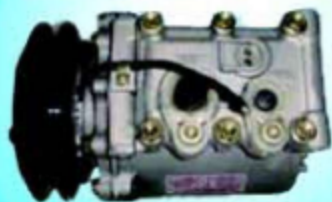
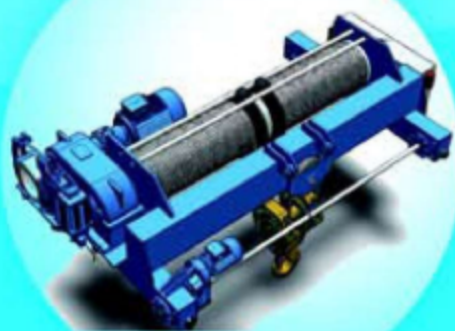


# 起重机设计及检验

张亚明 著



河南人民出版社

# 起重机设计及检验

张亚明 著

河南人民出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

起重机设计及检验 / 张亚明著. — 郑州 : 河南人民出版社,  
2016.6  
ISBN 978-7-215-10239-2

I. ①起… II. ①张… III. ①起重机械—机械设计②起重  
机械—检验 IV. ①TH21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 125542 号

---

河南人民出版社出版发行

(地址: 郑州市经五路 66 号 邮政编码: 450002 电话: 65788098)

河南省诚和印制有限公司印刷

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 23.625

字数 546 千字

2016 年 6 月第 1 版

2016 年 6 月第 1 次印刷

---

定价: 60.00 元

## 内 容 简 介

本书共6章。第一章介绍了起重机械的基本知识,第二章介绍了桥、门式起重机的结构及组成;第三章介绍了臂架型起重机的结构组成,第四章阐述了起重机的电气控制及组成,第五章介绍了起重机的照明及信号系统的设置,第六章重点阐述了起重机的设计、选型、计算。本书注重基本概念的阐述,力求避免理论推导及复杂的数学运算;注重加强工程概念,结合起重机的结构,重点阐述了安全保护系统的组成、作用,设计的心得及实践。

全套教材可供起重机械设计人员、质检人员,检验检测人员及高等院校理工科机械制造专业参考使用。

# 目 录

<b>第一章 起重机械基础知识</b> .....	1
第一节 起重机械的种类 .....	1
第二节 起重机械的型号与主要参数 .....	4
<b>第二章 桥、门式起重机结构</b> .....	10
第一节 桥、门式起重机的基本构造 .....	10
<b>第三章 臂架型起重机的结构</b> .....	17
第一节 臂架型起重机 .....	17
第二节 塔式起重机 .....	37
第三节 门座起重机 .....	109
第四节 流动式起重机 .....	184
第五节 缆索起重机 .....	254
第六节 其他类型起重机 .....	266
第七节 机械式停车设备介绍 .....	272
第八节 擦窗机介绍 .....	278
<b>第四章 起重机电气系统</b> .....	280
第一节 配电系统 .....	281
第二节 起重机的电气设备与电气回路 .....	290
<b>第五章 起重机照明和信号</b> .....	320
第一节 起重机的固定照明 .....	320
第二节 起重机可携式照明的设置 .....	325
第三节 起重机的信号 .....	328

---

<b>第六章 起重机械设计</b> .....	330
第一节 起重机设计总论 .....	330
第二节 起重机机构设计 .....	334
第三节 起升机构的计算 .....	346
第四节 起重机金属结构常用材料 .....	348
第五节 桥门式起重机金属结构 .....	352
第六节 安全保护装置设计 .....	360

# 第一章 起重机械基础知识

## 第一节 起重机械的种类

### 一、起重机的定义

起重机——以间歇、重复方式工作，挂在吊钩或其它取物装置上的重物在一定的空间范围内实现垂直升降和水平移动。

### 二、起重机械的分类

根据国家标准的有关规定，起重机械可分为轻小型起重设备、起重机、升降机和机械式停车设备等四大类，如表 1-1 所示。

#### (一) 轻小型起重设备

轻小型起重设备一般只有一个升降机构，它只能使重物作单一方向的升降运动。其特点是轻便、结构紧凑，动作简单。属于这一类的有：千斤顶、滑车、葫芦、卷扬机等。

#### (二) 起重机

##### 1、桥架类型起重机

桥架类型起重机具有起升机构、大小车运行机构，依靠这些机构的配合动作，可使重物在一定的立方空间内垂直升降与水平位移。通用桥式起重机、龙门起重机、装卸桥、缆索起重机、冶金起重机等都属于此类。

##### 2、臂架类起重机

臂架类起重机具有起升机构、变幅机构、旋转机构，依靠这些机构的相互配合，可使重物在一定的圆柱形空间内起吊和搬运。臂架式起重机多设在车辆上或其它运输（移动）工具上，这样就构成了运行臂架式起重机，如汽车式起重机、轮胎式起重机、履带式起重机、塔式起重机、门座式起重机等。也有一些臂架式起重机是固定的，如桅杆式起重机、悬臂式起重机等。

#### (三) 升降机

升降机包括施工升降机、举升机、升船机、启闭机。

#### (四) 工作平台及机械式停车设备

工作平台包括桅杆爬升式升降工作平台和移动式升降平台。

表 1-1 起重机械分类表

起重机械	轻小型起重设备	千斤顶	螺旋千斤顶	
			齿条千斤顶	
			液压千斤顶	
		葫芦	手拉葫芦	
			手扳葫芦(钢丝绳)	
			电动葫芦	
			气动葫芦	
		滑车	吊钩型滑车	
			吊环型滑车	
			链环型滑车	
			吊梁型滑车	
		绞车	卷绕式绞车	
			摩擦式绞车	
	绞盘			
	起重机	桥架类型起重机	桥式起重机	5
				单梁桥式起重机
			桥式起重机	电动葫芦桥式起重机
				同轨双小车桥式起重机
				异轨双小车桥式起重机
				柱梁桥式起重机
				悬挂起重机
				带回转臂的桥式起重机
				带回转小车的桥式起重机
			柔性吊挂桥式起重机	
		门式起重机	双梁门式起重机	
			单梁门式起重机	
			可移动主梁门式起重机	
半门式起重机				
门座起重机		港口门座起重机		
		船厂门座起重机		
		电站门座起重机		
半门座起重机				
塔式起重机		固定式塔式起重机		
		移动式塔式起重机 (轨道式、轮胎式、汽车式、履带式)		
	自升式塔式起重机(附着式、内爬式)			
铁路起重机	蒸汽铁路起重机			
	内燃铁路起重机			
	电动铁路起重机			

续表

起重机械	起重机	臂架类型 起重机	流动式起重机	汽车起重机
				轮胎起重机
				履带起重机
			浮式起重机	
			甲板起重机	
			桅杆起重机	固定式桅杆起重机
				移动式桅杆起重机
			悬臂式起重机	柱式旋转式起重机
				15
平衡旋臂式起重机				
	升降机		施工升降机	
			升船机	
			举升机	
			启闭机	
	工作平台		桅杆爬升式升降工作平台	
			平台	
	机械式停车设备		移动式升降平台	
			升降横移式	
			垂直循环式	
			水平循环	
			多层循环	
			平面移动	
			巷道堆垛类	
			垂直升降类	
			简易升降类	
		汽车专用升降机		

### 三、起重机械型式

1. 桥架型:①桥式起重机;②门式起重机;③装卸桥;④架桥机;
2. 绳索型:①缆索起重机;②门式缆索起重机;
3. 臂架型:①门座起重机;②半门座;③塔式;④铁路起重机;⑤流动式;⑥浮式;⑦甲板;⑧桅杆;⑨悬臂;



图1-1 建筑塔式起重机



图1-2 汽车起重机外形支腿

1-走行推置；2-驾驶室；3-转台；4-动臂；  
5-变幅油缸；6-司机室；7-支腿。

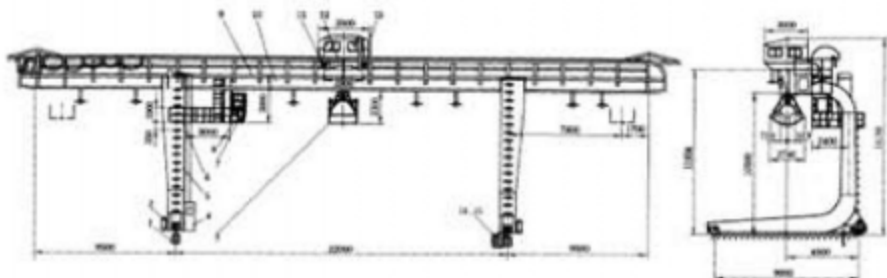


图1-3 20/10t单主梁C形龙门起重机

1-大车运行基础；2-大车运行机构；3-跑车；司机升降地梯；5-支腿；6-司机室走台；7-司机室；8-司机座椅；  
9-走台；10-上部主梁；11-起重小车；12-小车供电装置；13-小车梁；14-大车供电装置；15-端梁。

## 第二节 起重机械的型号与主要参数

### 一、起重机械的型号

起重机械的产品型号一般由类、组、型代号与主参数代号等共同组成,如图1-1所示。如需增加特性代号时,其特性代号置于类、组、型代号与主参数代号之间。

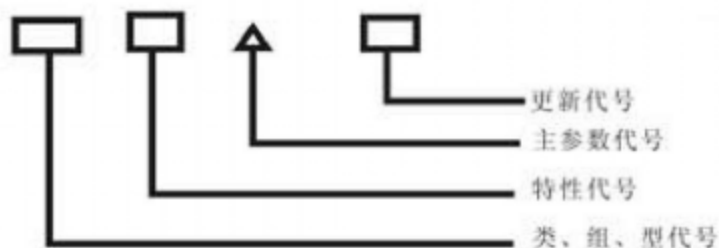


图1-4 起重机械产品型号组成

类、组、型均用大写汉语拼音字母表示,该字母是类、组、型中代表性的汉语拼音字头,但如

该字母与其他代号的字母有重复时,也可采用其它字母。需增加特性代号时,用有代表性的汉语拼音字母表示。主参数用阿拉伯数字表示,一般用额定起重量吨(t)、额定起重力矩千牛米(kNm)等。当产品进行更换或结构有重大改革时,其改进代号按 A、B、C……的顺序采用,置于原产品型号的尾部,以示区别。

例 QD20/5 桥式起重机:表示吊钩桥式起重机,主钩是 20t,副钩是 5t。

HCS-12A 电动葫芦:表示常速钢丝绳电动葫芦,额定起重量 5t,起升高度 12m,第一次改进产品。

## 二、起重机械主要技术参数

起重机的技术参数表示起重机的作业能力,是设计起重机的主要依据,也是所有从事起重作业人员必须掌握的基本知识。

国家标准 GB6974.2-86《起重机械名词术语——起重机械参数》中介绍了我国目前已生产制造与使用的各种类型起重机械的主要技术参数。

### 1. 起重量 G

起重量是指被起升重物的重量,常用的参数有总起重量、最大起重量、额定起重量和有效起重量等。

总起重量  $G_t$

是指起重机能吊起的重物,连同可分吊具上的吊具或属具(包括吊钩、滑车组、起重钢丝绳以及在臂架或起重小车以下的吊物)的重量总和。对于变幅起重机可根据幅度规定总起重量。

最大起重量  $G_{max}$

是起重机正常工作条件下,允许吊起的最大额定起重量。

额定起重量  $G_n$

是指起重机允许吊起的重物,连同可分吊具(或属具)重量的总和(对于流动式起重机,包括固定在起重机上的吊具)。对于变幅起重机,根据幅度规定起重机的额定起重量。

有效起重量  $G_p$

是起重机能吊起的重物或物料的净重量。对于幅度可变的起重机,根据幅度规定有效起重量。

起重量的单位是千克(kg),或吨(t)。

### 2. 起升高度 H 与下降深度 h

起升高度 H

是指起重机水平停车面至吊具允许最高位置的垂直距离。对吊钩和货叉,算至其支承表面;对其它吊具,算至其最低点(闭合状态)。

对桥式起重机,应是空载置于水平场地上方从地面开始测定其起升高度。

下降深度 h

是指吊具最低工作位置与起重机水平支承面之间的垂直距离。对吊钩和货叉从其支承面算起;对其它吊具,从其最低点算起(闭合状态)。

桥式起重机从地平面起算下降深度,应是空载至于水平场地上方,测定其下降深度。

起升范围 D

是指吊具最高和最低工作位置之间的垂直距离( $D = H + h$ )。

3. 跨距  $S$ 

桥架型起重机支承中心线之间的水平距离即为跨距,也称跨度。

4. 轨距或轮距  $K$ 

对于臂架型起重机,轨距或轮距为轨道中心线或起重机行走轮踏面(或履带)中心线之间的水平距离;对于铁路起重机为运行线距两钢轨头部顶面下内侧 16mm 处的水平距离;对于起重小车,为小车轨道中心线之间的距离。

5. 幅度  $L$ 

幅度指起重机置于水平场地时,空载吊具垂直中心线至回转中心线之间的水平距离。

最大幅度  $L_{\max}$ 

是指起重机工作时,臂架倾角最小或小车在臂架最外极限位置时的幅度。

最小幅度  $L_{\min}$ 

是指臂架倾角最大或小车在臂架最内极限位置时的幅度。

6. 起重臂倾角  $\alpha$ 

在起升平面内,起重臂纵向中心线与水平线的夹角为倾角,一般在  $25^\circ \sim 75^\circ$  之间。

7. 起重力矩  $M$  与起重倾覆力矩  $M_A$ 起重力矩  $M$ 

指幅度  $L$  与相应起吊物品重量  $Q$  的乘积。

起重倾覆力矩  $M_A$ 

指起吊物品重量  $Q$  和从载荷中心线至倾覆线距离  $A$  的乘积。

8. 轮压  $P$ 

轮压指一个车轮传递到轨道或地面上的最大垂直载荷,按工况不同,轮压分为工作轮压和非工作轮压。

9. 运动速度  $V$ 起升(下降)速度  $V_s$ 

指稳定运动状态下,额定载荷的垂直位移速度。

微速下降速度  $V_m$ 

指稳定运动状态下,安装或堆垛最大额定载荷时的最小下降速度。

回转速度  $\omega$ 

指稳定状态下,起重机转动部分的回转角速度。规定为在水平场地上,离地 10m 高度处,风速小于  $3\text{m/s}$  时,起重机幅度最大,且带额定负荷时的转速。

起重机(大车)运行速度  $V_k$ 

指在稳定运动状态下,起重机运行的速度。规定为在水平路面(或水平轨面)上,离地 10m 高度处,风速小于  $3\text{m/s}$ ,起重机带额定载荷行走的速度。

小车运行速度  $V_c$ 

指在稳定运行状态下,小车运行的速度。规定为离地面 10m 高度处,风速小于  $3\text{m/s}$ ,带额定载荷的小车在水平轨道上运行的速度。

变幅速度  $V_f$ 

指在稳定运动状态下,额定载荷在变幅平面内水平位移的平均速度。规定为离地面 10m 高度处,风速小于  $3\text{m/s}$ ,起重机在水平路面上幅度从最大值至最小值的平均速度。

起重臂伸缩速度  $V_s$ 。

是指起重臂伸出或缩回时,其尖部沿臂架纵向中心线移动的速度。

(道路)行驶速度  $V_0$ 。

在道路行驶状态下,起重机由自身动力驱动的最大运行速度。

### 三、起重机工作级别

起重机的工作级别是表明起重机工作繁重程度的参数,起重机的工作级别的大小是由两种能力决定的,一是在时间方面的繁忙程度,称为起重机的利用等级;二是在吊重方面的满载程度,称为起重机的载荷状态。

#### 1. 起重机的利用等级

起重机在有效寿命期间有一定的工作循环总数。起重机作业的工作循环是从准备起吊物品开始,到下一次起吊物品为止的整个作业过程。工作循环总数表征起重机的利用程度,它是起重机分级的基本参数之一。工作循环总数是起重机在规定使用寿命期间所有工作循环次数的总和。

工作循环总数与起重机的使用频率有关。为了方便起见,工作循环总数在其可能的范围内分为 10 个利用等级( $U_0 \sim U_9$ ),如表 1-2 所示。

表 1-2 起重机利用等级

利用等级	总的工作循环次数 $N$	附注
$U_0$	$1.6 \times 10^4$	不经常使用
$U_1$	$3.2 \times 10^4$	
$U_2$	$6.3 \times 10^4$	
$U_3$	$1.25 \times 10^5$	
$U_4$	$2.5 \times 10^5$	经常轻闲地使用
$U_5$	$5 \times 10^5$	经常中等地使用
$U_6$	$1 \times 10^6$	不经常繁忙地使用
$U_7$	$2 \times 10^6$	繁忙地使用
$U_8$	$4 \times 10^6$	
$U_9$	$> 4 \times 10^6$	

#### 2. 起重机载荷状态

载荷状态是起重机分级的另一个基本参数,它表明起重机的主要机构(起升机构)受载的轻重程度。载荷状态与两个因素有关:一是实际起升载荷  $G$  与额定载荷  $G_n$  之比  $G/G_n$ ,另一个是实际起升载荷  $G$  的作用次数  $N$  与工作循环总数  $N_n$  之比  $N/N_n$ 。表示  $G/G_n$  和  $N/N_n$  关系的线图称为载荷谱。表 1-3 列出了起重机载荷状态。

表 1-3 起重机载荷状态

载荷状态	名义载荷谱系数 $KF$	说明
$Q_1$ ——轻	0.125	很少起升额定载荷,一般起升轻微载荷
$Q_2$ ——中	0.25	有时起升额定载荷,一般起升中等载荷
$Q_3$ ——重	0.5	经常起升额定载荷,一般起升较重载荷
$Q_4$ ——特重	1.0	频繁起升额定载荷

## 3. 起重机的工作级别

起重机的工作级别即起重机的分级,是由起重机的利用等级和起重机的载荷状态决定的,起重机的工作级别用符号 A 表示,其工作级别分为 8 级,即  $A_1 \sim A_8$  级。起重机的工作级别如表 1-4 所示。

表 1-4 起重机的工作级别

载荷状态	利用等级									
	U <sub>0</sub>	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	U <sub>4</sub>	U <sub>5</sub>	U <sub>6</sub>	U <sub>7</sub>	U <sub>8</sub>	U <sub>9</sub>
Q1——轻		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	
Q2——中		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	
Q3——重		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	
Q4——特重			A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	

从上述分类中可知,起重机工作级别分类是以金属结构受力状态为根据的,它与起重机工作类型的分类根据是不同的。尽管如此,二者之间仍有这样的关系: $A_1 \sim A_4$  相当于轻级工作类型; $A_5 \sim A_6$  相当于中级工作类型; $A_7$  相当于重级工作类型; $A_8$  相当于特重级工作类型。

## 4. 常用起重机的工作级别

为便于广大起重作业人员了解和掌握起重机适用的工作级别,表 1-5 列出了常用的各种起重机的工作级别,供参考。

表 1-5 常用起重机的工作级别

起重机型式		工作级别	
桥式起重机	吊钩式	电站安装及检修用	$A_1 \sim A_3$
		车间及仓库用	$A_3 \sim A_5$
		繁重工作车间及仓库用	$A_6, A_7$
桥式起重机	抓斗式	间断装卸用	$A_6$
		连续装卸用	$A_6 \sim A_8$
桥式起重机	冶金专用	吊料箱用	$A_7, A_8$
		加料用	$A_8$
		铸造用	$A_6 \sim A_8$
		锻造用	$A_7, A_8$
		淬火用	$A_7, A_8$
		夹钳、脱锭用	$A_8$
		揭盖用	$A_7, A_8$
		料耙用	$A_8$
		电磁铁式	$A_6 \sim A_8$
7.		装卸用抓斗式	$A_6 \sim A_8$
		电站用吊钩式	$A_2, A_3$
		造船安装用吊钩式	$A_3 \sim A_5$
		装卸集装箱用	$A_5 \sim A_8$

续表

起重机型式		工作级别
装卸桥	料场装卸用抓斗式	A <sub>7</sub> 、A <sub>8</sub>
	港口装卸集装箱用	A <sub>6</sub> ~ A <sub>8</sub>
	港口装卸用抓斗式	A <sub>8</sub>
门座式起重机	安装用吊钩式	A <sub>3</sub> ~ A <sub>5</sub>
	装卸用吊钩式	A <sub>5</sub> ~ A <sub>7</sub>
	装卸用抓斗式	A <sub>6</sub> ~ A <sub>8</sub>
塔式起重机	一般建筑安装用	A <sub>2</sub> ~ A <sub>4</sub>
	用吊罐装卸混凝土	A <sub>4</sub> ~ A <sub>6</sub>
汽车、轮胎、履带、铁路起重机	安装及装卸吊钩式	A <sub>1</sub> ~ A <sub>2</sub>
	装卸用抓斗式	A <sub>4</sub> ~ A <sub>6</sub>
缆索起重机	安装用吊钩式	A <sub>3</sub> ~ A <sub>5</sub>
	装卸或施工用吊钩式	A <sub>5</sub> ~ A <sub>7</sub>
	装卸或施工用抓斗式	A <sub>6</sub> ~ A <sub>8</sub>

#### 四、起重机的组成

1. 机械传动系统/液压传动系统
2. 金属结构
3. 电气/液压控制系统
4. 安全保护系统

## 第二章 桥、门式起重机结构

### 第一节 桥、门式起重机的基本构造

桥、门式起重机包括桥式起重机和门式起重机等。桥式起重机又称为“行车”或“天车”，一般安装在厂房内，也可露天安装，它既不占用地面作业面积，又不妨碍地面上的作业，可在起升高度和大、小车轨道所允许的空间内担负任意位置的吊运工作。门式起重机即桥架通过两侧支腿支承在地面的轨道上的桥架类型起重机，又称龙门起重机，其结构与桥式起重机基本相同。

#### 桥、门式起重机基本构造

桥式起重机是由大车和小车两部分组成的。小车上装有起升机构和小车运行机构，整个小车沿着装于主梁盖板上的小车轨道运行。大车部分由起重机桥架（通常称大车桥架）及司机室、又称操纵室）组成。在大车桥架上装有大车运行机构和小车输电滑线、或小车传动电缆）及电气设备（电气控制屏、电阻器）等。司机室内装有起重机控制操纵装置及电气保护柜、照明开关柜等。门式起重机的结构与桥式起重机基本相同，不同之处是有支腿。门式起重机由门架、大小车运行机构、电气设备、大车导电装置等部分组成。

若按功能而论，桥、门式起重机则是由金属结构、机械传动和电气传动等三大部分组成的。桥、门式起重机的金属结构是起重机的骨架，所有的机械、电气设备均装于其上，是起重机的承载结构。

桥、门式起重机的机械传动部分是起重机动作的执行机构，吊物的升降和移动都是由相应的机械传动机构运转而实现的。机械传动机构由起升机构、小车运行机构和大车运行机构等三部分组成。

起重机的电气传动部分由电气设备和电气线路组成。电气设备由各机构电动机、制动器驱动装置、电气控制装置及电气保护装置等组成；电气线路由主回路、控制回路和照明信号回路所组成。

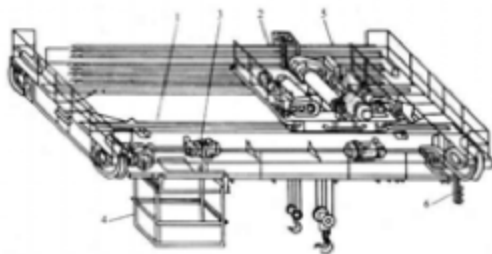


图 2-1 箱型双梁桥式起重机

1. 桥架 2. 小车 3. 大车运行机构 4. 操纵室 5. 小车导电装置 6. 起重机总电源导电装置

### 一、桥、门式起重机的金属结构

桥、门式起重机的金属结构由起重机桥架、小车架和司机室等三部分组成。它是起重机的承载机构,具有足够的强度、刚度和稳定性,是确保起重机安全运转的重要因素之一。

#### 1. 桥架

桥、门式起重机的桥架有箱形、偏轨箱形、偏轨空腹箱形、四桁架式及三角形桁架等多种结构形式。本节主要以应用十分广泛的箱形结构形式为例介绍。

箱形结构桥架的构成如1所示,它由主梁、端梁(又称横梁)、走台和防护栏杆等组成。主梁和端梁均是由钢板拼焊成的箱形断面结构,故称为箱形结构。

箱形结构主梁(图3)是由1.上盖板2.小车轨道3.纵向拉筋4.腹板5.下盖板6.小筋板和7.大筋板等组成。

门式起重机的主梁和支腿结构有箱形的,也有桁架形的。按主梁结构形式不同,可分为单主梁、双主梁、箱形主梁、桁架主梁等;按支腿形式的不同可分为L型、C型、带马鞍的八字样类型等;按悬臂数目不同,可分为双悬臂、单悬臂、无悬臂等形式。



图 2-2 桥式起重机的箱型结构桥梁

1. 端梁 2. 传动走台 3. 传动梁 4. 导电梁 5. 导电走台 6. 防护栏杆

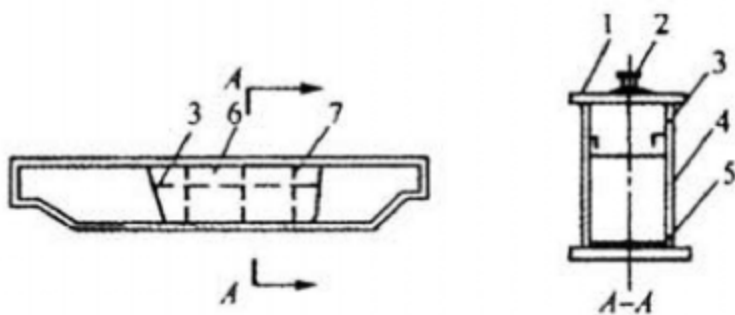


图 2-3 箱型结构主梁示意

1. 上盖板 2. 小车轨道 3. 纵向拉筋 4. 腹板 5. 下盖板 6. 小筋板 7. 大筋板

### 2. 桥、门式起重机金属结构的安全技术要求

#### (1) 主梁

(a) 主梁的上拱度为了提高主梁的承载能力,改善主梁的受力状况,抵抗主梁在载荷作用下的向下变形,使负载小车在运行中的上坡度和下坡度达到最小值,以免发生爬坡现象,增加运行阻力和引起结构振动,在制造时,主梁应预制一定的上拱度。当桥式起重机空载时,小车