

热风装置

M·И·非力涅依 著

建筑工程出版社

532

60

热 風 装 置

郭 海 珊 譯

張 劍 校

建筑工程出版社出版

• 1957 •

內容提要 本書系由兩部分組成。第一部分敘述熱風裝置的計算方法，并研究有關片式熱風器、花瓣式熱風器的設計、安裝和管理的各種問題。

本書的第二部分包括蘇聯工業生產的各種主要類型的片式熱風器和花瓣式熱風器的計算數據和技術特性。書中所舉的數據能解決安裝熱風裝置時所發生的各種問題。

本書可供設計和管理暖氣通風設備的工程技術人員參考之用。

原本說明

書 名 КАЛОРИФЕРНЫЕ УСТАНОВКИ
著 者 М. И. Фильней
出 版 者 Государственное издательство литературы по
строительству и архитектуре

出版地點 及 日 期 Москва—1952

熱 風 裝 置

郭 海 珊 譯
張 劍 校

*

建築工程出版社出版（北京市阜成門外南風土路）

（北京市書刊出版業營業許可證出字第 052 號）

建築工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書 號 458 字 數 118 千 字 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印 張 $4\frac{5}{8}$

1957 年 4 月 第 1 版 1957 年 4 月 第 1 次 印 刷

印 數：1—5,000 冊 定 價（10）0.80 元

序 言	4
第一章 基本計算数据	6
1. 用蒸汽工作的热風器	8
2. 用热水工作的热風器	18
3. 热風裝置的阻力	40
第二章 热風裝置的工作制度	44
1. 用蒸汽工作的热風器	44
2. 用热水工作的热風器	46
3. 变更工作制度时热風裝置的阻力	48
第三章 热風裝置的技术經濟計算	50
1. 用蒸汽工作的热風器	52
2. 用热水工作的热風器	53
第四章 热風裝置的安裝和管理	56
第五章 热風器的特性和計算資料	59
1. 标准型片式热風器	59
2. 花瓣式热風器	77
3. 国家衛生技术安裝公司(ГСТМ)型片式热風器	87
4. ВНИИСТО-喀山型片式热風器	96
5. ОГ輕型片式热風器	103
第六章 一种热風器为另一种热風器代替問題	112
1. 用蒸汽工作的热風器	112
2. 用热水工作的热風器	114
3. 一种热風器为另一种热風器代替时热風裝置阻力的变化	116
第七章 解决实际問題时热風裝置一般計算方法的运用	118
1. 計算方式和程序	118
2. 热風裝置計算例題	118

序 言

正确设计与定期使用的热风装置是采暖通风系统的重要部分之一。这种热风装置能够为高度生产率的劳动创造有利的条件。

目前,用蒸汽或热水作为带热体的金属热风机已获得了广泛的应用。这种热风器的特点是传热效率较高,能可靠地调整(此点在管理方面是十分重要的),且外形不大,重量小。由此种构造的热风机组成的热风装置具有较大的热值。

在斯大林五年计划的年代里,由于我国工业建设和文化福利建设的大规模开展,使热风装置得到了更广泛的发展。

目前最重要的是解决热风装置的各种计算问题。这些问题的发生与我国科学研究工作的伟大成就有着密切的关系。我国的科学研究工作由于党和政府的关怀,已获得了极其广泛的发展。

与实际紧密联系的富有成效的苏联科学工作的优良成果之一是,我国工业已创造并掌握各型片式热风机(ГСТМ型片式热风机,ВНИИСТО-喀山型片式热风机、ОГ輕型片式热风机)的生产技术。现在,这些热风机已由我国各工厂大量生产了。

有着一种不正确的想法,认为热风装置的计算问题只限于选择合乎已知空气加热条件的热风机。事实上却经常必需解决一些目前还没有一般解决方法的各种问题。

属于这方面的问题是:确定在空气量已知时正在工作的热风装置的空气加热温度条件;确定工作制度变更时热风装置的工作条件;确定一种热风机为另一种热风机代替的条件等。

本书共由两部分组成。

第一部分叙述有关热风装置的设计、安装和管理的各种问题。应当指出,第一部分所列举的计算数据可用于常数值已知的任何

一种热风器。这些常数是决定热风器的热力特性、气体动力学特性,以及在必要时,决定技术经济特性的常数。

第二部分包括现在所用的标准型片式热风器、花瓣式热风器、ГСТМ型片式热风器、ВНИИСТО-喀山型片式热风器以及ОГ輕型片式热风器的技术规格和相应的计算数据。实际问题是具有重大的意义的,为此,在专门的综合表内载有解决与热风装置的设计和管理工作有关的各种实际问题的计算方式和计算程序。

第一章 基本計算數據

在將單獨的熱風器配組成熱風裝置時，這些熱風器可順着空氣進程依次安置成數排，並且每排可由順着空氣進程平行安置的數個熱風器組成。

此種熱風裝置如圖 1 所示。圖中的 n, m 和 l 值不是表示該裝置的直綫尺寸，而是表示安置在用以上字母標于圖上的各個相應方向的熱風器數目。有時熱風裝置可由一個熱風器組成。

圖 2 所示是用蒸汽作為帶熱體的熱風裝置供熱系統。

如果帶熱體是熱水，則熱風裝置的技術經濟特性在頗大程度上決定于所實行的供水方法。

圖 3 所示是用熱水作為帶熱體時應用最廣的熱風裝置供熱系統之一。根據順着空氣進程依次安置的各排熱風器的供水特性，可將此種系統簡稱為并聯系統。

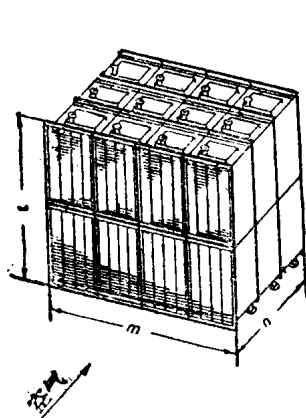


圖 1 熱風裝置示意圖

l, m 和 n — 安置在各相應方向的熱風器數目

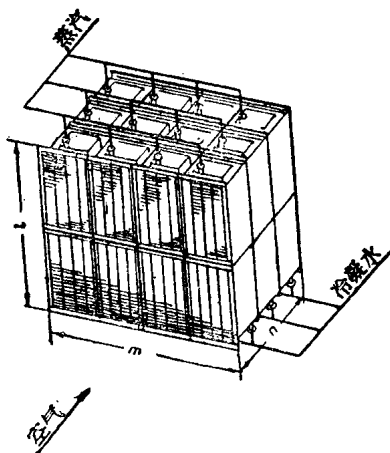


圖 2 熱風裝置示意圖

(帶熱體——蒸汽)

图 4 所示的系统是按空气进程先后安置的各排热风器的顺序供水的系统,此种系统称之为串联系统。

热风器的并联供热系统和串联供热系统的热力特性在热热器散热面的利用效率上是极其不同的。十分显然,热热器供水系统的不同应反映在相应的计算公式中,这些公式总合起来就是热热器装置的一般计算方法。

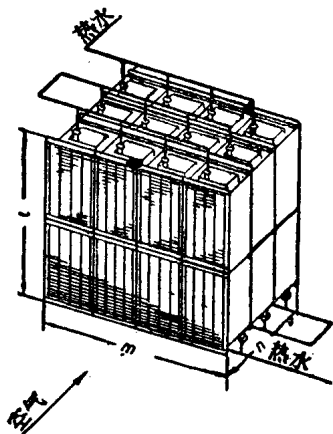


图 3 各排热热器并联供水的热热器装置示意图

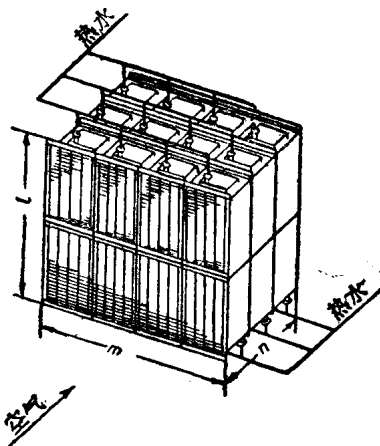


图 4 各排热热器串联供水的热热器装置示意图

热热器器的热工学和气体动力学的特性是以传热效率及通过热热器器的空气流动阻力的大小来决定的。

根据一系列的试验资料证明,热热器器的传热效率决定于下列函数关系:

- 1) 热热器器用蒸汽工作时

$$k = p(vr)^a; \quad (1)$$

- 2) 热热器器用热水工作时

$$k = p(vr)^a w^r, \quad (2)$$

式中:

k ——传热效率(千卡/小时·平方公尺·度);

(vr) ——热热器器有效截面内空气的重量速度(公斤/平方公尺·秒);

w ——热风器管内水的流速(公尺/秒);

p 、 q 和 r ——根据热风器型式取定的常数。

在热风器中加热空气时,发生一种所谓交叉气流,此时带热体与被加热的空气即沿互相垂直的方向流动。为决定热风器传热效率的值而进行的试验结果表明:带热体与被加热空气的温度差不按交叉气流的公式计算,而按算术平均温度差的公式来计算。因此,在计算热风装置时正应该利用此公式。虽然此公式严格说来只是近似的,但是实际上所得到的误差并不超过实验决定传热效率大小时所容许的误差限度。此外,算术平均温度差可以根据带热体和被加热空气的初温度与末温度简单而直接地求出。为了求出交叉气流的计算温度差,必需进行极其麻烦的确定若干温度要素数值的计算程序,而这些温度要素归根结底只在中間计算中才需要。

这一切引起了计算上无须有的复杂性。

为了得到基本计算数据,应该根据与所采用的带热体种类无关的一般公式来计算。

此种计算公式有两个,即:

$$Q = Gc(t_2 - t_1), \quad (3)$$

$$G = 3600(vr)f, \quad (4)$$

式中: Q ——加热空气所需的热量(千卡/小时);

G ——被加热的空气量(公斤/小时);

c ——空气的热容量(千卡/公斤·度);

t_1 ——空气的初温度;

t_2 ——空气的末温度;

f ——热风器放过空气的有效截面(平方公尺)。

1. 用蒸汽工作的热风器

通过此种热风器散热面传出的热量,可按下列公式决定:

$$Q = kF \left(t_n - \frac{t_1 + t_2}{2} \right), \quad (5)$$

式中： F ——热风器的散热面(平方公尺)；

t_n ——蒸汽的温度。

由公式 3 和 5 得：

$$Gc(t_2 - t_1) = kF \left(t_n - \frac{t_1 + t_2}{2} \right).$$

將公式 4 的 G 值和公式 1 的 k 值代入此式后，則得：

$$3600(vr)fc(t_2 - t_1) = p(vr)^q F \left(t_n - \frac{t_1 + t_2}{2} \right).$$

由此

$$(vr) = \sqrt[1-q]{\frac{pF'}{3600fc} \cdot \frac{t_n - \frac{t_1 + t_2}{2}}{t_2 - t_1}}.$$

將 (vr) 值代入公式 4，則得：

$$G = \sqrt[1-q]{\frac{pF'}{3600^q f^q c} \cdot \frac{t_n - \frac{t_1 + t_2}{2}}{t_2 - t_1}};$$

由此

$$G^{1-q} = \frac{pF'}{3600^q f^q c} \cdot \frac{t_n - \frac{t_1 + t_2}{2}}{t_2 - t_1}$$

或

$$G^{1-q} \cdot \frac{t_2 - t_1}{t_n - \frac{t_1 + t_2}{2}} = \frac{pF'}{3600^q f^q c}. \quad (6)$$

对于图 2 所載的、由 n 排組成且每排設有 ml 个热风器的热风裝置來說，为了充分精确地解决某些实际問題，可將公式 6 改寫为以下形式：

$$G^{1-q} \cdot \frac{t_2 - t_1}{t_n - \frac{t_1 + t_2}{2}} = \frac{pF'}{3600^q (f')^q c}. \quad (7)$$

根据图 2, 設

$$F' = F' m l n,$$

$$f' = f m l,$$

由公式 7 得:

$$G^{1-q} \cdot \frac{t_2 - t_1}{t_{\Pi} - \frac{t_1 + t_2}{2}} = \frac{pF}{3600^q f^q c} (ml)^{1-q} n. \quad (8)$$

令:

$$\frac{t_2 - t_1}{t_{\Pi} - \frac{t_1 + t_2}{2}} = M; \quad (9)$$

$$\frac{pF}{3600^q f^q c} = N; \quad (10)$$

$$(ml)^{1-q} n = R. \quad (11)$$

根据上列代号, 公式 8 可变为下列形式:

$$G^{1-q} M = N R. \quad (12)$$

根据公式 9 应得出: M 值完全决定于空气加热的温度条件。因此, M 值可称为热风装置的温度特性。应该指出, 公式 9 求出的是温度特性 M 的近似值。求 M 的精确数值的公式将叙述于后。

在解决热风装置的实际计算问题时, 温度特性 M 的值一般均小于 1。

为了求得温度特性 M 的值, 必须知道在各种压力下饱和蒸汽的温度。饱和蒸汽温度的数值载于表 1 中。

根据公式 10 求得的 N 值是表示热风器的型式和号数。因此, N 值可称为热风器的技术特性。

根据公式 11 求得的 R 值是表示热风装置的组合方式的, 因此, 我们称此值为热风装置的热力特性。

M 、 N 和 R 值与被加热空气量之间的解析关系可由公式 12 求得, 该公式是热风器用蒸汽工作时计算热风装置的基本公式。

公式 12 是引出一系列直接解决热风装置各种计算问题的公式的基础。许多计算问题是亟待解决的, 但是在总的方面仍未得到

飽和蒸汽的溫度

表 1

壓力 (大氣壓)	溫度 (度)	壓力 (大氣壓)	溫度 (度)	壓力 (大氣壓)	溫度 (度)
1.2	104.2	2.2	122.6	3.6	139.2
1.3	106.6	2.4	125.5	3.8	141.1
1.4	108.7	2.6	128.1	4.0	142.9
1.5	111.0	2.8	130.5	4.5	147.2
1.6	112.7	3.0	132.9	5.0	151.1
1.8	116.3	3.2	135.1	5.5	154.7
2.0	119.6	3.4	137.2	6.0	158.1

解決。

在已知被加熱空氣量時，決定該熱風裝置空氣加熱溫度條件問題，以及，在已知空氣加熱條件時，決定該熱風裝置可能加熱的空氣量問題，是具有特殊重要意義的。

在多排式熱風裝置中，如熱風器順着空氣進程依次安置，則在第 z 排熱風器後的被加熱空氣溫度可按下列式決定：

$$t_z = t_1 + \sum_{i=1}^{z-1} \Delta t_i, \quad (13)$$

式中： t_z —— 流過第 z 排熱風器後的被加熱空氣的溫度；

Δt_i —— 從第 i 排熱風器出來的和進入該排熱風器的空氣的溫度差。

順着空氣進程依次安置的第一排熱風器的熱交換條件可用下列式表示：

$$k_1 m_1 l_1 F_1 \left(t_n - t_1 - \frac{\Delta t_1}{2} \right) = G c \Delta t_1;$$

由此

$$\Delta t_1 = \frac{t_n - t_1}{\frac{Gc}{k_1 m_1 l_1 F_1} + \frac{1}{2}}.$$

令式中的

$$\frac{Gc}{k_1 m_1 l_1 F'_1} + \frac{1}{2} = L_1,$$

得:

$$\Delta t_1 = \frac{1}{L_1} (t_n - t_1). \quad (14)$$

顺着空气进程依次安置的第二排热风器的热交换条件可用下式表示:

$$k_2 m_2 l_2 F'_2 \left(t_n - t_1 - \Delta t_1 - \frac{\Delta t_2}{2} \right) = Gc \Delta t_2.$$

由此,根据式14简单整理后,得:

$$\Delta t_2 = \frac{1}{L_2} \left(1 - \frac{1}{L_1} \right) (t_n - t_1). \quad (15)$$

式中

$$L_2 = \frac{Gc}{k_2 m_2 l_2 F'_2} + \frac{1}{2}.$$

对于第三排同样可写出:

$$k_3 m_3 l_3 F'_3 \left(t_n - t_1 - \Delta t_1 - \Delta t_2 - \frac{\Delta t_3}{2} \right) = Gc \Delta t_3.$$

由此,根据式14和15,简单整理后,得:

$$\Delta t_3 = \frac{1}{L_3} \left(1 - \frac{1}{L_1} \right) \left(1 - \frac{1}{L_2} \right) (t_n - t_1); \quad (16)$$

式中

$$L_3 = \frac{Gc}{k_3 m_3 l_3 F'_3} + \frac{1}{2}.$$

同理,根据式14、15和16,可为顺着空气进程依次安置的第 i 排热风机写出下式:

$$\Delta t_i = (t_n - t_1) \frac{1}{L_i} \prod_{k=0}^{i-1} \left(1 - \frac{1}{L_k} \right). \quad (17)$$

式中及以下均应注意到在 $k=0$ 时

$$\frac{1}{L_{k=0}} = 0.$$

与前述一样

$$L_i = \frac{Gc}{k_i m_i l_i l'_i} + \frac{1}{2}. \quad (18)$$

根据公式13和17可写出:

$$t_z = t_1 + (t_n - t_1) \left[-\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \left(1 - \frac{1}{L_1} \right) + \right. \\ \left. + \frac{1}{L_3} \prod_{i=1}^{i-2} \left(1 - \frac{1}{L_i} \right) + \dots + \frac{1}{L_z} \prod_{i=1}^{i-z-1} \left(1 - \frac{1}{L_i} \right) \right]. \quad (19)$$

根据公式1, 由公式18得:

$$L_i = \frac{Gc}{p(vr)_i^q m_i l_i l'_i} + \frac{1}{2}. \quad (20)$$

设所研究的那一排热风器的

$$(vr)_i = \frac{G}{3600 m_i l_i f_i},$$

根据公式10, 由公式20得:

$$L_i = \frac{G^{1-q}}{N_i (m_i l_i)^{1-q}} + \frac{1}{2}. \quad (21)$$

式中: N_i ——第*i*排各热风器的技术特性。

根据公式11可设:

$$(m_i l_i)^{1-q} = R_i \quad (22)$$

式中: R_i ——第*i*排热风器的热力特性。

根据上式, 由公式21得:

$$L_i = \frac{G^{1-q}}{N_i R_i} + \frac{1}{2}. \quad (23)$$

公式19是当安置在某排内的热风机数目和型式与安置在另一排内的热风机数目和型式不同时, 亦即在下列情况时利用之:

$$N_1 \neq N_2 \neq N_3 \neq \dots \neq N_i;$$

$$R_1 \neq R_2 \neq R_3 \neq \dots \neq R_i;$$

$$L_1 \neq L_2 \neq L_3 \neq \dots \neq L_i.$$

热风装置利用同一种型式的热风器,且各排热风器的数目均相同的这种个别情况,亦即以下列条件表示的个别情况具有实际特殊的意义:

$$N_1 = N_2 = N_3 = \dots = N';$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = \dots = R';$$

$$L_1 = L_2 = L_3 = \dots = L'.$$

对于上述个别情况,根据公式11可写出:

$$R' = \frac{R}{n}.$$

由此式并根据公式23可写出:

$$L' = \frac{G^{1-q}n}{NR} + \frac{1}{2}. \quad (24)$$

对于这种情况由公式19简单整理后,得:

$$t_z = t_1 + \left[1 - \left(1 - \frac{1}{L} \right)^z \right] (t_{\Pi} - t_1). \quad (25)$$

因此,根据公式19和25可写为:

$$t_z = t_1 + \varphi_z (t_{\Pi} - t_1). \quad (26)$$

由此

$$t_I = t_z - \frac{\varphi_z}{1 - \varphi_z} (t_{\Pi} - t_z), \quad (27)$$

$$t_{\Pi} = t_1 + \frac{1}{\varphi_z} (t_z - t_1). \quad (28)$$

当 $z = n$ 的情况下,由公式19得出:

$$\varphi_z = \varphi_{\Pi},$$

$$t_z = t_2.$$

据此式可写出:

$$t_2 = t_1 + \varphi_{\Pi} (t_{\Pi} - t_1). \quad (29)$$

由此:

$$t_1 = t_2 - \frac{\varphi_{\Pi}}{1 - \varphi_{\Pi}} (t_{\Pi} - t_2); \quad (30)$$

$$t_{\Pi} = t_1 + \frac{1}{\varphi_{\Pi}} (t_2 - t_1). \quad (31)$$

对于顺着空气进程依次安置的各排热风器的配置特征不同、这一排的热风器与另一排的热风器不同的热风装置,根据公式26,由公式19得:

$$\begin{aligned} \varphi_z = & \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \left(1 - \frac{1}{L_1}\right) + \frac{1}{L_3} \prod_{i=1}^{i=2} \left(1 - \frac{1}{L_i}\right) + \\ & + \dots + \frac{1}{L_z} \prod_{i=1}^{i=z-1} \left(1 - \frac{1}{L_i}\right). \end{aligned} \quad (32)$$

对于同一热风装置,当 $z=n$ 时,则 $\varphi_z = \varphi_n$ 。由此:

$$\begin{aligned} \varphi_n = & \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \left(1 - \frac{1}{L_1}\right) + \frac{1}{L_3} \prod_{i=1}^{i=2} \left(1 - \frac{1}{L_i}\right) + \\ & + \dots + \frac{1}{L_n} \prod_{i=1}^{i=n-1} \left(1 - \frac{1}{L_i}\right). \end{aligned} \quad (33)$$

对于顺着空气进程依次安置的各排热风器的型式和配置特征均相同的热风装置,根据公式26,由公式25得:

$$\varphi_z = 1 - \left(1 - \frac{1}{L}\right)^z. \quad (34)$$

对于同一热风装置,当

$$z=n \text{ 时}$$

则:

$$\varphi_{\Pi} = 1 - \left(1 - \frac{1}{L}\right)^n. \quad (35)$$

根据公式35,由公式29得:

$$\frac{t_2 - t_1}{t_{\Pi} - t_1} = 1 - \left(1 - \frac{1}{L}\right)^n;$$

由此

$$L = \frac{1}{1 - \sqrt[n]{\frac{t_n - t_2}{t_n - t_1}}}.$$

根据此式,并考虑到公式12和24得:

$$M = \frac{2n \left(1 - \sqrt[n]{\frac{t_n - t_2}{t_n - t_1}} \right)}{1 + \sqrt[n]{\frac{t_n - t_2}{t_n - t_1}}}. \quad (36)$$

利用公式36可求得温度特性 M 的精确值。但是在解决选择热风器的实际问题时,利用近似的公式9会简便得多。因为公式9的 M 值系由空气加热温度条件决定,与顺着空气进程依次安置的热风器排数无关。

经多排式热风装置的散热面传给被加热的空气的热量 Q ,可按下式求出:

$$Q = \sum_{z=1}^{z=n} Q_z. \quad (37)$$

式中: Q_z ——经第 z 排热风器散热面传出的热量(千卡/小时)。

Q_z 的值可按下式求出:

$$Q_z = kml F \left(t_n - \frac{t_{i=z-1} + t_{i=z}}{2} \right). \quad (38)$$

式中: $t_{i=z-1}$ ——进入第 z 排热风器的空气的温度;

$t_{i=z}$ ——由第 z 排热风器出来的空气的温度。

根据上式,由公式37得:

$$Q = kml F \left[n t_n - \left(t_{z-1} + t_{z=2} + \dots \dots \dots + t_{z=n-1} + \frac{t_1 + t_2}{2} \right) \right]$$

或

$$Q = kml F \left(n t_n - \sum_{z=1}^{z=n-1} t_z - \frac{t_1 + t_2}{2} \right). \quad (39)$$