



高等职业教育港口机械专业规划教材（试用）

港口起重机械

GANGKOU QIZHONG JIXIE

■ 李谷音 主编

■ 常 红 主审



921



人民交通出版社

China Communications Press

高等职业教育港口机械专业规划教材(试用)

Gangkou Qizhong Jixie

港口起重机械

李谷音 主编
常 红 主审



人民交通出版社

内 容 提 要

本书共分十章,主要介绍起重机零部件、机构的结构、组成和工作原理;起升机构和运行机构的计算;起重机抗倾覆稳定性;典型港口起重机;起重机课程设计。并有附表和参考图例,全部采用最新国家标准和部颁标准。

本书为高等职业教育港口机械专业规划教材,也可用于相关专业的职业技术培训和有关工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

港口起重机械/李谷音主编. —北京:人民交通出版社, 2004. 12 (重印 2008. 1)
ISBN 978 - 7 - 114 - 05352 - 8

I. 港… II. 李… III. 港口起重机
IV. U653. 921

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 115457 号

高等职业教育港口机械专业规划教材 (试用)

书 名: 港口起重机械

著 作 者: 李谷音

责任编辑: 钱悦良

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 85285656, 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 廊坊市长虹印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 19.25

字 数: 483 千

版 次: 2004 年 12 月 第 1 版

印 次: 2008 年 5 月 第 4 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 114 - 05352 - 8

印 数: 7001 ~ 9000 册

定 价: 35.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前言

交通职业教育教学指导委员会交通工程机械学科委员会自 1992 年成立以来,对本学科港口机械、筑路机械两个专业的教材编写工作一直十分重视,把教材建设工作作为学科委员会工作的重中之重,在“八五”和“九五”期间,先后组织人员编写了 10 多种专业急需教材,供港口机械和筑路机械两个专业内部使用,解决了各学校专业教材短缺的困难。

随着港口和公路建设事业的不断发展,港口机械和公路施工机械的更新换代速度加快,各种新工艺、新技术、新设备不断出现,对本学科的人才培养提出了更高的要求。另外,根据目前职业教育的发展形势,多数重点中专学校已改制为高等职业技术学院,中专学校一般同时招收中专和高职学生,本学科教材使用对象的主体已经发生了变化。为适应这一形势,交通工程机械学科委员会于 2000 年 5 月在云南交通学校召开了二届二次会议,制定了“十五”教材编写出版规划,并确定了“十五”教材编写的原则为:

1. 拓宽教材的使用范围。本套教材主要面向高职,也可用于相关专业的职业资格培训和各类在职培训,亦可供有关技术人员参考。

2. 教材内容难易适度,改变了以往教材内容偏多、偏深、偏难的现象,注重理论联系实际,便于学生自学。

3. 在教材内容的取舍和主次的选择方面,照顾广度,控制深度,力求针对专业,服务专业,对与本专业密切相关的内容予以足够的重视。

4. 教材编写立足于国内工程机械使用的实际情况,结合典型机型,系统介绍工程机械设备的基本结构和工作原理,同时,有选择地介绍一些国外的新技术、新设备,以便拓宽学生的视野,为学生进一步深造打下基础。

“十五”期间公开出版的港口机械专业教材共 6 种,包括《内燃机构造与原理》、《港口机械修理》、《计算机绘图基础教程》、《港口起重机械》、《港口输送机械与集装箱机械》和《港口电气设备》。

《港口起重机械》是高等职业教育港口机械专业规划教材之一,主要内容包括:起重机械概论,起重机零部件,起升机构、运行机构、变幅机构和回转机构,起重机抗倾覆稳定性和防风抗滑安全性,典型港口起重机,起重机课程设计。书中有内容完整的起升机构和运行机构计算实例,并附有数据和图表资料。

本书由南通航运职业技术学院李谷音编写并担任主编,上海海事大学高等技术学院常红主审。

本教材在编写过程中得到交通系统各院(校)领导和教师的大力支持,在此表示感谢!

编写高职教材,我们尚缺少经验,书中不妥和疏漏之处,敬请读者指正。

交通职业教育教学指导委员会
交通工程机械学科委员会

2004 年 3 月

目 录

第一章 起重机械概论	1
第一节 起重机械的工作特点和类型	1
第二节 起重机械的主要参数	13
第三节 起重机械的驱动装置	23
第二章 载荷计算与载荷组合	28
第一节 概述	28
第二节 载荷计算	28
第三节 载荷组合	34
第三章 起重机零部件	36
第一节 钢丝绳	36
第二节 滑轮、滑轮组和卷筒	41
第三节 吊钩装置和抓斗	54
第四节 制动器	66
第五节 减速器	77
第六节 安全保护与辅助装置	83
第四章 起升机构	98
第一节 概述	98
第二节 起升机构布置方案	99
第三节 起升机构的计算	103
第四节 起升机构计算实例	113
第五章 运行机构	121
第一节 概述	121
第二节 有轨运行支承装置	122
第三节 有轨运行驱动装置的构造	128
第四节 有轨运行机构的计算	133
第六章 变幅机构	142
第一节 概述	142
第二节 载重水平位移	143
第三节 臂架自重平衡	147
第四节 变幅驱动装置	149
第七章 回转机构	154

第一节 概述	154
第二节 回转支承装置	156
第三节 回转驱动装置	163
第八章 起重机抗倾覆稳定性和防风抗滑安全性	168
第一节 起重机抗倾覆稳定性	168
第二节 起重机防风抗滑安全性	171
第九章 典型港口起重机	172
第一节 5~50/10t 吊钩桥式起重机	172
第二节 M10—33 门座起重机	177
第三节 QLI6B 轮胎起重机	187
第十章 起重机课程设计	200
第一节 概论	200
第二节 起升机构计算	202
第三节 零部件计算	206
第四节 装配图、零件工作图的设计与绘制	216
第五节 编写设计计算说明书	222
第六节 课程设计答辩	222
附表一 钢丝绳	224
附表二 滑轮	229
附表三 卷筒	231
附表四 吊钩	235
附表五 抓斗	239
附表六 制动器	244
附表七 联轴器	247
附表八 滚动轴承	252
附表九 键	271
附表十 电动机	272
附表十一 减速器	285
附表十二 材料	290
附表十三 联接件	297
附表十四 润滑与密封	299
参考文献	302

第一章 起重机械概论

第一节 起重机械的工作特点和类型

起重机械是用来垂直升降重物,并可以使重物作短距离的水平移动,完成对重物的装卸、转运、安装等作业的机械。

一、起重机械工作的特点

起重机械是一种循环、重复、间歇运动的机械。起重机械的工作程序是:取物装置从取料地点由起升机构将物品提升,运行、回转或变幅机构使物品水平位移,然后起升机构使物品在指定地点下降;接着各个机构进行反方向运动,使取物装置回到原来的取料地点。这—个工作过程称为—个工作循环。—个工作循环完成后,再进行—次工作循环。起重机械就这样重复而周期性地动作,各个机构经常处于启动、制动以及正向、反向等相互交替的运动状态中。

二、起重机械的组成

起重机械种类繁多,但主要由工作机构、金属结构、驱动装置和控制系统 3 个基本部分组成。

1. 工作机构

工作机构是起重机械的执行机构,通过各个机构的动作,完成对物品的升降和水平移动,实现物品的装卸、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,针对某些起重机械的特殊需要,有的还设置臂架伸缩机构、放倒机构等。

起升机构是用来垂直升降物品的机构,是起重机械的基本工作机构;运行机构是使起重机械或起重小车沿着固定轨道或路面行走的机构;变幅机构是依靠臂架的俯仰或起重小车在臂架上运行而改变幅度的机构;回转机构是使起重机械的回转部分在水平面内绕回转中心转动,实现物品周向移动的机构。

工作机构的数目是根据起重机械的类型和使用要求而设置的,性能完备的臂架型起重机械具有 4 个工作机构;桥架型起重机械—般设置起升、运行(起重机械运行、起重小车运行)两个工作机构;构造简单的起重机械甚至只有—个工作机构,但任何一种起重机械必须具有起升机构。

2. 金属结构

金属结构是起重机械的骨架,决定了起重机械的结构形式。金属结构用来安装及布置驱动装置和工作机构;承受自重载荷和各种外载荷,并将这些载荷传递到起重机械的支承基础。臂架型起重机械的金属结构主要包括:臂架、人字架、转台、门架或车架、机房、支腿等;桥架型起重机械的金属结构主要有:主梁、端梁、小车架等。

3. 驱动装置和控制系统

驱动装置是用来驱动各个工作机构的动力设备,在很大程度上决定了起重机械的工作性能和构造特点。起重机械最常用的动力设备是交流电动机和柴油机。

通过控制系统可以实现工作机构的启动、调速、换向、制动、停止、安全报警等动作,还可提供起重机械的照明。

三、起重机械的类型

起重机械的类型很多,大致分为轻小起重设备、起重机、升降机三大类(图 1-1)。

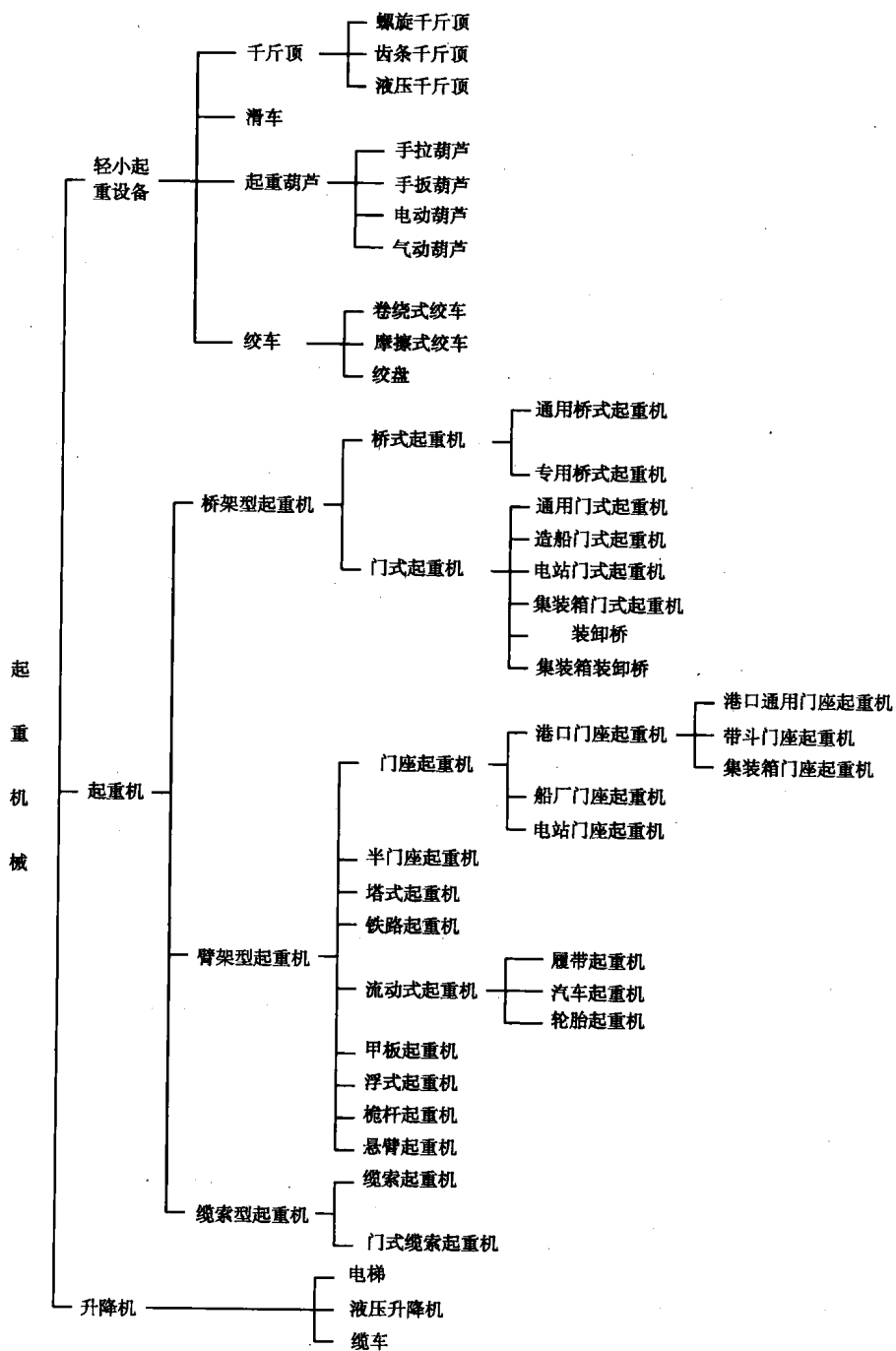


图 1-1 起重机械的类型

1. 轻小起重设备

轻小起重设备的结构紧凑、动作简单,一般只能完成提升或牵引运动,所以使用方便,是一种轻便起重机械。常用的轻小起重设备有:千斤顶、滑车、起重葫芦、绞车等。

1) 千斤顶

千斤顶是利用刚性承载件顶升重物的起重工具,起升高度不大,但顶升的能力可以很大。按照结构形式分为:螺旋千斤顶、液压千斤顶、分离式千斤顶等。螺旋千斤顶的起重量为 5 ~ 100t,起升高度 130 ~ 400mm;液压千斤顶的起重量为 1.5 ~ 500t,最大可达 750t,起升高度 90 ~ 200mm。近年来,国内不少千斤顶制造厂研究开发了多种千斤顶产品,其中液压千斤顶就有 8 个系列 100 多种规格(图 1-2)。

2) 滑车

滑车是由定滑轮组、动滑轮组和依次绕过定滑轮和动滑轮的钢丝绳组成的简易起重工具,一般与绞车或其他起重设备配套使用,用来吊装大型设备。滑车使用和携带方便、起重能力较大,HY 型系列滑车的起重重量范围是 1 ~ 50t; H 型系列滑车的起重重量范围是 0.5 ~ 80t(图 1-3)。

3) 起重葫芦

起重葫芦是将驱动、传动和制动装置安装在公共吊架上的一种起重工具,通过夹持、卷绕或放出挠性件,使取物装置升降。按驱动方式的不同,起重葫芦可分为:手拉葫芦、手扳葫芦和电动葫芦。

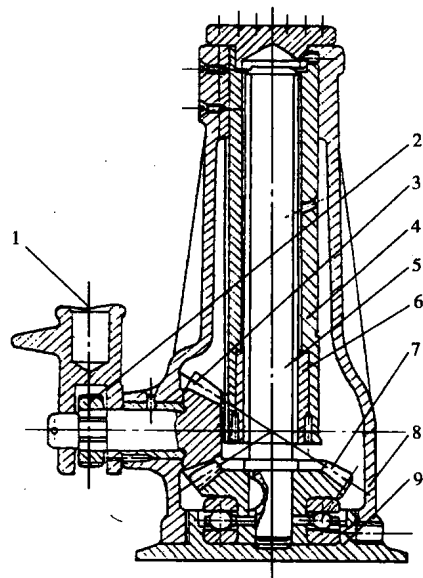


图 1-2 普通螺旋千斤顶

1-手柄;2-棘轮组;3-小锥齿轮;4-升降套筒;
5-螺杆;6-螺母;7-大锥齿轮;8-机架;9-底座

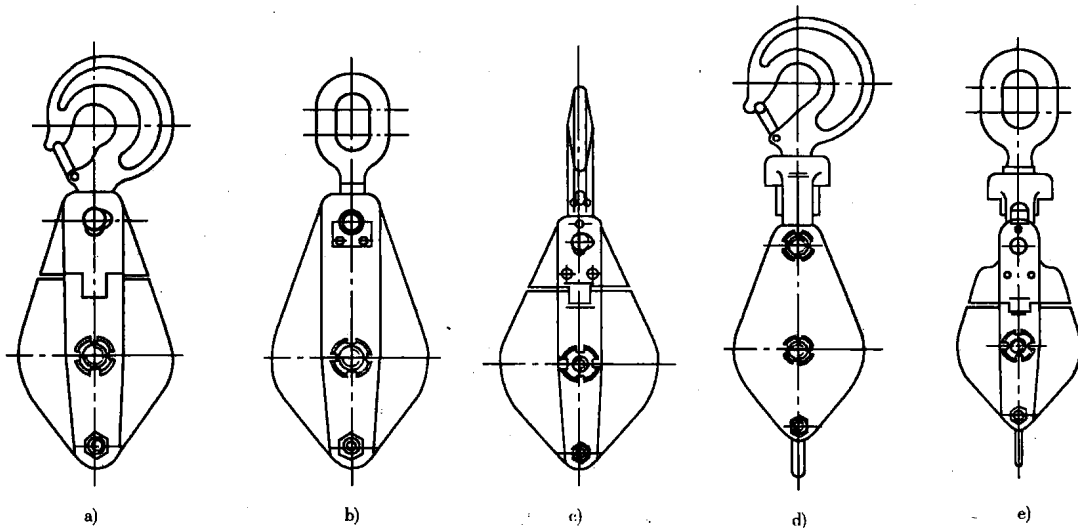


图 1-3 滑车

a)带滚针轴承吊钩型开口滑车;b)带滚针轴承链环型闭口滑车;c)带滑动轴承吊钩型开口滑车;d)带滑动轴承吊钩型闭口滑车;e)带滑动轴承双轮链环型开口滑车

(1) 手拉葫芦

手拉葫芦是由人力拉动曳引链,通过正齿轮传动或行星摆线针轮传动,卷入或放出起重链条,使取物装置发生升降。手拉葫芦装有载重制动器,依靠重物的重力产生制动力矩,可以使吊重悬在空中。

手拉葫芦可单独使用,也可作为手动单梁或双梁桥式起重机的起重小车,适用于机械设备的安装、维修和货物的装卸,尤其适合在无电源或易燃易爆的场所作业(图 1-4)。

(2) 电动葫芦

电动葫芦是将电动机、减速器、卷筒集合为一体的起重工具。可单独使用,也可配备行走机构作为电动单轨起重机、电动单梁或双梁桥式起重机、塔式起重机和门式起重机的起重小车。

根据承载构件的不同,电动葫芦可分为:钢丝绳式、环链式(采用焊接链)和板链式(采用片式关节链),其中钢丝绳式电动葫芦使用最广泛。

电动葫芦的起重量一般为 $0.1 \sim 10\text{t}$,根据需要可达 63t 或更大(图 1-5)。

4) 绞车

绞车又称卷扬机,它是由动力驱使卷筒卷绕或放出挠性件使重物起升或平移的起重装置。

绞车按其工作原理的不同分为:卷绕式绞车、摩擦式绞车和绞盘 3 种形式。

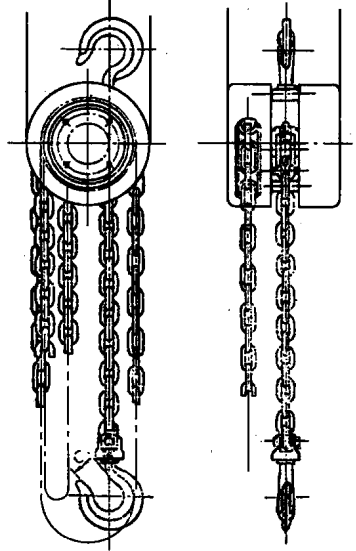


图 1-4 手拉葫芦

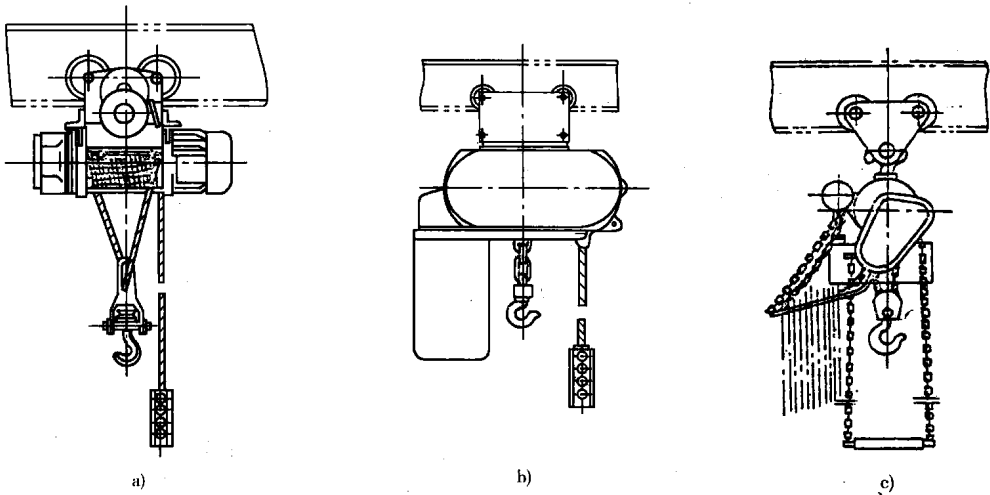


图 1-5 电动葫芦

a) 钢丝绳式; b) 环链式; c) 板链式

(1) 卷绕式绞车

卷绕式绞车由电动机、减速器、制动器、卷筒组成。挠性件的一端固定在卷筒上,另一端与取物装置相连。卷筒转动时,挠性件卷入卷筒或从卷筒放出。卷筒起着收、放和存储挠性件的作用。

(2) 摩擦式绞车

摩擦式绞车的卷筒是摩擦卷筒,即挠性件引入卷筒并在卷筒上缠绕数圈后,再从卷筒引出。当卷筒转动,挠性件一端绕入时,另一端同时放出,但缠绕在卷筒上的圈数不变。挠性件绕入端与绕出端之间的拉力差,即为挠性件的牵引力。

(3) 绞盘

绞盘是一种单卷筒摩擦式绞车。其卷筒外形呈凹弧形,挠性件一卷入绞盘即能沿着卷筒轴向自动地滑向弧底。因此,绞盘工作时,挠性件不会在卷筒上轴向位移(图 1-6)。

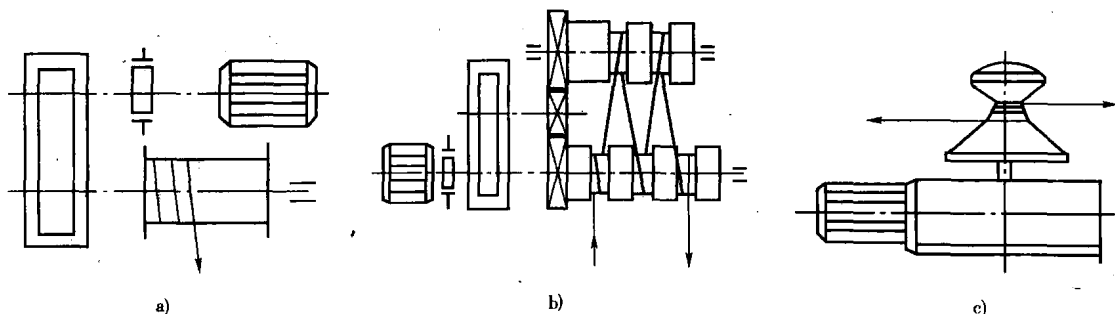


图 1-6 绞车示意图

a) 卷绕式绞车; b) 摩擦式绞车; c) 绞盘

2. 起重机

起重机是使悬挂在取物装置上的重物能在空间垂直升降外还能水平运动的起重设备。因此,起重机一般除了具有起升机构外,还有运行机构、变幅机构、回转机构中的一个或几个。

根据起重机结构特征和实现物品水平运动方式的不同,起重机可分为:桥架型、臂架型和缆索型三大类。

1) 桥架型起重机

桥架型起重机具有一个桥架形的承载构件,除了有起升机构外,一般还配有小车运行机构和大车运行机构。依靠这些机构的配合动作,能在长方形的空间内搬运货物。桥架型起重机主要包括桥式起重机、门式起重机(龙门起重机)、半门式起重机(半龙门起重机)。

(1) 桥式起重机

桥式起重机的桥架两端通过运行装置直接支承在高架轨道上,采用吊钩、抓斗或电磁吸盘等取物装置来装卸货物,通常用于车间、仓库或堆场等场所进行作业(图 1-7)。

桥式起重机的种类很多,按照结构形式的不同,可分为单主梁桥式起重机、双梁桥式起重机、挂梁桥式起重机、电动葫芦桥式起重机、带回转小车的桥式起重机等。

① 单梁桥式起重机

单梁桥式起重机的桥架,当跨度为 7~10m 时,采用单根工字钢作主梁;跨度较大时,常用工字钢与型钢组成桁构梁或桁架梁。桥架的支承方式为支承式或悬挂式。

单梁桥式起重机分手动、电动两种。手动单梁桥式起重机采用手动单轨小车作运行小车,用手拉葫芦作起升机构,各机构工作速度低,起重量通常为 0.5~10t。电动单梁桥式起重机一般采用自行式电动葫芦,大车运行采用分别驱动形式,工作速度、生产率比手动单梁桥式起重机高。

② 双梁桥式起重机

双梁桥式起重机由起升机构、大车运行机构、小车运行机构、桥架和小车架等组成。桥架

大多采用箱形结构。根据结构与用途的不同,双梁桥式起重机分为:吊钩桥式起重机、抓斗桥式起重机、电磁桥式起重机和抓斗、电磁(吊钩)桥式起重机。

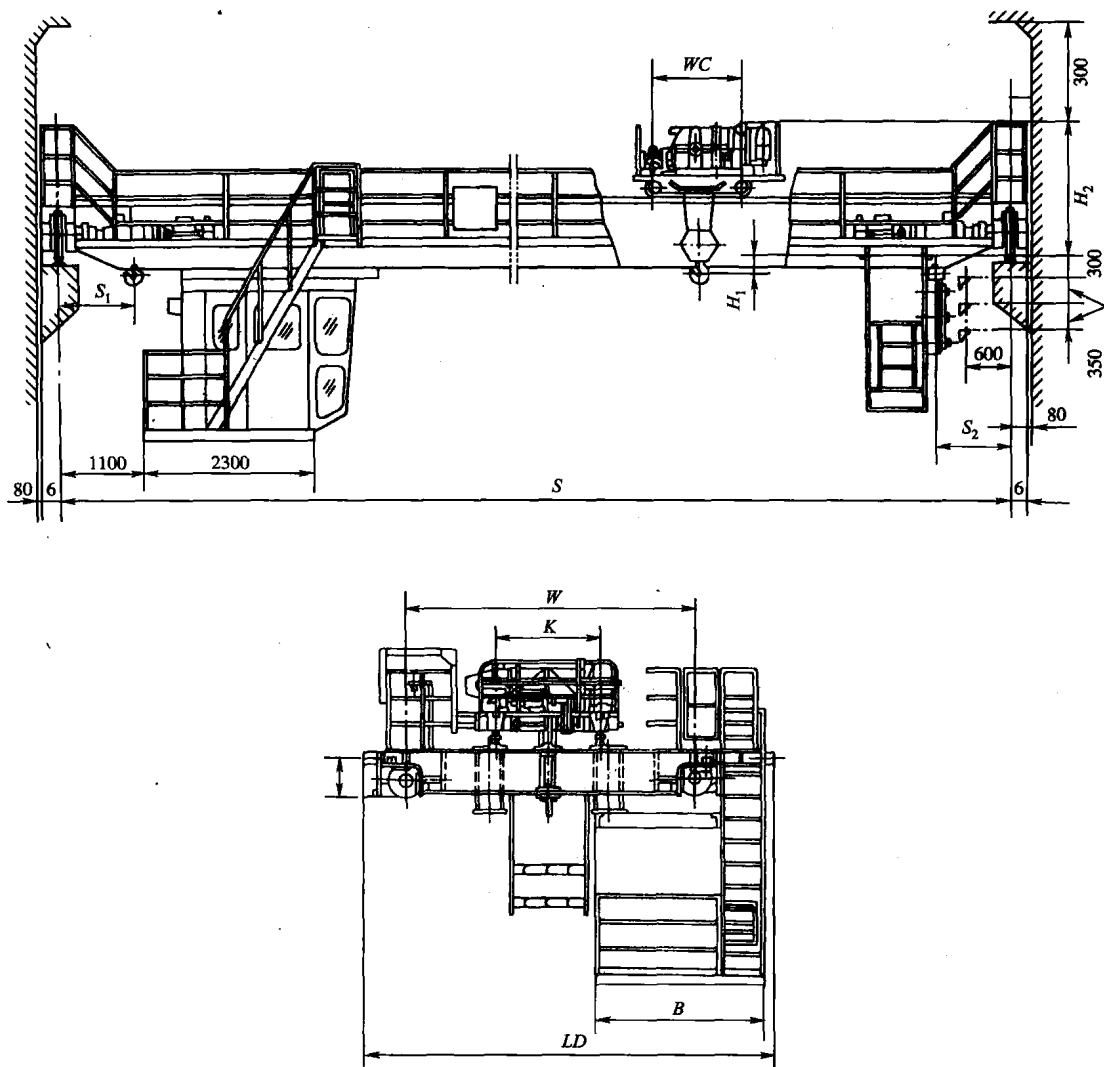


图 1-7 吊钩桥式起重机

(2) 门式起重机

门式起重机具有门形框架,承载主梁下安装两条支腿,支腿支承在地面的轨道上或地基上,主梁的两端可以有外伸悬臂梁。在港口,门式起重机主要用于露天的货场,采用吊钩、抓斗、电磁吸盘等取物装置,进行件杂货、散货的装卸、堆存作业。

门式起重机按主梁结构分为:单主梁门式起重机、双梁门式起重机;按悬臂形式分为:无悬臂门式起重机、单悬臂门式起重机、双悬臂门式起重机、铰接悬臂门式起重机和可伸缩悬臂门式起重机;按用途分为:通用门式起重机、造船门式起重机、水电站门式起重机、集装箱门式起重机和装卸桥等(图 1-8)。

装卸桥采用双绳抓斗或其他专用吊具作为取物装置,进行大批量的散状物料或成件物品的装卸或堆存作业。装卸桥的跨度通常大于 35m,起重量不大于 40t。起升机构和小车运行机

构是工作性机构,工作速度高,保证其有较高的生产率;大车运行机构是非工作性机构,速度较低。由于装卸桥的跨度较大,为了避免温差对金属结构产生的内应力,通常将一条支腿制成刚性的,另一条支腿制成柔性的(图 1-9)。

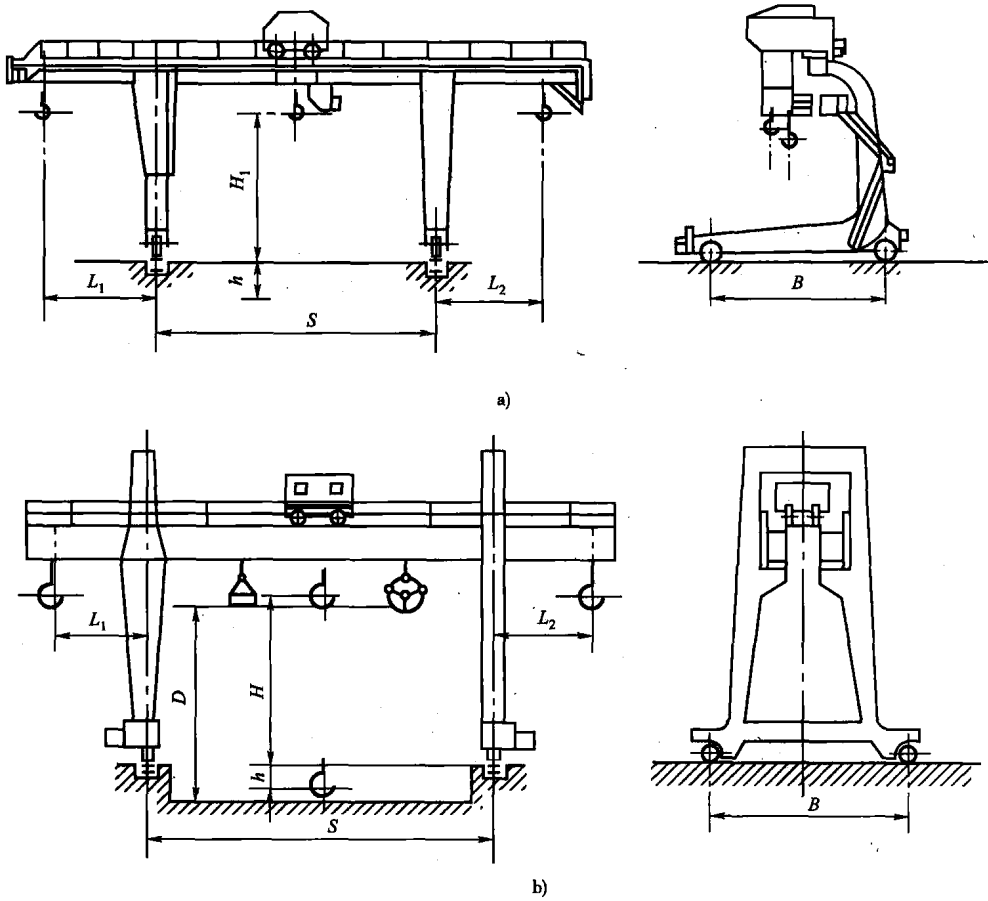


图 1-8 门式起重机

a)单主梁门式起重机;b)双梁门式起重机

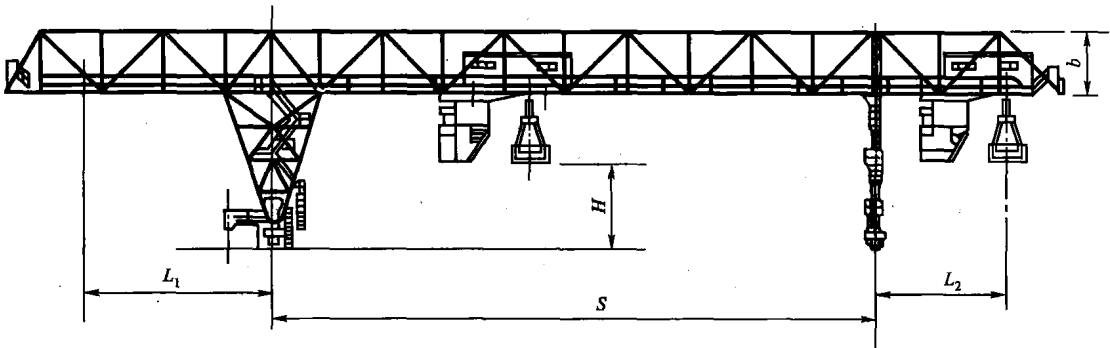


图 1-9 双悬臂桁架结构装卸桥

在港口码头前沿使用的岸边装卸桥跨度不大,临海侧的悬臂可以俯仰,采用钢丝绳牵引式小车。这种装卸桥采用抓斗装卸散货或用集装箱吊具装卸集装箱(图 1-10)。

2)臂架型起重机

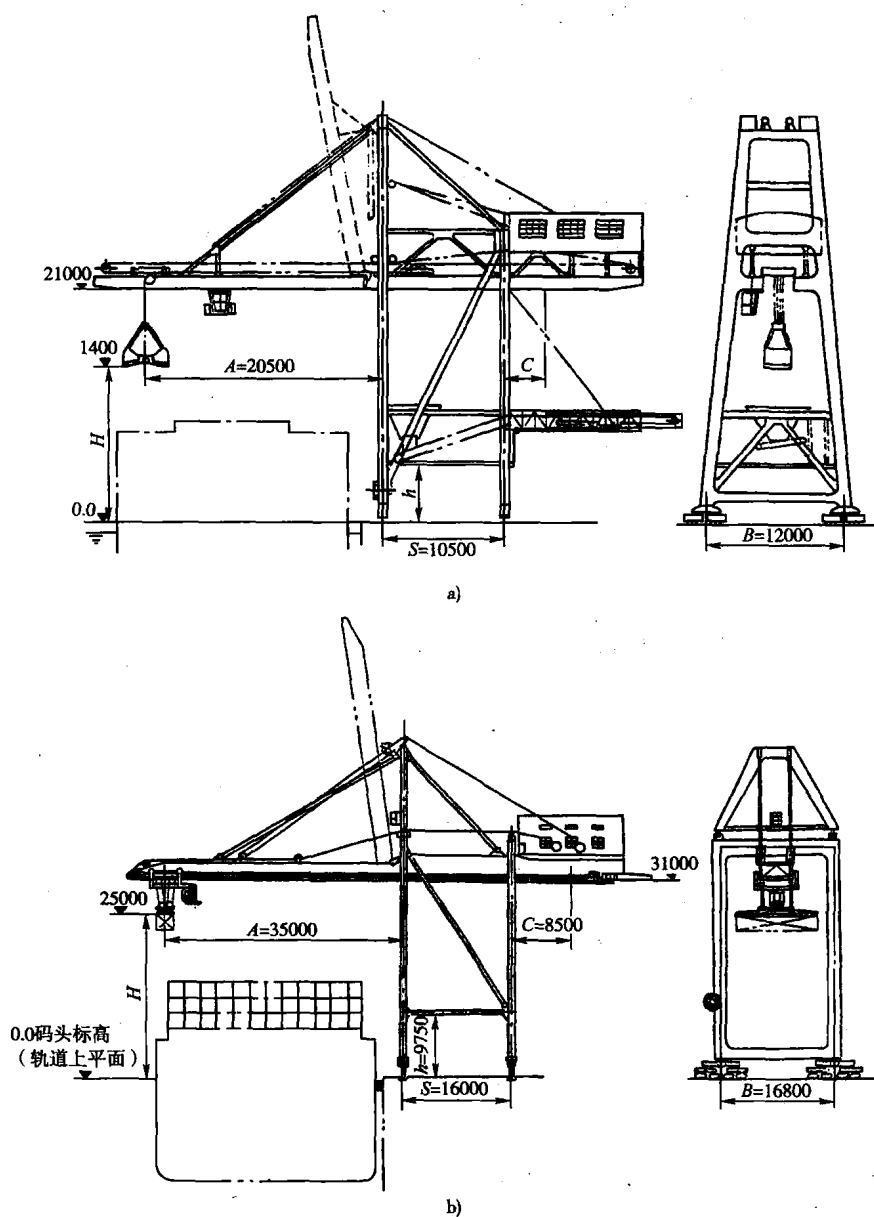


图 1-10 岸边装卸桥

a) 抓斗装卸桥; b) 集装箱装卸桥

臂架型起重机具有可承载的臂架，取物装置悬挂在臂架的顶端或挂在沿臂架运行的起重小车上。臂架型起重机除了有起升机构外，通常还有变幅机构、回转机构和运行机构。依靠这些机构的配合动作，能在环状圆柱形的空间内搬运货物。臂架型起重机主要包括门座起重机、半门座起重机、塔式起重机、铁路起重机、流动式起重机、浮式起重机和甲板起重机等。

(1) 门座起重机

门座起重机是回转式臂架型起重机，可沿铺设在地面的轨道运行，门架下方可通过铁路车辆或其他车辆。门座起重机具有起升、运行、变幅、回转四大工作机构，即可完成货物的升降、起重机运行、回转和带载变幅等动作。

门座起重机可分为港口门座起重机(港口通用门座起重机、带斗门座起重机、集装箱门座起重机)、船厂门座起重机和电站门座起重机等。港口门座起重机用于港口、码头、堆场等场所进行货物的装船、卸船、转载、过驳等作业,其起升高度和幅度大,工作速度高,是港口最主要的装卸设备(图 1-11)。

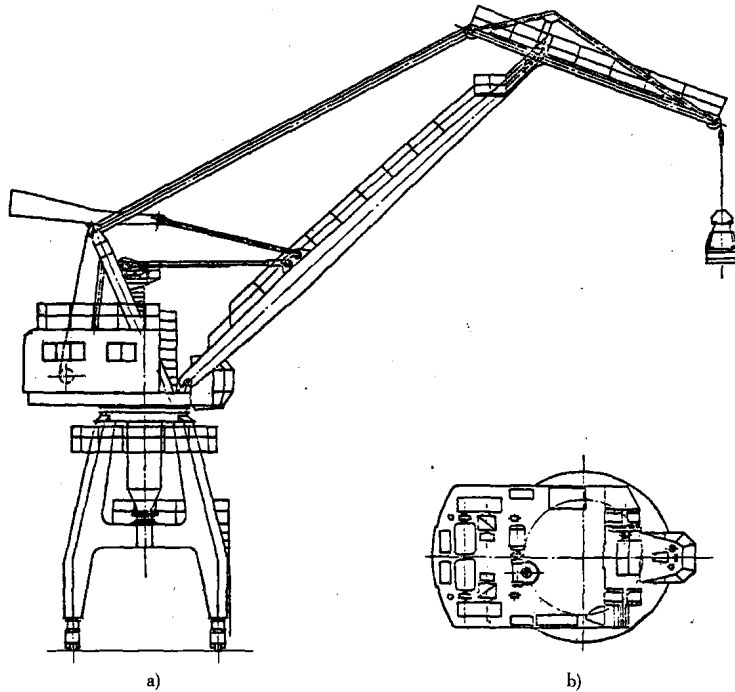


图 1-11 门座起重机

(2) 流动式起重机

流动式起重机是能在带载或空载的情况下,沿无轨路面运行的臂架型起重机。其工作范围广,流动性好。按底盘形式的不同,流动式起重机分为轮胎起重机、汽车起重机、履带起重机和特殊底盘起重机。

① 轮胎起重机

轮胎起重机是全回转臂架型起重机,装有充气轮胎和配备特制底盘,能在无轨路面上自行运行或牵引运行。轮胎起重机一般不能带载变幅,与汽车起重机相比,运行速度低,爬坡性能、越野性能和长距离行驶性能较差,但在平坦的路面上可以吊重行驶。轮胎起重机广泛地应用于港口、车站、货场、建筑工地等场所的装卸、安装工作(图 1-12)。

② 汽车起重机

汽车起重机采用通用或专用的汽车底盘作为运行底架,装有充气轮胎,能在无轨路面上自行行驶。汽车起重机大多采用内燃机驱动、液压传动形式,因此,特别适用于流动性大的不固定场所作业。为了保证作业安全,汽车起重机不允许吊重行驶(图 1-13)。

③ 履带起重机

履带起重机是以履带作为运行底架的臂架型起重机。因为履带与地面的接触面积大,所以,它能在松软的地面上行走和作业。履带起重机的爬坡能力大、通过性能好,但因其底盘笨重,会破坏硬化的路面,一般仅用于各种建设工地(图 1-14)。

(3) 塔式起重机

塔式起重机是臂架安装在高塔顶部的臂架型起重机。塔式起重机的起升高度大,可以回转,结构轻巧,便于装拆,广泛应用在工业与民用建筑、堤坝建设、电站建设等施工中,进行起重、安装、搬运作业。

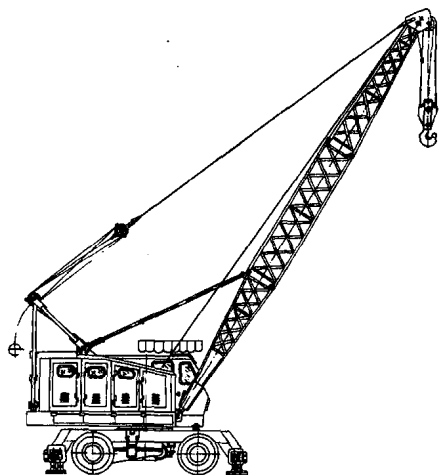


图 1-12 轮胎起重机

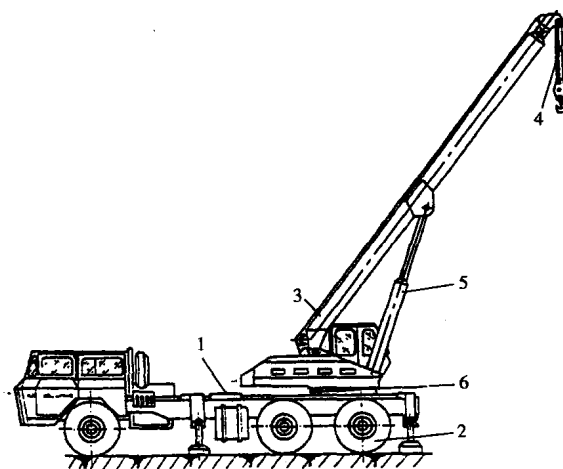


图 1-13 汽车起重机

1-车架;2-运行机构;3-臂架;4-起升机构;5-变幅机构;6-回转机构

塔式起重机按结构形式可分为固定式塔式起重机、移动式塔式起重机、自升式塔式起重机等(图 1-15)。

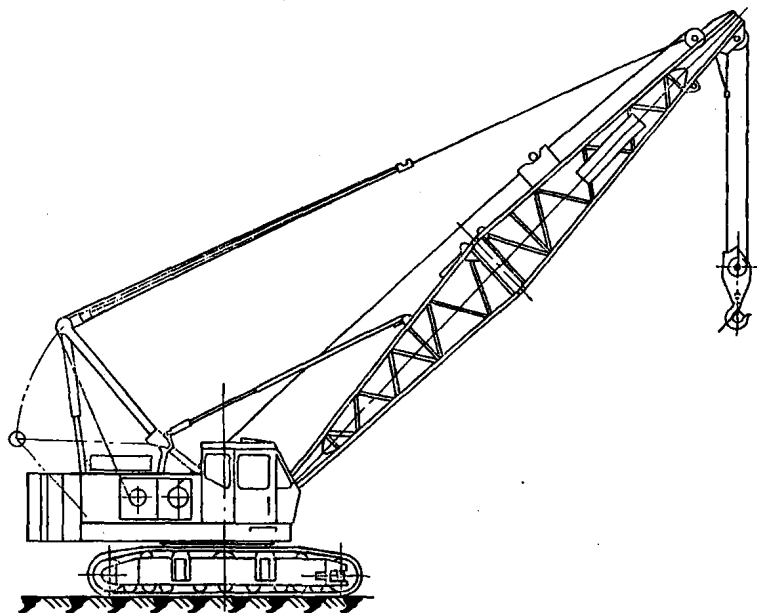


图 1-14 履带起重机

(4)浮式起重机

浮式起重机的起重装置安装在专用浮船上,能浮在水面上作业,可自航或由港作船拖航。浮式起重机有回转式和非回转式的,回转式浮式起重机工作范围大,使用性能好;当起重量特别大时,为了使起重机结构简单,自重减轻,可采用非回转式浮式起重机。

浮式起重机广泛用于海港、河港进行船舶装卸、过驳作业,特别适用重件货物的吊运和水位落差较大的内河码头前沿的装卸船作业。浮式起重机还可以用于大型设备安装、船舶修造、桥梁建筑、水上抢险、水下打捞等作业(图 1-16)。

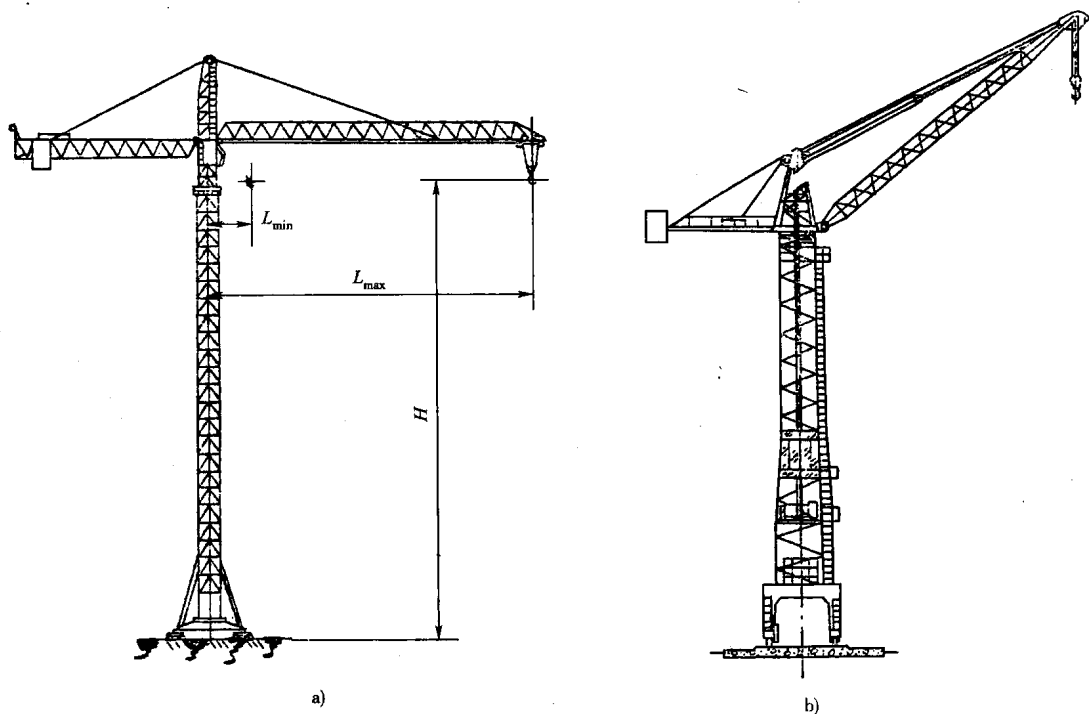


图 1-15 塔式起重机

(5) 固定式起重机

固定式起重机是固定在基础或支承基座上,只能在原地工作的起重机。固定式起重机一般具有起升、变幅、回转机构,各个机构由电动机分别驱动,可单独动作,也可协同动作。根据能否带载变幅,分为非工作性变幅固定式起重机和工作性变幅固定式起重机。

固定式起重机用于内河中小型港口的码头前沿装卸船舶作业,还可在堆场、货栈装卸件杂货或散货(图 1-17)。

3) 缆索型起重机

缆索型起重机是起重小车沿着架空的承载索运行的起重机。根据结构形式的不同,缆索型起重机分为缆索起重机和门式缆索起重机。

(1) 缆索起重机

当起重机的跨度特别大时,为了减轻桥架和整机的重量,常用缆索来代替桥架,供起重小车支承和运行使用,这类起重机称为缆索起重机。缆索起重机采用钢丝绳作为承载索,并将其两端分别固定在两支架的顶端,起重小车在承载索上运行。根据支架的动作方式不同,有固定式缆索起重机、平移式缆索起重机和辐射式缆索起重机。

图 1-18 是一台平移式缆索起重机。起升卷筒和起重小车的牵引卷筒都安装在主塔架上,在另一侧的副塔架上安装液压拉伸机,用来调整承载索的张力。为了减小起升绳和牵引绳的垂度,在起重机的跨中布置了若干个支索器。

承载索两端的支架分别在两侧平行轨道上运行。由牵引卷筒往返驱动牵引钢丝绳,使起重小车在承载索上往返运行。由于缆索起重机的跨度和起升高度很大,所以小车运行速度和