

## 目录

页码

前言 .....	3
1. 概述 .....	4
2. 压缩机控制 .....	6
2.1 压缩机流量控制 .....	6
2.2 通过液体注入控制排放温度 .....	10
2.3 曲轴箱压力控制 .....	13
2.4 反向流控制 .....	15
2.5 小结 .....	16
2.6 参考文献 .....	17
3. 冷凝器控制 .....	18
3.1 气冷式冷凝器 .....	18
3.2 蒸发式冷凝器 .....	23
3.3 水冷式冷凝器 .....	26
3.4 小结 .....	28
3.5 参考文献 .....	28
4. 液位控制 .....	29
4.1 高压液位控制系统 (HP LLRS) .....	29
4.2 低压液位控制系统 (LPLRS) .....	33
4.3 小结 .....	37
4.4 参考文献 .....	37
5. 蒸发器控制 .....	38
5.1 直接膨胀控制 .....	38
5.2 抽运液体循环控制 .....	42
5.3 DX 空气冷却器的热气除霜 .....	43
5.4 抽运液体循环空气冷却器的热气除霜 .....	47
5.5 多温转换 .....	49
5.6 介质温度控制 .....	50
5.7 小结 .....	52
5.8 参考文献 .....	53
6. 润滑油系统 .....	54
6.1 油冷却 .....	54
6.2 油压差控制 .....	58
6.3 油回收系统 .....	61
6.4 小结 .....	63
6.5 参考文献 .....	64
7. 安全系统 .....	65
7.1 卸压装置 .....	65
7.2 压力和温度限制装置 .....	68
7.3 液位装置 .....	69
7.4 小结 .....	70
7.5 参考文献 .....	70
8. 制冷剂泵控制 .....	71
8.1 通过压差控制实现泵保护 .....	71
8.2 泵旁路流量控制 .....	73
8.3 泵压控制 .....	74
8.4 小结 .....	75
8.5 参考文献 .....	75
9. 其他 .....	76
9.1 氟化系统中的干燥过滤器 .....	76
9.2 CO <sub>2</sub> 系统中的干燥过滤器 .....	78
9.3 氨系统的除水 .....	81
9.4 除气系统 .....	85
9.5 热回收系统 .....	87
9.6 参考文献 .....	89
10. 附录 .....	90
10.1 典型制冷系统 .....	90
10.2 ON/OFF 与调制控制 .....	95
参考文献 - 按字母顺序排列 .....	104

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

## 前言

此 Danfoss 应用指南可用作工业制冷从业人员的参考资料。

本指南的目的是回答与工业制冷系统控制有关的各种问题：- 为什么说某种控制方法是制冷系统所必需的？为什么必须按照此种方式设计？可以使用哪些类型的零件？如何为不同的制冷系统选择控制方法？在回答这些问题的同时，本指南介绍了不同控制方法（包括 Danfoss 工业制冷产品）的原理，并提供了相应的控制范例。

同时还提供了各个零件的主要技术数据。最后，本指南还将每种控制方法不同的解决方案进行了比较，以便让读者了解如何选择解决方案。

在本指南中，我们建议将导阀操控式伺服阀 ICS 作为压力和温度调节器来使用。请注意：使用 ICS 时也可以使用已安装好的 PM 阀。

对于设备的最终设计，很有必要使用其他工具，例如制造商的产品目录和计算软件（例如 Danfoss 工业制冷产品目录和 DIRcalc 软件）。

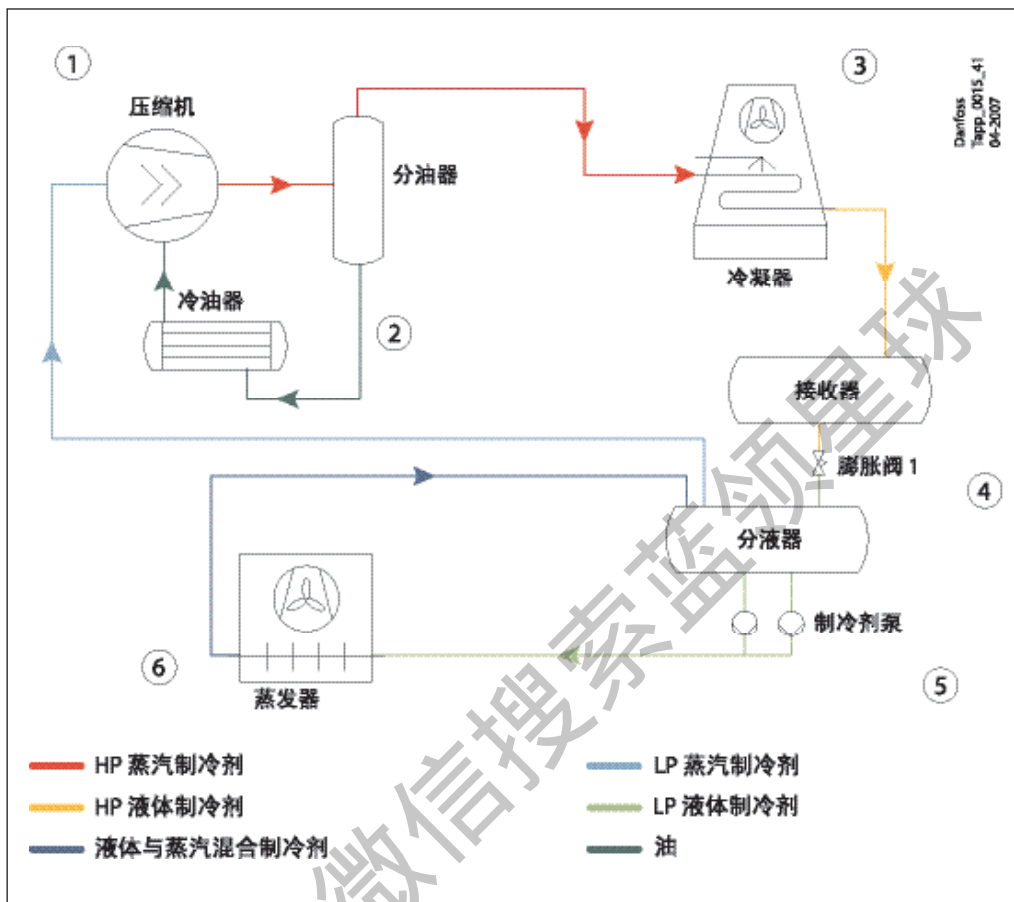
DIRcalc 软件用于 Danfoss 工业制冷阀的计算与选择。DIRcalc 软件随设备免费附送。请联系当地的 Danfoss 产品销售公司。

如果您对本应用指南描述的控制方法、应用和控制有任何问题，欢迎与 Danfoss 联系。

获取更多资料 微信搜索 蓝领星

1. 概述

泵循环制冷系统



① 压缩机控制

原因

- 首先：控制吸入压力：
- 其次：可靠的压缩机运转（启动/停止，等）

实现方式

- 通过将热气从 HP 端旁路到 LP 端，或通过对压缩机 ON/OFF 进行分级控制，或通过控制压缩机的旋转速度等方式，将压缩机的流量控制在与制冷负载对应的大小范围之内。
- 在排放管上安装止回阀，以防止制冷剂倒流回压缩机；
- 将压缩机入口和出口的压力和温度保持在工作范围之内。

② 润滑油控制

原因

- 保持最佳的润滑油温度和压力，以保证压缩机的可靠运转。

实现方式

- 压力：保持和控制压缩机内的压差，以保证润滑油循环，保持曲轴箱的压力（仅限于活塞式压缩机）；
- 温度：旁路冷油器周围的部分润滑油；控制流入冷油器的冷却空气或润滑油；
- 油位：返还氨系统和低温氟化系统中的润滑油。

## 1. 概述 (续)

### ③ 冷凝器控制

#### 原因

- 将冷凝压力保持在高于最小接受值以上，以保证有足够的液体流过膨胀装置；
- 保证系统中分配了合适量的制冷剂。

#### 实现方式

- 开/关操作或控制冷凝器风扇的速度，控制冷却水的流量，将冷凝器注满制冷剂。

### ④ 液位控制

#### 原因

- 根据实际需求，提供合适量的从低压端流向高压端的液体制冷剂；
- 确保膨胀装置的运转安全可靠。

#### 实现方式

- 根据液位范围，控制膨胀装置打开的角度。

### ⑤ 冷却泵控制

#### 原因

- 通过将流经泵的液体流量保持在允许的操作范围内，使泵无故障运行；
- 使某些系统中泵的压差保持恒定。

#### 实现方式

- 设计一个旁路循环，这样流量就可以保持在最小允许流量之上；
- 如果无法达到足够的压差，则将泵关闭。
- 安装一个压力调节阀。

### ⑥ 蒸发系统控制

#### 原因

- 首先：保持介质温度恒定；
- 其次：优化蒸发器的操作；
- 对于直接膨胀系统：保证来自蒸发器的液体制冷剂不会进入压缩机的吸入管。

#### 实现方式

- 按需改变流入蒸发器的制冷剂的流量；
- 蒸发器除霜。

### ⑦ 安全系统

#### 原因

- 避免容器内产生意外的压力；
- 保护压缩机，防止其因水击、超载、润滑油不足以及高温等原因而损坏；
- 防止泵因气穴现象而损坏。

#### 实现方式

- 在容器上和其他必要的位置上安装安全卸压阀；
- 如果压缩机和泵的入口/出口压差超出允许的范围，则将其关闭；
- 当分液器或接收器中的液位超过了允许的液位，则将系统或系统的一部分关闭。

## 2. 压缩机控制

压缩机是制冷系统的“心脏”。它有两个基本功能：

1. 保持蒸发器中的压力，这样液体制冷剂就可以在要求的温度下蒸发；
2. 压缩制冷剂，使得制冷剂可以在正常温度下冷凝。

因此压缩机控制的基本功能就是：根据制冷系统的实际需要调整压缩机的流量，从而使得系统能够保持要求的蒸发温度。

如果压缩机流量大于需求量，则蒸发压力和温度将低于要求的值，反之亦然。

此外，不能在允许的温度和压力范围以外操作压缩机，以优化其运行状况。

### 2.1 压缩机流量控制

选择用于冷却系统的压缩机时，一般要求其能够满足最大可能的冷却负载。但是，正常操作中的冷却负载却往往低于设计冷却负载。也就是说，通常需要控制压缩机的流量，以便与实际的热负载相匹配，可以通过以下几种常用方式来进行控制：

#### 1. 分级控制

此种控制方式的做法是：卸去多缸压缩机中的汽缸，先打开后关闭螺杆压缩机的吸入口，或先启动后停止多压缩机系统中的部分压缩机。该系统不但简单易用，而且，在部分负载的过程中效率降低的幅度也微乎其微。此种控制方式尤其适用于装有若干多缸往复式压缩机的系统。

#### 2. 滑阀控制

控制螺杆压缩机流量最常用的装置是滑阀。油动滑阀的运动能够使部分吸入气体不被压缩。滑阀能够使流量持续平稳地从100%调节至10%，但在部分负载情况下，效率会下降。

#### 3. 变速控制

变速调节。此解决方案效率高，适用于各种类型的压缩机。可以使用双速电机或变频器来改变压缩机的转速。双速电机可以通过高热负载时高速运转（如冷却阶段）、低热负载时低速运转（如储存阶段）的方式调节压缩机的流量。变频器能够不断地改变旋转速度，以满足实际需要。变频器遵守最大和最小限速、温度和压力控制、压缩机电动机保护，以及电流和扭矩限制。使用变频器，启动电流可以较低。

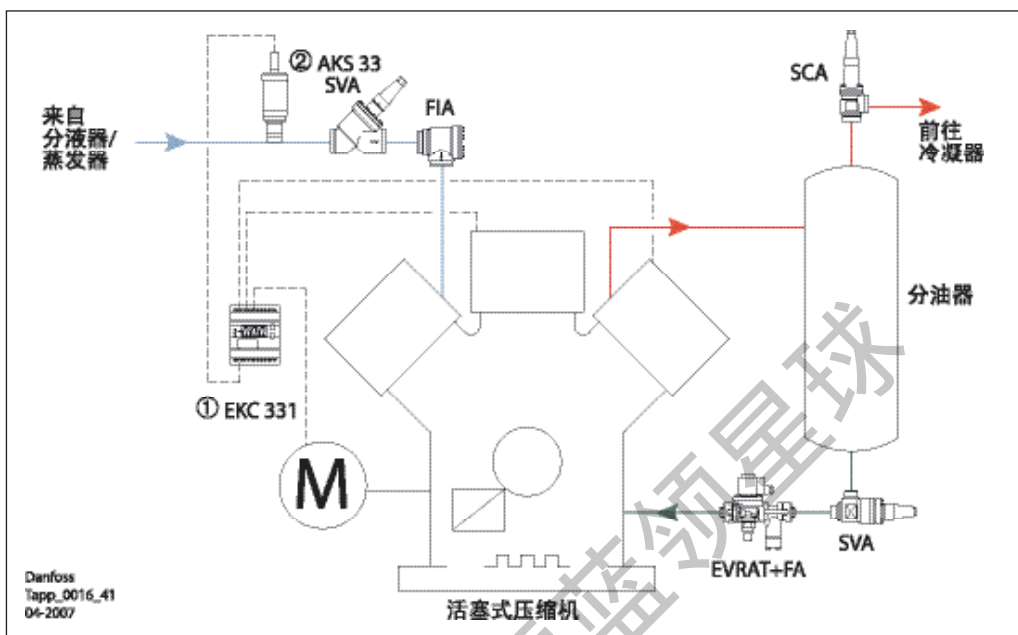
#### 4. 热气旁路

该解决方案适用于固定流量的压缩机，更多情况下则用于商业制冷。为了控制制冷能力，排放管的部分热气流会被旁路到低压回路中。这样可以通过两种方式降低制冷能力：减少液体制冷剂的供应量，或将部分热量释放到低压回路。

应用范例 2.1.1:  
 压缩机流量的分级控制

— HP 蒸汽制冷剂  
— LP 蒸汽制冷剂  
— 润滑油

- ① 分级控制器  
 ② 压力变送器



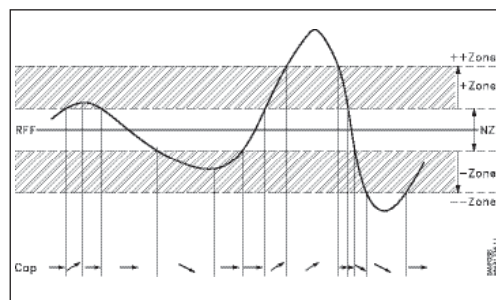
对压缩机流量的分级控制可以通过使用分级控制器 EKC 331 ① 来实现。EKC 331 是一个四级的控制器，最多有四个中继输出。它能够根据压力变送器 AKS 33 ② 或 AKS 32R 发出的吸入压力信号来对压缩机/活塞或压缩机电机的负载或卸载进行控制。EKC 331 以中性区域控制为基础，它可以控制一个最多带有四个大小相同的压缩机组的压缩系统，或者两个流量控制的压缩机（每个都装有一个卸荷阀）。

EKC 331T 版本可以接收 PT 1000 温度传感器发出的信号，这对二级系统而言可能是必需的。

中性区域控制中性区域应以参考值为依据进行设置，在中性区域范围内不会发生负载/卸载。如果超出中性区域以外（阴影区“+zone”和“-zone”），当测量压力偏离中性区域设定值时，就会发生负载/卸载。

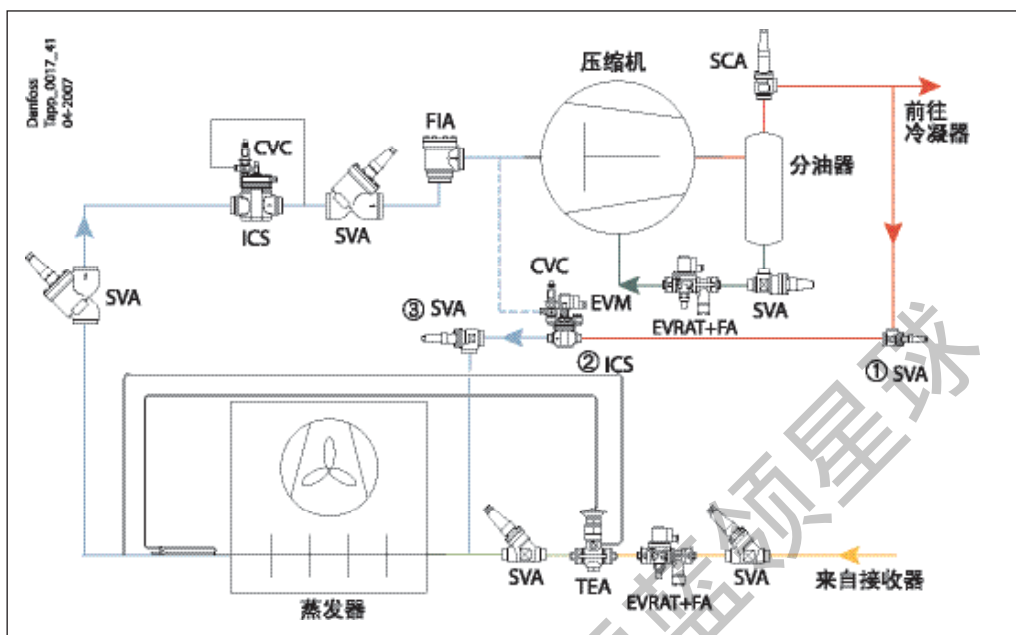
如果在阴影区（称为“++zone”和“-zone”）以外进行控制，那么接通流量的变化速度就会比在阴影区发生的速度略快一些。

更多详细信息，请参考 Danfoss EKC 331(T) 手册。



## 技术数据

	压力变送器 - AKS 33	压力变送器 - AKS 32R
制冷剂	所有制冷剂，包括 R717	
操作范围 [bar]	-1 至 34，视订货情况而定	-1 至 34，视订货情况而定
最大工作压力 $P_B$ [bar]	最大至 55，视订货情况而定	>33
操作温度范围 [°C]	-40 至 85	
补偿温度范围 [°C]	LP: -30 至 +40 / HP: 0 至 +80	
额定输出信号	4 至 20 mA	10 至 90% 的电源电压

应用范例 2.1.2:  
 通过热气旁路控制压缩机流量


- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂/LP 蒸汽
- 制冷剂/LP 液体制冷剂
- 润滑油

- ① 截止阀
- ② 能量调节阀
- ③ 截止阀

热气旁路可以用来控制固定流量压缩机的制冷能力。装有 CVC 导阀的导阀操控式伺服阀 ICS ② 可以根据吸入管上的压力控制热气旁路气流。CVC 是一个背压控制的导阀，当吸入压力低于设定值时，它可以打开 ICS 并增加热气流量。通过这种方式，压缩机前端的吸入压力可以保持恒定，因此，制冷能力能够满足实际的冷却负载要求。

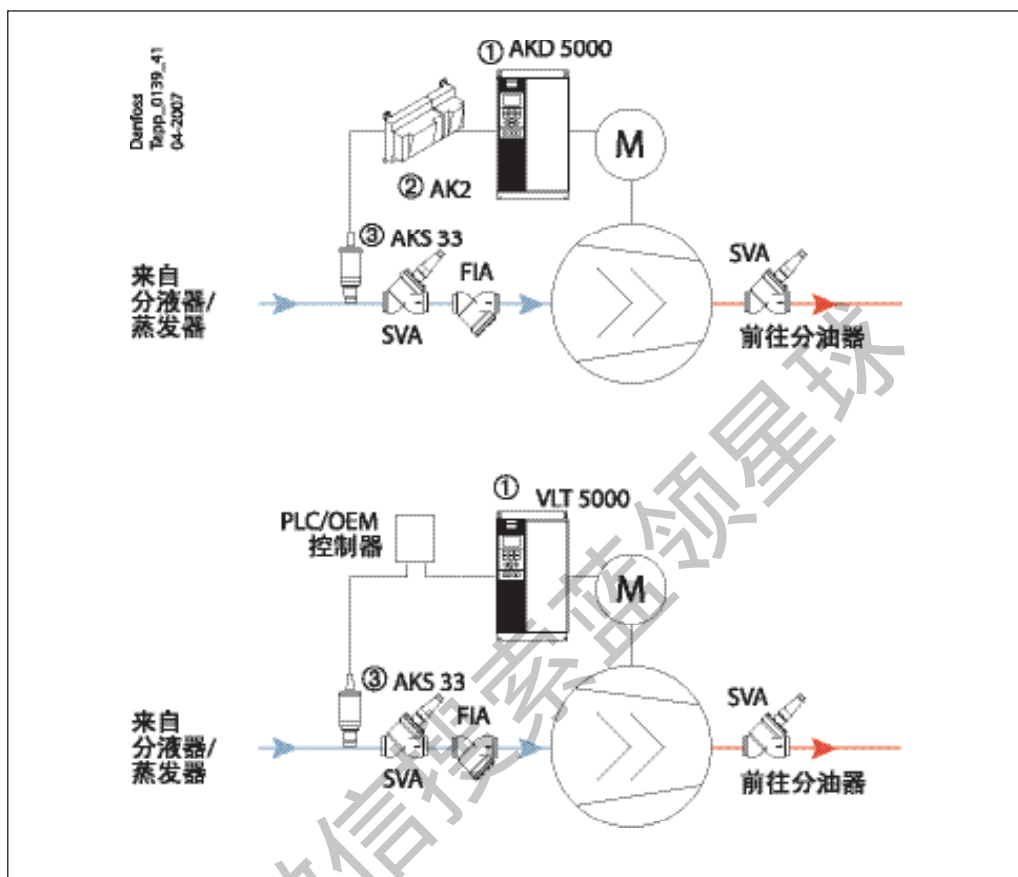
## 技术数据

导阀操控式伺服阀 - ICS	
材料	阀体: 低温钢
制冷剂	所有常用的制冷剂, 包括 R717 和 R744
介质温度范围 [°C]	-60 至 +120
最大工作压力 [bar]	52
DN [mm]	20 至 80

导阀 - CVC	
材料	阀体: 不锈钢
制冷剂	所有常用的制冷剂
介质温度范围 [°C]	-50 至 120
最大工作压力 [bar]	高压端: 28 低压端: 17
压力范围 [bar]	-0.45 至 7
K <sub>v</sub> 值 [m³/h]	0.2



应用范例 2.1.3:  
压缩机变速流量控制



— HP 蒸汽制冷剂  
— LP 蒸汽制冷剂

- ① 变频器
- ② 控制器
- ③ 压力传感器

变频器控制具有以下优点:

- 节能
- 控制器和产品质量更高
- 噪音更低
- 使用寿命较长
- 安装简单
- 易于对系统进行完全控制

技术数据

	变频器 AKD2800	变频器 AKD5000
外壳	IP 20	IP 20 或 IP 54
环境温度		
KW 大小	0.37kW 至 18.5kW	0.75kW 至 55kW
电压	200-240V 或 380-480V	200-240V 或 380-500V

## 2.2 通过液体注入控制排放温度

压缩机制造商通常都建议将排放温度控制在某个值以下，以防止温度过高，延长使用寿命，并防止高温时出现油击穿现象。

一种方法是：在往复式压缩机中安装水冷压头。另一种方法是：液体注入，从冷凝器或接收器的出口向吸入管、中间冷却器或螺杆压缩机侧孔注入液体制冷剂。

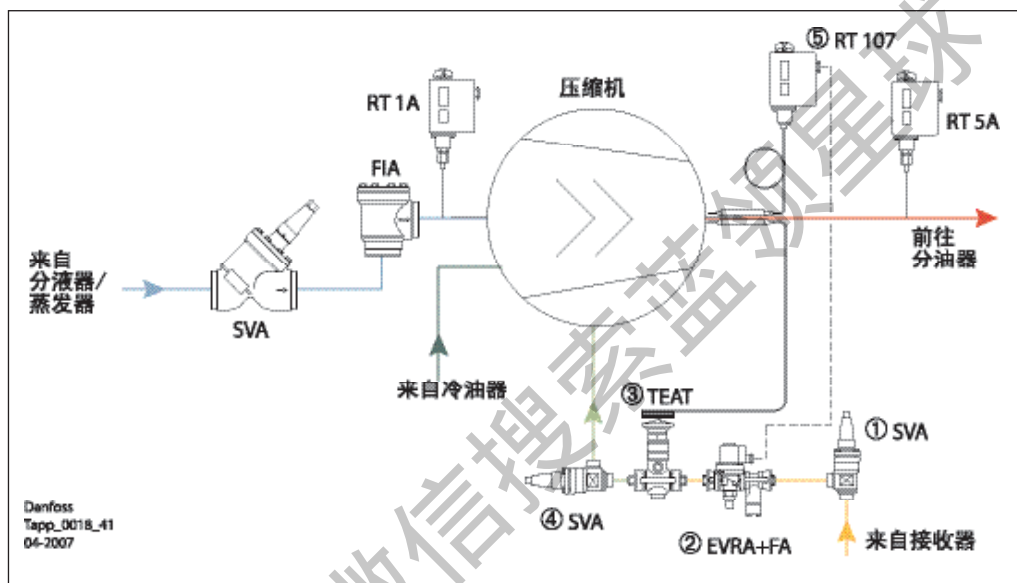
从 p-h 记录图，可以看到在下列情况下，排放温度可能会很高：压缩机运转时，压差很高。

- 压缩机接收了过热的吸入蒸汽。
- 压缩机运转时，通过热气旁路进行流量控制。
- 可通过以下方法降低排放温度。

### 应用范例 2.2.1: 通过热力喷射阀注入液体

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂/LP 蒸汽
- 制冷剂/LP 液体制冷剂
- 润滑油

- ① 截止阀
- ② 电磁阀
- ③ 热力喷射阀
- ④ 截止阀
- ⑤ 温度控制器



当排放温度升高并超出温度控制器 RT 107 ⑤ 的设定值时，RT 107 将接通电磁阀 EVRA ②，后者会将液体注入到螺杆压缩机的侧孔。

热力喷射阀 TEAT ③ 能够根据排放温度控制注入的液体流量，从而防止了排放温度继续升高。

### 技术数据

	温度控制器 - RT
制冷剂	R717 和氟化制冷剂，视订货情况而定
外壳	IP 66/54，视订货情况而定
最大感应球温度 [°C]	65 至 300，视订货情况而定
环境温度 [°C]	-50 至 70
调节范围 [°C]	-60 至 150，视订货情况而定
温度差 $\Delta t$ [°C]	1.0 至 25.0，视订货情况而定

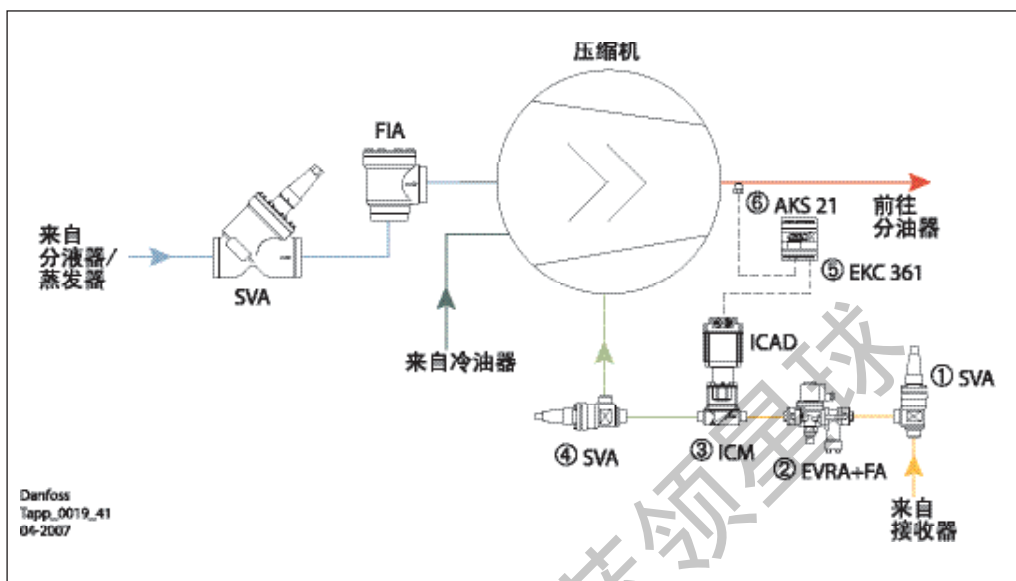
	热力喷射阀 - TEAT
制冷剂	R717 及氟化制冷剂
调节范围 [°C]	最大感应球温度 150°C P band: 20°C
最大工作压力 [bar]	20
额定容量* [kW]	3.3 至 274

\* 条件:  $T_e = +5^\circ\text{C}$ ,  $\Delta p = 8 \text{ bar}$ ,  $\Delta T_{\text{sub}} = 4^\circ\text{C}$

应用范例 2.2.2:  
使用自动调节阀注入液体

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂 LP 蒸汽
- 制冷剂 LP 液体制冷剂
- 润滑油

- ① 截止阀
- ② 电磁阀
- ③ 自动调节阀
- ④ 截止阀
- ⑤ 控制器
- ⑥ 温度传感器



液体注入的电子方案可以通过自动调节阀 ICM ③ 控制 ICAD 制动器调整 ICM 自动调节阀来实现。AKS 21 PT 1000 温度传感器 ⑥ 会记录排放温度并将信号传送给温度控制器 EKC 361 ⑤。AKS 21 控制 ICAD 制动器调整 ICM 自动调节阀的打开角度，以限制和保持要求的排放温度。

## 技术数据

自动调节阀 - ICM	
材料	阀体: 低温钢
制冷剂	所有常用的制冷剂, 包括 R717 和 R744
介质温度范围 [°C]	-60 至 120
最大工作压力 [bar]	52 bar
DN [mm]	20 至 65
额定容量* [kW]	224 至 14000

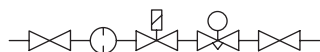
\* 条件:  $T_e = -10^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta p = 8.0 \text{ bar}$ ,  $\Delta T_{\text{sub}} = 4\text{K}$

制动器 - ICAD	
材料	外壳: 铝
介质温度范围 [°C]	-30 至 50 (环境温度)
控制输入信号	0/4 - 10mA, 或 0/2 - 10
开关时间	3 至 13 秒 (取决于阀门尺寸)

应用范例 2.2.3:  
通过 ICF 注入液体的紧凑解决方案

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂 LP 蒸汽
- 制冷剂 LP 液体制冷剂
- 润滑油

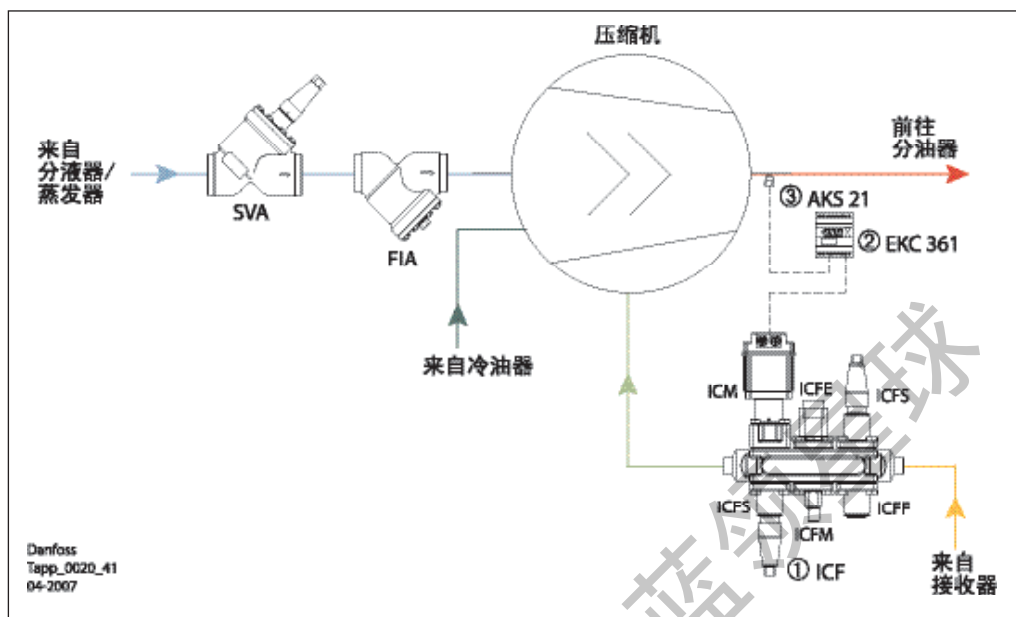
① 阀站装有以下设备:



- 截止阀过滤器
- 电磁阀
- 手动开启工具
- 自动调节阀
- 截止阀

② 控制器

③ 温度传感器



对于液体注入，Danfoss 可以提供非常紧凑的控制解决方案 ICF ①。最多可以将六个不同的模块组装到同一个外壳上。此解决方案的工作方式与范例 2.2.2 相同，非常紧凑且易于安装。

技术数据

	ICF 控制解决方案
材料	阀体: 低温钢
制冷剂	所有常用的制冷剂, 包括 R717 和 R744
介质温度范围 [°C]	-60 至 120
最大工作压力 [bar]	52 bar
DN [mm]	20 至 40

### 2.3 曲轴箱压力控制

在启动过程中或除霜后，必须控制吸入压力，否则，吸入压力会升得很高，压缩机电机也会超载运转。

机，例如，卸载多活塞往复式压缩机的部分活塞，或旁路装有滑阀的螺杆压缩机的部分吸入气体等等。

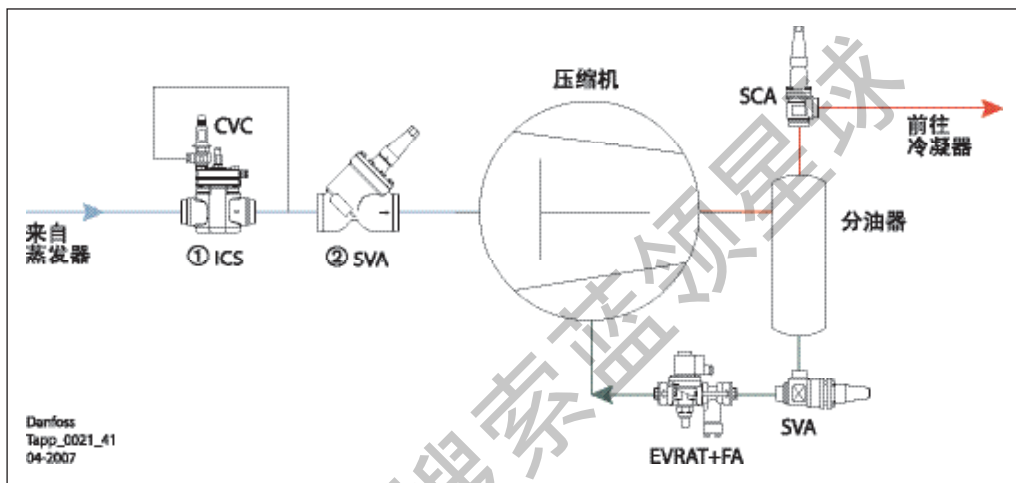
如果超载，压缩机的电机可能会损坏。有两种方法可以解决这个问题：

1. 在部分负荷情况下启动压缩机。可以使用流量控制方法在部分负载的情况下启动压缩机
2. 控制往复式压缩机的曲轴箱压力。通过在吸入管上安装背压控制的调节阀（该阀门在吸入管中的压力降到设定值以下时才会开启），吸入压力可以保持在某一个水平之下。

#### 应用范例 2.3.1: 使用 ICS 和 CVC 控制曲轴箱压力

— HP 蒸汽制冷剂  
— LP 蒸汽制冷剂  
— 润滑油

- ① 曲轴箱压力调节阀  
② 截止阀



为了在启动、除霜后或者吸入压力可能过高的其他情况下控制曲轴箱，可以在吸入管上安装带有背压控制导阀 CVC 的导阀操控式伺服阀 ICS ①。仅当下游的吸入压力降低到导阀 CVC 的

设定值时，ICS 才会被打开。通过这种方式，吸入管中的高压蒸汽会被逐步释放到曲轴箱中，从而保证了压缩机的流量能够得到控制。

#### 技术数据

导阀操控式伺服阀 - ICS	
材料	阀体: 低温钢
制冷剂	所有常用的制冷剂, 包括 R717 和 R744
介质温度范围 [°C]	-60 至 +120
最大工作压力 [bar]	52
DN [mm]	20 至 80
功率* [kW]	11.4 至 470

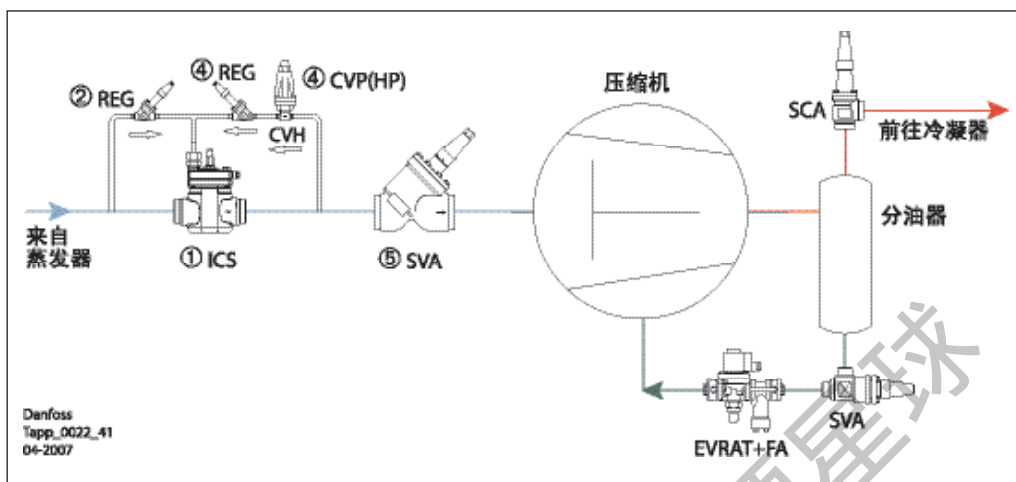
\* 条件:  $T_e = -10^\circ\text{C}$ ,  $T_i = 30^\circ\text{C}$ ,  $\Delta p = 0.2 \text{ bar}$ ,  $\Delta T_{\text{sub}} = 8 \text{ K}$

导阀 - CVC	
材料	阀体: 低温钢
制冷剂	所有常用的制冷剂
介质温度范围 [°C]	-50 至 120
最大工作压力 [bar]	高压端: 28 低压端: 17
压力范围 [bar]	4-28 (用于 CVC-HP)
$K_v$ 值 [m³/h]	0.2

应用范例 2.3.2: 使用 ICS 和 CVP 控制曲轴箱压力 - ( $P > 17 \text{ bar}$ )

— HP 蒸汽制冷剂  
— LP 蒸汽制冷剂  
— 润滑油

- ① 导阀操控式伺服阀
- ② 手动调节阀
- ③ 手动调节阀
- ④ 恒压导阀
- ⑤ 截止阀



对于吸入压力高于 25 bar 的制冷系统（例如， $\text{CO}_2$  系统），不能使用导阀 CVC。但是，可以使用恒压导阀 CVP 实现曲轴箱压力控制。

所允许的最大吸入压力在导阀 CVP 上设定。当压缩机在关闭周期后启动，吸入压力将会很高。只要吸入压力保持在设定值以上，导阀 CVP 将会打开。主阀 ICS 保持关闭，因为伺服活塞上的高压蒸汽会通过 CVP 阀被释放到压缩机的吸入管中。运转一段时间后，压缩机将吸入

管路中的压力降低到 CVP 导阀的设定值以下。如果此操作已经完成，那么 CVP 导阀将关闭，主阀 ICS 将开启。在正常操作中，ICS 阀将会完全打开。

如图所示手动调节阀 REG ② 和 ③ 的设置为打开，这样就可以得到合适的主阀 ICS 开启和关闭时间。

**注意：**如图所示，用于导阀 CVP 的 CVH 的安装方向必须与主液流方向相反。

#### 技术数据

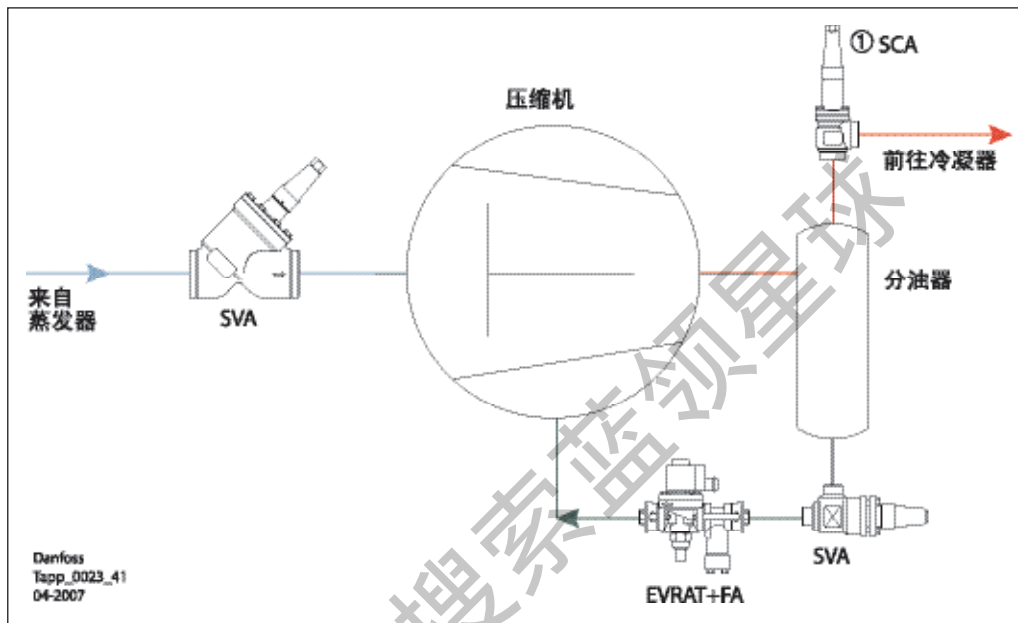
	恒压导阀 - CVP
材料	CVP (LP) 阀体: 钢 底座: 钢 CVP (HP) 阀体: 铸铁 底座: 不锈钢 CVP (XP) 阀体: 钢 底座: 钢
制冷剂	所有常用的制冷剂
介质温度范围 [ $^{\circ}\text{C}$ ]	-50 至 120
最大工作压力 [bar]	CVP (LP): 17 CVP (HP): 28 CVP (XP): 52
压力范围 [bar]	CVP (LP): -0.66 至 28 CVP (HP): -0.66 至 28 CVP (XP): 25 至 52
K <sub>v</sub> 值 [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	CVP (LP): 0.4 CVP (HP): 0.4 CVP (XP): 0.45

**2.4 反向流控制**

任何情况下都应当避免制冷剂在冷凝器中冷凝并倒流回分油器和压缩机。对于活塞式压缩机，反向流会导致发生水击。对于螺杆压缩机，反向流会导致发生压缩机反向旋转，并会

损坏压缩机齿轮。而且，应当避免制冷剂流入分油器，进而流入处于静止状态的压缩机。为了避免出现反向流，需要在分油器的出口位置安装止回阀。

应用范例 2.4.1: 反向流控制



- HP 蒸汽制冷剂
- LP 蒸汽制冷剂
- 润滑油

① 截止止回阀

截止止回阀 SCA ① 既可以在系统运转时用作止回阀，也可以用作截止阀，用于关闭排放管。这种组合式的截止/止回阀解决方案不仅易于安装，而且与常规的截止阀止回阀相比，其流阻较低。

2. 考虑常规以及部分负载两种情况。正常情况下的速度应当接近建议值，同时部分负载情况下的速度应当高于建议的最低值。

关于如何选择阀门的详细信息，请参考产品目录。

选择截止止回阀时，重要的是注意以下几点：

1. 根据流量而非管道尺寸大小选择阀门。

技术数据

	截止止回阀 - SCA
材料	外壳：特种耐冷钢，可用于低温操作。 阀杆：抛光不锈钢
制冷剂	所有常用的不易燃制冷剂，包括 R717。
介质温度范围 [°C]	-60 至 150
开始压差 [bar]	0.04
最大工作压力 [bar]	40
DN [mm]	15 至 125

2.5  
小结

解决方案		应用	优点	缺点
<b>压缩机流量控制</b>				
使用 EKC 331 和 AKS 32/33 对压缩机流量进行分级控制		适用于多缸压缩机、装有多个吸入口的螺杆压缩机以及装有多个并行运行的压缩机的系统。	操作简单。 部分负载和满负荷时的效率几乎相同。	控制不连续，尤其是当只有几个步骤时。 吸入压力会出现波动。
通过使用 ICS 和 CVC 的热气旁路控制压缩机流量		适用于具有固定流量的压缩机。	能够根据实际的热负载有效而持续地控制流量。热气有利于润滑油从蒸发器中返回。	部分负载情况下，效率低。耗能源。
压缩机变速流量控制		适用于所有能够在减速情况下运转的压缩机。	启动电流低 节能 噪音较低 使用寿命较长 安装简单	AKD2800 不能用于活塞式压缩机应用。 压缩机必须适合于减速运转。
<b>通过液体注入控制排放温度</b>				
使用 TEAT、EVRA(T) 和 RT 进行液体注入控制的机械解决方案		适用于排放温度可能升得高的系统。	简单有效。	注入液体制冷剂会对压缩机有害。效率不及中间冷却器。
使用 EKC 361 和 ICM 进行液体注入控制的电子解决方案		适用于排放温度可能升得高的系统。	灵活，紧凑。可以远程监控和控制。	不适合使用易燃制冷剂。注入液体制冷剂会对压缩机有害。效率不及中间冷却器。
使用 EKC 361 和 ICF 进行液体注入控制的电子解决方案				
<b>曲轴箱压力控制</b>				
使用 ICS 和 CVC 控制曲轴箱压力		适用于往复式压缩机，一般用于中小型系统。	简单可靠。在启动过程中或热气除霜后，能够有效保护往复式压缩机。	能够使吸入管中的压降保持恒定。
使用 ICS 和 CVP 控制曲轴箱压力				
<b>反向流控制</b>				
使用 SCA 进行反向流控制		适用于所有制冷设备。	操作简单。 易于安装。 低流阻。	能够使排放管中的压降保持恒定。



## 2.6

## 参考文献

要查看按字母顺序排列的全部参考文献，请查询第 104 页。

## 技术宣传页/手册

类型	文献编号
AKD	RB.8D.B
AKS 21	ED.SA0.A
AKS 32R	RD.5G.J
AKS 33	RD.5G.H
CVC	PD.HN0.A
CVP	PD.HN0.A
EKC 331	RS.8A.G
EKC 361	RS.8A.E
EVRA(T)	RD.3C.B

类型	文献编号
ICF	PD.FT0.A
ICM	PD.HT0.A
ICS	PD.HS0.A
REG	RD.1G.D
SCA	RD.7E.C
SVA	PD.KD0.A
TEAT	RD.1F.A

## 产品说明书

类型	文献编号
AKD 2800	EI.R1.H
AKD 5000	EI.R1.R
AKS 21	RI.14.D
AKS 32R	PI.SB0.A
AKS 33	PI.SB0.A
CVC	RI.4X.L
CVP	RI.4X.D
EKC 331	RI.8B.E
EKC 361	RI.8B.F
EVRA(T)	RI.3D.A

类型	文献编号
ICF	PI.FT0.A
ICM	PI.HT0.A
ICS	PI.HS0.A
REG	PI.KM0.A
SCA	PI.FL0.A
SVA	PI.KD0.B
TEAT	PI.AU0.A

要下载最新版本的文献资料，请访问 Danfoss 网站。

其网址为：<http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

### 3. 冷凝器控制

当周围空气温度和/或负载条件有较大变化时，需要控制冷凝压力，以防止其降得过低。冷凝压力过低会造成膨胀装置内的压差不足，蒸发器不能得到足够的制冷剂。这就意味着冷凝器流量控制主要用在温带气候地区，而较少用于亚热带和热带地区。

控制的基本理念是：当环境温度较低时控制冷凝器流量，这样冷凝压力就会保持在最低允许值之上。

冷凝能力的控制，可以通过调节冷凝器中循环空气或水的流量，或通过减少有效换热器表面面积的办法来实现。

可以为不同类型的冷凝器设计不同的解决方案：

- 3.1 气冷式冷凝器
- 3.2 蒸发式冷凝器
- 3.3 水冷式冷凝器

#### 3.1 气冷式冷凝器

气冷式冷凝器是由翼片组内安装的管子组成。冷凝器可以是水平型、垂直型或V型。环境空气是由轴流风机或离心式风机通过热交换表面抽取的。

气冷式冷凝器用于空气湿度相对较高的工业制冷系统。可以通过以下方式实现对气冷式冷凝器冷凝压力的控制：

##### 3.1.1 气冷式冷凝器的分级控制

第一种方式是使用必需数量的压力控制（表现为 Danfoss RT-5）并将它们调整为不同组的接通和切断压力。

但是这个系统反应过快，因此需要使用时钟来控制风扇的接通与切断。

第三种方法是使用当前生产的分级控制器 Danfoss EKC-331。

第二种控制风扇的方法是使用一个中性区域压力控制器（表现为 Danfoss 类型 RT-L）。最初它是与分级控制器一同使用的，后者安装有与风扇数量对应的必需数量的接触点。

##### 3.1.2 气冷式冷凝器的风扇速度控制

当由于环境的原因而要求降低噪音级别时，主要使用此种冷凝器风扇控制方法。

对于此种类型的设备，可以使用 Danfoss 变频器 AKD。

##### 3.1.3 气冷式冷凝器的区域控制

若要对气冷式冷凝器的区域或流量进行控制，则需要安装接收器。该接收器的容积必须足够大，以满足冷凝器中制冷剂量的变化要求。

可以通过以下两种方式实现对这种冷凝器区域的控制：

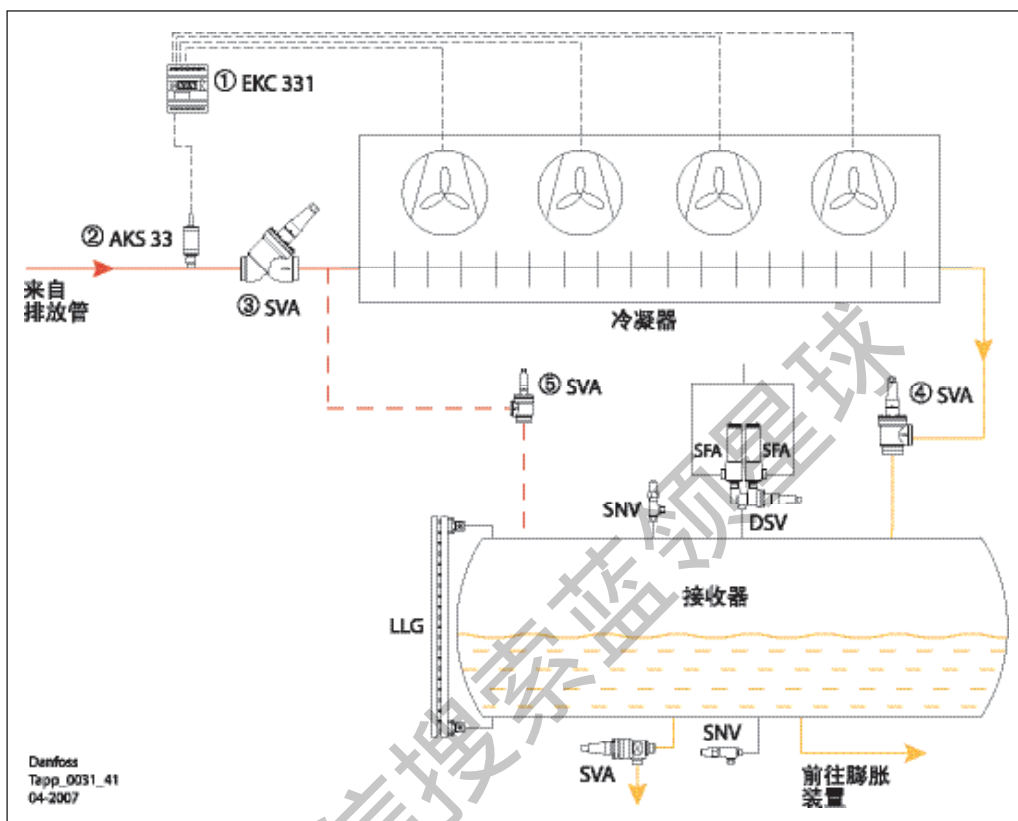
1. 主阀 ICS 或 PM 与恒压导阀 CVP(HP) 组合在一起，安装在冷凝器入口端的热气管道上；ICV 与压差导阀 CVPP(HP) 组合在一起，安装在热气管道与接收器之间的管道上。在冷凝器与接收器之间的管道上安装止回阀 NRVA 以防止液体从接收器流动到冷凝器。

2. 主阀 ICS 与恒压导阀 CVP(HP) 组合在一起，安装在冷凝器与接收器之间的管道上；ICS 与压差导阀 CVPP(HP) 组合在一起，安装在热气管道与接收器之间的管道上。这种方法主要用在商业制冷中。

应用范例 3.1.1: 使用分级控制器 EKC 331 对风扇进行分级控制

— HP 蒸汽制冷剂  
— HP 液体制冷剂

- ① 分级控制器
- ② 压力变送器
- ③ 截止阀
- ④ 截止阀
- ⑤ 截止阀



EKC 331 ① 是一个四级控制器，最多有四个中继输出。它能根据压力变送器 AKS 33 ② 或 AKS 32R 发出的冷凝压力信号控制风扇的开关。EKC 331 ① 可以基于“中性区域控制”控制冷凝流量，这样冷凝压力就可以保持在所需的最小级别之上。

有关中性区域控制的详细信息，请参考 2.1 节。

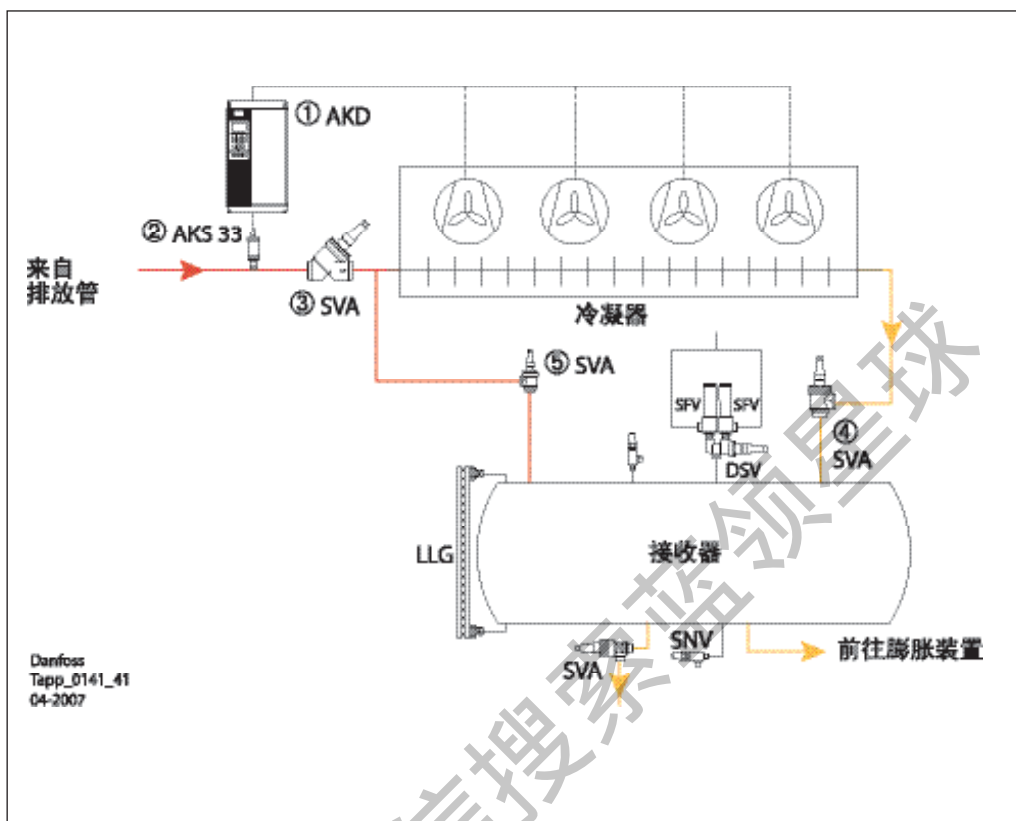
安装有 SVA ⑤ 的旁路管是一个调压管，它有助于平衡接收器的压力与冷凝器的入口压力，这样冷凝器中的液体制冷剂就可以被排放到接收器中。

在某些设备上使用 EKC 331T。在这种情况下，输入信号可以来自 PT 1000 温度传感器，例如 AKS 21。温度传感器通常安装在冷凝器的出口位置。

**注意！** EKC 331T + PT1000 温度传感器解决方案的正确性要低于 EKC 331 + 压力变送器解决方案，原因是制冷系统中液体过冷度或不凝气体的存在，导致冷凝器出口温度不能完全反映实际的冷凝压力。如果过冷度不足，那么当风扇启动时，可能会出现闪蒸气体。

技术数据

	压力变送器 - AKS 33	压力变送器 - AKS 32R
制冷剂	所有制冷剂，包括 R717	
操作范围 [bar]	-1 至 34，视订货情况而定	-1 至 34，视订货情况而定
最大工作压力 [bar]	最大至 55，视订货情况而定	>33
操作温度范围 [°C]	-40 至 85	
补偿温度范围 [°C]	LP: -30 至 +40 / HP: 0 至 +80	
额定输出信号	4 至 20 mA	10 至 90% 的电源电压

应用范例 3.1.2: 气冷式冷凝器  
的风扇速度控制


— HP 蒸汽制冷剂  
— HP 液体制冷剂

- ① 变频器  
② 压力传感器

变频器控制具有以下优点:

- 节能
- 控制器和产品质量
- 更高噪音
- 更低使用寿命较长
- 安装简单
- 易于对系统进行完全控制

## 技术数据

	变频器 AKD2800	变频器 AKD5000
外壳	IP 20	IP 20 或 IP 54
环境温度		
KW 大小*	0.37kW 至 18.5kW	0.75kW 至 55kW
电压	200-240V 或 380-480V	200-240V 或 380-500V

\* 可按需求提供更大的 kW

	恒压导阀 - CVP(HP/XP)
材料	CVP (HP) 阀体: 铸铁 底座: 不锈钢 CVP (XP) 阀体: 钢 底座: 钢
制冷剂	所有常用的制冷剂
介质温度范围 [°C]	-50 至 120
最大工作压力 [bar]	CVP (HP): 28 CVP (XP): 52
压力范围 [bar]	CVP (HP): -0.66 至 28 CVP (XP): 25 至 52
K <sub>v</sub> 值 [m <sup>3</sup> /h]	CVP (HP): 0.4 CVP (XP): 0.45

	溢流阀 - OFV
材料	阀体: 钢
制冷剂	所有常用的制冷剂, 包括 R717
介质温度范围 [°C]	-50 至 150
最大工作压力 [bar]	40
DN [mm]	20/25
开启压差范围 [bar]	2 至 8



技术数据  
(续)

	恒压导阀 - CVP(HP/XP)
材料	CVP (HP) 阀体: 铸铁 底座: 不锈钢 CVP (XP) 阀体: 钢 底座: 钢
制冷剂	所有常用的制冷剂
介质温度范围 [°C]	-50 至 120
最大工作压力 [bar]	CVP (HP): 28 CVP (XP): 52
压力范围 [bar]	CVP (HP): -0.66 至 28 CVP (XP): 25 至 52
K <sub>v</sub> 值 [m <sup>3</sup> /h]	CVP (HP): 0.4 CVP (XP): 0.45

	溢流阀 - OFV
材料	阀体: 钢
制冷剂	所有常用的制冷剂, 包括 R717
介质温度范围 [°C]	-50 至 150
最大工作压力 [bar]	40
DN [mm]	20/25
开启压差范围 [bar]	2 至 8

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

### 3.2 蒸发式冷凝器

蒸发式冷凝器是通过周围空气和水进行冷却的冷凝器，其中的水是通过流口和气流隔板沿空气反方向而喷洒的。随后，水分将蒸发，水滴的蒸发作用可以大大提高冷凝器的冷凝能力。

如今的蒸发式冷凝器被装入一个钢制或塑料的外壳内；冷凝器底部或上部装有轴流风扇或离心式风扇。

湿气流中的热交换表面是由钢管组成的。在喷嘴（在干燥空气中）上面，通常装有一个降温器，该降温器由装有翼片的钢管组成，用

于降低热气温度，以防止其达到湿气流中换热器的温度。使用这种方式，可大大减少换热器主管表面上的钙质水垢。

与常规的水冷式冷凝器相比，此种类型的冷凝器可大大减少耗水量。蒸发式冷凝器的能力可以通过双速风扇或风扇的变速控制器进行控制，也可通过当环境温度很低时关闭水循环泵的方式来实现。

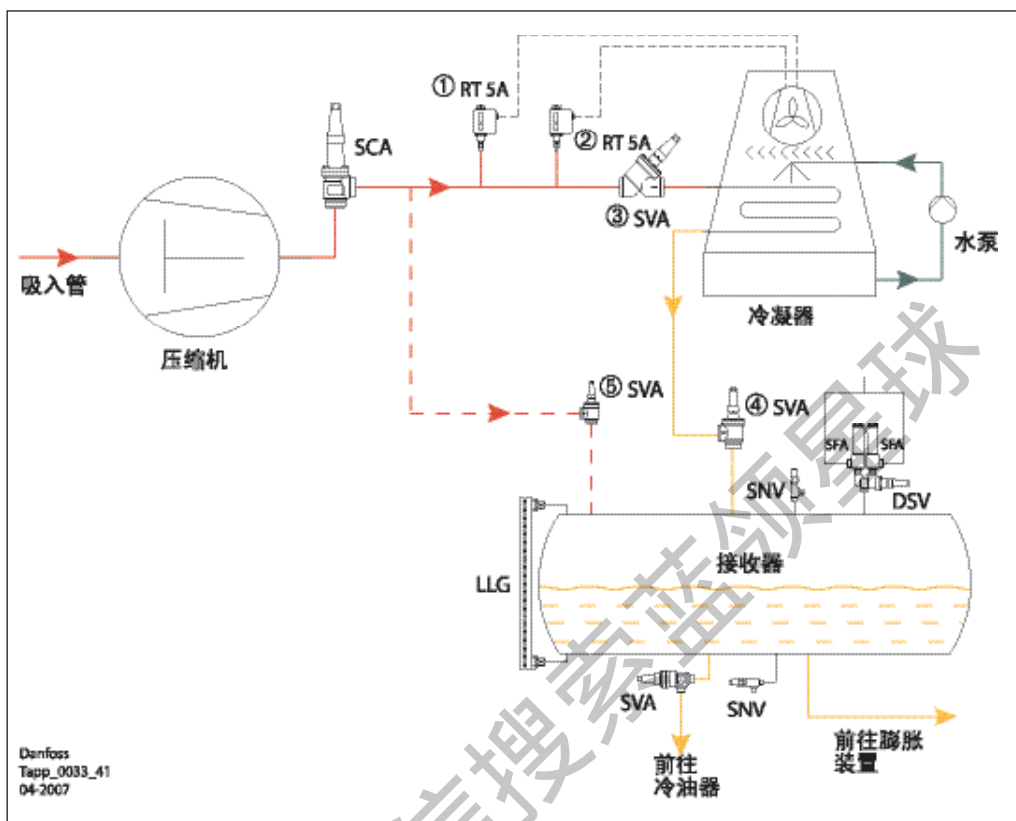
蒸发式冷凝器限制在湿度相对高的地方使用。在很冷的环境中（环境温度 $< 0^{\circ}\text{C}$ ），必须通过排出蒸发式冷凝器中的水进行除霜防护。

#### 3.2.1 - 蒸发式冷凝器的控制

可以通过下列不同的方法来实现对蒸发式冷凝器的冷凝压力或冷凝器容量的控制：

1. 通过 RT 或 KP 压力控制对风扇和水泵进行控制（早期即如此）。
2. 通过 RT-L 中性区域压力控制对风扇和水泵进行控制。
3. 控制双速风扇和水泵的分级控制器。
4. 用于风扇速度和水泵控制的变频器。
5. 如果水循环出现故障，使用 Saginomiya（日本鹭宫）流量开关

## 应用范例 3.2.1: 使用压力控制器 RT 对蒸发式冷凝器进行分级控制



该解决方案能够在环境温度较低的情况下，将冷凝压力以及接收器中的压力保持在足够高的级别。

在环境温度极低的情况下，当关闭了所有的风扇并且冷凝压力降到 RT 5A ① 的设定值以下时，RT 5A ① 将会关闭水泵。

当冷凝器的入口压力降到压力控制器 RT 5A ② 的设定值之下时，控制器将关闭电扇，进而降低冷凝能力。

当泵关闭时，冷凝器和水管都必须排空，以防止结垢和结冰。

## 技术数据

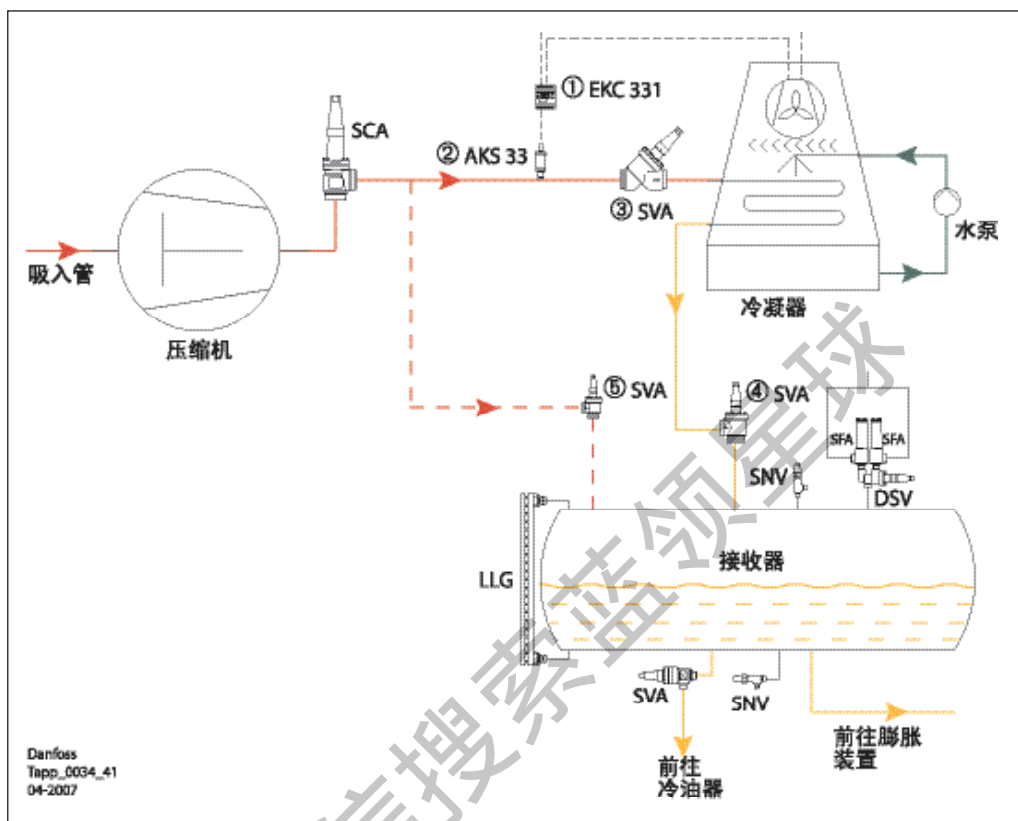
	HP 压力控制 - RT 5A
制冷剂	R717 和氟化制冷剂，视订货情况而定
外壳	IP 66/54，视订货情况而定
环境温度 [°C]	-50 至 70
调节范围 [bar]	RT 5A: 4 至 17
最大工作压力 [bar]	22
最大测试压力 [bar]	25



应用范例 3.2.2: 使用分级控制器 EKC 331 对蒸发式冷凝器进行分级控制

— HP 蒸汽制冷剂  
— HP 液体制冷剂  
— 水

- ① 分级控制器
- ② 压力变送器
- ③ 截止阀
- ④ 截止阀
- ⑤ 截止阀



此解决方案的工作方式与范例 3.2.1 相同，但该方案是通过分级控制器 EKC 331 ① 进行操作的。有关 EKC 331 的更多信息，请参考第 7 页。

通过利用 EKC 331 电源调节器和 AKS 压力变送器，可实现蒸发式冷凝器容量调节解决方案。水泵的顺序控制必须选作为最后一步。顺序控制意味着步骤将始终按照同样的顺序接通和切断。

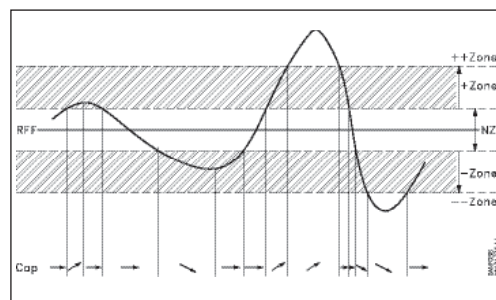
EKC 331T 版本可以接收 PT 1000 温度传感器发出的信号，这对二级系统而言可能是必需的。

中性区域控制

中性区域应以参考值为依据进行设置，在中性区域范围内不会发生负载/卸载。如果超出中性区域以外（阴影区“+zone”和“-zone”），当测量压力偏离中性区域设定值时，就会发生负载/卸载。

如果在阴影区（称为“++zone”和“-zone”）以外进行控制，那么接通流量的变化速度就会比在阴影区发生的速度略快一些。

更多详细信息，请参考 Danfoss EKC 331(T) 手册。



技术数据

	压力变送器 - AKS 33	压力变送器 - AKS 32R
制冷剂	所有制冷剂，包括 R717	
操作范围 [bar]	-1 至 34，视订货情况而定	-1 至 34，视订货情况而定
最大工作压力 P <sub>B</sub> [bar]	最大至 55，视订货情况而定	>33
操作温度范围 [°C]	-40 至 85	
补偿温度范围 [°C]	LP: -30 至 +40 / HP: 0 至 +80	
额定输出信号	4 至 20 mA	10 至 90% 的电源电压

3.3 水冷式冷凝器

水冷式冷凝器原本是一种壳管式换热器，但是现在通常是新式设计的板式换热器（用于氨水系统，由不锈钢制造）。

现在，水冷式冷凝器常见于冷却器中，冷却水被冷却塔冷却，并被再次回收。它还可用作热回收冷凝器，用来提供热水。

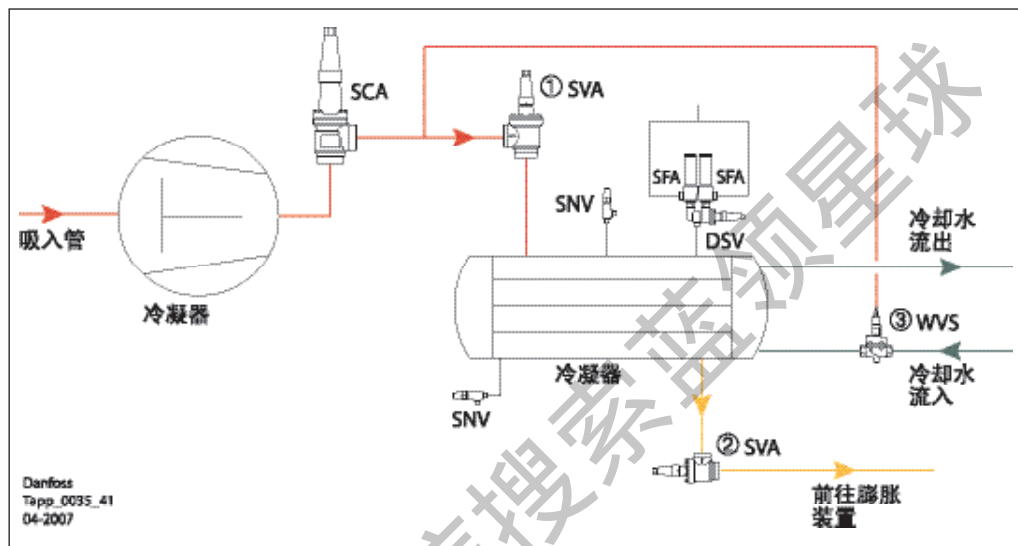
水冷式冷凝器不太常用，因为这种类型的冷凝器耗水量大，而很多地方一般都由于缺水 and/或水价较高而无法使用大量的水。

可以通过压力控制的水阀，或电子控制器控制的电动水阀来控制冷凝压力，进而根据冷凝压力控制冷却水的流量。

应用范例 3.3.1: 使用水阀控制水冷式冷凝器的水流量

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂
- 水

- ① 截止阀
- ② 截止阀
- ③ 水阀



此解决方案能够使冷凝压力保持恒定水平。制冷剂冷凝压力被通过毛细管引导到水阀 WWS ③，并相应地调整 WWS ③ 的开启。水阀 WWS 是一个 P-调节器。

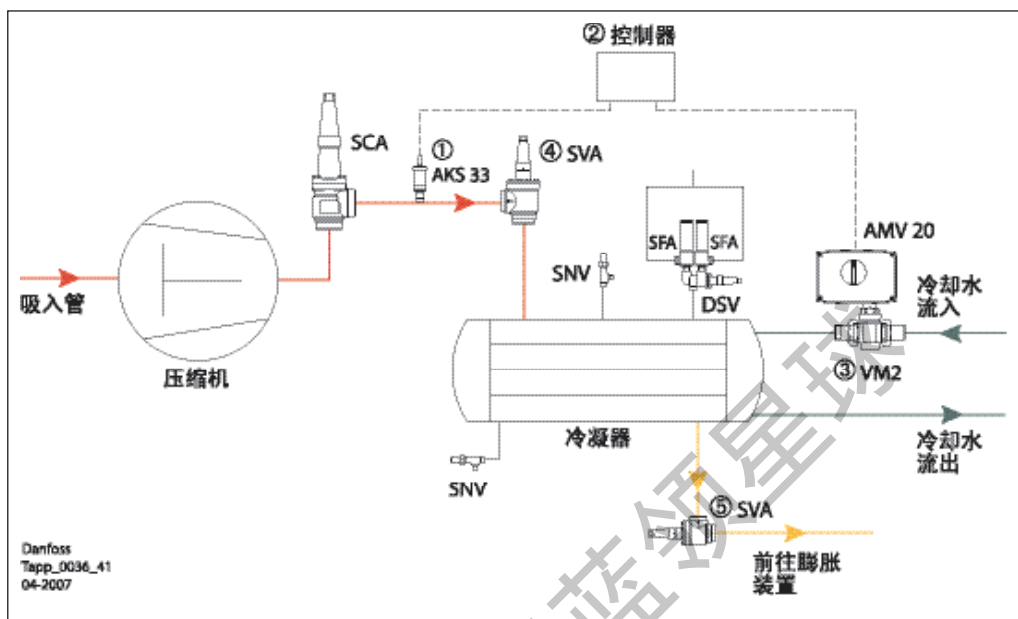
技术数据

水阀 - WWS	
材料	阀体: 铸铁 波纹管: 铝及防腐钢
制冷剂	R717、CFC、HCFC、HFC
介质	淡水、中性盐水
介质温度范围 [°C]	-25 至 90
可调节关闭压力 [bar]	2.2 至 19
制冷剂端的最大工作压力 [bar]	26.4
液体端的最大工作压力 [bar]	10
DN [mm]	32 至 100

## 应用范例 3.3.2: 使用自动调节阀控制水冷式冷凝器的水流量

— HP 蒸汽制冷剂  
— HP 液体制冷剂  
— 水

- ① 压力变送器
- ② 控制器
- ③ 自动调节阀
- ④ 截止阀
- ⑤ 截止阀



控制器 ② 接收来自压力变送器 AKS 33 ① 发出的冷凝压力信号，之后向自动调节阀 VM 2 ③ 的制动器 AMV 20 发送相应的调制信号。通过这种方式，就可以调整冷却水的流量，并使冷凝压力保持恒定。

在此解决方案中，可以在控制器中配置 PI 或 PID 控制。

VM 2 和 VFG 2 是自动调节阀，可用于区域供热，也可以用于控制制冷设备中的水流量。

## 技术数据

自动调节阀 - VM 2	
材料	阀体: 红铜
介质	循环水/乙二醇水的比例可高达 30%
介质温度范围 [°C]	2 至 150
最大工作压力 [bar]	25
DN [mm]	15 至 50

自动调节阀 - VFG 2	
材料	阀体: 铸铁/延性铁/铸钢, 视订货情况而定
介质	循环水/乙二醇水的比例可高达 30%
介质温度范围 [°C]	2 至 200
最大工作压力 [bar]	16/25/40, 视订货情况而定
DN [mm]	15 至 250

3.4  
小结

解决方案		应用	优点	缺点
<b>气冷式冷凝器控制</b>				
使用分级控制器 EKC 331 对风扇进行分级控制		主要用于热带气候地区的工业制冷行业，在气候较冷的地区则很少使用。	分级或通过风扇变速控制空气量；节能；无须用水。	环境温度很低；使用风扇分级控制所产生的噪音则较大。
气冷式冷凝器的风扇速度控制		适合于所有能够在减速情况下运转的冷凝器。	启动电流低 节能噪音较低 使用寿命较长 安装简单	环境温度很低；
<b>蒸发式冷凝器控制</b>				
使用压力控制器 RT 对蒸发式冷凝器进行分级控制		流量要求很高的工业制冷	与水冷式冷凝器相比，大大减少了用水量，而且比较容易进行流量控制；节能。	不适合在相对湿度较高的国家或地区使用； 在低温气候下，必须采取特殊的预防措施，以确保水泵在关闭时将水管中的水排出。
使用分级控制器 EKC 331 分级控制蒸发式冷凝器		流量要求很高的工业制冷	与水冷式冷凝器相比，大大降低了用水量，而且比较容易进行流量控制；可以实现远程控制。节能。	不适合在相对湿度较高的国家或地区使用； 在低温气候下，必须采取特殊的预防措施，以确保水泵在关闭时将水管中的水排出。
<b>水冷式冷凝器控制</b>				
使用水阀进行液体流量控制		冷却器、热回收冷凝器	很容易进行流量控制	水资源匮乏时不适合使用。
使用自动调节阀控制液体流量		冷却器、热回收冷凝器	易于对冷凝器和热恢复进行流量控制；可以实现远程控制。	此种类型的设备价格要远高于常规设置；水资源匮乏时不适合使用。

3.5  
参考文献

要查看按字母顺序排列的全部参考文献，请查询第 104 页。

技术宣传页/手册

类型	文献编号
AKD	RB.8D.B
AKS 21	ED.SA0.A
AKS 32R	RD.5G.J
AKS 33	RD.5G.H
AMV 20	ED.95.N
CVPP	PD.HN0.A
CVP	PD.HN0.A

类型	文献编号
ICS	PD.HS0.A
NRVA	RD.6H.A
RT 5A	PD.CB0.A
SVA	PD.KD0.A
VM 2	ED.97.K
WVS	RD.4C.A

产品说明书

类型	文献编号
AKD 2800	EI.R1.H
AKD 5000	EI.R1.R
AKS 21	RI.14.D
AKS 32R	PI.SB0.A
AKS 33	PI.SB0.A
AMV 20	EI.96.A
CVPP	RI.4X.D
CVP	RI.4X.D

类型	文献编号
ICS	PI.HS0.A
NRVA	RI.6H.B
RT 5A	RI.5B.C
SVA	PI.KD0.B
VM 2	VI.HB.C
WVS	RI.4C.B

要下载最新版本的文献资料，请访问 Danfoss 网站，其网址为：<http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

## 4. 液位控制

液位控制在工业制冷系统的设计中是一个很重要的因素。它能控制液体注入，从而使液位保持恒定。

设计液位控制系统时，可能会用到两个主要不同的系统，即：

- 高压液位控制系统 (HP LLRS)
- 低压液位控制系统 LP (LP LLRS)

**高压液位控制系统的典型特征是：**

1. 重点在系统冷凝端的液位
2. 制冷剂充注量常处于临界状态
3. 接收器较小，甚至不使用接收器
4. 主要用于冷冻器元件以及其他制冷剂充注量较小的系统（例如，小型冷冻机）。

**低压系统的典型特征包括：**

1. 重点在系统蒸发端的液位
2. 接收器通常较大
3. 制冷剂充注量（足够）大
4. 主要应用于分散系统

通过利用机械和电子零件，这两种系统都可以实现。

### 4.1

#### 高压液位控制系统 (HP LLRS)

设计 HP LLRS 时，应考虑以下几点：

一旦冷凝器中“凝结”液体，那么这些液体就会被装载到蒸发器（低压端）中。

液体离开冷凝器后，几乎没有甚至不会有过冷度。当液体流向低压一端时，这是需要考虑的重要一点。如果管道或部件中出现压力损失，那么就有可能会出现闪蒸气体，并会导致流量降低。

必须准确计算制冷剂的充注量，以确保系统中有足够量的制冷剂。如果充注过量，那么蒸发器或分液器溢出并导致液体转入压缩机（水击）的风险就会增大。如果系统的充注量不足，那么就无法为蒸发器提供足够的制冷剂。

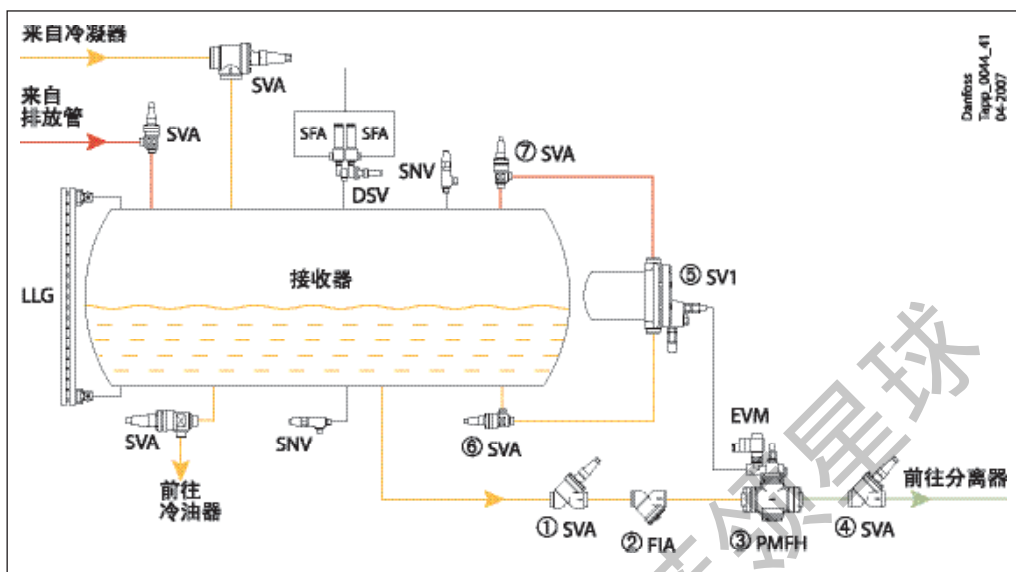
在设计低压容器（分液器/壳管蒸发器）的尺寸时，必须十分小心，既要满足所有情况下的制冷剂装载量要求，同时又不会导致出现水击现象。

由于上述原因，HP LLRS 尤其适合于制冷剂充注量需求较少的系统，例如冷却器单元，或小型冷冻器。冷却器单元通常不需要接收器。即使是安装导阀并为冷油器提供制冷剂时需要使用接收器，小型接收器已经可以满足需求。由于上述原因，HP LLRS 尤其适合于制冷剂充注量需求较少的系统，例如液体冷却器单元，或小型冷冻器。液体冷却器单元通常不需要接收器，但是，如果在安装导阀并为冷油器提供制冷剂时需要使用接收器，小型接收器已经可以满足需求。

## 应用范例 4.1.1: HP 液位控制的机械解决方案

— HP 蒸汽制冷剂  
— HP 液体制冷剂  
— LP 液体制冷剂

- ① 截止阀
- ② 过滤器
- ③ 伺服电机控制的主阀
- ④ 截止阀
- ⑤ 浮阀
- ⑥ 截止阀
- ⑦ 截止阀



在大型的 HP LLRS 系统上, SV1 ⑤ 或 SV3 浮阀用作主阀 PMFH ③ 的导阀。如上所示, 当接收器的液位高于设定液位时, 浮阀 SV1 ⑤ 会向主阀 PMFH 发送信号并将其打开。

接收器此时的功能是为 SV1 浮阀 运转提供更加稳定的信号。

## 技术数据

	PMFH 80 - 1 至 500
材料	低温球面铸铁
制冷剂	R717、HFC、HCFC 及 CFC
介质温度范围 [°C]	-60 至 120
最大工作压力 [bar]	28
最大测试压力 [bar]	42
额定容量* [kW]	139-13900

\* 条件: R717, +5/32°C, T<sub>i</sub> = 28°C

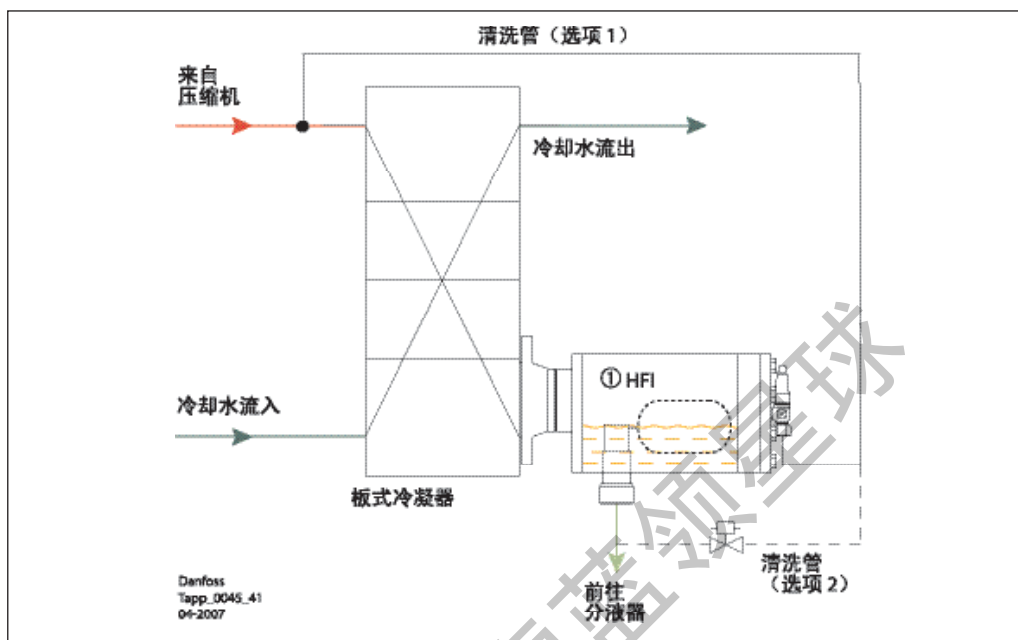
	浮阀 - SV 1 及 SV3
材料	外壳: 钢 顶盖: 低温铸铁 浮阀: 不锈钢
制冷剂	R717、HFC、HCFC 及 CFC
介质温度范围 [°C]	-50 至 65
P 波段 [mm]	35
最大工作压力 [bar]	28
最大测试压力 [bar]	36
K <sub>v</sub> 值 [m <sup>3</sup> /h]	0.06, 适用于 SV 1 0.14, 适用于 SV 3
额定容量* [kW]	SV1: 25 SV3: 64

\* 条件: R717, +5/32°C, T<sub>i</sub> = 28°C

应用范例 4.1.2: 使用 HFI 控制 HP 液位的机械解决方案

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂 LP 液体
- 制冷剂
- 水

① HP 浮阀



如果冷凝器是一个板式换热器，则机械浮阀 HFI ① 可用于控制液位。选项 1 是最简单的解决方案。选项 2 要求在均衡管内安装电磁阀。

HFI 是一个直接传动的高压浮阀，因此不需要压差来启动。

可能有必要与如图所示的 HP 或 LP 端（选项 1 或 2）连接均衡管，从浮阀外壳除去制冷剂蒸汽，因为这样可以防止液体进入浮阀外壳，进而防止 HF 阀打开。

技术数据

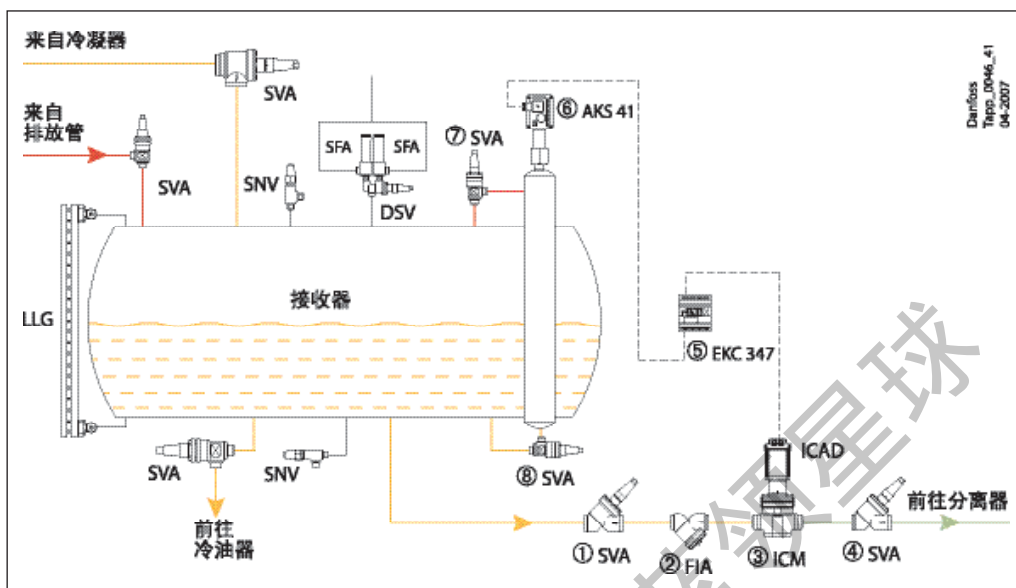
	HFI
材料	特种钢，适合用于低温应用
制冷剂	R717 及其他不易燃制冷剂。对于浓度高于 700kg/m <sup>3</sup> 的制冷剂，请咨询 Danfoss。
介质温度范围 [°C]	-50 至 80
最大工作压力 [bar]	25 bar
最大测试压力 [bar]	50 bar (无浮阀)
额定容量* [kW]	400 至 2400

\*条件: R717, -10/35°C

## 应用范例 4.1.3: HP 液位控制的机械解决方案

— HP 蒸汽制冷剂  
— HP 液体制冷剂  
— LP 液体制冷剂

- ① 截止阀
- ② 过滤器
- ③ 自动调节阀
- ④ 截止阀
- ⑤ 控制器
- ⑥ 液位变送器
- ⑦ 截止阀
- ⑧ 截止阀



在设计 LLRS 电子解决方案时, 液位信号可由液位开关 (ON/OFF) AKS 38 或液位变送器 AKS 41 (4-20 mA) 发出。

电子信号将被发送到可以控制喷射阀的 EKC 347 电子控制器。

液体注入可以通过以下不同的方式进行控制: 使用装有 ICAD 制动器的自动调节阀 ICM 进行控制。

- 使用脉冲宽度调节膨胀阀 AKVA 进行控制。
- 只有当阀门脉动可接受时, 才应使用 AKVA 阀。

■ 使用起膨胀阀作用的调节阀 REG 与 EVRA 电磁阀来实施 ON/OFF 控制。

■ 图示的系统是 AKS 41 ⑥ 液位变送器, 它会向 EKC 347 ⑤ 液位控制器发送液位信号。ICM ③ 自动调节阀可起到膨胀阀的作用。

## 技术数据

自动调节阀 - ICM	
材料	阀体: 低温钢
制冷剂	所有常用的制冷剂, 包括 R717 和 R744
介质温度范围 [°C]	-60 至 120
最大工作压力 [bar]	52
DN [mm]	20 至 80
额定容量* [kW]	224 至 14000

\*条件: R717,  $T_e = -10^\circ\text{C}$ ,  $\Delta p = 8.0 \text{ bar}$ ,  $\Delta T_{\text{sub}} = 4\text{K}$ ;

液位变送器 - AKS 41	
材料	螺纹与管道: 不锈钢 上面的部件: 铸铝
制冷剂	R717、R22、R404a、R134a、R718、R744
介质温度范围 [°C]	-60 至 100
最大工作压力 [bar]	60
测量范围 [mm]	207 至 2927



### 4.2 低压液位控制系统 (LPLLR)

设计 LP LLRS 时，应考虑以下几点：

使低压容器（分液器/壳管蒸发器）中的液位保持在一个恒定的水平。这对系统来说是安全的，因为如果分液器中的液位过高，则可能会使压缩机遭受水击；如果液位过低，则可能会导致泵循环系统中的制冷剂泵出现气穴现象。

接收器的容积必须足够大，以便在以下几种情况下收集蒸发器排出的液体制冷剂：当部分蒸发器中的制冷剂含量随冷却负载的变化而变化时；或者当部分蒸发器由于维护而关闭时；或

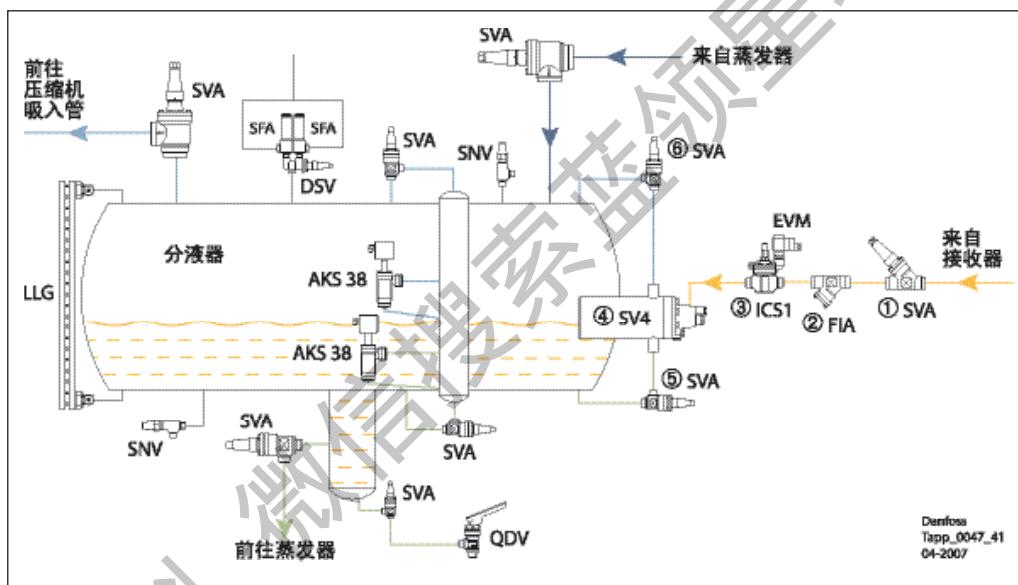
者当部分蒸发器由于除霜而被排空时。根据以上几点，LP LLRS 尤其适合于配备了很多蒸发器，且制冷剂充注量很大的分散系统，如冷藏库。使用 LP LLRS，即使在无法准确计算制冷剂充注量的情况下，这些系统也可以安全地运行。

总之，HP LLRS 适合用于紧凑的系统，例如冷却器；其优点是成本低（接收器较小或不用接收器）。而 LP LLRS 非常适合于装备有许多蒸发器和长管道的分散系统，例如大型冷库，其优点是安全性和可靠性较高。

应用范例 4.2.1: LP 液位控制的机械解决方案

- HP 液体制冷剂
- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 蒸汽制冷剂
- LP 液体制冷剂

- ① 截止阀
- ② 过滤器
- ③ 电磁阀
- ④ LP 浮阀
- ⑤ 截止阀
- ⑥ 截止阀



SV 浮阀可以“监控”低压容器中的液位。如果流量比较小，则 SV ④ 阀可以在低压容器中直接用作膨胀阀，如图所示。

#### 技术数据

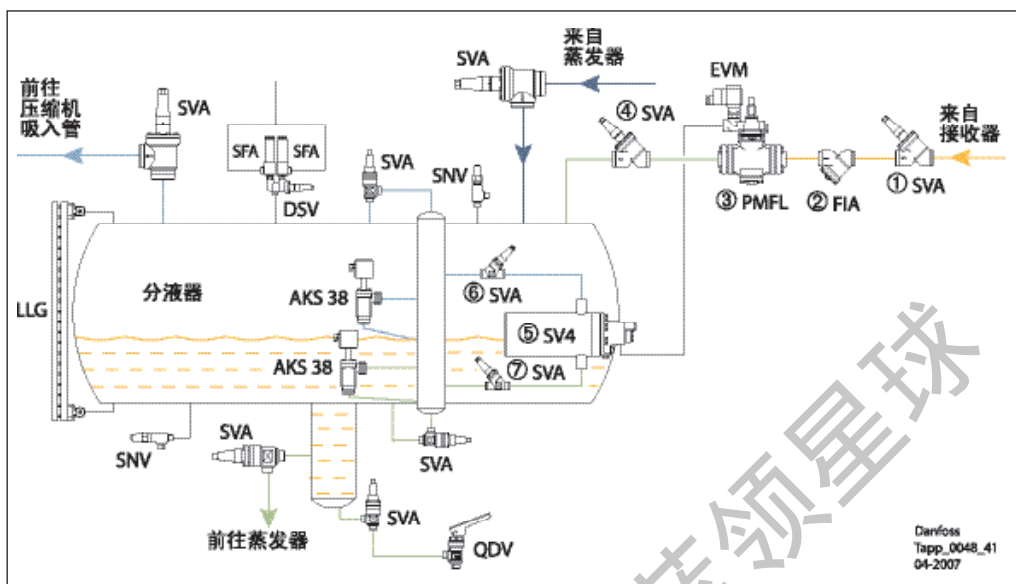
	SV 4-6
材料	外壳: 钢 顶盖: 低温铸铁 (球面) 浮阀: 不锈钢
制冷剂	R717、HFC、HCFC 及 CFC
介质温度范围 [°C]	-50 至 +120
P 波段 [mm]	35
最大工作压力 [bar]	28
最大测试压力 [bar]	42
K <sub>v</sub> 值 [m³/h]	0.23, 适用于 SV 4 0.31, 适用于 SV 5 0.43, 适用于 SV 6
额定容量* [kW]	SV4: 102 SV5: 138 SV6: 186

\* 条件: R717, +5/32°C, ΔT<sub>sub</sub> = 4K.

## 应用范例 4.2.2: LP 液位控制的机械解决方案

- HP 液体制冷剂
- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 蒸汽制冷剂
- LP 液体制冷剂

- ① 截止阀
- ② 过滤器
- ③ 伺服电机控制的主阀
- ④ 截止阀
- ⑤ LP 浮阀
- ⑥ 截止阀
- ⑦ 截止阀



如果流量较大，则浮阀 SV<sup>⑤</sup> 可用作 PMFL 主阀的导阀。如上所示，当接收器中的液位降到设定值以下时，浮阀 SV<sup>⑤</sup> 将向 PMFL 阀发送一个信号并将其打开。

## 技术数据

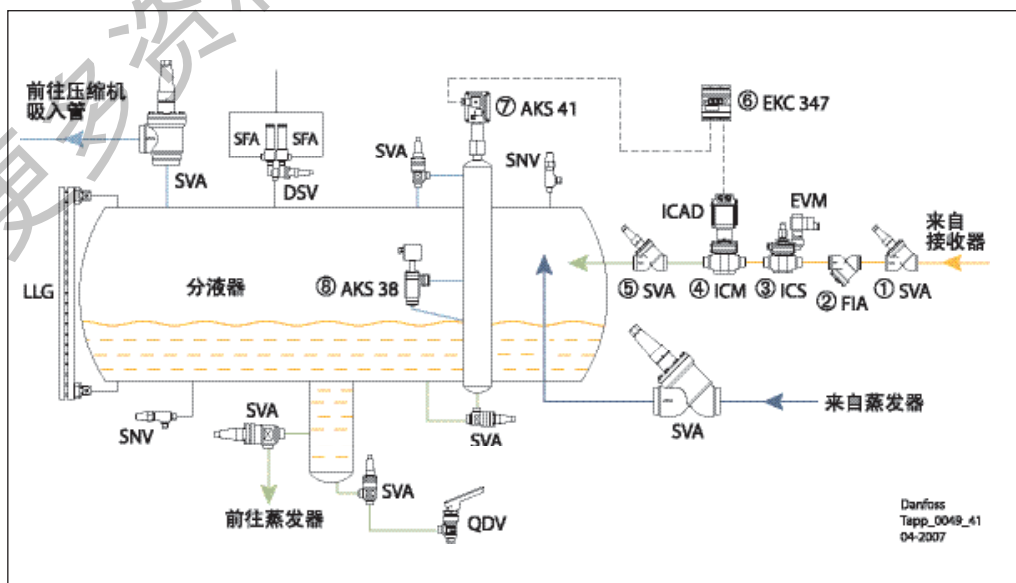
	PMFL 80 - 1 至 500
材料	低温球面铸铁
制冷剂	R717、HFC、HCFC 及 CFC
介质温度范围 [°C]	-60 至 +120
最大工作压力 [bar]	28
最大测试压力 [bar]	42
额定容量* [kW]	139-13,900

\* 条件: R717, +5/32°C, ΔT<sub>sub</sub> = 4K。

## 应用范例 4.2.3: LP 液位控制的电子解决方案

- HP 液体制冷剂
- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 蒸汽制冷剂
- LP 液体制冷剂

- ① 截止阀
- ② 过滤器
- ③ 电磁阀
- ④ 自动调节阀
- ⑤ 截止阀
- ⑥ 控制器
- ⑦ 液位变送器
- ⑧ 液位开关



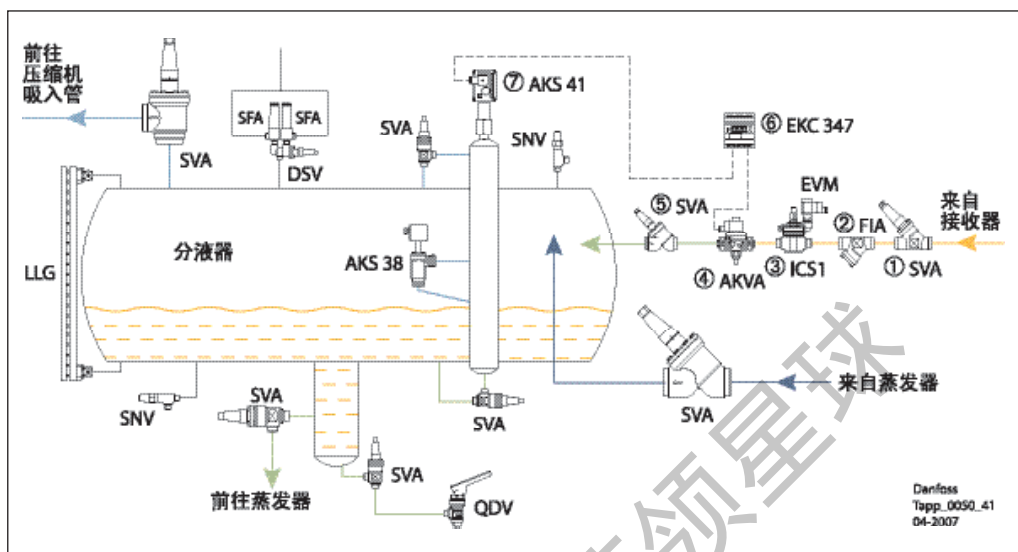
液位变送器 AKS 41<sup>⑦</sup> 能够监控分离器中的液位并向液位控制器 EKC 347<sup>⑥</sup> 发送液位信号，后者会向自动调节阀 ICM 的制动器发送调制信号<sup>④</sup>。ICM 自动调节阀可起到膨胀阀的作用。

液位控制器 EKC 347<sup>⑥</sup> 还能够提供上下限定液位以及报警液位的中继输出。但是，建议安装一个液位开关 AKS 38<sup>⑧</sup>，以用作高液位断路器。

应用范例 4.2.4: LP 液位控制的电子解决方案

- HP 液体制冷剂
- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 蒸汽制冷剂
- LP 液体制冷剂

- ① 截止阀
- ② 过滤器
- ③ 电磁阀
- ④ 电控膨胀阀
- ⑤ 截止阀
- ⑥ 控制器
- ⑦ 液位变送器



该解决方案与解决方案 4.2.3 类似。但是，在这个范例中，自动调节阀 ICM 将被脉冲宽度电控膨胀阀 AKVA 替代。伺服阀 EVRAT ③ 将用作额外的电磁阀，以确保在“关闭”周期内 100% 关闭。液位控制器 EKC 347 ⑥ 还能够提供上下限定液位以及报警液位的中继输出。但是，建议安装一个液位开关 AKS 38，以用作高液位断路器。

技术数据

	AKVA
材料	AKVA 10: 不锈钢 AKVA 15: 铸铁 AKVA 20: 铸铁
制冷剂	R717
介质温度范围 [°C]	AKVA 10: -50 至 +60 AKVA 15/20: -40 至 +60
最大工作压力 [bar]	42
DN [mm]	10 至 50
额定容量* [kW]	4 至 3150

\* 条件: R717, +5/32°C, ΔT<sub>sub</sub> = 4K.

应用范例 4.2.5: LP 液位控制的电子解决方案

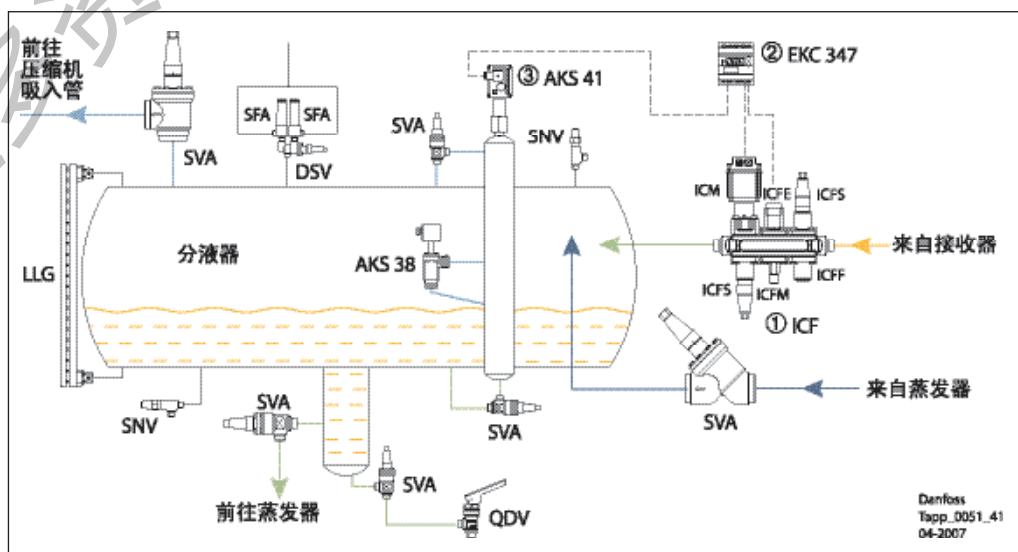
- HP 液体制冷剂
- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 蒸汽制冷剂
- LP 液体制冷剂

① ICF 阀站包括:



- 截止阀
- 过滤器
- 电磁阀
- 手动开启工具
- 自动调节阀截止阀

- ② 控制器
- ③ 液位变送器



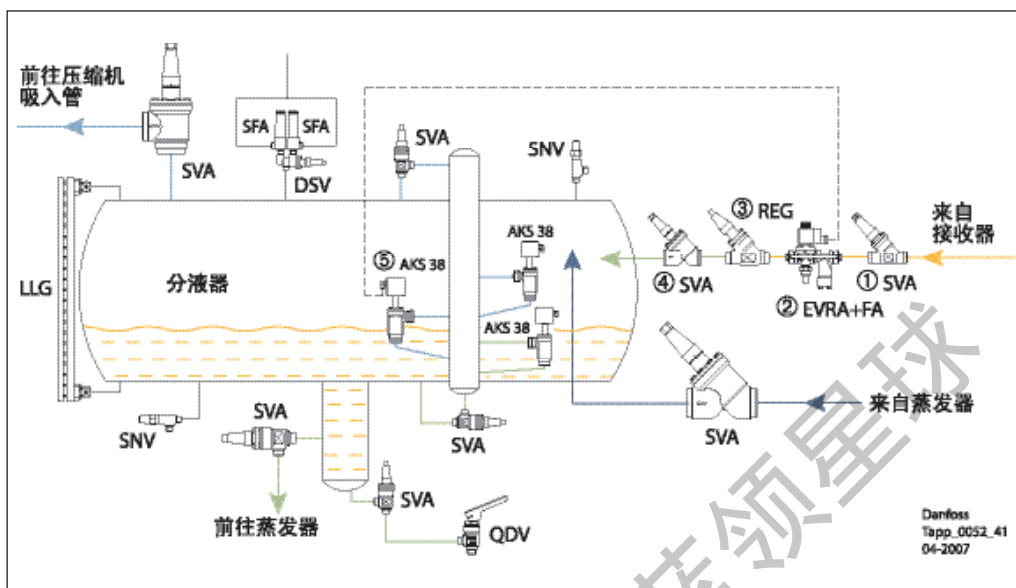
Danfoss 可以提供一个非常紧凑的阀门解决方案 ICF ①。最多可以将六个不同的模块组装到同一个外壳上，安装过程较为简便。

模块 ICM 起到膨胀阀的作用，而模块 ICFE 则用作电磁阀。该解决方案的工作方式与范例 4.2.3 类似；同时还可使用与范例 4.2.4 类似的 ICF 方案。请参考有关 ICF 的文献资料，了解更多信息。

## 应用范例 4.2.6: LP 液位控制的电子解决方案

- HP 液体制冷剂
- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 蒸汽制冷剂
- LP 液体制冷剂

- ① 截止阀
- ② 电磁阀
- ③ 手动调节阀
- ④ 截止阀
- ⑤ 液位开关



该解决方案通过“开/关控制”来控制液体注入。液位开关 AKS 38 ⑤ 能够根据分离器中的液位控制电磁阀 EVRA ② 的开关。手动调节阀 REG ③ 可起到膨胀阀的作用。

## 技术数据

	AKS 38
材料	外壳: 铬酸锌铸铁
制冷剂	所有常用的不易燃制冷剂, 包括 R717。
介质温度范围 [°C]	-50 至 +65
最大工作压力 [bar]	28
测量范围 [mm]	12.5 至 50

	REG
材料	特种耐冷钢, 可用于低温操作
制冷剂	所有常用的不易燃制冷剂, 包括 R717。
介质温度范围 [°C]	-50 至 +150
最大工作压力 [bar]	40
测式压力 [bar]	强度测试: 80 泄漏测试: 40
K <sub>v</sub> 值 [m³/h]	对于完全打开的阀门: 0.17 至 81.4

	EVRA
制冷剂	R717、R22、R134a、R404a、R410a、R744、R502
介质温度范围 [°C]	-40 至 +105
最大工作压力 [bar]	42
额定容量* [kW]	21.8 至 2368
K <sub>v</sub> 值 [m³/h]	0.23 至 25.0

\* 条件: R717, -10/+25°C, Δp = 0.15 bar

4.3  
小结

解决方案		应用	优点	缺点
高压机械解决方案: SV1/3 + PMFH		适用于制冷剂充注量较小的系统, 例如冷却器。	纯机械操作。 功能范围广。	不能远程控制, SV 和 PMFH 之间的距离仅限于几米。 反应稍微有点慢。
高压机械解决方案: HFI		适用于制冷剂充注量较小且仅装有平板冷凝器的系统。	纯机械操作。 较为简单的解决方案。尤其适用于板式换热器	不能提供热虹吸油冷却
高压电子解决方案: AKS 41+EKC 347 + ICM		适用于制冷剂充注量较小的系统, 例如冷却器。	灵活紧凑。 可以远程进行监控和控制。 包含功能广泛。	不允许使用易燃制冷剂。
低压机械解决方案: SV4-6		适用于小型系统。	纯机械操作。 操作简单, 成本低廉	功能有限。
低压机械解决方案: SV 4-6 + PMFL		尤其适用于分散系统, 例如冷库。	纯机械操作。 功能范围广。	不能远程控制, SV 和 PMFL 之间的距离仅限于几米。 反应稍微有点慢。
低压电子解决方案: AKS 41 + EKC 347 + ICM		尤其适用于分散系统, 例如冷库。	灵活紧凑。 可以远程进行监控和控制。 包含功能广泛。	不允许使用易燃制冷剂。
低压电子解决方案: AKS 41 + EKC 347 + AKVA		尤其适用于分散系统, 例如冷库。	灵活紧凑。 可以远程进行监控和控制。 功能范围广。快于自动调节阀。失效保护阀 (NC)。	不允许使用易燃制冷剂。 系统需允许脉动。
低压电子解决方案: AKS 41 + EKC 347 + ICF		尤其适用于分散系统, 例如冷库。	灵活紧凑。 可以远程进行监控和控制。 包含功能广泛。易于安装。	不允许使用易燃制冷剂。
低压电子解决方案: AKS 38 + EVRA + REG		尤其适用于分散系统, 例如冷库。	操作简单。 成本低廉。	液位调整范围仅 40 mm。 很大程度上取决于 REG 阀的调整。不适合用于流量波动较大的系统。

## 4.4

## 参考文献

要查看按字母顺序排列的全部参考文献, 请查询第 104 页。

## 技术宣传页/手册

类型	文献编号
AKS 38	RD.5M.A
AKS 41	PD.SC0.A
AKVA	PD.VA1.B
EKC 347	RS.8A.X
EVRA(T)	RD.3C.B
ICM	PD.HT0.A

类型	文献编号
PMFH/L	RD.2C.B
ICF	PD.FT0.A
REG	RD.1G.D
SV 1-3	RD.2C.B
SV 4-6	RD.2C.B

## 产品说明书

类型	文献编号
AKS 38	RI.5M.A
AKS 41	PI.SC0.A
AKVA	PI.VA1.C PI.VA1.B
EKC 347	RI.8B.Y
EVRA(T)	RI.3D.A
ICM	PI.HT0.A

类型	文献编号
PMFH/L	RI.2C.F PI.GE0.A
ICF	PI.FT0.A
REG	PI.KM0.A
SV 1-3	RI.2B.F
SV 4-6	RI.2B.B

要下载最新版本的文献资料, 请访问 Danfoss 网站。

其网址为: <http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

## 5. 蒸发器控制

蒸发器是制冷系统的一部分。在该制冷系统中，有效热量将从用户希望冷却的介质（例如空气、盐水或产品本身）转移到制冷剂。

因此，蒸发器控制系统的主要功能就是获得期望的介质温度。而且，控制系统还应当保证蒸发器始终有效、无故障地运行。

需要特别注意的是，以下方法可能是蒸发器所必需的：

- 液体供应控制第 5.1 和 5.2 节描述了两种不同类型的液体供应，即直接膨胀 (DX) 以及抽运液体循环。
- 除霜（参见 5.3 和 5.4 节）对于在 0°C 以下运转的空气冷却器而言十分必要。

- 多温转换（参见 5.5 节），适用于需要在不同温度级别下进行操作的蒸发器。
- 介质温度控制（参见 5.6 节）。当介质温度需要十分精确地保持恒定时，需要进行此项控制。

在介绍介质温度控制和除霜时，我们将分别论述直接膨胀 (DX) 蒸发器和抽运液体循环蒸发器，因为二者在控制系统方面存在一定的差异。

### 5.1 直接膨胀控制

要对直接膨胀蒸发器的液体供应进行设计，需要满足以下要求：

- 供应给蒸发器的液体制冷剂完全蒸发。这需要防止压缩机受到水击。
- 蒸发器的介质“关闭”温度保持在要求的范围内。

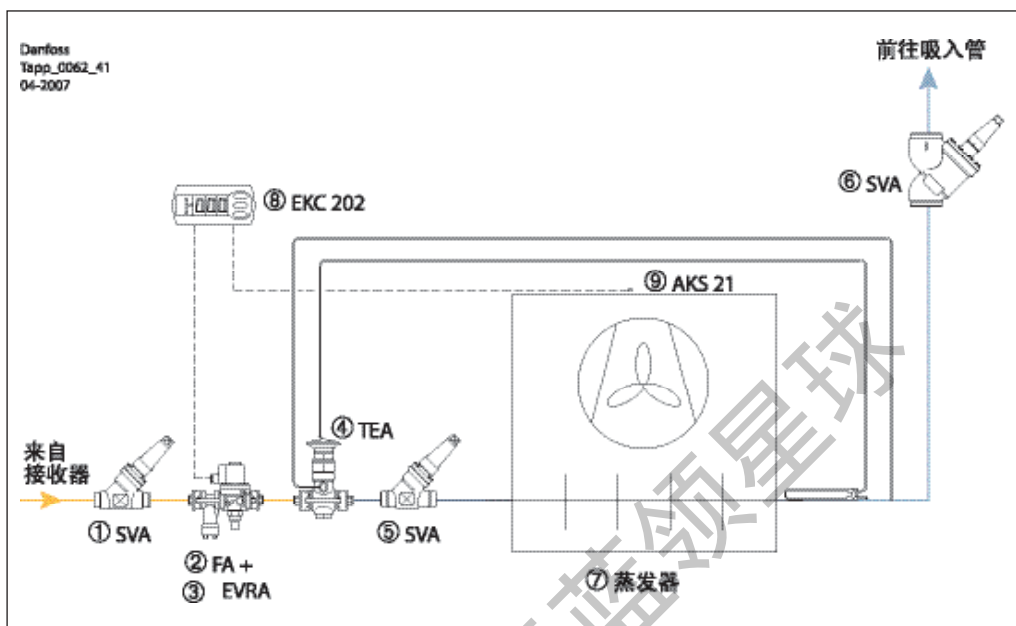
液体注入由受过热度控制的膨胀阀控制，它能够保持蒸发器出口到过热度保持在要求范围之内。此膨胀阀可以是一个热力膨胀阀，也可以是一个电子膨胀阀。

温度控制通常通过 ON/OFF 控制来实现，它能够根据介质温度启动和停止蒸发器的液体供应。

应用范例 5.1.1: DX 蒸发器, 恒温膨胀

- HP 液体制冷剂
- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 蒸汽制冷剂

- ① 截止阀液体入口
- ② 过滤器
- ③ 电磁阀
- ④ 热力膨胀阀
- ⑤ 截止阀蒸发器入口
- ⑥ 截止阀吸入管
- ⑦ 蒸发器
- ⑧ 数字温度控制器
- ⑨ 温度传感器



应用范例 5.1.1 显示了没有热气除霜的 DX 蒸发器的典型安装。

此方案还适用于自然除霜或电子除霜的 DX 蒸发器。

液体注入是通过热力膨胀阀 TEA ④ 控制的, 它可以使蒸发器出口的制冷剂过热度保持在一个恒定的水平。TEA 专为氨系统设计。Danfoss 还提供用于氟化制冷剂的热力膨胀阀。

自然除霜的实现方法: 停止流向蒸发器的制冷剂流, 并使风扇保持运转。电子除霜的实现方式是: 停止流向蒸发器的制冷剂流, 关闭风扇, 同时打开蒸发器翼片组内的电热器。

介质温度由数字温度控制器 EKC 202 ⑧ 控制, 它能够根据 PT 1000 温度传感器 AKS 21 ⑨ 发出的介质温度信号控制电磁阀 EVRA ③ 的开/关转换。

蒸发器控制器 EKC 202 数字温度控制器将控制蒸发器的所有功能, 包括温度控制器、风扇、除霜和报警。

更多详细信息, 请参考 Danfoss EKC 202 手册。

技术数据

热力膨胀阀 - TEA	
制冷剂	R717
蒸发温度范围 [°C]	-50 至 30, 视订货情况而定
最大感应球温度 [°C]	100
最大工作压力 [bar]	19
额定容量* [kW]	3.5 至 295

\* 条件: -15°C/+32°C, ΔT<sub>sub</sub> = 4°C

电磁阀 - EVRA(T)	
制冷剂	R717、R22、R134a、R404a、R410a、R744、R502
介质温度范围 [°C]	-40 至 +105
最大工作压力 [bar]	42
额定容量* [kW]	21.8 至 2368
K <sub>v</sub> 值 [m³/h]	0.23 至 25.0

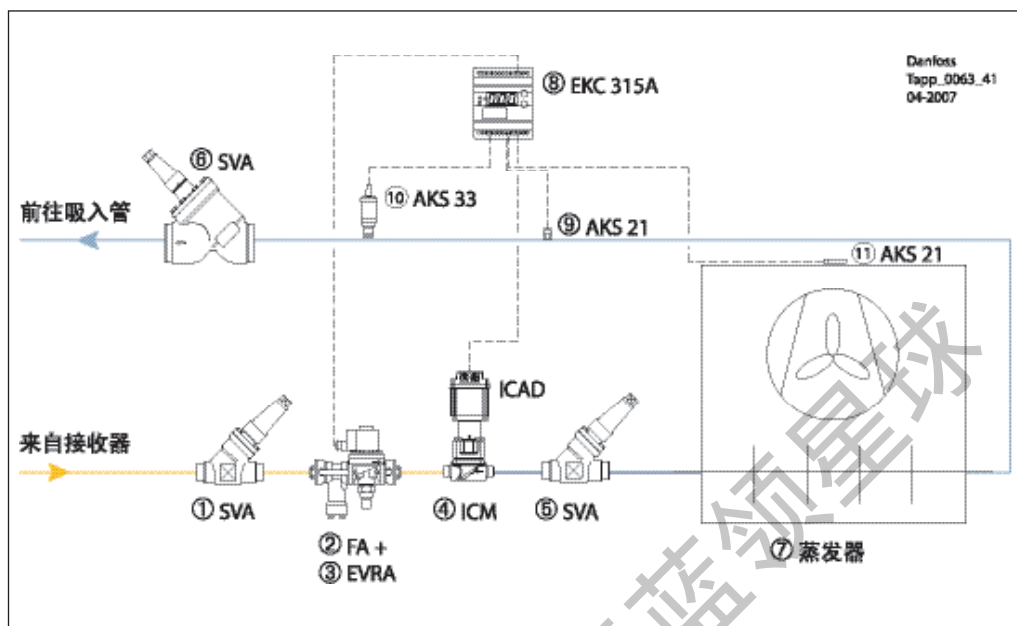
\* 条件: R717, -10/+25°C, Δp = 0.15 bar

过滤器 - FA	
制冷剂	氨及氟化制冷剂
介质温度范围 [°C]	-50 至 +140
最大工作压力 [bar]	28
DN [mm]	15/20
过滤器插片	150μ 不锈钢编织
K <sub>v</sub> 值 [m³/h]	3.3/7.0

## 应用范例 5.1.2: DX 蒸发器、电子膨胀

— HP 液体制冷剂  
— 制冷剂的液体/蒸汽混合物  
— LP 蒸汽制冷剂

- ① 截止阀液体入口
- ② 过滤器
- ③ 电磁阀
- ④ 电子膨胀阀
- ⑤ 截止阀蒸发器入口
- ⑥ 截止阀吸入管
- ⑦ 蒸发器
- ⑧ 控制器
- ⑨ 温度传感器
- ⑩ 压力变送器
- ⑪ 温度传感器



应用范例 5.1.2 显示了没有热气除霜的电控 DX 蒸发器的典型安装。

液体注入由自动调节阀 ICM ④ 控制，而 ICM 则由蒸发器控制器 EKC 315A ⑧ 控制。EKC 315A 控制器将通过压力变送器 AKS 33 ⑩ 和温度传感器 AKS 21 ⑨ 测量蒸发器出口位置的过热度，并控制 ICM 的开启角度，以便将过热度保持在最佳的水平。

同时，控制器 EKC 315A 将用作数字温度控制器，根据温度传感器 AKS 21 ⑪ 发出的介质温度信号控制电磁阀 EVRA ③ 的开/关转换。

与解决方案 5.1.1 相比，这个方案会在过热度最佳的情况下操作蒸发器，同时还可以不断地调整喷射阀的开启角度，以确保流量和效率处于最高水平。蒸发器的表面积将得以充分利用。此外，本方案还能够提供准确性很高的介质温度控制。

#### 蒸发器控制器 EKC 315A

数字控制器将会控制蒸发器的所有功能，包括温度控制器、膨胀和报警。

更多详细信息，请参考 Danfoss EKC 315A 手册。

#### 技术数据

	自动调节阀 - ICM
材料	阀体: 低温钢
制冷剂	所有常用的制冷剂, 包括 R717 和 R744
介质温度范围 [°C]	-60 至 120
最大工作压力 [bar]	52
DN [mm]	20 至 65
额定容量* [kW]	224 至 14000

\* 条件: R717,  $T_e = -10^\circ\text{C}$ ,  $\Delta p = 8.0 \text{ bar}$ ,  $\Delta T_{\text{sub}} = 4\text{K}$ ;

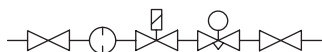
	压力变送器 - AKS 33
制冷剂	所有制冷剂
操作范围 [bar]	1 至 34, 视订货情况而定
最大工作压力 [bar]	最大至 55, 视订货情况而定
操作温度范围 [°C]	-40 至 85
补偿温度范围 [°C]	LP: -30 至 +40 HP: 0 至 +80
额定输出信号	4 至 20 mA



应用范例 5.1.3: DX 蒸发器、电子膨胀的 ICF 控制解决方案

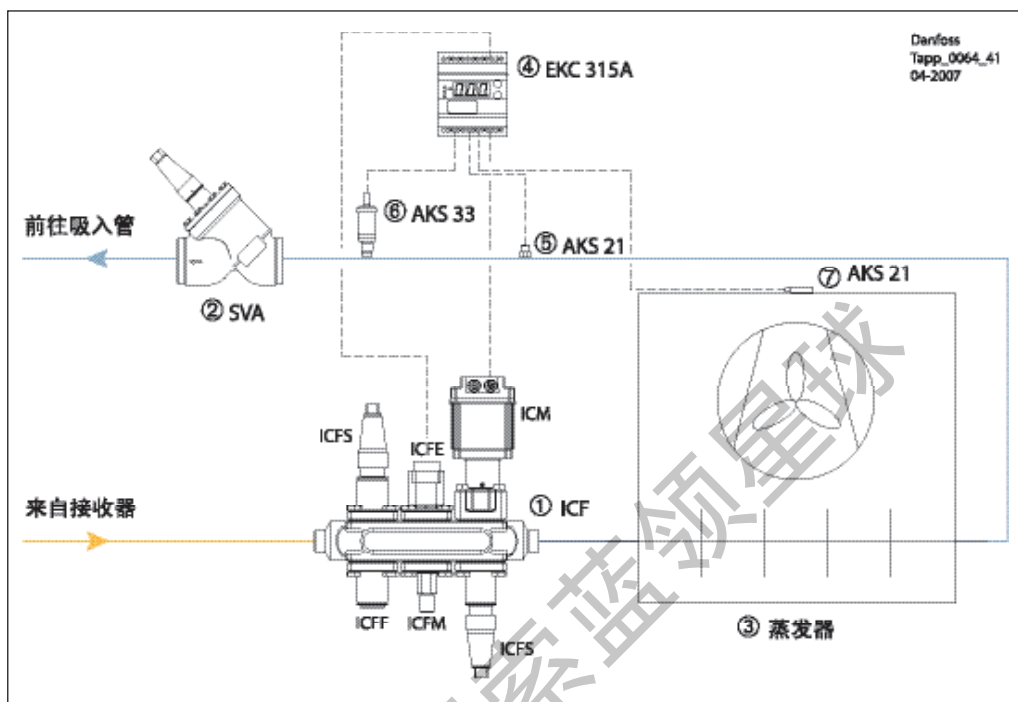
- HP 液体制冷剂
- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 蒸汽制冷剂

① ICF 控制解决方案装有以下设备:



- 截止阀液体入口过滤器
- 电磁阀
- 手动开启工具
- ICM 电子蒸发阀
- 截止阀蒸发器入口

- ② 截止阀吸入管
- ③ 蒸发器
- ④ 控制器
- ⑤ 温度传感器
- ⑥ 压力变送器
- ⑦ 温度传感器



应用范例 5.1.3 显示了电控 DX 蒸发器的关于 ICF 控制的新解决方案, 无需进行热气除霜, 与范例 5.1.2 类似。

ICF 能够在同一个外壳下容纳多达六个不同的模块, 从而提供了一个紧凑且易于安装的控制解决方案。

液体注入由自动调节阀 ICM 控制, 而 ICM 则由蒸发器控制器 EKC 315A ④ 控制。EKC 315A 控制器将通过压力变送器 AKS 33 ⑥ 和温度传感器 AKS 21 ⑤ 测量蒸发器出口位置的过热度, 并控制 ICM 阀的开启角度, 以便将过热度保持在最佳的水平。

同时, 控制器 EKC 315A 可用作一个数字温度控制器, 它可以根据温度传感器 AKS 21 ⑦ 发出的介质温度信号, 控制电磁阀 ICFE 的开/关转换。

与 5.1.1 中的方案类似, 这个解决方案会在过热度最佳的情况下操作蒸发器, 同时还可以不断地调整喷射阀的开启角度, 以确保流量和效率处于最高水平。蒸发器的表面积将得以充分利用。此外, 本方案还能够提供准确性很高的介质温度控制。

**蒸发器控制器 EKC 315A**  
数字控制器将会控制蒸发器的所有功能, 包括温度控制器、膨胀和报警。

更多详细信息, 请参考 Danfoss EKC 315A 手册。

5.2 抽运液体循环控制

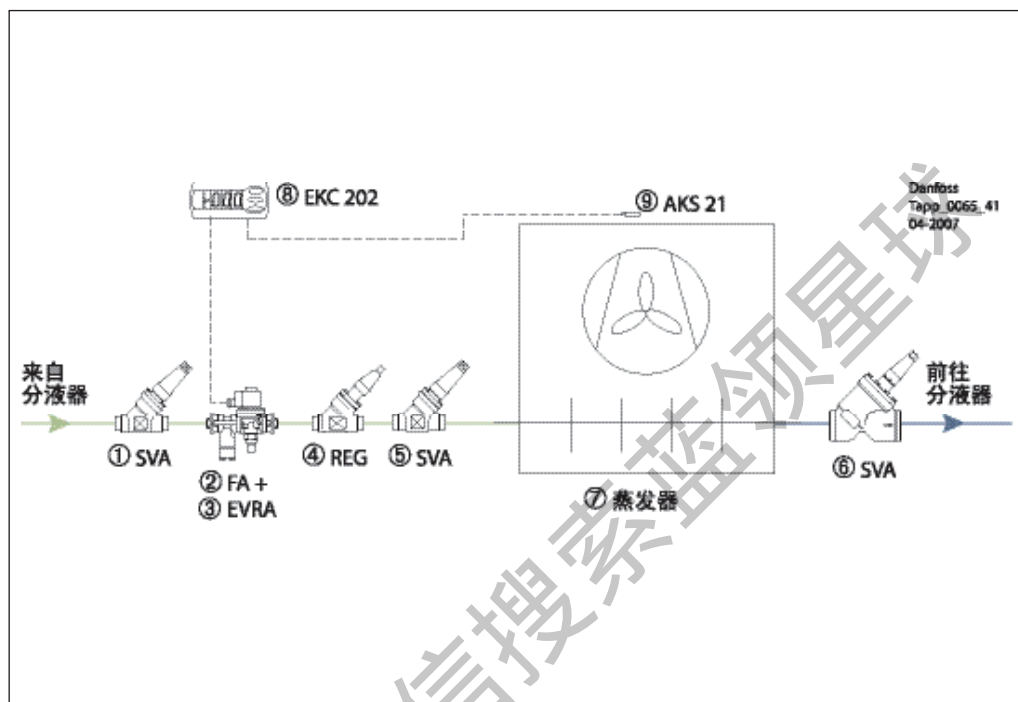
与氨 DX 系统相比较，氨泵循环系统控制更为简单，因为尺寸合理的泵分离器可防止压缩机受到水力冲击。

泵分离器确保只有“干燥”制冷剂蒸汽返回压缩机。蒸发控制也得到了简化，因为仅要求基本的开/关液位控制来控制蒸发器。

应用范例 5.2.1: 抽运液体循环蒸发器 (无热气除霜)

■ 制冷剂的液体/蒸汽混合物  
■ LP 液体制冷剂

- ① 截止阀液体入口
- ② 过滤器
- ③ 电磁阀
- ④ 手动膨胀阀
- ⑤ 截止阀蒸发器入口
- ⑥ 截止阀吸入管
- ⑦ 蒸发器
- ⑧ 数字温度控制器
- ⑨ 温度传感器



应用范例 5.2.1 显示了抽运液体循环蒸发器 (无热气除霜) 的典型安装，它也适用于抽运液体循环蒸发器 (自然除霜或电子除霜)。

数字温度控制器 EKC 202 ⑧ 能够将介质温度保持在所需的级别，它能根据 PT 1000 温度传感器 AKS 21 ⑨ 发出的介质温度信号控制电磁阀 EVRA ③ 的开关转换。

注入蒸发器的液体量由手动调节阀 REG ④ 开启控制。因此，为调节阀设置正确的开启角度

是非常重要的。如果开启角度过大，则将导致电磁阀频繁操作，结果会造成磨损。如果开启角度过小，则将导致蒸发器没有足够的液体制冷剂。

蒸发器控制器 EKC 202

数字温度控制器将会控制蒸发器的所有功能，包括温度控制器、风扇、除霜和报警。

更多详细信息，请参考 Danfoss EKC 202 手册。

技术数据

	调节阀 - REG
材料	特种耐冷钢，可用于低温操作
制冷剂	所有常用的不易燃制冷剂，包括 R717。
介质温度范围 [°C]	-50 至 +150
最大工作压力 [bar]	40
测式压力 [bar]	强度测试: 80 泄漏测试: 40
K <sub>v</sub> 值 [m³/h]	对于完全打开的阀门: 0.17 至 81.4

应用范例 5.2.2: 抽运液体循环蒸发器 ICF 控制方案 (无热气除霜)

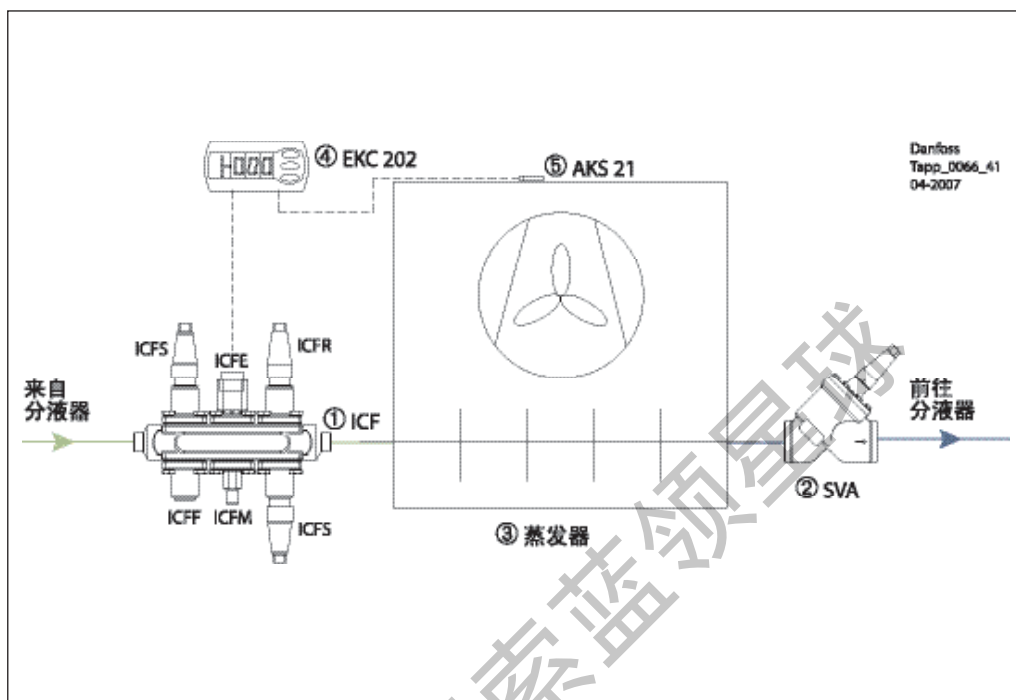
— 制冷剂的液体/蒸汽混合物  
 — LP 液体制冷剂

① ICF 控制解决方案装有以下设备:



截止阀液体入口过滤器  
 电磁阀  
 手动开启工具  
 手动膨胀阀  
 截止阀蒸发器入口

- ② 截止阀吸入管
- ③ 蒸发器
- ④ 数字温度控制器
- ⑤ 温度传感器



应用范例 5.2.2 包括了与范例 5.2.1 类似的关于 ICF 控制的新解决方案; 也同样适用于抽运液体循环蒸发器 (自然除霜或电子除霜)。ICF 能够在同一个外壳下容纳多达六个不同的模块, 从而提供了一个紧凑且易于安装的控制解决方案。

数字温度控制器 EKC 202 ④ 会将介质温度保持在所需的级别之上, 它能够根据 PT 1000 温度传感器 AKS 21 ⑤ 发出的介质温度信号控制 ICF 中电磁阀 ICFE 的开/关转换。

注入蒸发器的液体量由手动调节阀 ICFR 的开启控制。因此, 为调节阀设置正确的开启角度是非常重要的。如果开启角度过大, 则将导致电磁阀频繁操作, 结果会造成磨损。如果开启角度过小, 则将导致蒸发器没有足够的液体制冷剂。

**蒸发器控制器 EKC 202**  
 数字温度控制器将控制蒸发器的所有功能, 包括温度控制器、风扇、除霜和报警。

更多详细信息, 请参考 Danfoss EKC 202 手册。

5.3 DX 空气冷却器的热气除霜

某些应用中, 空气冷却器将在低于 0°C 的蒸发温度下工作。在这种情况下, 热交换的表面就形成一层霜, 其厚度将随时间的延长而增加。积聚的霜会降低热传递系数, 同时还会阻碍空气的循环, 进而会引起蒸发器性能下降。因此, 必须对这些空气冷却器进行定期除霜, 以将性能保持在所需的级别。

工业制冷行业中常用的几种除霜方法如下:

- 自然除霜
- 电子除霜
- 热气除霜

自然除霜的实现方法: 停止流向蒸发器的制冷剂流, 并使风扇保持运转。这种方式仅用于室内温度高于 0°C 的情况。这将导致除霜的时间会很长。

电子除霜的实现方式是: 关闭风扇, 并停止流向蒸发器的制冷剂流, 同时打开蒸发器翼片组内的电热器。借助时钟功能和/或除霜终止温度控制器, 可以在热处理器表面完全没有冰霜时结束除霜操作。尽管这种解决方案易于安装且初期投资比较低, 但是其操作成本 (电能) 要大大高于其他的解决方案。

热气除霜系统的除霜方式是: 将热气喷射到蒸发器, 从而除去其表面的冰霜。该解决方案比其他系统要求更多的自动化操作, 但是其随时间推移所产生的操作成本是最低的。喷射到蒸发器上的热气所产生的一个积极效果是可以将油消除并回收。为了确保足够的热气性能, 该解决方案仅能用于配备有三个或三个以上蒸发器的制冷系统中。在特定时间内, 接受除霜的蒸发器只能占蒸发器总容量的三分之一。

应用范例 5.3.1:  
DX 蒸发器 (装有热气除霜系统)

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂
- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 蒸汽制冷剂

液体管

- ① 截止阀液体入口
- ② 过滤器
- ③ 电磁阀
- ④ 膨胀阀
- ⑤ 截止阀蒸发器入口

吸入管

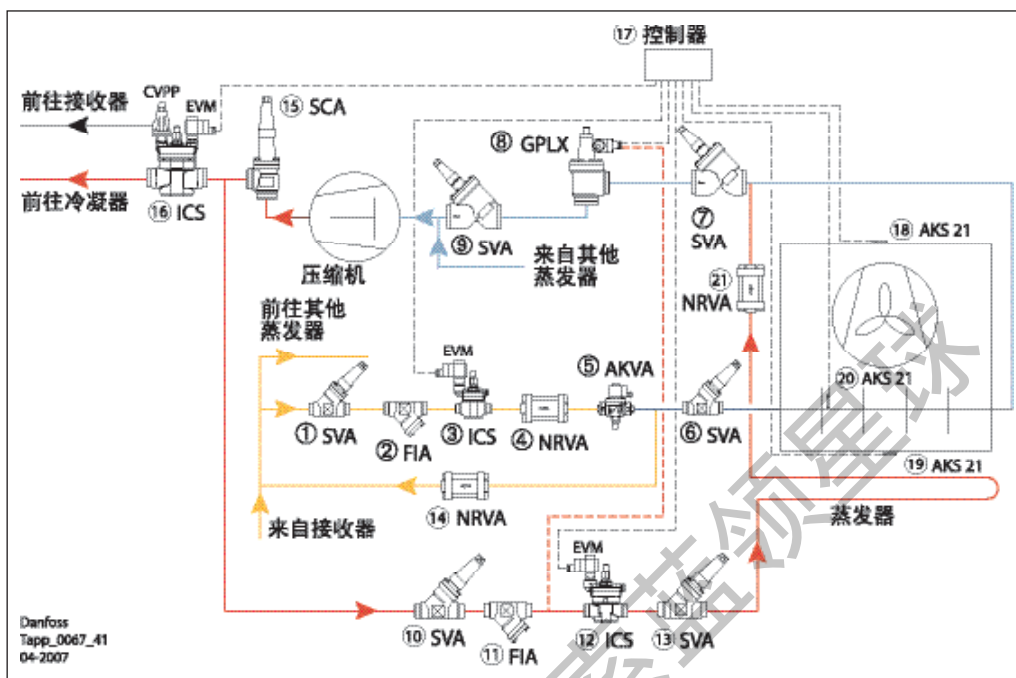
- ⑥ 截止阀蒸发器入口
- ⑦ 二级电磁阀
- ⑧ 截止阀吸入管

热气管路

- ⑨ 截止阀
- ⑩ 过滤器
- ⑪ 电磁阀
- ⑫ 截止阀
- ⑬ 止回阀

排放管

- ⑭ 截止止回阀 (在排放管上)
- ⑮ 压差调节器
- ⑯ 控制器
- ⑰ 温度传感器
- ⑱ 温度传感器
- ⑲ 温度传感器
- ⑳ 止回阀



上图所示范例是一个使用热气除霜的 DX 蒸发器系统。但是这种除霜方法并不常用，尤其对于氨水 DX 蒸发器系统而言更不常用，它更适合于氟化系统。

制冷周期

液体管路中的伺服阀 ICS ③ 由其电磁阀控制器 EVM 控制，并保持开启状态。液体注入由电子膨胀阀 AKVA ④ 控制。

吸入管上的电磁阀 GPLX ⑦ 保持开启状态，除霜电磁阀 ICS ⑪ 由其电磁阀导阀 EVM 控制，并处于关闭状态。止回阀 NRVA ⑫ 能够防止泄水盘结冰。

伺服阀 ICS ⑮ 由其电磁阀导阀 EVM 控制，并处于开启状态。

除霜周期

初始化除霜周期之后，液体供应电磁阀 ICS ③ 将会关闭。风扇会持续运转 120-600 秒（取决于蒸发器大小），以抽空蒸发器中的液体。

风扇将停止，并且 GPLX 将关闭。关闭气动电磁阀 GPLX ⑦ 需要 45-700 秒的时间，这要取决于阀门大小、制冷剂以及蒸发温度。另外需要额外延长 10-20 秒，以便让蒸发器中的液体下沉到底部，而同时不会出现蒸汽气泡。之后，电磁阀 ICS ⑪ 将被其电磁阀导阀 EVM 打开，并将向蒸发器提供热气。

在除霜周期中，伺服阀 ICS ⑮ 的电磁阀导阀 EVM 处于关闭状态，因此 ICS ⑮ 将由压差导阀 CVPP 控制。

之后，ICS ⑮ 会在热气压力和接收器压力之间形成一个压差  $\Delta p$ 。这个压降能够确保在除霜过程中将冷凝的液体压出，并通过止回阀 NRVA ⑬ 进入液体管路。

当蒸发器中的温度（通过 AKS 21 ⑱ 测得）达到设定值时，除霜操作将会结束，电磁阀 ICS ⑪ 将关闭，ICS ⑮ 的电磁阀 EVM 将打开，电磁阀 GPLX ⑦ 也将打开。

由于蒸发器和吸入管之间存在较高的压差，因此很有必要使用一个二级电磁阀，例如 Danfoss GPLX 或 PMLX。当压差较高时，GPLX/PMLX 的流量将只有 10%，从而确保压力在阀门完全打开之前能够达到平衡，进而保证了系统的平稳运行，并避免了在吸入管内出现水击。

GPLX 完全打开后，ICS ③ 将会打开，制冷周期也将重新开始。风扇在延迟一段时间之后也将启动，以便冷却蒸发器表面残留的液滴。

## 技术数据

导阀操控式伺服阀 - ICS	
材料	阀体: 低温钢
制冷剂	所有常用的制冷剂, 包括 R717 和 R744
介质温度范围 [°C]	-60 至 120
最大工作压力 [bar]	52
DN [mm]	20 至 80
额定容量* [kW]	在热气管路上: 20.9 至 864 在液体管路上 (无相变): 55 至 2248

\* 条件: R717,  $T_{liq} = 30^{\circ}\text{C}$ ,  $P_{disch} = 12\text{bar}$ ,  $\Delta P = 0.2\text{bar}$ ,  $T_{disch} = 80^{\circ}\text{C}$ ,  $T_e = -10^{\circ}\text{C}$ , 循环比 = 4

气动二级电磁阀 - GPLX		气动二级电磁阀 - PMLX
材料	阀体: 低温钢	阀体: 低温铸铁
制冷剂	所有常用的不易燃制冷剂, 包括 R717。	所有常用的不易燃制冷剂, 包括 R717。
介质温度范围 [°C]	-60 至 150	-60 至 120
最大工作压力 [bar]	40	28
DN [mm]	80 至 150	32 至 150
额定容量* [kW]	在干燥的吸入管上: 442 至 1910 在湿润的吸入管上: 279 至 1205	在干燥的吸入管上: 76 至 1299 在湿润的吸入管上: 48 至 820

\* 条件 R717,  $\Delta P = 0.05\text{ bar}$ ,  $T_e = -10^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{liq} = 30^{\circ}\text{C}$ , 循环比 = 4

止回阀 - NRVA	
材料	阀体: 钢
制冷剂	所有常用的制冷剂, 包括 R717
介质温度范围 [°C]	-50 至 140
最大工作压力 [bar]	40
DN [mm]	15 至 65
额定容量* [kW]	在液体管路上 (无相变): 160.7 至 2411

\* 条件: R717,  $\Delta P = 0.2\text{ bar}$ ,  $T_e = -10^{\circ}\text{C}$ , 循环比 = 4

过滤器 - FIA	
材料	阀体: 钢
制冷剂	所有常用的制冷剂, 包括 R717
介质温度范围 [°C]	-60 至 150
最大工作压力 [bar]	40
DN [mm]	15 至 200
过滤器插片	100/150/250/500 $\mu$ 不锈钢编织

应用范例 5.3.2:  
使用 ICF 控制方案的 DX 蒸发器和热气除霜系统

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂
- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 蒸汽制冷剂

① 液体管路 ICF 装备有:



- 截止阀液体入口过滤器
- 电磁阀
- 手动开启工具
- ICM 膨胀阀
- 截止阀蒸发器入口

② 截止阀蒸发器出口

③ 二级电磁阀

④ 截止阀吸入管

⑤ 热气管路 ICF 装备有:



- 截止阀过滤器
- 电磁阀截止阀

⑥ 止回阀

⑦ 止回阀

⑧ 排放管上的截止止回阀

⑨ 压差调节器

⑩ 控制器

⑪ 过热度控制器

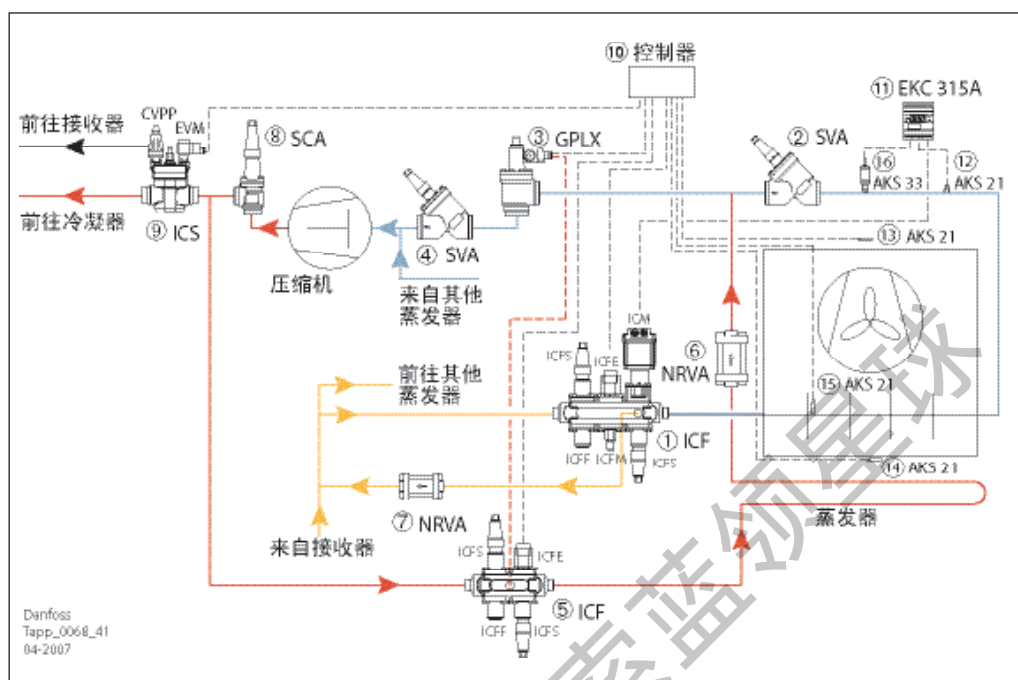
⑫ 温度传感器

⑬ 温度传感器

⑭ 温度传感器

⑮ 温度传感器

⑯ 压力变送器



应用范例 5.3.2 显示了使用 ICF 新控制方案且带有热气除霜的 DX 蒸发器。

ICF 能够在同一个外壳下容纳多达六个不同的模块，从而提供了一个紧凑且易于安装的控制解决方案。

**制冷周期**

液体管路上 ICF 中的电磁阀 ICFE ① 保持开启状态。液体注入由 ICF ① 中的自动调节阀 ICM 控制。

吸入管上的电磁阀 GPLX ③ 保持开启状态，ICF ⑤ 中的除霜电磁阀 ICFE 则保持关闭状态。

伺服阀 ICS ⑨ 由其电磁阀导阀 EVM 控制，并处于开启状态。

**除霜周期**

初始化除霜周期之后，ICF 中的液体供应电磁阀 ICFE ① 将被关闭。风扇会持续运转 120-600 秒（取决于蒸发器大小），以抽空蒸发器中的液体。

风扇将停止，并且 GPLX 将关闭。关闭气动电磁阀 GPLX ③ 需要 45-700 秒的时间，这要取决于阀门大小、制冷剂以及蒸发温度。另外需要额外延长 10-20 秒，以便让蒸发器中的液体下沉到底部，而同时不会出现蒸汽气泡。随后，ICF 中的电磁阀 ICFE ⑤ 将打开，并将向蒸发器供应热气。

在除霜周期中，伺服阀 ICS ⑨ 的电磁阀导阀 EVM 处于关闭状态，因此 ICS ⑨ 将由压差导阀 CVPP 控制。之后，ICS ⑨ 会在热气压力和接收器压力之间形成一个压差  $\Delta p$ 。

这个压降能够确保在除霜过程中将冷凝的液体压出，并通过止回阀 NRVA ⑦ 进入液体管路。

当蒸发器中的温度（通过 AKS 21 ⑮ 测得）达到设定值时，除霜操作将会结束，ICF 中的电磁阀 ICFE ⑤ 将关闭，ICS 的电磁阀导阀 EVM ⑨ 将打开，电磁阀 GPLX ③ 也将打开。

由于蒸发器和吸入管之间存在较高的压差，因此很有必要使用一个二级电磁阀，例如 Danfoss GPLX ③ 或 PMLX。当压差较高时，GPLX ③/ PMLX 的流量将只有 10%，从而确保了阀门在完全打开之前的压力能够达到平衡，进而保证了系统的平稳运行，并避免了在吸入管内出现水击。

完全打开 GPLX ③ 之后，ICF 中的液体供应电磁阀 ICFE ① 将打开并启动制冷周期。风扇在延迟一段时间之后也将启动，以便冷却蒸发器表面残留的液滴。

### 5.4 抽运液体循环空气冷却器的热气除霜

应用范例 5.4.1: 抽运液体循环蒸发器 (带有热气除霜系统)

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂
- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 液体制冷剂

**液体管**

- ① 截止阀液体入口
- ② 过滤器
- ③ 电磁阀
- ④ 止回阀
- ⑤ 手动膨胀阀
- ⑥ 截止阀蒸发器入口

**吸入管**

- ⑦ 截止阀蒸发器出口
- ⑧ 二级电磁阀
- ⑨ 截止阀吸入管

**热气管路**

- ⑩ 截止阀
- ⑪ 过滤器
- ⑫ 电磁阀
- ⑬ 截止阀
- ⑭ 止回阀

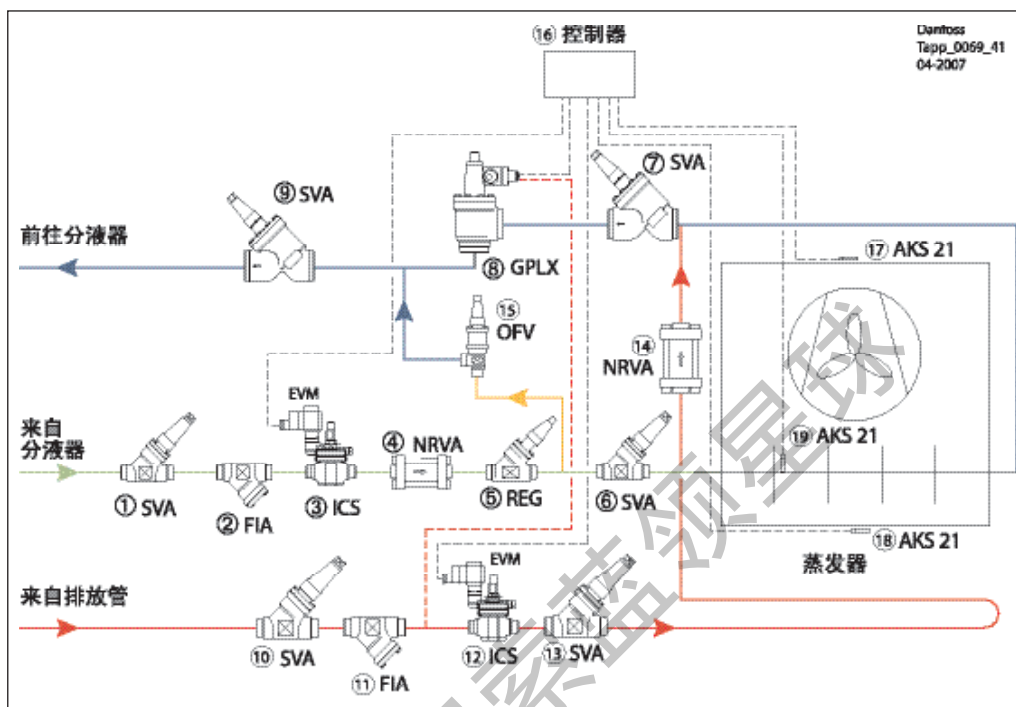
**溢流管路**

- ⑮ 溢流阀

**控制**

- ⑯ 控制器
- ⑰ 控制器
- ⑱ 控制器
- ⑲ 控制器

**技术数据**



应用范例 5.4.1 显示了抽运液体循环蒸发器 (带有热气除霜) 的典型安装步骤。

**制冷周期**

液体管路上的电磁阀 ICS ③ 处于开启状态。液体注入由手动调节阀 REG ⑤ 控制。

吸入管上的电磁阀 GPLX ⑧ 处于开启状态, 除霜电磁阀 ICS ⑩ 则处于关闭状态。

**除霜周期**

除霜周期开始后, 液体供应电磁阀 ICS ③ 将会关闭。风扇会持续运转 120-600 秒 (取决于蒸发器大小), 以抽空蒸发器中的液体。

风扇将停止, 并且 GPLX 将关闭。关闭气动电磁阀 GPLX ⑧ 需要 45-700 秒的时间, 这要取决于阀门大小、制冷剂以及蒸发温度。另外需要额外延长 10-20 秒, 以便让蒸发器中的液体下沉到底部, 而同时不出现会蒸汽气泡。随后, 电磁阀 ICS 将打开, 并将向蒸发器供应热气。

在除霜过程中, 因为存在压差, 溢流阀 OFV 将自动被打开。溢流阀能够使蒸发器排出的冷凝热气释放到湿润的吸入管中。也可以根据容量大小将 OFV 替换为压力调节阀 ICS+CVP 或高压浮阀 SV1/3, 后者只负责向低压端排放液体。

当蒸发器中的温度 (通过 AKS 21 ⑰ 测得) 达到设定值时, 除霜操作将会终止, 电磁阀 ICS ⑩ 将关闭, 而二级电磁阀 GPLX ⑧ 则将打开。

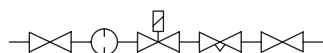
完全打开 GPLX 之后, 液体供应电磁阀 ICS ③ 将打开并启动制冷周期。风扇在延迟一段时间之后也将启动, 以便冷却蒸发器表面残留的液滴。

	溢流阀 - OFV
材料	阀体: 钢
制冷剂	所有常用的制冷剂, 包括 R717
介质温度范围 [°C]	-50 至 150
最大工作压力 [bar]	40
DN [mm]	20/25
开启压差范围 [bar]	2 至 8

应用范例 5.4.2: 泵循环蒸发器, 带有热气除霜系统, 使用 ICF 阀站和 SV 1/3 浮阀

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂
- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 液体制冷剂

① 液体管路 ICF 装备有:



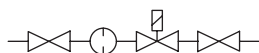
- 截止阀液体入口过滤器
- 电磁阀
- 止回阀
- 手动膨胀阀
- 截止阀蒸发器入口

② 截止阀蒸发器出口

③ 二级电磁阀

④ 截止阀吸入管

⑤ 热气管路 ICF 装备有:



- 截止阀过滤器
- 电磁阀截止阀

⑥ 止回阀

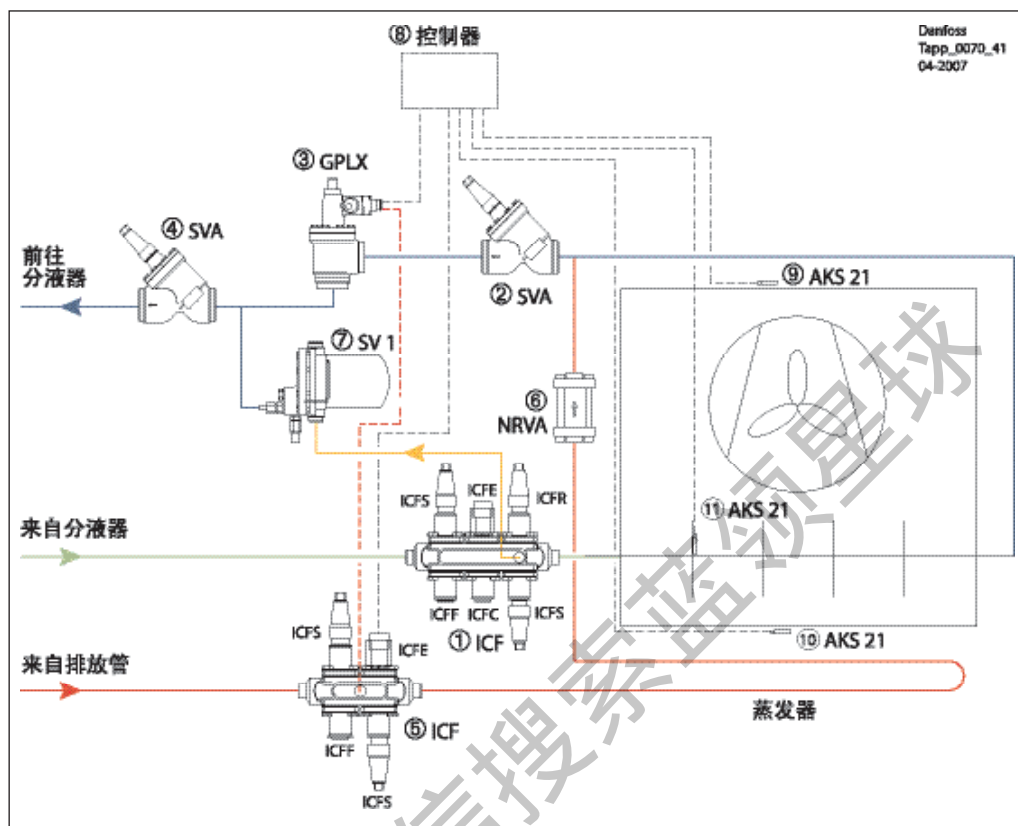
⑦ 浮阀

⑧ 控制器

⑨ 温度传感器

⑩ 温度传感器

⑪ 温度传感器



应用范例 5.4.2 显示了抽运液体循环蒸发器的典型安装情况, 这些蒸发器均使用全新 ICF 控制解决方案和 SV 1/3 浮阀进行热气除霜。

ICF 能够在同一个外壳下容纳多达六个不同的模块, 从而提供了一个紧凑且易于安装的控制解决方案。

**制冷周期**

液体管路上 ICF ① 中的电磁阀 ICFF 保持开启状态。液体注入由 ICF ① 中的手动调节阀 ICFR 进行控制。

吸入管上的电磁阀 GPLX ③ 保持开启状态, ICF ⑤ 中的除霜电磁阀 ICFF 则保持关闭状态。

**除霜周期**

初始化除霜之后, ICF 的液体供应电磁模块 ICFF ① 将被关闭。风扇将持续运转 120-600 秒 (取决于蒸发器大小), 以抽空蒸发器中的液体。

风扇将停止, 并且 GPLX 将关闭。关闭气动电磁阀 GPLX ③ 需要 45-700 秒的时间, 这要取决于阀门大小、制冷剂以及蒸发温度。另外需要额外延长 10-20 秒, 以便让蒸发器中的液体下沉到底部, 而不出现会蒸汽气泡。随后, ICF ⑤ 中的电磁阀 ICFF 将打开, 并将向蒸发器供应热气。

在除霜过程中, 蒸发器排出的冷凝热气将被注入到低压端。液体注入由高压浮阀 SV 1 或 3 ⑦ 使用专门的内部元件来完成控制。与解决方案 5.4.1 中的溢流阀 OFV 相比, 此处的浮阀能够根据浮箱中的液位来控制溢流。

使用浮阀能够保证热气在冷凝为液体之前不会从蒸发器中蒸发, 而且整体功效也将提高。此外, 浮阀是专为调制控制而设计, 提供了非常稳定的控制解决方案。

当蒸发器中的温度 (由 AKS 21 ⑩ 测得) 达到设定值时, 除霜操作将会终止, ICF ⑤ 中的电磁阀 ICFF 将关闭, 而在短暂的延迟之后, 电磁阀 GPLX ③ 将会打开。

完全打开 GPLX 之后, ICF ① 中的液体供应电磁阀 ICFF 将会打开并启动制冷周期。风扇在延迟一段时间之后也将启动, 以便冷却蒸发器表面残留的液滴。

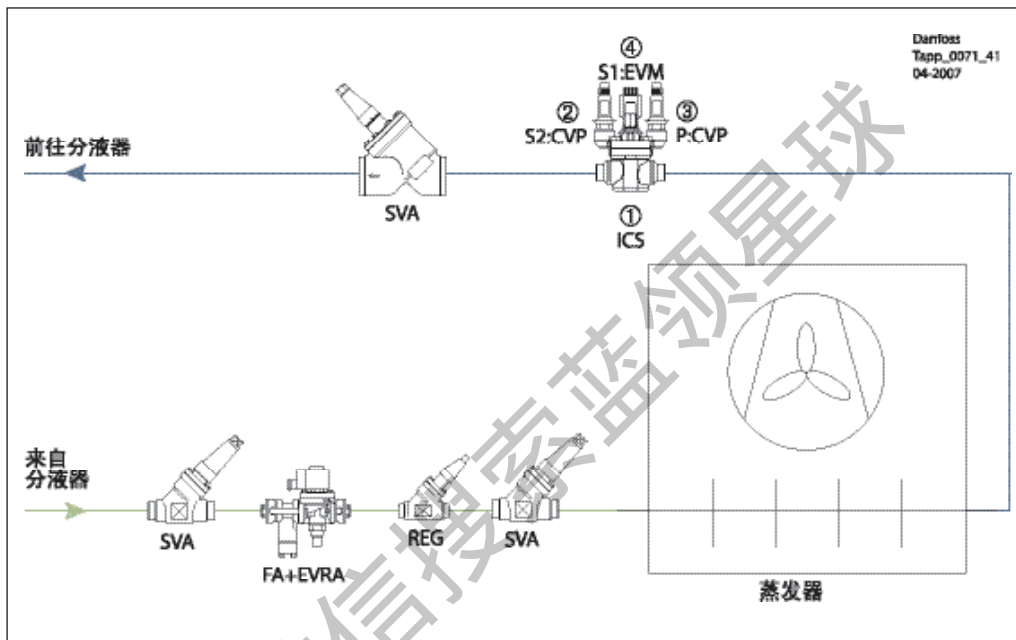


5.5 多温转换

在加工工业中，将同一蒸发器用于不同温度设置的现象十分普遍。

如果要求蒸发器在两个不同的固定蒸发压力下运转，这可以通过使用装有两个恒压导阀的伺服阀 ICS 来实现。

应用范例 5.5.1: 蒸发压力控制，在两个压力之间转换



— 制冷剂的液体/蒸汽混合物  
— LP 液体制冷剂

- ① 压力调节阀
- ② 压力调节导阀
- ③ 压力调节导阀
- ④ 电磁导阀

应用范例 5.5.1 显示了如何控制蒸发器中两个蒸发压力的解决方案。该解决方案可用于装有任何类型除霜系统的 DX 或抽运液体循环蒸发器。

伺服阀 ICS 在 S1 端口装有一个 EVM (NC) 电磁阀导阀，在 S2 和 P 端口则分别装有两个 CVP 恒压导阀。

S2 端口的 CVP I 调整为较低的操作压力，P 端口的 CVP 则调整为较高的操作压力。

当 S1 端口的电磁阀控制接通电源时，蒸发器的压力将取决于 S1 端口 CVP 导阀的设定值。当电磁阀控制器切断电源时，蒸发器的压力将取决于 P 端口 CVP 导阀的设定值。

示例:

	I	II
出口空气温度	+3°C	+8°C
蒸发温度	-2°C	+2°C
温度变化	5K	6K
制冷剂	R22	R22
蒸发压力	3.6 bar	4.4 bar

S2: CVP 预设置为 3.6 bar,  
P: CVP 预设置为 4.4 bar。

- I: EVM 导阀打开。  
因此，蒸发压力将由 S2:CVP 控制。
- II: EVM 控制器关闭。因此，蒸发压力将由 P:CVP 控制。

### 5.6 介质温度控制

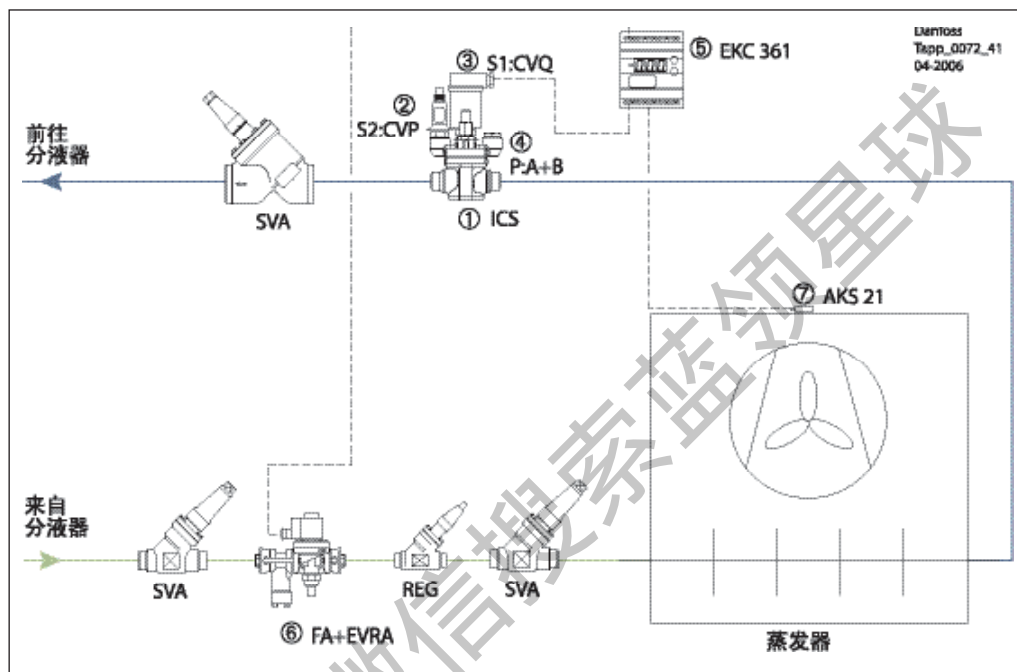
我们提供了相关的解决方案，用于与制冷相关且对精确温度控制要求非常严格的应用。例如：

- 储存水果和食品的冷藏室
- 食品行业中的工作间
- 液体冷却处理

#### 应用范例 5.6.1：使用导阀操作式阀 ICS 控制介质温度

— 制冷剂的液体/蒸汽混合物  
— LP 液体制冷剂

- ① 压力调节阀
- ② 压力调节阀
- ③ 电子导阀
- ④ 绝缘插头
- ⑤ 控制器
- ⑥ 带有过滤器的电磁阀
- ⑦ 温度传感器



应用范例 5.6.1 显示了一个准确控制介质温度的方案。此外，在应用中，还需要防止蒸发器出现过低压力，以避免产品结冰。

该解决方案可用于装有任何类型除霜系统的 DX 或抽运液体循环蒸发器。

装有 CVQ 的控制阀 ICS 3 位于 S2 端口，由装在 S1 端口的介质温度控制器 EKC 361 和 CVP 进行控制。P 端口使用 A+B 无眼柱塞进行绝缘。

CVP 根据应用所允许的最小压力进行调整。

介质控制器 EKC 361 可以控制 CVQ 导阀的开启角度，进而控制蒸发压力并使之与要求的冷却负载和温度相匹配，通过这种方式，EKC 361 可以将应用压力控制在要求的级别。

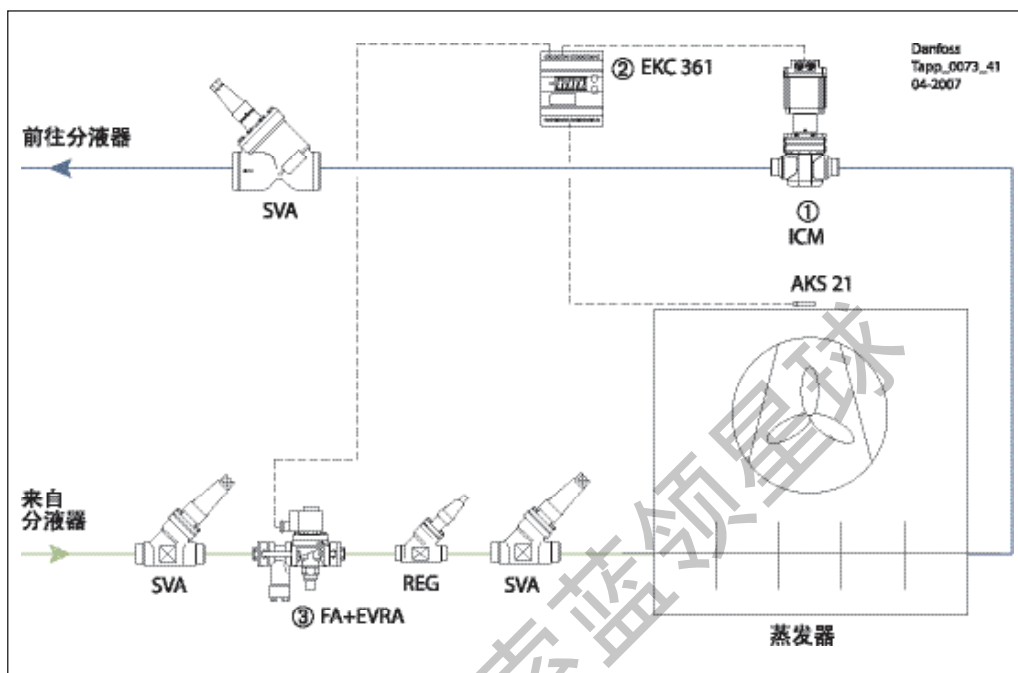
该解决方案控制温度的精确度可达  $\pm 0.25^{\circ}\text{C}$ 。如果温度降到此范围以下，那么 EKC 控制器将关闭安装在液体管路上的电磁阀。

介质温度控制器 EKC 361 可以控制蒸发器的所有功能，包括温度控制器和报警。

更多详细信息，请参考 Danfoss EKC 361 手册。

应用范例 5.6.2: 使用直接操作阀控制介质温度

- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 液体制冷剂
- ① 压力调节阀 (自动调节阀)
- ② 控制器
- ③ 带有过滤器的电磁阀



应用范例 5.6.2 显示了不使用开始/停止控制而实现准确介质温度控制的方案。

该设计可以用于装有任何类型除霜系统的 DX 或抽运液体循环蒸发器。

该方案选择的是由介质温度控制器 EKC 361 控制的自动调节阀 ICM。

介质温度控制器 EKC 361 可以控制 ICM 自动调节阀的开启角度，进而控制蒸发压力并使之与要求的冷却负载和温度相匹配，通过这种方式，EKC 361 可以将应用压力控制在要求的级别。

该方案控制介质温度的精确度可达  $\pm 0.25^{\circ}\text{C}$ 。如果温度降到此范围以下，那么 EKC 控制就会关闭安装在液体管路上的电磁阀。

介质温度控制器 EKC 361 可以控制蒸发器的所有功能，包括温度控制器和报警。

更多详细信息，请参考 Danfoss EKC 361 控制器手册。

5.7  
小结

解决方案		应用	优点	缺点
<b>直接膨胀控制</b>				
DX 蒸发器、使用 TEA、EVRA 和 EKC 202 进行恒温膨胀控制		所有 DX 系统	安装简单, 没有分离器和泵系统。	与循环系统相比, 容量和效率都较低; 不适合使用易燃制冷剂。
DX 蒸发器, 使用 ICM/ICF、EVRA 和 EKC 315A 进行电子膨胀控制		所有 DX 系统	过热度最优化; 反应快; 可以进行远程控制; 容量范围广。	不适合使用易燃制冷剂。
<b>抽运液体循环控制</b>				
抽运液体循环蒸发器, 使用 REG、EVRA 和 EKC 202 进行膨胀控制		泵循环系统	大容量高效的蒸发器	制冷剂充注量高且波动
<b>热气除霜控制 - DX 空气冷却器</b>				
带有热气除霜控制的 DX 蒸发器		所有 DX 系统	快速除霜; 热气可以带出低温蒸发器中残留的油份。	不适合蒸发器数少于 3 的系统。
<b>热气除霜控制 - 抽运液体循环空气冷却器</b>				
带有热气除霜的抽运液体循环蒸发器		所有的泵循环系统	快速除霜; 热气可以带出低温蒸发器中残留的油份。	不适合蒸发器数少于 3 的系统。
带有 SV1/3 控制的热气除霜的抽运液体循环蒸发器		所有的泵循环系统	快速除霜; 热气可以带出低温蒸发器中残留的油份; 浮阀能够有效稳定的调节热气流。	不适合蒸发器数少于 3 的系统。
<b>多温转换</b>				
使用 ICS 和 CVP 进行多温控制		需要在不同温度级别下工作的蒸发器	蒸发器可以在 2 个不同的温度级别之间进行转换。	吸入管中的压降
<b>介质温度控制</b>				
使用 ICS、CVQ 和 CVP 控制介质温度		非常准确的温度控制, 与最低压力保护 (结霜) 联合使用	CVQ 可以准确地控制温度; CVP 可以将压力保持在所要求的最低压力以上。	吸入管中的压降
使用自动调节阀 ICM 控制介质温度		非常准确的温度控制	ICM 可以通过调整开启的角度非常准确地控制温度。	最大容量是 ICM 65。

## 5.8

## 参考文献

要查看按字母顺序排列的全部参考文献，请查询第 104 页。

## 技术宣传页/手册

类型	文献编号
AKS 21	ED.SA0.A
AKS 32R	RD.5G.J
AKS 33	RD.5G.H
AKVA	PD.VA1.B
CVP	PD.HN0.A
CVQ	PD.HN0.A
EVM	PD.HN0.A
EKC 202	RS.8D.Z
EKC 315A	RS.8C.S
EKC 361	RS.8A.E
EVRA(T)	RD.3C.B
FA	PD.FM0.A

类型	文献编号
FIA	PD.FN0.A
GPLX	PD.BO0.A
ICF	PD.FT0.A
ICM	PD.HT0.A
ICS	PD.HS0.A
NRVA	RD.6H.A
OFV	RD.7G.D
PMLX	PD.BR0.A
REG	RD.1G.D
SV 1-3	RD.2C.B
SVA	PD.KD0.A
TEA	RD.1E.A

## 产品说明书

类型	文献编号
AKS 21	RI.14.D
AKS 32R	PI.SB0.A
AKS 33	PI.SB0.A
AKVA	PI.VA1.C PI.VA1.B
CVP	RI.4X.D
CVQ	PI.VH1.A
EVM	RI.3X.J
EKC 202	RI.8J.V
EKC 315A	RI.8G.T
EKC 361	RI.8B.F
EVRA(T)	RI.3D.A
FA	RI.6C.A

类型	文献编号
FIA	PI.FN0.A
GPLX	RI.7C.A
ICF	PI.FT0.A
ICM	PI.HT0.A
ICS	PI.HS0.A
NRVA	RI.6H.B
OFV	PI.HX0.B
PMLX	RI.3F.D RI.3F.C
REG	PI.KM0.A
SV 1-3	RI.2B.F
SVA	PI.KD0.B
TEA	PI.AJ0.A

要下载最新版本的文献资料，请访问 Danfoss 网站。

其网址为：<http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

获取更多资料 微信搜索 蓝领星

## 6. 润滑油系统

总的来说，工业制冷压缩机都是用油进行润滑的。润滑油通过油泵或者高低压端的压差进入压缩机运动的部件（轴承、转子、汽缸壁等）。为了保证压缩机能够可靠有效地运转，应当对以下润滑油参数进行控制：

- 油温。应当保持在厂商规定的限定范围内。润滑油的粘性应当适当，温度应当保持在燃点以下。
- 油压。润滑油的压差应当保持在最小允许级别以上。

制冷系统中通常会有一些起支持作用的组件和设备，它们可用于润滑油的清洗、润滑油从制冷剂中的分离、润滑油从低压端中返回的操作，并可用于在配有多个活塞式压缩机的系统中保持油位的均衡，以及润滑油排空定位等操作。其中大部分的组件和设备都将由压缩机厂商提供。

工业制冷设备中的润滑油系统设计主要取决于压缩机类型（螺杆式或活塞式）和制冷剂（氨、HFC/HCFC 或 CO<sub>2</sub>）。一般来说，不互溶的润滑油用于氨，而互溶的润滑油则用于氟化制冷剂。由于润滑油系统与压缩机的关系非常紧密，因此上述部分要点已经或将在压缩机控制（第 2 节）和安全系统（第 7 节）中进行了描述。

### 6.1 油冷却

制冷压缩机（包括所有的螺杆压缩机和部分活塞式压缩机）一般都需要进行油冷却。排放温度过高会对油造成破坏，进而导致压缩机受损。对于润滑油而言，还有一点很重要，即油的粘性一定要适当，而这在很大程度上取决于温度。仅将温度保持在临界限定值以下还不够，还需要对其进行控制。一般来说，压缩机生产厂商都会针对润滑油的温度做出规定。

可以通过直接向压缩机中间端口注入液体制冷剂的方法冷却润滑油。对于活塞式压缩机而言，通常不需要任何特殊的油冷却系统，因为温度对活塞式压缩机的重要性并不像对螺杆压缩机那么突出，并且润滑油是在曲轴箱中进行冷却的。

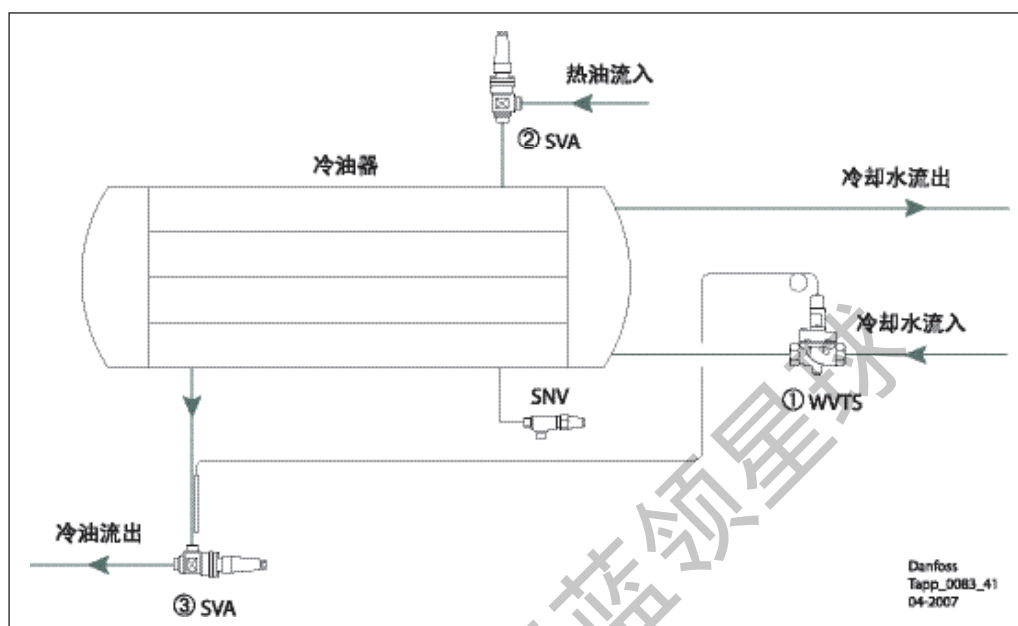
在制冷行业中，有几种不同类型的油冷却系统。最常用的类型有：

- 水冷却
- 空气冷却
- 热管冷却

应用范例 6.1.1:  
用水进行油冷却

— 水  
— 润滑油

- ① 水阀  
 ② 截止阀  
 ③ 截止阀



这些类型的系统通常用于能够获得廉价水资源  
 的工厂中。否则，需要安装冷却塔来冷却水。  
 水冷式冷油器常见于海上制冷工厂。

请联系当地 Danfoss 销售部门，了解组件是否  
 适合使用海水作为冷却介质。

水流量由水阀 WVTS ① 控制，该水阀能够根据  
 油温控制水流量。

## 技术数据

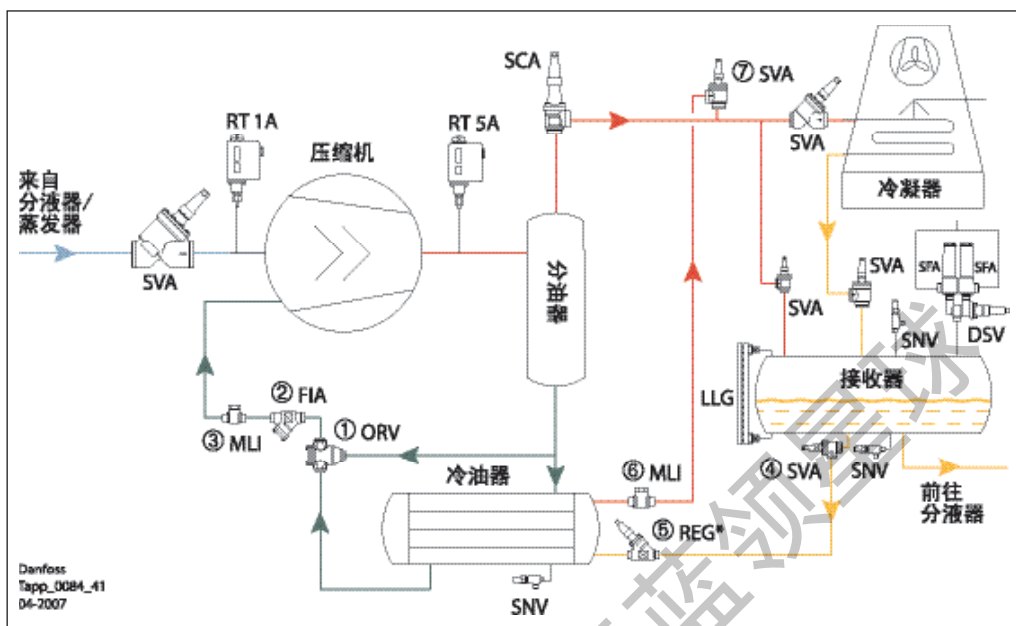
水阀 - WVTS	
材料	阀体: 铸铁
介质	淡水、中性盐水
最大工作压力 [bar]	10
操作温度范围 [°C]	感应球: 0 至 90, 视订货情况而定 液体: -25 至 90
DN [mm]	32 至 100
最大 K <sub>v</sub> 值 [m <sup>3</sup> /h]	12.5 至 125

水阀 - AVTA	
介质	淡水、中性盐水
最大工作压力 [bar]	16
操作温度范围 [°C]	感应球: 0 至 90, 视订货情况而定 液体: -25 至 130
DN [mm]	10 至 25
最大 K <sub>v</sub> 值 [m <sup>3</sup> /h]	1.4 至 5.5

## 应用范例 6.1.2: 热管油冷却

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂
- LP 蒸汽制冷剂
- 润滑油

- ① 油调节阀
- ② 过滤器
- ③ 视液镜
- ④ 截止阀
- ⑤ 手动调节阀
- ⑥ 视液镜
- ⑦ 截止阀



这种类型的系统操作起来非常方便，因为润滑油在系统内部冷却。仅需增加冷凝器的大小，以满足从冷油器获得的热量的要求。反之，热管油冷却要求在现场增加额外的管道；有时候也需要安装额外的优先级高的容器（在没有安装 HP 液体接收器或其位置过低的情况下）。

高压液体制冷剂由于重力作用从接收器流入冷油器，并在此蒸发和冷却润滑油。随后，制冷剂蒸汽重新回到接收器，或在某些情况下回到冷凝器入口。供应管道和返回管道中的压降必须保持最小，这一点至关重要。

否则，制冷剂将无法从冷油器返回，系统也将无法正常工作。只需安装最小数目的 SVA 截止阀。不得安装依赖压力的电磁阀。建议在返回管道上安装一个 MLI ⑥ 视液镜。

三通阀 ORV ① 可将油温保持在适当的级别。ORV 将油温保持在由其热力感温元件定义的限定值范围之内。如果油温过高，则所有的油将返回到冷油器。如果油温过低，则所有的油将被旁路到冷油器周围。

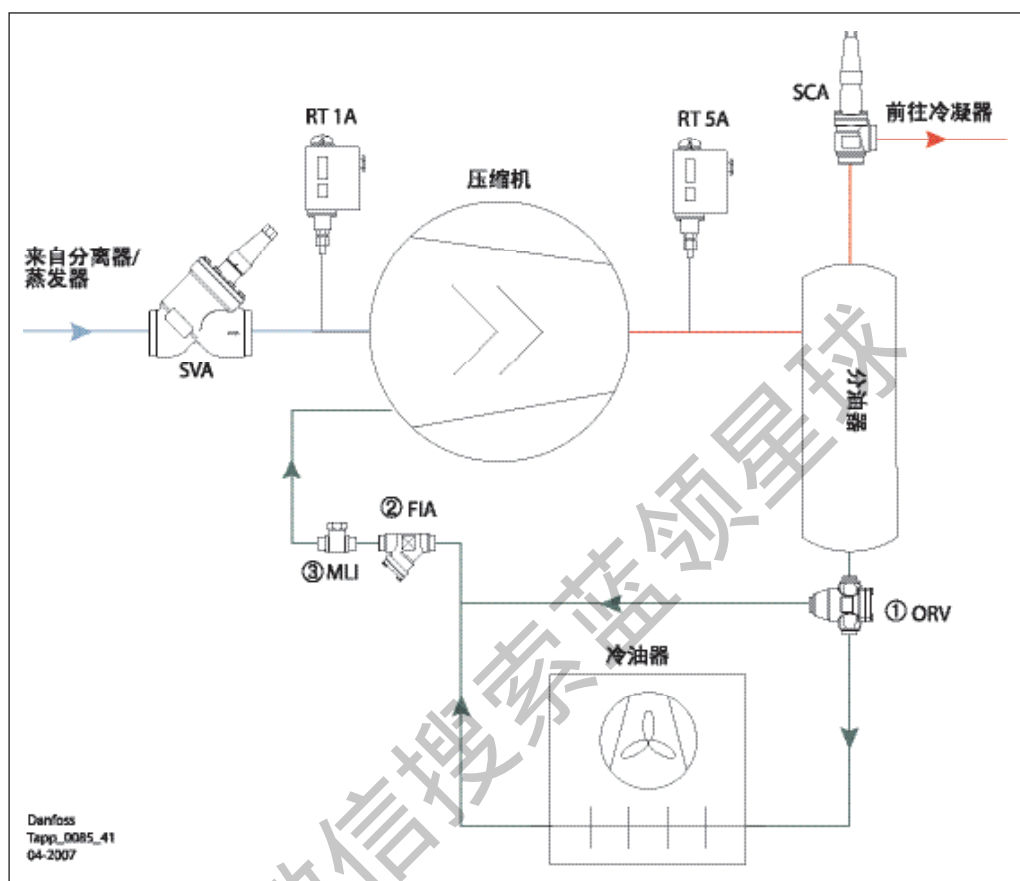
\* 在冷油器是特大型号时，安装 REG 调节阀将起到很大的作用。

## 技术数据

油调节阀 - ORV	
材料	阀体: 耐冷钢
介质	所有常见的制冷油和常见的制冷剂, 包括 R717
最大工作压力 [bar]	40
温度范围 [°C]	连续操作: -10 至 85 短期操作: -10 至 120
DN [mm]	25 至 80



应用范例 6.1.3:  
使用空气进行油冷却



— HP 蒸汽制冷剂  
— LP 蒸汽制冷剂  
— 润滑油

- ① 油调节阀
- ② 过滤器
- ③ 视镜

常见的做法是：在半封闭螺杆压缩机制冷组件的压缩机单元上使用气冷式冷油器。

在这种情况下，ORV 将从分离器中流出的液体流分离，并根据油排放温度的变化进行控制。

油温阀由油调节阀 ORV ① 控制。

获取更多资料

**6.2  
油压差控制**

在制冷压缩机的正常运转过程中，润滑油被油泵抽取和/或由于 HP 和 LP 端间的压差而循环运动。最重要的阶段是启动阶段。

对于第二种方法，需要检查压缩机制造商是否允许有几秒钟的空转。一般来说，这对于装有滚珠轴承的螺杆压缩机而言是可行的，而对于滑动轴承则不可行。

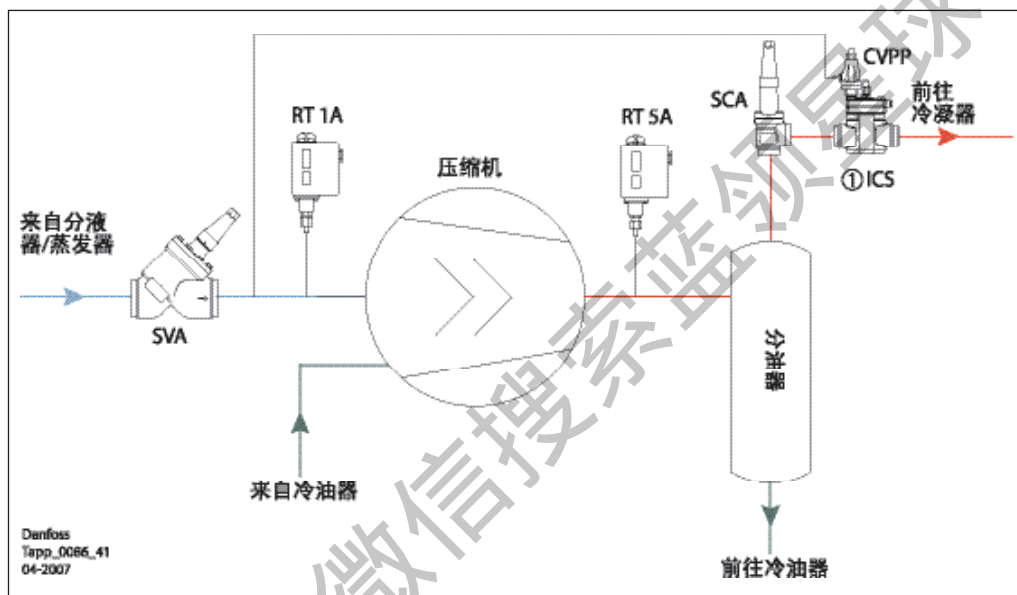
至关重要的一点是油压应迅速增大，否则压缩机将损坏。

使制冷压缩机中的油压差迅速增大的基本方法有两种。一是使用外部油泵；二是在分油器后的压缩机排放管上安装控制阀。

**应用范例 6.2.1:  
使用 ICS 和 CVPP 控制油压差**

— HP 蒸汽制冷剂  
— LP 蒸汽制冷剂  
— 润滑油

① 压差  
调节器



在此应用中，应使用装有压差导阀 CVPP 的伺服操纵式 ICS ① 完整系统。CVPP 阀的导引管路与压缩机前面的吸入管相连。ICS ① 将在压缩机启动之时关闭。

这种解决方案的主要优势在于其灵活性，因为压差可以在现场调整，ICS 也可以用于使用其他导阀的其他功能。

由于压缩机和阀门之间的管道非常短，因此排放压力将迅速增加。只需很短的时间就可将阀门完全打开，并使压缩机开始在正常条件下运行。

**技术数据**

导阀操纵式伺服阀 - ICS	
材料	阀体: 低温钢
制冷剂	所有常用的制冷剂, 包括 R717 和 R744
介质温度范围 [°C]	-60 至 120
最大工作压力 [bar]	52
DN [mm]	20 至 80
额定容量* [kW]	20.9 至 864

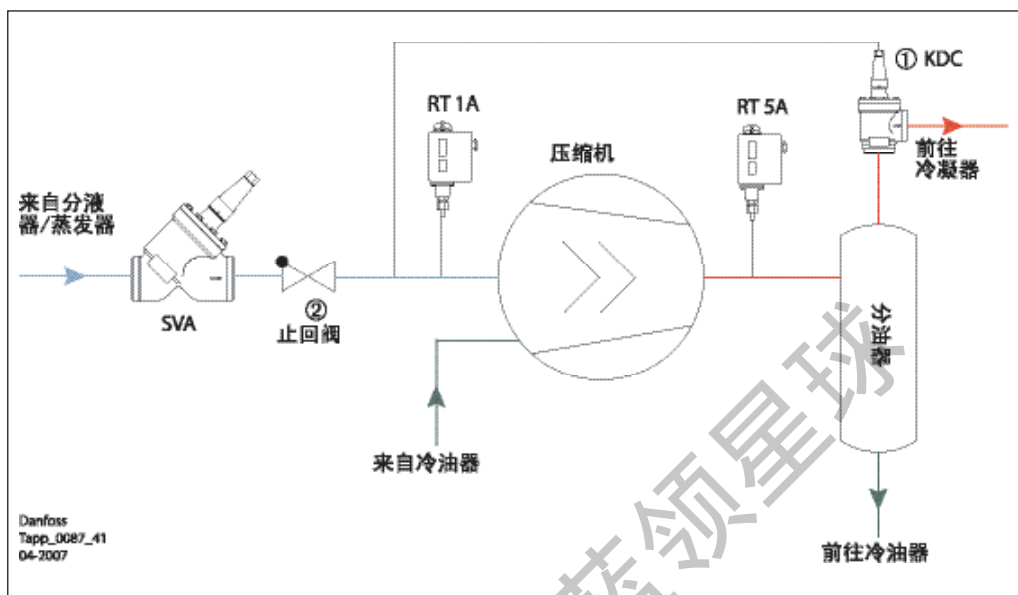
\* 条件: R717, 热气管路,  $T_{liq} = 30^{\circ}\text{C}$ ,  $P_{disch} = 12\text{bar}$ ,  $\Delta P = 0.2\text{bar}$ ,  $T_{disch} = 80^{\circ}\text{C}$ ,  $T_e = -10^{\circ}\text{C}$

压差导阀 - CVPP (HP)	
材料	阀体: 不锈钢
制冷剂	所有常用的不易燃制冷剂, 包括 R717
介质温度范围 [°C]	-50 至 120
最大工作压力 [bar]	CVPP(HP): 28
调节范围 [bar]	0 至 7, 或 4 至 22, 视订货情况而定

应用范例 6.2.2:  
使用 KDC 的油压差控制

— HP 蒸汽制冷剂  
— LP 蒸汽制冷剂  
— 润滑油

- ① 压差调节器  
 ② 止回阀  
 (通常为压缩机的组成部分)



此范例的操作原理与范例 6.2.1 相同。多功能压缩机阀 KDC ① 将保持开启状态，直至分油器和吸入管之间的压差超过设定值，同时分油器中的压力大于冷凝压力时为止。

KDC ① 阀门有一些优点，例如它能够用作止回阀（它不能通过背压方式打开），并且打开阀门时所形成的压降较小。

但是，KDC ① 也有一些不足之处。阀门是不可调节的，压差设定值数量有限，而且需要在吸入管中安装止回阀 ②。

如果不安装止回阀，那么将会有大流量的反向流从分油器流向压缩机。另外，在压缩机和分油器之间不能安装止回阀，否则 KDC 可能需要很长的时间才能关闭。

## 技术数据

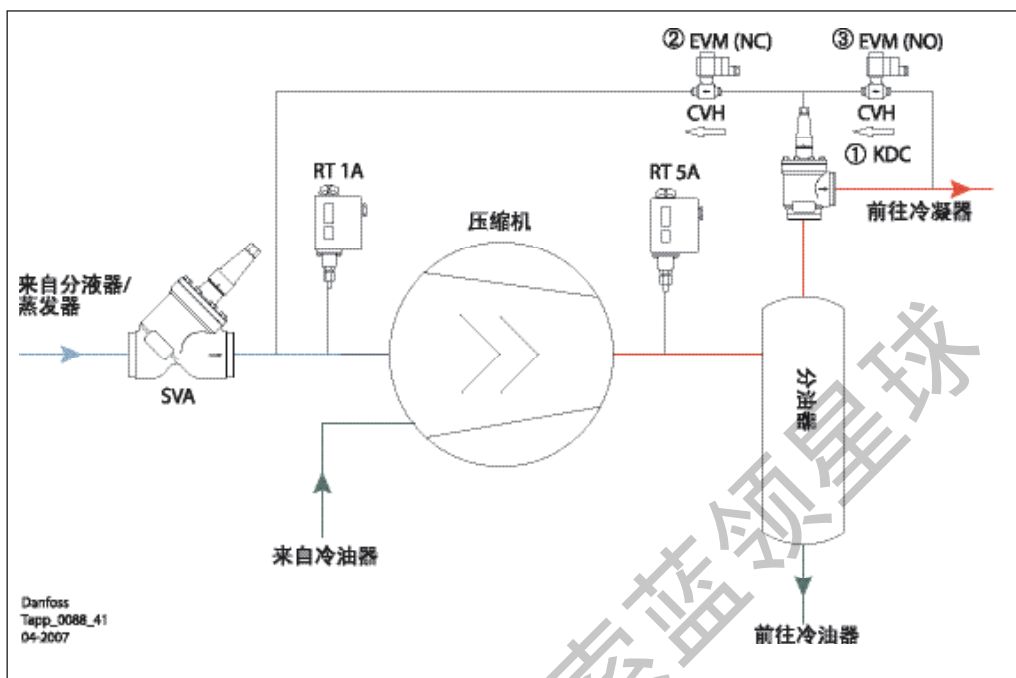
多功能压缩机阀 - KDC	
材料	低温钢
制冷剂	所有常用的制冷剂，包括 R717
介质温度范围 [°C]	-50 至 150
最大工作压力 [bar]	40
DN [mm]	65 至 200
额定容量* [kW]	435 至 4207

\*条件: R717, +35°C/-15°C, ΔP = 0.05bar

应用范例 6.2.3:  
使用 KDC 和 EVM 导阀控制  
油压差

■ HP 蒸汽制冷剂  
■ LP 蒸汽制冷剂  
■ 润滑油

- ① 多功能压缩机阀
- ② 电磁阀（常闭）
- ③ 电磁阀（常开）



如果不可能在吸入管上安装止回阀，或者压缩机和分油器之间装有止回阀，就可以使用装有 EVM 导阀的 KDC ①。

压缩机停止时，EVM NC ② 应当关闭，而 EVM NO ③ 则将打开。这样，EVM NO 就可以平衡 KDC 弹簧上的压力并在稍后关闭。

如图所示，这些 EVM 导阀安装在使用 CVH 支架的外部管路上。在压缩机的启动过程中，系统的工作方式与以前范例 (6.2.2) 中的工作方式相同。

请注意 CVH 和 EVM 导阀的安装方向。

6.3 油回收系统

工业制冷氨系统中的压缩机通常只是需要油润滑的组件。因此，压缩机分油器的功能是防止润滑油进入制冷系统。

但是，润滑油可以通过分油器流动到制冷系统中，并经常聚集在分液器和蒸发器的低压端，导致降低了它们的功效。

如果有过量的润滑油从压缩机进入系统，压缩机中的润滑油将减少，就会有油位降至压缩机制造商设定的最小限定值以下的危险。回油系

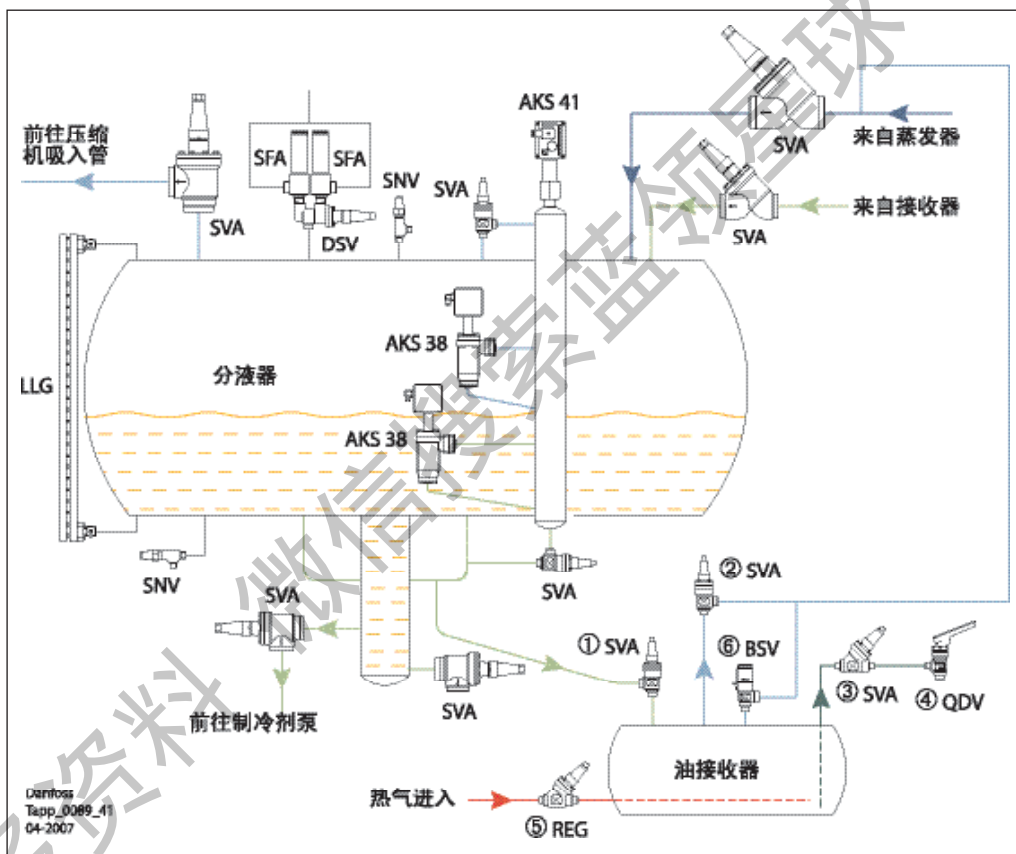
统主要和能够与油混合的制冷剂一起使用，如 HFC/HCFC 系统。因此，回油系统有两大功能：

- 抽走低压端的润滑油
- 重新为压缩机供油。

但是，务必知道任何从氨冷却系统低压端抽走的油不适合再供压缩机使用，而且应将其从制冷系统中清除。

应用范例 6.3.1: 从氨系统中排出润滑油

- HP 蒸汽制冷剂
  - 制冷剂的液体/蒸汽混合物
  - LP 蒸汽制冷剂
  - LP 液体制冷剂
  - 润滑油
- ① 截止阀
  - ② 截止阀
  - ③ 截止阀
  - ④ 快速关闭泄油阀
  - ⑤ 调节阀
  - ⑥ 安全卸压阀



在氨系统中使用非互溶的润滑油。由于润滑油比液态氨重，因此它将停留在分液器的底部，而无法通过吸入管返回压缩机。

因此，通常情况下，氨系统中的润滑油将被从分液器排放到油接收器。这样就可以比较容易地将油从氨中分离出来。

在排放润滑油时，关闭截止阀①和②，并打开热气管路，从而让热气来提高压力并加热冷却油。

随后，使用快速关闭泄油阀 QDV④ 排放润滑油，当油被排空，氨开始出现时，可以快速关闭 QDV。

必须在 QDV 和接收器之间安装截止阀 SVA③。此阀门在油被排空之前打开，并在排空之后关闭。

在将油从氨中排出的过程中，必须采取必要的预防措施。

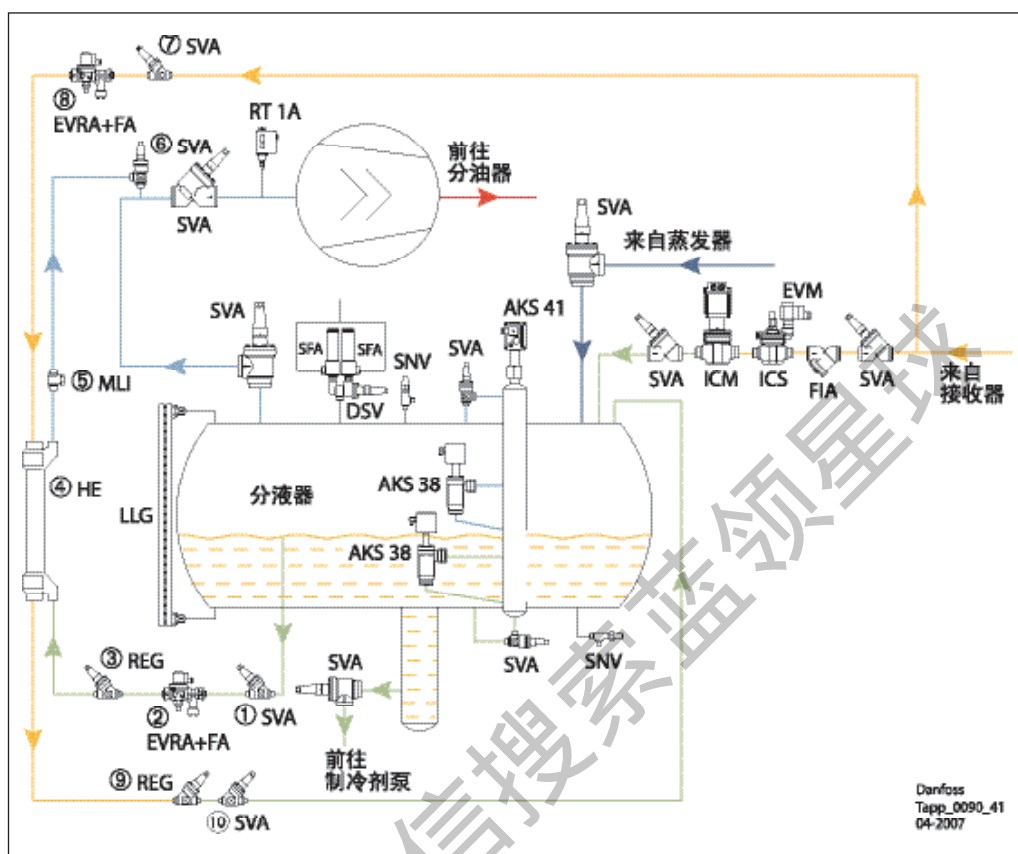
技术数据

	快速关闭泄油阀 - QDV
材料	外壳: 钢
制冷剂	通常与 R717 一同使用; 适用于所有常见的不易燃制冷剂。
介质温度范围 [°C]	-50 至 150
最大工作压力 [bar]	25
DN [mm]	15

应用范例 6.3.2:  
从氟化系统中排出润滑油

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂
- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 蒸汽制冷剂
- LP 液体制冷剂

- ① 截止阀
- ② 电磁阀
- ③ 调节阀
- ④ 换热器
- ⑤ 视液镜
- ⑥ 截止阀
- ⑦ 截止阀
- ⑧ 电磁阀
- ⑨ 调节阀
- ⑩ 截止阀



在氟化系统中，主要使用可溶的润滑油。在管路设置良好的系统中（斜面、油循环等），无须对油进行回收，因为油会随着制冷剂蒸汽返回。

但是，在低温设备中，润滑油可能会驻留在低压容器内。润滑油要比常用的氟化制冷剂轻，因此不可能按照氨系统中使用的简单方法将其排出。

润滑油驻留在制冷剂的上部，其液位会随着制冷剂的液位而发生波动。

在此系统中，由于存在重力作用，制冷剂将从分液器移动到换热器④。

低压制冷剂由高压液体制冷剂加热并蒸发。

制冷剂蒸汽与润滑油混合在一起，并返回吸入管。从分液器流出的制冷剂将被从工作液位的位置中取出。

调节阀 REG ⑤ 按照此种方式进行调节，即从视液镜 MLI ⑤ 看不到液体制冷剂的液滴。Danfoss 换热器 HE 可以用于回收润滑油。

制冷剂也可以从泵排放管取出。在这种情况下，制冷剂是否从工作液位的位置取出与否其实并不重要。

技术数据

	换热器 - HE
制冷剂	所有氟化制冷剂
介质温度范围 [°C]	-60 至 120
最大工作压力 [bar]	HE0.5、1.0、1.5、4.0: 28 HE8.0: 21.5
DN [mm]	液体管路: 6 至 16 吸入管: 12 至 42

6.4  
小结

解决方案		应用	优点	缺点
<b>油冷却系统</b>				
水冷却, WVTS 水阀		船舶设备车间等冷水资源成本低廉的地方	简单高效	可能成本较高, 需要单独的水管
热管冷却, ORV		所有类型的制冷设备	润滑油由制冷剂进行冷却, 同时设备效率不受影响	需要额外的管道, 并在规定的高度安装 HP 液体接收器
空气冷却, ORV		装有供电组的大型商业制冷系统。	安装简单, 无需额外的管道或水	在不同的季节, 油温可能会有较大的波动; 空气冷却器对于大型设备而言可能太大
<b>油压差控制</b>				
ICS + CVPP			配置灵活, 可以有不同的设定值	需要安装止回阀
KDC		螺杆压缩机 (必须得到压缩机厂商的确认)	无需排放止回阀, 压降低于 ICS 解决方案。	需要在吸入管上安装止回阀, 不能改变设定值
KDC+EVM			与以前的相同, 但无须在吸入管上安装止回阀。	需要外部管道, 不能改变设定值
<b>油回收系统</b>				
从氨系统中回收油, QDV		所有的氨设备	简单安全	需要手工操作
从氟化系统中回收油, HE		低温氟化系统	不需要手动操作	调整操作比较复杂

## 6.5

## 参考文献

要查看按字母顺序排列的全部参考文献，请查询第 104 页。

## 技术宣传页/手册

类型	文献编号
BSV	RD.7F.B
CVPP	PD.HN0.A
EVM	PD.HN0.A
FIA	PD.FN0.A
HE	RD.6K.A
ICS	PD.HS0.A
KDC	PD.FQ0.A

类型	文献编号
MLI	PD.GH0.A
ORV	PD.HP0.A
QDV	PD.KL0.A
REG	RD.1G.D
SVA	PD.KD0.A
WVTS	RD.4C.A

## 产品说明书

类型	文献编号
BSV	RI.7F.A
CVPP	RI.4X.D
EVM	RI.3X.J
FIA	PI.FN0.A
HE	RI.6K.A
ICS	PI.HS0.A
KDC	PI.FQ0.A

类型	文献编号
ORV	RI.7J.A
QDV	PI.KL0.A
REG	PI.KM0.A
SVA	PI.KD0.B
WVTS	RI.4D.A

要下载最新版本的文献资料，请访问 Danfoss 网站。

其网址为：<http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球



## 7. 安全系统

所有的工业制冷系统都设计有不同的安全系统，以保护它们免受危险情况（例如超压）的影响。

应当防止或减轻任何可以预见的内部超压，使其对人员、财产和环境造成的危险程度降至最低。

政府对安全系统要求的控制非常严格；因此需要经常核实当地不同国家的法规对安全的要求。

**卸压装置**（例如卸压阀）的设计原理是：自动释放超压，以便不超过允许限定值的压力级别，并且在压力降到允许限定值以下后复位。

**温度限定设备**或限温器是一个温度驱动的装置，用于避免出现危险的温度；这样，系统就可以在出现问题或故障时部分或全部停止。

**限压器**是一种可以通过自动复位防止出现低压或高压的装置。

**安全压力断路器**安全开关用于通过手动复位对压力进行限制。

**液位断路器**是一个液位驱动的装置，用于防止出现不安全的液位。

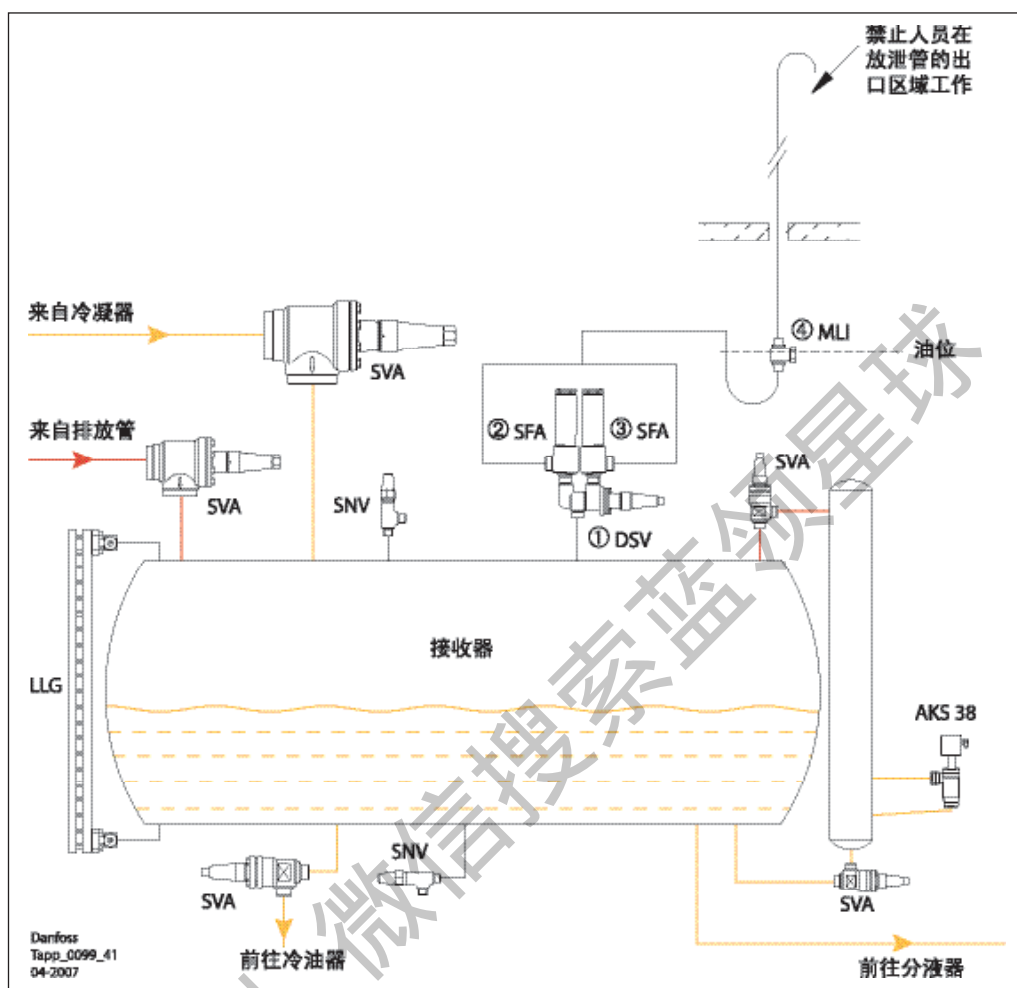
**制冷剂探测器**是一个能够对环境中预设制冷剂气体浓度产生感应的装置。Danfoss 生产制冷剂探测器 GD，欲了解更多信息，请参阅具体的应用指南。

### 7.1

#### 卸压装置

安装安全阀，以防止系统中的压力超过任何组件以及整个系统的最大允许压力。出现超压时，安全阀会将制冷剂释放到制冷系统。

安全阀的主要参数是释放压力和复位压力。通常，释放压力不应超过设定压力的 10%。此外，如果阀门没有复位或在很低的压力下复位，则将会损失大量的系统制冷剂。

应用范例 7.1.1:  
安全阀 SFA + DSV


— HP 蒸汽制冷剂  
— HP 液体制冷剂

- ① 双截止阀
- ② 安全卸压阀
- ③ 安全卸压阀
- ④ 视镜

系统中的所有容器以及压缩机上都必须安装卸压装置。

一般情况下，通常使用依赖于背压的安全卸压阀 (SFA)。安全阀应当与转换阀 DSV ① 一同安装，以保证在对其中某个阀门进行维护时，另外一个阀门仍可运转。

卸压装置需安装在靠近其要保护的系统零件的位置。为了检查卸压阀是否已经将压力排放到了大气中，可以在阀门的后面安装一个带有视镜 MLI ④ 且装满油的 U 形管。

**请注意：**有些国家不允许安装 U 形管。

安全阀出口管的设计必须保证当制冷剂被排出时，不会对人员造成危险。

通向安全阀的出口管中的压降对于阀门的功能而言非常重要。我们建议您针对有关如何调整这些管道尺寸的建议检查相关的标准。

## 技术数据

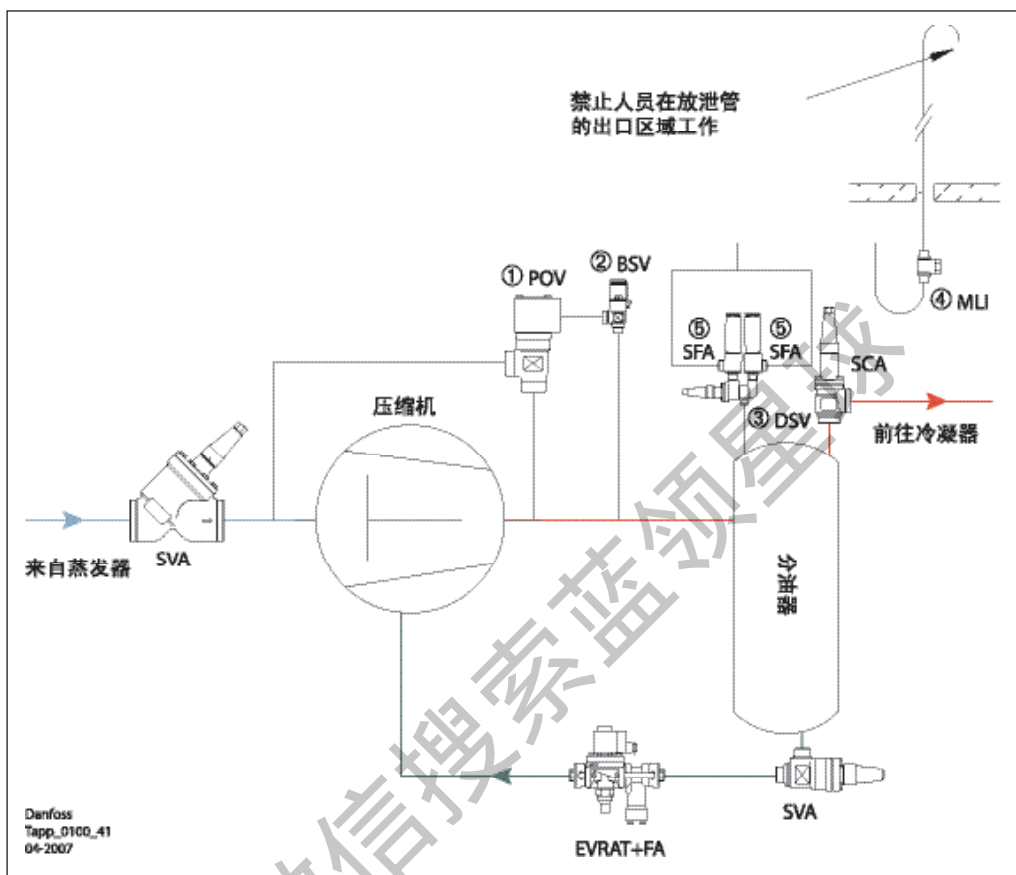
	安全卸压阀 SFA
材料	外壳：特种钢，适合用于低温应用
制冷剂	R717、HFC、HCFC 及其他制冷剂（取决于密封材料的兼容性）
介质温度范围 [°C]	-30 至 100
测式压力 [bar]	强度测试：43 泄漏测试：25
设定压力 [bar]	10 至 40

	双截止阀 - DSV 1/2
材料	外壳：特种钢，适合用于低温应用
制冷剂	所有常用的不易燃制冷剂，包括 R717
介质温度范围 [°C]	-50 至 100
最大操作压力 [bar]	40
$K_v$ 值 [m³/h]	DSV1: 17.5 DSV2: 30

## 应用范例 7.1.2: 内部安全阀-BSV 和 POV

— HP 蒸汽制冷剂  
— LP 蒸汽制冷剂  
— 润滑油

- ① 导阀控制的内部安全阀
- ② 内部安全阀
- ③ 双截止阀
- ④ 视液镜
- ⑤ 安全卸压阀



为了将制冷剂从高压端释放到低压端，必须使用不依赖于背压的卸压阀 (BSV/POV)。

BSV ② 可用作低流量的直接卸压阀，也可用作主阀 POV ① 的导阀。当排放压力超过设定值时，BSV 将打开 POV，以便将高压蒸汽释放到低压端。

安装不依赖于背压的卸压阀时无须安装转换阀。如果需要替换或者重新调整阀门，则必

须停止压缩机。如果分油器的排放管上安装了截止阀，那么必须采取措施保护分油器和压缩机，使其免受因外部热量或压缩热量而造成的超压破坏。

可以通过同时安装标准安全卸压阀 SFA ⑤ 和转换阀 DSV ③ 来进行保护。

## 技术数据

	安全卸压阀 BSV
材料	外壳: 特种钢, 适用于低温应用
制冷剂	R717、HFC、HCFC 及其他制冷剂 (取决于密封材料的兼容性)
介质温度范围 [°C]	使用外部安全卸压阀时: -30 至 100 使用 POV 的导阀时: -50 至 100
设定压力 [bar]	10 至 25
测式压力 [bar]	强度测试: 43 泄漏测试: 25

	导阀操控式内部安全阀 - POV
材料	外壳: 钢
制冷剂	R717、HFC、HCFC 及其他制冷剂 (取决于密封材料的兼容性)
介质温度范围 [°C]	使用 POV 的导阀时: -50 至 150
设定压力 [bar]	15 至 25
测式压力 [bar]	强度测试: 50 泄漏测试: 25
DN [mm]	40/50/80

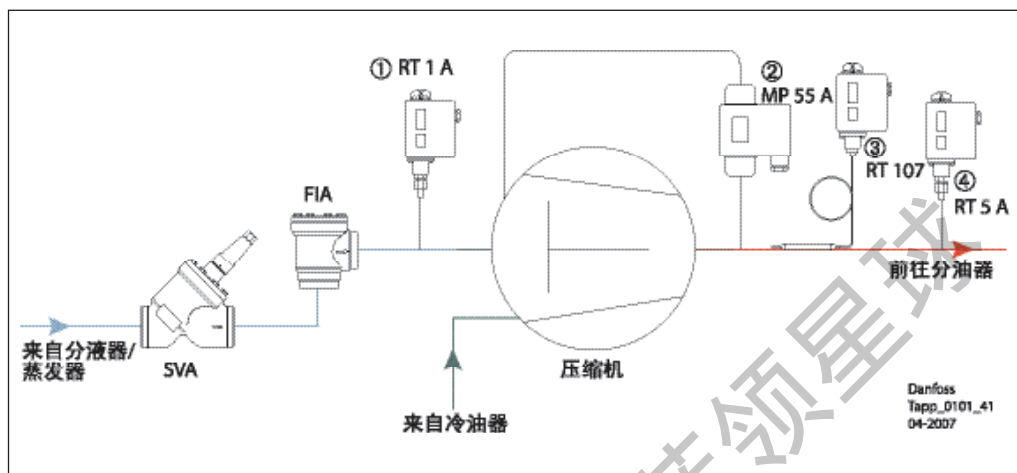
## 7.2

## 压力和温度限制装置

应用范例 7.2.1: 压缩机的压力/温度断路器

— HP 蒸汽制冷剂  
— LP 蒸汽制冷剂  
— 润滑油

- ① 低压断路器
- ② 低压差断路器
- ③ 高温断路器
- ④ 高压断路器



为了保护压缩机免受过高排放压力和温度或过低吸入压力的损害，需要安装开关 KP/RT。  
 RT 1A ① 是一个低压控制器，RT 5A ④ 是一个高压控制器，RT 107 ③ 是一个温度控制器。

活塞式压缩机使用油压差开关 MP 54/55 ② 在油压过低时停止压缩机。

压缩机启动过程中，如果压缩机没有在规定的时间内（0 - 120 秒）形成足够的压差，则油压差开关会将其关闭。

高压控制器的设定值必须低于高压端安全阀的设定值。低压开关的设定值由压缩机厂商确定。

## 技术数据

	温度控制器 - RT
制冷剂	R717 和氟化制冷剂，视订货情况而定
外壳	IP 66/54，视订货情况而定
最大感应球温度 [°C]	65 至 300，视订货情况而定
环境温度 [°C]	-50 至 70
调节范围 [°C]	-60 至 150，视订货情况而定
温度差 $\Delta t$ [°C]	1.0 至 25.0，视订货情况而定

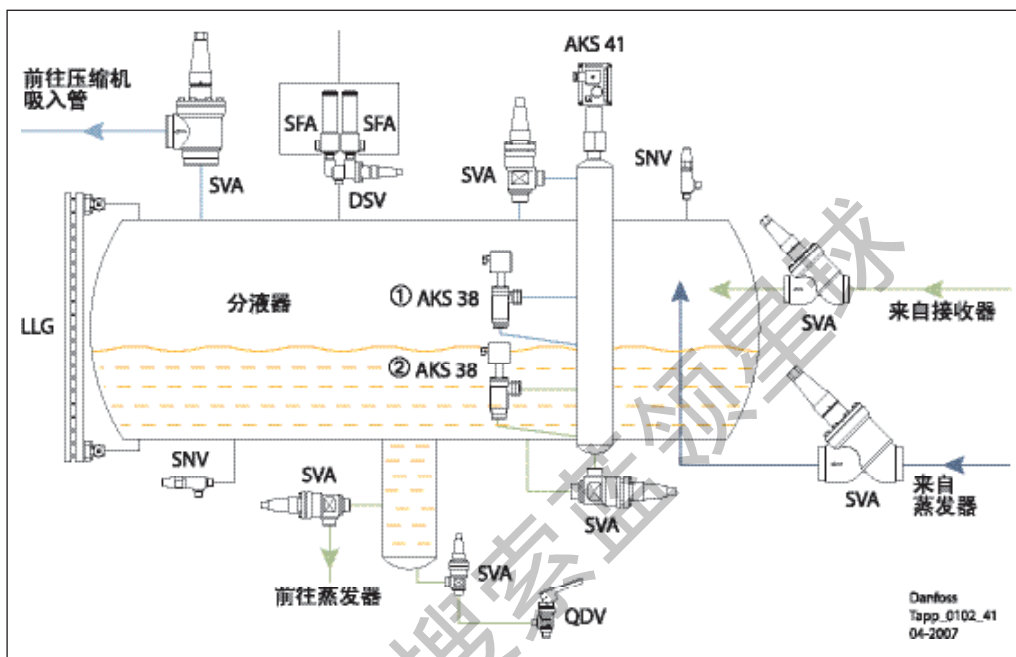
	压差控制 - MP 54/55/55A
制冷剂	MP 54/55: 氟化制冷剂 MP 55A: R717
外壳	IP 20
调节范围 $\Delta P$ [bar]	MP 54: 0.65/0.9 MP 55/55A: 0.3 至 4.5
最大工作压力 [bar]	17
最大测试压力 [bar]	22
操作范围 在 LP 端 [bar]	-1 至 12

7.3 液位装置

应用范例 7.3.1:  
分液器的高/低液位控制

- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 蒸汽制冷剂
- LP 液体制冷剂

- ① 高液位开关
- ② 低液位开关



高压端和低压端的容器装具有不同的液位开关。

高压接收器仅需安装低液位开关 (AKS 38)，以保证向膨胀装置供给所需的最低液位。

也可以安装视液镜 LLG，以对液位进行可视化监控。

低压容器一般装有高液位和低液位两个开关。安装低液位开关是为了保证有足够的制冷剂压

头，从而避免泵出现气穴现象。

安装高液位开关是为了保护压缩机免受水击。

还应当安装用于液位可视化监控的液位视镜 LLG。

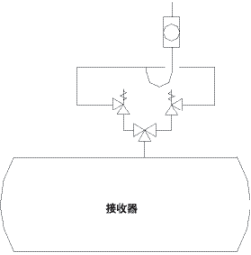
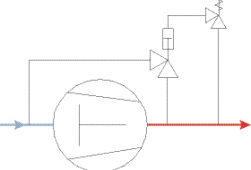
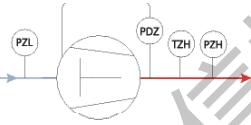

低压容器的 LLG 液位指示器可能要求安装视液液适配器，以便能够对液位进行观察，即使液位指示器上可能存有一定数量的霜。

技术数据

	液位开关 - AKS 38
材料	外壳: 铬酸锌铸铁
制冷剂	所有常用的不易燃制冷剂, 包括 R717。
介质温度范围 [°C]	-50 至 +65
最大工作压力 [bar]	28
测量范围 [mm]	12.5 至 50

	视镜 - LLG
制冷剂	所有常用的不易燃制冷剂, 包括 R717。
介质温度范围 [°C]	-10 至 100 或 -50 至 30, 视订货情况而定
最大工作压力 [bar]	25
长度 [mm]	185 至 1550

7.4  
小结

解决方案		应用
<b>安全阀</b>		
安全阀 SFA + 转换阀 DSV		保护容器、压缩机和换热器免受过压的破坏
溢流阀 BSV + 导阀操控式溢流阀 POV		保护压缩机和泵免受过压损坏
<b>压力断路器控制</b>		
压力断路器: RT		保护压缩机免受过高排放压力和过低吸入压力的破坏
压差断路器 MP 55		保护往复式压缩机免受过低油压的破坏
温度控制器 RT		保护压缩机免受过高排放温度的破坏
<b>液位装置</b>		
液位开关 AKS 38		保护系统免受容器的制冷剂液位过高/过低的破坏
液位视镜 LLG		容器中液体制冷剂液位的可视化监控

## 7.5

## 参考文献

要查看按字母顺序排列的全部参考文献, 请查询第 104 页。

## 技术宣传页/手册

类型	文献编号	类型	文献编号
AKS 38	RD.5M.A	POV	PD.ID0.A
BSV	RD.7F.B	RT 1A	PD.CB0.A
DSV	PD.IE0.A	RT 107	RD.5E.A
LLG	PD.GG0.A	RT 5A	PD.CB0.A
MLI	PD.GH0.A	SFA	PD.IF0.A
MP 55 A	RD.5C.B		

## 产品说明书

类型	文献编号	MP 55 A	RI.5C.E
AKS 38	RI.5M.A	类型	文献编号
BSV	RI.7F.A	POV	PI.ID0.A
DSV	PI.IE0.A / RI.7D.A	RT 1A	RI.5B.C
LLG	RI.6D.D	RT 5A	RI.5B.C
		SFA	RI.7F.F

要下载最新版本的文献资料, 请访问 Danfoss 网站。

其网址为: <http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

## 8. 制冷剂泵控制

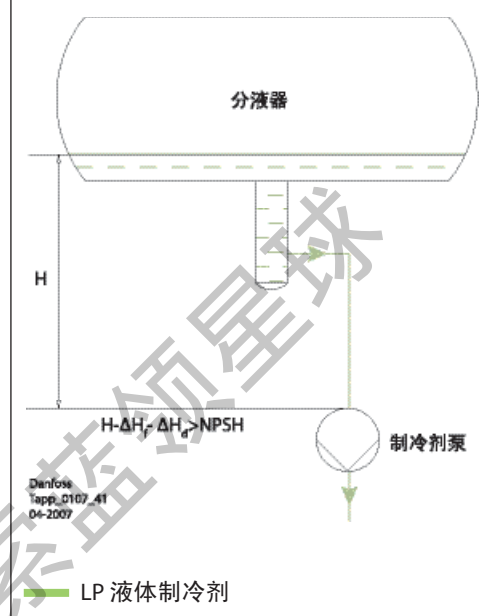
一般而言，工业制冷系统的液体制冷剂都会有泵循环。与 DX 类型的系统相比，泵循环系统具有下列优势：

- 泵能够有效地向蒸发器分配液体制冷剂，并能够使蒸汽与液体的混合物有效地返回泵分离器。
- 可以将过热度降低到 0K，借此提高蒸发器的效率，同时不会存在压缩机受到水击的风险。

安装泵时务必小心谨慎，以免出现气穴现象。只有当泵入口处的静态制冷剂液体压力低于（对应于此处的液体温度的）饱和压力时，才会发生气穴现象。

因此，泵以上的液体高度  $H$  必须至少能够补偿液体流过管道和阀门时因摩擦形成的压力损失  $\Delta H_f$ 、管道入口损失  $\Delta H_d$ ，以及液体进入泵叶轮的加速度  $\Delta H_p$ （泵净吸入压头，其缩写形式为 NPSH），如图 8.1 所示。

图 8.1  
泵的位置



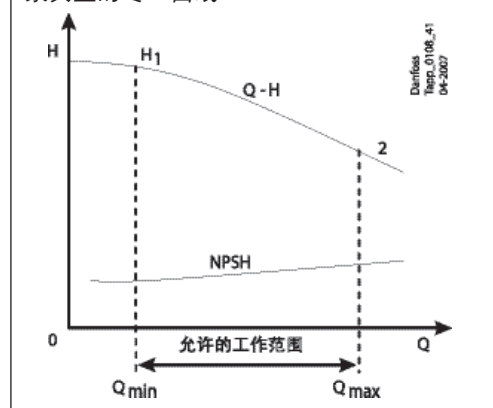
为了保证制冷剂泵的无故障运行，流经泵的制冷剂流量必须保持在允许的操作范围内，如图 8.2 所示。

如果流量过低，则电动机的热量会将部分制冷剂蒸发掉，并造成泵空转或泵出现气穴现象。

如果流量过高，泵的 NPSH（净正吸入压头）特性将在一定程度上受到损害，以至于可用的净正吸入压头变得很低，从而无法防止气穴现象。

因此，必须设计相应的系统，使制冷剂泵能够将液体流量保持在操作范围内。

图 8.2  
泵典型的 Q-H 曲线



### 8.1 通过压差控制实现泵保护

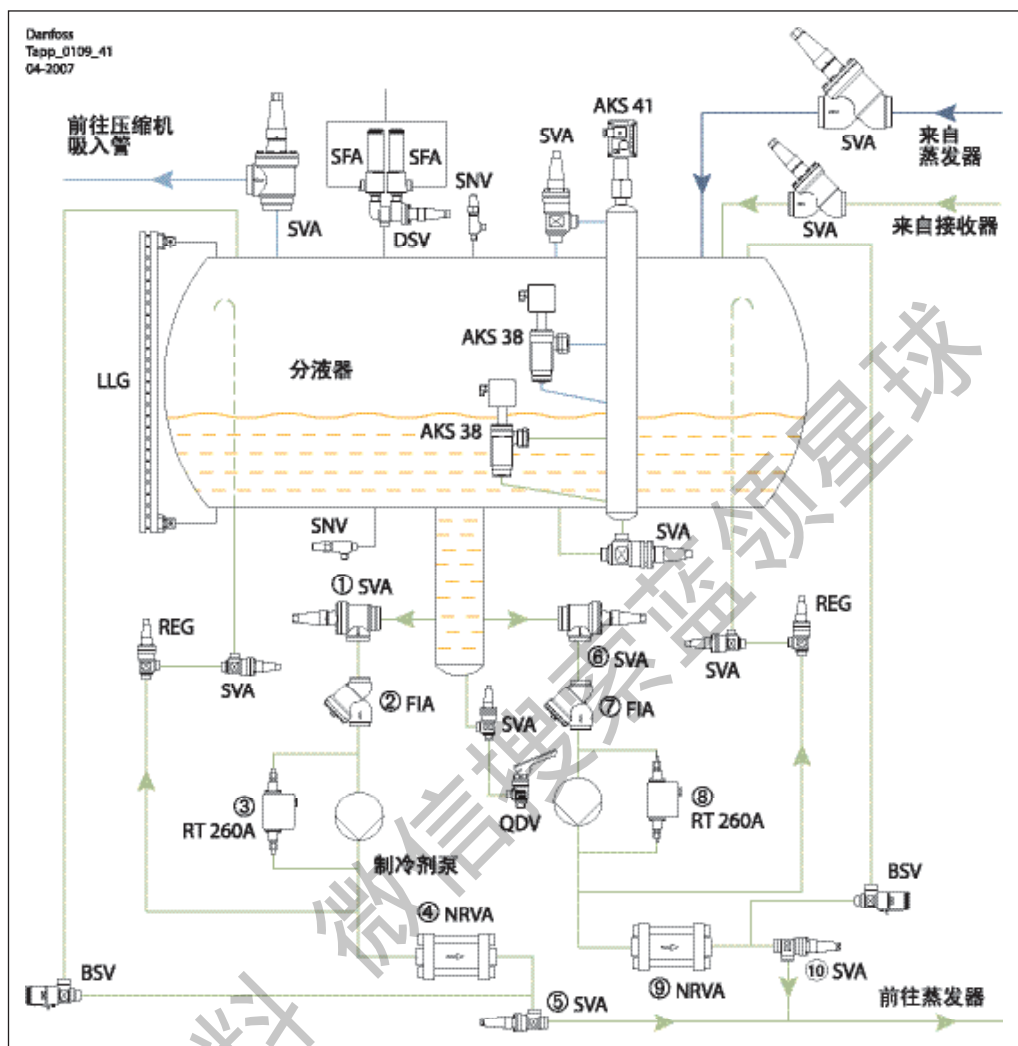
泵很容易受到气穴现象的破坏。为了避免出现气穴现象，重要的一点是使泵保持有足够的正吸入压头。为了获得足够的吸入压头，需要在分液器上安装低液位开关 AKS 38。

但是，即使安装了低液位开关，如果分液器的液位保持在最低允许液位以上，则仍会发生气穴现象。

例如，蒸发器上的不当操作可能会引起泵的液体流量增大，低液位开关可能会失效，泵前面的过滤器可能会被堵塞，等等。

所有这些都大致会出现气穴现象。因此，当压差降到图 8.2 中的  $H_2$  值（相当于  $Q_{max}$ ）时，为了保护泵不受到破坏，必须将其关闭。

应用范例 8.1.1: 通过压差控制实现泵保护  
RT 260A



— 制冷剂的液体/蒸汽混合物  
— LP 蒸汽制冷剂  
— LP 液体制冷剂

- ① 截止阀
- ② 过滤器
- ③ 压差开关
- ④ 止回阀
- ⑤ 截止阀
- ⑥ 截止阀
- ⑦ 过滤器
- ⑧ 压差开关
- ⑨ 止回阀
- ⑩ 截止阀

压差控制用于防止出现压差过低。所提供的 RT 260A ③ 和 ⑧ 不附带定时继电器，它们能够在压差降到压力控制设定值以下时，引起瞬间断开。

在泵管上安装过滤器 FIA ② 和 ⑦ 可以清除微粒，保护泵和自动控制阀免遭破坏、阻塞和一般的磨损。可以将过滤器安装在泵的吸入管上，也可以将其安装在排放管上。

如果将过滤器安装在泵前面的吸入管上，则它主要保护泵免受微粒的破坏。这在试运行的初始清理过程中尤为重要。由于压降可能会导致气穴现象，因此建议安装一个 500 $\mu$  的筛网。在清理时可以使用更细的筛网，但是在设计管路时请务必将压降考虑在内。此外，在每隔一段时间之后就需要更换一次筛网。

如果将过滤器安装在排放管上，那么压降就没有那么重要了，此时可以使用 150-200 $\mu$  的过滤器。需要注意的是，在这套设备中，微粒在被清除出系统之前仍然可以进入泵中。

泵的排放管上安装了止回阀 NRVA ④ 和 ⑨，以便防止在泵停止时出现倒流（压力）。

技术数据

	压差控制器 - RT 260A/252A/265A/260AL
制冷剂	R717 和氟化制冷剂，视订货情况而定
外壳	IP 66/54，视订货情况而定
环境温度 [°C]	-50 至 70
调节范围 [bar]	0.1 至 11，视订货情况而定
最大工作压力 [bar]	22/42，视订货情况而定



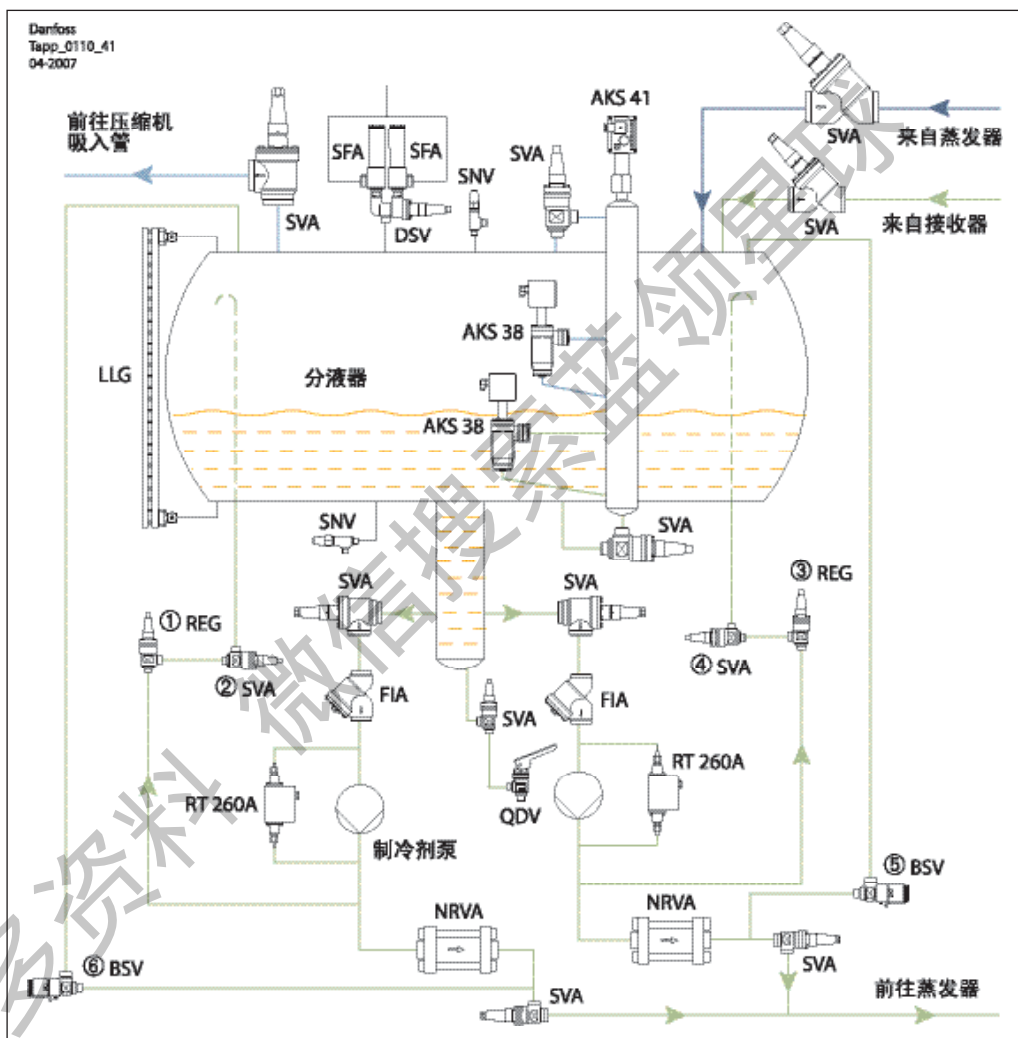
**8.2 泵旁路流量控制**

将流经泵的流量保持在最小允许值（图 8.2 上的  $Q_{min}$ ）之上最常见的方法是：为泵设计旁路流量。

即使系统中所有蒸发器的液体停止供应，旁路管仍然能够保证泵中有最少量的液体流量。

旁路管可以设计为安装有调节阀 REG，压差溢流阀 OFV，甚至仅仅一个流口。

应用范例 8.2.1: 使用 REG 控制泵的旁路流量



- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 蒸汽制冷剂
- LP 液体制冷剂
- ① 手动调节阀
- ② 截止阀
- ③ 手动调节阀
- ④ 截止阀
- ⑤ 内部安全卸压阀
- ⑥ 内部安全卸压阀

旁路管是针对所有装有调节阀 REG 的泵而设计的。内部溢流阀 BSV 的设计目的是释放过压。例

如，当截止阀关闭时，滞留在管道中的液体制冷剂会被加热至超高压。

技术数据

	调节阀 - REG
材料	特种耐冷钢，可用于低温操作
制冷剂	所有常用的不易燃制冷剂，包括 R717
介质温度范围 [°C]	-50 至 +150
最大工作压力 [bar]	40
测式压力 [bar]	强度测试: 80 泄漏测试: 40
$K_v$ 值 [ $m^3/h$ ]	对于完全打开的阀门: 0.17 至 81.4

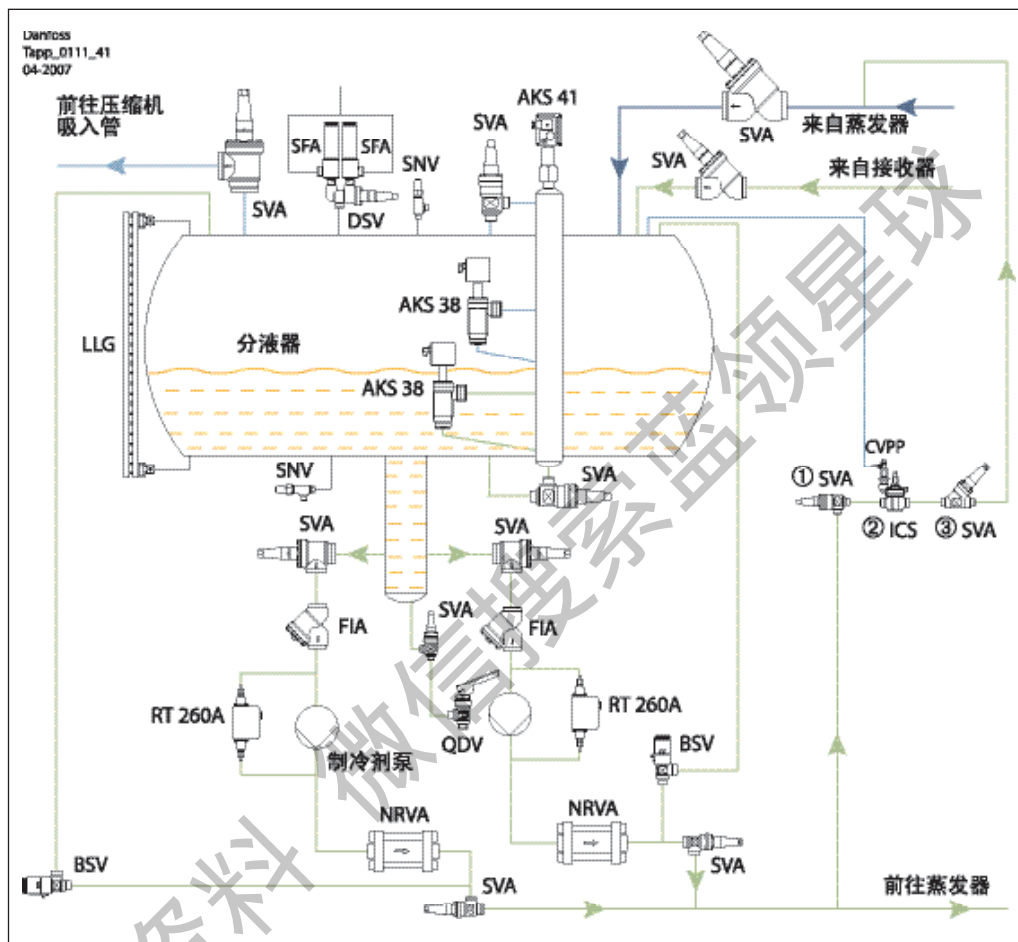
	安全卸压阀 BSV
材料	外壳: 特种钢，适用于低温应用
制冷剂	R717、HFC、HCFC 及其他制冷剂 (取决于密封材料的兼容性)
介质温度范围 [°C]	使用外部安全卸压阀时: -30 至 100 使用 POV 的导阀时: -50 至 100
设定压力 [bar]	10 至 25
测式压力 [bar]	强度测试: 43 泄漏测试: 25

**8.3 泵压控制**

对于某些类型的泵循环系统而言，非常重要的一点是：放置在蒸发器前面的永久设定的节流阀可以保持恒定的压差。

使用导阀操控式伺服阀 ICS 和导阀 CVPP 可以使泵的压差保持恒定，从而使节流阀的压差保持恒定。

应用范例 8.3.1: 使用 ICS 和 CVPP 控制泵的压差



- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 蒸汽制冷剂
- LP 液体制冷剂
- ① 截止阀
- ② 压差调节器
- ③ 截止阀

技术数据

	导阀操控式伺服阀 - ICS
材料	阀体: 低温钢
制冷剂	所有常用的制冷剂, 包括 R717 和 R744
介质温度范围 [°C]	-60 至 120
最大工作压力 [bar]	52
DN [mm]	20 至 80
	压差导阀 - CVPP
材料	阀体: 不锈钢
制冷剂	所有常用的不易燃制冷剂, 包括 R717
介质温度范围 [°C]	-50 至 120
最大工作压力 [bar]	CVPP(HP): 28 CVPP(LP): 17
调节范围 [bar]	0 至 7, 或 4 至 22, 视订货情况而定
K <sub>v</sub> 值 [m³/h]	0.4

8.4  
小结

解决方案		应用	优点	缺点
<b>通过压差控制实现泵保护</b>				
通过压差控制器 RT 260A 实现泵保护		适用于所有的泵循环系统。	操作简单。 可有效保护泵免受低压差破坏（与高流量对应）。	不适合使用易燃制冷剂。
<b>过滤器和止回阀</b>				
在泵管上安装过滤器 FIA 和止回阀 NRVA		适用于所有的泵循环系统。	操作简单。 可有效保护泵免受逆流和微粒的破坏。	吸入管上的过滤器如果发生堵塞，则可能会导致发生气穴现象。 但是微粒仍然可以通过排放管上安装的过滤器进入泵中。
<b>泵旁路流量控制</b>				
使用 REG 控制泵的旁路流量；使用安全卸压阀 BSV 进行保护		适用于所有的泵循环系统。	操作简单。 可有效可靠地保持泵的最小流量。安全阀可以有效地防止压力过大。	会浪费部分泵动力。
<b>泵压控制</b>				
使用 ICS 和 CVPP 控制泵压		适用于要求蒸发器前面的调节阀压差保持恒定的泵循环系统	为蒸发器提供恒定的压差和循环比。	会浪费部分泵动力。

8.5  
参考文献

要查看按字母顺序排列的全部参考文献，请查询第 104 页。

技术宣传页/手册

类型	文献编号
BSV	RD.7F.B
CVPP	PD.HN0.A
FIA	PD.FN0.A
ICS	PD.HS0.A

产品说明书

类型	文献编号
NRVA	RD.6H.A
REG	RD.1G.D
RT 260A	PD.CB0.A
SVA	PD.KD0.A

类型	文献编号
BSV	RI.7F.A
CVPP	RI.4X.D
FIA	PI.FN0.A
ICS	PI.HS0.A

类型	文献编号
NRVA	RI.6H.B
REG	PI.KM0.A
RT 260A	RI.5B.B
SVA	PI.KD0.B

要下载最新版本的文献资料，请访问 Danfoss 网站。  
其网址为：<http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

## 9. 其他

### 9.1 氟化系统中的干燥过滤器

水、酸和微粒会自然地出现在氟化制冷系统中。水可能会因安装、维护、泄漏等因素而进入系统，酸可通过分解制冷剂和油而产生，而微粒则通常来自钎焊/焊接残料以及制冷剂与油之间的反应等。

制冷剂和油的分解会导致酸的形成。

微粒则通常来自钎焊/焊接残料以及制冷剂与油之间的反应等。

如果无法将酸、水和微粒的含量保持在所允许的限定范围内，那么制冷系统的寿命将会大大缩短，甚至还会烧坏压缩机。

如果蒸发温度在 0°C 以下的系统中含水量过大，则将导致结冰，从而堵塞控制阀、电磁阀、过滤器等。系统中的微粒会增加压缩机和阀门的磨损程度，同时也加大了产生堵塞的可能性。如果没有水分，则酸将不具有腐蚀性。但是在水溶液中，酸就会腐蚀管道和钢板并使压缩机的热轴承表面产生电镀层。

此镀层将在热的轴承表面形成，包括油泵、曲轴、操纵杆、活塞环、吸入阀以及排放阀的弹簧片等。随着电镀层厚度的增加，轴承的润滑间隙将会减少，从而导致轴承的旋转温度越来越高。

由于轴承间隙的润滑油循环减少，轴承的冷却将受到影响。这将导致这些组件的温度越来越高。由于排放过热度的影响，阀板开始发生泄漏。随着问题逐渐变得严重，压缩机也很快就会发生故障。

然而，干燥过滤器能防止以上所有情况的发生。干燥过滤器主要有两个功能：干燥功能和过滤功能。

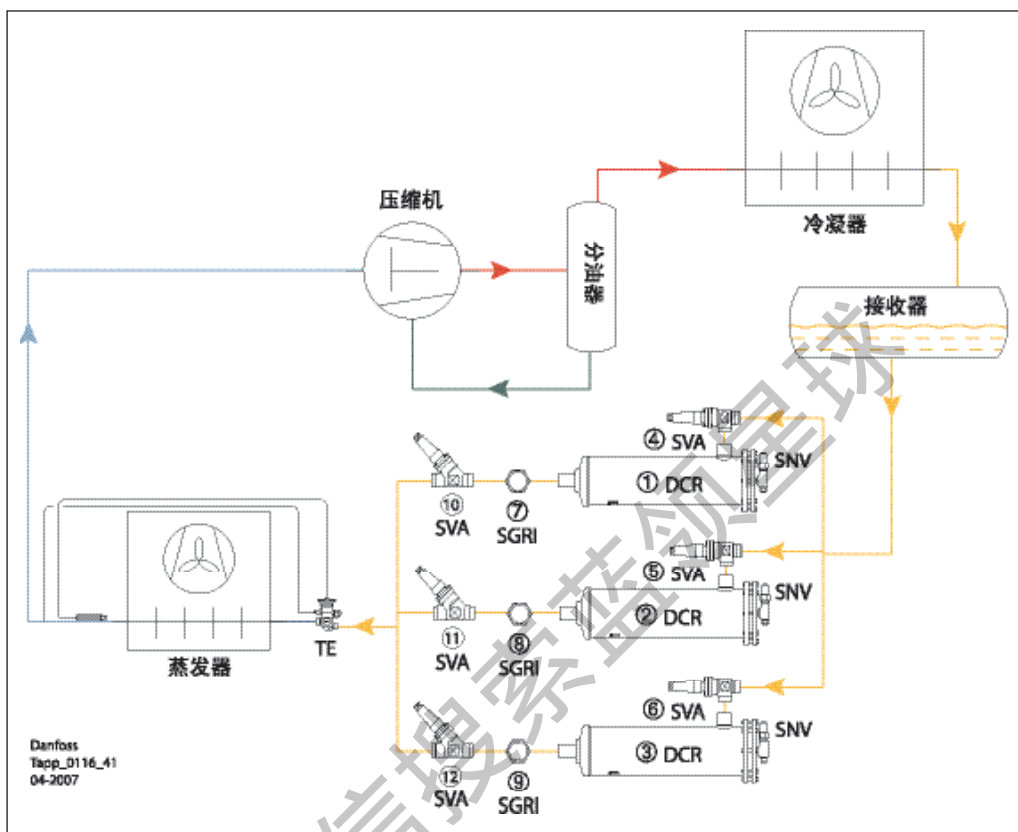
干燥功能主要是化学保护，包括水分和酸的吸附。目的是防止金属表面发生腐蚀，油和制冷剂发生分解，并避免电动机烧毁。

过滤功能主要是物理保护，包括截留任何种类的微粒和杂质，从而减少压缩机的磨损，保护其免受破坏，并大大延长其寿命。

应用范例 9.1.1:  
氟化系统中的干燥过滤器

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂
- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 蒸汽制冷剂
- 润滑油

- ① 干燥过滤器
- ② 干燥过滤器
- ③ 干燥过滤器
- ④ 截止阀
- ⑤ 截止阀
- ⑥ 截止阀
- ⑦ 视镜
- ⑧ 视镜
- ⑨ 视镜
- ⑩ 截止阀
- ⑪ 截止阀
- ⑫ 截止阀



对于氟化系统，干燥过滤器一般安装在膨胀阀前面的液体管路上。在这条管路上，流经干燥过滤器的只有纯液体，这与膨胀阀后面的双相液体流不同。

干燥过滤器两端的压降很小。此管路上的压降对系统性能的影响也是微乎其微。干燥过滤器装置还可以防止膨胀阀中结冰。

在工业设备中，一个干燥过滤器的容量不足以干燥整个系统，因此需要并行安装多个干燥过滤器。

DCR 是一个带有可互换实芯的干燥过滤器。有三种类型的实芯：DM、DC 以及 DA。

- **DM** - 100% 分子筛实芯，适用于 HFC 制冷剂 and CO<sub>2</sub>;
- **DC** - 80% 分子筛和 20% 的活性氧化铝实芯，适用于 CFC 和 HCFC 制冷剂并与 HFC 制冷剂相容;
- **DA** - 30% 分子筛和 70% 的活性氧化铝实芯，适用于压缩机烧毁后的清理，并与 CFC/HCFC/HFC 等制冷剂相容。

除上述一般的实芯外，Danfoss 还可以提供其他客户定制的实芯。Danfoss 还提供装有固定实芯的干燥过滤器。有关更多信息，请参考产品目录，或联系当地的 Danfoss 销售公司。

在干燥过滤器之后安装视镜（类型 SGRI，带有 HCFC/CFC 指示器）显示干燥后水分的含量。Danfoss 公司还提供装有其他类型制冷剂指示器的视镜。有关更多信息，请参考 Danfoss 产品目录。

技术数据

	干燥过滤器 - DCR
制冷剂	CFC/HFC/HCFC/R744
材料	外壳: 钢
最大工作压力 [bar]	HP: 46, 请参考订货情况
操作温度范围 [°C]	-40 至 70
实芯	DM/DC/DA

## 9.2 CO<sub>2</sub>系统中的干燥过滤器

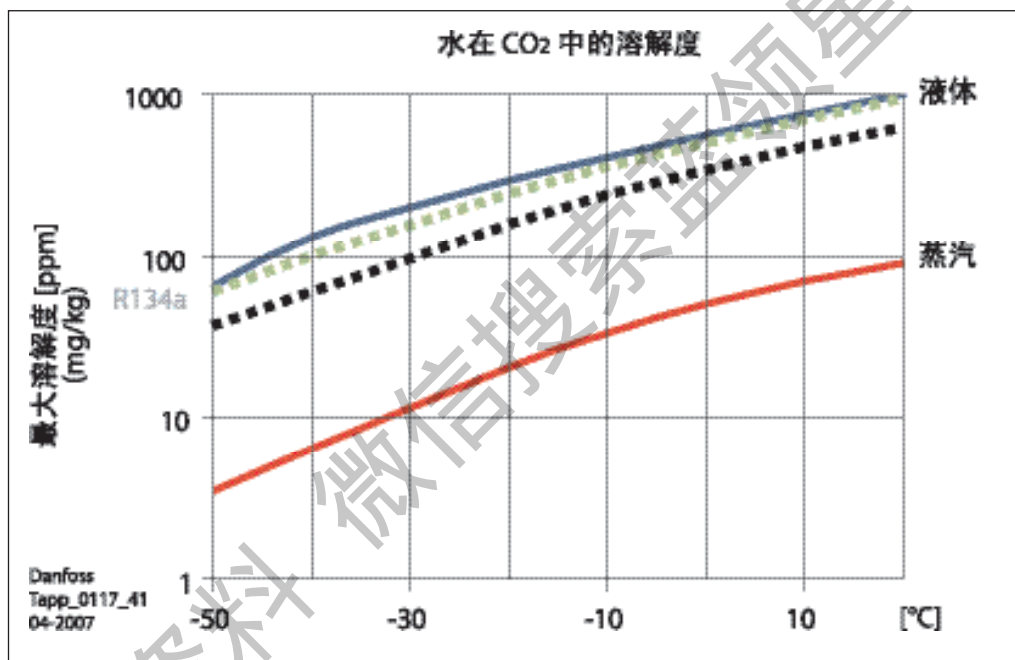
在很多情况下，CO<sub>2</sub> 都是一种不很复杂的制冷剂，但是与其他常用的制冷剂相比，它具有一些独有的特征。其中之一就是水能够溶于 CO<sub>2</sub>。如下图所示，R134a 液体和蒸汽相的可溶性几乎没有差别。但是，如果使用了 CO<sub>2</sub>，二者的区别就会比较大。

当系统中存在水、酸和小颗粒时，在氟化系统中发生的变化也同样会出现在 CO<sub>2</sub> 系统中，例如颗粒引起堵塞，酸引起腐蚀等。

而且，水溶于 CO<sub>2</sub> 的特性也将增加 CO<sub>2</sub> 系统结冰的风险。在蒸发器中，当液态 CO<sub>2</sub> 蒸发时，

水溶于制冷剂的能力将大大降低，尤其是在循环比接近 1 时。这就带来了形成自由水的风险。如果发生此现象，且温度低于 0°C，则自由水将冻结，而冰晶体将堵塞控制阀、电磁阀、过滤器和其他设备。

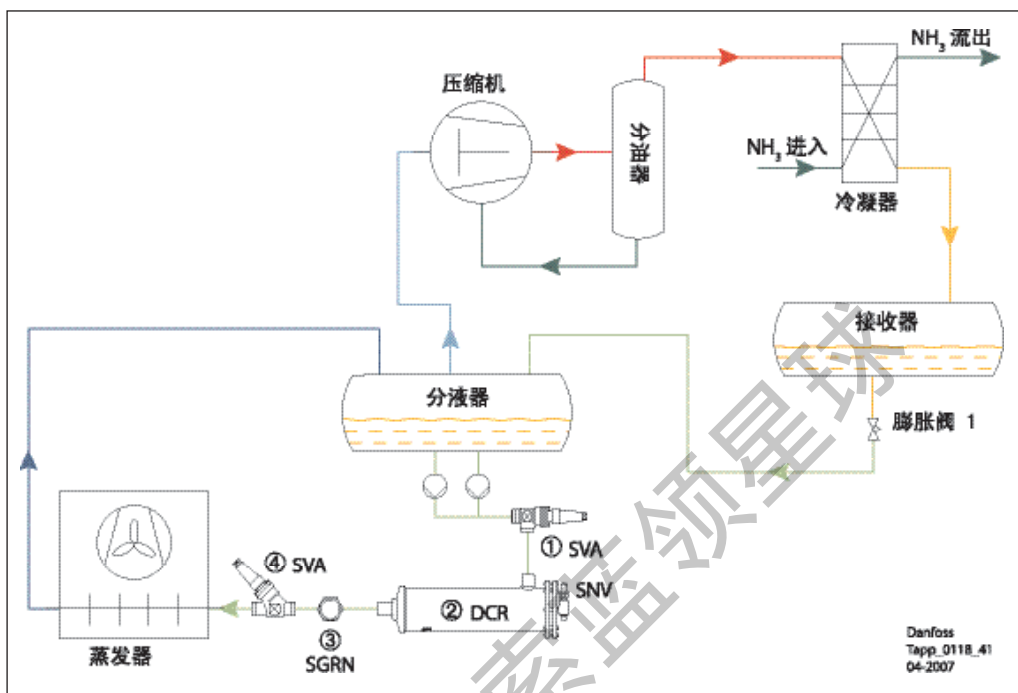
避免出现上述冻结、堵塞以及化学反应等现象最为有效的办法仍然是安装干燥过滤器。而且，氟化系统中使用的沸石型干燥过滤器也已经被证明对 CO<sub>2</sub> 系统同样有效。要在 CO<sub>2</sub> 系统中安装干燥过滤器，必须考虑独特的水溶性。



应用范例 9.2.1:  
CO<sub>2</sub> 抽运液体循环系统中的干燥过滤器

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂
- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 蒸汽制冷剂
- LP 液体制冷剂
- 润滑油

- ① 截止阀
- ② 干燥过滤器
- ③ 视镜
- ④ 截止阀



要在 CO<sub>2</sub> 系统中安装干燥过滤器，必须考虑下列标准：

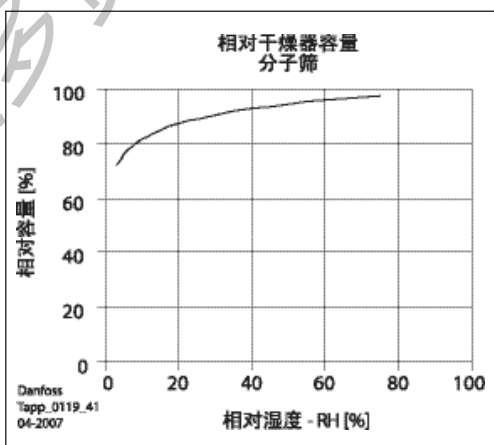
- **相对湿度**  
如下图所示，当 RH 值过低时，干燥过滤器的能力会迅速下降。
- **压降**  
干燥过滤器的压降必须很小。而且，系统的性能不能受到此压降的干扰和影响。
- **二相流**  
应当避免二相流流过干燥过滤器。因为这会增加冻结和堵塞的危险（由于独特的水溶性特征）。

建议在 CO<sub>2</sub> 抽运液体循环系统中蒸发器前面的液体管路上安装干燥过滤器。在这些管线上，RH 值比较高，不存在二相流，而且对压降不敏感。

建议不要安装在其他位置，原因如下：

1. 在压缩机 - 冷凝器 - 膨胀阀循环中，RH 值比较低。在分液器中，90% 以上的水都是以液体相存在的，因为与液体相比，蒸汽 CO<sub>2</sub> 的可溶性比较低。因此，吸入蒸汽带入压缩机循环的水分很少。如果此循环中安装了干燥过滤器，那么干燥器的工作量将会很少。
2. 在湿润的吸入管中，由于两相流的原因，存在“冻结”的风险（如上所述）。
3. 在制冷剂泵前面的液体管路中，压降增加了泵出现气穴现象的风险。

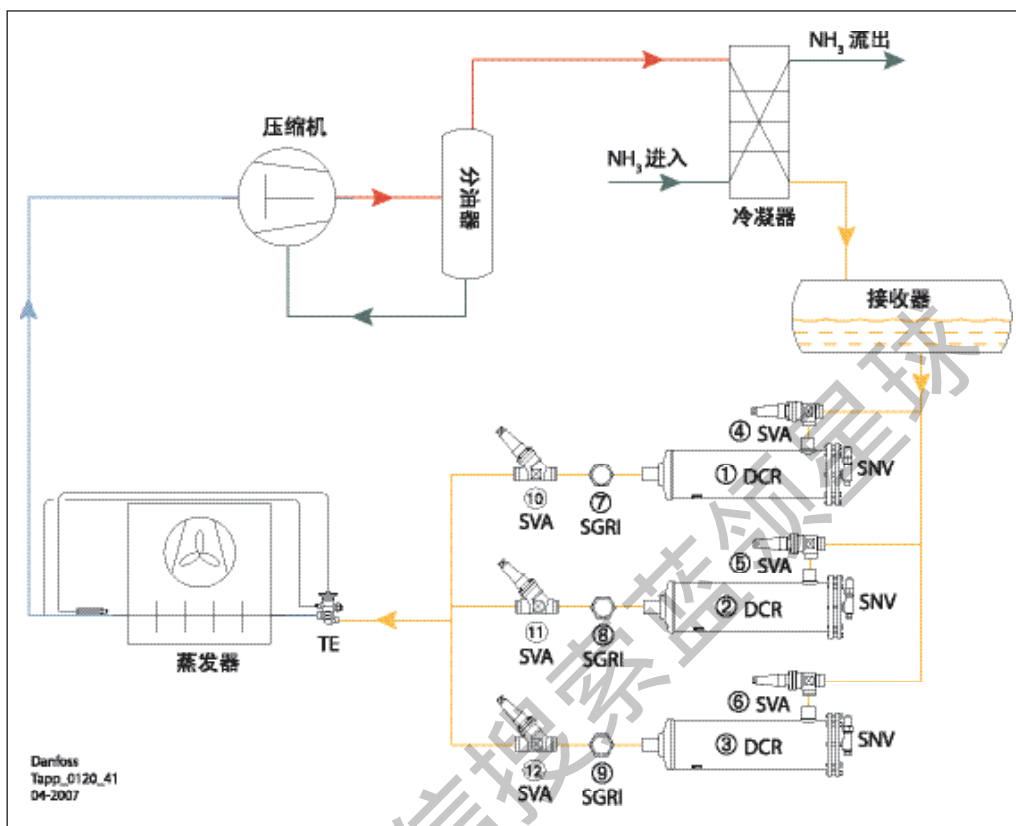
如果一个干燥过滤器的处理能力不够，那么可以考虑并行安装多个干燥过滤器。



应用范例 9.2.2:  
CO<sub>2</sub> 系统中的干燥过滤器

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂
- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 蒸汽制冷剂
- 润滑油

- ① 干燥过滤器
- ② 干燥过滤器
- ③ 干燥过滤器
- ④ 截止阀
- ⑤ 截止阀
- ⑥ 截止阀
- ⑦ 视液镜
- ⑧ 视液镜
- ⑨ 视液镜
- ⑩ 截止阀
- ⑪ 截止阀
- ⑫ 截止阀



在 CO<sub>2</sub> DX 系统中，整个系统中水的浓度都是相同的，所以 RH 仅仅达到制冷剂的水溶性。

尽管由于高温液态 CO<sub>2</sub> 较高的水溶性，膨胀阀之前的液体管线中的 RH 比较相对较小，但是我们仍然建议在此管线安装干燥过滤器，原因如下：

1. 吸入和排放管对压降比较敏感，而且吸入管中出现冰冻的风险比较高。尽管 RH 值比较高，但还是建议不要在此处安装干燥过滤器。
2. 在膨胀阀后面的液体管路，由于二相流的原因，也应避免安装干燥过滤器。



### 9.3 氨系统的除水

与氟化系统和 CO<sub>2</sub> 系统相比，氨系统中的水问题比较独特：

氨和水的分子结构类似，微小且有极性，因此氨和水是完全可以互溶的。

由于氨和水分子的相似性，因此没有有效的干燥过滤器可以用于氨系统。而且，由于水高度溶于氨中，所以很难从氨水溶液中提取水分。

水和氨将会共存并且可以用作一种非共沸制冷剂，这种制冷剂的饱和 P-T 关系已经不再与无水氨相同。

以下因素说明了为什么氨系统很少被设计为 DX 系统：一方面，如果有水，液态氨很难完全蒸发，而这会导致水击；另一方面，当饱和 P-T 关系发生改变时，热力膨胀阀应如何正确发挥作用？

抽运液体循环系统能够很好地避免可能出现的水对压缩机的破坏。如果只有蒸汽进入吸入管，那么就可以避免水击；而只要液体中没有太多的水，那么蒸汽中就几乎不会含有水分（< 建议最大值的 0.3%），这样就能有效地避免水污染油的问题。

尽管抽运液体循环系统能够有效地避免压缩机遭到破坏，它同时也必须承担水所带来的不引人注意的损失：

- **系统的 COP 会减少**  
制冷剂的饱和 P-T 关系将会与纯氨不同。尤其是，在一定的压力下，制冷剂的蒸发温度要高于一般情况。这就会降低系统的制冷能力，并增加动力消耗。
- **腐蚀**  
有了水的存在，氨将变得有腐蚀性，并开始腐蚀管道、阀门、容器等。
- **压缩机问题**  
如果水分被带入压缩机（例如，由于分液器效率不高的原因），那么压缩机中将出现油和腐蚀的问题。

因此，为了使系统保持有效无故障的运行，建议对水的含量进行定期检测；如果水含量超出了允许范围，则采用某些措施除水。

基本上，有下列三种方式可以解决水污染问题：

- **改变装载量**  
适合于装载量较小的系统（例如带有板式蒸发器的冷却器），而且还必须遵守当地法规。
- **从蒸发器中清除**  
适合于没有热气除霜而靠重力驱动的系统。在这些系统中，当氨蒸发时，水会存留在液体中并残留在蒸发器中。
- **水精馏器**  
部分受到水污染的氨被排放到精馏器中，并在其中加热，其中的氨被蒸发出，而水则被排出。这对抽运液体循环系统而言是唯一的除水方法。

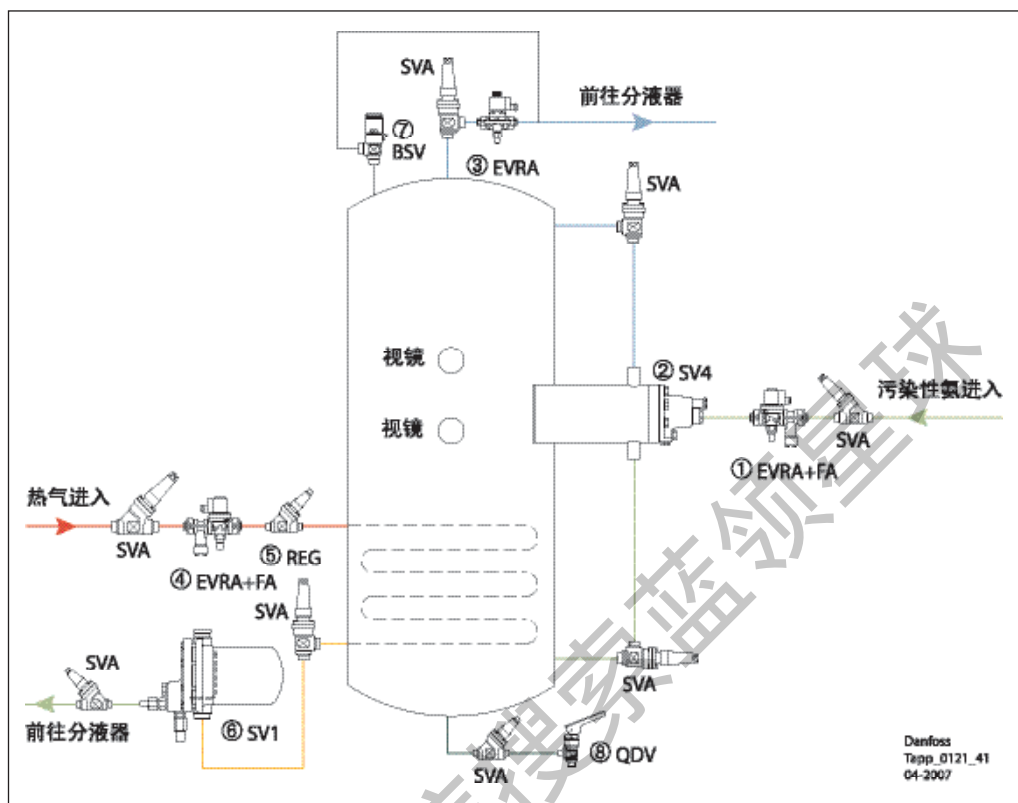
有关水污染以及氨制冷系统除水的详细信息，请参考 IAR 公报 108。

需要指出的一点是：水含量过低也有不利的一面，即有可能会造成某种特殊形式的钢腐蚀。但是，这在实际设备中不可能出现。

应用范例 9.3.1: 浮阀控制的热气加热水精馏器

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂
- LP 蒸汽制冷剂
- LP 液体制冷剂
- 润滑油

- ① 电磁阀
- ② 低压浮阀
- ③ 电磁阀
- ④ 电磁阀
- ⑤ 手动调节阀
- ⑥ 高压浮阀
- ⑦ 内部安全卸压阀
- ⑧ 快速排放阀
- ⑨ 截止阀



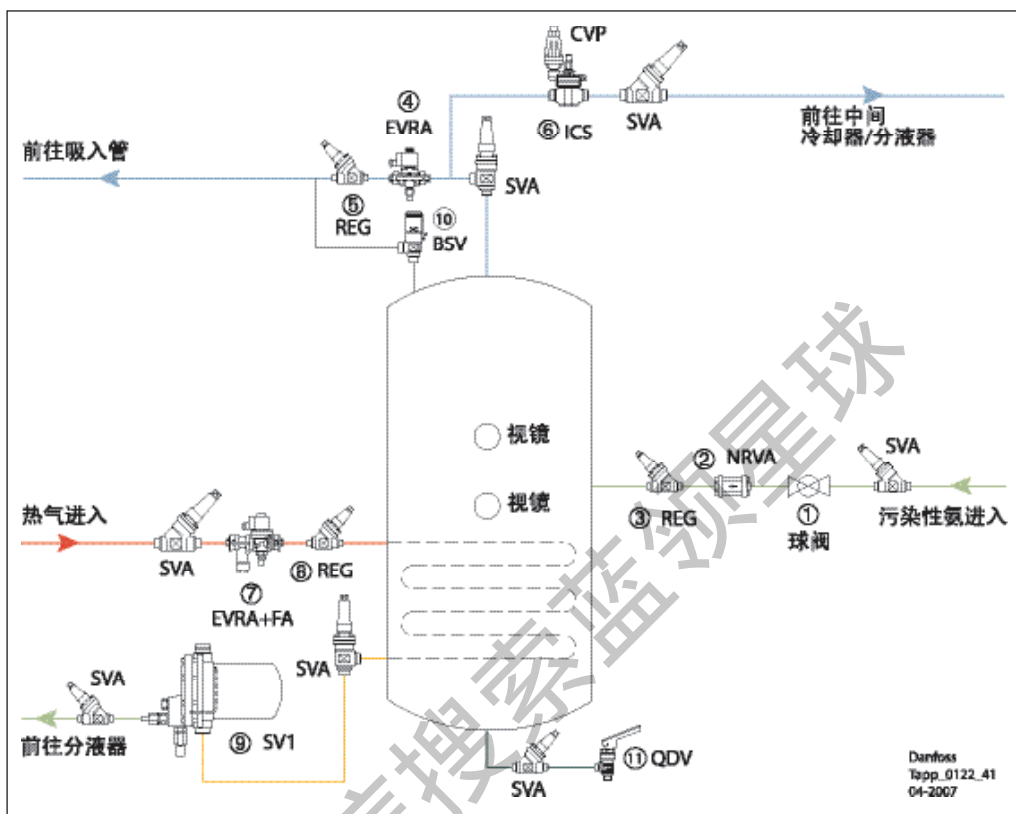
除水流程如下:

1. 接通电磁阀 EVRA ① 和 ③。被污染的氨将被排放到精馏容器。当容器中的液位达到设定液位时，浮阀 SV4 ② 将关闭。
  2. 接通电磁阀 EVRA ④。热气被输送到容器内部的线圈并开始对被污染的氨加热。氨开始蒸发，水仍残留在液体中。浮阀 SV1/3 ⑥（装有特殊的工具，如点线所示）能够根据热负载控制热气的流量，并将加热温度保持为热气的冷凝温度。当容器中的氨蒸发，液位下降时，浮阀 SV4 ② 将会打开并将更多受到污染的氨排放到容器中。
  3. 当精馏结束时，容器和线圈中的液位都将停止变化，浮阀 ② 和 ⑥ 将会关闭。断开电磁阀 ① 和 ④，然后打开截止阀 SVA 和排放阀 QDV ⑧，将残留在容器中的水分全部排空。
  4. 关闭排放阀 QDV ⑧ 和截止阀 SVA ⑨。然后断开电磁阀 ③，停止除水流程。如有必要，重复第一步，继续除水流程。
- 出于安全方面的考虑，需要在容器上安装安全卸压阀 BSV ⑦，以避免形成过压。

应用范例 9.3.2: 用热气加热  
装有浮阀和球阀的水精馏器

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂
- LP 蒸汽制冷剂
- LP 液体制冷剂
- 润滑油

- ① 球阀
- ② 止回阀
- ③ 手动调节阀
- ④ 电磁阀
- ⑤ 手动调节阀
- ⑥ 压力调节阀
- ⑦ 电磁阀
- ⑧ 手动调节阀
- ⑨ 高压浮阀
- ⑩ 内部安全卸压阀
- ⑪ 快速排放阀
- ⑫ 截止阀



这是一个手动的除水流程。

除水步骤如下:

1. 接通电磁阀 EVRA ④, 然后手打开球阀 ①。低压端受污染的氨将被排放到水精馏器中。当容器中的氨达到要求的液位时 (通过视液镜监控测得), 关闭球阀 ① 并断开电磁阀 EVRA ④。
2. 接通电磁阀 EVRA ⑦。热气被输送到容器内部的线圈, 并开始对被污染的氨进行加热, 随后氨将蒸发, 水分则残留在液体中。浮阀 SV1/3 ⑨ (内部装有特殊的工具, 如点线所示) 能够根据热负载控制热气的流量, 并将加热温度保持为热气冷凝的温度。

3. 当容器停止沸腾时 (通过视液镜监控测得), 断开电磁阀 EVRA ⑦, 然后打开截止阀 SVA ⑫。利用排放阀 QDV ⑪ 将水/氨混合物从容器中排出。

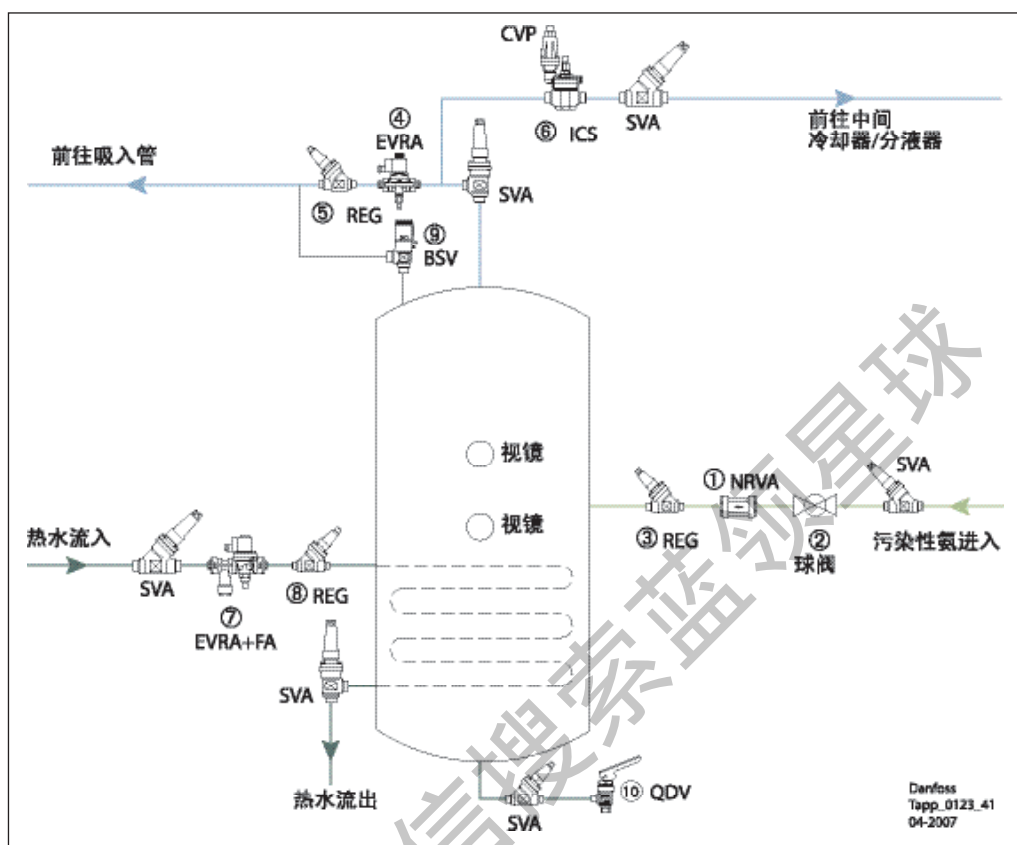
在蒸馏过程中, 重要的是要保持容器压力和温度适当。温度不能太高, 否则水分会蒸发。此外, 温度也不能太低, 否则会有太多的氨溶在液体里, 残留在容器中; 如果与水一起排出, 则会造成浪费。这一点是通过装有恒压导阀 CVP 的伺服阀 ICS ⑥ 来实现的, ICS 能够将容器中的压力保持在最佳的级别。

出于安全考虑, 需要在容器上安装安全卸压阀 BSV ⑩, 以避免形成过压。

## 应用范例 9.3.3: 通过热水加热水精馏器

— HP 蒸汽制冷剂  
— HP 液体制冷剂  
— LP 蒸汽制冷剂  
— LP 液体制冷剂  
— 润滑油  
— 水

- ① 球阀
- ② 止回阀
- ③ 手动调节阀
- ④ 电磁阀
- ⑤ 手动调节阀
- ⑥ 压力调节阀
- ⑦ 电磁阀
- ⑧ 手动调节阀
- ⑨ 内部安全卸压阀
- ⑩ 快速排放阀
- ⑪ 截止阀



这是一个使用热水作为加热源的手动除水流程。热水通过热回收供应。

除水步骤如下:

1. 接通电磁阀 EVRA ④, 然后手打开球阀 ①。低压端受污染的氨将被排放到水精馏器中。当容器中的氨达到要求的液位时(通过视液镜监控测得), 关闭球阀 ① 并断开电磁阀 EVRA ④。
2. 打开电磁阀 EVRA ⑦。热水被输送到容器内部的线圈中并开始对被污染的氨进行加热, 随后氨将蒸发, 水分则残留在液体中。
3. 当容器停止沸腾时(通过视液镜监控测得), 断开电磁阀 EVRA ⑦, 然后打开截止阀 ⑪。利用排放阀 QDV ⑩ 将水从容器中排出。

在蒸馏过程中, 重要的是要保持容器压力和温度适当。温度不能太高, 否则水分会蒸发。此外, 温度也不能太低, 否则会有太多的氨溶在液体里, 残留在容器中; 如果与水一起排出, 则会造成浪费。这一点是通过装有恒压导阀 CVP 的伺服阀 ICS ⑥ 来实现的, ICS 能够将容器中的压力保持在最佳的级别。

出于安全考虑, 需要在容器上安装安全卸压阀 BSV ⑨, 以避免形成过压。

## 9.4 除气系统

### 存在不可冷凝的气体

在制冷系统中，管道和配件中都充满了空气，在设备流程的出口位置存在不可冷凝的气体。因此，如果不采用良好的真空系统，那么制冷系统中就会残留空气。

此外，在以下情况下，空气会进入制冷系统：系统发生泄漏；系统打开进行维护；空气渗透到系统组件中；在焊接位置发生泄漏（此处氨的压力要低于大气压力，即低于  $-34^{\circ}\text{C}$  的蒸发温度）；添加油时等等。

而且，制冷剂中的杂质和（或）制冷剂或润滑油由于排放温度较高而产生的分解等都会产生不可冷凝的气体，例如氨分解成氮和氢。

### 位置与探测

不可凝气体滞留在冷却系统的高压端，主要存在于冷凝器温度最低和发生搅动情况较少的位置。

检查系统中是否存在不可凝气体的一个简单方法是：比较实际的冷凝压力（从接收器的压力计读取）和饱和压力（与在冷凝器出口测得的温度相对应的数据）之间的压差。

例如，如果在氨系统冷凝器的出口位置测得温度为  $30^{\circ}\text{C}$ ，相关的饱和压力为  $10.7\text{ bar g}$ ，而压力计的读数为  $11.7\text{ bar g}$ ，那么压差是  $1\text{ bar}$ 。这个压差就是由于不可凝气体的存在而造成的。

### 产生的问题

空气易于在冷凝器的管道上形成一层膜，将热传递表面与冷凝器中的制冷剂隔离开。结果，冷凝器的冷凝能力将下降，进而造成冷凝压力增大。能源效率将随之降低；同时，根据冷凝压力的大小，出现与油相关的问题的可能性也将增加。

冷凝能力下降的确会是一个事实，但却无法判断。除气器制造商已经提供一些数据，这些数据表明冷凝压力每增大一个  $\text{bar}$ ，冷凝能力将会降低 9-10%。如果要求更为准确的计算结果，ASHRAE 提供了一些估算准则以及根据估算结果进行的一些研究的范例。（HVAC 系统与设备手册，不可凝气体）。

其他制造商则认为风险和相关的成本增长来自压缩机端。当冷凝压力和排放温度上升时，由于润滑油的问题，轴承将面临更大的风险，同时压缩机的运行成本也将增加。成本估算与工厂中压缩机的类型和大小有关。

总之，不可凝气体的存在是人们所不希望出现的，但又是不可避免的，通常需要安装除气设备。

### 除气系统

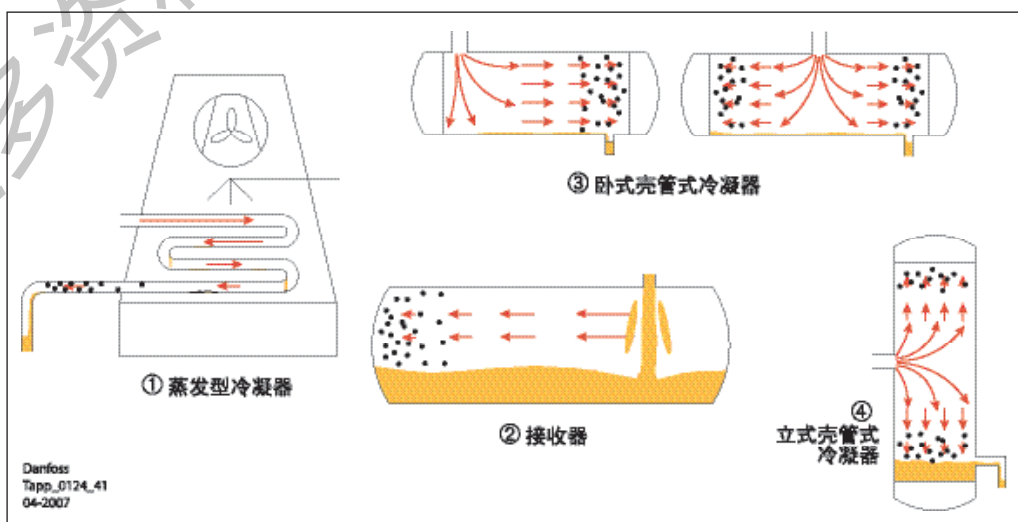
可以通过手动方式将空气或不可凝气体从系统中排除。这项操作由维护人员来完成，可能会导致损失过多量的制冷剂。

另一种清除方法称作制冷清除：来自取样点的气体将在一个装有冷凝线圈的冷却室中被冷却，以便冷凝制冷剂，随后气体将返回系统。随后，冷却室中剩余的气体应当被清除到大气中。冷却和冷凝的概念是减少被释放的制冷剂量。

用在冷却线圈中的制冷剂可以和制冷设备中的相同，也可以是另外一种制冷剂。

确定清除点的位置比较困难，这要取决于系统和冷凝器的类型。以下是一些清除点的范例。在图中，冷凝器线圈和容器中的箭头表示的是液流的速度。箭头长度缩短则表示速度减小。

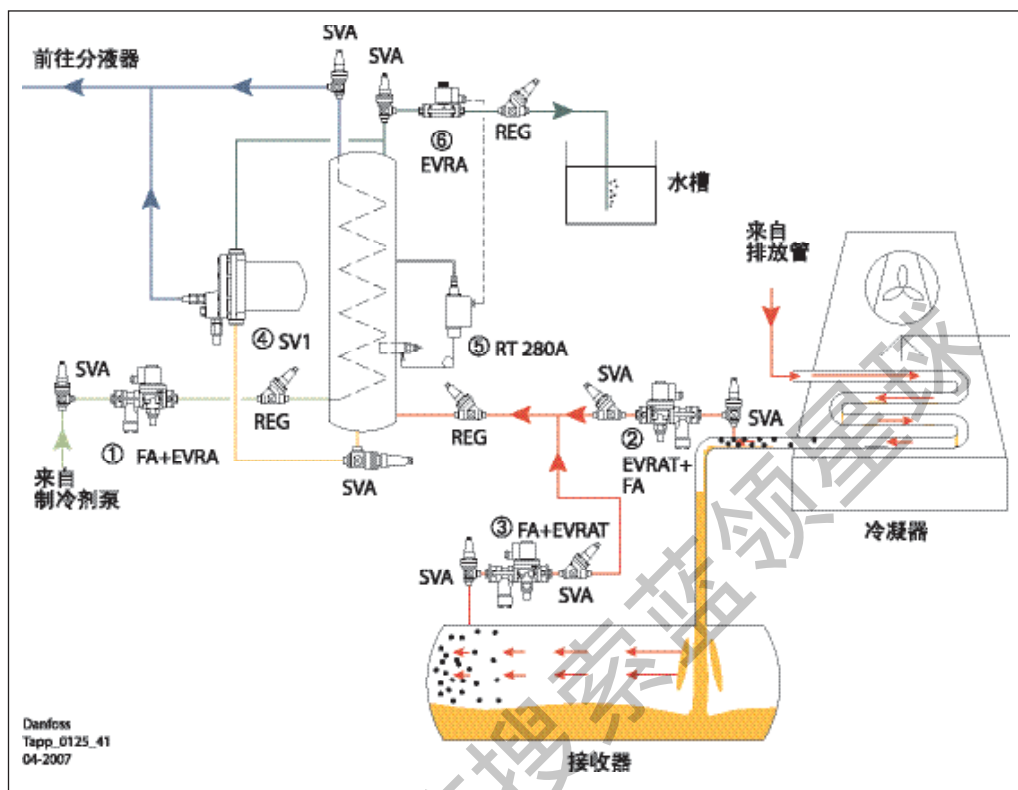
空气聚集则用黑点表示。应当在这些空气浓度很高的位置进行除气取样。



应用范例 9.4.1: 使用设备制冷剂的自动除气系统

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂
- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 液体制冷剂
- 空气

- ① 电磁阀
- ② 电磁阀
- ③ 电磁阀
- ④ 浮阀
- ⑤ 压力开关
- ⑥ 电磁阀



除气步骤如下:

1. 接通电磁阀 EVRA ①, 这样低压液体制冷剂就会进入线圈并冷却容器中的制冷剂。
2. 接通电磁阀 EVRAT ② 或 ③。气体制冷剂连同积聚的气体被抽到容器中, 在容器中制冷剂蒸汽发生冷凝, 空气上升到容器的顶部。浮阀 SV1 ④ 自动将冷凝的液态制冷剂排出。
3. 由于空气在容器顶部积聚, 因此, 与液体制冷剂的饱和压力相比, 容器内的总压力出现了上升。当此压力达到压力开关 RT 280A ⑤ 的设定值时, 请打开电磁阀 EVRA ⑥ 并将容器中的空气排出。

9.5 热回收系统

如果设备中有热量需求，则可以回收来自过热度减低和/或冷凝器中冷凝的游离热量。这些热量需求包括：加热办公室或车间内的空气，加热用于冲洗或加工的水，预热锅炉供应水等。

为提供经济的热回收解决方案，重要的是要保证游离热量与加热需求在时间、温度级别以及热流等方面相匹配。例如，对于生成热水，即需要高温热量时，可以回收过热度减低的热量；而对于办公室供暖，通常可以考虑回收所有的冷凝器热量。

设计优良的控制系統对于确保带有热回收装置的制冷系统有效无故障地运行至关重要。

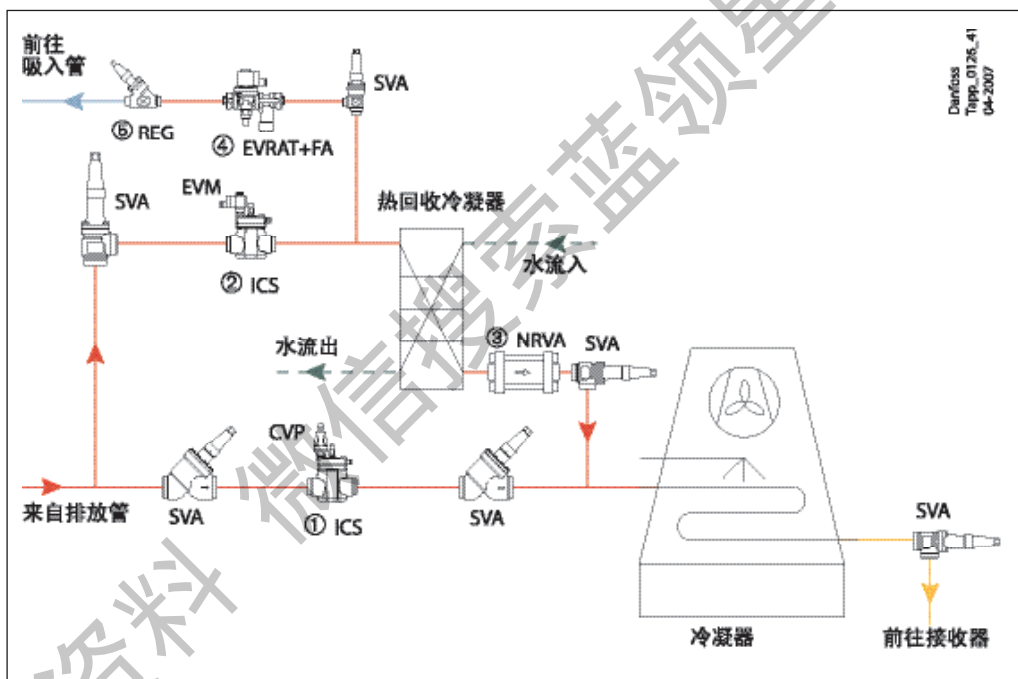
- 控制的目的是协调热回收与制冷之间的关系：
1. 无论热回收运行与否，都应当确保制冷的基本功能。热回收停止时，冷凝压力不应太高。而且，对于 DX 系统，冷凝压力也不能太低（请参阅第 3 节）。
  2. 热回收的各项要求，例如，温度和热流量，必须得到满足。
  3. 按照需求对热回收循环进行无故障开/关控制。

热回收控制需要非常复杂的设计，每个设备可能都会不同。以下是部分范例：

应用范例 9.5.1：  
回收换热器和冷凝器的顺序排列控制

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂
- LP 蒸汽制冷剂
- 水

- ① 压力调节阀
- ② 电磁阀
- ③ 止回阀
- ④ 电磁阀
- ⑤ 手动调节阀



此热回收系统既适用于空气，也适用于水。

无热回收的制冷循环

从排放管排出的热气被直接通过装有恒压导阀 CVP (HP) 的导阀操控式伺服阀 ICS ① 引导到主冷凝器。止回阀 NRVA ③ 能够防止热气流回流至热回收冷凝器。

热回收循环

导阀操控式伺服阀 ICS ② 由电磁导阀 EVM 的开/关转换通过时钟、温度控制器等控制。热气进入回收冷凝器。

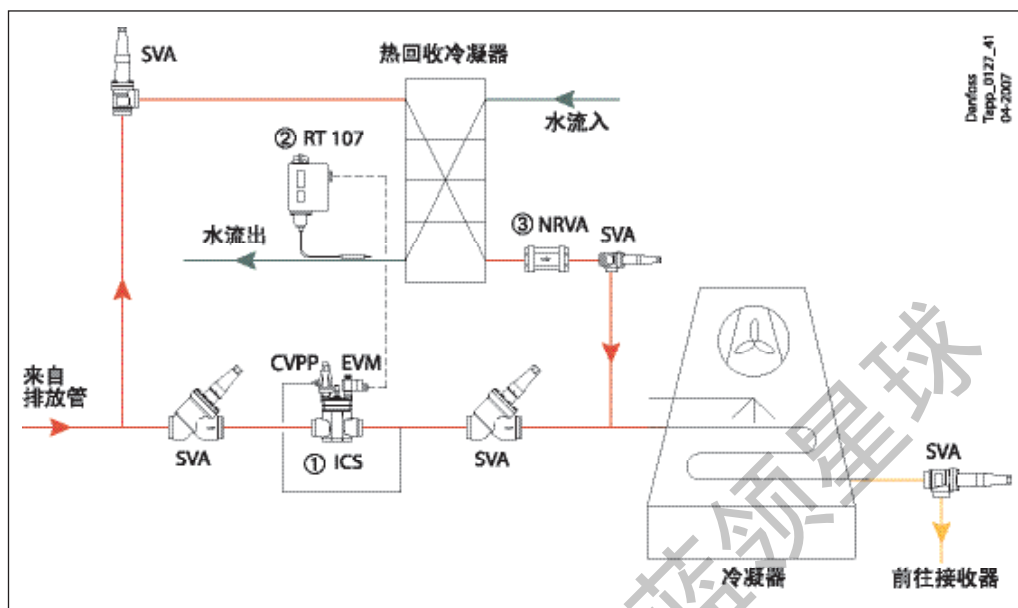
由于冷凝能力的增强，排放压力的下降，ICS ① 将正常关闭。如果排放压力上升，恒压导阀 CVP (HP) 将会打开伺服阀 ICS ①，这样部分热气就可以流向主冷凝器。

在夏季，热回收冷凝器闲置的时间要长一些。为了避免液体在冷凝器中发生聚集的风险，电磁阀 EVRA ④ 和调节阀 REG ⑤ 可以保证定期蒸发回收冷凝器中的任何冷凝物。

应用范例 9.5.2:  
回收换热器和冷凝器的顺序排列控制

— HP 蒸汽制冷剂  
— HP 液体制冷剂  
— 水

- ① 压差调节器
- ② 温度控制器
- ③ 止回阀



这种热回收系统适用于装有几个压缩机的中央制冷设备。

假设只能使用一小部分压缩机流量，那么所有的排放管路都应当先通过热回收冷凝器，然后通过主冷凝器。

压缩机流量使用的越多，回收冷凝器中的压降就会越高。

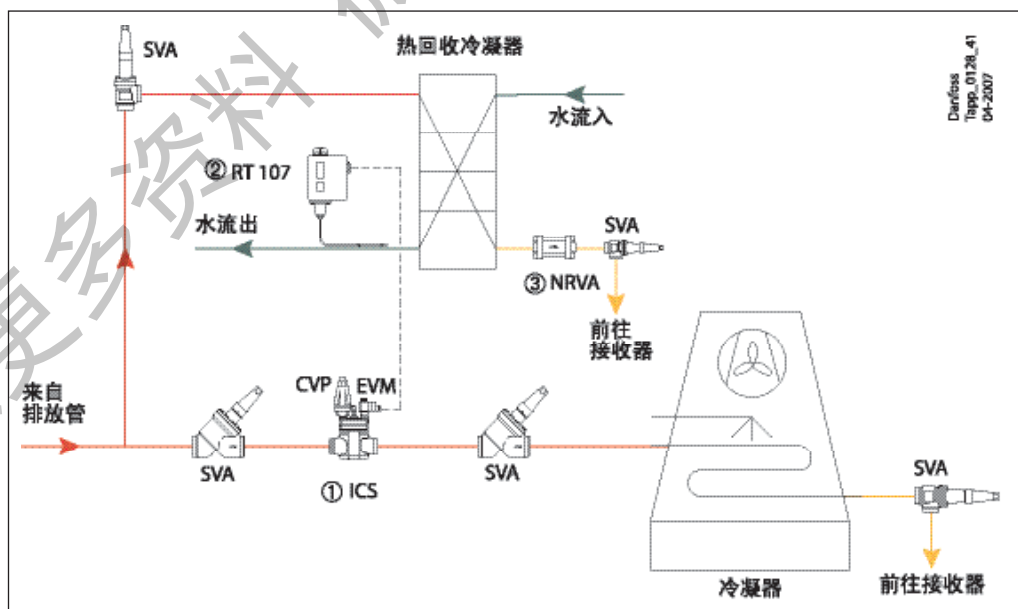
当压降超过压差的设定值时，伺服阀 ICS ① 的导阀 CVPP (HP) 将部分打开，过压气体将被直接导入主冷凝器。

当通过热回收冷凝器达到了期望的水温或空气温度时，温度控制器 RT 107 ② 将会激活开/关伺服阀 EVM，伺服阀 ICS ① 将完全开启。

应用范例 9.5.3: 回收换热器和冷凝器的顺序排列控制

— HP 蒸汽制冷剂  
— HP 液体制冷剂  
— 水

- ① 压力调节阀及电磁阀
- ② 温度控制器
- ③ 止回阀



此热回收系统适用于带有几个压缩机的系统，例如用于加热中央供暖给水的系统。

在正常操作下，伺服阀 ICS ① 由电磁阀导阀 EVM 通过开/关控制，保持开启状态，由连接到温度控制器 RT 107 的外部控制器激活。

在冬季，当热量需求使热回收成为必需时，电磁阀导阀 EVM 将被关闭，该操作将导致伺服阀 ICS ① 关闭。如果冷凝压力超过恒压导阀 CVP (HP) 的设定值时，伺服阀 ICS ③ 将被打开，过压气体将被引导到主冷凝器。

止回阀 NRVA 能够防止制冷剂倒流至回收冷凝器。



## 9.6

## 参考文献

要查看按字母顺序排列的全部参考文献，请查询第 104 页。

## 技术宣传页/手册

类型	文献编号
BSV	RD.7F.B
CVP	PD.HN0.A
DCR	PD.EJ0.A
EVM	PD.HN0.A
EVRA(T)	RD.3C.B
ICS	PD.HS0.A
NRVA	RD.6H.A

类型	文献编号
REG	RD.1G.D
RT 107	RD.5E.A
SGR	PD.EK0.A
SNV	PD.KB0.A
SVA	PD.KD0.A
SV 1-3	RD.2C.B
SV 4-6	RD.2C.B

## 产品说明书

类型	文献编号
BSV	RI.7F.A
CVP	RI.4X.D
DCR	PI.EJ0.B
EVM	RI.3XJ
EVRA(T)	RI.3D.A
ICS	PI.HS0.A
NRVA	RI.6H.B

类型	文献编号
REG	PI.KM0.A
SGR	PI.EK0.A
SNV	PI.KB0.A
SVA	PI.KD0.B
SV 1-3	RI.2B.F
SV 4-6	RI.2B.B

要下载最新版本的文献资料，请访问 Danfoss 网站。

其网址为：<http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## 10. 附录

### 10.1 典型制冷系统

制冷系统基本的特征是制冷循环以及向蒸发器供应制冷剂的方式。按照制冷循环划分，工业制冷系统可分为三种类型：

#### 直接膨胀 (DX)

这是最基本的循环：压缩 - 冷凝 - 膨胀 - 蒸发。

#### 二级系统

在这种类型的系统中，压缩分为两个阶段，一般由两台压缩机进行。中间冷却器通常用于优化系统性能。

#### 串联系统

此系统实际上是一个两个串联的基本循环。高压循环中的蒸发器同时也用作低压循环中的冷凝器。

按照向蒸发器供应制冷剂的方式，系统可以分为以下两种基本类型：

#### 直接膨胀系统

制冷剂的液体/蒸汽混合物在膨胀之后，被直接输送到蒸发器。

#### 循环系统

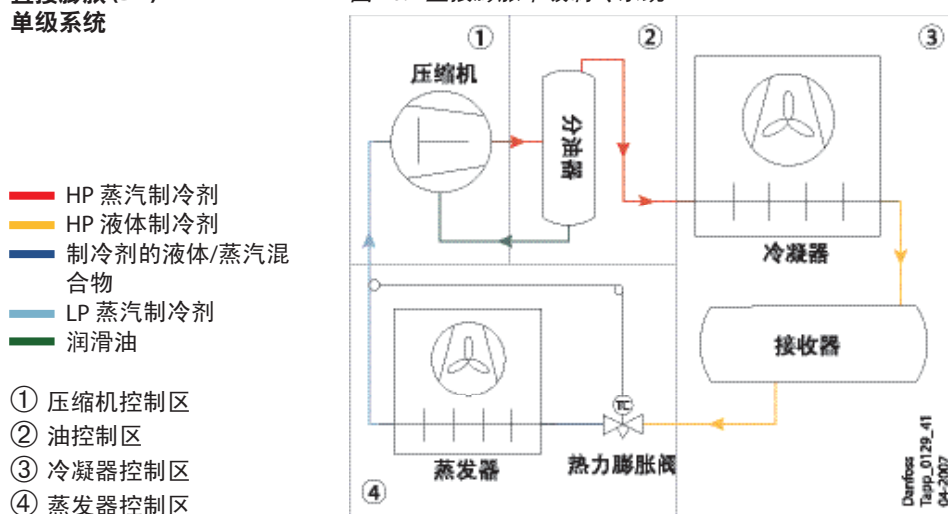
制冷剂的液体和蒸汽膨胀后被分离到分液器，只将液体输送到蒸发器。液体循环可以是重力循环，也可以是泵循环。

这些类型的制冷系统将通过下列范例进一步说明：

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## 直接膨胀 (DX) 单级系统

图 10.1 直接膨胀单级制冷系统



直接膨胀单级制冷系统是最基本的制冷系统，在空调和小型制冷系统中的应用非常广泛。压缩机将低压蒸汽制冷剂压缩至冷凝器。在冷凝器中，高压蒸汽将冷凝成高压液体。随后，高压液体通过热力膨胀阀膨胀到蒸发器。在蒸发器中，低压液体将蒸发成为低压蒸汽，并将再次被抽取到压缩机。

分油器和接收器虽然与制冷循环无关，但是它们对于控制而言非常重要：分油器从制冷剂中分离并收集润滑油，再将这些油输送回压缩机。油循环对于保证压缩机的安全高效运行（例如，良好的润滑）而言非常重要。润滑油控制（第 6 节）对于将油的温度和压力保持在允许的级别上非常重要。

当不同组件的制冷剂含量随着负载而发生变化，或者部分组件由于维护而被关闭时，接收器可以吸收/释放制冷剂。接收器还可以将供给膨胀阀的液体制冷剂保持在恒定压力级别上。

热力膨胀阀由过热度控制。这对蒸发器和压缩机的功能而言非常重要：

- 通过在蒸发器出口位置保持恒定过热度，热力膨胀阀能够根据负载量向蒸发器提供适量的液体制冷剂。
- 一定的过热度可以确保只有蒸汽才能进入压缩机吸入管。吸入管的液滴会导致水击，这就相当于敲打发动机。

请注意，热力膨胀阀只能保持恒定的过热度，而不能保持恒定的蒸发温度。值得一提的是，如果没有其他的控制，则蒸发温度将随负载的增减而升降。由于保持恒定的蒸发温度是为了制冷，所以其他的操作也还是必要的，例如，压缩机控制和蒸发器控制。**压缩机控制**可以调整系统的制冷能力；**蒸发器控制**可以确保有适量的制冷剂流入到蒸发器。有关这两种控制的详细内容，请分别参阅第 2 节和第 5 节。

理论上，冷凝温度越低，制冷效率越高。但是在直接膨胀系统中，如果接收器中的压力过低，则膨胀阀的压差就会过低，以至于无法提供足够流量的制冷剂。因此，如果直接膨胀系统的冷凝能力可能会变化很大，那么控制器必须设计为能够防止过低的冷凝压力。这在**冷凝器控制**（第 3 节）中有详细论述。

直接膨胀主要的缺陷是效率较低。由于需要保持一定的过热度，因此：

- 蒸发器的部分热交换面积被蒸汽占据，因此热传输效率较低。
- 压缩机压缩过热度蒸汽消耗的能量比压缩饱和蒸汽消耗的能量要多。

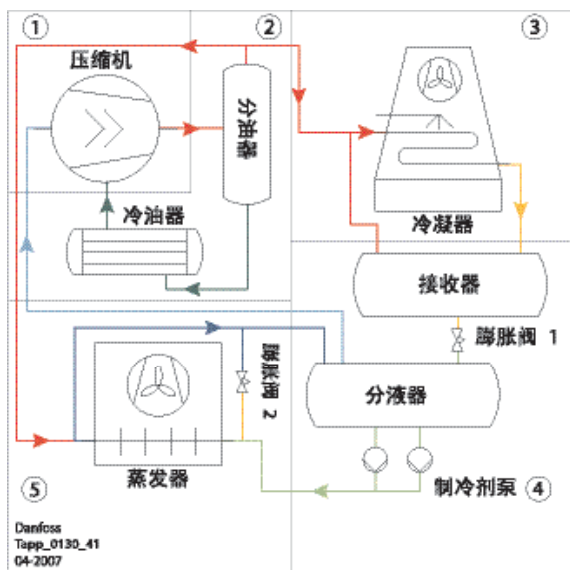
特别是在低温制冷设备或大型制冷设备中，这个缺陷尤其严重。在这些制冷系统中，循环系统往往设计为泵循环或自然循环，以节省能源。

## 制冷剂泵循环单级系统

图 10.2 带有泵循环和热除霜的单级制冷系统

- HP 蒸汽制冷剂
- HP 液体制冷剂
- 制冷剂的液体/蒸汽混合物
- LP 蒸汽制冷剂
- LP 液体制冷剂
- 润滑油

- ① 压缩机控制区
- ② 油控制区
- ③ 冷凝器控制区
- ④ 液位控制区
- ⑤ 蒸发器控制区



单级制冷系统的管路（如图 10.2 所示）与图 10.1 所示的 DX 系统有很多相似之处。主要的区别是：在此系统中，进入压缩机吸入管的制冷剂蒸汽是饱和蒸汽，而不是过热度蒸汽。

这是由在蒸发器和压缩机之间安装的分液器所造成的。在分液器中，液体/蒸汽混合物中的液体有一部分来自蒸发器，一部分来自膨胀阀 1。只有饱和蒸汽才能进入压缩机吸入管，同时制冷剂泵只将液体送入蒸发器。

由于吸入蒸汽没有过热，因此蒸发温度将会低于 DX 系统的温度。蒸发温度越低，压缩机的工作效率将越高。如果蒸发器的表面面积全部用来冷却而没有部分用来过热制冷剂，蒸发器将提供更大的容量。因此，循环系统比相应的 DX 系统更加有效。

冷凝器入口和接收器间的管路用来均衡压力，以确保冷凝器中的冷凝液体能够顺畅地流入接收器。

在泵循环系统中，保持泵正常运转非常重要，即不会意外中断泵的运行。因此，泵控制非常重要，确保泵拥有合适的压差，保证有持续的液体供应以及泵状况不会受损。此主题在第 7 节中有详细论述。

在循环系统中没有过热现象，可用作恒温控制的膨胀阀运转的一个控制变量。

膨胀阀一般都是由分液器的液位来控制，有时候则是由接收器或冷凝器中的液位来控制的。这也是所谓的液位控制，有关详细信息，请参阅第 4 节。

如果该蒸发器采用翼片和管路设计且在空气中使用，并且该蒸发温度低于 0°C，蒸发器表面将结一层霜/冰，这来源于空气中存在的水/湿气。必须定期清除霜/冰层，否则将限制蒸发器气流流动并减少蒸发器的容量。

可以使用的除霜方法是热气、电热、空气和水。在图 10.2 中，使用热气除霜。压缩机的部分热气可用于蒸发器除霜。

热气使蒸发器变暖并融化蒸发器上的冰层，同时热气冷凝成高压液体。利用溢流阀，可使高压液流通过吸入管回流到分液器中。

热气除霜仅适用于至少包含三个并行蒸发器的系统。

在除霜时，至少必须冷却两个蒸发器（按容量），以及最多有一个蒸发器应该除霜 - 否则将没有足够的热气供除霜过程使用。

在制冷周期和除霜周期之间进行转换的方法在“蒸发器控制”一节（第 5 节）中有详细论述。

二级系统

典型的二级系统如图 10.3 所示。接收器中的部分液体制冷剂首先膨胀为中间压力，然后蒸发，以冷却中间冷却器中的另外一部分液体制冷剂。

与泵循环相比，重力循环是通过蒸发器中的热虹吸效应而不是通过泵进行驱动的。自然循环较为简单且可靠性强（取决于泵是否出现故障），但是总的来说，热传递没有泵循环好。

随后，中间压力蒸汽被导入低级压力排放管，对低级排放蒸汽进行冷却，并进入高级压缩机。

二级系统可能在理论上比较高效。然而，很难找到一种既适合高温又适合低温制冷系统的制冷剂。

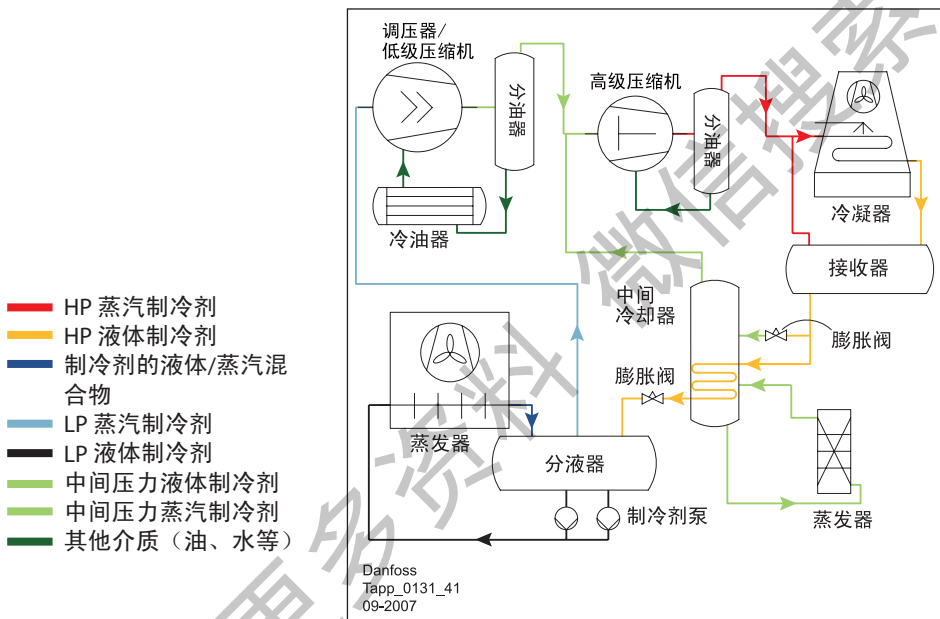
这样一来，就可以节省用来将吸入压力的部分蒸汽压缩到中间压力的能量中，从而降低了高级压缩机的排放温度。

在高温下，制冷剂的压力将会变得很高，从而对压缩机提出了很高的要求。在低温下，制冷剂压力有可能是真空，这将导致空气更多地泄漏到系统中（系统中的空气可减少冷凝器的热传递，参阅第 9.4 节）。因此，对于低温制冷系统而言，串联系统可能是一个比较好的选择。

所以，效率高而排放温度低的二级系统尤其适合于低温冷却系统。

中间冷却器也可以向中间温度蒸发器提供制冷剂。在图 10.3 中，中间冷却器通过重力循环向板式蒸发器提供制冷剂。

图 10.3 双级制冷系统



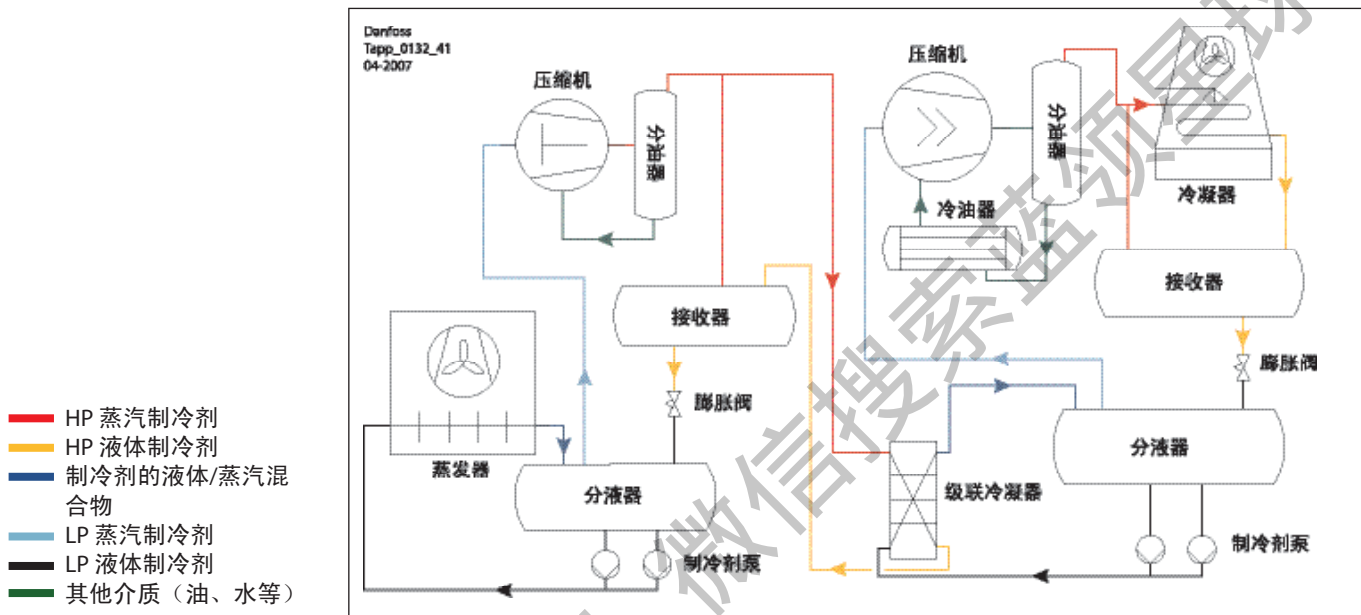
串联系统

级联系统由两个单独的制冷管路组成，如图 10.4 所示。一个级联冷凝器将两个管路连接在一起，这个冷凝器既可作为高温循环的冷凝器使用，也可以作为低温循环的蒸发器使用。

这个 CO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub> 系统所需的氨装载量比较少，而且与类似的二级氨系统相比，用在低温制冷中的效率要更高。

两个循环的制冷剂可以不同，并针对每一个管路进行优化。例如，高温循环可以使用 NH<sub>3</sub> 作为制冷剂，而低温循环则可以使用 CO<sub>2</sub> 作为制冷剂。

图 10.4 复叠制冷系统



## 10.2 ON/OFF 与调制控制

下面详细阐述了 ON/OFF 和调制控制的基本理论。目的是使读者对控制理论和用到的技术

语有一个基本的认识 and 了解。此外，我们还给出了一些实用的建议。

### 缩写与定义

<b>P</b>	成比例的
<b>I</b>	集成
<b>D</b>	导数
<b>PB</b>	P、PI 或 PID 控制器中的比例范围 [%]用百分比表示，流程变数 (PV)，需要改变，以便让控制器将输出 (y) 从 0 改为 100%
<b>K<sub>p</sub></b>	P、PI 或 PID 控制器中的放大系数
<b>T<sub>i</sub></b>	PI 或 PID 控制器中的集成时间 [s]
<b>T<sub>d</sub></b>	PID 控制器中的差时 [s]
<b>PID</b>	典型的控制器，包含 P、I 和 D 功能
<b>SP</b>	设定值
<b>PV</b>	流程变数（受控参数：温度、压力、液位等）
<b>偏移量 (x)</b>	设定值 (SP) 与流程变数 (PV) 的差值
<b>y</b>	控制器的计算输出
<b>停止时间</b>	如果流程变数 (PV) 测量是物理安装的，因此信号总是有一个时间延迟，对比而言，如果流程变数 (PV) 测量是本地安装的，则没有延迟。

### 参考文献

- [1] Reguleringsteknik, Thomas Heilmann / L. Alfred Hansen

10.2.1  
ON/OFF 控制

在某些情况下，实际操作中的控制应用可以通过 ON/OFF 控制实现。这就意味着调节装置（阀门、温度控制器）只能有两种位置：接触点关闭或打开。这种控制原理就叫做 ON/OFF 控制。

以前，ON/OFF 曾广泛在制冷行业，尤其是装有温度控制器的冷冻机中使用。

但是，ON/OFF 原理也可以用在使用 PID 原理的高级系统中，例如 ON/OFF 阀（Danfoss AKV/A 型）用于通过专用电子控制器上的 PID 可用参数来控制过热度。（Danfoss EKC 315A 型）

ON/OFF 控制器仅在某些给定的限定值范围内起作用，例如，最大和最小值。如果超出这些限定值，则 ON/OFF 控制器将无法采取任何措施。

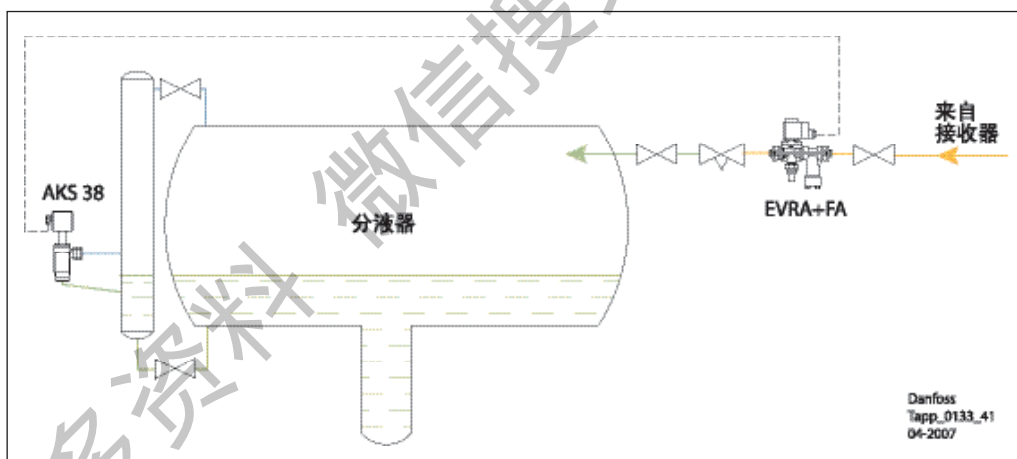
一般来说，使用 ON/OFF 的原因包括：

- 价格低廉，较为简单，不包含反馈回路。
- 如果 ON/OFF 设备正在运转，而 PV 稍微有一点偏离 SP，这种情况是可以接受的。
- 流程的功能强大，ON/OFF 操作都不会对 PV 有任何影响。
- 对于存在停止时间的系统，ON/OFF 控制有一定的优势。

在 ON/OFF 系统中，用户将得到一个反馈，这与调制系统类似，但是 ON/OFF 系统的特点是：PV 将发生变化，而系统无法消除任何偏移量。

ON/OFF 控制范例

为了控制处于最小和最大液位之间的液位，可以使用 ON/OFF 装置，如 Danfoss AKS 38 型。AKS 38 是一个浮阀开关，能够控制 ON/OFF 电磁阀的开关。



- HP 液体制冷剂
- LP 蒸汽制冷剂
- LP 液体制冷剂

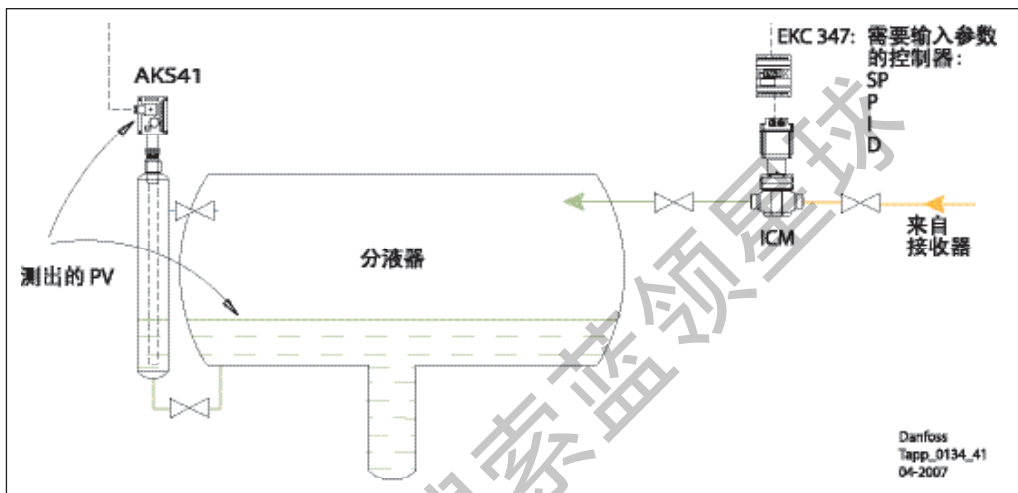


10.2.2  
调制控制

调制控制与 ON/OFF 系统之间的主要区别就是：当 PV 发生变化时，调制系统会不断地作出反应。

而且，使用电子控制器，能够比较灵活地改变不同的控制参数，例如 P、I 和 D。这就为用户提供了很大的灵活性。这一点非常有用，因为用户可以对控制器进行调整，以适应不同的应用。

调制控制的范例



— HP 液体制冷剂  
— LP 液体制冷剂

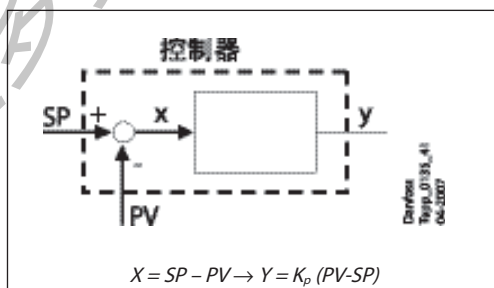
P、I 和 D 基本原理

一般来说，在常用的控制器中，此工具（调制控制）通常用于调整 P、PI 或 PID 设置的参数。

- 在 P 控制器中，可以调整：PB 或  $K_p$ ;
- 在 PI 控制器中，可以调整：PB 或  $K_p$  和  $T_i$ ;
- 在 PID 控制器中，可以调整：PB 或  $K_p$  和  $T_i$  以及  $T_d$ 。

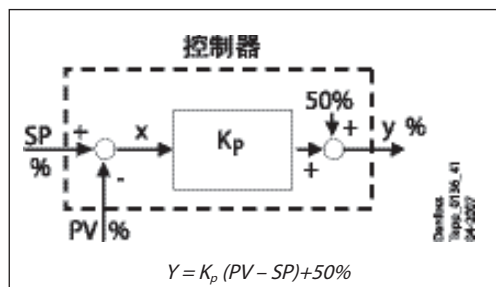
P-控制器

在每个控制器中，都有一个 P 组件存在。在 P-控制器中，输入和输出之间存在线性关系。



实际的 P-控制器设计宗旨是：当  $SP = PV$  时，控制器必须提供一个与系统的正常负载相对应的输出。

通常情况下，这就意味着：输出将是最大输出的 50%。例如，为了保持 SP 不发生变化，自动调节阀必须以 50% 的开启角度超时运转。



有些控制器不使用 PB，但使用  $K_p$ 。

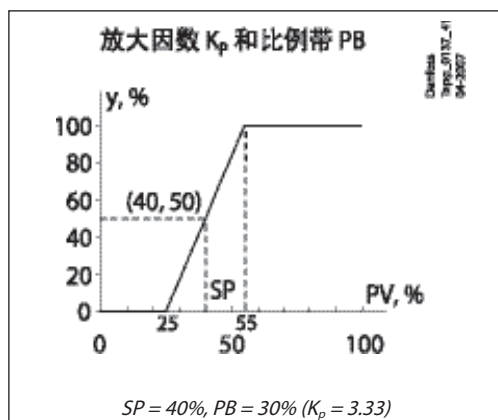
PB 和  $K_p$  之间的关系是：

$PB[\%] = 100/K_p$

请注意：PB 可以大于 100%，相对而言， $K_p$  则小于 1。

10.2.2  
调制控制 (续)

P-控制器 (续)



当 PV = SP = 40% 时，调节器将提供输出值 (y) 50%。（这是指阀门的打开角度为 50%）。

如果 PV 增加至 46%，那么 PV 和 SP 间将偏差 6%。当假定  $K_p$  为 3.33，6% 的偏差指输出增加了  $6\% \times 3.33 = 20\%$ ，也就是说，如果 PV 增加至 46%，那输出就增加至  $50\% + 20\% = 70\%$ 。

6% 的偏差是 P 调节器无法避免的。所导致的偏差是由 P 调节器的基本功能造成的。

为了实现最小偏差，调节装置（阀门）以便保证调节器的输出 (y) 可以控制流程，使其等于标准的平均负载，这一点很重要。这样一来，偏差量将会越来越小，而且最终将趋向于零。

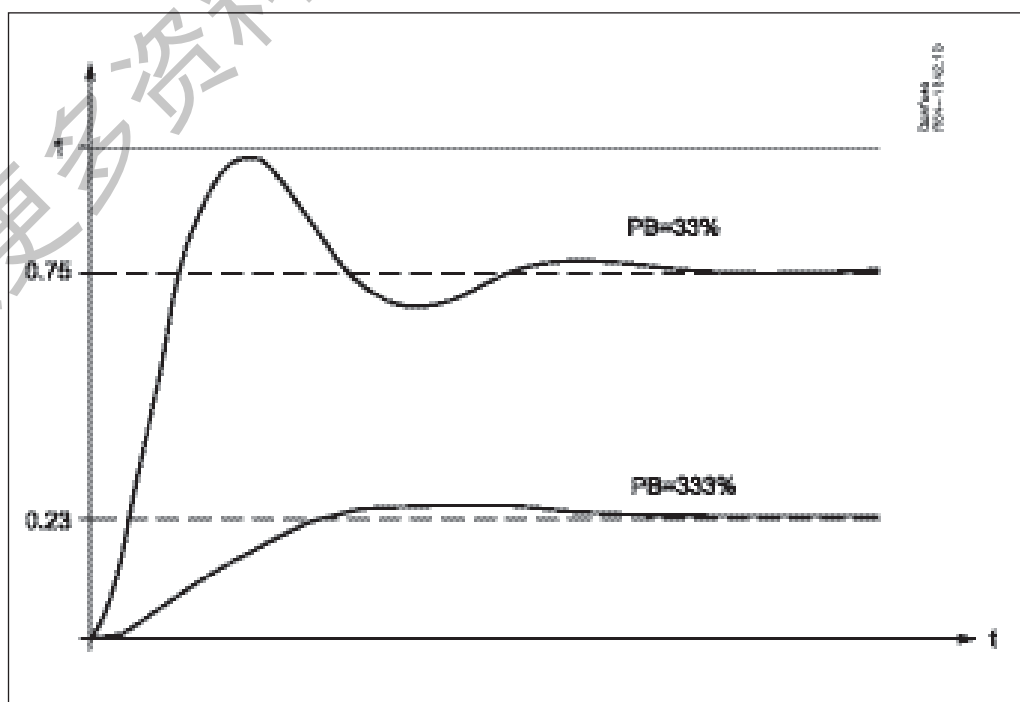
P-控制器调整特点

P 是基本的控制组件。在大多数情况下，P 将建立永久性的偏移，这个偏移可以是微乎其微地小，也可以是异乎寻常地大。但是有 P 控制器总比没有要好（没有反馈，没有闭循环）。

下图说明了直接 P 控制循环的普遍有效性。它显示了当 P 控制循环受 SP 影响，增加了 +1 个单位的情况下，PB = 33% 和 PB = 333% 的循环的不同反应。

PB 的变化有两个重要的结果：

- PB 减小（放大系统较大），偏移量较少，即负载变化的效果更好，但是出现波动的可能性也将增加。
- P-波段（放大系统较小），偏移量较多，但是出现波动的可能性则有所降低。
- PB 较小意味着：从理论上讲，控制接近于 ON/OFF 控制。



### 10.2.2 调制控制 (续)

#### I-控制器

I-控制器最重要的特点是：它能清除偏移量，这也是使用该控制器的原因。只要存在偏移，I-控制器就会持续改变其输出。但是，与实际情况相比，完全清除偏移的能力是成一定比例的。

I-控制器清除偏移量的良好特性也有负面的影响：它会增加控制循环中出现波动的可能性。

基本上来说，P-控制器波动的可能性要低于I-控制器。

对于负载量的变化，I-控制器的抵制能力要低于P-控制器。

#### PI 控制器

P和I优势互补，二者组合到一起组成PI-控制器，就能体现出强大的优势。

在PI控制器中，可能要调整以下参数：PB和 $T_i$ 。 $T_i$ 通常输入秒或分钟。

当需要填写 $T_i$ 时，需要在稳定性与消除偏移量之间取得一个平衡。

$T_i$ 降低（积分影响增大）说明偏移量的清除操作加快，但是也增加了发生波动的可能性。

#### D-控制器

D-控制器（导数）最重要的特征是：它可以对变化作出反应。这同时也说明：如果偏移量恒定，那么D-控制器将无法采取任何措施来清除偏移量。D-组件使系统能够迅速地回应负载的变化。

D效应提高了稳定性并使系统处理速度较快。这对于偏移量而言没有任何意义，但能够降低发生波动的可能性。D会对错误的变更作出反应；对于负载变化，循环的反应速度要比没有D的情况下快。对变更的快速反应说明了发生波动的情况减少。

在受D影响的控制器中，可以调整 $T_d$ 。 $T_d$ 通常输入秒或分钟。

必须注意的是：不能使 $T_d$ 太大，因为太大（例如当SP改变时）的影响将是巨大的。在设备的启动过程中，直接去除D影响可能会比较有利。（ $T_d=0$ ）

上述内容说明，任何情况下都不能单独使用D控制器。其典型应用是：发挥其抑制波动的功能，与PD或PID组合使用。

#### PID-控制器

将三种组件组合为一个PID控制器已经成为一种普遍的用法。

PID的一般准则/特性是：

- PB下降改进了偏移量（偏移量较少），但是稳定性有所下降；
- I组件能够清除偏移量。I越大（ $T_i$ 越小），偏移量的清除速度就越快。

■ I组件增加了波动的可能性。D组件抑制了出现波动的可能性，并使控制加速。

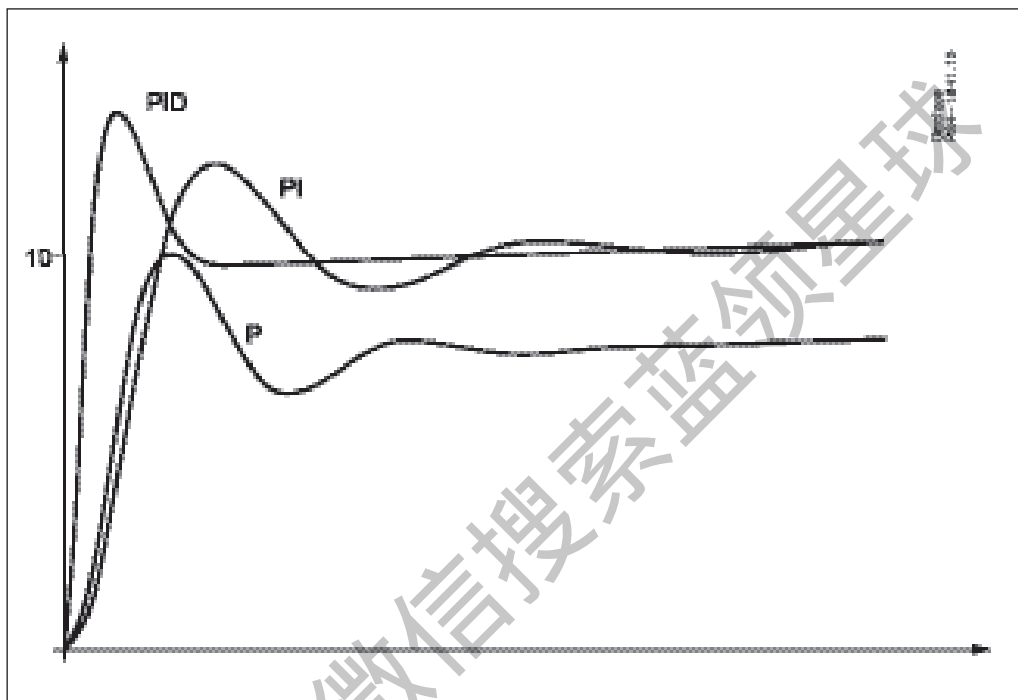
■ D越大（ $T_d$ 越大），影响就越大，但不会超过一个特定的限定值。 $T_d$ 值太大意味着它对一个突发的变化反应过于强烈，从而使得控制循环变得不稳定。

10.2.2  
调制控制 (续)

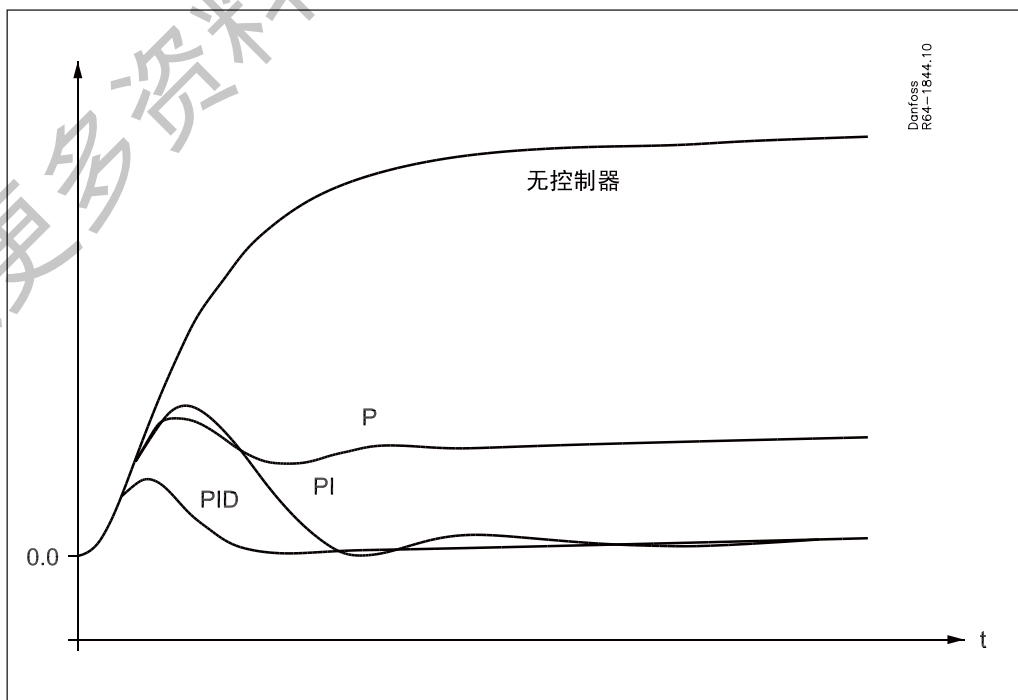
典型的PID瞬间状态曲线1: 最佳的PID设定值

设置情况:

	PB	T <sub>i</sub>	T <sub>d</sub>
P	66.7 %	-	-
PI	100 %	60 s	-
PID	41.7 %	40 s	12 s



上面显示了不同的控制原理, 当受 SP 影响时, 增加 1 个单位。



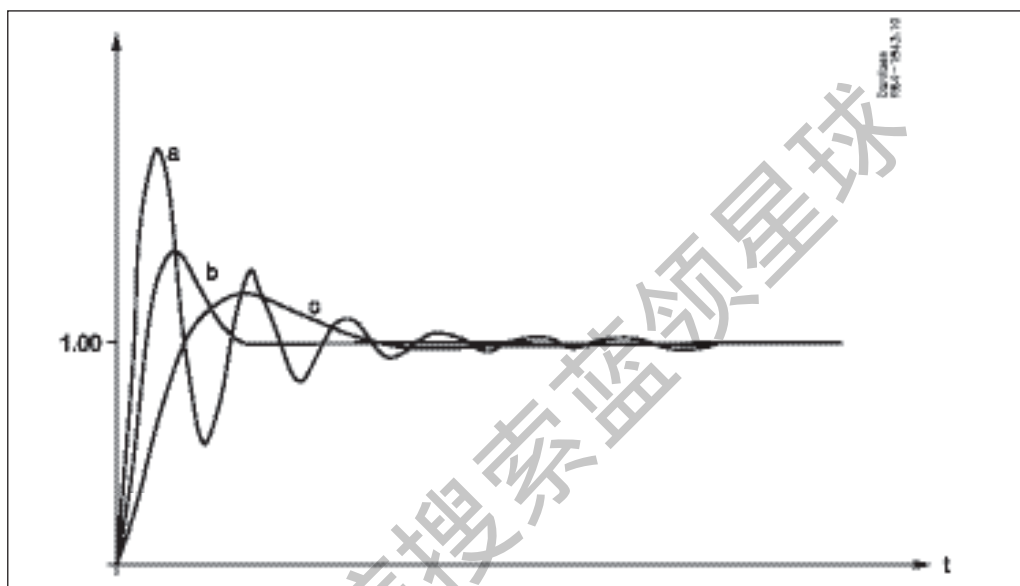
设置如上。负载变化 1。

10.2.2  
 调制控制 (续)

## 典型的PID瞬间状态曲线2: PB变化

设置情况:

	PB	$T_i$	$T_d$
PID-a	25.0 %	40 s	12 s
PID-b	41.7 %	40 s	12 s
PID-c	83.3 %	40 s	12 s



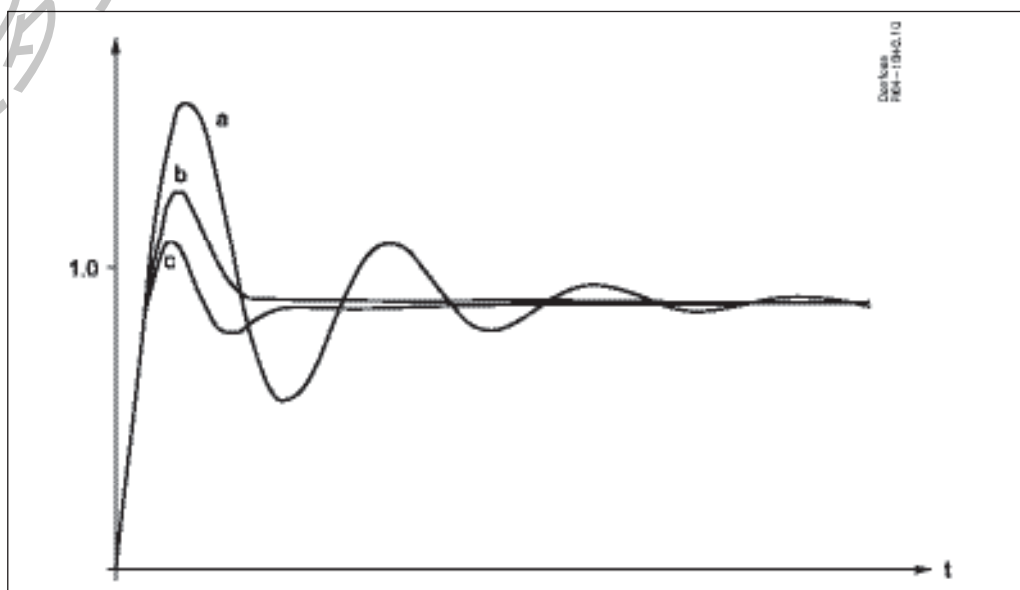
以上显示了当PID控制的PB变化受到SP影响时,会出现+1个单位的变化。由上面的信息,可以清楚地看到,当PB太小时,系统将变

得非常不稳定(摇摆不定)。当PB太大时,系统将变得很慢。

 典型的PID瞬间状态曲线3:  $T_i$ 的变化

设置情况:

	PB	$T_i$	$T_d$
PID-a	41.7 %	20 s	12 s
PID-b	41.7 %	40 s	12 s
PID-c	41.7 %	120 s	12 s



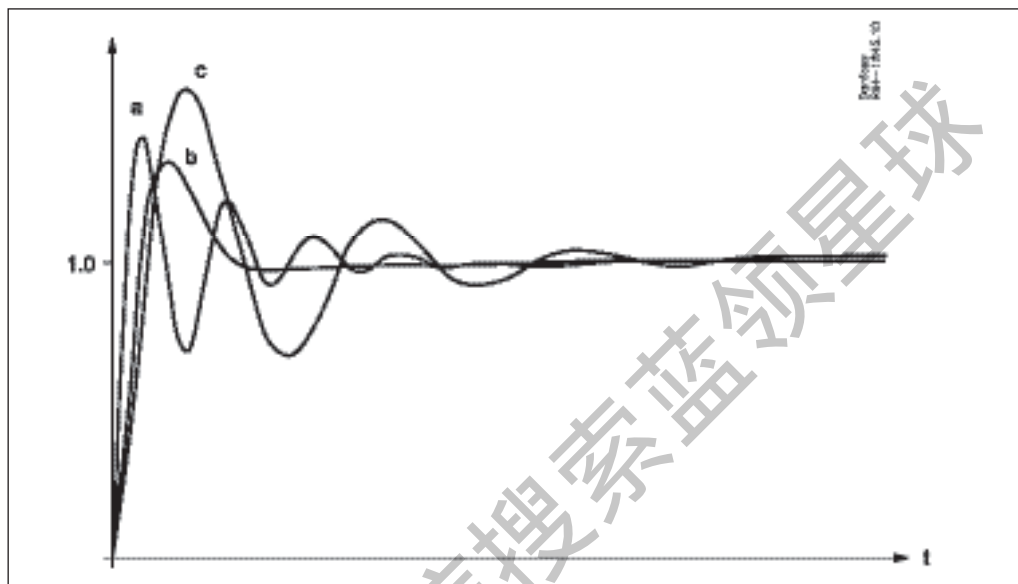
以上显示了在受到SP影响,发生+1个单位的改变时,PID控制的 $T_i$ 的变化情况。由上面的信息,可以很清楚地看到:当 $T_i$ 太小时,系统将

变得非常不稳定(摇摆不定)。当 $T_i$ 太大时,需要花费很长的时间来清除最后的偏移量。

10.2.2  
调制控制 (续)典型的PID 瞬间状态曲线 4:  $T_i$  的变化

设置情况:

	PB	$T_i$	$T_d$
PID-a	41.7 %	40 s	24 s
PID-b	41.7 %	40 s	12 s
PID-c	41.7 %	40 s	6 s



以上显示了在受到 SP 影响, 发生 +1 个单位的改变时, PID 控制的  $T_i$  的变化情况。由上面的信息, 我们可以清楚地看到: 无论  $T_d$  是太大还

是太小, 与最佳值 ( $T_d=12$ ) 相比, 系统的稳定性都会大大降低 (摇摆不定)。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

## 参考文献 - 按字母顺序排列

类型	标题	技术宣传页/手册	产品说明书
AKD	变速驱动	RB.8D.B	EI.R1.H / EI.R1.R
AKS 21	温度传感器	ED.SA0.A	RI.14.D
AKS 32R	压力变送器	RD.5G.J	PI.SB0.A
AKS 33	压力变送器	RD.5G.H	PI.SB0.A
AKS 38	浮阀开关	RD.5M.A	RI.5M.A
AKS 41	液位变送器	PD.SC0.A	PI.SC0.A
AKVA	电控膨胀阀	PD.VA1.B	PI.VA1.C / PI.VA1.B
AMV 20	三点控制制动器	ED.95.N	EI.96.A
BSV	安全卸压阀	RD.7F.B	RI.7F.A
CVC	伺服操控式主阀的导阀	PD.HN0.A	RI.4X.L
CVP	伺服操控式主阀的导阀	PD.HN0.A	RI.4X.D
CVPP	伺服操控式主阀的导阀	PD.HN0.A	RI.4X.D
CVQ	伺服操控式主阀的导阀	PD.HN0.A	PI.VH1.A
DCR	干燥过滤器	PD.EJ0.A	PI.EJ0.B
DSV	双截止阀 (用于安全阀)	PD.IE0.A	PI.IE0.A / RI.7D.A
EKC 202	温度控制器	RS.8D.Z	RI.8J.V
EKC 315A	工业蒸发器控制器	RS.8C.S	RI.8G.T
EKC 331	流量控制	RS.8A.G	RI.8B.E
EKC 347	液位控制器	RS.8A.X	RI.8B.Y
EKC 361	介质温度控制器	RS.8A.E	RI.8B.F
EVM	伺服操控式主阀的导阀	PD.HN0.A	RI.3X.J
EVRA / EVRAT	电磁阀	RD.3C.B	RI.3D.A
FA	过滤器	PD.FM0.A	RI.6C.A
FIA	过滤器	PD.FN0.A	PI.FN0.A
GPLX	气动截止阀	PD.B00.A	RI.7C.A
HE	换热器	RD.6K.A	RI.6K.A
ICF	控制解决方案	PD.FT0.A	PI.FT0.A
ICM / ICAD	电机控制阀	PD.HT0.A	PI.HT0.A
ICS	伺服操控式阀	PD.HS0.A	PI.HS0.A
KDC	压缩机排放阀	PD.FQ0.A	PI.FQ0.A
LLG	液位镜	PD.GG0.A	RI.6D.D
MLI	视液镜	PD.GH0.A	
MP 55 A	压差控制	RD.5C.B	RI.5C.E
NRVA	氨止回阀	RD.6H.A	RI.6H.B
OFV	溢流阀	RD.7G.D	PI.HX0.B
ORV	油螺杆压缩机	PD.HP0.A	RI.7J.A
PMFL / PMFH	调制液位调节器	RD.2C.B	PI.GE0.A / RI.2C.A
PMLX	电磁阀, 二级 ON/OFF	PD.BR0.A	RI.3F.D / RI.3F.C
POV	导阀操控式内部安全阀	PD.ID0.A	PI.ID0.A
QDV	快速泄油阀	PD.KL0.A	PI.KL0.A
REG	手动调节阀	RD.1G.D	PI.KM0.A
RT 107	微差温度控制器	RD.5E.A	
RT 1A	压力控制, 压差控制	PD.CB0.A	RI.5B.C
RT 260A	压力控制, 压差控制	PD.CB0.A	RI.5B.B
RT 5A	压力控制, 压差控制	PD.CB0.A	RI.5B.C
SCA	截止止回阀/止回阀	PD.FL0.A	PI.FL0.A
SFA	安全卸压阀	PD.IF0.A	RI.7F.F
SGR	视液镜	PD.EK0.A	PI.EK0.A
SNV	截止针阀	PD.KB0.A	PI.KB0.A
SV 1-3	调制液位调节器	RD.2C.B	RI.2B.F
SV 4-6		RD.2C.B	RI.2B.B
SVA	截止阀	PD.KD0.A	PI.KD0.B
TEA	热力膨胀阀	RD.1E.A	PI.AJ0.A
TEAT		RD.1F.A	PI.AU0.A
VM 2	均压阀	ED.97.K	VI.HB.C
WVS	水阀	RD.4C.A	RI.4C.B
WVTS		RD.4C.A	RI.4D.A

要下载最新版本的文献资料, 请访问 Danfoss 网站。

 其网址为: <http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/Products/Documentation.htm>



获取更多资料 微信搜索蓝领星球





# 注释