THE CHINA SUSTAINABLE ENERGY PROGRAM

Toward a Sustainable Energy Future for the People's Republic of China

能源基金会项目

Grant Number: G-0206-06375

China Unified Energy Label Project

超前性能效标准

技术分析报告

（家用电冰箱）

中国标准化研究院

二零零三年十一月

目录

前言 4

第一章　我国的能源及环境现状 6

第一节 能源现状 6

一、能源资源概况 6

二、电力生产及消费 9

第二节 环境现状 11

第二章　我国电冰箱的生产水平及发展趋势 15

第一节　我国电冰箱的生产水平 15

一、电冰箱市场状况 15

二、电冰箱能耗状况 19

第二节 我国电冰箱的发展趋势 21

一、电冰箱的节能潜力及节能途径 22

二、电冰箱的发展趋势 37

第三章　电冰箱的能效标准与标识 40

第一节　能效标准与标识概述 40

一、能效标准与标识的定义 40

二、能效标识与标准的基本原理 42

第二节　在能效标准能效指标取值过程中遵循的原则 45

第三节　电冰箱的能效标识 46

一、能效标识的作用 47

二、电冰箱能效标识的格式 48

第四章　理论分析和模型计算 53

第一节 单级蒸气压缩制冷理想循环 53

一、简单理想循环 53

二、简单理想循环的性能指标 54

三、液体过冷和吸气过热 56
第二节 单级压缩制冷实际循环 59
一、实际循环的特点 59
二、实际循环的性能指标及热力计算 61
第三节 模型计算 63
第五章 生命周期分析和新标准的节能效果预测 69
第一节 生命周期分析 69
一、回收期 69
三、计算结果分析 71
第二节 新标准的节能及环保效果预测 81
一、能源节约量预测模型 81
二、预测结果 83
第六章 新的家用电冰箱能效标准文本及解释 87
第一节 《家用电冰箱耗电量限定值及能源效率等级》国家能效标准文本 87
第二节 相关问题及解释 94
第七章 结论 98
第一节 电冰箱能效标准与标识的意义 98
第二节 实施电冰箱能效标准与标识的预期结果 101
参考文献 106

前言

在世界范围内，家用电器、设备和照明器具所占的能耗约为社会总能耗的34%，占与能源相关的 CO_2 排放量的 25%~30%。发达国家和许多发展中国家的现状表明，住宅的耗电量占总耗电量的很大部分，平均为 30%左右。近年来，我国居民用电量每年以 10%-15%的速度增长，这与发达国家的情况已很相似了。这些情况说明在世界的大多数地区，人们的居家生活是能源消耗的主体。

电冰箱是家用电器中的主要耗能设备。OECD 国家家用电冰箱的能耗是300TWh/yr，是火车耗电量的 3 倍。在日本，电冰箱消耗了 17%的住宅电能；在泰国，这一比例是 20%。1995 年中国家用电冰箱的耗电量比例为 32％。这些国家的情况都说明了电冰箱是耗能大户。

从节能角度考虑，许多国家都把电冰箱作为应限制能耗的产品，开展了有关电冰箱能效标准与标识的工作。早在 1962 年，波兰便在一系列工业电器中引入了现代社会的第一批强制性最低能效标准。法国政府在 1966 年和 1978 年分别制定了冷藏箱和冷冻箱标准。美国于 1976 年制定了冷藏箱及冷冻箱的强制性标准与标识。同年，德国指定了自愿性标识。1978 年，加拿大也制定了强制性标准与标识。日本于 1979 年制定了强制性表示与自愿性标准。1981 年，台湾及澳大利亚也制定了相关的标准与标识。欧盟在 1995 年制定了强制性标准及标识。中国于 1989 年制定了强制性标准。早期的工作主要集中在发达国家，进入 20 世纪 90 年代后，许多发展中国家相继开展了这一工作。泰国于 1994 年实行了自愿性标识，鉴于实施效果不佳，改为强制性标识；新加坡于 1998 年实行了强制性标识；印尼在 1999 年制定了自愿性标识；菲律宾在 2000 年也实行了强制性标识。这些国家的经验表明，通过标准及标识的作用，冰箱的能效水平能有较大幅度的提高。这一系列措施使能源消耗大大减少，同时也降低了温室气体的排放。

我国是第二大能源消费国及第二大 CO_2 排放国，节能和环保无论是对自身

还是国际社会都有着重大意义。从 1989 年就制定了电冰箱的能效标准，1999 年进行了修订，随着时间的推进和国家节能环保工作的需要，，需要进行更新，制定符合国情的能效标识，以跟上时代要求。

经国家标准化管理委员会批准，立项开展对电冰箱节能标准进行修订。并得到国家环保总局/UNDP/GEF“中国节能氟里昂替代冰箱广泛商业化障碍消除”项目的支持。这次修订由中国标准化研究院牵头，中国家用电器研究院、广州电器科学研究院、天津大学、北京工业大学、安徽博西华制冷有限公司、青岛海尔股份有限公司、广东科龙电器股份有限公司、中国雪柜实业有限公司、河南新飞电器有限公司、合肥美菱股份有限公司等行业协会和产学研单位组成的标准工作组进行了前后历时两年的调研、实验验证、研讨论证。形成了国家标准 GB12021.2－2003《家用电冰箱耗电量限定值及能源效率等级》。

这一标准已于 2003 年 5 月 23 日获得国家质检总局的批准，并将于同年 11 月 1 日开始正式实施。

第一章　我国的能源及环境现状

第一节 能源现状

中国拥有比较丰富多样的能源资源，是世界第二大能源生产和消费国，九十年代中期已解决了长期困扰经济发展的“能源短缺”问题，实现了能源总量的供求平衡。但结构性矛盾和增长质量的要求日益突出。2000 年，我国的一次能源消费结构是：煤 63.6％、石油 26.8％、天然气 3.0％、其他 6.6％。

另一方面，我国又是一个人均资源贫乏的国家，即使是资源最丰富的煤炭，人均资源也只有全世界平均人均的 50％，而石油只有 10％。目前，我国人年均能源消耗是 1000 公斤标准煤，而美国是 11000 公斤，英、德、法等发达国家是 5000——6000 公斤。各种预测表明，在 2030—2050 年，我国人年均能源消耗最多达 2000—3000 公斤，是目前英、德、法等国家的 50％以下。即使这样，考虑到我国人口的增加（15～16 亿），能耗总消耗量也将高达 40 亿吨标准煤以上。

一、能源资源概况

1．化石能源

首先，简要介绍一下我国煤、石油、天然气的资源情况。据中国第二次煤田预测资料，埋深在 1000m 以浅的煤炭总资源量为 2.6 万亿吨。中国煤炭资源的种类较多，在现有探明储量中，烟煤占 75%、无烟煤占 12%、褐煤占 13%。其中，原料煤占 27%，动力煤占 73%。中国煤炭质量，总的来看较好。已探明的储量中，灰分小于 10%的特低灰煤占 20%以上；硫分小于 1%的低硫煤约占 65%-70%；硫分 1%-2%的约占 15%-20%。根据 1993 年全国油气资源评价，中国陆上和沿海大陆架沉积盆地总面积约 550 万 km^2，石油总资源量 940 亿 t。据美国《油气杂志》的资料，1996 年底中国石油探明储量约 32.87 亿 t，居世界第九位。中国沉积岩分布面积广，陆相盆地多，形成优越的多种天然气储藏

的地质条件。根据 1993 年全国天然气远景资源量的预测，中国天然气总资源量达 38 万亿 m^3，陆上天然气主要分布在中部和西部地区，分别占陆上资源量的 43.2%和 39.0%。

2. 可再生能源

目前，我国对可再生能源的利用非常重视，而且我国的可再生能源资源也非常丰富。

2.1 水能资源

中国在20世纪70年代末做了普查，统计了单河理论蕴藏量0.876亿kW·h/a以上的河流 3019 条，总理论蕴藏量为 5.7 万亿 kW·h/a；加上部分较小河流后，合计为 5.92 万亿 kW·h/a（未统计台湾省水能资源），居世界第一位。中国河川水能资源的特点有：①资源量大，占世界首位。②分布很不均匀，大部集中在西南地区，其次在中南地区，经济发达的东部沿海地区的水能资源较少。而中国煤炭资源多分布在北部，形成北煤南水的格局。③大型水电站的比重很大，单站规模大于 200 万 kW 的水电站资源量占 50%。

2.2 太阳能资源

中国地处北半球欧亚大陆的东部，主要处于温带和亚热带，具有比较丰富的太阳能资源。根据全国 700 多个气象台站长期观测积累的资料表明，中国各地的太阳辐射年总量大致在 3.35×10^3～$8.40\times10^3 MJ/m^2$ 之间，其平均值约为 $5.86\times10^3 MJ/m^2$。该等值线从大兴安岭西麓的内蒙古东北部开始，向南经过北京西北侧，朝西偏南至兰州，然后径直朝南至昆明，最后沿横断山脉转向西藏南部。在该等值线以西和以北的广大地区，除天山北面的新疆小部分地区的年总量约为 $4.46\times10^3 MJ/m^2$ 外，其余绝大部分地区的年总量都超过 $5.86\times10^3 MJ/m^2$。

2.3 地热资源

高温地热资源主要集中在环太平洋地热带通过的台湾省，地中海-喜马拉雅地热带通过的西藏南部和云南、四川西部。温泉几乎遍及全国各地，多数属中低温地热资源，主要分布在福建、广东、湖南、湖北、山东、辽宁等省。中国 400 万 km2 的沉积盆地的地热资源也比较丰富，但差别十分明显，除青藏高原外，总的来说盆地的地温梯度是由东向西逐渐变小。地处东部的松辽平原、

华北盆地和下辽河盆地等地温梯度较高，一般为 2.5-6℃/hm；位于中部的四川盆地一般为 1.7-2.5℃/hm；位于西部的柴达木盆地和塔里木盆地仅为 1.5-2℃/hm。目前中国已发现的水温在 25℃以上的热水点（包括温泉、钻孔及矿坑热水）约 4000 余处，分布广泛。温泉出露最多的西藏、云南、台湾、广东和福建，温泉数约占全国温泉总数的 1/2 以上；其次是辽宁、山东、江西、湖南、湖北和四川等省，每省温泉数都在 50 处以上。

2.4 风能资源

中国 10m 高度层的风能资源总储量为 32.26 亿 kW，其中实际可开发利用的风能资源储量为 2.53 亿 kW。 东南沿海及其附近岛屿是风能资源丰富地区，有效风能密度大于或等于 200W/m2 的等值线平行于海岸线；沿海岛屿有效风能密度在 300W/m2 以上，全年中风速大于或等于 3m/s 的时数约为 7000～8000h，大于或等于 6m/s 的时数为 4000h。 新疆北部、内蒙古、甘肃北部也是中国风能资源丰富地区，有效风能密度为 200～300W/m2，全年中风速大于或等于 3m/s 的时数为 5000h 以上，全年中风速大于或等于 6m/s 的时数为 3000h 以上。 黑龙江、吉林东部、河北北部及辽东半岛的风能资源也较好，有效风能密度在 200W/m2 以上，全年中风速大于和等于 3m/s 的时数为 5000h，全年中风速大于和等于 6m/s 的时数为 3000h。青藏高原北部有效风能密度在 150～200W/m2 之间，全年风速大于和等于 3m/s 的时数为 4000～5000h，全年风速大于和等于 6m/s 的时数为 3000h；但青藏高原海拔高、空气密度小，所以有效风能密度也较低。 云南、贵州、四川、甘肃、陕西南部、河南、湖南西部、福建、广东、广西的山区及新疆塔里木盆地和西藏的雅鲁藏布江，为风能资源贫乏地区，有效风能密度在 50W/m2 以下，全年中风速大于和等于 3m/s 的时数在 2000h 以下，全年中风速大于和等于 6m/s 的时数在 150h 以下，风能潜力很低。

2.5 生物质能

我国的生物质能也极为丰富，现在每年的秸秆量约 6.7 亿吨，到 2010 年将达到 7.26 亿吨，相当于 3.3 亿吨标煤。材薪和林业废弃物数量也很大，林业废弃物（不包括炭薪林），每年约达 3700 万 m3，相当于 2000 万吨标煤。如果考虑日益增多的城市垃圾和生活污水、禽畜粪便等其他生物质资源，我国每年的

生物质资源达 4 亿吨标煤以上，扣除了一部分做饲料和其他原料，可开发为能源的生物质资源达 2 亿多吨标煤。而随着农业和林业的发展，特别是随着速生炭薪林的开发推广，我国的生物质资源将越来越多，有非常大的开发和利用潜力。

二、电力生产及消费

经过多年的艰苦奋斗，中国电力工业取得了长足进步。装机容量自 1987 年达到 100 GW 后，只用了 9 年时间就在 1996 年超过了 200 GW。 同年，装机容量和年发电量双双跃居世界第二位。历年发电量见图 2－1。从 1993 年开始，年发电量平均以每年 6.2％的速度递增，基本满足了经济发展对电力的需求。2001 年全国投产发电装机 1713 万千瓦，其中水电 278 万千瓦，火电 1435 万千瓦（含以大代小）项目投产 115 万千瓦。河北、山西、福建、河南、广东五省区新增装机超过 100 万千瓦。到 2001 年底，全国发电装机容量达到 33800 万千瓦，其中：水电 8270 万千瓦，火电 25280 万千瓦，核电 210 万千瓦。2001 年全国发电量完成 14780 亿千瓦时，比上年增长 8%，其中：水电 2575 亿千瓦时，火电 12020 亿千瓦时，核电 174 亿千瓦时，分别比上年增长 5.9%、8.5%、3.9%。当前，我国电力生产以火电为主，而火电中煤电又占绝对优势。

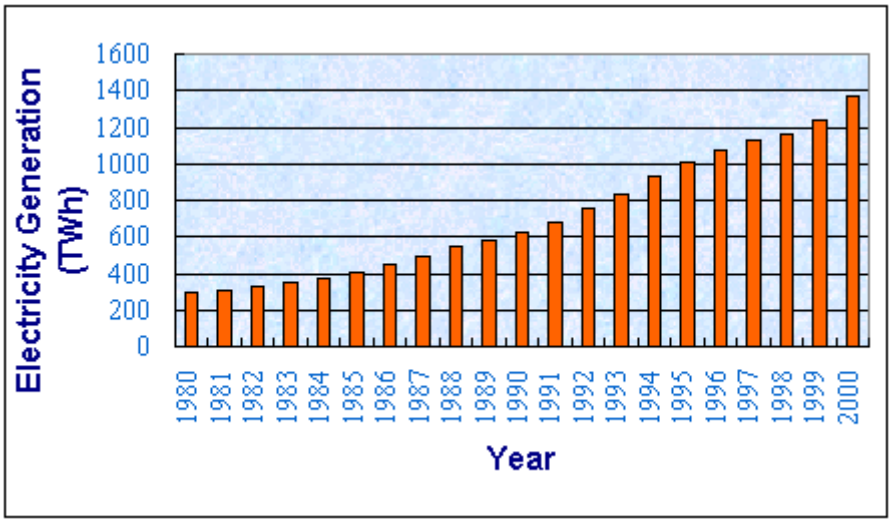


图 2-1 中国历年发电量统计

电力工业的技术水平正在不断提高，目前我国基本上进入大电网、大电厂、大机组、高电压输电、高度自动控制的新时代。我国现有发电装机容量在

2000MW 以上的电力系统 11 个，其中东北、华北、华东、华中电网装机容量均超过 30000MW，华东、华中电网甚至超过 40000MW，西北电网的装机容量也达到 20000MW。南方电力联营系统连结广东、广西、贵州、云南四省电网，实现了西电东送。其它几个独立省网，如四川、山东、福建等电网和装机容量也超过或接近 10000MW。200 MW、300 MW 及以上机组已成为电力生产的主力机组。许多大型抽水蓄能电站、核电站、风力电站、太阳能电站、地热电站和海洋能电站正在建设中，不久即可投入使用。它们对调整我国能源结构有着重要作用。

随着全球经济向信息的新兴产业发展及人们对生活舒适性要求的不断提高，越来越多的能源消耗在非传统行业。部分发达国家用于商业、服务业及居民生活的电情况见表 2－1，从中可以看出用于商业、服务业及人民生活的电量基本上占总消费电量的一半左右或更多。

表 2－1 1999 年部发达国家商业、服务业及居民生活的耗电状况

国家	美国	日本	英国	德国	法国	加拿大	澳大利亚
总消费电量（10 亿 kWh）	3430.06	953.48	329.94	488.45	401.04	487.15	175.46
商业、服务业 （%）	31.57	25.93	27.01	21.81	24.29	25.08	23.02
居民生活 （%）	33.40	27.16	33.46	26.88	31.65	27.14	26.97

我国作为一个发展中国家，情况有所不同，但三次产业及居民生活用电也占总用电量的 20%以上（见表 2－2）。我国是世界第二大能源消费国，能源消耗的总量很大，1999 年三次产业与居民生活用电的总和比澳大利亚全国的用电量还多。2000 年我国电力消费结构见图 2－2。

表 2－2 1999 及 2000 年中国各行业的用电量（10 亿 kWh）及比重（%）

年份	全社会总计	一次产业	二次产业	三次产业	居民生活
1999	1209.23 (100)	52.47 (4.34)	880.64 (72.83)	129.13 (10.68)	146.98 (12.15)

2000	1346.62 (100)	53.40 (3.97)	978.61 (72.67)	147.43 (10.95)	167.18 (12.41)

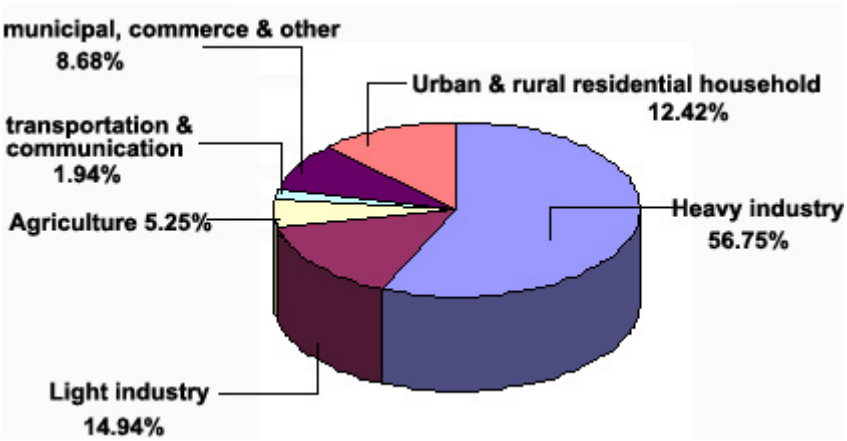


图 2-2 2000 年我国电力消费结构

第二节 环境现状

我国的能源国情是，在相当长的时间内（30 到 50 年）一次能源仍然以煤为主。由于燃煤等带来的污染，中国的北京、沈阳、西安、上海、广州 5 城市名列世界污染最重的城市之列。我国大气污染的特点主要是由能源结构决定的，属于煤烟型污染。根据国家环境监测结果，近两年来全国废气中主要污染物为二氧化硫、烟尘和粉尘，它们的排放情况见表 2－3。从数据来看，2001 年较 2000 年主要污染物排放量均有所下降，二氧化硫排放量下降了 2.4%，烟尘和粉尘排放量均下降了 9%以上，但总量仍较大。

表 2－3 近两年我国废气中主要污染物排放量（万吨）

项目 年度	二氧化硫	烟尘	粉尘
2001	1947.8	1059.1	990.6
2000	1995.0	1165.4	1092.0
增减（%）	-2.4	-9.1	-9.3

二氧化硫严重超标（参考图 2－3），酸雨态势扩大，出现酸雨的城市占全国城市半数以上，从分布来看，主要集中在南方（参考图 2－4）。据统计，2001 年全国城市空气质量达到二级以上、三级及三级以下标准的城市各占 1/3。全国城市主要污染物为可吸入颗粒物，全国近 2/3 的城市可吸入颗粒物年均浓度超过国家二级标准，并且近三成的城市超过国家三级，主要分布在华北北部和西北地区（参考图 2－5）。这与当地高能耗的产业结构和荒漠化的环境条件有关。

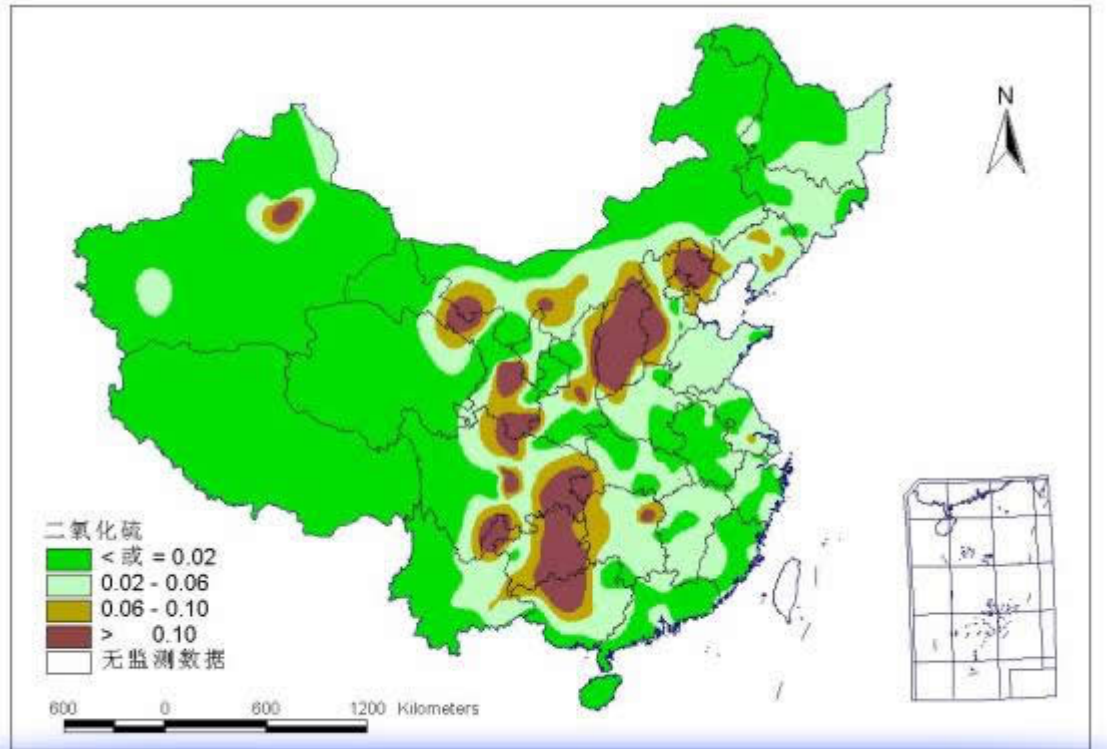


图 2-3 二氧化硫浓度区域分布

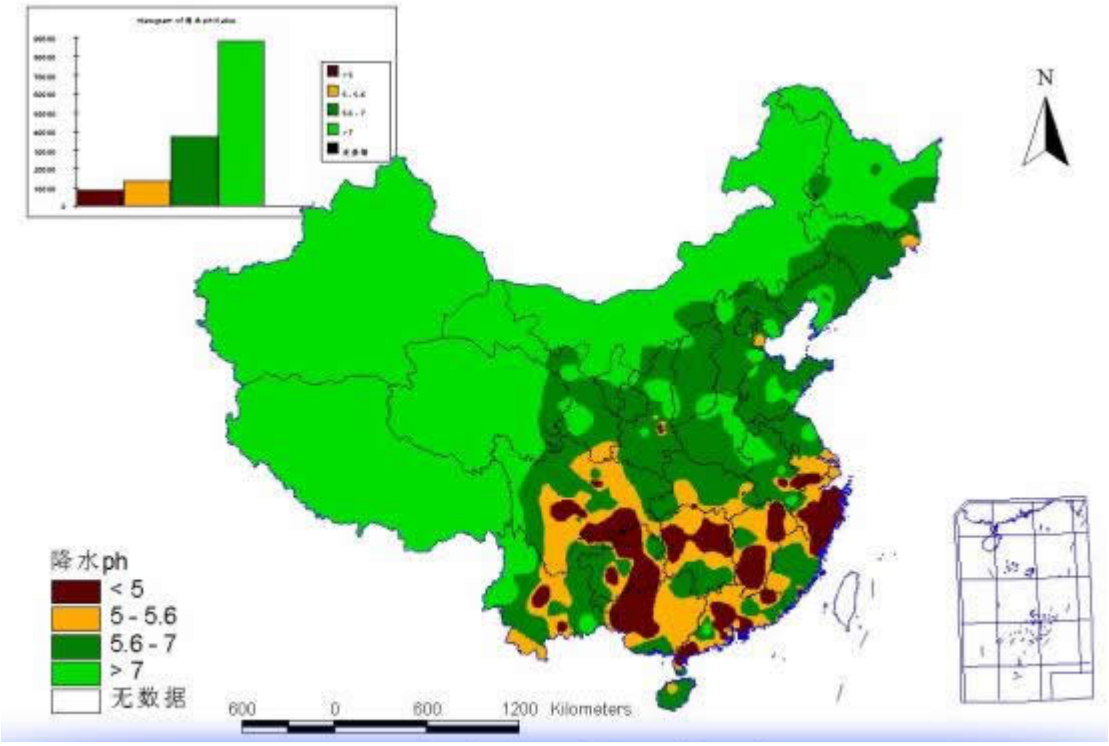


图 2-4 2001 年度全国降水 PH 值分布

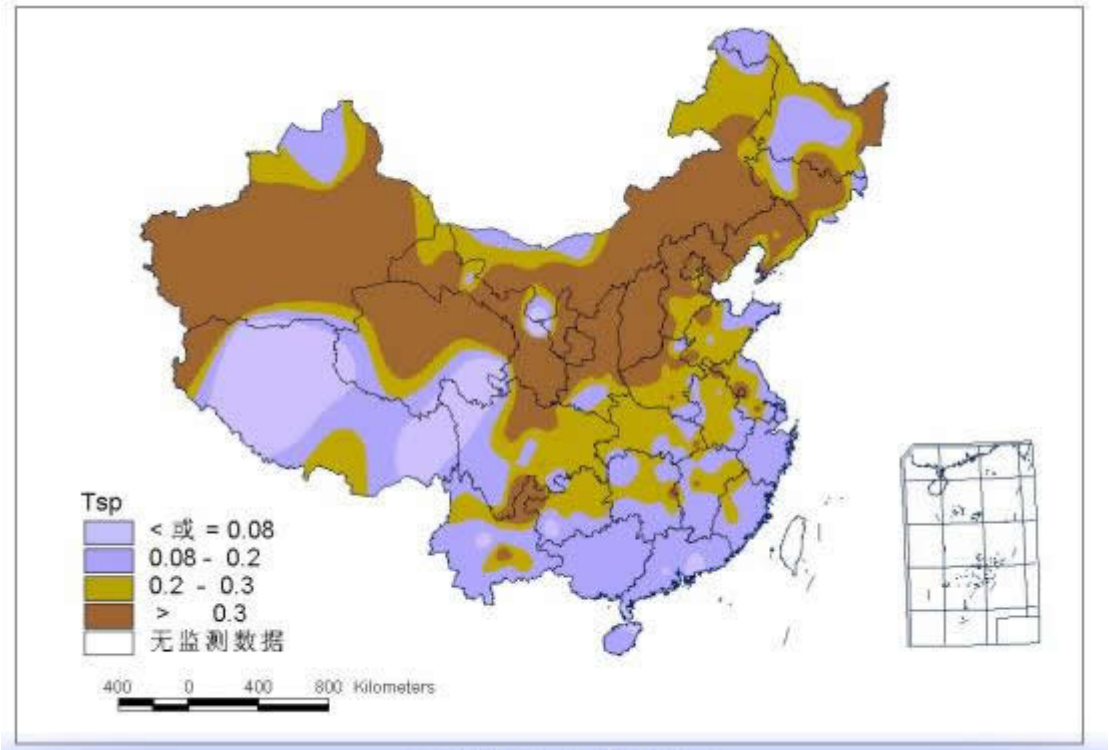


图 2-5 颗粒物浓度区域分布

除上述情况外，当前国际社会普遍关注的另一环境问题是温室气体（主要

是二氧化碳）导致的气候变化。世界各国对 CO_2 的排放问题非常重视，已将它列为制约人类社会实现可持续发展的主要问题之一，并就此问题召开了一系会议。1992 年 165 个国家在巴西世界环发大会上签署了《联合国气候变化公约》；1995 年柏林举行了气候变化公约缔约国第一次大会，发表《柏林授权书》；1997 年的日本京都会议公布了《京都议定书》；1998 年布宜诺斯艾利斯第四届缔约方会议通过了《行动计划》；1999 年又举行了波恩会议；今年，在南非的约翰内斯堡召开了具有历史意义的地球峰会。这些会议对各国在 CO_2 的减排方面作了具体的要求。我国作为最大的发展中国家，是世界第二大能源消费国，也是第二大 CO_2 排国，CO_2 的排放比例见图 2-6。

“十五”期间我国的能源发展战略就指出要提高能源效率，在坚持合理利用资源的同时，努力提高能源生产、消费效率，以促进经济增长，提高人民生活质量。同时在能源的生产、消费过程中都要注意环境质量的要求，实现能源、经济和环境的协调发展。虽然我国是《联合国气候变化框架公约》的非附件 1 国家，还不需执行《京都议定书》要求的 CO_2 减排目标。但我国政府非常重视环境问题，在今年的约翰内斯堡地球峰会上核准了《京都议定书》，将来必然要履行温室气体减排的义务。

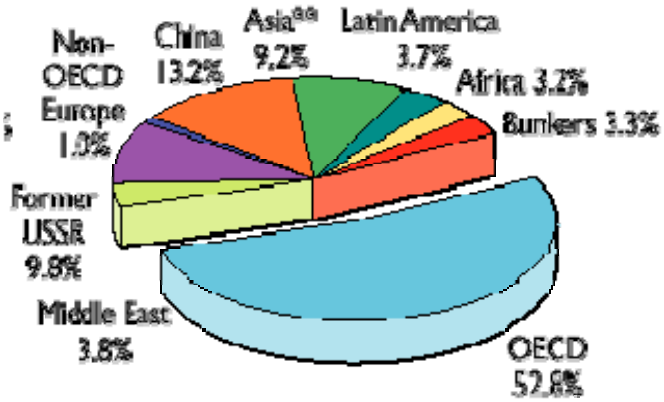


图 2-6 1999 年世界 CO_2 排放的地区分布

第二章　我国电冰箱的生产水平及发展趋势

第一节　我国电冰箱的生产水平

一、电冰箱市场状况

随着我国经济在改革开放后近二十年的高速发展，人们的生活水平得到了很大提高，电冰箱等家用电器也得到迅速发展，并已成为我国许多家庭的普通电器用具。据估计，我国目前冰箱冷柜的拥有量近亿台，而且近年来冰箱的生产量、销售量均在 1 千万台以上，尤其是随着我国经济向第三个战略目标的迈进、乡镇城市化的实施以及农村经济的发展，电冰箱将在广大农村市场拥有更加广阔的发展前景，全国冰箱的拥有量将进一步增加。城市冰箱平均拥有率达到 90.95%。图 3-1 给出了全国城市中冰箱拥有率最高的十座城市。

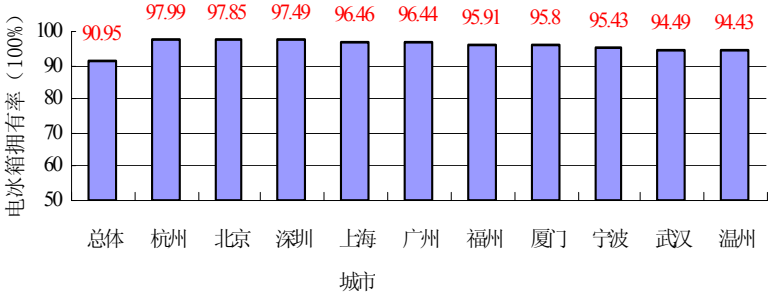


图 3-1 中国电冰箱拥有率最高的十座城市

目前在一些大中城市电冰箱市场已接近饱和。但是调查表明在 2001--2005 年期间，仍有 14.6%的城市居民家庭明确表示要购买电冰箱。东部沿海地区由于经济发展较早，电冰箱普及程度高，所以市场消费需求主要以更新为主；而中西部地区由于经济增长较为滞后，电冰箱普及率明显偏低，新购需求和更新需求旺盛。目前在城市居民家庭使用的电冰箱中，1994 年以前购买的电冰箱占据主导地位，达到 51%。其中 1990 年以前购买的电冰箱达到了 23.4%，以电冰箱使用寿命 10-15 年计算，这部分电冰箱相继进入淘汰更新期构成未来几年城市电冰箱市场消费需求主体，总量约在 2300 万台左右。城市市场继续以更

新换代为主题，高档次电冰箱的需求进一步提高；农村市场仍处于开发启动阶段，经济型产品受到欢迎。以更新换代为主题的城市市场和以普及为主旋律的农村市场将在近一时期构成我国家电消费的“二元化”格局。但农村市场是与城市市场截然不同的两个市场。为此，冰箱生产企业必须采取与城市市场不同的营销策略。在充分研究农村冰箱市场的基础上，针对不同的细分市场，开发出适合农村消费的各类新产品，制定合理的价格策略，选择合适的销售渠道，采取农民易于接受的促销方式，形成农村市场特殊的营销组合。

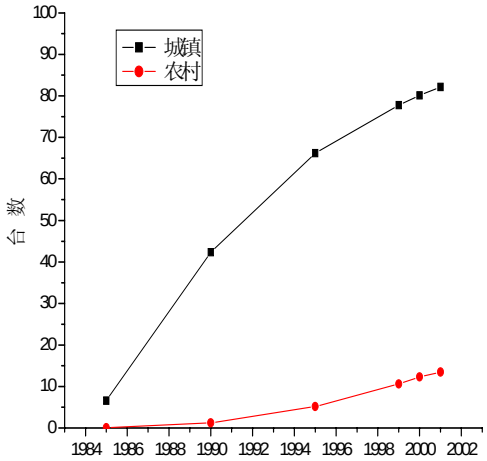


图 3-2　中国每百户家庭电冰箱拥有量

在发达国家，电冰箱的普及率已达到饱和。如日本，1975 年就有 99%的家庭拥有电冰箱，在过去 20 年，平均每个家庭的冰箱拥有量是 1.2 台。美国 1990 年的普及率达 114%。发展中国家电冰箱的普及率也在迅速增长。越南城市的普及率是 65%，农村为 15%；泰国曼谷地区的普及率是 94%，我国冰箱的普及率见图 3-2，其中东部沿海地区为 89.6%，中部地区为 80.7%，西部地区为

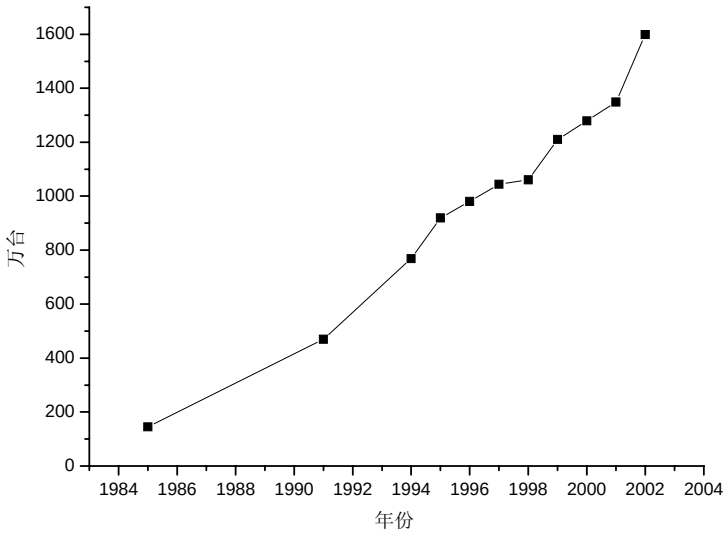


图 3-3　全国电冰箱年产量变化

83.8%。

随着科学技术的进步、人们生活水平的提高，电冰箱已成为不可缺少的生活必需品。它的生产和使用在发达国家已达到饱和，在发展中国家正在迅速成长。中国正逐渐成为全球的家电及家电零部件生产基地，全球电冰箱的制造能力进一步向中国转移。从电冰箱制造能力的角度来看，预计到 2006 年，中国电冰箱的产量将占全球 30%的份额。近 10 年来，我国电冰箱的产量由 1991 年的 470 万台增加到 2002 年的 1599 万台，平均每年增长 11.8%,增长十分迅速。图 3-3 是中国电冰箱年产量变化图。

不同国家和地区对不同类型的电冰箱的需求是不同的。美国、日本及欧洲等国家和地区的家庭倾向于使用大容量的冰箱，小容量的冰箱也有相当的市场，但中等容量冰箱的市场则在萎缩。而在中国，这种情况正好相反。中等容积电冰箱仍然是市场需求的主流，从分容积段产品零售增长情况看，161 升~230 升容积段电冰箱的大幅度提升带动了整个冰箱市场的增长；特别是 161 升~180 升容积段备受市场青睐；而 160 升以下的小容积段和 250 升以上的大容积段市场仍然相当有限。但这种情况正在改变，城市家庭逐渐趋向于使用大容量的产品。

目前，电冰箱行业不断地用新技术武装自己的产品，产业规模和产品结构已相对成熟。电冰箱业在经历了近 20 年的高速发展后，正逐步进入产业成熟期，21 世纪我国电冰箱工业技术发展趋势将呈现出无 CFC、节能、低噪声、便捷设计、新颖外观等特点。除此以外，电冰箱在长寿命、多功能等方面的全面发展也将代替单一的冷藏功能而成为未来电冰箱技术发展的主流。

1996 年，新飞第一家大规模推出无氟冰箱，掀起中国家电业的绿色消费浪潮；1998 年，新飞又第一家推出“奋进者”超级节能冰箱，比普通冰箱节电 50％以上。此后几年当中，新飞一直在“节能”领域深耕细作，不断推出能效比高的节能产品，并对新飞整个市场销售形成了强大的拉动力；2003 年推出的新品“欧洲能效 A＋”冰箱，成为新飞冰箱家族最受国内外用户青睐的市场“新宠”。 海尔节能冰箱的热销,除了外观与色彩满足了消费者的个性化需求外,更主要是采用了世界最先进的无级变频节能技术,使得消费者从冰箱的节能中获得节省电费的实惠，如海尔 230－270 系列冰箱，日耗电仅为 0.48 度，比普通

冰箱节能 60%以上，只相当于一只 20 瓦的灯泡。

伊莱克斯的“省电奇冰”系列冰箱集自动、电子功能、智能控制三位一体，采用扎努西新型高效 RC 压缩机及隔热性能最好的 DOW 陶氏发泡材料（导热系数仅 0.019），释放冷气多，制冷快，保持时间长，从而减少压缩机的开机率，达到高效节能的效果。其“银智天冰”系列冰箱的日耗电低于欧洲 A 级节能标准，最低日耗 0.38 度，相当于 15 瓦的灯泡。

西门子的 0℃生物保鲜冰箱，也属于环保节能型的最新一代冰箱。它采用多循环电脑温控技术，在冷冻冷藏之外，独有一个 0℃保鲜室，比普通冰箱延长保鲜时间 2 至 3 倍。这意味着买来的蔬菜放入保鲜室，半个月后取出仍新鲜如初，在一定程度上节省了能源消耗。

春兰推出的电脑温控冰箱选用了超级节能、经久耐用的无氟高效压缩机，“内循环”装置了高科技含量的丝管式蒸发器和内藏式冷凝器，使高效的散热系统与优化的制冷系统达到了完美结合。加之双面送风的冷藏室能根据季节、环境的温度变化自动进行高精度低温补偿，使所藏食品处于恒定低温的包围中，不仅保鲜效果好，而且节能率比普通冰箱提高了 30%。

一些整体品质卓越的高品位冰箱将成为市场消费的主流，技术含量高的精品冰箱因具有绝对的换代优势而受到欢迎。由于农村普及速度加快，一些低价位冰箱的需求重心由城镇居民家庭向城郊农村地区延伸，需求总量呈稳步上升之势，产销状况趋势向好，生产处于良性循环的合理区域内。地区性品牌借助地缘资源在当地拥有相当的市场占有率。苏州三星、广州华凌、上海夏普等品牌为典型代表；因为其自身资源、经营管理、销售网络等原因，在当地拥有相当的市场占有率，形成了一定的区域壁垒。我国冰箱行业海尔、容声、新飞、美菱等 4 个品牌的领先优势较大，这与这些品牌在国内冰箱行业长期保持领先地位密切相关。在消费者预期购买力方面，容声和海尔具有显著的优势，新飞、西门子、美菱和伊莱克斯 4 个品牌紧随其后。近年来洋品牌选择了中高端市场作为突破口，首先通过招揽国内优秀人才大力推进本土化，然后充分发挥自己在工业设计、终端推广、品牌形象等方面的优势，同时利用“高价高质”的心理暗示作用来引起中国新兴的中青年高收入者们的关注，使得以伊莱克斯、西门子和三星为代表的洋品牌重新快速崛起。

二、电冰箱能耗状况

电冰箱是家用电器中的主要耗能设备。OECD 国家家用电冰箱的能耗是 300TWh/yr，是火车耗电量的 3 倍。在日本，电冰箱消耗了 17%的住宅电能；在泰国，这一比例是 20%；在我国约占家庭耗电的 1/3 以上。1995 年中国家用

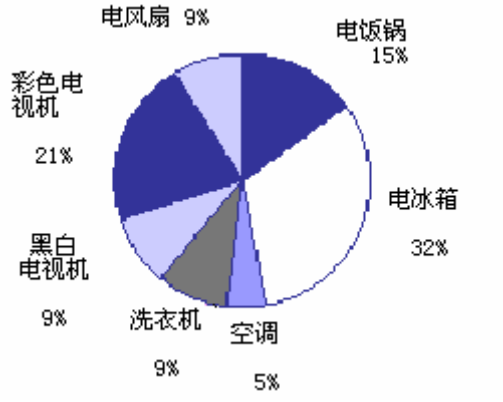


图 3-4 1995 年中国家用电器电耗状况

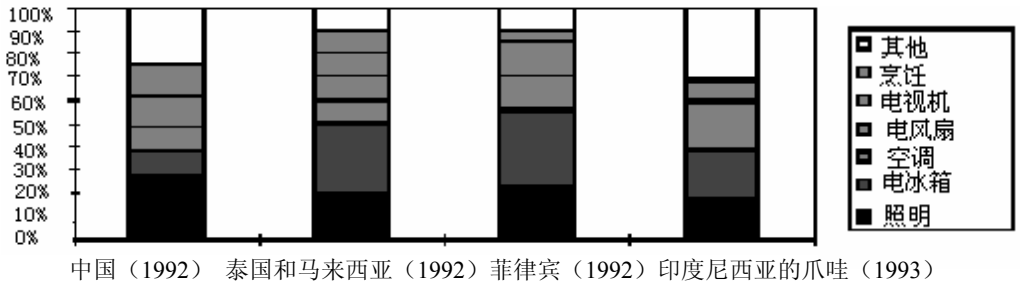
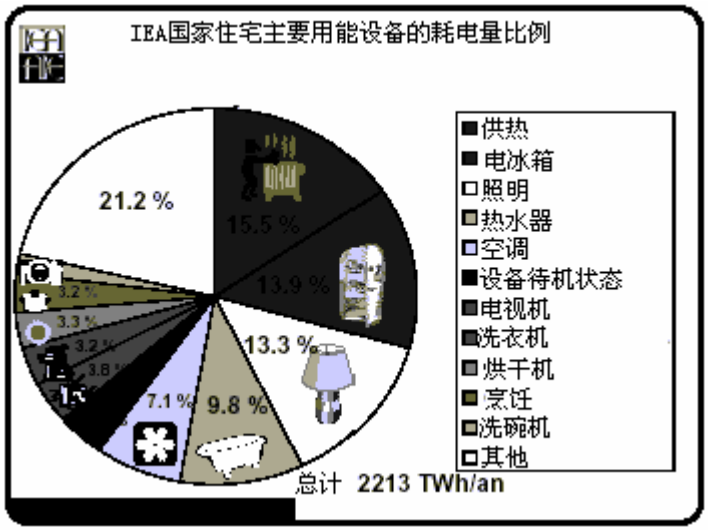


图 3-5 一些亚洲国家不同家电的能耗比例

电器的耗电情况如图 3-4 所示。部分亚洲国家不同家电的耗电量比例见图 3-5。IEA 国家住宅各设备的耗电情况参见图 3-6。这些国家的情况都说明了电冰箱是耗能大户。

我国容积在 200 升左右的传统电冰箱，大部分耗电量为 1.2-1.4kWh/24h。按照 GB12012.2-89《家用电冰箱电耗限定值及其测试方法》的规定，目前冰箱的能耗水平绝大部分在国际规定值的 80%-90%。和发达国家同类产品相比，我国冰箱能耗水平是比较高的，据初步分析，与发达国家相差 20%。

从节能角度考虑，许多国家都把电冰箱作为应限制能耗的产品，开展了有关电冰箱能效标准与标识的工作。早期的工作主要集中在发达国家，进入 20



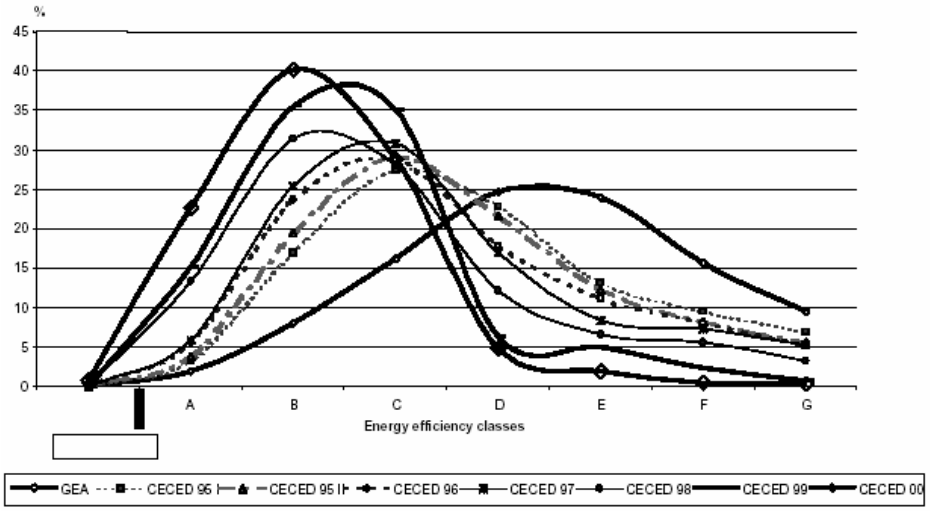


图 3-7 家用冰箱能效等级的演变

世纪 90 年代后，许多发展中国家相继开展了这一工作。这些国家的经验表明，通过标准及标识的作用，冰箱的能效水平能有较大幅度的提高。图 3-7 反映了冰箱能效水平随标准及标识的实施不断提高的趋势，图 3-8 则表明高能效冰箱

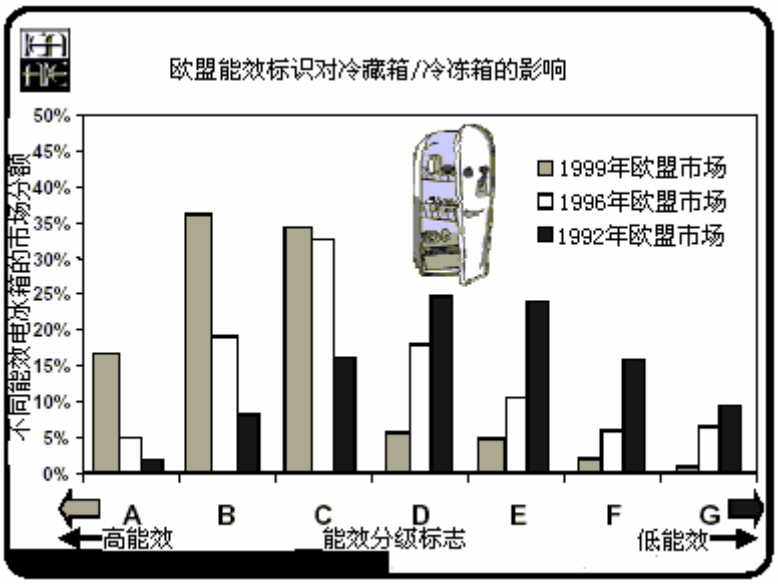


图 3-8 欧盟能效标识对冰箱的影响

越来越受到消费者的欢迎。

我国是第二大能源消费国及第二大 CO_2 排放国，节能和环保无论是对自身还是国际社会都有着重大意义。虽然在 1989 年就制定了电冰箱的能效标准，但多年来并未很好的执行，而且随着时间的推进，标准已显陈旧，需要进行更新，同时制定符合国情的能效标识，以跟上时代要求。

据了解，节能冰箱如果广泛运用，在未来的 10 年中，电冰箱能源效率将提高 40%，为国家节约 100 亿元，为消费者带来 600 亿元的实惠，减少 1200 亿度的耗电量。对消费者而言，公众的环保与节能意识有待增强，目前中国消费者还比较看重购买冰箱的初次购买成本，忽视冰箱寿命期的使用成本即节能效益；在销售商方面，销售商担心价格升高会造成节能冰箱的积存，对销售节能冰箱积极性还不是很高，而目前的冰箱能效标准对冰箱节能的约束不够，对生产商和供应商不构成立即采用节能措施的压力；其三，从生产商角度看，由于制造节能冰箱需要更高的技术水平和先进的生产设施，因此对于工厂来说需要技术支持和资金凡此种种，客观上形成了节能冰箱的市场障碍。

第二节 我国电冰箱的发展趋势

21 世纪，我国电冰箱行业依然发展迅猛，在市场风云变幻之际，我国冰箱

年产能力已经达到 2000 多万台，年销售量达到 1000 万台，中国这个世界制造中心业已成为全球冰箱的生产大国。在人类普遍关注环保与节能的新世纪，我国冰箱业的产品设计发展在全球的呼声中将更加注重这两方面的研究。

在这样的背景下，我国电冰箱行业的发展有两大方面的趋势：一是冰箱的节能化，减少温室气体的排放；二是环保化。目前，我国节能政策主要有能效标准、节能产品认证、能效标识等。在冰箱行业迈上更高一级台阶的关键时期，大力开展冰箱节能工作的目的和意义显而易见。

一、电冰箱的节能潜力及节能途径

据不完全统计，电冰箱的能源效率水平近年来有大幅度提高，平均增长水平在 10%左右，节能型产品数量明显增多。全国平均能效水平的大幅度提高，为国家能效标准的修改和顺利出台提供了良好的市场空间。

根据目前的技术研究成果，电冰箱产品普遍采用的节能途径主要有：（1）使用更高效压缩机；（2）提高箱体的绝热性；（3）提高冷凝器和蒸发器的效率；（4）改善门封的密封和隔热效果；（5）优化电子控制；（6）选择新型制冷剂；（7）高质量的绝热材质；（8）选择制冷循环；（9）智能除霜等。

1．使用高效压缩机

1.1 电冰箱用压缩机的概况

当前，电冰箱使用的压缩机绝大多数为活塞式压缩机，同时也有少量旋转式压缩机。往复式压缩机由于已有长期的使用经验，其耐久性好，可靠性高，广泛用于家用冰箱。旋转式压缩机由于不用吸气阀，因此具有压缩平稳，高速性能好；部件少，可实现小型轻量化；容积效率高等特点。作为冰箱用旋转式

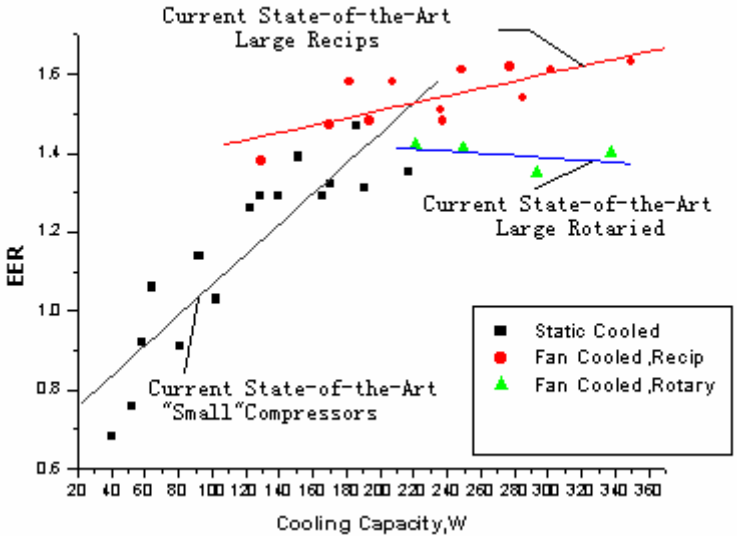


图 3-9 压缩机效率与功率的关系

压缩机，目前采用滚动活塞式旋转压缩机。旋转式压缩机从结构上不易实现大型化，与往复式压缩机相比，可使用的容量范围窄，为容量较小的产品所采用。旋转式压缩机用于冰箱的商品化要迟于空调机，主要是由于制冷剂流量小，并且需要较高的设计和高精度部件加工技术等原因。

部分冰箱用压缩机的概况见表 3-1 及图 3-9。从中可以看到，在小功率范围内，压缩机的 EER 随功率的增大而增加。但在较大功率范围内，情况有所不同，往复式压缩机的 EER 也随功率的增大而增加，不过增加的较慢，而旋转式压缩机的 EER 则随功率增大有所下降。

1.2 高效压缩机的性能

目前，国外的著名压缩机公司都致力于开发高效压缩机，以满足消费者对节能型冰箱的需求，以及一些国家的电冰箱能效标准要求。

通常认为高效压缩机是性能系数(COP 值)大于相同容积往复式压缩机规定值的 1.2 倍或大于相同容积旋转式压缩机规定值的 1.15 倍的压缩机。 目前国上高效节能压缩机大致分三类：一类 COP 在 1.2-1.45 之间；二类 COP 在 1.51-1.62 之间；三类 COP 在 1.78-1.8 之间。

表 3-1 部分电冰箱用压缩机的情况

制造商	功率（W）	EER	Motor	冷却方式	类型
Sanyo(CQ30)	40.7	0.68	RSIR	Static	往复式
Sanyo(C-M40L12C)	52.8	0.76	RSIR	Static	往复式
Tecumseh(AZ132OD)	58.6	0.92	RSIR	Static	往复式
Embaco(EMI20ER)	64.5	1.06	RSIR	Static	往复式
Panasonic(S070LKAA)	81.5	0.91	RSIR	Static	往复式
Embraco(EM30SC)	92.3	1.14	RSCR	Static	往复式
Panasonic(S090LKAA)	102.3	1.03	RSIR	Static	往复式
Embraco(EM40SC)	123.1	1.26	RSIR	Static	往复式
Americold(ST104)	129.0	1.38	PTCR/CR	Fan	往复式
Embraco(EMI40ER)	129.0	1.29	RSIR	Static	往复式
Panasonic(D112LRAA)	140.0	1.29	RSCR	Static	往复式
Panasonic(DA43L67)	151.2	1.39	RSCR	Static	往复式

Embraco(EM55SC)	165.6	1.29	RSCR	Static	往复式
Embraco(EMI55ER)	170.0	1.32	RSIR	Static	往复式
Americold(ST105)	170.0	1.47	PTCR/CR	Fan	往复式
Americold(HG106-1)	182.0	1.58	PTCR/CR	Fan	往复式
Panasonic(DA51LK88R)	186.1	1.47	RSCR	Static	往复式
Panasonic(FN40R80R)	190.8	1.31	RSCR	Static	旋转式
Americold(ST106)	193.4	1.48	PTCR/CR	Fan	往复式
Americold(HG107-1)	207.5	1.58	PTCR/CR	Fan	往复式
Tecumesh(AE1370W)	216.9	1.35	PTCR/CR	Static	往复式
Panasonic(RA48L83R)	221.0	1.42	RSCR	Fan	旋转式
Panasonic(DA66L11R)	236.2	1.51	RSCR	Fan	往复式
Americold(ST107)	237.4	1.48	PTCR/CR	Fan	往复式
Americold(HG108-1)	248.5	1.61	PTCR/CR	Fan	往复式
Panasonic(RA53L11R)	249.1	1.41	RSCR	Fan	旋转式
Americold(HG109-1)	277.5	1.62	PTCR/CR	Fan	往复式
Panasonic(DA73L13R)	285.2	1.54	RSCR	Fan	往复式
Panasonic(FN60R12R)	293.1	1.35	RSCR	Fan	旋转式
Americold(HG110-1)	301.6	1.61	PTCR/CR	Fan	往复式
Panasonic(FN70R16R)	337.3	1.40	RSCR	Fan	旋转式
Americold(HG111-1)	349.6	1.63	PTCR/CR	Fan	往复式

国际先进水平的压缩机 COP 值为 1.6 左右，美利冷公司(AMERICOLD)压缩机 COP 值一般在 1.5-1.6，北京恩布拉科（与巴西合资）部分型号压缩机 COP≥1.35，最高可达 1.7；其它国产高效压缩机(包括 R600a 压缩机在内)COP 值基本在 1.2-1.4 之间；80%以上的品种 COP 值 ≤1.2。目前多数 R134a 高效压缩机的 COP 值已达 1.2-1.35，噪声为 35-40dB(A)，COP 值正朝着 1.4-1.5 迈进。采用高效压缩机后部分冰箱的节能效果见表 3－2。研究表明，1.47COP 的 59W 压缩机的制造成本要比普通压缩机（$20-25）多$10-20。

表 3-2　压缩机节能效果对比

电冰箱型	原使用普通型压缩机	现使用高效型压缩机	节能效

号	压缩机型号	压缩机制冷量	COP	耗电量kw·h/24h	压缩机型号	压缩机制冷量	COP	耗电量kWh/24h	果
BCD-19*	AE＊＊＊Y	158	1.16	1.08	GQY＊＊AG	145	1.32	0.93	13.9%
BCD-24＊	QA＊＊C	176	1.09	1.15	OF＊＊＊＊GH	162	1.28	0.88	23.5%
BCD-26＊	QA＊＊C	176	1.09	1.20	ECT＊＊HLP	184	1.35	0.94	21.7%

1.3 高效压缩机的改进措施

高效压缩机与普通压缩机相比，其改进之处在于：提高压缩效率；提高机械效率；提高电机效率等，具体措施如下所述。

1.3.1 提高压缩效率

（1）减少相对余隙容积

较大的相对余隙容积使得压缩和膨胀的不可逆损失较大，影响压缩效率。主要表现为压缩机的制冷量降低，而输入功率降低程度没有制冷量明显，导致COP下降。减小缸顶间隙和排气孔孔径、减薄阀板厚度或采用凹形阀板等可以很好地减少余隙容积。

（2）阀片的优化

全封闭电冰箱用制冷压缩机主要采用簧片阀，其压力损失较大，必须对流道的形状、尺寸以及弹簧力和阻尼力进行优化。事实上，巴西EMBRACO在其EGU超高效系列、美国AMERICOLD COMPRESSORS在其王牌RH系列的开发上，都对阀片作了很大的优化。在一种R600a压缩机(RSIR)上进行的试验表明，仅优化阀片，COP即值由1.27提高到1.42(见表3-3)。从表中的数据可以看出，输入功率前后变化不大，而制冷量的增加使得COP值大幅度上升。

表3-3 压缩机簧片阀优化前后参数的对比

	制冷量（W）	输入功率（W）	电流（A）	COP（W/W）
优化前	134.1	105.6	0.5	1.27
优化后	151.2	106.5	0.52	1.42
前后对比	12.8%	0.9%	4.0%	15.0%

（3）减少泄漏

在无活塞环的小型封闭式压缩机中，气体泄漏是主要问题，未经优化的压缩机，其中的泄漏取决于零件的配合、加工精度，不同的冷冻油以及制冷剂。由于气体泄漏而产生的功率损失可高达 3-4%。泄漏导致压缩机制冷量下降，COP 值降低。密封面的加工精度(如曲轴箱端面、活塞与气缸等)、密封垫、冷冻油、螺栓扭矩大小等均对泄漏有重要影响。

（4）减小管路压力损失

压缩机吸气侧管路的压力损失对制冷循环性能的影响很大，它直接影响着压缩机吸入状态，从而导致性能上的明显变化。吸入管道中的压力损失使得吸气比容增大，压比增加，单位容积制冷量减少，容积效率降低，比压缩功增大，COP 降低。排出管道的压力损失使得压缩机排气压力升高，压比增大，压缩比功增加，容积效率降低，COP 值降低。理论计算及试验结果表明，对 R134a 冰箱压缩机，吸气压力损失每增加 2kPa，COP 值降低 0.8%左右，排气压力损失影响相对较小，约 0.4%。优化阀板吸、排气孔孔径、内排气管管径及塑料消声器，可有效地降低管路损失。

（5）减少吸气过热

低温制冷剂蒸气在经过压缩机吸气管进入气缸的过程中，会从压缩机壳体内部及气缸头部吸收热量而再次过热。在单位质量制冷量保持不变的前提下，由于蒸气比容的增加而使得单位容积制冷量减少，压缩机整机制冷量降低；又由于比功的增加必然导致压缩机 COP 值降低。理论计算及试验结果表明，吸气过热度每增加 10℃，COP 值降低 3%左右。通过优化吸气通道及缸头部分的传热，可以减少压缩机吸入蒸气的过热度，从而使得 COP 值提高。表 3-4 是某种型号压缩机采用绝热技术前后试数据比较。从表中可以看出，采用绝热技术后，压缩机的制冷量及 COP 值都有了明显的提高。

表 3-4　压缩机采用绝热技术前后参数比较

	制冷量（W）	输入功率（W）	电流（A）	COP（W/W）
优化前	147.3	111.6	0.55	1.32
优化后	152.0	111.4	0.55	1.36
前后对比	3.2%	-0.2%	0	3.0%

1.3.2 提高机械效率

（1）提高部件加工精度

冰箱压缩机一般为往复活塞式结构，机加工设备多为专机，柔性不强，所以，在结构形式难以变动的情况下，提高零部件的加工精度为提高机械效率的基本途径。实践表明，配合面的加工精度，关键零部件的形位公差（如连杆的平行度、活塞的垂直度、气缸孔与曲轴孔的垂直度等）对压缩机 COP 值有较大影响。

（2）冷冻油

冷冻油是影响机械效率的重要因素。最优化设计往往是在低摩擦力与容许的油循环量、气体泄漏量之间做综合考虑，因此有必要选择一种最佳粘度的冷冻油。 试验研究表明，采用 15 号粘度的冷冻油较采用 22 号粘度的冷冻油 COP 值约提高 2-3%，较采用 32 号粘度的冷冻油约提高 5%。国外某些压缩机厂家已将 7 号甚至更低粘度的冷冻油应用于其超高效压缩机中。由于机加工精度等原因，COP 值的提高并非与冷冻油粘度的降低成正比；另外，粘度的下降还导致其它一些不利影响，如可靠性、噪声等，这也是超低粘度冷冻油未能普及的原因之一。

1.3.3 提高电机效率

（1）电机设计原则

电机为压缩机的“心脏”，其性能直接影响着压缩机的整机性能，因此电机设计是压缩机设计的重中之重。通常电机设计除考虑效率以外，还需兼顾电机成本、启动电压、启动电流、启动时间、启动功率等。

（2）影响电机效率的因素

理论计算和试验表明：矽钢片材、定转子冲片结构和槽形、线径及匝数、径向气隙等对电机效率有较大影响。考虑条件限制，比较可行而又潜力较大的是对矽钢片材料及定子绕组进行优化。某型号压缩机在某冰箱厂匹配时，耗电量偏高，对该压缩机电机进行优化，在基本不增加成本的情况下，COP 值从 1.16 提高至 1.21，满足了需要，具体数据如表 3-5。当然，采用 RSCR 电机运行方式可大大提高压缩机 COP 值，但增加了压缩机整机的成本，这要从性能和成本方面进行综合考虑。

表 3-5　压缩机电机优化前后参数比较

	制冷量（W）	输入功率（W）	电流（A）	COP（W/W）
优化前	162	140	1.1	1.16
优化后	163	134.5	0.96	1.21
前后对比	0.6%	-3.9%	-12.7%	4.3%

（3）应用变频技术

该技术已在空调压缩机上广泛采用，获得了良好的节能效果。但是，到目前为止，该技术应用于冰箱压缩机还存在着争论，如低速运转时的供油问题和高速运转时的噪声问题以及压缩机整机的成本都有待解决。事实上，采用传统压缩机的电冰箱能耗现已很低。由于冰箱能耗基数本身较小，各冰箱厂家和用户均对变频压缩机及冰箱持观望态度。尽管如此，国外的 EMBRACO、DANFOSS 及 MATSUSHITA 等压缩机厂家均已研制出该种产品，国内压缩机厂家也已不同程度地开展了此项工作。

变频冰箱主要是通过变频技术调节压缩机的转速，它通过获取冰箱各间室温度与设定温度的差值，作为连续控制信号输入到变频器中、从而实现自动改变输出交流电频率的目的。这样，在维持冰箱于设定温度稳定运转过程中，压缩机基本维持着连续的低速运转，与传统依靠通断调节的定速机相比、可明显延长压缩机的使用寿命，从而达到节能、省电的目的，使冰箱处于最佳效率状态下运行。

变频冰箱与普通冰箱相比，其魅力有两方面：1.减少了开、停过程，同时通过提高压缩机的效率，机械效率及电机效率实现节能省电和提高冰箱制冷效率。2.可以实现快速制冷和超静音运行：变频压缩机可根据冰箱内外的温度及设定自动调节压缩机的工作频率，使冰箱运行一直处于最佳状态。当冰箱温度回升较大时，压缩机以高频工作，这样一来冷冻效率大大提高，制冷速度将大大加快；当压缩机以低频工作时，在保证冰箱内温度的同时，耗电量减少，噪音降低。变频压缩机的无极变速实现了软启动、软停机，让冰箱在平稳的状态下运行。这样一来就从根本上有效解决了冰箱开,停时噪音大的难题。由此可见，变频技术在冰箱上的应用极大地提高和改善了冰箱的技术含量和性能，提高了人们的生活品位和生活质量。

1.4 新一代压缩机——线性压缩机简介

在提高传统压缩机效率的同时，人们又提出了一种完全不同的思路，使用线性压缩机。线性压缩机与常规旋转压缩机的基本差异在于线性压缩机通过线性电动机以电磁共振方式驱动，而不由旋转电动机通过机械连接方式驱动。这种压缩机的特点是结构简单，没有曲柄连杆机构，因而可大大减少摩擦，噪音也能大大降低；通过调节电压来进行容量调节，比变频调节简单可靠；可以少用润滑油或不用润滑油，故能与多种类型的制冷剂相匹配；在整个可变容量范围内效率都非常高。

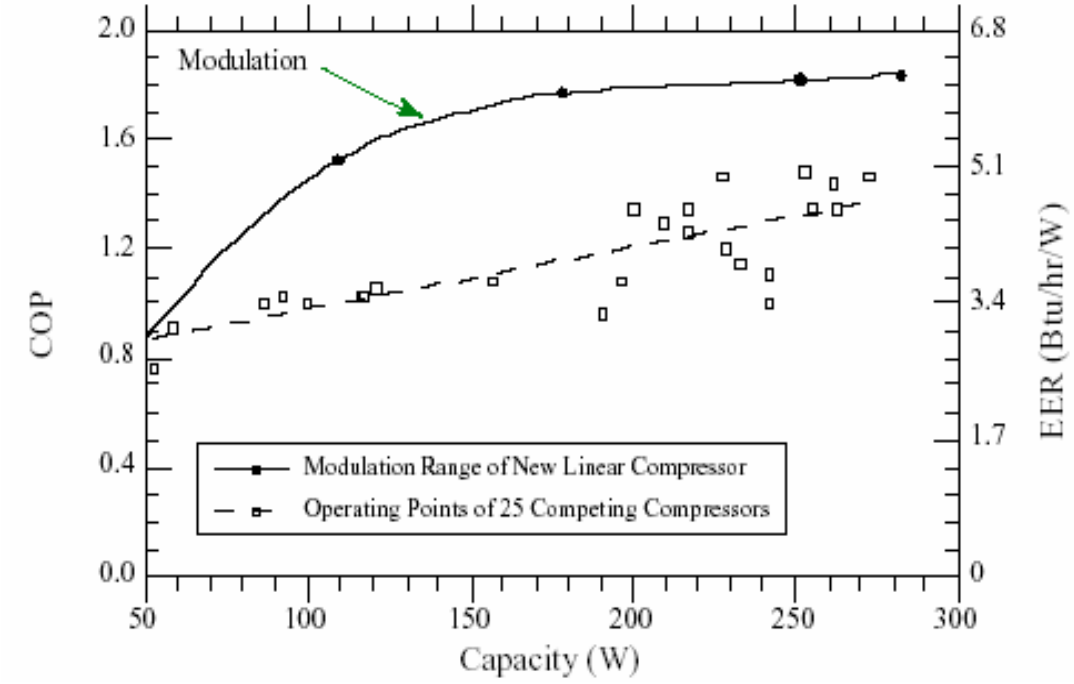


图 3－10 线性压缩机的性能曲线

目前，许多一流的白色家电压缩机制造商，如日本的 Matsushita 公司、瑞典的 Electrolux 公司、巴西的 Embraco 公司，都将线性压缩机技术作为下一代压缩机的核心技术。在这一领域最为杰出的当属美国的 Sunpower 公司和韩国的 LG 公司。Sunpower 公司于 1991 年在美国环保局的资助下开始线性压缩机的研究，研究表明线性压缩机可在较宽广的制冷量范围内调节，且都保持了较高的性能（图 3-10）；到目前，该公司生产的线性压缩机的 COP 在 ASHRAE 的测试条件下大于 2.0，单级压缩比可达 26/1；图 3-11 是该公司的产品。韩国的 LG 公司用 8 年的时间开发了线性压缩机，并在此过程中获得了 500 多项专利；并在世界上率先推出了使用线性压缩机的双门电冰箱；图 3-12 为 LG 公司的线性压缩机，与现有的最高效压缩机——曲轴驱动的变速往复式压缩机相

比，这种压缩机的能效可提高 20%～30%。

2．隔热措施的改进

2.1 加厚隔热发泡层

适当增加箱体厚度可减小单位面积漏热量。对于同一泡沫材料，导热系数是确定的，厚度越厚，隔热效果真好；而对于厚度相同的泡沫材料，导热系数

图 3－11　Sunpower 公司的线性压缩机

图 3－12　LG 公司的线性压缩机

越小，隔热效果越好。但是隔热层厚度也不是越大越好，而是存在一个最合理的隔热发泡层厚度。隔热发泡层每增加10mm的成本为20-30元。

2.2 采用新型泡沫隔热材料

随着家电节能、环保、降噪等要求的不断提高，现用的许多泡沫塑料已无法满足家电性能提高的要求，急需更高性能的更新换代产品。

目前，用于电冰箱的隔热材料，最普遍的是现场模压发泡的聚氨酯（PU）硬质泡沫。其较好的保温效果、优良的填充性和成型后的骨架作用，被广泛地应用于电冰箱壳体保温。美国科学家发明了一种气凝胶，它由硅凝胶（硅和酒精制成）、甲醇、水和少量氨混合而成，绝热性能优良，其密度只比空气大三倍，不会燃烧，不含破坏大气臭氧层的物质，是一种理想的新颖绝热材料。

另外，使用性能优良的发泡剂，可以起到较好的绝热效果。目前开发的新型发泡剂主要有 HFC—245fa，它是一种高性能的无氯发泡剂。科龙公司还开发了环戊烷-异戊烷混合烃发泡技术。

2.3 门封与门胆设计

门封对冰箱节能所起的作用不可忽视，减小箱体与门体结合处的缝隙，实

际上就是减少箱内冷气的外泄量。节能型冰箱的门封要求封闭严密，有较大的多个气室，有双重密封功能。在门封中外层是磁条和箱壳吸合，内层是气室与内胆挤合，阻断箱壳传热热桥。风冷冰箱的门封还有裙边覆盖在门胆边沿上，封闭门封与门胆的缝隙，使冷量不能沿着两者结合面传到箱外。节能型冰箱的门胆应设计成凹字形，两边突出部位与箱体内胆间形成又长又窄的缝隙，使箱内冷气不能外溢至门封处进行热交换。一种节能型门封见图 3-13，左边是门封结构示意图，右边是与门体装配后的示意图。

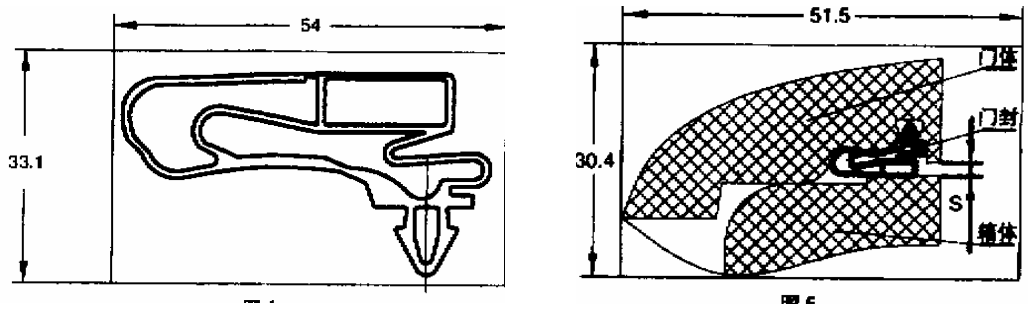


图 3-13 节能型门封

2.4 真空隔热板（Vacuum Panel Insulation, VPI）技术

近几年来，为改进家电绝热材料的性能而研究的一种方法就是使用真空隔热板。这一技术改变了靠加厚“发泡层”实现保温的方式，在发泡层中添加单独的真空层，使发泡层像真空玻璃一样阻断空气，既保证了冰箱制冷后的持续效果，又不占用冰箱体积，实现冰箱体积与使用容积的最佳组合。欧洲和日本已采用这项技术，但由于成本较高并不普遍。

虽然采用 VPI 技术对电冰箱厂商来说制造成本会有一定的提高，短时期的利润会有所下降，但它对缓解能源状况的紧张起到了积极的作用，减少了对有限能源的消耗，并且有利于和国际进口家电的能耗规定接轨。随着规模生产的增长，单位产品的成本也会呈下降的趋势，应该说，从长远的利益来看，VPI 技术的应用前景还是很可观的。

3. 先进制冷循环

3.1 循环方式的改进

先进制冷循环有双路循环、多路循环、双制冷循环、劳伦兹循环、斯特林循环、磁制冷循环等。目前应用较多的是双路循环系统，它也称双温双控系统。单循环制冷系统与双循环制冷系统如图 3-14 示。

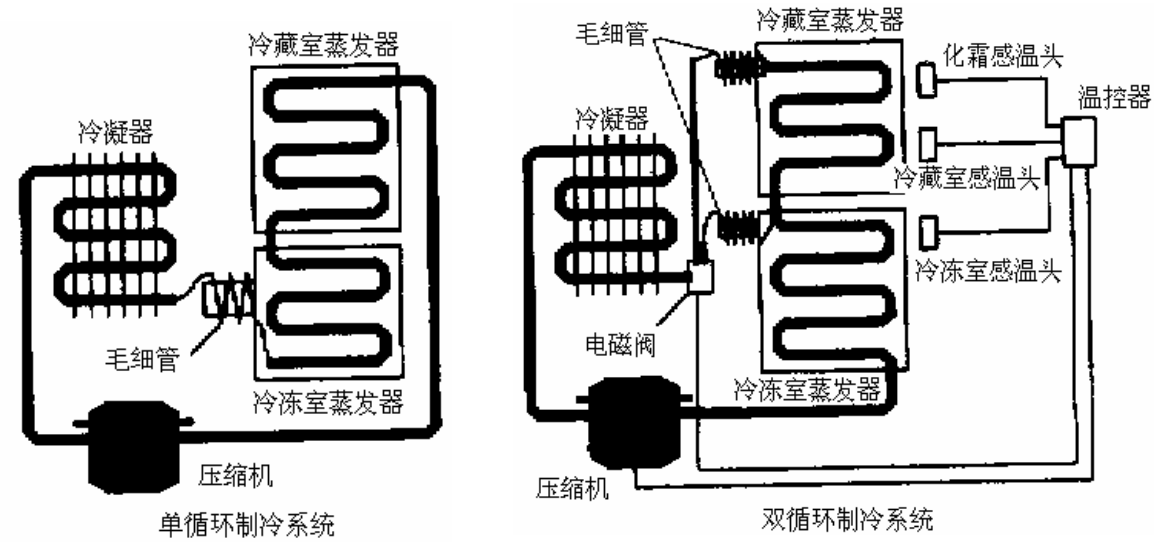


图 3-14 单循环与双循环制冷系统示意图

双循环制冷系统可以避免单循环制冷系统的缺陷，根据冷藏室和冷冻室的具体需要，电子温控器通过控制电磁阀将制冷量送到需要的室去，这样就避免了环境温度对冷藏室和冷冻室内温度的影响，实现了能量的最佳分配和利用。总之，双循环制冷系统具有温度控制准确、能耗小、容易实现宽气候带、冷冻能力大、噪声小以及节省制冷工质等优点。另外，其制冷系统的匹配也比单循环系统简单。

3.2 制冷系统的优化

制冷系统的优化主要包括：（1）冷疑器及蒸发器传热的强化。（2）选择最佳毛细管流量和制冷剂灌注量，因为它直接影响整个制冷循环的优化运行。最佳流量和灌注量的确定是和蒸发器的匹配设计以及冷凝器的优化设计联系在一起的，最佳值确定应注意两个方面：一是制冷剂灌注量要尽量小，这样可以避免在低温工况下出现液击现象。二是毛细管流量调节范围要大。（3）防凝露管的布置与走向，对系统的能耗也有影响。目前，通常使防凝露管与压缩机排气管相连，用过热蒸汽通过防凝露管加热箱体门框，以避免门框凝露。（4）工作时间系数的配合，是非常重要的。系统优化设计能获得的节能效果归纳于表 3-6。

表 3-6 优化设计节能百分比

合适的蒸发器设计	节能 5-8%
大面积冷凝器	节能 5%
液态防凝露管	节能 3%
合理的工作系数（压缩机开/停时间）	节能 4-6%

4. 使用环保节能工质

在冰箱、冷柜行业，以前都使用 CFC-12 作制冷剂，现在国内企业已逐渐使用 HFC-134a 及 HC-600a 作制冷剂替代 CFC-12。一种性能优良的制冷工质应该具有以下特点：

（1）臭氧破坏能力ODP值与温室效应GWP值应是环境标准所能接受的。

（2）工质的物理、化学性质应该是稳定的，对制冷系统各部件应是无腐蚀、不发生化学反应的。

（3）有较高的能效比，能效指标应不低于 R12。

（4）与压缩机润滑油有一定的相容性，传输性质也应是良好的。

（5）无毒、不易燃烧，至少应是公认安全的。

目前被广泛研究的有 R23、R32、R125、R143a、R22、R134a、R152a、R134、R124、R142b、R143，以及碳氢化物 R290、R1270、RC270、R600a、R600 等。

4.1 原制冷剂 CFC-12

CFC-12 曾经是应用最广的中温制冷工质，它的毒性小、不燃烧、不爆炸，是一种很安全的制冷剂。水在 CFC-12 中的溶解度很小，且随温度的降低而减小，所以在 CFC-12 系统中，应该严格限制含水量。在常用温度范围内，CFC-12 能与矿物性油以任意比例相互溶解。由于 CFC-12 具有很高的 ODP 值和 GWP 值，所以即将被禁止使用。

4.2 直接替代物 HFC-134a

HFC-134a 的 ODP=0，不可燃，其物理性能与 CFC-12 较为接近，使用安全，国外 HFC-134a 物质的生产已成规模，技术上比较成熟。除了这些优点外，它也带来了不少麻烦。首先，其 GWP 值是三种替代物中最大的，为 0.35。采

用 HFC-134a 后，冰箱能耗要增加。需要生产专用的压缩机和采用与 HFC-134a 不溶的辅助材料，从而使压缩机生产成本增加，价格提高。

由于 HFC-l 34a 对矿物油、石蜡等的溶解能力极差，润滑油需改用酯类油，而制冷剂 / 酯类油会与加工、生产过程用的切屑油、清洗液等发生化学反应，形成蜡状物质，易造成脏堵，从而对制冷管道内壁的清洁度提出了更高的要求。与矿物油相比，酯类油吸水性和水解性强，饱和含水量值约为矿物油的 20 多倍，在系统中容易造成冰堵，因此，生产过程中要严格控制水分。

但是 HFC-134a 在我国已成为主要替代方案之一，其主要原因有：一是我国已经引进了有一定的生产规模的 HFC-134a 压缩机的生产线；二为了争取市场和出口的需要；三是在无霜间冷式电冰箱上采用 HC-600a 存在安全问题。

4.3 直接替代物 HC-600a

HC-600a 的 ODP 值和 GWP 值均为零，环保性能好；易于获得，价格较低；润滑油可采用原 CFC-12 的润滑油；单台产品的灌注量小；运行压力低，噪声小；能耗可降低 5-10%；对系统材料无特殊要求；生产及维修控制不如 HFC-134a 严格，对维修不会带来太大困难和质量影响；抽真空系统与 CFC-12 通用。正因为如此，HC-600a 产品在欧洲发展迅速。但它的缺点也很明显：首先是它的易燃、易爆性，这是限制其推广应用的主要障碍。当充注量较大时，如发生泄漏，当体积浓度达到 1.4%—7.8%时便有发生爆炸的危险。故迄今 HC-600a 大都用于直冷冰箱上。HC-600a 压缩机启动、保护装置需防爆；其储运、充注及维修现场需安装气体浓度监测及报警装置；在有 HC-600a 存在的制冷管路不能气焊，可以采用高频焊接方式。因而 HC-600a 的可燃性同时也增加了生产设备的投资，增加了防燃、防爆措施的费用。另外，由于 HC-600a 的沸点比 CFC-12 要高出许多，HC-600a 系统运行压力低，CFC-12 的压缩机将不能继续使用，而需要汽缸容积大一倍的 HC-600a 压缩机；换热器的结构和尺寸也要做很大调整，整个系统需要重新设计。HC-600a 压缩机排气压力为负值，因而对系统的泄漏也提出了更高要求，否则易发生冰堵现象。另外 HC-600a 的 POCP（光化学臭氧产生潜能）值很大，也成为影响其普及推广的一大障碍。目前，只有少数国家、少数大企业掌握了 HC-600a 替代技术。

5. 智能化及网络化

5.1 智能化及网络化家电简介

当家用电器在千家万户普及时，人们对家用电器的功能和智能化的需求愈来愈高，家电行业的发展已初步适应了这种需求。随着信息技术和网络化技术的发展，家用电器居家集中控制和远程调控已成为可能。人们期望信息技术与家电控制技术完美融合，通过一个可以连接众多家用电器的更为简单易用的网络，在更大程度上实现家庭生活信息化、网络化。

这期间网络冰箱、网络洗衣机、网络空调机、网络微波炉、网络电磁炉等也有上市，这部分产品主要是家居生活用品。家居生活用品的部分信息产品，目前仍处于研究、开发阶段，尤其对我国而言尚属于一个较为超前的概念，距离使用还有一段路程。国际上一些著名厂商、公司一方面进行信息家电有关技术标准的统一工作；一方面组织研究开发产品。如 1999 年下半年欧洲著名大公司博世和信息产业巨头太阳微系统宣布信息产品合作开发；美国 Microsoft 与通用电器已经合作研制、生产。1999 年 11 月瑞典伊莱克斯和爱立信推出了多媒体冰箱，能自动提示箱内食物数量，保质期和烹饪方法，能直接通过 Internet 订购食物；意大利梅格尼推出了互联网洗衣机；我国科龙集团也推出了网络冰箱、网络微波炉等。

5.2 家用电器的智能基础

家用电器要实现智能，必然把软件嵌入其内部，在本质上就是需要有智能理论指导进行软件编制，这些理论就是智能基础理论。在目前，可以嵌入到家电之中的智能理论和技术方法一般有如下几种。

（1）启发式搜索

在家电控制中，其智能化除了有良好的人机对话功能之外，更重要的是对主要指标的最优化控制。启发式搜索方法是人工智能求解中开发出来的对目标求解的最优化方法。它主要依靠和任务无关的信息来简化搜索进程，但它可以从任务中得到的启发信息来确定搜索方向，从而大大减少了优化时间。这种方法在洗衣机的程序选择过程中是十分有用的。

（2）人工神经网络

人工神经网络在家电中最有作用的是用于经验的学习。家用电器在运行中其参数会随着时间的迁移而变化，用神经网络不断在运行中对家电性能的学

习，可以预测出家电变化的趋向，以及在参数变化后的优化控制方法，从而保持家电始终处于一种优秀的工作状态。这种智能方法用于有运行损耗的动力系统中最有效，像洗衣机、洗碗机等家用电器的经验学习用神经网络是很方便而有效的。

（3）模糊逻辑理论

模糊逻辑控制在家电指标按制中是一种极有效的智能化方法。在家电控制中，所用的技术指标或任务是模糊的。这是因为人在日常生活中的感觉，包括触觉、嗅觉、视觉都是以模糊量描述的。以模糊控制方法控制家用电器更适合人类的智慧思维及处理过程。

（4）遗传算法

遗传算法是一种模拟自然选择及遗传的随机搜索算法，它的原则是适者生存，不适者淘汰。这种优化方法在家电中较适用于进行状态参数最优组合。在洗衣机中，用于对洗涤过程的自适应优化；在电冰箱中的制冷过程自适应优化；空调机对外部环境包括室外季节、室内人员情况的自适应优化控制。

5.3 智能网络化电冰箱

随着微电子技术的发展，微电子智能控制技术广泛地应用于冰箱的控制部分。例如，根据冰箱内的温度传感器测得各室温度值和得出相应的温度变化率，运用模糊神经推理确定箱内食物的温度，进而控制变频压缩机的转速、风扇运转和风门的开闭，达到最佳的运行状况和最佳的保鲜效果。神经网络通过不断地学习和记忆用户的调节要求、环境温度、门开启次数和取放食物的频率等使用情况，预置于控制程序中，然后自动借助专家系统选择最佳控制方案。根据冰箱的实际运行状态选择在冰箱开闭最少的时间段内进行自动化霜，减少了冰箱化霜过程中温度回升对食品的影响。在一天中门开频率最高时间段之前，强制制冷降温，并进行除臭。当冰箱内放入大量食品或制冰或门开闭频率较高时，自动转换状态，以免箱内食品温度上升。在一天中门开闭频率最低的时间段，或内置食品较少时，能降低风扇电机转速，进入节能运行状态，运行噪声也随之降低。神经网络模糊控制器还能根据用户的具体使用情况，合理分配冰箱各室的冷量。

网络化冰箱技术包含：基于 OSGi 规范的家庭综合服务器（HIS）；实时家

庭操作平台（HOP）；智能集散控制系统（DCS）。通过互联网，可实现人机对话并对冰箱状态进行实时监控，使得网上厂家服务器可对上网的每一台冰箱进行实时监测、诊断和维护，从而实现对冰箱的自动和远程服务。再有，接入因特网的冰箱可以为用户选择、购买或预定食品并付款；还能根据箱内现有的食品提供用餐建议，指导用户将不同的食品储藏在冰箱内的不同位置，也能提醒用户易腐食品的保质期。

二、电冰箱的发展趋势

1. 当代冰箱的主流趋势

当前，家用电冰箱发展的新趋势是厨房化、大型（大容积）或小型化、多门多温室化、多功能化、节能化、智能化、环保化，以及开发利用各种能源的冰箱等。

1.1 厨房化

随着住房结构的变化，近年来国外开发了一种可与厨房中其他用具配套使用的组合式冰箱。例如：台柜式冰箱，冰箱顶部可作台板使用，也可与组合式厨具配套；又如炊具组合式冰箱，上部左侧为单孔煤气灶或电磁灶，右侧是一个洗涤池，下部为冰箱，三件组合为一体，适用于人口少、厨房面积小的家庭，具有一物多用的特点。

1.2 大型或小型化

不同国家和地区对不同类型的电冰箱的需求是不同的。美国、日本及欧洲等国家和地区的家庭倾向于使用大容量的冰箱，小容量的冰箱也有相当的市场，但中等容量冰箱的市场则在萎缩。以日本为例，1997 年 300 升以上的大容量冰箱占销售量的一半还多，400 升以上的超大容量冰箱占 25%，120 升及以下的下容量冰箱也占 30%左右，图 3-15 反映了日本不同容量冰箱的需求量随年代的变化。

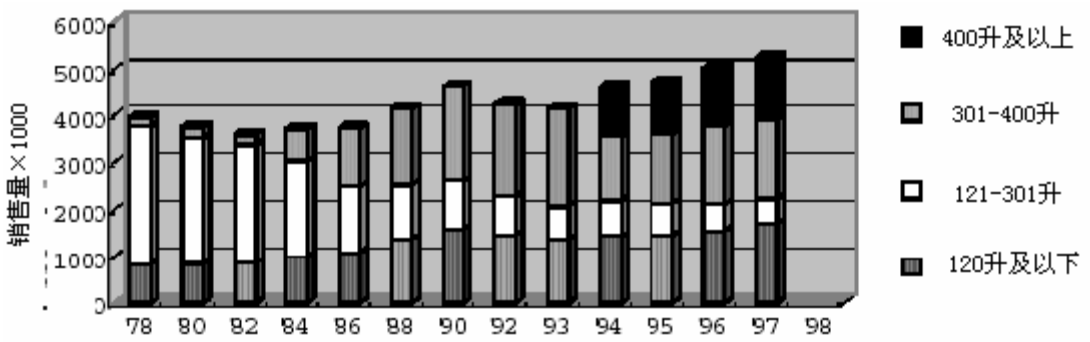


图 3-15 日本不同容量冰箱的销售情况

而在中国，这种情况正好相反。中等容积电冰箱仍然是市场需求的主流，从分容积段产品零售增长情况看，161 升~230 升容积段电冰箱的大幅度提升带动了整个冰箱市场的增长；特别是 161 升~180 升容积段备受市场青睐；而 160 升以下的小容积段和 250 升以上的大容积段市场仍然相当有限。但这种情况正在改变，城市家庭逐渐趋向于使用大容量的产品。

总的来说，在发达国家和地区，电冰箱以更新为主，市场需求量稳定；而在经济较落后的国家和地区，特别是它们的农村，市场潜力仍然巨大。

1.3 多门多温室化

前几年，日本出现了“三门”冰箱，即将双门冰箱原果菜盒部分制成一个独立的、用于储藏蔬菜的蔬菜室。据统计，近两年日本销售的三门冰箱已占冰箱产量的一半。最近，国外还出现了一种带有“冰温室”的四门冰箱，冰温室的温度在 0℃-1℃之间，是食品处于将冻未冻的状态，既处于最佳“保鲜”状态。有的冰箱还带有“解冻室”，用于冷冻食品解冻和解冻后保存，提高食品保鲜质量。可以看出，近年来冰箱正向多门多温室发展。

1.4 多功能化

通过新技术的应用，提高和扩展了冰箱的使用性能和功能。例如：应用“快速冷冻”技术，提高食品的冷冻质量；箱内使用多用途组合式搁架，可充分利用箱内、门胆的空间，食品取存方便。还有一些冰箱不仅可以制冷，还可以作为食品的保温器和加热器，可以用来炒菜、烘面包或加热牛奶等。此外，无霜冷冻、温度切换、可调温保鲜、自动除臭等新技术已在冰箱中应用。

1.5 节能化

节能型冰箱已成为家用冰箱发展的一个重要方向，这在前面已作了论述。

1.6 智能化

近年来电子技术广泛用于家电领域，冰箱各种功能得以实现正是有赖于这一技术，本文所讨论的节能技术中，就有智能控制。

1.7 环保化

目前，世界各国正在大力推行“双绿色”冰箱，即在冰箱制造和使用中不使用氯氟烃类物质。

第三章　电冰箱的能效标准与标识

第一节　能效标准与标识概述

一、能效标准与标识的定义

在对能效标准与标识进行广泛讨论前，我们首先给出它们的确切定义。

1．标识

能效标识是附在产品上的信息标签，用来表示产品的能源性能（通常以能耗量、能源效率和/或能源成本形式给出），以便在消费者购买产品时，向消费者提供必要的信息。

标识分三种：保证标识、比较标识和单一性标识。保证标识实质上时根据特定的标准所做的“认可标志”。比较标识是一种为消费者提供信息的标识，可以让消费者通过不连续的性能等级或连续的标尺对相似产品的性能作出比较。单一信息标识提供与产品性能有关的数据。

能效标识可以单独使用，也可以作为能效标准的补充。能效标识所提供的信息可以是消费者选择能效更高的产品型号。同时，标识也提供了一个公认的能效基准，使电力公司和政府节能机构能够更容易地鼓励消费者购买能效高地产品。能效标识地实施效果在很大程度上依赖于电力公司和政府节能机构向消费者提供信息地方式。

2．标准

能效标准使指规定产品能源性能地程序或法规。有时能效标准禁止能效值低于最低规定值地产品在市场上销售。

“标准通常包括两层可能的含义：

（1）定义了明确的协议（或者实验室测试程序），通过该协议可以对一个产品在正常使用情况下的能源性能进行充分准确的评估，或至少可以得到该产品的能源性能与其他型号产品的相对排序。

（2）依据制定的测试协议确定能源性能（通常指最大能耗或最低能效）

的目标限定值。在欧洲和拉丁美洲，有时用“规范”一词（norm）替代“标准”（standard）表示目标限定值。在此，用“测试协议”代替有关测试方面的技术要求，用“标准”代替由政府正式指定的能源性能目标限定值。

能效标准可分为三类，即指令性标准、最低能源性能标准（MEPS）（简称性能标准）和平均能效标准。

指令性标准要求在所有新产品上增加一个特殊的性能或安装一个独特的装置。性能标准是规定产品必须达到最低能效（或最大能耗）要求的标准。这些标准规定产品的能源性能，但不对技术或设计规格提出要求。平均能效标准则规定产品在一段时间内的平均能效，允许每个生产厂家在产品设计时可以适当选择能效水平，从而使其产品的总体能效水平达到平均值。

3．强制性与自愿性项目

强制实施标识与标准是最好的办法吗？如果在法律上规定制造商和进口商达到标准的要求，但若像 60 年代和 70 年代在欧洲报道中发生的情况那样，实际上他们并未遵守这些标准，结果会怎样？仅仅以采用强制性标准作为威慑手段就足以使自愿性项目有效实施吗？瑞士已经成功地采用了这一方法。尽管日本地规章没有提及对不达到目标要求所要采用地强制性措施或处罚，但日本的制造商照样象例行公事那样去达到“自愿性目标”中的要求。在日本，将达不到要求的制造商公布于众已具有足够的威慑力，以使自愿性目标能够有效地强制实施。

决定是否应将标识或标准法律化仅仅是符合性机制设计过程的一个方面。标识与标准的目的是要影响进口商、制造商、销售人员和消费者的行为。在成功的项目中，法律、财政和社会因素将会得到完美的结合，并能满足社会结构、经济和文化的要求。

4．单个产品与产品种类

制定标准限制每一个产品的能耗，或者控制一类产品的平均能效，哪一个效果会更好？

为冷藏箱、冷冻箱、洗衣机、干衣机、洗碗机、照明产品以及其他家用和办公用品所制定出的大多数能效标准，到目前为止已经应用于已生产的各种型号产品。制造商可以采用任何技术组合来满足某一特定标准的要求。例如，一

个冰箱制造商可能采用效率特别高的压缩机来达到新标准的要求，而另一个制造商则可能采用超绝缘门来满足同样的要求。制造商对推出的每一种型号产品都要进行测试，以期控制生产质量，使所生产的每一个产品都能在规定的误差范围内满足标准的要求。可以通过对单个产品的现场测试来对这些产品的符合性进行检查。

瑞士和日本属于两个典型的特例。在这两个国家中，只要能够到达总的节能目标，制造商可以自己选择各种型号产品所要达到的能效水平。这就给制造商提供了机会，去寻找创造性的经济可行的有效方法，以达到预期的总体能效改进目标。不过，这种做法需要一个详细而复杂的程序来进行符合性评估，并且在很大程度上增加了生产和销售计划的复杂性。由于平均值是由不同型号产品的不同能效综合得出的结果，在很大程度上取决于不同型号产品的相对销售量，因此，在提交与标准的符合性报告时，平均能效能否达到目标值这一问题具有很大的不确定性。

二、能效标识与标准的基本原理

在任何一个政府的能效政策和减缓气候变化项目中，提高用能产品的能源性能都是一个最基本的要素。政府应该制定一些自愿性和调控性的均衡项目，从市场中淘汰成本效益差和浪费能源的产品，同时鼓励发展成本效益好和能效水平高的技术。在某些情况下，采用强制性的要求是行之有效的方法。在设计和实施状况比较好的情况下，这些强制性要求具有如下优点：（1）能够节约大量能源；（2）成本效益极佳，并且在不限制经济增长的情况下，能够有效地限制能源使用的增长；（3）要求数量在可管理范围内的制造商的行为发生变化，而不对全体消费者公众提出要求；（4）平等地对待所有制造商、批发商和零售商；（5）通常可以保证节能效果，比较容易量化和验证。

标准通过淘汰市场上能效最低地产品型号，而使能效高地产品型号分布增加，并且为项目设立了基准，鼓励人们“挑战标准”。

标识能够提供帮助消费者做出合理购买决定地信息，并激励制造商设计出比最低能效标准规定地级别更高地产品，使市场上高能效产品型号地分布增加。

精心设计地能效标识与标准项目实施后将产生良好地效果，即减少家庭和办公设备（如灶具、电冰箱、加热炉和热水器等）不必要的电力和燃料消耗，而用电减少可使发电厂减少因发电所要燃烧地燃料。电力和燃料燃烧总体数量的减少，在成本效益方面有很多益处，其中最显著的六点是：（1）减少能源供应基础设施的投资；通过减少能源支出提高国家经济实力；（3）改善消费者福利；（4）加强市场竞争；（5）达到减缓气候变化的目标；（6）减轻城市/地区的污染。这些益处将在下面几个部分中加以介绍。

1．标识与标准能够减少能源供应基础设施的投资

在工业化国家，家用电器、设备和照明器具的能耗在总能耗中占相当大的份额。一般情况下，人均能源使用量已经稳定，建筑物中能源的总消费量基本与人口增长成正比。与此相反，在发展中国家，建筑物的能源消耗一般远远低于工业化国家，但是由于更多的人使用一些特定的家用电器以及人均能耗的增加，建筑物的能源消费量迅速增加。例如，瑞典 1996 年人均国内生产总值为 17500 美元，其人均能源使用量为 170 兆焦，连续 10 年年均增长率为 0.8％。同年，中国人均国内生产总值为 2700 美元，而人均能源使用量为 22 兆焦，在同样的 10 年内年均增长率为 8.7％。其他大多数国家的年均能源消费增长率在这两个国家的数值之间变化。能源需求快速增长的国家（大部分的国家），不得不对耗能产品及新增的发电厂进行投资，以满足不断增长的能源需求。

提高消耗电力、天然气或其他燃料的产品的能效，将减少这些产品所消耗能源的数量。如果一个耗电产品在电力需求高峰时运行，那么提高该产品的能效也可减少对新发电厂的需求。一些成本效益非常好的提高能效的措施，如标准和标识，其实施后所减少的用于新建发电厂的投资将远远大于为设计、制造好能产品的高能效组件所增加的成本，而这些产品要使用由这些发电厂提供的电力。例如，美国劳伦斯·伯克利国家实验室的分析结果表明，如果在今后的 25 年采用提高能效的措施，能将巴基斯坦预计的能源需求降低 20％，巴基斯坦将由此减少用于发电厂、运输线和燃料中的 100 亿美元的货币投资。而这些提高效率的措施仅会花费 2.5 亿美元。换句话说，能效标识与标准的实施将减少未来昂贵的新建电厂的投资，可将节省的资金用在经济效益更好的能源领域。

2．标识和标准可减少国家的能源支出，提高国家的经济实力

减少未来投资的基本原理同样适用于燃料的支出。由于能效标识与标准的使用减少了对燃料的需求，因而在未来燃料获取、交易和使用中的投资都将因此而减少。任何国家的能源部门在某一年的支出中，都有一部分时从其他部门中挤出来的。因为能源部门的许多支出都直接用于支撑其他产品的生产和服务，所有一个高效的能源部门运行的结果，会带来更高的经济效益。

仍然以巴基斯坦为例，减少 20％的能源消费将降低电力/GDP 增长之间的比率，即从当前的 1.0～1.5（能源成本在经济中稳定增长），降到更理想的 0.8～1.2，从而可以节省许多资金，用于其他重要的社会和经济支出。

3．标识与标准可改善消费者福利

标识与标准的适当应用，能够提高能源效率，改善消费者福利。以美国为例，自标准实施后，可供消费者选择的电冰箱型号的数量和性能都得到了提高，但购买价格却比预期的价格低。自 25 年前加利福尼亚州首先颁布了能效标准后，尽管新冰箱增加了新功能，并且容量更大，但新冰箱在运行时所需的平均电力却降低了 74％。（必须注意：如果应用不当或在不必要的情况下应用，那么标准将限制人们的选择，增加产品成本，并妨碍正常的贸易。）

4．标识与标准能够加强市场竞争

从长远看，如果设计良好，能效标准和改进后的产品能使本地商务获得更大利益；使本地家电、照明和电机地产品制造商在全球市场中更具竞争力；使本地市场对跨国商务更具吸引力。相反，当获取资本和其他资源地方法受到限制时，不必要和不适当的标准将破坏刚刚起步的新型地方产业。另外，标准在有意或无意中可能会创造或消除间接的贸易壁垒，对贸易既可能有正面效果，也可能有负面效果。

就标准对单个公司所起的作用而言，存在很多传闻及各种观点。很多制造商宣称，在实施能源性能标准后，他们的盈利部分没有成功地填补增加地产品成本。总而言之，新标准地应用为许多政府提供了一个改变本国商业环境的机会。从长远看，人们希望的结果是一个强化了的竞争市场。

5．标识与标准能够达到减缓气候变化的目标

能效标识与标准能够帮助一个国家达到减缓气候变化的目标。减少能源消耗会减少使用化石燃料的发电厂的碳排放量。例如，对美国正在实施的家电能效标准的预测表明，到 2010 年民用领域的碳排放量将比 1990 年减少 4%到 5%。

标识与标准有利于减少城市/地区的污染

能效标识与标准能够帮助一个国家减少城市/地区的污染。减少建筑物的能源消耗也会减少使用化石燃料的发电厂所排放的二氧化硫、氮氧化物、颗粒物和其他有毒气体及悬浮颗粒。

第二节　在能效标准能效指标取值过程中遵循的原则

1．标准的意义和目的：

1） 反映我国目前和将来的能源特征；

2） 体现社会价值/利益的关注点；

3） 体现优先考虑次序：消费者的利益、国家利益、企业利益；

4） 标准将导致技术的锁定（分析将要影响的相关方）；

5） 导致资源的重新配置；

6） 导致专利技术的市场优势和垄断利润。

2．总原则：

1） 充分考虑国外相关标准、标识等级状况；

2） 本标准要与国家的节能政策、环境保护政策等相一致；

3） 本标准要充分考虑我国空调器产业的发展水平；

4） 符合我国的传统习惯；

5） 与我国的测试水平和精度相适应。

3．限定值：

1） 为企业设定的技术门槛，规范市场；

2） 淘汰落后技术，尽量明确技术范围；

3） 减少对市场的冲击；

4） 淘汰的产品比例范围，在 5％－15％。

4．划分等级的方法

根据这些原则，将产品的能效划分

1） 将产品能效划分成 5 级

按照部分消费者的调查意见和相关能效标准的规定，等级名称为 1、2、3、4、5。

2） 根据寿命周期成本分析

a) 最高等级 1 级应体现我国的中期目标，应具有超前性；

b) 等级 2 级应体现我国目前市场条件下 LCC 最小；

c) 平均值建议与 4 级相对应；

d) 能效限定值为最后一个等级的极限值。

3） 对节能技术的需求及影响范围

5．超前性能效指标

1） 技术进步的幅度，及对节能技术的需求范围；

2） 国家节能目标与产品节能的进展一致；

3） 未来市场变化的预测。

第三节　电冰箱的能效标识

能效标识项目的目的是鼓励消费者去购买那些能够提供所需的服务并且耗能最少的电器。帮助消费者使用更少的能源是能效标识项目最明显的作用。然而将耗能电器提供的服务作为项目的一个重点也很重要。能源服务是消费者或用户所接受到的来自一个家电或一件设备的输出——如舒适、食品储藏、清

洁和干爽的衣服、加工后的食物或工作所需的灯光。能源使用和能源服务一起构成了产品的能效定义——即产品能效＝单位能源输入的能源服务输出。

家电的能效是一种不可见的特性。如果没有可靠的能效标识，消费者仅仅靠查看电器本身是不能说出其能效的。然而能源消费量决定了大多数电器的运行成本，因而是消费者非常关心的问题。消费者有时会注意到产品的一些基本问题，如功率，并依次信息作出购买决定。如购买 18W 的紧凑型荧光灯而不是 60W 的白炽灯。但是标识所提供的信息是消费者无法从其他途径获得的，绝非功率所能替代。

家电、设备和照明器具的能效标识能够促进这些产品总体能效水平的提高。例如，最近针对欧盟冰箱、洗衣机和荧光灯标识项目所作的首次评估表明，家电产品的销售已经明显地向更高的能效水平转变。从 1992 年至 1999 年，售出的制冷电器能效水平提高了 29％。据估计，其中最低能效标准所产生的影响占 16％，10％的影响要归功于能效标识。

一、能效标识的作用

能效标识主要有以下三个方面的作用：（1）给消费者提供信息以便他们能够做出知情选择（选择最高效和适用的产品）；（2）鼓励制造商改善产品的能源性能；（3）鼓励分销商和零售商在进货和陈列商品时选择高能效的产品。

对消费者来说，能效标识能促使他们购买高能效的产品型号。能效标识向消费者提供了从其他途径无法获得的信息，时消费者在做出购买决定的过程中，能够将能源使用和运行费用这两个因素考虑进去。即使反对政府使用法规的决策者也倾向于支持能效标识项目，因为该类项目对公众有益——即能为消费者提供信息，并因此使市场有效运行。

在制造和销售方面，标识对其影响可能大于对消费者的影响。一旦觉察到标识已对消费者产生实际影响或将要产生潜在影响，制造商倾向于（虽然不总使这样）做出这样的反应：从市场中撤出最差的产品型号并且对现有型号的能效进行改善。许多欧盟生产的新产品设计只是刚刚能满足某一个更高能效等级产品中的限定值。分销商和零售商也倾向于针对产品标识来调整自己的库存和陈列的产品。这些变化将导致市场上所有产品平均能效的改善，而不是仅仅局

限于有能效意识的消费者所寻求的产品。标识项目在法规上的要求相对来说并不突出，通常只是要求标识要以标准的格式给出，并要求制造商对自己所贴的标识的准确性作出声明。

能效标识还有一个作用，即提供信息以及许多其他标识项目将要寻求达到或超过的目标。这些其他项目中包括电力公司的鼓励项目、政府采购能效要求以及建筑物用能规范项目。

需要注意的是，能效标识主要是在销售时发挥作用，并不影响消费者当前的行为和能源使用。因此在设计标识时，要考虑到如何能使标识在消费者做购买决定时对其产生影响。一个产品被购买后，标识通常会被移走。因此，如果将标识设计的目的定为影响消费者的行为或影响消费者在产品正常运行过程中的使用，几乎没有任何意义。通常，可以设计其他类型的项目来影响消费者操作电器的习惯。值得注意的一点是，一个非常有效的标识项目有助于产生一种能效氛围或文化，可以作为另一个旨在影响消费者消费行为，提高消费者能效意识宣传活动的出发点。这是该类项目的一个优点，例如泰国的标识项目。该项目最高能效级别的标志“＃5”，已经成为了与节能具有相同含义的标志。

二、电冰箱能效标识的格式

标识设计应该是一种消费者可以很容易理解并且易于有效实施的方案。通常，电冰箱能效标识是比较标识，目前世界上大多数已经实施标识项目的国家正在使用的类似的能效标识见表 4-4。

表 4-4 世界部分标识类型的比较

国家	标识类型	注释
澳大利亚	分级比较标识	分级范围从 1 到 6 星；6 星为最高能效
巴西	分级比较标识	分级范围从 G 到 A；A 为最高能效
加拿大	带标尺的连续性比较标识	以标尺表示产品能耗范围；能耗用标尺上的刻度标表示
欧盟	分级比较标识	分级范围从 G 到 A；A 为最高能效
伊朗	分级比较标识	分为 7 级
菲律宾	单一信息标识	只对空调进行标识；表示空调的能效比
韩国	分级比较标识	分级范围从 5 到 1；1 为最高能效

泰国	分类比较标识	分级范围从 5 到 1；5 为最高能效
美国	带标尺的连续性比较标识	以标尺表示产品能耗范围；能耗用标尺上的刻度表示

世界各国使用的比较标识的基本格式分为以下三种基本类型：

1．澳大利亚模式

这种类型的标识基本都有一个方形/矩形的底座，顶部有半圆或“表盘”状的图形。“表盘”类似于速度计或计量表，标识的含义是沿刻度盘的顺时针方向走得越远，产品的能效就越高。使用这种类型的国家有澳大利亚、泰国和韩国，印度也在提议采用这种格式。刻度盘上星的数量或等级的数字，取决于当前该型号产品的能源性能所能够达到的最高极限（这种情况下分 5 或 6 或 7 个等级；注意：澳大利亚正准备采用半个星）。这类标识的实例见图 4－1 和 4－2。

图 4－1 澳大利亚新能效标识

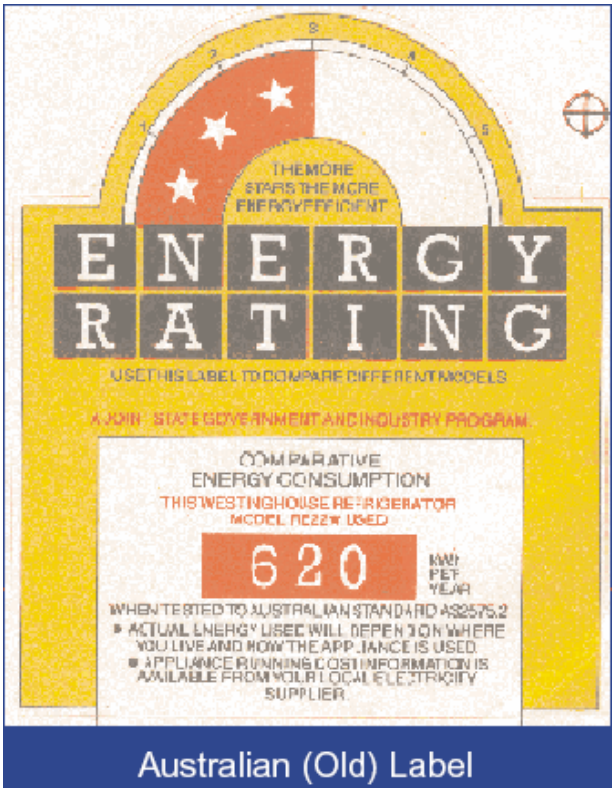


图 4－2 澳大利亚旧能效标识

2．欧洲模式

这种类型的标识是一个矩形，用字母进行分级，能效等级以靠近标识顶部的 A（最好）到底部的 G（最差）来表示。在每个字母的旁边有一个条形图，例如 A 为短而绿的条形图，G 为长而红的条形图。标识上的 7 个条形图都很醒目。产品的等级是通过一个黑箭头指向对应的条形图（例如，等级 C 的产品标记是字母 C 并且指向 C 代表的条形图）来表示。因为欧盟对标识有语言的要求，标识被分为两部分：右边部分为数据区，没有使用语言的要求，需要在设备的产地填写；左边部分为说明区域，有语言使用的要求，通常在产品的销售地填写。整个西欧和部分东欧国家都使用这种标识。伊朗使用一种于欧洲模式成镜像关系地标识，因为波斯文字地阅读方向是从右到左，并且用数字而不是罗马数字来代表等级（1 最好，7 最差）。巴西所采用的是欧洲模式的标识。有代表性的标识见图 4－3 和 4－4。

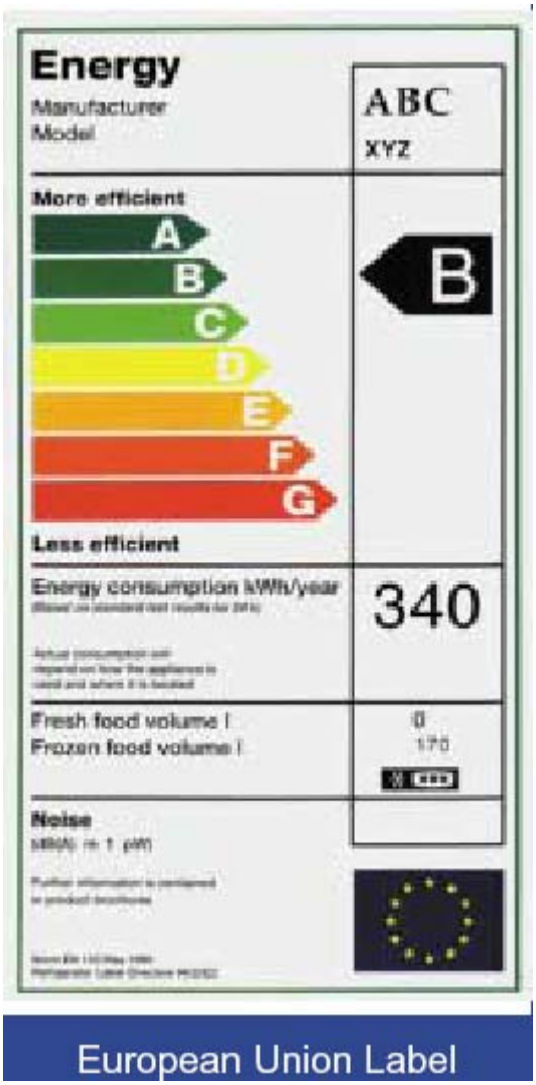
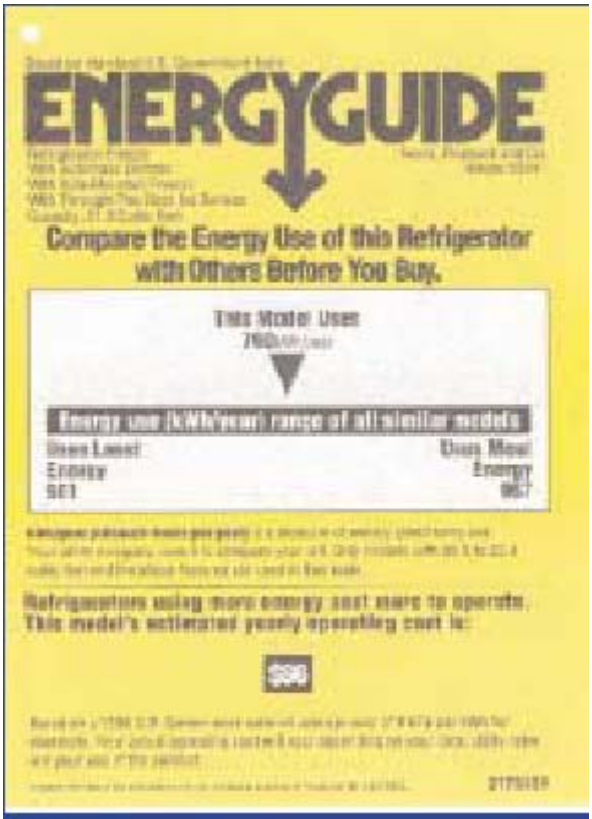


图 4—3 欧盟能效标识

图 4—4 伊朗能效标识

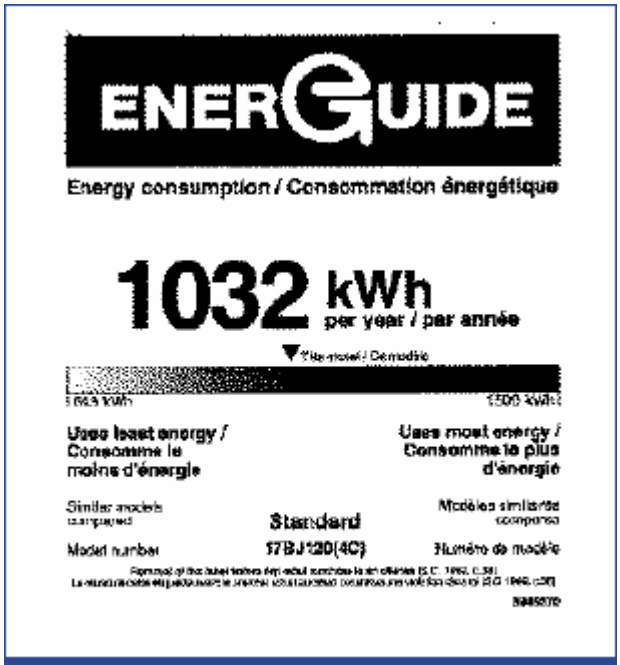
3．美国模式

美国的这种矩形标识给出了能源成本，即运行费用（由全国平均能源价格计算得出），同时标识上还有一个线性刻度表，表明市场上各型号产品的最低能耗和最高能耗的范围，产品自身的能耗在刻度表上用一个标记来表示。美国和加拿大都使用这种类型的标识。美国和加拿大的这种标识在技术上达成了一致，但实际内容并未达成一致（例如，美国标识上给出运行能源花费，加拿大则不是）。由于能源价格的可变性，以过时的价格为基础得出的数据会产生误导，因此两个国家都不再在标识上使用货币单位，而是改用物理单位（如，千瓦时或能效）。美国和加拿大能效标识的样本见图 4—5 和 4—6。



United States Label

图 4－5 美国能效标识



Canadian Label

图 4－6 加拿大能效标识

4．变异标识

此外，还存在若干种以上所讨论的3种标识类型的变异或混合类型的标识。

第四章　理论分析和模型计算

从低于环境温度的物体中吸取热量，并将其转移给环境介质的过程，称为制冷。根据热力学第二定律，热量只能自发地从高温物体传给低温物体，因此实现制冷必须有消耗能量的补偿过程，如消耗电能、热能、机械能等。电冰箱等家用制冷设备大多采用单级蒸气压缩制冷机。下面从理论上对其工作原理做一简述。

第一节 单级蒸气压缩制冷理想循环

单级蒸气压缩制冷机是指将制冷剂经过一级压缩，从蒸发压力压缩到冷凝压力的制冷机。图 5-1 为一台单级压缩蒸气制冷机的流程图，它主要由压缩机、冷凝器、节流机构、蒸发器等四个基本设备组成。在家用电冰箱中，节流机构多用毛细管。

为了能应用热力学理论对蒸气压缩制冷实际过程进行分析，先提出一种简化的理想循环。理想循环忽略了制冷机在实际运转中的一些复杂因素，将循环加以抽象，以便于分析几个基本参数对循环的影响。这样的循环也将作为以后研究制冷机实际循环的基础。

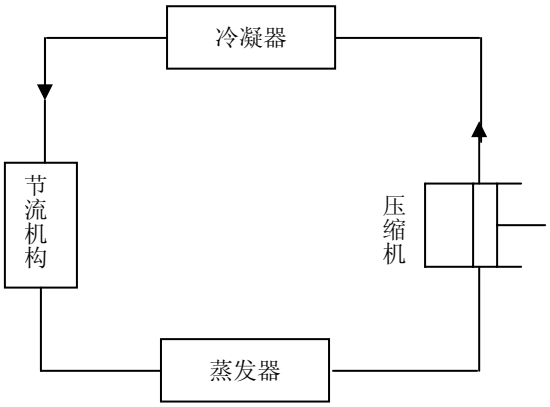


图 5-1　单级压缩蒸气制冷机流程图

一、简单理想循环

简单理想循环是建立在以下一些假设的基础上的：①压缩过程为等熵过程，即在压缩过程中不存在任何不可逆损失；②在冷凝器和蒸发器中，制冷剂的冷凝温度等于冷却介质的温度，蒸发温度等于被冷却介质的温度，且冷凝温度和蒸发温度都是定值；③离开蒸发器和进入压缩机的制冷剂蒸气为蒸发压力下的饱和蒸气，离开冷凝器和进入节流装置的液体为冷凝压力下的饱和液体；

④制冷剂在管道内流动时，没有流动阻力损失，忽略动能变化，出来蒸发器和冷凝器内的管子外，制冷剂与管外介质之间没有热交换；⑤制冷剂在流过节流装置时，流速变化很小，可以忽略不计，且与外界环境没有热交换。

图 5-2 为上述简单理想循环在温－熵图和压－焓图上的表示。压缩机吸入的是以点 1 表示的饱和蒸气，1-2 表示制冷剂在压缩机中的等熵压缩过程。2-3-4 表示制冷剂在冷凝器中的冷却和冷凝过程。在冷却过程 2-3 中，制冷剂与环境介质有温差；在冷凝过程 3-4 中，制冷剂与环境介质无温差，在冷却和冷凝过程中，制冷剂压力保持不变，且等于冷凝温度T_K下的饱和蒸气压力p_K。4-5 表示节流过程。制冷剂在节流过程中压力和温度都降低，但焓值保持不变，且进入两相区。5-1 表示制冷剂在蒸发器中的蒸发过程，制冷剂在温度T_0、饱

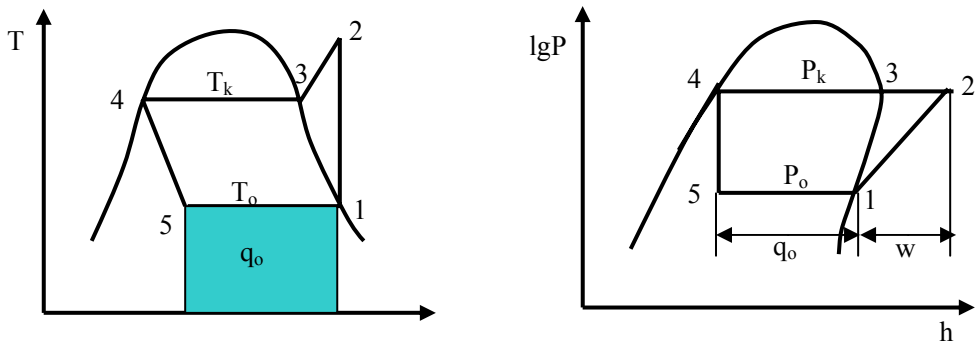


图 5-2　简单理想循环图

a) T-s 图　　b) lgP-h 图

和压力p_0保持不变的情况下蒸发，而被冷却物体或载冷剂的热量被制冷剂带走。制冷剂的蒸发温度与被冷却物体间无温差。

二、简单理想循环的性能指标

为了说明单级蒸气压缩制冷机简单理想循环的性能，采用下列一些性能指标，这些性能指标均可通过循环各点的状态参数计算出来。

1．单位制冷量q_0

蒸气压缩制冷循环单位制冷量可按下式计算。

$$q_0 = h_1 - h_5 = h_1 - h_4 \qquad \text{(kJ/kg)} \qquad (5\text{-}1)$$

也可以表示成气化热r_0和节流后的干度x_5的函数，即

$$q_0 = r_0（1－x_5）\qquad（\mathrm{kJ/kg}）\qquad（5\text{-}2）$$

由上式可知，制冷剂的气化热越大，或节流所形成的蒸气越少，则循环的单位制冷量就越大。

2．单位容积制冷量q_v

$$q_v = q_0 / v_1 = \frac{h_1 - h_4}{v_1}\qquad（\mathrm{kJ}/m^3）\qquad（5\text{-}3）$$

式中：　v_1——制冷剂蒸气在压缩机吸入口处的比容（m^3/kg）。

为了制取一定的制冷量，若选用q_v大的制冷剂，则压缩机需要提供的输气量就小。循环的单位容积制冷量不仅随制冷剂的种类而变，而且还随压缩机的吸气状态而变。对某一具体的制冷剂来说，简单理想循环的蒸气比容v_1随蒸发温度（或蒸发压力）的降低而增大，若冷凝温度已经确定，则单位容积制冷量q_v将随蒸发温度的降低而变小。

3．单位理论功w_0

简单理想循环中，制冷压缩机输送单位（1kg）制冷剂所消耗的功，称为理论比功。由于制冷剂在节流过程中不作外功，因此，压缩机所消耗的理论比功即等于循环的理论比功。对于单级蒸气压缩制冷简单理想循环来说，理论比功可表示为：

$$w_0 = h_2 - h_1\qquad（\mathrm{kJ/kg}）\qquad（5\text{-}4）$$

单级蒸气压缩制冷理论比功，也是随制冷剂的种类和制冷循环的工质温度而变的。

4．单位冷凝热q_K

单位（1kg）制冷剂蒸气在冷凝器中放出的热量，称为单位冷凝热。单位冷凝热包括显热和潜热两部分，即

$$q_K =（h_2 - h_3）+（h_3 - h_4）= h_2 - h_4\quad（\mathrm{kJ/kg}）\qquad（5\text{-}5）$$

5．制冷系数ε_0

对于单级蒸气压缩制冷机简单理想循环，制冷系数为：

$$\varepsilon_0 = \frac{q_0}{w_0} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \qquad (5\text{-}6)$$

在冷凝温度和蒸发温度给定的情况下，制冷系数愈大，表示循环的运行经济性愈好。由于 q_0 和 w_0 都随循环的工作问温度而变，冷凝温度越高，蒸发温度越低，则制冷系数越小。

6．热力完善度

单级蒸气压缩制冷机简单理想循环的热力完善度，按定义可表示为：

$$\eta = \frac{COP_{real}}{COP_{Carnot}} = \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_c} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}\frac{T_4 - T_0}{T_0} \qquad (5\text{-}7)$$

这里 ε_c 为在蒸发温度（T_0）和冷凝温度（T_4）之间的逆卡诺循环的制冷系数。热力完善度愈大，说明该循环接近可逆循环的程度愈大。

制冷系数和热力完善度都是用来评价循环经济性的指标，但是它们的意义是不同的。制冷系数是随循环的工作温度而变的，因此只能用来评定相同热源温度下循环的经济性。而对于不同温度下工作的制冷循环，需要通过热力完善度的数值大小（接近 1 的程度）来判断循环的经济性。

三、液体过冷和吸气过热

上面所述的循环，是单级蒸气压缩制冷基本循环，也是最简单的循环。在实用上，根据实际条件，对循环往往要作一些改进，以便提高循环的热力完善度。在单级制冷循环中，这一改进主要有液体过冷和吸气过热。

1．液体过冷

将节流前的制冷剂液体冷却到低于冷凝温度的状态，称为液体过冷。带有液体过冷过程的循环，叫做液体过冷循环。

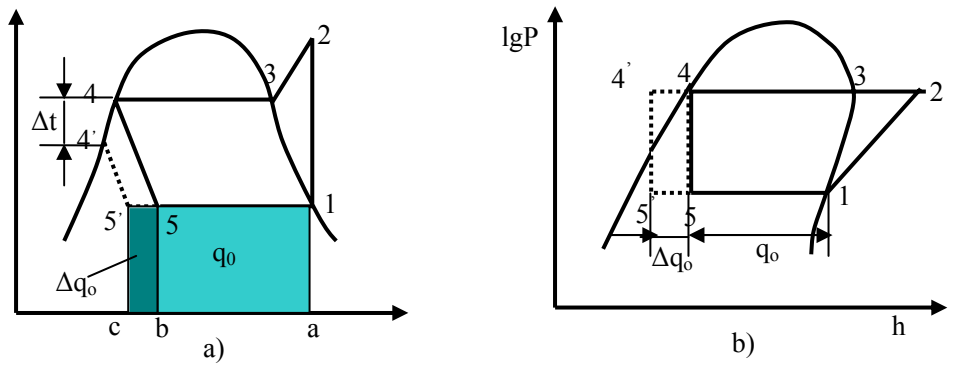


图 5-3　过冷循环图

a) T-s 图　　b) lgP-h 图

由制冷剂的热力状态图可知，节流前液体的过冷度愈大，则节流后的干度 x 就愈小，循环的单位制冷量就愈大。因此，采用液体过冷对提高制冷量和制冷系数都是有利的。图 5-3 表示了过冷循环 1-2-3-4-4'-5'-1 的 T-s 图和 lgp-h 图。图中 4-4' 为制冷剂液体在过冷器中的过冷过程。过冷器实际上就是一个换热器，来自冷凝器的饱和液体经过过冷器再放出热量给冷却介质，使自己成为过冷状态。4' -5' 为节流过程，其余过程与基本循环相同。

与无过冷的循环 1-2-3-4-5-1 相比，过冷循环的单位制冷量的增加量为

$$\Delta q_0 = h_5 - h_{5'} = h_4 - h_{4'} \qquad (5\text{-}8)$$

在图 a 中，Δq_0 以面积 5' -5-b-c-5' 表示，在图 b 中，Δq_0 以线段 5'-5 表示。因两个循环的理论比功 w_0 相同，过冷循环的制冷系数 ε' 比无过冷循环的制冷系数 ε 要大。

$$\varepsilon' = \frac{(h_1 - h_4) + (h_4 - h_{4'})}{h_2 - h_1} = \varepsilon_0 + \frac{c'\Delta t}{h_2 - h_1} \qquad (5\text{-}9)$$

式中，c' 为液体的平均比热容；Δt 为过冷度。

由上式可知，采用过冷循环，可以使循环的制冷系数提高。提高的数值为 $\frac{c'}{h_2 - h_1}\Delta t$。因此，过冷度越大，循环的制冷系数提高得越多。此外，一定过冷度还可以防止进入节流装置前制冷剂处于两相状态，使节流机构工作稳定。

2．吸气过热

压缩机吸入前的制冷剂蒸气的温度高于吸气压力下制冷剂的饱和温度时，称为吸气过热。具有吸气过热过程的循环，称为吸气过热循环。

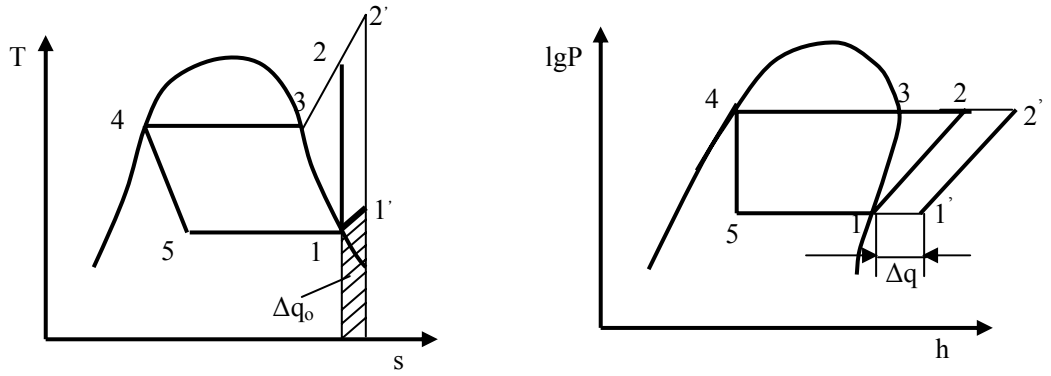


图 5-4　过热循环图

a) T-s 图　　b) lgP-h 图

图 5-4 示出了吸气过热循环 1-1' -2' -2-3-4-5-1 的 T-s 图和 lgp-h 图。图中 1-1' 是吸气的过热过程，其余与基本循环相同。

如果吸入蒸气的过热发生在蒸发器的后部，或者发生在安装于被冷却空间内的吸气管道上，或者发生在两者皆有的情况下，那么由于过热而吸收的热量来自被冷却的空间，因而产生了有用的制冷效果，这种过热称为有效过热。与无过热循环相比，有效过热循环的单位制冷量增大了 Δq_0，即

$$\Delta q_0 = h_{1'} - h_1 \qquad (5\text{-}10)$$

循环的理论比功也增大了 Δw_0，即

$$\Delta w_0 = (h_{2'} - h_{1'}) - (h_2 - h_1) \qquad (5\text{-}11)$$

因而有效过热循环的制冷系数可表示为

$$\varepsilon' = \frac{q_0'}{w'} = \frac{q_0 + \Delta q_0}{w_0 + \Delta w_0} \qquad (5\text{-}12)$$

由制冷剂的 lgp-h 图可知，在过热区，过热度越大，其等熵线的斜率越大。根据式（5-11）得：

$$\Delta w > 0$$

因此，虽然有效过热的循环制冷量增大了，但耗功量也增大了。有效过热循环的制冷系数 ε' 是大于还是小于无过热循环的制冷系数 ε_0（$= \frac{q_0}{w_0}$），取决于比值 $\frac{\Delta q_0}{\Delta w_0}$ 是大于还是小于 ε_0。如果 $\frac{\Delta q_0}{\Delta w_0} > \varepsilon_0$，则过热有利；如果 $\frac{\Delta q_0}{\Delta w_0} < \varepsilon_0$，则过热不利。

上述分析是将吸气过热时所吸收的热量 Δq_0 作为可以利用的制冷量，即有效过热。但也有另一种形式的蒸气过热，即制冷剂蒸气在被冷却空间以外吸取环境空气的热量而过热，这种过热称为无效过热。这时蒸气所吸收的热量不属于制冷量，由上面的公式可知，过热循环的制冷系数必然降低。因此无效过热也称为有害过热。制冷剂蒸气在吸气管中的过热一般为无效过热。蒸发温度越低，则无效过热的影响越大。

第二节 单级压缩制冷实际循环

一、实际循环的特点

实际循环和理想循环有许多不同之处，主要由下列一些差别：

1．压缩机中的工作过程

在压缩过程中，理论上的气体压缩过程是等熵绝热压缩。实际上进入压缩机的气体温度低于气缸内温度，进气开始时，气缸体的热量传给气体。到压缩终点时，是气体温度高于气缸温度，向气缸体散放热量。因此，实质上的压缩过程是一种压缩指数在变化的“多变压缩过程”。而且在压缩机的工作过程中还存在压缩机的气缸内有余隙容积造成的余隙损失、气体流过气阀时的压力损失、压缩机各运转部件之间的克服摩擦阻力造成的摩擦损失、还有由于压差存在和密封条件所造成的泄漏损失等各种损失。

2．流动过程存在阻力

（1）吸入管道　制冷剂从吸入管道中流过时，必定存在流动阻力。这一阻力损失引起的压力降，直接造成压缩机吸气压力的降低，对实际循环的性能有重大影响。这种影响表现为压缩机吸入口的吸气比体积增大，压缩机的压比增大，单位容积制冷量减少，压缩机容积效率降低，比压缩功增大，制冷系数下降。

（2）排出管道　与吸入管道一样，排出管道上的压力降会导致压缩机的排气压力升高，从而使压缩机的压比增大，容积效率降低，制冷系数下降。在实际中，由于这一阻力降相对于压缩机的吸排气压力差要小得多，因此，它对系统性能的影响要比吸气管道阻力的影响要小。

（3）液体管道和两相管道　液体管道中由于液体流速较气体要小得多，因而阻力较小。而两相管道通常距离较短，而且由它引起得压力降对系统性能几乎没有影响。

（4）蒸发器　在讨论蒸发器中的压降对循环性能的影响时，必须注意到它的比较条件。如果假定不改变制冷剂出蒸发器时的状态，为了克服蒸发器中的流动阻力，必须提高制冷剂进蒸发器时的压力，即提高开始蒸发时的温度。由于节流前后焓值相等，又因为压缩机的吸入状态没有变化，故制冷系统的性能

没受到什么影响。它仅使蒸发器中的传热温差减少，要求传热面积增大而已。如果假定不改变蒸发过程中的平均传热温差，出蒸发器时的制冷剂压力稍有降低，其结果与吸入管道阻力引起的结果一样。

（5）冷凝器　假定出冷凝器的压力不变，为克服冷凝器中的流动阻力，必须提高进冷凝器时的压力，其结果与排气管道阻力引起的结果一样。

3．系统与环境间存在漏热

无论是制冷系统的高温部分还是低温部分，它们与环境之间总存在温差，因而不可避免地要与环境进行热交换，产生漏热。除压缩机、排气管道、冷凝器和液体管道这些高温部分地漏热，对于制冷系统无坏地影响外（对于热泵系统，这些漏热也是损失），其余漏热对系统性能都将产生不利的影响。显然，两相管道和蒸发器的漏热是制冷量的直接损失，是系统的制冷量降低，能耗提高。因此，在实际系统中，应该尽量减少这些漏热。

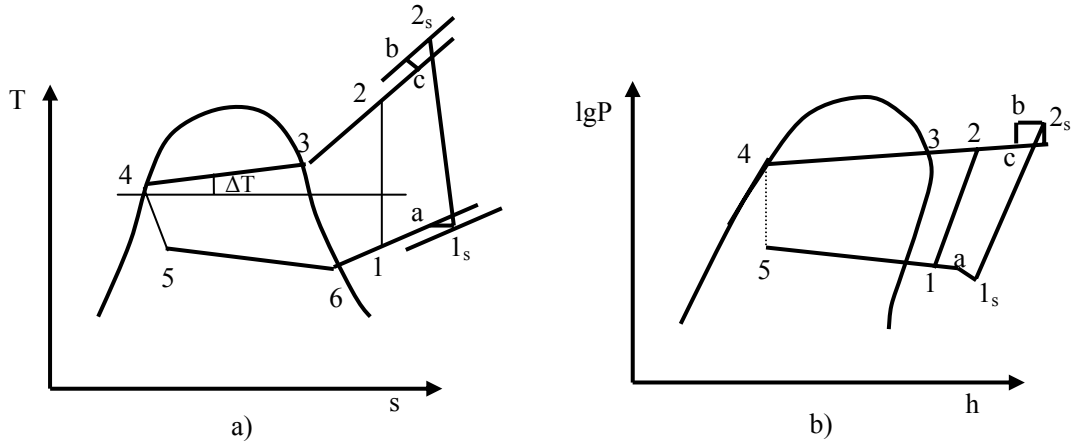


图 5-5　实际循环图

a) T-s 图　　b) lgP-h 图

图 5-5 表示了实际循环的 T-s 图和 lgp-h 图。图中 5-6 为实际蒸发过程，它与被冷却物质之间存在温差。同时，由于热交换器中有流动损失，使制冷剂在蒸发器内有压力降，因此，5-6 是一条向右下方倾斜的直线。6-1_s 是蒸发器至压缩机开始压缩前这一过程中的压力和温度变化。为了表示清楚起见，把 6-1_s 过程看作制冷剂先由点 6 等压过热至状态点 a, 然后等焓节流至1_s。压缩过程1_s-2_s是在气缸内进行的，压缩终了的气体状态为2_s。由汽缸内的点2_s排到

冷凝器时的过程，也是一个有压力降低和温度降低的过程，图中2_s-b 表示排气过程的冷却情况，b-c 表示排气管道中的压降。c-3-4 表示在冷凝器中的冷却和冷凝过程。在这一过程中，由于由流动阻力损失，因此压力是渐渐降低的，冷凝温度T_K也是变化的，同时，与冷却介质（如水、空气）之间存在着变化的温差ΔT。4-5 是实际的节流过程。它也是一个同环境介质由热交换的过程，过程前后焓值也稍有变化。

二、实际循环的性能指标及热力计算

像图 5-5 所示的循环，显然很难用手算法进行热力计算。因此，在工程设计中，常常是对它作一些简化。简化的途径是：①忽略冷凝器及蒸发器中的微小压力变化，即以压缩机出口压力作为冷凝压力（在大型装置中，压缩机排气管道较长，应从排气压力减去这一段管道压力损失后作为冷凝压力），以压缩机进口压力作为蒸发压力（在大型装置中尚需加上吸气管道的压力损失），同时认为冷凝温度和蒸发温度均为定值；②将压缩机内部过程简化成一个从吸气压力到排气压力的有损失的简单压缩过程；③节流过程仍认为是前后焓相等的过程。经过上述简化，则实际循环可表示为图 5-6 中的 0-1-2-3-4-5-0,1-2 是实际的压缩过程。经过这样的简化之后，即可直接利用 lgp-h 图进行循环的性能指标的计算，且由此而产生的误差也不会很大。

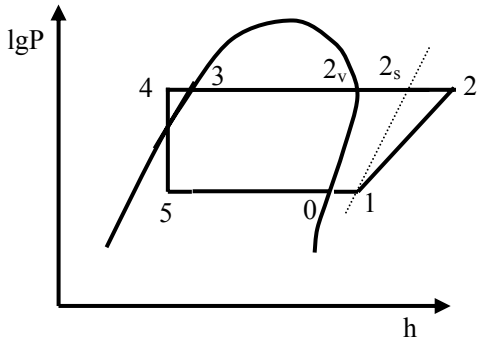


图 5-6　简化后实际循环 lgP-h 图

下面介绍简化后的循环的性能指标表达式，各下标对应于图 5-6 所示的状态点。

1．单位制冷量、单位容积制冷量及单位理论功

同理想循环的计算完全一样。

$$q_0 = h_1 - h_5 = h_1 - h_4 \qquad (5\text{-}13)$$

$$q_v = q_0 / v_1 \qquad (5\text{-}14)$$

$$w_0 = h_{2s} - h_1 \qquad (5\text{-}15)$$

2．单位冷凝热

$$q_K = h_2 - h_4 \qquad (5\text{-}16)$$

上式中点 2 状态的比焓值用下式计算：

$$h_2 = (h_{2s} - h_1) / \eta_i + h_1 \qquad (5\text{-}17)$$

式中，η_i 为压缩机的指示效率，它被定义为等熵压缩过程耗功量与实际压缩过程耗功量之比。

3．制冷剂的循环流量

$$q_m = Q_0 / q_0 \qquad (5\text{-}18)$$

式中，Q_0 为制冷量。

4．压缩机的理论功率和指示功率

理论功率：

$$P_0 = q_m w_0 \qquad (5\text{-}19)$$

指示功率：

$$P_i = \frac{P_0}{\eta_i} \qquad (5\text{-}20)$$

5．实际制冷系数

$$\varepsilon_s = \frac{Q_0}{(P_i / \eta_e)} \qquad (5\text{-}21)$$

式中，η_e 为压缩机的机械功率。

6．冷凝器的热负荷

$$Q_k = q_m q_k \qquad (5\text{-}22)$$

第三节　模型计算

根据上述热力学理论分析，并且针对第三章所提出的节能措施，利用 ERA 软件进行分析，计算流程见图 5-7。考虑到我国各地技术水平差异较大，计算基准分两种，一是 CFCs 完全替代方案，即发泡剂也采用环境友好型物质；二是 CFCs 部分替代方案，即发泡剂仍使用原有材料。

对于冷藏冷冻箱所选基准为 BCD-220，直冷式，其外形尺寸 520×590×1540，冷冻室 85L 升，冷藏室 135 升。计算时冷冻室定为-18℃，冷藏室定为 5℃。对于卧式顶开冷冻箱我们选定 BD202I，其外形基本尺寸为 1034×574×

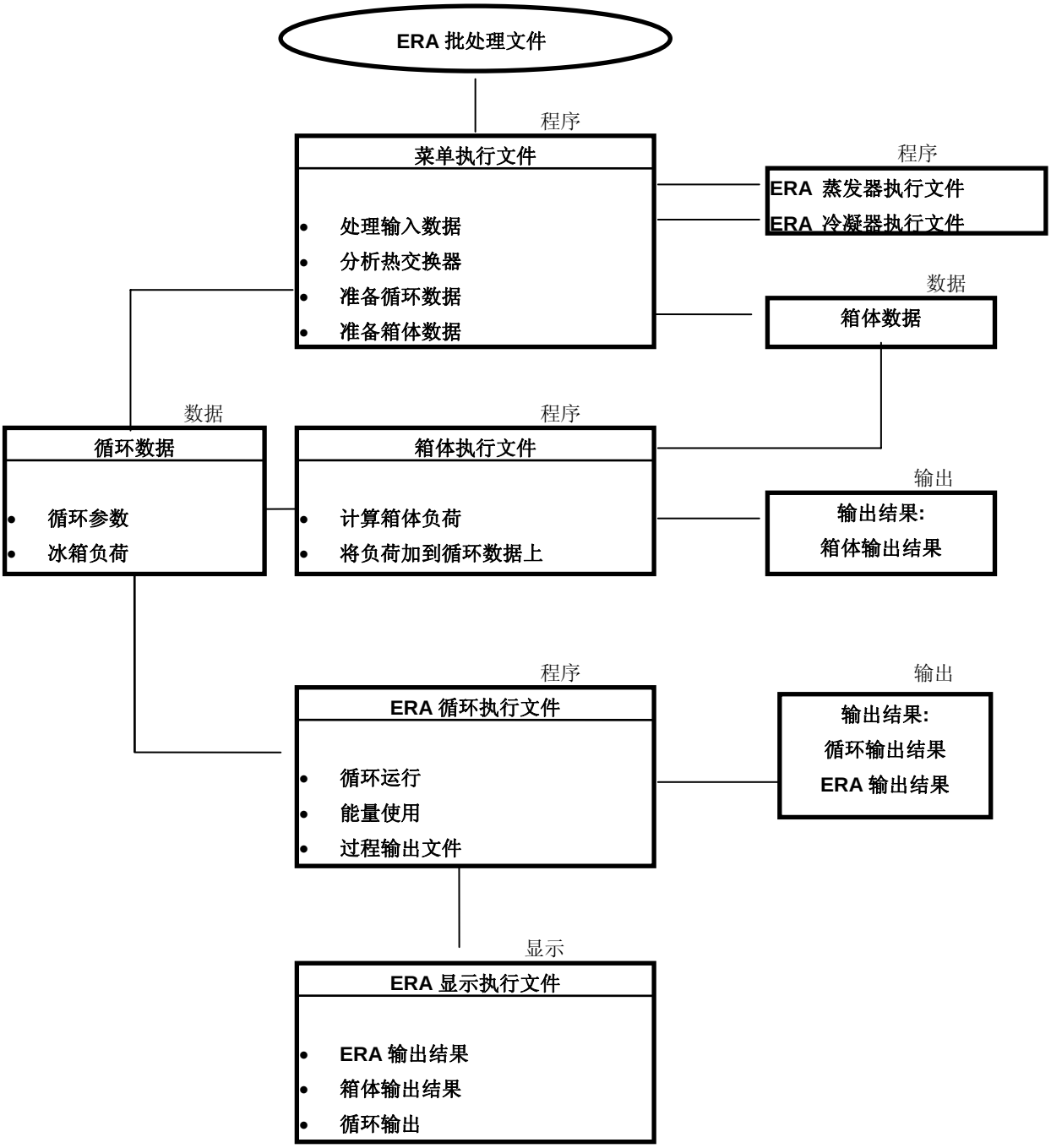


图 5-7　ERA 计算流程

910。计算温度为-18℃，这时耗电为 1.29kwh/day。冷藏箱选定 BC-110/H，其外形尺寸为 504×490×865，计算温度为 5℃，耗电量为 0.71 kWh/day。

图 5-8 反映了各措施单独使用时的节能效果。图 5-9、5-10、5-11 分别说

明了冷藏冷冻箱、冷冻箱及冷藏箱在 CFCs 完全替代方案下各项措施逐项累计

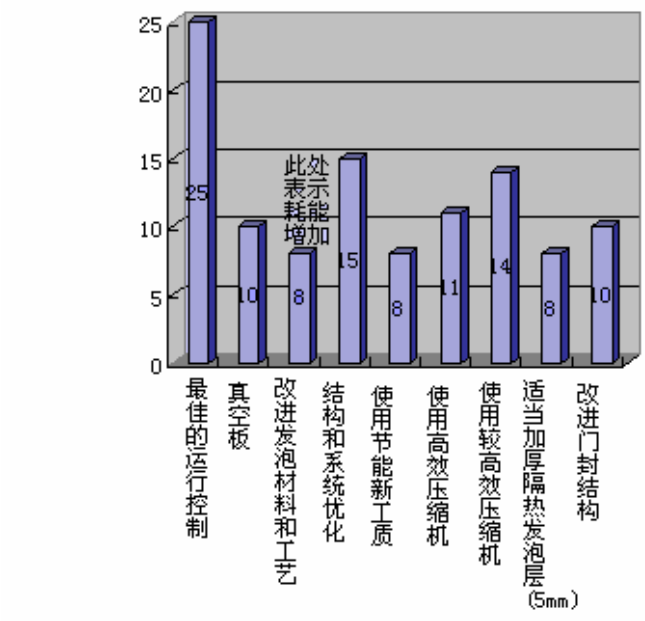


图 5-8 电冰箱单项改进措施的节能百分比（%）

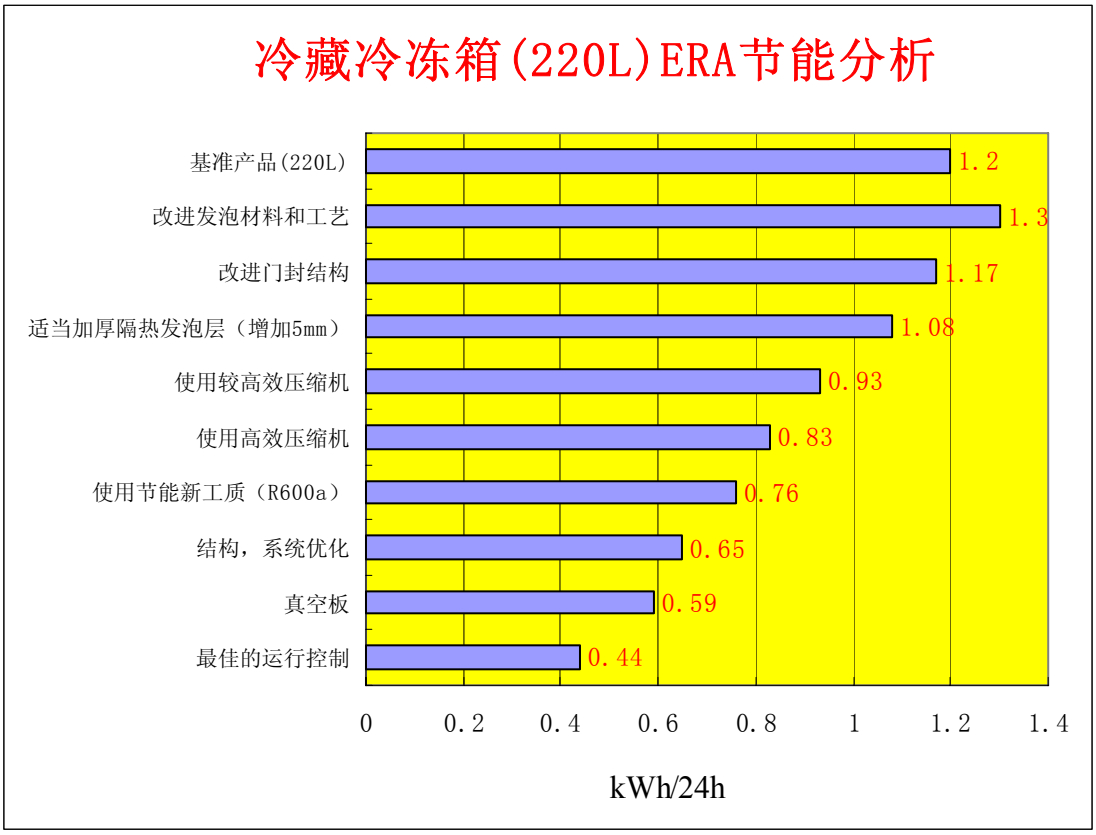


图 5-9 冷藏冷冻箱各节能措施依次累加后的能耗状况（CFCs 完全替代方案）

的节能效果。图 5-12、5-13、5-14 则给出了在 CFCs 部分替代情况下各项措施逐项累计后的节能情况。

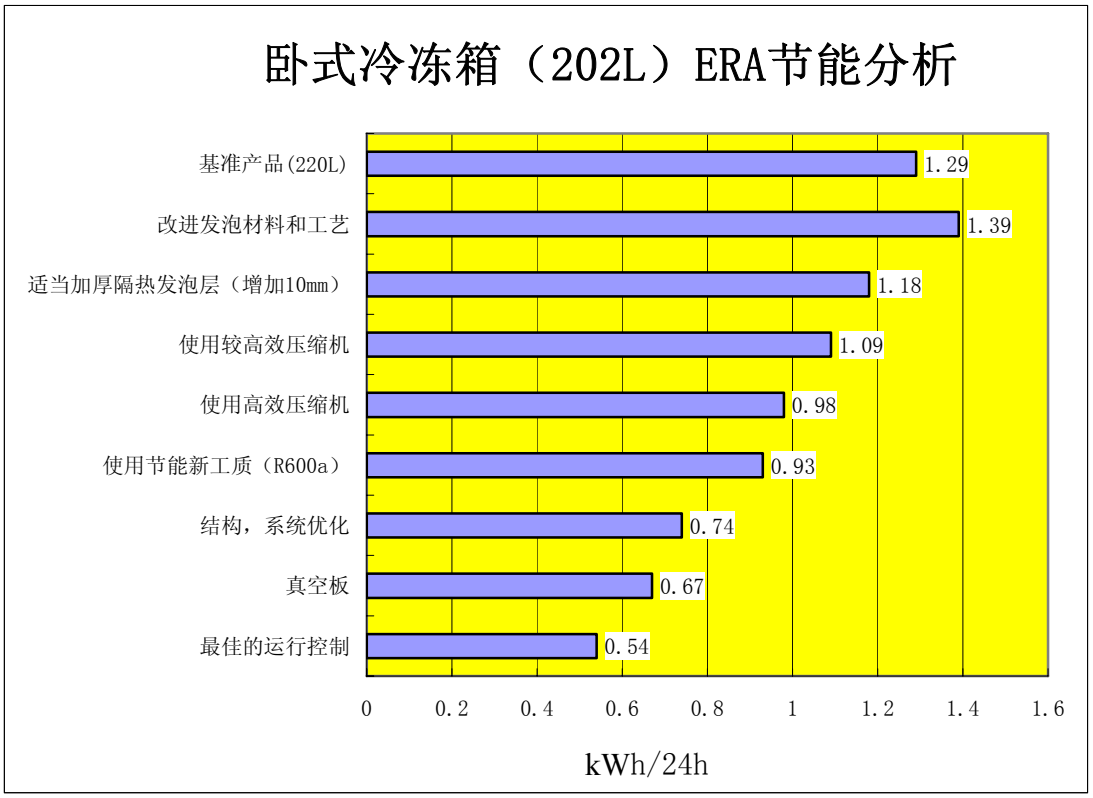


图 5-10 冷冻箱各节能措施依次累加后的能耗状况（CFCs 完全替代方案）

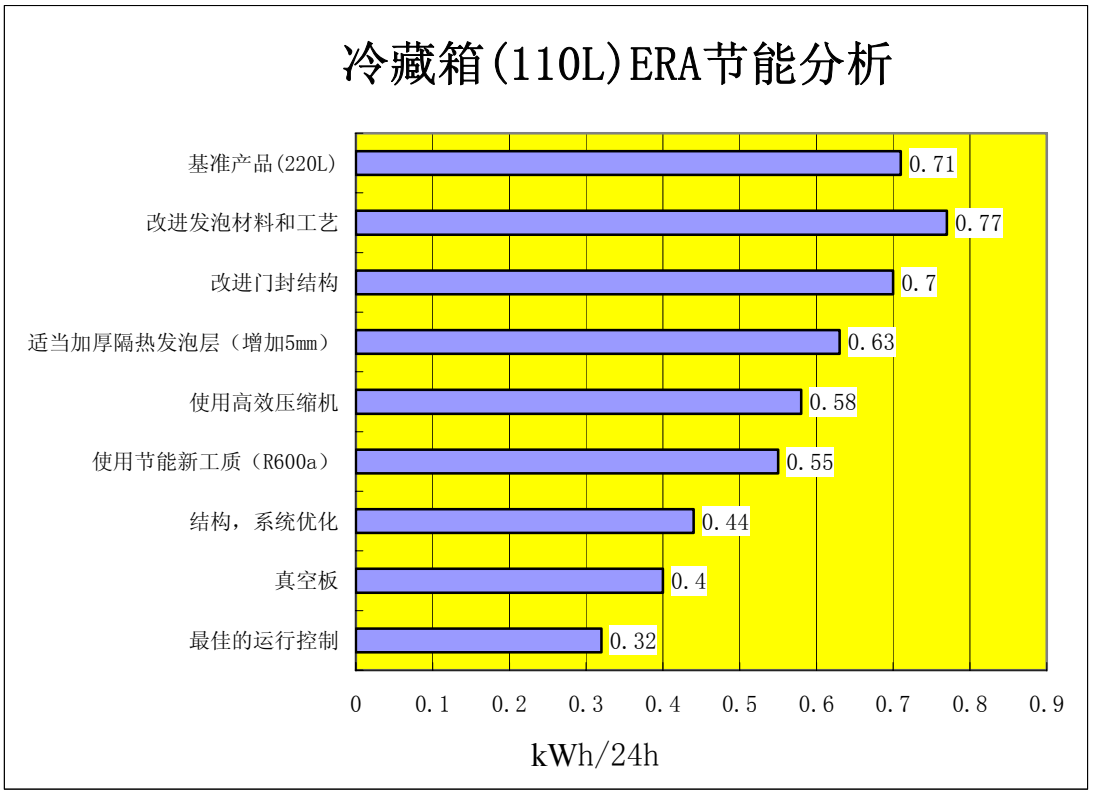


图 5-11 冷藏箱各节能措施依次累加后的能耗状况 （CFCs 完全替代方案）

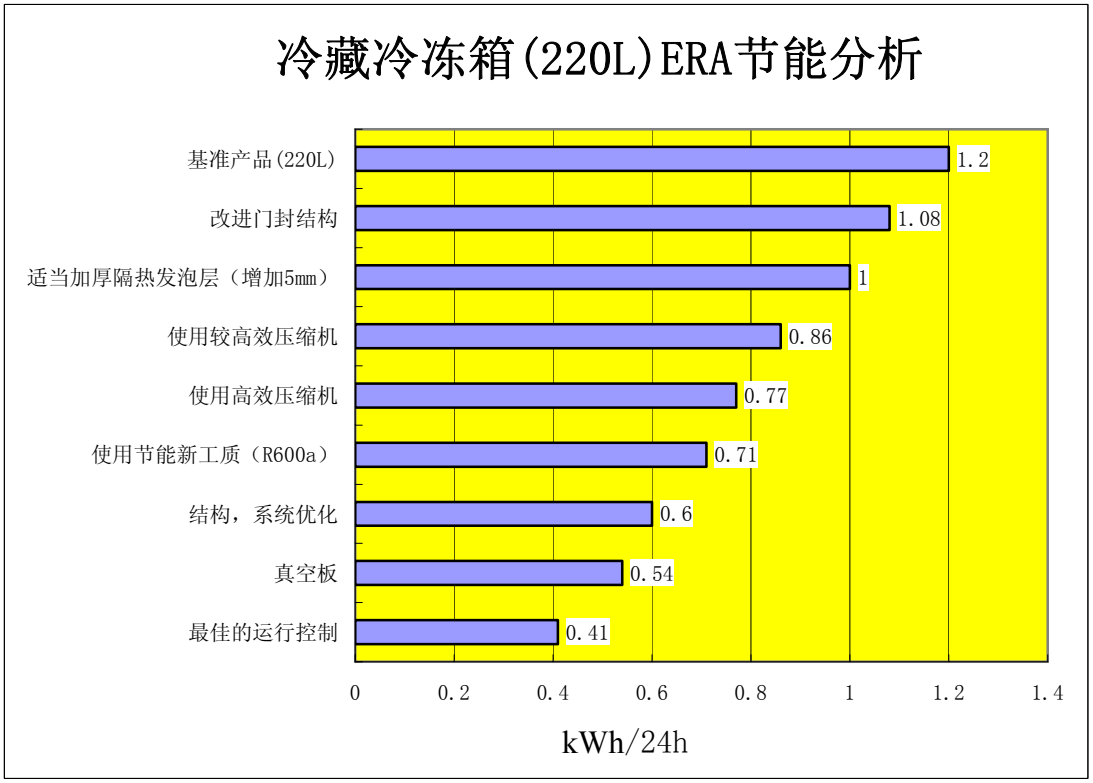


图 5-12 冷藏冷冻箱各节能措施依次累加后的能耗状况（CFCs 部分替代方案）

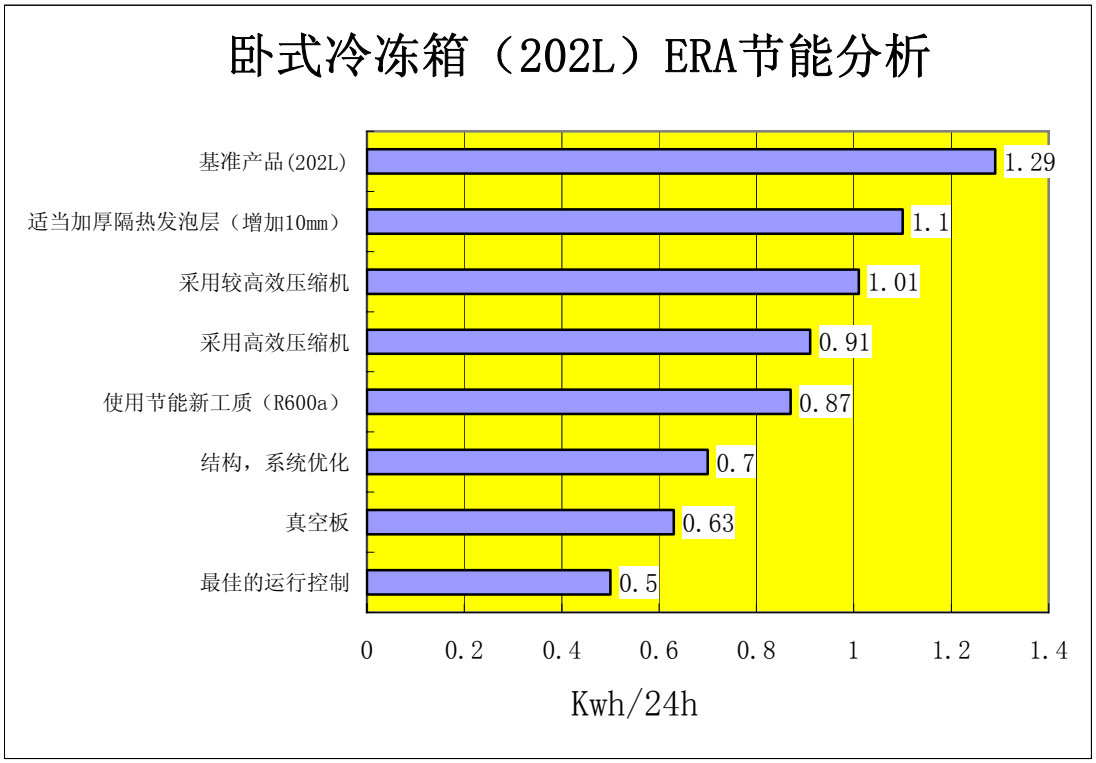


图 5-13 冷冻箱各节能措施依次累加后的能耗状况（CFCs 部分替代方案）

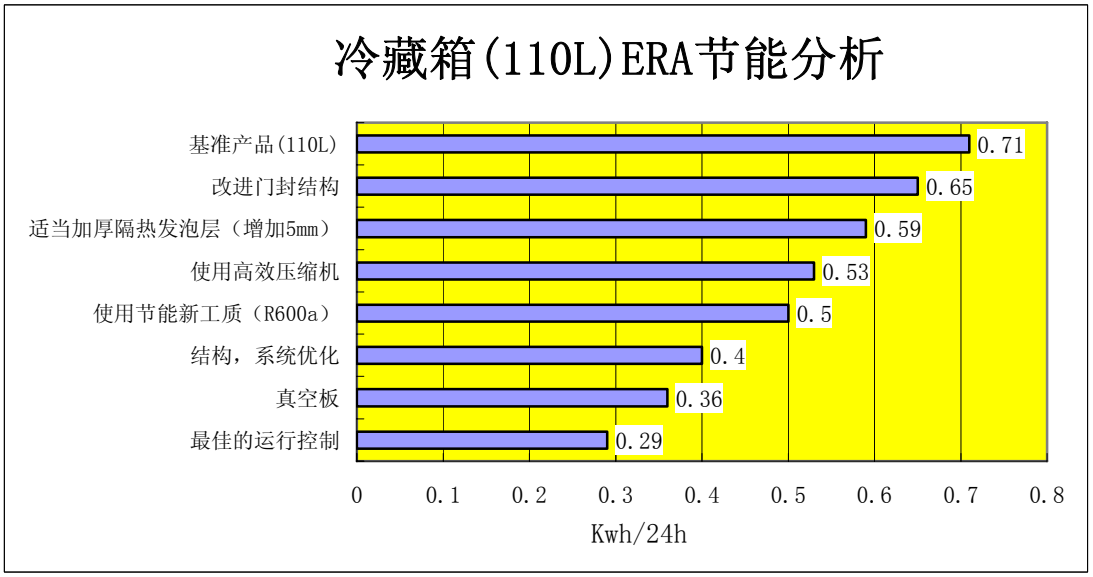


图 5-14 冷藏箱各节能措施依次累加后的能耗状况（CFCs 部分替代方案）

第五章　生命周期分析和新标准的节能效果预测

第一节　生命周期分析

采用了上文提出的节能措施后，冰箱的能耗降低了，但同时成本也上升了。通常要分析提高能效比对消费者的经济影响，主要计算产品的回收期和寿命周期成本。

一、回收期

消费者购买高能效产品时，用减少的运行成本（OC）补偿多支付的购买费用（PC）所需要的时间，称为回收期。回收期等于购买价格的增加部分和安装成本与每年运行费用的减少部分（包括耗能费用和维护费用）之比。回收期小于设备的使用寿命就意味着价格的增加部分被减少了的运行费用抵消了。

回收期可以用两种方法计算：第一种方法是通过工程分析对基准产品的各种设计方案进行计算，所得到的综合回收期；第二种方法则是在不实施标准的情况下，列出可能采用的设计方案，根据其分布计算回收期。

回收期按如下公式计算

$$PBP = \frac{\Delta PC + \Delta IC}{\Delta OC - \Delta MC} \tag{6-1}$$

式中：PBP—回收期，yr；

ΔPC—相对于基准型号，本设计方案所增加的购买费用，Yuan；

ΔIC—相对于基准型号，本设计方案所增加的安装费用，Yuan；

ΔOC—相对于基准型号，本设计方案所减少的运行费用，Yuan；

ΔMC—相对于基准型号，本设计方案所增加的维护费用，Yuan

一般情况下，为简化计算，可将安装费用并入购买费用，维护费用并入运行费用。那么上式可简化为

$$PBP = \frac{\Delta PC}{\Delta OC} \tag{6-2}$$

其中，购买费用为

$$\Delta PC = (MFC_{design-option} - MFC_{baseline-unit}) \cdot MU \quad (6\text{-}3)$$

式中：$MFC_{design-option}$—采用本设计方案的制造成本，Yuan；

$MFC_{baseline-unit}$—基准型号的制造成本，Yuan；

MU—从制造商至零售商的差价，Yuan

运行成本可由下式计算

$$\Delta OC = (AEC_{baseline-unit} - AEC_{design-option}) \cdot ELEC \quad (6\text{-}4)$$

式中：$AEC_{design-option}$—本设计方案的单机年能耗，kWh/yr；

$AEC_{baseline-unit}$—基准型号的单机年能耗，kWh/yr；

$ELEC$—电价，Yuan/kWh

二、生命周期成本分析

生命周期成本（LCC）就是购买成本与在产品寿命周期（N，单位为年）内经过折现的年运行费用之和。与回收期相比，生命周期成本包括两个附加因素：电器的使用寿命和折现率。计算 LCC 时应考虑到颁布标准那年的投入，用折现率来决定产品在未来的使用中能源节约量的现行价值。它的计算如下

$$LCC = PC + \sum_{i=1}^{N} \frac{OC}{(1+DR)^i}$$

（6-5）

式中：DR—折现率，%

若运行费用是常量，则上式可简化为

$$LCC = PC + PWF \cdot OC$$

（6-6）

式中：PWF—现有价格因素，按如下公式计算

$$PWF = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{(1+DR)^i} = \frac{1}{DR}\left[1 - \frac{1}{(1+DR)^N}\right]$$

（6-7）

三、计算结果分析

制造成本、回收期及 LCC 的计算结果归纳于表 6-1～6-6。这些表说明，除了将现行的发泡剂由 CFC-11 改为环戊烷外，其余的措施都能达到不同程度的节能效果。对制造成本、回收期和 LCC 及它们的关系进行分析，可得到如下一些结论：

（1）改进门封结构、适当加厚发泡层、使用较高效压缩机及使用节能新工质这些措施的采用，成本增加并不多，但已获得了较为理想的节能效果。对于冷藏冷冻箱，无论是在 CFCs 完全替代情况下还是部分替代情况下，当这些措施都采用后，都可达到最低的 LCC，并且回收期都不超过 3 年，前一情况下冷藏冷冻箱的零售价增长 555 元，后一情况下则增加 275 元。可以认为这是制造商及消费者都能接受的最佳范围。冷冻箱和冷藏箱的分析结果与此相似，所不同的是，需进行结构系统优化后，它们才能达到最低的 LCC。对于 CFCs 完全替代方案，冷冻箱在 LCC 最小时的回收期是 3.0 年，价格增加 644 元；冷藏箱在 LCC 最小时的回收期是 4.6 年，价格增加 552 元。对于 CFCs 部分替代方案，冷冻箱在 LCC 最小时的回收期是 3.2 年，价格增加 420 元；冷藏箱在 LCC 最小时的回收期是 5.0 年，价格增加 341 元。可以看出，这两种方案各有优势，前者回收期较短，但价格增加较多，而后者恰好相反。

（2）发泡剂改为环戊烷后，冰箱的能耗上升，它的使用完全是从环境保护的角度考虑，因此若采用这一措施，必须与其他节能措施联合使用。

（3）结构系统优化、真空板和最佳运行控制这几项措施的成本相对较高，但最终获得的节能效果是理想的，且它们的回收期都在电冰箱的寿命期内。在 CFCs 完全替代方案下，冷藏冷冻箱在各项措施都采用的情况下再采用最佳运行控制将使 LCC 比基准产品的多 195 元；冷冻箱所有措施都采用后的 LCC 也比基准产品的少；而冷藏箱的情况与它们的有较大差别，当最后采用最佳运行控制这项措施后，不仅 LCC 比基准产品的多 415 元，而且回收期达到了 11.3 年，几乎等于产品的寿命，故综合考虑，冷藏箱不宜使用这项技术。在 CFCs 部分替代方案下，冷藏冷冻箱和冷冻箱不管采用多少项措施，它们的 LCC 都比基准产品的小；但冷藏箱的情况则与前一方案的类似，建议此时冷藏箱不使用最佳运行控制这项技术。

（4）虽然电冰箱的生产成本及价格随节能措施地不断增加而升高，但最终还是在合理的范围内。因此尽可能降低冰箱的能耗不仅技术上能够实现，而且在经济上也具有可操作性。

表 6-1　冷藏冷冻箱节能途径经济性分析（CFCs 完全替代方案）

序号	节能改进途径（描述、具体数据）	制造成本增加（元）	所使用压缩机效率 COP	节能百分数（与前一项措施相比）（%）	计算耗电量（kWh/24h）	零售价（元）	运行费用（元/年）	回收期（年）	LCC（元）
0	基准产品(220L)	0	1.2	—	1.20	2200	263	0	4405
1	改进发泡材料和工艺	140	1.2	-8	1.30	2480	285	—	4868
2	改进门封结构	8	1.2	10	1.17	2496	242	0.4	4524
3	适当加厚隔热发泡层（增加 5mm）	12	1.2	8	1.08	2520	237	0.8	4506
4	使用较高效压缩机	30	1.42	14	0.93	2580	204	1.2	4290
5	使用高效压缩机	87	1.7	11	0.83	2754	182	2.7	4279
6	使用节能新工质（R600a）	0.5	1.7	8	0.76	2755	166	2.3	4146
7	结构，系统优化	120	1.7	15	0.65	2995	142	3.6	4185
8	真空板	150	1.7	10	0.59	3295	129	5.2	4377
9	最佳的运行控制	250	1.7	25	0.44	3795	96	7.0	4600

表中　1）基准产品可从市场中选择

2）途径 2 是在途径 1 的基础上继续改进，依此类推。

表 6-2 冷冻箱节能途径经济性分析（CFCs 完全替代方案）

序号	节能改进途径（描述、具体数据）	制造成本增加（元）	所使用压缩机效率 COP	节能百分数(与前一项措施相比)（%）	计算耗电量（kWh/24h）	零售价（元）	运行费用（元/年）	回收期（年）	LCC（元）
0	基准产品(202L)	0	1.33	—	1.29	1600	283	0	3972
1	改进发泡材料和工艺	140	1.33	-8	1.39	1824	304	—	3635
2	适当加厚隔热发泡层（增加 10mm）	25	1.33	15	1.18	1864	258	0.9	4026
3	采用较高效压缩机	30	1.46	8	1.09	1912	239	1.4	3915
4	采用高效压缩机	87	1.7	10	0.98	2051	215	2.6	3853
5	使用节能新工质（R600a）	0.5	1.7	5	0.93	2052	204	2.3	3762
6	结构，系统优化	120	1.7	20	0.74	2244	162	3.0	3602
7	真空板	150	1.7	10	0.67	2484	147	4.2	3716

8	最佳的运行控制	250	1.7	20	0.54	2884	118	5.7	3873

表中　1）基准产品可从市场中选择

2）途径 2 是在途径 1 的基础上继续改进，依此类推。

表 6-3　冷藏箱节能途径经济性分析（CFCs 完全替代方案）

序号	节能改进途径（描述、具体数据）	制造成本增加（元）	所使用压缩机效率 COP	节能百分数（与前一项措施相比）（%）	计算耗电量（kWh/24h）	零售价（元）	运行费用（元/年）	回收期（年）	LCC（元）
0	基准产品(110L)	0	1.33	—	0.71	1000	156	0	2307
1	改进发泡材料和工艺	140	1.33	-8	0.77	1210	169	—	2626
2	改进门封结构	8	1.33	9	0.70	1222	153	0.8	2504
3	适当加厚隔热发泡层（增加 5mm）	12	1.33	10	0.63	1240	138	1.0	2396
4	使用高效压缩机	87	1.7	10	0.57	1371	125	3.7	2419
5	使用节能新工质（R600a）	0.5	1.7	5	0.54	1372	118	3.2	2361
6	结构，系统优化	120	1.7	20	0.43	1552	94	4.6	2340
7	真空板	150	1.7	10	0.39	1777	85	6.8	2489
8	最佳的运行控制	250	1.7	20	0.31	2152	68	11.3	2722

表中　1）基准产品可从市场中选择

2）途径 2 是在途径 1 的基础上继续改进，依此类推。

表 6-4　冷藏冷冻箱节能途径经济性分析（CFCs 部分替代方案）

序号	节能改进途径（描述、具体数据）	制造成本增加（元）	所使用压缩机效率 COP	节能百分数（与前一项措施相比）（%）	计算耗电量（kWh/24h）	零售价（元）	运行费用（元/年）	回收期（年）	LCC(元)
0	基准产品(220L)	0	1.2	—	1.2	2200	263	0	4405
1	改进门封结构	8	1.2	10	1.08	2216	237	0.6	4203
2	适当加厚隔热发泡层（增加 5mm）	12	1.2	8	1.00	2240	219	0.9	4076
3	使用较高效压缩机	30	1.42	14	0.86	2300	188	1.3	3876
4	使用高效压缩机	87	1.7	11	0.77	2474	169	2.9	3891
5	使用节能新工质（R600a）	0.5	1.7	8	0.71	2475	155	2.5	3774
6	结构，系统优化	120	1.7	15	0.60	2715	131	3.9	3813
7	真空板	150	1.7	10	0.54	3015	118	5.6	4004
8	最佳的运行控制	250	1.7	25	0.41	3515	90	7.6	4269

表中　1）基准产品可从市场中选择

2）途径 2 是在途径 1 的基础上继续改进，依此类推。

表 6-5 冷冻箱节能途径经济性分析（CFCs 部分替代方案）

序号	节能改进途径（描述、具体数据）	制造成本增加（元）	所使用压缩机效率 COP	节能百分数（与前一项措施相比）（%）	计算耗电量（kWh/24h）	零售价（元）	运行费用（元/年）	回收期（年）	LCC（元）
0	基准产品(202L)	0	1.33	—	1.29	1600	283	0	3972
1	适当加厚隔热发泡层(增加 10mm)	25	1.33	15	1.10	1640	241	0.95	3660
2	采用较高效压缩机	30	1.46	8	1.01	1688	221	1.4	3540
3	采用高效压缩机	87	1.7	10	0.91	1827	199	2.7	3495
4	使用节能新工质（R600a）	0.5	1.7	5	0.87	1828	191	2.5	3429
5	结构，系统优化	120	1.7	20	0.70	2020	153	3.2	3302
7	真空板	150	1.7	10	0.63	2260	138	4.6	3416
8	最佳的运行控制	250	1.7	20	0.50	2660	110	6.1	3582

表中 1）基准产品可从市场中选择

2）途径 2 是在途径 1 的基础上继续改进，依此类推。

表 6-6 冷藏箱节能途径经济性分析（CFCs 部分替代方案）

序号	节能改进途径（描述、具体数据）	制造成本增加（元）	所使用压缩机效率 COP	节能百分数（与前一项措施相比）（%）	计算耗电量（kWh/24h）	零售价（元）	运行费用（元/年）	回收期（年）	LCC（元）
0	基准产品(110L)	0	1.33	—	0.71	1000	156	0	2307
1	改进门封结构	8	1.33	9	0.65	1012	142	0.85	2202
2	适当加厚隔热发泡层（增加 5mm）	12	1.33	10	0.59	1030	129	1.1	2111
3	使用高效压缩机	87	1.7	10	0.53	1160	116	4.0	2132
4	使用节能新工质（R600a）	0.5	1.7	5	0.50	1161	110	3.5	2083
5	结构，系统优化	120	1.7	20	0.40	1341	88	5.0	2078
7	真空板	150	1.7	10	0.36	1566	79	7.4	2228
8	最佳的运行控制	250	1.7	20	0.29	1941	64	10.2	2477

表中　1）基准产品可从市场中选择

2）途径 2 是在途径 1 的基础上继续改进，依此类推。

第二节　新标准的节能及环保效果预测

一、能源节约量预测模型

计算起始时间从 2003 年开始，截止 2007 年。在计算生存因子时，设备的使用寿命假设为 12 年。

1．报废函数

报废函数，也称生存曲线，可用来估计设备的报废率。若认为报废函数是线性的，那么在设备平均寿命的 2/3 时期内，没有设备报废；而在平均寿命的 4/3 时期后，所有设备都报废。这一函数可用文字描述：

若使用时间＜平均寿命×2/3，那么所有设备均完好；

若平均寿命×2/3＜使用时间＜平均寿命×4/3，那么设备报废的百分比为 1-2×使用时间×1.5/平均寿命；

若使用时间＞平均寿命×4/3，那么所有设备均报废。

2．设备生存因子

如果要预测节能量的年份标准有效，并且该年份在设备的 2/3 寿命期内，则生存因子为 100%；如果该年份超过 4/3 寿命期，则生存因子为 0；其他情况可用下式计算

$$SSF_j^a = 1 - \frac{(Ytc_i^a - Ysh_j^a) - (2/3)L^a}{(4/3 - 2/3) \times L^a}$$

（6-8）

式中：SSF_j^a—设备 a 在 j 年的生存因子，%；　L^a—设备 a 的寿命，yr；

Ytc_i^a—要预测节能量的年份，yr；　Ysh_j^a—设备销售的当年，yr。

3．设备保有量

设最初市场上没有设备 a 销售，也没有用户使用设备 a。从 s 年开始有了设备 a 的销售和使用，那么在在 s+1，s+2，…年后，设备 a 的数量不断增加，但因为每年都有设备报废，因此增加量不是每年销售量的简单加和，要考虑设备生

存因子的影响。也就是说，保有量是当年的销售量加上历年销售仍在当年使用的设备数，设备保有量按下式计算

$$St_i^a = \sum_{j=s}^{i} Sh_j^a \times SSF_j^a$$

（6-9）

式中：St_i^a—设备 a 在 i 年的保有量，$i \geqslant s$

4．标识节能量

$$UES_l^a = SEC_b^a - LEC_l^a$$

（6-10）

式中：UES_l^a—单台设备实施标识当年的节能量，kWh/yr；

SEC_b^a—基准冰箱的单台能耗，kWh/yr；

LEC_l^a—实施标识后的单台能耗，kWh/yr。

5．实施标识后第 *i* 年的节能量

$$ES_i^a = \sum_{j=l}^{i} Sh_j^a \times SSF_j^a \times UES_l^a$$

（6-11）

6．污染物及温室气体的减排预测

CO_2、NO_x、SO_2 及粉尘排放的减少量都是能源节约量的函数，表达式如下。当年减排量：

$$ER_{i,p}^a = ES_i^a \times Em_p$$

（6-12）

累计减排量：

$$ER_{cum,i,p}^a = \sum_{j=l}^{i} ER_{i,p}^a$$

（6-13）

式中：$ER_{i,p}^a$——设备在 i 年物质 p 的减排量，kg；

Em_p——物质 p 的排放系数，kg/kWh；

$ER^{a}_{cum,i,p}$——设备 a 累计至 i 年物质 p 的减排量，kg。

二、预测结果

1．计算参数的设定

我们仅以冷藏冷冻箱为例来说明节能的效果。基准冷藏冷冻箱的能耗为 1.2kWh/d，故 SEC_b＝438kWh/yr；标识能耗取三个等级计算，归纳于表 6-7。由于只预测未来 5 年，设备生存因子为 1。假定 2003 实施标识，由于此前进入市场的产品不受标识的制约，所以只预测 2003 年以后的新产品的节能状况。预测污染物及温室气体的减排量时使用以下排放系数：碳 339g/kWh，氮化物 4.07 g/kWh，硫化物 53.10g/kWh，固体颗粒 24.80g/kWh。

表 6-7 冷藏冷冻箱标识年能耗（kWh/yr）

等级	1	2	3
耗电量	204.40	290.18	339.45

2．计算结果及分析

节能量预测结果见图 6-1。

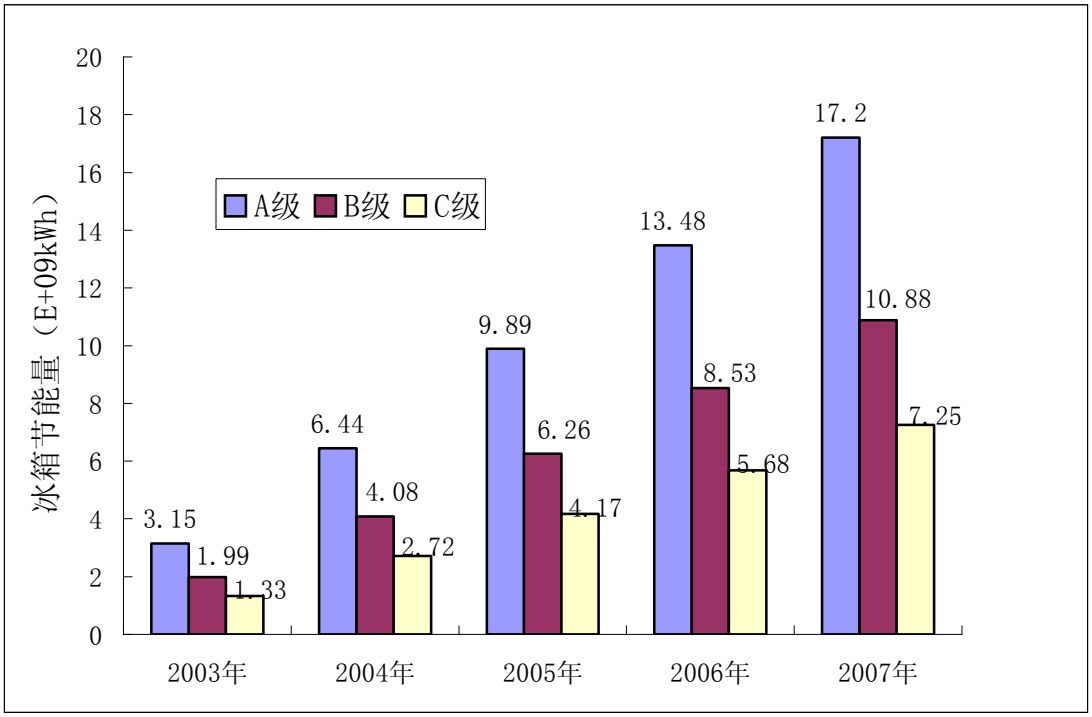


图 6-1 电冰箱能效等级的节能量预测

由上图可看出： 1 级标识 5 年累计节能 50.16×10^9kWh，B 级标识累计节能 31.74×10^9kWh。

以上数字表明，能效标识所带来的节能效果是巨大的，可作一形象的说明，设火电厂的年运行时间为 6000 小时，若实施 B 级标识，则相当于 5 年内少建 6 座 1000MW 的火电厂；若实施 1 级标识，则相当于 5 年内少建 9 座 1000MW 的火电厂。在化石燃料是主要能源的今天，节能即意味着环保。图 6-2～6-5 为未来 5 年几种主要污染物及碳的减排量预测结果。

图 6-2 氮化物减排量预测

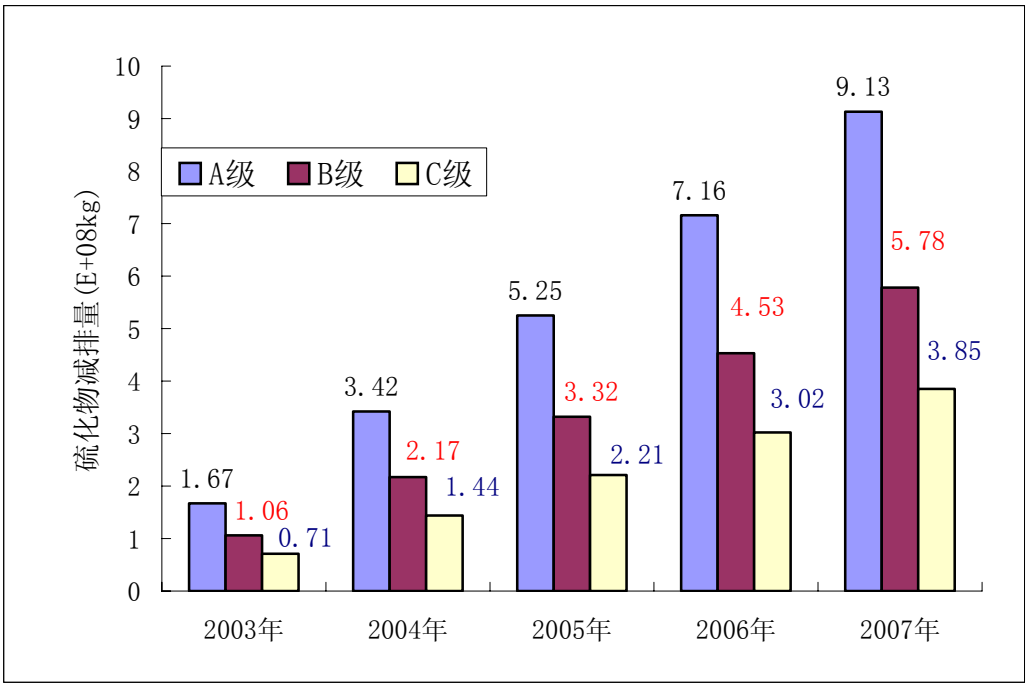


图 6-3 硫化物减排量预测

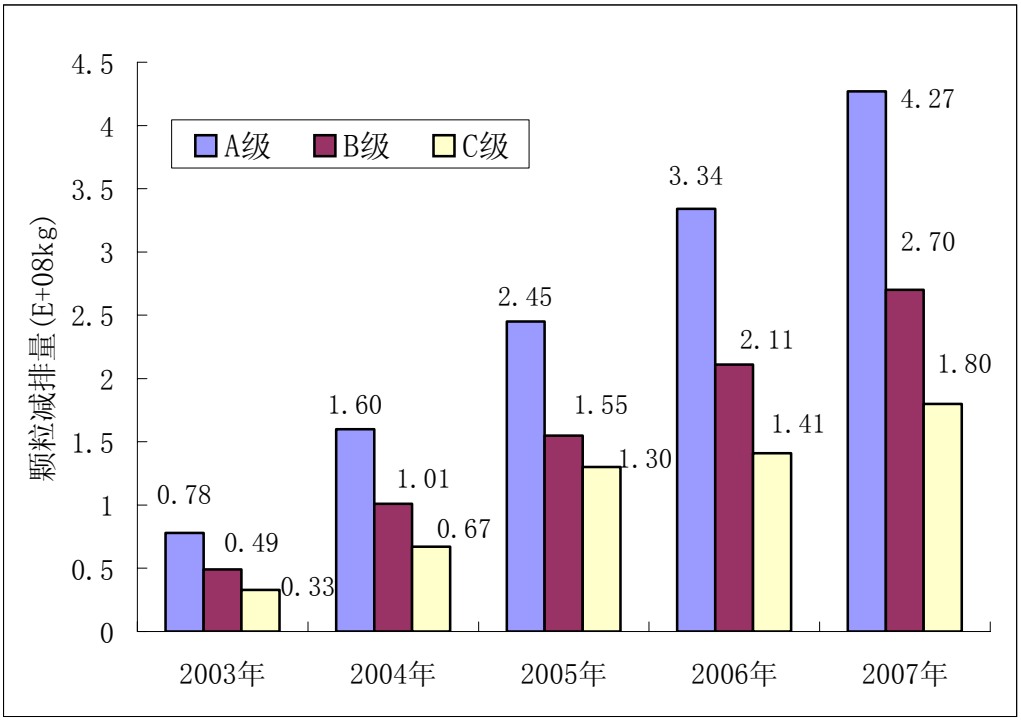


图 6-4 颗粒物减排量预测

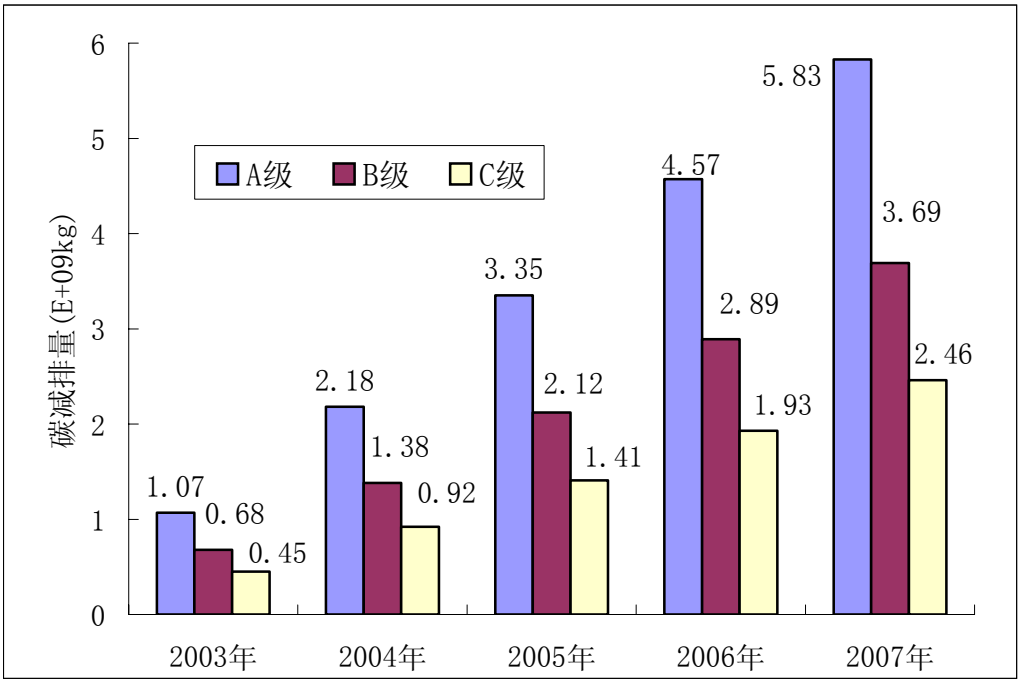


图 6-5 碳减排量预测

通过计算可知，实施 1 级标识，5 年累计可减排氮化物 20.40×10^4 吨，硫化物 26.63×10^5 吨，固体颗粒 12.44×10^5 吨，碳 17.00×10^6 吨（相当于 2000 年中

国排放量的 2.1％）；若实施 B 级标识，5 年累计可减排氮化物 12.92×10^4 吨，硫化物 16.86×10^5 吨，固体颗粒 7.86×10^5 吨，碳 10.76×10^6 吨（相当于 2000 年中国排放量的 1.3％）。

第六章　新的家用电冰箱能效标准文本及解释

第一节　《家用电冰箱耗电量限定值及能源效率等级》国家能效标准文本

1　范围

本标准规定了家用电冰箱(以下简称电冰箱)耗电量限定值、能源效率等级与节能评价值判定方法、耗电量试验方法及检验规则。

本标准适用于 500L 及以下的电机驱动压缩式电冰箱。容积超过 500L 的同类型电冰箱可参照本标准的技术要求。

2　规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修订单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新的版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T2828　　逐批检查计数抽样程序及抽样表（适用于连续批的检查）

GB/T2829　　周期检查计数抽样程序及抽样表（适用于生产过程稳定性的检查）

GB/T8059.1　家用制冷器具　冷藏箱

GB/T8059.2　家用制冷器具　冷藏冷冻箱

GB/T8059.3　家用制冷器具　冷冻箱

GB/T8059.4　家用制冷器具　无霜冷藏箱、无霜冷藏冷冻箱、无霜冷冻食品储藏箱和无霜食品冷冻箱

3　术语和定义

本标准采用下列术语和定义。

3.1

耗电量限定值 the maximum allowable value of energy consumption

电冰箱在稳定运行状态下运行 24 小时耗电量的最大允许值。

3.2

调整容积 adjusted volume

电冰箱不同类型间室有效容积的加权和。

3.3

能源效率标识 energy label

能源效率标识（简称能效标识）是贴在电冰箱产品上的一种信息标签，表明产品能源消耗量和能源效率等级。

3.4

能源效率指数 energy efficiency index

能源效率指数(简称能效指数)是电冰箱耗电量实测值与耗电量限定值之比。

3.5

能源效率等级　energy efficiency grade

能源效率等级（简称能效等级）是表示电冰箱产品能源效率高低差别的一种分级方法，依据电冰箱能效指数的大小确定，分成 1、2、3、4 和 5 五个等级，1 级所表示能源效率最高。

3.6

额定能源效率等级 rated energy efficiency grade

由生产厂家规定的电冰箱能源效率等级。

3.7

节能评价值 the evaluating values of energy conservation

达到节能认证产品所允许的最大耗电量。

4 耗电量限定值

4.1 电冰箱的实测耗电量

根据 GB/T8059.1～4 中的产品抽样方案，抽取三台样品，测试耗电量，取其平均值为该产品的实测耗电量。

4.2 电冰箱调整容积的计算

电冰箱调整容积按照式(1)计算：

$$\mathbf{V_{adj}} = \sum_{c=1}^{n} \mathbf{V_c} \times \mathbf{F_c} \times \mathbf{W_c} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

式中：

$\mathbf{V_{adj}}$ — 调整容积，单位为升（L）；

n — 电冰箱不同类型间室的数量；

$\mathbf{V_c}$ — 某一类型间室的有效容积，单位为升（L）；

$\mathbf{F_c}$ — 常数，电冰箱中采用无霜系统制冷的间室等于 1.4，其他类型间室等于 1.0；

$\mathbf{W_c}$ — 各类型间室的加权系数，见表 1。

表 1 电冰箱各类型间室的加权系数 $\mathbf{W_c}$

间室类型	冷藏室	冷却室	冰温室	1 星级室	2 星级室	3 星级室	冷冻室
$\mathbf{W_c}$	1.00	0.75	1.25	1.55	1.85	2.15	2.15

对于表 1 中未包含的间室类型，其加权系数 $\mathbf{W_c}$ 则按下式计算：

$$W_c = \frac{25 - T_c}{20} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

式中：

$\mathbf{T_c}$ -- 某一类型间室的设计温度，单位为摄氏度（℃）。

4.3 电冰箱耗电量限定值的计算

电冰箱的耗电量限定值按照式(3)计算：

$$E_{\max} = (M \times V_{adj} + N)/365 \quad \text{.....(3)}$$

式中:

$\mathbf{E}_{\max}$ --耗电量限定值，单位千瓦时每 24 小时（kW.h/24h）;

M -- 参数，单位为千瓦时每升（kW.h/L）；其值从表 2 查得；

N -- 参数，单位为千瓦时（kW.h）；其值从表 2 查得。

电冰箱产品的实测耗电量应不大于$\mathbf{E}_{\max}$值，否则，为不合格。对于具有可变温间室的电冰箱，分别测试不同设定温度条件下的耗电量，各测试结果均应满足相应类别的耗电量限定值要求。

表 2 M、N 取值

序号	类别	M	N
1	无星级室的冷藏箱	0.221	233
2	带 1 星级室的冷藏箱	0.611	181
3	带 2 星级室的冷藏箱	0.428	233
4	带 3 星级室的冷藏箱	0.624	223
5	冷藏冷冻箱	0.697	272
6	冷冻食品储藏箱	0.530	190
7	食品冷冻箱	0.567	205

5 能源效率等级判定方法

5.1 能效指数的计算

能效指数 η=实测耗电量/耗电量限定值$\mathbf{E}_{max}$ ×100%.....(4)

5.2 能源效率等级的判定

根据计算得到的能效指数查表 3，判定该产品的能源效率等级，此能效等级不应低于该产品的额定能源效率等级。对于可变温间室，分别计算不同设定温度条件下的能效等级，均不应低于该产品的额定能源效率等级。

在产品能效标识中，耗电量的标注值应不大于该产品额定能效等级的耗电量要求。

表 3　电冰箱能源效率等级

能效指数	能源效率等级
η≤ 55%	1
55%< η≤65%	2
65%< η≤80%	3
80%< η≤ 90%	4
90%< η≤ 100%	5

6 节能评价值

电冰箱的节能评价值按照式（5）计算。

节能评价值=耗电量限定值$\mathbf{E}_{max}$ ×65%　……..（5）

当电冰箱的实测耗电量小于或等于节能评价值时，判定该批产品的耗电量指标符合节能产品认证的技术要求。

7 耗电量的试验方法

7.1 试验条件

对所有气候类型的电冰箱(N、SN、ST、T 型)，测试时环境温度均设定为 25 ℃，其他试验条件应符合 GB/T8059.1~4 中的有关规定。

7.2 测量仪器

按照 GB/T8059.1~4 中型式检验对仪器的要求，选用测量仪器。

7.3 试验方法

按 GB/T8059.1~4 中的耗电量试验方法进行。

8 检验规则

8.1 出厂检验

8.1.1 耗电量限定值应作为电冰箱出厂检验项目。检验方案根据 GB/T2828 和 GB/T2829 由生产厂家质量检验部门自行决定。

8.1.2 经检验认定为不合格的产品，不允许出厂。

8.2 型式检验

8.2.1 电冰箱在下列情况之一时,应进行型式检验:

a) 试制的新产品;

b) 当产品在设计、工艺或所用材料有重大改变时;

c) 连续生产中的产品，每年不少于一次;

d) 时隔一年以上再生产时;

e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;

f) 国家质量监督部门提出进行型式检验的要求。

8.2.2 型式检验的抽样，每次抽三台，如发现有一台的耗电量不符合本标准的耗电量限定值要求时，应从该批产品中另抽出双倍数量重复检验，如仍有一台不符合要求时，则该批产品为不合格。

8.3 验收

订货方有权检查产品的耗电量是否符合本标准耗电量限定值的要求。

9 能源效率等级标识

9.1 生产厂家应根据本标准的要求，对其生产的产品进行耗电量和有效容积的检测。

9.2 生产厂家根据测试结果，确定产品的额定能源效率等级。

9.3 生产厂家应在其产品的说明书上注明该产品的额定能源效率等级、所依据的标准号。并依据中国家用电冰箱能效标识实施规则的规定，在产品的明显位置处进行粘贴。

附录 A

（规范性附录）

2007 年 7 月 1 日实施的家用电冰箱能效标准技术要求

A1. 耗电量限定值

电冰箱的耗电量限定值按照式(A1)计算

$$\mathbf{E}_{max} = (\mathbf{M} \times \mathbf{V}_{adj} + \mathbf{N}) / \mathbf{365} \quad \text{(A1)}$$

式中: $\mathbf{E}_{max}$ --耗电量限定值，单位为千瓦时每 24 小时（kW.h/24h）;

M -- 参数，单位为千瓦时每升（kW.h/L）；其值从表 A1 查得;

N -- 参数，单位为千瓦时（kW.h）；其值从表 A1 查得。

电冰箱的实测耗电量应不大于 $\mathbf{E}_{max}$ 值，否则，为不合格。

表 A1　M、N 取值

序号	类别	M	N
1	无星级室的冷藏箱	0.199	209
2	带 1 星级室的冷藏箱	0.550	163
3	带 2 星级室的冷藏箱	0.385	209
4	带 3 星级室的冷藏箱	0.562	201
5	冷藏冷冻箱	0.627	245
6	冷冻食品储藏箱	0.477	171
7	食品冷冻箱	0.510	185

第二节　相关问题及解释

在新标准施行过程中，许多冰箱生产厂家和消费者肯定会提出这样那样的问题，经过调查将对新标准的一些疑问进行了归纳汇总，并对这些问题给出了解释和回答。

1．为什么要施行新标准？

随着节能技术不断进步和市场需求的变化，结合国家发改委（原国家经贸委）国家能效标识工作和国家环保总局/GEF/UNDP“中国节能氟利昂替代冰箱广泛商业化的障碍消除”项目对标准的要求，实施新标准的目的是淘汰市场上高能耗产品、提高能效，促进我国能源效率标识制度的贯彻实施。可以引导市场，鼓励消费者选择高效产品，提高公众的节能与环保意识，推动节能与环保事业的发展，并逐步与国际电冰箱能效标准接轨。

2．新标准的实施是否具有强制性？

新标准是强制性实施，“耗电量限定值”一节为条款式强制，其他为推荐性的。可根据国家相关规章和管理办法进行。

3．新标准对老标准进行了哪些修改？

（1）根据目前家用和类似用途电冰箱市场的产销状况，新标准适度拓展了规定的产品适用范围。除延续了旧标准中的规定外，还说明产品有效容积超过500升的同类型家用电冰箱也可执行该标准。（2）新标准中增加了对电冰箱产品能源效率等级的规定。依据产品耗电量和有效容积的实际测试结果计算出来的能效等级数值，将电冰箱产品的耗能状况分为1、2、3、4和5五个等级，产品的节能水平以1级为最高，依次递减。（3）更加严格了对冰箱产品耗电量水平的限制。一是将能效指数从不得大于 115%降低为不得大于 100%。二是将节能产品的节能评价值（以能效指数表示的限定值）从小于 75%降低到小于 65%。（4）新标准同时调整了产品耗电量限定值计算公式中的关键计算系数。

4．新标准从何时实施？施行期限是多少？

新标准将于 2003 年 11 月 1 日开始正式实施，施行期限为 5 年。

5．能源效率标识是指什么？能效标识和节能认证标识有什么区别？

能源效率标识（简称能效标识），是指贴在家用电冰箱上的一种信息标签，表明产品耗电量和能源效率等级，使消费者在购买家用电冰箱时，能得到直观的耗电量和能源效率信息。节能产品认证标志是经节能产品认证中心对满足体系认证要求的生产企业、其产品达到节能认证指标后，所允许粘贴的标志，目前，节能认证产品范围包括：电冰箱、房间空调器、电加热器、彩电、微波炉等其它家电领域。

从标准方面看，能效标识的限定值和标准的五级划分，2 级以上产品是节能认证产品。从性质上看，能效标识是以自我声明为基础的强制性制度，节能产品认证是第三方机构的产品认证。

6．为什么选择电冰箱产品作为能效标准的第一个实施对象？

这是由电冰箱产品在我国节能工作中所处的重要地位决定的。从行业的发展状况来看：电冰箱行业在我国家电业中起步较早，产品已经比较成熟，产业规模也比较上档次。另外，从能耗方面考虑：电冰箱与其它电器不同，它一年四季都在使用。而且在家用电器中，电冰箱所占耗电量比例较大，节能潜力也较大。所以，在我国制订家电节能标准时，首先应该制订家用电冰箱能耗标准；在国际 GEF 合作项目中，电冰箱也是作为第一个产品。

7．新标准对电冰箱生产厂家有什么影响？

能够生产出达到能耗限定值的产品，是对企业的一个起码要求。实施新标准后，有利于规范家用冷藏冷冻箱的市场竞争，引导技术开发方向。。新标准推出以后，影响最大的是冷柜企业，这是由于冷柜产品的消费者主要是小商小贩，对产品的能耗要求不高，再加上冷柜的销售价格比较低，冷柜企业不愿在技术上过多投入，国内冷柜的能效水平普遍较低，所以实施新标准后，将对冷柜企业有较大影响。

8．新标准对消费者有什么影响？

新标准实施后，能够给消费者在选择产品时提供一个直接、明确的信息。可以直接判别产品的能效水平，进行横向比较，引导消费。

9．新标准的施行会对冰箱市场产生什么样的冲击？

新标准实施后，可以有效地规范电冰箱市场的竞争，促进优质优价体系的建立。能效水平高的产品，售价就应该高一些，相应的利润空间也比较大，有利于电冰箱生产厂家去开发技术含量比较高的产品。逐步提高我国电冰箱产品的市场竞争能力。

10．新标准能源效率标识以什么外观为标志？

能效标识为背面有粘性的彩色标签，信息内容包括品牌、产品型号、耗电量、能源效率等级、冷藏箱容积、冷冻室容积、依据的国家标准号、注册号等。顶部标有“中国能效标识”（CHINA ENERGY LABEL）字样。请参照国家颁布的管理办法执行。

11．应该以什么样的态度面对新标准的实施？

通过市场调查数据、实验室能效性能测试数据，分析标准中能效指标的合理性及对市场的指导作用；由电冰箱生产企业对能效指标的可行性进行技术验证，论证了企业的技术改进难度和相关影响。针对标准中指出的能效指标和能效等级，通过市场产品统计分析、节能设计方案的可行性研究，确定了标准的合理性。

结合我国目前的节能进展，企业的技术现状，要想达到新标准的要求还是不成问题的。关键是生产厂家要从根本上认识到施行新标准的目的，和由此而带来长远效果；而不能只考虑到眼前的成本问题，和产品在市场上的销售量。

12．能效等级的含义是什么？

1 等级是企业努力的目标；2 等级代表节能型产品的门槛；3、4 等级代表我国的平均水平；5 等级产品是未来淘汰的产品。

13．新标准与国外标准有什么区别？

欧盟的能效标识是将产品划分为 7 个能效等级，A、B、C、D、E、F 和 G。为了满足节能环保的需要，欧盟对电冰箱能效标识的等级进行修订，增加了 A+和 A++两个等级。此外，欧盟、美国等标准均对直立式和顶开式冰箱分别对待，且对两者能耗限定值的规定是不同的，新标准规定二者在能效水平的判定上，采用同一基准。

14．能源效率指数的概念？

电冰箱的能源效率指数（简称能效指数）是电冰箱耗电量实测值与耗电限定值之比。

15．直立式与顶开式冰箱的能耗有什么差异，是否采用同一标准？

从技术上讲，在使用中顶开式冰箱的耗电量要低一些， 从市场现状上讲，国内直立式冰箱的能耗水平要比顶开式好得多，顶开式的冰柜受成本的限制一般做得比较差，耗电量均比较大，部分冰柜厂可能连合格品都没有。理论上与实际情况正好相反，由于二者的功能完全相同，在能效水平的判定上，建议采用同一基准。

16．直冷式电冰箱和风冷电冰箱的能耗量有什么差别？新标准是如何处理的？

直冷式电冰箱采用串联蒸发器，单压缩机，单机械温控，结构简单、成本相对较低。风冷电冰箱采用强制空气循环冷却、自动化霜系统，使用方便，冷冻室无霜，制冷快，冷藏室具有保温功能等优点，在电冰箱领域一直占有一席之地，但由于有风扇电机、化霜加热器以及其它相关电器件的存在，使得其能耗比直冷式电冰箱较高。由于二者的市场状况、技术特点及价格上存在很大差异，能效标准通过修正系数来平衡二者的结构差异。

第七章　结论

第一节　电冰箱能效标准与标识的意义

初步分析，我国能源利用率只有 32%，比先进国家水平低 10%左右。如果按年销售量 900 万台计，产品能效每提高 10%，将会带来直接节电 90 亿度。我国是第 2 大能源消费国及第 2 大 CO_2 排放国，而且电冰箱的使用寿命长，一般都在十年以上。因此电冰箱的节能具有十分重要的意义。

氟里昂的大量使用对臭氧层产生了极大的破坏。国际社会为了保护大气臭氧层，于 1985 年，缔结了《保护臭氧层维也纳公约》，1987 年，缔结了《关于臭氧层物质的蒙特利尔议定书》是全球合作的开端。1992 年 11 月丹麦哥本哈根召开的第四次缔约国大会上，要求发达国家从 1996 年 1 月 1 日起停止使用 CFCs。1995 年，通过了维也纳修正案，规定了加速禁用时间表。1996 年 11 月在第八次缔约国大会上，进一步明确，发展中国家 CFC 类物质消耗量：99 年应冻结在 95-97 年的平均水平上，2007 年 1 月 1 日起削减 85%，2010 年 1 月 1 日，完全禁止在新生产的制冷设备中使用。冰箱等行业普遍使用的 R12 制冷剂，其对臭氧层有极大的破坏作用，直接影响着全球的生态环境。属于被禁止的行列。

电冰箱全年工作，总耗电量很大。在日本，消耗了 17%的住宅电能；在美国，电冰箱冷柜的用电量约占家庭用电的 16％；在欧洲约占 25％；在我国约占家庭耗电的 1/3 以上。电能的大量使用不仅使大气中温室气体 CO_2 的排量增加，而且还增加影响空气质量的氮化物、硫化物和总悬浮颗粒数。我国是第 2 大能源消费国及 CO_2 排放国，同时电冰箱的使用寿命一般都在十年以上，因此电冰箱的节能具有十分重要的意义。

目前，国际上已经有 38 个国家和地区开展能效标识的工作，80—90%采取了强制性的能效政策。家用电器的节能在各个国家受到了广泛的关注。许多国家都把电冰箱作为应限制能耗的产品，开展了有关电冰箱能效标准与标识的工作。早在 1962 年，波兰便在一系列工业电器中引入了现代社会的第一批强制性最低能效标准。法国政府在 1966 年和 1978 年分别制定了冷藏箱和冷冻箱标准。美国于 1976 年制定了冷藏箱及冷冻箱的强制性标准与标识。同年，德国指定了自愿

性标识。1978 年，加拿大也制定了强制性标准与标识。日本于 1979 年制定了强制性表示与自愿性标准。1981 年，台湾及澳大利亚也制定了相关的标准与标识。欧盟在 1995 年制定了强制性标准及标识。早期的工作主要集中在发达国家，到目前为止，已经有超过 37 个国家和地区实施了能源效率标致计划。比较著名的有美国的能源之星（ENERGY STAR）计划，由其能源部（DOE，Department of Energy）、环境保护署（EPA，Environment Protection Agency）与工业界发起组织。还有欧洲的节能计划（Save Program）组织。2003 年 7 月 3 日，欧盟委员会在原来五级划分的基础上，又正式通过了欧盟指令 94 / 2 / EC 修正案决议，对电冰箱的能效标识进行修改,新的电冰箱 A＋、A＋＋能效标识浮出水面。

通过能效标准、标识（SYMBOL）的实施，有效地推动了节能的进程，取得了不错的成绩。美国电冰箱的平均额定耗电量由 1972 年的 1725kwh / 年降到 1996 年的 661kwh / 年。其中，在 1990-1993 年间，第一次能效标准颁布后，新电冰箱平均能耗下降了 30%；2001 年颁布的新能效标准要求：电冰箱平均额定耗电量比 1993 年再降低 30%。欧洲在 1990 年至 1999 年期间，冰箱冰柜能耗下降 27%。日本电冰箱 1986 年能耗比 1973 年下降 66%。日本公布的 2004 年电冰箱节能目标与 1997 年相比再节能 30%。这些国家的经验表明，通过实施能效标准及标识，冰箱的能效水平能有较大幅度的提高，能效标准和标志计划对节能产品的开发、市场化和销售起到了促进作用。2000 年欧盟市场上电冰箱 20％的销售份额被节能效率最高的 A 级所占有，在某些市场这个数字甚至超过了 50％。图 8-1 则表明欧盟中高能效冰箱越来越受到了消费者的认同和欢迎。

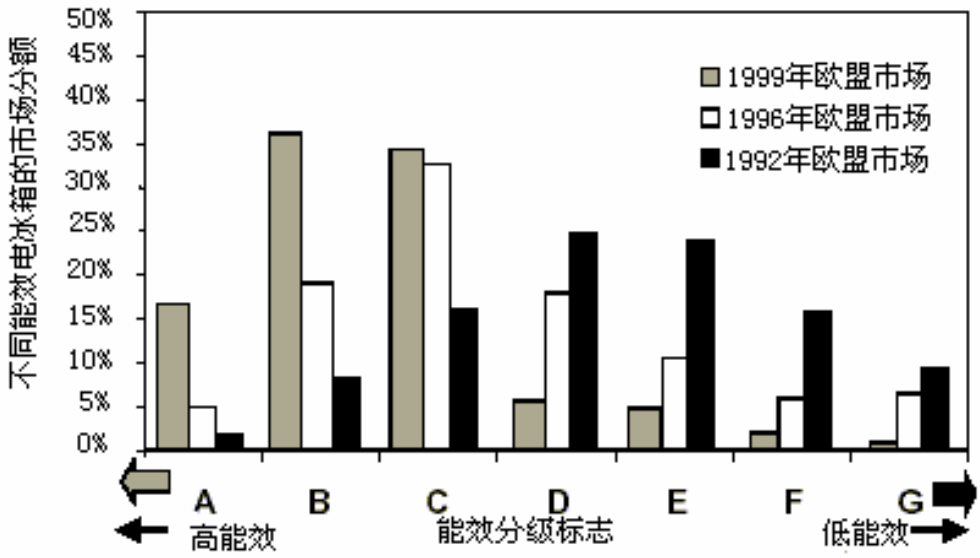


图 8-1 欧盟能效标识对电冰箱的影响

近年来许多发展中国家相继开展了这一工作。泰国于 1994 年实行了自愿性标识；新加坡于 1998 年实行了指令性标识；印尼在 1999 年制定了自愿性标识；菲律宾在 2000 年也实行了强制性标识。目前全球已有 40 多个国家和地区使用节能标识。实行节能政策将是全球冰箱类产品的发展趋势。

从 1999 年以来,中国节能产品认证中心在实施家用电冰箱产品节能认证工作时，一直以现行的冰箱节能国家标准作为检验产品的技术文件。但时至今日，在对大量入市的新产品进行能耗检测时，却发现这一标准的某些技术要求和规定同产品的现状不适应。从目前市场上节能认证检测的实际结果来看，绝大多数获得节能认证标志的产品，不为消费者认知，消费者在选购冰箱产品时，无法比较各种规格型号产品节能水平的高低。另一个事实是，早在 1994 年，欧盟就规定了电冰箱等家电产品必须加贴能耗标签,并将节能设置为技术壁垒,抬高门槛。目前欧盟家电能耗等级为 A 到 G 共 7 个等级，其中最高等级 A 级耗电量比同类产品节省 45％以上。修改后将在原有基础上对电冰箱、电冰柜能效标签引入 A＋和 A＋＋两个等级，对家用洗衣机的能效标签引入 A＋等级。新引入的 A＋等级耗电量将比同类产品节省 58％以上，A＋＋等级耗电量比同类产品节省 70％以上。通过引入这一标准，将使欧洲市场上的冰箱能耗平均值从现在的 70％左右降到小于 60％。而中国作为全球的家电生产基地，每年的出口量都在以超过 10 个百分点的速度增加。因此，我国生产的冰箱要想出口就必须要过节能关，这也是与国际接轨，否则就会被绿色壁垒挡住出口的道路。在未来的冰箱市场上，冰箱不节能就行不通。中国于 1989 年制定了强制性标准。我国已于 1997 年 11 月 1 日制定了节能法，并于 1998 年 1 月 1 日起执行。1999 年中国推出首批节能产品---电冰箱节能产品认证，取得不错的效果。两三年时间，市场电冰箱产品的平均耗电量下降了 30%以上，绝大多数产品均达到了节能标准。随着我国经济的迅速发展，家电产品进出口贸易大大增加，提高产品的能源效率，与国际接轨，已经刻不容缓。虽然在 1989 年就制定了电冰箱的能效标准，但多年来并未很好的执行，而且随着时间的推进，标准已显陈旧，需要进行更新，同时制定符合国情的能效标识，以跟上时代要求。实行新的电冰箱能效标识是大势所趋，目前我国已经充分认识到了其紧迫性和重要性，新的电冰箱能效标准将要推出。

从欧盟再次修订能效标识和指标的演变可以看出，其能效标识的等级正在稳

步提升，从之前的 A 级能效指数 55％到目前的 A＋＋级能效指数低于 30％，应当说是一个极大的飞越。事实上，从 1996 年到 2000 年，经过优化设计的家用电冰箱能效指数已经提高了 30％多。另一方面，从销售情况看，这反映出欧盟电冰箱节能技术的发展和产品的进步。同时，其立法工作的高效性、及时性也是值得我们借鉴的。

欧盟是我国电冰箱出口的主要区域之一，由于欧盟市场上电冰箱的销售价格直接与能效等级相对应，所以节能冰箱不仅环保，而且附加值较高。因此，不断缩小我国电冰箱能效等级与国外先进水平的差距，对于环保事业以及增强国产冰箱在海外市场的竞争能力无疑都是非常重要的。

各大品牌节能冰箱纷纷应市因为已将能效标识制度的实施视为无氟冰箱后的又一契机，新飞对冰箱的节能不惜重金，近两年来，在此方面投入已超过 2 亿元。海尔、西门子、伊莱克斯等品牌也相继推陈出新，加紧了对节能冰箱的开发力度，其中海尔据称已有 6 种型号通过了欧洲的Ａ＋节能标准，伊莱克斯和西门子由于其欧洲背景，传统上就一直比较重视冰箱节能的研发推广。

第二节　实施电冰箱能效标准与标识的预期结果

节能冰箱如果广泛运用，在未来的 10 年中，电冰箱能源效率将提高 40%，为国家节约 100 亿元，为消费者带来 600 亿元的实惠，减少 1200 亿度的耗电量。若节约的这些电量全部来自煤电,则相当于节约 7170 万吨原煤,减排 1.426 亿吨二氧化碳,对减缓全球气候变暖具有重要意义。以未来 15 年计算,上述 1.3 亿台如果全部换为节能冰箱,每台节省用电四分之一,那么,所节省用电的数量就相当于葛洲坝水电站年发电量的一半以上。不但如此，它的使用，每年可减少二氧化碳排放达 1360 吨。

曾有市场人士担心，节能冰箱因其成本增加价格较一般冰箱为贵，导致消费者一次性购买费用上升，在市场接受程度方面可能遇到阻碍，但中国家电协会日前结束的六大城市节能冰箱调查为此解开了疑惑。该项调查显示：作为市场风向标的一线城市中，北京、上海、广州、杭州等地消费者已经有了较高的节能意识，节能冰箱开始在这些城市步入热销状态。

2003 年 4 月份，新飞“欧洲能效 A＋”冰箱在上海上市，在一周内，被以精明著称的上海人抢购 500 多台，后来竟然出现样机也被抢购的局面。2003 年 5 月份，新飞公司“欧洲能效 A＋”冰箱生产线接到紧急通知：要开足马力，全线加速，将日产量再增加 500 台。

实行能效标识制首先能够给消费者在选择产品时提供一个直接、明确的消息。目前，由于我们国家现在还没有实行能效标识，普通消费者直接无法判别产品的能效水平，也很难进行横向的比较。在国家有关部门的正确引导下，同时伴随着环境的日益恶化，科学、理性的消费态度已经蔚然成风，消费者对于冰箱的能量消耗也有了更高的要求，节能冰箱也在此时应运而生。因此可以说，消费者对于节能冰箱的需求是我国节能冰箱业发展的原动力。而节能冰箱之所以大行其道，是因为它在一定程度上顺应了广大消费者在购买产品时科学的消费行为和价值取向。据调查，在全国一些大中城市，虽然人们对于节能冰箱的接受程度略有不同，但是节能冰箱已经凭借其节能省电的优点，表现出巨大的市场亲和力和号召力，并得到了人们的认可。因此，不断缩小我国电冰箱能效等级与国外先进水平的差距对于环保事业以及增强国产冰箱在海外市场上的竞争能力无疑都是非常重要的。 围绕“节能”这一主题，进一步与国际标准接轨的节能冰箱将大行其道；反之，那些高能耗、无法实现“节能技术”升级的产品将不可避免地彻底淘汰出局。

对消费者而言，公众的环保与节能意识有待增强，目前中国消费者还比较看重购买冰箱的初次购买成本，忽视冰箱寿命期的使用成本即节能效益；在销售商方面，销售商担心价格升高会造成节能冰箱的积存，对销售节能冰箱积极性还不是很高，而目前的冰箱能效标准对冰箱节能的约束不够，对生产商和供应商不构成立即采用节能措施的压力；其三，从生产商角度看，由于制造节能冰箱需要更高的技术水平和先进的生产设施，因此对于工厂来说需要技术支持和资金的投入，而对于消费者来说，购买节能冰箱比普通冰箱意味着初期支出增加。凡此种种，客观上形成了节能冰箱的市场障碍。

我们可以算出一笔账：以新飞 BCD268(268 升)电冰箱为例,其日耗电量约为 0.6 度,而普通型产品日耗电量约为 1.5 度；按电价每度 0.6 元计,一台冰箱寿命 12 年，则购买节能冰箱比普通冰箱节省电费 2365 元。也就是说,买 1 台节能冰箱可

能要多花二三百元,但使用 1 年半后就可以把这些钱省出来。事实上,中国家电协会新近刚结束的对国内六大城市节能冰箱的有关调查,已为此解开了种种疑虑。该项调查显示:作为国内家电产品市场风向标的一线城市中,北京、上海、广州和杭州等地的消费者已经有了较高的节能意识,节能冰箱开始在这些城市步入热销状态；南京、天津两地消费者对节能冰箱的热情稍逊,不过主要原因是对节能冰箱缺乏了解。看来,新标准的出台并实施,不仅将使我国冰箱市场出现面目一新的变化,也将给消费者带来实惠。仅仅从这一点来看,节能冰箱将有广阔的市场前景。

能效标识制度正式实施后,我国冰箱行业至少会发生两个方面的重要变化。一方面，大多数区域性品牌可能就此彻底退出市场。原因很简单，这些品牌的生产线原本就是老式设备，加上长期未进行有效的技改,现今已老旧不堪,根本不可能满足节能冰箱生产的技术要求。而它们的退出,就为优势品牌腾出了更大的市场空间。

另一方面，各大品牌以往的市场均衡也可能会被打破。最可能引发失衡的因素是信心不足，尽管自 2000 年起，市面上就有不同品牌的节能冰箱出现，但大多是跟步时尚的“概念产品”。现在，国家要强制推行节能冰箱，有些厂家因为资金投入和市场价格波动等原因，开始显出叶公好龙的真面目了。

冰箱作为一种普及的家用电器产品已走入了大多数城镇居民家中，成为家庭用电的的主要消耗品，其节电性能越来越受到普遍的关注。国内冰箱企业开展冰箱的节能技术研发工作已有近十年的历史了。早在上个世纪 90 年代，部分国内冰箱制造厂的领导者就深切体会到开发节能产品对提高企业竞争力的重要作用，已经开始积极组织技术人员着手研制节能冰箱。但由于受到当时冰箱行业整体技术水平和零部件产品技术水平的制约，设计人员采取的主要节能措施是增加冰箱箱体绝热层的厚度。这种措施取得了明显的节能效果，但美中不足的是，与具有相同内容积的冰箱相比，其外尺寸较大，要多占用一些空间。

随着中国改革开放步伐的加快，国内冰箱生产企业与国外同行的交往随之增多，再加上国际上各个著名的家电企业纷纷在中国投资建厂，并将产品的研发部门迁至中国大陆，这无疑推动了国内的部分企业包括一些三资企业在冰箱节能设计中逐步采用新技术和新工艺，进一步促进了冰箱制造业整体产品节能水平的不断提高。 一方面，新的节能技术和方法不断地被应用于冰箱的设计；但另一方

面，由于国内不同企业的产品开发能力参差不齐，在市场上销售的产品中，不仅不同品牌的冰箱之间产品的能耗水平相差较大，而且就某些企业而言，其先后不断推出的产品的节能效果变化也并不明显。在这种现象的背后，反映出三个方面的问题：

第一，有一些企业虽然具有足够的技术能力进行开发设计和生产高效节能的冰箱产品，但是在激烈的市场竞争中，迫于同时受到的高制造成本和低销售价格两方面的压力，以及其他多方面因素的制约，针对部分型号产品的节能水平而作出维持现状的无奈选择。

第二，一些企业的设计人员对于从理论的角度如何改进冰箱的设计以达到产品节能的目标非常清楚，但是他们缺乏一定的产品综合设计能力，因而在运用冰箱节能技术的方面确实存在着一定的困难。例如，针对某一台特定的冰箱样机，究竟采用哪一种节能方法能够实现生产成本最低而节能效果最佳的双赢目标，设计人员缺乏切实可行的思路和办法。

第三，还有一些企业与其他同行相比，其生产工艺的控制水平略显不足，即使采用与其他企业同样的思路设计产品，使用同样的材料和部件组织生产，但由于存在制造水平的差异，导致制造出来的冰箱产品从外观到性能都不可能完全相同。对于上述第一种情况，仅仅在技术的范畴内是无法使问题得到解决的。而第二和第三种情况则是可以通过技术培训等活动使问题得以解决。面对节能冰箱广泛市场化的阻力，企业普遍感到了压力。面对企业迫切希望提高产品节能技术水平的需求，“中国节能无氟冰箱广泛商业化的障碍消除”项目在中国开始实施了。该项目中专门安排了针对冰箱企业技术人员的培训工作，为企业消除在节能冰箱开发中所遇到的技术障碍发挥了极为重要的作用。

由于制造节能冰箱需要更高的技术水平和先进的生产设施，因此生产商就需要更多的技术支持和资金投入，但人们对于节能冰箱的认可程度却并不是那样的尽如人意，这样就使得一些企业在节能与非节能之间徘徊犹豫。

2003 年，我国的冰箱生产将全面推行强制性节能标准，中国市场上的冰箱都必须贴上“能效标识”的标签。今后中国冰箱企业必须生产节能环保冰箱才能进入市场销售。这一国家行为将促使中国冰箱行业在节能之路上走得更快。“节能技术”的广泛应用和国家强制性节能标准的全面推行，使节能冰箱成为冰箱的主

流方向，同时也必然会使冰箱行业出现—次大的洗牌。

参考文献

1. David Cogan, Lioyd Harrington. Proceedings of the APEC Symposium on Domestic Refrigeration Appliances. International Institute for Energy Conservation, Asia Regional Office (IIEC-Asia) for the APECSecretariat, 2000. (www.clasponline.org/download/Energy_Testing/2000/117/Proceedings_Final.pdf)
2. Junyoung Choi. Energy Efficiency Labeling Program for Household Refrigerator, and Refrigerator-Freezer in Korea. APEC Symposium on Domestic Refrigeration (Energy Working Group Project 4/99T) Wellington, New Zealand, 2000. (www.clasponline.org/download/Energy_Testing/2000/117/Korea_paper.pdf)
3. 方言. 电冰箱市场需求的大趋势[J]. 家用电器科技, 2002(7): 34-35.
4. Tadatoshi Banse. The promotion situation of energy saving in Japanese electric refrigerators. APEC Symposium on Domestic Refrigeration (Energy Working Group Project 4/99T) Wellington, New Zealand, 2000. (www.clasponline.org/download/Energy_Testing/2000/117/Banse_paper.pdf)
5. I. Turiel, B. Atkinson, S. Bohosian et al. Advanced technologies for residential appliance and lighting market transformation [J]. Energy and Building, 1997 (26): 241-252.
6. Nguyen Thuong. Position of refrigerators in the energy conservation and efficiency program. APEC Symposium on Domestic Refrigeration (Energy Working Group Project 4/99T) Wellington, New Zealand, 2000. (www.clasponline.org/download/Energy_Testing/2000/117/Vietnam_paper.pdf)
7. Stephen Wiel & James E. McMahon. Energy-Efficiency Labels and Standards: A Guidebook for Appliances, Equipment, and Lighting [M]. 2001. (www.clasponline.org/download/General/2001/211/The_SL_Guidebook.pdf)
8. Paolo Bertoldi. The Market Transformation for Domestic Appliances Resulting from the European Union Policies. IEA-China Seminar on Energy Efficiency Standards & Labeling. Beijing, 2001. (www.climatetech.net/conferences/conferpdf/china/Bertol_p.pdf)
9. Benoit Lebot and Xavier Chen. Overview of Energy Efficiency Standards and Labelling Programs in IEA Countries. IEA-China Seminar on Energy Efficiency Standards & Labeling.

Beijing, 2001. (www.climatetech.net/conferences/conferpdf/china/lebchen.pdf)

10. Kristina Egan and Peter du Pont. Asia's New Standard for Success: Energy Efficiency Standards and Labeling Programs in 12 Asian Countries [M]. (www.clasponline.org/download/standards_labeling/2000/107/Asia_SL_Programs.pdf)
11. 李剑. 海尔集团[J]. 中国能源, 2002 (6): 115-116.
12. Romeo Pacudan and Felix Gooneratne. Standards and Labeling Programs in Southeast Asia. IEA-China Seminar on Energy Efficiency Standards & Labeling. Beijing, 2001. (www.climatetech.net/conferences/conferpdf/china/Pacuda_r.pdf)
13. Phil Harrington. IEA's Energy Efficiency Program: key findings and future priorities. IEA-China Seminar on Energy Efficiency Standards & Labeling. Beijing, 2001. (www.climatetech.net/conferences/conferpdf/china/Harrin_p.pdf)
14. Neil Maclead. Canada's Energy Efficiency Standards & Labeling. IEA-China Seminar on Energy Efficiency Standards & Labeling. Beijing, 2001. (www.climatetech.net/conferences/conferpdf/china/Maclea_n.pdf)
15. 赵先美. 节能 BCD-248/H、BCD-218/H 电冰箱的研究开发[J]. 制冷学报, 2002 (1): 61-65.
16. 张华俊, 蒲亮, 李洪峻等. 冰箱压缩机的发展趋势[J]. 低温与特气, 2001 (19), 5: 5-7.
17. 方泽云, 何国庆, 邓承武, 王新南. 电冰箱的节能与高效压缩机的研究[J]. 家用电器科技, 2001(3): 35-37.
18. 陈永安, 吴景华, 江松林. 提高冰箱压缩机 COP 值途径的探讨[J]. 家用电器科技, 2001(3): 41-43.
19. David M. Berchowitz. Free-Piston Rankine Compression and Stirling Cycle Machines for Domestic Refrigeration. (www.globalcooling.nl/papers/stirlingcompressor.pdf)
20. Sunpower Inc.. (www.sunpower.com)
21. www.jarn.co.jp/News/News_archive/2001_Q4/11110_LG_commercializes.htm.
22. Summary Report of Second Overseas Study Tour for Compressor Company Staffs，UNDP/GEF PROJECT，Project No.：CPR/98/G31/E/1G/99. (www.r-gefchina.org/en/admin/progre_05.htm)
23. 路则锋, 朱树刚, 闫新华. 我国中小冰箱冷柜企业 CFCs 替代技术路线选择问题探讨[J]. 制冷, 2001 (20), 1: 33-37.
24. 蒋世亮. HFC-245fa 替代 HCFC 和 CFC 的新型发泡剂[J]. 家用电器科技, 2002 (1): 54-57.

25. 关志强, 刘颖. 环戊烷—异戊烷混合烃发泡技术在冰箱生产中的应用[J]. 中国塑料, 2002 (16), 4: 55-57.
26. 袁迅道. 新型泡沫隔热材料与电冰箱节能[J]. 家用电器科技, 2001(12): 52-55.
27. 平锐. 电冰箱的节能设计[J]. 长岭技术, 2001(3): 17-20.
28. 李俊松, 杨永英. 冰箱门封的节能设计[J]. 家用电器, 2001(7): 19.
29. 方 yu. 真空隔热技术在冰箱生产中的应用研究技术报告[J]. 长岭技术, 2001(2): 39-41.
30. 朱伟涛, 李俊. 连通形聚氨酯真空隔热技术(VIP)探讨[J]. 家用电器科技, 2000(3): 34-36.
31. 朱贤, 石芳录, 王娟, 阎格. 聚氨酯真空隔热板[J]. 真空与低温, 2000, 6(1): 30-33.
32. Jyi-Yu Sun and Jian-Yuan Lin. The Development of Energy Efficiency Refrigerators by The Industrial Technology Research Institute. APEC Symposium on Domestic Refrigeration (Energy Working Group Project 4/99T) Wellington, New Zealand, 2000. (www.clasponline.org/download/Energy_Testing/2000/117/Taiwan_paper.pdf)
33. 博西文. 电冰箱的双循环系统[J]. 家用电器, 2001 (1): 25-26.
34. 唐苏亚. 变频技术在家电产品中的应用[J]. 微电机, 2002, 35(1): 37-39.
35. 唐启庆. 家用电冰箱最新技术探讨[J]. 现代家电, 2001 (6): 56-58.
36. 林刚. 中国面临发展信息家电的良好时机[J]. 无锡商业职业技术学院学报, 2002, 2(4): 48-51.
37. 王炜. 信息家电与智能化住宅[J]. 电气工程应用, 2001(2): 46-49.
38. 余永权. 嵌入式系统、智能家电及家居网络[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2001(1): 12-15.
39. 韦伟. 21 世纪的冰箱[J]. 世界发明, 2001(10): 16-17.
40. 刘光复, 刘志峰, 林巨广等. 废家用电器回收利用及其关键技术[J]. 中国资源综合利用, 2001(10): 9-13.
41. William V. Slade, Eric Alemany and Patricia Meehan. Urban Housing & Energy Efficiency: A Pollution Prevention Opportunity [J]. Corporate Environmental Strategy, 2000(7): 343-349.
42. R. G. Pratt, J. D. Miller. The New York Power Authority's Energy-Efficiency Refrigerator Program for New York City Housing Authority-1997 Savings Evaluation [R]. PNNL-11990, 1998. (www.eren.doe.gov/buildings/emergingtech/pdfs/sear3.pdf)
43. T. M. I. Mahlia, H. H. Masjuki, I. A. Choudhury. Theory of energy efficiency standards and

labels [J]. Energy Conversion and Management, 2002 (43): 743-761.

44. www.china5e.com/news/zonghe/200211/200211120014.html.

45. www.zhb.gov.cn/index3.htm.

46. www.sp.com.cn.