

qi zhong ji xie jian xiu shou ce

余维张 主编

起重机械 检修手册

中国电力出版社

qi zhong ji xie jian xiu shou ce qi zhong ji xie jian xiu shou qi zhong ji xie jian xiu shou

内 容 提 要

本书对起重机、电动葫芦、电动叉车、电梯等起重机械，乃至驱动这些起重机械的电动机、电器元件及成套装置作了极为详尽的阐述，内容丰硕，图文并茂，具有一定的实用价值。

本书还介绍了起重机械中的整机及其有关部件组件的技术数据、用途结构、选择方法、维护检修等内容，同时对这些设备在发生故障时的处理原则作了介绍，并配合算例加以说明。

本书可作为从事起重机械的电气、机械方面的工程技术人员、工人在设计、制造、运行、维修时使用的工具书，也可作为生产现场的指挥者和工人培训的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

起重机械检修手册/余维张主编. -北京: 中国电力出版社, 1998. 11

ISBN 7-80125-902-5

I. 起... I. 余... III. 起重机械-维修 IV. TH210.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 25042 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1999 年 4 月第一版 1999 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 29.75 印张 727 千字

印数 0001—3250 册 定价 40.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前 言

本书旨在广泛介绍起重机械中机电设备的技术参数、用途、结构、选用方法、维护检修等内容，以便帮助读者正确选择和合理使用各种相关产品。

全书共八章，第一、第八章由余维张编写，并任主编，第二章由陈家园编写，第三章由蒋元金编写，第四章由张荣年、李秧耕编写，第五章由顾楠森编写，第六章由陆介人编写，第七章由蒋貽庆、葛良璞编写。

全书经章增冠、裘为章两位高级工程师审稿，另外，在编写过程中曾得到北京起重运输机械研究所臧义成、上海电器科学研究所方志根、上海起重电器厂周昭民、上海起重电器厂史亦文及苏州起重电器厂何元灿等同志提供的参考资料和宝贵的修改意见，在此一并致以谢意。

由于水平有限，书中难免出现不妥，甚至错误之处，敬请广大读者批评指正。

编 者



前 言

第一章 概述 1

第一节 我国起重机械的现状 1

一、起重机 (1) 二、电动葫芦 (2) 三、电梯 (2) 四、自动扶梯、自动人行道 (2) 五、工业用叉车 (2)

第二节 国外起重机械的发展动态 3

一、起重机 (3) 二、电动葫芦 (6) 三、电梯 (7) 四、电动叉车 (8)

第三节 衡量我国起重机械技术水平的方法 10

第二章 起重机 12

第一节 概述 12

一、起重机的工作特点和组成机构 (12) 二、起重机的分类 (12) 三、起重机的主要参数 (12)

第二节 起重机的机构及其典型部件 29

一、起升机构 (29) 二、小车运行机构 (41) 三、大车运行机构 (44) 四、“三合一”驱动装置 (45) 五、运行机构中的几个重要部件 (45) 六、起升机构中的几个重要部件 (51)

第三节 桥架、司机室等的修理和改造 52

一、桥架变形的修理 (52) 二、小车供电方式的改造 (61) 三、司机室的改造 (63)

第四节 桥架跨度的改制 68

一、截短桥架跨度的改制工作 (68) 二、接长桥架跨度的改制工作 (69)

第五节 起重机的维修和检验 70

一、车轮的热处理 (70) 二、车轮的装配 (72) 三、起重机啃轨的检修 (76) 四、小车三条腿的检修方法 (79) 五、减速器的噪声、漏油及其维护保养 (82) 六、钢丝绳的检验与报废时的鉴别 (86) 七、起重机滑触线的安设与集电装置的检修 (91) 八、起重机的试验和验收 (93) 九、定期性检查 (94) 十、润滑 (101)

第三章 电动葫芦 103

第一节 概述 103

第二节 电动葫芦的分类及其结构 104

一、电动葫芦的分类 (104) 二、电动葫芦的几个系列产品及其结构 (105)

第三节 电动葫芦的选择和使用 145

一、设计依据 (145) 二、电动葫芦的设计寿命与寿命试验 (148) 三、电动葫芦的选用 (148)

第四节 电动葫芦的使用、管理、维护与保养 150

一、电动葫芦的使用 (150) 二、电动葫芦的管理 (151) 三、电动葫芦的维护与保养 (151) 四、电动葫芦的常见故障及排除方法 (154)

第四章 电梯 156

第一节 概述 156

一、电梯的分类 (156) 二、电梯的基本概念 (159)

第二节 电梯的主要组成部件 162

一、设置在机房内的主要部件 (162)	二、设置在井道内的主要部件 (163)	三、设置在井道地坑的主要部件 (164)	四、装设在电梯层站的主要部件 (164)	五、电梯的曳引传动系统 (164)	六、电梯的曳引系数 (166)	七、电梯的最大曳引能力 (167)	八、轿厢允许的最小自重 (168)	九、提高电梯曳引力的途径 (168)	十、合理选择平衡链或平衡绳装置 (171)	十一、电梯曳引机的结构 (171)	十二、机械的安全装置 (173)	
第三节 电梯的安装与调试												178
一、安装前的准备工作 (178) 二、样板的架设和放线 (180) 三、导轨的安装步骤 (181) 四、机组的就位 (182) 五、拼装轿厢 (182) 六、对重设备和缓冲器的安装 (184) 七、钢丝绳及补偿装置的安装 (185) 八、厅门的安装 (186) 九、电气设备的安装 (187) 十、调试 (189)												
第四节 电梯的维修和保养												190
一、电梯的维护 (190) 二、重要机械部件的维护、调整和检修 (192) 三、电梯机房和井道的管理 (196) 四、特殊情况的紧急处理 (197) 五、电梯的常见故障及其排除方法 (197)												
第五章 自动扶梯和自动人行道												201
第一节 概述												201
第二节 自动扶梯												201
一、确定主参数 (201) 二、自动扶梯的结构 (203) 三、自动扶梯的布置形式 (218) 四、维护与保养 (218)												
第三节 自动人行道												220
一、应用场合 (220) 二、结构型式 (220) 三、踏步式自动人行道的特征 (221)												
第六章 电动叉车												226
第一节 概述												226
第二节 电动叉车的特征												226
一、优点 (226) 二、缺点 (226)												
第三节 电动叉车的主要类型和性能参数												227
一、电动叉车的主要类型 (227) 二、电动叉车的性能及其参数 (227)												
第四节 电动叉车的结构												235
一、行走支承系统 (235) 二、驱动系统 (239) 三、转向系统 (240) 四、制动系统 (243) 五、液压工作系统 (245) 六、电气系统 (249) 七、叉车的工作属具 (249) 八、电动叉车的选用 (249)												
第五节 蓄电池及其充电原理												251
一、基本概念 (251) 二、充电和充电设备 (255)												
第六节 电动叉车的使用、维修和检测												261
一、电动叉车的运行规定 (261) 二、电动叉车的使用要求 (262) 三、电动叉车的故障及排除方法 (266) 四、电动叉车的维护和保养 (270)												
第七章 起重电动机												273
第一节 概述												273
一、起重电动机的特点 (273) 二、起重电动机的典型结构 (273)												
第二节 常用的起重电动机系列												276
一、冶金及起重用三相异步电动机 (276) 二、锥形转子三相交流异步电动机 (277) 三、电梯用三相交流异步电动机 (277) 四、冶金及起重用直流电动机 (278) 五、电												

动叉车用直流电动机 (278)	六、常用起重电动机的规格及主要性能数据 (279)	
第三节 起重电动机的选择		284
一、起重电动机类型的选择 (284)	二、起重电动机电源电压及频率的选择 (285)	
三、如何选择特殊环境下使用的电动机 (285)	四、起重电动机结构及安装型式的选择 (286)	
五、电动机的工作制 (287)	六、起重电动机功率的选择及校正 (288)	
第四节 电动机的安装、使用和保养		292
一、电动机的安装和使用 (292)	二、电动机的维护和保养 (293)	
三、电动机的常见故障、产生原因和处理办法 (294)		
第五节 起重电动机的修理		297
一、电动机的拆装 (297)	二、绕组的局部修理 (298)	
三、机械部分的修理 (302)	四、绕组的全部拆换 (303)	
五、绕组式转子绕组的端部绑扎 (308)	六、校平衡 (309)	
七、对遭受水、火灾害的电动机的处理 (310)	八、修理后的测试 (311)	
第六节 常用起重电动机安装维修用的技术资料		314
一、安装及外形尺寸 (314)	二、绕组的数据 (314)	
三、绕组接线图及有关参数 (324)	四、易损件 (340)	
第八章 电器元件及电气传动装置		342
第一节 概述		342
第二节 电器元件		342
一、制动电磁铁 (342)	二、电力液压推动器 (358)	
三、MY1 系列液压电磁铁 (363)	四、离心推动器 (364)	
五、交流接触器 (365)	六、直流接触器 (375)	
七、控制继电器 (376)	八、绕组的计算方法 (383)	
九、接触器及继电器的故障和修理 (387)	十、控制器 (388)	
十一、主令控制器 (398)	十二、起动—调整电阻器 (412)	
第三节 电气传动装置		421
一、保护柜、箱 (421)	二、PQR9 型磁力控制屏 (423)	
三、PQR10 型磁力控制屏 (426)	四、PQY1 型平移磁力控制屏 (429)	
五、PQS1 型磁力控制屏 (433)	六、电动葫芦用控制装置 (437)	
七、电梯的电控设备 (442)	八、自动扶梯的电控设备 (444)	
九、电动车辆的电控设备 (447)		
附录		
附录 1 起重机常用灰铸铁		452
附录 2 起重机常用碳素铸钢		452
附录 3 起重机常用电线电缆的性能和使用场合		453
附录 4 角钢滑线载流量 (工作温度 70℃)		454
附录 5 圆钢滑线载流量 (工作温度 70℃)		454
附录 6 圆钢滑线载流量 (工作温度 70℃)		454
附录 7 铜母线载流量 (工作温度 70℃, 介质温度 25℃)		454
附录 8 曳引系数中 e^{μ} 值表		455
附录 9 常用道路的坡度换算表		455
附录 10 蓄电池的充电电流及时间规范		456
附录 11 电磁线经绝缘后的标志及其含义		456
附录 12 漆包、丝纸包线的主要品种及其特点与用途		457

目 录

附录 13 电阻材料的物理性能	460
附录 14 XF1 型自动扶梯土建总体布置	461
附录 15 XF2 型自动扶梯土建总体布置	462
附录 16 SWE30 型自动扶梯土建总体布置	463
附录 17 SWE35 型自动扶梯土建总体布置	464
附录 18 RD1 型自动扶梯人行道土建总体布置	465

第一章 概述

起重机械对于提高国民经济各部门的劳动生产率，缩短生产周期和降低生产成本，起着不可低估的作用。

本书本着人们在起重作业中频繁接触的机械予以归并和汇集的，在介绍纯属起重机械的同时，不可避免，也不可分割地涉及到运输机械和装卸机械，为此，如电梯、自动扶梯、电动叉车等看起来不属起重机械的运输机械和装卸机械等也归纳于本书讲述的内容，这种构思，归类，完全是基于起重作业实践的需要，解决实际起重作业中必然遇到的问题，因而使本书有较强的实用性。

我国和国外一些国家在起重作业及有关运输、装卸机械方面的分类情况大致如下。

目前，我国按起重机械、运输机械和装卸机械分类；美国和英国则按起重机械、运输机械、电梯和工业车辆来分类。日本则按起重机械、运输机械、提升机械和其它（包括叉车以外的工业车辆）分类。原联邦德国是按起重机械与提升机械、轻小型起重设备与地面输送机、轨道与索道输送设备、连续输送机械和电梯来分类。

第一节 我国起重机械的现状

一、起重机械

我国自 50 年代始，根据原苏联资料，试制了建筑业用的高架塔式起重机；机械制造业用的桥式起重机；造船工业用的门座起重机，而且以通用型与专用型同时并重为原则，进行了开拓和发展，所以，制造起重机的工厂几乎遍及全国各个省、市，总计大约将近百家工厂之多，特别在改革开放之后，起重机制造业的新兴势头，尤为突出。据报导，只在江苏省无锡近郊一处，就有近 10 个工厂承制 50t 以下双梁四个机构的桥式起重机。目前在全行业中最有代表性的制造厂有：太原重型机器厂、大连起重机器厂、上海起重运输机械厂以及上海港口机械厂等单位。

起重机的机械部分，先是在各厂单独地根据仿造、消化、吸收的方式进行生产的，之后，在高等院校、研究院所与工厂相结合的形式，在集思广益、裨补缺漏的前提下相继实现了多次颇有成效的统一设计工作，从而形成和实现了自成系列和自成体系的格局。

起重机的电气部分，有起重电动机，当然也包括电气传动装置和电器元件。这部分也有其自我完善的过程，其中如：起重电动机，开始时是全盘仿制原苏联的 MT 及 MTB 系列的产品，之后，自行设计出 JZR2 型电动机，到现在已发展成 YZR 型节能的系列产品，电气传动装置在 1972 年经统一设计后，也由单一的反接制动系统而发展成单相制动系统用在起升机构上的新品种，之后又有自激能耗制动系统投入运行。70 年代初期，上海起重电器厂与有关设计院所的协作下，研制出国产第一台晶闸管的定子调压调速装置。80 年代中后期，上海起重运输机械厂与各电器制造厂分别推出了串接调速系统与自激能耗制动系统。援引在起重机上使用的成功经验，最近上海港口机械厂又研制成可编程控制器 PLC，使用在起重机上。至于

电器元件也有电力液压推动器、凸轮控制器、制动电磁铁等诸多新产品或改型品种问世。总之,在起重机的机、电两部分都在新形势下提出了新时期的新要求,以尽可能快地缩短与国外同行业的差距。目前具有代表性的电动机的生产厂有:上海起重电机厂、佳木斯电机厂及大连第二电机厂等;生产电器元件及传动装置的工厂,则有:上海起重电器厂、长城控制电器厂及大连低压开关厂等单位。

二、电动葫芦

在50年代初期,我国生产的电动葫芦系参照原苏联TB型1、2、3、5t级的圆柱电动机,外装圆盘片状制动器的电动葫芦,而后在独立自主,自力更生的主导思想指引下,将它相应转化成具有本国特色的产品,如在本体结构上制备成锥形转子的CD1及MD1型单、双速规格的产品;对限位保护,将仅能保护控制电路的方案,改进成直接确保主电路系统安全的所谓以快速断火器为电器元件的控制方案。

目前我国统一设计的H型钢线式的电动葫芦就是汇集着众多优点的新产品。在近年里,又结合了有关生产厂的分工,分别引进了若干种新系列产品,它们是:天津起重设备厂引进了原联邦德国史太尔(Stahl)公司的AS型钢绳式电动葫芦;南京起重机械总厂引进了原联邦德国德马克(Demag)公司的PK型环链式电动葫芦;上海起重设备厂引进了瑞士吉士(gis)公司的环链式电动葫芦。这样将使我国制造电动葫芦的生产水平和设计能力更臻完善。

三、电梯

我国电梯工业是在1949年后才开始发展的。当时我国只有2000台左右各种类型的外国进口的电梯在使用,且其中的1500台在上海。当时的我国电梯制造业,只能从事维修、保养和适量修配方面的工作,直到1953年间才创建我国第一个电梯制造厂,即上海电梯厂。

电梯制造业,经过40多年的发展,目前全国大致拥有300个规模不同的企业,其中原有8大骨干工厂,现已扩大到10多家,它们都具有相当水平的研究机构,或成为中外合资企业,国际上的先进技术亦在不断援引和投入,故各大电梯厂推出日益增多的新产品,尤其是将电脑应用在电梯上的产品,不仅在国内各地大力推广使用,而且还有出口海外的任务。

四、自动扶梯、自动人行道

我国自动扶梯及自动人行道的研制和投入使用的时间较晚,后者犹晚。于70年代,第一批安装在机场候机大楼内的自动人行道是上海电梯厂承制的。

五、工业用叉车

在本世纪50年代,一些工业国家的叉车生产处在大发展时期,我国随着社会主义建设的发展,国民经济各部门对叉车的需要量日益增加,为此,叉车的制造工业逐渐兴起。1953年,沈阳电工机械厂仿制成国产第一台1.5t级平衡式电动叉车,几十年后的今天,我国的叉车行业由小到大,坚持走以内涵为主,引进、消化、吸收、提高为辅的道路,从50年代起步到目前已成为一个颇具规模的由主机厂和配套协作单位所组成的完整行业体系。在叉车行业中具有代表性的制造工厂有:沈阳电工机械厂、抚顺叉车总厂、上海电工机械厂与无锡电瓶车厂等单位,它们制造着0.5~3t级的各类电动叉车。

80年代,机械工业所面临的战略任务是如何更加多、快、好、省地为社会主义现代化建设,提供适应时代要求的先进技术装备。国内、外制造技术的发展和市场的需要,对电动叉车的技术水平也提出了新的要求。因此,上海起重电器厂参照日本NYK株式会社的产品,首先将晶闸管系统的电控装置援引在叉车上使用。最近又如,无锡电瓶车厂与北京起重运输机

械研究所叉车分所合作,开拓了新系列三支点平衡式电动叉车,它广泛地博采了国内、外的新技术、新工艺、新结构制成了具有良好的动力性能和以微电脑控制的最新设备,同时为司机创造着视野宽广的作业条件。该产品不仅已达到甚至就某些指标而言,还超过了某些先进国家同类产品的水平。目前又有起重量为 0.25、0.5、0.7、0.75、1.0、1.25、1.5、1.75、2.0、2.5、2.75t 及 3.0t 级的三支点和四支点电动叉车试制成功,并投放市场。这些新一代电动叉车的生产,表明我国在电动叉车的水平上有了质的飞跃,跨进了能生产高水平、高质量电动叉车的行列。

第二节 国外起重机械的发展动态

起重机械的品种规格较多,现将本书涉及的几种起重机械在国外的发展情况简介如下。

一、起重机械

以用途最广泛的桥式起重机为例,国外的发展过程大致可以分为 4 个阶段。

(1) 第 1 阶段。30 年代以前,国外的起重机一般都采用单腹板梁架,集中传动,开式齿轮和弹性联轴器。

(2) 第 2 阶段。40 年代国外起重机采用单腹桁架结构,以集中传动为主,逐渐推广分别传动;采用开式齿轮,同时也出现封闭式渐开线齿形的减速机、弹性联轴器、花键连接和万向接头。

(3) 第 3 阶段。50 年代,国外的起重机进展较快,对结构型式、电控设备、机械传动、热处理工艺、新材料应用等方面都有较大的发展,起重机的大梁以箱形双梁为主,四桁架式结构的比例逐渐增多,集中驱动亦被分别驱动所替代,陆续生产斜齿轮、圆柱正齿轮、渐开线变位齿轮以及氮化处理的硬齿面波导减速机等系列产品,将各种行星减速机、波导减速机等推广应用,因热处理工艺的改进和完善使齿轮和走轮的寿命有明显的提高,齿轮联轴节也已大量应用在起重机上,起重机的品种和规格亦逐步扩大。

(4) 第 4 阶段。从 60 年代至今,被认为是“定型化”时期。在这个期间建立着许多国家性的、地区性的专业组织机构、协会和委员会等,同时亦成立着专门研究机构。一些工业院校也承担了工厂、企业和公司的有关试验研究项目或课题。各国又陆续制订着各自的国家标准、规范和技术条件,起重机的设计参数和产品系列也有了标准化依据。

目前世界各国设计起重机的理论依据,大体上分为两个体系,一是原苏联的一套设计原则,它具有较系统、较完整的技术资料和技术标准,东欧各国和我国都作援引使用;另一是原联邦德国制订的 DIN15018 技术设计标准,参照应用的有西欧各国,还有美国、日本、加拿大和意大利等国家。原联邦德国于 1936 年制订出一部起重机金属结构的计算法草案后,在 1940 年进行了修改才作为正式的设计准则,这就是 DIN120 标准。到 1962 年,西欧 13 个主要生产起重机国家成立欧洲搬运协会,简称“FEM”,是年原联邦德国又根据 FEM 公布的草案,在 DIN120 标准的基础上再重订了一部 DIN15018 基本标准。

1960 年,英国根据 DIN120 标准,又结合其本国生产的实际条件,拟订出 BS466 起重机金属结构允许应力的标准,于 1966 年又制订出 BS2573 标准及与之相适应的 BS2452 的标准。

日本亦根据 DIN 及 FEM 等资料制订出适合本国使用情况的标准,同时在 1966 年、1967 年进行了两次修改,且在 1970 年之后仍在不断补充和修订中。

各国在拟订标准中,除少数基本参数外,一般数据只在本国或本公司内部通用,呈现出

各不一致的局面。

在国际和国家标准中给出的基本项目有如下内容。

1. 起重机的工作类别

起重机工作类别的划分如表 1-1 所示。

表 1-1 起重机的 工作类别

国际标准 ISO	欧洲机械搬运协会 FEM		原经互会标准 C9B		原联邦德国标准 DIN	原苏联国家矿山 技术监察局规则
M1	1MB	1MB α	1	1 α	I σ	轻级 Л
M2		1MB σ		1 σ		
M3		1MB β		1 β		
M4	1mA		2		I β	
M5	2m		3		I	
M6	3m		4		II	中级 C
M7	4m		5		IV	重级 T
M8	5m	5m α	6	6 α	V	超重级 BT
		5m σ		6 σ		
—	—	—	—	6 β	—	

日本根据负荷率及工作时间率将起重机工作类别分为 4 类,即低速级、中速级、高速级及极高速级,但于 1970 年后,在重订标准 (SMF) 中,对起重机工作类别的分类改成如表 1-2 所示。

表 1-2 日本对起重机工作类别的分类

负 荷 率		作 业 时 间 率		
		小	中	大
		使用频率少 休息时间长	进行有规则 地间歇作业	有规则地 连续作业
轻级	很少起升额定负荷	I	I	I
中级	不规则起升额定以下的负荷	I	II	II
重级	经常起升接近额定值的负荷	I	III	IV

美国对桥式起重机的工作类别,是以 A、B、C、D、E、F 共 6 个级别区分的,即:

A 级——间歇服务	每小时起升 2~5 次
B 级——轻级服务	每小时起升 5~10 次
C 级——中级服务	每小时起升 5~15 次
D 级——专业服务	每小时起升 10~20 次
E 级——特重级循环作业	每小时起升 20~40 次
F 级——钢厂用 (AISE 规程规定)	每小时起升 40~80 次

英国按循环周期共分 4 级,如表 1-3 所示。

表 1-3 英国 BS2753 对起重机的
标准分类

级数	疲劳计算用的应力 (循环周期)	每年最多工作时间 (h)
1	10 ⁵	1000
2	6×10 ⁵	2000
3	2×10 ⁶	3000
4	2×10 ⁶ 以上	3000 以上

2. 起重重量

起重重量是指起重机械提起物体的重量,单位为 kg, t。起重量的标准排列基本上有两类:一类是按优先数系,另一类是循依阶梯等差级数。大多数国家采纳前面一种方法,只有原苏联在先前是依阶梯等差级数的,但近来也在向第一种方法过渡。

吨位按优先数系排列的级数,如:1.6、2.0、3.2、5、6.3、8、12.5、16、20 (25)、32 (40)、50、63、

80、100、125、160、200、250、280、320、350、400、450、500、630、650、800、1000。

双钩起重机的副钩吨位为 3.2~12.5t，一般是在 80t 以内的排列中相应选取的。

原苏联在援引优先数系后，为了进一步实现通用化，故采用了对角线法制订出各种类型起重机的通用化标准，以在使用时更为方便，其级数的排列如表 1-4 所示。

3. 跨度

跨度标准，各国规定不一。原苏联规定，一般以每 3m 为一级，大致范围为 4.5~45.5m，起重量在 80t 以上的桥式起重机，其跨度规定为 10~34m。原联邦德国，从 4.5m 起点，每增加 0.5m 为一级，直到 16m，又从 21m 起，每增加 0.5m 为一级，直到 28m，而规定为标准大跨度者，可到 33、34、35.5m。日本则以 6m 为起点，每增加 2m 为一级，直到 28m，如超出 28m 时作为非标准跨度论。

表 1-4 原苏联对桥式起重机的分类排列

基本类型 参 数	桥式起重机各种负荷级别的起重量 (t)			
	轻 级	中 级	重 级	特重级
3.2	5	3.2	—	—
5	8	5	3.2	—
8	12.5	8	5	3.2
12.5	20	12.5	8	5
20	32	20	12.5	8
32	50	32	20	12.5
50	80	50	32	20

小车轨距在国外，一般采用 500、560、630、710、800、900、1000、1120、1250、1400 (1450)、1600、1800、2240、2500、2800、3150、3550、4000mm 等规格。

4. 起升高度

起升高度各国大致相同，标准起升高度一般定为 6~12m，双钩桥式起重机一般为 12/[14 (16)] m，基本上是从 6m 为起点，每增加 2m 为一级，一直可达 32/34 (36) m，原苏联 ГОСТ6711—70 标准规定，起重量在 80~320t 级桥式起重机的标准起升高度为 25/27m，超起升的高度只有一种，即 32/34m。

5. 起升速度

起升速度，各国的标准都不一致，根据规律，一般是小吨位速度高而大吨位速度低，但目前发展趋向是朝着结构轻型化、吨位重型化、速度高速化的特征，故速度等级普遍提高，已达到 120~260m/min。

为了使轻型化起重机的得以实现，美、英、日、原联邦德国、加拿大等国都采用铝合金作桥架结构，根据报导，这种以铝—锌—镁的铝合金所制成起重机的自重，较各种钢结构（按同吨位、同跨度、同工作类别）轻 29.4%~61.4%，其中日本已采用可焊铝合金和耐腐蚀铝合金，诚然，铝合金也有其缺点存在，如费用贵、对于变负荷截面构件的应力集中敏感、型材杆件易失稳定、弹性模数低，因此限制了它在起重机上的应用。

其它如工程用塑料，从 60 年代起，也在逐步使用于起重机上，导轮、走轮、驾驶室等零部件已有塑料制成的，玻璃纤维加固聚醇 (FRP)、尼龙和聚酸乙烯酯等材料也被使用。

6. 电控设备

电控设备及其系统同样是根据各国具体情况的不同，循依各自的途径发展起来的，但为了尽量减轻操作人员的劳动强度，都在使用简接控制的方式，甚至不惜采用二级乃至三级的间接控制方案。对于系统来说，日本的低速型即轻级通用桥式起重机，主要考虑价格和性能，采用了液压推杆调速；对中速也即速度不太高的桥式起重机，采用液压推杆调速的比例仍约占 90%，其余的则采用涡流制动调速；而高速型桥式起重机，多半使用涡流制动调速、直流动力制动调速和晶闸管定子调压调速等。

原联邦德国除使用液压推杆调速、涡流制动调速、晶闸管定子调压调速等之外,还有单相反接制动调速、低频调速、专用变频机的液压推杆调速、绕线转子变极调速等,另外,转子晶闸管调压调速和 THROMAT 调速也尝使用。系统中藉速度原则的应用较广泛,它既可用于电动机的起动,又可防止电动机反接制动时的误动作,其中电器元件中的接触器全部用交流操作的直动式结构者。

原苏联电控设备的控制系统,在 50 年代只有反接制动,有时加上单相制动,70 年代末出现自激式动力制动的方案,而且主要用于小容量电动机的直接控制方式,之后逐步应用到大容量电动机的间接控制系统。它根本不用液压推杆调速,涡流制动系统有产品,但使用得不广泛,晶闸管定子调压调速系统也应用不普遍,至于直流动力制动调速的产品和主要推崇自激式动力制动系统才被广泛援引使用。

自从可编程控制器问世之后,它就对起重机的控制系统起着很大的作用,它的 3 种较理想的操作形式,为参数型、操作型及诊断型。

操作型可提供所有必要的装置运行功能,其显示装置的工作状态包括了故障信息和转矩百分比、电流、电压、速度的给定值和实测值等。

参数型能允许对系统的操作参数作检查和修改,如调节器的 PID 参数、加速度及最大电流的限值等。

诊断型允许在运行中连续监视驱动器的各项参数,以及静、动态的自我诊断,如对串行通信功能作检查或诊断。之外,可编程控制器还能与电子计算机相连接进行操纵。

二、电动葫芦

电动葫芦与起重机相同,也有欧洲搬运协会 FEM 的规范或标准所依据,当然各国亦拟订出适应本国的标准或规范,同时在标准系列的基础上制订出特种用途的派生品种。目前各国都已生产出起重量高达 30t 级的钢丝绳式电动葫芦和在双轨上运行的电动葫芦小车,并开始发展更大起重量的电动葫芦和电动葫芦小车与单梁或双梁起重机套配使用。据报导,英国施利脱 (Street) 起重机公司正在发展起重量可达 100t 级的钢丝绳式电动葫芦的系列产品,该公司亦采用计算机辅助设计和程序化制造技术,新开拓的重级开式卷筒型电动葫芦,其起重范围为 30~60t 级。

新型电动葫芦的基本特点为:全部采用英国标准,完全垂直升降,卧式对开型减速器,鼓式制动器,行走机构采用蠕动运行的电动机驱动,耐用锻造车轮,双速小车的通电持续率为 60% 以及能平稳起动等,同时还配备着三速起升机构、单独副起升装置、防爆开关、极限限位开关和超高提升双卷筒等。

各国对电动葫芦的制动可靠和安全操作都较注意,如瑞典 ASEA 型电动葫芦带有过载保护装置;日本日立公司的 N 型电动葫芦除装有电动机自身的锥形制动和过载保护装置外,还装有紧急制动器;再像日本三菱公司的 HY 型产品除盘式电磁制动器外,又设置紧急制动器。按照最近国际规定,在电动葫芦的吊钩上应装有防止重物脱钩的保险设施,才能保证运行中的绝对可靠性。

为了提高寿命,日本各制造商都用 6xFi 新结构的钢丝绳,其寿命可提高约达 6 倍;运行用小车的车轮采用无轮缘,车轮改成水平导向轮,减少了磨损,提高了轨道与车轮的使用寿命;在减轻整机重量方面,也对材料作了研究,如在减速器中多采用低碳合金钢的渗碳齿轮,运行机构用的齿轮可采用塑料,减速器的外壳采用铝合金等,均可获得了减轻重量的目的。

众所周知,环链式电动葫芦固然有其缺点,但对超小型环链式电动葫芦,由于体积小、结构巧,自重只有 10kg,携带极为方便,因此,世界各国都在竞相开拓起重量为 0.1~2t 级、吊钩行程为 3m 的环链式电动葫芦。

三、电梯

世界上最主要的电梯厂商有:美国的奥梯斯 OTIS 电梯公司、瑞士的迅达 SHINDLER 电梯公司、日本三菱 MITSUBISHI 公司、美国的西屋 WESTINGHOUSE 电气公司、芬兰的康尼 KONE 电梯公司、英国的爱派公司 EXPRAS 电梯公司以及日本的日立 HATCH 电梯公司等。这些电梯公司都具有跨国公司,生产电梯的历史很长。其中尤以美国的奥梯斯电梯公司和瑞士的迅达电梯公司的规模最大,历史最长,约达 100 年以上。为此,它们的品种、技术、经济实力均占优势。近年来,奥梯斯总公司会同在法国和日本的奥梯斯工程中心共同开拓成功的线性电动机电梯系统。这种新电梯系统将电动机装进平衡质量部分内,不需要机房,系统的组件较少,易于维修和更加可靠。它能取代传统的液压和钢索系统电梯,样机在 1988 年于芝山厂制成,正式产品于 1990 年通过鉴定,并推向市场。迅达电梯公司于 1988 年收购了西屋电气公司的电梯和扶梯部门之后,不仅业务范围扩大到北美洲,而且对产品品种的开拓也占有了颇大的天地。日本电梯工业的水平亦在急起直追,如日本三菱电梯公司推出的变频变压调速 VVVF 新型交流调速电梯之后,颇为世界所重视,同时亦激起其它各大电梯公司的关注,是处于正在争相赶超之中。

自本世纪 70 年代初开始,随着半导体大规模集成电路元件的出现和普通常用半导体电子器件性能的日益提高,以及电子产品价格的不断下降,电梯的控制技术和电梯的运行性能得到了飞跃的发展和提高,尤其是电梯运行可靠性的提高、故障率的减少、设备投资费用的降低,乃至能源耗用的减少等方面的技术经济指标都有较大的发展。

当前,新型电梯有如下特征。

(1) 微电脑在电梯控制系统中的引用日益广泛,它将取代了传统的继电器—接触器的控制系统,使电控屏、柜的尺寸大为缩小,相应地减少了机房的占地面积。在整个系统中,除了规定的安全保护电路必须用有触头的继电器、接触器、开关等部分执行器件以外,几乎全部被微电脑系统所替代,并方便地实现了多台电梯的群控调度管理,提高了电梯集群的使用效率,使乘客的候梯等待时间大为减少。电梯利用微电脑且批量投放市场的电控系统有:奥梯斯电梯公司的 ELEVONC-301、401 系统,迅达电梯公司的 MICONIC-B 和 MICONIC-V 系统,三菱电梯公司的 OS2100C 系统,日立电梯公司的 CIP3800 系统以及西屋电气公司的 MAKE-V 系统等等。以上这些电控系统在各种类电梯上的使用效果反映极好,它们当中最多的可以控制 8 台电梯的自动调度工作。

(2) 采用三相交流鼠笼式异步电动机和全由晶闸管控制交流调速的电梯得到了广泛的应用,并完全取代传统的耗能颇大的直流快速电梯。现在速度为 1~2m/s 的中速电梯将不再使用带有蜗轮减速机的直流电梯。

晶闸管控制的交流异步电动机调速系统,不尽可以用于 2m/s 以下的一般交流调速电梯。近几年来,随着交流电力拖动控制理论的发展和大功率晶闸管、新型大容量 GTO 及 GTR 电力电子器件的性能提高、价格降低和新品种的不断问世,对速度在 2m/s 以上的高速电梯,也在开始应用交流鼠笼式异步电动机的变频变压调速方法。如日本三菱电梯公司首先研制并已投放市场的 VVVF 系统控制的交流高速电梯,据有关文献报导,该公司于 1983 年 9 月已将速

度为 4m/s 的交流高速电梯安装在日本东京的 GOTANDAMNM 大楼上使用,该电梯既具有舒适感和耗能低的特点外,还有电源设备投资少、机房负载轻以及维修方便和故障少等优点。再如奥梯斯电梯公司也研制交流鼠笼式异步电动机的交—交变频调速系统的交流高速无齿轮电梯。

(3) 晶闸管供电的直流可逆拖动系统在电梯上获得进一步的完善和推广使用,它的发展能取代传统的直流发电机—电动机组 (M-GSet) 的直流高速电梯,这种电梯具有控制方便、机房占地面积小、重量轻、投资少、维修方便、能耗少以及噪声低等优点。为此,晶闸管供电的交流高速电梯有其一定的生命力。目前,西屋电气公司、奥梯斯电梯公司、三菱电梯公司和迅达电梯公司都有成熟的产品供应市场,如三菱电梯公司的晶闸管供电的电梯安装在我国南京市的金陵饭店及广州市的白天鹅宾馆等处使用;又如,上海市的上海大厦内安装着奥梯斯电梯公司的 ELEVONIC-401 型电梯产品,使用后反映性能良好。

(4) 在电梯的品种和装饰方面,当前国外除了一般常用的货梯、客梯之外,还发展了双层轿厢的乘客电梯和式样极其美观的各类观光游览电梯 PANORAMA。电梯轿厢的装饰也日趋豪华和富丽堂皇,使乘坐电梯者感到这也是一种享受。这类电梯的速度已发展到 10m/s 的水平。

(5) 为了简化电梯的驱动控制系统,提高电梯的运行性能,当前国外各主要电梯制造商还专门设计、制造了专门适用于电梯的运行特点,且符合国际电工协会 IEC 标准的交流异步电动机或直流电动机用的功能组件,它对于电梯在第 IV 象限运行状态中的需要,对电动机的机械特性、起动转矩,每小时起动次数等特殊要求者尤为适宜,如奥梯斯、迅达、三菱等电梯公司都有各自为功能组件而特殊设计,以适应不同梯种的需要。

(6) 为了适应现代高层建筑的需要,各电梯制造商还专门设计了电梯的厢架、油压缓冲器等器件,使电梯的底坑深度和顶空高度缩减较多,这样的措施当然是建筑工程上所乐于采纳的。如迅达电梯公司的电梯地坑深度与顶空高度就较其它各电梯公司的少,它系采用 OP 型油压缓冲器和不同于其它各电梯公司的轿厢架,名谓 PBK 的系列结构。

即使对曳引机而论,蜗轮付的齿形从旧的阿基米德螺旋线形发展到当今的渐开线形,大大提高了曳引机的传动效率。

众所周知,当电梯的运行速度提高后,其噪声和振动将以平方倍数递增的,因此国外各主要电梯厂商,对超高速电梯(速度 $\geq 4\text{m/s}$)的噪声与振动,研制了特殊的消音紊流板和避振装置等设施,提高了电梯在运行过程中的舒适感。

四、电动叉车

事实上,叉车的动力形式有:电瓶式、汽油式、柴油式、汽油—电动式、柴油—电动式和液态后油气式等六大类,其中电瓶式叉车由于运行平稳、噪声小、能防爆、无公害和实现无级调速等特点,所以发展较快。如美国在 60 年代的电瓶叉车,约占有叉车总产量的 13%,而到 70 年代初就提高到 25%,在接近 10 年左右的时间里,其产量提高近两倍。再以 1970 年统计各主要生产电瓶叉车的国家资料表明,它的比例是极为可观的,如表 1-5 所示。

表 1-5 各国电瓶叉车占叉车总产量的比例

国 家	美	日	英	法	原联邦德国
电瓶叉车占叉车总产量的比例 (%)	25	12	70	35	45

电瓶叉车之所以发展迅速的原因,主要是铅酸蓄电池的改进、晶闸管与电子技术的发展及其在叉车上的具体应用等。其中,铅酸蓄电池,单位重量由 $100\text{kg/W}\cdot\text{h}$ 降低到 $30\sim 40\text{kg/W}\cdot\text{h}$,单位容积从 $35\text{dm}^3/(\text{kW}\cdot\text{h})$

减小到 $13 \sim 15 \text{ dm}^3 / (\text{kW} \cdot \text{h})$ ，电容量由 $200 \sim 250 \text{ A} \cdot \text{h}$ 提高到 $1000 \sim 1200 \text{ A} \cdot \text{h}$ ；充电技术的改进，特别是大容量快速充电技术的投入使用，以及在叉车上可装设随车充电设施等；由晶闸管系统装备的电瓶叉车，省略了消耗颇大电能的起动电阻器，使蓄电池的工作时间可延长约 30%。这些条件都为电瓶叉车的推广应用提供了依据。

必须指出，除电瓶叉车之外，国外对一般车辆的电瓶化也在不断援引使用，如英国利用这种电动车辆作为短距离运载工具的成效，颇为显著。它对邮递用车及清晨送交用户的牛奶，无不借助它的作用来完成的。近年来，一种比能量高、长寿命的新型能源——氢—镍电池正在各国竞相研制中。据报导，日本已用氢—镍电池作为电动汽车的动力源并取得成功，然而由于该电池价格昂贵，工艺复杂，一时尚难推广，但从长远目标着眼，采用这种电池的可能性是乐观的。因为它的比能量为 $50 \text{ W} \cdot \text{h} / \text{kg}$ ，可以 80% 的深度放电，可达 800 次循环寿命，相当于总计 90000km 的行程和确保 120~160km 的续行里程等条件。

近年来，国外正着手研制重型电瓶叉车，并有实物稽考，于是可以否定先前的论点，即认为电瓶叉车只适于中、小吨位的看法。表 1-6 示出了重型电瓶叉车的生产国家及其制造单位。

表 1-6 国外有关生产重型电瓶叉车的制造工厂

国 家	制 造 工 厂	型 号	型 式	起重量 (t)	备 注
原联邦德国	埃斯林根机器制造厂	ESS40	平衡重	40	160V
		ESS45		45	1500A · h
原苏联	卡那斯基电动装卸机厂	ЭП-4501	平衡重	45	

目前，国际上电瓶叉车按其功能形式可分为正面、侧面、插腿、前移、跨车及变形叉车六大类，其型号和规格多达 500 多种，起重量大半为 0.5~15t 级的标准系列产品，也包括最大起重量已达 60t 级的非标准品种。在 1963 年间，原联邦德国颁布了以北美制造商组织和工业叉车协会的经验为基点，并为欧洲运输技术协会所确认的 DIN15138—1963 的叉车稳定性的原联邦德国工业标准，之后，该国工程师协会又制订 VDI—2400—1964 叉车主要参数和性能标准。日本于 1967 年也拟订出叉车工业标准 JISD6001—1967。这些标准为叉车的设计、制造和验收提供了依据，经标准化后叉车的基本型号和规格，虽减少较多，相反，满足了各种用途，扩大了零、部件的通用化程度。

下面介绍六大类叉车的一般概况。

1. 正面式叉车

它是其它各类叉车的基型，由于它是生产最早，用途亦广，根据原联邦德国对叉车规格的统计资料报导，正面叉车的规格占总规格数约 80%，起重能力在 0.25~60t 级范围内。

2. 侧面式叉车

它是从事搬运长形材料和短距离作业的设备，车速较正面式叉车为快。侧面式叉车的门架一般系不可倾斜的，但近年来生产的侧面式叉车的叉货件，却多数做到了可以倾斜的要求，且门架上设置着稳定货物的压紧器，以保证行驶中的货物不致出现滑落或移动。

侧面叉车的起重量在 2.5~54.5t 级之内。

3. 插腿式叉车

它的作用最适合于通道狭窄的场合中使用,结构较简,起重能力一般在 1.25t 级以下。

4. 前移式叉车

它有门架前移和货叉前移两种,前者于门架上的滚轮沿着两个支腿的轨道通过油泵而前后移动,运行时,负荷的重心随门架后移而处于车身轴距之间;而后的门架是固定的,只是货叉安装在可以伸缩的平行拉杆机构上,通过油泵的作用,使货叉前后移动,它适宜于仓库作业、堆垛效率较高,它的操纵形式有步行式、站立式和座式三种,起重量为 0.5~1.5t 级。

5. 跨车

跨车系为了对大型集装箱或长条形笨重物料的搬运和堆垛而发展的器件,国外应用得极为广泛,如英国、日本、芬兰的港口码头上使用跨车作业较多,一般当船靠岸后,先用装卸桥将集装箱搬运上岸,再用跨车运走并堆放。为此,它具有装卸工序少、效率高、成本低、基建投资少等优点,而由于它的车身高大、机动灵活性差,却是它的缺陷,为此,当搬运中、小物件时尚需利用叉车相配合作业。

6. 变形叉车

它是正面、侧面叉车的派生品种,在装卸货物时的运行方式是多样型的,所以备受使用人员所欢迎,具有代表性的两种变形叉车介绍如下:

(1) 原联邦德国伊利昂公司的 UGS 型叉车是以正面叉车特点为主,能在两个垂直方向运行,既可当正面叉车样的进入货栈,又如倾面叉车能携带货物在比较狭窄的通道中行驶。

(2) 英国产的独特型叉车,或称双向侧面型叉车,它能从一个侧面获取物料,然后缩回门架,将门架旋转 180°,再将门架外移使货物在另一个侧面卸下,运行方便之极。

第三节 衡量我国起重机械技术水平的方法

在贯彻执行我国“科技发展战略目标”的基础上,为了对国外同行业、同类型产品的技术经济指标,与之比较,通常宜选择某一对象的主要性能参数或有关指标,这是以较简便的方法。如采用以年代作为衡量技术水平为标志,这样确定它的水平,相当于某工业发达国家某某年代同类产品或同行业的普遍水平,这种评价方法,往往不能反映全面,水平的实际无从获取。在 1958 年,原机械部组织开展国家重大软科学研究的《机械工业 2000 年产品振兴目标研究》规划中,对机械产品及行业的评价,提出了一种新的多指标综合评价法,它的特点就是根据行业或产品的特征,从技术、经济及其它方面提出多项一级指标及二级指标,甚至有的还列出三级指标予以综合评价。只有这样才能知己知彼,百战不殆。

综合评价的内容如下:

(1) 建立行业技术水平的评价指标体系;

(2) 行业各项评价指标的评定和对比:①劳动生产率;②固定资产产值率;③机电产品出口率;④万元产值的综合能耗;⑤万元产值的钢材消耗;⑥技术进步对产值增长速度的贡献;⑦产品水平的构成;⑧设计水平;⑨制造水平;⑩专业化集中程度;⑪企业管理水平;⑫技术力量等。

表 1-7 列出了 1987 年起重机械行业经综合评价后的基本情况。

根据与国外对比的综合评价和分析,我国的起重机械工业特别在管理水平、产品水平构成、设计及制造工艺水平乃至固定资产产值率等多方面的差距仍然较大,为此,务必奋起直