

# Calculation and Verification of Single Limb Stability of Construction Lifts

Jianwei Liu<sup>1</sup>, Jiyong Wang<sup>1</sup>, Lei Cai<sup>2</sup>, Qi Zuo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Mechanical and Electrical Engineering, Shandong Jianzhu University, Jinan Shandong

<sup>2</sup>Jinan City Engineering Quality and Safety Production Supervision Station, Jinan Shandong

Email: 278080552@qq.com

Received: Oct. 9<sup>th</sup>, 2017; accepted: Oct. 23<sup>rd</sup>, 2017; published: Oct. 30<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

In the design of the construction elevator, the problem of insufficient attention to the calculation of the stability of the single limbs is found, which leads to the fact that only the stability stress of the rail frame is less than the allowable stress in the design. In the course of use, stable phenomenon, according to GB26557-2011 "hanging cage with vertical guide the dual-use construction of the lift," the relevant provisions of the comparison through the rails under the conditions of the load should be calculated under different load combinations, put forward the exception of the safety device. The most dangerous working conditions of the single limb are analyzed and compared with all the dangerous sections of the rail frame under the most dangerous conditions. It is determined that the cage is located in the middle of the guide rail frame and the bottom frame and the bottom. The cross section of the middle section of the middle frame is the most dangerous section, and the verification method of the single limb stability calculation under the most dangerous cross section of the most dangerous condition is given. Taking the SC200/200 construction lifts as an example, the stability of the single limbs is checked, which explains the reason why the construction lifts are widely used and the instability of the rails after the impact is large.

## Keywords

Construction Lift, Guide Rail, GB26557-2011, Hanging Cage

---

# 施工升降机单肢稳定性计算校核

刘建威<sup>1</sup>, 王积永<sup>1</sup>, 蔡雷<sup>2</sup>, 左琦<sup>1</sup>

<sup>1</sup>山东建筑大学机电工程学院, 山东 济南

<sup>2</sup>济南市工程质量与安全生产监督站, 山东 济南

Email: 278080552@qq.com

收稿日期: 2017年10月9日; 录用日期: 2017年10月23日; 发布日期: 2017年10月30日

## 摘要

施工升降机导轨架设计中普遍存在对单肢稳定性校核计算重视程度不足的问题,导致在设计时只确保导轨架整体稳定性应力值小于许用应力,在使用过程中仍会出现导轨架失稳现象。文章依据GB26557-2011《吊笼有垂直导向的人货两用施工升降机》中的相关规定,通过分析比较导轨架在各工况下应计算的不同载荷组合,提出了异常情况下安全装置作用工况为单肢受力最危险的工况,分析比较了最危险工况下导轨架所有危险截面,确定了在吊笼分别位于导轨架上端和底架与最下附墙架中间时,底架与最下层附墙架中间导轨架截面为最危险截面,给出了最危险工况下最危险截面处单肢稳定性计算校核方法。以SC200/200施工升降机为例,对其单肢稳定性进行了校核,解释了目前广泛使用的施工升降机,在受到较大冲击后导轨架产生失稳的原因。

## 关键词

施工升降机, 导轨架, GB26557-2011, 吊笼

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

施工升降机又叫建筑用施工电梯,也可以设计成室外电梯,用于工地提升吊笼,主要用于城市高层和超高层的各类建筑中,因为这样的建筑高度对于使用龙门架、井字架来完成高空作业是十分困难的。是建筑中经常使用到的载人载货施工机械,主要是在工地上应用于高层建筑的内外装修、桥梁、烟囱等建筑的施工中,通常是配合塔吊使用。施工升降机作为高空作业的特种设备,其安全可靠必须得到保障,设计应满足所有预定的作业工况所需的强度,而导轨架是施工升降机的主要承载结构,设计时必须保证强度、刚度、及稳定性必须满足安全要求[1]。查阅大量设计资料后发现,目前设计材料中大部分仅对导轨架的强度、刚度和整体稳定性进行了计算,计算结果显示导轨架的强度、刚度符合要求,整体稳定性也留出很大的冗余,但在实际使用中仍然出现了失稳的现象,认真分析其事故现场,发现导轨架的失稳的主要原因是由于局部冲击使导轨架单肢失稳引起的。文章以人货两用齿轮齿条式施工升降机[2](以下简称施工升降机)为例,将对导轨架受力进行分析,并给出导轨架单肢稳定性的校核计算方法。

## 2. 施工升降机结构

施工升降机是由导轨架、附墙架、司机室、吊笼、基础、底架、驱动机构等组成的,吊笼上滚轮与导轨架主肢接触以确保吊笼的上下运动方向,布置在吊笼上的驱动装置中的齿轮与布置在导轨架上的齿条相啮合,通过驱动装置的作用使吊笼沿导轨架作上下运动,完成人员和物料的垂直输送,其中,起支撑作用的导轨架是由众多标准节连接而成,主要承受结构自重、吊笼滚轮、驱动机构、附墙架等传来的外力及风载荷,是一个典型的双向压弯格构柱,施工升降机结构如图1所示。

## 3. 导轨架受力工况分析

施工升降机导轨架的设计必须满足所有预定的作业工况所需的强度,包括安装、拆卸以及恶劣工作环境等。导轨架的设计应以GB26557-2011《吊笼有垂直导向的人货两用施工升降机》中5.2列出的所有

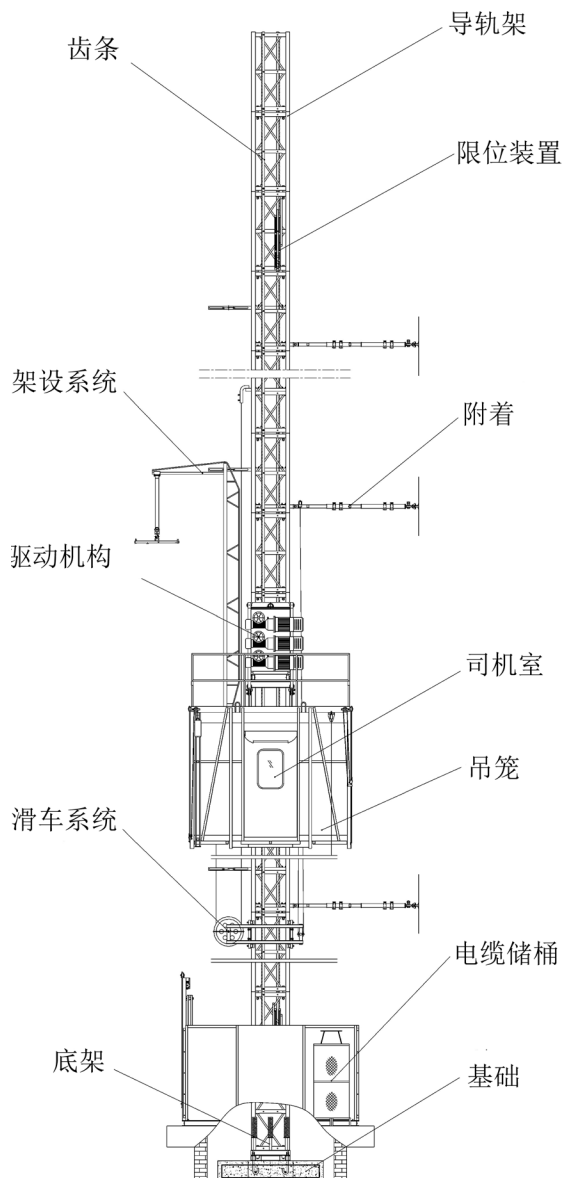


Figure 1. Construction lifts structural drawings  
图 1. 施工升降机结构图

可能的载荷组合为基础，考虑吊以笼和载荷处于相对导轨架及其附墙架最不利位置时的载荷组合，并且均应考虑吊笼的垂直运动和水平运动，把导轨架和支撑结构物之间部分的附墙架作为施工升降机结构的一部分。施工升降机导轨架单肢稳定性都必须满足表 1 载荷情况中的六种工况[3]：Ⅰ<sub>a</sub> 正常使用工况即对装载额定载重量的吊笼进行起、制动；Ⅱ<sub>a</sub> 吊笼正常装载工况即向吊笼装、卸额定起重量的载重；Ⅲ<sub>a</sub> 异常情况的力工况即吊笼异常超载时的起、制动；Ⅳ<sub>a</sub> 异常情况下安全装置作用的工况即吊笼在超过正常速度下降时，超速安全装置制动；Ⅴ<sub>a</sub> 偶尔不使用工况即施工升降机在暴疯侵袭等恶劣天气下要按规定要求暂停工作；Ⅸ 安装工况即导轨架标准节加高时，安装载荷起升时的起、制动。

### 3.1. Ⅰ<sub>a</sub> 正常使用工况与 Ⅲ<sub>a</sub> 异常情况的力工况

根据表 1 中 Ⅰ<sub>a</sub> 工况与 Ⅲ<sub>a</sub> 工况所受力与作用力的载荷组合进行对比，可发现只有吊笼底板承受单位

Table 1. Load conditions [3]

表 1. 载荷情况[3]

载荷情况序号	载荷情况用于	根据 5.2.2 (X) <sup>a</sup> 的力和作用力	载荷情况 <sup>b</sup>
I <sub>a</sub>	正常使用	(1) <sup>c</sup> 、(3)、(12.3.1)、(13)、(2)乘以(7)、(4)乘以(7)	A
II <sub>a</sub>	吊笼正常装载	(1)、(2)、(3)、(6)、(12.3.1)	A
III <sub>a</sub>	异常情况的力	(1) <sup>c</sup> 、(3)、(12.3.1)、(13)、(2)乘以(7)、(5)乘以(7)	C
IV <sub>a</sub>	异常情况下安全装置作用	(1) <sup>c</sup> 、(3)、(12.3.1)、(13)、(2)乘以(8)、(4)乘以(8)	C
VI	偶尔不使用	(1) <sup>c</sup> 、(3)、(12.3.2)、(13)	B
IX	安装	(1) <sup>c</sup> 、(3)、(12.3.3)、(13)、(2)乘以(7)、(4)乘以(7)	B

面积上的额定载重量  $P$  是不同的。SC200/200 施工升降机额定载重量为 20 KN, 吊笼长为 3 m, 宽为 1.3 m, 则吊笼的底板压力  $P = 5.1 \text{ KN/m}^2$ 。根据 GB26557-2011 中 5.2.2.4.b 条规定, 当  $P/0.8 \geq 4.0 \text{ KN/m}^2$  时, 则假定额定起重量均匀分布在吊笼底板 80% 的面积上, 因此在 I<sub>a</sub> 正常使用工况下吊笼底板承受压力  $P = 6.4 \text{ KN/m}^2$ ; 在 III<sub>a</sub> 异常情况的力工况下, 根据 GB26557-2011 中 5.2.2.5 条规定, 当  $P < 4.0 \text{ KN/m}^2$  时, 则假定吊笼底板面积上的最小均布载荷应为  $4.0 \text{ KN/m}^2$ , 远小于正常使用工况下吊笼底板所承受压力。可知 I<sub>a</sub> 正常使用工况下吊笼底板受力较大, 只要保证正常使用工况下单肢稳定性符合要求, III<sub>a</sub> 异常情况的力工况可以不进行计算。

### 3.2. I<sub>a</sub> 正常使用工况与 IX 安装工况

根据表 1 中 I<sub>a</sub> 工况与 IX 工况所受力与作用力载荷组合进行对比, 可发现只有风压最小值  $q$  和对应风速  $v_w$  是不同的。在正常使用工况下, 根据 GB26557-2011 中 5.2.2.12.3.1 条规定, 工作状态时风压最小值为  $q = 250 \text{ N/m}^2$ , 对应风速为  $v_w = 20 \text{ m/s}$ ; 在安装工况下, 根据 GB26557-2011 中 5.2.2.12.3.3 条规定, 风压最小值应取为  $q = 100 \text{ N/m}^2$ , 对应的风速  $v_w = 12.5 \text{ m/s}$ , 可知 I<sub>a</sub> 工况受到的风压和对应风速较大, 另外, 安装与拆卸工作宜在白天进行, 遇恶劣天气应停止作业。所以只要保证在 I<sub>a</sub> 正常使用工况下单肢稳定性符合要求, IX 安装工况可以不进行计算。

### 3.3. I<sub>a</sub> 正常使用工况与 IV<sub>a</sub> 异常情况下安全装置作用工况

根据表 1 中 I<sub>a</sub> 工况与 IV<sub>a</sub> 工况所受力与作用力载荷组合进行对比, 可发现只有冲击系数是不同的。在正常使用工况下, GB26557-2011 中 5.2.2.7 条规定, 运动载荷所受的作用力是所有实际载荷重量乘以冲击系数  $\mu = 1.1 + 0.264 v$ , 其中  $v$  为额定速度, 单位为 m/s, SC200/200 施工升降机的额定速度为 33 m/min, 因此冲击系数为  $\mu = 1.24$ ; 在异常情况下安全装置作用时, 根据 GB26557-2011 中 5.2.2.8 条规定, 超速安全装置动作引起的力是运动载荷的总和乘以系数 2.5, 此时的冲击系数值远大于正常使用工况下的冲击系数, 此外, 在超速安全装置作用下经过装载 1.3 倍额定载重量载荷进行试验, 如果验证该系数较小, 则可采用这个较小的系数, 但应不小于 1.2, 但目前因超速安全装置在设计、制造加工方面的问题, 超速安全装置机构实际的试验系数比正常工作工况下冲击系数 1.24 大。所以在 IV<sub>a</sub> 异常情况下安全装置作用工况下单肢稳定性满足要求, I<sub>a</sub> 正常工作工况可以不进行计算。

### 3.4. II<sub>a</sub> 吊笼正常装载工况

根据 GB26557-2011 中 5.2.2.6 中规定, 吊笼装载和卸载时产生作用力视为垂直方向的力和水平方向的力同时作用。在垂直方向上, 当额定载重量不大于 20 KN 时, 垂直力  $F_v$  为额定载重量的 50%, 但不小于 2.0 KN, 额定载重量大于 20 KN 时, 那么垂直力  $F_v = 4 + 0.3F$ ; 在水平方向上, 水平力  $F_H$  为额定载

重量的 20%，但不小于 0.5 kN，不大于 2.5 kN。吊笼额定载重量为 20kN 的 SC200 的施工升降机垂直力  $F_v = 10,000 \text{ N}$ ，水平力  $F_H = 25,000 \text{ N}$ ，对施工升降机影响不大，可以不进行计算。

### 3.5. VI 偶尔不使用工况

根据施工升降机安全操作规程规定，当施工升降机遇到大雪、大雨、暴风侵袭等恶劣天气时应停止运行，将两吊笼下降到导轨架底层，并切断电源。这种情况下，导轨架主要受风载荷和自重作用，不需要进行导轨架单肢稳定性计算。

综上所述，在导轨架的六个工况中 IV<sub>a</sub> 异常情况下安全装置作用的工况为最危险的工况，必须在此工况下进行单肢稳定性计算。

## 4. 导轨架最危险截面分析

下面首先要确定作用在导轨架上所有的力与力矩，根据施工升降机的结构和导轨架位置可找出导轨架上所有比较危险的截面，并根据导轨架所受的力和力矩对所有危险截面进行定性比较分析，从而确定最危险截面。

### 4.1. 导轨架受力与力矩

列出施工升降机导轨架受到的作用力和弯矩：

1)  $N$  为导轨架危险截面处的压力：

$$N = G_{\text{额载}} + G_{\text{机构}} + G_{\text{司机}} + G_{\text{吊笼}} + G_{\text{导轨架}} + G_{\text{附墙架}} \quad (1)$$

式中： $G_{\text{额载}}$  为吊笼载额定载重量，N； $G_{\text{机构}}$  为驱动机构重量，N； $G_{\text{司机}}$  为单笼司机重量，N； $G_{\text{吊笼}}$  为吊笼重量，N； $G_{\text{导轨架}}$  为所求危险截面以上所有导轨架的重量，N； $G_{\text{附墙架}}$  为危险截面以上的附墙架作用在导轨架上的力，N。

2)  $M_{Hx}$  为风载荷在  $x$  方向(垂直附墙架的方向)分别作用在导轨架、吊笼、驱动机构上产生的弯矩和：

$$M_{Hx} = M_{\text{风*导轨架}} + M_{\text{风*吊笼}} + M_{\text{风*机构}} \quad (2)$$

式中： $M_{\text{风*导轨架}}$ 、 $M_{\text{风*吊笼}}$  和  $M_{\text{风*机构}}$  分别为风载荷作用在导轨架、吊笼、驱动机构产生的弯矩，N·m。

3)  $M_{\text{垂直度}}$  为导轨架垂直度产生的弯矩，N·m，计算时要求导轨架垂直度误差至少为  $0.5^\circ$ 。

4)  $M_{\text{附墙架*y}}$  为所求危险截面以上附墙架作用在导轨架上的力在  $y$  方向(垂直附墙架的方向)上对导轨架作用，产生弯矩，N·m。

5)  $M_{ox}$  为  $G_{\text{额载}}$ 、 $G_{\text{机构}}$ 、 $G_{\text{司机}}$ 、 $G_{\text{吊笼}}$  分别对导轨架在  $x$  方向作用产生的弯矩和，N·m。

6)  $M_{oy}$  为  $G_{\text{额载}}$ 、 $G_{\text{机构}}$ 、 $G_{\text{司机}}$ 、 $G_{\text{吊笼}}$  分别对导轨架在  $y$  方向作用产生的弯矩和，N·m。

### 4.2. 危险截面

施工升降机导轨架有三个危险截面：

截面 1：单笼载额定起重量处于最高处时，最上一层附墙架处导轨架截面；

截面 2：单笼载额定起重量处于最上层附墙架上部且吊笼下滚轮处在最上一层附墙架上部的第一个标准节主弦下部两节点中间时，下滚轮处导轨架截面；

截面 3：两个吊笼载额定起重量分别在导轨架上端和底架与最下附墙架中间时，底架与最下层附墙架中间导轨架截面。如图 2 所示从左至右，依次为截面 1、截面 2、截面 3 为危险截面时吊笼的位置。

### 4.3. 危险截面 1 与危险截面 2

截面 1 和截面 2 都位于最上一层附墙架的上方，所以不受附墙架的作用力  $G_{\text{附墙架}}$  和弯矩  $M_{\text{附墙架*y}}$ ；因

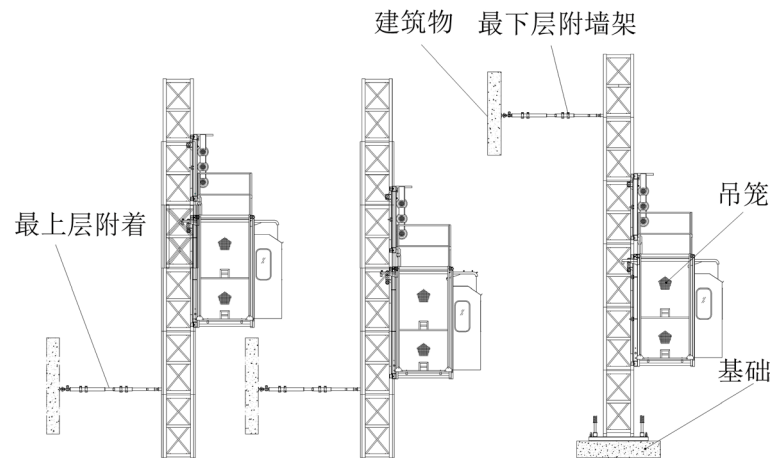


Figure 2. Construction lift hazard section  
图 2. 施工升降机危险截面

为截面 1 和截面 2 垂直位置接近, 所以导轨架压力  $N$  视为相同;  $M_{ox}$  和  $M_{oy}$  的大小与危险截面所在位置无关, 所以截面 1、截面 2 和截面 3 处所受弯矩相同; 对于  $M_{Hx}$  和  $M_{垂直度}$ , 截面 1 是对附墙架处求得的弯矩, 截面 2 是对吊笼下滚轮处求的弯矩, 因为截面 1 处所求弯矩的力臂较大, 所以在相同力的作用下截面 1 受到的弯矩  $M_{Hx}$  和  $M_{垂直度}$  较大, 因此比较导轨架受到的力与力矩, 可知截面 1 比截面 2 更加危险。

#### 4.4. 危险截面 1 与危险截面 3

对于弯矩  $M_{Hx}$ , 截面 1 和截面 3 在相同风载荷作用下, 截面 3 是对吊笼下滚轮处求的弯矩, 截面 3 处弯矩的力臂小于截面 1 处, 所以截面 1 处受的弯矩  $M_{Hx}$  较大, 但截面 1 不受附墙架产生的弯矩  $M_{附墙架*y}$ , 并且截面 3 的导轨架压力  $N$  和垂直度产生的弯矩  $M_{垂直度}$  均比截面 1 大得多, 超过  $M_{Hx}$  对截面 1 的影响, 所以截面 3 受力与弯矩比截面 1 大, 所以截面 3 比截面 1 更危险。

综上所述, 经比较各危险截面可确定截面 3 为最危险截面。

### 5. 单肢稳定性计算校核

在 IV<sub>a</sub> 异常情况下安全装置作用下工况为最危险工况, 两个吊笼载额定起重量分别在导轨架上端和底架与最下附墙架中间时, 在底架与最下层附墙架中间导轨架截面 3 为最危险截面处, 对施工升降机导轨架进行单肢稳定性校核计算。

#### 5.1. 吊笼滚轮产生的压力

在齿条式施工升降机结构中, 导轨架除了受到自身重力外, 还有来自其它两方面的作用力, 一方面是吊笼上驱动机构的齿与导轨架上齿条啮合传递的, 另一方面是在导轨架主肢上运动的滚轮的, 所以弯矩  $M_{ox}$  分别与与驱动机构啮合的导轨架齿条和受吊笼滚轮作用的导轨架主肢共同承载, 由此可知滚轮作用在导轨架主肢上产生的局部压力为:

$$N_{滚轮} = (M_{ox} - (G_{额定} + G_{机构} + G_{司机} + G_{吊笼}) \times \mu \times l_2) / l_1 / 4 + F_{风*吊笼} / 4 \quad (3)$$

式中:  $N_{滚轮}$  为每个滚轮对主肢的压力, N;  $l_1$  为吊笼的上滚轮组和下滚轮组的间距, m;  $l_2$  为导轨架中心到齿条中心的距离, m;  $\mu$  为超速安全装置动作时的冲击系数;  $F_{风*吊笼}$  为风载对吊笼产生的载荷, N。

#### 5.2. 结构计算简图

将实际结构加以简化, 用科学抽象代替实际结构, 画出结构计算简图, 然后对结构进行力学分析。

首先确定滚轮组作用位置，显而易见，当滚轮组作用在标准节下部节间弦杆中间时对主肢产生的弯矩最大；其次确定计算长度，因为主肢的刚度比腹杆大得多，弦杆受力比腹杆大得多，节点对弦杆的嵌固较弱，节点接近于铰点，所以桁架的受压和受拉弦杆的计算长度取为节点间的几何长度  $l_0 = l$ ，导轨架节间弦杆几何长度为 0.7 m，即计算长度取为  $l = 0.4$  m，如图 2 所示。因此可把滚轮组作用下导轨架标准节节间弦杆简化为受两个滚轮作用力的一端固定一端铰接的结构模型[4]，其结构计算简图如图 3 所示。

### 5.3. 吊笼滚轮产生的弯矩

图 4 所示结构计算简图为一超静定结构[5]，下面进行求解：

$$\delta_{11}X_1 + \Delta_{1p} = 0 \tag{4}$$

式中： $X_1$  为代替移动铰接的多余力； $\Delta_{1p}$  为滚轮组载荷单独作用时，B 点沿  $X_1$  方向产生的位移，如图 4 所示； $\delta_{11}$  为  $X_1$  的单位力  $\bar{X}_1$  作用时，B 点沿  $X_1$  方向产生的位移，如图 5 所示。

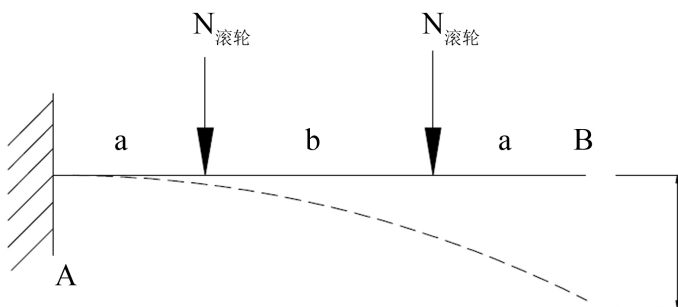


Figure 3. Simplified model structure calculation diagram  
图 3. 简化模型结构计算简图

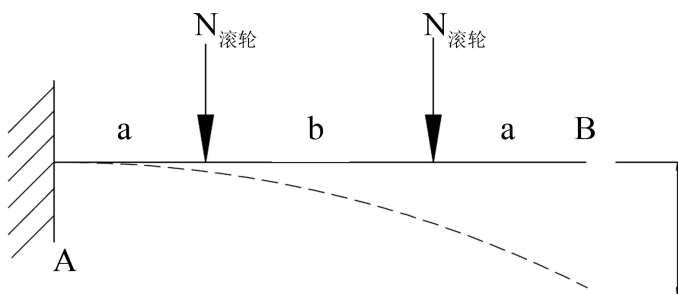


Figure 4. Roller force displacement  
图 4. 滚轮作用力位移

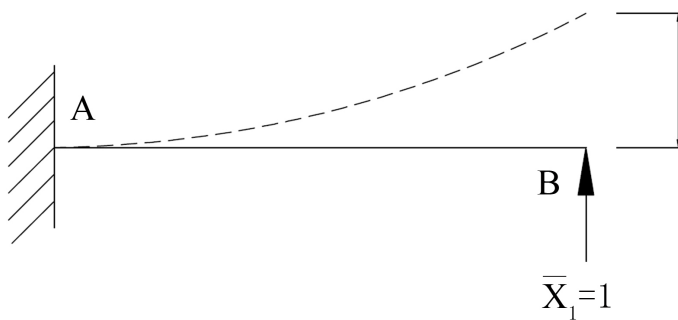


Figure 5. Unit force displacement  
图 5. 单位力作用位移

$$\Delta_{1p} = \int_0^l \frac{\bar{M}M_p}{EI} dx \quad (5)$$

$$\delta_{11} = \int_0^l \frac{\bar{M}_1 M_{p1}}{EI} dx \quad (6)$$

式中： $EI$  为结构抗弯刚度； $\bar{M}$ 、 $\bar{M}_1$  为单位载荷产生的弯矩； $M_p$ 、 $M_{p1}$  为外载荷产生的弯矩。

根据公式(4)、(5)、(6)，可得出滚轮产生的弯矩：

$$M_{\text{滚轮}} = X \times a \quad (7)$$

#### 5.4. 施工升降机导轨架主肢应力

施工升降机导轨架单肢轴向压力包括危险截面处压力  $N$  和  $M_{ox}$ 、 $M_{oy}$ 、 $M_{\text{垂直度}}$ 、 $M_{\text{附墙架*y}}$ 、 $M_{Hx}$  产生的压力。导轨架为双向偏心压杆且截面为四肢式截面，其单肢构件的最大轴心压力  $F$  [3]：

$$F = \frac{N}{4} + \frac{M_{ox} + M_{\text{垂直度}} + M_{Hx}}{2 \times 0.65} + \frac{M_{oy} + M_{\text{附墙架*y}}}{2 \times 0.65} \quad (8)$$

导轨架单肢应力  $\sigma$ ：

$$\sigma = \frac{F}{\varphi A} + \frac{M_{\text{滚轮}}}{W_{\text{主肢}}} < [\sigma] \quad (9)$$

式中： $\varphi$  为轴心受压稳定系数，根据长细比  $\lambda$  从 GB/T3811-2008 附录 K 可查出轴心受压稳定系数  $\varphi$ ； $W_{\text{主肢}}$  为导轨架单肢的抗弯截面系数， $\text{mm}^3$ ； $A$  为导轨架单肢截面面积， $\text{mm}^2$ 。

通过以上分析和计算，在施工升降机导轨架最危险工况的最危险截面处，可求得导轨架主肢受到吊笼滚轮作用时产生的应力大小，以此来判断导轨架单肢稳性是否符合要求。

## 6. 计算实例

### 6.1. 施工升降机参数

SC200/200 施工升降机导轨架最大高度 150 m，最大悬臂高度 7.5 m，单笼额定起重量 20 KN，吊笼及附属结构自重 12.9 KN，驱动机构自重 6 KN，司机重 0.8 KN。计算截面为  $IV_a$  异常情况下安全装置作用下，两额定起重量吊笼分别在上端和底架与最下附墙架中间时，底架与最下附墙架中间的导轨架处截面。选择防坠器时，要选择质量高的机构以确保载荷冲击系数在 1.58 以内。

### 6.2. 导轨架单肢稳定性校核计算

导轨架受到轴心压力  $N$ ：

$$N = 221280 \text{ N} \quad (10)$$

端部弯矩和：

$$M_{ox} = 68724 \text{ N} \cdot \text{m}, M_{oy} = 4992 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (11)$$

垂直度产生的弯矩：

$$M_{\text{垂直度}} = 12552 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (12)$$

附墙架产生的弯矩：

$$M_{\text{附墙架*y}} = 4214 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (13)$$



风载荷在  $x$  方向对施工升降机各部分产生的弯矩

$$M_{Hx} = 4940 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (14)$$

计算长度:

$$l_0 = 0.7 \times 700 = 490 \text{ mm} \quad (15)$$

长细比:

$$\lambda = \frac{l_0}{r_{\min}} = \frac{490}{25.3} = 19.36 \quad (16)$$

由  $\lambda$  查 GB/T 3811-2008 附录 K, 得  $\varphi = 0.982$ 。

滚轮压力:

$$N_{\text{滚轮}} = 5471 \text{ N} \quad (17)$$

滚轮产生弯矩:

$$M_{\text{滚轮}} = 982 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (18)$$

导轨架单肢压力:

$$F = 128724 \text{ N} \quad (19)$$

导轨架单肢应力:

$$\sigma = 187.2 \text{ MPa} < [\sigma] = 188 \text{ MPa} \quad (20)$$

由上述计算可知, SC200/200 施工升降机导轨架的单肢稳定性满足要求。

## 7. 结论

1) 超速安全装置作用下载荷冲击系数在 1.58 以内时, SC200/200 施工升降机导轨架单肢稳定性的应力小于许用应力, 满足稳定性的要求。

2) 导轨架在受到较大的冲击后时, 导轨架将发生单肢失稳, 从而导致导轨架整体失稳。目前导轨架采用的材料从单肢稳定的角度已无冗余, 不可根据整体稳定的计算结论减小材料。

3) 在施工升降机导轨架的设计计算时, 不仅仅要计算强度、结构整体稳定性方面的要求, 单肢稳定性的问题更要予以重视。

## 基金项目

国家自然科学基金项目(51475277)。

## 参考文献 (References)

- [1] 胡燕东. 工程起重机中超静定桁架结构的弹性稳定性分析[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010.
- [2] 肖洪涛, 张磊, 陈浩, 王红格, 郑可勇. 齿轮齿条式永久升降机浅析及应用[J]. 建筑机械化, 2017, 38(7): 34-36.
- [3] GB/T 26557-2011, 吊笼有垂直导向的人货两用施工升降机[S].
- [4] 王积永, 张青, 沈孝琴, 等. 起重机械钢结构设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [5] 李家宝, 洪范文, 童桦, 等. 结构力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2167-6631，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[met@hanspub.org](mailto:met@hanspub.org)