

Idraulica

专业技术信息期刊

CALEFFI
Hydronic Solutions

61

2021年12月

气-水式空气源 热泵系统



卡莱菲XF 超过 级滤



卡莱菲 XF 577型是一款超强磁性除污过滤器。超细、超大表面滤网可以完成无与伦比的系统清洁工作。新型可拆卸磁棒甚至可以吸住极其细小含铁杂质。卡莱菲XF可以自清洁：它所带清洁刷可以在不拆卸过滤器的情况下去除和排出各种杂质。卡莱菲质量保证。



社论

一个可持续的未来

20-20-20目标曾经是欧盟为落实1997年《京都议定书》而计划实施的一整套措施的简称。一揽子气候法案 - 包含在2009/29/EC法令中并于2009年6月生效 - 与1990年水平相比，温室气体排放量减少20%；可再生能源占能源消耗总量的比例提高到20%；与2020年商业正常发展的预测值相比，能源消耗减少20%。

之后到2020年，人们认为当时的措施还远远不够。

在G20和第26届联合国气候变化大会（COP26）期间，人们又做出各种努力在迫切需求和现实之间寻求一致点。所有国家，包括发达国家和发展中国家要在碳排放和环境可持续发展议题上取得一致并非易事。现在确定（或者说预期）的目标比过去更加雄心勃勃：到2030年温室气体减排30%，到2050年要超过50%。这一连串乱花渐欲迷人眼的数字隐藏了一个根本问题：我们将如何才能做到这一点？

首当其冲的是交通运输和家庭气候调节。到并不遥远的2035年交通运输将禁用昂贵而陈旧的内燃机；家庭空气调节则将通过立法和激励措施努力取缔化石燃料锅炉，鼓励用热泵替代传统热源。

在我国，几乎所有新建筑都鼓励使用新能源设备，从低温环境中获取热能并将其转移到另一个较高温度环境中。然而，真正的问题是

卡莱菲对于这场中期革命的来临笃信不疑，并在研发和工艺上斥资，为此类系统生产控制元件，旨在简化设计人员和安装人员在系统过渡阶段的工作，这并非易事，但无疑很令人振奋。

在本期《水力杂志》中，我们尽量就当前切实可行的热泵系统给出有深度的观点，包括规范框架和单个控制元件的选择。向那些在面对新挑战中希望了解、厘清头绪和寻求帮助的人们提供帮助。我们卡莱菲人始终与你们同在。



Domenico Mazzetti

暖通空调产品
营销与售后经理

主编:

Mattia Tomasoni

责任编辑:

Fabrizio Guidetti

本期参与编辑者:

Alessia Soldarini

Claudio Ardizzoia

Dennis Boetto

Domenico Mazzetti

Mattia Tomasoni

Renzo Planca

Idraulica

于1991年9月28日注册于

Novara法院

注册号: 26/91

出版社:

La Terra Promessa Onlus -

Novara

印刷:

La Terra Promessa Onlus -

Novara

Idraulica Caleffi 版权

未经许可不得复制或转载。

所有文章均为自由翻译。

中文翻译: 赵吉才

此刊物为公司内部技术交流资料;

卡莱菲公司保留对此资料进行解释

或更改的权利。

CALEFFI S.P.A.

S.R. 229, N. 25

28010

Fontaneto d'Agogna (NO)

TEL. 0322-8491

FAX 0322-863305

info@caleffi.com

www.caleffi.cn

卡莱菲北京办事处

地址: 北京市大兴区长子营镇长恒路

20号院联东U谷14号楼

邮编: 102615

Tel: (010) 5637 0265

目录

5 气-水式空气源热泵系统

6 助力热泵

- 规范框架
- 建筑园区
- 锅炉市场
- 热泵市场

10 热泵类型

- 工作原理
- 基于压缩类型的热泵分类
- 基于热源类型的热泵分类

14 气-水式空气源热泵系统

17 深度分析: 热泵噪音控制

18 能效与经济成本

- 热源的效率
- 节能
- 经济成本
- 节能与经济成本之间的比较
- 调节对实际平均能效比的影响

27 深度分析: 热泵与意大利气候

28 深度分析: 制冷剂气体

30 气-水式空气源热泵系统

- 设计选型
- 工作性能参数
- 除霜循环

38 卫浴热水生产

40 深入分析: 热泵系统中的灭军团菌保护

41 热泵系统组件

- 散热终端
- 水力分压器
- 热力存储
- 水处理
- 三通区域阀
- 循环维持装置
- 膨胀罐
- 防冻保护

46 卡莱菲 XF 577 型磁性除污过滤器

48 深入分析: 单向还是三相系统?

53 传统防冻阀和空气传感器防冻阀

54 2022年会展

气-水式空气源热泵系统

能效是当前历史时期的首要目标之一。“翻新改造浪潮”战略的目标是到2030年在欧洲实现3500万座建筑的深度能源革新改造。

能源革新涉及到诸多领域，从生产到使用，从原材料开始，经过加工方式、运输和销售，直到使用甚至回收利用或处理。

这种革新氛围显然也影响了空气调节行业，其中热泵（以下简称PDC）在实现欧盟新的减碳目标方面发挥着重要作用：这方面的技术是实现可再生和智慧能源系统的关键。

安装热泵取代旧的热力装置是当今最常用措施之一，有了国家激励措施的扶持，有时还是特别划算的。

在第一部分当中，我们将对各种不同类型热泵加以分析，着重说明每种类型的优缺点，有助于人们了解哪种系统最适合我们正在设计的调节设备。然后，我们将继续分析迄今为止水力系统中最普遍的气-水式空气源热泵。

第二部分将探讨能效和经济成本，为经常被问及的“到底什么时候安装热泵真正方便实惠？”的问题找出答案。实际上，通常需要了解的是，通过这种选择实现节约并非一朝一夕的事。要确定能发挥出最大潜能的范围，就要考虑按气候区划分的房屋分布、房屋的建筑类型（单户或多户）以及冷暖系统（集中式或独立式）。

最后一部分专门介绍热泵系统、其选

型和运行参数的选择。

实际上，单从设计层面上看，热泵系统的优势是无与伦比的。然而，真正落实起来，要保证设备在最佳状态下运行才可以。

另外，控制元件的选型对于系统的正确运行也是必不可少的。



助力热泵

工程师 Claudio Ardizzoia 和 Alessia Soldarini

热泵在供暖和制冷领域的生态转型中的作用正变得越来越重要。随着各国落实欧盟和国家战略，热泵在可再生能源消费中的作用会逐年提高。下面我们简要介绍意大利和欧洲未来几年促进热泵发展的规范框架。

规范框架

《京都议定书》于2005年生效，是各国间达成的第一个应对全球变暖的国际协议。

欧盟落实《京都议定书》倡议，通过了气候和环境保护措施：能源相关产品指令 (ErP) 和能效标签指令 (ELD)。最终目标是通过一套评估空气调节系统和

产品性能的新方法，从而提高各国空气调节系统的总体性能。《京都议定书》的第一个目标名为“20-20-20”，按计划应在**2020年**内实现，是一个“气候和能源一揽子方案”。

2030年的主要目标则集中在“气候和能源框架”中，重点是减少温室气体和土地使用规范。然而，欧盟委员会

的长期战略愿景是到**2050年**成为一个气候中和经济体，目标是世界气温上升保持在2°C以下，甚至将这一限制降低到更低的1.5°C。

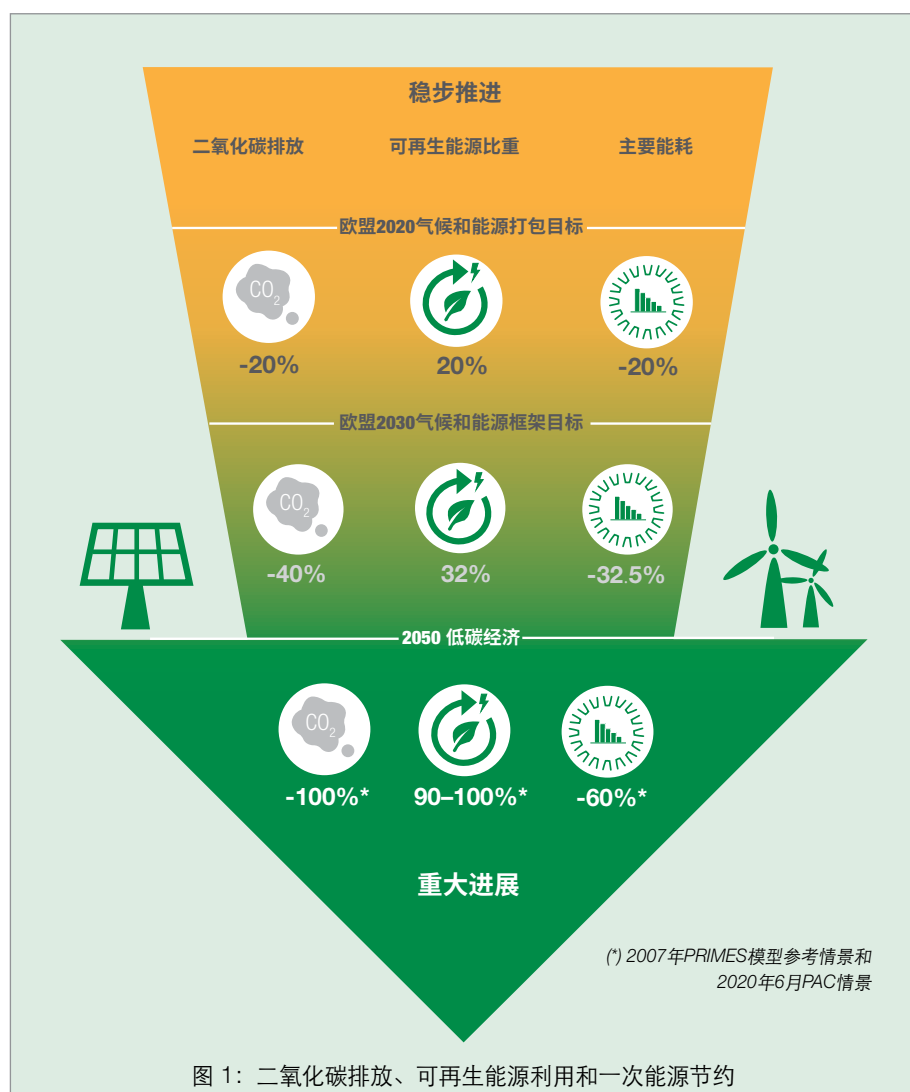
只有按**2050年**（翻新改造浪潮）愿景，在协调能效和可再生能源利用的基础上，确定和落实对现有建筑的节能改造战略，这些目标才能实现：在这种情况下，热泵的作用将至关重要。

热泵的能源相关产品指令

2015年，能源相关产品指令(ErP)引入了所有卫浴热水生产和供暖设备最低性能要求的规定。

所有产品必须附带能源标签，为用户提供简单而确切的信息，方便快速比对。除了能效等级（从 A +++ 到 G）外，热泵标签上的技术数据必须显示输出的热功率和噪音。

2019年9月以来，最低效率等级（从 E 到 G）已被淘汰，通过引入 A +++ 等级，高性能热泵更加容易识别。



(*) 2007年PRIMES模型参考情景和
2020年6月PAC情景

生态标签指令

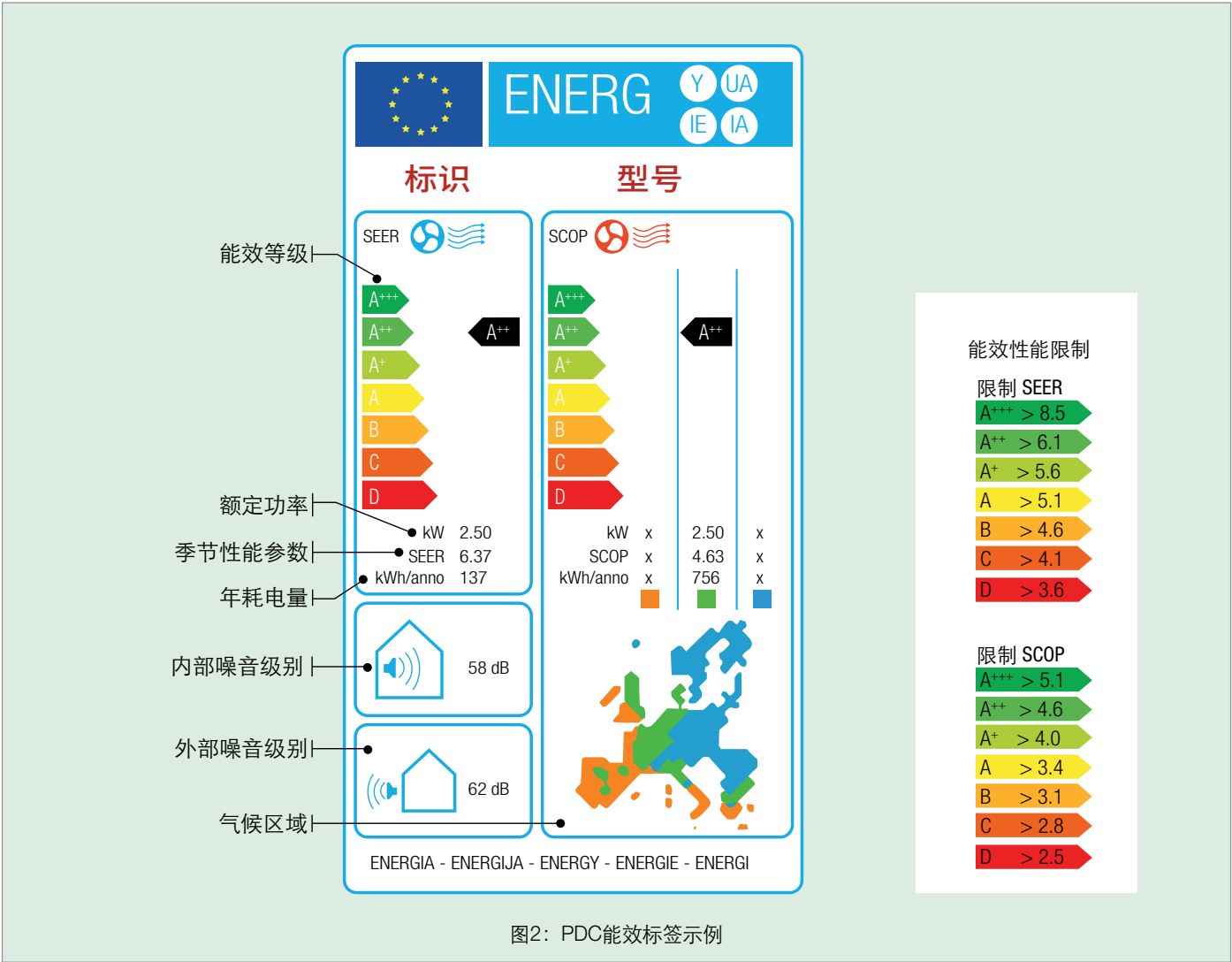
如果说热泵和锅炉的性能要求受Erp指令的规范，那么生态标签指令关注的就是说明如何向消费者提供有关这些产品的信息，只有清晰易懂的信息才能激励人们购买最节能的产品。

从2015年开始，提供生活热水的热源设备也必须贴有能效标签。产品（或多个产品组合的系统）标签必须显示所达到的能效等级，从A+++到D。

建筑能效指令EPBD

建筑行业对实现欧盟设定的能源和环境目标至关重要。为此，欧盟委员会建立了一个立法框架，其中包括关于建筑物能效的指令，即EPBD（建筑能效指令）。该指令倡导的政策将帮助欧盟各国政府到2050年提高现有建筑的能效。建筑能效指令所倡导的主要支持措施包括：确定更换或改造供暖和制冷系统的最低能效要求的必要

性、采用智能技术如调节单个房间温度的控制和自动化系统，以及使用机械通风等清新空气的系统。建筑能效指令与其他措施并举，将发挥现有和未来建筑的能效潜力：高效住宅确保最终用户节约经济成本和污染更低，改善居住环境质量。



建筑物

欧洲核能机构起草的2020年度能源效率报告（WEEE）指出，欧盟的建筑是温室气体排放的主要责任者，因为它有着欧洲第一能源消费大户的称号。

减排近年来取得了重大进展，这主要归功于建筑能效指令中关于减少该领域消费的规定。



40 % 的能源消耗来自建筑物



36 % 的二氧化碳排放是由建筑物产生的



75 % 的建筑能源效率低下

然而，饼状图显示的情况表明，时至今日，建筑物能效仍然严重偏低，而且老旧建筑的年能耗从最低160 kWh/m²到220 kWh/m²以上不等。需要注意的是，能源等级C和气候地区E级的住宅（大约一半意大利城市所在区域）要求的年能耗为60到80 kWh/m²。

如此高的能耗究其原因，是因为目前绝大多数热力系统使用的是化石燃料。

上述说法将从下面针对意大利和整个欧盟的锅炉和热泵市场的分析中得到证实。

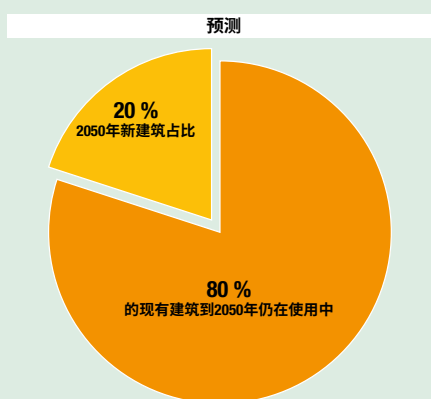
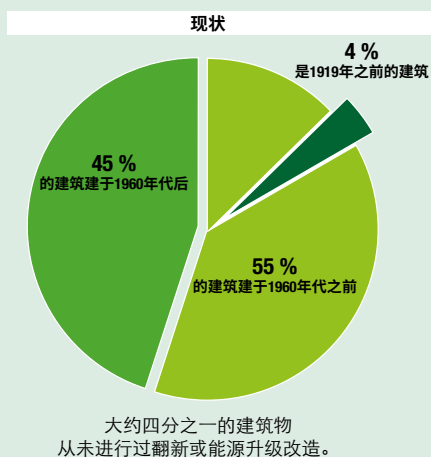


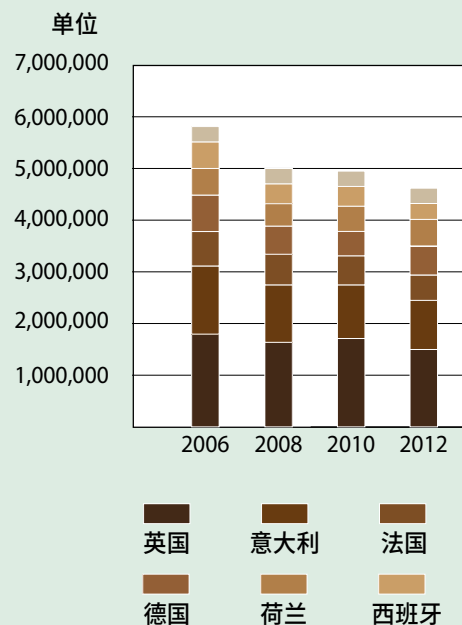
图3：意大利建筑物 - 来源：欧洲核能机构

锅炉市场

意大利安装的锅炉数量超过1900万台，包括独立和集中式系统，大部分是低效率、高能耗和高排放的老旧设备。

更糟糕的是，据估计，有超过700万台锅炉在90/396/EC燃气设备器具指令之前安装的，即超过了20年。

佰世越管理咨询有限公司的一项研究指出，欧洲七大国从2006年



至今每年售出和安装约500万台锅炉。特别是在意大利，近年来每年售出和安装约750,000台锅炉。

一方面冷凝式锅炉正在逐步取代性能较差的传统锅炉，而另一方面，向热泵的过渡趋势才刚刚起步。

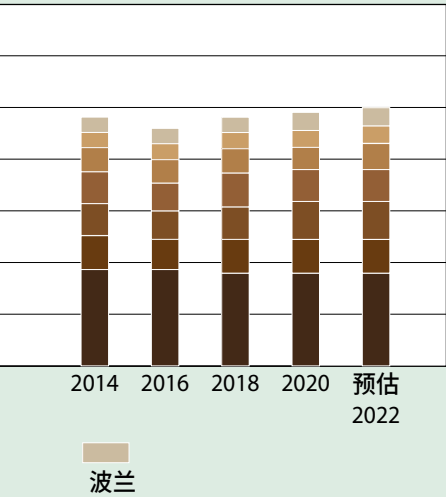


图4：欧洲锅炉市场 – 信息来源于：佰世越管理咨询有限公司

热泵市场

佰世越管理咨询有限公司的市场分析指出，自2017年以来，欧洲市场上安装的水媒热泵数量以年约10%的速度增长。

这一趋势在2022年也得以证实，预计每年约安装一百万套。分体式和整体式气-水式空气源热泵占据了新安装部分最大份额，用于空调和卫浴热水的二合一或者单独的卫浴热水。

水-水式，即那些使用地层水、地下热能（地热）和热回收水源作为冷/热源的热泵，起到了补充作用，而且数量稳定（参见第12页“热泵分

类”）。

尽管有国家法规和激励措施的大力推动，热泵市场取得了重大发展，但欧洲每年安装的热泵和锅炉之间的比例仍然严重不平衡。以市场目前的增长速度（图5），假设每年锅炉减少的数量与热泵增加的数量相等（图4），那么仍然需要12-15年两个市场才会有对等的数量。

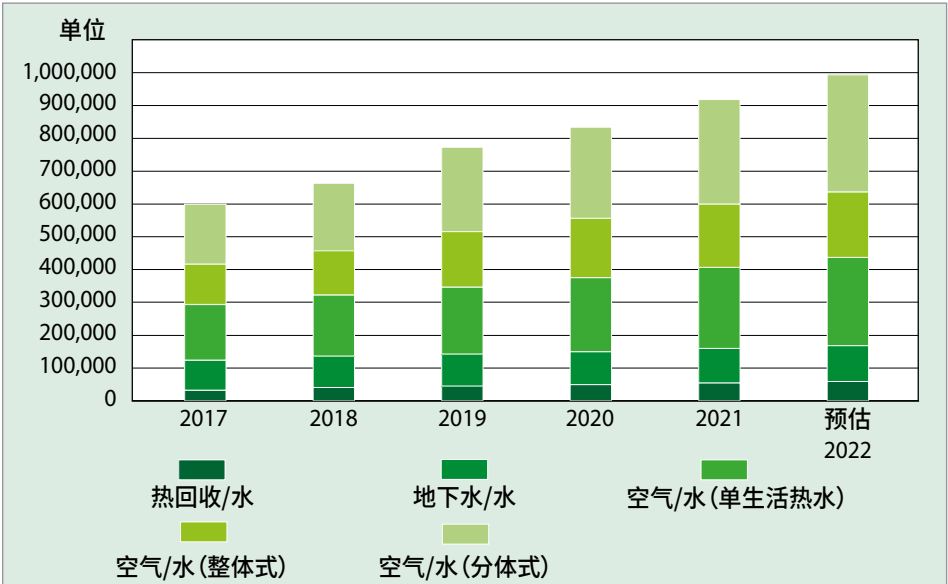


图5：欧洲的热泵市场 – 信息来源于：佰世越管理咨询有限公司

热泵类型

工程师 Mattia Tomasoni 和 Alessia Soldarini

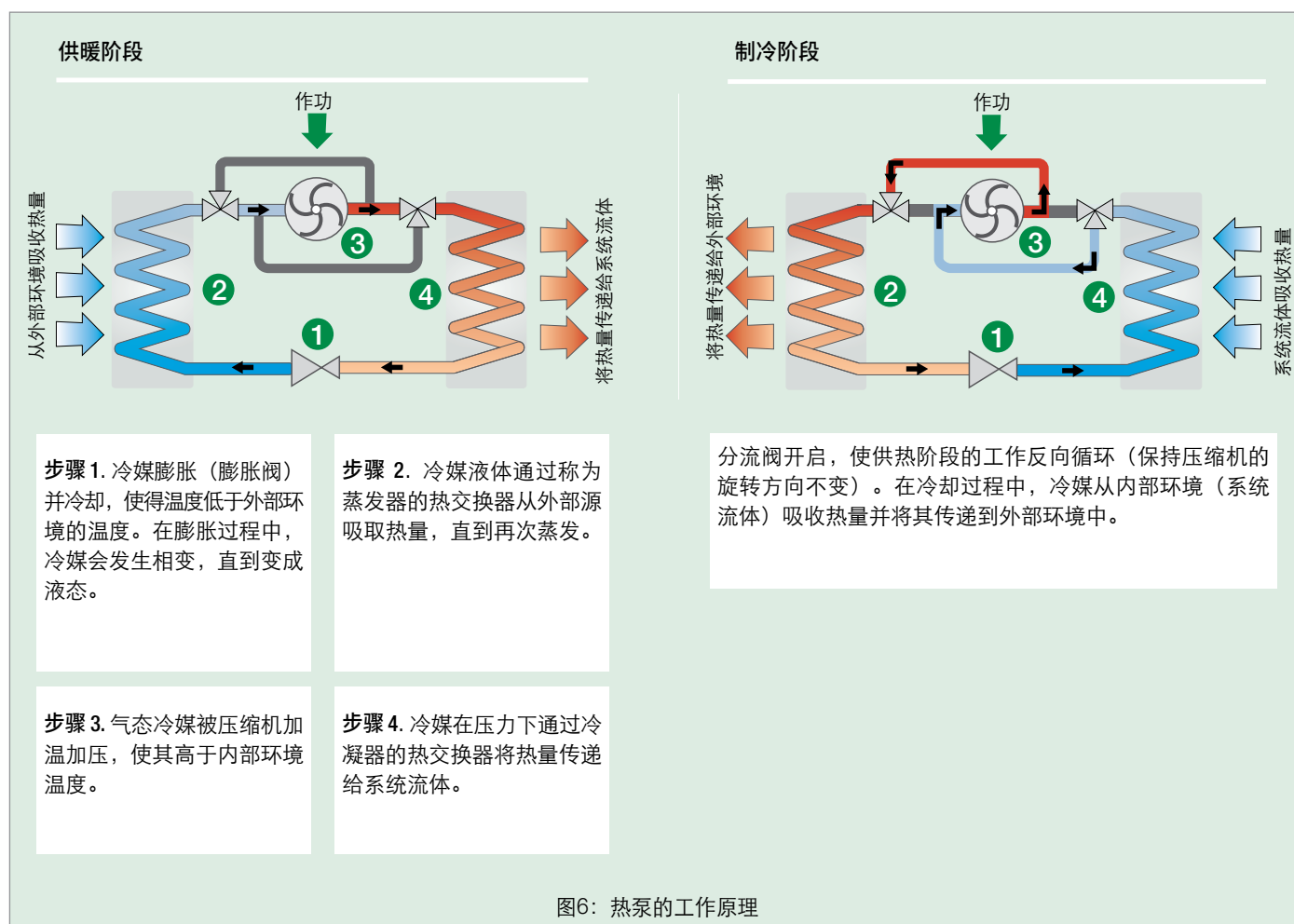
热泵将低温环境的热能转移到高温环境，我们称之为外源和内源。热泵利用约75%的免费能源（来自太阳，储存于空气、水和土壤之中）以及25%的电能，以确保夏季和冬季最佳的室内舒适度。

工作原理

热泵与普通冰箱有一个类似的工作原理：通过冷媒的热力学循环实现制冷，冷媒根据其运行时的温度和压力状态，可以呈液态或气态。

[详见《水力杂志》第33期]

根据想要达到的实际效果，即给室内环境供暖或制冷，设备可以被定义为热泵或制冷机，它通过适当的膨胀阀将冷媒吸收或散发热量，导向室内或室外环境。这些设备亦称为可逆制冷循环或简单的制冷侧可逆。



基于压缩机类型的热泵分类

冷媒压力和温度升高的阶段（步骤3，图6）可以通过多种方式进行，其目的都是为冷媒流体提供能量。目前最普遍的方法是由电动机驱动的压缩机，当然也有其他方法，尽管还属于小众应用，不过具有可以利用和方便划算的特性。

电机驱动的压缩机热泵

由于电机的多功能性和经济性，以及电力作为能量介质的便捷，这种热泵最为普遍。压缩机有多种类型，最常用的有涡旋式、摆动式、螺杆式或磁悬浮式。

说到优点，有低成本、低维护和无需辅助系统（因为它们通常是自冷却的）。不过热泵，供水温度有限，并且由于启动电流高（部分功率用于电子设备缓冲）而导致高耗电量。

内燃机驱动的压缩机热泵

在此类热泵中，压缩机由内燃机驱动，内燃机通常由燃气提供动力并且是由汽车衍生而来的。这些机器也称为GHP（燃气热泵）或GEHP（燃气发动机热泵），优点是能够利用发动机的废气和冷却回路散发的热量来提高供水温度。正是基于这些原因，在更换燃气锅炉、特别是大功率锅炉的升级改造中不失为一个有效的替代方案。

它的主要优点是使用燃气和产生高温水。但是投资和维护成本高，在电力受限的场景下可以派上用场。

吸收式热泵

吸收式热泵和电力（或燃气）热泵最显著的区别是没有压缩步骤，取而代之以两个完全不同的步骤：发生和吸收。

在吸收器中，来自蒸发器的气态冷媒被一种流体（称为吸收剂）吸收并返回液态。随后，产生的流体（吸收性更强的冷媒）被泵入发生器，在那里，由于外部热量输入（例如来自热电联产机组、区域供热网络或工业过程），将冷媒在高温高压下输出。

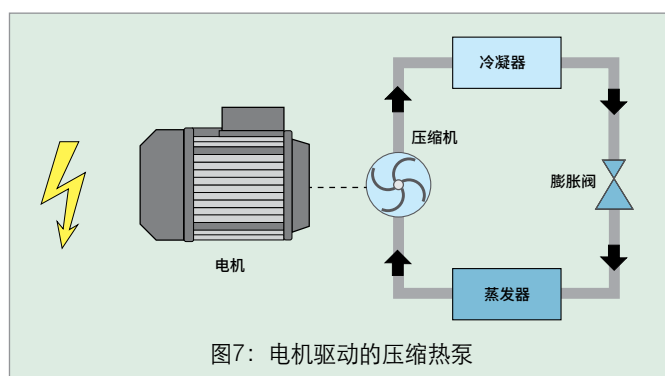


图7：电机驱动的压缩热泵

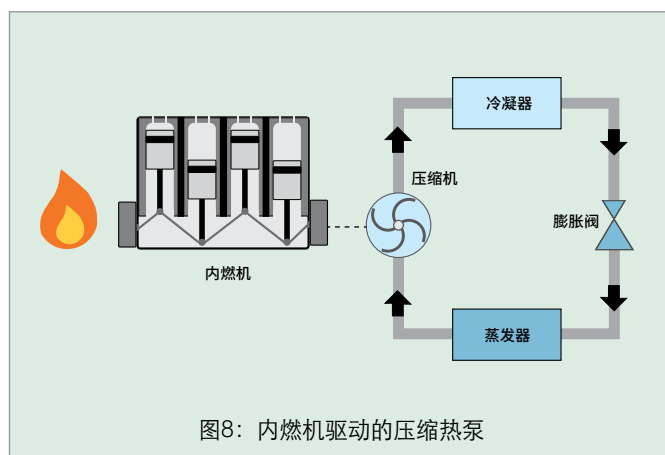


图8：内燃机驱动的压缩热泵

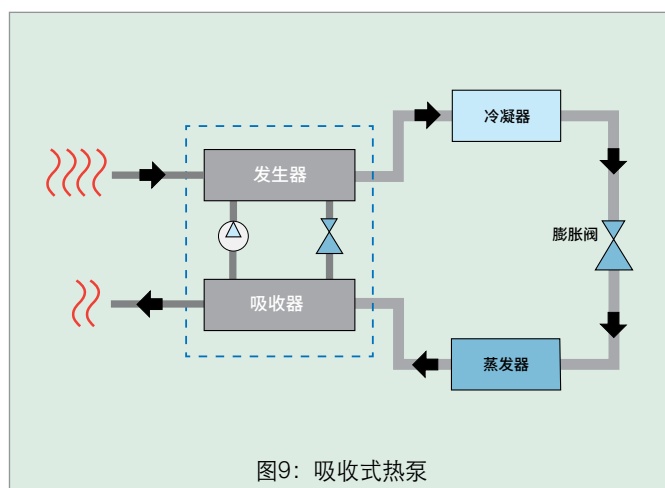
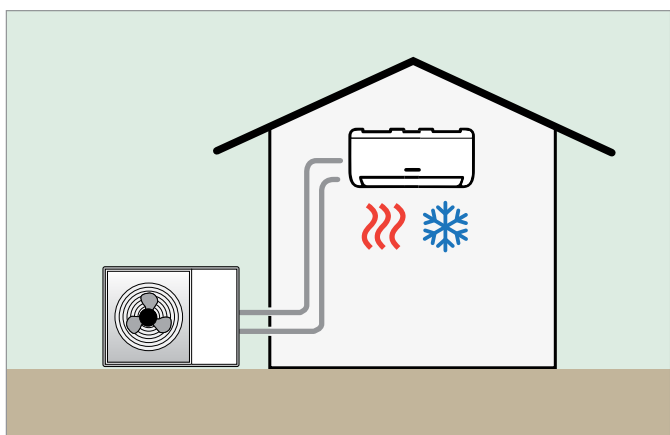


图9：吸收式热泵

基于热源类型的热泵分类

冷源（或外部源）可以是：空气、水或地表层。空气可以是外部空气或在某些情况下是热回收空气（由通风系统或工业冷却回路排出），水可以是地表水、地下水或源自冷凝回路的水，地表层里的热量通过被称为地热盘管的特殊交换器吸收。热源（即系统流体或内部源）可以是：空气（当热泵直接加热房间中的空气时）或水（当热泵加热水用作供暖回路中的介质时）。

气-气式热泵



此类热泵配备有空气/冷媒交换器。冷源是外界空气，取之不尽，但是温度波动大。由于暴露在非常低的外部温度下，它们需要定期除霜（参见第35页“除霜循环”）。

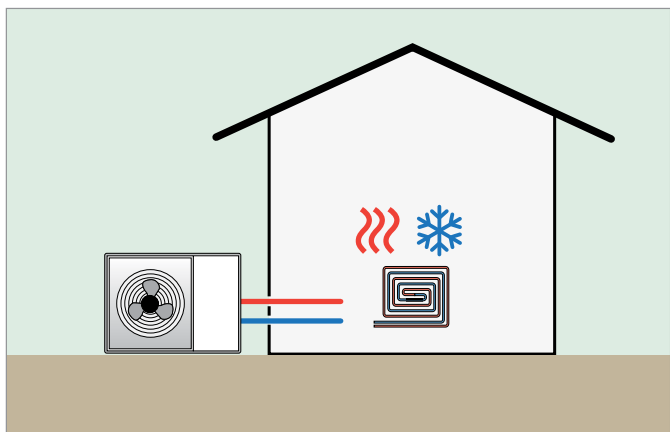
分为两类：

- **分体式。**朝向冷源的交换器和制冷回路的其他部件位于室外，而朝向热源的交换器位于需供暖/制冷的房间内。交换器通过有冷媒的管道连接。
- **风管式。**整个冷媒回路在一台设备中，空气通过管道输送到住宅内。

分体式气-气系统通常用于小型住宅和商业环境，因为制冷回路成本低且占地小。

而风管式系统更多地用于购物中心、剧院和有架设管道条件的生产环境。

气-水式空气源热泵

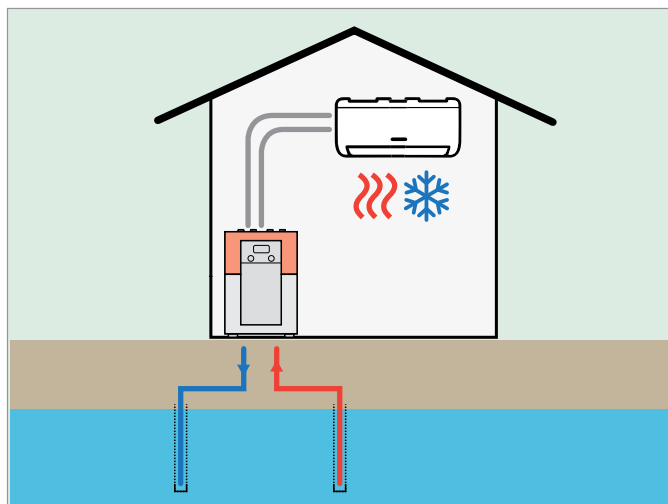


气-水式空气源热泵可以吸取空气中免费能源，并将其以热能形式传递给水。与气-气式热泵不同，以水为介质的热量传送技术保证了系统解决方案具有广泛通用性。因此，可以在住宅领域（带有散热器、风机盘管、地暖等）和第三产业以及工业领域（带有服务于空气处理单元的机组）使用气-水式空气源热泵。

另外，系统适用性强对于那些有燃气热源的系统来说，可以在不对整个系统升级改造的情况下保持现有的供暖系统。

其局限性在于功率和能效比的变化，供水温度有限。

水-气式水源热泵

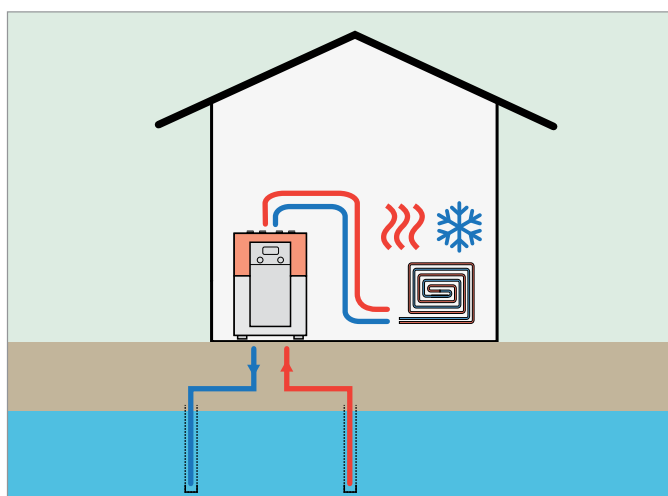


利用从井中抽取的地下水作为冷源，将专门的水力回路（例如冷凝环）作热源。

通常安装在屋顶上，不过特殊情况下，出于空间或美观的原因，也可能放置在室内并与分体机连接。

这种类型很少用到，因为它们需要打井取水，要进行地质分析并有取水许可。

水-水式水源热泵



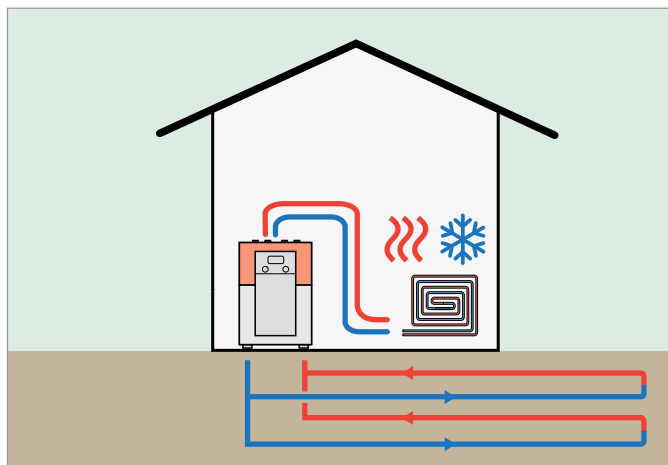
冷源和热源都通过水实现热交换。

冷的一侧从水中吸取能量，这些水通常取自地下水（常指潜水层）或地表水，如湖泊、河流或海洋。热源一侧使用传统的供暖系统。

运行稳定性和优异的性能是这些设备的优点。此外，它们可以在相对有限空间里输出较大的功率。

其局限性在于可获取热量的水源有限，而且需要相应的许可。这类热泵，还有一些特殊的应用，它利用回收热量工作，例如工业过程的冷却回路。

水-水地源热泵



水-水式地源热泵，使用水作为媒介，与冷源地表层进行热交换。

交换器由埋入地下的塑料管道组成，称为“地热盘管”：它们向下延伸（垂直盘管）或纵横浅层地面（水平盘管）获取地表层热量。

地源式热泵，和水源式热泵一样，在与冷源进行稳定热交换的条件下运行，因此，它们不需要除霜循环（参见第 35 页的“除霜循环”）。

与水源式热泵不同，它们不需要有水源存在。

不过地热盘管的铺设成本非常高。

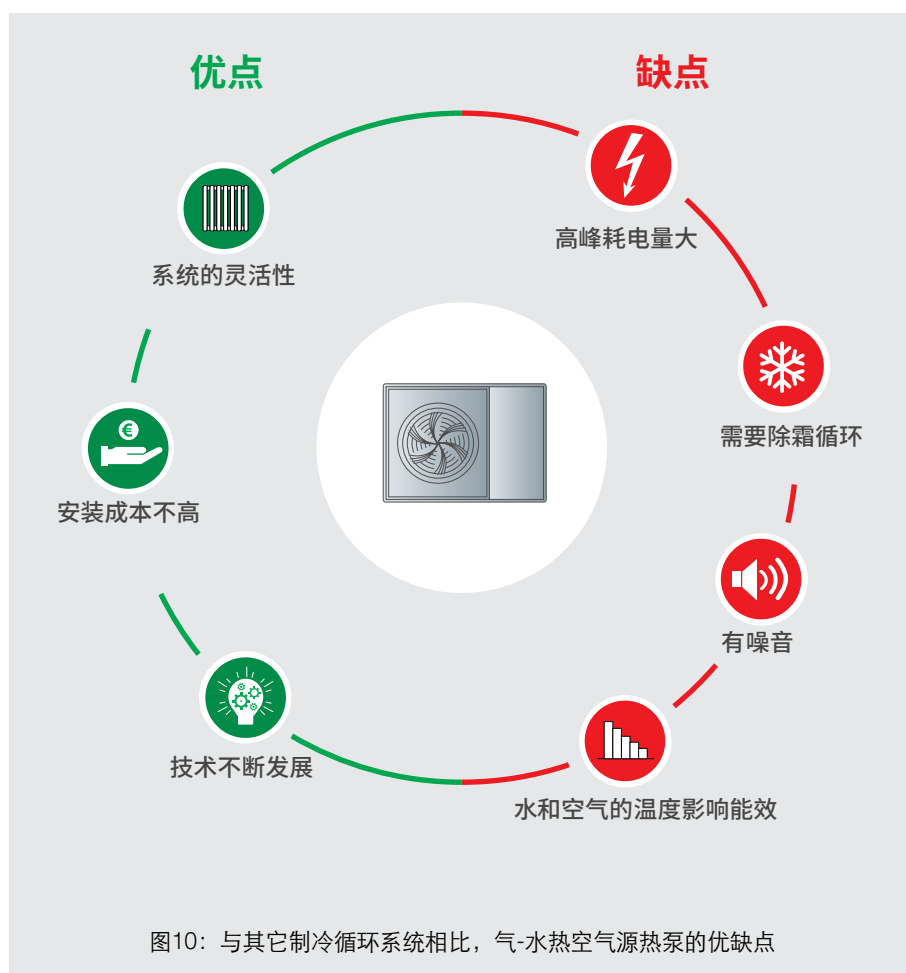
气-水式空气源热泵

气-水式空气源热泵最常用于家庭供暖。与其它冷媒循环系统相比，它们普及的主要原因是：

- **多功能性。**它们可以连接到传统的水暖系统，不管是既有的还是新建的。利用空气作为冷源，它们可应用于任何可以安装室外机或能够架设适当风道的环境。
- **低成本。**与其它类型的热泵系统相比，安装成本低，不需要复杂的辅助系统例如取水和回灌工程、打井或铺设地盘管道。
- **技术持续发展。**近年来，技术创新上取得长足发展：功率输出管理得到提升，效率提高，所能达到的最高供水温度升高和可靠性增加。

不过，此类设备也有一些局限：

- **高峰值耗电。**设计选型通常考虑的是最不利的条件（外部气温），这会导致超配，特别是与其他类型热泵相比用电峰值更高。因此，与采用其他技术的同等热泵相比，一般需要更大功率（详见第48页“单相还是三相系统？”）。
- **除霜循环不可缺少。**在某些条件下，外部空气中的湿气会在设备的热交换器上结冰，从而影响热交换和正常运行。为了恢复正常运行，要进行反向循环，加热交换器，融化凝结的冰层。这些循环造成能源消耗，不利于提高效率和节约成本（参见第35页“除霜循环”一章）。
- **性能受制于水和空气的温度。**气-水式热泵的性能和运行成本取决于向系统供水的温度和外部的空气温度。针对此类设备的系统设计上的疏忽或调节不当会导致高耗能（请参阅第18页的“能效和经济性”一章）。
- **噪音。**室外机要有合适的空间，以确保适当的空气交换。此外，对于这些单元的噪音水平必须作适当评估，有时需要安装适当的隔音屏障（详见第17页“热泵的噪音控制”）。



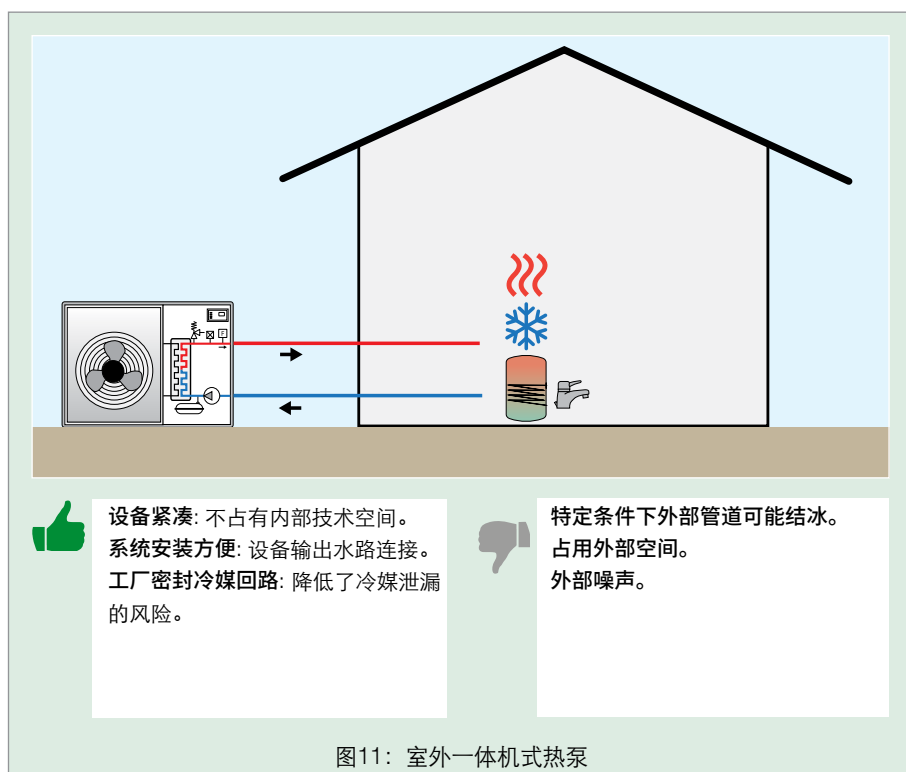
室外一体机式热泵

整体式热泵由单一设备组成，设备内部包括制冷回路的所有元件：水/冷媒板式换热器、压缩机、膨胀阀和允许空气/冷媒在蒸发器中进行热交换的风扇等。

水力回路的一些元件可以集成到设备中，例如循环泵、水流开关、膨胀罐、排气阀和安全阀等。

主机直接通过管道与室内系统相连，管道将技术用水从设备输送到建筑物内。

室外一体机在所有那些需要节省设备空间的建筑内优势明显。

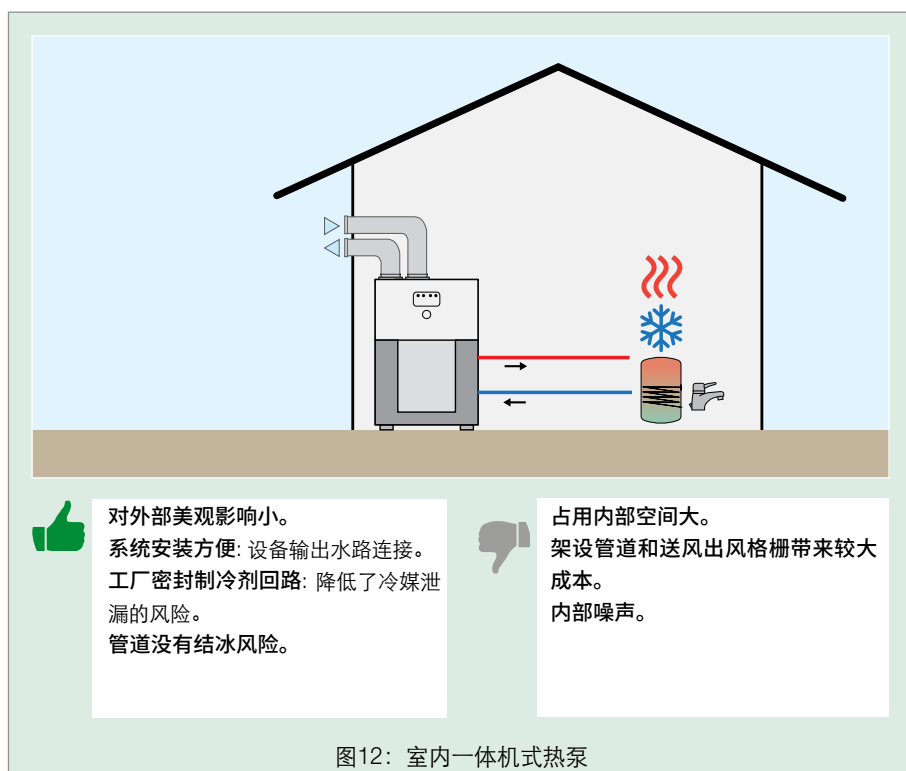


室内一体机式热泵

带风扇的整体式热泵，风扇在空气交换器上，其扬程能够允许管道送风。

有些型号的送风和出风都可以利用管道；而其它型号，只有排气管道，而直接从安装环境中吸取空气。这些环境必须配备适当的开口，以确保设备需要的新鲜空气进入。

它们主要用于那些出于美观原因无法安装外机的地方。

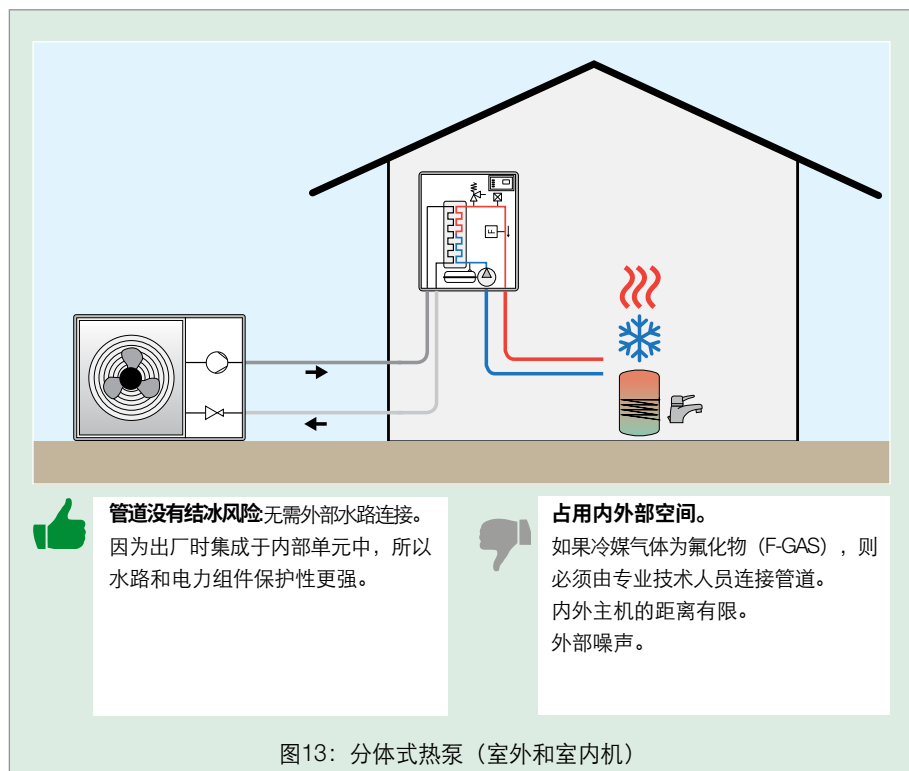


分体式热泵

与整体式不同，分体式热泵由位于建筑物内部的室内机和与空气进行热交换的室外机组成。室内机的主要部件包括：水/冷媒板式换热器、循环泵、水流开关、膨胀罐、排气阀和安全阀等。

室外机则包括压缩机、冷媒循环泵、膨胀阀和通过外部空气与冷媒流体进行热交换的风扇。

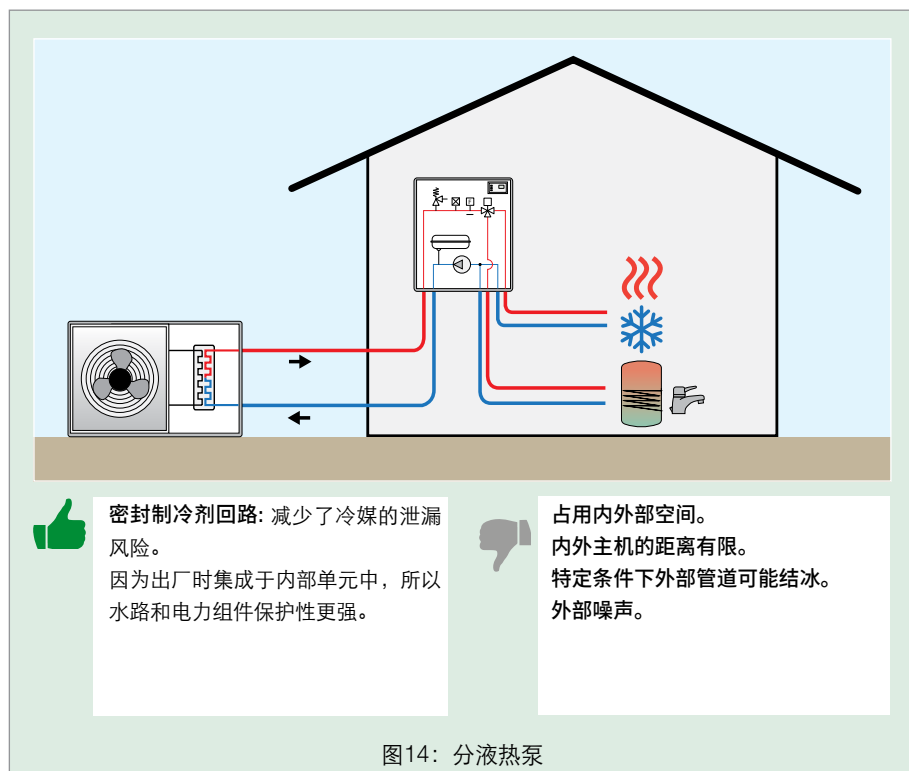
两个单元之间采用高压冷媒管道连接。



分液热泵

分液热泵概念上类似于一体式热泵，只是室外机里的水路组件和电子元件全部挪到室内机中，这样维修维护更为方便。

两个单元通过水路管道连接。



热泵的噪音控制

空气源热泵的室外机可能会给系统所服务的住宅或相邻建筑带来噪音和振动困扰。因此，安装和选址时要多加留意。

噪音传播可以通过：

- 固体：设备振动产生的噪音通过建筑传播；
- 空气：噪音通过空气传播。

为了降低噪音的固体传播，必须：

- 安装合适的防震支脚支撑设备，尤其设备位于住宅上方屋顶或阳台上时；
- 将设备安装在与房屋结构分离的地基上，例如花园。

为了降低通过空气传播的噪音，有必要：

- 设备安装不要靠近门窗等地方，尽可能越远越好；
- 注意防止噪音的反射；
- 安装适当的隔音屏障或顶篷。如果出现声波反射现象，隔音屏障也必须是吸音的。顶篷必须确保适当的空气流通，以保证设备正确运行。

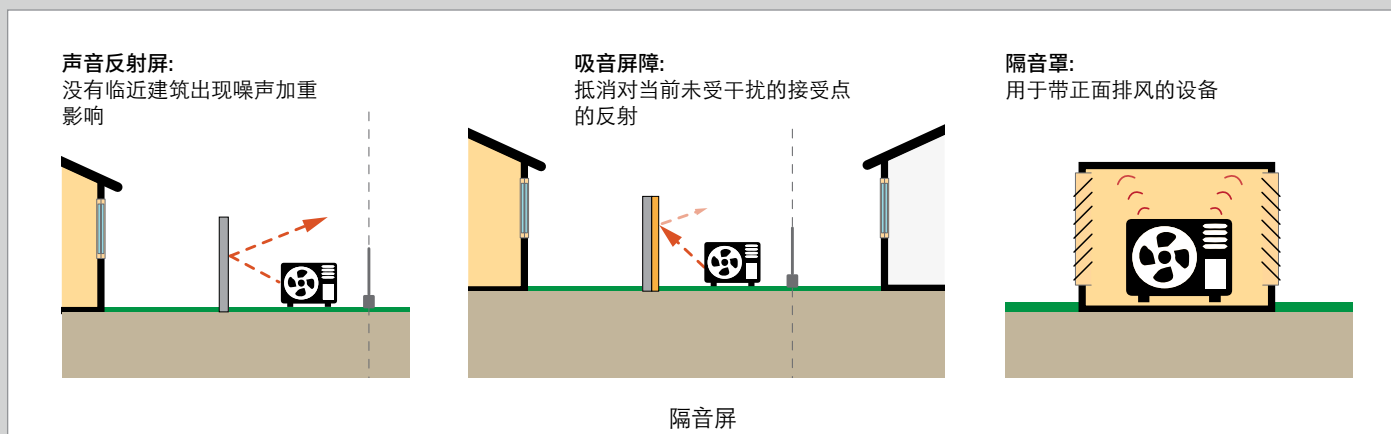
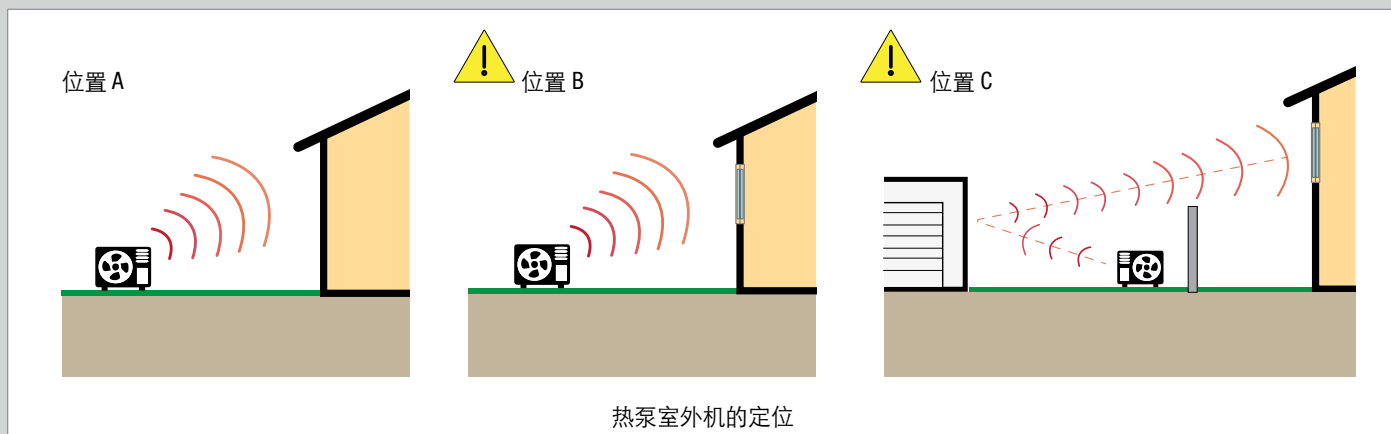
法律限制

噪声排放受法律限制，检测标准规定：

1. **绝对检测：**对噪声发射值（在噪声源附近测量）和输入值（在要检测的点附近测量）设置一个限制。这些限制值因区域类型（例如住宅区和工业区）以及日夜时段而异。在夜间住宅区的情况下，

发射限值设置为40分贝，噪声输入限值设置为45分贝。

2. **差值检测：**噪声源开启和关闭时的噪声输入（在检测点附近测量）之间的差值。夜间这种差值不得超过3分贝。



能效与经济成本

工程师 Mattia Tomasoni 和 Alessia Soldarini

近年来，热泵普及迅速。因素多种多样，诸如建造的住宅保温性能越来越高（需要低热功率，因此最适合配套此类设备）和末端更多使用低温供热系统，这些都是热泵比较匹配的特征。

与燃气锅炉等传统热源相比，热泵最重要的一点是其节能更为突出。加之在环境影响方面日趋严苛的法律演变，使得采用热泵系统成为新建筑和重大翻新建筑中系统的标配。

通常，节能之后随之而来的是经济成本的节约，因为能源输出相同的条件下，设备越高效，能耗越低。但是，如果我们将传统热源（例如燃气锅炉）与热泵作比较，我们会发现能源的节约与经济成本的节约并不相当。

发生器的效率

为了比较不同热源发生器的能耗，我们以消耗的一次能源为参考。换句话说，比较发生器产生热量所需消耗自然界中存在的能量多少。

消耗的一次能源与产生的热能之间的比率也称为发生器的效率，如公式1所示。

$$\eta_{\text{GEN}} = \frac{E_{\text{热能}}}{E_{\text{一次能源}}}$$

公式 1

传统和冷凝式锅炉的效率

锅炉把燃料的能量转化为热能。简便起见，我们着重于天然气锅炉，因为它是应用最广泛的发生器，当然这些比较也可以轻易延伸到各种固体或液体燃料锅炉上。

燃料的热能由热值表示。众所周知，它用两个值来表示：根据是否把燃烧使水蒸发所需热量作为有效（燃烧可利用的）能量，分为高位热值（PCS）和低位热值（PCI）。

能够从燃烧产生的蒸汽中获取能量的发生器称为冷凝器。由于先前缺乏大范围利用冷凝技术，习惯上燃料的能量含量总是按低位热值来定义，

与之类似，发生器的效率也一直以低位热值来衡量（PCI）。

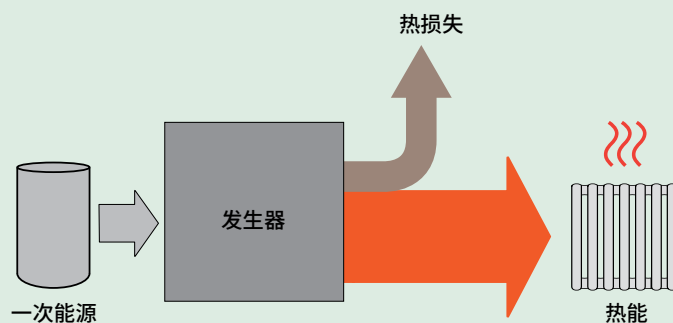
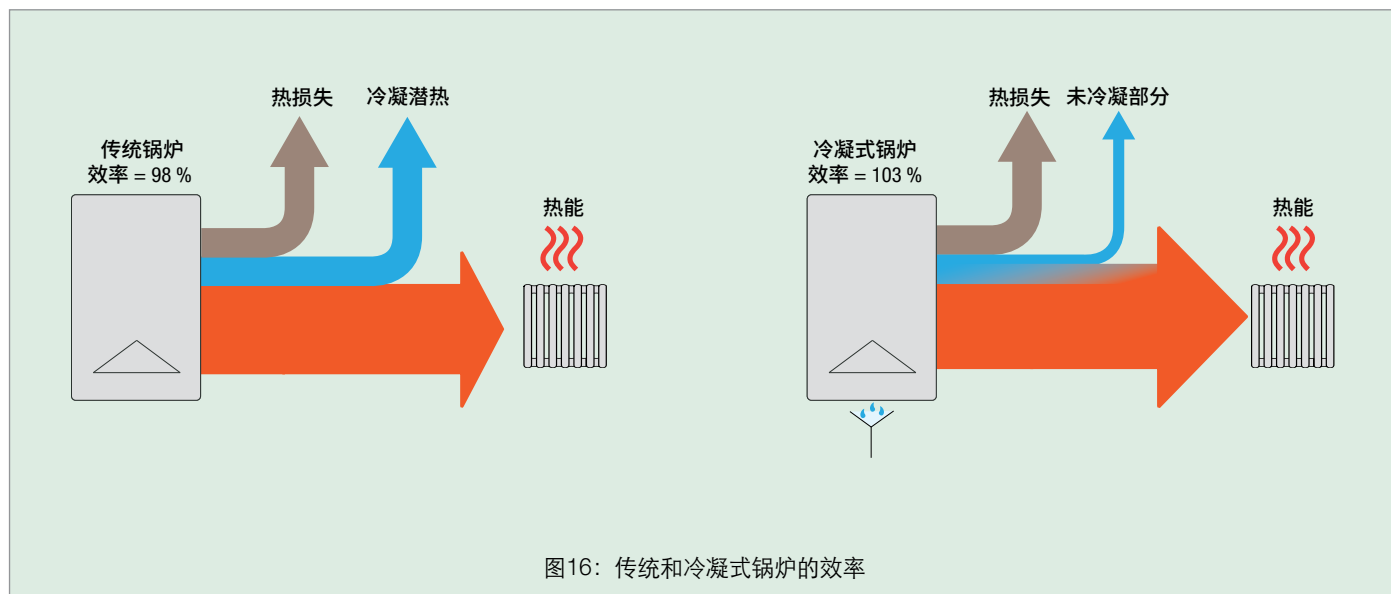


图15：发生器的效率



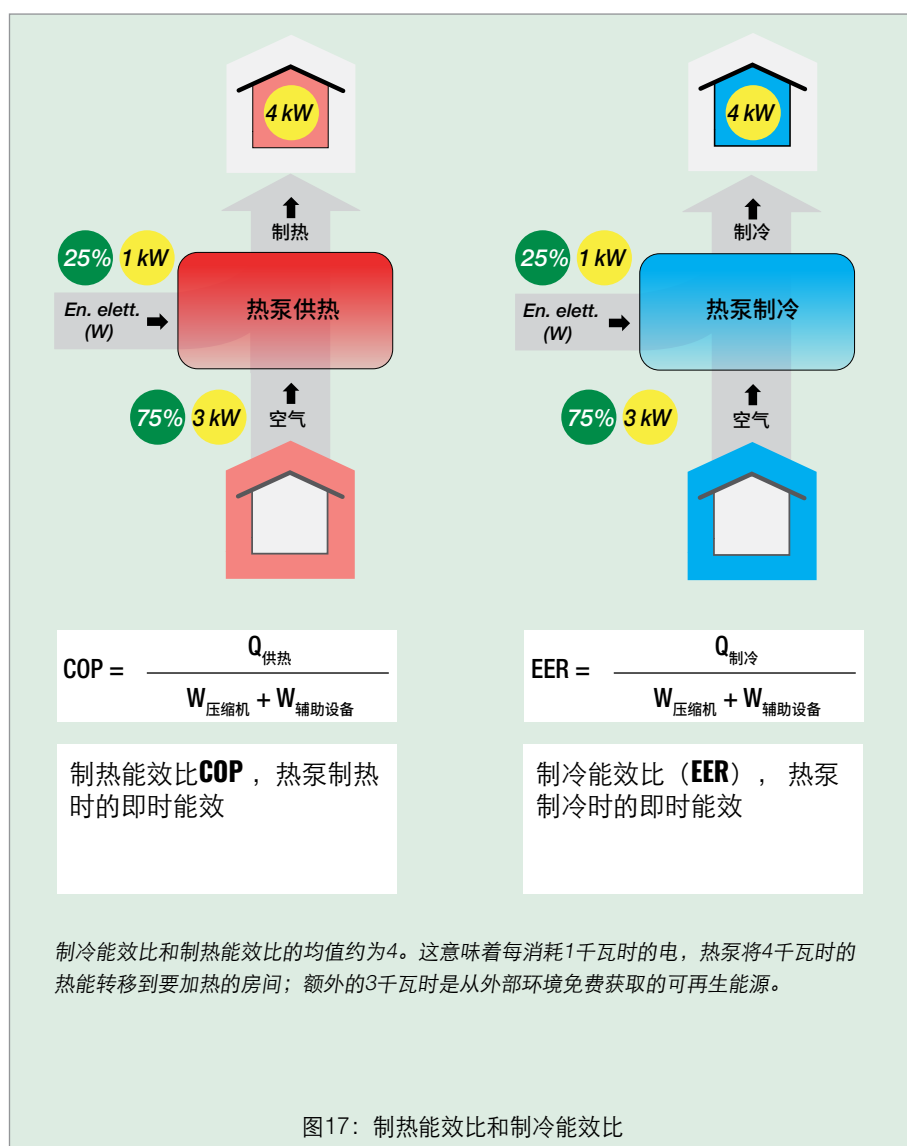
热泵的效率

热泵是用电将热量从冷源传递到热源的热媒循环设备。

热泵传热效率由制热能效比（COP）定义。该数值是传递给流体的热量（输送给用户的热能）与消耗的总电能（压缩机和热泵的辅助装置如防冻装置、调节和控制仪器、循环泵、风扇等所需能量（图 17）。

[详见第33期《水力杂志》]

在制冷过程中，代表设备性能的参数用缩写制冷能效比（EER）表示。为用户提供的制冷量与消耗总电能之间的比率（同制热能效比一样，压缩机和热泵的辅助装置如防冻装置、调节和控制仪器、循环泵、风扇等所消耗的总能量（图 17）。



EN14511标准为制造商提供了确定热泵性能(COP)的依据:

- 以额定速度运行;
- 供暖模式;
- 固定的室外温度;
- 固定的供水温度。

制造商出厂时标的额定功率运行点通常是在外部空气温度为7°C、供水温度35°C的条件下计算得出的(A7W35)。例如, 额定功率为6 kW的热泵在A7W35时产生大约6 kW的热量。

不过, 该数值并不能真实反映热泵在整个采暖季节运行期间的实际运行条件。COP/EER不是一个恒定值, 尤其是在气-水式空气源热泵中, 可能会因以下因素影响而差异很大:

- 室外气温;
- 热水或冷水产生温度;
- 设备负荷系数;
- 除霜循环频率。

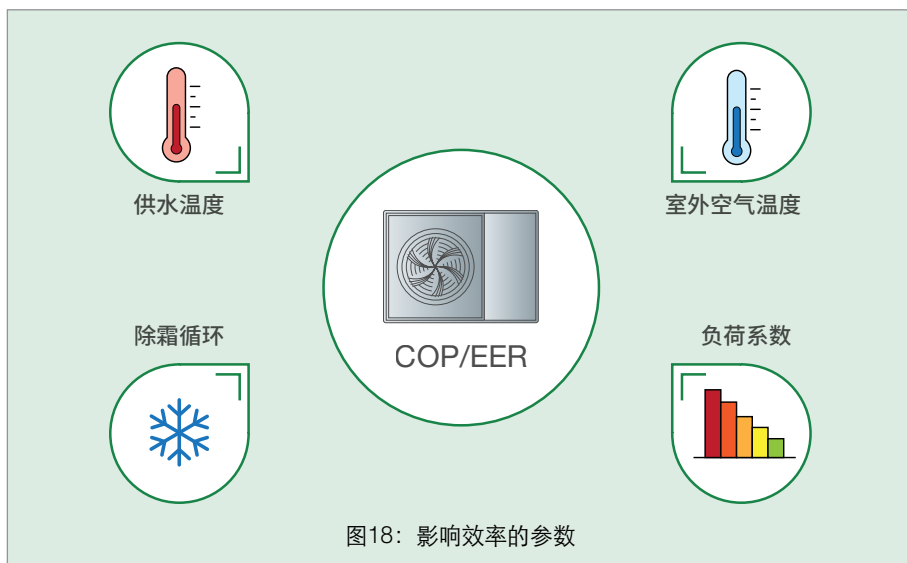


图18: 影响效率的参数

事实上, 技术数据表根据室外空气和供水温度的不同给出了几个制热能效比COP (或EER) 值。

图19通过示例给出了根据这些系数得出的气-水式热泵满负荷时的能效系数(COP)变化。

由此可见, 它们的性能:

- 随着室外温度变化而下降; 室外温度越低, 制热能效比COP越低。

- 随着供水温度变化而降低; 供水温度越高, 制热能效比COP越低。

从下图可以看出, 供水温度从55°C降低到35°C (室外温度高于7°C) 能效比可以提高一个点以上。

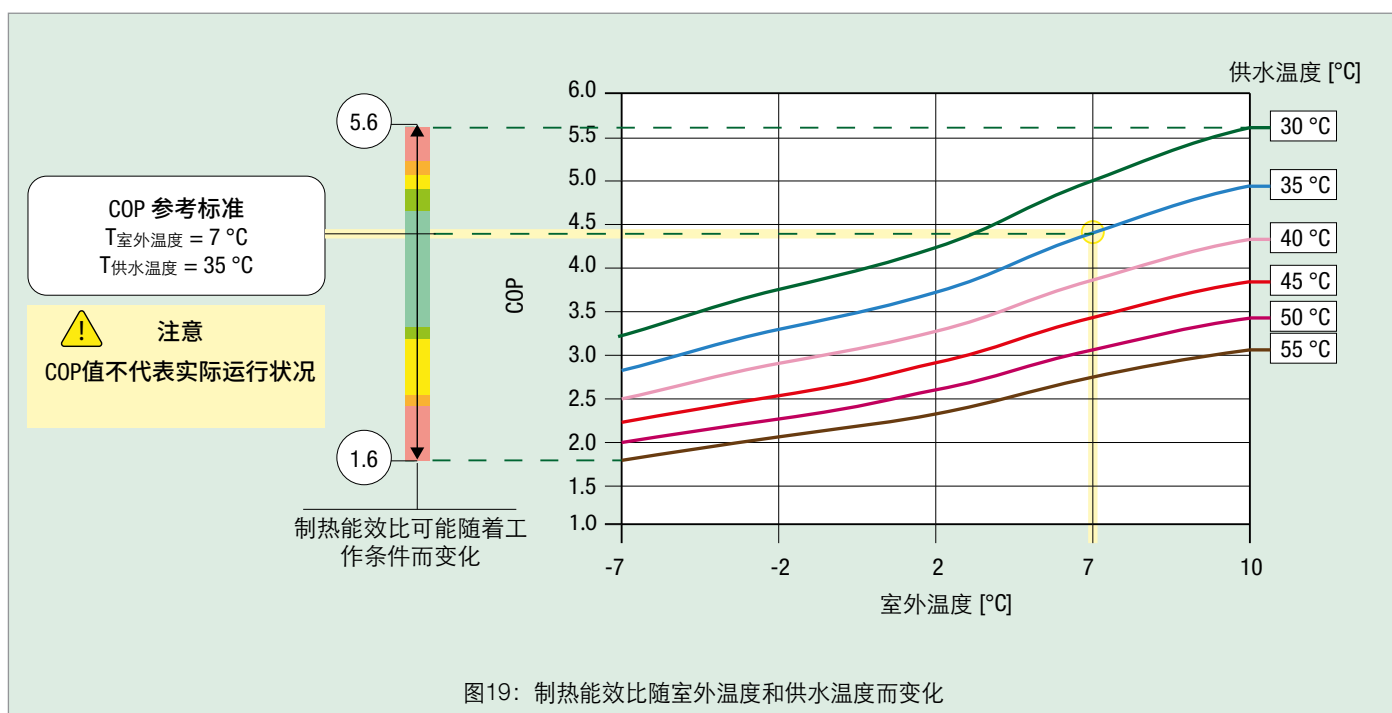


图19: 制热能效比随室外温度和供水温度而变化

部分负荷能效比COP

技术数据表（图19）所示制热能效比趋势线指的是热泵满负荷运行时即设备能提供的最大有用功率时

（例如在室外温度极低或在系统启动阶段）：它并不能反映实际工作条件。在正常运行期间，热泵所能提供的功率通常大于建筑物所需功率，因此，设备是在部分负荷下工作。部分负荷的 COP_{PX} 更能反映设备的实际效率，它等于满负荷 COP_{max}

乘以修正系数(f_{CORR})，校正系数仅取决于设备的负荷系数 (FC) 而与运行条件无关。设备的负荷系数是瞬时所需功率与相同条件下所能提供的最大功率之比（公式2）。图表（图 20）表示开关型或模拟型设备在设备负荷系数(FC)变化时校正系数(f_{CORR}) 的趋势示例。

作为最早类型的开关型热泵，它

部分负荷COP:

$$COP_{PX} = COP_{max} \times f_{CORR}$$

f_{CORR} 取决于设备负荷系数FC

$$FC = \frac{\text{瞬时所需功率}}{\text{最大输出功率}}$$

公式2

通过一开一关的循环来调节功率。这种开合循环会降低设备能效：每次开启都会因为电机的浪涌电流和冷媒循环的运行而造成损耗。

因此，开关型设备能效比的修正系数始终小于1（图20）。与 COP_{max} 相比，部分负荷能效比总是很低。

而新型热泵会改变外部交换器的风扇和压缩机的转速以适应有限负荷。通常，与最大值相比，这种调节可将主机降至25-30%的负荷。

低于这一数值，热泵便不能再使用模拟调节，而以类似开关型设备的方式来调节功率。模拟调节型热泵的COP在修正系数大于1的状态下进行15%到

100%范围的功率输出调节。热泵仅受蒸发和冷凝温度的影响，它们决定了通过压缩机冷媒的压力变化，而不取决于室外温度或系统的回水温度。当冷媒与室外温度之间温差减小时（在部分负荷运行的各种条件下），压缩机上下游间的压差减小，耗电也减小。此时设备在部分负荷下工作：释放的热功率减少，耗电更小，因此，能效比会增加。

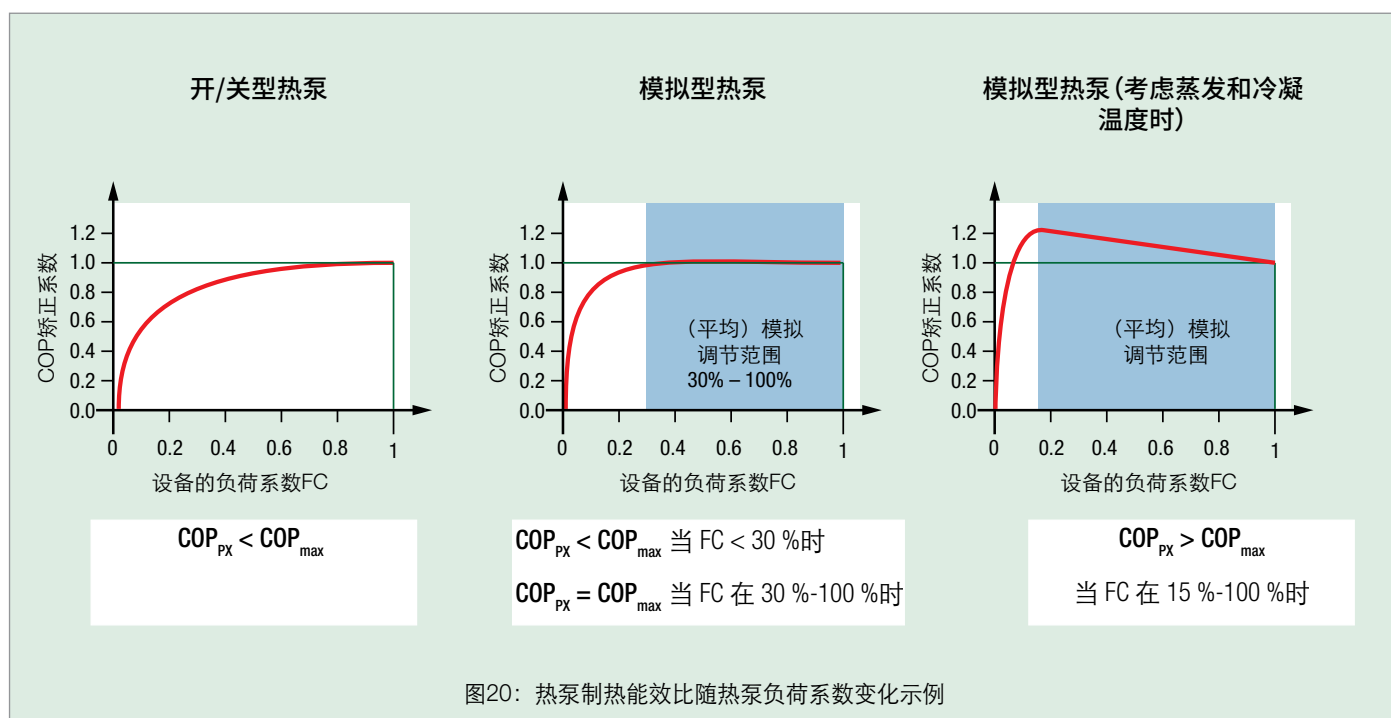


图20：热泵制热能效比随热泵负荷系数变化示例

冬季(SCOP)和夏季 (SEER)能效比

气-水式空气源热泵能效参数波动较大，随之的节能问题也越来越受关注。因此，除了能效比点数外，生产商的技术材料里还引入了另一个指标，EN14825标准称之为SCOP（季节运行系数）。该指标是能效比的加权平均值，它更有代表性，因为它参照的是采暖季节的运行条件，结合了热泵在部分负荷下的性能，以三个不同区域的气候数据为参考。

冬季能效比SCOP值描述的是热泵系统在一年中用电产生了多少热能。因此，与气-水式空气源热泵能效比COP相比，冬季能效比的值更有意义，因为它考虑到了外部气候条件。不过，不能就此推断冬季能效比值是更可靠的，因为实际性能还取决于供水温度、连接的系统类型以及系统的调节和输配类型。例如，在使用同样热泵的条件下，为低温运行设计的辐射系统比高温供水的风机盘管系统效率更高，能耗更低。

类似地，同样的系统，气候调节型比定值调节型效率更高。基于上述原因，有必要引入另一个更现实的指标：实际平均能效比COP_{MEDIO EFFETTIVO}。

如果说冬季能效比反映的是供暖季节产生的能量与消耗电能之比，那么热泵在制冷季节的效率则由“SEER”指数（季节能效比率）来衡量。

实际平均能效比

具体到一个调节系统的热泵的实际效率，可以通过繁琐的程序或适当的计算软件进行计算，概括为平均效率系数，我们称其为实际平均能效比。

这一数值可能与热泵的能效比COP和季节运行系数SCOP有明显差异。图21给出的是气-水式空气源热泵的实际能效比趋势示例。红色水平线代表设备各个运行点的加权平均值，即实际平均能效比。

热泵的发生效率

热泵的发生效率 ($\eta_{\text{GEN PDC}}$) 的计算方法就是电能转换系数 (η_{EL}) 和实际平均能效比（公式 3）的乘积。

也就是将实际平均能效比与消耗

的一次能源通过电能平均换算系数联系起来。意大利目前该系数为0.43，既考虑到连接到电网（例如热电厂）的所有发电机的效率，也考虑到了输配电网的效率。

表1给出的是热泵随实际平均能效比变化的发生效率。

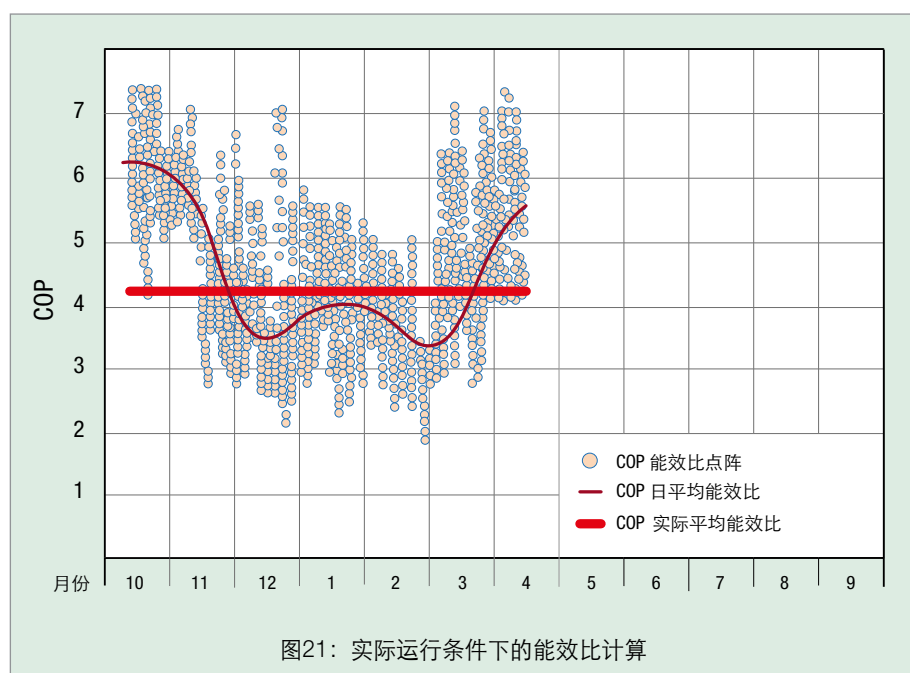
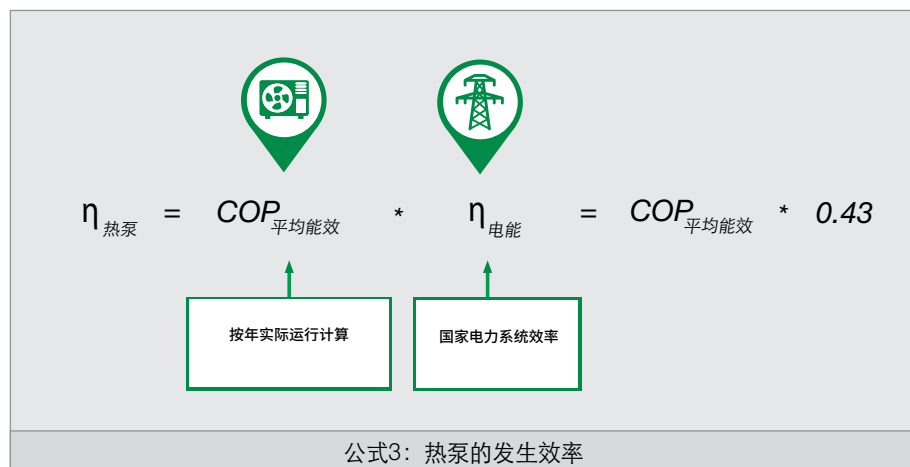


图21：实际运行条件下的能效比计算



COP平均能效	发生热效率
1.50	65 %
1.75	75 %
2.00	86 %
2.25	97 %
2.50	108 %
2.75	118 %
3.00	129 %
3.25	140 %
3.50	151 %
3.75	161 %
4.00	172 %
4.25	183 %
4.50	194 %
4.75	204 %
5.00	215 %

表1：热泵发生热效率随实际平均能效比的变化趋势

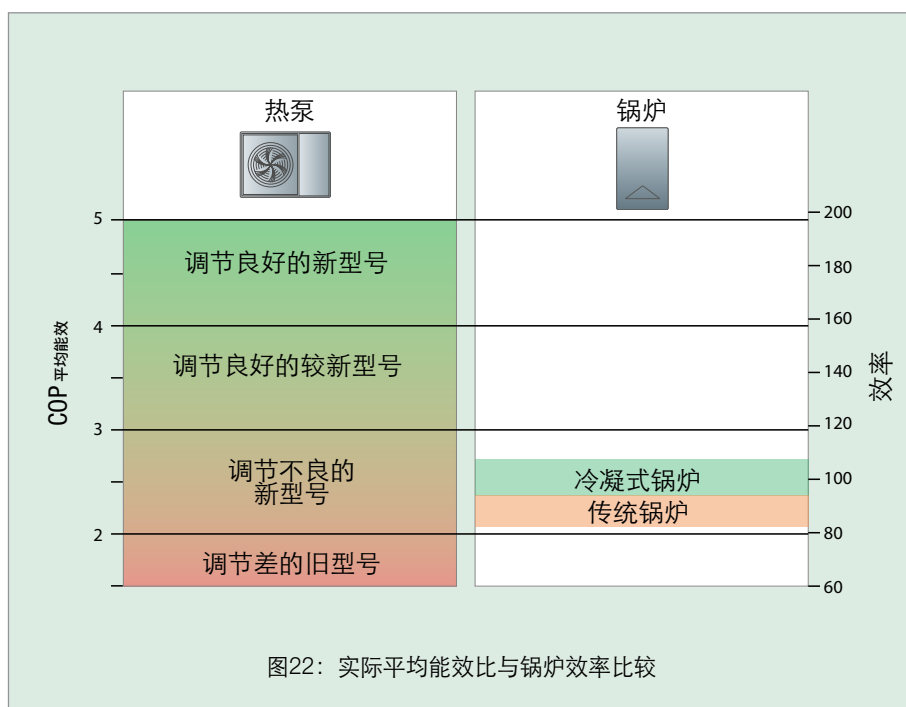


图22：实际平均能效比与锅炉效率比较

节能

节能即在使用传统的燃气锅炉供暖系统和使用气-水式空气热泵之间节约的自然界中一次能源，可以通过比较相互的热效率计算出来。如果说锅炉（传统或冷凝式）的效率很容易计算的话，那么热泵的效率则在很大程度上取决于其工作条件。根据实际平均能效比值，我们将热泵的热效率汇总在表1中。

燃气锅炉的热效率基本一成不变，比如说稳定在106%，与之相比，热泵的热效率则始终很高。热泵能效比远高于2.5：即使在非最佳工作条件下，市场上大多数热泵也已普遍达到和超过这一数值。如果将良好的系统调节与新型设备相结合，则可达到130%和170%的热效率。最后，如果安装新型热泵，并且系统管理调节良好的话，热效率可达200%左右。

节约经济成本

燃气锅炉的传统系统和热泵系统的成本比较可以通过计算两种系统制热成本来评估。

用公式4可以计算热量燃气锅炉每产生1kWh热量的成本。考虑到燃气低位热值（PCI）平均值为9.7kWh/sm³，我们可以得出表2中的汇总kWh热量成本。

与燃气锅炉所服务系统的计算相类似，可以用公式5计算热泵的kWh热量成本。此类型的发生器产热成本（表3）受购电成本和实际平均能效比的影响，如前所见，实际平均能效比又受到许多因素的制约。

表2和表3举例说明了发生器效率的典型值和住宅能源介质成本。

$$\text{成本 Kwht}_{\text{锅炉}} = \frac{\text{成本 SMC}_{\text{气}}}{\text{PCI}_{\text{燃气}} \cdot \eta_{\text{锅炉}}}$$

其中：
成本 SMC_{燃气} = 燃气的每立方成本
PCI_{燃气} = 燃气的低位热值
η_{锅炉} = 锅炉的效率

公式 4

$$\text{成本 Kwht}_{\text{PDC}} = \frac{\text{成本 kWh}_{\text{电}}}{\text{COP平均能效}}$$

公式 5

例如，在燃气锅炉系统中，根据表2中显示的值，kWh热量成本等于7.36 c€/kWh。

热泵系统中数据如下：

- 实际平均能效比 = 3.5

- 电费 = 0.24 €/kWh_{el}

得到的kWh热量成本为6.86 c€/kWh (表 3)。

如果使用热泵代替燃气锅炉，比较kWh热量成本，可节省 7 %。同样，如果热泵实际平均能效比等于3.0，得到的热量成本就是8.00c€/kWh：高于燃气锅炉的7.36c€/kWh。这种情况下，使用热泵并不划算。

考虑到影响计算的变量很多，首先是能源成本，可以构建图表（图 23）或表格，根据标准立方米天然气和用电成本，可以获得最低能效比COP_{平均能效}。该值表示热泵系统以低于燃气锅炉的成本生产热能所需

的最低能效比。

根据目前意大利市场上的燃气成本（0.70欧元/smc）和用电成本（0.24欧元/kWh_{el}），如果实际平均能效比大于3.5，热泵比燃气锅炉从经济上更划算（即产热成本更低）。

节能与节约成本的比较

通过比较所得数值，不难看出，在实际平均能效比相同情况下，节能效果明显高于经济成本的节约。

例如，实际平均能效比为3.50的热泵其制热效率为151%，而传统燃气锅炉的制热效率为98%。因此，该系统节能约54%。

同样的热泵系统，从前面章节可知，kWh热量成本为6.86c€/kWh，而传统燃气锅炉成本为7.36c€/kWh。

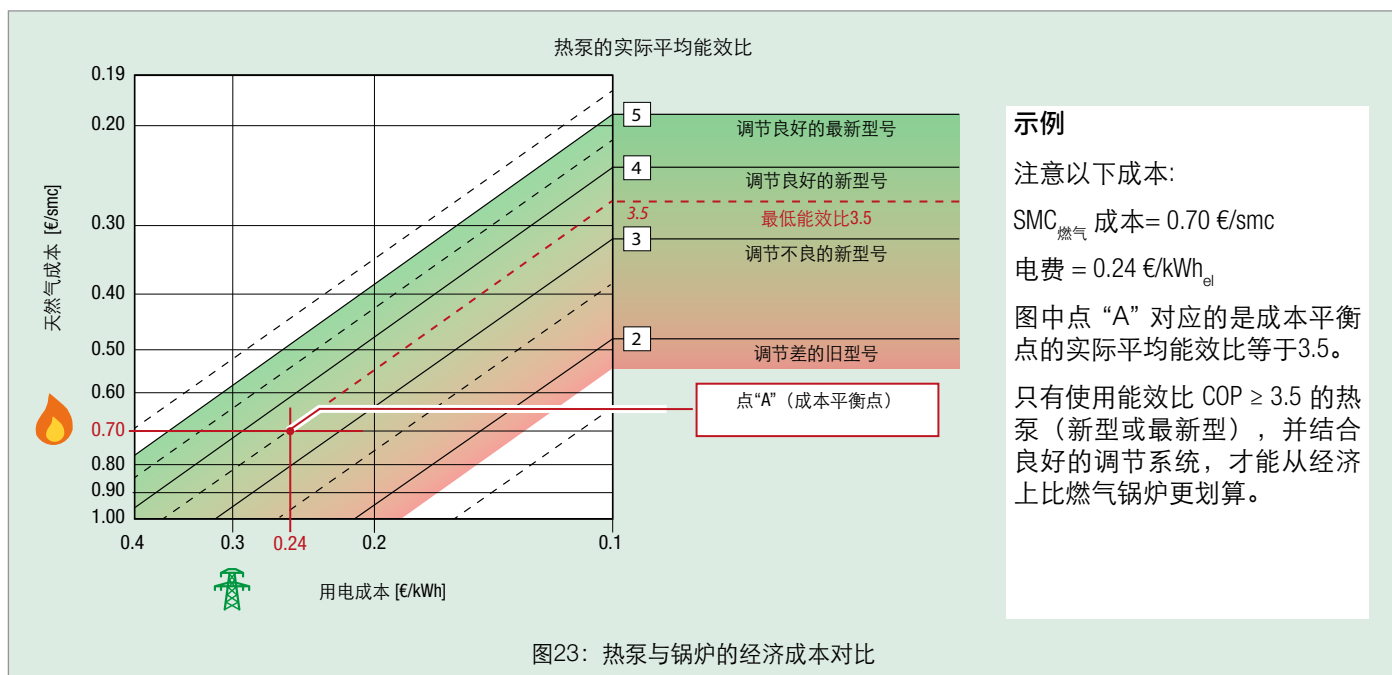
因此，该系统的经济效率仅提高了7%。

同样，如果实际平均能效比按2.5和3.5之间计算，那么结果是节能但不经济，因为锅炉的kWh热量成本比热泵的产生成本便宜。

换句话说，热泵系统相比燃气锅炉系统更易高效运行，因为它消耗的化石燃料更少，还可以降低碳排放。

而要想通过这些系统节约每年的供暖支出就不像想象的那么容易了。

要节约热泵系统的运营成本，就必须认真设计，尽可能降低终端供水温度，通过适当的调节，最大限度地提高运行能效比。



示例

注意以下成本：

SMC_{燃气} 成本 = 0.70 €/smc

电费 = 0.24 €/kWh_{el}

图中点“A”对应的是成本平衡点的实际平均能效比等于3.5。

只有使用能效比 COP ≥ 3.5 的热泵（新型或最新型），并结合良好的调节系统，才能从经济上比燃气锅炉更划算。



燃气成本 [€/smc]	锅炉效率										
	0.86	0.88	0.9	0.92	0.94	0.96	0.98	1	1.02	1.04	1.06
0.20	2.40	2.34	2.29	2.24	2.19	2.15	2.10	2.06	2.02	1.98	1.95
0.25	3.00	2.93	2.86	2.74	2.74	2.68	2.63	2.58	2.53	2.48	2.43
0.30	3.60	3.51	3.44	3.29	3.29	3.22	3.16	3.09	3.03	2.97	2.92
0.35	4.20	4.10	4.01	3.84	3.84	3.76	3.68	3.61	3.54	3.47	3.40
0.40	4.80	4.69	4.58	4.39	4.39	4.30	4.21	4.12	4.04	3.97	3.89
0.45	5.39	5.27	5.15	4.94	4.94	4.83	4.73	4.64	4.55	4.46	4.38
0.50	5.99	5.86	5.73	5.48	5.48	5.37	5.26	5.15	5.05	4.96	4.86
0.55	6.59	6.44	6.30	6.03	6.03	5.91	5.79	5.67	5.56	5.45	5.35
0.60	7.19	7.03	6.87	6.58	6.58	6.44	6.31	6.19	6.06	5.95	5.84
0.65	7.79	7.61	7.45	7.13	7.13	6.98	6.84	6.70	6.57	6.44	6.32
0.70	8.39	8.20	8.02	7.68	7.68	7.52	7.36	7.22	7.07	6.94	6.81
0.75	8.99	8.79	8.59	8.23	8.23	8.05	7.89	7.73	7.58	7.43	7.29
0.80	9.59	9.37	9.16	8.77	8.77	8.59	8.42	8.25	8.09	7.93	7.78
0.85	10.19	9.96	9.74	9.32	9.32	9.13	8.94	8.76	8.59	8.43	8.27
0.90	10.79	10.54	10.31	9.87	9.87	9.66	9.47	9.28	9.10	8.92	8.75

表2：燃气锅炉制热kWh成本(kWh)，单位欧分



用电成本 [€/kWh _{el}]	热泵的实际平均能效比										
	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7
0.16	8.00	6.40	5.33	4.57	4.00	3.56	3.20	2.91	2.67	2.46	2.29
0.18	9.00	7.20	6.00	5.14	4.50	4.00	3.60	3.27	3.00	2.77	2.57
0.20	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00	4.44	4.00	3.64	3.33	3.08	2.86
0.22	11.00	8.80	7.33	6.29	5.50	4.89	4.40	4.00	3.67	3.38	3.14
0.24	12.00	9.60	8.00	6.86	6.00	5.33	4.80	4.36	4.00	3.69	3.43
0.26	13.00	10.40	8.67	7.43	6.50	5.78	5.20	4.73	4.33	4.00	3.71
0.28	14.00	11.20	9.33	8.00	7.00	6.22	5.60	5.09	4.67	4.31	4.00
0.30	15.00	12.00	10.00	8.57	7.50	6.67	6.00	5.45	5.00	4.62	4.29
0.32	16.00	12.80	10.67	9.14	8.00	7.11	6.40	5.82	5.33	4.92	4.57
0.34	17.00	13.60	11.33	9.71	8.50	7.56	6.80	6.18	5.67	5.23	4.86
0.36	18.00	14.40	12.00	10.29	9.00	8.00	7.20	6.55	6.00	5.54	5.14
0.38	19.00	15.20	12.67	10.86	9.50	8.44	7.60	6.91	6.33	5.85	5.43
0.40	20.00	16.00	13.33	11.43	10.00	8.89	8.00	7.27	6.67	6.15	5.71
0.42	21.00	16.80	14.00	12.00	10.50	9.33	8.40	7.64	7.00	6.46	6.00
0.44	22.00	17.60	14.67	12.57	11.00	9.78	8.80	8.00	7.33	6.77	6.29

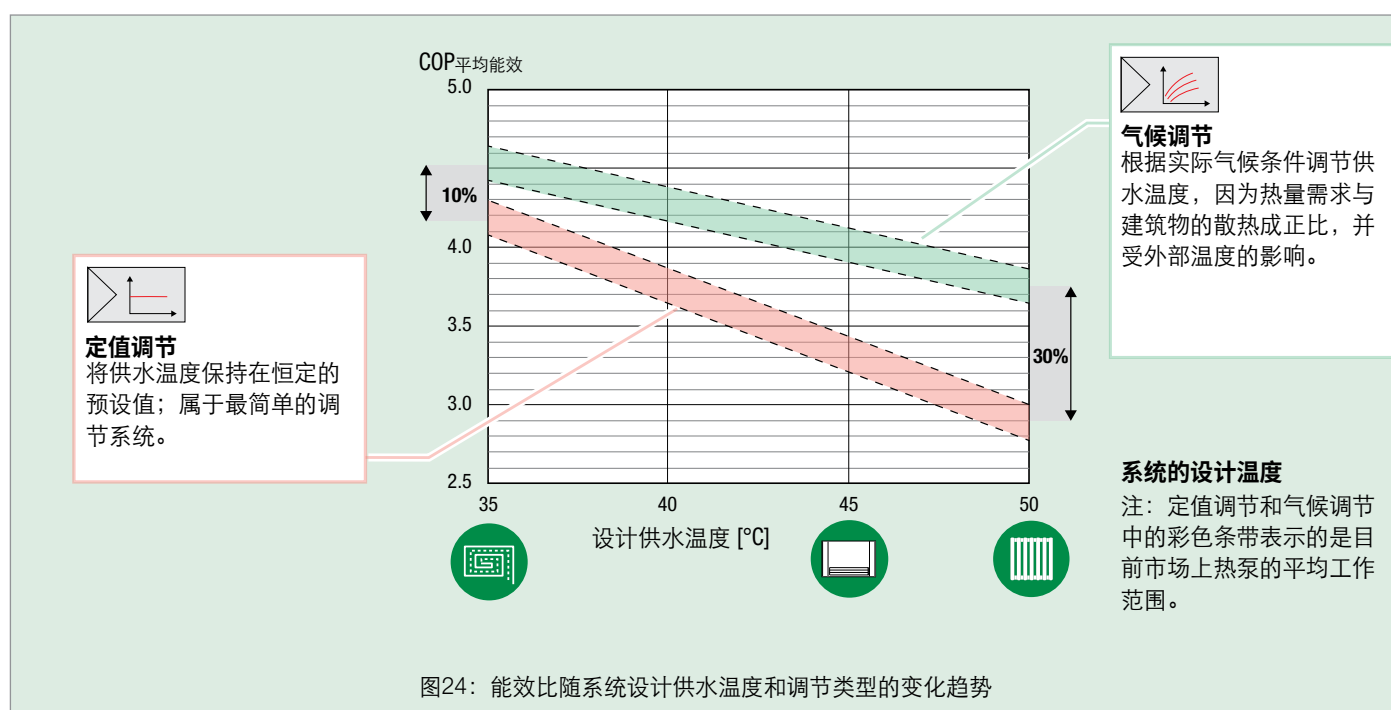
表3：热泵制热kWh成本(kWh)，单位为欧分(c€/kWh)

调节方式对实际平均能效比COP的影响

热泵的运行能效比很大程度上受到内源温度的影响，即供暖系统供水温度的影响。因此，热泵必须与调节系统相结合，设计为能够在低温供水下运行的系统。调节系统可以根据系统的实际负荷状况保持尽可能低的供水温度。因此，建议根据气候曲线设置热泵的供水温度。

与传统的调节相比，气候补偿式调节可以获得相当可观的节能效果。图24给出的是气-水式空气热泵系统随设计供水温度和调节类型不同得出的数字模拟实际平均能效比。这些数据参考的是意大利北部的典型气候情况。作为举例，如图所示，在设计条件下，与定值调节相比，气候调节的优势在于终端的供水温度越高，节能优势越明显。

例如，在使用中温散热器（约50 °C）的热泵系统中，可实现节能高达30 %；气候补偿式调节大多数时候为零投入，因为市场上的大多数热泵都可以根据气候曲线进行调节，而无需购买额外的组件。



热泵与意大利气候

气-水式空气源热泵的性能具有可变性：安装地点决定了不同的制热和制冷要求，并对效率产生积极或消极的影响。

气候也会影响能耗：较长的冬季寒冷气候导致供暖能耗增加。相反，温暖地区则会导致制冷能耗的增加。

意大利从北到南各地气候条件多种多样，可以分为六个不同的气候带：

- A: 炎热气候
- B: 较热气候
- C: 温暖气候
- D: 较冷气候
- E: 寒冷气候
- F: 极冷气候

不同的气候条件会影响一系列因素，进而在热泵系统设计中起着决定性作用



实际平均能效比(制热)

在偏冷气候区，由于设计室外温度非常低，在F气候区甚至达到-15°C，平均供暖性能较差。而同样的设备到了意大利南方设计温度明显要好3-5°C。



实际平均制冷能效比(EER)

与制热能效比相反，对制冷设备的能效有不利影响的是意大利南方等气候温暖的地区。



制热节能

寒冷气候需要耗电更多，因为每年的采暖时间更长，从而导致高能耗。与锅炉等传统系统相比，气-水式空气源热泵系统开启时间越长，节能效果越显著。



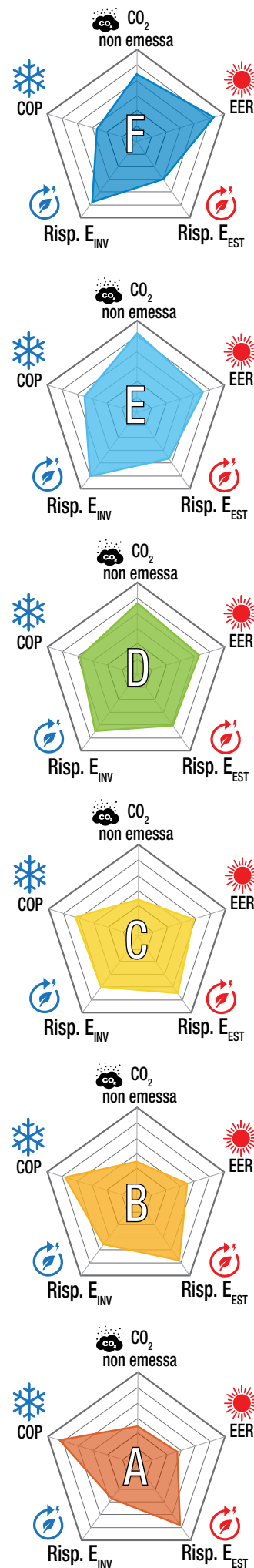
制冷节能

同样，与老式气-气式空调系统（几年前使用的典型住宅空调）相比，气-水式空气源热泵系统节能效果显著，尤其是天气较热地区在夏季连续使用时。



二氧化碳减排

排放到环境中的二氧化碳量与系统的使用（启动时间）及其效率本身直接相关。像二氧化碳等污染物聚集多发生在冬季系统完全运行时：因此，与锅炉系统相比，气-水式空气源热泵系统效率更高，排放明显减少。



雷达图（旁图）：不同气候区的气-水式空气源热泵的平均性能

制冷剂

近年来，随着对热泵的效率和环境影响方面出台的严苛限制，空调行业迎来了强力加速发展期。相关法规的出台促使制造商评估比目前市面上可持续性更强且性能更高的冷媒（制冷剂）。在住宅领域，传统制冷剂如R410A和R134a必将被R32气体（氟化物）或R290天然气（丙烷）等对环境影响小的新型制冷剂所取代。

迄今为止，没有禁止热泵使用R134a或R410A的明文规定。但是，从2025年1月1日起，将禁止在气体负荷3公斤以下的住宅分体空调中使用全球变暖潜能值(GWP) > 750的HFC制冷剂。

环境影响

为了评估各类温室气体对全球变暖的相关影响，通常使用全球变暖潜能值(GWP) (*1) 和臭氧消耗潜能值(ODP) (*2)。

第一台制冷机使用R717（氨）作为冷媒，后来由于其毒性和腐蚀性被弃，尽管它具有高效、零变暖潜值，而且因易获得而成本低廉。

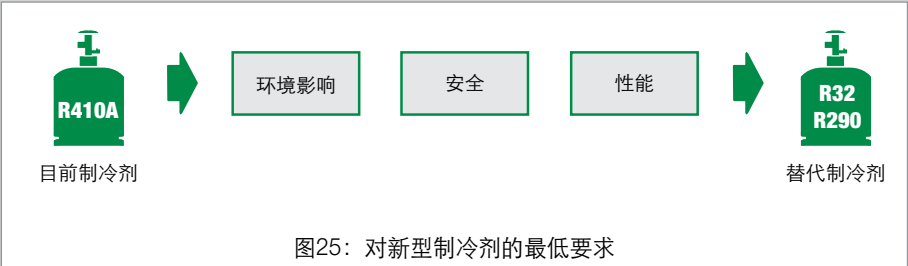
还有一种被称为R22的氢氯氟烃用了很多年，现在被禁止使用，因为它被认为会破坏大气臭氧层 (ODP>0)。

目前，市场上主要使用氢氟烃。不过，对新冷媒的探索仍然是开放的：目标是尽量减少对环境的影响和提高热力学性能。

欧盟法规 F-GAS 517/2014

旨在保护环境，强化有关减少氟化温室气体(F-gas)排放的具体规定。该法规对氟化制冷剂的使用做了限制：在某些产品/应用中禁止一些氢氟烃，引入国家配额制度，并要求定期监测气体泄漏。

国家配额代表二氧化碳当量（按全球变暖潜能值和制冷剂充注量的乘积计算），并衡量可能造成总的实际温室效应。根据欧洲氟化气体法规，这些配额要逐步减少。



制冷剂	密度 (25 °C kg/m³)	种类	全球变暖潜能值 (*1)	臭氧耗减潜能值 (*2)
R22	1191	HCFC	1810	0.05
R717	603	Naturelle	0	0
R134a	1202	HFC	1430	0
R410A	1061	HFC	2088	0
R32	961	HFC	675	0
R290	493	Naturelle	3	0

(*1) 全球变暖潜能值 (GWP) 评估指标是一个无量纲数，用于衡量制冷剂与参考物(CO₂)相比对温室效应的贡献。

(*2) 臭氧耗减潜能值ODP指标，定义一种物质与参考物(气体R11)相比对臭氧的破坏作用程度。

表 4：住宅类热泵的制冷剂气体特性

因此，以下几点至关重要：

- 全球变暖潜能(GWP)指数：
 - 全球变暖潜能值越低，国家可以使用的制冷剂数量就越大（国家配额）(图 26)。
 - 气体密度：密度越低，设备所需的制冷剂充注量就越少(表 4)。

安全

ISO 817:2014

根据安全等级对制冷剂气体进行分类(图 27)，用两个或三个字母和数字组成的简写表示。第一个字符表示毒性等级：

- 表示职业接触限值大于或等于400 ppm的制冷剂；
- 表示职业接触限值低于400 ppm的制冷剂。

第二个字符表示可燃性，以燃烧下限 (LFL)、燃烧过程中释放热量以及最大燃烧速度为依据。

住宅空调中使用的制冷剂的特点是毒性低。然而，许多替代制冷剂是易燃或可燃的，尤其是R290。因此，这种情况要求在设备安全方面投入更多。

另一个需要考虑的因素是环境中空气饱和危险。市场上有R410A本身等无毒但高惰性的气体。因此，有必要仔细评估设备制冷剂充注量与其所处环境中空气量之间的关系。

性能

在评估一种的新制冷剂时，除了环境 和安全影响因素外，还需要参考性能参数，评估其对设备性能的影响。

用于比较两种气体的参数无疑是制热能效比COP和制冷能效比EER，详见第19页。

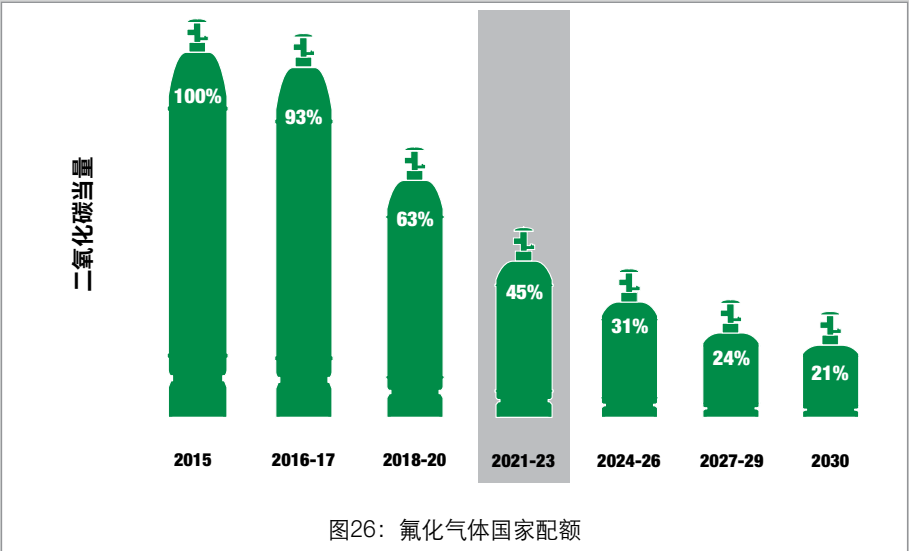


图26：氟化气体国家配额

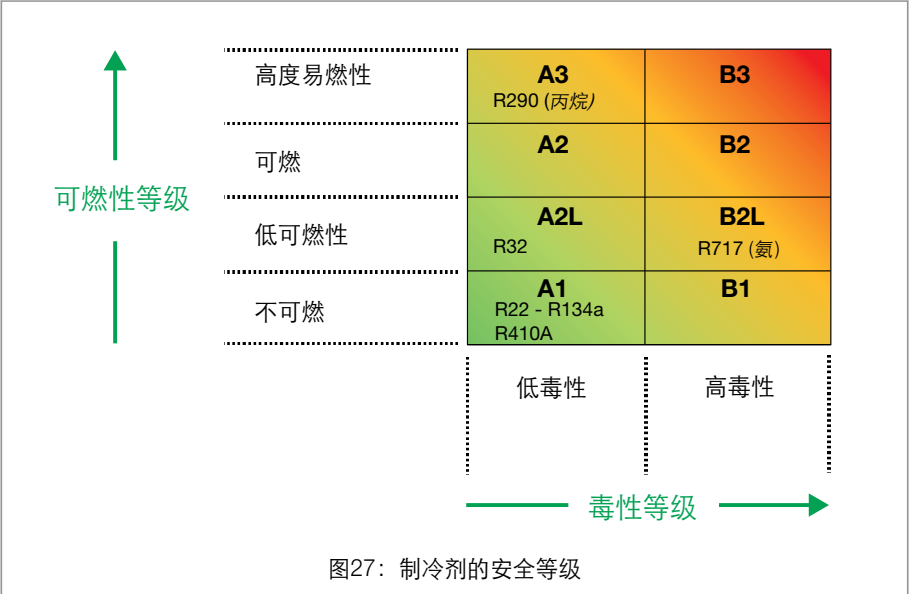


图27：制冷剂的安全等级

R32 VS R410A

使用R410A的传统热泵，在不利的 外部条件下，如果系统所需的水温低于40℃左右（地暖），则可保证与新型热泵相似的性能。相反，如果终端需要的供水温度较高，填充R32的热泵 的能效比更高。因此，如果在设备升级改造措施时希望保持既有散热元件，R32是绝佳替代方案。

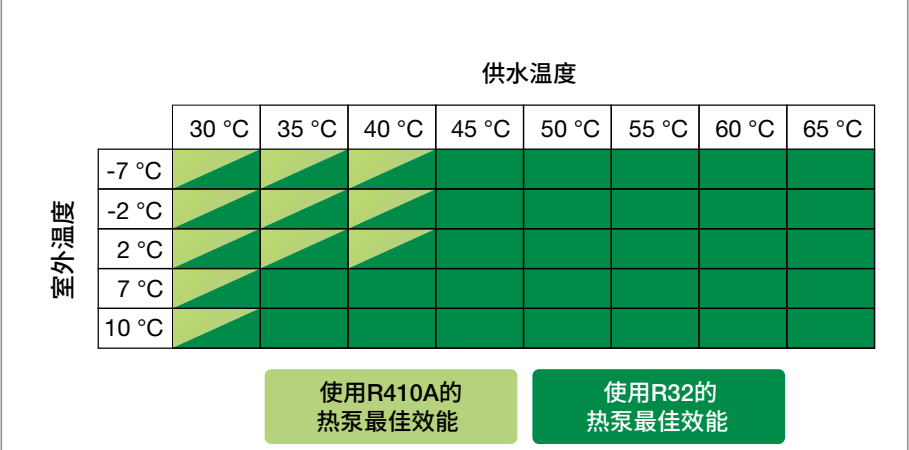


表5：R410A和R32气体的最佳能效比

气-水式空气源热泵系统

工程师 Mattia Tomasoni 和 Alessia Soldarini

设计选型

热泵的正确选型基于其输出的热功率。该功率不是恒定的，它同样取决于制约能效比的那些因素：

- 热源温度（供水温度）；
- 冷源温度（外界气温）；
- 除霜次数；
- 负荷系数。

在热泵设计选型时，上面最后两个参数的影响可以忽略，而假定都处在如下条件下：

1. 始终要考虑到除霜这一无法控制的现象，因为它仅取决于外部空气的温湿度条件；

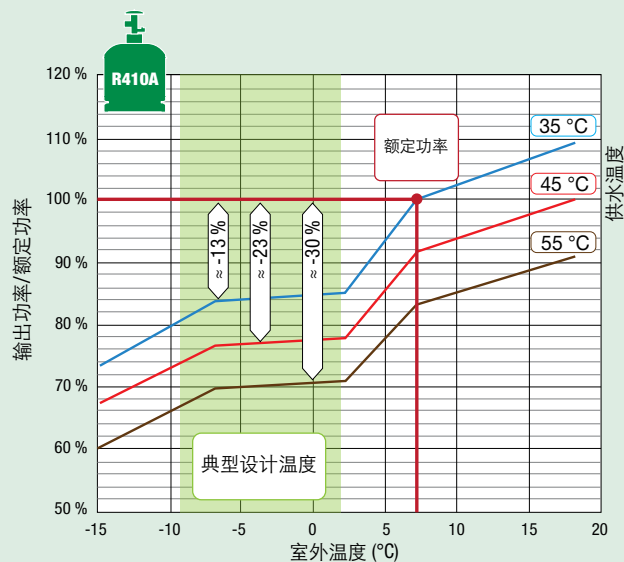
2. 假设负荷系数等于100%，因为设计的最大热负荷即是热泵的最大功率。

因此，根据输出功率随热源温度（系统供水温度）和冷源温度（外部空气）的变化，我们可以选择相匹配的热泵。

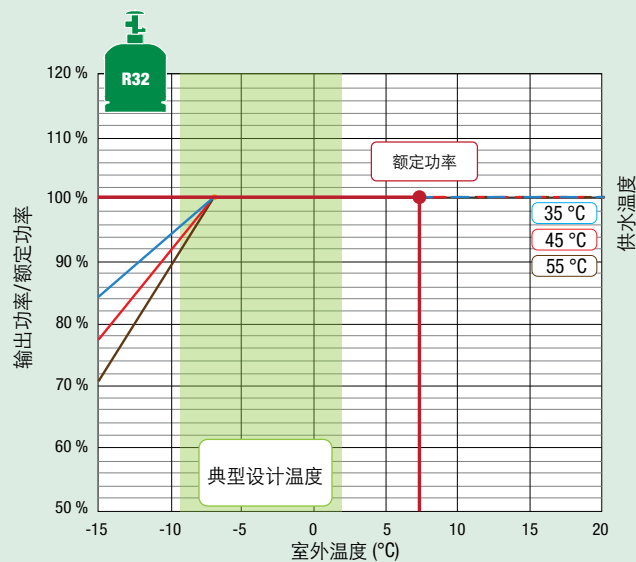
设计选型数据通常可在制造商以表格或图形方式提供的技术数据表中找到，每台设备均单独列出。不过，我们可以在图28中泛泛地总结一下气-水式空气源热泵的功率趋势。

第一张图是充注R410A制冷剂的热泵，而第二张图是充注R32制冷剂的热泵。

从图表中不难看出，技术数据中的额定功率，一般对应外部气温7°C和供水温度35°C（额定功率点：A7W35），这与设计要求的热泵输出功率可能会有较大区别。此外，从图表中可以看出，使用R410A制冷剂的热泵的输出功率比充注R32的热泵受外部温度和供水温度的影响要大得多，使用R32制冷剂的热泵其输出功率在-7°C以上是稳定的。



充注R410A气体的热泵输出功率在一定程度上受室外空气温度和供水温度的影响，功率降低15%到30%。因此与典型设计温度范围相符。



充注R32气体的热泵输出功率不受外部冷源温度和设备侧热源温度的影响。此类热泵产生的热能-7°C以上的空气温度下几乎保持恒定。

图28：充注R410A和R32制冷剂-水式热泵输出功率变化趋势

此外，在选择气-水式空气源热泵时，避免选型过度求大这一点非常重要，否则会带来消极影响，例如：

- 安装成本显著增加；
- 效率下降；
- 高耗电。

基于这样的原因，我们分析一下三种可能的热泵选型方法，介绍它们的优势、可能的风险和降低风险的策略。

根据设计数据选型

根据建筑物的设计条件所需热功率来选择热泵。

首先需要分析热泵的功率曲线（来自制造商提供的表格或图表）并选择功率大于或等于设计要求的热泵。

这样的选型方法最为保守，可能会导致热泵选型过大，在商业用途上尤为突出。

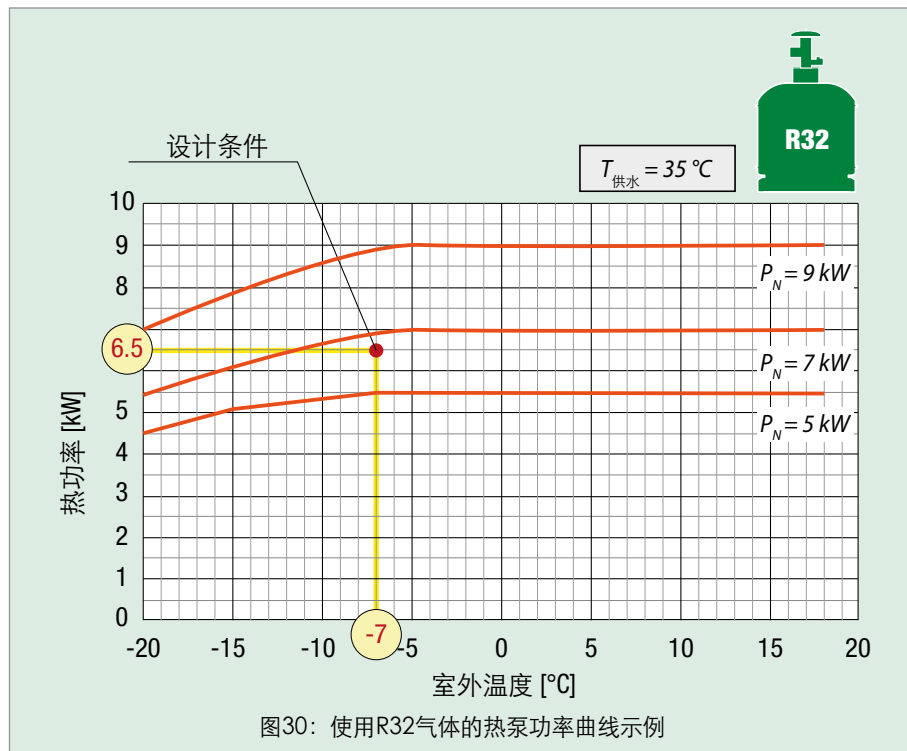
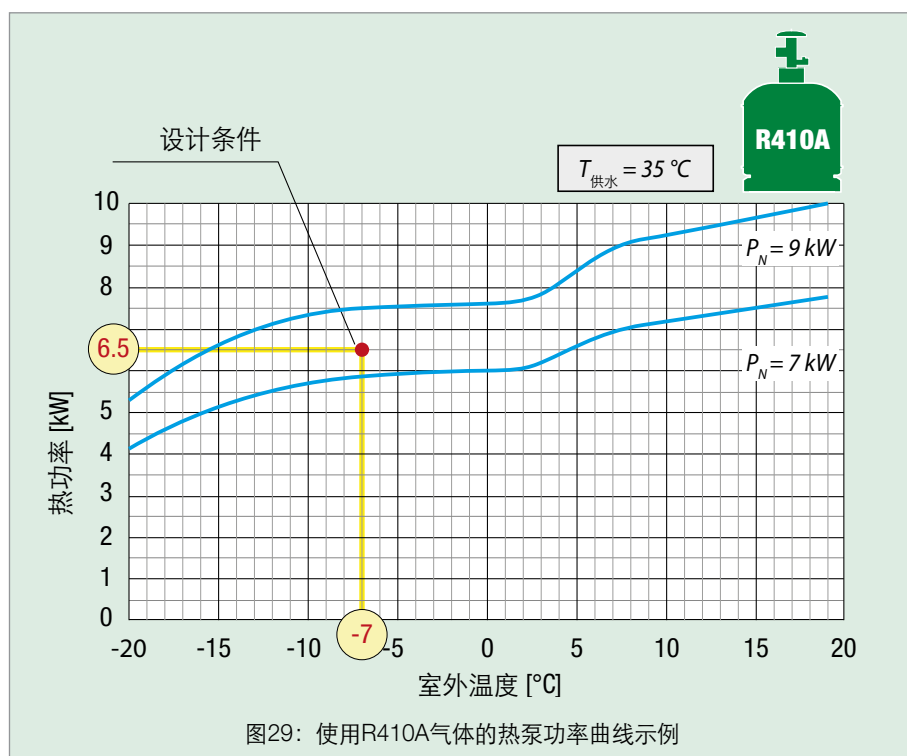
以使用**R410A**（图 29）的热泵的功率曲线和下面的建筑设计数据为例：

- 所需热功率 = 6.5 kW
- 室外温度 = -7 °C

得出可以选择额定功率为9 kW的热泵。而实际上，额定功率为7 kW的热泵设计选型有点低。

与相同设计数据匹配，如果使用R32制冷剂的热泵（图 30），可以选择额定功率为7 kW的热泵，规格比使用 R410A制冷剂的热泵低。

家用规格的热泵从一个功率过渡到另一功率会对其耗电量和电气系统的成本产生很大影响（参见第48页“单相还是三相系统？”）。如果设计条件正处于两个不同功率大小的中



间位（如图29中），建议评估不同的选型方法，考虑建筑物的实际功率曲线或热容量。

根据所需的实际功率曲线选型

在住宅的实际耗热中，有一部分能量不是由供暖系统提供的，而是来自家电和照明的正常使用、居住成员以及阳光照射。这些免费的热负荷解释了图31中实际功率曲线与建筑物所需的理论功率曲线之间的差异。

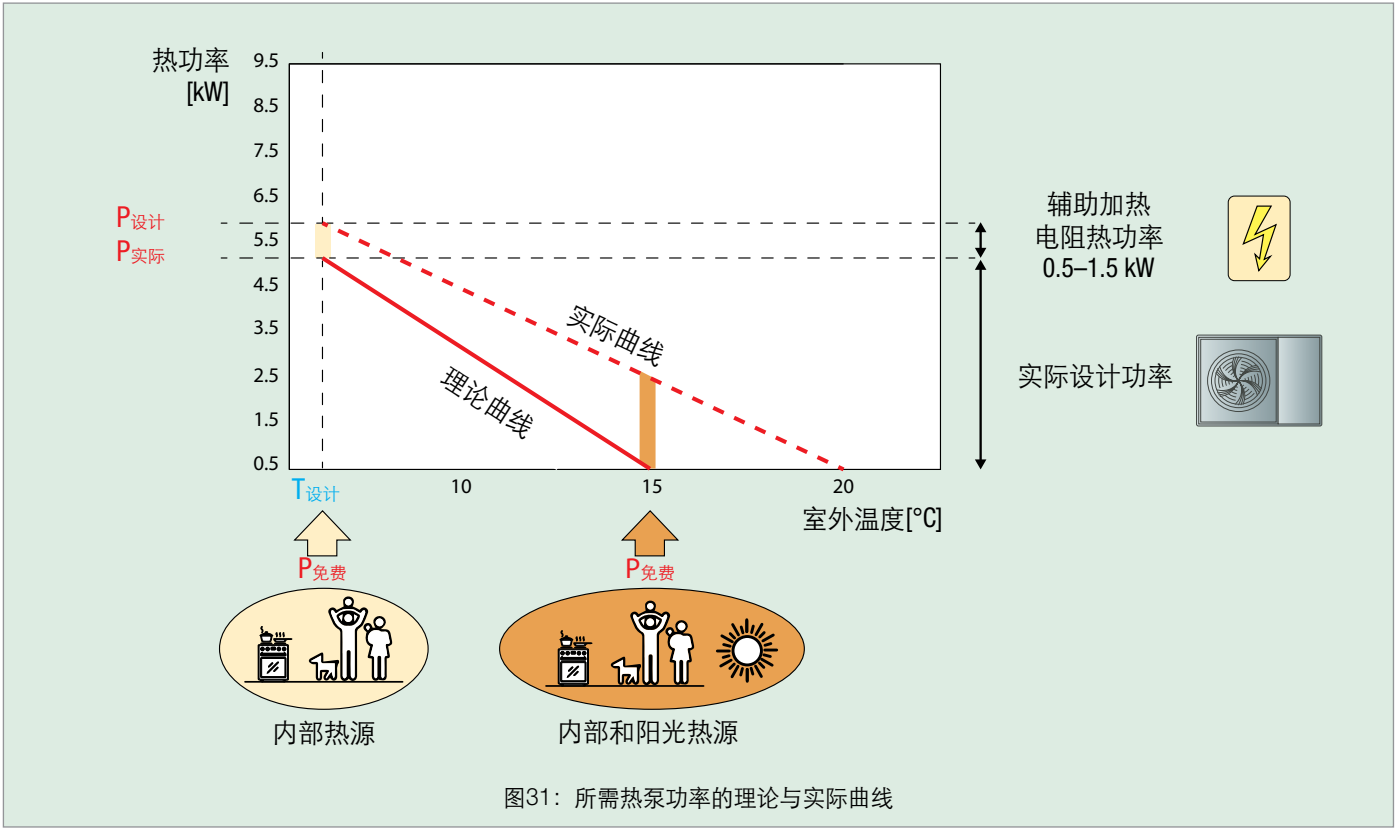
在设计条件下，免费热源的贡献非常有限（主要是因为与阳光照射有关的部分大幅减少），不过评估范围在0.5至1.5kW内。如果把免费热源考虑在内，可以根据实际热功率（PREALE）选型，即设计功率（PPROGETTO）减去届时条件下的免费热

源（PGRATUITA）。

实际设计功率
$P_{PREALE} = P_{PROGETTO} - P_{GRATUITA}$
公式6

此类选型中，最好有一个辅助电加热：在没有免费热能（内部热源）的情况下，可以通过打开电加热来补充热泵功率。如果用的很少，这种以备不时之需的技巧不会影响电气系统。因此，重要的是不要对免费能源的贡献寄予过高期望，要尽量限制紧急电加热的干预，因为干预的能源

成本高(COP = 1)，对供暖系统的整体性能有不利影响。



考虑热容量的设计选型

这种方法比以前的更先进，它是基于这样的观念：现代或最近翻新住宅热惰性高，因为屋顶和墙体的保温措施更好，室内热量散发更慢。

建筑结构的热惰性跟电池效果类似：在较热时段里，建筑内会将系统提供的热量积蓄起来，然后在较冷时段里释放出来。通过这种方式可减少热泵所需最大功率而获得一种功率峰值阻尼效应。

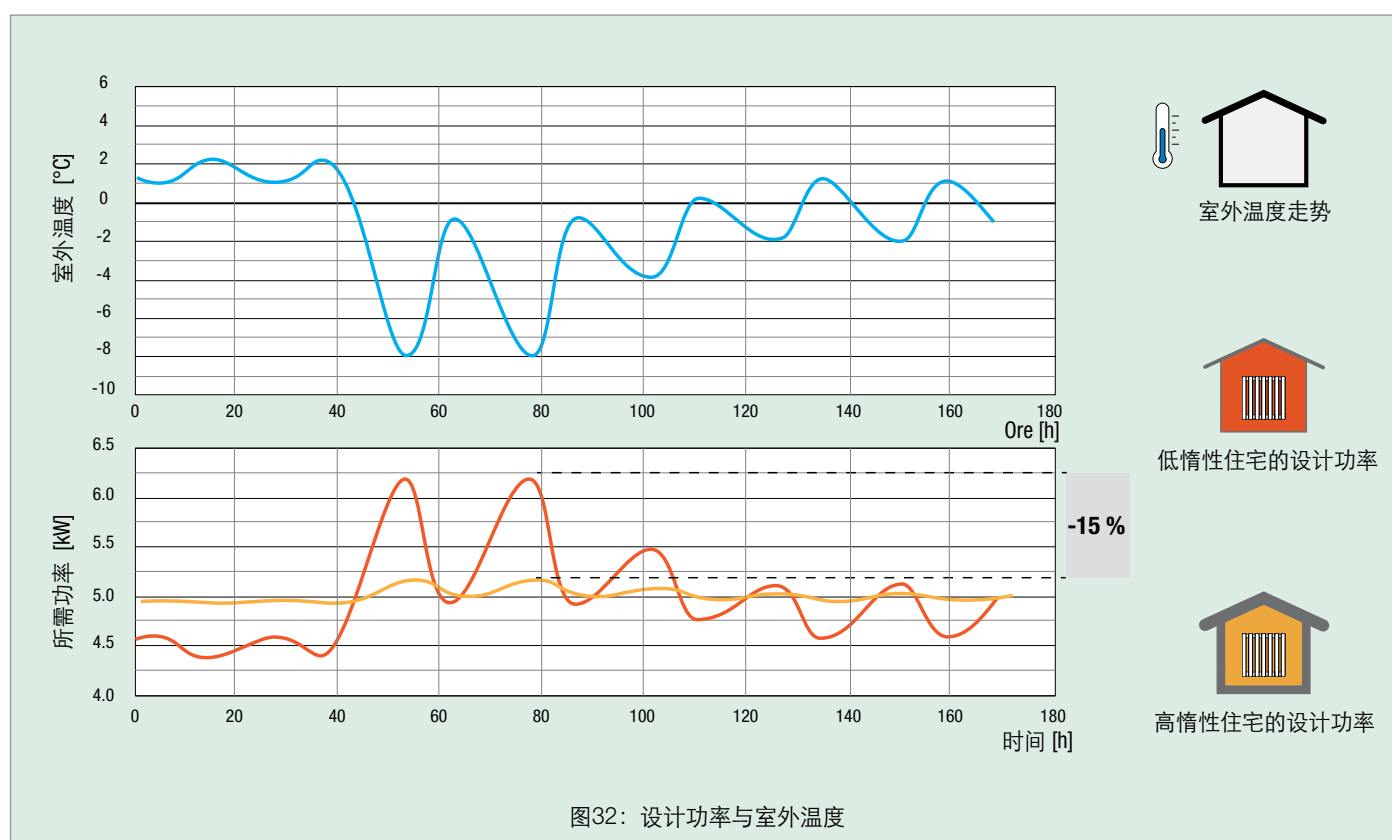
图32说明了典型的热惰性效应，模拟了一周内所需功率的趋势，室外温度与设计温度(最低-7°C)相当。

曲线显示出住宅内温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 所需功率趋势，分别对比低热惰性住宅和高热惰性住宅。可以看到，低热惰性住宅（仅需要6.5 kW功率）的热泵所需的峰值功率与设计相当；而在具有高热惰性住宅中，热泵所需功率减少了15%。

根据围护结构热容量设计选型是动态的，须借助适当计算软件，考虑到建筑围护结构随着室外温度和其供暖系统变化时的表现。

这种选型方法主要用于优化高效住宅中的系统计算。对于持续供

暖的系统，这种方法很有效。事实上，如果系统在夜间关闭（例如办公楼），建筑物本身热惰性功率峰值阻尼效应会显著降低。



运行参数

除了热源，系统中所有元件都需要正确地选型。因此，了解和评估诸如流量和供水温度等主要运行参数非常重要。

流量

额定流量通常是指蒸发器进出口之间平均温差约5℃时的流量。

最大允许流量是最小温差约3℃时的流量，而最小流量对应的则是最大温差约8℃时的流量。

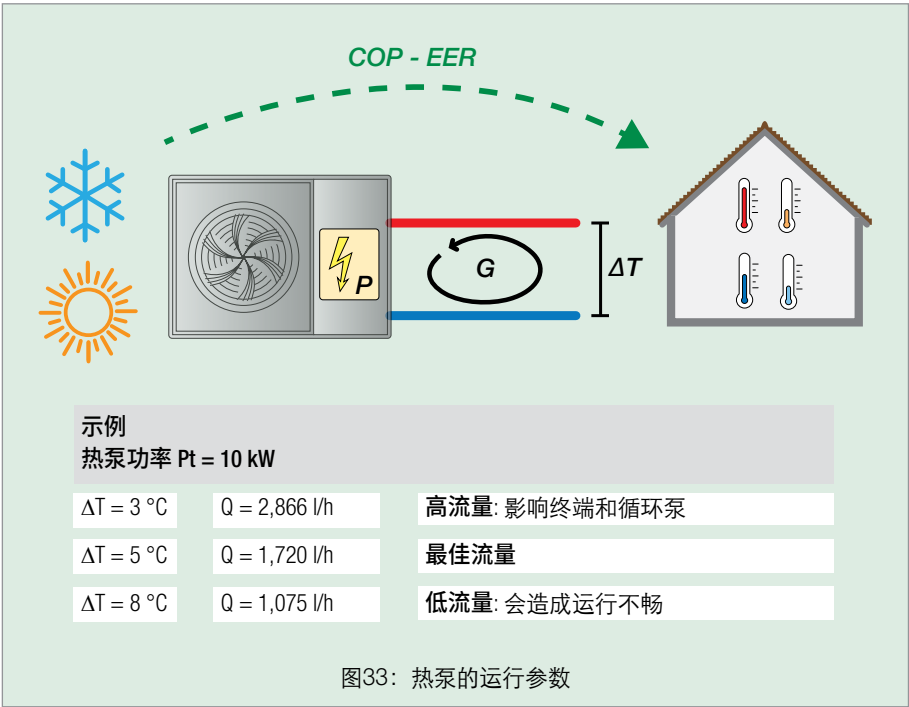
如果流量不足(低于最小流量)，蒸发温度过低，这种情况会导致安全装置的干预和热泵停机，蒸发器可能会结冰，从而导致制冷回路出现严重故障。

水流开关可以验证系统内最小循环流量：当低于制造商所示限制时，装置会向设备发出警报，停止运行以避免可能的损坏。

运行温度

在供暖模式下，热泵的最佳运行温度通常在**35℃**(系统侧)生活热水的供应则则在**50到60℃**。需要随时考虑的是热泵效率，所需温度越高，其能效比越低。

因此，必须在设备热水生产温度(应尽可能低)和终端所需供水温度(应尽可能高)之间找到折衷方案。有时有必要设计更大的散热系统，以便其以低于额定供水温度运行。要综合考虑的是在增加的额外成本、制热效率和与最高运行温度方面的物理限制之间找到折衷方案。



此外，虽然可以降低技术用水的生产温度，来提高设备性能，但要同时考虑到使用低于标准温度的末端可能带来的舒适度损失。例如对于风机盘管，建议在输送温度高于40℃情况下工作，以免影响舒适度：否则，人的皮肤会有冷感(人体温度约在36℃)。

在制冷模式下，通常产生的冷水最低温度为**7℃**。但是，在某些特殊的系统内，产生的技术用水还可以达到5℃。

夏季，制冷产生的冷水温度越低，设备制冷效率 (EER) 就越低，与冬季情况类似。制造商对设备有可以达到的物理温度上的限制，这是为了避免制冷装置的交换器结冰。通过将乙二醇与水混合来，改变流体的热性能，就可以克服这一障碍。而把制冷系统与除湿机结合使用，比如辐射制冷系统，可以使供水温度提高到**15-18℃**。

除霜循环

在气-水式热泵中，特定运行条件下，蒸发器中的制冷剂气体比外部空气低10-15°C。当设备在制热模式下运行时，蒸发器从空气中吸取热量，当温度降至露点以下时，与盘管接触的潮湿空气会发生冷凝。

温度在 -5 °C和+7 °C之间会出现冷凝霜：这种现象会显著减少通过设备换热单元的空气流量，从而导致运行受限。随着设备继续运行，热泵性能显著降低，但耗电却没有降低。

此外，空气湿度越大，结霜越多。

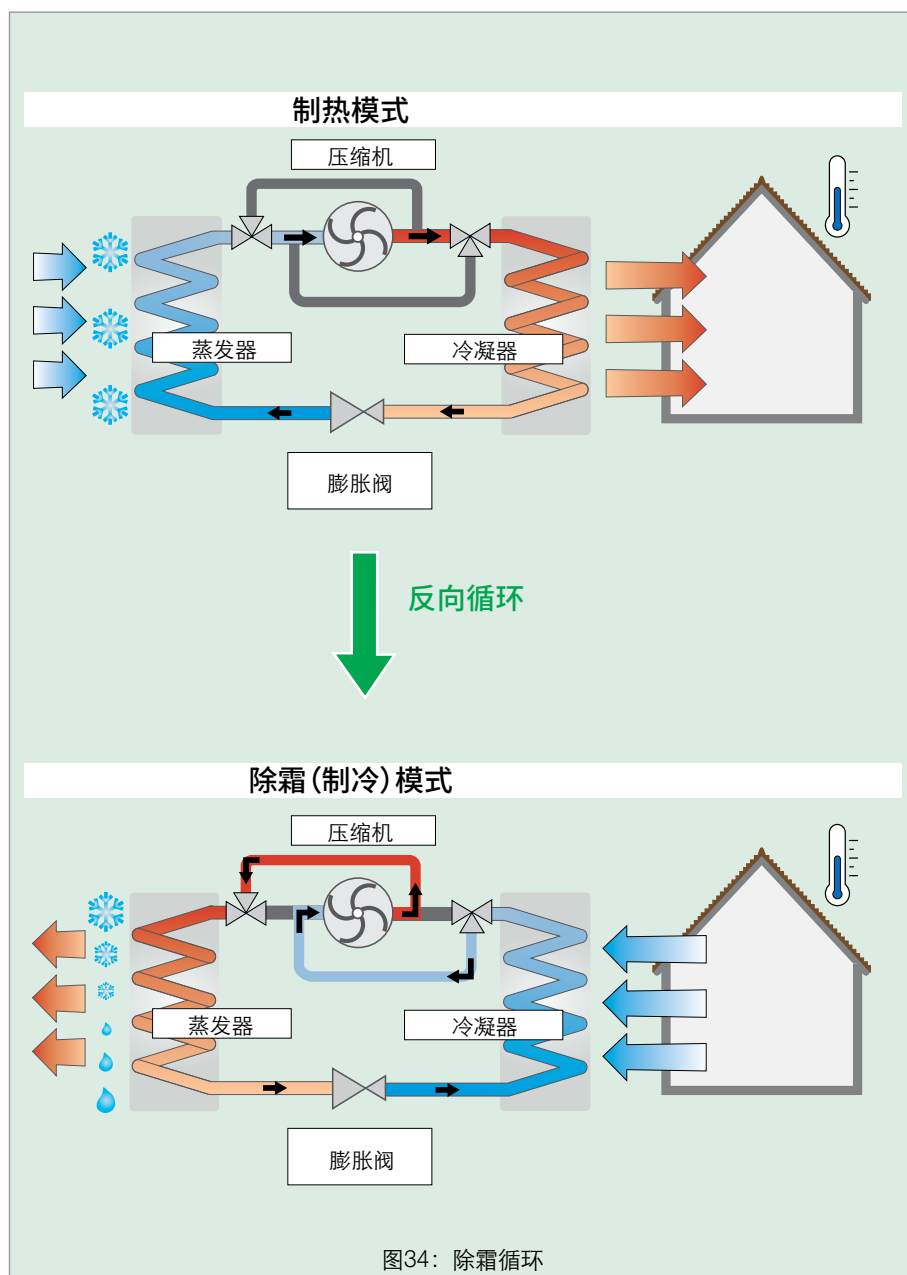
要使热泵继续高效运行，必须定期除霜。在除霜过程中，制冷剂循环通过四通换向阀暂时逆转，让热泵从制热模式切换到制冷模式。暂时将系统水的热量引导至蒸发器（与外部空气换热单元）。因此，在除霜期间，必须保证热泵在系统一定水容量下的最小流量。这些参数始终由制造商提供。

要开启除霜，热泵会通过以下方式自动检测室外单元的冻结状态：

1. 计时器，根据传感器测量的外部温度，以固定的时间间隔逆向循环。
2. 更精细的控制系统，监控外部空气流量和温度以及蒸发器的精确状态（冷冻状态）。

第二种方法最有效，因为它避免了不必要的除霜。但是，一些制造商更喜欢前者，因为它实施起来更简单且成本更低。

除霜时，化霜产生的水从室外机底部排水管排出；因此，最好通过排水和集水系统来防止冻结。可以用带



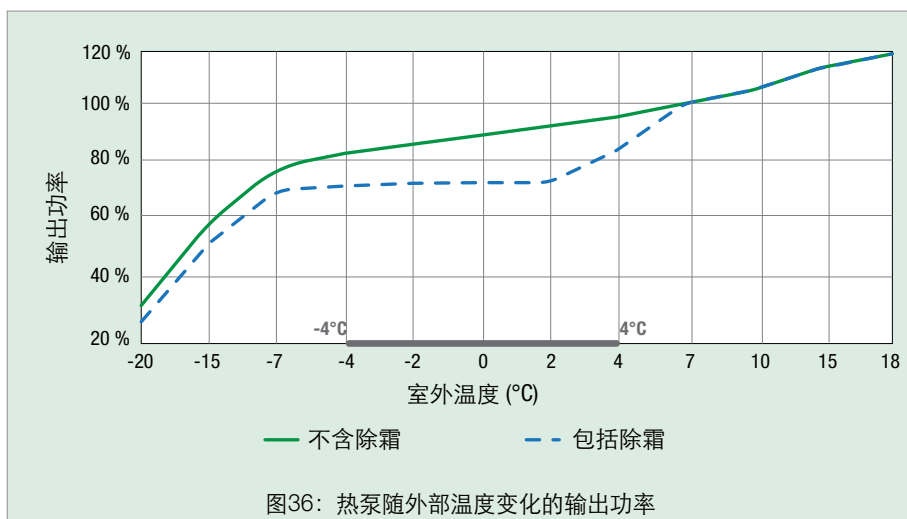
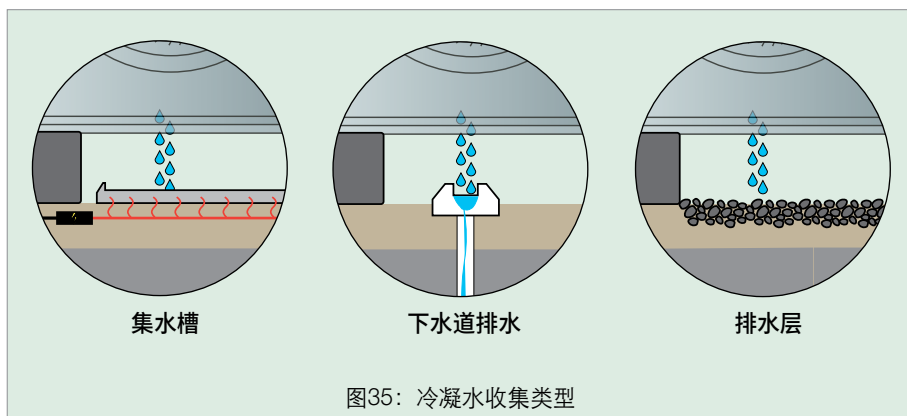
电加热的收集盘，或将排水管直接排入下水道。最后还可以通过一层砾石排水，地面与设备之间保持最小距离（图35）。

除霜会对热泵性能带来不利影响，因为冷媒循环部分功率用于外部单元除霜，而不是传输到流体中。事实上，与额定性能相比，除霜过程会导致：

1. 能效比降低；
2. 热功率下降。

外部单元结冰条件（外部温度低和绝对湿度高）出现越频繁，这两种现象就越明显。令这两个因素雪上加霜的最糟糕组合在 -4°C 和 $+4^{\circ}\text{C}$ 温度范围内。

除霜现象也属无奈，因为它仅取决于外部空气的温湿度条件。但是，在热泵的选择和选型时应考虑到这一点，特别是当外部空气的设计温度恰好处于受这种现象影响最大的范围内时。为此，制造商在技术资料中给出了包括除霜循环的热泵性能图表。



除霜循环的热能从何而来？

除霜循环需要一定热能，根据不同的系统，热能可以来自用户供热回路或缓冲罐。

高惰性系统

如果系统具备足够热惰性，可以暂时冷却管道中的水，保持设备良好运行而不会降低用户的舒适度（图37）。

设计上需要让一部分供热系统回路始终处于运行状态。例如，在小型住所如两居室，最好通过开关热泵直接调节系统，而无需在设备和散热终端之间有任何调节或截止装置（如地板辐射回路的热电阀控制）。

低惰性系统

在低热惰性系统（例如风机盘管系统）或可用流量低于制造商要求的最小流量时，必须将一次系统（热泵的）通过旁通阀或水力分压器（图37）与二次系统（用户供暖回路）分离开来。

如果使用的是旁通阀，则必须主回路的回水上加一个缓冲罐。也可以连接缓冲罐作为水力分压器。后一种方案在利用储热除霜模式下可以保证环境连续供热。

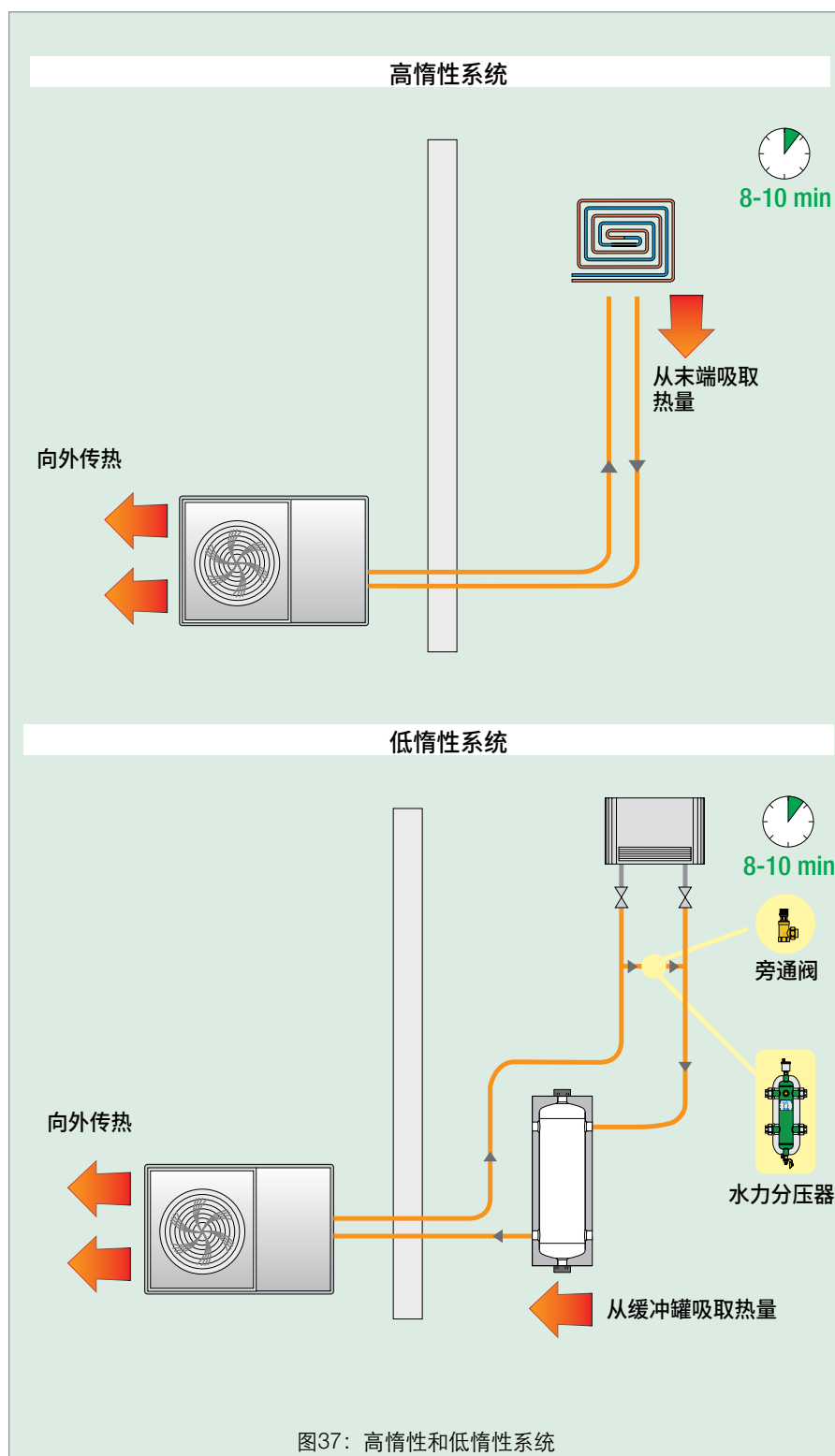


图37：高惰性和低惰性系统

热泵通常没有足够的功率实现即热式生活热水。因此，必须通过储热形式生产热水。由于物理限制以及避免热泵效率过低，热泵在卫浴热水生产过程中的供水温度不能太高，这在设计时都必须给予特别注意。与锅炉相比，热泵配备的储热水箱容量更大且换热面积更大。它还必须能够满足高峰段生活热水的全部需求，因为热泵可用功率有限，储水罐再次储热需要更长时间。

储水量要充足，储水温度在45°C和50°C之间。需要注意的是，热泵所需温度每增加一度，效率就会降低约3%。

相对于锅炉配套的换热器，热泵换热器的设计选型规格要大，以限制卫浴热水温度与热泵出水温度间的差异。规格偏小的换热器会导致储热水箱加载时间过长，供暖停止时间更长。

储热水箱保温要好，尽可能减少热损失以确保大幅节省运营成本。

通常，储热水箱采用面积较大的换热盘管，热泵的一次热量通过盘管将储热水箱加热到舒适温度，或者使用辅助电加热达到更高温度。储热水箱可以是外置的，也可以集成在热泵模块上。

还有一些型号的热泵，为了进一步优化热交换，使用了技术储水和外部板式换热器来生产即热式生活热水。热量不储存在生活水系统中，而是储存在技术用水水箱中，温度分层保证了卫浴热水的生产。使用这种解决方案，卫生用水通过不锈钢板换即时加热，保障了用水卫生无污染。

卫浴热水生产通过一个三通阀将水从系统中分流。三通阀由热泵控制，因为设备除了操作分流外，必须提高输送温度而且，如果它正在制冷状态就要逆向循环。当卫浴热水的生产由外部储热水箱控制时，分流可以通过设备内部或外部的三通阀（图 38）。无论如何，分流阀都由热泵电子设备控制，通过合适的温感检测水箱温度。

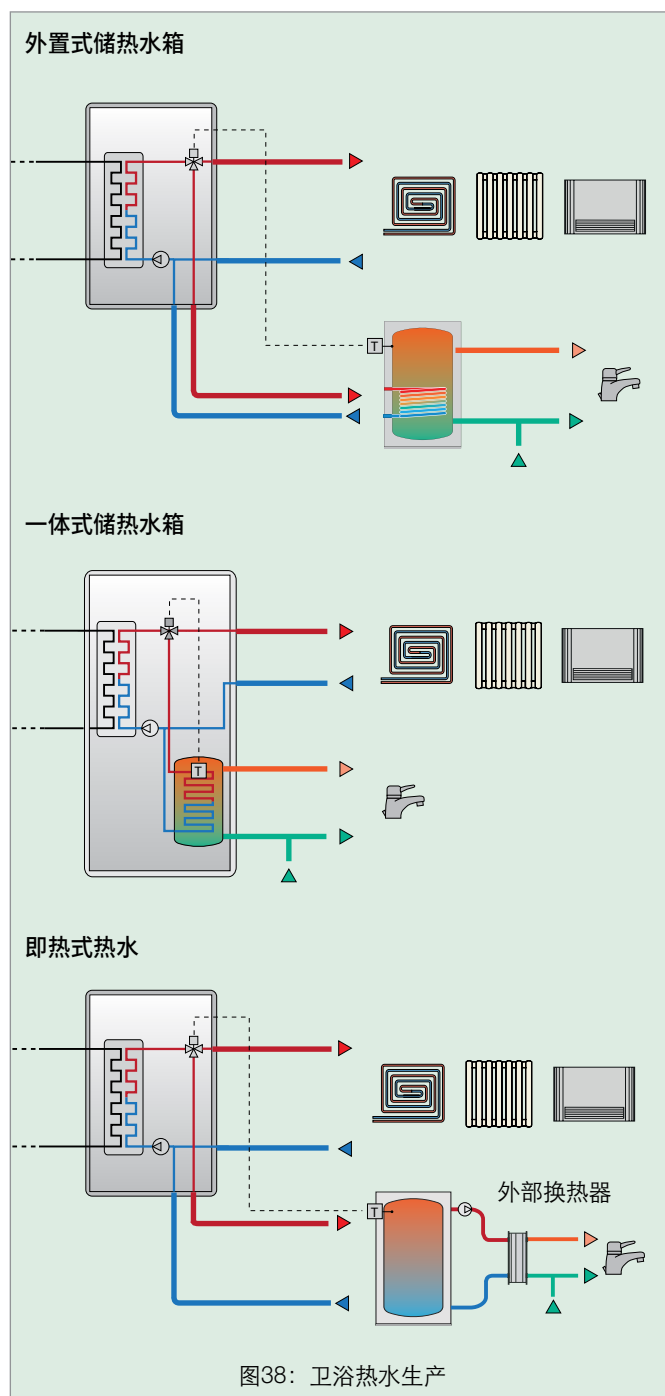
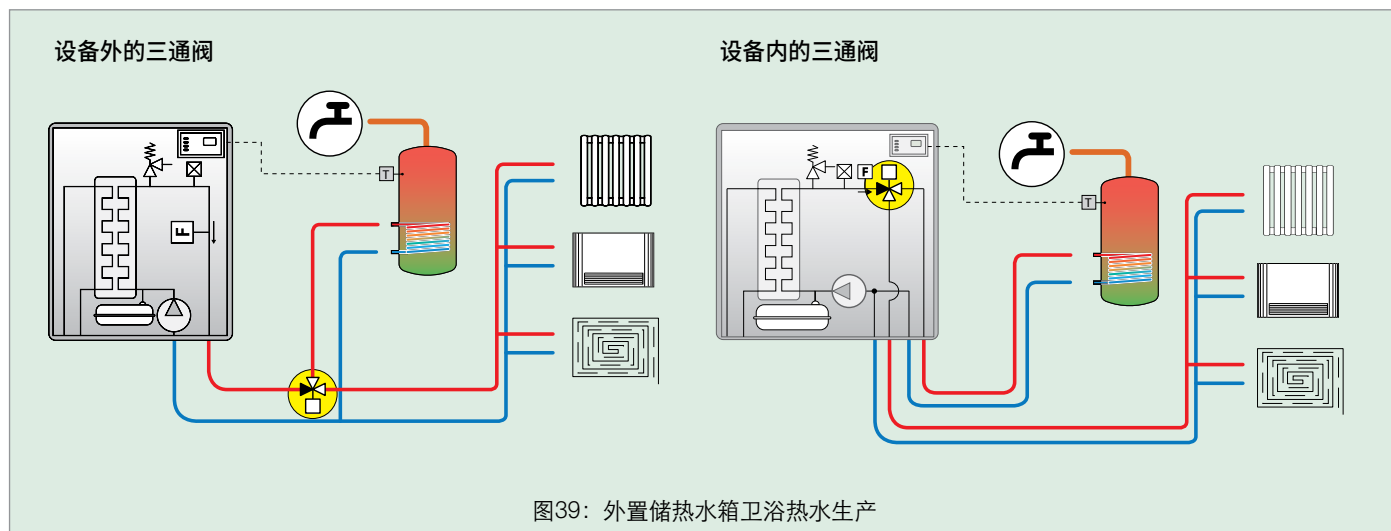


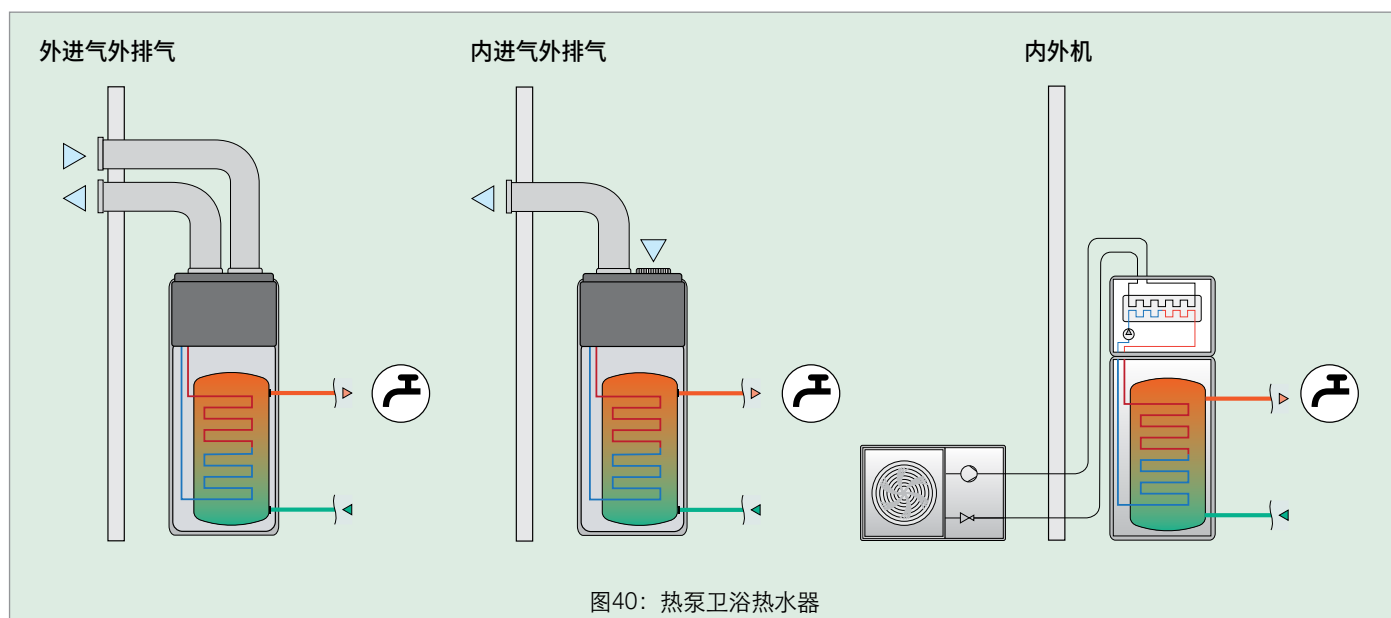
图38：卫浴热水生产

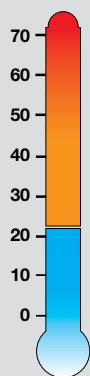


最后，在某些应用中，将生活热水的生产与供暖分离更加合适。这种情况可能发生在：翻新改造中，原来就有集中或独立的生活热水供水系统，或热泵没有热水功能（例如气-气式）。在这些情况下，可以考虑气-水式热泵热水器。

热泵热水器通过两个通往外部的管道（进气和排气）工作，或者从环境空气中吸气，然后通过管道排到外部。还有一些型号配备有内外机（两部分）。

气-水式热泵热水器虽然采购成本较高，但可以避免热泵在制冷功能时由冷转热，从而提高设备性能。





深入分析：热泵系统中的军团菌保护

军团菌大约在20至45°C的水中生存和繁殖。水温低于20°C时它不活跃，水温高于50°C时没有滋生军团菌的危险，实际上它会在几个小时内消失。高于60°C时军团菌会在两分钟内死亡，而高于70°C时则瞬间死亡。

在标准运行状态下，热泵可产生高达约55°C的热水。这时可以利用合适功率的辅助电加热进行杀菌保护（图A）。热泵将储水水箱加热到设定温度，然后，辅助电加热开启以达到灭菌温度。特别要注意灭菌温度的选择和设定灭菌的最短时间，以灭活水中可能存在的细菌。

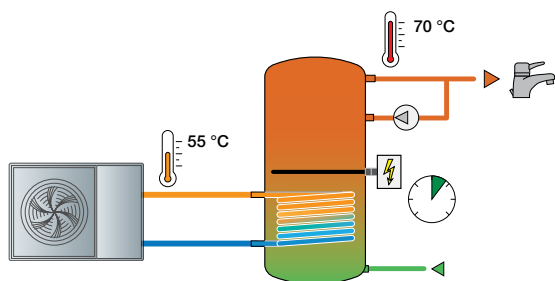
只有少数热泵可以产生高达70°C的高温热水。这样的温度下，可以对热水水箱定期杀菌（图B）。无论如何，这种工作条件下，热泵效率都会大打折扣。

不论储热水箱，还是供水管网（特别庞大），图A和图B系统中的热水循环系统都少不了热力杀菌。

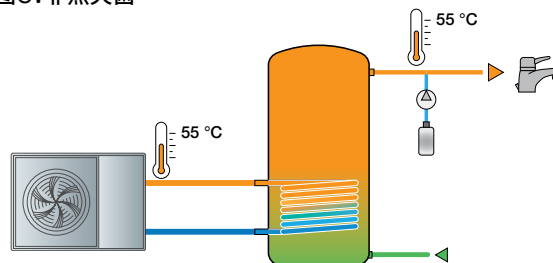
作为热处理的替代方案，可以使用非热灭菌系统（图C）进行灭军团菌处理，例如使用紫外线处理、微过滤器以及二氧化氯或过氧化氢处理。

通过储存技术用水和外部换热器（图D）产生热水，且管网分布不大的情况下，这属于唯一不需要做军团菌防护的系统。

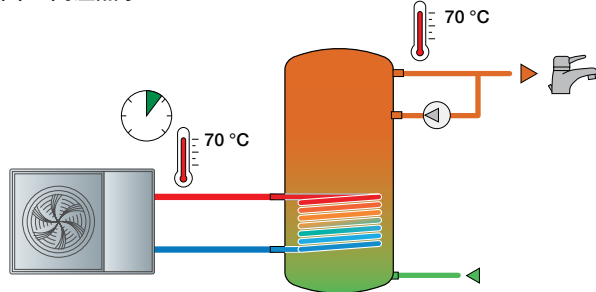
图A:辅助电加热



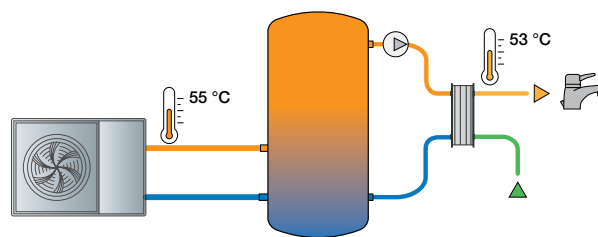
图C:非热灭菌



图B:高温热泵



图D:外部换热器



热泵系统元件

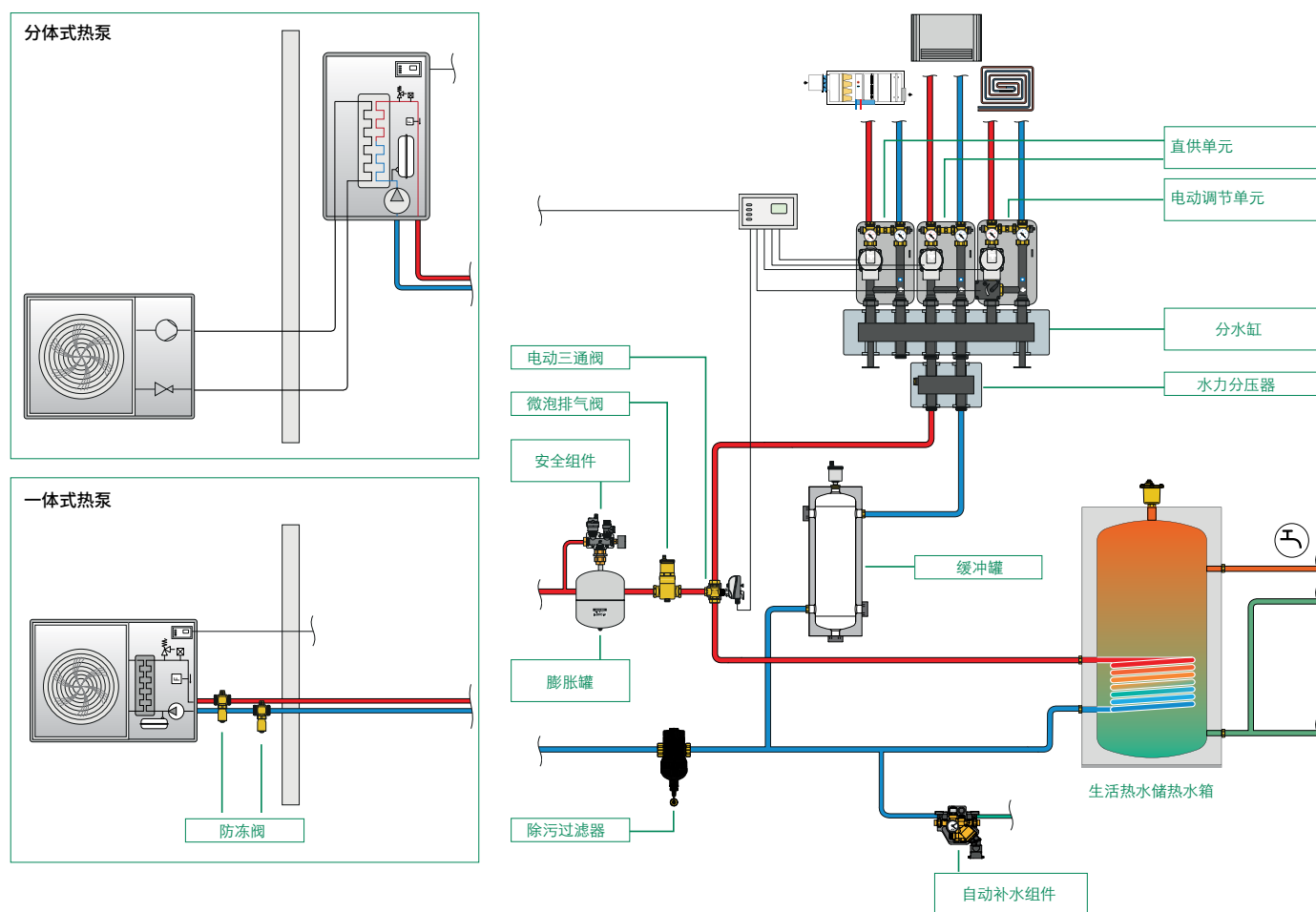


图41：热泵系统典型图示

散热末端

热泵供暖系统中需要确定散热末端（散热体）的规格，以便使供水温度尽量低。最简单的选择是辐射供暖，无论是地板式还是顶棚式。风机盘管系统不太适用于热泵，因为在季节中期由于皮肤的空气冷感，所以无法降低供水温度。

热泵市场新标准下，有的热泵供水温度可达60-65°C，即使外部温度低至-20°C，也无需电加热辅助。这使得降低能源成本和末端使用散热器（通常为既存系统）成为可能。

气-水式热泵制冷状态的水温能满

足制冷系统的常规需求。热泵相连的制冷循环系统在设计选择上没有特别限制。

低温散热器

只能用于制热，并且设计选型要合适。在完全翻新系统（更换散热器）中，设计要考虑供水温度，以计算新散热器所需的散热面积。

如果翻新改造只涉及热源（用热泵替换锅炉），必须检查现有散热器在新供水温度下所能输出的功率。

我们用下面的数据举例：

- 房间热负荷 = 700 W
- 供水温度 = 70°C

- 铝制散热器单片功率 = 150 W（EN 442标准）

散热器片数的计算为房间热负荷与单片热功率的比值：

$$700 / 150 = 5 \text{ 片。}$$

如果散热器供水温度只到40°C，而不是70°C，那么热效率就很低（每片约85 W）。散热器总效率428 W（85 W × 5片），而非设计要求的700 W。

为了满足所需的热负荷，可以有两种不同的操作方式：

1. 增加散热器片数直至达标（如果散热器规格允许）；
2. 对同样结构热损失采取措施以降低需求。

实际上，在更换热源时通常还会进行房屋保温处理，加隔热层，底层架空，房间和屋顶保温以及更换门窗等。只有通过这些改造，才能使现有的散热器系统在热泵供暖时良好运行。

辐射系统

辐射系统，无论是顶棚采暖还是地板采暖，都可以与热泵完美结合，能够让系统尽可能地经济、高效运行。辐射系统散热面积大，表面温度（即热泵供水温度）比散热器表面低，同

时又保证了极佳的舒适度。

供暖时，供水温度在35到40°C之间，有时也可以通过增密管间距或使用薄型地暖力争做到更低供水温度。只有建筑物保温良好，供水温度才可以保持较低，因为散热系统的散热功率与其结构层的表面有关。

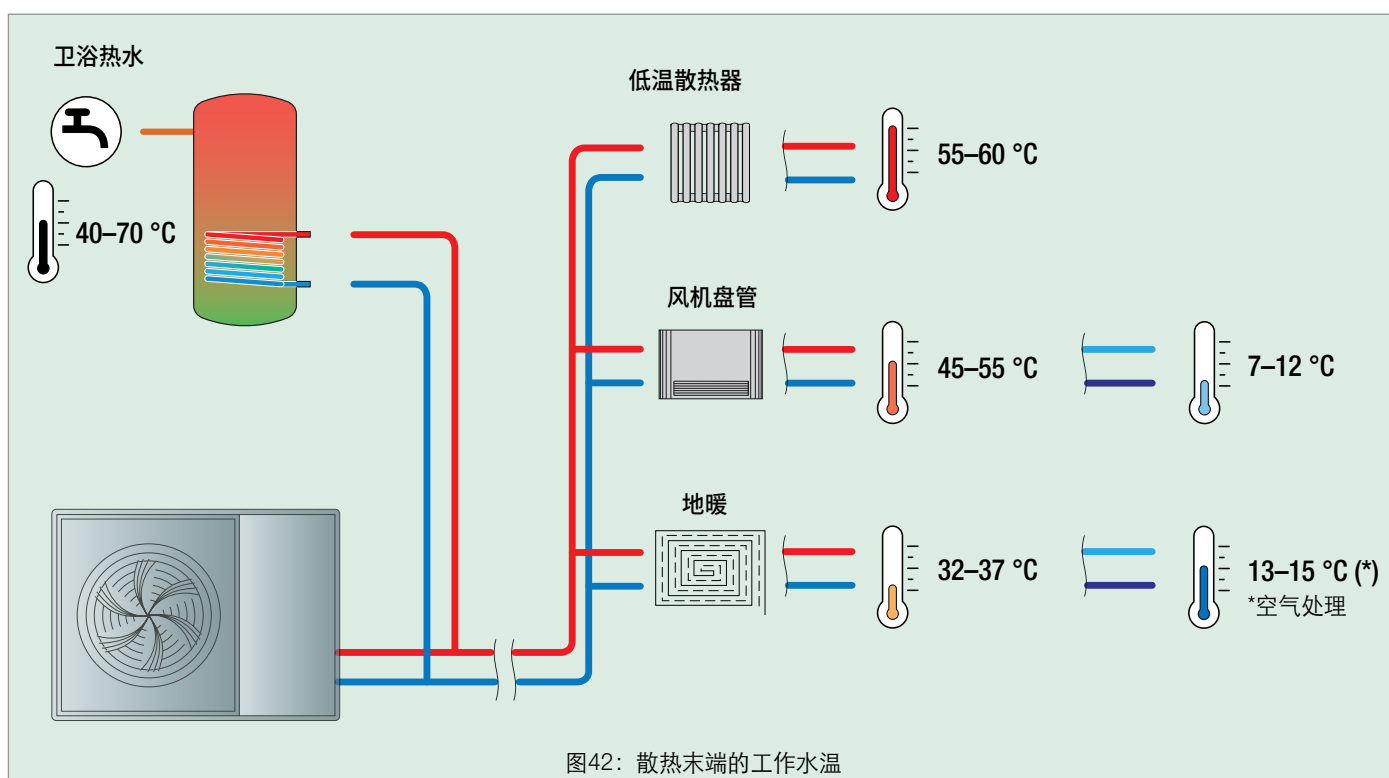
制冷时，可以生产温度接近二次系统所需温度的冷水。辐射式制冷与相应的除湿系统结合，可以在末端保持较高的供水温度（13/15°C，而传统系统为7/9°C）。这样，制冷循环效率更高。不过辐射制冷系统也有局限，如低热功率、高惰性和除湿系统成本高，往往使其不具备成本优势。

风机盘管

风机盘管有采暖和制冷双重功能，因此可以与热泵完美结合。但是在采

暖时，供水温度为65°C的老旧型号无法与热泵结合使用，而目前那些供水温度在45到55°C之间的型号会影响设备的性能，尤其是在季节中期时。

制冷时，利用同一温度的低温水制冷和除湿。风机盘管配备了一个专用收集盘，在除湿过程中收集冷凝水。通常供水温度在7°C；在一定限度内可以提高水温（达到露点温度），以确保环境的适当除湿。



水力分压器

在有二次泵的系统中，建议通过水力分压器将一次回路与二次回路分开。由真正的水力分压器（体积小）或作为水力分压器安装的热力储水箱构成。两者都能够将两个回路（一次和二次）实现水力均压，因为其共用区域压损可忽略不计。它们的功能是防止由于循环泵的流量和扬程的变化而在同一回路之间相互干扰。

选择水力分压器类型主要根据系统的最大流量影响。而在以下情况下需要安装热力缓冲罐而不是简单的水力分压器：

- 为了确保最低水量（主要为风机盘管和散热器组成的系统）；
- 增加系统的热惰性，便于更好地调节控制；
- 当要求与热泵并行安装替代热源时（例如木质燃料炉）；

在有水力分压器或热力缓冲罐时，必须正确平衡两个回路（一次和二次）的流量。

水力分压器的设计选型

如果 $G_{\text{一次流量}} = G_{\text{二次流量}}$ ，那么一次和二次的供水温度相等。

如果 $G_{\text{一次流量}} < G_{\text{二次流量}}$ ，二次供水温度低于一次供水温度。在热泵系统中，可能无法确保末端的正确温度。

如果 $G_{\text{一次流量}} > G_{\text{二次流量}}$ ，一次回路的回水温度（即回流到热泵）高于二次回路温度。而输送到二次（输送到末端）的温度保持不变。这是热泵系统运行的典型情况，需要保持整个运行流量稳定，而且温差要明确。

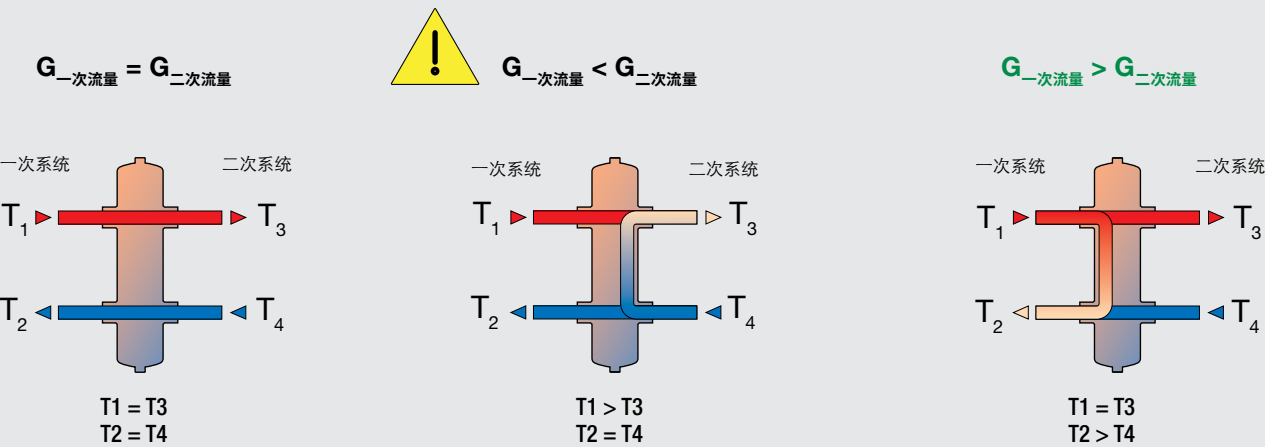
水力分压器的选型是根据入口最大流量来确定的。所选的值要取一次流量 (G_{PRIM}) 和二次流量之和 (G_{SEC}) 之间的较大值。水力分压会让供水短循环并提高一次

回路的回水温度。在热泵系统中，这会使得设备循环周期变短，从而降低性能。因此，必须控制一次流量，它最多只能比二次流量多30%。

尺寸	流量 [m³/h]
1"	2.5
1 1/4"	4.0
1 1/2"	6.0
2"	8.5

表4：水力分压器入口的最大流量

尺寸	流量 [m³/h]
DN 50	9
DN 65	18
DN 80	28
DN 100	56
DN 125	75
DN 150	110
DN 200	180
DN 250	300
DN 300	420



热力缓冲存储

系统正常运行所需最小容水量对于热泵的各种操作（加热、制冷和除霜）至关重要，即使是最不利条件下比如系统完全或部分关闭时必须保证。

因此，为了确保热泵的最小容水量，可以安装一个缓冲储水罐，特别要注意它的安装位置和规格。

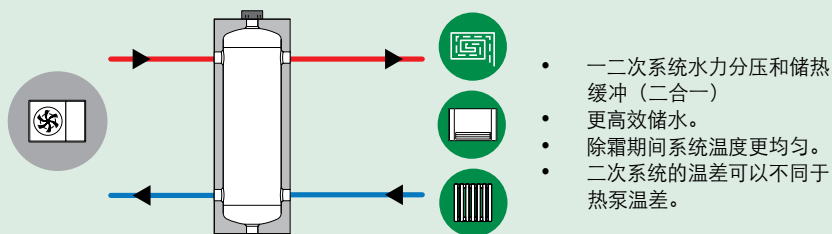
缓冲储水罐可作为一次和二次系统水力分压器连接，使两个回路水力上独立。这种类型的配置保证了用户的能量储备，在热泵停机情况下，保证散热末端较大的热惰性。

它还可以安装在系统回水上，例如在没有二次回路的系统中。在开/关型设备上和那些老式热泵机器上，这样做可以减少压缩机循环次数，确保设备压力更小。保证蒸发器进行除霜操作时热泵的最低回水温度。

安装在供水管上的缓冲罐与回水安装的作用类似，不过，作为散热系统的能量储备，它需要更多时间来加载系统。

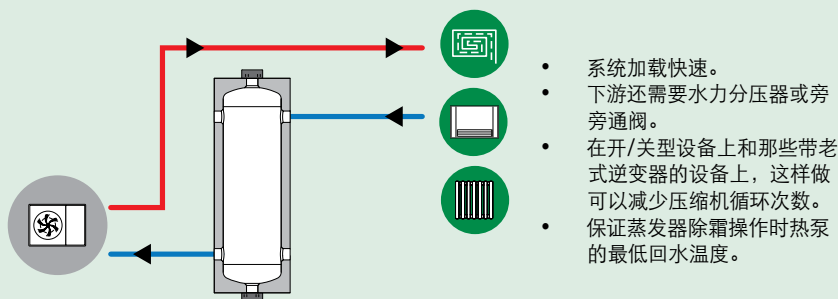
最后，可以三管式连接缓冲罐。它类似于水力分压器原理，可以为回路进行水力均压，同时提供储能。主要差异是由设备与用户间的直接连接决定的，可以快速启动系统。

水力分压式缓冲罐



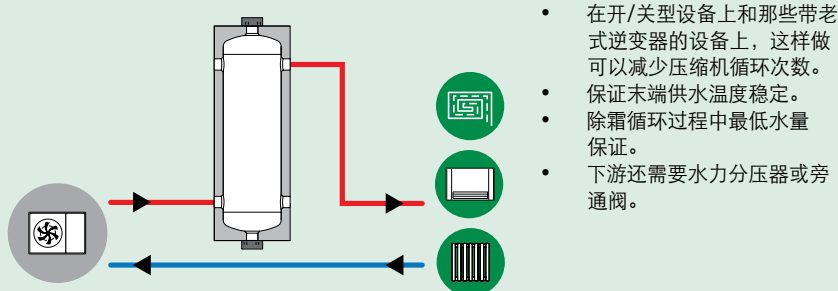
- 一二次系统水力分压和储热缓冲（二合一）
- 更高效储水。
- 除霜期间系统温度更均匀。
- 二次系统的温差可以不同于热泵温差。

回水管路上的缓冲罐



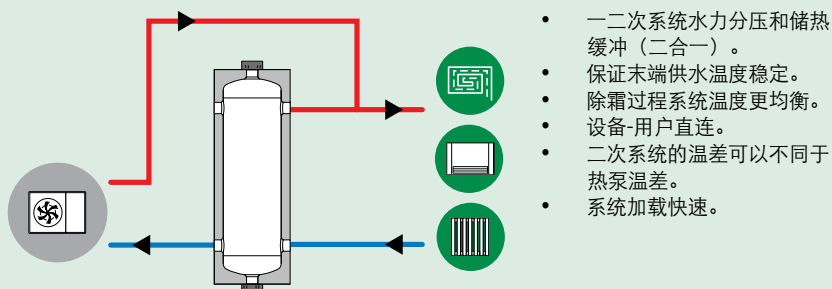
- 系统加载快速。
- 下游还需要水力分压器或旁通阀。
- 在开/关型设备上和那些带老式逆变器的设备上，这样做可以减少压缩机循环次数。
- 保证蒸发器除霜操作时热泵的最低回水温度。

供水管路上的缓冲罐



- 在开/关型设备上和那些带老式逆变器的设备上，这样做可以减少压缩机循环次数。
- 保证末端供水温度稳定。
- 除霜循环过程中最低水量保证。
- 下游还需要水力分压器或旁通阀。

三管式安装缓冲罐



- 一二次系统水力分压和储热缓冲（二合一）。
- 保证末端供水温度稳定。
- 除霜过程系统温度更均衡。
- 设备-用户直连。
- 二次系统的温差可以不同于热泵温差。
- 系统加载快速。

图43：热力储存的多种连接方式

缓冲罐选型

缓冲罐容量取决于制造商要求的最小水量，目的是确保设备在除霜阶段也能正确运行。这一数值受系统特性、系统大小和管理方式（旁通阀使用与否）的影响，而且要保证热泵和散热系统的水容量净值：实际运行中，使用两通区域阀的散热系统在温度达到关闭时，水容量要从系统总容量中减去。

最小容水量可以根据设备功率计算：**通常可以假定每kW热量5-7升水的数值。**

水处理

关于水处理，热泵系统与传统的锅炉系统一样，受同样的法规约束（代表法令是意大利2015年最低要求法令）。此外，许多制造商在技术资料中要求遵守这些法规才能享有质保。

总之，保持系统内良好的循环水质，可使系统节能8-10%以上。

除气

在每个闭合回路中都必须配备除气装置。因此，必须在热泵下游安装微泡排气阀而不是传动的自动排气阀，水量低于300升的系统可以例外。

去除杂质

市场上许多热泵机器内都配有过滤器，位于板式换热器进水口上游。系统中的残渣、碎屑和杂质可能会堵塞换热器并导致其他元件腐蚀。不过，为防止设备内部过滤器的滤网杂质过多堵塞导致热泵流量下降和压损增大，建议在热泵回路上安装除污过滤器。这样杂质被外置除污过滤器截留，更易于维护。

微泡排气阀-除污阀选型

微泡排气阀和除污阀的选型需遵循设备接口的最高建议流速。

最高流速 = 1.2 m/s

为实用起见，设备选型可根据建议的最大流量选择，以确保设备有效运行。

微泡排气阀和除污阀

DN	20	25	32	40
口径	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"
l/min	22	35	58	90
m³/h	1.36	2.11	3.47	5.42

表5：微泡排气阀和除污阀的最大建议流量



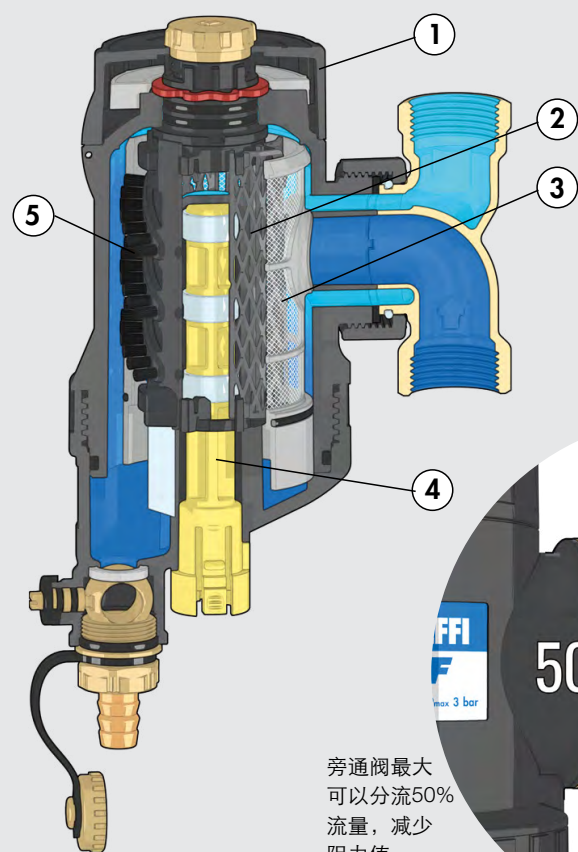
- 过滤能力强
- 磁吸铁锈杂质
- 加强尼龙主体
- 可安装在水平或垂直管道上
- 滤网内部清洁刷
- 可旁通过滤（仅限DN40和DN50型）

卡莱菲XF磁性除污过滤器可分离系统中存在的杂质，最大限度地减少过滤网堵塞问题。它的工作原理基于三个不同内部元件，以确保系统启动阶段和正常运行条件下，持续保护热源和设备免受回路中杂质的影响。系统水首先通过内部矩形网棒通过磁力（2），通过碰撞分离较粗的杂质，使其落入下部宽大的储污舱。随后，中央磁体（4）吸附所有铁质细小杂质。最后，水流经过出口过滤网（3），高过滤表面和极细网孔（0.16毫米）确保滤出前两个元件漏过的残余杂质。

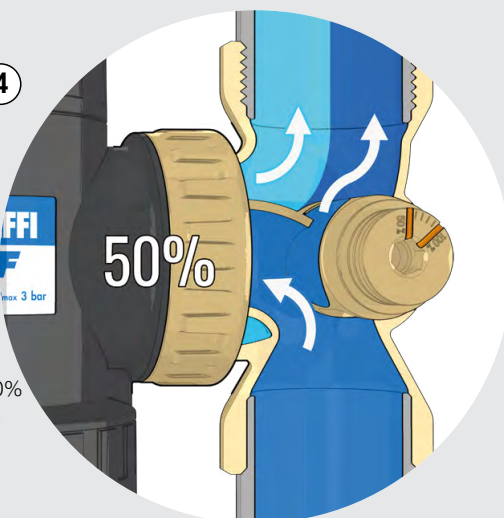
滤网不需要截止阀，因为该设备配有内部清洁刷（5）清洁滤网。转动上部旋钮（1），刷子在内部清洁过滤网，使杂质沉淀在除污器下部。

它可以安装在水平或垂直管道上，安装简单且灵活。

较大尺寸（DN40和DN50）的除污器配有旁通阀，最大可以分流50%流量，从而减少系统阻力并降低循环泵能耗维护。



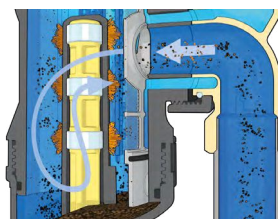
旁通阀最大
可以分流50%
流量，减少
阻力值。



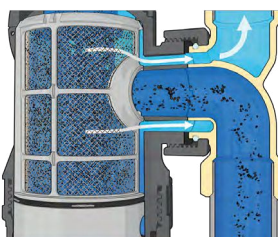
内部径向网格
有利于杂质沉淀到下部。



中央磁棒
磁力吸附极细小铁锈杂质。



过滤网
截留残余杂质。



内部清洗刷
通过转动除污器顶部旋钮，可以清洁内部过滤网。



化学处理

供暖或制冷系统的化学处理始终是强制性的，无论热泵哪种功率或注水硬度。系统注水必须用符合饮用标准和参数的水。注水完成后，必须清洗系统，然后加入防腐蚀和防垢保护剂以保持系统高效运行。

对新式热泵的水系统应给予特别关注，由于流体介质温度低，系统内容易形成生物残留。在这种情况下，灭菌剂和保护剂结合使用必不可少。灭菌剂可预防和控制气候调节用水中存在的广谱细菌和其他微生物的滋生。

化学调节剂量



2015年6月26日部级法令规定，无论安装的热源功率如何，供暖系统内都要添加化学调节剂。

使用剂量根据系统中的水量而定。

三通分流阀

电动三通分流阀用于管理气候调节系统和生活热水系统间的水流。通常由热泵本身的电子设备借助安装在储热水箱上的温感实施管理。

如果没有密封泄漏且开关时间短的话，分流阀效率是可靠的。也正是因为这个原因，三通球阀从其构造上比活塞阀更可取。

电动阀最好只需大约10秒的操作时间，无论如何也不能超过50秒，这样可以优化生活热水生产。

三通阀的选型



作为分流阀，选型要看Kv值，这是唯一关系到系统中可用扬程与压损的数值。依据以下平均压损值：

- 200–300 mm c.a. (低压损系统)
- 500–600 mm c.a. (高压损系统)

DN	20	25	32	40
口径	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"
Kv	9	12	25	47

表6：参见Kv平均值

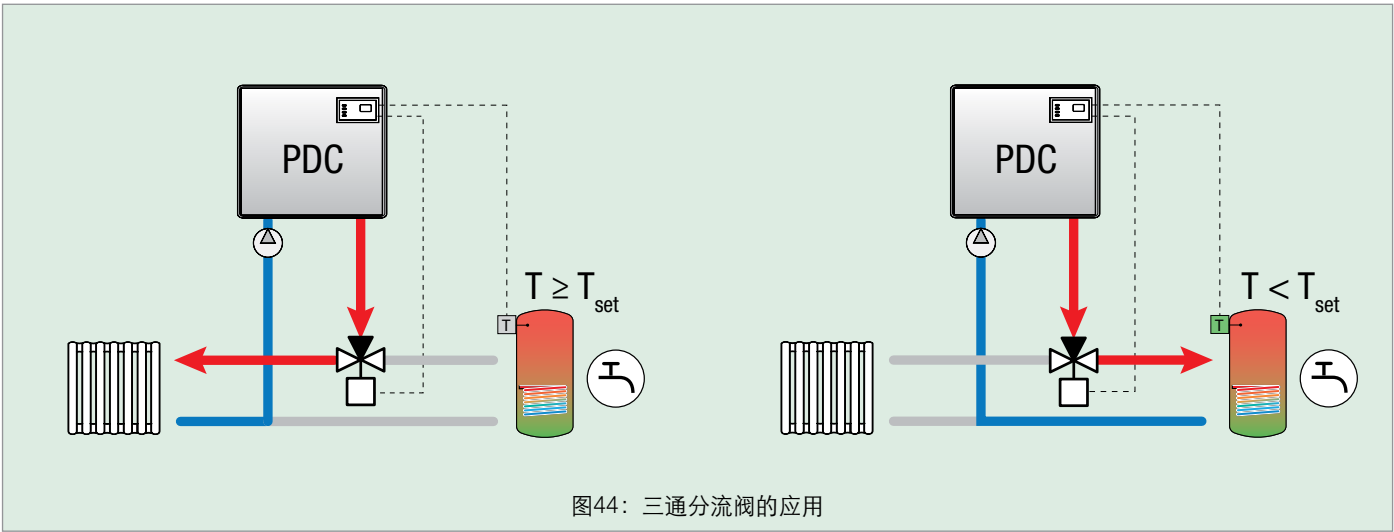


图44：三通分流阀的应用

深入分析：单相还是三相系统？

一般来说，热泵特别是气-水式空气源热泵很耗电。因此，要重视设备选型（参见第30页“热泵的设计选型”）、高负荷元件选择（例如集成电加热）和供暖的管理和调节。

除了用电高峰，还要注意电源类型：热泵可以用单相电源（一般额定热功率12 kW以下）或三相（一般耗电超过9 kW）。

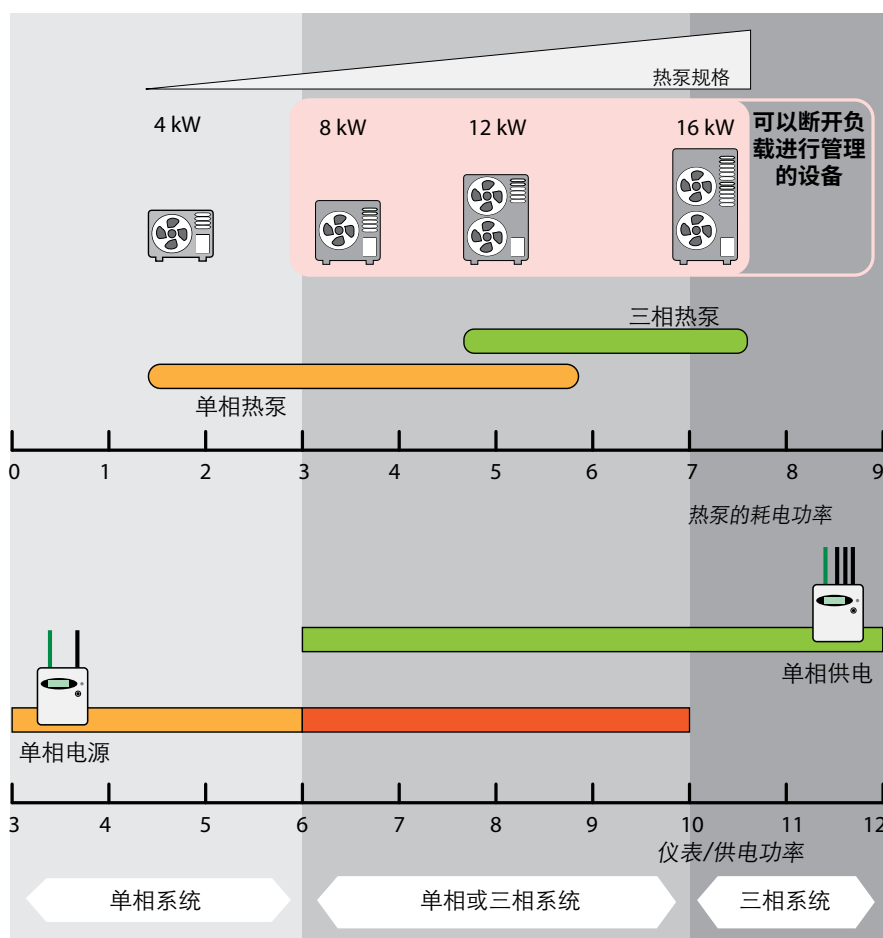
在意大利，家庭用电类型可以是单相的，也可以是三相的。单相电源保证最高达6 kW，有时可以扩容到10 kW，但需要经过供电公司的评估和后续授权。对于功耗大于6 kW的，可以使用三相电源，10 kW以上必须使用三相电。

在评估家用系统时，总是首选单相解决方案，因为方便且安装成本低。此外，家用电器是单相的，因此需要将三相电源分成三相以使负荷尽可能平衡：例如9 kW电源，不可能将一个系统导出一个单相9 kW。而是需要把负荷分成三个单相3 kW系统，每个系统都连接到一个供电箱。这使得将三相系统转换为单相系统更加繁琐。

鉴于单相电源的功率限制，同时考虑到家庭正常用电量至少在3 kW以上，在正常使用电器过程中，很容易达到这种电源的供电限制。

还应考虑电磁炉的日益普及，尤其是在安装了热泵时。因为不再使用天然气，这些系统进一步加剧了用户的电力需求。

初步分析看，人们可能会认为用电高于3-4 kW的热泵需要三相（或较高的单相）电源。然而，通过使用负荷管理系统，即使对于用电高的热泵，也可以保持较低的仪表功率。事实上，有些电子系统可以在住宅用电量达到供应限制时暂时关闭负载。负荷管理系统可以与气-水式热泵完美结合，因为热泵暂时停机不会导致热舒适度下降。对于那些想升级改造供暖系统而又不能同时改造电气系统的情况，这种管理系统变得必不可少。



一次循环系统所需元件

在热泵中，必须保持冷却剂/水交换器的持续循环，以确保换热器本身正确的热释放并在除霜循环时使用系统中的水量。

循环阻塞或流量不足会导致严重故障，有时会导致热泵某些元件损坏。热泵制造商用水流开关防止这些问题的出现，如果流量低于安全限值，水流开关会发出信号让设备停运。

为确保热泵的一次系统正常循环，可采用以下方法：

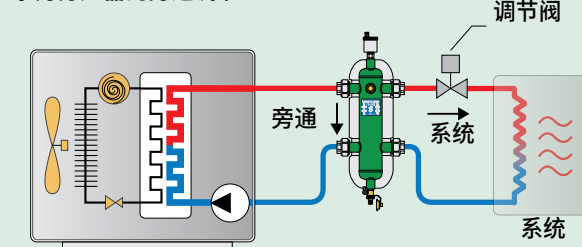
1. **水力分压器**。它既简单又安全，但必须正确平衡一次和二次流量（参见第43页“水力分压器”）。它还需要二次循环系统。最常用于大中型系统。
2. **用平衡阀校准旁通**。适用于没有二次回路的小型系统。但是，它需要调校且朝向系统的流量被分流减少了一部分。当热泵设置在恒定扬程时，最好使用该系统，便于控制通过平衡阀的流量。
3. **使用AUTOFLOW®旁通**。此方案与前一种类似，但既不需要调校也不需要水泵恒定扬程。
4. **压差旁通阀调节**。此方案的优点是，当朝向系统的流量降低时，压差旁通阀自动开启，二次供水旁通到回水。该系统适用于定频泵和恒定扬程的变频泵。

在后一种情况下，正确安装和校准压差旁通阀非常重要，以防止其一直处于打开或关闭状态。

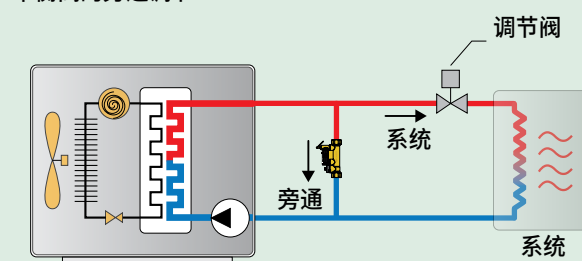
设计选型

按热泵最低流量要求选型

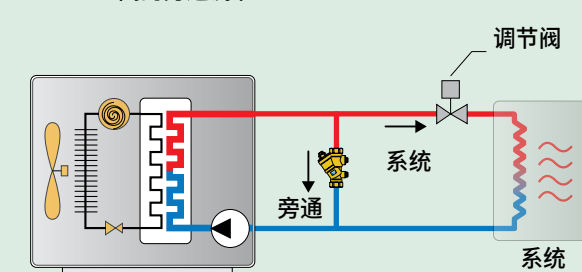
水力分压器的旁通调节



平衡阀的旁通调节



AUTOFLOW® 阀的旁通调节



旁通阀的旁通调节

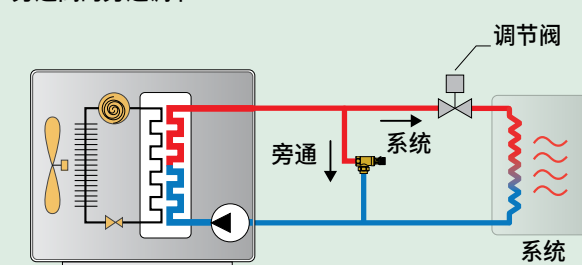


图45：一次系统循环所需元件

膨胀罐

膨胀罐是连接到热力系统上的“容器”，用于限制因系统内部水加热/冷却引起的体积变化而导致的压力增加。它由两个被隔膜分开的容器组成：一个用于盛装系统水；另一个里面充满气体，其作用是抵消水的体积变化。气体预充压力等于安装点水的静水压力加上0.3 bar。

热泵内部通常有一个膨胀罐，当罐容量不足时，须在系统上再安装一个膨胀罐。

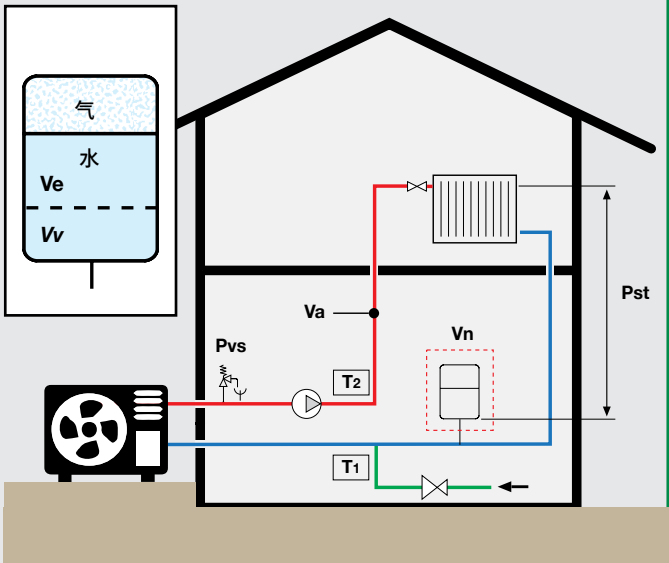
膨胀罐的选型

供暖系统的封闭式隔膜膨胀罐容量用以下公式计算：

Vn = (e · (Va + Vv)) / (Pa - Pe)

示例

Vn = 膨胀罐的容积 [升]，需计算
Va = 系统含水量 [升]
Vv = 冷系统时膨胀罐的最小水量，建议值Va的0.5%（最少3升） [升]
Ve = 水加热膨胀体积 [升]
e = 水膨胀系数，根据冷系统水温（T₁）与最高运行水温（T₂）的最大差值计算得出。用以下公式计算(T₁):
e = n/100
其中系数n由以下公式给出：
n = 0.31 + 3.9 · 10⁻⁴ · tm²
tm² = 指的是安全装置干预的最高允许温度（摄氏度）
Pa = 气体一侧的初始绝对压力[bar]。等于压力Po加大气压力（等于1bar）加上与循环泵相关的可能的泵Δp*
Pa = Po + 1 [+ Δp 泵]*
其中
Po=膨胀罐预充压力[bar]等于安装点的静压(Pst)加预防压力值，以确保不会出现负压
Po = Pst + 0.3 bar
Δp 泵* = 如果膨胀罐安装在循环泵下游，那么Pa计算要考虑到泵本身的扬程 [bar]
Pe = 气体侧最终绝对压力[bar]，由Per加大气压力（等于 1 bar）
Pe = Per + 1 = Pvs - 0.5 bar [oppure - 10 % Pvs] + 1
其中
Per = 气体侧系统的最大工作压力[bar]或 Pvs减去防止安全阀打开的压力值Per = Pvs - 0.5 bar (如果 Pvs ≤ 5 bar)
Per = Pvs - 10 % Pvs (如果 Pvs > 5 bar)
Pvs = 安全阀校准压力 [bar]



示例：

说明		单位	数值	
系统容积	V _a	[litri]	200	输入数据
静压	P _{st}	[bar]	0.6	
安全阀设定压力	P _{vs}	[bar]	2.5	
补水压力	P _r	[bar]	1.5	
乙二醇含量	Gl	%	0	
最终温度	T _r	[°C]	65	计算数据
膨胀系数	e		0.017	
膨胀罐最小容量	V _v	[litri]	3	
气体侧初始压力	Pa	[bar]	1.9	
气体侧最终压力	Pe	[bar]	3	
气体侧最大工作压力	Per	[bar]	2	
气体侧预充压力	P0	[bar]	0.9	
初始温度	Ti	[°C]	10	
温差	DT	[°C]	60	
系数	n		1.7	
膨胀罐容量	V _n	[litri]	10	

膨胀罐选型

在热泵系统中，也可以采用估算法大致确定膨胀所需的体积，通常按系统最大体积的约5%考虑。

5%的估值是基于以下假设的：

- 安全阀设定压力 = 2.5 bar
- 膨胀罐预充压力 = 0.9 bar
- 最高温度 = 65 °C (设备的物理极限) 水中不含乙二醇的情况下
- 按系统类型估算含水量。

为计算简单，可参考表7，其中显示了膨胀罐所需最小容积。热泵内通常有一个6-8升的罐。如果容量不足，则必须在系统中另外装一个罐以弥补差异。

$$V_{\text{最小}} = V_{\text{机器内}} + V_{\text{附加}}$$

注意：如果还有集成式电加热，那么膨胀所需的体积约为系统最大体积的10%。实际上要假定最高计算水温为100°C。

末端类型				
	23 l/kW	铸铁	11 l/kW	8 l/kW
热泵额定功率 [kW]	V_{MIN} v. esp. [升]	V_{MIN} v. esp. [升]	V_{MIN} v. esp. [升]	V_{MIN} v. esp. [升]
3	4	2	2	2
4	5	3	3	2
5	6	4	3	2
6	7	4	4	3
7	8	5	4	3
8	9	6	5	3
9	10	6	5	4
10	11	7	6	4
11	12	8	6	5
12	13	8	7	5
14	16	10	8	6
16	18	11	9	6
18	20	12	10	7
22	24	15	12	9
25	27	17	13	10

■ 热泵内膨胀罐通常的容量

表7：气-水式空气热泵系最低膨胀罐容量

防冻保护

正常运行期间

热泵自带的防冻功能可以保护气/水热交换器和水力回路管道。当热泵关闭且外部温度降至临界值以下时，设备循环泵将打开以保持水的流动，防止结冰。如果此时循环水温低于设定的安全极限，压缩机还会助力启动，提高水温达到最佳值。

另一防冻保护系统是在外部空气交换器一侧安一个加热电阻。这样，在一定的室外温度条件下，可以直接加热交换器表面，融化上面的霜。

制造商有时会要求用加热电缆来保护暴露在大气介质中的水路管道。

断电的情况

如果意外断电，可以使用以下安全防护措施：

- **乙二醇。**在所有类型的热泵系统中，都可以在水中添加乙二醇。必须定期检查防冻液的浓度和系统密封性，以避免（有毒化合物）泄漏到环境中，必要时进行补充。由于产品粘度高，添加乙二醇会导致系统压损增加。此外，乙二醇遇到高温会分解，对系统产生腐蚀性。
- **防冻保护阀。**在一体式热泵（或水力分体式）不使用乙二醇时。

防冻阀

防冻阀是一种被动保护系统，通过排空管道中的水来防止结冻。当管道内水温低于 3°C 时，防冻阀活塞打开泄水（必须有主动补水组件）。当温度回升到 4°C 时，活塞关闭。

该装置只能在管道下部垂直安装，防止虹吸连接并与地面保持至少15厘米距离，以防止在下方区域形成冰柱阻碍水从阀门中流出。

如果使用防冻阀，制冷模式下最低设定温度必须高于阀门额定泄水温度 2°C 。否则，热泵在制冷运行时防冻阀可能会泄水。

为了克服这个问题，市场上出现了配备空气传感器管理夏季运行的防冻阀。当外部温度高于 5°C 时，空气温度传感器可以防止防冻阀的干预。夏季制冷运行期间避免了防冻阀误开启。

防冻阀的选型

排水量不取决于阀门的尺寸，而仅取决于管道的尺寸。

阀门的尺寸根据管道选择。

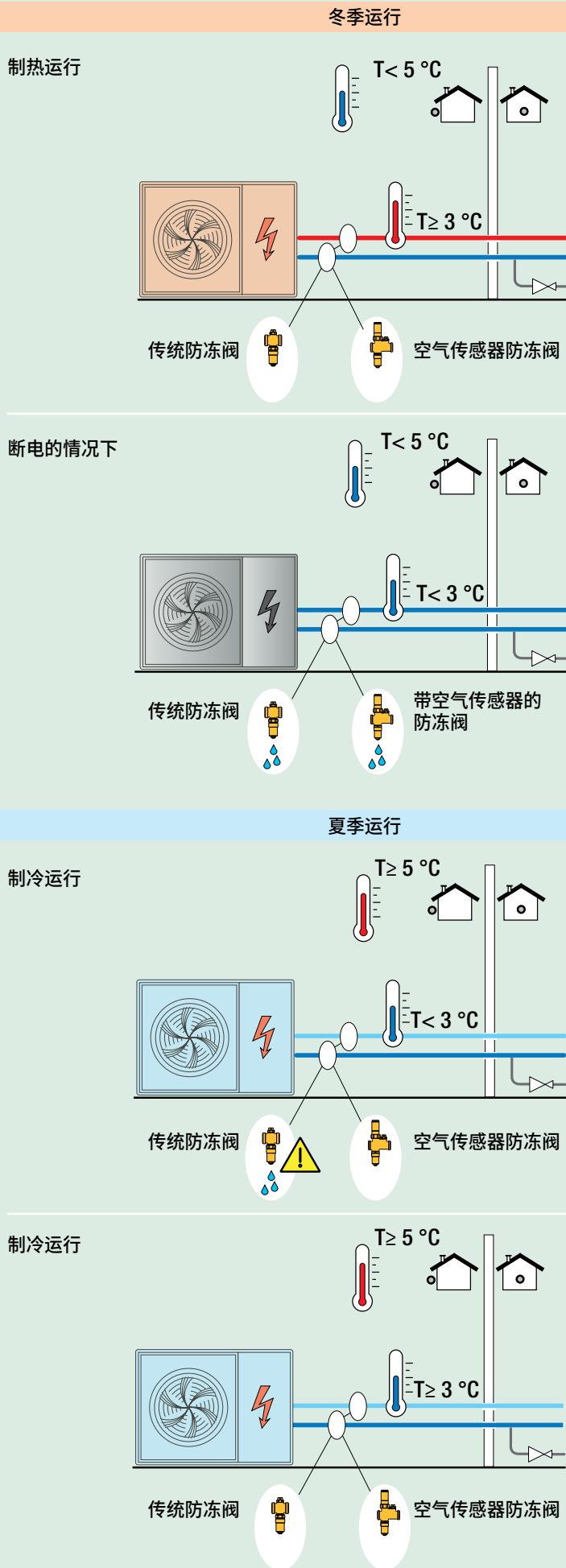


图46：空气传感器防冻阀和传统防冻阀的运行模式

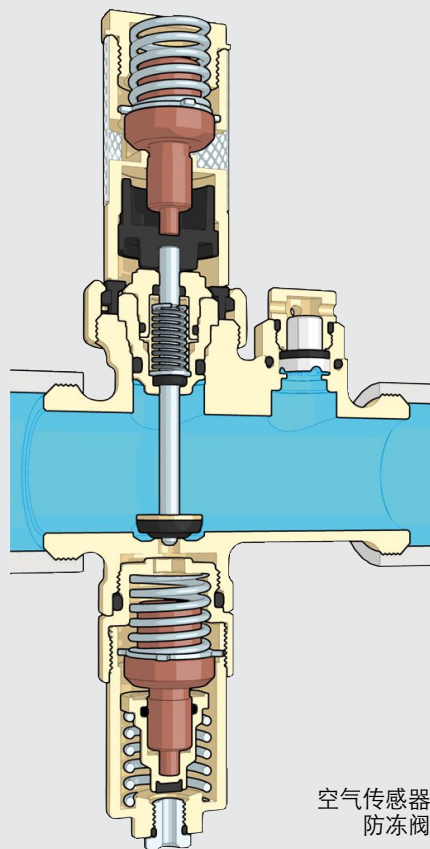
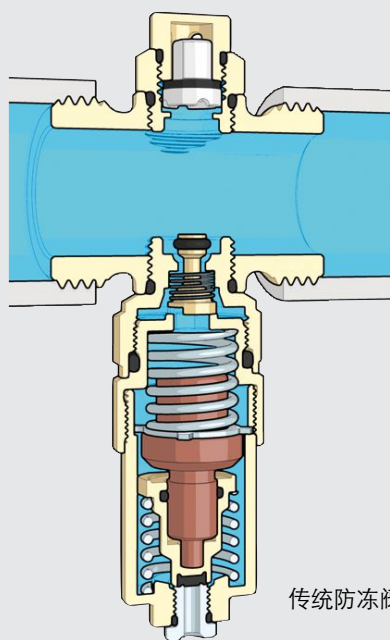


系统防冻保护
机械操作
安装简便
夏季运行用空气传感器型
避免使用乙二醇

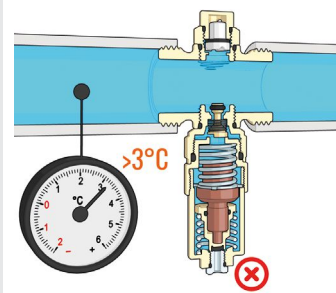
当温度达到 3°C 时，防冻阀会将回路中的水排出。在设备断电的特殊情况下，冬季室外管道水温很容易接近或低于结冻温度。

在夏季运行期间，制冷模式下供水温度低于 3°C 时，虽然热泵可以正常运行，但是传统防冻阀会开启泄水。

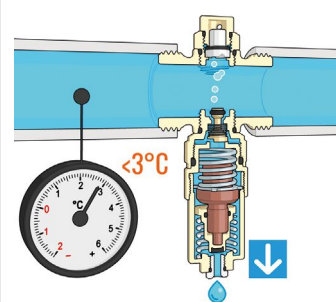
为了克服这个问题，最好使用带有外部空气传感器的防冻阀。当外部温度高于 5°C 而管道内水温 $<3^{\circ}\text{C}$ 时，空气温度传感器会阻止防冻阀的干预。这就避免了在夏季制冷运行期间防冻阀开启泄水。



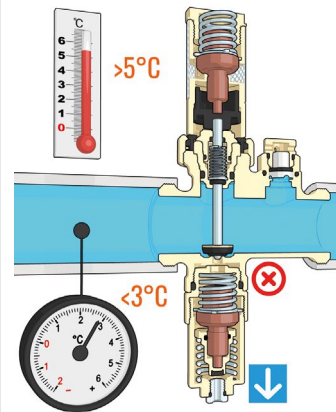
传统防冻阀
冬季 $T_{\text{水温}} \geq 3^{\circ}\text{C}$ 时



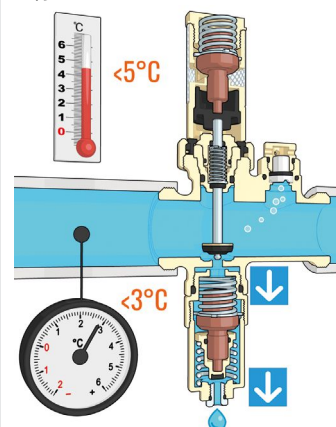
传统防冻阀
冬季 $T_{\text{水温}} < 3^{\circ}\text{C}$ 时



空气传感器防冻阀
冬季 $T_{\text{水温}} < 3^{\circ}\text{C}$ 及 $T_{\text{气温}} > 5^{\circ}\text{C}$ 时



空气传感器防冻阀
冬季 $T_{\text{水温}} < 3^{\circ}\text{C}$ 及 $T_{\text{气温}} < 5^{\circ}\text{C}$ 时的运行



与我们相约：2022年米兰展相见

我们真的很兴奋

在整整缺席国际型贸易展览会三年后，我们将重返 **MCE – Mostra Convegno Expocomfort**，舒适家居展览会，世界上最负盛名的舒适家居平台之一，将于6月28日至7月1日在米兰举行。

同一个地方、同一种方式，全新的信息和更饱满的热情。我们还有一个全新的展位！

舒适家居展览会是整个行业向前迈出的一大步。

这是暖通空调行业在强行叫停后的第一场国际盛会，非常令人期待。

我们卡莱菲毫不犹豫地参与进来，期待与您、与我们的公众直接交流。

想你们了

们错过了和您直接交流的机会，而直接的交流对我们来说是不可替代的。能量的交换中可以汲取动力。我们常说：交流使人受益，因为它促进彼此的双向了解，永远是成长的机会。我们迫切地希望您一起成长。

我们在努力为您奉上最大的安全保障。展示将非常引人入胜，但我们不想剧透太多！接下来几个月里，您将在我们的网站和社交渠道上看到展会前的预览更新。

展会是我们展示产品的窗口，通过它彰显我们专业的流体知识。当然这也是今年最重要的会晤机会，让我们再次相聚，看一看我们的系统解决方案，或者坐下来一起喝杯上好的咖啡。

让我们相约

在日历上做个标记。

米兰MCE舒适家居展览会2022 2022年月28日/7月1日
展厅7 – 展位 A41/51 C42/52



在社交网络上关注我们

您将看到MCE2022的预览、邀请和说明。展会期间，精彩不要错过，我们一起（重新）度过最美丽、最有趣的时刻。



新展台预览

卡莱菲的展台仍在往常的7号展馆。展台位置始终保持不变，880平方米的接待、产品展示和数字体验区。装饰焕然一新。

新展台由 Giorgia Giordano设计师设计, 设计风格4年为一个主题, 讲述的是公司不断发展的故事。

这种变化体现在新材料和新形式的选择上。

玻璃和有机玻璃可以消除过去由传统墙壁和立式展示面板造成的视觉障碍。新产品展示实际上是通过极富技术性的桌面，仿佛置身生产链的最后环节。置身这样的工作场所，设计、开发、创造、展示最终结果的人可以与公众直接碰撞交流。表面轨道效果的金属板涂层足以让人联想起集成工艺的金属加工生产。

45平方米的巨型LED墙首次以动态和现代的镜头进行直播。幕后成为舞台，表达出所有价值。当然少不了近年来在世界各地展台上业已传达创新和个性化的标志：红立方。

展台的设计牢牢把握可持续发展的主题：建筑和设计选材可重复利用和100%可回收。



CALEFFI XS[®] E XP

格 外 安 全
格 外 保 护



壁挂炉的完美搭配。Caleffi XP保证生活水洁净度，Caleffi XS[®]去除供暖系统防护中的污垢。小巧、美观且高效，提供全面保护。卡莱菲保证。

CALEFFI XS[®]



CALEFFI XP

