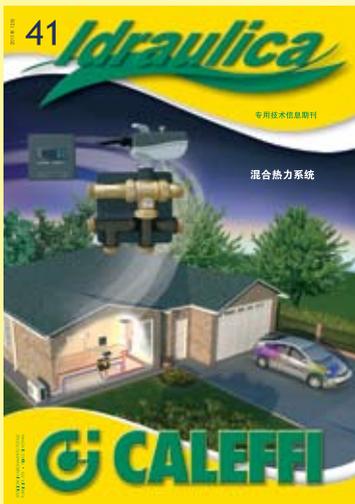


专用技术信息期刊

混合热力系统



CALEFFI



主 编：
Marco Caleffi

责任编辑：
Fabrizio Guidetti

本期参与编辑者：
- Alessandro Crimella
- Mario Doninelli
- Marco Doninelli
- Domenico Mazzetti
- Renzo Planca
- Claudio Tadini
- Mario Tadini
- Mattia Tomasoni

Idraulica
于1991年9月28日注册于Novara法院
注册号：26/91

出版社：
Poligrafica Moderna S.r.l. Novara

印刷：
Poligrafica Moderna S.r.l. Novara

Caleffi Idraulica版权。
未经许可不得复制或转载。
所有文章均为自由翻译。
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力。

CALEFFI S.P.A.
S.R. 229, N. 25
28010 Fontaneto d' Agogna (NO)
TEL. 0322 · 8491 FAX 0322 · 863305
info@caleffi.it www.caleffi.it

卡莱菲北京办事处
地址：北京朝阳区广渠东路1号
邮编：100124
TEL: 010 - 87710178
FAX: 010 - 87710180

目 录

- 3 混合热力系统
- 4 新型清洁能源的主要种类及局限性
 - 地热能
 - 太阳能
 - 热电联产
 - 生物燃料能
- 6 使用空气热能为清洁能源的系统
 - 气 - 水式空气源热泵
 - 总结
- 8 气 - 水式空气源热泵
- 10 气 - 水式空气源热泵系统
 - 运行方式
- 12 锅炉及热泵混合热力系统
 - 预组装式混合热力系统
 - 预组装式混合热力单元
 - 混合式热力单元系统的供暖及生活热水方式
 - 使用混合热力单元供暖及制冷系统
- 16 混合热力单元主要元件
- 18 防冻保护
- 20 电和天然气的热能费用
- 22 混合热力系统的热泵设计
 - 新系统
 - 既有系统的改造
- 24 气 - 水式空气源热泵与壁挂炉结合的混合热力系统
- 28 传统单热源系统改造为气 - 水式空气源热泵与锅炉结合的混合热力系统
- 30 气 - 水式空气源热泵与落地锅炉结合的混合热力系统
- 31 气 - 水式空气源热泵与壁挂炉及储热水箱结合的混合热力系统
- 32 气 - 水式可逆换型空气源热泵与壁挂炉结合的混合热力系统
- 34 HYBRICAL 热泵及锅炉混合热力单元
- 35 HYBRICAL 热泵分流组件
- 36 防冻组件
- 37 DISCAL 微泡排气阀
- 38 DISCALDIRT 微泡排气阀
- 39 DIRTMAG 磁性除污器

混合热力系统

Marco & Mario Doninelli

从2012年5月31日开始，促进新型能源使用的法规3.3.2011第28条生效。

此法规重新解释了欧盟会议关于使用新型能源的2009/28/CE指令，确定了新能源在房屋建筑的最低比例，也就是用于供暖、制冷和卫生热水所需的总能量百分比。

目前的新法规要求生活热水的热量50%来自于新型能源。而新的法规要求整个建筑所需热量的20%来自于新能源，且在2017年时达到50%。

新法规要求的能源使用比率远远高于现在的标准，因此对系统的要求也会不同，所以可能需要使用两个以上的热源，尤其是锅炉结合热泵的使用。

为适应新法规，最理想的解决方案是混合热动力式系统。

‘混合动力’一词来源于汽车工业，指使用传统的石油燃料和液氢（或电力）相结合的动力。

在热力行业中的混合动力系统则指使用传统的燃油/燃气锅炉与热泵或太阳能等清洁能源相结合的热力来供暖或提供生活热水。

我们将分4个章节来阐述混合热力系统，分别为：

1. 气 - 水式空气源热泵的性能和局限；
2. 目前混合热力系统的优缺点，以及相应的系统元件；
3. 热泵可提供的能量；
4. 燃气锅炉与气 - 水式空气源热泵结合的混合式热力系统解决方案。

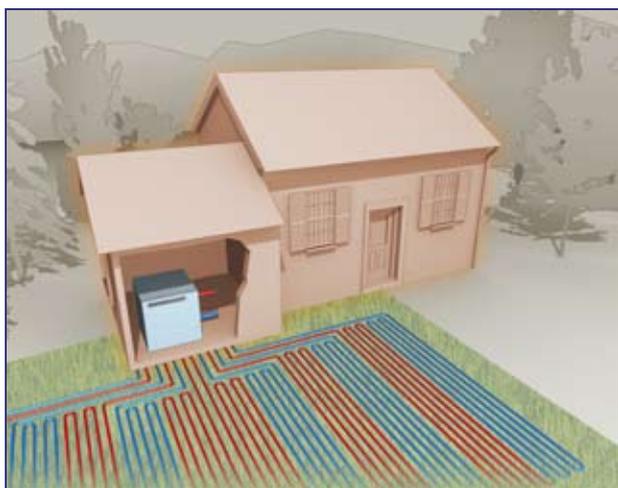
The image shows two overlapping documents. The top document is the Official Journal of the European Union, featuring the text: "Official Journal of the European Union", "EN", "DIRETTIVE", "DIRETTIVA 2009/28/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO", "del 23 aprile 2009", "sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili e successivamente abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE", "(Testo con rilevanza EEA)", "ridurre la dipendenza dalle importazioni di petrolio nel settore dei trasporti, in cui il problema della sicurezza dell'approvvigionamento energetico è più acuto". The bottom document is the Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, dated March 28, 2011, issue n. 71. It includes the text: "Supplemento ordinario alla 'Gazzetta Ufficiale', n. 71 del 28 marzo 2011 - Serie generale", "Spediz. abb. post. - art. 1, comma 1", "Legge 27-02-2004, n. 46 - Filiale di Roma", "GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA", "PARTE PRIMA", "Roma - Lunedì, 28 marzo 2011", "SI PUBBLICA TUTTI I GIORNI NON FESTIVI", "DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA 70 - 00186 ROMA", "AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARIA 1027 - 00136 ROMA - CENTRALINO 06-85081 - LIBRERIA DELLO STATO VIA PRINCIPALE UMBERTO 4, 00185 ROMA", "DECRETO LEGISLATIVO 3 marzo 2011, n. 28", "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE."

新型清洁能源的主要种类及局限性

目前，运用于热力系统的可替换清洁能源主要为：地热能、太阳能、生物燃料、热电联产；它们有各自的优缺点，其有关安装及经济性方面的局限总是制约了它们的发展。

接下来我们就各类逐一说明。

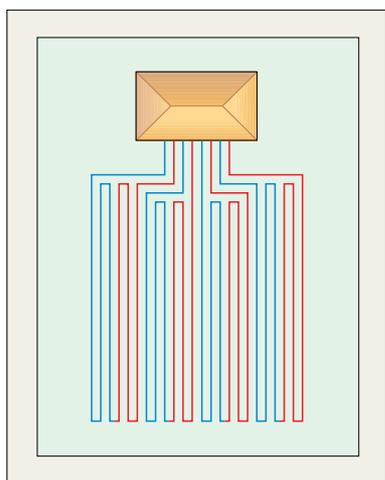
地热能



它的局限性主要表现在两个方面：（1）涉及到地热能的地下水的使用和保护法规；（2）较大的地表换热面积和昂贵的打井及布管费用。

浅层地热换热盘管

换热盘管分为蛇形、回字形、环形、螺旋式、篮式盘管。

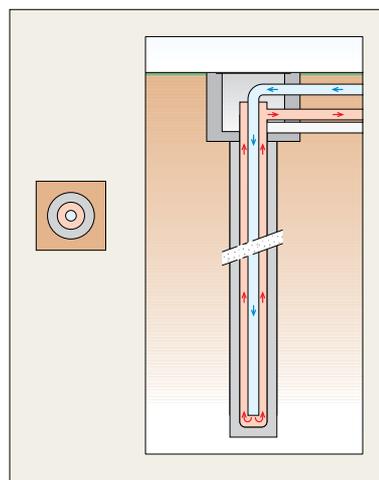


主要局限性：

- 需要地表换热面积大，不是随地可取；
- 埋有盘管的地表不能有树木及其它影响日照的植物；
- 挖掘和回填的费用高。

中层地热换热盘管

换热盘管主要分为同轴管和桩埋管两种。

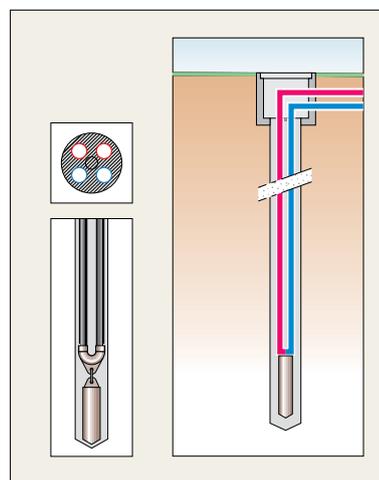


主要局限性：

- 同轴管铺设所需的地表空间有限；
- 桩埋管在建筑初期就得进行。

深层地热换热盘管

换热盘管采用垂直埋管的方式，深度在100米以上。

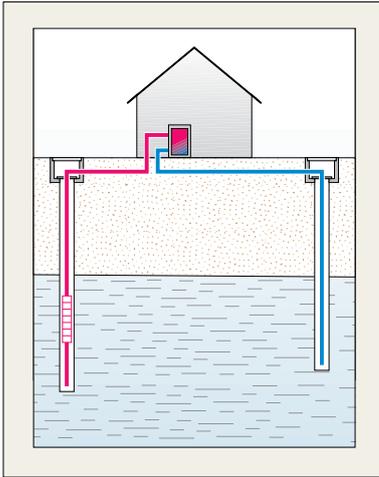


主要局限性:

- 受地质条件以及保护水源的法规影响, 不是所有的区域都适合深层地热盘管;
- 打井及布管的费用昂贵。

浅水层热能

浅水层的热量获取受地方法律法规的制约很大, 同时热泵系统对水质的要求也较高。



太阳能



主要局限性:

- 很多建筑屋顶, 尤其是历史性建筑, 或出于美观的考虑, 不允许安装太阳能集热板。
- 集中型住宅、塔楼等, 铺设集热板所需的屋顶面积不够。
- 独立型住宅其安装及维护费用高。

要符合新的D.L.3 3 2011法规要求的新型能源给予的热量, 集热板铺设需要非常大的面积。

热电联产



提供热电联产的区域有限, 目前很多由热电联产提供冬季供暖热量的区域在夏季不提供热量, 因此无法产生生活热水。

生物燃料能



需要很大的空间存储生物燃料, 同时还需要相应的自动上料输送设备。

另外, 生物燃料的使用还取决于地方政策的支持与否。

使用空气热能为清洁能源的系统

前面章节我们谈到了各类新能源其安全、使用、维护、经济性等方面的局限。这些局限性促使了市场更多关注更容易获得的可替换能源：比如从空气中提取热量，它实际上是来源于太阳的热量。

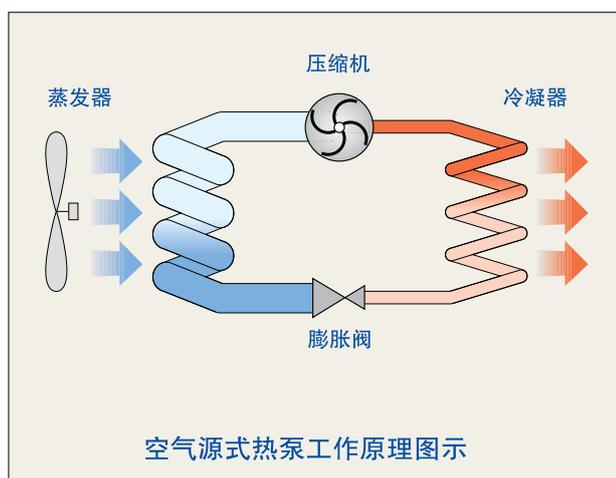
我们因此重点讨论锅炉与气-水式空气源热泵相结合的混合热力系统，因为：

- (1) 系统安装起来容易；
- (2) 可以使用较大的可替换能源；
- (3) 费用相对较低。

接下来我们将对系统的构成和原理进行讨论。

气 - 水式空气源热泵

热泵能够将热量通过一定的热动力循环后从低温转换为高温，在之前的33和38期水力杂志中都已做出了讲解，现在简短概括如下：



压缩机将一次冷媒压缩以提升其温度。

冷凝器将一次冷媒的热量交换给二次系统。

膨胀阀将一次冷媒膨胀以降低其温度。

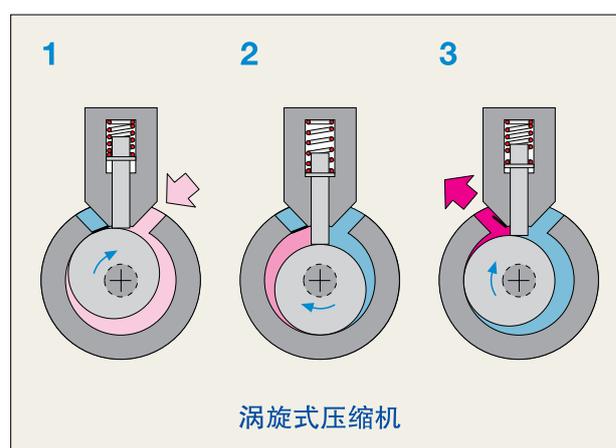
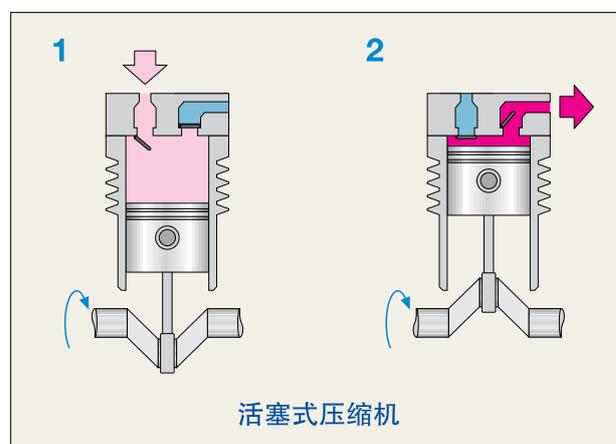
蒸发器从外部低温环境中吸取热量传递给一次冷媒。

气 - 水式空气源热泵从室外空气中吸取热量将其传递给供暖系统。这部分空气中包含的热能为可替换新能源。

近年来，气 - 水式空气源热泵的热效率得到了很大的提升，它得益于两个技术的革新：螺杆式压缩机和逆向式调节系统。

压缩机

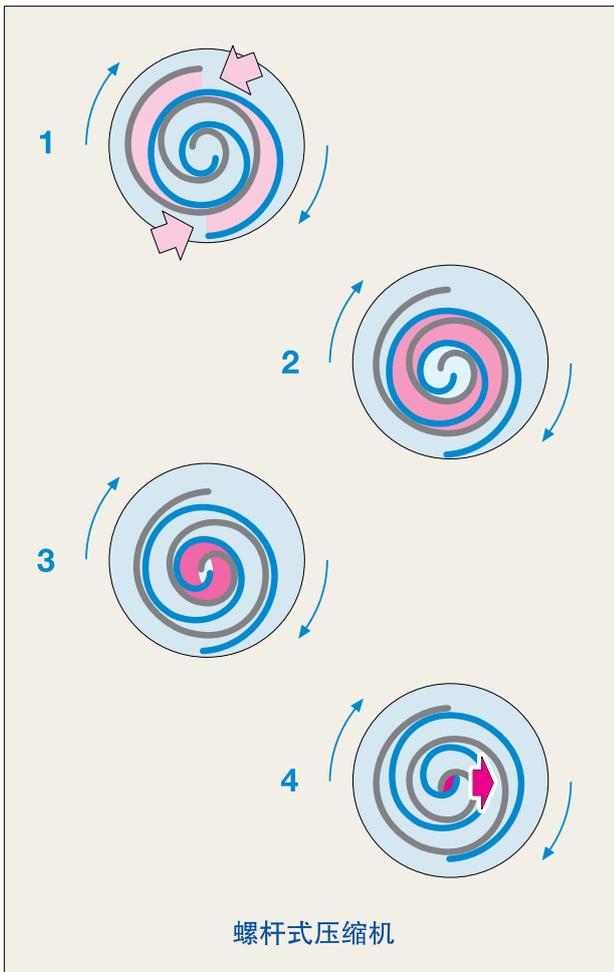
将一次冷媒进行压缩，最初使用的是活塞式或涡旋式压缩机，其运行方式如下图所示：



目前，新型的热泵大多采用螺杆式压缩机。

一次冷媒的压缩由两个螺旋轨道交叉的螺杆完成。两个螺杆交替压缩冷媒：当一个螺杆静止时另一个沿轨道方向压缩冷媒。这种方式下，冷媒不断被挤压成液体包并推向压缩机中心。

当液体包到达螺杆中心时，它从静止的螺杆中心口高压释放出去。



相对于传统的活塞式或涡旋式压缩机，螺杆式压缩机有以下优势：

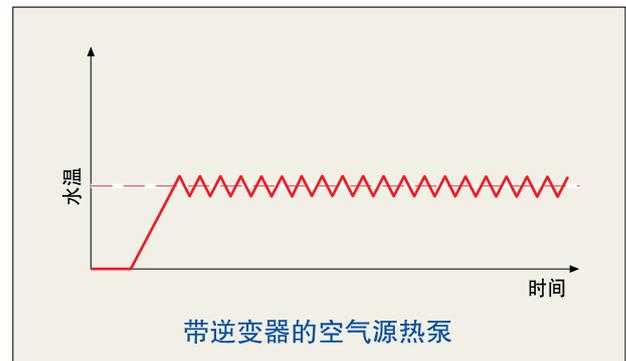
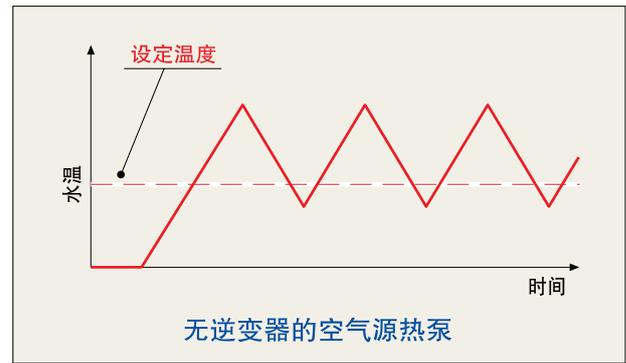
- 热动力循环的效率明显提高；
- 热泵的重量及体积减小；
- 活动元件减少，故障几率降低；
- 启动及运行阶段的噪音更低。

与传统压缩机相比，螺杆式压缩机的噪音降低了25 - 30%。

热量调节系统

上一代的空气源热泵不能调节其输出的热量。因此，热泵会频繁地启停，这样导致其运行效率不高，而且工作不稳定（如右图所示）。

而目前市场上的热泵则能够调节其输出的热量，它得益于逆变器技术的运用：变频逆变器能根据系统所需热能自动调节压缩机的速度。



带逆变器技术的热泵相对没有的可以节能25 - 30%。同时，它减少了热泵频繁的启停，保证了更长的使用寿命和更低的运行噪音。

总结

综上所述，结合螺杆式压缩机和逆变器技术的气-水式空气源热泵效率相对传统热泵有极大的提高。最新的系统技术革新（进气和出气）和优化的几何形风机叶片也进一步提高了热泵效率。

可以这样说，新型的气-水式空气源热泵在热量的输出调节、稳定性和实用性上与上一代产品不可同日而语。

气-水式空气源热泵

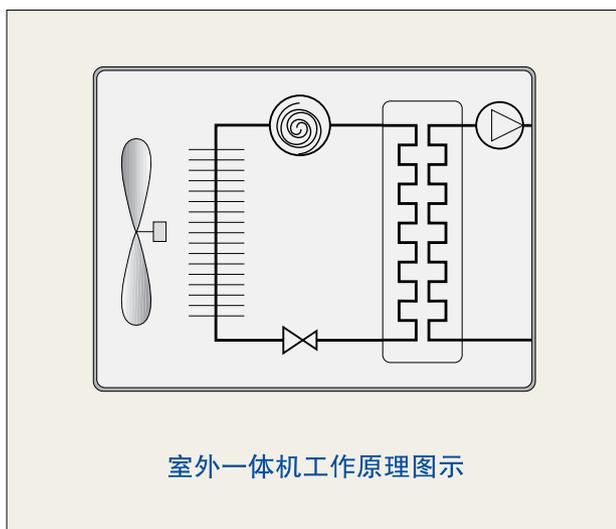
市场上有以下各类气-水式热泵：

室外机一体式热泵



室外机箱内包含了所有热泵循环系统的功能元件，即：

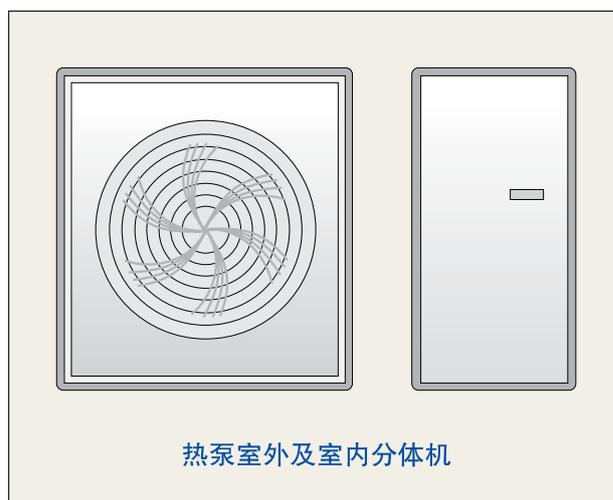
风扇，空气/一次冷媒换热器，压缩机，一次冷媒/二次系统换热器，膨胀阀等。



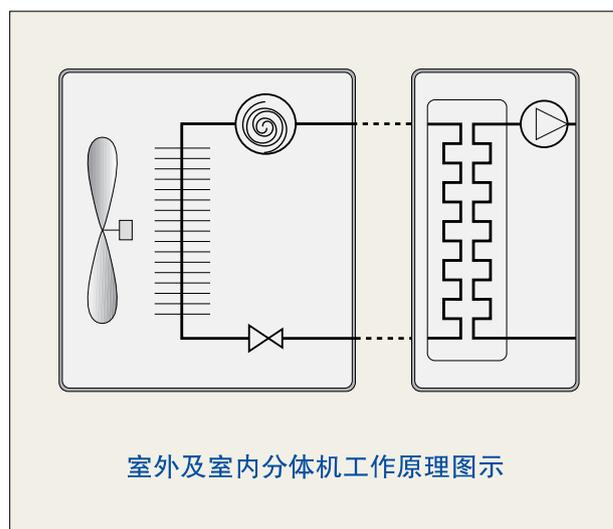
根据机型不同，室外机里还可以装备安全及膨胀元件、循环泵、电路板、用于辅助加热或防冻的电阻。

室外及室内分体式热泵

室外机箱内为热泵系统一次循环的功能元件，即：风扇，压缩机，空气/一次冷媒换热器，膨胀阀等。



这种分体机形式的热泵占用更多的空间，但它避免了结冻的风险，因为室外机与室内机之间循环的冷媒其冰点较低。



室内机则包含二次系统换热器、循环泵、电路板以及提供辅助热量或防冻功能的电加热设备。

导流式热泵室外机

这类热泵室外机从外观上看不出风扇、栅栏、水路、电路连接元件，其顶部有一个空气罩用于室外空气垂直方向进气和排气。



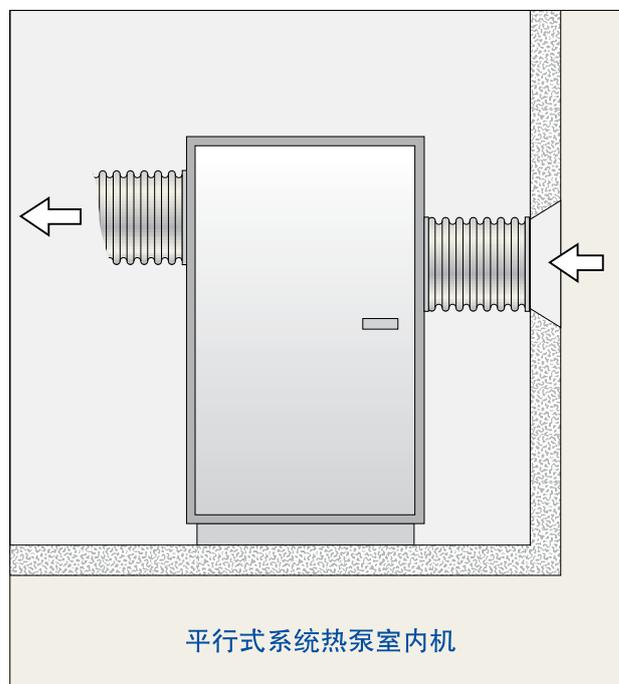
空气罩的作用在于：

- 室外机组的防风、防雪；
- 外围隔音板减少了噪音；
- 避免了空气直接吹向窗户或人员。

同时，其外围的防护板易拆卸，便于检测或维修。

热泵室内机

热泵机组安装在室内时，其进气和排气可采用平行式或垂直式，室外空气的进气和热泵的排气都通过墙上的栅栏或专门的排气孔。



这类安装形式仅限于室外确实没有空间的情况下。

气 - 水式空气源热泵系统

这类系统有许多不容忽视的优点，但同时也必须考虑其局限性。

气 - 水式空气源热泵的优点

与地源热泵相比，气 - 水式空气源热泵有以下的优点：

- 不需要打井或开阔的室外空地，不受相关环保法规的约束；
- 安装费用更低；
- 可适合于各类建筑使用。

况且，空气源热泵其热源即空气，不存在地源热泵系统因获取热量造成地表温度过低等不利情况。

气 - 水式空气源热泵系统的局限性

空气源热泵其最大的局限性是空气的温度波动太大，这就造成了它的换热效率有限。

当室外空气温度过低时，热泵的COP值会急剧下降，这会导致：

1, 系统运行费用过高

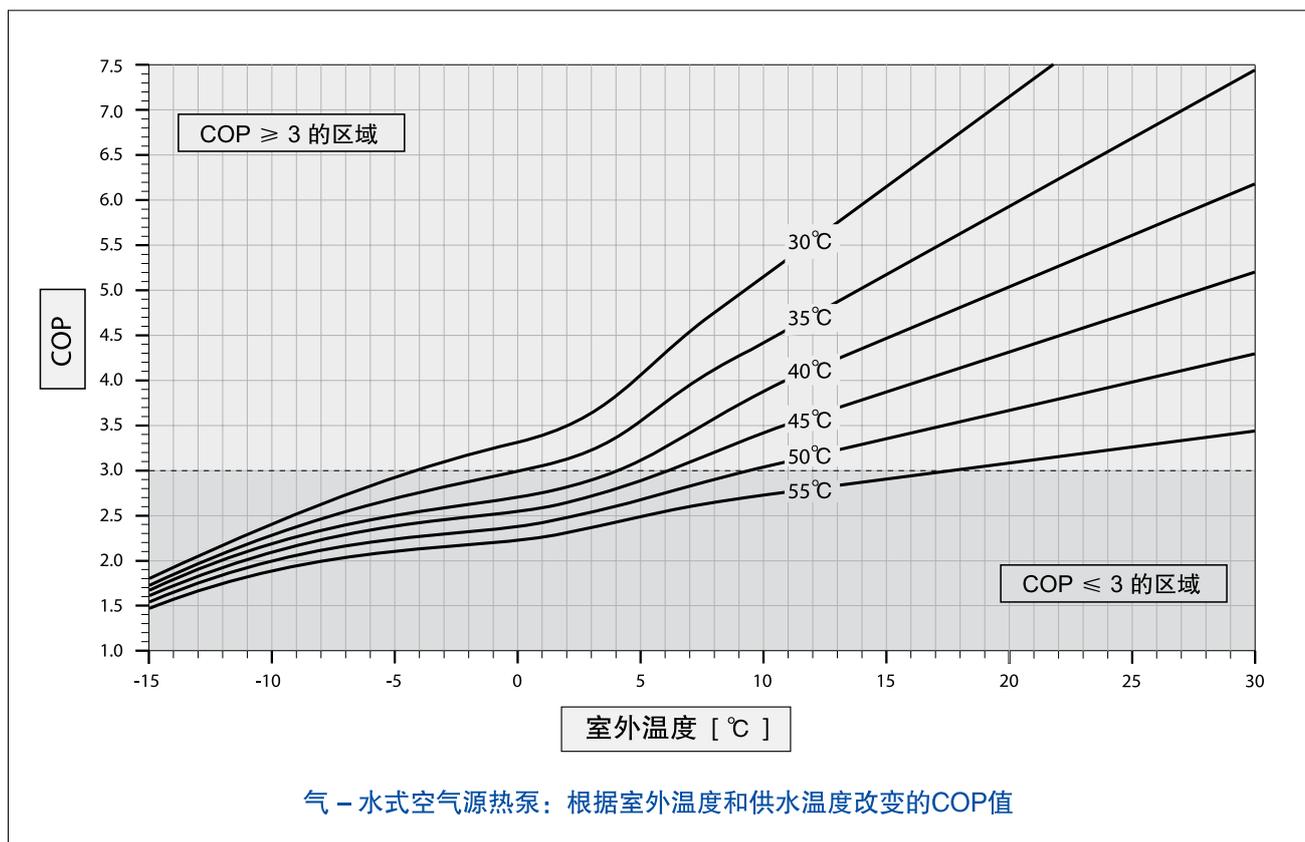
相对燃气锅炉，热泵只有在COP值不低于每kWh电费和产生kWh热量的气费比例的情况下才适合使用。

比如说，电费和气费的比例为3，则热泵的COP值就不能低于3。也就是说，每吸收1 kWh的电能则需要向系统输出3 kWh的热能。

2, 造成每个单位kWh电费增加

当室外空气温度降低时，不仅热泵的COP下降，同时，建筑物内热量需求也增加。这两个因素加在一起会造成用电负荷加大，实际单位kWh电费增加。

鉴于以上原因，在室外空气温度过低的情况下，建议用燃气锅炉替换或补充热泵热量，也就是在热泵运行经济性不高的状况时使用锅炉提供热量。

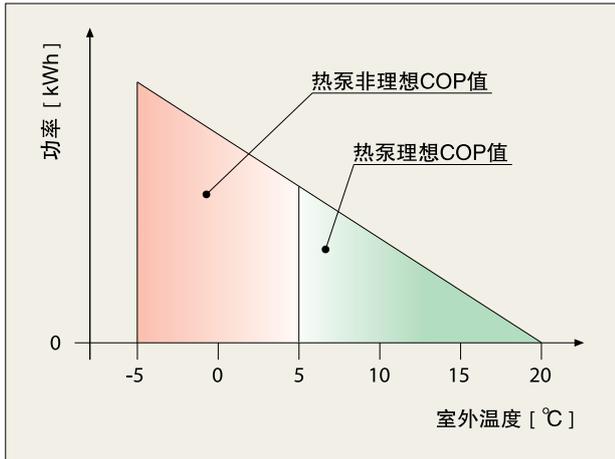


运行方式

气 - 水式空气源热泵系统通常分为以下几类：

无辅助电加热的单热源系统

热泵设计为提供系统所需的全部热量。

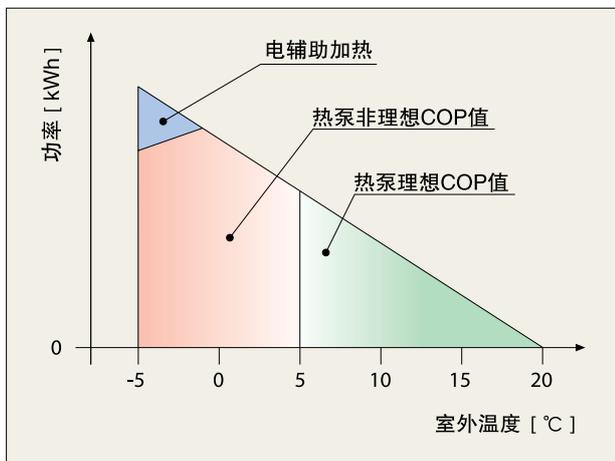


这种方案只适合室外温度不会影响热泵COP值的区域。

带辅助电加热的单热源系统

热泵设计为提供系统所需热负荷的70 - 80%。
其余部分的热负荷则由电加热提供。

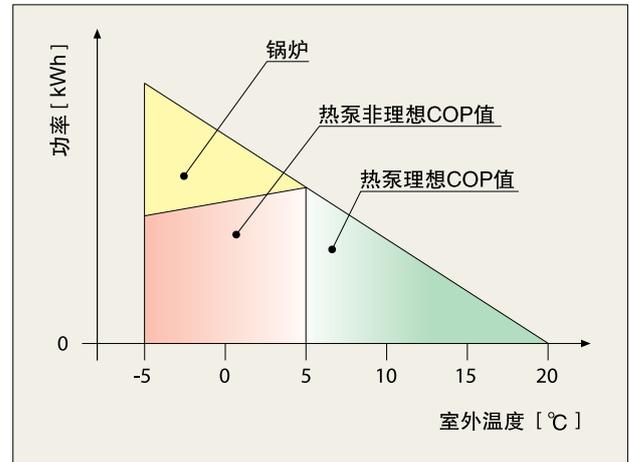
与前一种方案相比，它的热泵功率更小因此更经济。



同样，这种方案也只适合室外温度不太低的区域

热泵与锅炉并联的混合热力系统

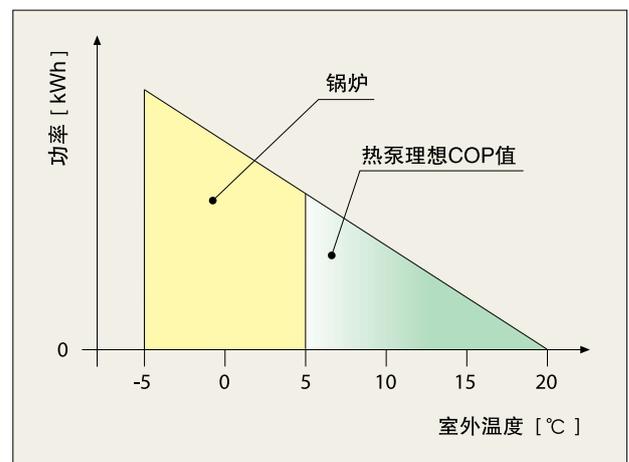
热泵设计为提供一定室外温度条件下的热负荷，
低于室外温度下的热负荷则由热泵和锅炉共同提供。



这种方案的缺点在于热泵仍然在较低COP值时工作，也就是非理想工作状态。

热泵及锅炉交替式混合热力系统

热泵设计为在一定室外温度（称为替换温度）上
提供全部热负荷。在此温度下全部由锅炉提供热量。



这种交替的工作方式保证了热泵始终在理想的COP值区域内工作。

这类混合热力系统是我们接下来讨论的重点。

锅炉及热泵混合热力系统

目前，市场上已有预组装式混合热力系统，对于安装和使用都很方便。

预组装式混合热力系统

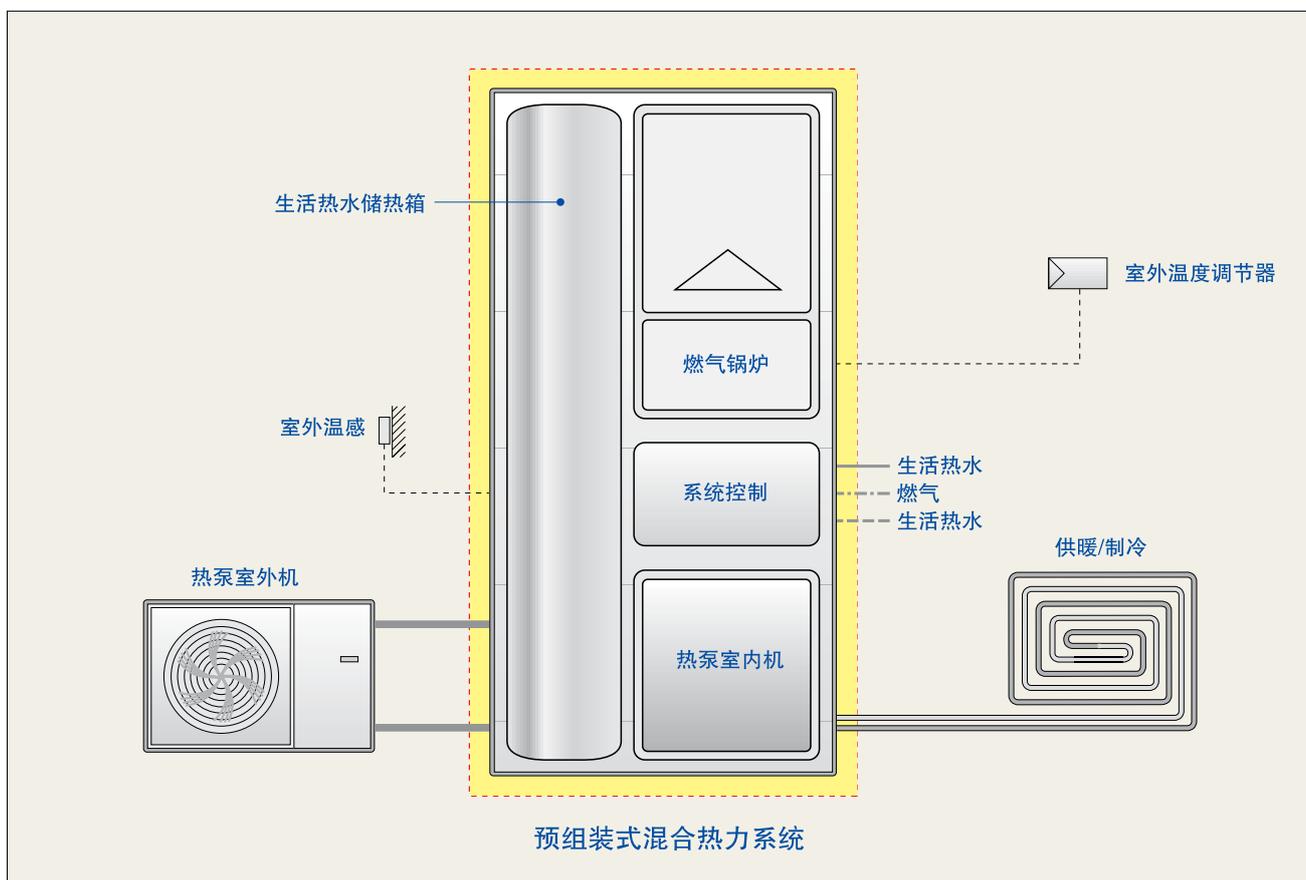
它称为“一体式系统”，因为它将所有功能元件集中在一个箱体内，其功能有：（1）提供生活热水；（2）系统的安全控制；（3）系统供暖或制冷的温度调节；（4）根据热量需求和室外温度情况自动切换热源。

对于安装人员来说，只需将热泵室外机（或太阳能集热板）及二次系统与一体机连接起来就可以。

与传统的将各类热源现场拼装相比，这类预组装系统有更多的优势，比如：

- 更加符合新能源法规对于新能源比例的要求；
- 简化了现场的安装，避免了电路和水路连接繁琐及错误连接的出现；
- 通过厂商出厂的调试，各热源之间的切换和热量调节顺畅，开机就可使用；
- 外形紧凑、美观。对于独立别墅式建筑尤其重要。

当然，“一体式”系统并非完美无缺，接下来我们将讨论这类系统需要注意的方面。



预组装式混合热力单元

预组装式混合热量单元是热泵、锅炉/制冷系统的中心枢纽，它将热源和二次系统连接，自动切换热源。它由一个电子中控器和电动分流组件构成。

分流组件由电动三通分流阀和一个水路连接管构成，它起到了热泵和锅炉之间的水路连接和切换作用。

中控器的作用是保证电动三通阀自动在热泵和锅炉水路系统之间的切换，它根据以下信息做出判断：（1）中控器上设定的启动锅炉的室外温度；（2）室外温度传感器反馈的实际室外温度；（3）室内温度调节器是否需要热量输入的信号。

当室内温度调节器需要热量输入及室外温度高于中控器设定温度时，中控器启动热泵，将热泵与二次供暖系统接通。

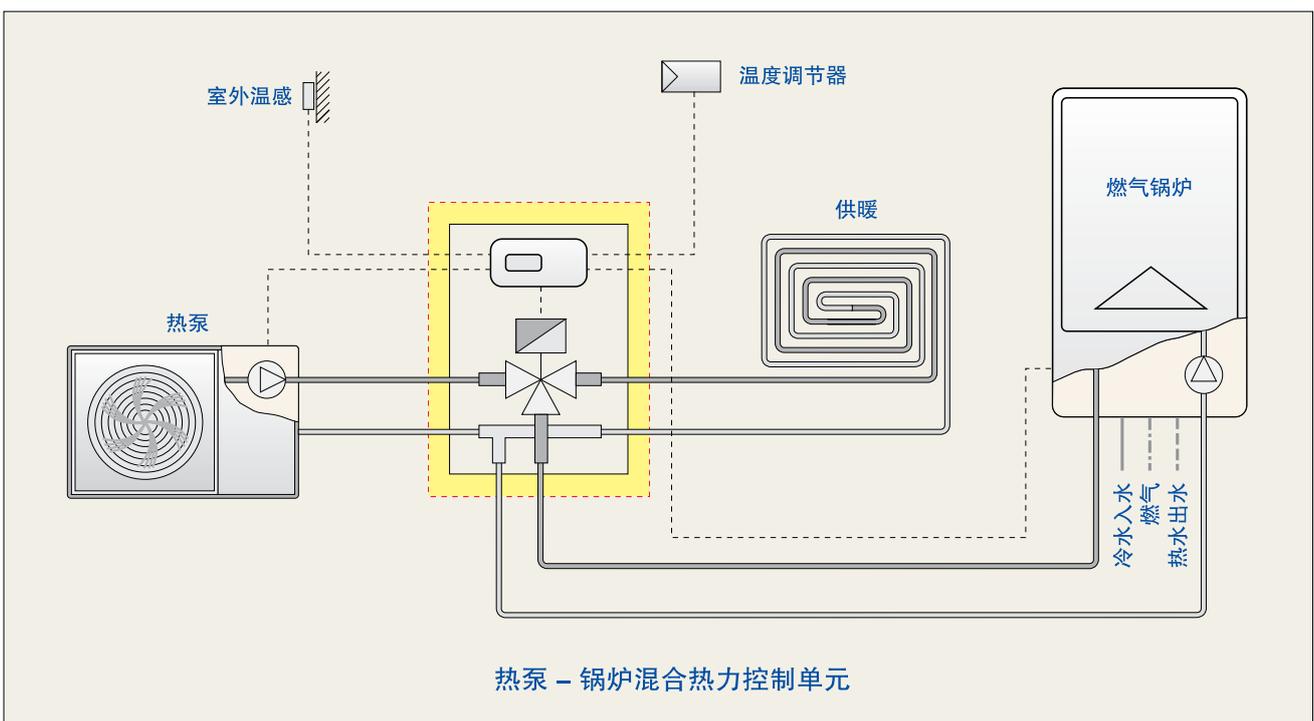
当室内温度调节器需要热量输入且室外温度低于设定温度时，中控关闭热泵，启动锅炉，将锅炉与二次供暖系统接通。

与现场连接各类切换阀元件相比，混合热力单元的优点是：

- 不占用空间，组件可挂墙或嵌墙安装；
- 避免现场组装元件的繁琐及管路阀门的水力密封不严；
- 中控器具备电路模块，避免了现场连线出现错误；
- 热力单元有相应的保温壳，既实用又美观。

相对于“一体式”系统，它的优点为：

- 如果热源其中之一出现故障，供暖系统不会完全停运；
- 可以将现有锅炉系统改造为混合热力系统；
- 可以选择不同厂家的热源机组，因为热泵与锅炉其技术特征的差异很大；
- 避免了“一体式”系统厂家提供垄断的售前售后服务，通过经销商和安装商的介入减少维护费用；
- 在更换热泵机组或系统元件时有更多的选择，避免了整机更换的昂贵费用。



混合式热力单元系统的供暖及生活热水方式

这种系统在供暖或产生生活热水时均采用混合热力，其运行如下图所示。

供暖系统

如下图中红线所示，它表明了供暖运行时与中控制器相连的各个设备：中控制器根据设定温度、室外实际温度、室内热量需求决定启动热泵或锅炉系统。

生活热水

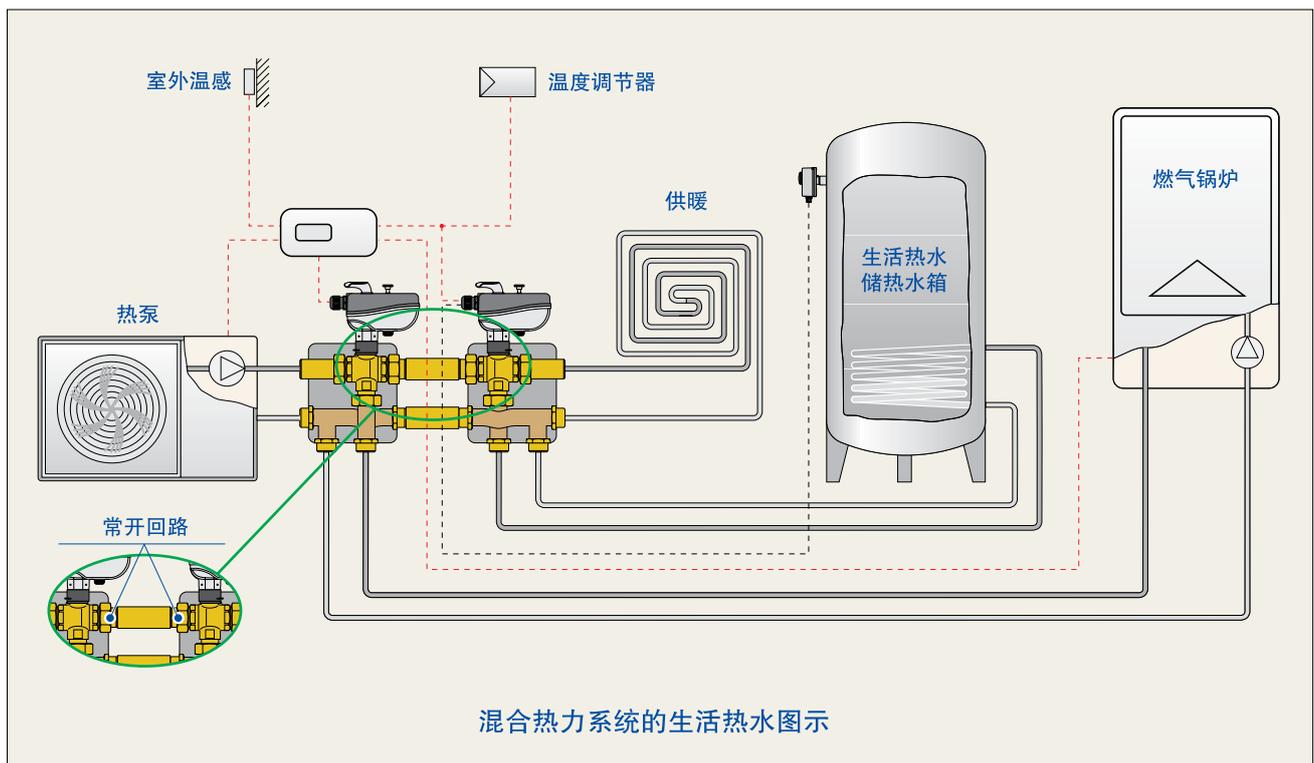
与13页的系统图示相比，下图中的生活热水由单独的储热水箱提供而非燃气锅炉即热式提供。

混合动力单元后端的电动三通切换阀组其作用是热水优先于供暖的切换。

储热水箱的温控器在水箱水温低于其设定温度时，指令电动三通切换阀组将供暖切换到储热水箱换热盘管换热，三通切换阀的辅助微动开关接通中控制器启动热源。

为保证系统正常运行，进入换热盘管的供水温度（无论热泵还是锅炉提供）需要高于水箱温控器设定温度3-4℃。否则会造成水箱换热系统持续运行，切换阀组不能切换到供热系统。

如果锅炉或热泵使用气候补偿式调节，需要给它们的调节器接入一个信号，在产生生活热水时锅炉或热泵按最高出水温度运行。



使用混合热力单元供暖及制冷系统

这类系统按如下方式运行：

供暖方式

与13图示相同，在本系统图中红色虚线标识。

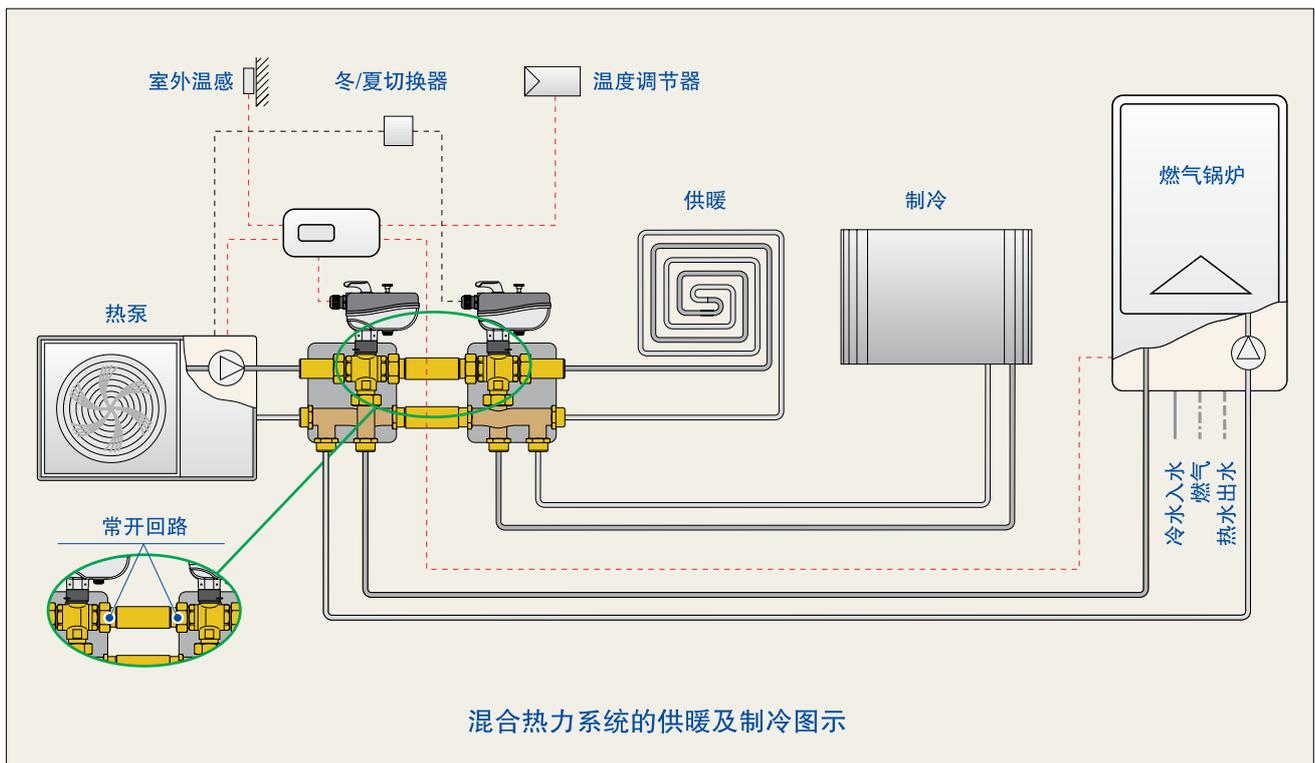
供暖/制冷方式

图中的热泵为可逆换式，与13页图示相比，增加了一个冬/夏切换器及一个三通切换阀组。

混合热力单元后端的三通切换阀组的作用为供暖和制冷的切换。

在冬季运行时，中控器按13页图示方式运行，三通切换阀组与供暖系统连接。

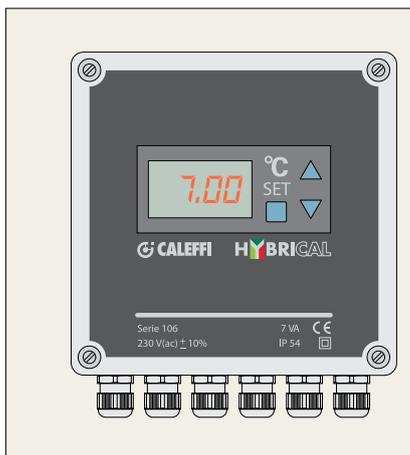
在夏季状况时，冬/夏切换器启动热泵的制冷模式，同时将混合热力单元后端的三通切换阀组与制冷系统相连接。



混合热力单元主要元件

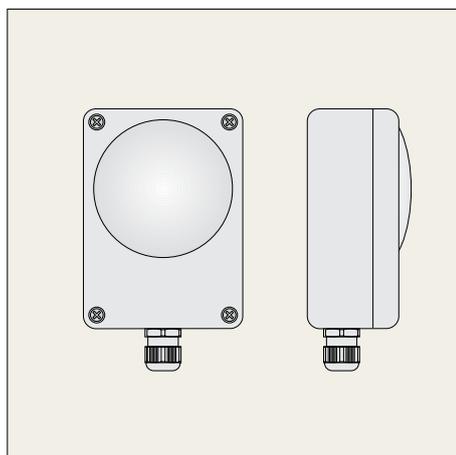
混合热力单元的主要构成元件为：

中控器

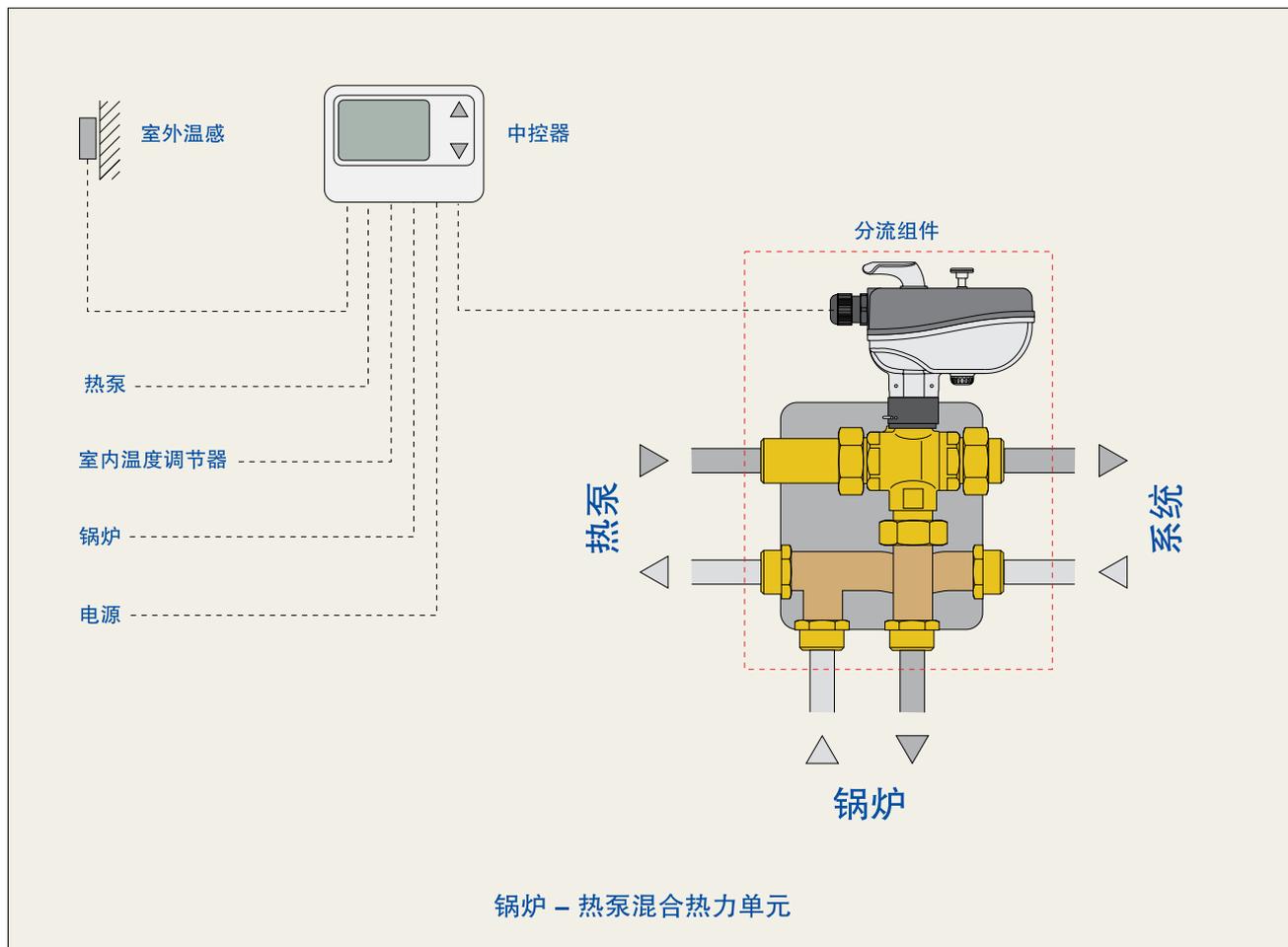


中控器具备一系列的系統控制功能。

室外温度传感器



它是一个反馈室外温度的热敏元件，外面有保护壳。

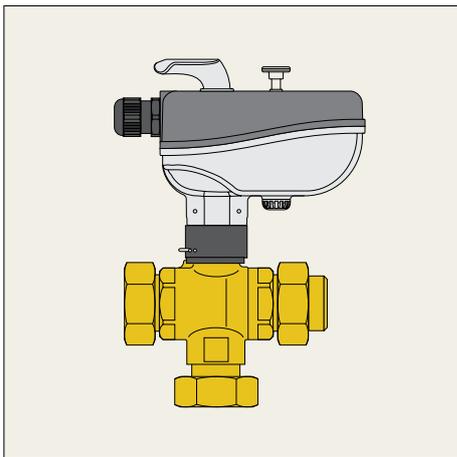


室外温度传感器需要安装在建筑物最冷的外墙上，通常为北边，距离地面至少2.5米，安装位置不能受阳光直射。

室外温度传感器不能安装在靠近门、窗、排风扇或排烟口以及有可能出现第二热源的地方。

其外壳的过线槽口需胶封，外壳不能刷漆。

三通分流阀

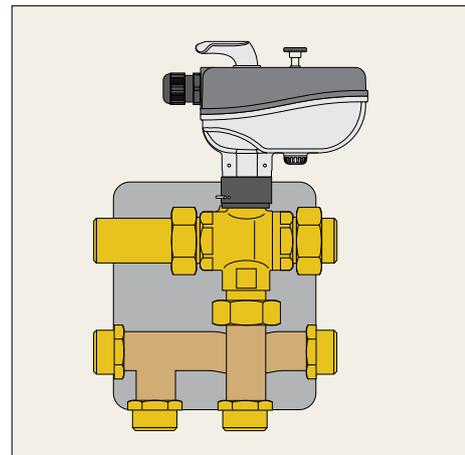


用于锅炉和热泵系统之间的分流。

三通分流阀的压损不能过大，否则会影响系统的流量。

同时，三通分流阀的动作时间要短，且具备开关手柄和定位开关。

分流阀组



由三通阀和另外一个三通连接管组成，整个阀组六个接口，用于连接热泵，锅炉及供暖系统的供回水。阀组外面有预制热压保温壳，它有效防止热量的散失，尤为重要，在制冷状态使用时，它防止热空气在阀组上面产生冷凝。

整个阀组外形结构紧凑美观，连接方式便捷。

防冻保护

气-水式空气源热泵室外一体机与室内系统的管道连接部分有结冻的危险，尤其是在热泵断电或异常工作时，为避免结冻产生，需采用以下防冻措施：

防冻液保护

二次循环系统中加入防冻液防止结冻。

这种方法会导致系统的压损增加。

同时，防冻混合液需进行定期检测和填充，以避免时间长以后：（1）防冻液防冻效果降低；（2）酸性增大腐蚀性变强。

电加热保护

通过管道外层的电阻加热防止结冻，但系统如果断电时此项保护就不再有任何作用。

自力式机械保护

自力式机械保护的方式如下图所示，它通过以下一系列元件来进行防冻保护：

- 热泵与系统之间的循环泵，循环泵在系统回水管道上；

- 循环泵后端的压差式自闭阀：当循环泵停止工作时，泵前的压力（通过导压管与自闭阀连接）与泵后压力一致，无压差作用于阀体上，自闭阀关闭；当循环泵启动时，泵后压力大于泵前压力，其压差作用于膜片上自动打开自闭阀；

- 自力式泄水防冻阀；

- 自动排气阀；

- 最低温度开关；

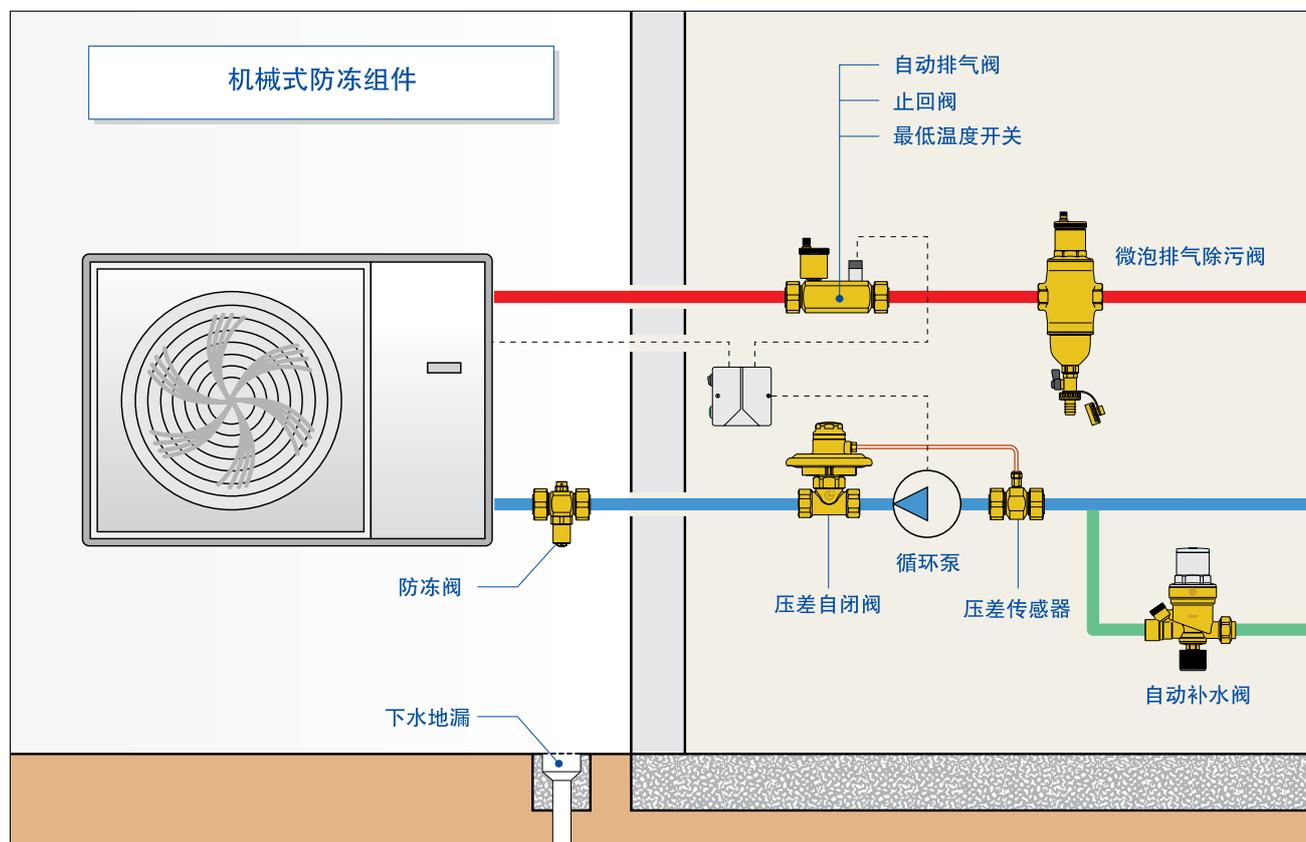
- 接线盒；

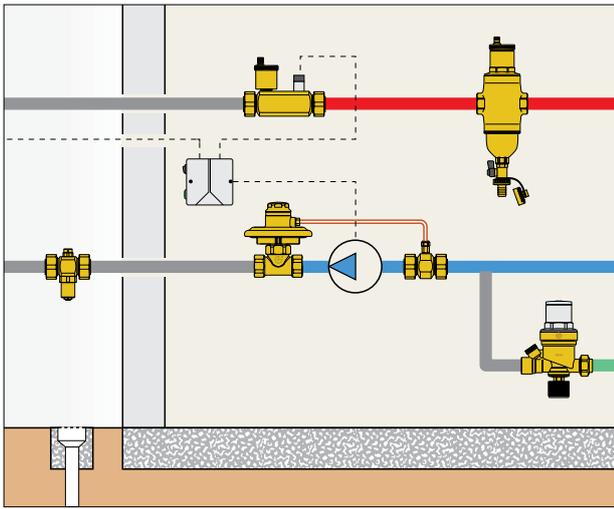
- 微泡排气排污阀。用于排气及除污，尤其是系统防冻介入过后重新注水时。

防冻的运行方式分为以下几个步骤：

隔离室外系统

在循环泵停运时，通过压差自闭阀和止回阀将室外系统隔离。





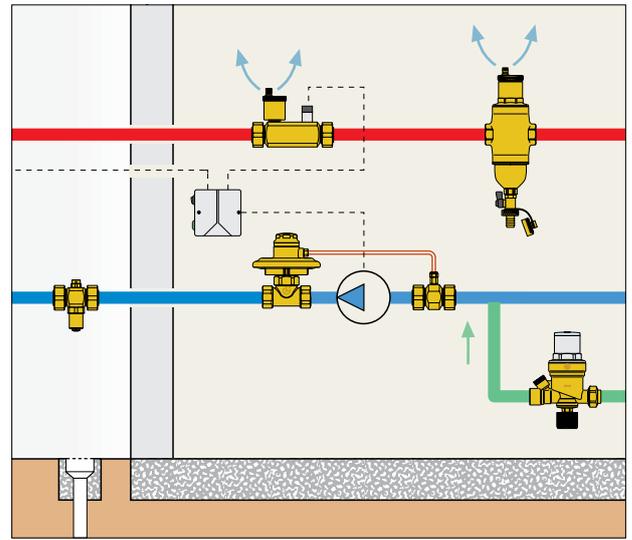
循环泵停运的原因大致为：（1）系统正常的功能信号（比如无热量需求）；（2）最低温度开关的介入（通常由热泵异常工作引发）；（3）系统意外断电。

室外系统重新启动，无防冻功能介入

当室外温度不低于结冻温度时（如4℃），即便在室外系统隔离的情况下，防冻阀也保持关闭，室外系统中的水仍然保留在管道内。

在这种情况下，循环泵开启后，压差自闭阀打开，系统恢复正常运转。

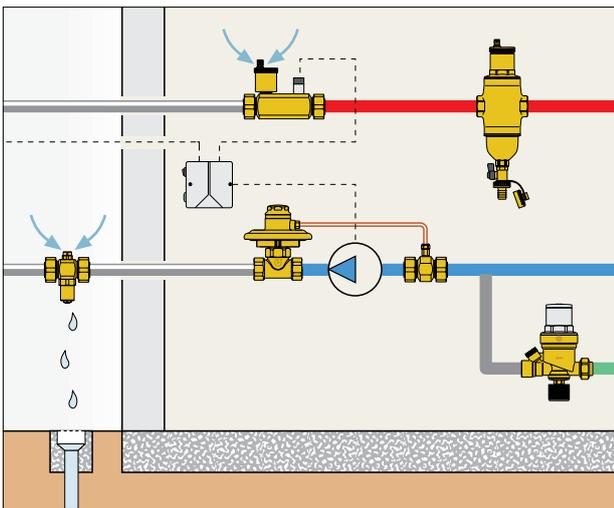
防冻阀上端的真空阀吸入空气利于排水，同时，供水管道上的自动排气阀也在负压状态下吸入气体，利于将管道中的水量排出，避免管道结冻。



防冻阀介入后系统重新启动

循环泵启动后，压差自闭阀打开，防冻阀在管道水温超过结冻温度（4℃）后自动关闭。

系统防冻排泄的水量由自动补水阀按系统预设压力自动补满系统。补水过程中，自动排气阀和微泡排气阀加速补水时间并排除系统中存在的气体。



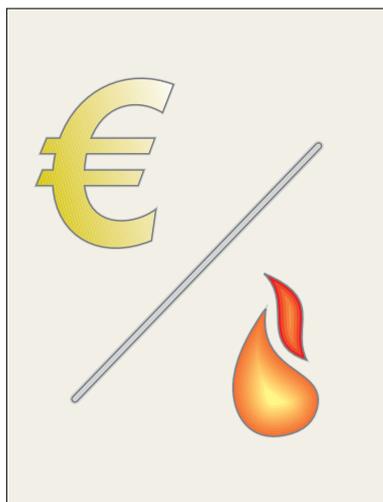
防冻阀的介入

当室外温度接近冰点时（如4℃），在室外系统隔离的情况下，防冻阀自动开启，将隔离室外系统管道中的水，部分或全部排出。

电和天然气的热能费用

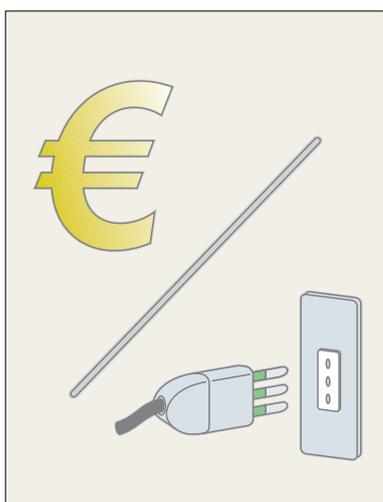
了解电和天然气各自的热能费用有助于我们选择是用热泵还燃气锅炉采暖更为经济。

kWh电费



即每个单位电费，这取决于不同的地区和相关政策。

KWh热量天然气费



天然气费通常有两个部分构成：固定费用（不管消耗多少）和实际消耗费用。

其每kWh热量费用可按以下公式计算：

$$C(\text{kWh.g}) = \frac{C_{\text{gas}}}{\text{PCI} \cdot \eta}$$

其中：

C_{gas} = 每Nm³天然气费

PCI = 天然气的最低热比值 (kWh/Nm³)

η = 燃烧效率

天然气的最低热比值由燃气供应商在其合同内体现。

KWh电费和kWh天然气费之间的关系

两者之间的关系可如此表示：

$$R = \frac{C(\text{kWh.e})}{C(\text{kWh.g})}$$

将上面的天然气费公式带入，得出：

$$R = \frac{C(\text{kWh.e}) \cdot \text{PCI} \cdot \eta}{C_{\text{gas}}}$$

其中：

$C(\text{kWh.e})$ = 每kWh电费

C_{gas} = 天然气费

PCI = 天然气的最低热比值[kWh/Nm³]

η = 燃烧效率

燃烧效率通常分为以下几种：

$\eta = 0.7 - 0.8$ 老锅炉

$\eta = 0.9 - 0.95$ 非冷凝式新锅炉

$\eta = 0.95 - 1.05$ 冷凝式新锅炉

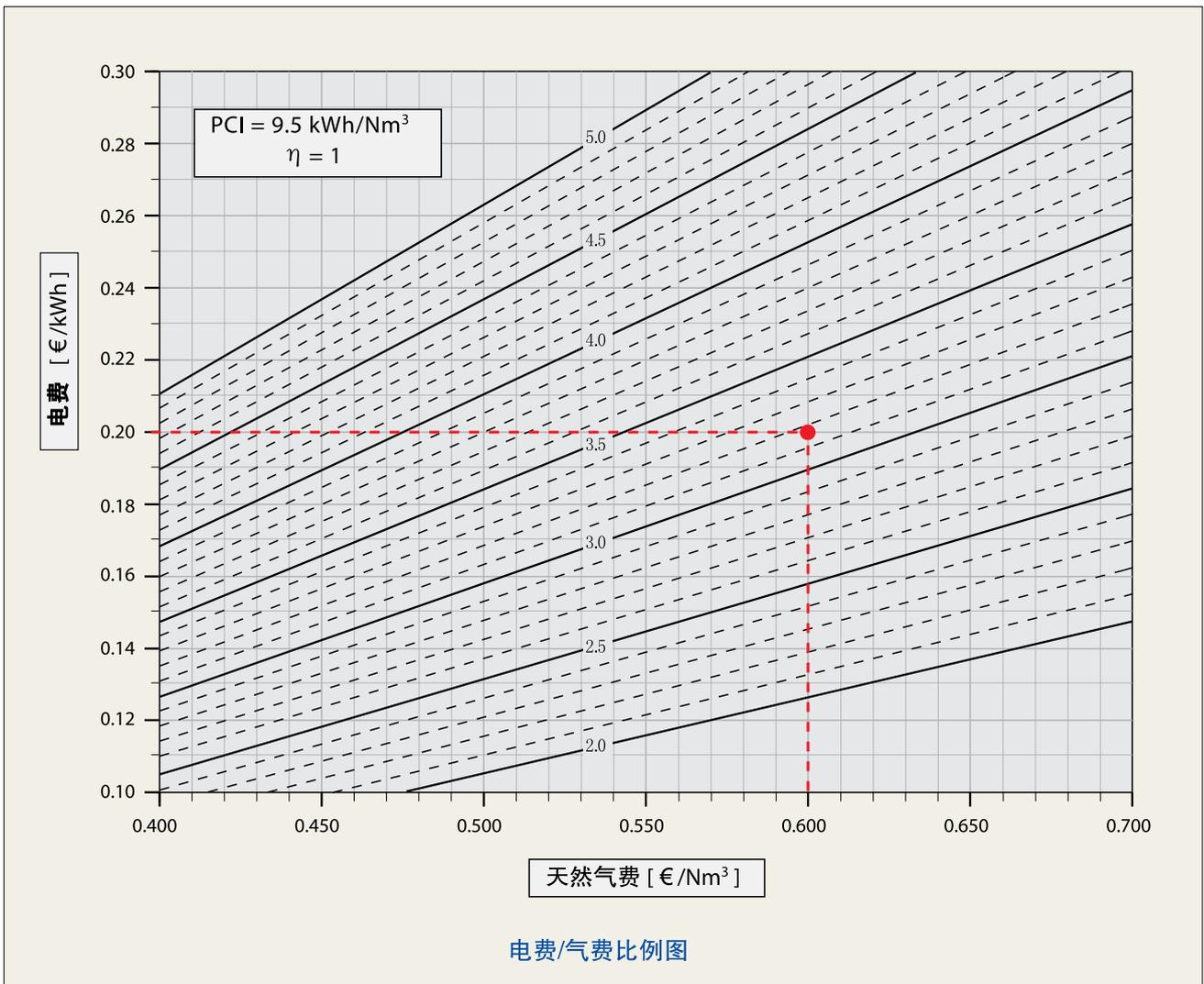
在可允许的估算范围内，R比值可通过右页图示查出。

右页图表建立在以下假定数据上：

- PCI = 9.50 kWh/Nm³ 意大利的燃气平均值。

- $\eta = 1.00$

如果 η 值不等于1，可将实际数值与R相乘得出。



R比值计算实例

根据以下数据计算R值：

- 0.2 电费 (€/kWh)
- 0.6 气费 (€/Nm³)
- 9.5 PCI (kWh/Nm³)
- 0.95 锅炉效率

根据右页公式得出：

$$R = \frac{0.20 \cdot 9.50 \cdot 0.95}{0.60} \approx 3.0$$

R值也可以通过上面的图表查出：

$$R (\eta=1) \approx 3.0$$

把η值换为0.95，则得出：

$$R \approx 3.2 \times 0.95 \approx 3.0$$

因此，从上面的范例中得出，用电产生热能的费用为燃气产生热能的3倍。

COP与R值的关系

根据COP和R值的定义，可以得出，要让热泵产生热能费用低于锅炉产生相同热能的前提条件是：

$$\text{COP} < R$$

也就是说，只有在热泵的COP值大于R值时，才更适合使用热泵不是锅炉。

右侧范例计算出的R值，大致也表明了目前意大利用于产生kWh热能的电费及气费的比例。

在欧洲，此比值通常更低，因为电费在其它国家要低很多。

比如在法国，气费与意大利相差无几，但电费仅在 0.1 - 0.12 €/kWh，因此其电气费比值R偏低，同样，要求热泵的COP值也随之更低，通常在 1.5 - 1.8。

混合热力系统的热泵设计

混合热力系统分为两大类：一类是新建系统；另一类是在原有的锅炉系统上增加热泵。

新系统

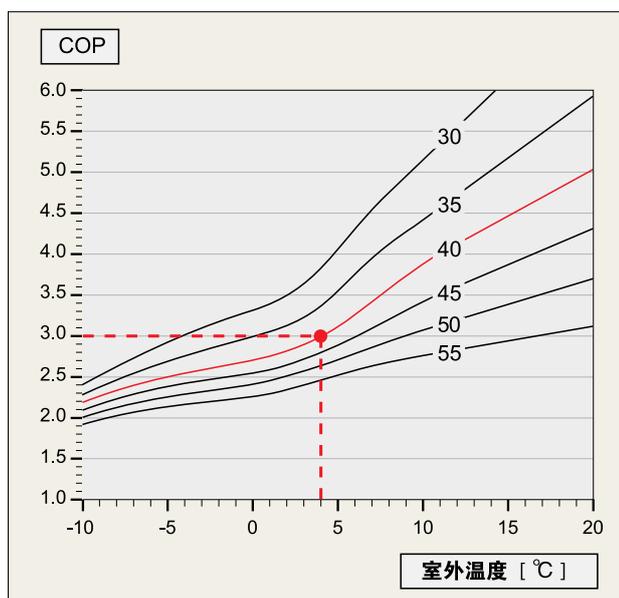
以下是设计热泵主要的参数和数据：

R值

参考20页和21页图表及公式。

热源切换温度

根据热泵厂家提供的COP/室外温度对比图，按热泵设计的供水温度和最低COP即R值选择相应的温度，即为热源的切换温度。



比如，假设：

COP最低值 = 3

设计供水温度 = 40°C

根据上图，得出热源切换的室外温度为+4°C

切换温度点对应的热泵输出热量

此热量 (Q_{pdc}) 可根据系统的热量需求 Q_{imp} 通过以下公式计算得出：

$$Q_{pdc} = \frac{Q_{imp} \cdot (T_{int} - T_{alt})}{(T_{int} - T_{est})}$$

其中：

Q_{pdc} = 热泵输出热量

Q_{imp} = 系统所需热量

T_{int} = 室内空气温度

T_{est} = 室外设计空气温度

T_{sit} = 切换热源室外空气温度

热泵的选择

在进行热泵选型时，首先要参考R比值来选择最低COP值，在室外温度切换点的基础上，选择大于15 - 20%功率的热泵，这样，富余的热量能降低热源切换温度，也就能降低R值即COP最低值。

范例：

根据以下数据选择混合热力系统内的热泵：

- 8.0 kWh 系统所需热量
- 20°C 室内空气温度
- -5°C 设计室外空气温度、
- +4°C 热泵/锅炉切换温度
- 3.0 最低COP值

根据上面的公式得出：

$$Q_{pdc} = \frac{8.0 \cdot (20 - 4)}{(20 + 5)} = 5.12 \text{ kW}$$

在增加20%功率的基础上得出用电功率

$$W_{pdc} = \frac{5.12 \cdot 1.2}{3.0} = 2.05 \text{ kW}$$

既有系统的改造

如果既有系统为辐射地板采暖系统，由于其供水温度较低，符合热泵出水特征，因此可按新系统方式设计；

如果既有系统为散热器采暖系统，需要注意的是，热泵按中低温水温运行，而散热器按中高温水温运行，所以，热泵只能在更高的室外温度的条件下才能提供所需热量。这点我们在选型时需参考进去。

将既有锅炉供暖，散热器采暖系统改造为空气源热泵和锅炉集合的混合热力系统，其设计选型参考如下：

热泵输出热量

此热量 (Q_{pdc}) 可通过现有系统提供热量 (Q_{imp}) 根据以下公式计算：

$$Q_{pdc} = \frac{Q_{imp} \cdot (T_{m,pdc} - T_{int})^{1.3}}{(T_{m,rad} - T_{int})^{1.3}}$$

其中：

Q_{pdc} = 热泵输出热量

Q_{imp} = 系统所需热量

T_{int} = 室内空气温度

$T_{m,pdc}$ = 热泵设计平均供水温度

$T_{m,rad}$ = 散热器设计平均供水温度

假定各参数如下：

- 8.0kWh 系统所需热量
- 20℃ 室内空气温度
- 50℃ 热泵设计平均供水温度
- 70℃ 散热器设计平均供水温度

根据公式得出：

$$Q_{pdc} = \frac{8 \cdot (50 - 20)^{1.3}}{(70 - 20)^{1.3}} = 4.11 \text{ kW}$$

热泵运行最低室外温度

可通过如下公式计算：

$$T_{l,pdc} = T_{int} - \frac{Q_{pdc} \cdot (T_{int} - T_{est})}{Q_{imp}}$$

其中：

$T_{l,pdc}$ = 热泵运行的最低室外空气温度

T_{est} = 室外设计空气温度

T_{int} = 室内空气温度

Q_{pdc} = 热泵输出热量

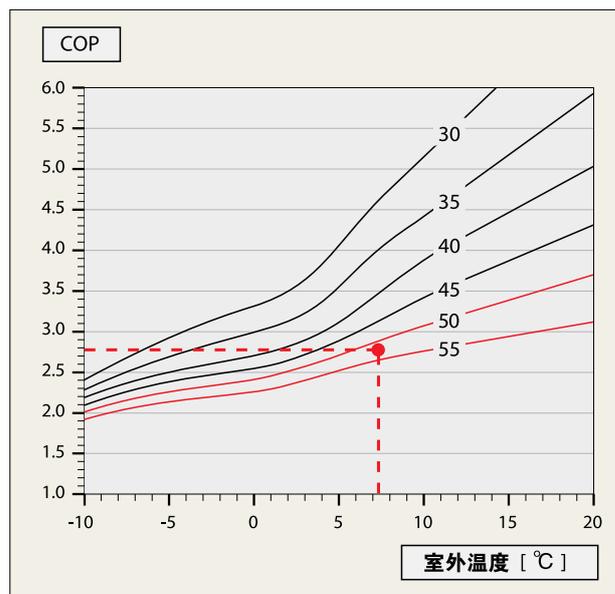
Q_{imp} = 系统所需热量

参考前一个范例的参数，在室外设计空气温度-5℃情况下，得出：

$$T_{l,pdc} = 20 - \frac{4.11 \cdot (20 + 5)}{8.0} \approx 7.2^\circ$$

与最低室外温度对应的COP值

通过热泵厂家提供COP/供水及室外温度表，按照热泵工作的最低室外温度和最好设计供水温度得出COP值。



比如，在热泵设计最高供水温度52℃时，对应的热泵COP值为2.8。

热源切换温度

即热泵工作的最低室外温度，它通常比辐射地板采暖系统的热泵最低室外温度高。

热泵的选型

根据热泵的输出热量，可按新系统的选型方案进行热泵的选择。

气 - 水式空气源热泵与壁挂炉结合的混合热力系统 1

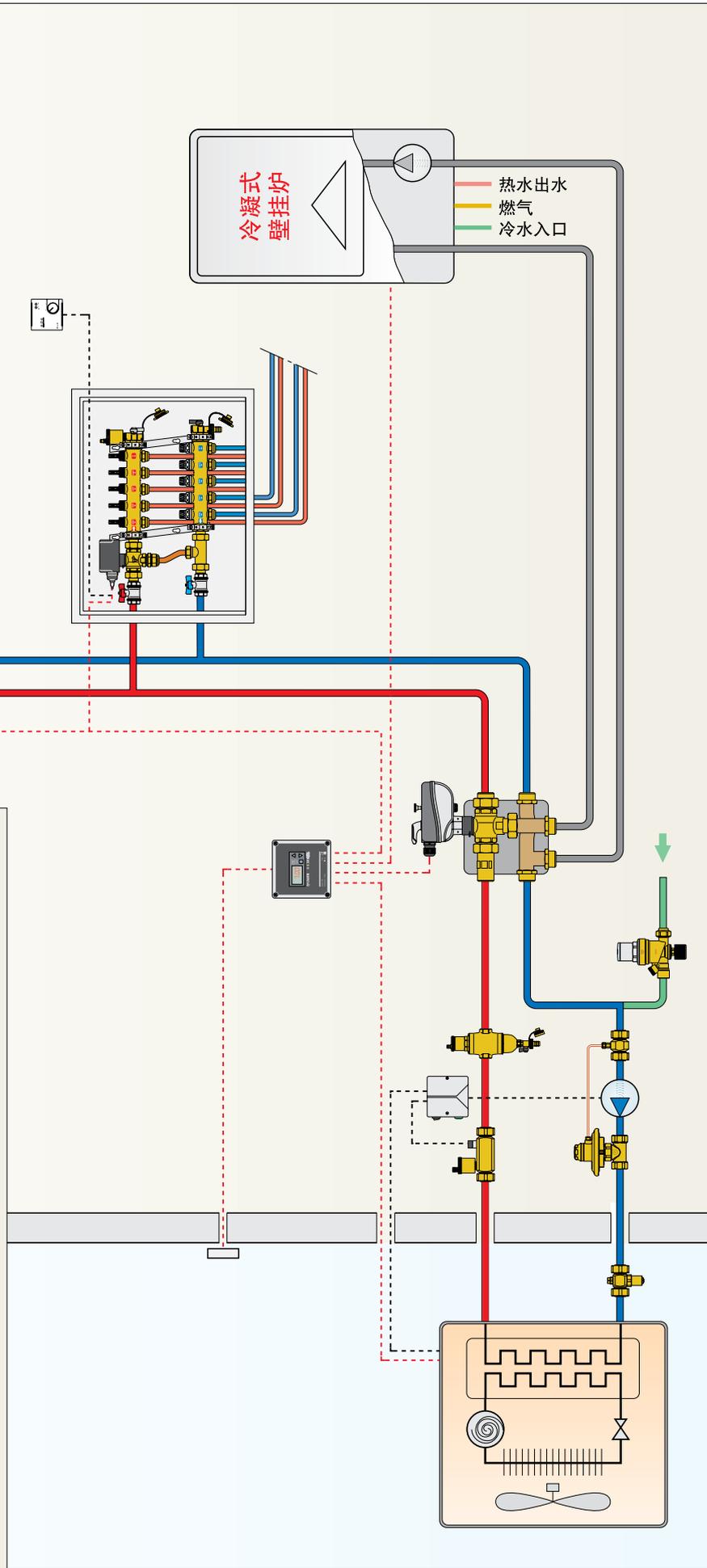
系统的热源由一台室外一体机式的空气源热泵和一台提供采暖和即热式生活热水的壁挂炉构成。

热力混合单元根据设定的室外温度值在热泵和壁挂炉之间切换，即：当室外温度大于中控器的切换温度设定值时，热力混合单元将热泵与二次系统接通，由热泵提供热量给供暖系统；反之则将壁挂炉与二次系统接通，由壁挂炉提供热量。

供暖系统的三通区域阀由室内温控器控制，当所有室内温控器关闭时，中控器关闭相应运行的循环泵。

壁挂炉提供即热式生活热水。

热泵后端的防冻阀组在系统断电、水泵阻塞或工作异常时自动介入，避免热泵系统结冰。

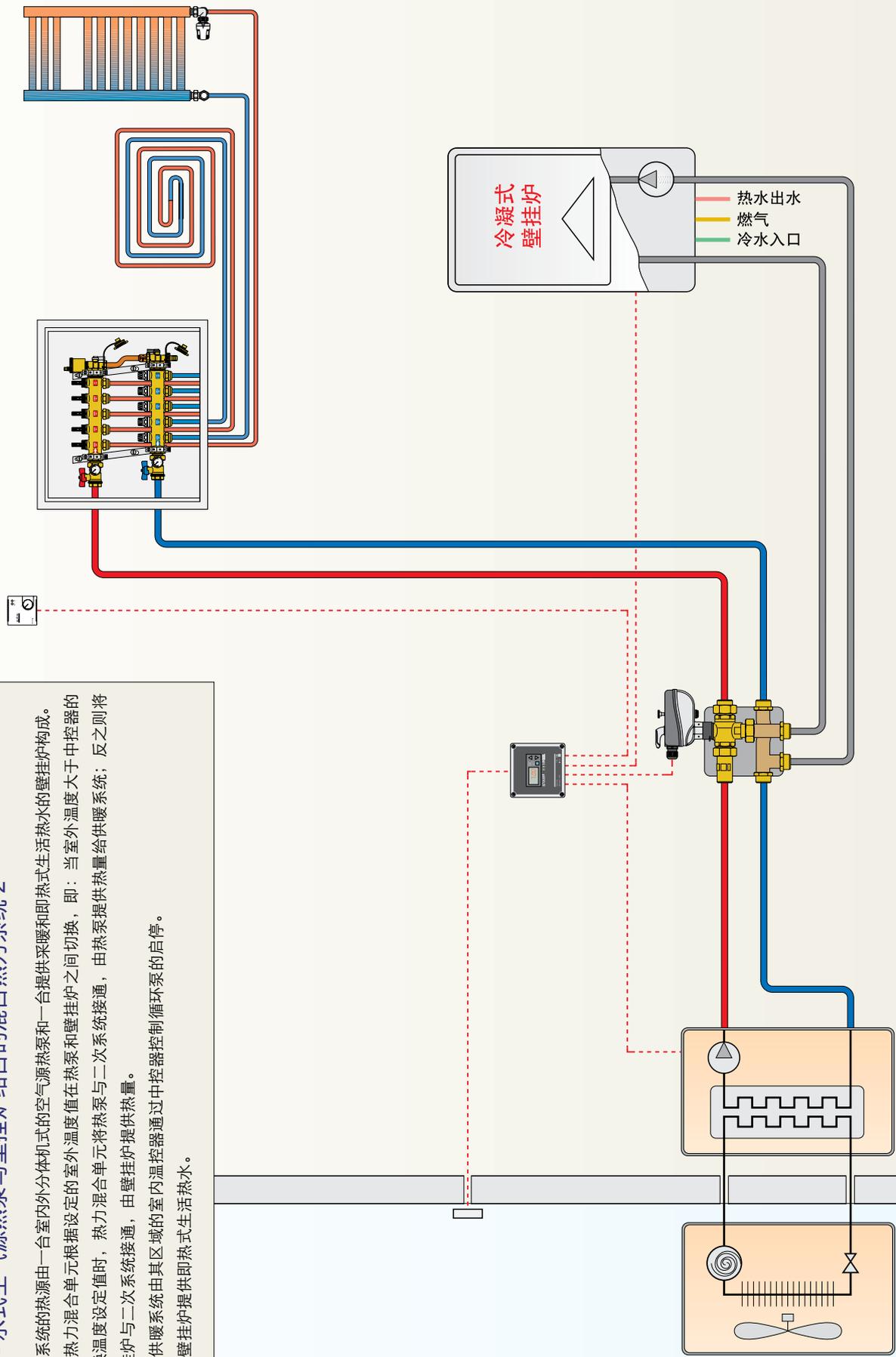


气 - 水式空气源热泵与壁挂炉结合的混合热力系统 2

系统的热源由一台室内分体式机式的空气源热泵和一台提供采暖和即热式生活热水的壁挂炉构成。

热力混合单元根据设定的室外温度值在热泵和壁挂炉之间切换，即：当室外温度大于中控器的切换温度设定值时，热力混合单元将热泵与二次系统接通，由热泵提供热量给供暖系统；反之则将壁挂炉与二次系统接通，由壁挂炉提供热量。

供暖系统由其区域的室内温控器通过中控器控制循环泵的启停。
壁挂炉提供即热式生活热水。

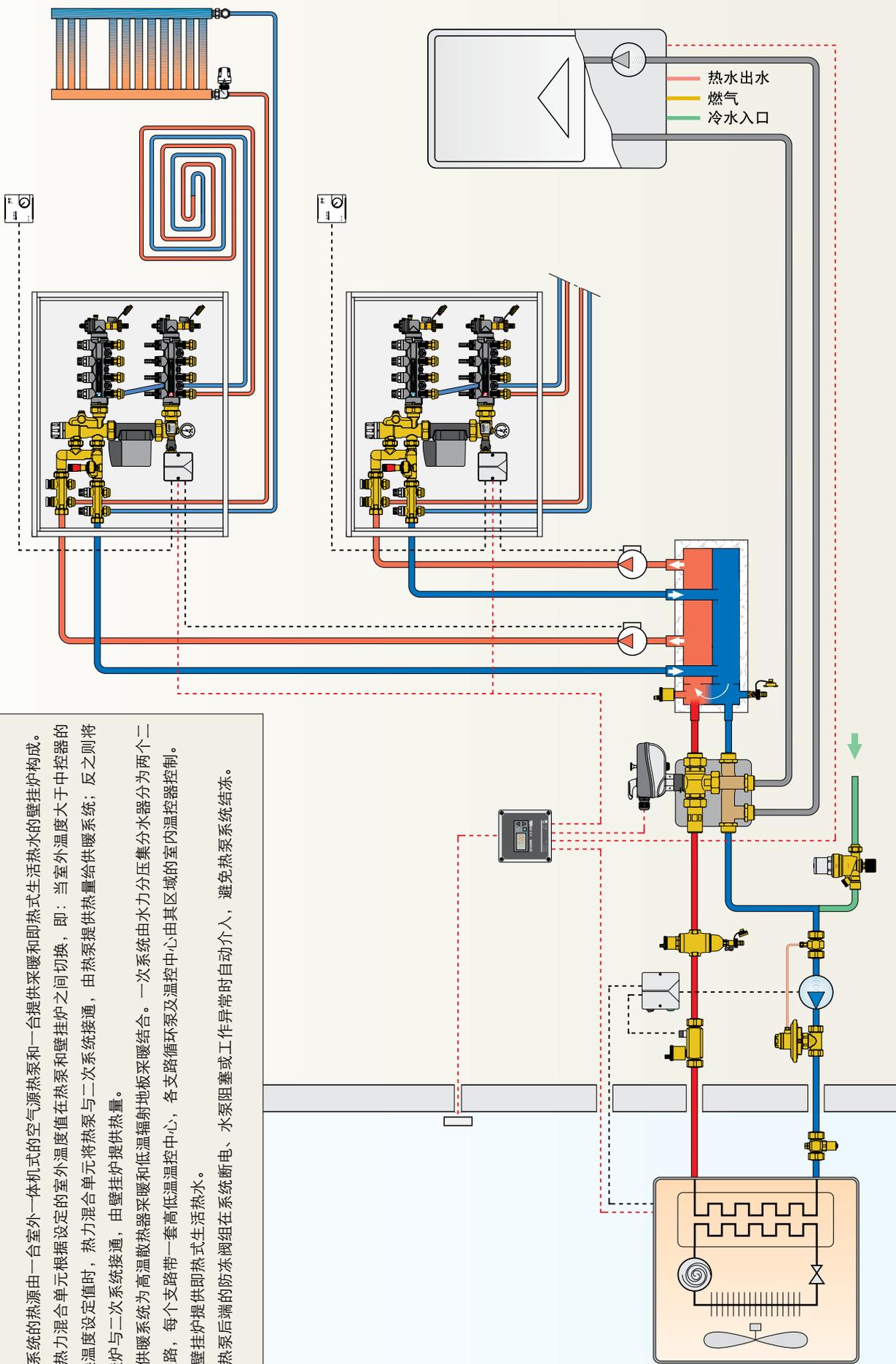


气 - 水式空气源热泵与壁挂炉结合的混合热力系统 3

系统的热源由一台室外一体机式的空气源热泵和一台提供采暖和即热式生活热水的壁挂炉构成。热力混合单元根据设定的室外温度值在热泵和壁挂炉之间切换，即：当室外温度大于中控器的切换温度设定值时，热力混合单元将热泵与二次系统接通，由热泵提供热量给供暖系统；反之则将壁挂炉与二次系统接通，由壁挂炉提供热量。

供暖系统为高温散热器采暖和低温辐射地板采暖结合。一次系统由水力分压集水器分为两个二次支路，每个支路带一套高低温温控中心，各支路循环泵及温控中心由其区域的室内温控器控制。壁挂炉提供即热式生活热水。

热泵后端的防冻阀组在系统断电、水泵阻塞或工作异常时自动介入，避免热泵系统结冻。



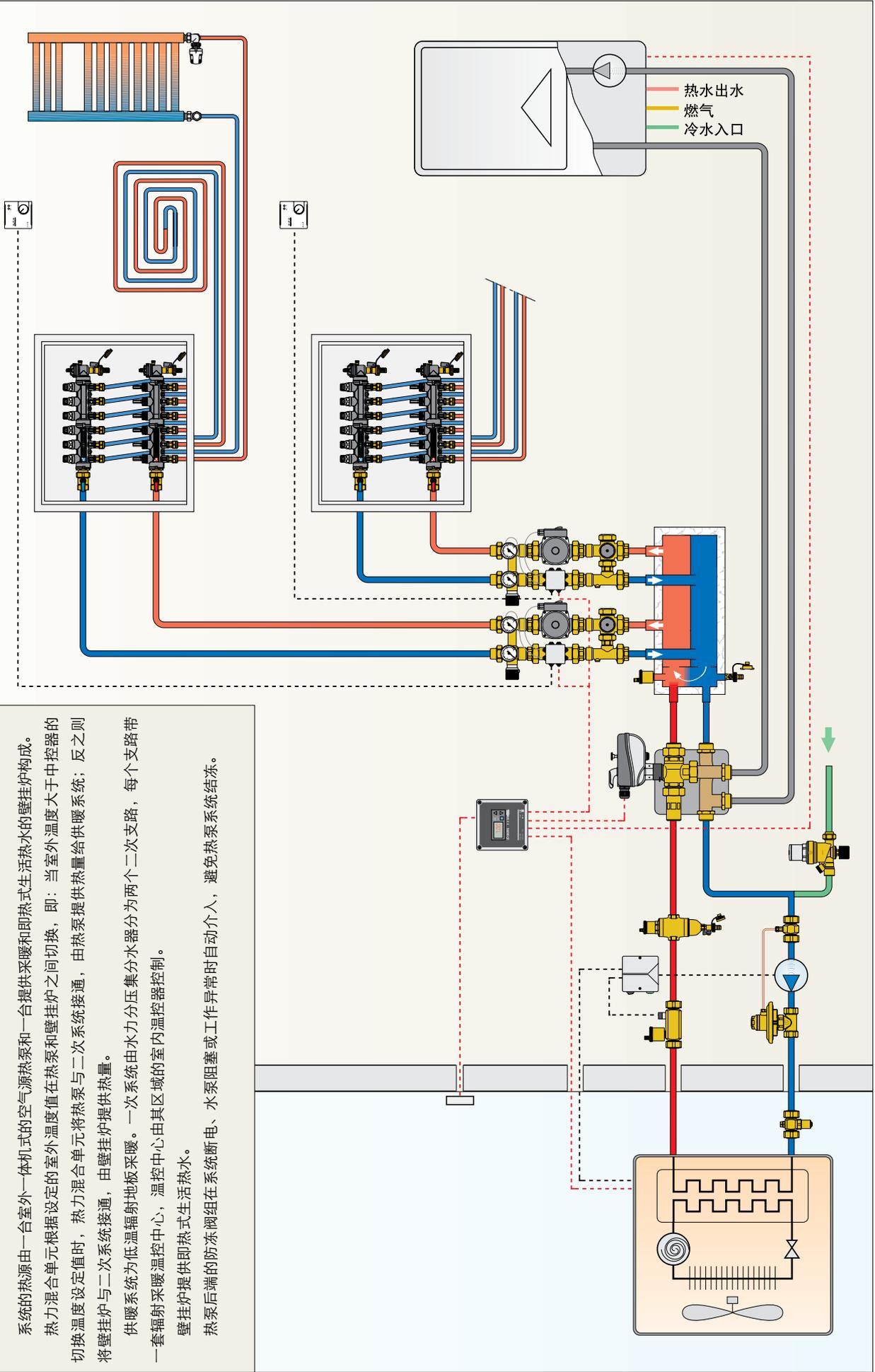
气 - 水式空气源热泵与壁挂炉结合的混合热力系统 4

系统的热源由一台室外一体机式的空气源热泵和一台提供采暖和即热式生活热水的壁挂炉构成。热力混合单元根据设定的室外温度值在热泵和壁挂炉之间切换，即：当室外温度大于中控器的切换温度设定值时，热力混合单元将热泵与二次系统接通，由热泵提供热量给供暖系统；反之则将壁挂炉与二次系统接通，由壁挂炉提供热量。

供暖系统为低温辐射地板采暖。一次系统由水力分压集水器分为两个二次支路，每个支路带一套辐射采暖温控中心，温控中心由其区域的室内温控器控制。

壁挂炉提供即热式生活热水。

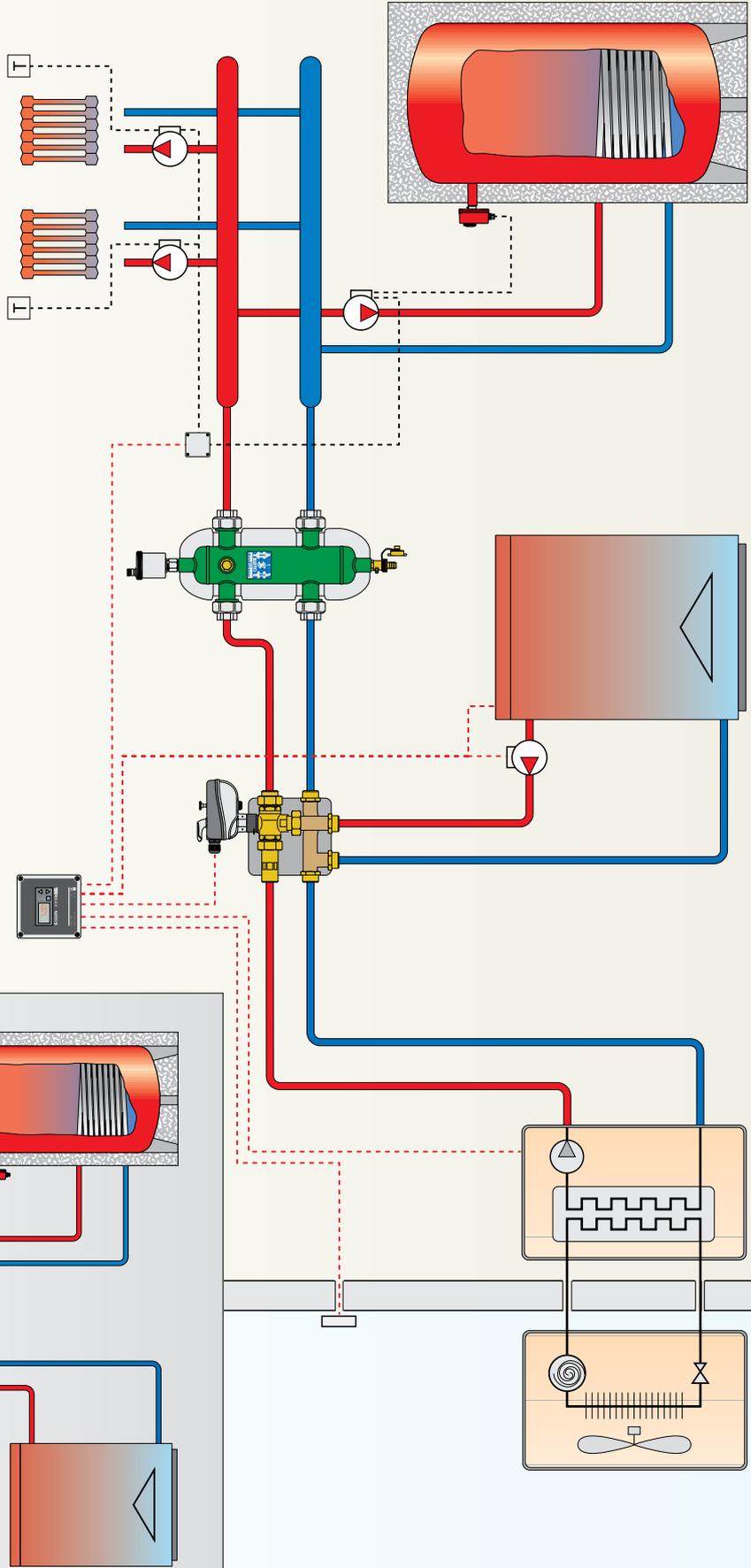
热泵后端的防冻阀组在系统断电、水泵阻塞或工作异常时自动介入，避免热泵系统冰冻。



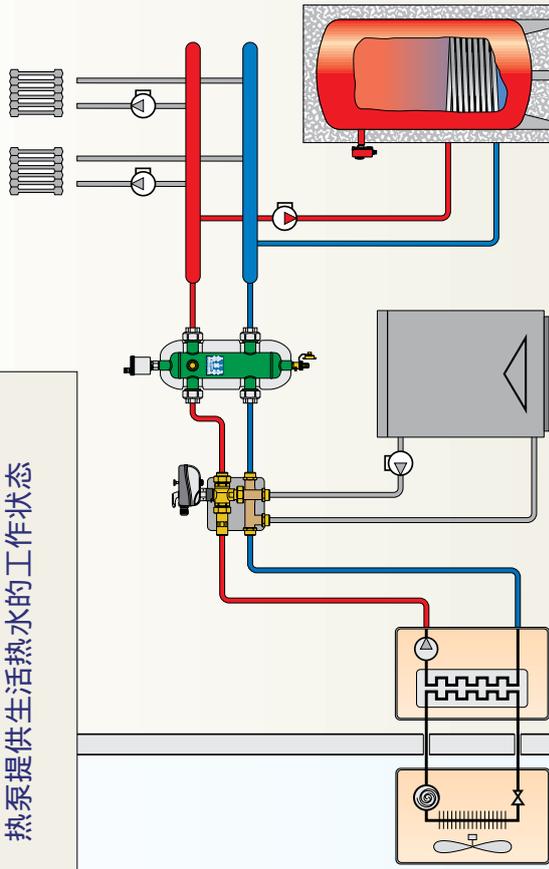
传统热源系统改造为气-水式空气源热泵与落地锅炉结合的混合热力系统

原系统的锅炉和生活热水储水箱不变，增加一台室内分体式机式的空气源热泵以构成混合热力系统。热力混合单元根据设定的室外温度值在热泵和锅炉之间切换，即：当室外温度大于中控器的切换温度设定值时，热力混合单元将热泵与二次系统接通，由热泵提供热量给供暖系统；反之则将锅炉与二次系统接通，由锅炉提供热量。供暖系统的循环泵由其区域的室内温控器控制启停。生活热水储水箱的换热循环泵由浸入式温控器控制。热水优先于供暖，即产生生活热水时采暖循环泵停运，这样能尽快加热热水箱，同时也更符合热泵热量输出有限的优点。

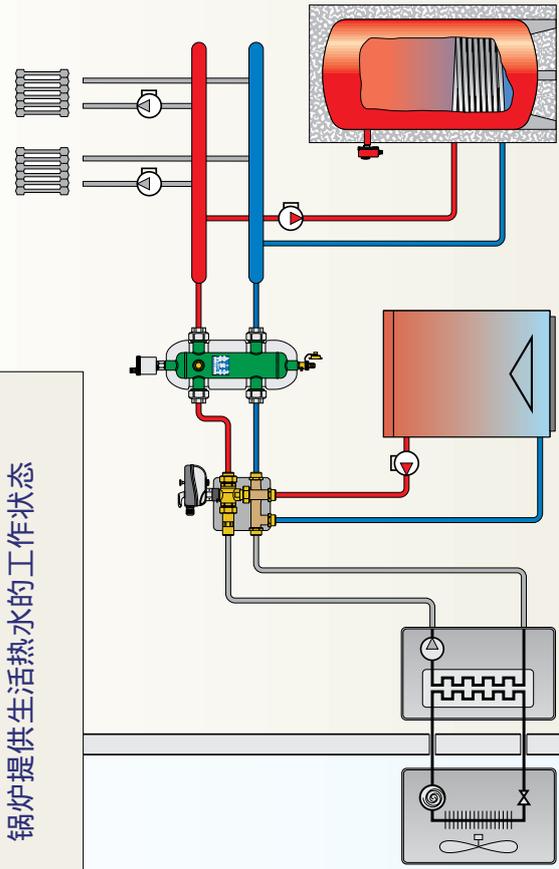
注：参考14页有关水箱温控器设定值和涉及气候补偿器时的相关问题。



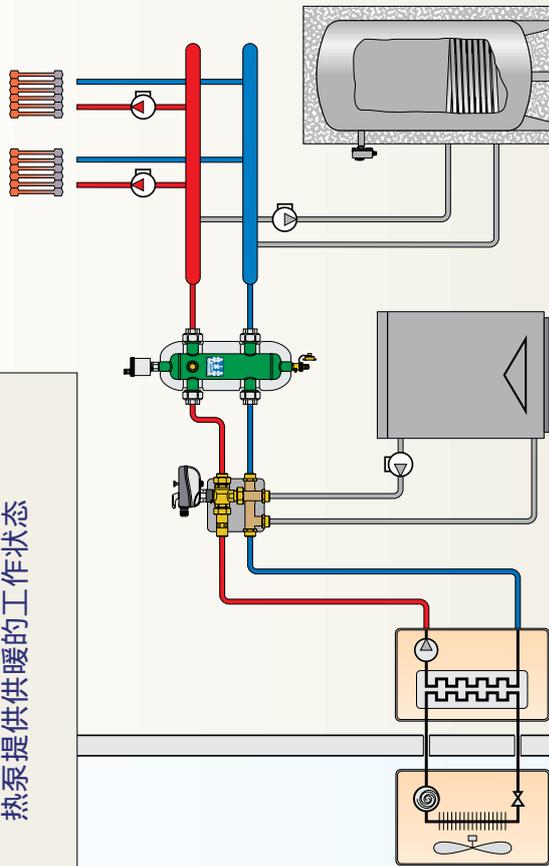
热泵提供生活热水的工作状态



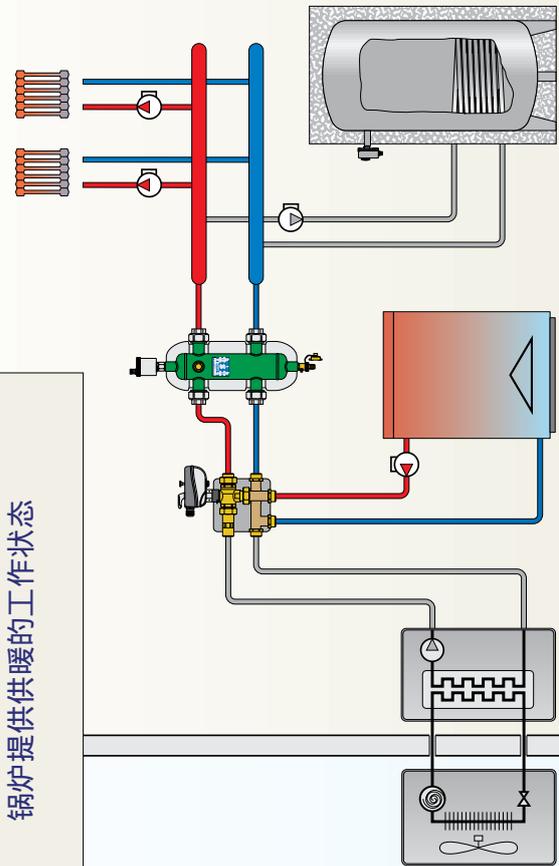
锅炉提供生活热水的工作状态



热泵提供供暖的工作状态



锅炉提供供暖的工作状态



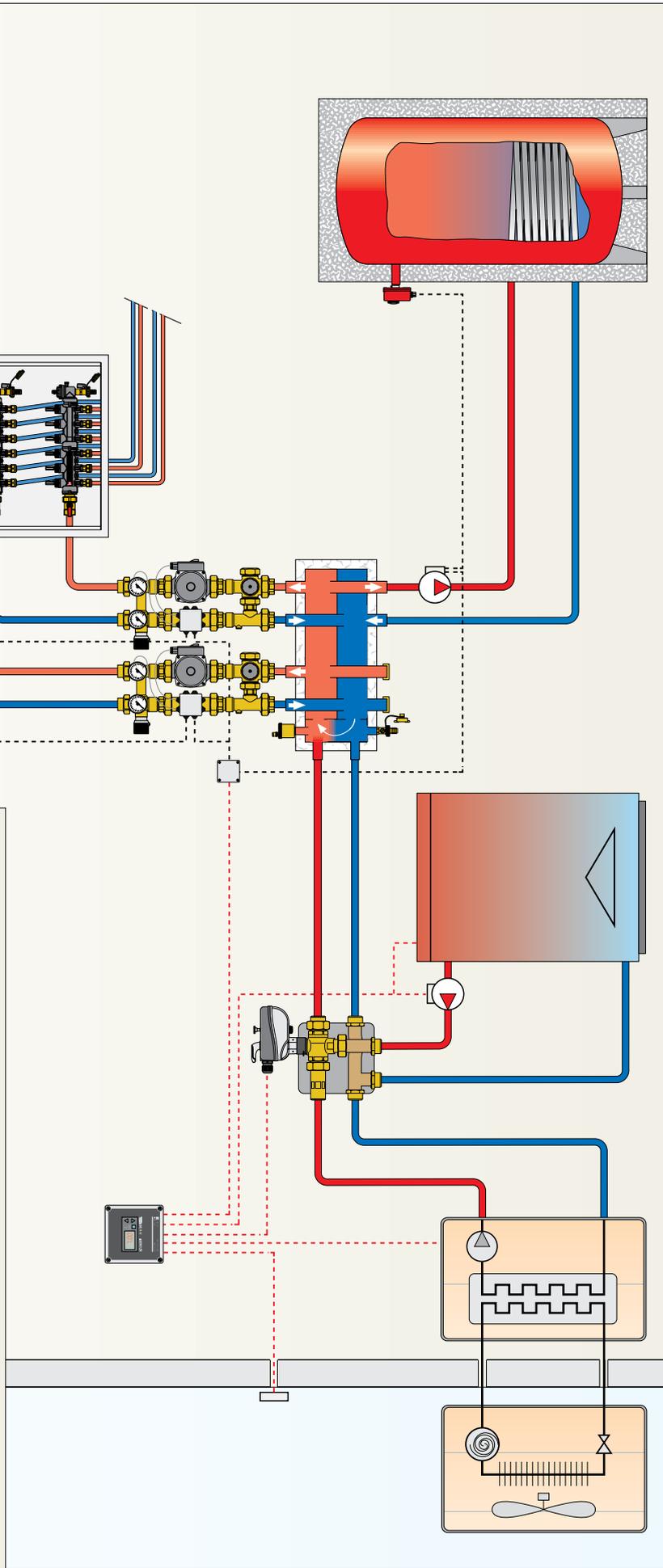
气 - 水式空气源热泵与落地锅炉结合的混合热力系统

系统的热源由一台室内分体式机式的空气源热泵和一台落地锅炉构成。

热力混合单元根据设定的室外温度值在热泵和锅炉之间切换，即：当室外温度大于中控制器的切换温度设定值时，热力混合单元将热泵与二次系统接通，由热泵提供热量给供暖系统；反之则将落地锅炉与二次系统接通，由落地锅炉提供热量。

一次系统由水力分压器分为三个二次支路，两个二次支路分别带一套辐射采暖温控中心，温控中心由其区域的室内温控器控制。

另外一个二次支路为生活热水换热支路，生活热水储热水箱的换热循环泵由浸入式温控器控制。热水优先于供暖，即产生生活热水时采暖循环泵停运，这样能尽快加热水箱，同时也更符合热泵热量输出有限的特性。



气 - 水式空气源热泵与壁挂炉及储热水箱结合的混合热力系统

系统的热源由一台室内分体式式的空气源热泵和一台壁挂炉构成。

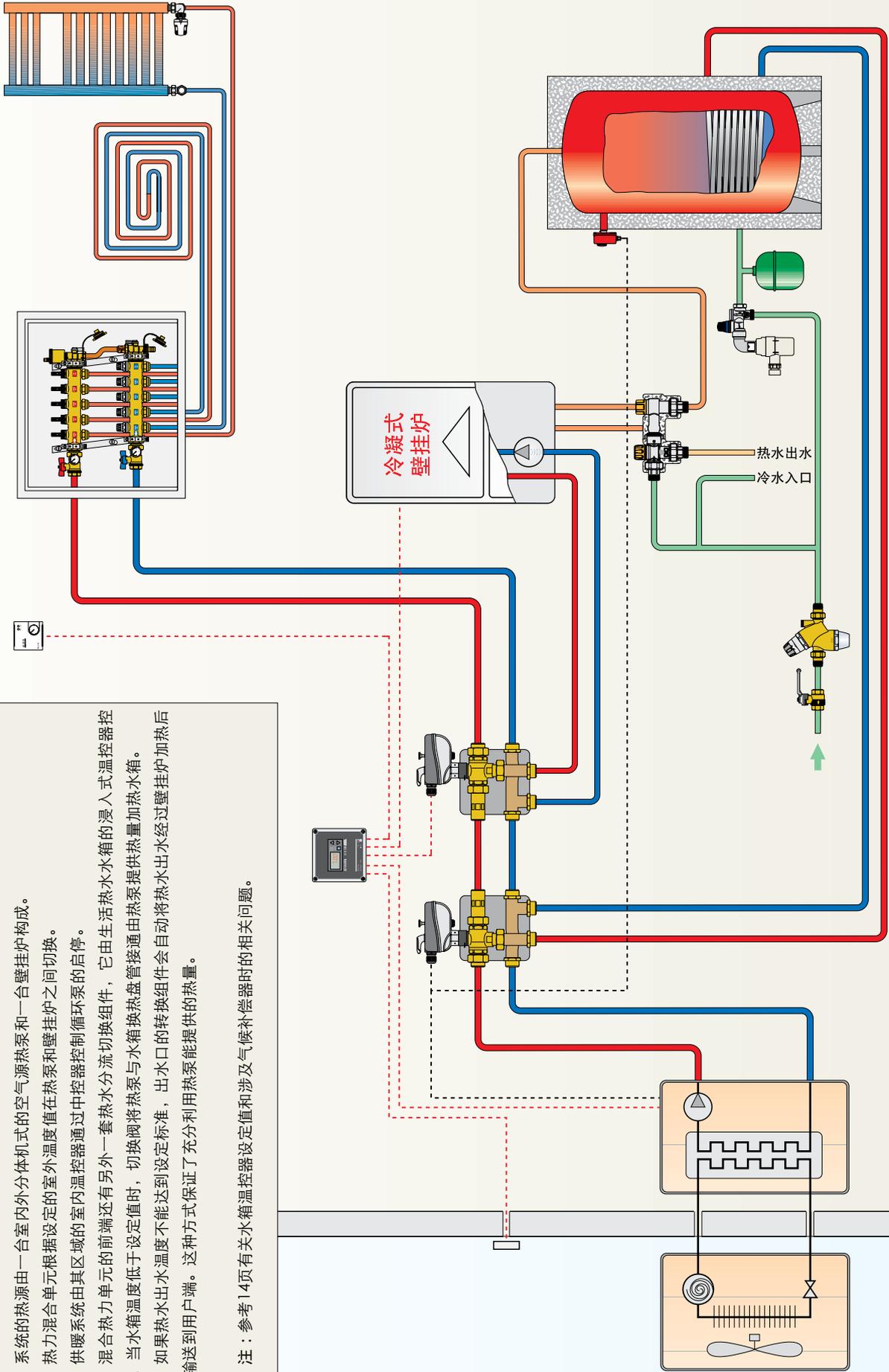
热力混合单元根据设定的室外温度值在热泵和壁挂炉之间切换。

供暖系统由其区域的室内温控器通过中控器控制循环泵的启停。

混合热力单元的前端还有另外一套热水分流切换组件，它由生活热水水箱的浸入式温控器控制，当水箱温度低于设定值时，切换阀将热泵与水箱换热盘管接通由热泵提供热量加热水箱。

如果热水出水温度不能达到设定标准，出水口的转换组件会自动将热水出水经过壁挂炉加热后再输送到用户端。这种方式保证了充分利用热泵提供的热量。

注：参考14页有关水箱温控器设定值和涉及气候补偿器时的相关问题。



气 - 水式可逆换型空气源热泵与壁挂炉结合的混合热力系统 1

系统的热源由一台室内分体式机式的可提供采暖/制冷的空气源热泵和一台壁挂炉构成。

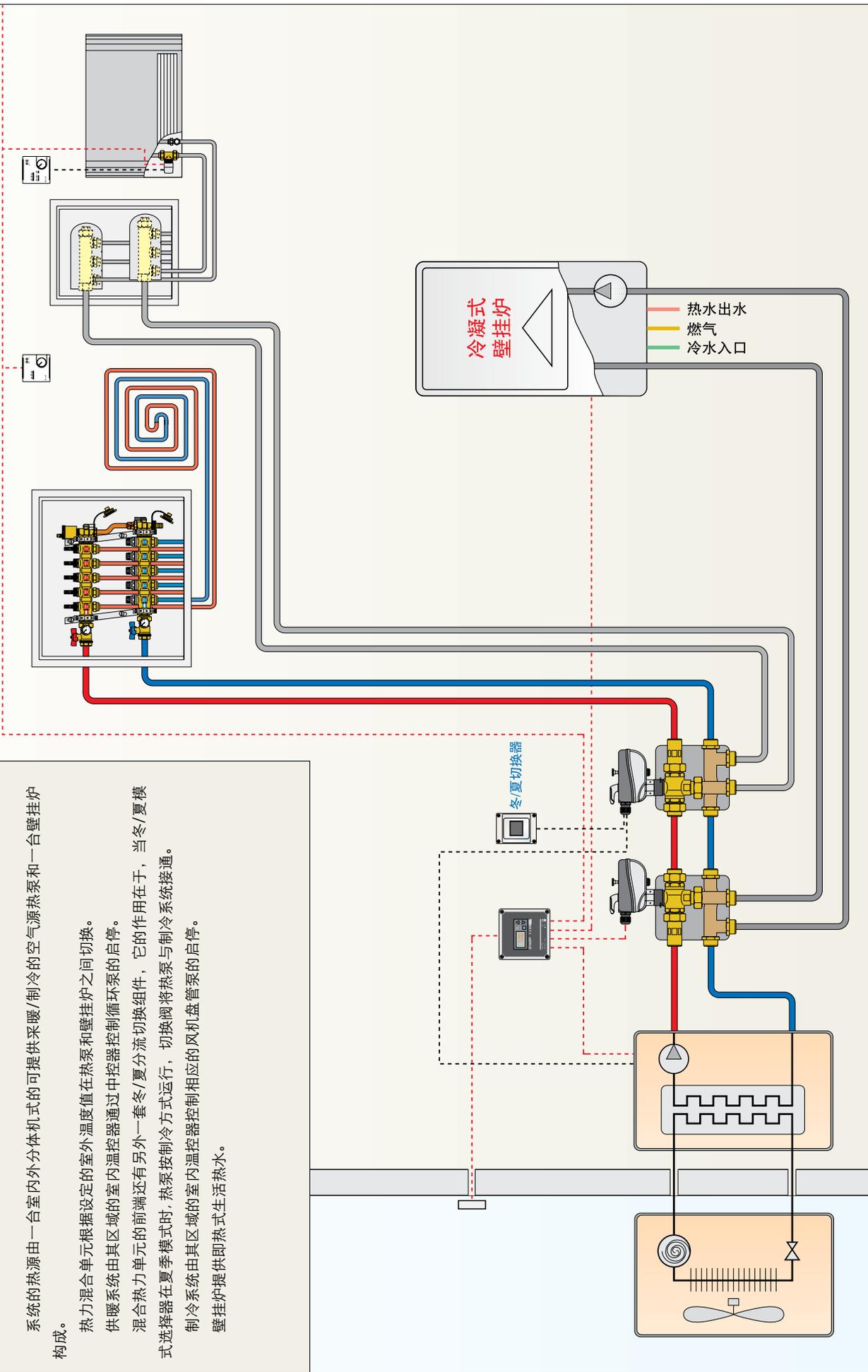
热力混合单元根据设定的室外温度值在热泵和壁挂炉之间切换。

供暖系统由其区域的室内温控器通过中控器控制循环泵的启停。

混合热力单元的前端还有另外一套冬/夏分流切换组件，它的作用在于，当冬/夏模式选择器在夏季模式时，热泵按制冷方式运行，切换阀将热泵与制冷系统接通。

制冷系统由其区域的室内温控器控制相应的风机盘管系统。

壁挂炉提供即热式生活热水。



气 - 水式可逆换型空气源热泵与壁挂炉结合的混合热力系统 2

系统的热源由一台室内分体式式的可提供采暖/制冷的空气源热泵和一台壁挂炉构成。

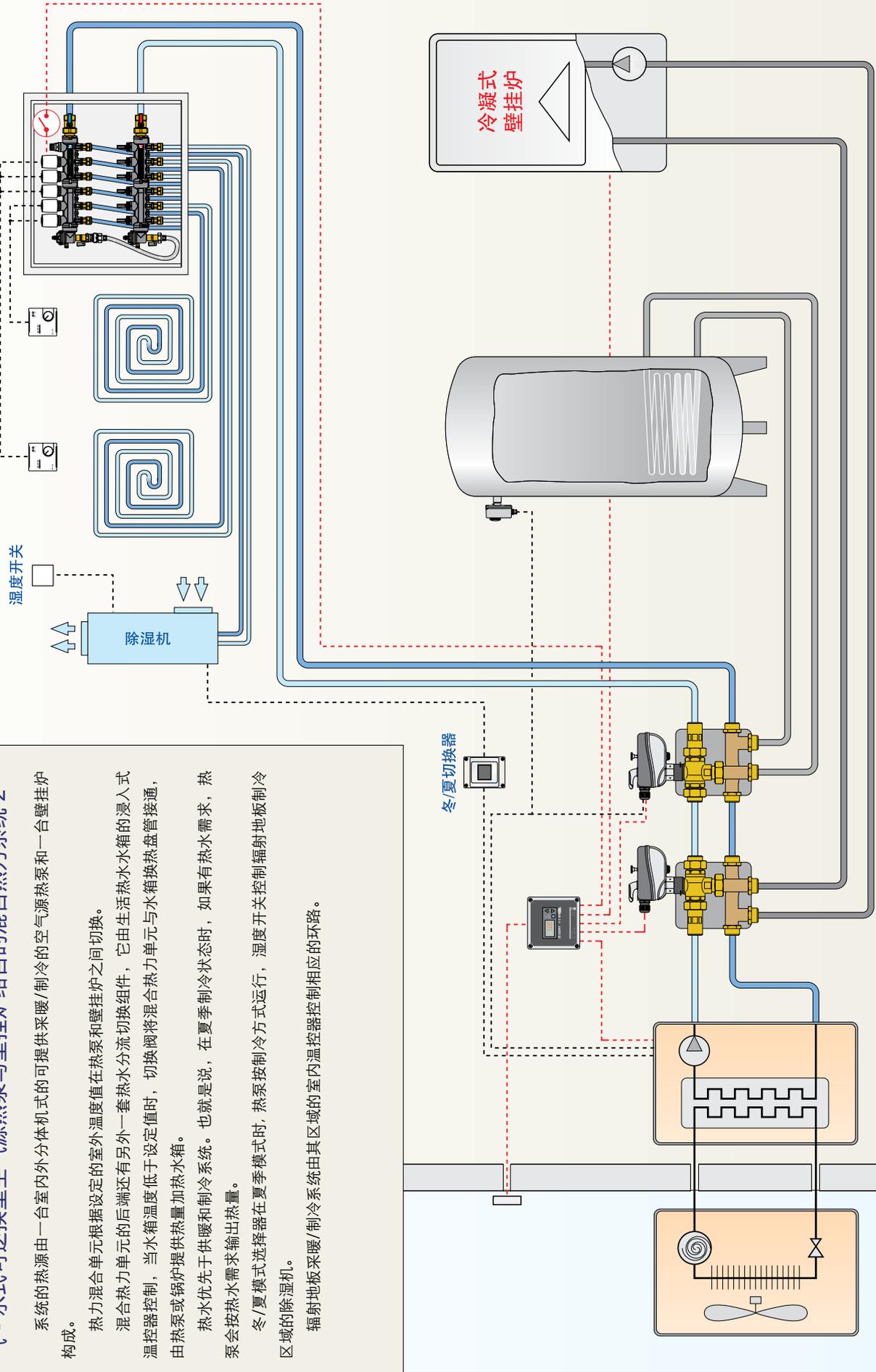
热力混合单元根据设定的室外温度值在热泵和壁挂炉之间切换。

混合热力单元的后端还有另外一套热水分流切换组件，它由生活热水水箱的浸入式温控器控制，当水箱温度低于设定值时，切换阀将混合热力单元与水箱换热盘管接通，由热泵或锅炉提供热量加热水箱。

热水优先于供暖和制冷系统。也就是说，在夏季制冷状态时，如果有热水需求，热泵会按热水需求输出热量。

冬/夏模式选择器在夏季模式时，热泵按制冷方式运行，湿度开关控制辐射地板制冷区域的除湿机。

辐射地板采暖/制冷系统由其区域的室内温控器控制相应的环路。



HYBRICAL 热泵及锅炉混合热力单元

专利申请中



106160型 - 技术特征

性能

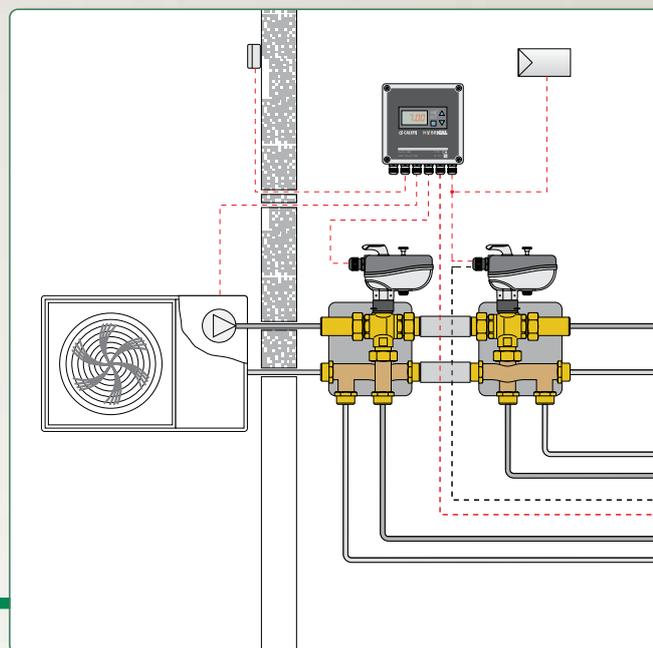
适用介质:	水、乙二醇溶液
乙二醇最大比例:	50%
耐压:	10 bar
耐温:	-10 ~ 110°C
电源:	230 V (ac)
接口口径:	1" 外螺

构成元件

- 中控器
- 电动执行器
- 室外温感
- 分流阀
- 水路组件

具备如下优点:

- ✓ 不仅适合新型混合热力系统，更适合将现有系统改造为混合热力系统；
- ✓ 不受单一品牌的限制，可选择不同品牌的热泵和锅炉；
- ✓ 实现混合热力系统更简单、容易；
- ✓ 适合各类不同特征的系统；
- ✓ 实现热源之间的自动切换；
- ✓ 结构紧凑，体积小巧，不占用太大空间；
- ✓ 减少了管路连接的繁琐和水路的泄漏点；
- ✓ 控制部分为集成电路，避免现场组装接线出错。



HYBRICAL 热泵分流组件

专利申请中



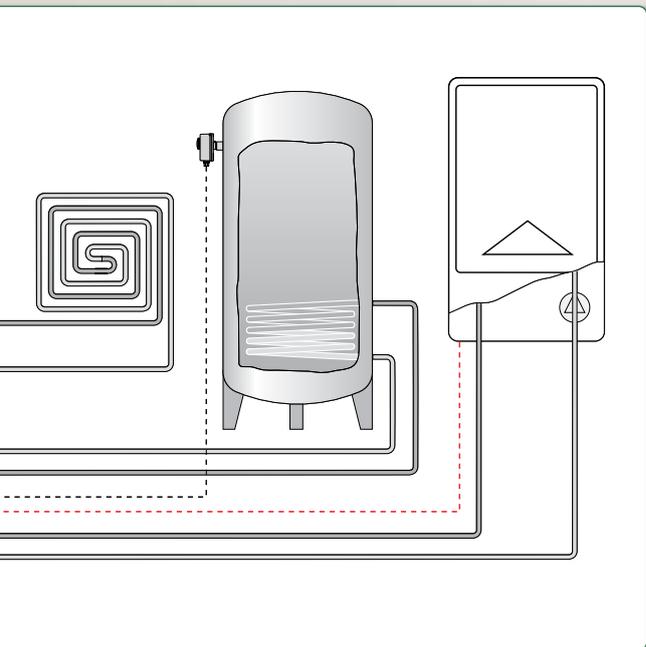
106060型 - 技术特征

性能

适用介质:	水、乙二醇溶液
乙二醇最大比例:	50%
耐压:	10 bar
耐温:	-10 ~ 110°C
电源:	230 V (ac)
接口口径:	1" 外螺

构成元件

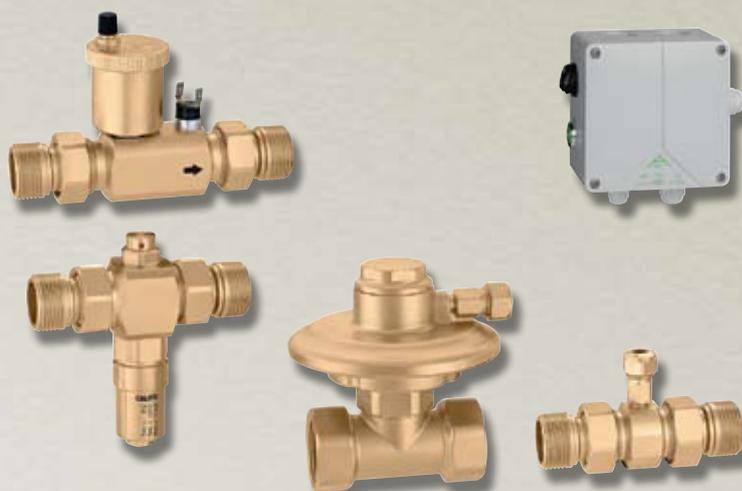
- 电动执行器
- 分流阀
- 水路组件



具备如下优点:

- ✓ 易于三个系统（两进一出）之间的连接，减少管路连接的繁琐和水路的泄漏点不；
- ✓ 三通分流阀内部球体设计压损很小；
- ✓ 电机的反应时间较快，能迅速实现系统的切换而不至于水锤现象出现；
- ✓ 电机上端有手动开启手柄，可手动切换系统；
- ✓ 三通分流阀的工作压差大，阀座与活塞接触表面为自清洗式，无流量渗透；
- ✓ 电机配备有微动开关，可启停相关设备；
- ✓ 预制热压保温壳起到良好的隔热作用，在制冷状态时防止了热空气在阀门及管件上冷凝。

防冻组件



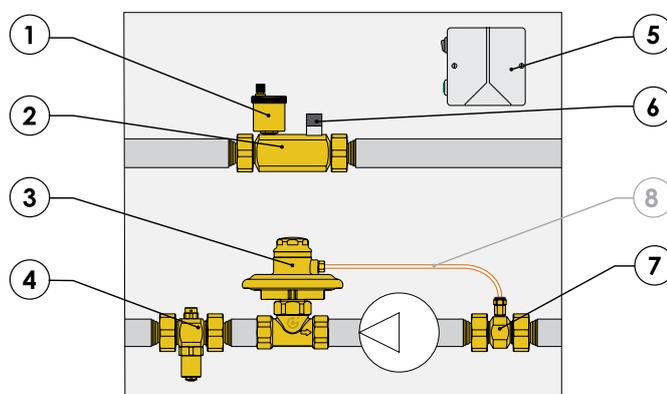
109型 - 技术特征

性能

适用介质:	水、乙二醇溶液
乙二醇最大比例:	50%
水力试压:	10 bar
耐压:	3 bar
最大压差:	3 bar
工作温度范围:	0 ~ 65°C
环境温度范围:	- 20 ~ 60°C
接口口径:	1" 外螺活接

元件名称：

1. 自动排气阀
2. 止回阀，预留自动排气阀和最低温度开关接口
3. 压差阀
4. 防冻泄水阀
5. 中控器
6. 温度感应器
7. 压力传感器接口
8. 8 mm 铜管 (包装内未提供)



微泡排气阀 DISCAL



551003	55100.	55190.	551.2	551.3
专利				
无	有	无		有
材质:				
	黄铜			钢
耐压:				
10 bar				
最大排气压力:				
10 bar				
工作温度范围:				
0 ~ 110°C			0 ~ 150°C (DN 125 和 DN 150 为 100°C)	
口径:				
3/4"	3/4" ~ 2"	3/4" 和 1"	DN 50 ~ DN 150	



具备如下优点:

- ✓ 有助于避免系统工作异常;
- ✓ 提高系统热效率;
- ✓ 保证系统元件正常使用寿命;
- ✓ 减少系统维护费用;

用于避免:

- ✓ 繁琐的手动注水;
- ✓ 散热器噪音;
- ✓ 顶棚式或墙壁盘管系统不循环;
- ✓ 换热器或换热器热效率降低;
- ✓ 水泵气蚀、剧烈的震动造成管道破损;
- ✓ 系统金属部件(锅炉管道、散热器)腐蚀, 寿命缩短。

微泡排气阀 DISCALDIRT



54600.



5460.2



5460.3

54600.		5460.2		5460.3	
专利					
有					
材质:					
黄铜		钢			
耐压:					
10 bar					
最大排气压力:					
10 bar					
颗粒分离能力:					
最小 5 μm					
工作温度范围:					
0 ~ 110°C		0 ~ 105°C (DN 125 和 DN 150 为 100°C)			
口径:					
3/4" 和 1"		DN 50 ~ DN 150			



除微泡排气阀和排污阀分别的优点以外，还具备如下优点：

- ✓ 同时连续分离循环系统中存在的微泡气体和杂质；
- ✓ 安装和维护空间更加节约；
- ✓ 二合一阀门，造价更低；
- ✓ 只有两个接口而非四个接口连接，因此安装时间更短，安装费用更低。

磁性除污器 DIRTMAG

专利申请中



5463型 - 技术特征

性能

耐压：

10 bar

耐温：

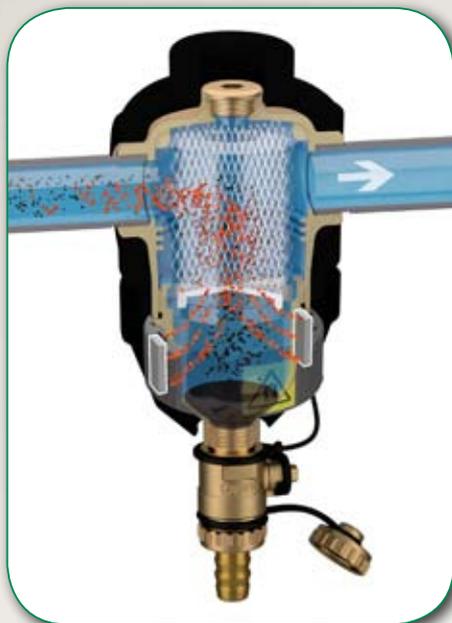
0 ~ 100°C

颗粒分离能力：

最小 5 µm

接口口径：

3/4" - 1" - 1 1/4" - 1 1/2" - 2"



除了具备传统的除污器的优点为，磁性除污器还有以下出色特点：

- ✓ 良好的铁锈杂质聚集能力，因为除污器外围的磁铁圈能有效吸引这类杂质；
- ✓ 系统更加良好的运行，避免了铁锈类杂质对其它元件可能造成的损坏；
- ✓ 排污速度快，取开磁铁条即可迅速从排污口排除聚集的杂质；
- ✓ 除污器的预制热压保温壳起到良好的隔热作用，在制冷状态时防止了热空气在阀门即管件上冷凝。



甬想从这儿过去!



5463 - 5462 - 5469 - 5465 型
DIRTMAG 磁性除污器
DIRTCAL 除污器

- 分离系统中的泥沙杂质、铁锈杂质和细微颗粒
- 压损小、系统正常运行也可排污
- 储污舱体积大，储污能力强
- 排污迅速、快捷
- 避免系统元件受损，延长系统寿命
- 提高系统热效率
- 各种连接方式：螺纹和法兰，水平安装和垂直安装



www.caleffi.cn

CALEFFI
Hydronic Solutions