

港口起重机械

蒋国仁 主编
毕华林 主审



大连海事大学出版社

港口起重机械

蒋国仁 主编

毕华林 主审

大连海事大学出版社

(辽)新登字 11 号

图书在版编目(CIP)数据

港口起重机械/蒋国仁主编. —大连:大连海事大学出版社,1995.10
ISBN 7-5632-0915-8

I. 港… II. 蒋… III. 港口机械;起重机械 N. TH21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 17795 号

大连海事大学出版社出版

(大连市凌水桥 邮政编码 116024)

大连海事大学印刷厂印刷 大连海事大学出版社发行

1995 年 10 月第 1 版 1995 年 10 月第 1 次印刷

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:19.5

字数:487 千 印数:0001~2000 册

定价:26.80 元

内 容 提 要

本书主要介绍港口起重机械的构造、工作原理、设计计算原理和方法等方面的共性问题。共十三章,主要包括概论,设计计算原则,驱动,起重机专用零部件,起升、运行、回转和变幅机构设计计算,轮压、抗倾覆稳定性和防风抗滑安全性,以及安全辅助装置等。

本书结合港口实际,注意反映近年来起重机械学科技术的发展和进步,贯彻《起重机设计规范》(GB3811-83)及有关国家标准,采用国际单位制,为了有利于教与学,附有必要的数据和图表。本书内容系统完整,紧密联系港口实际,具有交通专业特色。

本书为高等院校起重运输与工程机械(港口机械)专业教材,也可作为其它有关专业教学参考书,并可供从事本专业有关工程技术人员参考。

前 言

本书是根据交通部高等学校起重运输与工程机械(港口机械)专业港口起重机械课程教学大纲的要求编写的。

本书根据专业培养目标的要求,结合港口实际,注意总结多年来的教学经验,在原交通系统高等学校内部教材港口起重机械的基础上编写的,在编写时注意到近年来起重机械学科领域技术的发展和进步;贯彻新制定的国家标准《起重机设计规范》(GB3811-83)及有关国家标准;采用国际单位制,为了有利于教与学,附有必要的数据和图表。

在内容安排上,按照少而精的原则,主要介绍港口起重机械的构造、工作原理和设计计算方法等共性问题。全书共十三章,主要包括:港口起重机械设计计算总则;起重机专用零部件;起重机主要工作机构;轮压和抗倾覆稳定性校核以及安全辅助装置等。

本书由武汉交通科技大学蒋国仁主编。蒋国仁编写第一章至第三章及第九章,沈元浩编写第八章,刘金华编写第四章至第七章,王红编写第十章,虞正平编写第十一章至第十三章。

武汉交通科技大学毕华林教授认真审阅了全书,并提出了宝贵的意见。在本书编写过程中,得到许多同志的支持和帮助,全书插图由龚昌启、党翠兰、常志谊等同志描绘,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,缺点和错误在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者

1994年10月

目 录

第一章 概论.....	1
§ 1-1 港口概述.....	1
§ 1-2 港口起重机械的现状与发展.....	3
§ 1-3 港口起重机的工作特点及基本型式.....	4
§ 1-4 起重机的主要技术参数	16
第二章 起重机设计计算总则	30
§ 2-1 起重机在外载荷作用下的破坏和失效主要形式	30
§ 2-2 作用在起重机上的外载荷	30
§ 2-3 传动机构的动载荷	38
§ 2-4 载荷组合	41
§ 2-5 许用应力和安全系数	44
第三章 驱动	48
§ 3-1 概述	48
§ 3-2 电力驱动的工作制及容量的确定	49
§ 3-3 内燃机驱动	55
§ 3-4 复合驱动	56
§ 3-5 人力驱动	57
第四章 钢丝绳及其卷绕装置	59
§ 4-1 钢丝绳	59
§ 4-2 滑轮与滑轮组	65
§ 4-3 卷筒	71
第五章 取物装置	78
§ 5-1 概述	78
§ 5-2 吊钩及吊钩组	79
§ 5-3 抓斗	86
§ 5-4 集装箱吊具.....	103
第六章 制动装置.....	112
§ 6-1 制动器的作用和分类.....	112
§ 6-2 块式制动器.....	115
§ 6-3 带式制动器.....	126
§ 6-4 盘式制动器.....	131
§ 6-5 离心制动器.....	134

§ 6-6 制动器的发热验算.....	135
§ 6-7 停止器.....	137
第七章 起升机构.....	142
§ 7-1 概述.....	142
§ 7-2 起升机构典型布置型式及构造.....	144
§ 7-3 起升机构设计计算.....	149
§ 7-4 港口起重机专用起升机构.....	156
第八章 运行机构.....	164
§ 8-1 概述.....	164
§ 8-2 有轨运行支承装置及其计算.....	166
§ 8-3 运行驱动装置的构造及其计算.....	179
第九章 回转机构.....	199
§ 9-1 回转机构的作用和类型.....	199
§ 9-2 回转支承装置.....	199
§ 9-3 回转驱动机构的主要型式及构造.....	216
§ 9-4 回转驱动机构的计算.....	221
第十章 变幅机构.....	233
§ 10-1 概述.....	233
§ 10-2 吊重水平位移系统设计.....	235
§ 10-3 臂架自重平衡系统的设计.....	251
§ 10-4 变幅驱动系统设计计算.....	258
第十一章 轮压.....	274
§ 11-1 起重机的支承反力与轮压.....	274
§ 11-2 臂架式回转起重机的支承反力计算.....	274
§ 11-3 桥架类型起重机支承反力的计算.....	277
第十二章 抗倾覆稳定性及防风抗滑安全性.....	280
§ 12-1 概述.....	280
§ 12-2 起重机抗倾覆稳定性验算.....	280
§ 12-3 臂架式和桥架式起重机抗倾覆稳定性验算.....	281
§ 12-4 浮式起重机的稳性验算.....	285
§ 12-5 起重机防风抗滑安全性.....	287
第十三章 安全辅助装置.....	289
§ 13-1 缓冲器.....	289
§ 13-2 起重量限制器和起重力矩限制器.....	292
§ 13-3 防风抗滑装置.....	296
主要参考文献.....	304

第一章 概 论

§ 1-1 港口概述

我国地大物博,海域辽阔,河流纵横,岸长水深,具有发展水运事业的优越条件。全国海岸线总长 18000 多公里,沿海 5000 多个岛屿,绝大多数海岸终年不冻,有发展海港的良好自然条件,长江、珠江、黑龙江三大运输水系以及遍布各地的众多内河河流,内河航道 1000 多条,港站 2000 多个,通航里程 10 万多公里,为我国发展远洋、沿海及内河运输事业开辟了广阔的前景。

水路运输是一种十分经济的运输方式,与铁路和公路运输相比较,具有许多优点:

(1)占地少。水路运输一般利用海洋和天然河流,不占或很少占用耕地。而铁路、公路平均每公里要占地 $20000 \sim 27000 \text{m}^2$ 。

(2)基本建设投资少,用工省,见效快。

(3)节省能源。据有关资料介绍,长江航运每千吨公里运输油耗仅为铁路的 40%,为公路的 12%。

(4)运量大。随着国际航运中船舶朝大型化发展,已有载重量达数 10 万吨的散货运输船和大型油轮;件杂货运输集装箱化,第三代集装箱船载箱量可达 1500~2000 标准箱,载箱量更大的第四代集装箱船已投入营运,而且水运可运输超重超大型的设备,这是铁路和公路所不能及的。

(5)运费低。水路运输费用只相当于铁路运输费用的 1/3 左右,公路运输费用的 1/5 左右。

水运的速度慢,船舶航行速度比火车和汽车的运行速度要慢得多,水运还受到自然条件如航道、气候等条件限制,随着现代科学技术的发展,船舶现代化及先进的通讯导航技术将会给航运事业带来新的变化。

随着我国社会主义建设的不断发展,改革开放政策的深入进行,我国沿海和内河运输量迅速增长,对外贸易量也不断增长和扩大。不断增长的原材料和产品的运输要求给港口造成了巨大的压力,要求港口建设先行并有更大更快的发展,而新的港口建成和投产,反过来又促进地区经济的发展和进步。因此,加强港口建设,扩大港口通过能力,是发展水运事业的一个非常重要而迫切的问题。

港口是水陆运输的连接点,是实现水运、铁路、公路之间综合运输的交通枢纽。它是由水上设施和陆上设施构成的运输综合体,供船舶停靠,货物装卸,旅客上下,因此,应具有足够的岸线长度。以及铁路、公路、装卸机械设备及其它辅助设施。港口不仅在货物及旅客的输送过程中,对加快车船周转,提高运输效率和降低运输成本起重要作用,它还推动港口城市的发展发挥积极作用,是国家对外实行开放的重要门户。

港口的主要任务是装卸和接运货物,有的港口同时兼有客、货运输业务。装卸的货物有:工业原料、产品、粮食、煤炭、化肥、五金钢材、日用百货等。既有散装,也有袋装、箱装、桶装、罐装,货种复杂,规格不一,为了改善港口装卸作业的劳动强度,提高港口装卸效率,同时为了适应各

类货种的装卸搬运的要求,人们研制了并在继续不断开发研制各种类型的港口装卸机械及工属具,这对提高港口吞吐能力,实现港口机械化起着重要的作用。例如,近十多年采得到迅速发展的集装箱运输,使集装箱机械发展十分迅速,可以称之为水路运输的一次技术革命,对船舶、港口都起着很大的影响。

应该指出,实现港口机械化,现代化的关键是港口装卸工艺的现代化,而现代化的装卸工艺又是以先进的机械化系统为基础的。一台装卸机械的高效率并不能保证整个装卸工艺过程的高效率,只有整个装卸作业系统中的机械设备都是高效的,并且配合协调,才能发挥作用。因此,人们越来越十分注意,根据港口的自然条件和营运条件合理地设计装卸机械化系统,使先进的装卸机械和合理的系统相结合,实现港口的机械化和现代化。

我国港口的发展经历了一个漫长的时期,在港口发展的历史上,有着悠久的历史,早在 8 世纪到 14 世纪,福建省泉州港曾盛极一时,有世界大港之称。

然而,贫穷落后的旧中国,水运事业十分落后,建国初期,沿海只有 6 个港口,200 多个泊位,其中深水泊位仅 61 个,装卸机械 100 多台,港口设备落后,简陋不堪,肩挑背扛现象十分普遍,全部海港年吞吐量不过数百万吨。

新中国成立以后,随着国民经济的恢复和发展,国家对沿海港口进行了有计划的改造和扩建。60 年代后期,我国外贸海运量急剧增长,港口码头泊位不足成了国民经济发展中的薄弱环节,压船压港情况严重,为了改变这种情况,1973 年周恩来总理发出了“三年改变港口面貌”的重要指示,是加速我国港口发展的重大战略决策。经过 20 多年的努力,现已建成一批散货、件杂货、石油、客运码头,以及供油、供水、航修等相应设施。到 1993 年底,我国沿海主要港口泊位达到 1046 个,其中深水泊位(万吨级以上)342 个,最大泊位(如原油)已经达到 20~25 万吨,煤炭泊位达到了 10 万吨级,集装箱泊位达到 5 万吨级。内河航道到 1993 年底,将近 11 万公里,港口吞吐量达 6.8 亿吨。兴建了一批现代化的散货专用码头和集装箱码头。进入 90 年代,我国现代化港口建设又跃上了一个新台阶,上海港年吞吐量已达 1.3 亿吨,进入世界大港的行列,秦皇岛港已成为亚洲最大的现代化煤港,我国的集装箱运输也初步形成以天津、上海、广州三个港口为重点辐射全国的国际集装箱运输系统。

与此同时,我国以三江两河(长江、珠江、黑龙江、京杭运河、淮河)为主体的内河航运事业也有较大的发展。建国初期,长江干线只有 17 个港口 72 个码头,少量的装卸机械。现在已有数十个港务局,400 多个码头,上千台装卸机械,内河干线的港口已初具规模,港站星罗棋布,港口机械化程度日益增高。三峡大坝的建设,将大大改善长江航运状况,使长江干线的港口得到更快的发展。

交通运输是国民经济的大动脉,是联系社会生产、交换、分配和消费的纽带,对促进生产的发展、改善人民生活、巩固国防和对外开放都具有十分重要的作用。针对我国交通运输发展滞后于国民经济发展的状况,国家确定优先发展交通运输事业,提出了“交通运输要发展以综合运输体系为主轴的交通业”的方针,交通部提出了“统筹规划、条块结合,分层负责建设公路主骨架、水运主通道、港站主枢纽,相应发展与其相关的支持保障系统。”即“三主一支持”的长远发展规划。根据这一规划,港站主枢纽:将重点发展与公路主骨架、水运主通道相连接的江海港口和公路交通枢纽,对 1.84 万公里的大陆海岸线和主要海岛的港口建设规划为东北、华北、山东、江浙、长江三角洲、福建、华南等七个规划布局区域。在每个片区发展 1~2 个大型枢纽港,2~3 个大型骨干港和若干个小型港口,以形成大中小结合,可以满足各地区多方面、多层次、

多渠道的沿海港口网。

按照这个规划,到2000年,我国沿海港口的深水泊位将达到650个,吞吐能力翻一翻多,达到11亿吨。我国港口建设将进入一个全面发展的新时期。

§ 1-2 港口起重机械的现状与发展

随着国际贸易的迅速增长,国际海运技术的发展具有新的特点。

(1)随着货物运输朝着散装化、集装化方向发展,运输船队的船舶数量急剧增加,并朝着大型化方向发展。

(2)货流集中于设备现代化程度高的大港口。

(3)港口作业区按货种类型,倒载和运送方式实行高度专业化。

(4)港口随着其毗连的工业区的工业化发展而综合发展。

(5)建设可以接纳现代化船舶的深水泊位或深水区。

这些新特点将对改革开放中的我国沿海港口机械产生很大的影响。

我国港口机械基本上是在新中国成立以后,从无到有逐步发展起来的。港口门座起重机是港口装卸作业的主要起重设备。在旧中国,我国不能制造门座起重机,50年代初,湛江港从匈牙利进口八台起重量为5t门座起重机。1958年,由上海港机厂试制成功第一台5t门座起重机以来,经过不断的改进和发展,现在已形成MQ型港口门座起重机系列,不仅满足了港口发展的需要,而且还出口到国外。1975年制定和颁布了港口门座起重机基本参数系列。此外,还先后设计研制了起重量为16t的带斗门座起重机;适用于船厂和安装用起重量为20t到200t,幅度达45m以致更大的门座起重机,150t门座起重机已向国外出口。起重量为500~900t的浮式起重机;装卸能力为1500t/h的桥式抓斗卸船机已设计制造满足港口需要。

集装箱运输具有高效、安全、价廉、货损小等优点,我国从70年代初开始发展已取得了令人瞩目的发展,1978年颁布了国家标准《货物集装箱外部尺寸及重量系列》,在我国已能完全设计制造用于集装箱码头的主要装卸机械,如岸边集装箱起重机、轮胎式集装箱龙门起重机、轨道式集装箱龙门起重机,集装箱正面吊运机、集装箱叉车、集装箱跨运车和拖挂车等,并已向美国、加拿大等国家出口。近年来在国际航线上出现了超1AA型集装箱,促使岸边集装箱起重机械相应提高其起重重量,增大外伸距和起升高度,加大净空高度,朝大型化方向发展。

发展中的一些现代专业化码头,为了提高生产率,采用专用机械,这些专用机械由起重和输送机械的工作机构结合在一起,更有效发挥机械效能。如近年来由武汉交通科技大学研制开发的悬链式链斗卸船机,生产能力从150~1200t/h等系列产品,在冶金、电力、煤炭等专业化码头推广使用,成为一种很受欢迎的散货卸船机械。

我国港口起重机械的发展是高速的,基本满足了港口建设发展的需要,但与先进工业国家相比较,与港口现代化要求仍然存在许多差距,需要我们奋发图强,为振兴我国港机事业而努力。

根据国外起重机械技术的发展,以及国际航运技术发展的新特点,今后一个时期,港口起重机械主要发展趋势是:

(1)发展大型、专用的装卸机械。以适应船舶大型化、货物装卸散装化、集装化发展需要。如港口大型岸边集装箱起重机,轮胎龙门起重机,正面吊运机,高生产率的抓斗卸船机等。

(2)减轻机器自重,实现起重机械的轻型化,包括采用新的结构型式,新材料,新的传动机构,新工艺等。例如在起重机金属结构中采用高强度低合金钢制造。采用优化设计,可靠性设计等新的设计理论和方法,在减轻自重同时提高起重机的可靠性和使用寿命。

(3)将机械技术与电子技术结合,单机设计与机械化作业系统相结合。将先进的微机控制(PLC控制)、光纤技术、液压技术等运用到机械的驱动和控制系统,以改善起重机工作性能。例如变频调速在起重机的控制系统中应用,使起重机在启动、制动时的平稳性大大改善,取得了十分明显的效果。

(4)人机工程学的应用。例如在减小起重机振动、噪声方向;在起重机司机室的合理布置及舒适性方面;在起重机的安全技术等方面采取措施,以改善起重机工作性能和提高其安全性、舒适性和可靠性。

(5)新的装卸搬运技术的研究。包括用自动存取系统的自动化仓库,气垫搬运技术等。例如近年发展起来的大型起重机械整机搬运的新工艺。

(6)标准化,系列化,规范化。例如对大批通用的起重机械主要性能参数,主要机构及零部件实现标准化、系列化对于提高生产率、降低生产成本,改善产品性能及维修保养都具有积极意义。目前国内、外许多工厂都对本厂产品制定有系列。我国在1983年颁布实施的《起重机设计规范》,对起重机设计的规范化,以及和国际标准(ISO)接轨起到重要作用,成为我国起重机设计、制造的主要依据规范。

§ 1-3 港口起重机的工作特点及基本型式

一、港口起重机械的工作特点和组成

港口装卸机械是用来完成船舶与车辆装卸、库场的堆码、拆垛和转运,以及舱内、库内、车内作业的起重运输机械。按其工作特点分为起重机械,输送机械,装卸搬运机械及专用机械四大类。

港口起重机械是一种间歇动作机械,它具有短暂、重复、周期性循环的工作特点。起重机在搬运物料时,通常经历着上料,运送,卸料以及回到原处的作业过程。各工作机构作往复周期性的运动,例如起升机构的工作由货物的升、降和空载取物装置的升、降所组成。在起重机的每一个工作循环中,其有关的工作机构都要作一次正向和反向的运动。起重机械与连续输送机械的主要区别在于起重机械以周期性短暂往复工作循环搬运物品,而连续输送机械则以长期连续单向的运动来运送物品。正是由于这一基本差异决定了这两类不同类型的机械在构造和设计计算上的许多重要差别。

起重机械的种类繁多,但就其基本组成而言,主要由下列三个基本部分组成。

1. 工作机构

它是起重机械不同运动的执行机构,是为实现起重机不同运动而设置的。其作用是实现被吊运物品的升降和平移运动,从而实现物品的装卸、转载、搬运、安装作业要求。起重机常用的工作机构有起升机构、运行机构、变幅机构及回转机构,即四大机构。此外针对某些起重机的特殊使用要求,有时还设有伸缩机构、放倒机构等。在所有这些机构中,实现物品垂直升降运动的起升机构是起重机械的基本工作机构,其它机构则是配合起升机构工作实现物品搬运的辅助机构,可以根据不同类型的起重机械和使用要求设置。如臂架类型的门座起重机通常设有四个

工作机构,而桥架类型起重机则设有起升、小车运行和大车运行三个机构。但作为基本工作机构的任何一种起重机械都是必不可少的。

2. 金属结构

它是起重机械的支持构架,决定了起重机械结构型式,它用来支承工作机构物品和自重的重力以及外部载荷等,并将这些外载荷传递到起重机械的支承基础。例如臂架类型起重机的金属结构包括臂架、人字架、转台、门架或车架等部分,桥架类型起重机的金属结构包括桥架主梁、端梁、支腿等构件。

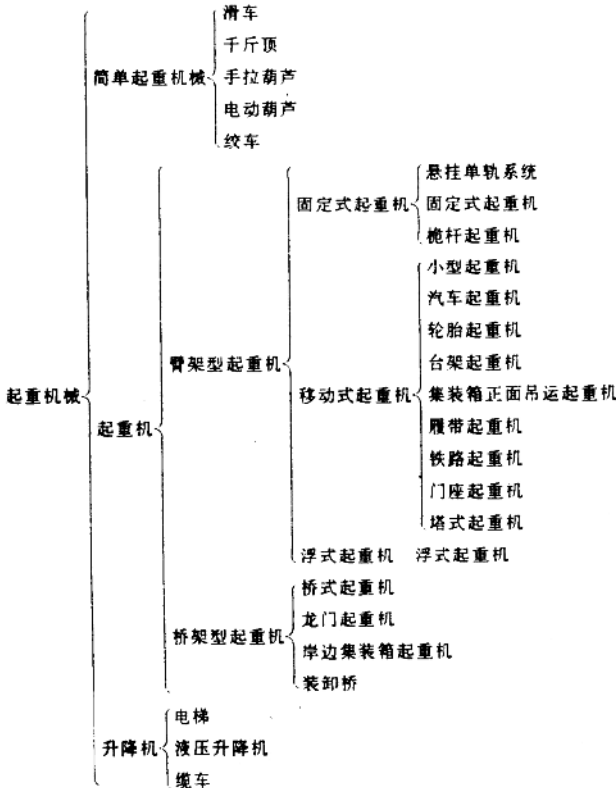
3. 动力装置和控制系统

动力装置是起重机的动力源,它在很大程度上决定了起重机的性能和特点。控制系统是控制各机构的执行的系统,通过控制系统实现工作机构的起动、调速、换向、制动和停止等动作。还包括起重机上的照明、安全装置的控制及联络等。

二、起重机械的类型

起重机械的型式很多,通常分为:简单起重机械,起重机,升降机三类。

起重机械分类表



1. 简单起重机械

简单起重机械起升高度小,结构简单,一般只有一个工作机构(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、葫芦、绞车等。

2. 起重机

起重机是实现在一定范围内垂直提升和水平搬运货物的机械,配备有两个以上的工作机构,除起升机构外,还有回转机构、运行机构、变幅机构等机构中的一种或几种,可以实现两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。

按其构造特征和实现物品水平搬运方式不同,起重机主要分为两大基本类型:

(1) 臂架类型起重机(图 1-1~1-10)

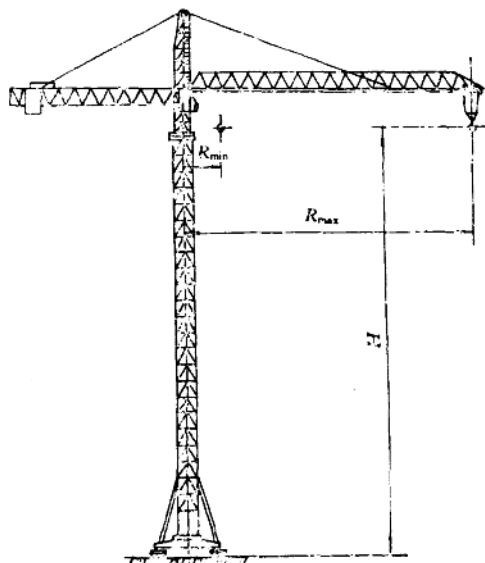


图 1-1 塔式起重机

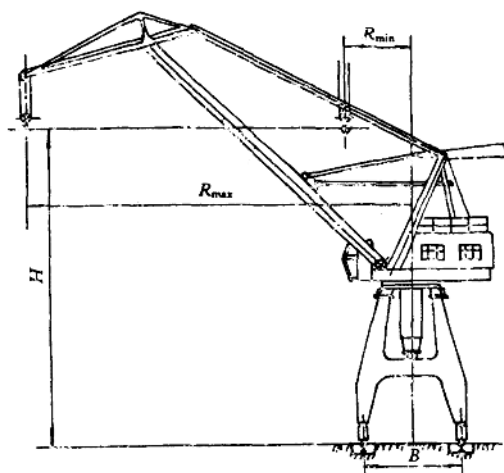


图 1-2 门座起重机

臂架类型起重机的共同特点,是具有可摆动的承载臂架,除具有起升机构外,为了扩大物品的搬运范围,还有回转机构、变幅机构及运行机构。有的汽车起重机还具有臂架伸缩机构。浮式起重机为了使其拖航时能满足过桥梁下净空高度的要求,配置了放倒机构。主要有门座起重机,塔式起重机,轮胎式起重机,履带起重机等。

(2) 桥架类型起重机(图 1-21~1-21)

桥架类型起重机的共同特点,是有一个桥架形的承载结构。这类起重机依靠起升机构和水平面内两个相互垂直方向作平移运动的运行机构,能在长方形空间内搬运货物。如机械制造车间广泛使用的桥式起重机,龙门起重机,装卸桥,缆索起重机等。

3. 升降机(图 1-22)

升降机是一种沿垂直方向提升货物的升降设备,吊笼可沿导轨作升降运动,其承载部分是货箱或平台。如电梯,升降平台等。

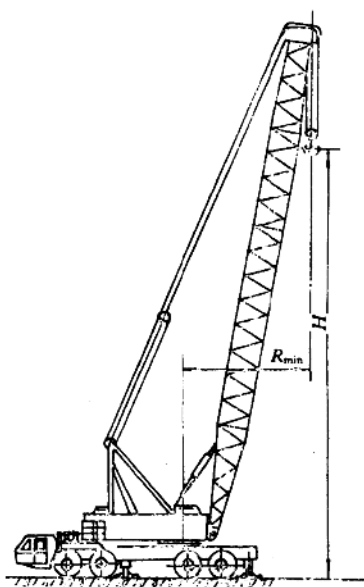


图 1-3 汽车起重机

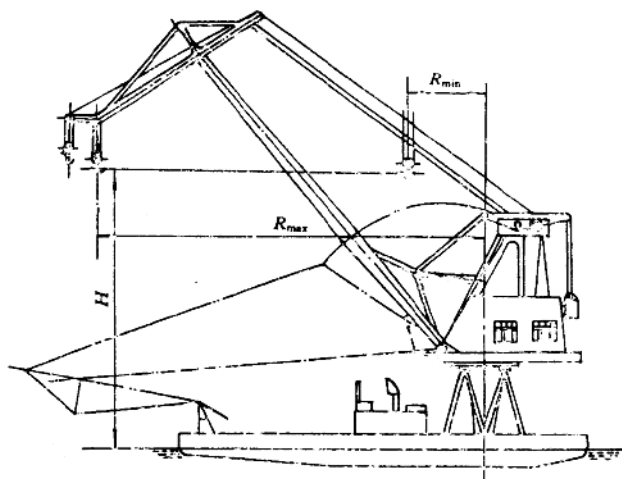


图 1-4 浮式起重机

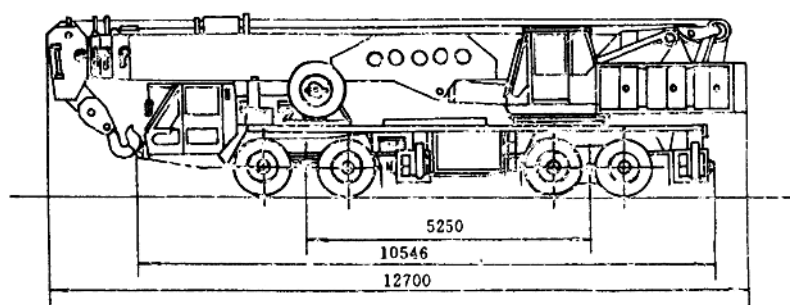


图 1-5 40t 汽车起重机

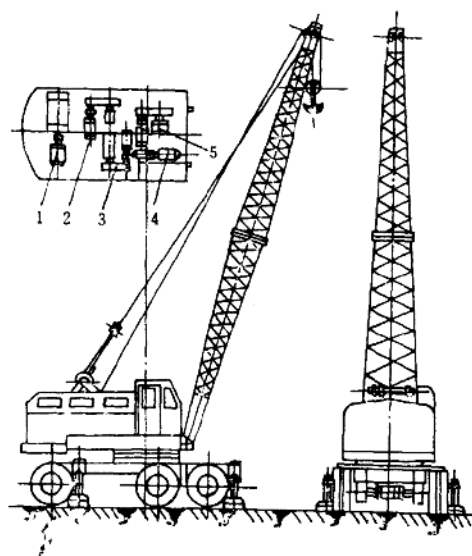
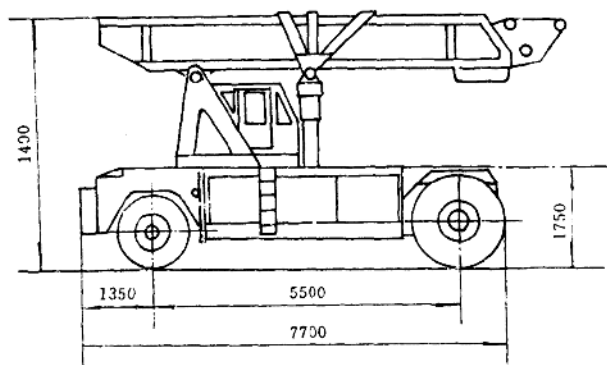


图 1-6 16t 轮胎起重机

1 发电装置, 2 变幅机构; 3-主起升机构; 4-旋转机构; 5-副起升机构



单位: mm

图 1-7 集装箱正面吊运起重机

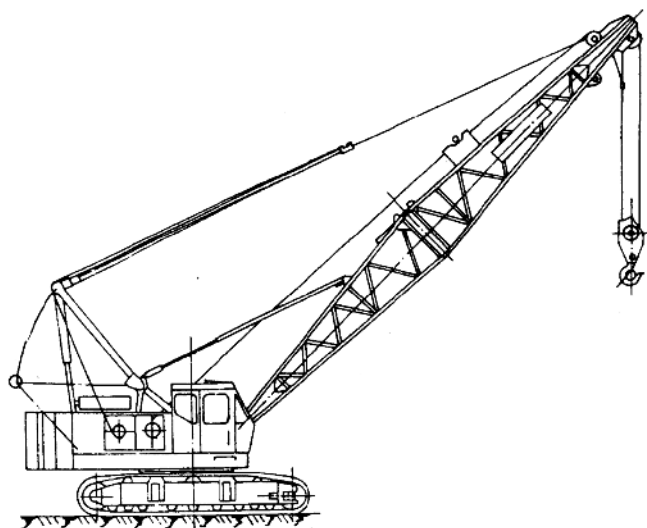


图 1-8 履带起重机

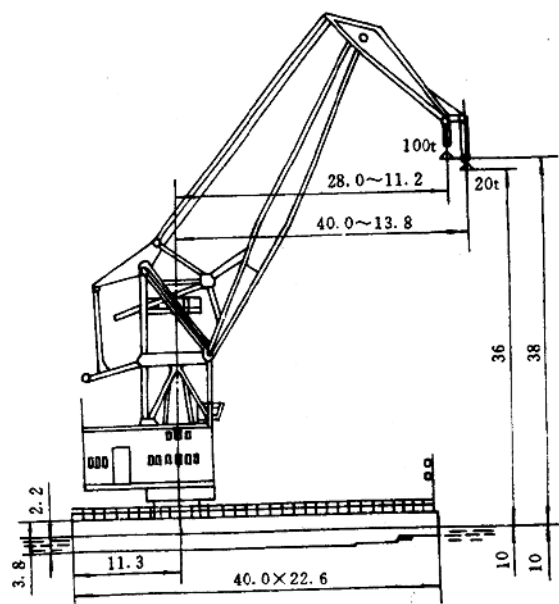


图 1-9 回转式浮式起重机

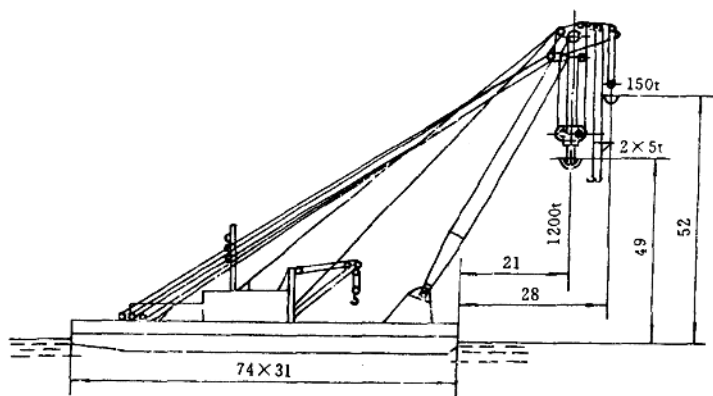


图 1-10 非回转式浮式起重机

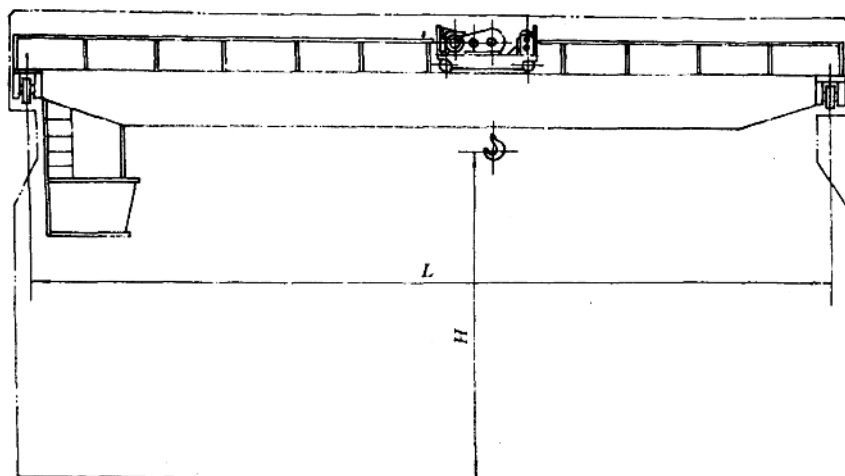


图 1-11 桥式起重机

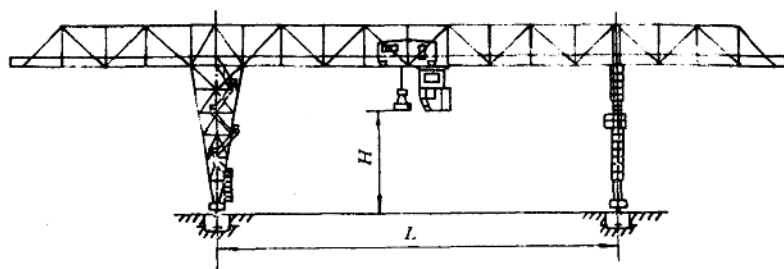


图 1-12 龙门起重机