汽车涂装车间制冷站系统控制方案

□ 中国汽车工业工程有限公司/韩俊 董方
□ 华晨宝马汽车有限公司/魏宏基

结合工程实例，详细介绍了汽车涂装车间制冷站控制系统的控制原则，并从系统组成、运行模式、二次侧和一次侧循环水泵控制、制冷机组控制、冷却塔控制、换热器控制等方面讨论了其控制方案。

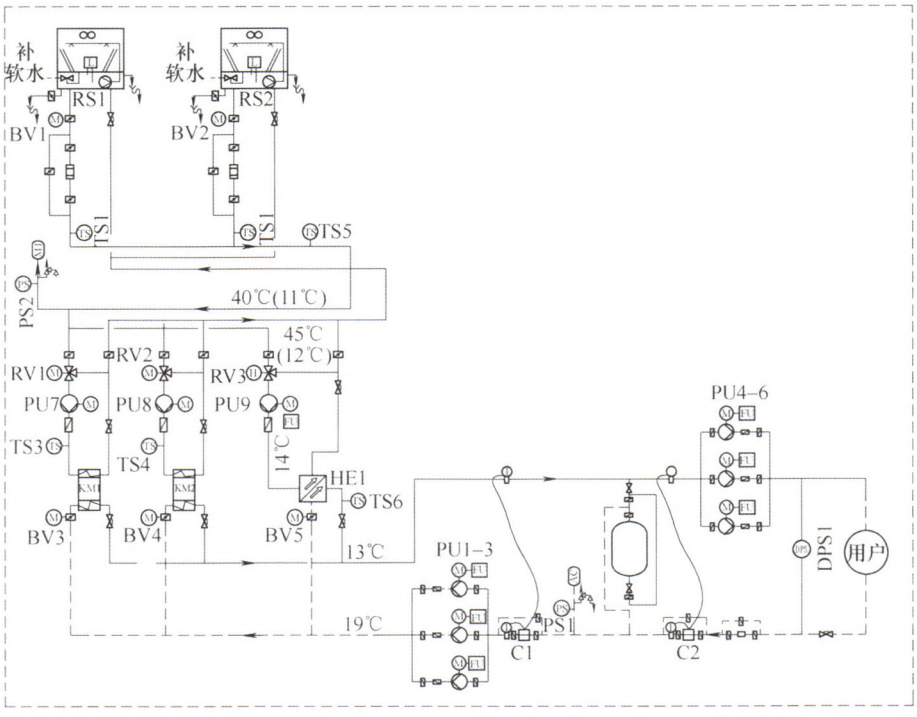
系统组成及运行模式

某汽车涂装车间的制冷站系统如所示，包括一次侧循环水系统、二次侧循环水系统、制冷机组系统、冷却塔系统和换热器系统。

系统运行有两种模式。冷却塔+换热器+一、二次侧水泵（模式一）：当外界平均温度低于8℃时，以冷却塔为冷源通过换热器进行热交换。冷却塔+制冷机组+一、二次侧水泵（模式二）：当外界平均温度高于8℃时，以制冷机组为冷源送出冷水。

一、二次侧水泵控制（模式一/模式二）

（1）水泵连锁。如附图所示，6台水泵（PU1－3、PU4－6分别都是2用1备）与管网压力传感器PS1连锁，当管网压力低于设定值



某汽车涂装车间制冷站控制系统图

且持续10s以上时，水泵停止运行并报警。

（2）水泵起停。在任何模式下，一、二次侧都要各有一台水泵在运行状态。

（3）二次侧压差控制。二次侧用户流量的变化会反映到供回水压差上，通过调节二次侧循环水泵频率来维持压差设定值，满足二次侧用户的流量。

（4）一次侧水泵C1控制（模式一条件下）。一次侧水量根据二次侧水量的变化而变化，通过调节一次侧循环水泵频率来维持流量设定值。一次侧水泵流量的设定值为二次侧能量计C2实时流量值的1.02倍。

（5）一次侧水泵C2控制（模式二条件下）。一次侧流量只要满足制冷机流量即可，水泵将根据制冷机组一对一起动，当C2冷量大于设定值时（同制冷机设定值）第二台水泵起动，当C2低于制冷机负荷的40%时（同制冷机设定值）第二台水泵停止。

（6）水泵顺序起停控制。当压差或流量反馈低于设定值时，第一台水泵变频器由最小值～100%（为了避免频率过低，设定变频器的最小值为10Hz）；当第一台水泵转速持续2min不低于95%时，第二台水泵起动，流量增加，控制输出降低，两台水泵将随着控制输出同步运行。当两台水泵转速持续2min低于60%时，第二台水泵停止运行。

（7）故障切换及时间累计切换控制。当任一水泵发生故障时，切换至备用泵。为了保证每个水泵的寿命，设置时间累计切换控制，每星期将切换至运行时间较短的水泵运行。

制冷机组控制（模式二条件下）

（1）制冷机组入口阀门控制。在模式二条件下，系统使用制冷机组作为冷源，制冷机组将始终有一台在待机状态下，相应的入口阀门（BV3，4）打开。

（2）制冷机组起停。每台冷水机组本身有单独的控制器。控制器和系统PLC控制柜之间采用Modbus通信，收到来自系统PLC控制柜的起动信号后，先打开制冷机冷冻水入口阀门（BV3，4），在起动相应冷却水循环泵，当内部的水流开关检测到冷水流动达到一定流量并且温度高于设定值时，起动冷水机组，并自动控制出水温度。停机时，先停止冷水机组，5min后相应冷却水循环泵停止，入口阀门关闭。

（3）制冷机组顺序起停控制。冷水机组顺序起停根据二次侧能量计C2，当C2大于设定值时（设定值根据制冷机的额定冷量，一般保险起见，设定值小于额定冷量，如制冷机额定冷量是1 000kW，设定950kW即可），起动第二台制冷机；当C2低于制冷机负荷的40%时（如制冷机额定冷量是1 000kW，即为400kW时），停止第二台制冷机。

（4）故障切换及时间累计切换控制。当任一制冷机发生故障时，切换至另一台。为了保证其寿命，设置时间累计切换控制，每星期将切换至运行时间较短的制冷机运行。

（5）制冷机冷却水循环泵连锁。2台水泵（PU7，8）与管网压力传感器PS2连锁，当管网压力低于设定值且持续10s以上时，水泵停止运行并报警。

（6）制冷机冷却水循环泵控制。制冷机冷却水循环泵（PU7，PU8）为一对一起动，起动相应制冷机前，首先起动其冷却水循环泵。关闭制冷机组5min后，其对应冷却水循环泵关闭。

（7）制冷机冷却水调节阀控制。制冷机冷却水调节阀（RV1，RV2）根据对应的制冷机冷却水入口温度传感器（TS3，TS4）控制，当温度升高时，调节阀从0～100%。

冷却塔控制（模式一/模式二）

（1）冷却塔出水阀门控制。在任何模式下都要有一台冷却塔在准备状态，相应出水阀门打开。

（2）冷却塔出水温度控制（模式一/二设定值：11℃/40℃）。冷却塔出水温度传感器（TS1，TS2）控制对应冷却塔风扇，当温度升高时，风扇变频器由最小值～100%（为了避免频率过低，设定变频器的最小值为10Hz）。

（3）冷却塔顺序起停控制。当第一台冷却塔风机转速持续2min不低于80%时，第二台冷却塔相应出水阀门打开，冷却塔起动；当两台冷却塔风机转速持续2min低于40%时，第二台冷却塔停止，相应出水阀门关闭。

（4）冷却塔最低温度控制。为了保证换热器后水温不低于0℃（低于0℃会损害管道及设备），温度传感器TS5设定温度为5℃，与TS1，2控制器取最小开度控制冷却塔风扇，保证管道温度高于5℃。

（5）冷却塔模式。冷却塔为干湿两用冷却塔。当外界平均温度低于15℃时，冷却塔以干式模式运行，喷淋泵关闭；当外界平均温度高于17℃时，冷却塔以湿式模式运行，喷淋泵起动。

（6）液位计补水控制。冷却塔内安装浮子式液位计，在湿式模式下冷却塔通过液位计自动补充由于喷淋而蒸发消耗的水量，使水位保持在设定高度。补水管路与软化水站连接。当液位低于设定液位时，喷淋泵停止。

（7）冷却塔补/排水报警。当外界平均温度低于5℃时，系统进行报警，通知维护人员手动排出冷却塔内的水；当外界平均温度高于10℃时，系统提醒维护人员打开加水阀门。

（8）故障切换及时间累计切换控制。当冷却塔发生故障时，切换至另一个冷却塔。为了保证其寿命，设置时间累计切换控制，每星期将切换至运行时间较短的冷却塔运行。

换热器控制（模式一条件下）

（1）换热器冷却水循环泵连锁。水泵（PU9）与管网压力传感器PS2连锁，当管网压力低于设定值且持续10s以上时，水泵停止运行并报警。

（2）换热器入口阀门控制。在模式一条件下，系统使用冷却塔作为冷源，换热器入口阀门（BV5）打开。

（3）换热器冷却水循环泵起停控制。在模式一条件下，循环泵（PU9）一直运行，为保证一定流量将其最低频率设定为30Hz。

（4）换热器温度控制。温度控制由换热器冷冻水侧出口温度传感器TS6控制，当温度升高时，控制器分2段输出；第1段为控制器输出0～50%时，三通阀门RV3从0～100%；第2段为控制器输出50%～100%时，换热器冷却水循环泵PU9输出转速从60%～100%。

结语

项目实施中，应根据设备参数和运行工况计算、调试其控制参数，使系统运行在最佳状态。需要注意的是，设备在长时间运行后，其性能会略微有所变化，控制参数也需要做出相应的调整，满足系统运行要求。AME