

第二章 制冷剂、载冷剂及润滑油



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

第一节 制冷剂概述

第二节 制冷剂的热物性参数及其计算方法

第三节 制冷剂的物理化学性质及其应用

第四节 常用制冷剂

第五节 载冷剂

第六节 润滑油



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

第一节 制冷剂概述

一、制冷剂的发展、应用与选用原则

二、制冷剂命名



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

一、制冷剂的发展、应用与选用原则

- 制冷剂是制冷机中的工作介质，它在制冷机系统中循环流动，通过自身热力状态的变化与外界发生能量交换，从而实现制冷的目的。
- 蒸气制冷机中的制冷剂从低温热源中吸取热量，在低温下气化，再在高温下凝结，向高温热源排放热量。所以，只有在工作温度范围内能够使气化和凝结的物质才有可能作为制冷剂使用。多数制冷剂在大气压力和环境温度下呈气态。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

乙醚是最早使用的制冷剂。它易燃、易爆，标准蒸发温度（沸点）为 34.5°C 。用乙醚制取低温时，蒸发压力低于大气压，因此，一旦空气渗入系统，就有引起爆炸的危险。

1866年，威德豪森(Windhausen)提出使用 CO_2 作制冷剂。

1870年，卡尔·林德(Carl Linde)对使用 NH_3 作制冷剂作出了贡献，从此大型制冷机中广泛采用 NH_3 为制冷剂。

1874年，拉乌尔·皮克特(Raul Pictel)采用 SO_2 作制冷剂。 SO_2 和 CO_2 在历史上曾经是比较重要的制冷剂。



[总目录](#)

[返回本章](#)

[返回本节](#)

[上一页](#)

[下一页](#)

[结束](#)

SO₂沸点为-10℃，毒性大，它作为重要的制冷剂曾有60年之久的历史，后逐渐被淘汰。

CO₂的特点是在使用温度范围内压力特别高(例如，常温下冷凝压力高达8MPa)，致使机器极为笨重，但CO₂无毒，使用安全，所以曾在船用冷藏装置中作制冷剂，此历史也延续了50年之久，直到1955年才被氟利昂制冷剂所取代。

1929~1930年间汤姆斯·米杰里(Thomes Midgley)首先提出将氟利昂作为制冷剂用。

卤代烃也称氟利昂 (Freon, 美国杜邦公司过去曾长期使用过的商标名称) 是链状饱和碳氢化合物的卤代衍生物的总称。氟利昂制冷剂的种类很多，它们之间的热力性质有很大区别，但在物理、化学性质上又有许多共同的优点，所以，得到迅速推广，成为制冷业发展的重要里程碑之一。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

在卤代烃制冷剂中，R11、R12、R13、R14、R113、R114等都是全卤代烃，即在它们的分子中只有氯、氟、碳原子，这类氟利昂称氯氟烃，简称**CFCs**；

如果分子中除了氯、氟、碳原子外，还有氢原子（如R22），称氢氯氟烃，简称**HCFCs**；

如果分子中没有氯原子，而有氢原子、氟原子和碳原子，称氢氟烃，简称**HFCs**。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

- 1974年美国加利福尼亚大学的莫利纳 (M.J.Molina)和罗兰(F.S.Rowland)教授首指出卤代烃中的氯原子会破坏大气臭氧层。
- 1995年的诺贝尔化学奖授予了这两位教授以表彰他们在大气化学特别是臭氧的形成和分解研究方面作出的杰出贡献。
- 1987年联合国环保组织在加拿大的蒙特利尔市召开会议，36个国家和10个国际组织共同签署了《关于消耗大气臭氧层物质的蒙特利尔议定书》，国际上正式规定了逐步削减CFCs生产与消费的日程表。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

1992年我国政府正式宣布加入修订后的《蒙特利尔议定书》。

1993年批准了《中国消耗大气臭氧层物质逐步淘汰国家方案》。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

大气平流层的臭氧层是人类及生物免遭短波紫外线伤害的天然保护伞。

- (1) 大气臭氧层的耗减甚至出现空洞将会引起人们的皮肤癌、白内障等发病率的上升；
- (2) 会减退人类的免疫功能；
- (3) 引起农产品如大豆、玉米、棉花、甜菜等减产；
- (4) 会杀死水中微生物而破坏水生生物食物链，使渔业减产。
- (5) 此外，CFCs的大量排放，还会助长温室效应，加速全球气候变暖。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

为了加快淘汰步伐，逐步限制使用的时间表在不断地提前。到1995年12月在维也纳召开的《蒙特利尔议定书》缔约国第七次会议为止，国际上对CFCs和HCFCs物质限制日程表要点如下：

1、对CFCs，包括CFC11、CFC12、CFC113、CFC114、CFC115等氯氟烃物质：

- 对发达国家，规定从1996年1月1日起完全停止生产与消费；
- 对发展中国家（CFCs人均消耗量小于0.3kg）最后停用的日期是2010年。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

2、对HCFCs，包括HCFC22、HCFC142b、HCFC123等：

- 对发达国家，从1996年起冻结生产量，2004年开始削减，至2020年完全停用；
- 对发展中国家，从2016年开始冻结生产量，2040年完全停用。
- 以上时间表还可能再提前。
- (2007年第19次会议确定提前)



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

从80年代后期开始，世界各国的科学家和技术专家就一直在寻找新的制冷剂。作为制冷剂应该符合如下要求：

1、热力学性质方面

- (1) 在工作温度范围内有合适的压力和压力比。
- (2) 汽化潜热大，则单位制冷量 q_0 以减少系统中的制冷剂循环量。
- (3) 气体比容要小，单位容积制冷量 q_v 比较大，以减少压缩机的几何尺寸。
- (4) 比功 W 和单位容积压缩功 W_v 小，循环效率高。
- (5) 绝热指数小，等熵压缩的终了温度 t_2 不太高，以免润滑条件恶化（润滑油粘性下降、结焦）或制冷剂自身在高温下分解。
- (6) 循环的热力学完善度尽可能大。



2、迁移性质方面

- (1) 粘度、密度尽量小，这样可减少制冷剂在系统中的流动阻力以及制冷剂的充注量。
- (2) 热导率大，这样可以提高热交换设备（如蒸发器、冷凝器、回热器……等）的传热系数，减少传热面积，使系统结构紧凑。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

3、物理化学性质方面

- 无毒、不燃烧、不爆炸、使用安全。
- 化学稳定性和热稳定性好，制冷剂要经得起蒸发和冷凝的循环变化，使用中不变质，不与润滑油反应，不腐蚀制冷机构件，在压缩终了的高温下不分解。
- 对大气环境无破坏作用，即不破坏大气臭氧层，没有温室效应。

4、其它

- 原料来源充足，制造工艺简单，价格便宜。

当然，完全满足上述要求的制冷剂是不存在的。各种制冷剂总是在某些方面有其长处，另一方面又有不足。



二、制冷剂命名

- 目前用得较多的制冷剂，按其化学组成主要有三类：

(1) 无机物：例如， NH_3 、 CO_2 和 H_2O 等。

(2) 卤代烃：例如，四氟乙烷 (R134a)、二氟一氟甲烷 (R22)、三氟二氟乙烷 (R123)、五氟丙烷 (R245ca) 等。

(3) 碳氢化合物：甲烷、乙烷、丙烷、异丁烷、乙烯、丙烯等。

此外，某些环烷烃的卤代物、链烯烃的卤代物也可作制冷剂使用，例如：八氟环丁烷，二氟二氟乙烯等，但使用范围远不如上述三类广泛。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

- 上述三类制冷剂中，卤代烃属于**人工合成制冷剂**，其余为**自然制冷剂**。
- 为了书写方便，国际上统一规定用字母“R”和它后面的一组数字或字母作为制冷剂的简写符号。字母“R”表示制冷剂，后面的数字或字母则根据制冷剂的分子组成按一定的规则编写。编写规则为：

1. 无机化合物

- 无机化合物的简写符号规定为**R7()**。括号代表一组数字，这组数字是该无机物分子量的整数部分。例如：
- **NH₃, H₂O, CO₂**
- 分子量的整数部份分别为17, 18, 44。
- 符号表示**R717, R718, R744**。



2. 卤代烷烃和其它烷烃类

烷烃类化合物的分子通式为 C_mH_{2m+2} ；卤代烷烃的分子通式为 $C_mH_nF_xCl_yBr_z$ ($n+x+y+z=2m+2$)，它们的简写符号规定为 $R_{(m-1)(n+1)(x)B(z)}$ ，每个括号是一个数字，该数字数值为零时省去写，乙烷类同分异构体则在其最后加一个小写英文字母以示区别，丙烷类同分异构体则在其最后加两个小写英文字母以示区别。表2-1为一些制冷剂的符号举例。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

表2-1 制冷剂符号举例

化合物名称	分子式	m、n、x、z的值	简写符号
二氟一氯甲烷	CHF_2Cl	$m=1, n=1, x=2$	R22
二氟甲烷	CH_2F_2	$m=1, n=2, x=2$	R32
甲烷	CH_4	$m=1, n=4, x=0$	R50
三氟二氯乙烷	$\text{C}_2\text{HF}_3\text{Cl}_2$	$m=2, n=1, x=3$	R123
五氟乙烷	C_2HF_5	$m=2, n=1, x=5$	R125
四氟乙烷	$\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$	$m=2, n=2, x=4$	R134a
五氟丙烷	$\text{C}_3\text{H}_3\text{F}_5$	$m=3, n=3, x=5$	R245ca
乙烷	C_2H_6	$m=2, n=6, x=0$	R170
丙烷	C_3H_8	$m=3, n=8, x=0$	R290

值得指出的是，正丁烷和异丁烷例外。它们分别用R600和R600a表示。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

3. 非共沸混合制冷剂

非共沸混合制冷剂的简写符号为R4()。括号代表一组数字，这组数字为该制冷剂命名的先后顺序号，从00开始。构成非共沸混合制冷剂的纯物质种类相同，但成分不同，则分别在最后加上大写英文字母以示区别。例如，最早命名的非共沸混合制冷剂写作R400，以后命名的按先后次序分别用R401、R402、...、R407A，R407B，R407C等表示。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

4. 共沸混合制冷剂

共沸混合制冷剂的简写符号为R5()。括号代表一组数字，这组数字为该制冷剂命名的先后顺序号，从00开始。例如最早命名的共沸制冷剂写作R500，以后命名的按先后次序分别用R501、R502、...、R507表示。

5. 环烷烃、链烯烃、醚以及它们的卤代物

其简写符号规定：环烷烃及环烷烃的卤代物用字母“RC”开头，链烯烃及链烯烃的卤代物用字母“R1”开头，醚及醚的卤代物用字母“RE”开头，其后的数字排写规则与卤代烃及烷烃类符号表示中的数字排写规则相同。



- 此外，有机氧化物，脂肪族胺，它们用**R6**开头，其后的数字是任选的。例如，甲胺为**R630**，乙胺为**R631**。详细可从表2-2中查出。
- 在大气臭氧层问题出来以后，为了能较简单地定性判别制冷剂对大气臭氧层的破坏能力，氯氟烃类物质代号中的R可表示为**CFC**，氢氯氟烃类物质代号中的R可表示为**HCFC**，氢氟烃类物质代号中的R可表示为**HFC**，碳氢化合物代号中的R可表示为**HC**，等等，数字编号不变。例如，R12可表示为**CFC12**，R134a可表示为**HFC134a**。



第二节 制冷剂的热物性参数及其计算方法

- 热力学性质
- 热物性参数的计算机计算方法



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

一、热力学性质

制冷剂的常用热力学性质包括**压力**、**温度**、**比体积**、**比内能**、**比焓**、**比熵**、**比热容**、**声速**等，它们都是状态参数，彼此之间存在一定的函数关系。

制冷剂的热力学参数之间的关系是通过实验方法测定出来的，表2-3给出了一些制冷剂最基本的热力学性质数据。导出热力学量则是通过热力学关系式计算得到的。它们常被表示成两种形式：一种是热力学性质图和表，另一种是参数关系方程式。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

表2-3 一些制冷剂的基本热力性质

制冷剂	分子量	正常沸点 /°C	凝固点 /°C	临界温度 /°C	临界压力 /kPa	临界比体积 /L.kg ⁻¹
R704	4.0026	-268.9	-	-267.9	228.8	14.43
R702	2.0159	-252.8	-259.2	-239.9	1315	33.21
R720	20.183	-246.1	-248.6	-228.7	3397	2.070
R728	28.013	-198.8	-210	-146.9	3396	3.179
R729	28.97	-194.3	-	-140.7	3772	3.048
R740	39.948	-185.9	-189.3	-122.3	4895	1.867
R732	31.9988	-182.9	-218.8	-118.4	5077	2.341
R50	16.04	-161.5	-182.2	-82.5	4638	6.181



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

在使用热力性质图和表时，应当注意焓和熵等参数的基准值的选取。不同的图表由于基准值选取不同，使同一温度和压力下的焓、熵值不同。这一问题在几个图或表同时联用时需加以注意，需将读取的参数用基准值的差予以修正。本书附录B给出的基准为：在温度为 0°C 时的饱和液体比焓取为 200kJ/kg ，比熵取为 $1.00\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ 。

第一章已较详细地讨论了 $\lg p-h$ 图的特点和用法，本节主要讨论参数关系方程式。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

1、压缩性系数

- 对于制冷剂过热蒸气，如引入压缩性系数 Z ，也称压缩因子，则其状态方程可表示为

$$p = \frac{ZRT}{V} \quad (2-1)$$

由该式可知，只要确定了 Z 值就可按上式计算过热蒸气的状态参数。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

压缩性系数 Z 为无因次量，它是温度和压力的函数。可用实验测定，也可用状态方程计算。 R 为摩尔气体常数，有时也称通用气体常数或理想气体常数，它与气体的种类无关，采用不同单位，其值不同，见表2-4。

表2-4 摩尔气体常数与单位

R	单位	R	单位
8.317×10^7	$\text{erg gmol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	82.06	$\text{cm}^3 \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
1.987	$\text{cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	8.206×10^{-5}	$\text{m}^3 \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
8.314	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	62.36	$\text{l} \cdot \text{mmHg} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
8.314	$\text{cm}^3 \cdot \text{MPa} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	10.73	$(\text{lb} \cdot \text{in}^{-2}) \cdot \text{ft}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

2、饱和蒸气压

精确的蒸气压公式一般由实验数据拟合得到。下式是一个常用的蒸气压经验公式

$$\ln p_r = a_0 + [a_1(1-T_r) + a_2(1-T_r)^{1.5} + a_3(1-T_r)^3 + a_4(1-T_r)^7 + a_5(1-T_r)^9] / T_r \quad (2-2)$$

式中， p_r 是对比压力， T_r 是对比温度， a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 、 a_5 是拟合所得到的常数，表2-5给出了部分制冷剂的常数值。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

表2-5 制冷剂的蒸气压公式常数

代号	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
R22	1.375437E-02	-7.387311	2.147872	-4.524213	51.362020	-192.922000
R23	5.585194E-03	-7.449594	1.686090	-3.101506	-3.294165	3.618438
R32	2.870500E-02	-9.171495	5.778137	-13.22130	495.4324	-2315.876
R123	6.341934E-04	-7.413754	1.596611	-3.968871	9.000544	-10.311230
R134a	-3.54600E-03	-7.468451	1.139870	-2.761836	-56.832190	254.810300
R600a	-6.753445E-03	-6.947549	1.740707	-3.826073	15.51619	-48.9882
R717	0.2151775	-11.714860	10.615290	-15.732470	157.356500	-381.299300



[总目录](#)

[返回本章](#)

[返回本节](#)

[上一页](#)

[下一页](#)

[结束](#)

3、 气化热

制冷工质的气化热与单位质量制冷量有关系。气化热大，则单位制冷量也大。制冷工质的气化热可近似用下述式子计算

$$r = r_s \left(\frac{1 - T_r}{1 - T_{br}} \right)^{0.38} \quad (2-3)$$

式中， r_s 为正常沸点时的气化热， T_{br} 是正常沸点对比温度， $T_{br} = T_b/T_c$ ， T_b 为正常沸点温度，单位K。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

4、比热容

- 制冷剂在理想气体状态下的比热容一般由实验测得，然后拟合成如下关系式

$$c_p^0 = d_0 + d_1T + d_2T^2 + d_3T^3 \quad (2-4)$$

式中， T 是温度，单位为K； c_p^0 是比定压热容，单位为J(mol·K)⁻¹； d_0 、 d_1 、 d_2 、 d_3 是常数，

表2-6给出部分常用制冷剂的这些数值。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

表2-6常用制冷剂式 (2-4) 常数

制冷剂	R22	R23	R32	R123	R125	R134a	R290	R600a
d_0	18.636	28.189	36.79	6.021	23.602	-5.416	-4.0422	-1.390
d_1	0.14433	2.464E-02	6.294E-02	5.052E-01	0.28372	0.3438	0.3046	0.3847
d_2	-3.117E-05	2.641E-04	3.754E-04	-7.632E-04	-1.230E-04	-2.535E-4	-1.571E-4	-1.846E-4
d_3	-6.665E-08	-3.010E-07	-3.216E-07	5.183E-07	-5.672E-08	6.654E-8	3.171E-08	2.895E-8



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

5. 液体的密度

- 由于液体可压缩性很小，可认为过冷液体的密度等于饱和液体的密度。饱和液体的密度与温度有关，可按下式计算

$$\rho_s = \rho_{cr} Z_{cr}^{-(1-T_r)^\tau} \quad (2-5)$$

式中， $\tau = -\frac{\ln\left[\frac{\ln(\rho_{sb} / \rho_{cr})}{\ln Z_{cr}}\right]}{\ln(1-T_{br})}$ ， ρ_{cr} 是临界密度， ρ_{sb}

是正常沸点时的密度， Z_{cr} 是临界压缩因子，

T_r 是对比温度， T_{br} 是正常沸点对比温度。



二、热物性参数的计算机计算方法



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

第三节 制冷剂的物理化学性质及其应用

- 一、安全性
- 二、热稳定性
- 三、对材料的作用
- 四、对润滑油的互溶性
- 五、对水的溶解性
- 六、泄漏性
- 七、制冷剂与大气环境



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

■ 在选用制冷剂时，除了要考虑热力性质外，还需要考虑制冷剂的物理化学性质，例如毒性、燃烧性、爆炸性、与金属材料的作用、与润滑油的作用、与大气环境的“友好性”等。有时这些因素可能是考虑选择制冷剂的主要因素。

一、安全性

■ 安全性对操作人员是非常重要的，尤其是在制冷机长期连续运转的情况下。制冷剂的毒性、燃烧性和爆炸性都是评价制冷剂安全程度的性质，各国都规定了最低安全程度的标准，如ANSI/ASHRAE 15 – 2004等。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

(一) 毒性

毒性通常是通过对动物的试验和对人的影响的资料来确定的。美国工业与环境卫生专家大会用**TLVs**

(**Threshold Limit Values**) 指标作为毒性标准，美国杜邦公司用**AEL** (**Allowable Exposure Limit**) 指标作为毒性标准，这两个指标在数量上非常接近。它们都反映了人们在较长时间内接触制冷剂而不至于产生不良反应。如果这些指标的数值为1000或1000以上，则可认为这种制冷剂是无毒的。表2-7给出了一些常用制冷剂的**TLVs**值或**AEL**值。值得指出的是，虽然一些氟利昂制冷剂其毒性都较低，但它们在高温或火焰作用下会分解出极毒的光气，这一点在使用时要特别注意。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

表2-7 制冷剂的毒性指标

制冷剂代号	TLVs或AEL	制冷剂代号	TLVs或AEL
R22	1000	R134a	1000
R23	1000	R290	2500
R32	1000	R600a	800
R123	50	R717	25
R125	1000	R744	5000



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

(二) 燃烧性和爆炸性

- 各种制冷剂的燃烧性和爆炸性差别很大。易燃的制冷剂在空气中的含量达到一定范围时，遇明火就会产生爆炸。因此，应尽量避免使用易燃和易爆炸的制冷剂。万一必须使用时，必须要有防火防爆安全措施。一些易燃制冷剂的爆炸特性见表2-8。表中，None表示不燃烧，爆炸极限表示在空气中发生燃烧或爆炸的体积百分比的范围。这一范围的下限值越小，表示越易燃；下限值相同，则范围越宽越易燃



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

表2-8 一些制冷剂的易燃易爆特性

制冷剂代号	爆炸极限体积分数/%	制冷剂代号	爆炸极限体积分数/%
R22	None	R134a	None
R23	None	R290	2.3~7.3
R32	14~31	R600a	1.8~8.4
R123	None	R717	16.0~25.0
R125	None	R744	None



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

(三)安全分类

- 以前对制冷剂的安全性分别以毒性和可燃性作出规定，现在国际标准ISO 5149-93和美国标准ANSI/ASHRAE 34-2004对制冷剂的安全分类作了较大的调整，将毒性与可燃性合在一起，规定了6个安全等级，表2-9给出了这6个等级的划分定义。表2-10给出了一些制冷剂的安全分类。

表2-10 一些制冷剂的安全分类

制冷剂代号	安全分类	制冷剂代号	安全分类
R22	A1	R134a	A1
R23	A1	R290	A3
R32	A2	R600a	A3
R123	B1	R717	B2
R125	A1	R744	A1



表2-9 ASHRAE34以毒性和可燃性为界限的安全分类

毒性 可燃性		TLVs值确定 或一定的系数, 制冷剂 体积分数 $\geq 4 \times 10^{-4}$	TLVs值确定或 一定的系数 , 制冷剂体 积分数 $< 4 \times 10^{-4}$
		无火焰传播	不燃
制冷剂LFL $>0.1\text{kg/m}^3$, 燃烧热 $<19000\text{kJ/kg}$	低度可燃性	A2	B2
制冷剂LFL $\leq 0.1\text{kg/m}^3$, 燃烧热 $\geq 19000\text{kJ/kg}$	高度可燃性	A3	B3
		低毒性	高毒性

注: LFL—燃烧下限, 在指定的实验条件下, 能够在制冷剂和空气组成的均匀混合物中传播火焰的制冷剂最小浓度 (kg/m^3)



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

二、热稳定性

通常，制冷剂因受热而发生化学分解的温度大大高于其工作温度，因此在正常运转条件下制冷剂是不会发生裂解的。但在温度较高又有油、钢铁、铜存在时长时间使用会发生变质甚至热解。

例如

氨：当温度超过 250°C 时分解成氮和氢。

丙烷：当含有氧气时，在 460°C 时开始分解， 660°C 时分解43%， 830°C 时完全分解。

R22：在与铁相接触时 550°C 开始分解。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

三、对材料的作用

- 碳氢化合物制冷剂对金属无腐蚀作用。
- 在正常情况下，卤素化合物制冷剂与大多数常用金属材料不起作用。但在某种情况下，一些材料将会和制冷剂发生作用，例如水解作用、分解作用等。制冷剂与金属材料接触时发生分解作用强弱程度的次序(从弱到强)是铬镍铁耐热合金、不锈钢、镍、紫铜、铝、青铜、锌、银(分解作用最大)。
- 氨制冷机中不适合用黄铜、紫铜和其它铜合金，因为有水分时要引起腐蚀。但磷青铜与氨不起作用。



■ 含镁量超过约2%的镁锌铝合金不能用在卤素化合物制冷剂的制冷机中，因为若有微量水分存在时就会引起腐蚀。有水分存在时，卤素化合物制冷剂水解成酸性物质，对金属有腐蚀作用。卤素化合物制冷剂与润滑油的混合物能够水解铜。所以当制冷剂在系统中与铜或铜合金部件接触时，铜便溶解到混合物中，当和钢或铸铁部件接触时，被溶解的铜离子又会析出，并沉浸在钢铁部件上，形成一层铜膜，这就是所谓的“镀铜”现象。这种现象对制冷机的运行极为不利，因此，制冷系统中应尽量避免有水分存在。

■ 某些非金属材料，如一般的橡胶、塑料等，与氟利昂制冷剂会起作用。橡胶与氟利昂相接触时，会发生溶解；而对塑料等高分子化合物则会起“膨润”作用(变软、膨胀和起泡)，在制冷系统中要选用特殊的橡胶或塑料。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

四、对润滑油的互溶性

- 在大多数制冷机里，工质与润滑油相互接触是不可避免的。各种工质与润滑油之间的溶解程度不同。有的完全互溶，有的几乎不溶解，而有的是部分溶解。若制冷工质与油不相溶解，可以从冷凝器或贮液器将油分离出来，避免油带入蒸发器中，降低传热效果。制冷工质与油溶解会使润滑油变稀，影响润滑作用，且油会被带入蒸发器中，影响到传热效果。有关制冷系统与润滑油特性的详细内容将在本章第六节中作进一步介绍。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

五、对水的溶解性

- 不同制冷剂溶解水的能力不同。氨可以溶解比它本身大许多倍的水，生成的溶液冰点比水的冰点低。因此在运转的制冷系统中不会引起结冰而堵塞管道通路，但会对金属材料引起腐蚀。氟利昂很难与水溶解，烃类制冷剂也难于溶解于水。例如在 25°C 时，水在R134a液体中只能溶解0.11%(质量百分比)。当制冷剂中水的含量超过上述百分数时就会有纯水存在。当温度降到 0°C 以下时，水就会结成冰，堵塞节流阀或毛细管的通道，形成“冰堵”，致使制冷机不能正常工作。表2-11给出水分在一些制冷剂中的溶解度。



表2-11 水分在一些制冷剂中的溶解度 (25℃)

制冷剂代号	溶解度 质量分数/%	制冷剂代号	溶解度 质量分数/%
R22	0.13	R134a	0.11
R23	0.15	R290	0.05
R32	0.12	R600a	0.18
R123	0.08	R717	100
R125	0.07	R744	0.23

前面已经提到，水溶解制冷剂后会发生水解作用，生成酸性产物，腐蚀金属材料。含有氯原子的制冷剂会水解并生成盐酸，不但会腐蚀金属材料，而且还会降低电绝缘性能。因此，制冷系统中不允许有游离的水存在。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

六、泄漏性

- 制冷机工作时不允许有制冷剂向系统外泄漏，因此需要经常在设备、管道的接合面处检查有无制冷剂漏出。
- 氨有强烈的臭气，人们依靠嗅觉就容易判别是否有泄漏。由于氨极易溶于水，因此不能用肥皂水检漏。通常用酚酞试剂和试纸检漏，如有泄漏，试剂或试纸会变成红色。
- 氟利昂是无色无臭的物质，泄漏时不易发觉。检漏的方法有卤素喷灯和电子检漏仪两种。卤素喷灯是通过燃烧酒精去加热一块紫铜，空气被吸入喷灯，当空气内含有氟利昂时气流与紫铜接触就会发生分解，并使燃烧的火焰变成黄绿色(当泄漏量小时)或紫色(当泄漏量大时)。
- 用电子检漏仪检漏是一种较精密的方法。仪器中有一对铂电极，空气由风机吸入并流过电极，当含有氟利昂时电极之间的导电率会发生变化，通过电流计可以反映出来



七、制冷剂与大气环境

- 在本章第一节中已经指出，氟利昂类制冷剂中，凡分子内含有氟或溴原子的制冷剂对大气臭氧层有潜在的消耗能力。为描述对臭氧的消耗特征及其强度分布，通常使用ODP值。**ODP值 (Ozone Depletion Potential)** 表示对大气臭氧层消耗的潜能值，以R11 (CFC11) 作为基准值，其值被人为地规定为1.0。
- 这类制冷剂不仅要破坏大气臭氧层，还具有全球变暖潜能 (**Global Warming Potential, 简称GWP**)。具有全球变暖效应的气体称为温室气体。作为基准，人们也选用R11(CFC-11)的值为1.0，其符号为HGWP。表2-12给出了一些制冷剂的ODP值、HGWP值和GWP值



表2-12 一些制冷剂的ODP值和GWP值

制冷剂代号	GWP (CO ₂ =1.0)	ODP	制冷剂代号	GWP (CO ₂ =1.0)	ODP	制冷剂代号	GWP (CO ₂ =1.0)	ODP
R11	4700	1.0	R124	609	0.022	R161	12	0
R12	10890	1.0	R125	3500	0	R290	~20	0
R22	1810	0.055	R134a	1430	0	R502	4700	0.23
R23	14760	0	R142b	2310	0.065	R600a	~20	0
R32	675	0	R143a	4470	0	R717	<1	0
R123	77	0.02	R152a	1124	0	R744	1	0

从上述讨论可以看出，传统制冷剂R11，R12不仅ODP值很高，而且GWP值也很高，是大气环境极不友好的制冷剂，因此要被禁止使用。作为替代R12的新制冷剂R134a，虽然其ODP值已经是0，但仍有较高的GWP值，要造成全球变暖效应。一些自然制冷剂如R600a，R717，R290等，它们既不破坏大气臭氧层，又不导致全球变暖，是环境“友好”制冷剂。



[总目录](#)

[返回本章](#)

[返回本节](#)

[上一页](#)

[下一页](#)

[结束](#)

“总等效温室效”(Total Equivalent Warming Impact, 缩写TEWI) 来描述温室气体的全球变暖效应。

TEWI包括两部分:

第一部分是直接温室效(Direct Warming Impact), 它是指温室气体的排放、泄漏以及系统维修或报废时进入大气后对大气温室效应的影响, 可以表示为温室气体的GWP值与排放总和的乘积;

第二部分是间接温室效应(Indirect Warming Impact), 它是指使用这些温室气体(主要是制冷剂)的装置因耗能(主要指电能和燃烧化石燃料)引起的二氧化碳排放所带来的温室效应。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

第四节 常用制冷剂

一、无机物

二、卤代烷烃

三、碳氢化合物

四、混合制冷剂



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

一、无机物

■ 1. R717 (氨)

- 氨是应用较广的中温制冷剂。沸点 -33.3°C ，凝固点 -77.9°C 。
- 氨具有较好的热力学性质和热物理性质，在常温和普通低温范围内压力比较适中。单位容积制冷量大，粘性小，流动阻力小，传热性能好。
- 氨对人体有较大的毒性，也有一定的可燃性，安全分类为B2。氨蒸气无色，具有强烈的刺激性臭味。它可以刺激人的眼睛及呼吸器官。氨液飞溅到皮肤上时会引起肿胀甚至冻伤。



- 氨能以任意比例与水相互溶解，组成氨水溶液，在低温时水也不会从溶液中析出而冻结成冰。所以氨系统里不必设置干燥器。但氨系统中有水分时会加剧对金属的腐蚀，同时使制冷量减小。所以一般限制氨中的含水量不得超过0.2%。
- 氨在矿物油中的溶解度很小，因此氨制冷剂管道及换热器的传热表面上会积有油膜，影响传热效果。
- 氨对钢铁不起腐蚀作用，但当含有水分时将要腐蚀锌、铜、青铜及其它铜合金。
- 目前氨用于蒸发温度在 -65°C 以上的大型或中型单级、双级往复活塞式及螺杆式制冷机中，也有应用于大容量离心式制冷机中。



2. R744 (二氧化碳)

- 二氧化碳是一种既古老又新兴的自然工质。干冰是固体二氧化碳的习惯叫法。干冰的三相点参数为：三相点温度 -56.6°C ，三相点压力 520kPa 。因此，在大气压下，二氧化碳为固态或气态，不存在液态。干冰在大气压力下的升华热为 573.6kJ/kg ，升华温度为 -78.5°C 。
- 自19世纪80年代至20世纪30年代，二氧化碳作为制冷剂被广泛地应用于制冷空调系统中，与氨制冷剂一样，是当时最为常用的制冷工质。在几种常用的自然工质中，可以说二氧化碳最具竞争力，在可燃性和毒性有严格限制的场合，二氧化碳是最理想的。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

- 二氧化碳作为制冷工质有许多独特的优势，从对环境的影响来看，除水和空气以外，二氧化碳是与环境最为友善的制冷工质。除此以外，二氧化碳还具有下列特点：

- (1) 良好的安全性和化学稳定性：无毒、不可燃，便在高温下也不分解产生有害气体；
- (2) 具有与制冷循环和设备相适应的热物理性质，单位容积制冷量相当高，运动粘度低；
- (3) 优良的流动和传热特性，可显著减小压缩机与系统的尺寸，使整个系统非常紧凑，而且运行维护也比较简单，具有良好的经济性能；
- (4) 二氧化碳制冷循环的压缩比要比常规工质制冷循环低，压缩机的容积效率可维持在较高的水平。



二 卤代烷烃

1. R134a

- R134a (四氟乙烷, CH_2FCF_3) 是被广泛应用的中温制冷剂, 沸点 -26.26°C , 凝固点 -96.6°C ; 应用于中等蒸发温度和低蒸发温度的制冷系统中。
- R134a无色, 毒性很小, 不燃烧, 不爆炸, 是一种很安全的制冷剂。只有在空气中浓度过大时(容积浓度超过80%)才会使人窒息。它对大气臭氧层没有破坏作用, 但全球变暖潜能值为1430。
- R134a当温度达到 370°C 以上时, 与明火接触会分解出氟化氢等有毒气体。
- 水在R134a中的溶解度很小, 仅0.11%, 且随温度的降低而减小。但是, 即使少量水分存在, 在润滑油等的一起作用下, 将会产生酸、CO或CO₂, 将对金属产生腐蚀作用, 或产生“镀铜”现象。



- 在常用温度范围内R134a与矿物油不相溶，但在温度较高时能完全溶解于多元烷基醇类（Polyalkylene Glycol，简称PAG）和多元醇酯类（Polyol Ester，简称POE）合成润滑油；在温度较低时，只能溶解于POE合成润滑油。
- R134a对钢、铁、铜、铝等金属均未发现有相互化学反应的现象，仅对锌有轻微的作用。R134a对塑料无显著影响，除了对聚苯乙烯稍有影响外，其它的大多可用。和塑料相比，合成橡胶受R134a的影响略大，特别是氟橡胶。全封闭压缩机中的绕组导线要用耐氟绝缘漆。
- R134a很容易通过机器的接合面的不严密处、铸件中的小孔及螺纹接合处泄漏。所以对铸件要求质量高，对机器的密封性要求良好



2. R22

- R22(二氟一氯甲烷, CHF_2Cl)也是较常用的中温制冷剂, 在相同的蒸发温度和冷凝温度下, R22比R134a的压力要高65%左右。R22的沸点为 -40.8°C , 凝固点 -160°C 。它在常温下的冷凝压力和单位容积制冷量与氨差不多, 比R134a要大, 压缩终温介于氨和R134a之间, 能制取的最低蒸发温度约为 -80°C 。
- R22无色无味, 不燃烧, 不爆炸, 毒性小, 但仍是安全的制冷剂, 安全分类为A1。传热性能与流动性能较好; 它属于不溶于水的物质, 制冷系统含水量限制在0.001%以内。同时系统内应装设干燥器。
- R22化学性质稳定, 但它对有机物的膨润作用较强, 密封材料可采用氯乙醇橡胶



- R22能够部分地与矿物油相互溶解，而且其溶解度随着矿物油的种类及温度而变。矿物油在R22制冷系统各部分中产生不同的影响。较大容量的R22制冷机在起动前需先对曲轴箱内的油加热，让R22先蒸发掉。
- R22对金属与非金属基本不发生化学反应作用，其泄漏特性与R134a相似。
- R22属于HCFC类制冷剂，将要被限制和禁止使用。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

三 碳氢化合物

- 1、R600a
- 常用的碳氢化合物制冷剂为R600a。R600a（异丁烷， $i\text{-C}_4\text{H}_{10}$ ）的沸点为 -11.73°C ，凝固点 -160°C
- R600a的临界压力比R12低、临界温度及临界比体积均比R12高，标准沸点高于R12约 18°C ，饱和蒸气压比R12低。在一般情况下，R600a的压比要高于R12且容积制冷量要小于R12。为了使制冷系统能达到与R12相近的制冷能力，应选用排气量较大的制冷压缩机。但它的排气温度比R12低，后者对压缩机工作更有利。两者的粘性相差不大。



- R600a的毒性非常低，但在空气中可燃，因此安全类别为A3，在使用R600a的场合要注意防火防爆。
- R600a与矿物油能很好互溶，不需昂贵的合成润滑油。
- 除可燃外，R600a与其它物质的化学相溶性很好，而与水溶解性很差，这对制冷系统很有利。但为了防止“冰堵”现象，制冷剂允许含水量较低，对除水要求相对较高。此外，R600a的检漏不能用传统的检漏仪检漏，而应该用专门适合于R600a的检漏仪检漏。
- 尽管R134a在许多方面表现出作为R12替代制冷剂的优越性，但它仍有较高的GWP值，因此，许多人提倡在制冷温度较低场合（如电冰箱）用R600a作为R12的永久替代物。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

2、R290

- R290的标准沸点和临界温度与R22非常接近，临界压力比R22低，凝固点比R22低，其基本物理性质与R22相当，具备替代R22的基本条件。
- 在饱和液态时，R290比R22的密度小很多，所以在相同的容积下R290的充注量要小得多。在相同温度下，R290的气化潜热比R22的气化潜热大一倍左右，因此制冷系统的制冷剂循环量小。R290的气态动力粘滞系数和饱和液态动力粘滞系数都比R22的小。R290的饱和液态和饱和气态的导热系数都比R22的大。
- R290的最大缺点是具有可燃性和爆炸性。另外R290的蒸气比体积比R22的大，单位容积制冷量比R22小，这意味着压缩机的排气量相同时，R290的制冷量有所减少。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

四 混合制冷剂

- 混合制冷剂是由两种或两种以上的纯制冷剂以一定的比例混合而成的。按照混合后的溶液是否具有共沸的性质，分为**共沸制冷剂**和**非共沸制冷剂**两类。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

(一)、共沸混合制冷剂

■ 共沸制冷剂有下列特点:

- (1) 在一定的蒸发压力下蒸发时, 具有几乎不变的蒸发温度, 而且蒸发温度一般比组成它的单组分的蒸发温度低。
- (2) 在一定的蒸发温度下, 共沸制冷剂的单位容积制冷量比组成它的单一制冷剂的容积制冷量要大。
- (3) 共沸制冷剂的化学稳定性较组成它的单一制冷剂好。
- (4) 在全封闭和半封闭压缩机中, 采用共沸制冷剂可使电机得到更好的冷却, 电机绕组温升减小。

表2-13 几种共沸制冷剂的组成和沸点



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

表2-13 几种共沸制冷剂的组成和沸点

代号	组分	组成	分子量	沸点/ $^{\circ}\text{C}$
R502	R22/115	48.8/51.2	111.6	-45.4
R507	R125/143a	50.0/50.0	98.9	-46.7
R508A	R23/116	39.0/61.0	100.1	-87.6
R508B	R-23/116	46.0/54.0	95.39	-87.6
R509A	R-22/218	44.0/56.0	123.96	-49.7

由于上述特点，在一定的情况下，采用共沸制冷剂可使能耗减少。例如，R502在低温范围内(蒸发温度在 $-60\sim-30^{\circ}\text{C}$)，能耗较R22低，而在高温范围内(蒸发温度 $-10\sim+10^{\circ}\text{C}$)，能耗较R22高。因此，通常R502用在低温冷藏冷冻中，而R22用在空调中。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

(二)、非共沸混合制冷剂

表 2-14 一些非共沸混合制冷剂

代号	组分	组成	泡点温度/℃	露点温度/℃	ODP	GWP (CO ₂ = 1)	主要应用
R401A	R22/152a/124	53/13/34	-33.8	-28.9	0.03	1025	替代 R12
R401B	R22/152a/124	61/11/28	-35.5	-30.7	0.04	1120	替代 R12
R402A	R22/290/125	38/2/60	-49.2	-47.6	0.02	2650	替代 R502
R402B	R22/290/125	60/2/38	-47.4	-46.1	0.03	2250	替代 R502
R403A	R22/218/290	74/20/6	-48.0		0.037	2170	替代 R502
R403B	R22/218/290	55/39/6	-50.2	-49.0	0.028	2790	替代 R502
R404A	R125/143a/134a	44/4/52	-46.5	-46.0	0	3520	替代 R502
R407A	R32/125/134a	20/40/40	-45.8	-39.2	0	1960	替代 R502
R407B	R32/125/134a	10/70/20	-47.4	-43.0	0	2680	替代 R502
R407C	R32/125/134a	30/10/60	-43.4	-36.1	0	1600	替代 R22
R408A	R22/143a	45/55	-44.5	-44.0	0.03	2740	替代 R502
R410A	R32/125	50/50	-52.5	-52.3	0	2020	替代 R22

注：表中的泡点和露点温度是指压力为标准大气压（101.325kPa）时的饱和温度。

(三)、常用混合制冷剂的特性

1、共沸制冷剂R502

- R502的沸点为 -45.4°C ，是性能良好的中温制冷剂，可代替R22用于获得低温。当在相同的吸气温度和压比下，使用R502时压缩机的排气温度比使用R22时低 $10\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。
- R502的溶水性比R12大1.5倍，在 82°C 以上与矿物油有较好的溶解性，低于 82°C 时，对矿物油的溶油性差。油将与R502分层。
- 由于R502构成组分中含有大量的R115，因此，它的ODP值较高，在发达国家也已经禁止使用。



2、共沸制冷剂R507

- R507是一种新的制冷剂，是作为R502的替代物提出来的。其ODP值为零。它的沸点为 -46.7°C ，与R502的沸点非常接近。相同工况下，制冷系数比R502略低，容积制冷量比R502略高，压缩机排气温度比R502略低，冷凝压力比R502略高，压比略高于R502。它不溶于矿物油，但能溶于聚酯类润滑油。凡是用R502的场合，都可以R507来替代。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

3、非共沸混合制冷剂R407C

- R407C是一种三元非共沸混合制冷剂，它是作为R22的替代物而提出的。在压力为标准大气压时，其泡点温度为 -43.4°C ，露点温度为 -36.1°C ，与R22的沸点较接近。与其它HFC制冷剂一样，R407C也不能与矿物油互溶，但能溶解于聚酯类合成润滑油。研究表明，在空调工况（蒸发温度 $\approx 7^{\circ}\text{C}$ ）下，R407C容积制冷量以及制冷系数比R22略低（约5%）。因此，将R22的空调系统换成R407C，只要将润滑油和制冷剂改换就可以了，而不需要更换制冷压缩机，这是R407C作为R22替代物的最大优点。但在低温工况（蒸发温度 $< -30^{\circ}\text{C}$ ）下，虽然其制冷系数比R22低得不多，但它的容积制冷量比R22要低得多（约20%），这一点在使用时要特别注意。此外，由于R407C的泡露点温差较大，在使用时最好将热交换器作成逆流形式，以充分发挥非共沸混合制冷剂的优势。

4、非共沸混合制冷剂R410A

- R410A是一种二元混合制冷剂，它的泡露点温差仅 0.2°C ，可称之为近共沸混合制冷剂。与其它HFC制冷剂一样，R410A也不能与矿物油互溶，但能溶解于聚酯类合成润滑油。它也是作为R22的替代物提出来的。虽然在一定的温度下它的饱和蒸气压比R22和R407C均要高一些，但它的其它性能比R407C要优越。它具有与共沸混合制冷剂类似的优点，它的容积制冷量在低温工况时比R22还要高约60%，制冷系数也比R22高约5%；在空调工况时，容积制冷量和制冷系数均与R22差不多。与R407C相比较，尤其是在低温工况，使用R410A的制冷系统具有更小的体积（容积制冷量大），更高的能量利用率。但R410A不能直接用来替换R22的制冷系统，在使用R410A时要专用专门的制冷压缩机，而不能用R22的制冷压缩机。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

第五节 载冷剂

一 载冷剂的作用及选用原则

二 盐水

三 有机载冷剂



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

一、载冷剂的作用及选用原则

- 在间接冷却的制冷装置中，被冷却物体或空间中的热量是通过一种中间介质传给制冷剂。这种中间介质在制冷工程中称之为**载冷剂**或**第二制冷剂**。
- 采用载冷剂的优点是可使制冷系统集中在较小的场所，因而可以减小制冷机系统的容积及制冷剂的充灌量；且因载冷剂的热容量大，被冷却对象的温度易于保持恒定。其缺点是系统比不用载冷剂时复杂，且增大了被冷却物和制冷剂间的温差，需要较低的制冷机蒸发温度。



选择载冷剂时，应考虑下列一些因素：

- 1.载冷剂在工作温度下应处于液体状态；其凝固温度应低于工作温度，沸点应高于工作温度。
- 2.比热容要大。
- 3.密度小。载冷剂的密度小可使循环泵的功率减小。
- 4.粘度小。采用粘度小的载冷剂可使流动阻力减小，因而循环泵功率减小。
- 5.化学的稳定性好。
- 6.不腐蚀设备和管道。
- 7.载冷剂应不燃烧、不爆炸、无毒，对人体无害。
- 8.价格低廉，便于获得。



载冷剂的种类很多，常用的有下列三类：

1、水

- 水可用来作为蒸发温度高于 0°C 的制冷装置中的载冷剂。由于水价格低廉，易于获得，传热性能较好，因此在空调装置及某些 0°C 以上的冷却过程中广泛地用作载冷剂。它的缺点是不能用于 0°C 以下的系统。

2、盐水

- 盐类，如氯化钠、氯化钙等的水溶液，称为盐水。盐水的冰点比纯水低，因此在蒸发温度低于 0°C 的制冷装置中可作为载冷剂。它的主要缺点是对一些金属材料要产生腐蚀。

3、有机化合物及其水溶液

- 某些有机化合物，如乙二醇水溶液、二氟甲烷、三氟乙烯等，具有较低的凝固温度，可用作低温载冷剂。它们的主要缺点是相对与水而言比热容较小，某些化合物还有一定的毒性。



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

二 盐水



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

三 有机载冷剂

- 乙二醇、丙二醇、丙三醇的水溶液都是性能较好的低温载冷剂。这些水溶液的冰点都比水的冰点低，对管道、容器等金属材料无腐蚀作用。其中，乙二醇水溶液是使用最为广泛的有机载冷剂。
- 许多氟利昂可以作为低温载冷剂使用，它们具有凝固点低、粘度较小、不燃烧和化学稳定性好的特点。
- 三氯乙烯虽然是不燃烧的载冷剂，但它对金属、橡胶、有机物均有腐蚀作用，特别是在吸收水分后会水解出盐酸，对不锈钢也要腐蚀。此外，三氯乙烯还会挥发出气体，对人体肝脏有影响和并可能致癌，因此目前以尽量避免采用为好。
- 由乙二醇(质量分数为40%)、乙醇(质量分数为20%)和水(质量分数为40%)组成的三元溶液(俗称不冻液)可以代替三氯乙烯使用。在上述配比下，这种三元溶液沸点为 98°C ，冰点为 -64°C ，密度为 1kg/L ，比热容为 $3.14\text{kJ}/(\text{kgK})$ ，闪点为 80°C 。



第六节、润滑油

一、润滑油的能效

二、对润滑油的要求

三、分类与特性

四、润滑油的选择



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

一、润滑油的功效

润滑油保证压缩机正常运转，对运动部件起润滑与冷却作用，在保证压缩机运行的可靠性和使用寿命中起着极其重要的作用。

- 1、将油输送到各运动部件的摩擦面，形成一层油膜，降低摩擦功，带走摩擦热，减少运动零件的摩擦量，提高压缩机的可靠性和延长机器的使用寿命。
- 2、由于润滑油带走摩擦热，不致于使摩擦面的温升太高，因而防止运动零件因发热而“卡死”。
- 3、对于开启式压缩机，在密封件摩擦面间隙中充满润滑油，既起到润滑作用，又可防止制冷剂的泄漏。
- 4、润滑油流经润滑面可带走机械杂质和油污，起到清洗作用。
- 5、润滑油能在各零件表面形成油膜保护层，防止零件

的锈蚀。

[返回本章](#)

[返回本节](#)

[上一页](#)

[下一页](#)

[结束](#)

二、对润滑油的要求

在制冷系统中，制冷剂与润滑油直接接触，不可避免地有一部分润滑油与制冷剂一起在系统中流动，温度变化较大。因此，为了实现上述功效，润滑油应满足如下基本要求：在运行状态下，润滑油应有适当的粘度。

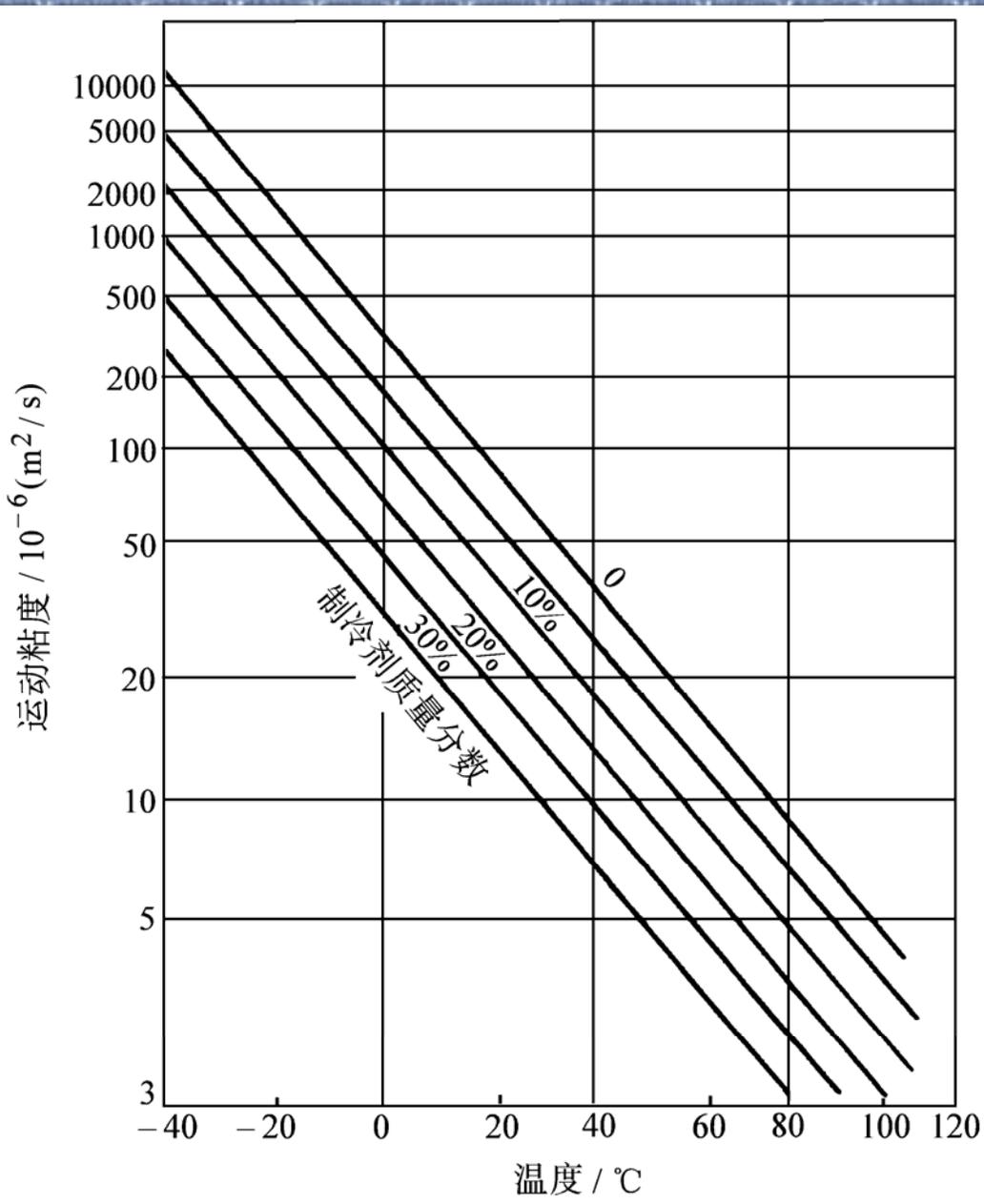
- 1、凝固点要低，在低温时有良好的流动性。
- 2、不含水分、不凝性气体和石蜡。
- 3、对制冷剂有良好的兼容性，本身应具有较好的热稳定性和化学稳定性。
- 4、绝缘耐电压要高。
- 5、价格低廉，容易获得。



三、分类与特性

- 冷冻机润滑油按制造工艺可分成两大类：
- 1. **天然矿物油** 简称矿物油。即从石油中提取的润滑油。作为石油的馏分，矿物油通常具有较小的极性，它们只能溶解在极性较弱或非极性的制冷剂中，如：R600a, R22等。
- 2. **人工合成油** 简称合成油。即按照特定制冷剂的要求，用人工化学的方法合成的润滑油。合成油主要是为了弥补矿物油难以与极性制冷剂互溶的缺陷而提出的，因此，合成油通常都有较强的极性，它们能溶解在极性较强的制冷剂中，如：R134a, R717等。人工合成润滑油主要有：聚醇类，聚酯类，极性合成碳氢化合物等。





总目录

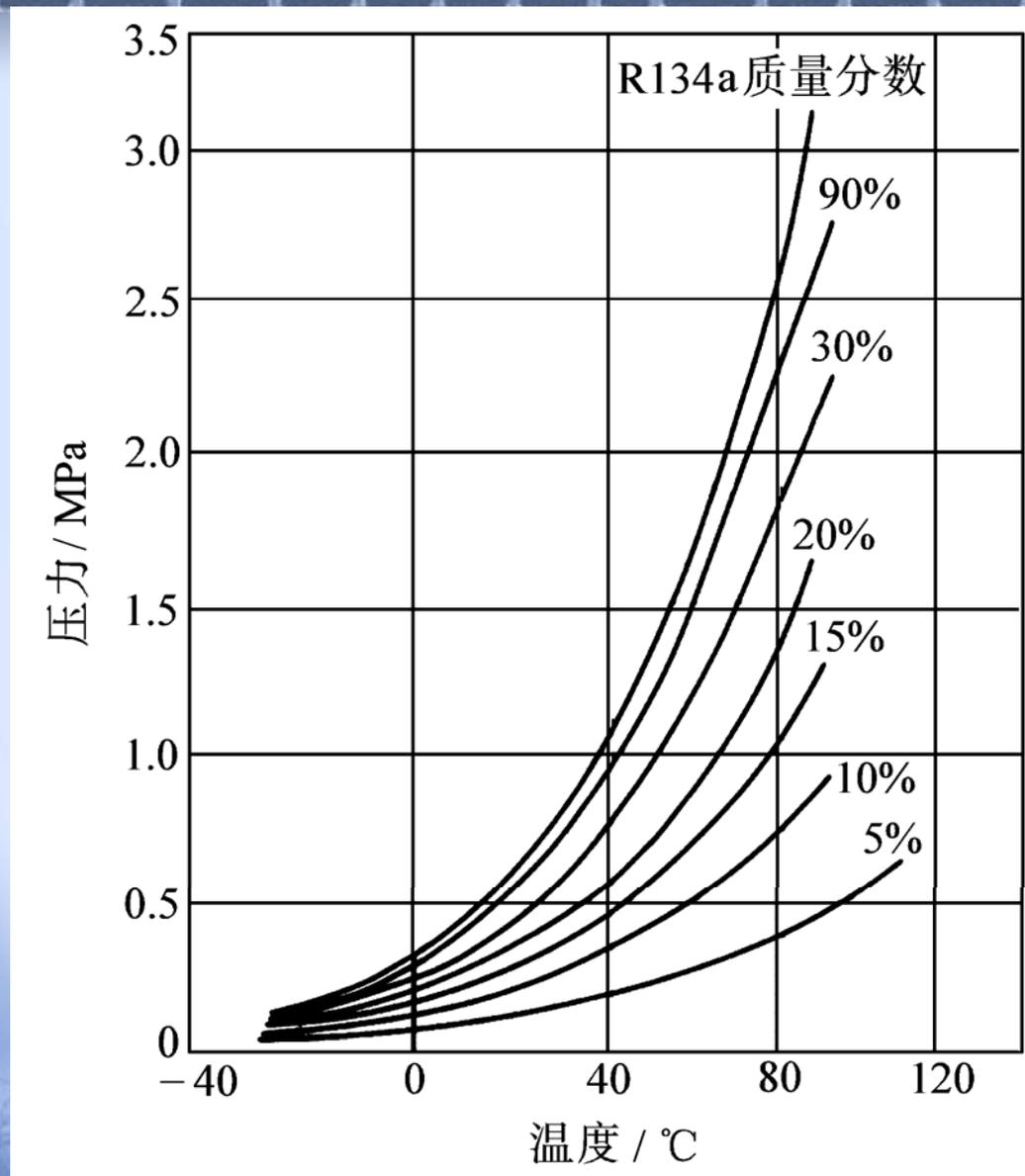
返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束



总目录

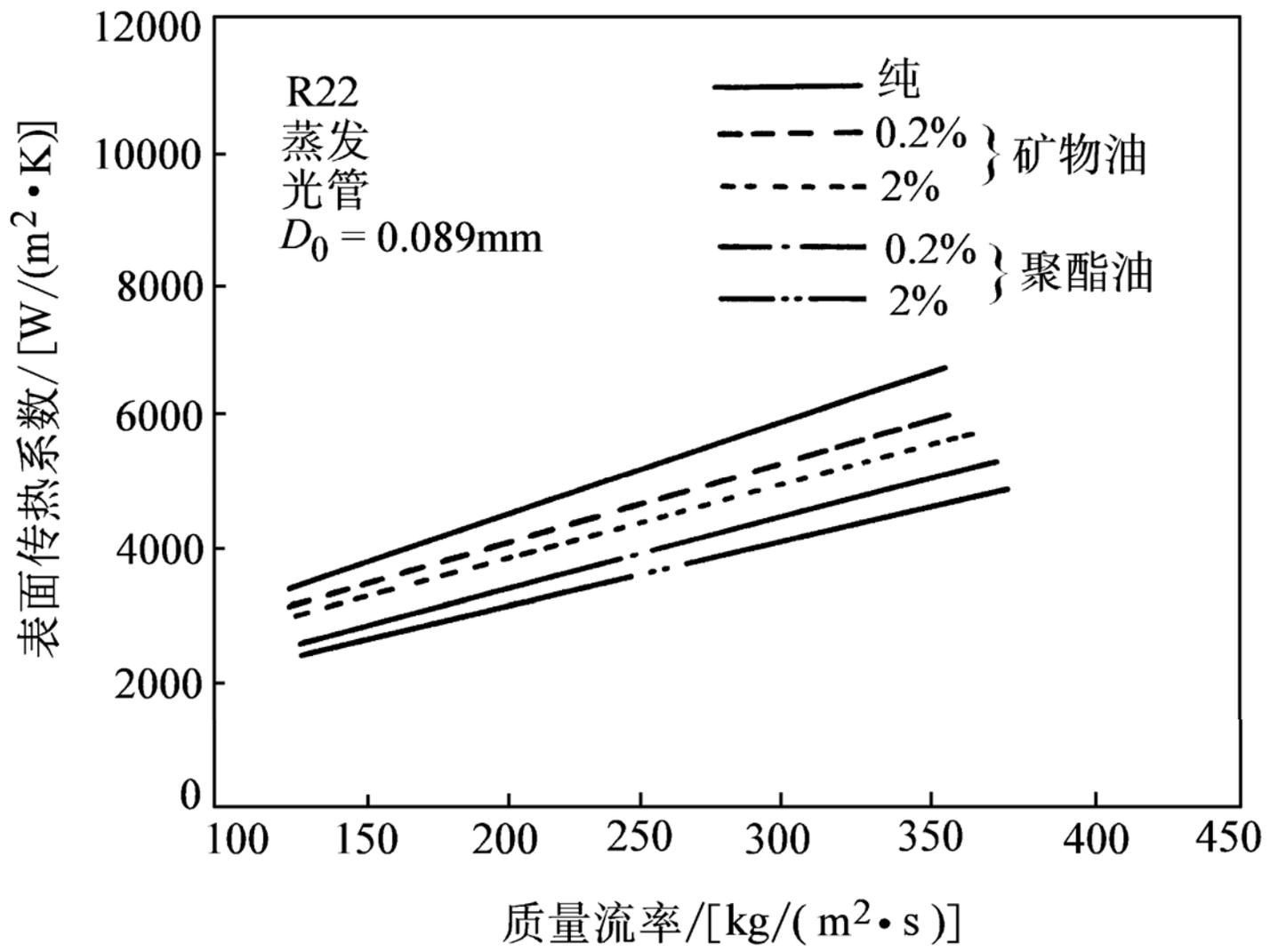
返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束



总目录

返回本章

返回本节

上一页

下一页

结束

四、润滑油的选择

- 润滑油的选择主要取决于制冷剂种类，压缩机型式和运转工况(蒸发温度、冷凝温度)等，一般是使用制冷机制造厂推荐的牌号。选择润滑油时，首先要考虑的是该润滑油的低温性能和对制冷剂的相溶性。从压缩机出来随制冷剂一起进入蒸发器的润滑油由于温度的降低，如果制冷剂对润滑油的溶解性能不好的话，则润滑油要在蒸发器传热管壁面上形成一层油膜，从而增加热阻，降低系统性能。
- 值得指出的是，极性润滑油如聚酯类油和聚醇类油都具有很强的吸水性，这一特性对制冷系统极其不利，在使用时要加以特别注意。
- 选择润滑油除了考虑与制冷剂的互溶性以外，还要考虑润滑油的粘度。

