

欧式起重机 设计

编 著：白剑波 周奇才
主 审：须 雷 夏 翔
参 编：陈 前 姜明峰 周晖强

OUSHI
QIZHONGJISHEJI

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

欧式起重机设计

编 著:白剑波 周奇才
主 审:须 雷 夏 翔
参 编:陈 前 姜明峰 周晖强

中国铁道出版社

2015年·北京

内 容 简 介

本书作者长期从事桥门式起重机的设计、制造和产品研发工作。本书是一部介绍“欧式起重机”用途、特点、构造、设计和计算要点的著作。主要内容有作者研发的低净空大欧式起重机设计思路,中欧式低净空起重机的应用及欧式起重机的设计要点,欧式起重机小车和大车的介绍,欧式起重机结构的有限元分析及电气设计等。

本书可供桥门式起重机企业工程技术人员、营销人员、管理人员,以及高等院校有关专业师生参考学习。

图书在版编目(CIP)数据

欧式起重机设计/白剑波,周奇才编著. —北京:中国铁道出版社,2015.6

ISBN 978-7-113-20424-2

I. ①欧… II. ①白…②周… III. ①起重机—机械设计 IV. ①TH210.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 110247 号

书 名:欧式起重机设计

作 者:白剑波 周奇才

策 划:江新锡

特邀编辑:安鸿逵

责任编辑:张卫晓

封面设计:郑春鹏

责任校对:马 丽

责任印制:郭向伟

编辑部电话:010-51873065

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:北京铭成印刷有限公司

版 次:2015年6月第1版 2015年6月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:13.5 字数:323 千

书 号:ISBN 978-7-113-20424-2

定 价:99.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

序

欧式起重机是一种中高端桥门式起重机,在我国起重机专业术语中没有“欧式起重机”这个名称。这是近十多年来在国内起重机行业逐渐形成的习惯称呼,目的是有别于目前国产或传统的源于前苏联设计技术的起重机。产品主要有桥式起重机、门式起重机、柔性梁起重机和防爆起重机等。

顾名思义,“欧式起重机”源于欧洲,最具代表性的起重机企业有德国的德马格公司和芬兰的科尼公司等。产品的特点是采用轻量化、模块化设计理念和先进的生产工艺。起重机整机结构紧凑、运行平稳、自重轻、高度低、节能、环保、信息化程度高。使用欧式起重机,可显著减少用户对起重机运行厂房的建造成本和运行维护费用。符合国家倡导的“绿色制造、智能制造”产业政策。欧式起重机将会成为国内起重机市场需求的主流。国人也会在引进、消化吸收国外新技术的基础上,结合国情创造出性能更加优异的“中式起重机”。这也是作者编写“欧式起重机设计”一书的目的和初衷。

《欧式起重机设计》作者之一白剑波高级工程师毕业于同济大学(原上海铁道学院)起重机械专业,长期在起重机企业从事起重机械设计、制造和产品开发工作。他结合多年的实际工作经验,走引进、消化吸收国外起重机新技术并再创新之路,根据其起重机设计、制造和应用的实际编写了本书。另一位作者周奇才教授、博士生导师,早年毕业于西南交通大学起重机专业,后攻读该校机械设计及理论专业研究生并获得工学博士学位。长期在高校从事教学和科研工作,专业于起重运输机械方向,取得丰硕的教学和科研成果。主持和参与了多项起重机产品设计与研究,结合其研究成果与白剑波合作,完成本书的著作。两位作者理论和实际的结合,是该书的显著特色。

目前国内尚未见到系统介绍欧式起重机设计技术的专著,本书的问世,对促进我国起重机技术进步和产品更新,将会起到重要的推动作用。所以,《欧式起重机设计》一书具有很高的学术和出版价值。

王金诺

国家级有突出贡献专家、二级教授、博士生导师

2015年4月于成都

前言

改革开放之后,各种国外新型起重机纷纷引入,桥式起重机的发展受到了巨大冲击。其中,以“欧式起重机”为主的中高端起重设备在国内市场引起了最为强烈的反响。

何为“欧式”?笔者基于此,拟就欧式起重机的系统进行技术层次的编写,以期丰富这一概念。同时结合笔者自身对“欧式起重机”相关产品技术研发和设计的工作经验,在书中进行说明。其中,不乏一些为编者在实际研发过程中经过反复证明和试制的心得体会。

早在2011年,笔者就有编写这样一本关于欧式起重机相关技术层面书籍的想法,用于研发成果的分享和相关技术的交流。通过两年多的不懈努力,于2013年底完成了这部40余万字的初稿,并拟命名为《欧式起重机设计》。同时就是否需要拆分欧式起重机与传统桥式起重机的疑问征求了部分行业专家和教授的意见后,又花了近1年的时间将内容进行拆分,但其中电气设计部分仍略感不足。在计划出版之际,有幸认识了《起重电控设计参考手册》的作者、电气技术专家夏翔先生,在征得他的同意后,请他组织相关人员重新编写了第6章。因欧式起重机本身就属于桥式起重机,一些相关传统的计算公式在书里都已省去,但在实例中,主要部分的经典公式还有所体现。

本书介绍欧式起重机的用途、特点、构造、设计和计算要点及笔者的研发成果,以期为桥式起重机企业工程技术人员、营销人员、售后服务人员、用户设备管理人员、高等院校起重机专业的在校师生的相关工作提供一定的参考。现将本书中介绍的主要研发成果作以下摘要。

(1)介绍笔者于2010年基于国产零部件和元器件研发出的低净空中欧式起重机,适于作为63~300吨位的欧式起重机设计参考。

(2)介绍中欧式“低净空”起重机在其他桥式类起重机上的应用。

(3)介绍“大欧式”(双梁4轨)起重机的设计要点和思路。

(4)介绍编著者的研究发现:由于欧式结构的不同,传统的行车不适用GB 3811—2008规范中“卷筒的偏角不应大于 3.5° ,滑轮的偏角不应大于 5° ”的规定,但欧式起重机适应。并通过实践观察,提出钢丝绳绕进或绕出滑轮槽时的钢丝绳中心线可能“折线”出槽的现象。

(5)介绍双小车的主梁截面设计的系统推导计算方法。

(6)介绍欧式起重机钢丝绳实际长度的精确工程计算方法。

在本书的编写过程中,有幸得到诸多同行、同仁、朋友的关心和鼓励,在此表示衷心的感谢。同时,也特别感谢本书合作编写者们的共同努力,让本书最终得以出版;感谢太原科技大学徐格宁教授、厦门理工大学陈自力教授、上海电气公司陈牛卫高级工程师、原上海起重机有限公司赵国庆高级工程师对本书编写的建议和热心鼓励;感谢广州起重机械有限公司董事长黄海珊女士的关心和鼓励;感谢铁道出版社江新锡副总编和张苍松主任对本书出版的大力支持!

特别感谢南通润邦股份有限公司总裁吴建先生的大力支持!

特别感谢西南交通大学前辈王金诺教授为本书费心指导!

由于笔者水平有限,时间也较为仓促,书中难免有许多不足或错误的地方,为了使《欧式起重机设计》丰富书中内容,在再版的时候弥补书中的不足,编者创建了一个欧式起重机设计 QQ 群—QQ 号:164604651,希望同行专家和企业技术人员能够给予批评指正和交流。

笔者:白剑波

2015-04-09

目 录

第 1 章 欧式起重机概述(白剑波、周奇才)	1
1.1 欧式起重机的起源背景	1
1.2 传统桥式起重机的特点	3
1.3 欧式起重机的特点	5
1.4 欧式起重机设计的依据及标准	9
1.5 欧式起重机系列主参数的科学合理匹配	10
1.6 欧式起重机在国内的应用展望	13
第 2 章 欧式起重机核心零部件(白剑波、周奇才)	14
2.1 概 述	14
2.2 电 机	18
2.3 减 速 器	20
2.4 制 动 器	22
2.5 卷 筒 组	23
2.6 吊 钩 组	27
2.7 滑 轮 组	31
2.8 车 轮 组	33
第 3 章 欧式起重机小车(白剑波)	39
3.1 概 述	39
3.2 欧式小车的设计步骤	41
3.3 欧式小车的机构设计	42
3.4 欧式小车的结构设计	51
3.5 欧式小车的典型结构型式	58
3.6 欧式小车的设计要点	72
3.7 欧式起重机小车的设计计算实例	82
第 4 章 欧式起重机大车(白剑波)	94
4.1 概 述	94
4.2 欧式大车的设计步骤	102
4.3 欧式大车的结构设计	103
4.4 欧式大车的机构(运行)设计	118

4.5 欧式起重机大车的计算实例	124
第5章 有限元在欧式起重机结构中的设计应用(周奇才、姜明峰)	146
5.1 概 述	146
5.2 有限元(ANSYS)算法及常用单元简介	146
5.3 有限元结构分析	150
5.4 有限元计算实例	155
5.5 有限元计算分析	178
第6章 欧式起重机的电控(陈前、周晖强)	184
6.1 概 述	184
6.2 电控系统的基本构成	184
6.3 电控主要元器件的设计选型原则	188
6.4 欧式起重机的功能需求实现	195
参考文献	201
后 记	202

第 1 章 欧式起重机概述

1.1 欧式起重机的起源背景

什么是欧式起重机呢?简单来说,就是由欧洲人习惯使用和累积发展技术形成的一种室内桥式起重机。被引进国内后,成为行业“江湖”对这种起重机的一种习惯叫法。

自从中国加入 WTO 以后,世界各地的起重机陆续进入中国,其中一种具有独特风格的起重机,引起起重机行业特别关注,这就是本书将要介绍的欧式起重机(本书提到的欧式起重机都是指带卷扬小车的桥式起重机)。最初主要用在葫芦起重机和小吨位(小车带卷扬机构)的桥式起重机上。按我国起重机的标准划分,它归口在电动单梁起重机、电动单梁悬挂起重机、电动葫芦起重机、通用桥式起重机(俗称行车)等范畴,是一种结构和机构都不同于国内同类起重机的新型起重机。甚至,在行业内还有人把电动葫芦门式起重机、和通用门式起重机也加上欧式,无论什么叫法,并不重要,关键是对这种“欧式”的概念和内涵做一个较完整的探讨和介绍。

按市场产品分布的划分,葫芦及葫芦起重机据不完全统计,大概占有 60% 的比例。国外有许多种型号的电动葫芦,如:K 型电动葫芦、P 型电动葫芦、DH 型电动葫芦、C 型钢丝绳电动葫芦、N 型电动葫芦、NA 型电动葫芦、AS 型电动葫芦、V 型电动葫芦、TB 型电动葫芦、PK 型环链电动葫芦等,国外葫芦的发展具有悠久的历史(参见宫本智,《葫芦起重机》)。由葫芦组合成相应多种型式的葫芦起重机,其中具有代表性的有德马克和科尼公司。20 世纪 80 年代初期,国内最早引进 AS 型电动葫芦和 PK 型环链电动葫芦,通过仿制研制出第一代 TV 型钢丝绳电动葫芦。几十年的发展,国内葫芦研制水平有较大的提高,目前常见的是 CD、MD 型电动葫芦,其特点是稍显笨重,但价廉物美。最近 10 年,国内又研制出多种新型电动葫芦,如防爆电动葫芦、环链电动葫芦、船用电动葫芦、VT 钢丝绳电动葫芦、K 型欧式葫芦、ND 型欧式葫芦等。这些欧式葫芦,由于葫芦的长度尺寸和极限尺寸较小,结构紧凑,受力位置较好,运行平稳,能够降低厂房的空间,为欧式葫芦起重机打下良好的基础,使欧式葫芦起重机有了较大的发展空间。限于篇幅,本书仅对带卷扬小车的桥式欧式起重机做全面介绍。

国内桥式起重机是 20 世纪 50 年代从前苏联引进的一种厂房内使用的室内起重机。其特点是价廉、设计较复杂、工艺简易、产品非标多、制造较为粗糙简单,不需要太多的加工制造专用设备,全国有数百家这样的生产厂家,在中国的工业发展史上,曾发挥重要的作用,至今,都是国内厂房里主要的起重搬运设备。

国内桥式起重机技术基本上 60 年没有大的变化,高技术含量低,制作粗糙,外表难看,小的吨位起重机两三个人就可以生产制造。长期以来,在行业内形成一种恶性循环,市场以拼价格为主来恶性竞争,严重阻碍了企业的自主研发,技术发展受到空前制约。

随着行业内的技术人员对欧式起重机的认识和了解,研究和实践,其最初的欧式起重机已有较大发展和成果。目前,欧式起重机从吨位上讲可以设计和制造任何厂房里需求的桥式起重机,欧式理念和应用已渐渐渗入到起重机的各个细分市场行业,并把起重机的前沿技术很好

的用到欧式起重机上,为桥式起重机增添了新的活力。

通过对欧式起重机的研究,无论性能、品质还是结构外观和维修率都远优越于传统行车。关键在于制造工艺先进,零部件轻巧精致,质量可靠,使用寿命较长,外表美观,“吨位价格”虽然昂贵,但不再是金结构件概念。就同一参数的整机来讲,价格并没有比传统行车高出多少,但零部件和外购件的价格比传统行车高出许多,这无疑给国内中高端行业制造企业带来新的思考和商机。

目前,传统的桥式起重机市场和技术已被颠覆,新的技术还没有完全建立起新的市场秩序。在国内过去的近 60 多年里,中国的桥式起重机市场一直处于发展的初级阶段,虽然用户对桥式起重机性能的要求越来越高,但对技术水平的要求较普通。与此同时,桥式起重机市场的进入门槛较低,市场参与者鱼目混珠,技术水平参差不齐,产品质量普遍较差,价格比拼成为市场竞争的主要方式,产品价格成为用户选择桥式起重机的首要考虑因素。

随着工业化进程的进一步深化,产业化的普及和产业链升级的加速,桥式起重机用户的需求向高品质、节能环保、漂亮精致的外观及服务完善的中高端产品转移,中高端桥式起重机市场正在快速崛起,价格已不再是决定性的因素。

虽然中高端桥式起重机市场发展空间非常广阔,但国内桥式起重机的中高端市场缺乏领先品牌,企业产量大,销价低,产品质量很难得到保障。国内中高端市场基本上是国外几个知名品牌占统治地位,尽管国内行业已有欧式的概念,但大多数企业都处在模仿阶段,极少有企业对欧式起重机进行全面系统的分析和研究,产品模块化和系统化的研发能力较差。国内绝大多数企业都是和国际知名品牌企业以合作的形式经营中高端桥式起重机,成本高,利润低,给国内行业企业发展形成致命的瓶颈制约。

纵观国外知名品牌的中高端桥式起重机,即我们常说的欧式起重机,之所以渐渐被国内用户接受,除了设计理念和零部件的品质不同外,主要是欧式起重机的加工精度较高,产品质量能得到有效保证,符合当前大环境提倡的轻量化、节能环保理念。同时维护方便,维修率低,外表美观也是用户喜欢的主要因素。对用户来说,长远的整体费用比传统桥式起重机(行车)要远远低得多,其更具有传统行车无法比拟的优越经济性。

以一台 32 t×22.5 m/16 m-A5 小欧式起重机的经济性分析为例(本书提到的欧式起重机数据均源于近 5 年笔者在工作实践中的欧式起重机产品设计资料,仅供读者参考),对一个长 200 m 的车间,跨度为 22.5 m 的厂房投资,如果选购欧式起重机,在 5 年使用期内可为用户节省费用的统计数据使人吃惊(表 1-1)。这还没有考虑维修率低带来的节约成本,也没有考虑使用寿命较长带来的隐含价值。

表 1-1 欧式起重机性价比

吨位	整车自重(t)		整车功率(kW)		轮压(kN)		大车选用轨道	
	小欧式起重机	国产行车	小欧式起重机	国产行车	小欧式起重机	国产行车	小欧式起重机	国产行车
32 t	22.5	39.5	27	39	110	280	P38 P43	P43 QU80
说明	5 年可节约电费		1. (39-27)kW×1 台×6h/d×250d/年×5 年×1.20 元/kW·h=10.8 万元					
	厂房造价节约		2. 对厂房高度要求比国内行车小 1 m,轮压为国产行车的 40%左右,使用小欧式起重机,厂房使用建筑钢材比使用国产行车少 10%,每平方米建筑成本可以降低 200 元以上,以 200 m 长车间为例,可节省建筑成本:60 元/建筑平方米×200 m(车间长度)×22.5 m(厂房跨度)=27 万元					

续上表

吨位	整车自重(t)		整车功率(kW)		轮压(kN)		大车选用轨道	
	小欧式起重机	国产行车	小欧式起重机	国产行车	小欧式起重机	国产行车	小欧式起重机	国产行车
说明	厂房造价节约		3. 吊钩距左右大车轨道侧极限距离比国产行车小 1 m,也就是说同样跨度起重机,小欧式起重机可以为用户多出 2 m 的厂房宽度 额外得到工作区域的当量建筑成本:1 000 元/m ² 建筑成本×200 m 车间×2 m=40 万元					
	维护保养节约		停产损失降为最低,甚至为零,基本很少维修,只需定期保养维护					
	起重机规格		32 t×22.5 m/16 m-A5					
	总节约费用		约 80 万元					
	经济性焦点		小欧式起重机与传统行车的厂房土建投资对比					

1.2 传统桥式起重机的特点

传统桥式起重机(行车参见严大考、郑兰霞,《起重机械》桥式起重机结构和机构相关内容),由桥架(图 1-1)、大车运行机构(图 1-2)、小车总成(图 1-3)、电器四部分构成。这些部件和机构都有一个显著特点,平面布置,机构松散,所占空间较大,结构笨重,所有机构的零部件都有独立专用的支座支承,外表难看。

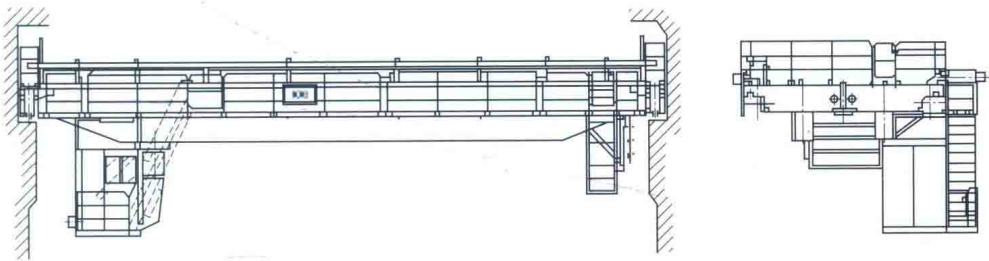


图 1-1 传统桥式起重机桥架

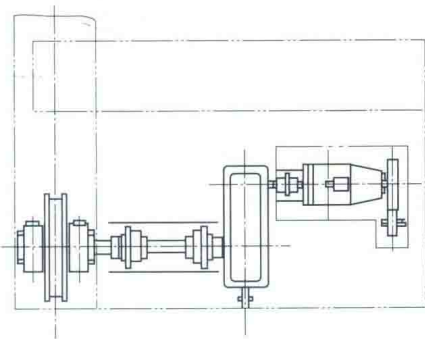


图 1-2 传统桥式起重机大车运行机构



图 1-3 传统桥式起重机小车

传统桥式起重机的桥架结构设计较复杂,制造工艺简单。主梁主要采用中轨箱形梁结构,只有对大吨位的起重机才采用全偏轨或半偏轨箱形梁结构,小车的有效轨距相对变小,对于大

起升高度和大吨位的起重机,会增加小车自重,小车轨道采用专用钢轨,一般采用压板固定焊接在主梁的上盖板上。把端梁插入主梁两头的上下盖板之间,烧焊连接,使端梁和主梁成为一个整体刚性结构,承受较大的弯矩和剪力。端梁不仅承受桥架的自重和最大起重量引起的垂直剪压力作用,还始终承受向主梁跨中方向的力偶作用,这个力偶通过主梁的垂直下挠平衡,使端梁上的车轮始终有向主梁跨中方向偏斜的侧向力,大车车轮增加了走偏、擦轨的可能性,容易出现大车运行歪斜和大车车轮啃轨现象。

大车运行机构一般采用集中驱动和分别驱动的方式布置(图 1-4 和图 1-2)。集中驱动是老式的驱动型式,现在一般不再采用;分别驱动有对边驱动和四角驱动。无论是集中驱动还是分别驱动都非常占据空间,机构组装精度低,不便于运输和组装,是一种较为笨重的机构形式。

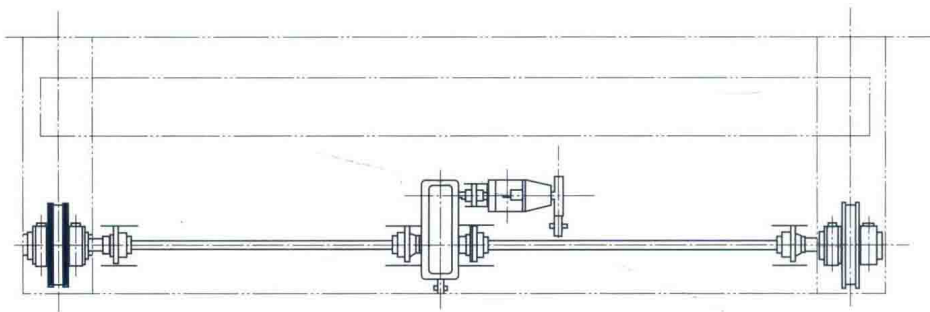


图 1-4 大车集中驱动

大车运行机构(分别驱动)部件都由独立的支座焊接在桥架的走台上,分离式的 YZR 绕线式电机通过半齿联轴器、浮动轴、制动器、软齿面卧式减速器(或中硬齿面的减速器)驱动带有角型轴承箱的主动车轮组。由于浮动轴较长,往往因桥架的负载变形产生振动而影响大车的传动,严重的情形还产生较大的噪声。固定支承车轮的角型轴承箱组装精度低,结构非常简陋,使用寿命相对较短。

传统桥式起重机小车的一个显著特点,小车各传动部件都有独立的专用支座支承而造成超静定结构布置,传动精度和传动效率低,构造笨重。将起升机构和运行机构的零部件平面布置在板状结构的小车架上,结构受力复杂,车轮四角受力极不均衡,经常使主动轮压接近被动轮压的几倍,导致起升机构松散,所占体积大,整体高度较高。结构和机构不能充分利用,材料浪费非常严重,加工制造复杂,组装精度低、结构变形严重、小车重量较重,间接地增大主梁的结构重量。

起升机构由分离式的 YZR 绕线式电机通过半齿联轴器、浮动轴、制动器、软齿面卧式减速器(或中硬齿面的减速器)来驱动卷筒组。卷筒通过钢丝绳绕入吊钩组的动滑轮,上穿到固定滑轮组的定滑轮,再下绕到吊钩组的动滑轮后(根据倍率决定上下来回次数),绕回卷筒形成一个缠绕闭环。对慢速大吨位起重机,减速器传动比相对较大,只能采用开式齿传动,所占空间更大,而且漏油的毛病难以克服。制动器采用轮式制动器,组装精度低,制动轮易磨损,一般都通过较长的浮动轴和电机连接来减小工作时的偏心转动。

卷筒组一般和减速器采用齿轮盘接手连接,组装间隙大,装配精度低,传动效率低。固定滑轮组由一排滑轮分布在定滑轮轴上,滑轮轴平行于卷筒轴,对大吨位起重机,其滑轮数量较

多,起升机构效率降低,电机功率变相增大,固定滑轮组的宽度特别大,所占空间增大,也导致起升机构较宽,小车轨距增大。

对传统桥式起重机总结归纳,有以下特点。

(1)机构零部件质量较差,外型笨重、粗糙,加工精度低,因价格太低,热处理质量难以保证,成本提高,外表难看。

(2)小车呈平面布置,起升机构分散布置在小车架的平面上,小车轮压不均,因结构本身导致车轮最大轮压较大,而非人为设计较大,设计车轮直径也较大。

(3)起升机构的零部件是单个独立的元器件,有专用的座子焊在小车架平面上,组装误差较大。

(4)大车端梁是刚性端梁,和主梁焊成一体,承受弯矩和剪应力,受力复杂,大车轮压不均,最大轮压较大,车轮直径较大。

(5)桥架组装拆开后,在现场安装往往难达到安装要求,结构变形严重,修复时易损伤桥架表面油漆,从组装到用户现场安装都有火工作业,起重机的外观形象很差。

(6)大车轨道面至小车最高点距离较大,厂房土建成本较大。

(7)小车主副吊钩中心线至大车轨道中心线的极限距离较大,有效作业空间面域较小。

(8)小车架设计计算复杂,浪费材料较多。

(9)整车运输不便,常常超宽超高。

1.3 欧式起重机的特点

欧式起重机由大车、小车电器三大部分构成,大车和小车都由结构和机构组成。大车结构包括主梁、大车端梁、大车附件等;大车机构有大车运行机构。小车结构包括小车架、小车横梁、小车附件;小车机构有小车起升机构和小车运行机构。

欧式起重机突出“结构轻量化,机构个性化”。具体体现在设计和工艺、制造和安装、使用和维护、成本和经济、安全和寿命等五个方面的系统综合考虑和运用(图 1-5)。

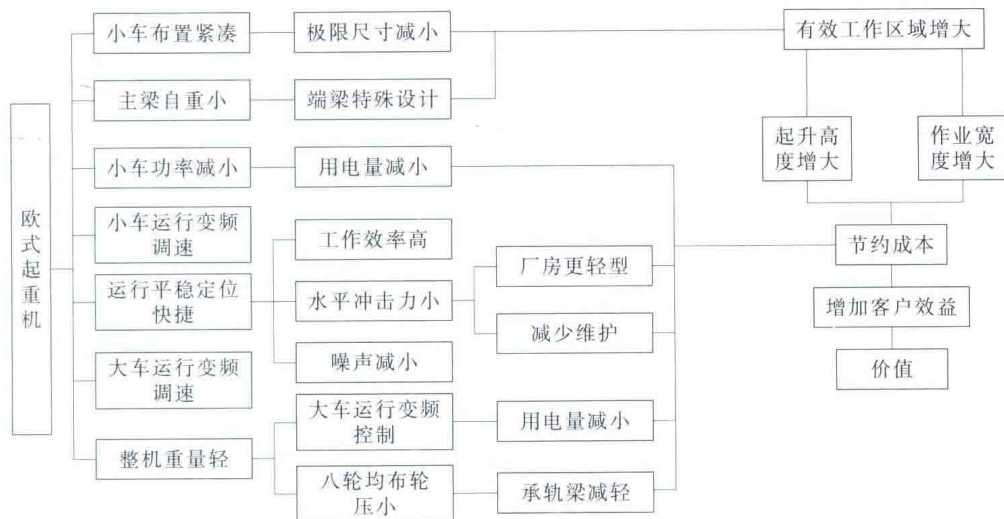


图 1-5 欧式起重机的系统综合运用

欧式起重机的设计和工艺:要求各机构和结构之间的结合部位体现紧凑与美观,《ISO—8686 起重机载荷与载荷的组合原则》,是目前国际公认的起重机设计准则。欧式起重机设计有许用应力法、极限状态法、有限元设计法、经验类比设计法等多种设计方法。设计原则是“先机构,后结构;先小车,后大车”,三化(系列化、标准化、模块化)基础是产品设计的核心,以轻量化为主旋律,通过注重工艺细节,来保证欧式起重机的品质。

欧式起重机的制造和安装:要求结构整体机加工,组装精度高,产品模块高效互换,安装工艺精准、简单,使欧式起重机在工作作业中更好使用。

欧式起重机的使用和维护:要求按时维护检查,大车定期保养,小车时常维护。再好的起重机,保养和维护不当,也必然使起重机增添故障、缩短设备的正常使用寿命,合理科学的使用欧式起重机能保证设备使用寿命延长。

欧式起重机的成本和经济:一方面要求产品质量和性能可靠,品质优良;另一方面要求设备廉价,制造成本低。成本和经济很难平衡,关键是把握好制造企业在市场中的定位,根据企业市场的定位目标,生产相应档次的产品,不要“为廉价而廉价”设计和制造起重机。

欧式起重机的安全和寿命:要求产品具有较好的可靠性,使用不出故障,更换零部件方便,使用寿命达到行业规定,一般国外整机寿命在 20~40 年,国内整机寿命在 15~30 年。欧式起重机行业是一个特殊行业,行业对安全的要求特别严格,从设计、制造、安装到用户使用设备,安全始终摆在第一位。安全性较差的产品在市场中走不了多远就会被淘汰,行业要求广泛推广和应用监测安全控制技术,提高产品的使用性能和安全可靠性能,安全和寿命是产品走向市场的护身符。

欧式起重机一般用于企业的厂房里使用,工作级别不高,一般为 A3~A6, A5 级较常见, A3 和 A6 级相对较少。大车可以往返运行在厂房的支承梁轨道上,能最大限度的减小距厂房四周的工作极限距离,增大吊钩的工作面域。小车可以带副钩,也可以不带副钩,起升机构采用集成的“三合一”电机,靠电机的法兰联轴器与减速器直接连接,但它局限于电机功率不超过 45 kW。这就是最原始的欧式起重机,姑且将其称为小欧式起重机,简称“小欧”。

对电机功率大于 45 kW 的起重机,小车只能设计成独立元器件组合的起升机构,比较适合单钩,对带副钩的小车一般采用带拖车的形式来实现,这样的小车结构非常长,运行也不平稳。

笔者通过多年的研究,研发出一系列新型式的广义欧式起重机(此处介绍的产品为笔者工作期间所在企业申请的专利产品,笔者为专利第一发明人),分别是低净空起重机、工作级别为 A6 级的欧式起重机、带副钩的欧式起重机、用于造船抬吊翻身的欧式起重机、抓斗欧式起重机。对于吨位在 63~300 t 的欧式起重机一般更实用采取小车起升机构设计成独立元器件组合的小车,小车运行采用单轨,靠台车和平衡梁的方法将小车轮压降低。对于吨位大于 300 t 的欧式起重机,小车起升机构依然设计成独立元器件组合的小车,但小车运行采用单轨,靠台车和平衡梁的方法将小车轮压降低,将会使小车布置特别长。综合全面考虑,笔者以工作中大于 300 t 的欧式起重机做方案和设计比较,小车不宜采用单排车轮组的结构型式,推荐每根梁上采用双排车轮群的结构型式,这类双梁四轨型式的起重机更适合于大于 300 t 的欧式起重机产品设计。当然,这并不是绝对的,这需要考虑用户的工况情况,只能供产品设计者提供一种参考建议。

一般欧式起重机可分为小吨位、中吨位、大吨位,也简称“小欧”、“中欧”、“大欧”。5~50 t

宜设计成“小欧”起重机,63~300 t 宜设计成“中欧”起重机,大于 300 t 宜设计成“大欧”起重机。小欧式起重机(图 1-6)和中欧式起重机(图 1-7)及“大欧”起重机(图 1-8)都统称为欧式起重机,一般都具有以下特点。

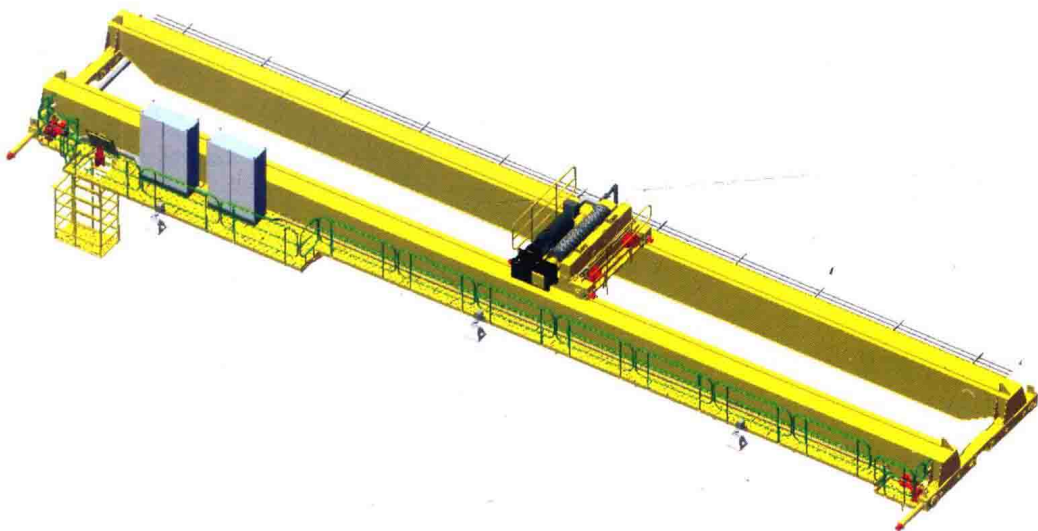


图 1-6 小欧式起重机

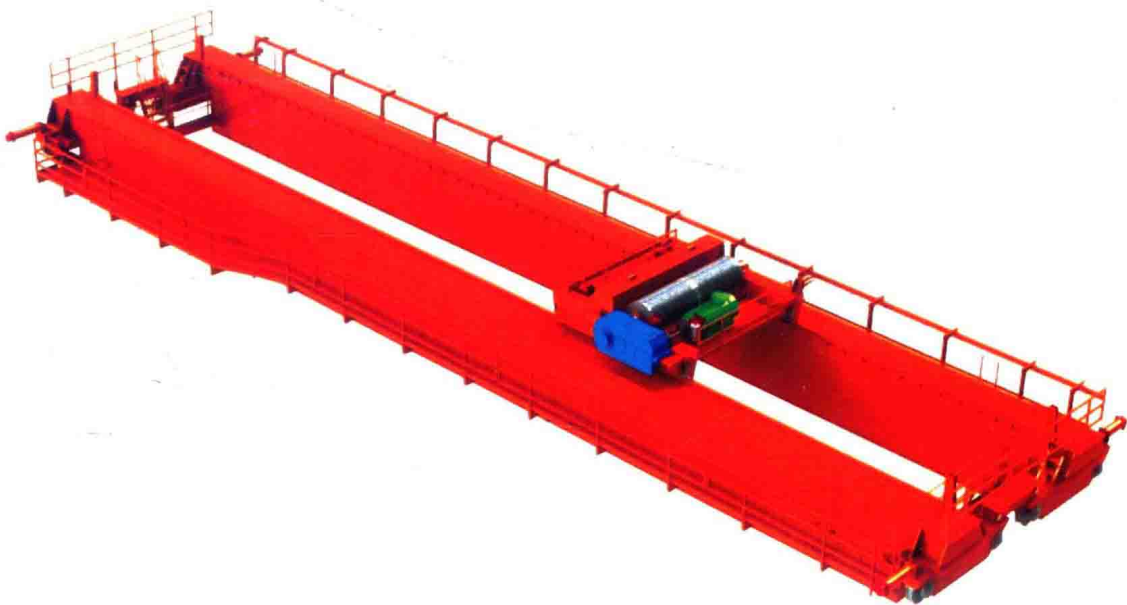


图 1-7 中欧式起重机

- (1) 机构零部件加工精度高,机构、结构体积轻巧精细,外表美观。
- (2) 小车机构立体布置在小车的各个空间位置,零部件集中紧凑,小车轮压均匀,轮压较小,小车车轮直径较小。
- (3) 小欧式起升机构的电机是“三合一”部件,电机和减速器集成一体,组装精度高。

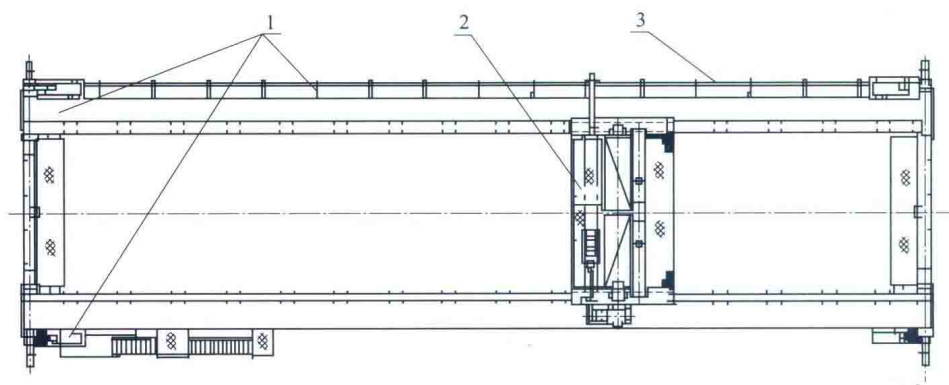


图 1-8 大欧式起重机

1—大车；2—小车；3—电气

(4)大车端梁是柔性端梁,连接梁不承受弯矩,只承受拉力,受力简单,轮压均匀,轮压较小,大车车轮直径较小。

(5)大车组装拆卸方便,现场安装容易组装,修复时不会损伤大车表面油漆,从组装到用户现场安装没有火工作业,外观形象较好。

(6)大车轨道面至小车最高点距离较小,厂房土建投资成本小。

(7)小车吊钩中心线至大车轨道中心线极限距离较小,有效作业空间面域较大。

(8)小车架各结构件受力都通过小车端梁支撑,设计计算相对简单和准确,浪费材料较少。

(9)大、小车运行噪声低,节能环保。

(10)整车运输方便,可以解体组装和运输。

欧式起重机的核心是欧式小车,欧式小车是欧式起重机的“发动机”。传统的桥式起重机,一台 100 t 的起重机小车,其自身重量达到 30 多吨。而同样参数的欧式小车,全部采用国产元器件和零部件设计小车,小车重量减轻 40%~50%,整机重量减轻 10%~15%,小车体积大幅缩小,小车顶点至大车轨道面的高度也小近 2 m。如果主要元器件和零部件采用国外知名品牌产品,各项技术指标还要提高,但成本反而增加许多。欧式起重机各项经济、技术指标都优于传统的桥式起重机,采用欧式结构具有明显的技术优势(图 1-9 和表 1-2)。



图 1-9 中欧式起重机和传统行车的技术优势比较

表 1-2 中欧式起重机的技术优势

对比内容		中欧式起重机	国内传统桥式起重机
性能比较	大车轨道至小车最高点距离(mm)	2 680	4 000
	大车吊钩极限尺寸(mm)	左(2 400)右(2 000)	左(2 850)右(2 400)
	大车车轮直径(mm)	φ500	φ700
	大车车轮个数(个)	8	8
	大车最大轮压(kN)	330	360
	小车轨距(mm)	3 600	4 000
	小车车轮直径(mm)	φ500	φ600
	小车车轮个数(个)	4	4
	小车最大轮压(kN)	320	340
	小车自重(kg)	17 000	30 000
	整机容量(kW)	140(110+4×2+5.5×4)	120(75+15+30)
	钢丝绳	型号	22-8 * WS(26)+WSC-1960
		倍率	8
设计参数	整机自重(kg)		81 000
	起重量(t)		100
	工作级别		M5
	跨度(m)		28
	起升高度(m)		17
	大车运行速度(m/min)		6~60
	小车运行速度(m/min)		3~30
备注	起升速度(m/min)		0.5~5
	除钢丝绳外,全部采用国产元器件(机构全变频控制)		普通电气控制

1.4 欧式起重机设计的依据及标准

1.4.1 欧式起重机设计的依据

《起重机设计规范》(GB/T 3811)和《欧洲起重机械搬运协会标准》(FEM)的规范差距很大,实际上欧式起重机与国内传统桥式起重机只是设计方案和构造的不同,所遵循的标准和设计计算方法是一样的,并无差别。因此,欧式起重机设计的依据及标准所描述的内容与传统方法也没有区别,同时,也针对国内实际情况,参考《欧洲起重机械搬运协会标准》(FEM)的部分内容,本书参照以下行业规范和国家标准最新版本内容编写。

- 《起重机设计规范》(GB/T 3811);
- 《起重机械安全规程》(GB 6067);
- 《起重机试验规范和程序》(GB 5905);
- 《优质钢丝绳》(GB 8918);