



图1 起重臂安装完成后塔机雄姿

# 苏通大桥南主塔 MD3600 塔机的安装与应用

白飞阳<sup>1</sup> 张接信<sup>2</sup> 王栓让<sup>1</sup> 许传波<sup>1</sup>

(1.中交第二公路工程局有限公司, 陕西 西安 710065; 2.长安大学 工程机械学院, 陕西 西安 710064)



图2 塔机附墙整体现场照片

## 1 工程概要

### 1.1 主塔结构概况

苏通大桥位于江苏省长江口南通河段,连接南通和苏州两市,东距长江入海口约108km,西距江阴长江公路大桥约82km。是江苏省规划建设5个跨江通道之一。

其主桥全长为2088m,采用7跨连续钢箱梁双塔双索面斜拉桥,其1088m的主跨实现了斜拉桥的千米跨越,位居世界第一。

苏通大桥南主塔采用倒Y形结构,高300.40m,为同类桥型世界第

一高塔;索塔混凝土量达27786m<sup>3</sup>,钢筋总重达7981t;其中上塔柱斜拉索采用钢锚箱锚固结构,钢锚箱总高度73.6m,分30节施工,最大钢锚箱单节重达45.8t。塔柱总体布置图见图3。

### 1.2 施工难点

(1) 桥位处年平均8级以上大风天气达108天,对吊装设备的抗风稳定性提出了很高的要求。

(2) 上塔柱为钢锚箱与混凝土共同受力结构,其中最大钢锚箱单节重达45.8t,对吊装设备的吊装能力提出了较高要求。

## 2 吊装设备的选择与布置方案

### 2.1 塔机选型

根据苏通大桥主塔设计构造形式,结合桥位处的地理环境,主塔施工塔机选型及布置主要考虑以下几个影响因素:

- (1) 塔柱施工爬升模架空间尺寸及安装荷载。
- (2) 钢锚箱的安装荷载(包括从驳船上起吊及塔上安装)。
- (3) 塔机的拆除荷载及空间位置。
- (4) 塔柱施工材料的垂直运输。
- (5) 横梁支架的安装与拆除。
- (6) 施工电梯的平面位置及安装荷载。
- (7) 主梁平面位置。
- (8) 抗风性能等。

在设备选型上,塔机的最大吊装

表1 MD3600型塔机技术性能参数

工作幅度/m	6.5-50	
最大起重量/t	起升机构A	80
	起升机构B	20
起重力矩/(kN·m)	>23000	
起升高度的/m	>315	
起升速度/(m/min)	起升机构A	10-20
	起升机构B	60-80
臂长/m	55	
标准节宽度/m	3.5	
最小工作半径/m	1.8	
非工作状态允许风速/(m/s)	67.5	
最大工作风速/(m/s)	20	

表2 QTZ315型塔机技术性能参数

工作幅度/m	<52.5
最大起重量/t	13
起重力矩/(kN·m)	3150
起升高度的/m	220
臂长/m	52.5
非工作状态允许风速/(m/s)	64
最大工作风速/(m/s)	18.2

荷载按照幅度30m处最大吊重50t和幅度30m处最大吊重10t的吊装要求进行大塔机和小塔机的选择。前者主要考虑上塔柱钢锚箱节段的最大荷载(45.8t)+吊具重量+锚箱工作平台重量;后者主要考虑自动模架在安装过程中的最大吊装荷载及施工支架安装时的最大吊装荷载的要求。

综合考虑以上各种影响因素,经过对国内、国外塔机的大量的市场调查研究,最后确定选用以下两种塔机作为塔柱施工的吊装设备:大塔机选择波坦MD3600型塔机,小塔机选择江麓QTZ315型塔机。

### 2.2 塔机施工性能

法国波坦MD3600型塔机经改造后,其主要性能参数如表1。

江麓QTZ315型塔机性能参数如表2。

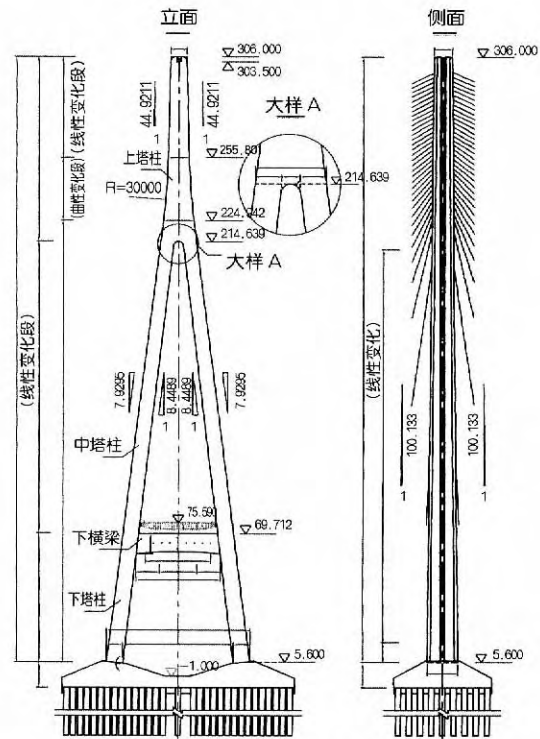


图3 苏通大桥南主塔结构布置图

注:1. 本图尺寸除标高以m计外,余均以cm为单位;

2. 塔柱横桥向外侧装饰槽中以及下横梁两腹板上设置通风孔,所有通风管均由里朝外向下倾斜3°设置。

### 2.3 塔机布置方案

结合苏通大桥塔肢结构特点,为保证2个塔肢同时作业,综合考虑影响塔机布置的各种因素,对塔机的布置进行以下3种方案的比选:

方案一:布置1台大型塔机于塔柱中部,利用1台塔机完成塔柱施工;



图4 基座预埋件安装完成后的照片

方案二: 布置1台大型塔机于塔肢一侧,利用1台塔机完成塔柱施工;

方案三: 中、下塔柱施工时布置2台塔机于2塔肢,上塔柱施工由一侧大型塔机完成。

以上3种布置方案的优缺点比较如表3所示。

经过比选,方案三虽然投入成本较高,但能有效地保证塔柱施工进度,故选用布置2台塔机的方案进行塔柱施工。塔机具体布置形式如下:

索塔施工时采用一大一小2台塔机进行施工。在下游岸侧布置一台波坦MD3600型大塔机,主要负责下游塔肢、上塔柱及钢锚箱吊装施工,并辅助以后的斜拉索挂索施工,是主要的施工设备。在上游江侧布

置一台江麓QTZ315型小塔机,主要负责吊装上游塔肢的钢筋、模板等小型施工材料,在塔柱合龙段施工完成后拆除。塔机布置如图7。

### 3 MD3600塔机的安装与使用

MD3600塔机由法国波坦公司设计制造,是目前国内应用的最大水平臂变幅塔式起重机,其特点是起升高度高,起重力矩大,稳定性强,吊装定位精度高等。为适应苏通大桥的施工特点,对其进行了改造设计,改造后最大工作高度达315m,臂长50m,起重机采用了双吊钩设计,分别具备20t和80t的起重能力,同时也满足了吊装速度的要求。

#### 3.1 塔机基础安装

##### (1) 塔机基础的位置布置。

塔机基础的布置需要考虑以下2个主要因素:

便于设置能够满足设计受力要求的基础;

尽量缩短与待安装钢塔柱的距离,以减小对塔机起重能力的要求。

##### (2) 塔机基础结构型式。

塔机基座由以下2部分构成:基座预埋件和塔机基座。其基座预埋件采用12根 $\varnothing 245 \times 16$ 钢管,钢管下端预埋在承台混凝土中,钢管顶端口均采用50mm钢板将其连成整体,底面钢板底设置 $\varnothing 28$ 钢筋网以确保混凝土受力。塔机基座由4个塔



图6 柱脚与塔身标准节的连接

表3 塔机布置方案对比选表

方案	优点	缺点
方案一	成本较低	1.施工工效较低; 2.塔机出现故障对塔柱施工影响较大; 3.存在位置干扰。
方案二	成本较低	1.施工工效较低; 2.塔机出现故障对塔柱施工影响较大。
方案三	1.能够保障2塔肢同时施工,工效高; 2.单台塔机出现故障对工程影响较小。	成本较高



图5 基座安装完成后的照片

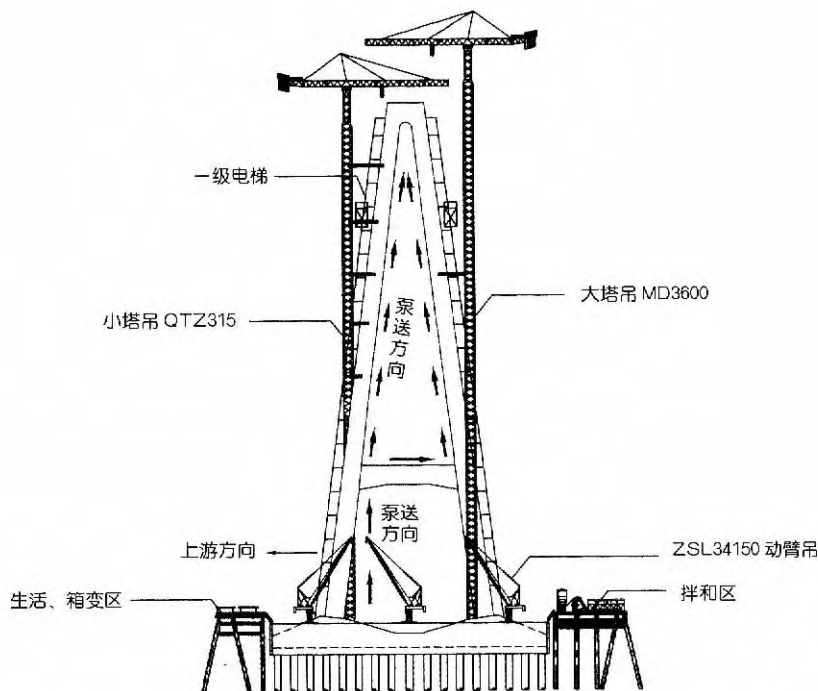


图7 苏通大桥南主塔大型设备立面布置图



图8 吊装钢锚箱施工

机柱脚、2片纵梁、2片横梁、2根前支撑、2根后支撑及4个基座预埋件构成。为了确保基座预埋件的整体受力，每根钢管采用一根 $\phi 36\text{mm}$ 精轧螺纹钢对顶底锚板张拉力 $600\text{kN}$ ，张拉后对钢管实施压浆处理。塔机基础施工如图4及图5所示。

### 3.2 塔机安装

塔机柱脚安装完毕后，按照设计好的拼装顺序进行塔机的拼装，并采用浮吊整体吊装起重臂。塔机吊装如图1和图6所示。

MD3600塔机高达 $315\text{m}$ ，塔机

附墙装置是保证塔机受力安全的重要保障措施，由于塔机距离桥梁塔柱较远，附墙装置长度比较大，故拼装成桁架形式，塔机附墙装置局部安装如图9所示，整体安装如图2所示。

### 3.3 塔机和索塔施工的安全措施

(1) 塔机所有动作均通过安全系统进行保护，设有吊重限制器和起吊速度限制器，司机室内的操纵台上和塔机底部电控箱上均设有紧急停止按钮，在塔机的最高点设有风速仪和夜间航行警示红灯和避雷针，能够对 $50\text{km/h}$ 风速提前报警。

(2) 为保证基础安全，对基础结构的焊缝进行了应力检测，并对安装完成后的塔身进行了垂直度检测，确保各构件均满足设计要求。在施工过程中，必须进行定期的维修和保养，并对关键的位置进行监测，确保结构安全。

(3) 风洞试验。为确保索塔和塔机共同受力时的结构安全，在苏

通大桥进行风洞试验时考虑了索塔和塔机共同作用的风洞特性，并进行了专题研究。研究考虑了索塔对塔机的振动激励影响，分不同的工作状态进行了计算和试验研究。研究结构表明，索塔和塔机在工作和非工作状态下都未发生发散性振动，塔机本身没有安全性问题。

### 3.5 塔机应用效果

由于塔机配备及布置合理，有效地保证了2塔肢同步施工过程中的吊装任务，同时顺利地完成了下横梁支架及0#块支架的安装，确保了下横梁、0#块支架的架设及塔柱整体施工进度。尤其上塔柱施工过



图10 塔机布置图

程中，MD3600型塔机的优秀吊装能力，实现了上塔柱钢锚箱2节整体吊装方案，大大缩短了上塔柱施工周期，有效保证了主塔施工总体工期。塔机施工如图8和图10所示。

## 4 总论

苏通大桥塔高、风大，MD3600塔机的稳定运行确保了南主塔顺利完成施工，其施工进度较原计划提前了近1个月左右。实践证明塔机的布置方案和施工工艺较为科学合理，为同类桥梁施工提供了有益的参考价值。



图9 塔机附墙局部现场照片