

# 物流中心门式起重机主梁增设电葫芦的研究与改造

沈浩,赵伟

(兰州理工大学 机电学院,甘肃 兰州 730000)

**摘要:**某大型物流中心 2×150t 门式起重机自投入运行后,在吊运 10t 以下设备和物料时,存在工作效率低、噪音大、吊运不灵活、电能损耗高等问题。文章通过对导致门式起重机吊装 10t 以下物件时存在的问题进行分析研究,提出了优化改进措施。经过运行检验,此次改造解决了门式起重机吊装 10t 以下物件存在的设计不足问题,为同类型门式起重机的进一步改造提供借鉴和参考。

**关键词:**2×150 门式起重机;电动葫芦;吊运;主起升机构;研究改造

**中图分类号:**TH215

## 1 概述

某大型物流中心是一个经营方式为现代物流、仓储及配套服务。在工业园区内拥有办公、物流、服务场所。园区内有总建筑面积为几千平方米办公大楼、货运楼、仓储中心,为每天上万吨货物进出和工作人员服务。位于公司物流中转站安装两台 2×150t 门式起重机,主要用于大型设备、物流集装箱和大型运输的车辆的检修。

## 2 问题的提出

某大型物流中心 2×150t 门式起重机,自 2000 年安装完成并投入使用以来,吊运 10t 以下设备、配件、工器具及检修物料时,主要通过 2×150t 门式起重机主起升机构来完成,在实际使用过程中存在以下问题:工作效率低、噪音大、吊运不灵活、电能损耗高、绳索更换繁琐。这些问题不但增加了作业人员的吊运工作强度,长时间作业还影响到人员的身体健康,同时也缩短了设备的使用寿命,并且浪费电能资源和存在安全风险。

## 3 门式起重机的主要结构及工作原理

某大型物流中心 2×150t 门式起重机的主要结构由起重小车、回转吊、大车运行机构、门架、司机室、各种保护装置及电气设备等组成。

**工作原理:**主起升电动机通电后所产生电磁转矩带动减速器,经减速器变速后带动卷筒侧开式大齿轮,再通过钢丝绳和滑轮组做相应的上升或下降

运动,从而实现吊物的上升或下降运动。大车行走和小车行走的工作原理基本与主起升一样。

## 4 门式起重机吊装 10t 以下物件存在问题的原因分析

门式起重机技术特性表见表 1。

经现场查看设备及对照门式起重机图纸技术参数进行分析,找出 2×150t 门式起重机主起升吊装 10t 以下物件时存在的问题的原因。

1)从表 1 可以看出,主起升机构的提升速度为 2.5m/min,小车行走机构运行速度为 2m/min,这 2 个速度就是导致吊运工作效率低的原因。

2)噪音大。按噪音允许值界定 60dB 以上属于吵闹范围,如果在 75~90dB 噪音环境下长时间工作,人的听力和健康就会受到损害。经测试,主起升机构运行时噪音为 75dB。噪音声源主要来自主起升机构 2 组动力电机、减速器、开式齿轮。

3)吊运不灵活。在大型设备吊运环境下作业极易造成吊具刮碰到设备,以及吊运的设备和物料吊运不到指定位置。

4)电能损耗高。起升机构、行走机构、制动装置使用的电机较多,电能消耗高。

## 5 门式起重机主梁增设 10t 电葫芦的实施改造

门式起重机主梁增设 10t 电葫芦前,应考虑几个关键问题:电葫芦的选型;支承臂的强度、刚度、挠度计算;弹性连续梁(电葫芦“工”字钢)的计算;补充计算支承臂与主梁腹板连接的焊缝计算。

表 1 门式起重机技术特性表

主 提 升 机 构	额定载荷(kN)	2×150	提升高度(m)	60
	提升速度(m/min)	2.5	吊距(m)	6.4
	工作级别	M3	滑轮组倍率	4
	卷筒直径(mm)	2000	钢丝绳	6w(36)+7×7-53-155-I-右交
	减速器	A=300, i=3.5; A=1350, i=23.346	开式齿轮	M=30, i=5.33
	电动机	YZR2155M-8	制动器	YWZ5-500/121
大 车 运 行 机 构	运行速度(m/min)	20.83	轨距(m)	16.5
	基距(m)	14	工作级别	M3
	车轮直径(mm)	800	轨道型号	QU120
	减速器	PM650, i=31.5	开式齿轮	M=20, i=2.643
	电动机	YZR132M2-6	制动器	YWZ-300/25
	运行速度(m/min)	20.83	轨距(m)	10
大 车 运 行 机 构	基距(m)	14	工作级别	M3
	车轮直径(mm)	800	轨道型号	QU120
	减速器	A=200, i=5.6; A=1100, i=173.87	开式齿轮	—
	电动机	YZR132M2-6	制动器	YWZ-200/25
门式起重机级别	A2	总重量(t)	600	

### 5.1 电葫芦的选型

某大型物流中心 2×150t 门式起重机为户外型特种起重设备,安装在其主梁上的电葫芦必须具备防水、防高低温、防尘等户外运行条件,经咨询和考察后最终选定由德马格公司生产的 EKDR10-104/1-60 型钢丝绳电动葫芦产品。该产品重量轻,体积小,结构紧凑,运行平稳、安全、可靠,操作简单,环境温度介于-20~50℃(即-4~122°F)之间,声音强度级不会超过 65dB。

CXT60210100P6 型钢丝绳电动葫芦技术参数见表 2。

### 5.2 支承臂的强度、刚度、挠度计算

支承臂的强度、刚度、挠度计算如图 1 所示。

表 2 EKDR10-104/1-60 型钢丝绳电动葫芦技术参数

额定载荷(kN)	10000
起升速度(m/min)	8/0.8
工作级别	M7
起身高度(m)	60
起升电动机(kW)	15
运行速度(m/min)	20
运行电动机(kW)	2×0.25

#### 5.2.1 $X_0-X_0$ 断面惯性矩及截面模数(计算强度用)

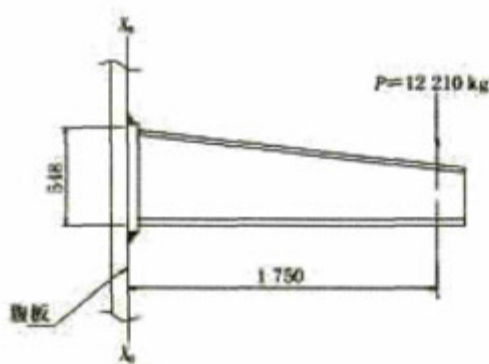


图 1 支承臂图(单位:mm)

$$J_{X_0} = (B \times H^3 / 12) - (b \times h^3 / 12) = (25 \times 52.4^3 / 12) - (23.4 \times 50^3 / 12) = 299745 - 243750 = 55995 \text{ cm}^4$$

$$W_{X_0} = J_{X_0} / H / 2 = 55995 / 26.2 = 2137 \text{ cm}^3$$

#### 5.2.2 最大弯矩

$L=175\text{cm}$  ( $X_0-P$  中心距); 总负荷  $P=G+G_g=2210+10000=12210\text{kg}$ ; 电动葫芦自重  $G=2210\text{kg}$ ; 电动葫芦最大铭牌重量  $Q_g=10000$ ;  $M_{\max}=P \times L=12210 \times 175=2136750 \text{ kg} \cdot \text{cm}$ 。

#### 5.2.3 最大应力

一般结构钢应力选用  $1400 \text{ kg/cm}^2$

$$\delta_{\max} = M_{\max} / W_0 = 2136750 / 2137 = 1000 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2$$

支承臂断面 ( $X_0-X_0$ ) 的应力值小于一般结构钢的应力值。结论:支承臂可用。

#### 5.2.4 X-X 断面惯性矩(当量截面,计算刚度用)

$$J_x = (B \times H^3 / 12) - (b \times h^3 / 12) = (25 \times 45.8^3 / 12) - (23.4 \times 43.4^3 / 12) = 200150 - 159406 = 40744 \text{ cm}^4$$

#### 5.2.5 最大挠度

$$Y_{\max} = P \times L^3 / 3 \times E \times J_x = 12210 \times 175^3 / 3 \times 2.1 \times 10^6 \times 4.07 \times 10^4 = 1.221 \times 10^4 \times 5.36 \times 10^6 / 3 \times 2.1 \times 10^6 \times 4.07 \times 10^4 = 6.545 / 25.6 = 0.26 \text{ cm} < L / 350 = 175 / 350 \text{ (主梁到支承臂距离)} = 0.50 \text{ cm}$$

最大挠度小于设定值  $0.26 \text{ cm} < 0.50 \text{ cm}$ 。结论:支承臂可用。

### 5.3 弹性连续梁(电葫芦“工”字钢)计算

#### 5.3.1 节向最大弯矩

$$M_{\max} = \alpha \times P (P_1 + P_2) \times l = 0.27 \times (4121 + 2307) \times 550 = 954558 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$b/l = 2000 / 5500 = 0.36$$

$$\therefore \alpha = 0.27$$

#### 5.3.2 最大应力

一般结构钢许用应力选用  $1400 \text{ kg/cm}^2$ 。

$$W_x = J_x / H \text{ (“工”字钢)} = 40744 / 37.37 = 1090 \text{ cm}^3$$

$$\delta_{\max} = M_{\max} / W_x = 954558 / 1090 = 876 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2$$

在支承臂断面 ( $X-X$ ) 下“工”字钢悬挂电动葫芦加满载时的应力值小于一般结构钢的应力值。结论:I400“工”字钢可用。

#### 5.3.3 最大挠度(简化计算、偏于安全)

$$f = P \times l^3 / 48 E J = (4121 + 2307) \times 550^3 / 48 \times 2.1 \times 10^6 \times 2.17 \times 10^4 = 0.48 \text{ cm} < l / 1000 = 550 / 1000 = 0.55 \text{ cm}$$

支承臂 2 个节点之间“工”字钢最大挠度小于设定值  $0.48 \text{ cm} < 0.55 \text{ cm}$ 。结论:支承臂根数及间距的设定和“工”字钢选型可用。

### 5.4 补充计算支承臂与主梁腹板连接的焊缝计算

#### 5.4.1 $X_0-X_0$ 截面最大弯矩

$$M_{\max} = P \times L = 12210 \times 175 = 2136750 \text{ kg} \cdot \text{cm} \text{ (见上文计算结果)}$$

#### 5.4.2 支承臂与主梁腹板连接的焊缝面积

纵向  $X-X$  截面焊缝:

$$A = 60 \times 0.8 \times 0.5 = 24 \text{ cm}^2$$

纵向  $Y-Y$  截面焊缝:

$$B = 2 \times 54.8 \times 0.8 \times 0.5 = 43.84 \text{ cm}^2$$

#### 5.4.3 单位作用力 $\delta$ 对 O 点的弯矩应与支承臂所受的最大弯矩平衡

$$(A \times 54.8 \times \delta) + (B \times 27.4 \times \delta / 2) = 2136750$$

$$(24 \times 54.8 \times \delta) + (43.84 \times 27.4 \times \delta / 2) = 2136750$$

$$1315\delta + 600\delta = 2136750$$

$$1915\delta = 2136750$$

$$\delta = 2136750 / 1915 = 1116 \text{ kg/cm}^2$$

## 6 改造后的效果

2010 年 10 月,某大型物流中心顶  $2 \times 150 \text{ t}$  门式起重机主梁增设  $10 \text{ t}$  电葫芦项目改造完成,使用改造后的  $10 \text{ t}$  电葫芦吊运  $10 \text{ t}$  以下设备及物料时,工作效率提高了 3 倍,电能损耗降低了 65%,电机噪音为 60dB 以内,吊运灵活,同时提高了吊运人员和设备的安全风险保障系数。到目前为止,设备操作简单且运行稳定,设备改造取得显著效果。

## 7 结论

实践证明,某大型物流中心顶  $2 \times 150 \text{ t}$  门式起重机主梁增设  $10 \text{ t}$  电葫芦改造项目是卓有成效的,此经验对同类门式起重机的优化设计与改造具有借鉴意义。

#### 参考文献:

- [1] 苗建广,何敏杰.20t 龙门起重机技术改造中金属结构的分析[J].港口装卸,2005(1).
- [2] 张质文等.起重机设计手册[M].北京:中国铁道出版社,1998.
- [3] 王金诺.起重运输机械金属结构[M].北京:中国铁道出版社,1984.
- [4] 李光平,周铁梁.起重机节能应用技术的探讨[J].水利电力机械,2007,29(10).
- [5] 王松雷.桥门式起重机节能设计研究[J].建筑机械,2010(9).
- [6] 叶佩馨.JB/T6128-2008 大型物流中心门式起重机[S].机械工业出版社,2008.11.
- [7] 全国起重机械标准化技术委员会 GB3811-2008《起重机设计规范》释义与应用[M].中国标准出版社,2008.