

浅析有关城市集中供热热力站的施工技术

刘 杨

(北京城建六建设集团有限公司, 北京 100000)

摘要: 本文在详细分析传统热力站二级网供热系统循环泵设置弊端的基础上, 提出热力站二级网支路分解循环泵供热技术的新思路, 详细说明热力站二级网支路分解循环泵供热技术的设计原理及特点, 将局部支路混水的理念引入该技术中, 并通过采用基于“最优支路流量调节”的自动控制技术, 有效地解决了各循环支路水力失调问题, 实现了热力站支路间的按需供热、均衡供热, 达到了热力站的深度节能节电。

关键词: 热力站; 二级网; 支路分解循环泵; 局部支路混水; 最优支路流量调节
中图分类号: TU995 **文献标识码:** A

伴随着我国郑重向世界宣告“3060”碳达峰、碳中和的目标, 各行业均积极开展相关研究以期使我国顺利实现这一宏伟目标。同时我们看到近几年, 我国集中供热面积迅速增加, 据统计, 截止到2019年年底, 全国城市集中供热面积为 $92.5 \times 10^9 \text{m}^2$, 管道长度为 $39.3 \times 10^5 \text{km}$ 。如此大规模的供热系统, 能耗巨大, 碳排放量也很大, 这就决定了供热行业在国家实现“双碳”目标过程中至关重要, 所以各类供热节能技术的研究与应用迫在眉睫, 部分工程技术人员已经在供热节能减排方面提出了相应的研究成果, 本文则在此大背景下提出新的思路: 热力站二级网支路分解循环泵供热技术。

1 我国集中供热发展现状

进入20世纪的90年代之后, 国家相关部门开始全面推广城市供热系统, 保证城镇供热领域的发展有效进行, 同时能有效地推动我国城市供热事业的发展 and 进步。集中供热系统的主要组成部分包括热源、热网、热用户等方面, 它们是相互联系、相互影响的整体。北欧等国家中, 因为其资源缺口比较大, 属于资源严重匮乏的国家, 所以已经开始全面重视集中供热系统的研发和应用。随着世界各国对集中供热系统的重视, 人们都有了深刻的认识, 节能是国家发展的必然趋势。

2 热力站二级网传统循环泵设计的弊端

目前广泛采用的是传统集中供热热力站二级网系统的典型形式(以四路分支为代表)。该系统将整个供热区域分成若干个供热环路, 每一个环路分别负责向辖区内局部区域的几栋楼宇供热, 所有供热环路在站内均接至分集水器上^[1]。

该系统运行的动力来自回水母管上设置的二级网总循环泵, 由该泵来完成热水在热力站内

部设备、区域内供热二级管网、区域内用户末端装置(散热器、地热盘管等)的循环功能。但是这种集中设置大循环泵的设计方法存在的诸多弊端, 在实际运行中越来越得以显现, 严重影响供热效果和节能减排, 主要体现在以下几点。

(1) 该泵的扬程选择上, 需要满足所有循环支路中阻力损失最大的环路热水正常流动的要求, 导致总循环水泵装机功率过大, 耗电量过高。

(2) 总循环泵的扬程只与最不利的一个环路阻力损失吻合, 系统运行时由于各支路存在明显的阻力损失不平衡的现状, 导致了各循环支路的流量分配不能满足设计要求, 阻力损失小的支路运行流量会大于设计值, 并且阻力损失越小流量偏差越大, 进而引起最不利环路的这一支路流量小于设计值, 出现该支路区域供热质量不达标的问题, 而其他支路又由于流量增大出现过热的情况。所以, 该系统在运行过程中就自然而然出现了循环支路水力失调、各支路冷热不均的状况, 由于过热用户的存在, 产生了热量的浪费。

(3) 热力站内分集水器接出的各分支上虽然设置相应的阀门, 但是经实际调研发现, 各循环支路上的阀门基本均为普通闸阀、蝶阀、球阀等快开特性的阀门。这种阀门不具备流量调节特性, 所以用该阀门进行各支路流量的平衡调节十分困难, 根本无法实现真正的调平, 也就无法消除各支路水力失调现象。

(4) 在没有有效的支路调节手段的情况下, 为了改善区域供热质量, 使不达标用户的室温提高, 热力公司往往采用加大热力站二级网供热系统总循环流量的运行模式。该方法可以稍微缓解一下循环支路水力失调的问题, 但是不能彻底解决问题, 同时由于流量的增加, 进一步增大了热

力站二级网总循环泵的功耗，导致热力站耗电量的大幅增加。

3 热力站二级网支路分解循环泵供热技术的原理与特点

热力站二级网支路分解循环泵供热技术是在电网络中的特兰根定理指导下提出的。特兰根定理的物理意义是：任一给定集中参数的电网络，其各支路的电功率之和为零。通俗地讲，就是指在一个特定电网络中，电源所提供的电功率等于各支路消耗的电功率之和。

集中供热系统属于流体网络范畴，该网络的拓扑结构与上述的电网络完全一致，其遵循的基本规律也相同，所以特兰根定理也同样适用于集中供热系统的分析。也就是说，在集中供热系统中循环水泵提供的功率消耗，等于系统中各支路的功率（各支路循环流量和压降的乘积）之和。这进一步证明了传统的热力站二级网系统存在电耗高的现实状况。

与传统热力站二级网系统不同，该系统取消了回水母管上设置的大流量大扬程的总循环水泵，是改成在每个二级网循环支路的供水管上增设小流量小扬程的循环泵（称为支路分解循环泵）。每一个支路分解循环泵的流量完全由该支路辖区内所有楼宇的总热负荷大小决定，每一个支路分解循环泵的扬程只需要满足该支路辖区内最不利二级网管路阻力、最不利热用户内部散热设备阻力和热力站内二级网侧阻力之和即可。这种水泵选型原则，确保了热力站每个支路分解循环泵的流量和扬程均与自己支路的热负荷需求及流动动力需求完全契合，真正实现各支路的“按需分配”，彻底消除热力站各循环支路间的水力失调问题，实现支路间的均衡供热。

热力站二级网支路分解循环泵供热技术会带来如下效益：（1）由于热力站内设置了支路分解循环泵，每个支路中的热水流动完全由自己的循环泵承担，实现真正意义上的支路按需供热，避免传统二级网系统中阻力损失小的支路出现的过热问题，从而带来热力站的节能效益。（2）由于支路分解循环泵的参数完全与其所对应支路的热负荷与动力实际需求相吻合，所以消除了原有热力站二级网系统中支路阀门的节流损失。依据特兰根定理可知，该技术改造后的系统较传统的热力站二级网系统有明显的降低功率的效果，从而带来热力站的节电效益。（3）该技术改造过程中，取消了原热力站中的分水器及其配套的相应阀门，进一步减小二级网系统的站内阻力损失，

带来进一步的节电效益。

4 通过局部支路混水实现热力站低参数支路的灵活供热

在对各地热力公司热力站进行现场走访调研过程中，发现热力站二级网供热系统还普遍存在一个突出的问题，那就是热力站辖区内的地热用户和散热器用户混合在一起进行供热，比如一个热力站内，部分循环支路对应的楼宇为散热器用户，而少部分个别循环支路对应的楼宇为地热用户。这种现状导致供热参数调节上的困惑，因为地热用户属于较低温度、大流量、小温差运行模式，而散热器用户相对而言属于较高温度、小流量、大温差运行模式。当两者混合在一起时，热力站调节上只能综合考虑，降低散热器用户的供水温度和温差，从而整体提高系统的循环水量，散热器和管路系统的阻力损失都相对增大，从而使热力站的电耗增加。同时该混供的现状，极易导致地热用户出现过热的情况，从而带来能耗的增加。

为了破解以上存在的地热与散热器混合供热的难题，项目有效地将局部支路混水的理念引入热力站二级网支路分解循环泵供热技术中，使该技术具有更广泛的适应性，最大限度地节能、节电。

嵌入局部支路混水模式的热力站二级网支路分解循环泵供热系统就是结合热力站的实际情况，对全地热用户的循环支路或者部分用户为地热用户的循环支路，单独再配置一个支路混水循环泵，根据实际需要确定混水比，选择合适的支路混水泵的流量及扬程。系统在运行过程中，通过变频控制支路混水泵，进而调节送入支路供水管上的混水流量，适时改变该支路的二级网供水温度，以满足所辖热用户的实际需求。

该局部支路混水理念的引入，除有效改善地热用户的供热质量外，还带来一个明显的好处：可以使热力站内板式换热器的二级网侧由原来的小温差运行变成大温差运行（温差根据散热器用户确定），从而减小板式换热器二级网侧循环流量，有效降低站内阻力损失，进一步带来整体的节电效益。

5 运用最优支路流量调节法进行热力站二级网系统调节

为了在保证供热质量的前提下实现热力站的深度节能、节电，在供热二级网系统运行调节控制上不是采用传统的单纯质调节、单纯量调节或分阶段变流量的质调节的方法，而是采用更为优

越的调节方式——最优支路流量调节法。

所谓最优支路调节法，就是指在某一工况下，每一循环支路系统需按某一计算流量运行，只有在该流量下运行才能保证热用户不出现水力失调，从而保证系统热力工况的稳定，否则就会出现用户冷热不均的失调现象。这一计算流量即为最优支路流量。

对室内双管系统，最优支路流量的计算公式为

$$\bar{G} = \left(\frac{t_n - t_w}{t'_n - t'_w} \right)^{1/3} \times 100\%$$

对室内单管系统，最优支路流量的计算公式为

$$\bar{G} = \left(\frac{t_n - t_w}{t'_n - t'_w} \right)^{B/(1+B)} \times 100\%$$

式中： \bar{G} 以设计流量为基准的最优支路相对流量，%； t_n 为室内空气温度，℃； t_w 为某一室外温度，℃； t'_n 为室内设计温度，℃； t'_w 为供暖室外计算温度，℃；

B 为传热指数（对钢制和铸铁散热器， $B=0.2-0.35$ ；对地热， $B=1.032$ ）。

系统运行过程中，根据每个循环支路的用户特点分别进行不同室外温度条件下最优支路流量的计算，再结合不同室外温度下各支路的实际热负荷需求，确定二级网供热参数，通过自动控制系统进行支路分解循环泵、局部支路混水泵的变频调节，根据整体二级网的参数需求同步进行一级网热力站内电动调节阀的调整。同时，对调节后的效果进行实时在线监测，根据反馈的监测结果进行调节方案的优化及方案执行，直至达到最佳的供热效果。通过高效合理的自动化运行调节，实现热力站二级网侧各支路的按需供热、均衡供热、节能降耗的目标，保证热力站二级网支路分解循环泵供热技术在实际工程应用中逐渐逼近节能量、节电量的最大值。

6 改善供热系统节能措施

不断开展城市供热体制的改革与完善，促进城市环境质量的提升，坚决落实可持续发展的战略措施，实现技术创新，完善供热系统，让城市供热系统能耗得以下降，符合清洁性指标要求。

6.1 城市集中供热

制定出符合城市供热系统运行需要的规则和标准，逐步落实城市集中供热措施，做好新建分散锅炉房的控制，对已有的分散锅炉房逐步改造和拆除，促进集中供热效率和质量的提升。

6.2 热源

(1) 不断开发和应用热电联产系统，促进能

源利用率提升。(2) 使用多种供热措施，促进节能降耗水平的提升。(3) 风机、水泵等常用设施增加变频装置，达到节能性的效果。(4) 寻求其他可替代热源进行城市供热。(5) 不断开发和利用太阳能、地热能等清洁能源。

6.3 输配管网

(1) 促进输配网的运行安全性、耐久性的提升，降低工程成本，减少热量的损耗，防止供热系统存在泄漏的问题，同时还要做好热力管道的防腐蚀处理，避免热损失严重。(2) 积极做好各项计量收费改革措施，保证集中供热系统运行调节和控制技术符合运行要求。(3) 做好热力站的规模限制，做好系统控制工作。(4) 通过调节流量等方式，可以大幅提升供热效率和质量，也能够升高供热的温度。(5) 研发和应用热力站入口的流量控制装置，彻底解决一次水系统水力失调的问题，热力站设置监控系统，保证用户热量可以调整，不断改进和完善二次供水系统，有效地消除房屋不热或者能源浪费的问题。(6) 全面推广和应用拖泵汽轮机，确保循环泵、给水泵等大型设施满足运行的要求，有效节约设备运行的电力能源，符合能源节约的要求。

7 结束语

传统热力站二级网供热系统循环泵设置存在很多引起不节能、不节电的弊端，为克服这些缺点，提出热力站二级网支路分解循环泵供热技术，通过取消传统大循环泵、改成各支路单独设置小循环泵（必要时增设局部支路混水泵）的方式，避免了支路阀门的节流损失，减小了系统的总循环水量，有效地降低了系统的运行阻力，并采用基于“最优支路流量调节”的自动控制技术实现了热力站各循环支路的“按需供热、均衡供热”，从而带来明显的节能与节电效益。

参考文献

- [1] 钟式玉, 郭贤明, 于文益. 广东省工业园区集中供热方式选择及模拟评价[J]. 中国人口. 资源与环境, 2016, 26(S1): 121-124.
- [2] 周守军, 郭敏, 孙浩森, 等. 热水集中供热管网泄漏故障诊断模型[J]. 山东大学学报: 工学版, 2013, 43(4): 105-110.
- [3] 刘景成, 张树有, 周智勇. 板翅换热器流道结构改进与流体流动性能分析[J]. 机械工程学报, 2014, 50(18): 167-176.