

海河港口工人技术培训教材

电动起重运输机械电气设备

大连港装卸联合公司 编

人民交通出版社

79.78

8400608

海河港口工人技术培训教材

电动起重运输机械电气设备

大连港装卸联合公司 编

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

为适应工人技术培训需要,交通部教育局组织上海、天津、青岛、湛江港务局和大连港装卸联合公司编写了这套海河港口技术工人培训教材,共计十三种,供机械装卸司机、机械修理工、电工、充电工等学习使用。

本书共分七章。第一章是通过一般电气元件的结构图,说明它们的工作原理和用途;第二章介绍了几种常见的交、直流控制器及它们在控制线路中的应用;第三章介绍了有轨起重机的控制线路;第四章是皮带机的一般控制方法;第五章是轮胎式起重机的电气控制原理与操作方法;第六章介绍了起重机的电气安装、试车和验收问题;第七章主要介绍了安全用电和防火措施。

本书是起重运输机1~3级司机和1~3级维修电工的专业培训教材,亦可供有关人员学习参考。

本书由大连港装卸联合公司王联弼编写。

海河港口工人技术培训教材 电动起重运输机械电气设备

大连港装卸联合公司 编

人民交通出版社出版
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售
人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 8 插页: 3 字数: 166 千

1984年6月 第1版

1984年6月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—5,150册 定价: 0.85元

目 录

第一章 起重机电气设备的元件	1
第一节 概述.....	1
第二节 起重机用电动机.....	3
第三节 起重机用电动机的保护装置.....	14
第四节 控制器和保护盘.....	19
第五节 终点开关.....	27
第六节 制动电磁铁.....	29
第七节 起重机的电源引入设备.....	37
第二章 起重机电气线路图	42
第一节 交流控制器.....	42
第二节 频敏变阻器及其应用.....	60
第三节 直流控制器.....	64
第四节 完整的起重机电气线路图.....	67
第三章 特种起重机的电气设备	82
第一节 抓斗式起重机的电气控制线路.....	82
第二节 起重机电磁铁的电气控制线路.....	91
第三节 装卸桥及门座起重机的电气设备.....	101
第四节 电葫芦的控制和联锁线路图.....	165
第四章 连续运输机的电气设备	173
第一节 概述.....	173
第二节 连续运输机的电气联锁装置.....	175
第三节 连续运输机的电气联锁线路.....	179

第五章 无轨机械的电气设备	183
第一节 蓄电池小车的控制线路.....	183
第二节 电阻调速的控制线路.....	185
第三节 电动装卸机械的控制线路.....	189
第六章 起重运输机械电气设备的安装和运转	202
第一节 安装电气设备的一般知识.....	202
第二节 电气设备的调整和试验.....	220
附表 常用电工设备图形符号.....	224
第七章 安全与防火	233
第一节 起重运输机械电气设备的安全规则.....	233
第二节 消防措施.....	241
第三节 触电时的紧急救护.....	244

第一章 起重机电气设备的元件

第一节 概 述

港口是水陆运输的枢纽。港口起重运输机械在车、船转运货物的生产过程中，同其它工农业生产一样，要机械化、电气化、自动化，并且要求起重机的电气设备工作安全，运行可靠，只有这样才能减轻工人的劳动强度，缩短船舶在港停留时间，提高生产效率和装卸质量，增加经济效益。

在港口装卸货物的过程中，起重运输机械是纽带，而起重机械则是运输的桥梁，是必不可少的装备。

起重机的种类很多，一般常见的有门座式起重机、桥式起重机、起伏臂装卸桥和各种轮胎式起重机等。用来拖动并控制起重机各机构的电动机与电器构成的成套设备，称为起重机的电气设备。起重机用电动机要经常启动、停止和正反转，就必须采用控制电动机的接触器、继电器和一般常用的其它电气元件。

对电动机最简单的控制方法是手动控制，如图 1-1 所示。

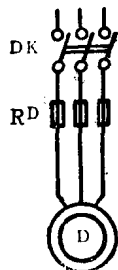


图 1-1 最简单的控制线路图

控制线路由闸刀开关 DK 与鼠笼式异步电动机 D 相连接。用闸刀开关 DK 接通或者断开电源，就可使电动机启动或停止。图中的熔断器 RD 起短路保护作用。这种控制方法

只用在某些要求不高的场合，对于单独使用的小容量电动机是简易可行的，但是对于大型电动机或者要求复杂的场合，采用上述手动控制方法是远远不能满足要求的。

在工业上广泛地采用继电器和接触器等电器来控制电动机。这种控制方法，可简称为继电接触控制。继电接触控制的优点是能够根据预定的步骤，自动地进行必要的操作；减轻工人的劳动强度；在发生异常的情况时，能对电动机自动的加以保护。因此，它是实现生产过程自动化的手段之一。

起重机在生产的过程中，当起重量为额定负载时，电力拖动系统应保证电动机是在额定转速下运行；当起重量小于额定负载时，则速度要快，只有这样，才能提高生产率。对于危险品、精密设备和大件货物，起重机还应有较低的“降落”速度，才能保证质量和安全。

起重机普遍用于短距离周期性的装卸工作中，这就要求电气设备必须具备频繁起动和制动的能力；由于频繁的起动和制动，可能引起电气设备过热，这样就要求电气设备要有良好的绝缘。由于起重机的工作性质所决定，电气设备还应具有承受过载和电流冲击的能力。另外，起重机工作时有较强的震动，所处的环境有水（或海水）蒸汽和粉尘，所以电气设备要防震、防尘、防潮和防盐雾。

起重机所用的电气设备，要根据起重机的工作制而定。一般按间歇工作制来定。在杂作业中，电机每小时的接通次数约300多次；可是，在抓斗作业中，每小时的接通次数500~600次，甚至还要多些。

在有直流电源的情况下，为了提高起重机的装卸能力，一般在起升机构中采用直流串激电动机。直流串激电动机的激磁电流就是电枢电流，因此，磁通随着电枢电流的变化而改

变，这说明磁通与负载有关，并随着负载的变化而变化。当串激电动机在轻载情况下，其机械特性是一条软特性。当负载增加到比较大时，电流的增加使磁通逐渐趋于饱和，不再随电枢电流成正比的增加，因此，转速的下降较小。

根据直流串激电动机的特点，将其用在起重机的起升机构中，并选择适当的电枢分路，就可以得到生产中所需要的各种速度，从而提高了生产效率。

直流串激电动机与三相异步电动机相比，外型尺寸大、重量重、价格贵、效率低。由此看来，直流串激电动机并非是起重机起升机构电力拖动系统的发展方向，故此，在港口起重机上基本不用。异步电动机的自然特性是硬的，但是通过人为电路可以得到近似串激电动机的人为机械特性，并且它又有结构简单、坚固耐用、价格便宜、工作可靠、效率高、维修容易等许多突出的优点，因此，异步电动机在港口起重机上得到了广泛的应用。

由于港口起重机用三相绕线式异步电动机做电力拖动装置，所以，三相交流电就成为港口的主要供电电源。在有直流电源的场合，采用直流控制系统是有利的。如 600 吨浮式起重机自备发电机组，采用直流控制是方便可行的。

第二节 起重机用电动机

为了适应起重机的工作特点，用来拖动机械的三相异步电动机都具有承受频繁起动、制动、过载、逆转、超速、冲击和振动的能力，并能在金属粉尘与温度变化大的恶劣环境下工作。

起重机用电动机的工作环境温度 40°C 。一般起重机用

电动机的绝缘等级为 E 级、B 级或 F 级。起重机用电动机的基本负载持续率（或称暂载率） $JC = 25\%$ 。

在港口起重机用的电动机中，绕线式异步电动机用得最广。它的转子串入电阻器，通过继电器控制，就可根据生产的要求实现人为的机械特性。由于鼠笼式异步电动机不易调速，故应用较少。鼠笼式电动机用于起重量不大的卷扬机、电葫芦以及某些类型的电梯中。

起重及冶金用的电动机与一般工业用的电动机相比，有如下特点：

1. 电动机按重复短期工作而制造。基本的负载持续率有 $JC = 15\%$ 、 $JC = 25\%$ 、 $JC = 40\%$ 、 $JC = 60\%$ 四种，不同的负载持续率下电动机的功率不同。见表1-1。

2. 取电动机的负载持续率 $JC = 25\%$ 时的拖动转矩为额定转矩，则最大转矩与额定转矩的比值越大，说明电动机起动时间越短，承受过载的能力越强。因此最大转矩与额定转矩之比值应为：

a. 额定功率在 7.5kW 及以下的电动机为 2.7；

b. 额定功率在 11kW 及以上的电动机为 3.0。

3. 电动机的转子转动惯量 GD^2 要小，则转子长度 L 与直径 D 之比 (L/D) 就要大，这样就可以得到较小的加速时间和较小的起动损耗。

4. 为了适应频繁的重载荷下起动、制动和反转，提高电动机的最大力矩值和工作可靠性，交流起重及冶金用的电动机的定、转子均采用较少的匝数，较多的定、转子槽数和较大的空气隙（空气隙一般为 $0.2 \sim 2\text{mm}$ ），因而起重及冶金用交流电动机的空载电流值较大，则功率因数和效率稍低。

5. 电动机允许的最高转速较高，交流电动机的最高转速

表1-1

机 座 号	JZ2					JZR2				
	额定功率(kW)			转 速 (r/min)		额定功率(kW)			转 速 (r/min)	
	JC25%	JC40%	JC60%	同步	最大	JC25%	JC40%	JC60%	同步	最大
11	2.2	1.8	1.5	1000	2500	2.2	1.8	1.5	1000	2500
12	3.5	2.5	2.0	1000	2500	3.5	2.5	2.0	1000	2500
21	5.0	4.2	3.4	1000	2500	5.0	4.5	3.8	1000	2500
22	7.5	6.3	5.0	1000	2500	7.5	6.3	5.0	1000	2500
31	11	8.8	7.0	1000	2500	11	8.8	7.0	1000	2500
31	7.5	6.3	5.0	750	1900	7.5	6.3	5.0	750	1900
41	11	8.8	7.0	750	1900	11	8.8	7.0	750	1900
42	16	13	10.5	750	1900	16	13	10.5	750	1900
51	22			750	1900	22			750	1900
52	30			750	1900	30			750	1900
61						30	24	20	600	1500
62						40	33	25	600	1500
63						50	41	33	600	1500
64						65	50	40	600	1500
71						80	63	55	600	1500
72						100	85	65	600	1500
73						125	100	86	600	1500

注：最大转速——电机所能承受的转速，不是工作转速。

r/min——转速的单位，同转/分。

为同步转速的 2.5 倍，见本章表 1-1。直流串激电动机的最高转速为额定转速的 2.5 倍。

表1-2

JZR2	额 定 功 率 (kW)			转 速 (r/min)		功 率 因 数		
机座号	JC = 25%	JC = 40%	JC = 60%	同步	最大	JC = 25%	JC = 40%	JC = 60%
11	2.2	1.8	1.5	1000	2500	0.75	0.66	0.60
12	3.5	2.5	2.0	1000	2500	0.73	0.63	0.55
21	5.0	4.5	3.8	1000	2500	0.67	0.65	0.58
22	7.5	6.3	5.0	1000	2500	0.77	0.72	0.64
31	11	8.8	7.0	750	1900	0.78	0.75	0.67
31	7.5	6.3	5.0	750	1900	0.67	0.65	0.52
41	11	8.8	7.0	750	1900	0.70	0.64	0.56
42	16	13	10.5	750	1900	0.70	0.62	0.56
51	22	20	16	750	1900			
52	30	25	20	750	1900			
61	30	24	20	600	1500	0.73	0.67	0.61
62	40	33	25	600	1500	0.71	0.65	0.57
63	50	41	33	600	1500	0.74	0.67	0.61
64	65	50	40	600	1500	0.72	0.69	0.60
71	80	63	55	600	1500	0.77	0.70	0.66
72	100	85	65	600	1500	0.79	0.75	0.69
73	125	100	86	600	1500	0.81	0.76	0.72

JZR2	效 率 (%)			定子线电流 (A)			转子电 流 (A)	转子 开路 电压 (V)
机座号	JC = 25%	JC = 40%	JC = 60%	JC = 25%	JC = 40%	JC = 60%	JC = 25%	
11	70	69	70	6.5	6	5.4	12	136
12	72	71.5	72	10.1	8.7	7.05	12	206
21	77	76	76	15.8	13.8	13	18	192
22	79	82.5	82	18.6	16	14.4	19	266
31	82	80	80	26.1	22.1	19.8	32	225
31	78.5	76.5	76	21	19.2	19.2	27	186
41	79	78	77.5	30.1	26.7	24.4	50	150
42	82	82	81.5	42.1	38.7	34.8	49	218

续上表

JZR2	效 率 (%)			定子线电流 (A)			转子电 流 (A)	转子 开路 电压 (V)
机座号	JC = 25%	JC = 40%	JC = 60%	JC = 25%	JC = 40%	JC = 60%	JC = 25%	
51							64	220
52							67	285
61	84	83	83	74.1	65.3	60	135	142
62	85.5	85	85	100	90.5	78.2	142	180
63	87	89	87	117	106.5	94	146	214
64	86	86	85	159	127.5	119	148	272
71	87	87	87	180	157	146	176	282
72	89	89	89	218	193	160	177	355
73	89	89	89	266	214	203	168	452

6. 起重及冶金用的电动机常用于多粉尘的场所, 所以大都制成全封闭自冷式, 并且机械结构相应的予以加强。

我国生产的 JZR2、JZ2 系列起重及冶金用的电动机, 其绕组绝缘为 E 级或 H 级, 转子则为 B 级或 F 级。有关三相交流异步电动机的基本数据见表 1-2、表 1-3。

ZZY 系列为起重用的直流电动机。该系列直流电动机采用硅有机绝缘和钢结构。它有快速启动和较大过载倍数的特性, 能承受频繁的启动、制动和反转。以及显著的机械震动和冲击。高速的应用于起重机, 低速的多应用于轧钢机等。该系列直流电动机技术数据见表 1-4。

在电动机的型号、种类等已定的情况下选择电动机的原则:

一、起重机用电动机容量的选择

电动机的功率, 必须根据港口生产的需求来决定。一般

表 1-3

[illegible]

表1-4

型 号 (ZZY)	额定 功率 (kW)	额定 电压 (V)	额 定 转 速 (r/ min)	激磁 方式	型 号 (ZZY)	额定 功率 (kW)	额定 电压 (V)	额 定 转 速 (r/ min)	激磁 方式
12	3.0	220	1000	串 激	12	3.5	220	1300	串 激
21	4.5	220	900		21	5.5	220	1200	
22	6.0	220	850		22	8.0	220	1180	
31	9.0	220	750		31	12.0	220	1130	
32	12.0	220	650		32	17.0	220	1000	
41	17.0	220	620		41	22.0	220	960	
42	23.0	220	600		42	32.0	220	900	
12	3.0	220	1200	复 激	12	3.5	220	1550	复 激
21	4.5	220	1100		21	5.5	220	1410	
22	6.0	220	950		22	8.0	220	1300	
31	9.0	220	850		31	12.0	220	1300	
32	12.0	220	750		32	17.0	220	1170	
41	16.0	220	690		41	22.0	220	1130	
42	21.0	220	650		42	31.0	220	1000	
12	3.0	220	1200	井 激	12	3.5	220	1550	井 激
21	4.5	220	1100		21	5.5	220	1450	
22	6.0	220	1000		22	8.0	220	1350	
31	9.0	220	850		31	12.0	220	1300	
32	12.0	220	750		32	17.0	220	1170	
41	16.0	220	700		41	22.0	220	1130	
42	21.0	220	650		42	30.0	220	1000	

来说，港口起重机用电动机比一般工业生产机械所用的电动机的功率大10%左右，这是由于港口起重机的工作特点所决定的。功率不能选择的太大，否则电动机不能充分发挥作用。这不仅造成资金与材料的浪费，而且轻载时电动机的效率及功率因数也较低，增加了电力的非生产性消耗，提高了运转费用。反之，如果电动机的功率选择过小，长期的过载运行将使电动机发热而烧毁，甚至于造成严重的事故。

电动机功率的选择取决于下面两个主要条件：

1. 发热 电动机在工作时，一方面将电能转变为机械能而作功，另一方面由于电动机绕组本身的阻抗要消耗一部分电能而转变成热能，使电动机的温度升高。电动机由于受体积结构等的限制，内部绝缘材料的耐热能力很差，极易造成老化。当温度超过电动机所允许的限度时，绝缘能力被破坏，电动机将烧毁。例如A级绝缘材料的电动机，在100℃下可使用15~20年。当输出功率超过额定值50%时，三小时内就有烧毁的可能。所以发热是选择电动机功率的一个极为重要的因素。电动机铭牌上都规定有电动机的温升，它指的是电动机在额定负载下运行时，定子发热后的允许温升与周围环境温度之差。例如电动机铭牌上标明温升60℃，则电动机定子绕组的实际温升为60 + 35 = 95℃，也就是说电动机的定子绕组的实际温度不允许超过95℃。制造电动机时国家规定：陆用电动机环境温度为35℃；船用电动机环境温度为40℃。

2. 过载能力 各种电动机都有一定的过载能力。交流电动机的过载能力 T_M 是最大转矩 M_{max} 与额定转矩 M_e 的比值，即

$$T_M = \frac{M_{max}}{M_e}$$

一般起重机用的交流异步电动机的过载能力为2.5~3.3。

直流电动机的过载能力

$$T_1 = \frac{I_{\max}}{I_e}$$

式中: $I_{\max}$ ——电动机允许的最大电流值;

I_e ——电动机的额定电流值。

各种电动机的过载能力可从设计手册中查得。

电动机因过载而发生温升需要有一段时间,从发热方面来说,容许有短时的过载。但就过载的能力而言,即使在很短时间内也是不允许的。所以发热和过载能力必须同时考虑。

二、电动机定额(工作制)的选择

电动机的定额是指电动机允许连续使用的时间。一般电动机的定额工作制分三类。

1.连续工作制 又称长期工作制。这种电动机可在额定功率下连续长期使用,而定子绕组不会超过允许温升。

2.断续工作制 又称间歇工作制。这种电动机是工作和停车多次轮流交换,也就是多次重复使用。它的断续工作方式是负载持续率(JC)表示的,即

$$JC = \frac{\text{工作时间}}{\text{工作时间} + \text{停车时间}} \times 100\%$$

JZ系列和JZR系列及JZ2系列和JZR2系列是供起重机断续工作制用的交流异步电动机;ZZ系列是供起重机断续工作制用的直流电动机。它们的容量是按10分钟为一个周期,JC=25%时而定的。就是说电动机在额定功率下每10

分钟内只工作两分半钟，即 $JC = 25\%$ 。基本的断续工作制有 15% 、 25% 、 40% 、 60% 四种。

例1：一台电动机在 $JC = 25\%$ 时的额定功率为 50 kW ，问在 $JC = 60\%$ 时的额定功率是多少？

$$\text{解：} \quad P_{25\%} = P_{60\%} \cdot \sqrt{\frac{60\%}{25\%}} = P_{60\%} \sqrt{2.4}$$

$$\begin{aligned} P_{60\%} &= P_{25\%} \cdot \frac{1}{\sqrt{2.4}} = \frac{50}{\sqrt{2.4}} \\ &= 33\text{ kW} \end{aligned}$$

3. 短时工作制 这种电动机只能在规定的时间内作短时运行。短时定额有30分钟、60分钟两种。短时定额30分钟的功率与负载持续率为 25% 的功率相同；短时定额为60分钟的功率与负载持续率为 40% 的功率相同。一般门座起重机用来拖动行走机构的电动机，就是短时工作制的。

三、异步电动机的铭牌

1. 铭牌 在电动机的铭牌上写有电动机的规格、性能及使用条件，它对于电动机的正确使用、维护和修理等都是必不可少的。

2. 型号 型号表示机座的结构型式、极数及转子类型等。型号均用汉语拼音，字母含义见表1-5。

3. 功率 额定功率或称额定容量，用符号 P_N 代表。它表示这台电动机长期工作所能输出的最大允许机械功率。

4. 额定电压 在额定运行的情况下，定子绕组应加的线电压值，叫做额定电压。用符号 U_N 表示，其电压单位为伏特。电动机只能按铭牌上规定的电压使用，如电源电压和铭