

塔式起重机结构及 PLC 控制虚拟仿真实验

一 . 实验名称

塔式起重机结构及 PLC 控制实验

二 . 实验目的

通过对塔式起重机金属结构的认知，掌握塔身、塔帽、起重臂、平衡臂、底座的结构形式及其功能；掌握塔式起重机工作机构运行方式，熟悉外部电路设计及 PLC 选型设计，绘制梯形图，实现起升机构、回转机构、变幅机构和安全回路的程序设计，掌握塔式起重机各工作机构控制方式和工作原理及其安全监控原理。

三 . 实验内容

1. 塔式起重机金属结构的主要组成及功能；
2. 塔式起重机的安装过程；
3. 起升机构主要组成部分和工作原理以及起升高度限制器的作用和安装位置；
4. 回转机构主要组成部分和工作原理以及回转限制器的作用和安装位置；
5. 变幅机构主要组成部分和工作原理以及小车行程限制器的作用和安装位置；
6. 塔式起重机工作机构基本控制电路；
7. 塔式起重机工作机构 PLC 控制的梯形图、编程的熟悉和应用。

四 . 实验仪器和设备

1. 小型塔式起重机模型；
2. 塔式起重机虚拟仿真实验系统。

五 . 实验步骤

1. 预习熟悉塔式起重机金属结构及其组成部分，熟悉塔式起重机工作机构运行方式；
2. 记录塔身、塔帽、起重臂、平衡臂、底架的组成结构形式，包括各部件弦杆、腹杆的布置形式、截面形式、杆件采用的型钢形式；

3. 记录底座安装方式和过程；
4. 记录标准节连接方式；
5. 记录起重臂和平衡臂安装方式；
6. 记录过渡节顶升方式，以及标准节进入连接方式，总结塔身增高过程；
7. 了解起升机构\变幅机构\回转机构的基本组成（三种机构选一种）；
8. 根据对应所选择的机构进行电气系统设计，并绘制控制原理图：

① 选择的起升机构：设计起升机构电气原理图。运行状态分为上升和下降两种状态；运行速度分为高速、中速和低速三档；安全保护状态分为上升至可行最高位和下降至可行最低位速度变化，由高速、中速、低速、停止依次自行速度转化。

② 选择的变幅机构：设计变幅机构电气原理图。运行状态分为前行和后退两种状态；运行速度分为高速、中速和低速三档；安全保护要求：前臂尖端装有限位开关，接近尾端装有限力矩开关，由高速、中速、低速、停止依次自行速度转化。

③ 选择的回转机构：设计回转机构电气原理图。运行状态分为顺时针和逆时针两种状态；回转速度分为高速、中速和低速三档；安全保护要求：连续一个方向的旋转不能超过 540°，启动和停止必须是低速，以确保运转平稳，惯性小。

9. 根据电气原理图绘制梯形图；
10. 根据梯形图，编写 PLC 程序；
11. 进行 PLC 搭接，并实现起升机构运行控制实验；
12. 测定所搭接工作机构的运行等相关参数。

六．实验结果与结论要求

1. 塔式起重机金属结构由塔身、塔帽、起重臂、平衡臂、底架等构成，见图 1；

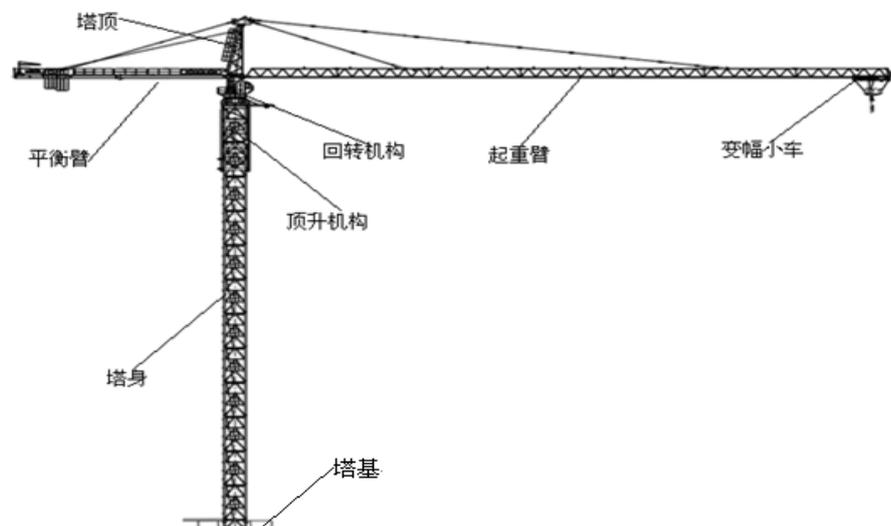


图1 塔式起重机的基本组成

2. 起重臂由上弦杆、下弦杆和腹杆组成；
3. 塔身由主弦杆、水平腹杆和斜腹杆组成；
4. 由液压顶升装置顶升过渡节、由小车运送标准节进入过渡节，高强度螺栓连接，逐步实现塔机机身的增高；
5. 根据实验要求设计起升机构\变幅机构\回转机构的电气控制图、梯形图和 PLC 程序，并实现其运动过程仿真运行，见图 2-5：

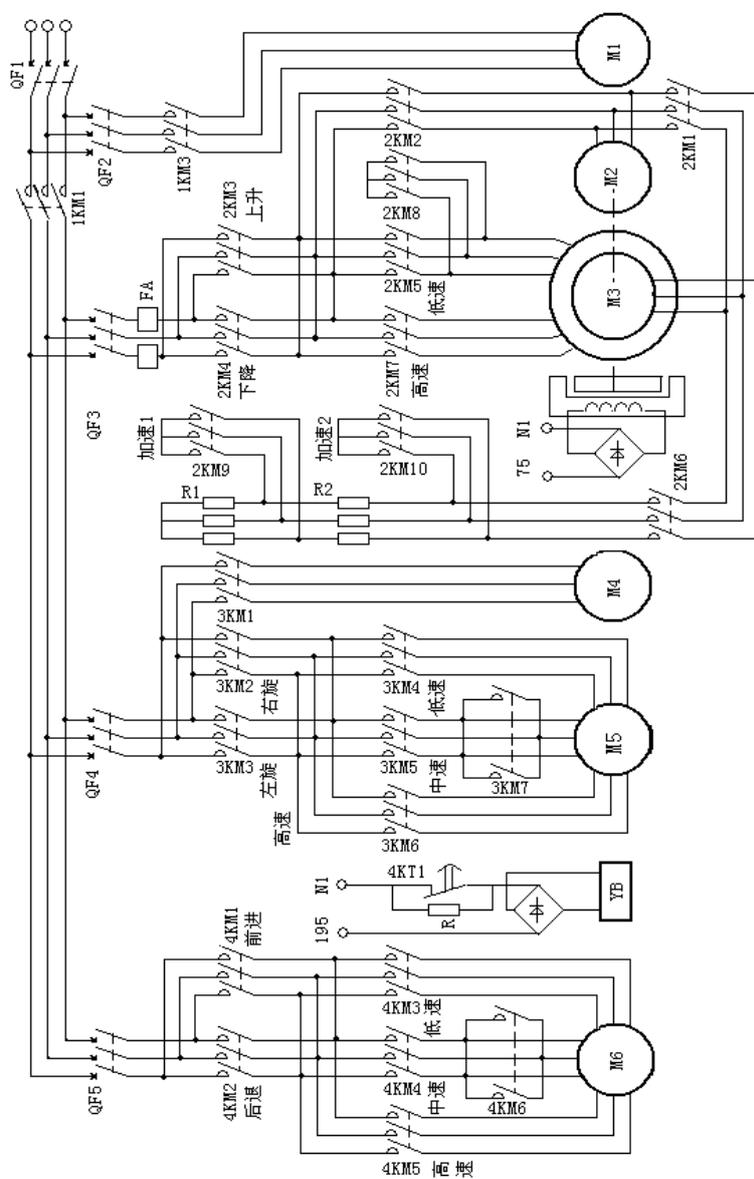


图2 塔机电气主线路图

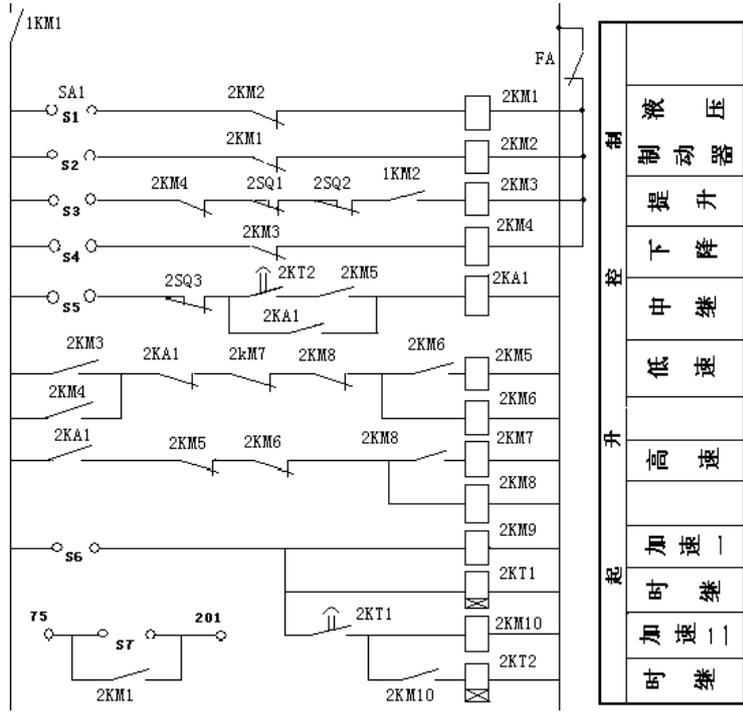


图 3 起升机构控制线路图

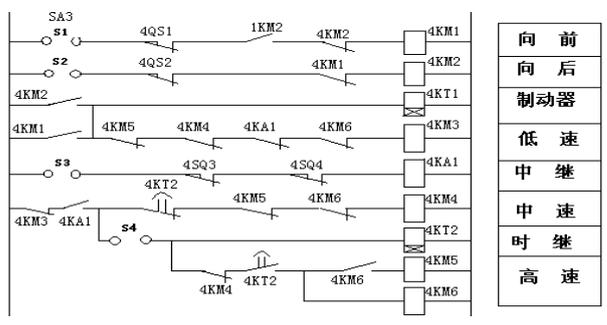


图 4 变幅机构控制线路图

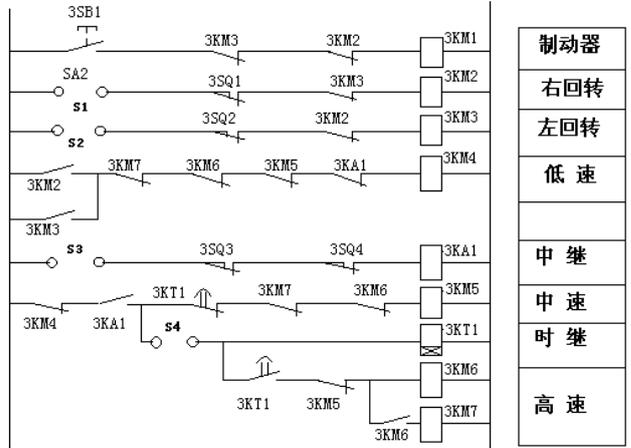


图 5 回转机构控制线路图

6. 运行参数监测，符合设计要求。

PLC 对塔式起重机安全监控系统的控制 塔式起重机属于特种设备，安全性要求高，因此设有许多安全装置以保护设备和人员的安全。塔式起重机中安全装置和作用包括：力矩限制器，限制起重臂相应幅度起重量；重量限制器，限制最大起重量；高度限制器，限制最大起升高度；变幅限制器，限制起重臂最大和最小幅度；回转限制器，防止塔机相同一个方向转动扭断电缆线；防脱绳装置，防止钢丝绳脱离工作位置，小车防断绳装置，防止变幅绳断裂小车自由滑动；小车防断轴装置，防止小车走轮断轴后坠落；各部位制动器，即是工作装置也就是安全装置；吊钩行程限位器，起升重物时，当吊钩上升到极限位置时，通过一些装置触触动触点开关，使起升机构断电停车，吊钩停止上升；小车行程限位器，设于起重臂的头部和根部，防止小车越位而造成事故；风速仪，对臂架根部铰点高度超过 50m 的起重机，必须在顶部装设风速仪。塔机安全监控信号包括起重力矩、起重量小车幅度、变幅速度、吊钩高度、起升速度、回转角度、风速等信号，通过高度传感器、重量传感器、风速传感器、方位传感器、幅度传感器、GPS 模块、监控仪表这些仪器仪表去将各机构传递的信号经过转换后输入主控制器，通过控制器将信号输入到显示屏幕上，显示塔机系统各机构当前工作状态的信息。

起重量的监测：现在使用起重量限制器一般由两大部分组成，传感器和控制器。当起重机械起吊重物时，重量传输到定滑轮轴上安装的传感器使传感器产生微量电压变化，经仪表放大器放大后经转换器变成数字信号，数字信号直接由 PLC 读取。经钢丝绳对滑轮产生的合力由测力传感器间接测量获得，处理后换算成重量值，该值与额定起重量比较如达到 110% 的额定值时切断起升电机电源并报警。

回转角度及速度的监测：回转机构是由立式电机通过液力耦合器和减速器驱动回转电机驱动小齿轮转动，小齿轮驱动大齿圈回转。因此，回转机构的速度取决于大齿圈的转动速度，为了减小塔机的迎风面积，塔机的回转机构在非工作状态下必须保证“随风转”状态，由于此时电器设备都处于停机状态，为此可利用传感器轴齿轮与小齿轮啮合，当工作通电后，由 PLC 模拟量单元可间接获得当前回转部分所处的角度。

变幅小车位置及速度的监测：变幅小车位置及速度的监测包括吊钩高度和起升卷扬机速度的控制两部分的内容，这两部分速度的监控依靠轴和齿轮上安装的各种传感

器与塔机相关部位连接，通过传感器将速度和位置的信息转换成电信号输出到 PLC 的主控制器上，然后通过控制器上反应的信息如前进、后退、正转、反转、起动、断电等去控制变幅小车位置及速度。

起升高度及速度的监测：检测方法与变幅检测方法基于 PLC 的塔式起重机安全监控系统设计相似，不同在于吊钩下降的高度是以塔机最大起升高度点作为参考零点，而实际起升高度应以地面作为参考零点。