

# 冰箱制冷系统冰堵原因分析及解决措施

徐延辉 尹小兵 何四发 徐建中 杨海线 饶超 刘济凯 查诚林  
(华意压缩机股份有限公司 江西省景德镇市 333000)

**摘要:** 制冷系统水分控制是一项非常重要而又复杂的工作,控制不当很容易形成冰堵。本文通过冰箱制冷系统冰堵原理分析,指出冰箱制造厂家在生产正常生产时该如何有效控制水分避免制冷系统冰堵,并针对可能出现冰堵的原因提出了解决措施。本文对各冰箱制造厂家解决制冷系统冰堵问题有一定指导意义。

**关键词:** 制冷系统;毛细管;冰堵;水分;解决措施

## Analysis for the cause of ice blockage in refrigeration system and handling solutions

Xu YanHui Yin XiaoBing He SiFa Xu JianZhong Yang HaiXian Rao Chao Liu JiKai Zha ChengLin  
(Huayi compressor Co., Ltd. Jingdezhen 333000)

**Abstract:** The moisture residue control in refrigeration system is a very important and complicated work. And improper control way may cause the ice blockage. This thesis introduces how to make use of the efficient ways to control the moisture residue in the refrigeration system by analyzing the cause of ice blockage in refrigeration system, and put forward the solutions. From this point of view, this paper can help the refrigerator manufacturers to solve the problem.

**Keywords:** Refrigeration system; Capillary; Ice blockage; Moisture; Handling solutions

### 1 引言

冰堵,在冰箱生产及使用过程中经常出现。

关于冰堵的维修也有很多人提及,该方面资料在网络上也可以查到很多(由于冰堵的维修资料已经很普及,故不在本文讨论中)。但如果冰箱制造厂家在生产正常生产时发现冰箱冰堵该如何控制、避免,以及正确解决,各厂家一直非常关注。

产业在线监测数据显示,2012年,冰箱压缩机行业总体运行情况良好,累计产量为11050万台,同比增长9.8%;累计销量为10932万台,同比增长6.9%。生产压缩机越多,说明冰箱市场使用的压缩机越多,冰箱制冷系统冰堵情况发

生的机会越多。

### 2 冰箱制冷系统冰堵原理分析

对于家用冰箱而言,冰堵是由于制冷系统进入水分造成的,主要体现在毛细管出口端。毛细管是一根小孔径管子,在制冷系统中连接冷凝器和蒸发器,起着输送制冷剂并将其节流降压的作用。毛细管的长度和内径根据冰箱的制冷量大小而确定,要使毛细管的阻力能够让从冷凝器出来的高压液体制冷剂流经毛细管时不断克服阻力而自身压力不断下降,到毛细管出口处时其压力与蒸发压力相等,并使通过毛细管的制冷剂流量与冰箱制冷量相匹配。毛细管末端为制冷剂由高

温高压液态经过节流损失压力降低而汽化成低温低压气态制冷剂的工作过程。毛细管内径小、管子长,容易引起堵塞,要求制冷系统内清洁、无水分和杂质。一般冰箱毛细管末端蒸发温度在-20℃以下,如果此时系统中含有一定的水分,则很容易在毛细管末端形成冰堵。冰箱制冷系统工作原理图见图1。

### 3 冰箱制冷系统产生冰堵原因分析

冰箱出现冰堵,主要有以下几种原因:

- (1) 制冷剂不纯,含有水分;
- (2) 制冷系统管道件水分超标;
- (3) 生产工艺过程中水分进入;

- (4) 压缩机残余水分超标;
- (5) 系统真空度不良;
- (6) 干燥过滤器选型不当等。

#### 4 冰箱制冷系统冰堵的现象

电冰箱出现冰堵, 制冷循环系统能正常工作, 制冷剂不能正常循环, 造成制冷效果非常差甚至不制冷。此时制冷系统高压排气压力比正常值要偏低, 低压回气压力比正常值偏低或为负值, 冷凝器比正常时不烫或微温。压缩机启动运转之后, 蒸发器开始结霜制冷, 冷凝器发热, 蒸发器发出明显的流水声。随着冰箱内部温度下降, 蒸发器内制冷剂流动声音逐渐变弱, 直至消失, 停止制冷。当压缩机停机之后, 随着内部温度上升, 冰堵消失。再启动之后又开始制冷, 过一段时间又出现冰堵。蒸发器出现周期性结霜、化霜现象。有的冰箱制冷系统中水分不多, 系统呈微堵时, 则在运转中蒸发器出现周期性化霜、结霜现象, 即温度降低产生堵塞, 堵塞后温度升高则毛细管口堵塞的冰融化; 毛细管通畅, 节流制冷后, 温度降低又产生堵塞, 如此反复, 使电冰箱不能正常工作。制冷系统冰堵后冰箱检测功率曲线见图2、3。

从图2、3可以看出, 压缩机启动运转之后, 冰箱能正常运转, 且压缩机功率正常。在冰箱运转一段时间后, 随着冰箱内部温度下降, 制冷系统中水分在毛细管出口形成冰堵, 毛细管流量减小, 制冷系统吸排气压力降低, 压缩机由于吸排气量非常小导致功率下降。此时系统制冷量非常小不足以降低箱内温度, 箱体内温度逐步上升。温度升高后则毛细管口堵塞的冰慢慢融化, 毛细管通畅, 节流制冷后, 温度降低又产生堵塞, 如

此反复, 使电冰箱不能正常工作。图4可以更直接明确地说明冰堵对冰箱功率、箱内温度以及压缩机吸排气温度的影响。

#### 5 冰堵与脏堵的区别

制冷系统的堵塞故障分为脏堵和冰堵两种。

##### 5.1 冰箱制冷管路脏堵故障的形成

脏堵是由于制冷系统内不清洁引起, 主要发生在毛细管和干燥过滤器处, 造成毛细管或者干燥过滤器脏堵, 严重者两者均堵塞。制冷系统堵塞后使进入蒸发器的制冷剂不足或者制冷剂累积于高压侧不能循环, 蒸发器内听不到制冷剂循环的似流水声、蒸发器不结霜、冷凝器不热。

##### 5.2 冰箱制冷管路冰堵故障的形成

冰堵是由于制冷系统内的水分超标形成。当水分循环至毛细管出口接近蒸发器处, 水遇低温结成冰而堵塞管路, 所以冰堵往往都发生在毛细管的出口处。

##### 5.3 冰堵与脏堵区别

冰堵在温度升高后毛细管口堵塞的冰能融化, 毛细管通畅, 节流制冷后, 温度降低又产生堵塞, 会产生反复。脏堵则不会产生反复, 只能通过割开毛细管靠近干燥过滤器处来判断。

#### 6 冰堵问题解决措施

在明确了制冷系统冰堵后, 则需要针对产生冰堵原因进行逐一排查并予以解决。

##### 6.1 制冷剂不纯, 含有水分

解决措施: 更换高品质、纯度高制冷剂, 以降低制冷剂含水量。

##### 6.2 制冷系统管道件水分超标

主要包括蒸发器、冷凝器、除露管等。

解决措施: 加强进货检验, 增加进货检验频次, 管道件妥善保管。

(1) 蒸发器性能测试包括气密性能、耐压强度、残余水量检测等。按管路内容积计算, 管路内容积小于或等于 $100\text{cm}^3$ 时, 残留水量不超过 $8\text{mg}$ ; 管路内容积为 $101\sim 200\text{cm}^3$ 时, 残留水量不超过 $16\text{mg}$ ; 管路内容积为 $201\sim 400\text{cm}^3$ 时, 残留水量不超过 $20\text{mg}$ ; 管路内容积为 $401\sim 800\text{cm}^3$ 时, 残留水量不超过 $25\text{mg}$ 。

(2) 冷凝器、除露管性能测试包括密封性、耐真空度、残余水量检测等。残余水量控制标准同蒸发器。

(3) 管道件应贮存在清洁、防潮、无毒、无腐蚀性气体的库房内, 产品贮存的有效期为三个月。

##### 6.3 生产工艺过程中水分进入

解决措施:

(1) 预装时蒸发器、冷凝器出口管塞应在焊接入系统时再拔掉, 以免管路长时间暴露在空气中, 进入水分;

(2) 压缩机在拔管塞后暴露在空气中时间不应超过5分钟, 即压缩机焊入制冷系统前时间应控制在5分钟以内, 见图5;

(3) 制冷系统真空度应符合工艺要求。

##### 6.4 压缩机残余水分超标

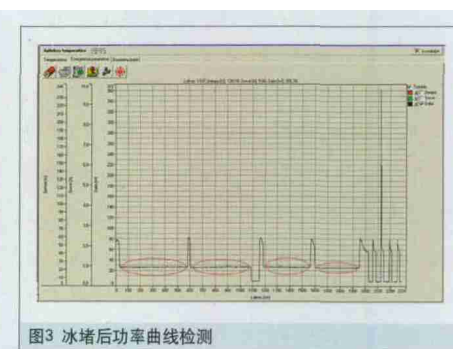
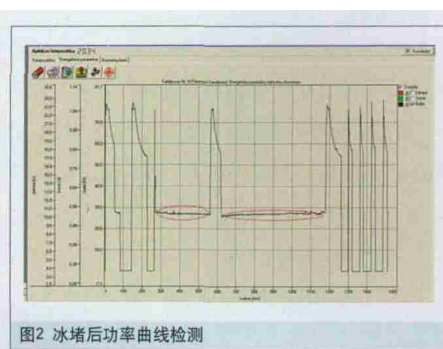
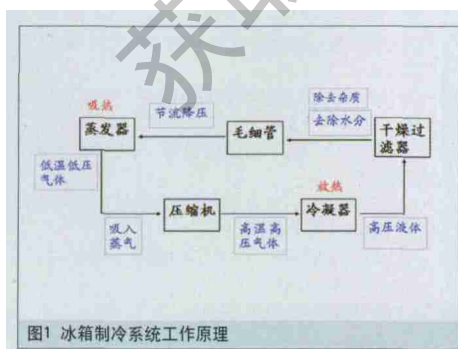
解决措施:

(1) 库存压缩机使用应严格遵循先进先出原则;

(2) 压缩机应储存在清洁、干燥、通风、无毒、无腐蚀性气体的库房内;

(3) 压缩机在仓库储存期原则上不超过6个月;

(4) 如果压缩机储存超过6个月, 应检查压缩机内保护气体——氮气压力, 必要时应重



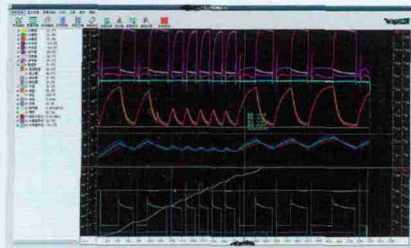


图4 冰堵对冰箱功率、箱内温度以及压缩机排气温度的影响



图5 压缩机在拔管塞后焊入制冷系统前暴露在空气中时间不应超过5分钟

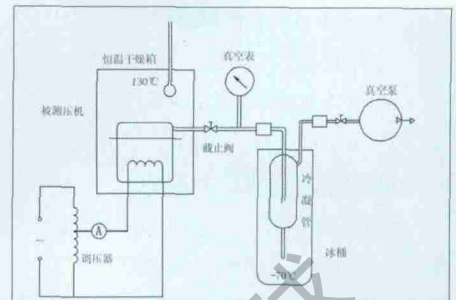


图6 压缩机残余水分含量测试装置

新充注保护氮气，且氮气压力应控制在表压： $0.03\sim 0.05\text{Mpa}$ ；

(5) 压缩机残余水分的限定值见表1。

### 6.5 系统真空度不良

解决措施：

(1) 在条件允许情况下尽量采用功率大真空泵，同时注意真空泵的保养以及接头橡皮圈是否老化，以免影响垫圈密封程度。

(2) 确保抽真空时间。就目前了解大部分冰箱制造厂家生产线抽真空时间都控制在20分钟以上，系统真空度都控制在 $6\text{Pa}$ 以下，既保证了系统的正常制冷又降低了系统水分含量。

(3) 不同制冷剂应该区分使用真空泵。由于R600a压缩机使用冷冻油为矿物油，R134a压缩机使用酯类油，R134a制冷剂不溶于矿物油，因此在条件允许情况下真空泵应尽量区分使用。

### 6.6 干燥过滤器选型不当等

解决措施：

不同制冷剂选配干燥过滤器类型不同，在生产过程中应注意区分。干燥过滤器选型不当，不仅会存在冰堵可能，更容易导致脏堵发生。更严重的会产生腐蚀，水解性很强的脂类油与水反应生成酸，会腐蚀制冷管道甚至压缩机。

狭义上讲，分子筛又称泡沸石或沸石，是结晶态的硅酸盐或硅铝酸盐，由硅氧四面体或铝氧四面体通过氧桥键相连而形成，其晶体结构中有规整而均匀的孔道，孔径为分子大小的数量级（通常为 $0.3\sim 2.0\text{nm}$ ），它只允许直径比孔径小的分子进入，因此能将混合物中的分子按大小加以筛分，故称分子筛。如R12的分子直径大于 $0.4\text{nm}(4\text{Å})$ ， $1\text{Å}=0.1\text{nm}$ ，R600a分子直径 $0.56\text{nm}$ 也大于 $0.4\text{nm}(4\text{Å})$ ，而水分子的直径在 $0.17\sim 0.32\text{nm}$ 之间，

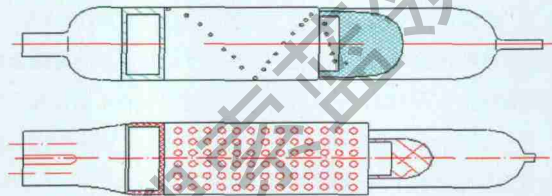


图7 冰箱系统使用干燥过滤器

表1 压缩机残余水分的限值

	单位: mg	
名义制冷量/W	$\leq 200$	$> 200$
整机残余水分含量	100	130

因此选用 $0.4\text{nm}(4\text{Å})$ 分子筛可以吸附制冷系统中的残留水分，而制冷剂不被吸附。而对HFC-134a（分子直径 $0.42\text{nm}$ ），系统则需配用吸水性较强、体积稍大、分子直径介于HFC-134a与水之间的XH-7型（最大直径为 $3\text{Å}$ ）干燥过滤器。因两者所选用材料不同，放入的重量也不同（XH-5型一般放分子筛 $5\text{g}$ ，XH-7型一般放 $10\text{g}$ ），R12和R600a系统可采用R134a干燥过滤器。冰箱制冷系统使用干燥过滤器结构见图7。

## 7 结束语

制冷系统水分控制是一项非常重要而又复杂的工作，既不能直观检查又无法以简单方法测量，只能依据严格的操作规程加以严格控制，尤其在冰箱预装、总装等关键工序必须严格按照工艺要求执行，以最大限度地避免水分进入冰箱制冷系统而形成冰堵可能。对制冷系统含水量控制要求较高的HFC-134a的电冰箱，尤其要加以注意。

### 参考文献

- [1] 刘东主编. 小型全封闭制冷压缩机[M]. 北京: 科学出版社, 1990
- [2] 吴业正主编. 小型制冷装置设计指导 机械工业出版社 1998.8
- [3] (GB/T8059.2-1995家用制冷器具 冷藏冷冻箱. 国家技术监督局
- [4] 杨智辉, 刘益才等. 冰箱回热毛细管内部流动特性研究[J]. 真空与低温, 2006(04): P210-214
- [5] 林朝光, 陈则韶等. 冰箱毛细管内部流动特性的研究[J]. 流体机械, 2000(10): P42-46
- [6] 部分数据来自互联网公共资源