

近年来，节能和保护环境已成为国民经济和社会进步可持续发展战略的重要组成部分，有关能源综合利用和环境保护的课题一直是国际上研究的重点。高寒地区的采暖能量消耗占总能量消耗的很大一部分，采暖节能备受关注。目前热力供应属于供热地区冬季生活必需品，需求较强，是国家在基础建设领域中重点支持的行业。而作为一大耗煤产业，降低供热成本、减少污染排放也一直是供热行业的重要研究方向。

集中供热热网的控制系统，按照热力资源的传输流程，可分为“源、网、站、户”四个主要控制环节。“站”级系统按照换热形式的不同，又可以分为“间连”、“混水”、“直供”集中不同的形式。对于“间连供热”的供热系统管网，可以分为一次管网和二次管网。一次网的水力平衡由于涉及整个热网的安全运行，往往为大多数供热企业所重视，已经花费大量的资金和精力进行改造和调整，并取得了不错的效果，而二次管网的水力平衡问题，却常常因为管辖权及调控困难等问题而被忽视。

在当前的情况下，供热企业一方面要满足的是广大居民基本的供热要求，提高供热的质量和供热的效果，另一方面也要求满足供热的低能耗、低污染要求，以适应国家节能环保、绿色可持续发展的战略目标，而现有的热网调控手段大都停留在人工调控或简单自动化调控阶段，调控工作量巨大，

调控精细度和灵活度远远不足。

由于系统运行时间长久，管网老化，加之管网内缺乏必要的调节手段。使得许多热力站后的二次管网存在严重的热力失调，即管网中末端用户与前端用户受热不均，系统中大部分热量都供给了前端用户，末端用户得热不够，从而造成末端用户室内供热温度达不到正常要求而前端用户高于正常要求。

事实上，热力失调的根源在于水力失调，即过热用户室内散热器中的循环水量超过了设计要求。而在目前管网内缺乏必要调节手段的情况下，解决这一问题的唯一方法就是加大循环水量，使末端用户室内散热器中的循环水量达到正常要求，从而使末端用户室内供热温度达到设计要求。同时由于管网无法调节（或调解曲线过短），必然造成前端用户热量超标，由于以上现象的存在，为满足末端用户的供热达标，管网内大部分用户都需超标供热，从而造成供热系统能耗偏高。

国家及行业规范

《中华人民共和国计算机信息安全保护条例》

《中华人民共和国公共安全行业标准》（GA36-2014）

《城镇供热管网设计规范》（CJJ34-2010）

《关于城镇供热体制改革试点工作的指导意见》

《城镇供热管网工程施工及验收规范》（CJJ 28-2014）

《供热工程术语》 CJJ T 55-2011

《市政公用工程设计文件编制深度规定》(2017 版)

《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012

《公共建筑节能设计标准》 GB50189-2005

自动化仪表规范

《自动化仪表工程施工及验收规范》（GB50093-2013）

《过程测量和控制仪表的功能标志及图形符号》

（HG/T20505-2014）

《自动化仪表工程施工质量验收规范》（GB50093-2013）

电气规范

《低压配电设计规范》(GB50054-2011)

《通用用电设备配电设计规范》(GB50055-2011)

《交流电气装置的接地设计规范》(GB/T50065-2011)

《电气装置安装工程施工及验收规范》（GB 50254-2016）

《电气安全管理规程》机械工业部

信息系统规范

《信息安全技术术语》（GB/T 25069-2010）

《计算机软件测试规范》（GB/T 15532-2008）

《计算机信息系统安全保护等级划分准则》

《计算机病毒防治管理办法》

通过给在二次网合适位置上加装远控平衡控制阀，来保证各干管和各幢建筑物之间的流量平衡，将热量平衡的分配到各个楼栋，使用户达到同时增温，同时减温的效果。

从节约能源的角度，通过合理的二次网水力平衡调节，降低二次网的失调程度，避免通过简单提高供热温度和循环泵流量的方法来解决二次网不均衡造成的末端用户不达标问题，可以有效降低水、电、热的单耗，为供热企业节省运行成本支出，提高企业效益。

二次网存在的问题

目前二次网存在的问题主要集中在如下三个方面。

1、过量供热、供热不均、近端过热，末端温度不达标，能耗较高；

2、居民家中没有测温点，部分区域投诉比较多；

3、供热水质较差，水内含有沙粒容易堵塞设备。

在二次网水力工况存在不平衡的情况下，有的楼栋尤其

是近端住户，室内温度偏高，远端住户室内温度偏低不达标。这时会产生以下两种情况：

1、为了保证远端住户室内温度达标，供热企业就要提高整个二次网供热温度参数，普遍提高住户室内温度，热的用户室温更加热，冷的用户室温接近达标，浪费了大量的热能。

2、供热企业加大二次网循环泵的流量，使管网趋于平衡，浪费了大量的热能；同时，不达标住户在散热器各末端私接水龙头泄放供热用水，导致系统热能和水的流失。

如何能够节省水、电、热的单耗，避免通过简单提高供热温度参数和循环泵流量或用户端加水龙头的方法来应付，是亟需解决的问题。

水力失调是能耗偏高的主要原因

诸如水力失调、管网年久失修、保温失效、管道内高温热水跑冒滴漏、末端用户私自放水等都有可能造成能耗偏高，其中，水力失调是能耗偏高的主要原因。从节能的角度，通过合理的二次网水力平衡调节，可以降低水、电、热的单耗，节约水、电、热的运行成本，为供热企业节省成本支出，提高企业效益。

为了避免产生水力失调，就要知道产生水力失调的原因：

1、设计原因：管网设计中存在设计不合理的问题。设计图纸中采取的管网管径普遍偏大，造成新敷设的管网与原管网的管径选择不匹配，导致整个管网水力平衡失调。

2、施工原因：在设计合理的前提下，施工质量控制是整个工程项目得以实现其投资效益重要环节之一，主要表现在施工安装和施工验收阶段。由于材料供应不及、工期延误等缘故，施工队伍凭经验更改设计施工图；另外，技术水平的高低，也决定了施工质量的优劣，例如施工中发生的偷工减料及大块杂物进入供热管网，形成局部的堵塞，供热管网随意翻身，而未设置排污、排气等装置。这些都将直接影响着工程质量的好坏，造成实际施工情况和理论设计之间出现较大偏差，水力失衡再平常不过。

3、运行原因，主要体现在：

1) 管网腐蚀结垢，增大了管网阻力系数，导致水里失衡；

2) 维修不及时，管网附件失灵，阀门开度不能满足要求；

3) 管线私接乱接，在供热管网系统改造时，为了施工方便随意改变管道的敷设线路、随意加装管道阀门；新并网管线不经设计允许采用就近路径，管径任意设计，破坏了原有管网的水力平衡。

4) 用户端不良操作，为一己私欲，个别热用户偷窃系统供热用水；擅自改动室内管线布置，对室内的散热器加片等情况；这都将增大管网的阻力系数，加大管路实际流量与理论设计流量的偏差，对供热管网的水里工况产生很大影响。

4 平衡阀问题：

1 原有的阀门（截止阀）调节功能有限，普通的截止阀调节曲线不是线性的，更不是等百分比的，根本不具备支路及用户的流量分配及调节性能，

2) 装有节流孔板，由于管网实际安装与计算工况很难相同，所以会有一定的误差，孔板容易堵塞，很不方便，在实际使用中有一定的困难。

3) 装有平衡阀，但不是专业厂家生产的，没有调节功能

4) 没有专业的工程师对系统进行调试

综上所述，二次网热力平衡调节是一项细致而复杂的工作，既要合理的设计、严格的施工、又要安装具有调节功能的平衡阀，精心的运行管理，确保热力平衡的前提条件，根据系统的自身特点，采用合理的调节方法，才能达到二次网的水力平衡。这样，对提高供热效果、降低成本支出和提高供热质量都将会起到非常重要的作用。

改善水力失调的主要手段

水平水力失调：

1. 改变动力的调节增减水泵的变速. 台数泵的叶轮切削, 达到改变流量的目的, 现有的技术水平对水泵多台并联合数调节问题多是定性分析和工程实例的计算, 还缺乏对变台数调节过程中单机流量和总流量变化规律的系统研究, 目前还没有适用于各种系统的流量预测办法。这种办法先期投入低, 但后期运营成本会增高, 浪费能源, 一般不建议使用;

2. 改变阻力的调节, 是传统通俗的做法, 即阀门节流, 以消耗流体的机械能而达到对系统的支路和末端进行个别流量的调节,

主要措施有装设孔板, 普通截止阀、平衡阀及自力式平衡阀几种:

(1) 孔板平衡措施由于管网实际安装与计算工况很难相同, 所以会有一定的误差, 孔板容易堵塞, 很不方便, 在实际使用中有一定的困难。

(2) 装设截止阀进行管网的水力平衡调节, 由于其特有的结构, 导致小开度时过于敏感, 大开度时过于迟钝, 没有开度显示, 调节曲线不是线性, 调节范围窄, 尤其系统运行压差大, 用户用量小的时候, 容易引起阀振, 调节性能差, 目前国内国外基本已淘汰。

(3) 装设静态平衡阀，静态平衡阀具有等百分比的流量特性曲线，优良的调节功能和截止功能，适用于集中量调节，集中质调节及分阶段改变流量的量调节，安装了该阀的支路，各用户的流量会按等比增大或者减小，保持初调节的流量的分配方案，主要安装在热源的集水器或大的分支，作为流量的初分配粗调节。

(4) 装设自力式平衡阀是一种趋势，已被国内外广泛使用。自力式平衡阀是一种不依靠外界动力而自动保持被控环路压差恒定的阀门，是目前国内外用途最广最多的水利工况阀，即能克服内扰（网路中被控环路所出现的变化）又能克服外扰（网路中被控环路处所出现的变化）使被控部分的压差和流量保持恒定，提高系统的稳定性和安全性，安装在系统中，利于平衡被控支路和末端，消除外网压力波动对被控环路的影响。支持末端用户的自主调节，互不干扰。主要用于采暖系统的分支及单元用户及末端用户。变流量系统应安装自力式压差控制阀（自力式定量压差控制阀），定流量系统安装自力式流量控制阀（自力式定量压差控制阀），变流量定流量交替运行必须安装自力式定量压差控制阀

垂直水利失调：

1. 每层热力入口加装一个动态平衡阀（或静态平衡阀）
2. 或者每个热用户加装一个静态平衡阀

二次网平衡控制的思路

二次网平衡控制的基本思路是：以间连供热换热站为单位，通过在用户热力入口处设置流量调节装置，即加设控制阀，利用平衡控制算法调控各个控制阀的开度，以平衡前端用户和末端用户的循环流量，使二者的实际流量都接近于满足供热需求的理想流量，从而达到热量均匀、按需分配的目的。

从实施的经济性及系统调控复杂程度出发，二次网平衡控制采用单元总管回水阀，以回水温度为目标，进行平衡控制。

在二次网调整时，我们借鉴一次网平衡算法，针对二次网的各种调整节点进行均衡调整，就能有效的改善二次网的水力失调。二次网的控制指标最直接的是用户室温。如果忽略各用户的差异，用户的室温可以推导至单户平均热耗。热耗为流经室内暖气片热水的温差与流量的乘积关系。由于供水温度一致，所以均衡调节时，可以通过调整入户流量，使回水温度一致，即可认为热用户的单位热耗乃至供暖情况基本一致。

由稳态下的热平衡方程可以得到，散热器向房间传热应

与房间向室外的传热量相同，即：

$$Q_s + Q_r + Q_g + Q_q = Q'_s + Q'_f + Q'_q$$

式中：

Q_s ：建筑物吸收太阳辐射热

Q_r ：建筑物内部人员设备散热

Q_g ：供热系统供热量

Q_q ：来自相邻建筑物传导吸热

Q'_s ：建筑物对室外散热

Q'_f ：空气对流通风散热

Q'_q ：向其他相邻建筑物传导散热

其中最主要的是：

Q_g （供热系统供热量） $\approx Q'_s$ （建筑物对室外散热）

而： Q_g （供热系统供热量）与供暖系统的传热系数、总散热面积、供热热水的供回水平均温度和室内温度有关； Q'_s （建筑物对室外散热）与建筑物的对外传热系数、散热面积、室内温度和室外温度有关。

上述公式可推导为下列公式，此公式的推导方式与一次网全网平衡是一样的：

$$K_r F_r \left(\frac{t_g + t_h}{2} - t_s \right) = K_b F_b (t_s - t_o)$$

式中： $K_r F_r$ ：散热器的传热系数与传热面积的乘积，W/°C

$K_b F_b$ ：建筑物的传热系数与传热面积的乘积（包括冷风渗入的影响），W/°C

t_g 、 t_h 、 t_s 、 t_o 分别为供水、回水温度、室温和外温。

上式可解出：

$$t_s = \frac{1}{K_b F_b + K_r F_r} \left(\frac{1}{2} K_r F_r t_g + \frac{1}{2} K_r F_r t_h + K_b F_b t_o \right)$$

抛开建筑物与散热器的各种基础系数，用户室温只与居民家暖气片的供水温度 t_g 、回水温度 t_h 和室外温度 t_o 相关。而同一时刻，一个热力站范围内，供水温度 t_g 和室外温度 t_o 可以认为是一致的。因此，对于二次网平衡调整时，可以利用供热用户的暖气回水温度来判断该用户室内温度的高低。

因此，在进行二次网平衡调整时，只需采集二次网热用户的回水温度，并控制用户供暖的回水调节阀，就可完成二次网平衡控制。实际工程中考虑到施工量及工程造价问题，推荐以单元为单位进行平衡调节。即调节阀安装在热用户的单元回水总管上，通过调控使小区内个楼栋单元回水温度趋于一致，即可近似认为，各单元供暖效果基本一致。

。有的系统安装了平衡阀或自力式平衡阀，还是出现了水利工况失调，可能是没有对平衡阀进行有效的调节（或安装的平衡阀没有调节功能），因为没有哪个厂家能预知每个阀门控制的流量大小，所以每个系统都要进行有效的调网。管网水力平衡调节方法常用的有三种：

（1）温差法

此法是利用在用户引入口安装压力表温度计，对系统进行初调节。

首先使整个系统达以热力稳定。为提高系统初调节的效果，可使网路供水温度保持 60°C 以上的某个温度不变化，若热源的总回水温度不再变化。就可以认为整个系统已达到热力稳定。此时记录下热源的总供水及回水温度和所有热用户处、回水压力和供、回水温度。

先调节供回水温差小于热源总供回水温差的热用户，并按照用户的规模大小和温差的偏离程度大小，确定初调节次序。先对规模较大且温差的偏离也较大的热用户进行调节。根据经验对其用户引入口装置中的供水或回水阀门进行节流。待第一轮次调节完毕系统稳定运行几小时后，现重新记录总供水温差及各用户入口处供回水压力及温度进行下一轮的调节。

该调节方法调节周期时间长，需要反复进行，要有工作经验丰富的工程师配合，它适用于保温较好的网络。如果网路保温较差，网路供水的沿途温降较大，则对于供水温度较低的热用户，或室内供暖系统水力不平衡的用户将较差，可能出现新的水力失调。但此调节方法属于粗调，调节效果不准确。

(2) 比例法

此法是利用两台便携工超声波流量计，或可测得流

量的阀门（如平衡阀新型入口装置）及步话机（用于调节时人员之间的联系）来完成的，比例法的基本原理为如果两条并联管路中的水流量以某比例流动（例如 1：2），那么当总流量在+30%范围内变化时，它们之间的流量比仍然保持不变（1：2）。但用比例法调节时相互间不易协调，对操作人员素质要求较高，并需要两台相同的流量计，初投入较大。

（3）CCR 法

CCR 法是在严格的对全系统阻力分析计算的基础上，对全系统实行一次调整的新方法，它由采集数据，计算机计算和现场调整三步构成。CCR 法的基本思路是先测出被测管网现状的各管段阻力数 S 值，阀门所控面积，热指标系数，供回水压差，供回水温差，再根据所要求的各支路流量计算出各调节阀所相应的开度，最后根据计算结果，用超声波流量计检测，一次将各调节阀调节到所计算的开度，使系统达到所要求的分配流量，各个支路或末端用户达到设计要求。

二次网平衡系统的配置方案

表面上看管网内前端用户和后端用户受热不均是热量分配不均。实际上则是由于管网内水力失调造成的。即管网内前端用户散热器内的循环流量要远远大于后端用户的流量。因此改造方案就是在所有用户热力入口处设置流量调节装置，以平衡前端用户和后端用户散热器内的循环流量，使

二者流量相近或相等，从而达到热量平均分配的目的。改造原理详见图 3-1。

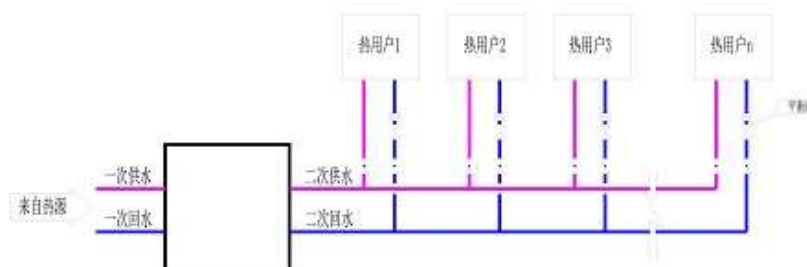


图 3-1 改造原理图

图中平衡阀的设置位置应在各建筑物单元热力入口处（若建筑物只有唯一热力入口，也可设置于建筑物总热力入口处）。二次网平衡控制系统的基本组成

单元平衡控制阀安装位置

二次网单元平衡控制阀的位置设置原则如下：

- (1) 单元平衡控制阀尽量设置在入口阀门检查室、单元楼道总立管或地下室热力总入口管道上，以便于调节及维护；
- (2) 单元平衡控制阀的安装位置应保持相对干燥
- (3) 单元平衡控制阀应设置在单独的密闭空间内，以防非管理人员的调节和破坏；
- (4) 单元平衡控制阀尽量装设于回水管道上。如因现场

原因，平衡控制阀只能安装在供水管道上时，应和生产厂家沟通，回水和供水安装阀门结构是不一样的。

(5) 单元平衡控制阀既可以设置在水平管道上，也可设置在垂直立管上。当设置于水平管道上时，为防止水中所含杂质影响，阀前应加装过滤器。

水力工况平衡控制

在用户热力入口处加设平衡阀，以平衡前端用户和后端用户散热器内的循环流量，但各个平衡阀控制多大流量才能平衡热网热力，需有理论根据，仅凭人工经验是很难达到很好的控制效果的。水利工况仿真与自动控制系统可以很好地解决这个问题。

动态偏差调节

每个用户热力入口处平衡阀动态偏差调节，包含平衡阀所供区域建筑类型、供热面积等参数；根据偏差库、水力平衡算法计算出每个调节阀包含供水流量等的供热参数，作为工作人员手动调节平衡阀的依据。工作人员可以用便携式流量计定时测量调节后的流量值，通过二次网平衡调度系统的完善，能科学有效地解决二次网

的楼间水力失调，楼栋间供热不均的问题，降低热耗；均衡供热，解决低温不热用户，降低系统失水率；优化调节二次网循环泵控制，分时优化控制，节约系统电耗。

西安森杰自动化科技有限公司