

特种设备作业人员培训考核系列教材

QIZHONG JIXIE ZUOYE ANQUAN JISHU

起重机械 作业安全技术

刘书彦 牛彦鹏 主编



 河南科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

起重机械作业安全技术/刘书彦,牛彦鹏主编. —郑州:河南科学技术出版社,2014. 10
(特种设备作业人员培训考核系列教材)
ISBN 978-7-5349-7404-5

I. ①起… II. ①刘…②牛 III. ①起重机械—操作—安全技术—技术培训—教材 IV. ①TH210.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 236136 号

出版发行:河南科学技术出版社

地址:郑州市经五路 66 号 邮编:450002

电话:(0371)65788001 65788622

网址:www.hnstp.cn

策划编辑:马国宝

责任编辑:张 恒

责任校对:柯 姣

封面设计:张 伟

责任印制:张艳芳

印 刷:郑州龙洋印务有限公司

经 销:全国新华书店

幅面尺寸:185 mm×260 mm 印张:14.5 字数:338 千字

版 次:2014 年 10 月第 1 版 2014 年 10 月第 1 次印刷

定 价:30.00 元

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版社联系并调换。

《特种设备作业人员培训考核系列教材》编审委员会

- 主 任** 冯长宇(河南省质量技术监督局副局长)
- 副主任** 周庆恩(河南省质量技术监督局特种设备安全监察处处长)
- 李文广(河南省锅炉压力容器安全检测研究院院长)
- 汪 洋(河南省特种设备安全检测研究院院长)
- 党林贵(河南省化工压力容器检测中心站站长)
- 金进良(河南省特种设备协会秘书长)
- 委 员** 王建华 韩洪涛 张新建 吕鸣涛 杨梅君
- 庄 源 杜春阳 章 彰 王拥军 许成义
- 韩长奉 张建华 李 强 华兆祥 马连军
- 常晓钟 管红光 楚峻岭 马学民 莫瑞庄
- 蒋伟群 李宪忠 杨鹤林 刘振江 尹德华
- 吴 涛

《起重机械作业安全技术》编写人员名单

主 编	刘书彦	牛彦鹏		
副主编	宋耀国	金海现	王高峰	常 岚
	朱广慧	马跃东	欧阳俊	王子平
	李杰平			
编 写	王锡征	王源磊	付红伟	李 剑
	史海江	李自翔	李 鹏	苗利军
	胡 新	赵艳萍	秦文明	徐 腾
	靳 强	李光达	雷久红	刘洋帆
	张 杨	尚刘凯	杨 征	杨葆芳
主 审	郭云山			

序

特种设备作业人员是锅炉、压力容器(含气瓶)、压力管道、电梯、起重机械、客运索道、大型游乐设施和场(厂)内专用机动车辆等特种设备的作业人员及其相关管理人员的统称。

特种设备的运行,离不开特种设备作业人员,他们的行为对特种设备的安全与节能起到至关重要的作用。特种设备本身具有潜在危险性,尽管设备本身安全性能符合要求,但是如果操作不当,仍然会发生事故。国内外特种设备事故统计数据表明,作业人员安全运行知识缺乏、技能不足和操作失误是造成特种设备事故的主要原因;同时,特种设备发生事故,特种设备操作人员往往是直接的受害者。因此,特种设备作业人员必须具备相应的知识和技能,保证作业符合安全技术规范要求,熟练进行作业,方能确保设备安全运行。

为提升特种设备作业人员素质,规范特种设备作业人员培训考试,配合《河南省特种设备作业人员考试管理系统》的使用,我们组织专家编写了特种设备作业人员培训考核系列教材和考试题库。

此系列教材的编写出版过程中,河南省各省辖市局、各特种设备检验机构、河南省特种设备协会给予了鼎力支持和配合,在此一并表示衷心的感谢!

由于时间仓促和编者水平有限,不妥之处,欢迎批评指正。

冯长序

2014年9月30日

前 言

起重机械在运行过程中,由于设备的不安全因素和操作人员的不安全行为,经常发生人员伤亡事故和设备财产损失,20 世纪 80 年代国家即把起重机械列入特种设备的安全监管范围,包含生产(设计、制造、安装、改造、修理)、经营、使用、检验、检测和监督管理等全过程、全环节,对起重机械安全管理人员、操作人员(司机、指挥)的管理也有具体的考核、持证作业的相关规定。

本书依据《特种设备安全法》《特种设备安全监察条例》《特种设备作业人员监督管理办法》《特种设备作业人员考核规则》等相关规定,根据《起重机械安全管理人员和作业人员考核大纲》(TSG Q6001—2013)编写。全书共分六章,包括起重机械基本知识、基本结构、主要零部件、安全保护装置、作业安全技术和安全知识。本书可作为起重机械司机和指挥人员的培训教材,也适用于起重机械安全管理、安装、修理、维护保养和司索等相关人员学习、参考。

本书由新乡市特种设备检测检验所会同河南省特种设备安全检测研究院、周口市特种设备检测中心、平顶山市特种设备检测检验所、许昌市特种设备检测检验所组织有关专家编写,由刘书彦、牛彦鹏主编,李剑、李自翔审校。在编写本书过程中,得到了河南省特种设备协会的支持,并且对本书列出、未列出参考文献的作者,在此一并致谢。

由于与起重机械相关的法规不断调整,加上作者水平所限,对书中的不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

2014 年 8 月

目 录

第一章 起重机械基础知识	1
第一节 起重机械概述	1
第二节 力学基础知识	11
第三节 液压传动基础知识	15
第二章 起重机主要零部件	20
第一节 取物装置	20
第二节 钢丝绳	31
第三节 制动器	40
第四节 其他主要零部件	48
第三章 安全保护(防护)装置	59
第一节 超载保护装置	59
第二节 运行极限位置限制装置	63
第三节 其他安全保护(防护)装置	67
第四节 起重机械安全监控系统简介	75
第四章 起重机械的基本构造	80
第一节 桥架类起重机	80
第二节 臂架类起重机	97
第三节 其他类型起重机械	127
第四节 起重机械电气设备	141
第五章 起重作业安全技术	152
第一节 吊运安全技术	152
第二节 起重作业安全知识	160
第三节 指挥信号	171
第六章 安全知识	182
第一节 法律法规	182

第二节 安全管理·····	186
第三节 安全保护·····	200
第四节 起重机械应急管理·····	210
附录 事故案例·····	216
参考文献·····	220

第一章 起重机械基础知识

第一节 起重机械概述

一、起重机械的工作特点与作用

（一）起重机械的工作特点

起重机械是以间歇、重复工作方式，通过起重吊钩或其他吊具起升、下降与运移重物的机械设备。根据《起重机 术语 第1部分：通用术语》（GB/T 6974.1—2008），起重机械是指用吊钩或其他取物装置吊挂重物，在空间进行升降与运移循环性作业的机械。

《特种设备安全监察条例》规定：起重机械是指用于垂直升降或者垂直升降并水平移动重物的机电设备，其范围规定为额定起重量大于或等于0.5 t的升降机；额定起重量大于或等于1 t，且提升高度大于或等于2 m的起重机和承重形式固定的电动葫芦等。

起重机械的工作状态与特点由其基本构造所决定。

起重机械的基本构造是由金属结构、工作机构、电气控制系统、安全保护（防护）装置和附属设施等部分组成。

金属结构是起重机械的构架、受力的载体，承受自重、起升重物以及其他外部载荷，决定着起重机的结构造型。

工作机构是起重机械的执行机构，其作用是使被吊运的货物获得必要的升降和水平移动，实现物品装卸、转运等作业要求。常见的工作机构为起升机构、运行机构、回转机构和变幅机构。其中起升机构为基本的工作机构。

电气控制系统为起重机械提供工作动力、控制、照明信号等。

安全保护（防护）装置有超载限制器、运行极限装置、防风装置等。

附属设施有司机室、护栏等。

起重机械的安全正常工作，应满足下列三个基本条件：

（1）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。强度是指金属构件抵抗外力作用不产生破坏的能力。刚度是指在外力作用下，金属构件抵抗产生弹性变形的能力。

（2）整机必须具有必要的抗倾覆稳定性。稳定性是指金属构件承受压力载荷作用时，保持原有几何形状的能力。

(3) 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。

起重机械在物料搬运过程中, 历经取物、提升、吊运、卸料(重物落位)等过程来完成一个作业循环, 然后反复地重复作业过程。起重机械是一种间歇性工作机械, 在工作中各个工作机构为周期运转, 所承受的载荷也是变化的, 在每一个工作循环中, 有关的工作机构要完成一次正向和反向的运转, 与连续性工作类型的搬运机械相比, 主要区别就在于起重机械是以周期性(间歇性)短时工作制来完成物料搬运的。

随着先进技术的发展与应用, 起重机械的种类也逐渐增多。一些技术先进、具有专用特性和多种用途的起重机械不断问世。

(二) 起重机械的作用

起重机械在实践工作中的作用是: 改善劳动条件, 降低工作人员的劳动强度, 保障安全作业; 提高作业效率和增强经济效益; 可实现物流系统中搬运、装卸作业的机械化和自动化。

起重机械在现代工业中是实现生产过程机械化、自动化、改善物料搬运条件、减轻劳动强度、提高劳动生产率必不可少的重要机械设备。起重机械不仅可以作为辅助的生产设备, 完成原料、半成品、产品的装卸和搬运, 进行机电设备、船体分段的吊运与安装, 而且也是一些生产工艺操作中的必需的技术装备。例如: 冶金工业生产中的炉料准备、加料、钢水浇铸成锭、脱模取锭等, 必须依靠起重机械进行生产作业, 在生产中进行某些特殊的工艺操作, 使生产过程较容易地实现机械化和自动化。

随着经济建设的迅速发展, 科技水平的不断提高, 与此相适应的起重机技术也迅猛发展, 产品种类不断增加, 使用范围越来越广。特别是在高层建筑的施工、大型船舶建造、火箭和导弹的发射、大型电站的施工和设备安装、大重件的装卸和搬运等方面, 都离不开起重机械。

起重机械的安全使用与管理, 就是要按照客观规律, 运用组织、计划、指导、监督、检查等基本活动, 科学地对人员、设备等因素进行综合技术管理, 充分发挥起重机械效能, 提高技术装备与人员的技术素质和作业水平, 高效、优质、低耗地完成生产作业任务, 追求其寿命周期费用最经济, 获取最佳投资效益, 促进企业生产持续发展, 增强企业活力。

二、起重机械的分类

根据《起重机械分类》(GB/T 20776—2006), 起重机械分为轻小型起重设备、起重机、升降机、工作平台和机械式停车设备五大类, 详见图 1-1。

根据国务院批准的《特种设备目录》, 将起重机械分为十二类: 桥式起重机、门式起重机、门座起重机、塔式起重机、铁路起重机、旋臂式起重机、流动式起重机、升降机、机械式停车设备、轻小型起重设备、桅杆起重机、缆索起重机。还有安全附件及安全保护装置, 包括起重机械制动器(含电机带制动器, 也叫制动电机)、起重量限制器、起重力矩限制器、起升高度限制器、防坠安全器, 如表 1-1 所示。

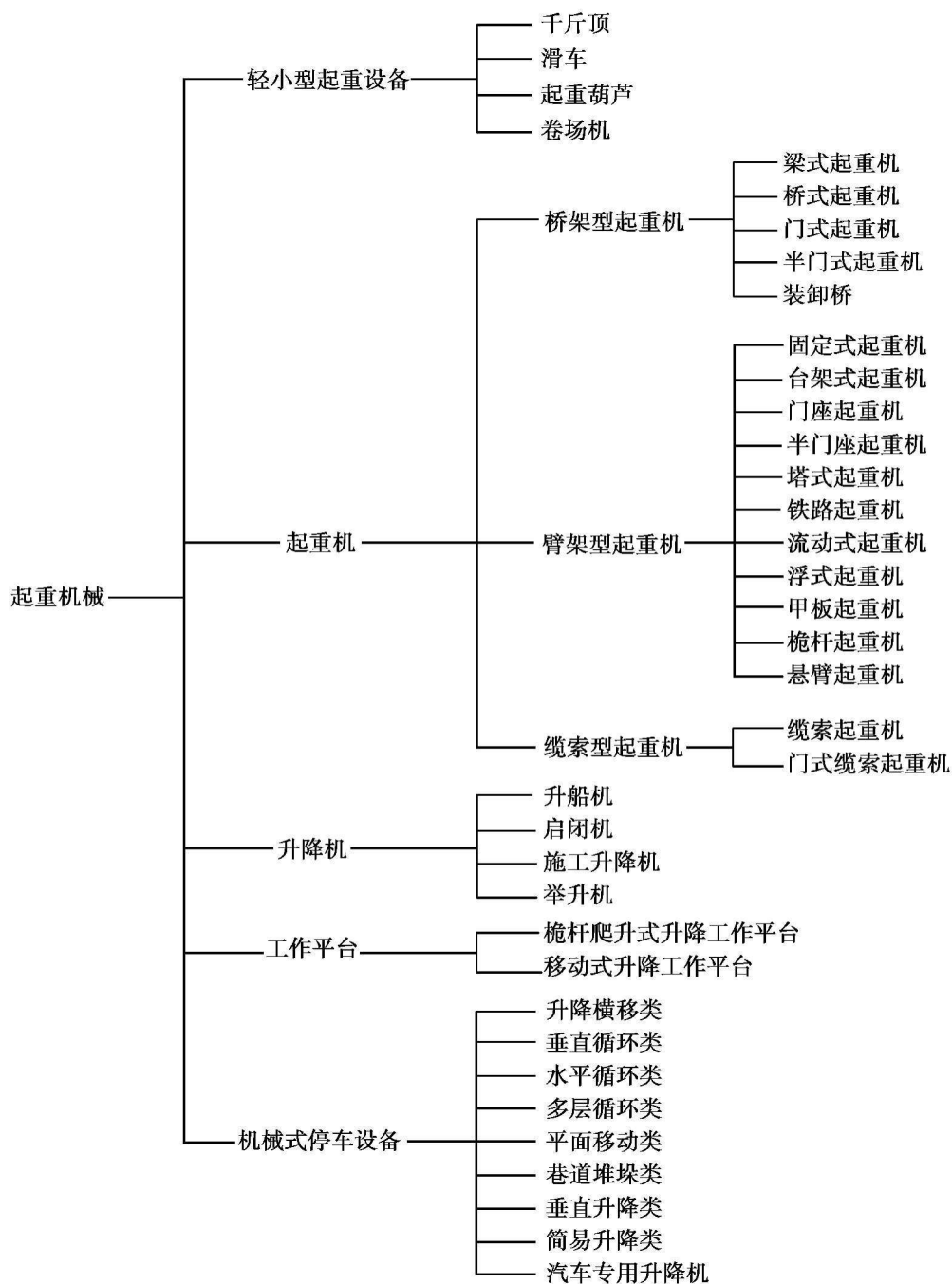


图 1-1 起重机械的分类

表 1-1 特种设备目录（起重机械部分）
《特种设备安全监察条例》（二〇〇九国务院令 597 号）
国质检锅〔2004〕31 号，二〇〇四年一月十九日公布
国质检特〔2010〕22 号，二〇一〇年一月十四日增补

代码	种类	类别	品种
4000	起重机械		
4100		桥式起重机	
4110			通用桥式起重机
4120			电站桥式起重机
4130			防爆桥式起重机
4140			绝缘桥式起重机
4150			冶金桥式起重机
4160			架桥机
4170			电动单梁起重机
4180			电动单梁悬挂起重机
4190			电动葫芦桥式起重机
41A0			防爆梁式起重机
4200		门式起重机	
4210			通用门式起重机
4220			水电站门式起重机
4230			轨道式集装箱门式起重机
4240			万能杆件拼装式龙门起重机
4250			岸边集装箱起重机
4260			造船门式起重机
4270			电动葫芦门式起重机
4280			装卸桥
4300		塔式起重机	
4310			普通塔式起重机
4320			电站塔式起重机
4330			塔式皮带布料机
4400		流动式起重机	
4410			轮胎起重机
4420			履带起重机

续表

代码	种类	类别	品种
4430			全路面起重机
4440			集装箱正面吊运起重机
4450			集装箱侧面吊运起重机
4460			集装箱跨运车
4470			轮胎式集装箱门式起重机
4480			汽车起重机
4490			随车起重机
4600		铁路起重机	
4610			蒸汽铁路起重机
4620			内燃铁路起重机
4630			电力铁路起重机
4700		门座起重机	
4710			港口门座起重机
4720			船厂门座起重机
4730			带斗门座式起重机
4740			电站门座起重机
4750			港口台架起重机
4760			固定式起重机
4770			液压折臂起重机
4800		升降机	
4810			曲线施工升降机
4820			锅炉炉膛检修平台
4830			钢索式液压提升装置
4840			电站提滑模装置
4850			升船机
4860			施工升降机
4870			简易升降机
4880			升降作业平台
4890			高空作业车
4900		缆索起重机	

续表

代码	种类	类别	品种
4910			固定式缆索起重机
4920			摇摆式缆索起重机
4930			平移式缆索起重机
4940			辐射式缆索起重机
4A00		桅杆起重机	
4A10			固定式桅杆起重机
4A20			移动式桅杆起重机
4B00		旋臂式起重机	
4B10			柱式旋臂式起重机
4B20			壁式旋臂式起重机
4B30			平衡悬臂式起重机
4C00		轻小型起重设备	
4C10			输变电施工用抱杆
4C20			电站牵张设备
4CB0			钢丝绳电动葫芦
4CC0			防爆钢丝绳电动葫芦
4CD0			环链电动葫芦
4CE0			气动葫芦
4CF0			防爆气动葫芦
4CG0			带式电动葫芦
4D00		机械式停车设备	
4D10			升降横移类机械式停车设备
4D20			垂直循环类机械式停车设备
4D30			多层循环类机械式停车设备
4D40			平面移动类机械式停车设备
4D50			巷道堆垛类机械式停车设备
4D60			水平循环类机械式停车设备
4D70			垂直升降类机械式停车设备
4D80			简易升降类机械式停车设备
4D90			汽车专用升降机类停车设备

续表

代码	种类	类别	品种
F000	安全附件及安全保护装置		
F410			起重机械起重量限制器
F420			起重机械起重力矩限制器
F430			起重机械起升高度限制器
F440			起重机械防坠安全器
F450			起重机械制动器

注：本目录所列的特种设备的参数范围按照《特种设备安全监察条例》第八十八条的规定。

轻小型起重设备一般只有一个升降机构，只能使重物做单一方向的升降运动。其特点是轻便、结构紧凑，动作简单。

桥架类型的起重机具有起升机构、大小车运行机构，依靠这些机构的配合动作，可使重物在一定的立方形空间内垂直升降与水平位移。

臂架类起重机具有起升机构、变幅机构、旋转机构，依靠这些机构的相互配合，可使重物在一定的圆柱形空间内起吊和搬运。臂架类起重机多设在车辆上或其他运输（移动）工具上，或本身可以移动，这样就构成了运行臂架式起重机。

起重机械品种繁多，结构多样，使用工况千差万别，分类方法不一而足，也可按构造、取物装置、操作方式、移动方式、驱动方式、回转能力、支承方式、用途等来分类。

三、起重机械的型号规格

起重机械的型号规格一般由类、组、型代号与主参数代号等共同组成，如图 1－2 所示。如需增加特性代号，其特性代号置于类、组、型代号与主参数代号之间。

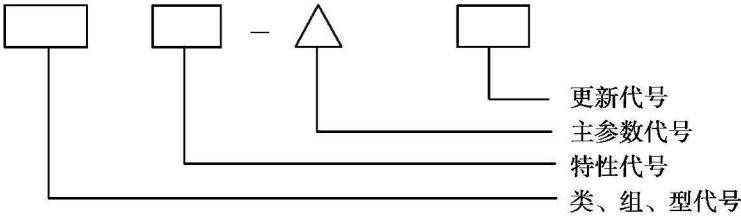


图 1－2 起重机械产品型号规格

型号用汉语拼音字母或英文字母表示，主参数用阿拉伯数字表示，一般用额定起重量（t）、跨度（m）等表示。当产品进行更换或结构有重大改革时，其改进代号按 A、B、C……的顺序采用，置于原产品型号的尾部，以示区别。

例如：QD20/5－19.5A5 表示吊钩桥式起重机，主钩 20 t、副钩 5 t、跨度 19.5 m、工作级别 A₅。

四、起重机械主要技术参数

起重机械的技术参数表示起重机械的作业能力，表明了起重机械的工作性能，是设计起重机械的主要依据，也是起重作业人员必须掌握的基本知识。它们主要有：额定起重量、跨度或幅度、起升高度、工作级别、各机构的工作速度和轮压、外形尺寸等。

(1) 起重量：被起升重物的质量，单位为千克(kg)或吨(t)，通常情况下是指额定起重量。对于幅度可变的起重机，它是指相应幅度处的额定起重量。起吊重物时，一定要用重物质量与吊具自身质量之和去衡量起重机是否超载。

(2) 额定起重量 m ：在正常工作条件下，对于给定的起重机类型和载荷位置，起重机设计能起升的最大净起重量。允许吊起重物或物料，连同可分吊具(或属具)质量的总和，起重电磁铁、真空吸盘、抓斗的自身质量，均须包括在额定起重量内。

(3) 最大起重量 m_C ：额定起重量的最大值(幅度可变的起重机)。

(4) 总起重量 m_{GL} ：直接吊挂在起重机上重物的质量，是指起重机能吊起重物或物料，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。

(5) 净起重量 m_{NL} ：吊挂在起重机固定吊具上的重物质量。

(6) 有效起重量 m_{PL} ：吊挂在起重机上的重物料质量(不含任何吊具)。

(7) 跨度 S ：桥架型起重机运行轨道中心线之间的水平距离。

(8) 起升高度 H 和下降深度 h ：起升高度是指起重机支承面至取物装置最高工作位置之间的垂直距离。下降深度是指起重机支承面至取物装置最低工作位置之间的垂直距离。对吊钩和货叉，从其支承面算起；对其他吊具，从其最低点算起(闭合状态)。桥式起重机从地平面算起。

(9) 幅度 L ：臂架起重机水平状态时，回转中心线至取物装置(空载)垂直中心线的水平距离。非旋转类型的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。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，起重机的幅度为最大幅度；反之为最小幅度。

(10) 起重力矩 M ：幅度与其相对应的载荷的乘积。

(11) 轮压 P ：一个车轮作用在轨道或地面上的最大垂直载荷。按工况不同，轮压分为工作轮压和非工作轮压。

(12) 运行速度 v ：起重机在额定载荷、稳定运动状态下载荷的垂直或水平位移速度，按工作机构的不同分为多种，如起升(下降)速度、大车运行速度、小车运行速度、回转速度、变幅速度等。

(13) 起重特性曲线：臂架型起重机作业特性的曲线是表示起重量随幅度改变的曲线，它由起重量曲线和起升高度曲线组成。

五、起重机工作级别

工作级别是指考虑起重机起重量和时间的利用程度以及工作循环次数的特性，表示起重机起吊载荷的满载程度和起吊工作次数的繁忙程度的参数，是综合反映起重机在工

作时间方面的繁忙程度和吊重方面的满载程度的特性，是一个与主要技术参数同等重要的、起重机特有的一组性能指标。起重机工作级别由两种能力决定的：一是在时间方面的繁忙程度，称为起重机的利用等级；二是在吊重方面的满载程度，称为起重机的载荷状态。起重机的工作级别分为 $A_1 \sim A_8$ 。起重机工作级别的高低不取决于起重量的大小，而取决于起重重量载荷和载荷频次变化及工况繁忙程度变化。

（一）起重机的利用等级

起重机在有效寿命期间工作循环总数表征起重机的利用程度。起重机作业的工作循环是从准备起吊物品开始，到下一次起吊物品为止的整个作业过程。工作循环总数是起重机分级的基本参数之一，是起重机在规定使用寿命期间所有工作循环次数的总和。

工作循环总数与起重机的使用频率有关。为了方便起见，工作循环总数在其可能的范围内分为 10 个利用等级 ($U_0 \sim U_9$)，如表 1-2 所示。

表 1-2 起重机利用等级

利用等级	总的工作循环次数 N	附注
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	$>4 \times 10^6$	

（二）起重机载荷状态

起重机载荷状态表明起重机的主要机构（起升机构）卸载的轻重程度。载荷状态与两个因素有关：一是实际起升载荷与额定载荷之比，另一个是实际起升载荷的作用次数与工作循环总数之比。表 1-3 列出了起重机载荷状态。

表 1-3 起重机载荷状态

载荷状态	名义载荷系数 K_F	说明
Q_1 （轻）	0.125	很少起升额定载荷，一般起升轻微载荷
Q_2 （中）	0.25	有时起升额定载荷，一般起升中等载荷
Q_3 （重）	0.5	经常起升额定载荷，一般起升较重载荷
Q_4 （特重）	1.0	频繁起升额定载荷