

中小型制冷压缩机的过热保护

南京机械专科学校 徐虎、蒋平

制冷压缩机是制冷系统的核心。为了提高制冷效率，全封闭压缩机是将电动机与压缩机本体一起安装在一个封闭的壳体内，这样可以杜绝制冷工质向外泄漏。全封闭制冷压缩机已逐步取代开启和半封闭压缩机，在家用电冰箱、空调器上几乎全部是采用全封闭压缩机。

在全封闭压缩机中，内置电机的工作特点和环境不同于一般的电机，电机损耗和机械损耗产生的热量，只有依靠压缩机壳体向四周热辐射得以冷却。压缩机温升与寿命的关系见图1，随着温度的升高，压缩机寿命呈指数明显下降。

压缩机寿命递减率 $\eta = 0.5^n$

$$n = \frac{\Delta T}{10}$$

ΔT °C 为相对设定的温升。

全封闭压缩机维修困难，为了保证压缩机

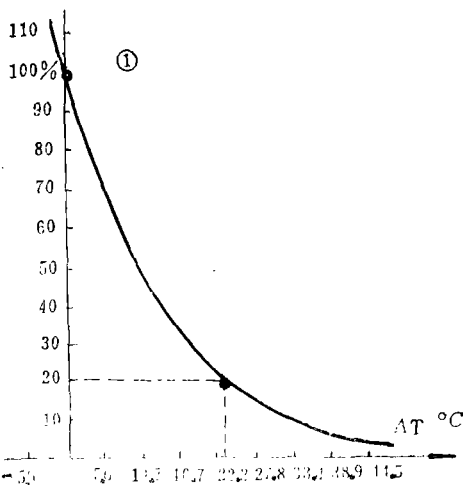


图1

①在某个设定温度下的寿命

的整体寿命，内置电机的寿命一般要比通用电机高出两倍，因此电机要求高可靠和耐用性。

对电机的绝缘有严格要求，绝缘材料除要求电气绝缘强度外，还必须具有耐温、耐油、耐潮、耐氟里昂、耐压力变化等的物理、化学稳定性。可以说：压缩机的寿命与电机有着密切关系，电机的寿命取决于电机采用的绝缘材料寿命，绝缘材料的等级决定了电机的耐热度——温升。电机的绝缘一经选定，压缩机的任何负载状态决不可超过电机的耐热度，否则将急剧降低电机的寿命，因此要加以保护，防止电机过热。

按照我国国内通行的标准，绝缘材料耐热度分为7个等级：

Y级	90°C
A级	105°C
E级	120°C
B级	130°C
F级	155°C
H级	180°C
C级	>180°C

由于不同结构的压缩机工作特点的差异，通常活塞式压缩机的内置电机采用E级或F级；转子式压缩机电机采用F级或H级。

一、压缩机电机的负载状态

在全封闭压缩机中电机与压缩机共用一根轴，电机直接驱动压缩机工作。压缩机电机的负载状态可分为：

1. 空载状态

空载指电机输出轴的负载力矩为零。在全封闭压缩机中，电机一旦开始运转，即使压缩机中没有制冷工质在循环，它的机械损耗的负载力矩已经加在电机轴上了，因此电机输出轴

的负载力矩不可能是零。此外电机定子、转子安装时的不同轴,同样会增加空载功耗。

压缩机整机的空载功耗,可用空载电流和空载功率两个指标衡量,空载功耗愈大,表示压缩机的效率愈低。例如:日本三菱KH418VD全封闭转子压缩机的额定工作电流为3.1A,测得整机空载电流仅0.82A,所以压缩机的整机空载功耗是较低的。

2. 额定负载状态

额定负载状态指在电机轴上加有额定负载力矩时的运行状态。在这种状态下,压缩机的电机可以保证长期安全工作。

额定负载状态表示了压缩机与电机运行的正常能力,在设计制冷系统时,蒸发、冷凝的温度与压力等参数形成的额定负载状态,压缩机都应能保持正常工作。

3. 过载状态

压缩机与电机在超过额定负载状态下的运行称做过载运行状态。例如:压缩机运动副中进入机械性杂物、压缩机起动机频繁、冷凝温度增高,制冷工质严重泄漏、毛细管或膨胀阀阻塞、电机转子严重扫膛、低温工况下冷却条件不良等,都会造成电机过载运行。若短时间或断续的过载后,电机的温升没有超出绝缘材料允许的耐热度,不会影响电机的寿命。电机的过载能力表示电机能够应变负载的能力。

长时间的过载运行,会导致电机温度升高,绝缘层破坏,以至电机烧毁,这是不允许的。过载运行必须采取保护措施。

4. 堵转状态

堵转是指通电后电机转子不动的状态,电机的堵转是一种严重的故障现象。堵转时电机的相电流急增到额定工作电流的5~7倍,甚至10倍以上,强大的电流将导致电机过热,烧毁。

压缩机刚启动时的瞬时电流也是很大的,但由于时间短促,不会引起电机过热。

压缩机在空载和额定负载状态下的运行属于正常运行;过载和堵转运行状态则是故障,必须加以限制和保护。

电机热特性中的过载电流和时间关系如图2所示,过热保护器必须在剖面线所示范围内迅速动作切断电源。

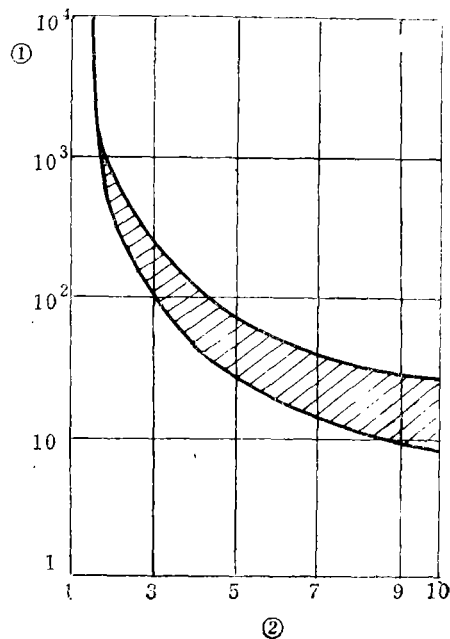


图2

①时间(s) ②额定电流的倍数

二、电流型速动热保护器

中小型压缩机电机的过载和堵转的保护,常使用结构简单、小巧、价格低廉的外部安装电流型速动热保护器,见图3。

安装在耐热塑料外壳内的厚0.2mm碟形热双金属片,当电机过载或堵转时,流经的电流增大,低电阻的镍铬丝使双金属片温度升高变形翻转,触点脱开切断电源实现过热保护。双金属片冷却到一定温度时,触点接通继续通电。在空载、额定负载或电机启动时,流经双金属片的电流不会引起双金属片翻转和切断电源。一些额定工作电流较大的热保护器,不设置加热电阻丝。

过热保护器一般都安装在压缩机壳体外部排气管附近温度最高处。由于壳体热容量大,

因此难于快速地跟踪内部线圈温度的急剧变

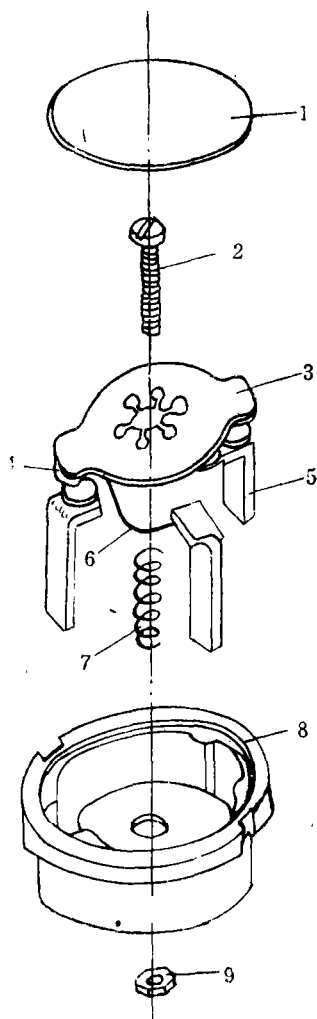


图3

- 1—盖片 2—螺钉 3—热双金属片 4—银触点
5—端子 6—镍铬电阻丝 7—弹簧 8—外壳
9—螺母

化,作为过载保护尚不太理想,所以只适用于中小型压缩机电机上。

对过热保护器工作特性的要求有:

1. 无电流时的额定断开温度,用户可按照低于电机的绝缘等级允许的耐热度选定。
2. 无电流时的额定复位温度一般为 70°C 。
3. 在额定工作电流下应保证热保护器长期不动作。
4. 在特定温度下,以额定工作电流的1.5

~2倍测定过载特性,动作时间 $<4\text{min}$ 。

5. 在特定温度下,以额定工作电流5倍测定堵转特性,动作时间 $<12\pm 6\text{s}$ 。

现摘录日本 JISC8325—1977 交流电磁开关标准中5.5节关于过负荷保护装置的 动作特性要求(环境温度为 40°C):

1. 额定工作电流600% 2~30 s 内动作。
2. 额定工作电流100% 通电,待温度一定后在200%额定工作电流下4min内动作。
3. 额定工作电流100%, 通电,待温度一定后在125%额定工作电流下2h内动作。

例如:日本三菱RH434VK全封闭转子压缩机,制冷量 3050kcal/h (3540W),输入功率 1.22kW ,额定工作电流 5.5A ,内置电机绝缘等级为F级(150°C),选用型号为MRA98880—9026热保护器,说明书列出该保护器工作特性为:

断开温度 $145\pm 6^{\circ}\text{C}$
复位温度 $70\pm 11^{\circ}\text{C}$
过载特性 8A (@ 100°C)
堵转特性 20A (@ 25°C 6~16 s 动作)

该保护器实测结果如下:

无电流时断开温度 134°C
无电流时复位温度 75°C
额定工作电流 5.5A 长期不动作(在 100°C 下测得)
过载特性 8A 3'22"动作(在 100°C 下测得)
堵转特性 20A 10.4"动作(在 20°C 下测得)

三、热保护器的选用与安装

各种规格的热保护器是根据电机绝缘耐热度和负载特性专门设计的,不可混用替代,错用规格会造成电机烧毁。由于双金属片材料、尺寸以及装配的离散性,在同一规格的热保护器中其特性仍然有一定的差异,产品出厂前都经过严格测试、调整、分选和封装。保护器失灵后只需换上相同型号的即可,用户不可

自行调整。

由于压缩机壳体温度与电机线圈温度存在差异和迟缓,保护器断开温度的选定可略低于电机绝缘等级允许的耐热度。例如:YZ—19转子式压缩机在名义工况下测得排气温度为111.6℃,电机线圈温度为121.8℃,而壳体顶部的温度则为102℃。

保护器的复位温度通常取70℃,过高或过低时会使电机动作频繁和电机停歇时间过长。

保护器从断开到复位要经过一段时间的冷却,例如在40℃环境温度下,对额定工作电流为3.1A的保护器测得复位时间需18s,环境温度高时,冷却缓慢延迟时间更长。若复位时间过短,而制冷系统的高、低压尚未平衡,这时电机无法启动,将会使电流急剧增加,容易烧毁电机,因此复位时间应大于系统恢复平衡的时间。

保护器的工作特性必须与压缩机的负载特性相匹配,要保证在额定工作电流时(包括启动电机时)保护器应长时间不动作;在过载或堵转状态时,应在规定时间内迅速可靠地起到保护作用。

安装时应将有盖片的一面朝下,牢固地紧贴在壳体温度最高处,以保证迅速地感受压缩机内的温度变化。

热保护器的银触点与端子间的接触电阻应为零(实测为8~11mΩ)。端子与电源接线要保证接触良好,不可松动。质量上乘的保护器的触点应是银质的,铜质的极易烧损。

家用空调器通常采用单相交流电源供电,制冷压缩机的内置电机有主、副两个绕组,电机启动常用电容运转式(PSC)。启动电容、热保护器和电机主、副绕组间的接线如图4所示。

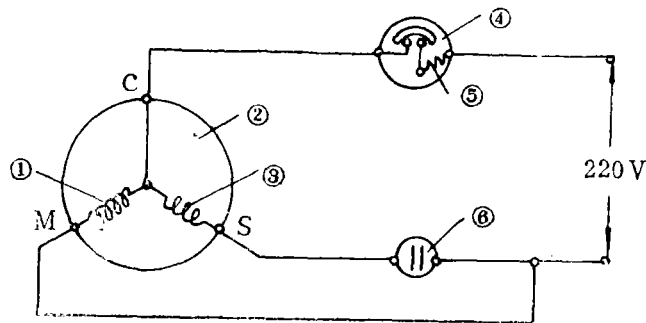


图4

1主绕组 2电机 3副绕组 4热保护器 5电阻丝 6启动电容

参 考 文 献

- 1 川平睦羲,封闭式制冷机,轻工业出版社
- 2 雷克斯·米勒,制冷与空调技术,上海交大出版社
- 3 缪道平主编,活塞式制冷压缩机,机械工业出版社
- 4 刘东主编,小型全封闭制冷压缩机,科学出版社
- 5 JISC 8325—1977,交流电磁开关,日本工业调查会标准
- 6 电工手册,上海科学技术出版社

(本文编辑 宋吉)

《压缩机技术》杂志获奖

《压缩机技术》杂志在最近召开的机械工业压缩机科技情报工作会议上被评为优秀情报成果一等奖。