

水蓄冷空调技术的运用与经济性分析

秦初息

(广西建工集团 第四建筑工程有限责任公司, 广西 桂林 541003)

【摘要】文章论述了蓄冷空调与常规空调相比所具有的优越性。蓄冷空调的一个主要特征是比传统空调多了一套蓄冷设备。它主要在电网用电低谷时段开机蓄冷,在电网用电高峰时段释放冷量,以缓和电网峰段时的电力供应矛盾,达到移峰填谷的目的。同时,指出利用不同时段的电价差可节约大量电费。

【关键词】水蓄冷; 供冷系统; 节能; 经济性分析

【中图分类号】TK02 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1674-0688(2010)20-0091-03

The Applications and Economic Analysis of Water-storage Air Conditioning Technique

QIN Chu-xi

(The Fourth Construction Engineering Limited Liability Company of Guangxi Construction Engineering Group, Guilin Guangxi 541003)

【Abstract】 The article discusses the advantages of water-storage air conditioners, compared with the normal air conditioners. One of the main feature is they have one more storage equipment. It works during low power-consumption period to store coolness and releases that out in peak time, in order to ease the power supply conflict in peak period. It also points out that the different prices in different period can help save a lot of power bill.

【Key words】 water-storage; cooling system; energy conservation; economic analysis

近年来,虽然电力工业有了较大的发展,但我国电力紧张的局面仍未得到根本缓和,其中主要原因是电网负荷率低,高峰电力严重不足,低谷电力不能充分利用。与此同时,我国城市用电结构也在不断发生变化,建筑物空调系统的负荷比例日益增加,为充分利用现有电力资源,鼓励夜间使用低谷用电,国家和各地区电力部门制订了峰谷电价差政策。蓄冷空调系统对转移电力高峰,平衡电网负荷及节约能源有着积极作用,因此,近年来在国内得到了广泛的应用。

1 蓄冷空调的基本概念及意义

蓄冷空调是利用蓄冷设备,在用电低谷时段(电费较低的时段)将空调系统的能量储存起来,在用电高峰时段(电费较高的时候)将所储存的能量释放出来的热力过程。

因此,从宏观上来讲,蓄冷空调能平衡电网的负荷,充分发挥电站的发电效率;从空调用户的角度来讲,能充分利用不同用电时段的电费差价,节省大量的空调运行电费。

2 水蓄冷空调的特点

2.1 实用范围

水蓄冷空调可以使用常规的冷水机组,适用于常规供冷系

统的新建、扩容和改造工程。

2.2 经济性

(1) 对于新建项目,由于引入大温差蓄冷系统,中央空调可以不按照最高冷负荷来设计,其设计只需要考虑满足最热时节的平均负荷,这样可以显著降低制冷主机、冷却塔和相关配套设施的造价。

(2) 水蓄冷空调通过蓄冷系统而不是主机来调节负荷大小,开机时主机总处于最佳负荷状态运行,减少了运行台数,从而减少了空调设备的维护费用。

2.3 节能

由于蓄冷系统实现了电力负荷的移峰填谷,夜间气温降低,制冷效率随之提高6%~8%,蓄冷系统满负荷运转时间大幅度增加,从而使空调系统总节电率达10%~22%,大大降低了空调的运行电费。

3 水蓄冷空调的工作原理

(1) 水蓄冷空调系统的原理图如图1所示。

(2) 空调系统设备投入运行时,阀门 $K_{热}$ 、 $K_{冷}$ 开启, $K_{旁}$ 关闭。供冷泵的启停及其出口阀开的大小由空调末端的需冷量而定,冷水机和充冷泵的开停由电价时段划分而定。

【作者简介】秦初息,广西建工集团第四建筑工程有限责任公司工程师。

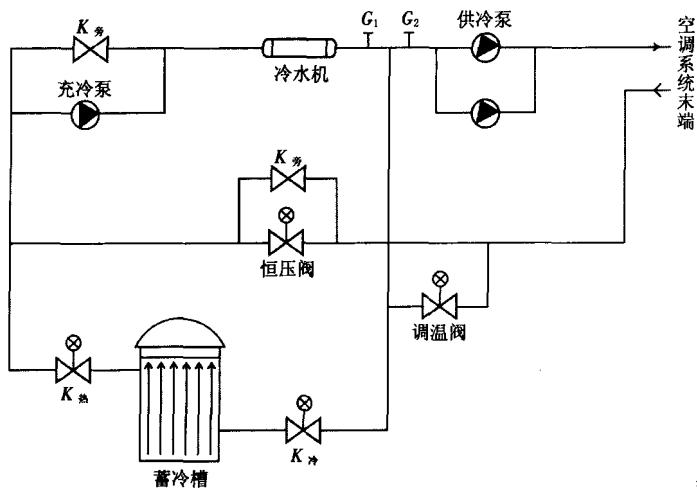


图1 水蓄冷空调系统的原理图

充冷工况：电力低价时段，冷水机组满载运转，其输出水量 G_1 大于空调末端所需的冷冻水量 G_2 ，余量 $G_3(G_3=G_1-G_2)$ 自蓄冷罐冷端输入经均流布水环槽注入冷罐底部，罐内冷冻水与回水的交界面上升达上布水环槽上缘，充冷过程结束。

放冷工况：空调末端所需冷冻量 G_2 大于冷水机出水量时， $G_3=G_1-G_2<0$ ；自蓄冷罐底部输出的冷冻水经供水泵返到空调末端，在换热升温后经 $K_{放}$ 返回罐内上面水槽，冷冻水与回水的界面下降。

4 水蓄冷空调系统的装机容量与最大冷率的确定

蓄冷系统的设置基载机组提供夜间冷负荷，日间采用制冷机组优先运行模式，不足制冷量由蓄冷装置提供。

若制冷机空调工况额定制冷量为 q_2 (kW)，机组供给时间为 t_2 (h)，制冷机蓄冷与空调工况制冷之比为容量系数 K ，蓄冷时间为 t_x (h)，则有：

$$Q^1 = Q - Q_1 = Q_2 + Q_x = q_2 t_2 + K q_2 t_x = q_2 (t_2 + K t_x) \quad (1)$$

式 (1) 中， Q^1 为扣除基载负荷后的设计回供冷负荷 $\text{kn} \cdot \text{h}$ ； Q 为建筑物设计日全天冷负荷 $\text{kn} \cdot \text{h}$ ； Q_1 为基载机组供冷负荷 $\text{kn} \cdot \text{h}$ ； Q_2 为制冷机组供冷负荷 $\text{kn} \cdot \text{h}$ ； Q_x 为蓄冷装置释冷负荷 $\text{kn} \cdot \text{h}$ 。

由式 (1) 可得制冷机空调工况额定制冷量，见式 (2)：

$$q_2 = \frac{Q^1}{t_2 + K t_x} \quad (2)$$

则制冷机装机容量应大于或等于 q_{20} 。

定义系统蓄冷率 $\gamma = Q_x / Q = Q_x / (Q^1 + Q)$ ，当 $Q > 0$ 时，系统可达到最大蓄冷率，见式 (3)：

$$\gamma = \frac{Q_x}{Q} = \frac{K q_2 t_x}{q_2 (t_2 + K t_x)} = \frac{K t_x}{t_2 + K t_x} \quad (3)$$

从式 (2)、式 (3) 可以看出，装机容量和最大蓄冷率取决于空调时间 t_2 、蓄冷时间 t_x 和容量系数 K 。当 t_2 和 t_x 一定时， K 值越大，装机容量越小，蓄冷率越高，系统的经济性能越好。

5 采用蓄冷空调的主要经济收益

(1) 减少高峰时段电量和总电量消耗，从而减少电费支出。

(2) 简化并优化运行方式，减少主机系统运行的维护费用。

(3) 减少新建项目的主机容量，其中，电费减少的收益，是该项目的主要收益。

6 案例分析

笔者于2006年参与了上海美维电子有限公司的水蓄冷工程建设。上海美维电子有限公司 (SME) 是香港美维科技集团独资在上海松江工业园区建设的高新技术企业，企业厂区建筑面积 3.32 万 m^2 ，装置空调面积 2.13 万 m^2 。

下面将该工程的常规空调电制冷系统与水蓄冷系统2种方案的经济性进行比较：

(1) 主要设备的初投资情况见表1和表2。

表1 常规空调电制冷系统的主要设备初投资 (设备为全进口)

序号	名称	数量	单价 (万元)	总价 (万元)
1	离心式冷水机组	3组	200	600
2	低噪声冷却塔	3个	60	180
3	冷却水泵	4个	20	80
4	电气自动控制系统	整套	400	400
5	合计			1260

表2 水蓄冷系统的主要设备初投资 (设备为全进口)

序号	名称	数量	单价 (万元)	总价 (万元)
1	离心式冷水机组	2组	200	400
2	低噪声冷却塔	2个	60	120
3	冷却水泵	3个	20	60
4	电气自动控制系统	1套	250	250
5	电控系统 (整套)		500	500
6	占地造价		100	100
7	合计			1430

(2) 上海市夏季各个时段电网销售价格见表3。

表3 上海市夏季电网销售价格 (元 / $\text{kn} \cdot \text{h}$)

峰时段	平时段	各时段
8: 00~11: 00	6: 00~8: 00	22: 00~6: 00
13: 00~15: 00	11: 00~13: 00	
18: 00~15: 00	15: 00~18: 00	
	21: 00~22: 00	
1.017	0.686	0.229

(3) 常规空调电制冷与水蓄冷空调系统用电量及电费比较见表4。

(4) 2种方案的经济比较见表5。

工程初期投资水蓄冷系统一次性投入比常规制冷系统多170万元，但其年运行电费可省104万元，如果不考虑利率因

表 4 常规空调制冷与水蓄冷空调系统用电量及电费比较

用电时段	常规电制冷系统		水蓄冷系统	
	用电量(MW)	费用(万元)	用电量(MW)	费用(万元)
峰时段用电量	230	234	108	110
平时段用电量	198	136	175	120
谷时段用电量	48	11	205	47
合计(年运行费用,万元)	381		277	

表 5 能源中心水蓄冷系统与常规电制冷系统的经济性分析(万元)

	水蓄冷系统	常规电制冷系统
初投资	1 430	1 260
年使用费 / 基本电费	40	50
运行电费	277	381
维护费用	60	60
合计	1 807	1 751

素,假定设备的使用寿命为 20 年,不考虑利率、设备折旧等费用,水蓄冷系统全寿命周期内费用较常规电制冷系统约少 $20 \times 104 - 170 = 1\,910$ (万元)。

(上接第 90 页)

2.3.2 长轴受到的最大剪应力(τ_{\max})的计算

根据《材料力学》(高等教育出版社出版),计算过程如下:

$$\begin{aligned}\tau_{\max} &= 4Q_{\max}/(3A) = 4 \times 277\,200/(3 \times 0.017\,662\,5) \\ &= 20\,925\,691\,\text{N/m}^2 = 20.9\,\text{MPa}\end{aligned}$$

2.3.3 长轴跨中受到的最大合应力($\sigma_{\text{合}}$)的计算

$$\sigma_{\text{合}} = \sqrt{317.2^2 + 20.9^2} = 317.9\,\text{MPa}$$

2.3.4 长轴的强度校验

长轴的材料选用 40 Cr。根据《材料力学》(高等教育出版社出版)及《起重机设计手册》(中国铁道出版社出版),40 Cr 的屈服强度为 $\sigma_s = 500\,\text{MPa}$,安全系数取 $K_s = 1.5$,则容许应力为: $[\sigma] = \sigma_s/K_s = 500/1.5 = 333.3\,\text{MPa}$ 。

$\sigma_{\text{合}} < [\sigma]$ 。即,长轴的强度足够。

长轴的刚度计算本文不作详述。

3 结语

经过上述的改进设计,钢铁厂和铸造厂吊运钢(铁)水行车

7 结论

(1) 蓄冷空调系统夜间蓄冷,白天释冷,可以移峰填谷平衡电网用电负荷,节约系统的运行费用,取得一定的社会效益和经济效益。

(2) 随着经济的发展,社会的进步,构建和谐社会已是人类共同追求的目标。国家适时把节能减排目标列入“十一五”发展规划,是全面贯彻落实科学发展观,构建社会主义和谐社会的重大举措,是建设节约型、环境友好型社会的必然选择,对于调整经济结构,提高生活质量,促进国民经济和社会健康发展,具有极其深远的意义。^[2]

参 考 文 献

[1] 尉迟斌. 实用制冷与空调工程手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
[2] 华泽钊, 刘道平, 吴兆琳, 等. 蓄冷技术及其在空调工程中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1997.

[责任编辑: 蒙 薇]

上的电子秤可以像别的行车上的电子秤一样正常工作了,不容易出现失灵。因为改进后,电子秤的传感器处在小车架上面上了,传感器被小车架遮挡住,不会被高温钢(铁)水直接烘烤。

其中的 2 项主要的结构改变(长轴和侧板)也很安全,没有任何变形。这说明,这样的改进设计是成功的。^[1]

参 考 文 献

[1] 《机械设计手册》联合编写组. 机械设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 1982.
[2] 孙训方, 方孝淑, 关来泰. 材料力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987.
[3] 张质文, 虞和谦, 王金诺, 等. 起重机设计手册[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2001.

[责任编辑: 刘新英]