

文章编号:1673-9469(2008)02-0036-04

某集中供热系统运行调节方式分析

徐书朋, 贾玉清

(河北工程大学 城建学院, 河北 邯郸 056038)

摘要: 简单介绍了各种集中供热运行调节方式的特点, 针对3种典型的运行调节方式, 推导出相应的参数调节模型; 以某集中供热系统为例, 结合当地气象条件, 计算出3种调节模型在该区采暖期运行调节中的具体数值; 最后对各调节方式在经济性, 包括运行费和初投资方面作了比较。通过分析, 指出质调与流量改变的调节方法在电耗、经济性方面存在着明显的差异, 推荐采用流量改变的调节方式, 尤其是质-量并行的量调节方式更应积极推广。

关键词: 集中运行调节; 质调节; 量调节; 热负荷比

中图分类号: TU833

文献标识码: A

The analysis of the operational regulation mode in the system of district heating

XU Shu-peng, JIA Yu-qing

(College of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

Abstract: Various modes of operational regulation in district heating simply were introduced. Relevant parameter models were deduced aiming at 3 typical regulation modes. The concrete values of parameter models in operational regulation mode were calculated by taking a district heating project as example. Finally, some simple economic analyses for various regulation modes were carried out. According to these discussions, it was pointed out the difference between the regulation by changing temperature and by changing flux in district heating. The energy is supplied indirectly by district boiler; the regulation by change flux was proposed for the regulation by changing temperature and flux contemporary.

Key words: district operational regulation; the regulation by change temperature; the regulation by change flux; the ratio of heat - load

集中供热的目的在于维持室内气温适宜, 使建筑物得热与失热始终处于平衡, 因此, 运行期间, 随着室外气候因素的改变需适时进行调节, 最大限度地节约能源^[1]。集中运行调节一般分为四种: a. 质调节; b. 量调节; c. 分阶段改变流量的质调节; d. 间歇调节。许多文献倾向于推荐第3种方式, 原因在于: a 方式虽然系统水力工况较稳定, 但流量不变使水泵消耗的电耗较多; b 方式的优点是节约水泵电耗, 可在流量较小时容易引起严重的热力工况垂直失调, 如果在间接连接的系统中加以采用, 则可扬长避短, 充分发挥它的优势, 但流量不断改变实现困难, 有待于进一步研制推广;

间歇调节一般作为辅助性调节; c 方式则结合了 a 方式与 b 方式的优点, 应予以推荐^[2]。

实际上, 究竟采用哪种方式更为合理, 不能一概而论。对热电厂供热系统, 汽轮机抽气量的大小和抽气压力的高低都会波及电能的输出, 质调节可充分利用汽轮机的低压抽气, 节约燃料, 故应对供电和供热综合效益进行对比分析^[3]。考虑到流量过小时直接连接的系统会因建筑物高程的差异而易引起垂直失调, 量调节有一定的局限性。而 c 方式一般不小于设计流量的 60%, 故对间接连接的供热系统, 可予以充分考虑。本文以某间接连接的区域锅炉房系统为研究对象, 对各种调

收稿日期: 2007-11-08

作者简介: 徐书朋(1979-), 男, 河北邯郸人, 助理实验师, 从事暖通空调方面的教学与研究。

节方式作了分析比较。

1 各种调节方式调节参数的模型

1.1 二次网调节参数的模型

二次网建筑物高程差别较大,习惯多以 a 方式为主,运行调节的主要目的是维持房间的温度为设计温度,即系统的供热量等于散热器的散热量,同时也等于建筑物通过维护结构的耗热量,即满足特定的热平衡方程(方程略)^[4]。通常假定供热负荷与室内外温差的变化成正比,即

$$\bar{Q} = \frac{t_n - t_w}{t'_g - t'_h} = \frac{(t'_g + t'_h - 2t_n)^{1+b}}{(t'_g + t'_h - 2t_n)^{1+b}} = \bar{q} \times \frac{t'_g - t'_h}{t'_g - t'_h} \quad (1)$$

$$t'_g = t_n + 0.5(t'_g + t'_h - 2t_n) \times \bar{Q}^{\frac{1}{1+b}} + \frac{0.5}{q} \times (t'_g - t'_h) \times \bar{Q} \quad (2)$$

$$t'_h = t_n + 0.5(t'_g + t'_h - 2t_n) \times \bar{Q}^{\frac{1}{1+b}} - \frac{0.5}{q} \times (t'_g - t'_h) \times \bar{Q} \quad (3)$$

式中, \bar{Q} 为供暖热负荷比; \bar{q} 为一次网流量比,质调取 1; t_n 为室内设计温度,一般取 18℃; t'_g 、 t'_n 、 t'_w 分别为二次网供水温度、回水温度和室外温度,带“'”为设计工况时的相应参数。

1.2 质调时一次网的参数模型

一次网质调节时,流量维持在设计工况下不变,供回水温度随外温及其他气候条件而改变,一次网供给的热量在热交换站通过水-水热交换器传递给二次网,为计算方便,取 $\frac{(T'_g - T'_h) - (t'_g - t'_h)}{\Delta t'} = C$, 由热平衡方程导出供回水温度调节公式^[2]:

$$T'_g = \frac{[(T'_g - T'_h) \times \bar{Q} + t'_h] \times e^C - t'_g}{e^C - 1} \quad (4)$$

$$T'_h = T'_g - (T'_g - T'_h) \times \bar{Q} \quad (5)$$

式中 T'_g 、 T'_h 分别为一次网供回水温度,带“'”为设计工况下相应参数; $\Delta t'$ 为设计工况下间接连接的水-水换热器的对数平均温差,其他参数同上。

1.3 量调节时一次网参数模型

随着室外温度的变化,如何选定流量的变化

规律是一个优化调节方法的问题,本文采用调节流量使之随供热负荷的变化而变化,亦即引入条件 $\bar{G} = \bar{Q}^{[4]}$, 此调节方式供回水温度也随气候条件变化而变化,但水温之差 $T'_g - T'_h = T'_g - T'_h$, 维持设计值不变。该方式与供水温度 T'_g 保持恒定不变的量调节相比,其优点在于:可大大减轻初末寒期流量过小而对锅炉效率和系统水平失调的影响。同理,由热平衡方程得调节参数的公式

$$T'_g = \frac{(T'_g - T'_h + t'_h) \times e^M - t'_g}{e^M - 1} \quad (6)$$

$$T'_h = T'_g - (T'_g - T'_h) \quad (7)$$

式中 \bar{G} 为一次网的流量比; M 为使公式简化而设

$$\text{定的值。} M = \frac{(T'_g - T'_h) - (t'_g - t'_h) \times \bar{Q}}{\Delta t' \times \bar{Q}^{0.5}}$$

1.4 分阶段改变流量的质调节参数模型

分阶段改变流量的调节方式在区域锅炉房供热系统中得到较多的应用,最小设计流量一般也高于量调节。该调节方式既可通过选取不同规格的水泵分阶段投入使用,也可以通过启动定速泵并联台数的多少来实现,尽管在流量的输送上不如变流量调节方式节能,但由于变频调速技术还有待于进一步推广应用,价格相对昂贵,可以节省更多的初投资。本文结合二次网调节参数模型和水-水换热器热平衡方程,经推导得出了它的调节参数模型。

$$T'_g = \frac{t'_g - e^Z \times (\bar{Q} \times Y + t'_h)}{1 - e^Z} \quad (8)$$

$$T'_h = T'_g - \bar{Q} \times Y \quad (9)$$

式中 $Z = [\frac{T'_g - T'_h}{\bar{G}} - (t'_g - t'_h)] \times \frac{\bar{G}^{0.5}}{\Delta t'}$, $Y = \frac{T'_g - T'_h}{\bar{G}}$, 其他参数意义同上。

2 实例分析

某集中供热系统是以区域锅炉房为热源的高温热水集中供热系统,一次网设计供回水温度 110/70℃,共设 15 个热力站,采用间接连接,管网设计总循环水量:2086t/h,扬程需求:55m 水柱。二次网设计供回水温度为 85/60℃。室外采暖计算温度: -8℃;采暖期日平均温度: -0.2℃;采暖期天数:117d(2808h);采暖室外温度的延续小时数见表 1。

表1 某区室外温度延续小时数

Tab.1 The durative time of outdoor temperature

间隔温度(℃)	+5~+3	+3~0	0~-2	-2~-4	-4~-6	-6~-8	≤-8
延续小时数(h)	525	723	506	484	312	166	92

表2 质调节时水温调节参数

Tab.2 The regulation parameters by changing temperature

室外温度(℃)	+5	+3	0	-2	-4	-6	-8
热负荷比	0.5	0.58	0.69	0.77	0.85	0.92	1.0
二次网供水温度(℃)	56.2	61.1	67.6	72.2	76.7	80.6	85.0
二次网回水温度(℃)	43.7	46.6	50.3	53.0	55.5	57.6	60.0
一次网供水温度(℃)	68.7	75.6	84.8	91.5	98.0	103.6	110
一次网回水温度(℃)	48.7	52.4	57.2	60.7	64.0	66.8	70

表3 质-量并调的调节参数

Tab.3 The regulation parameters by changing temperature and flux simultaneity

室外温度(℃)	+5	+3	0	-2	-4	-6	-8
热负荷比或流量比	0.5	0.58	0.69	0.77	0.85	0.92	1.0
一次网供水温度(℃)	86.5	90.4	95.5	99.4	103.2	106.3	110
一次网回水温度(℃)	46.5	50.4	55.5	59.4	63.2	66.3	70

2.1 采用质调节

质调节时,流量保持设计值 2086t/h 不变,将具体数据代入上文一、二次网温度调节公式,式中 b 值以散热器的形式确定,本文选用柱型,由相关文献取 0.3。

循环水泵选取的台数不宜过多,否则将使单台泵处于低效率下运行,本系统选取流量在 550~850t/h、扬程在 52~65m 水柱、效率在 78%~84%、转速为 1450r/min、型号相同的定速水泵 3 台(另设一台备用),并联运行,单台水泵电机输入功率为 190kW。

2.2 采用量调节

本文所述的量调节,流量比等于相对负荷比 \bar{Q} ,与供水温度保持不变的量调节(流量比有可能降至 10%左右)相比,有利于减轻流量过小时产生严重的热力失调,同时也利于保持锅炉高效率稳

定工作,相应调节参数见表 3。

当全部采用变速水泵时,初投资过大,由表 3 知,该系统流量比一直保持在 50%以上,可采用水泵台数与变速的联合调节技术^[5],具体做法:选取与上文相同的水泵台数与规格,另购一台变频调速器,当流量变化小于一台水泵的流量时,三台并联运行;当流量变化多于一台水泵、但总流量又比一台水泵流量大时,采用一台定速与一台变速水泵联合运行;总流量小于一台水泵时,则启用一台变速泵单独运行。此法既减少了初投资,又大大节约了电能。

2.3 采用分阶段改变流量的质调节

参考相关文献^[4,6],本文将流量的改变分为两个阶段,即 +5℃~-2℃之间保持设计流量的 70%, -2℃~-8℃之间保持为 100%,分别的延续时间为 1754h 和 1054h,由上文 1.4 相应公式得表 4。

表4 分阶段变流量调节参数

Tab.4 The regulation parameters by changing flux at the different periods

室外温度(℃)	5	3	0	-2	-2	-4	-6	-8
一次网供水温度(℃)	76.2	84.2	95.0	103.0	91.5	98.0	103.6	110
一次网回水温度(℃)	47.6	51.1	55.6	59.0	60.7	64.0	66.8	70
流量比				0.7			1.0	

表5 各种调节方式节电对比一览表

Tab.5 The table of electricity consumed for different regulation modes

调节方式	质调节	量调节	分阶段变流量质调节
运行电耗	1051034.4kWh	437542.5 kWh	619699.3 kWh
运行费/元	525517.2	218771.3	309849.7
运行费节约情况	100%	58.4%(306745.9元)	41%(215484.2元)
一次性初投资/元	302560	530500	302560

虽然该法流量也发生了改变,但与量调节运行又有根本的不同,流量仅作一次改变(具体流量改变随调节情况而定,一般分为2或3个阶段),既可根据并联台数的多少对流量进行改变,也可以选择不同型号规格的水泵分阶段投入使用,本例选取型号与质调相同的水泵规格与台数,当流量比在70%时可开启两台投入使用。

2.4 简单经济性分析

在区域锅炉房为热源的集中供热系统中,如果锅炉台数选取适当,燃烧过程中风煤搭配合理,上述几种调节方式煤耗的差别并不大,但由于水泵的功率与流量的3次方成正比,故电耗的差别非常大,例如当流量比为60%时对应的扬程可降至36%,电功率可减少至22%左右。故对于运行费只考虑电耗的影响,上述各调节方式,结合延续小时数表1,通过计算水泵功率 $N = \frac{GH}{1000\eta}$,可知该区一个采暖季各调节方式所消耗的电耗,如果每kWh电价按0.5元计,则具体运行电耗及节约情况见表5。

由表可知,改变流量的调节方式电能节约量较质调节非常可观,尤其以量调节更为显著,每个采暖季节约电耗61350 kWh,合人民币约30万元。另据文献[2],变频调速水泵的投资回收期一般在3年左右,而本文中循环水泵并非完全选为变频调速泵,而是采用水泵台数与变速的联合调节技术,选取的3台水泵中仅一台设变频调速器,投资回收期将更短,且随着变频技术的日益成熟,价格也将逐步下降。

3 结论

1)通过对3种集中调节方式的对比分析,流量改变的调节方式节能效果显著,故区域锅炉房供热系统中应积极采用流量改变的调节模式,尤其是在间供锅炉房系统中,当地形高差不太大时,量调节方式更应予以积极推广和引荐。

2)变流量调节方式的一个重要前提是须对系统进行完善的初调节,否则将产生严重的水力失调和热力失调,浪费能源;由于变流量调节参数较复杂,对热网监控系统的要求必须更高,否则变流量调节将无从谈起;同时需对水泵进行无极调速,相应也更需要先进的变频调速技术作支撑。而监控系统 and 变频调速技术的日益完善,也为量调节方式提供了更为广阔的空间。

参考文献:

- [1] 胡建平. 供热运行调节及热网平衡浅谈[J]. 区域供热, 2007, (1): 40-45.
- [2] 石兆玉. 供热系统运行调节与控制[M]. 北京: 清华大学出版社, 1994.
- [3] 胡纯杰, 张晓飞. 集中供热调节方式的研究[J]. 山西建筑, 2003, 3(7): 18-21.
- [4] 贺平, 孙刚. 供热工程[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1993.
- [5] 付祥钊, 茅清希. 流体输配管网[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [6] 祖树平, 王丽艳. 关于小区一级及二级热网温度控制曲线的探讨[J]. 区域供热, 2004, (2): 31-32.

(责任编辑 闫纯有)

某集中供热系统运行调节方式分析

作者: [徐书朋](#), [贾玉清](#), [XU Shu-peng](#), [JIA Yu-qing](#)
作者单位: [河北工程大学, 城建学院, 河北, 邯郸, 056038](#)
刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2008, 25 (2)
被引用次数: 2次

参考文献(6条)

1. [胡建平](#) [供热运行调节及热网平衡浅谈](#)[期刊论文]-[区域供热](#) 2007(01)
2. [石兆玉](#) [供热系统运行调节与控制](#) 1994
3. [胡纯杰](#); [张晓飞](#) [集中供热调节方式的研究](#)[期刊论文]-[山西建筑](#) 2003(07)
4. [贺平](#); [孙刚](#) [供热工程](#) 1993
5. [付祥钊](#); [茅清希](#) [流体输配管网](#) 2005
6. [祖树平](#); [王丽艳](#) [关于小区一级及二级热网温度控制曲线的探讨](#)[期刊论文]-[区域供热](#) 2004(02)

本文读者也读过(8条)

1. [张宁](#) [集中供热系统的构成与运行管理](#)[期刊论文]-[黑龙江科技信息](#)2011(5)
2. [戴传山](#). [梁军](#). [齐金生](#). [张启](#). [Dai Chuanshan](#). [Liang Jun](#). [Qi Jinsheng](#). [Zhang Qi](#) [地热间接供热系统的优化设计及运行方法研究](#)[期刊论文]-[太阳能学报](#)1998, 19(4)
3. [周旭](#) [节能型集中供热系统的运行管理](#)[期刊论文]-[民营科技](#)2010(10)
4. [胡纯杰](#). [张晓非](#). [蒋南波](#) [集中供热调节方式的研究](#)[期刊论文]-[山西建筑](#)2003, 29(7)
5. [王志国](#). [王家征](#). [张雪莲](#). [赵阳](#). [宋美](#). [WANG Zhi-guo](#). [WANG Jia-zheng](#). [ZHANG Xue-lian](#). [ZHAO Yang](#). [SONG Mei](#) [集中供热系统优化设计模型及应用](#)[期刊论文]-[科学技术与工程](#)2010, 10(21)
6. [张颖](#) [单热源供热系统二级网调峰热源设置优化研究](#)[学位论文]2009
7. [段和国](#). [DUAN He-guo](#) [集中供热系统的供热调节](#)[期刊论文]-[山西建筑](#)2010, 36(36)
8. [王彦敏](#) [集中供热系统中的节能措施研究](#)[期刊论文]-[科技传播](#)2009(5)

引证文献(2条)

1. [卢春萍](#). [任永霞](#) [供热系统循环水泵变频运行的能耗分析](#)[期刊论文]-[电力需求侧管理](#) 2009(3)
2. [刘润财](#) [供热变频循环泵的能耗分析](#)[期刊论文]-[河北建筑工程学院学报](#) 2010(2)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200802010.aspx