

制冷装置的管理与效益

张伯福 编著

农业出版社

制冷装置的管理与效益

张伯福 编著

* * *

责任编辑 陈力行

农业出版社出版 (北京朝阳区东直门内大街)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 5.25印张 104千字
1988年10月第1版 1988年10月北京第1次印刷

印数 1—4,450册 定价 1.30元

ISBN 7-109-00329-9/S·235

前 言

随着我国国民经济的建设，农林牧副渔业的发展和人民生活水平的不断提高，制冷工业得到了飞速的发展。目前，冷的应用已日益广泛，在全国已经形成了一个冷的网络。特别是当今，在肉乳、禽蛋、水产、水果和蔬菜等商品生产数量日益增多的形势下，农贸市场繁荣，人民生活丰富，出口货源增多，因此，冷的应用就更为迫切和需要。

为了使冷更好地为工农业生产、人民生活、科学试验等服务，做好制冷企业的经营管理，减少制冷物料的消耗，改善制冷设备热交换条件，搞好库房卫生，提高产品质量和库房的围护结构的密封性，就显得十分重要。为此，作者将多年的教学和全国各地冷库的一些点滴好经验和具体做法，整理编写成这本小册子供读者需要，相信读者通过这本小册子的阅读，定能收到一点益处，提高自己的技术水平，进一步维护好制冷装置的正常运行，达到安全生产，延长冷库和机器的使用寿命，降低产品的制冷成本，取得最佳的经济效益。

本书在编写过程中，许多单位提供资料，方辛教授对书稿进行了细心的审阅和修改，林灼华同志绘制全书插图，借此附志谢意。

编 者

一九八六年六月

目 录

一、概述	1
二、制冷装置中杂质的危害与排除	4
(一) 制冷装置系统中的润滑油	4
(二) 制冷装置系统中的水	31
(三) 制冷装置系统中的空气	37
(四) 制冷装置系统中的机械杂质	57
三、提高制冷经济效益的方法	60
(一) 减少制冷装置中的耗冷量	60
(二) 减少制冷装置中的耗电量	62
(三) 减少制冷装置中的耗水量	64
(四) 减少制冷装置中的耗油量	68
(五) 减少制冷装置中的耗氨量	71
(六) 减少制冷装置中的耗盐量	78
四、提高设备效能和减少食品干耗	80
(一) 减少冷却水生成水垢的方法	80
(二) 减少盐水腐蚀的方法	96
(三) 减少冻肉干耗的方法	98
(四) 减少鲜蛋干耗的方法	104
(五) 减少制冷用电的方法	108
五、冷库的使用与维护	119
(一) 冷库中的除霉杀菌与消毒	119
(二) 冷库中排除异味的方法	126
(三) 冷库中消灭老鼠的方法	131

(四) 冷库中防止地坪冻鼓的方法	138
(五) 冷库中屋顶的隔热方法	145
(六) 管好与用好冷库的几点措施	151

一、概 述

我国已经建造许多食品冷库，如何使冷库更好地为人民生活服务，搞好冷库的经营管理，提高制冷企业的经济效益，是一项重要的工作。目前，在制冷企业中普遍存在着制冷经济效益不高的状况，如制冷耗电多、耗水多、耗油多、耗制冷剂多、耗盐多、跑冷多等等。致使制冷成本大大提高，甚至有的企业在经营管理不善的情况下，技术水平低，卫生条件差，产品成本高，质量不够好，大量冷冻品变质。冷库中好蛋入库，坏蛋出库的事例常有发生；水果蔬菜也一样，这些现象的存在，只能给企业带来亏损，给国家带来经济损失，减少了商品供应。为此，如何做好制冷企业的管理与效益，除了建立健全各种规章制度并严格遵守外，其中最主要的是有一系列的技术性问题要解决。制冷是一门应用科学技术，要想使它更好地为工农业生产服务，获得较高的经济效益，必须要求操作人员熟悉和掌握住制冷系统中的热力变化，提高操作技术水平，才能正确地维护制冷机的正常运行，从而取得制冷的最佳经济效果。

当前，做好冷库的管理与效益，需要从以下四个方面着手。

第一、排除制冷装置中的杂质。我们知道，制冷装置是

一套与外界空气完全隔绝的密封性很强的制冷循环系统，其中是不允许有任何一种杂质串入系统内。如果有杂质进入了系统，尤其是系统外来的杂质，就会使制冷装置不能正常运行，从而产生一系列的故障，严重时会发生事故。例如某地一座 500 吨肉厂冷库，由于忽视操作技术，致使数吨冷冻油停滞在冷却排管中，使排管的蒸发面积大大减小，房间内空气温度无法下降到设计要求的温度，从而使整个厂的生产处于停顿。因此，正确认识妨碍制冷装置正常运行的几种杂质的危害性和设法将其排出系统，是保证制冷装置正常工作的首要任务。对此本书作了全面而详细地介绍，讲述了制冷装置中常见的四种杂质（润滑油、水、空气、机械杂质）的危害和排出，这对制冷装置设计、安装、使用和操作人员是十分必要的，也是制冷企业维持正常生产和提高经济效益的一个重要的技术性问题。

第二、提高制冷经济效益的方法。一个制冷企业，要想提高制冷经济效益，从制冷技术管理方面来看，应该围绕着制冷装置中的各种物料的消耗来寻找和分析问题的所在。当前，由于各个制冷企业的技术力量和管理水平不一，影响制冷成本的因素有多有少，但总的来说，在制冷装置中，电、水、油、制冷剂、盐等物料的消耗，是直接因素，这一部分在该书中也作了详细的介绍，可以从中看出问题的重要性，因此，改进操作技术，节约用料消耗，降低产品成本十分必要。

第三、提高设备效果和减少食品干耗。制冷装置中的主要设备，是一种热交换设备，这些设备需要在一个良好的热

交换条件下工作，才能取得较高的制冷经济效益，如果热交换条件差，例如冷凝器中有较厚的水垢存在，就会影响到热交换，会使制冷剂的冷凝温度升高，制冷机的制冷能力下降。此外，多年来，大宗的肉、蛋商品，由于经营保管不善，缺乏必要的技术措施，不仅食品的重量损耗大，而且使其产生变质现象，降低食用价值，使冷冻食品在消费者的心目中不甚受欢迎。所以，保质保量，提高冷冻食品的声誉，也是制冷企业搞好经营管理的重要工作之一。

第四、搞好冷库的使用与维护。冷库与普通仓库不同，它的最大特点是隔热保冷，要对食品进行冷加工，并保持库内的稳定温度和湿度，使食品能达到较长时间的贮藏而不发生质量的变化。由于这种技术上的特性，它的库房建筑和结构就有着一些特殊的要求。此外，食品在冷加工过程中，虽然库房温度较低，但是有些微生物、老鼠，仍然具有顽强的活力，进行繁殖和活动，这不仅危害和糟塌食品，也毁坏了冷库的建筑结构，如常见的蛋库中的霉菌滋长，隔热层中的鼠窝，使冷库的隔热保冷作用降低，耗冷量加大，制冷机运行时间延长，耗电、耗水增多。为此，如何管好和用好冷库，搞好卫生，保证食品贮藏质量，延长冷库使用寿命，也是做好制冷企业经营管理工作的重要内容。

二、制冷装置中杂质的危害与排除

制冷装置由压缩机、冷凝器、膨胀阀和蒸发器等组成。循环于制冷装置系统中的制冷剂，实际上，在任何时候都不可能是完全干净的，其中经常夹有杂质和脏物，这是与某些机器的工作条件或进入系统的制冷剂不够洁净，以及机器工作时掉进杂质和脏物等原因有关。属于杂质性的有：润滑油、空气、水，此外，系统中还会有机械脏物。

在以上的这些杂质中，每一种物质都会对制冷装置的工作起一定的影响作用。这种影响大部分是有害的，因此必须采取措施，减少杂质的含量，并设法将其排出。

（一）制冷装置系统中的润滑油

制冷剂气体从活塞式压缩机中排出时，会将润滑油的微粒带出，这时的油粒成细小的弥散状或气体状。制冷剂在压缩机中压缩后所产生的温度会使一部分润滑油蒸发。根据 M. A. 果尔布诺夫的资料，油（弗里古斯类）的蒸发量，在温度升高的情况下，是增长得很快的，如：

在 80℃ 的温度下，油量的蒸发率为 3.13%。

在 100℃ 的温度下，油量的蒸发率为 7.68%。

在 120℃ 的温度下，油量的蒸发率为 16.03%。

在 140℃ 的温度下，油量的蒸发率为 34.68%。

当制冷剂顺着管道运动时，由于与周围介质进行了热交换，气体的温度降低，因此部分气体状态的油就冷凝成微粒（直径 0.3—3 微米）与制冷剂成同一方向的运动。制冷剂气体从压缩机中带出的油微粒尺寸，根据 M. A. 果尔布诺夫的观察，为 5—50 微米。因此，油在制冷剂气体带动下，顺着排出管道运动时，有三种形状：气状、细微球状、较大形的球状（直径为 3—5 微米）。

我们知道，气流所能带动的固体或液体微粒的大小，与气流的速度有关，而能带动一定尺寸的微粒运动的气体速度，叫作翱翔速度。翱翔速度是根据微粒重量与垂直向上运动的气流，对微粒下降所产生的阻力平衡条件而定的。符合这一条件的时候，微粒在气流中就能保持不动。如果速度超过翱翔速度，微粒就能被气流带走。假定油滴为球状，直径为 d_m ，则翱翔速度 ω 可按下列公式求出：

$$\frac{\pi d_m^3 \gamma_m}{6} = \frac{\pi d_m^2}{4} c \frac{\omega^2}{2g} \gamma$$

式中 γ_m ——油的比重。

γ ——气体的比重。

c ——微粒在气体中的运动阻力系数。

阻力系数可根据 И.С. 克良契柯提出的半实验从属关系而得出的公式

$$c = \frac{24}{R_0} + \frac{4}{3\sqrt{R_0}}$$

由于最后的从属关系中包括雷诺数，这是与 ω 速度有

关的,因此翱翔速度的方程式就需要用连贯的近似法去求解。
首先将方程式化为:

$$\omega = \sqrt{\frac{4g \cdot d_m \cdot r_m}{3c \cdot \gamma}} \quad (\text{米/秒})$$

在氨的过热气体中 (压力为 12 个大气压*, 温度为 100℃), 各种直径的油滴, 翱翔速度的计算结果列于表 1:

表 1 氨压缩机中油滴的翱翔速度

油 滴 直 径	d _m 毫米	0.05	0.1	0.2	0.4	1.0
翱 翔 速 度	ω 米/秒	0.09	0.20	0.46	0.92	2.1

当氟利昂—12的过热气体, 在压力为 8 个大气压, 温度为 60℃时, 其中上述油滴直径的翱翔速度亦大致相同。

从表 1 中可以看出, 气体制冷剂从压缩机中排出时, 能将直径大于 0.05 毫米 (果尔布诺夫观察到的) 的润滑油微粒带走, 特别是因为压缩机和管道中的制冷剂的运动速度, 一般都超过 0.09 米/秒。

被气体制冷剂所带走的油, 对制冷机的热交换设备的影响, 是与制冷剂和润滑油的互溶度有关的。各种制冷剂和矿物润滑油的互溶度都不一样, 它取决于混合体的化合能力的大小。内部压力相同的液体能无限地 (即在任何百分比中) 相互溶解。否则, 只能有限地溶解。按照这一原理, 如果内部压力比氟利昂—12约大10倍的水, 在后者中的溶解量将是很有限的。在无限溶解的情况下, 任何百分比的混合体将形成单相溶液, 而有限度溶解时, 溶液就分成两种液相。

* 1 个大气压 = 760 毫米汞柱 = 1.01 × 10⁵ 帕斯卡, 下同。

液体制冷剂在油中的溶解度，随着温度的升高而增加。此种溶液具有上部的临界溶解温度（见图 1）。

图 1 中的线 I 表示油在制冷剂中的溶解曲线，而线 II 为制冷剂在油中的溶解曲线。当温

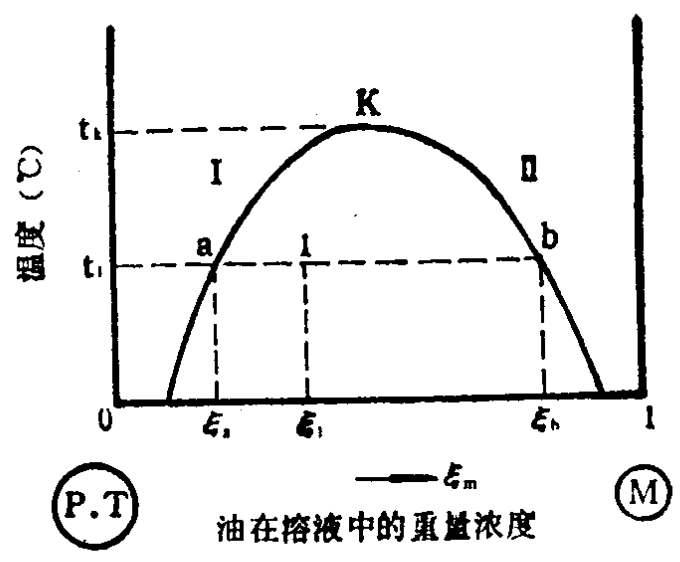


图 1 当溶解度在上部临界温度时，两种液体制冷剂的相互溶解图

度高出临界溶解温度 t_k 时，制冷剂和油在任何比例中都能溶解。温度较低时，溶解度受线 I 和 II 的限制，两线中间地区为溶解区，在这一个区域内有两相的混合物，由两种单相溶液组成。每一种溶液的成份在一定的温度下，根据线 I 和线 II 上的横座标点确定。例如点 1 表示混合物，其中含有油 ϵ_1 及制冷剂 $(1-\epsilon_1)$ 。此种混合物在 t_i 温度时，分解成两种单相溶液。其中一种为制冷剂 $(1-\epsilon_a)$ 中的油溶液 (ϵ_a) ，用“a”点表示，而另一种是油 (ϵ_b) 中的制冷剂溶液 $(1-\epsilon_b)$ ，用“b”点表示。它们的相对数量可根据“杠杆定律”求出：

$$\frac{G_a}{G_b} = \frac{1 \simeq b}{a \simeq 1}$$

混合物中层次的位置，取决于混合物组份比重的比例。如液氮在很少的情况下溶于矿物油，则其比重（—650公斤/

米³) 比矿物油 (-900 公斤/米³) 要小, 按照这一原理, 氨设备中一般含油量不大的氨, 其中的油经常是位在设备的最下层, 与此相反, 在氟利昂设备中, 当溶解度受限时, 油层与溶解在其中的氟利昂 (液体氟利昂的比重接近于 $1200-1400$ 公斤/米³), 位在含油的氟利昂层的上面。

如上所述, 液氨在一般所遇到的温度下, 是很少溶于油的。各种不同的液体氟利昂与各种润滑油的互溶性亦不相同。图 2 上标有矿物油在氟利昂—12、氟利昂—22及氟利昂—114中的大致溶解度。从图 2 中可以看出, 氟利昂—12这种油中的临界溶解温度约为 -45°C 。

因此, 在高出 -45°C 的温度界限内, 氟利昂—12与油可无限地溶解。同时, 氟利昂—22有较高的临界溶解温度。因此, 只在下列的情况下, 氟利昂—22才无限地溶于油中, 即当冷凝器中的冷凝温度很高的时候, 在任何温度条件下, 蒸发器和冷凝器中的温度低于临界溶解

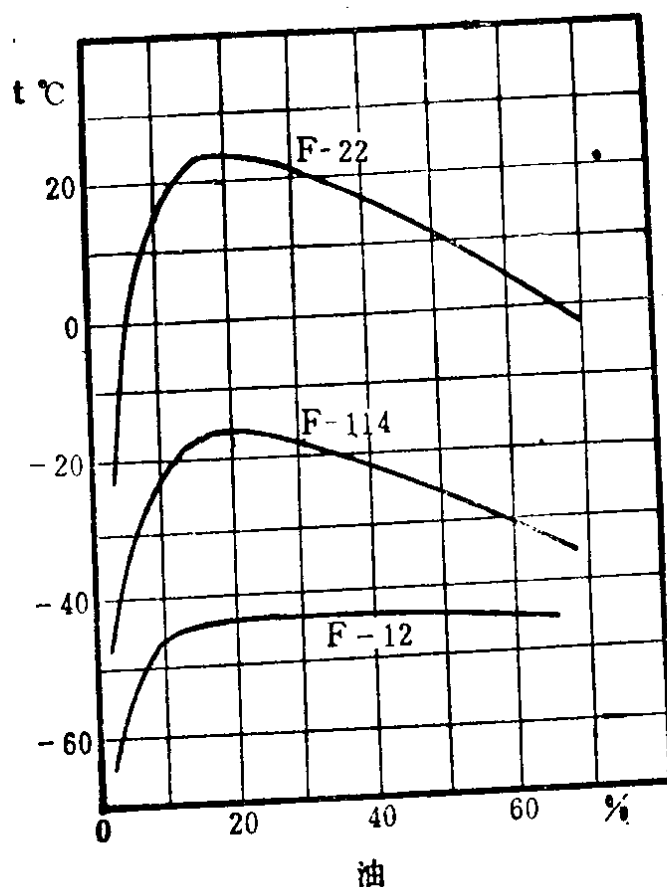


图 2 氟利昂在矿物油中的溶解度

温度时，氟利昂—22及与油的混合体将分层，形成两种如上面所说的单相溶液。氟利昂—13的临界溶解温度比氟利昂—22还要高。

如果在设备所具有的条件下，制冷剂及油相互不溶解，而形成两种溶液，则一部分含油量较多的液体，就会以薄膜状落在设备的传热表面上。薄膜状的油层是一种补充的阻热体，能降低设备的传热系数。所以，即使热负荷不变，热交换体之间的温差亦会增大。冷凝器的热交换表面覆有油层后，虽然热负荷不变，但会引起冷凝温度的升高。而蒸发器表面如有油层，就会降低蒸发温度，这两种现象皆能导致机器产冷量的减少及制冷耗电量的增加。为此，必须采取措施，阻止油存留在热交换设备中。

如果所采用的制冷剂在设备的工作条件下，是无限地溶解于润滑油的，则进入此种装置的热交换设备中的油，是不会在热交换表面上形成薄膜的，因为制冷剂和油将形成均一的溶液。仍然根据这一原理，在这种情况下，传热性能是不会变坏的。但在蒸发器中，当溶液蒸发时，先分出其最易挥发的部分——制冷剂。因此，在蒸发器溶液中油的浓度将不断地增大，这会引起：一是蒸发温度的升高，与在同一压力下的纯制冷剂蒸发温度相比。如果必须保持蒸发温度的话，就需要降低蒸发压力。二是溶液中油的浓度增加，会使溶液的粘度大于制冷剂的粘度而影响散热系数。

这两种现象又会导致压缩机产冷量的减少及制冷耗电量的增加。蒸发器中最好不要积存油，因为这样还会相应地减少压缩机曲轴箱中润滑油的数量，破坏其运动零件的润滑条

件。所以当制冷装置中使用的制冷剂与油具有互溶性的时候，就不必在热交换设备中将油收集起来，但必须不断地将油从蒸发器送至压缩机的曲轴箱中，不使蒸发器中的油浓度过大。上述这些都迫使冷冻油在系统中进行循环。

此外，制冷剂与油之间的相互影响作用，即气体制冷剂在油中的溶解性能（吸收作用）对制冷装置的工作亦具有现实的意义。必须指出，较易溶解于油的液体制冷剂，具有较高的吸油性能。而氨气即是数量很少亦能溶于油中。表 2 中列有在各种压力及温度下的限度重量浓度（B%）。

气体制冷剂在油中的可溶性表明了气体在液体中的溶解特性。从上述资料中可以看出，氨气在油中的溶解度，随着温度的升高而减少，随着压力的增大而增加。

表 2 氨在不同的压力和温度下，在油中的溶解度

压 力 (大气压)	温 度 (°C)		
	0	21	71
1	0.261	0.168	0.081
2	1.067	0.680	0.312
3	2.580	1.550	0.705
4	5.320	2.650	1.240
10	—	—	8.650

气体氯甲烷和氟利昂在油中的可溶度却要高得多。当温度高出临界溶解温度时，这种制冷剂和油在0—1.0的任何浓度中都将溶解。但是，此种溶液与位于其上面的气体制冷剂，保持平衡状态的可能性，是受上述气体制冷剂在液体中

的可溶条件限制的。这里所讲的是溶液上面的气体制冷剂，而不是双重气体，因为制冷剂的蒸发温度（在一个大气压力下）比润滑油要低得多，因此气相中油的浓度是很微小的。由于双质体的状态是用三个参数得出的，所以在表示饱和温度和压力间的从属关系的 t — P 图表中还有一个参数，是用来确定混合体中的成分之比，即溶液的浓度。如图 3 中的线条 $\xi_m = 0$ ，表示纯制冷剂饱和气体的压力和温度之间的关系，而线条 ξ_{m1} ， ξ_{m2} 等表示相应浓度的制冷剂中油溶液的此种关系。众所周知，将溶剂中加入被溶解的物质，能升高挥发物质的蒸发温度，这样一来，线条 $P = f(t, \xi)$

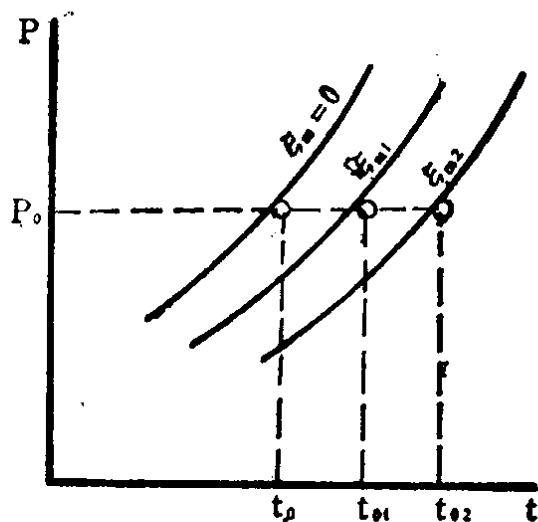


图 3 氟利昂中有油时蒸发温度上升图

就位在线条 $P = f(t)$ 纯制冷剂的下面。

纯制冷剂的蒸发温度 t_0 及浓度 ξ_{m1} 和 ξ_{m2} 溶液的蒸发温度 t_{01} 和 t_{02} 是与压力 P_0 相适应的。

图表 ξ — t 或 ξ — P ，其中列有相应的常压线条或常温线条，对进行计算是比较方便的。图 4 中载有润滑油中的氟利昂—12 溶液的图表 ξ — P 。图 5 中载有润滑油中的氯甲烷溶液图表。

从图 4 和图 5 中可以看出，例如：每 10% 的溶解油的浓度在 40% 以内时，常压下的蒸发温度在低压时，将升高 0.5°C ，

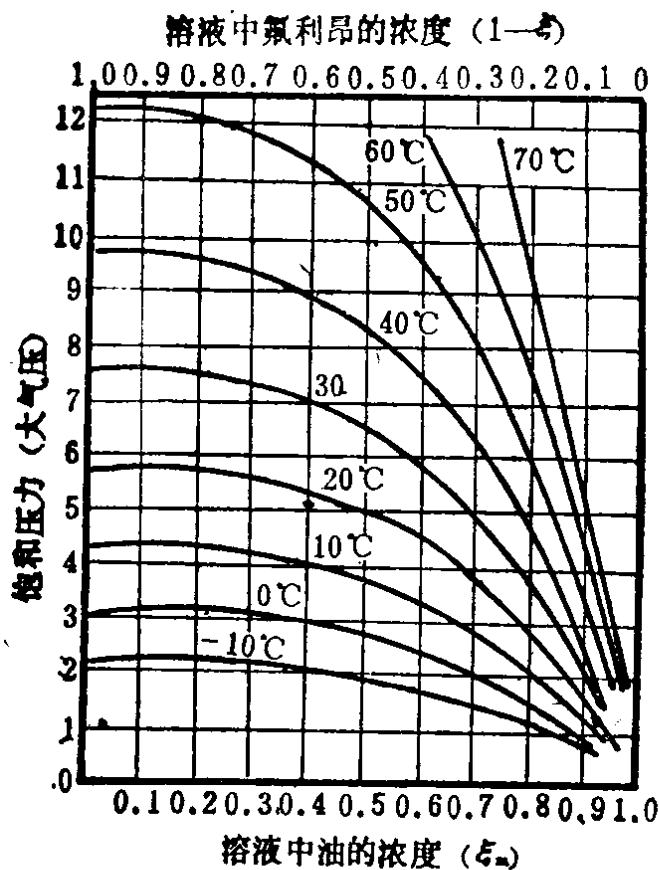


图 4 在氟利昂—12及润滑油上面饱和蒸气压力与油浓度及温度的关系

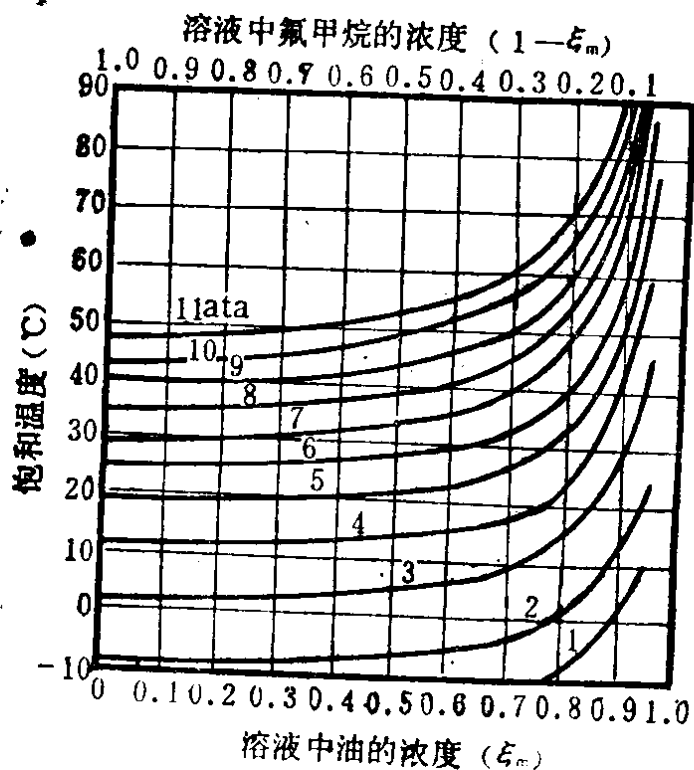


图 5 在氟甲烷及润滑油上面的饱和蒸汽温度与浓度及压力的关系