

起重机械金属结构

董达善 主编
顾迪民 陈玮璋 主审



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本教材在原有许用应力设计法的基础上,增加了极限状态设计法的内容。对极限状态设计法的原理、发展阶段、各分项系数的由来等作了介绍。按照新版《起重机设计规范》GB/T 3811—2008,对起重机及其结构件的工作级别、载荷及其载荷组合、轴心受压构件的稳定性计算等进行了重新编写。根据金属结构设计的需要,新增了对钢材脆性破坏的评价、新一代钢铁材料——超细晶钢的应用、焊接残余应力和残余变形及其对结构的影响、梁的剪切中心和扭转的概念、框架柱的计算长度、结构细部设计等内容。

本书可作为机械设计制造及自动化专业中起重机械和物流机械方向学生教材,同时为业内人士提供设计参考。

图书在版编目(CIP)数据

起重机械金属结构/董达善主编. —上海:上海交通大学出版社,2011

ISBN 978-7-313-07104-0

I. 起... II. 董... III. 起重机械—金属结构
IV. TH210.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 015878 号

起重机械金属结构

董达善 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

上海颀辉印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:22.5 字数:549千字

2011年8月第1版 2011年8月第1次印刷

ISBN 978-7-313-07104-0/TH 定价:40.00元

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:021-57602918

序

GB/T 3811—2008《起重机设计规范》(以下简称新规范)于2009年6月正式颁布实施,新规范在GB/T 3811—1983《起重机设计规范》(以下简称原规范)的基础上进行了全面的修订。首先,引入了国内外科学技术发展过程中涌现出来的新技术和新的设计理念,完成了原规范内容的拾遗补缺工作;再者,修正了原规范在使用中显现出所存在的一些不足和问题;更重要的是,近20年来,国际标准化组织ISO/TC 96“起重机技术委员会”已针对起重机的术语、载荷与载荷组合的设计原则、锚定装置和稳定性、静态和动态刚性等方面问题制定出重要的国际标准,新规范实现了与国际接轨。新规范的颁布,使现有教材的部分内容不能适应现在起重机的发展趋势,不能反映当代技术的新成果和设计理念。作为一本专业课教材,《起重机械金属结构》肩负着将该学科的最新发展介绍给学生的使命和责任,因此也面临着与时俱进的问题。

本书主编董达善教授自1982年在上海海事大学任教以来,长期从事金属结构设计、钢结构失效分析的教学和科研工作,并与港口机械制造、管理企业一直保持着紧密联系,取得了很好的成绩。在这个过程中,凭借善于观察、勤奋严谨、认真负责的专业素养和对专业的热爱,董达善教授对该学科的教学难点和教学方法具有深刻的体会,并且对起重机械金属结构设计及工程失效等问题有深入的认识。本书的编写历时3年,编者们对原规范、新规范进行了认真的学习、比较和总结,为这本教材的编写奠定了扎实的基础。本书不仅将新规范中的修订条目和原理介绍融合起来,还添加了不少新内容,如新一代钢铁材料——超细晶钢的应用、焊接残余应力和残余变形及其对结构的影响、框架柱的计算长度、结构细部设计等,反映学科研究前沿,紧密联系实践应用,引导学生将学到的理论知识应用于实际工程,并为业内人士提供设计参考。

金属结构的设计与理论经典又充满活力,希望该学科能够在编者和读者的共同努力下越来越成熟。

陈玮璋

上海海事大学

2011年4月15日

前 言

金属结构是起重机械的重要组成部分。起重机械金属结构作为机械设计制造及其自动化专业中起重机械和物流机械方向学生的专业课,对培养学生的专业知识和专业技能具有重要的作用。

本书全面贯彻国家、行业有关最新标准和法定计量单位,符合设计要求,同时在引进国内外最新科研成果更新教材内容方面作了一定的努力。各章编写时特别注意了概念的确切性,理论的严密性、连贯性和理论与实践的结合。

本书共分 10 章,分别阐述起重机械金属结构的材料、载荷及载荷组合、金属结构设计原理与计算准则、金属结构的连接以及基本构件的设计理论和设计方法。为兼顾设计使用,本书提供了金属结构设计所需的有关结构计算公式、计算图表和数据等资料。

本书在《起重机械金属结构》(陈玮璋主编,顾迪民主审,人民交通出版社,1993)的绪论至第 7 章的内容基础上,按照新版《起重机设计规范》GB/T 3811—2008 的有关内容,进行编写和补充。本教材在原有许用应力设计法的基础上,增加了极限状态设计法的内容,对极限状态设计法的原理、发展阶段、各分项系数的由来等作了介绍。按照新版《起重机设计规范》GB/T 3811—2008,对起重机及其结构件的工作级别、载荷及其载荷组合、轴心受压构件的稳定性计算等进行了重新编写。根据金属结构设计的需要,新增了对钢材脆性破坏的评价、新一代钢铁材料——超细晶钢的应用、焊接残余应力和残余变形及其对结构的影响、梁的剪切中心和扭转的概念、框架柱的计算长度、结构细部设计等内容。

本书由上海海事大学董达善主编,并对全书进行修改、整理、统稿和定稿;参编者有上海海事大学梅潇(第 3 章、第 9 章部分)、刘海洋(第 1 章部分、第 9 章部分)、滕媛媛(第 4 章部分、第 8 章部分、附表部分)、乔榛(第 2 章部分、附表部分)。

本书由哈尔滨工业大学顾迪民教授、上海海事大学陈玮璋教授担任主审。两位主审对全稿进行了认真的审阅,并提出了很多宝贵意见。

与本书有关内容的研究工作和本书的出版,得到了交通部科技项目(编号:2007329810050)、上海市重点学科建设项目——港口机械电子工程(编号:T0601)和上海市第三期本科教育高地建设项目——机械设计制造及其自动化(港口机械)等的资助。上海海事大学的余崇义副教授、徐祖雄副教授和刘中珩副教授在本书的编写过程中提出了许多宝贵建议。在此对以上支持本书编写的单位和个人,表示衷心的感谢!

限于水平,或有遗漏与谬误,敬请批评指正。

董达善

2011 年 7 月于上海

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 金属结构的发展	2
1.2 起重机金属结构的形式和基本组成构件	2
1.3 设计起重机金属结构的基本要求	7
1.4 起重机金属结构发展与研究方向	8
第 2 章 金属结构的材料	10
2.1 金属结构对材料的要求和常用材料.....	10
2.2 钢材的性能及影响因素.....	11
2.3 钢材的分类、标志代号和特性	24
2.4 钢材的选择和钢材规格.....	27
第 3 章 载荷及载荷组合	34
3.1 计算载荷与载荷系数.....	34
3.2 载荷的计算组合.....	56
第 4 章 金属结构设计方法与设计计算准则	62
4.1 结构设计方法的发展.....	62
4.2 许用应力设计法.....	65
4.3 极限状态设计法.....	68
4.4 两种设计法比较.....	79
4.5 静强度设计准则.....	82
4.6 疲劳强度设计准则.....	83
4.7 稳定性设计准则.....	90
4.8 刚性设计准则.....	93
第 5 章 金属结构的连接	96
5.1 连接的作用和方法.....	96
5.2 焊接方法和焊接材料.....	97
5.3 焊接接头型式和焊缝型式.....	98
5.4 焊接接头的静强度计算	106
5.5 焊接残余应力和焊接残余变形	115
5.6 设计焊接结构的注意事项	123
5.7 普通螺栓连接	125

5.8	剪力螺栓连接的计算	130
5.9	拉力螺栓连接的计算	134
5.10	拉-剪螺栓连接的承载力	138
5.11	高强度螺栓连接	139
5.12	销轴连接	145
第6章	轴心受力构件	149
6.1	轴心受力构件的种类和应用	149
6.2	轴心受拉构件的设计计算	152
6.3	理想轴心受压构件的整体稳定性	154
6.4	构件缺陷对稳定性承载力的影响	159
6.5	轴心受压构件整体稳定性的实用计算方法	164
6.6	轴心受压构件的局部稳定性	167
6.7	实腹式轴心受压构件的截面设计	169
6.8	格构式轴心受压构件的稳定性	170
6.9	格构式轴心受压构件的截面设计	175
6.10	缀材和横隔的设计	177
6.11	变截面轴心受压构件	181
第7章	梁——实腹式受弯构件	184
7.1	梁的种类和截面形式	184
7.2	型钢梁的设计	185
7.3	组合梁合理梁高的确定	188
7.4	梁的自重	192
7.5	组合梁截面设计和强度、刚性验算	193
7.6	变截面组合梁	196
7.7	梁的剪切中心与扭转	197
7.8	梁的整体稳定性	203
7.9	组合梁的局部稳定性	211
7.10	组合梁的构造设计和工艺设计	223
第8章	拉弯和压弯构件	237
8.1	拉弯和压弯构件的种类和应用	237
8.2	拉弯构件的设计计算	237
8.3	实腹式压弯构件的整体稳定性	239
8.4	实腹式压弯构件的截面设计	256
8.5	格构式压弯构件的设计计算	259
8.6	框架柱的计算长度	262

第 9 章 桁架——格构式受弯构件	269
9.1 桁架的构造特点和应用	269
9.2 桁架的外形和腹杆体系	270
9.3 桁架主要参数的选择	272
9.4 桁架杆件的内力计算	273
9.5 桁架杆件的计算长度	277
9.6 桁架杆件的截面设计	280
9.7 桁架节点的设计	282
9.8 弦杆的拼接	292
9.9 桁架静态刚性与上拱	295
第 10 章 结构细部设计	297
10.1 焊接与变形.....	298
10.2 结构设计改进措施.....	302
10.3 焊接接头形式改进和焊接质量的保证.....	305
10.4 结构细部设计的其他方面.....	312
附录	317
附表 1 碳素结构钢的化学成分(GB/T 700—2006)	317
附表 2 碳素结构钢的力学性能(GB/T 700—2006)	317
附表 3 低合金高强度结构钢化学成分表(GB/T 1591—2008)	318
附表 4 低合金高强度结构钢拉伸性能(GB/T 1591—2008)	319
附表 5 低合金高强度结构钢的冲击试验和弯曲试验(GB/T 1591—2008)	320
附表 6 构件连接的应力集中情况等级和构件接头形式	320
附表 7 轴心受压构件的稳定性系数	330
附表 8 截面的回转半径与截面尺寸的近似比值	333
附表 9 构件支承方式和变截面长度系数	334
附表 10 格构式构件折算长细比 λ_h 计算公式	339
附表 11 挠度 $\left[y_L = \frac{\alpha \sum PL^3}{48EI} \right]$ 的系数 α 值(两个轮)	339
附表 12 变高梁挠度增加系数 a_0	340
附表 13 典型焊接接头的构造细节分类及其疲劳强度(EN 1993-1-9;2005)	340
参考文献	347

第 1 章 绪 论

金属结构是由型材、板材和铸锻件等金属制件通过一定的连接手段所制成并满足一定使用要求的工程结构。金属结构是出现较晚的一种工程结构。在 19 世纪后期,由于钢铁工业的发展和制造业的进一步完善,金属结构有了较快发展。到 20 世纪初,由于焊接技术的采用,极大地推动了金属结构的发展和应用。由于金属结构具有质量稳定、安全可靠、强度高、质量轻和制造工业化程度高等优点,已在工业各部门获得广泛应用。

起重机的金属结构是起重机的重要组成部分。它是整台起重机的骨架,用以装置起重机的机械、电器设备,支持被起吊的重物,承受和传递作用在起重机上的各种载荷。图 1-1 所示的岸边集装箱起重机(简称岸桥),集装箱吊重 P_Q 通过起重小车 5 的走轮,将载荷传给大梁 1 或 2,大梁又将载荷传给门架 4,最后通过大车 7 的车轮传给轨道、继而传给基础。起重机依靠金属结构的支架作用而形成一定的作业空间;依靠金属结构外形的变化形成不同的机型,以满足使用要求;依靠金属结构构件所组成的机构实现预定的运动规律。

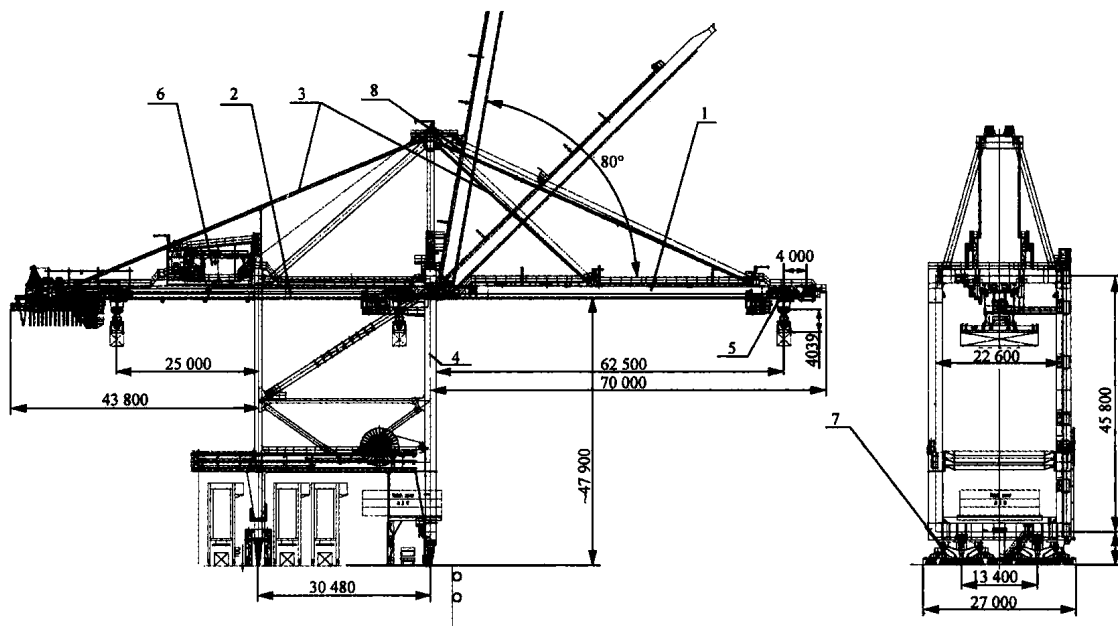


图 1-1 岸边集装箱起重机

1—前大梁;2—后大梁;3—拉杆;4—门架;5—小车;6—机房;7—大车运行机构;8—安全钩

本章主要叙述金属结构的发展史,起重机金属结构的主要形式和基本组成构件以及设计金属结构的基本要求等。通过绪论的学习,了解金属结构在起重机中的重要地位和合理设计金属结构的重要意义,从而明确学习目的。

1.1 金属结构的发展

金属结构作为一种完善的工程结构是在冶金工业和机械制造工业发展的基础上,为适应建筑业和交通运输业的需要而迅速发展起来的。18世纪,以英国为中心的工业革命引起了冶金工业的迅速发展,金属结构开始应用于桥梁和建筑结构方面。起初采用的材料是生铁,后来逐步为锻铁所替代,而连接手段则主要是铆钉连接和螺栓连接。19世纪后半期到20世纪初,由于炼钢、轧钢和焊接技术相继发展,使金属结构的构造形式发生了根本性的变化,以构造简单、自重轻、施工方便为特征的现代化焊接结构获得了迅速发展。目前,金属结构不仅广泛应用于传统的工业部门,新兴的宇航业、海洋工程等也都大规模应用金属结构。

在起重机械领域,金属结构的发展相对较晚,真正形成规模是在二战后。随着科技的迅速发展,许多新机型、新结构、新技术和新工艺不断涌现,性能参数不断完善,出现了不少大型化、高效化以及轻量化的起重机。一些国际知名的起重机制造工厂完善了自己的厂标,并且采用计算机辅助设计手段,设计出满足不同工作条件的多种产品系列,对产品的主要部件进行了革新性的研究。

随着冶金工业的发展,新钢种、新型材的品种日益增多,起重机使用的材料也在不断演变。采用薄壁型材和异型钢结构,减少结构的拼接焊缝,提高抗疲劳性能;采用各种高强度低合金新材料,提高承载能力,改善受力条件,减轻自重和增加外形美观等。目前,国外有很多厂家专业生产起重机,其中利勃海尔(LIEBHERR)、特雷克斯-德马格(TEREX-DEMAG)、马尼托瓦克(MANITOWOC)等公司的产品都具有较高的市场占有率。

我国起重机金属结构应用也有较长的历史,但真正形成产业,还是在新中国成立以后。进入21世纪后,我国的起重机械已经在世界上占有举足轻重的地位。国内专业生产大型起重机的厂家也很多,其中的中联重科、三一重工、振华重工、徐州重工等公司的产品已在国内、国际起重机械领域具有较高的影响力。

现在,汽车轮胎起重机的最大起重量可达1200t,履带式起重机的最大起重量达3200t,造船门式起重机的起重量达20000t,岸边集装箱起重机一次能起吊三个40ft的标准集装箱,回转浮式起重机起重量达7500t。如此大的起重量,对起重机金属结构提出了新的挑战。

1.2 起重机金属结构的形式和基本组成构件

起重机的应用范围十分宽广,为了适应不同的使用要求和工作条件,设计制造了多种多样的各类起重机,而起重机的金属结构则更是式样繁多,形态各异。起重机的种类虽然繁多,但归结起来不外乎两大类:一类为桥式类型的起重机,包括岸边集装箱起重机(图1-1)、桥式起重机(图1-2)、门式起重机(图1-3、图1-4)等;一类为臂架回转式起重机,包括门座起重机(图1-5)、各类流动式起重机(见图1-6轮胎起重机)、塔式起重机、浮式起重机(图1-7)和散货装船机(图1-8)等。组成这些起重机的金属结构有桥架结构(图1-1、图1-2),门架结构(图1-3、图1-4和图1-5),臂架结构(图1-5~图1-7),人字架转台(图1-6和图1-7),转柱结构(图1-5)和车架结构(图1-6)等。有关这些结构的构造形式,工作特点,计算简图和受力分析将在课程

设计时加以讨论。

起重机金属结构的形式虽然各异,但它们都是由一些基本受力构件组成的。这些基本受力构件有:

(1) 轴心受力构件。如轮胎起重机人字架的拉压杆,门座起重机四连杆臂架的大拉杆和八撑杆式门架的撑杆,岸边集装箱起重机前后桥架的拉杆和门架的斜撑杆、门式起重机的柔性支腿等;

(2) 受弯构件。如桥式起重机桥架的主梁和端梁,臂架回转起重机转台和车架的纵梁和横梁等;

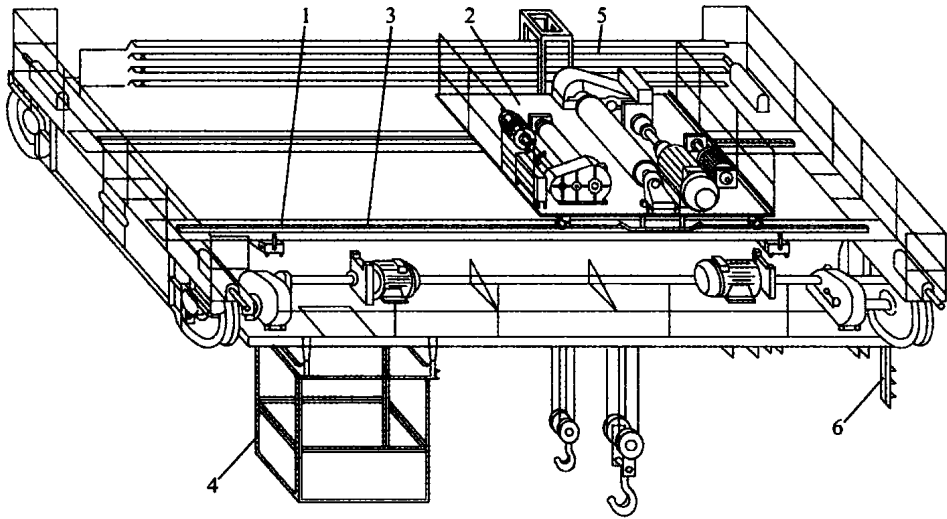


图 1-2 箱形双梁桥式起重机

1—桥架结构;2—小车;3—大车运行机构;4—操纵室;5—小车导电装置;6—起重机总电源导电装置

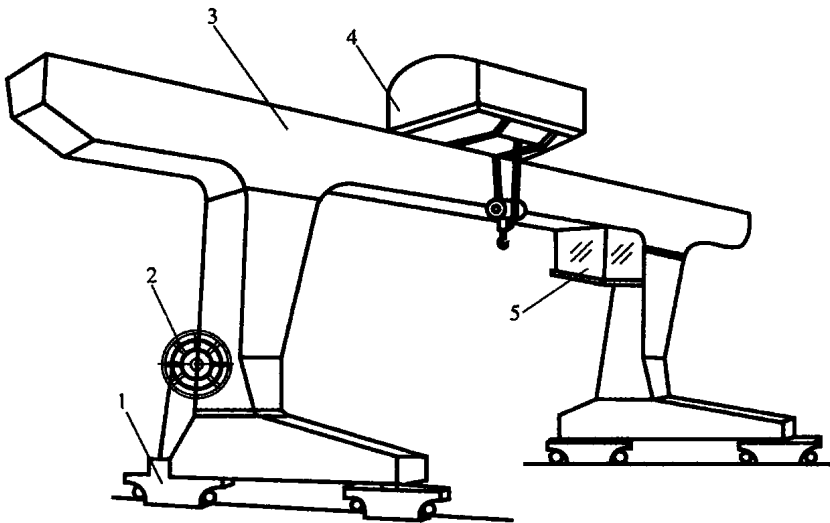


图 1-3 门式起重机

1—大车运行机构;2—电缆卷盘;3—门架结构;4—机器房;5—操纵室

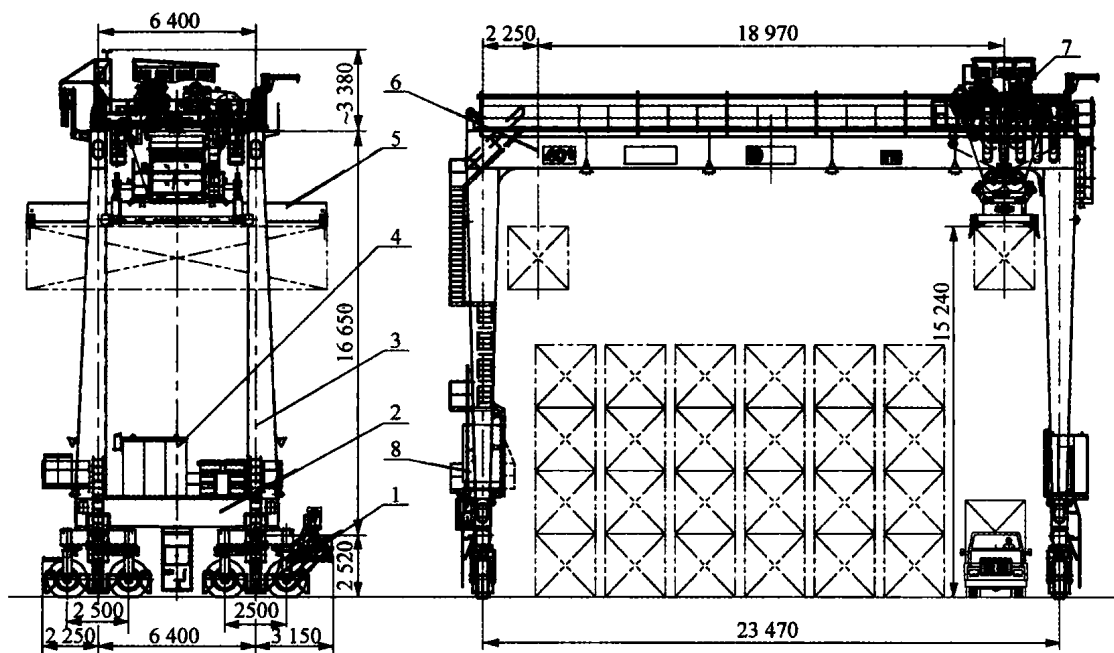


图 1-4 轮胎式集装箱门式起重机

1—大车行走；2—鞍梁；3—支腿；4—电气与电控；5—吊具与上架；6—主梁；7—小车；8—动力装置

(3) 压弯构件。如流动起重机的臂架，门座起重机的主臂架和立柱，门式起重机和岸边集装箱起重机的刚性支腿等。

这些基本构件根据其受力和尺寸大小可分别设计成格构式、实腹式或混合式的结构形式。格构式构件是由许多型钢、管钢或组合截面杆件连接而成的杆系结构，如图 1-6 所示轮胎起重机的臂架。格构式构件适用于受力相对较小、外形尺寸相对较大的场合，可用以减轻构件的自重，其缺点是制造工艺复杂，不便于采用自动焊，节点处应力集中较大等。实腹式构件主要由钢板组成，有开口截面构件和闭口截面构件之分，前者也称板式构件常做成双轴对称工字形截面或有加强翼缘的单轴对称工字形截面；后者也称箱形构件，常做成矩形箱形截面和梯形、异形箱形截面，如图 1-2 所示桥式起重机桥架的主梁和端梁，图 1-3 所示门式起重机门架的主梁和端梁。实腹式构件适用于载荷大外形尺寸小的场合，这样可较充分地发挥构件材料的机械性能。实腹式构件一般自重较大、刚性较差，但制造方便、可采用自动焊、应力集中较小、疲劳强度较高。混合式构件部分为实腹结构、部分为杆系结构。由实腹式主构件和加强杆系组成的桁构式构件，如图 1-5 所示门座起重机的象鼻架和主臂架，是混合式构件的主要形式。此外由板梁和桁架混合组成的闭口截面构件也属于混合式构件。混合式构件的特点和使用条件均介于格构式构件和实腹式构件之间。

有关基本受力构件的设计计算问题将在本教材后续章节讨论。其中实腹式和格构式轴心受力构件将在第 6 章内讨论，实腹式受弯构件（也称梁）将在第 7 章内讨论，格构式受弯构件（也称桁架）将在第 9 章内讨论，而受力情况更一般的实腹式和格构式压弯构件将在第 8 章内讨论。

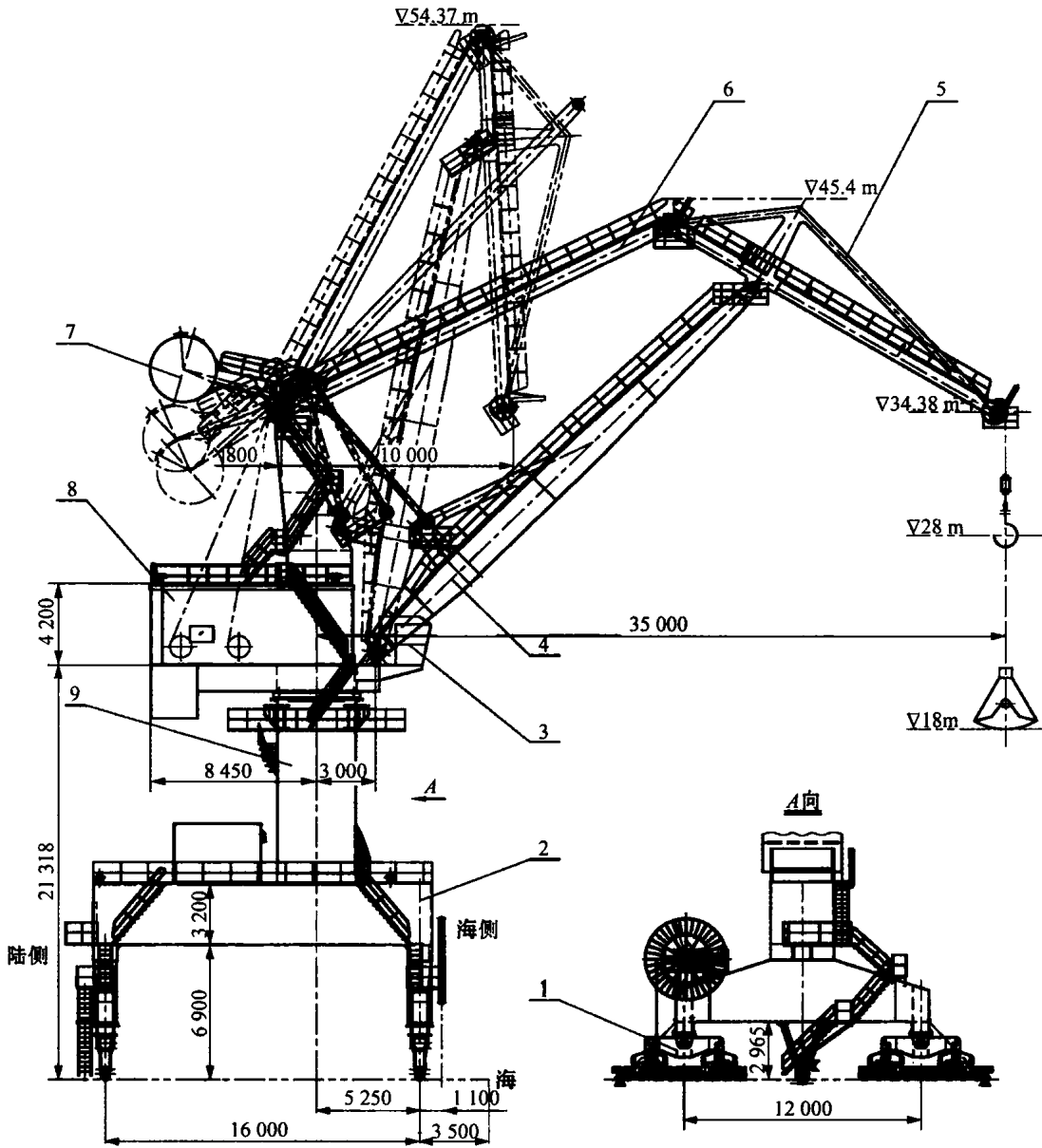


图 1-5 门座起重机

1—大车行走；2—门架；3—司机室；4—主臂架；5—象鼻架；
6—大拉杆；7—平衡系统；8—机房与转台；9—筒形立柱

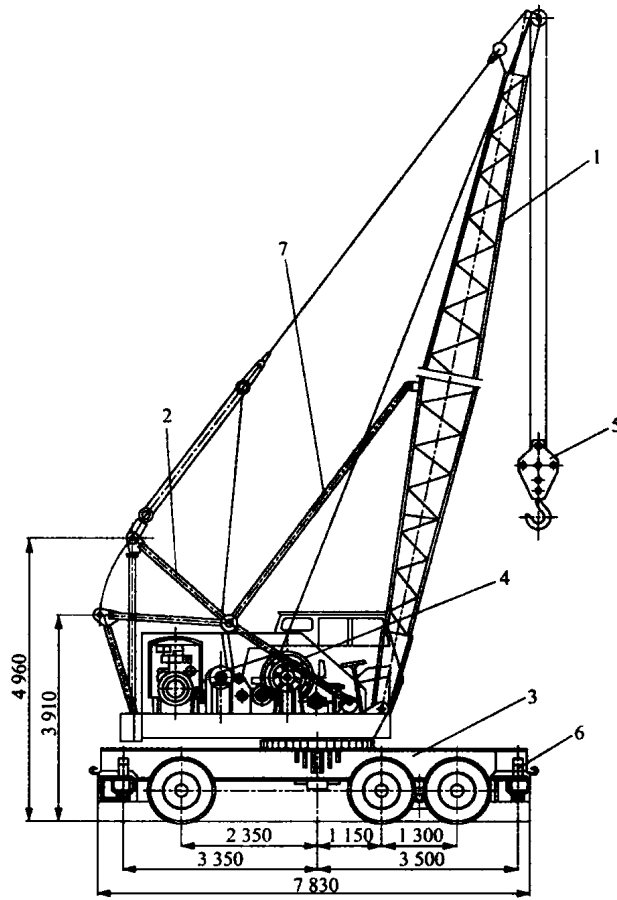


图 1-6 轮胎起重机

1—臂架；2—人字架转台；3—车架；4—机构；5—吊钩；6—支腿；7—保险撑杆

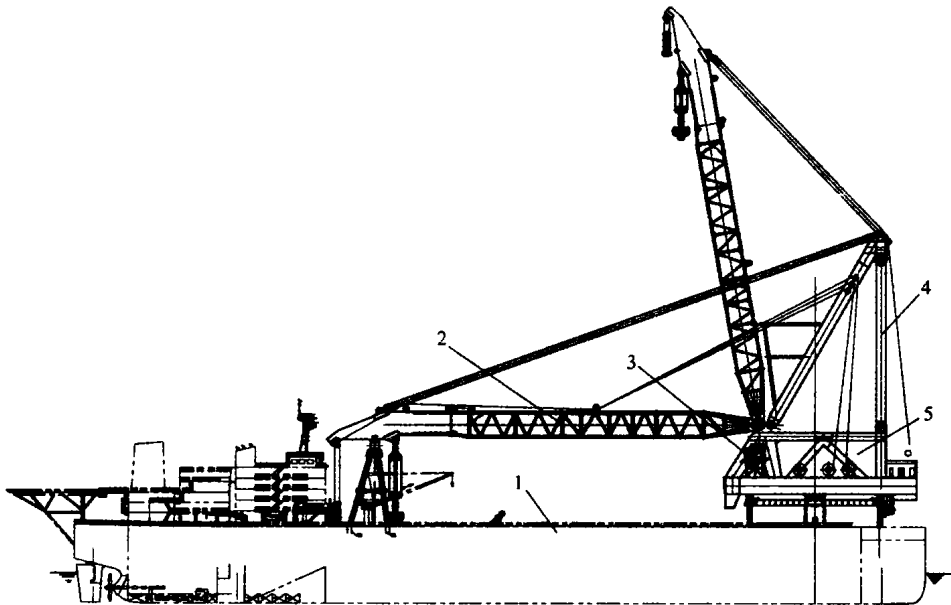


图 1-7 浮式起重机

1—船体；2—主臂架；3—司机室；4—人字架；5—机器房



图 1-8 散货装船机

1.3 设计起重机金属结构的基本要求

起重机(特别是港口起重机)是一种工作条件十分繁重的重型机械设备。其载荷复杂多变,动态特性显著,所以作为整机起重机骨架的金属结构,其设计制造质量的优劣将直接影响整个起重机的技术经济指标,即起重机的可靠性、适用性和制造、运转成本。为保证起重机良好的技术经济性,对起重机金属结构提出如下基本要求。

1) 满足总体设计要求

金属结构是起重机的一个组成部分,必须符合起重机整体设计的要求。首先应满足总体对工作幅度、跨度、前伸距、后伸距、起升高度等作业空间的要求;其次应满足总体提出的机构学上要求,如门座起重机为保证变幅过程物体作水平移动,对各结构件提出的尺寸要求;其三应满足总体布置的要求,使结构件与结构件之间、结构件与机构之间装配关系协调,在各机构工作范围内,各运动件之间互不干涉。

2) 坚固耐用、性能良好

为保证起重机坚固耐用、安全可靠。其金属结构必须有足够的静强度、规定寿命下的疲劳

强度及各构件的整体和局部稳定性。为了使起重机具有良好的使用性能和动态性能,其金属结构还应具有足够的静态刚性和动态刚性。

3) 质量轻、材料省

质量大小是起重机的一个很重要的技术经济指标。起重机金属结构通常占整机总重的60%~70%。对具有大型结构件的起重机,如岸桥,这一比例可上升到85%~90%。降低金属结构的自重不仅能节约结构本身的钢材,而且对减轻机构和码头的负荷,降低整机和码头的造价均有重要意义。

4) 构造合理、工艺性好

金属结构的构造形式既应该适应结构的受力特点,使传力路径短、力流平顺,又应保证结构具有良好的工艺性,使制造、运输、安装和维修方便。根据工厂和工地的设备和技术条件,尽量采用先进的施工工艺。运送单元的尺寸应符合运输界限尺寸的限制,吊装单元的大小和自重应与吊装设备的能力相适应。

5) 造型美观

起重机既是机械又是构筑物,应该从建筑艺术的观点出发体现其造型美。起重机的造型主要取决于金属结构的造型。

1.4 起重机金属结构发展与研究方向

起重机金属结构的工作特点是受力复杂、自重大、消耗材料多,对于港口大型起重机械,金属结构的自重往往是整机总重的70%以上,成本约是总成本的30%以上,因此,在满足总体要求和性能要求的前提下,充分利用材料、减轻自重、简化工艺、降低成本,成为起重机金属结构设计制造的共同发展与研究方向。近年来,国内外对金属结构进行了大量的研究工作,出现了许多新的结构形式;使用了新的设计方法;创造了先进的制造工艺,使金属结构的设计和制造取得了很大成就。但是根据设计起重机金属结构的基本要求,以发展的观点看,目前,金属结构的设计和制造仍有不完善之处,需要作进一步的研究:

1) 设计理论与方法研究

《起重机设计规范》(GB/T 3811—2008)规定“起重机结构设计计算可采用许用应力设计法或极限状态设计法。当结构在外载荷作用下产生了很大变形,以致内力与载荷呈非线性关系时,宜采用极限状态设计法。”但是长期以来,起重机金属结构设计中一直使用许用应力设计法。许用应力设计法,使用方便、计算简单、有一定的准确性和合理性。但其缺点也是明显的,即对不同用途,不同性质的金属结构采用相同的安全系数,使其实际结构在可靠度意义下的安全性不是偏大就是偏小。此外,有些算法不能反映实际状态或不完善。在建筑行业,从20世纪80年代开始就已规定:“除疲劳计算外,结构设计采用以概率理论为基础的极限状态方法,用分项系数设计表达式进行计算。”极限状态法更准确地考虑了载荷作用性质、材料性能及结构工作特点等因素,使计算准确,能够充分地利用材料,与许用应力法相比较,能更好地反映结构(尤其是非线性结构)各构件或连接的实际安全度,因而能更好地保证所设计结构的合理性和可靠性。

起重机金属结构应进一步研究的主要内容有:

(1) 焊接结构疲劳强度计算法。

- (2) 具有初始缺陷构件的稳定性计算法。
- (3) 带筋薄板的承载能力计算法。
- (4) 以断裂力学为基础的结构断裂计算方法。
- (5) 金属结构动力分析与优化设计研究。
- (6) 极限状态设计法在起重机械金属结构设计中的推广应用等。
- (7) 全概率设计方法的研究。

2) 推广采用先进技术

随着计算机三维设计的普及与有限元分析手段的提高,应加强起重机金属结构的参数化设计、标准数据库建设和 CAD-CAE-CAM 的综合应用研究。

研究采用预应力方法设计起重机金属结构,改善结构的应力状态,提高材料的利用率。

广泛采用焊接,特别是自动焊。

合理采用标准化冲压结构,革新工艺,简化流程。应用冲压焊接钢板的金属结构,并用高强度螺栓进行装配,可以省去许多复杂繁重的组装工艺,防止装配变形,增加结构刚度,保证整机的制造安装质量。

3) 大型化

起重机的作用是物料搬运与装卸。为了提高搬运与装卸的效率和能力,各国生产的起重机有向大吨位、大幅度(大跨度)、大高度、高速度方向发展的趋势,同时要求有高效的控制系统,以适应对起重机的调速要求。

全球集装箱化,对集装箱码头的装卸设备提出了更高的要求。现在,最新的岸边集装箱起重机的小车运行速度已达 240 m/min,甚至更高;一次可同时起吊三个 40 ft 标准箱。

由于造船工业的蓬勃发展,船舶吨位由几千吨发展到几十万吨,为解决船体分段制造和机械安装,国内外已生产有大型门式起重机来替代原有的门座起重机和塔式起重机。我国已经设计制造出起重量 1600 t、跨度 202 m、高度 80 m 的巨型门式起重机,主梁梁高达 14.8 m,如图 1-9 所示。

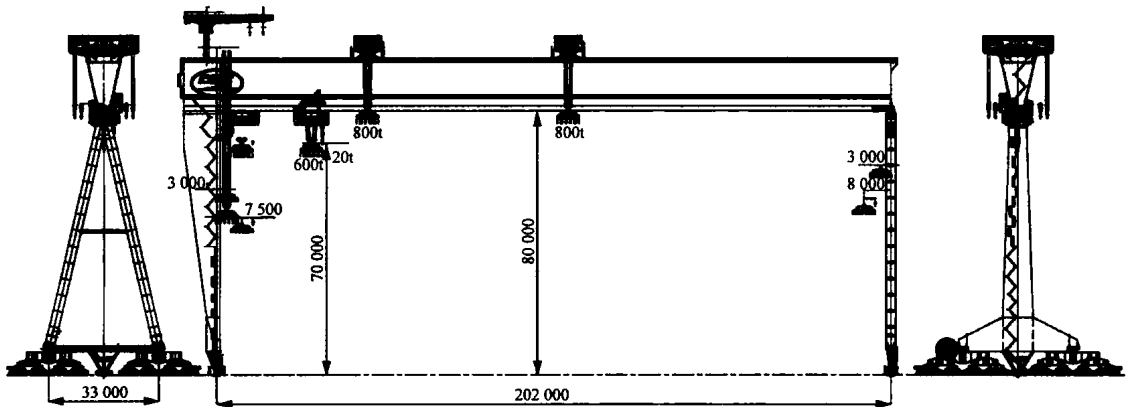


图 1-9 1600 t/202 m 造船用门式起重机

第 2 章 金属结构的材料

本章主要介绍金属结构常用结构钢的主要力学性能及影响因素、结构钢的分类和代号、钢材的选择原则。对其他材料仅作一般叙述。本章学习的重点是钢材的主要力学性能和影响脆性破坏的因素,从而能全面地考虑结构的类型、载荷特点和工作温度等具体工作条件,正确处理结构和构件的选材和设计问题。

2.1 金属结构对材料的要求和常用材料

金属结构是起重机的重要组成部分,因此,结构材料的性能不仅影响结构的承载能力和自重,而且关系到产品的安全性和成本。

起重机金属结构所用的材料,目前主要是结构钢,有时也用些铸钢和铝合金等。

根据现代科学技术发展的趋向,对于大型工程机械结构来说,为了减轻结构自重,除在结构形式和设计原理方面进行了许多研究以外,目前在提高结构材料的性能、生产和使用高强度结构材料方面也进行了大量的实践和研究。

港口起重机经常处于繁重的工作状态,其结构直接承受振动和冲击载荷,因此,结构材料应满足以下性能要求:

(1) 较高的屈服强度 σ_s 和抗拉强度 σ_b 。

材料的屈服强度 σ_s 高可以减轻结构自重,节省材料,降低成本。抗拉强度 σ_b 高可以增加结构的安全储备。

(2) 较高的伸长率 δ 。

伸长率是表示材料塑性的重要指标之一,伸长率越高,材料的塑性就越好,材料的安全度也越高。这是因为结构的局部应力集中可以通过塑性变形得到缓解,避免引起结构的局部破坏。此外,即使由于某种偶然因素,使结构出现了较大的残余塑性变形,人们也会立即觉察到,并及时采取措施,避免机毁人亡事故的发生。

(3) 保证一定的冲击韧度。

材料的冲击韧度值指 V 型缺口试件,在冲击试验机上用摆锤击断时其吸收的冲击功,用 A_{kv} (单位 J)表示。对经常承受动载荷的结构,这是更为重要的质量指标。对于在低温条件下工作的结构,应保证有足够的负温冲击韧度 A_{kv} 值,以提高结构抵抗冷脆性破坏的能力。

(4) 较好的工艺性能。

结构材料的工艺性能主要包括冷弯性能和可焊性能。良好的工艺性能不仅能简化结构的制造工艺,而且不会因为工艺因素而使结构的强度、塑性、冲击韧度等性能受到明显的不利影响。因此材料的工艺性能不但直接影响结构生产的效率和成本,而且影响结构使用的可靠性。

在满足上述性能的前提下,还应根据具体情况考虑材料的供应与价格等问题。

根据目前我国金属结构材料的生产和供应情况,普通结构钢是比较安全可靠而又经济合理的材料。普通结构钢的力学和工艺性能比较好,一般都能满足使用上的要求,钢材的品种和