

温水采暖 水量分配計算法

建築研究所編

圖書集成

經濟分庫計神卷

溫水采暖水量分配計算法

那景成 編著

建築工程出版社出版

• 1959 •

內 容 提 要

本書介紹了一種新的溫水采暖系統的水流量計算，即採用各個立管不等溫降的方法。在暖氣工程中，使用這種方法，可提高使用效果並降低建築造價。

本書系編著者根據蘇聯專家建議結合施工中實際經驗及有關材料寫成。

本書可供從事采暖設計的工程師和技術人員參考。

溫水采暖水量分配計算法

那 景 成 編 著

*

1959年9月第1版

1959年9月第1次印刷

4.045冊

787×1092 $1/32$ • 90千字 • 印張4 • 定價(10) 0.49元

建築工程出版社印刷廠印刷 • 新華書店發行 • 書號: 1575

建築工程出版社出版(北京市西郊百萬莊)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第052號)

序 言

几年来在首都的大規模建設中，暖气工程也日漸增加，但是在暖气工程中也出現了一些問題，原因是在1953年以前的設計，大部分是鍋爐多，暖气片多，即使有問題也暴露不出来。例如紅十字医院的暖气片多到一半以上，尽管水力計算如何不均匀也不会出問題，只需調节一下暖气片截門就可以了。

党号召我們向苏联学习，要求我們在設計中精打細算，于是暖气工程中的問題就暴露出来了。大致有以下几种問題：

1. 散热量計算不准。不准确的 因素很多，主要是外界自然条件变化太大，拿室外空气来講，每天的溫度最高和最低相差近于 10°C 。北京地区的建筑設計多半是采用單层窗，窗的木料不够干燥，因而造成窗縫过大，这样渗透进来的冷空气便会增多，而且北京地区的最大风速与平均风速相差額达10公尺/秒以上，因而造成了設計时的困难。同样的房間，在建筑結構上相同，而在采暖上由于縫隙在完工后的变化不同，必然会造成室內溫度不均。这些問題，只有一方面在每年觀測中去糾正，另一方面則有賴于改善門窗質量。

2. 实际通过暖气片的水量与設計不符。通过水量多的暖气片，其表面溫度必然高，房間就热。反之，則房間就冷。造成各房間冷热不均的原因是管路計算不准确，主要是計算方法上的問題。

过去计算方法，首先計算最不利环路，一般在單管系統中，先計算最远的一根立管的环路，然后再根据每根立管联接点供回水压差和需要通过的水量来選擇立管管徑。由于管徑的号数不是很多，因此也就很难配得合适，往往是选得的管徑比实际需要的大，压差有数余，这样越离进口近的立管就会数余的多些，而实际运行时，压差数余多的通过水量就多，因此，末端或靠近末端的立管通过水量必然减少。其結果这些立管联接的暖气片平均表面溫度达不到設計要求，造成房間溫度不足。

这种情况在过去是用截門来調节的。这种調节办法对小工程可起作用，在大工程中，就会产生一定的困难，因为調节时无一定尺度，只凭感觉，因而費工多又不易得到好的效果，例如友誼賓館工程，三年来还有20个房間沒調好。

我們曾經向苏联專家請教过，苏联專家建議采用高阻力截門及不等降溫来解决。到目前为止高阻力截門尚待總結。下面只把不等降溫法介紹一下，这个办法經過两年多实际应用，各种公式已导出。初步總結出一套較完整的方法，但因苏联專家不久即回国，故原則上虽与苏联專家建議一致，但終究未經苏联專家做最后审核，可能还有許多不恰当之处希望对此項技术有研究的同志們多提意見，以便修正。

这种計算方法的特点，一般办法是先假定供水及回水溫度，并作为定数，这样每根立管的水量也就随之固定了，然后根据各节点的 压力差求管徑。当然不可能每根管徑都合适，由于管徑不合适，通过水量与計算就有了出入，随之而来的是虽供水溫度是一定的，但由于水量变化，回水溫度也必然变化。而現在的計算办法是根据水量不固定进行計算，根据确定了管徑决定通过的水量，由热平衡决定水溫降，

而水量是根据选定的管徑及压差决定的。

总之，在計算上的方法应是首先根据热負荷及供給压力情况，假定管徑，然后求出通过每根立管的水量。最后再根据求得的水量来計算每間房屋应設置的暖气片数。

目 录

序 言

一、水力計算基本公式	(1)
二、單面联接單管管徑計算法	(2)
三、两面联接單管管徑計算法	(11)
四、橫串联水平單管計算法	(24)
五、中行上下給水平單管系統計算	(28)
六、高层中行上下給水平單管系統	(33)
七、环段与环段之間水量与压力的調节	(46)
八、实例	(53)
九、新計算办法的經濟价值	(68)
十、几点經驗	(80)
十一、水量分配在外管綫上的应用	(81)
十二、順流系統的水量分配計算	(95)
十三、水量分配計算办法在开水設備中的应用	(109)
十四、采暖系統的試火运行和調整	(112)

一、水力計算基本公式

$$H = L \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} \gamma + \zeta \frac{w^2}{2g} \gamma \quad (1)$$

公式中符号:

H ——某段管路的水头总损失 (公斤 / 平方公尺或公厘水柱;

L ——某段管路的总长度, 公尺;

w ——某段管路的水流速度, 公尺/秒;

d ——某段管路的管子直径, 公厘;

ζ ——某段管路的总局部阻力系数;

G ——某段管路通过的水量, 公斤/时;

g ——重力加速度, 公尺/秒²;

γ ——水的单位体积重量, 公斤/立方公尺;

$$\text{又} \quad w^2 = \frac{16G^2}{\pi^2 d^4 \times 3600^2} \quad (2)$$

将(2)式代入(1)式则:

$$\begin{aligned} H &= L \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{16G^2}{\pi^2 d^4 \times 3600^2} \cdot \frac{\gamma}{2g} + \\ &+ \zeta \frac{16G^2}{\pi^2 d^4 \times 3600^2} \cdot \frac{V}{2g} \\ &= \frac{16G^2 V}{2g \pi^2 d^4 \times 3600^2} \left[L \cdot \frac{\lambda}{d} + \zeta \right] \end{aligned}$$

$$\text{令} \quad \frac{16G^2 V}{2g \pi^2 d^4 \times 3600^2} = A$$

則

$$H = AG^2 \left(L \frac{\lambda}{d} + \zeta \right) \quad (3)$$

$$G = \sqrt{\frac{H}{A \left(L \frac{\lambda}{d} + \zeta \right)}} \quad (4)$$

由上式可知，在管徑不變的情況下，流量與水頭損失的平方根成正比。所以只要假設了管徑和兩端的壓力差就能求出通過的水量，或者假設水量來求壓力差（即需要消耗的壓力差），總之，應先假設出管徑。以下歸納出在實際工作中遇到的各種管路布置中的水量、阻力、管徑三者的關係式，是否恰當尚希同志們多提意見。

二、單面聯接單管管徑計算法

注意事項：

1. 系統的總水頭損失 H 最好是近於水泵揚程，房屋進口壓差（若系大環中的小環段，則為節點壓差）90%。

2. 總水量最好是近於總熱量被設計溫差除得的商如圖1，如進口水溫為 95°C ，回水溫度為 70°C ，總耗熱量 $\Sigma Q = 30,000$ 千卡/時，若耗水量 G 符合下式：

$$G = \frac{\Sigma Q}{95 - 70} = \frac{30000}{95 - 70} = 1200 \text{ 公斤/時的數值,}$$

則系統的耗水量為最經濟，但在單獨建築房屋內，或在近期不可能與熱網聯接的系統中，可以根據實際選擇水泵的水量來核對，這樣對經常費是最節省的。因在一般計算中選擇水泵常比設計需要的大（指水泵規格有限），這樣水量就要超過規定的要求，則回水溫度必然提高，因而暖氣片數可減少，

这样便可节约基本投资。

3. 在每根立管的水量核对上, 高层房屋中最好不超过 30°C 的温降, 在低层房屋中或平房中最好不超过 50°C , 这样就不会使暖气片的传热系数 k 值降低过多, 同时也就不会增加暖气片数量, 又因温降小会使得距锅炉最近与距锅炉最远的立管, 由于温差所产生的自然重力水头很小, 可以不去考虑 (但在必要时仍需考虑)。

根据以上注意事项做一下具体计算, 系统如图 1, 计算步骤如下:

估算立管的比摩阻 R , 一般的是从最不利环路开始计算, 就是通过最末一根立管的环路, 因此:

$$R = \frac{H(1-n)}{\sum l} \quad (5)$$

H ——总压损 (系统出口至入口的压力损失);

n ——局部阻力损失所占百分数, 此处取 $n=0.5$ (经验值);

$\sum l$ ——最不利环路总管路长度, 以公尺计。

已知 $H=1300$ 公厘水柱

$$\sum l = 5 \times 6 \times 2 + 22 \times 2 + 5 \times 2 - 5 \times 0.5 = 111.5 \text{ 公尺。}$$

$$R = \frac{1300 \times 0.5}{111.5} \approx 5.85 \text{ 公厘水柱 / 公尺长管路。}$$

若根据这个 R 和要求水量选出最末一根立管口径时, 必然会造成靠近锅炉的立管水量过多。为了施工方便起见, 最好能使所有立管管径相同, 要达到这两个要求, 必须使末一根立管通过水量少于实际耗热被水温差除得的数即是:

$$G_0 < \frac{Q_0}{95 - 70}$$

G_6 ——通过末一根立管的实际水量，公斤/时；

Q_6 ——末一根立管的需要供给的热负荷，大卡/时；

95°C ——热水入口温度；

70——系统回水温度， $^{\circ}\text{C}$ 计。

$$\text{即 } G_6 < \frac{5000}{95-70} = 200 \text{ 公斤/时}$$

又知总管长度为末一立管长的四倍左右，因此最好将1300公厘水柱的供给水头的2/5用在水平管上，才能使立管管径一致，水量达到要求。

所以供给立管的水头 $H_{\text{立}}$ 应为

$$H_{\text{立}} = H_3/5 = 1300 \times \frac{3}{5} = 780 \text{ 公厘水柱}$$

$$R_{\text{立}} = \frac{(1-n)H_{\text{立}}}{\Sigma l_{\text{立}}}$$

$R_{\text{立}}$ ——立管假定比摩阻，公厘水柱/公尺管长；

n ——局部阻力百分比，取 $n=0.5$ ；

$\Sigma l_{\text{立}}$ ——立管的总长度。

各个立管长度一般多是一样的

$$\Sigma l_{\text{立}} = 22 + 5 \times 2 - 5 \times 0.5 = 29.5 \text{ 公尺}$$

$$R_{\text{立}} = \frac{0.5 \times 780}{29.5} \approx 13.2 \text{ 公厘水柱/公尺管长}$$

根据 $R_{\text{立}}$ 查(М)图算表，当 $d_{\text{立}}=1/2$ "时，可算出 $H_{\text{立}}$

$$H_{\text{立}} = R_{\text{立}} \Sigma l_{\text{立}} / (1-n)$$

$d_{\text{立}}$ ——选用的立管管径，公厘；

$R_{\text{立}}$ ——根据选用的管径在商上得出的比摩阻。

$$H_{\text{立}} = 6 \times 29.5 / (1-0.5) = 6 \times 29.5 \times 2$$

$$\approx 350 \text{ 公厘水柱左右}$$

又

$$\frac{G_1}{G_2} \cong \sqrt{\frac{H_1}{H_2}} \quad (6)$$

根据 R 立 計算結果，邻近鍋爐立管压力將比末一根大 2 倍左右，由 6 式可知

$$G_1 = G_n \sqrt{\frac{H_1}{H_n}}$$

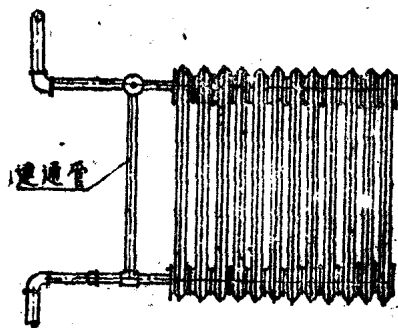
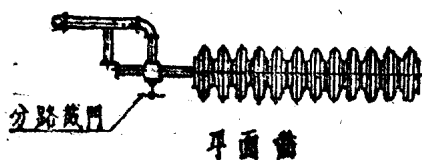
$$H_1 \approx 2H_n$$

$$\therefore G_1 = \sqrt{2} G_n = 1.41 G_n. \quad (7)$$

G_1 ——邻近鍋爐一根立管通过水量，公斤/时；

G_n ——末一根立管通过水量，公斤/时；

H_1 ——靠近鍋爐一根立管的压力損失，公厘水柱；



立面圖

图 2

H_n ——末一立管的压力损失公厘水柱。

$$\therefore \text{立管平均耗水量 } G_{cp} = \frac{G_1 + G_n}{2}$$

若选末一根立管耗水量 $G_n = 150$ 公斤/时 (选末一根立管是根据计算图得出或根据热损失及水温差得出)

$$\text{则 } G_{cp} = \frac{150 + 1.414 \times 150}{2} = \frac{150 + 211}{2} = 180 \text{ 公斤/时}$$

此数值接近于200公斤/时, 根据这个数值进行实际计算结果再加以修正, 立管计算如下:

(1) G_n 已定, 求阻力 H_n , 管径选用 $1\frac{1}{2}$ " , 则局部阻力系数:

$$\text{截門一个} \quad 1 \times 4.0 = 4.0$$

$$\text{弯头五个} \quad 5 \times 2.0 = 10.0$$

$$\text{暖气片一组} \quad 1 \times 2.0 = 2.0$$

每一暖气片联接处阻力系数 = 16

(2) 与上下平管联接处局部阻力系数为:

$$\text{弯头2个} \quad 2 \times 2.0 = 4.0$$

这样立管总局部阻力系数为 $\Sigma \zeta_{立}$

$$\Sigma \zeta_{立} = (5 \times 16) + 4 = 84$$

又立管总长 $\Sigma l_{立} = 29.5$ 公尺

根据附表 1 查得 $A_{1\frac{1}{2}"} = 1.07 \times 10^{-4}$

$$\text{机械循环} \quad \frac{\lambda}{d} = 2.85$$

$$H = G^2 A \left(\frac{\lambda}{d} \Sigma l + \Sigma \zeta \right)$$

$$\therefore H_6 = G_n^2 A_{1\frac{1}{2}"} \left(\frac{\lambda}{d_{1\frac{1}{2}"} } \Sigma l_{立} + \Sigma \zeta_{立} \right) \quad (8)$$

$$= 150^2 \times 1.07 \times 10^{-4} (2.85 \times 29.5 + 84)$$

$$=150^2 \times 1.07 \times 10^{-4} (84+84)$$

$$=405 \text{ 公厘水柱}$$

(3) 7、8号平管的阻力 H_7 、 H_8 ，可根据已知水量 G_6 = 150公斤/时及假设的管径来求，可设它和末一根立管相同，但是根据前面的压力分配，希望干管少消耗，且使各立管间水量相差少一些，这样可设干管7、8段管径

$$d_7 = d_8 = 3/4'' \quad \text{由表查得} \quad \frac{\lambda}{d} = 1.9 \quad A = 0.328 \times 10^{-4}$$

这两段管路的局部阻力系数：

$$\text{直流三通} \quad 2 \text{ 个} \quad \Sigma \zeta = 2 \times 1.0 = 2.0$$

$$\therefore H_7 + H_8 = G_6^2 A_{3/4}'' \left(\frac{\lambda}{d^{3/4}} L + \Sigma \zeta \right) \quad (9)$$

7、8段管段长 $L = 10$ 公尺， $G_7 = G_6 = G_8 = 150$ 公斤/时

$$H_7 + H_8 = 150^2 \times 0.328 \times 10^{-4} (1.9 \times 10 + 2) = 150^2 \times 0.00069 = 15.5 \text{ 公厘水柱}$$

(4) 5号立管水量确定

$$G_5 = \sqrt{\frac{H_6 + H_7 + H_8}{A \left(\frac{\lambda}{d} L_{立} + \Sigma \zeta_{立} \right)}} \quad (10)$$

为了施工方便，将各个立管管径设为一样，可设5号立管管径 $d_5 = 1/2''$

$$\begin{aligned} G_5 &= \sqrt{\frac{405 + 15.5}{0.000107(2.85 \times 29.5 + 84)}} \\ &= \sqrt{\frac{420.5}{0.018}} = \sqrt{23400} = 153 \text{ 公斤/时} \end{aligned}$$

(5) 9、10号平管的压力损失 H_9 、 H_{10} 。

9、10号平管水量应为5、6号立管水量之和，即 $G_9 = G_{10} = G_5 + G_6 = 153 + 150 = 303$ 公斤/时。

由管徑与摩阻表中可看出若选用 $3/4''$ 管在通过水量303公斤时，其阻力在5公厘水柱，所以可选 $d_9 = d_{10} = 3/4''$ 。

(以下括号中的数值与 $H_7 + H_8$ 同)

$$\begin{aligned} \therefore H_9 + H_{10} &= G_9^2 \left[A_{3/4''} \left(\frac{\lambda}{d_{3/4''}} L + \Sigma \zeta \right) \right] \quad (11) \\ &= 303^2 \times 0.00069 \\ &= 63.5 \text{ 公厘水柱} \end{aligned}$$

(6) 4号立管仍选用 $1/2''$ 管徑，其水量按下式决定

$$\begin{aligned} G_4 &= \sqrt{\frac{H_6 + H_7 + H_8 + H_9 + H_{10}}{A_{1/2''} \left(\frac{\lambda}{d_{1/2''}} L_{\text{立}} + \Sigma \zeta_{\text{立}} \right)}} \quad (12) \\ &= \sqrt{\frac{484}{0.018}} = \sqrt{26800} \\ &= 164 \text{ 公斤/时} \end{aligned}$$

(7) 11、12号平管，

水量 $G_{11} = G_{12} = G_6 + G_8 + G_4 = 150 + 153 + 164 = 467$ 公斤/时管徑选用 $3/4''$ ，可求得阻力如下：

$$\begin{aligned} H_{11} = H_{12} &= G_{11}^2 \left[A_{3/4''} \left(\frac{\lambda}{d_{3/4''}} L + \Sigma \zeta \right) \right] \quad (13) \\ &= 467^2 \times 0.00069 \\ &= 151 \text{ 公厘水柱} \end{aligned}$$

(8) 3号立管水量 G_3

$$\begin{aligned} G_3 &= \sqrt{\frac{H_6 + H_7 + H_8 + H_9 + H_{10} + H_{11} + H_{12}}{A_{1/2''} \left(\frac{\lambda}{d_{1/2''}} L_{\text{立}} + \Sigma \zeta_{\text{立}} \right)}} \quad (14) \\ &= \sqrt{\frac{635}{0.018}} = \sqrt{35300} = 188 \text{ 公斤/时} \end{aligned}$$