

高等学校教材

起重机械

Q IZHONG JIXIE

■ 主编 严大考 郑兰霞

郑州大学出版社

高等学校教材

起重机械

QI ZHONG JI XIE

主 编 严大考 郑兰霞

郑州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

起重机械/严大考,郑兰霞主编. —郑州:郑州大学出版社,2003.9
ISBN 7-81048-814-7

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 066141 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:谷振清

全国新华书店经销

郑州文华印务有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm

印张:17.75

字数:421 千字

版次:2003 年 9 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371-6966070

1/16

印次:2003 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-81048-814-7/G·64

定价:29.50 元

本书如有印装质量问题,由承印厂负责调换

内 容 提 要

本书是根据普通高等院校机械工程及其自动化专业起重机械课程的教学大纲,结合教学和生产科研实践编写而成的。

本书共分 12 章,介绍了起重机械的构造、使用、设计理论和计算方法。主要包括:起重机械总论;起重机专用零部件及其工作机构的功用、构造形式及其特点、使用、工作原理、设计计算的理论与方法;典型起重机(包括桥式起重机、龙门起重机、缆机、轮式起重机、塔式起重机、门座式起重机等)的构造特点、工作原理和使用;起重机的稳定性计算及其安全保护装置。

本书可作为高等院校相关专业本科生教材,也可作为高职高专、成人高等教育同类专业的教材,还可供有关专业的学生、教师以及从事车辆及工程机械的应用和研究设计的工程技术人员参考。

前 言

为了适应工程机械行业和国民经济发展的需要,以及高等院校的教学要求,根据我国普通高等院校机械工程及其自动化专业起重机械课程教学大纲,我们编写了本书。

全书共分为12章:第1章介绍起重机械的组成、分类和发展、基本参数,起重机设计的基本理论。第2、3、4、5章讲述起重机专用零部件(包括钢丝绳、滑轮组、卷筒、取物装置和制动装置)的功用、构造及其特点、工作原理、使用、设计理论和计算方法。第6、7、8、9章介绍起重机基本机构(起升机构、运行机构、回转机构和变幅机构),对其功用、工作原理、构造形式和设计计算方法作了较为详细的介绍。第10、11章介绍典型起重机(桥式起重机、龙门起重机、缆机、轮式起重机、门座式起重机和塔式起重机)的构造、特点和工作原理。第12章介绍起重机的稳定性计算和安全保护装置。

本书对起重机专用的主要零部件和工作机构的结构、工作原理和设计计算方法作了较为系统、深入的叙述,介绍了目前常用典型起重机的结构和工作原理。在编写过程中力求反映起重机的基本知识、核心技术和最新技术成就。在内容选择上力求做到少而精、理论联系实际。编排和叙述由浅入深,层次分明、合理,图文并茂,系统性和逻辑性强,强调实际应用又不失理论性,宜于教学,便于应用。

本书由严大考、郑兰霞担任主编,由韩林山、袁昕、胡修池、付建华担任副主编。具体写作分工如下:韩林山编写第1章,袁昕编写第2、12章,付建华编写第3、4章,武兰英编写第5章,严大考编写第6、7章,郑兰霞编写第8、9章,孙振军编写第10章,胡修池编写第11章。全书由王玉昆主审。

本书在编写时参阅了有关院校、工厂、科研院所的一些教材、资料和文献,并得到许多同行、专家教授的支持和帮助,在此一并衷心致谢。

限于编者水平,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2003年元月

目 录

1 总论	(1)
1.1 概述	(1)
1.1.1 起重机械的工作特点及其在国民经济建设中的作用	(1)
1.1.2 起重机械的发展	(2)
1.1.3 起重机械的种类	(4)
1.1.4 起重机的组成及其作用	(8)
1.2 起重机的主要技术参数与工作级别	(11)
1.2.1 起重量	(11)
1.2.2 起升高度	(12)
1.2.3 跨度、轨距和轮距	(12)
1.2.4 幅度	(13)
1.2.5 机构工作速度	(13)
1.2.6 生产率	(14)
1.2.7 起重力矩	(15)
1.2.8 最大爬坡度	(15)
1.2.9 最小转弯(曲率)半径	(15)
1.2.10 工作级别	(16)
1.3 起重机计算载荷与计算方法	(18)
1.3.1 作用在起重机上的载荷	(18)
1.3.2 计算载荷的类别	(24)
1.3.3 零部件的强度计算方法	(25)
2 钢丝绳	(28)
2.1 钢丝绳的特性与种类	(28)
2.1.1 钢丝绳的特性	(28)
2.1.2 钢丝绳的种类	(28)
2.1.3 钢丝绳标记代号(GB 8707—88)简介	(32)
2.2 钢丝绳的选择	(33)
2.2.1 按选择系数 C 确定钢丝绳直径	(35)
2.2.2 按安全系数 n 选择钢丝绳直径	(36)
2.2.3 估算法确定钢丝绳直径	(37)
2.3 钢丝绳的使用	(37)
2.3.1 钢丝绳端的固定	(37)
2.3.2 钢丝绳的使用寿命与报废标准	(39)
3 卷绕装置	(41)

3.1 滑轮及滑轮组	(41)
3.1.1 滑轮	(41)
3.1.2 滑轮组	(46)
3.2 卷筒	(50)
3.2.1 卷筒的构造与类型	(50)
3.2.2 卷筒的设计计算	(53)
3.2.3 钢丝绳在卷筒上的固定	(57)
3.2.4 钢丝绳的允许偏斜角	(60)
4 取物装置	(64)
4.1 概述	(64)
4.2 吊钩组	(67)
4.2.1 吊钩及吊钩组的构造	(67)
4.2.2 吊钩及其附件的计算	(69)
4.3 抓斗	(77)
4.3.1 抓斗的种类	(77)
4.3.2 双绳抓斗	(78)
5 制动装置	(84)
5.1 概述	(84)
5.1.1 制动装置的功用	(84)
5.1.2 制动装置的分类	(84)
5.1.3 对制动器的基本要求	(87)
5.2 停止器	(87)
5.2.1 棘轮停止器	(88)
5.2.2 摩擦停止器	(91)
5.3 块式制动器	(92)
5.3.1 块式制动器的构造	(92)
5.3.2 块式制动器的设计	(96)
5.4 带式制动器	(101)
5.4.1 带式制动器的构造、特点和应用	(101)
5.4.2 带式制动器的类型	(102)
5.4.3 带式制动器的设计	(103)
5.4.4 棘轮带式制动器	(106)
6 起升机构	(108)
6.1 概述	(108)
6.1.1 起升机构的组成	(108)
6.1.2 起升机构的典型形式	(109)
6.1.3 起升机构的调速	(118)
6.1.4 大起升高度的卷绕系统	(119)

6.2 起升机构的设计计算	(122)
6.2.1 电动起升机构计算	(122)
6.2.2 液压起升机构计算	(129)
7 运行机构	(132)
7.1 运行支承装置	(132)
7.1.1 均衡装置	(132)
7.1.2 车轮	(134)
7.1.3 轨道	(138)
7.2 运行机构的类型与构造	(139)
7.2.1 主动轮的布置方式	(139)
7.2.2 驱动方式	(139)
7.3 运行机构的设计计算	(141)
7.3.1 运行阻力的计算	(141)
7.3.2 电动机的选择	(144)
7.3.3 减速器的选择	(146)
7.3.4 制动器的选择	(147)
7.3.5 联轴器的选择	(147)
7.3.6 运行打滑验算	(148)
8 回转机构	(150)
8.1 回转支承装置	(150)
8.1.1 柱式回转支承装置	(150)
8.1.2 转盘式回转支承装置	(151)
8.2 回转驱动机构	(155)
8.2.1 电动回转驱动装置	(156)
8.2.2 液压回转驱动装置	(158)
8.3 回转机构的设计计算	(159)
8.3.1 回转支承装置的计算	(159)
8.3.2 回转机构驱动装置的计算	(163)
9 变幅机构	(171)
9.1 变幅机构的类型与特点	(171)
9.1.1 非工作性变幅机构和工作性变幅机构	(171)
9.1.2 运行小车式变幅机构和臂架式变幅机构	(172)
9.1.3 普通臂架变幅机构和平衡臂架变幅机构	(173)
9.2 变幅机构的设计计算	(174)
9.2.1 普通臂架变幅机构设计计算	(174)
9.2.2 平衡臂架变幅机构	(179)
9.2.3 平衡臂架变幅机构的设计计算	(181)
9.3 变幅驱动机构的构造	(188)

9.3.1	绳索牵引小车驱动	(188)
9.3.2	绳索滑轮组变幅驱动	(188)
9.3.3	液压缸变幅驱动	(189)
10	桥式类型起重机	(191)
10.1	桥式起重机	(191)
10.1.1	桥式起重机的用途和组成	(191)
10.1.2	桥式起重机的种类	(191)
10.1.3	桥式起重机的构造	(193)
10.2	龙门起重机	(207)
10.2.1	龙门起重机的分类	(207)
10.2.2	龙门起重机的构造	(207)
10.3	缆索起重机	(209)
10.3.1	缆机的分类	(209)
10.3.2	缆机的一般构造	(212)
11	旋转类型起重机	(221)
11.1	轮式起重机	(221)
11.1.1	轮式起重机的分类	(221)
11.1.2	轮式起重机的组成	(222)
11.1.3	吊臂	(224)
11.1.4	支腿	(230)
11.2	履带式起重机	(233)
11.3	门座起重机	(234)
11.3.1	门座起重机的用途与特点	(234)
11.3.2	门座起重机的总体结构与分类	(234)
11.4	塔式起重机	(239)
11.4.1	塔式起重机的类型与构造	(240)
11.4.2	塔式起重机的发展概况	(248)
12	起重机稳定性与安全保护装置	(251)
12.1	起重机稳定性	(251)
12.1.1	起重机稳定性校核的基本原则	(252)
12.1.2	臂架类型起重机的抗倾覆稳定性校核	(255)
12.1.3	龙门起重机的抗倾覆稳定性校核	(261)
12.2	起重机安全保护装置	(262)
12.2.1	超载限制器	(263)
12.2.2	偏斜限制器和指示器	(268)
12.2.3	限速器	(270)
	参考文献	(273)

1

总 论

1.1 概 述

1.1.1 起重机械的工作特点及其在国民经济建设中的作用

起重机械是用来对物料进行起重、运输、装卸和安装作业的机械。它可以完成靠人力无法完成的物料搬运工作,减轻人们的体力劳动,提高劳动生产率,在工厂、矿山、车站、港口、建筑工地、仓库、水电站等多个领域和部门中得到了广泛的应用。随着生产规模日益扩大,特别是现代化、专业化生产的要求,各种专门用途的起重机相继产生,在许多重要的部门中,它不仅是生产过程中的辅助机械,而且已成为生产流水作业线上不可缺少的重要机械设备,它的发展对国民经济建设起着积极的促进作用。

起重机械是一种循环的、间歇动作的、短程搬运物料的机械。一个工作循环一般包括上料、运送、卸料及回到原位的过程,即取物装置从取物地点由起升机构把物料提起,由运行、回转或变幅机构把物料移位,然后物料在指定地点下放,接着进行相反动作,使取物装置回到原位,以便进行下一次的工作循环。在两个工作循环之间一般有短暂的停歇。起重机工作时,各机构经常是处于起动、制动以及正向、反向等相互交替的运动状态之中。

在高层建筑、冶金、化工及电站等的建设施工中,需要吊装和搬运的工程量日益增多,其中不少组合件的吊装和搬运重量达几百吨。因此,必须选用一些大型起重机进行诸如锅炉及厂房设备的吊装工作。通常采用的大型起重机有龙门起重机、门座式起重机、塔式起重机、履带起重机、轮式起重机以及厂房内装置的桥式起重机等。

在道路、桥梁和水利电力等建设施工中,起重机的使用范围更是极为广泛。无论是装卸设备器材,吊装厂房构件,安装电站设备,吊运浇筑混凝土、模板,开挖废碴及其他建筑材料等,均须使用起重机械。尤其是水电工程施工,不但工程规模浩大,而且地理条件特殊,施工季节性强,工程本身又很复杂,需要吊装搬运的设备、建筑材料量大品种多,所需要的起重机数量和种类就更多。除了上面介绍的起重机外,在水电工程中还采用其他一些大型起重机,如缆索起重机、浮式起重机等。在电站厂房及水工建筑物上也安装各种类型的起重机,供检修机组、启闭闸门及起吊拦污栅之用。这些用途的起重机有:大型桥式

起重机、龙门起重机、固定卷扬起重机以及弧型闸门起重机等。这些专门用途的起重机一般吨位较大,如用于起吊闸门的龙门起重机和固定卷扬起重机的起重量,我国均已做到 600 t,电站厂房内的桥式起重机我国已做到 500 t。电站厂房内安装的桥式起重机及大坝上的门式起重机等虽然属于电站的固定设备,然而在电站施工阶段,却用来安装机组及闸门,起到了工程起重机的作用。

1.1.2 起重机械的发展

上个世纪 70 年代以来,随着生产和科学技术的发展,起重机械无论是在产量上还是在品种及质量上都得到了极其迅速的发展。随着国民经济的快速发展,特别是国家加大基础工程建设规划的实施,建设工程规模日益扩大,起重安装工程量越来越大,需要吊装和搬运的结构件和机器设备的重量也越来越大。特别是大型电站、石油、化工、路桥、冶炼、航天以及工用民用高层建筑的安装作业的迫切需要,极大地促进了起重机,特别是大型起重机的发展。具体表现在以下几个方面。

1. 通用型起重机以中小型为主,专用起重机向大型化发展

现代化的工程施工,要求不断提高起吊、安装、装卸及搬运作业的机械化程度,起重机的发展是以轻便灵活的中小型起重机为主,目前国内外普遍用 10~40 吨级的起重机。因此,国内外都很重视改进和提高中小吨位的起重机的性能。

在中小型起重机得到良好发展的同时,大型工程用起重机也取得了很好的发展。目前超过 100 吨级的轮式起重机的品种逐渐增多,总的来看,大型或特大型轮式起重机以发展桁架臂式起重机为主,而伸缩臂式起重机,由于受伸缩臂的重量和行驶状态的长度限制,其发展有待于技术和材料的进一步研究。由于大型电站、大型高炉、化工建设和高层建设的需要,塔式起重机、门座起重机的起重量、幅度、工作速度和起升高度都有了大幅度的提高,桥式起重机、龙门起重机的起重量不断提高,缆式起重机的起重性能不断完善。

2. 广泛采用液压技术

由于液压与液力传动体积小、重量轻、结构紧凑,能无级调速,操纵简便,运转平稳工作可靠等优点,近年来在国内外各种类型的起重机上已得到广泛的应用。目前国内外液压起重机在品种和产量方面都有较大的发展,特别是大吨位级液压起重机发展非常迅速。我国的主要起重机械厂,近年来的产品多是液压起重机。现已研制成功的有 3、5、8、12、20、65、80、125 等吨级的伸缩臂式液压起重机。100 吨级以上大型桁架臂式汽车起重机也开始采用液压传动。目前国外已有 400 吨级的液压汽车起重机。中、小吨位级的起重机已普遍采用液压传动。随着液压技术和液压元件的发展,液压起重机将会得到进一步的发展。

3. 重视“三化”,逐步采用国际标准

目前各国在发展起重机新产品中都很重视“三化”(标准化、系列化、通用化)。一些国家对工程起重机制订了国家标准,规定了起重量系列。有些国家对起重量虽然没有统一的规定,但各制造厂自成系列,注意采用通用零部件,为生产和使用提供了有利条件。

我国对轮式起重机和塔式起重机分别制订了基本参数系列,统一了产品型号和等级。1983 年制定了汽车起重机和轮胎起重机基本参数(JB 1375—83)以及起重机设计规范

(GB 3811—83)。

目前世界上许多国家,不仅重视制订本国的产品标准,而且非常重视采用国际标准(ISO)。有的国家甚至废除了本国国家标准而直接采用ISO标准。我国政府也提出:全面加速采用国际标准和国外先进标准,尽快缩短我国产品质量水平与世界先进水平的差距,改变我国产品质量落后的面貌。

4. 发展一机多用产品

为了充分发挥起重机的作用,扩大其使用范围,有的国家在设计起重机时重视了产品的多用性。例如在工作装置设计方面,除了使用吊钩外,还设计配备了电磁吸盘、抓斗、拉铲和木料抓取器等取物装置。有的还设计成使用于建筑基础工程中,如装设钻孔装置和掀动打桩拔桩装置等一机多用的产品。又如在整机设计方面,塔式起重机的组合设计在国外发展较快,为了适应不同用户的不同需要,国外的大型塔式起重机厂还有着完整的系列,国内外在提高塔式起重机的工作性能方面做了大量的工作。长吊臂固定式自升塔式起重机有着服务范围大、成本低、适应性强等优点,受到越来越多的人的重视。

5. 采用新技术、新材料、新结构、新工艺

为了减轻起重机的自重,提高起重性能,保证起重机高效可靠地工作,各国都非常重视采用新技术、新材料、新结构和新工艺。

新技术的应用除表现在广泛采用液压传动外,有的起重机还采用液力传动。液力变矩器与发动机的恰当匹配,使发动机扭矩自动地适应行驶条件;采用动力换挡变速箱和液压转向装置以减轻司机的操作强度。

为了防止起重机超载以致倾翻,近年来研制了电子式起重力矩限制器,它是一种较为完善的安全装置。当载荷接近额定起重量时,力矩限制器自动发出警报信号;当超载时,力矩限制器自动切断起重机工作机构的电源以保证起重机整机的安全。

采用新技术特别是电子技术和信息控制技术,进一步完善操作条件,提高控制性能,是国内外发展工程机械的一个普遍倾向,即所谓机电一体化。起重机械也不例外,为了进一步改善司机操作环境,除司机室做得宽敞、视野良好、保温隔热和隔声外,还装置有远距离联系设备和工业电视设备等。

由于钢铁工业的发展,合金钢强度不断提高,为起重机减轻自重,特别是吊臂自重,创造了极为有利的条件。国外在上个世纪80年代出现的400、500吨级的轮胎起重机,就广泛采用了高强度的合金钢。国外有的采用了极限强度达 $700 \sim 900 \text{ N/mm}^2$ 的高强度合金钢制作箱形伸缩吊臂和桁架式吊臂,支腿横梁及底架大梁通常采用高强度易焊合金钢。

为了减轻起重机的自重,除了采用高强度钢材外,在结构形式方面的改进也是十分重要的。设计先进合理的箱形吊臂目前已引起了各国的普遍重视。近年来轮式起重机出现了盆形底座,其上车通过回转支承安装在盆形底座上,依托盆形底座在对角方向安装四个辐射式(可摆动)支腿。这样吊重负荷经由盆形底座直接传递给支腿,使起重机底盘只承受行驶时的自重,从而减轻了起重机的自重。新材料、新结构的应用,促使采用各种新的加工工艺,国外为了扩大高强度钢材的应用,非常重视高强度钢的焊接工艺等技术的研究和应用。

1.1.3 起重机械的种类

起重机械的种类较多,通常按主要用途和构造特征对其进行分类。按主要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。按构造特征可分为桥式类型起重机、臂架式起重机以及固定式起重机、运行式起重机。运行式起重机又分为轨道式和无轨式两种。

图 1-1 是起重机械按构造分类图,图 1-2(a)~(h)是各种起重机械结构示意图。

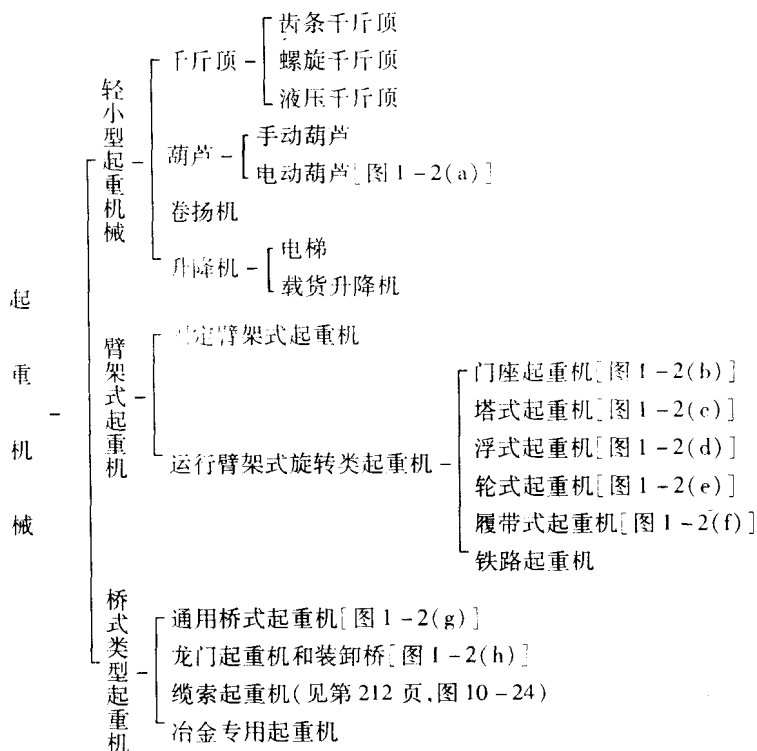
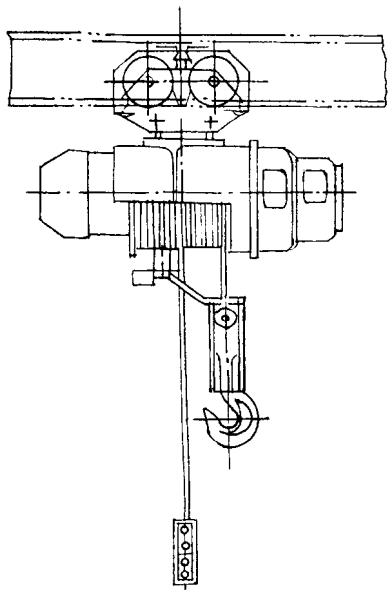
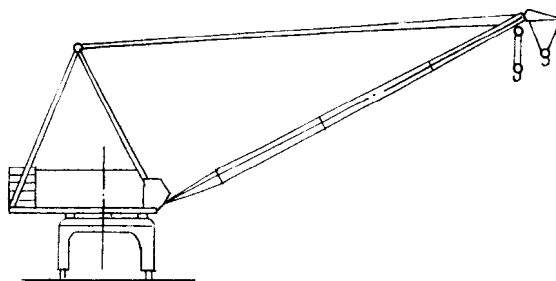


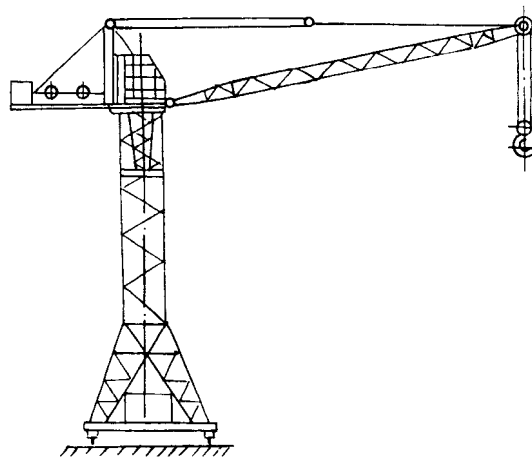
图 1-1 起重机械分类



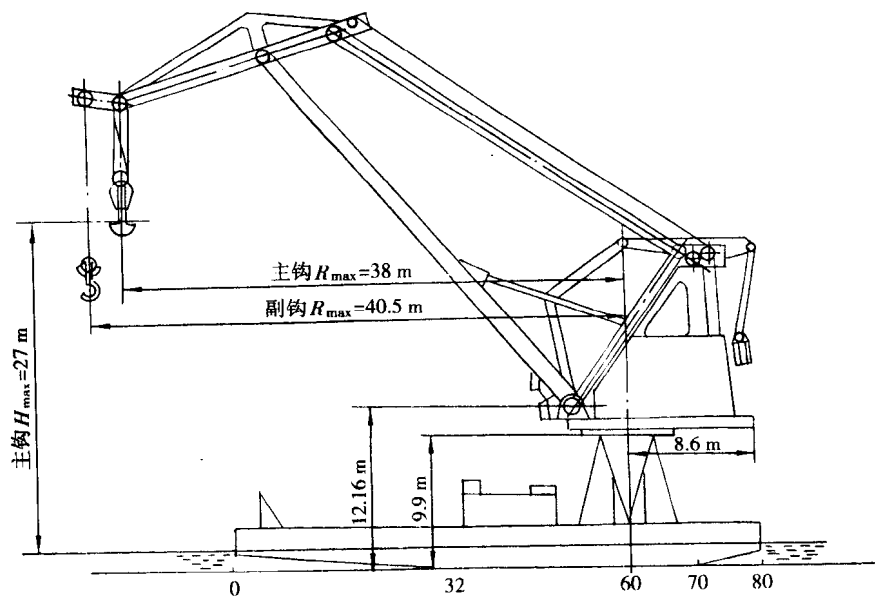
(a) 电动葫芦



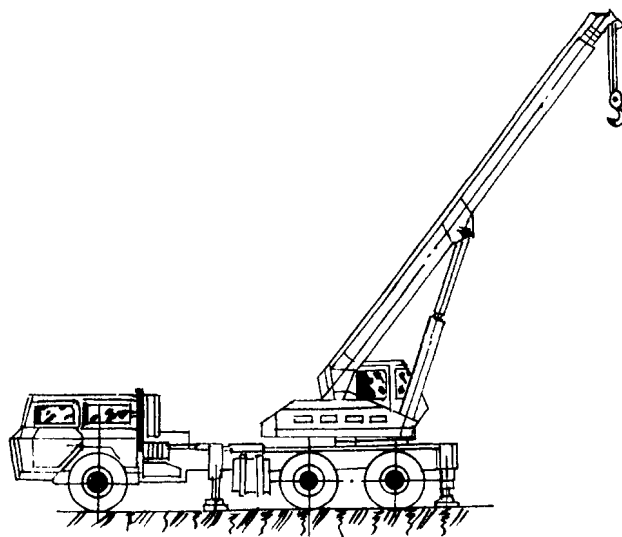
(b) 门座起重机



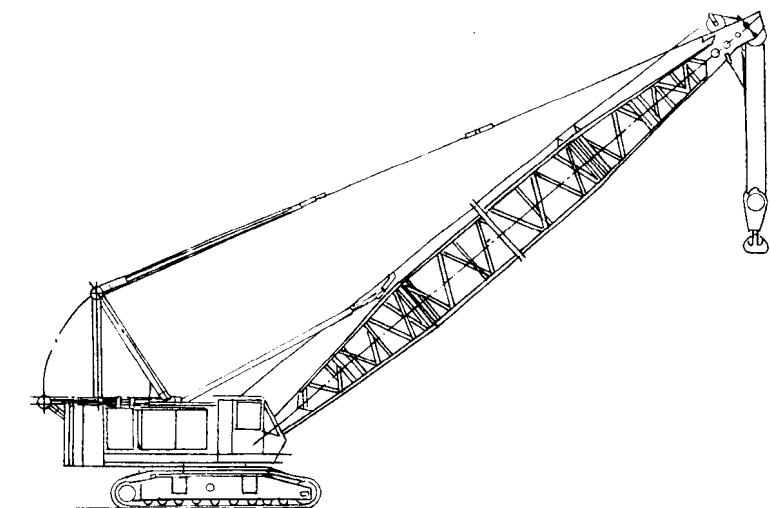
(c) 塔式起重机



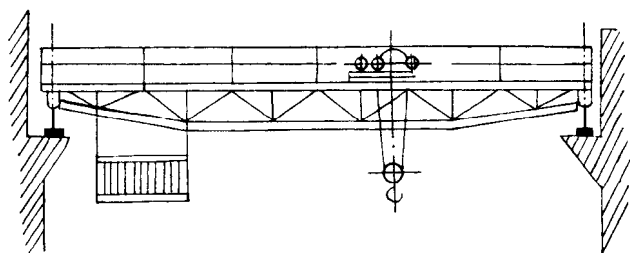
(d) 浮式起重机



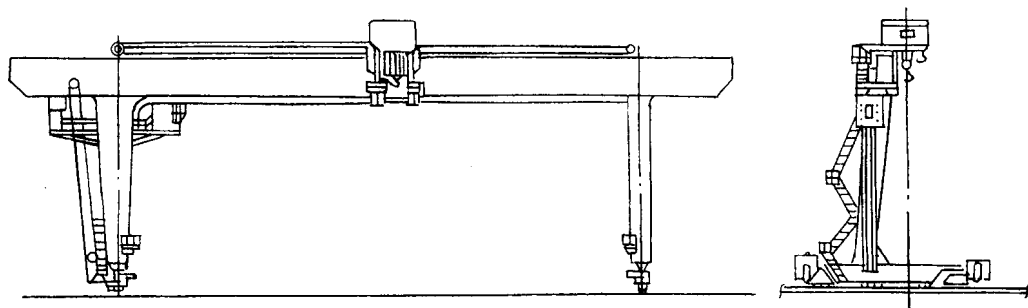
(e) 轮式起重机



(f) 履带式起重机



(g) 桥式起重机



(h) 龙门起重机

图 1-2 各种起重机械结构示意图

1.1.4 起重机的组成及其作用

各种类型起重机通常是由工作机构、金属结构、动力装置与控制系统四部分组成的。这四个组成部分及其功用分述如下。

1.1.4.1 工作机构

工作机构是为实现起重机不同的运动要求而设置的。要把一个重物从某一位置搬运到空间任一位置,则此重物不外乎要作垂直运动和沿两个水平方向的运动。起重机要实现重物的这些运动要求,必须设置相应的工作机构。不同类型的起重机,其工作稍有差异。例如桥式起重机[图1-2(g)]和龙门起重机[图1-2(h)],要使重物实现三个方向的运动,则设置有起升机构(实现重物垂直运动)、小车运行和大车运行机构(实现重物沿两个水平方向的运动)。而对于轮式起重机、履带式起重机和塔式起重机,一般设置有起升机构、变幅机构、回转机构和运行机构。依靠起升机构实现重物的垂直上下运动,依靠变幅机构和回转机构实现重物在两个水平方向的移动,依靠运行机构实现重物在起重机所能及的范围内任意空间运动和使起重机转移工作场所。因此,起升机构、运行机构、回转机构和变幅机构是起重机的四大基本工作机构。

1. 起升机构

起升机构是起重机最主要的机构,也是其最基本的机构。它是由原动机、卷筒、钢丝绳、滑轮组和吊钩等组成的,示意图见图1-3。原动机的旋转运动,通过卷绕系统变为吊钩的垂直直线运动。起重机因驱动形式的不同,驱动卷筒的原动机可为电动机或液压马达,也可机械传动中某一主动轴。当原动机为电动机或高速液压马达时,应通过减速器改变原动机的扭矩和转速。为了提高下降速度,起升机构往往设置离合器,使卷筒脱离原动机动力在重物自重作用下反向旋转,让重物或空钩自由下降。

大型起重机往往备有两套起升机构,吊大重量的称为主起升机构或主钩;吊小重量的称为副起升机构或副钩。副钩的起重量一般为主钩的 $1/5 \sim 1/3$ 或更小。

为使重物停止在空中某一位置或控制重物的下降速度,在起升机构中必须设置制动器或停止器等控制装置。

2. 变幅机构

起重机变幅是指改变取物装置中心铅垂线与起重机回转中心轴线之间的距离,这个距离称为幅度。起重机通过变幅,能扩大其作业范围。即由垂直上下的

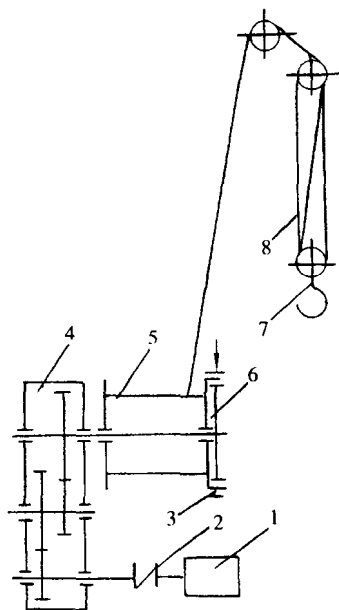


图1-3 起升机构

- 1 - 原动机; 2 - 联轴器; 3 - 制动器;
4 - 减速器; 5 - 卷筒; 6 - 离合器;
7 - 吊钩组; 8 - 滑轮组