

药厂洁净空调箱的BMS 控制策略

在季节交替时,空调箱的输出温度/湿度会经常出现较大波动——这是由于许多采用BMS(Building Monitoring System)进行控制的洁净空调箱的表冷器在这时突然切换至机器露点进行除湿,加热盘管却来不及响应。为解决这一问题,本文介绍了一种以外界新风露点与时间的导数关系作为前馈调节的控制策略,使表冷器输出能够平滑的切换到机器露点,从而实现空调箱能常年有效地自动控制。

文 / 邹小安 张春红 李伟敏 欧阳健

PROCESS-Tip

* 更多信息请登录:
pharm.vogel.com.cn
* 反馈编码: 220128

温度、湿度是药厂生产工艺所要控制的关键环境参数,厂房应当有适当的照明、温度、湿度和通风,用以确保生产和贮存的产品质量以及相关设备性能不会直接或间接地受到影响^[1]。药厂一般采用洁净空调箱来进行温湿度调节,其硬件配置基本上是大同小异的,除了本身表冷器的换热量不够这一原因外,季节交替时,温度、湿度的波动主要是控制软件所造成的。虽然洁净空调箱各功能段的设置也会有所不同,但这实际上并不一定会影响到其温度、湿度的控制。为了便于讨论,本文就用如图1所示的洁净空调箱配置来进行讨论。

温湿度波动产生的原因

季节交替时段控制的不连续性

如图1所示,洁净空调箱是

本文作者均就职于无锡药明合联生物技术有限公司。

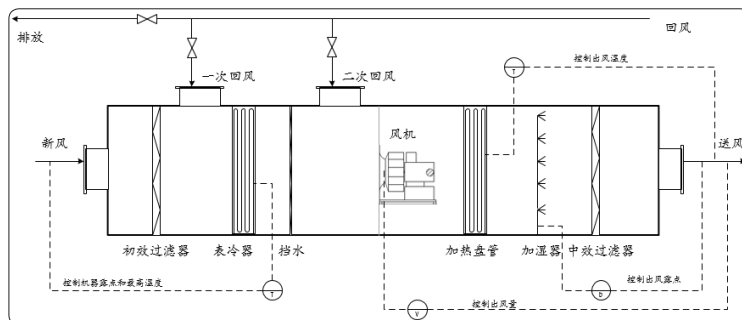


图1 洁净空调箱示意图

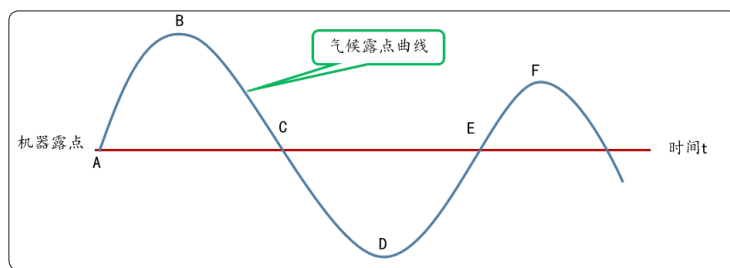


图2 外界气候上下穿越机器露点的示意图

用表冷来进行除湿、降温的,为了使洁净空调箱输出的温度、湿度数据能够达到环境的要求,它有一个关键的设置参数叫“机器露点”。机器露点是洁净空调箱的表冷器、除湿时需要达到的最高露点温度。当外界气候的露点

温度上下穿越设备机器露点的时候(如图2所示),如果在算法上不做优化,表冷器的输出就出现了不平滑的情况。

从图2的外界气候露点曲线可以看出,从A点到C点的露点温度都是大于机器露点的。在这



NOVOCRANE

电动葫芦专家

个区域里表冷器可以直接将外界气候的露点温度降至机器露点，然后由加热盘管控制空调箱输出的温度。

由 C 点到 E 点的区域，外界气候的露点温度已经满足我们的需要，所以不需要除湿。如果外界气候的温度高于回风温度，那表冷器还是需要对其进行适当的降温。但如果外界气候的温度已经低于回风温度较多，表冷器便不再需要工作。到底在外界气候温度为多少的时候可以关闭表冷器？这则与二次回风的量有一定的关系。

当外界气候的露点温度由机器露点之上，向下穿越机器露点通过 C 点的时候，可以允许表冷延缓关小冷冻水的阀门，此时只会导致能耗的增加，但一般不会影响平缓输出。

然而，当外界气候的露点温度由机器露点之下，向上穿越机器露点通过 E 点的时候，表冷器从一个不需要除湿或者甚至于关闭的状态，变化为突然需要降温至机器露点的状态。这个时候表冷器的输出就会出现悬崖，输出的为非平滑曲线。

需要保持表冷器的输出为平滑曲线

洁净空调箱后面的加热盘管，是在表冷器输出温度基础上进行控制的。如果表冷器的输出出现了脉冲或悬崖，那加热盘管的输出也必将会出现脉冲或悬崖。在上文已经提到当外界气候由机器露点之下，向上穿越机器露点通过 E 点的时候，为了满足相对湿度控制的需要，表冷器的输出温度必定会出现悬崖。但如果它缓慢地进行降温，保持输出的温度曲线平滑，那洁净空调箱输出的相对湿度必然会超标。这在全新风室外新风的洁净空调箱上表现得尤为明显，在回风比例很大又是室内取风的情况下就表现得相对不明显。另外，如果是采用露点来控制相对湿度的话，温度的变动也必然导致相对湿度的波动。

所以需要保持表冷器的输出曲线为一个平滑的曲线，才能够保障后续加热盘管的有效配合。所谓的输出为平滑曲线在数学上是有定义的，就此处的表冷器而言，就是它输出的温度与时间的函数，其对时间的导数必须为一个连续的函数。如果它的高阶导数也是一个连续的函数，那它的光滑程度就更高。

如何实现表冷器输出平滑的曲线

表冷需要以外界新风来前馈控制

如图 1 所示，洁净空调箱的表冷器需要根据外界新风的露点来进行控制^[2]，也就是我们平时所说的前馈调节。如果它是按照洁净空调箱的输出来进行控制，那它的输出永远都是滞后的。

制药业



从2022年1月起
诺威NWH钢丝绳电动葫芦
质保三年



诺威起重设备（苏州）有限公司

www.novocrane.com

400-110-1833

★ 质保承诺：诺威品牌电动葫芦质保三年，不含易损件。本质保承诺最终解释权归诺威起重设备（苏州）有限公司所有。

广告

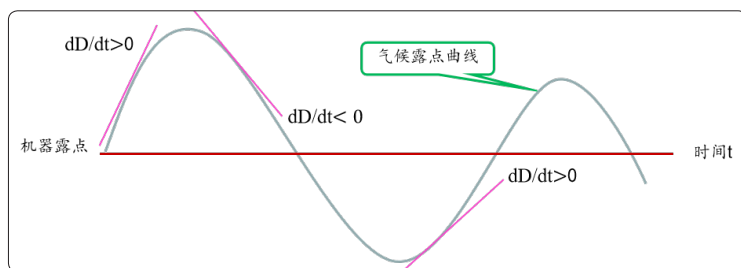


图3 露点曲线的示意图

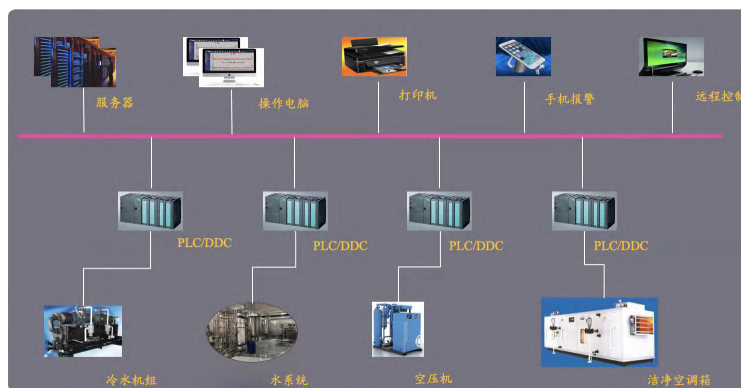


图4 BMS系统架构图

曾经还有用回风温度来区分夏季模式和冬季模式的解决方案：新风温度高于回风温度的情况定义为夏季模式，新风温度低于回风温度的情况定义为冬季模式。但这样的定义在程序设计中会出现麻烦，如果一定要定义夏季、冬季模式的话，建议用新风的露点温度来进行：新风的露点温度高于机器露点的情况定义为夏季模式，新风的露点温度低于机器露点的情况定义为冬季模式。

如何获得表冷器输出的平滑曲线

想要很好地实现BMS的全天候控制，需要由三方面的专业人员（暖通专业的人员、自控算法设计的人员、写代码的人员）共同协作。只有暖通专业的人员才了解，外界气候上下穿越机器露点时会出现的情况。一般自控设计的人员认为，外界气候是连续的，在自控上不会出现问题。既然穿越机器露点时表冷输出会出

现悬崖，那自控算法的人员需要设法弥补。最终再由编写代码的人员落实到具体的行动中，这样才能够获得完美的结果。BMS系统的具体架构，如图4所示。下文将着重讨论如何在控制算法上进行优化，从而使得表冷器输出平滑的曲线。

首先我们在程序中建立外界新风露点对时间的导数 dD/dt （或者 $\Delta D/\Delta t$ ），如图3所示。

当在外界新风露点大于机器露点的情况下，无论 dD/dt （或者 $\Delta D/\Delta t$ ）是大于零还是小于零，表冷器都需要输出机器露点的温度。

当外界新风露点由机器露点上方，向下穿越机器露点的时候，向下穿越机器露点以后，表冷器就不再需要承担除湿的功能。表冷器可以缓慢地减小冷冻水的流量，来满足对温度控制的需要。

当在外界新风露点小于机器露点的情况下，此时表冷器就不

再需要承担除湿的功能，仅需要维持合适的温度即可。

当外界新风露点由机器露点下方，向上穿越机器露点的时候（如图3所示），外界气候露点在机器露点的下方，即 dD/dt （或者 $\Delta D/\Delta t$ ）的时候，说明曲线处于上升阶段。随着外界气候露点接近机器露点，就需要提前缓慢地预先降低表冷器的输出温度。以致于当外界气候露点达到机器露点时，表冷器的输出温度正好为机器露点^[3]。

结论

针对在过渡季节空调箱控制系统存在输出温度、湿度会出现较大波动的问题，本文提出了一种以表冷器基于外界的新风露点来进行控制的策略，通过分析气候露点曲线的变化特点在算法上进行了优化，并将其应用到了BMS控制程序中，使空调箱的输出温度/湿度不受季节模式的影响也能保持平稳输出，从而有效地提高了药厂洁净空调箱的可靠性。

【参考文献】

- [1] 国家食品药品监督管理局. 药品生产质量管理规范（2010年修订）[EB/OL]. (2011-1-17). http://www.gov.cn/gongbao/content/2011/content_1907093.htm.
- [2] 沈彦骅. 符合企业内控高精度要求的空调自控设计[J]. 制冷技术, 2011, 31(02): 13-18.
- [3] 无锡药明偶联生物技术有限公司. 一种洁净空调箱的控制方法和控制装置: 201911174522.2[P]. 2021-05-25.