

热水集中供暖系統 的管理制度

E. A. 別林基

建 筑 工 程 出 版 社

热水集中供暖系统的管理制度

高天斗 译

建筑工程出版社出版

• 1959 •

內容提要 本书是将热水供暖系统运行过程中所积累的經驗加以系統總結和理論闡述而写成的。主要說明集中热水供暖系統的集中調节和交工調节問題。同时，由于常用的单管系統与双管系統对热工和水力制度有着不同的反应，所以，书中对它們的調节問題分別进行研究。此外，本书还叙述了供暖系統管理制度中的一些个别問題：如系統中水的計算溫度降，放热器放热量的消費調节等。

本书可供供暖系統的管理人員和設計人員的參考。

原本說明

書 名 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ РЕЖИМ ВОДЯНЫХ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ

著 者 Е. А. Белиякий

出版者 Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР

出版地点
及 年 份 Москва—1956

热水集中供暖系統的管理制度

1959年1月第1版 1959年1月第1次印刷 1,860册

787×1092 · $\frac{1}{32}$ · 60千字 · 印張 $2\frac{3}{4}$ · 定价 (10) 0.40元

建筑工程出版社印刷厂印刷 新华書店发行 書号: 1015

建筑工程出版社出版 (北京市西郊百万庄)

(北京市書刊出版业營業許可証出字第052号)

目 录

原 序	5
-----------	---

第一章 热水供暖系统的集中调节

第一节 一般说明	7
集中调节和局部调节	7
系统的热工稳定和水力稳定	8
最适宜的集中调节图表·系统最适宜的工作状况	8
主要的原始方程式	9
第二节 双管系统	13
双管系统最适宜的集中调节图表	13
双管系统离开最适宜的集中调节图表时的工作情况	23
减少双管系统运行失调的方法	25
第三节 单管系统	27
单管系统最适宜的集中调节图表	27
单管系统离开最适宜的集中调节图表时的工作情况	31
自然循环的单管系统的工作	37
带闭合段的单管系统的工作	38
自然压力对单管系统工作的影响	40
单管系统按喷水泵图式连接时, 供热网供水干管的 温度的计算	44
第四节 集中调节的特点	45
第五节 用泄漏法调节供暖系统的放热量	47

第二章 热水供暖系统的交工调节

第一节 一般说明	52
第二节 双管系统	53
双管系统的最初失调	53
用节流门消除双管系统的最初失调	55
利用增加系统中的水量方法来调节双管系统	56
第三节 单管系统	59
单管系统的计算	59
单管系统的垂直失调及其消除方法	60
第四节 依靠增加水量来补偿水在供热网中的温度降	66
第五节 混合系数高的系统的集中调节图表	68
业经初调节的系统的集中调节	68
第六节 各种供暖系统的评比	70

第三章 供暖系统管理制度的一些局部问题

第一节 关于供暖系统中水的计算温度降	73
第二节 放热器放热量的消费调节	76
第三节 与按供暖图表调节的供热网相连接的	
热风器的工作	84
供暖和通风调节图表的不一致	84
通风计算温度	85
参考书籍	88

原 序

我国正进行着大规模的住宅、公共建筑物和工业厂房的建设，这些建筑物的绝大多数都装设有集中供暖系统。同时，现有的住宅和公共建筑物内的火炉供暖也正改为集中供暖。对新建的集中供暖系统，多半是采用热电站的供热网或者大热出力的联合锅炉房做为它的热源。而且，现今小型锅炉房的供热系统也在逐渐改由较大的，因而也是较经济的热源来进行供热^①。同时，供暖系统的结构及其计算方法也在日趋完善。

但是，集中供暖系统令人满意的工作不仅仅与恰当的结构和正确的计算有关，而且也与适当的管理制度有关，也就是与保持热媒在系统中必要的温度和流量有关。仅属供热技术统一整体中一部分的房屋供暖系统的管理制度，它取决于水泵站、热水装置或锅炉装置的工作，而且管理制度也是后者工作好坏的先决条件。

在这些条件下，用眼力来管理供暖系统（过去曾经应用过，现今有时也这样做）是不可能的。若这样管理系统，不可避免地会造成燃料和电能的非生产消耗，同时，还不能保证对用户的供热工作经常都是很好的。由于这种情况，就使得供暖系统管理制度这个问题成为亟待解决的问题了。

^① 根据列宁格勒市执行委员会燃料动力管理局的资料，每平方公尺住宅面积每月（工资按全年计算）供暖的费用根据锅炉房热力的大小是：由热电站供暖的住宅，从35戈比到60戈比；由联合锅炉房和区域锅炉房供暖的住宅，从80戈比到1卢布；由本身的锅炉房供暖的住宅，从1卢布20戈比到3卢布。

最近，在我們的技术書籍中出现了許多关于供暖系統和供热网的管理制度的选择、技术論証和計算的著作。虽然如此，广大的供暖和热化专家們对上述問題还不够十分明了，同时，大家的看法也还没有能統一。除了在許多著作中載有深刻地 and 正确地分析了供暖系統管理制度的問題之外，在另外一些文献里也发现有不确切的、有时还是錯誤的意见和公式。

本书准备把主要的、广泛应用的各種局部热水供暖系統的集中調节和交工調节方面的理論資料和积累的实际經驗加以总结，并使其系統化；对各种系統在不同管理制度下的工作情况进行了研究。

服务于这些系統的供热网和鍋炉房的管理，以及根据影响房屋需热量的各种因素来計算的对用戶的供热量，本书只稍为提及，目的是在說明主题。

为了清楚地了解供暖系統的工作情况，必須分別研究运行过程中的集中調节和交工調整时的集中調节，因为尽管这两个問題是有联系的，但毕竟还是不相同的。同时，还应该分別研究常被采用的双管系統和单管系統这两种基本形式，因为，它們对系統中所发生的热工和水力状况的变化有着不同的反应。本书便是根据上述原則来編排的。

第一章 热水供暖系统的集中調節

第一节 一般說明

集中調節和局部調節

所謂供暖系統的集中調節乃是使放熱器的放熱量與采暖房間需熱量相適應地變化。它是在供熱系統的热力中心站（也就是在鍋爐房或供熱站）利用改變熱媒溫度或者利用改變熱媒溫度同时又改變熱媒流量的辦法而實現的。既然集中調節是對許多房間統一進行的，而在整個熱化系統中，是對許多建築物統一進行的，所以，集中調節僅僅與被該系統所服務的所有房間的共同因素有關。現在，這個因素僅能是室外空氣溫度[●]。

不言而喻，對各種房間需熱量有不同的影響的因素，例如生活上的散熱、太陽的輻射、房間的各種熱惰性等等，雖然明知它們能夠大大地改變室內溫度，但是在集中調節時也不可能考慮它們。因此，只用集中調節常常不能保證維持所需要的室內溫度。集中調節應與根據用戶的意見來調整放熱器放熱量的局部調節結合起來。

現在，局部調節是以安裝在放熱器近旁的手動開門進行。正象經驗所指出的，系統的集中調節不適當，光靠局部調節並不能保證房間所需要的條件。這種情況的例證之一就是

● 過去，在許多情況下在集中調節時也適當地考慮到風，但是，直到現在這種方法還未得到科學解釋。

放热器温度为常数的蒸汽系统的工作。众所周知，这种系统的工作甚至在放热器近旁具有完善而有效的閘門时，采暖房間的温度也不可避免地要有激烈的波动，其过热度会超过一年之中最热的季节①。

系統的热工穩定和水力穩定

系統的集中調节越精确，則局部調节的負担越輕，因而，也越容易保証室內所需要的温度状况。

能使系統所有放热器的放热量均按比例地变化的集中調节方法就是最好的方法。用这种方法来調节就不会发生个别房屋会被“熔化”以及因此而发生的热能过度消耗，而另一些房屋則因其中的放热器的“落伍”而温度不足。

当热媒参数变化时，能使与系統相連的所有放热器的放热量均按比例地变化的这种特性，叫做系統的热工穩定。后面将要指出：使系統热工穩定的条件之一是与系統相連接的所有放热器的热媒流量均按比例地变化。当热媒总流量变化时，能使与系統相連接的所有放热器內的热媒流量均按比例地变化；或者当总流量不变时，能使与系統相連接的所有放热器內的热媒流量也保持不变，系統的这种特性，就叫做它的水力穩定。

最適宜的集中調節圖表

系統最適宜的工作狀況

系統的热工穩定和水力穩定，一方面，取決于系統的結構特性；另一方面，又取決于所采用的集中調节方法和集中

● 當大規模地轉而采用自動化的局部調節放熱器的放熱量時，情況會有根本的變化，從而可以重新考慮目前對集中調節的要求。

調節图表。

既符合于系統結構特性、又保證系統在整个供暖季节內熱工穩定和水力穩定的集中調節图表，叫做該系統的最适宜的集中調節图表。保證所有放熱器的放熱量均符合于計算的放熱量或與計算的放熱量成比例地變化，系統的這種工作狀況，叫做系統的最适宜的工作狀況①。

離開最适宜的工作狀況叫做系統失調。這時，放熱器在計算時就不均衡放熱的叫做系統最初失調；而在運行過程中放熱器的放熱量不按比例地變化，這叫做系統運行失調。各樓層的放熱器不均衡放熱，叫做系統垂直失調；而在同一樓層各房間內的放熱器不均衡放熱，叫做系統水平失調。

研究各種系統時，應首先確定與各該系統相適應的最适宜的集中調節图表和最适宜的工作狀況；然後再研究當各種系統離開所採用的工作狀況和图表時可能發生的失調②。

主要的原始方程式

繪制集中調節图表所用的主要原始方程式，是A. A. 克勞茲教授[10]③所提出的。它表示放熱器中水的平均溫度與放熱器放熱量相對值的關係。

放熱器的放熱係數與溫度壓的關係，A. A. 克勞茲以指數

① 若把保證被系統供熱的房間溫度均相等和固定不變（不對放熱器的放熱量進行局部調節）的图表，定為最適宜的集中調節图表那是不正確的。在集中調節時所無法考慮的因素（生活上的散熱、太陽的輻射、房間各種熱慣性等）的作用下，各個房間內的溫度（即使是按最適宜的图表對系統進行集中調節時），在同一時間內實際上也不會是相等或固定不變的。因此，採用最適宜的图表只不過減輕局部調節的一些負擔，決不能因此而取消放熱器放熱量的局部調節。

② 在這個問題上，有些作者的作法不是這樣，他們直接研究系統在某一任意給出的，有時甚至是與系統完全不符合的情況下工作，這樣做只能得出個別情況的答案。從個別情況的答案推導出一般的結論卻只能是錯誤的結論。

③ 書末參考文獻號碼——譯者注。

函数式表示:

$$K = m(t_{cp} - t_B)^n, \quad (1)$$

由此, 放热器的放热量可以函数式表示:

$$q = F \cdot m(t_{cp} - t_B)^{1+n}, \quad (2)$$

从而求得了下列方程式:

$$\left(\frac{t_{cp} - t_B}{t'_{cp} - t_B} \right)^{1+n} = \frac{q}{q'} = \overline{q}, \quad (3)$$

则

$$t_B = t_B + (t'_{cp} - t_B) \overline{q}^{\frac{1}{1+n}}, \quad (4)$$

式中: K ——放热器的放热系数 (大卡/平方公尺·°C·小时);

t_{cp}, t'_{cp} ——放热器内水的试求平均温度和计算平均温度 (°C);

t_B ——室内空气温度 (°C);

q ——所求工况下的放热器放热量它是已知的 (大卡/小时);

q' ——放热器的计算放热量 (大卡/小时);

$\overline{q}$ ——已知的放热器比热量;

m, n ——实验得来的放热器无因次系数。

如果, 集中调节仅按室外温度来进行, 则可以采用

$$\overline{q} = \frac{t_B - t_H}{t_B - t'_H}, \quad (5)$$

式中: t_H, t'_H ——试求的室外温度和计算的室外温度 (°C)。

全苏卫生技术设备科学研究所 (ВНИИСТО) [12] 最近的研究指出, 放热器的放热系数不仅与放热器内水的平均温度和室内温度之差有关, 而且也与放热器内的水量有关。全苏卫生技术设备科学研究所把这些因素均考虑进去之后, 对放

热器的放热系数提出如下公式：

$$K = m(t_{cp} - t_B)^n \left(\frac{G}{G_0} \right)^p, \quad (6)$$

式中： G ——放热器内的水流量(公斤/小时)；

G_0 ——放热器内的正常水流量，它相当于放热器内水的温度降为 $95 - 70^\circ\text{C} = 25^\circ\text{C}$ 和室内温度为 18°C 时的水量(公斤/小时)；

p ——实验得来的无因次指数。

如果，在计算放热器所需要的平均温度时，以方程式 6 来代替方程式 1 的话，那么，方程式 4 将如下式

$$t_{cp} = t_B + (t'_{cp} - t_B) \bar{q}^{\frac{1}{1+n}} \bar{G}^{-\frac{p}{1+n}}, \quad (7)$$

而且

$$\bar{G} = \frac{G}{G'}, \quad (8)$$

式中： G ——放热器的试求水流量(公斤/小时)；

G' ——放热器的计算水流量(公斤/小时)；

$\bar{G}$ ——放热器内或系统内水的比流量。

根据全苏卫生技术设备科学研究所的实验资料，方程式 6 内的指数 p 值并不大(“莫斯科”和“ЛЮП-150”放热器的 p 值从 0.03 到 0.13)，因而， $\bar{G}^{-\frac{p}{1+n}}$ 的数值近于 1。由此可见，流经放热器内的可变水量，对于热器所需要的平均温度的影响不大，因此实际上可以略而不计。如果，在绘制集中调节图表时，以最简单的方程式 4 来代替方程式 7，那么，这时结果的误差不超过 1°C 。

从方程式 4 可见，系统运行时，放热器所需要的水温数

值与方程式 1 中的指数 n 值有关。

根据全苏卫生技术设备科学研究所的实验资料[12]，“莫斯科”和“ЛІОР-150”放热器的 n 值为 0.32。对于其他型的放热器来说，载于全苏卫生技术设备科学研究所学报[9]中的以直线函数式

$$K = a + b(t_{cp} - t_B) \quad (9)$$

所作成的计算图表内的数据， n 值是很近似 0.32 的。现在甚至在许多国外资料中，铸铁放热器的 n 值也是与此很相近的。

我们采用 $n=0.32$ 的数值，则可求得根据比热量计算放热器所需要的平均温度方程式：

$$t_{cp} = t_B + (t'_{cp} - t_B) \overline{q}^{0.75} \quad (10)$$

绘制热水供暖系统的集中调节图表的第二个原始方程式乃是系统的热平衡方程式

$$G(t_R - t_O) = Q, \quad (11)$$

由此

$$\overline{G} \frac{t_R - t_O}{t'_R - t'_O} = \overline{Q}, \quad (12)$$

式中： t_R, t'_R ——系统的试求热水温度和计算热水温度 ($^{\circ}\text{C}$)；

t_O, t'_O ——系统的试求回水温度和计算回水温度 ($^{\circ}\text{C}$)；

G ——系统内的水量 (公斤/小时)；

$\overline{G}$ ——系统内的水的比流量；

Q ——系统内的热量 (大卡/小时)；

$\overline{Q}$ ——系统内的比热量。

第二节 双管系统

双管系统最適宜的集中調節圖表

在双管系统中，如把水在管道中的温度降忽略而不計的話，那么，所有放热器中水的平均温度均可采用与系统中水的平均温度相等的温度^①：

$$t_{cp} = \frac{t_R - t_O}{2} \quad (13)$$

当繪制这些系统的集中調節图表时我們是假設，与系統相連接的所有放热器的放热量均和系統的总热量成比例地变化(即，欲制的集中調節图表乃是最适宜的集中調節图表)。

把这个条件作成等式：

$$\bar{q}_1 = \bar{q}_2 = \dots = \bar{q}_n = \bar{Q}, \quad (14)$$

式中： $\bar{q}_1, \bar{q}_2, \dots, \bar{q}_n$ ——各放热器的比热量；

$\bar{Q}$ ——系統总的比热量。

根据上述条件，双管系统中水的平均温度(当系統的总热量与計算的总热量不相同)可以按下式計算，它是从方程式4直接导来的：

$$t_{cp} = t_B + (t'_{cp} - t_B) \bar{Q}^{\frac{1}{1+n}}, \quad (15)$$

式中： t_{cp}, t'_{cp} ——系統中水的試求平均温度和計算平均温度(°C)。

根据这个方程式和系統的热平衡方程式12，求得了計算系統所需要的水温度和回水温度(热水温度——水进到系統时的温度，回水温度——水从系統中出来时的温度)的方程式：

① 水在管道中實際發生的冷却，在計算時認為與放热器放熱表面的附加量相抵消。

$$t_r = t_{cp} + \frac{1}{2}(t'_r - t'_o) \frac{\bar{Q}}{G}, \quad (16)$$

$$t_o = t_{cp} - \frac{1}{2}(t'_r - t'_o) \frac{\bar{Q}}{G} \quad (16')$$

或者

$$t_r = t_B + \left(\frac{t'_r + t'_o}{2} - t_B \right) \bar{Q}^{\frac{1}{1+n}} + \frac{1}{2}(t'_r - t'_o) \frac{\bar{Q}}{G}; \quad (17)$$

$$t_o = t_B + \left(\frac{t'_r + t'_o}{2} - t_B \right) \bar{Q}^{\frac{1}{1+n}} - \frac{1}{2}(t'_r - t'_o) \frac{\bar{Q}}{G}. \quad (17')$$

从方程式15~17可见，在双管系统中要根据比热量来计算水的平均温度。热水和回水的温度则根据水的平均温度和已知的系统附加比流量来计算。

苏联A. И. 奥尔洛夫[13]、B. K. 秋斯京[6、7]、B. M. 赫雷巴夫[15]的研究报告证明，当系统的工作状况与自然循环系统的工作状况相符合时，也就是说，当系统中水的比流量与自然循环系统中水的比流量相符合时，就能保证整个双管系统水力稳定和热工稳定。

上述结论可以下列简单的论证证实。

我们在双管系统中任意选择两个放热器加以研究，这两个放热器位于距锅炉或喷水泵受热中心 h_1 公尺和 h_2 公尺的高处。设这两个放热器的计算热负荷各为 q'_1 大卡/小时和 q'_2 大卡/小时，计算水量各为 G'_1 公斤/小时和 G'_2 公斤/小时，如不计水在管道中的冷却的话，我们求得：

$$q'_1 = G'_1(t'_r - t'_o) \quad (18)$$

和

$$q'_2 = G'_2(t'_r - t'_o) \quad (18')$$

式中： t'_r ， t'_o ——系统的热水和回水计算温度(°C)。

由此可见，

$$\frac{q'_1}{q'_2} = \frac{G'_1}{G'_2} \quad (19)$$

也就是說，放热器中的水量与放热器中的热量成正比。

假設，系統的热工状况和水力状况是变化的，而且，放热器的热負荷变为 q_1 大卡/小时和 q_2 大卡/小时，而系統中的水量則变为 G_1 公斤/小时和 G_2 公斤/小时。进到放热器的热水温度为 t_r °C，而从放热器中出来的回水温度各为 $t_{0,1}$ °C和 $t_{0,2}$ °C。在新的状况下，系統的热工稳定条件正象前面所指出的那样，可作成等式：

$$\frac{q_1}{q'_1} = \frac{q_2}{q'_2} = \bar{q}_1 = \bar{q}_2 = \bar{Q}, \quad (14)$$

式中： $\bar{Q}$ ——已知的系統比热量。

很显然，要保証这个条件成立，必須使各个放热器中新的水的平均温度皆相等，因为它們在計算的时候就相等。

由方程式13可见，这时水从各个放热器出来时的温度都应该相等。如不計水在管道中的冷却的話，系統的回水温度可以采取相等的。因而我們可以写成：

$$q_1 = G_1(t_r - t_0), \quad (20)$$

$$q_2 = G_2(t_r - t_0), \quad (20')$$

式中： t_0 ——系統的回水温度(°C)；

由此，則
$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{G_1}{G_2}. \quad (21)$$

由方程式14、19和21可见

$$\frac{G_1}{G'_1} = \frac{G_2}{G'_2}. \quad (22)$$

可见，放热器中的水量按比例地变化，乃是放热器放热量成比例变化的条件，即，系統水力稳定乃是系統热工稳定

的条件。

水在强制循环的双管系统放热器中流动，是依靠水泵或喷水泵所造成的压力差（这对系统所有放热器来说都是相等的）和自然压力（它对各个放热器来说可能不一样）来保证的。水泵的压力和自然压力全部花费在克服各该放热器环路的阻力上。

当系统的水温变化时，自然压力也随之变化；而水泵或喷水泵所造成的压力差，对系统所有环路来说依旧是相等的。

上述情况可以用两种方程式来表示，其一是和系统计算工作状况相符合的方程式

$$H'_1 = H'_H + H'_{\Theta,1}, \quad (23)$$

$$H'_2 = H'_H + H'_{\Theta,2}, \quad (23')$$

从上

$$H'_H = H'_1 - H'_{\Theta,1} = H'_2 - H'_{\Theta,2}; \quad (24)$$

其二是与所研究的系统的新工作状况相符合的方程式

$$H_1 = H_H + H_{\Theta,1}, \quad (25)$$

$$H_2 = H_H + H_{\Theta,2}, \quad (25')$$

从上

$$H_H = H_1 - H_{\Theta,1} = H_2 - H_{\Theta,2}; \quad (26)$$

式中： H'_1, H'_2, H_1, H_2 ——系统在计算工作状况和所研究的新的工作状况下，在各放热器循环环路中的压力损失（公斤/平方公尺）；

H'_H, H_H ——在计算工作状况下和在所研究的新的工作状况下，系统中被水泵或喷水泵所造成的压力差（公斤/平方公尺）；