

全 封 闭 压 缩

现场故障压缩机和运行故障压缩机的简介

前言

虽然在质量方面做了大量工作，但有时法国泰康压缩机由于制造过程也会发生一些故障。本文的目的则是说明一些可用下列主要指导原则来避免或消除的一些特殊问题。

虽然这些问题是对法国泰康压缩机讲的，但在绝大多数情况下，这些问题在无论怎样的工艺，无论怎样的用途和无论在何处使用下都会发生。一般地讲，这些问题可随着冷冻工业发展而解决，而不是仅用某一项复杂工艺就可解决。

故障种类

用户服务部所做出的压缩机故障分析结果如下：

- 声称有故障压缩机中有 20%实际上是好的，工作正常
 - 从整机返回的压缩机故障与从销售网络返回的压缩机故障相比较，是有很大的不同的
 - 从销售网络返回的压缩机故障比从整机返回压缩机的故障多 3-5 倍
 - 电气故障总和占全部故障的 20%
 - 压缩机缺油（即油位在标准高度 50%以下时）故障占全部故障的 6%
 - 压缩机卡死（机械故障）约为全部故障 20%
 - 内部泄漏（阀片或垫片损坏，内排气管破裂等）约为全部故障的 8%
 - 压缩机吸入空气（即吸气管泄漏）约占全部故障的 5%
- 剩下的即是其他故障，如噪声过大，运输或装卸损坏等等。

小结一下，故障可区分如下

- 20% 无故障
- 29% 电器故障

— 6%	缺油
— 20%	卡死
— 5%	吸入空气
— 8%	内部泄漏
— 12%	其他故障

上面这些数字代表一个平均数，对不同的压缩机系列和型号，对不同的用途的压缩机这些数字是不同的。本分析的目的是对上述故障提出一些原因和说明，并对如何使用压缩机使之工作可靠提出解决办法和建议。

I 电器故障

(1) 内部线路起弧

该故障约占电器故障的 20%，即占全部故障的 6%，该种故障是马达在真空状态下供电或是真空状态下电冲击的典型结果。

在此种情况下，接线柱之间或接线柱与压缩机外壳之间发生火花，也可能在线圈内部发生火花，这称为电晕效应（CORONA EFFECT）

因此要大声劝告用户，只能在真空破坏后才能供电。

对于电冲击试验也是如此。

为了工艺安全，建议充注冷媒（系统抽空后）并用压力表检查压

力，应高于大气压力。事实上，从排气侧（往复压缩机的“高压”侧）或从旋转式压缩机的吸气侧或其他地方（壳体内高压）充注冷媒，冷媒气体不可能有足够的时间使马达区域增压。

绝对不要在真空状态下向压缩机供电

绝对不要在真空破坏以前施加电冲击

P3

(2) 副绕组烧毁

该类故障占电器故障（单相马达）的 80%，即全部故障的 22%。在大多数情况下，它是由于副绕组通电时间过长超出设计要求（PSC 或 CSR 马达）或是电流过大而引起过热的结果。很困难找到这种故障的根源所在，但是，进行了一些研究计划以找出故障解释。

下列原因可以作为可能的原因：

2-a 接线错误

在大多数情况下，故障发生在装有电压继电器（即 CSR 马达）的情况下，当然其他类型的马达也有发生。但 PTC 马达不会发生，因为 PTC 马达其副绕组是保护的。

作为直接后果，起动电容器也损坏。这二种故障（副绕组与起动电容器故障）可能是同时发生的。某种接线错误可能使副绕组在

数秒内烧毁，这也包括 PSC 马达类型（但只有运转电容器）。

但是，这种接线错误是可以避免的，只要注意在压缩机起动时间噪声大小。因为接线错误会产生摇摆的噪声。

2-b 继电器安装位置

这种故障仅在压缩机起动时继电器断不开而发生。电流继电器特别是仅在垂直安装位置时才能安全工作。在任何情况下，允许最大安装偏差 $\pm 15^\circ$ 。如果此偏差超出此限度，继电器打不开，副绕组和起动电容保持通电，那就要烧毁。

大多数情况下，继电器放在电器盒内，为此在压缩机起动前要检查安装位置。电压继电器对正确安装位置不太敏感，但是其特性（即释放/吸合）要变化，因此也会发生同样的故障。

2-c 每小时起动次数

压缩机起动时，副绕组通过大电流。通电如太长副绕组会损坏，虽然设计上不允许这样。

为此，副绕组不允许保持通电（PSC 马达除外），并且在二次起动之间要有足够长的时间以使副绕组冷却下来。

P4

作为基本规则，也根据技术的发展，每小时最多的起动次数应小于 10 次，特殊情况下可允许 12 次。但是大多数情况下为每小时

7-8 次。

装置的开停比即运行时间与停机时间的比应不超过 0.75，以使副绕组有足够时间冷却。显然，连续运转数小时（每天开动一次）是最理想的，这样可保证与经常开停相比有高的压缩机可靠性。有些装置有低压压力表作为监视。在这种情况下，应该切断后重新起用该压力表时应有一段延迟。虽然该表不是用作安全装置，特别在冷媒充注量不够时（吸气侧泄漏）要延长延迟。压缩机起动延迟时间继电器可以避免这种故障。

2-d 继电器用错

某种继电器仅适用于一种压缩机。因此，它的特性是专用的（吸合/释放）以保证安全起动。每一种马达也专为适合某种继电器特性而设计，以使能够在规定的电压范围内的任何电压都能起动压缩机。大多数继电器看起来是一样的，而且都装在任何压缩机上工作而不会立即发生问题。因此，重要的是要检查压缩机供电电压。

继电器的吸合和释放电压和通过继电器电流成正比，因此也与马达的供电电压成正比。人们都不太注意电压波动会影响继电器工况的事实以及这种波动的后果。

电压太高会形成副绕组长久通电（继电器不断开）。反之，电压太低会使起动失败，或形成开/停状态。

只有制造厂认可的继电器有准许使用。

注：“通用继电器”

修配市场出售的继电器也可能会成功地工作，但随后，它会在使用现场出现故障。除了马达的起动扭矩被限定，形成压缩机起动困难外，PTC 型通用继电器有一个再起动的延迟（冷却问题），因此形成压缩机处于永久性的非起动状态。

P5

2-e 继电器故障

任何继电器可能在初始阶段发生或在工作一段时间后发生故障。在大多数情况下，故障是与继电器本身的或是放电起弧的机械故障有关的。

故障的根源来自副绕组烧毁或起动电容器损坏。此类故障是难于查明的。但大多数情况，有的是此类故障的后果。可以提出的最好忠告是“在任何情况下不要使用先前损坏过的继电器”

备注：对继电器进行试验性机械运行（翻倒方法）是不足证明能够使用的。任何损坏了的继电器必须更换新的继电器。

2-f 电压不对

例：“A”型额定电压为 100/115V 的继电器通以 220 伏，压缩

机启动以后，如继电器不释放，这样副绕组和启动电容器在过载 保护器切断前即通过大电流。

(3) 主绕组烧毁

这类故障约为单相压缩机电器故障的 3.5%（按欧洲市场统计比率）。这类故障大多数来源于使用问题，即不在正常工况下运转。

主要原因有三：

- 压缩机选型错误
- 冷凝器太小或堵塞（或马达风扇故障）
- 冷却压缩机的空气流不够或形成热空气循环

3-a 压缩机选型错误

电动机是设计在规定的蒸发温度区域，为一定的冷媒和规定的电压范围内在最佳效率下工作的。其中任一因素的偏差可能会是决定性的，并形成过热而过载保护器未跳开：即或是在非设计的运转工况下功率不够，或是在周围环境下的热交换不够。

压缩机过大，配上一个不能匹配同样冷量的冷凝器也会有问题。因为热交换量增大。最重要的是压缩机冷量必须与冷凝器规格、冷量相匹配。选型错误使系统平衡温度增高 4-5K（冷凝温度），因此系统性能的增加只是期望值的 60%，如果压缩机设计能有油冷器或用风扇冷却，这种冷却方法必须要使用。

3-b 冷凝器太小或冷凝器堵塞

这二种情况都会使系统在设计范围以外工作，其后果如同上节所述。

冷凝器堵塞或风扇马达损坏会使冷凝温度大大增高（也使排气压力大为增高）。但风扇冷却的压缩机冷却或冷却气流却不够，或空气气流温度太高。虽然此时形成异常过热，但过载保护器跳闸却不发生。

3-c 气流不充分或热空气循环

此故障大多数情况是由于设计者疏忽而造成系统设计不佳。压缩机和冷凝器的冷却必须有最佳的气流（在气流组织和气流温度方面）以保证最佳效率。

冷凝机组装在一个很小的空间内应保证有充足的流入空气口和同样大小的流入口。

在某些情况下，装置本身看起来不错，但对压缩机来说并不一定是好，对冷凝器可靠运行来说不一定是好。很多情况下冷凝机组的安装方向并不与空气流入口和流出口方向很好地对准，因此有可能使流入冷凝器的冷空气被同一地方的热空气所加热，这就是空气循环。

在装置现场使用中，检查冷凝器流入空气温度，发现某些情况下

流入空气温度比大气温度高 10K 以上，例如大气温度 32°C，我们发现吸入冷凝器的空气是 44°C（在冷凝器前面 10 公分处）。

在高的环境温度下会发现这样的运转工况，这种工况与装置的受限制的状态有关，发生过载保护器跳开。在这种情况下，维修人员常常作这样的解释：“冷凝器太小”。但他却从来不想到这是“热空气循环”。

对上述所有的原因，主绕组烧毁不是主要的后果，阀片上油结炭或过载保护器跳开都总是要降低压缩机的寿命的。

P7

II 缺油

为进一步研究，只分解了具有 50%原油量的压缩机。这类故障占全部故障的 6%，但可能在大型压缩机内发生即 AG 和 AN 系列（约占全部故障 20%）。

缺油的后果是压缩机卡死或发生早期磨损。压缩机缺油可以有以下二个原因来解释：

- 压缩机回油不好
- 压缩机停机期间起泡

(1) 压缩机回油不好

一小部分油与冷媒气混合，并在系统中循环。为避免系统内积存油和保证管道内最大的冷媒循环流速。一般认为，冷媒气质量流量 1% 以下油气混合物在系统中循环是允许的。例如，1.5HP 的压

压缩机可能有每小时 1 公斤油的循环，这意味着有 1.2 倍的油加注量在系统内循环。

压缩机制造厂为获得冷媒与油的良好互溶性，选定和认证一定的冷冻油。但是在机械设计上必须以最小的冷媒气体流速提供压缩机的良好回油，也就是管路尺寸特别是吸气管路尺寸必须谨慎选择。也就是管路直径大小须在压降和良好回油之间取得平衡。

这里我们建议如下最小冷媒流速：

- 对水平管路（以及有坡度的管路）冷媒流速 4m/s
- 对上升管路冷媒流速 8m/s

但最高流速必须小于 15m/s 以减小压降，避免冷媒流动噪声。

对于小于 30 米长的管路，无需设置存油弯。

建议安装水平管路在冷媒流动方向有一个每米 0.8 厘米的下坡度。

(2) 压缩机停机期间起泡现象

压缩机内冷冻油或多或少与冷媒气体之间有互溶性，这种互溶性与压力与温度有关。

根据热力学原理，众所周知，一种气体能从系统内最热的地方转移到最冷的地方。情况是停机期间，压缩机是系统内的最冷的机件。因此在油达到完全饱和状态之后，冷媒会沉在压缩机壳体的底部。

其后果将是压缩机零件磨损或是卡死。这将在以下进一步分析。压缩机起动时吸入压力下降，使油内的冷媒能够分解出来，或是沉在压缩机壳体底部的冷媒从油中蒸发出来，带出大量的油。此时压缩机壳体很快地被泡沫（油和冷媒混合物）所充满，并通气缸吸入，流出压缩机。

全部油量可在数秒内流出压缩机。所以即使系统设计很好，如果压机不能回油，则其机械零件会严重磨损。

关于这个问题的进一步的资料见“技术公报 NO.10”：“液态冷媒在空调压缩机中的影响”

III 压缩机卡死

这类故障约占全部故障 20%。大多数情况下，单相压缩机有这类故障，约占同类故障的 40%。对大冷量压缩机而言，此类故障意味着由于电机功率引起的损坏和磨损

主要原因如下：

- 液态冷媒转移到压缩机壳体
- 在特殊运转情况下缺油

- 起泡
- 回液
- 怀疑系统清洁度

(1) 液态冷媒转移

这是对卡死或机械磨损最通常的原因（见技术公报 NO.10）。压缩机停机期间，这种转移总会发生，因为压缩机是系统内的最冷的地方。冷冻油与或多或少的冷媒根据压力与温度关系以及冷

媒、冷冻油的性质互相混合。这样，油位就上升。油内冷媒超过饱和，液态冷媒就沉到壳体最下部，因为冷媒与油、冷媒混合物相比较，密度较大。在压缩机起动时，油泵不仅仅抽油，而且抽出液态冷媒，或是油/冷媒混合物，后二不是一种良好的润滑剂，因而形成机械部件的卡住或磨损。发生这种故障时，可以发现液体冷媒界位线。压缩机卡死时，电机绕组浸在液体内，因此过载保护器不会跳开。结果油在表面发生炭化，在壳体表面或是机械部件表面上表现出来。

P9

为避免此类问题，建议如下：

- 确保回气过热度，使在任何运转工况下不可能形成异常冷却或
安装一个吸气管储液器。
- 使用曲轴箱加热器，确保压缩机比系统内其他部件的温度为高。

(2) 缺油

压缩机留有 50% 的原始加油量，即认为是缺油故障。根据许多压缩机的分解，发现油可能由于短时间内的起泡而被吸出压缩机（特别是短管路系统）。这些油再回到压缩机需要较长的时间，因而引起压缩机磨损。这种现象也可以解释有些分解压缩机的油位超过 50%，但比原始油量少，它也出现问题。

(3) 起泡

起泡现象已经解释过了，它表示润滑压缩机的油不够。除此之外，油/冷媒混合物又不是良好的润滑剂。因此机械磨损，有时是活塞/曲轴磨损在分解压缩机时被发现。

注：起泡现象一般在压缩机非常低的噪声情况下发生。因为泡沫在压缩机内部和周围起到一个声屏障的作用。

(4) 回液

起初，很难建立压缩机卡死和回液之间的关系。液态冷媒处于气缸中的前部位置。

液击是试图增压液体造成的结果。当活塞处于压缩周期的终点时：会产生存在过量的油（泡沫状态）或过量的液态冷媒（很少可能）。

其后果如下：

- 吸气阀的破损
- 垫片破损
- 润滑不良引起卡死
- 多种损坏的组合

注：回液也会发生在排气侧（高压侧），它是由于液态冷媒转移到压缩机高压侧，直到排气阀片而形成的。

P10

回液能立即形成压缩机轴承负载，活塞等的负载瞬间增大，因此油膜破坏。在大冷量压缩机（三相电机）中，连杆由于巨大的载荷而断裂。

其次，断裂阀片的一部分会冲入系统/压缩机内，形成其后全部故障中的一部分，或使压缩机卡死。

(5) 清洁度

如果微小粒子或粘性粒子附在运动零件上，即会形成压缩机卡死或部件的显著磨损。

因此，建议一定要保证系统内任何装配部件以及管路准备的清洁度。特别是部件的打磨（管路、蒸发器）和清刷都很可能引起这类故障。

IV 压缩机运转时内部存在空气

此类故障约占全部故障 5%。压缩机或长或短时间内暴露于或多或少温度的大气中，会形成压缩机吸入空气，以后会使压缩机机械或是电器磨损。

这种吸入空气原因是由于吸气管路渗漏，系统没有低压控制表和冷却室内无温度报警。

其后果很容易引起压缩机损坏：

- 油的变质
- 马达和阀片过热
- 压缩机内其他部件（油和/或马达）的逐渐损坏

当系统含有空气，与纯冷媒相比，排气压力增高，使排气温度超出压缩机设计许可温度。因而当流过排气阀片时油雾炭化，并在阀座上结炭，破坏阀片密封性能。

虽然油是经过压缩机润滑认证的，这种现象还是加速进行。因为油对湿度特别敏感。由于部件和材料对湿度也很敏感，电机绝缘很易被损坏，并且使电机绕组温度超过最大允许值。

所有上述故障都是湿度侵入和温度太高的结果。

V 内部泄漏

此类故障约占全部故障 8%

主要根源如下：

- 阀片或垫片破裂
- 内排气管破裂
- 阀座上有外来杂质

(1) 阀片或垫片破裂

除去可能存在的最终装配问题以外，大多数情况下这是早先说明的回液的结果。

垫片破裂可能是系统回路堵塞而形成，使压力（或与吸气压力的压差）过大。

回液是气缸内有油或液态冷媒结果，或是由于起泡而引起的，或是由于从冷凝器到压缩机液态冷媒转移而引起的。另一可能性是在气缸内早先循环时的冷媒发生凝结（对很冷的压缩机）。见技术公报 NO.10

(2) 内排气管断裂

低压压缩机（壳体内低压）中内排气管设计或使排气消声器与压缩机壳体相连接。并且该内排气管也是压缩机内部悬挂系统中的一部分，这意味着在运输和装卸过程中以及压缩机每次开/停中处于受应力状态。

野蛮运输/装卸情况会造成内部排气管断裂。每小时的过多开/停

(大于 10 次/时) 而且停车时间很短会在内排气管与压缩机壳体 连接处发生损坏和断裂。有时发现内排气管与悬挂弹簧会一起断裂。

(3) 阀座上有外来杂质

任何进入气缸的杂质最后都到达阀座上。其结果是阀片阀座接触面不能密封, 进而形成高低压之间的旁通路。

再说一句, 为防止此类问题, 回路/部件的清洁度是非常重要的。

P12

VI 其他故障

可能发生的其他故障约占全部故障的 12%, 其中每一种故障则小于全部故障的 2%。

最经常发生的如下:

(1) 噪声

仅是噪声过大或是振动过大才认为是此类故障。有些是经过若干周/月运转后才发生噪声过大。许多原因可以解释此类故障, 譬如由于液态冷媒存在下运行, 机械部件的过度磨损或运输/装卸状态 (例如损伤内排气管)。

(2) 压缩机不起动

RSIR (小型压缩机) 或 PSC (空调压缩机) 都会遇到此类故障。

上述二种压缩机的马达对起动时或压差起动时供电电压都很敏感。也有可能发现由于运输/装卸情况造成的电机定转子气隙偏差。

(3) 压缩机运转而无排气

经过意外伤害/野蛮装卸的压缩机会产生运输而无排气，和外部损伤。只有分解分析后才能得出结论。

(4) 压缩机使供电极与地导通

除上面已经解释的原因外，这类压缩机可能是接线柱之间存在金属异物所致（见真空状态下起动）。

VII 无故障

很奇怪，20%压缩机经分解后发现“完好”。

至今还不能提供充分的解释，只有几个推测可用来了解此类现象：

- 起动时电压太低或电压降太大
- 电器部件故障
- 起动时阀座上有外来杂质，后来却没有了

所有上述一切都说明，必须收集完全和正确的信息资料也包括所有电器部件也要收集以保证进行完全的分析。

这些电器部件可能与一个有故障的压缩机在一起使用过，所以可能已经损坏了。

P13

故障分析

- 电器故障 占全部故障 29%
- 机械故障 占全部故障 34%
- 其他故障 占全部故障 17%
- 工作正常 占全部故障 20%

P14

I 电器故障

1.1 接电柱起弧

- 占全部故障 6%
- 占全部故障 20%
- 真空下起动

- 真空下做高电压试验

P15

I 电器故障

1.2 起动绕组烧毁

- 占全部故障 20%
- 占全部故障 80%
- 接线错误
- 继电器安装位置错误：垂直位置 $\pm 15^\circ$
- 停开比：最大 10 次/时
工作时间比 < 0.75
- 继电器型号用错
- 继电器故障
- 电压不对

P16

I 电器故障

1.3 主绕组烧毁

- 占电器故障 3.5%
- 压缩机型号不适用于系统

- 空气冷却条件不好
 - 风扇马达损坏
 - 空气循环流动不好
 - 冷凝器堵塞（脏）
- 冷凝器太小

P17

II 机械故障

- 占全部故障 34%
 - 主要原因与下列有关：
 - 或是液态冷媒
 - 或是系统清洁度
 - 或是运输、装卸和停开比过大

P18

II 机械故障

II.1 卡死

- 占全部故障 26%（占机械故障 77%）
 - 液体冷媒迁移
 - 缺油
 - 起泡
 - 液击

清洁度

P19

II 机械故障

II.2 内部弹簧和/或内部排气管破裂

- 野蛮运输或装卸
- 停开比过大
 - * 最大 10 次/时
 - * 一般为 6-8

P20

II 机械故障

II.3 内部泄漏

- 阀片或垫片破裂
- 清洁度：阀片与阀座之间有杂物
- 油结炭

P21

III 其他故障

- 占全部故障的 17%
 - 噪声过高
 - 不起动

- 管子和/或底脚损坏
- 压缩机曾打过空气：吸气侧泄漏（占全部故障 5%）

P22

IV 工作正常

- 占全部故障 20%

至今无法解释，但可能与下列有关：

- 电器元件故障
- 电压太低不起动或起动电压降太大
- 由于瞬时至阀片和阀座之间存在杂质引起无排量
- 其他

P23

结 论

☆ 对于极少数的质量问题我们不推卸我们的责任（没有任何产品是万无一失的），但我们认为我们有责任告诉我们的用户：我们在努力改进有关用户服务工作。

- ☆ 这会使大家感到平静。