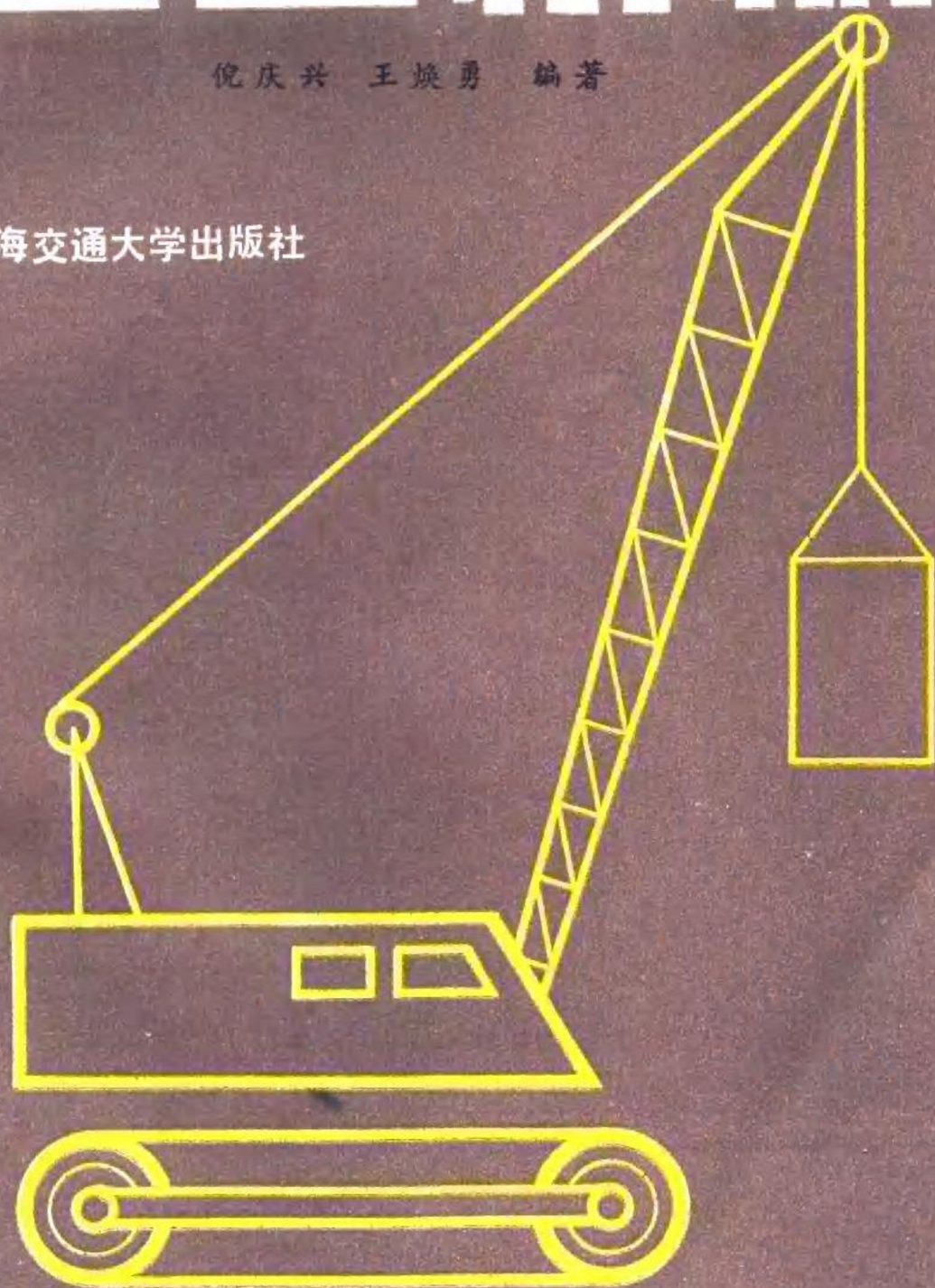


高等工业学校教材

# 起重机械

倪庆兴 王焕勇 编著

上海交通大学出版社



## 内 容 简 介

本书阐述了物料搬运技术中常用的起重机械的构造特征、基本理论、设计原理及计算方法,内容包括概论、设计计算基础、起升机构、运行机构、变幅机构、回转机构以及轮压和稳定性七章。全书注意贯彻《起重机设计规范》(GB3811-83)及有关国家标准,对于公式、运算全部采用国际单位制。书中配合各章介绍,提供了内容完整的计算实例及数据、图表资料。

本书是上海交通大学起重运输与工程机械专业的《起重机械》课程教材,也可作其它院校有关专业的教学参考书,还可供从事物料搬运技术工作的设计、科研、生产及教学人员参考。

### 起 重 机 械

出 版:上海交通大学出版社  
(淮海中路1984弄19号)

发 行:新华书店上海发行所

印 刷:立信常熟印刷联营厂

开 本:787×1092(毫米) 1/16

印 张:14.25

字 数:353,500

版 次:1990年7月 第1版

印 次:1990年7月 第1次

印 数:1—3,000

科 目:223—319

ISBN7-313-00660-8/TH·21

定 价:2.80元

## 前 言

《起重机械》是起重运输与工程机械专业的专业必修课程，随着教学改革的深入开展，它在课程体系和内容上也不断地有所更新变化。

本教材是根据我校目前教学计划中《起重机械》课程少学时特点和培养学生分析、解决实际工程技术问题能力的现实需要，在我校原有《起重机械》教材的基础上，结合多年的教学、科研及设计实践进行编写的。在内容取材上注意到“设计计算讲共性，结构工艺讲典型”的设课原则；注意到近年来物料搬运技术的发展进步；注意到《起重机设计规范》(GB 3811-83)及有关国家标准的贯彻使用；公式及运算全部采用国际单位制。本教材除对起重机械设计计算基础、专用零部件、机构及轮压、抗倾覆稳定性做较全面的分析阐述外，同时还列入机构的设计计算实例以及设计计算所必须的数据、图表资料。在编写上力求简明扼要，实用可循，除作为教材使用外，也可供专业工程技术人员参考。

本书由上海交通大学倪庆兴(第一、二、四、五章)、王焕勇(第三、六、七章)编写，上海交通大学孙鸿范教授审校。由于编者水平所限，错误难免，不妥之处恳请批评指正。

编者

一九八八年二月于上海

# 目 录

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| <b>第一章 概论</b> .....             | 1   |
| § 1-1 起重机械的任务及其在国民经济中的作用 .....  | 1   |
| § 1-2 起重机械的发展简况和动向 .....        | 1   |
| § 1-3 起重机械的工作特点和基本型式 .....      | 4   |
| § 1-4 起重机械的主要参数 .....           | 8   |
| § 1-5 起重机械的驱动装置 .....           | 23  |
| <b>第二章 设计计算基础</b> .....         | 32  |
| § 2-1 载荷和载荷组合 .....             | 32  |
| § 2-2 载荷计算 .....                | 33  |
| § 2-3 各类组合计算载荷的确定 .....         | 44  |
| § 2-4 许用应力及安全系数 .....           | 50  |
| <b>第三章 起升机构</b> .....           | 53  |
| § 3-1 概述 .....                  | 53  |
| § 3-2 起升机构驱动装置的典型布置方案 .....     | 54  |
| § 3-3 卷绕装置 .....                | 60  |
| § 3-4 取物装置 .....                | 81  |
| § 3-5 起升机构计算 .....              | 89  |
| 例题 电动双梁10t吊钩桥式起重机起升机构计算 .....   | 101 |
| <b>第四章 运行机构</b> .....           | 107 |
| § 4-1 概述 .....                  | 107 |
| § 4-2 运行支承装置及计算 .....           | 108 |
| § 4-3 运行驱动装置及计算 .....           | 114 |
| § 4-4 起重机的转弯分析 .....            | 131 |
| 例题 电动双梁10t吊钩桥式起重机大车运行机构计算 ..... | 134 |
| <b>第五章 变幅机构</b> .....           | 140 |
| § 5-1 概述 .....                  | 140 |
| § 5-2 载重水平位移的主要方案及设计 .....      | 142 |
| § 5-3 臂架自重平衡的主要方案及设计 .....      | 150 |
| § 5-4 变幅驱动机构的典型方案及计算 .....      | 154 |
| 例题 80t 门座起重机变幅机构计算 .....        | 166 |
| <b>第六章 回转机构</b> .....           | 169 |
| § 6-1 回转支承装置 .....              | 169 |
| § 6-2 回转支承装置的计算 .....           | 173 |
| § 6-3 回转驱动装置 .....              | 185 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| § 6-4 回转驱动装置的计算.....       | 187 |
| 例题 80t 门座起重机回转机构计算.....    | 195 |
| <b>第七章 轮压和稳定性</b> .....    | 204 |
| § 7-1 起重机支承反力的计算.....      | 204 |
| § 7-2 起重机的抗倾覆稳定性.....      | 210 |
| 例题 80t 门座起重机的抗倾覆稳定性计算..... | 216 |
| <b>主要参考文献</b> .....        | 220 |

# 第一章 概 论

## § 1-1 起重机械的任务及其在国民经济中的作用

起重机械的基本任务是垂直升降重物，并可兼使重物作短距离的水平移动，以满足重物装卸、转载、安装等作业的要求。起重机械是现代化生产必不可少的重要机械设备，它对于减轻繁重的体力劳动、提高劳动生产率和实现生产过程的机械化、自动化以及改善人民的物质、文化生活需要都具有重大的意义。

起重机械广泛应用于工矿企业、港口码头、车站仓库、建筑工地、海洋开发、宇宙航行等各个工业部门，可以说陆地、海洋、空中、民用、军用各个方面都有起重机械在进行着有效的工作。

没有起重机械，不仅工作效率低、劳动强度大，甚至难以工作。高层建筑的施工、上万吨级和几十万吨级的大型船舶的建造、火箭和导弹的发射、大型水电站的施工、安装、等等都离不开起重机械。例如一个20万千瓦的火力发电站，如果全部用煤作燃料，那么每天需耗煤约2400吨。如果考虑从煤场到锅炉仅有半公里的路程，则每天就需1500名工人搬运，这么多的人如何组织工作，遇有风雨冰雪又将如何！又例如一艘时速18海里的5万吨级的货船，往返7000海里的航线需时仅16天，而在6个港口停靠装卸的时间却有37天，装卸费用约占总运费的40~60%，由此可见起重机械的重要性和提高装卸效率的迫切性。

起重机械不仅可以作为辅助的生产设备，完成原料、半成品、产品的装卸、搬运，进行机电设备的安装、维修，而且它也是一些生产过程工艺操作中的必须设备，例如钢铁冶金生产中的各个环节，从炉料准备、加料到炼好的钢水浇铸成锭以及脱模取锭等。又例如原子能工业中的一些工艺操作等人所难达之处，没有起重机械，简直无法生产。据统计，在我国冶金、煤炭部门的机械设备总台数或总重中，起重运输机械约占25~65%。

起重机械与运输机械发展到现在，已经成为合理组织成批大量生产和机械化流水作业的基础，是现代化生产的重要标志之一。在我国四个现代化的发展和各个工业部门机械化水平、劳动生产率的提高中，起重机械必将发挥更大的作用。

## § 1-2 起重机械的发展简况和动向

### 一、我国起重机械的发展简况

起重机械和其它自然科学一样，是人类生产斗争经验的总结，它是随着人们的生产实践逐渐发展并不断丰富完善的。中华民族有着悠久的历史，我国古代人民在起重机械方面也有过伟大的发明和创造。

公元前1765~1760年间，我国还处在奴隶社会的商朝时期，由于农业灌溉的需要，就已发明了桔槔，它是由杠杆、对重和取物装置组成的简单的起重工具(图1-1)。

公元前1100年发明了如图1-2所示的辘轳。它是由支架、卷筒、曲柄、绳索等组成的人力

驱动的原始绞车。辘轳用卷筒的回转运动代替了杠杆的升降，因而加大了物品的起升高度，从而扩大了应用范围。

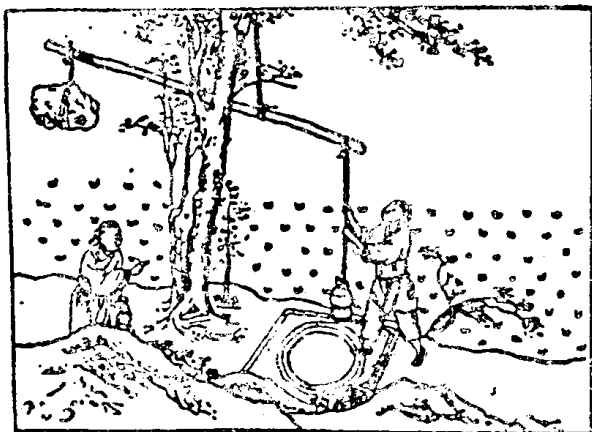


图1-1 我国古代汲水用的桔槔



图1-2 我国古代汲水用的辘轳

宋代嘉祐年间(约1000年以前)，华北地区怀丙和尚从汹涌的黄河中打捞出几万公斤的镇桥铁牛，从而修复了黄河上的通道——蒲津浮桥(现山西永济县境)。怀丙所采用的利用水的浮力起吊沉没于河底的铁牛的打捞方法可以说是现代用浮筒打捞沉船方法的起源(图1-3)。

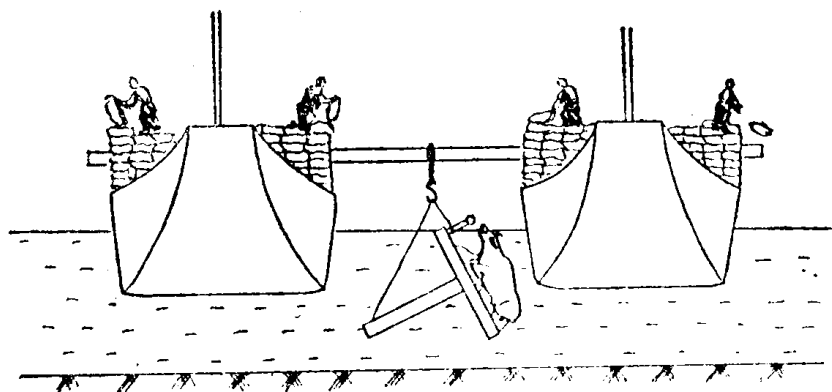


图1-3 怀丙捞牛工程施工情况图

解放前，由于长期受到帝国主义、封建势力和官僚资产阶级的黑暗统治，我国古代的科学技术未能得到继承、发展，不要讲自己设计制造新型的起重机械，就连最简单的起重工具大多也要靠国外进口。

解放后，在中国共产党和人民政府的领导下，陆续在大连、上海建立了起重机械的专业工厂。1952年又在上海交通大学成立了我国第一个起重运输机械专业，培养专业技术人材。接着又成立了全国性起重运输机械的科研单位。目前起重运输机械在我国已发展成为包括科学研究、高等教育、设计制造的完整的专业体系；全国有数百家专业工厂生产着各式各样的起重运输机械产品。现在我国已能自行设计制造冶金用的350t铸造起重机、300t锻造起重机、350t液压脱锭起重机、水电站用的400t和500t坝顶门式起重机，造船用的200t门式起重机、160t门座起重机和新型80t圆筒形门座起重机，最大起重量达200t的全回转浮式起重机、起重力矩120tm的高层建筑用自升式塔式起重机和最大起重力矩已达3000t.m的电站设备安装用运行式塔式起重机等。

## 二、起重机械的发展动向

### 1. 大型化

随着大型船舶的建造,数百吨重的船体结构分段的出现,以及大型水电站的建造需要,近年来在联邦德国、日本等国设计制造了一些“起重机”巨人。例如联邦德国克虏伯公司为日本三井造船公司设计的最大起重量达300t的门座起重机。该机两个主钩的额定起重量分别为300t和150t,其最大工作幅度分别为55m和84m,并且在55m的工作幅度范围内,可以用两个主钩同时工作,以实现船体分段空中翻身。日本的石川岛播磨重机公司也曾设计制造过参数基本同上的300t门座起重机。

联邦德国波利希-海凯尔-布莱谢尔特公司及尤和工厂共同为瑞典考库姆斯船厂设计了一台起重量达1500t的门式起重机(图1-4),用于该厂建造35万吨船舶的船坞。这台起重机高达136m,跨度174m,最大起升高度为105m,起重机总质量为7200t,电动机总容量为3300kW,不包括轨道、基础的建机费用约为600万英镑。

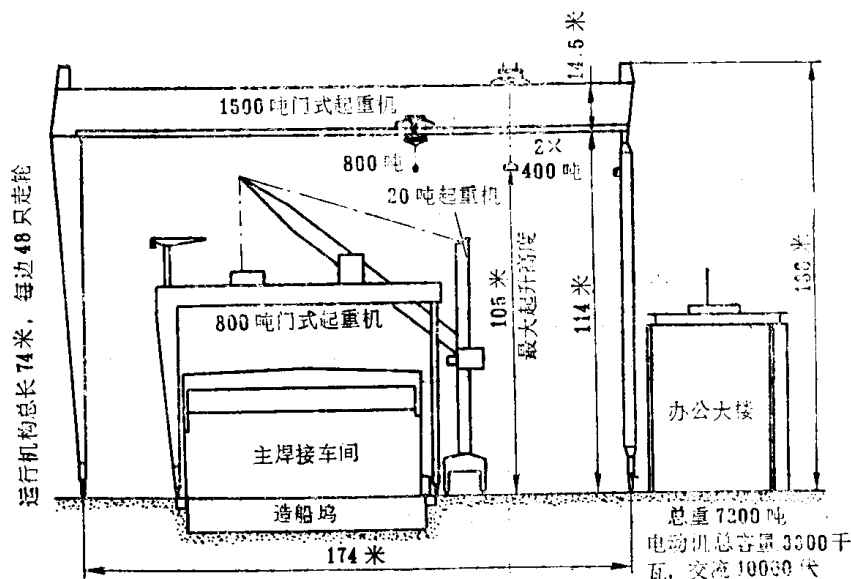


图1-4 1500t门式起重机和800t门式起重机

又如设计容量为965万千瓦的美国大苦力水电站,单台发电机的容量为70万千瓦,转子质量为1760t,它配备有起重量为2000t的门式起重机一台,起重量为300t的桥式起重机两台。此外,美国升降机公司也曾生产过最大起重量为3000t的浮式起重机。

### 2. 标准化、系列化、专用化、自动化

对常用的大批量通用起重机械的主要性能参数、主要机构及零部件等实现标准化、系列化对于提高生产率、减低生产成本、改善产品性能及维修保养等都具有积极的意义,目前国内、外许多工厂都对自己的产品制订有系列。

针对不同的服务场地、吊装对象,设计制造专用的起重机械,如冶金起重机、集装箱起重机等。

通过无线电遥控、电子计算机操纵,实现起重机的操作自动化,无人化。

### 3. 材料、结构型式及新技术的应用

起重机的大型化,必然带来对材料的大量要求,因此采用高强度的结构材料和合理的结构型式对于减轻起重机的自身质量、节省钢材有着很大的影响。

在结构型式方面,目前除桁架结构、箱形结构外,还采用桁构结构、筒形结构、空腹结构以及大型薄板结构等。

新技术的应用,有全封闭减速器、全面采用滚动轴承、大型组合滚道、锻造轧制车轮、低速大力矩马达、多级调速等。

#### 4. 计算理论和设计方法

随着起重机械的迅速发展,极限状态算法、有限单元法、机械优化设计、可靠性设计以及电子计算机辅助设计、自动设计等正在越来越广泛地得到研究和应用。

#### 5. 提高工作安全性和环境保护

如改善司机的工作条件,振动、噪声、废气、尘埃的防止、处理等。

### § 1-3 起重机械的工作特点和基本型式

#### 一、起重机械的工作特点和主要组成

起重机械是一种间歇动作的机械,它具有重复而短暂的工作特征。起重机械在搬运物料时,通常经历着上料、运送、卸料以及回到原处的过程,各工作机构在工作时作往复周期性的运动,例如起升机构的工作由物品的升、降和空载取物装置的升、降所组成;运行机构的工作由负载和空载时的往复运动所组成。在起重机械的每一个工作循环,即每搬运一次物品的过程中,其有关的工作机构都要作一次正向和反向的运动。起重机械与连续运输机械的主要区别就在于前者是以周期性的短暂往复工作循环运送物品,而后者是以长期连续单向的工作运送物品。正是由于这一基本差异决定了起重机械和连续运输机械在构造和设计计算方面的许多重要差别。

起重机械一般总是由下列三个基本部分组成:

1. 工作机构 它是起重机械的执行机构,其作用是使被吊运的物品获得必要的升降和水平移动,从而实现物品装卸、转载、运输、安装等作业要求。起重机械上常用的工作机构有起升机构、运行机构、变幅机构和回转机构,即所谓起重机械的四大机构。此外,针对某些特殊的使用要求,有时还设有伸缩机构、放倒机构、夹钳机构等。在所有这些机构中,实现物品垂直升降的起升机构是起重机械的基本工作机构,而其它机构则是辅助的工作机构,配合起升机构工作。根据具体使用要求,辅助的工作机构可以多设,也可以少设,甚至完全不设,但是作为基本工作机构的起升机构却是任何一种起重机械所必不可少的。

2. 金属结构 它是起重机械的骨架,决定了起重机械的结构造型,它用来支承工作机构、物品的重力和自身重力以及外部载荷等,并将这些重力和载荷传递给起重机械的支承基础。

3. 动力设备 它为起重机械提供工作动力、控制、照明、联络等。

#### 二、起重机械的基本型式

起重机械的型式形形色色,五花八门,其大体分类见图1-5。

根据起重机械所配备的工作机构数目的多少或服务范围的不同,起重机械可以分为以下两大类别:

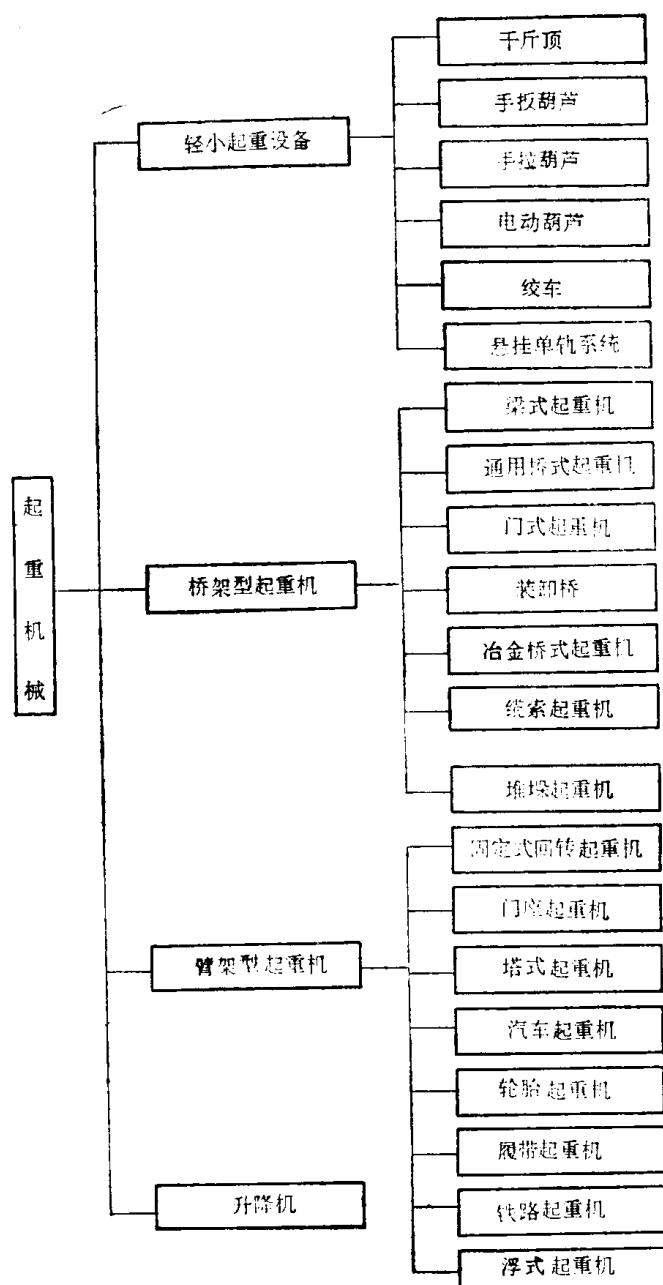


图1-5 起重机械分类图

1. 单动作的起重机械 这种起重机械只配备一个工作机构(起升机构),只能实现一个方向上的往复运动,因此其服务范围是一条直线,如千斤顶、固定滑车、升降机、电梯等。

2. 复动作的起重机械 这种起重机械配备有两个以上的工作机构,即除起升机构外还配备有其它辅助机构,可以实现二个方向以上的往复运动,因此其服务范围是一个平面或一个立体空间。

根据构造特征和实现物品水平运动方式的不同,复动作的起重机械可以分为两大基本类型:

#### (1) 桥架型起重机

构造特征: 金属构架做成直线形或门形桥架的形式,构造较简单。

服务范围：长方体空间。

机构数目：一般有起升、大车运行和小车运行三个工作机构。

吊载能力：较大(一般在支承平面内吊载，稳定性好)。

典型机种：桥式起重机、门式起重机、缆索起重机等，见图1-6。

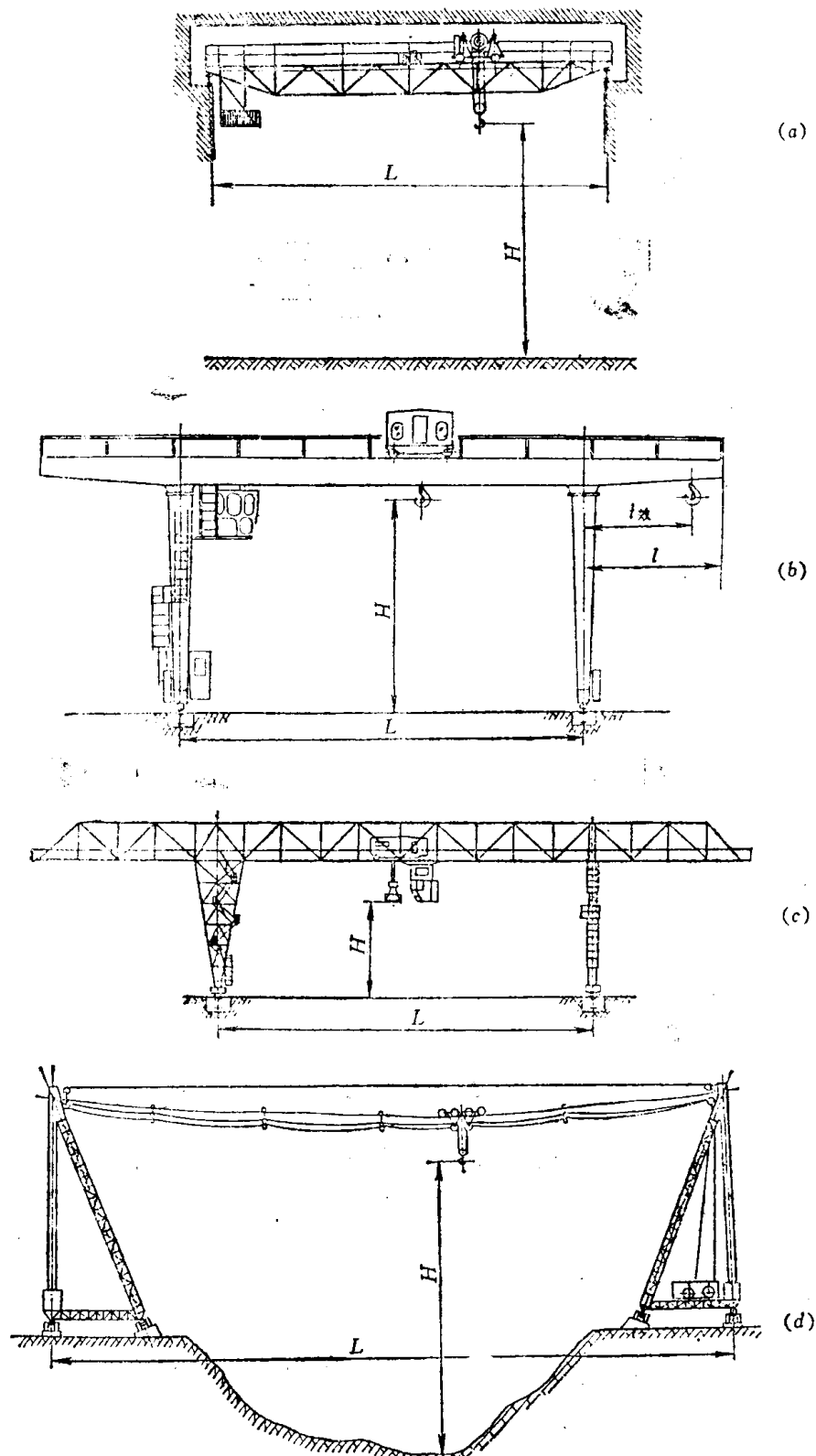


图1-6 桥架型起重机

(a)桥式起重机; (b)门式起重机; (c)装卸桥; (d)缆索起重机

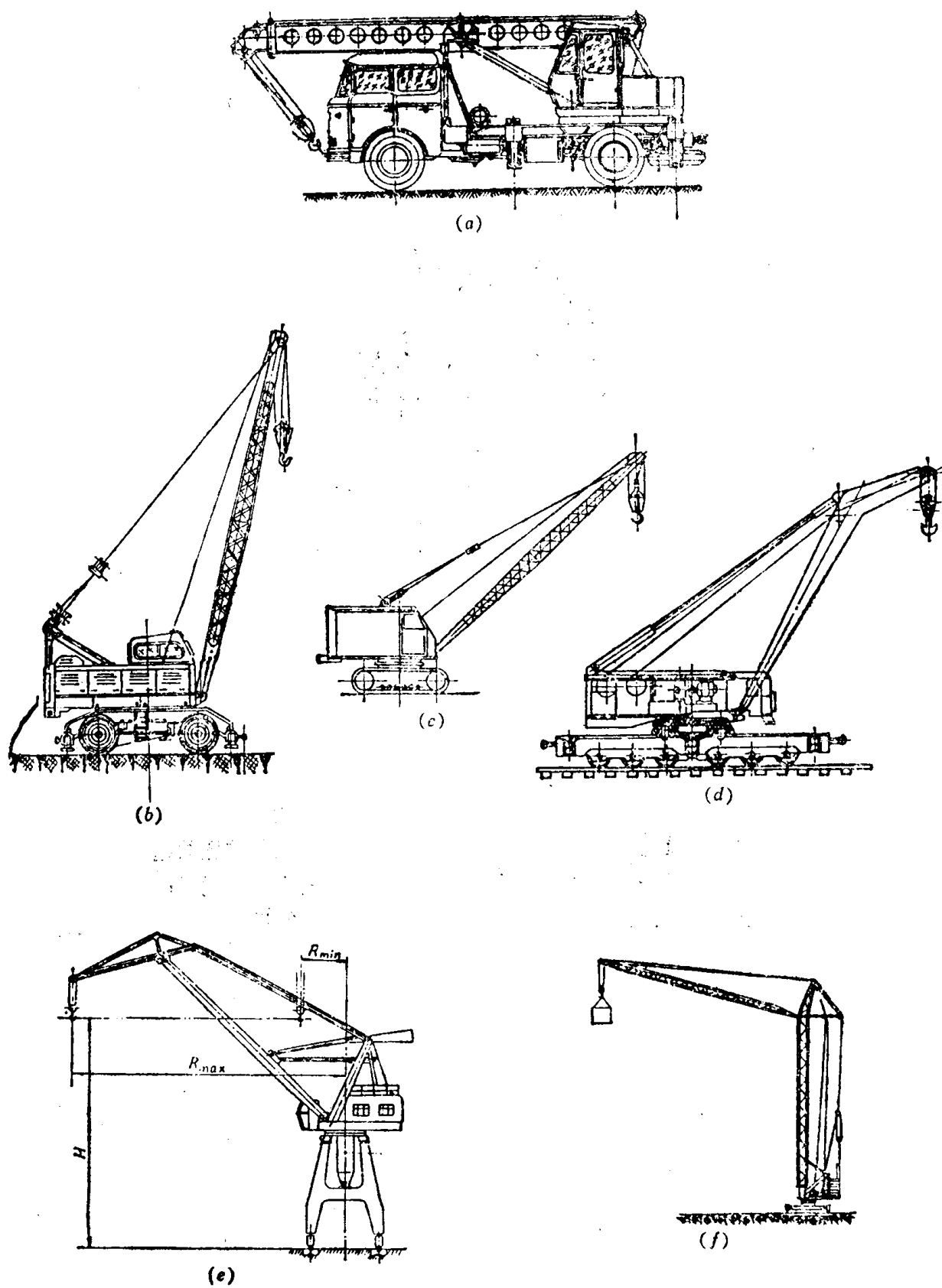


图1-7 臂架型起重机

(a)汽车起重机; (b)轮胎起重机; (c)履带起重机; (d)铁路起重机; (e)门座起重机; (f)塔式起重机

桥式起重机是桥架型起重机中最主要的型式，在数量上占起重机总数的首位，使用范围极为广泛，一般用在车间内为生产工艺过程服务。

门式起重机是桥架型起重机中另一主要型式，与桥式起重机相比，它们的主要特征是在桥架的一端或两端设有支腿，可直接支承在地基上或沿地面轨道运行，一般用在码头、堆场、造船台等露天作业场地上，为货物装卸、堆垛、船体拼接等生产工艺过程服务。当门式起重机的小车运行速度大，运行距离长，生产率高，主要吊运散料时，常改称为装卸桥。

当桥架型起重机的跨度特别大时，为了减轻桥架和整机的自身质量，常改用缆索来代替桥架，供起重小车支承和运行之用，这类起重机称为缆索起重机，常在水电站大坝施工等现场上，为工件吊运、混凝土浇筑等生产工艺过程服务。

## (2) 臂架型起重机

构造特征：有固定的或可摆动的臂架，上部结构相对下部结构能够回转，构造较复杂。

服务范围：圆形或腰圆形的柱体空间。

机构数目：一般有起升、回转、变幅和运行四个工作机构。

吊载能力：较小(支承平面外吊载，受限于起重机的整体稳定性)。

典型机种：门座起重机、塔式起重机、汽车起重机等，见图1-7。

## § 1-4 起重机械的主要参数

起重机械的主要技术参数包括有起重量、起升高度、跨度、幅度、工作速度、机器重力、生产率、轨距、基距、轮压、工作级别等。这些参数是表征起重机械性能特征的主要指标，也是进行起重机械选型或设计时的技术依据。

### 一、额定起重量Q

额定起重量表征了一台起重机吊载能力的大小。额定起重量是指起重机械在正常使用情况下容许起升的最大重物质量。对于采用吊钩、吊环作为基本取物装置的起重机，额定起重量内不包括吊钩、吊环装置的质量，它指的仅是容许起升的最大物品质量；对于采用吊钩、吊环之外如抓斗、电磁吸盘、料罐、盛钢桶之类作为可更换或辅助取物装置的起重机，其额定起重量内包括容许起升的最大物品质量和可更换或辅助取物装置的质量两部分。额定起重量的单位是公斤(kg)或吨(t)。表1-1列出了我国国家标准GB783-65规定的额定起重量系列，设计时应根据该标准选定起重机的额定起重量。

表1-1 起重机械的起重量系列标准(GB783-65) (t)

|      |     |      |     |     |      |      |     |     |      |     |
|------|-----|------|-----|-----|------|------|-----|-----|------|-----|
| 0.05 | 0.1 | 0.25 | 0.5 | 0.8 | 1.0  | 1.25 | 1.5 | 2.0 | 2.5  | 3.0 |
| 4.0  | 5.0 | 6.0  | 8.0 | 10  | 12.5 | 16   | 20  | 25  | 32   | 40  |
| 50   | 63  | 80   | 100 | 125 | 140  | 160  | 180 | 200 | 225  | 250 |
| 280  | 320 | 360  | 400 | 450 | 500  | 630  | 650 | 800 | 1000 |     |

额定起重量也简称为起重量。对于吊载能力较大的起重机，通常除主钩外，还装设起重能力较小、起升速度较高的副钩，副钩的起重量一般约为主钩起重量的1/5~1/3，也应符合额定起重量的系列标准。对于某些臂架型起重机，如造船用门座起重机、电站及建筑安装用

塔式起重机等，它们的额定起重量是随着工作幅度变化的，其最大值称为起重机的最大起重量，指的是臂架处于最小幅度位置时主钩的最大起重能力，同时也被用作起重机的标称起重量，如80t造船用门座起重机，它的主钩起重量为：幅度在11~22m时为80t；幅度在11~27m时为63t；幅度在11~45m时为32t。它的副钩起重量为：幅度在13.6~47.6m时为16t。当一台起重机允许两个吊钩同时工作时，则该机的起重量指的是两个吊钩协同工作时的最大起重能力。

起重量应根据被起升物品的类型、质量(件货)或生产率(散货)、机械化流水作业的衔接要求以及多台起重机协同工作的可能性等进行综合分析后确定。

## 二、起升高度 $H$

起升高度一般是指起重机工作场地地面或起重机运行轨道顶面到取物装置上极限位置(采用吊钩时取吊钩钩环中心计算；采用抓斗或其它吊具时取其最低点计算)之间的垂直距离。对于要求取物装置深入到地面或轨道顶面以下工作的起重机，如港口用及造船用门座起重机，其起升总高度应为取物装置上、下极限位置之间的垂直距离，即地面或轨顶以上的起升高度和地面或轨顶以下的下降深度之和。起升高度的单位是米(m)。

确定起重机的起升高度时，除应考虑起升物品所需要的最大高度外，还应注意到取物装置本身的高度和钢丝绳的悬挂长度；对港口用、造船用及水上起重机还应计及船倾角、涨潮与退潮、船舶的满载与空载对起升高度的影响。必须注意，对桥架型起重机，起升高度不是桥架的净空高度；对臂架型起重机，起升高度不是臂架端部物品的悬吊点高度。

表1-2、表1-3和表1-4分别列出了国家及有关部委制订的一些起重机起升高度的标准系列。

表1-2 桥式起重机的起升高度 $H$ (GB791-65) (m)

| 主钩起重量 $Q(t)$ |    | 3~50 |    | 80 |    | 100 |    | 125 |    | 160 |    | 200 |    | 250 |    |
|--------------|----|------|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| 起升高度 $H$     | 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 |

表1-3 港口门座起重机的幅度 $R$ 和起升高度 $H$ (JT5001-75) (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 |    |    |    |    |    |    |

表1-4 港口浮式起重机的幅度 $R$ 和起升高度 $H$ (JT5004-75) (m)

|                      |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| 起重量Q(t)              | 主钩 | 3  |    | 5  | 10 | 32 | 63 | 100 | 200 |
|                      | 副钩 | -  |    |    |    | 10 | 16 | 25  | 50  |
| 护木外<br>最大工作幅度 R>     | 主钩 | 12 | 18 | 22 |    | 14 |    | 12  |     |
|                      | 副钩 | -  |    |    |    | 31 |    |     |     |
| 最大工作幅度时<br>主钩起升高度 H> | 水上 | 10 | 14 | 20 |    | 28 | 32 |     |     |
|                      | 水下 | 5  |    |    |    |    |    |     |     |

### 三、跨度 $L$ 和幅度 $R$

跨度是指桥架型起重机大车运行轨道中心线之间的水平距离。幅度是指臂架型起重机回转中心线到取物装置中心线之间的水平距离。跨度和幅度的单位都是米(m)。

桥式起重机的跨度 $L$ 一般依据厂房的跨度 $L_c$ 确定,起重量3~250t的电动桥式起重机的跨度已有国家标准(表1-5);门式起重机和装卸桥的跨度目前尚无国家标准。

表1-5 3~250t电动桥式起重机跨度 $L$ (GB790-65) (m)

| 厂房跨度 $L_c$ (m)    |        | 9   | 12   | 15   | 18   | 21   | 24   | 27   | 30   | 33   | 36 |
|-------------------|--------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| 起重量<br>$Q$<br>(t) | 3~50   | 7.5 | 10.5 | 13.5 | 16.5 | 19.5 | 22.5 | 25.5 | 28.5 | 31.5 | —  |
|                   |        | (7) | (10) | (13) | (16) | (19) | (22) | (25) | (28) | (31) | —  |
|                   | 80~250 | —   | —    | —    | 16   | 19   | 22   | 25   | 28   | 31   | 34 |

注:括号内的数据用于厂房吊车梁留有安全走道时的情况。

臂架型起重机的幅度可以是固定不变的,也可以是可变的,因而相应应有最大幅度 $R_{max}$ 、最小幅度 $R_{min}$ 和有效幅度( $R_{max} - R_{min}$ )之称。

跨度多由工作需要及场地条件决定。幅度主要根据起重机的工作范围决定,如门座起重机的最大幅度应当考虑码头或船台、船坞岸边轨道布置尺寸、船舶尺寸、外档过驳以及是否跨船作业等来确定,而最小幅度则往往受到结构布置、安全要求等的限制。

### 四、工作速度

起重机的工作速度一般是指起升、变幅、回转和运行四种工作速度。

起升速度是指取物装置的上升速度,有快速、慢速、微速之分,单位是米/秒(m/s)或米/分(m/min)。

变幅速度是指取物装置从最大幅度到最小幅度沿水平方向移动的平均速度,单位是米/秒(m/s)或米/分(m/min)。

回转速度是指起重机的上部回转部分(上车)相对下部基础或运行部分(下车)绕回转中心线的回转速度,单位是转/分(r/min)。

运行速度是指起重机或起重小车的行走速度。对装有起重小车的起重机如桥式起重机等有小车运行速度和小车运行速度之分,单位是米/秒(m/s)或米/分(m/min),对流动式起重机、浮式起重机也可用千米/小时(km/h)、节(kn)等单位。

各个工作机构的额定工作速度是指与各个工作机构电动机的额定转速相对应时的速度。

工作速度一般根据工作需要和起重机的构造型式确定,具体可以从以下几个方面考虑:

1. 工作性质和使用场合 对于经常性工作的、对生产率有较高要求的起重机的工作机构一般采用高速;对于非工作性的或调整性的工作机构一般采用低速。一般用途的起重机采用中速;大批散粒物料装卸用的起重机采用高速;安装工作用的起重机采用低速、微速;装卸、安装、转运多用的起重机采用多种速度或调速;满载工作时采用低速;空载工作时采用高速。

2. 起重量的大小 对于中、小起重量的起重机采用高速,以提高生产率;对于大起重量

的起重机采用低速，以利减小驱动功率，提高工作的平稳性、安全性。

3. 工作行程的大小 对于工作行程大的起重机宜采用较高的工作速度；对于工作行程小的起重机宜采用较低的工作速度，总之应使机构在正常工作时能达到稳定运动。如果机构在起动或制动时的加速度 $a$ 给定，那么当行程为 $S$ 时，其工作速度 $v$ 应满足下式：

$$v \leq \sqrt{S \cdot a} \quad (1-1)$$

4. 其它 如主要机构(起升机构等)的工作速度往往需要通过电气或机械方法实现调速，以适应不同的工作需要。直接为生产工艺服务的起重机，其工作循环时间和工作速度应与工艺过程的具体要求相协调。当一台起重机上有两个以上的机构同时工作时，它们的工作速度也应相互协调。

表1-6给出了几种常用起重机机构的工作速度数据，供参考。

表1-6 几种起重机工作机构的速度范围

| 起重机类型        |    | 起升速度 (m/min) |       | 运行速度 (m/min) |              | 变幅速度 (m/min) | 回转速度 (r/min) |
|--------------|----|--------------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|              |    | 主起升          | 副起升   | 小车           | 起重机          |              |              |
| 通用桥式起重机(吊钩式) | 轻级 | 1~3          | 8~10  | 10~20        | 30~40        | -            | -            |
|              | 中级 | 2~12         | 8~20  | 20~40        | 40~90        | -            | -            |
|              | 重级 | 8~20         | 18~20 | 40~50        | 70~120       | -            | -            |
| 电磁桥式起重机      |    | 18~20        | 20~25 | 40~50        | 100~120      | -            | -            |
| 抓斗桥式起重机      |    | 40~50        | -     | 40~50        | 100~120      | -            | -            |
| 通用门式起重机      |    | 8~20         | 20    | 20~50        | 40~60        | -            | -            |
| 电站用门式起重机     |    | 1~5          | 10~20 | 2~8          | 15~25        | -            | -            |
| 造船用门式起重机     |    | 2~15*        | -     | 15~30*       | 25~45*       | -            | -            |
| 抓斗装卸桥        |    | 60~70        | -     | 100~350      | 15~40        | -            | -            |
| 集装箱装卸桥       |    | 25~40*       | -     | 80~120       | 35~50        | -            | -            |
| 港口用门座起重机     |    | 40~80        | -     | -            | 20~30        | 40~90        | 1.5~2        |
| 造船用门座起重机     |    | 3~20         | 20~30 | -            | 15~30        | 8~35         | 0.2~0.6      |
| 电站用门座起重机     |    | 15~20        | 20~50 | -            | 20~30        | 8~35         | 0.5~1        |
| 一般建筑用塔式起重机   |    | 10~30        | -     | -            | 15~30        | -            | 0.2~1        |
| 高层建筑用塔式起重机   |    | 50~100       | -     | -            | 15~30        | -            | 0.4~1.5      |
| 装卸用浮式起重机     |    | 40~70        | -     | -            | -            | 40~60        | 1.5~2.5      |
| 安装用浮式起重机     |    | 3~15         | 15~20 | -            | -            | 3~15         | 0.2~0.5      |
| 汽车、轮胎起重机     |    | 8~30         | -     | -            | 12~80 (km/h) | 2~15         | 0.5~3        |
| 甲板起重机        |    | 30/60~65/130 | -     | -            | -            | 10~20        | 1~2          |

\*有微动装置时微动速度一般是0.1~0.5m/min。

## 五、轨距 $l$ 和基距 $B$

轨距一般是指臂架型有轨运行式起重机运行轨道中心线之间的水平距离或桥架型起重机

起重小车运行轨道中心线之间的水平距离，单位是米(m)。轨距主要根据起重机使用运转场地的具体条件、起重小车上机构布置的具体需要以及起重机的整体稳定性要求等确定。

基距一般是指起重机或起重小车运行轨道一侧两支承点中心线之间的水平距离。当起重机或起重小车运行轨道一侧仅装设两个支承车轮时，基距就是车轮的轮距；当起重机或起重小车运行轨道一侧装有均衡梁装置时，基距就是底架或下横梁与最大均衡梁连接铰轴之间的距离，单位是米(m)。基距主要根据机构布置和起重机的整体稳定性要求确定。

基距与轨距或跨度的尺寸应相称，一般取：

臂架型起重机  $B \geq l$

桥架型起重机  $B \geq \left( \frac{1}{4} \sim \frac{1}{6} \right) L$

起重小车  $B \geq l$

## 六、机器的重量指标

机器的重量指标是设计工作的重要指标之一。为了比较同类起重机重量指标的优劣，常用比重量系数  $K_{重}$  来表示。比重量系数就是起重机的自身质量与起重机起重力矩之比。

对于桥架型起重机：

$$K_{重} = \frac{m_G}{m_Q \cdot L} \quad (1-2)$$

对于臂架型起重机：

$$K_{重} = \frac{m_G}{m_Q \cdot R} \quad (1-3)$$

式中： $m_G$ ——起重机自身质量(t)；

$m_Q$ ——与起重机的额定起重量  $Q$  相对应的起升质量(t)；

$L$ ——跨度(m)；

$R$ ——幅度(m)。

## 七、生产率

有时为了表明起重机械的装卸工作能力，常常综合起重量、工作行程和工作速度等参数以及机构协同工作的程度等，用生产率这个基本参数表示。

起重机械的小时生产率用下式计算：

$$Q_{小时} = n \cdot m_{Q1} \text{ (t/h)} \quad (1-4)$$

式中： $m_{Q1}$ ——有效起升质量(t)；

$n$ ——起重机每小时的工作循环次数。

当使用吊钩工作时，有效起升质量就是与额定起重量  $Q$  相对应的起升质量，即  $m_{Q1} = m_Q$

当使用抓斗或容器工作时，有效起升质量为：

$$m_{Q1} = V \cdot \gamma \cdot \phi \quad (1-5)$$

式中： $V$ ——抓斗或容器的有效容积( $m^3$ )；

$\gamma$ ——散粒物料的假比重( $t/m^3$ )；

$\phi$ ——充填系数。