

蓄冰空调变风量系统工程可行性分析

刘震炎 余光宝 丁以虹

(中国科学技术大学)

[摘要] 文中提出了冰蓄冷空调中应用变风量送冷系统的新设想,分析研究了工程可行性。分析表明在冰蓄冷空调中设置变风量送风系统,不仅可以降低冷负荷,减少运行费用,而且可以解决蓄冷空调的不足—负荷严重不匹配。本文还结合实际的工程案例,分析了工程经济性。

关键词 冰蓄冷 变风量 系统可行性

中图分类号 TK02 TU83.37

0 前言

电网供需矛盾严重,白天和夜晚峰谷负荷差很大。空调用电一般占电网负荷的 25%~40%,随着经济的发展,这种比例还会有所上升。为此,蓄冰空调作为主要的调荷节能手段在整个世界范围内方兴未艾。蓄冷空调系统大幅度地降低运行电费,促进电网负荷平衡,使空调业主和电力部门同时受益。但它却存在放冷能力不稳定,放冷速率与空调负荷难匹配,整个蓄放冷系统控制复杂等缺点。在冰蓄冷空调系统中采用与低温送风相结合的变风量系统(VAV)系统更适合:降低初投资;大幅降低运行功耗和节省运行费用^[1];解决严重的负荷不匹配。

本文首先分析了在蓄冰空调中采用常规送风系统的不足,提出用变风量系统取代常规送风系统来解决工程缺陷,分析研究了变风量系统的工程可行性。分析表明在冰蓄冷空调中设置变风量送风系统,不仅可以降低冷负荷,减少运行费用,而且可以解决蓄冷空调的致命不足—负荷严重不匹配。本文阐述了 VAV 在冰蓄冷空调中的系统概况,

还结合实际的工程案例,分析了工程经济性。

1 传统送冷方式的不足

蓄冷器传统方式放冷过程中,风机速度是不可变化的或仅能阶跃调节的。定风量放冷过程中蓄冷器放冷能力随其放出冷量变化为一条斜率为负值增大的曲线,开始下降时较为平坦,表明开始放冷时冷量还比较均匀,可随剩余冷量减少,放冷速率下降比较剧烈,放冷能力越来越小。阶跃可调风量风机对蓄冷器的放冷性能并没有起到多大的改善。

将典型建筑负荷线与放冷曲线对比,蓄冷器的放冷曲线与负荷不能很好匹配,尤其在全负荷转移中,矛盾更加突出,见图 1。

在早晨及上午,放冷能力很强,而冷负荷较小,在傍晚 5:00 左右,放冷能力很弱,而冷负荷又很大,如上图 A 线。为解决这种冲突,一些工程采用增大蓄冷量,以提高其放冷能力,这样蓄冷器和其它设备要相应增大,如图 1 中 B 线^[2]。

收稿日期 1996-11-18 收修改稿 1997-04-09

本文联系人 刘震炎 男 合肥市中国科学技术大学热科学和能源工程系

从以上分析可看出,蓄冷器传统放冷过程存在以下不足:

(1)系统运行中放冷速率和冷负荷不能很好匹配,使室内温度波动很大,影响室内空气品质,尤其在一些特殊场所。

(2)放冷与负荷不匹配。因风量不能连续可调,使整个系统运行很不经济,电耗量因此增大 20% ~ 30% [1]。

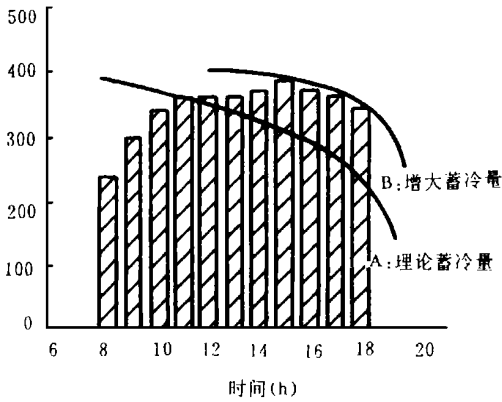


图 1 放冷性能和典型建筑负荷线的矛盾

(3)为解决下午 5 00~ 7 00蓄冷器放冷与负荷的严重冲突,国外不少文献研究了增加蓄冷器蓄冷量以弥补放冷速率的不足 [3]。这种方法初投资将增大,很不可取

(4)即使是多级可调风机,需要值班人员操作,自动化程度低,为管理带来不便

2 蓄冷系统中应用变频调速风机送冷的可行性

蓄冷空调用变频风机送冷 (VAV)系统,可以解决以上的不足。从技术可行性、经济性两方面来看都是可行的:

技术的可行性:蓄冷器本身放冷能力随工况的改变,能在很大的范围内连续可调。它不象直接供冷制冷机调节起来很复杂,且在一定范围内调节才能保证制冷效率下降不至于过低。这样选择固定的冷媒流量,而调节送风量可以与负荷保持匹配,从而使蓄冷器放冷曲线很好地与负荷曲线一致,并且很好地解决图 1中提到的负荷冲突

技术的经济性:采用冰蓄冷后,变频风机与低温送风机结合,使变频风机功率下降为 40%左右,冷媒泵功率和蓄冷器及管道设备初投资也大为下降。这样单从送冷系统来说,一次性投资反而会有所下降。而从运行费用来看,变频风量系统使蓄冷量要求下降 10%左右(减少了新风负荷),降低蓄冷电耗。而泵和风机电耗也大为降低,同时泵和风机转化热使冷量损失下降,使总运行费用下降很可观 [5]。

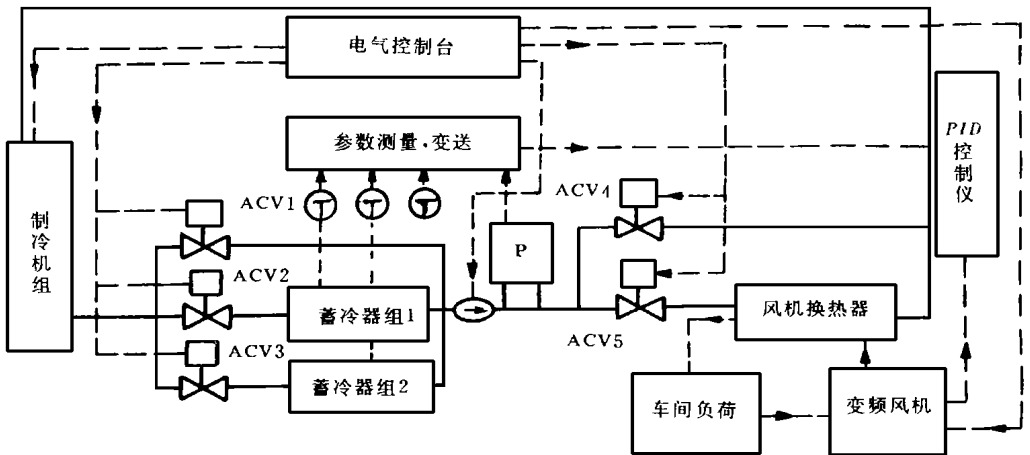


图 2 埃卡蓄冷空调系统方案图

3 蓄冰空调中变风量系统介绍

3.1 中央空调蓄冰系统介绍

石家庄埃卡公司原有制冷机组一台,为公司 2 000 m² 车间供冷,车间温度要求 26 ~ 28℃。设计日室外温度 35℃,室内负荷为 125.6万 kJ/h(343.3kW)。制冷机组在 5 6 10 三个月白天供冷,7 8 9 三个月全天供冷,但由于 7~9 月份冷负荷较大,制冷系统供冷不足,不能满足生产工艺对车间温度的要求,从而在一定程度上影响产品的质量和数量。为了满足生成工艺对环境温度的要求,解决峰值(用冷高峰和用电高峰)时供冷不足,并充分利用廉价电力,需设置中央空调蓄冷系统。我们设计的系统方案见图 2。

以上系统主要由制冷机组、蓄冷器组、VAV 系统和控制系统组成。其中 VAV 系统主要由液气换热器和一个变频调速风机组成,当风机风量改变时,风机的换热系数改变,从而改变换热率。应用此系统可以通过调节风机转速来控制任一时刻的冷量输出。变频式风机系统一般有测温传感元件(热电阻和热电偶),控制系统(常用 PID 温控仪或 DDC 系统),变频装置,变频式电机,输流风扇等主要部分构成。整个系统中,风机风量由室内外条件(温度)改变通过 PID 仪表处理反馈给变频装置,从而调整变频风机风量,使室内条件基本稳定在 PID 仪表的设定值。

3.2 常规系统和 VAV 系统设计参量对比

通过我们开发的 VAV 系统模拟程序进行模拟运行和理论设计,设计结果如 [5]

由表 1 可以看出:

(1) 低温送风系统的风管尺寸减小了 23%,水管尺寸降低了 37.5%,降低了初投资。

(2) 低温送风系统的制冷量比常规送风

系统的制冷量降低了 11%。主要是因为采用了低温送风,送风量的减小,减少了新风负荷,从而使制冷机的功耗减少。同时由于蓄冷量的减少,从而使蓄冰系统蓄冷器和制冷机的初投资减少。

(3) 低温送风系统的功耗降低了 52%。主要是因为送风量的减少使风机功率减小;采用蓄冰系统使供冷冷冻循环水的温差加大,从而使水泵的设计流量减小,水泵的功率也就相应减小,削减了电力峰值,降低了运行费用。

表 1 两种送风系统的比较

	与蓄冰相结合的 低温送风系统	常规送风系统
送风温度(℃)	12	20
送风量(m ³ /h)	70 000	145 000
制冷量(kW)	448	505.3
风机功率(kW)	11	22
水泵功率(kW)	9	20
风管尺寸(mm×mm)	2 000×1 500	2 500×2 000
水管管径(mm)	125	200
冷媒流速(m/s)	1.5	1.4

(4) 在上面的系统设计中,我们还没有考虑冷媒泵和风机动力转化热,如考虑,VAV 系统的蓄冰空调要比常规送冷的蓄冷空调降低可观的冷量损耗。对上述系统,变风量系统比常规系统还可以使系统总制冷量降低 22 kW。

3.3 简单的经济性分析

设计供冷送风系统,初投资可以降低其初投资,包括制冷机组装机容量、泵、风管和水管以及电力设备和其电力增容费用。下面主要分析一下优化设计系统的运行费用的下降。

该地区的电价结构为:平峰 5 小时,电价 0.50 元/(kW·h);低峰 7 小时,电价 0.25 元/(kW·h);高峰 12 小时,电价 0.75 元/(kW·h)。

从以下几个方面来考虑设计日每天节省运行费用: (下转 182 页)

(4)贴壁回探流沿壁面向下流动,直抵密相区,然后被流化介质携带向上流动,经核心区直抵床顶又进入了贴壁回探流,是CFB锅炉特有的物料内循环流动结构;

(5)CFB锅炉反混强烈主要是物料内循环流动的结果;

(6)CFB锅炉顶部结构对内循环流动有重要影响

参考文献

1 Nakamura K and Capes CE. Vertical pneumatic con-

veying A theoretical study of uniform and annular particle flow models. Can. J. Chem. Eng., 1973, 51 (2): 39~ 46

2 Davidson J F, Clift R and Harrison D. Fluidization. second Edition. London: Academic Press, 1985 225

3 Van Breugel J W, Stein J J M and devries R J. Proc. Instn. Mech. Engrs, 1969~ 1970, 184(3C): 18

4 Saxton A L and Worler A C. Modern catalytic-cracking design. Oil Gas J., 1970, 68(20): 82~ 99

5 Grace J R and Matsen J M. Fluidization. Second Edition. New York: Plenum Press, 1980 537~ 546

6 白丁荣等.快速流态化两通道模型.化工学报, 1990, 1: 10~ 18

(渠源 编辑)

(上接 177页)

(1)与低温供冷相结合 VAV系统降低新风负荷及显热换热器回收排风冷量使制冷系统运行费用降低

从上述分析可以看到,制冷系统负荷降低了 57 kW,考虑到系统低温制冷能效比 EER(将所有耗电设备折合在一起作为系统耗电,考虑到蓄冷器的冷损失后实际冷量作为产冷量)取为 2.0;每天相当于全负荷运行 13小时,节省运行电费: 74元/天。

(2)风机和泵降低的运行费用

风机和泵降低的运行功率为 22 kW,合计降低运行费用为: 330元/天。

(3)泵和风机本身的动力功耗转化热的降低

泵和风机本身的动力功耗最终转化为冷媒或风机冷风的热负荷,使冷媒温度或风机冷风温度升高,泵和风机总功率降低 22 kW,转化为运行电费为: 92元/天。

以上三项合计每天可节省 492元,大约占整个系统的运行费用的 20%。对工程技术方案我们详细地分析了上述设计方案的经济性:常规送风系统的增加投资回收期为 3~ 5年,而采用 VAV系统的蓄冰空调系统回收期为 2.5年左右,回收期明显降低^[5]。

参考文献

1 张永铨,巨永平.与冰蓄冷相结合的低温送风系统.暖通空调, 1996, 1

2 刘天川.变风量空调系统应用初探.暖通空调, 1995, 4

3 Doug B How to select thermal storage. Heating/Pumping/Air-conditioning, Jan. 1992

4 刘震炎,余光宝等.关于埃卡包装材料有限公司中央空调蓄冷系统技术方案(中国科技大学), 1996年

5 余光宝.中央空调蓄冷系统工程最优化.中国科技大学硕士论文, 1996

(渠源 编辑)

超临界直流锅炉启动过程汽水膨胀的研究 = **A Study of the Water Swell in Supercritical Once-through Boilers During Start-up** [刊, 中] / Yang Dong, Chen Tingkuan, Hou Shuhai, Bi Qingcheng (Xi'an Jiaotong University), Yang Zhongmin, Li Yongxing (Harbin Boiler Works) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1998, 13(3). -161~ 164

A mathematical model is set up for calculating the water swell in a supercritical pressure once-through boiler during its start-up. The model has been verified through tests and was used to calculate the water swell during a cold-state and hot-state start-up process in a 600 MW supercritical pressure once-through boiler designed and developed by Harbin Boiler Works. All the above has provided a basis for the design of boiler start-up systems and the drawing-up of start-up curves. **Key words** supercritical pressure, once-through boiler, water swell

三通型汽轮机电-压力转换器的研究 = **A Study of Three-way Electro-pressure Converter for a Steam Turbine Regulating System** [刊, 中] / Wei Jianhua (Zhejiang University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1998, 13(3). -165~ 167

Described in this paper is the principle of an imported electro-pressure converter for use in a steam turbine regulating system. The electrical control principle and mechanical structure features of a home-made three-way electro-pressure converter are also discussed with its experimental curves presented. **Key words** steam turbine regulation, electro-hydraulic converter

汽轮发电机转子扭振模型修改 = **Modification of a Turbogenerator Rotor Torsional Vibration Model** [刊, 中] / Guo Li, Sheng Xiaomin (Hunan University), Cheng H S (American Northwestern University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1998, 13(3). -168~ 170

In connection with the establishment of a precise turbogenerator rotor torsional vibration model this paper discusses the modification with the help of test-obtained incomplete modalities of a concentrated parametric model set up by a finite element method, making it within the required frequency range to coincide with the measured dynamic characteristics. Given in this paper are the results of calculation for a home-made 200 MW turbogenerator unit. **Key words** turbogenerator, rotor, torsional vibration

大港电厂 328 MW 汽轮机凝汽器数值模拟与特性分析 = **Numerical Simulation and Characteristics Analysis of 328 MW Turbine Condenser of Dagang Power Plant** [刊, 中] / Zhu Guangyu, Li Hongmei (Xi'an Jiaotong University), Tang Ming (Harbin No. 703 Research Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1998, 13(3). -170~ 174

By the use of a numerical method calculated was the flow and heat transfer process on the condenser shell side of a 328 MW steam turbine condenser imported from Italy. An analysis is given of the rationality of the condenser design. The results of the analysis show that the layout of the condenser tube bank features rationality in certain aspects but there is room for improvement. Hence, the operating pressure may be slightly higher than the design pressure. **Key words** condenser, numerical simulation, analysis

蓄冰空调变风量系统工程可行性分析 = **The Analysis of Engineering Feasibility of VAV in an Ice Storage-assisted Air Conditioning System** [刊, 中] / Liu Zhenyan, Yu Guangbao, Ding Yihong (China National University of Science & Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1998, 13(3). -175~ 177

Proposed in this paper is a new concept concerning the use of variable air flow rate air feeding system in the ice storage assisted air-conditioning system. An analytical study is performed of its engineering feasibility. The results of the study have shown that the setting-up of the variable air flow rate air feeding system in the above-cited air conditioning system will not only reduce the cold load but also lower operation cost. In addition, it can eliminate the major defect in the ice storage-assisted air conditioning system, namely the serious mismatching of loads. The authors have also through specific engineering cases analyzed engineering economics. **Key words** ice storage-assisted air conditioning, variable air flow, system feasibility

循环流化床中贴壁回探流的机理试验研究 = **An Experimental Study of Wall-adhered Return Flow Mechanism in a Circulating Fluidized Bed** [刊, 中] / Guang Xin, Niu Changshan, Gu Yaping, et al (Xi'an Jiaotong