

电动起重机 工作原理与操作

● 中级

● 叶公天 编



工人技术培训教材

哈尔滨船舶工程学院出版社

电动起重机工作原理与操作

(中 级)

叶公天 主编

哈尔滨船舶工程学院出版社出版

内 容 简 介

本书较为系统、全面地阐述了电动起重机的基本类型、构造、机械和电气工作原理及有关的计算方法；介绍了合理的操作方法、维修保养知识；分析了常见故障的原因及其排除方法；对机械与电气故障的判别作了专题讨论。书中还有附有标准产品、配件等有关技术资料。

本书可作为电动起重机司机中高级技术培训以及中专教材，也可供有关技术、管理、维修人员参考。

电动起重机工作原理与操作

叶 公 天 主 编

哈尔滨船舶工程学院出版社出版
新华书店首都发行所发行
绥 棱 县 印 刷 厂 印 刷

开本 787×1092 1/16 印张 22.25 字数 510 千字

1989 年 12 月第 1 版 1989 年 12 月第 1 次印刷

印数 1—1 500 册

ISBN 7-81007-066-5/TM·2

定价：6.50 元

前 言

为了落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，搞好船舶工人技术理论教育工作，加强智力开发，提高职工素质，以适应社会主义现代化建设和振兴船舶工业的需要。中国船舶工业总公司人事部组织了上海船舶工业公司有关船厂，在调查研究和总结经验的基础上，根据总公司《船舶工业造船工人技术等级标准》的要求，编写了船厂二十一个工种的初、中级《造船工人技术理论教育教学计划与教学大纲》。

根据这些教学计划与教学大纲的要求，我们组织一些船厂有实践经验的工程技术人员及有丰富教学经验的教师，编写了五十种船舶工人技术培训教材，并聘请技术水平较高、经验丰富的同志担任主审。在编写过程中，广泛地听取了各船厂的意见，增强了教材适应性。

编写的教材有：放样号料工、冷加工、火工、装配工、焊接工、批铆和密性试验工、气焊气割工、船舶钳工、船舶管铜工、螺旋桨工、船舶钣金工、船舶电工、船舶木塑工、除锈涂装工、船舶泥工、起重吊运工的工艺学，及船体结构、船舶概论、船体制图、船体结构与识图、船体加工设备与工夹模具、企业管理常识、电工常识、机械制图、船舶常识、船舶电工学、电工基础、船舶电气工程概论、电工仪表与测量、船舶电站与电力拖动、船舶导航与通信设备、电动起重机原理及操作、金属材料及热处理、画法几何、船舶柴油机结构和修理等。

这些教材力图体现工人培训的特点，既考虑到当前造船工人的文化水平，做到通俗易懂，又要有一定的理论深度，适当考虑到长远的发展；既做到理论联系实际，又注意到知识的科学性、系统性和完整性；既体现船舶特色，又兼顾不同类型船厂的需要；既便于集体组织教学，也便于个人自学。

这套教材主要用于船舶工人相应工种的初、中级技术理论教育，也适用于对口专业职业高中和技工学校的教学，有的也可作为其它类型工厂的工人培训教材。相应专业的科技人员、专业教师及管理人员也可选作参考书。

这套教材的出版，得到了哈尔滨船舶工程学院、有关地区公司、船厂的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

编写船舶工人培训的统一教材还是第一次。由于时间仓促，加上编写经验不足，教材难免存在不少缺点和错误。我们恳切希望广大读者在使用中提出批评和指正，以便进一步修改、完善，不断提高教材质量。

中国船舶工业总公司教材编审室

一九八五年七月

编者的话

本书的编写力求达到中国船舶工业总公司颁发的造船工人技术理论教育教学大纲中提出的教学目的：一、使学员掌握电动起重机工作原理；二、能熟练地操作较复杂电动起重机；三、能排除常见故障，以适应企业变化和发展的需要。

本书着重工作原理的阐述，注意深度和广度，具有一定的系统性和理论性。其中：第一章为概述；第二章～第五章阐述了起重机的金属结构形式和机械工作原理；第六～第九章介绍了起重机的电气基础及电气工作原理；第十～第十二章主要从操作、保养、维修等方面作了讨论。为了便于学习和教学，每章附有思考题。

本书由叶公天同志主编，叶静华同志参加编写电气部分。刘丽明同志负责全书的审阅，孔庆财负责电气部分的审阅。在编写过程中还得到徐大钧、沈力功等有关领导、专家、技术人员的指导和帮助，在此表示诚恳的感谢。

鉴于水平有限，时间仓促，错误和缺点难免诚恳希望广大读者给予批评指正。

目 录

第一章 概 述	1
第一节 电动起重机的用途、分类及工作特点.....	1
第二节 电动起重机的基本工作参数.....	2
思考题.....	6
第二章 电动起重机金属结构及其组成	7
第一节 电动起重机的金属构造.....	7
第二节 电动起重机的主要组成.....	10
思考题.....	24
第三章 制动器	25
第一节 制动器的功能与种类.....	25
第二节 块式制动器.....	27
第三节 锥盘式制动器和带式制动器.....	37
第四节 其它形式的制动器.....	38
第五节 停止器.....	41
第六节 制动器的受力分析及发热计算.....	42
思考题.....	46
第四章 提升机构	47
第一节 提升机构的重要性及组成.....	47
第二节 传动装置.....	50
第三节 钢丝绳.....	58
第四节 卷筒.....	68
第五节 滑轮与滑轮组.....	79
第六节 取物装置与吊钩.....	89
思考题.....	104
第五章 运行、旋转和变幅机构	106
第一节 运行机构.....	106
第二节 旋转机构.....	124
第三节 变幅机构.....	134
思考题.....	141
第六章 常用电器元件	143
第一节 电源开关与熔断器.....	143
第二节 接触器.....	153
第三节 继电器.....	160

第四节 安全电器.....	171
思考题.....	172
第七章 操纵部分电气设备.....	174
第一节 按钮控制器.....	174
第二节 凸轮控制器.....	176
第三节 主令控制器与磁力控制屏.....	182
第四节 配电盘.....	197
思考题.....	202
第八章 驱动部分电气设备.....	203
第一节 电动机.....	203
第二节 电阻器.....	234
第三节 制动电磁铁.....	239
第四节 导电装置.....	243
思考题.....	249
第九章 电动起重机电气线路.....	250
第一节 电气线路基础.....	250
第二节 小型电动起重机电路.....	254
第三节 桥式起重机电路.....	255
第四节 门座式电动起重机电路.....	258
第五节 电动升降机的电路分析.....	263
思考题.....	268
第十章 故障分析和排除.....	269
第一节 机械故障.....	269
第二节 电气故障.....	287
思考题.....	305
第十一章 维护保养与管理.....	307
第一节 维护保养的重要意义和类别.....	307
第二节 日常维护保养的关键因素.....	308
第三节 维护保养的主要内容.....	313
第四节 起重机的日常管理.....	320
思考题.....	325
第十二章 操作技术和安全知识.....	327
第一节 操作技术.....	327
第二节 安全技术知识.....	334
思考题.....	350

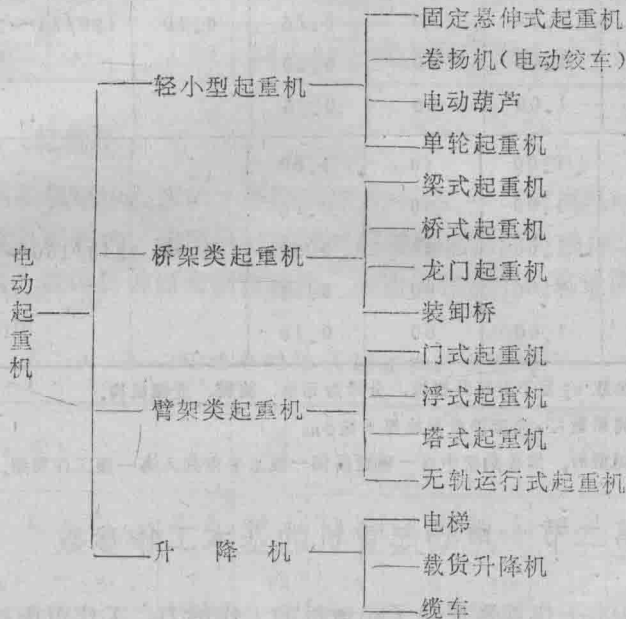
第一章 概 述

第一节 电动起重机的用途、分类及工作特点

电动起重机主要用来起吊、装卸物品及安装大型构件、机器设备。因具有操作简单、工作安全可靠、能源供应方便无污染且价低等优点，在工业生产、交通运输等行业得到了极其广泛的应用。尤其在造船、港口、大型机械等行业中，几十吨乃至几千吨构件的地提高劳动生吊运，更离不开电动起重机。它不但减轻劳动强度、改善劳动条件，更主要的是能成倍产率，加快商品的流通。随着生产工艺的不断变化和改进，电动起重机已直接用于生产工艺过程之中，成为生产工艺中的主要环节或组成部分，随着科学技术的发展，人们正在不断改进和提高电动起重机的性能，向自动化、高效能、大吨位发展，以满足社会生产力发展的需要。

电动起重机种类较多，根据不同用途和场合可分为轻小型、桥架类、臂架类及升降机四大类（见表1-1）。如以工作繁忙程度、载荷变化程度可分为轻级、中级、重级、特重级四种工作类型（见表1-2）。

表1-1 电动起重机分类



电动起重机一般由金属结构、机械、电气三大部分组成。大型复杂的起重机主要有起升、运行、旋转、变幅等功能，小型起重机大多仅有起升、运行机构。有轨运行起重机工作范围限于轨道臂架所及空间，而无轨运行起重机工作范围比前者要大，但需自行提供电能。

电动起重机所受的载荷是变化的，是一种周期性、间歇动作的机械，通常在一个工作循环内，其主要机构作一次正向和反向运动。

表 1-2 起重机机构工作类型分类表

工作类型 等级	工 作 繁 忙 程 度			载 荷 变 化 程 度			环境温度 •C
	年利用 系数 K_v	日利用 系数 K_d	接电持 续率 $JC\%$	起重重量 利用系数 K_Q	起重载荷 时间系数 K_e	每小时接合次数 n_j	
轻 级	极少用	极少用	—	1.00			
	少 用	少 用	—	0.75			
	0.25	0.33	15	0.50	0.20	<60/40	25
	0.50	0.67	15	0.25			
	1.00	1.00	25	0.10			
中 级	1.00	0.67	15	1.00			
	0.50	0.33	25	0.75			
	0.50	0.67	25	0.50	0.05	60/40~120/80	25
	1.00	1.00	40	0.25			
	1.00	1.00	60	0.10			
重 级	1.00	0.67	25	1.00			
	1.00	0.33	40	1.00			
	0.75	0.67	40	0.75	0.10	120/84~240/160	25
	1.00	1.00	40	0.50			
	1.00	1.00	60	0.25			
超 (特) 重级	1.00	1.00	40	1.00			45
	1.00	1.00	60	0.75			25
	1.00	1.00	60	0.50	0.30	240/160~300/200	
	1.00	1.00	60	0.25			45
	1.00	1.00	60	0.10			

注：(1) 每小时接合次数 n_j 分子为起升机构、分母为运动、旋转、变幅机构。

(2) 超重载荷时间系数 K_e 代替静载荷换算系数 ϕ_n 。

(3) 在确定工作类型时，如各数据中有一项超出同一级水平应列入高一工作类型。

第二节 电动起重机的基本工作参数

电动起重机的基本工作参数反映了起重机的工作能力、工作范围和主要技术性能。基本工作参数包括重量 $Q(m_q)$ 、起升高度 H 、跨度 L (幅度 R)、工作速度 v 、生产率 G 以及工作类型等六个方面。

一、起重量 $Q(m)$

起重机安全工作所允许的最大起吊重量称为起重量 $Q(m_q)$ ，单位为千克 (kg) 或吨 (t)。设计计算时将重量理解为力，称重力。单位为牛 (N) 或千牛 (kN)。

按规定起重量不包括吊钩、吊环等吊具的质量，而包括抓斗、起重电磁铁等吊具的质量。

起重量较大的起重机大多有两套起升机构，起重量大的为主钩，小的为副钩。副钩与主钩起重量之比为1/5~1/3，副钩起升速度较主钩大。

对于臂架类起重机，还具有起重力矩 M 这一参数，它说明了起重机抗倾覆稳定性的能力。

二、起升高度

起升高度是起重机取物装置上下极限位置的距离，单位为米(m)。上极限位置以取物装置的最高位置中心线最低点为准，下极限位置以工作场地或地面运行轨道为准。对于码头、船坞边上的门式、龙门式起重机，均有轨面上与轨面下的起升高度，同时必须考虑潮水涨落、空载满载对船舶在起重吊运时的有关因素的影响。我国现有3~250吨桥式起重机起升高度的标准见表1-3。

表1-3 3~250吨电动桥式起重机起升高度 (m)

主钩起重量(t)		3~50		80		100		125		160		200		250	
起升高度 (m)	主钩	12	16	20	30	20	30	20	30	24	30	19	30	16	30
	副钩	14	18	22	32	22	32	22	32	26	32	21	32	18	32

三、跨度 L (幅度 R)

桥架类起重机轨道中心线的水平距离称为跨度，单位为米 (m)。桥式起重机的跨度与厂房的跨度是配套的。我国对3~250吨起重机的跨度也制订了标准(见表1-4)。龙门起重机的跨度，我国目前尚未制订标准，多由工作需要的场地所决定。大多参照桥式起重机的跨度标准。

表1-4 3~250吨电动桥式起重机跨度(m)

厂房跨度 L_e (m)		9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
起重机 跨度 (m)	重重量	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	—
	$m_q = 3 \sim 50t$	7	10	13	16	19	22	25	28	31	—
	起重重量 $m_q = 80 \sim 250t$	—	—	—	16	19	22	25	28	31	34

臂架类旋转起重机其旋转轴线到取物装置的中心线之间距离称为幅度 R ，单位为米 (m)。对于不能变幅的起重机 R 为定值，对于变幅的起重机， R 有最大值与最小值，通常给出的 R 值为最大值。在起重机设计中最大值应根据工作范围对象而言，最小值往往受起重机本身结构的限制，要求尽可能小，从而扩大起重机工作范围。

四、工作速度 v

工作速度是指起重机各机构的运行速度，单位为米/分 (m/min)。在吊运装卸中为了提高生产效率必须提高运行速度(起升时可达60m/min，运行时可达200m/min)，但在精密装配中又要求尽可能低的速度(1m/min)。为了达到既有高速又有低速的目的，有的起重机设有专门的微速装置。考虑到综合经济性，一般起重机多采用中等速度，可使驱动电机功率不宜过大。起重机常用工作速度见表1-5。

表1-5 起重机常用工作速度

	起重机类型	工作速度(m/min)
起升速度	一般用途起重机	6~25
	装卸用起重机	40~90
	安装用起重机	<1
运行速度	桥式起重机与龙门起重机小车	40~50
	装卸桥小车	180~240
	桥式起重机大车	90~120
	龙门起重机大车	40~60
	门座起重机及装卸桥大车	20~30
	轮胎起重机	10~20(km/h)
	汽车起重机	50~65(km/h)
变幅速度	门座起重机(工作性)	40~60
	浮式起重机(工作性)	25~40
	汽车及轮胎起重机(调整性)	10~30
旋转速度	门座起重机	$n = 10/\sqrt{R}$ (约2r/min)
	汽车及轮胎起重机	$n = (5\sim 8)/\sqrt{R}$ (2~3.5r/min)
	浮式起重机	$n = (3\sim 6)/\sqrt{R}$ (0.5~2r/min)

注：表中 n ——转速； R ——旋转幅度。

五、生产率 G

生产率是指起重机单位时间内吊运货物的总重量，单位为吨/小时 (t/h)。一般起重机不使用生产率 G 这一基本参数，多用于装卸类起重机。

六、工作类型

起重机根据工作繁忙程度和载荷变化程度划为四个等级参数(见表1-2)。表1-6给出了起重机机构工作类型的实例。这些实例说明了起重机的构件、零部件、电气设备在强度、寿命、可靠性、经济性所必须达到的标准。起重机工作类型等级的划分全国还没有公布统一的标准，但基本是一致的，大多数按以下几方面数据作为依据。

1. 工作繁忙程度

(1) 机构年利用系数 K_y

$$K_y = \frac{\text{一年内工作天数}}{\text{全年天数}} = n_w / 365 \quad (1-1)$$

(2) 机构日利用系数 K_d

$$K_d = \frac{\text{一昼夜中工作时数}}{\text{一昼夜总小时数}} = n_{dw} / 24 \quad (1-2)$$

(3) 机构接电持续率

$$JC\% = t / T \times 100\% \quad (1-3)$$

式中 t ——一个工作循环中机构的工作时间 (min);

T ——一个工作循环的全部时间 (min)。

表 1-6 起重机机构工作类型实例

起重·机·类·别·型·式			机 构 分 类					
			起 升		运 行		旋 转	变 幅
			主	副	小 车	大 车		
桥式起重机	吊 钩 式	安 装 检 修 用	轻	轻	轻	轻	—	—
		一般车间仓库用	中	中	中	中	—	—
		繁重工作车间仓库用	重	中	中	重	—	—
	抓 斗 式 电 磁 式		超 重	—	超 重	超 重	—	—
龙门起重机	吊 钩 式		中	中	中	中	—	—
	抓 斗 式		重	—	重	重	—	—
装 卸 桥	抓 斗 式		超 重	—	超 重	轻		轻(俯仰)
	集 装 箱 式		重	—	重			
门座起重机	吊 钩 式	安 装 用	中	中	—	轻	中	中
		装 卸 式	中	—	—	轻	中	中
	抓 斗 式		超 重	—	—	轻	重	重
汽车履带铁路起重机	吊 钩 式		中	—	—	中	中	轻
	抓 斗 式		重	—	—	中	重	轻
塔式起重机	建 筑 用		中	—	中	中	中	轻

2. 载荷变化程度

(1) 起重量利用系数 K_Q

$$K_Q = Q_{cp}/Q \quad (1-4)$$

(2) 起升载荷时间利用系数 K_e

$$K_e = t_e/t_z \quad (1-5)$$

(3) 机构每小时接合次数 n_j

$$n_j = Z/h \quad (1-6)$$

式中 Q_{cp} ——平均载荷量 (tf) ;

Q ——额定载荷量 (tf) ;

t_e ——年起升载荷工作时间 (h) ;

t_z ——年机构工作时间 (h) ;

Z ——接合次数;

h ——时间(小时)。

思考题

1. 电动起重机分为那几大类? 每一大类又有那几种类型?

2. 分别说明起重量 $Q(m_q)$ 、起重力矩 (M) 、起升高度 H 、跨度 L 、幅度 R 、工作速度 v 以及生产率 G 的含义。

3. 说明主要类型起重机的起升速度、运行速度、变幅速度及其旋转速度。

4. K_y 、 K_Q 、 $JC\%$ 以及 K_Q 、 K_e 、 n_j 分别表示什么意思? 并写出它们的计算公式。

第二章 电动起重机金属结构及其组成

金属结构、机械及电气装置是电动起重机的三个主要组成部分。

金属结构直接反映了起重机的外部特征、受力状态，基本确定了其用途、工作范围及其起重量。

机械部分是使金属结构达到起重机所要求的功能而设置的。桥架类起重机设有起升、大小车运行等机构，而臂架旋转类起重机又必须有旋转、变幅等机构。

为了驱动控制起升、运行、旋转、变幅等机构，起重机上配有电气设备，如：继电器、配电箱、磁力控制屏、电阻器、电动机、照明及电气安全装置等。

本章主要介绍电动起重机的金属构造及其基本组成，机械与电气二大部分在以后几章进行详细介绍。

第一节 电动起重机的金属构造

一、基本结构形式

电动起重机结构形式较多，划分方法和观点也不尽相同。按照其基本的构造形式大致分为单一型钢结构、桁架结构、箱形结构三大类。此外还可分为单梁和双梁两种结构类别。

1. 单一型钢结构

图2-1为单一型钢结构的电动起重机。工字钢既作为主梁，又作为小车（电动葫

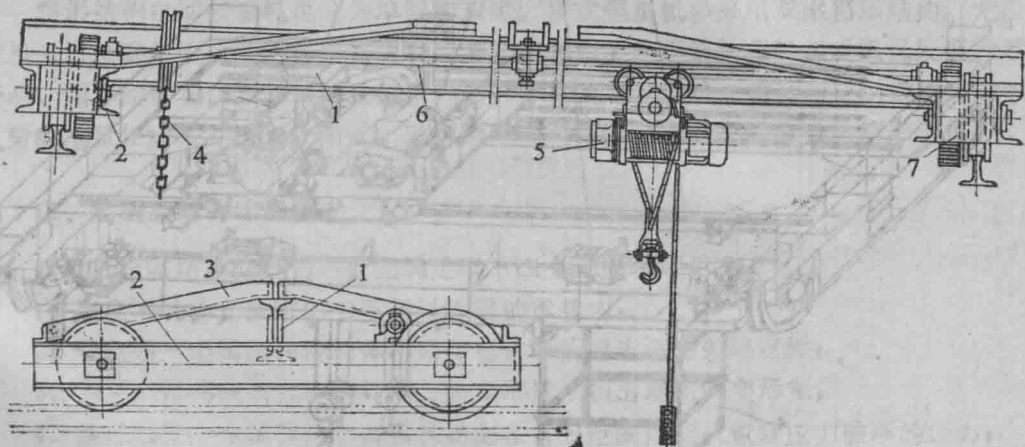


图2-1 单一型钢结构起重机

1—工字钢主梁；2—端梁；3—斜撑杆；4—大车牵引链；5—电动葫芦（小车）；6—传动轴；7—主动轮
芦）运行的轨道。主梁多为单梁，构造简单、制造容易、成本低，在起重量小的工厂、

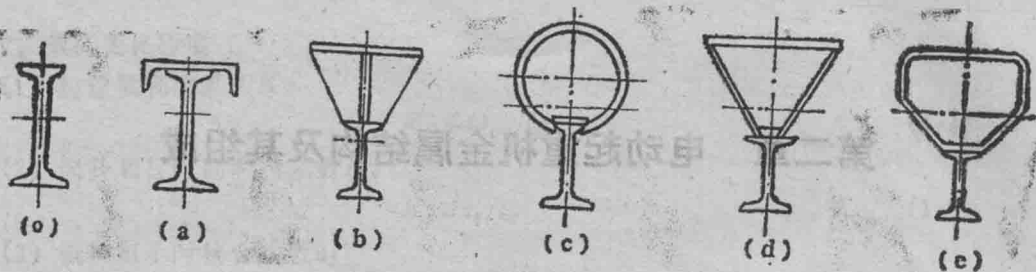


图2-2 主梁截面形式

仓库等场合应用广泛。其主梁截面形式如图2-2所示,除图(o)外,其余都是在工字钢上焊接不同截面形状的钢质构件而成。

2. 桁架结构

起重机采用桁架结构(图2-3),具有用料省,自重轻的优点。缺点是:制造复杂、成本高、刚性较差、工艺性不如箱形结构。生产较早的起重机一般都是这种结构。桁架又分为Π形和Δ形两种结构。Δ形结构较Π形结构自重轻,但刚性相应要差一些。桁架结构也有双

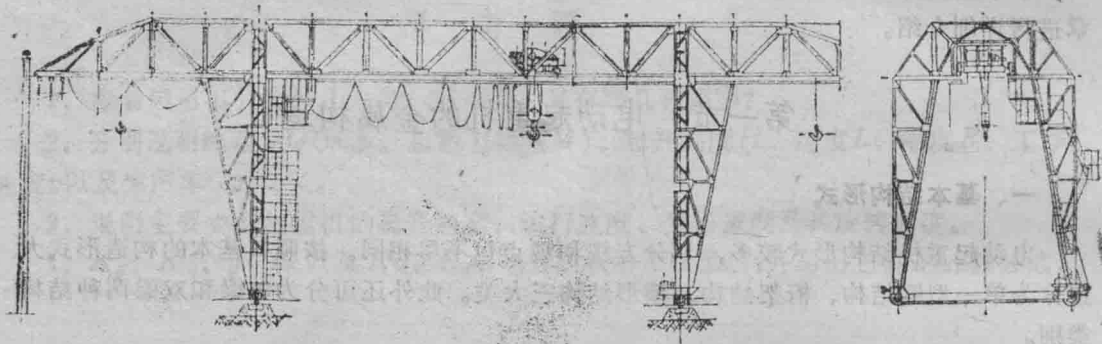


图2-3 桁架结构电动起重机

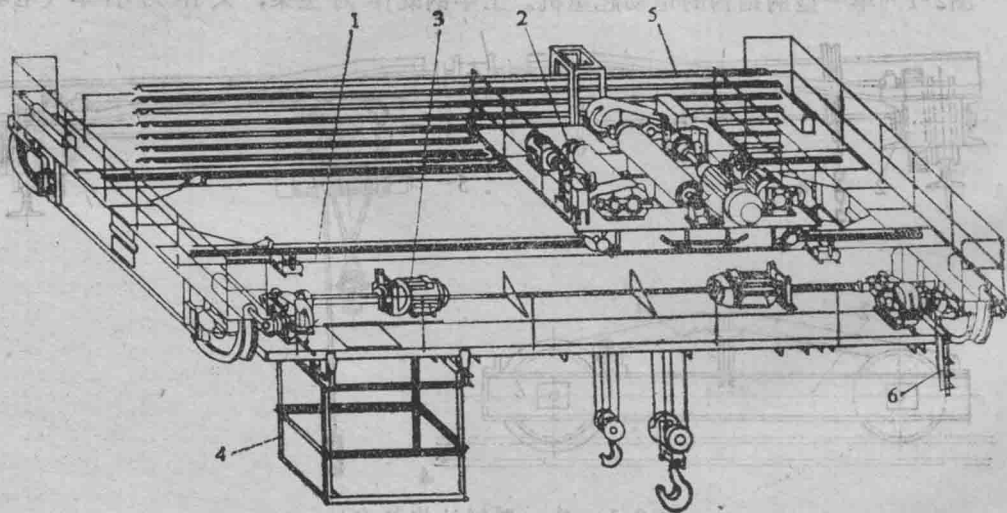


图2-4 箱形结构电动起重机

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—总电源导电装置

梁与单梁之分，目前除装卸桥外，无论是桥式、龙门式、门式起重机还是浮式起重机，桁架结构已逐步少见。

3. 箱形结构

箱形结构电动起重机（图2-4），因具有结构简单、刚性较好、可自动焊接工艺性好、易成批生产等优点，因而得到了很快的发展和运用。箱形结构截面形状较多如图2-5所示，其中偏轨箱形双梁结构水平刚性较好，自重也轻，在起重重量大的起重机中应用较多。

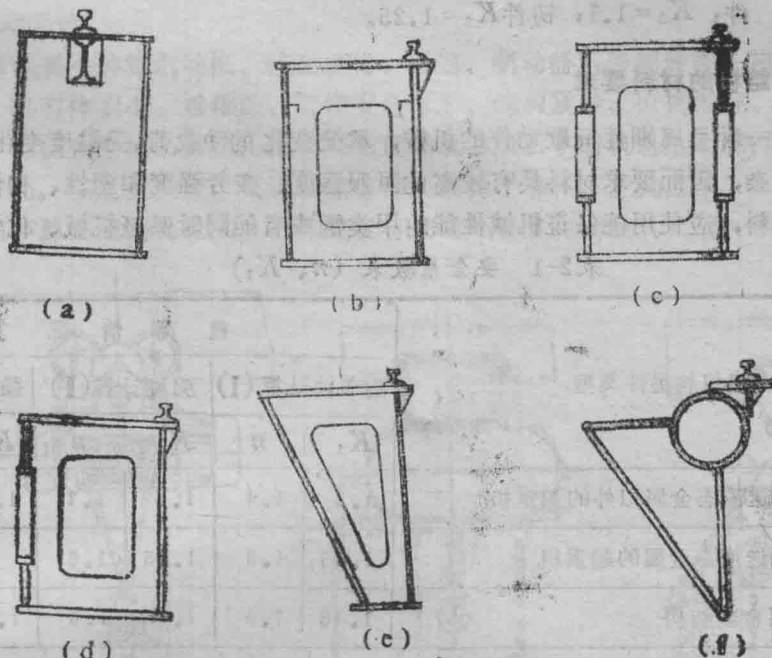


图2-5 箱形结构的几种截面

(a)普通箱形；(b)偏轨箱形；(c)空腹箱形；(d)偏轨空腹箱形；(e)偏轨闭口梯形；(f)三角形圆管箱形

箱形结构电动起重机也分为单梁和双梁。桥式起重机多采用双梁箱形结构，龙门起重机采用悬臂单梁形式结构自重要轻的多，因此单梁箱形结构龙门起重机已发展为系列产品。箱形结构在门式起重机及浮吊（旋转）中也被广泛采用，箱形门架的重量比桁架式门架的重量轻30%左右。我国近年建造的门式起重机和浮吊大部分采用箱形结构。

二、金属结构的计算要求

起重机金属结构的受力一般应满足以下四个方面的要求

1. 强度—构件受载时内力不超过许用的承载力；
2. 稳定性—金属结构的整体和局部在许可范围内不丧失稳定性；
3. 刚度—结构在最大许可载荷下的变形量不超出规定的变形量；
4. 疲劳强度—金属结构的整体和局部在许可范围内抵抗重复应力破坏的能力；
5. 安全系数—考虑多种因素的储备系数。

在计算中必须考虑各种载荷、应力和安全系数：载荷分为静载荷（自重、自然载荷、吊重等）和动载荷（惯性力、偶然加上的载荷）；应力有内应力（初应力、应力、

局部应力)、许用应力,安全系数的选用是很重要的,选得过大,影响起重机的经济性,选得过小,安全可靠差,所以必须选用适当的安全系数

$$n = K_1 \cdot K_2$$

式中 K_1 ——需考虑最小强度储备的安全系数,根据计算零件的重要强度,并考虑到载荷和应力计算准确程度的不同而有所差别。如零件损坏后,可能发生重大事故时,要取较高的 K_1 值,一般情况下可按表2-1取较低的值;

K_2 ——需考虑材料的不均匀性、内部缺陷、加工误差等的安全系数。对于锻件及轧件: $K_2=1.1$; 铸件 $K_2=1.25$ 。

三、金属结构的材料要求

起重机是一种呈周期性间歇动作的机械,承受变化的动载荷,受温度变化的影响,工作条件比较复杂,因而要求材料具有较高的屈服强度、疲劳强度和塑性、韧性。起重机主要构件的材料,应使用能保证机械性能的甲类钢或者能同时保证机械、化学性能的特

表2-1 安全系数表 (n, K_1)

起重机机构另件类型			载 荷 情 况					
			耐久性计算(I)		强度计算(II)		强度验算(III)	
					K_1	n	K_1	n
金属结构	运送液态金属以外的起重机		1.3	1.4	1.3	1.4	1.2	1.3
	运送液态金属的起重机		1.45	1.6	1.45	1.6		
	铝合金结构		1.45	1.6	1.45	1.6	1.35	1.5
机构零件	起升、变幅、支承取物、 制动、防滑	锻	1.45	1.6	1.45	1.6	1.3	1.4
		铸	1.45	1.8	1.45	1.8	1.3	1.6
	旋转、运行	锻	1.3	1.4	1.3	1.4		
		铸	1.3	1.6	1.3	1.6		

种钢。如在低温条件下,上述材料就会变脆,冲击韧性剧烈降低,此时就应使用具有较高的冲击韧性、较好的焊接性、时效性和耐腐蚀性的材料。当环境温度低于或等于-20℃时则应采用特类镇静钢、低合金钢及铝合金等材料。

第二节 电动起重机的主要组成

一、轻小型电动起重机

重量在3~5吨以下,由电力驱动用来起吊或承受重力的机械都可以称为轻小型电动起重机。这类起重机形式很多,基本上没有统一的标准和规范,而是根据用户的需要而制造的。常见有电动卷扬机(电动绞车)、电动葫芦、固定式悬臂起重机和单轨起重机。