

国内外蒸发冷却空调 技术研究进展(3)

西安工程大学 黄 翔[☆]

摘要 介绍了多级蒸发冷却空调系统、除湿与蒸发冷却相结合的空调系统、半集中式蒸发冷却空调系统、建筑物被动蒸发冷却技术、蒸发冷却自动控制系统及蒸发冷却水的水质处理。

关键词 多级蒸发冷却 除湿冷却 半集中式蒸发冷却空调系统 自动控制 水质处理

Progress in research of evaporative cooling air conditioning technology at home and abroad (3)

By Huang Xiang[★]

Abstract Presents the multi-stage evaporative cooling air conditioning system, desiccant-evaporative cooling air conditioning system, semi-central evaporative cooling air conditioning system, building passive evaporative cooling technique, automatic control and water treatment of evaporative cooling air conditioning system.

Keywords multi-stage evaporative cooling, desiccant cooling, semi-central evaporative cooling air conditioning system, automatic control, water treatment

★ Xi'an Polytechnic University, Xi'an, China

①

本文主要介绍多级蒸发冷却空调系统、除湿与蒸发冷却相结合的空调系统、半集中式蒸发冷却空调系统、建筑物被动蒸发冷却技术、蒸发冷却自动控制系统及蒸发冷却水质处理的研究情况。

1 多级蒸发冷却空调系统

S. Sukhdev 等人介绍了两级蒸发冷却系统在美国加利福尼亚州维克多峡谷水区行政管理部门所属的设备厂中的具体应用。该设计达到了以下 6 个方面的要求:1) 降低建筑物总能耗 30%、HVAC 系统总能耗 40%,这两项指标高于加利福尼亚州颁布的节能标准和 ASHRAE/IESNA 90.1—1989 标准;2) 新型建筑设计使能量得以有效利用;3) 尽可能减少使用制冷剂;4) 改善室内空气质量;5) 提高系统效率;6) 整体机械性能最佳。

该项目取得了成功,达到了设计要求。机械装置在运行中节省的费用能抵消增加建筑外围护结构保温产生的费用^[1]。

B. Tashtoush 等人对两级蒸发冷却系统的运行特性作了模拟,模拟结果表明,两级蒸发冷却器

的 COP 比单独的间接蒸发冷却器要高出 20%^[2]。

M. Lain 等人对应用于捷克电视中心的两级蒸发冷却系统作了能耗分析,发现单级蒸发冷却在捷克不可能保证室内舒适度和空气质量^[3]。

美国戴维斯能源组提出了第三代两级蒸发冷却器,即露点式间接蒸发冷却器和直接蒸发冷却器。与第二代两级蒸发冷却器相比,用该冷却器可以冷却空气到更低的温度,并且使室内空气湿度增加更少。第三代蒸发冷却器的 EER 比第一代和第二代的提高了 28%~53%^[4]。

于向阳申请了多级蒸发冷却制冷机实用新型专利。该空调机将至少两个单级间接蒸发冷却器串联在一起,用其对空气进行多级等湿降温可使空

①[☆] 黄翔,男,1962 年 7 月生,硕士研究生,工学硕士,教授,副校长

710048 西安市金花南路 19 号西安工程技术大学
(029) 82330016

E-mail: huangx@xpu.edu.cn

收稿日期:2006-11-30

修回日期:2007-03-08

气的温度低于当地空气的湿球温度,接近露点温度^[5]。

屈元针对西北地区已投入使用的三级蒸发冷却空调系统进行了初步理论与实验研究,预测了西北地区应用冷却塔预冷的效果,对国内外几种间接蒸发冷却数学模型进行了优选并加以改进,通过实测数据与计算值的比较证明了所选模型的合理性^[6]。

黄翔等人在消化吸收国外多级蒸发冷却空调系统技术的基础上,提出了适合于我国西北地区的三级蒸发冷却空调系统,并通过对新疆地区一运行中的三级蒸发冷却空调系统的实测,比较了几种运行方式的效果,得出了其运行范围。经过分析计算得知,当湿球温度低于 18℃时,三级蒸发冷却空调系统完全可以替代传统的机械制冷系统^[7]。他们还针对新疆地区三个实际应用的蒸发冷却空调工程作了现场测试,并进行了系统的分析。结果表明,冷却塔表冷段+板翅式间接蒸发冷却段+直接蒸发冷却段的三级蒸发冷却系统的出风温度可以达到 14.5℃,趋近于进风的露点温度 12℃^[8]。

黄翔在现有的国外蒸发冷却空调集成系统的基础上,借鉴 Mumma 教授提出的 DOAS 系统设计思想,根据我国的实际情况,提出了一种新的蒸发冷却新风空调集成系统方案。该集成系统将蒸发(除湿)冷却与机械制冷相结合,由新风机组承担新风负荷和室内负荷;采用全空气系统,无回风;新风与排风之间采用全热交换器;新风机组上安装了粒子过滤效率 $\geq 99.999\%$ 的高效空气过滤器;控制系统采用 VAV 控制^[9]。

黄翔等人介绍了三级蒸发冷却空调的热工计算方法,并结合实际工程作了测试验证。同时还介绍了三级蒸发冷却空调的自动控制系统^[10]。他们还从工程最优化角度出发,以通过实验手段得到的目前广泛应用的比表面积为 500 m²/m³ 的铝箔填料式直接蒸发冷却器和板式间接蒸发冷却器的最佳淋水密度为基础,对这两种目前使用较多的蒸发冷却器的热工计算进行了简化,以增强蒸发冷却空调热工计算方法的实用性和便利性,使蒸发冷却空调设备的制造更加规范化和标准化^[11]。

张丹类比喷水室热工计算方法,分析了冷却塔供冷型间接蒸发预冷器+叉流板式间接蒸发冷却器+设置填料的直接蒸发冷却器的三级蒸发冷却

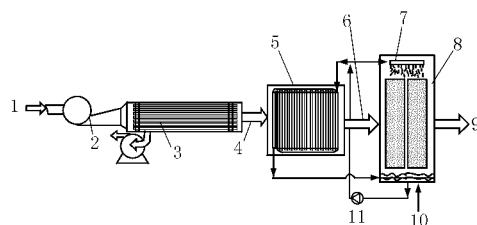
空调系统的已知条件、计算内容和计算步骤。针对实际的工程测试数据,给出了一种蒸发冷却空调热工计算简化方法^[12]。张丹等人系统地研究了间接、直接蒸发冷却空调的热工计算简化方法,并给出了详细的设计计算和校核计算过程。他们还从节能的角度出发,对两级蒸发冷却空调机组进行了测试,得出了铝箔填料式直接蒸发冷却器最佳淋水密度在 5 500~6 000 kg/(m²·h)之间,板式间接蒸发冷却器的最佳淋水密度在 15~20 kg/(m·h)之间^[13-15]。

祝大顺介绍了新疆某医院住院楼的三级蒸发冷却空调系统,并作了能耗分析,结果表明,三级蒸发冷却空调系统的耗电量是机械制冷方式的 1/5^[16]。

熊军等人提出了一种再循环蒸发冷却方法,即利用一部分送风作为二次空气直接蒸发制取冷水,然后用冷水冷却室外空气。他们设计了一套再循环蒸发冷却装置,并通过实验测试了它的冷却效果;对再循环蒸发冷却技术在空调行业的应用进行了具体分析,提出了相应的系统应用设计方法^[17]。

2 除湿与蒸发冷却相结合的空调系统

El-Dessouky 等人提出了一种新型的空调系统(见图 1),该系统将膜空气干燥和间接/直接蒸发冷却进行了复合。膜除湿蒸发冷却系统工作的相对湿度范围在 30%~100%之间,温度在 22~45℃之间。分析表明,膜除湿蒸发冷却系统相对于机械蒸发式制冷机可节能 86.2%;机械蒸发式制冷机和间接蒸发冷却的组合系统及机械蒸发式制冷机和直接加间接蒸发冷却的组合系统分别比传统的单独机械蒸发式制冷方式节能 49.8% 和 58.9%^[18]。



1 进风 2 湿空气 3 膜纤维 4 干空气 5 间接蒸发冷却器 6 预冷空气 7 布水器 8 直接蒸发冷却器 9 冷却后的空气 10 补水 11 循环水泵

图 1 膜除湿蒸发冷却空调系统

D. W. Johnson 等人描述了中空纤维膜在蒸发冷却系统中的应用,中空纤维膜被捆扎成束,类

似接触器的原理。实验研究结果表明合理的纤维数量和膜表面积能提供比传统空调更高的制冷效率^[19]。

3 半集中式蒸发冷却空调系统

L. Bellia 等人有意大利的气候条件下,针对加装蒸发冷却段的全空气和空气-水混合系统作了经济分析,对欧洲测试参考年中意大利的气象数据进行处理后,得出了这种系统与传统系统的性能比较结果。采用适当的计算程序对能量消耗和运行成本作出了评价^[20]。

J. L. Niu 等人提出了一种用于炎热潮湿地区的辐射吊顶与除湿冷却相结合的空调系统。为了评价该系统的性能和节能潜力,还对另外 3 种系统的运行进行了分析。逐时模拟结果表明,辐射吊顶与除湿冷却相结合的空调系统比普通定风量全空气系统可节能 44%,该系统转轮除湿的再生在全年 70% 的时间内可用温度为 80 °C 的低品位热能来实现^[21]。

B. Costelloe 等人分析了蒸发冷却在南欧和北欧的应用情况,借鉴了最近的实验研究成果,用于分析的气象数据为气象测试参考年的数据。研究表明用蒸发冷却方法产生冷却水有很大的潜力。间接蒸发冷却空气-水系统不但在北欧温带地区,而且在南欧部分城市也具有广阔的应用前景^[22]。

L. Z. Zhang 等人采用逐时计算方法对除湿冷却与辐射吊顶相结合的空调系统在我国东南地区气象条件下的应用情况进行了测试。结果表明,该空调系统比全空气系统可节能 40% 以上,该系统转轮除湿的再生在全年 99% 的时间内可用温度为 80 °C 的低品位热能来实现,而采用旧的蒙特环境控制循环,全年只有 30% 的时间可以利用低品位热能^[23]。

T. W. Qing 等人分析了现有集中式蒸发冷却空调系统存在的风道尺寸大和不能实现分时控制的缺点,对应用半集中式蒸发冷却空调系统的可行性进行了分析和论证^[24]。

黄翔等人在分析和研究集中式蒸发冷却空调自动控制系统的基础上,首次提出了在我国西北地区采用半集中式蒸发冷却空调系统的方案,并对该方案的应用场所和条件进行了详细的阐述^[25],为蒸发冷却空调系统在西北地区更多的民用与公共

建筑中推广应用指明了方向。

屈元等人针对西北地区目前使用的蒸发冷却系统模式单一及其他问题,以新疆乌鲁木齐为例对半集中式蒸发冷却空调系统与传统的半集中式空调系统进行了对比分析,讨论了半集中式蒸发冷却空调系统在西北应用的可能性^[26]。

江亿等人提出了一种间接蒸发式供冷的方法及其装置^[27]。该装置是在普通冷却器进风口处增设了增加成本不高却可节约大量能源的空气-水逆流换热器而形成的,其目的是采用逆流换热、逆流传质来尽量减少传热传质过程中的不可逆损失,以得到较低的供冷温度和较大的供冷量,提高设备利用率,节约能源。该间接供冷式装置的研制成功为半集中式蒸发冷却空调系统在西北地区的应用奠定了基础。

杨垒等人针对干工况风机盘管加蒸发冷却新风的空调方式的应用的几个相关问题进行了讨论,包括干工况风机盘管加新风空调系统各种参数的确定、节能情况和经济性,以实现风机盘管加新风系统从湿工况改造为干工况^[28]。

兰冶科等人对蒸发冷却与干式(工况)风机盘管相结合的半集中式空调系统的设计过程进行了详细分析。通过实例计算和系统分析表明,它不仅解决了目前蒸发冷却系统中存在的风管尺寸大、难以分室控制等问题,还比直流式全新风蒸发冷却空调系统减少能耗 21.9% 以上^[29-30]。

李银明对蒸发冷却与辐射吊顶相结合的半集中式空调系统进行了系统的研究^[31];对新型辐射板在夏季与蒸发冷却结合供冷和在冬季供热的能力进行了实验研究,为辐射吊顶与蒸发冷却相结合的新型空调系统的设计计算和实际应用提供了详尽的技术参数;指出了新型辐射板与蒸发冷却相结合具有广阔的应用前景^[32];提出了将蒸发冷却技术与冷吊顶相结合的新型半集中式蒸发冷却空调系统方案。该系统由蒸发冷却空调机组承担室内的潜热负荷,冷却吊顶承担室内的显热负荷,冷却吊顶盘管中的冷水采用新疆当地的天然地下水、自来水或冷却塔产生的冷却水(16~18 °C),冷却吊顶在夏季用于冷辐射,冬季用于热辐射。该系统达到了节能、减小送风管道尺寸、满足全年运行需要的目的^[33]。以西安地区某一高档办公室为例,分析了室内空气温度分别为 24 °C 和 26 °C 时外围护

结构内表面温度与发射系数 ϵ 的关系,得到了当外围护结构内表面发射系数满足一定条件时,蒸发冷却/辐射吊顶空调系统要比传统空调系统节能,并且热舒适性相同的结论^[34]。李银明等人还针对目前国内应用辐射吊顶系统存在初投资高、冷却能力有限、容易结露等问题,提出了一种适合炎热干燥地区并能解决上述问题的送风方式——顶棚散流器扩散送风,并从西北地区的气象条件出发,详细分析了在西北主要城市应用该系统时辐射板上结露的可能性,并提出了解决结露的具体方案^[35-36]。

刘晓华等人提出了在新疆设计温湿度独立控制的空调系统的方案:新风承担湿负荷,风机盘管运行在“干工况”以带走显热负荷。介绍了间接蒸发冷水机组利用室外干燥的新风产生冷水(冷水温度理论上可无限接近新风露点温度)的方法,并以新疆石河子某大厦为例,介绍了间接蒸发冷却制冷的温湿度独立控制系统的的核心设计方法^[37]。

4 建筑物被动蒸发冷却技术

B. Givoni 等人论述了由一个隔热水池构成的间接蒸发冷却系统,分析了几种结构的系统(如带有和不带有夜间通风的情况,不同时刻冷却水在屋顶内循环的情况等),建立了用于计算温度平均值和最大值的预测方程^[38]。

Z. Ghiabaklou 假设了一个被动蒸发冷却系统,并进行了相关的热舒适性研究,该方法是基于 Fanger 教授提出的热舒适方程提出的^[39]。

N. M. Nahar 等人针对干旱地区搭建了测试小室,在屋顶采用了不同的被动蒸发冷却技术,并进行了相关的性能研究^[40]。

E. Ibrahim 等人在外界环境变化的条件下,对多孔陶瓷蒸发冷却器进行了实验研究,结果表明,在相对湿度升高 30% 的情况下,干球温度降低了 6~8 K,最大冷量达到了 224 W/m²^[41]。

孟庆林对建筑表面被动蒸发冷却进行了系统的理论与实验研究。近年来主要研究了含湿砂层蒸发过程的温度波衰减,获得了含湿砂层常温工况下的蓄热系数和热惰性指标,该指标可用于含湿砂层构造体系的衰减度计算^[42-44]。

范影等人将被动蒸发冷却技术在建筑中的应用方式归纳为四大类,由于建筑物得热的 50% 来源于屋顶,所以着重阐述了屋顶的被动蒸发冷却技术。他们对各种被动蒸发冷却方式的结构特征进

行了描述和性能比较,总结了适用于干热地区环境的建筑物被动冷却方式,研制了一种新型的用于贴附于建筑物墙体外表面的多孔调湿材料,分析了这种材料的结构特征及内部的传递机理,并进行了相关的实验研究。结果表明,在 10 h 内,密闭空间相对湿度降低了 25% 左右;多孔调湿材料前后壁面温差最大可以达到 7.3 °C,平均温差约为 4 °C 左右^[45-48]。

王鸽鹏提出了在新疆地区将自然通风技术同蒸发冷却技术相结合的系统,并对此生态系统进行了分析^[49]。

5 蒸发冷却自动控制系统

强天伟和黄翔等人以西门子楼宇科技公司的 SYSTEM 600 APOGEE(楼宇控制系统)为平台,结合在乌鲁木齐地区实际应用的蒸发冷却工程,针对自动控制系统中主要硬件的排放顺序、软件编写的优化,设计了较完善的集中式蒸发冷却空调系统自动控制方案。通过合理设置蒸发冷却设备,编写系统运行程序以及搭建 BA 系统,使整个空调系统达到了最佳的温湿度控制,同时大大降低了能耗^[50-51]。另外他们还分别介绍了 DDC 在蒸发冷却空调机组自动控制中的应用,着重讨论了控制程序的作用,强调了控制程序的独特性和唯一性^[52-53]。归纳了蒸发冷却 VAV 系统在我国智能建筑中的应用,提出了将两者结合应用的观点并给出了 VAV 空调系统的设计方法^[54]。

贺进宝等人阐明了如何将变风量控制技术结合到家用蒸发冷却空调系统当中,以解决分室控制的问题。结合我国居民目前的价格接受水平,针对不同的需求层次,在分析对比现有方法的基础上,提出了各自的解决方案及机组运行工况控制流程,完善了机组对温、湿度的控制^[55-57]。介绍了新疆乌鲁瓦提水利枢纽发电厂的集中式蒸发冷却空调系统的设计以及运行调试情况^[58]。

刘翔、黄翔等人分别对蒸发冷却空调系统的自动控制进行了研究,并引入了变风量空调系统控制总风量方法的设计思路——对风机的变频控制通过 PLC 实现,以使整个空调系统达到节能的目的^[59-61]。

6 蒸发冷却水质处理

杨秀贞等人分析了蒸发冷却空调水系统结垢、腐蚀和菌藻增生的原因,在总结目前冷却水处理方

法的基础上,首次提出将臭氧法应用于蒸发冷却空调水系统处理的方法。通过实验,证明了臭氧法用于蒸发冷却空调水系统是可行的^[62-66]。

7 结论

蒸发冷却技术是一种节能、环保、经济和可提高室内空气质量的冷却方式。由空气蒸发冷却器与空气输送及分配系统构成的蒸发冷却空调系统实质上也是一种直流式(全新风)空调系统。目前蒸发冷却技术已在我国西北地区的新疆等地的纺织厂等工业建筑和体育馆、商场、宾馆、写字楼、医院等民用建筑中广泛应用,且取得了良好的节能效果;同时,在系统上已由单独直接蒸发冷却的一级系统发展到间接与直接蒸发冷却相结合的二级系统,以及两级间接蒸发与直接蒸发冷却相结合的三级系统,这些系统都取得了很好的应用效果。

《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005)第 5.3.24 条规定:在满足使用要求的前提下,对于夏季空气调节室外计算湿球温度较低、温度日较差大的地区,空气的冷却过程宜采用直接蒸发冷却、间接蒸发冷却或直接蒸发冷却与间接蒸发冷却相结合的二级或三级冷却方式。

目前,人们正在就间接蒸发冷却的关键技术进行深入的研究,探索适宜采用蒸发冷却技术空调系统的特殊形式,使室外干燥空气中的自然湿能被充分利用,并且寻找相应的温度和湿度调控手段;研究系统的设计方法和设计参数,并完成一批示范工程,将蒸发冷却技术与纳米光催化技术、活性炭吸附技术及离子化技术加以集成,使之在节能、环保和提高室内空气质量等方面发挥其重要作用。

参考文献

- [1] Sukhdev S, Mathaudhu P E. Evaporative cooling in California[J]. ASHRAE J, 2000, 42(10):81-83
- [2] Tashtoush B, Mahmood T, Ahmed Al-Hayayneh. Thermodynamic behaviour of an air-conditioning system employing combined evaporative-water and air coolers[J]. Applied Energy, 2001, 70:305-319
- [3] Lain M, Duska M, Matejcek K. Application of evaporative cooling techniques in the Czech Republic [C]// International Congress of Refrigeration 2003, 2003:1-8
- [4] Davis Energy Group. Development of an improved two-stage evaporative cooling system[R], 2004
- [5] 于向阳. 多级蒸发冷却制冷机:中国, 99259083. 3 [P]. 2000-09-16
- [6] 屈元. 多级蒸发冷却空调系统的理论与实验研究[D]. 西安:西安工程科技学院, 2003
- [7] 黄翔, 屈元, 狄育慧. 多级蒸发冷却空调系统在西北地区的应用[J]. 暖通空调, 2004, 34(6):67-71
- [8] 黄翔, 周斌, 于向阳, 等. 新疆地区三级蒸发冷却空调系统工程应用分析[J]. 暖通空调, 2005, 35(7):104-107
- [9] 黄翔. 蒸发冷却新风空调集成系统[J]. 暖通空调, 2003, 33(5):13-16
- [10] 黄翔, 周斌, 屈元, 等. 三级蒸发冷却空调热工计算方法与工程应用分析[C]// 第三届全国制冷空调新技术研讨会论文集, 2005:62-66
- [11] 黄翔, 张丹, 吴志湘, 等. 蒸发冷却空调设计方法研究——两种蒸发冷却器热工计算方法的简化[J]. 流体机械, 2006, 34(12):75-78
- [12] 张丹. 蒸发冷却空调简化热工计算与系统设计方法的理论与实验研究[D]. 西安:西安工程科技学院, 2006
- [13] 张丹, 黄翔, 吴志湘. 关于三级蒸发冷却空调系统简化热工计算方法的探讨[C]// 全国暖通空调制冷 2004 年学术年会论文集, 2004:202-208
- [14] 张丹, 黄翔, 吴志湘. 蒸发冷却空调系统设计方法研究——简化热工计算的步骤与内容分析[J]. 流体机械, 2005, 33(增刊):323-327
- [15] 张丹, 黄翔, 吴志湘. 蒸发冷却空调最佳淋水密度的实验研究[J]. 西安工程科技学院学报, 2006(2):191-194
- [16] 祝大顺. 浅谈新疆某医院住院楼蒸发制冷空调系统[J]. 制冷与空调, 2004(3):50-53
- [17] 熊军, 刘泽华, 宁顺清. 再循环蒸发冷却技术及其应用[J]. 建筑热能通风空调, 2005, 24(4):41-44
- [18] El-Dessouky H T, Ettouney H M, Bouhamra W. A novel air conditioning system membrane air drying and evaporative cooling[J]. Institution of Chemical Engineers, 2000, 78:999-1009
- [19] Johnson D W, Yavuzturk C, Pruis J. Analysis of heat and mass transfer phenomena in hollow fiber membranes used for evaporative cooling[J]. Journal of Membrane Science, 2003, 227:159-171
- [20] Bellia L, Mazzei P, Minichiello F, et al. Cooling energy consumption and operating costs: evaporative all-air and air-water systems in the Italian climate[J]. International Journal of Energy Research, 2000, 24:163-175
- [21] Niu J L, Zhang L Z, Zuo H G. Energy savings potential of chilled-ceiling combined with desiccant

- cooling in hot and humid climates[J]. Energy and Buildings, 2002, 34: 487-495
- [22] Costelloe B, Finn D. Indirect evaporative cooling potential in air-water systems in temperate climates[J]. Energy and Buildings, 2003, 35: 573-591
- [23] Zhang L Z, Niu J L. A pre-cooling munters environmental control desiccant cooling cycle in combination with chilled-ceiling panels[J]. Energy, 2003, 28: 275-292
- [24] Qiang Tianwei, Shen Henggen, Huang Xiang, et al. Semi-central evaporative cooling air conditioning system [J]. International Journal of Heat & Technology, 2005, 23: 109-113
- [25] 黄翔, 强天伟, 武俊梅, 等. 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
- [26] 屈元, 黄翔, 狄育慧. 西北地区半集中式蒸发冷却空调系统的设计[J]. 西安工程科技学院学报, 2003(2): 158-161
- [27] 江亿, 李震, 薛志峰. 一种间接蒸发式供冷的方法及其装置: 中国, 02100431. 5[P]. 2002-01-30
- [28] 杨垒, 汪友元. 新疆医科大学第五附属医院内科综合楼空调系统[C]//新疆 2005 年暖通空调、热能动力、建筑给排水学术年会论文集, 2005
- [29] 兰治科. 蒸发冷却+干工况风机盘管半集中式空调系统的研究[D]. 西安: 西安工程科技学院, 2007
- [30] 兰治科, 黄翔, 狄育慧. 蒸发冷却+干式风机盘管半集中式空调系统探讨[J]. 西安工程科技学院学报, 2006(6): 735-740
- [31] 李银明. 蒸发冷却与冷却吊顶相结合的半集中式空调系统的应用研究[D]. 西安: 西安工程科技学院, 2006
- [32] 李银明, 黄翔, 梁才航. 新型辐射板的实验研究及在西北地区的应用[J]. 西安工程科技学院学报, 2004(4): 353-356
- [33] 李银明, 黄翔. 蒸发冷却与冷却吊顶相结合的半集中式空调系统的探讨[J]. 流体机械, 2005, 33(1): 56-59
- [34] 李银明, 黄翔, 刘毅. 蒸发冷却/辐射吊顶供冷房间的能耗分析[J]. 纺织高校基础科学学报, 2005(2): 194-198
- [35] 李银明, 黄翔. 西北地区蒸发冷却/辐射吊顶系统的顶棚送风方式[J]. 制冷空调, 2005(3): 44-47
- [36] 黄翔, 李银明, 武俊梅. 蒸发冷却+辐射吊顶空调系统能耗模拟[J]. 化工学报, 2006(增刊): 205-208
- [37] 刘晓华, 江亿, 谢晓云, 等. 温湿度独立控制空调系统[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006
- [38] Givoni B, Pablo L, Roche A, et al. Indirect evaporative cooling with an outdoor pond [C] // Proceedings of PLEA, 2000: 310-311
- [39] Ghiabaklou Z. Thermal comfort prediction for a new passive cooling system [J]. Building and Environment, 2003, 38: 883-891
- [40] Nahar N M, Sharma P, Purohit M M. Performance of different passive techniques for cooling of buildings in arid regions[J]. Building and Environment, 2003, 38: 109-116
- [41] Ibrahim E, Li Shao, Riffat S B. Performance of porous ceramic evaporators for building cooling application[J]. Building and Environment, 2003, 38: 941-949
- [42] 孟庆林. 建筑表面被动蒸发冷却[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2001
- [43] 孟庆林. 屋面被动冷却蒸发层层波衰减[J]. 太阳能学报, 2002(5): 667-669
- [44] 孟庆林. 屋面含湿砂层温度波衰减研究[J]. 暖通空调, 2003, 33(2): 110-111
- [45] 范影. 应用于被动蒸发冷却的复合型高分子多孔调湿材料的理论及实验研究[D]. 西安: 西安工程科技学院, 2006
- [46] 范影, 黄翔, 狄育慧. 利用太阳能的被动蒸发冷却[J]. 中国建设, 2004(8): 46-50
- [47] 范影, 黄翔, 狄育慧. 被动冷却技术在我国建筑节能中的应用展望[J]. 建筑热能通风空调, 2005, 24(5): 29-32, 55
- [48] 范影, 黄翔, 狄育慧. 用于建筑物被动技术的多孔调湿材料[J]. 西部制冷空调与暖通, 2006(1): 46-52
- [49] 黄翔, 范影, 狄育慧. 用于墙体表面的多孔调湿材料实验研究[J]. 西安工程科技学院学报, 2006(6): 731-734
- [50] 王鸽鹏. 自然通风和蒸发冷却技术及其在新疆建筑中的应用简介[J]. 西部制冷空调与暖通, 2006(1): 110-113
- [51] 强天伟. 蒸发冷却空调自动控制系统的研究[D]. 西安: 西安工程科技学院, 2002
- [52] 黄翔, 强天伟, 武俊梅, 等. 蒸发冷却空调自动控制系统的研究[J]. 建筑智能化, 2002(12): 38-42
- [53] 强天伟, 黄翔, 蒸发冷却空调机组的自动控制程序[J]. 西北纺织工学院学报, 2000(增刊): 31-35
- [54] 黄翔, 强天伟, 狄育慧, 等. 蒸发冷却式空调自动控制的研究[J]. 建筑热能通风空调, 2003, 22(1): 39-42
- [55] 强天伟, 黄翔, 狄育慧, 等. 蒸发冷却技术与 VAV 控制系统[J]. 制冷与空调, 2001(4): 65-68

(下转第 136 页)

注册公用设备(暖通空调专业)工程师专栏(3)

13 我今年要参加注册公用设备(暖通空调专业)工程师专业考试,请问怎样准备才能考好?

答:这个问题涉及面较大,因人而异,根据以往考高分同志的经验,主要注意以下几点:

1) 一定要复习。有的同行虽然水平高,但工作很忙,没有很好复习,在考试时临时翻阅资料来答题,一是时间不够,二是失误多。所以必须认真复习。参考资料很多,但至少应复习由全国勘察设计注册工程师公用设备专业管理委员会秘书处组织编写的《全国勘察设计注册公用设备工程师暖通空调专业考试复习教材(第2版)》和规范标准汇编,按考试大纲中规定的要求对照学习。

2) 对规定要考的本专业规范标准特别是附录、附录以及条文说明需充分熟悉、理解。

3) 可以按照设计工作的步骤来复习。如供暖,必然是建筑热工、负荷计算、热平衡、方案选择、系统布置、设备选用及计算、管路计算、附件选择以及对施工要求的说明等。每一步都有必须掌握的技术要求、方法和规定。

4) 不要忽视暖通空调制冷设备、附件的构造原理、性能参数及其测试方法的要求和规定。前两次考试后,很多考生反映对制冷设备没有重视而失分。

5) 供暖、通风、空调、制冷四个方面是重点,不要仅限于自己目前的工作内容,不应偏废哪一方面。需熟悉基础知识、概念、方案及计算方法。

6) 如果遇到不同参考资料对同一内容有不同解释时,一定要以现行国家标准来答题。

7) 需关注节能、环境、安全、健康的内容。

14 有没有前两次专业考试试题汇编和标准答案?

答:按国家人事部、建设部规定,历次考题及其标准答案仍不能正式公布,经过一定时限后才可以。目前有一些网站设置“真题回顾”栏目,内容由参加过考试的同行凭记忆提供,可以适当参考。

15 注册公用设备工程师(暖通空调专业)的官方英文名称是什么?

答:Registered Utility Engineer (HVAC) The People's Republic of China

(上接第 29 页)

[55] 贺进宝. 家用蒸发冷却变风量中央空调系统自动控制方案的研究[D]. 西安:西安工程科技学院,2003

[56] 贺进宝,黄翔. 蒸发冷却变风量空调系统自动控制的研究[J]. 流体机械,2003,31(增刊):301-304

[57] 贺进宝,黄翔. 一种简单实用的户式蒸发冷却变风量系统风系统控制方案[J]. 电器 & 智能建筑,2003(11):104-106

[58] 贺进宝,黄翔. 新疆乌鲁瓦提水利枢纽发电厂蒸发冷却空调控制系统的设计[J]. 制冷空调与电力机械,2002(4):31-32

[59] 刘翔. 空调机组 PLC 控制与末端装置模糊相结合的蒸发冷却空调控制系统的开发[D]. 西安:西安工程大学,2007

[60] 刘翔,黄翔. 可编程控制器 PLC 在蒸发冷却空调系统中的应用[J]. 流体机械,2005,33(增刊):372-376

[61] 黄翔,刘翔. 蒸发冷却空调自动控制系统的研究[J]. 西部制冷空调与暖通,2005(2):24-30

[62] 杨秀贞. 臭氧处理蒸发冷却空调水[D]. 西安:西安工程科技学院,2006

[63] 杨秀贞,黄翔,程刚. 蒸发冷却空调水质问题的分析研究[J]. 制冷空调与电力机械,2004(6):33-36

[64] 杨秀贞,黄翔,程刚. 开式蒸发冷却中央空调水质分析及研究[J]. 供热制冷,2005(8):83-85

[65] 杨秀贞,黄翔,程刚. 臭氧法在蒸发冷却空调水系统中的应用[J]. 西安制冷,2005(2):126-132

[66] 杨秀贞,黄翔,程刚. 臭氧处理蒸发冷却空调水的实验研究[J]. 西安工程科技学院学报,2006(5):579-582