

# 冗余PLC控制的高可靠性高精度冷却循环水控制系统

文/上海昀丰光电技术有限公司 汪海波

在晶体的合成、提纯、生长等行业，都需要冷却水进行降温控制，这类降温控制通常采用冷却水循环系统实现。冷却水循环系统是指冷却水换热并经降温，再循环使用的给水系统，主要由冷却设备（冷却塔）、水泵、蝶阀和管道组成。目前，许多厂家使用各类常规仪表和设备对水温、泵机转速等参数变化情况，凭经验对冷却水循环系统的设备进行人工手动控制。冷却水循环系统的人工控制虽然在一定程度上达到了工艺要求，但基于昼夜以及南北温差大、湿度不一致等问题，手动控制无法及时、正确的解决，另外，操作人员需要在现场进行手动操作，工作环境差，工作效率低，尤其是对故障的发现、诊断及处理费时费力，不仅影响生产，还存在很多不安全因素。因此，为了提高工作效率，提高自动化程度，改善操作人员的工作环境，降低不安全因素，可使用冗余备份PLC控制系统实现冷却水循环系统的自动控制。

一般要求冷却循环水的供给机组至少要有两套压力水泵，一套水泵工作，另一套水泵备用。传统的控制方法是用一个PLC来控制这两套机组，若运行的一套水泵损坏

或报警，备用水泵就会及时启动，以保证整个冷却水循环系统正常运行。但如果是PLC控制系统出现故障，整个系统都将瘫痪。为了解决上述问题，可以使用相互通讯的冗余PLC控制系统。两个同样的PLC控制系统，互为热备用，单组设备的故障率可能有所提高，但系统可靠性系数可以达到1。

## 设计要求

在蓝宝石长晶炉的冷却水循环系统包括闭式冷却塔、蝶型控制阀、压力水泵机组、温度传感器、压力传感器、流量传感器、高位水箱和管道等。闭式冷却塔共有多台，每台闭式冷却塔中都有风机和内部喷淋水泵两种冷却设备。生产线总出水管安装流量传感器，总进水管安装压力传感器，高位水箱下部靠近取水点附近安装温度传感器。冷却水温度控制系统包括PLC控制器、DA模块、AD模块、温度传感器、风机变频器、内部喷淋水泵变频器、蝶型控制阀和上位机组。技术参数及性能指标如下。

1) 温度控制精度： $\leq \pm 0.5^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ， $\leq \pm 0.1^{\circ}\text{C}/24\text{ h}$ 。

2) 压力控制精度： $\leq \pm 0.01$

MPa/h；PLC控制器采用两个三菱FX3U系统，上位机采用工业控制电脑安装海得组态编程软件。

### 1. 冗余PLC热备份功能

系统中，两台PLC都处于运行状态，分别控制运行水泵和备用水泵，如果一台PLC出现故障，另外一台PLC得到信息，将立即启动备用水泵。

### 2. 压力水泵自动投切功能

1) 压力水泵在长期运行过程中，变频器、水泵、电动机都会出现异常而停机，导致系统失压。当一台出现异常时，另一台将自动投入运行，保证系统正常工作。

2) 压力水泵运行时间检测：当运行中的一台水泵到达设定的运行时间需要检修时，将自动切换到另一台运行。

### 3. 多台冷却塔智能选择功能

冷却塔在运行过程中，会出现报警，运行一段时间需要检修，通过界面的选择，将需要维修或检修的设备总系统中剔除，后续的设备将依次补上，不会影响系统正常工作。

### 4. UPS断电维持功能

系统配置2个UPS。

1) 主电路UPS。市电和发电机都停止供电后，UPS将保证系统

能正常工作10~15 min。

2) 控制电路UPS。主电路UPS断电后,控制系统继续工作20~30 min。

### 5. 电力双回路切换功能

当市电断电,发电机自动启动,智能切换开关检测到发电电压满足要求后,自动切换到系统内,系统正常。

## 控制方案

### 1. 冗余PLC压力水泵自动选择控制子系统程序设计

(1) 程序流程图(如图1所示)

(2) 冗余PLC备份系统间的协助处理过程

工艺循环水压力的稳定性以及流量的精确性在整个晶体生长过程中至关重要,是保证生长晶体质量的关键,但水流量的不间断性是整个系统设备安全的中中之重。系统采用冗余PLC热备份设计,两台PLC通过Modbus通讯,相互之间检测对方的运行状态,一旦对方输出有误,包括输入模拟量、输出模拟量、输入数字量、输出数字量以及PLC电池电压低、PLC无法工作等,备份的压力水泵将及时的切换到系统,进入运行状态,同时PLC输出报警,通知人员及时维修、更换等。

### 2. 带扰动控制的温度控制子系统程序设计

(1) 程序流程图(如图2所示)

(2) 扰动控制器(如图3所示)

1) 扰动因数的分类和分级。扰动主要包括:风速、温度和湿度。每种扰动通过相应的传感器,采集并放大成4~20 mA 电流信号输入到PLC的模拟量输入模块,通过分段处理,得到风速、温度和湿度的离散数据,如下表所示。

2) 扰动影响因数的评价价值。

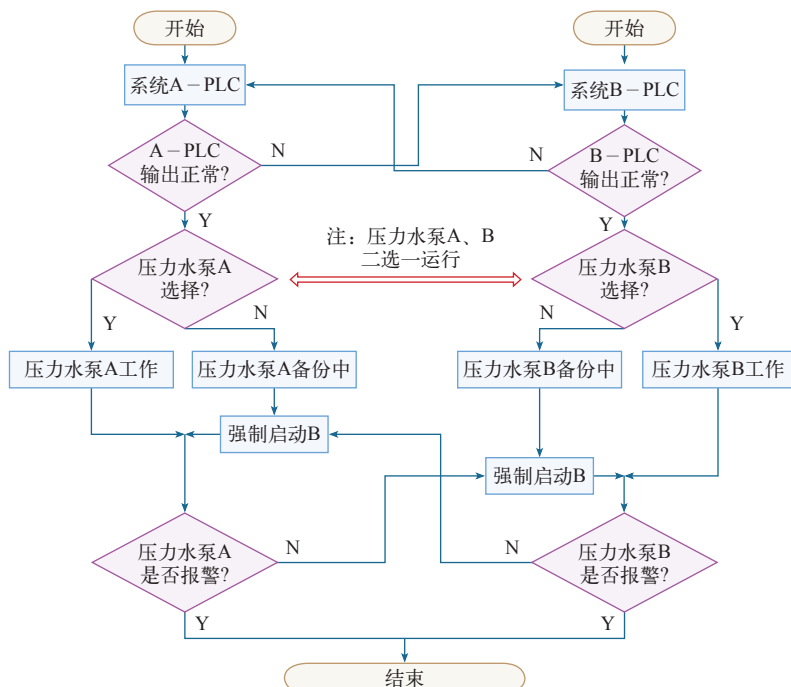


图1 冗余PLC控制系统框图

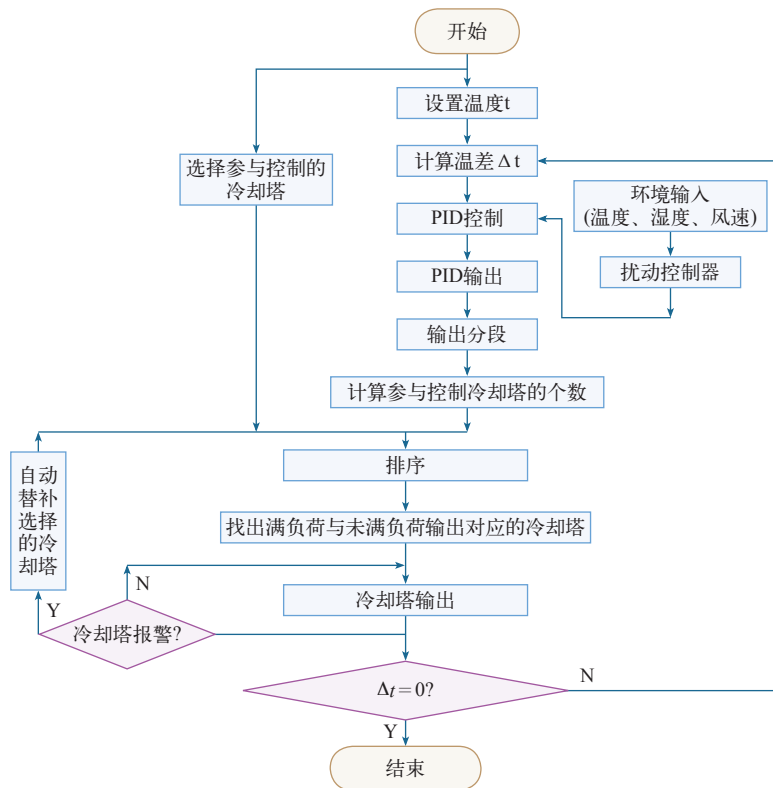


图2 带扰动控制器的温度控制流程图

将所有的影响因素分为3个子集,即 出扰动输出值。

$U=\{U_1(\text{风速}), U_2(\text{温度}), U_3(\text{湿度})\}$

4) 找到扰动输出对应的PID参

3) 通过模糊控制算法,计算 数组。

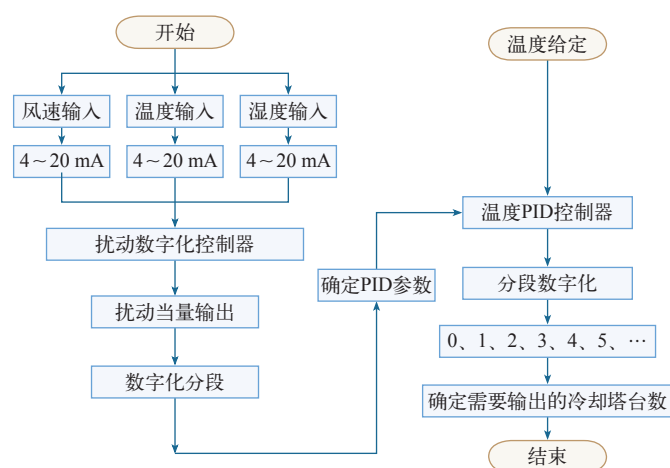


图3 扰动控制器流程图

表 扰动因数的分类和分级表

|    | 1             | 2               | 3              | 4               | 5             |
|----|---------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------|
| 风速 | 小<br>(0~1级)   | 较小<br>(2级)      | 中<br>(3~4级)    | 较大<br>(5级)      | 大<br>(6级以上)   |
| 温度 | 极冷<br>(0℃以下)  | 冷<br>(0~15℃)    | 舒适<br>(15~25℃) | 热<br>(25~35℃)   | 极热<br>(35℃以上) |
| 湿度 | 干燥<br>(0~20%) | 较干燥<br>(30~40%) | 适宜<br>(40~70%) | 较潮湿<br>(70~80%) | 潮<br>(90%以上)  |

### (3) 带扰动控制器的优点

中国南北各地温度、湿度和风力差异很大,而这些正是影响冷却塔发挥效率的主要参数,在传统的PID分段控制处理的基础上,迭加上外界环境的扰动,自动选择合适的分段PID参数,来适应冬天和夏天温差大,南方和北方的湿度差别大等问题,保证冷却塔的输出个数相对固定,从而充分发挥每个冷

却塔的效率。

### 友好的人机界面

人机界面使用海得公司的组态软件NetSCADA 5.0项目开发,是一款集成式、组件化的人机接口产品,运行于Windows操作系统之上,可通过串口、现场总线和以太网等方式监视和控制工业自动

化设备和整个工业生产过程,也可通过Internet异地监控分布在各地的自动化设备和工业生产过程。NetSCADA是一个二次开发平台,用户可根据工艺要求组态、开发适合的应用系统。监控所涉及的图形、报表、数据库和通信等要素均可二次组态。

本系统设计有手动控制界面、压力控制界面、温度控制界面、报警处理界面和后台数据处理界面等,可以使使用者及时了解系统的运行状况,包括系统的实时压力、实时温度、实时流量以及每个压力水泵变频器、冷却塔变频器的运行数据。能方便、及时地修改压力、温度等参数,满足长晶工艺对冷却循环水的要求。温度PID监控画面如图4所示。

### 结束语

采用冗余PLC设计,在成本上投入略高于单个PLC,但系统可靠性系数可以达到1,彻底杜绝了由于水系统故障而造成的晶体生长夭折,甚至炉台烧坏等经济损失。采用扰动控制器设计,增加了系统对外界环境的判断,可以使这套系统在不同环境下都能很好地运行,人为干预少,并且能适应各种环境。EA

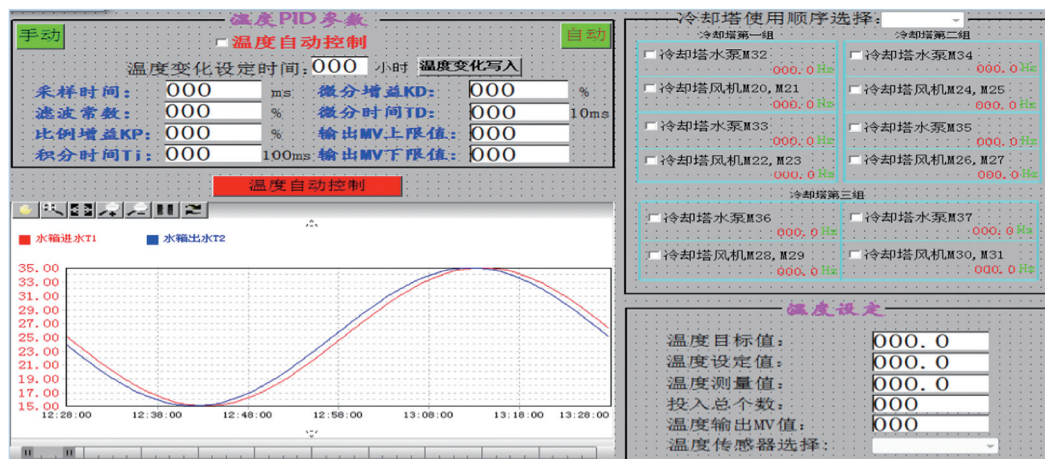


图4 温度PID监控画面