

普通高等教育“十三五”规划教材



起重机械

◎ 朱绘丽 安林超 主编 ◎ 李长胜 主审

QIZHONG JIXIE



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

起重机械

朱绘丽 安林超 主编

李长胜 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书内容主要讲述了起重机的工作原理、设计方法和起重机的安装。具体内容包括：起重机械概论、卷绕装置、取物装置、制动装置、车轮与轨道、驱动与传动装置、起升机构、运行机构、变幅机构、回转机构、桥式类型起重机、轮式起重机、门座起重机、起重机的安全装置、起重机的安装等。

本书可作为高等院校起重专业或相关专业的教学用书，也可供相关工程技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

起重机械/朱绘丽, 安林超主编. —北京: 化学工业出版社, 2017.8

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-29851-5

I. ①起… II. ①朱… ②安… III. ①起重机械-高等学校-教材 IV. ①TH21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 124598 号

责任编辑: 高 钰

文字编辑: 陈 喆

责任校对: 吴 静

装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 中煤 (北京) 印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 12 $\frac{3}{4}$ 字数 312 千字 2017 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

前言

为了满足近年来工程机械行业发展的需要,根据高等院校机械工程类专业起重机械课程教学大纲的要求,结合多年的专业教学经验和教学改革成果,我们编写了本书。

全书共分十五章,第一章介绍起重机械的组成、分类和发展以及起重机械的基本参数和设计理论;第二到六章讲述起重机专用零部件的功能、构造、工作原理、设计理论和计算方法;第七到十章介绍起重机的基本机构,对其功能、工作原理和设计计算方法进行了详细的介绍;第十一到十三章介绍了典型起重机的用途、分类、构造和主要机构特点,主要包括桥式类型起重机、轮式起重机和门座起重机。第十四章介绍起重机作为特种设备所涉及到的安全装置;第十五章介绍起重机安装的种类、方法和基本过程。

本书对起重机主要零部件的结构、工作原理、设计方法进行较为系统而深入的叙述。在叙述过程中,为使读者对起重机设计有一个更为全面的认识,增加了对起重机专用部件的介绍,包括电机、减速器、联轴器等驱动和传动装置;另外,在介绍起重机的机械部分设计的同时,对相关关联的金属结构也进行了必要的论述,突破了单纯的机械机构设计范畴,提升了学习者对起重机整机的系统认识。此外,本书对起重机的安装也作为重点进行了较为系统的介绍,使本书的应用性得到了很大的提高。

本书由朱绘丽、安林超担任主编,杨用增、张野担任副主编。编写分工如下:朱绘丽编写第一、四、七章、安林超编写第二、三、五章、郑立爽编写第六章、千红涛编写第八章、张野编写第九、十章、崔鹏编写第十一章、杨用增编写第十二、十三、十五章、李翔编写第十四章。全书由李长胜教授担任主审。

本书在编写时参阅了有关院校、企业、科研院所的一些资料和文献,并得到了许多同行、专家教授的支持和帮助,特别是河南省特种设备检验研究院的尹献德高级工程师提出了宝贵的意见,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2017年2月

目 录

第一章 起重机械概论

1

第一节 起重机械的特点和分类	1
第二节 起重机主要技术参数	6
第三节 起重机工作级别	9
第四节 起重机计算载荷及其组合	12
思考题	12

第二章 卷绕装置

13

第一节 钢丝绳	13
第二节 滑轮与滑轮组	21
第三节 卷筒	25
思考题	32

第三章 取物装置

33

第一节 吊钩与吊钩组	34
第二节 抓斗	38

第四章 制动装置

41

第一节 起重机常用制动器类型概述	42
第二节 块式制动器	43
第三节 盘式制动器	51
第四节 带式制动器	52
第五节 停止器	54
思考题	56

第五章 车轮与轨道

57

第一节 车轮	57
第二节 轨道	59
第三节 车轮和轨道的设计及选用	62
思考题	65

第六章	驱动与传动装置	66
第一节	电动机	66
第二节	减速器	70
第三节	联轴器	74
第七章	起升机构	81
第一节	起升机构的组成和布置	81
第二节	起升机构的设计	84
思考题		91
第八章	运行机构	92
第一节	运行驱动装置的典型形式	92
第二节	运行机构的计算	96
思考题		106
第九章	变幅机构	107
第一节	普通臂架变幅机构	107
第二节	平衡臂架变幅机构	110
第三节	变幅驱动机构	115
第四节	普通臂架变幅机构的设计计算	116
思考题		119
第十章	回转机构	120
第一节	回转支承装置	120
第二节	回转驱动机构	125
第十一章	桥式类型起重机	129
第一节	桥式起重机	130
第二节	门式起重机	137
第十二章	轮式起重机	143
第一节	轮式起重机的特点与分类	143
第二节	轮式起重机的构造	145
第十三章	门座起重机	154
第一节	门座起重机的结构和分类	154
第二节	门座起重机的构造	156

第十四章	起重机的安全装置	161
-------------	-----------------	------------

第一节	位置限制器与调整装置	161
第二节	防风防爬装置	164
第三节	安全钩、防后倾装置和回转锁定装置	167
第四节	超载保护装置	169

第十五章	起重机的安装	174
-------------	---------------	------------

第一节	起重机安装概述	174
第二节	起重机的常用吊装方法	176
第三节	起重机轨道的安装	179
第四节	桥式起重机的安装	182
第五节	门式起重机的安装	187
第六节	起重机的安装试验	194
思考题		194

参考文献	195
-------------	------------

第一章

起重机械概论

第一节 起重机械的特点和分类

一、起重机械的用途和特点

起重机械是一种能在一定范围内完成物料升降和运移的机械，它是现代工业中实现生产过程机械化、自动化，提高劳动生产率的重要的物料搬运设备，广泛应用于工厂、矿山、港口、车站、建筑工地、电站等生产领域。由于起重机械在物料搬运过程中涉及生命安全、具有较大危险性，因此起重机械属特种设备，国家对起重机械的生产、使用、检验检测等环节实行监督。

起重机械的工作过程具有周期循环、间歇动作的特点。一个工作循环一般包括上料、运送、卸料及空车复位四个阶段，在两个工作循环之间有短暂的停歇。起重机械工作时，各机构经常处于启动、制动或正向、反向等交替运动的状态。

二、起重机械的组成和分类

从整体功能上看，一般情况下，起重机可以看作是由机械部分、金属结构部分和电气控制三大部分组成的。机械部分主要实现起升、运行、回转和变幅等动作，分别由相应的起升机构、运行机构、回转机构和变幅机构来实现；金属结构部分是起重机械的躯干，具有支撑零部件的作用；电气控制部分的作用是对机构的动作进行驱动和控制。

起重机按照用途可分为通用起重机、建筑起重机、冶金起重机、铁路起重机、造船起重机、甲板起重机等；按运动形式可分为旋转式起重机和非旋转式起重机、固定式起重机和运行式起重机，运行式起重机又分为轨行式起重机和无轨式起重机；按照构造特征主要分为轻小型起重机械、桥架型起重机和臂架型起重机，如图 1-1 所示。图 1-2 是各种起重机械的结构示意图。

三、起重机械的发展趋势

物料的搬运成为人类生产活动中重要的组成部分，已有 5000 多年的发展历史了。随着生产规模的扩大、自动化程度的提高，作为物料搬运的重要设备——起重机械在现代化生产

过程中应用越来越广泛，作用越来越大，因此对起重机械的要求也越来越高。起重机械正在经历着一场巨大的变革。目前，起重机械正处于市场高速发展期，具有较大的市场发展潜力。而随着现代化建设进程越来越快，对起重机械的要求也越来越高，使起重机械向着大型化、自动化、专业化等方向发展。

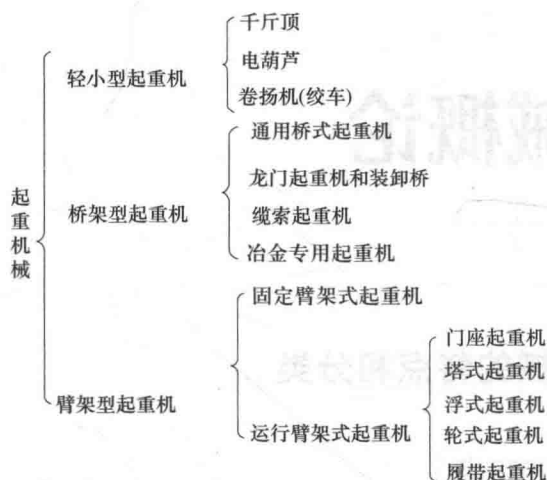
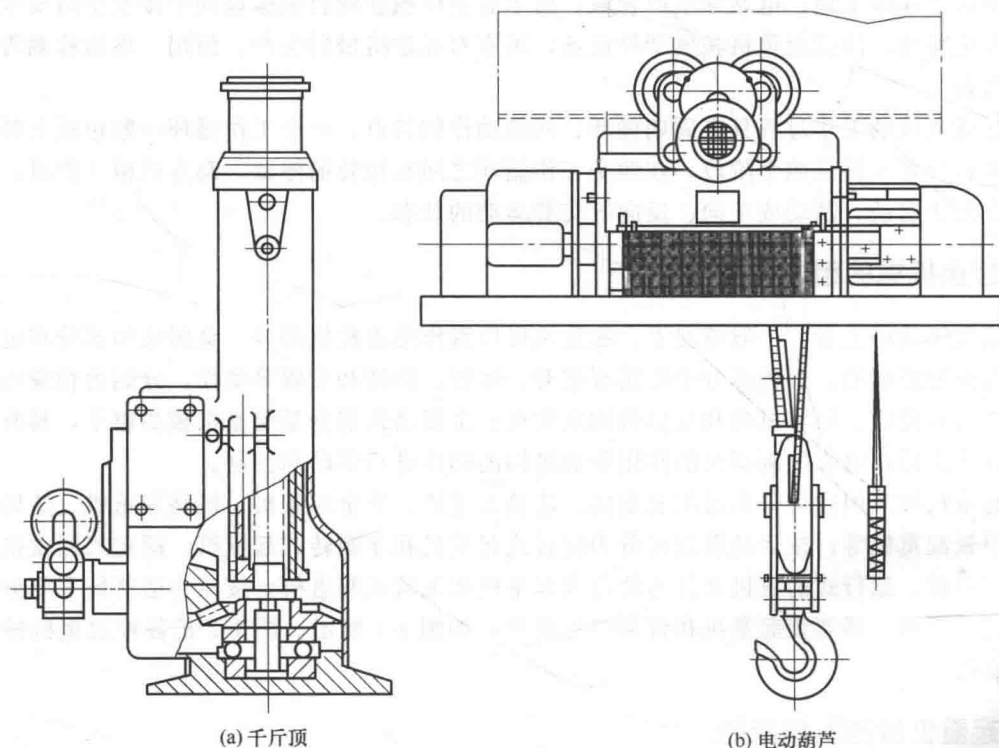
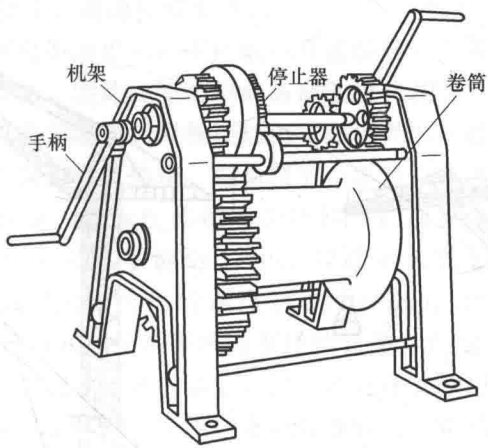
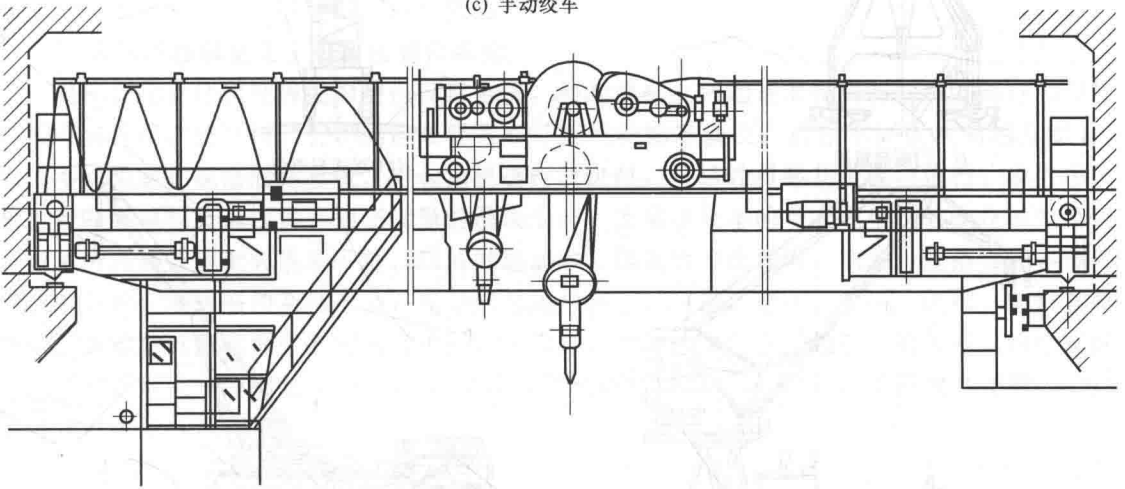


图 1-1 起重机械按照构造特征分类

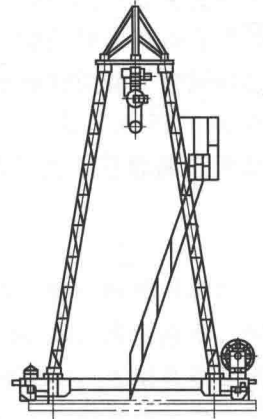
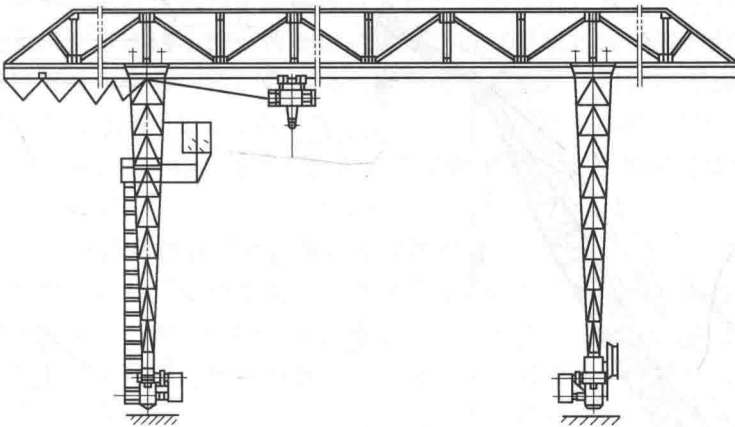




(c) 手动绞车



(d) 桥式起重机



(e) 门式起重机

图 1-2

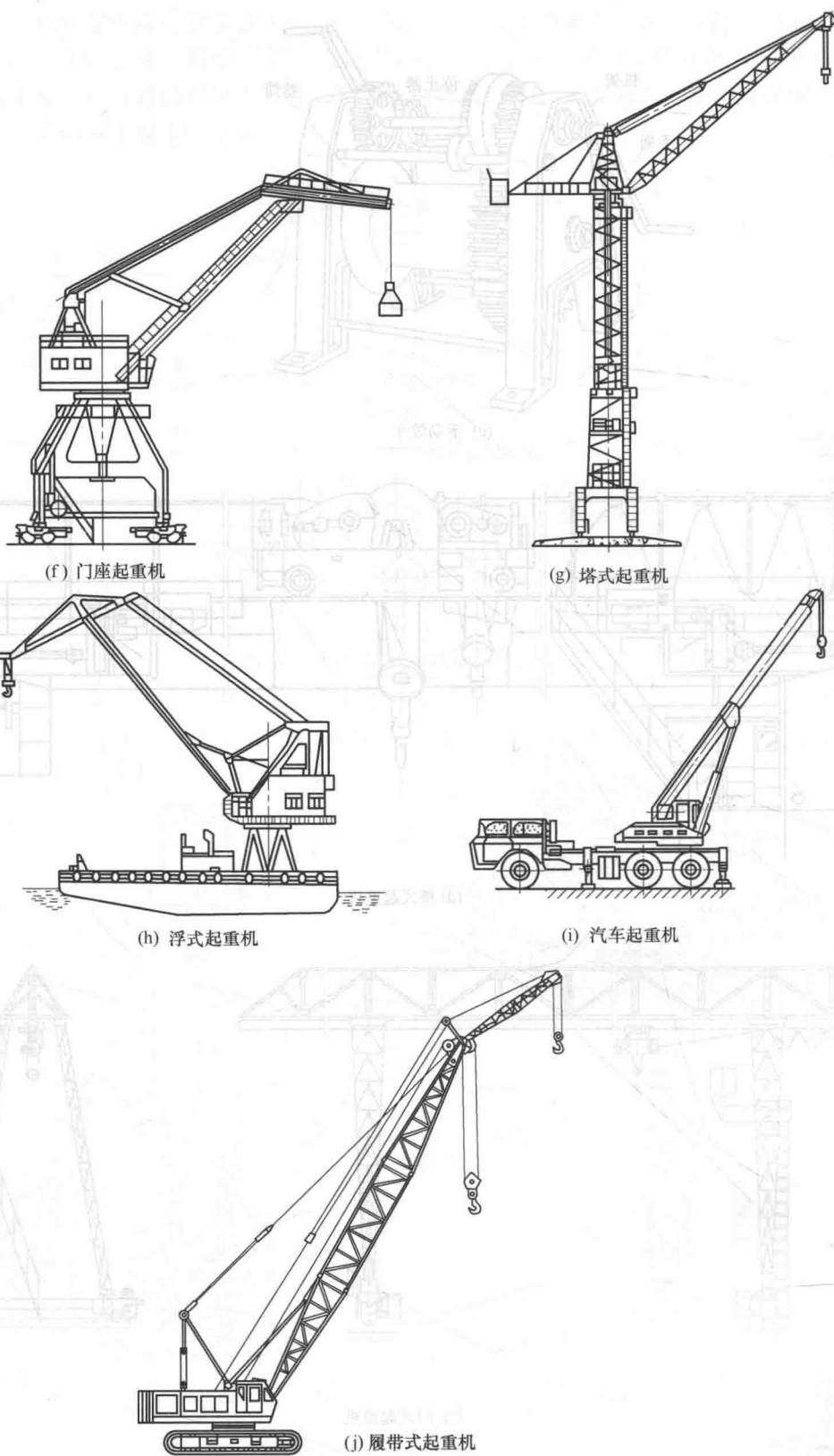


图 1-2 不同用途起重机械的结构示意图

1. 重点产品大型化、高速化和专用化

由于工业生产规模不断扩大,生产效率日益提高,以及产品生产过程中的物料装卸搬运费用所占比例逐渐增加,因此促使大型或高速起重机的需求量不断增长,起重量越来越大,工作速度越来越快,并对能耗和可靠性提出更高的要求。起重机已成为自动化生产流程中的重要环节。起重机不但要容易操作、容易维护,而且安全性要好、可靠性要高,要求具有优异的耐久性、无故障性、维修性和使用经济性。目前世界上最大的履带起重机起重量是4000t,最大的桥式起重机起重量是1200t,岸边集装箱装卸桥小车的最大运行速度已达350m/min,堆垛起重机的最大运行速度达240m/min,垃圾处理用起重机的起升速度达100m/min。工业生产方式和用户需求的多样性,使专用起重机的市场不断扩大,品种也不断更新,以特有的功能满足特殊的需要,发挥出最佳的效用。例如冶金、核电、造纸、垃圾处理专用起重机和防爆、防腐、绝缘起重机以及铁路、船舶、集装箱专用起重机的功能不断增加,性能不断提高,适应性比以往更强。

2. 系列产品模块化、组合化和标准化

用模块化设计代替传统的整机设计方法,将起重机上功能基本相同的构件、部件和零件制成有多种用途的结构。有相同连接要素和可互换的标准模块,通过不同模块的相互组合,形成不同类型和规格的起重机。对起重机进行改进时,只需针对某几个模块进行。单件小批量生产的起重机可采用具有相当批量的模块生产,实现高效率的专业化生产,企业的生产组织也可由产品管理变为模块管理,降低制造成本,提高通用化程度,用较少规格数的零部件组成多品种、多规格的系列产品,充分满足用户需求。目前,德国、英国、法国、美国和日本의著名起重机公司都已采用起重机模块化设计,并取得了显著的效益。德国德马格公司的标准起重机系列改用模块化设计后,设计费用比单件设计下降12%,生产成本下降45%,经济效益十分可观。

3. 通用产品小型化、轻型化和多样化

有相当批量的起重机是在通用的场合使用的,工作并不很繁重。这类起重机批量大、用途广,考虑综合效益,要求起重机尽量降低外形高度,简化结构,减小自重和轮压,因此电动葫芦桥式起重机和梁式起重机会更快的发展,并将大部分取代中小吨位的一般用途桥式起重机。日本的小松公司推出“迷你”型起重机,这些微型起重机将公路行驶能力和专用伸缩臂架技术合为一体,具有塔式起重机的功能,可以越过屋顶和其他障碍物作业。德国的利勃海尔公司推出LTM1090/2(90t)和LTM1160/2(160t)型AT产品,采用了装有Telematik单缸自动伸缩系统的卵圆形截面主臂,其在减轻结构重量和提高起重性能方面具有良好效果。

4. 产品性能自动化、智能化和数字化

起重机的更新和发展,在很大程度上取决于电气传动与控制的改进。将机械技术和电子技术相结合,将先进的计算机技术、微电子技术、电力电子技术、光缆技术、液压技术、模糊控制技术应用到机械的驱动和控制系统,以实现起重机的自动化和智能化。大型高效起重机新一代电气控制装置已发展为全电子数字化控制系统,主要由全数字化控制驱动装置、可编程程序控制器、故障诊断及数据管理系统、数字化操纵给定检测设备等组成。变压变频调速、射频数据通信、故障自诊监控、吊具防摇的模糊控制、激光查找起吊物重心、近场感应防碰撞技术、现场总线、载波通信及控制、无接触供电及三维条形码技术等将广泛得到应用。使起重机具有更高的柔性,以适应多批次少批量的柔性生产模式,提高单机综合自动化

水平。重点开发以微处理机为核心的高性能电气传动装置,使起重机具有优良的调速和静动特性,可进行操作的自动控制、自动显示与记录,起重机运行的自动保护与自动检测,特殊场合的远距离遥控等,以适应自动化生产的需要。

另外,行业细分市场端倪已经初现,精细化是企业未来发展的重点方向。因此,针对不同领域的客户提供专业化的产品,在最大程度上满足其特殊需求已经成为大多数品牌企业下一步发展的重点内容。

第二节 起重机主要技术参数

起重机的技术参数表征起重机的作业能力,是设计起重机的基本依据。起重机的主要技术参数有:起重量、起重力矩、起升高度、跨度、幅度和机构工作速度等。

一、起重量 Q

起重机正常工作时允许一次吊起的重物或物料连同可分吊具质量的总和称为额定起重量,简称起重量,常用 Q 表示,单位为吨 (t) 或千克 (kg)。在计算时,对于吊重产生的载荷,称为起升载荷,单位为千牛 (kN) 或牛 (N),常用 P_Q 表示, $P_Q = Qg \approx 10Q$ 。

起重量一般不包括吊钩或吊环的重量,但应包括抓斗、电磁铁、夹钳、盛钢桶之类吊具的重量。额定起重量系列的标准见表 1-1,该标准适用于所有类型的起重机。

表 1-1 额定起重量系列的标准

t									
0.1	0.125	0.16	0.2	0.25	0.32	0.4	0.5	0.63	0.8
1	1.25	1.6	2	2.5	3.2	4	5	6.3	8
10	(11.2)	12.5	(14)	16	(18)	20	(22.5)	25	(28)
32	(36)	40	(45)	50	(56)	63	(71)	80	(90)
100	(112)	125	(140)	160	(180)	200	(225)	250	(280)
320	(360)	400	(450)	500	(560)	630	(710)	800	(900)
1000									

二、起升高度 H

起升高度 (H) 是指从地面或轨道顶面至取物装置最高起升位置的铅垂距离 (吊钩取钩环中心,抓斗、其他容器和起重电磁铁取其最低点),见图 1-3。

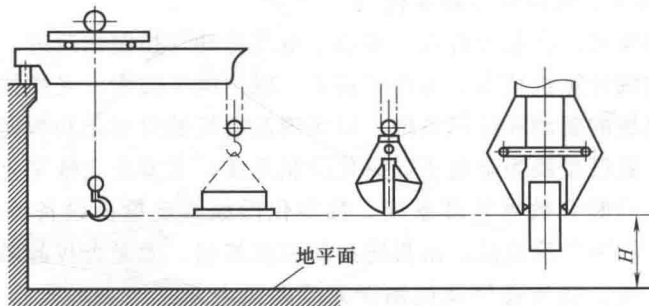


图 1-3 起升高度示意简图

如果取物装置能下落到地面或轨面以下，则将从地面或轨面至取物装置最低下方位置间的铅垂距离称为下放深度。此时，总起升高度为轨面以上的起升高度和轨面以下的下放深度之和。电动桥式起重机起升高度可参考表 1-2。

表 1-2 3~250t 电动桥式起重机起升高度系列 H

起重量 Q/t(主钩)		3~50		80		100		125		160		200		250	
起升高度 H/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 和轨距 l

桥式类型起重机大车运行轨道中心线之间的水平距离称为跨度 (L)，见图 1-4；小车运行轨道和轨行式臂架起重机运行轨道中心线之间的水平距离称为轨距 (l)。桥式起重机的跨度小于厂房跨度，表 1-3 所示为桥式起重机跨度系列，表中所示起重量在 50t 以下的起重机每种厂房跨度对应有两种起重机跨度值，当吊车梁上需要留有安全通道时选用小值。

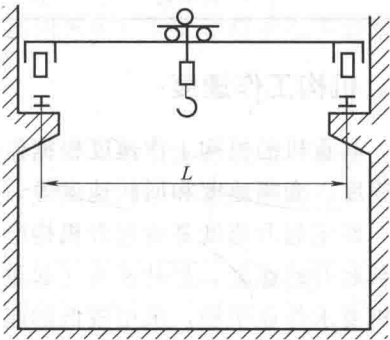


图 1-4 跨度示意图

表 1-3 桥式起重机跨度系列

厂房跨度		9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
起重机跨度 L	起重量	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	—
	Q=3~50t	7	10	13	16	19	22	25	28	31	—
	起重量	—	—	—	16	19	22	25	28	31	34
Q=80~250t											

四、幅度 R

旋转臂架式起重机处于水平位置时，回转中心线与取物装置中心铅垂线之间的水平距离称为幅度 (R)，见图 1-5。对于非旋转式起重机，从取物装置中心线到臂架后轴的水平距离，或到其他典型轴线的距离，称为幅度。表 1-4 所示为港口门座起重机的幅度 R、起升高度 H 和轨距 l。

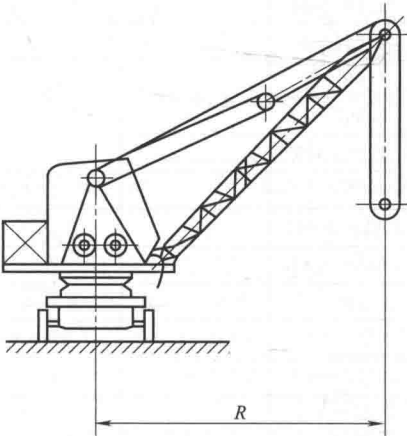


图 1-5 幅度示意简图

五、起重力矩 M

起重力矩是臂架类型起重机的主要技术参数之一，它等于额定起重量 (Q) 和与其相应的工作幅度 (R) 的乘积，即 $M=QR$ ，一般用 $t \cdot m$ 为单位。起重力矩比起重量更能全面说明臂架类型起重机的工作能力。额定起重量随幅度而变的臂架类型起重机在一般情况下，其最大起重力矩由最大起重量和与其对应的工作幅度决定。

表 1-4 港口门座起重机的幅度 R 、起升高度 H 和轨距 l m

起重量 Q/t		3	5		10		16	25
工作幅度 R	最大	25	25	30	25	30	30	
	最小	7	8	9	8	9	9	
起升高度 H	轨面上	22	22	25	22	28	28	
	轨面下	15						
轨距 l	跨单轨	22	—					
	跨双轨	18	20	23	22(18)	23	24	25

六、机构工作速度

起重机的机构工作速度根据作业要求而定。起重机的机构工作速度主要有起升速度、运行速度、变幅速度和回转速度等，其范围参见表 1-5。

额定起升速度是指起升机构电动机在额定转速条件下或油泵输出额定流量时，取物装置满载起升的速度。起升速度与起重机的用途、起重量大小和起升高度等有关。大起重量的起重机要求作业平稳，采用较低的起升速度。

额定运行速度是指运行机构电动机在额定转速条件下或油泵输出额定流量时，起重机或小车的运行速度。

额定变幅速度是指变幅机构电动机在额定转速条件下或油泵输出额定流量时，取物装置从最大幅度到最小幅度的平均线速度（单位为 m/s ），也可用从最大幅度到最小幅度所需的变幅时间（单位为 s ）表示。

额定回转速度是指回转机构电动机在额定转速条件下或油泵输出额定流量时，取物装置满载，并在最小幅度时起重机安全旋转的速度。

表 1-5 起重机工作机构速度范围

起重机类型		起升速度/(m/s)		运行速度/(m/s)		变幅速度 /(m/s)	回转速度 /(r/min)
		主起升	副起升	小车	起重机		
通用吊钩桥式起重机	A1,A2	0.016~0.05	0.133~0.166	0.166~0.332	0.5~0.667		
	A3,A4	0.033~0.2	0.133~0.332	0.332~0.667	0.667~1.5		
	A5,A6	0.133~0.332	0.3~0.332	0.667~0.833	1.167~2		
电磁桥式起重机		0.3~0.332	0.332~0.416	0.667~0.833	1.667~2		
抓斗桥式起重机		0.667~0.833		0.667~0.833	1.667~2		
通用门式起重机		0.133~0.332	0.332	0.332~0.833	0.667~1		
电站门式起重机		0.016~0.083	0.166~0.332	0.033~0.133	0.25~0.416 ^①		
造船门式起重机		0.033~0.25 ^①		0.25~0.5 ^①	0.416~0.75 ^①		
抓斗装卸桥		1~1.167		1.167~5.83	0.25~0.667		
岸边集装箱起重机		0.416~0.667 ^①		1.333~2	0.583~0.833		
港口门座起重机		0.667~1.333			0.332~0.5	0.667~1.5	1.5~2
造船门座起重机		0.05~0.332	0.332~0.5		0.25~0.5	0.133~0.583	0.2~0.6
电站门座起重机		0.25~0.332	0.332~0.833		0.332~0.5	0.133~0.583	0.5~1
建筑塔式起重机		0.166~0.5			0.25~0.5		0.2~1
高层建筑塔式起重机		0.833~1.667			0.25~0.5		0.4~1.5

① 若有微动装置，微动速度一般为 0.0016~0.0083m/s。

第三节 起重机工作级别

在设计起重机时,工作环境、负载情况、工作频繁程度等实际工况对起重机的设计有着重要的影响。为此,应对起重机及其组成机构进行工作级别的划分。起重机械的工作级别是一项非常重要的技术参数,它包括起重机整机的工作级别和机构的工作级别。

一、起重机整机的工作级别

起重机整机的工作级别是由起重机的使用等级(也称利用等级)和起重机的起升载荷状态级别(也称载荷状态)共同决定的。

1. 起重机的使用等级

起重机的使用等级,就是要求起重机在其使用寿命期间具有一定的循环次数,根据起重机可能完成的总工作循环次数,将其划分成从 U_0 、 U_1 、 $\cdots$ 、 U_9 共 10 个等级,见表 1-6。

表 1-6 起重机的使用等级

使用等级	起重机总工作循环数 C_T	起重机使用频繁程度
U_0	$C_T \leq 1.60 \times 10^4$	很少使用
U_1	$1.60 \times 10^4 < C_T \leq 3.20 \times 10^4$	
U_2	$3.20 \times 10^4 < C_T \leq 6.30 \times 10^4$	
U_3	$6.30 \times 10^4 < C_T \leq 1.25 \times 10^5$	
U_4	$1.25 \times 10^5 < C_T \leq 2.50 \times 10^5$	不频繁使用
U_5	$2.50 \times 10^5 < C_T \leq 5.00 \times 10^5$	中等频繁使用
U_6	$5.00 \times 10^5 < C_T \leq 1.00 \times 10^6$	较频繁使用
U_7	$1.00 \times 10^6 < C_T \leq 2.00 \times 10^6$	频繁使用
U_8	$2.00 \times 10^6 < C_T \leq 4.00 \times 10^6$	特别频繁使用
U_9	$4.00 \times 10^6 < C_T$	

2. 起重机的起升载荷状态级别

起重机的起升载荷状态级别是指在该起重机的设计预期寿命期限内,它的各个有代表性的起升载荷值的大小及各相对应的起吊次数,与起重机的额定起升载荷值的大小及总的起吊次数的比值情况,这个比值称为载荷谱系数 K_P 。表 1-7 中列出了起重机载荷谱系数 K_P 的 4 个范围值,并用 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 和 Q_4 分别代表相对应的载荷状态级别。

表 1-7 起重机的载荷状态级别及载荷谱系数

载荷状态级别	起重机的载荷谱系数 K_P	说 明
Q_1	$K_P \leq 0.125$	很少吊运额定载荷,经常吊运较轻载荷
Q_2	$0.125 < K_P \leq 0.250$	较少吊运额定载荷,经常吊运中等载荷
Q_3	$0.250 < K_P \leq 0.500$	有时吊运额定载荷,较多吊运较重载荷
Q_4	$0.500 < K_P \leq 1.000$	经常吊运额定载荷

如果已知起重机各个起升载荷值的大小及相对应的起吊次数的资料,则可用式 (1-1) 算出该起重机的载荷谱系数,进而确定起重机的起升载荷状态级别:

$$K_P = \sum \left[\frac{C_i}{C_T} \left(\frac{P_{Qi}}{P_{Qmax}} \right)^m \right]$$

(1-1)

式中 K_P ——起重机的载荷谱系数；
 C_i ——与起重机各个有代表性的起升载荷相应的工作循环数， $C_i=C_1, C_2, C_3, \cdots, C_n$ ；
 C_T ——起重机总工作循环数， $C_T = \sum_{i=1}^n C_i = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots + C_n$ ；
 P_{Qi} ——能表征起重机在预期寿命期内工作任务的各个有代表性的起升载荷， $P_{Qi} = P_{Q1}, P_{Q2}, P_{Q3}, \cdots, P_{Qn}$ ；
 P_{Qmax} ——起重机的额定起升载荷；
 m ——幂指数，为了便于级别的划分，约定取 $m=3$ 。

3. 起重机整机的工作级别

根据起重机的 10 个使用等级和 4 个起升载荷状态级别，将起重机整机的工作级别划分为 A1~A8 共 8 个级别，见表 1-8。

表 1-8 起重机整机的工作级别

载荷状态 级别	起重机的载荷谱系数 K_P	起重机的使用等级									
		U_0	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8	U_9
Q_1	$K_P \leq 0.125$	A1	A1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Q_2	$0.125 < K_P \leq 0.250$	A1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8
Q_3	$0.250 < K_P \leq 0.500$	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	A8
Q_4	$0.500 < K_P \leq 1.000$	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	A8	A8

二、机构的工作级别

机构的工作级别是设计起重机机构的基础。在选择电动机、制动器、钢丝绳、吊钩等重要零部件，决定零件的强度，确定零件的计算载荷和进行疲劳计算时，都应考虑机构的工作级别。机构的工作级别是由机构的使用等级和载荷状态级别共同决定的。

1. 机构的使用等级

机构的使用等级表征机构工作的繁忙程度，是把机构按总设计寿命分成了 $T_0 \sim T_9$ 共 10 级，见表 1-9。

表 1-9 机构的使用等级

利用等级	总使用时间①/h	平均每天运转小时数②	说 明
T_0	200		不经常使用
T_1	400		
T_2	800		
T_3	1600		
T_4	3200	0.64	经常使用
T_5	6300	1.28	
T_6	12500	2.56	
T_7	25000	5.12	繁忙使用
T_8	50000	10.24	
T_9	100000	20.48	

① 按每周双休日、工作级别 A7 的桥式起重机，报废年限按 20 年考虑，所列数据仅供参考。

② 利用等级 $T_0 \sim T_3$ 属不经常使用，故不推算每天平均运转小时。