

# Installation Technology of Self Elevating Tower Crane for Solar Thermal Power Generation Project

Jianrong Zhang

Zhejiang Industrial Equipment Installation Group Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310002, China

## Abstract

With the needs of modern development, this paper combines engineering examples to install a self elevating tower crane for the molten salt heat absorber system of a 50MW solar thermal power generation project. The tower crane has a maximum lifting capacity of 20t, a maximum turning radius of 75m, and a height of 265m. Mainly hoisting steel structures, heat absorbing equipment, and pipelines, providing reference in similar engineering practices. Mainly analyze self elevating tower cranes, solar thermal power generation, installation technology, etc., and select reasonable construction processes through screening and comparison in various aspects. Ensuring installation quality, improving construction efficiency, reducing construction safety hazards, and completing the installation of large self elevating tower cranes within the construction period.

## Keywords

solar thermal power generation; self elevating tower crane; installation technology

# 光热发电项目自升塔式起重机安装技术研究

张建荣

浙江省工业设备安装集团有限公司, 中国·浙江 杭州 310002

## 摘 要

随着现代发展需要本文结合工程实例, 某光热发电50MW项目熔盐吸热器系统安装工程, 需要安装1台自升式塔式起重机, 该塔机最大起重量20t, 最大回转半径75m, 高度265m。主要吊装钢结构、吸热设备及管道等, 在类似工程实践中提供参考。主要分析自升式塔式起重机, 光热发电、安装技术等, 通过各方面的筛选对比, 选择合理施工工艺。保证安装质量, 提高施工效率, 降低了施工安全隐患, 在工期内完成了大型自升塔式起重机安装。

## 关键词

光热发电; 自升式塔式起重机; 安装技术

## 1 引言

由于塔式光热发电的独特属性, 在安装过程中往往会有某种程度的技术和风险。为了提高塔式起重机安装效率, 降低安全风险。在施工该类工程任务时, 使用最新有效技术来完成施工, 配合好相关设备安装。论文阐述了塔式光热发电自升式起重机安装技术。

## 2 安装工艺

### 2.1 安装程序

支腿固定式塔吊安装的顺序: 安装基节—安装塔式标准节—安装爬升架—安装回转支座—安装回转塔身—安装塔顶—安装平衡臂—吊装配重—安装司机室—安装起重臂—安装平衡臂配重—顶升标准节—安装附着—顶升标准节<sup>[1]</sup>。

### 2.2 安装方法

①吊装固定基节和一节标准节。

②吊装爬升架: a. 将爬升架组装完毕后, 将吊具挂在爬升架上; b. 在塔身节外侧轻轻安装爬升架; c. 使爬爪固定在塔身节第二节上部踏步之上, 再进行调整爬升导轮和标准节间隙(间隙控制范围宜为 2~3mm)。

③吊装回转支承总成: a. 把吊具固定在上支座的 4 个支柱耳套下, 再把回转支承总成进行起吊; b. 回转支承总成轻轻放在塔身之顶部。一定要标记支座引进梁要和塔身节踏步的相对位置关系。

④回转塔身的装配: 回转塔身吊装起来时, 必须将紧挨起重量限制器一侧支耳和上支座起重臂的方向保持一致。

⑤安装塔顶: 将塔顶组装好; 将塔顶吊装起来落到回转塔身之上, 警惕要使塔顶垂直侧对准上支座的起重臂侧方向。

⑥安装平衡臂总成: a. 在地面进行平衡大臂装配; b. 平衡臂和回转塔身固定件, 采用定轴架和销轴, 吊起来, 将其

【作者简介】张建荣(1985-), 男, 中国甘肃天水人, 本科, 工程师, 从事管道安装施工技术研究。

连接装配好；c.平衡臂被吊装到一定高度位置，使用销轴，将其塔顶上平衡臂拉杆与平衡臂拉杆连接牢固；d.使得平衡臂轻轻落下，再将一个3吨重的平衡重放在平衡臂末端后面位置。

⑦安装司机室：将司机室电气设备安装齐全后；吊起司机室，对准耳板上孔的位置对准穿好开口销。

⑧安装起重臂总成：将起重臂、起重臂拉杆、载重小车、变幅机构组装好；起重臂底部部和回转塔身的固定，使用销轴和定轴架，首先使起重臂总成用吊车吊装到指定高度，然后将两者固定牢固。将起重臂抬高位置，将起重臂拉杆龙头架和塔顶连接好，缓慢放下起重臂。

⑨配装平衡重。

⑩接好所有电源电线电气设备。

⑪使起重大臂转到标准节引进方向，并进行制动回转制动器（刹车），使起重机-塔机保持在顶升和配平的动态，使大臂上的载重小车制动在需要配平处位置。

⑫安掉最上面一节标准节与下支座的连接销轴以及最上面一节标准节与最上面第二节相连的销轴。将引进小车引入爬升架内，用卸扣和钢丝绳将引进小车和最上面的标准节连成一体，钢丝绳的长度要与引进标准节时一样长。

⑬顶升油缸按照规定进行伸长，使顶升挂板挂于（固定）在踏步槽上，将安全销装入其内，缓缓使上部结构轻轻顶起来，观察是否平衡，平衡后将上部结构顶起，直至最上面的标准节与最上面的第二节标准节的接头不能分离，决不可将顶升挂板挂在踏步（b）槽上，只能调整钢丝绳的长度，使之顺利分离。此时停止顶升，将标准节拉进。

⑭收缩回已经顶升伸长的油缸，换步顶杆通过踏步a放置在踏步c之上。

⑮保证换步顶杆（两个）都要压贴在踏步b槽之上，且要能承受爬升架与其之上部分的重量之后，安全销才能被取出，确保伸长油缸要把顶升挂板挂牢在踏步D槽之上，再装入安全销。

⑯微微伸长起重机油缸，使换步顶杆方向向外拉动，换步顶杆下降时不发生干扰。顶升油缸再进行收缩，使得换步顶杆放置在踏步C上。

⑰踏步（C槽）要被换步顶杆压上，保证能承担爬升架及其之上的重量，安全销才能被取出，确保伸长油缸要把顶升挂板挂牢在踏步C槽之上，再装入安全销。

⑱按照以上步骤重复，使得顶升挂板最后要挂牢在踏步G槽上，继续收缩油缸直到下支座回到塔身标准节之上，联结八个插入八根D60销轴，敲进孔的内部，销轴一侧插入小销轴以及弹簧销，在销轴另一侧安上防转套，然后再装入小销轴以及弹簧销等。

⑲标准节被大臂小车上的起重钩吊在地上。若不断进行安拆标准节，每安拆一次，塔机吊下节标准节前，塔身的主玄杆与下支座，确保有四根D60的无销轴肩的联结，只

有在这样的条件下，允许用四根D60销轴。

⑳按照以上步骤重复，将起重机-塔身标准节按顺序安下。起重机-塔身安拆到指定高度后，如果要继续安塔，则务必先安卸平衡之上的平衡配重。

## 2.3 平衡大臂配重的装配

先使小车固定于起重臂底部边缘处（根部），采用汽车吊起起重机安卸配重。按照安装配重的相反程序，将需要的配重按顺序装配上，最后只留下一块5吨配重块。

## 2.4 塔机大臂的安装

塔机钢丝绳先卸下，把钢丝绳卷全部展开，进行仔细检查。慢慢地抬起大臂，钢丝绳件要安装在塔顶销轴的上面，缓慢开启动提升机装置，要拉过头，接近塔顶部；塔顶上和塔顶连接销，使其牢固可靠，方向拉杆要到起重大臂上连接固定牢固；再安装塔机钢丝绳，装配回转塔身和起重大臂的连接销；把起重大臂落下，用木方垫在支座下面。

# 3 安装方法

## 3.1 塔机基础

### 3.1.1 地质概况

塔机基础主要位于基坑回填土上，部分位于圆砾层，要求回填土地基承载力特征值不低于160kPa。

### 3.1.2 技术要求

①塔机基础按照项目按照设计单位提供的塔机基础资料设计；

②塔机基础埋件由厂家提供，在进行钢筋绑扎和混凝土浇筑之前由厂家进行安装；

③基础顶低钢筋间设马凳筋支撑；

④基坑开挖时，开挖坡度由施工单位确定，要确保边坡稳定，开挖时候严禁扰动基础底土体；

基坑土方开挖应严格按照设计要求进行，不得超挖，基础周边堆载不得超过设计规定，土方开挖完成后立即开始施工垫层，对基坑进行封闭，防止水浸或暴露，并应及时进行地下结构施工<sup>[2]</sup>。

⑤基础坑回填时，采用分层夯实回填，每层厚度不得大于250mm，建筑物周边应均匀回填，回填土的压实系数不得小于0.94。

⑥本工程地基基础设计等级为丙级。

⑦基础混凝土等级为C35，环境类别为二b类。

⑧基础下设C15素混凝土垫层。

⑨基础边构造见图集16G101-3第93页U形筋构造封边方式。

⑩确保浇筑后水平面和基础节的两个方向中心线垂直度小于等于1/1000。

## 3.2 塔机附着

工程所需高度超过厂家设计的高度时，一定要对起重机-塔身进行附着固定设置。

单个附着系统由一组内撑件和外框梁等组成,单个组由外框梁的前、后及侧梁等组成,由八件 D60 的销轴固定组成附着架,附着的四个顶点里面,有三根撑杆和其铰接连接,三根撑杆末端,由连接耳座和构筑物的附着铰链连接,三根撑杆要保持水平;内撑有部分会通过楔子将卡箍、斜撑固定在塔身。

安装时首先要使得附着外部装配在起重机-塔身之上,用斜撑和卡箍把起重机-塔身的4根主弦杆顶(拉)紧;销轴把附着撑杆的一段,与框架连接,另一段要和构筑物上预埋件连接。

每一个附着件三根撑杆,要尽可能在同一平面上。

附着的撑杆可以设置,供施工人员从建筑物到塔机跳板通道,但严禁堆放负荷重物。

附着装置在安装时,要用经纬仪量具,及时检查塔身的垂直度,最高附着点以上塔身轴心线的垂直度偏差不得大于悬出段塔身高度的4/1000,最高附着点以下塔身轴心线的垂直度允许偏差为2/1000,允许用适当调节附着撑杆的长度来达到。

### 3.3 附着系统

本次设备安装高度为265m,共设置七道附着。以第七道附着图为例,见图1。

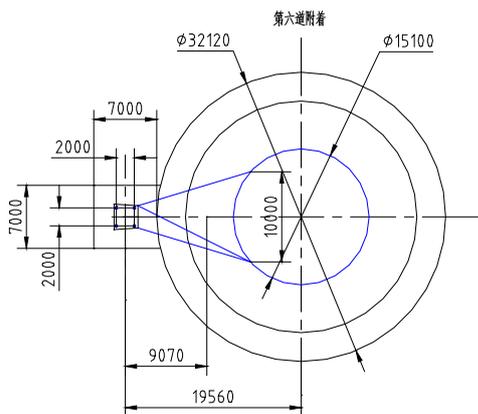


图1 第七道附着图

### 3.4 起重机附着力学计算

#### 3.4.1 塔基支座力计算

起重机-塔机按厂家说明,塔机附着于建筑物固定时,负荷最大处在顶部最后一道附着装置,计算第七道附着为例,校核负荷的受力。

附着可看作一个带悬臂、有刚性的支撑梁,力学计算如下:

风荷载计算:

①工作状态下塔机塔身截面对角线方向所受风荷载标准值。

塔机所受风均布线荷载的标准值: ( $W_0=0.2\text{kN/m}^2$ )。

$$W_k=0.8 \times 0.7 \times 1.95 \times 1.54 \times 0.2=0.34\text{kN/m}^2$$

$$q_{sk}=1.2 \times 0.34 \times 0.35 \times 2=0.28\text{kN/m}$$

②非工作状态下起重机-塔机塔身截面对角线方向所受风荷载的标准值。

起重机-塔机所受风均布线荷载标准值(本地区  $W_0=0.30\text{kN/m}^2$ )。

$$W_k=0.8 \times 0.7 \times 1.95 \times 1.54 \times 0.30=0.50\text{kN/m}^2$$

$$q_{sk}=1.2 \times 0.50 \times 0.35 \times 2.00=0.42\text{kN/m}$$

塔机的倾覆力矩:

工作状态下,标准组合的倾覆力矩标准值:

$$M_k=-6184+2500=-3684.00\text{kN.m}$$

非工作状态下,标准组合的倾覆力矩标准值:

$$M_k=-6184.00\text{kN.m}$$

力  $N_w$  计算:

工作状态下:

$$N_w=305.810\text{kN}$$

非工作状态下:

$$N_w=517.591\text{kN}$$

#### 3.4.2 附着杆轴力计算

①工作状态。起重机-塔机工作状态下,  $N_w=305.81\text{kN}$ , 风向垂直于起重臂,考虑塔身在最上层截面的回转惯性力产生的扭矩和风荷载扭矩。

将上面的方程组求解,其中  $\theta$  从0~360循环,分别取正负两种情况,分别求得各附着最大的轴压力和轴拉力。

②非工作状态。起重机-塔机非工作状态,  $N_w=517.59\text{kN}$ , 风向顺着起重臂,不考虑扭矩的影响。

③计算汇总。将上面的方程组求解,其中  $\theta=45, 135, 225, 315, M_w=0$ , 分别求得各附着最大的轴压力和轴拉力。

#### 3.4.3 附着杆强度验算

附着杆采用  $\phi 219 \times 10$  的无缝管。

①杆件轴心受拉强度验算:

验算公式:

$$\sigma=N/A_n \leq f$$

其中,  $N$  为杆件的最大轴向拉力,取  $N=557.10\text{kN}$ ;  $\sigma$  为杆件的受拉应力;  $A_n$  为格构杆件的截面面积,计算得  $A_n=4921.2\text{mm}^2$ 。

经计算,杆件的最大受拉应力:  $\sigma=557.10 \times 1000/4921.2=113.20\text{N/mm}^2$ 。

最大拉应力不大于拉杆的允许拉应力  $315\text{N/mm}^2$ , 满足要求。

②杆件轴心受压强度验算:

验算公式:

$$\sigma=N/\varphi A_n \leq f$$

其中,  $\sigma$  为杆件的受压应力;  $N$  为杆件的轴向压力,杆1取  $N=534.84\text{kN}$ ; 杆2取  $N=557.10\text{kN}$ ; 杆3取  $N=739.52\text{kN}$ ;  $A_n$  为格构杆件的截面面积,计算得  $A_n=4921.2\text{mm}^2$ ;  $\varphi$  为杆件的受压稳定系数,是根据  $\lambda$  查表计算得: 杆1取  $\varphi=0.713$ , 杆2取  $\varphi=0.681$ , 杆3取  $\varphi=0.738$ ;

$\lambda$  为杆件长细比，杆 1 取  $\lambda=76.061$ ，杆 2 取  $\lambda=81.923$ ，杆 3 取  $\lambda=72.889$ 。

经计算，杆件的最大受压应力  $\sigma=203.51\text{N}/\text{mm}^2$ 。

最大压应力不大于拉杆的允许压应力  $315\text{N}/\text{mm}^2$ ，满足要求。

#### 4 结语

该项目当地气候条件差，风速较大，天气寒冷，超高度自升式起重机安装作业难度增加。对传统安装工艺进行不

断改进，克服了作业环境恶劣、垂直运输高等施工难点。通过各方面的筛选对比，选择合理施工工艺。保证安装质量，提高施工效率，降低了施工安全隐患，在工期内完成了大型自升塔式起重机安装<sup>[3]</sup>。

#### 参考文献

- [1] GB 50009—2012 建筑结构荷载规范[S].
- [2] B5144—2007 塔式起重机安全规程[S].
- [3] JGJ 196—2010 建筑施工塔式起重机安装、使用、拆卸安全技术规程[S].