

# 钢浮箱助浮法安装沉管施工技术

汪飞

(中交第三航务工程局有限公司, 上海 200032)

**摘要:** 以莆田国投湄洲湾第二发电厂  $2 \times 1\,000$  MW 机组工程取排水沉管安装为工程实例, 介绍了海上沉管安装施工技术。通过钢浮箱助浮方式解决了体积大、重量重、数量多、安装精度高的大型沉管的安装问题, 取得了很好的效果。

**关键词:** 钢浮箱; 沉管; 安装

中图分类号: U655.4 文献标志码: B 文章编号: 2095-7874(2016)05-0065-04

doi: 10.7640/zggwjs201605016

## Technology for installation of immersed tubes with steel buoyancy tanks to assist floating

WANG Fei

(CCCC Third Harbor Engineering Co.,Ltd., Shanghai 200032, China)

**Abstract:** Taking as an example the installation of immersed tubes for the water intake and discharge for the  $2 \times 1000$  MW generating unit at CITIC Putian Second Power Plant, the construction technology for offshore installation of immersed tubes is presented. Steel buoyancy tanks were used to assist the installation and issues with the installation of bulky and heavy immersed tubes with a great quantity and high precision were solved, having obtained good results.

**Key words:** steel buoyancy tank; immersed tube; installation

### 1 工程概况

国投湄洲湾第二发电厂  $2 \times 1\,000$  MW 机组工程位于福建莆田市忠门半岛, 北纬  $25^{\circ}09'21''$ , 东经  $119^{\circ}01'49''$ , 地处湄洲湾北岸经济开发区东埔镇塔林村, 距莆田市区约 40 km, 利用福建太平洋电力有限公司福建湄洲湾电厂一期工程预留的扩建场地和部分灰场场地作为本期工程施工场地。

### 2 水文条件

本海区为规则半日潮流, 潮流为典型的往复流, 流向较稳定, 主流向为偏 S-N 向, 基本与岸线平行。涨潮流方向一般为由湾外向湾内, 落潮流方向一般由湾内向湾外。测区潮流最大流速在 51.6~171.1 cm/s 之间。

### 3 沉管结构及工程量

沉管最大长宽高为  $30\text{ m} \times 13.8\text{ m} \times 5\text{ m}$ , 最大单件重量达 1 657 t, 且沉管本身不具备封闭空间, 自身提供浮力较小, 安装工程难度大。

本工程包括取排水沉管 89 段, 单孔过水断面为  $4.0\text{ m} \times 4.0\text{ m}$ 。包括 CG1-CG9 等 9 种形式, 下文以典型的 CG2 型排水沉管为例介绍, 见图 1。

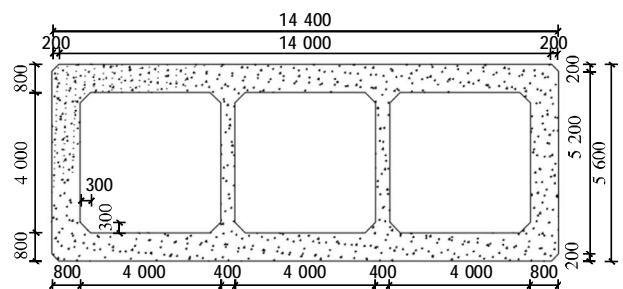


图 1 排水沉管 CG2 断面图

Fig. 1 Cross-section of immersed tube CG2 for water discharge

收稿日期: 2015-11-27 修回日期: 2016-04-12

作者简介: 汪飞 (1983—), 男, 湖北荆门人, 硕士, 工程师, 港口航道与海岸工程专业, 主要从事港口航道与海岸工程施工技术与管理工作。E-mail: wangf\_1@163.com

#### 4 施工部署

沉管装船、出运采用“建港平海”8 000 t 半潜驳，每次装 1 节沉管，由拖轮拖带至下潜坑下潜，半潜驳就位后与 700 t 起重船成一字形布置。

半潜驳注水下潜，当沉管下沉到其顶板的下表面高于浮箱顶面约 0.3 m 时，用工作艇将浮箱逐个推入沉管内。半潜驳继续下潜，当沉管顶板上表面潜入水下 1 m 时，起重船起吊沉管，并保持沉管完全没水状态，由拖轮拖带起重船至安装位置抛锚就位<sup>[1-2]</sup>。随后半潜驳排水上浮，进行下节沉管上驳、运输，重复循环进行。

起重船就位后开始安装，沉管安装采用 GPS 测量定位，在测量人员的指引下和潜水员水下指导下，起重船将沉管安装到位，完成初步对接。潜水员安装拉合装置，启动拉合千斤顶将沉管拉合，止水带压缩，直到对接缝符合设计要求为止。最后进行沉管基础灌砂施工，灌砂施工完成后，解除吊索，浮箱注水拉出，安装完成。

#### 5 沉管安装方案

##### 5.1 沉管安装顺序

总体安装方向由岸侧往海侧进行，取、排水沉管交替安装，依据预制生产单元以每 17 件为 1 个安装单元。首先进行跨围堤段取、排水沉管安装，之后逐件向海侧推进。

##### 5.2 船机选择

###### 1) 半潜驳选择

半潜驳每次装 1 节沉管，通过计算，构件中最重的沉管单件远小于 8 000 t，沉管装船、出运采用“建港平海”8 000 t 半潜驳可满足要求。

###### 2) 起重船选择

采用钢浮箱助浮的方法安装沉管，通过对每件沉管的没水自重及所需吊力进行计算，所有构件中需提供最大吊力为 518 t，在吊装过程中，当起重船将构件吊离半潜驳时，需将扒杆伸入船体约船长 1/2 处(半潜驳型长 70 m)<sup>[3]</sup>，此时扒杆仰角最小为 56°，此时 700 t 起重船主钩核定载荷为 579 t，因此，选用 700 t 起重船进行吊装。

##### 5.3 沉管安装

###### 5.3.1 上驳、运输

沉管在东吴预制场上驳，用气囊移运工艺，采用 8 000 t 半潜驳配合 2 984 kW (4 000 HP) 拖轮进行运输，海上运输距离约 5 n mile。

设计低水位为 -2.10 m，考虑半潜驳的最小吃水深度为 2.9 m<sup>[3]</sup>，满足沉管上驳的最低潮位为 +0.80 m。根据当地潮水表分析，每个潮水涨潮时段，平潮前满足沉管上驳条件水位的时间大约为 2~3 h，半潜驳在前一个潮水进行靠泊作业，可不占用本潮水段时间，沉管上驳时间考虑 2 h，时间区间基本可满足要求。

###### 5.3.2 钢浮箱安装

因考虑到沉管自重较重，且自浮力较小，沉管安装采用钢浮箱助浮。因在基础灌砂过程中，钢箱无法及时拆除回收，灌砂施工时间(20~30 h)长，为保证沉管安装施工进度不受影响，应配备 2 组钢浮箱交替使用，见表 1、图 2。

表 1 钢浮箱参数表

Table 1 Parameters for steel buoyancy tanks

钢浮箱尺寸	数量/个	单个钢浮箱浮力/t	净浮力/t
3.5 m×3.35 m×9.5 m	6(单组 3)	110.3	85.3
3.5 m×3.35 m×19.5 m	6(单组 3)	226.4	179.0
合计	12		

浮箱浮于水面，用起重船小钩吊住钢箱前部吊点以控制钢箱方向，当沉管下沉到其顶板的下表面高于浮箱顶面约 0.3 m 时，用工作艇将浮箱逐个推入沉管内，居中放置。所有钢浮箱进入沉管就位后，采用钢丝绳将端头浮箱与底板预埋件连接固定。

###### 5.3.3 半潜驳下潜作业

###### 1) 排水沉管下潜所需水深计算

沉管下潜深度 1 m，沉管高度 5.6 m，垫木厚度 0.35 m，半潜驳型深 5.8 m，考虑 1 m 富余水深，则下潜后沉管起吊所需水深为  $1 + 5.6 + 0.35 + 5.8 + 1 = 13.75$  m。

###### 2) 下潜前的准备工作

扫海：首节沉管安装前，安排测量船配置多波束测深仪对下潜坑区域及吊运路线进行扫海，绘制精确的等深线图。

下潜、吊运安装时段选择：收集历年潮位、气象资料，结合沉管吃水、下潜坑、吊运路线上水深，找出满足下潜、吊运水深要求的潮位时段，选择下潜、吊运、安装作业时间。

下潜、吊运、安装作业时间分析：根据当地潮汐规律，涨落潮过程中满足 +0.0 m 以上水位要求的时间区间大约为 6~7 h，半潜驳下潜深度约

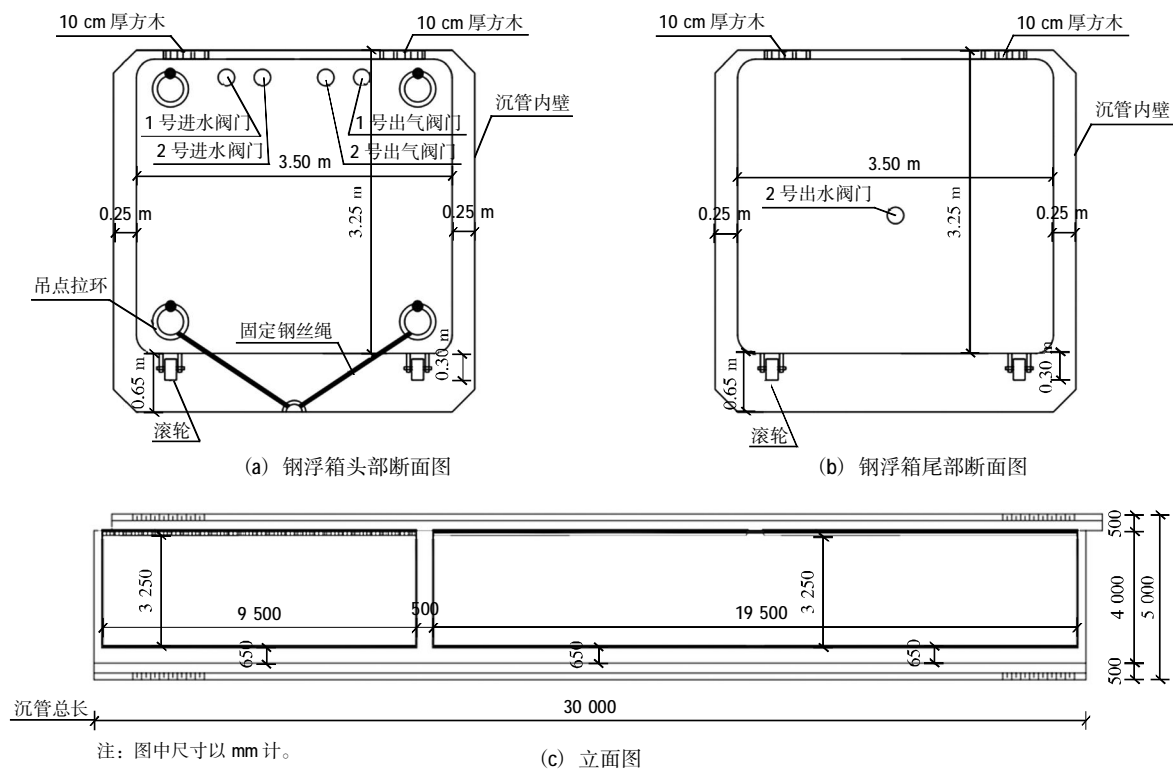


图 2 内塞钢浮箱断、立面图

Fig. 2 Cross-section and elevation of a steel buoyancy tank inside a tube

14 m 左右，下潜及上浮移船时长约 3 h，起重船自航吊运沉管至最远安装位置需要时长约 1 h，由于起重船进入基槽后的安装作业基本不受潮水限制，因此，选择在涨潮时段水位达到+0.0 m 时开始进行下潜作业可留有充分施工时间。

测量定位仪器安装：当半潜驳及起重船就位后，将 GPS 的移动站安放到测量塔的顶端，通过无线信号与起重船的电脑连接好。再利用起重船的小吊钩将测量塔吊放到预埋件上，通过法兰螺栓固定在预埋件上。测量塔设置于沉管中轴线头尾两端，通过两点成直线进行定位控制。

### 3) 半潜驳、起重船船位布置

半潜驳由拖轮拖带至下潜坑，顺沉管安装轴线方向就位(船首朝向海侧，船尾朝向岸侧)，四角抛八字锚，锚缆长 200 m。

起重船同样顺轴线方向在半潜驳船首前方抛锚就位，四角抛八字锚，锚缆长 150 m 锚缆。定位完成后待钢浮箱塞入沉管后，起重船向前移动，使扒杆从半潜驳船首塔楼之间进入半潜驳，当主钩垂线与沉管中心重合时停止移船，放下主钩，系挂吊缆。

### 4) 半潜驳下潜

当系挂吊钩完成后，即进行半潜驳下潜作业，起重船的主吊钩跟随松开。半潜驳下沉到沉管顶部浸入水面约 1 m 时停止下潜，起重船起钩，将沉管吊离半潜驳，并收紧后锚移动船位，退出半潜驳。之后，半潜驳上浮收锚移船出坑。

### 5.3.4 沉管没水吊运

为确保沉管海上吊运稳定，应选择在高浪 $\leq 1.0$  m、流速 $\leq 1$  m 时进行沉管浮运，潮位选择在涨潮或平潮时段。吊运过程中，沉管顶面在水面以下 1 m 位置，需要水深为 5.6 (以最高沉管尺寸考虑)+1+1(富余水深)=7.6 m，为保证在+0.0 m 以上水位时能满足吊运水深条件，在第一段沉管基槽开挖完成后将下潜坑至安装位置的基槽统一开挖至 -8 m。海上吊运最远距离约 515 m，起重船自航至安装位置需要时间约 1 h。沉管没水吊运采用起重船吊运，起重船自航至安装位置。

### 5.3.5 沉管定位安装

#### 1) 起重船定位

进入基槽范围后，起重船停船抛锚，通过收放缆绳移动船位，起重船移船可参照前节沉管尾部测量塔作为对标准，当起重船吊运沉管至安装位置附近时(离前节已安装沉管约 10 m 时)，停

止移船并精确调整船位准备开始沉管安装。

## 2) 沉管初定位

起重船上电脑通过无线信号接收沉管顶 GPS 信号, 将沉管精确位置反映在定位软件上, 测量员指挥卷扬机操作工绞缆进行初定位, 基本保持沉管轴线与安装轴线对齐, 待沉管缓缓靠近并距离前节已安装沉管约 1 m 距离时, 停止移船。

## 3) 沉管下放对拉

潜水员潜入水下, 实地探摸沉管的位置, 并在水下指挥起重船移船及松开吊钩, 当沉管下放至前节沉管承插口位置时, 潜水员指挥起重船向前移位, 直至将待装沉管插入已装沉管中。

沉管插入承插口后, 起重船收绞前缆, 使沉管缓慢向前运行直到待装沉管与已装沉管接缝收紧严密。此时, 启动拉合千斤顶进行对拉作业。

沉管紧密对接后, 起重船调整船位, 将沉管的另一端调整至设计轴线位置后松开吊钩, 直到沉管着床, 保证此时沉管对基床压应力  $< 5 \text{ t/m}^2$ 。

潜水员再次探摸管口接缝情况, 并进行水下摄影取证。如有偏差时立即向水面报告并采取必要的措施。在沉管安装至设计位置并接缝严密后, 开始进行基础压力灌砂施工。灌砂施工完成后, 起重船松钩, 由潜水员水下拆除吊点卸扣, 同时拆除岸侧一端测量塔并吊出水面。

最后钢浮箱注水下沉并由起重船逐件拉出沉管, 完成该沉管的安装工作。该件沉管安装完成后, 为保证沉管接缝不发生松动, 不能立即拆除对拉装置, 应待下一节沉管安装完成后再行拆除。

### 5.3.6 钢浮箱拆除

#### 1) 浮箱注水下沉

为保证钢浮箱在注水下沉过程中平稳、均衡, 注水过程应严格控制注水速度, 潜水员在操作过程中仔细观察浮箱动态, 当发现浮箱开始下沉时立即关闭进水阀门。

#### 2) 拉出浮箱

在浮箱落至沉管底板后, 潜水员将起重船抽芯锚缆绳通过卸扣与浮箱头部吊环连接, 在船头安装导向架, 保证缆绳与浮箱水平连接, 起重船间接性收紧缆绳试拉浮箱, 若试拉过程中发现浮箱头部有上翘趋势立即放松缆绳, 直至试拉时浮箱平稳移动方可持续将浮箱拉出沉管。

#### 3) 浮箱出水

当浮箱拉出沉管后, 起重船下放吊钩, 潜水员在水下进行换缆作业, 吊钩系缆完成后, 起重船收紧吊缆, 缓慢将浮箱吊出水面。由于此时浮箱处于重力大于浮力的状态, 因此在吊出水面时不会出现上跳情况。

#### 4) 浮箱回收

由于浮箱吊点位于头部, 受到重力作用, 浮箱出水时为竖直状态。当浮箱长度方向露出水面约  $2/3$  时, 停止上拉浮箱, 由潜水员水下打开浮箱尾部阀门, 浮箱放水, 待浮箱放水完毕, 起重船继续上拉浮箱, 直至浮箱完全离开水面。将浮箱放回水面, 关闭阀门, 最终将浮箱吊至平板驳上存放, 等待下一件沉管安装。

## 6 结语

通过介绍钢浮箱助浮安装沉管施工技术解决了沉管自身浮力不足, 体积大、重量重、安装精度要求高等问题。与目前国内使用较多的气囊助浮安装沉管的方法相比, 钢浮箱助浮安装沉管具备安全、稳定, 所需个数少, 成本低等优点, 尤其适用于标准型沉管数量较多的情况, 是一种工效更高(气囊充、放气要花费很多时间)的选择, 必定会在越来越多的水上工程中得到运用。

### 参考文献:

- [1] 姜春华, 龚佳群. 钢浮箱助浮法安装排水箱涵施工介绍[J]. 交通工程建设, 2011(4): 21-23.  
JIANG Chun-hua, GONG Jia-qun. Introduction to installation drainage box culverts with assistance of steel buoyancy tanks [J]. Transport Construction, 2011(4): 21-23.
- [2] 谢乔木, 陈波, 杨云兰, 等. 沉管在核电排水工程中的运用[J]. 中国港湾建设, 2013(3): 37-41.  
XIE Qiao-mu, CHEN Bo, YANG Yun-lan, et al. Use of immersed tubes in drainage works for a nuclear power plant[J]. China Harbour Engineering, 2013(3): 37-41.
- [3] 莆田海事局. 莆海航[2016]005号: “三航拖 4007”拖带半潜驳“建港平海”作业通告 [EB/OL]. (2016-04-05)[2016-04-12]. <http://www.msa.gov.cn/page/article.do?articleId=C3466759-B3B9-46DE-BFFF-F01F0D1CAB02>.  
Putian Maritime Bureau. Puhaihang [2016]No. 005: Operational pulletion of Jiangang Pinghai by towing semi-submersible barge Sanhangtuo 4007 [EB/OL]. (2016-04-05)[2016-04-12]. <http://www.msa.gov.cn/page/article.do?articleId=C3466759-B3B9-46DE-BFFF-F01F0D1CAB02>.