

卷扬式启闭水闸自动控制系统硬件的模块化方法

陈晓东¹, 许建国¹, 王高鹏²

(1. 宁波市江北区农林水利局, 浙江 宁波 315020; 2. 河海大学水利水电学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 由于水闸启闭方式、闸孔数、控制运用方式不同, 到目前为止水闸自动控制领域还没有相应的通用产品, 且绝大多数水闸的自动控制系统的可靠性都不能很好地满足实际要求。为解决此问题, 对卷扬式启闭水闸自动控制系统的硬件进行模块化设计, 一是对每孔闸门启闭机采用独立控制回路; 二是在每孔闸门启闭机电气控制回路中增加与 PLC 单元的输入输出接口; 三是将每个 PLC 单元设计成最多支持 6 个闸门孔的组合, 形成由 PLC 单元模块和启闭机控制单元模块构成的水闸自动控制系统的现地控制层。

关键词: 水闸; 自动控制; 模块化设计

中图分类号: TV664⁺.1

文献标识码: B

文章编号: 1006-764X(2010)S1-0119-03

在新建水闸或对老水闸除险加固时, 需要对水闸实施自动控制^[1-2]。目前常见的做法是水闸管理单位提出对水闸的控制需求^[3], 项目承接单位设计满足这些需求的硬件和软件, 然后在水闸现场进行安装调试。但采用这种做法的结果是绝大多数水闸自动控制系统的可靠性都不能很好地满足实际要求, 其原因在于: 不同的水闸需要进行不同的软硬件设计, 这不仅付出了重复的脑力劳动, 而且不利于对以往工作的改进。此外, 采用上述项目实施方法, 自动控制系统软硬件在工厂和现场的调试和测试无法做到全面而有效, 这从根本上导致了水闸控制系统存在可靠性风险。改变这种现状的一个方法是将水闸控制系统的软硬件进行模块化设计, 使其硬件和软件都能满足不同启闭方式、不同闸孔数、不同控制运用方式的要求, 在工厂对这些软硬件模块进行充分的测试和联合调试, 保证所有可能的控制流程都能正确执行。对于某个具体的水闸, 其自动控制系统的硬件只是从这些模块中选型, 而软件只需对模块化软件的孔数、控制功能等进行具体设置。

本文以不定孔数卷扬式启闭水闸为例, 描述其自动控制系统硬件的模块化方法。卷扬式启闭水闸通常是一台启闭机对应一孔闸门, 对闸门的基本控制要求是控制其上升、停止、下降。通过对电机进行正反转的常规电气控制, 可以满足这一基本控制要求。在自动控制系统中, 用户不仅要求可以在启闭机现场对闸门进行控制, 而且要求可以在集中控制

室或通过网络在任何地点对闸门进行控制。因此, 在闸门现场还需要有能接收集控或远控命令、反馈现场信息的现地控制层。这一层的硬件核心部件就是可编程序逻辑控制器(PLC)。在集控层或远控层, 控制命令和现场数据都是通过网络实现通信的, 因此, 集控层或远控层的硬件核心就是计算机。

1 启闭机正反转控制的模块化

由于水闸自动控制系统不仅要满足现场就地控制要求, 还要满足集中和远程控制要求, 因此在控制启闭机正反转的常规电气电路中, 要留有与以 PLC 为核心的现地控制层的接口。这个接口包括与“停止”按钮串联的常闭触点和分别与“上升”、“下降”按钮并联的常开触点。PLC 模块可以控制这些常开常闭触点的动作, 从而控制闸门的上升、停止、下降。

考虑到启闭机正反转控制模块现场安装的地点有可能与闸门启闭机所在地点不同, 而在水闸运行管理过程中有时需要在闸门启闭机现场对闸门进行操作, 所以启闭机电气控制回路中也需要有与现场按钮箱的接口, 即与“停止”按钮串联的常闭触点以及分别与“上升”、“下降”按钮并联的常开触点。当水闸确实需要在启闭机旁安装控制按钮箱时, 只需将控制箱中的“上升”、“停止”、“下降”按钮的触点与控制模块的对应端子相连即可。启闭机控制模块需要从原理上保证闸门启闭的可靠性, 也就是在现地控制层发生故障不能工作时, 尽管不能对闸门实施

集中和远程控制,但是不能影响闸门的启闭。

闸门启闭过程中电气控制回路的状态首先需要反馈到现地控制层,再反馈到集中控制层。这些状态包括断路器分合状态,上升接触器分合状态,下降接触器分合状态,热继电器动作状态,闸门的全关、全开状态。可以利用中间继电器的触点、接触器和热继电器的辅助触点、闸门安全限位开关等来作为反映其状态的开关信号,将它们接入 PLC 数字量输入模块即可实现对状态信号的掌握。

闸门启闭过程中还有 2 个重要的量需要反馈到现地控制层,即闸位和启闭机工作电流。闸位传感器可以直接接入 PLC 模块,也可以通过显示控制仪表再与 PLC 通信。启闭机工作电流通常是先接入智能数显电流表,然后再通过通信进入 PLC。考虑到上述全部需求之后,启闭机电控模块电路原理示意图见图 1。图 1 中 SB1、SB2、SB3 分别是控制模块本体的“停止”、“上升”和“下降”按钮;SB4、SB5、SB6 为启闭机旁按钮箱中的 3 个按钮,其作用分别是实现停止、上升和下降;KA5、KA6、KA7 为与现地控制层 PLC 模块的接口,即 PLC 模块通过这 3 对触点实现对闸门上升、停止、下降的控制。图中虚线表示的是控制模块以外的连接。如果实际应用中不需安装按钮箱,就将 SB4 按钮对应的端子短接,以保证控制回路的连通。而 SB5、SB6 对应的连接无需任何处理。如果将这个控制模块应用于无 PLC 模块的场合,则也需要将 KA5 对应的端子短接。图 1 中 KA1 的常开触点用于反映断路器 QF 的状态,KA2 的常开触点对应于热继电器 KH 的动作状态;KA3、KA4 的常开触点分别对应于闸门全开状态和全关状

态。上升接触器 KMU 和下降接触器 KMD 的状态由各自的辅助触点提供。启闭机电机的工作电流除了由智能数显电流表 PA 在控制模块本体上显示外,还可由电流表 PA 与 PLC 通信并由 PLC 读得数据最终在上位机上显示。

无论一座水闸有多少孔,每孔启闭机的通用控制模块都可以采用图 1 所示的电气电路。只不过电路中断路器额定电流、接触器额定电流、热继电器动作电流的大小需要根据启闭机电机的功率来确定。当然,还有一个前提条件是电机功率的大小在当地供电线路情况下满足直接启动的要求,这对绝大多数水闸来说都是可行的。

2 现地控制层的模块化

现地控制层的核心是 PLC^[2 41],而一个 PLC 系统的 I/O 总量是有限的,因此,笔者首先要考虑的就是一个 PLC 单元最多能控制多少个上述的启闭机控制模块。除此之外,这个 PLC 单元要支持 $1 \sim N$ 个启闭机控制模块(N 为 PLC 单元最多能连接的启闭机控制模块数)。也就是说,这个 PLC 单元可以分别接 $1, 2, \dots, N$ 个启闭机控制模块。这样,如果一座水闸有 M 孔,就要使用 $\text{Int}(M/N) + 1$ 个 PLC 单元(Int 为取整函数)。

如果以水闸控制的实时性要求、通信要求、人机界面要求、控制精度要求作为选择 PLC 的主要指标,可选的品牌、型号十分丰富。作为性价比较高的一种选择,西门子 S7-200 系列 PLC 能较好地满足水闸控制各方面要求。

1 个启闭机控制模块需要的 PLC 数字量输出点数为 5 个(其中 3 个与 KA5、KA6、KA7 对应,2 个与

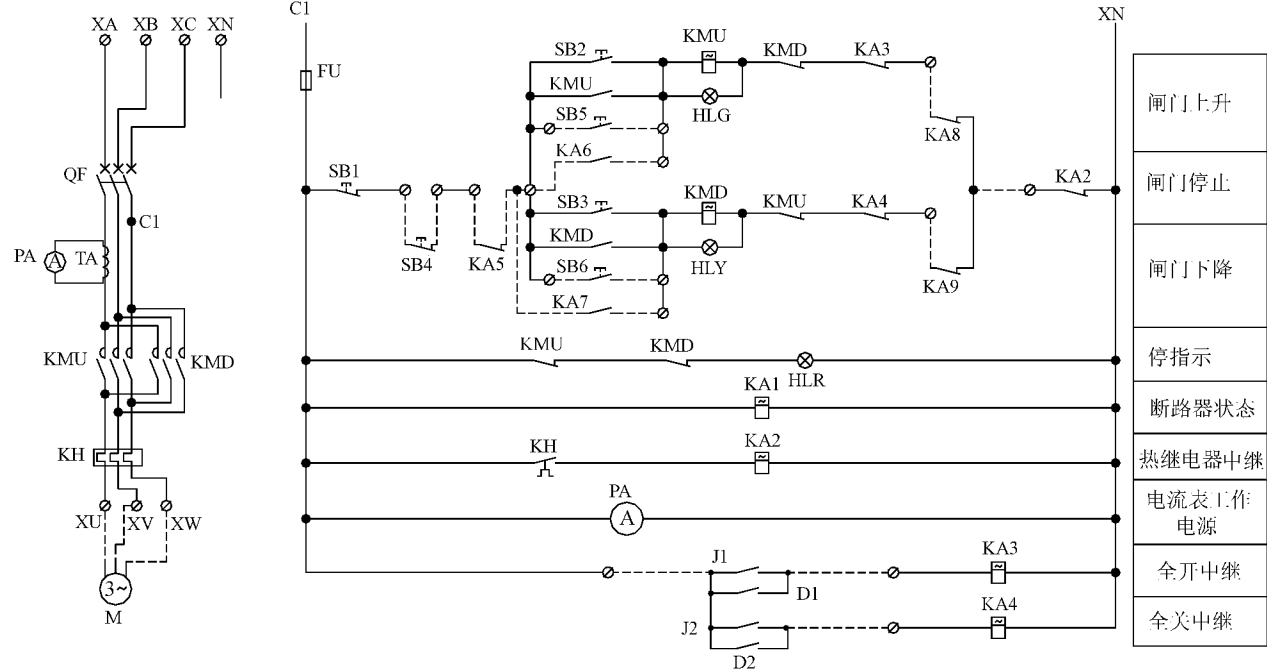


图 1 启闭机电控模块电路原理示意图

KA8,KA9对应),数字量输入点数为6个(QF,KMU,KMD,KH的状态及闸门全开、全关状态),模拟量输入点数为1个(闸位传感器),自由口通信点数为1个(智能数显电流表)。以西门子S7-CPU226作为PLC系统的CPU模块,则其最多可连接7个扩展模块。假设1个PLC单元最多可以连接6个启闭机控制模块,则首先需要1个以太网通信模块CP243-1,其次需要6个模拟量接入点,即需要2个模拟量输入模块EM231。除此之外,6个启闭机控制模块共需要 $5 \times 6 = 30$ 个输出点和 $6 \times 6 = 36$ 个输入点;系统中总接触器合闸、分闸,水位报警用灯光、音响共需4个输出点,系统总断路器状态、总接触器状态、每6个启闭机控制模块为1组的单元电源断路器状态、水位报警复位按钮、手动自动工作方式等共需5个输入点。这样,PLC单元总共需要的数字量输出点数为 $30 + 4 = 34$ 个,数字量输入点数为 $36 + 5 = 41$ 个。考虑到CPU226本身具备24个输入点和16个输出点,同时考虑到系统中使用的数字量输入输出模块的型号最好保持单一,以便于用户储存备件,可选用3个8入/8出的数字量模块EM223。这样PLC单元能提供的数字量输出总点数为 $16 + 3 \times 8 = 40$ 个,大于需要的34个,提供的数字量输入总点数为48个,大于需要的41个,完全满足要求。而且3个EM223模块加上2个EM231模块再加上1个CP243-1模块共6个模块,也满足CPU226最多能连接7个模块的要求。

水闸控制系统的动力电源电压、6个启闭机电机工作电流、上下游水位共9个量,使用CPU226的1个自由口通信方式读入,CPU226的另1个通信口用于与人机界面HMI的连接。图2是PLC单元电路原理示意图,它的组成满足了现地控制层的硬件模块化要求。

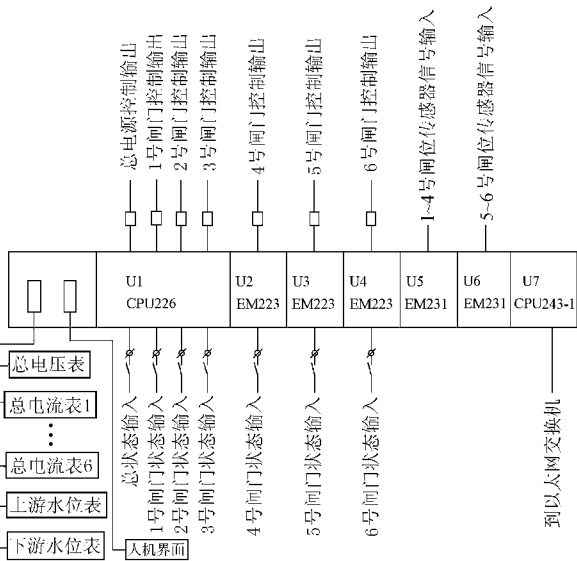


图2 PLC单元电路原理示意图

如果1座水闸的孔数不大于6孔,那么只需要

1个PLC单元就可以了。这个单元既可以对总的电源接触器进行控制,获得系统动力总电源的工作状态,还可以得到上下游水位数值并比较、控制每孔闸门的运动。对于人机界面,用户需要使用时可以配置,用户不需要时可以省略。不过,当水闸孔数不大于3时,PLC模块中只需要U1/CPU226,U5/EM231和U7/CP243-1;当闸门孔数等于4时,需增加U2/EM223模块,以此类推。

如果水闸孔数为 M ,就需要 $K = \text{Int}(M/6) + 1$ 个PLC单元,而且除了第1个单元需要对系统总电源进行控制并读入其状态,以及读入上下游水位外,其他PLC单元都不需要这些输入和输出,相应的接入端保持为空即可。对于 K 个PLC单元,每个单元中以太网模块的IP地址均不同,这样,1个局域网中最多可以访问200个以上的PLC单元。实际上,到目前为止,我国最多孔数的水闸小于70孔,所以,1个水闸自控系统中最多只需要12个PLC单元。

对于PLC单元,其模块化不仅取决于硬件连接,也取决于其软件设计。在模块化的过程中,首先需要对1~6号启闭机控制输出及状态输入都固定其输入输出点位,其次在PLC程序的符号定义中,固定这些输入输出点与上位机接口的存储器单元或存储器位。还需要注意程序对闸孔控制或状态输入的独立性,即某一孔闸门是否在线不影响PLC单元对其他闸孔的操作。

3 结 语

水闸自动控制系统中硬件^[5]的模块化主要在于启闭机常规控制电路的模块化和PLC单元的模块化。对于集中控制层来说,硬件只包括控制用计算机和网络交换机,不存在模块化的问题。但是,水闸控制系统模块化的任务不仅包括硬件部分的模块化,而且包括软件部分的模块化。其中,PLC程序的重点是要保证PLC单元对每孔闸门控制输出和状态输入的独立性。上位机中应用软件的内容比较多,相互之间的关联性也比较高,而且通常使用组态软件作为实际控制系统的开发平台,要实现模块化有一定的难度,但解决的方法应该也多种多样。

参考文献：

[1] 金卓. 自动化控制系统在防洪泵站水闸中的应用[J]. 水利电力机械, 2007, 29(6): 57-58.
[2] 隋军威, 郑士富. PLC在水闸液压启闭机控制系统中的应用[J]. 仪器仪表用户, 2007, 14(5): 51-52.
[3] 高杏根. 自动监控系统在河道水闸防洪排涝中的应用[J]. 水利水电自动化, 2009(1): 26-30.
[4] 沙根银. 计算机及可编程序控制器技术在闸门群控中的应用[J]. 上海水务, 2006, 22(1): 7-9.
[5] 刘云. 浅谈大中型水闸电气控制系统的应用[J]. 经营管理者, 2009(22): 396.

(收稿日期 2010-04-15 编辑 骆超)