

起重机设计手册

张质文 虞和谦 主编
王金诺 包起帆

中国铁道出版社

起重机设计手册

张质文 虞和谦 主编
王金诺 包起帆

中国铁道出版社

1998年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书是起重机设计人员的工具书。共分六篇：起重机设计总论；起重机机构；起重机的零部件；起重机金属结构；起重机电气设备；起重机液压传动。

本书根据现行国家标准《起重机设计规范》(GB 3811—83)编写，并参考国际标准(ISO)近年来推荐的计算方法加以补充。内容结合我国起重行业的实际，收集了目前普遍使用的新材料、新结构、新产品，在起重机总体、机构、零部件、金属结构、电气设备和液压传动等篇中都反映了国内外的最新成果。

本书数据可靠，内容翔实，便于从事起重机设计、科研、生产、质量检验、机械运用等技术工作的人员使用，也可供大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

起重机设计手册/张质文等主编. —北京:中国铁道出版社,1997
ISBN 7-113-02571-4

I. 起… I. 张… III. 起重机-设计-手册 N. TH210.22-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 08360 号

书 名:起重机设计手册

著作责任者:张质文 虞和谦 王金诺 包起帆 主编

出版·发行:中国铁道出版社出版(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策 划 编 辑:褚书铭

责 任 编 辑:褚书铭 黄 燕 梁兆煜

封面设计:翟 达

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

经 销:全国各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:70.5 字数:2612 千

版 本:1998年3月第1版 1998年3月第1次印刷

印 数:1—10 000 册

书 号:ISBN7-113-02571-4/TH·62

定 价:98.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编委会名单

编委会主任	华茂昆				
副主任	常国治	吕长清	陈开权	胡正民	孙国正
	徐善继	闻邦椿	刘全德	褚书铭	
委员	万力	王金诺	王泽民	方忠	包起帆
(以姓氏笔划为序)	石来德	刘长兴	刘国湘	白瑞海	左孝桐
	卢毅非	朱飞	朱崇淑	朱铁男	毕华林
	孙桂林	孙鸿范	过玉卿	阎玉美	阎绍尧
	吕宁生	张力	张正华	张宗英	张质文
	张遐年	张惠桥	张福元	李士瀛	李守林
	吴文发	陆大明	余贺元	余敏年	汪春生
	宋甲宗	陈立志	陈伟璋	陈宏勋	陈秀祥
	陈家园	陈道南	杨长骅	杨立治	杨桂春
	周云	周本宽	周奇才	周培德	赵光德
	赵秀奇	邹淑英	范祖尧	胡宗武	胡传映
	郑荣	宫本智	须雷	畅启仁	施云权
	顾必冲	顾迪民	顾树泽	聂崇嘉	奚国辉
	浦历生	倪庆兴	夏宏身	徐克晋	徐春海
	钱大海	唐风	黄伟	黄燕	黄微微
	郭文超	郭有勤	梁一如	梁兆煜	韩治国
	傅东明	蒋正成	曾友奎	曾志荣	裘为章
	虞和谦	熊安春			
主编	张质文	虞和谦	王金诺	包起帆	

序

被人们喻为“巨人之臂”、“画在天空中的弧”、“力与美的象征”的起重机,是广泛用于国民经济各部门进行物质生产和装卸搬运的重要设备。起重机的设计制造,从一个侧面反映了国家的工业现代化水平。

20世纪80年代初,我国出版过两本起重机设计手册,对促进我国起重机械的技术进步起了重要作用。时过十多年,国内外起重机及其相关技术有了很大发展,有关起重机及其零部件的国际和国家标准(其中包括 GB 3811—83 起重机设计规范)相继颁布实行。编写一本反映当今技术进步、对起重机设计起指导和参考作用的手册,已成为广大技术人员和高校师生的迫切需要。

在机械工业部和铁道部有关部门的倡导和支持下,由西南交通大学和北京起重运输机械研究所牵头,集起重机行业专家教授的智慧,经过多年的努力,现已完成编写工作并出版问世。

我相信,本书将成为大专院校师生的良师益友,成为厂矿院所和起重机使用部门科技工作者有益的参考书,手册的问世对起重机械技术的进一步发展定会起到促进作用。

華茂崑

1997年12月

前 言

起重机是减轻笨重体力劳动、提高作业效率、实现安全生产的起重运输设备。在国民经济各部门的物质生产和物资流通中,起重机作为关键的工艺设备或重要的辅助机械,应用十分广泛。

我国起重机制造业奠基于 20 世纪 50 年代。70 年代以来,起重机的类型、规格、性能和技术水平获得很大的发展,除了满足国内经济建设对起重机日益增长的需要外,还向国外出口各种类型的高性能、高水平的起重机。

在总结国内经验并参考国外技术成就的基础上,70 年代末,我国先后出版了两本《起重机设计手册》[3,4],受到国内从事起重机技术工作的众多人士的欢迎,对我国起重机的设计制造和科研教学起了重要作用。手册出版以来的近 20 年中,起重机技术有了进一步发展,新结构、新材料、新工艺、新产品、新的计算方法不断出现。1983 年我国颁布了国家标准《起重机设计规范》(GB 3811—83),先后公布了起重机及其零部件的多项国家标准和部颁标准。80 年代和 90 年代初,国际标准组织(ISO)颁布了有关起重机分类、工作制度、载荷、计算方法等许多项国际标准。国内外出版了不少起重机技术书籍,各种刊物上发表了许多起重机论文和技术资料。现代电控技术和液压技术在起重机上的应用取得了很好的效益,应用日益广泛。在这种情况下,出版一本能反映 20 年来起重机技术进步、符合国家标准和先进国际标准的《起重机设计手册》(以下简称《手册》),满足各部门从事起重机技术工作的广大人士的需要,已显得十分必要和迫切。为此,在铁道部运输局、中国机械工程学会物料搬运分会和中国铁道出版社的支持下,成立了由领导和专家组成的《手册》编辑委员会,由西南交通大学和北京起重运输机械研究所主持,约请有关单位的专家和技术人员分工编写。

《手册》共六篇,约 260 万字。在材料、起重机专业名词术语、起重机零部件、液压和电气图形符号、起重机及其零部件的计算和选择等方面都采用了最新的国家标准和国际标准。计算方法除遵循《起重机设计规范》(GB 3811—83)外,还参考国际标准(ISO)和国内外现行有效的计算方法加以补充。《手册》中的各篇都舍弃了起重机中属于陈旧和淘汰的结构和部件,收集了目前普遍使用或具有明显的发展前途的结构和产品。起重机电器和电控是近些年起重机综合技术中发展最快的部分,《手册》结合我国起重机行业的实际,充分反映了国内外这一领域内的科技成就和最新产品。

随着液压技术的进步和液压元件质量的提高,静液压传动在起重机(特别是臂架式运行起重机)上的应用已十分普遍。在液压传动篇中,编入了现代起重机液压传动系统设计及实用液压元件选择,这是国内外至今出版的各种《起重机手册》中均所欠缺的内容。

手册辟有专章介绍起重机的可靠性、概率计算方法和自动化设计系统。

为了避免不必要的重复和减少篇幅,《手册》不按起重机的类型分别介绍各种起重机的设计,而是采用国内外现有起重机设计手册的成功经验,着重于起重机设计中具有共性的基本理论、计算方法、金属结构和机构及其零部件设计计算、电力驱动和液压传动的设计及元、部件选择。

《手册》的编写采用编委会领导下的主编负责制。各篇设分主编,约请对该篇内容富有学识和经验的专家担任。分主编对该篇各章的内容和图文向主编负责,主编负责对全手册的内容和文字图表作全面校正,并作必要的内容调整和文字加工。

《手册》的编写和出版得到了机械工业部包叙定部长、铁道部傅志寰副部长的关怀和支持,铁道部华茂昆总工程师担任《手册》编委会主任,并为《手册》作序,在此,我们表示深深的谢意。

《手册》在编写过程中得到了有关院校厂所的大力协助,提供了宝贵资料,并为提高《手册》质量提出好的建议。

读者在使用《手册》时,如发现内容存在错误和不当,或对《手册》有任何建议和意见,均请函寄四川成都西南交通大学机械工程研究所(邮编 610031),我们至诚欢迎和感谢。

编 者

1998年2月

目 录

第一篇 起重机设计总论

..... (分主编:张质文)	
第一章 起重机分类及主要技术参数	1
..... (张质文)	
第一节 起重机分类	1
第二节 起重机主要技术参数及其选择	2
第二章 起重机工作级别	6
..... (张质文)	
第一节 起重机利用等级	7
第二节 起重机载荷状态	7
第三节 起重机整机工作级别	8
第三章 计算载荷及其组合	10
..... (张质文)	
第一节 计算载荷	10
第二节 计算载荷的组合	21
第四章 强度和疲劳计算	22
..... (张质文)	
第一节 计算方法	22
第二节 强度计算	23
第三节 疲劳强度计算	24
第四节 安全系数	32
第五章 起重机的可靠性、概率计算方法和 自动化设计系统	33
..... (张质文、王少华)	
第一节 起重机的可靠性	33
第二节 起重机零件和结构的概率计算法	36
第三节 起重机自动化设计系统	41
第六章 起重机支承反力计算	42
..... (曾佑文 景刚)	
第一节 支承反力计算方法	42
第二节 轮式臂架回转起重机支承反力的 计算	42
第三节 臂架起重机带载行驶时的轴负荷	44
第四节 履带式起重机履带对土壤的压力	45
第五节 桥架类型起重机支承反力计算	46
第七章 起重机抗倾覆稳定性和防风抗滑 安全性	48
..... (张宗明)	
第一节 抗倾覆稳定性计算	48
第二节 浮式起重机稳定性计算	54
第三节 起重机防风抗滑安全性	56
第八章 材 料	57
..... (唐金云 许志沛)	
第一节 起重机材料种类和要求	57
第二节 起重机常用金属材料	58
第三节 起重机常用非金属材料	72

第二篇 起重机机构

..... (分主编:虞和谦 张质文)	
第一章 起重机机构工作级别	77
..... (张质文)	
第一节 机构利用等级	77
第二节 机构载荷状态	77
第三节 机构工作级别	78
第二章 起升机构	82
..... (须雷 张仲鹏)	
第一节 起升机构的组成和典型形式	82
第二节 电动及液压起升机构计算	94
第三章 执行式运行机构	99
..... (须雷 程文明)	
第一节 执行式运行机构的组成和典型 形式	99
第二节 电动及液压执行式运行机构计算	109
第三节 起重机通过曲线验算	116
第四章 无轨式运行机构	118
..... (邓 斌)	
第一节 轮胎式运行机构的组成和典型 形式	118
第二节 履带式运行机构的组成和典型 形式	124
第三节 轮胎式运行机构计算	125
第四节 履带式运行机构计算	133
第五章 回转机构	135
..... (汪春生 曾佑文 张质文)	
第一节 回转机构的组成和典型形式	135
第二节 回转支承装置计算	138
第三节 回转机构驱动装置计算	156
第四节 固定式回转起重机的基础计算	162
第六章 变幅机构	163
..... (陆国贤 曾佑文)	
第一节 变幅机构的类型	163
第二节 普通臂架变幅机构设计计算	168
第三节 平衡臂架变幅机构设计计算	170
第七章 伸缩机构	180
..... (程文明)	
第一节 臂架伸缩机构设计计算	180
第二节 支腿收放机构设计计算	187
第八章 机构零件计算	190
..... (张质文)	
第一节 疲劳计算等效载荷	190
第二节 静强度计算载荷	191
第三节 零件计算载荷和许用应力	191

第三篇 起重机零部件

…………… (分主编:包起帆 张质文)

第一章 钢丝绳及绳具

…………… (徐保林 张仲鹏) 193

第一节 钢丝绳的特性及种类…………… 193

第二节 钢丝绳的选择…………… 195

第三节 常用钢丝绳的主要性能…………… 196

第四节 钢丝绳端的固定和联接…………… 213

第二章 滑轮和滑轮组 …… (方忠 张仲鹏) 214

第一节 滑轮的构造、尺寸和型式…………… 214

第二节 滑轮组的构造、种类、倍率和效率…………… 222

第三节 驱动滑轮…………… 223

第三章 卷筒组 …… (曾佑文 庞作相) 224

第一节 卷筒组类型及构造…………… 224

第二节 卷筒设计计算…………… 227

第三节 卷筒组系列和主要零件尺寸…………… 232

第四章 吊钩组 …… (胡金汛) 244

第一节 吊钩组种类和特点…………… 244

第二节 吊钩的强度等级、起重量及材料…………… 245

第三节 吊钩计算…………… 248

第四节 吊钩组其他零件的计算…………… 252

第五节 吊钩和吊钩组尺寸…………… 253

第五章 抓斗 …… (包起帆 方忠) 261

第一节 抓斗的分类和结构特点…………… 261

第二节 影响抓取能力的因素…………… 264

第三节 抓斗的受力分析…………… 266

第四节 抓斗的受力计算…………… 268

第五节 常用抓斗的技术参数…………… 270

第六节 多瓣抓斗…………… 276

第七节 木材抓斗…………… 278

第八节 单绳抓斗开闭机构…………… 282

第九节 新结构散货抓斗…………… 285

第十节 动力式抓斗…………… 287

第六章 集装箱吊具 …… (程文明) 291

第一节 集装箱吊具的构造和特点…………… 291

第二节 伸缩式集装箱吊具的计算和试验…………… 300

第七章 制动装置 …… (唐风) 301

第一节 概 述…………… 301

第二节 块式制动器…………… 304

第三节 内张蹄式制动器…………… 324

第四节 带式制动器…………… 333

第五节 盘式制动器…………… 337

第六节 制动器的发热验算…………… 347

第七节 停 止 器…………… 350

第八章 车轮、轨道和轮胎 …… (方忠) 352

第一节 车轮的种类和工作特点…………… 352

第二节 车轮计算…………… 355

第三节 车轮组尺寸和许用轮压…………… 356

第四节 轨 道…………… 360

第五节 轮 胎…………… 362

第九章 齿轮及蜗杆传动 …… (赵光德) 367

第一节 齿轮传动在起重机上的应用…………… 367

第二节 渐开线圆柱齿轮传动的参数选择和几何计算…………… 371

第三节 渐开线圆柱齿轮承载能力的计算…………… 378

第四节 行星齿轮传动…………… 391

第五节 蜗杆传动…………… 402

第十章 减 速 器 …… (赵光德 张仲鹏) 409

第一节 起重机用减速器的特点…………… 409

第二节 减速器的种类和选用…………… 410

第十一章 轴、心轴与轴承 …… (胡金汛) 429

第一节 轴与心轴的计算…………… 429

第二节 轴和轮毂的联接…………… 436

第三节 轴承的计算…………… 437

第十二章 联 轴 器 …… (金永懿 曾佑文) 441

第一节 联轴器的种类及特性…………… 441

第二节 联轴器的选择…………… 441

第三节 联轴器性能及主要尺寸参数…………… 443

第十三章 缓 冲 器 …… (张宗明) 469

第一节 缓冲器的种类及特性…………… 469

第二节 缓冲器的计算和选择…………… 477

第十四章 防风抗滑装置 …… (吴宏智 张宗明) 479

第一节 锚定装置…………… 479

第二节 止轮器和压轨器…………… 480

第三节 夹 轨 钳…………… 481

第四节 防风抗滑装置的设计计算…………… 485

第十五章 起重机安全与辅助装置 …… (张德裕 李学众) 487

第一节 概 述…………… 487

第二节 超载限制器…………… 492

第三节 偏斜限制器和指示器…………… 496

第四节 起重机称量装置…………… 498

第四篇 起重机金属结构

…………… (分主编:王金诺)

第一章 起重机金属结构设计计算总论

…………… (夏宏身 王金诺 张质文) 502

第一节 设计计算方法…………… 502

第二节 结构件(连接)的疲劳强度计算…………… 511

第三节 起重机金属结构载荷、载荷组合及许用应力…………… 517

第四节 轴向受力构件的计算…………… 520

第五节 受弯构件的计算…………… 552

第六节 受扭构件的计算…………… 570

第二章 起重机金属结构的连接

…………… (曲季浦) 579

第一节 焊缝连接…………… 579

第二节 螺栓连接.....	588	第三节 箱形伸缩式吊臂的优化设计计算.....	783
第三章 桥式起重机金属结构设计计算.....	(邓斌) 596	第四节 变幅机构三铰点位置的优化设计.....	788
第一节 单梁葫芦桥式起重机金属结构.....	597	第五节 轮式起重机转台.....	791
第二节 单梁小车式桥式起重机金属结构.....	604	第六节 轮式起重机的底架.....	791
第三节 双梁小车桥式起重机金属结构.....	615	第五篇 起重机电气设备	(分主编:裘为章)
第四节 桥式起重机金属结构 CAD.....	638	第一章 起重机用电机及容量校验.....	801
第四章 桁架式龙门起重机金属结构设计计算.....	(许志沛 王金诺) 640	第一节 起重及冶金用电动机.....	(王希春) 801
第一节 主要型式与总体布局.....	640	第二节 轻小型起重设备用锥形转子电动机.....	(董高定) 829
第二节 载荷、内力分析和杆件设计.....	645	第三节 起重机用电机容量选择.....	(裘为章) 839
第三节 桁架结构刚度计算和上拱设计.....	655	第二章 起重机常用电器.....	(余敏年) 851
第四节 II形双梁桁架式龙门起重机金属结构的计算.....	657	第一节 刀开关、组合开关及低压断路器.....	853
第五节 四桁架式双梁龙门起重机金属结构的计算.....	660	第二节 凸轮控制器、主令控制器、万能转换开关及联动控制台.....	860
第六节 三角形断面桁架式龙门起重机金属结构的计算.....	666	第三节 接触器和磁力启动器.....	872
第五章 箱形龙门起重机金属结构设计计算.....	(柳葆生 王金诺) 683	第四节 中间继电器、时间继电器.....	881
第一节 结构型式、主要参数和载荷计算.....	683	第五节 熔断器.....	884
第二节 箱形龙门起重机金属结构系统的优化设计.....	690	第六节 过电流继电器、热继电器.....	888
第三节 主梁和支腿的受力分析和校核计算.....	695	第七节 控制按钮、行程开关.....	890
第四节 主梁和支腿的刚度计算.....	714	第八节 电阻器、频敏变阻器.....	895
第五节 造船用龙门起重机金属结构.....	723	第三章 起重机电气传动系统.....	902
第六章 塔式起重机金属结构设计计算.....	(郑荣) 728	第一节 起重机电气传动概述.....	(裘为章) 902
第一节 塔式起重机金属结构的组成.....	728	第二节 交流起重机低速调速电控设备.....	(裘为章) 907
第二节 计算载荷及其组合.....	736	第三节 变极调速及双电动机调速.....	(裘为章 石秀芬) 912
第三节 小车变幅式臂架的设计和计算.....	738	第四节 液力推动器调速.....	(熊纹) 913
第四节 塔式起重机的塔身计算.....	746	第五节 动力制动调速.....	(杨启秀) 917
第七章 门座起重机金属结构设计计算.....	(张士鐸 王金诺) 751	第六节 转子脉冲调速.....	(王志勇) 922
第一节 门座起重机金属结构的组成.....	751	第七节 串级调速.....	(尹明陆) 926
第二节 载荷计算及其组合.....	755	第八节 涡流制动器调速.....	(张德裕) 932
第三节 单臂架系统的设计计算.....	756	第九节 定子调压调速.....	(杨启秀) 938
第四节 组合臂架系统的设计计算.....	761	第十节 变频调速.....	(李启申) 942
第五节 人字架和转台.....	766	第十一节 直流传动调速.....	(张君谟) 945
第六节 门架结构设计计算.....	769	第四章 起重机自动控制.....	951
第七节 转柱结构的计算.....	773	第一节 可编程序控制器.....	(陈志毅) 951
第八章 轮式起重机金属结构设计计算.....	(刘锋 王金诺) 775	第二节 自动定位装置.....	(陈志毅) 955
第一节 吊臂结构的型式与分类.....	775	第三节 大车运行机构的纠偏和电气同步.....	(张德裕) 959
第二节 桁架式吊臂的设计计算.....	779	第四节 地面操纵、有线与无线遥控.....	(周辉、程涛) 960
		第五节 起重电磁铁及其控制.....	(王世文 丁卫总) 963
		第五章 移动供电装置和导线截面选择.....	(余敏年) 969
		第一节 移动供电装置.....	969

第二节	导线和滑线的截面选择	980	第七节	斜轴式轴向柱塞泵和马达	1044
第三节	电线和电缆	981	第八节	新型径向柱塞泵	1045
第六章	新图形符号、项目代号及起重机电气系统	(余敏年) 990	第九节	连杆式低速大力矩马达 (staffa 马达)	1046
第一节	新图形符号及项目代号	990	第十节	双斜盘轴向柱塞式低速大力矩马达	1048
第二节	起重机电气系统图	1003	第十一节	内曲线径向式低速大力矩马达	1049
第六篇	起重机电液传动	(分主编: 聂崇嘉)	第四章	液压缸	(邵星海) 1050
第一章	汽车(轮胎)和铁路起重机电液系统设计	(陈柏松 许志沛 袁孝珏) 1005	第一节	概 述	1050
第一节	液压系统的构成	1005	第二节	液压缸的结构	1052
第二节	液压系统设计的基本要求和步骤	1006	第三节	液压缸的计算	1057
第三节	主要工作机构液压回路的常见型式和工作原理	1006	第四节	液压缸主要零部件材料及技术要求	1059
第四节	液压系统方案和主要参数的确定	1012	第五节	液压缸的设计和选用	1060
第五节	液压系统的设计计算	1012	第五章	液压控制元件和装置	(聂崇嘉) 1064
第六节	主要液压元件的选择	1014	第一节	概 述	1064
第七节	液压系统的验算	1015	第二节	多路换向阀	1064
第八节	典型液压系统	1017	第三节	平衡阀	1068
第二章	液压工作介质	(许志沛) 1019	第四节	液压动力转向装置	1069
第一节	液压工作介质分类、命名和代号	1019	第五节	单路稳流阀	1072
第二节	液压系统对工作介质的要求	1021	第六节	先导式减压阀	1073
第三节	常用液压工作介质的特性和应用	1021	第六章	液压辅助件	(许志沛) 1074
第四节	常用液压油的质量指标	1023	第一节	管 件	1074
第五节	液压工作介质的选择	1027	第二节	过 滤 器	1079
第三章	液压泵和液压马达	(聂崇嘉) 1029	第三节	液压油箱及其附件	1084
第一节	主要参数、性能指标和计算公式	1029	第四节	蓄 能 器	1085
第二节	变量泵的常见变量方式	1031	第七章	常用液压标准与常用液压参数的单位	(聂崇嘉) 1089
第三节	起重机械常用液压马达的主要参数和性能指标	1031	第一节	液压图形符号	1089
第四节	外啮合齿轮泵与齿轮马达	1032	第二节	有关液压系统及元件压力的标准	1112
第五节	叶片泵和叶片马达	1037	第三节	有关液压泵、马达公称排量的标准	1112
第六节	斜盘式轴向柱塞泵和马达	1040	第四节	有关液压缸几何参数的标准	1113
			第五节	液压常用参数的单位及换算	1114
			参考文献		1115

第一篇 起重机设计总论

第一章 起重机分类及主要技术参数

第一节 起重机分类

起重机是一种能在一定范围内垂直提升和水平移动物品的机械,动作间歇性和作业循环性是起重机工作的特点。

起重机可按主要用途和构造特征分类。

按主要用途分通用起重机、建筑起重机、冶金起重机、铁路起重机、港口起重机、造船起重机、甲板起重机等。

按构造特征分桥式类型起重机和臂架式类型起重机;旋转式起重机和非旋转式起重机;固定式起重机和运行式起重机。运行式起重机又分轨行式(在固定的钢轨上运行)和无轨式(无固定轨道,由轮胎或履带支承运行)。

图 1-1-1 是起重机按用途和构造特征分类。

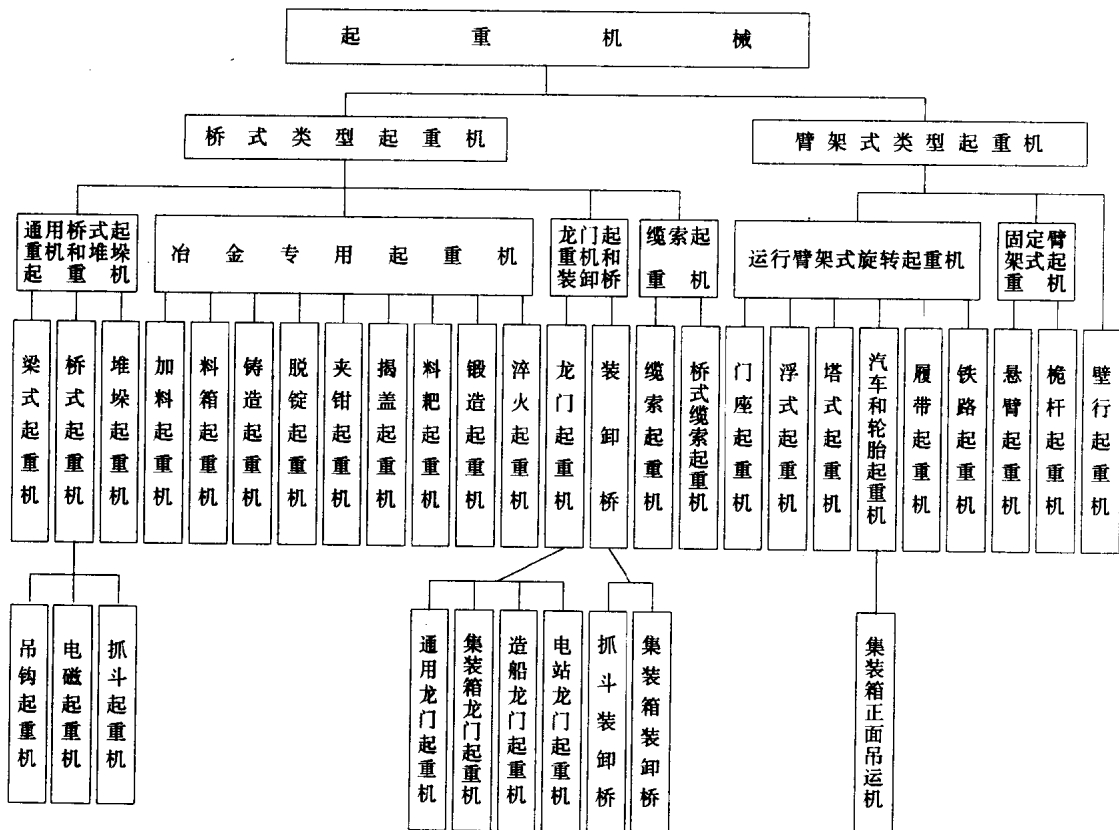


图1-1-1 起重机械分类

第二节 起重机主要技术参数及其选择

起重机的技术参数表征起重机的作业能力,是设计起重机的基本依据。起重机的主要技术参数有:起重量、起升高度、跨度(桥式类型起重机)、幅度(臂架类型起重机)、机构工作速度和生产率。臂架类型起重机的主要技术参数中还包括起重力矩。对于轮胎、汽车、履带、铁路等起重机,爬坡度和最小转弯(曲率)半径也是主要技术参数。

一、起重量

起重机正常工作时允许一次起升的最大质量称为额定起重量,单位为吨(t)或千克(kg)。吊钩起重

机的额定起重量不包括吊钩和动滑轮组的自重。抓斗和电磁铁等可从起重机上取下的取物装置的质量计入额定起重量内。桥式类型起重机的额定起重量是定值。臂架类型起重机中,有的起重机的额定起重量是定值,与幅度无关(如门座起重机、某些塔式起重机)。有的起重机对应不同的臂架长度和幅度有不同的额定起重量(如轮胎和汽车起重机、履带起重机、铁路起重机)。额定起重量不只一个时,通常称额定起重量为最大起重量,或简称起重量。

最大起重量系列的国际标准见表 1—1—1。该标准适用于所有类型的起重机。

最大起重量系列(ISO 2374:1983)(t)

表 1—1—1

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。

吊运笨重物品的起重机,其起重量由一次起吊的物品最大质量决定(在个别情况下,可以采用两台起重机抬吊笨重物品)。装卸散堆物料的起重机,根据要求的生产率确定起重量。

如抓斗起重机给定的生产率为 $P(t/h)$,起重机每小时作业循环次数为 n (与物品搬运距离、机构工作速度、机构运动重合情况、工人操作技术水平等有关),每次抓取的物料重量(抓斗有效容积×物料容重)为 Q_0 ,抓斗自重为 G ,则起重机的起重量为:

$$Q = Q_0 + G = P/n + G \quad (1-1-1)$$

抓斗自重与抓取物料质量的比值随抓斗容积减小而增大。起重量较大的起重机为了提高作业效率,一般设有主起升机构和副起升机构。主起升起重量大、速度低;副起升起重量小、速度高。副起升起重量由作业要求确定,桥式类型起重机副起升起重量一般为主起升的 $1/5 \sim 1/3$ 。

汽车起重机和铁路起重机的额定起重量随着吊臂的方位(侧方、后方、前方三个基本作业方位;铁路起重机还有与线路方向成一定夹角的特定方位)不同而异。轮胎起重机和铁路起重机的额定起重量还分支腿全伸、不用支腿和吊重行驶三种情况。起重机吊重行驶时,吊臂必须前置。起重机不用支腿作业和吊重行驶时的额定起重量决定于轮胎、车桥(或轮对转向架)的承载能力。

起重机的起重量常用符号 Q 或 P 、 C 等表示。起重量是质量单位(kg),但习惯用的起重量单位为吨(t),这可视为非国际单位制的质量单位($1t = 1000kg$)。当起重量视为载荷时,起升载荷的单位为牛(N)或千牛(kN),常以 P_Q 表示, $P_Q = Q \cdot g \approx 10Q$ 。

二、起升高度

起升高度是指从地面或轨道顶面至取物装置最高起升位置的铅垂距离(吊钩取钩环中心,抓斗、其他容器和起重电磁铁取其最低点),单位为米。如果取物装置能下落到地面或轨面以下,从地面或轨面至取物装置最低下放位置间的铅垂距离称为下放深度。此时总起升高度 H 为轨面以上的起升高度 h_1 和轨面以下的下放深度 h_2 之和, $H = h_1 + h_2$ 。

臂架长度可变的轮胎、汽车、铁路、履带起重机的起升高度随臂架仰角和臂长而变,在各种臂长和不同臂架仰角时可得相应的起升高度曲线。浮式起重机的起升高度是指考虑船倾影响后的实际起升高度。

起升高度的选择按作业要求而定。在确定起升高度时,应考虑配属的吊具、路基和车辆高度,保证起重机能将最大高度的物品装入车内。用于船舶装卸的起重机应考虑潮水涨落的影响。

桥式和臂架类型起重机的起升高度无特殊要求

时,可参考表 1-1-2 至表 1-1-5。

3 t~250 t 电动桥式起重机起升高度系列
(GB 791-65) 表 1-1-2

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
	副钩	14	18	22	32	22	32
		20	30	20	30	24	30
		19	30	16	30	18	32

港口门座起重机的幅度 R 、起升高度 H 和轨距 $t(m)$
(JT 5001-75) 表 1-1-3

起重量 $Q(t)$	3	5	10	16	25	
工作幅度 R	最大	25	25	30	25	30
	最小	7	8	9	8	9
起升高度 H	轨面上	22	22	25	22	28
	轨面下	15				
轨距 t	跨单轨	22	--			
	跨双轨	18	20	23	22(18)	23 24 25

轮胎和汽车起重机起升高度 (m)
(JB 1375-74) 表 1-1-4

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	11
	最长主臂作业			11	12	18	25	30	36

桥式起重机跨度系列 $(GB 790-65)(m)$ 表 1-1-6

厂房跨度	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
起重机跨度 L	起重量 $Q=3t$ ~50t	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
	起重量 $Q=80t$ ~250t	7	10	13	16	19	22	25	28	31
		--	--	--	16	19	22	25	28	31

门式起重机现行跨度系列 (m) 表 1-1-7

系列 1	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38
系列 2	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	34.5	37.5

门座起重机的轨距根据门座跨越的轨道数目而定。塔式起重机的轨距由抗倾覆稳定性条件确定。

轮胎起重机的轮距决定于起重机的抗倾覆稳定性,并考虑最小转弯半径和铁路运输限界。

四、幅度

旋转臂架式起重机处于水平位置时,回转中心线与取物装置中心铅垂线之间的水平距离称为幅度 (R) 。幅度的最小值 R_{min} 和最大值 R_{max} 根据作业要求而定。在臂架变幅平面内起重机机体的最外边至取物中心铅垂线之间的距离称为有效幅度。对于轮胎和汽车起重机,有效幅度通常是指使用支腿工作、臂

港口浮式起重机的幅度 R 和起升高度 $H(m)$
(JT 5004-75) 表 1-1-5

起重量 $Q(t)$	主钩	3	5	10	32	63	100	200	
	副钩	--				10	16	25	50
护木外最大工作幅度 $R \geq$	主钩	12	18	22	14		12		
	副钩	--				31			
最大工作幅度时主起升高度 $H \geq$	水上	10	14	20	28	32			
	水下	5							

三、跨度、轨距和轮距

桥式类型起重机大车运行轨道中心线之间的水平距离称为跨度 (L) , 小车运行轨道和轨行式臂架起重机运行轨道中心线之间的水平距离称为轨距 (l) , 轮胎和汽车起重机同一轴(桥)上左右车轮(或轮组)中心滚动面之间的距离称为轮距。

桥式起重机的跨度小于厂房跨度,表 1-1-6 为桥式起重机跨度系列。表中起重量 50 t 以下的起重机对应每种厂房跨度有两种起重机跨度值,在厂房上方的吊车梁上留有安全通道的情况下用小值。门式起重机的跨度根据所跨的线路股数、汽车通道及货位要求而定。门式起重机目前采用两种跨度系列(表 1-1-7)。

装卸用门式起重机为了便于装卸火车和汽车通常具有双悬臂,悬臂长度由作业要求和现场条件确定。无特殊要求时,按主梁自重最轻的原则,每边悬臂长度约为跨度的 1/3。悬臂最大长度受起重机轮压和抗倾覆稳定性的限制。

架位于侧向最小幅度时,取物装置中心铅垂线至该侧两支腿中心联线的水平距离,它表示起重机在最小幅度时工作的可能性。有效幅度可为正值或负值,如取物装置中心铅垂线落在支腿中心联线以内,有效幅度为负,反之为正。

五、机构工作速度

起重机机构工作速度根据作业要求而定。额定起升速度是指起升机构电动机在额定转速或油泵输出额定流量时,取物装置满载起升的速度。多层卷绕的起升速度按钢丝绳在卷筒上第一层卷绕时计算。伸缩臂架式起重机以不同臂长作业时需改变起升滑轮组倍率,因此,起升速度常以单绳速度表示。

起升速度与起重机的用途、起重量大小和起升高度等有关;装卸用起重机比安装用起重机的起升速度高;堆垛物料的作业速度比成件物品高。大起重量起重机的作业速度,采用较低的起升速度;安装用起重机须提供安装定位用的低速。为了满足作业要求,保证物品精确置放,起升机构可以采用双速电动机或者通过电气、液压、机械等方式实现无级或有级调速。采用离合器和操纵式制动器可以使取物装置自由下放。

额定运行速度是指运行机构电动机在额定转速时,或油泵输出额定流量时,起重机或小车的运行速度。运行速度与起重机类型和用途有关。桥式类型起重机运行距离较短,运行速度用米/秒表示。轮胎和汽车起重机需作长距离转移,常与汽车结队行驶,运行速度用公里/小时表示。浮式起重机的运行速度常以“节”表示(1节=1 mile/h=1.85 km/h)。铁路、轮胎、汽车、履带、浮式起重机的运行速度按空载情况考虑,其他类型起重机按满载确定运行速度。

额定变幅速度是指变幅机构电动机在额定转速时,或油泵输出额定流量时,取物装置从最大幅度到最小幅度的平均线速度(m/s),也可用从最大幅度到最小幅度所需的变幅时间(s)表示。用小车水平移动实现变幅的起重机,小车移动速度即为变幅速度。由臂架在垂直平面内摆动实现变幅的起重机,可用变幅时间间接表示变幅速度。伸缩臂式起重机以不同臂长工作时,最大最小幅度变化域不同,但臂架角度的变化恒定,因此,臂架与水平面的夹角从最小变至最大所需时间可表示变幅速度。变幅速度与变幅机构的型式有关。工作性变幅机构的速度较高,变幅速度按取物装置满载考虑。非工作性变幅机构只用于调整取物装置空载时的幅度,不需要过高的速度。

额定回转速度是指回转机构电动机在额定转速下,或油泵输出额定流量时,取物装置满载,并在最小幅度时,起重机安全旋转的速度。回转速度与起重机的用途有关,并受回转启动(制动)时切向惯性力的限制,10 m左右幅度时的回转速度应不大于3 r/min。

额定伸缩速度是指伸缩臂式起重机的臂架和支腿在油泵输出额定流量时,臂架伸缩和支腿收放的速度,一般用伸缩时间表示。由于油缸活塞背腹两腔有效面积的差别,额定缩臂(收腿)时间约为伸臂(放腿)时间的1/2~1/3。其他条件相同时,提高机构工作速度能缩短作业循环时间,提高起重机生产率,但最高速度不宜超过由下式所得的值:

$$v_{\max} \leq \sqrt{ar} = x/t_a \quad (1-1-2)$$

式中 r ——物品起升高度或运行距离;

a ——平均加速度;

t_a ——启动或制动时间,初步计算时,起升机构取0.7 s~2 s,运行机构2 s~6 s,回转机构3 s~8 s,变幅机构1 s~4 s。

当 $v = v_{\max}$, 机构运动没有等速过程,启动过程结束后,紧接着制动过程开始,提高工作速度不能获得效益。起重机机构额定工作速度参考值见表 1—

1—8。

表 1—1—9 列有起重机机构工作速度的范围供参考。

起重机机构的额定工作速度*

表 1—1—8

直线速度 (m/s)	0.1	0.125	0.16	0.2	0.25	0.32
	0.4	0.5	0.63	0.8	1.0	1.25
	1.6	2.0	2.5	3.2	4	5
回转速度 (min ⁻¹)	0.192	0.24	0.3	0.378	0.48	0.6
	0.75	0.96	1.2	1.5	1.92	2.4
	3.0	3.78	4.8			

* 原苏联国家标准ГОСТ 1575—81。

现代起重机技术的发展有逐步提高机构工作速度的趋势,特别是用于大宗散料装卸的起重机。货物升降速度已达1.6 m/s~2.0 m/s,钢轨运行小车的运行速度达4 m/s~6 m/s,在承载绳上运行小车的运行速度达6 m/s~10 m/s,起重机的回转速度达3 r/min。

六、生产率

起重机在一定作业条件下,单位时间内完成的物品作业量叫生产率。生产率可用小时、工班、天、月、年或用起重机整个使用寿命期间中累计完成的物品作业量来表示(质量(t)、体积(m³)、件数等)。

生产率分计算生产率(理论生产率)和技术生产率(实际生产率)。按额定起重量、额定工作速度和规范化作业周期算出的生产率为计算生产率(式(1—1—3))。起重机作业时实际达到的生产率叫技术生产率。影响技术生产率的因素很多,一般只能由统计方法得到。

如果臂架起重机的额定起重量随幅度而变,在计算生产率时,一般取中间幅度对应的额定起重量作为起重量的计算值。也有文献推荐按最小幅度时的最大起重量(自行式臂架起重机)或最大幅度时的最小起重量(塔式起重机)计算生产率。

计算生产率 P 按下式计算:

$$P = Q_c \cdot n = \frac{3600Q_c}{T_c} \quad (1-1-3)$$

式中 Q_c ——起重机每个作业循环吊运的物品质量,即起重量(t)(或体积(m³)或数量(件));

n ——每小时作业循环数, $n = \frac{3600}{T_c}$;

T_c ——作业循环周期(s)。

生产率是起重机的综合技术参数,它受起重机的起重量、机构工作速度、起升和运行距离、物品包装和吊具完善情况、司机操作熟练程度等因素的影响。设计起重机时,根据给定的生产率 P 按式(1—1—3)确定起重机的起重量 Q_c (装卸笨重物品的起重机还应考虑单件物品的最大质量)和机构工作速度。对于制成或已在使用的起重机,根据起重量、机构工作速度和具体作业条件校核起重机的生产率。

起重机工作机构速度范围

表 1—1—9

起重机类型		起升速度(m/s)		运行速度(m/s)		变幅速度(m/s)	回转速度(r/min)
		主起升	副起升	小 车	起 重 机		
通用吊钩桥式起重机	A1,A2	0.016~0.05	0.133~0.166	0.166~0.332	0.5~0.667		
	A3,A4	0.033~0.2	0.133~0.332	0.332~0.667	0.667~1.5		
	A5,A6	0.133~0.332	0.3~0.332	0.667~0.833	1.167~2		
电磁桥式起重机		0.3~0.332	0.332~0.416	0.667~0.833	1.667~2		
抓斗桥式起重机		0.667~0.833		0.667~0.833	1.667~2		
通用门式起重机		0.133~0.332	0.332	0.332~0.833	0.667~1		
电站门式起重机		0.016~0.083	0.166~0.332	0.033~0.133	0.25~0.416*		
造船门式起重机		0.033~0.25*		0.25~0.5*	0.416~0.75*		
抓斗装卸桥		1~1.167		1.167~5.83	0.25~0.667		
岸边集装箱起重机		0.416~0.667*		1.333~2	0.583~0.833		
港口门座起重机		0.667~1.333			0.332~0.5	0.667~1.5	1.5~2
造船门座起重机		0.05~0.332	0.332~0.5		0.25~0.5	0.133~0.583	0.2~0.6
电站门座起重机		0.25~0.332	0.332~0.833		0.332~0.5	0.133~0.583	0.5~1
建筑塔式起重机		0.166~0.5			0.25~0.5		0.2~1
高层建筑塔式起重机		0.833~1.667			0.25~0.5		0.4~1.5
装卸用浮式起重机		0.667~1.167				0.667~1	1.5~2.5
安装用浮式起重机		0.05~0.25	0.25~0.332			0.05~0.25	0.2~0.5
汽车、轮胎起重机		0.133~0.5			12~80 (km/h)	0.033~0.25	0.5~1.5
甲板起重机		$\frac{0.5}{1} \sim \frac{1.083}{2.167}$				0.166~0.332	1~2
铁路救援起重机		0~0.05	0.166~0.332		12~100 (km/h)	60~120 (s)	0.5~1

* 有微动装置时,微动速度一般为0.0016 m/s~0.0083 m/s。

七、起重力矩

起重力矩是臂架类型起重机主要技术参数之一,它等于额定起重量(Q)和与其相应的工作幅度(R)的乘积,即 $M=QR$ 。起重力矩一般用 $t \cdot m$ 为单位。起重力矩比起重量能更全面说明臂架类型起重机的工作能力。额定起重量随幅度而变的臂架类型起重机在一般情况下,最大起重力矩由最大起重量和与其对应的工作幅度决定。某些起重机(如铁路救援起重机)基于作业要求,在某一中间幅度和与此幅度对应的额定起重量产生最大起重力矩。额定起重量为定值、与幅度无关的起重机,在最大幅度起吊额定起重量物品时产生最大起重力矩。

八、最大爬坡度

最大爬坡度是汽车、轮胎、履带、铁路等起重机在取物装置无载、运行机构电动机或液压马达输出最大扭矩时,在正常路面或线路上能爬越的最大坡度。以%或度表示。它是表征起重机行驶能力的参数。决定爬坡度的主要因素是粘着重量、粘着系数和轮周牵引力。

九、最小转弯(曲率)半径

汽车或轮胎起重机行驶时,方向盘转到头,外轮至转弯中心的水平距离叫最小转弯半径,单位以米表示。最小转弯半径与起重机底盘的轴距、轮距(转