——热泵冷暖应用研讨

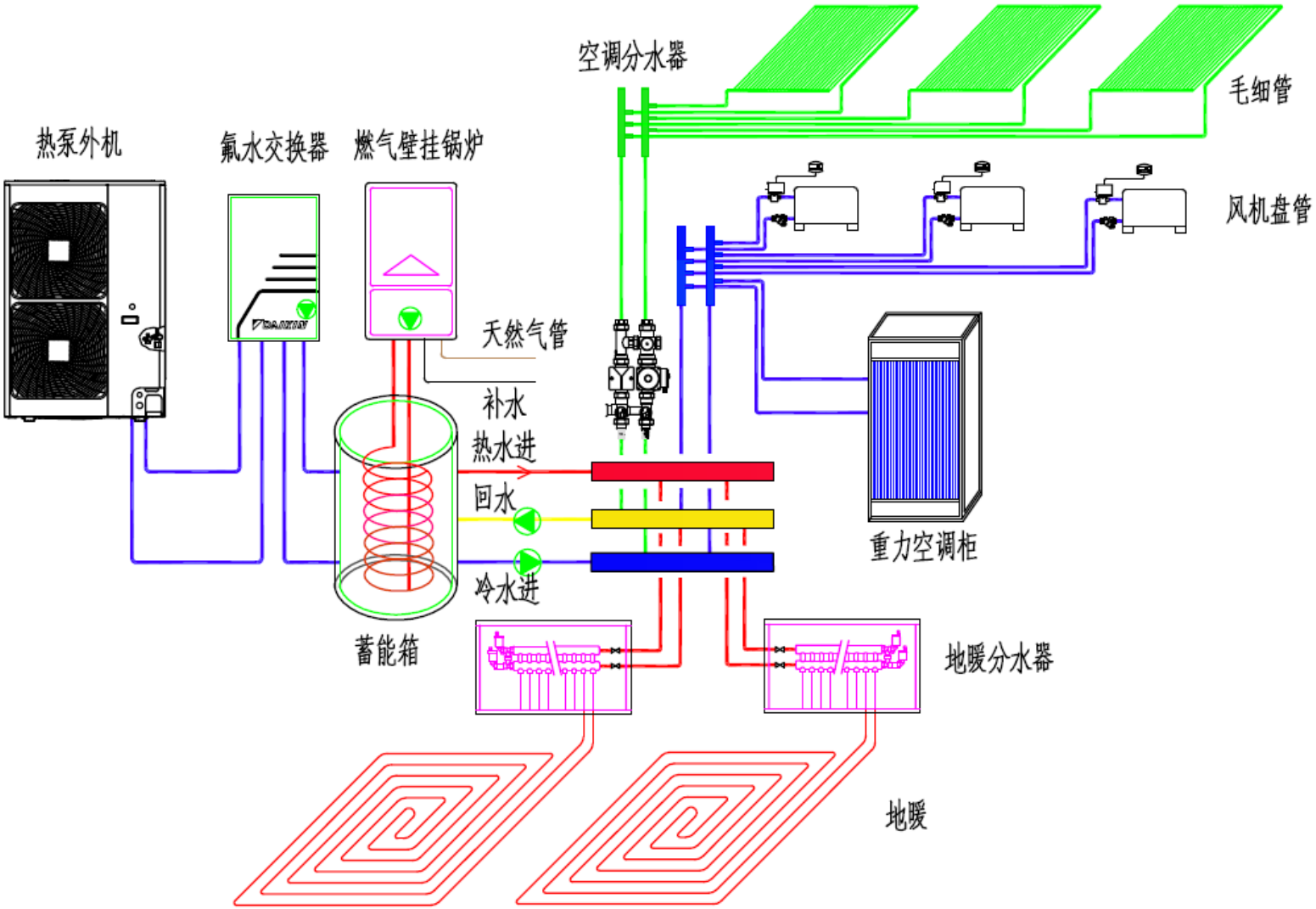
（南京热泵大讲堂——地暖部分）

重庆温馨时代暖通设备有限公司
成都温馨时代暖通设备有限公司
总工程师　郭春雨

热泵地暖应用培训大纲

- 1.热泵的工况条件
- 2.地暖的工况条件
- 3.地暖与空气能热泵匹配的优势
- 4.热泵热源与地暖末端匹配潜在的冲突（或不利条件）
- 5.解决热泵与地暖不匹配的具体措施
- 6.热泵地暖系统的水力计算
- 7.热泵地暖系统的设计选型
- 8.地暖（新型地暖末端）施工工艺介绍
- 9.分享热泵地暖的应用案例

空气源热泵与燃气壁挂炉及毛细管末端与高效地暖末端的应用



- **前言——南方采暖传统热源壁挂炉**
- 在长江流域的南方采暖市场，燃气壁挂炉是分户供暖系统的主要热源形式。
- 壁挂炉以其小巧、安装方便，智能化程度高，节能、安全得到和行业从业者的认同和用户的青睐。低温热水辐射地板采暖作为发展最快供暖末端形式在南方地区也得到很快的普及。某种意义上说，是燃气壁挂炉促进了南方分户采暖行业峰发展。

- **前言——南方采暖新冷热源设备热泵**
- 空气能热泵是一种较新的冷暖热源。早期的热泵主要是用在热水系统上，是缺少燃气能源的地区非常高效的一种新能源设备。
- 随着地暖这种低温供暖技术的成熟和发展，使得热泵这种低温热源的作为采暖系统热源得到了关注和发展。但由于的热泵工况及低温热水辐射地板采暖工况的了解不够，使得应用中也出现了许多问题。我们需要讨论如何优化和提高热泵匹配地暖系统，充分发挥热泵节能和地暖舒适的优势。

- **前言——壁挂炉及地暖工况**
- 在燃气壁挂炉地暖系统应用中，我们通常形容壁挂炉的工况是“小流量、大温差”（壁挂炉工况△T=25K），地暖末端工况则是“大流量、小温差”（地暖工况△T=10K）。在分户供暖系统使用壁挂炉应用于地暖末端时，就出现了热源与末端的冲突或是不匹配的问题。而这种问题是很常见的，并由此带来了许多困扰和失败案例。

- **前言——热泵及地暖工况**
- 但在热泵地暖系统的应用中，我们形容热泵主机是“大流量、小温差”（热泵工况△T=5K），而地暖末端则是“小流量、大温差”（地暖工况△T=10K）。相比较壁挂炉地暖系统而言，热泵地暖系统需要更大的循环流量。由于热源与末端的不匹配，热泵地暖系统的最初应用也同样出现了大量的应用失败案例。这甚至是早期一些大型企业推广热泵地暖系统不利的主要原因。

◆壁挂炉地暖系统与热泵地暖系统的区别

- 壁挂炉地暖系统工况特点：
- 热源（壁挂炉）温差大（△T=25K）
- 末端（地暖）温差大（△T=10K）
- 热源高温出水（T≥70℃），大温差（△T=25K），小流量运行
- 末端低温进水，小温差，大流量运行

◆壁挂炉地暖系统与热泵地暖系统的区别

- 热泵地暖系统工况特点：
- 热源（热泵）温差小（△T=5K）
- 末端（地暖）温差大（△T=10K）
- 热源低温出水（T≤50℃），小温差（△T=5K），大流量运行
- 末端低温进水，小温差，大流量运行

壁挂炉、热泵及地暖工况参数

	热源		末端	
供暖项目	壁挂炉	热泵	传统地暖	高效地暖
出水/供水温度（℃）	80	40	60	40
进回水温差（℃）	25	5	10	5
流量系数	1	5	2.5	5

◆结论一：

- 满足相同的供暖需求，采用热泵作为热源较壁挂炉热源需要满足更大的循环流量

- $G_R = 5\ G_B$

热泵作为热源需要的流量相当于壁挂炉热源设计流量的5倍

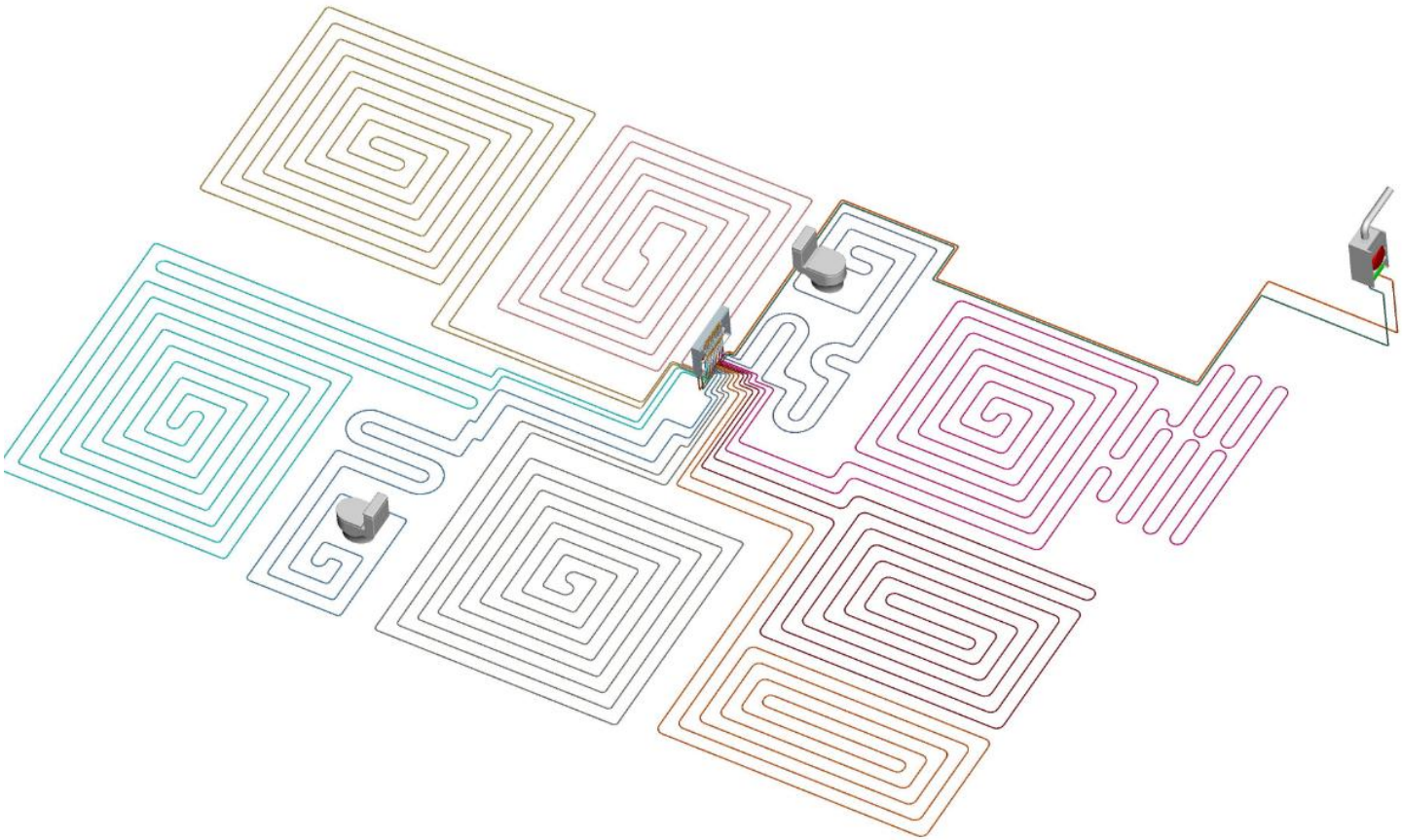
-

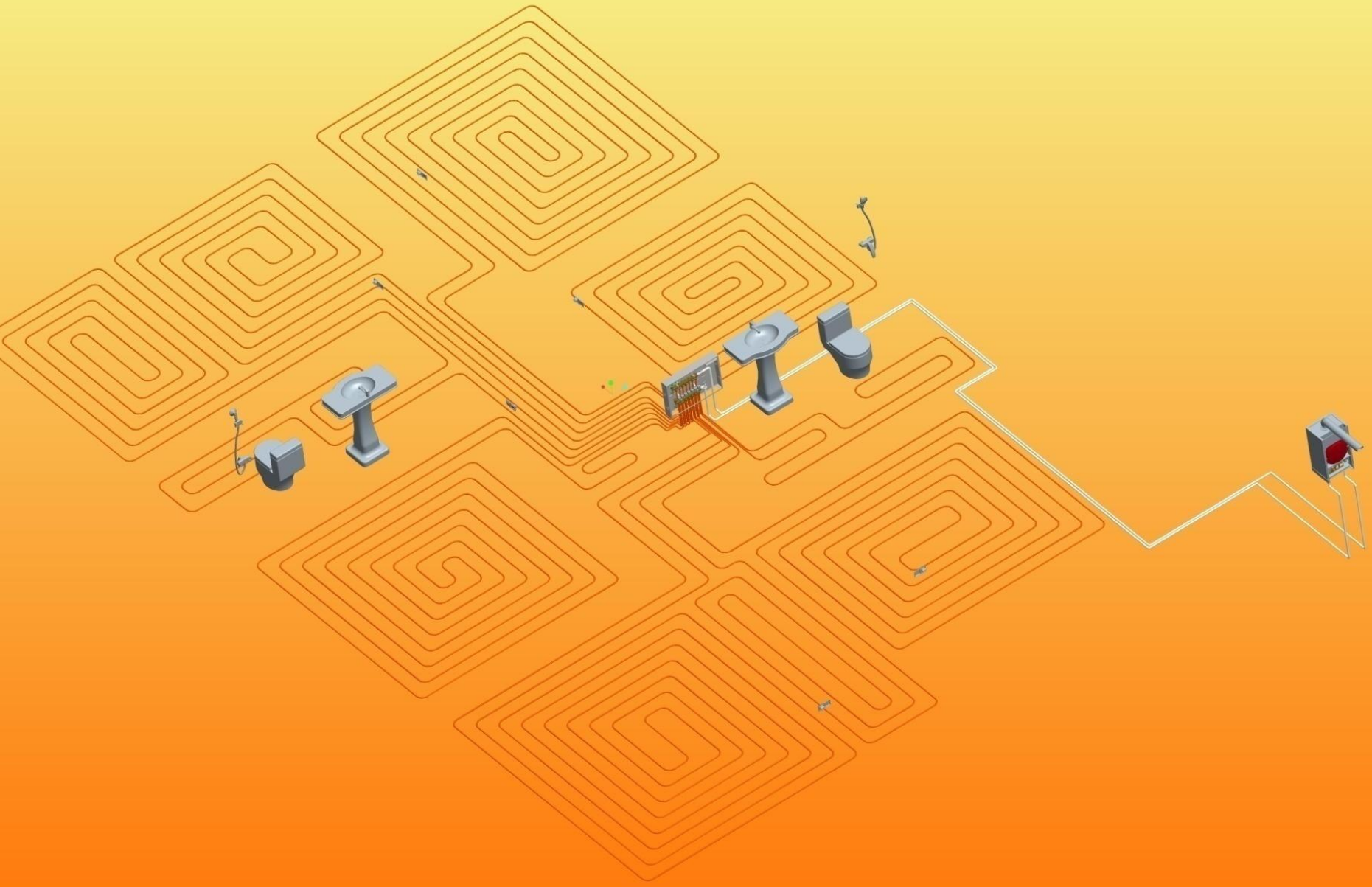
◆结论二：

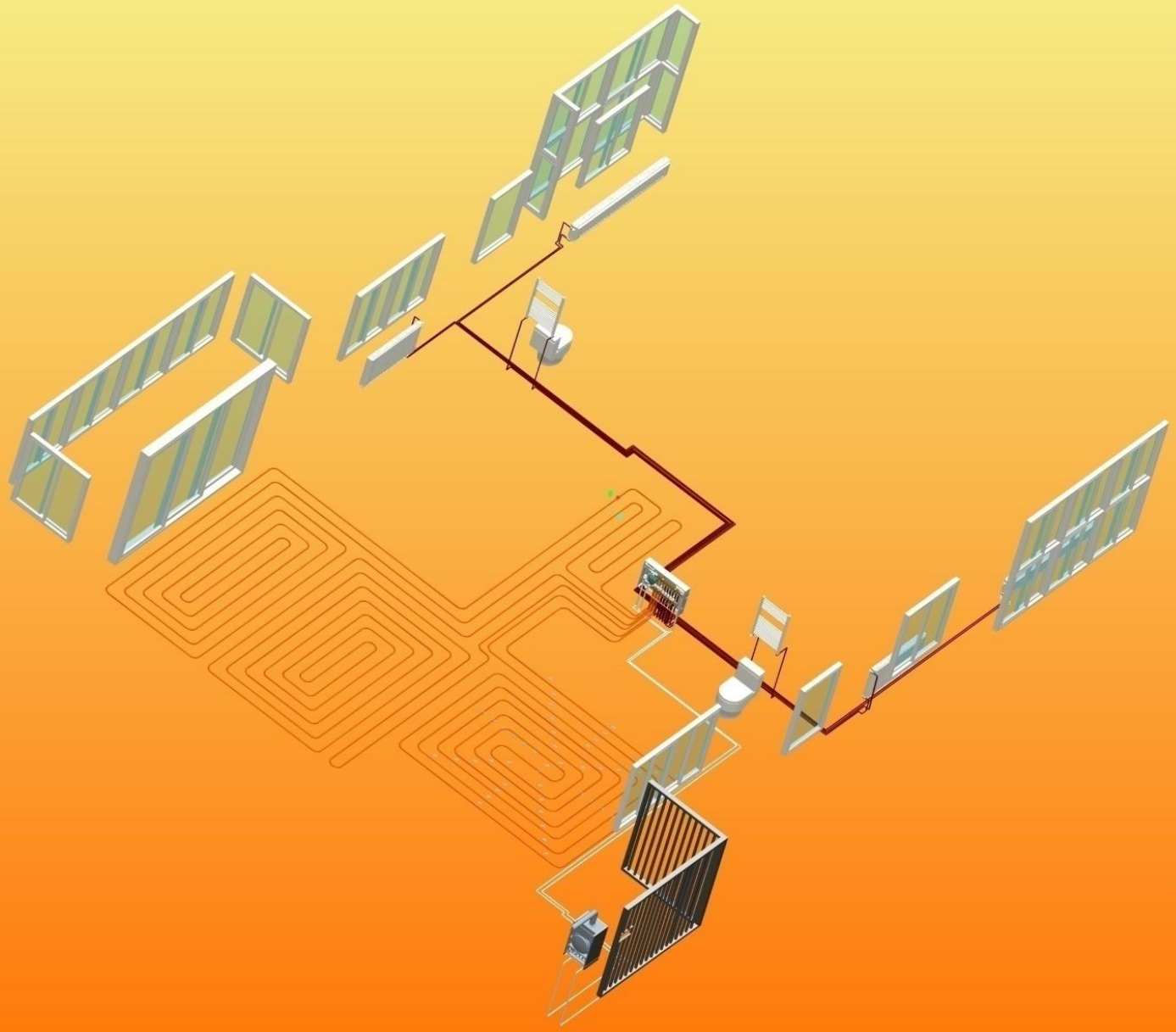
- 热泵地暖系统案例中，没有合理匹配热泵流量，或是系统设计不合理，总水阻力大，没有满足系统工况条件是失败的主因。

- **前言**
- 综上所述，热泵匹配地暖系统也需要进行合理匹配和优化。我们需要认真了解热泵热源工况及地暖末端工况，精确水力计算和合理建构热泵地暖系统。只有这样才能够打造出充分发挥热泵节能效能和地暖舒适效果的冷暖系统。

地暖系统示意图







◆ 热泵工况特点

以15KW空气能热泵（5匹机）为例：

最大输出13000kcal/h，剩余扬程？m，进回水温差为：3K～5K。

需要流量4300L/h～2600L/h（＜3000 L/h ）

考虑到系统阻力损失，我们选定空气能热泵的最佳运行工况为：

流量： G=3000L/h

温差： △T=5K

根据以上分析，我们总结空气能热泵工况特点为：

“低温出水，大流量、小温差”

15KW空气能热泵最佳的运行工况条件为：

出水温度35～45℃，流量G=3000L/h，温差△T=5K

所以，我们在选择空气能热泵热源时就需要考虑满足以上工况条件。

◆ 壁挂炉工况特点

以24KW壁挂炉为例：

最大输出20000kcal/h，剩余扬程3m，有效流量800L/h～1000L/h

这样我们就能计算出其最佳进回水温差为：20K～25K。

考虑到系统阻力损失，我们选定壁挂炉的最佳运行工况为：

流量： G=800L/h

温差： △T=25K

根据以上分析，我们总结燃气壁挂炉工况特点为：

“高温出水，小流量、大温差”

燃气壁挂炉最佳的运行工况条件为：

出水温度70～80℃，流量G=800L/h，温差△T=25K

所以，我们在选择燃气壁挂炉作为热源时就需要考虑满足以上工况条件。

◆ 低温热水地暖工况特点

1) 低温热水地面辐射供暖系统供水温度计温差：

- 根据JGJ142-2012《地暖辐射供暖技术规程》“第3.1.1条 低温热水地面辐射供暖系统的供、回水温度应由计算确定。民用建筑供水温度宜采用35～50℃，不应超过60℃，供、回水温差宜小于或等于10℃”。
- 常规地暖系统要求的工况条件如下：“加热管采用PE-X管、PERT或PB管、外径为20mm、填充层厚度为50mm、绝热层厚度20mm和供回水温差10℃”。

◆ 低温热水地暖工况特点

2) 地暖盘管中热媒水的流速及流量：

- 根据JGJ142-2012《地暖辐射供暖技术规程》“第3.5.6条加热管内水的流速不宜小于0.25m/s”，同时亦不宜大于0.8m/s”。
- 通过已知条件计算，我们可以得出每一地暖盘管支路流量≥180L/h。
-

3) 地暖盘管中热媒水的阻力损失：

- 根据JGJ142-2012《地暖辐射供暖技术规程》“第3.5.2条连接在同一分、集水器上的同一管径各环路加热管的长度宜尽量接近，并不宜超过120m”。

结合以上技术要求，我们可以设定已知条件，并计算管路阻力损失：

	流量	流速	管长	管损
	(L/h)	(m/s)	(m)	(m)
D16 地暖管材	180	0.25	120	3.00
D20 地暖管材	180	0.44	120	0.78

120米管长管损计算表

	流量	流速	管长	管损
	(L/h)	(m/s)	(m)	(m)
D16 地暖管材	180	0.25	100	2.55
D20 地暖管材	180	0.44	100	0.66

100米管长管损计算表

◆ 低温热水地暖工况特点

通过上表我们得到计算结果：

Dn20地暖盘管：长度:L=120m长度，流速:v=0.25m/s，流量:G=180L/h，

环路压损: △P=0.78m/120m；

Dn16地暖盘管：长度:L=120m长度，流速:v=0.44m/s，流量:G=180L/h，

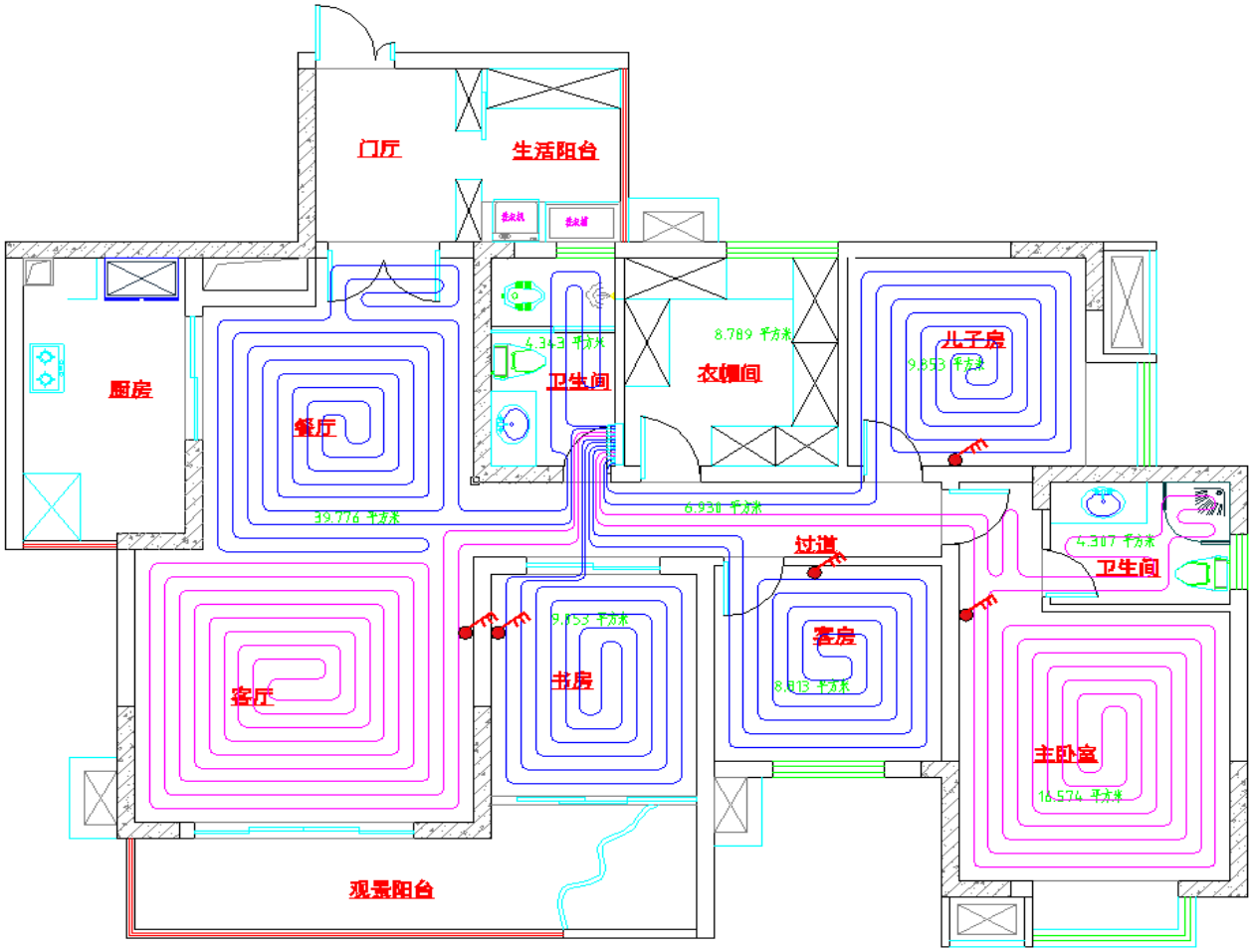
环路压损: △P=3.00m/120m。

根据以上分析，我们总结地暖系统工况特点为：

“低温进水，大流量、小温差”（对应壁燃气挂炉），或

“低温进水，小流量、大温差”（对应空气能热泵），

即：进水温度35～50℃，进回水温差：△T=10K


门厅
生活阳台
厨房
餐厅
39.776 平方米
4.343 平方米
卫生间
8.789 平方米
衣帽间
儿子房
9.853 平方米
6.930 平方米
过道
4.307 平方米
卫生间
客厅
9.853 平方米
书房
客房
8.813 平方米
主卧室
16.574 平方米
观景阳台

地暖盘管图

◆热泵应用于地暖系统中的常见问题分析

1、热泵主机频繁启停、高压保护：

- 由热泵直供地暖末端，热泵内置循环泵作为系统循环动能。由于热泵主机自身阻力损失较大及地暖系统阻力损失较大，系统的总阻力损失是很大的。
- 如果系统水力设计及管路设计不合理，就会出现主机热泵循环动能不足，造成系统流量不足，机内换热不充分，无法有效交换热量，主机高压保护停机。温降（或温升）后主机再次启动，又迅速过热停机，周而复始，频繁启停。甚至会出现损伤压缩机的严重故障。

◆热泵应用于地暖系统中的常见问题分析

2、热泵进回水温差大问题：

- 在热泵直供地暖系统中，由于系统阻力损失大，如地暖盘管过长、地盘管管径过小，以及阀门配置不当或管路系统施工不合理等，都会造成系统阻力损失过大。而热泵循环动能不足，使得系统流量过小，造成热泵进回水温差过大。进回水温差大不利于热泵主机的有效工作，也可能会使得主机故障率增加，在是系统设计、施工要注意防止此类不利情况出现。

◆热泵应用于地暖系统中的常见问题分析

3、热泵出力不足问题：

- 常见的热源与末端直供的地暖系统，如果系统总阻力损失过大，或是水泵配置过小循环不足，都可能造成热泵主机出力不足（输出功率不足），热输出能力下降。
- 在南方分户采暖系统中，由于多使用分室控温，当温度陆续达到设定室温，温控器会关停部分水路。或是用户时常会根据使用情况开启或关闭不同房间水路。这样就可能造成系统总流量下降，热泵主机也会出现频繁启停的情况，造成出力不足输出功率不够。

◆热泵应用于地暖系统中的常见问题分析

4、系统能耗高问题：

- 循环不足、频繁启停，以及热泵长期运行在低负荷状态下都会造成热泵不能输出有效热量，能源利用率低、能耗高。另外热源与末端匹配不好，水力失调，局部过流、局部欠流也是造成热源“能量”不能有效转换成为末端“热量”的问题，造成系统能耗高。

◆热泵应用于地暖系统中的常见问题分析

5、系统故障率高的问题：

- 在热泵地暖系统的应用中，施工单位调试中发现系统运行情况不佳，通常采用增加外置循环泵的方法，如果还是循环效果不佳，就更换高扬程水泵强行驱动。当满足了系统“大流量、小温差”的工况条件后，热泵主热交换器内则流速过高，也可能造成系统温差过小换热效率下降的问题。
- 如果外置泵与热泵内置泵参数不同还易造成水泵冲突，影响热泵内置泵使用寿命；
- 串联水泵扬程过高还会造成三通切换阀工作压差增大，三通阀会出现啸叫、共振等问题，三通阀故障率增加；
- 如果是分室控温地暖，或是客户部分区域使用，只开一个或两个末端环路的情况下，环路水阀两端压差过大，易产生共振、啸叫等问题，阀门也容易出现的故障。

◆热泵应用于地暖系统中的常见问题分析

6、热泵系统效率低的问题：

- 热泵在高温工况条件下效率低。经常由于热泵地暖系统设计、施工不合理，造成主机出力不足升温慢。调试者通常调高主机出水温度，这样系统综合效率较低。
- 热泵主机长期工作在低负荷（部分负荷）状态下，运行效率低。由于分室控温的控制，或是用户的启停操作，各支路不断启停，使得热泵主机经常工作在部分负荷状态下，系统效率低。
- 热泵采暖系统中，水泵的配置也是影响系统综合效率的因素之一。水泵的流量不足，可能造成主机出力不够或频繁启停；水泵流量过大则带来水泵电功耗大，影响系统综合效率的问题。

◆热泵应用于地暖系统中的常见问题分析

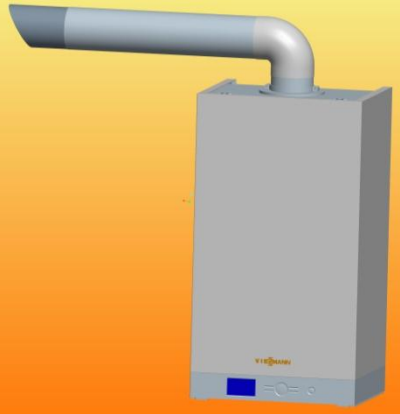
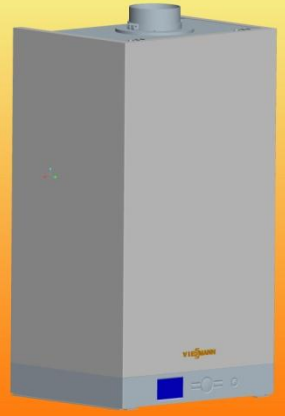
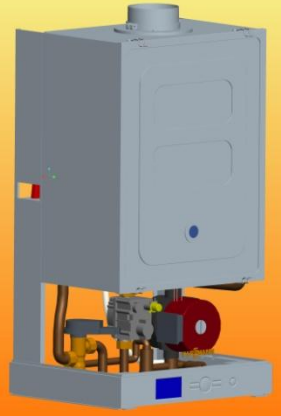
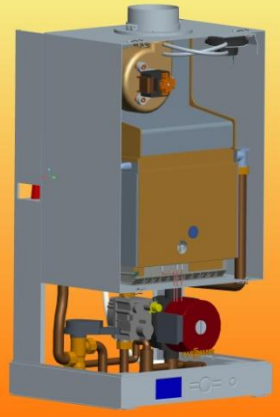
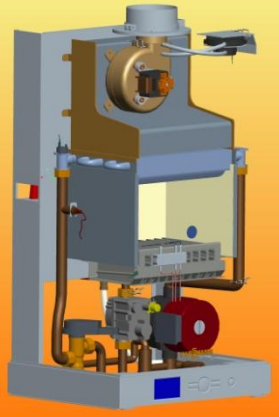
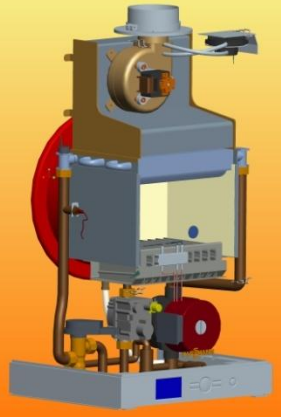
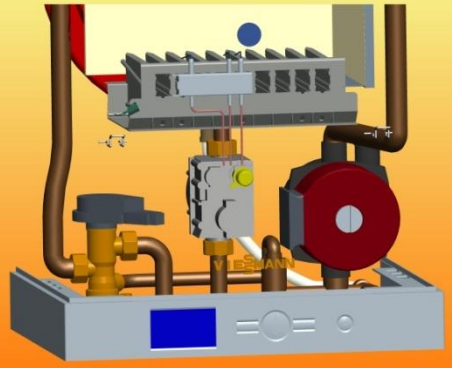
7、地暖局部不热问题：

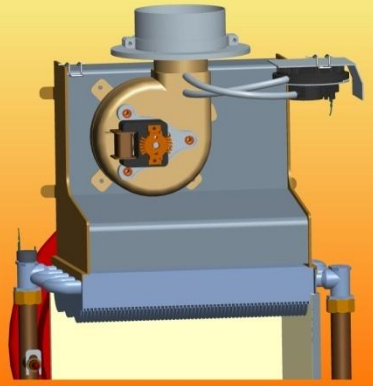
- 地暖局部不热的情况还是很常见的现象，比如两层建筑，分别给每层供热都可以升温，而全部供暖时则会有一层不热，或者是整体供暖时有局部不热。这主要还是循环不足，或者水力失调，造成局部循环不畅，无法将热量带到需要升温的空间。

◆热泵应用于地暖系统中的常见问题分析

8、地暖升温慢问题：

- 通常大家会说“地暖升温慢”，但过慢也是不正常的。
- 地暖升温慢的主要原因就是系统循环不足造成的热泵出力不够，影响了输出功率。通常配置的热泵需要保证设计的输出功率要满足末端负荷的需要。同时水力系统还需要满足速配的需要，保证循环流量传递热量的需要。



◆ 如何优化热泵与低温热水地暖系统

JGJ 142-2004《地暖辐射供暖技术规程》中规定“第3.1.4条　无论采用何种热源，低温热水地面辐射供暖热媒的温度、流量和资用压差等参数，都应和热源系统相匹配；同时热源系统应设置相应的控制装置，满足地暖系统运行与调节的需要”。

◆ 如何优化热泵与低温热水地暖系统

1、二次系统：

- 为克服热泵主机与地暖末端的工况冲突，采用二次系统将系统“分割”成为热源侧和末端侧。这样热源侧热泵可以工作在自身的最佳工况下。
- 避免热泵长期低负荷（部分负荷）状态下运行，热源侧（一次侧）运行在全负荷（100%负荷）状态下，控制热源侧运行流量不变、进回水温差不变，输出负荷的变化只改变运行时间来实现，杜绝热泵在部分负荷状态下长期运行，有利于发挥热泵热效率；
- 末端侧（二次侧）循环动能可以根据末端计算参数配置，遵循满足设计流量条件下配置最小动能原则，既可以降低水泵功耗，也可以控制过大水泵带来的成本增加和噪音增大等问题。
- 末端侧（二次侧）负荷变化时热源侧（一次侧）只改变工作时长，流量不变、温差不变，这样也有利于延长热源设备寿命。

◆如何优化热泵与低温热水地暖系统

2、混水系统：

- 混水系统可以有效的解决燃气热泵“高温出水”与地暖“低温进水”的矛盾，充分发挥热泵在全负荷状态向运行效率高的优势，又满足了地暖“低温供暖”的需要。所以设计热源侧（一次侧）高温出水、末端侧（二次侧）由混水系统将水温控制在设计进水温度。

◆ 如何优化热泵与低温热水地暖系统

3、动力分散系统：

- 在别墅等大面积分户供暖系统中，由于末端侧（二次侧）采暖面积大，需要的循环流量较大。如果配置较大的末端侧（二次侧）循环动能，在部分使用或小面积供暖时，就会出现啸叫、共振等噪音，以及局部过流等问题，不利于节能。还会使得水泵电功耗无谓浪费和出现过载的可能。
- 可以将较大的末端侧（二次侧）分解成两个或是多个末端侧（二次侧），分别配置循环动能，水泵选型应遵循“满足设计流量的最小动能”原则。这样当某区域有采暖需求时，区域动能工作，只需满足局部流量需要即可，既降低了水泵电功耗，也克服了水泵噪音和阀头噪音等问题，还降低了部件故障率。

◆ 如何优化热泵与低温热水地暖系统

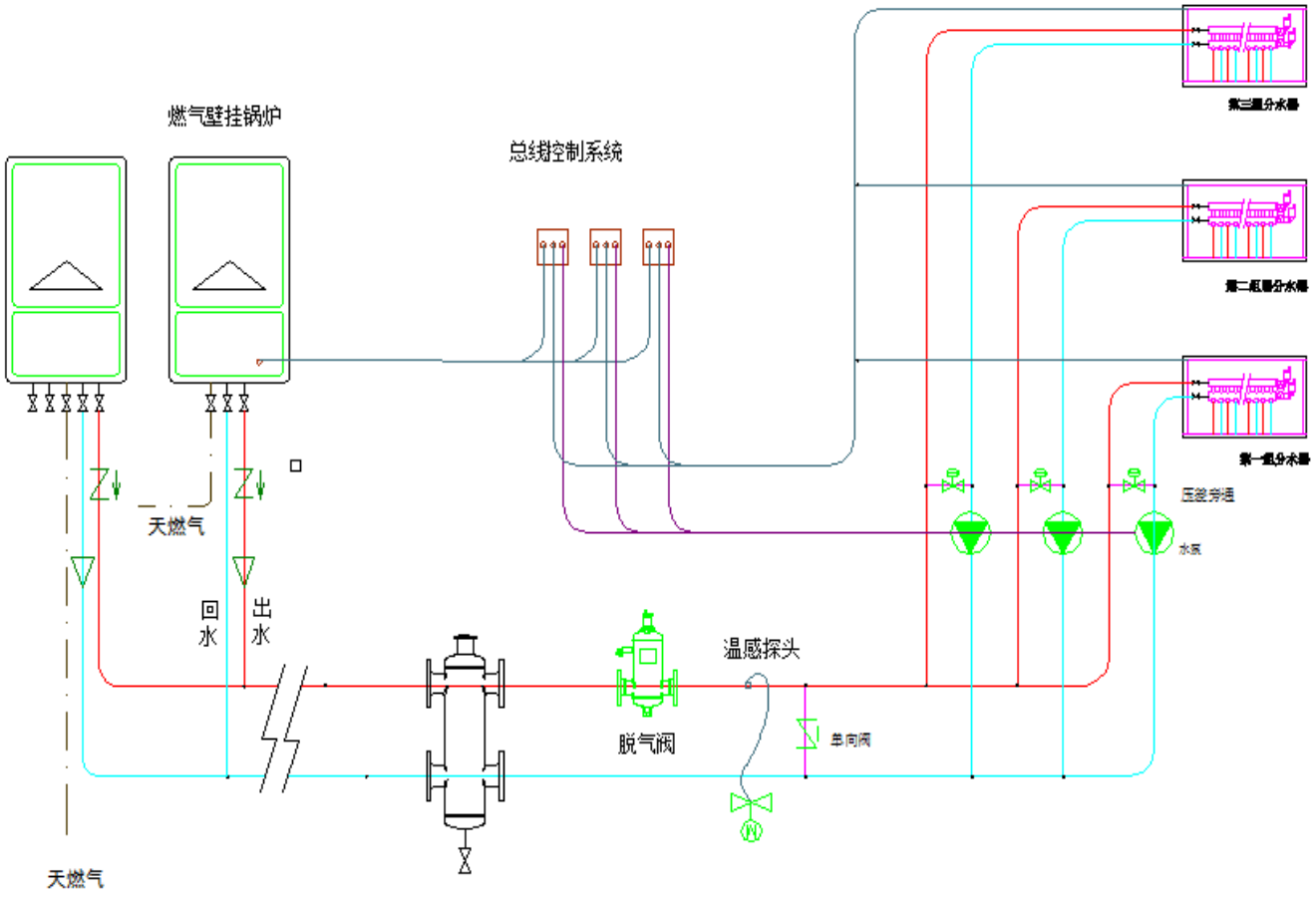
4、总线控制系统：

- 分室控温的地暖系统，设计二次系统和动力分散系统后，系统的智能化控制就非常必要了，我们建议采用总线温控系统。
- 当某个室内空间有采暖需求需要启动时，通过中央控制器将启动信号传递给区域动能和热源，主机启动、区域水泵启动、支路阀门执行器打开，房间开始升温；当其他区域也有采暖需求需要启动时，通过中央控制器将启动信号传递给相应的区域动能和热源，主机启动、区域水泵启动、支路阀门执行器打开，房间开始升温。
- 当某区域最后一个房间温度达到设定值，或是需要关停时，则其对应的区域动能关停；当所有房间温度达到设定值，或是需要关停时，则所有的区域动能关停、主机也关停。

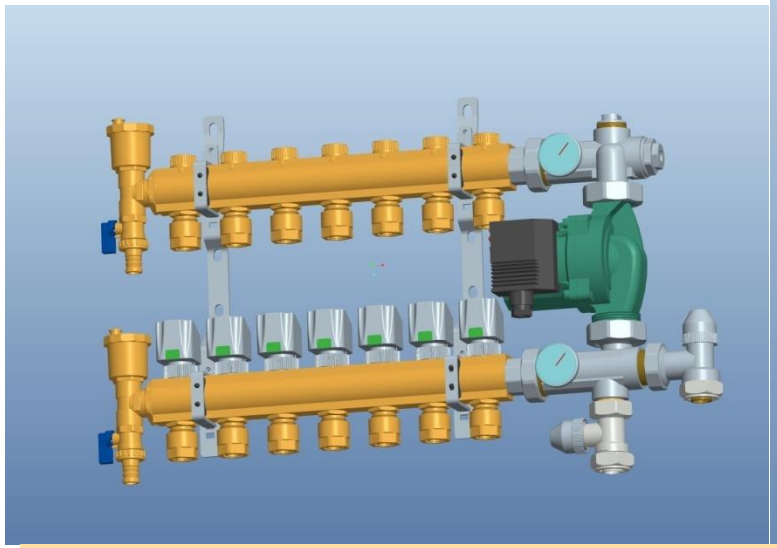
◆ 如何优化热泵与低温热水地暖系统

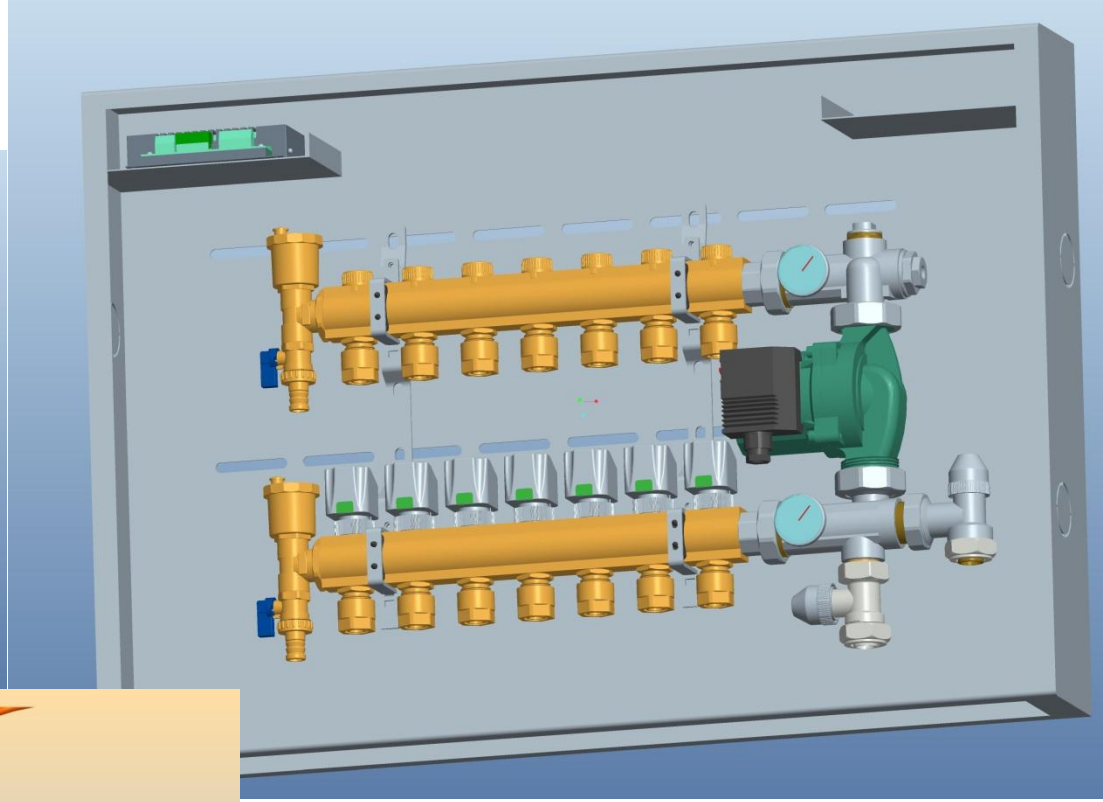
4、总线控制系统：

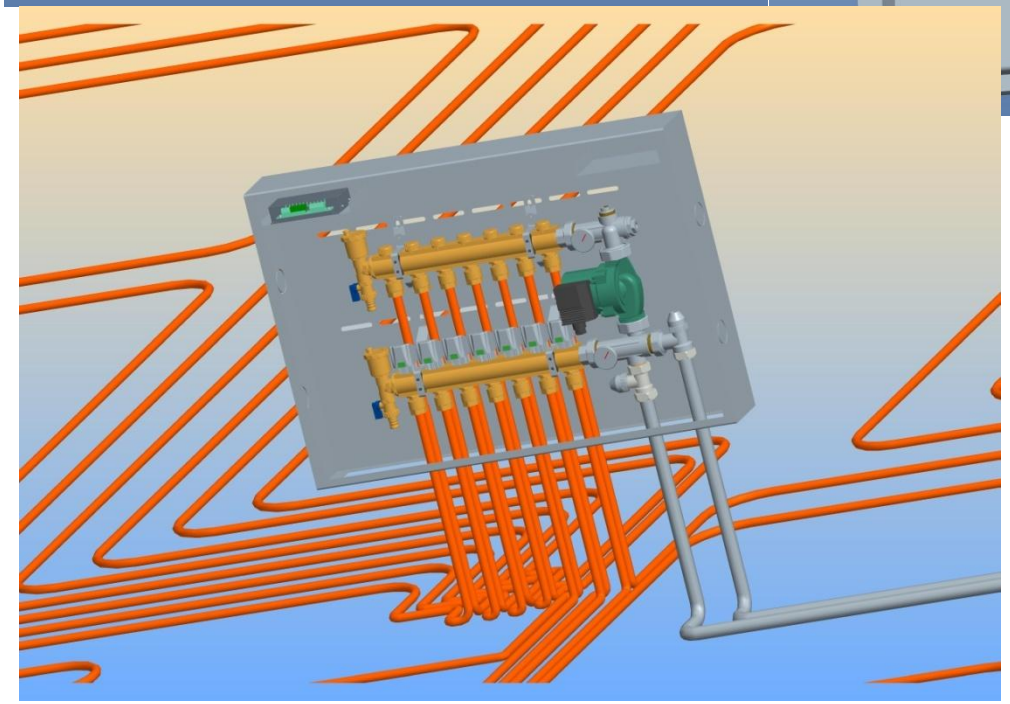
- 室内温控控制可以根据需要设定不同的时间可以运行在不同的温度下，如上班族：上班离开家时间，室温设定在经济温度值；下班回来时，室温设定在舒适温度值；夜晚睡眠时，温度设定在睡眠温度值。如住校学生：住校期间，其房间温度设定在经济温度值；周末回家时，其房间温度设定在舒适温度值。
- 节能在于控制。除了系统要有最佳的优化，控制方案也要合理，很难想象一个没有控制的地暖系统会是舒适和节能的。而当前地暖应用中没有控制的地暖还大行其道，这是很不应该的。



二次系统、动力分散及总线控制地暖系统





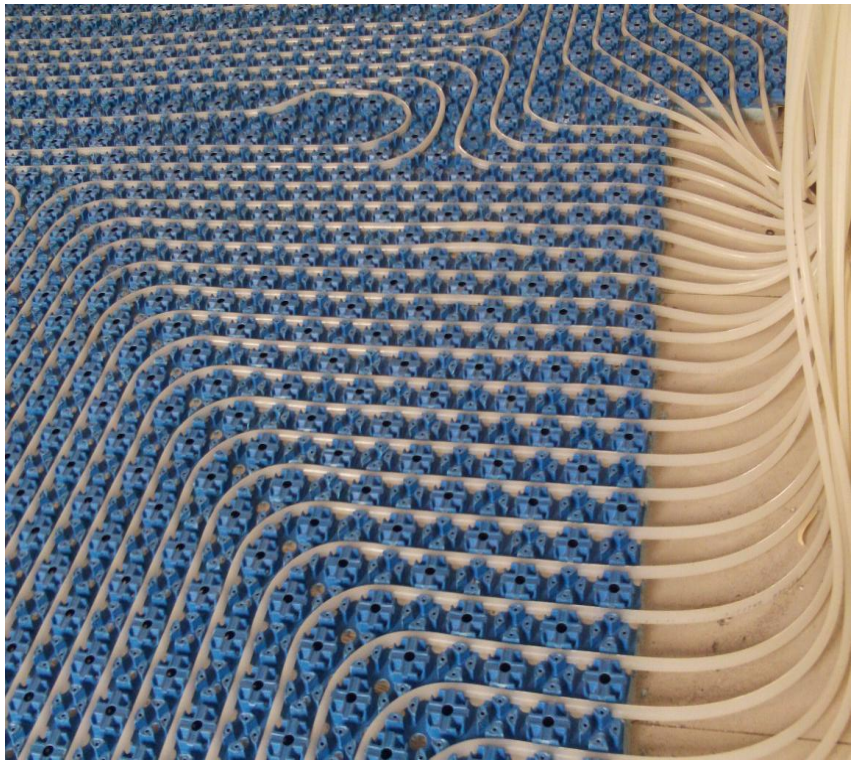


◆ 新型模板地暖的应用1

- 随着地暖应用技术的不断发展，衍生出了更多的新型地暖末端，如毛细管地暖系统、模块地暖系统等高效地暖末端。开发这种新型末端的诉求就是更节能、更便捷、更舒适，这种新型高效地暖末端都有一个共性，那就是“热媒低温化”，即“低温供热”，并且要求进回水温差更小。
- 高效末端使得地暖的应用范围和热源的选择范围更宽泛，既能适用于传统的锅炉，也能适用于太阳能、热泵以及一些工业余热、废热等。

◆ 新型模板地暖的应用2

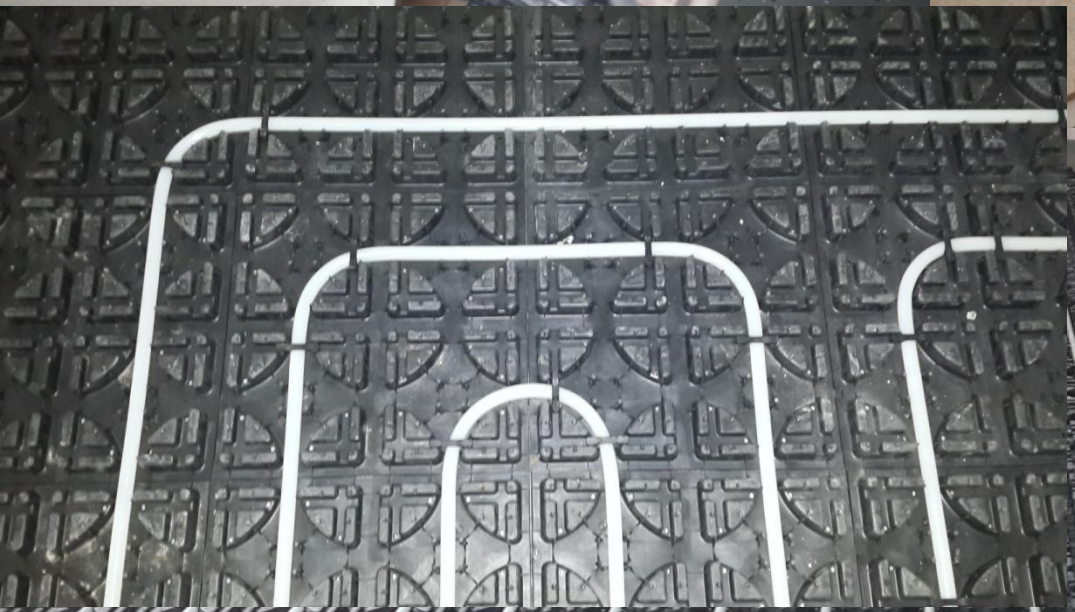
- 总结高效末端的工况条件就是：热媒水温更低，只需要≥35℃；进回水温差更小，大约3～5℃。那么在相同的使用条件下，则需要更大的循环流量来满足其散热的需要。
- 热泵应用于地暖高效末端，热源侧只需要保证热泵的最佳工况即可，末端侧根据末端工况及供暖面积等参数设计，并需优化系统水力分配，配置相应的循环动能，依然遵循“满足设计流量的最小动能”原则，如此设计和匹配就能保证系统高效、节能运行，亦能保证最佳的舒适度。



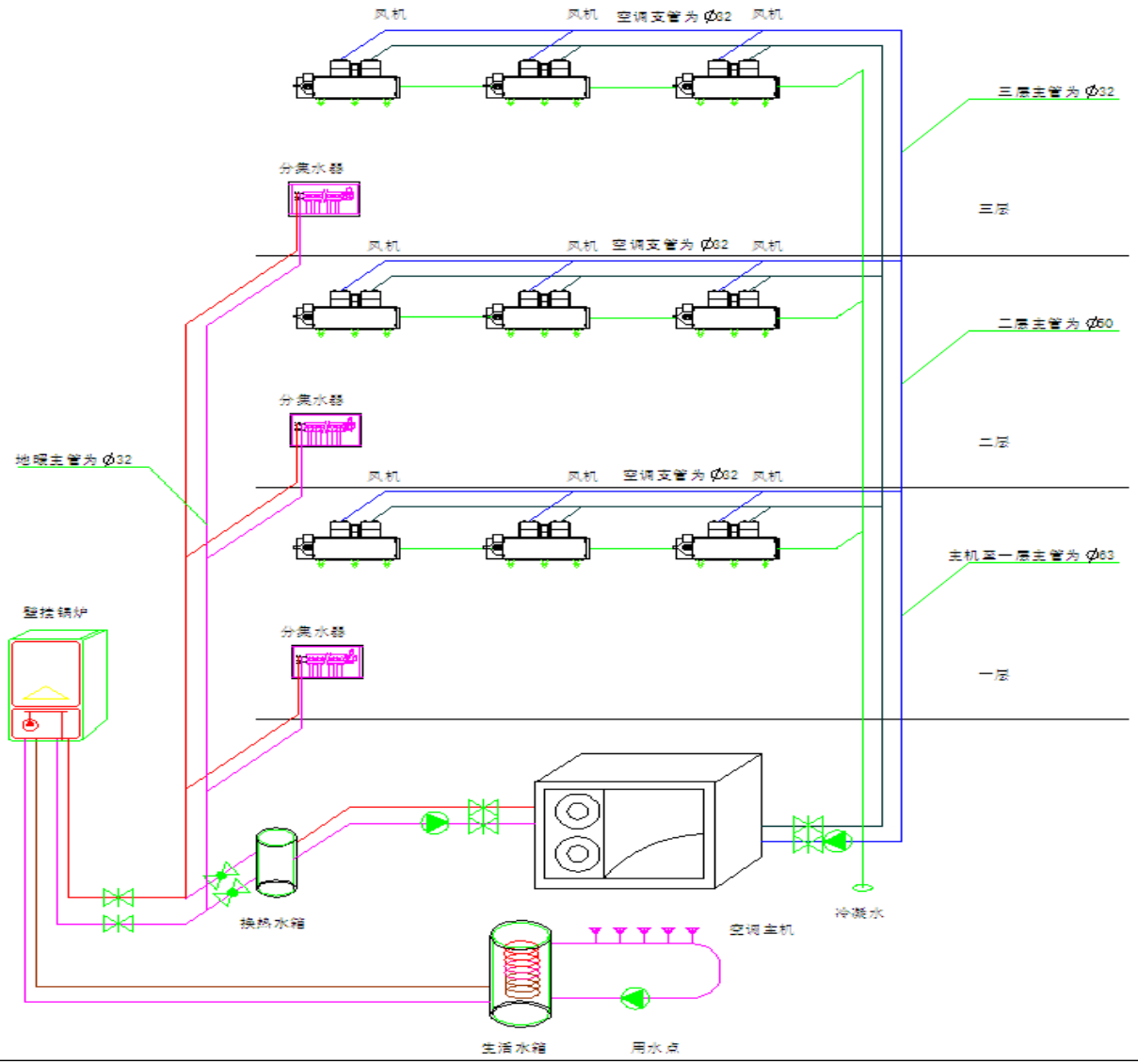
高效末端模块地暖

无法显示图像。计算机可能没有足够的内存以打开该图像，也可能是该图像已损坏。请重新启动计算机，然后重新打开该文件。如果仍然显示红色"x"，则可能需要删除该图像，然后重新将其插入。

高效末端地暖施工

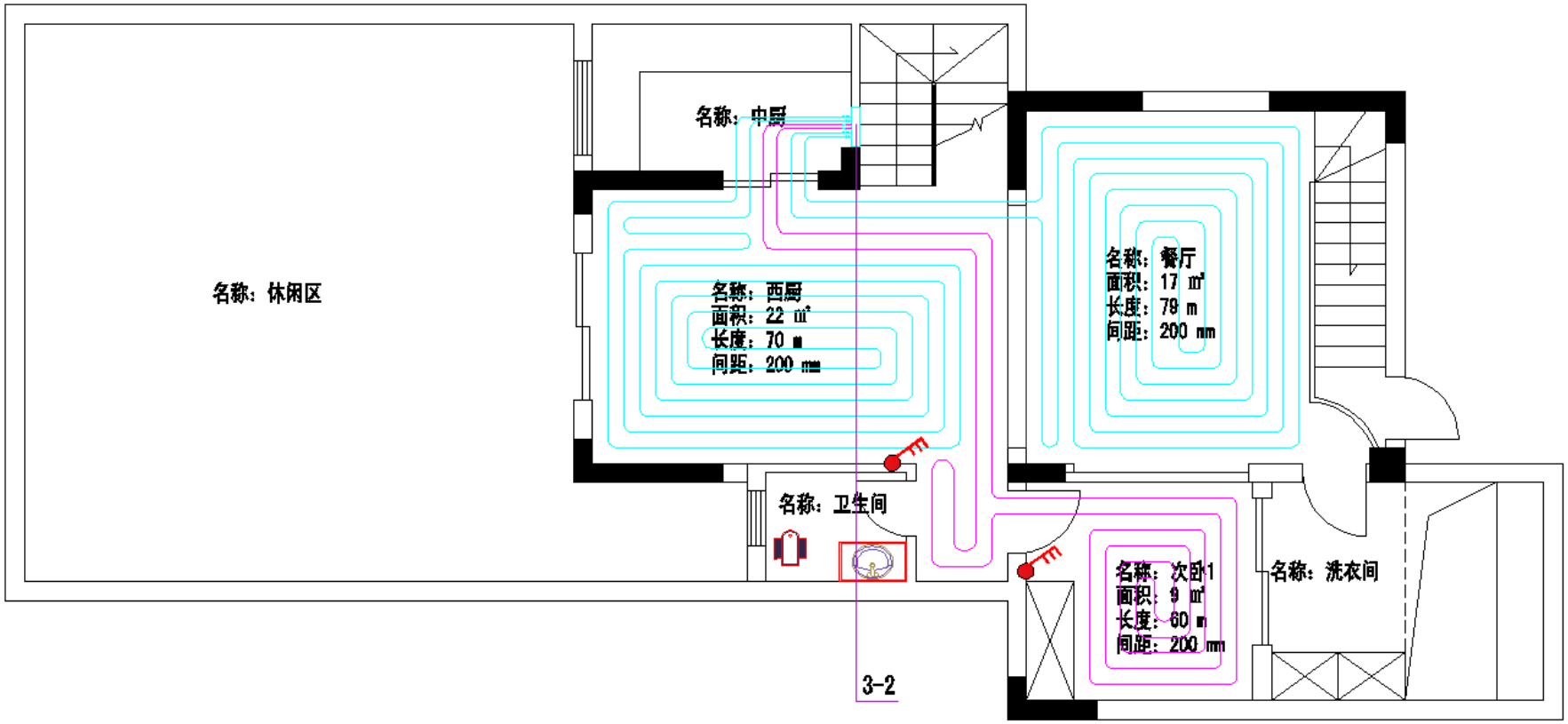


案例分享

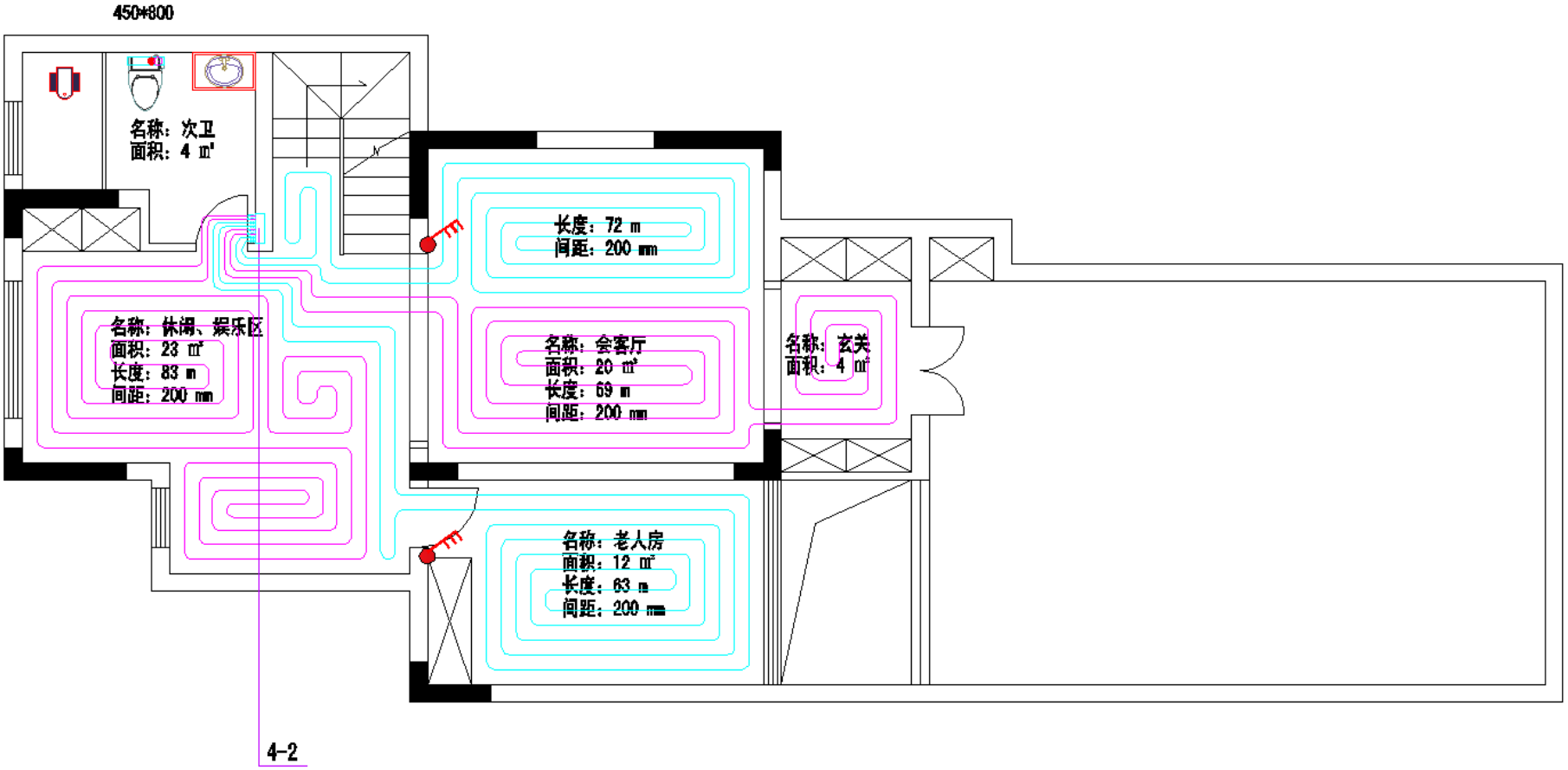


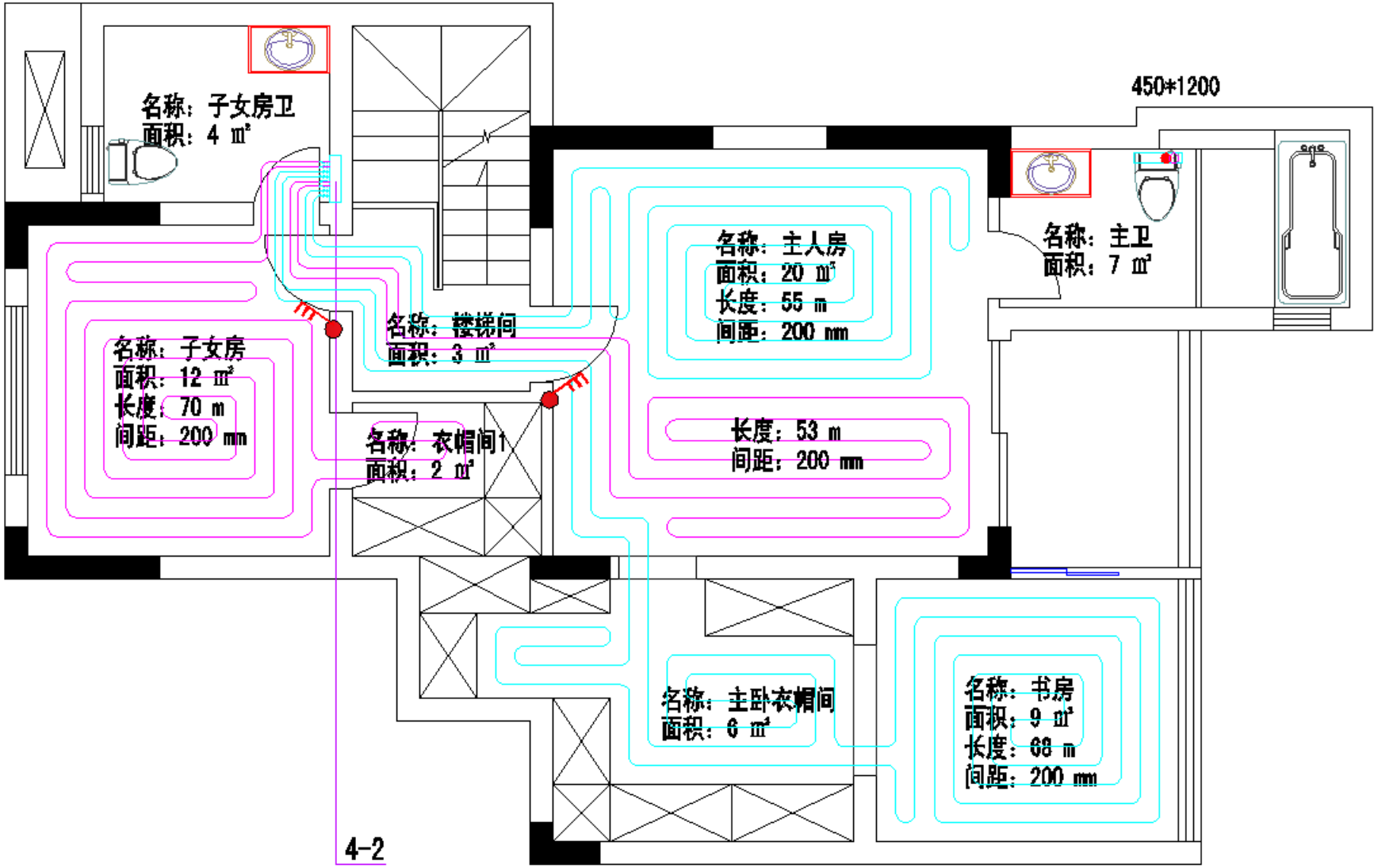
空调、壁挂炉并机示意图

案例分享

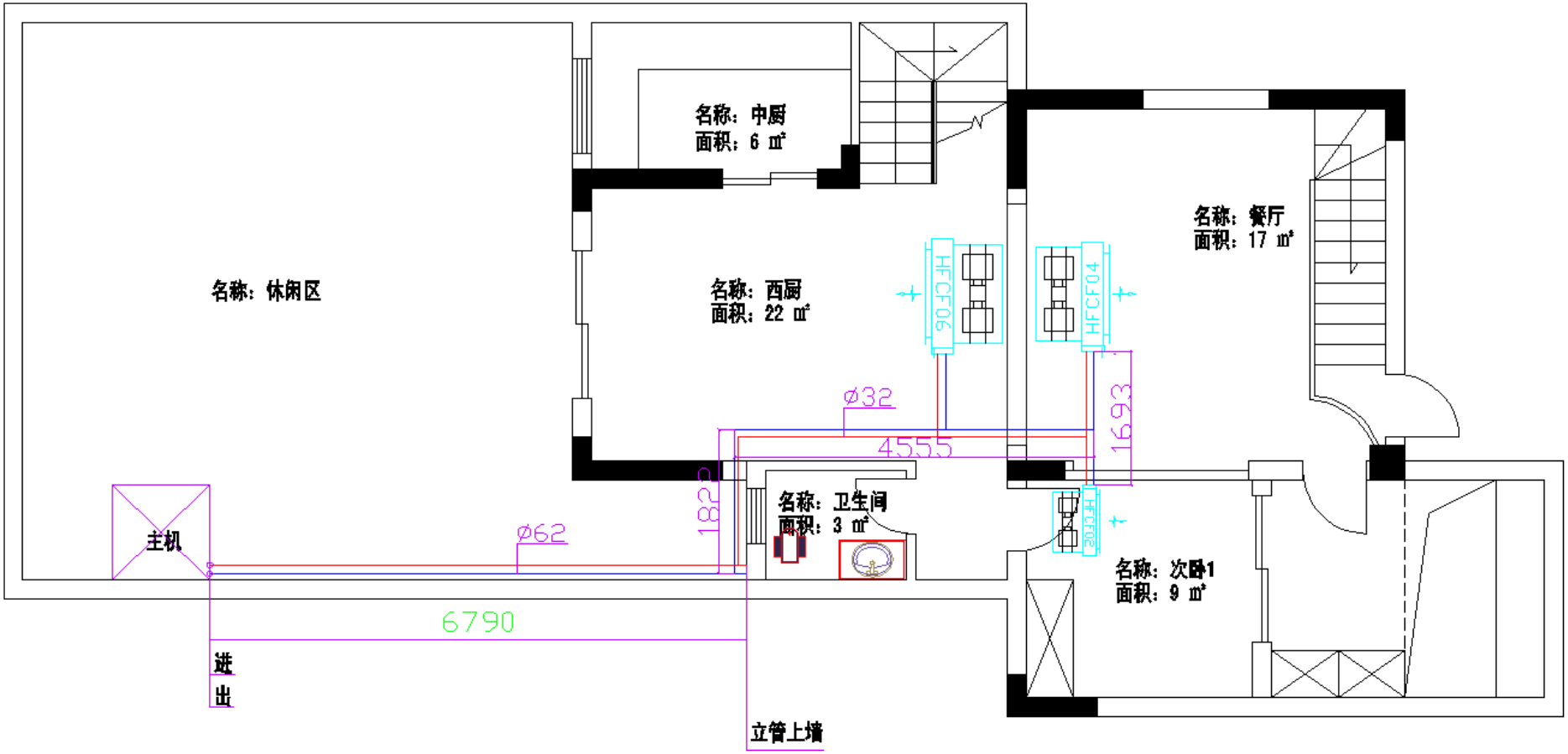

名称：休闲区
名称：中厨
名称：西厨
面积：22 m²
长度：70 m
间距：200 mm
名称：餐厅
面积：17 m²
长度：79 m
间距：200 mm
名称：卫生间
名称：次卧1
面积：9 m²
长度：60 m
间距：200 mm
名称：洗衣间
3-2

案例分享

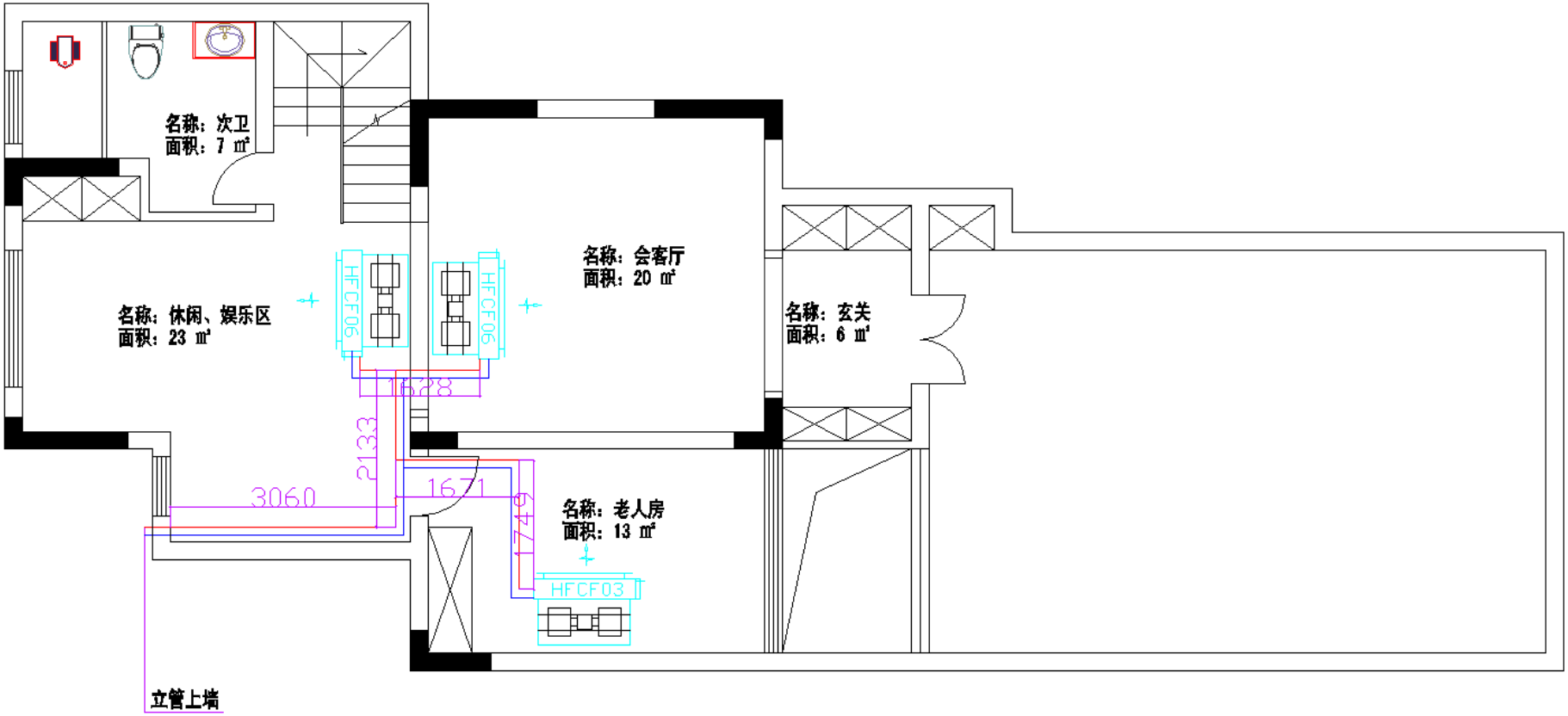

450*800
名称：次卫
面积：4 ㎡
长度：72 m
间距：200 mm
名称：休闲、娱乐区
面积：23 ㎡
长度：83 m
间距：200 mm
名称：会客厅
面积：20 ㎡
长度：69 m
间距：200 mm
名称：玄关
面积：4 ㎡
名称：老人房
面积：12 ㎡
长度：63 m
间距：200 mm
4-2

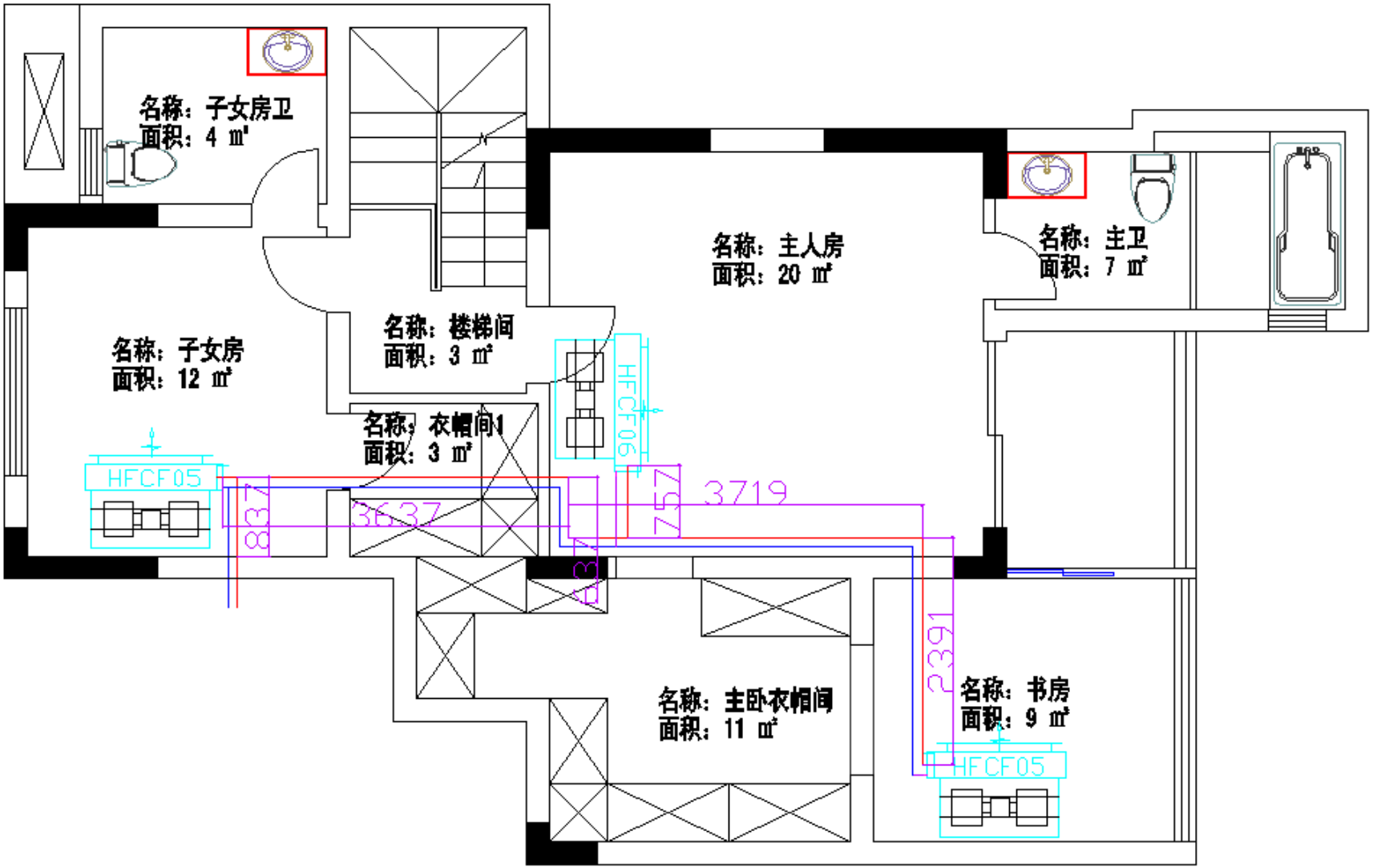

名称：子女房卫
面积：4 ㎡
450*1200
名称：主人房
面积：20 ㎡
长度：55 m
间距：200 mm
名称：主卫
面积：7 ㎡
名称：楼梯间
面积：3 ㎡
名称：子女房
面积：12 ㎡
长度：70 m
间距：200 mm
名称：衣帽间1
面积：2 ㎡
长度：53 m
间距：200 mm
名称：主卧衣帽间
面积：6 ㎡
名称：书房
面积：9 ㎡
长度：68 m
间距：200 mm
4-2

案例分享

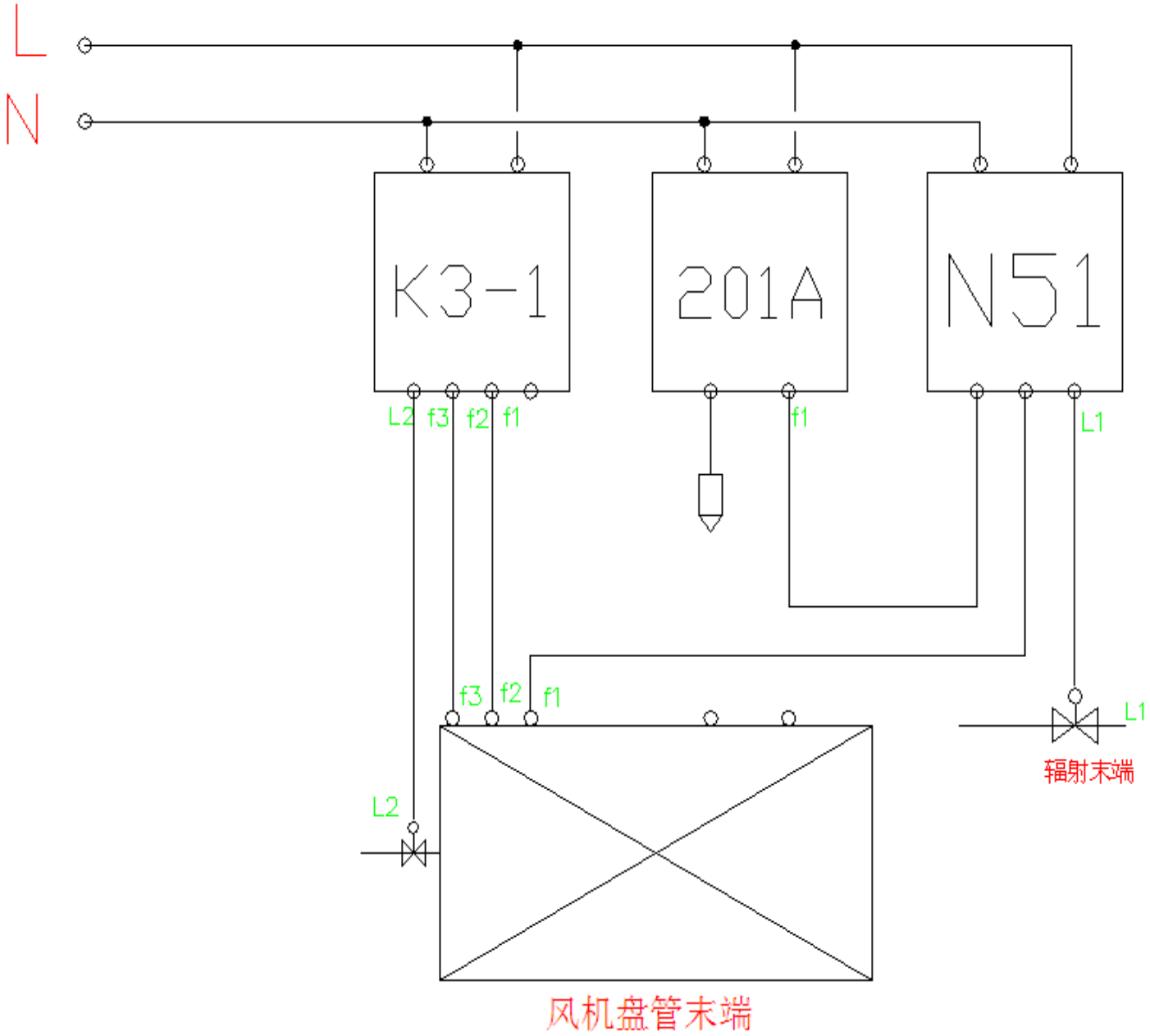

名称：休闲区
名称：中厨
面积：6 ㎡
名称：西厨
面积：22 ㎡
名称：餐厅
面积：17 ㎡
名称：卫生间
面积：3 ㎡
名称：次卧1
面积：9 ㎡
主机
90FCFH
HFCF04
20FCFH
Ø32
Ø62
4555
1693
1822
6790
进
出
立管上墙

案例分享


名称：次卫
面积：7 m²
名称：休闲、娱乐区
面积：23 m²
HFCF06
HFCF06
名称：会客厅
面积：20 m²
名称：玄关
面积：6 m²
1628
2133
3060
1671
1749
名称：老人房
面积：13 m²
HFCF03
立管上墙


名称：子女房卫
面积：4 ㎡
名称：子女房
面积：12 ㎡
名称：楼梯间
面积：3 ㎡
名称：衣帽间1
面积：3 ㎡
名称：主人房
面积：20 ㎡
名称：主卫
面积：7 ㎡
名称：主卧衣帽间
面积：11 ㎡
名称：书房
面积：9 ㎡
HFCF05
HFCF06
HFCF05
837
3637
757
3719
837
2391

案例分享



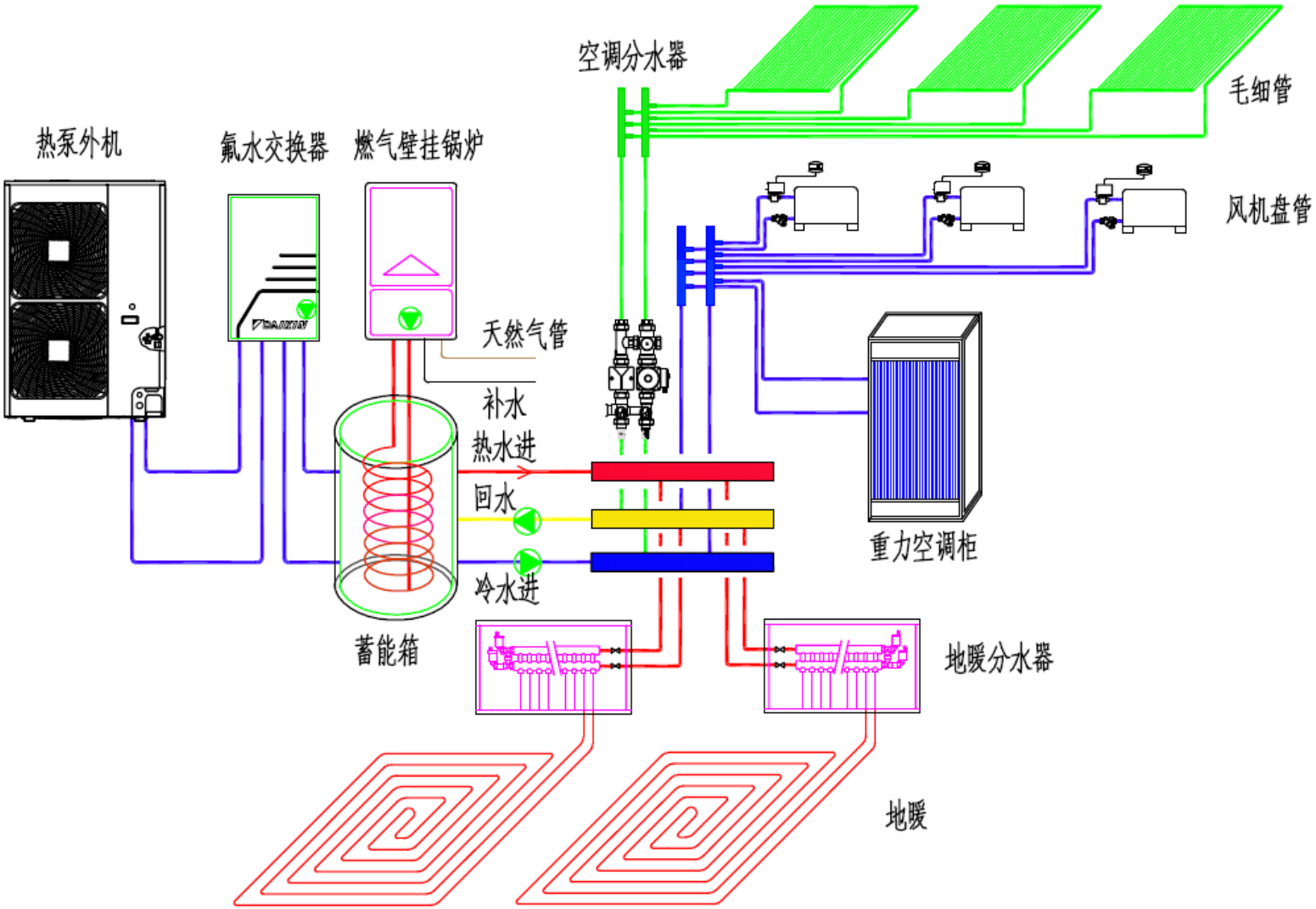
备　注：

方案示意图，仅供参考。

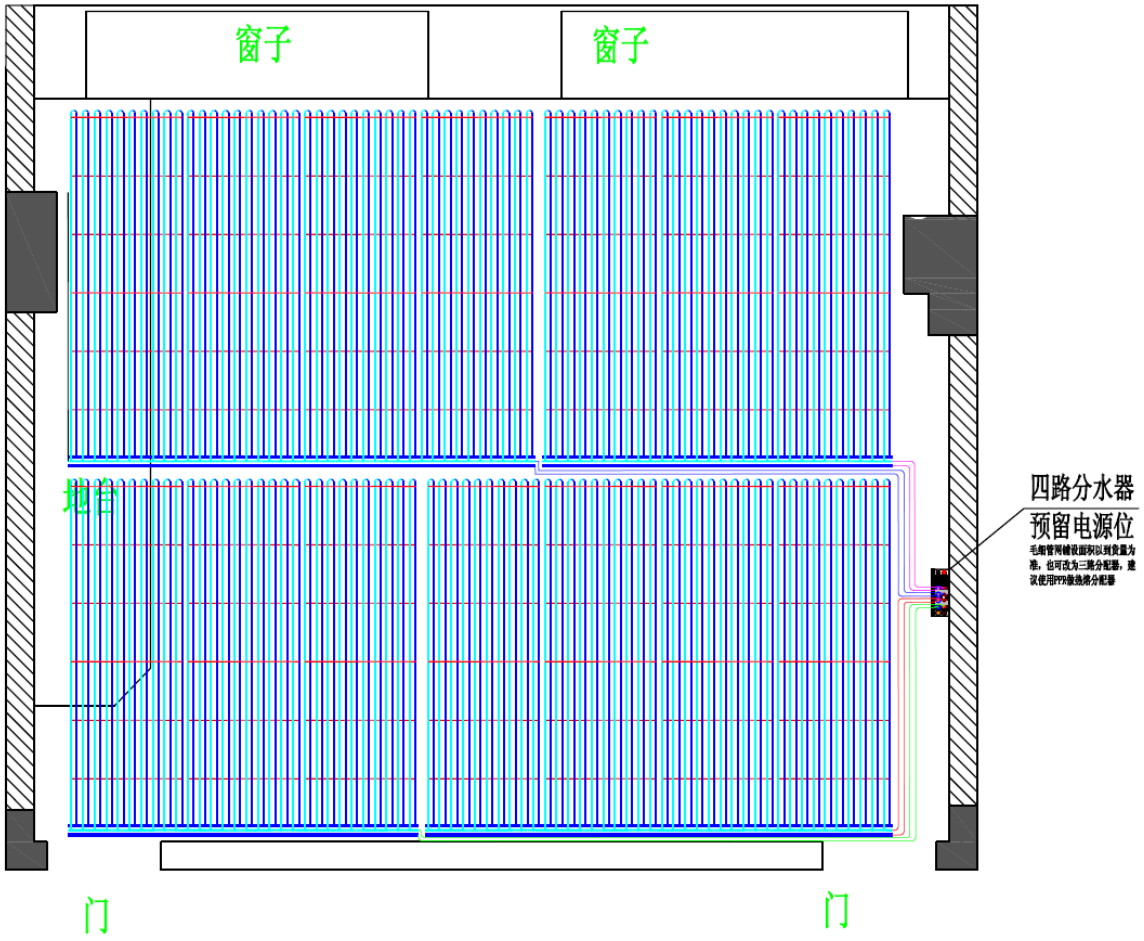
合同签订后，以施工图纸为准。

温馨五一辐射冷暖实验室热泵与新型末端的应用案例

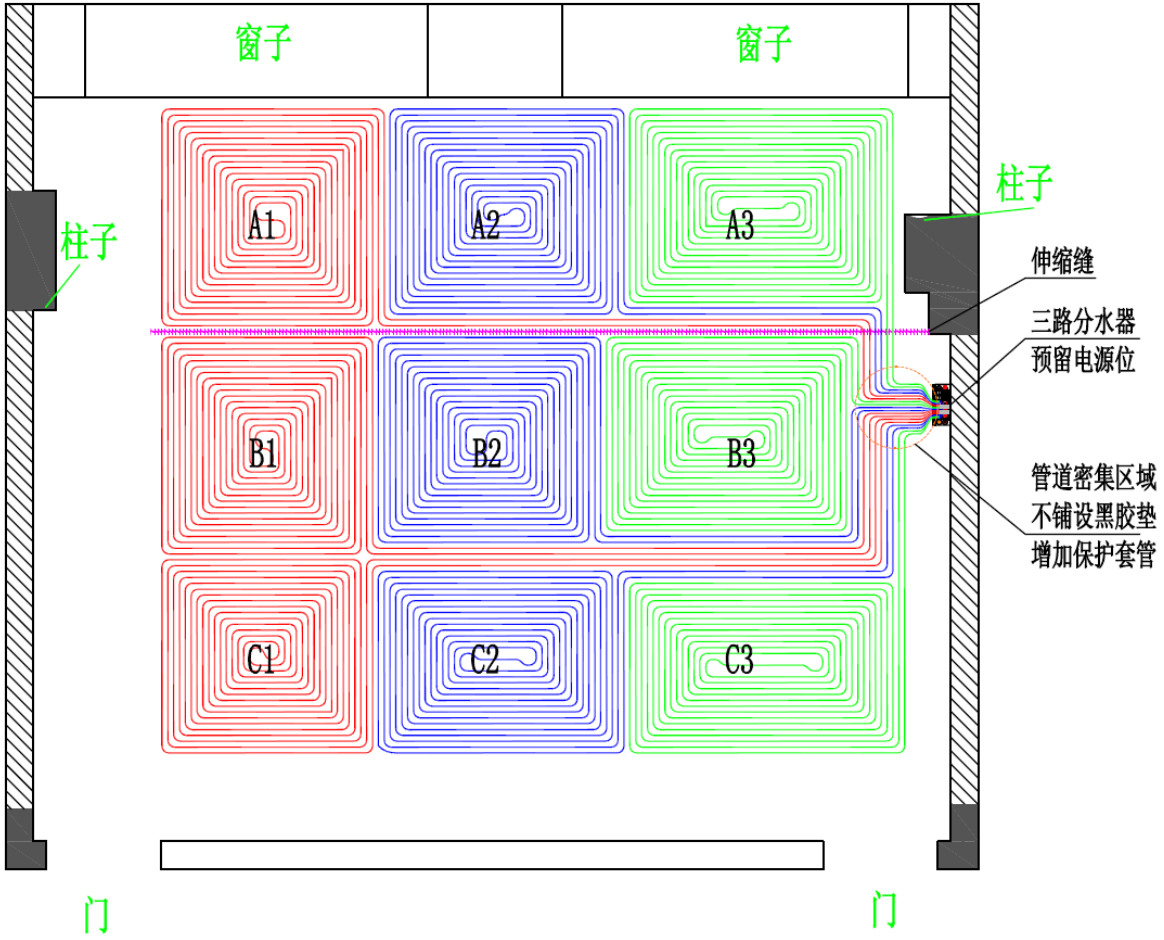
空气源热泵+燃气壁挂炉+毛细管辐射空调+风机盘管+重力循环空调柜+地暖



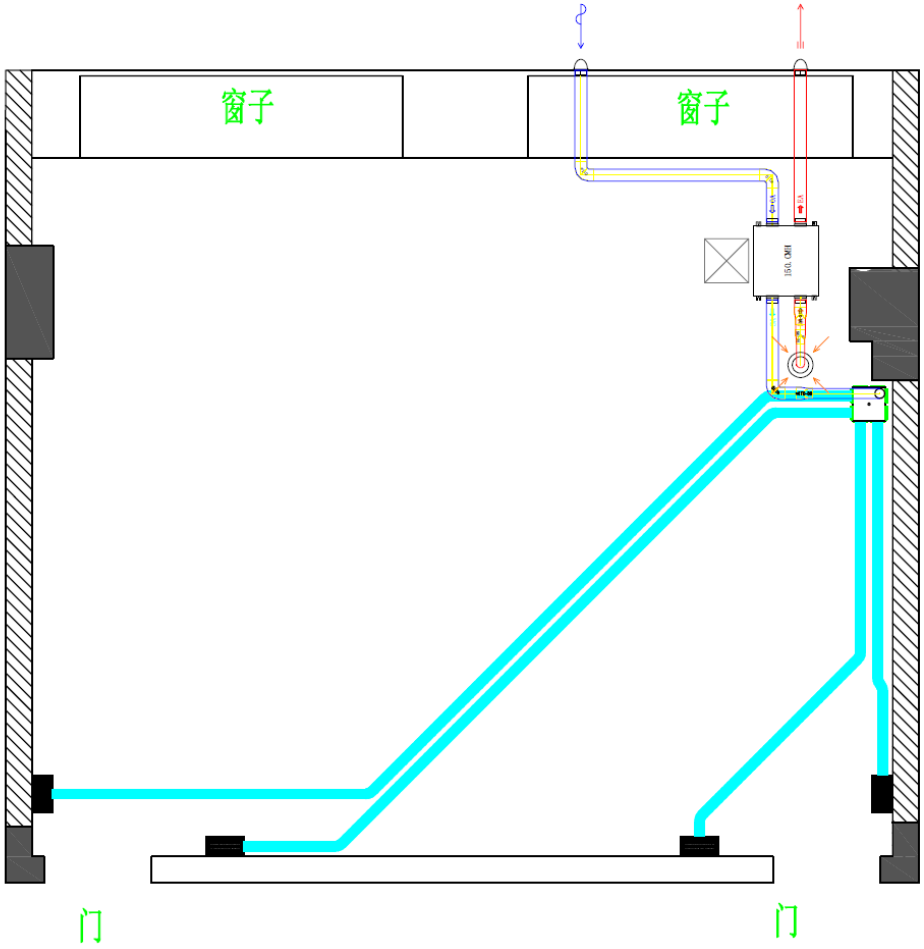
温馨五一辐射冷暖实验室热泵与新型末端的应用案例
毛细管网栅辐射空调末端布置图



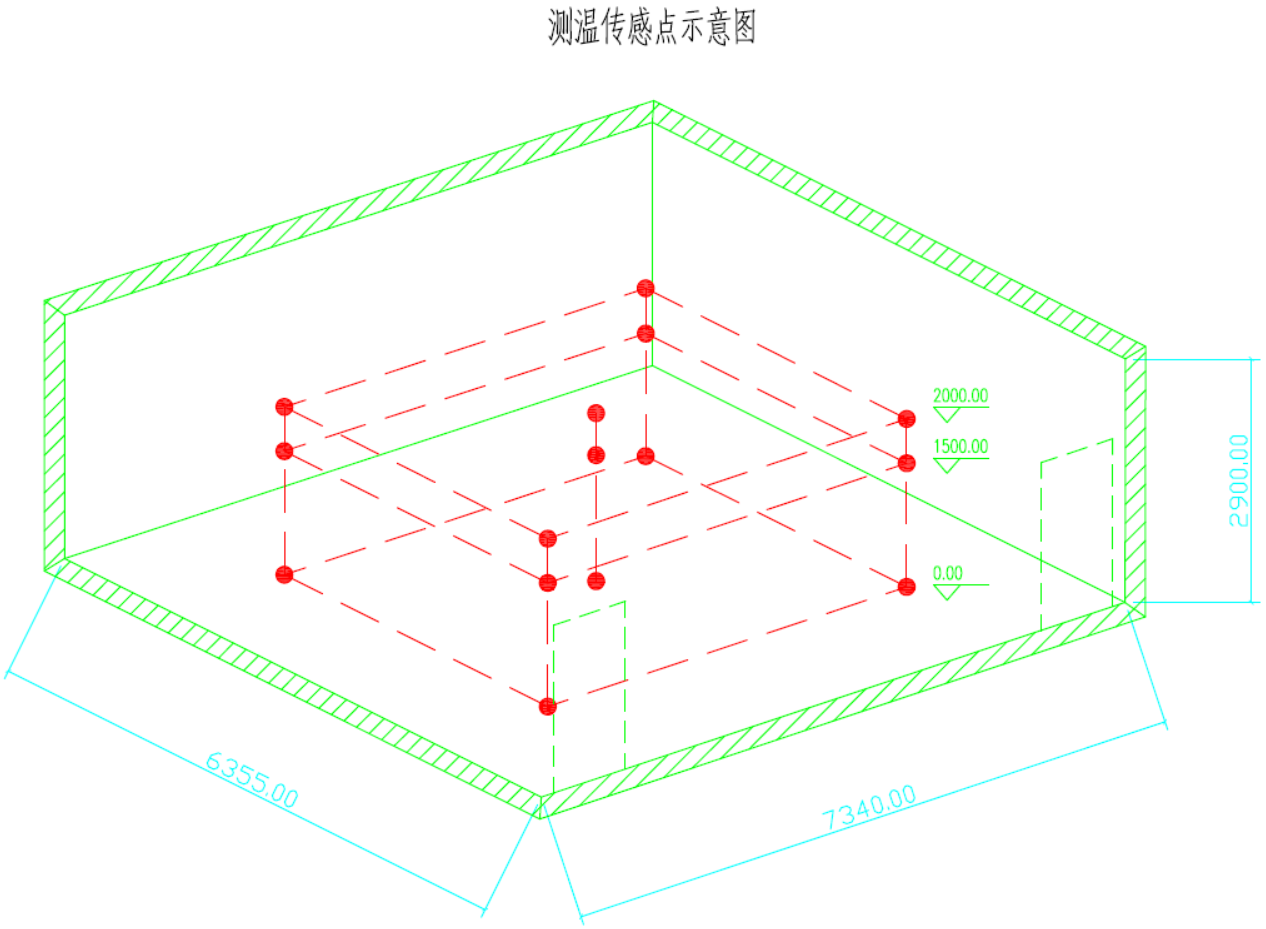
温馨五一辐射实验室热泵与新型末端的应用案例
高效模块地暖末端布置图

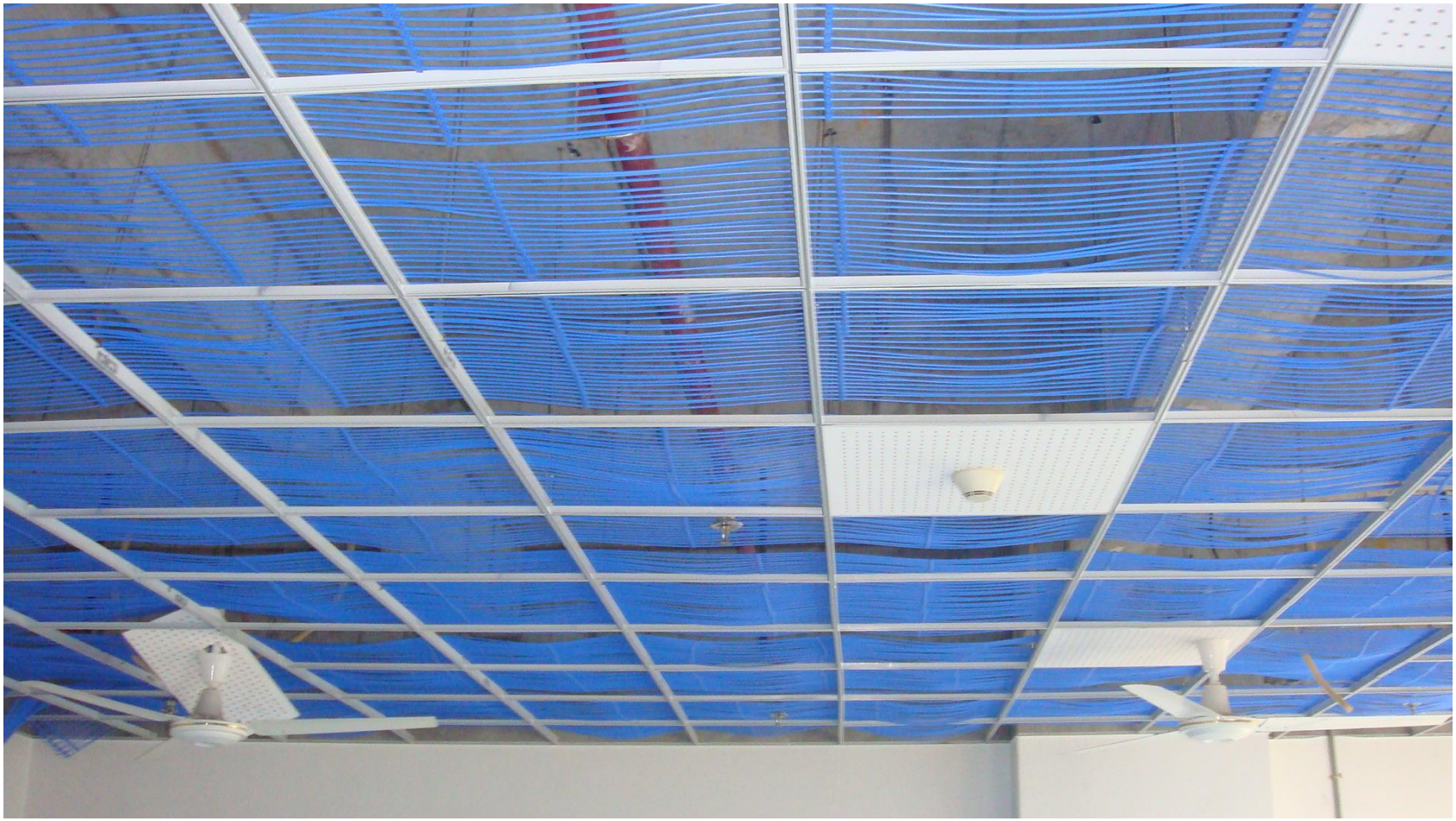


温馨五一辐射实验室热泵与新型末端的应用案例
除湿新风布置图



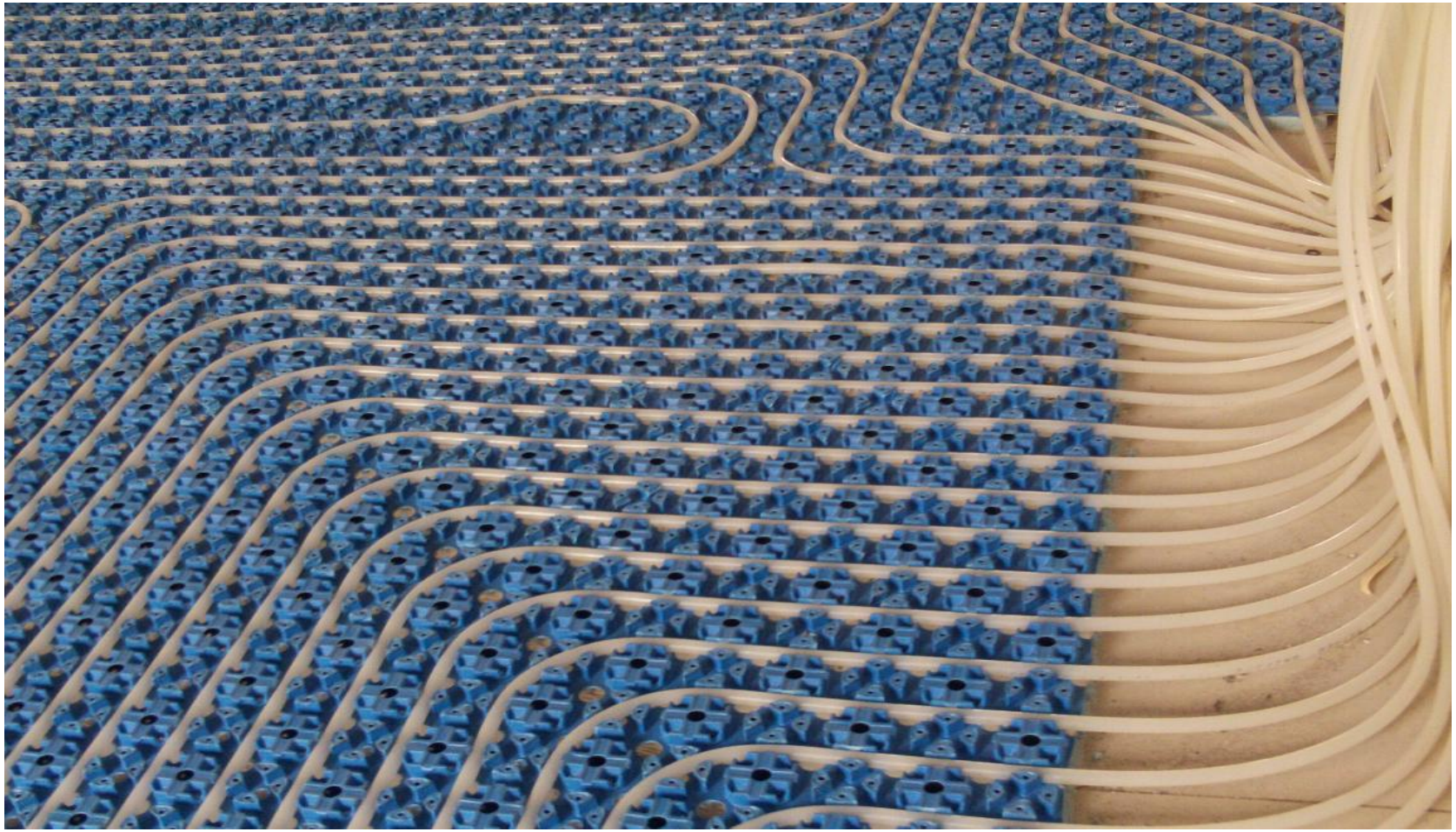
温馨五一辐射实验室热泵与新型末端的应用案例
测温点布置图

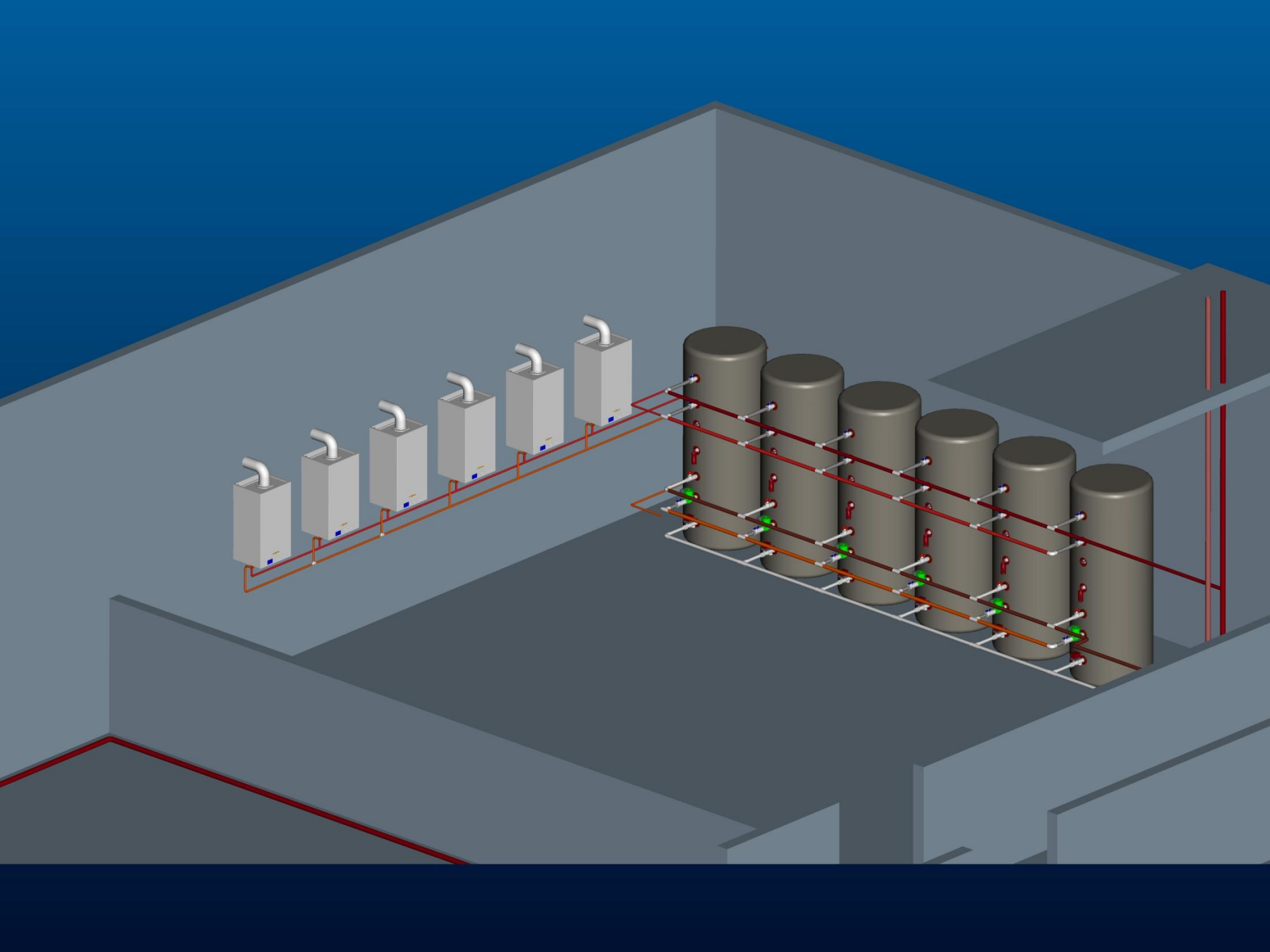


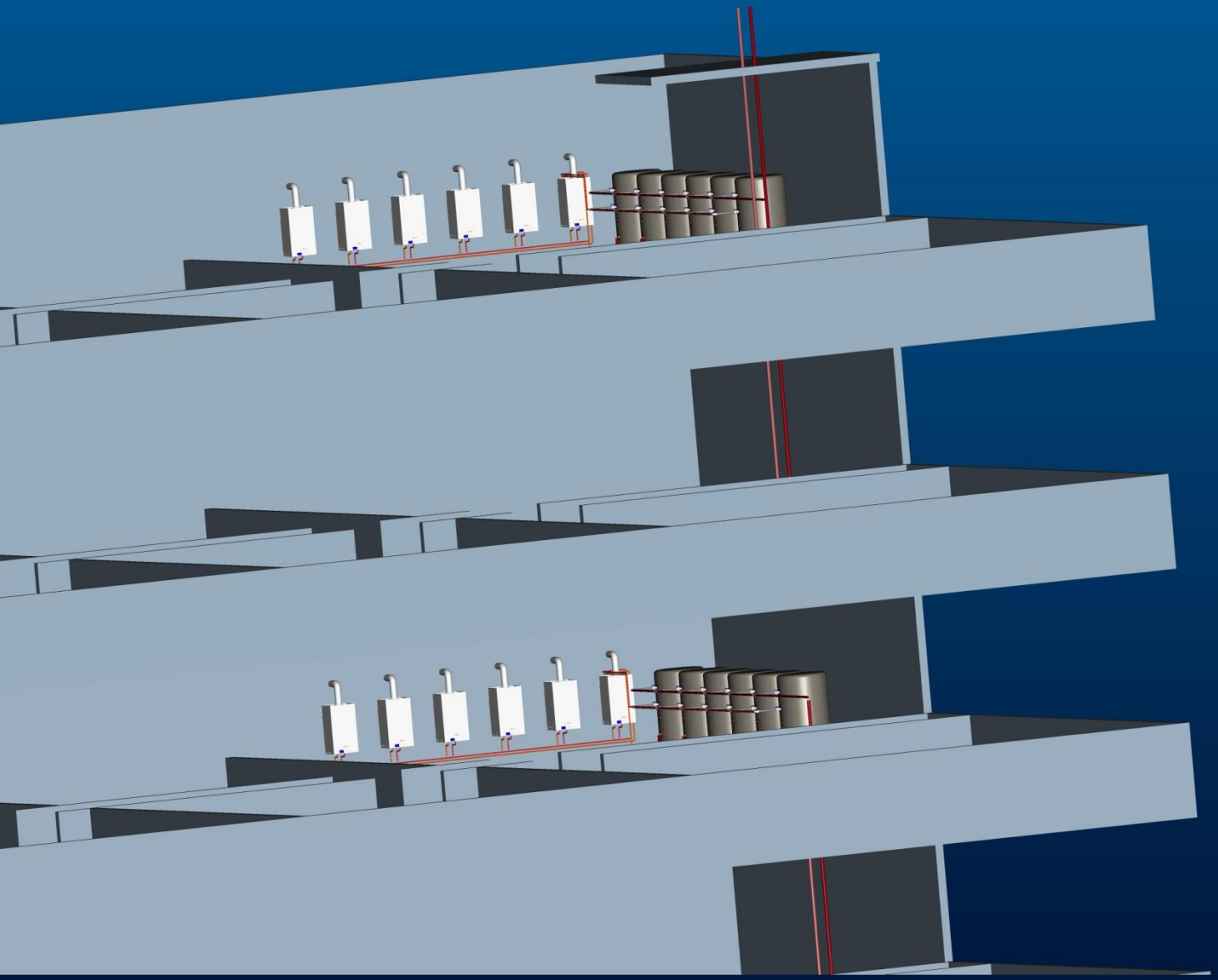


温馨地

温馨地暖







小结

- 通过以上分析，我们了解了热泵应用于低温热水地暖系统的常见问题。通过了解热泵的运行工况及低温热水地暖系统的工况条件，我们认识到，造成以上诸多问题的原因就是热源与末端的应用冲突，所以，过去的热泵直供地暖末端的形式是不合理的，需要对系统进行合理匹配和优化。
- 混水系统、二次系统、动力分散系统及总线温控系统是较好的解决系统冲突的方法，但也会使得系统复杂化、系统成本增加，这就需要地暖行业相关单位、企业共同努力，提高地暖系统的部品化和总成化，并通过教学、培训的方法来提升行业技术水平。同时还需要行业制定相关设计、施工的标准，提高地暖行业的准入门槛，防止失败地暖的负面影响，提升地暖行业的整体形象。

2015-08-01 兰州

郭春雨
微信号：13908397105
邮箱：403394803@qq.ccom