

起重电控设计 参考手册



夏翔◎编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

起重电控设计参考手册

夏翔 编著

机械工业出版社

本书第1篇从起重机分类开始,简单介绍了与电控相关的起重机机械基础知识;第2篇对起重机常用元器件及其在行业应用中的选型特点进行了分析;第3篇和第4篇重点介绍了变频器和可编程序控制器在起重行业的应用;第5篇对国内起重电控相对薄弱的安全、接地、抗干扰、成柜等问题提出了一些建议;第6篇系统介绍了桥门式起重机电控系统的设计计算方法;第7篇举例介绍了几个典型的起重电控设计案例。

本书重点介绍了采用变频调速的桥式和门式起重机电控设计方法,对臂架型起重机有所涉及,但未对其旋转和俯仰变幅机构作详细论述。其他调速方式,如直流调速、调压调速、涡流调速等,不在本书讨论范围。

图书在版编目(CIP)数据

起重电控设计参考手册/夏翔编著. —北京:机械工业出版社, 2012.3

ISBN 978-7-111-37219-6

I. ①起… II. ①夏… III. ①起重机-电气控制系统-设计-技术手册 IV. ①TH210.22-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第013521号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:李振标 责任编辑:李振标

版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:马精明 责任印制:杨 曦

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2012年3月第1版第1次印刷

169mm×239mm · 25.5印张·582千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-37219-6

ISBN 978-7-89433-338-4(光盘)

定价:99.00元(含1DVD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

封面无防伪标均为盗版

读者购书热线:(010)88379203

序

进入 21 世纪以来，我国起重运输机械行业取得了迅猛的发展与长足的进步，特别是起重机产品的销量增长了近 7 倍。众所周知，代表当前起重机水平很重要的是先进的高质量的电控装置。为此，广大科技工作者与管理者迫切需要一本介绍起重电控设计方面的工具书。应广大读者的要求，曾任施耐德电气（中国）起重分部负责人夏翔先生编撰的“起重电控设计参考手册”一书终于与大家见面了，作者长期从事起重机电控方面的工作，曾负责过变频器、微处理的工业控制器等研究开发，以及配电与工控产品的技术支持工作，并对中国电控现状与欧洲先进设计理念都有深入研究。夏翔先生为振兴中国民族工业做实事，帮助中国起重电控追赶世界先进水平、立志写成这本“手册”，我相信“手册”不仅对从事起重电控设计的人员有所帮助，并对重型机械的其他领域也有一定的有益借鉴。我们预祝“手册”的成功。

中国重型机械工业协会
常务副理事长 徐善继

2010. 11. 15

前 言

任何生产过程都离不开物料搬运,从原料到产品,所需的物料搬运量可能是产品重量的数十倍甚至数百倍。起重机是物料搬运机械的重要成员,总产值约占物料搬运设备的11%。

中国是起重机生产的大国,近年来更是发展迅猛,2009年中国起重机总产值已超过600亿元人民币,出口达37.77亿美元。中国进入WTO组织后,全球主要起重机制造厂陆续进驻中国,世界起重机生产基地迅速向中国转移,起重行业前景看好。

作为一种行业应用,起重机电气控制系统有其自身的特点。而在国内,介绍起重电气控制系统的杂志和书籍却非常少见。

为此,作者以30余年的实践经验和施耐德电气起重工程部的多次培训笔记为基础,编写了这本《起重电控设计参考手册》。希望本书能融合国内应用经验和欧洲设计理念,融合东方式价廉物美和西方式安全优质,用国外起重电控技术的长期积累来帮助我国起重电控行业赶超世界先进水平。

本书主要供起重电控设计工程师参考。对起重机销售、管理、维护和调试人员也有一定的借鉴价值。同时,本书还可作为大学自动化专业毕业班学生融会贯通各专业课所学内容的参考书、初入起重电控行业的入门指导以及起重电控元器件销售人员和技术支持人员的进修资料。

为叙述方便,在讨论中涉及的元器件部分,施耐德电气公司在国内有对应产品销售的,均以施耐德电气产品为例说明。对于其他品牌产品,产品样本的表述可能不尽相同,某些功能可能有所区别,但原理是共通的,读者可借鉴本书的范例进行设计和选择。

本书定位为“设计参考手册”。起重机基础、常用元器件基础(含变频器、PLC)等篇目的编写目的都是为设计篇做铺垫。而设计方法、思路、原则等内容则是一家之言,仅供同行参考。

起重机电气控制系统要求高、牵涉面广、发展快,限于作者的能力和水平,难免有疏漏和错误之处。本书的第一版只是块“砖”,“抛砖”的目的是“引玉”。为此,笔者建立了“起重电控设计参考手册”QQ群(群代码167206624)和电子邮箱(qzdk@yahoo.cn),欢迎同行参与。质疑、讨论、提意见、谈经验等各种形式的互动都备受欢迎。希望在成功“引玉”后,本书的第二版能够真正成为起重电控行业巨著,而“献玉”的功臣们将成为本书第二版的共同作者、审阅者或鸣谢成员。本书如发现任何较大疏漏甚至错误,也将在第一时间通过QQ和邮件发送给相关人员。

衷心感谢傅德源先生百忙中抽出宝贵的时间审阅了全书，并提供了大量专家意见，衷心感谢须雷先生审阅了本书第一篇，通读了全书，并提供大量专家意见，衷心感谢张俊杰先生和王兆宇先生在本书编写过程中提供的无私帮助及阅读本书初稿后提出的宝贵建议。最后，谨以此书献给在我事业生涯中最重要的导师及挚友孙惠女士、周锦碚先生、王其鑫先生、郭孟榕先生和王旭女士。

作者

目 录

序	
前言	
第 1 篇 起重机基础	1
1 起重机按机械构造分类	1
1.1 电动葫芦	1
1.2 桥架型起重机	2
1.2.1 桥架型起重机的特点	2
1.2.2 桥式起重机	2
1.2.3 门式起重机	3
1.2.4 装卸桥	3
1.2.5 半门式起重机	4
1.3 缆索型起重机	4
1.4 臂架型起重机	5
1.4.1 臂架型起重机的特点	5
1.4.2 门座起重机	5
1.4.3 固定式起重机	6
1.4.4 塔式起重机	6
1.4.5 桅杆起重机	8
1.4.6 壁行式悬臂起重机	8
1.4.7 悬臂起重机	8
1.4.8 平衡起重机	9
2 起重机按运载方式分类	9
2.1 固定式起重机	9
2.2 轨道式起重机	9
2.3 轮胎式起重机	9
2.4 浮式起重机	9
2.5 汽车起重机	11
2.6 履带起重机	11
2.7 铁路起重机	11
3 起重机按应用领域分类	12
3.1 港口起重机	12
3.1.1 岸边集装箱起重机	12
3.1.2 堆场集装箱起重机	13
3.1.3 抓斗卸船机	13
3.1.4 多用途起重机	14
3.2 冶金起重机	14
3.2.1 夹钳起重机	14
3.2.2 电磁起重机	14
3.2.3 铸造起重机	15
3.2.4 锻造起重机	15
3.2.5 淬火起重机	16
3.2.6 电解铝多功能起重机	16
3.2.7 阳极焙烧多功能起重机 和堆垛多功能起重机	17
3.3 建筑起重机	17
3.4 发电厂起重机	18
3.4.1 核电站起重机	18
3.4.2 水电站起重机	19
3.4.3 其他电厂起重机	19
3.5 造船厂起重机	19
3.6 其他	20
4 起重机基本概念	20
4.1 工作级别	20
4.1.1 起重机的使用等级	20
4.1.2 起重机各运行机构的工作 级别	20
4.1.3 起重机作业频度与电控器件 选型的关系	22
4.2 主要参数	22
4.2.1 起升能力	22
4.2.2 跨度、轮距和轨距	23
4.2.3 幅度	23
4.2.4 起升高度	24
4.2.5 运行速度	24
4.2.6 生产率	24
4.3 工作机构	25
4.4 驱动方式	25
4.5 起升机构	25
4.5.1 起升机构的组成	25
4.5.2 驱动装置	26

4.5.3 钢丝绳卷绕系统·····	28	开关)·····	57
4.5.4 取物装置·····	28	5.3.1 断路器的主要参数·····	57
4.5.5 安全装置·····	29	5.3.2 脱扣器·····	57
4.5.6 制动器·····	29	5.3.3 断路器的主要附件·····	60
4.6 平移机构·····	30	5.3.4 施耐德电气断路器的相关 型号与选型·····	61
4.6.1 基本概念·····	30	5.3.5 起重行业脱扣器选用原则 概述·····	63
4.6.2 驱动系统·····	30	5.3.6 断路器的选择性与级联·····	64
4.6.3 故障处理·····	31	5.4 微型断路器·····	65
4.6.4 注意事项·····	31	5.5 继电器·····	69
4.7 回转机构和变幅机构·····	32	5.5.1 控制继电器·····	69
4.7.1 回转机构·····	32	5.5.2 小型中间继电器·····	69
4.7.2 变幅机构·····	32	5.5.3 测量和控制继电器·····	71
4.8 起重机作业的工艺流程·····	33	6 人机对话器件·····	71
4.8.1 固定工艺流程·····	33	6.1 主令控制器·····	71
4.8.2 典型工艺流程·····	33	6.1.1 运行轨迹图·····	71
4.8.3 典型工艺运行曲线·····	33	6.1.2 电气闭合顺序图·····	72
4.8.4 不规则工艺流程·····	38	6.1.3 控制手柄·····	73
第2篇 常用元器件基础·····	39	6.1.4 电位器或旋转编码器 选件·····	73
5 低压元器件·····	39	6.1.5 施耐德电气的主令控制器 型号简介·····	74
5.1 接触器·····	39	6.2 悬挂式按钮盒·····	74
5.1.1 接触器的主要参数·····	39	6.3 手持式遥控器·····	78
5.1.2 接触器的主要附件和 选件·····	39	6.3.1 手持式遥控器的优点·····	78
5.1.3 接触器的工作类别·····	40	6.3.2 手持式遥控器的分类·····	79
5.1.4 超动次数·····	41	6.3.3 使用遥控器操作时的注意 事项·····	79
5.1.5 使用寿命·····	42	6.4 按钮和指示灯·····	79
5.1.6 接触器用于绕线转子电动机 转子电阻切换·····	42	6.4.1 按钮指示灯的分类·····	79
5.1.7 接触器用于变压器前端·····	43	6.4.2 起重行业按钮指示灯的基本 用法·····	80
5.1.8 起重行业的接触器选型 原则·····	44	6.4.3 施耐德电气的按钮指示灯 选型参考·····	80
5.1.9 起重行业电动机直接控制 回路接触器设计示例·····	44	6.5 万能转换开关·····	83
5.2 电动机热保护·····	47	6.5.1 概述·····	84
5.2.1 电动机断路器·····	47	6.5.2 K1/K2 系列万能转换开关示 意图说明·····	84
5.2.2 热过载继电器·····	49	6.5.3 起重机常用的特殊用途旋钮 开关)·····	57
5.2.3 电子过电流继电器·····	52		
5.2.4 热敏保护继电器·····	53		
5.2.5 三合一电动机起动器·····	54		
5.3 断路器(塑壳开关和框架			

开关举例	85	9.2.2 隔离变压器的使用注意	
6.5.4 旋钮开关的定制	89	事项	111
6.6 显示屏人机界面	92	9.2.3 施耐德电气的隔离变压器	
6.6.1 起重机人机界面的选用	92	产品	111
6.6.2 人机界面型号介绍	92	10 称重设备	112
7 检测元件	93	10.1 起重机电子秤	112
7.1 限位开关	93	10.1.1 用途	112
7.1.1 概述	93	10.1.2 分类	112
7.1.2 限位开关的分类及选择	93	10.1.3 要求	113
7.1.3 施耐德电气的限位开关产品		10.1.4 数字式称重设备	113
简介	94	10.2 负荷限制器	114
7.1.4 重锤限位开关	98	10.2.1 用途	114
7.1.5 凸轮限位开关	99	10.2.2 分类	114
7.2 接近开关	99	10.2.3 要求	114
7.2.1 电感式接近开关	99	第3篇 变频器	115
7.2.2 电感式模拟量距离传		11 变频器及选件	115
感器	100	11.1 变频器基础	115
7.2.3 光电接近开关	100	11.1.1 变频器的构成	115
7.3 旋转编码器	101	11.1.2 V/F 控制或电压矢量	
7.3.1 增量型旋转编码器	101	控制	116
7.3.2 绝对值型旋转编码器	103	11.1.3 电流矢量控制	116
7.3.3 测量轮	104	11.1.4 共直流母线系统	117
8 电动机	105	11.2 变频器的常用选件	117
8.1 锥形电动机	105	11.2.1 交流电抗器	117
8.2 起重及冶金专用电动机	105	11.2.2 直流电抗器	118
8.3 变频电动机	106	11.2.3 电动机电抗器	118
8.3.1 变频驱动对电动机的特殊		11.2.4 能耗制动和回馈制动	
要求	106	单元	120
8.3.2 两类变频电动机	107	11.2.5 其他常用的变频器	
8.4 绕线转子电动机	107	选件	120
8.5 起重行业对电动机的选择	107	11.2.6 AFE	121
9 变压器	108	11.3 施耐德电气的 ATV71 变频器及	
9.1 中压变压器	108	常用选件	121
9.1.1 中压变压器基本概念	108	11.3.1 ATV71 基本电压等级的	
9.1.2 中压变压器的安装位置	109	主要型号及附件选型	121
9.1.3 主变压器与辅助变压器	109	11.3.2 施耐德电气变频器产品	
9.1.4 起重机中压变压器的选用		一览	124
原则	109	12 变频器在起重行业上的设计与	
9.2 隔离变压器	110	调试	124
9.2.1 常见的隔离变压器	111	12.1 基本设计概念	124

12.1.1 输入输出设置	124	优化	147
12.1.2 基本参数设置	125	13.7.1 两种实现简单定位功能的 办法	147
12.1.3 指令通道的设置和切换 (菜单 1.6: 命令)	127	13.7.2 减速功能优化	148
12.1.4 故障管理 (菜单 1.8: 故障管理)	128	13.8 使用制动器返回触点	149
12.2 应用参数设置	130	13.8.1 使用制动器反馈触点的 设置	149
12.2.1 加减速时间和斜坡类型 (菜单 1.7: 应用功能 【斜坡】)	130	13.8.2 制动器故障处理	151
12.2.2 停车类型 (菜单 1.7: 应用 功能【停车设置】)	131	13.9 多电动机切换	151
12.2.3 速度给定	131	13.10 转矩均衡	152
12.3 开环起升机构的参数设置与 调试	133	13.10.1 问题的提出	152
12.3.1 制动器与起制动过程	133	13.10.2 通过电动机的转差实现 转矩均衡	152
12.3.2 变频器控制模式与制动器 控制	133	13.10.3 通过【负载平衡】功能 实现转矩均衡控制	153
12.3.3 开环起升机构的调试和 制动器逻辑控制参数 设置	134	13.10.4 通过模拟量主从控制模式 实现转矩均衡功能	154
12.3.4 制动逻辑控制曲线其他 参数的设置	136	13.10.5 通过主从控制功能卡 (工艺卡) 实现转矩均衡 功能	157
13 变频器起重应用功能宏的设计与 参数设置	138	14 其他	157
13.1 寸动	139	14.1 制动方案选择	157
13.1.1 关于寸动	139	14.1.1 常见的制动方案	157
13.1.2 寸动功能的实现	139	14.1.2 选择制动方式的基本 原理	158
13.2 悬挂式按钮盒的调速 (菜单 1.7: 应用功能【加减速】)	140	14.1.3 回馈制动方案的设计	160
13.3 速度微调 (菜单 1.7: 应用功能 【给定附近加减速】)	141	14.1.4 回馈制动器件的选型	161
13.4 停止限位开关管理 (菜单 1.7: 应用功能【限位开关】)	143	14.2 抗谐波设计	161
13.5 制动器故障监控 (菜单 1.7: 应用功能【制动逻辑 控制】)	143	14.2.1 对谐波控制的要求	161
13.6 轻载升速 (菜单 1.7: 应用功 能【高速提升】)	143	14.2.2 常用谐波控制方式	161
13.7 简单的定位功能及减速时间		14.2.3 起重机抗谐波处理	162
		14.3 其他调速方式简介	162
		14.3.1 直流调速器	162
		14.3.2 定子调压调速器	162
		第 4 编 可编程序控制器	164
		15 可编程序控制器的设计	164
		15.1 可编程序控制器基础	164
		15.1.1 概述	164
		15.1.2 小型 PLC 系统	164
		15.1.3 中型 PLC 系统	165

15.1.4 大型 PLC 系统	165	18.2.5 Profibus-DP 通信协议	182
15.2 可编程序控制器硬件	165	18.2.6 DeviceNET 通信协议	182
15.2.1 控制系统的设计	165	19 故障、停机请求和停机方式	182
15.2.2 PLC 的设计	166	19.1 停止方式	182
16 PLC 系统设计举例	167	19.1.1 0 级停止模式 (ATG)	182
16.1 中型系统 (BUSX 系统)		19.1.2 1 级停止模式 (AT1)	182
设计	167	19.1.3 2 级停止模式 (AT2)	183
16.1.1 基本方案	167	19.1.4 3 级停止模式 (AT3)	183
16.1.2 模块配置	168	19.2 停止请求	183
16.2 大型系统 (BUSX + FIPIO + STB)		19.3 故障类型	183
设计	171	19.4 停机过程、停机请求、故障及	
16.2.1 基本配置	171	复位	184
16.2.2 模块配置	171	19.5 程序处理	185
16.3 小型系统 (Can-Open + OTB)		第 5 篇 接地、干扰、安全及	
设计	174	其他	186
16.3.1 基本配置	174	20 基本概念	186
16.3.2 模块配置	175	20.1 基础知识	186
17 可编程序控制器软件	176	20.1.1 大地、地与接地	186
17.1 起重机控制软件	176	20.1.2 接地的作用	186
17.2 任务	177	20.1.3 外露导电部分 (ECP)	186
17.3 编程语言	177	20.1.4 人身安全保护	187
17.3.1 梯形图 (LD) 语言	177	20.2 中压变压器二次侧接地系统	187
17.3.2 指令表 (IL) 语言	178	20.2.1 IT 接地系统	188
17.3.3 功能块图 (FBD) 语言	178	20.2.2 TT 接地系统	189
17.3.4 连续功能图 (CFC)		20.2.3 TN 接地系统	189
语言	179	20.3 起重机的接地系统	189
17.3.5 顺序功能图 (SFC)		20.3.1 概述	189
或 Grafcet 语言	179	20.3.2 低压供电起重机的	
17.3.6 结构化文本 (ST)		接地	190
语言	180	20.3.3 中压供电起重机的	
18 网络和通信	180	接地	191
18.1 基本知识	180	21 接地与安全	192
18.1.1 网络和通信	180	21.1 直接接触的安全保护	192
18.1.2 单主系统和多主系统	180	21.1.1 隔离保护	192
18.1.3 指令和通令	180	21.1.2 剩余电流动作保护继	
18.2 常用通信协议简介	181	电器 (RCD)	192
18.2.1 ModBus 通信协议	181	21.2 间接接触的安全保护	193
18.2.2 CAN-Open 通信协议	181	21.2.1 常规的间接接触安全保护	
18.2.3 FIPIO 通信协议	181	措施	193
18.2.4 ModBusTCP 通信协议	181	21.2.2 起重机间接接触保护的	

特点	193	接线端头) 接线	216
21.2.3 起重机不同接地模式的间 接接触保护	193	23.2.2 接线端子的质量要求	217
21.3 设备及火灾防护	194	23.2.3 接线端子的接线工艺	217
21.4 变频驱动起重机接地与安全 小结	194	23.2.4 接线端子的接线原则	217
21.4.1 直接接触人身安全 保护	194	23.2.5 电气接线的一般原则	218
21.4.2 间接接触人身安全保护和 设备火灾防护	195	23.3 电缆	218
21.5 起重机的防雷	195	23.3.1 起重电控电缆选择的一 般原则	218
21.5.1 防一次雷 (防直 击雷)	195	23.3.2 载流量速查表	219
21.5.2 防二次雷 (防感 应雷)	196	23.3.3 根据允许电缆长度验算 电缆截面积	221
21.5.3 对起重机防雷设计的 建议	196	23.4 铜排设计参考	223
22 接地与抗干扰	197	23.4.1 两段铜排之间的连接	223
22.1 电磁干扰基础	197	23.4.2 铜排的爬电距离和电气 间隙	224
22.1.1 定义	197	23.4.3 铜排的载流能力	224
22.1.2 干扰源	197	23.4.4 铜排载流能力的修正	227
22.1.3 敏感设备的信号回路	198	23.5 其他注意事项	228
22.1.4 干扰的叠加形式	198	23.5.1 柜体加工注意事项	228
22.2 电磁耦合	199	23.5.2 重点保护线路	228
22.2.1 传导性耦合	199	23.5.3 起重机调试的安全 问题	229
22.2.2 场耦合	199	第 6 篇 控制系统的设计和 计算	231
22.3 电磁兼容 (EMC)	201	24 变频器的选型与计算	231
22.3.1 电磁兼容概念	201	24.1 变频器功率估算	231
22.3.2 EMC 设计原则	201	24.1.1 根据电动机功率估算变频器 功率	231
22.4 接地及布线工艺	204	24.1.2 根据电动机的电流估算 变频器功率	231
22.4.1 控制系统接地	204	24.1.3 根据起升重量和起升速度 估算变频器功率	232
22.4.2 布线原则	208	24.1.4 估算变频器功率的 风险	232
23 成柜设计	213	24.2 变频器功率计算	233
23.1 概述	213	24.2.1 根据计算选择变频器 功率	233
23.1.1 柜体选取的基本原则	213	24.2.2 变频器的安全系数	233
23.1.2 观察区间和操作区间	213	24.3 起升机构变频器选型计算	234
23.1.3 元器件安装的注意 事项	213	24.3.1 起升机构变频器选型所需	
23.2 电气接线	216		
23.2.1 铜质预绝缘冷压端子 (简称			

参数	234	26.2 已知工艺流程时的中压变压器	
24.3.2 变频器的选型	237	计算	268
24.3.3 起升机构变频器选型的		26.2.1 起重机电气状态分	
进一步分析	244	析表	268
24.3.4 制动器件选型的进一步		26.2.2 起重机电气状态分析表的	
分析	246	编制	269
24.4 平移机构变频器选型计算的		26.2.3 计算并选取中压变压器的	
几个关键参数	248	容量	269
24.4.1 平移机构的重量	248	27 低压配电保护系统的设计基础	270
24.4.2 起重机的“修正		27.1 断路器	270
重量”	250	27.1.1 总断路器的设计原则	270
24.4.3 摩擦系数	250	27.1.2 总断路器的主要功能	270
24.5 平移机构变频器的选型计算	252	27.1.3 总断路器的额定电流	
24.5.1 平移机构变频器选型所需		计算	271
参数	252	27.1.4 总断路器分断能力的设计	
24.5.2 变频器的选型	255	分析	271
24.5.3 制动器件的选型	261	27.1.5 总断路器下端头短路电流的	
25 制动方案的选择	263	计算	272
25.1 工艺流程分析	263	27.1.6 总断路器脱扣单元的	
25.1.1 起重机工艺流程图	263	选择	273
25.1.2 起重机分时段运行状态		27.1.7 总断路器其他功能附件的	
分析	264	选择	274
25.1.3 起重机分时段电气状态		27.1.8 机构断路器（采用变频调速	
分析	264	的机构）	274
25.2 起重机电气状态分析表的		27.2 接触器	275
填写	265	27.2.1 起重电控的单主、多支和	
25.2.1 负载功率	265	双重系统	275
25.2.2 回馈能量	266	27.2.2 主接触器的选型	276
25.3 选择制动方案	266	27.2.3 主接触器的控制	276
25.3.1 计算不同制动方案的节能		27.2.4 机构接触器的选型（采用	
效果	266	变频调速的机构）	276
25.3.2 选择制动方案	266	27.3 配电保护系统的其他常用	
26 中压变压器的设计基础	267	器件	276
26.1 概述	267	28 运行机构的设计基础	277
26.1.1 中压变压器设计的基本		28.1 起升机构	277
概念	267	28.1.1 安全保护	277
26.1.2 中压变压器接地模式的		28.1.2 驱动控制模式	279
设计	267	28.1.3 变频器配置	279
26.1.3 中压变压器容量设计的		28.1.4 弱磁升速	279
基本原则	267	28.1.5 特殊应用中减速机构对	

起升电控的影响	279	29.7.1 基本概念	308
28.2 平移机构电控设计基础	280	29.7.2 定位精度	309
28.2.1 安全保护	280	29.7.3 定位方式	312
28.2.2 控制模式	282	第7篇 设计实例分析	315
28.2.3 变频器配置	283	30 50t/10t 桥式起重机设计实例	315
29 起重机特殊功能设计	283	30.1 已知参数	315
29.1 大车纠偏	283	30.1.1 主起升机构	315
29.1.1 问题的提出	283	30.1.2 副起升机构	315
29.1.2 大车纠偏的原理	283	30.1.3 大车机构	315
29.1.3 行走偏差的检测方法	284	30.1.4 小车机构	316
29.1.4 单边运行的风险和 处理	286	30.1.5 其他	316
29.1.5 施耐德电气的大车纠偏 工艺卡软件简介	287	30.2 变频器计算	317
29.2 起升同步	289	30.2.1 主起升机构计算	317
29.2.1 问题的提出	289	30.2.2 副起升机构计算	322
29.2.2 起升同步的方法	289	30.2.3 大车机构计算	322
29.2.3 施耐德电气的起升同步 工艺卡软件简介	289	30.2.4 小车机构计算	329
29.3 小车同步	290	30.3 其他元器件的计算	334
29.3.1 问题的提出	290	30.3.1 中压变压器容量需求 计算	334
29.3.2 小车同步的方法	290	30.3.2 总断路器计算	334
29.3.3 施耐德电气的双小车同步 工艺卡软件简介	291	30.3.3 主接触器计算	337
29.4 转矩均衡	292	30.3.4 机构断路器和机构接触器 计算	337
29.5 防摇	294	30.3.5 辅助回路计算	338
29.5.1 问题的提出	294	30.3.6 两个特殊变化	338
29.5.2 采用机械方法进行 防摇	295	31 某抓斗式散货装卸桥的设计实例	338
29.5.3 采用电气方法进行 防摇	295	31.1 已知参数	338
29.5.4 无传感器电气防摇 工艺卡	296	31.1.1 起升机构	338
29.6 抓斗控制	297	31.1.2 小车机构	339
29.6.1 问题的提出	297	31.1.3 大车机构	340
29.6.2 抓斗卸料的半自动 运行	299	31.1.4 其他	340
29.6.3 施耐德电气的抓斗操作 自动控制软件举例	300	31.2 变频器功率计算	340
29.7 定位	308	31.2.1 起升机构变频器计算	340
		31.2.2 小车机构变频器计算	340
		31.2.3 大车机构变频器计算	340
		31.3 工艺流程和能耗状态分析	344
		31.3.1 工艺流程图	344
		31.3.2 电气状态分析(能耗, 满载顺风)	345
		31.4 制动方案	346

31.4.1 全能耗制动方案·····	346	33.1 已知参数·····	360
31.4.2 回馈制动方案·····	347	33.1.1 起升机构·····	360
31.4.3 AFE 方案·····	347	33.1.2 副起升机构·····	362
31.4.4 成本效益分析·····	347	33.1.3 变幅机构·····	363
31.5 配电保护部分的选型·····	348	33.1.4 移船机构·····	363
31.5.1 全能耗方案·····	348	33.1.5 其他·····	364
31.5.2 全回馈或 AFE 方案·····	350	33.2 计算结果·····	364
32 某铸造起重机设计实例·····	351	33.2.1 主起升机构·····	364
32.1 已知参数·····	351	33.2.2 副起升机构·····	364
32.1.1 主起升机构·····	351	33.2.3 变幅机构·····	367
32.1.2 副起升机构·····	352	33.2.4 移船机构·····	367
32.1.3 大车机构·····	352	33.2.5 选型与设计·····	367
32.1.4 主小车机构·····	352	33.3 谐波处理方案分析·····	367
32.1.5 副小车机构·····	353	33.3.1 AFE 方案·····	367
32.1.6 其他·····	353	33.3.2 12 脉波整流方案·····	367
32.2 实际功耗计算·····	354	33.3.3 其他方案·····	370
32.2.1 主起升机构·····	354	33.4 其他特殊设计点·····	372
32.2.2 副起升机构·····	354	33.4.1 柴油发电机组·····	372
32.2.3 大车机构·····	354	33.4.2 接地·····	373
32.2.4 主小车机构·····	354	33.4.3 发电机保护·····	373
32.2.5 副小车机构·····	354	附录·····	374
32.3 驱动系统设计·····	354	附录 A 施耐德电气 D、F 系列接触器的 寿命曲线·····	374
32.3.1 常规设计方案·····	354	附录 B 施耐德电气常用类型 2 组 合表·····	379
32.3.2 另一种设计方案·····	358	附录 C 施耐德电气常用断路器选择性 配合表·····	380
32.3.3 两种系统方案的比较·····	359	附录 D 施耐德电气常用断路器级联 配合表·····	388
32.4 减速器构造对电气设计的 影响·····	359	参考文献·····	391
32.4.1 主起升的减速器构造·····	359		
32.4.2 行星齿轮减速箱的电控 方案·····	359		
33 某 600t 浮式桅杆起重机的设计 实例·····	360		

第 1 篇 起重机基础

1 起重机按机械构造分类

1.1 电动葫芦

GB/T 20776—2006《起重机械分类》中电动葫芦被归入轻小型起重设备（见图 1-1）。

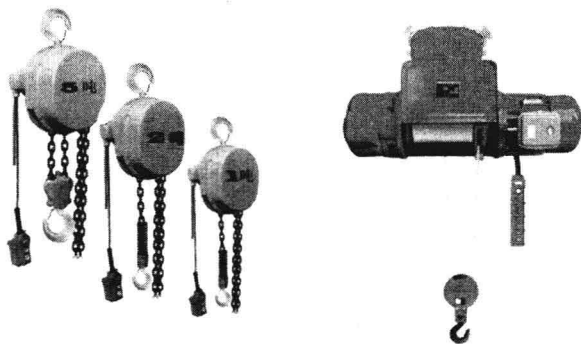


图 1-1 电动葫芦

电动葫芦本身不是起重机，但被大量应用于各类轻小型起重机的起升机构，且发展迅猛，变频驱动的比例日益增加，故本书给出专门的一节予以介绍。

电动葫芦由驱动装置（电动机）、传动装置（减速器）、制动装置及卷绕装置（卷筒、钢丝绳或环链及滑轮组）等部件组成，具有结构紧凑、自重轻、效率高、操作简便等优点。

电动葫芦还可带有沿轨道运行的运行机构。

电动葫芦可固定在建筑物上只作为起升机构使用，也可沿固定轨道或在小型起重机中作为起升及小车机构使用。

电动葫芦的提升重量最小可在 100kg 以下（微型），最大在国外已经达到了 100t 以上，国内还是以 30t 以内为主。

电动葫芦一般通过悬挂式按钮盒或遥控器操作。

目前，国内电动葫芦仍大量采用锥形电动机。国外已广泛使用通用电动机，并有客户开始使用同步电动机。

1.2 桥架型起重机

1.2.1 桥架型起重机的特点

桥架型起重机是起重机中最常见的结构形式,由主梁和端梁组合成水平桥架或由主梁、支腿和端梁组合成门式框架,其主要参数为额定起重量和跨度,如 10t-16.5m、100/32t 22.5m 等。

在桥架型起重机中,水平桥架或门式框架为受力主体,两端直接支撑(或悬挂)在高架轨道上(桥机),或通过支腿支撑在地面(轨道)上(门机)。

在电控设计中,一般将桥架型起重机分为起升和平移两种运行机构,而平移机构又分为大车平移和小车平移两类:

- (1) 起升机构 通常安放在可沿主梁运行的起重小车上,实现提升作业。
- (2) 小车平移机构 驱动起重小车运行的机构,通常安装在起重小车上。
- (3) 大车平移机构 驱动起重机运行的机构,通常安装在端梁(桥机)或支腿(门机)上。
- (4) 根据大车的结构形式,桥架型起重机可分为单梁、双梁、三梁和四梁桥式起重机,以及带(或不带)悬臂的单主梁或双主梁门式起重机。
- (5) 根据起重小车的结构形式,桥架型起重机可分为带回转臂小车、带回转小车、单小车、同轨双小车、异轨双小车(上下小车)起重机等。
- (6) 根据起升机构的数量,桥架型起重机可分为单起升机构、双起升机构和多起升机构。

● 单小车双起升机构,最常见的是主副起升形式。主起升机构可提起较重的负载,但提升速度较慢,副起升机构则用于提起较轻的负载,但提升速度较快,主副起升机构配合可以满足不同工况的要求,通常不会同时作业。也有单小车双起升机构采用两个相同的起升机构提升同一负载,并实现某种功能,如抓斗起重机的支持和开闭。

● 最常见的双小车双起升机构,为采用两套相同的起升机构抬吊大型物品或长条形物品。

● 在铸造起重机和造船起重机中,常见双小车三起升机构,上小车带有 2 个起升机构,下小车带有 1 个起升机构,上、下小车可以穿越,从而对被吊物品进行倾倒(铸造起重机)或翻身(造船起重机)作业(见 3.2.3 和 3.5)。

1.2.2 桥式起重机

桥式起重机是桥架两端通过运行装置直接支撑在高架轨道上的桥架型起重机,俗称天车,是最常见的通用起重机之一(见图 1-2)。多用于室内,也有用在室外的。由桥架、起升机构、小车运行机构和大车运行机构等几部分组成。

桥式起重机的起升重量通常在 250t 以内。冶金起重机可达 480t,锻造起重机可达 550t,世界最大的单吊点桥式起重机为中国三峡水电站的 1200t 起重机,而中国大连重工起重集团为烟台莱佛士船业生产的 20000t 桥式起重机,堪称桥式起重机世界之最。

除了常见的单梁和双梁桥式起重机,还有三梁(常见于锻造起重机)和四梁(常见于铸造起重机)桥式起重机。