

# Idraulica

专业技术信息期刊

**CALEFFI**  
Hydronic Solutions

**66**

2024年7月



## 生活热水生产 现有系统与未来系统

# LEGIOMIX® 健康源于水



热泵系统

保护水和人类的健康

有了6000 LEGIOMIX®和LEGIOMIX® 2.0型电子混合阀，用水更安全、更健康、更卫生。个性化的军团菌热力杀菌程序可以保护生活热水供水系统。卡莱菲质量保证。



# 社论

## 应用决定选择

生活热水的生产和供应一直都是水暖系统的基本需求，无论是住宅还是商业建筑。由于所处地理区域的不同，建筑的供暖和制冷需求并非首选，为此，气候调节系统有时候就并非必需或者比较简单。

而生活热水就不一样了。其需求始终存在，且方案会比较复杂成本也更高。而且必须考虑诸多方面的问题，不管是卫生方面还是能源方面的，还有用户的舒适度以及节约用水的问题。

在当下对能源成本、环境保护以及大量使用新能源都尤为关注的时刻，卫生热水系统的改进势在必行。

这种情况下，创新与技术落地对于确定最适宜的方案至关重要。

本期《水力杂志》将广泛探讨不同的生活热水产热系统，包括储热式和即热式，重点在于它们的主要技术参数、局限和将来的发展。技术人员所面临的主要挑战是如何将适宜的产热系统与用户的实际需求以及尽可能减少能源与水的浪费结合在一起。事实上，这项挑战不是简单的复制粘贴，而是寻找优化创新的技术方案，甚至是前所未有的。

卡莱菲希望为这一创新进程尽自己的一份力，我们的专业团队一直以来专注于系统和技术问题，将过去的经验与所需的新技能不断结合。

*团队成员：Pierluigi Degasperis, Marco Ruga, Massimo Magnaghi, Claudio Ardizzoia, Alessia Soldarini, Elia Cremona, Mattia Tomasoni e Luca Guanella (照片从左往右)。*



主编:

Mattia Tomasoni

责任编辑:

Fabrizio Guidetti

本期参与编辑者:

Alessia Soldarini

Claudio Ardizzoia

Elia Cremona

Fabiola Platini

Luca Guanella

Marco Ruga

Massimo Magnaghi

Mattia Tomasoni

Pierluigi Degasperis

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

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** 生活热水生产现有系统与未来系统
- 6** 生活热水生产
- 10** 储热式热水生产
- 13** 深度分析: 储水罐的保温
- 14** 即热式热水生产
- 27** 电子混合阀
- 28** 生活热水生产中的问题
- 31** 紧凑型壁挂式热力站
- 32** 生活热水生产系统的计算
- 32** 生活热水需求计算
- 34** 即热式和储热式间接系统的计算
- 38** 级联燃气模块的设计选型
- 40** 系统图示
- 41** 图示1: 家用储热式热水生产系统
- 42** 图示2: 单储水罐集中生产系统
- 43** 图示3: 多储水罐集中生产系统
- 44** 恒温混合阀
- 45** 图示4: 间接式即热热水生产的热力站系统
- 46** 图示5: 带级联模块和储水罐结合的集中式热水系统
- 47** 图示6: 生物质燃料锅炉、燃气锅炉与太阳能结合的集中热水系统
- 48** 图示7: 带热补充和热水循环的太阳热水系统
- 49** 图示8: 带热补充和热水循环的太阳热水系统
- 50** 深度分析: 水槽下的冷热水生产

# 生活热水生产 现有系统与未来系统

本期《水力杂志》将讨论一个关键问题：生活热水的生产，分析现有系统和将来的系统。

我们早在1999年的第16期《水力杂志》中就讨论过这个话题。2002年第23期《水力杂志》又谈到军团菌的话题，第52和第53期探讨了循环和热力杀菌问题。最后在2021年第59期讨论了冷热水供水管网。

本期杂志第一部分将回顾一下生活热水生产系统的历史。从古代文明的简陋做法开始，一直谈到复杂的现代系统，探索这一领域走过的技术创新之路。从烧木材和燃煤锅炉到现代热泵和太阳能光热系统，我们会看到每个时代都在不

断提高热水生产的效率和安全性。

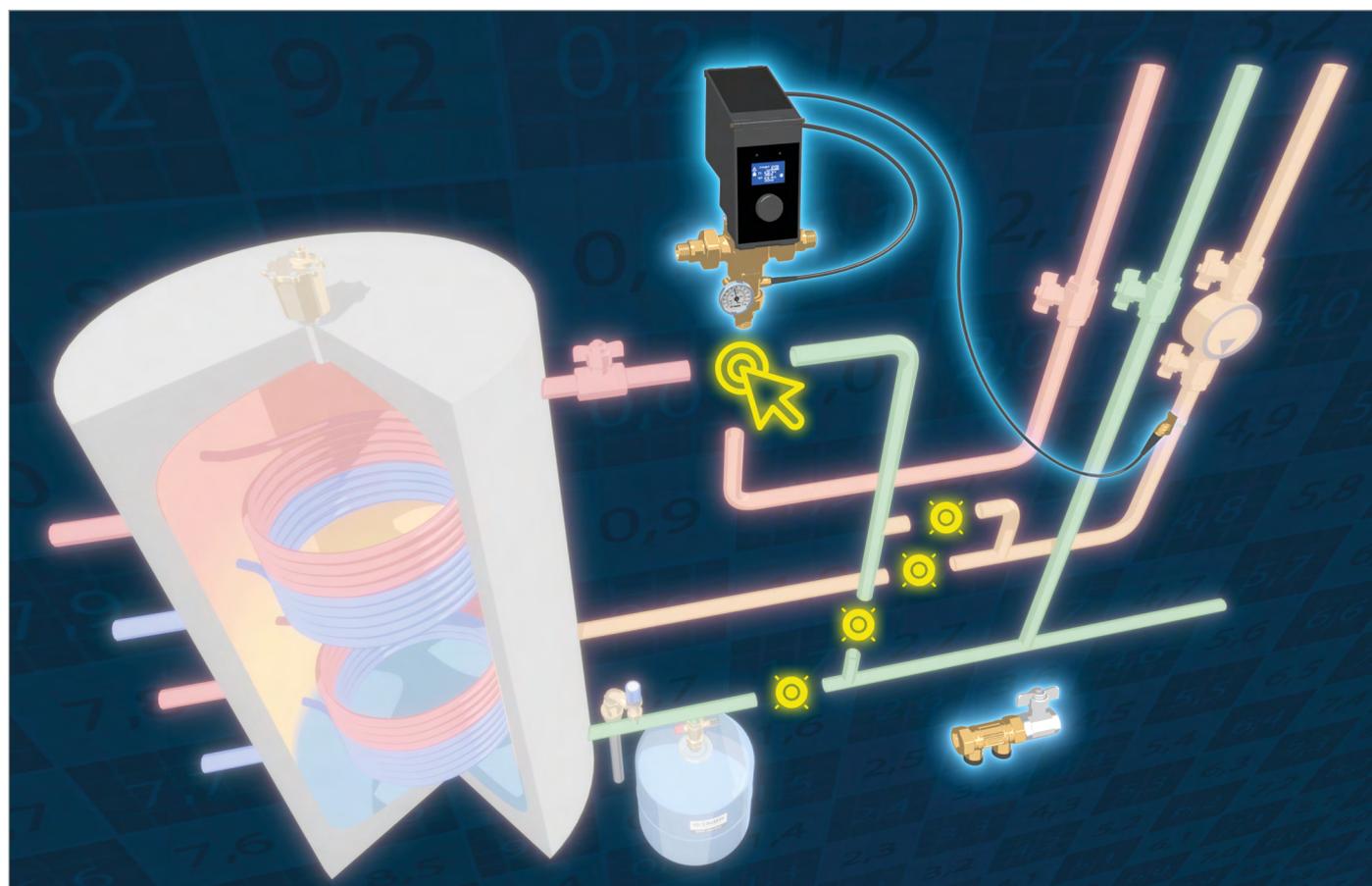
接下来详细分析生活热水的主要生产方式，分为两类：储热式和即热式生产系统。并从能源效率、运营成本以及在住宅和商业环境中的适用性方面对每种系统进行了评估。特别是集中式和独立式系统，重点介绍每种解决方案的优缺点。

本期杂志的最后将讨论与生活热水生产相关的技术挑战，阐述如温度保持、卫生问题、结垢和运营成本等主要问题。还将根据不同的使用环境在针对即热、储热和级联模块的设计选型的计算问题上加以说明。

最后我们将总结出一系列的技术分析

和系统图示，方便系统的设计和落地。

对于每种图示，将介绍其主要应用、优点和可能的要点。



# 生活热水生产

Claudio Ardizzola 和 Mattia Tomasoni 工程师

本期杂志第一部分将讲述生活热水生产的基本物理原理，探讨热力学定律和水加热的热传导过程。介绍完理论后，我们接下来将详述生活热水的主要生产方法，分析其技术特点。对于每种方法，我们将深入讨论其主要优点，如能源效率和安装方便性，以及要注意的事项，如维护成本和安全性。

使用热水是几个世纪以来形成的一种舒适的家庭生活和人类卫生习惯。家庭热水生产系统的发展走过了一条非常有趣的路，在安全性、效率和舒适性方面经历了不同的阶段和技术创新历程。

在古代文明中，热水的重要性不仅在于舒适，还体现在卫生和礼仪方面。使用热水最早可以追溯到非常遥远的时代，考古证明罗马人和古希腊人会使用简单的热水系统如火炉或公共浴室。



图1：古罗马的热水浴场

中世纪时，烧木材或煤炭的大型锅炉在修道院和城堡中很常见，提供卫生和厨房用热水。不过，当时它们只是少数人专用，并没有在平民百姓中广泛普及。

到了现代社会，随着技术的进步和金属的大量使用，发展出了第一批火炉和家用热水锅炉。然而，这些方案仍然很昂贵，并非普通家庭能承担。

到了十九世纪，热水生产变得更容易。第一批使用煤或木柴的锅炉热水供应系统进入英国和美国。不过，这类系统需要不断维护，如果管理不当，可能还会很危险。

二十世纪，采用天然气和电力作为能源从根本上改变了热水生产系统。燃气锅炉因其高效和使用方便而广受欢迎。与此同时，电热水器开始普及到家庭中，提供了一种安全方便的用水选择。

进入二十一世纪，人们的兴趣已经转向更高效、更环保的解决方案。冷凝锅炉就是这一趋势的明显例子，因为它们优化使用了废气余热，从而减少了能源消耗和污染物排放。此外，近几十年来，人们对环境可持续性和节能越来越敏感，这促进了太阳能热水生产和热泵使用等技术的发展和推广。

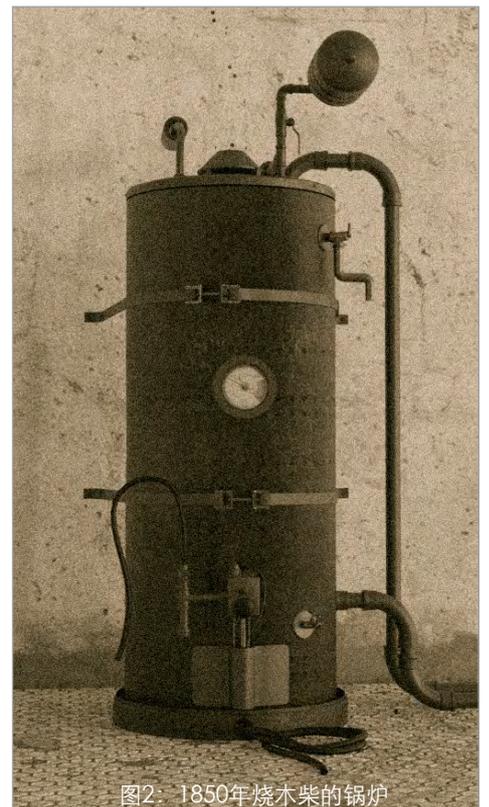


图2：1850年烧木柴的锅炉

## 热水生产的物理原理

水在加热过程中需要能量，这取决于要加热的水量和需要加热的温度。可以通过公式1中的关系进行量化。



### 生活热水生产所需能量

$$E = C_p \cdot m \cdot \Delta T \quad \text{公式1}$$

其中:

$E$  = 所需能量 [kJ],  
 $C_p$  = 水的比热 (4.186 kJ/kg K)  
 $m$  = 水的质量 [kg]  
 $\Delta T$  = 温差 [°C]

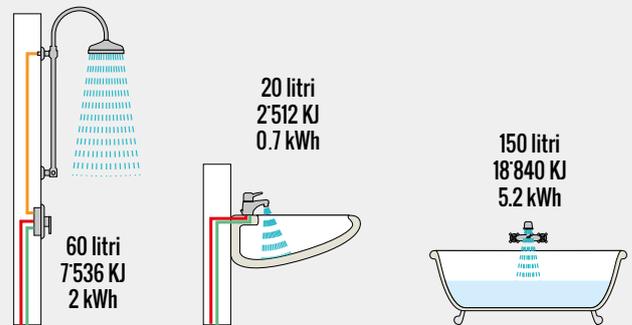
在以下温度条件下:

- $T$  冷水 = 15 °C
- $T$  热水 = 45 °C
- 温差 = 30 °C

想要加热1升生活热水，需要以下的能量 (按1升  $\approx$  1 kg):  
 $E = 4.186 \cdot 1 \cdot 30 = 125.6 \text{ kJ} (= 0.035 \text{ kWh} = 35 \text{ Wh})$

由此可得出以下能量:

- 一次淋浴 ( $\approx 60 \text{ l}$ ) =  $125.6 \cdot 60 = 7,536 \text{ kJ} (= 2 \text{ kWh})$
- 一次盥洗 ( $\approx 20 \text{ l}$ ) =  $125.6 \cdot 20 = 2,512 \text{ kJ} (= 0.7 \text{ kWh})$
- 一次泡澡 ( $\approx 150 \text{ l}$ ) =  $125.6 \cdot 150 = 18,840 \text{ kJ} (= 5.2 \text{ kWh})$



计算在一定时间内加热水所需的功率会更加有意义。事实上，家用热水的使用通常是需要特定的时长。



### 生产生活热水所需功率

$$P = \frac{E}{t} \quad \text{公式2}$$

其中:

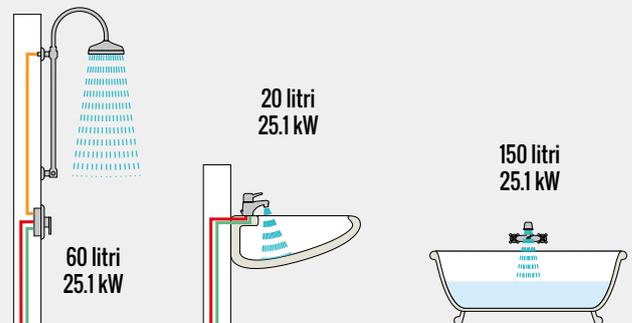
$P$  = 功率 [kW]  
 $E$  = 能量 [kJ]  
 $t$  = 时间 [s]

假定每秒有0.1升水从家里的水龙头流出，装满一个1升水的容器大约需要10秒。

要即时生产1升温差 $\Delta T$ 为30°C的热水，所需功率如下:  
 $P = 125.6 / 10 = 12.5 \text{ kW}$

从而得到使用以下设备所需的平均功率:

- 12.5分钟内填满浴缸 (约150升) (流速等于0.2升/秒) =  $18,840 \text{ kJ} / 750 \text{ 秒} = 25.1 \text{ kW}$
- 淋浴约5分钟 (约60升, 流速等于0.2升/秒) =  $7,536 / 300 = 25.1 \text{ kW}$
- 用洗手池 (约20升, 流速0.2 l/s, 100 s) =  $2,512 / 100 = 25.1 \text{ kW}$



计算表明，加热水需要相当大的功率。另一个重要特征是白天家庭用热水的时间短，在使用的功率一样高的情况下，日间能源消耗相对有限，正是基于这一原因才开发出储热式生活热水生产系统：这样，系统可以用比实际用水时间更长的时间来加热所需热水，从而降低所需功率。

## 生活热水的生产类型

生活热水生产所使用的方法可分为两大类：储热式系统和即热式系统。

在储热式系统中，生活热水储存在水箱中，也称为“储水罐”，在里面预先加热并随时备用。这种方法保证了热水的即时可用，但需要细致的能源管理，保持水温恒定，以备不时之需。另一方面，即热式系统通过使用换热器（通常是板式热交换器）按需加热生活热水，这些换热器的设计选型要满足即时产热需求。

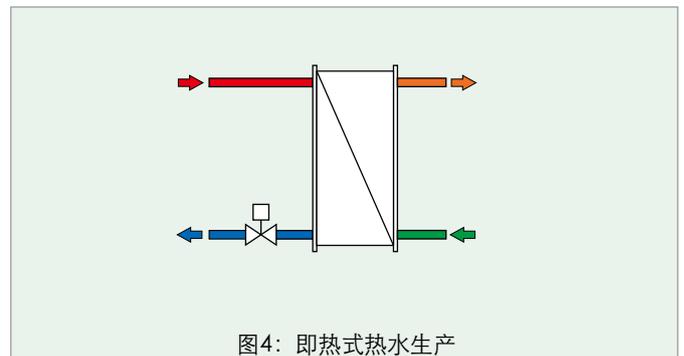
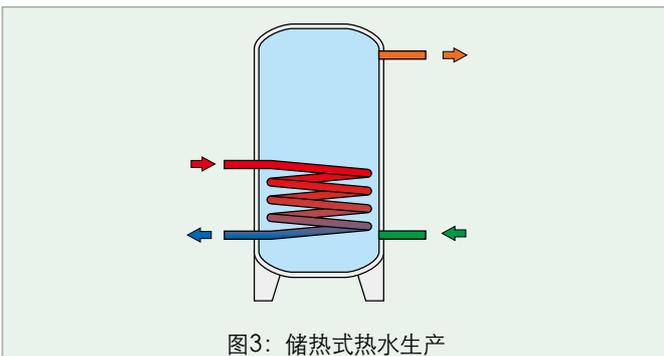
这两种系统都可以直接或间接运行。在直接模式下，在热源和待加热的卫浴用水之间直接进行热交换。而在间接模式下，热源提高中间流体（通常是技术用水）的温度，中间流体又通过第二换热器将热量传导给卫浴用水。相对于单一的生活热水生产，后一种方法使用的热源还可以有其他不同用途。

在生活热水的生产中，主要有两种配置：

- **集中式系统。**特点是在专门的热力中心集中生产热水，然后分配到各个用户。这种模式通常在大型项目中采用，如大的住宅小区、酒店和医院。集中式系统

有各种优点，包括可以管理整个建筑的单一系统，维护简便，节省宝贵的空间，避免了多个分散设备占用空间。不过，这也带来了一些技术难题，例如在供水过程中保持恒定的水温，以及由于用水量更大和供水管网更复杂，需要采取措施防止军团菌等细菌的滋生。

- **分散式系统。**在用水点直接生产生活热水。这种方法在一些住宅和办公楼中很常见。由于是就地生产，分散式系统避免了有关保温的问题，并降低了健康和卫生风险。不过，要求用户附近有专门的安装空间，而且能源要直接接入用水点（电力、燃气或技术用水）。



### 优点

- 功率更低
- 热水输出温度更稳定

### 缺点

- 安装空间大
- 热散失大
- 生活热水输送时间有限
- 滞留水有军团菌风险

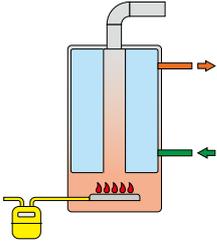
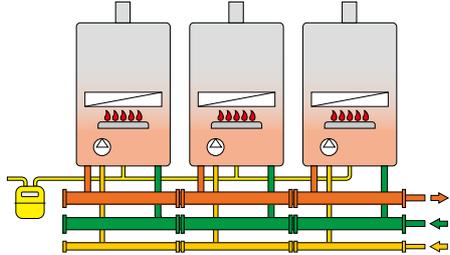
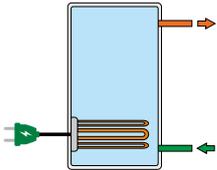
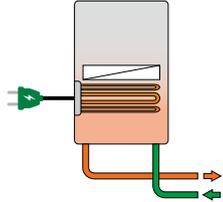
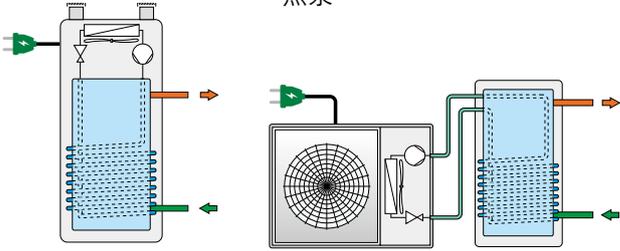
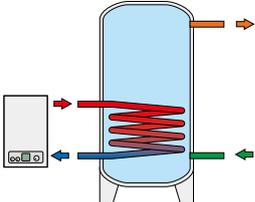
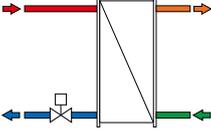
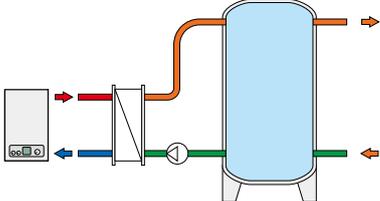
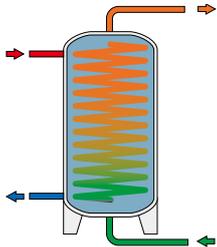
### 优点

- 水滞留风险小
- 安装空间小
- 生活热水输送不受时间局限
- 热散失小

### 缺点

- 所需功率较大
- 生活热水输送温度会有变化

## 热水生产类型

	储热式	即热式
直接	燃气 	燃气 
	电 	电 
直接热媒循环	热泵 	一般不会使用热泵进行即热式生活热水生产
间接	浸入式盘管 	板式换热器 
	外部换热器 	浸入式盘管 

## 储热式热水生产

储热式热水生产是通过加热水并将其储存在专用水罐中实现的，其任务是储存水并将其保持在理想的温度。为了确保系统的安全性和效率，水罐的材质必须能够承受高温并在与水接触时具备正确的卫生特性。

水罐通常为内部涂有保护膜或釉的钢铁材质或者是不锈钢。此外，水罐的保温材料由矿棉或聚氨酯泡沫等硬质和软质材料构成。

可拆卸或刚性保温材料的选择取决于水罐的大小。可拆卸的保温材料更适合于大型热水器，因为它便于移动和穿门而过。另一方面，刚性保温材料更适合较小的水罐，而且外部处理更好。

## 间接式热水生产

间接储热式热水生产是通过与储水罐分离的热源产热的过程，利用技术水回路将产生的热量传导至水罐，然后通过换热器的作用将水罐里的水加热。

该过程中使用的换热器主要有两种类型：浸入式盘管换热器或外置板式换热器。

### 浸入式盘管换热器

浸入式换热器，也称为蛇形盘管，是间接储热系统中最普遍的解决方案。它们之所以受欢迎，主要是因为它们不需要额外的泵送系统辅助。由于盘管的存在，热传递直接在水罐内部进行。

这些盘管主要为不锈钢或铜质，可以通过不同的配置，最大限度地提高热交换效率。有些型号的管道有独特的翼翼片，可以增大热接触面和提高系统的整体性能。浸入式盘管的另一个优点体现在设计的灵活多样性：有时采用特定的几何形状，可以均匀地加热水罐下部，从而避免“死容积”现象。

浸入式换热器有两种类型：固定式或可拆卸式。可拆卸盘管的优点是更容易维护，还可以清除污垢。不过，与固定和不可移动的类型相比，这种灵活性会增加额外成本，所以它们经常被用于较大型的储水系统中。

需要注意的是，浸入式盘管的储水系统可以配置一个或多个换热器，允许同时使用不同的热源。这一特性在混合系统或集成太阳能的系统中特别有用。

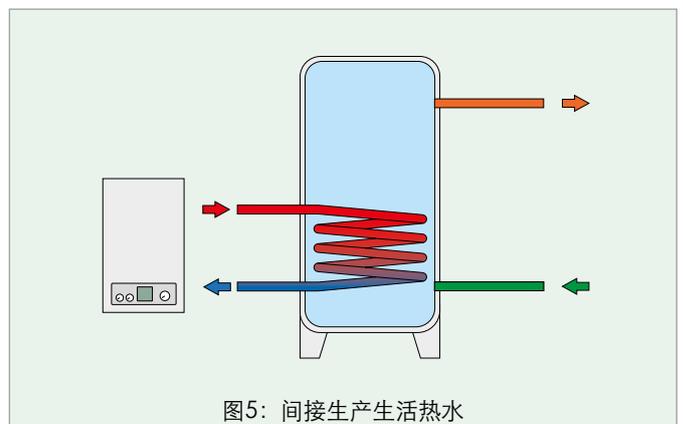


图5：间接生产热水

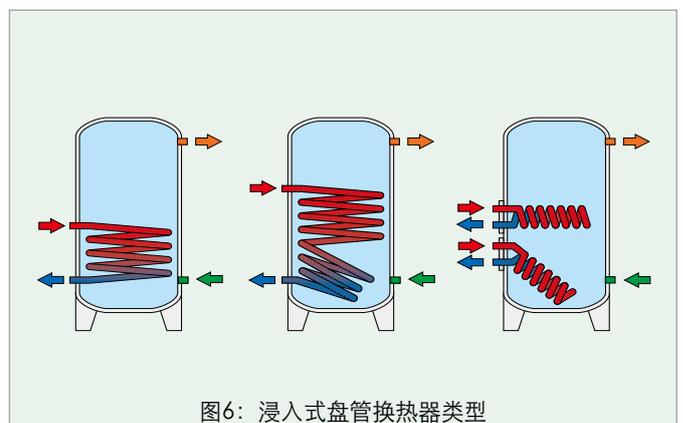


图6：浸入式盘管换热器类型

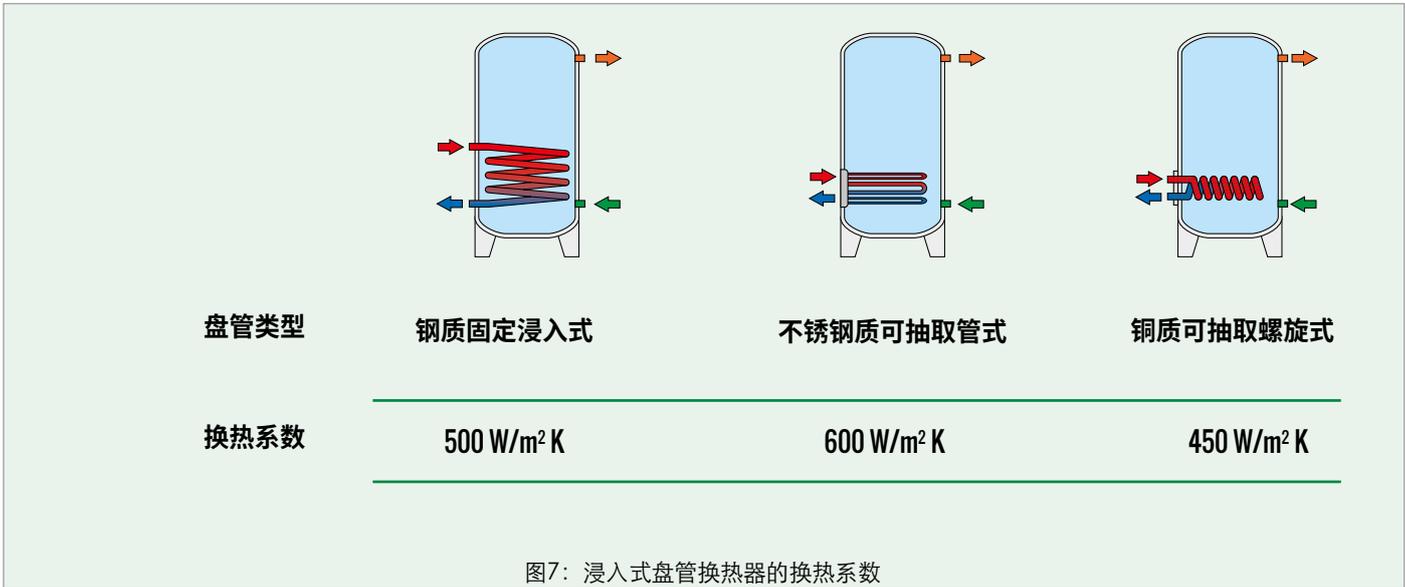


图7：浸入式盘管换热器的换热系数

### 外置板式换热器

外置板式换热器是一种技术先进的解决方案，其特点是换热系数明显高于浸入式盘管换热器。这一特性使其成为保持热源和水罐之间最小温差时的首选，例如在热泵系统中或需要管理大量生活热水时。

外置板式换热器受青睐的另一种情况是保持生活热水生产的高可靠性和连续性。这时，使用与锅炉串联的外置换热器特别有效。

不过，这种解决方案比浸入式换热器成本更高、更复杂，因为必须要安装适于卫浴用途的专用循环泵，安装在储水罐和外部换热器之间。因此，采用外部换热器仅限于高性能热水系统所要求的特定情况。

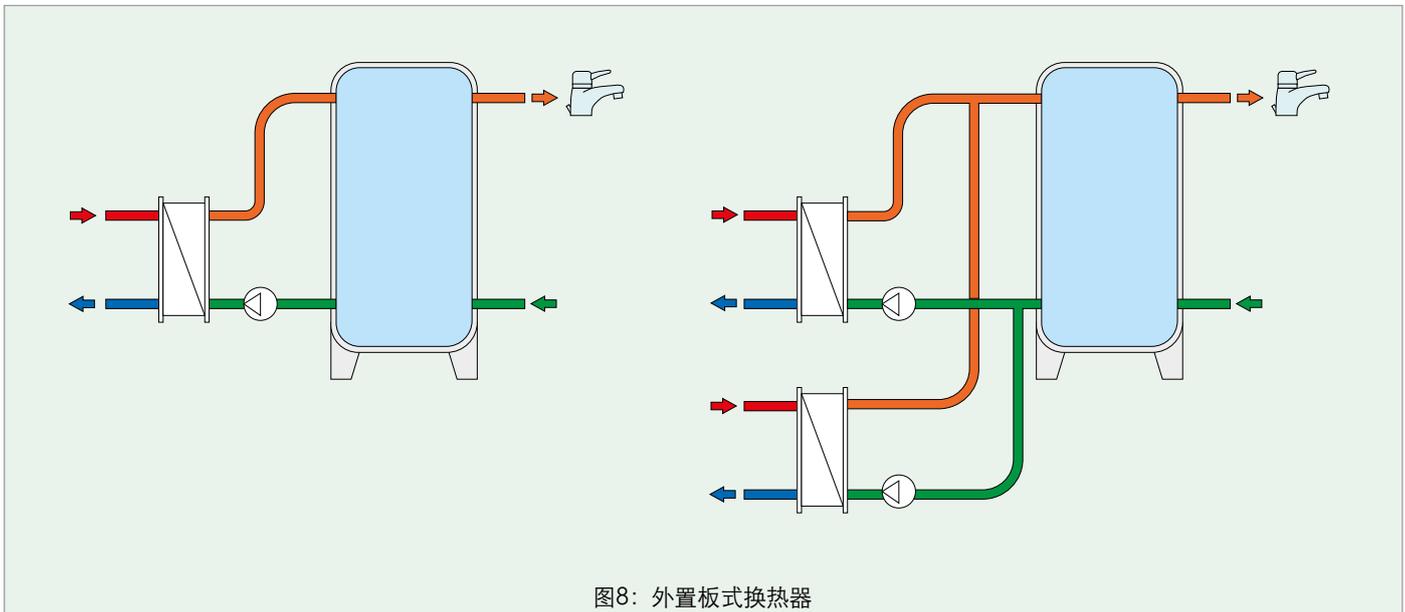


图8：外置板式换热器

## 直接热水生产方式

直接储热式热水生产是指直接由热源加热一定容量存水的过程。此类热水生产通常按使用的具体热源分类。

### 储水式燃气热水器

燃气热水器通过燃烧器烟气产生的热量直接加热储存的水。此类设备通常这样配置：燃烧器在储水罐下方，废气经过储水罐后通过外部烟道排出。

尽管这类系统很经济，但其效率不是特别高，并且通常无法满足新建筑要求的严格能效标准。因此，它们主要用于替换老式燃气锅炉或应用于工业环境中。

### 储水式电热水器

储水式电热水器是一种简单而经济的热热水解决方案。主要由储水罐和电阻构成，电阻的任务是加热水。

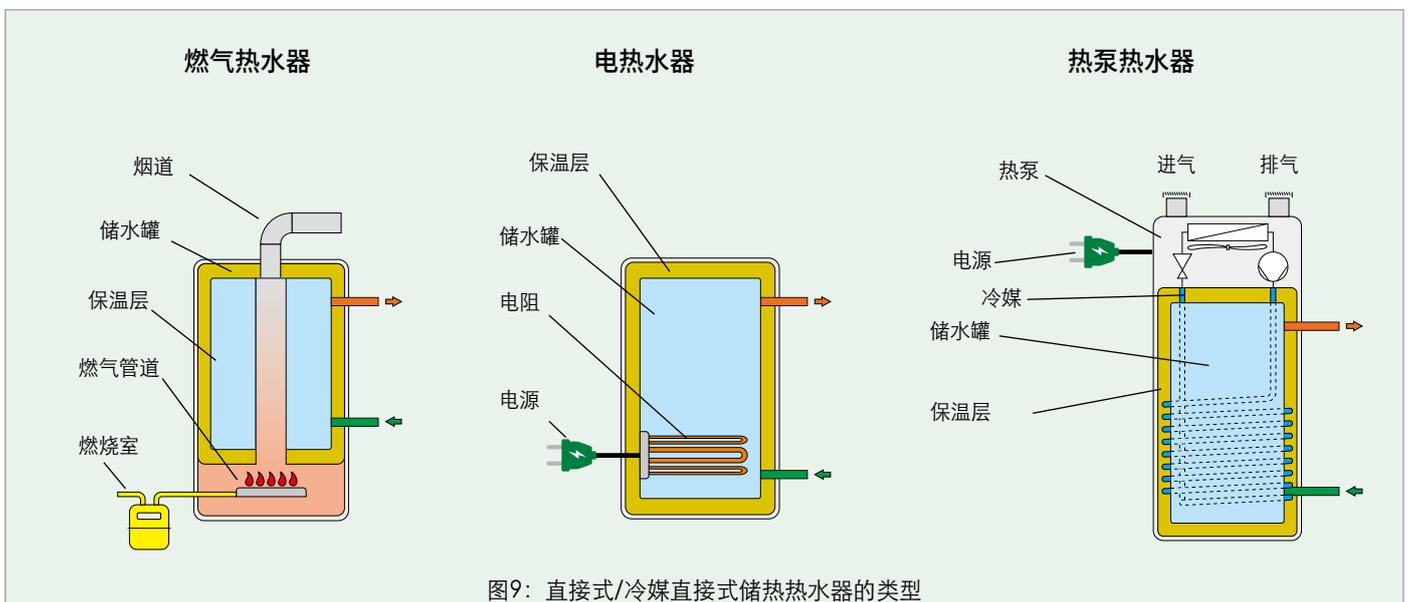
这种类型的系统特别适用于对生活热水需求较低的场所，例如办公室。不过，需要注意的是，电热水器的生产效率相对较低，不再符合当前的节能法规。

### 热泵热水器

热泵热水器是一种使用集成热泵（冷媒循环）直接加热水的设备，通常位于储水罐上方。为了防止水污染，热泵产生的热量通常通过储水罐外的冷却盘管输送。

储水式热泵热水器吸入室内空气并将其排出室外。有时候，排气出口不直接连接到外部；这种情况下，安装热泵热水器的房间应具有足够的换气和保证设备正常运行的最小空间。

还有的热泵热水器要么是循环泵本身要么是蒸发器部分可以通过冷媒回路直连安装在外面。这些都是生产家用热水的高效解决方案，符合现行能效法规。不过，需要注意的是，它们的采购成本很高。



# 深度分析

## 储水罐的保温

为了提高系统效率并减少热损耗，无论使用何种材料，储水罐都要做适当的保温处理。保温层的正确安装和维护将有助于降低能耗，最大限度地减少水箱内部的混水影响，从而实现不同水温分层供应。

如果是保温不够，储水罐内壁附近的热散失会引发水的对流运动，促进水罐内的水混合。底部进水的冷水层和上面的热水层之间过度混水会降低平均储水温度，从而减少用户可用的热水量。

因此，保证储水罐内的水温分层很关键。为此，建议使用垂直且保温良好的储水罐。

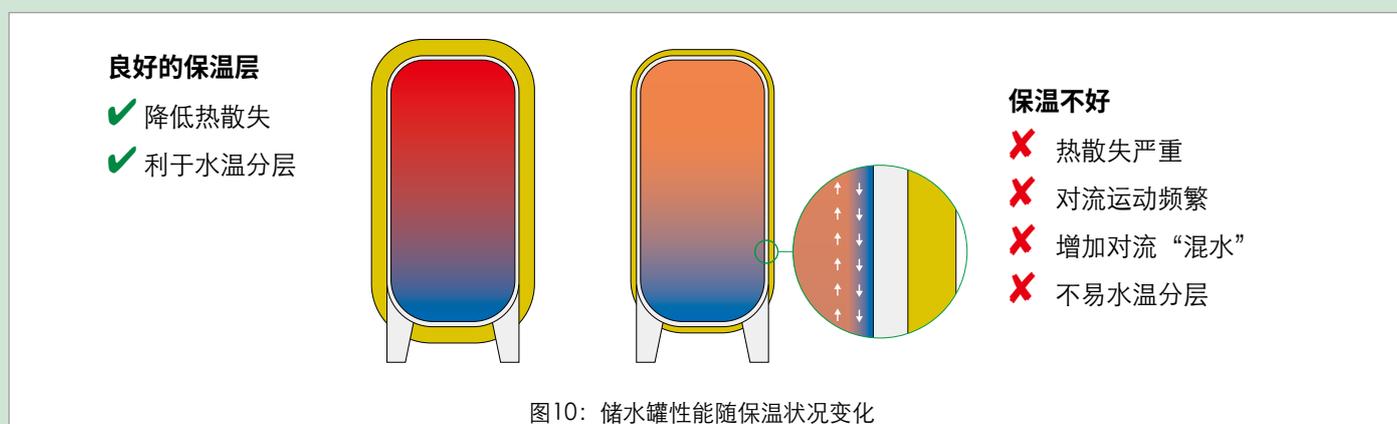


图10：储水罐性能随保温状况变化

保温对小型储水罐尤为重要。这是因为与较大型号相比，储水罐中的水量与其外表面积之比不占优势。尽管从绝对值来看，在相同的内外部温度下，较大的储水罐的热散失较高，但单位面积的热散失却要低于小型储水罐。如下表所示，通过计算不同组合和储水量得出的温度下降情况，足见这一数字很可观。

热水器容积 [l]	散热量 [W]					10个小时后水罐内的温降值 [°C]					单位面积散热量[W/l]				
	厚度 [mm]					厚度 [mm]					厚度 [mm]				
	20	30	40	50	60	20	30	40	50	60	20	30	40	50	60
200	191	136	106	87	73	8.2	5.9	4.6	3.7	3.2	0.95	0.68	0.53	0.43	0.37
300	238	170	132	108	92	6.8	4.9	3.8	3.1	2.6	0.79	0.57	0.44	0.36	0.31
500	398	284	221	181	153	6.8	4.9	3.8	3.1	2.6	0.80	0.57	0.44	0.36	0.31
800	521	372	289	237	200	5.6	4.0	3.1	2.5	2.2	0.65	0.47	0.36	0.30	0.25
1000	597	427	332	271	230	5.1	3.7	2.9	2.3	2.0	0.60	0.43	0.33	0.27	0.23
1500	740	529	411	337	285	4.2	3.0	2.4	1.9	1.6	0.49	0.35	0.27	0.22	0.19
2000	867	619	482	394	333	3.7	2.7	2.1	1.7	1.4	0.43	0.31	0.24	0.20	0.17
2500	810	579	450	368	312	2.8	2.0	1.5	1.3	1.1	0.32	0.23	0.18	0.15	0.12
3000	946	676	525	430	364	2.7	1.9	1.5	1.2	1.0	0.32	0.23	0.18	0.14	0.12
4000	1093	781	607	497	420	2.3	1.7	1.3	1.1	0.9	0.27	0.20	0.15	0.12	0.11
5000	1286	919	715	585	495	2.2	1.6	1.2	1.0	0.9	0.26	0.18	0.14	0.12	0.10

表1：根据保温层厚度和储水罐容积计算的保温层热性能  
λ = 0.04 W/m²K时计算的保温平均值

# 即热式热水生产

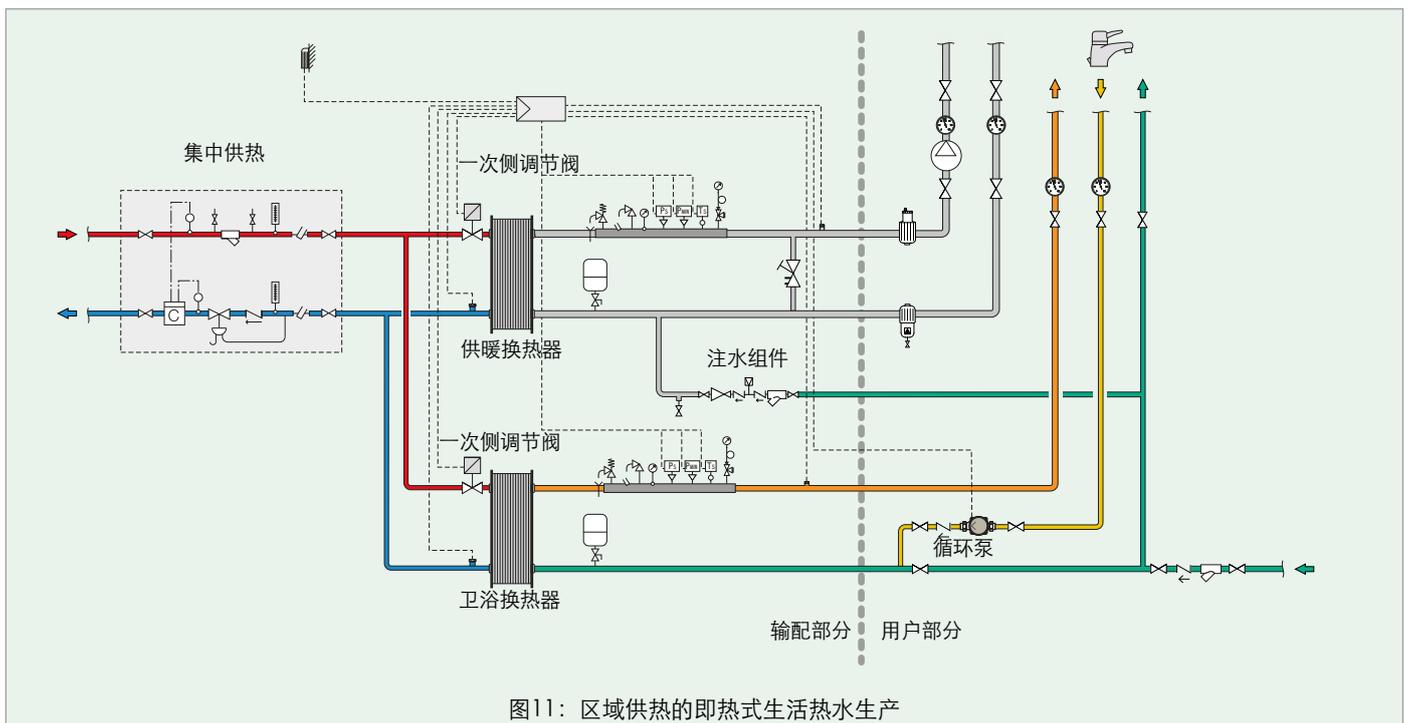
## 热力站换热器间接式热水生产

在集中式热力供应的情况下，与热电联产系统相连的换热器可以生产生活热水。热电联产是一种远程供热服务，可以通过庞大的管道网络将热量从热力中心输送到各个用户，用于建筑物里的供暖和生活热水生产。这是一个环保的解决方案，实际上，热量可以来自不同热源，特别是高效热电联产设备、可再生能源、废物转化能源或工业活动的余热回收。

区域供热网的热水或过热水与单个建筑管网的水之间的热交换通过配备有换热器的二级站进行。对一次回路的回水温度控制至关重要，由热电联产管理单位来确定回水温度，这是一个重要的设计参数，在选择热水生产系统时需加以考虑，包括分散式系统。

## 供暖与即热式生活热水

生活热水的即时生产通过专用的换热器进行。供水温度的控制通过电子调节器来控制一次调节阀完成。热水循环回路是为了保持管道中的水温，尤其是用水量较大时。



### 优点

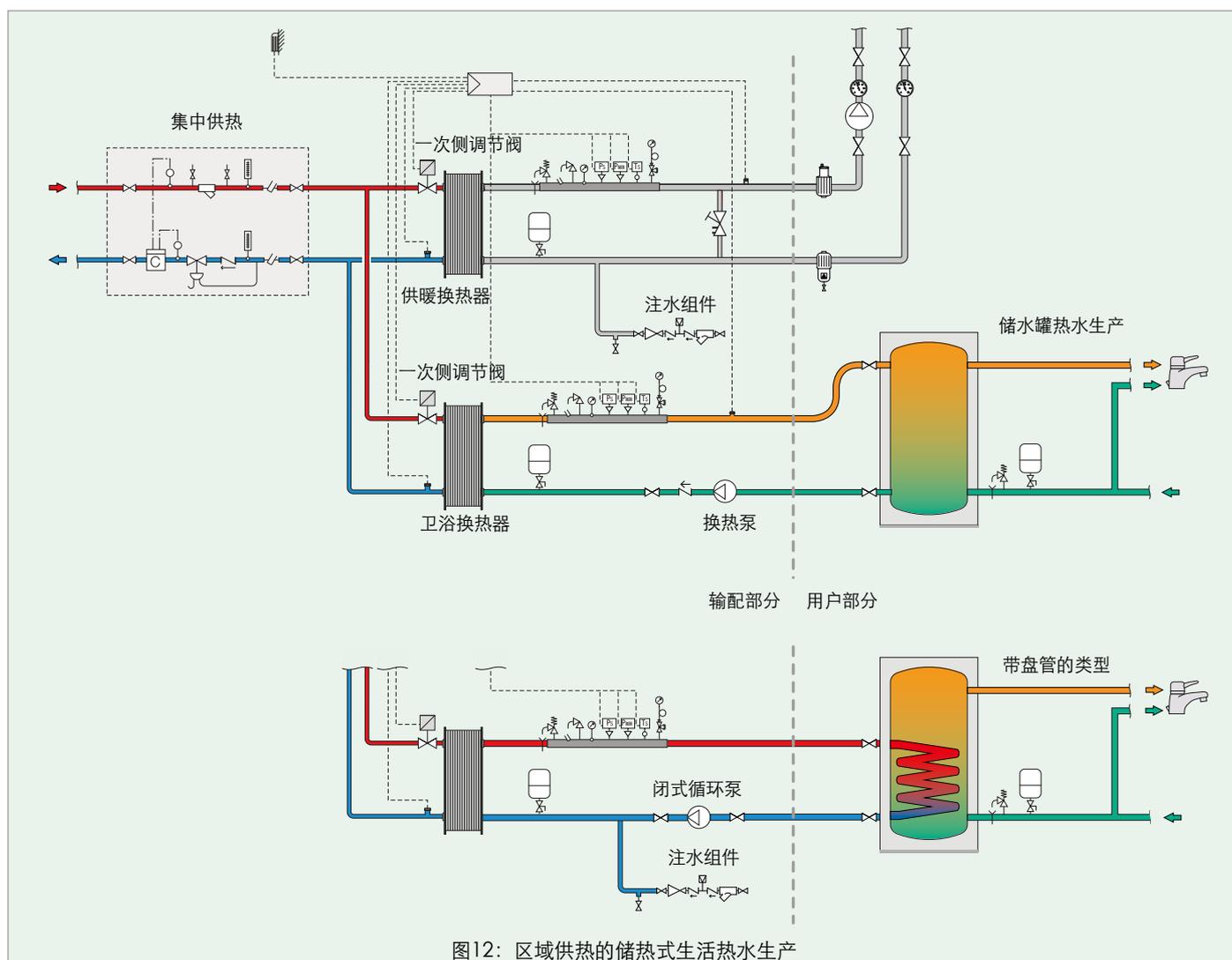
- 占地面积小（无储水罐）。
- 供暖和生活热水生产的独立细化管理。
- 可运输和可连接的预装配站。
- 滞水风险低。

### 缺点

- 为了保证用水高峰期的热水供应，换热器的选型往往过大。
- 要查验区域供热网管理方对二次回路中生活热水温度的规定（根据DPR 412/93法规规定，在48°C和53°C之间）。这种情况下，可能无法进行高温消毒和热冲击。

## 供暖与储热式生活热水

在此类系统配置中，生活热水由专门的二级换热站生产，然后将直接生产的生活热水输送到储水罐。也可以使用技术用水的闭合管路，通过带浸入式盘管换热器的储水罐实现供水。这种解决方案适用于大中型系统，因为储水罐可以确保在用水高峰时的水量供应。



### 优点

- 供暖和生活热水生产的独立细化管理。
- 温度足以达到消毒和灭军团菌处理（热冲击）。
- 换热器选型不会过大。
- 生活热水储水满足用水高峰期。
- 实现与可再生能源（太阳能）集成。

### 缺点

- 占用空间较大。
- 安装和管理成本较高。
- 有闭式系统的注水管件，用户侧（带盘管类型）。

## 带技术储热的间接式热水生产

除了上述生活热水生产之外，另一项工艺就是储存“技术热水”，而不是储存卫浴用水本身。技术储水罐的任务是储存必要时用于即时生产卫生热水的能量。热水生产主要通过两种方式进行：浸入技术储水罐中的波纹管式换热器或储水罐外部的即时生活热水制备器（也称为“新鲜热水制备站”）。

此类解决方案的主要优点是卫生热水非储存式，从卫生方面看这非常重要，因为它减少了细菌滋生的风险。技术储热通常由太阳能、生物质锅炉或热泵等可再生能源补充。

### 利用波纹管式换热器即时生产热水

生活热水的生产是让管道的冷水流经浸入在技术储水罐中的波纹管式换热器（图13）。

此类系统要求有足够的热交换表面，能够保证生产高流量的生活热水。水罐的换热盘管通常为不锈钢（图14）。



图13：浸入技术热水中的卫生热水换热器局部

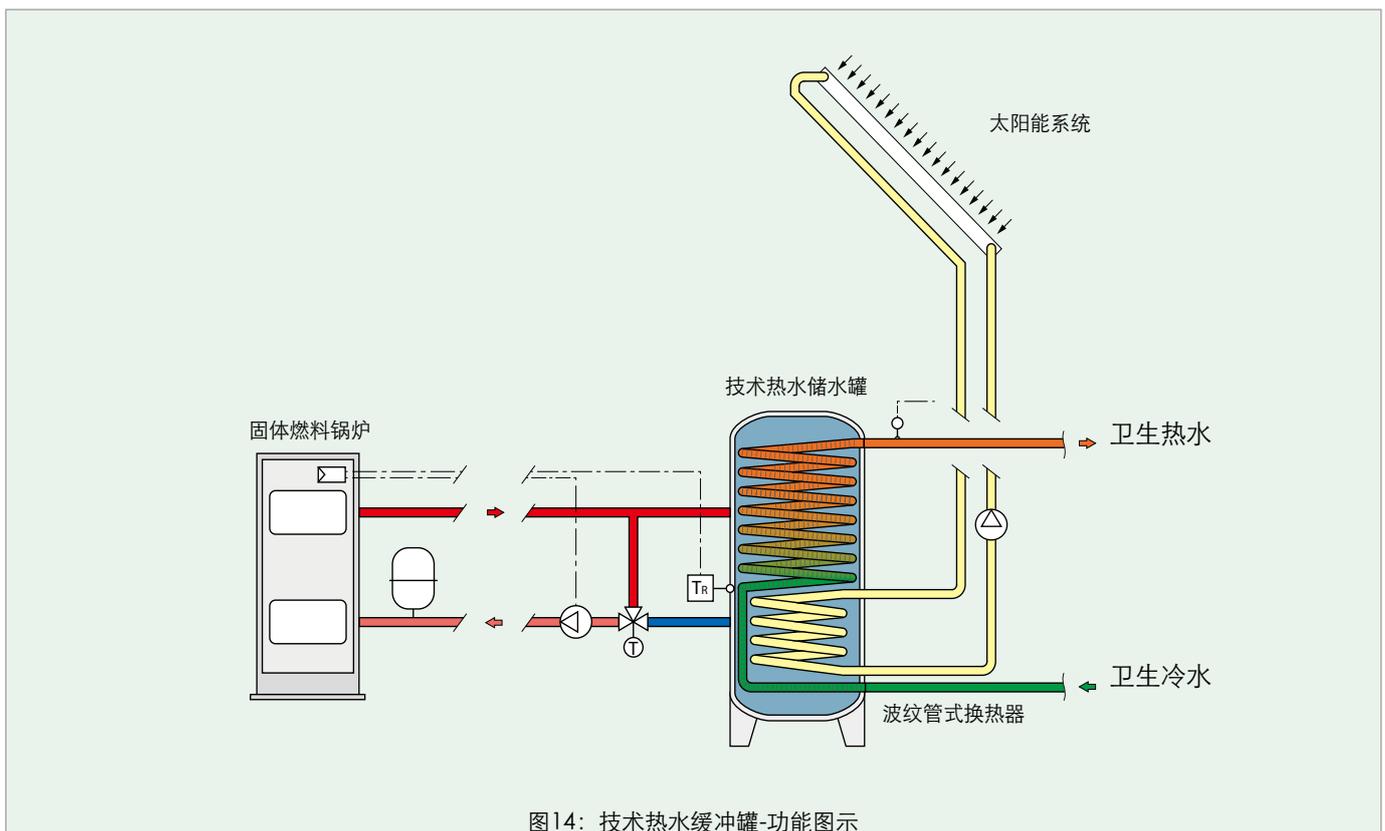


图14：技术热水缓冲罐-功能图示

## 带换热器的即时热水制备装置

“新鲜热水制备站”是生活热水即时生产装置，可用于单户或多户家庭住宅以及公共或私人场所，如学校、体育场馆。它们特别适合间歇性使用，因为可以利用非用水时间段给技术储水罐加载热量。

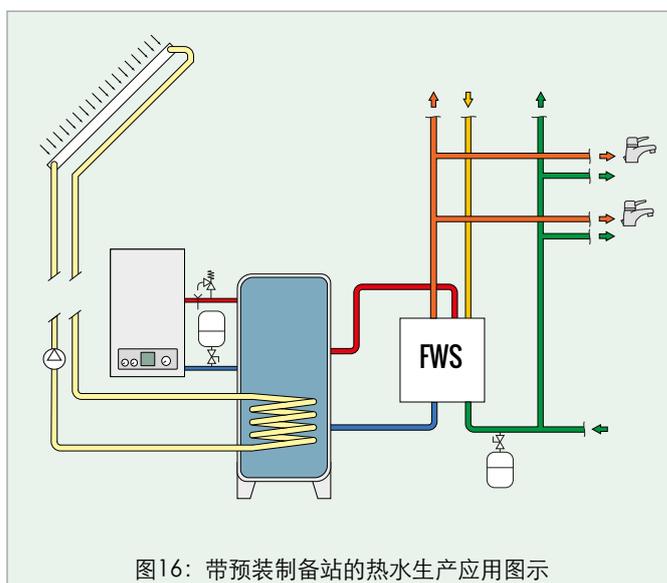
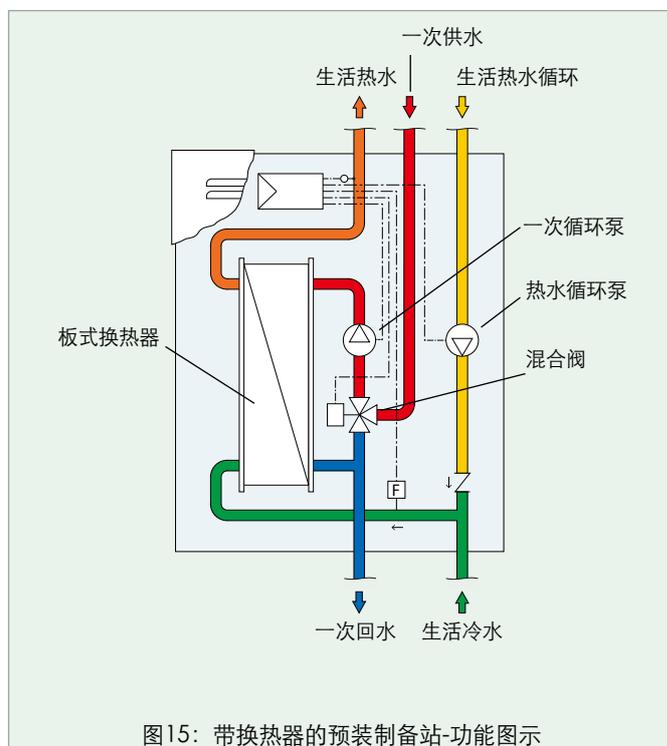
所配备的控制系统能够精确调节换热器的出水温度。同样，能量由技术储热罐供应，而技术储热罐可以由可再生能源补充。

其工作原理依靠换热器将能量从储热罐转移到生活热水的二次回路。

主要通过两种方式管理：

- 通过机械控制系统，由位于换热器一次侧的恒温混合阀控制温度。优点是易于调试、操作和维护。
- 通过电子控制系统，由调节器控制的电动混合阀来调节一次侧的温度。在这种情况下，可以通过调节器轻松修改温度参数。

新鲜热水制备站可以配备循环泵，用于维持热水循环回路的温度，循环回路可以集成到制备站中或作为附件添加。



### 优点

- 没有卫浴水罐这样的细菌滋生之地。
- 在恒定温度下，热水产量高达125 l/min。
- 当有高功率需求时，可以安装多个级联站，以保证更高的流量。
- 可使用可再生能源。

### 缺点

- 安装复杂。
- 多个调节器进行各个能源管理。
- 安装成本更高。

## 带热力站的间接式热水生产

与集中式生活热水生产系统不同，在热力站系统中，生活热水是直接每户即时生产的（图17）。为此，热力站配备有专用的换热器，根据用户需求的生活热水流量及温度，利用热介质流体提供所需热功率。

在住宅建筑中，热力站的内部通常还包含专门用于供暖服务的组件。无论如何，生活热水的生产总是优先于供暖。

与传统系统（图18）相比，该技术解决方案的优点很多。

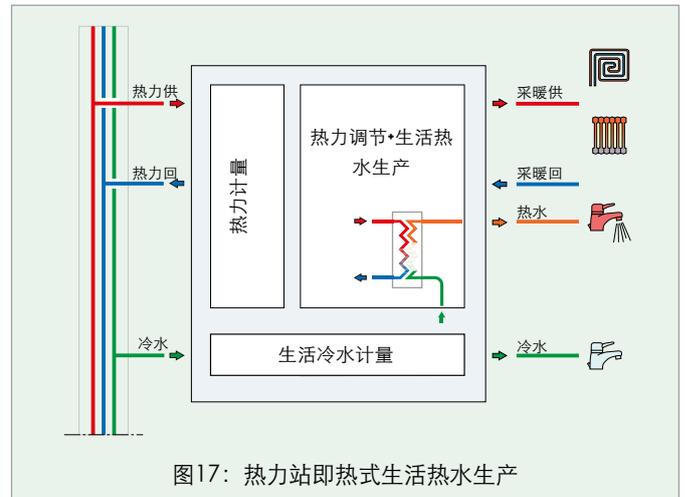


图17：热力站即热式生活热水生产

### 优点

- 要铺设的管路数量较少（仅有技术水的供回水管，生活冷水管）。
- 供水管网管理成本低。
- 由于就地和即时生产生活热水，细菌不易滋生，因此没有军团菌危险。
- 无需生活热水循环回路或热消毒处理。
- 计量简单：一个单独的热量表（供暖和生活热水生产）和一个生活冷水计量表。

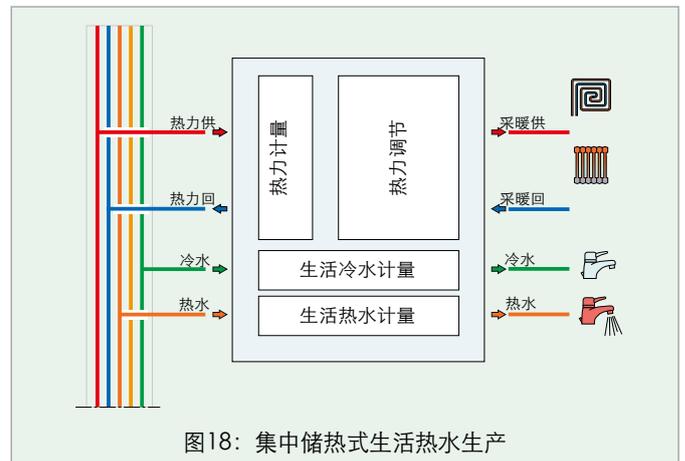


图18：集中储热式生活热水生产

### 缺点

- 设计较复杂。
- 专用调试程序。

用换热器即时生产生活热水可以通过不同的调节图示及衍生方案来实现，主要方式如下（图19）。

### 机械调节

通常利用特殊的四通阀进行。当生活热水有用水请求时，作为响应，水流产生的压差驱动主回路上的调节阀打开，从而使换热器中的一次水循环起来。

这样调节不能直接控制生活热水的温度，因此必须在下游进行调节（例如通过恒温混合阀）。不过，还有所谓的比例阀，可以根据预设比例按照所需生活热水流量调节一次流量。通过这种方式，所得到的生活热水温度可以控制在一定范围内。

### 恒温调节

是通过一个两通控制阀实现的，阀的恒温控制器有远程传感器，传感器直接安装在换热器上或是向用户输送生活热水的管道上。

传感器中的流体根据所感知的温度而膨胀或收缩来调节两通阀的开度，进而调节一次回路的流量。这样，即使用水流量发生变化，也能稳定调节生活热水的温度。

## 电子调节

在这种情况下，电子调节器可以根据水流开关或专用的流量计的信号来检测生活热水的请求。同时，主回路上的调节阀受到指令调节换热器的流量。生活热水温传感器的反馈可以进一步优化这种调节，从而达到并保持供水温度稳定。

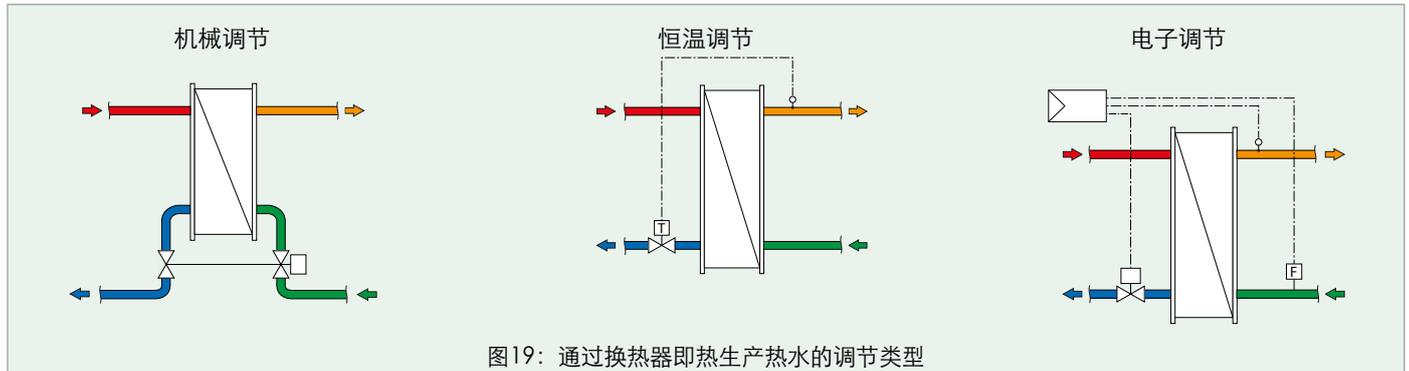


图19: 通过换热器即热生产热水的调节类型

## 热舒适性

与所有生活热水生产系统一样，一个需要特别注意的方面就是热舒适性，保证有限时间内达到设计温度。为此，对于这种类型的系统，在设计阶段和调试阶段都必须采用一些专门装置。

## 旁通

对于连接到系统中的每个热力站，要确保生活热水供应的舒适性和响应时间短，基本的条件是从管网快速获得温度合适的技术水。然而，当用户长时间不使用时，系统的某些支路不流动会使技术用水冷却。为了克服这个问题，需在立管顶部装旁通阀，如果是水平建筑，旁通阀则安装在供水管路的末端部分（图20）。通过这种方式，保证极低的流量循环就可以防止即热式生活热水生产的延迟。在旁通管路中采用适当的平衡装置（图20）是个不错的做法，这样可以通过调节流量来减少管道热损失。

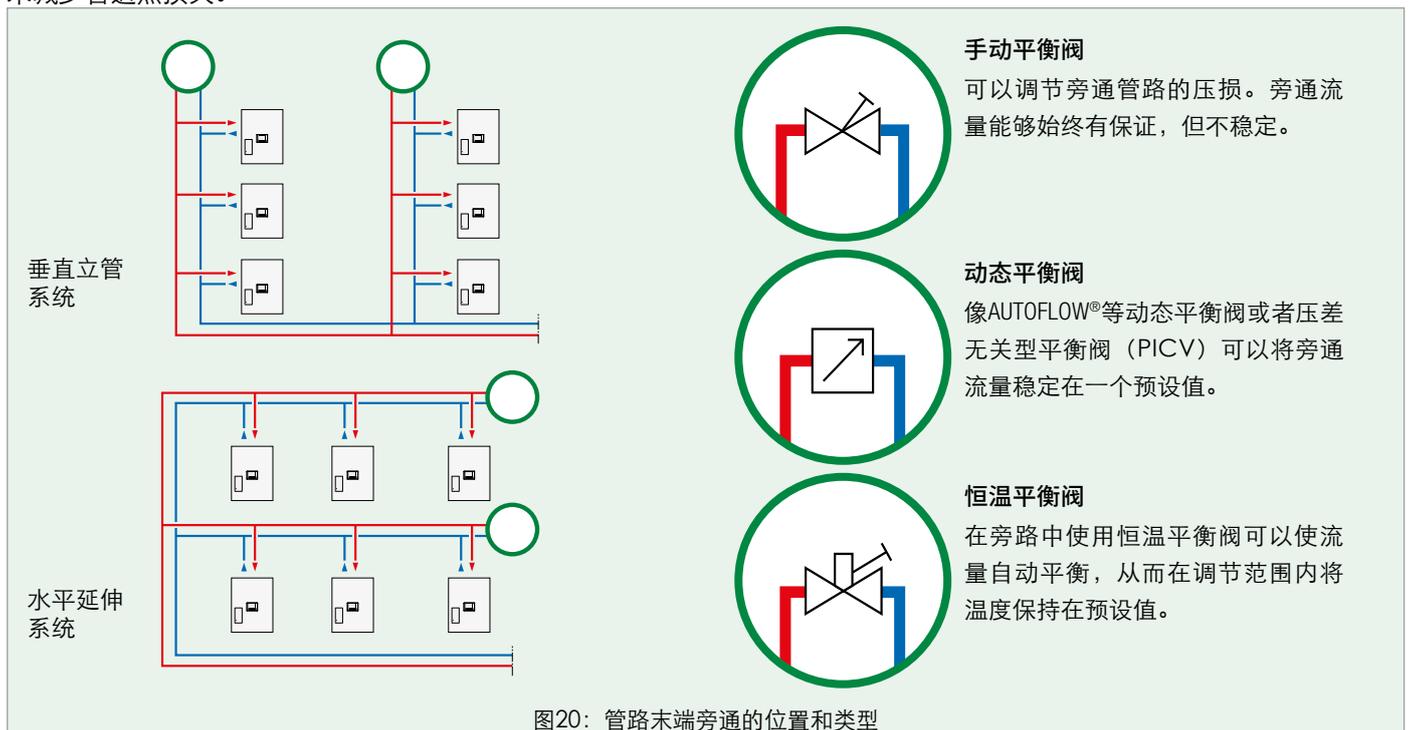


图20: 管路末端旁通的位置和类型

## 换热器预热

在一些类型的热力站中，可以启动换热器的“预热”功能，再加上图20所示的旁通配置，可以进一步提高舒适度和响应时间。特别是在电子调节类型的热力站中，温度传感器可以检测到在不使用热水的情况下换热器可能出现的水温变冷情况。这时，为了保持换热器的温度，可以很快从一次系统启动循环流量，以维持换热器内部温度。

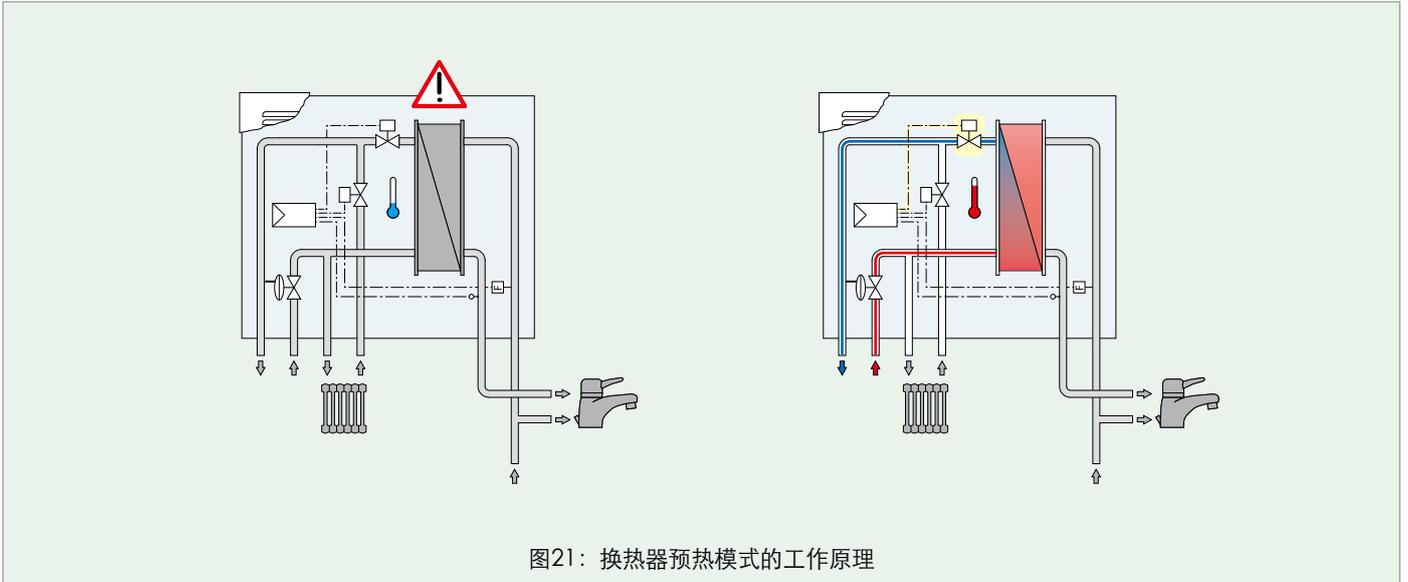


图21：换热器预热模式的工作原理

## 热水循环

热水输送时间还取决于住宅的大小以及用水点与热力站之间的距离。如果距离太远，可以利用住宅热水循环系统来提高生活热水供水的舒适性。在这种情况下，某些类型的热力站可以管理启动热水循环泵。与预热功能类似，如果在没有用水需求的情况下检测到换热器冷却，则会短暂启动循环泵，以维持换热器和循环回路的温度。

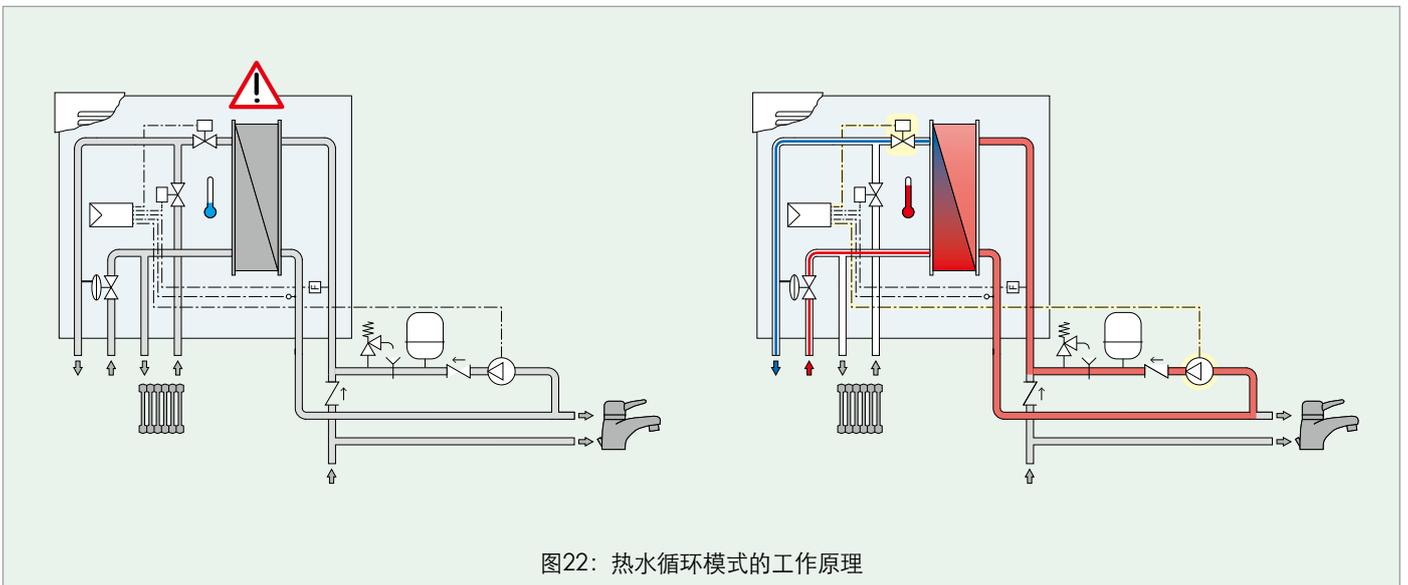


图22：热水循环模式的工作原理

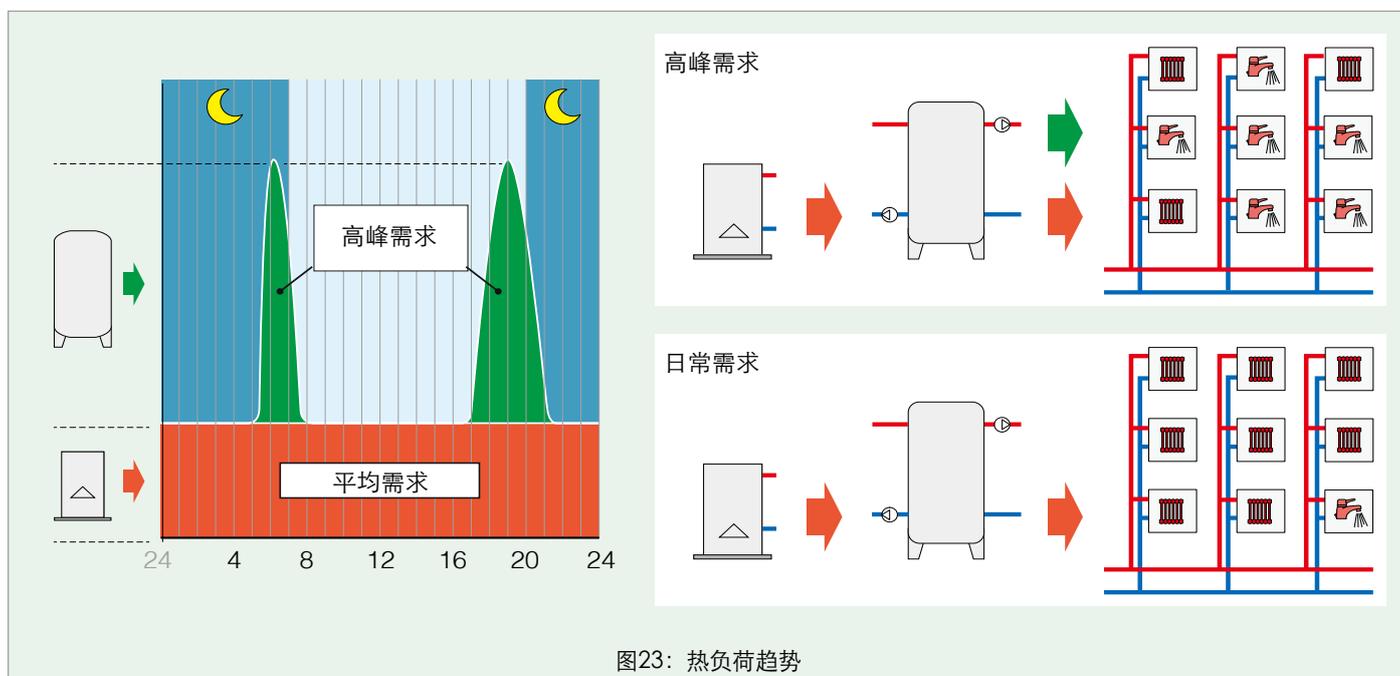
## 技术储水罐

在热力站系统中，管网和热力站的选型必须满足与供暖和生活热水即时生产相关的热量需求。生活热水即时生产的功率需求更高，但不连续，因为它取决于生活热水的实际用水量以及一天当中用户同时用水的情况。因此，在此类热力站系统中需要技术用水储存罐，该储热有双重目的：确保用水高峰期间生活热水的供应和降低热源的最大热功率。

例如，在住宅建筑中，卫浴用水需求通常集中在一天的特定时间段，通常是一早一晚（图23）。在这些时段，所需的热功率可能高于所安装热源的热功率，不过储水罐之前存储预热的技术水允许输送更高的瞬时功率，当然时间是有限的。

详情参见：

- 第36期《水力杂志》的《集中供暖系统之定流量及变流量分户热力站》
- 第42期《水力杂志》的《集中供暖系统之变流量型热力站》

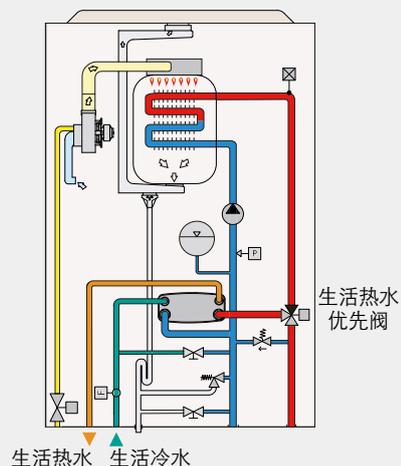


## 组合式即热锅炉

用于供暖和卫浴的组合式即热锅炉内部使用一个板式换热器生产生活热水。

换热器由一个三通优先分流阀控制，将锅炉产生的水从供暖回路分流到换热器的主回路。如之前所述系统，热水生产是间接式即时生产的。

由于这种类型的设备已经由制造商进行了优化，因此无需进行任何类型的设计，而只需选择相应型号。所以这里只泛泛提一下。



## 燃气热水器直接生产热水

### 带或不带储水罐的简单模块

即热式燃气发生器，通常所称“热水器”，通过内部专门的燃烧器直接燃烧燃气来生产生活热水。现代冷凝式设备有多级模拟式燃烧器，可以根据实际用水量输出匹配的功率，而不会出现温度不稳定和频繁启停等常见问题。

冷水入口上的水流开关控制热水的运行。热水的输送温度通常设定在50 – 55°C。直接使用的话，这个温度可能太高而且不稳定。通常建议在设备出口处安装一个高性能恒温混合阀。

对于用水量大的情况，通常结合不带换热盘管的储水罐使用，水罐的唯一功能是储存产生的热水。热水器如果安装在室外不需要烟囱，如在室内则带专门的排烟管道。

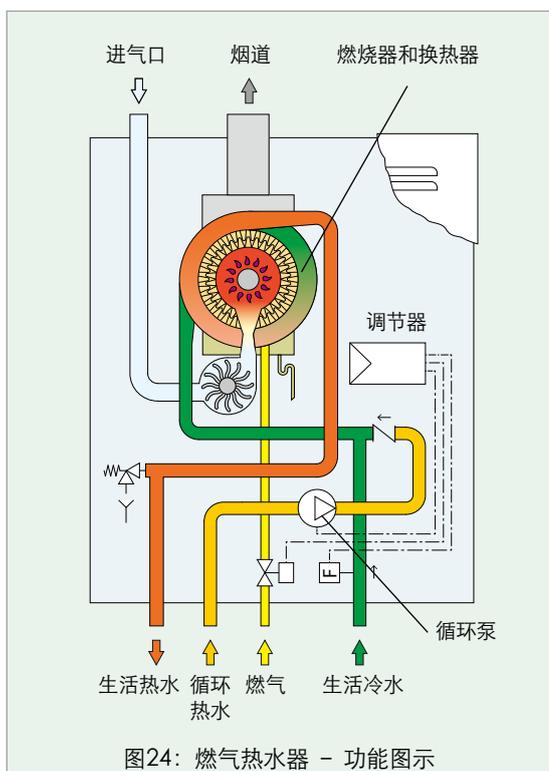


图24：燃气热水器 - 功能图示

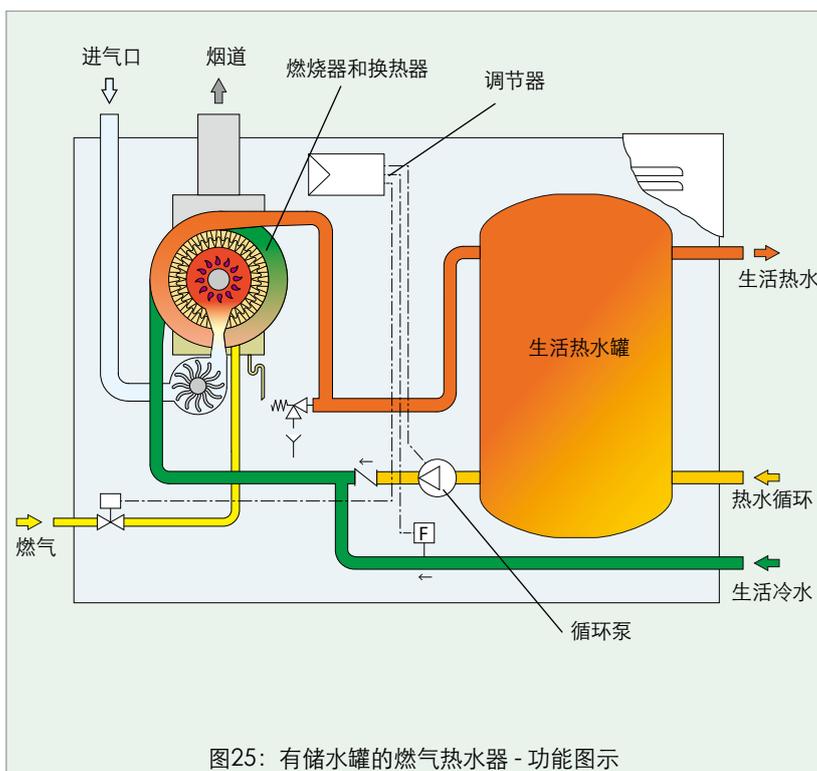


图25：有储水罐的燃气热水器 - 功能图示

即热式热水器（图24）工作通常分为以下运行阶段：

- **直接用水模式**（无热水循环）：在这种模式下，冷水进入生活热水设备加热，水一路直接流向用户而不经循环回路。
- **循环和/或后循环模式**（热水循环开启）：该模式涉及到热水循环回路的启动，可把系统内的热水维持在一定温度。

带储水罐的热水器（图25）有了热水储备功能，可以减少用户的等候时间，保证了稳定的热水供应。与单纯的即热式热水器不同，带储水罐的系统可以减少热水器的开关频次。储水罐还可以更好地应对用水高峰期或水网压力的变化。再结合像太阳能或生物质能等辅助热源还可以提高系统的整体能源效率。

## 没有储水罐的级联模块

一些商业环境中，如健身房、酒店、游泳池，即热式热水器组合成级联式进行集中式生产。通过专门的调节器控制，级联运行可以根据用水量需求以模块逐级输送功率。这种系统适用于用水非常不连续且用水时段不同，因此需要有一个自动适应用水变化需求的系统。

为了更好地管理给整个管路的供水，建议始终要有一个电子或恒温混合阀，便于持续控制生活热水的温度，并在适当的时候进行热力杀菌循环。

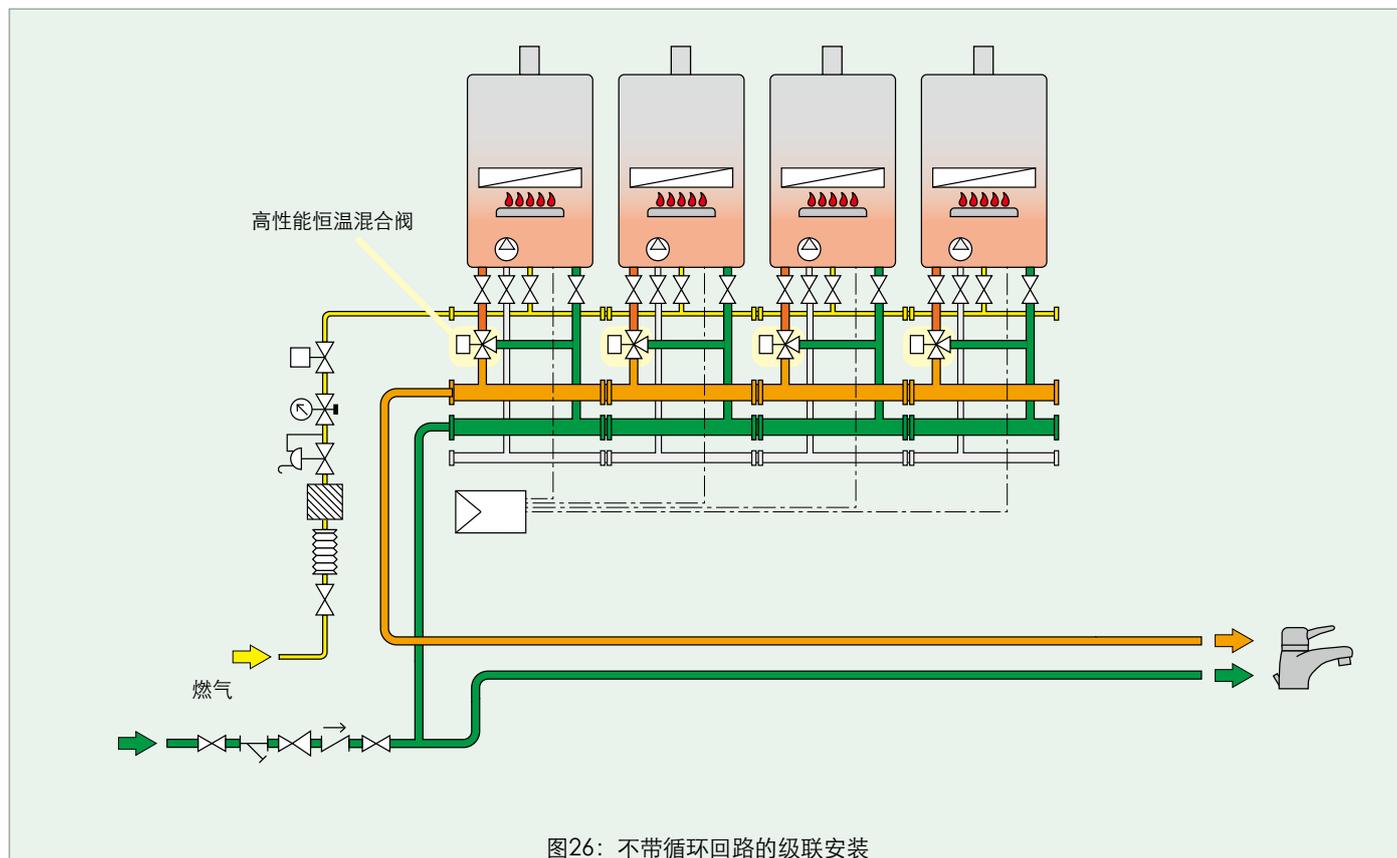
此类型中各个不同规格组合的总安装功率可以达到300 kW量级。

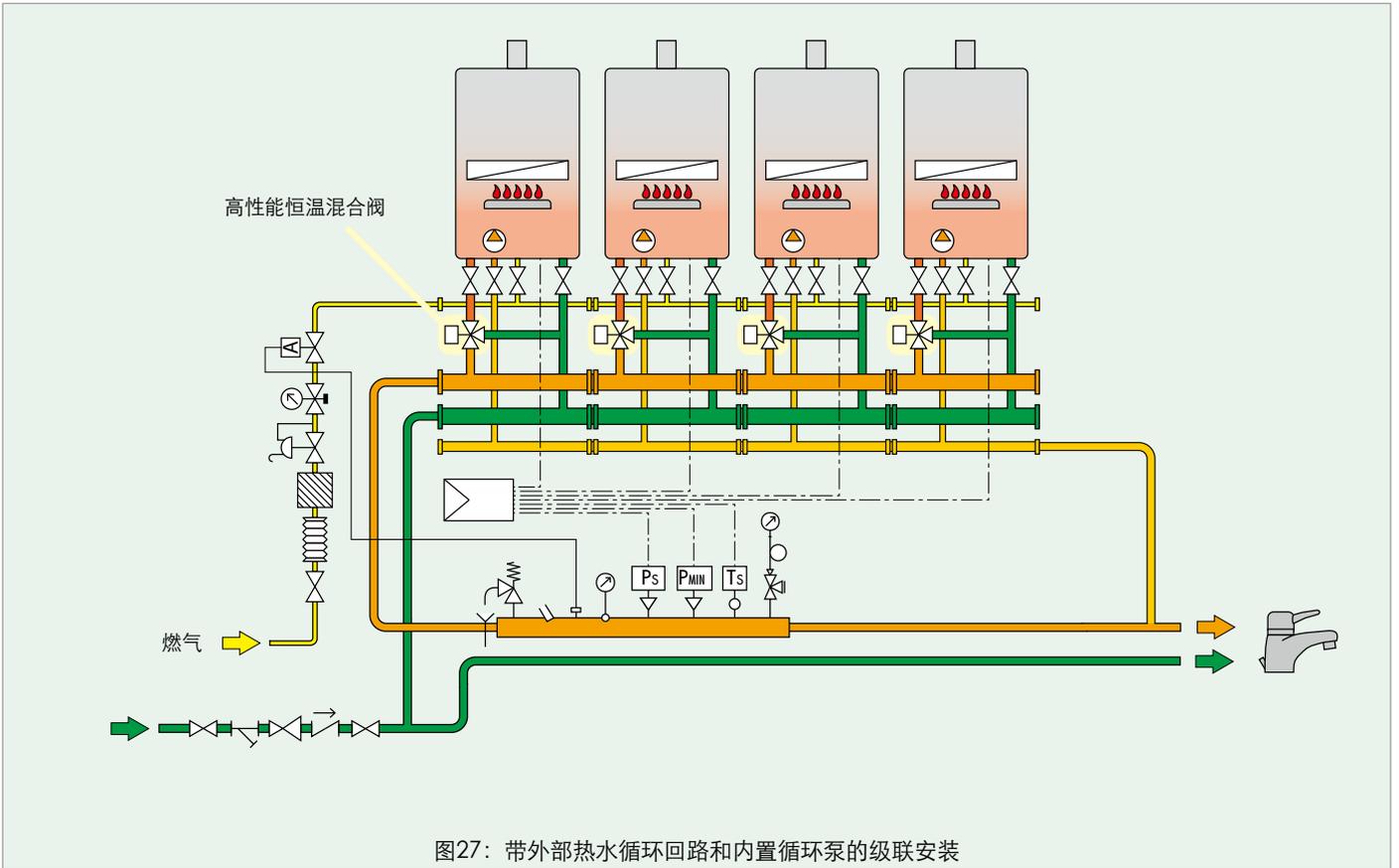
这种不带储水罐的级联式生活热水生产分为两个阶段：

- **不用水阶段。**在没有用水的阶段，设备保持待机状态，在没有需求时尽可能减少能源浪费。
- **用水阶段。**当有热水需求时，级联系统启动，根据流量和效率平衡负载。流量供应与需求的变化相适应，旨在优化能源效率。

如果管路不是很长，那么所配的泵（内部或外部）也足以管理系统的热水循环。如果管路规模大，那么热水主循环泵要根据供水管路的要求设计选型，另添加。

以下是一些基本运行图，介绍各个阶段以及不同时刻的热水和冷水流向（图26和27）。





### 安全附件和附加组件

在燃气生产热水的模块化系统中，并不都配有膨胀罐。它的存在与否取决于系统中是否有储水罐以及系统的具体性能。如果系统中有储水罐，那么膨胀罐就是必需的了。从安全的角度来看，根据意大利国家工伤事故保险局(INAIL)的规定，当功率超过35 kW并且有热水循环回路时，那么系统就被视为闭合回路，也就应当有相应的控制和保护装置。

根据《意大利国家工伤事故保险局R字系列条款》2009年版第R.3.F章的规定，成套安装的多个元件或模块可被视为一个单一的热发生器，R字条款规定的安全、保护和控制装置（第R.3.a和R.3.B节）可直接放置在最后一个模块的下游或每个单独模块上。一般来说，模块是由制造商预先组装和认证的，建议正确选择适合生活热水使用的装置及其安装位置。

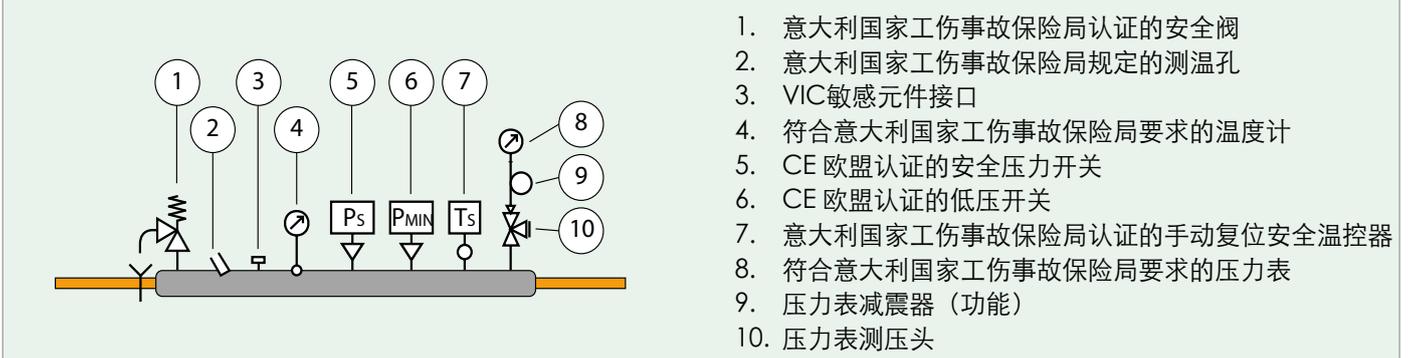


图28：意大利国家工伤事故保险局规定的安全组件

## 有储水罐的级联模块

这些模块设计可以灵活组合，既可组合单个储水罐，也可以与多储水罐系统结合，而且还可以集成热水循环管路以及高效恒温或电子混合阀。

- **未用水模式。**通过中央混合阀和热水循环泵将系统循环管网保持在恒定温度。在此阶段，系统监测并保持外部储水罐的设定温度，管理燃烧器和外部输送泵。模块未配备内部循环泵。

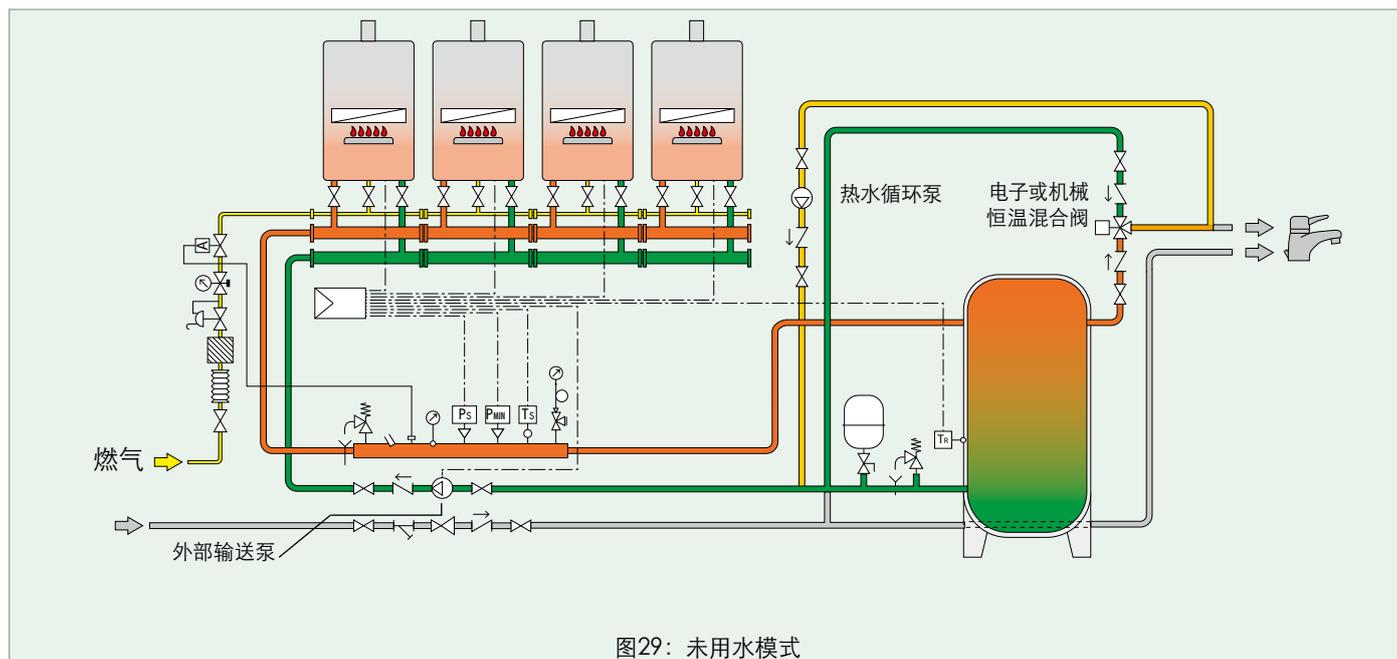


图29：未用水模式

- **用水模式。**在这种情况下，冷水经热水器加热并通过储水罐到达用水点。位于水罐上的温感探头启动输送泵和即热式热水，将水罐加热至设定温度。级联控制单元管理即时热水生产和储水罐加载。如果温感探头 ( $T_R$ ) 读取的温度低于设定值，那么未参与即时热水生产的水加热器将参与为储水罐补热。系统热水循环泵基本上处于停止状态，这与用水条件相关。

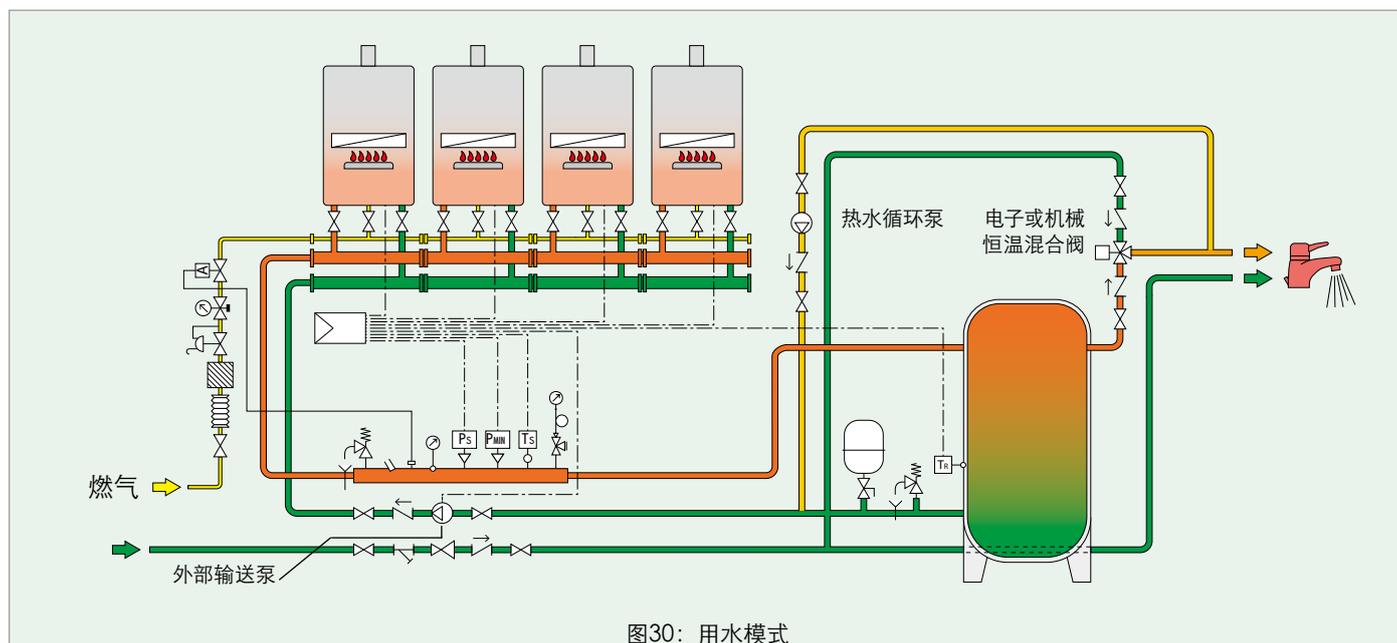


图30：用水模式

## 电热水器直接生产热水

不带储水罐的生活热水生产的电热系统是在用水时加热水，不必持续加热来维持热水罐的温度。

### 即热电热水器(不带储水罐)

非常适合空间有限或有间歇性热水需求的应用，减少了为保持水箱温度而导致的热损失。它有不同的功率可供选择，以满足不同水平的热水需求。

这些系统可能需要高达30 - 36 kW的瞬时电力。

### 台盆专用小型储水罐的电热水器

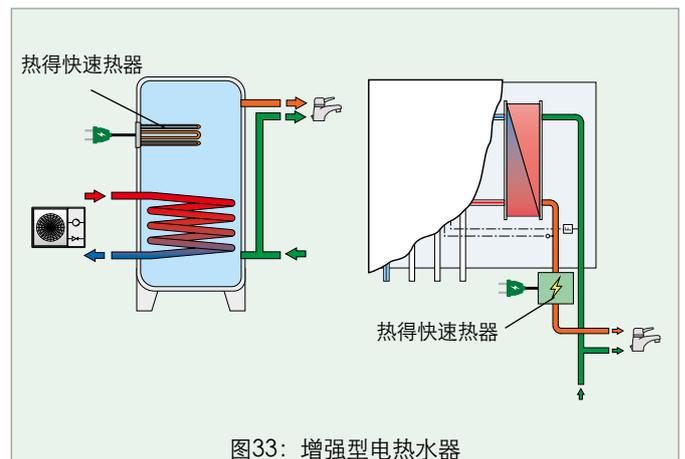
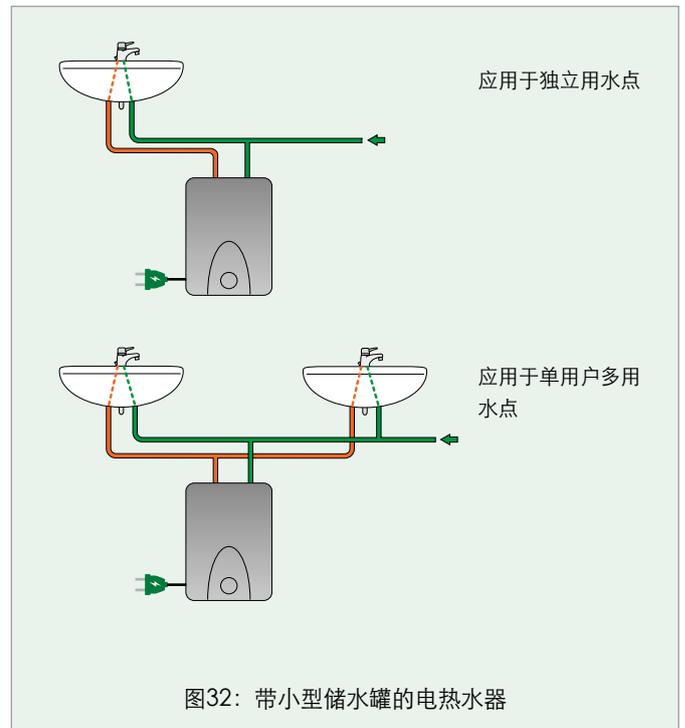
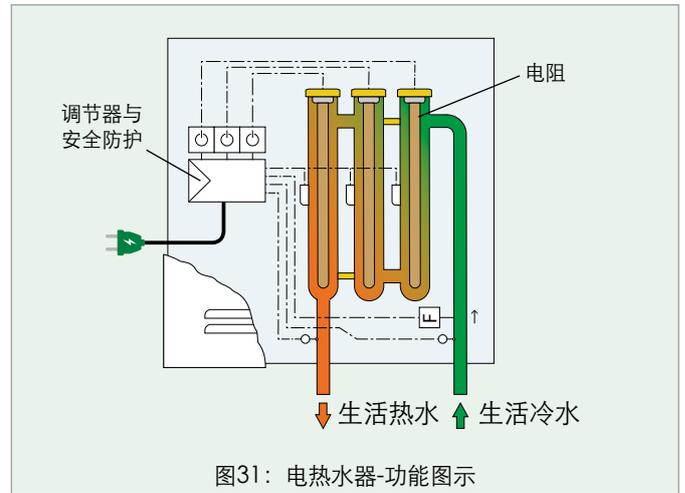
这些热水器安装在如洗手池台盆下面这样的狭小空间内，将即时产热的优点与少量储水相结合，以确保热水几乎可以即时可用。

在住宅的热水循环管路无法到达的地方，这样的系统可以直供生活热水。储水罐运行的瞬时功率（约1.5 kW）不用很大。

### 热得快速热热水器

这些装置用于提高来自另一个加热系统的水温，起到“速热”加热器的作用。当系统所需温度比主热源提供的温度更高时，它们特别有用，例如使用热泵热源但需要杀灭军团菌时。通常情况下，这些系统的瞬时电力需求为3-6 kW。

增强型速热器通常与储水式热水器结合使用，或在即热式热力站中直接安在生活热水出水管路上。



## LEGIOMIX®



- 应用于大流量系统
- 球形混合阀
- 编程式热力杀菌
- 可远程控制

电子混合阀用于各种规格的集中式生活热水生产和供给系统。

完全电子化的控制器和执行器为独立式装置，便于在集中式系统中的安装定位和相应的编程管理。

## LEGIOMIX® 2.0

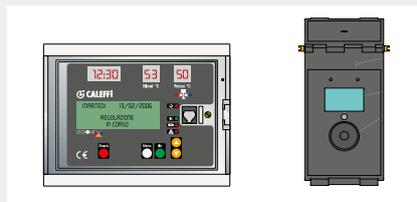


- 混动运行的机械恒温阀和电子混合阀
- 编程器和执行器集中于一个单元
- 编程式热力杀菌
- 可远程控制

混合式电子混合阀是将机械恒温阀的典型功能与电子混合阀的管理效率集合在一个装置中。控制器和执行器安装在阀门上，使其更加紧凑而经济。

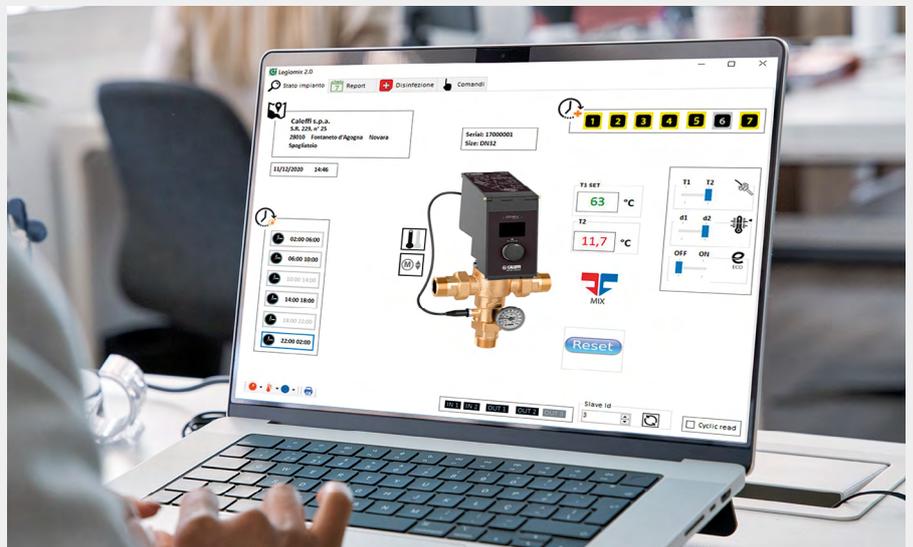
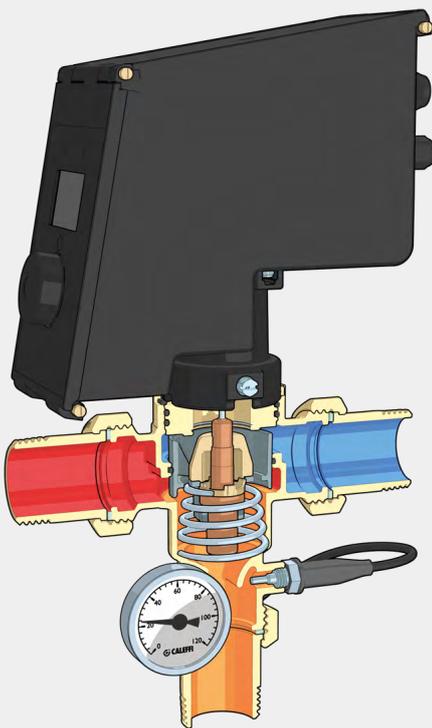
### 调节单元

调节单元可以即时显示工作状态、循环和混合水的温度，通过按钮或选择器直接管理各种参数。



### 远程管理

控制单元可以连接到远程管理系统和软件，全面检测系统。



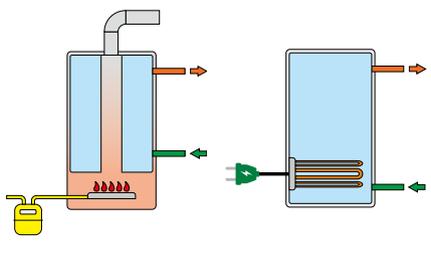
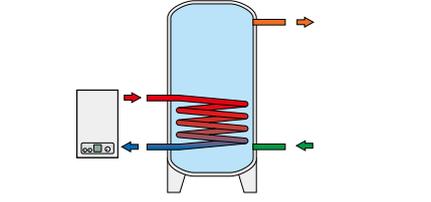
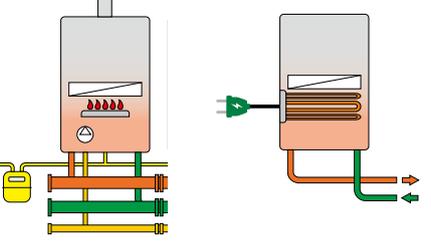
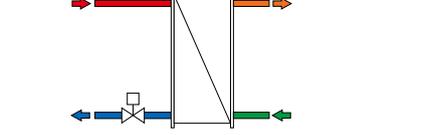
# 生活热水生产中的问题

## 安全装置

在生活热水生产系统中，因加热导致水的体积增加，相应升高的压力和温度会有潜在危险。因此，必须对每种类型的系统进行评估，以安装必要的控制、保护和\*\*安全装置\*\*，包括电气和机械装置。

热水生产设备通常已经配备了保护和\*\*安全装置\*\*，但要始终根据系统应用情况检查其是否适用。由于所存储水的体积原因给储水系统带来的风险较大，需要额外的设备。

下表从功能和规范方面总结了需要配套的设备。

卫浴水一侧安全与控制装置				
	储热式	电气保护与控制	机械安全装置	附件
直接式		温控器/温感  温控器/温感 	温度/压力安全阀  安全阀  安全组件 	膨胀罐  减压阀 
间接式		温控器/温感  温控器/温感 	温度/压力安全阀  安全阀  膨胀组件 	膨胀罐  减压阀 
	即热式	电气保护与控制	机械安全装置	附件
直接式		温控器/温感  温控器/温感 	安全阀（当生产厂家有规定时） 	膨胀罐 （有循环回路时） 
间接式		温控器/温感  温控器/温感 	安全阀（当生产厂家有规定时） 	膨胀罐 （有循环回路时） 

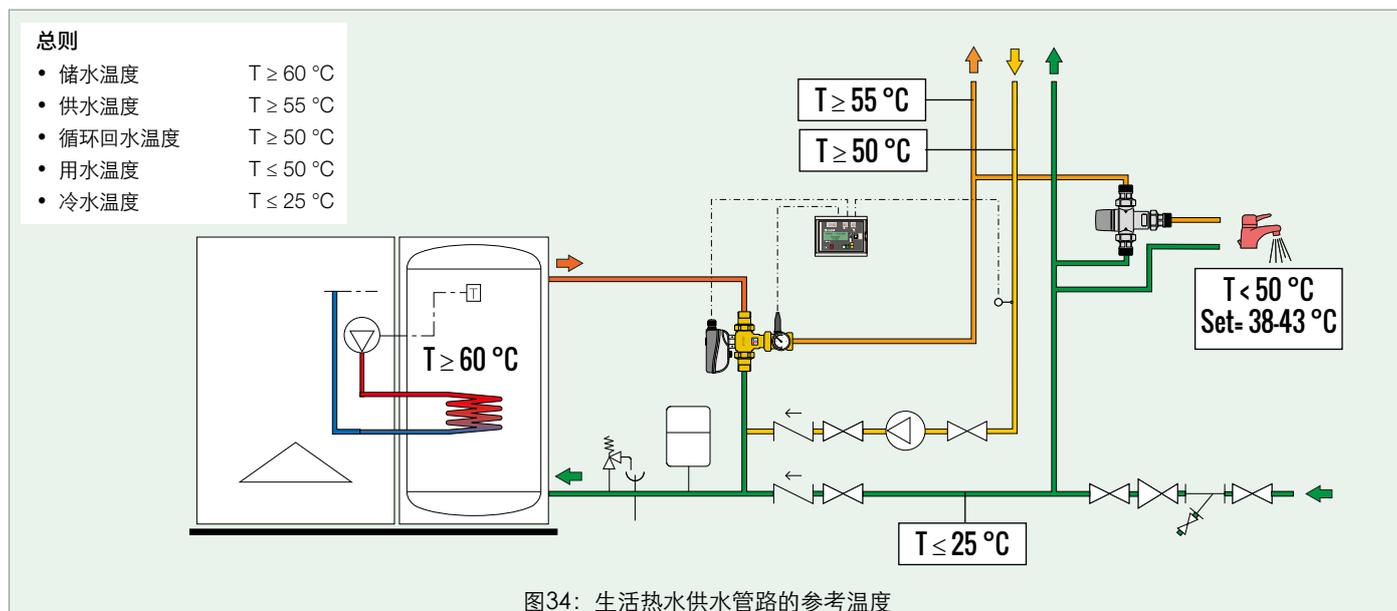
## 保持热水水温-军团菌杀菌

新型的生活热水生产模式，特别是那些需要使用可再生能源的，有一些限制需要认真考虑和评估。

例如，热泵低温出水效率更高，其出水温度就会受限。另一方面，太阳能和生物质燃料供热水可能不持续，并不总是能够满足用户必要的需求。

为了确保生活热水的卫生，流行的作法是管路内保持高温。温度值最好保持在50到60°C之间，且在热力杀菌循环时能够升高到70°C。

上述限制往往会有碍于系统达到并保持这一温度，因此有必要借助传统能源来整合能源供应，如化石燃料热源或用加热电阻。从能源和环境角度来看这可能会带来不利影响，这些在设计阶段必须加予考虑。



## 结垢

水中的钙质会显著降低生活热水生产系统的效率和寿命。水垢往往会沉积在加热元件和水罐内壁上，降低热传导，增加故障风险。因此，清除水垢的维护工作会增加额外成本和操作挑战。

有专门的设备和技术可以防止或减少这一复杂现象。考虑到不同因素相互的作用，这些方面将在后几期《水力杂志》中详细讨论。



## 热水循环管理成本

生活热水供水系统如果超过一定规模就必须设计一个热水循环回路，以确保所有用水点的热热水即开即用，并在必要时进行热力杀菌循环。要把循环热水保持在一个预期温度，就涉及到持续的能量消耗，很大程度上影响运营成本，尤其是在电价高位时。

根据建筑类型及其用途，可以采取不同的策略来管理循环，从而在系统舒适性、卫生和维护成本之间找到最佳折衷方案。目标是仅在必要时启动循环，以减少无用水期间的消耗。

在第53期《水力杂志》中对比了关闭循环回路对于能耗和成本的影响程度，还了解到杀菌在回路能耗中所占重要份量。当然，卫生安全的法律层面要重于其他各个方面，在一些有特殊要求的建筑中，热水循环系统必须始终保持运行。

详见第53期《水力杂志》的循环管网。

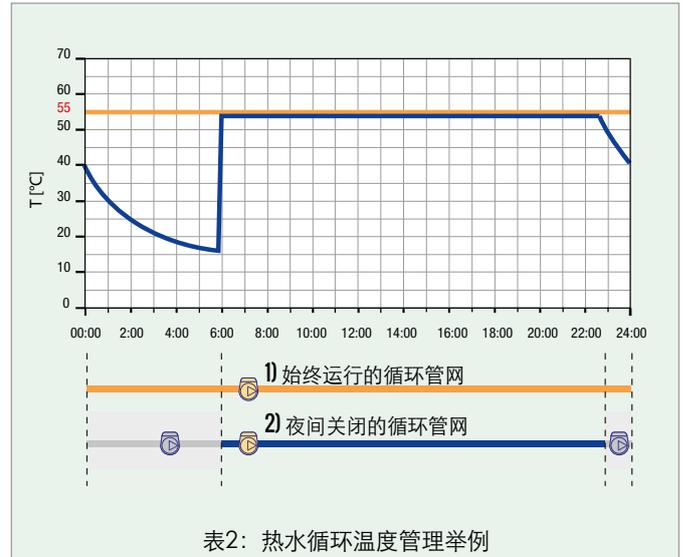


表2：热水循环温度管理举例

表3介绍了不同类型建筑中一些热水循环管理案例的成本。指出了每种回路的主要性能参数，并比较了运行成本（系统始终运行或关闭）。研究的案例包括住宅案例中有限运行时间到最低运行天数，再到医院中始终要保持运行的热水循环系统。

建筑类型	 独栋别墅	 写字楼	 宾馆	 医院
用户数量	2 个卫生间	20 个洗手池	100 个房间	300 个房间
管理类型	上午2小时 中午2小时 晚上3小时	工作日白天	H18 - 7/7 (夜间停)	H24 - 7/7
管道长度(供水和循环)	50 m	300 m	1,000 m	3,000 m
循环流量	108 l/h	645 l/h	2,150 l/h	6,450 l/h
散热量	2,038 kWh <sub>t</sub>	13,480 kWh <sub>t</sub>	67,253 kWh <sub>t</sub>	262,800 kWh <sub>t</sub>
水泵消耗	20 €	95 €	335 €	940 €
年运行成本	200 €	1,300 €	6,400 €	24,700 €
全开年运行成本 (H24 - 7/7)	470 €	2,600 €	8,400 €	24,700 €
节省百分比	-57 %	-50 %	-24 %	-

表3：热水循环管理成本举例



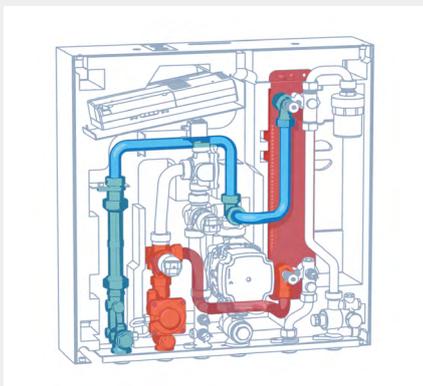
- 体积小巧
- 具有电子调节功能的即热式生活热水生产
- 适用于低、中和高温全系列供暖系统
- 带计时恒温器的远程控制接口
- 远程诊断和控制

热力站提供生活热水的即时生产，并为连接到中央热力系统的住宅单元提供供暖服务。

电子调节可以最大限度地提高系统效率，并为远程控制运行提供了可能性。

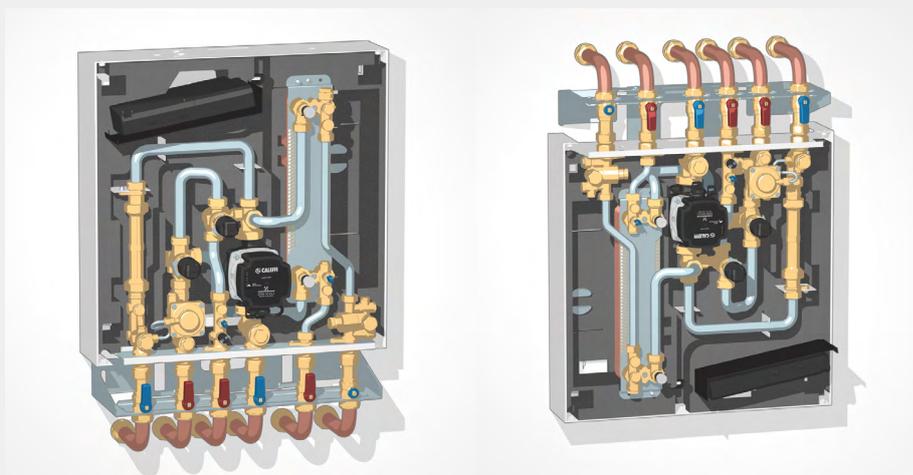
### 换热器预热

换热器的预热功能是电子控制的，还可以通过以周为基础按小时编程。这样，可以在舒适性和节能之间找到最佳切合点。



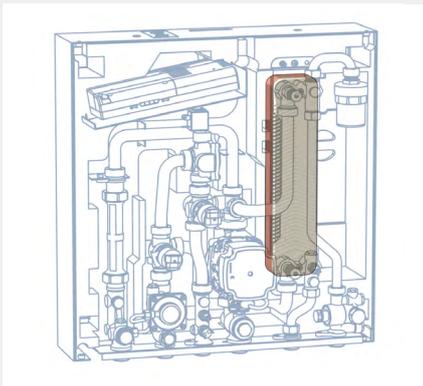
### 安装的灵活性

热力站接口安装可以向下或向上（低温供暖型除外）。



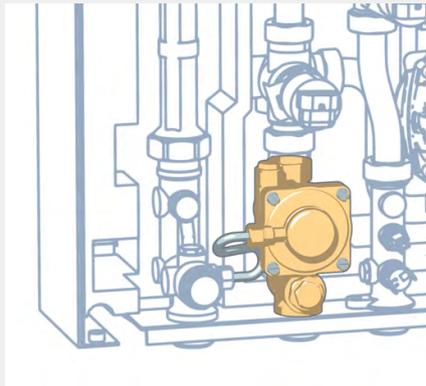
### 高性能换热器

换热器可选范围广，即使与具有低温一次回路的系统相结合使用也能保证较高功率。



### 压差调节器

热力站配备压差调节器，可以使运行稳定，不受主网条件变化的影响。



### 远程管理

热力站的电子调节器可以连接到远程管理系统和软件，用于系统的全面监测。



# 生活热水生产系统的计算

工程师 Claudio Ardizzoia, Luca Guanella, Marco Ruga, Mattia Tomasoni, Pierluigi Degasperis

这一节，我们将重点探讨各种系统的计算程序与设计选型。我们将介绍各种操作的顺序，根据用户和应用情况，从确定设计流量到完整的设计选型，把计算中涉及的各种因素考虑在内。

除了严格的计算分析外，我们还利用汇总表为解决方案提供快速指南。为了使最终数据与日常实践尽可能一致，还根据生产类型选择了流量和能量的测量单位。

## 生活热水需求计算

该计算方法旨在确定系统在一天中的运行时间和各种条件下的热水（和冷水）设计流量。计算时要考虑建筑的应用类型和用途。例如要看是住宅，还是商业、酒店、办公室、医院等。在这些应用中，卫生器具同时用水的情况起着非常重要的作用，因为它有助于确定设计流量。然后根据这一数值选择管道和热水生产系统。

各种规范和计算方法林林总总，有些直接根据设备的流量值，有些则使用无量纲的所谓“负荷单位”。

设计选型的步骤如图1所示。通常，用户数量越多，同时用水概率越低。

流量确定以后，就要考虑管道内的允许流速来为供水管网选型。供水点的压力应根据卫浴制造商的说明或技术标准得以保证。

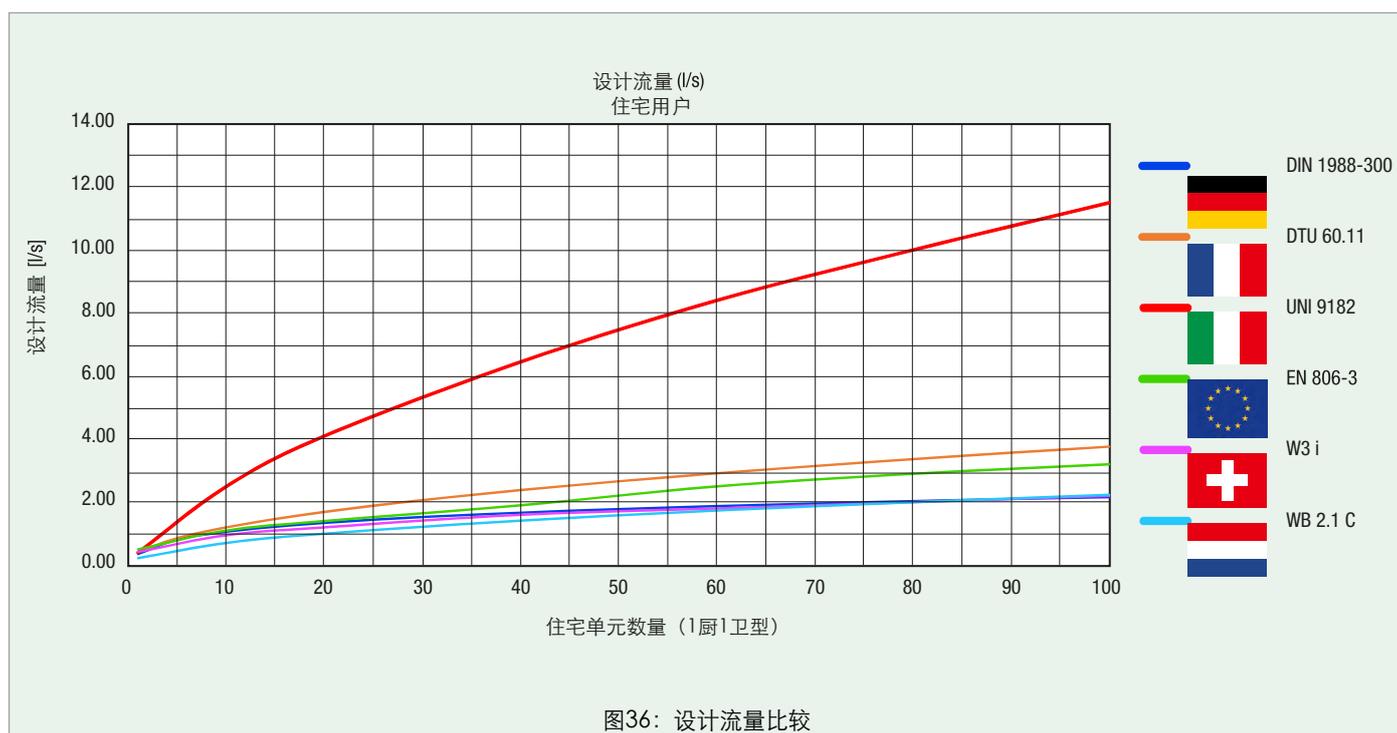
我们在第50期《水力杂志》中已经详细介绍了一些最常用的计算方法，主要是为了确定冷水和热水供水管径。

在意大利，目前UNI 9182:2014标准使用的方法是以负荷单位为基础。这种方法渊源颇为久远，它是在二战后几年发展起来的，至今几乎变化不大。如果与其他国家的方法相比，这种方法会导致管道和设备的选型明显过大。



图36的简表给出了不同计算方法的设计流量走势，住房单元为一厨一卫型。可以看到，UNI 9182标准的计算值比其他方法的大得多，而那些方法更符合当今系统的实际情况。

目前，EN 806-3计算标准正在修订中，该标准将成为现代高效系统设计的理想参照。



标称流量  
摘录: DIN 1988-300标准  
(2012年5月-目前正在修订中)

用水设备	单位流量 l/s
厨房水槽	0.07
洗手池	0.07
坐浴盆	0.07
淋浴	0.15
浴缸	0.15
箱式马桶	0.13
洗衣机	0.15
洗碗机	0.07

表4: 单一设备的名义流量

如今，计算方法的发展趋势是设计流量比过去要低。这一选择的主要原因是：

- 节水；
- 用户习惯；
- 卫生；
- 新用水设备有限流装置。

如上图所示，德国标准DIN 1988-300（另见第50期《水力杂志》）目前允许根据这些要求进行选型。

在该标准中，还根据建筑类型（住宅楼、医院、酒店、办公学校、养老院）给出了各种计算设计流量的明确公式。这些差异使针对应用场景进行计算成为可能，这在现代系统中是必不可少的。

# 即热式和储热式间接系统的计算

## 换热器的设计选型

在即热式热水生产系统中，选型计算用的是基本方程，方程通过公式1列出所需功率与水流量和温差的关系。

因此，流量估算的精确度成为确保即时生产系统选型的关键，从而既满足消费需求而不浪费能源。

对于间接式换热器，通常假设生活冷水的进水温度约为15°C。而供水温度即用户希望的用水温度，通常视为45°C。这30°C的温差就是系统设计中的标准变量，为计算出系统有效运行所需的功率提供了参照点。

当供水范围较广时，就要考虑用更大的温差，因为要控制细菌滋生和进行热力杀菌。不过，需要指出的是，温差越大，能量消耗会增加，热量沿管道散热更严重。此外，还要确保最终用户的用水安全，避免烫伤。因此，建议在用水点附近安装恒温混合阀。

为了保证热交换的顺畅，换热器一次侧供水温度应至少比产出的生活热水高5-10°C。为此，供水温度不低于50-55°C，温差为25°C。

如果是传统热源，如锅炉和区域供暖，一次供水温度可以更高，甚至可达70-80°C，以促进热交换。如果有供温限制的热源如热泵，即热式换热器的选型则要符合其运行极限，一次侧的供水温度为50-55°C。

$$P = \frac{Cp}{60} \cdot G \cdot \Delta T = \frac{Cp \cdot G}{60} \cdot (T_{ACS} - T_{AFS})$$

其中:

P = 功率 [kW],

G = 生活热水流量 [l/min]

T<sub>ACS</sub> = 生活热水供水温度 [°C]

T<sub>AFS</sub> = 生活冷水进水温度 [°C]

Cp = 水的比热 = 4.186 KJ/kg K

公式1: 即热式的功率计算

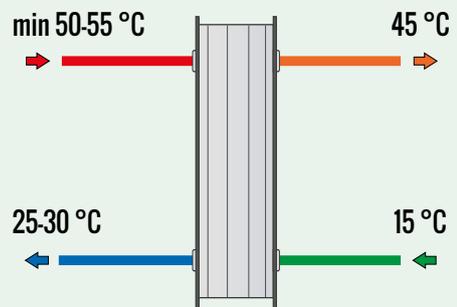


图37: 间接式生活热水即时生产的典型温度

热交换功率 [kW]

G [l/min]	ΔT [°C]				
	30	35	40	45	50
10	21	24	28	31	35
20	42	49	56	63	70
30	63	73	84	94	104
40	84	97	111	125	139
50	104	122	139	157	174
100	209	244	278	313	348
200	418	487	557	626	696
300	626	731	835	940	1044

表5: 即热式换热器功率随生活热水流量和温差的变化

## 储热式热水生产的设计选型

储热式热水生产系统是即时产热的替代解决方案，尤其是在可用热功率受限的情况下。选型原则简化为将产热过程分为两个不同的阶段：预热和实际用水。

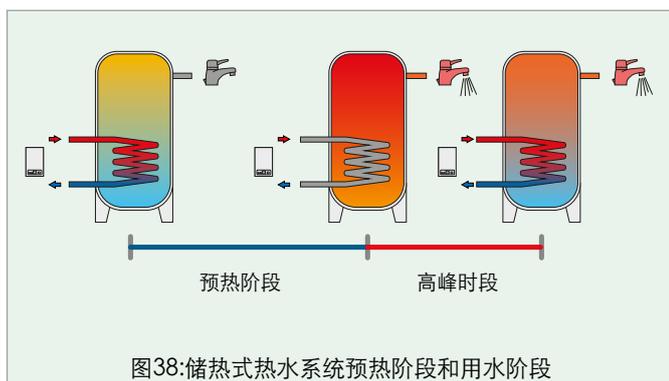


图38:储热式热水系统预热阶段和用水阶段

在预热阶段，不考虑使用热水：加热系统的全部功率用于储水罐内的储热。这可以备好大量能量以供使用。我们将用 $t_{PRE}$ 表示预热时间（以小时为单位）。

而用水阶段则是从储水罐中取出热水的时间段，既可以利用系统的瞬时功率也可以是预热期间预先存储的能量。该时段也称为高峰时段，用 $t_U$ 表示的持续时间（以小时为单位）。

与即时产热系统类似，计算加热水所需功率的基本公式是热水的总消耗乘以热水供水温度与冷水进水温度温差。然后将该结果除以可用于加热水的总时间——预热时间和高峰使用时间相加而获得的时间（公式2）。

功率可用高峰流量代替所需的总耗水量（通常未知）与实际使用时间的乘积来（公式3）。

实际使用时间，用 $t_E$ （小时）表示，可以防止选型过度，并根据应用类型、用户习惯和设计师的经验进行评估。

用户类型	预热时间	高峰时间
住宅建筑	2.0 h	1.5 h
写字楼及类似设施	2.0 h	1.5 h
酒店、公寓等	2.0 h	-
医院	2.0 h	2.0 h
诊所	2.0 h	4.0 h
军营、大学等	2.0 h	2.0 h
健身房和体育场馆	1.5 h	0.3 h
工厂更衣室	-	0.3 h

表6: 按用户类型区分的高峰时间和预热时间

用户类型	
住宅建筑	1室带厨卫单元260升 2室带厨卫单元340升
写字楼及类似设施	用水设备40升（卫生间+洗手盆）
酒店、公寓等	带浴缸的房间180升 带淋浴的房间130升
医院	每个床位120升
健身房和体育场馆	每个淋浴150升 每个水龙头60升

表7: 按用户类型划分的每个生产周期的生活热水总消耗量

$$P = \frac{Q}{t_{PRE} + t_U} \cdot (T_{ACS} - T_{AFS}) \cdot \frac{C_p}{3600}$$

$P$  = 功率 [kW],  
 $Q$  = 生活热水的总消耗量 [l]  
 $t_{PRE}$  = 预热时间 [h]  
 $t_U$  = 高峰时间 [h]  
 $T_{ACS}$  = 生活热水供水温度 [°C]  
 $T_{AFS}$  = 生活冷水进水温度 [°C]  
 $C_p$  = 水的比热 = 4.186 kJ/kg K

公式2: 根据用水量计算加热储水罐所需功率

$$P = \frac{G \cdot t_E}{t_{PRE} + t_U} \cdot (T_{ACS} - T_{AFS}) \cdot \frac{C_p}{3600}$$

$P$  = 功率 [kW],  
 $G$  = 生活热水流量 [l/h]  
 $t_E$  = 实际用水时间 [h]  
 $t_{PRE}$  = 预热时间 [h]  
 $t_U$  = 高峰时间 [h]  
 $T_{ACS}$  = 生活热水供水温度 [°C]  
 $T_{AFS}$  = 生活冷水进水温度 [°C]  
 $C_p$  = 水的比热 = 4.186 kJ/kg K

公式3: 根据流量计算加热储水罐所需功率

## 储水罐容积确定

储水罐容积的计算以能量等效这一基本原则为基础：储存的能量等于之前计算的总功率（使用公式3）乘以预热时间（ $t_{PRE}$ ）（公式4）。

同时，存储的能量对应的是将储水罐所存水量从初始冷水温度加热到最终温度 $T_{ACC}$ （公式5）所需的能量。

让两个表达式（公式4和公式5）相等，可以根据所需功率导出储水罐容积。最后，通过公式3（或公式4）代入功率，得到公式6（参见深度分析）。

该公式提供了一种计算储水罐所需容积的直接方法，依据的是所需的供水量、预热时间和高峰用水、储水温度和预期的温差。

换热器功率的计算直接根据生产生活热水所需的功率，该功率已在前几个阶段中进行了计算（见公式3和公式4）。

至于换热器所涉及的温度，通常热源一侧的温度要比储水罐水温高5-10°C，以确保有效的热传输，而不需要选型过大的换热器。这种方法有助于优化换热器效率，同时保持成本控制。

对于浸入式盘管，二次侧温度取决于储水罐中的水温。

而对于外部板式换热器，二次侧的进水温度将比储水罐温度低约5°C，出水温度与储水罐的水温相同。

例如，如果我们希望储水罐温度保持在65°C，对于浸入式换热器来说，二次系统的恒定温度等于储水罐温度，即65°C；而对于外部板式换热器来说，二次系统的入水温度为60°C，出水温度为65°C。

$$E = P \cdot t_{PRE}$$

E = 能量 [kWh],  
P = 输入功率 [kW]  
 $t_{PRE}$  = 预热时间 [h]

公式4：储水罐的输入功率

### 储水罐存储的能量

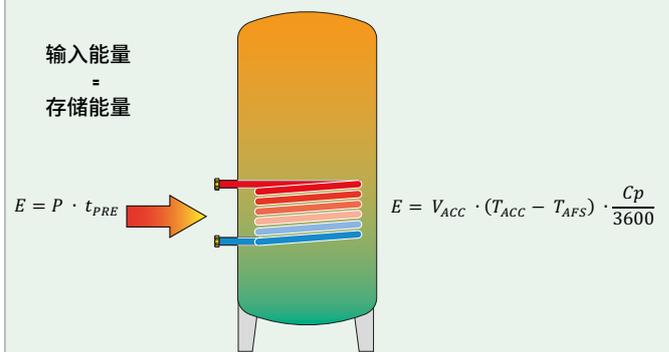


图39：储水罐的能量等式

$$E = V_{ACC} \cdot (T_{ACC} - T_{AFS}) \cdot \frac{Cp}{3600}$$

E = 储水罐能量 [kWh]  
 $V_{ACC}$  = 储水罐容积 [l]  
 $T_{ACC}$  = 储水罐水温 [°C]  
 $T_{AFS}$  = 生活冷水进水温度 [°C]  
Cp = 水的比热 = 4.186 KJ/kg K

公式5：储水罐存储的能量

$$V_{ACC} = Q \cdot \frac{(T_{ACS} - T_{AFS})}{(T_{ACC} - T_{AFS})} \cdot \frac{t_{PRE}}{t_{PRE} + t_U}$$

$V_{ACC}$  = 储水罐容积 [l]  
Q = 生活热水的总消耗量 [l]  
 $T_{ACS}$  = 生活热水供水温度 [°C]  
 $T_{AFS}$  = 生活冷水进水温度 [°C]  
 $T_{ACC}$  = 储水罐水温 [°C]  
 $t_{PRE}$  = 预热时间 [h]  
 $t_U$  = 高峰时间 [h]

公式6：储水罐的容积

## 深度分析

以下是从输入能量（公式4）和存储能量（公式5）之间的能量等式开始导出计算储水罐容积（ $V_{ACC}$ ）公式的一些简单步骤。

让公式4和5相等。

$$P \cdot t_{PRE} = V_{ACC} \cdot (T_{ACC} - T_{AFS}) \cdot \frac{Cp}{3600}$$

从上面的关系式得出储水罐的容积（ $V_{ACC}$ ）

$$V_{ACC} = \frac{P \cdot t_{PRE} \cdot 3600}{(T_{ACC} - T_{AFS}) \cdot Cp}$$

将下列表示功率的公式代入：

$$P = \frac{Q}{t_{PRE} + t_U} \cdot (T_{ACS} - T_{AFS}) \cdot \frac{Cp}{3600}$$

$$V_{ACC} = \frac{P \cdot t_{PRE} \cdot 3600}{(T_{ACC} - T_{AFS}) \cdot Cp} = Q \cdot \frac{(T_{ACS} - T_{AFS}) \cdot Cp \cdot 3600}{(T_{ACC} - T_{AFS}) \cdot Cp \cdot 3600} \cdot \frac{t_{PRE}}{t_{PRE} + t_U}$$

简化公式，得到储水罐容积与设计规格的关系。

$$V_{ACC} = Q \cdot \frac{(T_{ACS} - T_{AFS})}{(T_{ACC} - T_{AFS})} \cdot \frac{t_{PRE}}{t_{PRE} + t_U}$$

储水罐温度 [°C]	储水罐容积 [l]								用户类型	
	250	500	800	1000	1500	2000	3000	5000		
50	2	4	7	9	14	21	31	64	公寓数量 1卫	住宅类
60	2	5	9	11	17	26	39	80		
70	3	7	11	14	23	31	53	112		
50	1	3	5	7	10	14	24	40	公寓数量 2卫	
60	2	4	7	9	13	18	30	57		
70	2	5	8	10	16	24	36	73		
50	15	29	47	58	87	117	175	292	洗手盆数量	写字楼
60	18	36	58	73	109	146	219	365		
70	22	44	70	88	131	175	263	438		
50	4	8	14	17	26	35	53	89	房间数	宾馆
60	5	11	17	22	33	44	67	112		
70	6	13	21	26	40	53	80	134		
50	-	11	17	22	33	44	66	111	床位数	医院
60	-	13	22	27	41	55	83	138		
70	-	16	26	33	50	66	100	166		



举例：储水罐温度 = 60 °C，热水器容积 = 1000 升，由此图表可推算出它能服务于一个带22个房间的宾馆。

表7：热水器计算汇总表

# 级联燃气模块的设计选型

以下是设计选型的示意图和技术方法：

1. 确定生活热水的设计流量：根据现行规定，按照用户数量和预期用途确定。
2. 所需功率的计算：根据生活热水预期供水温度（如65°C）和冷水入水温度（如15°C）之间的温差 $\Delta T$ 进行评估。可以根据这一参数选择所需服务的单元大小和数量，并留出适当的安全余量。

## 级联模块的设计选型表

### 举例

#### 设计数据

计算的设计流量: 60 l/min  
 冷水进水温度: 15 °C  
 设计供水温度: 65 °C

模块数量	1	2	3	4	5
总功率 (kW)	30	60	90	120	150
预期温差 (°C)	最大流量保证 (l/min)				
40	19	38	58	77	96
50	16	32	48	64	80
60	13	26	39	52	65
70	11	22	33	44	55

从设计条件得出温差 $\Delta T$ 为50°C，设计流量为60 l/min。

从数据 $\Delta T$ 开始确定相应的行，从中选择略高于设计流量的最大保证流量。这些数据相交，最终结果是120 KW的总功率，需要4个模块。

3. 储水罐选型（如果有）：储水罐容量是根据用水高峰和运行中模块的覆盖能力确定的。容量大小要确保生活热水在用水高峰不会耗尽存水。储存在其中的能量与储水罐容积乘以温差 $\Delta T$ 成正比。

## 储水罐规格与级联模块的设计选型表

### 举例

#### 设计数据

计算的设计流量: 60 l/min  
 冷水进水温度: 15 °C  
 设计供水温度: 65 °C  
 高峰时间: 中午1小时和晚上1小时  
 高峰时间生活热水需求量: 3000 l/h

$\Delta T$ (°C)	50					
	300			500		
储水罐容积 (l)	即热 + 储热生产 (l/h)	即热生产 (l/h)	储水罐加载时间 (min)	即热 + 储热生产 (l/h)	即热生产 (l/h)	储水罐加载时间 (min)
1	1260	960	24	1460	960	40
2	2220	1920	12	2420	1920	20
3	3180	2880	8	3380	2880	13
4	4140	3840	6	4340	3840	10
5	5100	4800	5	5300	4800	8

储水罐选型要满足高峰期需求，而不需要产热模块开足马力不间断地运行。在这些应用中，每个 $\Delta T$ 都有一个表格。这里使用的是50°C的设计温差。

如果用水峰值是3000升/小时，就要选择能够满足该值的即热+储热生产热水。例如，用3个即热模块加一个300升的储水罐（实际值3180升/小时）或3个即热模块加一个500升储水罐（实际值3380升/时）就可以满足此条件。可由设计者自行选定。

这样，即使即热模块热水生产量不够，也可以满足高峰时段需求。在估计的高峰时段过后，分别只需8分钟或13分钟储水罐温度就可恢复。

# 参照标准

## 建筑能效指令 (EPBD) 的进展

新的建筑能效指令 (EPBD)，也称为“绿色建筑”指令，于5月8日发表在《欧盟官方期刊》上。

新的建筑能效指令中定义的一个关键方面关系到逐步淘汰供暖和制冷中使用的化石燃料。

单一化石燃料锅炉	从2025年起停止鼓励措施 研究下一步财政手段
混合供热系统: • 锅炉+太阳能供热 • 锅炉+热泵	OK
H2锅炉 (20%甲烷和氢气混合物)	OK

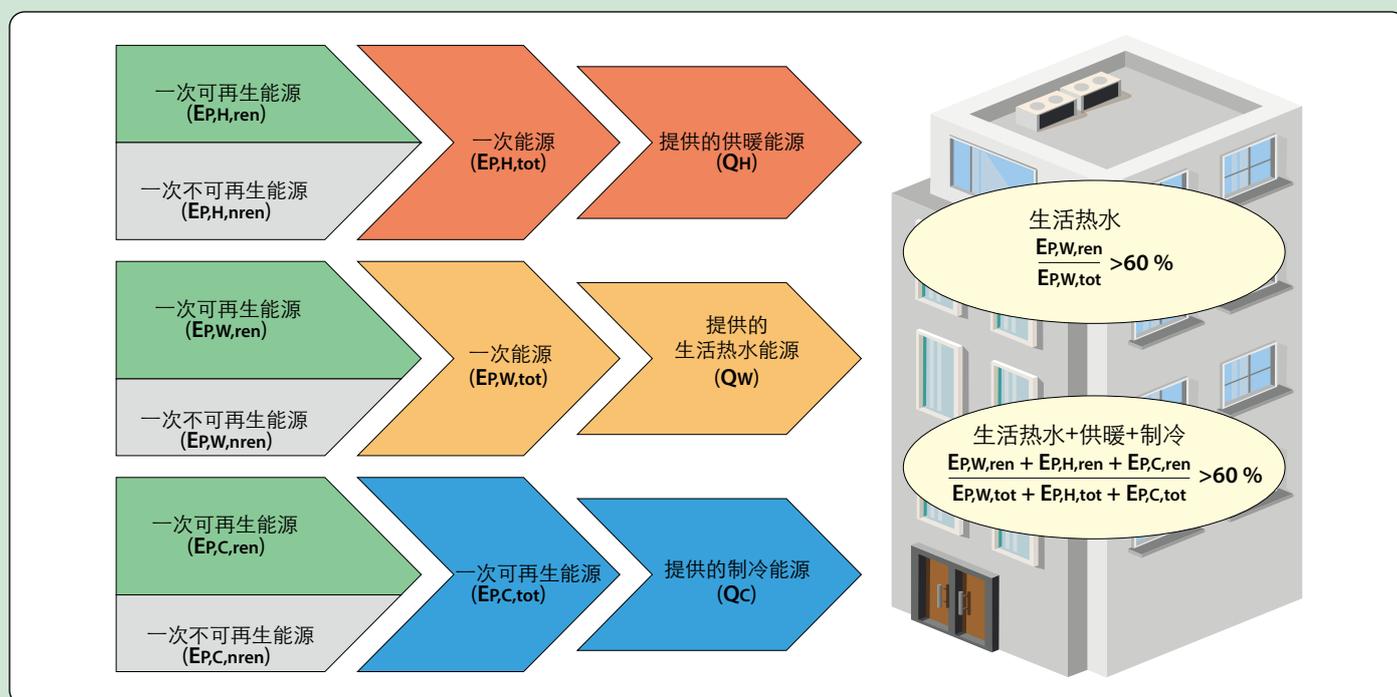
## 建筑中的可再生热源

在意大利，目前可再生能源（如太阳能、热泵、生物质）占能源需求最低覆盖率的参照是199/2021号法令（针对新建筑或大规模翻新建筑）。

可再生热源的覆盖率
→ 生活热水生产消耗的60%
→ 生活热水生产、冬季和夏季气候调节总消耗量的60%
→ 对于公共建筑，这一比例上升到65%。
→ 如果建筑物连接到区域供暖/制冷系统，则此规定不适用。

## 一次能源

将不同能源载体（天然气、电网电力、区域供暖、光伏等）形式供应给建筑物的能源转换为一次能源是评估和比较建筑物内各种能源贡献量的最后一步。计算一次能源通过相关的换算系数，可以获取可再生一次能源份额和不可再生能源份额。



## 建筑物能效计算和生活热水供水管网设计的参考技术标准：

- EN 806 (第 1-2-3-4-5 部分) “人类消费用水的建筑物内部输水设备规范”。
- UNI 9182 “冷热水供应和分配装置——设计、安装和测试”。
- UNI/TS 11300 (第 1-2-3-4-5-6 部分) “建筑物的能效”。

# 系统图示

工程师 *Claudio Ardizzoia, Elia Cremona 和 Mattia Tomasoni*

在本期杂志的最后部分，我们将根据不同热水生产系统的功能介绍中重点强调的内容，提出一系列精选的应用图示。

所选的图示是基于不同的应用，考虑到许多相关的技术方面。首先是能源效率、可再生能源的可利用性、管理的简易程度，还有设计中要用到的标准。最后，但并非无关紧要的是，保持与饮用水使用和系统用户健康相关的卫生条件的必要性。

这些解决方案特别适合解决各种不同的应用案例，从简单的住宅到多层建筑，再到商业应用。

特别值得注意的是，系统的选择无论如何要符合那些在减少二氧化碳排放方面的新规，并尽可能在现有的技术和未来技术之间找出良好的折衷。

所选的图示考虑到主要的功能方面，给出各种可能的情形。为了方便阅读，省略了一些系统的常规操作元件。

系统类型	图示 页码	建筑类型
家用储热式热水生产系统	1 41	
单储水罐集中热水生产系统	2 42	   
多储水罐集中热水生产系统	3 43	 
间接式即热热水生产的热力站系统	4 45	 
带级联模块和储水罐结合的集中式热水系统	5 46	 
生物质燃料锅炉、燃气锅炉与太阳能结合的集中热水系统	6 47	 
带热补充和热水循环的太阳能热水系统, 储热补充	7 48	
带热补充和热水循环的太阳能热水系统, 即热补充	8 49	



独栋和双户住宅建筑  
小型商业空间



大型住宅建筑



大型商业建筑



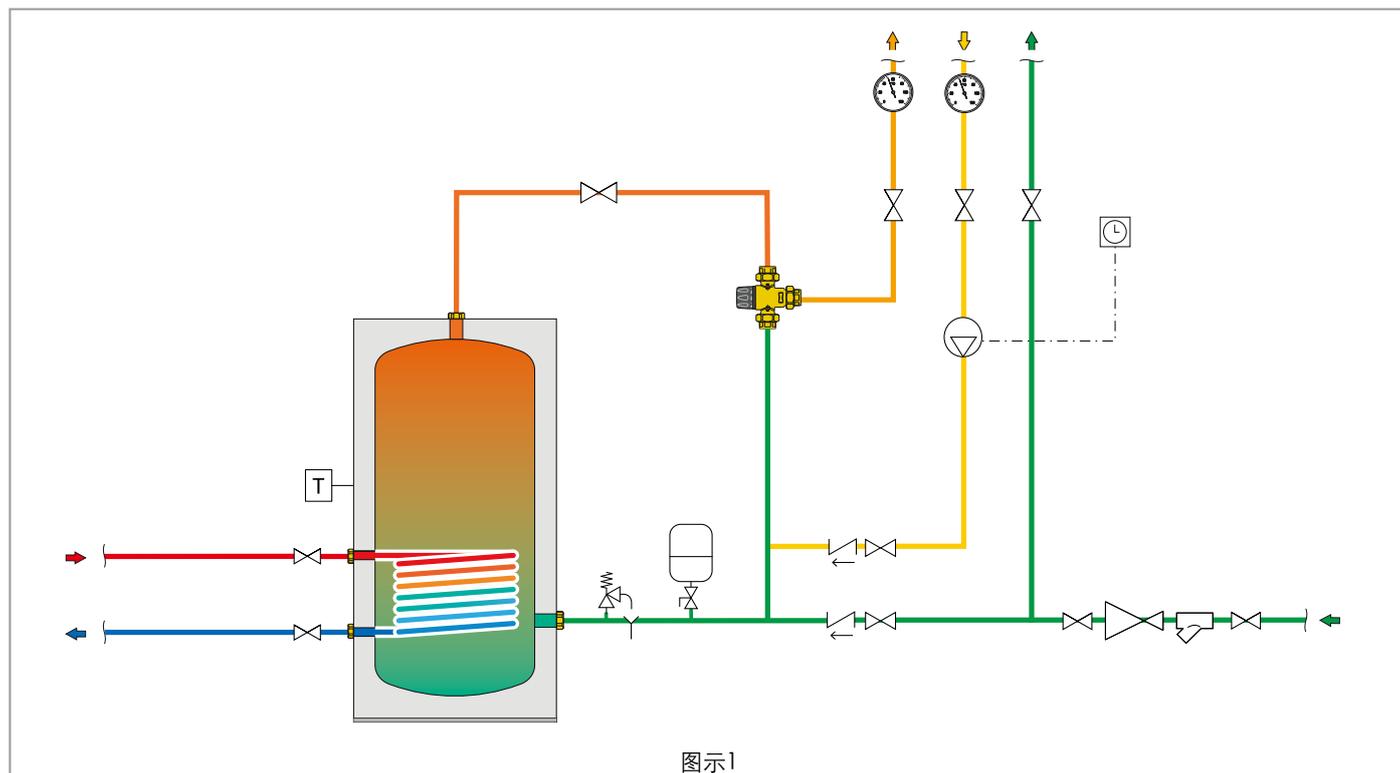
宾馆



医院

# 家用储热式热水生产系统

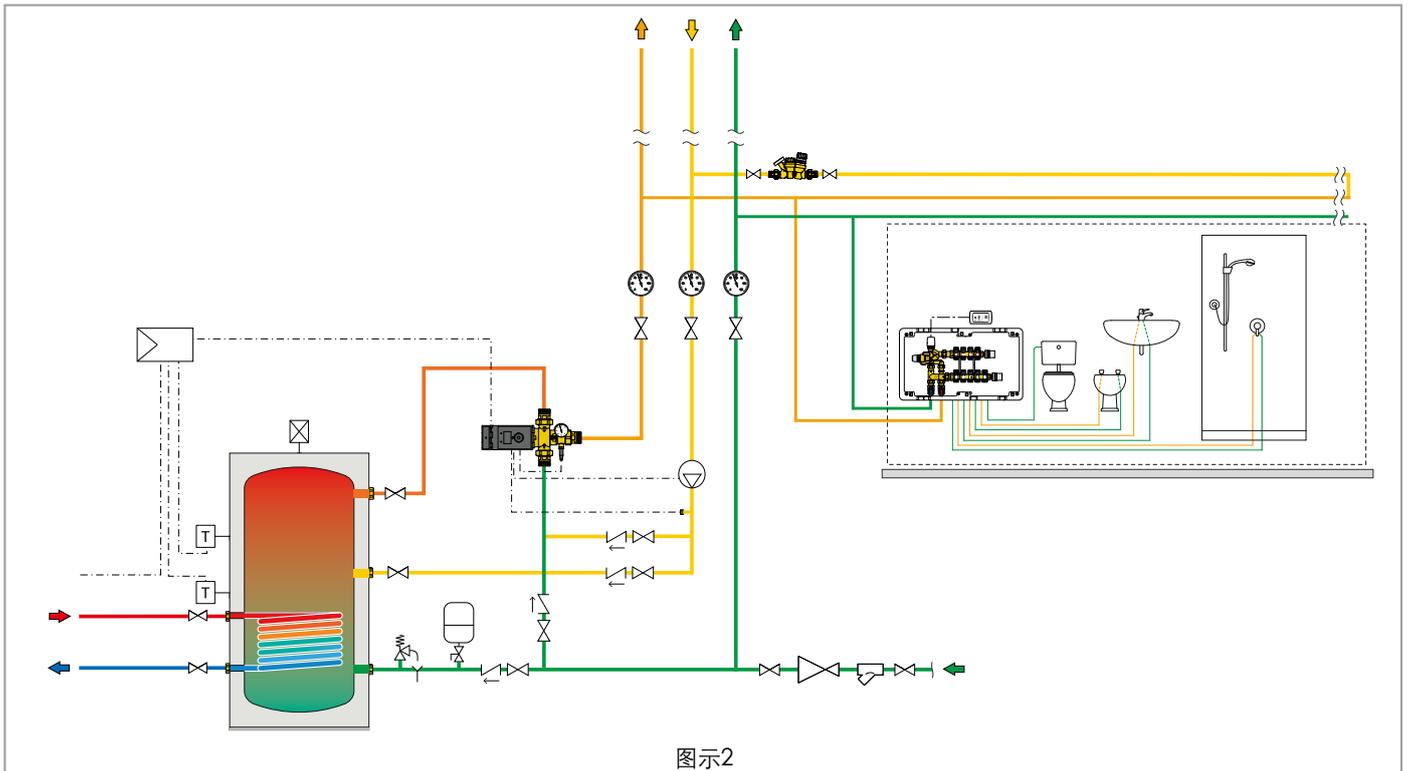
在小型家用应用中，热水生产的管理是来自单一的储水罐。水罐中的温度控制由温控器完成。由于系统规模较小，供水有无热水循环系统都可以。



<b>生产</b>	单储热式	<b>应用</b>	独栋和双拼及联排住宅建筑。 小型商业空间。
<b>设计</b>	简单的回路。通常有恒温混合阀。热水循环回路可以不安装。		
<b>调节</b>	通过启动泵/热源的温控器电子控制检测储水罐温度。	<b>点评</b>	这一选择可以很好地保证生活热水的持续生产，功率低，这是利于使用热泵的一面。另一方面，这一解决方案比即时产热所需设备空间要大。
<b>性能</b>	在恒温控制的情况下性能良好。 在电子调节的情况下非常好。		
<b>卫生</b>	无法对供水管网进行热力杀菌，仅适用于规模有限的管网。		

# 单储水罐集中热水生产系统

在集中生产热水服务于多个用户的情况下，可以采用集中式的生产和储水系统。此类系统的特点是通过集中式的电子混合阀和热水循环管网的精确平衡对供水温度进行有效管理。此外，还为每个用户安装了防烫伤恒温混合阀。



图示2

## 生产

一般为单储热式。在某些情况下，储水罐可以分为几个并联的水罐。

## 设计

复杂性中等，与供水管网的规模成正比。

## 调节

通过启动泵/热源的温控器或调节器来控制检测储水罐温度。  
供水温度的电子调节可以实现热力杀菌。

## 性能

非常好。热水输送温度得到控制。

## 卫生

可以精准地对整个供水管网进行军团菌灭菌控制。

## 应用

大型建筑。  
住宅、商业、宾馆和医院。

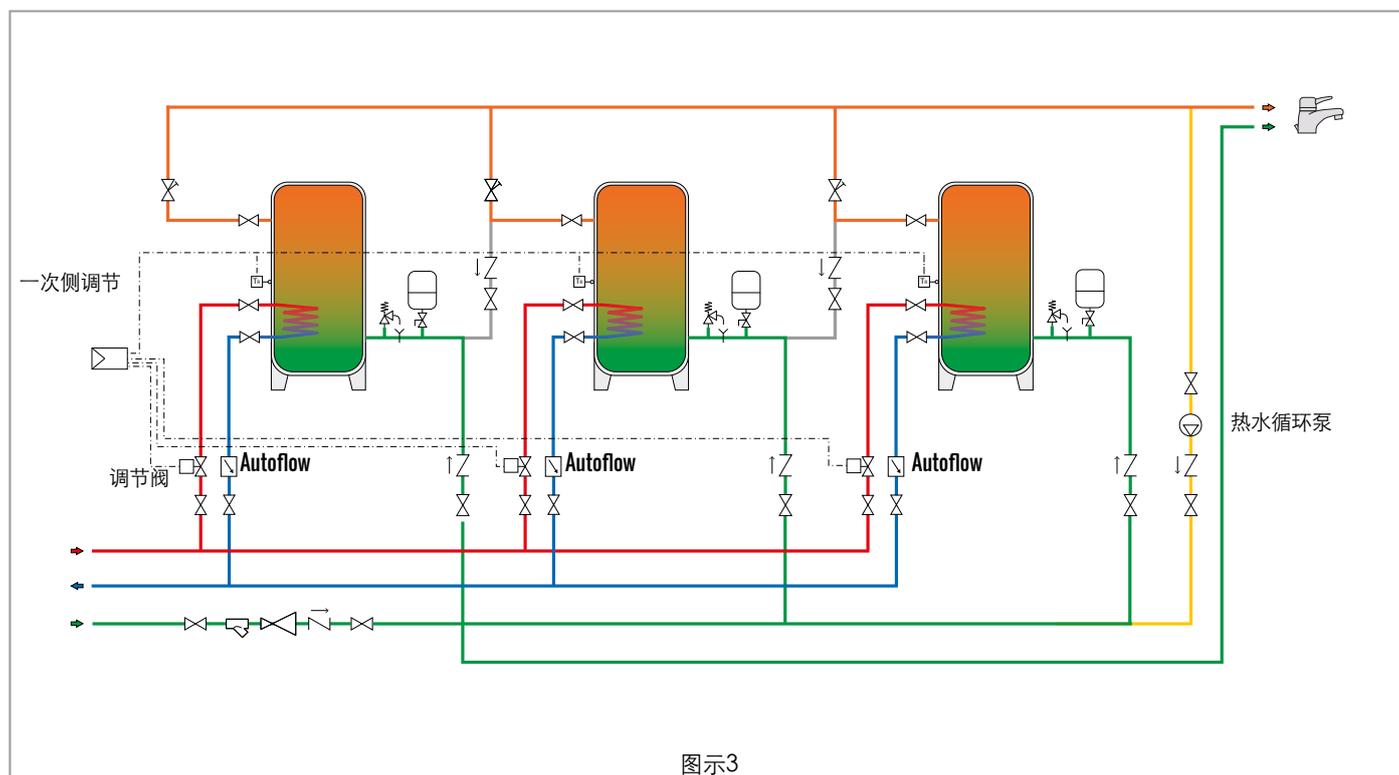


## 点评

可以看出来，此系统要仔细设计，特别是在供水和循环方面，选型要得当，以确保适当的热力杀菌并减少能量损耗。

## 多储水罐集中热水生产系统

在热水消耗量大且用水时段集中的应用中，建议将热水分几个储水罐，串联或并联管理。通过这种方式，储水罐的温度控制由一次侧的调节阀管理，按需供应。储水罐对卫浴一侧给水可以灵活管理，同时还考虑到储水罐可能的定期清洁和维护需求，而不影响供水服务。



### 生产

多储水罐。串/并联使用。

### 设计

需要对系统的具体方面进行检查，尤其是水力回路和水罐选型。

### 调节

通过AUTOFLOW®动态平衡阀专门对单个储水罐进行温度调节。

### 性能

最适合管理大用水量时段所需的能源负荷。

### 卫生

按照已知的热力规定控制军团菌。通过水罐排空和定期清洁，简化了维护需求。

### 应用

大中型住宅和商业建筑。  
宾馆。



### 点评

必须理清水力管网，检查止回阀的位置和是否有管理回路各个分支的截止阀。  
平衡各个储水罐的水力支路至关重要，包括一次侧和卫浴侧。

可调节式恒温混合阀，适用于集中式热水系统

**5231型**



- T形混水
- 适用于大中型用户
- 内置防垢组件

这款独特的混合阀是专门为**大流量**系统设计的，例如**集中式系统**或**多户**同样的系统。此外，这些系统要求有**精确的温度调节**和**稳定性**，尤其是用户的用水量发生变化时。

可调节式恒温混合阀，L型混水

**5200型**



- L形混水
- 适用于中小型用户
- 防烫伤功能

在没有冷水入水的情况下，恒温混合阀具有**热关闭防烫伤**功能。这一型的混合阀的混合水出口与来自热水器的热水出口在**水平线上**，方便连接并**减小安装空间**。

温度与压力控制组件

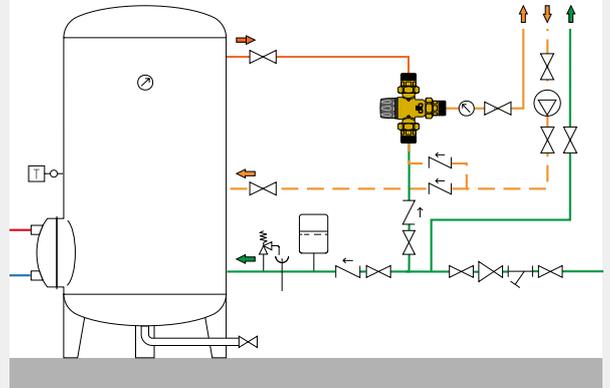
**539H型**



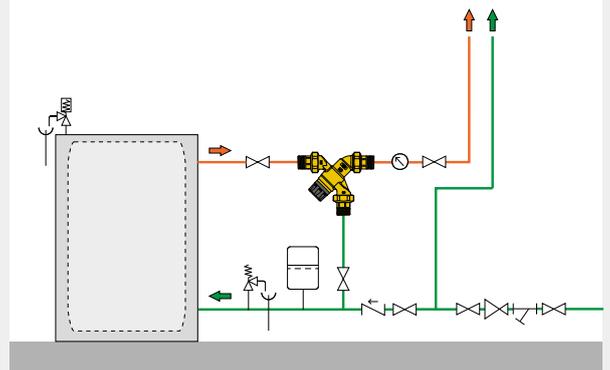
- 用户端压力和温度控制
- 针对多层建筑
- 防烫伤功能

在单独的**住宅单元、医院或酒店房间**的入口处需要控制**压力和温度**，这就要求安装能实现所有功能的元件组合。在这类应用中，539H型组件与5200型混合阀配套使用。

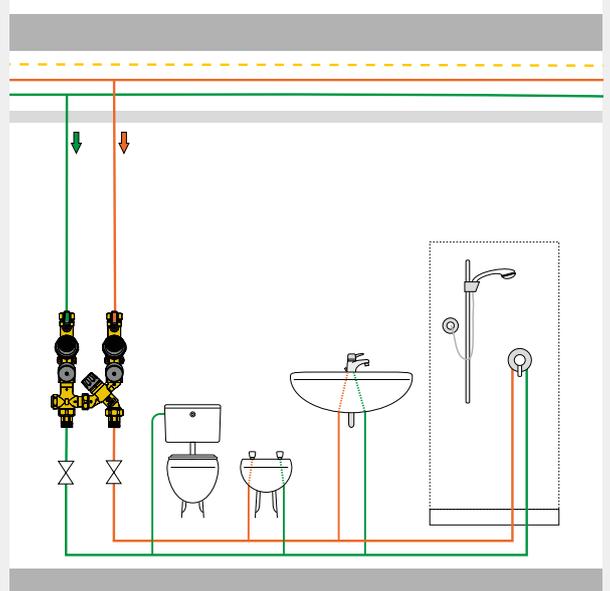
T形混水安装



L形混水安装

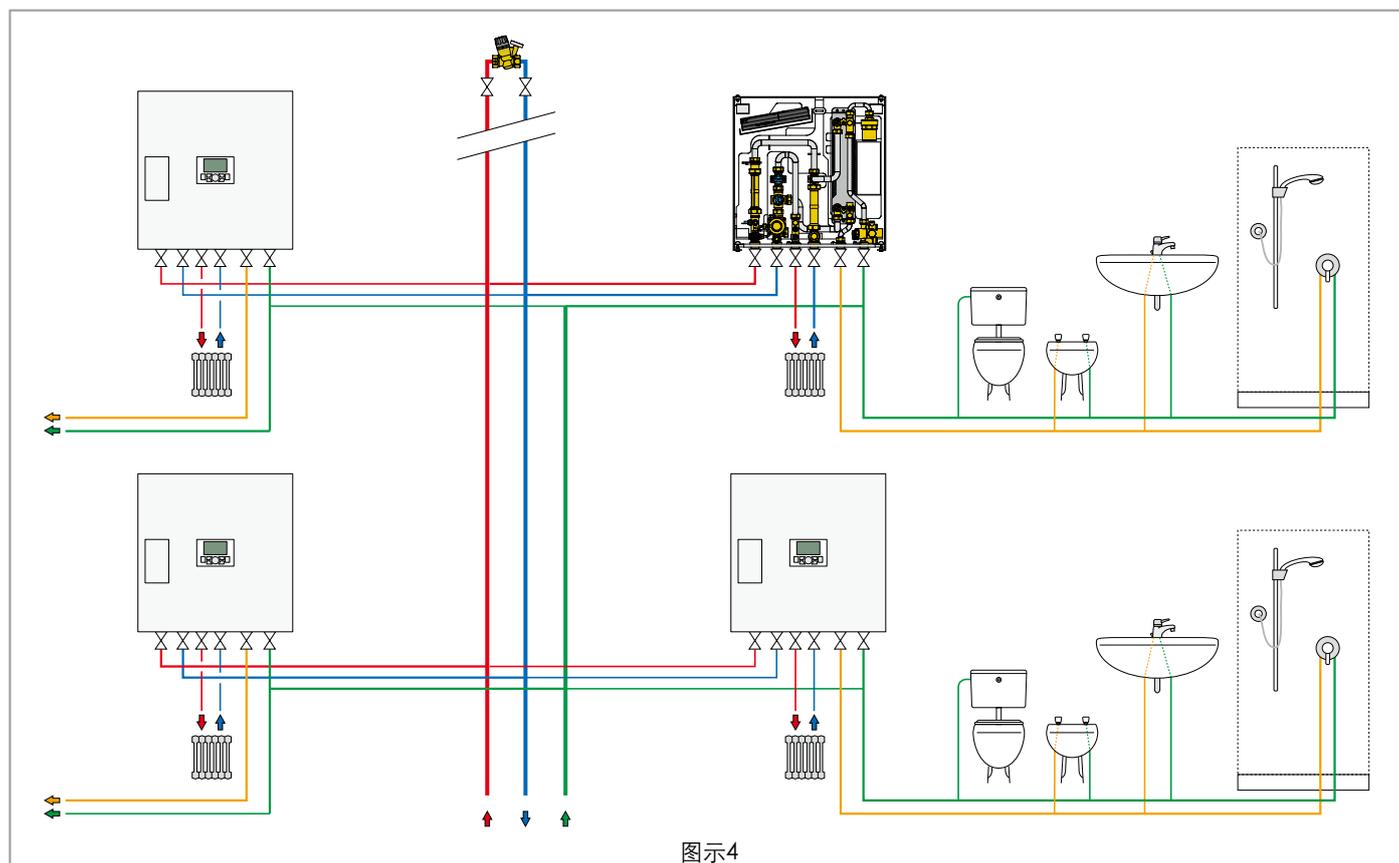


用户入口安装



## 间接式即热热水生产的热力站系统

在为多个用户提供服务的集中式系统中，可以通过热力站为每个用户提供间接式的即热热水。此类型装置的特点是能提供有效的供水系统，因为不需要热水供水网和热水循环回路。此外，靠近用户端的热热水生产可以将卫生风险和军团菌滋生风险降至最低。



### 生产

本地化。一般来说，一次供水有技术储水罐利于用水高峰的管理。

### 设计

复杂性中等，与供水网的规模成正比。

### 调节

机械、恒温或电子调节，视热力站类型而定。

### 性能

根据热力站的技术特点可以是良好或非常好。

### 卫生

非常好，因为生活热水的供水仅限于最终用户。

### 应用

大中型住宅和商业建筑。

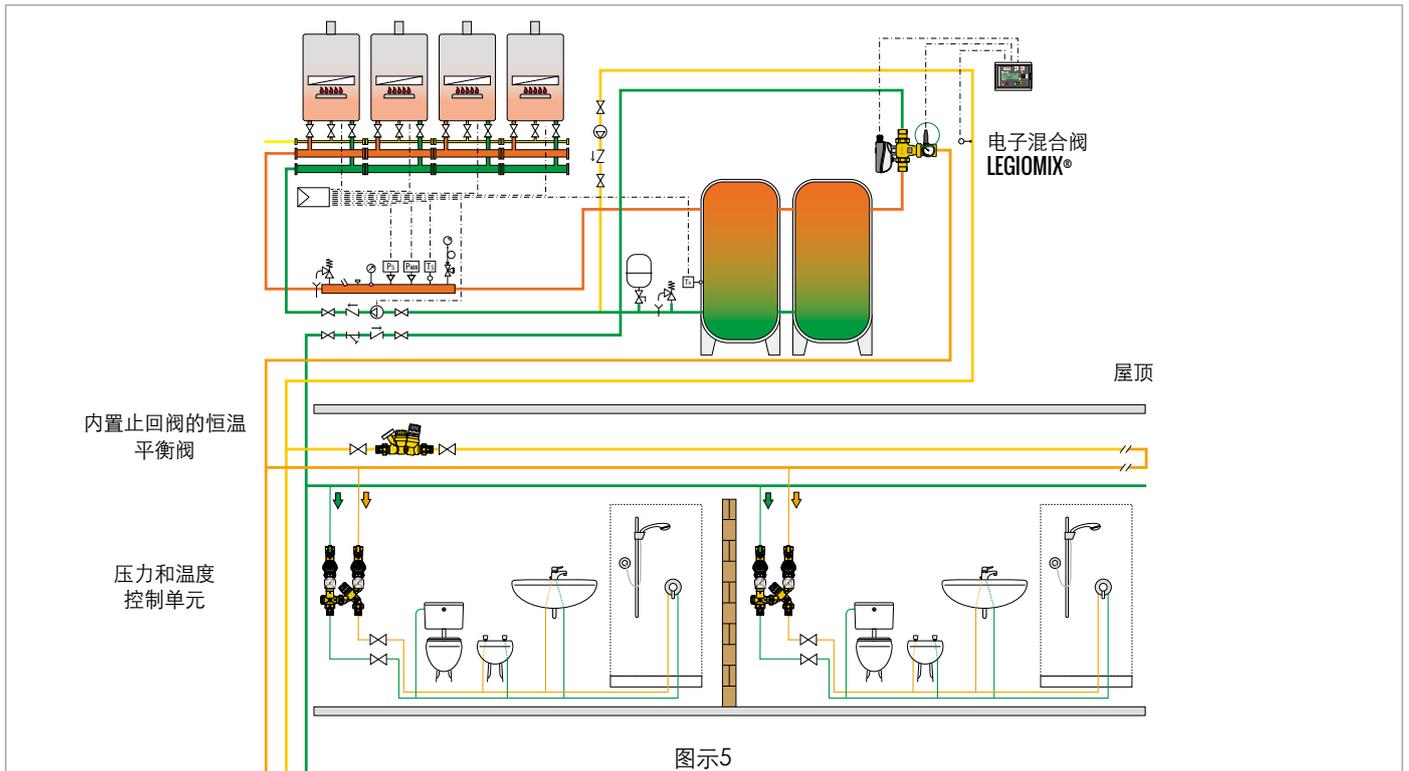


### 点评

系统要仔细设计，特别是一次热力系统方面，因为要保证用户的供暖和生活热水的生产及时性。

# 级联模块和储水罐结合的集中式热水系统

燃气即热热水生产模块与储水罐结合使用，可以更好地管理高峰期的用水需求。热水生产系统位于整个建筑结构的顶端，对于技术空间利用、运行条件和维护都是最佳位置。供应的热水温度由位于主供水管上的电子混合阀调节。热水循环泵也位于顶端。冷水和热水回路始终由每层用户的温度压力组件控制。这是高层建筑的理想解决方案。



## 生产

混合式。具有级联模块和储水相结合的即热功能。设备位于建筑物上部。

## 设计

复杂管路，个别方面要特别注意。带热水循环回路到热力中心，热水下供式。

## 调节

电子混合阀位于集中供水点，每个用户可控制压力和温度。

## 性能

最佳且完整。每个供水单元的压力、流量和温度却得到控制。

## 卫生

位于主供水点的电子混合阀可以进行热力杀菌循环。恒温平衡阀可实现热水循环的自动平衡。

## 应用

多层建筑。  
高层建筑。  
住宅和商业。

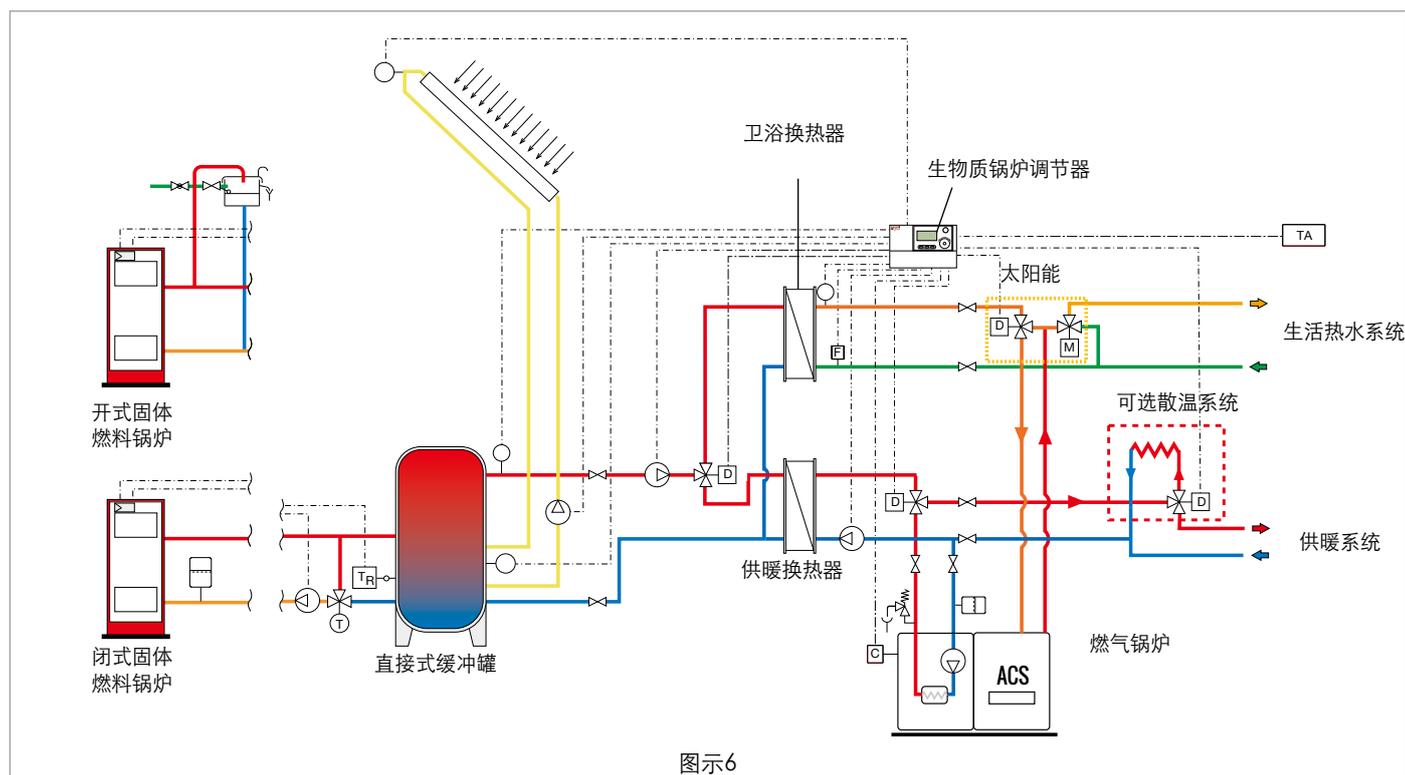


## 点评

因为供水带热水循环，所以只能用户支路上安装压力和温度控制组。这样，热水循环才不会受减压阀的限制。

# 生物质燃料锅炉、燃气锅炉与太阳能结合的集中热水系统

系统包括生物质燃料锅炉和集成的燃气锅炉（用于供暖和生活热水）以及太阳能光热系统，调节器自动管理系统并通过板式换热器生产生活热水。调节器优先启动固体燃料锅炉。如果固体燃料锅炉关闭或尚未达到温度，控制器启动集成燃气锅炉。在用户使用生活热水时，调节器启动生活热水优先阀，固体燃料锅炉产生即时热水。如果水不够热，则启动分流阀或SOLARINCA太阳能组件通过燃气锅炉生活热水加温。



<b>生产</b>	生物质燃料锅炉与燃气锅炉相结合，用于供暖和借助即热换热器生产生活热水。
<b>设计</b>	中等复杂度。系统集合了多种能源，还可与太阳能和缓冲储热结合使用。
<b>调节</b>	需要专门的调节器，管理不同的控制点，并有专门的管理程序。
<b>性能</b>	极佳。控制各种能源的输配，以最大限度地节约和利用可再生能源。
<b>卫生</b>	即时制备生活热水，无储水罐，军团菌风险低。

**应用**

中型住宅或第三产业住宅。



**点评**

要求所有组件、温度传感器和电动阀完全符合应用图示。根据最佳能源管理的需要，调节器可以管理不同的系统配置。

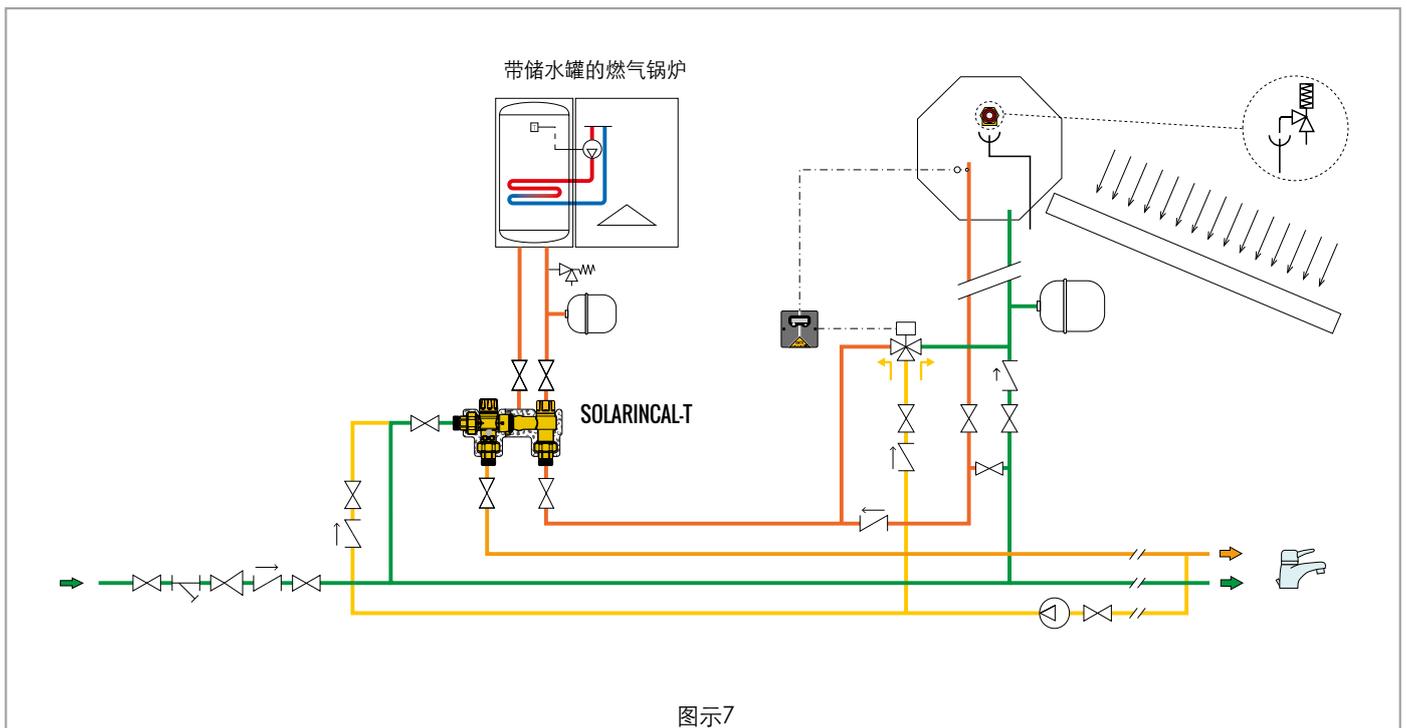
# 带热补充和热水循环的太阳能热水系统

## 储热补充

在太阳能系统案例中，需要自控系统根据温度管理生活热水生产。在日照不充足时，使用专门的恒温分流阀将水分流到带储水罐的燃气锅炉。

恒温混合阀作为整个装置的组成部分，始终控制供给用户的热水温度。

该系统配有热水循环泵，循环回水由分流阀管理，而分流阀由位于太阳能储水罐出口的温控控制。



生产	混动系统，太阳能以及带储水罐的燃气锅炉即时补充。
设计	系统构成简单，两个产热系统结合，其中一个为可再生能源。
调节	通过专门的分流和恒温混合组件管理热水。根据供水温度控制循环回路。
性能	产热控制出色，并有用户防烫安全保护。
卫生	用水频繁的独栋住宅类型使用。始终保持温度控制，军团菌滋生风险低。

**应用**

住宅。  
独栋别墅。



**点评**

这是保留现有锅炉并由太阳能系统加以补充的理想解决方案。重要的是，连接热水循环回路要检查指示点位的止回阀。自然循环的太阳能回路要有保护，防止储水罐内水温过高。只有控制热水循环分流阀的温控器需要电源。

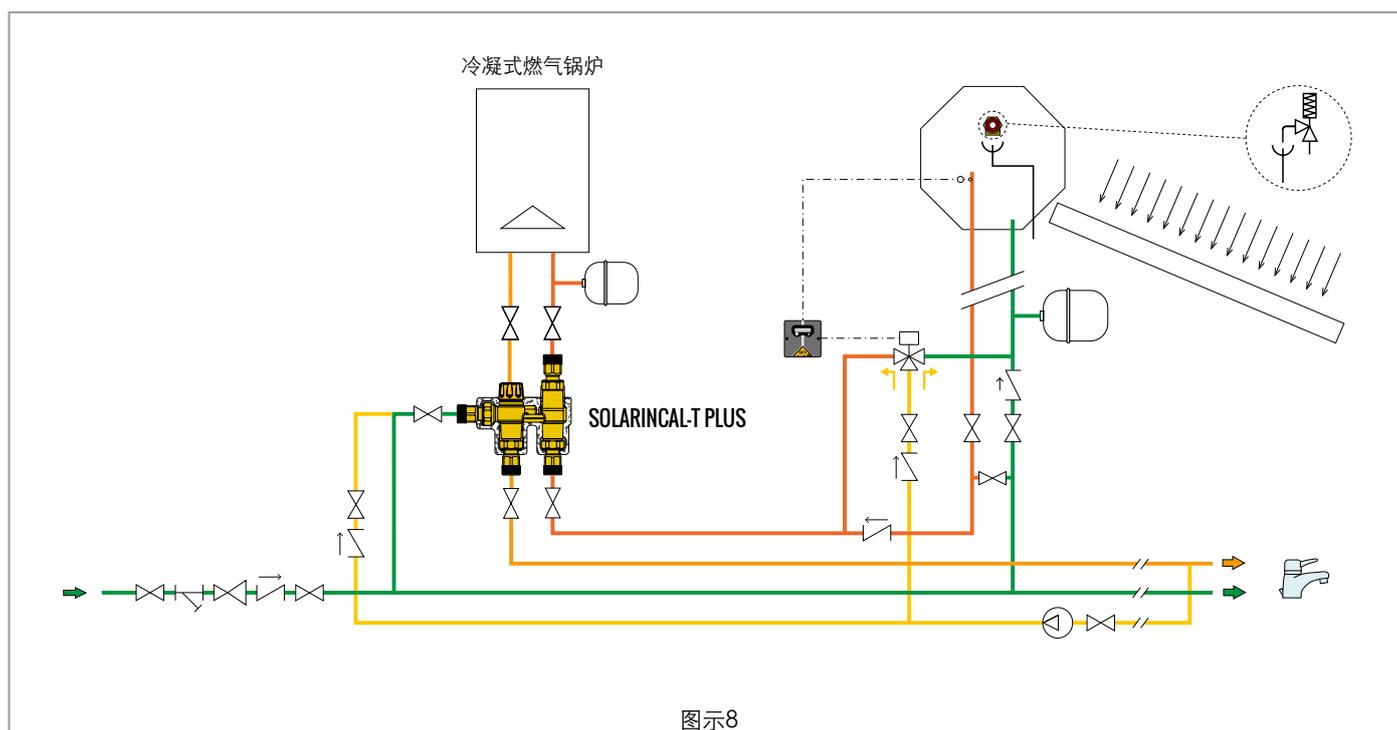
# 带热补充和热水循环的太阳能热水系统

## 即热补充

在太阳能系统案例中，需要自控系统根据温度管理生活热水生产。在日照不足时，使用专门的恒温分流阀将水分流到冷凝式燃气锅炉。

恒温混合阀作为整个装置的组成部分，始终控制供给用户的热热水温度。

该系统配有热水循环泵，循环回水由分流阀管理，而分流阀由位于太阳能储水罐出口的温控器控制。



图示8

### 生产

混动系统，太阳能以及冷凝式燃气锅炉即热补充。

### 设计

系统构成简单，两个产热系统结合，其中一个是可再生资源。

### 调节

通过专门的分流和恒温混合组件管理热水。根据供水温度管理循环回路。

### 性能

产热控制出色，并有用户防烫安全保护。

### 卫生

用水频繁的独栋住宅类型使用。始终保持温度控制，军团菌滋生风险低。

### 应用

住宅。  
独栋别墅。



### 点评

这是保留现有锅炉并由太阳能系统加以补充的理想解决方案。重要的是，连接热水循环回路要检查指示点位的止回阀。自然循环的太阳能回路要有保护，防止储水罐内水温过高。只有控制热水循环分流阀的温控器需要电源。

## 深度分析：水槽下的冷热水生产

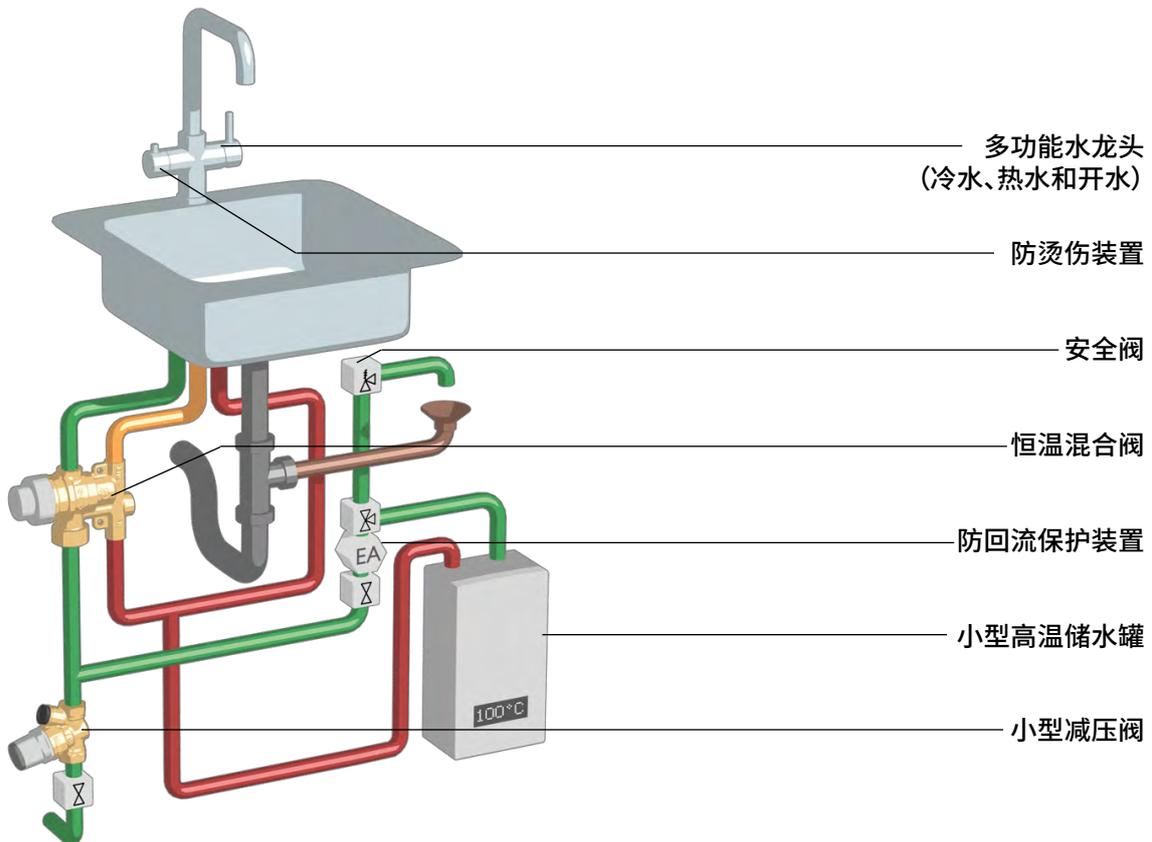
对于那些希望追求最大舒适度并需要开水制备食物或饮料的应用环境，市场上开发出直接安装在厨房水龙头下的热水及开水生产系统。

一个约3-5升的小热水器安装在水槽下方的橱柜。电阻生产热水，储存的水温接近100°C。

这样，可以不必等待开水加热，而是可以即取即用。

鉴于储水温度很高，所以烫伤风险也高，只有在开启了直接安在水龙头上的安全系统后才能取用开水。

显然，这种方案中的小型热水器有能量散失问题，保温处理可以大大降低能量散失。





### 温度控制

除了取用开水防烫伤安全功能外，还要安装卫生热水控制装置。控制低流量的专用恒温混合阀就是为了保证更好的热水调节。它们必须保证精确的温度调节和具备防烫伤功能。



### 压力控制

压力控制对于保证最大的舒适度也是至关重要的。在这种情况下，需要在冷水入水处安装能够管理极低流量的小型减压阀。精确的压力调节可确保用户用水时的合适流量，并确保系统所有元件最佳的运行状态。



# 恒温混合阀

## 精确混合



**卫浴系统**

保护水和人类的健康

5231和521型恒温混合阀为生活热水生产而设计。它们确保了用户在打开水龙头时的最大舒适度：水温舒适而且安全稳定。减少水和能源的浪费。卡莱菲质量保证。

