

摘要 为解决南京地铁一号线冷水机组原冷却水阀设计不合理带来的一系列弊端,将原来的开断型水阀改造为调节型水阀,并采用压差 PID 控制水阀开度。该改造方案已应用到 11 个地下车站的 43 台冷水机组中,取得了不错的应用效果。

关键词 BAS PID 控制 冷水机组 应用效果 地铁

1 项目背景

南京地铁一号线空调通风系统对地铁一号线 16 个地面、地下车站及相应的区间隧道内的温度、相对湿度、风速、噪声和空气质量等进行全面控制调节,为乘客营造舒适的地铁环境;并为紧急工况下人员安全疏散提供一定量的新风,保障乘客安全。其中,地下车站采用闭式空调通风系统,多数设备由楼宇自控系统 (BAS)进行远程监控,一号线冷水机组选用 WCFX 系列立式水冷双螺杆冷水机组,该机组结构简单,可无级调节,且为无油泵设计,主要依靠机组运行时吸、排气的高低压之差来带动冷冻润滑油回到压缩机。

在原设计中,南京地铁一号线冷水机组冷凝器前的冷却水管道上设置了开断型电动蝶阀,要求在冷水机组开机时打开该蝶阀,冷水机组关机后关闭该蝶阀。但在实际运行中,由于冷水机组开机时不能迅速升高排气压力,导致机组出现回油不畅等问题,无法正常开机运行。在冷水机组进入正常运行阶段后,因负荷的变化和冷却水温度的变化,也常常导致机组的排气压力不稳定,影响机组的稳定运行。目前冷却水管道上设置的开断型电动蝶阀只能实现全开、全关的操作,难以对流量进行有效控制。虽然 BAS 已经采用了特殊的程序,通过控制开阀指令的持续时间,可以使阀门部分打开,从而在一定程度上控制流量,也基本实现了冷水机组的顺利开机,但因没有开度反馈信号,因此这种控制是非常粗略的,并没有从根本上解决问题。

2 改造方案

经自控专业与环控专业多次分析和现场试验,在目前的现场条件下,采用控制冷却水流量的方法,将冷凝器前冷却水管道上的开断型电动蝶阀改造成调节型电动蝶阀,能够有效地控制冷水机组的排气压力,从根本上完全实现对冷却水流量的调节和控制,从而实现冷水机组的自动和稳定运行。同时,考虑到冷却水阀频繁动作会导致冷水机组运行不稳,因此,在水阀控制上采用了压差 PID 控制。

在实际改造中采用比例+积分(PI)控制器,把冷水机组排气压力与吸气压力之差作为系统误差,利用比例、积分控制法计算出冷水机组开关机及运行情况下所对应的冷却水阀开度。经现场多次试验,最终确定比例增益 K_c 为 2.5,积分时间 T_i 为 100 s。

由于在冷水机组开机过程中冷却水阀不能关闭,故设置水阀开度死区为 10%,也就是说只要冷水机组处于开机状态,水阀开度只能在 10%~100%之间进行调节。控制流程如图 1 所示。



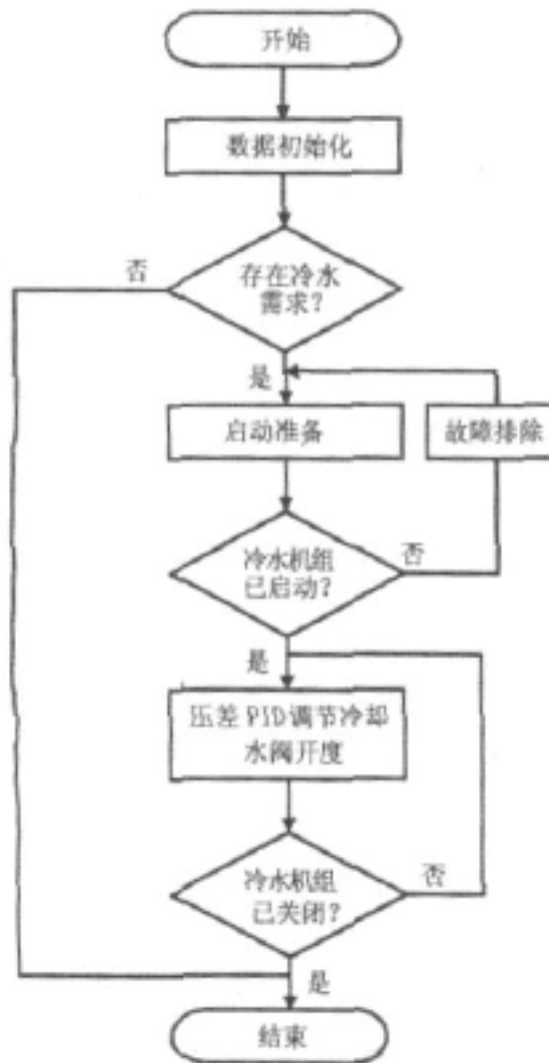


图 1 冷却水阀压差 PID 控制流程

3 项目实施

改造方案确定后,笔者首先对市场上多种调节型电动蝶阀进行了调研和性能测试,最终选定 UNIC-20,UNIC-40,UNIC-60(需配装调节放大器)型电动蝶阀,输入输出均可采用 4~20 mA 的电流信号。项目改造实施步骤主要包括:水阀执行器更换、现场以及 PLC 控制柜内接线、程序编制及调试等。下面重点介绍程序编制与调试过程。

南京地铁一号线 BAS 所采用的 PLC 下位编程软件为 RSLogix 5000,原来的开断型执行器采用数字量 I/O 控制,对应阀门状态点为 DI*2(全开状态、全关状态),DO*2(开阀指令、关阀指令)。而改造后为模拟量 I/O 控制,每个阀门所需的 I/O 点数量为 AI*1(开度反馈),AO*1(开度指令)。这就需要变更 PLC 模块通道,同时在 PLC 下位程序中进行程序的修改与重新编制。

程序编制主要包含变量定义、I/O 语句、联锁梯形图以及 PID 模块等。图 2 所示为某车站北端空调冷水系统监控画面,椭圆标注区域内的阀门为现场改造阀门,位于冷水机组冷凝器前的冷却水管道上。

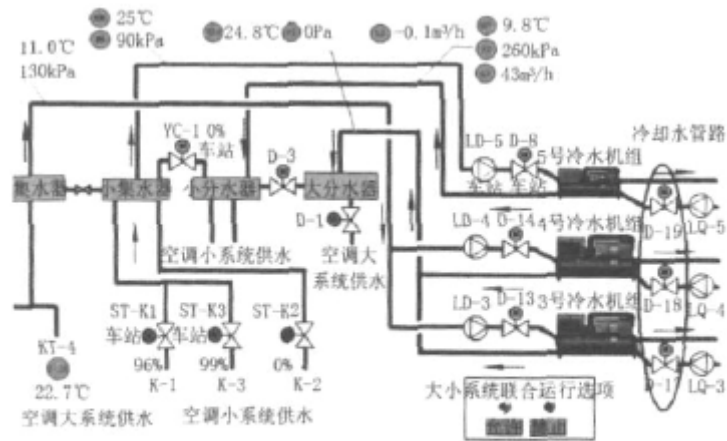


图 2 车站北端空调冷水系统监控画面

- 1)首先在 Controller Tags 里按照模拟量特征对改造阀门进行重新定义。
- 2)修改阀门变量输入、输出语句,由原来的数字量通道改为模拟量通道。
- 3)对改造阀门进行 PID 子程序编程,并在冷水机组控制程序中进行调用。PID 模块的建立与参数设置是本次改造的技术核心。
- 4)程序编制、现场调试完成后,冷却水阀由原来的开、关状态转变成 10%~100%任意开度调节,并随着冷水机组压差的改造而实时变化。

4 应用效果

目前,该项目已应用到南京地铁一号线全线 11 个地下车站,共有 43 台冷水机组改造完成。通过将冷凝器前冷却水管道上的通断型电动蝶阀改造成调节型电动蝶阀,采用 PID 控制技术实现对冷却水流量的调节和控制,完善了 BAS 对冷水机组的远程控制功能,避免了因冷却水阀调节不好而导致冷水机组压力参数频繁报警甚至跳机故障的发生,起到了保护冷水机组设备的目的,减少了冷水机组开机时环控专业现场操作和监视人员的投入,取得了非常好的应用效果。

参考文献:

- [1]陶永华.新型 PID 控制及应用[M].北京:机械工业出版社,2002

