



高等专科学校教学用书

GAODENG
ZHUANKE
XUEXIAO
JIAOXUE
YONGSHU

起重运输机械

冶金工业出版社

(京)新登字036号

高等专科学校教学用书

起重运输机械

重庆钢铁高等专科学校 罗又新 主编

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店总店科技发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张 16.75 字数 397 千字

1993年4月第一版 1993年4月第一次印刷

印数00,001~3,500册

ISBN 7-5024-1156-9
TH·164 (课) 定价4.40元

前 言

本书是根据1989年12月冶金部在昆明召开的冶金专科教材出版规划会议的精神和1990年5月在重庆制订的冶金机械专业起重运输机械课程教学大纲编写的。

本书主要论述通用的起重机械和运输机械,其基本内容是起重机械的专用零部件、通用桥式起重机和带式输送机。起重机的起升机构和运行机构、回转机构和变幅机构分别编入通用桥式起重机与门式起重机和回转起重机两部分之中。为了便于学生掌握所学的内容,书中附有起升机构、运行机构和带式输送机的设计计算例题,书后附有必要的技术资料。

本书的编写贯彻了《起重机设计规范》和国家标准,考虑到现在正处于新老产品共存、新旧标准交替的过渡时期,在内容的选择上主要考虑能适应冶金中小型企业需要。由于各校的情况不同,如何体现专科特色,尚处于探索之中,所以有些内容仅供选择。

全书分11部分,2、5、8部分由上海冶金高等专科学校汪云朗编写,9、10、11部分由昆明冶金专科学校罗树臻编写,4、7部分和绪论、1、6部分分别由重庆钢铁专科学校侯沂和罗又新编写,3部分由罗树臻和侯沂编写,罗又新任主编。

参加本书审稿,对本书初稿提过宝贵意见或给予帮助的有:重庆大学梁蕴蓉、重庆钢铁公司职工大学甘拔群、重庆钢铁专科学校刘贤荣和北京起重运输机械研究所与重庆起重机械厂的同志,在此表示衷心的感谢。

由于我们水平有限,内容不妥之处恳请读者批评指正。

编者

1991年12月

目 录

绪论.....	1
1 起重机械概论.....	2
1.1 起重机械的组成和种类	2
1.2 起重机械的基本参数	5
1.3 起重机械的工作级别	7
1.4 起重机械计算载荷的基本类别.....	13
复习题	14
2 滑轮与滑轮组 钢丝绳与卷筒.....	15
2.1 滑轮	15
2.2 滑轮组	18
2.3 钢丝绳	22
2.4 卷筒	30
复习题	37
3 制动器	38
3.1 块式制动器.....	38
3.2 带式制动器.....	44
3.3 其它型式的制动器.....	49
复习题	50
4 取物装置 车轮与轨道.....	51
4.1 取物装置.....	51
4.2 车轮与轨道.....	59
复习题	65
5 电动葫芦和手拉葫芦	67
5.1 电动葫芦.....	67
5.2 手拉葫芦.....	72
复习题	74
6 通用桥式与门式起重机.....	75
6.1 通用桥式起重机.....	75
6.2 通用门式起重机.....	97
6.3 起升机构的设计计算.....	101
6.4 运行机构的设计计算.....	114
复习题	128
7 回转起重机.....	130
7.1 汽车起重机.....	130
7.2 塔式起重机.....	143
7.3 回转机构的设计计算.....	152
7.4 变幅机构的计算.....	160

复习题	164
8 起重机金属结构的力学基础	165
8.1 结构计算简图概念及结构分类	165
8.2 结构的几何构造分析	168
8.3 影响线及其应用	173
8.4 静定结构的位移计算	183
8.5 超静定结构的内力分析(力法)	193
复习题	202
9 运输机械概论	203
9.1 输送机械的分类与主要参数	203
9.2 物料的分类和特性	204
9.3 输送机械驱动功率的计算	206
复习题	206
10 带式输送机	207
10.1 带式输送机的工作原理及主要类型	207
10.2 带式输送机的主要零部件	208
10.3 带式输送机的设计计算	218
10.4 带式输送机驱动装置的液力耦合器(简介)	232
10.5 带式输送机的维修	237
复习题	238
11 斗式提升机与螺旋输送机	240
11.1 斗式提升机	240
11.2 螺旋输送机	242
复习题	244
附表1 瓦林吞钢丝绳性能	245
附表2 YWZ ₅ 型电力液压制动器外形尺寸及技术规格	246
附表3 起重机用YZR型电动机外形及安装尺寸	248
附表4 YZR型电动机转差率 $S(\%)$ 及飞轮矩 $GD^2(\text{kgf}\cdot\text{m}^2)$	249
附表5 YZR型电动机功率 $N=f(JC, CZ)$ 数值(kW)	250
附表6 QJR-D型减速器外形尺寸、输出力矩和功率	258
主要参考书目	260

绪 论

起重运输机械主要用于装卸和搬运物料。它不仅广泛应用于工厂、矿山、港口、车站、建筑工地、电站等生产领域,而且也应用到人们的生活领域。使用起重运输机械,能减轻工人劳动强度,降低装卸费用,减少货物的破损,提高劳动生产率,甚至完成人们无法直接完成的某些工作。起重机械和运输机械发展到现在,已成为合理组织大批量生产和流水作业生产的基础。据统计,在我国冶金、煤炭部门的机械设备总台数或总重量中,起重运输机械占25~65%。

我们的祖先在古代,虽然也创造了不少结构简单适应当时生产需要的起重运输机械设备,但真正形成现代的起重运输机械制造工业,还是在中华人民共和国成立以后。就其发展,主要有以下几个阶段:

1949年到1957年,是我国起重运输机械制造的创业阶段。当时由于缺少设计能力,大部分产品是按国外图纸仿造的。

1958年到1965年,各企业逐渐由仿造走上了自行设计的道路。先后进行了通用桥式起重机、带式输送机、斗式提升机等八种产品系列设计,同时,还逐渐开展了以改进产品结构、性能、提高产品质量和开发新产品为目标的科研工作。

1966年到1978年,起重运输机械行业的生产虽然历经艰难曲折,但在技术上仍有发展。主要表现在:对一些量大面宽的产品进行了系列设计或系列更新设计,如CD、MD和CD₁、MD₁型电动葫芦,LD型电动单梁桥式起重机,LH型电动葫芦双梁桥式起重机,TD75型带式输送机,DX型钢丝绳芯带式输送机;HS型手拉葫芦等;发展和制造了一批国家急需的新产品,如450t桥式和门式起重机以及2×300t双小车桥式起重机。

1979年以后,由于实行改革开放政策,我国起重运输机械行业的技术水平有了很大提高。主要是增强了成套设备的供应能力,如国内研制的首都机场行李包装卸输送系统和旅客登机桥全套设备,与国外合作生产的年产量2000~3000万t的秦皇岛煤炭出口码头成套装卸设备,宝钢φ140mm无缝钢管厂、1900mm板坯连轧厂、2030mm冷连轧厂与2050mm热连轧厂等冶金专用成套起重设备;引进了一批起重运输机械产品和通用零部件的设计制造技术,如电动葫芦、带式输送机、液压推杆、液力耦合器、起重电磁铁等;研制了一批新产品;产品的制造工艺水平普遍有了提高。

总的来说,我国起重运输机械行业经过了四十多年的发展,目前已经具有一定的生产和研制能力,一部分产品已达国际水平。但就整个起重运输机械行业而言,有很大一部分产品的性能和质量还有待提高,提供现代化成套设备的能力还不能满足社会发展需要。

我国起重运输机械行业今后几年内的发展趋势,主要是:

- 1) 对近几年来与外国合作生产的成套设备实行国产化;
- 2) 开发一批国家重点项目和国民经济各部门急需的品种;
- 3) 对量大面宽的起重运输机械产品和零部件进行系列更新;
- 4) 采用先进的设计方法和手段,加强对物流(物质资料由供应者向需要者移动)系统的研究;

- 5) 推广产品制造的先进工艺。

1 起重机械概论

起重机械是以间歇、重复工作方式，通过起重吊钩或其它吊具的起升、下降，或升降与运移重物的机械设备。运移的重物可以是成件物品、散料，也可以是液体，有的起重机械还运送人员。

1.1 起重机械的组成和种类

1.1.1 起重机械的组成

起重机械一般是由工作机构、金属结构、动力装置与控制系统三部分组成的。

1.1.1.1 工作机构

起重机械的任务是把处在它所服务范围内的重物，从某一位置运送到需要的另一位置。要实现这一任务，重物不外乎作升降运动和在水平面内运动。工作机构就是为实现起重机械不同的运动要求而设置的。起重机械的工作机构，一般可概括为起升、运行、回转和变幅四大机构。

起升机构是升降重物的机构。它是起重机械最主要的机构，任何一种起重机械，都有这种机构。有的起重机械不止一套起升机构，升降重物能力最大的起升机构叫主起升机构，除主起升机构以外的其它起升机构叫副起升机构。

运行机构是使起重机械或起重小车行走的机构。

回转机构是使起重机械的回转部分在水平面内，绕回转中心线转动的机构。

变幅机构是使起重机械臂架倾角变化，改变幅度的机构。所谓幅度是指起重机械置于水平场地时，空载吊具垂直中心线至回转中心线之间的水平距离。过去，有些书上也把改变幅度的小车运行机构称为变幅机构。

任何一种起重机械，其工作机构不外乎是起升机构或起升与运行、回转、变幅各机构的不同组合。

1.1.1.2 金属结构

金属结构是起重机械的骨架，主要用来支承工作机构、承受自身的重力和作业时的外载荷。

1.1.1.3 动力装置和控制系统

动力装置是驱动起重机械运动的动力设备。它在很大程度上决定了起重机械的性能和构造特点。冶金工厂常用起重机械的动力装置一般为电动机，流动式起重机（如汽车起重机）的动力装置大都为内燃机。

起重机械的控制系统包括操纵装置和安全装置。各机构的起动、调速、改向、制动和停止，都是通过操纵控制系统来实现的。

1.1.2 起重机械的种类

根据起重机械构造的特点、机构的多少和服务范围的不同，通常分为三类，即轻小起重设备、起重机、升降机。

1.1.2.1 轻小起重设备

轻小起重设备是体积小，结构紧凑，动作简单，作业范围投影以点、线为主的轻便起重机械，如千斤顶、手拉葫芦、绞车和电动葫芦等。

1.1.2.2 起重机

起重机是具有多种机构的起重机械，挂在它的取物装置（吊具）上的重物，在空间除了能作升降运动以外，还能作水平移动。取物装置是指吊取、抓取、吸取、夹取、托取或用其它方法吊运货物的装置，如吊钩、抓斗、电磁吸盘（起重电磁铁）、夹钳等。起重机按构造特点，分为桥架型起重机、臂架型起重机和缆索型起重机。

桥架型起重机（图1-1）是取物装置挂在可沿桥架运行的起重小车或运行式葫芦上的起重机。其特点是具有一个桥架式的金属结构。这类起重机依靠起升机构和在水平面内两

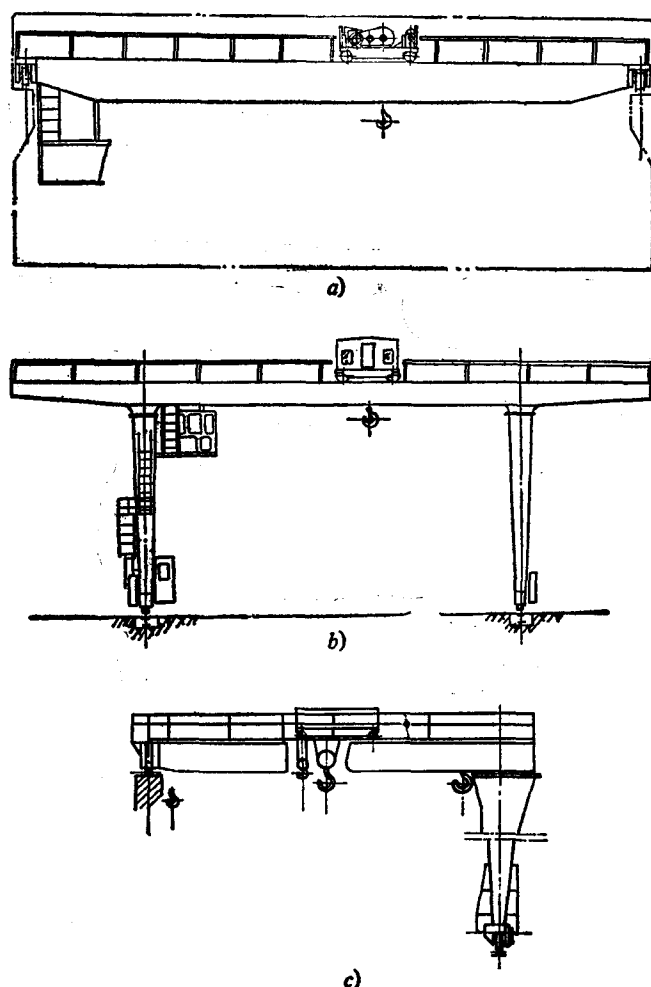


图 1-1 桥架型起重机

a) 桥式起重机；b) 门式起重机；c) 半门式起重机

个相互垂直方向移动的运行机构，能在长方形场地及其上空作业。属于这类的起重机有桥式起重机、门式起重机和半门式起重机。它们适合在车间、仓库、露天堆场等处作货物的装

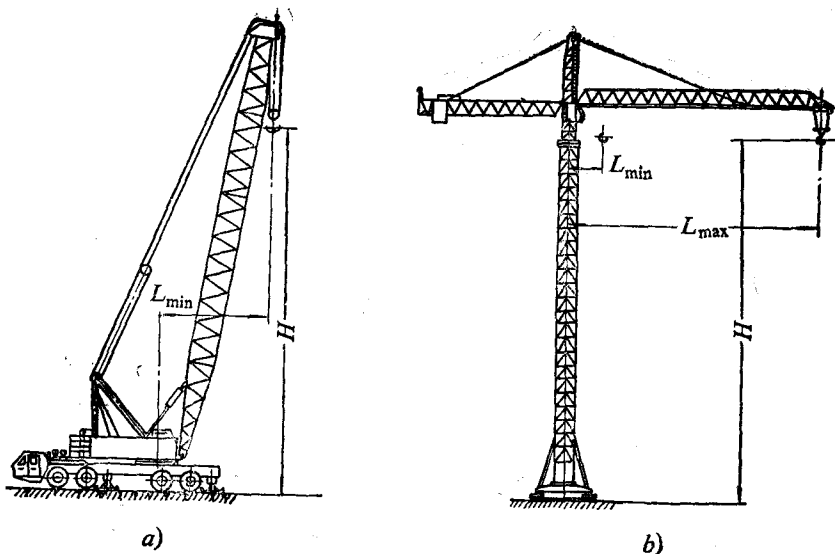


图 1-2 臂架型起重机
a) 汽车起重机；b) 塔式起重机

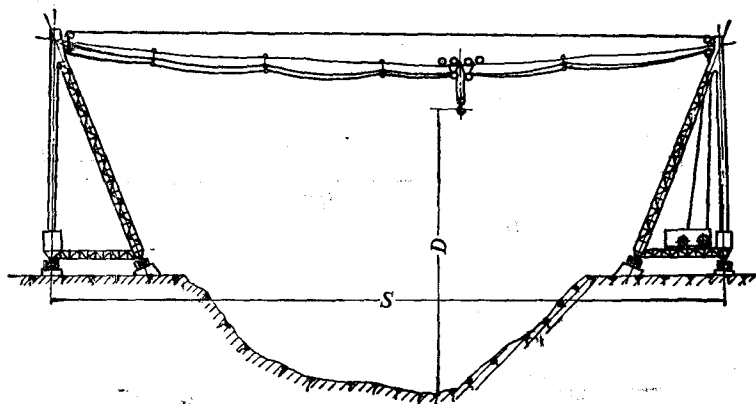


图 1-3 缆索型起重机

卸运输工作。

臂架型起重机(图1-2)是取物装置悬挂在臂架顶端或可沿臂架运行的起重小车上的起重机。其特点是具有一个臂架式的金属结构。这类起重机有起升机构,一般还有回转和变幅机构。依靠这些机构的配合,能在圆形场地及其上空作业。有些还有运行机构,这样就构成了常见的各种可以运行的臂架型起重机。它们具有很好的机动性,特别适合作露天装卸及安装工作。属于这类的起重机如塔式起重机、汽车起重机等。

缆索型起重机(图1-3)是挂有取物装置的起重小车沿架空承载索运行的起重机。这类起重机常用于林场、山区、水库、矿山、水电站等处。

1.1.2.3 升降机

升降机是重物或取物装置只能沿导轨升降的起重机械,如电梯、高炉上料机、矿井升降机等。

1.2 起重机械的基本参数

起重机械的基本参数是说明其性能和技术经济指标的一些数据。它是设计和选用起重机械的主要依据。这些基本参数包括如下几项。

1.2.1 起重量 G 和起重力矩 M

被起重机械起升的重物的质量称为起重量 G 。起重机械能起升的货物的净质量称为有效起重量 G_p 。起重机械起重能力的大小通常用额定起重量 G_n 表示。额定起重量是起重机械在正常使用情况下允许最大限度起升的重物质量，它包括抓斗、电磁吸盘、盛钢桶和其它可分吊具的质量。所有起重量的单位都为公斤(kg)或吨(t)。对于桥架型起重机额定起重量是一个定值，它不包括吊钩、动滑轮及钢丝绳等的质量。对于臂架型起重机，额定起重量是随幅度而变的，它们的名义起重量(名牌上标定的起重量)通常用最大起重量 G_{max} 表示。最大起重量是指臂架处于最小幅度时的额定起重量。对于流动式起重机，额定起重量包括固定在起重机上的吊具的质量。

某些臂架型起重机，如塔式起重机，经常在大幅度情况下工作，这时，起重能力要用起重力矩来表示才更全面和确切。起重力矩 M 等于起重机的幅度与相应起重量重力的乘积。单位为牛·米(N·m)。

额定起重量国家已有系列标准。

1.2.2 起升高度 H

起升高度 H 是起重机水平停车面(支承运行装置的基础或轨道水平面，如臂架型起重机)或水平地面(如桥架型起重机)至取物装置上极限位置的垂直距离，单位为米(m)。采用吊钩和货叉时，算至它们的支承表面；采用抓斗或其它的取物装置时，算至它们处于闭合状态的最低点。

若要求取物装置降落到地面以下，地平面以下的深度称为下降深度 h ，这时的总起升高度 $D=H+h$ 。总起升高度国家标准规定叫起升范围。

起升高度是表征起重机械作业范围的重要参数之一，我国桥架型和臂架型起重机的起升高度已有标准。

1.2.3 跨度 S 和轨距 K

跨度 S 是桥架型起重机运行轨道中心线之间的水平距离，单位为米(m)。跨度是说明桥架型起重机作业范围的主要参数。

除铁路起重机以外的臂架型起重机，轨距 K 是起重机轨道中心线或车轮踏面中心线之间的水平距离。它是影响起重机稳定性及起重机本身尺寸的参数。

对于起重小车，轨距 K 是小车运行轨道中心线之间的距离。

轨距的单位为米(m)。

1.2.4 运动速度

运动速度主要包括起升、运行、变幅、回转速度。

起升(下降)速度 V_r 是指起升机构在稳定运动状态下，额定载荷的垂直位移速度。

运行速度是指起重机或小车带额定载荷时，其运行机构在稳定运动状态下，起重机或小车的行走速度。起重机(大车)的运行速度用 V_k 表示，小车运行速度用 V_c 表示。

变幅速度 V_a 是变幅机构在稳定运动状态下，额定载荷在变幅平面内水平位移的平均

速度。变幅速度的快慢有时用变幅时间来表示。所谓变幅时间是指幅度从最大值改变到最小值时所需的时间。

回转速度 ω 是指当起重幅度最大、带额定载荷时,回转机构在稳定运动状态下,起重机动部分的回转角速度。

运行速度、变幅速度、回转速度按国家标准规定,是指在水平路面(或水平轨面)上,离地10m高度处,风速小于3m/s时的速度。

回转速度的单位为弧度/秒(rad/s),起升、运行、变幅速度的单位为米/分(m/min)或米/秒(m/s)。在实际生产中回转速度的单位习惯用转/分(r/min)。

无轨运行起重机的运行速度是指其自身动力驱动的最大运行速度,常用单位为公里/小时(km/h)。

1.2.5 生产率

生产率(每小时装卸货物的总质量)是表示起重机装卸能力的综合指标,对装卸用途的起重机尤为重要。若以 A 表示生产率(t/h),从理论上讲,可用下式计算。

$$\text{对成件物品} \quad A = Nm \quad (\text{t/h}) \quad (1-1)$$

$$\text{对散粒物料} \quad A = NV\gamma\Psi \quad (\text{t/h}) \quad (1-2)$$

式中 N ——起重机每小时工作循环次数;

m ——每次吊运物品的平均质量(t);

V ——容器或抓斗的有效容积(m^3);

γ ——散粒(散状)物料或液态重物的堆密度或密度(t/m^3);

Ψ ——充填系数。

设 T 为起重机一个工作循环所需的总时间(s),则

$$N = \frac{3600}{T} \quad (1-3)$$

从式(1-1)、式(1-2)和(1-3)可以看出,当起重重量一定时,生产率的大小决定于起重机的一个工作循环的总时间。所谓一个工作循环是指吊运货物时,包括装载、工作行程、卸载、空返回程及装卸辅助准备工作在内的一次装卸总工作过程,也就是起重机开始提升某一货物到开始提升下一货物的工作过程。它受货物的搬运距离、机构的运动速度、机构重叠工作的程度以及实际操作等因素的制约。起重机一个工作循环的总时间又叫工作周期。

1.2.6 自重和重量利用系数

起重机的自重是指起重机处于工作状态时,起重机本身各部分质量的总和,单位为吨(t)。起重机的自重是评价起重机的一个综合指标,它反映了起重机设计、制造的技术水平和材料的品质。

起重机的自重指标,常用重量利用系数 K_z 表示。若以 G_0 表示起重机的自重,重量利用系数可有如下的表示形式:

$$\text{对桥架型起重机} \quad K_z = \frac{G_n S}{G_0} \quad (\text{t} \cdot \text{m}/\text{t}) \quad (1-4)$$

$$\text{对臂架型起重机} \quad K_z = \frac{G_n LH}{G_0} \quad (\text{t} \cdot \text{m}^2/\text{t}) \quad (1-5)$$

上式中 L 是幅度,单位为米(m)。其它符号意义同前。显然,同类起重机中,重量

利用系数越大，自重指标越先进。

1.3 起重机械的工作级别

起重机械的工作级别是反映它工作繁重程度的指标。起重机械不仅有自身的特点，而且在各种工况下，工作忙闲程度、受载情况都不一样。设计起重机械时，应充分考虑使用条件，产品才能做到经济耐用、安全可靠。不管起重机械的构造如何，利用等级和载荷状态这两个因素都是反映其使用条件的最主要特征，所以我们根据这两个主要因素来划分工作级别。工作级别也称工作类型。起重机械的工作级别包括起重机的工作级别、起重机结构的工作级别和起重机机构的工作级别。

1.3.1 起重机的工作级别

1.3.1.1 起重机的利用等级

起重机的利用等级是表示起重机使用繁忙程度的参数。按起重机在总设计寿命期内，总工作循环次数 N 分为十级，见表1-1。

表 1-1 起重机的利用等级

利 用 等 级	总的工作循环次数 N	说 明
U_0	1.6×10^4	不经常使用
U_1	3.2×10^4	
U_2	6.3×10^4	
U_3	1.25×10^5	
U_4	2.5×10^5	经常轻闲地使用
U_5	5×10^5	经常中等地使用
U_6	1×10^6	不经常繁忙地使用
U_7	2×10^6	繁忙地使用
U_8	4×10^6	
U_9	$> 4 \times 10^6$	

起重机的总工作循环次数 N ，可按下式计算：

$$N = 3600YDB/T \quad (1-6)$$

式中 Y ——起重机的设计使用年限（a）；

D ——起重机一年工作天数（d），一般 $D=256$ ；

B ——起重机每天工作小时数（h）；

T ——起重机一个工作循环的总时间（s）。

设计起重机时，通常可按起重机使用场合的生产实际情况估计 Y 、 D 、 B 及 T ，按式（1-6）算出 N 值，然后查表1-1，选择一个最靠近的利用等级。若无法估计具体数值，也可按表1-1中的说明进行选择。起重机设计使用年限一般为二十到三十年，这实际上是指金属结构的使用年限。机械零件的使用年限较短，转动件的寿命一般是八年。

1.3.1.2 起重机的载荷状态

载荷状态是表明起重机承受载荷轻重程度的一种参数。它与两个因素有关，即与实际起升载荷 P_i 对额定载荷 $P_{\max}$ 之比和各个实际起升载荷的作用次数 n_i 对总的工作循环次数 N 之比有关。表示 $(P_i/P_{\max})$ 和 (n_i/N) 关系的图形称为载荷谱。载荷谱系数 K_P 由下式算出：

$$K_P = \sum \left[\frac{n_i}{N} \left(\frac{P_i}{P_{\max}} \right)^m \right] \quad (1-7)$$

式中 P_i ——第 i 个实际起升载荷， $P_i = P_1, P_2, \dots, P_n$ ；

n_i ——载荷 P_i 的作用次数；

m ——指数，此处取 $m=3$ 。

起重机的载荷状态按名义载荷谱系数分为四级，见表1-2。

表 1-2 起重机的载荷状态

载荷状态	名义载荷谱系数 K_P	说 明
Q1-轻	0.125	很少起升额定载荷，一般起升轻微载荷
Q2-中	0.25	有时起升额定载荷，一般起升中等载荷
Q3-重	0.5	经常起升额定载荷，一般起升较重载荷
Q4-特重	1.0	频繁地起升额定载荷

当起重机的实际载荷变化已知时，应先按式 (1-7) 算出实际载荷谱系数，再对照表 1-2，选择不小于此计算值的最接近的名义值作为该起重机的载荷谱系数。设计起重机时如果不知其实际载荷状态，则可凭经验按表1-2说明栏中的内容选择一个合适的载荷“状态”级别。

1.3.1.3 起重机工作级别的划分

起重机的工作级别按起重机的利用等级和载荷状态划分为八级，见表1-3。

表 1-3 起重机工作级别

载荷状态	利 用 等 级									
	U_0	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8	U_9
Q1-轻			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Q2-中		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
Q3-重	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8		
Q4-特重	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8			

1.3.2 起重机机构的工作级别

起重机机构的工作级别按机构的利用等级（根据机构在使用期限内，处于运转状态的总小时数来决定）和载荷状态划分为八级，具体见表1-4、表1-5和表1-6。

起重机及其机构工作级别的划分为使用者和设计制造者提供了一个共同的基础。起重机结构的工作级别的划分与起重机工作级别的划分方式相同。结构和工作机构的工作级别主要是供设计者用的，起重机的工作级别主要是供用户订货用的。同一台起重机各机构的

表 1-4 机构利用等级

机构利用等级	总设计寿命 $h(h)$	说 明
T_0	200	不经常使用
T_1	400	
T_2	800	
T_3	1600	
T_4	3200	经常轻闲地使用
T_5	6300	经常中等地使用
T_6	12500	不经常繁忙地使用
T_7	25000	繁忙地使用
T_8	50000	
T_9	100000	

表 1-5 机构载荷状态

载荷状态	名义载荷谱系数 K_m	说 明
L1-轻	0.125	机构经常承受轻的载荷, 偶而承受最大载荷
L2-中	0.25	机构经常承受中等载荷, 较少承受最大载荷
L3-重	0.5	机构经常承受较大载荷, 也常承受最大载荷
L4-特重	1.0	机构经常承受最大载荷

表 1-6 机构工作级别

载荷状态	利 用 级 别									
	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9
L1-轻	—	—	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
L2-中	—	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	—
L3-重	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	—	—
L4-特重	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	—	—	—

工作级别不一定相同。

过去我国起重机械的工作类型分轻、中、重、特重四级, 与现在的工作级别并没有完全对应的关系, 因为它们划分标准不同。为了适应旧到新的过渡时期的需要, 现列出它们的大体对应关系: 在起重机和起重机结构的工作级别中, A1~A4相当于轻级, A5~A6相当于中级, A7相当于重级, A8相当于特重级; 在起重机机构的工作级别中, M1~M4相当于轻级, M5~M6相当于中级, M7相当于重级, M8相当于特重级。但M4在轻级和中级之间, M6在中级和重级之间, M7在重级和特重级之间, 也存在交叉的情况。

起重机(整机)和机构的工作级别实例见表1-7。

表 1-7 起重机械机构和机构工作级别举例

起重量型式	整机工作级别	主起升机构			副起升机构			小车运行机构			大车运行机构			回转机构			变幅机构		
		利用等级	载荷情况	工作级别	利用等级	载荷情况	工作级别	利用等级	载荷情况	工作级别	利用等级	载荷情况	工作级别	利用等级	载荷情况	工作级别	利用等级	载荷情况	工作级别
一般用途 电站安装及检修用 车间及仓库用 (吊钩式)	A1~A3	T ₂	L ₁ , L ₂	M ₁ , M ₂	T ₃	L ₁	M ₂	T ₂	L ₁ , L ₂	M ₁ , M ₂	T ₃	L ₁	M ₁						
	A3~A5	T ₃	L ₁ , L ₂	M ₂ ~M ₄	T ₄ , T ₅	L ₁ , L ₂	M ₃ ~M ₅	T ₄ , T ₅	L ₁ , L ₂	M ₃ ~M ₅	T ₄ , T ₅	L ₁ , L ₂	M ₃ , M ₅						
	A6~A7	T ₄ , T ₅	L ₂ , L ₃	M ₅ ~M ₇	T ₅	L ₃	M ₆	T ₄ , T ₅	L ₃	M ₅ ~M ₆	T ₅	L ₂ , L ₃	M ₆ , M ₇						
	A6~A7	T ₅ , T ₆	L ₃	M ₆ ~M ₇				T ₅ , T ₆	L ₃	M ₆ ~M ₈	T ₅ , T ₆	L ₃	M ₆ , M ₇						
抓斗式	A8	T ₆ , T ₇	L ₃	M ₇ , M ₈				T ₆ , T ₇	L ₃	M ₆ , M ₇	T ₆ , T ₇	L ₃	M ₆ , M ₇						
	A7~A8	T ₆ , T ₇	L ₃	M ₇ , M ₈				T ₆ , T ₇	L ₃	M ₆ , M ₇	T ₆	L ₃	M ₇						
冶金专用	A8	T ₇ , T ₈	L ₃	M ₈	T ₇ , T ₈	L ₃	M ₈	T ₇ , T ₈	L ₃	M ₈	T ₇ , T ₈	L ₃	M ₈	T ₇	L ₃	M ₇			
	A6~A8	T ₆ , T ₇	L ₃ , L ₄	M ₇ , M ₈	T ₆ , T ₇	L ₃ , L ₄	M ₇ , M ₈	T ₆	L ₃ , L ₄	M ₇ , M ₈	T ₆ , T ₇	L ₃	M ₇ , M ₈						
	A7~A8	T ₆ , T ₇	L ₃	M ₇ , M ₈	T ₆	L ₃	M ₇	T ₆ , T ₇	L ₃	M ₆ , M ₇	T ₆ , T ₇	L ₃	M ₇ , M ₈						
	A8	T ₆ , T ₇	L ₃	M ₆ , M ₇	T ₇ , T ₈	L ₃	M ₇ , M ₈	T ₆ , T ₇	L ₃	M ₆ , M ₇	T ₆ , T ₇	L ₃	M ₇ , M ₈						
	A8	T ₇ , T ₈	L ₃ , L ₄	M ₈	T ₇ , T ₈	L ₂	M ₅ , M ₆	T ₇ , T ₈	L ₄	M ₈	T ₇ , T ₈	L ₄	M ₈	T ₇ , T ₈	L ₃	M ₇ , M ₈			
	A7~A8	T ₆ , T ₇	L ₃	M ₇ , M ₈				T ₆ , T ₇	L ₃		T ₆ , T ₇	L ₃	M ₇ , M ₈						
	A8	T ₇	L ₄	M ₈				T ₇ , T ₈	L ₄	M ₈	T ₇ , T ₈	L ₄	M ₈	T ₇ , T ₈	L ₃	M ₇ , M ₈			
	A7~A8	T ₆ , T ₇	L ₃	M ₇ , M ₈				T ₆ , T ₇	L ₃		T ₆ , T ₇	L ₃	M ₇ , M ₈						
电磁铁式	A8	T ₇	L ₄	M ₈				T ₇ , T ₈	L ₄	M ₈	T ₇ , T ₈	L ₄	M ₈	T ₇ , T ₈	L ₃	M ₇ , M ₈			
	A7~A8	T ₆ , T ₇	L ₃	M ₇ , M ₈				T ₆ , T ₇	L ₃		T ₆ , T ₇	L ₃	M ₇ , M ₈						
	A8	T ₇	L ₄	M ₈				T ₇ , T ₈	L ₄	M ₈	T ₇ , T ₈	L ₄	M ₈	T ₇ , T ₈	L ₃	M ₇ , M ₈			
	A7~A8	T ₆ , T ₇	L ₃	M ₇ , M ₈				T ₆ , T ₇	L ₃	M ₆ , M ₇	T ₆	L ₃	M ₇						

续表 1-7

起重机型式	整机 工作 级别	主起升机构			副起升机构			小车运行机构			大车运行机构			回转机构			变幅机构		
		利用 等级	载荷 情况	工作 级别	利用 等级	载荷 情况	工作 级别	利用 等级	载荷 情况	工作 级别	利用 等级	载荷 情况	工作 级别	利用 等级	载荷 情况	工作 级别	利用 等级	载荷 情况	工作 级别
门式起重机	一般用途吊钩式	A5~ A6	T ₅ L ₂ , L ₃	M5, M6	T ₆ L ₂ , L ₃	M5, M6	T ₅ L ₃	M5	T ₅ L ₃	M5	T ₅ L ₃	M5							
	装卸用抓斗式	A7~ A8	T ₆ , T ₇ L ₃ , L ₄	M7, M8			T ₆ , T ₇ L ₃ , L ₄	M7, M8	T ₆ L ₂ , L ₃	M6, M7									
	电站用吊钩式	A2~ A3	T ₅ L ₁ , L ₂	M2, M3	T ₅ L ₂	M3	T ₅ L ₂	M3	T ₅ L ₂	M3	T ₅ L ₂	M3							
	造船安装用吊钩式	A4~ A5	T ₄ L ₂ , L ₃	M4, M5	T ₄ L ₂ , L ₃	M4, M5	T ₅ L ₂ , L ₃	M5, M6	T ₅ L ₂ , L ₃	M5, M6									
	装卸集装箱用	A6~ A8	T ₇ L ₂ , L ₃	M6~ M8			T ₆ , T ₇ L ₂ , L ₃	M6~ M8	T ₆ , T ₇ L ₂ , L ₃	M5~ M8									
装卸桥	料场装卸用抓斗式	A7~ A8	T ₆ , T ₇ L ₃ , L ₄	M7, M8			T ₆ , T ₇ L ₃ , L ₄	M7, M8	T ₅ L ₂ , L ₃	M5, M6							T ₄ L ₁		M3
	港口装卸用抓斗式	A8	T ₆ , T ₇ L ₃ , L ₄	M7, M8			T ₆ , T ₇ L ₃ , L ₄	M7, M8	T ₆ L ₂ , L ₃	M6, M7							T ₄ L ₁		M3
	港口装卸集装箱用	A6~ A8	T ₅ , T ₆ L ₂ , L ₃	M5~ M7			T ₅ , T ₆ L ₂ , L ₃	M5~ M7	T ₅ , T ₆ L ₂ , L ₃	M5~ M7							T ₄ L ₁		M3
	安装用吊钩式	A3~ A5	T ₅ L ₁ , L ₂	M4, M5	T ₅ L ₁ , L ₂	M4, M5			T ₃ , T ₄ L ₂	M3, M4							T ₄ L ₃		M5
门座起重机	装卸用吊钩式	A6~ A7	T ₅ L ₂	M5					T ₅ L ₂	M3							T ₄ L ₃		M5
	装卸用抓斗式	A7~ A8	T ₆ , T ₇ L ₃	M7, M8													T ₅ L ₃		M6
塔式起重机	H < 60m	A2~ A4	T ₂ ~ T ₄	L ₂ M2~ M4			T ₃ L ₁ , L ₂	M3	T ₃ L ₃	M3	T ₃ L ₃	M3	T ₃ ~ T ₄	M3~ M5	T ₃ L ₃	T ₂ , T ₃	L ₃	M2, M3	
	H > 60m	A2~ A4	T ₄ ~ T ₅	L ₂ M4, M5			T ₂ ~ T ₅	M3	T ₃ L ₂	M3	T ₃ L ₂	M3	T ₂ ~ T ₅	M3~ M5	T ₂ ~ T ₄	T ₂ , T ₃	L ₃	M2, M3	

起重机型式	整机 工作 级别	主起升机构			副起升机构			小车运行机构			大车运行机构			回转机构			变幅机构		
		利用 等级	载荷 情况	工作 级别	利用 等级	载荷 情况	工作 级别	利用 等级	载荷 情况	工作 级别	利用 等级	载荷 情况	工作 级别	利用 等级	载荷 情况	工作 级别	利用 等级	载荷 情况	工作 级别
塔式起重机	输送混凝土	A4~ A6	T ₃ , L ₂ , L ₃ T ₄	M ₄ , M ₅				T ₅	L ₃	M ₅ , M ₆	T ₅ ~ T ₅	L ₃	M ₃ ~ M ₆	T ₄ , T ₅	L ₃	M ₅ , M ₆	T ₃ , T ₄	L ₃	M ₄ , M ₅
汽车、轮胎、 履带、铁路起 重机	安装及装卸用吊钩式	A1~ A4	T ₄ , T ₅ , L ₁ , L ₂ M ₄	M ₃ , M ₄							T ₃ , T ₄ , L ₁ , L ₂ M ₄	L ₂ , L ₃	M ₂ ~ M ₄	T ₄	L ₂	M ₅ , M ₆	T ₄	L ₂	M ₄
甲板起重机	装卸用抓斗式	A4~ A6	T ₅ , T ₆ , L ₂ , L ₃ M ₇	M ₅ ~ M ₇							T ₄ , T ₅	L ₂	M ₄ , M ₅	T ₅	L ₂ , L ₃	M ₅ , M ₆	T ₄ , T ₅	L ₂ , L ₃	M ₄ , M ₅
浮式起重机	装卸用吊钩式	A5~ A6	T ₅ , T ₆ , L ₂ M ₆	M ₅ , M ₆										T ₅ , T ₆	L ₂	M ₅ , M ₆	T ₅ , T ₆	L ₂	M ₅ , M ₆
缆索起重机	装卸用抓斗式或输送混凝土	A7~ A8	T ₆ , T ₇ , L ₃ , L ₄ M ₈	M ₇ , M ₈										T ₆ , T ₇ , L ₃ , L ₄ M ₈	L ₃	M ₇ , M ₈	T ₆ , T ₇	L ₃ , L ₄	M ₇ , M ₈