

基于供热调节方式的混水直连模式的适用性

晋娜娜¹, 田琦¹, 王美萍¹, 孙玉峰²

(1. 太原理工大学 环境科学与工程学院, 山西 太原 030024;
2. 太原理工大学 信息工程学院, 山西 太原 030024)

摘要: 建立了混水直连供热系统动态水力计算模型,分析 3 种基本混水方式在特定的供热调节方式下的适用条件.通过理论分析及实例分析可知:混水直连供热系统在选用混水方式时,不能仅以设计工况为依据来选择,还要根据选用的具体供热调节方式来进行动态的综合分析和选用.当采用分阶段改变流量的质调节时,依据设计工况选择的 3 种混水连接方式,混水泵置于二次网供水管时在整个运行调节过程中都适用,而混水泵置于二次网回水管及旁通管时需考虑运行工况来综合确定.

关键词: 混水直连供热系统;混水方式;供热调节;水压力;动态特性

中图分类号: TU 955.1 **文献标志码:** A

随着城镇化进程的不断加深,集中供热规模的逐步扩大,相应给供热企业提出了更高的要求,热力供应在保证品质的同时更要谋求供热的经济性.混水直连供热系统因其运行稳定、经济、节能空间大等优点,在供热领域中得到越来越广泛的应用^[1-12].混水直连供热系统能否发挥其优势的关键是混水方式的正确选择,混水方式的选择又与一、二次网的水力工况息息相关.因此,供热系统在变工况时的水力工况分析是选择混水直连方式的重要依据,只有正确选择混水直连供热系统的混水方式,才能使其发挥出最大的节能潜力.目前,大部分文献在混水直连供热系统的应用中关于混水方式的选择,都没有综合考虑供热系统所选的供热调节方式,故存在一定的局限性.文献[5]只依据管网设计压力进行了静态的选用;文献[7-8]只是单纯地按照建筑是高层或多层以及供暖小区所处的地势高低来选择混水方式,没有考虑管网压力大小;文献[9-10]虽然提出要按照管网水压图来进行设计,但没有综合考虑系统所选用的供热调节方式来进行动态的分析和选用.本文针对目前较常用的质调节及分阶段改变流量的质调节,对混水方式的选择进行分析研究.

1 水力工况的基本计算公式

相对一、二次网间接连接系统,混水直连系统是在增加一次网供、回水温差的情况下,使得供热系统的流量减小,减少了供热系统的运行能耗,可以在原有热力站基础上增加供热用户,解决热力站满负荷时新增用户等诸多问题^[5].混水直连供热系统通用示意图,如图 1 所示.

根据电学的基尔霍夫电压电流定律,可对图 1 混水系统的流量、压力建立如下基本关系^[13-14],即

$$G_2 = G_1 + G_w,$$
$$\Delta H_1 + \Delta H_2 = P_1 + P_2,$$

(1)
(2)

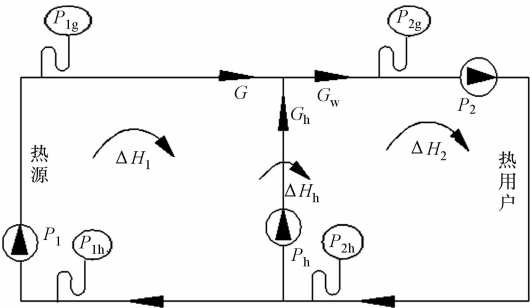


图 1 混水直连供热系统通用示意图
Fig. 1 General schematic drawing of
mixing water direct heating system

$$\Delta H_w + \Delta H_2 = P_2 + P_w, \quad (3)$$

$$\Delta H_1 - \Delta H_w = P_1. \quad (4)$$

式(1)~(4)中: G_1, G_2, G_w 分别为一、二次网和混水旁通管的流量; $\Delta H_1, \Delta H_2, \Delta H_w$ 分别为一、二次网和混水旁通管的管段压力降; P_1, P_2, P_w 分别为一、二次网和混水旁通管的混水装置的扬程; $P_{1g}, P_{1h}, P_{2g}, P_{2h}$ 分别为一、二次网设计工况的供、回水压力; $P'_{1g}, P'_{1h}, P'_{2g}, P'_{2h}$ 分别为一、二次网在分阶段改变流量的质调节后的供、回水压力。

2 混水直连系统动态压力特性分析

混水泵连接方式需要根据供热系统运行调节方式, 并分析整个采暖季的水力工况来确定, 以保证任何时候系统的安全稳定运行。

2.1 一、二次网均采用质调节

该调节方式的供热系统在运行过程中只改变供、回水温度, 其流量不改变, 管网的压降也不变, 因而一、二次网的压力不变。在设计工况下选择的混水连接方式, 在整个采暖期间都满足系统要求。

2.2 一、二次网均采用分阶段改变流量的质调节

该调节方式因流量的改变, 管网压力也相应的改变。在调节时, 混水比不变, 则一、二次网的压力变化情况可由式(3), (4), 以及 $\Delta H_1 = P_{1g} - P_{1h}, \Delta H_2 = P_{2g} - P_{2h}$ 来确定。

供热调节之前的一、二次网供水压力为

$$P_{1g} = P_1 + P_{1h}, \quad P_{2g} = P_2 + P_w + P_{2h}; \quad (5)$$

而供热调节之后的一、二次网供水压力则为

$$P'_{1g} = \bar{G}^2 P_1 + P'_{1h}, \quad P'_{2g} = \bar{G}^2 (P_2 + P_w) + P_{2h}. \quad (6)$$

式(6)中: \bar{G} 为每个阶段的相对流量比, 即运行调节时, 相应阶段管道流量与设计管道流量之比^[15]。

二次网的回水压力即为二次网定压压力。在实际工程中, 混水旁通管可以设计得很短, 设计时选取较小的比摩阻, 适当选用较大的管径, 使其压降很小, 即 ΔH_w 趋近于 0^[14]。

由式(5), (6)可得一、二次网调节之前和调节之后的供水压力之间的关系为

$$P'_{1g} = \bar{G}^2 P_{1g} - \bar{G}^2 P_{1h} + P'_{1h}, \quad P'_{2g} = \bar{G}^2 P_{1g} - \bar{G}^2 P_{2h} + P_{2h}. \quad (7)$$

对于混水直连供热系统来说, 要求在进行分阶段改变流量的质调节时, 一、二次网调节后的供、回水压力也要满足所选混水方式的压力要求。

2.3 混水形式的压力分析

根据混水泵安装位置的不同, 可以将混合水直连供热系统分为以下 3 种基本形式^[10]。

2.3.1 混水泵置于二次网供水管 这种情况应用条件是二次网所需的供水压力在一次网以上, 二次网的回水压力大于一次网的回水压力。在设计工况 $P_{1g} < P_{2g}, P_{1h} < P_{2h}$ 的条件下, 分阶段改变流量的质调节后 P_{2h} 不变, P'_{1h} 减小, 故 $P_{2h} > P'_{1h}$ 。由式(7)可知, P'_{1g} 始终小于 P'_{2g} 。所以, 根据设计工况的一、二次网供、回水压力, 选用混水泵置于二次网供水管的混水方式, 其在分阶段改变流量的质调节的整个调节过程中都适用。

2.3.2 混水泵置于混水旁通管 这种情况应用条件是二次网所需的供水压力小于一次网供水压力, 且二次网供水压力经由系统阻力消耗后仍比一次网回水压力高。在设计工况 $P_{1g} > P_{2g}, P_{1h} < P_{2h}$ 的条件下, 分阶段改变流量的质调节后 P_{2h} 不变, P'_{1h} 减小, 故 $P_{2h} > P'_{1h}$ 。由式(7)可知有

$$P'_{1g} - P'_{2g} = \bar{G}^2 [(P_{1g} - P_{1h}) - (P_{2g} - P_{2h})] + P'_{1h} - P_{2h}. \quad (8)$$

因此, 在设计工况 $P_{1g} > P_{2g}, P_{1h} > P_{2h}$ 的条件下, 一、二次网的供水压力变化有如下 2 种情况。1) $\bar{G}^2 [(P_{1g} - P_{1h}) - (P_{2g} - P_{2h})] > P_{2h} - P'_{1h}$, 原混水方式仍适用。2) $\bar{G}^2 [(P_{1g} - P_{1h}) - (P_{2g} - P_{2h})] < P_{2h} - P'_{1h}$, 原混水方式不适用, 需在二次网供水上增设混水泵。

由于一次网供、回水压力在供热调节后的不确定性, 在具体选用混水方式时, 需画出供热系统在各个调节阶段的水压图; 然后与调节后的二次网供、回水压力比对, 并参考上述两种情况进行相应的操作。

2.3.3 混水泵置于二次网回水管 这种情况应用条件是当一次网的供水压力大于二次网供水压力,

一、二次网在混合水供热后,使得二次网的回水压力不足,不能靠自身流回一次网系统中.在设计工况 $P_{1g}>P_{2g},P_{1h}>P_{2h}$,分阶段改变流量的质调节后,一、二次网的供、回水压力如式(7)所示,由此可知,调节后的一次网供水压力与调节后的回水压力以及设计工况下的供、回水压力有关.由于二次网的回水压力为二次网的定压压力,故调节后的二次网供水压力仅与设计工况的供、回水压力有关,即已知二次网设计工况的供、回水压力,则可知调节后的供、回水压力.

由式(8)可知,分阶段改变流量的质调节之后,在设计工况 $P_{1g}>P_{2g},P_{1h}>P_{2h}$ 的条件下,一、二次网的供、回水压力变化有如下4种情况.1) $P'_{1h}>P_{2h},\bar{G}^2[(P_{1g}-P_{1h})-(P_{2g}-P_{2h})]>P_{2h}-P'_{1h}$,原混水方式仍适用.2) $P'_{1h}>P_{2h},\bar{G}^2[(P_{1g}-P_{1h})-(P_{2g}-P_{2h})]<P_{2h}-P'_{1h}$,原混水方式不适用,需在二次网供水管及回水管上增设混水泵.3) $P'_{1h}<P_{2h},\bar{G}^2[(P_{1g}-P_{1h})-(P_{2g}-P_{2h})]>P_{2h}-P'_{1h}$,原混水方式不适用,需在旁通管上增设混水泵.4) $P'_{1h}<P_{2h},\bar{G}^2[(P_{1g}-P_{1h})-(P_{2g}-P_{2h})]<P_{2h}-P'_{1h}$,原混水方式不适用,需在二次网供水管上增设混水泵.

由于一次网供、回水压力在供热调节之后的不确定性,在具体选用混水方式时,需画出供热系统在各个阶段的水压图;然后与调节后的二次网供、回水压力比对,参考上述4种情况进行相应的操作.

3 实例验证

某单热源枝状供热管网(图2),该供热系统含5个二级热力站,二级热力站设计采用混水换热方式,每个热力站的设计热负荷为6.976 MW,一次网系统的设计供、回水温度分别为115,55℃,二次网设计供、回水温度分别为80,55℃.每个二级站用户一次侧设计流量为 $100\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$,总流量为 $500\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.一次网系统的定压为274.4 kPa,每个二级站用户二次侧的定压分别为313.6,303.8,313.6,392.0,392.0 kPa.

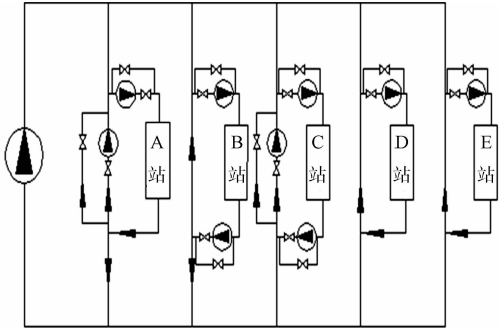


图2 供热系统图

Fig.2 Heating system diagram

各个热力站在分阶段改变流量的质调节时,每个阶段的供、回水压力的水力计算值,如表1所示.由表1可知,按照设计工况选择的混水方式,其在分阶段改变流量的质调节过程中出现的变化情况与前面理论分析结果完全相符,且每个二级热力站的混水连接方式如图2所示.

表1 供热调节时一、二次网供、回水压力情况

		Tab.1 Pressure of supply and return water when in heating regulation									kPa
热力站	水压力	100%负荷			80%负荷			60%负荷			
		一次网	二次网	混水方式	一次网	二次网	混水方式	一次网	二次网	混水方式	
A 站	供水压力	541.5	490.0	混水泵置于旁通管	445.3	426.5	混水泵置于旁通管	370.5	377.1	混水泵置于二次网供水管	
	回水压力	298.0	313.6		289.6	313.6		282.9	313.6		
B 站	供水压力	511.0	490.0	混水泵置于二次网回水管	425.8	423.0	混水泵置于二次网回水管	359.6	370.8	混水泵置于二次网供水管	
	回水压力	328.6	303.8		309.1	303.8		294.0	303.8		
C 站	供水压力	493.8	490.0	混水泵置于二次网回水管	414.8	426.5	混水泵分别置于二次网供水管及回水管	353.4	370.8	混水泵置于旁通管	
	回水压力	345.8	313.6		320.1	313.6		300.1	313.6		
D 站	供水压力	476.7	588.0	混水泵置于二次网供水管	414.8	517.4	混水泵置于二次网供水管	35.06	462.6	混水泵置于二次网供水管	
	回水压力	363.0	392.0		320.1	392.0		300.1	392.0		
E 站	供水压力	465.4	588.0	混水泵置于二次网供水管	403.9	517.4	混水泵置于二次网供水管	343.2	462.6	混水泵置于二次网供水管	
	回水压力	374.2	392.0		331.1	392.0		310.3	392.0		

4 结论

通过理论分析及实例验证,可以得到以下4点主要结论.

1) 混水直连供热系统在选用混水方式时,不能仅以设计工况为依据来选择,还要根据选用的具体供热调节方式来进行动态的综合分析和选用.

2) 如果供热系统调节方式选用质调节,则按照设计工况选择的混水方式在整个质调节过程中都能满足系统要求.

3) 如果供热系统调节方式选用分阶段改变流量的质调节,那么根据设计工况的一、二次网供、回水压力,选用混水泵置于二次网供水管. 这种混水方式在分阶段改变流量的质调节的整个供热调节过程中都适用;而选用混水泵置于二次网回水管及混水泵置于旁通管的混水方式,由于一次网供、回水压力在供热调节之后的不确定性,在具体选用混水方式时,需画出供热系统在各个调节阶段的水压图,并参照相应的具体情况做相应的操作.

4) 在分阶段改变流量的质调节过程中,一次网调节后的供、回水压力之间是一次线性关系,已知设计工况及二次网定压,便可知二次网调节后的供水压力大小.

参考文献：

[1] 江亿. 我国供热节能中的问题和解决途径[J]. 暖通空调, 2006, 36(3): 37-41.
[2] 宋跃文, 曲学军. 基于混水原理的供热系统节能分析[J]. 沈阳航空航天大学学报, 2012, 29(1): 93-96.
[3] 吕来升, 周青, 刘向华. 混水连接及远程监控技术在热力站改造的应用[J]. 煤气与热力, 2012, 32(3): 18-20.
[4] 王静. 混水直供系统的节能分析与应用[J]. 硅谷, 2012(15): 135-136.
[5] 张秀娟, 李兴泉, 田贯三, 等. 混水连接和间接连接方式的对比分析[J]. 煤气与热力, 2010, 30(12): A16-A18.
[6] 刘亚楠. 动力分布式混水变频供热系统的控制策略研究[D]. 济南: 山东建筑大学, 2012: 17-20.
[7] 高奉春, 宋景发. 混水连接方式在供热系统的应用[J]. 煤气与热力, 2008, 28(5): 24-25.
[8] 马晓红, 于卓诚. 混水直供供热方式的设计与应用[J]. 暖通空调, 2009, 39(9): 108-111.
[9] 王魁吉, 王颖曦, 王魁荣, 等. 供热系统的优化方法和混水系统的适用范围[J]. 区域供热, 2009(6): 5-12.
[10] 黄涛. 热网混水系统的应用与节能[J]. 区域供热, 2009(5): 75-76.
[11] 李志平, 翁杰. 混水直连供热系统的节能分析[J]. 河北电力技术, 2004, 23(4): 47-49.
[12] 宁太刚. 供暖系统连接方式、调节方式及热媒输送能耗分析[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2009: 32-34.
[13] 石兆玉. 供热系统运行调节与控制[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998: 53-58.
[14] 石兆玉. 供热系统分布式混水连接方式选优[J]. 区域供热, 2009(6): 13-33.
[15] 贺平, 孙刚, 王飞, 等. 供热工程[M]. 4 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009: 277-279.

Applicability Study on Mixed Mode of Mixing Water Direct Heating System Based on Heating Regulation Mode

JIN Na-na¹, TIAN Qi¹, WANG Mei-ping¹, SUN Yu-feng²

(1. College of Environmental Science and Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China;

2. College of Information Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: A dynamic hydraulic calculation model for a mixing water direct heating system (MWDHS) was developed to analyze the applicable conditions of the three basic mixed modes on designated heating regulation mode. Through theory and example analyses, it could be found that it was improper to choose mixed mode of MWDHS only according to design conditions. A comprehensive analysis and choice of the designated heating regulation mode should also be considered. It could be concluded that the mixing pump was applicable in the entire operation regulation process when set at secondary supplying water network, while a comprehensive selection including the operating conditions should be considered when the mixing pump was set at secondary backwater and bypass pipe if adjusting by quality control with flow varied by steps.

Keywords: mixing water direct heating system; mixed mode; heating regulation; water pressure; dynamic property

(责任编辑：陈志贤 英文审校：刘源岗)