

文章编号: 0451-0712(2006)03-0019-11

中图分类号: U443.159

文献标识码: B

# 杭州湾跨海大桥Ⅳ标钢管桩沉桩施工

黄增财, 吴健, 刘振川

(路桥华南工程有限公司 中山市 528403)

**摘 要:** 以杭州湾跨海大桥Ⅳ合同钢管桩沉桩施工为背景,对海上钢管桩沉桩船舶群的组成及选型、沉桩前的准备工作、沉桩过程的关键技术、停锤标准,以及高桩处理等沉桩施工技术进行了系统介绍。

**关键词:** 海上桥梁; 钢管桩; 沉桩; GPS 测量定位; 施工技术

## 1 钢管桩应用现状及施工特点

### 1.1 钢管桩应用现状

钢管桩基础具有施工快捷、安全以及机械化作业程度高的特点,常在大型海上桥梁、港口及码头下部结构中采用。近年来,桥梁钢管桩基础更被广泛采用,最为突出的例子就是已建的东海大桥和在建的杭州湾大桥,后者海中非通航孔桥墩的桩基础均为钢管桩。海上临时平台、栈桥也广泛地应用钢管桩作为基础。而在钻孔灌注桩中,临时钢护筒若采用打桩船施工,也属于钢管桩施工的范畴,东海大桥Ⅶ标主

桥颗珠山大桥主墩基础及苏通大桥主墩的部分钢护筒就是采用打桩船进行施工的。

就国内而言,国道主干线同江~三亚就有5个跨海工程,渤海湾跨海工程、长江口跨江工程、杭州湾跨海工程(在建)、舟山连岛工程(在建)、珠港澳跨海工程以及琼州海峡工程。结构钢管桩、临时钢护筒及海上平台临时钢管桩将大量采用,具有可观的应用前景。

### 1.2 国内大型打桩船和打桩锤简介

国内大型打桩船性能指标见表1。

表1 国内大型打桩船性能

序号	船名	船型(长×宽×高)/m	吃水/m	桩架高度/m	锚锭系统	所配锤型	可打桩直径及长度/m
1	路建桩8号	60×27×5.5	3.0	92 固定式	8×10t 锚	D150 柴油锤 D180 柴油锤	3.2×(80+水深)
2	桩15号	72.6×27×6	2.6	93.5 固定式	6×7t 锚 2×10t 锚	D160 柴油锤 SC250 柴油锤	2.0×(80+水深)
3	海力801号	80×30×6	2.8	86+18 旋转式	7×10t 锚 4 根定位桩	S280 液压锤	2.5×(80+水深)
4	天威号	80×32×6	3.0	90 旋转式	7×10t 锚 4 根定位桩	S280 液压锤	2.5×(80+水深)

表1 所列各船打桩长度基本一致,路建桩8号打桩船可打桩直径及打桩锤能量两项指标居各船之首,该船属路桥集团国际建设股份有限公司所有,成功地为东海大桥、苏通大桥打下了直径为3.2 m的钢护筒。各船所配备的打桩锤性能见表2。

IHC S280 锤是荷兰生产的双作用液压锤,是目前世界上比较先进的打桩锤,可根据地层软硬,调节

打击能量。D180 柴油锤是利用德国技术,国内首次生产的亚洲地区最大的柴油锤。

### 1.3 海上钢管桩沉桩施工的特点

海上钢管桩沉桩施工,定位难以使用常规测量方法,需要采用GPS 测量定位技术。海上自然条件恶劣,有效作业时间少。海上桥梁钢管桩基础一般采用长大直径桩。因此,对打桩船的性能要求很高。

表 2 国内大型打桩锤性能

序号	锤型	锤芯重/t	最大打击能量/kJ
1	D128 柴油锤	12.8	435.2
2	德国 DELMAG150-42	33	511.5
3	D160 柴油锤	35	544
4	D180 柴油锤	37.5	590
5	DC250 液压锤	17	250
6	荷兰 HHK20S 液压锤	36.7	295
7	荷兰 IHC S280 液压锤	13.6	280

具有高桩架、强大吊桩动力设备、大能量打桩锤及先进的海上沉桩 GPS 测量定位系统的打桩船能出色地完成海上钢管桩沉桩任务,优势突出:

- (1)大船体及配备的大定位锚,能在海况恶劣的海域中抛锚定位与作业;
- (2)高桩架和强大的吊桩动力系统,能够适应超长、大直径钢管桩的起吊及立桩;
- (3)对于固定桩架打桩船,桩架能倾、能仰,再配合船体的摆动,能满足不同倾斜度和平面偏角斜桩的沉桩,旋转桩架打桩船能很好地满足此要求;
- (4)大能量的打桩锤能使钢管桩贯穿不同的土层;
- (5)先进的海上沉桩 GPS 测量定位系统,定位简单快捷,不需人工干预,精度满足要求;
- (6)施工周期短,具有较好的经济效益。

2 海上钢管桩沉桩用船舶群的组成及选型

海上沉桩用船舶群,包括打桩船、运桩船、抛锚艇、拖轮及交通船等,沉桩船舶组合和配备大同小异,以路建桩 8 号打桩船为主的船舶组合和配备为例进行介绍。

2.1 打桩船

2.1.1 组成

打桩船主要由以下几个部分组成:船机部分(包括船体、锚泊设备、动力设备)、桩架及其吊桩设备、锤击沉桩设备(包括打桩锤、替打)、海上沉桩 GPS 测量定位系统,如图 1 所示。

路建桩 8 号打桩船船机部分主要参数如表 3,打桩船的桩架及吊桩设备的配置和技术参数见表 4。

锤击沉桩设备主要包括打桩锤和替打,如图 2 所示。

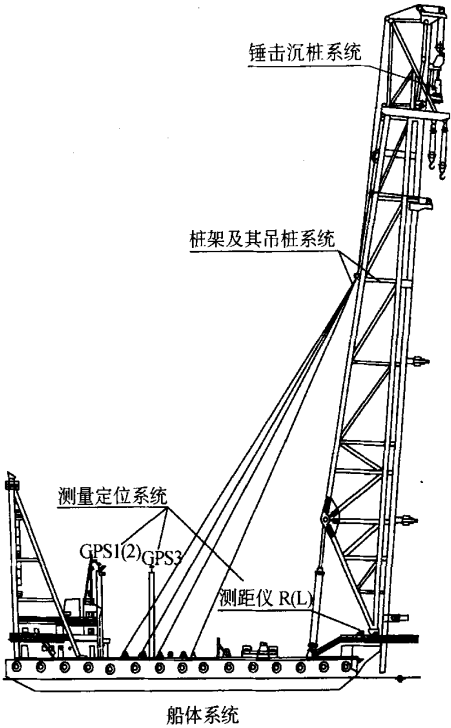


图 1 路建桩 8 号打桩船示意

表 3 路建桩 8 号船体系统技术参数

船长/m	60.00		定位锚机	20t×8
船宽/m	27.00		定位锚	10t 海军锚×8
型深/m	5.00		油舱/t	250
动力	主发电机组	400 kW×1	淡水舱/t	250
	副发电机组	50 kW×2		
	液压泵站	柴油机 600 PS×2		

表 4 路建桩 8 号打桩船桩架及吊桩设备技术参数

桩架部分	桩架高度/m	水面以上 92	吊桩绞车	21t×2
	俯仰角度/(°)	30	辅助吊桩绞车	15t×4
	可打桩径/mm	≤3 200	打桩锤起吊绞车	21t×1
	桩长/m	80+水深	起重绞车	15t×1 +8t×3
	桩重/t	180	普通绞车	6t×1
	起重/t	200		
	超长桩施工	上部轨道可旋转		

海上沉桩定位采用“海上沉桩 GPS-RTK 测量定位系统”来实现,布置如图 3 所示。

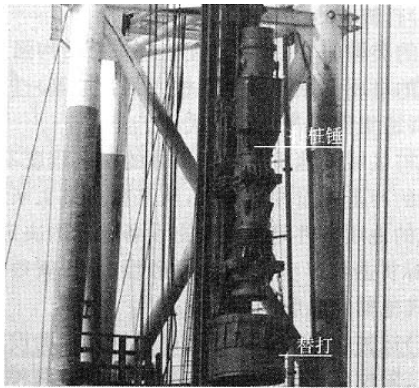


图 2 打桩锤和替打

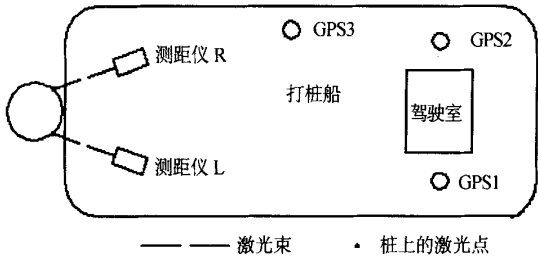


图 3 测量定位系统布置示意

2.1.2 选型

2.1.2.1 打桩船的选型

打桩船选型应综合考虑：打桩船的吊装系统是否能满足桩的起吊；锚泊系统能否满足在海域中安全、稳定驻位；船体的船型是否能满足在桩群沉桩时移位、驻位的要求，对于固定桩架打桩船此项的检验极为重要；是否能满足桩径的要求；整个船体的抗风能力能否满足海域特殊的水文和气候条件下的施工要求。

2.1.2.2 打桩锤选型

(1)常用锤型比较。

锤型通常采用的有柴油锤和液压锤两种。

柴油锤是通过冲入筒体的雾状燃料爆发，使锤芯形成“跳高”，锤芯以自由落体方式提供冲击能量打击桩体，属于冲击式桩锤。

液压锤也属于冲击式桩锤，按其结构和工作原理可分为单作用和双作用两种类型。工作原理是锤芯(冲击块)通过液压装置提升到预定高度后快速释放，锤芯以自由落体或从液压系统中获得加速度能量来提供高冲击速度而打击桩体。

两种锤型的适用范围比较及优缺点见表5，工作效率比较见表6，常用锤型能量的比较见表7。

表 5 柴油锤、液压锤的比较

锤 型		适用范围	优 点	缺 点
柴油锤		1 最适于打设细桩、木桩和±30°范围内的斜桩，适于钢管桩 2 适用于一般土层砂土，含砾石粘土层，不适用于层厚较大的软弱粘土和坚硬土层	1 不需要外部能源，桩架轻、移动灵活方便 2 燃料消耗少，锤击速度大，锤击力大，工效高 3 价格低，维修简单	1 需要用替打，以防损桩 2 不能精确控制能量 3 存在软启动问题 4 噪声、振动大，存在油烟污染 5 非全封闭，不可水下作业
液 压 锤	单作用液压锤	1 适于打任何形状、任何材质的桩，包括混凝土管桩 2 适于打各种直桩和斜桩 3 适用于任何土层 4 可用于拔桩和水下打桩 5 可进行桩架作业和悬挂作业	1 效率高，比柴油锤高出70%~100% 2 锤芯重，速度低，作用时间长，贯入度大 3 低噪音，低振动，无废气公害 4 在任何材料桩施工中不损坏桩头 5 在桩打入中检查桩承载力，可自动记录、控制打桩 6 全封闭，可水下作业	1 相对柴油锤维护使用费偏高 2 油管布置复杂 3 价格昂贵
	双作用液压锤	1 适于任何形状的桩，不能广泛应用于混凝土桩的打入 2 适于打各种直桩和斜桩 3 适于各种土层 4 可用拔桩和水下打桩 5 可进行桩架作业和悬挂作业	1 效率高，比柴油锤高出50%~80% 2 锤芯轻，速度高，作用时间短 3 低噪音、低振动，无废气公害 4 大部分材质桩施工中不损坏桩头 5 在桩打入中检查桩承载力，可自动记录、控制打桩能量 6 全封闭，可水下作业	1 结构较复杂，维修保养复杂，费用高 2 油管布置应提前做好 3 价格昂贵

表6 柴油锤与液压锤效率损失比较

造成损失的原因	柴油打桩锤	液压打桩锤
内燃过程(渐慢)	30%	0
摩擦因素: 锤头摩擦 老旧活塞环 低质量的柴油	10%	3% (只有锤芯摩擦)
空气原因: 湿度、温度、灰尘	5%~10%	2%~5%
替打、桩罩缓冲垫及校准	10%~15%	15%
共计损失	60%~65%	20%~23%
用于作业的效能	35%~40%	77%~80%

表7 常用锤型最大能量及有效能量比较

锤 型	IHCS280 液压锤	D128 柴油锤	D150-42 柴油锤	D160 柴油锤	D180 柴油锤
最大能量/kJ	280	435.2	511.5	533	590
有效能量系数/%	77~80	35~45	35~45	35~45	35~45
有效能量/kJ	215.6~224	152.3~195.8	179.0~230.18	186.6~239.9	206.5~265.5
在杭州湾跨海大桥沉桩效率对比	适应不同地层,满足沉桩需要,效率高。出现高桩机率小。	最初投入使用,效率低,出现高桩频率大,后被淘汰。	最初投入使用,效率低,出现高桩频率大,后被 D180 柴油锤替换。	满足沉桩需要,效率高,出现高桩机率小。	适应不同地层,满足沉桩需要,效率高,穿越粉砂层能力强,出现高桩机率极小。

时应综合考虑其有效的装载面积、载重、航行方式、抗风能力、租金、船舶手续等。

(2)拖轮用作非自航船舶(打桩船、运桩船)拖带,选型时应综合考虑其功率、续航能力、抗风能力、船体特征是否与所选的运桩船船型相适应、租金、船舶手续等。

(3)抛锚艇用作非自航船舶(打桩船、运桩船)的起、抛锚,选型时应综合考虑卷扬机的功率、抗风能力、租金、船舶手续等。

(4)交通船用作海上人员及小型物件运送,选型时,应综合考虑其载员量、功率、抗风能力、租金、船舶手续等。

### 3 海上钢管桩沉桩施工前的主要准备工作

#### 3.1 运桩船部分设施的改造及运桩设施

##### 3.1.1 运桩船部分设施的改造

运桩船设施改造主要为锚机位置改造,当锚机位于船首或船尾妨碍钢管桩的装运时,或其位置靠船长轴线较近限制运桩数量时,需要对位置进行改造,将其重新设置于运桩船的两侧,并尽量增大运桩区域,改造位置的设计应由专业船舶设计单位进行,改造后需要通过海事部门的验收。若在船舶的租赁

#### (2)打桩锤选择要点。

桩的类型(是斜桩或是直桩)、桩身结构强度(牵涉到桩的材质——混凝土管桩或钢管桩等)、桩的长度、桩群密集程度及排布方式。

沉桩区域的地质条件和土体的密实程度不同所需桩锤的冲击能量相差很大,从某种意义上来说,沉桩区域的地质条件是沉桩锤击设备选取的决定性因素。如标贯击数 $N$ 大于50的粉砂层,贯入就很困难。

#### 2.2 其他辅助船舶

(1)运桩船由大型平板驳船经增加辅助设施(运桩底座、限位架等)而成,有自航和非自航两种。选型

选型或新造时已经避免了上述问题的出现,则可减少此项工作的实施。

#### 3.1.2 运桩设施的设置

##### (1)运桩底座的设置。

运桩底座包括弧形底座和水平底座,如图4、图5所示。以杭州湾跨海大桥直径为1.6 m,长为72~85 m,设环氧涂层保护的钢管桩的运输为例:运桩船长75.8 m,宽15.8 m,底座共设置7道,如图6所示,共堆放4层钢管桩,自下而上各层桩数为7、6、5、4根。为保护钢管桩表面的环氧涂层,将底座与钢管桩接触的部位粘贴2 cm厚的橡胶皮。需要指出的是运桩底座应设置在船体的横向龙骨之上,以有利于船舶甲板的受力。

##### (2)运桩侧面限位设施。

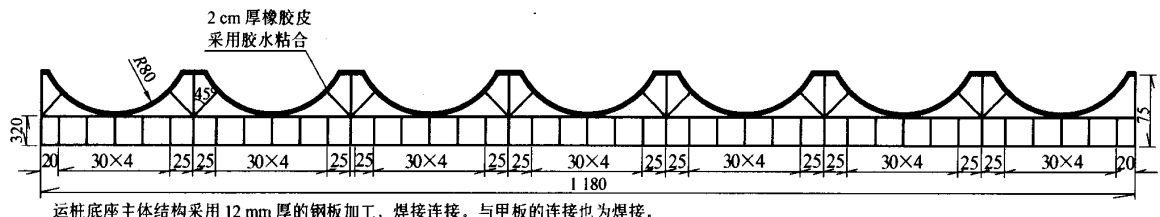
运桩侧面限位设施见图7所示。

#### 3.2 钢管桩吊点位置的确定

吊点位置应根据桩架高度及吊桩系统的结构组合特点,并结合桩的长度、截面特征、强度、刚度及施工海域的水深来确定。

#### 3.3 钢管桩平面扭角的可实施性校核及沉桩顺序的确定

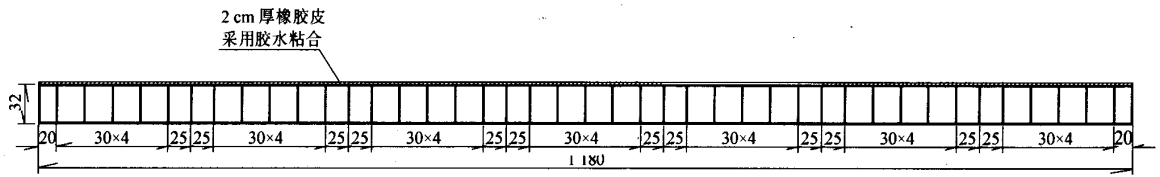
##### (1)斜桩平面扭角可施工性校核。



运桩底座主体结构采用 12 mm 厚的钢板加工, 焊接连接. 与甲板的连接也为焊接.

单位:cm

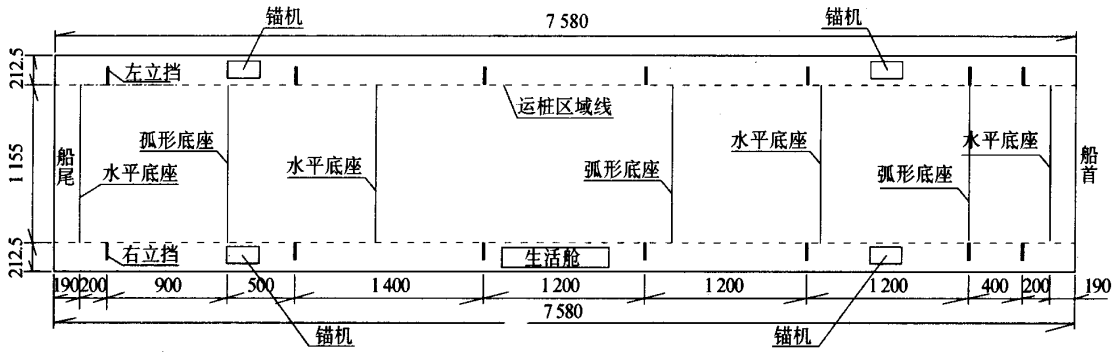
图 4 弧形底座立面



运桩底座主体结构采用 12 mm 厚的钢板加工, 焊接连接. 与甲板的连接也为焊接.

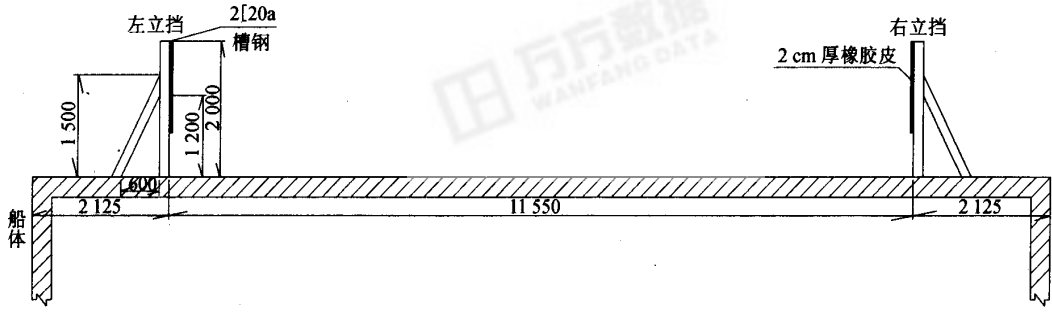
单位:cm

图 5 水平底座立面



单位:cm

图 6 运桩底座平面布置



单位:cm

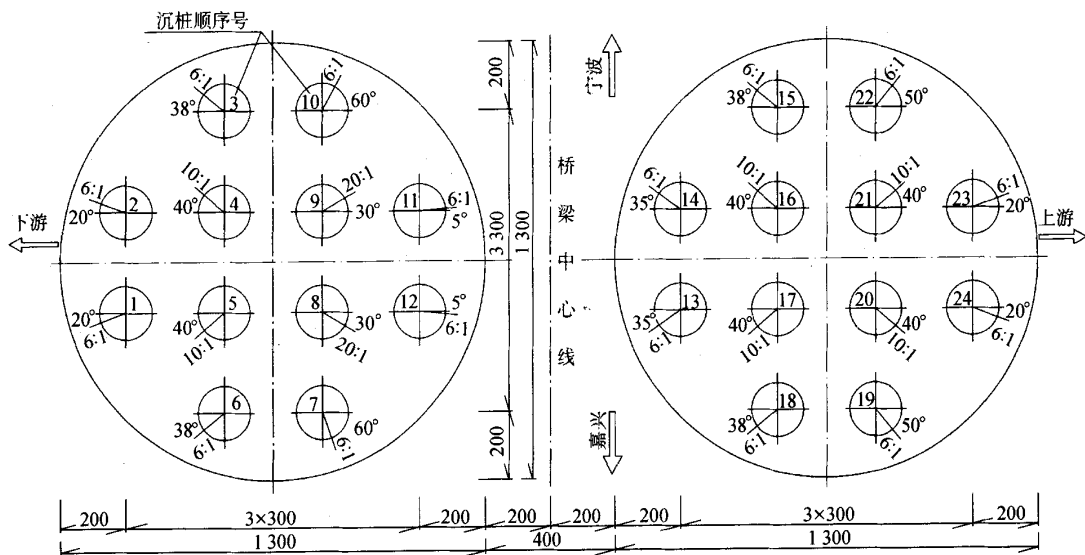
图 7 运桩侧面限位设施

在沉桩前应认真阅读桩的平面布置图,根据打桩船的船型特征、模拟定位,校核各斜桩平面扭角的可实施性,以确保能进行桩群的全部桩施工,此项工作对固定桩架打桩船来说极为重要.若因平面扭角的制约而无法完成桩群全部桩沉桩时,应考虑对部

分桩的平面扭角做变更设计.杭州湾跨海大桥 IV 合同钢管桩桩群布置如图 8 所示.

模拟定位方法:在计算机上利用 CAD 绘图,将桩位平面图及打桩船的平面按照实际尺寸绘制出来后,通过按照各根桩的平面扭角平移打桩船,对各桩





单位:cm

图 8 桩群布置

的可实施性进行校核,如图9所示。打桩船移动时可以从桩位的前后左右方向进行,但一般打桩船的船长轴线应基本为水流方向,以有利于船舶的安全驻位。应进行不同潮位平面的模拟定位,而最高潮及最低潮的模拟定位是必不可少的,可校核施工全部时段的可实施性。与此同时应兼顾相邻桩群的影响、打桩船的锚缆布设及吊桩等因素。若桩群的类型不一,应综合考虑,打桩时若打桩船能一直在桥轴线的一侧打桩,可减少部分移船的麻烦。

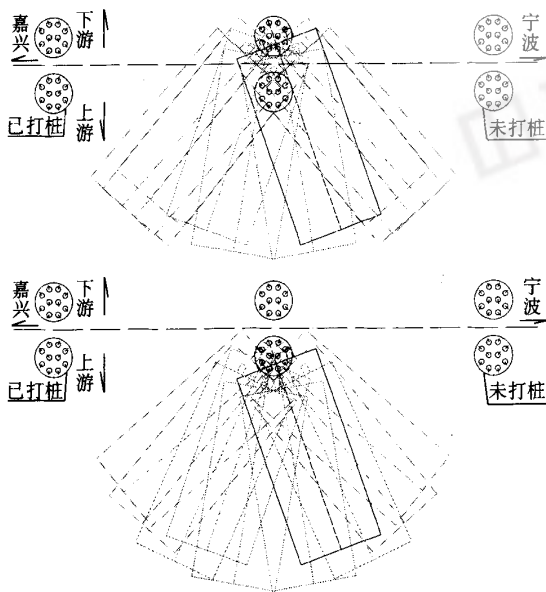


图 9 模拟定位过程示意

## (2) 沉桩顺序设定。

打桩顺序是否合理,直接影响打桩进度和施工质量,若顺序不当,已沉桩会影响后续桩的沉入,甚至是无法进行沉入施工,打桩顺序对于固定桩架的打桩船来说尤为重要。桩群沉桩顺序应根据打桩船的船型、桩群及单桩的几何参数(桩间距、平面偏角、斜率等)来确定,并应考虑到各桩群间的相互制约因素。沉桩顺序一般为:逐排打、自桩群中央向四周打。沉桩顺序的确定应结合斜桩平面扭角可施工性校核同时进行,也就是说由各斜桩的沉桩可实施性校核模拟出的各桩实施顺序,即为桩群沉桩顺序。

## 4 海上钢管桩沉桩施工

### 4.1 钢管桩的运输

#### (1) 钢管桩落驳。

落驳顺序:运回后先沉的桩放置在上层,后沉的放置在底层,并且要求按照先中间后两边对称装船。

放置方向:各桩桩顶、桩尖朝向应一致,不可混放,按照图 10 示意方向进行,避免在现场沉桩时需要运桩船调头或打桩船吊钩换位。

钢管桩叠放的要求:当桩长超过运桩船总长时,考虑到拖带系统的要求,长度超出船总长的钢管桩每层应错开叠放,以长为 85 m 的桩为例(运桩船总长 75.8 m)进行说明,各层桩布置如图 11 所示。

(2) 钢管桩落驳后的捆桩加固方式,如图 12 所示。

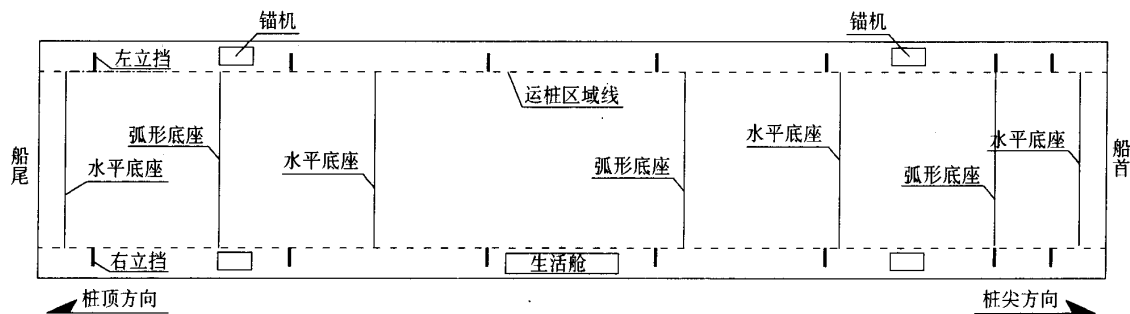


图 10 钢管桩放置方向示意

### (3) 钢管桩运输。

钢管桩落驳加固后,当为非自航运桩船时,由拖轮拖回施工现场。

## 4.2 船舶抛锚定位

“海桩 8 号”打桩船抛锚驻位如图 13 所示。

## 4.3 现场实施沉桩

### (1) 桩身刻度的标画。

为满足沉桩过程对钢管桩桩顶标高的监测,在桩身上画刻度。由于测量定位系统中的测距仪安装于较高位置,当钢管桩即将施打完毕时,测距仪的标记点将落在替打和打桩锤上,因此替打的打桩锤上还需进行刻度标画。

### (2) 打桩船移船。

通过紧松锚缆将打桩船移至运桩船侧,成两船中心线互相垂直状态,桩架前倾至吊钩对准所要吊桩直径中心,如图 14 所示。

### (3) 吊点连接。

打桩船下放吊索,由运桩船上的船员辅助将吊索卸扣挂在钢管桩的吊耳之上。钢管桩上共有 4 个起重吊点和一个立桩吊点,主吊索吊前两个吊点,副吊索吊后两个吊点,转身立桩吊点与立桩吊索相连。应注意在吊点连接过程中,避免吊索在钢管桩上拖动,并用橡皮管对辅助钢绳进行包裹,以确保钢管桩保护层不被钢绳刮伤。

### (4) 起桩。

主、副吊索同步提升,使桩提升至满足移船高度。

### (5) 移船、立桩。

通过紧松锚缆,打桩船移离运桩船,并在过程中缓缓立桩,使桩成竖直状态。桩架后倾,使桩成竖直状态,抱桩器合拢抱桩并锁定,如图 15 所示。然后根据“海上打桩 GPS-RTK 定位系统”粗定位,将打桩

船移至桩位附近。为确保桩的保护层不被损坏,抱桩器上的导向轮采用橡胶材质,保持导向轮表面光洁,并适当涂抹润滑油。

### (6) 套替打。

替打沿桩架轨道滑移,套住桩顶。

### (7) 测量定位。

①操纵室通过观察控制台上的倾斜度仪调整桩架倾斜度,将桩粗略调整至设计斜率。

②“海上打桩 GPS-RTK 定位系统”根据接收到的 GPS 信号及预先输入的单桩平面扭角(方位角)及平面坐标,计算出打桩船姿态及钢管桩空间位置的数据,并将图形显示于计算机的显示屏之上。

③根据显示的打桩船姿态及桩空间位置的图形和数据,通过锚机系统的运转精确调整打桩船船体位置,并利用打桩架液压系统调整桩架的倾角,使桩到达设计位置。

④复核 GPS 接收的信号、输入沉桩定位系统的数据,检查打桩船桩架倾斜度仪来检查桩的位置是否正确。

值得注意的是,为保证打桩船沉桩定位的正确性,在投入使用前需要对 GPS-RTK 测量定位系统进行检验校核,以及各墩首根钢管桩都需进行常规测量。

### (8) 插桩。

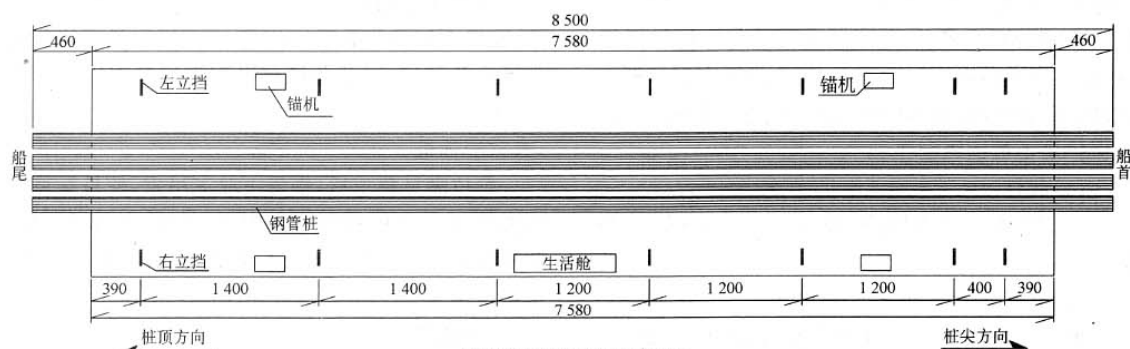
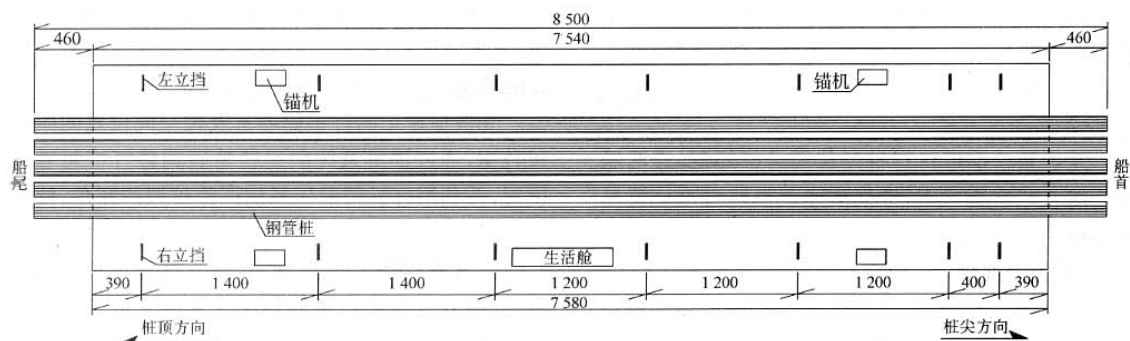
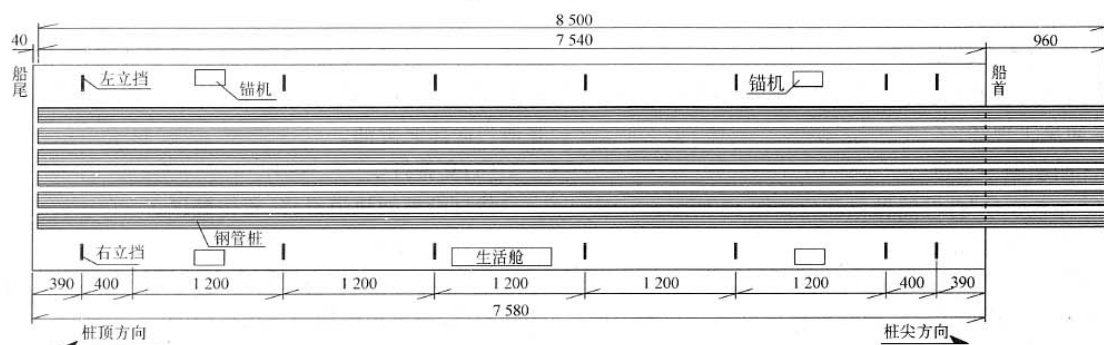
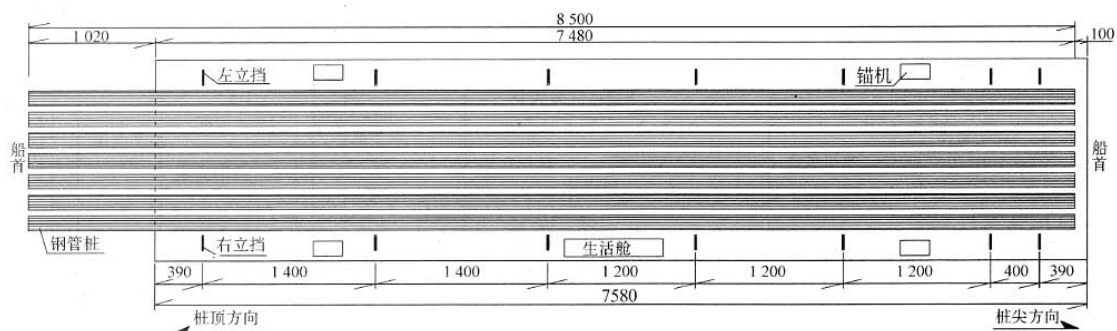
定位满足要求后,慢慢下放主吊索,使桩在重力作用下自动插桩,插桩过程中逐步解除副吊索卸扣。插桩后再次复核桩位,若不满足要求,上吊点起桩,重新定位。

### (9) 锤击沉桩。

①松开主吊索,桩锤沿桩架下滑,压锤稳桩;

②解除抱桩器抱桩,启动打桩锤,锤击沉桩;

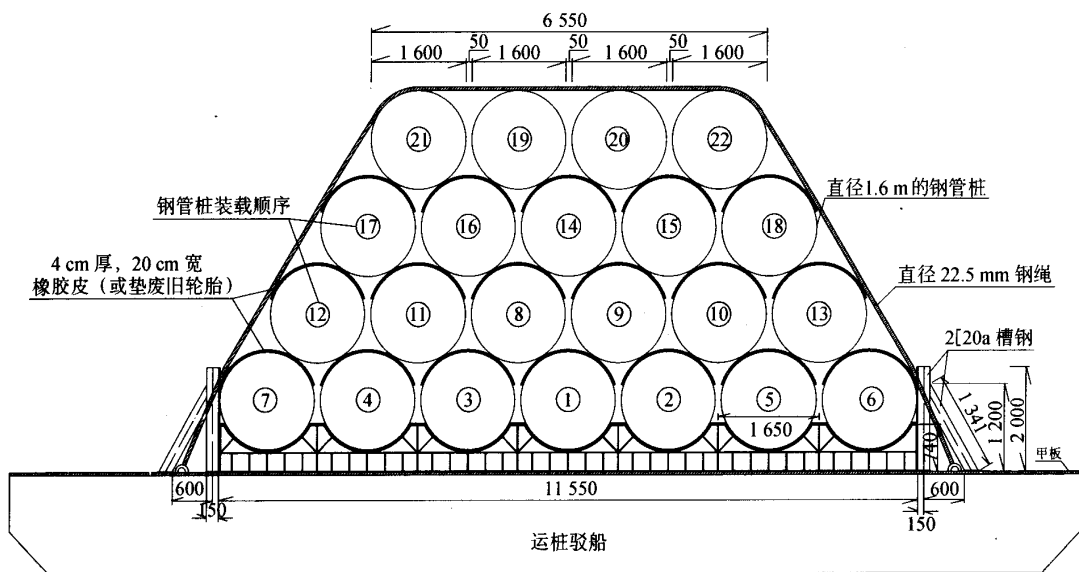
③沉桩开始阶段要重锤轻打,以防溜桩,如有贯



单位:cm

图 11 超长桩平面布置示意





单位:mm

图 12 钢管桩装载立面布置

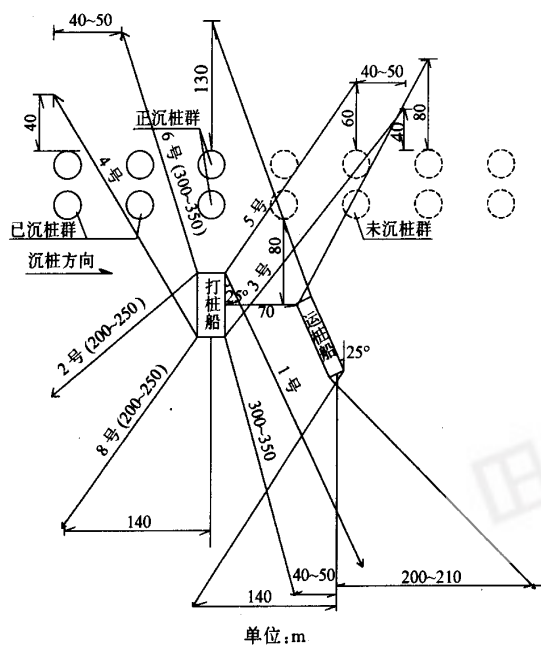


图 13 打桩船抛锚驻位示意

入度异常、桩身突然下降、过大倾斜、移位等现象,应立即停止沉桩,查清问题后再做相关决定。

(10)停锤、移船。

桩锤击至符合停锤标准时,停止锤击,起替打,打桩船移船重复上述步骤进行下一根桩的沉桩施工。柴油锤和液压锤沉桩停锤标准见表8、表9。

#### 4.4 高桩的处理程序

这里所指的高桩是在沉桩过程中出现沉桩锤击

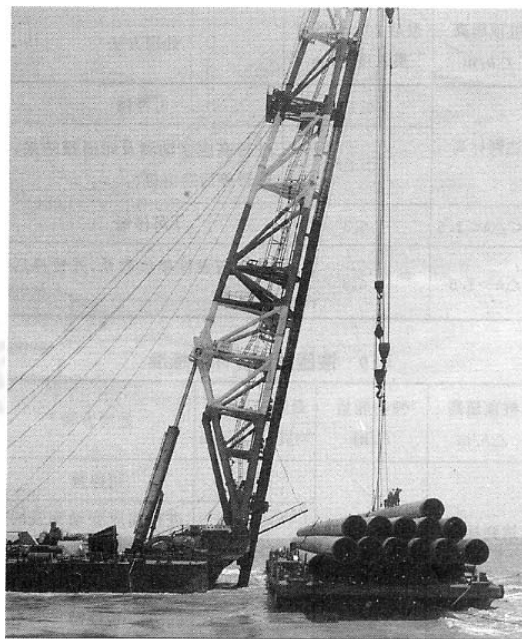


图 14 打桩船移船

贯入度极小或趋于0,而桩的设计桩顶标高仍未达到设计要求的钢管桩,可采用的高桩处理程序,工作流程如图16所示。

值得指出的是,若相邻墩位在沉桩施工时连续出现高桩时,则应对该区域钢管桩的设计桩长进行重新审核,若有可能则应进行桩长变更,以避免重复

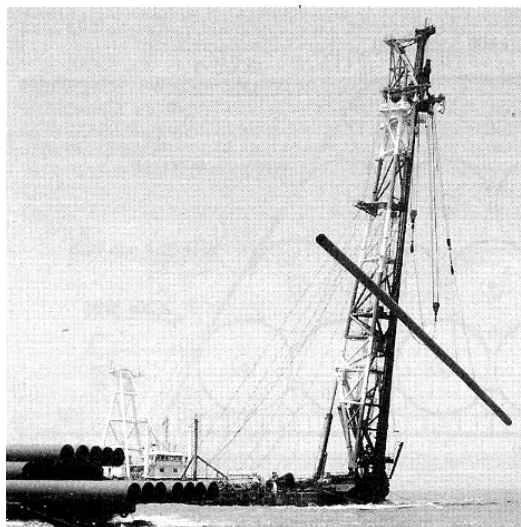


图 15 抱桩器合拢抱桩

表 8 柴油锤沉桩停锤标准

桩顶超高 $\Delta h/m$	最后 20 cm 平均 贯入度 $e/mm$	处理方法
达到标高	$\leq 10$	可停锤
	$> 10$	进行高应变动测及时通报结果, 并暂停后续沉桩
$0 < \Delta h \leq 1.5$	$\leq 3$	可停锤
$\Delta h > 1.5$	$\leq 3$	及时与设计单位联系,并暂停后 续沉桩

表 9 液压锤沉桩停锤标准

桩顶超高 $\Delta h/m$	锤击能量 $E/kJ$	最后 20 cm 平 均贯入度 $e/mm$	处理方法
达到标高	$\geq 120$	$\leq 10$	可停锤
		$> 10$	进行高应变动测及时 通报结果并暂停后 续沉桩
$0 < \Delta h \leq 1.5$	$\geq 160 \sim 180$	$\leq 4$	可停锤
$\Delta h > 1.5$		$\leq 4$	及时与设计联系并 暂停后续沉桩

出现高桩而浪费作业时间。若可能进行桩长变更时,尽可能将该区域桩长变更为一,以便于某墩出现高桩时可移到区域内的其他墩位继续进行沉桩施工,避免沉桩施工停止。

#### 4.5 钢管桩切桩

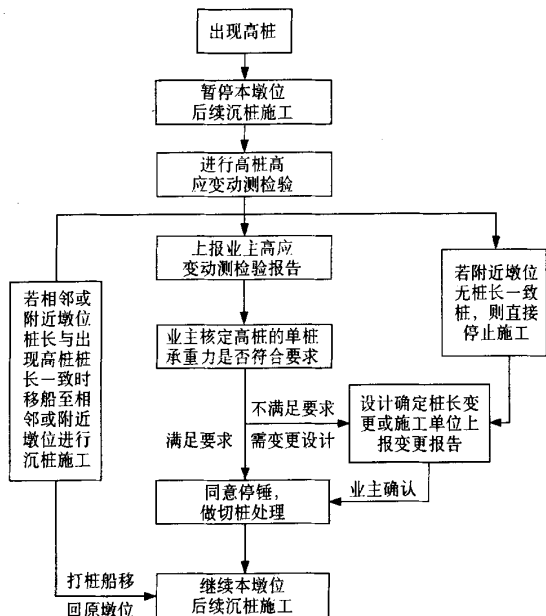


图 16 高桩处理程序

切桩标高的测量使用 GPS-RTK 测量方法,有条件时可采用水准仪精确测量。切桩时需要搭设临时平台,如图 17 所示,平台采用整体安装及拆除的方式。

### 5 钢管桩沉桩质量标准

钢管桩沉桩标准见表 10。

表 10 钢管桩沉桩平面偏位与倾斜度控制标准

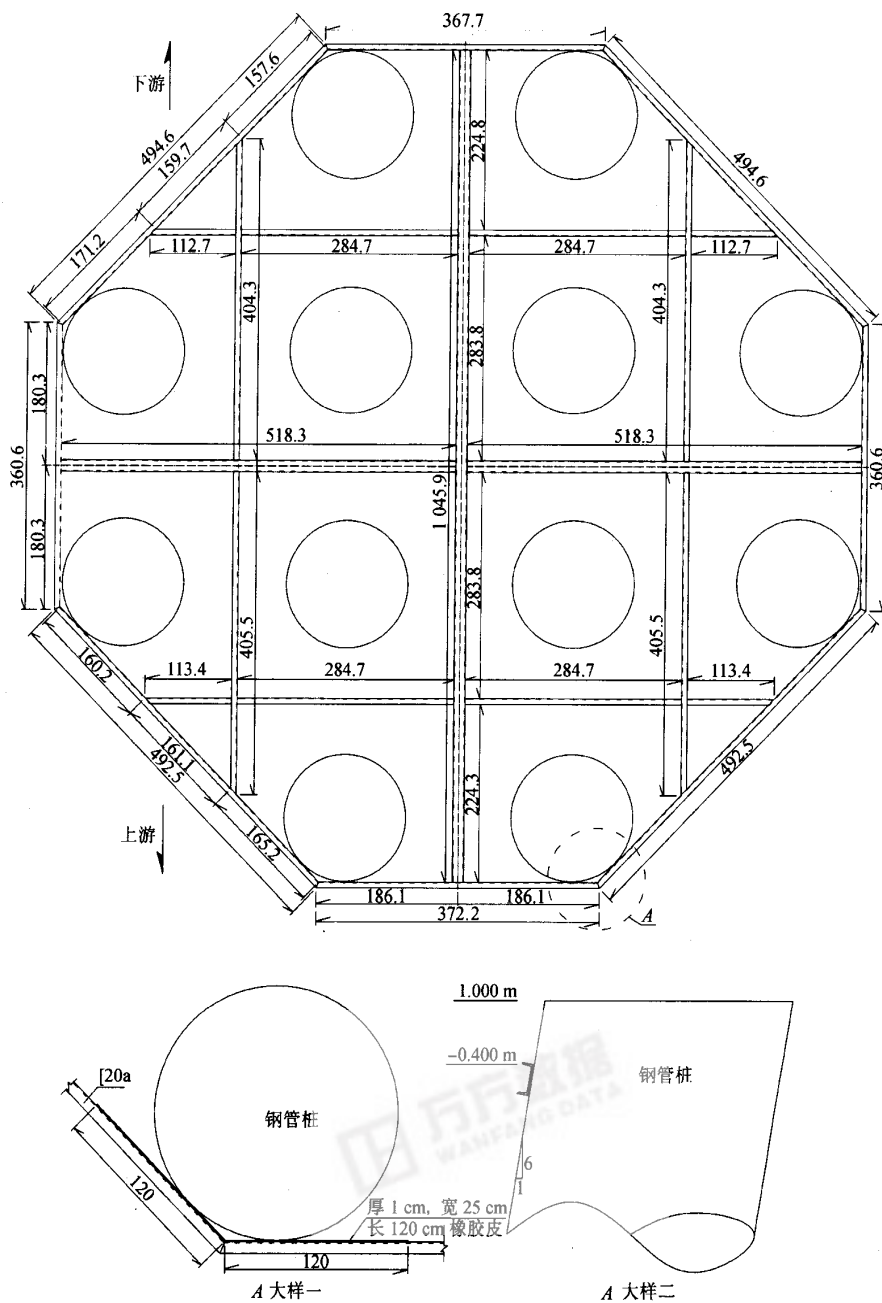
实测项目	规定值或允许偏差	检验方法和频率
桩尖高程(mm)或最后贯度(mm/击)	符合施工规定	查沉桩记录
设计标高处桩顶平面位置/mm	边桩 $d/4$ , 中桩 $d/4$	用 GPS 定位
倾斜度	直桩	1%
	斜桩	$\pm 15\% \tan \theta$
		吊线用钢尺量,抽查 10%,且不小于 10 根

当桩顶标高不符合规定,影响桩的垂直承载力时,宜采用高应变动力检测法对单桩垂直承载力进行检测。

### 6 需要进一步完善和探讨的问题

(1)在海域环境恶劣的条件下,如何加强打桩船的锚泊系统,以确保沉桩的质量及施工安全。

(2)若桩长、桩径加大,将对打桩船的桩架及吊桩体系提出更高的要求,如何对其进行改造和优化。



单位:cm

图 17 切桩临时平台结构

(3)钢管桩沉桩及后续工序施工中,如何更好地对钢管桩环氧涂层进行保护。

(4)钢管桩插桩后,打桩船因释放重量使得船头上抬,在沉斜桩时,如何考虑桩身斜率的预偏量问题。

### 参考文献:

- [1] 同济大学. 海上 GPS-RTK 沉桩定位系统原理简介[M]. 2004.
- [2] 广东森岛工程设备有限公司. 国外打桩设备的发展、现状及趋势[Z].
- [3] 杭州湾大桥工程指挥部. 杭州湾跨海大桥专用施工技术规范[S]. 2005.

文章编号: 0451-0712(2006)03-0030-06

中图分类号: U443.26

文献标识码: B

# 海上桥梁承台与承台防撞设施一体化施工

郭主龙, 周先念, 宋伟峰

(路桥华东工程有限公司 上海市 200135)

**摘要:** 海上桥梁承台施工受海洋环境影响最为明显, 选择合理的施工方案和工艺, 并进行合理的施工组织以克服恶劣的海洋环境, 是十分必要的。通过对东海大桥和杭州湾大桥的高桩承台施工特点的分析, 重点介绍了海上桥梁承台与承台防撞设施一体化的施工技术, 而且该技术已在上海长江大桥和舟山连岛工程的承台施工中得到了推广, 该技术对桥梁承台施工具有十分重要的指导意义。

**关键词:** 承台; 防撞设施; 一体化; 施工

## 1 海上高桩承台施工概况

高桩承台是桥梁群桩基础设计中较为常见的结构型式。由于海上基础施工受潮汐、波浪、大风、海水含盐量高等海况影响很大, 自然条件恶劣, 因此, 海上高桩承台的设计与施工具有以下特点。

### (1) 海上承台设计特点。

①海水中含有对钢筋腐蚀性极强的氯离子, 设计时必须考虑承台的防腐蚀问题;

②承台混凝土采用了高强度、高密实性、高耐久性的 C40 高性能混凝土;

③加大了钢筋保护层厚度, 其净保护层厚度达到 90 mm。

### (2) 施工方法。

海上高桩承台同内河承台一样, 也采用套箱法

施工, 但由于海上特殊施工环境的影响, 海上承台施工有以下特点:

①为了克服海上恶劣环境对承台施工的影响, 套箱多采用大型起吊设备进行整体吊装就位, 缩短了海上作业时间, 降低了套箱安装过程中的风险;

②海上承台施工过程中受波浪影响较大, 往往是主要控制荷载;

③套箱内不设悬吊系统和拉杆系统, 而是套箱直接支承在倒挂牛腿或打入桩桩顶, 承台施工时套箱不设对拉拉杆, 避免了产生腐蚀通道;

④承台采用高强度、高密实性、高和易性的高性能混凝土。混凝土配合比设计时需严格控制其电通量与氯离子扩散系数两项指标, 同时必须加强混凝土的养护, 避免产生裂纹, 从而提高承台的耐久性。

收稿日期: 2006-01-18

## Construction of Penetration of Steel Tubular Piles for IV Contract Section of Hangzhou Gulf Crossing Project

HUANG Zeng-cai, WU Jian, LIU Zhen-chuan

(Road &amp; Bridge Southern China Engineering Co., Ltd., Zhongshan 528403, China)

**Abstract:** Some construction technologies for penetration of steel tubular piles at sea are systematically introduced such as formation and type of penetrating piles barge, preparation before penetration, essential skill during penetration, hammer cease standard as well as treatment of high-rise pile cap on the background of penetration work of IV Contract Section of Hangzhou Gulf Crossing Project.

**Key words:** maritime bridge; steel tubular piles; penetrating piles; GPS survey and position; construction technology