

空调

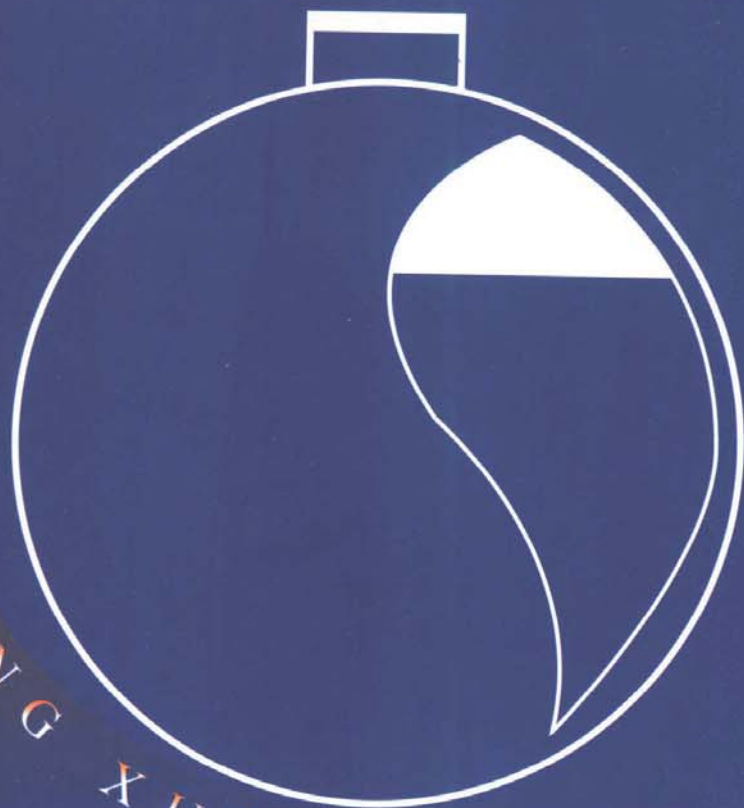
# 蓄冷蓄热技术

章学来 主编

KONGTIAO

XUJING

XURE JISHU



 大连海事大学出版社

# 空调蓄冷蓄热技术

章学来 主编

大连海事大学出版社

© 章学来 2006

**图书在版编目(CIP)数据**

空调蓄冷蓄热技术 / 章学来主编 .—大连 : 大连海事大学出版社, 2005.12  
ISBN 7-5632-1923-4

I.空… II.章… III.①空气调节器—制冷工程—高等学校—教材②空气调节器—热力工程—高等学校—教材 IV.TM925.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 143541 号

**大连海事大学出版社出版**

地址:大连市凌海路 1 号 邮编:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail:cbs@dmupress.com

大连大印印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

幅面尺寸:185 mm×260 mm 印张:10

字数:248 千字 印数:1~1500 册

责任编辑:史洪源 阴 洁 版式设计:海 韵

封面设计:王 艳 责任校对:一 凡

定价:15.00 元

## 前 言

改革开放二十多年来,随着我国经济的不断发展,对电力的需求也日益突出。在夏季,普遍使用的空调已成了高峰用电的主要大户,许多城市高达 30% 以上的高峰电力负荷是由商业建筑空调造成的。白天用电高峰段时,输电网络严重超负荷,为保证电网运行安全,电力部门甚至不得不拉闸限电,既影响了用户的使用,也影响了电厂的经济效益;夜晚用电低谷时,发电与输电设备的生产能力大量过剩,造成电网运行效率低下。具有“移峰填谷”功能的蓄冷蓄热空调技术正是解决电力负荷不均衡问题的有效措施和手段。

如果能把空调造成的高达 30% 以上的高峰负荷转移到用电负荷低谷的夜间,将具有非常重要的意义。蓄冷蓄热空调可在用电低谷时段积蓄冷(热)量,在用电高峰时段释放,满足空调负荷需要,将高峰时段高价电力转为低谷时段的低价电力,既达到削峰填谷的目的,又降低了运行费用。

在我国,由于国家电力政策、电价结构及其他优惠政策的影响,蓄冷蓄热空调已开始逐步被人们所接受。电力部门实行分时电价,目前高峰电价是低谷电价的 3~5 倍。

本书系统地介绍了空调蓄冷蓄热领域内的基本理论及国内外近年来的新技术,内容包括:蓄冷技术概述、水蓄冷空调技术、静态冰蓄冷空调技术、动态冰蓄冷空调技术、共晶盐蓄冷空调技术、与冰蓄冷相关的最新技术、空调蓄热技术。

本书由上海海事大学蓄冷技术研究所章学来教授主编,参加编写的还有方清、钟栋梁、唐恒、张君瑛、邹复炳、樊建斌、郁庆庆、刘剑宁等。

本书在编写过程中,得到了天津大学张永铨教授、湖南大学殷平教授、同济大学吴喜平教授等的指导,与此同时,还得到了杭州华电华源环境工程有限公司、法国 CIAT 集团中国营运中心、江苏双良空调设备股份有限公司、广东国得空调冷冻工业有限公司、广州贝龙环保热力设备股份有限公司、杭州杭佳科技发展有限公司、美国 BAC 公司、上海节电科技开发投资公司、上海克劳利电力设备有限公司、清华同方股份有限公司、美国华富可公司上海代表处、阿尔西制冷工程技术(北京)有限公司、武汉麦克维尔空调制冷有限公司、堃霖冷冻机械(上海)有限公司、特灵空调、约克国际(北亚)有限公司、需求侧管理中心等的帮助和支持,在此向他们表示衷心的感谢。

本书可作为与空调蓄冷蓄热技术相关的工程技术人员、设计人员、管理人员参考书,也可用作大学本科及研究生教学用书。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2005 年 8 月

# 目 录

<b>第一章 蓄冷技术基础</b> .....	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 蓄冷的基本方式.....	(6)
第三节 蓄冷系统中的介质.....	(8)
第四节 蓄冷系统的运行控制策略及工作模式 .....	(15)
<b>第二章 水蓄冷空调技术</b> .....	(23)
第一节 水蓄冷技术概述 .....	(23)
第二节 水蓄冷分类 .....	(26)
第三节 水蓄冷系统的特性 .....	(29)
第四节 水蓄冷系统设计 .....	(33)
第五节 水蓄冷系统经济性 .....	(37)
<b>第三章 静态冰蓄冷空调技术</b> .....	(39)
第一节 概述 .....	(39)
第二节 外融冰蓄冷空调系统 .....	(40)
第三节 内融冰蓄冷空调系统 .....	(45)
第四节 封装冰蓄冷空调系统 .....	(48)
第五节 静态冰蓄冷空调系统的设计 .....	(54)
<b>第四章 动态冰蓄冷空调技术</b> .....	(62)
第一节 概述 .....	(62)
第二节 制冰滑落式蓄冷系统 .....	(63)
第三节 冰晶式蓄冷系统 .....	(72)
<b>第五章 共晶盐蓄冷空调技术</b> .....	(88)
第一节 概述 .....	(88)
第二节 共晶盐蓄冷空调系统 .....	(89)
第三节 共晶盐蓄冷空调系统的设计 .....	(92)
第四节 共晶盐蓄冷空调系统的经济性 .....	(94)
<b>第六章 与冰蓄冷相关的最新技术</b> .....	(95)
第一节 低温送风技术 .....	(95)
第二节 独立新风系统.....	(104)
第三节 直接接触式传热技术.....	(107)
<b>第七章 空调蓄热技术</b> .....	(111)
第一节 概述.....	(111)
第二节 蓄热材料.....	(112)
第三节 蓄热式电锅炉.....	(115)

第四节 蓄热电锅炉技术经济分析.....	(119)
第八章 蓄冷空调的设计.....	(122)
第一节 蓄冷空调的设计原则.....	(122)
第二节 蓄冷空调的经济性.....	(122)
第三节 蓄冷空调的工程设计.....	(126)
参考文献.....	(154)

# 第一章 蓄冷技术基础

## 第一节 概述

### 一、蓄冷技术研究背景及意义

目前我国已是世界电力大国,2004年全国发电总量达到21.83亿kW·h,装机容量达到440GW。其发电量和装机容量均居世界第二位。为了保障国民经济持续快速发展,有关方面测算,电力每年必须以5.3%左右的速度增长,到2020年,全国发电装机要达到950GW。虽然电力工业迅速发展,有力地支持和促进了国民经济增长,但是电力需求变化也出现一些新的问题。其中之一是用电高峰负荷增长很快,电网负荷率逐年下降,峰谷差逐年拉大。全国平均峰谷差率在5%左右,甚至有的电网峰谷差高达40%,如华北电网1999年最高负荷28.45GW,每年负荷达27GW及以上的只有12天,而实际每天达到最高负荷一般仅持续1~2h。据不完全统计,1998年度全国近20GW装机仅在负荷高峰运行数百小时,这种势头目前尚未得到有效抑制,造成发电资源的很大闲置,具体表现在电网低谷时,需停掉很多机组。机组的频繁启停不仅增加能耗,而且影响机组寿命,是一种很不经济的运行方式。

近年来,我国空调用电每年增长约800万kW,空调的用电量占总电力增长的60%以上。空调用电量占总电量的比例,一般在发达国家如美国的部分城市为20%~40%。在夏季用电高峰时,我国北京等北方城市的空调用电量占城市总用电量的16%~18%,广州、深圳等华南经济发达城市则已超过30%,而上海1998年夏天用于防暑降温的负荷达300万kW左右,占最高用电负荷的40%左右,这个比例已接近工业发达国家的指标。

空调耗电巨大,但使用时间短,且其负荷高峰时间与城市用电高峰时间相吻合,使得电力系统负荷特性恶化,主要表现在以下几个方面:

1. 电力系统的最大负荷增长率高于用电量的增长速度,结果是用电峰谷差逐年增大。以上海市为例,1990年上海市用电的最高负荷为410.7万kW,用电峰谷差为145.3万kW,占用电最高负荷的35.4%,到1997年,上海市最大用电峰谷差达351.9万kW,占最高用电负荷的44.2%,1990年至1998年上海的最高用电负荷的年均增长率为10.3%,而用电峰谷差达13.5%。详见图1-1和图1-2。图1-3是上海电力系统最高负荷、峰谷差和年用电量的预测。因此,面对如此巨大的峰谷差,需要积极采取应对措施。

2. 电网平均负荷率降低,火力发电设备年利用小时数逐年下降。1995年至1998年全国高峰负荷平均增长740万kW,相对售电量增长量小,几个主要电网负荷率普遍下降。1995年至1998年华中电网下降9.3个百分点,四川电网下降8.2个百分点;全国火力发电设备年利用小时数由1995年的5454h下降到1996年的5418h,下降36h,1997年又下降304h,1998年进一步下降303h,到1998年火力发电设备年利用小时数仅4811h。

3. 空调负荷对电力系统负荷特性的影响越来越显著,极端气候(持续高温、潮湿闷热、持续低温、持续干旱、持续洪涝)对负荷及负荷特性的影响越来越显著。如1998年入夏后,上海持