩靴; 2-环向箍筋; 3-纵向架立筋; 4-基本管节; 5-桩顶管节;

6-钢板套筒; 7-钢绞线

指标应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T5224)的规定。其张拉控制应力值按下式确定:

$$\sigma_{\text{con}} \leq 0.70 f_{\text{ptk}} \quad (3.1.2-1)$$

式中: σ_{con} ——张拉控制应力值(MPa);

f_{ptk} ——钢绞线强度标准值(MPa)。

考虑钢绞线松弛、摩擦阻力等各项预应力损失, σ_{con} 可提高0.05 f_{ptk} 。

3.1.2.4 在计算结构截面应力和钢绞线控制应力时,钢绞线在施工阶段的预应力损失值宜根据试验确定。如无试验资料时可按下式计算:

$$\sigma_L = \sigma_{11} + \sigma_{12} + \sigma_{13} + \sigma_{14} + \sigma_{15} + \sigma_{16} \quad (3.1.2-2)$$

式中: σ_L ——钢绞线在施工阶段总预应力损失值(MPa);

σ_{11} ——锚具变形和钢绞线内缩值引起的预应力损失值(MPa);

σ_{12} ——钢绞线与预留孔道壁之间摩阻力引起的预应力损失值(MPa);

σ_{13} ——拼接缝粘结剂弹性压缩变形引起的预应力损失值(MPa);

σ_{14} ——钢绞线松弛引起的预应力损失值(MPa);

σ_{15} ——混凝土收缩徐变引起的预应力损失值(MPa);

σ_{16} ——分批张拉钢绞线时,后批张拉钢绞线所产生的混凝土弹性压缩变形对先批张拉钢绞线所引起的预应力损失值(MPa)。

3.1.2.5 σ_{11} 、 σ_{12} 、 σ_{14} 、 σ_{15} 、 σ_{16} 各项预应力损失值按现行行业标准《港口工程混凝土结构设计规范》有关预应力钢筋的预应力损失值规定计算。 σ_{13} 应根据试验测得一条接缝粘结剂压密值和设计桩长,按下式确定:

$$\sigma_{13} = \frac{\sum \Delta l}{L} E_s \quad (3.1.2-3)$$

式中: Δl ——一条接缝粘结剂压密值(mm);

L —— 设计桩长(mm);

E_s —— 钢绞线弹性模量(MPa)。

对于复合法桩, σ_{13} 可取 0。

3.1.3 管桩一般以成品桩提供,其型号、规格和力学性能可参照附录 A。

3.1.4 管桩锤击拉应力的标准值应根据锤能、锤击速度大小、桩垫软硬程度、桩长、联接钢管桩长度和地质条件等综合考虑。宜在 6MPa~9MPa 范围内确定。带有较长钢管桩的组合桩应取较大值。

3.1.5 管桩锤击拉应力应按下列式验算:

$$\gamma_{sk}\sigma_k \leq \sigma_{pc} + f_t \quad (3.1.5)$$

式中: γ_{sk} —— 锤击拉应力分项系数, γ_{sk} 取 1.15;

σ_k —— 锤击拉应力标准值(MPa);

σ_{pc} —— 管桩混凝土有效预应力值(MPa);

f_t —— 管桩混凝土轴心抗拉强度设计值。

3.1.6 管桩锤击压应力的标准值应根据桩端支承性质、桩截面大小、桩长、选用的桩锤锤击能量和地质条件等综合考虑。锤击压应力标准值上限可取 25.0MPa。

3.1.7 管桩锤击压应力应按下列式进行验算:

$$\gamma_{sp}\sigma_p \leq f_c \quad (3.1.7)$$

式中: γ_{sp} —— 锤击压应力分项系数, γ_{sp} 取 1.1;

σ_p —— 锤击压应力标准值(MPa);

f_c —— 管桩混凝土轴心抗压强度设计值(MPa)。

3.1.8 为了防止沉桩过程中出现冲击疲劳现象,应对管桩沉桩总锤击数加以限制。总锤击数可根据打桩机类型、桩成型工艺、地质条件、锤击能量、桩身混凝土强度、桩截面积和桩垫材料等综合考虑确定。

3.1.9 管桩单桩垂直承载力应按静载荷试验确定,对下列情况可不进行静载荷试验:

(1) 当附近工程有试验资料,且沉桩工艺相同,地质条件相近

时,可按附近工程的试桩资料确定单桩承载力;

(2)重要工程中的附属建筑物;

(3)桩数较少,经技术论证后可不做试桩;

(4)小型港口中的建筑物。

3.1.10 当进行静载荷试桩时,单桩垂直承载力设计值按下式计算:

$$Q_d = \frac{Q_k}{\gamma_R} \quad (3.1.10)$$

式中: Q_d ——单桩垂直承载力设计值(kN);

Q_k ——单桩垂直承载力标准值(kN),当试桩数量大于2根,且各桩桩的承载力最大值与最小值之比小于或等于1.3时,应取其平均值作为单桩垂直承载力标准值;其比值大于1.3时,应分析确定;

γ_R ——单桩垂直承载力分项系数, γ_R 取1.25,当地质状况复杂时可适当提高,但不得大于1.35。

3.1.11 凡允许不做静载荷试桩的工程,可采用承载力经验参数法确定单桩垂直承载力。

3.1.11.1 管桩按承载力经验参数法确定单桩垂直承载力设计值时,可按下式计算:

$$Q_d = \frac{1}{\gamma_R} (U \sum q_{fi} L_i + q_R A) \quad (3.1.11)$$

式中: Q_d ——单桩垂直承载力设计值(kN);

γ_R ——单桩垂直承载力分项系数, γ_R 取1.45;

U ——桩身截面周长(m);

q_{fi} ——单桩第*i*层土的侧摩阻力标准值(kPa);

L_i ——桩身穿过*i*层土的长度(m);

q_R ——单桩桩端阻力标准值(kPa);

A ——桩端计算面积(m²)。

3.1.11.2 桩侧摩阻力标准值和桩端阻力标准值的取值,如无当地经验值时,按现行行业标准《港口工程桩基规范》(JTJ254)的

规定确定；

桩端计算面积的取值应根据桩径、地质条件和入土深度等因素综合考虑。对于直径 1200mm，入土深度大于 20m 的管桩，桩端计算面积可取全面积乘以 0.80~0.85 的折减系数。

3.1.12 管桩工程应通过高应变动测对承载力标准值进行验证。

3.1.13 管桩受水平力作用下的计算，应符合现行行业标准《港口工程桩基规范》的规定。

3.2 构 造

3.2.1 管桩主筋应采用在每个预留孔道中设置单股或双股高强度低松弛钢绞线。

3.2.2 管桩主筋应沿周边均匀布置，不宜少于 16 根。

3.2.3 管节纵向架立钢筋和箍筋应采用 Q235 钢筋，其材质应符合现行国家标准《普通低碳钢热轧圆盘条》(GB701)的规定。

3.2.4 管节纵向架立钢筋直径不应小于 7mm；箍筋直径不应小于 6mm。箍筋除两端圈为平圈外，其余可做成螺旋环向式，桩顶管节环向筋螺距为 50mm，基本管节两端 1m 范围螺距为 50mm，中间范围为 100mm。

3.2.5 混凝土强度等级不应小于 C60。当有抗冻要求时，应按现行行业标准《港口工程混凝土结构设计规范》的有关规定执行。

3.2.6 管节壁厚不得小于 130mm。

3.2.7 管桩预应力钢筋保护层厚度不应小于 50mm。

3.2.8 预应力钢筋的预留孔应符合下列要求。

3.2.8.1 单股钢绞线预留孔的孔径控制在 32mm 左右。

3.2.8.2 双股钢绞线预留孔的孔径控制在 40mm 左右。

3.2.8.3 预留孔中心间距不小于 160mm。

3.2.9 管桩拼接必须采用粘接剂。拼接接缝处粘结后的强度应高于管节混凝土设计强度。粘接材料应满足抗锤击、防腐蚀和耐久性的要求。

3.2.10 预留孔道压力灌注水泥浆体应密实，其立方体抗压强度

不应小于 40MPa。

3.2.11 桩顶管节宜设置钢板套箍(图 3.2.11)或采用纤维混凝土。

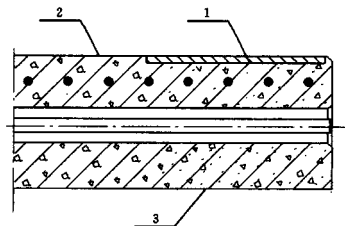


图 3.2.11 桩顶钢板套箍剖视图

1-钢板套箍; 2-管桩外壁; 3-管桩内壁

3.2.12 根据工程的需要,可采用组合桩或在管桩桩端设置钢桩靴。组合桩或钢桩靴的钢管直径、长度和钢板厚度,以及钢板材质、桩尖结构型式、锚具保留数量,应根据施工和地质条件确定。。

组合桩或混凝土管桩与钢桩靴的联接形式如图 3.2.12。

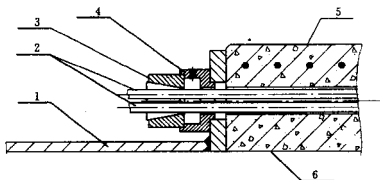


图 3.2.12 组合桩或混凝土管桩与钢桩靴联接图

1-钢管桩或钢桩靴; 2-钢绞线; 3-钢绞线锚具; 4-锚垫板; 5-管桩外壁; 6-管桩内壁

4 管节制造

4.1 钢模设计与制作

4.1.1 钢模设计应符合下列要求：

- (1)型式与所采用的混凝土管节成型工艺相适应；
- (2)满足成型混凝土管节的相应尺寸要求；
- (3)结构具有足够的强度和刚度；
- (4)合缝口平顺严密；
- (5)模板平整和光滑；
- (6)制作简单、装拆方便和定位可靠，并能提高周转次数。

4.1.2 钢模材料的选用符合下列规定。

4.1.2.1 复合法钢模筒体应选用强度高、弹性好和焊接性能优良的钢材。

4.1.2.2 复合法钢模的端盖宜采用铸钢。

4.1.2.3 复合法钢模锁紧端盖的拉杆，应选用抗拉强度高的优质合金钢。

4.1.2.4 立式法钢模的内外模、底模板和封头板可采用 Q235 钢板制作，拉杆宜采用 40Gr 圆钢，芯套管应采用无缝钢管。

4.1.3 钢模制作和检验符合下列规定。

4.1.3.1 钢模制作应按设计图进行。

4.1.3.2 钢模制作完毕，必须按设计图对各项技术要求进行检验，合格后方可投入使用。

4.1.3.3 复合法钢模，必须进行静平衡力矩试验，不平衡力矩不应大于 $2\text{N} \cdot \text{m}$ 。

4.1.4 复合法钢模允许偏差应符合表 4.1.4 的规定。

复合钢模允许偏差

表 4.1.4

项次	项 目	允许偏差(mm)
1	钢模筒体长度(L)	± 2
2	钢模内径(D)	+4 -1
3	钢模内径椭圆度(长、短直径之差)	≤ 5
4	钢模外径各工作面(跑轮圈、振动圈)同心度	≤ 1
5	钢模端面倾斜度	$\leq D/1000$
6	端盖环面倾斜度	$\leq \delta/100$
7	合缝口间隙	≤ 0.3
8	钢模板面纵向平直度	$\leq 3/m$

注: δ 为管节壁厚。

4.1.5 立式钢模允许偏差应符合表 4.1.5 的规定。

立式钢模允许偏差

表 4.1.5

项次	项 目	允许偏差(mm)
1	钢模筒体长度(L)	± 2
2	外模内径(D)	+4 -1
3	内模外径(d)	0 -2
4	外模内径椭圆度(长、短直径之差)	≤ 5
5	钢模端面倾斜度	$\leq D/1000$
6	底模板、封头板环面倾斜度	$\leq \delta/100$
7	合缝口间隙	≤ 0.3
8	外模模板面纵向平直度	$\leq 3/m$

4.2 原 材 料

4.2.1 水泥应采用 525 号的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,其质量应符合现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB175)的规定。熟料中铝酸三钙(C_3A)含量不应大于 10%。

4.2.2 细骨料应采用质地坚硬的天然河砂。

复合法采用细度模数 3.0~2.8 的中砂；立式法可采用细度模数 3.0~2.3 的中砂。细骨料杂质含量应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ268)的规定。

4.2.3 粗骨料应采用质地坚硬的碎石，石料的抗压强度应大于 2 倍所采用混凝土强度等级。碎石的粒径：复合法为 5mm~20mm，立式法为 5mm~25mm。碎石采用二级配，其中 5mm~15mm 与 10mm~25mm 粒径的比例应按混凝土配合比设计及试验确定。

粗骨料的物理性能与杂质含量应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》的规定，其中水锈石含量不超过 10%，粒径 5mm 以下含量控制在 6% 左右。

4.2.4 外加剂可经试验选定，外加剂的质量应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》的规定。

4.2.5 拌和用水应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》的规定。

4.2.6 管节构造用钢筋，应符合本规程第 3.2.3 条的规定。

4.3 混凝土技术参数

4.3.1 复合法成型管节混凝土应符合下列要求：

- (1) 强度等级不小于 C_{60} ；
- (2) 水泥用量 $400\text{kg}/\text{m}^3 \sim 500\text{kg}/\text{m}^3$ ；
- (3) 水灰比不大于 0.35；
- (4) 混凝土拌和物维勃稠度控制在 25s~35s；
- (5) 混凝土重力密度大于 $2500\text{kg}/\text{m}^3$ ；
- (6) 吸水率不大于 3.5%；
- (7) 抗渗等级大于 W_8 。

4.3.2 立式法成型管节混凝土应符合下列要求：

- (1) 强度等级不小于 C_{60} ；
- (2) 水泥用量大于 $500\text{kg}/\text{m}^3$ ；
- (3) 水灰比不大于 0.40；

- (4)塌落度控制在 30mm 左右;
- (5)吸水率不大于 4%;
- (6)抗渗等级大于 W_8 。

4.3.3 冬季施工必须按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》的规定执行。

4.4 管节成型工艺

4.4.1 复合法管节所使用的钢筋笼垫块,应采用高密度聚乙烯塑料压制成表面为凹凸形的卡式垫块,不得使用砂浆垫块。

4.4.2 复合法管节预留孔道成型工艺,应采用在拉杆上装壁厚 4mm~4.5mm 的纯橡胶套管。管节成型后,混凝土强度达设计值的 70%时,抽去拉杆和橡胶套管形成孔道。

4.4.3 纯橡胶套管的物理力学性能应符合下列要求:

- (1)拉断强度不小于 17MPa;
- (2)伸长量不小于 600%;
- (3)硬度为 48 邵尔度左右;
- (4)老化为 12%左右。

4.4.4 立式法管节预留孔道的成型工艺,宜采用直径 25mm 两端带有螺纹的拉杆,外套无缝钢管作为芯套管,混凝土初凝后抽去拉杆和芯套管形成孔道。

4.4.5 钢筋笼制作符合下列规定。

4.4.5.1 复合法管节钢筋笼应采用钢筋笼自动编织机按设计尺寸要求成型。钢筋必须经冷拔处理,以确保钢筋笼的质量。

4.4.5.2 立式法管节钢筋笼可采用盘圆钢筋冷拉后,用简易成型机点焊成型。

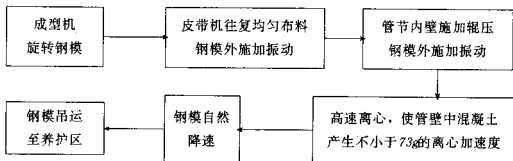
4.4.6 钢筋笼允许偏差应符合下列规定:

- | | |
|------------|--------|
| (1)骨架长度 | ±5mm; |
| (2)直径 | ±5mm; |
| (3)环向筋螺距 | ±10mm; |
| (4)纵向架立筋间距 | ±10mm。 |

4.4.7 复合法管节的混凝土布料及成型应满足下列要求。

4.4.7.1 管节成型采用复合法工艺专用设备——离心、振动、辊压成型机。

4.4.7.2 管节成型工艺按以下流程进行：



4.4.7.3 布料均匀连续一次完成。

4.4.8 立式法管节的混凝土布料及成型，在每次下料后，应启动振动台 5s~10s，最后一次料下完，固定上封头板，然后启动附着式振动器和振动台，并将顶压螺杆拧紧。振动时间控制在 1min~1.5min。

4.4.9 复合法装模符合下列规定：

(1)装模前必须在钢模内壁、端盖环面和橡胶套管外表面涂刷合适的脱模剂。脱模剂应涂刷均匀，不得出现流淌现象。严禁使用废机油作为脱模剂；

(2)塑料垫块必须与钢筋笼卡紧，钢筋笼纵向架立钢筋与制孔拉杆必须错开，严禁钢筋笼触及预留孔胶管。钢筋笼的端头与端盖应保持 20mm~30mm 的间距；

(3)安装顺序：钢筋笼入模→拧紧合缝口螺母→安装钢模端盖→穿拉杆→上紧拉杆螺母→检查装模质量；

(4)拉杆螺母上紧扭矩为 $0.25\text{kN} \cdot \text{m} \sim 0.30\text{kN} \cdot \text{m}$ 。

4.4.10 复合法拆模符合下列规定：

(1)混凝土强度应达到设计值的 70% 时方可进行拆模；

(2)在拆模专用台上进行；

(3)拆模顺序：放松拉杆螺母→抽去拉杆插销→卸除端盖→抽拔拉杆及橡胶套管→卸下合缝口螺栓→顶开合缝口→用

U 型钩使管节从模内移出。

4.4.11 立式法装模符合下列规定：

(1)混凝土模板面应涂刷合适的脱模剂，严禁使用废机油作为脱模剂；

(2)安装顺序：底模板上垫好止浆橡胶圈→立内模→装拉杆和芯套管→放钢筋笼→立外模→安封头板→装定位板→校正各部位尺寸→安装锥形盖漏斗。

4.4.12 立式法拆模宜采用下列方式：

(1)混凝土初凝后拔出芯套管，对整体式内模，在底模下部送入约 0.40MPa 的压缩空气，将内模慢慢顶升约 1000mm，用吊车辅助提起内模；对分片式内模，拆除模板支撑后，用吊车分片吊走内模板。

(2)内模拆除后 8h~10h 拆除外模。

4.4.13 管节脱模后应将管节端面表层水泥浆磨除。

4.5 管节养护

4.5.1 管节成型后宜立式放置。

4.5.2 管节蒸汽养护可采用钢模外套保温罩，在管节内通蒸汽或采用坑池加盖通蒸汽方法养护。

4.5.3 蒸汽养护制度应根据各地区不同条件经试验后确定。如无试验条件时，应按下列规定执行。

30℃干燥温度 $\xrightarrow{\text{静定 2h}}$ 30℃ $\xrightarrow{\text{蒸汽加温 1h}}$ 45℃ $\xrightarrow{\text{蒸汽加温 1h}}$ 65℃
 $\xrightarrow{\text{恒温 4h}}$ 65℃ $\xrightarrow{\text{降温 1h}}$ 45℃ $\xrightarrow{\text{降温 1h}}$ 室温

4.5.4 管节脱模后应根据各地区不同条件水养 7d 或潮湿养护 10d。

4.5.5 当不采用蒸汽养护时，应按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》的规定养护。

4.6 管节质量检查

4.6.1 管节成型过程中，必须制作试件，测定混凝土立方体的抗

压强度。试件的取样和养护应与管节条件相同。

4.6.2 混凝土试件的取样每工班取三组,每组三块,其中一组测定管节蒸养后拆模强度,一组测定 14d 管节强度,一组为龄期 28d 的强度。

试验方法按现行行业标准《港口工程混凝土试验规程》(JTJ270)的有关规定执行。混凝土强度的合格标准按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》的有关规定执行。

4.6.3 管节混凝土抗拉强度、吸水率和抗渗等级按每 5000m³ 或每半年进行抽样检测一次。试验方法按现行行业标准《港口工程混凝土试验规程》的有关规定执行。

4.6.4 管节的允许偏差应符合表 4.6.4 的规定。

混凝土管节的允许偏差

表 4.6.4

项次	项 目	允许偏差(mm)
1	管节外周长	+15.0 -5.0
2	管节长度	±3.0
3	管节壁厚	+10.0 0
4	管节端面倾斜	D/1000
5	管壁端面倾斜	δ/100
6	预留孔直径	±3.0

5 管桩拼接

5.1 预应力钢筋

5.1.1 钢绞线应按技术条件证明书分批进行外观检查和机械性能的抽样试验。其检验方法应按有关标准的规定执行。不合格者，不得使用。

5.1.2 钢绞线的贮存应采取有效的防锈措施，不得与油脂、碱、盐、酸及有害气体等接触。

5.1.3 钢绞线贮存时，不得竖立或直接与地面接触，应平放在仓库内的搁板上，保持通风干燥。不得在其附近进行焊接或其他作业，以免对材质产生不良影响。

5.1.4 搬运和装卸钢绞线时，不得雨淋、抛掷和砸伤。严禁将扭曲或折弯的钢绞线调直后再使用。

5.1.5 钢绞线下料应采用高速砂轮片切割。

锚具放松切割可用气割法，但其切割点应距锚具 50mm 以上，并应采取措施防止锚具产生退火或回火现象。

5.2 钢绞线锚具

5.2.1 钢绞线锚具结构型式应符合管桩设计构造要求。

5.2.2 钢绞线锚具应有出厂合格证，并按下列规定进行验收。

5.2.2.1 外观检查应从每批 500 套中抽取 10% 且不少于 10 套的锚具检查外观和尺寸。当有一套表面有裂纹或达不到产品标准及设计图纸规定的允许偏差时，应另取双倍数量的锚具重做检查。如仍有一套不符合要求，则不得使用或逐套检查，合格者方可使用。

5.2.2.2 硬度检查应从每批中抽取 5%且不少于 5 套的锚具,对有硬度要求的零件应做硬度试验。当其中有一个零件不合格时,应另取双倍数量的零件重做试验,如仍有一个零件不合格,则不得使用或逐个检查,合格者方可使用。

5.2.2.3 静载荷锚固性能试验时,经上述两项检查试验合格后,应从同批中抽取 6 套锚具组成 3 个预应力锚具组装件,进行静载荷锚固性能试验,当有一套试件不符合要求时,应另取双倍数量的锚具重做试验,如仍有一套试件不合格,则该批锚具为不合格品。

根据管桩钢绞线后张自锚的特点,锚固性能应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工验收规范》(GB50204)Ⅱ类锚具,并具有良好的自锚与退锚性能。锚具效率系数按下式计算:

$$\eta_a = \frac{F_a}{\eta_p F_a^c} \geq 0.90 \quad (5.2.2)$$

式中: η_a ——锚具效率系数;

F_a ——锚具组装件实测极限破断力(kN);

η_p ——预应力筋的效率系数,取 0.97;

F_a^c ——钢绞线极限破断力(kN)。

5.2.3 重复周转使用的锚具应按规定周转次数作定期检查。

5.3 粘结剂技术参数

5.3.1 粘结剂的各项技术指标必须满足设计和施工的要求。

5.3.2 应根据气温的变化调整粘结剂配比。初凝时间宜控制在 1.5h~2h,终凝时间宜控制在 5h 左右。20h~24h 抗压强度应达到 30MPa 以上。

5.3.3 粘结剂固化后,龄期 14d 的物理力学性能应达到如下指标。

5.3.3.1 抗压强度大于 70MPa。试验按现行国家标准《塑料压缩试验方法》(GB1041)的规定执行。

5.3.3.2 抗拉强度大于 10MPa。试验按现行国家标准《塑料拉

伸试验方法》(GB1040)的规定执行。

5.3.3.3 弯曲抗拉强度大于 20MPa。试验按现行国家标准《塑料弯曲试验方法》(GB1042)的规定执行。

5.3.3.4 湿热老化试验,各项技术指标的保留率大于 90%。试验按现行国家标准《漆膜湿热测定法》(GB1740)的规定执行。

5.3.4 管桩拼接粘结固化后,其粘结处的轴心抗拉强度应大于管节混凝土本体轴心抗拉强度。试验方法按现行行业标准《港口工程混凝土试验规程》的规定执行。

5.4 拼接张拉工艺

5.4.1 管桩拼接前应对拼接台车、张拉装置进行检查及调整。

5.4.2 管节混凝土抗压强度应符合设计要求,且龄期大于 14d,管节应符合现行行业标准《港口工程质量检验评定标准》(JTJ242)的有关质量要求,不合格管节不得使用。

5.4.3 管节拼接时,管节端面应平整、无明显缺损和无油污。预留孔道洁净并畅通。

5.4.4 管节的粘结面及外侧倒角应进行清洁处理,并在干燥的状态下涂刷粘结剂。粘结面应涂刷均匀饱满。管节合拢后,应将管节端面内外侧用粘结剂补平,贴上胶带纸,以防粘结剂流淌。

5.4.5 拉伸机与油压表必须配套使用,并应定期维护和校验,以确定张拉力与油压表读数的关系曲线。油压表精度不宜低于 1.5 级,校验设备仪表精度允许偏差为 $\pm 2\%$ 。校验时拉伸机活塞的运行方向应与实际张拉工作状态一致。张拉设备的校验期限,不宜超过半年。张拉设备出现反常现象或拉伸机检修以后,必须重新校验。

5.4.6 锚具夹持钢绞线后,应保证与孔壁间有 3mm~4mm 水泥浆体锚固间隙,如图 3.1.12 所示,钢绞线张拉力的作用线必须与孔道中心线重合,对预留孔道侧壁不得产生侧向力。

5.4.7 钢绞线的张拉应对称和同步缓慢进行。

5.4.8 钢绞线的张拉应分二次进行。第一次张拉在一定的压力下

使管节粘结,待粘结剂达到规定强度后,再进行第二次张拉至设计控制值。

5.4.9 第一次张拉力宜按下列规定:

(1)第一次张拉后,当不需要将管桩吊离拼装台车时,张拉控制力取设计值的 30%~40%;

(2)当要求将管桩吊离拼装台车时,则其张拉控制力要适当提高,一般取设计值的 40%~50%。

5.4.10 第一次张拉作业完成后,管桩吊运至第二次张拉作业区域时,应控制在粘结剂终凝前 2h,否则必须经第二次张拉作业完成后方可吊运。

管桩吊点位置和数量应作验算。各搁支点应平整和坚固,防止不均匀沉降。

5.4.11 第二次张拉时,必须符合下列规定:

(1)粘结剂抗压强度大于 30MPa;

(2)钢绞线张拉力与设计规定值的允许偏差为 5%。

5.4.12 钢绞线张拉伸长量应按下式计算:

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2 \quad (5.4.12)$$

式中: ΔL ——钢绞线伸长量(mm);

ΔL_1 ——初始张拉力的理论推算伸长量(mm);

ΔL_2 ——实测伸长量(mm)。

初始张拉力可按设计值的 10%控制。

钢绞线伸长量 ΔL 和理论伸长量允许偏差为 10%。

钢绞线张拉结束时,其回缩量不大于 6mm。

5.4.13 当张拉力值与伸长量发生异常应查明原因方可继续张拉。

5.5 预留孔道压浆

5.5.1 水泥浆体材料应符合下列规定。

5.5.1.1 水泥质量按国家现行标准,采用不低于 525 号硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

5.5.1.2 经试验选定的外加剂、膨胀剂和拌和用水,符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》的规定。

5.5.2 水泥浆体的制备符合下列规定。

5.5.2.1 宜采用不低于 1000r/min 的高速搅拌机拌和,采用 100r/min 低速拌和筒储备。

5.5.2.2 水灰比不应大于 0.35。

5.5.2.3 流动度宜控制在 16s~20s 范围。

5.5.2.4 拌和后 3h 的泌水率应小于 2%,且 24h 后离析水被吸收。

5.5.2.5 在无约束条件下,自由膨胀率宜控制在 5%~10%。

5.5.2.6 可使用时间应控制在 30min 内无变化。

5.5.3 高温季节拌浆时应采取适当降温措施。管桩温度低于 5℃ 或以后 48h 内可能降至 5℃ 以下时,应对管桩加热,且拌浆采取保温措施。

5.5.4 孔道压浆应符合下列规定。

5.5.4.1 压浆前在桩的预留孔道两端安装阀门,并采用 0.2MPa 压力水检查桩身与接缝是否漏水。压水检查后,用压缩空气将预留孔道内积水吹尽。

5.5.4.2 水泥浆由桩顶向桩端压送,不得中断,待出浆口流出浓浆后关闭出浆口阀门,并保持 0.4MPa~0.6MPa 压力 2min~3min,以确保浆体密实性。

5.5.4.3 压浆顺序由下部孔道逐渐向上部孔道进行。

5.5.4.4 水泥浆体初凝后,方可拆除阀门。

5.5.5 压浆后,水泥浆体抗压强度不应小于 28MPa 或水泥浆体与钢绞线的粘结力大于 0.2kN/mm 时方可移动或切割钢绞线。

5.5.6 水泥浆体立方体抗压强度不应小于 40MPa。试验按现行行业标准《港口工程混凝土试验规程》的规定执行。

6 管桩吊运、堆存和装运

6.1 场内吊运

6.1.1 管桩在制作厂的吊运应按现行行业标准《港口工程桩基规范》的规定进行内力验算。

6.1.2 吊运宜采用钢桁架,钢桁架应具有足够的刚度,防止吊桩时产生过大变形。吊索应与桩纵轴线垂直;当不采用钢桁架吊运时,吊索与桩纵轴线夹角应大于 45° 。

6.1.3 吊运时桩身可采用钢丝绳扣捆绑,其吊点位置应符合设计要求,允许偏差为 $\pm 200\text{mm}$ 。

6.1.4 吊运时各吊点应同时受力,徐徐起落,避免震动,防止桩身损坏。

6.2 场内堆存

6.2.1 堆存场地应平整和坚实,避免不均匀沉降。

6.2.2 管桩宜采用多点支垫,支垫间距取 4m 左右。

6.2.3 管桩多层堆存时,堆放层数应根据地基承载力、垫楞强度和堆垛稳定性等确定,并定期检测垫楞的水平度。堆放层数不宜超过三层,各层垫木应位于同一垂直面上。

6.3 装 运

6.3.1 管桩装船,应采取间距为 4m 的多支点大方木底楞搁置。底楞顶面应在同一平面上。桩身两侧应垫置梯形垫块,用以稳定底层管桩和受力良好。梯形垫块支点位置应满足管桩截面垂线夹角不小于 40° ,如图 6.3.1 所示。

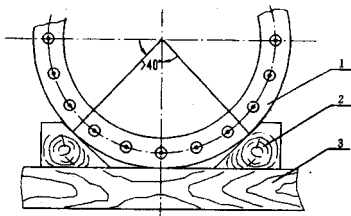


图 6.3.1 管桩搁支点断面

1-管桩;2-梯型垫块;3-大方木底楞

6.3.2 对于甲板面为弧形的驳船,底层管桩不便使用多支点大方木底楞,可沿桩身两侧间断垫置梯形垫木,垫木应平整和垫紧,并固定牢靠。

6.3.3 底层以上各层管桩采用木楔支垫,各层支垫应在同一垂直面上,相邻两垫木必须用马钉固定,以防松动脱落。

6.3.4 短途运输时应按沉桩顺序装船。当出现短桩在下位,长桩在上位,管桩搁置的悬臂长度超过规定时,应作高位支撑,支撑必须坚实牢固。

6.3.5 长途运输选用的驳船吨位较大时,可按驳船的平面尺寸合理布置装船。管桩装驳高度以四层为限,各层之间必须支垫牢固,并用槽钢作整体加固,以防风浪。

6.3.6 管桩的装运,有关部门应绘制装驳图和加固图。

6.3.7 卸船时应从船的两侧对称吊桩,保持船的稳定。

管桩的允许偏差

表 7.3.1

项次	项 目	允许偏差(mm)
1	桩 长	±100
2	桩顶倾斜	$\leq 5D/1000$
3	拼接缝处错牙	6
4	两侧各为 4m 范围的拼接缝处弯曲矢高	8

8 管桩沉桩

8.1 沉桩工艺选择

8.1.1 沉桩工艺应根据地质条件、单桩极限承载力和桩身强度确定。

8.1.2 沉桩工艺分为锤击沉桩和水冲锤击沉桩。粘性土地基宜用锤击沉桩。砂性土地基当沉桩有困难时,宜用内冲内排法水冲锤击沉桩。

8.1.3 对于岩基覆盖层较薄不足以嵌固管桩时,可采用嵌岩桩的施工工艺。关于预应力混凝土大直径管桩嵌岩施工,可参照附录 B。

8.1.4 水冲锤击沉桩当桩端距设计标高 1.0~1.5 倍桩径时,应停止冲水改用锤击,以保证基桩的承载力。水冲锤击沉桩后,应及时与邻近桩或固定结构夹紧,防止桩身倾斜和位移。

8.1.5 锤击沉桩应根据地质条件和单桩极限承载力等情况,选择合适的锤型,使沉桩既能满足设计要求的承载力,且锤击过程中桩身产生的锤击拉、压应力又不超出桩体混凝土的控制值。缺乏经验时,可参照附录 C 选用。

8.1.6 锤击沉桩所用的替打、桩垫和锤垫满足下列要求。

8.1.6.1 替打制作应保证加工质量,用钢板焊接加工的替打应作回火处理。为减少打桩拉压应力宜采用碟簧桩帽,碟簧桩帽应与沉桩锤型相适应。

8.1.6.2 桩垫宜采用棕绳或麻绳盘根垫,或其他经试验后确认为合适的桩垫。

8.1.6.3 锤垫宜采用具有一定弹性及刚度的材料,如竖纹硬木

垫、石棉板垫和钢丝绳垫等。

8.1.7 管桩工程应安排试打桩及高应变动测,用以验证所选桩锤是否符合工程要求,并取得与设计要求承载力相应的沉桩控制贯入度,作为停锤标准的依据。

8.1.8 试打桩及高应变动测试验可利用工程桩,但对需要进行复打的动测桩,必须考虑间歇期及复打的可能性。

8.1.9 管桩吊桩时,其吊点及吊点位置应符合设计要求,并应采取必要措施避免钢丝扣滑脱。

8.2 沉桩控制及质量标准

8.2.1 沉桩前应对管桩进行逐根检查,核实管桩出厂合格证与施工用桩是否相符,检查管桩外观质量及运输中有否损伤。

8.2.2 锤击沉桩的控制应根据地质条件、设计承载力、锤型、桩长及高应变动测结果综合考虑,其停锤标准按下列要求执行。

8.2.2.1 设计桩端持力层为一般粘性土时,应以标高控制。

8.2.2.2 设计桩端持力层为硬塑状的粘性土、粉细砂和砾砂土时,应以标高控制为主,当沉桩贯入度比较小而达不到设计桩端标高时,应以贯入度控制,并按最后一阵 10 击平均贯入度达到 5mm~10mm 时即可停锤。当桩端标高仍超过设计标高 2m 时应与设计部门研究解决。

8.2.2.3 设计桩端持力层为风化岩时,应以贯入度控制,当最后一阵 10 击平均贯入度不大于控制贯入度时,即可停锤。当桩端打到设计标高,而贯入度仍较大,则应继续锤击,直至最后一阵 10 击平均贯入度达到或接近控制贯入度为止。但当继续锤击有困难影响施工时,应会同设计部门协商解决。

8.2.3 水冲锤击沉桩,停锤标准应以设计桩端标高控制。若桩端持力层为风化岩地基时,则应以贯入度控制。

8.2.4 锤击沉桩时应保持桩锤、替打和桩三者在同一轴线上。

8.2.5 锤击沉桩允许偏差应符合表 8.2.5 的规定。

锤击沉桩允许偏差

表 8.2.5

允许偏差 (mm)	桩 位	排架桩		墩台桩			允许垂直度 不大于
		直桩	斜桩	边 桩		中间桩	
				直桩	斜桩		
区 域							
有掩护水域		150	200	150	200	250	1/100
无掩护近岸水域		200	250	200	250	300	1/100
无掩护离岸水域		250	300	250	300	300	1/100

注：①沉桩允许偏位是指设计桩的平面位置与夹桩铺底板后，所测桩位置数值之差，在夹桩时严禁拉桩；

②近岸指距岸 $\leq 500\text{m}$ ，离岸指距岸 $> 500\text{m}$ ；

③长江和掩护条件较差的河口港沉桩可按“无掩护近岸水域”标准执行；

④当遇有障碍物时，其允许偏位可会同设计单位研究处理；

⑤水冲锤击沉桩的允许偏位可由设计、施工单位协商确定。

8.2.6 锤击沉桩时，桩身不得出现裂缝，当发现桩身有裂缝时，应会同设计单位研究处理。

8.2.7 锤击沉桩时应采取有效措施，防止断桩发生。如果出现断桩，应会同设计单位研究处理。

8.2.8 沉桩后对于超过设计标高的桩应截除。截桩可采用机械截桩或人工截桩。截桩时要避免出现纵向裂缝。

8.2.9 在沉桩期间，可分期分批进行高应变动测和低应变桩身质量检测。高应变动测以检验桩的承载力为主，其数量宜取总沉桩数的2%~5%，并不得少于5根。低应变检测用以检验桩的完整性，其数量宜取总沉桩数的10%。高应变动测和低应变检测应符合国家现行标准的规定。

8.3 沉桩注意事项

8.3.1 锤击沉桩时，必须采取管桩芯内排气、排水措施及涌土处理，以防桩身产生纵向裂缝。

8.3.2 水冲锤击沉桩过程要保持水冲管的位置不得超出桩端，以防止桩端土体掏空而使桩身产生过大锤击拉应力。

- 8.3.3** 沉桩时严禁边锤击边纠正桩位,以免造成断桩事故。
- 8.3.4** 正位下桩而在沉桩过程发现有规律性偏移时,应取得监理工程师认同采取“保桩不保位”的措施,避免引起断桩。
- 8.3.5** 桩垫必须及时更换,更换时应将残留物清除干净。
- 8.3.6** 在航道附近沉桩时,应注意过往船只所产生的船行波对打桩船的影响,必要时可暂停锤击。
- 8.3.7** 在已沉桩完的区域周边,应设明显标志,夜间设置红灯,以策安全。

附录 A 常用预应力混凝土大直径管桩 型号、规格和力学性能

A. 0.1 计算绘制本附录图表的技术参数条件如下:

(1)管桩型号和力学性能系按复合法桩、桩长 40m 考虑;

(2)混凝土强度等级为 C_{60} ;

轴心抗压强度标准值 f_{ck} 为 38MPa;

轴心抗压强度设计值 f_c 为 28MPa;

轴心抗拉强度标准值 f_{tk} 为 2.95MPa;

轴心抗拉强度设计值 f_t 为 2.2MPa;

(3)钢绞线抗拉强度标准值 f_{ptk} 为 1570MPa;

钢绞线抗拉强度设计值 f_{py} 为 1070MPa;

(4)轴力与弯矩关系图中:

MP 为承载能力极限状态下,正截面抗弯能力与轴力的关系曲线;

Mf_1 、 Mf_2 、 Mf_3 、 Mf_4 为正常使用极限状态下,混凝土拉应力限制系数 α_{ct} 分别取 0.00、0.30、0.50、0.80 时,正截面抗弯能力与轴力的关系曲线。

A. 0.2 常用管桩型号、规格如表 A. 0.2。

常用型号和规格表

表 A. 0.2

管 桩 型 号	A0	A1	A2	B1	B2	C1	C2
管桩外径 D (m)	1.000	1.200	1.200	1.200	1.200	1.400	1.400
管桩内径 d (m)	0.74	0.940	0.940	0.910	0.910	1.100	1.100

续上表

管 桩 型 号	A0	A1	A2	B1	B2	C1	C2
桩截面积 $A(\text{m}^2)$	0.355	0.437	0.437	0.481	0.481	0.580	0.580
桩截面惯性矩 $J(\text{m}^4)$	0.0356	0.0655	0.0662	0.0713	0.0717	0.1217	0.1222
预留孔数	18	20	20	16	18	18	20
预留孔直径(m)	32	32	32	40	40	40	40
预应力钢绞线直径(mm)	15.2	15.2	17.8	15.2	15.2	15.2	15.2
预应力钢绞线数量	18	20	20	32	36	36	40
混凝土有效预压应力 $\sigma_{pc}(\text{MPa})$	6.93	6.28	8.28	8.63	9.66	8.28	9.17

A. 0.3 常用管桩力学性能—轴力与弯矩关系图

如图 A. 0.3-1~图 A. 0.3-7 所示。

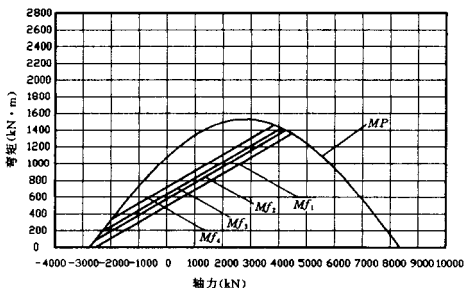


图 A. 0.3-1 A0 型管桩轴力与弯矩关系图

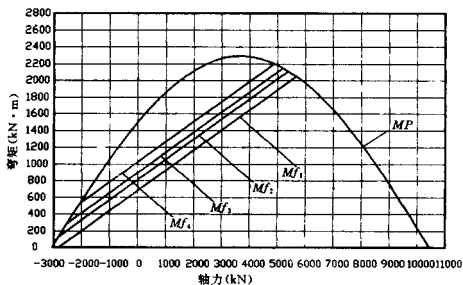


图 A. 0. 3-2 A1 型管桩轴力与弯矩关系图

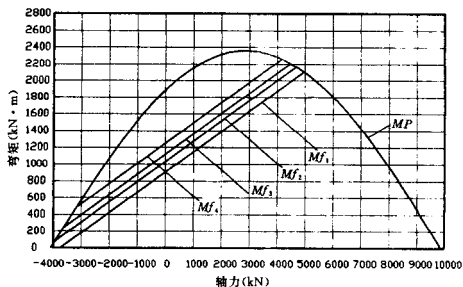


图 A. 0. 3-3 A2 型管桩轴力与弯矩关系图

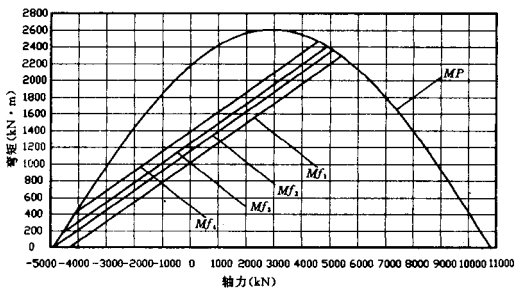


图 A. 0. 3-4 B1 型管桩轴力与弯矩关系图

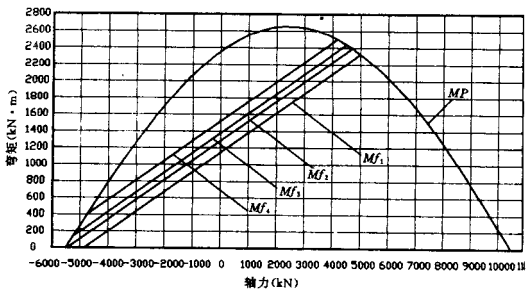


图 A. 0. 3-5 B2 型管桩轴力与弯矩关系图

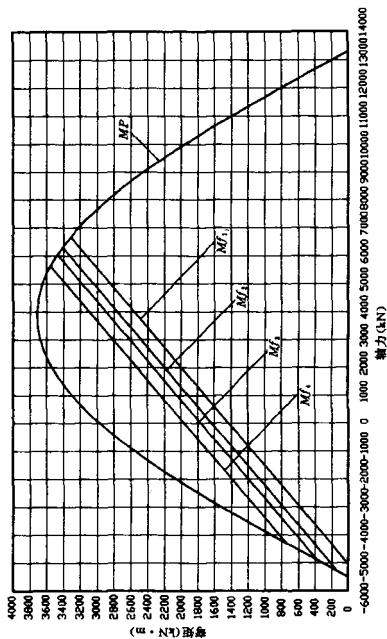


图 A.0.3-6 C1 型管桩轴力与弯矩关系图

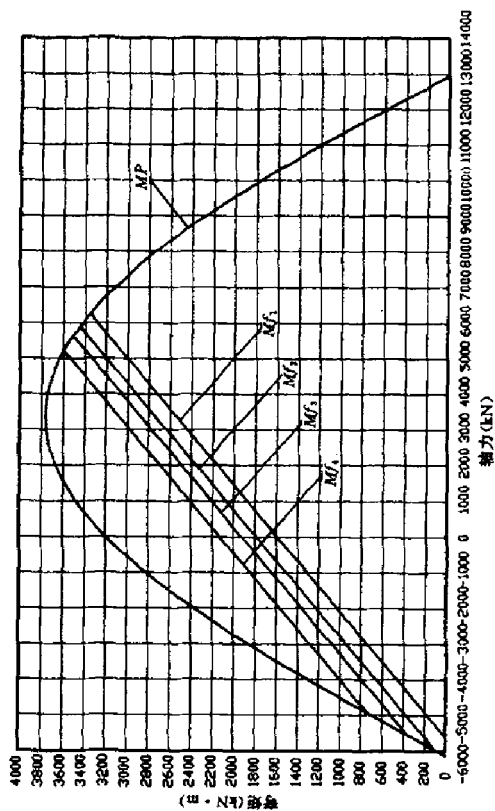


图 A.0.3-7 C2型管桩轴力与弯矩关系图

附录 B 预应力混凝土大直径 管桩嵌岩施工

B.0.1 管桩嵌岩采用管桩内径嵌岩、管桩植桩嵌岩和管桩锚杆嵌岩三种类型,应根据工程使用要求及地质条件等因素选用。

B.0.2 管桩内径嵌岩应先沉桩至风化岩面,然后用钻岩船或搭设平台进行钻孔作业,在管桩内钻至岩层设计标高后,进行清渣,下钢筋笼浇水下混凝土或不离析混凝土。

B.0.3 管桩植桩嵌岩应是在岩面上基本无覆盖层的地质条件下,管桩无法锤击沉桩站立,可先在基岩上预钻设计深度的孔,然后将管桩插入、清孔和下钢筋笼,并灌注混凝土锚固。

B.0.4 管桩锚杆嵌岩应先沉桩至风化岩面,然后搭设平台,进行桩芯取土至中等风化层,浇混凝土并找平,再按要求的孔径钻孔至设计深度,然后清孔和下锚杆,在岩面下孔内压注水泥浆或水泥砂浆将锚杆与岩石锚固,岩面上灌注混凝土使锚杆与管桩锚固。每根桩可布置若干根锚杆。锚杆可采用钢筋或钢绞线。根据桩的用途,桩以受拉力为主时,锚杆可施加预应力,当仅为固结桩端时,可不加预应力。

B.0.5 管桩嵌岩深度一般进入中等风化岩面以下 1.5~4 倍桩径。如以嵌岩为主宜取 3~4 倍桩径,如以提高承载力为主一般取 1.5 倍桩径。关于管桩的嵌岩深度设计应按国家现行标准的规定执行。

B.0.6 管桩嵌岩所用钻机与陆上钻孔桩成孔使用钻机相同,可采用回旋钻机或导杆冲击钻机。当使用回旋钻机时应根据岩石性质和钻孔直径,选择相应扭矩的机型,并配用合适的牙轮钻头。钻头进入中等风化岩面后应减压和减速钻进,钻速宜减至 $7\text{r/min} \sim 14\text{r/min}$,钻压减至 20kN ,进尺为 $0.5\text{m/h} \sim 0.16\text{m/h}$ 。

B.0.7 钻孔的清渣宜采用砂泵、空气吸泥或其他可靠方式,使钻

孔清洁无沉渣,以确保桩嵌固质量。当覆盖层较薄时,尤其是遇到透水性较大的土质,清渣不宜采用泵吸或空气吸泥方式,而应采用“取渣桶”方式,以防止清渣时造成流沙、管涌,危及桩身稳定。

B.0.8 嵌岩桩施工水上平台的搭设,除考虑作业和混凝土浇筑施工荷载外,还应考虑桩入土深度较浅等因素,宜将多根桩连成整体,以增加其稳定性。必要时进行稳定性验算。

平台可先在近岸侧搭设,然后外延。有条件时亦可在嵌岩桩区的下横梁或下层墩台作为施工平台。

B.0.9 管桩嵌岩施工应注意下列事项:

(1)在嵌岩桩区域内,将地质勘探孔适当加密,以摸清下卧基岩的准确走向,基岩的岩性,风化情况和岩面的倾斜程度等;

(2)为保证管桩嵌岩施工顺利进行,应根据地质和施工条件,对管桩桩端联接的钢管壁适当加厚,增强桩端口刚度,选择合适的停锤标准,防止沉桩时钢管出现较大变形和卷口,造成以后钻岩困难。

附录 C 选锤参考资料

选锤参考资料表

表 C

项 目	常 用 锤 型	柴 油 锤				
		MB-70	MH-72B	MH-80B	D-80	D-100
锤型资料	锤芯重(t)	7.06	7.06	8.0	8.0	10.0
	锤总重(t)	26.68	18.0	20.74	16.04	19.43
	常用冲程(m)	1.8~2.3	1.8~2.3	1.8~2.2	2.8~3.2	2.8~3.2
	最大锤击能量(kJ)	191	212	220	272	340
与锤相应的混凝土管桩(mm)		φ1000			φ1200	≥φ1200
锤击沉桩 时打入硬 土层的能 力	硬粘土可打入深度(m)	10~15			10~15	10~20
	中密状砂层可打入深度(m)	8~15			8~15	10~15
	桩端处密实砂或砾砂打入深度(m) $N=50$ 击	0.5~1.5			0.5~1.5	0.5~1.5
	桩端处风化岩打入深度(m) $N>50$ 击	0.5~1.5			0.5~1.5	0.5~1.5
	所用锤可能达到的极限承载力 (kN)	4000~7000			6000~9000	≥9000
	最终 10 击的平均贯入度(mm/击)	5~10			5~10	5~10

说明：1. 本表仅供施工单位选锤时参考，不得作为极限承载力的依据；

2. 硬粘土是指老粘性土，强风化残积层 $N=20\sim40$ 击 (N 为未经修正数值)；

3. 其他锤型可根据最大锤击能量参照选用。

附录 D 本规程用词用语说明

D. 0. 1 为了便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度的用词说明如下:

(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:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

(3)对表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”或“可”;

反面词采用“不宜”。

D. 0. 2 条文中指定应按其它有关标准、规范执行时,写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。非必须按照所指定的标准、规范执行时,采用“可参照……”。

附加说明

本规程主编单位、参加单位和 主要起草人名单

主 编 单 位：交通部第三航务工程局科学研究所

参 加 单 位：交通部第二航务工程局第三工程公司

交通部第三航务工程勘察设计院

交通部第三航务工程局第五工程公司

交通部第三航务工程局第四工程公司

交通部第二航务工程局科学研究所

主要起草人：严忠英

（以下按姓氏笔画为序）

朱仰圣 刘鹏飞 张才博

李元胤 罗晓明 曹称宇

JTJ/T261—97

条文说明

制 订 说 明

本规程根据交通部工技字(1993)305号文件,《关于召开部分标准规范项目计划工作会议》和基技字(1994)43号文,关于《港口工程大直径预应力混凝土管桩技术规程》编制工作大纲的批复要求进行编写。主编单位为交通部第三航务工程局科学研究所,参加单位为交通部第二航务工程局第三工程公司、交通部第三航务工程勘察设计院、交通部第三航务工程局第四、五工程公司、交通部第二航务工程局科学研究所。

本规程是在已取得的科技成果和多年来工程实践的基础上,经征求有关单位的意见,并多次反复修改而成的。为了便于使用者正确理解和掌握本规程的条文,在编写条文的同时,编写了条文说明。

本规程各章条文、条文说明及附录的编写人员如下:

第1章	伍荣官		
第2章	严忠英		
第3章	李元胤	曹称宇	张才博
第4章	严忠英	朱仰圣	
第5章	朱仰圣	严忠英	
第6章	严忠英	刘鹏飞	
第7章	严忠英	朱仰圣	
第8章	刘鹏飞	罗晓明	
附录A	曹称宇		
附录B	罗晓明	刘鹏飞	
附录C	刘鹏飞		

参加本规程工作人员还有:余 丰、张水涛

本规程于 1996 年 9 月 12 日通过部审,于 1997 年 7 月 31 日颁布,1997 年 10 月 1 日起实施。

目 次

1. 总 则	(46)
3. 管桩设计	(47)
4. 管节制造	(49)
5. 管桩拼接	(51)
6. 管桩吊运、堆存和装运	(53)
7. 管桩质量检验	(54)
8. 管桩的沉桩	(55)
附录 A 常用预应力混凝土大直径管桩型号、规格和 力学性能	(58)
附录 B 预应力混凝土大直径管桩嵌岩施工	(59)

1 总 则

1.0.1 预应力混凝土大直径管桩系采用分段成型混凝土管节,管节间涂刷粘结剂,张拉预应力钢绞线,预留孔道内压力灌注水泥浆体,使钢绞线自锚等工艺手段拼接成的管桩。

1.0.2 现在预应力混凝土大直径管桩绝大部分用于港口工程的高桩码头中,而造船工程中的舢装码头是相类似的,故亦可应用,对于桥梁工程,只要地质条件适合,并有沉桩条件,同样可以采用。目前已在浙江的内河及跨海大桥工程中得到应用。

本规程管桩直径为 1.0m~1.4m,大于目前生产的预应力混凝土管桩,故增加定语“大直径”以示区别。

3 管 桩 设 计

3.1 计 算

3.1.2 粘结剂预应力损失值 σ_{l3} 计算方法参照《公路预应力混凝土桥梁设计规范》(试行)确定。复合法桩因接缝处粘接剂相当薄,其收缩徐变极微,造成预压应力损失甚少,设计计算时 σ_{l3} 可取 0。

3.1.4 由于管桩的单桩垂直承载力可达 9000kN 以上,故施工中均采用锤能较大的锤来施打,打桩拉应力较预应力混凝土方桩为大;对组合桩,实测最大打桩拉应力可达 10MPa~12MPa。从技术经济综合因素考虑确定打桩拉应力标准值为 6MPa~9MPa,因此在设计管桩时,必须根据地质条件和锤能等情况综合考虑。

3.1.7 根据以往管桩桩端持力层为砾石层、砂砾层、风化层等情况,锤击压应力不大于桩体混凝土轴心抗压强度设计值。

3.1.8 依据桩制作工艺的不同,分别限制沉桩锤击总数。如复合法桩,因它的耐锤击性能较好,沉桩采用 D100 型锤 1 档或 2 档施打,其最大锤击总数,桩顶管节加钢板套箍的可控制在 2500 击以内,桩顶管节为钢纤维混凝土的可控制在 3500 击以内。

3.1.12 高应变动测可验证桩的承载力,特别是在复杂地质条件下,对调整桩长有一定的指导意义。

3.2 构 造

3.2.5 现在管桩还只应用于没有抗冻要求的连云港以南地区。为了在北方港口工程中推广应用管桩,曾在 60MPa 的管桩混凝土中加 PC-2 引气剂,然后进行抗冻试验,试验做至 350 个循环,未做至破坏。另外在东北某港口码头工程中,为了论证采用的预应力混

凝土大直径管桩抗冻性能的要求,从制作的 60MPa 混凝土管节本体上取样做了抗冻试验,试验做至 300 个循环,亦未做至破坏,满足设计要求。由此说明,管桩在混凝土中掺加合适的引气剂,管桩在有抗冻要求的地区完全可以应用。

3.2.6 管节最小壁厚 130mm 是根据主筋保护层厚度要求而定。

3.2.7 复合法工艺制作的管节混凝土密实性和抗渗性较好,经技术论证,50mm 的保护层已可满足要求。

按现行行业标准《港口工程混凝土设计规范》对桩预应力钢筋保护层厚度规定亦为不小于 50mm。故本条文统一规定预应力钢筋保护层厚度不小于 50mm。

3.2.8 主筋预留孔径和孔距是分别根据钢绞线水泥浆体自锚握裹力和管节成型工艺要求确定。

3.2.11 管桩顶设置钢板套箍,或采用钢纤维混凝土,对锤击沉桩过程中防止桩顶打碎有明显的效果。

3.2.12 桩端设置带有法兰的钢管长度 1m 以内的,一般称之为钢桩靴,钢管长度超过 1m 的,称之为组合桩。

当桩打入硬土层、老粘土层、风化岩层和砾石层时,桩端设置钢桩靴可增加沉桩的穿透能力。

组合桩一般使用在由于沉桩设备的限制而需减轻桩自重或管桩嵌岩施工。

钢桩靴和组合桩的钢管直径一般按管桩的内径设置。当需“植桩”嵌岩等情况,亦可按管桩的外径设置。

4 管节制造

4.4 管节成型工艺

4.4.1 塑料垫块表面制成凹凸面,阻止海水渗入,保证管节混凝土的高密实性。

塑料垫块压制成卡式,易卡住钢筋笼,使钢筋笼与钢模内壁固定牢靠,保证保护层厚度尺寸一致。

4.4.2 橡胶套管的壁厚视其成型孔道直径而定,太薄总的拉断力不够,胶管易拉断,太厚则抽拔力很大,因此一般控制在 4mm~4.5mm 为宜。

4.4.5 目前复合法管节构造筋采用 $\phi 8$ 圆钢冷拔至 $\phi^L 7, \phi^L 6$ 后进行编织,经冷拔后,钢筋的抗拉强度和焊接性能都得到提高。

4.4.7 用复合法制管节专用设备成型的管节截面骨料均匀,无分层离析现象,混凝土密实性好。

规定布料连续一次完成,可使整个管节断面混凝土均质,避免混凝土分层。

4.4.8 为保证混凝土质量应严格控制每次下料量和振动时间。

4.4.13 试验结果表明,管节端面混凝土经磨除后进行粘结,与未经磨除进行粘结相比,可提高弯曲抗拉强度 35%。因此在管节制作工艺中规定了管节的端磨工序。

4.5 管节养护

4.5.1 采用立式放置进行蒸养有利于克服管节内壁纵向裂缝的发生。

4.5.3 采取蒸汽养护以加速混凝土的固化,从而加快钢模的周

转。根据生产实践经验,蒸汽养护的温度和时间关系应严格执行,否则将会产生严重的质量问题。特别指明,静定干热温度应在 30°C 左右,时间在 2h 以上。如静定温度偏低,必须适当延长静定时间,或采用取暖方式提高静定温度,不得在静定时间内直接通入湿蒸汽提高温度。

4.5.4 经蒸养后的管节,应采取有效措施继续养护,这对提高混凝土耐久性有重要的作用。

4.6 管节质量检查

4.6.1 根据对复合法成型的混凝土管节取芯与标准试件取芯测定结果,前者比后者抗压强度平均约高 10% ,本条文中复合法管节混凝土亦采用标准试件强度是偏于安全的。

4.6.3 根据复合法管节混凝土性能的测定,均比现规程中指标高,故本规程中只作定期定量抽样测定。

5 管 桩 拼 接

5.2 钢绞线锚具

5.2.2 本条文根据国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204—92)有关规定和管桩拼接张拉工艺特点制订。

5.3 粘结剂技术参数

5.3.3 管桩拼接缝粘结剂的材性和质量,是用户及工程设计人员非常关心和重视的问题,因此在本规程中对粘结剂作了比较详细的规定。根据对粘结剂的试验资料及工程制作实际应用的二种粘结剂资料来看,复合法桩应用的粘结剂抗压强度为 70MPa~90MPa,抗拉强度大于 26MPa,弯曲抗拉强度大于 45MPa;立式法桩应用的粘结剂抗压强度为 70MPa~90MPa,抗拉强度大于 11MPa,弯曲抗拉强度大于 22MPa。远高于管桩混凝土各项强度的指标值。

粘结剂基本属于塑料类,其试验方法均采用现行国家标准中有关塑料试验方法规定进行。

粘结剂属于高分子材性,它的使用环境是处于封闭的接缝中,不与外界大气直接接触,因此它的老化试验可按现行国家标准《漆膜湿热测定法》(GB1740—79)的规定进行。

根据目前对二种粘结剂,按上述国家标准规定:温度为 $47 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 和 50°C ,相对湿度为 $96 \pm 2\%$,以抗压强度、抗拉强度、抗折强度及其与水泥砂浆的粘结强度,通过 2000h 时湿热老化试验结果表明,试验前后性能没有明显的差异,由此可见,粘结剂的耐老化性能是优良的。

本规程中所规定的粘结剂性能指标,即使老化后降低 10%,亦足以保证管桩拼接粘结剂用料的要求,故平时生产中一般不做该项试验,只是在试制新的粘结剂配方时,按需要进行。

5.3.4 试验结果表明,不论是标准试件和管节实体取样试件,混凝土接头按工艺要求粘结,其断裂面均发生在混凝土本体。

5.4 拼接张拉工艺

5.4.4 管桩拼接时混凝土管节端面、倒角处的清洁和干燥程度,粘结剂是否涂刷均匀,缺损处是否填实,对粘结强度都有很大影响。根据试验结果,粘结表面经处理后其粘结强度可提高 38%。

5.4.7 管桩为对称截面构件,为避免使构件偏心受压,必须对称张拉。

5.4.8~5.4.11 管桩预压应力比较大,一般为 6MPa~9MPa,而且是由多管节拼接而成,往往在拼接过程中很难绝对保证每一个管节间的平直,如一次张拉至设计张拉力值时,就很有可能造成管节端部混凝土被局部挤碎或出现裂缝,因此采用二次张拉工艺,依靠粘结剂达到一定强度,即最大预压应力 3 倍值,使整个管节端面均匀受力,从而避免管节端部挤碎或出现裂缝。

5.4.12 Δl_1 是初始张拉力 10% 的伸长量,无法实测,故只能按张拉力的理论推算值为准。

5.5 预留孔道压浆

5.5.2 水泥浆体的水灰比较小,目前施工灌浆常用水灰比为 0.32 左右,因此水泥浆体必须用高速搅拌机拌制才能满足流动度的要求。

拌和后的水泥浆体可使用时间为 30min 左右,因各地的气温和季节的差异应使浆体随气温变化而调整。

5.5.5 为保证水泥浆体与管节混凝土的粘结强度和浆体与钢绞线的握裹力,故作本条规定。

6 管桩吊运、堆存和装运

6.3 装 运

6.3.1 管桩装船是按宝塔形分层装驳,为使底层管桩稳定和受力良好,特作此规定。

6.3.2 沿桩身两侧间断垫置梯形垫木时,应在甲板上焊铁件固定底楞垫木,梯形位置垫木应准确,管桩受力均匀。

6.3.4 短途运输管桩,多用 5000 吨级以下驳船装运,打桩船可以直接在运桩船上吊桩,不必再倒驳。因此,装桩时应按打桩顺序装船。于是会出现短桩在下位,长桩处于短桩上位的情况,当桩的悬臂长度超过规定时,应妥善加撑,避免造成损失。

6.3.5 管桩长途运输多采用 5000 吨级到 10000 吨级驳船装运,因装桩层数受桩身混凝土强度限制,故不能装得太高。经强度验算,管桩可装 4 层。

7 管桩质量检验

7.2 结构性能测定

7.2.1 作为工厂化制作的预应力构件,应有反映该产品综合质量的指标。本条以抗裂弯矩作为综合指标,并规定了检测的方法和数量。

8 管桩的沉桩

8.1 沉桩工艺选择

8.1.5 根据以往桩径 1200mm 管桩工程经验,当桩基持力层为粘性土或桩端虽进入砂层,但桩长较短时,可选用 80 型锤。如 MH-80 锤,KB-80 锤或类似锤型。当桩基持力层为标准贯入度击数较高的密实砂层、风化岩或桩长较长时,则宜选用 D-100 型桩锤或其他能量类似的锤型。

8.1.6 替打制作应保证加工质量,主要是指焊缝质量。另外当用钢板组合制作替打,其焊接应力较大,为消除此应力,所以要求作回火处理。

近年研制成功的大型碟簧桩帽,基本与管桩的沉桩相配套,碟簧桩帽在沉桩过程中主要功效:

(1)可以显著削平锤击峰值,降低锤击应力,减小偏心锤击,因而可以避免桩头混凝土碎裂,确保沉桩质量;

(2)延长有效锤击力的作用时间,提高穿透能力;

(3)节省锤垫和桩垫材料。

管桩沉桩所用桩垫一般都用木垫,且木垫多是木板拼接制成,制作粗糙,且厚薄和木质软硬不一,致使打桩时桩顶局部应力过大,桩顶易打碎。有的工程改用棕绳或麻绳垫后,效果较好。80 锤和 D-100 锤的锤垫多用直径 25mm 以上粗钢丝绳割成小段,纵横分层铺设制成。使用效果较好。

8.1.8 为降低工程造价,试打桩可利用工程桩,因此试打桩可以多打几根桩。试打桩可采用以下 2 种形式:

(1)单一试打桩,只是验证桩好不好打,以及所选用的锤型能

不能将桩顺利打到设计标高,为设计确定桩长作参考;

(2)试打桩加以动测,并进行复打,取得单桩极限承载力,以提供“停锤标准”。对第二种试打桩的位置,必须考虑间歇期后复打的可能性,并在选择桩位时考虑其地质情况,应具有一定的代表性。

8.2 沉桩控制及质量标准

8.2.2 本条第 8.2.2.2 款是根据沉桩经验考虑桩的安全,并非“控制贯入度”。因为断桩往往就在贯入度很小而要求再继续锤击时发生。对于桩径 1200mm 的管桩最后一阵 10 击贯入度 80 型锤不宜小于 5mm,D-100 型锤 2 档油门不宜小于 10mm。

风化岩地基沉桩的控制贯入度以动测和设计单桩承载力相应的贯入度作为该工程“控制贯入度”。

关于在风化岩地基沉桩施工中对停锤标准争议较多。某码头管桩设计对风化岩地基停锤标准曾提出过三点要求:

(1)控制贯入度按 80 锤最后一阵 30 击平均贯入度不小于 3mm;

(2)桩端距设计标高不宜超过 1m;

(3)沉桩总锤击数不宜少于 1200 击。

要求以上三点必须同时满足方可停锤。但实际上对高于设计桩端标高的桩,最后都是截除。故本规程规定对风化岩地基停锤标准只以“控制贯入度”控制。

在风化岩地基,由于岩面起伏变化较大,会出现当桩端打到设计标高,而贯入度仍大于控制贯入度的情况,此时应继续锤击,一直打到控制贯入度为止。因此设计单位在这种地基中应增加钻孔的密度,尽量避免桩端已达到设计标高而贯入度仍很大的现象。

8.2.7 根据管桩码头沉桩,曾发生过断桩事故。断桩的处理应会同设计单位研究解决。一般处理方法是补打一根 10:1~12:1 斜桩。并保持其桩顶位置不变。

为避免发生断桩事故,应选择适当的桩型、桩锤、替打和桩垫,确定合理的“控制贯入度”,注意周围环境对打桩船施工作业的影

响。

8.3 沉桩注意事项

8.3.1 锤击沉桩时,在管桩下桩后,管桩空腔内留有气体、水体或涌入淤泥,在锤击过程中这些媒介质会产生动水压力,当动水压力达到某一值后会使桩身产生纵向裂缝。

附录 A 常用预应力混凝土大直径 管桩型号、规格和力学性能

本附录常用管桩型号和规格,是依据近 10 年在港口码头工程中应用过的产品为基础而编制的。管桩的力学性能曲线图是按结构可靠度设计统一标准的原则和现行行业标准《港口工程混凝土结构设计规范》的规定计算绘制。

目前管桩产品中用的预应力钢绞线强度标准值为 1570MPa。国内钢绞线强度标准趋向提高。当采用强度标准值为 1720MPa 或 1860MPa 时,附录表和图中的有关技术参数应重新计算绘制。

附录 B 预应力混凝土大直径 管桩嵌岩施工

管桩嵌岩所采用的施工工艺基本与钢管桩、混凝土管桩和钻孔灌注桩嵌岩施工方法相似。管桩嵌岩,在浙江、福建、湖北、江西、江苏等港口码头工程中均应用过,取得了一定的经验。

本附录是在总结近年港口工程中管桩嵌岩施工经验的基础上编制的。从总体上讲,管桩嵌岩施工,试验数据较少,本附录的规定,还有不尽完善之处,有待于今后进一步工作。