

空调工程中的蓄冷技术

编者按 为迅速缓解全国各大电网电力供应紧张的局面,国家计委、经贸委、电力部电安生[1994]703号文要求2000年前全国将1000~1200万kW电网负荷从白天高峰移至后夜低谷。为实现这一目标,近两三年内城市楼宇、宾馆、商场等公共建筑的集中制冷空调系统中将根据现场条件逐步采用蓄冰调负新技术。目前一些地方分时电价政策已经出台,低谷电价为高峰电价的 $1/2 \sim 1/5$,这表明在我国推广实施蓄冷技术的时期已经开始。为此,本刊特开办此专题讲座,对蓄冷系统选择、设计计算与工程实例加以介绍,以期对这一工作有所帮助。

第一讲 蓄冷技术概述

天津大学 巨永平*

天津商学院 孙志荣**

提要 这一讲介绍了蓄冷技术在我国发展的社会背景及蓄冷技术发展的历史和国内外发展概况;阐述了蓄冷的含义、蓄冷系统的分类以及全部蓄冷与部分蓄冷两种设计模式;此外,分析了空调系统中采用蓄冷技术的优缺点并指出了蓄冷系统的适用场所。

关键词 空气调节 蓄冷系统 冰蓄冷 分类 设计模式

Cool thermal storage technology in air-conditioning—General

By Ju Yongping and Sun Zhirong

Abstract This paper describes the social background and the development history of the cool thermal storage technology at home and abroad. The authors present the definition of the cool thermal storage and classification of the thermal storage systems as well as the two kinds of design models—full storage and partial storage. Then the authors analyze the advantages and disadvantages of using cool thermal storage technology and point out the available location where cool thermal storage systems can be used.

Keywords air conditioning, cool thermal storage system, ice storage, classification, design model

1 概述

1.1 蓄冷技术在我国发展的社会背景

随着综合国力的增强,我国电力工业已有很大的发展,截止到1994年底全国发电装机容量已达19 900 kW,年发电量9090亿kWh。目前我国发电装机容量仅次于美国、俄罗斯、日本,居世界第四

位。但是,电力的增长仍然满足不了国民经济的快速发展和人民生活用电急剧增长的需要,全国缺电局面仍未得到根本的改变。目前电力供应紧张表现为:
①电网负荷率低,系统峰谷差加大,高峰电力严重不

作者通讯地址: * 300072 天津南开区七里台

** 300400 天津商学院制冷工程系

足,致使电网经常拉闸限电;②城市电力消费增长迅速,而城市电网不能适应,造成有电送不进、配不下的局面。多年来由于输配电建设落后于发电厂建设,造成电网结构薄弱,电网承受能力很差。尤其在炎热的夏季,由于持续的高温天气,用电负荷骤增,许多大中城市都出现了配电设备超载运行的情况。

解决电力不足的问题,一方面是靠增加对电力的投入,加快电力建设的步伐,多装机组;另一方面是通过国家对电力政策的调整,节约用电,移峰填谷,充分利用现有电力资源。国家电力部门已制订了峰谷电价政策,使低谷电价只相当于高峰电价的 $1/2 \sim 1/5$,同时提出在今后五年内,要通过推广空调蓄冷技术,将 $300 \sim 500$ 万kW的高峰负荷转移到低谷。

在电力供应紧张的情况下,峰谷电价政策的实施,为空调蓄冷技术提供了广阔的发展前景。

1.2 蓄冷技术发展的历史与现状

自古以来,人们就懂得使用天然冰保存食物和改善环境。采用人工制冷的空调蓄冷大约出现在1930年前后,当时美国在教堂、剧院和乳品厂这类间歇使用、负荷集中的场所使用冰蓄冷供冷方式。那时的蓄冷只是着眼于减少制冷机容量和制冷设备的购置费用。随着设备制造业的不断发展,制冷机成本大幅度降低,节省购置费用渐渐失去了吸引力。相反,蓄冷装置成本高及电耗多的不利因素却突出起来,以致使该项技术的应用陷入了相当一段停滞期。

70年代以来,世界范围的能源危机促使蓄冷技术迅速发展。美国、加拿大和欧洲一些国家重新将冰蓄冷技术引入建筑物的空调,积极开发蓄冷设备和系统,实施的工程项目也逐年增多。日本曾广泛应用水蓄冷技术,藉以降低空调的高峰负荷和减少制冷机的装机容量,在这方面积累了一定的实践经验。近年来还积极引进技术,大力开展冰蓄冷技术的研究及开发应用。到1989年为止,美国、日本、加拿大从事冰蓄冷系统开发及冰蓄冷专用制冷机开发的公司多达49家。据估计1990年北美冰蓄冷空调系统的投资占当年新增暖通空调系统总投资的24.2%。美国计划在1997年将空调蓄冷技术普及应用到99%。

我国的台湾省自1984年从国外引进冰蓄冷及控制设备、建成台湾第一个冰蓄冷空调系统以来,蓄冷空调系统发展很快。1992年台湾只有33个蓄冷式空调系统,到1994年底已建成225个蓄冷式空调系统(其中水蓄冷空调系统39个)。总蓄冷量高达

2 009 000 kWh,转移高峰用电超过52 000 kW,用户每年节省电费约为 3.1×10^5 万元台币。

进入90年代以来,蓄冷技术在我国大陆地区也得到了发展,中电深圳工贸公司在其办公大楼采用了法国CRISTROPIA冰球式蓄冷系统,使装机容量降低了45%以上。首都体育馆采用的水蓄冷空调系统取得了良好的社会效益及经济效益。北京西冷工程公司研制的有压罐式齿球蓄冷器已获国家专利,并用于北京日报社综合办公楼蓄冷空调系统中,取得了一些使用经验和数据(参见本刊1994年第4期——编者注)。

1.3 蓄冷的含义

众所周知,许多工程材料都具有蓄热(冷)的特性,材料的蓄热(冷)特性往往伴随着温度变化、物态变化以及化学反应过程而体现出来。蓄冷空调的原理就是根据水、冰以及其它物质的蓄热特性,尽量地利用非峰值电力,使制冷机在满负荷条件下运行,将空调所需的制冷量以显热或潜热的形式部分或全部地蓄存于水、冰或其它物质中,一旦出现空调负荷,使用这些蓄冷物质蓄存的冷量满足空调系统的需要。

用来蓄存水、冰或其它介质的设备,通常是一个空间或一个容器,称为蓄冷设备,蓄冷设备也可能是一个可以存放蓄冷介质的热交换器,如一个结了冰的盘管。蓄冷系统则包含了蓄冷设备、制冷设备、连接管路及控制系统。蓄冷空调系统则为蓄冷系统及空调系统的总称。

1.4 蓄冷系统的分类

蓄冷系统的种类较多,蓄冷方法各异,蓄冷介质和蓄冷设备也不相同。按蓄冷介质的不同,大致可分为冰蓄冷系统、水蓄冷系统及共晶盐蓄冷系统。顾名思义,冰蓄冷系统的蓄冷介质以冰为主,水蓄冷系统以水作为蓄冷介质,而共晶盐蓄冷系统主要利用共晶盐的相变潜热进行蓄冷。冰蓄冷系统又有不同的制冰方式,如图1-1所示,不同的制冰方式构成不同的冰蓄冷系统。

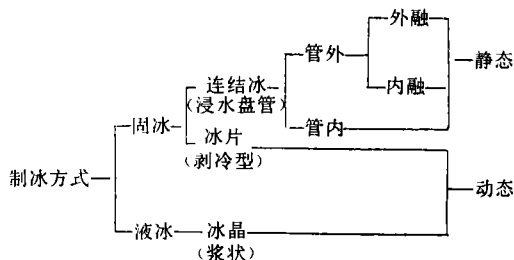


图 1-1 冰蓄冷系统制冰方式的分类

1.5 全部蓄冷设计模式与部分蓄冷设计模式

将设计日(标准天)的建筑物空调系统所需的冷量逐时计算出来,画在时间—冷量坐标图上,即得出设计日冷量需求图,如图1—2所示。将逐时的冷量累加起来,即为该建筑物一天需要的总制冷量,即图中曲线下的面积,单位为kWh。

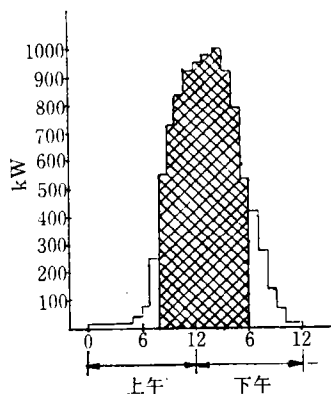


图1—2 设计日冷量需求图

常规的制冷空调系统,制冷设备是按设计日需要的最大制冷量来选择的。如图1—2中的建筑物需要的最大制冷量为1000 kW,则需要选择制冷能力为1000 kW的制冷设备来满足

空调期间任何时间该建筑物的空调要求。

根据蓄冷设备承担的建筑物冷负荷不同,蓄冷系统分为全部蓄冷设计模式和部分蓄冷设计模式。

全部蓄冷模式其蓄冷时间与空调时间完全错开,在夜间非用电高峰期,启动制冷机进行蓄冷,当所蓄冷量达到空调所需的全部冷量时,制冷机停机;在白天空调时,蓄冷系统将冷量转移到空调系统,空调期间制冷机不运行。全部蓄冷时,蓄冷设备要承担空调所需的全部冷量,故蓄冷设备的容量较大。该设计模式适用于白天供冷时间较短的场所或峰谷电差价很大的地区。图1—3表示全部蓄冷设计模式。图中假定非用电高峰期是从下午6时到第二天上午8

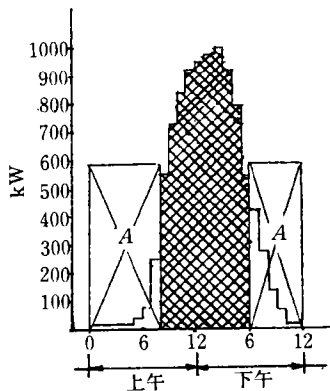


图1—3 全部蓄冷模式

时,面积A表示全部蓄冷量。非用电高峰期制冷机的平均制冷量仅为590 kW。

行,蓄存部分冷量,白天空调期间一部分空调负荷由蓄冷设备承担,另一部分则由制冷设备负担。在设计日时,制冷机可昼夜连续运行。

一般情况下,部分蓄冷比全部蓄冷制冷机利用率高,蓄冷设备容量小,是一种更经济有效的负荷管理模式。图1—4表示部分蓄冷的设计模式,图中面积E代表由制冷机提供的冷量,其余冷量是靠下午6时到第二天上午8时非高峰时间内的蓄冷来提供的。图中曲线E比曲线D高出的部分,是因为空调运行时制冷机的制冷量一般大于蓄冰运行时的制冷量的缘故。

比较图1—2、图1—3及图1—4可知,就选择的制冷机容量而言,常规系统最大,全部蓄冷模式次之,部分负荷模式最小。

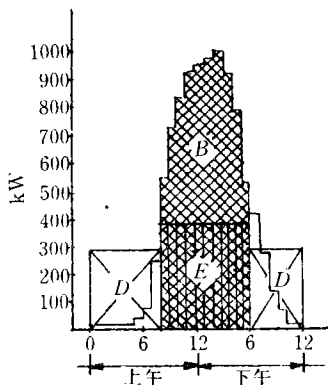


图1—4 部分蓄冷模式

1.6 蓄冷系统的特点

1.6.1 蓄冷系统可以转移用电负荷。制冷机在夜间用电低谷时间运行,蓄存冷量,白天用电高峰时间用蓄存的冷量来供应全部或部分空调负荷,少开或不制冷机。这样就转移了制冷机用电时间,起到了转移电力高峰的作用。

1.6.2 蓄冷系统的使用可以降低配电容量和制冷设备的容量。由于采用了蓄冷设备,制冷设备的容量小于常规空调系统,相关设备如冷却塔、水泵等容量会减小,相应的输配电设备如变压器、总开关、输电线等的配置也会减小。

1.6.3 蓄冷空调系统的初投资和常规空调系统相差不多。蓄冷空调系统装配蓄冷设施,会增加一部分投资,但由于电力和制冷设备装置容量比常规系统小,另外蓄冷系统可以采用低温送风,也降低了空调系统的造价。综合来看,蓄冷空调系统较之常规空调系统初投资相当或增加不多。

1.6.4 蓄冷技术的使用降低了空调系统的运行费用。对于采用峰谷电差价的地区,空调用电主要在低谷,因此使用低谷电越多,运行费用越节省。

1.6.5 采用蓄冷技术后,制冷设备大多满负荷运行,制冷机的开启次数减少,运行状态(下转第45页)

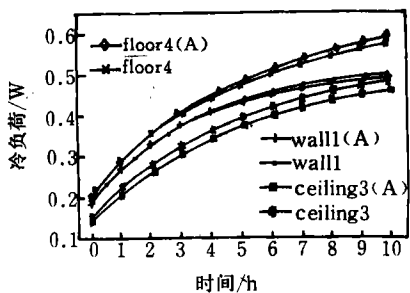


图 6

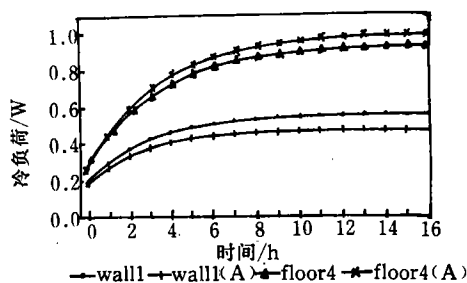


图 7

料构成相近,简化法计算误差不超过 5%;若房间各墙(板)材料热物性差异较大,简化法计算误差不超过 15%。

图 8、图 9 为房间 room1、room2、room3 的外墙导热冷负荷。

④得热分配越不均匀,简化法计算误差越大;房间各墙(板)材料热物性差异越大,简化法计算误差

稳定,减少了故障机会,延长了使用寿命。而蓄冷设备本身无运动部件,寿命比其他空调部件长。因而整个空调系统的寿命延长了。

1.6.6 蓄冷设备可以作为紧急冷源供应,提高了空调系统供冷的可靠性。蓄冷系统由于有一定的冷量储备,若遇突然停电或高峰期间拉闸限电的情况,可用自备的小型发电机启动水泵、风机,供手术室、实验室等场所应急之用,也可部分或全部满足建筑物的负荷要求,降低了空调系统对外接电源的依赖性,增加了空调系统的可靠性。

1.6.7 有些蓄冷设备在冬天可以蓄热。如水蓄冷系统,其蓄存容量较大,热水蓄存温差要大于冷水蓄存温差,其蓄热量大于蓄冷量。

1.6.8 蓄冷系统通过“移峰填谷”,从总体上提高了发电能源的利用率及发电、输电设备的使用效率;但就每一个蓄冷系统来讲,它比常规空调系统要多消

越大。简化法计算 room3 房间的误差较其它房间大。room3 房间的外墙、天花板和地板所用的钢筋混凝土材料保温性极差,热容量很大,而内墙使用的木丝

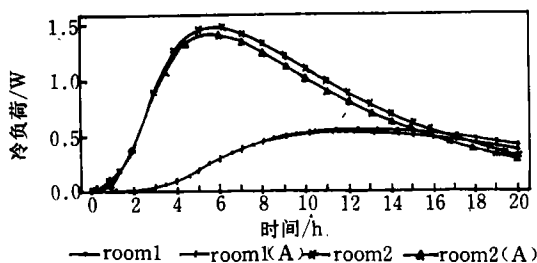


图 8

板材料保温性很好,蓄热量极小。象这种在一个房间内各墙(板)的热物性差异悬殊的情况是很少见的,对于一般类型的房间,简化法的计算误差不会超过在同样条件下对 room3 房间的计算误差。

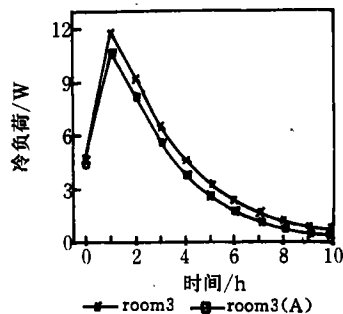


图 9

4 参考文献

- 1 黄明君译. ASHRAE1989 年冷负荷计算方法. 暖通空调, 1991(2).
- 2 ASHRAE HANDBOOK 1985 Fundamentals.

耗能源。因为蓄冷时,制冷机的蒸发温度较低,制冷机的性能系数 COP 值较小,蓄存相同的冷量必然要多消耗能源。另外蓄冷系统也存在蓄冷设备的散热损失以及二次换热损失,因此蓄冷空调系统与常规空调系统相比不是节能,而是消耗更多的能源。

1.6.9 由于蓄冷系统增加了蓄冷设备及相应的管路系统,增加了系统的复杂性,给设计、施工及运行管理带来一定难度。

1.7 蓄冷空调系统适用的场所

①使用时间空调负荷大,其余时间空调负荷小的场所,如行政办公大楼、百货商店、银行等。

②使用空调时间短,空调负荷大的场所,如影剧院、体育馆、大会堂及餐厅等。

③负荷变化大,需要减少高峰负荷用电、平衡峰谷负荷的场所,如各种类型的工厂。