 高等职业教育“十二五”规划教材

小型制冷装置系统设计指导

● 主 编 余华明 李玉春 廖 勇
副主编 刘桂兰 关天富 吴治将



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

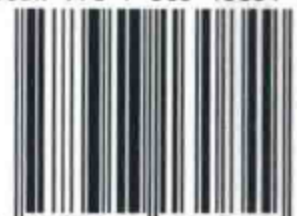
小型制冷装置系统设计指导

Xiaoxing Zhileng Zhuangzhi Xitong Sheji Zhidao



赠送教学资源
010-58802751

ISBN 978-7-303-13084-9



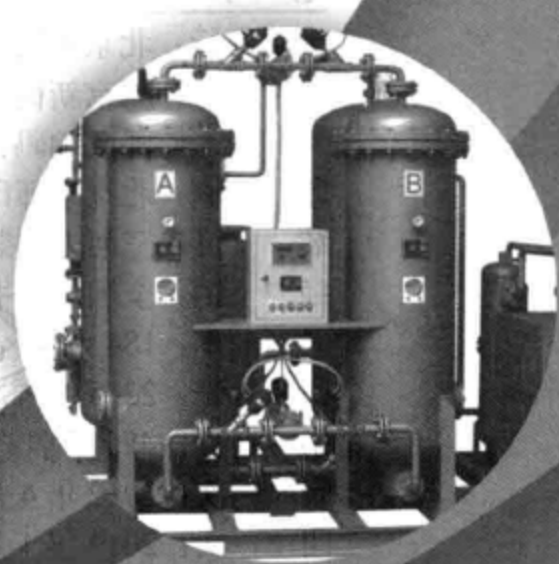
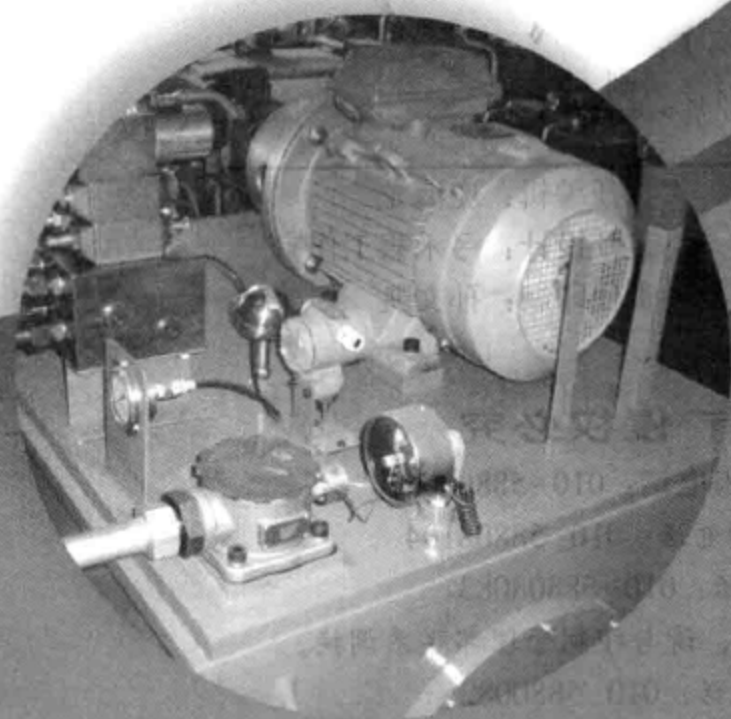
9 787303 130849 >

定价：39.80 元

“十二五” 高等职业教育“十二五”规划教材

小型制冷装置系统设计指导

● 主 编 余华明 李玉春 廖 勇
副主编 刘桂兰 关天富 吴治将



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

小型制冷装置系统设计指导/余华明,李玉春,廖勇主编.
—北京:北京师范大学出版社,2012.4
(高等职业教育“十二五”规划教材)
ISBN 978-7-303-13084-9

I. ①小… II. ①余…②李…③廖… III. ① 制冷装置—
系统设计 IV. ① TB657

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第149622号

营销中心电话 010-58802755 58800035
北师大出版社职业教育分社网 <http://zjfs.bnup.com.cn>
电子信箱 bsdzyjy@126.com

出版发行:北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn
北京新街口外大街19号
邮政编码:100875

印 刷:北京京师印务有限公司
装 订:三河万利装订厂
经 销:全国新华书店
开 本:184 mm × 260 mm
印 张:22.5
字 数:475千字
版 次:2012年4月第1版
印 次:2012年4月第1次印刷
定 价:39.80元

策划编辑:庞海龙 责任编辑:庞海龙
美术编辑:高霞 装帧设计:弓禾碧工作室
责任校对:李茵 责任印制:孙文凯

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话:010-58800697

北京读者服务部电话:010-58808104

外埠邮购电话:010-58808083

本书如有印装质量问题,请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话:010-58800825

出版说明

为贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高〔2006〕16号)文件精神,“十二五”期间,北京师范大学出版社将组织出版高等职业教育“十二五”系列规划教材。在组织教材编写的过程中,我们始终坚持科学发展观,紧紧围绕高等职业教育的培养目标,从满足社会发展对高素质劳动者和技能型人才的需求出发,坚持以就业为导向,以能力为本位,以学生为中心,以工作过程为导向的课程改革与教材建设理念,着力打造反映教学改革最新精神的职业教育教材。为此,我们邀请了全国职业教育的专家、有关高职院校的骨干教师,共同编写了本套系列规划教材。

经过众多专家、老师的努力,本套教材在教材体系、内容组织、图文表现等各方面都有所创新与发展,形成了鲜明的编写风格:

1. 目标驱动。关注的焦点放在通过任务的完成所获得的成果上面。通过成果的获得,激发学生学习的兴趣,激励学生勇于探索,不断进步。

2. 任务引领。每个项目分为若干个子任务,在任务的完成中学习相关知识、技能,实现学生的全面发展。

3. 学生为本。教材的设计以学生为中心,在教材组织的各个环节突出学生的主体地位,引导学生明确应该怎么做、做到什么程度。

4. 图文并茂。考虑到高等职业学院学生的心理和生理特点,本套教材尽量采用图形化、表格化和步骤化的呈现方式,便于学生学习。

5. 立体化开发。在组织教材编写的过程中,配套研发与教材相应的电子教案、课件、实训指导材料等助教、助学资源库,以便教师授课和学生学习使用。

当然,任何事物的发展都有一个过程,职业教育的改革与发展有一个过程,同样,我们组织出版的本套系列规划教材也需要在教学实践的过程中不断完善,因此,衷心希望各位读者能提出宝贵的意见和建议,并积极参与到我们进一步的教材研发中来,共同为我国的高等职业教育教学改革和教材建设作出贡献。

北京师范大学出版社职教分社

内容简介

本书重点介绍了家用空调器、电冰箱和小型冷库的设计方法。本书内容包括家用空调器、电冰箱和小型冷库的结构、系统组成，以及系统的设计思路和方法。本书配有完善的设计所需的图表和数据资料，并通过完整的案例让读者对设计有一个直观而全面的认识。

本书从理论出发，结合企业实际的设计案例进行设计方法的介绍，并对理论知识中偏离实际的计算公式、方法和经验数据进行了校正，使设计计算更能贴近实际，具有很强的实用性。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校、民办高校及本科院校举办的二级职业技术学院制冷与空调、热能动力等专业用书；也可作为相关工程技术人员的业务参考书及培训用书。

前 言

家用空调器、电冰箱和小型冷库的设计作为一个综合设计，包括了壳体设计、制冷系统设计、控制系统设计等多方面的知识，内容涉及传热、传质、控制和化工等多领域的知识。因此，要想设计一个结构合理、外观优美、运行良好的系统并不容易，同时，因为家用空调器、电冰箱等又是一个更新换代很快的设备，因此，设计工作量更大。

很多小型的制冷设备公司，不具备专业的设计知识人员，因此，它们设计的产品可能外观漂亮，价格低廉，但往往运行效果不好，耗电量很大，故障率高。这些问题往往是系统设计上的问题。因此，这些设计人员加强自身的业务学习很有必要。市面上相关制冷装置系统设计的书并不是很多，一些高校教师编写的指导书理论性又太强，数据和设计方法脱离实际，对工作往往有误导；而由企业自身整理的设计指导类资料，理论深度不够，系统性又不强，对设计人员综合设计能力的培养效果有限。希望获得一本既能给予理论指导，又能提供系统设计资料支持，并且设计结果符合实际情况的设计指导书籍是相关设计人员最大的渴望。

本书是从从业人员的需求出发、从学生的学习角度出发而编写的。书中的理论知识可以满足他们了解“为什么”的需要，设计过程的详细介绍和设计案例可以帮他们解决“怎么做”的问题。理论知识的介绍也以“够用”为原则，不追求深度和广度，而注重针对性和适用性。提供的设计辅助图表、数据等，也做了大量修正，以贴合实际情况为原则，很多数据和方法都是作者在实际工作的个人总结，具有较高的快捷性和准确性。

此外，本书多采用法定计量单位，物理量名称和符号亦遵照国家标准的统一规定。但考虑到方便生产和生活，个别处仍用旧单位。

本书由顺德职业技术学院余华明、李玉春以及广东省南方技师学院廖勇老师任主编。另外，广州铁路职业技术学院刘桂兰、广东工贸职业技术学院关天富和顺德职业技术学院吴治将任副主编。

在本书编写过程中得到很多企业 and 高校人士的支持和指导，编者在此表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限，不妥及疏漏之处敬请批评指正。

目 录

第 1 编 家用空调器设计指导

第 1 章 空调器设计预备知识	3
1.1 空调器性能相关的主要国家标准简介	3
1.2 空调器设计方法与设计步骤	7
1.3 空调器制冷系统设计	10
1.4 空调器常见零部件布置方案简介	11
1.5 空调器制冷系统参数选取与热力计算	15
1.6 制冷系统热力计算	19
第 2 章 冷凝器的设计与选型	22
2.1 常见冷凝器的分类	22
2.2 风冷式冷凝器的设计与选型	27
2.3 壳管式冷凝器的设计与选型	43
2.4 氟利昂卧式壳管式冷凝器的结构及设计	51
2.5 套管式冷凝器的设计与选型	59
第 3 章 蒸发器与风机盘管的设计与选型	60
3.1 蒸发器的种类	60
3.2 蒸发器传热过程分析	62
3.3 冷风机用翅片管蒸发器的设计与选型	64
3.4 风机盘管的设计与选型	73
3.5 板式蒸发器的设计计算	75
第 4 章 压缩机及其他部件的选型设计	85
4.1 中小型制冷装置常用压缩机特性简介	85
4.2 压缩过程热力计算及压缩机选型	95
4.3 常见节流元件特性及选型	106
第 5 章 制冷系统实验匹配技术	122
5.1 概述	122

5.2	空调器概算设计	124
5.3	样机制作	128
5.4	压缩机大小的匹配实验	131
5.5	制冷剂量与毛细管的匹配	133
5.6	换热器流路的设计	137
5.7	制冷系统匹配国标测试项目及整改措施	140
5.8	家用空调器制热系统的性能匹配	147
5.9	迷你型空调系统设计案例分析	149

第2编 电冰箱设计指导

第6章	电冰箱设计预备知识	155
6.1	电冰箱概述	155
6.2	电冰箱性能相关的主要国家标准简介	164
6.3	电冰箱的结构	167
6.4	电冰箱的制冷系统参数选取和热力计算	171
6.5	冰箱的发展趋势	175
第7章	电冰箱系统设计	177
7.1	电冰箱箱体设计	177
7.2	电冰箱热负荷计算	184
7.3	电冰箱制冷系统设计	185
7.4	电冰箱控制系统设计	214
7.5	电冰箱设计实例	224
第8章	电冰箱的优化改进	230
8.1	电冰箱的节能改进	230
8.2	电冰箱优化实例	236

第3编 小型冷库设计指导

第9章	小型冷库设计预备知识	249
9.1	冷库的分类	249
9.2	冷库的建筑结构	250
第10章	小型冷库设计	255
10.1	库房容积计算	255
10.2	库体围护结构材料的选择和尺寸确定	257
10.3	冷库热负荷计算	264
10.4	制冷系统选配	272

10.5	小型冷库控制系统选配	287
10.6	小型冷库设计实例	300
第 11 章	小型冷库管路布置和性能检测	312
11.1	小型冷库的管路布置	312
11.2	系统调试和性能测定	317
附 录	320
附录 1	常见翅片汇总表	320
附录 2	长 U 管规格汇总	322
附录 3	“联合”壳管式冷凝器参数表	323
附录 4	“联合”壳管式蒸发器参数表	325
附录 5	佛山市科霖圆环形套管式换热器参数表	327
附录 6	佛山市科霖椭圆形套管式换热器参数表	327
附录 7	板式换热器参数表	327
附录 8	Danfoss 单相活塞式压缩机参数表	329
附录 9	Danfoss 三相活塞式压缩机参数表	329
附录 10	谷轮活塞式压缩机参数表	329
附录 11	上海日立压缩机参数表(单转子)	331
附录 12	上海日立压缩机参数表(双转子压缩机)	331
附录 13	谷轮涡旋压缩机参数表	332
附录 14	Danfoss 单相涡旋机参数表	333
附录 15	Danfoss 三相涡旋机参数表	333
附录 16	上海日立新冷媒压缩机(转子式)参数表	334
附录 17	谷轮单相(200~240V/1PH/50Hz)新冷媒涡旋压缩 机参数表	335
附录 18	谷轮三相(380~460V/3PH/50Hz)新冷媒涡旋压缩 机参数表	335
附录 19	谷轮单相(220V/1PH/50Hz)新冷媒压缩机参数表 (CR 系列为活塞式, 其余为涡旋式)	336
附录 20	谷轮三相(380~460V/3PH/50Hz)新冷媒压缩机参数表 (CR 系列为活塞式, 其余为涡旋式)	337
附录 21	Danfoss 外平衡热力膨胀阀参数表	339
附录 22	三花电子膨胀阀参数表	339
附录 23	鹭宫电子膨胀阀参数表	340
附录 24	三花气液分离器参数表	340
附录 25	南通天宇气液分离器参数表	341

附表 26	SPORLAN 贮液器参数表	342
附录 27	Danfoss 四通阀参数表	342
附录 28	R22 制冷剂热力学性能压焓图	343
附录 29	R134a 制冷剂热力学性能压焓图	344
附录 30	R600a 制冷剂热力学性能压焓图	345
参考文献	346

第 1 编

家用空调器设计指导

空调器的设计是一项技术性强的工作，设计中需考虑的因素很多，如制冷量、风量、送风温度、产品零部件布置、耗能、噪声、安全性、外观、易于操作等诸多方面。因此需要综合各种因素，最终选择相对最优的设计方案。设计中还需遵循相应的设计规范或工作程序，产品性能也应符合消费者的要求以及相应的国家标准。因此综合了解相关知识显得尤为重要。

空调器的种类很多，目前，常见的空调器种类如图 1-1-1 所示。

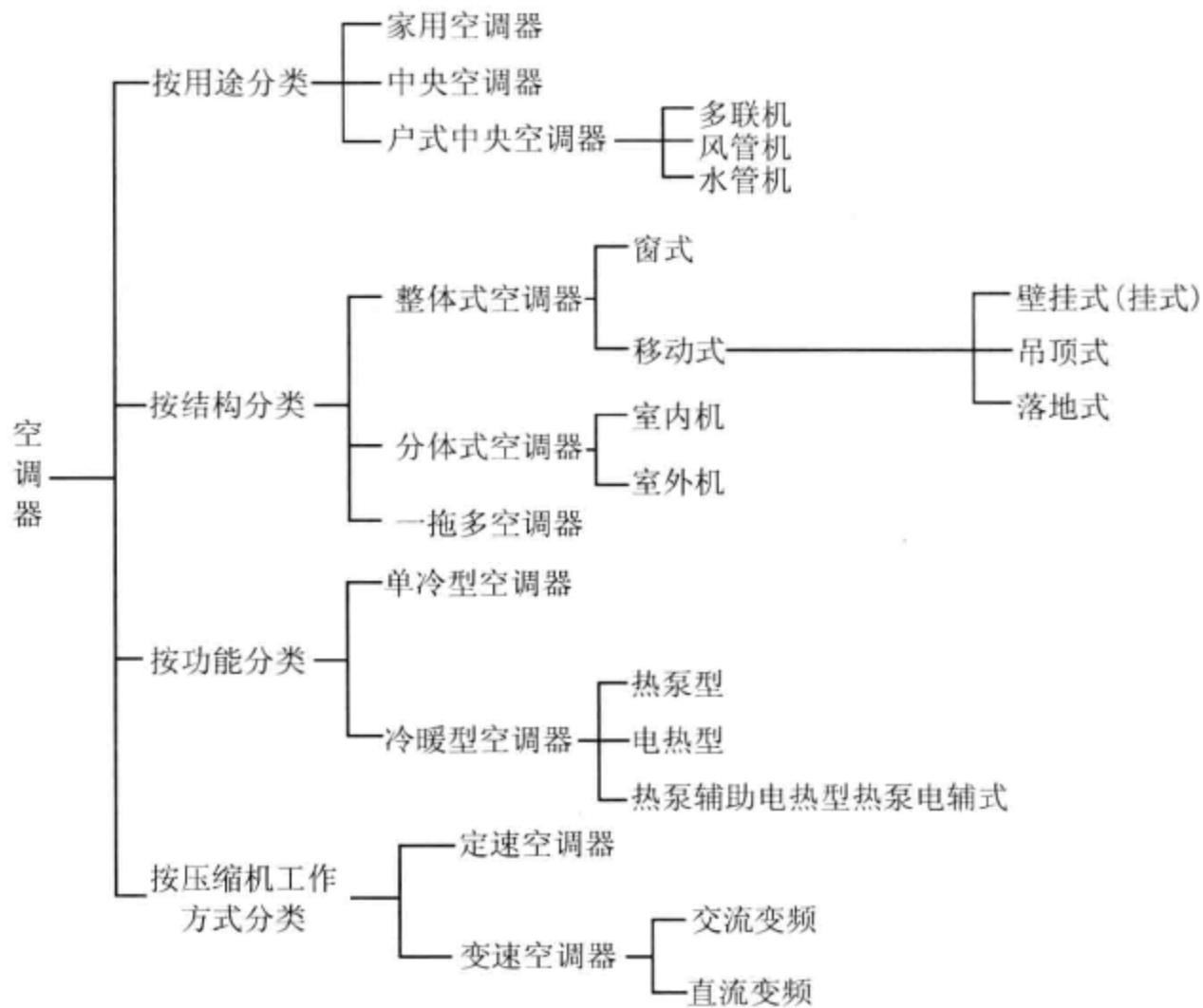


图 1-1-1 空调器的分类

1.1 空调器性能相关的主要国家标准简介

空调器作为家用电器，在成千上万的家庭中使用，这意味着要求空调器能在各种各样的环境中都能可靠地运行；同时用户的需求、使用习惯也是各不相同，这又意味着要求空调器要能在各种运行状态下都能正常运行。为此空调器的测试与评价就必不可少，国家标准中对空调器的测试项目与方法都做了详细的规定。了解国家标准要求，按照国家标准设计产品是从事产品设计人员的基础与前提。在很多情况下，设计人员尚需自己

动手，按设计的图样或设计思路加工制作手扳样机或小批试制样机，在测试与实验中不断进行产品的设计更改与完善。

国家标准中的测试项目很多，以下介绍几个重要的测试项目。

1.1.1 制冷量(制冷能力)Total Cooling Capacity

空调器在额定工况和规定条件下制冷运行时，单位时间内从密闭空间、房间或区域内除去的热量总和称为制冷量。单位：W。

注：制冷量是表征空调器制冷效果的一个指标，是制冷剂在蒸发侧从外界吸收的热量。制冷量的大小与室内温湿度、室外温湿度、风扇转速等诸多因素有关。

制冷量可以通过在额定工况下进行测试得出，而国家标准中额定制冷工况是指：室内干球温度 27℃，湿球温度 19℃，室外干球温度 35℃，湿球温度 24℃的运行环境；室内机风速应处于最高风速挡位；设定温度为最低温度。

图 1-1-2 表明了空调器性能受冷凝器、蒸发器进风温度的影响。因此，实验时需严格控制室内、外进风温度(包括湿度)。

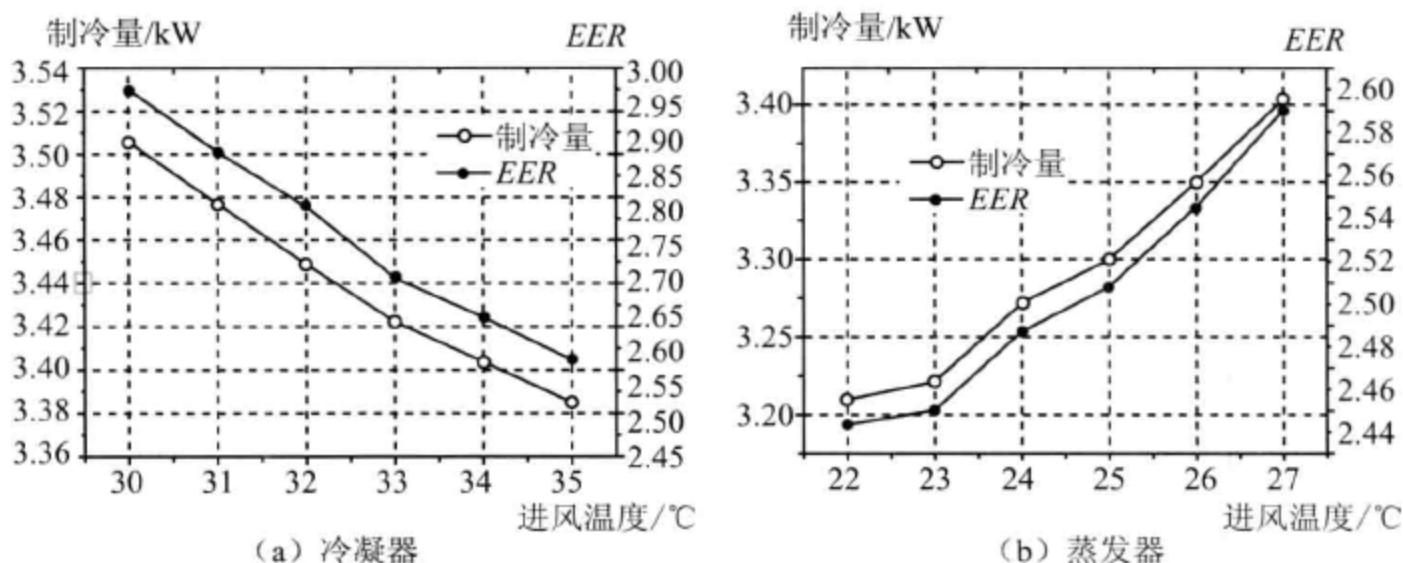


图 1-1-2 冷凝器、蒸发器性能与进风温度的关系

1.1.2 制热量(制热能力)Total Heating Capacity

空调器在额定工况和规定条件下进行制热运行时，单位时间内送入密闭空间、房间或区域内的热量总和称为制热量。单位：W。

热泵制热时，其制热量(制热能力)称为热泵制热量(热泵制热能力)。与制冷量相似，制热量是空调器制热效果的一个指标，是制冷剂在冷凝侧向外界放出的热量。同理，制热量也与室内温湿度、室外温湿度、风扇转速等诸多因素有关，制热量也可通过额定制热工况下进行测试得出。须注意的是，额定制热工况是指室内干球温度为 20℃，湿球温度为 15℃，室外干球温度为 7℃，湿球温度为 6℃；风扇处于高风挡状态；设定温度为最高值。一般来说，热泵额定制热时，室外热交换器不应有结霜现象。

制冷量、制热量是设计空调器的最重要的依据。因为制冷量、制热量的大小是决定

压缩机选型, 换热器大小, 送风量大小, 毛细管长度(节流机构型), 制冷剂充注量的重要依据。国家标准中要求实测制冷量、制热量不少于标称值的95%。

例: 2009年某消费者从珠海市某商贸公司购买了一台××品牌KFR-50DLW的空调。这台标志着2级能效标志的空调让李女士吃了一惊: “一插上电源, 电表就猛转。”李女士委托中国家用电器检测所对空调作了检测。结果表明, 这台标明制冷量5000W、制冷消耗功率1650W的空调, 实测数据分别为4690W, 2045W, 这意味着这台空调实际能效比为2.29, 远远达不到2级能效标准。这是典型在铭牌上虚标制冷量和耗电量的产品, 属不合格产品, 极易引起消费者投诉甚至诉讼。

1.1.3 能效指标

为衡量空调器的耗能情况, 国家标准中针对制冷, 定义了EER(能效比)(Energy Efficiency Ratio); 针对制热, 定义了COP(性能系数)(Coefficient of Performance)。其中:

$$EER = \frac{Q_c}{P} \quad (Q_c \text{ 为制冷量, } P \text{ 为整机功率})$$

$$COP = \frac{Q_h}{P} \quad (Q_h \text{ 为制热量})$$

国家标准中对EER进行了能效分级如表1-1-1所示。从2006年6月起, 能效比小于3级最低值的产品是不能在市场上销售的。

表 1-1-1 EER 的国标能效分级

类型	额定制冷量(CC)	能效等级		
		1	2	3
整体式		3.3	3.1	2.9
分体式	$CC \leq 4500W$	3.6	3.4	3.2
	$4500W < CC \leq 7100W$	3.5	3.3	3.1
	$7100W < CC \leq 14000W$	3.4	3.2	3.0

为了更好地推广节能产品, 国家对空调器的耗能水平进行了分级, 以便于消费者辨识, 进行了统一标签, 如图1-1-3所示。

1.1.4 最大运行制冷

最大运行制冷是在空调器制冷时允许的最高环境温度下进行试验, 主要是评价空调器在高温环境运行时制冷系统与电器系统的可靠性。具体要求如下。

(1) 试验时, 空调器各部件不应损坏, 空调器应能正常运行。

(2) 空调器在第1h连续运行期间, 其电机过载保护器不应跳开。

(3) 当空调器停机3min后, 再启动连续运行1h, 但在启动运

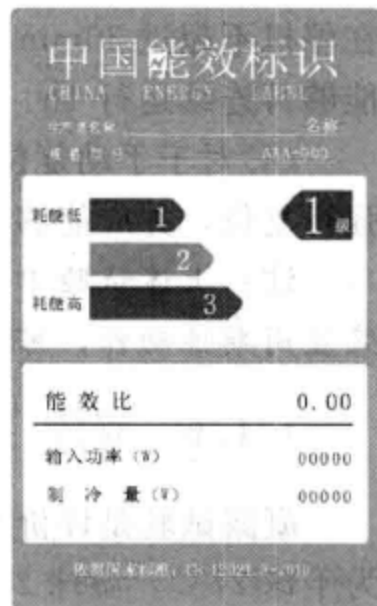


图 1-1-3 能效标识

行的最初 5min 内允许电机过载保护器跳开，其后不允许动作；在运行的最初 5min 内电机过载保护器不复位时，其停机不超过 30min 内复位的，应连续运行 1h。

(4)对于手动复位的过载保护器，在最初 5min 内跳开的，应在跳开的 10min 后使其强行复位，并应能够再连续运行 1h。

注：最大运行制冷时，制冷系统的高低压压力较高，蒸发侧吸热充足，因而压缩机回气温度、排气温度较高，经受过最大运行制冷的考验的产品其制冷系统在高温工况下的可靠性是很好的；最大运行制冷时，电流较大，环境温度较高，各种电器元件的发热量大，元器件温度高。因而，最大运行制冷还可以考验电器元件的可靠性。

表 1-1-2 列出了某品牌样机(KFR-43LW)最大制冷运行的数据。

从表中可以看出，低电压时，排气温度一般略低，但电流较大；而高电压时，排气温度较高，但电流较小。根据经验，一般低电压下最大制冷更易引起压缩机过载保护，尤其是停机后再启动时。

表 1-1-2 某品牌样机(KFR-43LW)最大制冷运行数据

参数	排气温度/℃	回气温度/℃	冷凝温度/℃	蒸发温度/℃	功率/W	电流/A
220V 运行	99.4	18.2	58.4	16.0	1 855	8.68
198V 运行	98.9	13.9	58.2	14.9	1 899	10.4
242V 运行	102.1	19.1	58.6	16.0	1 941	8.65

1.1.5 热泵最大运行制热

与最大运行制冷相似，将空调器置于制热时允许的最高环境温度下进行的试验，可评价空调器在高温环境下运行的制冷系统与电器系统可靠性。具体要求如下。

(1)空调器各部件不应损坏，空调器应能正常运行。

(2)空调器在第 1h 连续运行期间，其电机过载保护器不应跳开。

(3)当空调器停机 3min 后，再启动连续运行 1h，但在启动运行的最初 5min 内允许电机过载保护器跳开，其后不允许动作；在运行的最初 5min 内电机过载保护器不复位时，在停机不超过 30min 内复位的，应连续运行 1h；对于手动复位的过载保护器，在最初应能够再连续运行 1h。

(4)对于手动复位的过载保护器，在最初 5min 内跳开的，应在跳开的 10min 后使其强行复位，并应能够再连续运行 1h。

注：上述试验中，为防止室内热交换器过热而使电机开、停的自动复位的过载保护装置周期性动作，可视为空调器连续运行。

1.1.6 凝露(及凝结水排除能力)

凝露试验是评价空调器在潮湿环境中运行的可靠性与舒适性，此时室内外环境温度为干球 27℃，湿球 24℃。在此环境下运行，要求空调器箱体外表面凝露不应滴下，室内送风不应带有水滴；空调器应具有排除凝结水能力，并且不应有水从空调器中溢出或吹