

# 钢栈桥整体吊装过程中钢丝绳受力及结构稳定性计算

黄佩兵,陈亚修,万月英  
(江西省水电工程局,江西 南昌 330096)

**摘 要:**在大型钢构件吊装过程中,构件在不同状态下的钢丝绳受力和结构稳定性计算往往被工程技术人员忽视,这将带来很大的安全风险。本文以钢栈桥整体吊装为例,详细阐述了钢丝绳受力和结构稳定性计算过程。

**关键词:**钢构件;吊装状态;钢丝绳受力;结构稳定性计算

**中图分类号:**U 445.3      **文献标志码:**A      **文章编号:**1674-1951(2017)07-0004-03

## 0 引言

近年来,随着我国经济的不断发展,电力需求旺盛,发电机组的装机容量越来越大。因而输煤钢栈桥跨度和高度不断增加,单跨钢栈桥重量也越来越大。随着现代施工技术的发展,同时为减少高空安装工作量,钢栈桥安装时,施工单位越来越多地采取整体吊装方案。

工程技术人员在编制钢栈桥吊装方案时,在场地布置、正常提升状态下的钢丝绳受力计算、吊机选型及其工况选择等方面描述比较详细,但往往忽视了某些吊装状态下的钢丝绳受力和结构稳定性计算。在重量达数十吨甚至上百吨的钢栈桥吊装中,计算工作的缺失将带来很大的安全风险。

## 1 吊装过程中不同状态下的钢丝绳受力计算

一般情况下,钢栈桥安装好以后都具有一定的坡度。钢栈桥在地面拼装成整体时,拼装平台一般都是水平的。也就是说,吊装时钢栈桥将从水平状态变成具有一定坡度的正常提升状态。采用单台起重机吊装时,钢丝绳在起吊初始阶段和正常提升阶段受力是不同的。下面将以某电厂输煤钢栈桥整体吊装工程为例进行详细说明。

钢栈桥由 2 个楸钢桁架、屋面梁、桥面梁及支撑组成,外形尺寸为 49 589 mm × 5 000 mm × 4 500 mm。采用 4 点进行整体吊装,如图 1 所示。

### 1.1 钢栈桥处于水平状态时的吊装阶段

钢栈桥的组装工作在安装现场的地上进行,刚开始吊装时,钢栈桥处于水平状态。钢栈桥水平状态起吊示意图及钢丝绳受力示意图分别如图 2、

图 3 所示。钢栈桥、操作平台、安全设施及吊索总重为 108.5 t。钢丝绳计算时不考虑不平衡系数和动荷载系数,4 根钢丝绳受力分别为  $F_1, F_2, F_3, F_4$ 。

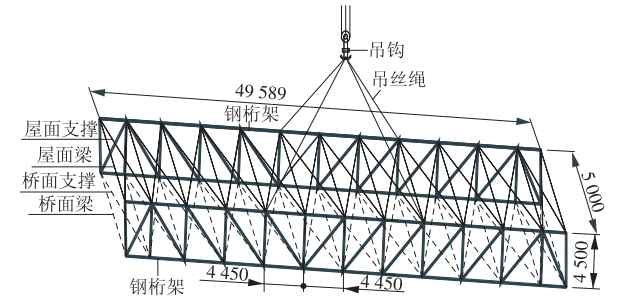


图 1 钢栈桥整体吊装示意

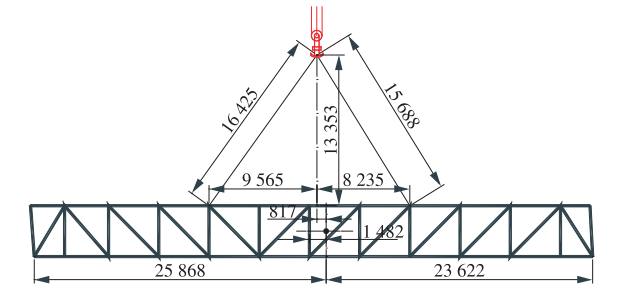


图 2 钢栈桥水平状态起吊示意

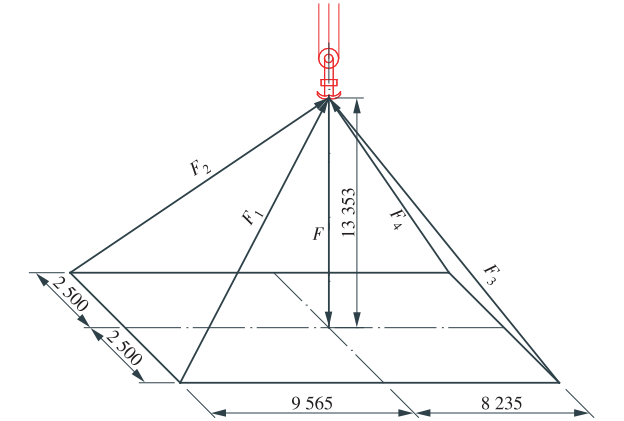


图 3 钢丝绳受力示意

刚开始吊装时,钢栈桥处于水平位置( $0^{\circ}$ ),钢栈桥以低端为支点旋转,钢栈桥高端刚离开地面时,吊钩所受拉力为  $F$ 。根据力矩平衡原理可知:

$$(23\,622 + 817) \times F = 23\,622 \times 108.5 \times 9.8 ,$$
$$F = 1027.75 \text{ kN} .$$

如图 2 所示,根据力的分解与合成理论,可以求出钢丝绳受力  $F_1 \sim F_4$  的值:

$$F_1 = F_2 = 295.68 \text{ kN} ,$$
$$F_3 = F_4 = 328.41 \text{ kN} .$$

1.2 钢栈桥坡度为  $3^{\circ}$  时的吊装阶段

在钢栈桥姿态从水平位置( $0^{\circ}$ )变至  $3^{\circ}$  的过程中,低端一直未离开地面,地面承受一部分荷载。钢栈桥完全离开地面后,与水平面夹角为  $3^{\circ}$ ,钢丝绳受力不再发生变化,进入正常的提升阶段。钢栈桥坡度为  $3^{\circ}$  时的起吊示意及节点 1~4 的钢丝绳受力示意分别如图 4、图 5 所示。

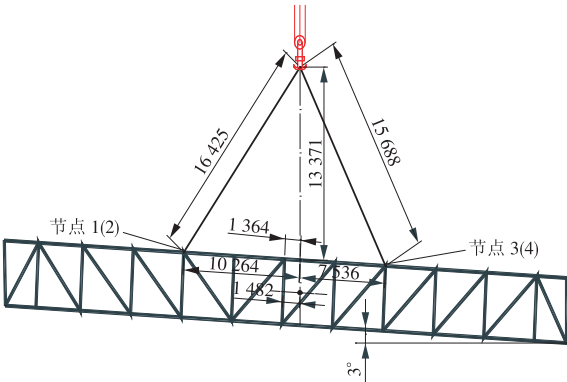


图 4 钢栈桥坡度为  $3^{\circ}$  时的起吊示意

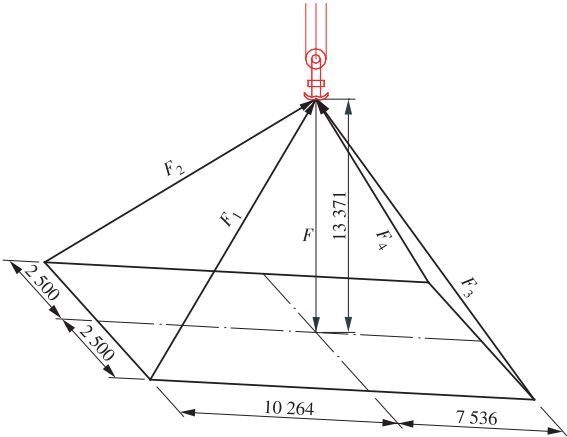


图 5 钢丝绳受力示意

如图 5 所示,同理可以求出钢丝绳受力  $F_1 \sim F_4$  的值:

$$F_1 = F_2 = 279.53 \text{ kN} ,$$
$$F_3 = F_4 = 364.05 \text{ kN} .$$

由此可知,在钢栈桥姿态从水平位置( $0^{\circ}$ )变至  $3^{\circ}$  的过程中,  $F_3$  与  $F_4$  变大,  $F_1$  与  $F_2$  变小。因此,在选择钢丝绳型号和规格时,应以吊装过程中钢丝绳所

受的最大值为依据。

2 结构稳定性计算

钢栈桥吊装过程中,由于绑扎点(吊点)要承受钢丝绳传递的压力,因此应对吊装节点位置进行加固,加固措施如图 6 所示。并应依据吊装节点受力情况,对吊装节点 3(4)在最大受力情况下进行结构稳定性计算。节点 3(4)受力分解如图 7 所示。

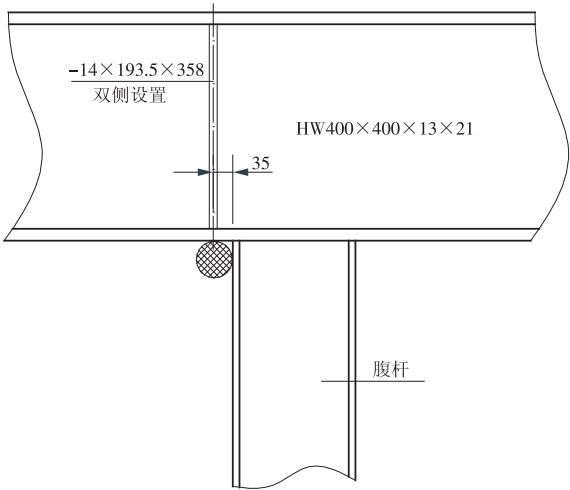


图 6 加固措施

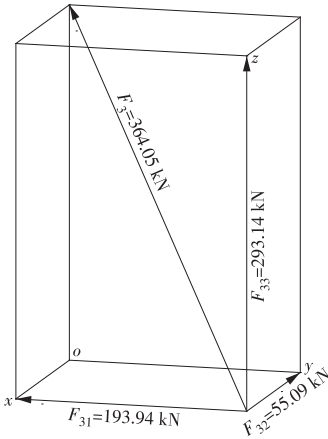


图 7 节点 3(4) 受力分解

由于钢丝绳绑在节点位置,作用力对上弦杆产生的弯矩很小,验算省略。

2.1 上弦杆平面外稳定性计算

上弦杆平面布置有  $\text{HM}340 \times 250 \times 9 \times 14$  热轧 H 型钢(Q235B),间距 4 450 mm,吊装时产生的分力  $F_{32}$  (55.09 kN) 由该 H 型钢承担(屋面支撑刚性较小,不考虑分担该分力)。查 GB/T 11263—2010《热轧 H 型钢和剖分 T 型钢》<sup>[1]</sup> 可知弱轴  $i_y = 60.5 \text{ mm}$ , 截面积  $A = 9\,953 \text{ mm}^2$ , 计算长度  $l_{0y} = 5\,000 \text{ mm}$ ,  $\lambda_y = l_{0y}/i_y = 5\,000/60.5 = 82.6$ 。

查 GB 50017—2003《钢结构设计规范》<sup>[2]</sup> 附录表 C-2,稳定系数  $\varphi = 0.67$ 。

稳定性计算:  $N/(\varphi A) = 55\,090/(0.67 \times 9\,953) = 8.3 \text{ (MPa)} < f = 215 \text{ MPa}$ , 因此, 结构满足安全要求。

## 2.2 上弦杆受压稳定性计算

吊装时产生的分力  $F_{31}$  (193.94 kN) 由上弦杆 HW400 × 400 × 13 × 21 (Q345B) 承担; 查 GB/T 11263—2010《热轧 H 型钢和剖分 T 型钢》可知弱轴  $i_y = 101 \text{ mm}$ , 截面积  $A = 21\,870 \text{ mm}^2$ , 计算长度  $l_{0y} = 4\,450 \text{ mm}$ 。  $\lambda_y = l_{0y}/i_y = 4\,450/101 = 44.1$ 。

查 GB 50017—2003《钢结构设计规范》附录表 C-2, 稳定系数  $\varphi = 0.84$ 。

稳定性计算:  $N/(\varphi A) = 193\,940/(0.84 \times 21\,870) = 10.6 \text{ MPa} < f = 295 \text{ MPa}$ , 因此, 结构满足安全要求。

## 2.3 吊装节点加劲肋稳定性计算

根据 GB 50017—2003《钢结构设计规范》4.3.7 条, 吊装时产生的分力  $F_{33}$  (293.14 kN) 由吊点加劲肋与上弦杆部分腹板 (Q345B) 承担, 组合截面如图 8 所示。

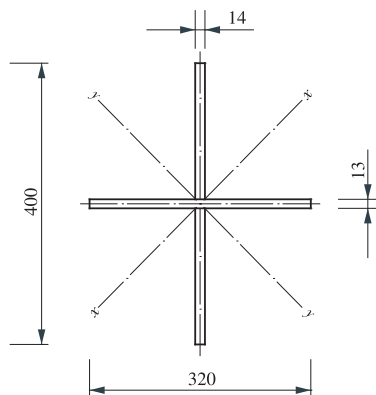


图 8 组合截面

经计算可知  $i_x = i_y = 75.8 \text{ mm}$ , 截面积  $A = 9\,578 \text{ mm}^2$ , 计算长度  $l_{0y} = 358 \text{ mm}$ 。  $\lambda_y = l_{0y}/i_y = 358/75.8 = 4.7$ 。

查 GB 50017—2003《钢结构设计规范》附录表 C-3, 稳定系数  $\varphi = 0.998$ 。

(上接第 3 页) 3 且支架的尺寸较大时, 以往计算方法所得的  $F_{AY}, F_{BY}$  的值 (即底梁两端支撑点的力) 跟实际值相差很大, 甚至出现失真, 在应用范围上具有局限性, 而超静定计算法则是普遍适用的。

## 参考文献:

- [1] 哈尔滨工业大学理论力学教研室. 理论力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [2] 贺克让. 大倾角带式输送机三角形支架设计[J]. 起重运输机械, 1993(2): 19-23.
- [3] 郑文纬, 吴克坚, 郑星河. 机械原理[M]. 7 版. 北京: 高等

稳定性计算:  $N/(\varphi A) = 293\,140/(0.998 \times 9\,578) = 30.7 \text{ (MPa)} < f = 400 \text{ MPa}$ , 因此, 结构满足安全要求。

## 3 注意事项

钢构件吊装初始阶段, 随着构件姿态发生变化, 吊钩与构件重心之间的距离也发生变化, 因此吊钩所受的拉力和钢丝绳受力均要发生变化, 这一特征在构件的安装坡度越大时越明显。在工程技术人员编制吊装方案过程中, 想要全面了解钢丝绳的受力变化, 必须计算有代表性的吊装状态下的钢丝绳受力, 否则将无法保证吊装过程的安全。

钢结构采用整体吊装, 具有重量大的特点, 构件节点要承受钢丝绳的巨大压力, 加之原设计未验算过钢栈桥整体吊装状态下结构的稳定性, 因此制定吊装方案时对结构进行加固和稳定性计算也是必不可少的。

## 4 结束语

在编制大型钢结构吊装方案时, 工程技术人员应根据钢构件吊装的特点, 详细计算不同吊装阶段的钢丝绳受力, 且应制定必要的加固措施和对结构进行稳定性计算, 从技术方面保证吊装过程的安全。

## 参考文献:

- [1] 热轧 H 型钢和剖分 T 型钢: GB/T 11263—2010[S].
- [2] 钢结构设计规范: GB 50017—2003[S].

(本文责编: 齐琳)

## 作者简介:

黄佩兵 (1975—), 男, 江西抚州人, 高级工程师, 从事生产施工一线技术管理方面的工作 (E-mail: gcjhp@126.com)。

教育出版社, 1997.

- [4] 单辉祖. 材料力学教程[M]. 2 版. 北京: 国防工业出版社, 1997: 218-220.
- [5] 同济大学数学系. 高等数学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.

(本文责编: 刘芳)

## 作者简介:

苏瑞杰 (1981—), 男, 河南延津人, 工程师, 从事散料行业散料输送及处理方面的工作 (E-mail: surj@chec.com.cn)。  
 闪修洋 (1989—), 男, 河南南阳人, 工程师, 从事散料行业散料输送及处理方面的工作 (E-mail: shan-xy@chec.com.cn)。