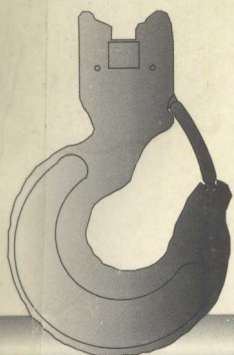


锅炉压力容器压力管道及特种设备安全系列教材



起重机械技术检验

主编 王福绵

主审 杨立治 何毅 王晓雷

QIZHONG JIXIE JISHU JIANYAN



学苑出版社

起重机械技术检验

主编 王福绵

主审 杨立治 何毅 王晓雷

图书在版编目 (CIP) 数据

起重机械技术检验/王福绵主编. —北京: 学苑出版社, 2000.12
ISBN 7-5077-0192-1

I. 起… II. 王… III. 起重机械-检验 IV. TH210.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 79965 号

学苑出版社出版发行

北京市万寿路西街 11 号 100036

北京龙华印刷厂印刷 新华书店经销

787×1092 开本 31 印张 775 千字

2000 年 12 月北京第 1 版 2000 年 12 月北京第 1 次印刷

印数: 0001—3000 册 定价: 47.50 元

前 言

随着人类生产活动规模的不断扩大，起重机械的应用越来越广泛。起重机械作业引起的伤害事故，在国内外工业生产中均占有较大的比例。为进一步提高检验人员的技术素质，加强起重机械检测检验工作，减少和防止起重伤害事故，国家质量技术监督局锅炉压力容器安全监察局组织编写了这本供起重机械检验人员培训学习用的教材。

本书根据现行国家标准的内容和现场检测的实际需要，针对起重机械从设计制造到使用各个环节中涉及人身和设备安全问题，系统介绍了最具典型意义的桥门式起重机、塔式起重机、流动式起重机、门座起重机和施工升降机等类设备的结构原理、设计制造及安装维修要求、常见故障及其排除等内容。并重点介绍检验内容、要求及检验方法，力求全面、细致和具有可操作性。书后还备有习题集供培训者学习。因此，本书既是起重机械检测检验人员必备的教材，又是起重机械设计、制造、安装、修理、管理人员的参考书。

本书由王福绵主编，杨立治、何毅、王晓雷主审。

本书作者由辽宁起重机械安全检验中心、大连起重机器集团、沈阳建筑机械厂和大连理工大学等单位有多年工作经验的同志组成。各章节的主要编写人员是：第一章王福绵；第二章王福绵、王中平；第三章吴岩、屈舒；第四章张兴柱、王安琦、王福绵，曲尔刚、赵国；第五章梅昆；第六章屈福政、梅昆；第七章尤建阳、王福绵、史向东、薛林。本书的习题集由王福绵、吴岩、赵国、梅昆编写。

本书由国家质量技术监督局锅炉压力容器安全监察局组织审稿。北京起重机研究所冷鸿德、北京特种设备检验中心赵伯锐等对本书提出了宝贵的修改意见，在此表示衷心地感谢！

限于编者的水平和经验，难免有疏漏错讹之处，恳请读者和专家提出宝贵意见。

编者

二〇〇〇年七月

目 录

第一章 起重机械概述

第一节	起重机械的工作特点及发展趋势·····	(1)
第二节	起重机械的分类及主要参数·····	(3)
第三节	起重机设计的基本要求·····	(11)

第二章 起重机主要零部件

第一节	吊具·····	(18)
第二节	钢丝绳及索具·····	(31)
第三节	滑轮及滑轮组·····	(47)
第四节	卷筒·····	(51)
第五节	齿轮与减速器·····	(52)
第六节	制动装置·····	(57)
第七节	联轴器·····	(63)
第八节	车轮与轨道·····	(64)
第九节	主要零部件的选择计算·····	(66)

第三章 起重机安全装置

第一节	位置限制与调整装置·····	(70)
第二节	防风防爬装置·····	(77)
第三节	安全钩、防后倾装置和回转锁定装置·····	(83)
第四节	起重量限制器·····	(85)
第五节	力矩限制器·····	(91)
第六节	防碰装置·····	(96)
第七节	危险电压报警器·····	(99)

第四章 桥、门式起重机

第一节	桥、门式起重机的分类·····	(100)
第二节	桥、门式起重机的构造及设计要求·····	(102)
第三节	起重机的桥架制造·····	(112)
第四节	桥、门式起重机的小车·····	(128)
第五节	桥、门式起重机的大车运行机构·····	(134)
第六节	门式起重机的安装与架设·····	(139)
第七节	桥、门式起重机的润滑保养及故障排除·····	(145)
第八节	桥、门式起重机机械部分技术检验·····	(149)
第九节	桥、门式起重机的电气系统·····	(182)

第十节 桥、门式起重机电气系统的检验..... (202)

第五章 塔式起重机

第一节 塔式起重机的分类组成及性能..... (218)

第二节 塔式起重机结构..... (224)

第三节 塔式起重机机构..... (236)

第四节 塔式起重机的电气系统..... (249)

第五节 塔式起重机的安全装置及附属装置..... (256)

第六节 塔式起重机的安装架设及使用注意事项..... (262)

第七节 塔式起重机的常见故障及排除方法..... (276)

第八节 塔式起重机的检验..... (280)

第六章 流动式起重机

第一节 流动式起重机的分类及结构特点..... (294)

第二节 流动式起重机的机构组成..... (300)

第三节 流动式起重机的常见故障及排除方法..... (319)

第四节 流动式起重机的危险因素及使用注意事项..... (324)

第五节 流动式起重机的检验..... (328)

第六节 流动式起重机电气系统及其安全检验..... (349)

第七章 其它类型起重机械

第一节 门座起重机..... (353)

第二节 桅杆起重机..... (375)

第三节 电动葫芦..... (385)

第四节 施工升降机和简易升降机..... (404)

第五节 高处作业吊篮..... (434)

第六节 擦窗机..... (445)

习题集..... (460)

第一章 起重机械概述

第一节 起重机械的工作特点及发展趋势

起重机械是现代工业生产不可缺少的设备，被广泛地应用于各种物料的起重、运输、装卸、安装和人员输送等作业中，从而大大减轻了体力劳动强度，提高了劳动生产率。有些起重机械还能在生产过程中进行某些特殊的工艺操作，使生产过程实现机械化和自动化。

起重机是以间歇、重复的工作方式，通过起重吊钩或其他吊具起升、下降，或升降与移物料的机械设备。它在搬运物料时，经历上料、运送、卸料及返回原处的过程，工作范围较大，危险因素很多。电梯和升降机是在垂直方向上沿导轨运行，用轿厢或吊笼输送人员和物料的起重运输设备。被提升在空中的人员、设备等的安全，决定于提升钢丝绳和一些安全装置的有效性，要求的安全程度较高。

一、工作特点

综合起重机械的工作特点，从安全技术角度分析，可概括如下：

1. 起重机械通常具有庞大的结构和比较复杂的机构，能完成一个起升运动、一个或几个水平运动。例如，桥式起重机能完成起升、大车运行和小车运行三个运动；门座起重机能完成起升、变幅、回转和大车运行四个运动。作业过程中，常常是几个不同方向的运动同时操作，技术难度较大。

2. 所吊运的重物多种多样，载荷是变化的。有的重物重达几百吨乃至上千吨，有的物体长达几十米，形状很不规则，还有散粒、热融状态、易燃易爆危险物品等，使吊运过程复杂而危险。

3. 大多数起重机械，需要在较大的范围内运行，有的要装设轨道和车轮（如塔吊、桥吊等），有的要装设轮胎或履带在地面上行走（如汽车吊、履带吊等），还有的需要在钢丝绳上行走（如客运、货运架空索道），活动空间较大，一旦造成事故影响的面积也较大。

4. 有些起重机械，需要直接载运人员在导轨、平台或钢丝绳上做升降运动（如电梯、升降平台等），其可靠性直接影响人身安全。

5. 暴露的、活动的零部件较多，且常与吊运作业人员直接接触（如吊钩、钢丝绳等），潜在许多偶发的危险因素。

6. 作业环境复杂。从大型钢铁联合企业，到现代化港口、建筑工地、铁路枢纽、旅游胜地，都有起重机械在运行；作业场所常常会遇有高温、高压、易燃易爆、输电线路、强磁等危险因素，对设备和作业人员形成威胁。

7. 作业中常常需要多人配合，共同进行一个操作，要求指挥、捆扎、驾驶等作业人员配合熟练、动作协调、互相照应，作业人员应有处理现场紧急情况的能力。多个作业人员之间的密切配合，存在较大的难度。

上述诸多危险因素的存在，决定了起重伤害事故较多。根据有关资料统计，我国每年起

重伤害事故的因工死亡人数，占全部工业企业因工死亡总人数的 15% 左右。为了保证起重机械的安全运行，国家将它列为特种设备加以特殊管理，许多企业都把管好起重设备作为安全生产工作的关键环节。

二、发展历史及趋势

随着社会生产力的发展和人民生活水平的提高，起重机械在不断地发展和完善。这是因为，起重机械是物流机械化系统中的重要设备。社会化大生产愈发展，人民生活水平愈提高，物料搬运和人员的输送量就愈大，起重机械的应用范围也就愈广泛。根据人类生产和生活的需要，许多具有特殊用途的新型设备不断出现。

简单的起重运输装置的诞生，可以追溯到公元前 5000~4000 年的新石器时代末期。那时，我国劳动人民已能利用这些简单装置开凿和搬运巨石，砌成石棺、石台，用以埋葬和纪念死者。公元前 2800 年，古埃及人在建造金字塔中，曾采用滚子、斜面和杠杆运送石块、石碑等重物。公元前 1765~1760 年之间（商朝），我国劳动人民开始使用一种由杠杆、对重和取物装置组成的最简单的起重装置——桔槔来汲水，以后，到了公元前 1115~1079 年间，我国劳动人民开始采用辘轳汲水，这是人类最早用人力驱动的绞车（卷扬机），它是现代绞车的雏形。公元前 120 年以后，国外一些书籍中对起重运输设备陆续有了记载，如公元 120 年，盖隆的著作中描述了幅度不变和幅度可变的起重机，并记载了自锁式蜗轮传动装置、齿轮、起重卷筒等零部件。公元 1490~1550 年，阿格里高拉在其著作中对旋转起重机作了描述。1597 年，劳利尼在著作中描述了齿条举重器，船舶卸货用的旋转起重机，以及幅度可变的运行式建筑起重机和浚泥船。在里昂那达、达·芬奇等人的著作中，对起重机械的构造和主要零部件（自锁式蜗轮传动装置、齿轮、卷筒、离合器等）作了较详尽的描述。1742 年，罗蒙诺索夫在著作中介绍了俄国乌拉尔工厂制造并安装使用的矿井升降机和臂架上带有小车的旋转式起重机。1793 年，俄国的一位机械师费道尔·包尔士为彼得堡铁路工厂设计了一台起重辘轳式起重机。

进入 18 世纪以后，英、法、德、美和匈牙利、意大利等国的机械工业发展较快。特别是 1765 年，瓦特发明了蒸汽机，蒸汽机的应用大大推进了起重机械的发展。1927 年，出现了第一台用蒸汽驱动的固定式旋转起重机。1846 年，出现了液力驱动的起重机。

19 世纪下半叶，世界上出现了铁路，一些工业比较发达的国家为了满足港口、码头等地吊运物资和其它装备的需要，对起重机械提出了新的要求，以前那些用人力驱动、低效率、固定式的起重机已经达不到要求，取而代之的是轨道式起重机。1869 年，美国首先制成了第一台 40 吨的蒸汽轨道起重机，接着英国科尔斯公司于 1879 年制成一台 3.5 吨的轨道式抓斗起重机。

电力驱动装置的出现，同样是起重机发展史上的转折点。1885 年制成了第一台电力驱动的旋转起重机。1887 年制成了电力驱动的桥式起重机。1889 年在码头出现了门座和半门座起重机。1902 年和 1917 年，英国的科尔斯公司分别制成电传动的和内燃机机械传动的轨道式起重机。1916 年，美国开始制造硬橡胶实心轮胎的自行式起重机。1918 年，德国生产出第一批履带式起重机。1922 年，英国开始制造以汽油机为动力的电传动汽车起重机。1937 年，英国制成充气轮胎的轮式起重机，行驶速度达 15.3km/h，大大提高了工作效率。第二次世界大战之后，各国都将主要力量放在国民经济的发展上，尤其是遭受战争破坏的国家，在恢复和建设过程中，急需大量起重运输机械，促使起重机械得到了极其迅速的发展。同

时, 由于机械制造技术的提高, 焊接技术的发展, 使得起重机的质量、产量大大提高, 结构大大改善, 品种也越来越丰富。如从 1950 年英国制造了世界第一台 20 吨汽车起重机后, 60 年代中期, 美、英、德等工业发达国家就在起重量上相继突破百吨大关。目前, 世界上最大的桥式起重机的起重量为 1200 吨, 最大的门式起重机的起重量为 2000 吨。桁架臂半拖挂汽车起重机的最大起重量达到 1000 吨, 最大的履带起重机起重量已达 3000 吨, 大型浮式起重机的起重量可达 6500 吨。由于高性能金属材料的采用和材料加工能力的提高, 起重机零部件的性能和寿命也不断提高, 整机使用寿命一般规定在 10 年以上。由于电动机、电气控制技术和液压技术的发展, 近年来起重机电力驱动的品质和自动化水平也大为提高。

起重机的发展趋势, 将主要体现在如下几个方面: 1. 重点产品大型化。起重机的起重量将会越来越大, 以满足特殊工程的需要。2. 通用产品轻量化。将广泛采用新材料和采用合理的结构形式, 以减轻设备自重。采用新的结构形式, 主要是在梁、臂的截面形式上下功夫, 如汽车起重机吊臂采用八角形截面或带有变形孔的伸缩臂; 采用新的计算方法, 如有限单元法与结构力学的有机结合, 并配合使用电子计算机, 精确计算应力值, 避免设计中的“肥梁胖柱”; 采用新材料, 起重机结构件将越来越多地采用高强度钢, 零部件逐渐采用塑料, 现在滑轮已经采用铸尼龙材料, 缓冲器采用了聚氨脂材料, 国外还有采用碳纤维强化塑料 (比重是钢的 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$, 强度是钢的 3~5 倍) 代替起重机部分结构件的趋势。3. 高速化以满足生产率日益提高的要求。4. 多样化。将向同一设备可使用多种工作装置的要求发展, 扩大使用范围。5. 最优化。将普遍采用先进的设计计算方法, 并配用电子计算机进行优化设计, 以选择合理的结构形式。6. 通用化。力求提高系列产品零部件的通用率。7. 液压化。主要体现在轮式起重机向全液压传动发展。8. 安全化。起重机械的可靠性、安全性和舒适性将成为评价设备的重要指标; 特别是安全性, 将作为评价先进性的头等重要指标。例如, 在安全防护装置的配备、司机室的合理布置、以及减少振动和噪声等方面, 都将会作为制造厂家设计原则的一部分。9. 自动化。采用微机系统控制和操作遥感控制技术越来越多。

第二节 起重机械的分类及主要参数

一、起重机械的种类

起重机械按其功能和构造特点, 可分为三类。第一类是轻小型起重设备。其特点是轻便, 构造紧凑, 动作简单, 作业范围投影以点、线为主。第二类是起重机。其特点是可以使挂在起重吊钩或其他取物装置上的重物在空间实现垂直升降和水平运移。第三类是升降机。其特点是重物或取物装置只能沿导轨升降。这三类起重机械, 又是由许多结构和工作用途不同的起重机械组成的, 见表 1-1。表中的起重机类别都是按结构特点分类的。

除此以外, 起重机还有多种分类方法。按取物装置和用途分类, 有吊钩起重机、抓斗起重机、电磁起重机、冶金起重机、堆垛起重机、集装箱起重机和救援起重机等; 按运移方式分类, 有固定式起重机、运行式起重机、自行式起重机、拖引式起重机、爬升式起重机、便携式起重机、随车起重机等; 按驱动方式分类, 有支承起重机、悬挂起重机等; 按使用场合分类, 有车间起重机、机器房起重机、仓库起重机、贮料场起重机、建筑起重机、工程起重机、港口起重机、船厂起重机、坝顶起重机、船上起重机等。

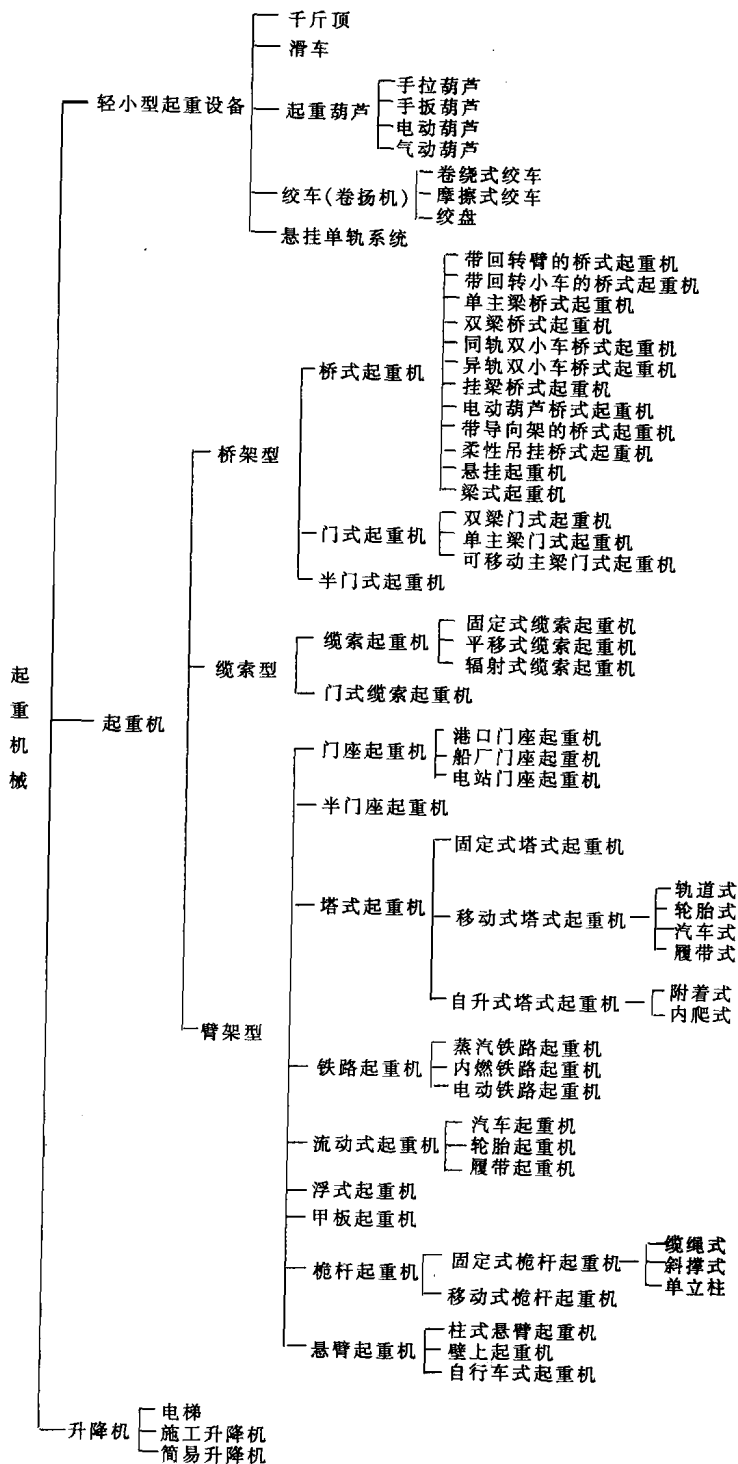


表 1-1 起重机械的类别

二、起重机械的主要参数

起重机械的参数，是表明起重机械工作性能的指标，也是设计的依据。在起重吊运作业中，这些参数又是选用各类起重设备的依据。

(一) 起重量 G

起重量 G （过去常用字母 Q 表示），是指被起升重物的质量，单位为千克（kg）或吨（t）。一般分为额定起重量、最大起重量、总起重量、有效起重量等。

1. 额定起重量 G_n

额定起重量，是指起重机能吊起的重物或物料连同可分吊具或属具（如抓斗、电磁吸盘、平衡梁等）质量的总和。对于幅度可变的起重机，如塔式起重机、汽车起重机、门座起重机等臂架型起重机，其额定起重量是随幅度变化的。其名义额定起重量，是指最小幅度时，起重机安全工作条件下允许提升的最大额定起重量，也称最大起重量 G_{max} 。为了能表示几个幅度范围的起重量，有时用分数形式来表示，如 15/10/7.5 即表示额定起重量根据不同的幅度分为 15 吨、10 吨、7.5 吨三种。

通常情况下所讲的起重量，都是指额定起重量。

为了设计、制造系列标准化，国家制定了起重量系列标准，见表 1-2。所有新设计的起重机械额定起重量及辅助起升机构的额定起重量，均应符合标准系列数值。具有特殊性能的起重机械的额定起重量，亦应符合或尽量靠近标准系列的数值。

表 1-2 最大起重量系列（ISO 2374: 1983）（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		

注：应避免选用括号中的最大起重量数值。

2. 总起重量 G_t

总起重量，是指起重机能吊起的重物或物料，连同可分吊具和长期固定在起重机上的吊具或属具（包括吊钩、滑轮组、起重钢丝绳以及在臂架或起重小车以下的其他起吊物）的质量总和。

3. 有效起重量 G_p

有效起重量，是指起重机能吊起的重物或物料的净质量。如带有可分吊具抓斗的起重机，允许抓斗抓取物料的质量就是有效起重量，抓斗与物料的质量之和则是额定起重量。

(二) 跨度 S

桥架型起重机运行轨道轴线之间的水平距离称为跨度，用字母 S 表示（过去常用字母 L 表示），单位为米（m）。电动桥式起重机的系列已有国家标准系列，见表 1-3。

表 1-3 3~250t 电动桥式起重机跨度 (GB790—65)

厂房跨度 S_c (m)		9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
起重机跨度	$G_n = 3 \sim 50t$	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	—
S (m)	$G_n = 80 \sim 250t$	—	—	—	16	19	22	25	28	31	34

图 1-1 是起重机跨度的示意图。
桥式起重机的跨度依厂房的跨度而定： $S = S_c - 1.5 (2) \text{ m}$ 。在跨度系列中，一般是每 3m 为一级。

(三) 轨距 k

轨距也称轮距，按下列三种情况定义：

1. 对于小车，为小车轨道中心线之间的距离；

2. 对于铁路起重机，为运行线路两钢轨头部下内侧 16mm 处的水平距离；

3. 对于臂架型起重机，为轨道中心线或起重机行走轮踏面（或履带）中心线之间的距离。

(四) 基距 B

基距也称轴距，是指沿纵向运动方向的起重机或小车支承中心线之间的距离。基距 B 的测定与支承轮的布置有关，如图 1-2 所示。

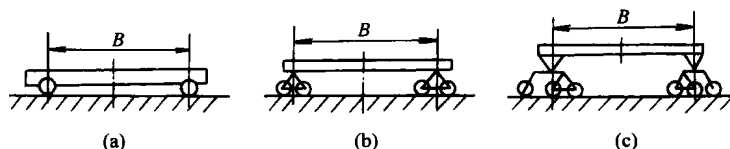


图 1-2 基距

(五) 幅度 L

起重机置于水平场地时，空载吊具垂直中心线至回转中心线之间的水平距离称为幅度 L （过去常用字母 R 表示），单位为 m。图 1-3 是幅度的示意图。

幅度有最大幅度和最小幅度之分。当臂架倾角最小或小车离起重机回转中心距离最大时，起重机幅度为最大幅度；反之为最小幅度。

非旋转类型的臂架起重机的幅度是指吊具中心线至臂架后轴或其他典型轴线的距离。

(六) 起重力矩 M

起重力矩是幅度 L 与其相对应的起吊物品重力 G 的乘积， $M = G \cdot L$ （过去常用 $Q \cdot R$ 表示）。

(七) 起重倾覆力矩 M_A

起重倾覆力矩，是指起吊物品重力 G 与其至倾覆线距离 A 的乘积，如图 1-4 所示。

(八) 轮压 P

轮压是指一个车轮转递到轨道或地面上的最大垂直载荷。按工况不同，分为工作轮压和非工作轮压，如图 1-5 所示。单位为 N 。

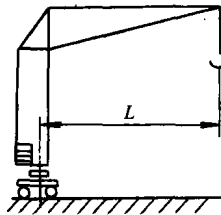


图 1-3 幅度

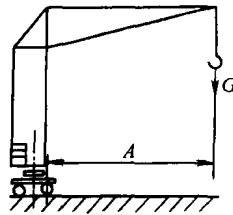


图 1-4 倾覆力矩

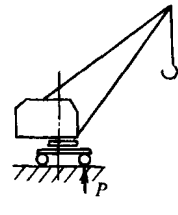


图 1-5 轮压

(九) 起升高度 H 和下降深度 h

起升高度，是指起重机水平停机面或运行轨道至吊具允许最高位置的垂直距离，单位为 m 。对吊钩或货叉，可算至它们的支承表面。对其他吊具，如抓斗等，应算至它们的最低点（闭合状态）。对于桥式起重机，应是空载置于水平场地上方，从地平面开始测定其起升高度，如图 1-6 所示。

某些起重机，吊具需要深入到运行轨道或地平面以下作业，应考虑下降深度。下降深度，是指吊具最低工作位置与起重机水平支承面之间的垂直距离。对于桥式起重机，应是空载置于水平场地上方，从地平面开始测定其下降深度。

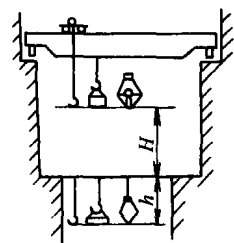
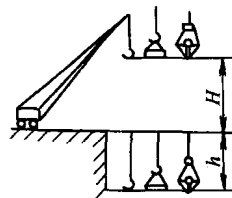


图 1-6 起升高度和下降深度

各类起重机的起升高度系列见表 1-4~1-6。

表 1-4 3t~250t 电动桥式起重机起升高度系列

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

表 1-5 港口门座起重机的幅度 R 、起升高度 H 和轨距 t (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 t	跨单轨	22		—				
	跨双轨	18	20	23	22 (18)	23	24	25

表 1-6 轮胎和汽车起重机起升高度 (m)

起重量 (t)		3	5	8	12	16	25	40	65	100
起升高度 (m)	基本臂作业	5.5	6.5	7	7.5	8	8.5	9	10	11
	最长主臂作业			11	12	18	25	30	34	36

(十) 运行速度 V

运动速度也称工作速度，按起重机工作机构的不同分为多种（如表 1-7）。

表 1-7 常用工作速度

	起重机类型	工作速度 (m/min)
起升速度	一般用途起重机	6~25
	装卸用起重机	40~90
	安装用起重机	<1
运行速度	桥、门式起重机小车	40~50
	装卸桥小车	180~240
	桥式起重机大车	90~120
	门式起重机大车	40~60
	门座起重机及装卸桥大车	20~30
	轮胎起重机	10~20 (km/h)
	汽车起重机	50~65 (km/h)
变幅速度	门座起重机 (工作性)	40~60
	浮式起重机 (工作性)	25~40
	汽车及轮胎起重机	10~30
回转速度	门座起重机	$n \approx 2r/min$
	汽车及轮胎起重机	$n \approx 2 \sim 3.5r/min$
	浮游起重机	$n \approx 0.5 \sim 2r/min$

1. 起升（下降）速度 V_n ，是指稳定运动状态下，额定载荷的垂直位移速度 (m/min)。

2. 回转速度 ω ，是指稳定运动状态下，起重机转动部分的回转角速度 (r/min)。

3. 起重机（大车）运行速度 V_k ，是指稳定运行状态下，起重机在水平路面或轨道上，带额定载荷的运行速度 (m/min)。

4. 小车运行速度 V_t ，是指稳定运动状态下，小车在水平轨道上带额定载荷行驶的速度 (m/min)。

5. 吊重行走速度，是指在坚硬地面上，起重机吊额定载荷平稳运行的速度 (m/min)。其与起重机运行速度的主要区别是运行的条件不同，轮胎起重机设计时要考虑这一指标。

6. 变幅速度 V_l ，是指稳定运动状态下，吊臂挂最小额定载荷，在变幅平面内从最大幅度至最小幅度的水平位移平均速度 (m/min)。

变幅速度有时也用变幅时间衡量，它是指吊对应于最大幅度的起重量，从最大幅度至最小幅度所需的时间 (min)。

(十一) 起重机工作级别

起重机工作级别是考虑起重量和时间的利用程度以及工作循环次数的工作特性。它是按

起重机利用等级（整个设计寿命期内，总的工作循环次数）和载荷状态划分的。或者说，起重机工作级别是表明起重机工作繁重程度的参数，即表明起重机工作在时间方面的繁忙程度和在吊重方面满载程度的参数。

划分起重机的工作级别是为了对起重机金属结构和机构设计提供合理的基础，也为用户和制造厂家进行协商时提供一个参考范围。起重机载荷状态按名义载荷谱系分为轻、中、重、特重四级；起重机的利用等级分为 $U_0 \sim U_9$ 十级。

起重机工作级别，也就是金属结构的工作级别，按主起升机构确定，分为 $A_1 \sim A_8$ 级，若与我国过去规定的起重机工作类型对照，大体上相当于： $A_1 \sim A_3$ ——轻； $A_4 \sim A_5$ ——中； $A_6 \sim A_7$ ——重； A_8 ——特重。表 1-8 列出了起重机工作级别实例。

表 1-8 起重机工作级别举列表

起 重 机 型 式			工 作 级 别
桥式起重机	吊钩式	电站安装及检修用	$A_1 \sim A_3$
		车间及仓库用	$A_3 \sim A_5$
		繁重工作车间及仓库用	$A_6 \sim A_7$
	抓斗式	间断装卸用	$A_6 \sim A_7$
		连续装卸用	A_8
	冶金专用	吊料箱用	$A_7 \sim A_8$
		加料用	A_8
		铸造用	$A_6 \sim A_8$
		锻造用	$A_7 \sim A_8$
		淬火用	A_8
		夹钳、脱锭用	A_8
		揭盖用	$A_7 \sim A_8$
		料耙式	A_8
		电磁铁式	$A_7 \sim A_8$
门式起重机	一般用途吊钩式		$A_5 \sim A_6$
	装卸用抓斗式		$A_7 \sim A_8$
	电站用吊钩式		$A_2 \sim A_3$
	造船安装用吊钩式		$A_4 \sim A_5$
	装卸集装箱用		$A_6 \sim A_8$
装 卸 桥	料场装卸用抓斗式		$A_7 \sim A_8$
	港口装卸用抓斗式		A_8
	港口装卸集装箱用		$A_6 \sim A_8$
门座起重机	安装用吊钩式		$A_3 \sim A_5$
	装卸用吊钩式		$A_6 \sim A_7$
	装卸用抓斗式		$A_7 \sim A_8$
塔式起重机	一般建筑安装用		$A_2 \sim A_4$
	用吊罐装卸混凝土		$A_4 \sim A_6$

(续)

起重机型式		工作级别
汽车、轮胎、履带、铁路起重机	安装及装卸用吊钩式	A1~A4
	装卸用抓斗式	A4~A6
甲板起重机	吊钩式	A4~A6
	抓斗式	A6~A7
浮式起重机	装卸用吊钩式	A5~A6
	装卸用抓斗式	A6~A7
	造船安装用	A4~A6

(十二) 起重特性曲线

起重特性曲线，是表示臂架型起重机作业性能的曲线，它由起重量曲线和起升高度曲线组成（图 1-7）。

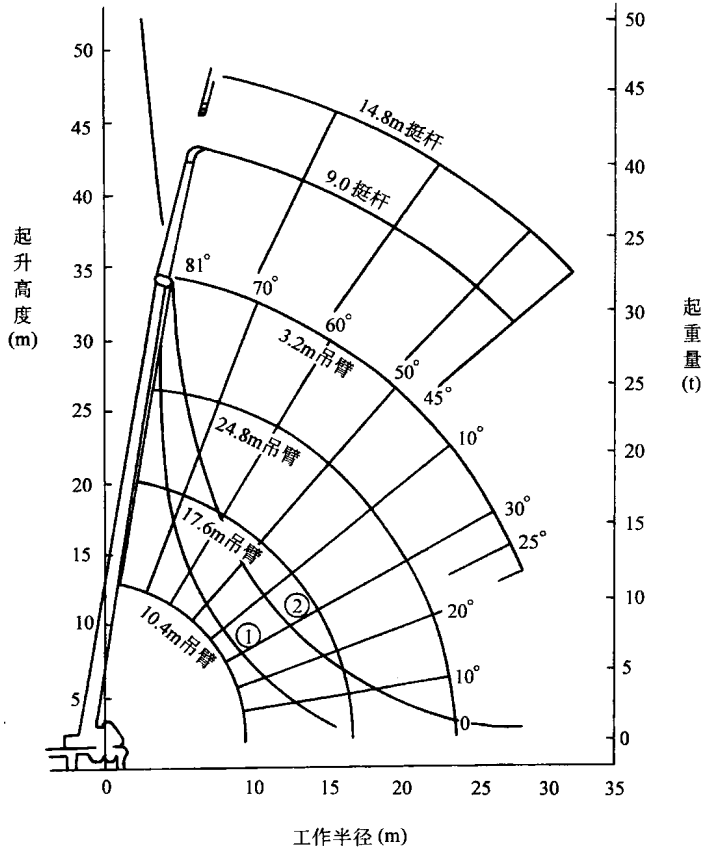


图 1-7 汽车起重机特性曲线图

①支腿完全伸出时，吊杆在起重机两侧或后方时的起重量特性曲线；②支腿完全伸出时，吊杆在起重机前方和全周情况下的起重量特性曲线

起重量特性曲线，是表示起重量随幅度改变的曲线。规定直角坐标系的横坐标为幅度，纵坐标为额定起重量。

起升高度曲线，是表示最大起升高度随幅度改变的曲线。规定直角坐标系的横坐标为幅度，纵坐标为起升高度。

第三节 起重机设计的基本要求

一、起重机安全正常工作的条件

为了保证起重机的安全正常工作，起重机设计时应满足下列三个基本条件：

(一) 金属结构和机械零部件应具有足够的强度、刚度和抗屈曲能力。

首先要求起重机零部件和金属结构受载后不破坏，即满足强度要求。静强度计算是最基本的计算。应力循环少或重要性一般的零件，只作静强度计算。承受循环应力零件或构件，除进行疲劳计算外，还应按高峰载荷进行静强度计算。对于应力状态复杂的钢丝绳等零件，为了简化计算，通常只按主要载荷、主要变形型式、采用较高安全系数，进行静强度计算。

但单是不破坏不一定就能保证正常工作，如受载时发生过大的变形，也将影响构件的正常工作，因此还必须要求在载荷作用下构件所产生的变形应在允许的范围内，即应具有足够的刚度。

细长杆受压突然弯曲或结构件钢板局部屈曲失稳，在静定结构中可能造成几何可变结构，其原有状态的平衡可能变成不稳定的平衡，从而使结构件或零部件失效，同样会造成起重机的破坏，因此满足稳定性的要求也同样是重要的。

(二) 整机必须具有必要的抗倾覆稳定性。

(三) 原动机具有满足作业性能要求的功率，制动装置提供必需的制动力矩。

起重机的工作特点决定了载荷的随机性，而在起重机设计中采用的是确定性的方法，因此对于变化复杂的实际载荷，只能用简化的理论计算与试验和经验相结合的计算来确定，由此得到的只是近似的实际载荷，通常称之为计算载荷。

二、起重机载荷分类

对起重机在不同状态下可能出现的载荷，GB3811—83 起重机设计规范将起重机的载荷规定为基本载荷、附加载荷、特殊载荷三类。

(一) 基本载荷

是始终和经常作用在结构上的载荷。包括：

1. 自重载荷

是指起重机金属结构、机构、动力或电气设备等质量的重力。在起重机设计的初始阶段，自重载荷可参考相似的起重机或统计经验公式进行估算，最后再校核修正。计算时，将自重载荷视为通过各个部件重心的集中力。进行结构强度和刚度计算时，箱形结构的自重载荷按沿梁长均匀分布，桁架结构的自重载荷则作用于各个节点。

自重载荷由于起升载荷在不稳定运动时对结构产生的冲击作用（载荷），如物品起吊离地或下降制动时，对起重机金属结构的振动影响，用起升冲击系数 ϕ_1 考虑， $0.9 \geq \phi_1 \leq 1.1$ 。自重载荷为起重机自重质量乘以 ϕ_1 。

几种不同类型的起重机自重估算的经验公式如下：

(1) 通用双梁桥式起重机

其自重总质量 G 包括主梁、端梁、小车、大车、运行机构、司机室和电气设备等：