

[控制系统]

PLC和变频技术在交流桥式起重机控制中的应用

文/广东省佛山市顺德区中等专业学校 郑子芬

介绍了可编程序控制器技术和变频技术在交流桥式起重机控制系统中的应用与有关编程设计，并阐述了可编程控制器在实际应用中的一些注意事项。克服了传统的交流桥式起重机电动机与起动电阻容易烧损、电阻消耗大、效率低及调速不理想等缺点。

桥式起重机是厂矿、仓储部门常用的起重设备，广泛应用于生产车间的重物移动。桥式起重机又称行车或天车，其工作环境比较恶劣，大多是灰尘大、高温、高湿度或室外露天等场所；其工作负载属于重复短时工作制，经常处于频繁起动、制动、反转或变速工作状态。故过载能力要大，同时能承受较大的机械冲击，并有一定的调速要求。

桥式起重机的运动形式有三种：即由大车拖动电动机驱动的前后运动；由小车拖动电动机驱动的左右运动；以及由提升电动机驱动的重物升降运动。为了提高起重机的生产率和可靠性，对其电力拖动和自动控制等方面有如下要求。

1) 空钩能够快速升降，以减少辅助工时；轻载的提升速度应大于额定负载的提升速度。

2) 具有一定的调速范围。

3) 在提升之初或重物接近位置附近，需要低速运行。因此，升降控制应将速度分为几档，以便灵活操作。

4) 负载下降时，根据重物的大小，拖动电动机的转矩可以是电动转矩，也可以是制动转矩。

6) 为确保安全，要采用电气与机械双重制动，减小机械抱闸的磨损，又可防止突然断电而使重物自由下落造成设备和人身事故。

7) 要有完备的电气保护与联锁环节。

根据拖动电动机的容量的大小，起重机常用的控制方式有两种：一是采用凸轮控制器直接控制电动机的起停、正反转、调速和制动；二是采用主令控制器与磁力控制屏配合的控制方式。对于15 t以上的重级桥式起重机，一般同时采用两种控制方式，提升机构采用主令控制器配合控制屏的方式，而大车小车移动机构和副提升机构则采用凸轮控制器的控制方式。

以继电器接触器控制为基础的交流桥式起重机控制是个比较成熟的电路，虽然在计算机没有应用到工业设备之前，利用凸轮控制器和主令控制器进行操作控制的确可以体现经济性，但也存在不少缺点：①由于其控制的触点多，且切换的电流大，往往触点要制造得厚重，这给操作带来了阻力，使工人的劳动强度大大增加；②由于频繁操作，触点容易出故障；③工作任务重，使电动机与所串电阻容易烧损和断裂，所串电阻长期发热，消耗大，效率低；④转子串电阻调速，特性曲线不平滑，调速效果不理想。

近年来，随着计算机技术和电力电子技术的迅猛发展，PLC和变频技术得到了广泛应用，这为PLC和变频技术在桥式起重机拖动系统中的应用提供了有利条件。

为了解决降低起重机操作工人的劳动强度，减少系统中触点的数目，提高控制的可靠性，可以采用以下方法进行改进。

方法一

将凸轮控制器控制改造为主令控制器 + PLC + 接触器控制。系统框图如图1所示。

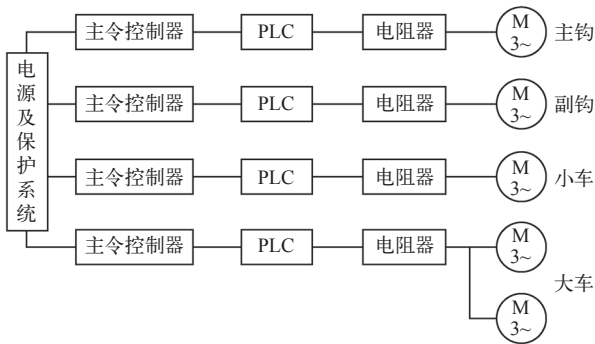


图1 方法一系统框图

只需要采取一个三挡位的主令控制器与两只升降控制按钮作为操作器件，就可以达到用PLC及接触器模拟凸轮控制器的工作。其电路优越性是：①保留原有的电阻器和控制方式不变，使操作者没有不适应的感觉；②节省了控制器的控制触点，降低了故障率；③使用接触器配合实现远

距离控制，大大减少了触头的烧损；④可靠性高，且控制方便，劳动强度大大降低；⑤通过改造控制器，节省了PLC的输入接口，提高可靠性和经济性；⑥用PLC控制，大大提高电路控制的可靠性，且可缩短改造周期，维修方便；⑦利用主令控制器代替凸轮控制器控制，可以提高控制器的寿命，减少凸轮控制器来回转动产生的磨损或机械卡死的故障。I/O图、主电路如图2、图3所示。各输入、输出端口分配如表1所示。

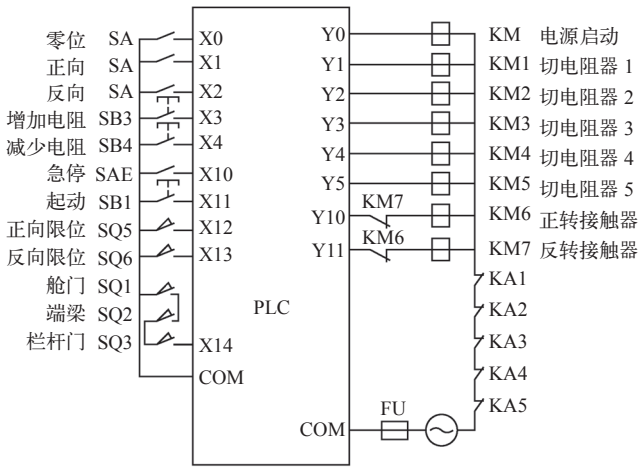


图2 I/O图

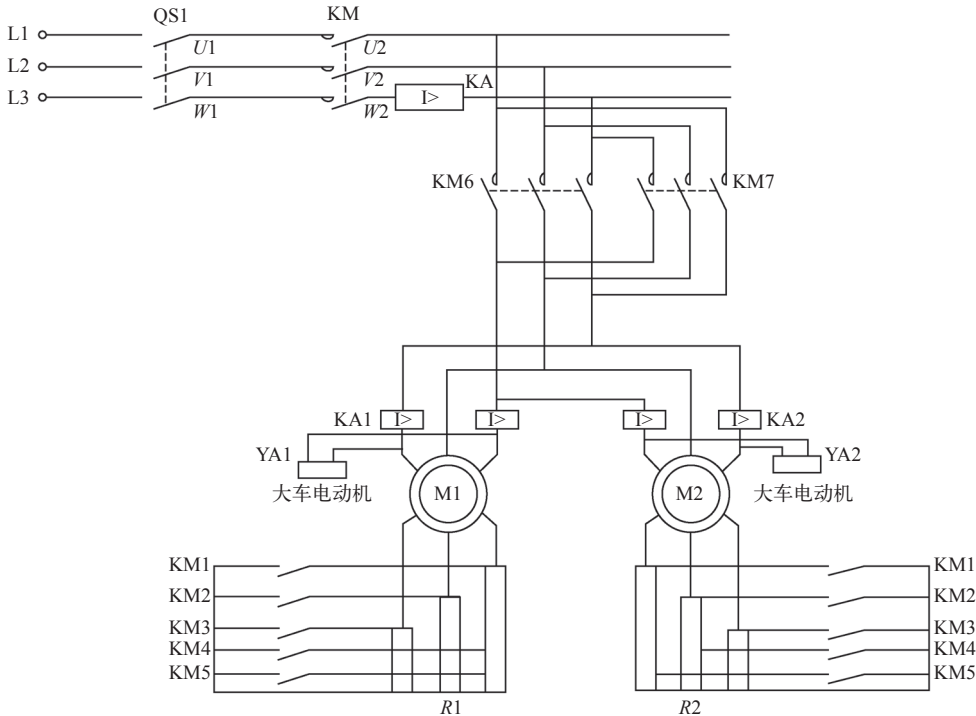


图3 主电路

表1 各输入、输出端口分配

输入元件名称	输入点编号	输出元件名称	输出点编号
主令控制器零位开关	X0	电源启动接触器KM	Y0
主令控制器正向开关	X1	切换电阻器接触器1	Y1
主令控制器反向开关	X2	切换电阻器接触器2	Y2
增加电阻按钮SB3	X3	切换电阻器接触器3	Y3
减少电阻按钮SB4	X4	切换电阻器接触器4	Y4
急停开关SAE	X10	切换电阻器接触器5	Y5
启动按钮SB1	X11	正转接触器KM6	Y10
正向限位开关SQ5	X12	反转接触器KM7	Y11
反向限位开关SQ6	X13		
安全开关SQ1、SQ2、SQ3	X14		

系统的安全保护如图4所示。起重机在使用过程中对安全、可靠性提出了很高要求，故设置了完善的自动保护与联锁环节，主要有电动机的过电流保护（由各电动机的过电流继电器KA1～KA5来实现）、短路保护(FU)、控制器的零位保护（如X0）、各运动方向的极限位置保护（SQ4～SQ7）、舱门、端梁及栏杆门安全保护（SQ1～SQ3），紧急操作保护

（SAE）等。

在设计时，为了节省PLC的输入、输出接口，提高PLC的经济性，可对输入、输出接口的分配作适当的调整：①可把舱门、端梁及栏杆门安全保护（SQ1～SQ3）的常开触头串联在一起后接在X14端口，一样达到控制要求；②可把过电流保护的各台电动机的过电流继电器KA1～KA5的常闭触点串联后接在输出接触器线圈的公共回路，实现控制功能；这样不用占用PLC的输入接口，从而可以大大节省PLC的输入接口。值得注意的是：若将过电流继电器KA1～KA5作为输入信号看待，把它接在输入端口时，应接成常开触点，便于理解原理图；否则，若在PLC外部将其接成常闭触点，那么梯形图中就应该画成常开触点。

电路的安全保护主要体现在电源的控制上（Y0）：一是只有所有操作开关均位于零位才能接通系统电源，故设计时利用启动按钮与零位开关串联作为条件驱动主控指令（MC N0 M1），使系统受控于M1（或Y0），达到总控制的作用；二是系统的所有极限安全位置开关、急停开关、舱门、端梁及栏杆门保护开关均与总电源串联，实现总电源保护控制作用。由于系统要求所有门开关必须可靠闭合，系统才能通电工作，故门开关X14采用了常开触点，确保人身安全。

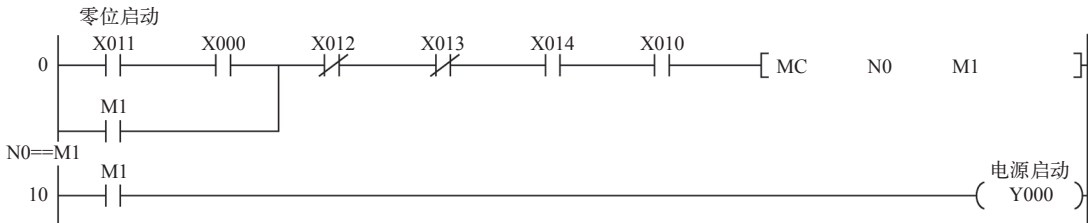


图4 系统的安全保护

主令开关的换挡控制原理如下。

- 1) 当主令控制器置于零位时，D100为零，此时电源启动Y0有输出，电源保护继电器得电吸合表示电路启动准备就绪。
- 2) 按下X3和X4可以分别增减电阻。每按一次X3（或X4），D100中的存储数据会在1～5间依次变化，使Y1～Y5根据控制而获输出，即KM1～KM5依次吸合，从而达到控制切除转子电阻的作用。

- 3) 由主令控制器的X1、X2控制电动机的正反两个方向。当手柄置于正向时，X1接通，电动机正转；当手柄置于反向时，X2接通，电动机反转。电动机由正转向反转必须经过零位，这样D100重新置0，使得电动机无论在正转起动还是反转起动时都能串最大电阻起动，从而获得较大的起动转矩。

方法二

用变频器控制代替电阻器起动和调速控制，

系统框图如图5所示。

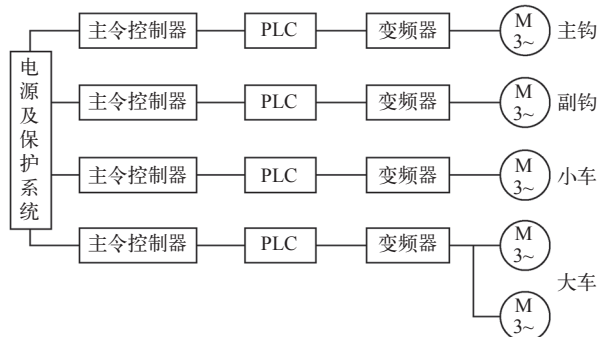


图5 方法二系统框图

方法一中，虽然可以降低起重机工人的劳动强度，提高了控制的可靠性，但所串电阻长期发热，消耗大，效率低；而且转子串电阻调速，其机械特性软，负载变化时其转速变化较大，调速性能差。用变频器可以得到很好的解决。

变频器若采用外接电位器的调速方法，可以得到平滑的调速性能；但考虑到转速平滑调节对起重机来说并不十分重要，故采用变频器机外开关多段式调速控制。利用KM1、KM2和KM3三个触头所连接的RH、RM和RL为变频器的多段频率选择端，可以组合成7种不同的速度，如表2所示。根据电路需要，只需选择其中的5档。

表2 各输入、输出端口分配

速度档位	0	1	2	3	4	5	6	7
RH(Y1)	0	1	0	1	0	1	0	1
RM(Y2)	0	0	1	1	0	0	1	1
RL(Y3)	0	0	0	0	1	1	1	1

本电路的特点如下：

1) 电动机通过变频器的外部正转起动端子STF与反转起动端子STR直接控制，其主电路不用再通过接触器进行换相，这样可以提高经济性和可靠性。

2) 通过变频器三个输入端口（RH、RM、RL）的不同转换可以获得5种不同转速，其设置参数为Pr.4、Pr.5、Pr.6、Pr.24和Pr.25；各档速度数值和加速时间可根据实际需要进行设置。

3) 由于用变频器调速代替外接电阻器调速，大大降低了消耗，使系统的效率由30%左右提高到90%左右。

4) 负载变化时，电动机各档的速度变化小，调速性能好，大大提高了电动机的工作稳定性，使工作更加安全可靠。

5) 为了使电动机起动时能获得更大的起动转矩，通常设置了电机的转矩提升参数Pr.0，（注意此参数不宜过大或过小，过大则在轻载时容易烧电动机；过小则起动转矩不够）经过反复试验，一般取值Pr.0=15%。

6) 为了配合起重机的工作特点，通常还进行以下设置：上限频率Pr.1=50 Hz，下限频率Pr.2=5 Hz，基底频率Pr.3=50 Hz，参数禁止写入参数Pr.77=1。

7) PLC在线路中起到中间控制作用：一方面接受主令电器送来的控制命令；另一方面实现对变频器的控制；并肩负着系统的安全保护控制工作。

8) 为了利用原有的电动机，将现有电动机的转子回路短接后继续使用。

PLC在应用中还需注意以下几点：

1) 为了保证PLC外部输出回路发生短路时不对PLC内部继电器触点造成大的损伤，在输出电路的电源回路中，一般要进行短路保护（如FU）。

2) 对于电路中同时闭合有危险的正反转接触器等负载，除了PLC内部程序联锁外，还一定要实施PLC外部的互锁。

3) 为了减少对PLC的干扰，PLC应安装专用地线；若不能满足，则也必须做到与其他设备公共接地进行并联，绝不可以串联接地。

4) 为了控制可靠，输入线一般不宜超过30 m。输入、输出线不能用同一条电缆。输入、输出的COM不能连接。

5) 若PLC输出端的负载电流超过最大限值，必须通过外接继电器或接触器，才能使PLC安全正常工作。

结束语

通过将PLC和变频技术应用在交流桥式起重机的控制上，不但可以提高电路控制的可靠性，减少控制触点，降低操作劳动强度，而且可以达到很好的节能效果，充分体现出电工新技术应用的优越性和先进性。EA

（收稿日期：2019.11.12）

（编辑：朱金凤）