

The background of the cover is a light blue gradient with a pattern of green, teardrop-shaped leaves scattered across it. The leaves are rendered with a slight 3D effect and are positioned at various angles and sizes.

图说工业空调·节能管理

日本大金工业株式会社 编



同济大学出版社

TONGJI UNIVERSITY PRESS

TB657. 2/2

2007

图说工业空调·节能管理

日本大金工业株式会社 编



同济大学出版社

TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书针对工业建筑的空调,从原理到系统以及装置、设备诸方面作了简明的阐述。内容主要包括空调概述和工业空调节能管理两大部分,为广大从事空调工作与节能管理的技术人员提供了必要的空调基础知识、设计数据和改善工厂作业环境的手段和方法。同时,结合工程实践经验,采用大量图表,对工业空调中应用到的各种空调与制冷设备作了概要的介绍。

本书具有科普读物的特点,图文并茂,通俗易懂,可以用作从事工业空调的技术员工的培训教材和参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

图说工业空调·节能管理/日本大金工业株式会社编.

上海:同济大学出版社,2007.7

ISBN 978-7-5608-2950-0

I.图… II.日… III.工业-空气调节设备-节能-管理-普及读物 IV.TB657.2-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第095071号

图说工业空调·节能管理

日本大金工业株式会社 编

责任编辑 吴味隆 责任校对 杨江淮 封面设计 日本大金工业株式会社

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路1239号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 上海青浦印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 15.5

印 数 1-6100

字 数 360000

版 次 2007年7月第1版 2007年7月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-2950-0/TB·52

定 价 50.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

序

空气调节技术是人们为满足生产（工艺）和生活（舒适和健康）的需求，在创造和发展中吸收、综合了多种学科理论（如传热学、流体力学、卫生学、工程热力学等），并在实践的基础上所建立起来的一门应用科学。随着科学技术的迅猛发展和人们对生活水平欲望的提高，空调技术不仅随之向深度发展而且应用范围也愈来愈广泛。

现有的书本较多关注的是空调在民用公共建筑的应用方面。对于工业应用尽管已有大量的实践，但从书本的传播和论述相对不足。本书则针对工业建筑的空调应用进行介绍，从原理到系统以及装置、设备等方面作了全面的阐述，内容丰富，深入浅出地为读者引领了一条学习的途径。

现在，我们所处的是地球环境时代，人们对人类的生存和可持续发展给予普遍关注。因而空调的职责不能仅停留在室内环境的控制上，还必须同时充分注意空调用能的有效利用和对地球环境的影响。例如：温室气体的排放、臭氧层的破坏、城市热岛效应的影响等。故本书在这方面给予了足够的关注。此外，为了充分提高能源使用效率，从技术上讲，空调系统的控制与运行是十分重要的环节。本书在这方面结合大量的实践经验进行了全面介绍。

本书的阅读对象是广大从事空调管理工作的技术人员，书中提供了必要的基本概念和原理、必要的设计数据；对工业空调中应用到的各种空调与制冷设备亦作了概要的叙述。

本书的编写采用科普读物的手法，书中大量使用图表，生动活泼。这是我国技术著作中十分缺少的，值得借鉴学习。

本书是日本大金工业株式会社培养技术员工的培训教材之一，他们愿意把这一内容公之于众，贡献给中国技术人员。为此，作者对全书做了进一步的加工和整理，并由同济大学出版社出版。

我认为该书对不同层次的空调技术人员均有参考价值，值得推荐给大家。谨向该书的作者和出版人员表示敬意和感谢。



2007年5月

前 言

现今的中国被誉为“世界的工厂”，在这个生机勃勃的世界工厂内，不论是沿海城市，还是各内陆城市，都有许多忙碌的生产者及制造商进行着各种各样的工业生产。

此类场所，大多围绕以下几大目的而配备各类空调设备：

- 提升产品的品质及产品品质的优良化
- 改善工作效率以提升产品质量
- 降低机械故障率及损耗率，削减维护费用
- 改善工作环境的卫生状况，保障作业工人的健康

但大多数工业场所在配置空调设备的过程中，却存在空间高大而人员不多，高温、油烟、粉尘等污染导致环境不良等亟待解决的与其他建筑不同的课题。

另一方面，世界范围内的能源消耗量急剧增长，地球温室效应等环境问题成为了全球性课题，这一不断影响人类生存和健康的严峻问题使得工业空调与节能管理的必要性和紧迫性更加突出。

本书——《图说工业空调·节能管理》由日本大金工业株式会社主编，历时4年，由大金（中国）投资有限公司翻译、整理，并承蒙同济大学范存养教授指导完成。主要讲述了工业空调的基本知识，重点讲述了工业空调运用中的实务性的节能管理知识，并援引了日本国内众多的参考数据及文献，力求图文并茂，浅显易懂。

如本书能为读者今后的空调设计、安置或使用提供各类参考，我们将倍感荣幸。

2007年7月

日本大金工业株式会社

注：本书中如无特殊标注，其所参照的相关政策、法规等均采用日本国内标准，敬请留意。

目次

第一篇 空调概述

一、空调基础知识	3
二、lgp-h图(摩里尔线图)	16
三、空气线图	28

第二篇 工业空调节能管理

一、工厂作业环境的改善

1. 舒适性工厂时代的来临	39
2. 工厂作业环境的改善	51
3. 高温作业处的局部制冷	62
4. 工厂的通风设备与空调	70

二、精密空调

1. 空气净化	82
2. 洁净室	100
3. 恒温恒湿装置	108

三、低温空调

1. 食品厂的低温空调	120
2. 低温空调	129

三、特殊空调

1. 特殊场所内空调	138
2. 除湿与干燥	146
3. 产业领域的除湿	156
4. 恶臭公害与除臭	166

四、冷却空调

1. 工厂的冷冻水设备	178
2. 生产过程中的冷冻水设备	188

五、空调节能

1. 空调可实现更佳的节能效果	199
2. 涂装式空调机与ZEFFLE隔热涂料	207
3. 环境适应型空调	215

六、空调系统的管理

1. 空调与维护管理	223
2. 空调管理系统	231

第一篇

空调概述

一、空调基础知识

1. 什么是“制冷”和“空调”	3
2. 绝热	3
3. 热负荷	4
4. 制冷剂	4
5. 制冷原理	7
6. 制冷循环	13
7. 制冷系统的主要部分	14
8. 低压侧和高压侧	15

二、lgp-h图(摩里尔线图)

1. p-h图的构成	16
2. 如何描绘制冷循环	21

三、空气线图

1. 湿空气的状态参数	28
2. 湿空气的状态方程	29
3. 湿空气的焓湿图	29
4. 湿空气焓湿图的应用	30
5. 附录	34

1. 什么是“制冷”和“空调”

制冷，指的是降低和维持某一空间或某一种物质的温度，使其低于周围环境的温度的过程。

空调，即空气调节，指的是对空气进行处理，以便对其湿度、洁净程度、散布情况以及温度同时进行控制，使其满足调节空间的要求的过程。从广义上讲，空气调节是制冷的一部分（见图1-1）。

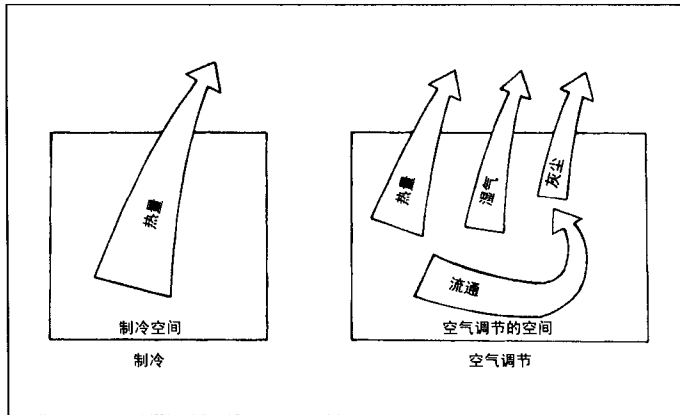


图1-1

2. 绝热

因为热总是从温度高的地方传递到温度较低的地方，所以，热量总是会从较热的周围环境流向已制冷的区域。

为了在可能的限度内把这种向已制冷的区域内流动的热量限制到最小，有必要利用具有良好绝热性能的物质，把该空间与其周围环境隔离开来（见图1-2）。

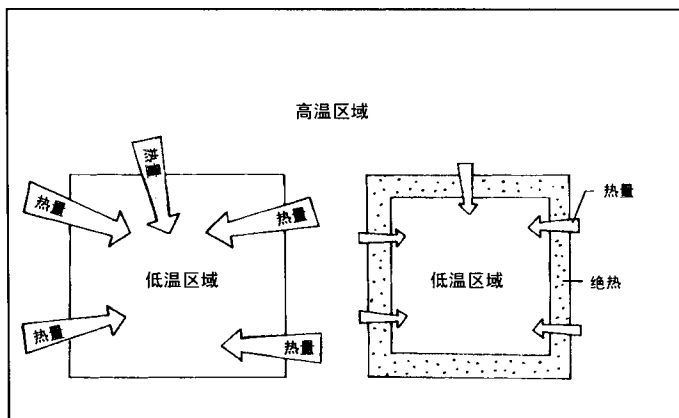


图1-2

3. 热负荷

热负荷，指的是为了达到和维持希望的温度条件，必须在单位时间里从制冷空间内排出的热量。

在大多数制冷的操作中，制冷设备总的热负荷等于下述热量之和，即透过绝热围护结构渗透入制冷空间的热量、由门的缝隙进入该空间的热量以及为了把制冷物体的温度降低到空间和储存条件而从该物体上排除的热量。在制冷空间内工作的人、发动机、照明灯具，以及其他电器设备所散发的热量也同样会增加制冷设备的热负荷（见图1-3）。

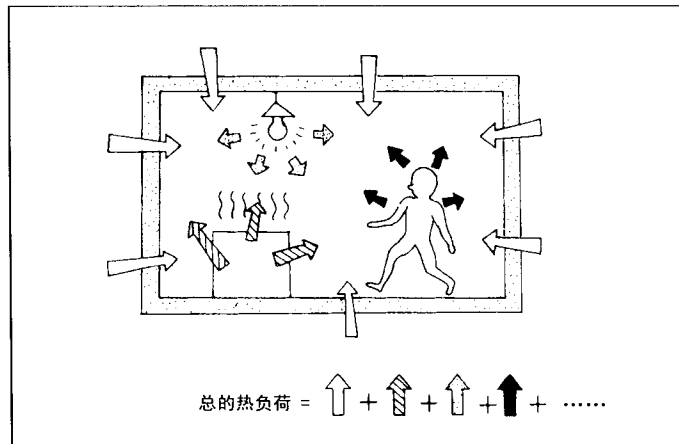


图1-3

4. 制冷剂

为了把空间的温度降低和维持在周围环境温度以下，必须用一种物质把热量从该空间中排除并传递给温度低于制冷空间的其他物质，这一物质就是制冷剂（见图1-4）。

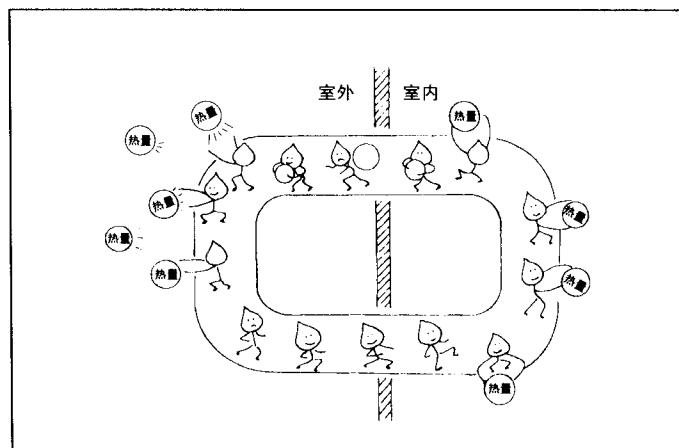


图1-4

制冷剂，是把要制冷的房间的热量带到室外去的载体。对于蒸气压缩循环，制冷剂是循环的工作流体，通过其汽化和冷凝来相应地吸收和释放热量。

一般来说，具有下述性质的流体才适合被用作制冷剂。

- (1) 便宜；
- (2) 无毒；
- (3) 防爆炸；
- (4) 无腐蚀；
- (5) 不易燃；
- (6) 稳定（惰性）；
- (7) 高汽化热；
- (8) 易于汽化和冷凝；
- (9) 容易发现泄漏；
- (10) 无环境污染。

许多物质都曾用作制冷剂。以往，最常用的制冷剂是空气、氨、二氧化硫、二氧化碳和氯甲烷（图1-5）。

氟化烃曾被广泛使用在空调系统中。但是近年来，由氟化烃制冷剂造成的臭氧减少问题已经极大地引起了世界的关注。这种污染和氟利昂之间的关系将在附录中与制冷剂的新分类（CFC，HCFC，HFC）的术语一起阐述。

在表1-1中，空调机和制冷设备中使用的大部分制冷剂按照无机和有机列出。

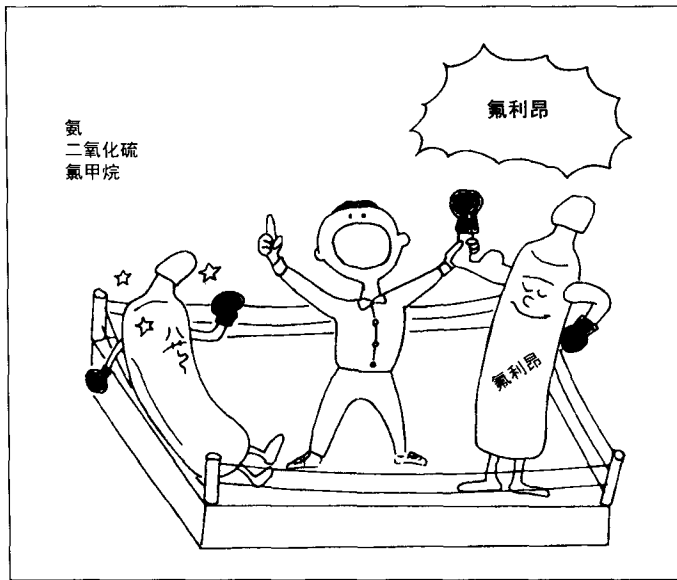


图1-5

表1-1 制冷剂类型

制冷剂	成分	沸点/℃	ODP	GWP	特性	分类
二氧化碳	CO ₂	升华点 -79	0	1	可以提供很大压力的CO ₂ 压缩机,很早以前就已经使用在制冷行业中,但大金是第一次在Ecocute系列中使用CO ₂ 压缩机	无机物
氨	NH ₃	-33.3	0	0	在战前和战后的时期内,大部分的冷水机都使用氨。由于氨的气味异常刺鼻,所以如果发生泄漏,可以立即检测到。由于其较高的性能系数(COP),氨仍然使用在制冷领域中。系统中不允许使用铜制件,其易燃性是不利因素之一	无机物
水	H ₂ O	100	0	0	在吸收型的冷水机中使用水作为制冷剂。如果水被抽真空,就会低温蒸发。为了使机器内部始终保持负压,真空泵始终处于预备状态	无机物
R-11	CCl ₃ F	23.8	1	4000	在使用CFC控制之前,涡轮冷水机一直使用R-11作为制冷剂。R-11的压力较低,可以存储在金属箱中。相应的,其制冷效果也较差。因此,除非大量使用R-11,否则无法满足要求。所以,它使用在可提供较大循环量的机器中,如涡轮冷却装置。由于其蒸发压力低于大气压力,所以不会引起制冷剂泄漏。相反,在制冷循环中,空气可能会混合进来。所以需要使用净化泵来净化空气	CFC
R-12	CCl ₂ F ₂	-29.8	1	8500	R-12的制冷能力仅为R-22的60%。因此,不能将其用于普通的空调机。由于在高温下R-12的压力较低,所有的汽车空调机都使用这种制冷剂	CFC
R-22	CHClF ₂	-40.8	0.05	1500	R-22为常见空调机中使用频率最高的制冷剂,其拥有较高的回油性能,并且易于操作	HCFC
R-114	CClF ₂ CClF ₂	3.8	1	9300	考虑到低压因素,沸点处于一个合适的温度,因此可在非真空区使用这种制冷剂。由于其能抗高温,所以使用在炼钢作业的起重机驾驶室和战用车辆的驾驶室	CFC
R-123	CHClFCClF ₂	27	0.012	120	R-123作为R-11的替代制冷剂,使用在当前的涡轮冷却装置中。R-123压力较低,可以与R-11同样的方式进行处理。其制冷能力高于R-11,因此不需要增强操作。然而为了满足冷水机要求的蒸发温度(大约22℃),要求有真空区域。所以,和R-11一样,需要一个净化泵	HCFC
R-134a	CH ₂ FCF ₃	-26.1	0	1300	由于R-134a的性质类似于R-12,所以在汽车空调机中用作R-12的替代制冷剂。R-134a的制冷能力稍逊于R-12。为了达到相同的制冷能力,其压缩机和热交换器的尺寸也稍大一些。R-134a对于混进的湿气非常敏感。因此,需要一个大型的干燥滤网来清除湿气	HFC
R-407C	CH ₂ F ₂ / C ₂ HF ₅ / CH ₂ FCF ₃	-43.6	0	1530	R-407C的压力接近于R-22(是它的1.1倍),可以使用同样的管道标准,这样就简化了生产过程。然而,R-407C不是共沸点混合物,一旦制冷剂泄漏,机器内残余的制冷剂的成分和性质就会变化。所以,不适合在家庭使用,因为很难控制配管作业。可用合成油作润滑剂。禁止使用矿物油	HFC
R410A	CH ₂ F ₂ /C ₂ HF ₅	-51.6	0	1730	R-410A的压力非常高,是R-22的1.6倍。就配管作业而言,不能使用1级铜管(可承受3.45MPa的压力),必须使用2级铜管(可以承受各种机型的设计压力)。制冷剂泄漏会导致其成分有轻微改变,可作为一种新型制冷剂使用于家庭空调机。禁止将矿物油作为润滑剂,必须使用合成油。至于其性能特性,R-410A与R-22的特性类似	HFC

注:1. ODP (臭氧损耗指数);

2. GWP (全球变暖指数);

3. CFC, HCFC, HFC: 预计臭氧层破坏程度是根据制冷剂名称进行分类的。使用完全不含氯的HFC时, ODP为0, 尽管HCFC会造成轻微的破坏, 但仍在使用。由于CFC的ODP值很高, 它已经停止使用。

5. 制冷原理

(1) 使用冷凝水进行制冷

假设一盛有1kg0℃水的开口容器被放置在一个初始温度为25℃的封闭空间内，热量将在一定的时间内从25℃的周围空间传递到0℃的水中，所以空间的温度会下降。不过，从空间每吸收4.1868kJ(1kcal)的热量，水的温度将上升1℃，所以当空间的温度下降时，水的温度将会上升。之后，水和其周围空间的温度将完全一致，热传递不再发生（见图1-6）。

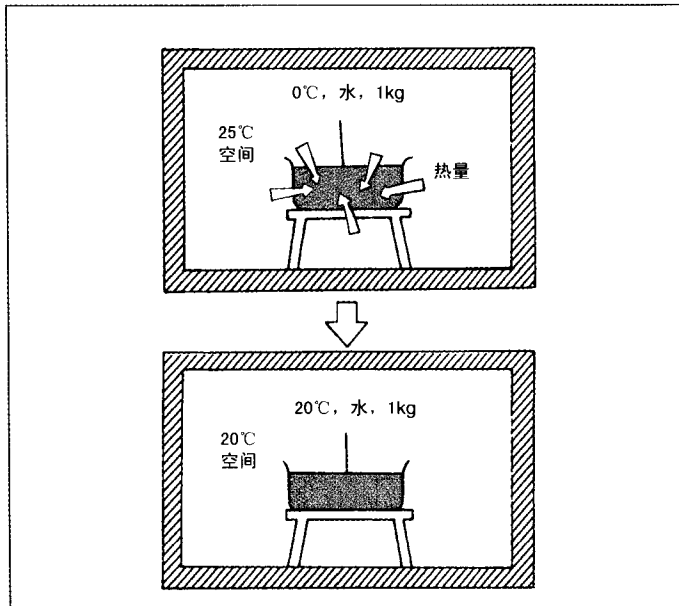


图1-6

缺点

- 不可能获得比冷水更低的温度；
- 制冷过程不能持续；
- 不能控制房间的温度。

为了实现持续制冷，应该对水进行持续冷却和再循环（见图1-7）。有些类型的空调采取的就是这种方法。

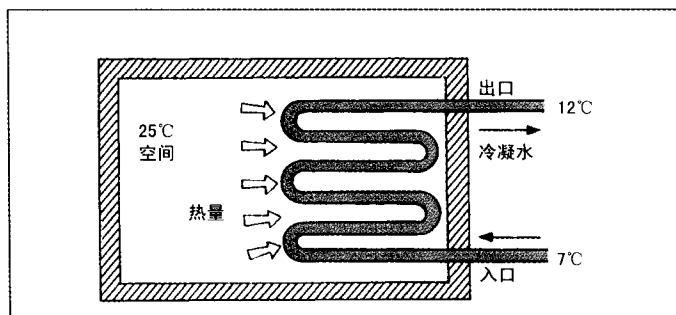


图1-7

(2) 使用冰进行制冷

现假定用1kg0℃的冰来代替水。在这种情况下，当冰从周围空间吸收热量时，其自身温度不变。冰仅仅从固态变为液态，而其温度一直保持在0℃。冰所吸收的热量通过水流离开该空间，制冷效果将得以持续保持，直至所有的冰全部融化为止（见图1-8）。

缺点

- 也同样无法获得更低的温度；
- 必须不断补充供应冰；
- 很难控制制冷温度，这又会导致难以维持所希望的温度。

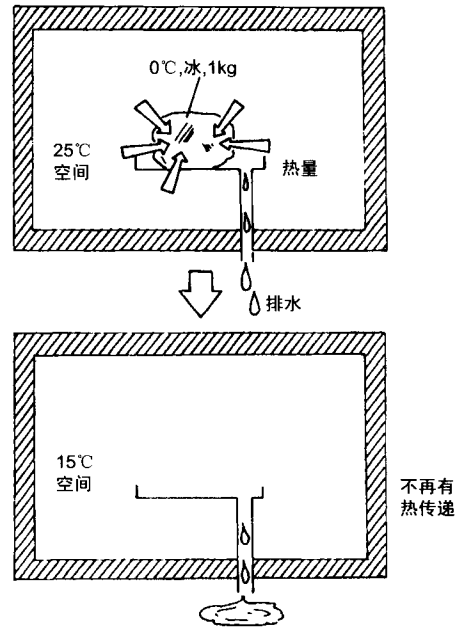


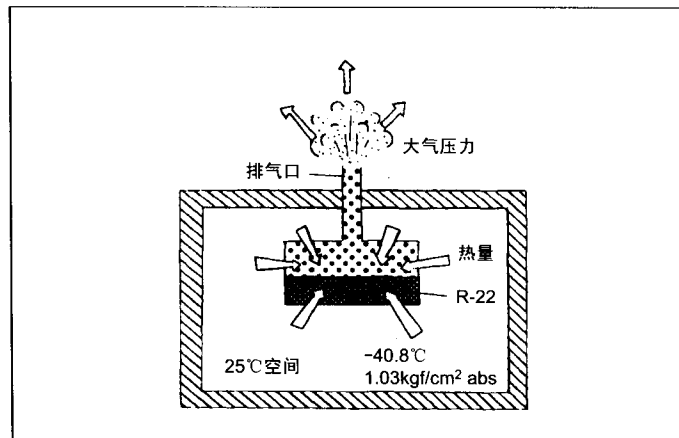
图1-8

(3) 机械制冷系统

1) 使用液体制冷剂进行制冷

对一个绝热空间进行充分制冷，可以通过仅允许液态R-22在一个与外界相通的容器内蒸发来进行，如图1-9所示。因为R-22是处在大气压力之下，则其饱和温度是-40.8℃。在这样低的温度下蒸发，R-22就很容易会通过容器壁从25℃的空间吸收热量。液体蒸发所吸收的热量将蒸气通过开放的导管带离该空间。由于蒸发过程液体的温度保持不变，所以制冷效果将一直持续到所有液体蒸发完为止。

任何如图1-9那样的制冷剂在其中进行蒸发的容器，均称为“蒸发器”。



注：图中1kgf/cm²=9.80665×10⁴Pa。

图1-9

2) 蒸发温度控制

可以通过控制作用在液体之上的蒸气的压力来对液体的蒸发温度加以控制。例如，如果在管道上安装一个手动阀并且将其关闭到一定程度，就能使蒸气不能从蒸发器中自由排出。通过小心调节管阀门来调整蒸发器中流出的蒸气流，能够控制作用在液体上的蒸气压力并使R-22在 -40.8°C 和空间温度 25°C 之间的任何所希望的温度下进行蒸发（见图1-10）。

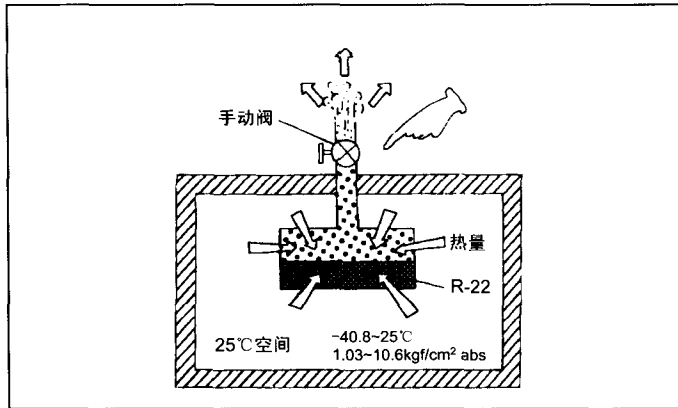


图1-10

3) 维持连续蒸发

如果要求蒸发器中的液体量保持恒定不变，而实际上这些液体在持续蒸发，因此需要不断地向其中补充液体。向蒸发器中补充液体的方法之一是采用一个如图1-11所示的浮球阀组件。

浮球组件的作用是让圆筒中的液体流入蒸发器的速度和蒸发器中液体蒸发的速度恰好相同，以此来使蒸发器中的液体维持在固定的水平。

所有像浮球阀这样用来调节液体制冷剂的流量的装置都称为“制冷剂流量控制器”。

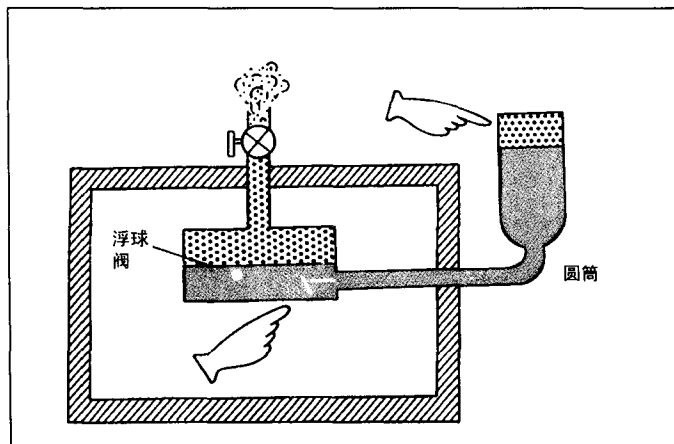


图1-11

4) 制冷剂的回收

为了方便和经济起见，让制冷剂蒸气直接排放到大气中是不实际的。蒸气必须不断地加以收集并一次又一次地重复使用。

为了重复利用制冷剂，必须把它以液体形式提供给蒸发器，因为只有蒸发时它才会吸收热量。由于制冷剂是以蒸气的形态离开蒸发器的，所以要想对它再加以利用就必须先将其变为液体状态（见图1-12）。

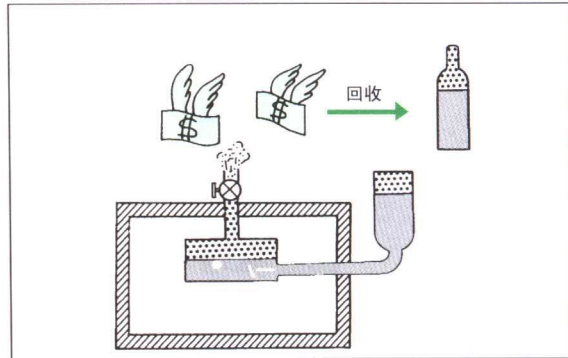


图1-12 制冷剂的回收

实现上述目的的最简单的办法是在蒸发了的制冷剂离开蒸发器时将其冷凝。为了将制冷剂冷凝，必须把蒸气在冷凝时所释放的潜热传递给其他介质。通常空气或水被用于这一用途。空气或水的温度必须低于制冷剂的冷凝温度。在任何一个给定的压力下，一种流体的冷凝温度和汽化温度都是相同的。

如果要冷凝一种在 10°C 时蒸发的制冷剂，其冷凝温度也同样必须是 10°C 。那么为了实现冷凝该制冷剂的目的，所需要的空气或水的温度必须要低于上述温度。显然，如果有温度这么低的空气或水可以利用，就不需要进行机械制冷了。

由于可用的空气或水的温度总是高于蒸发器中的制冷剂沸腾的温度，制冷剂在离开蒸发器时总是不能够被冷凝的。为了使蒸气冷凝，必须将其压力提高到某一点，在该压力下制冷剂的冷凝温度高于可用于冷凝目的的空气或水。例如，如果蒸气的压力是 $17\text{kgf/cm}^2\text{abs}$ (约 1.7MPa)，在 43.5°C 时它就会冷凝，而 43.5°C 的蒸气就可以用空气或水冷却。为了达到这一目的，就需要使用压缩机。

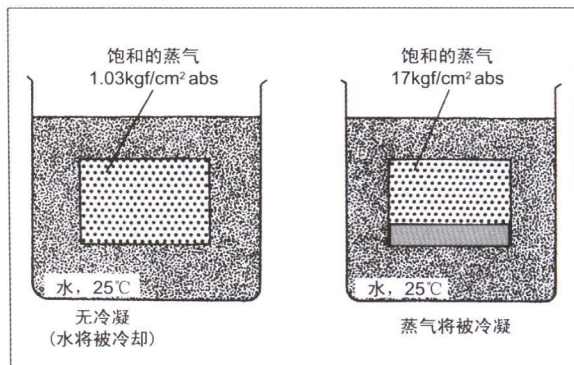


图1-13

用于对蒸发成气态的制冷剂进行增压，以及使制冷剂进行循环的泵称为“压缩机”。所有如图1-14中所示的，制冷剂在其内部进行冷凝的容器称为“冷凝器”。

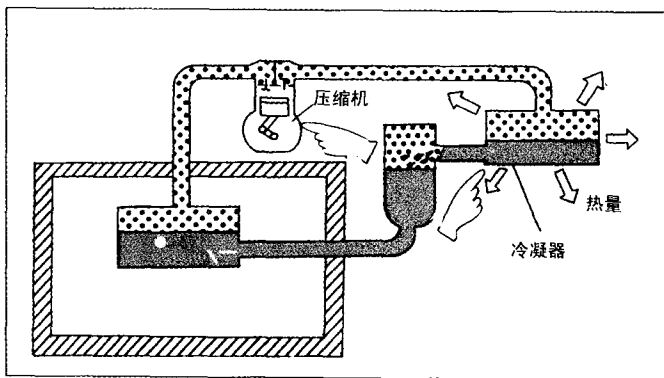


图1-14

由于有了压缩机，将不再需要图1-11中所示的手动阀。蒸发器中的压力可以通过压缩机和浮子阀组件加以控制。

5) 改善热交换

热交换的效率取决于发生热交换的蒸发器和冷凝器的表面积。如果以蛇形盘管代替简单的容器，热交换的效率将会因为表面积增大而得到改善[见图1-15 (b)]。

此外，在蛇形盘管上装上翅片将会进一步提高热交换的效率[见图1-15 (c)]。

空气量的大小也同样是影响热交换的一个主要因素。装上一个电风扇会令热交换效率更高[见图1-15 (d)]。

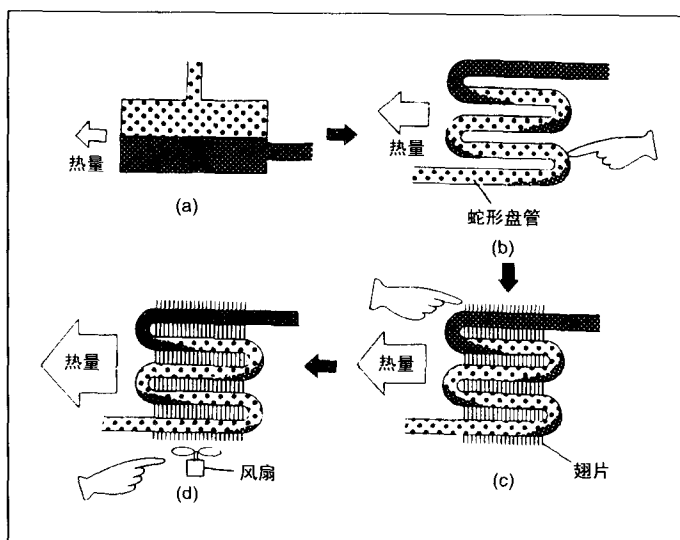


图1-15