

生产机械的 电气控制

李仁 主编

71.2

机械工业出版社

本书内容丰富，适用性强，它包括机械加工类工厂常用的起重机、电弧炉、电焊机一般生产机械的电气控制；各类金属切削机床的电气控制；自动线、工业机械手、顺序控制器和微型工业控制器等方面的应用控制线路。本书除介绍了电气控制内容外，并介绍了机械、液压的有关内容，重视机电一体化的有机联系。本书可作为工业电气自动化专业学生实习用书，也可供从事电气自动化工作的工程技术人员及有关专业师生参考。

生产机械的电气控制

李仁 主编

*

责任编辑：贡克勤

封面设计：方芬

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

重庆印制一厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张11³/₄·字数286千字

1987年10月重庆第一版·1987年10月重庆第一次印刷

印数 00.001—5,400·定价：3.30元

*

统一书号：15033·6940



前 言

本书原在1982年5月是作为工业电气自动化专业实习用教材编写的。1983年4月自动化类专业教材编审委员会议(福州)决定,将原专业教材《工厂电气控制设备》一书中控制电路的基本原理部分纳入新编教材《工厂电气控制技术》一书中,而其实用控制电路则并入本书,并建立新的体系,以供工业电气自动化专业学生用作实习教材。本书亦可供从事现场工作的有关工程技术人员参考。

本书内容共分四章。第一章为一般生产机械的电气控制,它包括起重机、电弧炉、电动机的电气控制。第二章为金属切削机床的电气控制,它包括典型车床、磨床、钻床、铣床、镗床、龙门刨床、龙门铣床的电气控制。第三章为机械加工自动线的液压传动及其电气控制,它包括液压传动元件,机械加工自动线和工业机械手。第四章为顺序控制器及微型工业控制器,它包括顺控器应用线路和微型工业控制器的基本工作原理及应用线路。

本书特点:取材广泛,除介绍了机械加工类工厂常用机床的电气控制外,并对一般生产机械、自动线、机械手以及新型控制设备作了介绍;重视机电一体化的有机联系,除介绍电气控制内容外,并介绍机械、液压的有关内容,力图引导学生加强机电一体化的概念,以扩展学生的知识面,增强适应性。

本书由合肥工业大学李仁教授主编。参加本书编写的还有王孝武副教授(第四章§4-2~§4-3);董亚林副教授(第一章§1-1;第二章§2-1,§2-2(一),§2-3,§2-4,§2-5,§2-7;第四章§4-1);杨瑞山副教授(第一章§1-2,第三章);其余为李仁执笔。郑民生同志协助作了文稿及图稿的整理工作。

本书由上海工业大学陈伯时教授主审。参加审稿的还有同济大学陈德俭,上海机械专科学校孔凡才副教授,上海工业大学钱幼森同志等。他们为本书提供了许多宝贵意见,特别是陈伯时教授为本书审定付出了辛勤劳动,编者谨致以衷心地感谢。合肥工业大学顾绳谷教授、陆廷信教授,安徽省教育厅鹿世金副教授也对本书提供了不少宝贵意见,周斌高级工程师对本书的编写给予了大力支持和热情帮助,编者均此致谢。

限于我们的思想水平、教学经验、学术造诣和实践知识,书中谬误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

一九八六年二月

目 录

第一章	一般生产机械的电气控制	1
§ 1-1	起重机的电气控制	1
§ 1-2	电弧炼钢炉的电气控制	13
§ 1-3	电焊机的电气控制	24
第二章	金属切削机床的电气控制	31
§ 2-1	车床的电气控制	32
§ 2-2	磨床的电气控制	38
§ 2-3	钻床的电气控制	43
§ 2-4	铣床的电气控制	47
§ 2-5	镗床的电气控制	51
§ 2-6	龙门刨床的电气控制	54
§ 2-7	龙门铣床的电气控制	74
第三章	机械加工自动线的液压传动及其电气控制	78
§ 3-1	组合机床的液压传动及其电气控制	78
§ 3-2	组合机床自动线的液压传动及其电气控制	111
§ 3-3	工业机械手的液压传动及其电气控制	123
第四章	顺序控制器及微型工业控制器	129
§ 4-1	顺序控制器	129
§ 4-2	微型工业控制器概述	147
§ 4-3	一位微处理器的逻辑部件	148
§ 4-4	微型工业控制器	156
§ 4-5	微型工业控制器的指令系统	165
§ 4-6	ICU系统基本的程序结构	173
§ 4-7	微型工业控制器应用举例	177
参考文献		183

第一章 一般生产机械的电气控制

§ 1-1 起重机的电气控制

一、概述

起重机广泛应用于工矿企业、车站、港口、仓库、建筑工地等部门，完成各种繁重任务，减轻人们的体力劳动。

起重机包括桥式起重机、塔式起重机、门式起重机、旋转起重机、缆索起重机等。从结构上看，它们一般都具有提升重物的起升机构及平移机构。它们虽然种类很多，但其中桥式起重机具有一定的广泛性及典型性。下面予以重点分析。

桥式起重机由桥架及小车组成。桥架俗称大车，沿着车间起重机梁上轨道移动；小车沿着桥架上的轨道移动。起升机构安装在小车上，根据工作需要，可以安装不同的取物装置，例如吊钩、抓斗、起重电磁铁、夹钳等。

根据不同的要求，有些起重机大车上安装两台小车；也有的在在一台小车上安装了两个起升机构，分为主起升及辅起升机构。

起重机以起重量划分为三级：小型5~10t、中型10~50t、重型50t以上。

起重机若以工作类型划分，则可分为五个级别：

轻级——这一级起重机停歇时间长，接通次数少，又很少满负载工作。一般在主电室、空压机房、装配和修理车间使用的起重机属于轻级工作。

中级——这一级起重机一般在不同负载条件下工作，接通次数中等。机械厂的金工车间和装配车间使用的起重机属于中级。

重级——经常处于额定负载条件下工作，接通次数多的起重机属于重级工作。一般保证车间工艺过程进行的起重机、建筑上用的起重机属于重级，运送危险品及熔化状或炽热状的金属用的起重机，不论其工作是何类型，都作为重级工作。

特重级——基本上处于额定负载下工作，接通次数更多，而环境温度又高，这种条件下工作的起重机属于特重级。保证冶金车间工艺过程进行的起重机属于特重级。

连续特重级——频繁地高速运送额定负载的物品属于连续特重级。这类起重机处于最重要的工作场所，例如初轧厂运送钢锭的夹钳起重机；轧钢车间精整用的料耙起重机；港口及铁路枢纽用的起重机等。

起重机的拖动电动机是使用专用的交流或直流电动机。中小型起重机主要使用交流电动机；大型起重机则主要使用直流电动机。性能改善的交流拖动系统在大型起重机里也占有一定位置。

起重机用的电动机，其工作条件十分恶劣，工作环境变化极大，有多粉尘的、高温的、高湿度的。其工作负载属于短时重复工作制，一个周期在10min之内，因而电动机的温升在一个周期内既达不到负载所确定的温升，也冷却不到周围环境温度。这种工作状态若使用一般电动机时，根据拖动理论，按暂载率以等效法计算短时重复负载的等效功率，用它来选用

电动机是错误的。因为等效法的前提是假定电动机是一个均热体，这与事实相差很大。电动机在停歇时，电枢（转子）绕组的冷却条件因不通风而恶化，散热不多，而励磁（定子）绕组在停歇时间内冷却条件变化不大，散热接近正常，所以电枢（转子）绕组会发生过热，而励磁（定子）绕组不会过热，整个电机就不是均热体了。为了使电枢不过热，就必须降低按等效功率计算出来的容量。容量降低后，励磁绕组达不到额定温升，绕组就不能被充分利用。

专为起重机设计的电动机，具有较高的机械强度和较大的过载能力。为了减小起制动时的能量损失，这类电机电枢做成细长，减小其转动惯量，降低起制动时能量的损失，同时也加快了起制动过渡过程。电枢温升高于励磁绕组。因而起重专用电动机提高了电枢绕组的热能品质指标。

我国生产的起重专用电动机分交流与直流两大类。交流起重专用异步电动机有JZR及JZ两种型号，前者是绕线式，后者是笼式。其额定暂载率为25%，机械强度大、过载能力强。定子与转子间气隙较大，所以空载电流大，机械特性软，更好地适应起重机负载的要求。直流起重专用电动机型号为ZZK及ZZ，电动机的并励绕组是连续工作，系全封闭电机，它们都具有较大的过载能力，以10min为一个周期，额定暂载率为25%。两种型号都有并励、串励及复励三种励磁方式，额定电压为220V和440V两种，功率在100kW以下。并励电动机允许采用弱磁方法升速，调速范围规定为2:1，但最大转速时最大转矩要降低。

为了使起重机结构紧凑，也生产一种装入式制动器的交流异步电动机，其转子是圆锥面，制动器装在电机内部锥柱转子底面一侧，仍然靠摩擦片间摩擦力使电动机制动停车。

起重机起升装置可以将重物提起或放下，其机构如图1-1所示。

为了提高起重机的生产率及可靠性，对起升机构的电力拖动与自动控制提出下列要求：

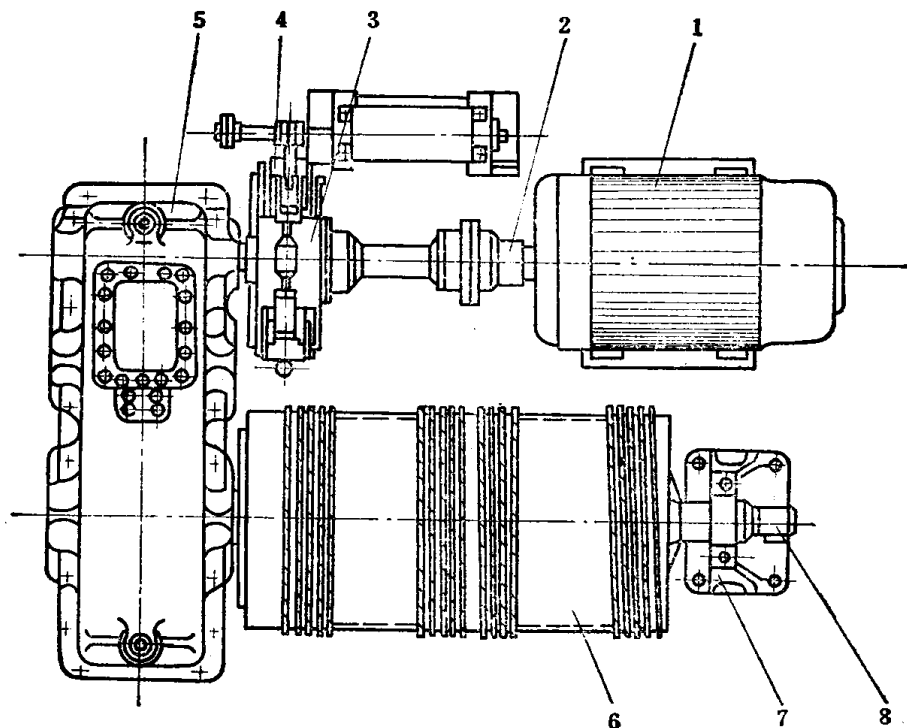


图1-1 吊钩起重机起升机构

1—电动机 2—齿轮联轴节 3—动力轮联轴节 4—制动器 5—减速器 6—卷筒
7—轴承座 8—上升高度限制器

(1) 空钩能快速升降，以减少辅助工时。轻载的起升速度应大于额定负载时的起升速度。

(2) 应具有一定的调速范围，对于普通起重机调速范围一般为3:1；要求较高的地方可以达到5:1~10:1。

(3) 起升开始或重物下降至预定位置附近时，都需要低速，所以在30%额定速度内应分成几档，以便灵活操作。若可以采用无级调速时，宜尽量采用无级调速。高速向低速过渡应能连续减速，保持平稳运行。

(4) 起升的第一级是为了消除传动间隙，使钢丝绳张紧，以避免过大的机械冲击。所以起升转矩不能大，一般限制在额定转矩的一半以下。

(5) 任何负载下降，其拖动电机发出之转矩，可以是电动的或是制动的，二者之间的转换是自动进行的。

(6) 采用电气制动以减轻机械抱闸的负担，减少抱闸的磨损。但是即使仅用电气制动就能使重物停在空中不动，也需要机械抱闸，以防止因电源事故停电。在无制动力矩下，重物自由下落，会造成设备或人身事故。

对桥架及小车的运行机构要求较简单，只要有一定的调速范围，分几档控制。起升的第一级也是作为消除传动机构间隙的，所以起升转矩也限制在额定转矩一半以下。为了起升平稳，最好能实现恒加速与恒减速控制。为了准确停车，应采用制动停车，增加电气制动，同样可以减少机械抱闸的磨损，提高制动的可靠性。

制动器是起重机能否安全工作的重要部件。制动器的种类很多，但工作情况相同。当电动机通电旋转时，制动电磁铁同时通电，由电磁铁的牵引力克服弹簧弹力，通过传动杠杆将闸靴从制动轮上松开，当电动机停止工作时，电磁铁失电，强力弹簧的弹力通过传动杠杆将闸靴紧抱在制动轮上，达到制动的目的。

起重机上使用的电磁铁分直流与交流两类。每一类电磁铁从结构上看都具有长行程及短行程两种。长行程电磁铁由于杠杆具有较大的力比，宜用于需要较大制动转矩的地方。但力矩过大，会使杠杆交接的地方磨损，机构变形，降低了可靠性。制动器的尺寸也比较大，松闸与抱闸较缓慢，工作准确性差。这些特性决定它比较适用于要求较大制动转矩的起升机构上。短行程电磁铁的特性与长行程的正好相反，所以适用于要求制动力矩较小的桥架及小车的传动机构中。

交流电磁铁的线圈可以接成星形或三角形，与电动机定子绕组并联。交流电磁铁的接通次数与它的行程长短及牵引力的大小有关，当电磁铁开始通电时，气隙过大，冲击电流可以达到额定电流的10~20倍，因而要增加接通次数，就必须调小最大行程，降低冲击电流，使线圈温升不超过绝缘材料的允许值。

直流电磁铁线圈匝数多，电感量大，所以吸上时间较长，影响动作速度。直流电磁铁也有采用匝数少导线截面粗的线圈。它与直流电动机电枢串联，线圈电感小、动作快，但它的吸力受电动机负载电流大小的影响，很不稳定。所以串联电磁铁多用于负载变化较小的桥架及小车运行机构中，以保证足够的吸力。

我国生产的起重机大多数采用电磁铁式制动器。除了这类装置外，还有液力推杆式制动器，其特点是动作平稳、接通次数极高，结构复杂，是一种很好的制动装置。

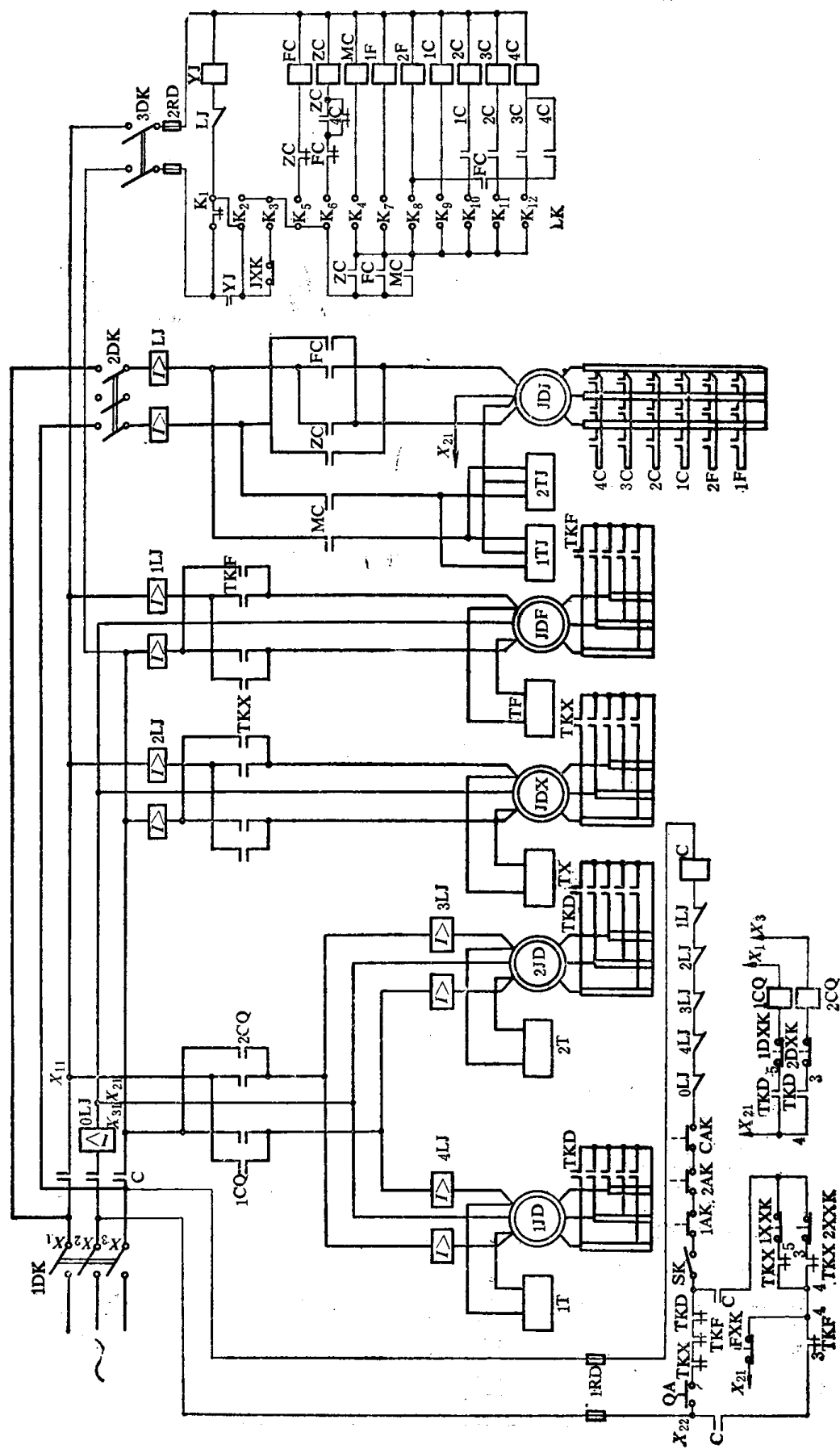


图1-2 30/5t桥式起重机电气原理图

表1-3 小车凸轮控制器TKX闭合表

触 点	向 后					零 位	向 前					
	5	4	3	2	1		0	1	2	3	4	5
K ₀						×						
K ₁						×	×	×	×	×	×	×
K ₂	×	×	×	×	×	×						
K ₃							×	×	×	×	×	×
K ₄	×	×	×	×	×							
K ₅							×	×	×	×	×	×
K ₆	×	×	×	×	×							
K ₇	×	×	×	×				×	×	×	×	×
K ₈	×	×	×						×	×	×	×
K ₉	×	×								×	×	×
K ₁₀	×										×	×
K ₁₁	×											×

表1-4 大车凸轮控制器TKD触点闭合表

触 点	向 左					零 位	向 右					
	5	4	3	2	1		0	1	2	3	4	5
K ₀						×						
K ₁							×	×	×	×	×	×
K ₂	×	×	×	×	×							
K ₃							×	×	×	×	×	×
K ₄	×	×	×	×	×							
K ₅							×	×	×	×	×	×
K ₆	×	×	×	×	×							
K ₇	×	×	×	×				×	×	×	×	×
K ₈	×	×	×						×	×	×	×
K ₉	×	×								×	×	×
K ₁₀	×										×	×
K ₁₁	×											×
K ₁₂	×	×	×	×					×	×	×	×
K ₁₃	×	×	×						×	×	×	×
K ₁₄	×	×									×	×
K ₁₅	×											×
K ₁₆	×											×

位触点。它们处于闭合状态，说明凸轮控制器都在零位，允许接通交流电源。由凸轮控制器控制的四台电机都采用过电流保护，其过电流继电器分别为1LJ、2LJ、3LJ、4LJ。它们的常闭触点串接在接触器C的线圈电路内。电源电路也采用过电流保护，过流继电器为0LJ，其常闭触点串接在接触器C线圈电路内。任何一个过电流继电器动作，都使接触器C断电释放，保护电动机不过载。行程开关CAK、1AK、2AK分别是操纵室门上安全开关及起重机构端梁栏杆门上的安全开关，检修时切断电源，保证检修人员安全。紧急开关SK是在紧急情况下切断总电源的。小车限位开关1XXK、2XXK及副起升限位开关FXK串接于接触器C的自锁电路中。当小车行至极限位置或副起升机构的吊具上升至规定的高度时，限位开关动作，接触器C断电，保证起重机安全工作。要使机构退出极限位置，必须将手柄都退至零

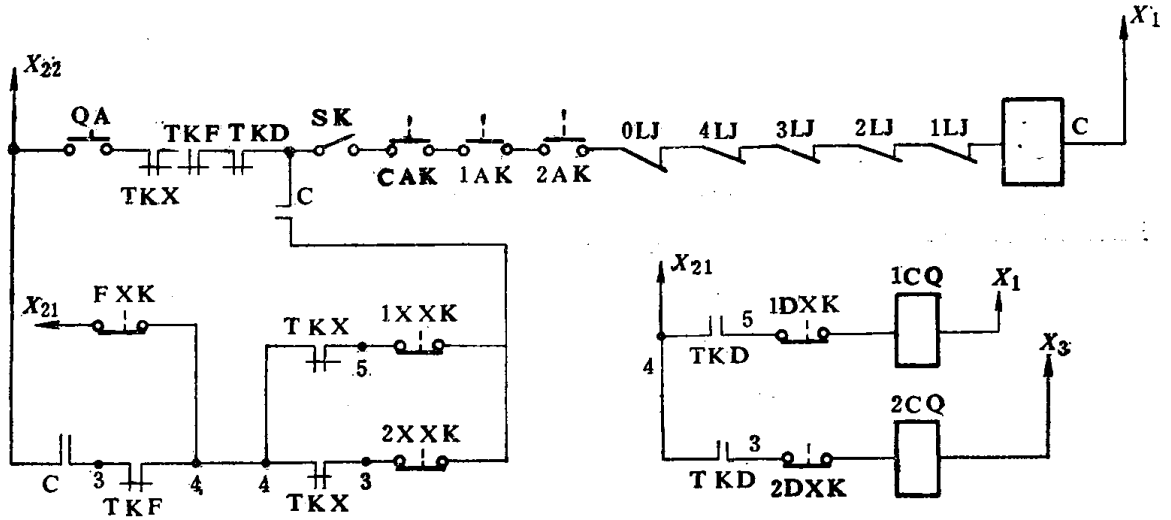


图1-3 30/5t起重机控制原理图

位，这时自锁电路中常闭触点TKX、TKF都闭合，可以起动接触器C，操纵凸轮控制器，使机构反方向运动，退出极限位置。桥架的限位开关1DXK、2DXK分别串联在桥架拖动电动机正反向接触器1CQ、2CQ电路内，在左行极限位置压动行程开关1DXK，切断左行接触器2CQ，左行停止，但允许右行接触器1CQ接通，控制大车向右退回。同样在极限位置，2DXK动作，限制右行，但可以左行退回。

副起升机构容量较小，采用TKF凸轮控制器操纵，正向与反向控制都是对称的。电气原理图如图1-4所示。

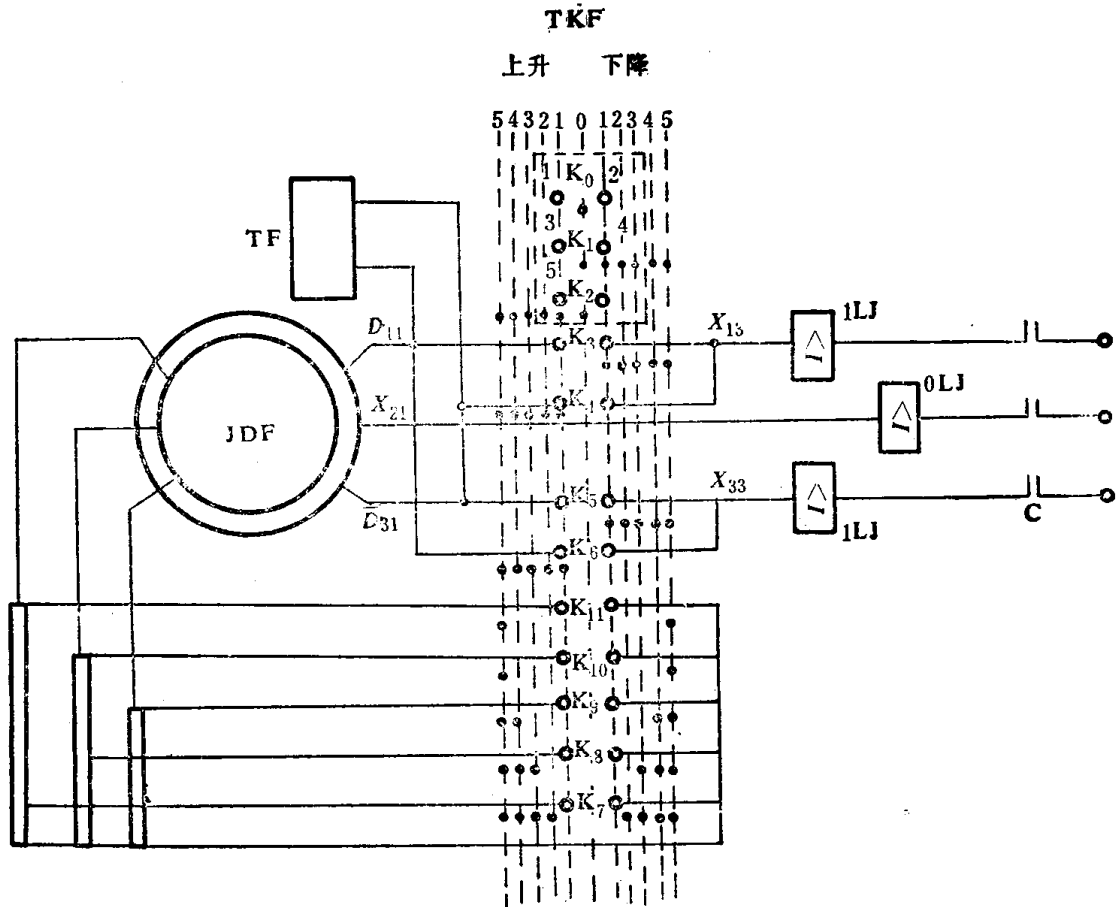


图1-4 副起升机构电气原理图

当凸轮控制器从零位扳到上升(下降)某一位置时, D_{31} (D_{11}) 与电源 X_{13} 接通, D_{11} (D_{31}) 与电源 X_{33} 接通。电动机正转(反转), 拖动副起升机构使吊具上升(下降)。根据不同档位, 凸轮控制器决定绕线式电动机转子串接进电阻的段数。与电动机通电同时, 电磁铁TF工作, 松开副起升机构的抱闸, 允许副起升机构运动。

主起升机构的电气原理图如图 1-5 所示。

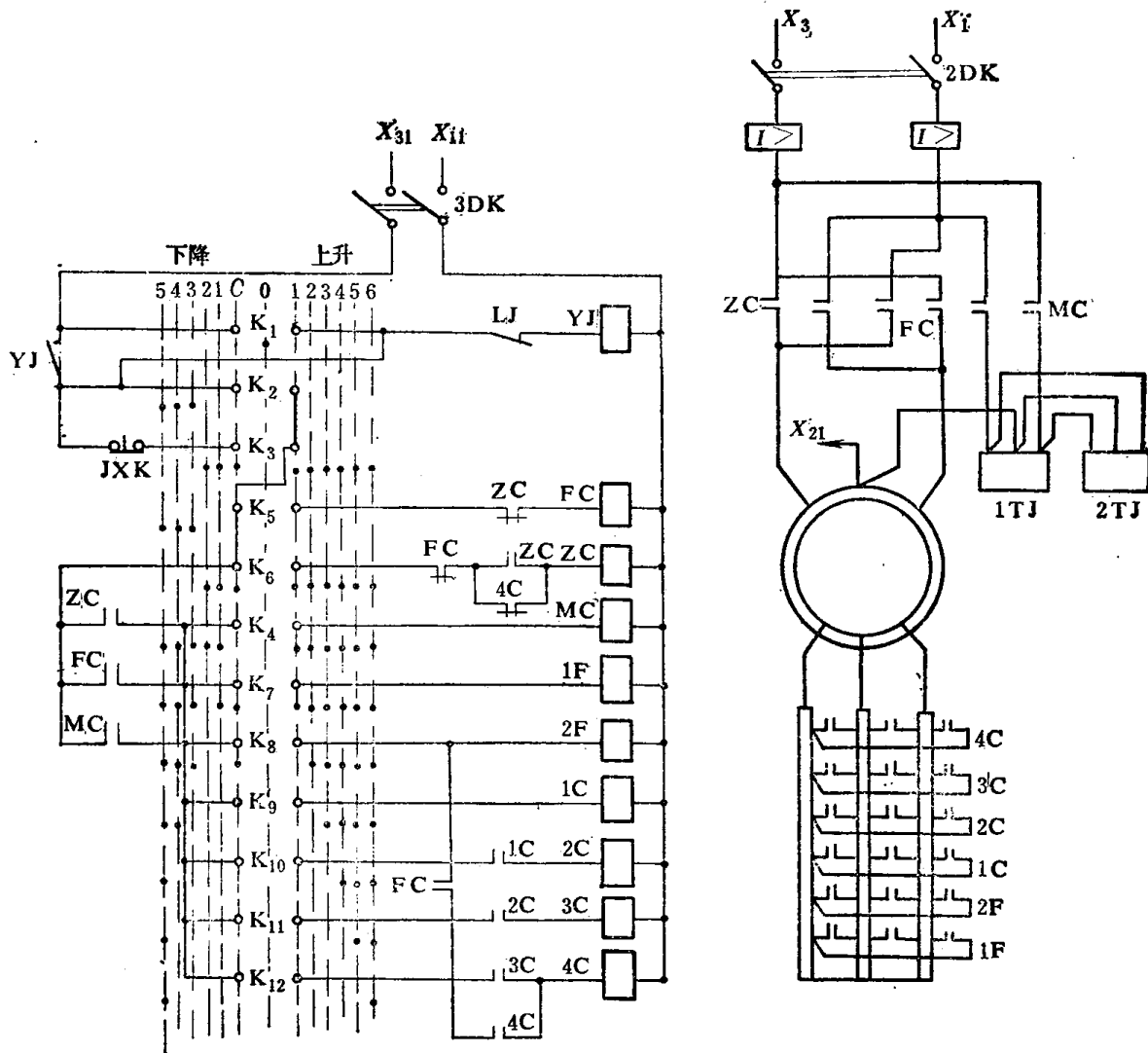


图1-5 主起升机构电气原理图

当刀闸2DK和3DK合上, 控制器手柄处于零位, 则零压保护继电器 YJ 动作, 其触点接通控制电路电源。

根据表1-1中主令控制器触点闭合情况可以知道, 当控制器扳到上升1档时, 触点 K_3 、 K_4 、 K_6 与 K_7 接通, 接触器MC、ZC 和 1F 动作, 松开制动闸, 电动机正向起动, 1F 主触点闭合使电动机转子第一段电阻被切除, 若向第二档、第三档……扳动, 则接触器 2F、1C ……逐个动作, 电动机转子的外接电阻逐个被切除, 最后只留一段为软化特性而固定接入的电阻, 电机正常运行。

触点 K_3 接通, 使上升限位开关JXK串接于控制电路的电源中, 若 JXK 常闭触点打开, 则切除了所有接触器电源, 起上升限位保护作用。控制器手柄移至强力下降的第3~5档, 可以重新起动电动机, 使吊具退出上升的极限位置。

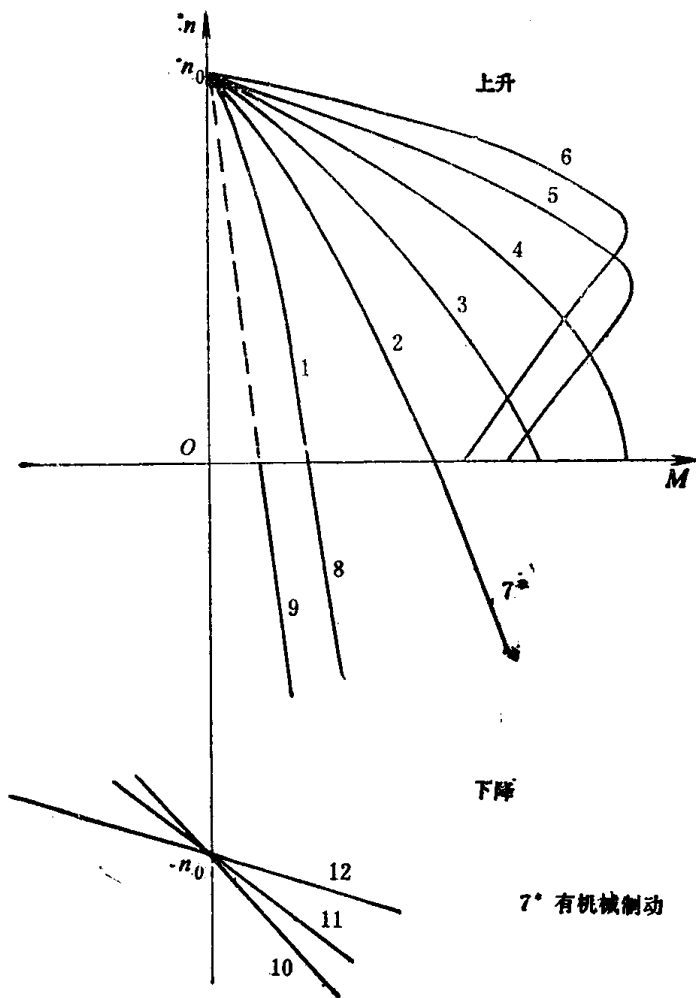


图1-6 主起升电动机的机械特性

上升六档的机械特性如图 1-6 中第一象限的六条曲线，电动机处于电动工作状态。

下降共有六档，图 1-5 中 C 档除 K_3 接通控制电源外， K_6 接通接触器 ZC，使电动机与电源接通， K_7 、 K_8 接通接触器 1F、2F，切除两段反接电阻，使电动机运行在重物下降时的强烈制动中，其特性如图 1-6 的第七条曲线（曲线 2 在第四象限延伸），接触器 MC 不动作，说明有机械抱闸。这一档的作用是当手柄由下降方向向零位扳动时，重物应由下降到停止，这时电动机反接制动，减轻机械抱闸负担，避免溜钩，以实现准确停车。控制手柄扳至下降 1 档、2 档时， K_3 仍接通控制电源， K_6 接通接触器 ZC，使电动机与电源接法与起升时相同，重物在位势转矩作用下，强迫电动机反转，它的运行特性在第四象限，是制动状态。下降 1 档与 2 档的区别仅在于 K_7 是否闭合，使 1F 切除还是不切除第一段反接电阻。1 档串一段反接电阻，2 档串两段反接电阻，其特性如图 1-6 中曲线 8 及 9（曲线 8 是曲线 1 在第四象限的延伸）所示。显然在轻载或空钩下放情况下，位势转矩不能使电动机运行在第四象限，电动机克服负载转矩将运行在第一象限，使吊具上升。因而轻载或空钩应强力下放，不应在下降的 C 档、1 档、2 档停留。为防止误操作使空钩上升超过向上极限位置，只要电机旋转磁场正转，控制电源都由触点 K_3 通过限位开关 JXK 接通。下降的 3~5 档， K_2 闭合，控制电源不受向上限位开关 JXK 控制， K_6 闭合，使反转接触器 FC 吸合，电动机被接成反转状态，可以将吊钩强力下放，机械特性处于第三象限。 K_7 、 K_8 接通，接触器 1F、2F 动作切除反接制动电阻。下降第三档与上升第二档特性类似（以下说特性类似均指电动机处于电动状态时特性），如图 1-6 中曲线 10，下降第四档， K_9 闭合，接触器 1C 动作，切除一段电阻，特性与上升三档类似，如图 1-6 中曲线 11；下降第五档， K_{10} 、 K_{11} 、 K_{12} 闭合，接触器 2C、3C、4C 动作，切除最后三段电阻，特性类似于上升第六档，如图 1-6 中曲线 12。

显然对于特性 10、11、12，除可以工作在电动状态强力下放重物外，在位势负载转矩作用下，特性也可以延伸至第四象限，成为发电制动状态，高速放下重物。

控制电路中 1C、2C、3C 的辅助触点作用是保证接触器 1C、2C、3C 顺序闭合，电阻顺序逐段切除，特性较平滑的过渡。

上升六档的机械特性如图 1-6 中第一象限的六条曲线，电动机处于电动工作状态。

下降共有六档，图 1-5 中 C 档除 K_3 接通控制电源外， K_6 接通接触器 ZC，使电动机与电源接通， K_7 、 K_8 接通接触器 1F、2F，切除两段反接电阻，使电动机运行在重物下降时的强烈制动中，其特性如图 1-6 的第七条曲线（曲线 2 在第四象限延伸），接触器 MC 不动作，说明有机械抱闸。这一档的作用是当手柄由下降方向向零位扳动时，重物应由下降到停止，这时电动机反接制动，减轻机械抱闸负担，避免溜钩，以实现准确停车。控制手柄扳至下降 1 档、2 档时， K_3 仍接通控制电源， K_6 接通接触器 ZC，使电动机与电源接法与起升时相同，重物在位势转矩作用下，强迫电动机反转，它的运行特性在第四象限，是制动状态。下降 1 档与 2 档的区别仅在于 K_7 是否闭合，使 1F 切除还是不切除第一段反接电阻。1 档串一段反接电阻，2 档串两段反接电阻，其特性如图 1-6 中曲线 8 及 9（曲线 8 是曲线 1 在第四象限的延伸）所示。显然在轻载或空钩下放情况下，位势转矩不能使电动机运行在第四象限，电动机克服负载转矩将运行在第一象限，使吊具上升。因而轻载或空钩应强力下放，不应在下降的 C 档、1 档、2 档停留。为防止误操作使空钩上升超过向上极限位置，只要电机旋转磁场正转，控制电源都由触点 K_3 通过限位开关 JXK 接通。下降的 3~5 档， K_2 闭合，控制电源不受向上限位开关 JXK 控制， K_6 闭合，使反转接触器 FC 吸合，电动机被接成反转状态，可以将吊钩强力下放，机械特性处于第三象限。 K_7 、 K_8 接通，接触器 1F、2F 动作切除反接制动电阻。下降第三档与上升第二档特性类似（以下说特性类似均指电动机处于电动状态时特性），如图 1-6 中曲线 10，下降第四档， K_9 闭合，接触器 1C 动作，切除一段电阻，特性与上升三档类似，如图 1-6 中曲线 11；下降第五档， K_{10} 、 K_{11} 、 K_{12} 闭合，接触器 2C、3C、4C 动作，切除最后三段电阻，特性类似于上升第六档，如图 1-6 中曲线 12。

三、直流拖动的起重机电气控制

直流拖动可靠性高，可以频繁起制动，所以冶金企业中工作繁重的起重机都采用直流拖动。因电机容量比较大，一般采用主令控制器配合控制屏的操纵系统。下面以 DY-127 起升控制屏作为典型，介绍这类拖动装置。图1-7为DY-127型控制屏的电气原理图。

起升电动机为具有很大过载能力的串励电动机。下降时为了使特性能在第三、第四象限平滑过渡，采用磁场并励接法，使机械特性与纵坐标轴有交点。线路中的延时继电器主要为得到过渡特性，避免快速切换档位时出现过大的冲击电流。

线路的动作原理如下：主令控制器零位，零压继电器LYJ动作，其触点接通控制电源。上升第一档，接触器ZC、1XC与FC同时接通，电动机被接成电枢分路，满足低速提升或接近吊件位置时由高速过渡到低速时的要求。电枢分路接法可以使特性延伸至第二象限，进行制动减速。其接线图如图1-8a所示，相应的机械特性如图1-9中曲线1。

上升第二档时，接触器FC断电，解除电枢分路，线路中仍串入两级电阻。由于电枢分路的解除，特性将高于第一条，但起点与第一条特性相同，因为此点 $n=0$ ，电动机端电压接近于零，没有分路电阻对这一点基本没有影响。接线及特性分别示于图1-8b及图1-9中的曲线2。

上升第三档增加了接触器2XC闭合，减小串联电阻，所以特性高于第二条，接线如图1-8c所示，特性如图1-9曲线3所示。

上升第四档再增加接触器3JC闭合，又切除一段串联电阻，使接线如图1-8d'中4a（过渡）所示，它的机械特性表示为图1-9中曲线4a。图1-7中接触器3JC闭合的同时，其常闭触点（33-35）切断延时继电器3SJ的电源，3SJ的常闭触点（23-25）延时1s闭合，接通接触器4JC，4JC动作，切除全部串联电阻，电动机达到额定速度。其接线及特性分别示于图1-8d及图1-9中的曲线4。增加4a（过渡）特性，避免手柄由零位迅速拉向上升第四档时出现直接起动的电流冲击，使电动机至少要在4a特性上运行1s，再转换到曲线4上。

下降时，电动机接成并励状态，起动和调速采用改变电枢电阻、改变励磁电流及改变外加电压（在线路中改变串接电阻）来实现。

下降第一档通过FC闭合，保持励磁电流方向不变，而改变电枢接线的极性，同时始终串进一个固定电阻（以下各档位情况都与上述相同）。接触器1DFC闭合，使电枢串联一电阻，此电阻由1DFC常开触点及2DFC常闭触点将两段电阻并联构成，接触器1XC闭合，接通电源。这时电机在第四象限运行，为制动状态，电枢电势与外接电源都供给励磁电流（反转时电枢电势方向与励磁电流方向一致），获得低速下降曲线1，接线及特性参看图1-8e及图1-9下降曲线1。

下降第二档增加接触器2DFC动作，使电枢电路仅串联一段电阻，阻值大于一档的等效电阻，所以制动状态在第四象限的特性曲线应低于一档的特性曲线，参看接线图1-8f及特性曲线图1-9中第四象限的曲线2。

下降第三档使接触器3JC打开，磁场电阻增加，呈弱磁调速，所以特性更低于第二档特性。参看接线图1-8g及特性曲线图1-9中第四象限的曲线3。

下降第四档在三档的基础上增加了接触器4JC吸合及2JC释放，等于增加了电源电压及进一步增大磁场电阻，以减小励磁电流。接线如图1-8h所示，其机械特性更低于特性3，在图1-9中标为下降特性4。由于提高了电源电压，外加电压克服反电势向电枢供电，所以特

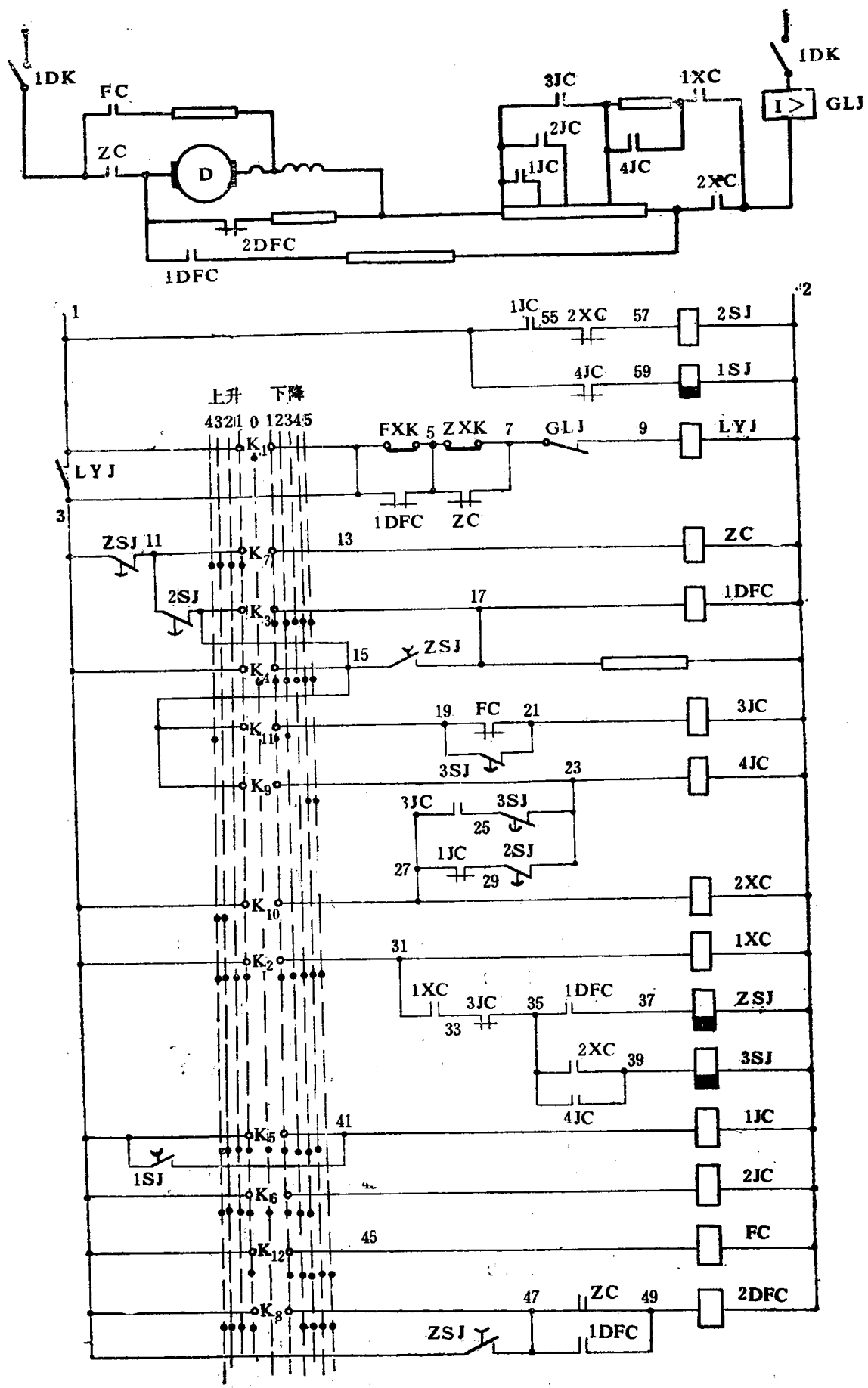
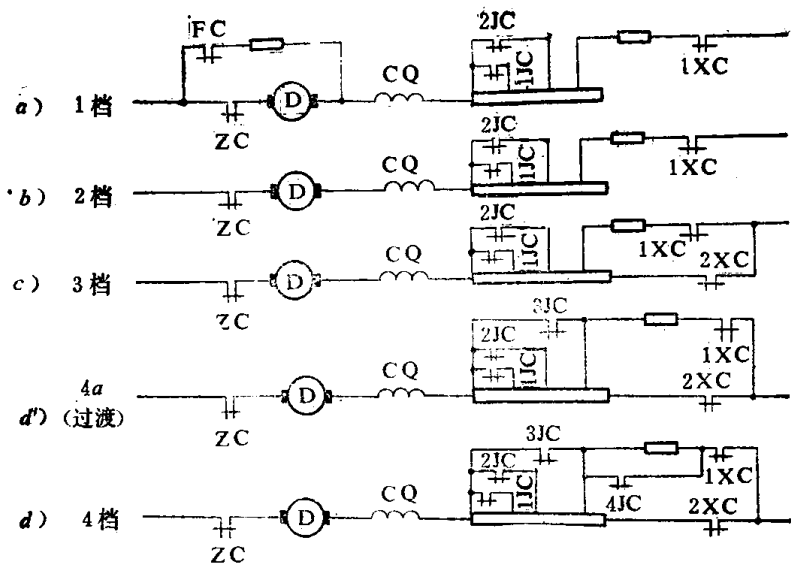
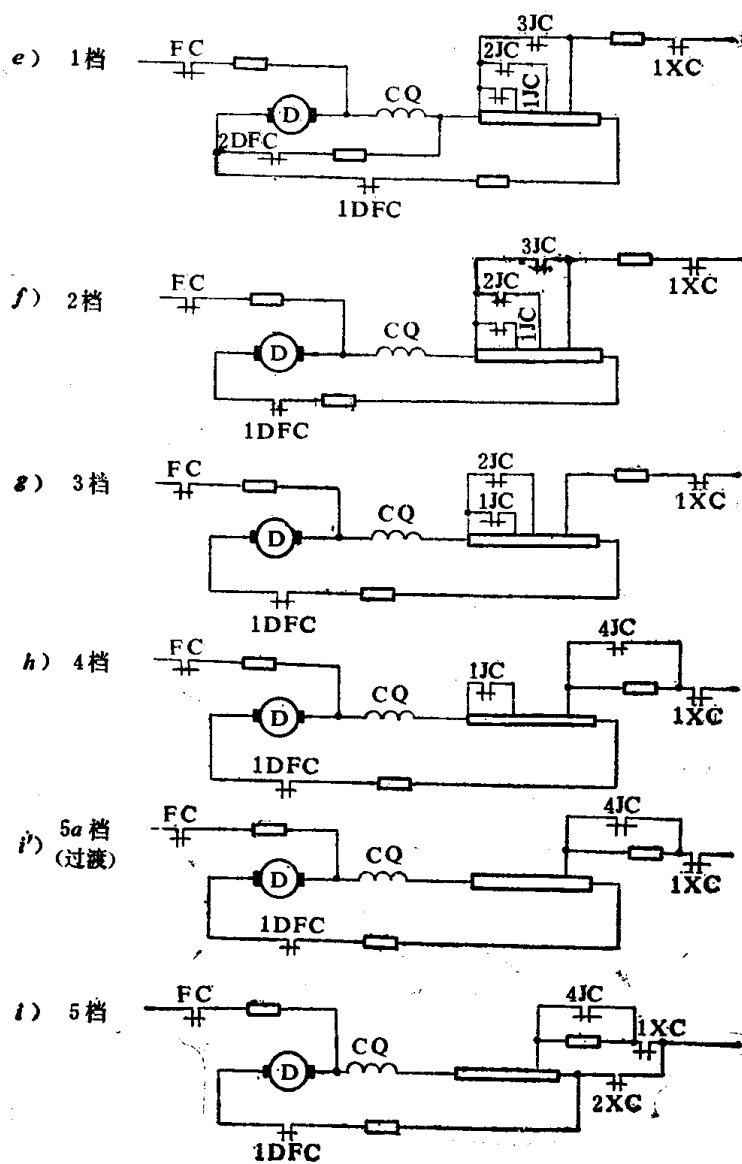


图1-7 DY-127 型起升控制屏电气原理图



上升过程



下降过程

图1-8 起升控制屏各档位接线图

图中常闭触点表示该档位置这些触点是接通的，并不表示实际电路中该触点是常闭触点

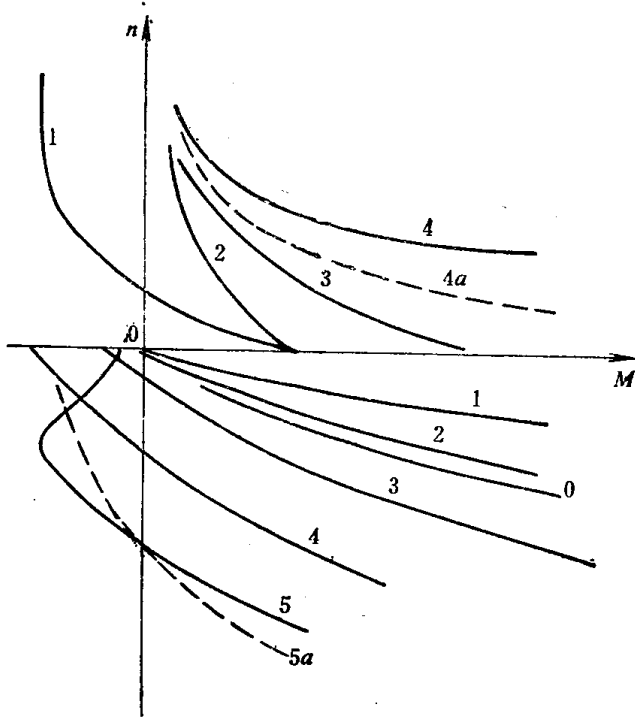


图1-9 起升控制屏各档位对应的机械特性

三、四、五档位拉向零位时，继电器 ZSJ 的常开触点将接触器 1DFC、2DFC 延时 2~3s 断开，使电机接成能耗制动状态，以保持电机的必要制动转矩。其特性示于图1-9中 0 段。

起重机的供电一般由集电器通过角钢滑线取得，其结构、尺寸在一般手册中均可查到，不再叙述。

§ 1-2 电弧炼钢炉的电气控制

一、概述

电弧炼钢炉是钢铁厂和机械工厂铸钢车间的重要冶炼设备之一，电弧炼钢法是目前国内外生产优质钢和高级合金钢等特殊钢材的主要方法。

电弧炼钢炉是一种复杂的电气机械冶金设备，自动化程度较高。在装料、出钢、出渣过程中，电弧炼钢炉有下列运动：旋转炉体（左右各 45° ）、炉体倾斜（向出钢口倾斜 45° ，向出渣口倾斜 20° ）、炉顶升降、炉体抽出（装料时）与推入等。这些运动均采用电气控制。此外并设有限位保护，它们之间还设有连锁保护。

电弧炼钢炉的炉体一般都是圆柱形的，由软电缆（称短网）引入三相交流电到电极，电极成等边三角形均匀地布置在炉内，图1-10为其结构示意图。电弧炼钢炉的电弧就产生在电极和炉料之间，电弧将电能转换为熔炼金属的热能，因此在熔炼过程中需要消耗大量的电能。例如容量为200t的电弧炼钢炉，每天消耗电能高达 $40 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 以上，因而电弧炼钢炉的节约用电具有重大的经济意义。为了提高所熔炼的钢及合金钢的质量，缩短冶炼时间，减少电能和电极的消耗，提高冶炼的经济指标，在冶炼过程中要求输入电弧炉内的电功率保持恒定。但由于炉料下沉、塌料和搅动等扰动现象的存在，使电弧电流与相应的电弧功率不能保持恒定，因此必须采用电弧功率自动调节装置，即电极升降自动调节器。这样，当电弧长

性 4 明显进入第三象限，成为电动状态运行，可以强力下放。

下降第五档与第四档不同之处在于接触器 1JC 断电，成最大弱磁状态，接线如图 1-8i'5a 档（过渡），特性如图 1-9 所标的 5a 过渡特性。图 1-7 中接触器 1JC 常开触点切断 2SJ 延时继电器电源，延时 1.5s 以上，使接触器 2XC 通过 27-29-23-K₀-15-3 接通电源，这时切除电枢所串的另一段电阻，如图 1-9i 所示接线。电枢电阻减小，特性更硬，如图 1-9 中下降曲线 5 所示。

手柄快速从零位拉向下降第五档时，图 1-7 中接触器 1JC 因为时间继电器 1SJ 常开触点延时打开而延时动作，使特性一定要由下降特性 4 经 5a 过渡到特性 5，避免出现过大的电流冲击。手柄快速由下降