

桥（门）式起重机的变频器应用

李 晶

上海市机械施工集团有限公司 上海 200072

摘要：随着工业自动化技术的发展，交流调速技术愈发成熟，几乎在所有的传动工作环境下，都体现出了比较大的优势。在起重机领域，这种变频的传动方式相比传统的串电阻调速的传动方式，体现出来很多的优点，主要有着启停冲击小、控制精度高、运行稳定、可扩展性、环境适应性强等优势。很多场合对这些技术已经落后的生产设备改造已十分必要。

关键词：桥（门）式起重机；变频器；改造；PLC

前言：桥（门）式起重机的机械结构主要由主（副）起升机构、大车行走机构、小车行走机构，起升机构由起升电动机、变速箱、卷筒和滑轮组成。电动机通过变速箱，变速箱的输出端输出给卷筒转动，使卷筒卷入或者放出钢丝绳，从而带动滑轮组使重物升降。地横梁、大梁、支腿、小车架组成了整个起重机的构造结构，它决定了起升的高度和起重机的工作范围，通常为焊接的钢结构件。

传统的桥（门）式起重机的电气传动控制方式，一般会采用“主令控制器—继电器—接触器”式控制方式，利用接触器的通断进行启停，也可以通过接触器的通断来改变接入异步电动机绕线转子绕组的电阻的数量的方式进行调速，这种控制方式的主要缺点有：第一、在较差环境下和繁重的工作任务下，电动机转子滑环和碳刷及所串电阻会经常发生起火和烧损断裂的故障。第二、继电器和接触器等元器件可靠性较差，电路复杂，开关元件冲击电流大，触头容易烧蚀，故障率高，维修排故困难。第三、改变转子绕组中串电阻的数量的串级调速，其机械效率较低，所串电阻器长时间工作，发热耗能，浪费大，效率低；其机械特性随着串入的电阻的增加而变软，负载变化时无法及时改变电流，转速也会产生变化，调速较困难。

以上是这些缺点是这些传统的以继电器、接触器为主要原件的控制传动系统不可克服的缺陷，要从根本上克服这些问题，只能采用新型的、可靠的控制方式。

1 桥（门）式起重机拖动控制系统的特点和要求：

(1) 桥（门）式起重机的运行：第一、大车传动系统拖动驱动车轮，带动整台起重机在大车轨道上左右移动（参考方向按照常规司机室的方向）；第二、小车拖动系统拖动起升系统及吊重物沿着着起重机的轨道作前后方向的水平移动；第三、起升机构安装在小车架

上，电机带动卷筒转动，从而使吊钩升降，吊动重物作起吊或放下的上下垂直运动。(2) 负荷特点：桥（门）式起重机的各个运行系统负载均属于恒转矩性质，但其起升机构为位能性负载，当起升机构起吊重物下降时，电动机处于再生发电制动状态。需要将电能通过反馈装置反送给电网或消耗在制动电阻上，以防止直流侧母线电压的上升影响制动效果。因此对于拖动系统要求极高。^[1](3) 控制要求：大小车的恒转矩控制为一般的水平控制，常规的控制一般都会达到要求。起升机构的控制是行车控制当中最重要的控制。第一、起升机构要求起动扭矩大，启动平稳。能够正、反转运行，要有超载报警、停机、上下限位、相序保护、过流等多种保护；第二、起升机构在上升启动和频繁点动上升过程中易出现“溜钩”问题。主要原因是制动器的制动片和制动盘从压紧到松开，以及从松开到压紧的会产生零点几秒的过程时间，而电动机转矩的产生或消失，是在电动机通电或断电瞬间立即产生的，而制动器从接到完全作用需要一定的时间。因此，制动器的开闭和电动机启停的配合上极易出现不同步的问题。一定要有相应的控制措施，防止当电动机突然失去动力后失速，使起升机构失控，造成事故。传统的控制机构只有靠机械制动器和延时控制器来避免失速的发生。^[2]

传统控制系统的缺陷和PLC-变频器控制系统的优点

传统的串级调速系统：传统的桥（门）式起重机为了提高起动扭矩，采用可串电阻进行调速的转子绕线式异步电动机拖动，通过联动台的凸轮控制器的操作来改变其转子绕组所串电阻调速。对于大功率电动机，采用凸轮控制器—中间继电器—接触器改变转子绕组所串电阻来进行调速。这样就无法避免前文所述的缺点。而且这种传动控制方式机构元件较多，逻辑设置相当复杂，对操作维护人员水平要求极高。图1、图2为主起升的电气系统图和控制图。

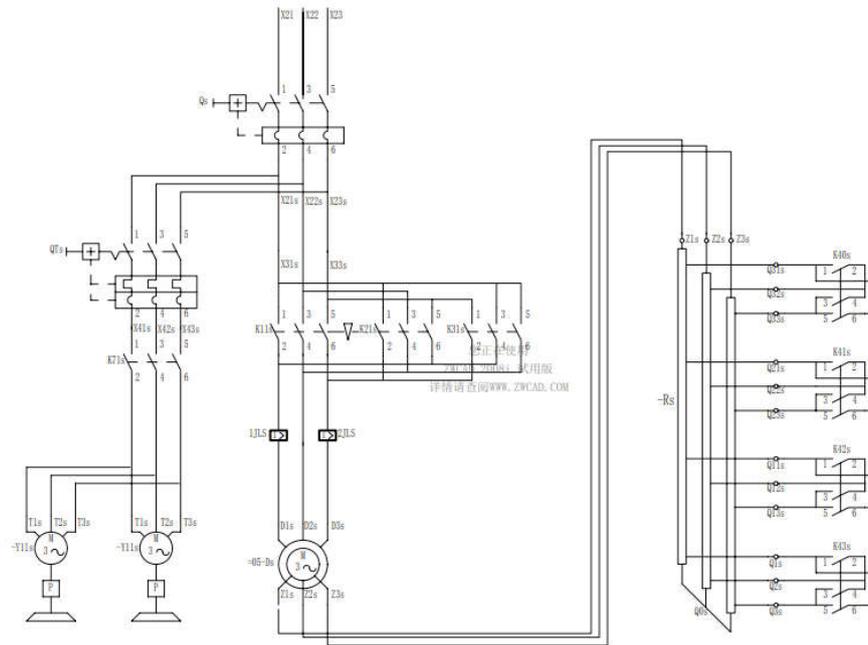


图1 主起升电路图

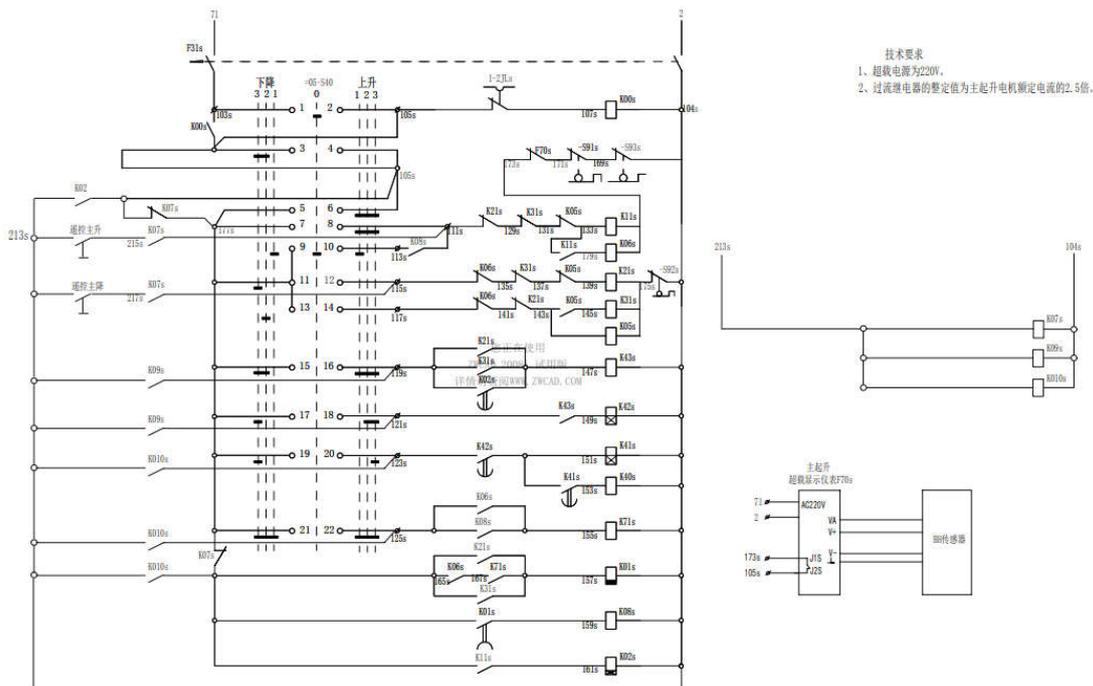
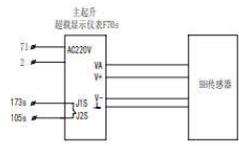


图2 主起升控制图

技术要求
1. 超载电源为220V。
2. 过流继电器的整定值为主起升电机额定电流的2.5倍。



PLC-变频器控制系统的优点：当前人们普遍采用变频器拖动电动机，用改变频率的方法进行变频调速，用鼠笼异步电动机取代原来的绕线异步电动机，用PLC代替原来电控箱内的逻辑元件，并可以进行无触点控制，PLC和变频器之间采用通讯进行信号传输，从而大大的改善了调速性能，增加了起升和行走等系统机构的可靠性，具体的控制方式改变如下：

电气架构不变，还是由控制系统、大车传动系统、小车传动系统、起升传动系统组成。大车根据功率需要为多台电动机组成的系统同时拖动，实现同步运行。小车根据使用需要设置单个小车和主、副两个小车的设计。所以整个系统有3或4组电动机拖动，3或4组变频器拖动（主副起升变频器均为单台变频器，其余系统按照容量需求配置变频器的台数）。这样可以实现起重机基

本的必要操作功能。常规桥（门）式起重机主要功能有：主钩机构升降、副钩机构升降、大车水平运行、小车水平运行等；保护功能一般有：主、副钩起升机构上限位（减速、极限停止两级限位）、下限位、大车行走极限限位、小车极限限位等，超载保护等

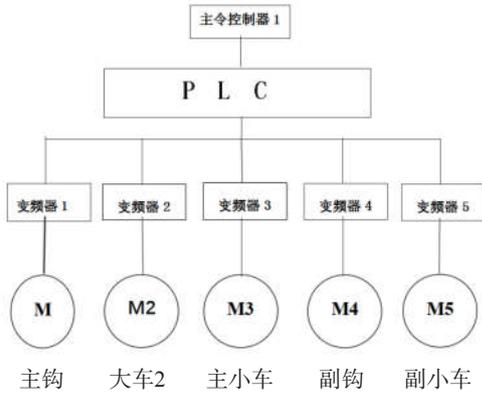


图3 PLC-变频器控制示意图

主、副起升系统是整个起重机中最复杂，要求可靠性最好的系统，由于属于位能性负载，为了能在负载变化率较大时能够快速的响应，实现对速度和转矩的快速调节，获得理想的动态性能^[3]。通常采用速度反馈的闭环的控制方式，这种方式具有较好的调速效果，受转矩的影响小，有助于实现同步运行。所采用变频器的选择尤为重要。要求这些变频器一般都具有零速全转矩功能，并且有较全的接口和工业适用性。市场上知名变频器研发生产厂家都提供了为起重机专门研发的变频器产品，例如：西门子的6SE系列，ABB的ACS-1000系列，安川的H1000系列等。这些产品在技术方面彻底解决了电动机失电后到制动器制动力完全施加时，起升机构失速，重物坠落的危险。并且在市场中占有率较大，技术成熟，应用和维护人员较多，后续维护方便，能大大的解决起重机后续的使用的维护的问题。起升系统的电路图如下图：

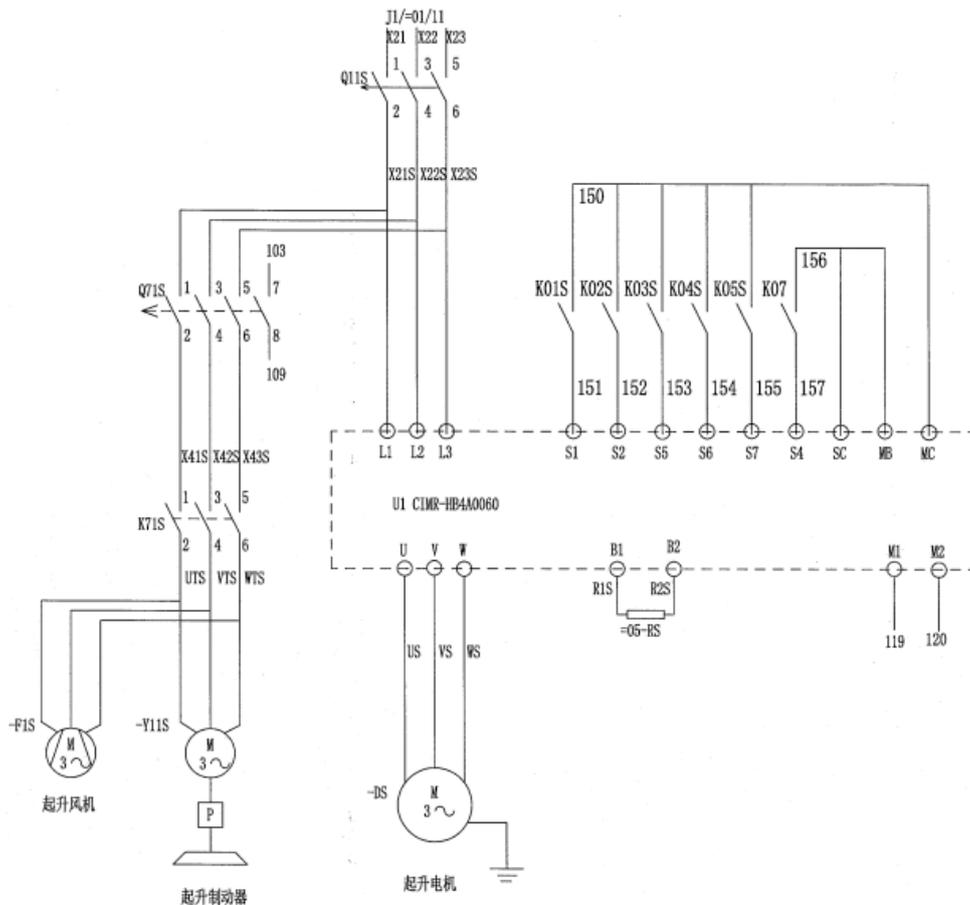


图4 主起升电路图

大、小车系统：通常认为大、小车机构的负载是普通反抗性负载，负载变化一般是线性的负载，属于阻力

性负载，转矩一般无较大的突变，一般采用开环控制即可，有些要求精度高的场合也可以使用速度闭环控制，

因此配用普通型或高功能型变频器既可以满足要求。一般选用市场上较成熟的产品即可。

控制系统：目前市场主流选择PLC—变频器的控制方式，并且外接触摸屏做人机交互界面，触摸屏通常显示整机的常用参数，报警信息等。触摸屏有助于简化操作与监控措施，工作人员能够通过面板显示的各机构运行状况，并结合实际要求来调整各方面的参数或通过触摸屏按钮启动各功能开关等操作。采用PLC-变频器控制有以下优点：1、通过PLC给定变频器指令的控制，可以实现更加精确的控制，例如对电机转速、转矩、位置等参数的控制，可以满足更复杂的工况应用需求。2、可以根据实际工况的变化，自动调节输出功率和频率，以实现最优的能源利用效率，降低能源消耗和成本。3、PLC控制可以实现对变频器采集的实时数据进行监测分析，以保证能对电机运行情况进行准确的判断，对电动机进行快速响应和准确控制，避免因控制延迟等原因对电动机运行造成影响。4、PLC—变频器控制可以实现对整个起重机系统内的变频器、电动机等元器件进行安全监控和报警、保护功能。例如过流保护、欠压保护、高温保护等，保障设备正常运行和人员的安全。

因此选择PLC—变频器控制的方式，具有更加精确、高效、安全、可靠等优点，适用于一些对控制可靠性、安全性要求较高、工况变化较大的应用场合，例如垂直运输、冶金，造纸，印刷等场合。主流的PLC产品市场很多，应用较多的西门子S-7系列，欧姆龙的CP系列、三菱的FX系列等

使用效果：经过实际应用，整个起重机的各项参数都有了明显的改善，主、副钩起升机构平稳，调速过程平滑。在起重机的安全性、可靠性、工作效率明显提高的前提下，能耗却大大的降低，减小了使用维护人员的劳动强度，大大的降低维护和修理的费用，同时满足其作业工况和生产工艺的需要。主要表现在：

(1) 人机交互界面选择可发声、可触摸显示屏元件，能够实时显示整机运行情况，可根据故障信息的情况实时提示各种声光报警信息，极大方便了操作和维护

人员的工作。(2) 采用来自联动台信号控制的PLC—变频器的控制方式，可以精准的对电机的启、停和调速的操作；并实施的将各个机构的参数进行采集、转换并回传给PLC进行计算分析。(3) 采用变频器拖动电动机的调速的起重机，速度可调范围较宽、速度调节线性好。系统设有主、副起升、大、小车行走等机构多个挡位运行，操作者可根据现场工况要求，对档位的数值进行修改，如档位数和个档位的速度等。(4) 电路整体结构简单、稳定性高、便于维护。主、副起升机构、大车、小车等四套变频调速控制系统采用集中的整体控制柜；控制柜内包括变频器、进出线滤波装置以及周边低压元件。集中在一起便于环境温度、湿度、灰尘等不利情况的控制。(5) 节能效果显著。绕线转子异步电动机在低速运行时，串联在转子回路的电阻器会消耗大量的电能，转化成热量散发掉。采用变频调速系统后，由于不同的结构，没有了转子绕组的能量消耗。并且在起重机放下重物时，还可将重物释放的位能反馈给变频器的直流母线端，由电容器暂时存储，待电机运行时再次提供给电动机运行消耗。

结束语：基于PLC-变频调速的传动技术，改变了整个桥（门）式起重机控制和传动系统，使整机性能有较大提高，运行更加的可靠、安全，起重机启动平滑、行走平稳，被吊物件定位准确，消除了启停时电流对电网的冲击。在PLC控制下的变频器传动系统，特别是增加了良好人机界面和通信能力，可以在后期增加远程控制室对起重机整机的远程控制。使起重机的使用功能可以再次进行扩展。

参考文献

- [1] 《桥式起重机的PLC和变频器控制模式》史中生；-《机电设备》-2007
- [2] 《变频调速在门座起重机抓斗起升控制中的理论研究》李世龙；刘嵩；赵利军；-《黑龙江科技信息》-2011.
- [3] 《50/10t桥式起重机的变频改造》冯正德；-《设备管理与维修》2011