

设备开发

组合式蒸发冷却空调机组 自控设计

西安工程大学 黄翔[☆] 强天伟 熊理

摘要 介绍了该空调机组的结构、特点及工作原理。阐述了机组控制系统的原理,并详细介绍了由硬件系统和软件系统组成的性能测试系统。

关键词 蒸发冷却 空调机组 测试系统 控制

Development of automatic control system for modular air handing units based on evaporative cooling

By Huang Xiang, Qiang Tianwei and Xiong Li

Abstract Describes the composition, characteristics and operating principle of the unit. Expounds the principle of the automatic control system, and also the performance testing system constituting of hardware and software system in detail.

Keywords evaporative cooling, air handing unit, testing system, control

Xi'an Polytechnic University, Xi'an, China

0 引言

国内对蒸发冷却空调技术日益重视,近年来蒸发冷却空调机组已经在我国干燥地区用于取代传统机械制冷系统,单元式直接蒸发冷却节能设备也已开始在我国非干燥地区大空间工业厂房中作为通风降温设备使用,蒸发冷却空调作为预冷设备与机械制冷相结合在非干燥地区使用也正在积极推广中。目前,蒸发冷却空调在我国新疆等地区的实践和推广应用已充分验证了这一技术的优势。近年的研究、开发和推广的实践证明,在世界干燥、高温地区,蒸发冷却空调技术可直接制冷,在非干旱地区该技术也可与其他制冷方式相结合使用以起到节能的作用。本文对非干燥地区使用的组合式蒸发冷却空调机组的控制系统的作一详细介绍。

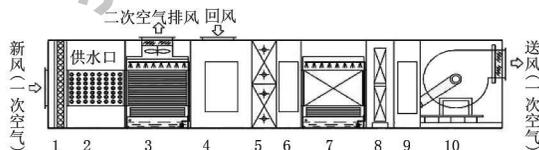


图1 组合式蒸发冷却空调机组

1 组合式蒸发冷却空调机组及空气处理过程

1.1 结构

如图1所示,组合式蒸发冷却空调机组主要由10个功能段组成:1为粗效过滤段,主要由过滤网和风阀组成;2为热管间接蒸发冷却段,主要由热管、水泵、风机等部件组成;3为管式间接蒸发冷却段,主要由椭圆管束、水泵、风机等部件组成;4为回风段,主要由风阀组成;5为表冷段,主要由冷水机组和三通调节阀组成;6为中间段;7为直接蒸发冷却段,主要由填料、水泵等部件组成;8为加热段,主要由加热器和加热阀组成;9为中间段;10为送风机段,主要由风机和风阀组成^①。

1.2 特点

- 1) 通过热管式和管式间接蒸发冷却段对空调排风实现冷热回收,提高了机组的能效比(EER)。
- 2) 夏季由于蒸发冷却段承担了大部分负荷,所以表冷段的盘管尺寸较小,并且春秋等季节可采用冷却塔免费供冷方式,所以机组整体投资小,运

① ☆ 黄翔,男,1962年7月生,工学硕士,教授
710048 西安工程大学环境与化学工程学院
(029) 82330016
E-mail: huangx@xpu.edu.cn
收稿日期:2009-11-04
修回日期:2010-05-26

行、维护、管理费用低。

3) 实现多种空气处理功能, 可满足不同地区气象条件下各种建筑功能的需要。

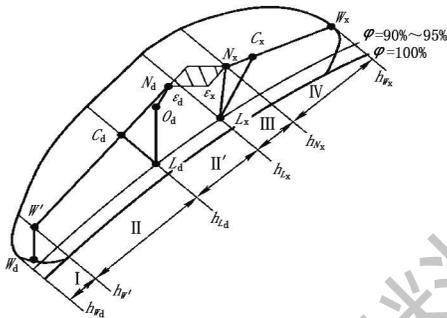
4) 采用水为制冷剂的蒸发冷却制冷方式, 降低了CFC的排放及温室效应, 符合环保要求。

1.3 空气处理过程

1.3.1 机组全年运行工况分区

组合式蒸发冷却空调机组在保证制冷量相同的条件下, 充分利用低品位能源减少机械制冷设备开启时间, 提高机组综合性能。而蒸发冷却与机械制冷结合的组合式空调机组进一步拓展了蒸发冷却设备的使用范围。

图2为设计工况下蒸发冷却与机械制冷复合系统全年空调工况分区。图中的室外气象包罗线是对全年出现的干、湿球温度状态点在 $h-d$ 图上的分布进行统计得到的。其中, I, II区处在冬季, II'区、III区及IV区处于夏季及过渡季节。



W_s 为夏季室外状态点, C_s 为夏季混合状态点, N_s 为夏季室内状态点, L_s 为夏季露点状态点, N_d 为冬季室内状态点, O_d 为冬季送风状态点, L_d 为冬季露点状态点, C_d 为冬季混合状态点, W' 为冬季室外预冷状态点, W_d 为冬季室外状态点, e_d 为冬季热湿比线, e_s 为夏季热湿比线

图2 空调机组全年空调工况分区图

1.3.2 夏季运行过程

如图3, 4所示, 当室外空气状态点 W 在 IV区, 即室外空气比焓大于室内空气比焓, 即 $h_w > h_n$, 室

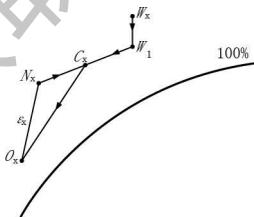


图3 一级间接蒸发冷却+机械制冷

外空气含湿量大于室内空气含湿量, 即 $d_w > d_o$, 此时单独使用蒸发冷却空调不能满足室内温度要求, 需要开启机械制冷主机与间接蒸发冷却预冷联合

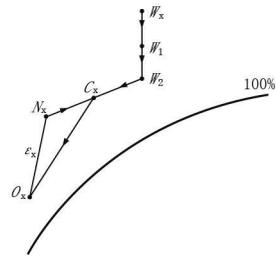


图4 二级间接蒸发冷却+机械制冷

处理, 采用最小新风比的一次回风系统。

W_1 为夏季经过一级间接蒸发冷却的室外状态点, W_2 为夏季经过两级间接蒸发冷却的室外状态点, O_x 为夏季送风状态点。

1.3.3 过渡季节运行过程

当室外空气状态点 W 在 II'区, 即室外空气比焓介于冬季和夏季送风状态点的比焓之间, 室外空气含湿量小于冬季送风含湿量, 如图5所示, 此时可采用全新风, 使用直接蒸发冷却处理可满足空调要求。

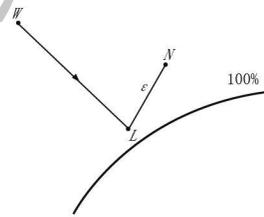


图5 直接蒸发冷却过程

当室外空气状态点 W 在 III区, 即室外空气比焓大于夏季送风状态点的比焓, 大多数情况下室外空气含湿量小于室内状态含湿量, 应采用全新风工况, 使用一级间接加直接蒸发冷却段 (IEC1+DEC) 或两级间接加直接蒸发冷却 (IEC1+IEC2+DEC) 处理可满足空调要求。详见图6, 7。过渡季节, 热管及管式间接蒸发冷却段的二次空气均使用

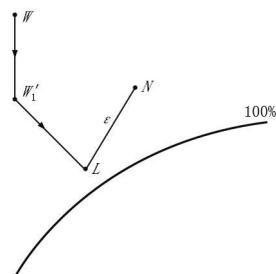


图6 一级间接蒸发冷却过程

室外新风。

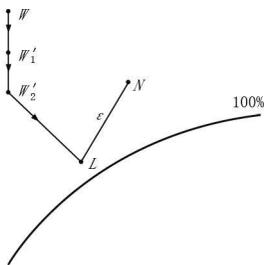


图7 两级间接蒸发冷却过程

W'_1 为过渡季经过一级间接蒸发冷却的室外状态点, W'_2 为过渡季经过两级间接蒸发冷却的室外状态点, ϵ 为过渡季热湿比线, N 为过渡季室内状态点, L 为过渡季露点。

1.3.4 冬季运行过程

当室外空气状态点 W 在图2的 I, II 区, 即室外空气比焓小于冬季送风状态点比焓, 室外空气含湿量小于送风状态含湿量时, 采用热管间接预热加直接蒸发冷却处理加再热可满足空调要求。冬季机组运行的处理过程见图8。

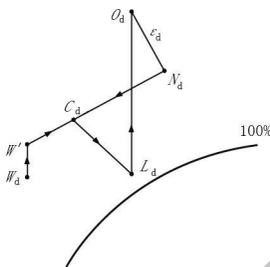


图8 冬季运行模式

2 空调机组控制流程

空调机组控制原理如图9所示^[2-3]。

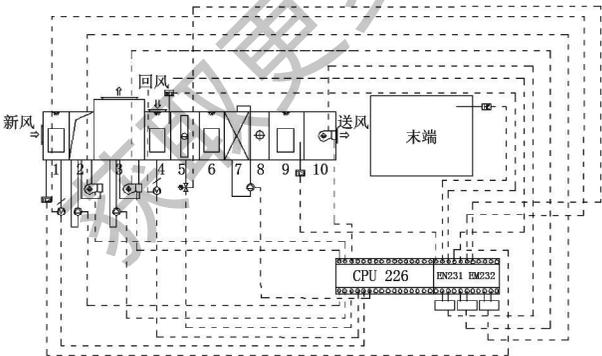


图9 空调机组控制原理图

2.1 夏季控制流程^[4-9]

夏季采用新、回风及排风系统, 当管式间接蒸发冷却段(IEC1)运行时二次空气使用室内排风。

热管间接蒸发冷却段(IEC2)运行时二次空气使用室外新风。

1) 温度上升控制: 首先设置新风阀风量占总风量比例 15%、回风阀 85%、排风阀略小于 15%, 同时开启送风机, 当室内温度高于其设定值上限时则空调机组持续运行。当室内温度高于其设定值上限并持续一个时间段, 开启管式间接蒸发冷却段(IEC1), 此时用回风温度实测值和设定值的偏差调节 IEC1 的变频器 1 以保持室内温度恒定。当室内温度继续上升并高于其设定值上限一个时间段, 则保持变频器 1 频率最大, 同时开启热管间接蒸发冷却段(IEC2)及热管段排风阀, 并用回风温度实测值和设定值的偏差调节 IEC2 的变频器 2 以保持室内温度恒定。同样, 当室内温度继续上升并高于其设定值上限一个时间段, 保持变频器 2 频率最大, 用回风温度实测值和设定值的偏差调节冷水阀控制流过冷却盘管的冷水量以保持室内温度恒定, 即表冷段开始工作。

2) 温度下降控制: 两级蒸发冷却段和表冷段(IEC1+IEC2+表冷段)全开启时, 当室内温度持续下降并低于其设定值下限一个时间段, 即开启 IEC1 和 IEC2 就可保持室内温度在舒适性的范围, 此时关闭冷水阀。同样, 当室内温度再继续降低, 低于其设定值下限一个时间段, 关闭间接蒸发冷却段 2(IEC2)及热管段排风阀。

2.2 过渡季节控制流程

过渡季节采用全新风空气系统, 即新风阀、排风阀全开, 回风阀关闭(此过程由 PLC 对风阀进行控制实现), 门窗打开。

1) 温度上升控制: 首先开启送风机, 当室内温度低于其设定值上限时则蒸发冷却空调机组持续运行。当室内温度高于其设定值上限时, 开启直接蒸发冷却段(DEC)。当室内温度持续升高并高于其设定值上限一个时间段, 这时需要再开启间接蒸发冷却段 1(IEC1)以保持室内温度不超过设定温度的上限。空调机组运行一段时间后, 当露点温度上升, 高于其设定值上限, 就需要再开启间接蒸发冷却段 2(IEC2)来保持室内温度不超过设定温度的上限。

2) 温度下降控制: 三级蒸发冷却段(DEC+IEC1+IEC2)全开启时, 当露点温度持续下降并低于其设定值下限一个时间段, 也就是说只开启直接

蒸发冷却段(DEC)和间接蒸发冷却段1(IEC1)即可保持室内温度在舒适性的范围,此时关闭间接蒸发冷却段2(IEC2)。同样,当露点温度再继续降低时,关闭间接蒸发冷却段1(IEC1)。

2.3 冬季控制流程

冬季采用定露点控制模式,开启直接蒸发冷却段(DEC)用来固定露点温度,采用新、回风及排风系统。冬季控制包括露点控制和室内温度控制,露点控制用来保证空调机组送风点恒定,室内温度控制用来保证室内温度恒定。

1) 露点温度控制:首先设置新风阀风量占总风量比例15%、回风阀85%、排风阀略小于15%以保证室内微正压,同时开启送风机和直接蒸发冷却段(DEC)。当露点温度高于其设定值上限时,则用露点温度实测值和设定值的偏差调节新风和回风的混合比例以保持露点温度恒定(新、回风阀联动,新风比例+回风比例=100%)。若新风量调节到最小,露点温度仍低于其设定值上限,此时不可能再减少新风量使得新风、回风混合点上移,所以必须对新风进行预热处理以提高室外空气状态点比焓。预热处理利用露点温度实测值和设定值的偏差调节预热器阀门开度来保持露点温度在设定的范围内波动。

2) 室内温度控制:因厂房内无热源故采用三级电加热。

当回风温度持续下降并低于其设定值下限一个时间段,开启三个加热器;当回风温度处于其设定值和设定值下限之间一个时间段,开启两个加热器;当回风温度处于其设定值和设定值上限之间一个时间段,开启一个加热器;当回风温度持续上升并高于其设定值上限一个时间段,关闭所有加热器。

2.4 控制系统软硬件

系统主控采用某可编程控制器S7200系列PLC,型号为CPU226CN,配1个模拟量输入模块EM231CN,3个热电阻输入模块EM231CN,3个模拟量输出模块EM232CN。变频器共3台,为SJ300系列通用变频器。1台型号为MT508TV5的彩色触摸屏。控制系统工作平台即组合式蒸发冷却空调机组。

软件包括STEP7-200 Micro PLC和Easy-Builder 500组态软件。

3 结论

分析研究了蒸发冷却与机械制冷相结合的组合式空调机组在不同季节运行模式下的处理过程,提出了控制方法。在西安某公司办公楼蒸发冷却空调机组上使用一年,过渡季的通风和夏季冷却效果很好,由于动力设备只有风机、水泵及各种调节阀,所以耗电量少,节能效果显著。控制系统的配备不但使得空调机组操作简便、节能效率提高、节省人力成本,而且极大地提升了产品的附加值。

参考文献:

- [1] 吴生,黄翔,武俊梅,等.热回收型热管式间接蒸发冷却空调机组性能测试与分析[J].西安工程大学学报,2009(1):79-83
- [2] 张子慧.热工测量与自动控制[M].北京:中国建筑工业出版社,1996:213-233
- [3] 张子慧,黄翔,张景春.制冷空调自动控制[M].北京:科学出版社,1999:70-90
- [4] Qiang Tianwei. Application of autocontrol technology in evaporative cooling systems in northwest area of China [J]. International Journal of Heat & Technology, 2004, 22(1):165-170
- [5] 强天伟.西安软件园空调集散控制系统设计[J].东华大学学报:自然科学版,2005(5):85-88
- [6] 黄翔,强天伟.蒸发冷却空调系统自动控制方案的探讨[J].暖通空调,2003,33(4):109-112

· 会讯 ·

高等学校建筑环境与设备工程专业指导委员会 换届会议暨第五届委员会第一次会议

会议于8月19日至22日在同济大学召开。住建部人事司教育培训处处长何志方出席会议,并代表人事司为第五届专业指导委员会委员颁发聘书。朱颖心主任委员做了指导委员会第四届工作总结暨第五届工作计划报告。不再继续担任委员工作的第四届委员中国建筑科学研究院徐伟研究员、中国建筑设计研究院潘云钢总工、北京市建筑设计研究院吴德绳总工、西安建筑科技大学任庆昌教授分别致辞,指导委员会老委员、中国建筑科学研究院顾问总工吴元炜代

表委员会给第四届委员会行业委员吴德绳、徐伟、潘云钢颁发了纪念奖牌。在随后的第五届第一次会议上,委员们围绕“人工环境工程学科奖学金”的评选组织方式、建筑环境与设备工程专业规范、“十二五”住建部土建学科规划教材的申报等专题展开了讨论,并明确了下一年度的工作安排。

中国制冷学会原副理事长兼秘书长潘秋生、《暖通空调》杂志主编王曙明等嘉宾应邀列席了会议。

(欧阳沁)