

目录

1 如何阅读本手册	3
简介	3
安全说明	5
开始维修工作之前	5
特殊条件	6
避免意外启动	7
变频器安全停止	7
IT 主电源	8
2 变风量通风系统	9
简介	9
安装	11
节能估计	16
变频器功能	18
3 单区定风量通风系统	21
简介	21
风量控制	21
变频器的优势	23
节能	25
变频器功能	27
4 冷却塔鼓风机控制	29
简介	29
鼓风机速度控制	30
节能	31
变频器功能	32
5 冷凝器水泵送系统	35
简介	35
泵控制	35
变频器的优势	37
节能	39
变频器功能	41
6 主/辅冷却水泵送系统的主泵	43
简介	43
主循环控制	43
节能	46
变频器功能	49
7 主/辅冷却水泵送系统的辅泵	51

简介	51
循环泵控制	51
循环泵控制	54
传感器	56
节能	57
变频器功能	60
8 变频泵送系统	63
简介	63
变速泵	63
传感器	65
节能潜力	66
变频器功能	68
9 增压泵送系统	71
增压泵送系统	71
增压泵控制	73
选择	75
传感器	75
节能	77
节能	79
变频器功能	82
	82
索引	84

1 如何阅读本手册

1

1.1.1 简介

这些 HVAC 应用示例旨在帮助规划人员和技术人员构建具有不同功能的 HVAC 设备。文中介绍了 8 种典型的 HVAC 应用以及各自的节能潜力和变频器 (FC) 功能。此外还对传统的解决方案与优化的 Danfoss VLT® HVAC 变频器解决方案进行了比较, 并且介绍了后者的优势。

这些应用是:

- 变风量通风系统
- 单区定风量通风系统
- 冷却塔鼓风机控制
- 冷凝器水泵送系统
- 主/辅冷却水泵送系统的主泵
- 主/辅冷却水泵送系统的辅泵
- 变频泵送系统
- 增压泵送系统

1.1.2 可用文献

- 操作说明 MG. 11. Ax. yy 提供了安装和运行该变频器所需的信息。
- 设计指南 MG. 11. Bx. yy 详细介绍了有关该变频器、用户设计和应用的所有技术信息。
- 编程指南 MG. 11. Cx. yy 提供了有关如何编程的信息, 并且包括完整的参数说明。
- 模拟 I/O 选件 MCB109 安装说明, MI. 38. Bx. yy
- 通过基于 PC 的配置工具 MCT 10, MG. 10. Ax. yy, 用户可以在基于 Windows™ PC 环境中配置变频器。
- Danfoss VLT Energy Box 软件, 先访问 www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions, 然后选择 PC Software Download (PC 软件下载)
- VLT 6000 HVAC 应用手册, MN. 60. lx. yy
- VLT HVAC 变频器 BACnet 操作手册, MG. 11. Dx. yy
- VLT HVAC 变频器 Profibus 操作手册, MG. 33. Cx. yy
- VLT HVAC 变频器 Device Net 操作手册, MG. 33. Dx. yy
- VLT HVAC 变频器 LonWorks 操作手册, MG. 11. Ex. yy
- VLT HVAC 变频器 (大功率型) 操作手册, MG. 11. Fx. yy
- VLT HVAC 变频器 Metasys 操作手册, MG. 11. Gx. yy

x = 修订号

yy = 语言代码

您可以通过联机方式从

www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions/Documentations/Technical+Documentation.htm 获取 Danfoss 技术资料。

1.1.3 缩略语表

缩略语	名称	说明
AHU	空气处理设备	对建筑物中的空气进行过滤、加热、冷却、加湿、除湿和促使空气流通的机械设备。
BMS	建筑物管理系统	基于微处理器的控制系统，用来控制位于中央位置的 HVAC 设备或分布在建筑物内的所有 HVAC 设备。
CAV	定风量系统	提供恒定气流量同时可根据加热和冷却需求来改变相关空间的送风温度的空气处理系统。
DD	排风阀	排风阀：一个位于鼓风机下游并且与鼓风机紧挨着的装置。该装置通过增加系统的静态压降来控制鼓风机的送风量。
FC	变频器	变频器：一种电动机速度控制设备。它通过改变电动机的输入频率和输入电压来改变电动机的速度。
HOA	开关	“手动-关闭-自动”开关：放置在变频器盖板上的开关，用于断开设备的电源或提供手动或自动模式的操作。
IGV	入口导流片	入口导流片：用于控制进风入射角从而确保鼓风机可以提供可变风量的装置。
MSM	“多给定值，最小”	“多给定 PID 控制器的一个反馈设置。在该设置下，控制器将选择最低的反馈信号（与各自的给定值相比）。
PID	“比例-积分-微分”控制	“比例-积分 PID 控制器将受控变量的值与给定值进行比较，然后向受控装置发出信号，以便通过比例、积分和微分操作来纠正偏差。大多数 HVAC 环路仅通过 PI 控制就能获得令人满意的结果。
RTD	电阻温度探测器	电阻温度探测器是绕线式电阻的温度测量装置。之所以在 HVAC 行业中使用它们，是因为它们具有下述特点：精确；在广泛的温度范围内具有线性；以及体积小，易于安装在 HVAC 组件中。
VAV	变风量系统	变风量系统：一种用来控制空间温度的空气处理系统，它们可以根据加热和冷却需求来改变空间的送风量。

1.2.1 符号

在这些操作说明中使用的符号。



注意
表示读者应注意的事项。



表示 一般警告。



表示 高压警告。

*

表示默认设置

1.2.2 高压警告



变频器和 MCO 101 选件卡与主电源连接时带有危险电压。如果电动机或变频器安装不当，可能导致设备损坏甚至人身伤亡。因此，必须遵守本手册的说明以及国家和地方的规章和安全法规。

1.2.3 高压警告



变频器和 MCO 101 选件卡与主电源连接时带有危险电压。如果电动机或变频器安装不当，可能导致设备损坏甚至人身伤亡。因此，必须遵守本手册的说明以及国家和地方的规章和安全法规。

1.2.4 安全说明



某些功能对人身安全会有直接或间接影响（例如，**安全停止**、**火灾模式**、其他强制电动机停止或试图让电动机一直保持运行状态的功能），在使用这些功能之前，必须进行彻底的**风险分析**和**系统测试**。系统测试**必须**包括有关控制信号（模拟和数字信号）及串行通讯的故障模式测试。



注意
在使用火灾模式前，请先与 Danfoss 联系

- 确保变频器已正确接地。
- 当变频器同电源相连时，请勿断开主电源连接、电动机连接或其他电源连接。
- 防止用户接触供电电压。
- 按照国家和地方法规进行电动机过载保护。
- 接地漏电电流大于 3.5 mA。
- [OFF]（关闭）键不是安全开关。它不能将变频器与主电源断开。

1.2.5 开始维修工作之前

1. 断开变频器与主电源的连接
2. 断开直流总线端子 88 和 89
3. 至少等待在上述“一般警告”小节中规定的时间
4. 拆下电动机电缆

1.2.6 特殊条件

电气额定值:

在变频器铭牌上（图 2.1）标示的额定值基于典型的 3 相主电源，并且代表电压、电流和温度均在指定范围内时的情况。这些额定值适用于大多数应用。

变频器还支持其它会影响变频器电气额定值的特殊应用。

影响电气额定值的特殊条件可能包括:

- 单相应用
- 要求降低电气额定值的高温应用
- 环境条件较为恶劣的海上应用。

其它应用也可能影响电气额定值。

有关电气额定值的信息，请查阅这些说明书以及 *VLT HVAC 变频器设计指南 MG. 11. BX. YY* 中的相关部分。

安装要求:

为了确保变频器的总体电气安全，必须考虑同下述内容有关的特殊安装事项:

- 保险丝和断路器，用于实现过电流和短路保护
- （主电源、电动机、制动、负载共享和继电器）电缆的选择
- 电网配置（IT、TN、接地脚等）
- 低压端口的安全（PELV 条件）。

有关安装要求的信息，请查阅各个说明书以及 中的相关部分。

1.2.7 注意



注意

变频器直流回路电容器在断开电源后仍有电。为避免触电危险，在执行维护之前请将变频器同主电源断开，并且必须至少等待下述时间后才能对变频器进行维护:

电压	最短等待时间				
	4 分钟	15 分钟	20 分钟	30 分钟	40 分钟
200 - 240 V	1.1 - 3.7 kW	5.5 - 45 kW			
380 - 480 V	1.1 - 7.5 kW	11 - 90 kW	110 - 200 kW		250 - 450 kW
525 - 600 V	1.1 - 7.5 kW		110 - 250 kW	315 - 560 kW	

请注意，即使 LED 指示灯熄灭，直流回路上也可能存在高压。

1.2.8 在高海拔下安装 (PELV)



当海拔超过 2 km 时，请向 Danfoss 咨询有关 PELV 事宜。

1.2.9 避免意外启动

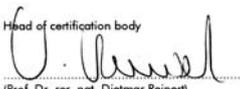
当变频器与主电源相连时，可以使用数字命令、总线命令、参考值或本地控制面板启动/停止电动机。

- 为保证人身安全而必须避免意外启动时，请将变频器与主电源断开。
- 要避免意外启动，请始终先激活 [OFF] (停止) 键，然后再更改参数。
- 除非关闭了端子 37，否则电子故障、临时过载、主电源故障或连接断开的电动机都可能导致已停止的电动机重新启动。

1.2.10 变频器安全停止

如果变频器配备有安全停止输入端子 37，则可以执行以下安全功能：安全关闭转矩（在草案 CD IEC 61800-5-2 定义）或停止类别 0（在 EN 60204-1 中定义）。

该功能是按照 EN 954-1 中安全类别 3 的要求设计和验收的。这个功能被称为“安全停止”。在系统中集成并使用安全停止功能之前，必须对系统进行全面的风险分析，以确定安全停止功能和安全类别是否适当且充分。为了按照 EN 954-1 安全类别 3 的要求安装和使用安全停止功能，必须遵守 VLT HVAC 变频器设计指南 MG. 11. BX. YY 中的相关信息和说明！要正确、安全地使用安全停止功能，操作说明书中的信息和说明可能还不够！

Prüf- und Zertifizierungsstelle im BG-PRÜFZERT		 BGIA Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften	
Translation In any case, the German original shall prevail.		Type Test Certificate	
		05 06004 <small>No. of certificate</small>	
Name and address of the holder of the certificate: (customer)	Danfoss Drives A/S, Ulnoes 1 DK-6300 Graasten, Dänemark		
Name and address of the manufacturer:	Danfoss Drives A/S, Ulnoes 1 DK-6300 Graasten, Dänemark		
Ref. of customer:	Ref. of Test and Certification Body: Apl/Koh VE-Nr. 2003 23220	Date of issue: 13.04.2005	
Product designation:	Frequency converter with integrated safety functions		
Type:	VLT® Automation Drive FC 302		
Intended purpose:	Implementation of safety function „Safe Stop“		
Testing based on:	EN 954-1, 1997-03, DKE AK 226.03, 1998-06, EN ISO 13849-2; 2003-12, EN 61800-3, 2001-02, EN 61800-5-1, 2003-09,		
Test certificate:	No.: 2003 23220 from 13.04.2005		
Remarks:	The presented types of the frequency converter FC 302 meet the requirements laid down in the test bases. With correct wiring a category 3 according to DIN EN 954-1 is reached for the safety function.		
The type tested complies with the provisions laid down in the directive 98/37/EC (Machinery).			
Further conditions are laid down in the Rules of Procedure for Testing and Certification of April 2004.			
Head of certification body	 (Prof. Dr. rer. nat. Dietmar Reinert)		Certification officer  (Dipl.-Ing. R. Apfeld)
PZB10E 01.05	 Postal address: 53754 Sankt Augustin	Office: Alle Heenstraße 111 53757 Sankt Augustin	Phone: 0 22 41/2 31-02 Fax: 0 22 41/2 31-22 34 130BA491

该证书还涵盖 FC 102 和 FC 202！

1.2.11 IT 主电源

**IT 主电源**

不要将带有射频干扰滤波器的 400 V 变频器连接到相与接地之间的电压超过 440 V 的主电源上。
对于 IT 主电源和三角形接法接地（接地脚），相与接地之间的主电源电压可能超过 440 V。

参数 14-50 射频干扰 1 可以用于断开射频干扰滤波器与接地之间的内部射频干扰电容器。这样做之后，射频干扰的性能会降到 A2 等级。

1.2.12 软件版本与认证：VLT HVAC 变频器

VLT HVAC 变频器
操作说明
软件版本：2.7.x



此操作说明适用于软件版本为 2.XX 的所有 VLT HVAC 变频器 变频器。
通过参数 15-43 可以查看软件版本号。

1.2.13 处理说明



包含电子元件的设备不得与生活垃圾一起处理。
必须按照地方现行法规将其与电气和电子废弃物一起单独回收。

2 变风量通风系统

2.1 简介

采用变风量（VAV）系统来保持建筑物的环境条件是一种最节能的方法。这些系统以恒定温度送风，同时根据房间（或空间）的需求变化来减小或增加风量。这些系统旨在使 VAV 设备的送风管道中的静态压力保持在恒定水平。各个 VAV 设备向不同空间提供经调节的、变流量的恒温空气。

过去会在空气处理设备中安装排风阀或入口导流片（IGV）来调节鼓风机的送风量。为了限制鼓风机的送风量，这些装置通过阻止空气进入鼓风机出口管道或让进入鼓风机的空气首先发生回旋来减小气流量。两种方法都能实现某种程度的节能，但输入功率仍保持在相当高的水平，因为电动机的速度是恒定的。

如今，变频器已成为最常用的气流量控制方法。变频器可以根据建筑物中的负荷变化来直接调节鼓风机的电动机速度和送风量。鼓风机相似定律使得在使用变频器时可以实现更高的系统效率。当电动机速度减小时，所要求的功率也会以与速度成三次方的关系降低。而随着要加热或要冷却的风量的减少，可以实现额外的系统节能。

2.1.1 风量控制

空气处理设备（AHU）通常将从室外吸入的空气与返回的空气混合在一起，借此来保持室内条件。混合空气依次通过过滤器以及加热和/或冷却螺旋管，然后从鼓风机进入为整个建筑物送风的管道。各个区域的恒温器调节 VAV 设备的阀门，以改变每个房间的风量，从而将室温保持在所希望的水平。

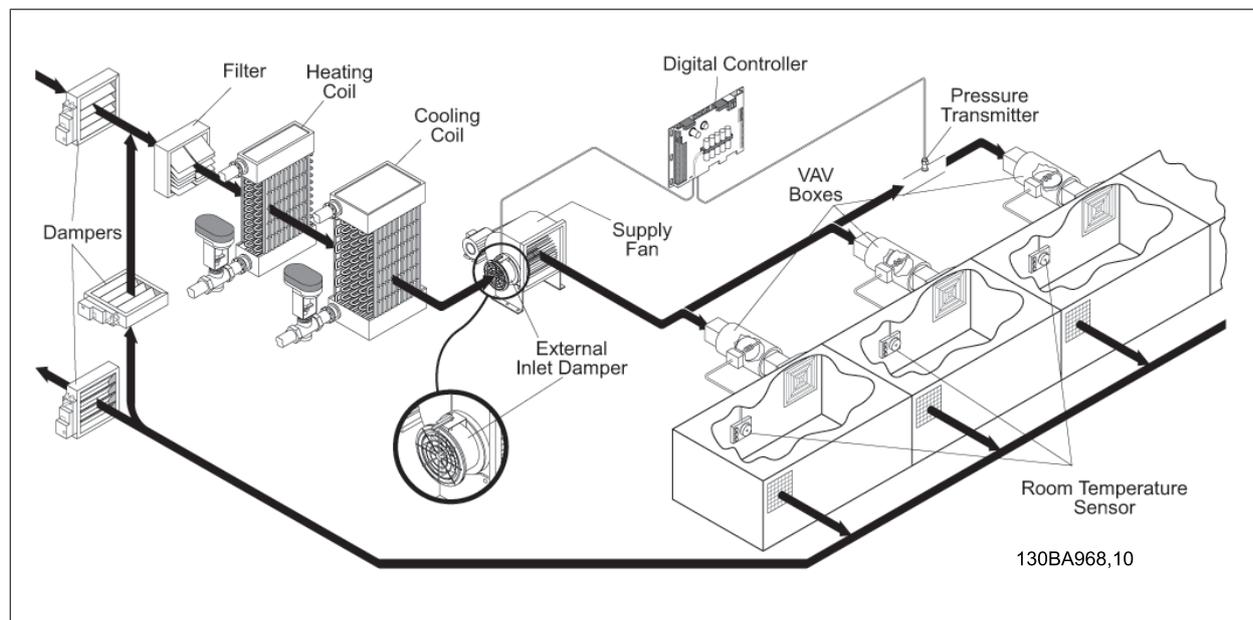


图 2.1: 带有入口导流片的 VAV 系统

当相关空间的温度变得令人满意后，VAV 设备的阀门随即向关闭位置移动，以减小气流量。这样一来，管道中的压力便开始上升。

系统静态压力传感器检测到静态压力升高，于是向控制器发送减小风量的信号。排风阀或入口导流片部分关闭，这会增加系统压降，并且使鼓风机的送风量减小。变频器会通过减小电动机速度来减小鼓风机的送风量。

当空间温度降低时，VAV 设备的阀门随即向打开位置移动，以增加气流量。管道中的压力开始降低。排风阀或入口导流片部分打开，这会减小系统压降，并且使鼓风机的送风量增加。变频器会通过提高电动机速度来增加鼓风机的送风量。

2.1.2 变频器的优势

变频器可以改进系统控制，并且使变风量系统实现最大程度的节能。变频器不会像阀门那样造成人为压降，或者像入口导流片那样造成鼓风机性能下降，它直接控制鼓风机的电动机速度和送风量。通过改变鼓风机的电动机速度，可以精确控制气流量，保持所需的管道静态压力，以满足 VAV 设备的控制要求。

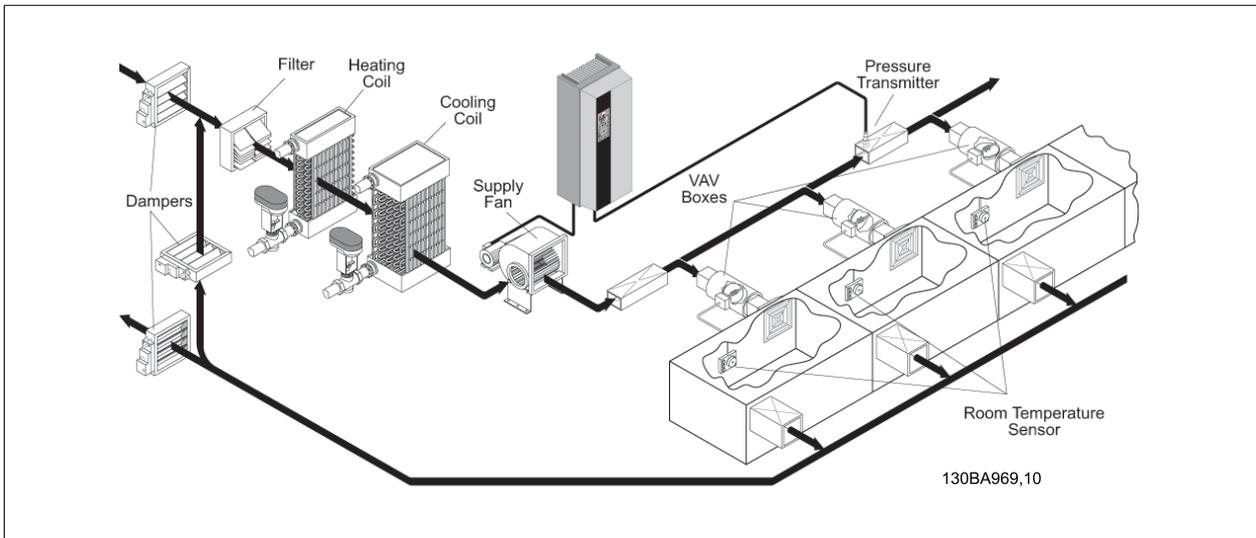


图 2.2: 带有调速变频器的 VAV 系统

变频器内置的 PID 控制器可实现精确的鼓风机速度控制，因此无需外部控制器或电源。为了控制鼓风机的电动机，可以直接将管道静态压力变送器连接到变频器。

而利用变频器其它的 PID 控制器、RTD 温度传感器输入和模拟输出，可以控制系统的其它组件，比如阀门或控制阀。断裂皮带检测、内置 HOA 开关和安全互锁等功能则提供了额外的系统控制能力。

下图显示了为了实现变风量系统控制而采用不同的鼓风机风量控制方法时的相对能耗。变频器（曲线 2）最逼近鼓风机相似定律的能耗，因此在变流量情况下，变频器具有最高的节能水平。

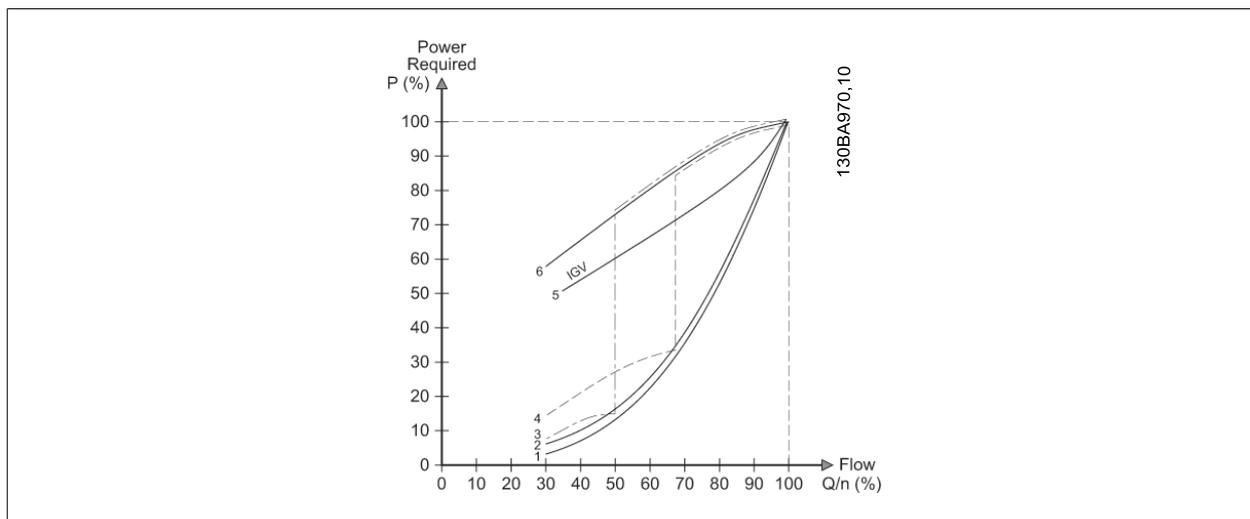


图 2.3: 鼓风机功率要求

1. 理论能耗
2. 变频器
3. 2 速 (50/100%) 电动机
4. 2 速 (67/100%) 电动机
5. 入口导流片 (IGV)
6. 排风阀

2.2 安装

2.2.1 传感器布置

正确安装变频器可以实现显著的节能效果，而管道静态压力传感器的位置则对送风机的正确控制以及获得最大程度的节能至关重要。

对送风机进行速度控制的目的是，将所有 VAV（变风量）设备入口位置的管道静态压力保持在所要求的最低水平。这样一来，VAV 设备就可以正常工作并且向控制区配送正确的风量。如果 VAV 设备处的管道静态压力过低，气流量将低于所要求的水平。而过大的管道静态压力会造成能源浪费，并且可能在 VAV 设备的出口散流器处导致噪音问题。

系统的静态压力要求是这样计算的：用 VAV 设备所要求的静态压力加上该设备和控制区之间的预计压降。为了补偿安装期间的设计变动，通常会乘以一个安全系数。为了节省鼓风机能源，静态压力给定值应设置在尽可能低的水平。当然，前提是能够保持正确送风。

压力传感器应大致放在送风机和最远端 VAV 终端设备之间的 2/3 距离处（请参阅右下方的插图）。在这种布置下，压力传感器可以测量最靠近鼓风机以及位于送风管道端部的 VAV 设备处的静态压力变化所造成的影响。借此可以在低流量条件下使用较低的给定值，并且在鼓风机出口处保持较低的静态压力。

2

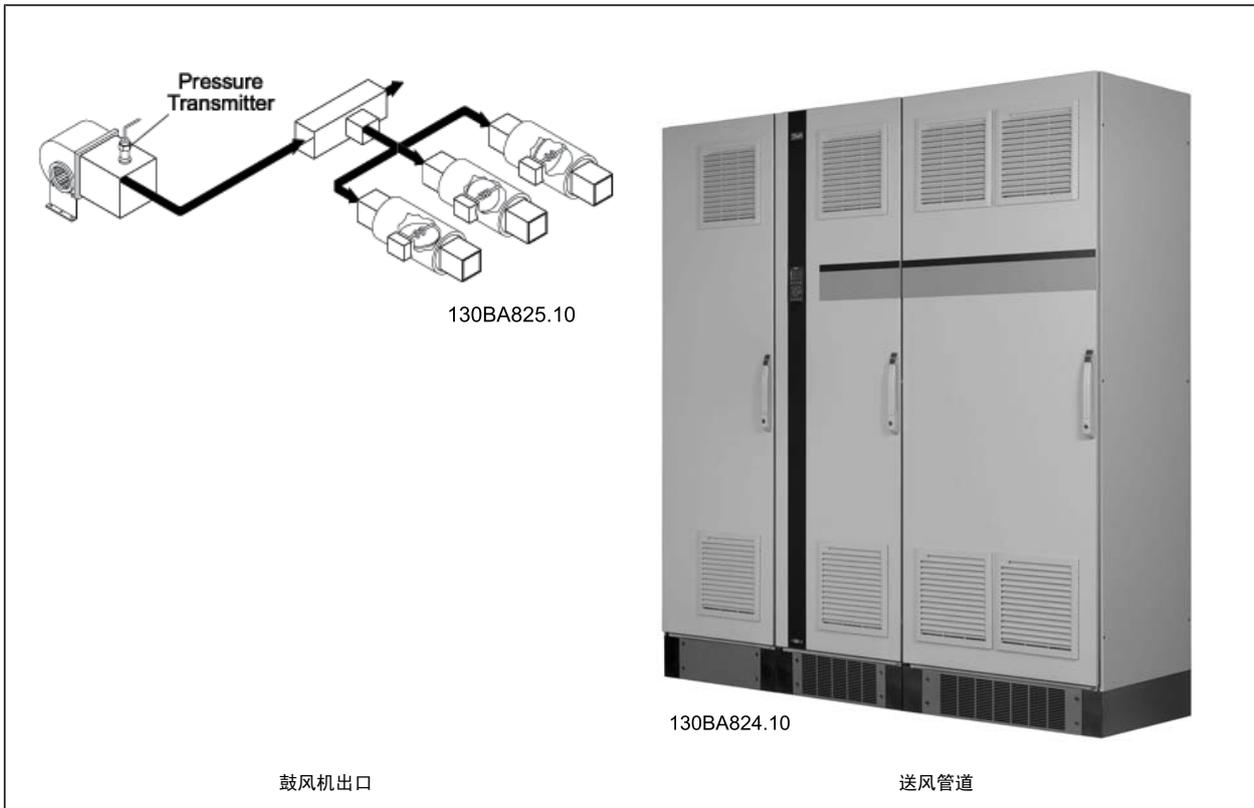


表 2.1: 压力变送器布置

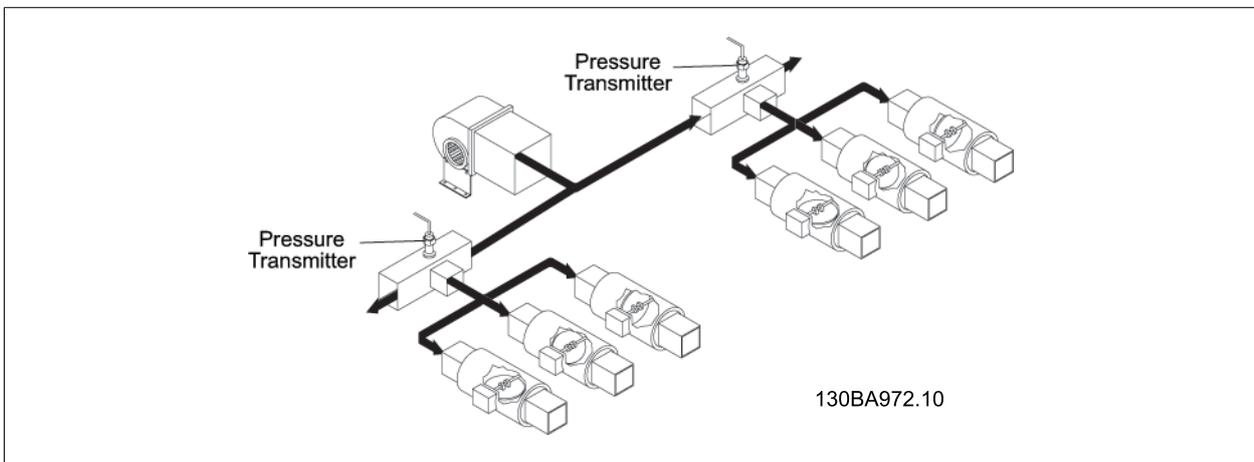


图 2.4: 压力变送器布置

如果将静态压力传感器直接放在鼓风机出口中（请参阅左上方的表），则给定值必须等于系统在最大流量条件下的设计压力。当 VAV 设备减小气流量时，鼓风机出口处的静态压力仍将保持恒定，哪怕是管道中的压力损失已经减小。此时为 VAV 设备提供的静态压力比所需要的高。虽然节省了一些能源，但还没有实现全面的节能潜力。在低于全流量情况下发生的过压会造成能源浪费。

如果具有复杂送风路线的 VAV 系统在靠近鼓风机的位置有多个分支（请参阅上图），则应在每个分支中放置静态压力传感器。压力传感器应放在分支下游的 2/3 距离处。每个传感器都应该有自己的给定值。这也就是说，各个分支和多传感器位置具有不同的要求。送风机应由具有最低静态压力（相对于各自给定值）的那个传感器来控制。

VLT® HVAC 变频器的一项高级功能是，它们可以接受 2 个或 3 个输入和给定值信号。可以在系统的每个分支中安装静态压力传感器。当选择了“多给定值，最小”反馈功能时，PID 控制器将选用最低的反馈信号（与各自的给定值相比）来控制鼓风机的电动机速度。如果所有静态压力反馈都低于各自的给定值，那么 PID 控制器会增大鼓风机的电动机速度。如果所有反馈都高于静态压力给定值，那么 PID 控制器会减小鼓风机的电动机速度。

多输入 PID 控制器的另一项应用是，使用静态压力变送器来提供管道静态压力上限控制（请参阅下图）。应通过控制送风机管道的静态压力上限来防止管道、阀门、VAV 设备和送风终端受损。

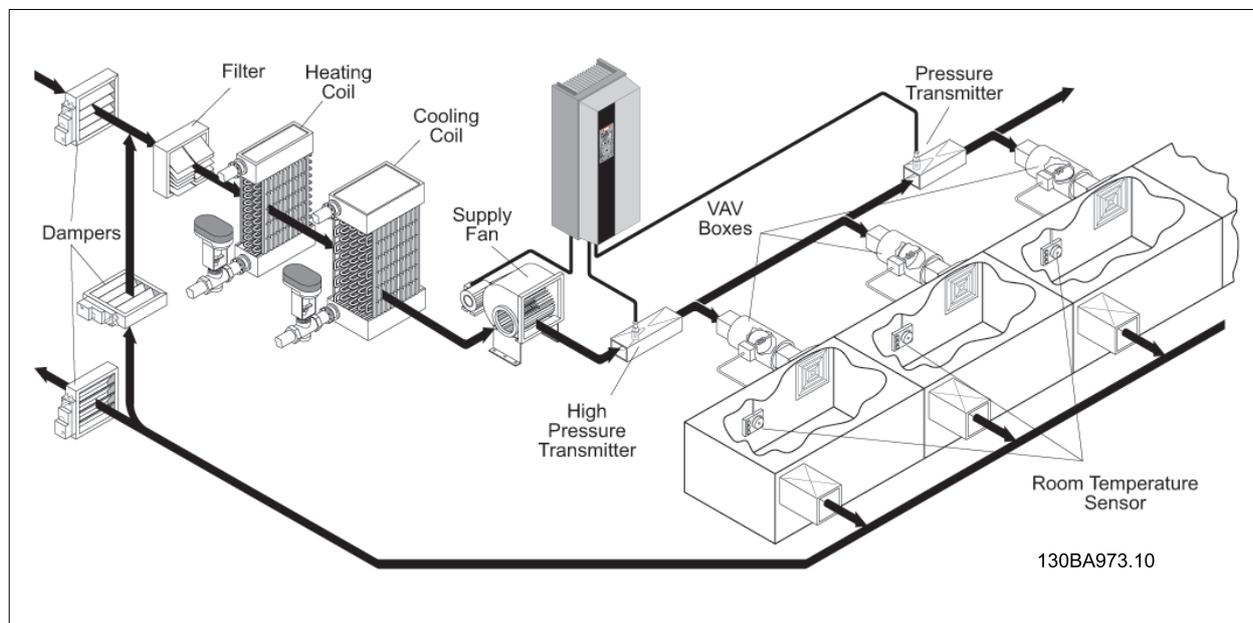


图 2.5：管道静态压力上限控制

当鼓风机系统在管道被堵塞或防火阀或防烟阀被关闭的情况下仍必须持续运行时，可以采用静态压力上限控制。上限控制传感器放置在鼓风机出口中。与标准 VAV 控制一样，系统静态压力传感器根据实际静态压力来控制鼓风机的电动机速度。如果发生堵塞，管道静态压力传感器会检测到低压情况。这样一来，鼓风机就会增大速度，以便将输出压力提高到最高水平。而为了防止管道或组件受损，负责控制静态压力上限的传感器会减小鼓风机速度，以便将输出限制在预设的最大管道静态压力之内。

2.2.2 传感器布置

正确安装变频器可以实现显著的节能效果，而管道静态压力传感器的位置则对送风机的正确控制以及获得最大程度的节能至关重要。

对送风机进行速度控制的目的是，将所有 VAV（变风量）设备入口位置的管道静态压力保持在所要求的最低水平。这样一来，VAV 设备就可以正常工作并且向控制区配送正确的风量。如果 VAV 设备处的管道静态压力过低，气流量将低于所要求的水平。而过大的管道静态压力会造成能源浪费，并且可能在 VAV 设备的出口散流器处导致噪音问题。

系统的静态压力要求是这样计算的：用 VAV 设备所要求的静态压力加上该设备和控制区之间的预计压降。为了补偿安装期间的设计变动，通常会乘以一个安全系数。为了节省鼓风机能源，静态压力给定值应设置在尽可能低的水平。当然，前提是能够保持正确送风。

压力传感器应大致放在送风机和最远端 VAV 终端设备之间的 2/3 距离处（请参阅右下方的插图）。在这种布置下，压力传感器可以测量最靠近鼓风机以及位于送风管道端部的 VAV 设备处的静态压力变化所造成的影响。借此可以在低流量条件下使用较低的给定值，并且在鼓风机出口处保持较低的静态压力。

2

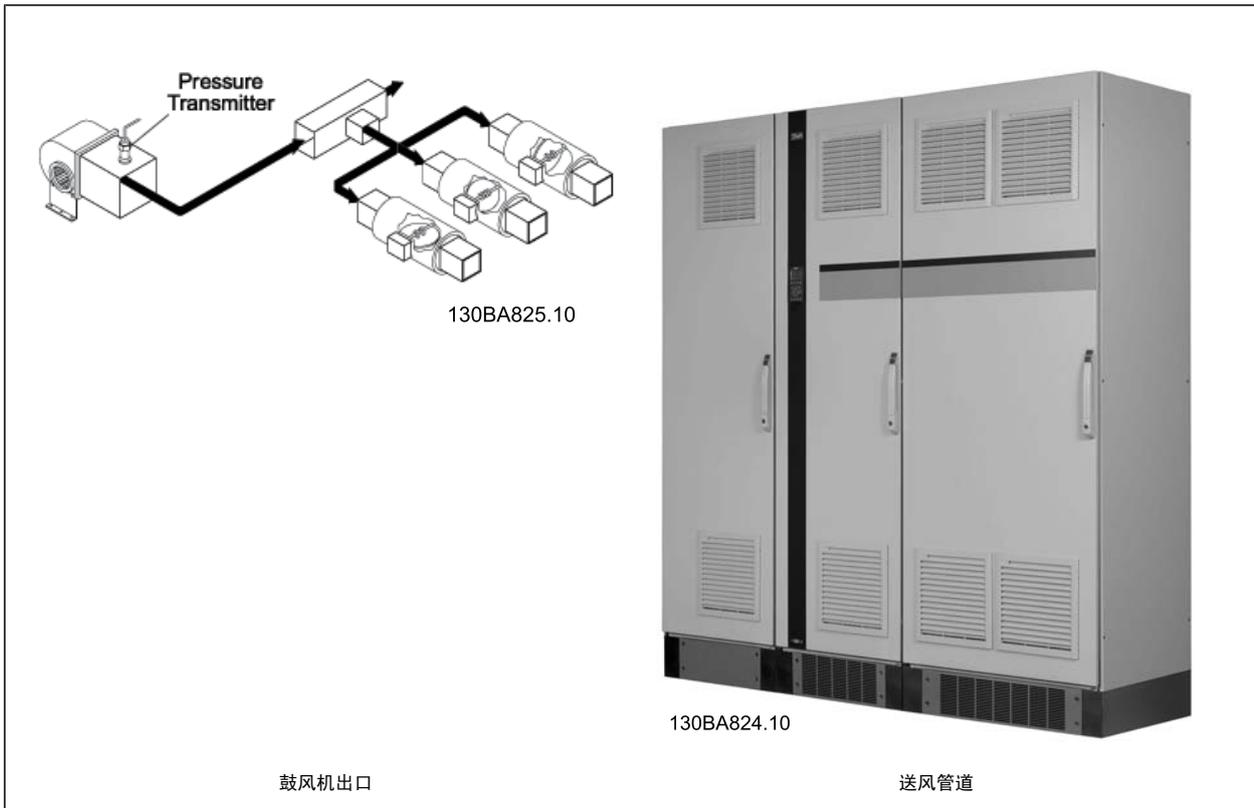


表 2.2: 压力变送器布置

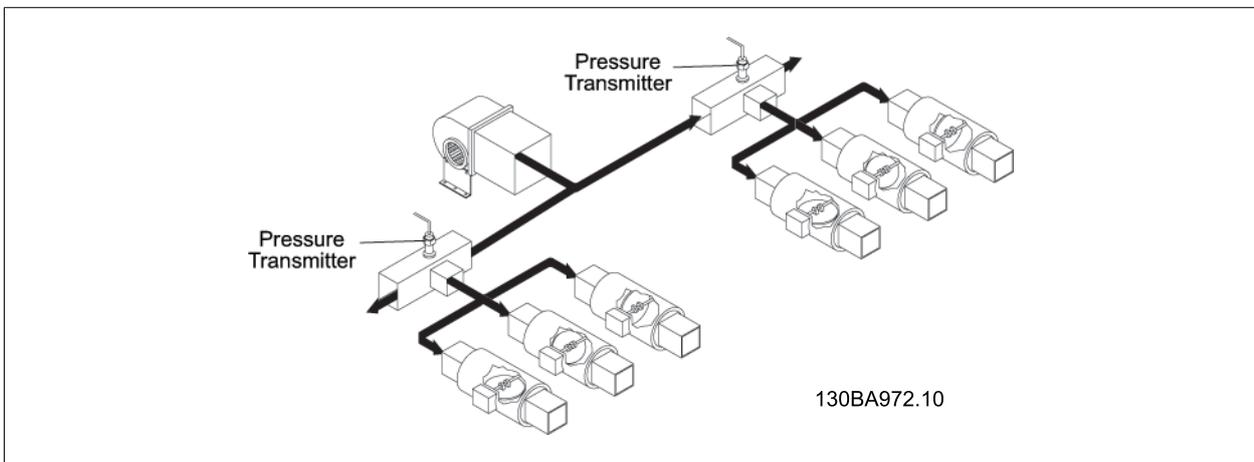


图 2.6: 压力变送器布置

如果将静态压力传感器直接放在鼓风机出口中（请参阅左上方的表），则给定值必须等于系统在最大流量条件下的设计压力。当 VAV 设备减小气流量时，鼓风机出口处的静态压力仍将保持恒定，哪怕是管道中的压力损失已经减小。此时为 VAV 设备提供的静态压力比所需要的高。虽然节省了一些能源，但还没有实现全面的节能潜力。在低于全流量情况下发生的过压会造成能源浪费。

如果具有复杂送风路线的 VAV 系统在靠近鼓风机的位置有多个分支（请参阅上图），则应在每个分支中放置静态压力传感器。压力传感器应放在分支下游的 2/3 距离处。每个传感器都应该有自己的给定值。这也就是说，各个分支和多传感器位置具有不同的要求。送风机应由具有最低静态压力（相对于各自给定值）的那个传感器来控制。

VLT® HVAC 变频器的一项高级功能是，它们可以接受 2 个或 3 个输入和给定值信号。可以在系统的每个分支中安装静态压力传感器。当选择了“多给定值，最小”反馈功能时，PID 控制器将选用最低的反馈信号（与各自的给定值相比）来控制鼓风机的电动机速度。如果所有静态压力反馈都低于各自的给定值，那么 PID 控制器会增大鼓风机的电动机速度。如果所有反馈都高于静态压力给定值，那么 PID 控制器会减小鼓风机的电动机速度。

多输入 PID 控制器的另一项应用是，使用静态压力变送器来提供管道静态压力上限控制（请参阅下图）。应通过控制送风机管道的静态压力上限来防止管道、阀门、VAV 设备和送风终端受损。

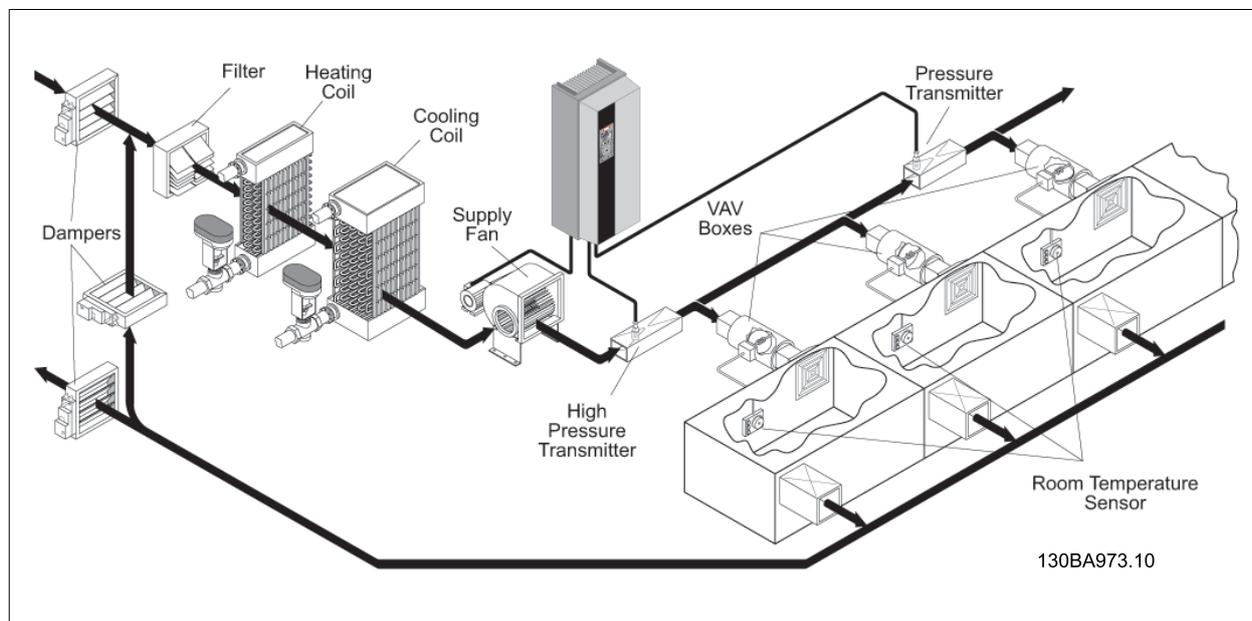


图 2.7: 管道静态压力上限控制

当鼓风机系统在管道被堵塞或防火阀或防烟阀被关闭的情况下仍必须持续运行时，可以采用静态压力上限控制。上限控制传感器放置在鼓风机出口中。与标准 VAV 控制一样，系统静态压力传感器根据实际静态压力来控制鼓风机的电动机速度。如果发生堵塞，管道静态压力传感器会检测到低压情况。这样一来，鼓风机就会增大速度，以便将输出压力提高到最高水平。而为了防止管道或组件受损，负责控制静态压力上限的传感器会减小鼓风机速度，以便将输出限制在预设的最大管道静态压力之内。

2.3 节能估计

借助 Danfoss VLT® Energy Box 软件，可以估计安装 VLT® HVAC 变频器后相对于其它鼓风量控制方法的节能情况。该程序对下述两种系统的能耗进行比较，并且提供了一个简单的投资收回计算：使用排风阀或入口导流片的变风量系统；以及使用 VLT® HVAC 变频器的变风量系统。

下图显示了典型的输入数据。为了绘制鼓风机和系统曲线，将需要输入少量设计数据。如果清楚鼓风机波动（鼓风机的不稳定工作区域），则可以将这个情况反映到图形中。此外还需要输入系统的运行时间。

为了计算节能潜力，需要输入工作周期或负荷特征图。该程序附带了一个易于修改的默认特征图。工作周期表明了系统为了满足建筑物的负荷而要求的流量。特征图随建筑物和系统的特定运转情况而不同。

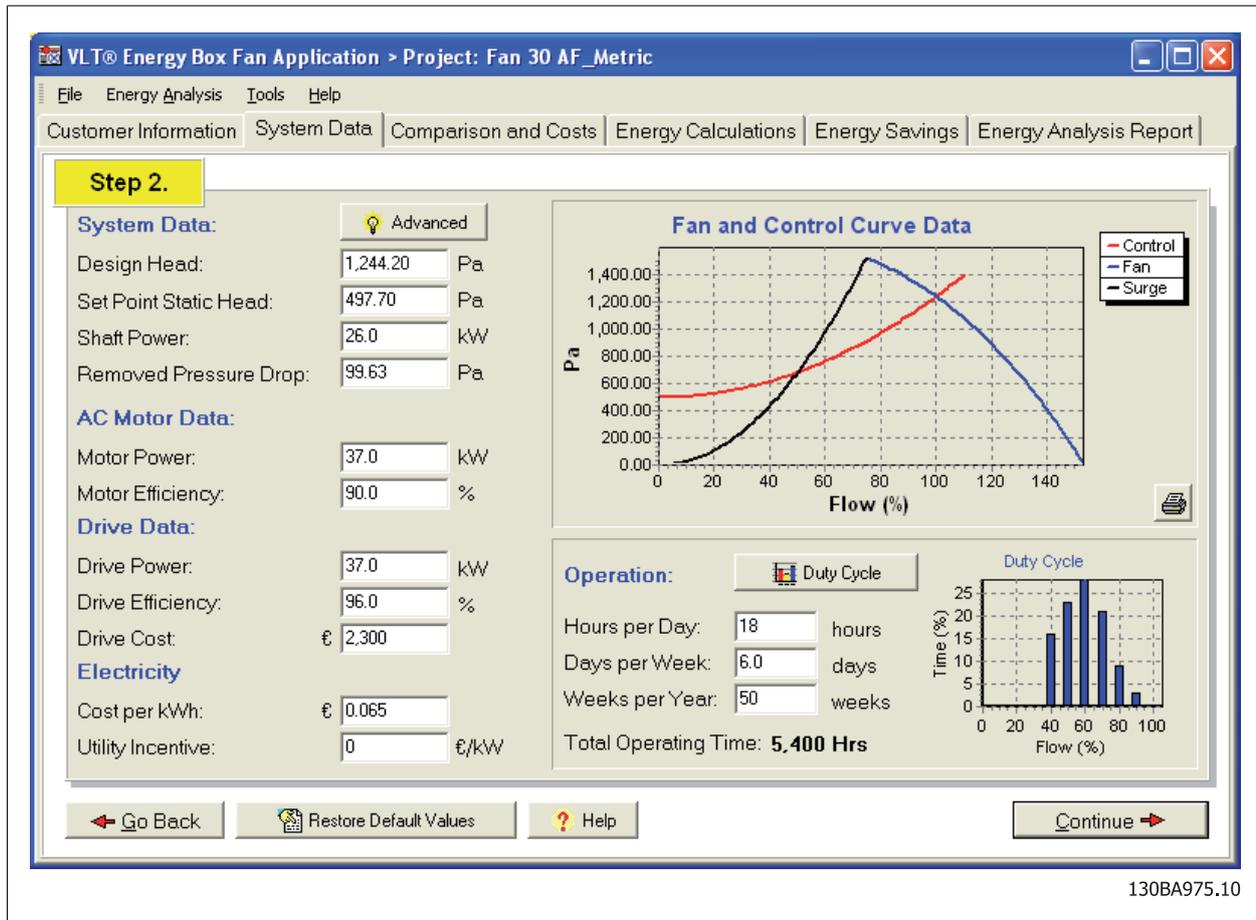


图 2.8: Energy Box 输入数据

在输入了鼓风机和系统数据后，该程序便会计算 VLT® HVAC 变频器和对比系统的估计能耗。

下一幅图显示了不同气流量下的年度能耗。如果输入了鼓风机波动数据，该程序将确定鼓风机是否会在不稳定区域中工作，并且表明系统设计极限是否被达到。为了仅反映稳定区域内的鼓风机工作，它会对能耗计算进行调整。

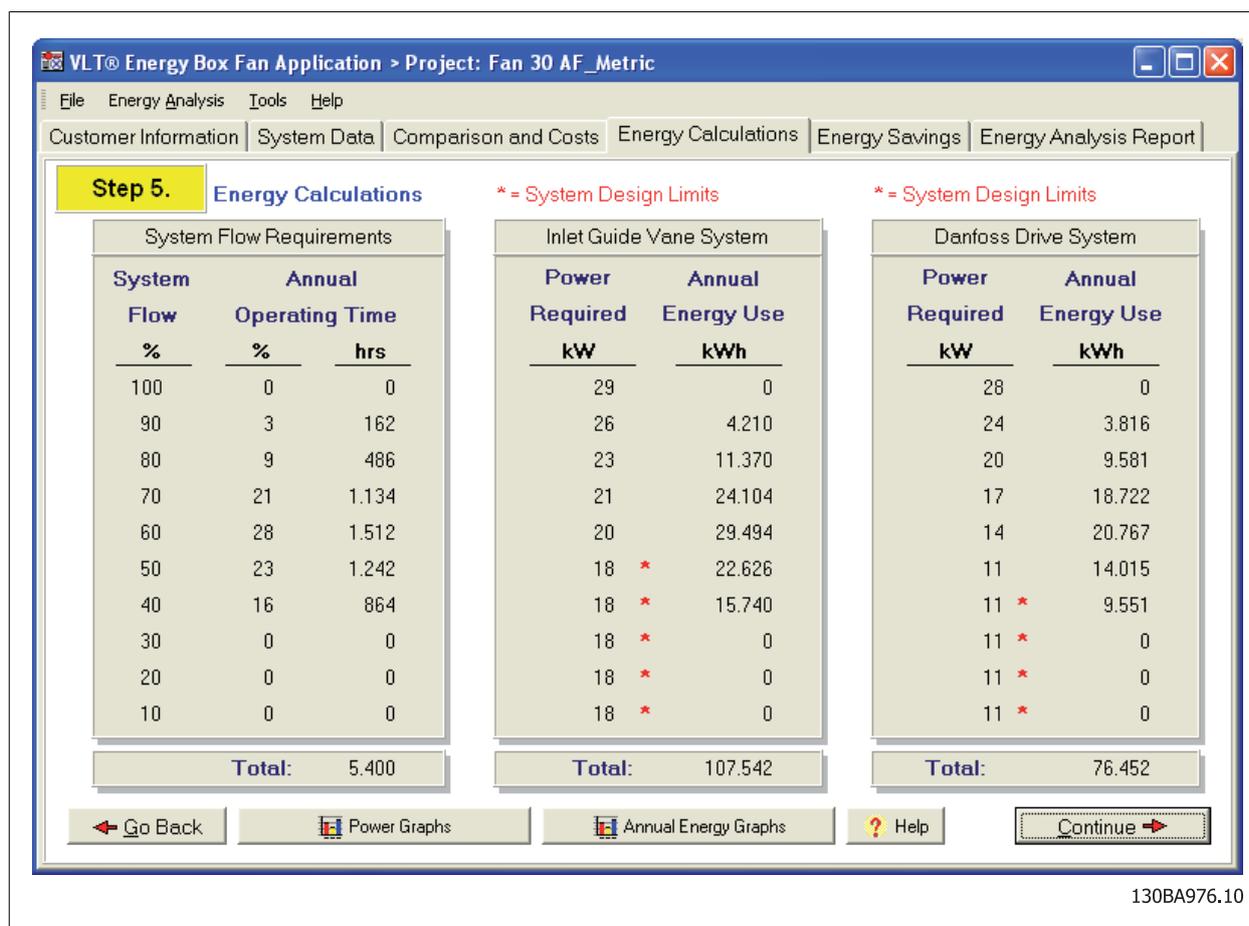


图 2.9: 设备能耗

该程序还可以计算变频器的基本投资回收期。这种计算涵盖了变频器、安装、接线和其它控制组件（如传感器）的成本数据。

下图显示了一个用 VLT® HVAC 变频器代替入口导流片系统的投资回收期，为 1.33 年。Energy Box 分析和报告可以打印或用传真或电子邮件发送。

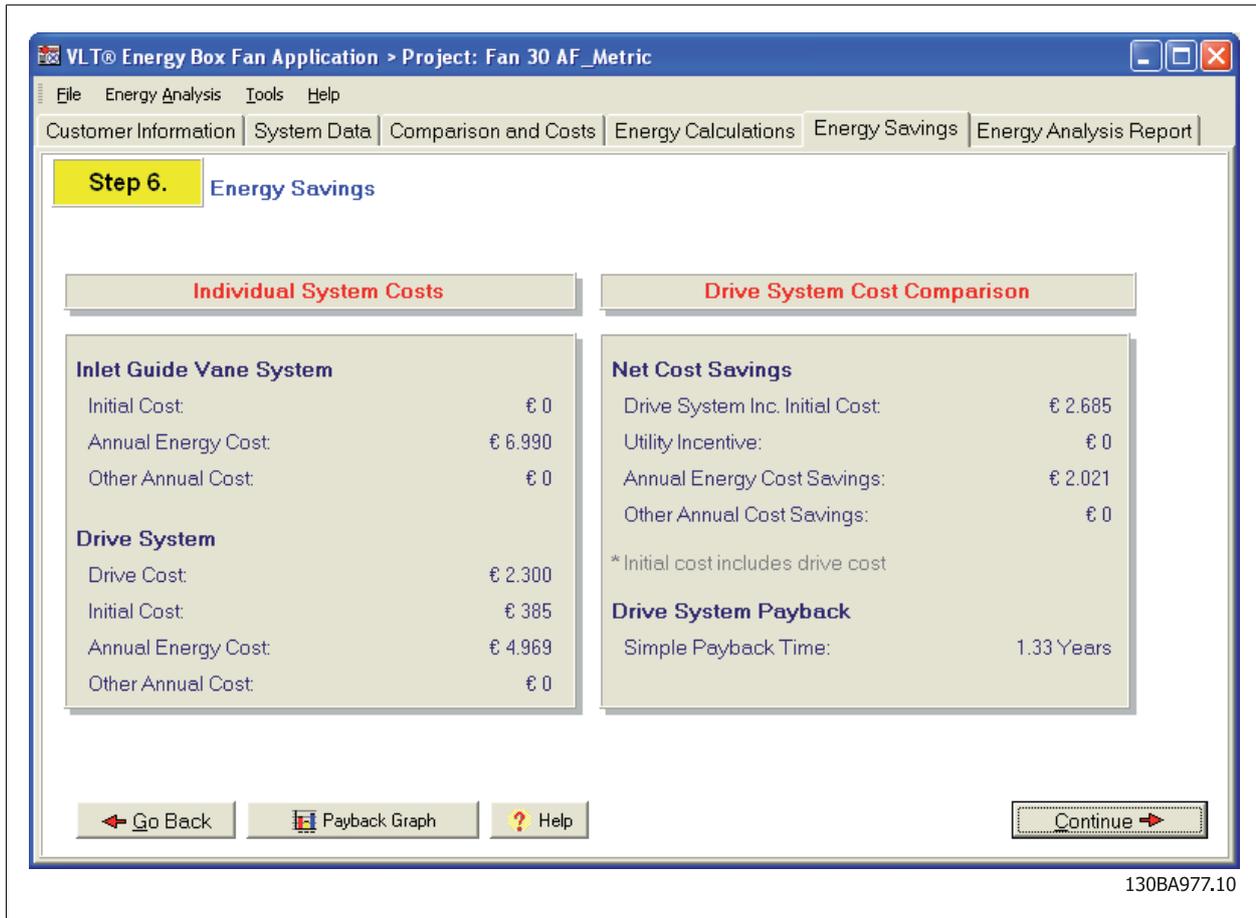


图 2.10: Energy Box 财务计算

2.4 变频器功能

Danfoss VLT HVAC 变频器提供了专用来满足 HVAC 系统（包括变风量系统）的独特控制要求的功能。作为标配，它们包含下述旨在优化 VAV 性能的软件功能。

2.4.1 模拟输入输出选件

MCB 109 模拟输入输出选件板增添了可编程模拟输入和输出数量，从而扩展了 VLT HVAC 变频器的能力。最多可为 0 - 10 V 的 Pt 1000 或 Ni 1000 温度传感器输入配置 3 个模拟输入。此外还提供了 3 个 0 - 10 V 的模拟输出。

这些输入输出的功能可以结合独立的数字控制器、建筑物管理系统（BMS）或变频器的内置 PID 控制器一起使用。使用模拟输入输出选件时将无需额外的场点，因此可以减小总体系统成本。

下图显示了一个使用模拟输入输出选件的 VAV 系统。房间传感器直接控制变频器速度，而送风温度传感器则通过一个 BMS 来保持恒定的送风温度。BMS 通过与变频器进行通讯来安排模拟输出序列，从而实现对加热阀、混风阀和冷却螺旋管阀的控制。

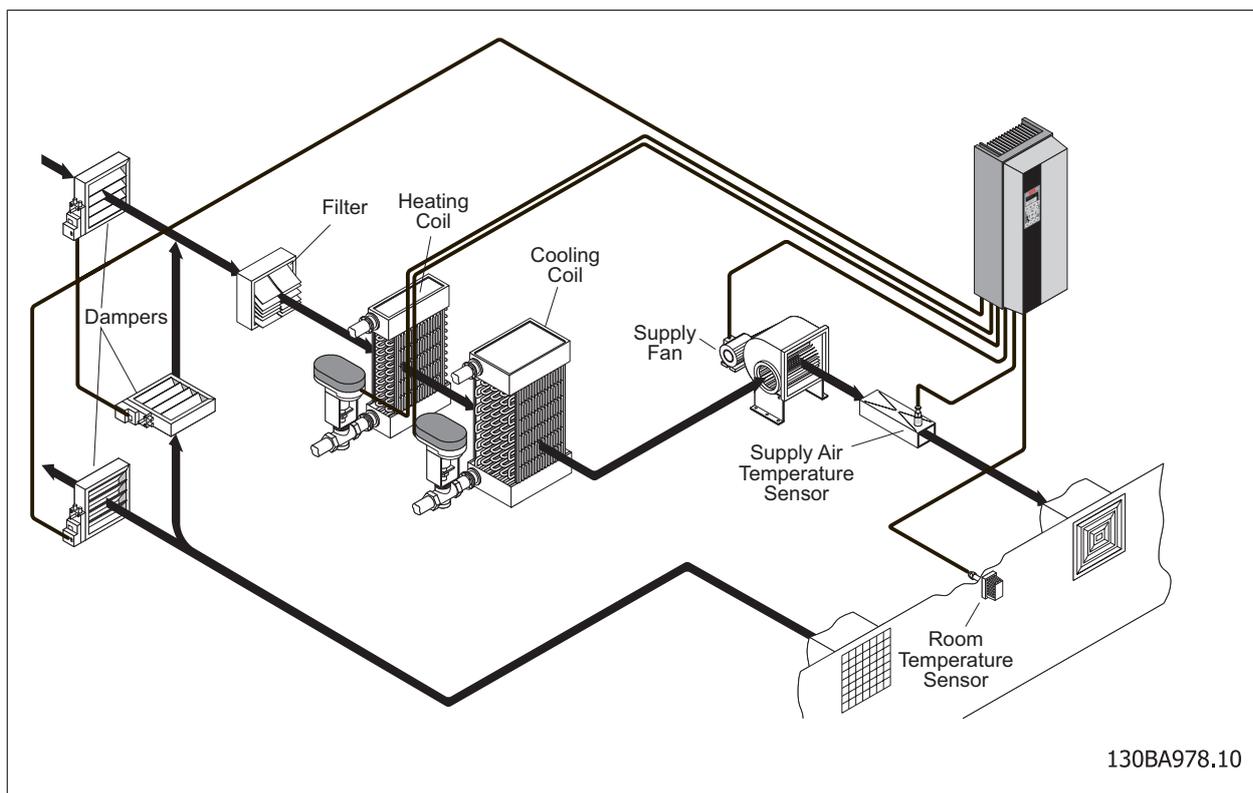


图 2.11: 使用模拟输入输出选项实现 VAV 控制

传感器和执行机构的接线如下所示。

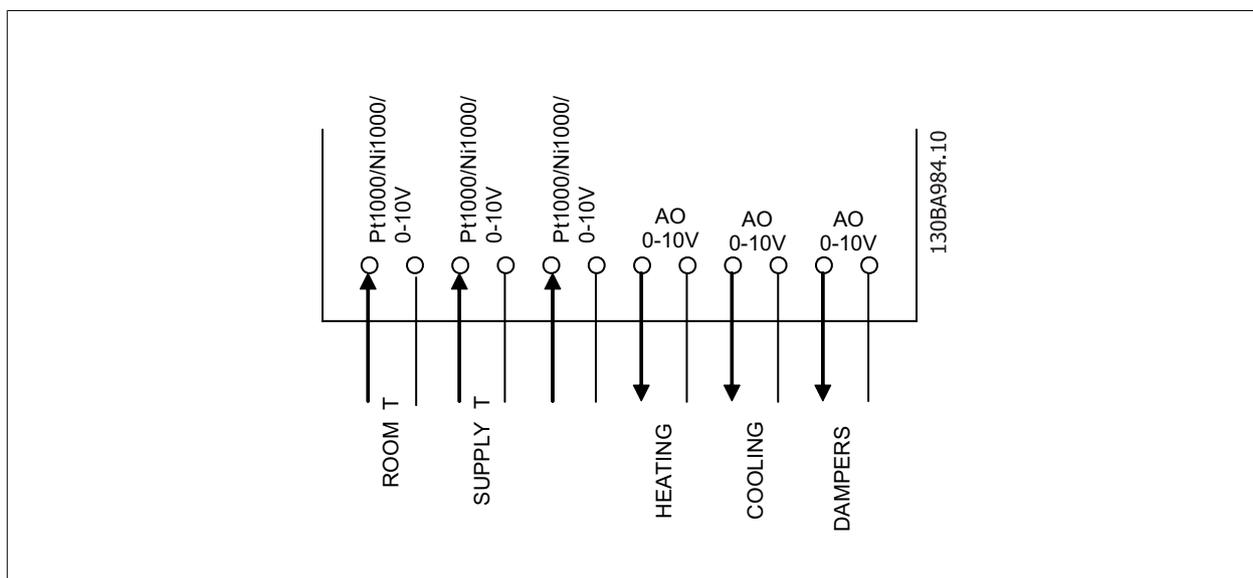


图 2.12: 模拟输入输出选项卡的接线

2.4.2 扩展 PID 控制器

VLT® HVAC 变频器有一个用来控制变频器速度的 PID 控制器，此外还有 3 个扩展 PID 控制器，它们提供了可用来控制 HVAC 系统的阀门或阀门执行机构的输出。这些控制器可接受来自外部源（建筑物自动化系统、数字控制器等）的给定值和反馈信号。它们还可以与 MCB 101 通用输入输出 或 MCB 109 模拟输入输出选件板一起使用。

2.4.3 PID 自动调谐

VLT® HVAC 变频器的 PID 控制器可以实现自动调谐，这不仅简化了调试过程，而且还确保了控制调节的精度。在稳态工作期间，自动调谐会让 PID 控制器的输出实现逐步变化，并且对反馈信号进行监视。用于 PID 控制的最佳值将根据反馈响应来计算。在常规 HVAC 应用中，只会计算比例增益和积分时间。

2.4.4 轻松实现多编程

当建筑物拥有多个 AHU、泵和其它变频器应用时，可以用 2 种方式来简化设置和编程工作。用 PC 配置工具 MCT - 10 为每一部变频器编程，然后通过 FC 的 USB 端口轻松下载这些设置。

其次，可以从变频器将所有变频器参数上载到可拆卸的本地控制面板（LCP）中。通过从键盘将设置下载到其它 FC 上，可以用某个设置好的面板来迅速设置其它 FC。所有键盘都是可互换的，并且易于拆卸。

2.4.5 能量记录和趋势分析

VLT® HVAC 变频器可以不间断地累计从变频器传输给电动机的实际功耗。这些数据可用于能量记录功能，从而允许用户分析随时间变化的能耗情况。这些数据可以用两种方式来累计：预设的开始/停止日期和时间，或者一个预定义的时段（比如最近 24 小时，最近 7 天或最近 1 个月）。

趋势分析用于监视某个变量在一个时段内的变化方式。趋势变量的值被记录在某个由用户定义的数据集合（数据范围）中，这样的数据集合一共有 10 个。VAV 应用的常见趋势分析变量是电动机功率和输出频率。

借助这种趋势分析功能，可以确定 VAV 系统工作期间发生的流量或功率变化情况。通过这些趋势分析数据和 VLT Energy Box 软件，可以确定采用 VLT® HVAC 变频器来控制 VAV 系统时所实现的实际节省。

2.4.6 串行通讯

VLT® HVAC 变频器提供了其它变频器难以比拟的通讯能力，从而减小或避免了对外部设备的需求。

内置串行通讯选件包括：Modbus RTU、Johnson Controls Metasys® N2 和 Siemens Apogee® FLN。此外还包括可以轻松安装到 VLT® HVAC 变频器中的 BACnet™ 和 LonWorks® 现场安装选件卡。

3 单区定风量通风系统

3.1 简介

最简单的空气调节系统当属用于控制单个房间或单个区域的空气处理设备。单区定风量（CAV）系统改变送风温度（作为对房间传感器的响应），同时保持恒定的气流量。一个设计完善的系统可以保持近似的室温状况。根据系统的容量，可能需要使用回风鼓风机。

通过安装变频器并进行温度控制方面的少量改造，可以轻松并经济地将单区 CAV 系统转换成变风量系统。鼓风机相似定律使得在使用变频器时可以实现更高的系统效率。当电动机速度减小时，所要求的功率也会以与速度成三次方的关系降低。而随着要加热或要冷却的风量的减少，可以实现额外的系统节能。

3.2 风量控制

3.2.1 风量控制

空气处理设备（AHU）通常将从室外吸入的空气与返回的空气混合在一起，借此来保持室内条件。混合空气依次通过过滤器以及加热和/或冷却螺旋管，然后从鼓风机进入为整个建筑物送风的管道。送风量是恒定的。室温传感器和控制器通过 AHU 中的加热或冷却螺旋管来改变热水或冷却水的流量，以保持所需要的温度。

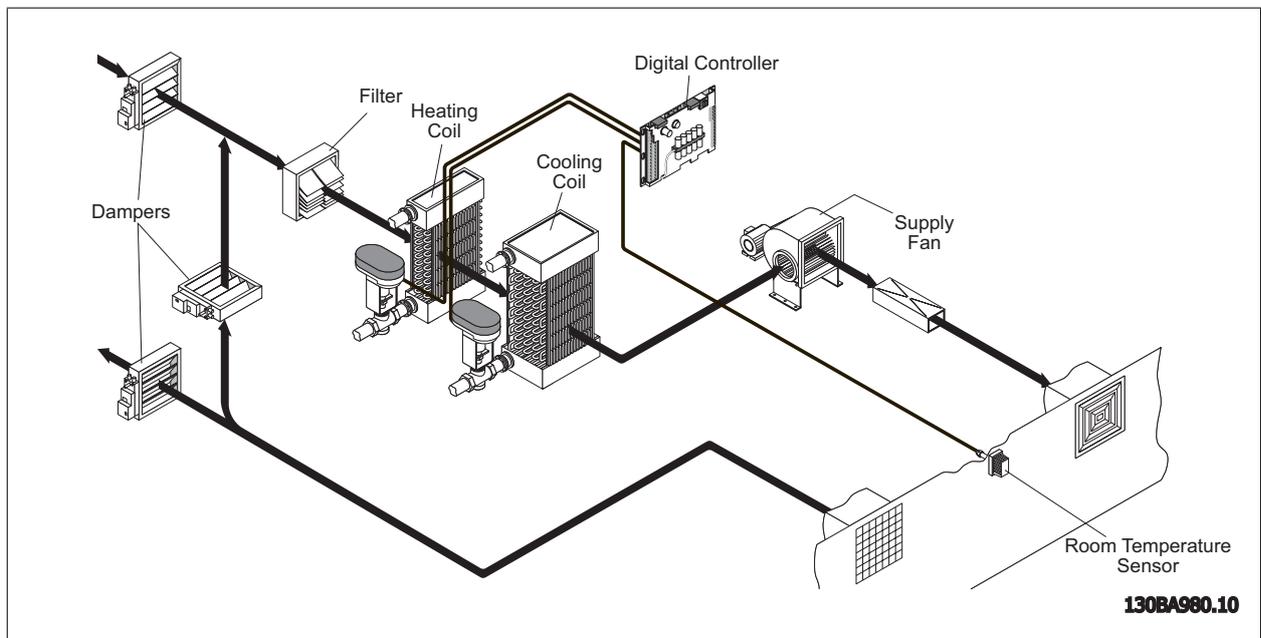


图 3.1：单区定风量系统

通过安装变频器并添加送风温度传感器，可以实现对 VAV 系统的模拟。可以通过改变风量而不是风温来保持室内条件。安装变频器的目的是为了控制鼓风机速度。

室温传感器直接与变频器相连。当室温变化时，鼓风机速度和房间的送风量会随着改变。安装在送风管道中的辅助温度传感器可用来保持恒定温度，就像采用 VAV 控制时那样。该传感器与控制器相连，它通过螺旋管来改变热水或冷却水的流量，从而保持恒定的送风温度。

3

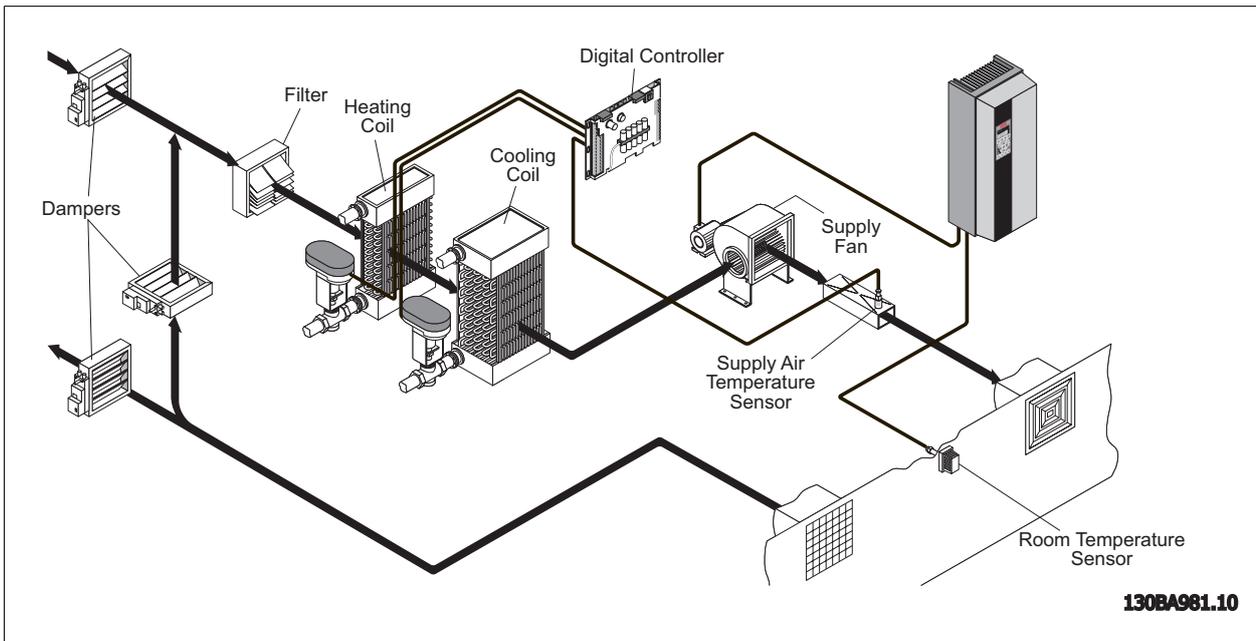


图 3.2: 带有调速变频器的单区变风量系统

下图显示了可以在 CAV 系统中实现变风量控制的不同方法所要求的功率。

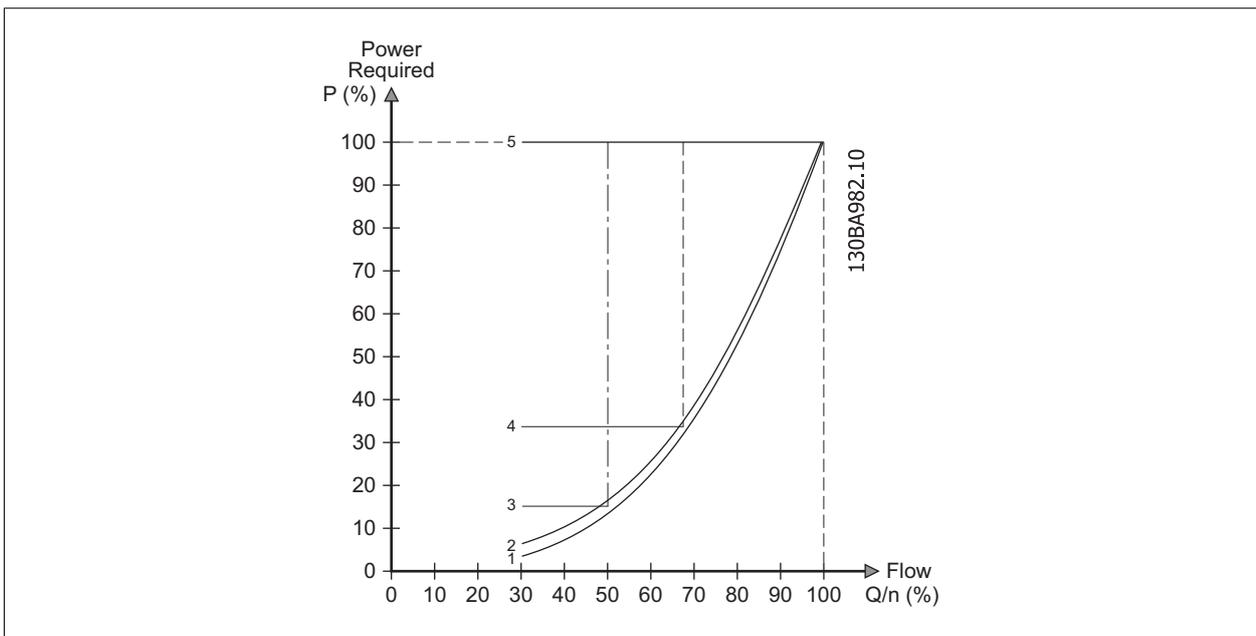


图 3.3: 变速 CAV 控制的功率要求

- 1 理论功率要求
- 2 变频器
- 3 两速电动机控制 (4 极/8 极)
- 4 两速电动机控制 (4 极/6 极)
- 5 恒速工作

该图显示了变频器在恒速或两速电动机基础上的节能潜力。其功率消耗与理论功率要求非常接近。

3.3 变频器的优势

变频器提供了一系列旨在增强通用性的功能以及用于控制 HVAC 系统的选项。变风量 (VAV) 系统以恒定温度送风，同时根据空间负荷的变化来减少或增加风量。可以根据温度而不是二氧化碳含量来改变气流量，此外也可以使用其它空气质量指标来提高节能水平。

当使用二氧化碳传感器控制空气质量时，变频器将根据室内条件的变化来调节风量。例如，当人员离开受控区域后，送风量需求将减小。传感器检测到较低的二氧化碳水平，而变频器会降低送风鼓风机的速度。当人员增加时，二氧化碳含量会上升，因此变频器会提高鼓风机速度，以提供更多的风量。

MCB 109 模拟输入输出选项板增添了可编程模拟输入和输出数量，从而扩展了 VLT® HVAC 变频器的能力。最多可为 0 - 10 v 的 Pt 1000 或 Ni 1000 温度传感器输入配置 3 个模拟输入。此外还提供了 3 个 0 - 10 v 的模拟输出。

这些输入输出可以结合独立的数字控制器、建筑物管理系统 (BMS) 或变频器的内置 PID 控制器一起使用。使用模拟输入输出选项时将无需额外的场点，因此可以减小总体系统成本。

下图显示了一个使用模拟输入输出选项来实现的从 CAV 到 VAV 的转换。为了模拟 VAV 控制，增添了房间和送风温度传感器。房间传感器直接控制变频器速度，而送风温度传感器则通过一个 BMS 来保持恒定的送风温度。BMS 通过与变频器进行通讯来安排模拟输出序列，从而实现对加热阀、混风阀和冷却螺旋管阀的控制。

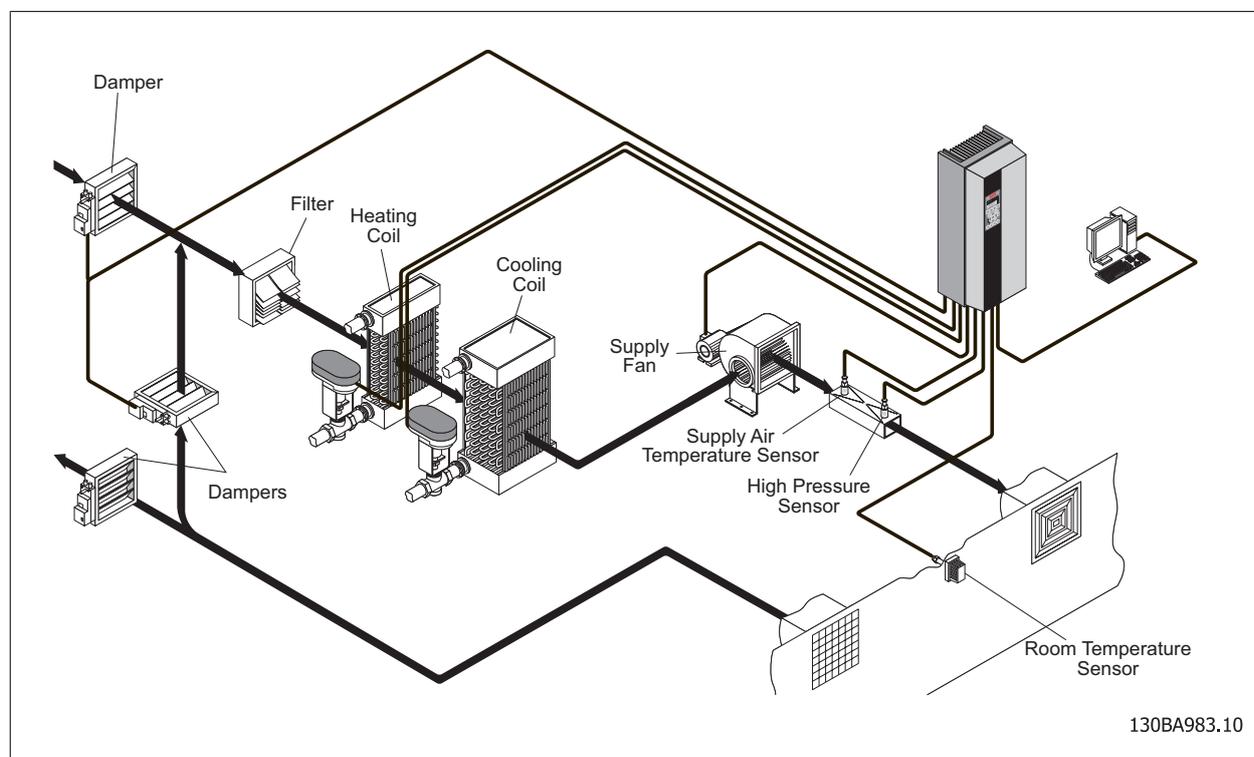


图 3.4: 使用模拟输入输出选项实现从 CAV 到 VAV 的转换

下图显示了传感器和执行机构的接线。

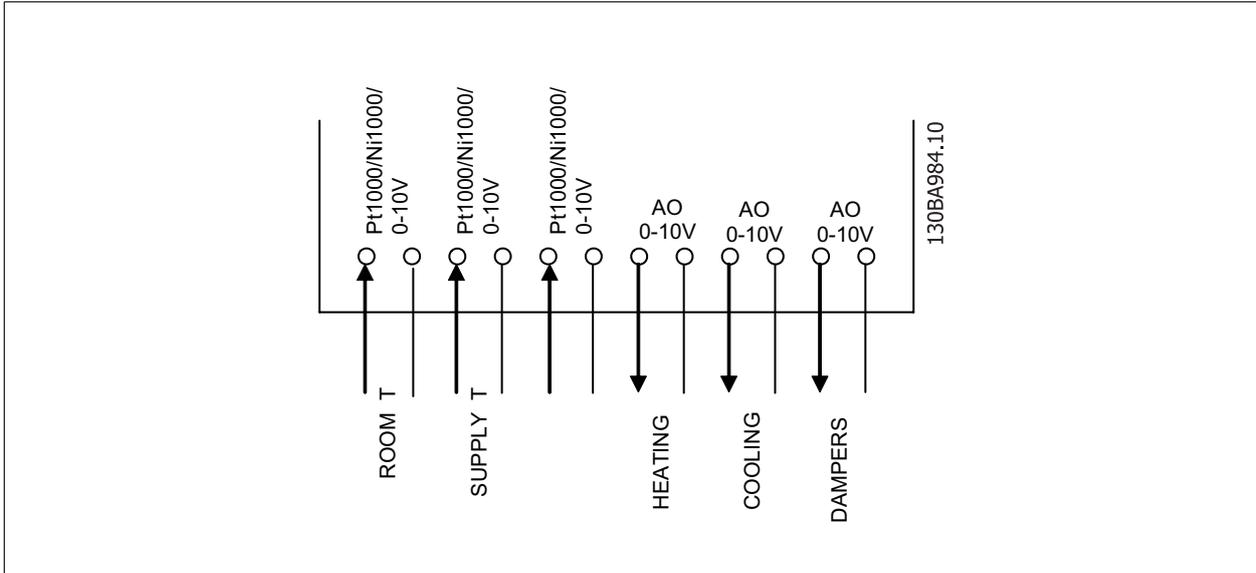


图 3.5: 典型的 MCB 109 输入输出接线

3.4 节能

3.4.1 节能估计

借助 Danfoss VLT® Energy Box 软件，可以估计安装 VLT HVAC 变频器后相对于其它鼓风机控制方法的节能情况。该程序对下述两种系统的能耗进行比较，并且提供了一个简单的投资收回计算：定风量系统；以及使用 VLT HVAC 变频器从 CAV 转换为 VAV 的系统。

下图显示了典型的输入数据。为了绘制鼓风机和系统曲线，将需要输入少量设计数据。如果清楚鼓风机波动（鼓风机的不稳定工作区域），则可以将这个情况反映到图形中。此外还需要输入系统的运行时间。

为了计算节能潜力，需要输入工作周期或负荷特征图。该程序附带了一个易于修改的默认特征图。工作周期表明了系统为了满足建筑物的负荷而要求的流量。特征图随建筑物和系统的特定运转情况而不同。

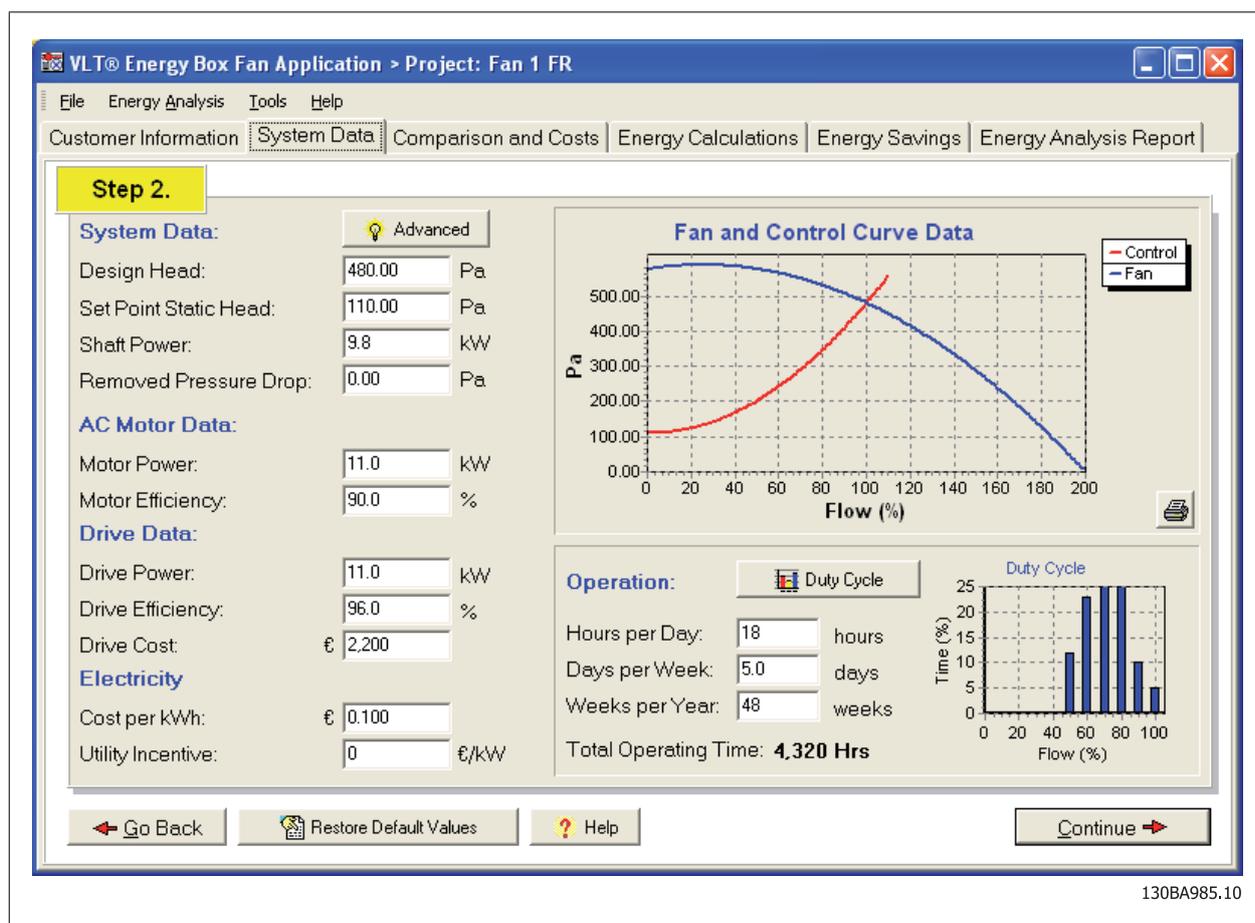


图 3.6: Energy Box 输入数据

在输入了鼓风机和系统数据后，该程序便会计算 VLT HVAC 变频器和对比系统的估计能耗。下图显示了不同气流量下的年度能耗。如果输入了鼓风机波动数据，该程序将确定鼓风机是否会在不稳定区域中工作，并且表明系统设计极限是否被达到。为了仅反映稳定区域内的鼓风机工作，它会对能耗计算进行调整。

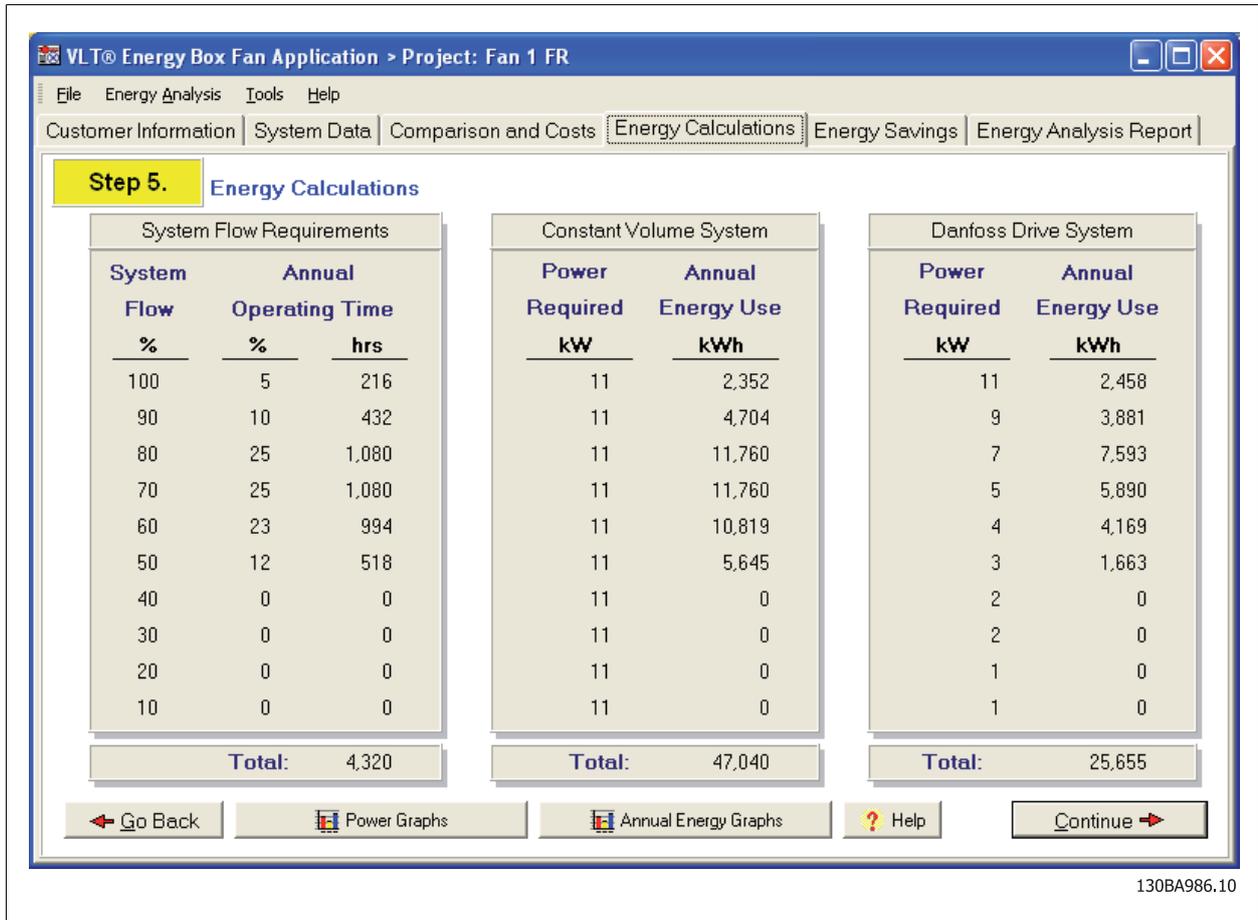


图 3.7: 年度能耗

该程序还可以计算变频器的基本投资回收期。这种计算涵盖了变频器、安装、接线和其它控制组件（如传感器）的成本数据。下图显示了一个用新 VLT HVAC 变频器将现有的定风量系统升级为变风量系统的投资回收期，为 1.26 年。Energy Box 分析和报告可以打印或用传真或电子邮件发送。

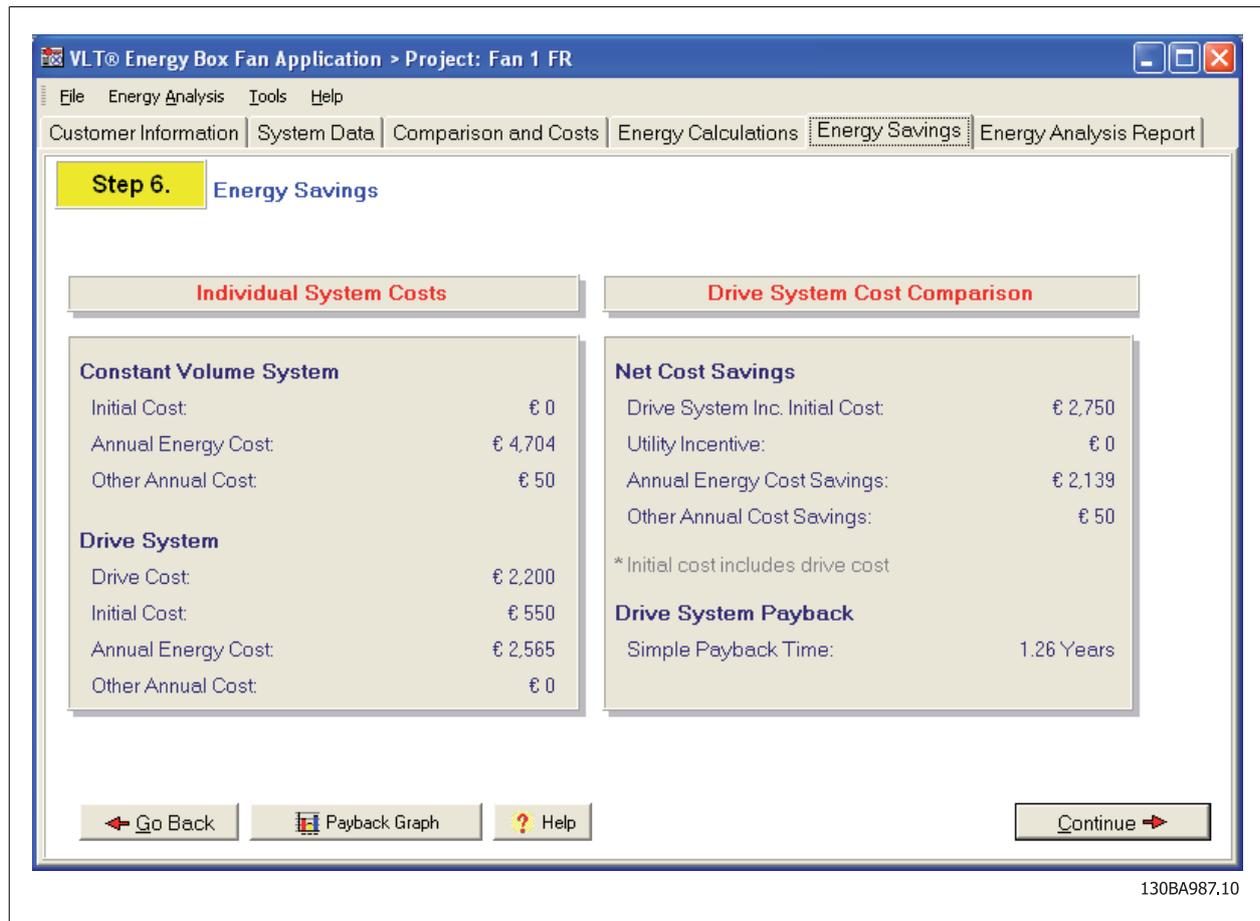


图 3.8: Energy Box 财务计算

3.5 变频器功能

3.5.1 变频器功能

Danfoss VLT[®] HVAC 变频器提供了专用来满足 HVAC 系统（包括经过改造的定风量系统）的独特控制要求的功能。作为标配，它们包含下述旨在优化系统性能的软件功能。

3.5.2 扩展 PID 控制器

VLT[®] HVAC 变频器有一个用来控制变频器速度的 PID 控制器，此外还有 3 个扩展 PID 控制器，它们提供了可用来控制 CAV 系统的阀门或阀门执行机构的输出。这些控制器可接受来自外部源（建筑物自动化系统、数字控制器等）的给定值和反馈信号。它们还可以与 MCB 101 通用输入输出 或 MCB 109 模拟输入输出选项板一起使用。

3.5.3 PID 自动调谐

VLT[®] HVAC 变频器的 PID 控制器可以实现自动调谐，这不仅简化了调试过程，而且还确保了控制调节的精度。在稳态工作期间，自动调谐会让 PID 控制器的输出实现逐步变化，并且对反馈信号进行监视。用于 PID 控制的最佳值将根据反馈响应来计算。在常规 HVAC 应用中，只会计算比例增益和积分时间。

3.5.4 轻松实现多变频器编程

当建筑物拥有多个 AHU、泵和其它变频器应用时，可以用 2 种方式来简化设置和编程工作。用 VLT 运动控制工具 MCT 10 为每一部变频器编程，然后通过变频器的 USB 端口轻松下载这些设置。

其次，可以从 VLT® HVAC 变频器将所有变频器参数上载到可拆卸的本地控制面板中。 通过从键盘将设置下载到其它变频器上，可以用某个设置好的面板来迅速设置其它变频器。 所有键盘都是可互换的，并且易于拆卸。

3.5.5 能量记录和趋势分析

VLT® HVAC 变频器可以不间断地累计从变频器传输给电动机的实际功耗。 这些数据可用于能量记录功能，从而允许用户分析随时间变化的能耗情况。 这些数据可以用两种方式来累计： 预设的开始/停止日期和时间，或者一个预定义的时段（比如最近 24 小时，最近 7 天或最近 1 个月）。

趋势分析用于监视某个变量在一个时段内的变化方式。 趋势变量的值被记录在某个由用户定义的数据集合（数据范围）中，这样的数据集合一共有 10 个。 CAV 应用的常见趋势分析变量是电动机功率和输出频率。

借助这种趋势分析功能，可以确定从 CAV 改造为 VAV 后发生的流量或功率变化情况。 通过这些趋势分析数据和 VLT® Energy Box 软件，可以确定采用 VLT HVAC 变频器来控制被改造为 VAV 的 CAV 系统时所实现的实际节省。

3.5.6 串行通讯

VLT® HVAC 变频器提供了其它变频器难以比拟的通讯能力，从而减小或避免了对外部设备的需求。

内置串行通讯选件包括：Modbus RTU、Johnson Controls Metasys® N2 和 Siemens Apogee® FLN。此外还包括可以轻松安装到 VLT® HVAC 变频器中的 BACnet™ 和 LonWorks® 现场安装选件卡。

4 冷却塔鼓风机控制

4.1 简介

在通过水冷冷却器实现中央空调的大型商业建筑物中，会利用一个冷却塔转移冷却器吸收的热量并将这些热量排放到大气中。在大多数气候下，冷却塔都是一种排除冷却器的冷凝器水的热量的最有效方法。

冷却器为建筑物内的所有空气处理设备（AHU）提供冷水。冷却水吸收建筑物的热量，然后返回到冷却器，这时的水温已经升高。冷却器的冷凝器部分是一个旨在排除冷却水吸收的热量的换热器。

冷凝器泵将冷却器中的水转移到冷却塔，热量在此被排放到大气中。从冷却器的冷凝器部分抽取的温水陆续通过冷却塔或者被喷射到冷却塔的填充区域中。这增加了水的表面积，因此可以散逸更多的热量。

冷却塔的热性能主要取决于进入空气的湿球温度。冷却塔通过冷凝器水和外部空气之间的直接热交换而将热量排到环境中。一部分冷凝器水会发生蒸发，这增强了冷却效果，从而使回水温度能够接近环境的湿球温度。经过冷却的水汇流到塔底的水池中。冷凝器水泵从水池中将水抽回到冷却器的冷凝器中。

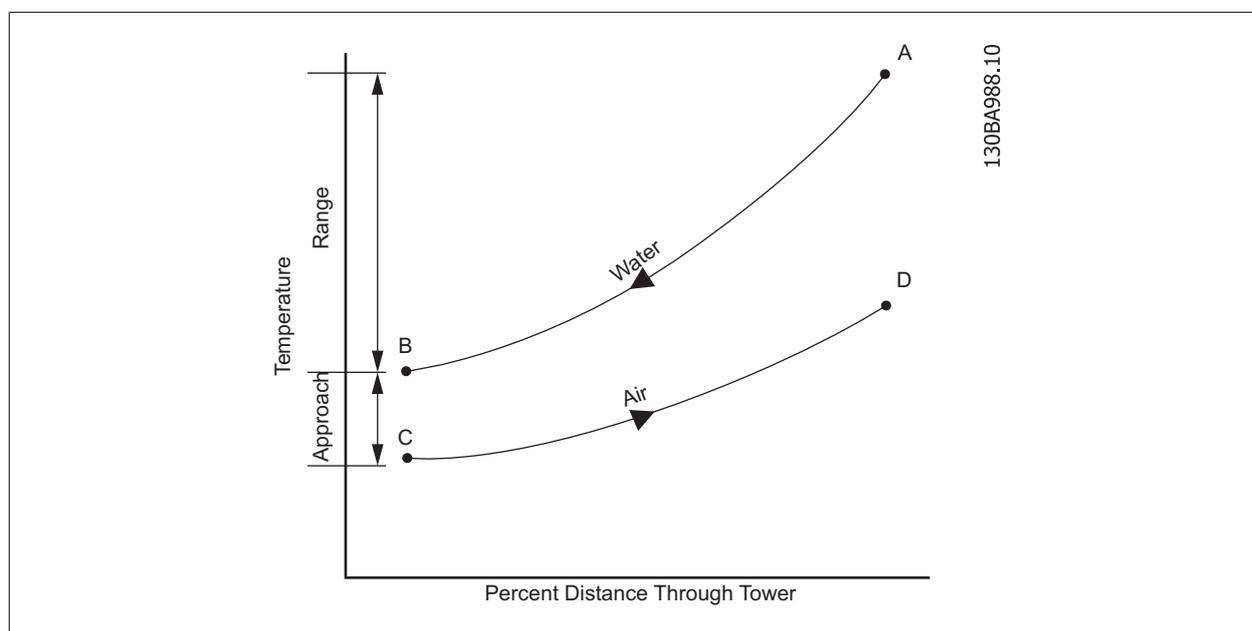


图 4.1：冷却塔温度关系

“范围”表示进入和离开冷却塔的冷凝器水之间的温差。这个范围取决于建筑物的热负荷和水流量，而不是冷却塔的规格。冷却塔的“逼近值”表示离开的冷凝器水温度和进入空气的湿球温度之间的差值。这个逼近值与冷却塔的容量（规格）有关，在负荷、水流量和进入空气条件一定的情况下，较大的冷却塔可以实现更近的逼近（离开的水具有更低的温度）。

4.2 鼓风机速度控制

4.2.1 鼓风机速度控制

冷却塔在正常工作期间会遭遇室外湿球温度和建筑物负荷方面的重大变化。因此需要采取某种形式的容量控制来保持所要求的冷凝水温度。

鼓风机循环是最简单的容量控制方法。但频繁的循环会造成电动机烧毁问题。与鼓风机循环相比，两速电动机可以使容量控制的级数增加一倍。这对通常只有单级鼓风机容量控制的单鼓风机电动机系统来说非常有用。两速电动机要求采用变极电动机、适宜的开关柜、6 线电动机电缆以及功率因数修正。此外还需要一个控制器来切换速度。必须避免频繁的速度切换。虽然它们可以实现一定程度的节能，但频繁的循环仍会造成电动机烧毁问题，而两速电动机和启动器是非常昂贵的。

变频器可以通过无级的电动机速度控制来改变容量，从而实现最高水平的节能。与拥有一台或两台两速电动机时的鼓风机循环相比，鼓风机和 FC 系统的使用寿命得到了延长。变频器避免了在使用两速电动机时所形成的高启动电流和峰值，并且无需使用专用的启动器和电缆。电动机、轴承和变频器上的应力也大幅度降低，因此降低了维护和安装成本。

下图显示了一个基本的冷却塔鼓风机应用。借助放置在冷却塔水池或冷凝水回路管道中的温度传感器，变频器可以根据确切的冷却要求来控制鼓风机速度。标准的铂 (PT 1000) 或镍 (Ni 1000) RTD 温度传感器可以直接与变频器相连。通过改变鼓风机速度，可以保持恒定的水池水温或回路水温。由于冷却塔鼓风机的能耗与其速度成三次方关系，因此即使是略微降低其速度也可以实现显著节能。

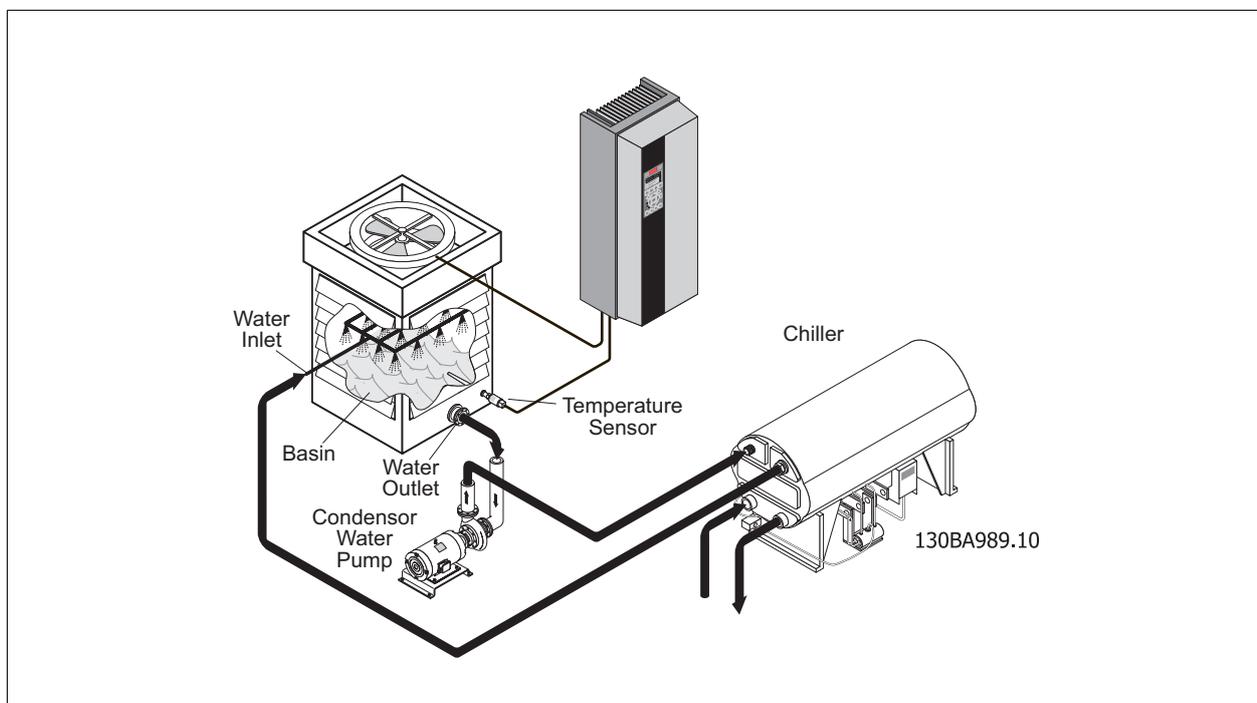


图 4.2: 带有变频器的冷却塔和冷却器冷凝器系统

冷凝器水回路的理想温度因系统安装不同而存在差异。水冷冷却器的效率随冷凝器水回路的温度而变化：在冷却器的设计极限内，回水温度越低，冷却器的效率越高。应咨询冷却器厂商，以了解冷凝器水温的正确设置。为了优化整体系统效率，需要将冷却器在不同冷凝器水回路温度下的能耗与冷却塔鼓风机以及冷凝器泵的能耗进行比较。

一旦确定了最佳水温，变频器便可以随着系统负荷和条件的变化而保持该温度。

4.3 节能

4.3.1 节能

冷却塔的性能通常取决于室外的湿球温度、流经冷却塔的水的温降（“范围”）以及离开的水和空气湿球温度之间的差值（“逼近值”）。计算冷却塔的节能水平时，“范围”和“逼近值”将使用常量。能耗计算根据室外空气的湿球温度来估计鼓风机速度和功率（kW）。

为了计算节能潜力，下图显示了一个典型的冷却塔负荷特征图。负荷特征图表明了系统为了满足工作期间的冷却负荷而要求的气流量。特征图随特定系统需求而不同。

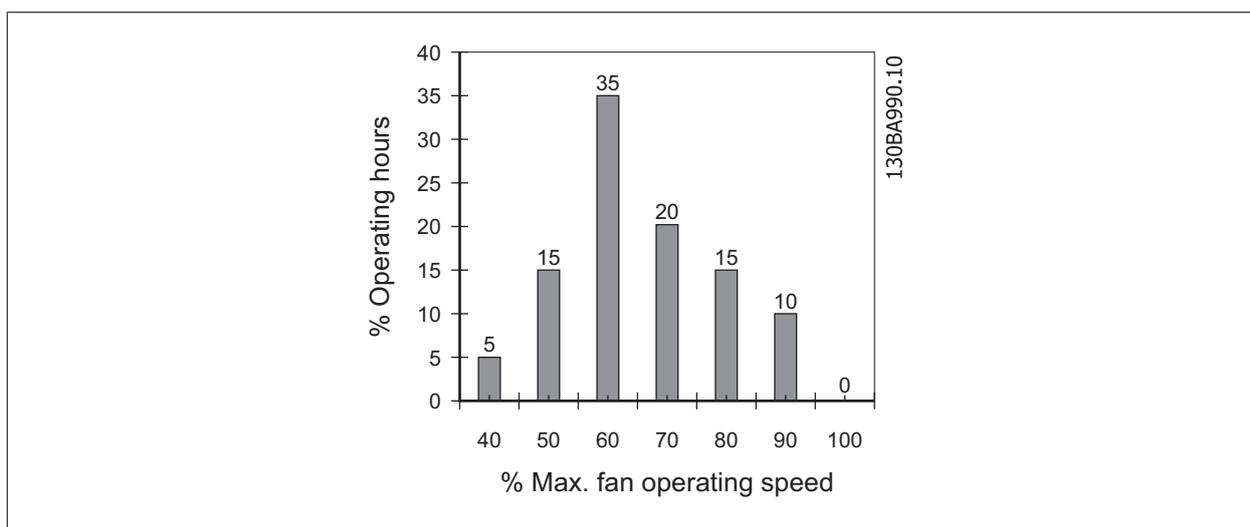


图 4.3: 冷却塔运行时间和鼓风机速度

在下表所示的能耗计算中，一台 30 kW 的鼓风机电动机按照上图所示的负荷特征图工作。它以一台变频器作为比较，计算了一台两速（半速和全速）的冷却塔鼓风机电动机在一年之内的能耗情况。通过对比显示，变频器在所有工作要求下都可以实现 44% 的节能。

流量 (%)	小时 (%)	小时 (运行)	要求的电力 (kW)		鼓风机电动机的能耗 (kWh)	
			两速电动机	VLT HVAC	两速电动机	VLT HVAC
40	5	225	3.75	2.67	844	601
50	15	675	3.75	4.83	2531	3260
60	35	1575	30	7.65	47250	12049
70	20	900	30	11.93	27000	10737
80	15	675	30	17.27	20250	11657
90	10	450	30	24.16	13500	10872
100	0	0	0	0	0	0
	100	4500			111375	49176

表 4.1: 计算一台 30 kW 鼓风机电动机的能耗

4.4 变频器功能

4.4.1 最小频率

在低于最小设计频率时（通常介于电动机全速的 25% 到 40% 之间）不应使用冷却塔。对配备齿轮减速箱的冷却塔来说，低速可能导致噪音或润滑问题。为了确保鼓风机加速操作不会造成噪音以及冷却塔鼓风机的齿轮箱能保持足够的润滑水平，可以为变频器设置一个最小输出频率。应咨询冷却塔厂商，以了解适宜的最小输出频率。

4.4.2 频率旁路

某些共振频率会在塔内造成机械振动，从而可能损害系统的机械组件。有时候，冷却塔厂商可能会给出哪些速度必须避免的建议，但这些频率通常要在现场调试期间确定。这是一项枯燥的工作，因此常常会被略过。而通过使用 VLT® HVAC 变频器的半自动旁路菜单，则可以轻而易举地避免这些频率。在使用这项功能时，FC 会在整个频率范围内缓慢加速和减速。当确定了某个振动带时，FC 会将相应的旁路频率范围存储到变频器中。最多可以设置 4 个频率范围。这样一来，鼓风机电动机就可以跳过那些会产生共振的速度，从而实现无振动的工作。

4.4.3 睡眠模式

借助被称为“睡眠模式”的功能，FC 可以用循环方式打开或关闭鼓风机。当冷却塔水池温度达到某个低水平并且持续了预先确定的时间时，鼓风机会被自动停止。当温度上升后，FC 重新启动电动机，以达到所要求的输出。借此可以缩短鼓风机电动机的工作时间，并且提高节能水平。与延时计时器不同，变频器在预设的“唤醒”温度达到时始终可以运行。

4.4.4 除冰

在低于冷冻条件下时，冷却塔可能发生结冰现象。如果建筑物一年到头都有非常高的内部负荷，则必须始终供应冷却水。当室外温度接近或低于冷冻温度时，冷凝器水必须保持流通。由于温度和空气湿度的影响，在冷却塔的入口挡板和填充区域中可能发生积冰问题。变频器可以通过改变气流方向来为冷却塔除冰：首先将空气通入水池的温水中，接着让空气经过填充区域和入口后再排出。这样就可以将积累的冰霜溶化。

4.4.5 电动机预热

当电动机必须要在低温或潮湿环境下（比如在冷却塔应用中）启动时，变频器可以不间断地为电动机注入少量直流电流，以保持线缆干燥，防止它在冷却塔中发生冷凝，并且避免出现冷启动效应。借此可以延长电动机的使用寿命。

4.4.6 模拟输入输出选项

MCB 109 模拟输入输出选项板增添了可编程模拟输入和输出数量，从而扩展了 VLT® HVAC 变频器的能力。最多可为 0 - 10 V 的 Pt 1000 或 Ni 1000 温度传感器输入配置 3 个模拟输入。此外还提供了 3 个 0 - 10 V 的模拟输出。这些输入输出可以结合独立的数字控制器、建筑物管理系统 (BMS) 或变频器的内置 PID 控制器一起使用。使用模拟输入输出选项时将无需额外的场合，因此可以减小总体系统成本。

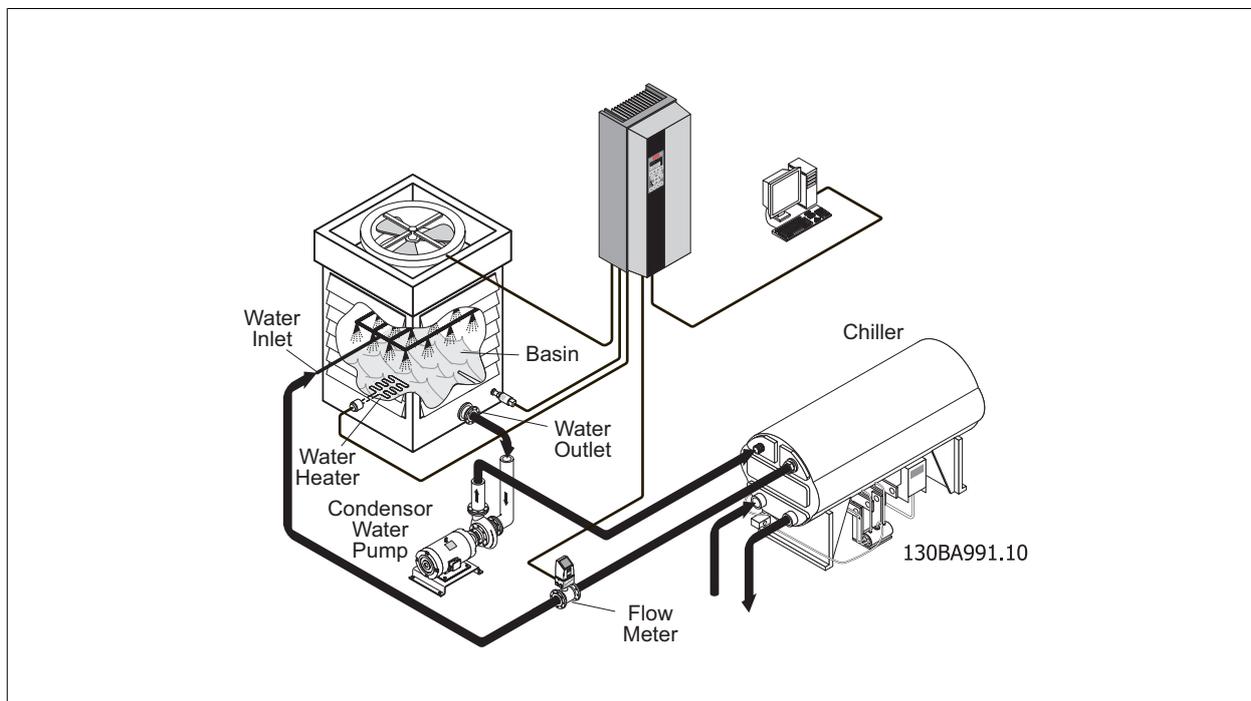


图 4.4: 集成的冷却塔控制 (插图需要修订)

上图显示了一个借助 MCB 109 模拟输入输出选项来实现的集成的冷却塔控制。为了实现冷却塔控制，增添了室外温度传感器和冷凝器水温传感器。冷凝器水温传感器直接控制变频器速度，而室外气温传感器则通过 BMS 来控制冷却塔的启用和停用。BMS 通过与变频器进行通讯来在某些室外温度之上运行冷却塔。变频器通过某个内置继电器来控制水池中的电热水器。可以添加一个水流量计并通过变频器的串行通讯端口来为 BMS 提供冷却塔中的水流量读数。下图显示了传感器和加热器的接线。

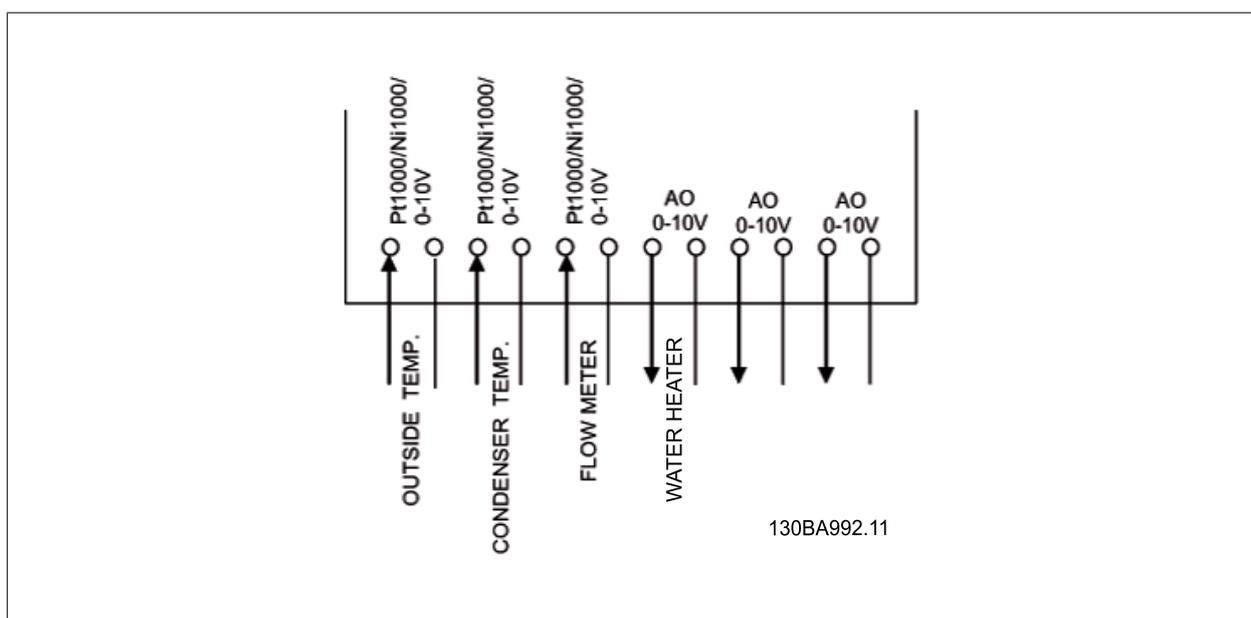


图 4.5: 典型的 MCB 109 输入输出接线

4.4.7 能量记录和趋势分析

变频器可以不间断地累计从变频器传输给电动机的实际功耗。这些数据可用于能量记录功能，从而允许用户分析随时间变化的能耗情况。这些数据可以用两种方式来累计：预设的开始/停止日期和时间，或者一个预定义的时段（比如最近 24 小时，最近 7 天或最近 1 个月）。趋势分析用于监视某个变量在一个时段内的变化方式。趋势变量的值被记录在某个由用户定义的数据集合（数据范围）中，这样的数据集合一共有 10 个。

冷却塔应用的常见趋势分析变量是电动机功率和输出频率。借助这种趋势分析功能，可以确定在冷却塔系统运行过程中发生的功率变化情况。通过这些趋势分析数据和 VLT® Energy Box 软件，可以确定采用 VLT® HVAC 变频器来控制冷却塔系统时所实现的实际节省。

4.4.8 串行通讯

VLT® HVAC 变频器提供了其它变频器难以比拟的通讯能力，从而减小或避免了对外部设备的需求。

内置串行通讯选件包括：Modbus RTU、Johnson Controls Metasys® N2 和 Siemens Apogee® FLN。此外还包括可以轻松安装到 VLT® HVAC 变频器中的 BACnet™ 和 LonWorks® 现场安装选件卡。

5 冷凝器水泵送系统

5.1 简介

在大型商业建筑物中，中央空调功能是由水冷式冷却塔来提供的。一个冷却塔通过蒸发作用移走冷却器吸收的热量并将热量排放到大气中。被冷却的水又返回到冷却器，以重复排热循环。在大多数气候下，冷却塔都是一种排除冷却器的冷凝器水的热量的最有效方法。

冷却器为建筑物内的所有空气处理设备（AHU）提供冷水。冷却水吸收建筑物的热量，然后返回到冷却器，这时的水温已经升高。冷却器的冷凝器部分是一个旨在排除冷却水吸收的热量的换热器。

冷凝器泵将冷却器中的水转移到冷却塔，热量在此被排放到大气中。从冷却器的冷凝器部分抽取的温水陆续通过冷却塔或者被喷射到冷却塔的填充区域中。这增加了水的表面积，因此可以散逸更多的热量。经过冷却的水汇流到塔底的水池中。冷凝器水泵从水池中将水抽回到冷却器的冷凝器中。

5.2 泵控制

5.2.1 冷凝器泵控制

在传统的系统设计中，冷凝器水泵促使水以恒定流量在系统中连续流通。冷凝器水的温度由冷却塔鼓风机控制阀或旁路阀控制。在冷却器的设计极限内，返回到冷却器的冷凝器水温度越低，冷却器的能耗也越低。

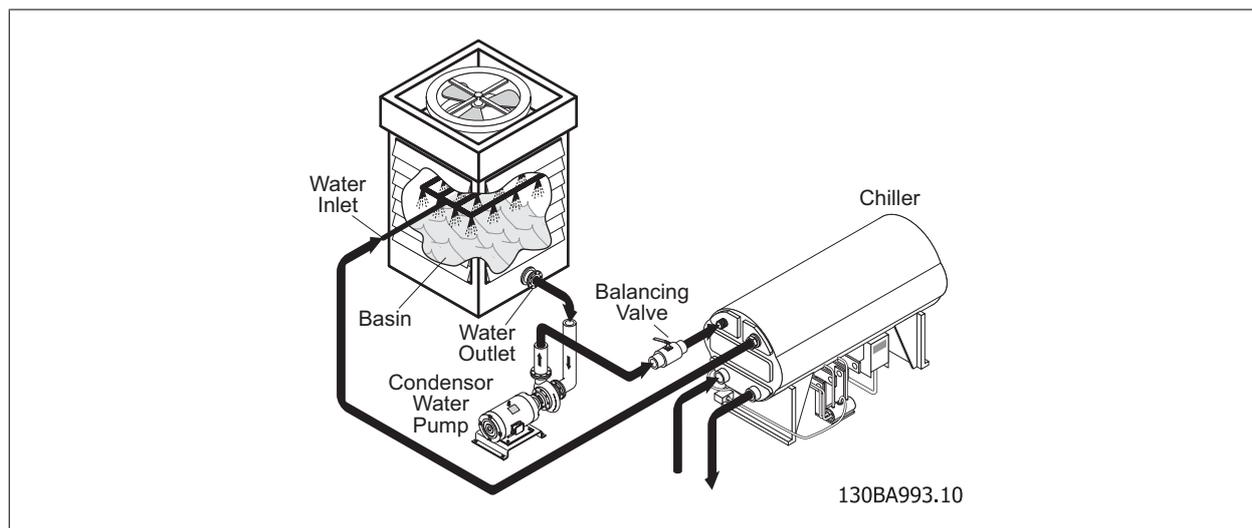


图 5.1：传统的冷凝器泵系统

为了提供安全系数并且补偿管道和冷却器管中的结垢问题，冷凝器泵的规格通常比正常要求的大。过大的流量可能腐蚀冷却器管、降低系统效率和增加维护开销。为防止出现过高流量，系统采用一个手动均衡阀来实现均衡。通过用均衡阀增加系统阻力，可以将流量降低到冷凝器的设计流量水平。

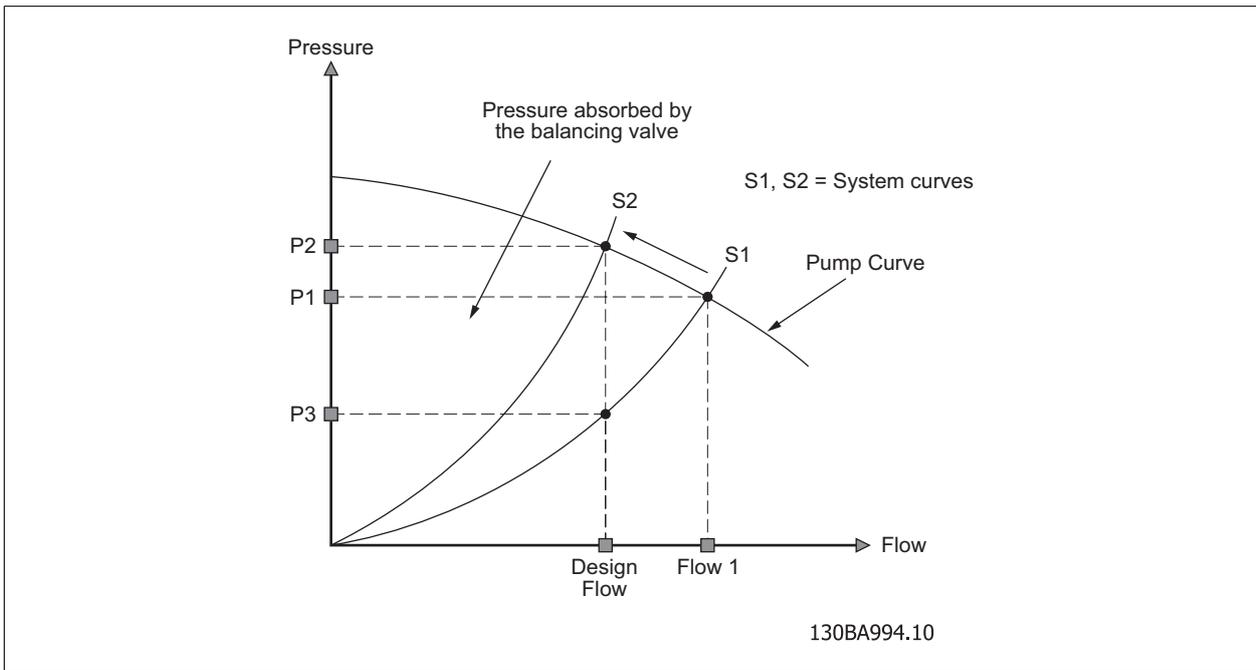


图 5.2: 均衡阀压力损失

上图显示了为了实现流量控制而必须由冷凝器系统中的均衡阀吸收的压力。当系统留有余量时，对系统进行均衡可以将水流量从最初的流量 1 变为设计流量。通过调节该阀，泵压力从 P1 上升到 P2。泵出口侧的均衡阀吸收的压降等于 P2 和 P3 之间的压差。

调节冷凝器泵流量的另一个方法是调整泵轮。泵出口侧的均衡阀创建的压降等于设计流量下的 P2 和 P3 之间的压差。下图显示，使用较小的泵轮（通过用直径更小的泵轮替换新泵轮或者通过调整现有的泵轮）可以减小泵容量和压力。

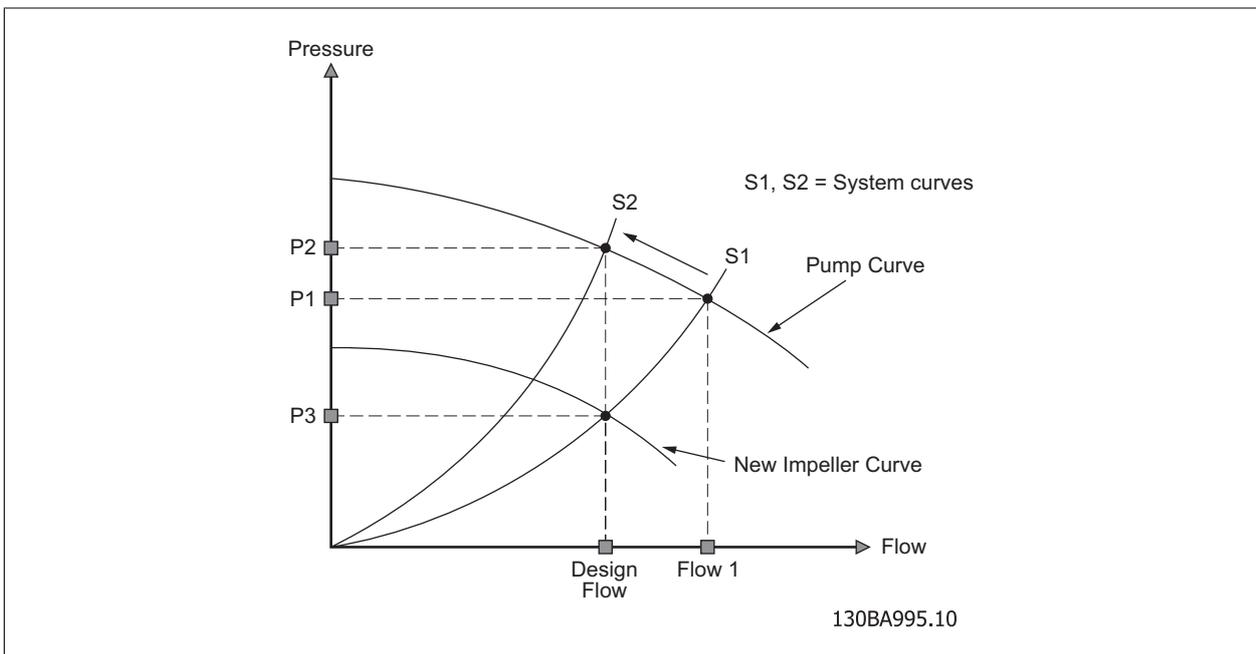


图 5.3: 泵轮调整

如上所述，减小泵轮的直径可以同时减小泵的容量和压力，但这会影响泵的效率。下图显示了减小泵轮大小对泵效率的影响。泵轮大小一旦更改便无法恢复，这种更改是永久性的。

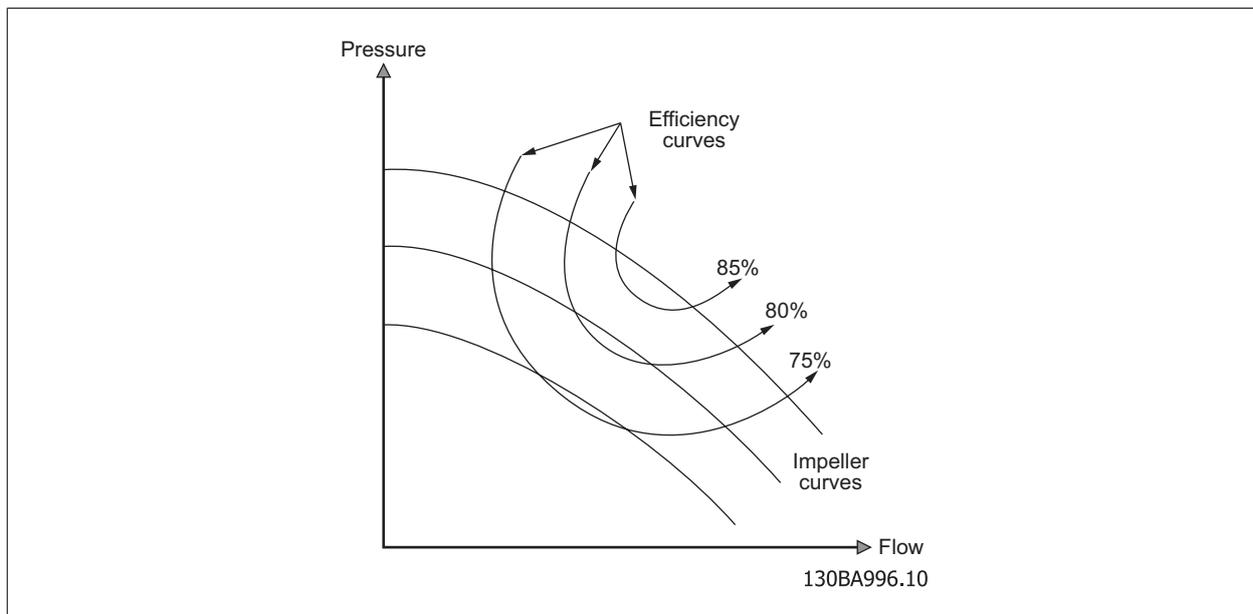


图 5.4: 泵效率曲线

5.3 变频器的优势

根据系统的规格，冷凝器水循环的能耗可能相当大。通过用变频器来控制冷凝器泵，可以实现均衡阀的作用，并且无需调整泵轮。借此可以实现更高的节能水平，并且减小维护和使用开销。

下图显示了一种典型的冷凝器泵控制。通过用变频器来降低泵速，并且让均衡阀处于打开状态，可以节省原本被该阀吸收的能量。只需调整输出频率，直到获得设计流量。变频器的节能基于均衡阀关闭时的能耗量。

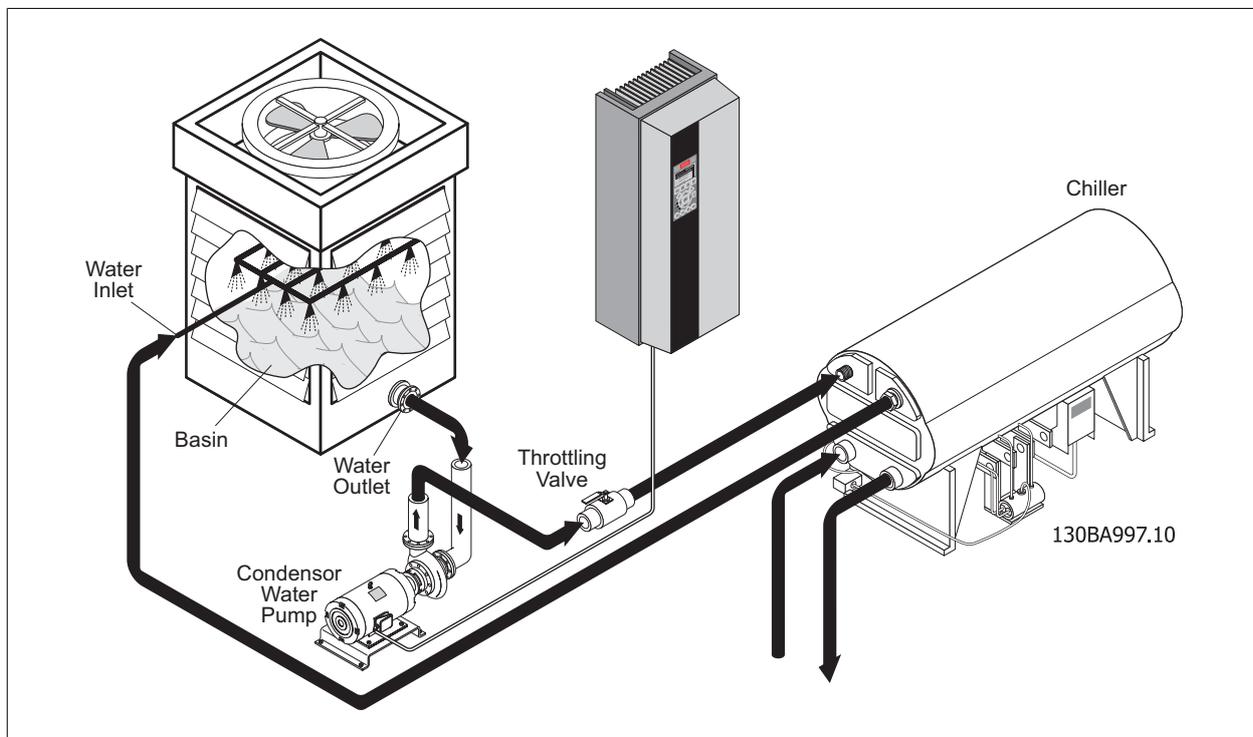


图 5.5: 用变频器控制冷凝器泵

使用变频器降低泵速与调整泵轮具有相同的作用。通过更改泵轮直径来保持恒定速度会使效率降低，因为这会增加泵壳和泵轮边缘之间的间隙。而通过改变速度，将无需调整泵轮的大小，并且在压力、容量和功率都降低的情况下能保持相同的泵效率。下图显示，当速度降低时，泵效率能保持恒定。

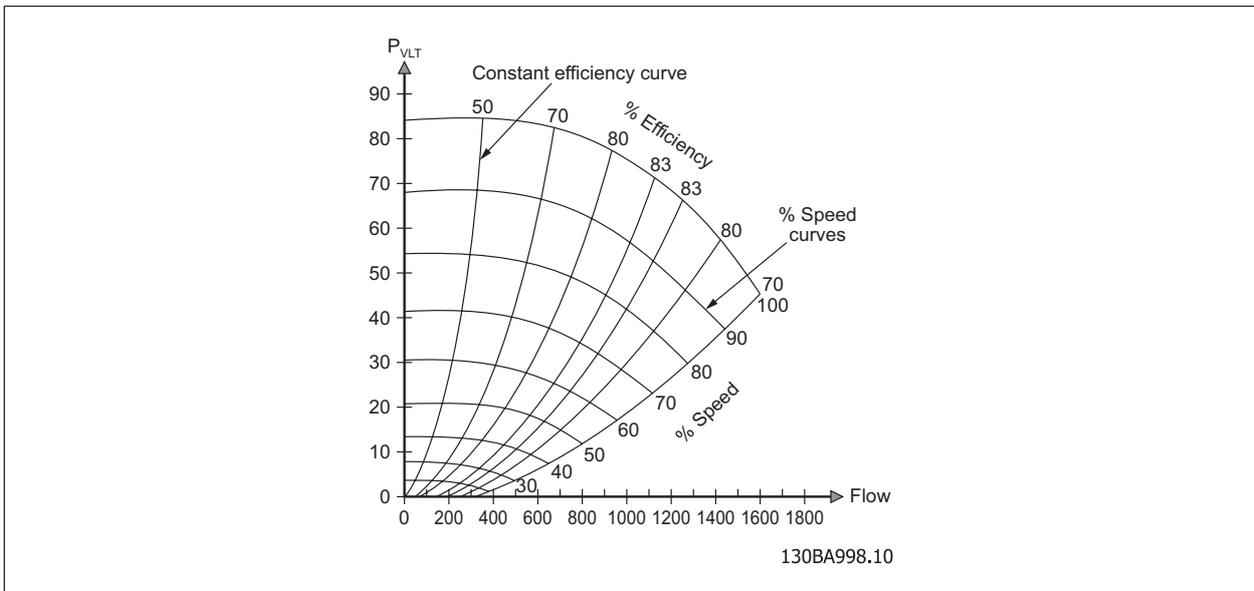


图 5.6: 变速控制下的泵效率

5.3.1 冷却器改造应用

变频器可以在无需添加新泵、减小泵轮或添加均衡阀（这些可能降低泵效率并且增加改造的材料和人力成本）的情况下优化冷却器流量。冷却器改造应用有可能更改冷凝器水的设计流量。在降低的流量要求下，变频器可以轻松降低泵速。

在改变冷凝器水泵的流量之前，请咨询冷却器厂商，以了解冷凝器的水流量要求。

5.4 节能

5.4.1 节能估计

借助 Danfoss VLT® Energy Box 软件，可以估计安装 VLT® HVAC 变频器后相对于其它泵送量控制方法的节能情况。该程序对下述两种情况中的能耗进行比较，并且提供了一个简单的投资收回计算：以全速运行的冷凝器泵；以及在使用 VLT® HVAC 变频器情况下以较低速度运行的泵。

为了绘制泵和系统曲线，将需要输入少量设计数据。部分关闭的均衡阀对系统施加的压降会被包括在数据中。此外还需要输入系统的运行时间。

为了计算节能潜力，需要输入工作周期或负荷特征图。工作周期表明了冷凝器系统为了满足所要求的冷却器流量而需要的缩减流量。工作周期随系统余量的不同而存在差异。

下图显示了典型的输入数据。据估计，在使用变频器后，可以在均衡阀打开的情况下减少 76% 的冷凝器泵流量。在输入了泵和系统数据后，该程序便会计算 VLT® HVAC 变频器和对比系统的估计能耗。

5

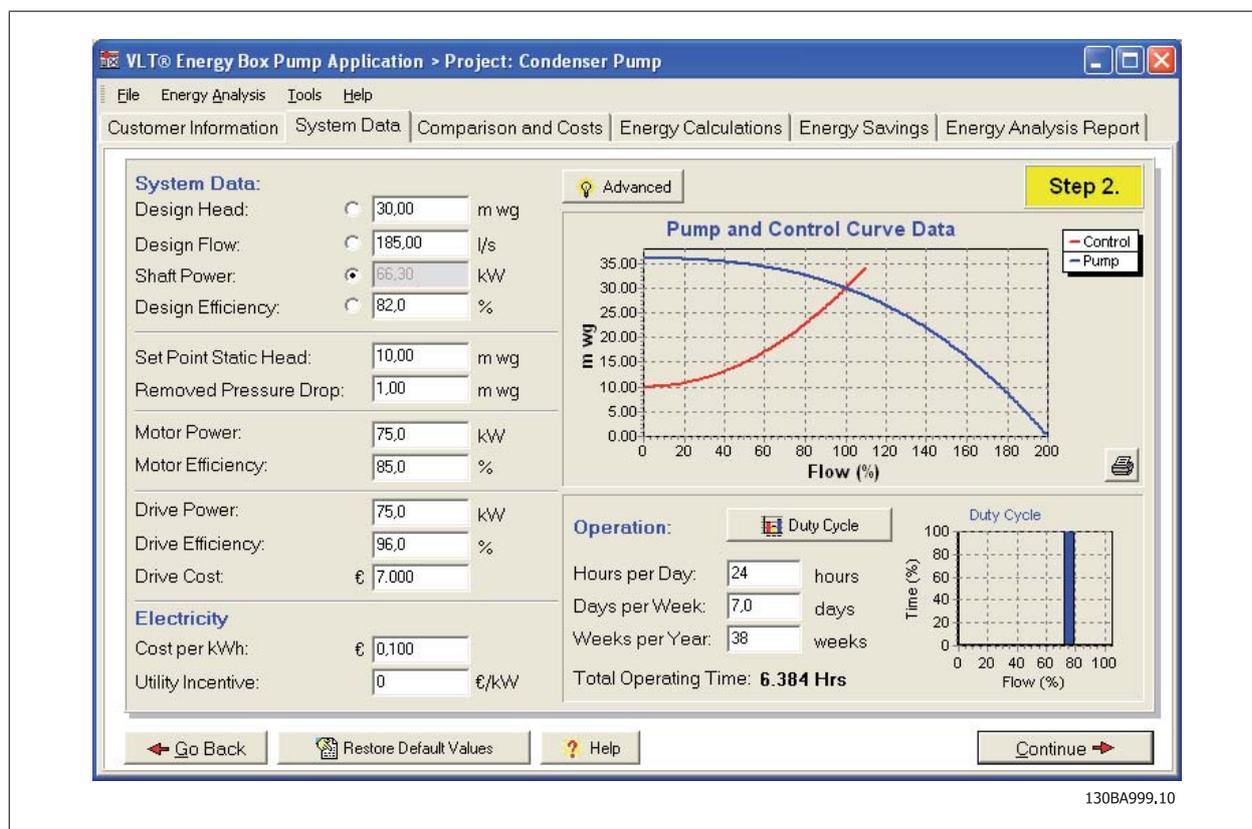
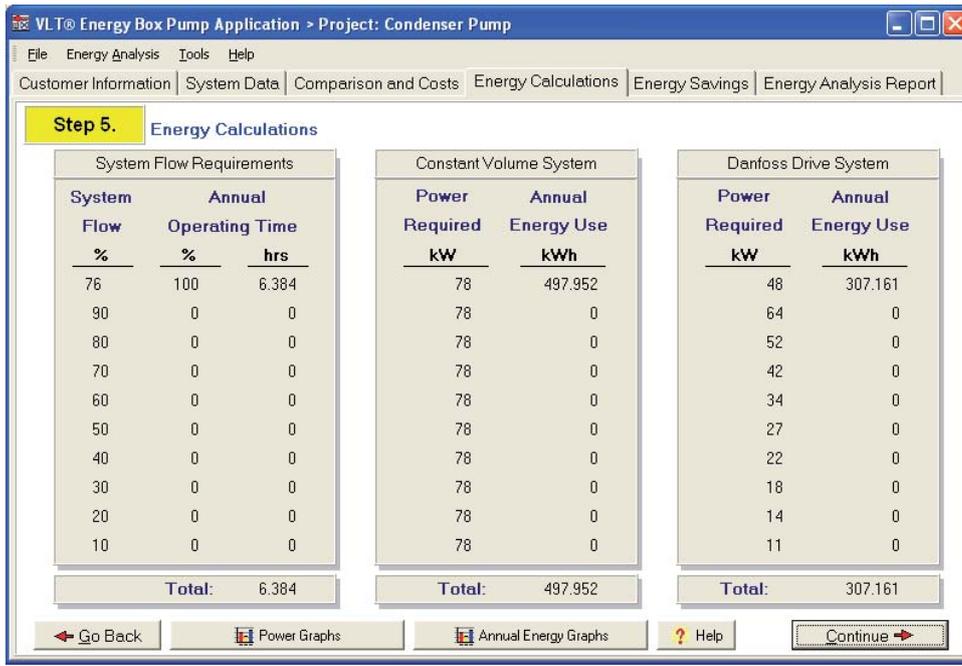


图 5.7: Energy Box 输入数据

下页的插图显示了具有恒定流量的冷凝器泵与使用 Danfoss 变频器系统的冷凝器泵的年度能耗。通过消除压降和降低泵电动机的速度，可以实现显著的节能。

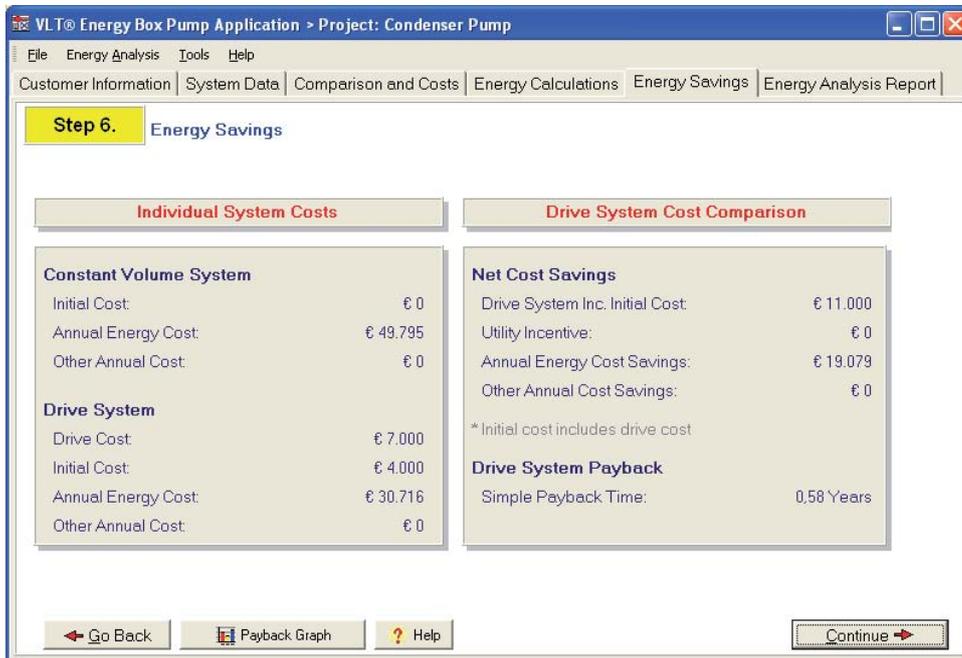
5



130BA1000.10

图 5.8: 年度能耗

该程序还可以计算变频器的基本投资回收期。这种计算涵盖了变频器、安装、接线以及其它可能需要的控制组件的成本。下图显示了一个升级现有冷凝器水泵系统的投资回收期，为 0.58 年。Energy Box 分析和报告可以打印或用传真或电子邮件发送。



130BA1000.10

图 5.9: Energy Box 财务计算

5.5 变频器功能

Danfoss VLT® HVAC 变频器提供了专用来满足 HVAC 系统（包括冷凝器泵控制）的独特控制要求的功能。作为标配，它们包含下述旨在优化系统性能的软件功能。

5.5.1 无流量

该功能用于检测一台泵没有产生流量但仍在运行的情况。如果不检测并纠正无流量情况，则可能导致泵损坏。无流量检测无需使用外部差压开关或流量计和相关接线。

无流量检测基于对特定电动机速度下的功率的测量。变频器监视实际的功率和电动机频率，然后将这些与根据特定速度计算的功率进行比较。如果在特定频率下测得的功率大于存储在变频器中的计算功率，则说明泵正在产生流量。如果在特定频率下测得的功率小于存储在变频器中的计算功率，则会产生警告或报警，以便将情况通知给操作人员。

5.5.2 空泵

该功能用于检测泵在运行但系统中无水的情况。如果不检测并纠正空泵情况，则可能导致泵损坏。空泵检测无需使用外部差压开关或流量计和相关接线。

如果系统中无水，泵将不会产生压力。变频器将转向最大速度，以试图产生压力。由于无水，电动机上的负荷和电动机功耗都将处于较低水平。如果变频器以最大速度运行，而系统功耗却很低，则会产生警告或报警，以便将情况通知给操作人员。

5.5.3 曲线结束

该功能用于检测管道系统的泄漏或系统的压力损失。曲线结束检测无需使用外部压力传感器或流量计和相关接线。

如果泵提供了大量的水但无法保持设定的静态水头，则表明发生了曲线结束状态。如果管道系统发生漏水现象，泵将无法产生全压。变频器的速度将上升到最高水平，以试图产生全压。如果变频器以最大速度运行，而系统压力却很低，则会产生警告或报警，以便将情况通知给操作人员。

5.5.4 能量记录和趋势分析

变频器可以不间断地累计从变频器传输给电动机的实际功耗。这些数据可用于能量记录功能，从而允许用户分析随时间变化的能耗情况。这些数据可以用两种方式来累计：预设的开始/停止日期和时间，或者一个预定义的时段（比如最近 24 小时，最近 7 天或最近 1 个月）。

趋势分析用于监视某个变量在一个时段内的变化方式。趋势变量的值被记录在某个由用户定义的数据集合（数据范围）中，这样的数据集合一共有 10 个。冷凝器泵应用的常见趋势分析变量是电动机功率和输出频率。

借助这种趋势分析功能，可以确定冷凝器泵系统在工作期间降低的功耗。通过这些趋势分析数据和 VLT® Energy Box 软件，可以确定采用 VLT® HVAC 变频器来控制冷凝器泵时所实现的实际节省。

5.5.5 串行通讯

VLT® HVAC 变频器提供了其它变频器难以比拟的通讯能力，从而减小或避免了对外部设备的需求。

内置串行通讯选件包括：Modbus RTU、Johnson Controls Metasys® N2 和 Siemens Apogee® FLN。此外还包括可以轻松安装到 VLT® HVAC 变频器中的 BACnet™ 和 LonWorks® 现场安装选件卡。

6 主/辅冷却水泵送系统的主泵

6.1 简介

主/辅系统是商业建筑物中最常使用的冷却水系统类型之一。由于具有简单和成熟等特点，这种系统已成为楼宇业主和经营者在近 50 多年来的一种选择。

主/辅泵送系统将主要生产循环与辅助配送循环分离开来。在主循环中使用泵来保持恒定流量。借此可以让冷却器和主要冷却水循环保持恒定的设计流量，同时又允许辅助系统根据建筑物的冷却负荷需求来改变流量。一个去耦器管（也称为“旁路”）将主循环和辅循环分开。

在传统的冷却水系统中，主循环由可以在足以促使水在冷却器和主循环中流通的出口压力下获得设计的冷却塔流量的恒速泵构成。为了尽量减小循环阻力和恒速主泵的能耗，主循环的长度会保持在尽可能短的水平。

6.2 主循环控制

6.2.1 主循环泵控制

为了尽量避免问题，经过冷却器的流量被保持在相对恒定的水平。当冷却器的蒸发器部分的流量降低，比如当建筑物冷却需求下降时，蒸发器部分的水可能变得过冷。发生该现象时，冷却器会试图降低其冷却能力。如果流量降得过低或过快，冷却器将无法正确去除（降低）其负荷。蒸发器低温保护装置会使冷却器跳闸，并且需要手工复位才能重新启动冷却器。这种情况非常普遍，尤其在并行安装 2 个或多个冷却器时。

下图显示了一个典型的主/辅系统。为了提供设计上的安全系数以及鉴于管道和冷却器管可能结垢，主泵的型号通常比正常要求的要大。为了在主循环中获得正确流量，可以调节位于主泵出口处的均衡阀。通过调节均衡阀从而增加旨在减小流量的压降，可以获得正确的设计流量。

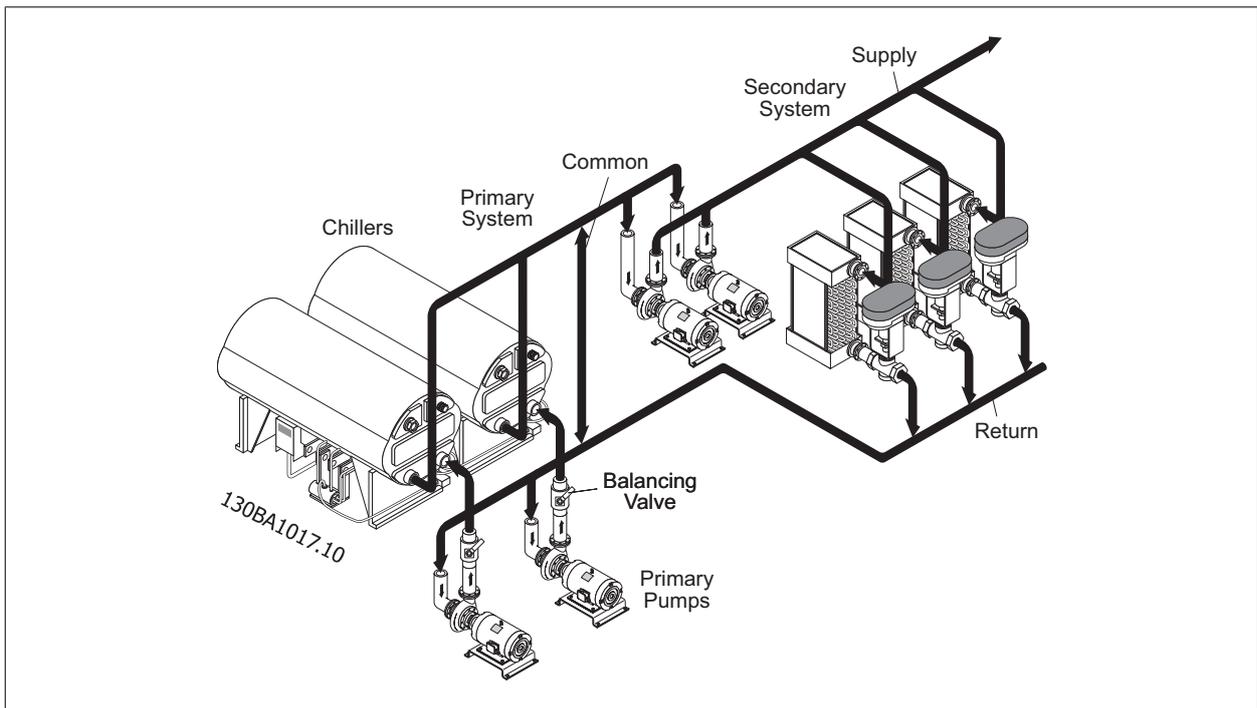


图 6.1：传统的主/辅泵送系统设计

下图显示了为了实现流量控制而必须由均衡阀吸收的压力或静态水头。通过调节该阀，泵压可以从 P1 增加到 P2，而水流量可以从流量 1 变成设计流量。被均衡阀吸收的 P2 和 P3 之间的压降。

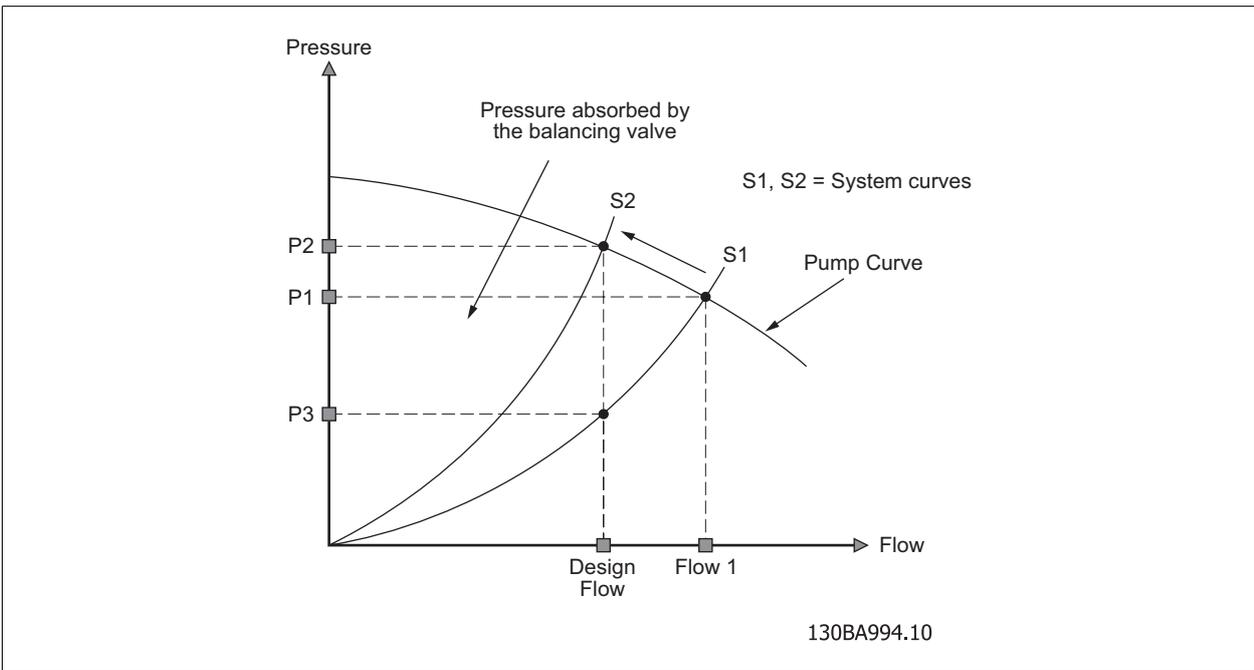


图 6.2: 均衡阀压力损失

调节主泵流量的另一个方法是调整泵轮。泵出口侧的均衡阀创建的压降等于设计流量下的 P2 和 P3 之间的压差。下图显示，使用较小的泵轮（通过使用直径更小的泵轮替换新泵轮或者通过调整现有的泵轮）可以减小泵容量。

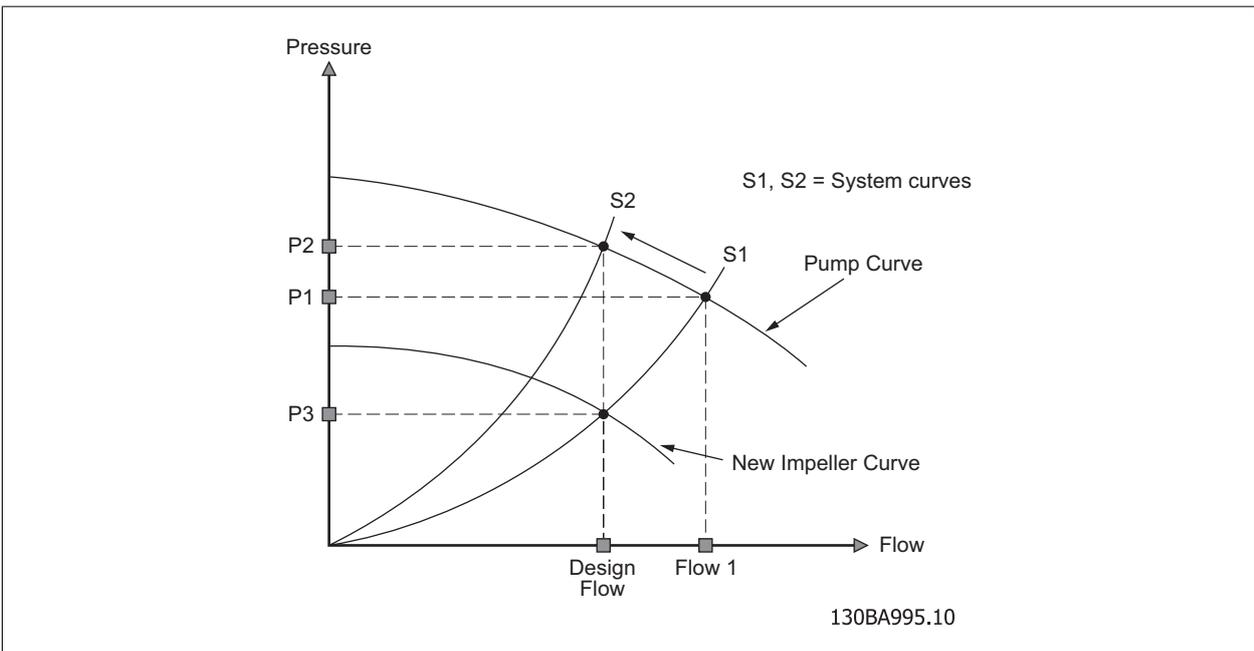


图 6.3: 泵轮调整

如上所述，减小泵轮的直径可以同时减小泵的容量和压力，但这会影响泵的效率。下图显示了减小泵轮大小对泵效率的影响。泵轮大小一旦更改便无法恢复，这种更改是永久性的。

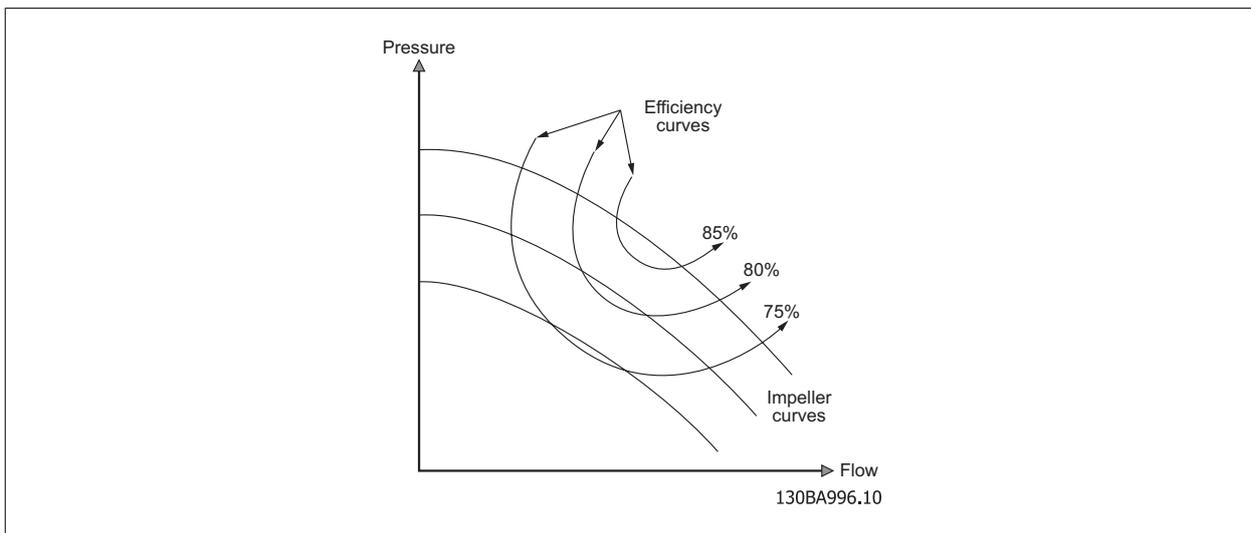


图 6.4: 泵效率曲线

6.2.2 变频器主循环控制

根据系统的规格，主要水循环的能耗可能相当大。通过用变频器来控制主泵，可以实现均衡阀的作用，并且无需调整泵轮。借此可以实现更高的节能水平，并且减小维护和使用开销。

变频器控制方法非常常见。一种方法是如上图所示使用来自流量计的反馈信号。由于所要求的恒定流量是已知的，因此可以用安装在每台冷却器出口侧的流量计来测量泵输出。流量计信号用作变频器的模拟输入，并供变频器用来保持适当的流量。变频器在切入和停止冷却器和泵时，会自动对主管道循环中的积垢和变化的阻力提供补偿。

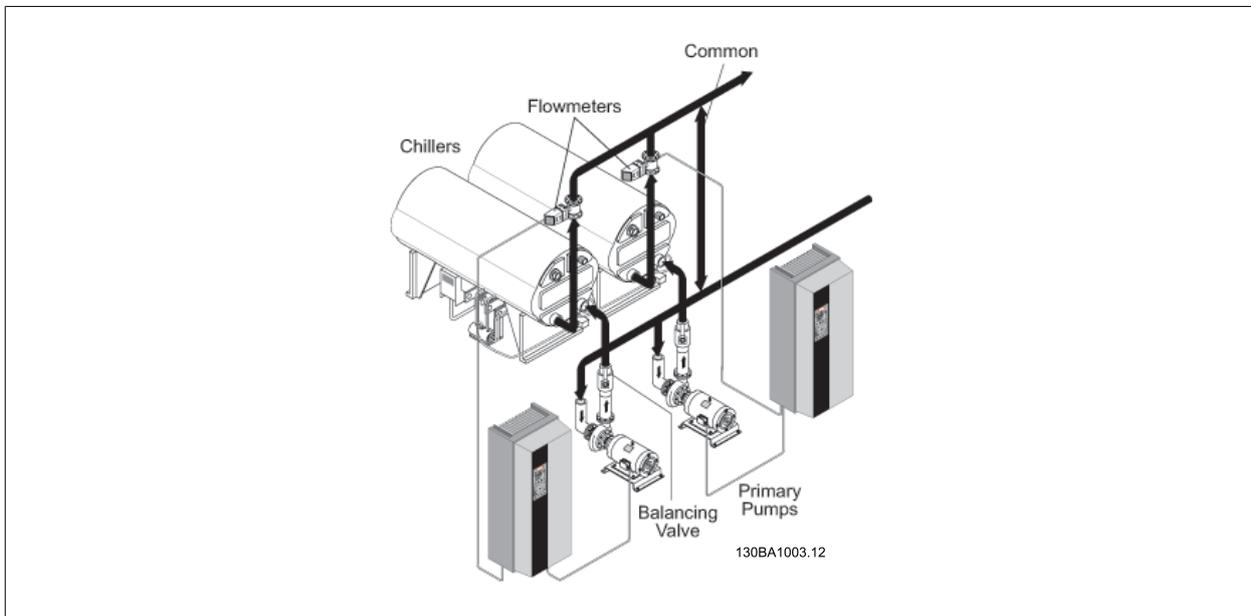


图 6.5: 用于主循环控制的变频器

本地速度控制是另一种更常见的方法。操作人员只需不断调整 FC 的输出频率，直到获得设计流量为止。当冷却器切入后，泵将在这个恒定速度下工作。

变频器可以在无需关闭系统的均衡阀或减小泵轮直径的情况下控制主水泵。通过用变频器来降低泵速，并且让均衡阀处于打开状态，可以节省原本被该阀吸收的能量。只需调整 FC 输出频率，直到获得设计流量。变频器的节能基于均衡阀关闭时的能耗量。

使用变频器降低泵速与调整泵轮具有相同的作用。通过更改泵轮直径来保持恒定速度会使效率降低，因为这会增加泵壳和泵轮边缘之间的间隙。而通过改变速度，将无需调整泵轮的大小，并且在压力、容量和功率都降低的情况下能保持相同的泵效率。下图显示，当速度降低时，泵效率能保持恒定。

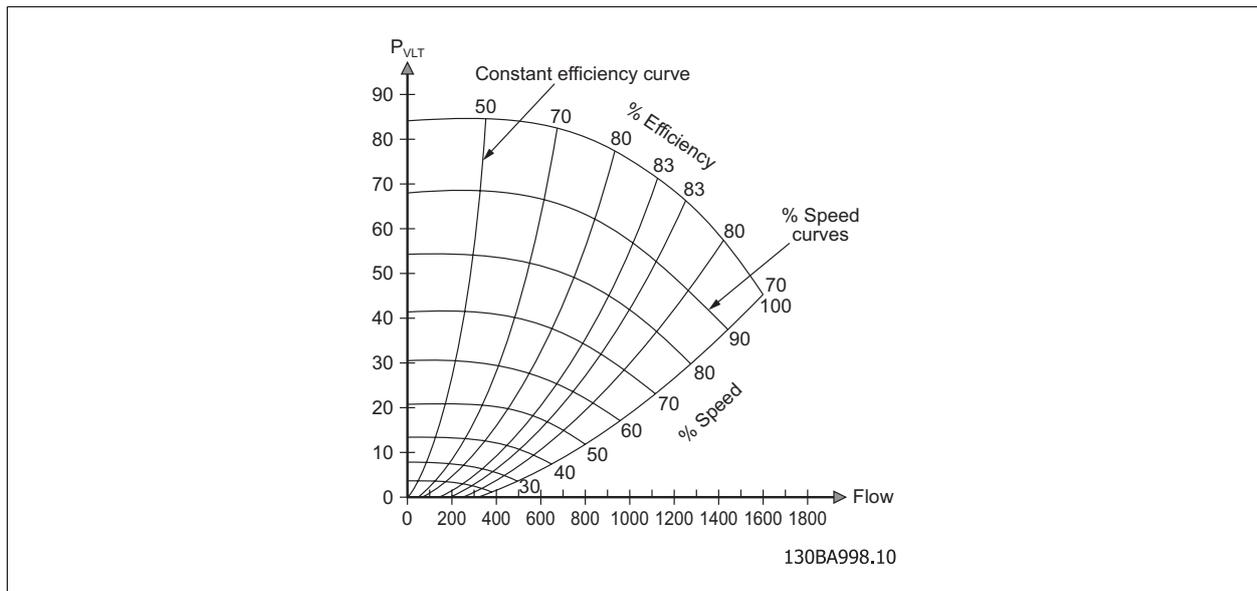


图 6.6: 变速控制下的泵效率

6.3 节能

6.3.1 节能估计

借助 Danfoss VLT® Energy Box 软件，可以估计安装 VLT® HVAC 变频器后相对于其它泵送量控制方法的节能情况。该程序对下述两种情况中的能耗进行比较，并且提供了一个简单的投资收回计算：以全速运行的主泵；以及在使用 VLT® HVAC 变频器情况下以较低速度运行的泵。

为了绘制泵和系统曲线，将需要输入少量设计数据。部分关闭的均衡阀对系统施加的降压会被包括在数据中。此外还需要输入系统的运行时间。

为了计算节能潜力，需要输入工作周期或负荷特征图。工作周期表明了主冷却水系统为了满足所要求的冷却器流量而需要的缩减流量。工作周期随系统余量的不同而存在差异。

下图显示了典型的输入数据。据估计，在使用变频器后，可以在均衡阀打开的情况下减少 90% 的主泵流量。在输入了泵和系统数据后，该程序便会计算 VLT® HVAC 变频器和对比系统的估计能耗。

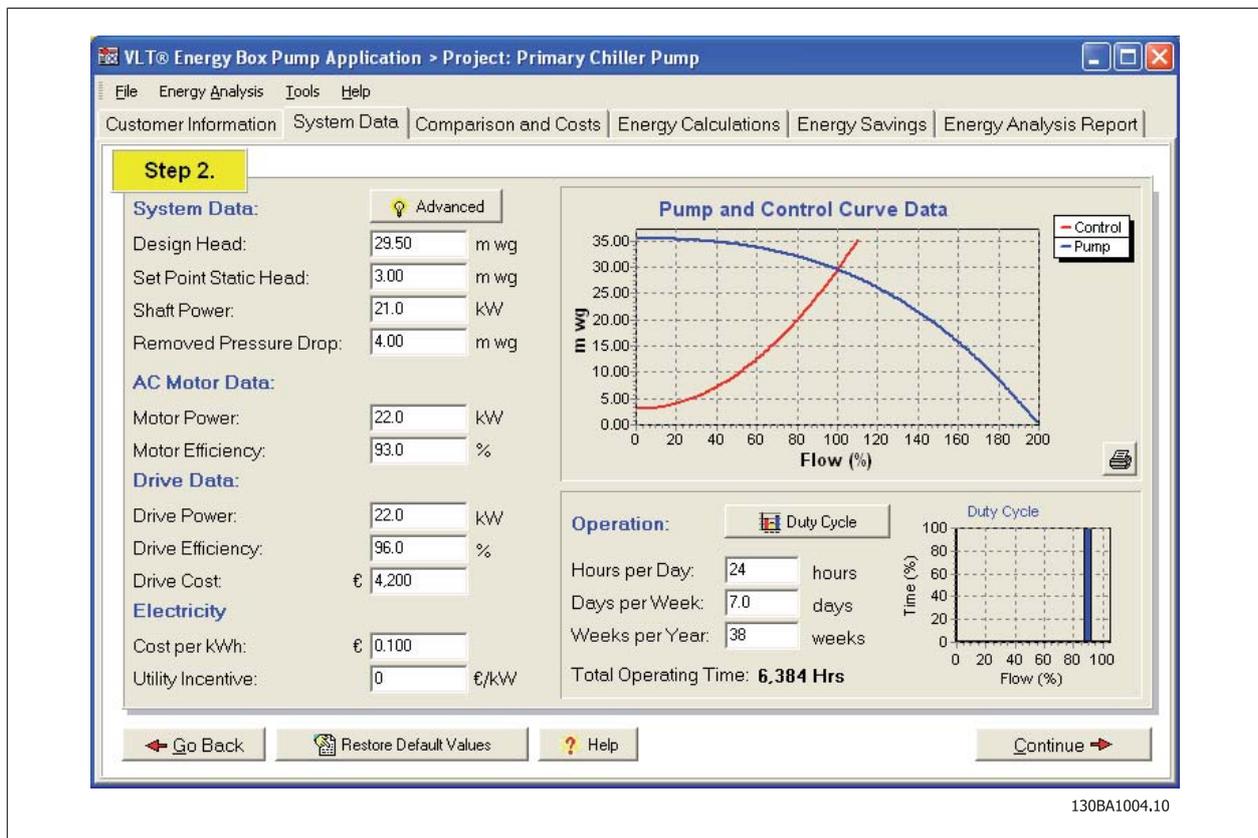


图 6.7: Energy Box 输入数据

下图显示了具有恒定流量的主泵与使用 Danfoss 变频器系统的主泵的年度能耗。通过消除压降和降低泵电动机的速度，可以实现显著的节能。

6

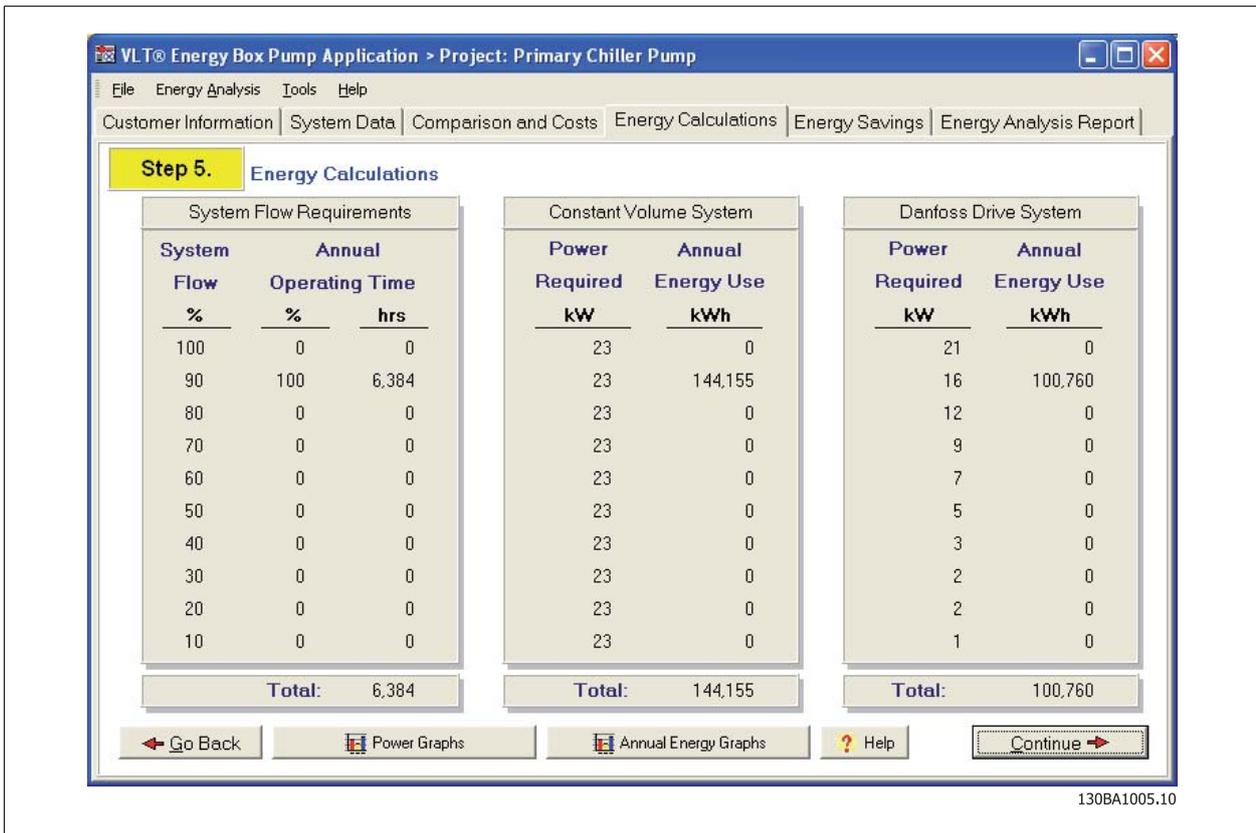


图 6.8: 年度能耗

该程序还可以计算变频器的基本投资回收期。这种计算涵盖了变频器、安装、接线以及其它可能需要的控制组件的成本。下图显示了一个升级现有主泵系统的投资回收期，为 1.42 年。Energy Box 分析和报告可以打印或用传真或电子邮件发送。

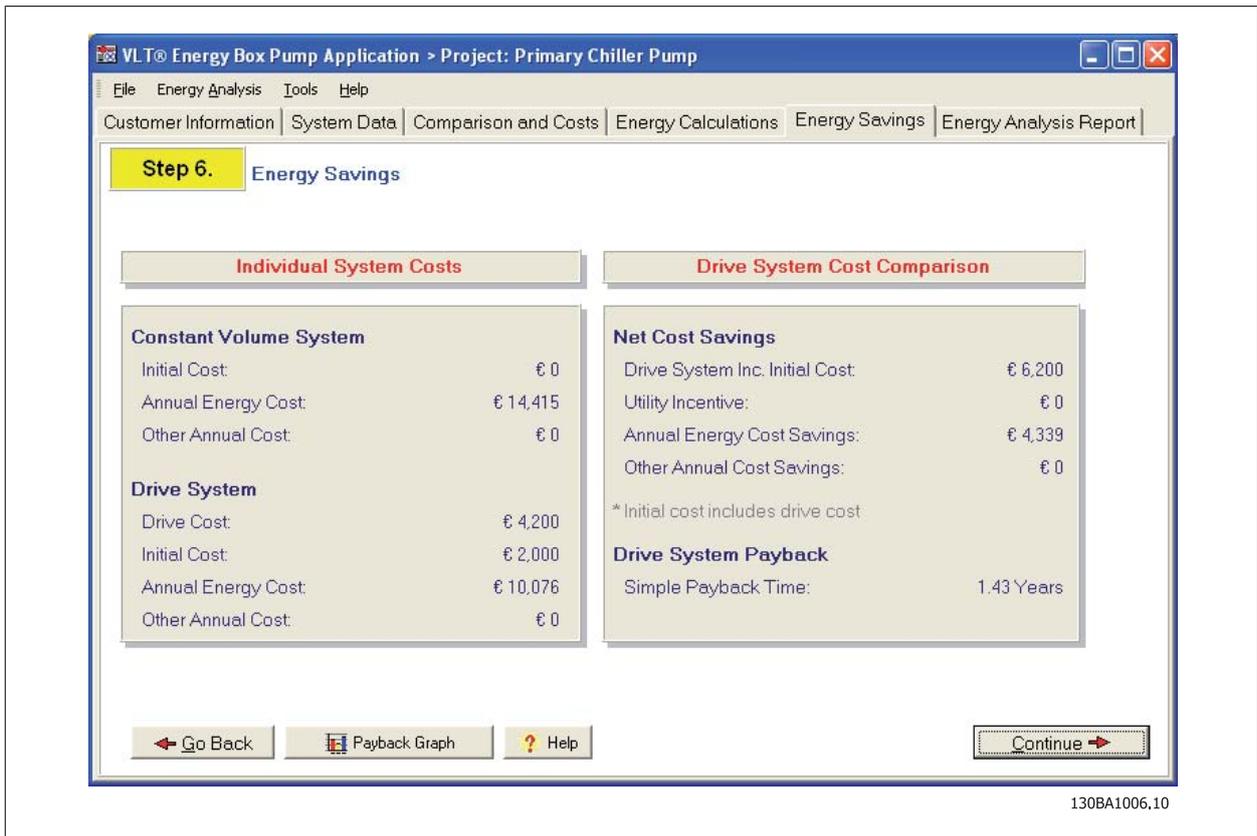


图 6.9: Energy Box 财务计算

6.4 变频器功能

Danfoss VLT® HVAC 变频器提供了专用来满足 HVAC 系统（包括主泵控制）的独特控制要求的功能。作为标配，它们包含下述旨在优化系统性能的软件功能。

6.4.1 无流量

该功能用于检测一台泵没有产生流量但仍在运行的情况。如果不检测并纠正无流量情况，则可能导致泵损坏。无流量检测无需使用外部差压开关或流量计和相关接线。

无流量检测基于对特定电动机速度下的功率的测量。变频器监视实际的功率和电动机频率，然后将这些与根据特定速度计算的功率进行比较。如果在特定频率下测得的功率大于存储在变频器中的计算功率，则说明泵正在产生流量。如果在特定频率下测得的功率小于存储在变频器中的计算功率，则会产生警告或报警，以便将情况通知给操作人员。

6.4.2 空泵

该功能用于检测泵在运行但系统中无水的情况。如果不检测并纠正空泵情况，则可能导致泵损坏。空泵检测无需使用外部差压开关或流量计和相关接线。

如果系统中无水，泵将不会产生压力。变频器将转向最大速度，以试图产生压力。由于无水，电动机上的负荷和电动机功耗都将处于较低水平。如果变频器以最大速度运行，而系统功耗却很低，则会产生警告或报警，以便将情况通知给操作人员。

6.4.3 曲线结束

该功能用于检测管道系统的泄漏或系统的压力损失。曲线结束检测无需使用外部压力传感器或流量计和相关接线。

如果泵提供了大量的水但无法保持设定的静态水头，则表明发生了曲线结束状态。如果管道系统发生漏水现象，泵将无法产生全压。变频器的速度将上升到最高水平，以试图产生全压。如果变频器以最大速度运行，而系统压力却很低，则会产生警告或报警，以便将情况通知给操作人员。

6.4.4 能量记录和趋势分析

变频器可以不间断地累计从变频器传输给电动机的实际功耗。这些数据可用于能量记录功能，从而允许用户分析随时间变化的能耗情况。这些数据可以用两种方式来累计：预设的开始/停止日期和时间，或者一个预定义的时段（比如最近 24 小时，最近 7 天或最近 1 个月）。

趋势分析用于监视某个变量在一个时段内的变化方式。趋势变量的值被记录在某个由用户定义的数据集合（数据范围）中，这样的数据集合一共有 10 个。主泵应用的常见趋势分析变量是电动机功率和输出频率。

借助这种趋势分析功能，可以确定主泵系统在工作期间降低的功耗。通过这些趋势分析数据和 VLT® Energy Box 软件，可以确定采用 VLT® HVAC 变频器来控制主泵时所实现的实际节省。

6.4.5 串行通讯

VLT® HVAC 变频器提供了其它变频器难以比拟的通讯能力，从而减小或避免了对外部设备的需求。

内置串行通讯选件包括：Modbus RTU、Johnson Controls Metasys® N2 和 Siemens Apogee® FLN。此外还包括可以轻松安装到 VLT® HVAC 变频器中的 BACnet™ 和 LonWorks® 现场安装选件卡。

7 主/辅冷却水泵送系统的辅泵

7.1 简介

主/辅系统是商业建筑物中最常使用的冷却水系统类型之一。由于具有简单和成熟等特点，这种系统已成为楼宇业主和经营者在近 50 多年来的一种选择。

主/辅泵送系统将主要生产循环与辅助配送循环分离开来。在主循环中使用泵来保持恒定流量。借此可以让冷却器和主要冷却水循环保持恒定的设计流量，同时又允许辅助系统根据建筑物的冷却负荷需求来改变流量。一个去耦器管（也称为“旁路”）将主循环和辅循环分开。

规格更大的辅泵促使水在系统的其余部分内流通。由于去耦器管将辅泵与主循环隔开，因此辅泵没有最小流量限制，它们可以使用双向阀来控制冷却冷却螺旋管。

7.2 循环泵控制

7.2.1 辅助循环泵控制

下图显示了一个传统的主/辅系统。通过每个冷却器的流量都是恒定的，并且由主泵的恒定流量来设置。辅泵促使水在辅助水循环中流通，以满足建筑物的负荷要求。这个流量是可变的，并且由冷却螺旋管上的双向阀的开/关来控制。

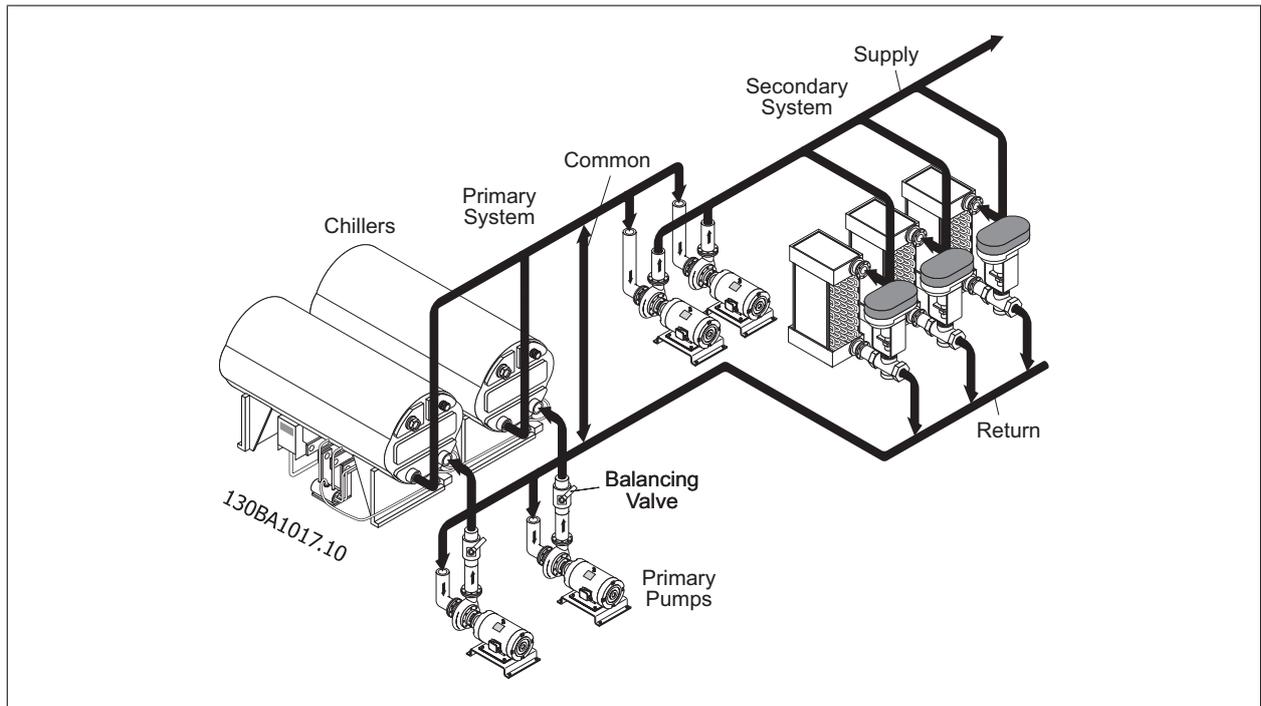


图 7.1：主/辅系统泵送系统

下图显示了当冷却螺旋管的双向阀从全开位置被调到关闭位置时，系统的流量要求会从“流量 1”降低到“流量 2”。其中的系统曲线表示辅泵为了克服向冷却螺旋管供水时的系统阻力而必须产生的出口压力。系统阻力是由管道、管件、阀门和螺旋管的限制作用所造成的。如果系统阻力增加，则要求更大的压力来获得指定流量，因此系统曲线的位置也会从 S1 变为 S2。当冷却螺旋管的双向阀因为被调节空间的冷却要求降低而移向关闭位置时，阻力便会增加。

随着阀门为了减小流量而关闭进而导致阻力增加，泵必须产生更高的压力（系统水头）才能克服该阻力。当控制阀减小流量时，带有双向阀的恒速泵必须按照从设计压力到压力 P1 的泵曲线变化。这意味着当流量减小时，即使系统要求较低的出口压力，泵也会提高出口压力。

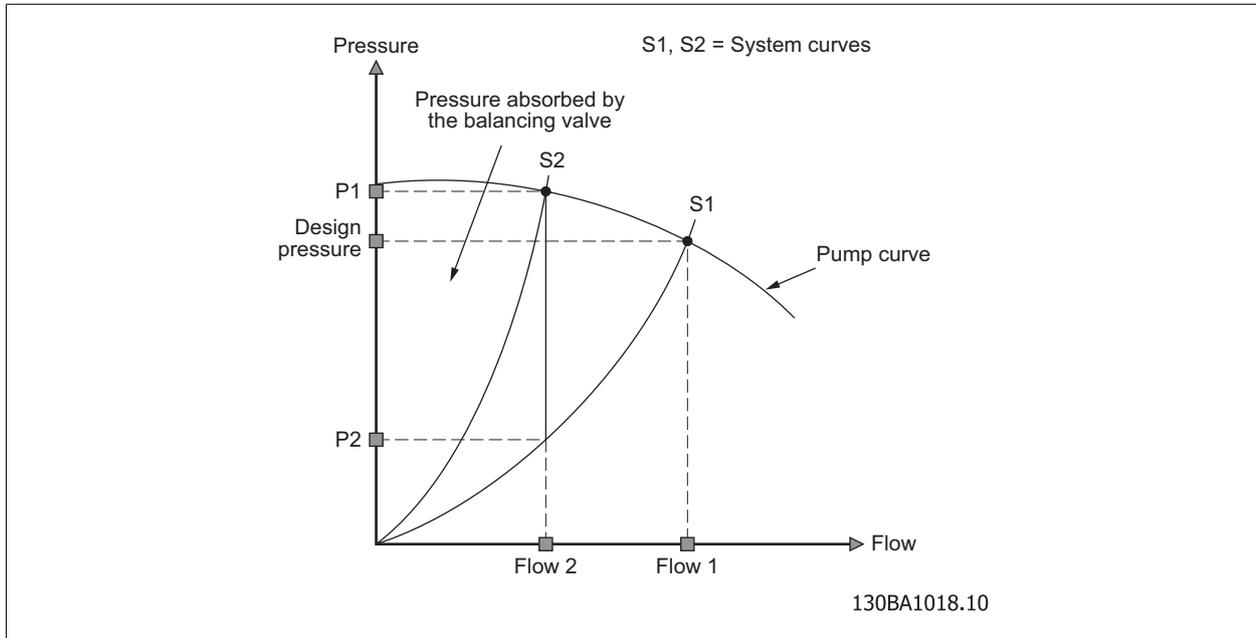


图 7.2: 双向阀吸收的压力

压力 P1 和 P2 之间的差值是双向阀吸收的压降。所吸收的压力随流量而变化。这个压力可能超过阀门在执行动作时可以克服的压力，因此会迫使阀门始终处于打开状态。这可能使最靠近泵的被调节区域发生过冷，同时令更远一些的区域发生冷却不足，并且可能导致冷却器蒸发器的温差条件过小。这样一来，不仅会造成能源浪费，同时还导致系统性能不足。

7.2.2 变速辅助循环泵控制

通过向辅助系统中添加变频器，可以实现显著的节能效果和增强控制能力。通过对泵进行控制，可以根据系统要求来改变泵速。由于按照系统曲线变化而不是按泵曲线变化，因此可以实现最佳节能效果，并且避免冷却螺旋管的双向控制阀发生过压。

辅泵保持系统特定点处的差压。在下图中，这个点是跨越最有意义的远端负荷的差压。这个压差等于螺旋管、管道和控制阀在设计流量下的压降。

当满足了建筑物的冷却负荷后，螺旋管双向控制阀将移向关闭位置，这会使在冷却螺旋管、阀门和管道部分测得的差压增大。为了保持差压给定值，当这个压差开始增大时，变频器会减小泵速。变频器给定值等于冷却螺旋管、螺旋管道和双向控制阀在设计流量条件下的压降之和。

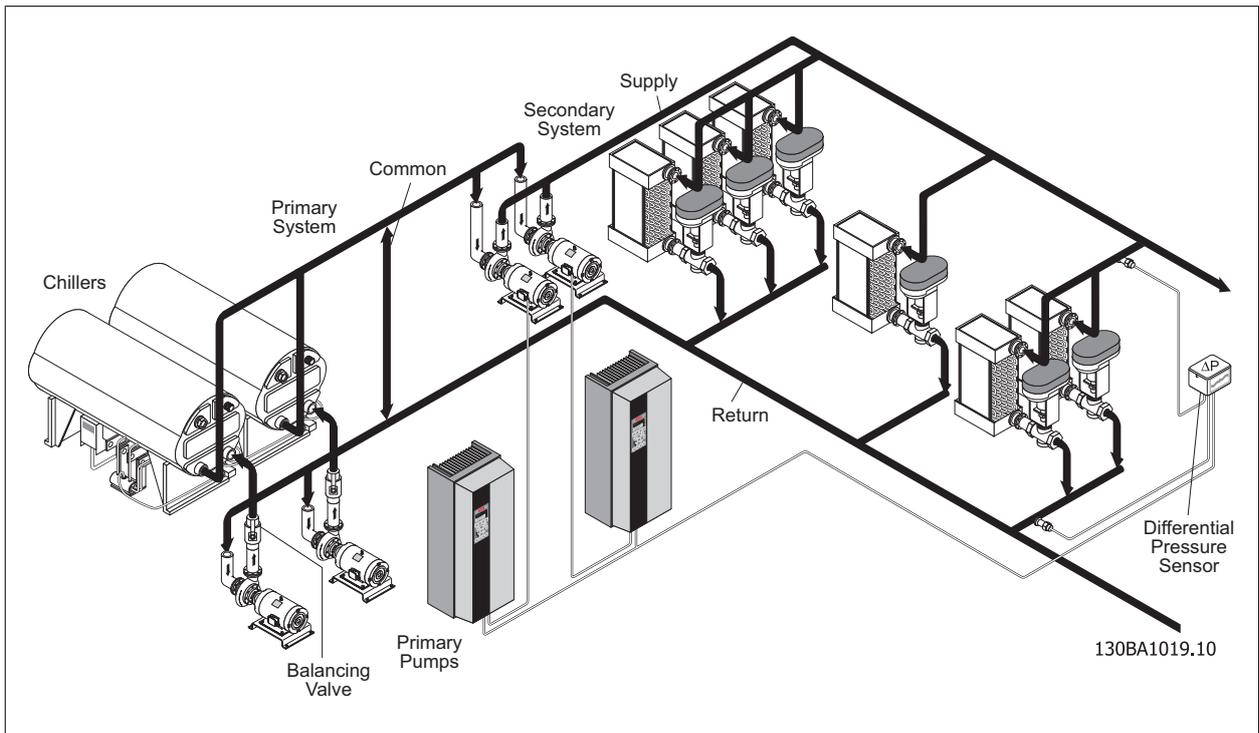


图 7.3: 配备变频器的辅助泵送系统

尽管在最具有意义的远端负荷处将冷却螺旋管两端的差压保持在同一水平，但总体系统压力却减小了。下图显示了变频器和变速辅泵对调节动作或控制曲线的响应。控制曲线显示了泵在变速控制下的实际工作点，它代表为了保持负荷处的给定值而所要求的辅泵出口压力，因为管道中的摩擦损耗会随流量降低而减小。如下页关于传感器位置的表所示，给定值越低，节能潜力越大。

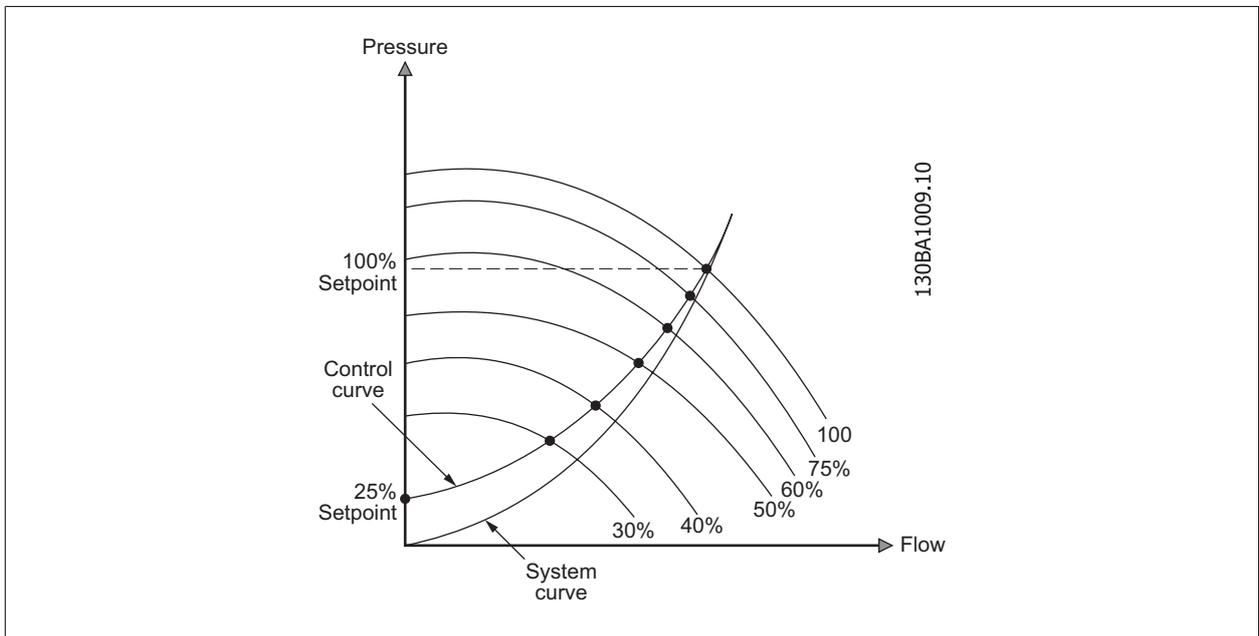


图 7.4: 变速泵曲线

7.3 循环泵控制

7.3.1 辅助循环泵控制

下图显示了一个传统的主/辅系统。通过每个冷却器的流量都是恒定的，并且由主泵的恒定流量来设置。辅泵促使水在辅助水循环中流通，以满足建筑物的负荷要求。这个流量是可变的，并且由冷却螺旋管上的双向阀的开/关来控制。

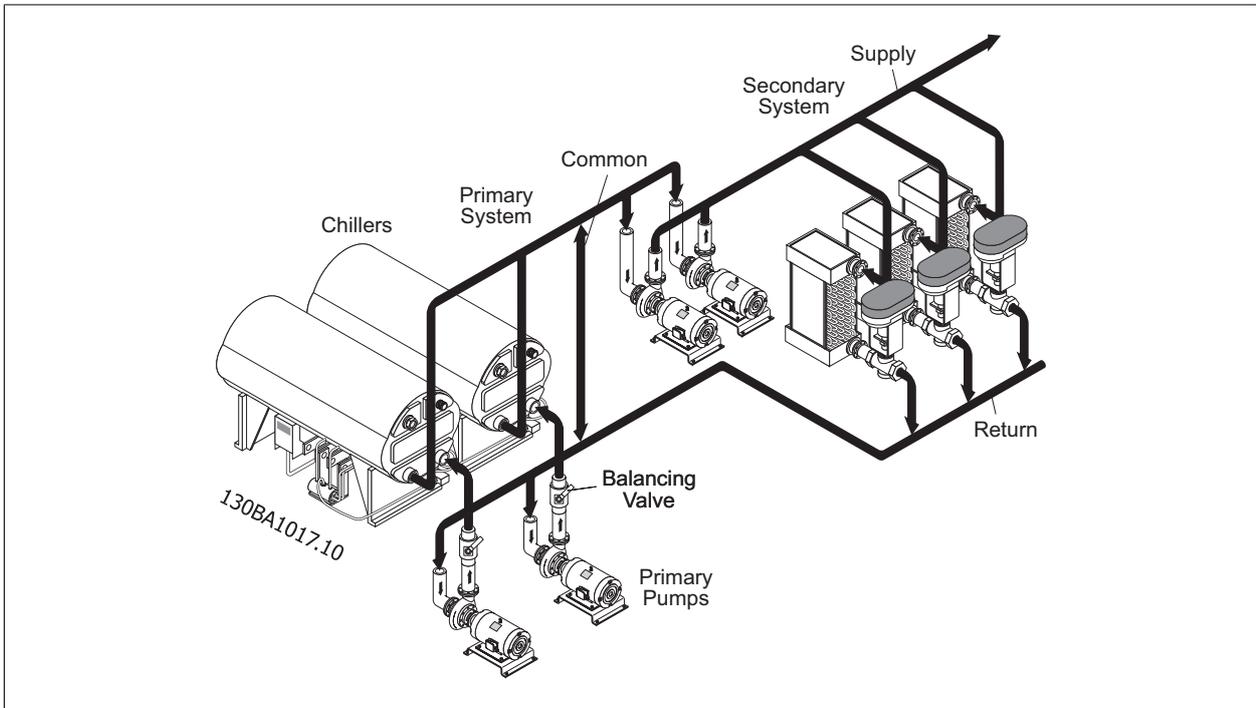


图 7.5: 主/辅系统泵送系统

下图显示了当冷却螺旋管的双向阀从全开位置被调到关闭位置时，系统的流量要求会从“流量 1”降低到“流量 2”。其中的系统曲线表示辅泵为了克服向冷却螺旋管供水时的系统阻力而必须产生的出口压力。系统阻力是由管道、管件、阀门和螺旋管的限制作用所造成的。如果系统阻力增加，则要求更大的压力来获得指定流量，因此系统曲线的位置也会从 S1 变为 S2。当冷却螺旋管的双向阀因为被调节空间的冷却要求降低而移向关闭位置时，阻力便会增加。

随着阀门为了减小流量而关闭进而导致阻力增加，泵必须产生更高的压力（系统水头）才能克服该阻力。当控制阀减小流量时，带有双向阀的恒速泵必须按照从设计压力到压力 P1 的泵曲线变化。这意味着当流量减小时，即使系统要求较低的出口压力，泵也会提高出口压力。

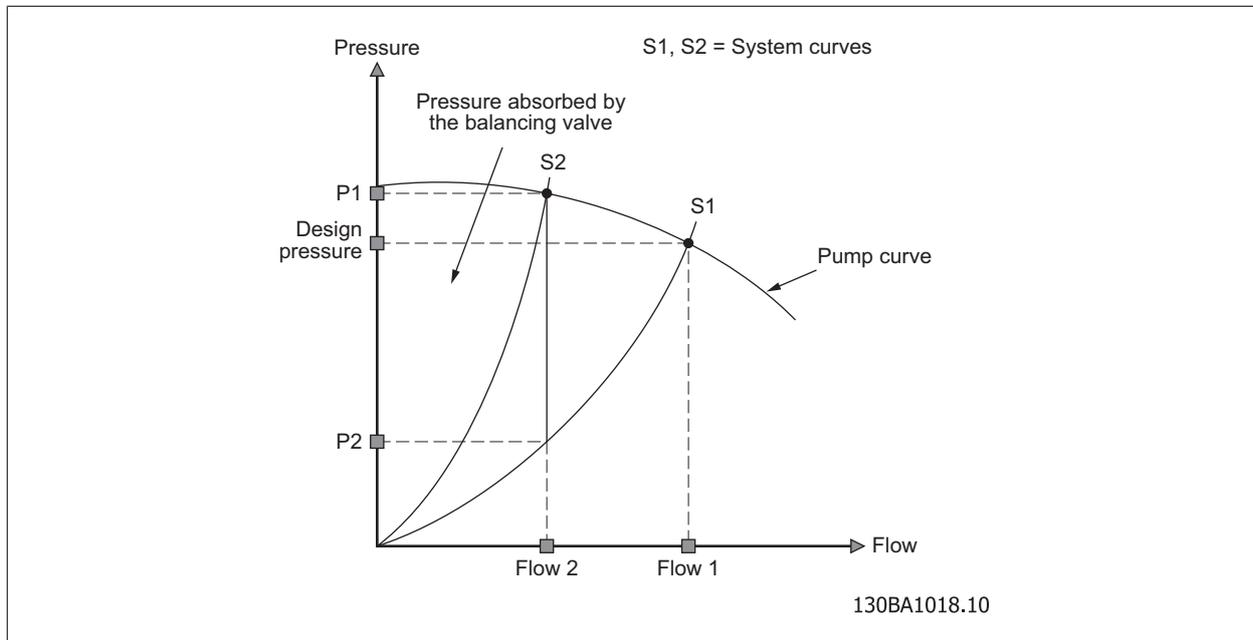


图 7.6: 双向阀吸收的压力

压力 P1 和 P2 之间的差值是双向阀吸收的压降。所吸收的压力随流量而变化。这个压力可能超过阀门在执行动作时可以克服的压力，因此会迫使阀门始终处于打开状态。这可能使最靠近泵的被调节区域发生过冷，同时令更远一些的区域发生冷却不足，并且可能导致冷却器蒸发器的温差条件过小。这样一来，不仅会造成能源浪费，同时还导致系统性能不足。

7.3.2 变速辅助循环泵控制

通过向辅助系统中添加变频器，可以实现显著的节能效果和增强控制能力。通过对泵进行控制，可以根据系统要求来改变泵速。由于按照系统曲线变化而不是按泵曲线变化，因此可以实现最佳节能效果，并且避免冷却螺旋管的双向控制阀发生过压。

辅泵保持系统特定点处的差压。在下图中，这个点是跨越最有意义的远端负荷的差压。这个压差等于螺旋管、管道和控制阀在设计流量下的压降。

当满足了建筑物的冷却负荷后，螺旋管双向控制阀将移向关闭位置，这会使在冷却螺旋管、阀门和管道部分测得的差压增大。为了保持差压给定值，当这个压差开始增大时，变频器会减小泵速。变频器给定值等于冷却螺旋管、螺旋管道和双向控制阀在设计流量条件下的压降之和。

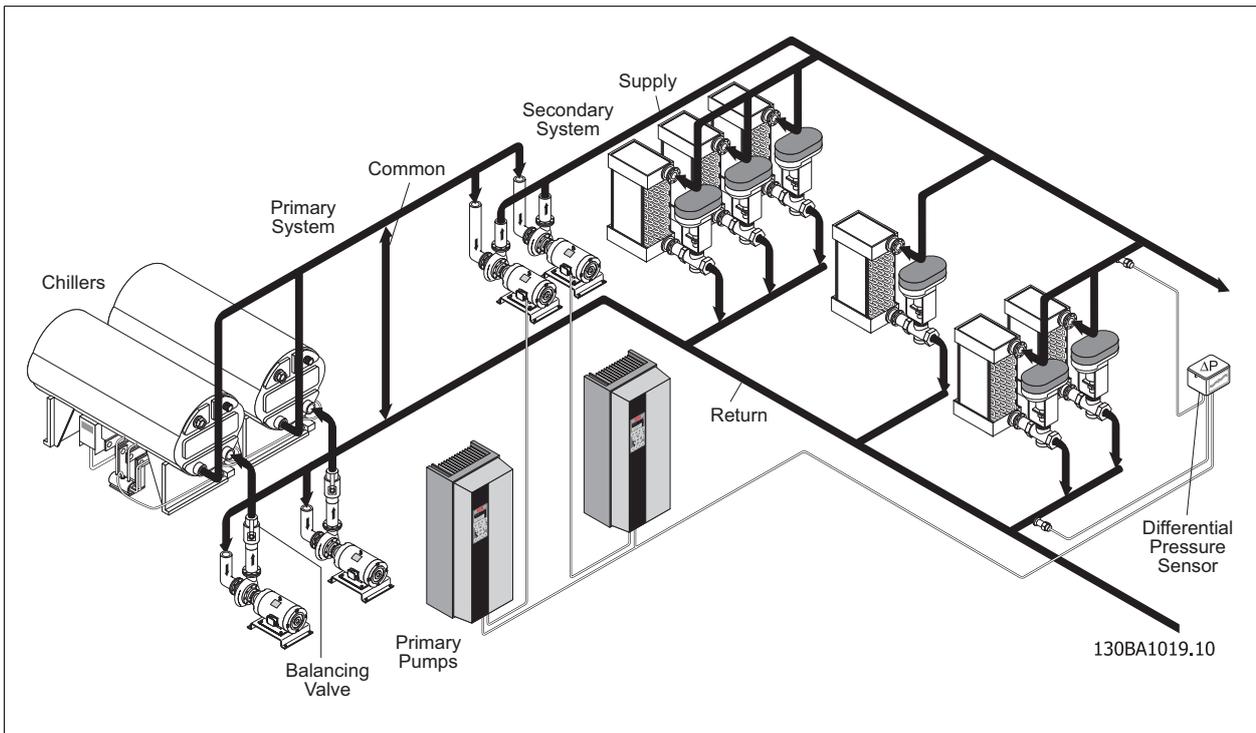


图 7.7: 配备变频器的辅助泵送系统

尽管在最有意义的远端负荷处将冷却螺旋管两端的差压保持在同一水平，但总体系统压力却减小了。下图显示了变频器和变速辅泵对调节动作或控制曲线的响应。控制曲线显示了泵在变速控制下的实际工作点，它代表为了保持负荷处的给定值而所要求的辅泵出口压力，因为管道中的摩擦损耗会随流量降低而减小。如下页关于传感器位置的表所示，给定值越低，节能潜力越大。

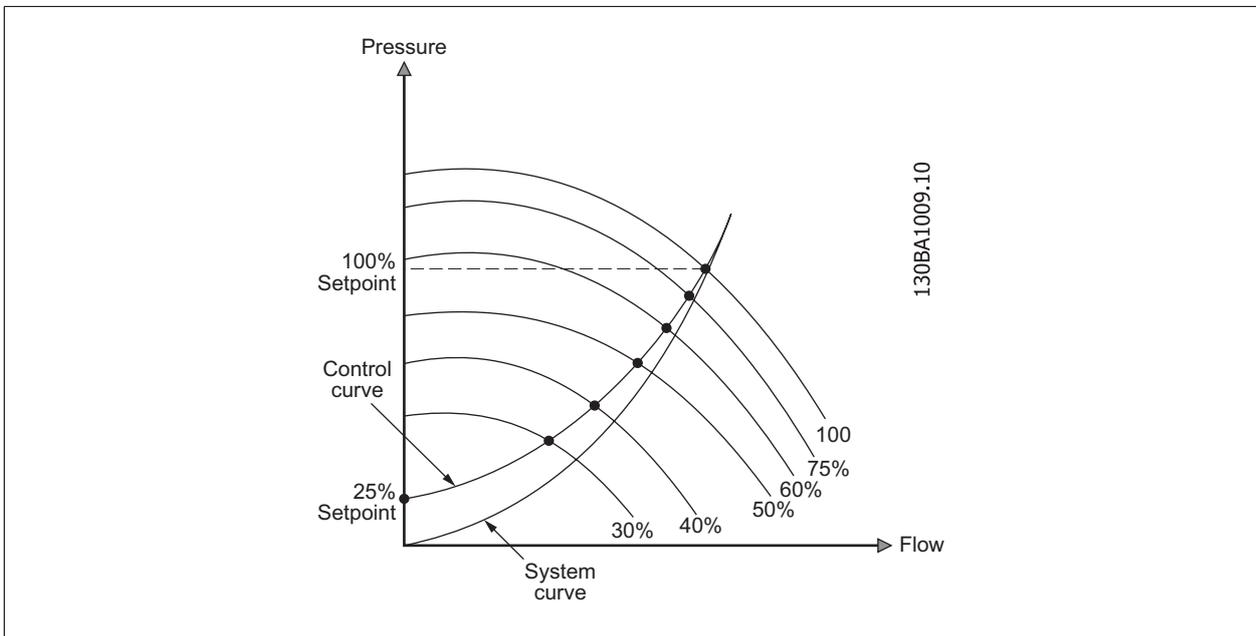


图 7.8: 变速泵曲线

7.4 传感器

7.4.1 传感器类型和布置

正确安装变频器可以实现显著的节能效果，而压力传感器的类型和位置则对泵的正确控制以及获得最大程度的节能至关重要。

对于辅助泵送系统，应该使用差压传感器。该传感器检测冷却螺旋管、双向阀和管道两端的压差。该传感器务必要测量最远端、最有意义的负荷。这使得变频器的 PID 控制器可以利用管道阻力（即所谓的可变水头损失）随流量降低而减小这一优点。在这种传感器布置下，给定值应等于从冷却螺旋管到控制阀的静态压降。如果这个值是未知的，有时候可以使用一个估计值，即设计静态水头的 25%。

一些系统错误地将差压传感器放在泵的供水和回水总管中，这样做通常是为了降低安装成本。下方的传感器位置图显示了传感器位置对节能效果的显著影响。下表显示了位于泵的供水和回水总管中的传感器。给定值是设计静态水头。功耗降低表现为因为保持恒定的设计静态水头而使得电动机速度略微下降。

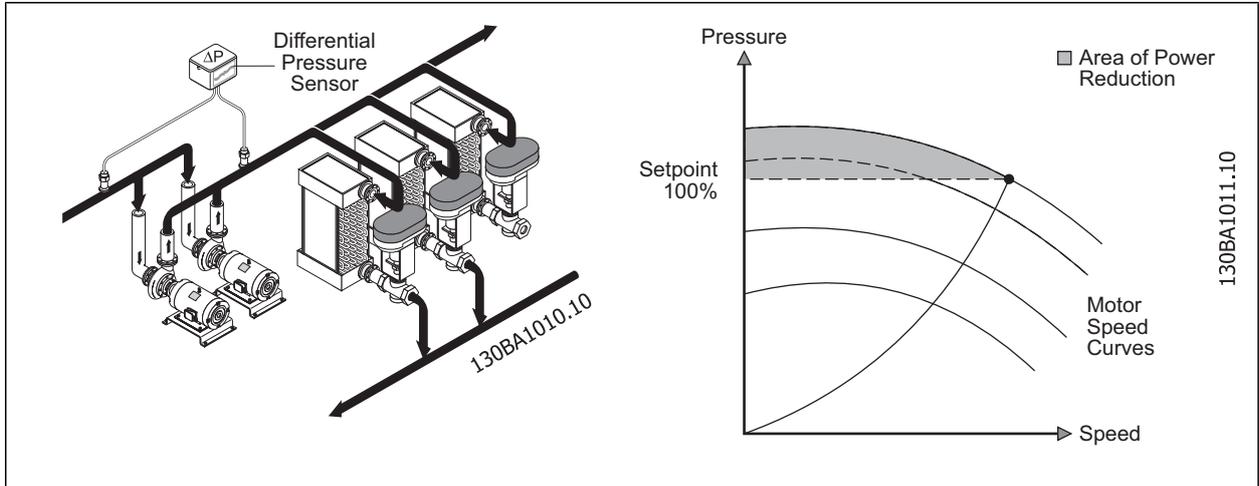


表 7.1: 100% 给定值下的传感器位置（跨越泵）

下表显示了正确跨越最有意义的远端负荷的差压传感器，给定值（参考值）为设计静态水头的 25%。功耗降低表现为因为遵守控制曲线而使得电动机速度下降。

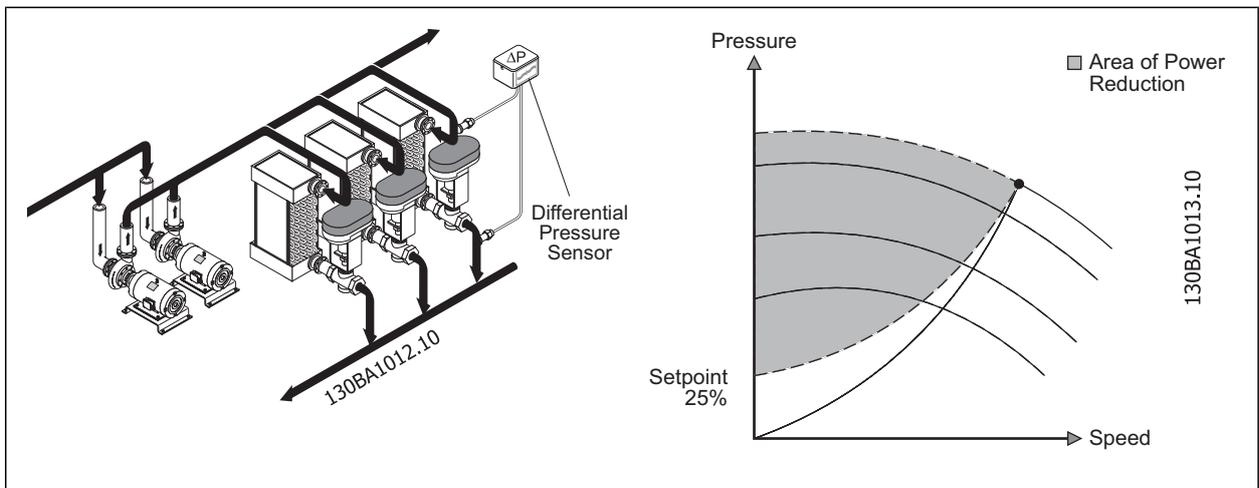


表 7.2: 25% 给定值下的传感器位置（跨越负荷）

7.5 节能

7.5.1 节能估计

借助 Danfoss VLT Energy Box 软件，可以估计安装 VLT® HVAC 变频器后相对于其它泵送量控制方法的节能情况。该程序对下述两种情况中的能耗进行比较，并且提供了一个简单的投资回收计算：以全速运行的带有节流阀的辅泵系统；以及在使用 VLT® HVAC 变频器情况下以较低速度运行的泵。

为了绘制泵和系统曲线，将需要输入少量设计数据。部分关闭的均衡阀对系统施加的压降会被包括在数据中。此外还需要输入系统的运行时间。

为了计算节能潜力，需要输入工作周期或负荷特征图。工作周期表明了系统为了满足建筑物的负荷而要求的流量。工作周期随建筑物和系统的特定运转情况而不同。该程序附带了一个易于修改的默认特征图。

下图显示了典型的输入数据。在输入了泵和系统数据后，该程序便会计算 VLT® HVAC 变频器和对比系统的估计能耗。

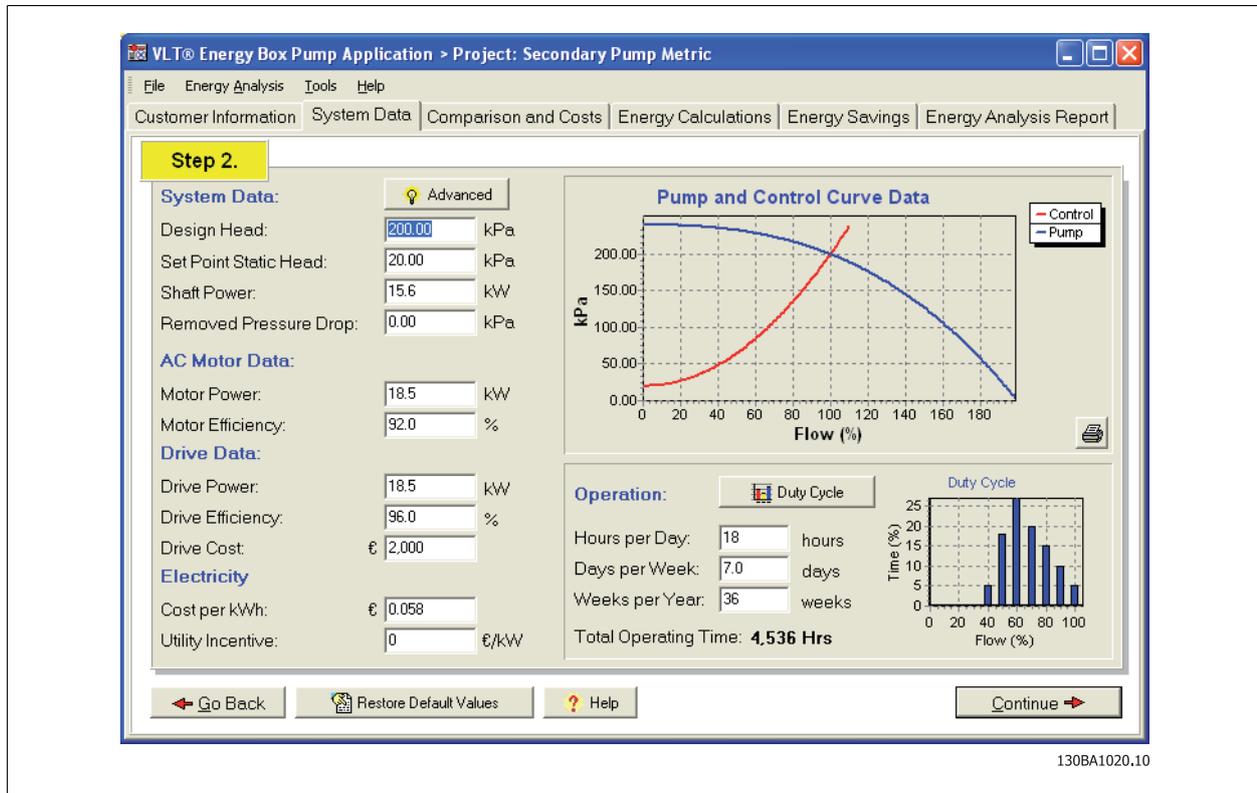


图 7.9: Energy Box 输入数据

下图显示了一台带有节流阀的辅泵与一台使用 Danfoss 变频器系统的变速辅泵的年度能耗对比。使用 VLT® HVAC 变频器和主/辅系统可以实现显著的节能效果。

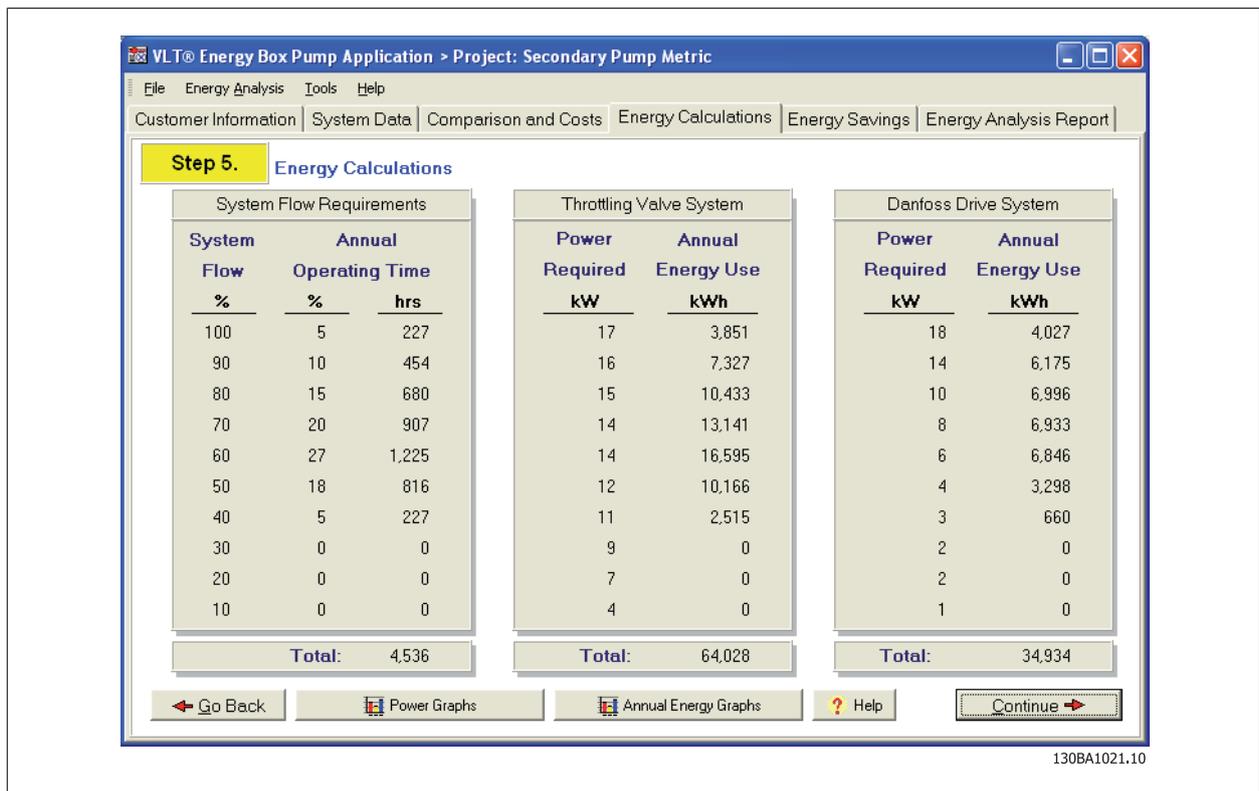


图 7.10: 年度能耗

7

该程序还可以计算变频器的基本投资回收期。这种计算涵盖了变频器、安装、接线和其它控制组件（如传感器）的成本数据。下图显示了一个在主/辅系统中使用 VLT® HVAC 变频器来控制辅泵的投资回收期，为 1.69 年。Energy Box 分析和报告可以打印或用传真或电子邮件发送。

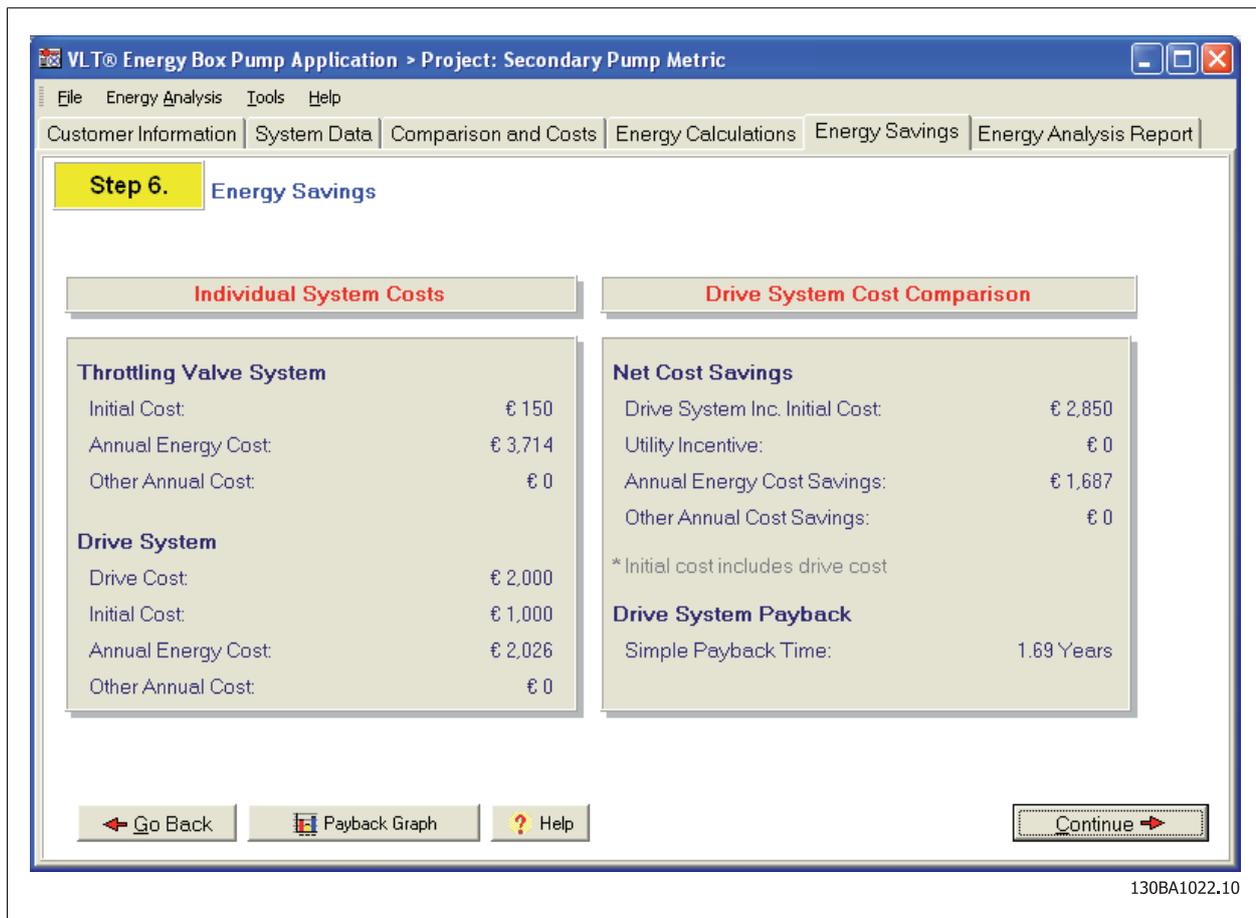


图 7.11: Energy Box 财务计算

7.6 变频器功能

Danfoss VLT® HVAC 变频器提供了专用来满足 HVAC 系统（包括主/辅水系统）的独特控制要求的功能。作为标配，它们包含下述旨在优化系统性能的软件功能。这些功能可以最有效地控制辅助循环泵，从而实现最高的系统效率和可靠性，并且提高能源及成本的节省水平。

7.6.1 多区控制

变频器最多可以接受来自 3 个不同传感器的 3 个反馈信号。借此可以在最有意义的远端负荷为未知的情况下用多个传感器来调节系统。变频器通过对信号进行比较来作出旨在优化系统性能的控制决定。

在一些系统中，不同位置的系统不定水头损失存在很大差别，或者给定值可能存在明显不同，比如对于不同规格的冷却螺旋管。在控制不同负荷时，最多可以在 3 个并行管线中放置差压变送器来控制“最糟”的情况。

7.6.2 PID 自动调谐

变频器的 PID 控制器可以实现自动调谐，这不仅简化了调试过程，而且还确保了控制调节的精度。在稳态工作期间，自动调谐会让 PID 控制器的输出实现逐步变化，并且对反馈信号进行监视。用于 PID 控制的最佳值将根据反馈响应来计算。在常规 HVAC 应用中，只会计算比例增益和积分时间。

7.6.3 无流量

该功能用于检测一台泵没有产生流量但仍在运行的情况。如果不检测并纠正无流量情况，则可能导致泵损坏。无流量检测无需使用外部差压开关或流量计和相关接线。

无流量检测基于对特定电动机速度下的功率的测量。变频器监视实际的功率和电动机频率，然后将这些与根据特定速度计算的功率进行比较。如果在特定频率下测得的功率大于存储在变频器中的计算功率，则说明泵正在产生流量。如果在特定频率下测得的功率小于存储在变频器中的计算功率，则会产生警告或报警，以便将情况通知给操作人员。

7.6.4 空泵

该功能用于检测泵在运行但系统中无水的情况。如果不检测并纠正空泵情况，则可能导致泵损坏。空泵检测无需使用外部差压开关或流量计和相关接线。

如果系统中无水，泵将不会产生压力。变频器将转向最大速度，以试图产生压力。由于无水，电动机上的负荷和电动机功耗都将处于较低水平。如果变频器以最大速度运行，而系统功耗却很低，则会产生警告或报警，以便将情况通知给操作人员。

7.6.5 曲线结束

该功能用于检测管道系统的泄漏或系统的压力损失。曲线结束检测无需使用外部压力传感器或流量计和相关接线。

如果泵提供了大量的水但无法保持设定的静态水头，则表明发生了曲线结束状态。如果管道系统发生漏水现象，泵将无法产生全压。变频器的速度将上升到最高水平，以试图产生全压。如果变频器以最大速度运行，而系统压力却很低，则会产生警告或报警，以便将情况通知给操作人员。

7.6.6 能量记录和趋势分析

变频器可以不间断地累计从变频器传输给电动机的实际功耗。这些数据可用于能量记录功能，从而允许用户分析随时间变化的能耗情况。这些数据可以用两种方式来累计：预设的开始/停止日期和时间，或者一个预定义的时段（比如最近 24 小时，最近 7 天或最近 1 个月）。

趋势分析用于监视某个变量在一个时段内的变化方式。趋势变量的值被记录在某个由用户定义的数据集合（数据范围）中，这样的数据集合一共有 10 个。辅泵应用的常见趋势分析变量是电动机功率和输出频率。

借助这种趋势分析功能，可以确定系统工作期间发生的流量或辅泵功率变化情况。通过这些趋势分析数据和 VLT® Energy Box 软件，可以确定采用 VLT® HVAC 变频器来控制辅泵系统时所实现的实际节省。

7.6.7 串行通讯

VLT® HVAC 变频器提供了其它变频器难以比拟的通讯能力，从而减小或避免了对外部设备的需求。

内置串行通讯选件包括：Modbus RTU、Johnson Controls Metasys® N2 和 Siemens Apogee® FLN。此外还包括可以轻松安装到 VLT® HVAC 变频器中的 BACnet™ 和 LonWorks® 现场安装选件卡。

8 变频泵送系统

8.1 简介

具有可变流量的冷却水系统正受到越来越多的关注。与主/辅系统相比，这些系统所用的泵和管道连接较少，因此对机械设备室的大小要求也比较低。在泵、管道和电力线路方面节省的一些初期成本在某种程度上会被流量测量和旁路流量阀控制方面的附加成本所抵销。

可变流量系统无需使用主/辅系统中使用的小型主泵。以前由主泵来满足的压降要求，现在由更大型、更高效并且类似于主/辅系统中的辅泵的配送泵来满足。

8.2 变速泵

8.2.1 可变主流量环路控制

对于较新的冷却器，厂商指定了蒸发器水流量的最大和最小极限。最大极限是为了避免管道发生腐蚀。最小极限旨在确保良好的传热和稳定的控制。

下图中的可变主流量系统使用变流量泵促使水在冷却水环路中流通，以满足建筑物的负荷要求。在主/辅系统中使用的去耦器被一个带有调流阀的旁路管所代替。只要流量高于冷却器所要求的最小水平，旁路管就会保持关闭状态，而通过冷却器的流量会随建筑物的要求而改变。当达到冷却器的最小流量时，则会调节旁路控制阀，以便冷却器厂商所要求的最小流量能得到保持。

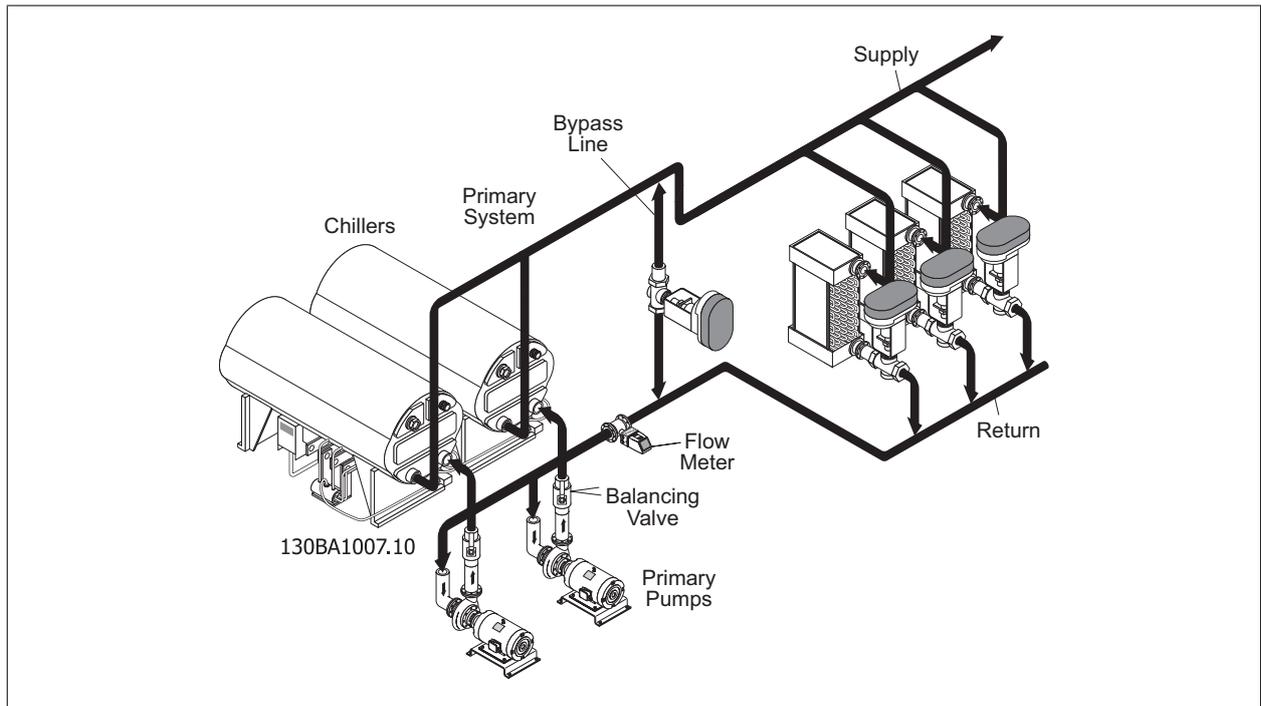


图 8.1：可变主流量系统

为了尽量减小通过配送系统时的流量和压力下降，并且减小泵的能耗要求，旁路应位于泵的附近。旁路管的规格选择和控制阀的选择必须正确，只有这样才能保证适当的旁路流量。当螺旋管的冷却水需求较低时，系统流量可以低于冷却器所要求的最小流量。流量计可以检测到这一点。随后，PI 控制器会根据要求调节旁路控制阀，以保持最小的冷却器流量。除了使用流量计外，还可以测量冷却器两端的差压并根据冷却器厂商提供的冷却器流量与压降的关系数据来与流量发生关联。

可变主流量系统的成功与否取决于用来控制旁路阀的流量测量装置的质量。如果使用流量计，则应使用电磁式流量计。虽然这些流量计比其它流量计类型贵，但它们非常精确、不易出错并且几乎无需维护。对于差压传感器，其范围应与冷却器的蒸发器段两端的压降非常接近。

8.2.2 变速泵控制

与主/辅系统中的辅泵一样，可变主流量系统中的泵也在系统的特定点处保持差压。在下图中，这个点是跨越最有意义的远端负荷的压降。这个压差等于螺旋管、管道和控制阀在设计流量下的压降。

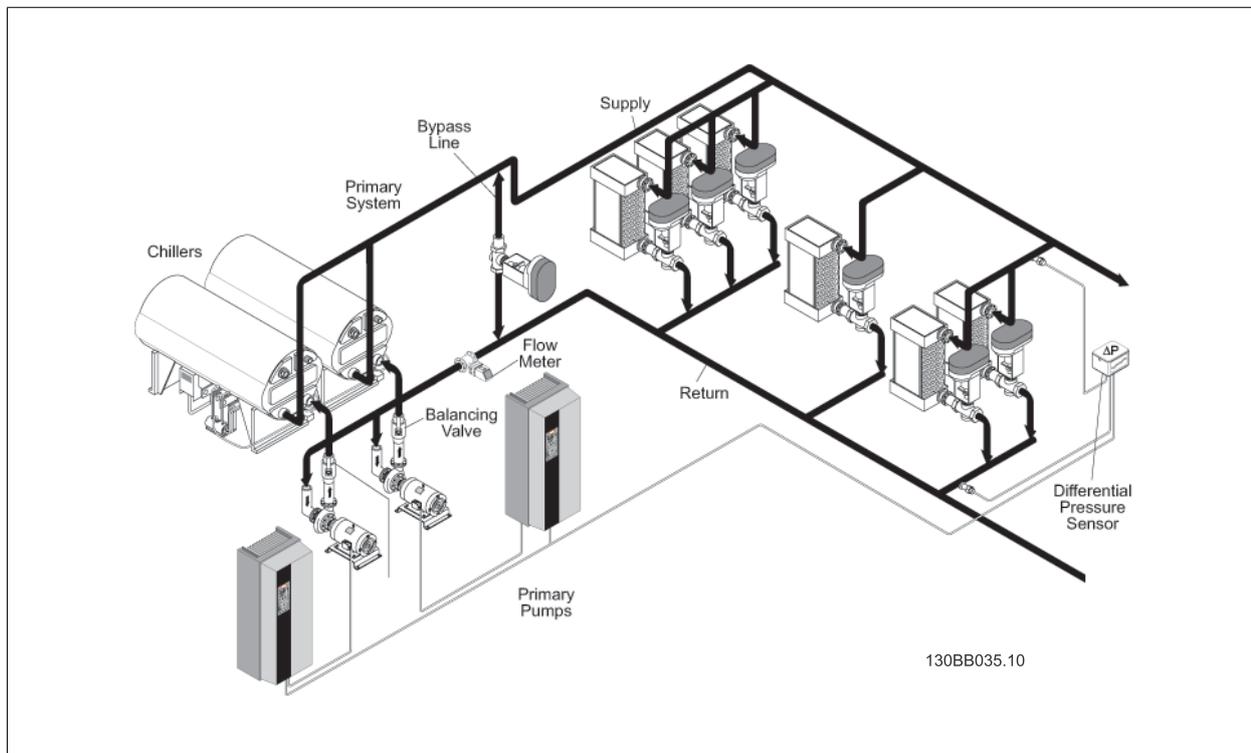


图 8.2: 使用变频器的可变主流量系统

当流量要求减小时，差压传感器 (DP) 便会调整泵变频器的速度。当满足了冷却负荷后，双向控制阀将移向关闭位置。这会使冷却螺旋管和阀门两端的差压增大。为了保持 DP 给定值，当这个压差开始增大时，变频器会减小泵速。

尽管每个空气处理设备的螺旋管和阀门两端的冷却螺旋管差压保持不变，但总的系统压力以及控制阀 DP 却减小了。下页插图中的控制曲线显示了泵在采用变速控制时的实际工作点。给定值等于为了满足系统要求而必须保持的压力值。控制阀代表为了保持负荷处的给定值而所要求的主泵出口压力，因为管道中的摩擦损耗会随流量降低而减小。如下所示，给定值越低，节能潜力越大。

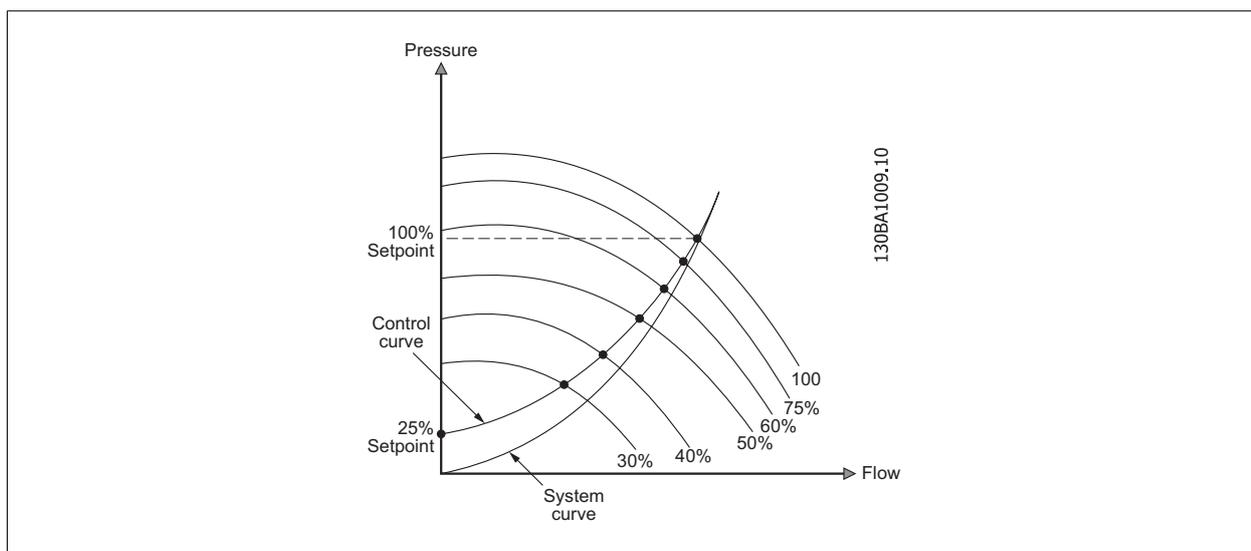


图 8.3: 变速泵曲线

8.3 传感器

8.3.1 传感器类型和布置

正确安装变频器可以实现显著的节能效果，而压力传感器的类型和位置则对泵的正确控制以及获得最大程度的节能至关重要。

对于可变主流量泵送系统，应该使用差压传感器。该传感器务必要测量最远端、最有意义的负荷。这使得变频器的 PID 控制器可以利用管道阻力（即所谓的可变水头损失）随流量降低而减小这一优点。在这种传感器布置下，给定值应等于从冷却螺旋管到双向控制阀的静态压降。如果这个值是未知的，有时候可以使用一个估计值，即设计静态水头的 25%。

一些系统错误地将差压传感器放在泵的供水和回水总管中，这样做通常是为了降低安装成本。下图显示了传感器位置对节能效果的显著影响。下表显示了位于泵的供水和回水总管中的传感器。给定值（参考值）是设计静态水头。功耗降低表现为因为保持恒定的设计静态水头而使得电动机速度略微下降。

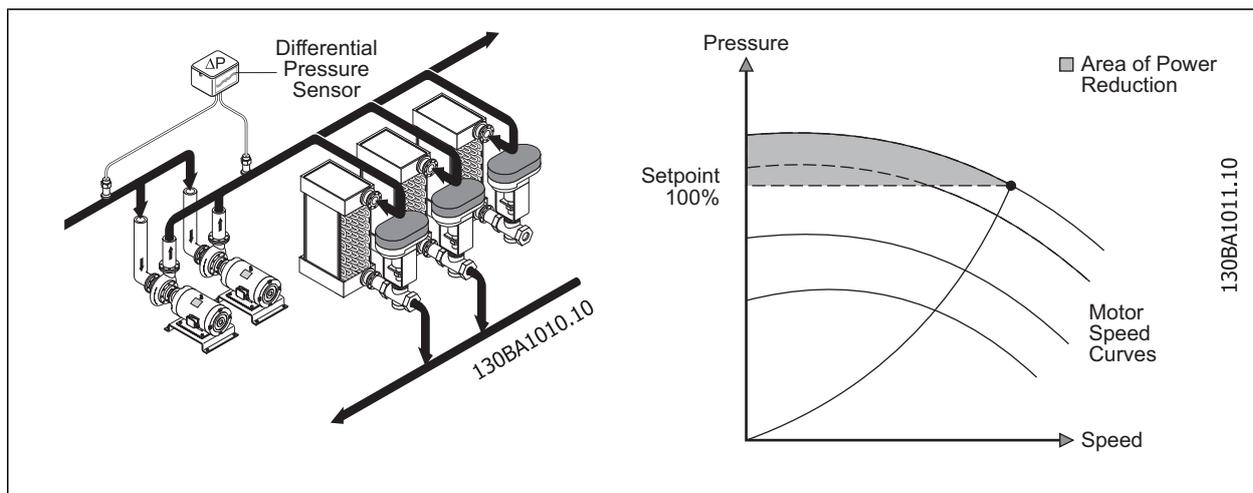


表 8.1: 100% 给定值下的传感器位置（跨越泵）

下表显示了正确跨越最远端的有意义负荷的差压传感器，给定值（参考值）为设计静态水头的 25%。功耗降低表现为因为遵守控制曲线而使得电动机速度下降。

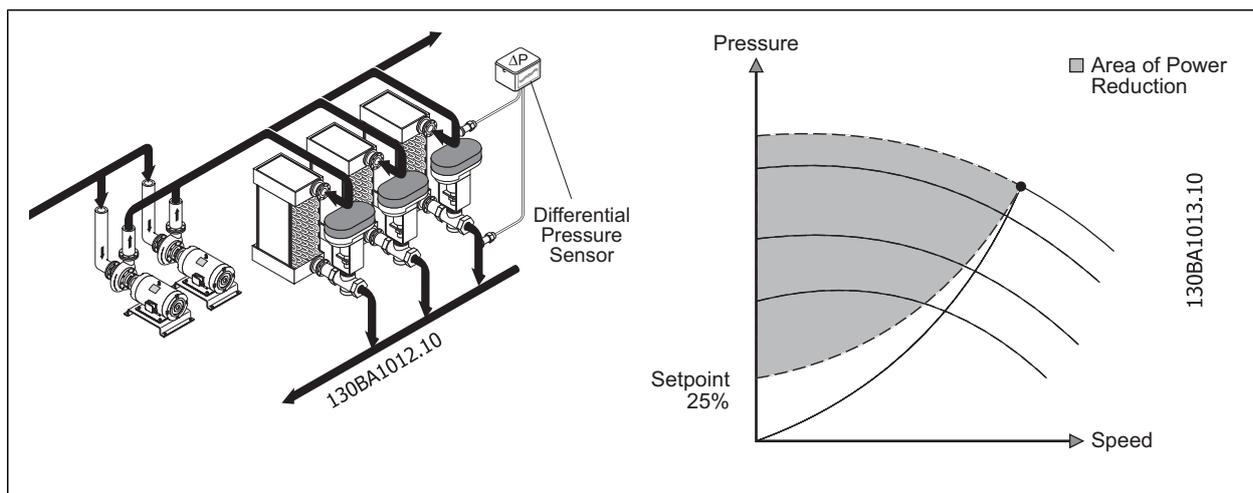


表 8.2: 25% 给定值下的传感器位置（跨越负荷）

8.4 节能潜力

8.4.1 节能估计

借助 Danfoss VLT® Energy Box 软件，可以估计安装 VLT® HVAC 变频器后相对于其它泵送量控制方法的节能情况。该程序对下述两种情况中的能耗进行比较，并且提供了一个简单的投资收回计算：以全速运行的主泵；以及在使用 VLT® HVAC 变频器情况下以变速运行的泵。

为了绘制泵和系统曲线，将需要输入少量设计数据。部分关闭的均衡阀对系统施加的压降会被包括在数据中。此外还需要输入系统的运行时间。

为了计算节能潜力，需要输入工作周期或负荷特征图。该程序附带了一个易于修改的默认特征图。工作周期表明了系统为了满足建筑物的负荷而要求的流量。工作周期随建筑物和系统的特定运转情况而不同。

下图显示了典型的输入数据。在输入了泵和系统数据后，该程序便会计算 VLT® HVAC 变频器和对比系统的估计能耗。

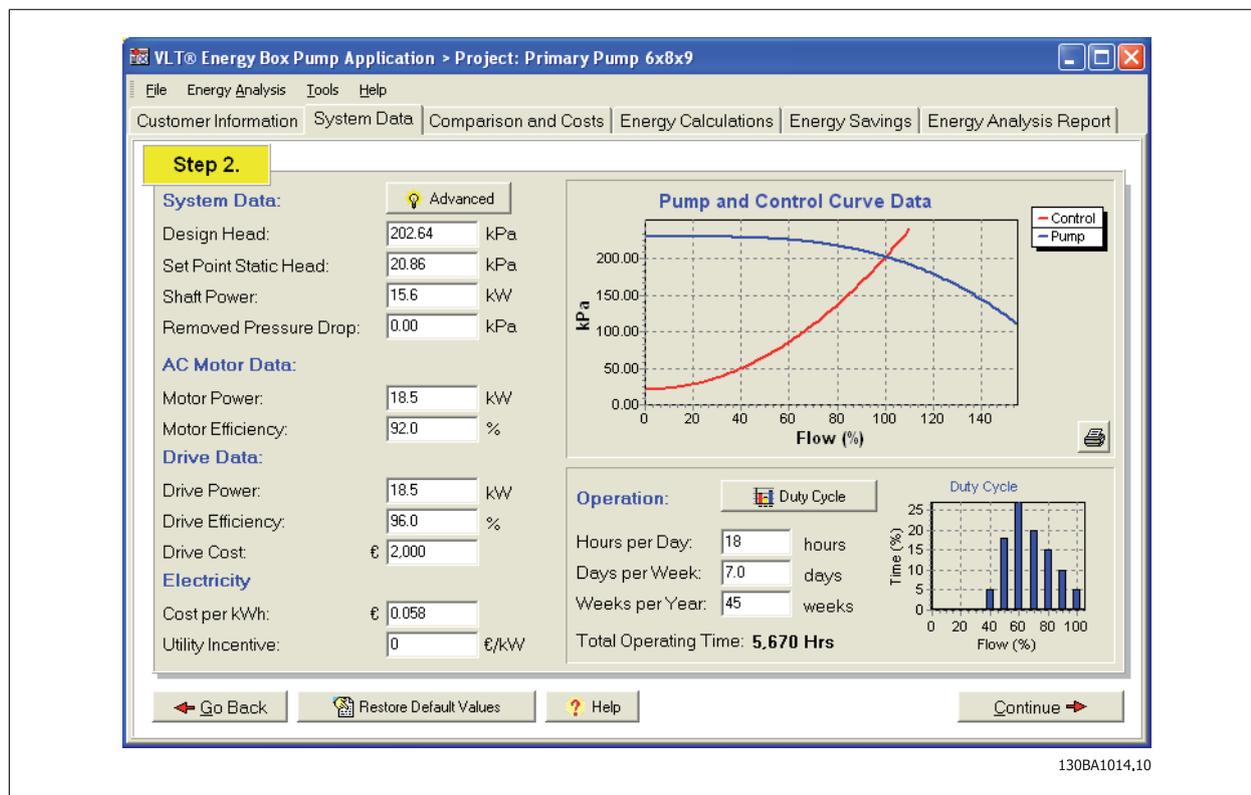


图 8.4: Energy Box 输入数据

下图显示了一台带有节流阀的主泵与一台使用 Danfoss 变频器系统的可变主流量泵的年度能耗对比。使用 VLT® HVAC 变频器和可变主流量系统可以实现显著的节能效果。

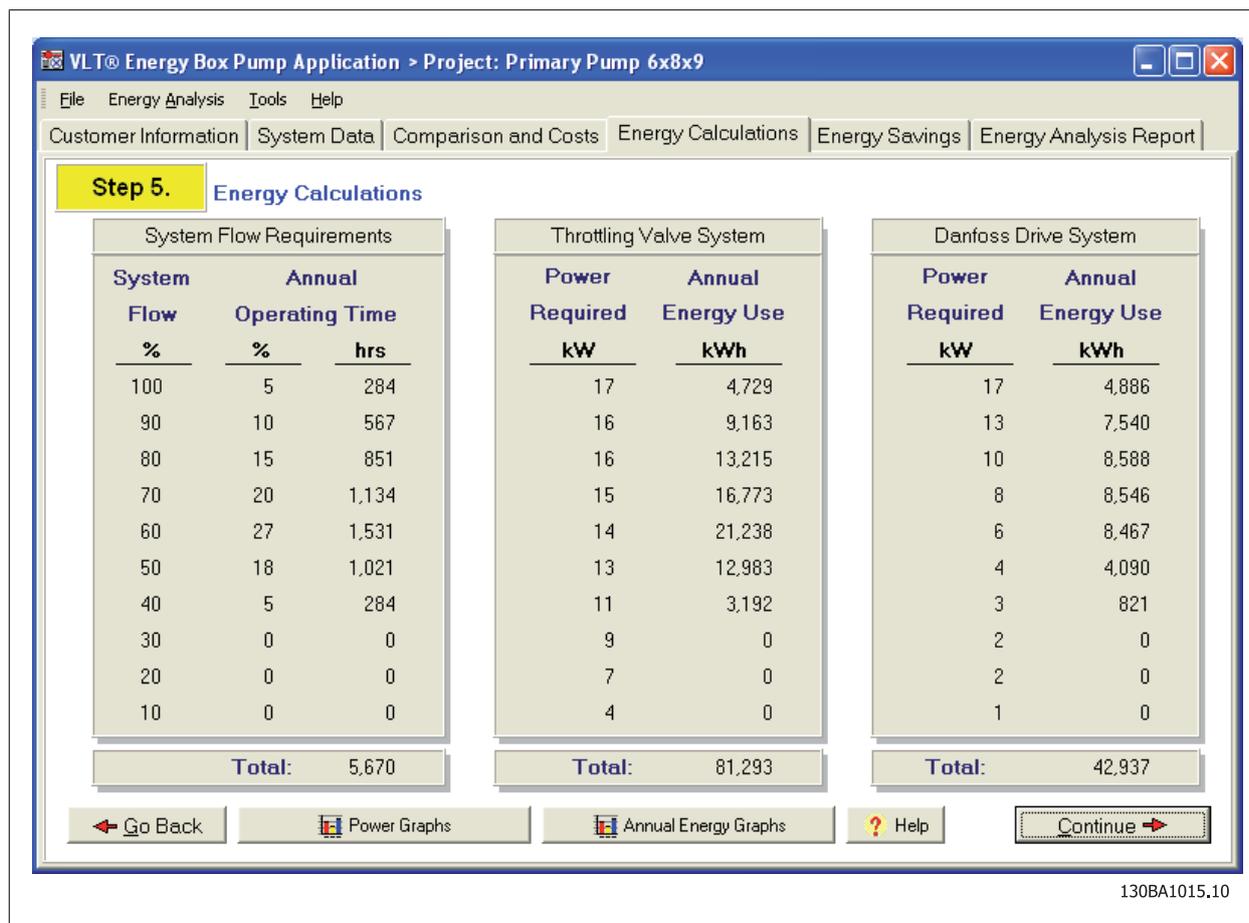


图 8.5: 年度能耗

该程序还可以计算变频器的基本投资回收期。这种计算涵盖了变频器、安装、接线和其它控制组件（如传感器）的成本数据。下图显示了一个在使用 VLT® HVAC 变频器和可变主流量系统时的投资回收期，为 1.28 年。Energy Box 分析和报告可以打印或用传真或电子邮件发送

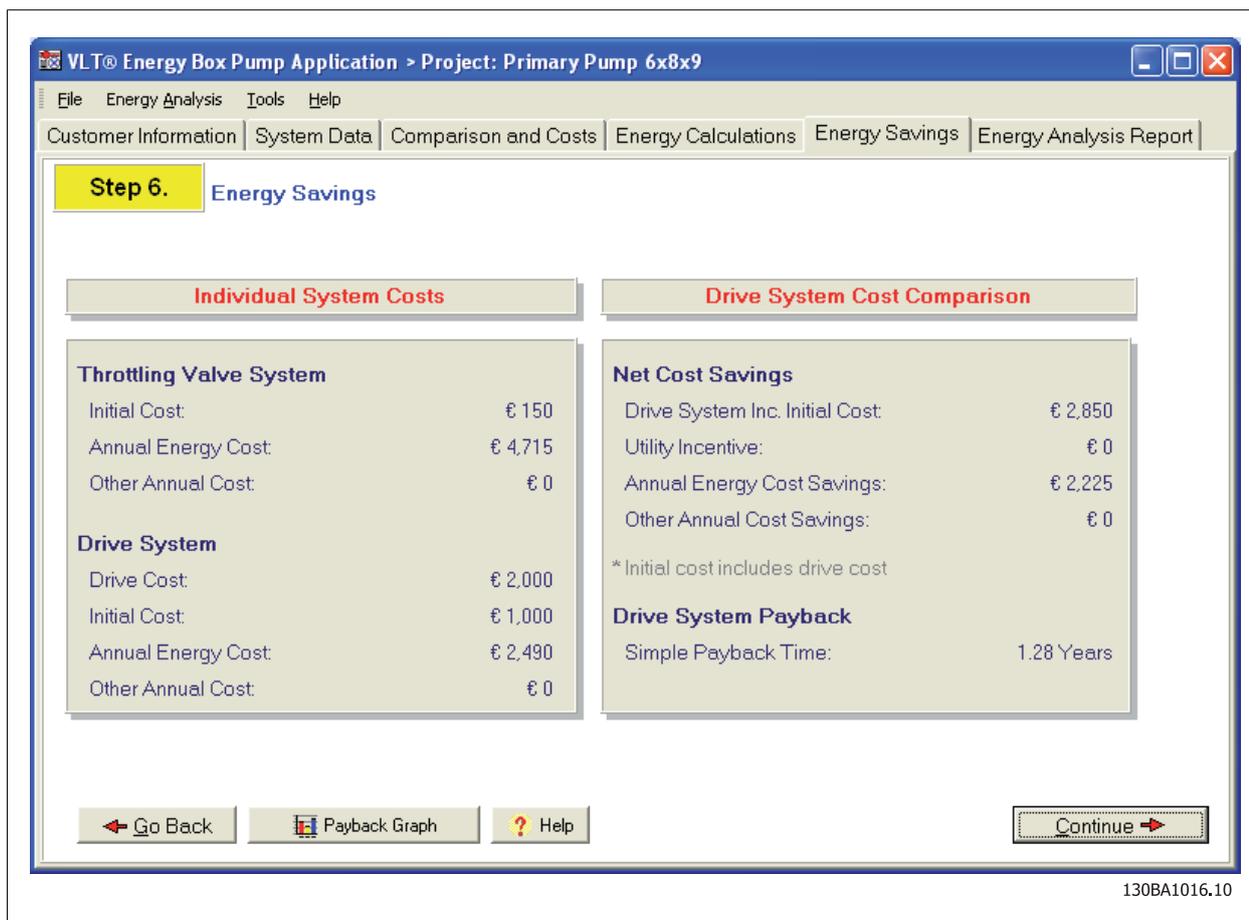


图 8.6: Energy Box 财务计算

8.5 变频器功能

Danfoss VLT® HVAC 变频器提供了专用来满足 HVAC 系统（包括可变主流量系统）的独特控制要求的功能。作为标配，它们包含下述旨在优化性能的软件功能。

8.5.1 HVAC 智能控制

VLT® HVAC 变频器标配 1 个 PID 控制器、2 个电压或电流模拟输入以及 1 个可编程模拟输出。借助这种灵活的输入输出功能和 PID 控制的内置组合，可以在无需附加控制组件的情况下实现全面的可变主流量控制。

一个差压传感器与变频器相连，借此可根据系统最远端负荷处的流量来提供主泵控制。一个流量计或辅助差压传感器与变频器相连，内置 PID 控制器通过调节旁路管线控制阀来保持流经冷却器的最小流量。

8.5.2 PID 自动调谐

变频器的 PID 控制器可以实现自动调谐，这不仅简化了调试过程，而且还确保了控制调节的精度。在稳态工作期间，自动调谐会让 PID 控制器的输出实现逐步变化，并且对反馈信号进行监视。用于 PID 控制的最佳值将根据反馈响应来计算。在常规 HVAC 应用中，只会计算比例增益和积分时间。

8.5.3 无流量

该功能用于检测一台泵没有产生流量但仍在运行的情况。如果不检测并纠正无流量情况，则可能导致泵损坏。无流量检测无需使用外部差压开关或流量计和相关接线。

无流量检测基于对特定电动机速度下的功率的测量。变频器监视实际的功率和电动机频率，然后将这些与根据特定速度计算的功率进行比较。如果在特定频率下测得的功率大于存储在变频器中的计算功率，则说明泵正在产生流量。如果在特定频率下测得的功率小于存储在变频器中的计算功率，则会产生警告或报警，以便将情况通知给操作人员。

8.5.4 空泵

该功能用于检测泵在运行但系统中无水的情况。如果不检测并纠正空泵情况，则可能导致泵损坏。空泵检测无需使用外部差压开关或流量计和相关接线。

如果系统中无水，泵将不会产生压力。变频器将转向最大速度，以试图产生压力。由于无水，电动机上的负荷和电动机功耗都将处于较低水平。如果变频器以最大速度运行，而系统功耗却很低，则会产生警告或报警，以便将情况通知给操作人员。

8.5.5 曲线结束

该功能用于检测管道系统的泄漏或系统的压力损失。曲线结束检测无需使用外部压力传感器或流量计和相关接线。

如果泵提供了大量的水但无法保持设定的静态水头，则表明发生了曲线结束状态。如果管道系统发生漏水现象，泵将无法产生全压。变频器的速度将上升到最高水平，以试图产生全压。如果变频器以最大速度运行，而系统压力却很低，则会产生警告或报警，以便将情况通知给操作人员。

8.5.6 能量记录和趋势分析

变频器可以不间断地累计从变频器传输给电动机的实际功耗。这些数据可用于能量记录功能，从而允许用户分析随时间变化的能耗情况。这些数据可以用两种方式来累计：预设的开始/停止日期和时间，或者一个预定义的时段（比如最近 24 小时，最近 7 天或最近 1 个月）。

趋势分析用于监视某个变量在一个时段内的变化方式。趋势变量的值被记录在某个由用户定义的数据集合（数据范围）中，这样的数据集合一共有 10 个。变流量应用的常见趋势分析变量是电动机功率和输出频率。

借助这种趋势分析功能，可以确定可变主流量系统工作期间发生的流量或功率变化情况。通过这些趋势分析数据和 VLT® Energy Box 软件，可以确定采用 VLT® HVAC 变频器来控制可变主流量系统时所实现的实际节省。

8.5.7 串行通讯

VLT® HVAC 变频器提供了其它变频器难以比拟的通讯能力，从而减小或避免了对外部设备的需求。

内置串行通讯选件包括：Modbus RTU、Johnson Controls Metasys® N2 和 Siemens Apogee® FLN。此外还包括可以轻松安装到 VLT® HVAC 变频器中的 BACnet™ 和 LonWorks® 现场安装选件卡。

9 增压泵送系统

9.1 增压泵送系统

9.1.1 简介

增压泵送系统安装在商业建筑物中，其作用是保持生活用水供应的恒定压力。为了让饮用水供应设施、卫生间、盥洗室或其它用水设施能够正常工作，多层的商业办公大楼、酒店、医院或其它高大建筑物通常要求保持恒定的水压。

为了满足建筑物的不同需求，当前已经研制出成套的生活用水增压系统。为了满足建筑物的高峰需求，这些系统的规格通常比正常要求的要大。建筑物在一天之内有着不同的流量。例如，在早晨，酒店的用水量会达到高峰，因为许多人都同时要准备去工作或开会。而在晚上，酒店的用水量可能会达到最低水平，因为大多数人都已入睡。整个建筑物内的各种设施的用水量可能存在很大差异，但为了正常工作，每个设施都要求恒定压力。

在高大建筑物中，每上升一个楼层都意味着市政供水的压力会发生一次损失。摩擦损耗和管件损耗、设计工作压力以及吸入压力也是系统设计要考虑的因素。下页的插图显示了建筑物中的一个典型的增压泵系统。

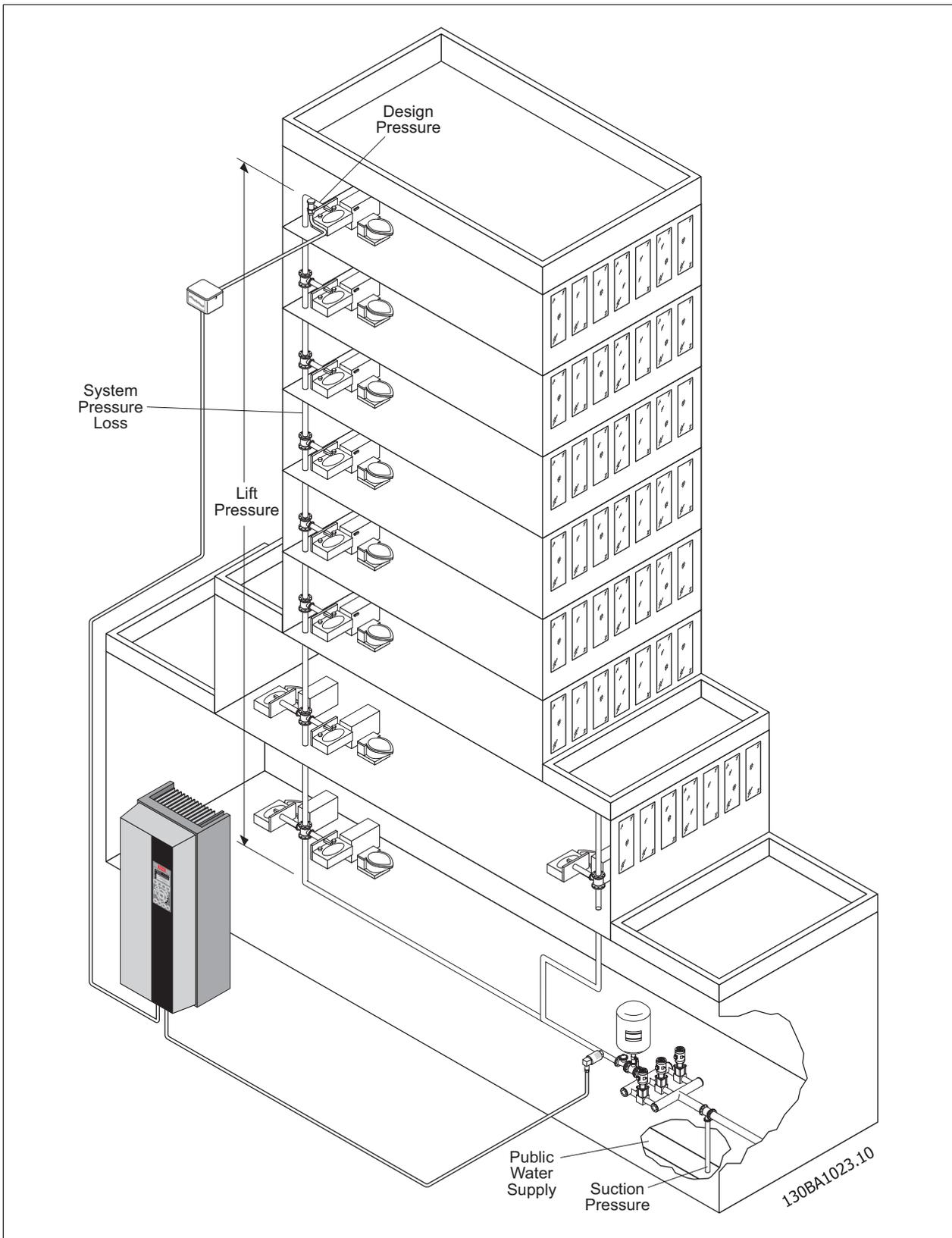


图 9.1: 建筑物中的典型增压系统

增压泵系统要根据克服指定流量下的总压力 (P_{Total}) 来选型。这个压力按下述方式确定:

$$P_{Total} = P_{Design} + P_{Lift} + P_{System} - P_{Suction}$$

P_{Design} 是在系统最高点处所要求的压力

P_{Lift} 是从泵到系统最高点的垂直距离

P_{System} 是全流量下的系统管道和管件的压力损耗

$P_{Suction}$ 是泵的吸入压力

9.2 增压泵控制

9.2.1 恒速增压泵控制

现代增压泵系统是在工厂中已装配好的套件, 其中包括多个泵、减压阀、压力传感器、控制面板以及为了将套件连接到供水和回水总管而所要求的所有管道配件。通常还可以选择在成套系统旁边安装一个储罐。下图显示了一个典型的系统。

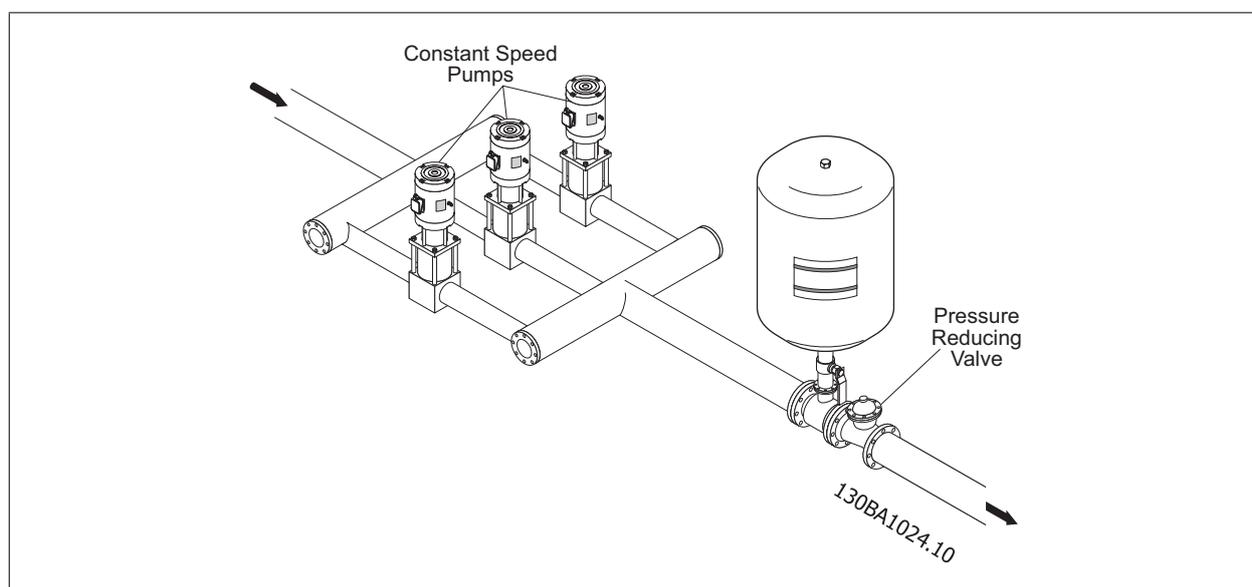


图 9.2: 增压系统

通过向建筑物提供设计供水压力, 确保系统能满足建筑物的任何负荷需求。恒速增压系统利用出口侧带有减压阀 (PRV) 的离心泵来保持恒定的系统供水压力。

PRV 被用作一种压力控制方式。通过调节其打开和闭合程度, 可以保持恒定的出口压力。由于在系统中必须保持适当的压力, 因此控制曲线基本是一条扁平线。下页插图显示了一条使用 PRV 时的典型恒速泵控制曲线。该控制曲线包括 2 个分量。第一个分量是通过泵、管道和管件时的不定压力损失。第二个分量是 PRV 两端的压降。在较低流量下, PRV 吸收由泵产生的过度水头, 因为控制曲线始终取决于泵曲线。被吸收的水头代表被浪费的泵能量。

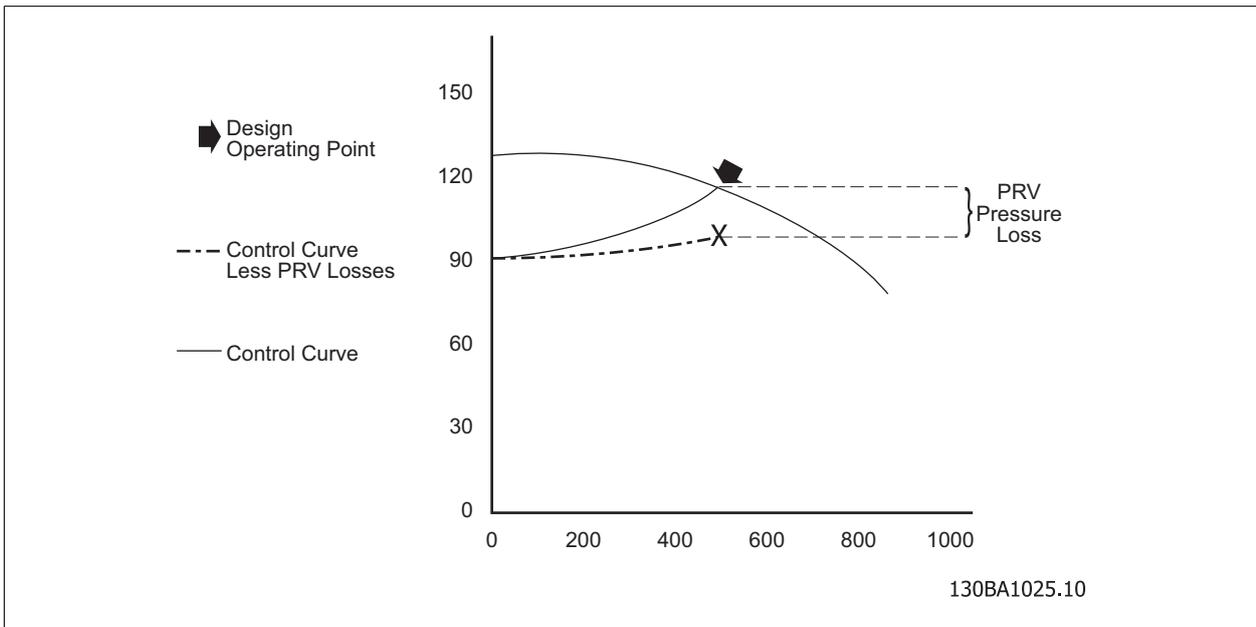


图 9.3: 恒速控制曲线

9.2.2 变速增压泵控制

变速增压系统具有几个优点。这些优点使得变频器的安装显得十分经济。该系统的节能和优点是通过采用较低的控制压力给定值从而避免了与系统流量损失有关的压降来实现的。此外由于使用了变频器，还可以从其它三个方面实现节能：泵余量、PRV 水头损失和变化的吸入压力。

9

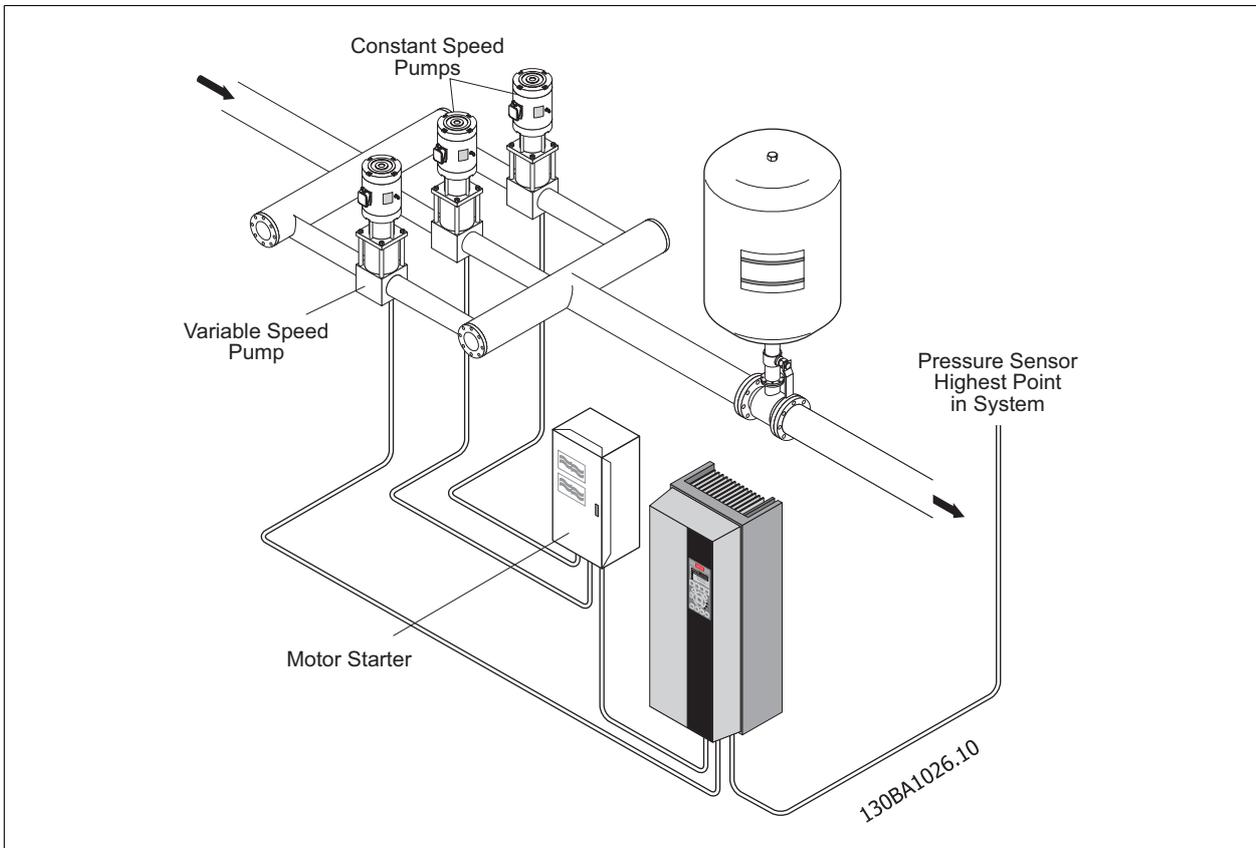


图 9.4: 标准多泵控制器

位于系统最高点的压力传感器通过向变频器发送信号来调节受控泵的速度，并且切入和停止附加的恒速泵。上图显示了通过位于系统最高点（最有意义的远端负荷）的传感器对系统进行的控制。其控制曲线给定值仅等于建筑物的静态高度（ P_{Lift} ）与设计压力（ P_{Design} ）的和。其中不包括通过建筑物管道系统时的系统流量损失（ P_{System} ）。

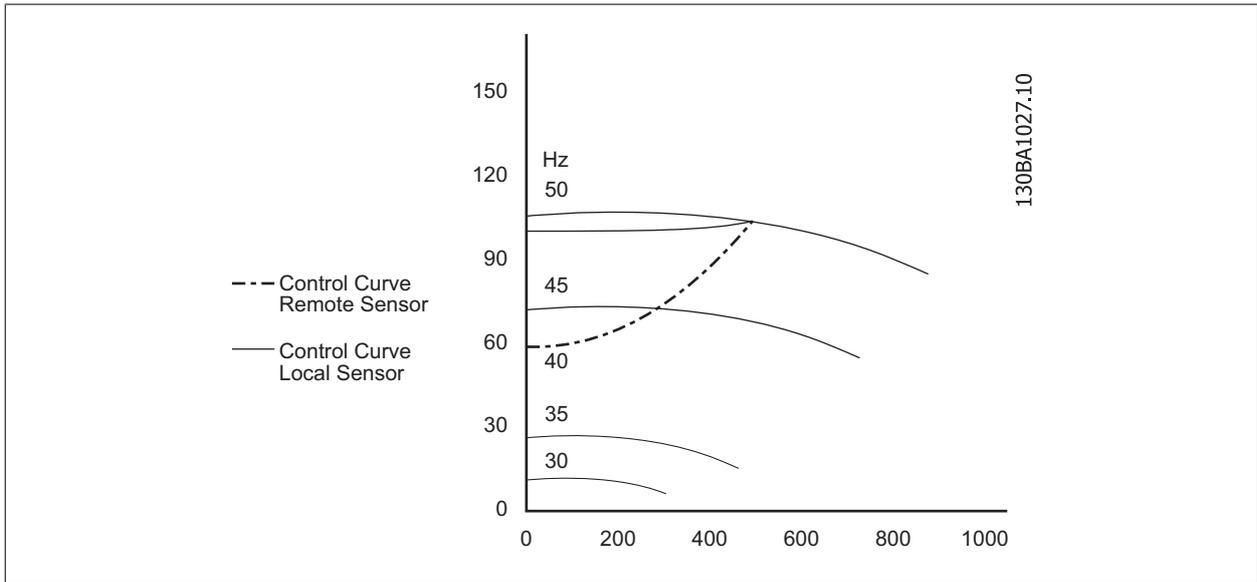


图 9.5: 变速控制曲线

9.3 选择

9.3.1 泵余量

由于在计算系统负荷时对于有多少管道设施会同时工作这个问题使用了保守估计，因此泵在容量方面留有余量。此外在系统最大总流量和安全系数中还考虑了其它并不总是会发生发生的负荷，比如厨房或洗衣间，这些确保泵不会发生容量不足的问题。

变频器仅产生足够的流量来满足系统要求。由于不会产生过多流量，因此可以实现节能。

9.3.2 减压阀 - PRV

PRV 和恒速泵一起用于防止水压系统发生过压。PRV 可以吸收由泵产生的过度压力。问题是，PRV 的压力吸收操作属于一种能量损失。变频器可以按控制曲线实施控制，并且通过减小泵速来降低水头压力和流量。

9.3.3 变化的吸入压力

在选择增压泵时，应使用为泵提供过的最低吸入压力来确定泵的规格。借此可确保即使在最低吸入压力下，泵也有足够的余量来满足系统要求。实际吸入压力很有可能高于设计的最低吸入压力。当吸入压力高于设计的最小吸入压力时，变频器会降低速度，并且仅在所要求的负荷下工作。

9.4 传感器

9.4.1 传感器类型和布置

正确安装变频器可以实现显著的节能效果，而压力传感器的类型和传感器位置则对泵的正确控制以及获得最大程度的节能至关重要。

如同在第 9.2.1 章节的“恒速控制曲线”中所显示的那样，某些系统将压力传感器放在泵的出口附近，这样做通常是为了降低安装成本。下页的插图显示了传感器的本地放置对节能效果的显著影响。变频器的给定值是总压力水头，因为本地压力传感器无法了解不定的系统压力损失。我们看到控制曲线略微上升，这是泵和压力传感器之间的管道、阀门和管件中的不定系统损失造成的。变频器仅在控制曲线呈扁平的时候才能使泵速略微降低。

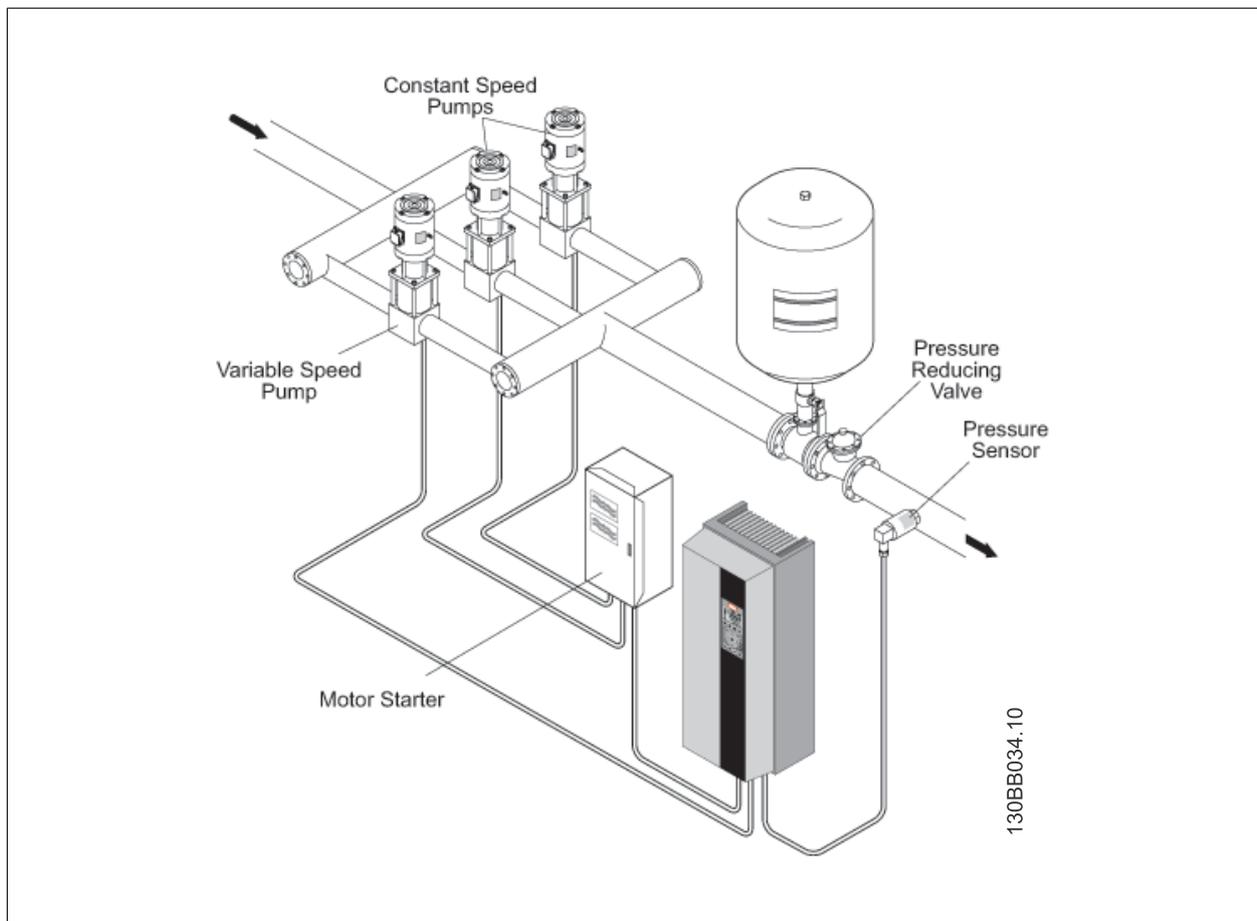


图 9.6: 传感器的本地放置

通过将传感器放在系统的最高点（请参阅第 9.2.2 章节的“标准多泵控制器”），变频器可以沿着更陡的控制曲线变化（如“变速控制曲线”图所示），从而允许降低工作速度和增加节能。

9.5 节能

9.5.1 节能估计

借助 Danfoss VLT® Energy Box 软件，可以估计安装 VLT® HVAC 变频器后相对于 PRV 增压泵控制方法的节能情况。该程序对下述两种情况中的能耗进行比较，然后提供了一个简单的投资收回计算：以全速运行的增压泵；以及在使用 VLT® HVAC 变频器情况下以较低速度运行的泵。

为了绘制泵和系统曲线，将需要输入少量设计数据。部分关闭的 PRV 对系统施加的压降会被包括在数据中。此外还需要输入系统的运行时间。

为了计算节能潜力，需要输入工作周期或负荷特征图。工作周期表明了系统为了满足建筑物的负荷而要求的流量。工作周期随建筑物和系统的特定运转情况而不同。该程序附带了一个易于修改的默认特征图。

下图显示了典型的输入数据。在输入了泵和系统数据后，该程序便会计算 VLT® HVAC 变频器和对比系统的估计能耗。

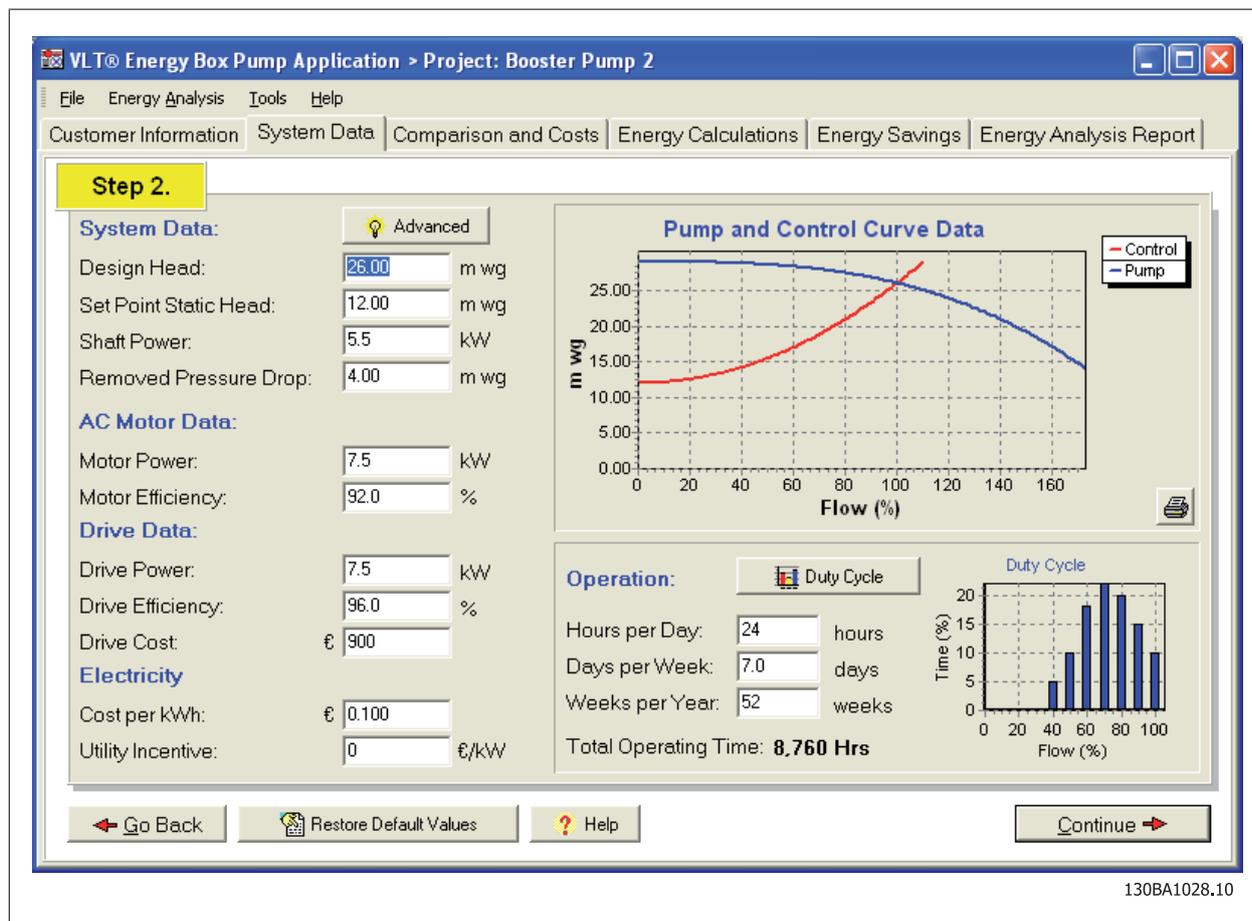


图 9.7: Energy Box 输入数据

下图显示了一台带有 PRV 的增压泵与一台使用 Danfoss 变频器系统的变速辅泵的年度能耗对比。使用 VLT® HVAC 变频器和增压系统可以实现显著的节能效果。

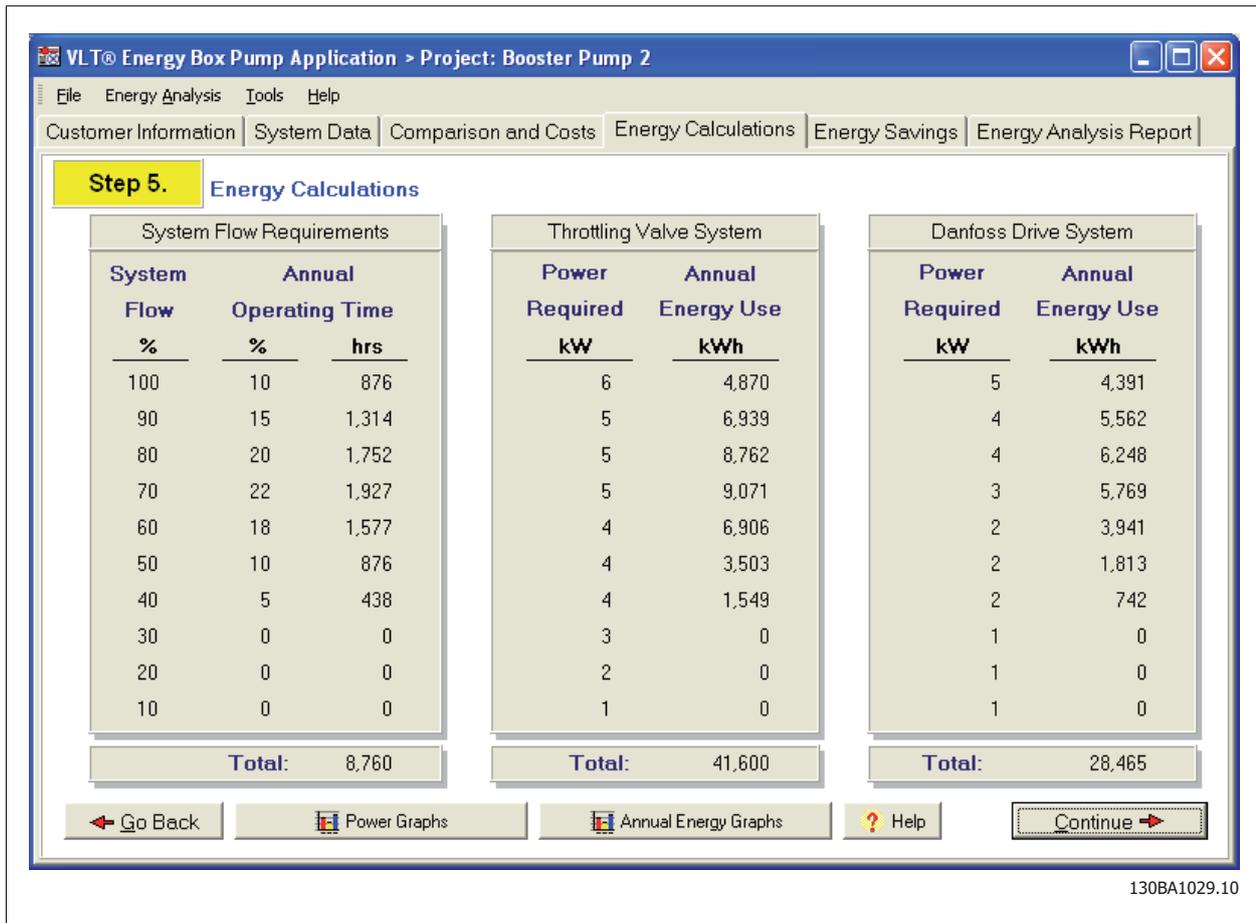


图 9.8: 年度能耗

该程序还可以计算变频器的基本投资回收期。这种计算涵盖了变频器、安装、接线和其它控制组件（如传感器）的成本数据。下图显示了一个使用 VLT® HVAC 变频器的增压泵应用的投资回收期，为 1.29 年。Energy Box 分析和报告可以打印或用传真或电子邮件发送。

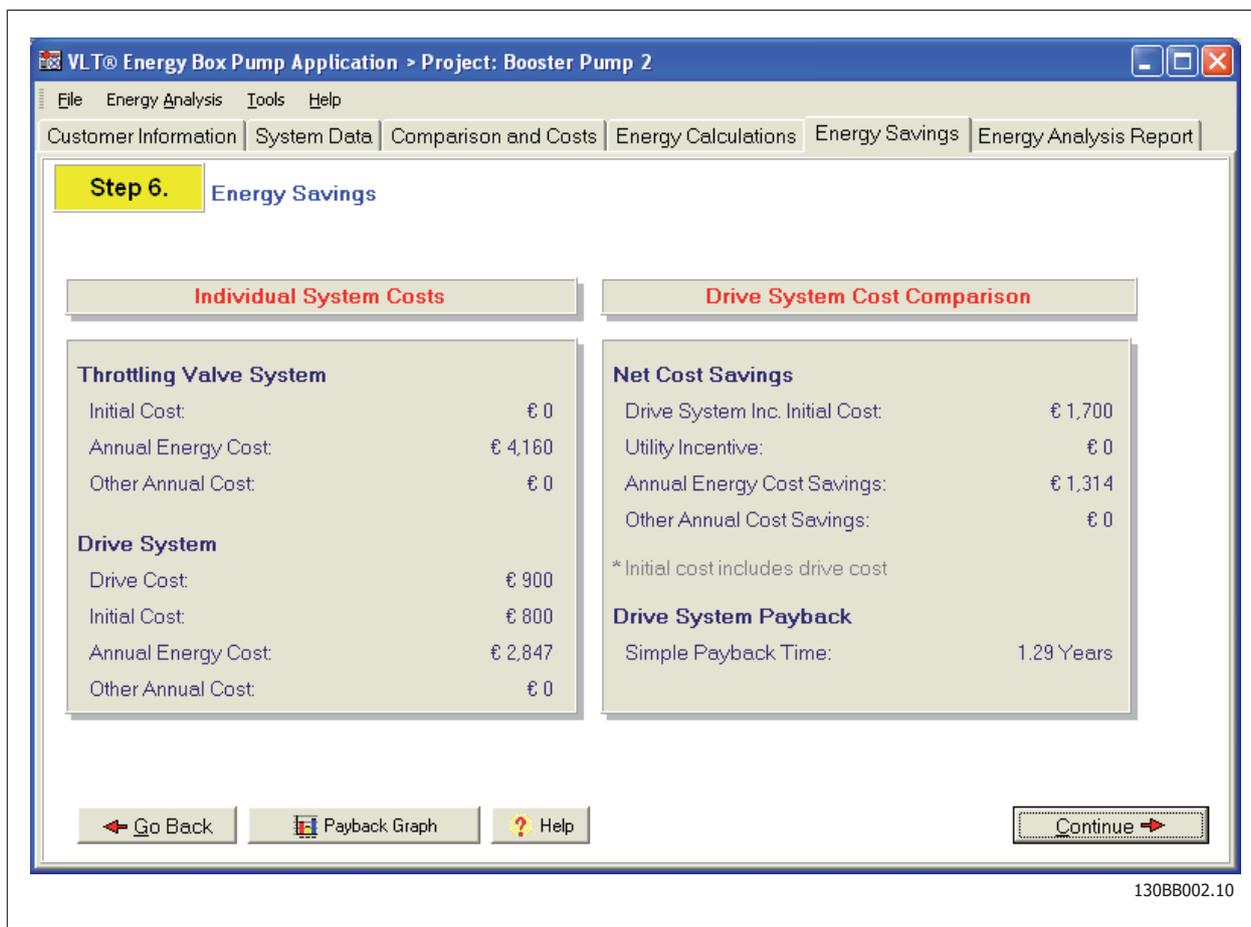


图 9.9: Energy Box 财务计算

9.6 节能

9.6.1 节能估计

借助 Danfoss VLT® Energy Box 软件，可以估计安装 VLT® HVAC 变频器后相对于 PRV 增压泵控制方法的节能情况。该程序对下述两种情况中的能耗进行比较，然后提供了一个简单的投资收回计算：以全速运行的增压泵；以及在使用 VLT® HVAC 变频器情况下以较低速度运行的泵。

为了绘制泵和系统曲线，将需要输入少量设计数据。部分关闭的 PRV 对系统施加的压降会被包括在数据中。此外还需要输入系统的运行时间。

为了计算节能潜力，需要输入工作周期或负荷特征图。工作周期表明了系统为了满足建筑物的负荷而要求的流量。工作周期随建筑物和系统的特定运转情况而不同。该程序附带了一个易于修改的默认特征图。

下图显示了典型的输入数据。在输入了泵和系统数据后，该程序便会计算 VLT® HVAC 变频器和对比系统的估计能耗。

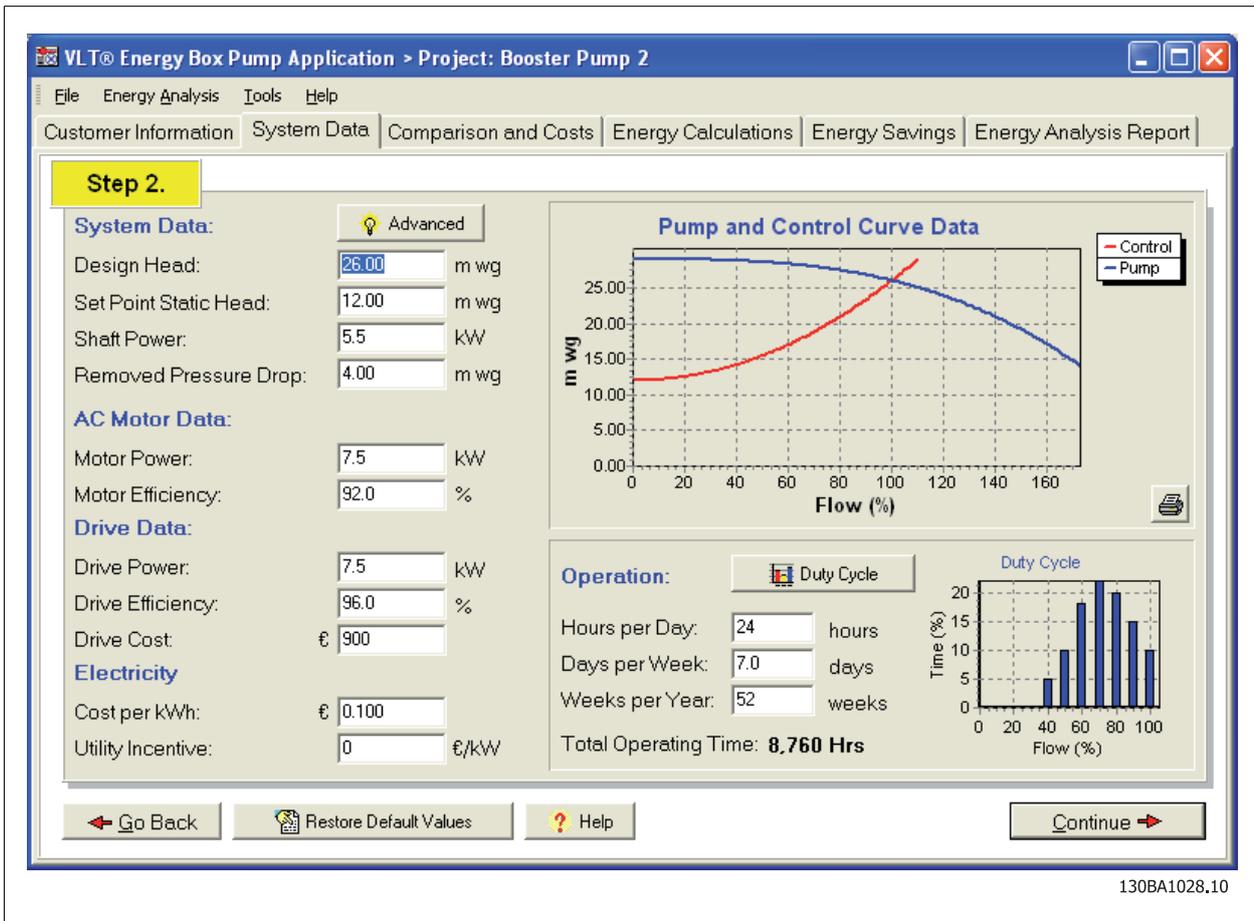


图 9.10: Energy Box 输入数据

下图显示了一台带有 PRV 的增压泵与一台使用 Danfoss 变频器系统的变速辅泵的年度能耗对比。使用 VLT® HVAC 变频器和增压系统可以实现显著的节能效果。

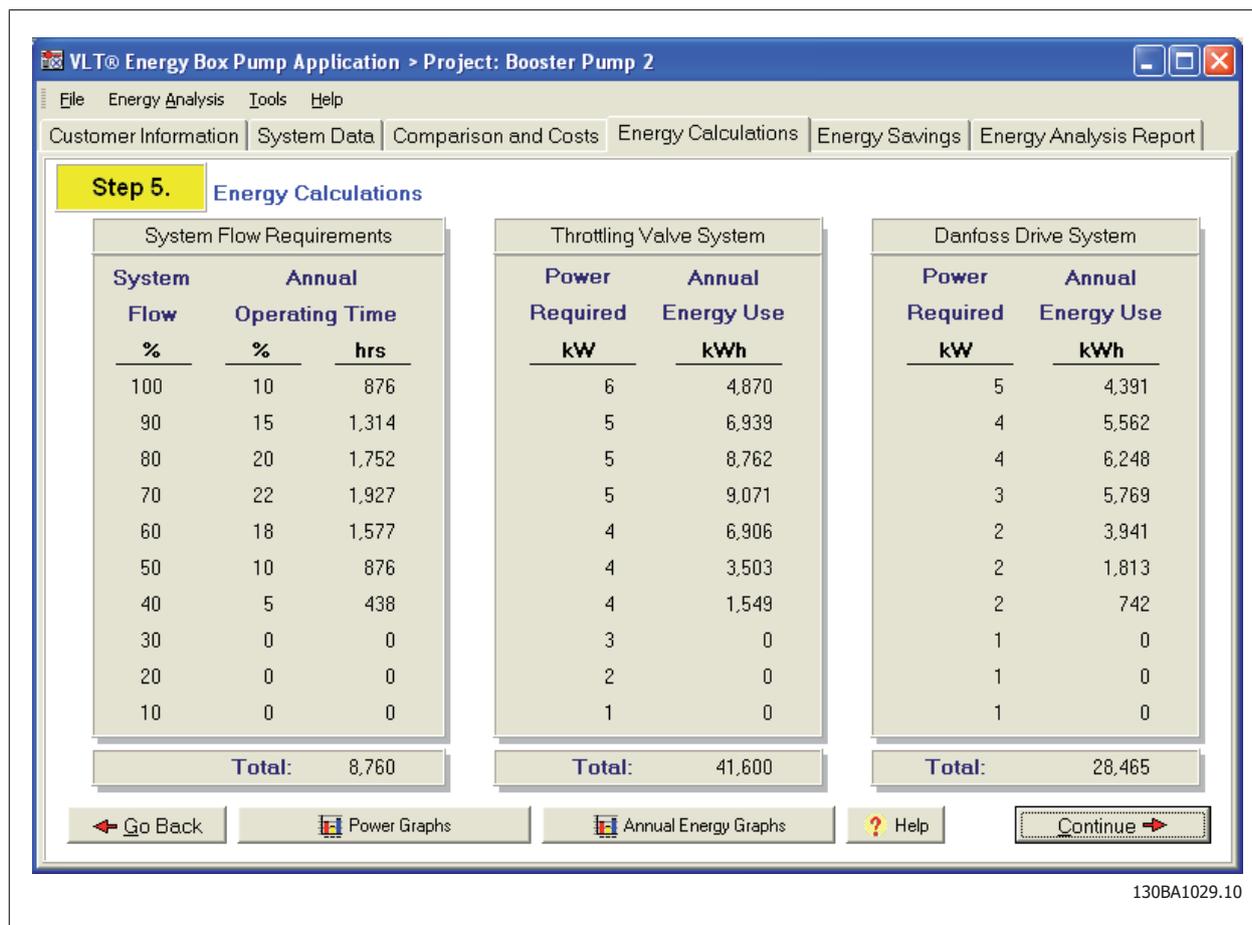


图 9.11: 年度能耗

该程序还可以计算变频器的基本投资回收期。这种计算涵盖了变频器、安装、接线和其它控制组件（如传感器）的成本数据。下图显示了一个使用 VLT® HVAC 变频器的增压泵应用的投资回收期，为 1.29 年。Energy Box 分析和报告可以打印或用传真或电子邮件发送。

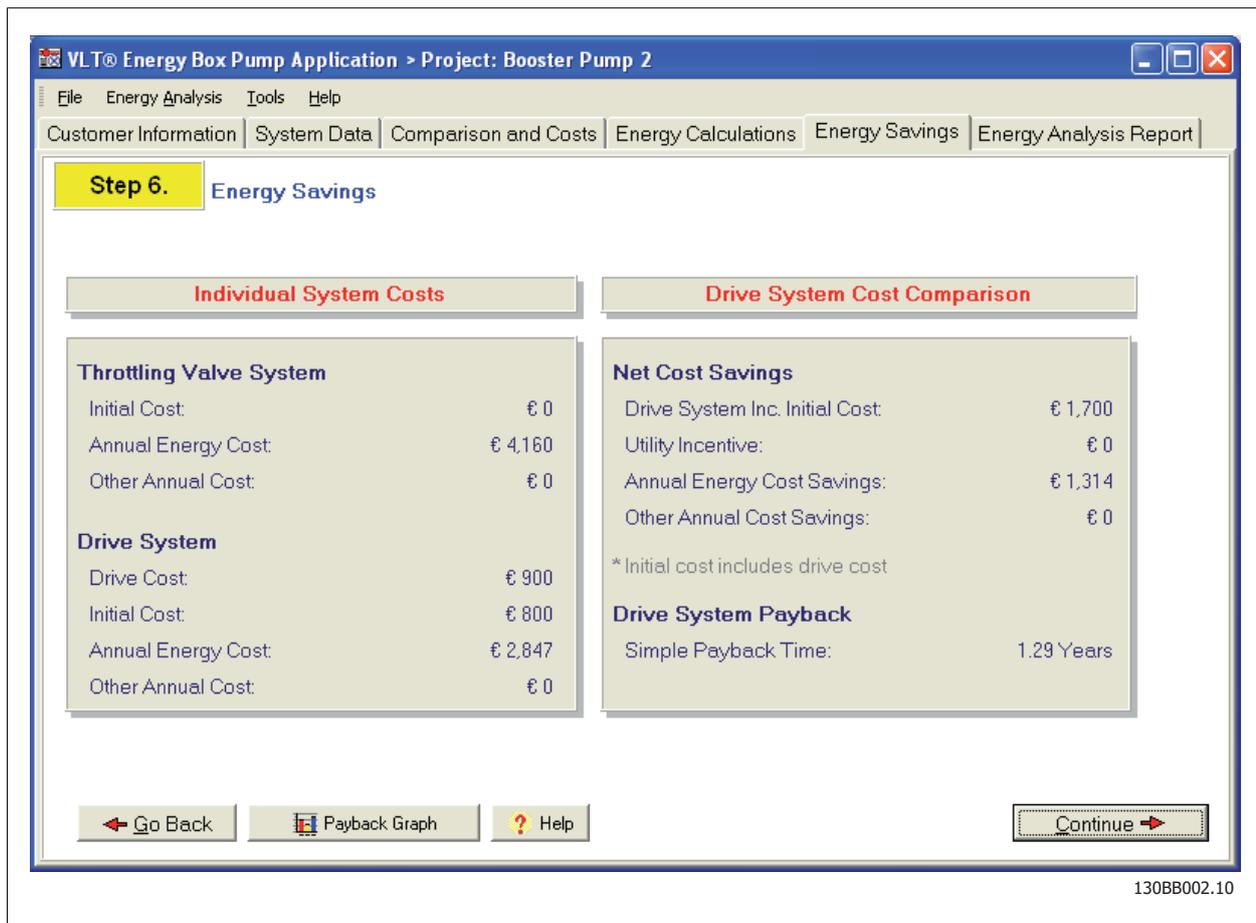


图 9.12: Energy Box 财务计算

9.7 变频器功能

Danfoss VLT® HVAC 变频器提供了专用来满足 HVAC 系统（包括主泵控制）的独特控制要求的功能。作为标配，它们包含下述旨在优化系统性能的软件功能。

9.7.2 多泵控制器

内置的多泵控制器最多可以控制 3 台并联的用于增压系统、多单元冷却塔和其它配水系统的等规格泵。通过打开和关闭多台为同一供水管道供水的并联泵，可以与系统需求保持一致，并且保持恒定的压力。作为标配，包含 2 个用于控制附加电动机的继电器（Form C, 250 V, 2 A）。

多泵控制器有 2 种工作配置，即固定变频泵或轮换变频泵。在固定变频泵中，VLT 变频器控制第一台电动机的速度，同时使用内置继电器来切入和停止 2 台附加电动机。电动机必须具有相同的规格。

通过变频泵轮换可以定期改变速度受控制的泵，从而使各台泵的使用时间均等。借此可确保对各台泵的长期均衡使用。每一台泵都可以作为变速变频泵轮换。通过轮换实现各台泵的均衡使用的原理是：在切入时总是选择运行时间较短的泵。电动机必须具有相同的规格，并且必须由内置继电器控制。

9.7.3 睡眠模式

借助被称为“睡眠模式”的功能，FC 可以用循环方式打开或关闭增压泵。当系统压力下降到某个水平并且持续了预先确定的时间时，泵会被自动停止。当压力上升后，FC 重新启动电动机，以达到所要求的输出。借此可以缩短泵用电动机的工作时间，并且提高节能水平。与延时计时器不同，变频器在预设的“唤醒”压力达到时始终可以运行。

9.7.4 无流量

该功能用于检测一台泵没有产生流量但仍在运行的情况。如果不检测并纠正无流量情况，则可能导致泵损坏。无流量检测无需使用外部差压开关或流量计和相关接线。

无流量检测基于对特定电动机速度下的功率的测量。变频器监视实际的功率和电动机频率，然后将这些与根据特定速度计算的功率进行比较。如果在特定频率下测得的功率大于存储在变频器中的计算功率，则说明泵正在产生流量。如果在特定频率下测得的功率小于存储在变频器中的计算功率，则会产生警告或报警，以便将情况通知给操作人员。

9.7.5 空泵

该功能用于检测泵在运行但系统中无水的情况。如果不检测并纠正空泵情况，则可能导致泵损坏。空泵检测无需使用外部差压开关或流量计和相关接线。

如果系统中无水，泵将不会产生压力。变频器将转向最大速度，以试图产生压力。由于无水，电动机上的负荷和电动机功耗都将处于较低水平。如果变频器以最大速度运行，而系统功耗却很低，则会产生警告或报警，以便将情况通知给操作人员。

9.7.6 曲线结束

该功能用于检测管道系统的泄漏或系统的压力损失。曲线结束检测无需使用外部压力传感器或流量计和相关接线。

如果泵提供了大量的水但无法保持设定的静态水头，则表明发生了曲线结束状态。如果管道系统发生漏水现象，泵将无法产生全压。变频器的速度将上升到最高水平，以试图产生全压。如果变频器以最大速度运行，而系统压力却很低，则会产生警告或报警，以便将情况通知给操作人员。

9.7.7 能量记录和趋势分析

变频器可以不间断地累计从变频器传输给电动机的实际功耗。这些数据可用于能量记录功能，从而允许用户分析随时间变化的能耗情况。这些数据可以用两种方式来累计：预设的开始/停止日期和时间，或者一个预定义的时段（比如最近 24 小时，最近 7 天或最近 1 个月）。

趋势分析用于监视某个变量在一个时段内的变化方式。趋势变量的值被记录在某个由用户定义的数据集合（数据范围）中，这样的数据集合一共有 10 个。主泵应用的常见趋势分析变量是电动机功率和输出频率。

借助这种趋势分析功能，可以确定主泵系统在工作期间降低的功耗。通过这些趋势分析数据和 VLT® Energy Box 软件，可以确定采用 VLT HVAC 变频器来控制主泵时所实现的实际节省。

9.7.8 串行通讯

VLT® HVAC 变频器提供了其它变频器难以比拟的通讯能力，从而减小或避免了对外部设备的需求。

内置串行通讯选件包括：Modbus RTU、Johnson Controls Metasys® N2 和 Siemens Apogee® FLN。此外还包括可以轻松安装到 VLT® HVAC 变频器中的 BACnet™ 和 LonWorks® 现场安装选件卡。

索引

A

Ahu 21

B

Bms 18, 33

C

Cav 系统 22

E

Energy Box 分析 27, 40, 78, 82

Energy Box 软件 25, 46

F

Fc 的优势 23

Fc 输出频率 45

H

Hvac 智能控制 68

M

Mcb 101 通用输入输出 20, 27

Mcb 109 模拟输入输出选项 27, 33

Mcb 109 模拟输入输出选项板 18

P

PeIv 6

Pid 控制 27

Pid 控制器 10, 65

Pid 自动调谐 20, 27, 60, 68

Prv 73, 75

V

Vav 控制 21

Vav 系统 10, 12, 14

Vav 设备 9, 12, 14

Vav 设备的控制要求 10

Vav (变风量) 设备 11, 13

Vlt 运动控制工具 Mct 10 28

—

一般警告 4

不

不同负荷 60

不定系统损失 75

串

串行通讯 20, 28, 34, 41, 50, 61, 69, 83

主

主/辅系统 43

主循环泵控制 43

主泵控制 68

主要水循环 45

从

从 Cav 转换为 Vav 的系统	25
-------------------	----

优

优化冷却器流量	38
---------	----

传

传感器	57, 65
传感器位置	75
传感器布置	11, 13, 57
传感器类型和布置	56, 65, 75
传感器输入	33

估

估计能耗	26
------	----

入

入口导流片	9
入口导流片 (igv)	9

典

典型的输入数据	58
---------	----

内

内置的多泵控制器	82
----------	----

冷

冷凝器泵	37
冷凝器泵控制	35
冷却器	29
冷却器改造应用	38
冷却器的冷凝器	29
冷却塔	29
冷却塔控制	33
冷却塔负荷特征图	31
冷却水系统	63
冷却螺旋管差压	64
冷启动	32

减

减压阀 - Prv	75
减压阀 (prv)	73

功

功率要求	22
------	----

半

半自动旁路	32
-------	----

单

单区 Cav 系统	21
单区变风量系统	22
单区定风量系统	21

压

压力传感器	12, 14, 65
压力传感器的类型	75

压差	64
反	
反馈信号	60
变	
变化的吸入压力	75
变化的阻力	45
变速增压泵控制	74
变速泵控制	64
变速辅助循环泵控制	52, 55
变频器主循环控制	45
变频器功能	18, 27, 41, 49, 68
变频器的优势	10, 37
变风量 (vav) 系统	9
可	
可变主流量	63
可变主流量环路控制	63
可变主流量系统	63
可变水头损失	65
可编程模拟输入和输出	18, 33
固	
固定变频器	82
在	
在高海拔下安装 (pe lv)	6
均	
均衡阀	43
基	
基本投资回收期	27, 68
增	
增压泵送系统	71
增压系统	82
处	
处理说明	8
多	
多传感器位置	12, 14
多区控制	60
多单元冷却塔	82
多台为同一供水管道供水的并联泵	82
多泵控制器	82
定	
定风量系统	25
工	
工作周期	66
差	
差压	53, 56, 64
差压传感器	57, 63, 64, 68

常

常见趋势分析变量 28

年

年度能耗 47, 67

建

建筑物管理系统 (bms) 18

恒

恒定流量 51, 54

恒速增压泵控制 73

恒速增压系统 73

成

成套系统 73

所

所要求的冷却器流量 46

扩

扩展 Pid 控制器 20, 27

投

投资回收期 40, 48

排

排风阀 9

接

接地漏电流 5

控

控制曲线 53, 56

控制组件 78, 82

控制阀 64

文

文献 3

旁

旁路流量 63

无

无振动的工作 32

无流量 41, 49, 61, 69, 83

曲

曲线结束 41, 49, 61, 69, 83

最

最小输出频率 32

最小频率 32

本

本地速度控制	45
--------	----

机

机械振动	32
------	----

模

模拟输入	23
模拟输入输出选项	18, 33

比

比例增益	27, 60
------	--------

泵

泵余量	75
泵效率	37, 46
泵效率曲线	45
泵的吸入压力	73
泵轮调整	44
泵输出	45
泵速	46

流

流量或功率变化	69
流量要求	52, 55
流量计	68

温

温度传感器	30
-------	----

热

热交换	29
热性能	29

电

电动机速度下降	65
电动机预热	32
电子废弃物	8

睡

睡眠模式	32, 82
------	--------

积

积冰	32
积分时间	27, 60
积垢	45

空

空气处理设备	21
空气处理设备 (ahu)	9, 21
空泵	41, 49, 61, 69, 83

简

简介	9
简单的投资收回计算	46

管

管道静态压力变送器	10
-----------	----

系

系统管道	73
系统负荷	75

缩

缩略语表	4
------	---

能

能耗	46
能量记录和趋势分析	20, 28, 34, 41, 50, 61, 69, 83

自

自动调谐	27, 60, 68
------	------------

节

节能	31, 47
节能估计	16, 25, 39, 46, 57, 66, 77, 79
节能潜力	22, 46, 66

设

设计供水压力	73
设计静态水头	65

调

调整泵轮的大小	46
调速变频器	10

趋

趋势分析	34, 50, 61, 69
趋势分析变量	34, 50, 61
趋势分析数据	69

轮

轮换变频器	82
-------	----

轻

轻松实现多变频器编程	28
轻松实现多编程	20

辅

辅助循环泵控制	51, 54
---------	--------

输

输入数据	46
------	----

配

配水系统	82
------	----

降

降低泵速	37, 38
降低的流量要求	38

除

除冰	32
----	----

静

静态压力上限控制	13, 15
静态压力传感器	12, 14
静态压力变送器	13, 15
静态压降	65

频

频率旁路	32
------	----

风

风量控制	9, 21
------	-------

高

高压警告	4
------	---

鼓

鼓风机功率要求	11
鼓风机和系统曲线	16
鼓风机循环	30
鼓风机速度控制	30

齿

齿轮减速箱	32
-------	----