

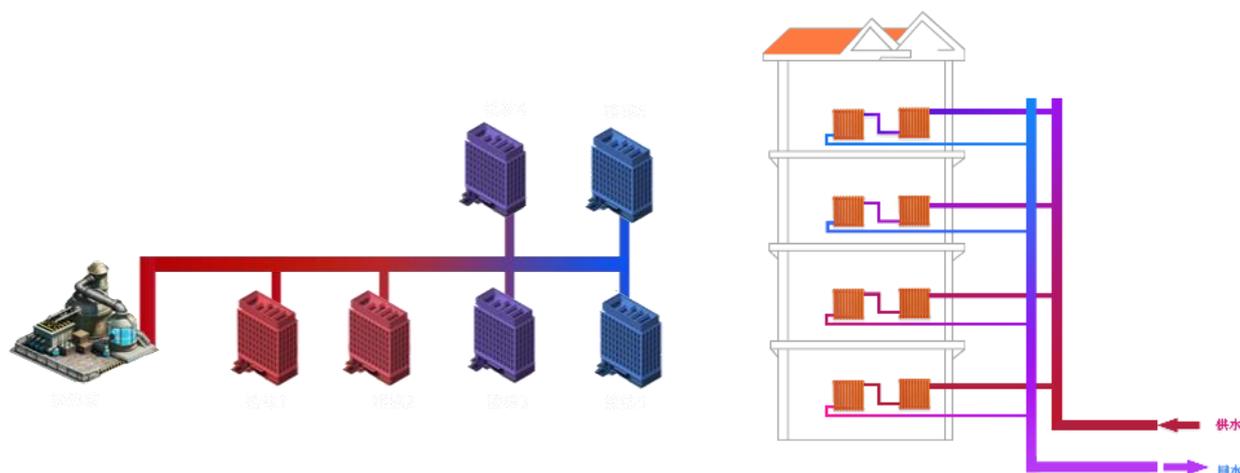
## 智慧供热——二网末端平衡调控

### 一、背景

随着全球气候变化和环境问题日益严重，节能减排已经成为各国政府和企业共同关注的焦点。我们国家也积极响应并主导世界节能减排，先后制定出了很多节能降耗的政策法规，旨在积极推动国内提升产业效能，降低产业能耗。在这个背景下，智慧供热作为一种新兴的供热管理方式，以其高效、节能、环保的特点，逐渐成为供热行业的发展趋势。本文将围绕智慧供热节能方案这一主题，探讨如何通过技术创新和管理优化，实现供热行业的绿色发展。

### 二、供暖行业现状

目前供暖行业很多供热管网都存在水力失衡现象，有的住户过热，有的住户过冷，这就是水力失衡造成的热力分配不均衡导致的。造成水力不平衡的原因有很多，典型的可以分为以下几种：①工程设计的理论计算值与实际数值的偏差；②实际安装施工偏离设计工况；③运行过程中运维不当导致的管道锈蚀堵塞；④后期用户增减及用热率不均衡导致的失衡等。⑤管网末端调控严重依赖有经验的人力调控，缺乏长期有效的调节手段。以上种种原因极易导致供热管网堵塞流通性差，在管网末端出现近端热远端冷，楼底热楼顶冷，地暖热墙暖冷等现象。就是我们常见水平失衡和垂直失衡



### 水平失衡

### 垂直失衡

在现实情况下，当出现温度失衡时，为了减少投诉率，让温度过低的住户室温能够达标，热力企业往往采用加大循环水流量和供热量，这一方式虽然可以勉强把部分温度不达标的住户室温升上来一点，但是也会造成本来易热的住户室温过高，住户无奈需要采用开窗通风的方式降温，这样一来加压机组的电耗上来了，开窗通风导致热耗也增加了，企业成本也随之增加。

如果换热站配备都是经验丰富的技术人员，他们会通过工具手动的调整管网上阀门的开度来最终达到水力平衡。但是由于阀门的开度变化互相影响从而导致人工调试的工作量极大，需要耗费大量的人力、物力和时间，而且随着天气、温度和时间段等这些变量因素的影响，之前调好的平衡状态或多或少的有一些无法达到想要的效果。

因此利用物联网技术进行远程的阀门调控来达到二网平衡，是一种行之有效的解决方案，该方案可以做到人力无法企及的全天候动态调控，我们通常将这一方案称之为智慧供热。

## 三、智慧供热

智慧供热是指将现阶段先进的物联网技术和供热不平衡系统解决方案相结合应用于供热过程中的统称。即智慧供热是集供热生产输出、供热信息调控、管网监控、管网水力分析、室温采集于一体的，现代供热一体化综合解决方案。将系统控制、水力信息、控制云平台化统一管理，实现供热采集智能化、系统调控自动化、运营监管科学化，从而达到供热稳定、平衡、高效节能、绿色环保的目的。



智慧供热主要功能由终端设备和网关服务器（云平台）来实现，由终端设备完成对数据的采集、传输；由网关服务器（云平台）对数据进行接收，储存与分析，系统各部分功能互联、联动控制、实时调节，以实现智能供热。

#### ◆ 智慧供热的作用：

智慧供热系统帮助供热企业由粗放式管理转向精细化管理，利用各种现代高新技术保证供暖质量达标，尽量减少能源消耗，提升管理的科学性，最终起到提升企业经济效益的目的。

#### ◆ 智慧供热的特点：

- 1、实时性：通过安装测温智能调节阀、室温采集器等监测设备，实时收集供热系统的各项数据，实现对供热设备的远程监控和智能调控。
- 2、频繁调节：由于管网的物理不平衡，供热温度的变化，室外温度的变化，新增与减少用户以及其他各种变量因素导致的不平衡等问题，智能调节阀可以保证在任何一

个变量因素改变时，都可以快速的频繁的响应，并且将管网调整到最新平衡状态。

3、数据分析与优化：通过对大量数据的分析和计算，找出供热系统的运行规律和潜在问题，为供热设备的优化运行提供决策支持。

4、个性化服务：根据用户的需求和行为特征，提供个性化的供热服务，提高用户满意度。

5、节能环保：通过提高供热效率和降低能耗，实现供热行业的绿色发展。

#### ◆ 智慧供热节能的实施路径：

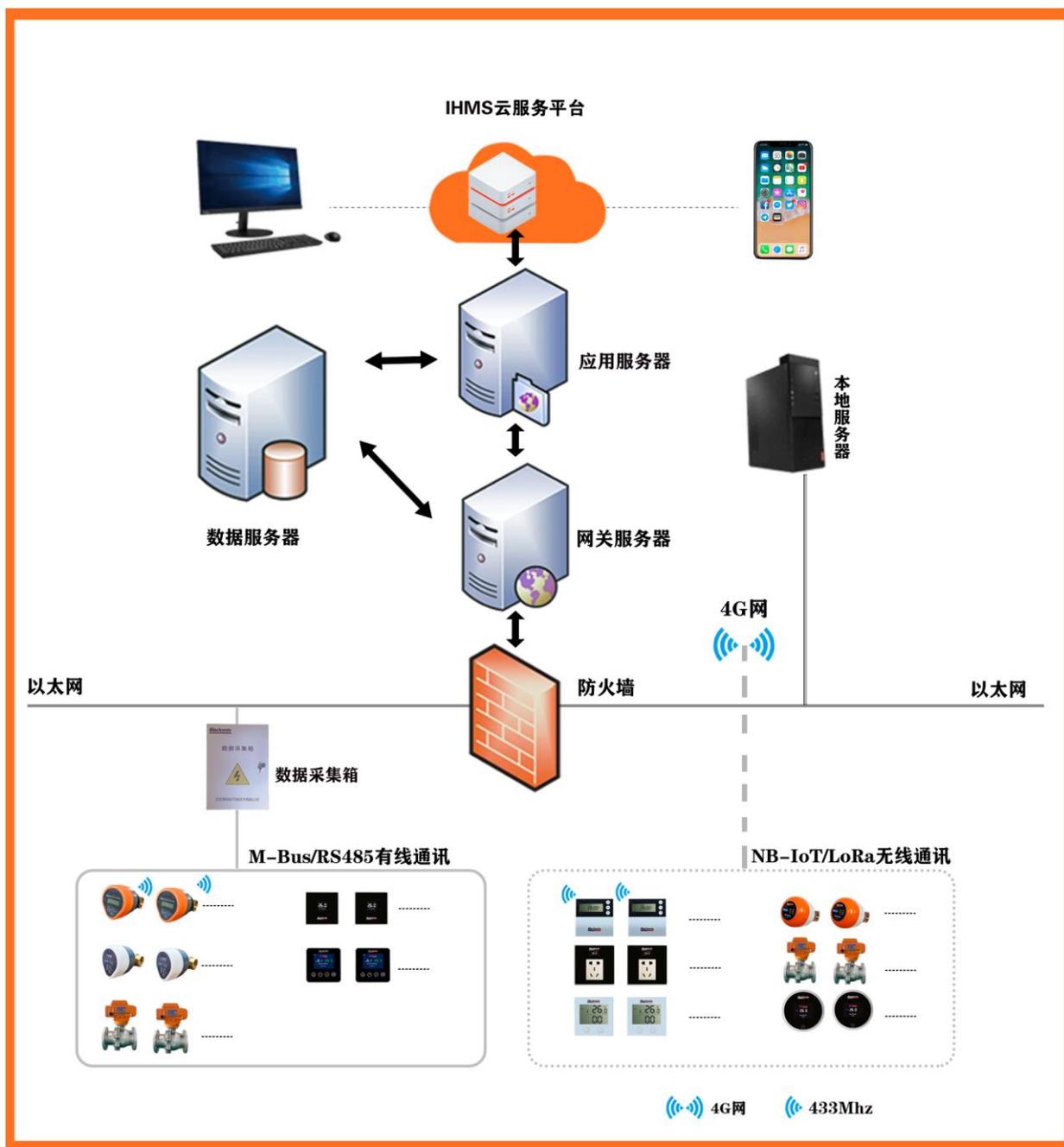
1、系统优化：通过对供热系统的改造和优化，提高系统的运行效率。例如，换热站采用变频调节技术，实现供热设备的自动调节；二网末端加装智能调节阀，实现流量智能分配。

2、管理创新：通过引入先进的管理理念和方法，提高供热企业的管理水平。例如，实施全面质量管理，提高供热设备的使用寿命；实施能源管理体系，实现能源的全过程管理。

3、智能化建设：通过物联网、大数据、云计算等技术手段，实现供热系统的智能化管理和优化运行。例如，建立供热数据中心，实现数据的集中存储和分析；开发智能调度系统，实现供热设备的远程监控和智能调控。

#### ◆ 二网端智慧供热系统构成：

系统构成：智慧供热系统是由云端服务器+本地逻辑服务器（可以根据情况集成到云端）+终端智能设备+系统平台软件+计算机辅助设备组成。



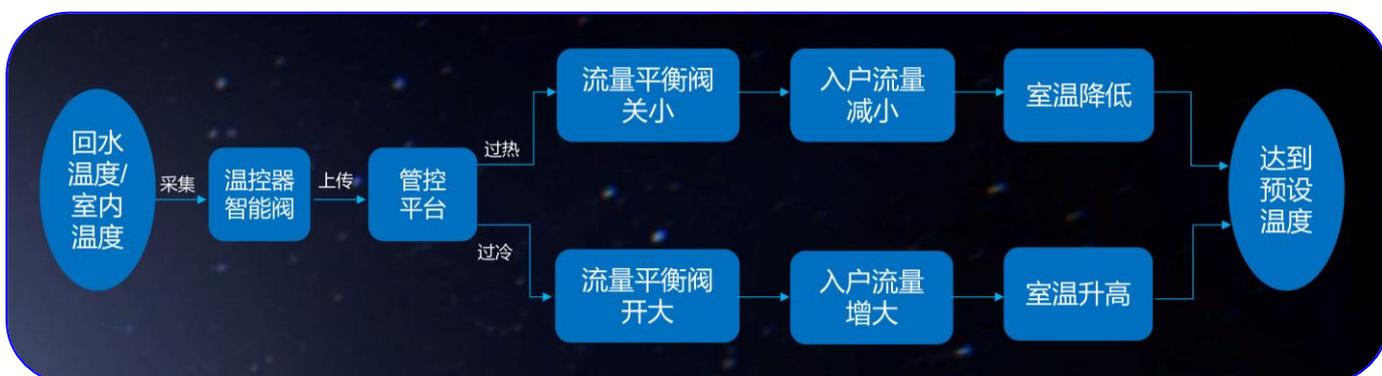
◆ 二网智能调节的调节原理：

二网智能调节可以分为智能回水温度调节和智能室内温度调节。

智能室温：按照公式  $Q_{\text{采暖}} = K_{\text{采暖传热系数}} * F_{\text{采暖面积}} * (t_{\text{平均}} - t_{\text{室内}})$ ，当  $K_{\text{采暖}}$ 、 $F_{\text{采暖}}$  都是一个固定值的时候，根据不同的  $t_{\text{室内}}$ （室内温度）、 $t_{\text{平均}}$ （平均室内温度）计算得到不同用户的  $Q_{\text{采暖}}$  值，因此设定目标温度（目标温度就可以作为  $t_{\text{平均}}$ ），调整  $t_{\text{室内}}$  就可以实现所有用户室内温度一致。

智能回水：公式  $Q_{\text{供热}} = G_{\text{循环水量}} * C_{\text{比热容}} * (t_{\text{供水}} - t_{\text{回水}})$ ，其中  $G_{\text{循环水量}}$  和供回水温差是变量因素，按照阀体流量曲线可以计算出不同开度对应的  $G_{\text{循环水量}}$ ，此时只有供回水温差是变量，想要  $Q_{\text{供热}}$  值一致，就是保持所有用户室内温度一致，实现供回水温差一致即可。又因为供水温度都是一致的，我们只需要改变回水温度即可改变供回水温差，所以当各热用户的供回水温度趋于平均值时，即可实现室内温度相同，从而可以判定二网的水力平衡。

智能室温和智能回水调控原理如下图所示：



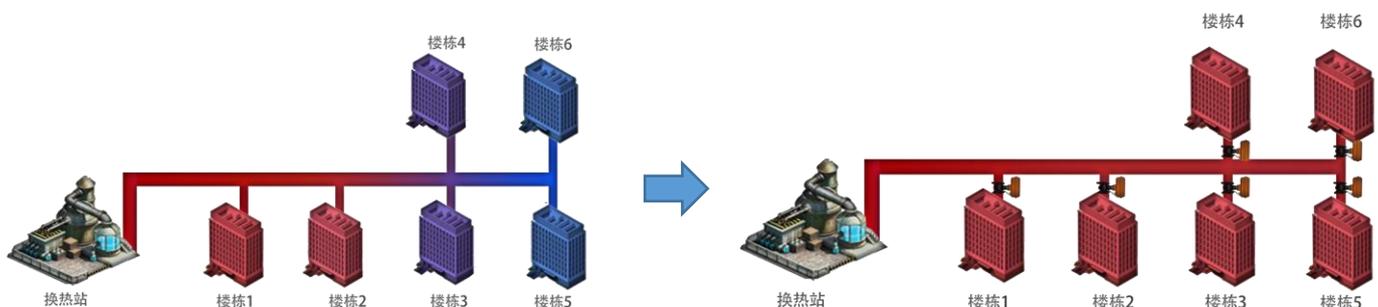
管控云平台采用大算力的 AI 计算机，算法通过温度采集器和智能阀之间联调联控，设备始终围绕着设定目标温度不断的动态调整，最终目的是实现室温恒定，如变频空调一般。其原理是把温度高的住户室温降下来，将其富余的压力/流量分配给高楼层或温度不达标的住户，避免出现热的开窗散热，低温的投诉等现象发生。

#### ◆ 我们的优势：

- 1、测温准确，采用高精度数字传感器配合成熟高精度的算法使得温控更加精准；
- 2、执行结构采用角度传感器，有别于普通的限位开关，使阀门角度调节更加准确，调节精度可达 1%；
- 3、黑蚂蚁的服务器软件有网关服务器+应用服务器+消息服务器组成，这样设计的优点极大的提高了通信的稳定性和可靠性及实时性；
- 4、网关服务器可以运行在 Windows X 和 Linux 平台，基于 Linux 平台部署，性能更佳，部署完无需维护，零故障率，依托于云平台，只要网络不断，系统就不会瘫痪；
- 5、应用服务器使用了先进的内存缓存技术，可以极高的提高数据处理的速度和能力，避免了因为设备数据量大导致的通道堵塞现象，大大提高了调节效率；
- 6、数据库采用了分表存储策略，设备数量的增长对系统性能的影响极小，数据的增长对系统查询速度影响也极小，可以快速的响应数据调用请求。

#### 四、二网平衡改造方案

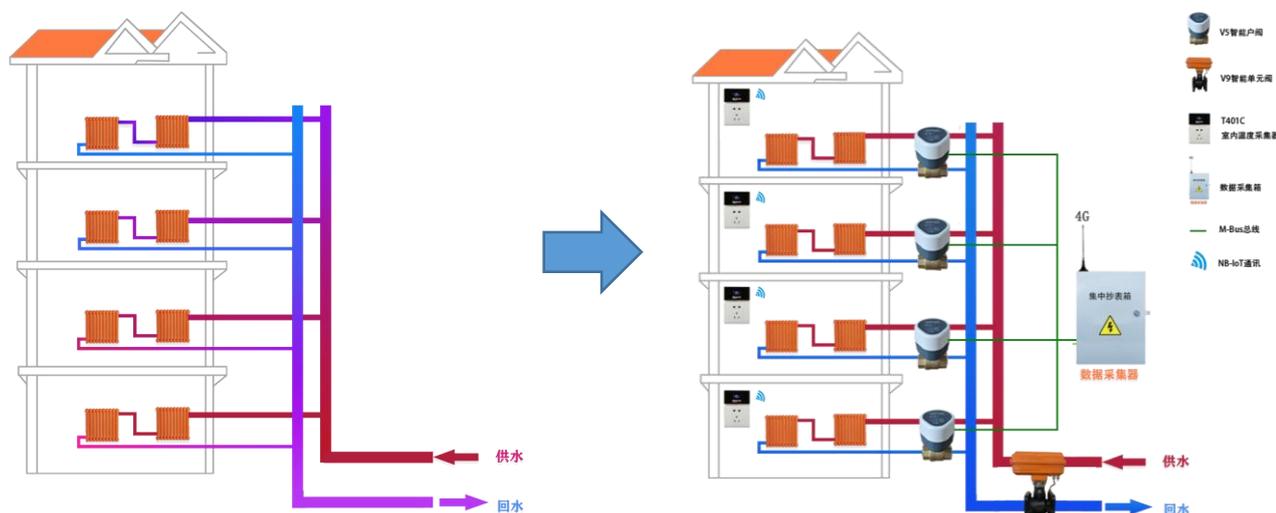
- 1、因为水流特点是近大远小，所以我们首先要再每栋楼的单元入口回水立管上加装物联网智能平衡阀（带回水测温功能），减小前端单元的流量，加大远端的开度，实现水平向平衡，如图：



水平向调控对比

- 2、水平向平衡实现后，在水暖井每户的回水管安装户端智能阀（带回水测温功能），

住户与住户间的垂直水利失衡的问题，将低层富余的水压分配到高层，让每一户都能达到适宜的温度，如图：



垂直向调控对比

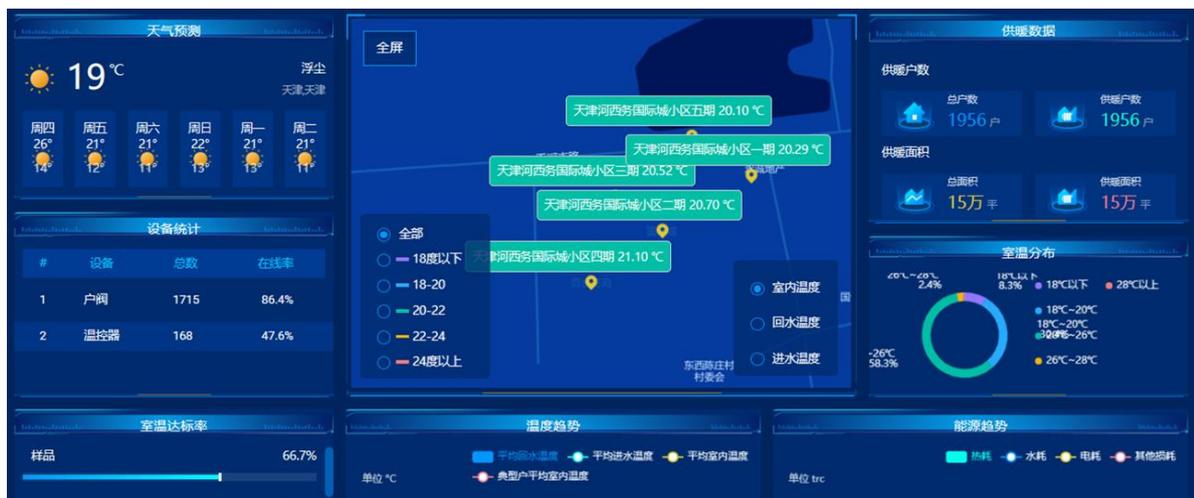
## 五、系统平台软件

(1)我们的系统采用 B/S 架构，支持二次开发。具备工业以太网通讯协议 Web Service 通用接口，可以向用户提供完整规范的开发接口，方便快速与其它平台间的数据交互。

(2)是 JAVAEE 和 .NET 技术的管控一体化平台系统，可部署到 Linux 和 Windows OS 等系统。数据库支持企业级数据库 MySQL，Server 端程序支持多种数据库类型，基于 WEB 开发，WEB 客户端可 200 名以上用户同时在线，支持火狐、谷歌等浏览器，手机 App 支持安卓、鸿蒙等操作系统。

(3) 系统功能简介

可以显示项目信息、工况、地理位置及天气信息，方便系统平台对应的策略实施，支持户型补偿、天气补偿、分时分控等调控策略。可以显示全供暖期温度曲线、开度曲线，并且支持导出。

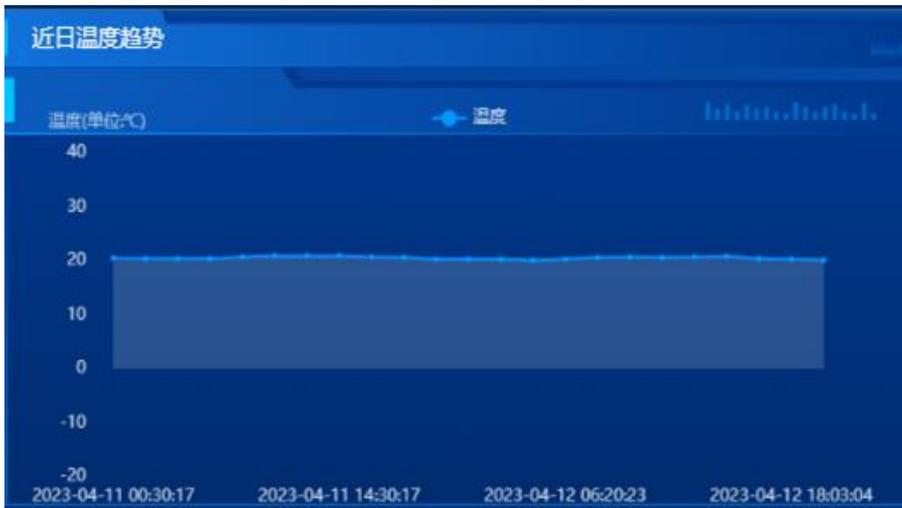


支持信息查询、信息添加、信息编辑、信息删除、信息导出 excel 等功能。能够对二次网温度平衡进行调节，主要针对各个单元/住户温度进行平衡调节。可以扁平化分显示楼栋、单元、房间显示室内温度信息。





内置二次网平衡调节策略算法，根据支路设置的回水目标来判断并计算目标值，可清晰通过平面图显示各单元平衡状态，可实现自动调节，自动调节可以通过一键下发指令实现；也可以远程手动设定设备的采集周期、调控周期以及调控精度等。支持历史曲线查询功能，可以查询任意时间段内的室内温度、回水温度、阀门开度等曲线。



可以智能筛选温度读数，对于室温可以自定义成多个区间并用不同颜色标注显示，方便运维人员识别，同时设置了高温预警、低温预警、超高温预警、离线预警等意见筛选按键，方便快捷。另外，部分热力公司因为资金预算的问题，没有办法给所有住户装配室温采集器，可以挑选一些典型具有代表性的户型安装室内温度采集器（如：边户、顶层住户、中间住户、孤岛户等户型），我们可以根据代表户型测温数据，通过后台计算模拟估算出其他所有户型的室内温度，估算出的室温数据误差值不高于 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，如下图：



此外，系统还可以兼容其他厂商的终端设备，对项目终端自控进行整合，同时支持将所有数据对接到热力公司系统平台。

## 六、预期效果

通过加装智能调节阀实施智慧二网调节，彻底解决二网水力失调和垂直失调问题，改变用户室温冷热不均的现象，有效降低水、电、热的消耗，提高能源的利用效率，降低企业成本，减少供热投诉，提升企业服务形象。

预计可节约电能 20%以上

节约热能 30%以上

投诉率下降 60%以上

人员的调控效率提高 80%

## 七、案例分享

### ◆ 太原三供一业项目

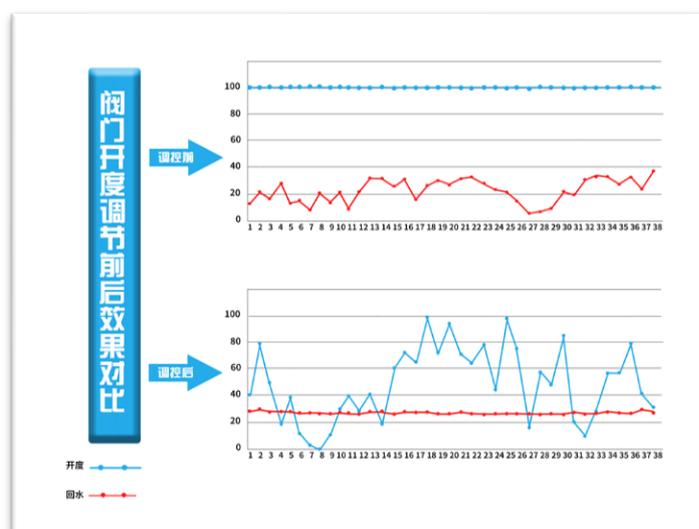
包括 130 多个小区，1400 栋楼，热用户超 150000 户。太原项目采用 V5 有线智能调节阀和 T5 有线温控面板的方案，对调节管网流量平衡，解决楼内供热不均，提高供暖效率，减少流量浪费，降低投诉率都有很大的改善。



山西卫视报道黑蚂蚁智能阀的智能流量平衡调控效果，把 1-4 层楼过大的流量分配给 5-6 楼居民，从而达到均衡供暖。

### ◆ 甘肃庆阳某县供热项目

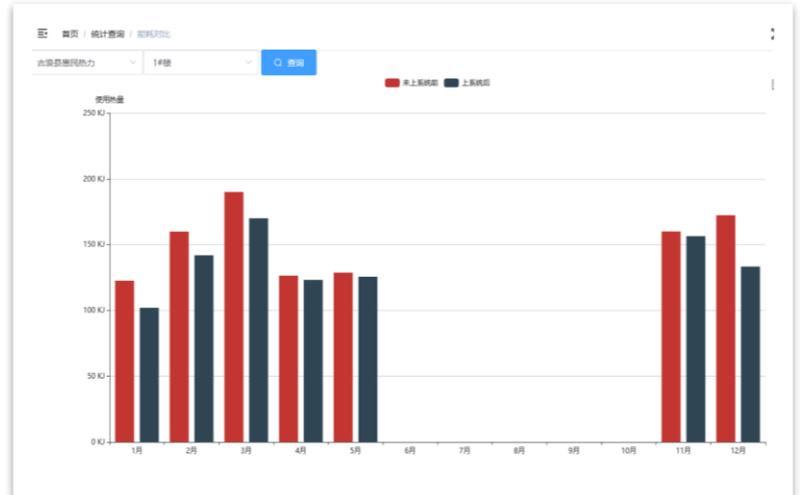
甘肃庆阳某县供热项目，调节前仅靠换热站的调节，部分用户回水温度波动大，供暖效果差。调节后阀门通过回水温度和设定的目标温度为依据，动态调控开度影响流量大小，从而实现温度的一致性，解决了住户温度温差较大问题，同时以往收



费难、投诉高的问题也迎刃而解，收到该项目小区业主一致好评。

◆ 咸阳市某热力二网平衡改造项目

2020 年累计改造 4000 余户涉及钢管厂，中石油住宅小区，铁小，运通小区四个小区。改造小区全部是非节能建筑且年代较久远，供暖效果差，每年投诉都居高不下，供暖企业与居民关系紧张。通过 2020 年供暖季回水温度智能模式调控，基本解决住户间供暖差异，降低了投诉率的同时节约率达到 30%。



八、售后服务

公司在北京、西安、太原、连云港、乌鲁木齐分别设立办事处或服务中心，可以保证全天候 24 小时提供服务支持和咨询，在办事处或者服务中心周边 200 公里范围内的 2 小时内响应并解决问题或到达现场处理。其他地方 2 小时内响应并解决问题或 12 小时内达到现场处理。公司对于所有售出且超过免费保修期的产品，依然提供终身质保服务，全心全意为广大供热行业同仁提供金牌服务。