

# 空调蓄冷应用技术

电子工业部 第十设计研究院

(中国电子工程设计院)

主编 严德隆 张维君

中国建筑工业出版社

# 空调蓄冷应用技术

电子工业部 第十设计研究院

(中国电子工程设计院)

主编 严德隆 张维君

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

**图书在版编目(CIP)数据**

空调蓄冷应用技术/严德隆,张维君主编. —北京:中国  
建筑工业出版社,1997

ISBN 7-112-03122-2

I. 空… II. ①严… ②张… III. 空气调节-制冷-技术  
IV. TU831.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 25553 号

**空调蓄冷应用技术**

电子工业部 第十设计研究院

(中国电子工程设计院)

主编 严德隆 张维君

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市顺义县燕华印刷厂印刷

\*

开本:850×1168 毫米 1/32 印张:13½ 插页:2 字数:363 千字

1997 年 5 月第一版 1997 年 5 月第一次印刷

印数:1—4000 册 定价:22.00 元

ISBN 7-112-03122-2

TU·2409(8261)

**版权所有 翻印必究**

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

# 前 言

空调蓄冷应用技术是为实现电网电力移峰填谷而兴起的一门实用综合技术。在发达国家中,由于各电力公司及政府能源部门的积极鼓励和倡导,蓄冷技术得到不断完善、成熟,其推广应用得到迅速发展。为保障我国国民经济持续、稳定、快速的发展,改善和缓解当前电力供应紧张状况,国家计委和电力部门已作出了近期和长远的全国电网移峰填谷的规划要求。空调蓄冷应用技术已成为实现电网移峰填谷的很重要的技术措施之一,并已经呈现蓬勃发展的良好前景。

本书编制出版正是适应这种形势的需要,重点是探讨空调蓄冷系统的合理应用,内容主要是介绍现有的各种蓄冷系统的原理、流程、装置的性能、特点;空调蓄冷系统应用设计的程序和方法;经济评价的内容和方法;设备的维护和保养以及应用设计举例等,全书共分 14 章,约 35 万余字。编写的目的是想抛砖引玉,以冀对促进我国空调蓄冷系统的推广应用及其发展的鼓励政策,以及设计技术、经济分析,操作管理等问题引起更深入的探讨。

本书引用国内外近几年来最新的信息和技术,对暖通、空调、制冷设计科研技术人员在处理蓄冷技术问题时提供了参考、借鉴和方法;也可供有关大专院校教学、工程施工单位及管理人员参考。

本书在编写过程中得到许多同志的积极支持,有的并提供了他们掌握的资料和数据,在此特向他们致以诚挚的谢意。由于作者本人水平及经验的限制,书中难免有不妥、甚至谬误之处,欢迎广大读者、同行不吝赐教,批评指正,以便改正。

# 目 录

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 第一章 概论 .....                       | 1  |
| 1.1 概述 .....                       | 1  |
| 1.1.1 空调蓄冷系统的特点 .....              | 1  |
| 1.1.2 空调蓄冷技术在我国应运而生 .....          | 2  |
| 1.2 空调蓄冷技术发展的历史与现状 .....           | 3  |
| 1.2.1 空调蓄冷技术起始于 30 年代 .....        | 3  |
| 1.2.2 空调蓄冷技术的崛起、发展、普及和提高 .....     | 3  |
| 1.2.3 空调蓄冷技术在我国的应用 .....           | 4  |
| 1.3 空调蓄冷系统推广应用条件、设计原则和主要影响因素 ..... | 5  |
| 1.3.1 空调蓄冷系统应用的前提条件 .....          | 5  |
| 1.3.2 空调蓄冷系统应用设计原则 .....           | 6  |
| 1.3.3 当前在我国影响空调蓄冷技术顺利推广的主要因素 ..... | 7  |
| 第二章 空调蓄冷方式与蓄冷技术 .....              | 8  |
| 2.1 空调蓄冷方式 .....                   | 8  |
| 2.1.1 水蓄冷方式 .....                  | 8  |
| 2.1.2 冰蓄冷方式 .....                  | 8  |
| 2.1.3 共晶盐蓄冷方式 .....                | 9  |
| 2.1.4 冰蓄冷方式和水蓄冷方式的性能比较 .....       | 10 |
| 2.2 蓄冷技术 .....                     | 12 |
| 2.2.1 水蓄冷 .....                    | 12 |
| 2.2.2 盘管外结冰 .....                  | 12 |
| 2.2.3 封装冰 .....                    | 16 |
| 2.2.4 共晶盐 .....                    | 17 |
| 2.2.5 其它蓄冷技术 .....                 | 18 |
| 2.2.6 几种蓄冷技术的比较 .....              | 20 |
| 第三章 空调水蓄冷系统及蓄冷装置 .....             | 22 |

|        |                         |    |
|--------|-------------------------|----|
| 3.1    | 概述 .....                | 22 |
| 3.1.1  | 水蓄冷系统的特点 .....          | 22 |
| 3.1.2  | 水蓄冷系统的充冷和释冷过程 .....     | 24 |
| 3.2    | 水蓄冷系统的流程 .....          | 25 |
| 3.2.1  | 开式流程 .....              | 25 |
| 3.2.2  | 开闭式混合流程 .....           | 26 |
| 3.3    | 水蓄冷贮槽的类型及其特点 .....      | 30 |
| 3.3.1  | 水蓄冷贮槽的分类 .....          | 30 |
| 3.3.2  | 温度分层型(垂直到向型) .....      | 32 |
| 3.3.3  | 多槽混合型(水平流向型) .....      | 32 |
| 3.3.4  | 其它类型 .....              | 38 |
| 3.4    | 水蓄冷贮槽设计 .....           | 40 |
| 3.4.1  | 水蓄冷贮槽容积的确定 .....        | 40 |
| 3.4.2  | 温度分层型贮槽的设计要求及影响因素 ..... | 40 |
| 3.4.3  | 多槽混合型贮槽的设计要求 .....      | 48 |
| 3.4.4  | 水蓄冷贮槽的计量仪表 .....        | 54 |
| 3.5    | 水蓄冷贮槽的总图布置 .....        | 55 |
| 3.6    | 水蓄冷贮槽的冷损失和保冷防水措施 .....  | 55 |
| 3.6.1  | 水蓄冷贮槽的冷损失 .....         | 55 |
| 3.6.2  | 贮槽的保冷、防水要求及材料的选用 .....  | 56 |
| 第四章    | 空调冰蓄冷系统与蓄冷装置 .....      | 59 |
| 4.1    | 内融冰蓄冷系统 .....           | 59 |
| 4.1.1  | 概述 .....                | 59 |
| 4.1.2  | 蛇形盘管式蓄冷装置 .....         | 60 |
| 4.1.3  | 圆筒形盘管式蓄冷装置 .....        | 61 |
| 4.1.4  | U形盘管蓄冷装置 .....          | 63 |
| 4.1.5  | 蓄冷贮槽的结构和布置 .....        | 65 |
| 4.1.6  | 几种内融冰蓄冷装置性能特点 .....     | 65 |
| 4.1.7  | 内融冰蓄冷系统的流程配置 .....      | 66 |
| 4.1.8  | 内融冰蓄冷系统的控制和仪表 .....     | 66 |
| 4.1.9  | 内融冰蓄冷系统的充冷和释冷特性 .....   | 68 |
| 4.1.10 | 主要技术指标 .....            | 70 |
| 4.2    | 封装冰蓄冷系统 .....           | 71 |

|                                   |                           |            |
|-----------------------------------|---------------------------|------------|
| 4.2.1                             | 概述 .....                  | 71         |
| 4.2.2                             | 冰球 .....                  | 71         |
| 4.2.3                             | 冰板 .....                  | 73         |
| 4.2.4                             | 芯心冰球 .....                | 73         |
| 4.2.5                             | 贮槽 .....                  | 75         |
| 4.2.6                             | 封装冰蓄冷系统的流程配置 .....        | 79         |
| 4.2.7                             | 封装冰蓄冷系统的充冷和释冷特性 .....     | 82         |
| 4.2.8                             | 封装冰蓄冷系统主要技术指标 .....       | 83         |
| 4.3                               | 其它蓄冷系统 .....              | 84         |
| 4.3.1                             | 外融冰蓄冷系统 .....             | 84         |
| 4.3.2                             | 共晶盐蓄冷系统 .....             | 85         |
| 4.3.3                             | 动态冰片滑落式蓄冷系统 .....         | 91         |
| 4.3.4                             | 冰晶式蓄冷系统 .....             | 93         |
| <b>第五章 空调蓄冷系统供冷负荷的确定 .....</b>    |                           | <b>95</b>  |
| 5.1                               | 蓄冷系统设计对供冷负荷条件的要求 .....    | 95         |
| 5.1.1                             | 不能忽略附加冷负荷 .....           | 95         |
| 5.1.2                             | 应考虑空调停止运行时建筑物积累的得热量 ..... | 95         |
| 5.1.3                             | 设计日逐时供冷负荷分布图 .....        | 96         |
| 5.1.4                             | 运行期月平均日逐时供冷负荷分布图 .....    | 96         |
| 5.2                               | 各类建筑物逐时冷负荷分布图的特点 .....    | 96         |
| 5.2.1                             | 冷负荷循环周期 .....             | 96         |
| 5.2.2                             | 冷负荷使用延续时间 .....           | 96         |
| 5.2.3                             | 设计日平均负荷系数 .....           | 97         |
| 5.3                               | 建筑物逐时冷负荷分布图计算 .....       | 98         |
| 5.4                               | 有关建筑物逐时冷负荷估算 .....        | 100        |
| 5.4.1                             | 冷负荷估算指标 .....             | 100        |
| 5.4.2                             | 逐时冷负荷估算方法 .....           | 103        |
| <b>第六章 空调蓄冷系统运行及控制策略的选择 .....</b> |                           | <b>105</b> |
| 6.1                               | 运行策略 .....                | 105        |
| 6.1.1                             | 运行策略及运行安排 .....           | 105        |
| 6.1.2                             | 全量蓄冷策略 .....              | 105        |
| 6.1.3                             | 分量蓄冷策略 .....              | 105        |
| 6.1.4                             | 其它运行安排考虑 .....            | 109        |

|                             |                          |            |
|-----------------------------|--------------------------|------------|
| 6.2                         | 控制策略                     | 111        |
| 6.2.1                       | 控制策略及其特点                 | 111        |
| 6.2.2                       | 控制策略下的运行情况分析             | 113        |
| <b>第七章 空调蓄冷系统及其设备的选择和确定</b> |                          | <b>120</b> |
| 7.1                         | 蓄冷系统的选择                  | 120        |
| 7.1.1                       | 蓄冷系统选用的一般原则              | 120        |
| 7.1.2                       | 常用蓄冷系统的特性                | 121        |
| 7.2                         | 制冷机组的选择                  | 123        |
| 7.2.1                       | 常用冷水机组的主要特性              | 123        |
| 7.2.2                       | 常用制冷机组的性能比较              | 125        |
| 7.2.3                       | 冷凝器冷却方式的选择               | 126        |
| 7.2.4                       | 冷水机组在制冰工况下的实际制冷量         | 127        |
| 7.3                         | 蓄冷系统主要设备容量的确定            | 129        |
| 7.3.1                       | 确定冷源设备负荷                 | 129        |
| 7.3.2                       | 选择运行策略及流程配置              | 129        |
| 7.3.3                       | 设备容量的初步确定                | 129        |
| 7.3.4                       | 设备容量的最终确定                | 136        |
| 7.4                         | 空调蓄冷系统辅助设备的选择            | 146        |
| 7.4.1                       | 泵的设置及选择                  | 146        |
| 7.4.2                       | 热交换器设置及选择                | 152        |
| <b>第八章 空调蓄冷系统的流程配置及其优化</b>  |                          | <b>159</b> |
| 8.1                         | 冰蓄冷系统的流程配置形式及其特点         | 159        |
| 8.1.1                       | 制冷机组与蓄冷装置在冰蓄冷系统流程中的相对位置  | 159        |
| 8.1.2                       | 冰蓄冷系统流程中溶液循环泵的设置         | 164        |
| 8.1.3                       | 冰蓄冷系统流程中与用户的连接方式         | 167        |
| 8.1.4                       | 冰蓄冷系统基载制冷机组的设置           | 167        |
| 8.2                         | 蓄冷系统流程配置与运行方式            | 169        |
| 8.2.1                       | 运行方式的确定                  | 169        |
| 8.2.2                       | 蓄冷系统流程中操作、控制阀门的设置应适应运行方式 | 171        |
| 8.3                         | 蓄冷系统流程配置与运行参数            | 172        |
| 8.4                         | 实用流程配置举例                 | 176        |
| <b>第九章 空调蓄冷系统的自动控制要求</b>    |                          | <b>189</b> |
| 9.1                         | 空调蓄冷系统自动控制的目的            | 189        |



|                               |                          |            |
|-------------------------------|--------------------------|------------|
| 9.2                           | 空调蓄冷系统的自动控制系统概况          | 190        |
| 9.2.1                         | 采用直接数字控制系统               | 190        |
| 9.2.2                         | 自动控制系统组成                 | 190        |
| 9.2.3                         | 蓄冷控制器的功能要求               | 191        |
| 9.2.4                         | 冷水机组控制器的功能               | 192        |
| 9.3                           | 蓄冷系统控制内容及要求              | 194        |
| 9.3.1                         | 一般控制内容及方式                | 194        |
| 9.3.2                         | 具体控制内容及作用方式说明            | 195        |
| 9.3.3                         | 蓄冷系统自动控制内容及作用方式举例        | 199        |
| 9.4                           | 系统监视、计测及计量项目             | 207        |
| 9.5                           | 部分负荷时制冷机组、泵及冷却塔风机的节能控制措施 | 209        |
| <b>第十章 空调蓄冷系统管路设计要求</b>       |                          | <b>211</b> |
| 10.1                          | 空调蓄冷系统的二次冷剂              | 211        |
| 10.1.1                        | 选择二次冷剂的条件                | 211        |
| 10.1.2                        | 空调蓄冷系统常用的二次冷剂            | 211        |
| 10.1.3                        | 乙二醇水溶液的物理性能              | 212        |
| 10.2                          | 蓄冷系统管路中阀门及其附件的设置与选择      | 220        |
| 10.2.1                        | 阀门及附件的设置                 | 220        |
| 10.2.2                        | 管道材质及阀门的选择               | 221        |
| 10.3                          | 二次冷剂管道直径及压降计算            | 227        |
| 10.3.1                        | 管道直径计算                   | 227        |
| 10.3.2                        | 二次冷剂管道的压降计算              | 227        |
| 10.4                          | 蓄冷系统管路内的静压控制             | 238        |
| 10.5                          | 蓄冷系统溶液膨胀措施               | 239        |
| 10.5.1                        | 常用溶液膨胀箱连接形式              | 239        |
| 10.5.2                        | 溶液膨胀箱容积确定                | 240        |
| <b>第十一章 利用空调蓄冷系统的特点优化空调系统</b> |                          | <b>243</b> |
| 11.1                          | 低温送风空调                   | 243        |
| 11.1.1                        | 概述                       | 243        |
| 11.1.2                        | 低温送风空调的特点                | 244        |
| 11.1.3                        | 低温送风系统应用中应注意的问题          | 245        |
| 11.1.4                        | 末端装置的合理选用                | 246        |
| 11.2                          | 水冷式冷水机组冷凝器排出热量的回收利用      | 249        |

|             |                             |            |
|-------------|-----------------------------|------------|
| 11.2.1      | 双冷凝器系统 .....                | 249        |
| 11.2.2      | 辅助冷凝器系统 .....               | 252        |
| 11.3        | 自然制冷 .....                  | 254        |
| <b>第十二章</b> | <b>空调蓄冷系统的经济评价 .....</b>    | <b>256</b> |
| 12.1        | 评价范围 .....                  | 256        |
| 12.2        | 评价方法 .....                  | 257        |
| 12.3        | 电力移峰优惠政策 .....              | 258        |
| 12.4        | 蓄冷系统与非蓄冷系统一次投资比较 .....      | 261        |
| 12.4.1      | 一次投资费用内容 .....              | 261        |
| 12.4.2      | 一次投资费用情况分析 .....            | 262        |
| 12.4.3      | 系统本身的投资费用 .....             | 263        |
| 12.5        | 蓄冷系统与非蓄冷系统运行费用比较 .....      | 268        |
| 12.5.1      | 用电量计算 .....                 | 268        |
| 12.5.2      | 电费计算 .....                  | 280        |
| 12.5.3      | 电费比较举例 .....                | 281        |
| <b>第十三章</b> | <b>空调蓄冷系统设备的维护和保养 .....</b> | <b>297</b> |
| 13.1        | 制冷机组的维护和保养 .....            | 298        |
| 13.1.1      | 对制冷机组的连续监控 .....            | 298        |
| 13.1.2      | 对制冷机组的定期检查维修 .....          | 298        |
| 13.1.3      | 螺杆式制冷机组的定期维修要求 .....        | 299        |
| 13.2        | 蓄冷装置的维护和保养 .....            | 300        |
| 13.2.1      | 内融冰蓄冷装置的检查项目和维修要求 .....     | 300        |
| 13.2.2      | 对其它蓄冷装置的维修要求 .....          | 302        |
| 13.2.3      | 蓄冷系统管道维修和保养的要求 .....        | 303        |
| 13.3        | 其它设备的维护和保养 .....            | 304        |
| 13.4        | 二次载冷剂、冷冻水及冷却水质检验与控制 .....   | 304        |
| 13.4.1      | 二次载冷剂的质量控制 .....            | 305        |
| 13.4.2      | 冷冻水水质控制 .....               | 305        |
| 13.4.3      | 循环冷却水水质控制要求 .....           | 306        |
| 13.4.4      | 简便的水处理装置的应用 .....           | 309        |
| <b>第十四章</b> | <b>空调蓄冷系统应用设计举例 .....</b>   | <b>310</b> |
| 14.1        | 举例工程概况 .....                | 310        |
| 14.2        | 空调供冷负荷设计条件 .....            | 310        |

|        |                            |     |
|--------|----------------------------|-----|
| 14.2.1 | 总供冷负荷条件 .....              | 310 |
| 14.2.2 | 基载机组供冷负荷条件 .....           | 310 |
| 14.2.3 | 扣除基载部分负荷后的供冷负荷条件 .....     | 315 |
| 14.2.4 | 冷冻水供、回水温度条件 .....          | 319 |
| 14.2.5 | 非蓄冷系统供冷负荷条件 .....          | 319 |
| 14.3   | 设备容量及其额定用电功率确定 .....       | 319 |
| 14.3.1 | 非蓄冷空调系统设备 .....            | 319 |
| 14.3.2 | 制冷机组位于上游串联流程空调蓄冷系统设备 ..... | 323 |
| 14.3.3 | 并联流程空调蓄冷系统设备 .....         | 328 |
| 14.4   | 年用电量及电费计算 .....            | 341 |
| 14.5   | 投资估算 .....                 | 341 |
| 14.6   | 系统控制方式 .....               | 359 |
| 14.6.1 | 非蓄冷系统 .....                | 359 |
| 14.6.2 | 制冷机组位于上游的串联蓄冷系统 .....      | 359 |
| 14.6.3 | 并联流程空调蓄冷系统 .....           | 364 |
| 14.7   | 对本举例系统的简略分析、评价 .....       | 365 |
| 附录一    | 单位换算图表 .....               | 368 |
| 附录二    | 主要参考书目及文献 .....            | 375 |
| 附录三    | 产品资料 .....                 | 381 |
| 附录四    | 厂名录 .....                  | 413 |

# 第一章 概 论

## 1.1 概 述

空调蓄冷技术,即是在电力负荷很低的夜间用电低谷期,采用电动制冷机制冷,利用蓄冷介质的显热或潜热特性,用一定方式将冷量贮存起来。在电力负荷较高的白天,也就是用电高峰期,把贮存的冷量释放出来,以满足建筑物空调或生产工艺的需要。显热贮存是通过降低蓄冷介质的温度进行蓄冷,常用介质有水和盐水,潜热贮存是利用介质的物态变化来蓄冷,常用介质为冰、共晶盐水化合物等相变物质。在空调蓄冷应用技术中,采用的形式多为水蓄冷、冰蓄冷方式。

### 1.1.1 空调蓄冷系统的特点

- 转移制冷机组用电时间,起到了转移电力高峰期用电负荷的作用。制冷机组在夜间电力低谷时段运行,贮存冷量,白天用电高峰时段,用贮存的冷量来供应全部或部分空调负荷,少开或不开制冷机。

- 空调蓄冷系统的制冷设备容量和装设功率小于常规空调系统。一般可减少 30%~50%。

- 空调蓄冷系统的一次投资比常规空调系统要高。如果计入供电增容费及用电集资费等,有可能投资相当或增加不多。

- 空调蓄冷系统的运行费用由于电力部门实施峰、谷分时电价政策,比常规空调系统要低,分时电价差值愈大,得益愈多。

- 空调蓄冷系统中制冷设备满负荷运行的比例增大,状态稳定,提高了设备利用率。

- 空调蓄冷系统并不一定节电,而是合理使用峰谷段的电

能。

蓄冷系统在充冷运行时,基本可满负荷运行,且夜间冷却水温较低,有利于制冷效率的提高,但在冰蓄冷系统中,其充冷温度一般为 $-4\sim-6^{\circ}\text{C}$ ,增加了制冷机的能耗率,此外,尚有蓄冷设备的散热损失及二次换热损失等,因此,对水蓄冷系统及共晶盐蓄冷系统而言一般会是节电的,而对冰蓄冷系统通常是不节电的。

### 1.1.2 空调蓄冷技术在我国应运而生

改革开放以来,我国经济的高速发展和人民物质生活水平的不断提高,对电力供应不断提出新的挑战。尽管全国发电装机容量已超过2亿kW,年发电量突破9000亿kWh。然而,目前我国电力供应仍很紧张。突出的矛盾是电网峰谷负荷差加大,夜间至清晨谷段负荷率低,而高峰段电力严重不足,有的电网峰谷负荷之差达25%~30%,造成白天经常拉闸限电,夜间有电送不出的现象。

改善电力供应的紧张状况和电力负荷环境已成为当务之急。为此,国家计委、国家经贸委、电力工业部在关于“1995~2000年节电规划”中提出2000年前要把1000~1200万kW的尖峰负荷转移至低谷使用。

在城市现代化建设过程中,用电结构发生变化,其中用在建筑物空调系统的电力负荷比例日益增加。据不完全统计,北京已有250余幢宾馆、办公楼和50余家大商场采用中央空调,其空调用电负荷达40万kW。相当于华北电网为了调峰,耗资27亿元而兴建的十三陵抽水蓄能电站的1/2装机容量。以广东省为例,现有空调装机容量已达30万kW,并以每年30%的速度递增,其用电负荷已占总供电量的40%以上。

由于空调用电负荷一般在电力谷段用量甚少,对城市电网具有很大的“削峰填谷”潜力,而在中央式空调中,制冷系统的用电量通常占整个空调系统用电量的40%~50%,如以商场为例,每10万 $\text{m}^2$ 空调制冷系统的需用电功率约为7000~9000kW,若移峰40%,则可减少2800~3600kW。因此,空调蓄冷系统应运而生,并将日益展示它广阔的应用前景。

## 1.2 空调蓄冷技术发展的历史与现状

### 1.2.1 空调蓄冷技术起始于 30 年代

自古以来,人们就懂得贮存冬季的天然冰,用来冷藏食品和改善环境。世界上采用人工制冷的蓄冷空调大约出现在 1930 年前后。当时,美国在教堂、剧院和乳品厂等处间歇供冷,负荷集中的用户则使用冰蓄冷方式。那时,应用“蓄冷”只是着眼于减少制冷机装机容量和制冷设备的投资费用。随着机械制造业的发展,制冷设备造价大幅度降低,节省制冷设备的投资费用逐渐失去吸引力。相反,蓄冷装置价格高昂和耗电多的不利因素变得突出,使该项技术的应用长期处于停滞状态。

### 1.2.2 空调蓄冷技术的崛起、发展、普及和提高

空调蓄冷技术 70 年代又再度崛起,80 年代以后面向普及、提高。70 年代以来,世界范围的能源危机促使蓄冷技术迅速发展。首先在美国将蓄冷技术作为电力负荷的调峰手段广泛应用在建筑物的空调降温工程建设中。南加利福尼亚爱迪生电力公司于 1978 年率先制定分时计费的电费结构。1979 年编写并出版了“建筑物非峰值期降温导则”。1981 年后推广应用蓄冷技术,并颁布相关的奖励措施,如在夏季用电高峰期,移峰 1kW 奖励 200 美元,并分担 50% 的可行性研究费用。至 1987 年至少有 40 多家电力公司仿效实行分时计费的电费结构和有关奖励措施,至 90 年代,每峰移 1kW 负荷奖励金额最高可达 500 美元。美国从事蓄冷系统开发及冰蓄冷专用制冷机开发的公司,多达数十家。至今,美国空调蓄冷系统已相当普及,约有 4000 多个蓄冷系统在运行,蓄冷容量 70 万 kWh(20 万 RT h)以上的系统已不鲜见。

欧洲和日本等经济发达国家在 80 年代初期就开始对蓄冷技术的应用进行研究。在日本,尤为重视和普及水蓄冷系统的应用研究,目前日本约有 2000 多个蓄冷系统在运行;并在研究开发家用蓄冷、蓄热式空调产品和成套蓄冷设备方面也取得了一定的成果。近几年,日、韩等国正以更快的速度推广应用蓄冷技术。

### 1.2.3 空调蓄冷技术在我国的应用

1. 由于我国台湾省的能源几乎全部要从岛外购进,合理利用电力更为迫切,自1984年从国外引进蓄冷技术建成第一个空调蓄冷系统以来,近几年空调蓄冷系统发展很快,至今已建成200多个蓄冷式空调系统,总蓄冷量已达200万kWh。转移高峰电力约超过52万kW,并呈逐年大幅度递增的趋势。在蓄冷装置的开发研究和应用技术方面取得了一定的成果和经验。

2. 我国大陆地区在空调工程中应用蓄冷技术起步较晚,但有关领导部门十分重视。为迅速缓解全国各大电网电力供应紧张的局面,国家电力部门已作出在2000年前在全国移峰1000~1200万kW的规划要求。为此,国内一些电网和城市已陆续实行分时峰谷计价的电费制,峰、谷电价比在2~5之间;有些城市还给予其它优惠的减免费用(如减免部分购电权费),为推广应用蓄冷技术,给予政策上的支持。

90年代初期,空调蓄冷技术已开始在一些工程中应用。如北京首都体育馆空调系统改造为水蓄冷空调系统;北京日报社综合办公楼采用国产冰蓄冷空调系统作出了有益的尝试,并开创了应用的先例;由我院设计的,首次引进国外技术采用冰蓄冷空调系统的深圳电子科技大厦已于1993年建成投产,该系统的空调面积达4.7万m<sup>2</sup>,采用法国CIAT公司提供的Cristopia冰球蓄冷装置,配有100m<sup>3</sup>贮槽5个,单螺杆双工况冷水机组3台,总蓄冷能力29500kWh,消峰能力为47%。1995年由清华大学进行测试,结果表明,系统运行良好,对于负荷变化有良好的适应能力,基本达到设计要求。

为加速空调蓄冷技术在我国的发展和推广应用,1995年4月成立的“全国蓄冷空调研究中心”,1996年5月组建的“全国蓄冷空调节能技术工程中心筹”,已经或将对我国空调蓄冷事业的发展起到指导和推动作用。到目前为止,仅在北京、上海、广东、浙江、湖北、江苏、山东等省市就有数十家企、事业单位已经或将要建成不同类型的空调蓄冷系统。仅北京市供电局系统计划在近年内推出

十几个空调蓄冷示范工程。国内专业性的空调蓄冷装置制造厂家,以及外商都看好有着广阔前景的国内市场。

总的来看,当前我国在空调蓄冷技术的应用与开发方面与世界上经济发达国家差距较大,可以说是处于创业起步阶段。

### 1.3 空调蓄冷系统推广应用条件、 设计原则和主要影响因素

#### 1.3.1 空调蓄冷系统应用的前提条件

在空调工程中应用蓄冷系统是否经济的主要依据是,该地区电力部门是否有夜间低谷时段的廉价电力供应和相应的电费优惠政策;同时,应根据用户自身的空调冷负荷特性,有无可能利用夜间无冷负荷或低冷负荷时的廉价电力制冷、充冷,在白天高峰时段释冷、供冷。

1. 合适的电费结构及其它优惠政策。当地电费结构及其它优惠政策是影响采用空调蓄冷系统的关键因素,电力峰、谷差价越大,对采用蓄冷系统越有利。其它优惠政策,通常表现在少收或免收电力增容费等,国外电力公司多有移峰电力补贴。国外资料介绍,峰谷电价为 2 : 1 时则可放心采用等,这种观点的形成是有其具体条件的,不能一概而论。例如,电费,除了峰、谷段电费的差价外,还有按电力需用功率收费等。评价峰、谷段电费差价作用的影响,主要是差价的绝对值而不是二者之间的比值。如峰段电费为 0.45 元/度,谷段为 0.15 元/度,其比值为 3 : 1,另一处的峰段电价为 1 元/度,谷段为 0.5 元/度,比值为 2 : 1,后者更有利于应用蓄冷系统。

2. 空调冷负荷在用电峰、谷时段应有一定的不均衡性。通常,电力谷段时间越长,同时冷负荷越小,或无负荷,制冷机组可以利用低价电和闲置设备制冷蓄冷。如果昼夜 24 小时冷负荷较均衡的情况,一般就没有必要采用蓄冷系统。

#### 3. 空调蓄冷系统适用场所

(1)使用时间内空调负荷大,其余时间内空调负荷小的场所。



如行政办公楼、银行、百货商场、宾馆、饭店的中央空调系统。

(2)周期性使用,空调时间短,空调负荷大的场所,如影剧院、体育馆、大会堂、学校、教堂、餐厅等。

(3)空调负荷变化大,需要减少高峰负荷用电的场所,如某种类型的工厂、企业等。

(4)作为特殊工程的应急备用冷源。

(5)空调负荷变化在一天内虽然变化不大,即高峰用电所占比例虽然不大,但高峰负荷绝对值较大的场所,如某种电子工业企业。

(6)作为区域供冷的冷源。在发达国家如美国、日本在近几年相继投入蓄冷量达 10 万 kWh 以上的冰蓄冷及水蓄冷系统用在区域供冷,并有继续扩大蓄冷容量的趋势;如美国的 23 万 kWh 的冰蓄冷系统投产后,现正在安装蓄冷量约为 42 万 kWh 的冰蓄冷系统,而 60 万 kWh 的蓄冷系统计划在 1997 年完工。由于区域供冷容量大,为超大型的离心式制冷机使用提供条件,其 COP 值可达 6.8~6.9,这对于初投资和运行费用更加节省,能耗更为降低,使区域供冷将成为未来大城市空调系统的主要冷源。

### 1.3.2 空调蓄冷系统应用设计原则

空调蓄冷系统应用设计的基本原则是:除了要考虑运行安全、可靠、满足舒适空调的要求,操作及维护管理简便外,还要有比常规空调供冷系统更好的经济性。具体设计时,应注意以下几点:

#### 1. 根据具体条件选择恰当的蓄冷系统

第三、四章介绍各种常用成熟的蓄冷系统,它们各有特点及适用范围,根据空调蓄冷、供冷系统的特点,按已有实践经验,考虑易于操作控制、经济等综合因素,一般采用载冷剂为 25%~30% 的乙烯乙二醇水溶液的冰蓄冷系统。应用较多的是内融冰,封装冰和水蓄冷系统。因此,本书着重对以上三种蓄冷系统进行应用设计原理的介绍。对两种冰蓄冷系统主要是以合理选用已有产品为原则,对水蓄冷系统则就设计要点作说明,详细的介绍请阅第三、四章。

#### 2. 应考虑空调蓄冷系统的整体优化。由于空调蓄冷系统的特