

# SCJC

渠江风洞子航运工程项目 3#、8#、13#、18#中墩  
XGT6015-8S 1塔机附着杆计算报告及设计图

设计、计算: 李彦宏 - - - -

设计、审核: 周伟 - - - -

日 期: 2024年12月26日 - -

四川锦城建筑机械有限责任公司

SICHUAN JINCHENG CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD



## 目 录

一、总体说明.....	2
二、参数信息.....	2
三、支座力计算.....	3
四、附着杆内力计算.....	4
五、工作工况的计算.....	4
六、非工作工况的计算.....	5
七、附着杆强度验算.....	5
八、焊缝强度计算.....	7
九、调节丝杆验算.....	7
十、连接销轴验算.....	7
十一、附着支座连接的计算.....	8
十二、附着设计与施工的注意事项.....	10
十三、挠度计算.....	10
附件 1、附着杆传递至建筑物的受力分解.....	12
附件 2、附着平面布置图.....	13

## 一、总体说明

1、渠江风洞子航运工程项目 3#、8#、13#、18#中墩 XGT6015-8S1 塔式起重机由徐工集团徐州建机工程机械有限公司设计和制造。

2、XGT6015-8S1塔式起重机情况介绍：附着以上最大悬高32.3米（起重臂长度60m）时，在非工作状态下塔身受力情况弯矩 $M=1477\text{kN}\cdot\text{m}$ ，垂直力为487kN；在工作状态下塔身受力情况弯矩 $M=1670\text{kN}\cdot\text{m}$ ，垂直力为560kN，回转扭矩 $M_n=375\text{kN}\cdot\text{m}$ 。

3、本计算主要包括附着杆计算、附着支座计算和锚固支座计算。

4、本计算及附着杆设计依据以下国家标准：

GB/T 5031-2019 《塔式起重机》

GB/T 13752-2017 《塔式起重机设计规范》

GB 56017-2017 《钢结构设计标准》

GB/T 3811-2008 《起重机设计规范》

《XGT6015-8S1塔式起重机说明书》

## 二、参数信息

塔吊计算高度:53.8(m)

3#、13#中墩塔机：实际安装高度:48.4(m)

8#、18#中墩塔机：实际安装高度:40.0(m)

附着塔吊最大倾覆力矩:

工作状态 $1670\text{kN}\cdot\text{m}$

非工作状态 $1477\text{kN}\cdot\text{m}$

附着塔吊边长:1.6(m)

附着框宽度:2.1(m)

回转扭矩: $375\text{kN}\cdot\text{m}$

计算风压：工作状态 $PW=250\text{Pa}$

非工作状态  $PW3=800Pa$  (离地面高度  $H \leq 20m$ )

$PW=1100Pa$  ( $20 < H \leq 100m$ )

$PW=1300Pa$  ( $H > 100m$ )

附着杆选用方钢管:  $\square 160mm \times 8mm$ , 材质 Q235B。

附着节点数: 1

各层附着高度分别: 21.5(m)

附着点1到塔吊的竖向距离:  $b1=2.500m$

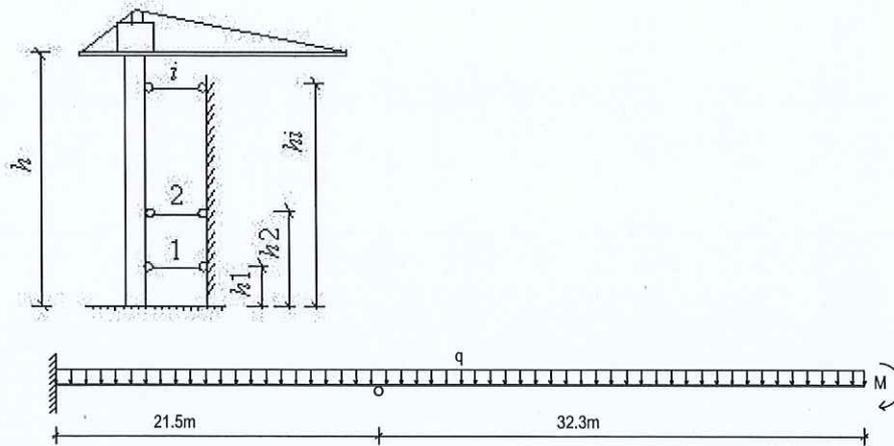
附着点1到塔吊的横向距离:  $a1=2.015m$

附着点1到附着点2的距离:  $a2=5.630m$

### 三、支座力计算

塔机按照说明书与建筑物附着时, 最上面一道附着装置的负荷最大, 因此以此道附着杆的负荷作为设计或校核附着杆截面的依据。

附着式塔机的塔身可以视为一个带悬臂的刚性支撑连续梁, 其内力及支座反力计算如下:



#### 1、塔机的倾覆力矩

工作状态下, 标准组合的倾覆力矩标准值

$$M_k = 1670 kN \cdot m$$

非工作状态下, 标准组合的倾覆力矩标准值

$$M_k = 1477 kN \cdot m$$

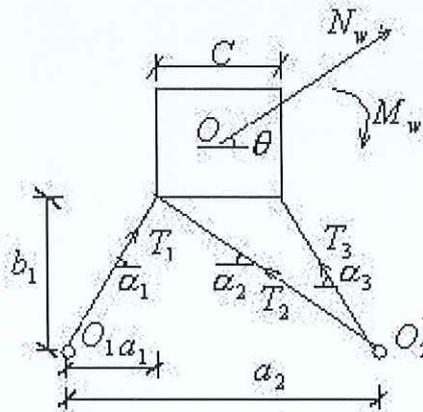
## 2、力 $N_w$ 计算

工作状态下:  $N_w=151.604\text{kN}$

非工作状态下:  $N_w=166.002\text{kN}$

## 四、附着杆内力计算

计算简图:



计算单元的平衡方程为:

$$\sum F_x = 0$$

$$T_1 \cos \alpha_1 - T_2 \cos \alpha_2 - T_3 \cos \alpha_3 = -N_w \cos \theta$$

$$\sum F_y = 0$$

$$T_1 \sin \alpha_1 + T_2 \sin \alpha_2 + T_3 \sin \alpha_3 = -N_w \sin \theta$$

$$\sum M_{O_1} = 0$$

$$T_1 [(b_1 + c/2) \cos \alpha_1 - (a_1 + c/2) \sin \alpha_1] + T_2 [-(b_1 + c/2) \cos \alpha_2 +$$

$$(a_2 - a_1 - c/2) \sin \alpha_2] + T_3 [-(b_1 + c/2) \cos \alpha_3 + (a_2 - a_1 - c/2) \sin \alpha_3] = M_w$$

其中:

$$\alpha_1 = \arctg[b_1 / a_1] \quad \alpha_2 = \arctg[b_1 / (a_2 - a_1)] \quad \alpha_3 = \arctg[b_1 / (a_2 - a_1 - c)]$$

## 五、工作工况的计算

塔机工作状态下,  $N_w=151.604\text{kN}$ , 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：

杆1的最大轴向压力为：238.20 kN

杆2的最大轴向压力为：249.90 kN

杆3的最大轴向压力为：357.45 kN

杆1的最大轴向拉力为：238.20 kN

杆2的最大轴向拉力为：249.90 kN

杆3的最大轴向拉力为：357.45 kN

## 六、非工作工况的计算

塔机非工作状态， $N_w=166.002\text{kN}$ ，风向顺着起重臂，不考虑扭矩的影响。

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。

杆1的最大轴向压力为：163.77 kN

杆2的最大轴向压力为：28.25 kN

杆3的最大轴向压力为：142.38 kN

杆1的最大轴向拉力为：163.77 kN

杆2的最大轴向拉力为：28.25 kN

杆3的最大轴向拉力为：142.38 kN

## 七、附着杆强度验算

附着杆设计情况说明（详见设计图）：

截面尺寸: 160mm×160mm; 主肢: 方管□160mm×8mm, 材质Q235B。

## 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=357.45kN;

$\sigma$ ——为杆件的受拉应力;

$A_n$ ——为杆件的截面面积,  $A_n=4864\text{mm}^2$ ;

经计算,杆件的最大受拉应力:  $\sigma = \frac{357.45 \times 1000}{4864} = 73.5\text{N/mm}^2 < 175\text{N/mm}^2$

**结论: 最大拉应力不大于拉杆的允许拉应力175N/mm<sup>2</sup>,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=238.20kN; 杆2:取N=249.90kN;

杆3:取N=357.45kN;

$A_n$ ——为格构杆件的截面面积,计算得  $A_n=4864\text{mm}^2$ ;

最小旋转半径*i*=62.1mm;

$\lambda$ ——杆件长细比,杆1:取 $\lambda=2803/62.1=45.1$ ;杆2:取 $\lambda=3889/62.1=62.6$ ;

杆3:取 $\lambda=2803/62.1=45.1$ ;

$\varphi$ ——为杆件的受压稳定系数,是根据 $\lambda$ 查GB/T 13752-2017附录H表

H.3得: 杆1:取 $\varphi=0.801$ ,杆2:取 $\varphi=0.689$ ,杆3:取 $\varphi=0.801$ ;

经计算,杆件的最大受压应力:  $\sigma = \frac{357.45 \times 1000}{0.801 \times 4864} = 91.7\text{N/mm}^2 < 175\text{N/mm}^2$

**结论: 最大压应力不大于拉杆的允许压应力175N/mm<sup>2</sup>,满足要求!**

## 八、焊缝强度计算

附着杆如果采用焊接方式加长，对接焊缝强度计算公式如下：

$$\sigma = \frac{N}{l_w t} \leq f_c \text{ 或 } f_t$$

其中N为附着杆单根主肢最大拉力或压力，N=357.45kN；

$l_w$ 为附着杆的周长，取640mm；

t为焊缝厚度，t=8mm；

$$[\tau_w] = f / \sqrt{3} = 135.7 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{焊缝强度为： } \tau_w = \frac{357.45 \times 1000}{738.0 \times 9.0} = 69.8 \text{ N/mm}^2 < 135.7 \text{ N/mm}^2$$

**结论：对接焊缝的抗拉或抗压强度计算满足要求！**

## 九、调节丝杆验算

调节丝杆规格为 M70×6（材质为 40Cr，调质 HB301-340）

有效截面积为  $A=3215\text{mm}^2$

40Cr 材质的螺栓拉伸极限设计应力为

$$\lim \sigma' = 0.8 \frac{\sigma_{sl}}{\gamma_m} = 0.8 \frac{785 \text{ N/mm}^2}{1.1} = 570.9 \text{ N/mm}^2 \text{ (抗力系数 } \gamma_m = 1.1, \text{ 材料屈服}$$

点  $\sigma_{sl} = 785 \text{ N/mm}^2$ )

$$\frac{F}{A} = \frac{357.45 \times 1000}{3215} = 111.2 \text{ N/mm}^2 < 570.9 \text{ N/mm}^2, \text{ 满足要求!}$$

## 十、连接销轴验算

### 1、销轴抗剪切验算

附着杆连接销轴直径为 50mm（材质为 45#钢，调质 HB220-250）

45#钢材质的销轴的抗剪设计应力为

$$\lim \sigma' = \frac{\sigma_{sl}}{\gamma_m \sqrt{3}} = \frac{355 \text{ N/mm}^2}{1.1 \sqrt{3}} = 186.3 \text{ N/mm}^2 \text{ (抗力系数 } \gamma_m = 1.1, \text{ 材料屈服点}$$

$$\sigma_{sL} = 355 \text{N/mm}^2$$

$$\frac{4F}{3A} = \frac{4 \times 357.45 \times 1000 / 2}{3 \times \pi \times 25^2} = 121.4 \text{N/mm}^2 < 186.3 \text{N/mm}^2, \text{ 满足要求!}$$

## 十一、附着支座连接的计算

### 1、螺栓验算

附着点螺栓受力如下（见附件：附着杆传递至建筑物的受力分解）：

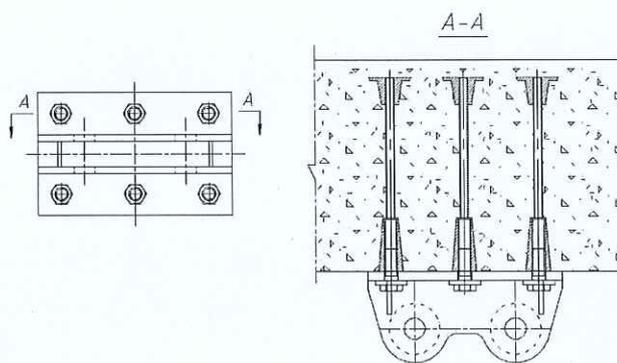
$F_{x_2}$  为螺栓最大径向力， $F_{x_2} = 329.0 \text{kN}$

$F_{y_2}$  为螺栓最大轴向力， $F_{y_2} = 314.8 \text{kN}$

每个附着支座用 6 根 M30mm 的高强螺栓连接，强度等级：10.9 级，

（详见附图）每个螺栓的有效面积为  $561 \text{mm}^2$ 。

螺栓有效应力面积： $A = 6 \times 561 = 3366 \text{mm}^2$



螺栓拉应力： $\sigma = F_{y_2} / A = 314.8 \times 1000 / 3366 \text{mm}^2 = 93.5 \text{MPa}$

螺栓剪切应力： $\tau = F_{x_2} / A = 329.0 \times 1000 / 3366 \text{mm}^2 = 97.7 \text{MPa}$

$$[\sigma] = \frac{0.5\sigma_{sl} + 0.35\sigma_{bl}}{\gamma_m} = \frac{0.5 \times 900 + 0.35 \times 1000}{1.1} = 727 \text{N/mm}^2 \quad (\text{抗力系数 } \gamma_m = 1.1,$$

材料屈服点  $\sigma_{sl} = 900 \text{N/mm}^2$ ，材料抗拉强度  $\sigma_{bl} = 1000 \text{N/mm}^2$ )

合成应力为： $\sigma_{合成} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 193.3 \text{MPa} \leq [\sigma] = 727 \text{MPa}$

**结论：螺栓强度计算满足要求!**

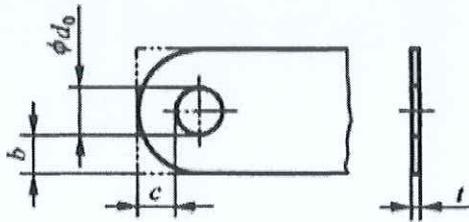
### 2、附着支座耳板验算

1、销轴连接的轴心受拉结构件按以下公式验算其抗剪承载能力（按《塔式起重机设计规范》GB/T13752-2017 5.3.1.5.2 计算）；

$$\frac{N}{2t(c+d_0/2)} \leq \text{lim } t ;$$

式中：N—作用于连接处的轴向力（双耳板取1/2）；

b、c、t—几何尺寸，单位为毫米（mm），见下图：



$d_0$ —销孔直径，单位为毫米（mm）；

$\text{lim } t$ —结构材料的剪切极限设计应力，单位为牛顿每平方米

（ $\text{N}/\text{mm}^2$ ），Q235B 材料  $\text{lim } t = \frac{204}{\sqrt{1.3}} = 126 \text{N}/\text{mm}^2$ ；

$$\frac{357.45 \times 1000 / 2}{2 \times 16(55 + 50 / 2)} = 69.8 \text{N}/\text{mm}^2 < 126 \text{N}/\text{mm}^2, \text{ 满足要求!}$$

2、销轴连接的轴心受拉结构件按以下公式验算其抗拉能力（按《塔式起重机设计规范》GB/T13752-2017 5.3.1.5.3 计算）；

$$\frac{\gamma_s N}{2tb_e} \leq \text{lim } \sigma ;$$

式中：N—作用于连接处的轴向力（双耳板取1/2）；

$b_e$ —尺寸，取  $(2t+16\text{mm})$  和  $b$  两者中的最小值， $b$ 、 $t$  为几何尺寸单位为毫米（mm）；

$\gamma_s$ —考虑开孔对结构件应力的影响系数，取  $\gamma_s = 1.2$ ；

$\lim\sigma$ —结构材料的抗拉极限设计应力，单位为牛顿每平方米  
( $N/mm^2$ )，Q235B 材料  $\lim\sigma = 214N/mm^2$ ；

$$\frac{1.2 \times 357.45 \times 1000 / 2}{2 \times 16 \times 48} = 139.6N/mm^2 < 214N/mm^2, \text{ 满足要求!}$$

## 十二、附着设计与施工的注意事项

锚固装置附着杆在建筑结构上的固定点要满足以下原则：

- 1、附着固定点应设置在丁字墙（承重隔墙和外墙交汇点）和外墙转角处，切不可设置在轻质隔墙与外墙汇交的节点处；
- 2、对于框架结构，附着点宜布置在靠近柱根部；
- 3、在无外墙转角或承重隔墙可利用的情况下，可以通过窗洞使附着杆固定在承重内墙上；
- 4、附着固定点应布设在靠近楼板处，以利于传力和便于安装。

## 十三、挠度计算

校核附着杆截面尺寸为： $160mm \times 160mm$ ；主肢：方管  $\square 160mm \times 8mm$ ；  
长度： $3.889m$ ；重量： $203.5kg$ 是否满足挠度要求。

许用挠度值  $[f] = L/400 = 3.889m \times 1000/400 = 9.7mm$ ；

$$f = \frac{5ql^4}{384EI} \quad (x = \frac{1}{2}L) \text{ 即附着杆中心处挠度；}$$

$$f = \frac{5ql^4}{384EI} < [f] = L/400 = 9.7mm；$$

$$E = 206Gpa = 2.06 \times 10^5 Pa；$$

$$q = 2035N/3.889m = 524N/m = 5.24N/cm；$$

$$\text{最小惯性矩为：} I_{\min} = 1878cm^4；$$

代入数据：

$$f = \frac{5 \times 5.24N/cm \times 3.889m^4}{384 \times 2.06 \times 10^5 N/mm^2 \times 1878cm^4}$$

# SCJC

---

$$\begin{aligned} &= \frac{5 \times 0.524 \text{ N/mm} \times 3.889^4 \times (10^3)^4 \text{ mm}^4}{384 \times 2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2 \times 1878 \times 10^4 \text{ mm}^4} \\ &= 0.4 \text{ mm} < [f] = L/400 = 9.7 \text{ mm} \end{aligned}$$

结论：附着杆挠度值满足要求。

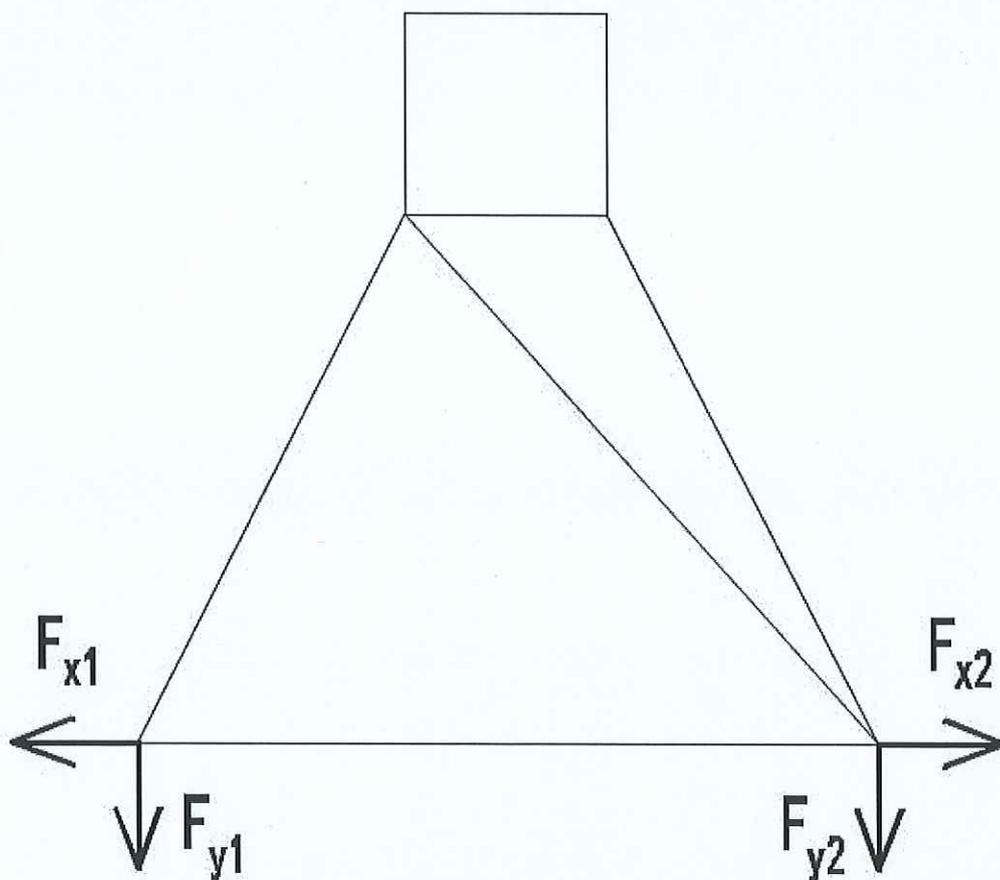
四川锦城建筑机械有限责任公司

技术研发中心

2024年12月24日

## 附件 1、附着杆传递至建筑物的受力分解

附着杆传递至建筑物的受力分解			
$F_{x1}$	$F_{y1}$	$F_{x2}$	$F_{y2}$
$\pm 163.0\text{kN}$	$\pm 174.8\text{kN}$	$\pm 329.0\text{kN}$	$\pm 314.8\text{kN}$



## 附件 2、附着平面布置图

