

分户式热力模块在集中供暖中的运用

Marco & Mario Doninelli—Caleffi S.p.A

当今的供暖方式逐渐趋向于独立性、多样性、自控性。也就是说，用户能够根据自己的喜好、需求、经济条件等选择所需要的供暖方式诸如散热器、风机盘管、地板辐射采暖等，同时能做到独立的开关、自动化的调节，从而提高了供暖的人性化、舒适、节能。壁挂炉的广泛运用为独立供暖提供了可能性，但是目前大多数用户使用的仍然是城市热力管网或区域锅炉房提供的热源，这些使用集中供暖的用户需要如何实现供暖的独立性、多样性和自动化呢？我们将在本章内详细讨论各种解决方案。

我们将从以下几个方面进行讨论：

- 1, 锅炉房、换热站；
- 2, 一次管路：将热源的供水提供到用户模块；
- 3, 分户式模块：用于分配、调节和计量用户消耗热量；
- 4, 二次管路：将通过用户模块的热水分配到每个末端；
- 5, 热量消耗的集中自控系统。

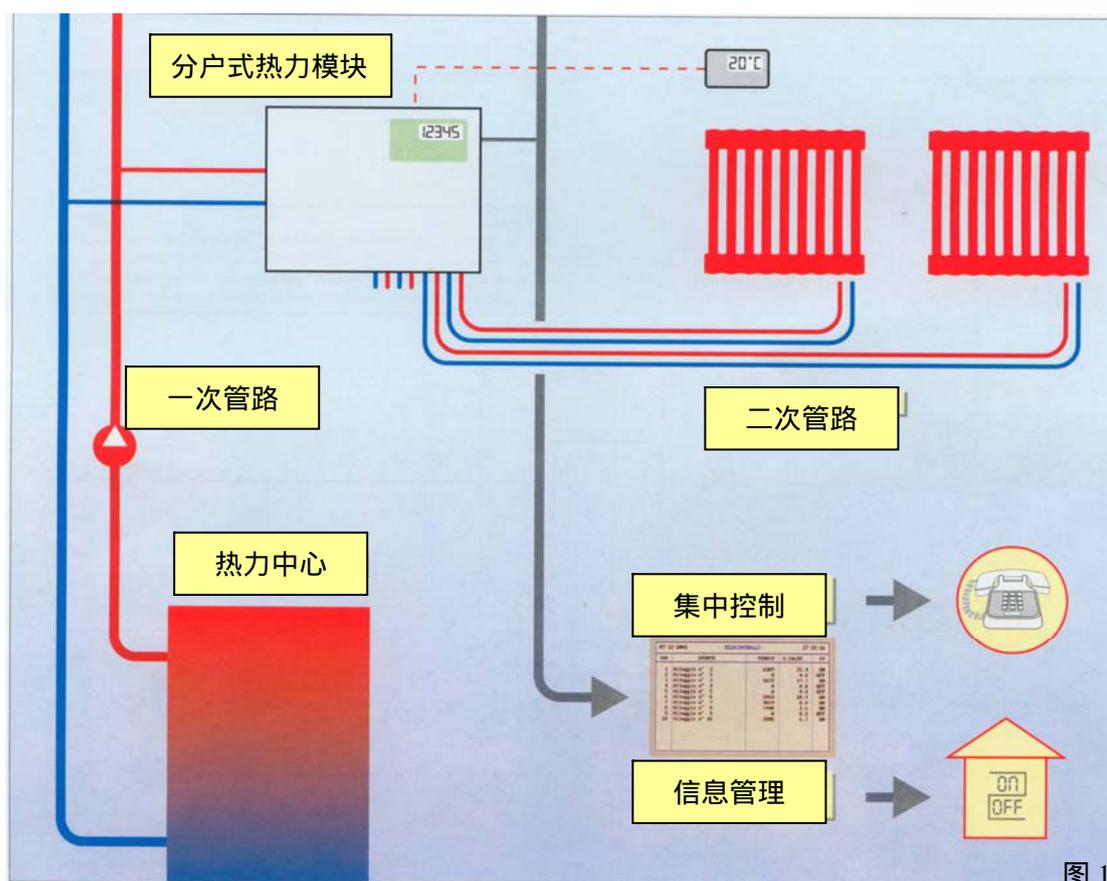
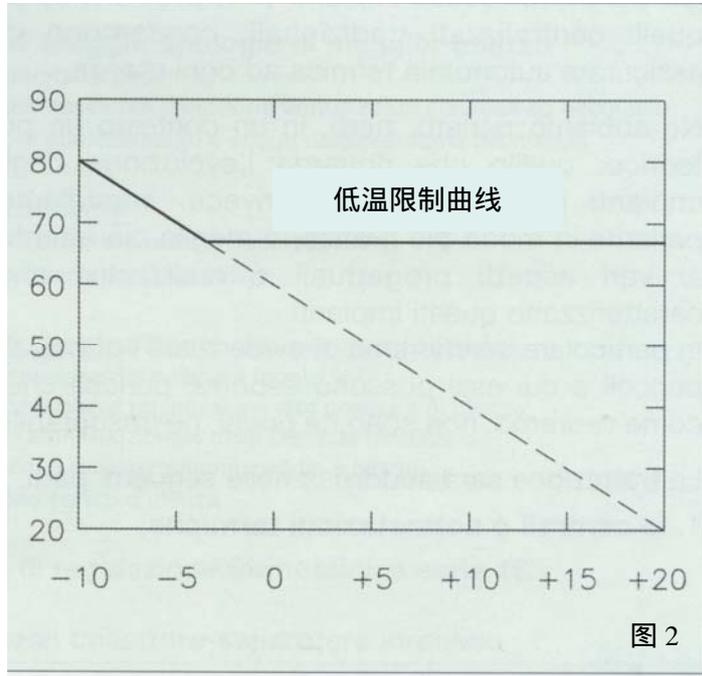


图 1 为以上几个部分的示意图，我们将探讨如何把集中供暖的分户控制和计量实现得更为简便，如何运用先进的电子和信息技术使系统更加优化和安全。

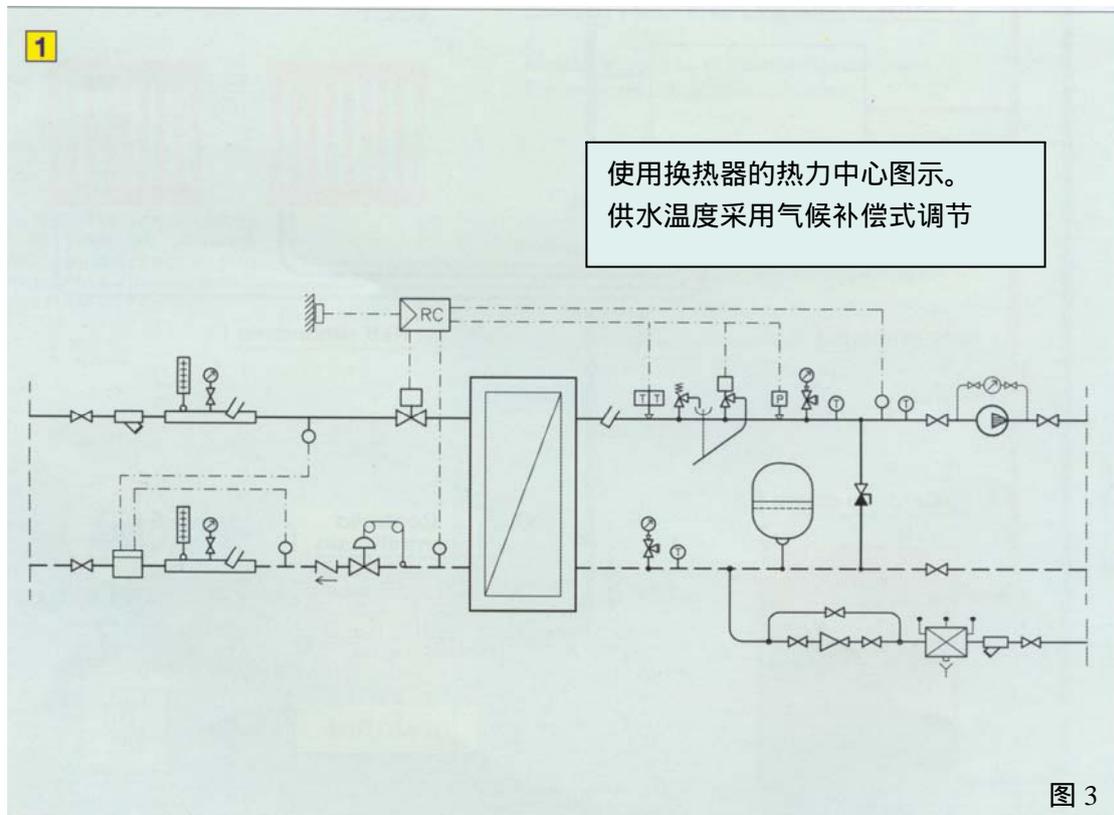
1, 锅炉房、热力站、换热站

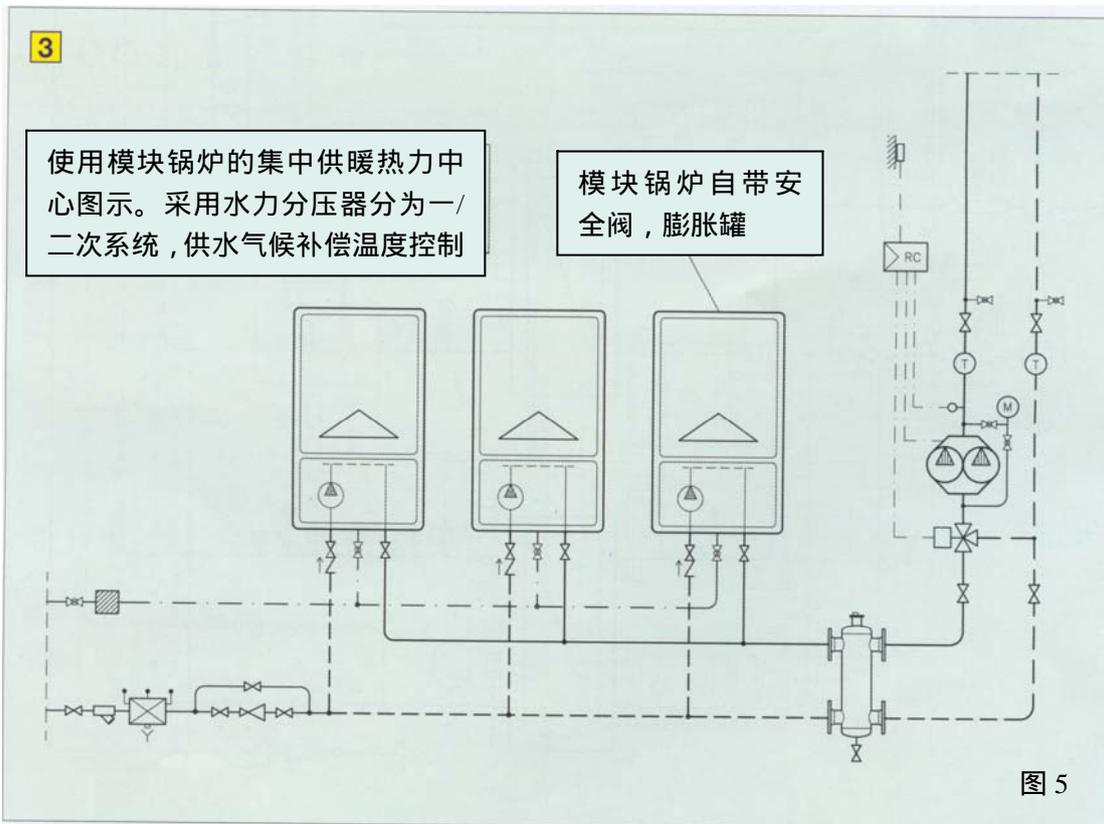
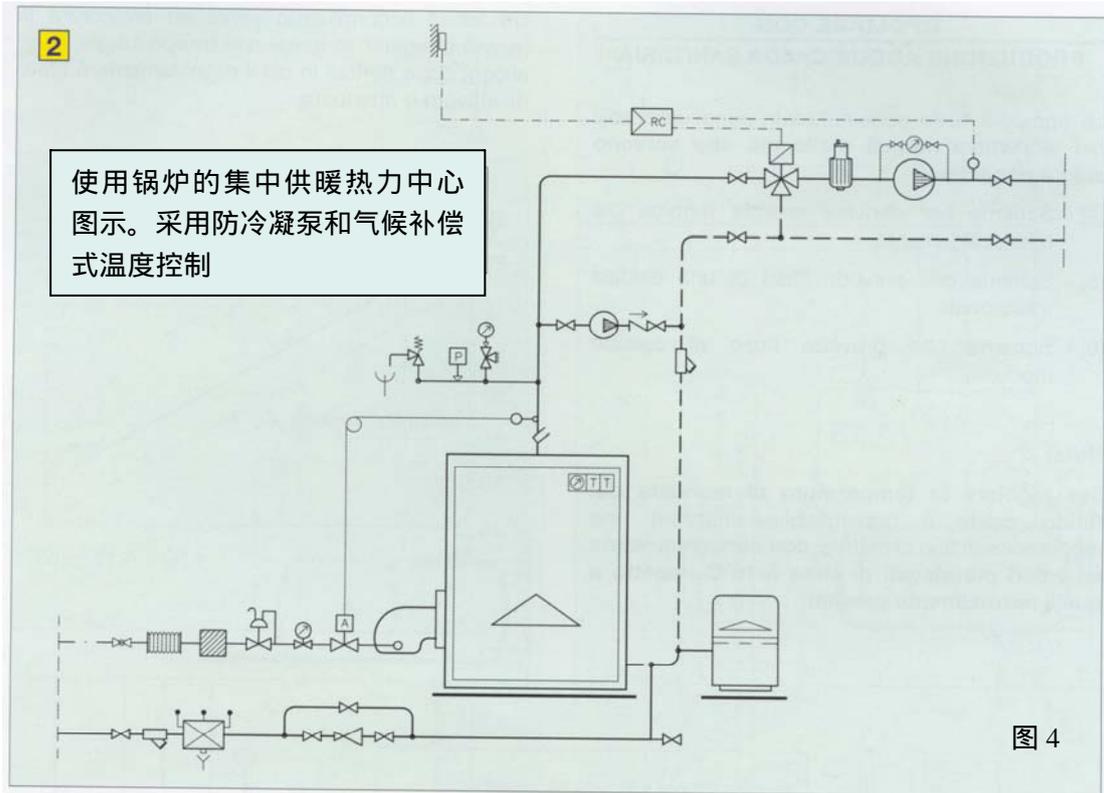
我们把集中供暖的热源分为提供和不提供生活热水两种方式。

1.1 不提供生活热水型



以下为三种不同方式的热力中心示意图。由于热力中心不提供生活热水，用户的生活热水需要通过分户式热力模块内的即时换热设备或储水罐提供。因此，由热力中心提供的水温不能低于必须的最低换热温度（65-70℃）；如果说热力中心是运用的气候补偿式调节，如图 2 所示，其温度曲线则需要在低温限制点上截断。





1.2 提供生活热水型

以下为三种不同的热力中心示意图，由于热力中心提供生活热水，因此分户式热力模块内不加入换热设备。如果热力中心运用了气候补偿式调节，建议将温度曲线向上调节 8-10℃，这样是为了让某些用户在长时间停止供暖后系统能迅速进入状态。

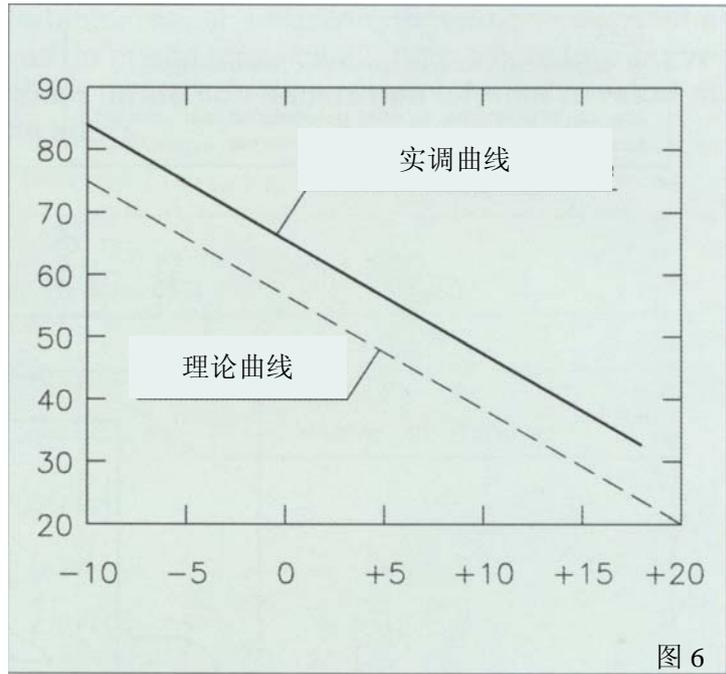


图 6

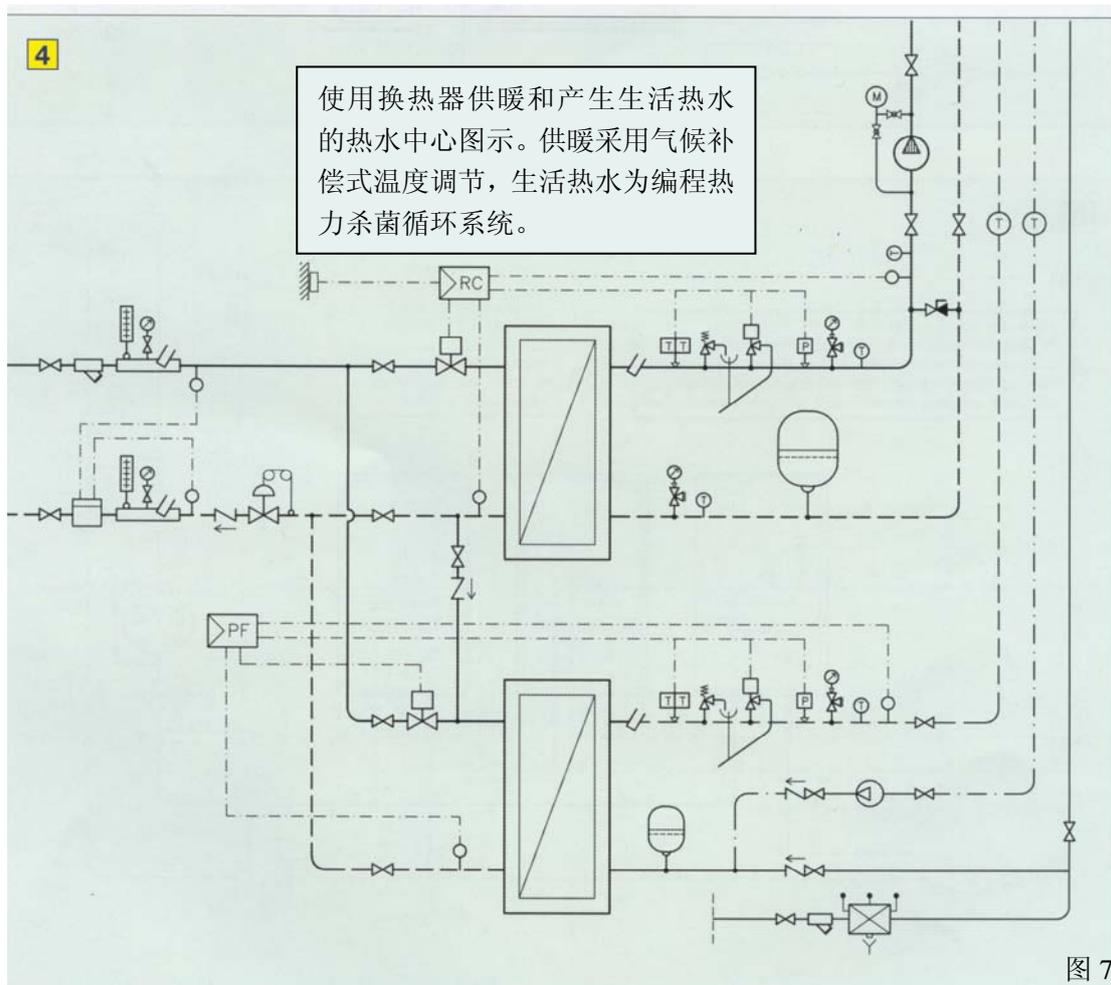
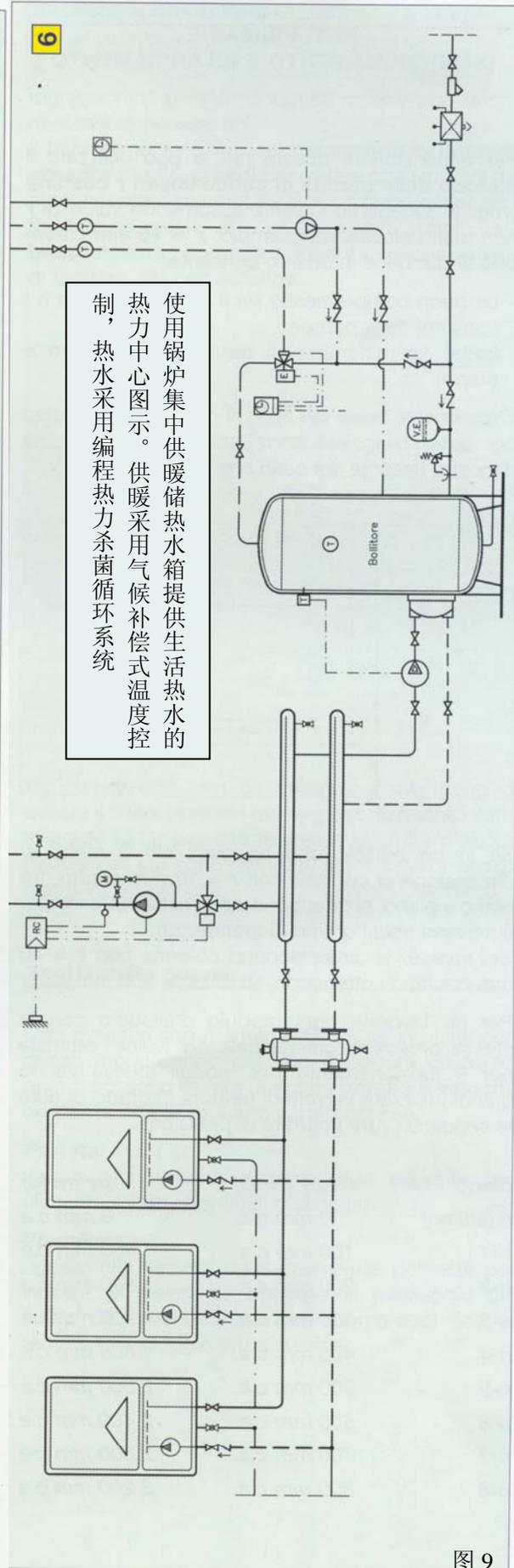
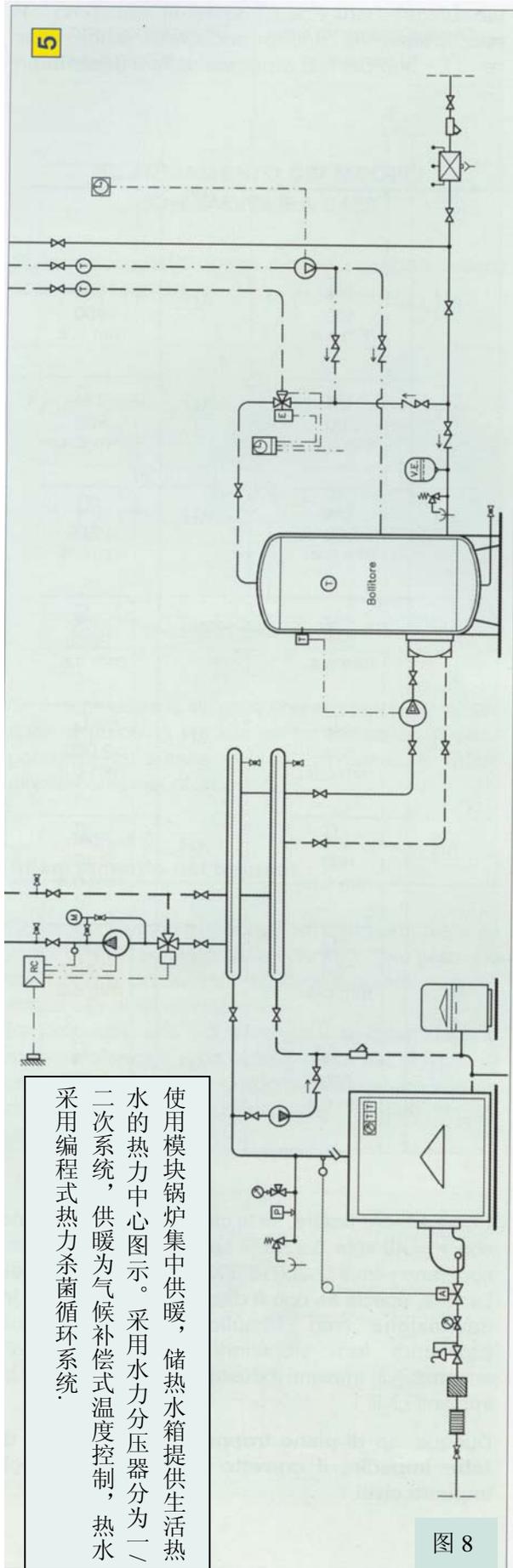


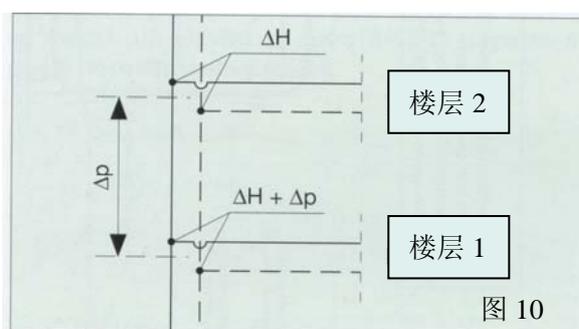
图 7



2, 一次管路的计算和平衡

2.1 立管口径的计算

在计算一次管路的管径时, 可以采用延长阻力 $r=10\text{mm}$ 水柱/m 这一系数, 这样能有两大优点: 1, 管路造价和水泵功率的折衷; 2, 楼层之间较低的压力损失。第二点尤其重要, 因为较低的压力损失对于正确地平衡系统非常重要, 以下我们将用实例来做探讨:

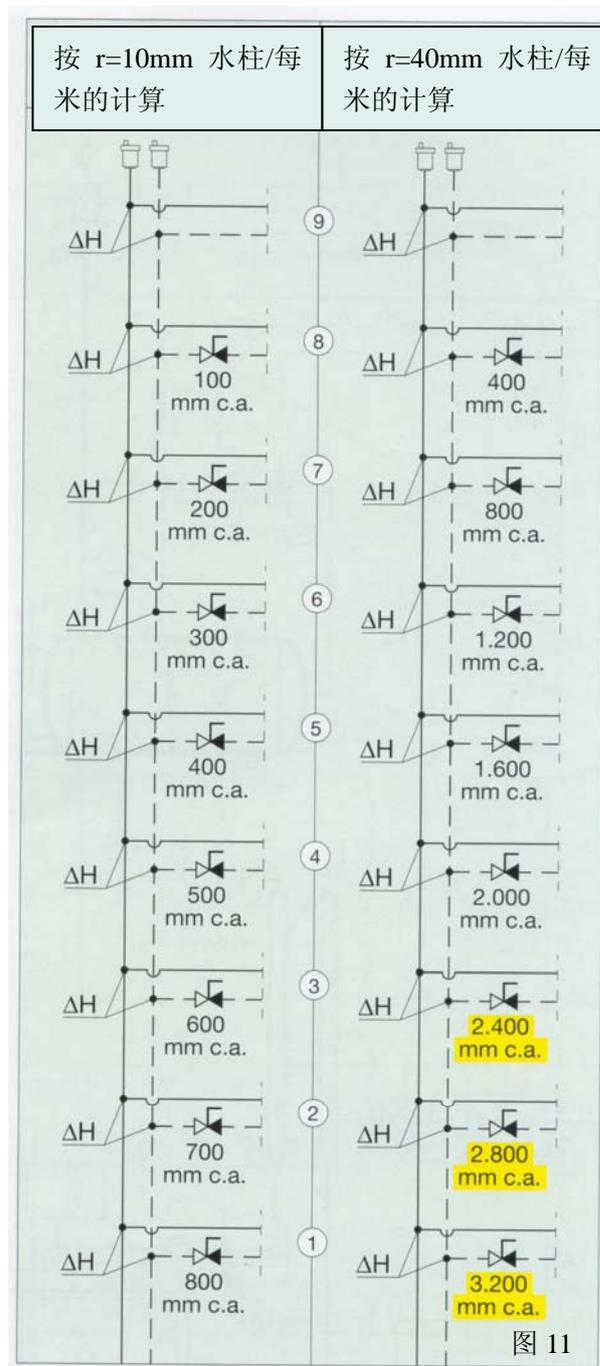


假设楼层之间高度为 3 米, 以阻力系数 $r=10\text{mm}$ 水柱/m 计算, 每层楼之间的压力损失 Δp 大致为 100 mm 水柱 (包含弯头等折算的长度); 如果以阻力系数 $r=40\text{mm}$ 水柱/m 计算, 每层楼之间的压力损失 Δp 大致为 400 mm 水柱 (包含弯头等折算的长度);

要使每一个分户式热力模块的压力损失 ΔH 都一致 (这样能保证每个热力模块按设计运行), 则需要运用平衡阀提供相应的压力损失 Δp 来补偿, 如图 11 所示:

楼层	平衡阀压力损失 Δp_v ($r=10$)	平衡阀压力损失 Δp_v ($r=40$)
9	0 mm 水柱	0 mm 水柱
8	100 mm 水柱	400 mm 水柱
7	200 mm 水柱	800 mm 水柱
6	300 mm 水柱	1200 mm 水柱
5	400 mm 水柱	1600 mm 水柱
4	500 mm 水柱	2000 mm 水柱
3	600 mm 水柱	2400 mm 水柱
2	700 mm 水柱	2800 mm 水柱
1	800 mm 水柱	3200 mm 水柱

从上面看出, 如果一次管路以较高的阻力系数设计, 那么底层的平衡阀调节的压力损失超过了 2200 水柱, 如果水中气体含有量较大的情况下, 这个压力损失值会造成可能的气蚀现象, 表现于管道剧烈的震动和噪音。这对于工业建筑也许能够接受, 但是对于民用住宅, 会严重影响系统的平衡调节。



2.2 分户式热力模块的三通阀平衡方式

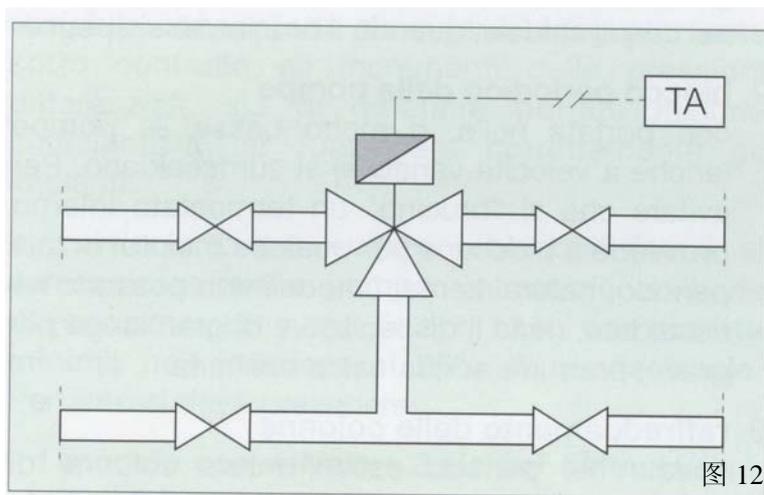
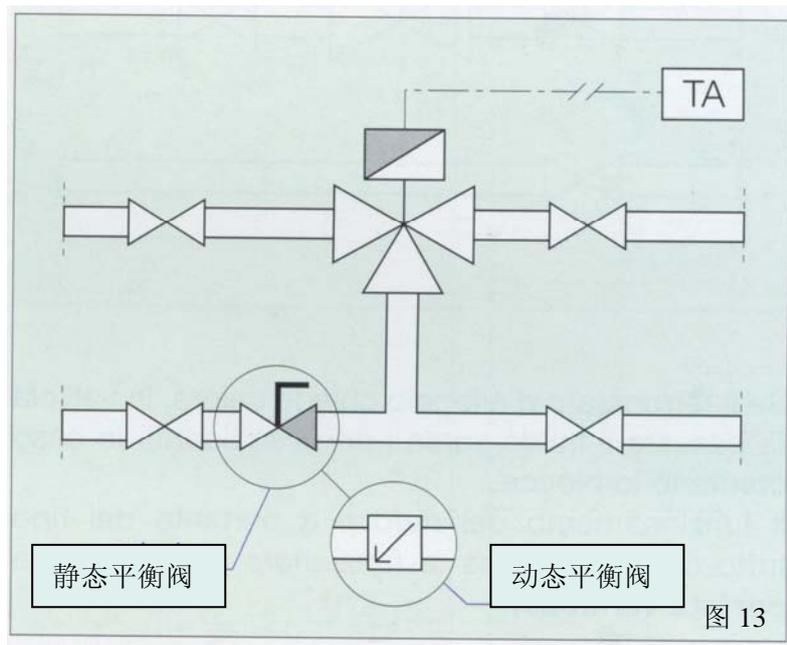


示意图 12 表明了热力模块的大致工作方式：

用户房间内的温控器感应温度低于设定温度时，三通阀通向用户端打开；相反，三通阀旁通打开，热水回到集中供暖系统。

当三通阀的旁通开启时，如果旁通管没有进行

流量平衡，三通阀有可能‘抢’走其它热力模块的流量，造成系统流量失调。在比较小型的系统里这也许不明显，但是在中型以上系统则需要对旁通流量进行平衡，如图 13 所示，在模块的分支回路上加入手动或者自动流量平衡阀。这样就保证了无论三通阀开启还是关闭，其流通的流量都是一样的。



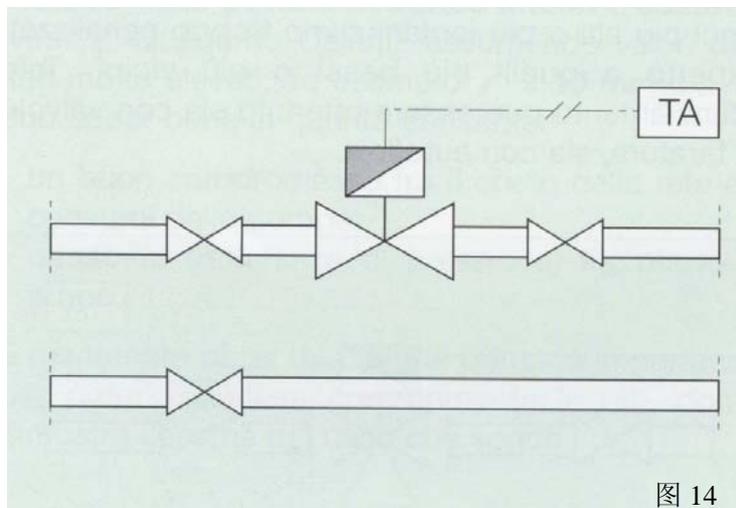
在旁通流量得到正确平衡的情况下，运用三通阀平衡的模块式热力中心的特征为定流量型，因此可以选择定频泵。定频泵的流量为所有模块流量的总和；扬程为热源至最远端模块的压力损失值总和。

2.3 分户式热力模块的两通阀平衡方式

示意图 14 表明了热力模块的大致工作方式：

用户房间内的温控器感应温度低于设定温度时，两通阀打开；相反，两通阀关闭。这类系统为变流量型。它相对于三通阀的定流量系统有以下两个优点：

- 1, 水泵消耗的功率小。因为两通阀系统中的循环流量低于三通阀系统。
- 2, 回水温度低。因为当两通阀关闭时水不再流动, 而三通阀系统则实现了旁通。



较低的回水温度有利于冷凝式锅炉的使用。对于换热站则有利于限制最高所需流量因此减少相应费用。

这类系统最大的缺点是连续变化的流量会引起压差的变化：过大的压差会导致气蚀的产生，从而影响系统的正常运行。另外还需要注意的是，在大中型的变流量系统内，只靠变频泵来控制压差远远不够。

两通阀全流量或无流量这种工作状态还可能造成以下系统的异常：

- 1, **安全控制元件的不断介入**：比如安全温度开关，燃油/气截止阀等：当系统流量低或者无流量时，锅炉在燃烧机关闭的情况下仍然有大量的蓄热，因此会造成安全控制元件不断介入。
- 2, **水泵停机**：在无流量或低流量的情况下，水泵（即便是变频泵）会过热，为了避免‘烧’泵，水泵内置的温控器会停机几分钟。这对于在使用中的热力模块，尤其是热水状态，会给用户带来极大的不便。
- 3, **主管冷却**：由于使用的两通阀开关，没有旁通的流量形成循环，因此会造成主管快速冷却，对于供暖和生活热水都会产生延迟。

这些问题可以通过使用自力式压差控制器和支路的压差旁通阀来解决，但是前者造价较高。

运用两通阀平衡的模块式热力中心的特征为变流量型，因此需要选择变频泵。变频泵的流量为所有模块流量的总和；扬程为热源至最远端模块的压力损失值总和。

2. 4 分户式热力模块的两通和三通阀共用平衡方式

为了避免两通阀用于分户式热力模块平衡的相关缺点，而同时又吸收其优点。可以将部分两通阀替换为三通阀，让后者具备稳定流量的作用。

在小型或者中小型系统中，使用变频泵能有效地控制压差升高以及保证系统所需要的最低流量。

为了避免水泵因过热停机，可以运用部分三通阀取代两通阀，运用三通阀这部分的流量不能低于系统总流量的 25%。如图 15 所示：

-4层以下住宅运用1个三通阀；

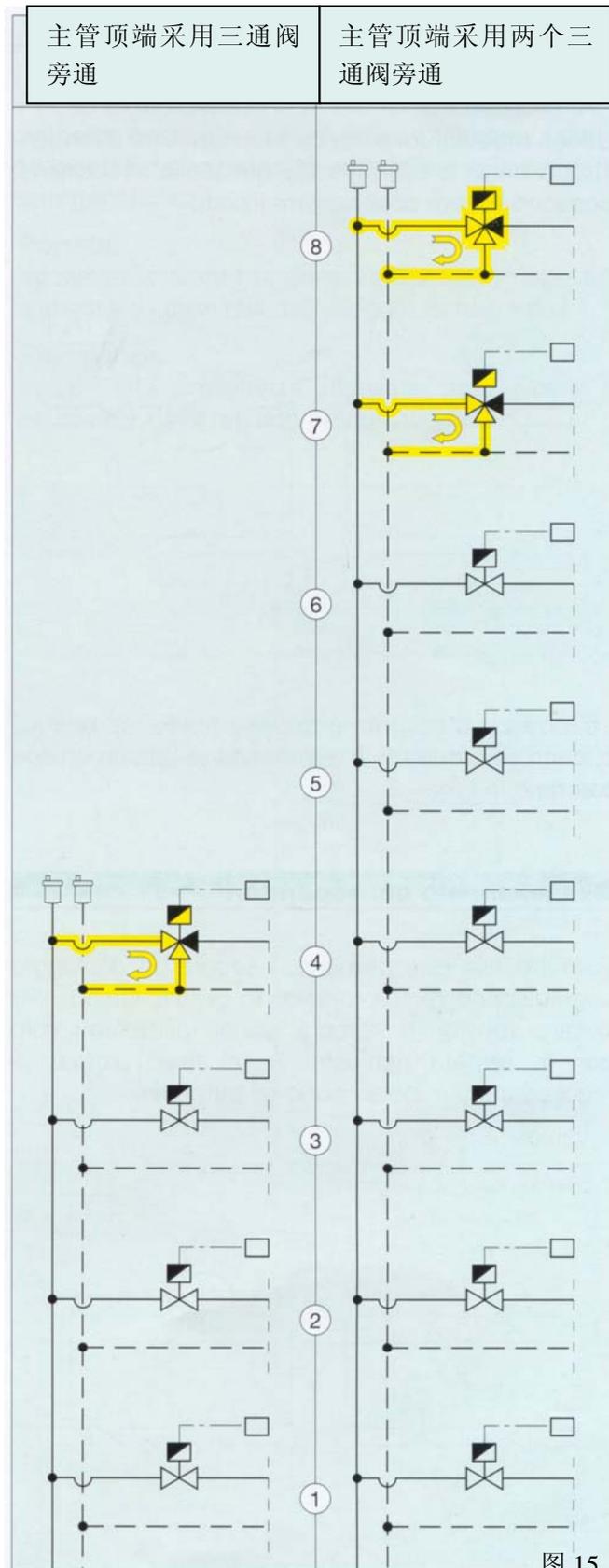
-5-8层的住宅运用2个三通阀。

通过这部分三通阀的运用，系统能提供足够的流量，解决锅炉燃烧机停止以后储存热量的升高从而导致的安全元件的介入。

将带三通阀的热力模块放置在立管顶端，这样一来立管就不会冷却，从而保证使用供暖和热水的即时性。

在条件允许的情况下，最好在每个热力模块前安装动态流量平衡阀，这样能保证当所有模块运行时，所有模块按设计流量运行，不会出现系统失调。

水泵的选择可遵循两通阀平衡系统的水泵选型方式。



2.5 分户式热力模块的水力分压器平衡方式

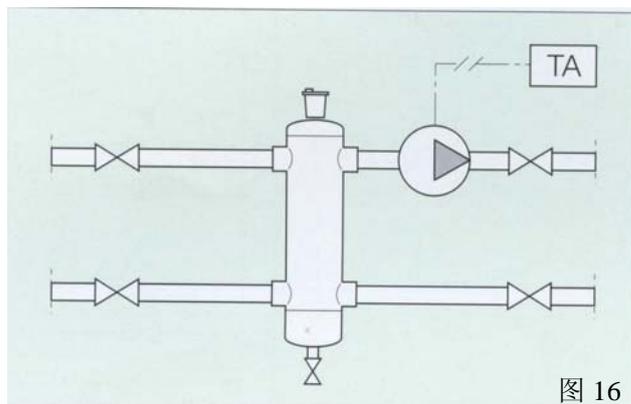
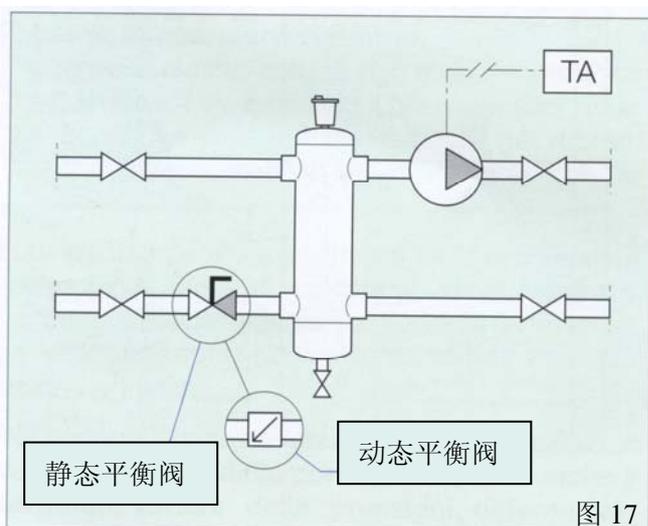


图 16 表明了水力分压器运用于热力模块的工作方式。水力分压器将一次和二次系统分隔成独立的系统：当用户房间内的温控器感应温度低于设定温度时，热力模块的循环泵开启。

图 16



- **水力分压器之间的流量平衡：**在水力分压器的一次系统端，为了避免流量失调和过大流量的浪费，最为理想的是在一次系统侧安装动态流量平衡阀，平衡每个水力分压器的一次流量。如图 17 所示

图 17

前面所讲到的运用两通或者三通阀平衡的热力模块只是具有热量上的独立性：也就是说只局限于控制室内温度和相应散发的热量。

但是它们不具备水力特征上的独立性，因为它们不能避免相互水力的干扰和影响。

而运用水力分压器的热力模块却能做到热量和水力两者的独立性。

特别是水力上的独立性，使得这种运用方式能为系统提供良好的解决方案。每一个热力模块的独立性为系统提供了以下优点：

- 自如地在末端运用恒温阀，而不用担心系统的不平衡。只需要在模块内使用变频泵即可；
- 能够实现用户多种供暖的形式并存：比如散热器、风机盘管、辐射地板采暖；
- 便于系统的维修、更换、增减热力模块。因为用户之间的水力独立性这一特征，所以对已建系统的改造上提供了可能性。

所有这些优点使水力分压器的平衡方式成为新建和已建系统的最佳选择。其优越的独立性为设计提供了很大的便利，尤其是针对大中型系统。

实际上只需要通过动态流量平衡阀将稳定的流量供给水力分压器，然后再根据用户的需求自由地设计二次系统就可以。

- **一次系统的水泵选型：**可以选择定频泵，流量为所有水力分压器的一次流量总和，扬

程为热源至最不利的水力分压器的压降总和。

- 二次系统的水泵选型：可以选择变频泵，流量为所有散热末端的流量总和，扬程为水力分压器至最不利的末端的压降总和。

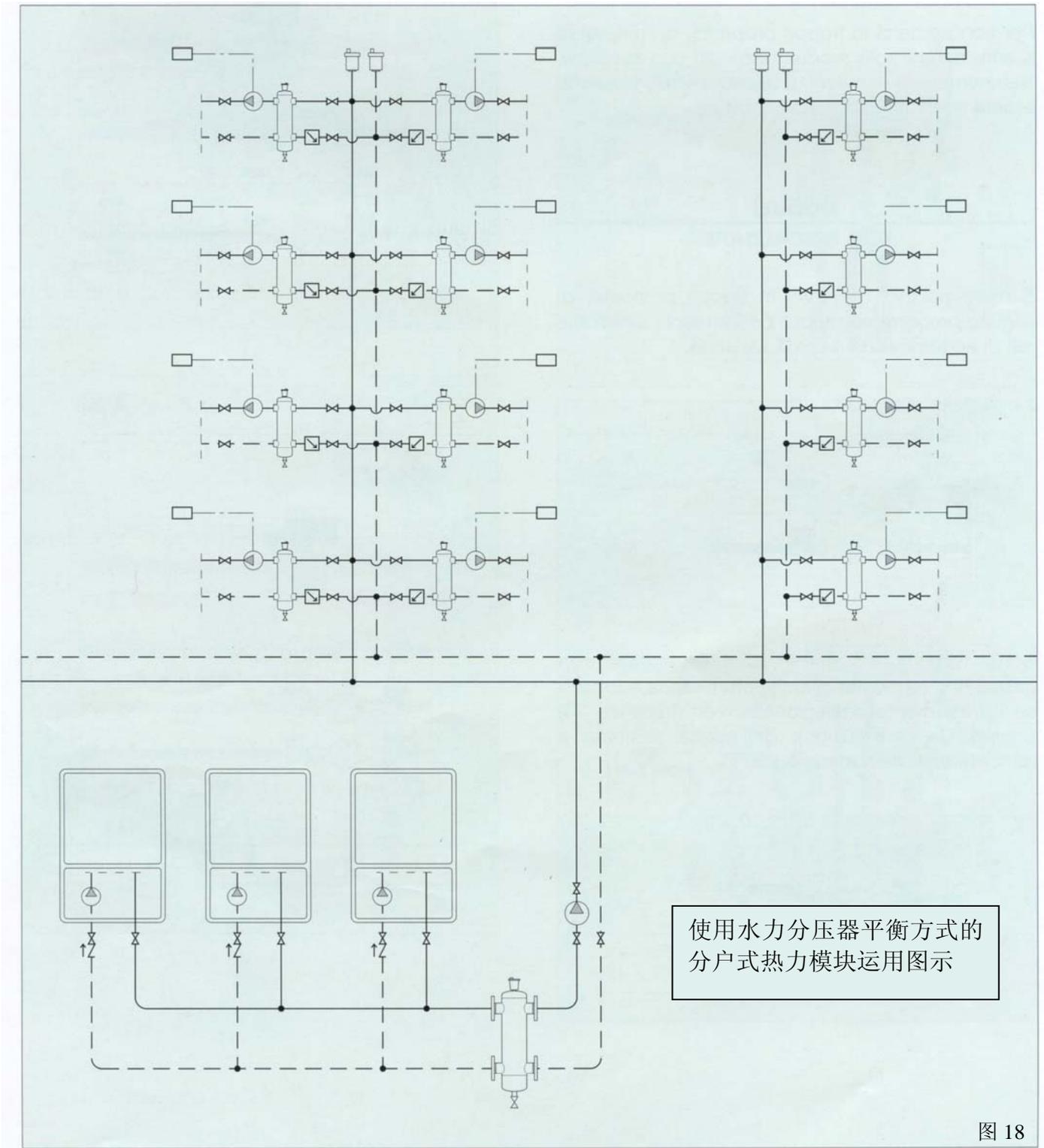


图 18

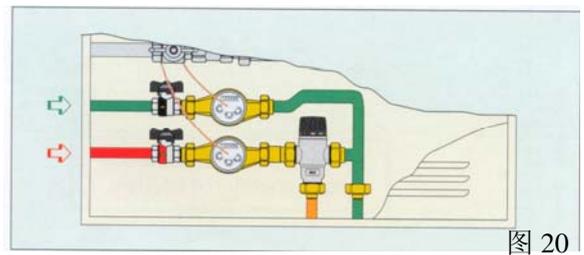
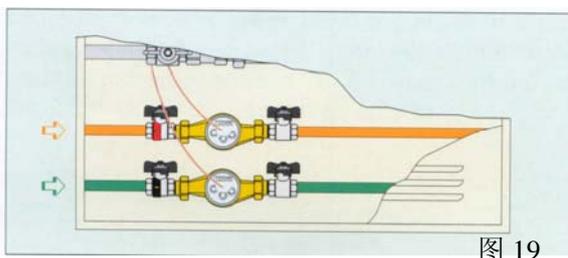
3. 分户式热力模块

目前的分户式热力模块主要分为以下三种：

- 1， 供暖型；
- 2， 供暖及储热式生活热水型；
- 3， 供暖及即热式生活热水型。

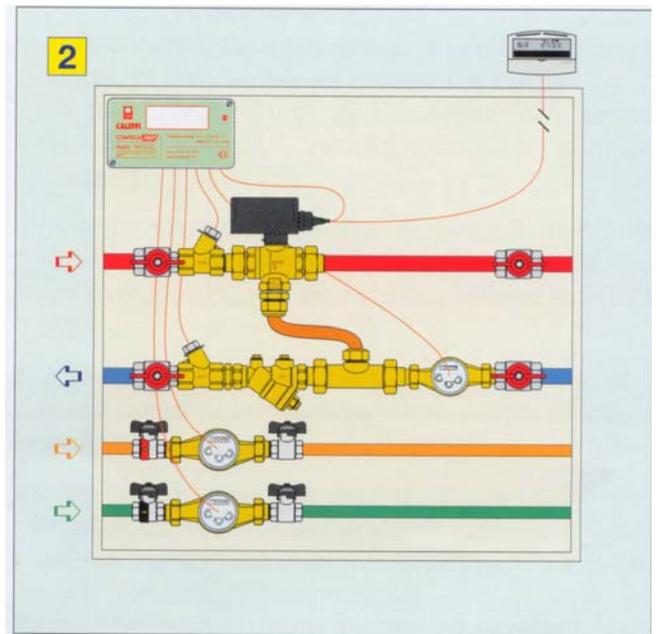
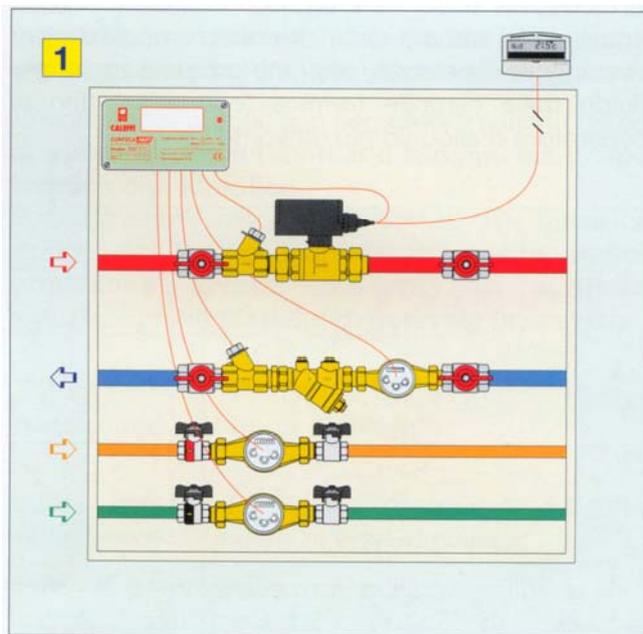
3. 1 供暖型分户式热力模块

对于单供暖型的热力模块，冷热水均采用直接接入的方式，如图 19 所示；或者采用安装恒温混合阀的形式，如图 20 所示。



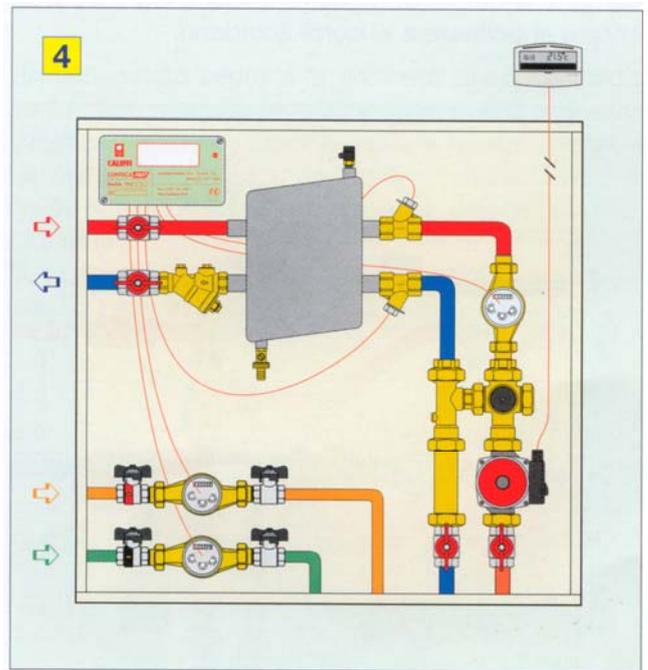
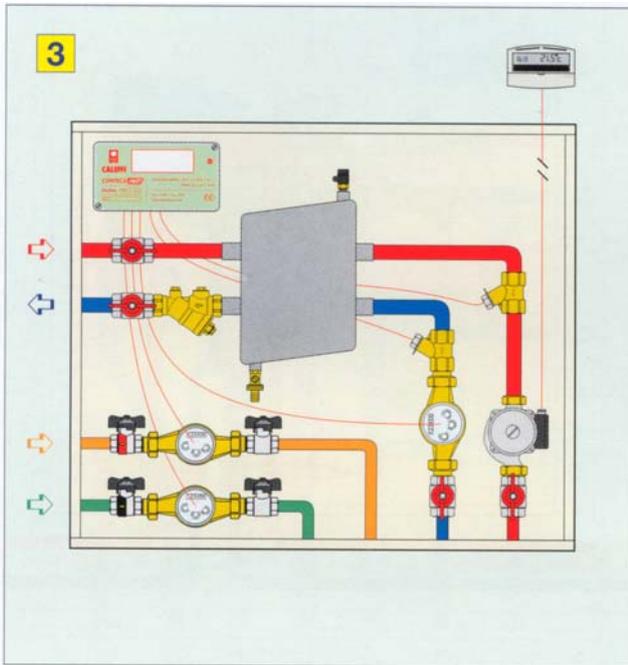
● 两通、三通阀型分户式热力模块

解决方案 1、2 分别是运用两通、三通阀的热力模块：供暖的流量采用动态平衡；两通、三通阀由房间温控器控制；生活冷、热水、供暖热量采用集中一表计量的方式。热力模块安装在嵌墙式箱体内部，散热器采暖的分水器也可同样安置在箱体内部。



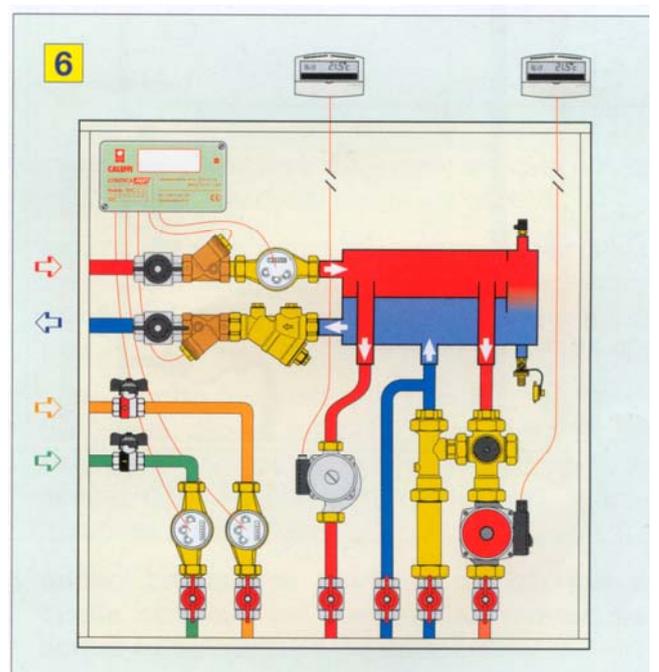
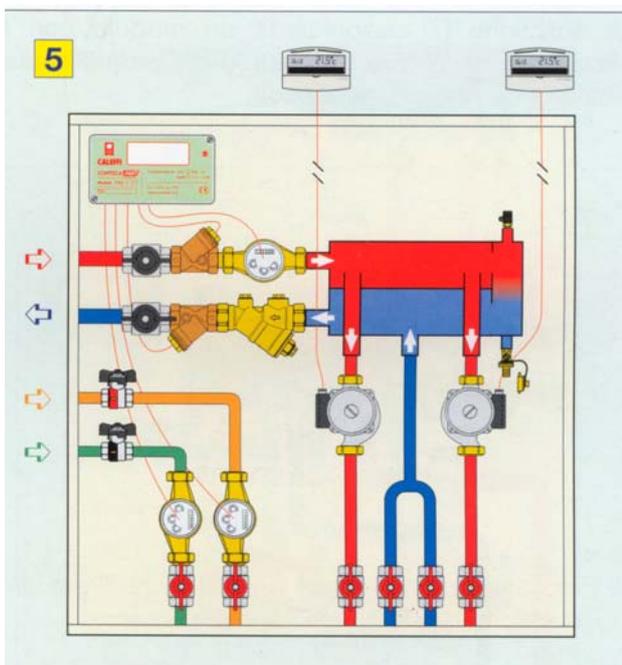
● 水力分压器式热力模块

解决方案 3、4 分别是运用水力分压器的热力模块：水力分压器的一次流量采用动态平衡；二次系统的循环泵由房间温控器控制；生活冷、热水、供暖热量采用集中一表计量的方式。解决方案 3 针对使用同热源相同供水温度的供暖系统，方案 4 针对低温采暖系统，如辐射地板采暖。热力模块安装在嵌墙式箱体内。



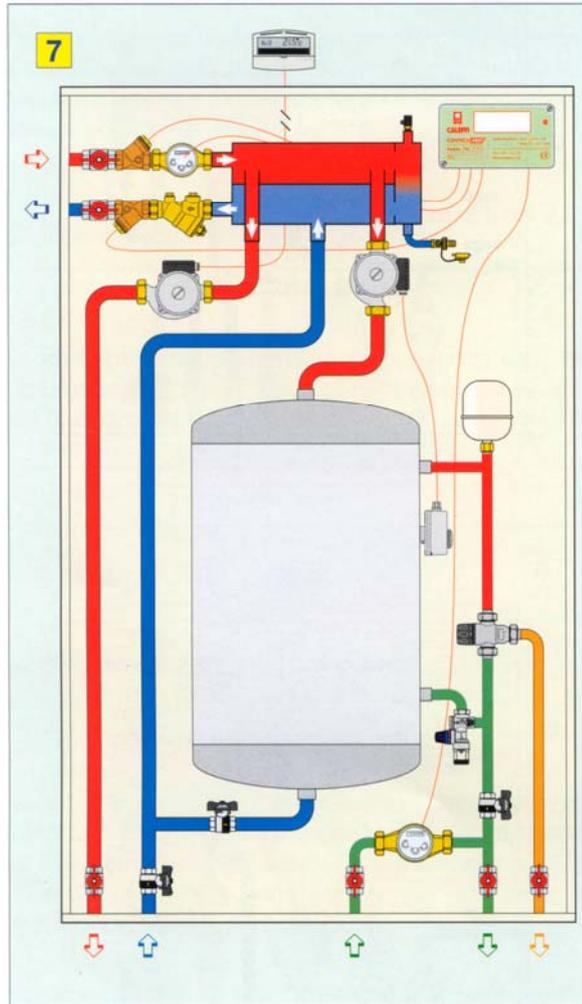
● **水力分压集分水器式热力模块**

解决方案 5、6 分别是运用水力分压集分水器的热力模块：能同时提供两个区域的供暖，如昼、夜区，两个区域的房间温控器控制水泵的起停。方案 6 不同于方案 5 在于其能提供两个水温不同的区域，其余方式同方案 1-4。



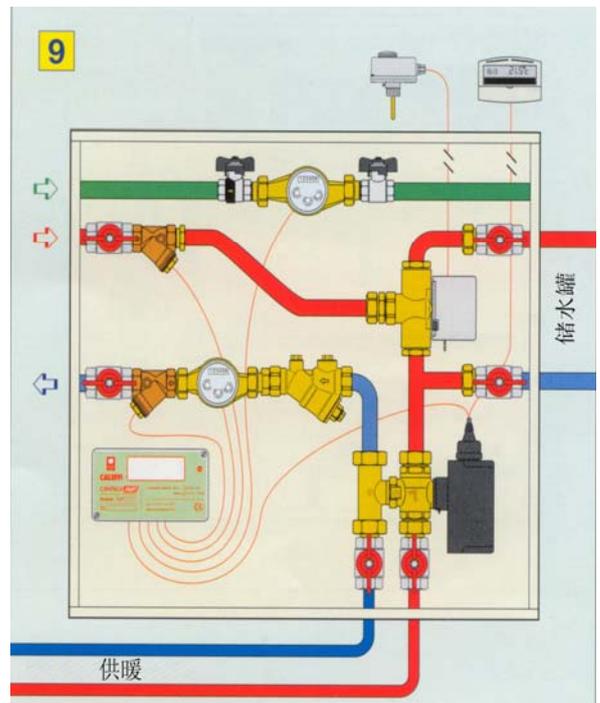
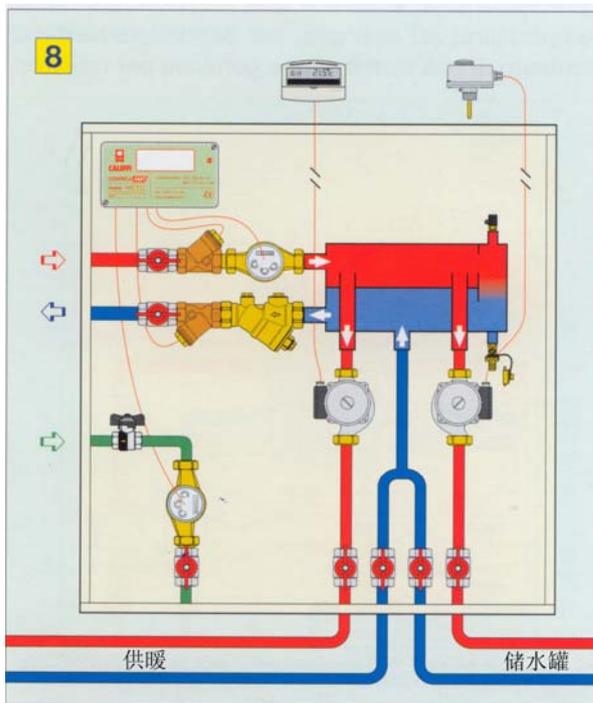
3.2 供暖型及储热生活热水型分户式热力模块

- 内置储水罐式热力模块
方案 7 运用水力分压集分水器分为两个二次系统，一个为散热器采暖，另一个进入储水罐进行换热产生生活热水，储水罐的温度由浸入式温控器控制二次循环泵的起停。储水罐的热水通过恒温混合阀恒温输送到用户水龙头。同样，冷水和采暖的都由集中一表计量。

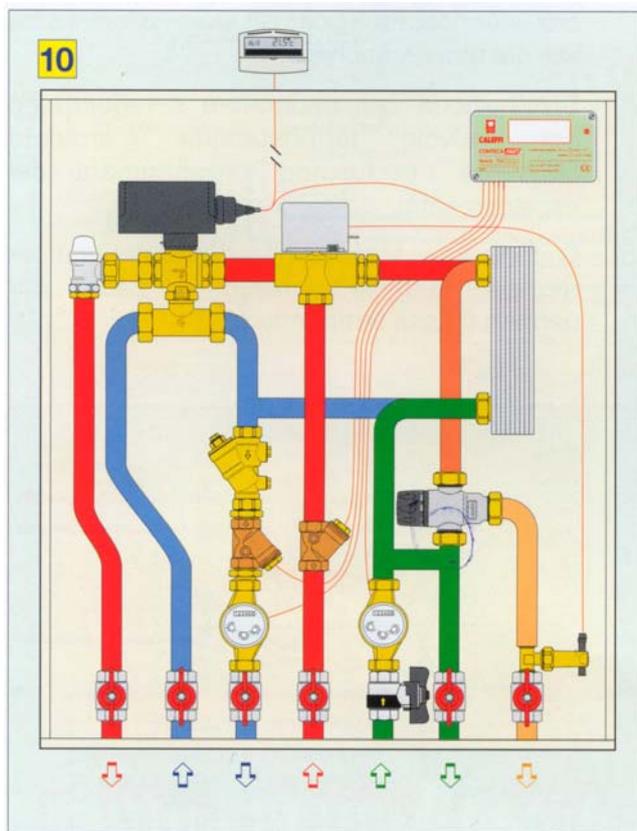


- 外置储水罐式热力模块
方案 8 运用水力分压集分水器分为两个二次系统，一个为散热器采暖，另一个进入外置储水罐进行换热产生生活热水，储水罐的温度由浸入式温控器控制二次循环泵的起停。

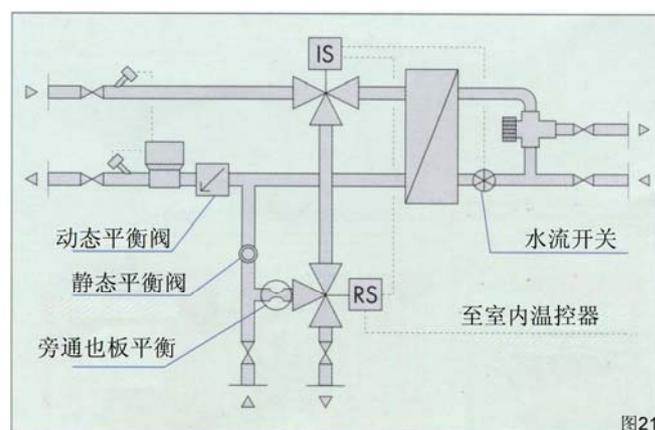
方案 9 运用电动三通切换阀的形式，当外置储水罐的温度低于温控器的设定温度时，电动三通切换阀将集中供暖的热水切换到储水罐的换热盘管，这时供暖停止；当热水温度达到以后，切换阀将热水切换到供暖部分。



3.3 供暖型及即热生活热水型分户式热力模块



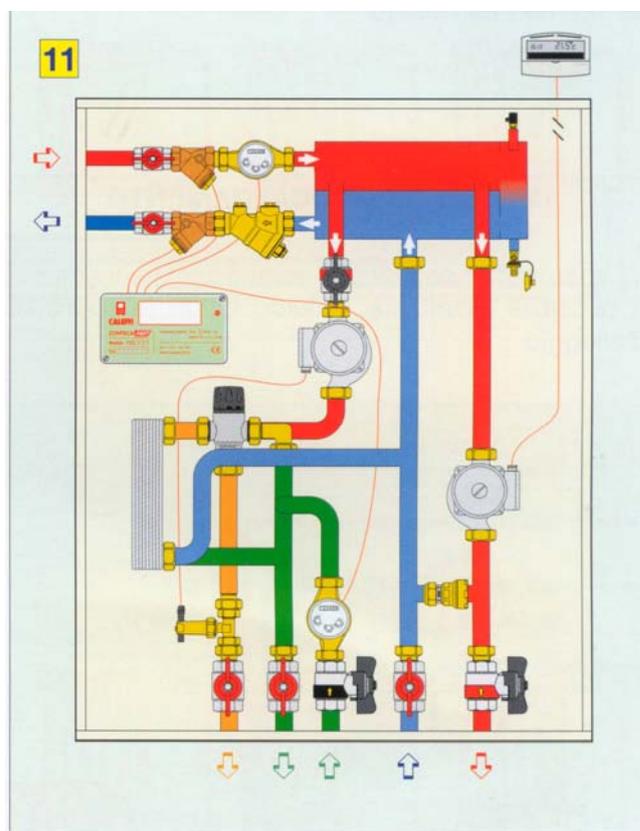
方案 10 采用板式换热器产生生活热水；同方案 9 一样，热力模块内采用了电动三通切换阀，按热水优先的原则，当需要热水时，水流开关给予三通切换阀信号将集中供暖热水全部转换到板式换热器上面。生活热水通过恒温混合阀恒温输送到用户水龙头；供暖的电动三通阀由房间温控器控制开关，其运用图示见图 21。



方案 11 使用水力分压集分水器分为两个二次系统：一个为供暖，一个通过板式换热器产生生活热水，这个环路的循环泵由水流开关控制。

方案 10 和 11 相对其它几种方案有以下一些缺点：

- 1, 需要较大功率的板换产生生活热水。
- 2, 对于较‘硬’的水质（22-23°F），板换内部结垢现象严重。所以需要水质处理，并且定期清洗板换。
- 3, 性能上略低于使用储水罐的方式。因为采取的是即热方式，在方案 10 中为热水优先，因此对于供暖方式会有一些影响。



4， 二次管路

二次管路指分户式热力模块至用户末端的系统。

4.1 二次供暖系统

下面的七个图例说明了从分户式热力模块到散热末端的不同解决方案。

图 1 三通区域控制， 分水器独立的解决方案。

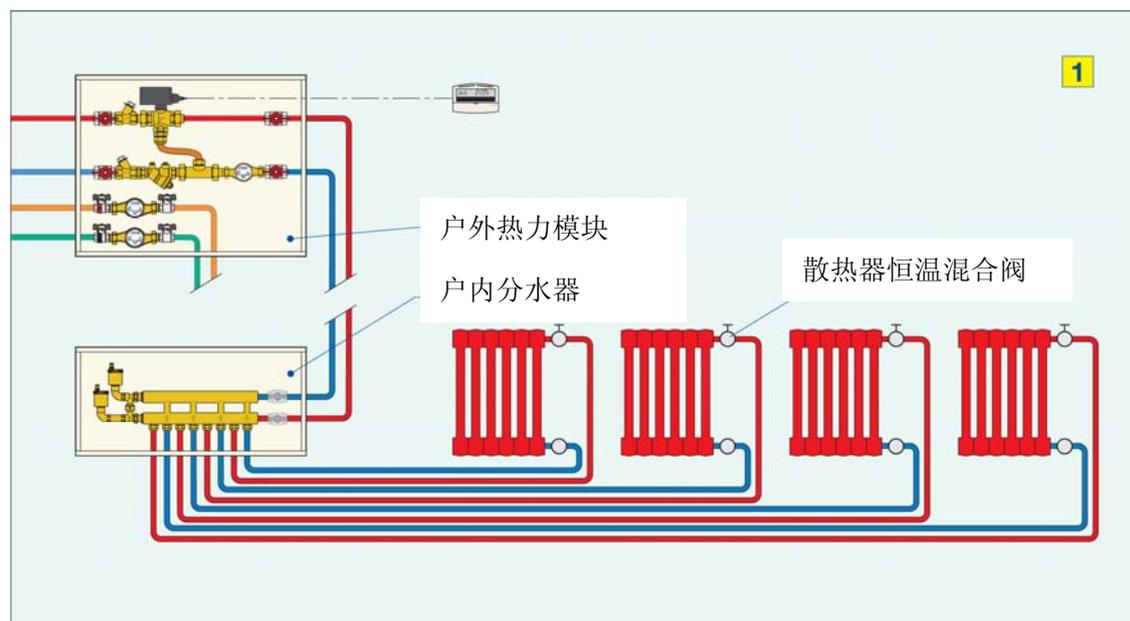


图 2 三通区域控制， 分水器一体式的解决方案。

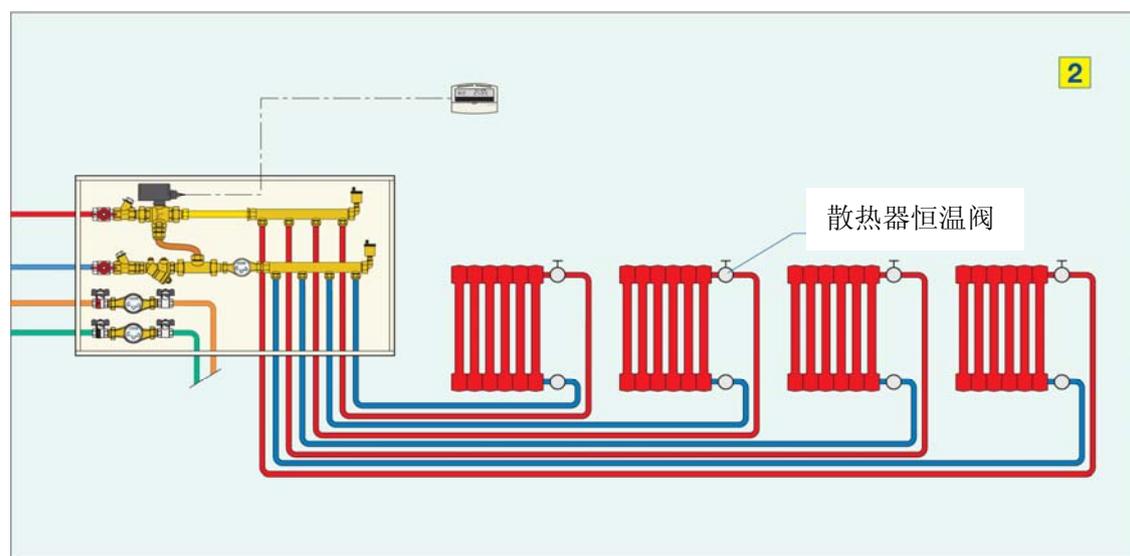


图 3 水力分压控制，分水器独立，散热器使用手动/自动温控混合（室内温控器放置在使用手动温控的区域）的解决方案。

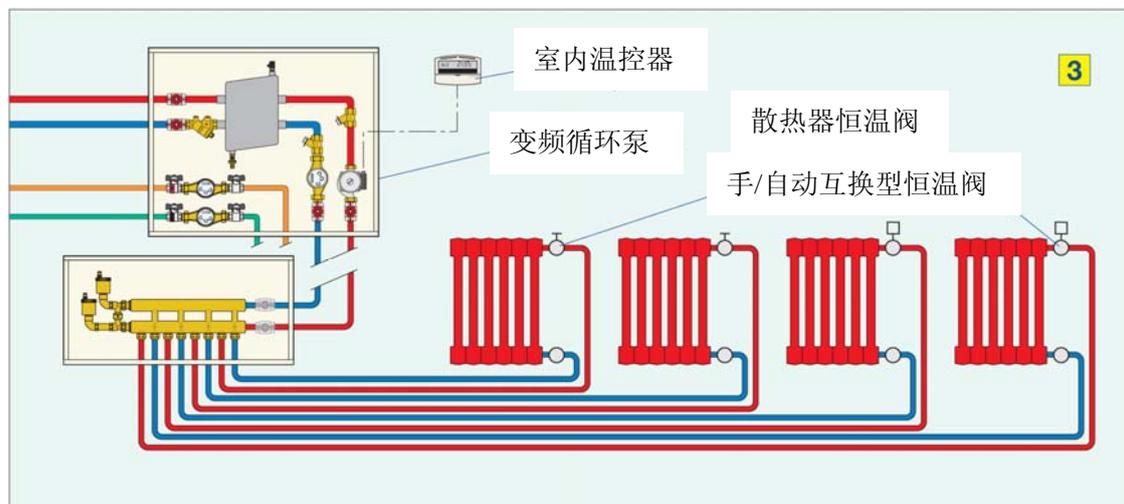


图 4 水力分压控制，分水器独立，散热器使用自动温控（计时器用于选择供暖的时间段）的解决方案。

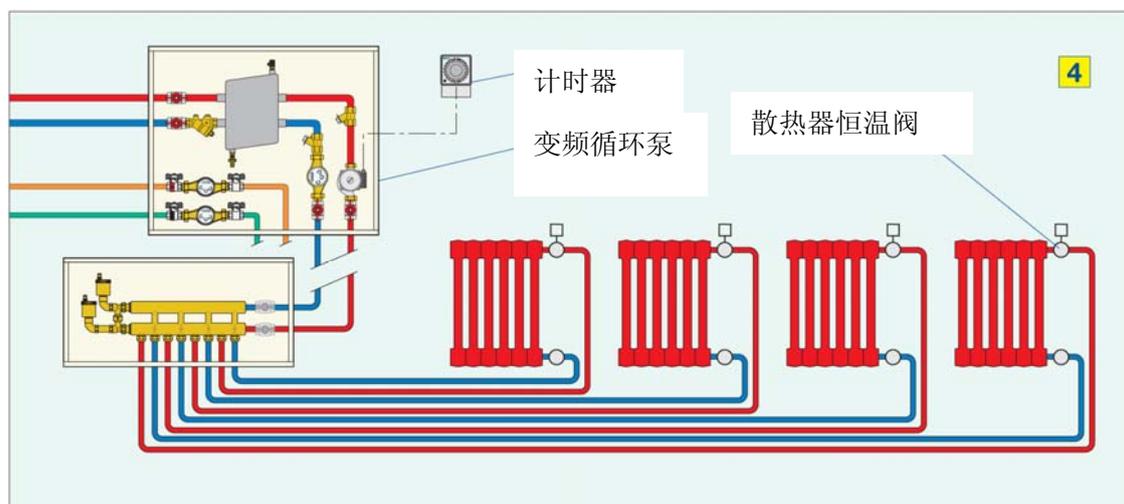


图 5 水力分压实现两个区域：高温水的散热器采暖和低温水的地板采暖区域的解决方案。

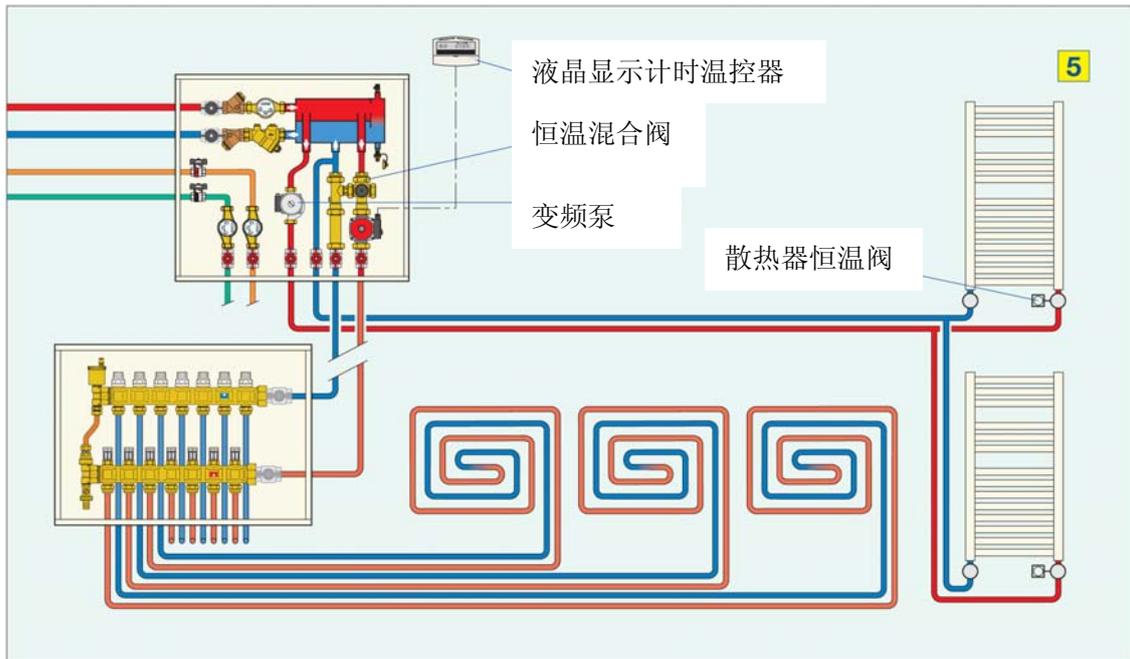


图 6 改造工程的解决方案：在已有的三通区域温控散热器系统上加入水力分压型热力模块把一部分散热器系统改造为辐射地板采暖系统。

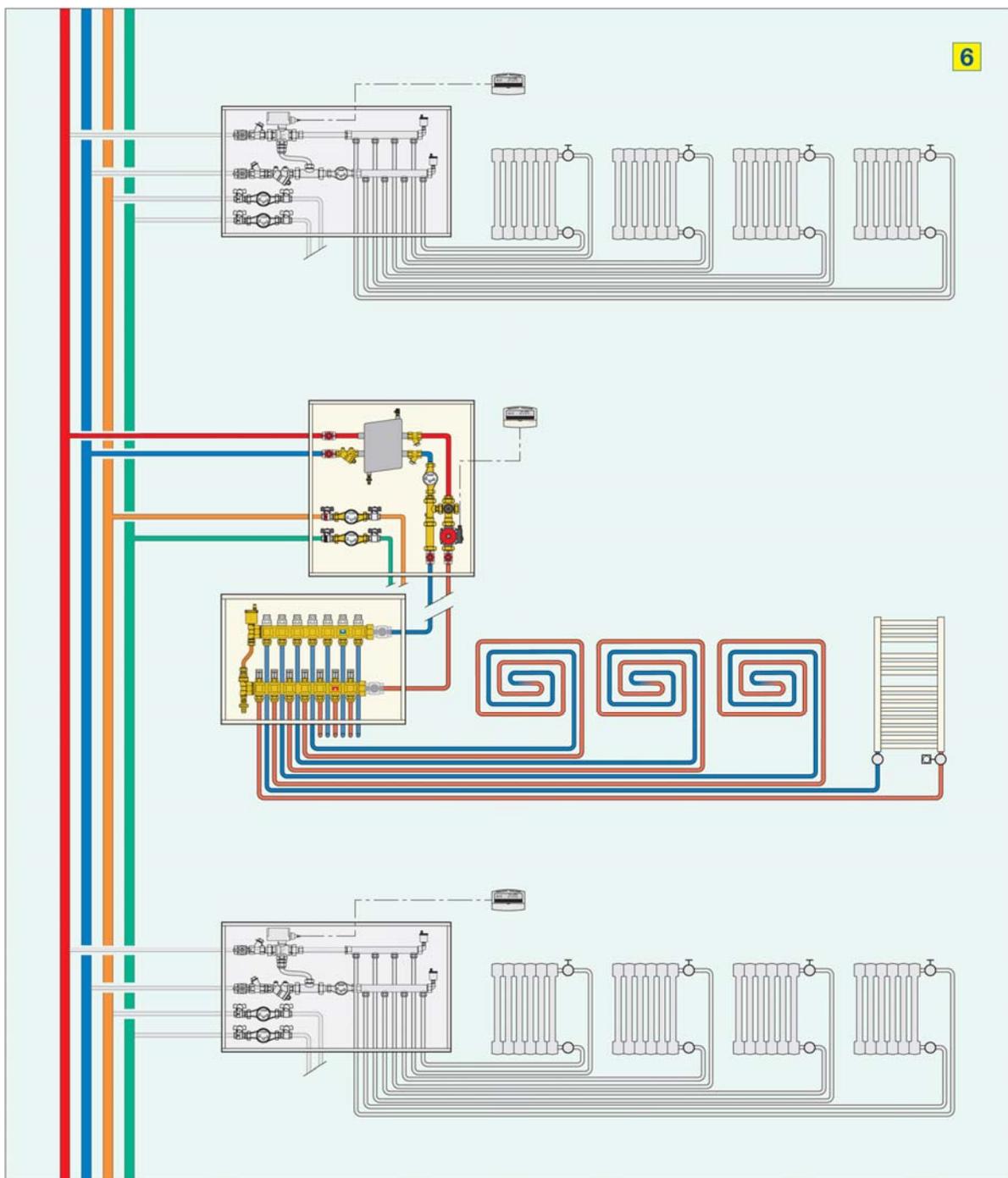
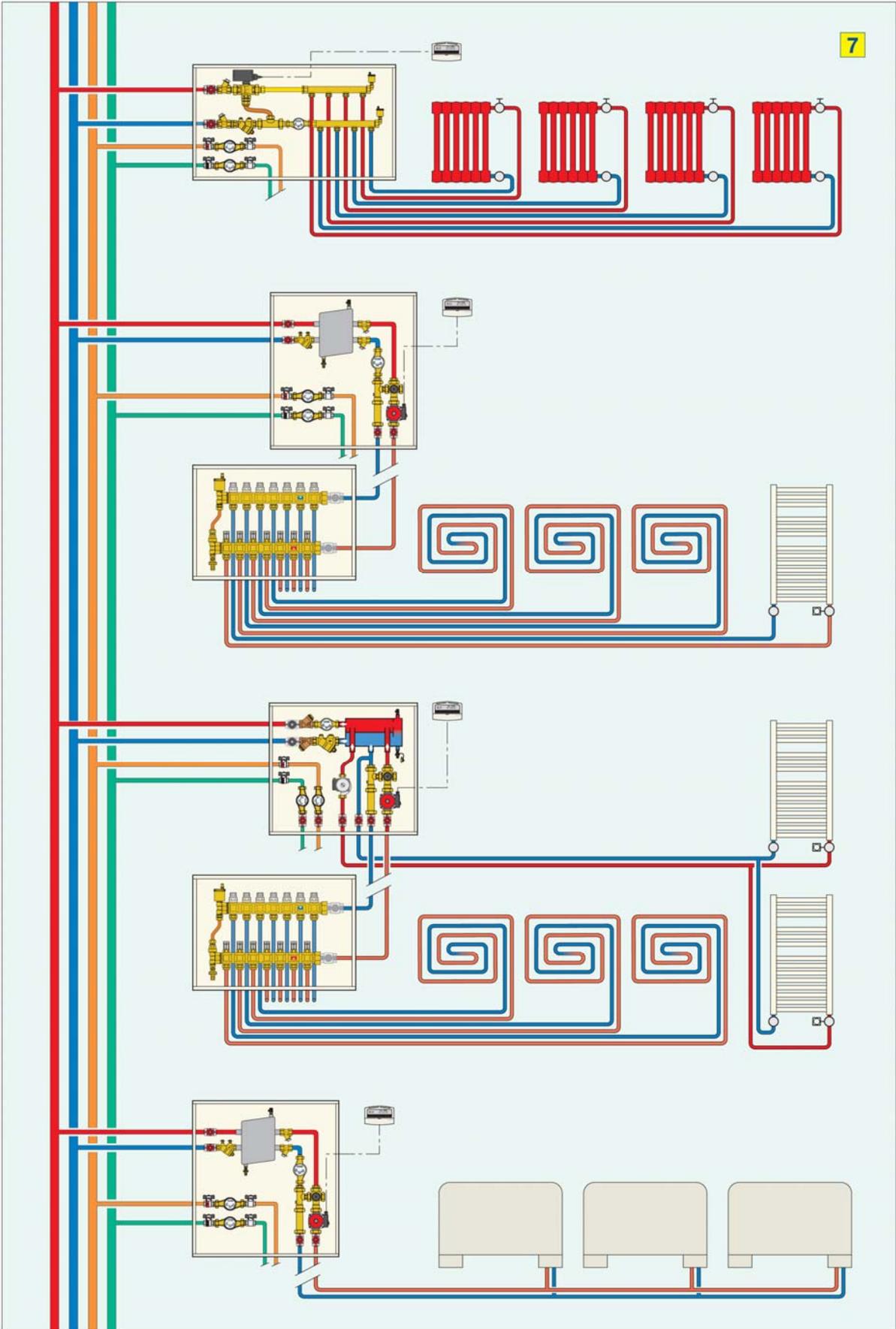


图 7 新建工程：此图表明了一个新建的集中供暖系统在同一立管的方式下可以使用的不同供暖及控制方案。

图 6、7 说明了在集中供暖系统中，通过使用分户式热力模块能够达到不同的供暖方式，实现了供暖的多元化、自动化和人性化。



4.2 二次卫生冷热水系统

二次卫生冷热水系统指冷热水进入用户单元后的分配及调节。以下三个图例表示了不同的解决方案：

图 1 三通切换阀，储热水箱换热，无热水循环式的解决方案。

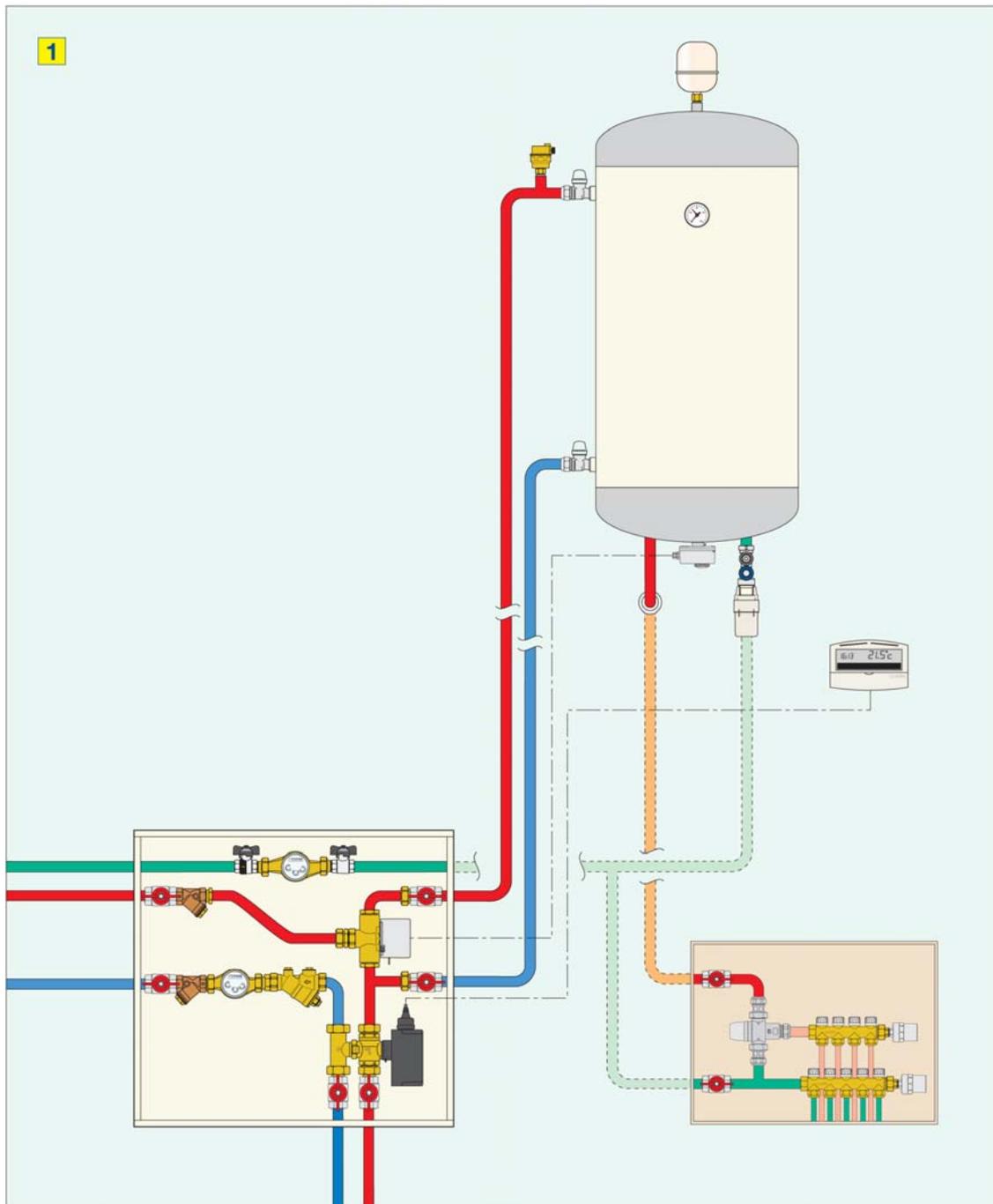


图 2 水力分压式模块，二次回路使用板式换热器，无热水循环式解决方案。

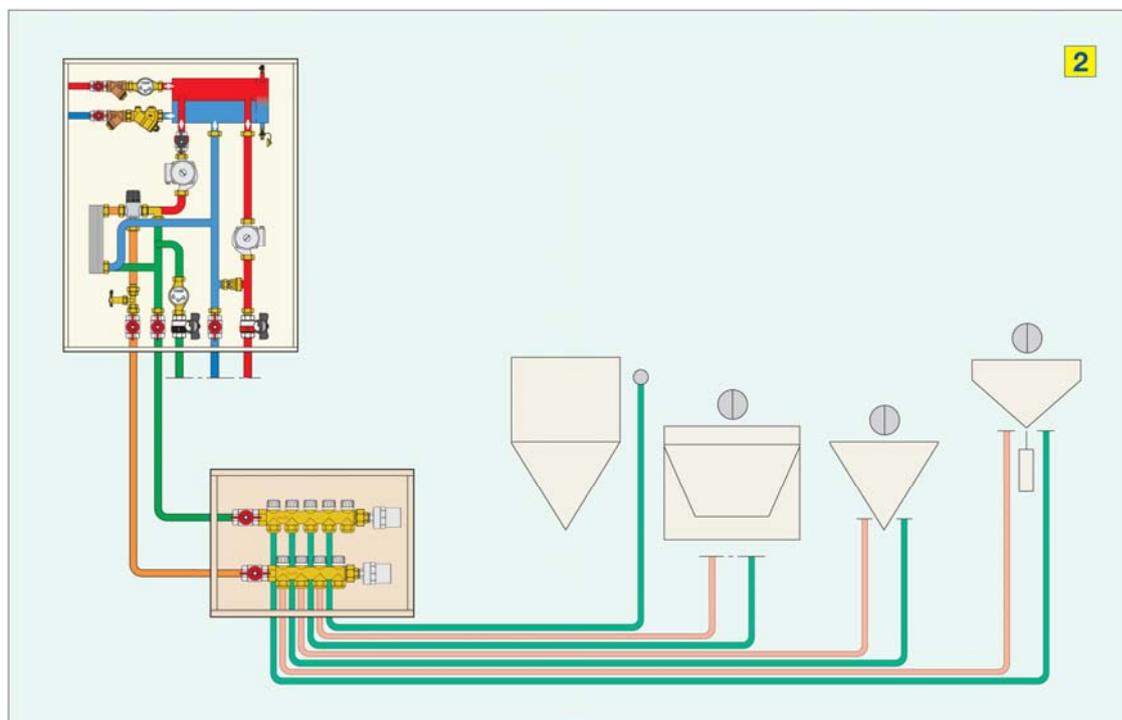
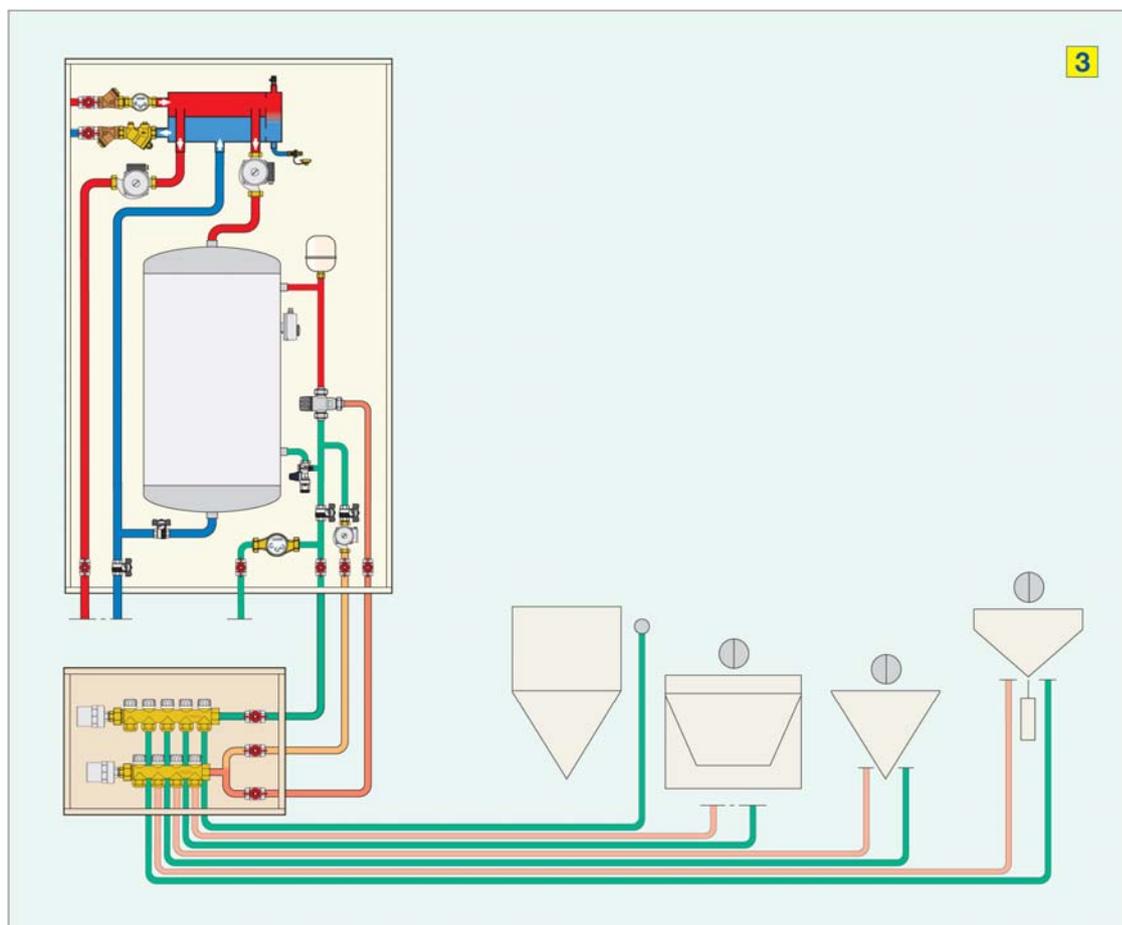


图 3 水力分压模块，内置储热水箱，带热水循环式解决方案。

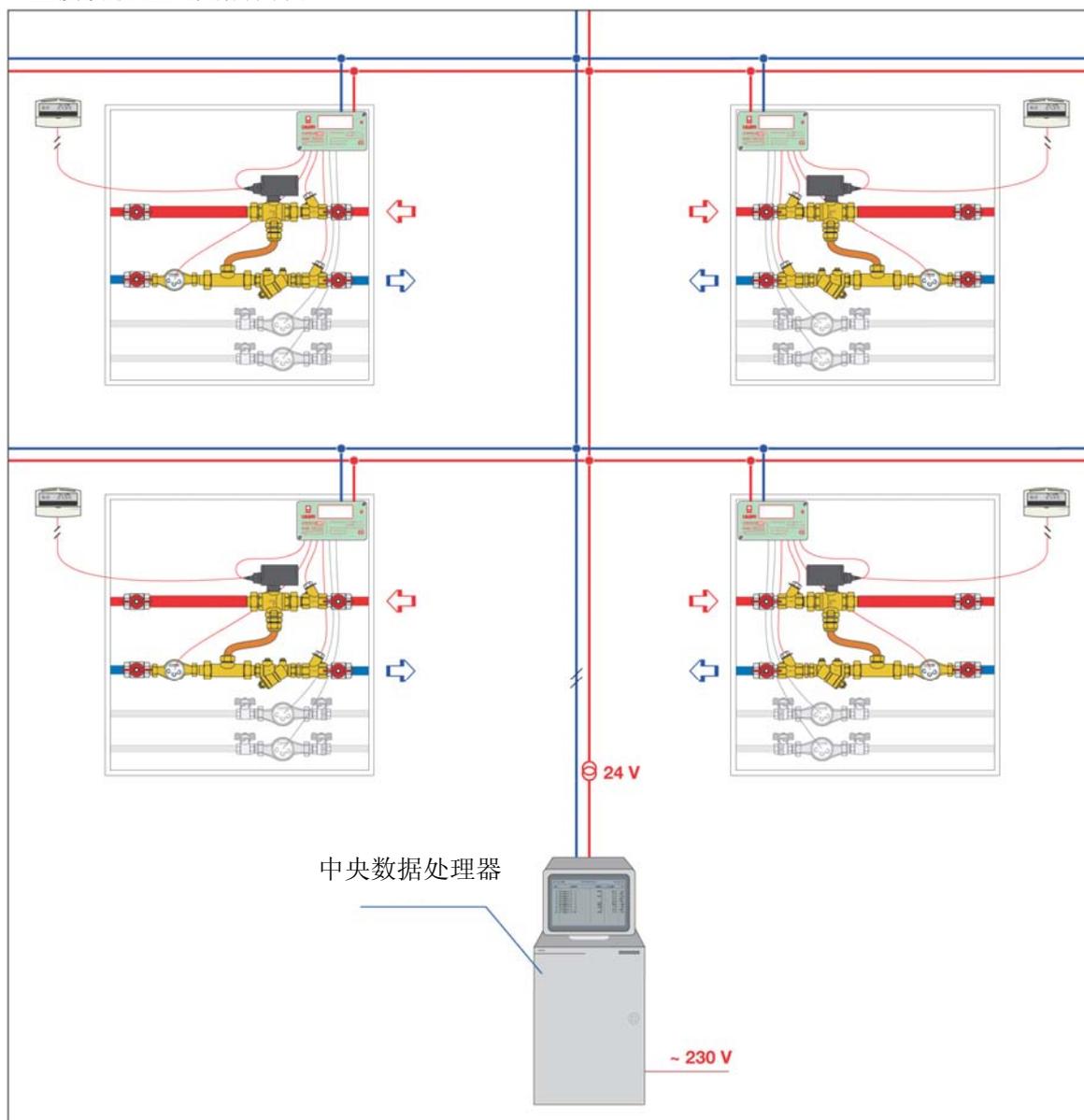


5, 热量消耗的集中计量及自控系统

在使用集中供暖的分户式热力模块内, 实行热计量的集中管理非常有必要。将所有用户热力模块内的热计量表通过数据线连接到中央处理器, 在中央处理器的监视屏幕上能显示以下数据:

- 消耗的热量,
- 瞬时的流量和热量,
- 供回水温度。

直接读取这些数据有利于:



- 很容易比较各热力模块的热消耗情况;
- 通过流量的显示更为简便地进行系统平衡;
- 验证热力模块是否按设计流量运行;
- 分析热力模块不正常工作的原因, 诸如:
 - 调节阀堵塞;
 - 水泵堵塞;

- 平衡阀失调。

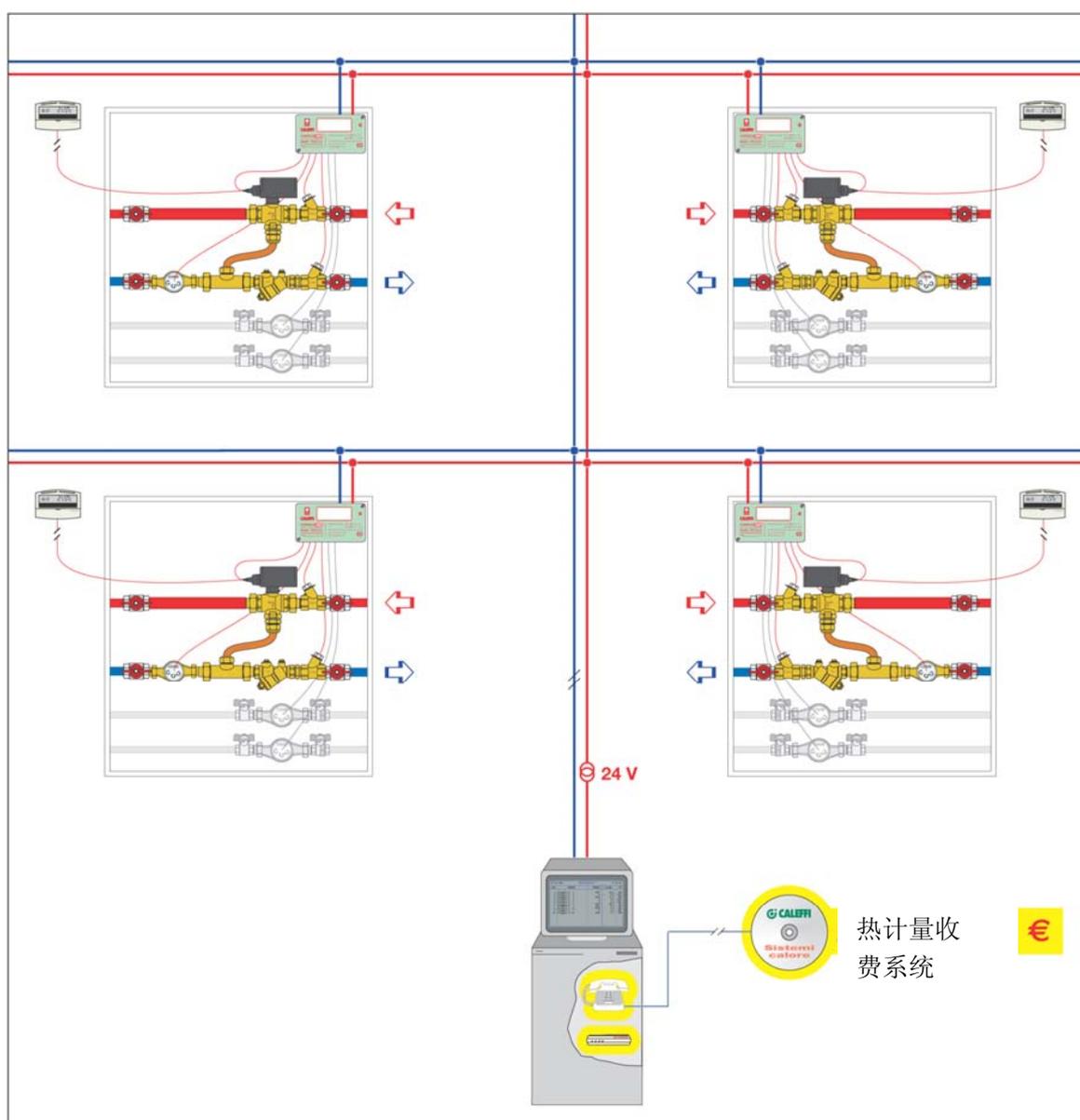
中央处理器能够创建所有用户的热消耗档案，系统的运行时间和工作状况，这样有利于：

- 比较各用户在同一时间段内的热消耗情况，分析出可能的热表失误；
- 通过比较分析得出热表在不正常工作时间段的实际热值；
- 建立历史数据有助于检查出可能的盗用热量行为。

同时，中央处理器还能够跟其它的一些通讯设备或自控设备相连接，实现家庭的自动化控制。

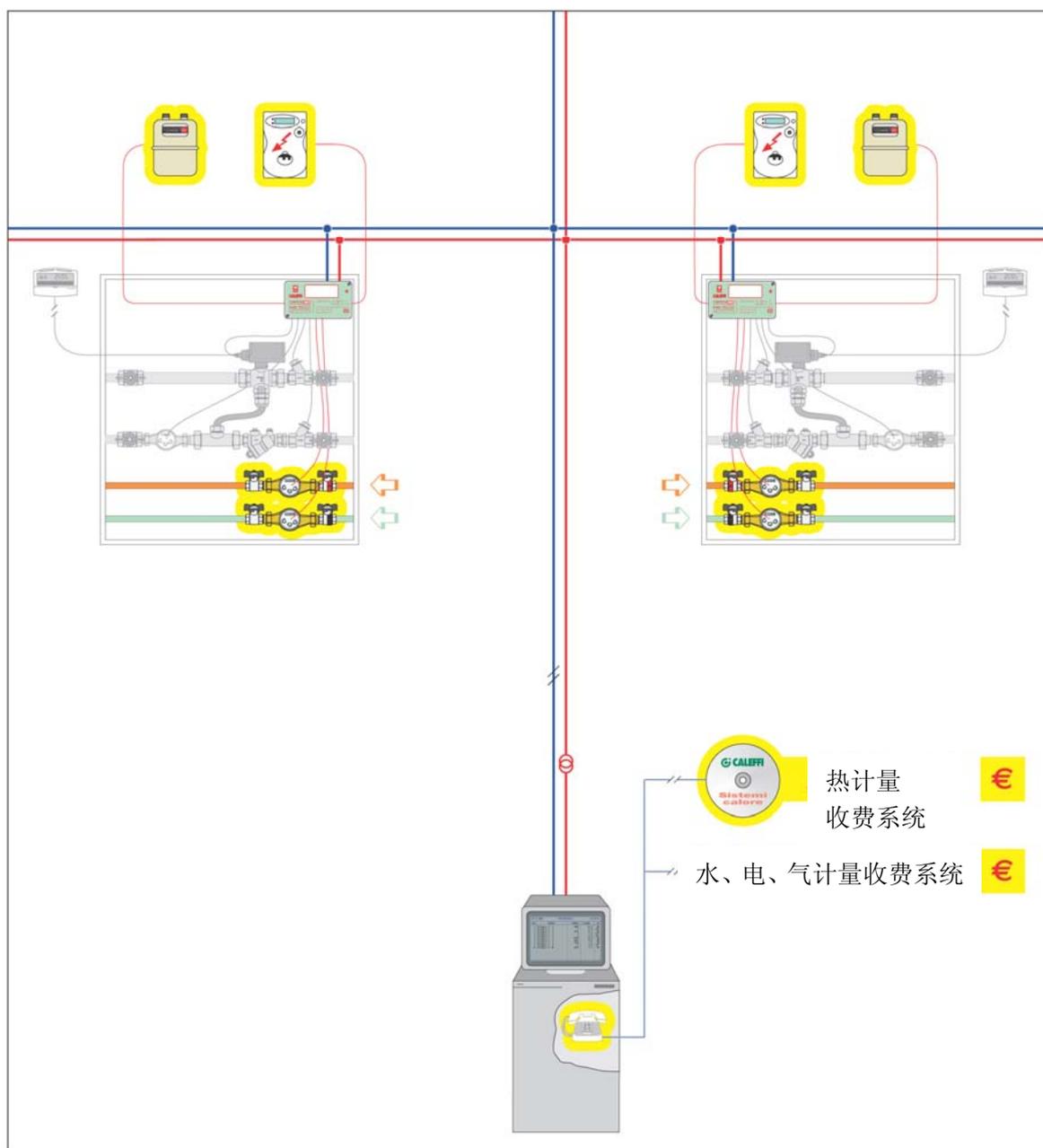
5.1 热量数据的远程传送

如下图所示，通过电话线和调制解调器的连接，可以将所有数据传送到远程抄表系统以便于计量收费。



5.2 其它计量设施的接入

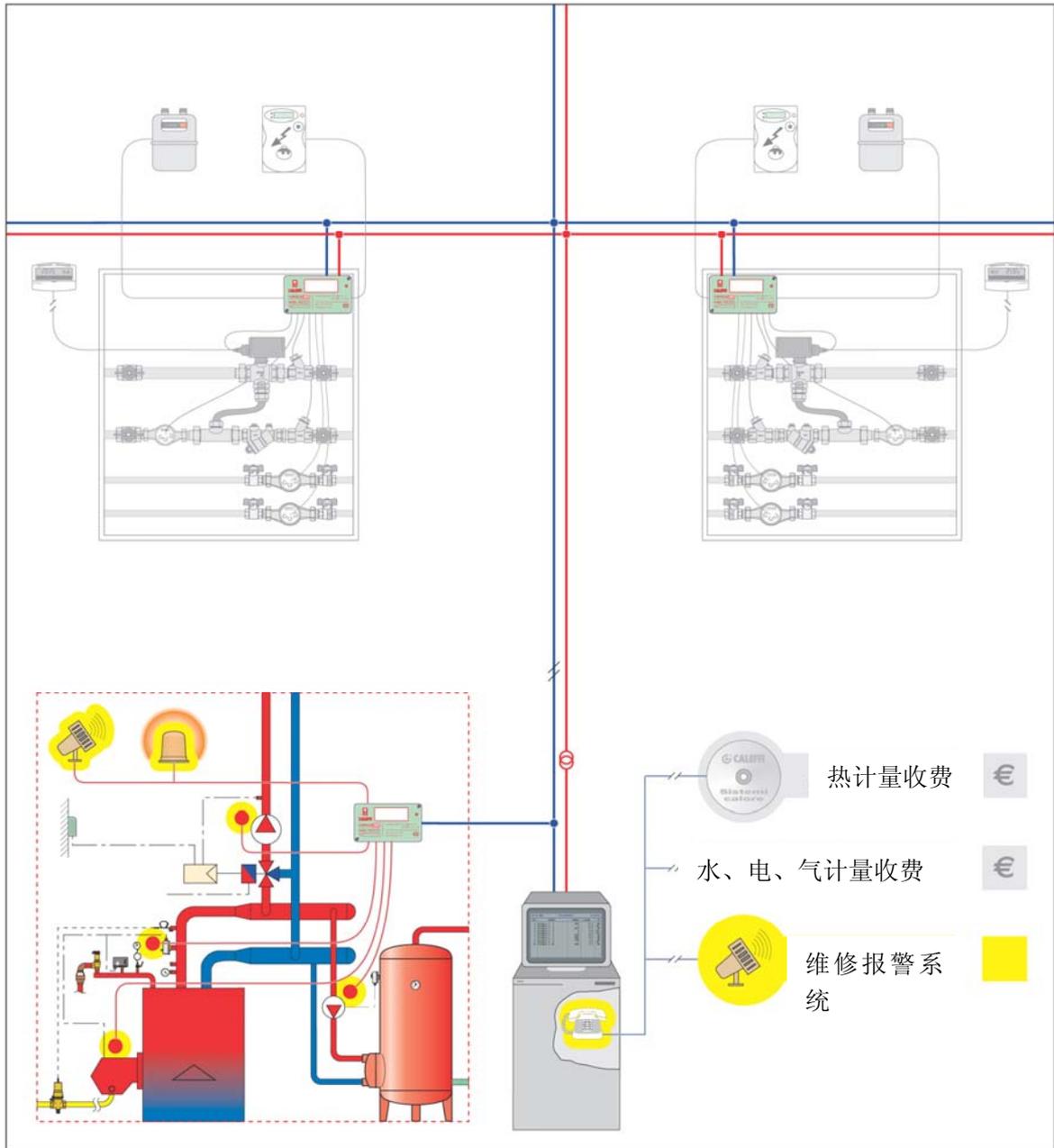
热计量表的电路部分能够接入其它计量设备比如水表、煤气表、电表的数据线，然后把这些数据通过 BUS 线直接输送到中央处理器上，反映出用户消耗的冷、热水量，煤气及用电度数。当然，这些数据还可以传送到远程的抄表系统。



5.3 热力站监控系统

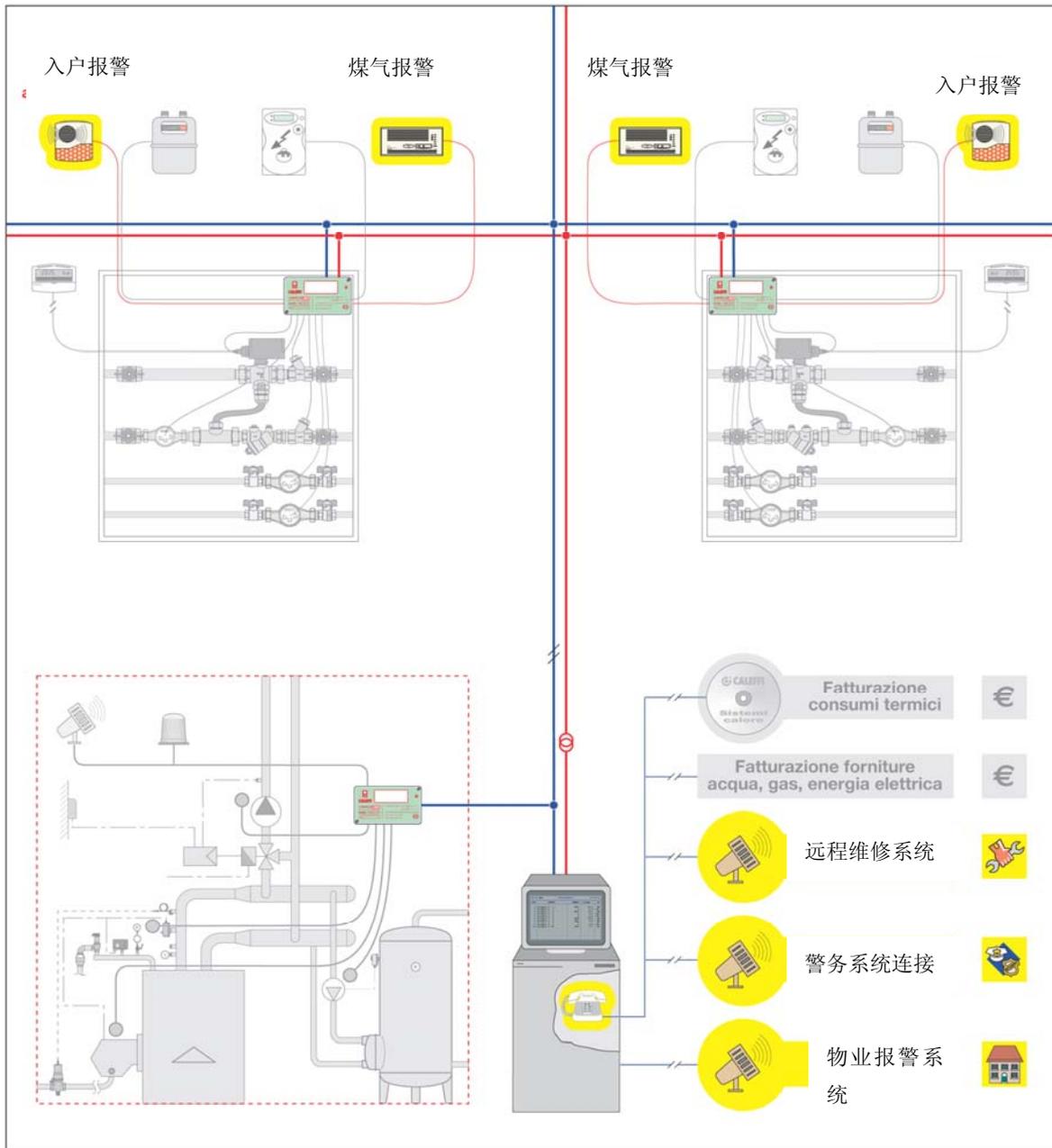
中央处理器还可以实现远程的热力站监控。

比如，可以了解到以下设施是否在正常工作：燃烧器、水泵、压力开关、温度开关等。同时，还可以在热力站内部安装报警器或报警灯，在热力站的被控安全设备出现故障时，报警设备启动，维修人员可以迅速介入维修。



5.4 家庭安防系统

热力模块内的电路板还可以与以下家庭报警设备连接, 比如煤气报警、入室报警、滴漏报警等。当这些报警设施启动时, 远程控制中心的人员能迅速知道是哪一个用户出现了何种状况。



5.5 设备起停的远程控制

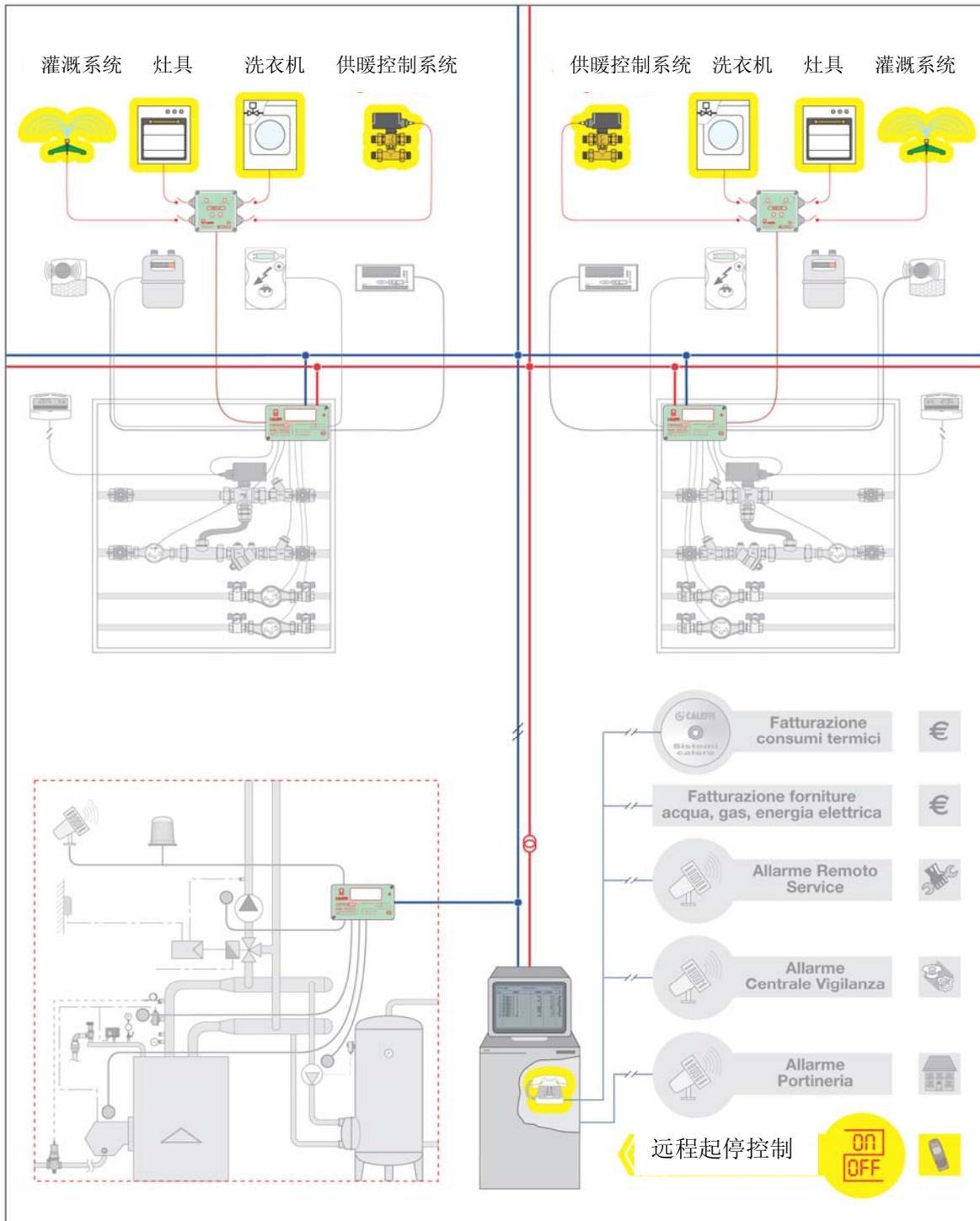
中央处理器还能够远程启动或停止以下家庭设施, 比如: 供暖/制冷系统, 灌溉系统, 厨房电器系统。

与中央处理器连接的电话线路接通后, 只需要输入相应的控制代码就能控制这些设备, 比如:

XXX 代表用户密码

YY 为各设备代码, 如: 01-灌溉系统; 02-灶具; 03-烤箱; 04-洗衣机; 05-洗碗机; 06-供暖; 07-制冷。

Z 为起停代码: 1-开; 0-关。



因此，我们可以看出，分户式热力模块在集中供暖系统中不仅实现了用户不同的供暖方式和卫生冷热水系统，还能够通过信息化的管理，实现了楼宇自动化控制。

Caleffi Idraulica N. 26---Ing. Marco Doninelli, Mario Doninelli, Ezio Prini