

采暖与通风问题

副教授 科技碩士

M. H. 基兴 主編

建筑工程出版社

苏联重工业企业建造部技术处
中央工业建筑科学研究所

采 暖 与 通 風 問 題

(采暖与通风实验室论文集第一册)

姜 岷 山 译

建筑工程出版社出版

•1958•

內容提要 本書为有关采暖通风工程的一些现实問題的論文集。

論文集中的大部分論文是根据作者在全苏工业建筑科学研究所實驗室中所做的仔細实验写出的，其余的則为具有独特見解的采暖和通风問題的理論研究性論文。

本書可供采暖通风設備的設計人員和制造者作参考之用。

原本說明

書名 ВОПРОСЫ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ
(Труды лаборатории отопления и вентиляции,
сборник №1)

編者 М.И.КИССИН

出版者 ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

**出版地点
及年份** МОСКВА-1951

采暖与通风問題

姜岷山 譯

1958年12月第1版 1958年12月第1次印刷 2,860册

850×1168 · $1/32$ · 50千字 · 印張 $27/16$ · 插頁1 · 定价(10)0.44元

建筑工程出版社印刷厂印刷 · 新华書店发行 · 書号: 1014

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

序 言.....	(4)
輻射采暖加热板的計算	М.И.基兴(6)
装配式采暖炊炉.....	Л.С.鲍尔贊柯(14)
热水采暖和供热系統管道計算的 新資料.....	М.И.基兴和В.М. 茹斯馬諾維奇(20)
矩形弯头的阻力.....	Г.Т.达达尔邱克(38)
矩形三通的阻力.....	В.Н.达里也夫, Г.Т.达达尔邱克(43)
“卫生工程”工厂出品的ГСТМ型片式 热风器的試驗.....	Л.П.阿那尼克阳(56)
帶橫向縫口之等截面风道的均匀配风	В.Н.达里也夫(66)

序 言

本論文集中所发表的論文系中央工业建筑科学研究所實驗室在輻射采暖計算理論、加热裝置新結構的研究以及通风裝置空气动力学一些單獨問題的研究方面的著作。

輻射采暖系統中最重要構件为加热板。这种加热板即为內設加热管的这种或那种圍蔽結構体（天花板、地板或牆）。有关加热板的計算在我們的文献里到現在闡述得还不够明确。

在技术科学碩士 М.И. 基兴一篇“輻射采暖加热板計算”的論文中述及一种加热板放热的近似計算法。

1948年實驗室曾对重工业企业建造部卫生工程安裝总局中央卫生工程安裝公司設計处設計的輕型片式热风机进行了热工試驗。

工程师 Л.П. 阿那尼克阳的論文述及到这些試驗。

試驗表明，輕型热风器的金屬热力强度比普通片式热风机要大35%。

如果用輕型热风机代替已出产的热风机，每年就可节约金屬約 6,000 吨。

現在在重工业企业建造部卫生工程安裝总局卫生工程配件公司的工厂中已开始成批生产輕型片式热风机。

在技术科学碩士 Л.С. 鮑尔贊柯的論文中述及到 ЦНИПС 型混凝土采暖炉灶的結構及其热工試驗的結果。試驗肯定了炉子具有很高的有效系数（85%）。炉子使用寿命長也就証明了它的完全可靠性和热工性能高。这种炉子可为失热量等于2,000大卡/时的房間采暖，同时还可代替炉灶。

由于我們設計处开始对制造矩形风管及其异形部件的机床进

行設計，采暖通风實驗室便着手从事为得出矩形弯头和矩形三通阻力系数計算数值的实验工作。

在工程师 Г.Т. 达达尔邱克一篇“矩形弯头阻力”的論文中列有矩形弯头局部阻力系数的实验数据。將这些实验数据和从前应用的摘自国外一些作者之著作的局部阻力系数值相对比，在个别情况下，兩者之間的悬殊达80%。

在技术科学碩士 B.H. 达里也夫和工程师 Г.Т. 达达尔 邱克一篇“矩形三通阻力”的論文中列有支管弯曲成 90° 圓弧的矩形三通之局部阻力系数的新的实验数据。

在技术科学碩士 B.H. 达里也夫一篇“帶橫向縫口之等截面风道的均匀配风”的論文中闡明了帶橫向縫口之等截面风道的均匀配风之新計算方法。用实验的方法初次确定了縫口的出风系数及縫口的旁通系数。

在論文集中还包括技术科学碩士 B.M. 茹斯馬諾維奇的一篇論文“热水采暖系統和供热系統管道計算的新資料”，这篇文章綜合了苏联科学院全苏热工研究所近年来在这方面所做的实验研究的結果。

中央工业建筑科学研究所相信，在本論文集中所发表的資料將会被广大的采暖通风設計和生产人員在实际工作中使用。

輻射采暖加热板的計算

技术科学碩士 M.И. 基兴

房屋采暖用的加热板之加热面，在其平均温度为已知的情況下，即可得出。加热板表面的温度取决于設于該加热板中的管子之直徑，热媒的温度，管子之間的距离，管子上、下复盖层的热阻以及加热板上部和下部的气温。

由此可見，加热板的平均温度及其放热量与很多因素有关，这也就决定了求出必要計算数值的复杂性。

我們介紹一种加热板放热量的近似計算法。現在对示于图 1 的加热板进行研究。

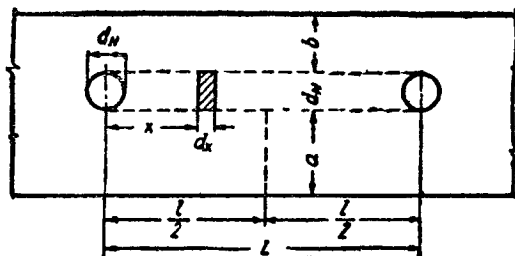


图 1

文字符号采用如下：

d_n ——加热板中的管子外径(公尺)；

a ——管子下部表面以下的材料层(一层或数层)厚度(公尺)；

b ——管子上部表面以上的材料层(一层或数层)厚度(公尺)；

$\Sigma \frac{a}{\lambda_a}$ 和 $\Sigma \frac{b}{\lambda_b}$ ——分别为下部材料层和上部材料层的热阻(平方公尺·时·度/大卡)；

α_a ——朝向房間的加热板表面之放热系数(大卡/平方公尺·时·度)；

α_b ——朝向上面房間的加热板(上一层楼的地板)表面之放热系数(大卡/平方公尺·时·度)；

- λ_c ——內設加熱管的材料層之導熱係數（大卡/公尺·時·度），
 t_a ——采暖房間的氣溫；
 t_e ——上層樓房間的氣溫；
 $t_{i/2}$ ——兩個毗鄰加熱管之間的中心層溫度；
 $t_{i/2}''$ ——兩個毗鄰加熱管之間的中間加熱板表面之溫度；
 t_0' ——加熱管中心之下的加熱板表面溫度；
 t_m ——加熱板表面平均溫度；
 t_e ——進入加熱管的水溫；
 t_o ——返出加熱管的水溫；
 $t_{cp} = \frac{t_e + t_o}{2}$ ——熱媒（熱水）平均溫度；
 l ——管子之間的距離（公尺）。

在推導計算公式時，作下列假設：

1. 由於加熱管的直徑很小（ $1/2'' - 1''$ ），故內設加熱管的材料層高度之間的溫度設為恆等（ $t_c = \text{const}$ ）。
2. 將圓形管子看成為方截面溝道，其邊為 d_n 。
3. 設管壁溫度等於熱媒溫度。
4. 在計算時不考慮加熱板中的邊緣加熱管對放熱量的影響，因為加熱板中管子很多，實際上這種影響對計算的準確性不可能起多大作用。

在加熱管之間作一高為 d_n 、寬為 dx 和長為 1 公尺的平行六面體；與加熱管之距離為 x 。

作該平行六面體的热平衡方程式。

1. 平行六面體接受加熱管的热量：

$$dq_1 = \lambda_c d_n \left(\frac{dt}{dx} \right)_x.$$

2. 平行六面體經過面積為 $d_n \cdot 1$ 之平面，朝兩管之間中心處的截面方向失去的热量

$$dq_2 = \lambda_c d_n \cdot 1 \left(\frac{dt}{dx} \right)_{x+dx}.$$

3. 平行六面體經過面積為 $dx \cdot 1$ 之上部平面，朝上層樓的空氣方向，向上失去的热量：

$$dq_3 = dx \cdot 1 \left(\frac{1}{\sum \frac{b}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_s}} \right) (t_x - t_s).$$

4. 平行六面体經過面积为 $dx \cdot 1$ 的下部平面，朝采暖房間的空氣方向，向下失去的热量：

$$dq_4 = dx \cdot 1 \left(\frac{1}{\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_a}} \right) (t_x - t_a).$$

在热稳定状态下，耗热量必須等于吸热量。

热平衡方程式：

$$dq_1 = dq_2 + dq_3 + dq_4$$

或

$$dq_1 - dq_2 = dq_3 + dq_4. \quad (1)$$

在等式(1)中代入各个热流的数值，并令 $\frac{1}{\sum \frac{b}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_s}}$ 值等于

B_1 ， $\frac{1}{\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_a}}$ 值等于 A_1 ，

則得：

$$\begin{aligned} \lambda_c d_n \left(\frac{dt}{dx} \right)_{x+dx} - \lambda_c d_n \left(\frac{dt}{dx} \right)_x &= \\ &= dx B_1 (t_x - t_s) + dx A_1 (t_x - t_a) \end{aligned}$$

或

$$\left(\frac{dt}{dx} \right)_{x+dx} - \left(\frac{dt}{dx} \right)_x = \left(\frac{B_1}{\lambda_c d_n} (t_x - t_s) + \frac{A_1}{\lambda_c d_n} (t_x - t_a) \right) dx. \quad (2)$$

令：

$$\frac{A_1}{\lambda_c d_n} = A, \quad \frac{B_1}{\lambda_c d_n} = B,$$

并注意到

$$\left(\frac{dt}{dx} \right)_{x+dx} - \left(\frac{dt}{dx} \right)_x = d \left(\frac{dt}{dx} \right)_x$$

即为 $\frac{dt}{dx}$ 之微分式，則將等式(2)改寫如下：

$$\frac{d^2 t}{dx^2} = B(t_x - t_a) + A(t_x - t_a)$$

或

$$\frac{d^2 t}{dx^2} - (A+B)t_x = -At_a - Bt_a \quad (3)$$

公式(3)的第二个微分方程很容易引导成一般形式:

$$t_x = C_1 e^{\sqrt{A+Bx}} + C_2 e^{-\sqrt{A+Bx}} + \frac{At_a + Bt_a}{A+B}, \quad (4)$$

式中 C_1 和 C_2 为积分常数, e 为自然对数的底。

当 $x = \frac{l}{2}$, 则 $\frac{dt}{dx} = 0$, 如此则得出关系式

$$C_2 = C_1 e^{\sqrt{A+B \frac{l}{2}}}$$

当 $x=0$, 则 $t = t_{mpy\delta_{st}} = t_{cp}$.

令方程式(4)中的 $\frac{At_a + Bt_a}{A+B}$ 项等于 K , 则可写出:

$$t = t_{cp} = C_1 + C_2 + K,$$

由此得出

$$C_1 = \frac{t_{cp} - K}{1 + e^{\sqrt{A+B \frac{l}{2}}}}$$

将所得之 C_1 和 C_2 值代入公式(4), 并经过一系列的基本变动以后, 则得:

$$t_x = \frac{t_{cp} - K}{1 + e^{\sqrt{A+B \frac{l}{2}}}} \left(e^{\sqrt{A+Bx}} + \frac{e^{\sqrt{A+B \frac{l}{2}}}}{e^{\sqrt{A+Bx}}} \right) + K \quad (5)$$

用最后一个公式可以计算出在与加热管任何距离上的温度。

当 $x = \frac{l}{2}$, 即在管间距离的中心时, 公式(5)则具有下述形式:

$$t_{\frac{l}{2}} = \frac{t_{cp} - K}{1 + e^{\sqrt{A+B \frac{l}{2}}}} 2e^{\sqrt{A+B \frac{l}{2}}} \frac{1}{2} + K \quad (6)$$

用公式(6)可以计算出内设加热管的板层中和管间距离的中心处之温度。

但是，为了計算加热板的必需面积，我們所需知道的不是內設加热管的板层中之温度，而是加热板表面的温度($t_{i/2}^n$ 和 t_0^n)。加热板管間表面的温度用下列形式的熱平衡方程式很容易求出：

$$\frac{1}{\sum \frac{a}{\lambda_a}} (t_{1/2} - t_{i/2}^n) = \alpha_a (t_{i/2}^n - t_a),$$

由此得出

$$t_{i/2}^n = \frac{\sum \frac{\lambda_a}{a} t_{1/2} + \alpha_a t_a}{\sum \frac{\lambda_a}{a} + \alpha_a} \quad (7)$$

同样亦可写出为計算加热板管下表面温度所需之熱平衡方程式：

$$(t_{cp} - t_0^n) \sum \frac{\lambda_a}{a} = (t^n - t_a) \alpha_a,$$

由此得出

$$t_0^n = \frac{t_{cp} \sum \frac{\lambda_a}{a} + \alpha_a t_a}{\sum \frac{\lambda_a}{a} + \alpha_a} \quad (8)$$

若已知 t_0^n 和 $t_{i/2}^n$ ，則可求出加热板之平均温度：

$$t_m = \frac{\int_0^l t_x^n dx}{l} \quad (9)$$

在上述等式中，对加热板表面來說， t_x^n 須引导成下列拋物綫形式才为适合：

$$t_x^n = \frac{4}{l^2} (t_0^n - t_{i/2}^n) \left(x - \frac{l}{2}\right)^2 + t_{i/2}^n,$$

經過代入并將公式(9)用由0到 l 求解之后，則得：

$$t_m = t_{i/2}^n + \frac{1}{3} (t_0^n - t_{i/2}^n), \quad (10)$$

最后一个方程式为求加热板平均温度的最終方程式。

公式(6)中之 K 值，对指定的加热板結構來說，仅取决于

加热板之上和加热板之下的气温，因此，它可以叫做加热板的温度因素。

加热板平均温度的计算程序如下：

1) 计算下列数值：

$$A = \frac{1}{\lambda_c d_n \left(\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_a} \right)} \text{ 和 } B = \frac{1}{\lambda_c d_n \left(\sum \frac{b}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha_b} \right)};$$

2) 计算指定结构的温度因素：

$$K = \frac{At_a + Bt_b}{A + B};$$

3) 计算值 $\sqrt{A+B}$;

4) 将求得之数值代入公式(6)，求 $t_{l/2}$ 值；

5) 按公式(7)和(8)求 t_a^n 和 $t_{l/2}^n$;

6) 按公式(10)求加热板的平均温度 t_m 。

加热板加热表面平均温度的计算示例

I 热媒平均温度 $t_{cp} = 55^\circ$ 。

在楼板中(图2)设排管放热器，管径为 $\frac{1}{2}$ "，管间距离 $l = 150$ 公厘。

上层楼的气温 $t_a = 15^\circ$ ，下层楼的气温 $t_b = 15^\circ$

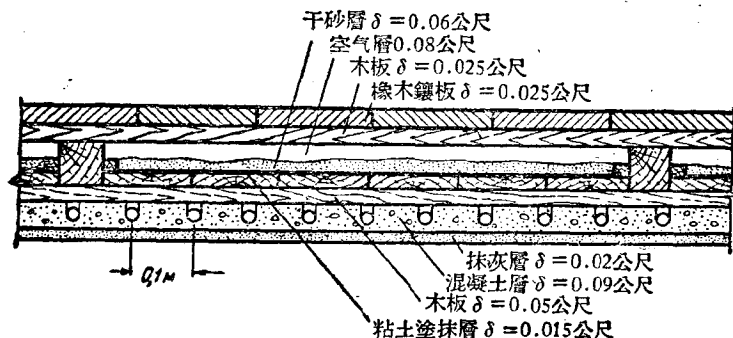


图 2

首先按公式：

$$t_{l/2} = \frac{t_{cp} - K}{1 + e^{\sqrt{A+B}l}} - 2e^{\sqrt{A+B}l/2} + K,$$

求管間的混凝土溫度。

$$A = \frac{1}{\left(\sum \frac{a}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n}\right) \lambda_c d_n} = \frac{1}{\left(\frac{0.02}{1.1} + \frac{0.02}{0.6} + \frac{1}{7}\right) 1.1 \times 0.021} = 206,$$

式中 $d_n = 0.021$ 公尺——排管加熱器管子外徑；

$\lambda_c = 1.1$ 大卡/公尺·時·度——混凝土導熱係數；

$\lambda = 0.60$ 大卡/公尺·時·度——抹灰層導熱係數；

$$B = \frac{1}{\lambda_c d_n \left(\sum \frac{b}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n} \right)}$$

$$= \frac{1}{1.1 \times 0.021 \left(\frac{0.05}{1.1} + \frac{0.05}{0.15} + \frac{0.015}{0.6} + \frac{0.06}{0.75} + 0.18 + \frac{0.025}{0.15} + \frac{0.025}{0.20} + 0.125 \right)}$$

≈ 40 。

空氣間層的热阻为0.18平方公尺·時·度/大卡，

木料（松树，針樅）的導熱係數 $\lambda = 0.15$ ，橡木的導熱係數 $\lambda = 0.2$ 大卡/公尺·時·度；

粘土塗抹層傳熱係數 $\lambda = 0.6$ ，干砂導熱係數 $\lambda = 0.75$ 大卡/公尺·時·度；

$$K = \frac{At_1 + Bt_2}{A + B} = \frac{206 \times 15 + 40 \times 15}{206 + 40} = 15.0,$$

$$\sqrt{A + B} = \sqrt{206 + 40} = 14.4,$$

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{55 - 15}{1 + 2.72 \cdot 14.4 \times 0.15} - 2 \times 2.72 \cdot 14.4 \times 0.075 + 15.0 = 40^\circ.$$

蛇形管以下的加熱表面上之點的热平衡方程式拟出如下：

$$k_a(t_{cp} - t_0^n) = \alpha_0(t_0^n - t_a),$$

式中 k_a ——材料層傳熱係數（大卡/平方公尺·時·度）；

$$k_a = \frac{1}{\frac{0.02}{1.1} + \frac{0.02}{0.6}} = 19.5,$$

$\alpha_0 = 7.0$ 大卡/平方公尺·時·度——加熱面對下層樓空氣的放熱係數。

將這些數值代入热平衡方程式，則得：

$$19.5(55 - t_0^n) = 7.0(t_0^n - 15.0),$$

$$t_0^n = 44.3^\circ.$$

求管間距離中心處的加熱面溫度。

為此，特拟出第二個热平衡方程式：

$$19.5(40 - t_{1/2}^n) = 7.0(t_{1/2}^n - 15.0),$$

$$t_{1/2}^n = 33.6^\circ.$$

按方程式(10)求加热面的平均温度:

$$t_m = t_{1/2}^n + \frac{1}{3}(t_0^n - t_{1/2}^n) = 33.6 + \frac{1}{3}(44.3 - 33.6) = 37.25^\circ.$$

II 計算的条件同上, 但管間距离 $l = 100$ 公厘

公式中的 A 和 B 之值不变:

$$A = 206; B = 40; K = 15.0; \sqrt{A+B} = 14.4,$$

$$t_{1/2}^n = \frac{55 - 15}{1 + 2.72^{14.4 \times 0.1}} \times 2 \times 2.72^{14.4 \times 0.05} + 15.0 = 46.4^\circ$$

排管放热器管子以下的加热面温度不变 ($t_0^n = 44.3^\circ$),

$$K_a(t_{1/2} - t_{1/2}^n) = \alpha_0(t_{1/2}^n - 15);$$

$$19.5(46.4 - t_{1/2}^n) = 7.0(t_{1/2}^n - 15),$$

$$t_{1/2}^n = 37.5^\circ.$$

$$t_m = 37.5 + \frac{1}{3}(44.3 - 37.5) = 39.76^\circ.$$

III 已知热媒平均温度为 60° , 管徑为 $\frac{1}{2}$ " 和管間距离 $l = 100$ 公厘, 未加热面平均温度:

$$A = 206; B = 40; K = 15.0; \sqrt{A+B} = 14.4,$$

$$t_{1/2}^n = \frac{60 - 15}{1 + 2.62^{14.4 \times 0.1}} \times 2 \times 2.72^{14.4 \times 0.05} + 15 = 50.2^\circ,$$

$$19.5(60 - t_0^n) = 7.0(t_0^n - 15); t_0^n = 48^\circ,$$

$$19.5(50.2 - t_{1/2}^n) = 7.0(t_{1/2}^n - 15); t_{1/2}^n = 41^\circ,$$

$$t_m = 43.35^\circ.$$

上述求加热板深厚处及其表面的温度的方法曾經過实驗檢查。

被檢查的裝置由 3 块厚 150 公厘, 面积约 7 平方公尺和高 3 公尺的房間取暖用的天棚板組成。在天棚板中, 距朝向取暖房間的表面 40 公厘深处, 設置管徑为 $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ " 和 1" 的排管放热器。管間距离采用如下: 对其中所設的管子之直徑为 $\frac{1}{2}$ " 的天棚板來說——100 公厘, 管徑为 $\frac{3}{4}$ " 者——115 公厘, 管徑为 1" 者——130 公厘。天棚板用热水加热, 而水温的变化范围很广——由 30° 到 90° 。每块天棚板均有独立的开关。用置于天棚板深厚处并固定

于其表面上的銅-康銅温差电偶測定温度。經過多次試驗所得出之温度場的計算数据和实验数据的对比,表明了結果的收斂度良好。在天棚板个别点上,試驗温度和計算温度的差別不超过 $1.5 \sim 2^{\circ}$ 。加热板表面的計算平均温度和实验平均温度的差別亦在此范围以內。

由此可以断言,本文中所闡述的計算加热板平均温度的方法在設計幅射采暖系統的实际工作中采用,是完全适合的。

裝配式采暖炊炉

技术科学碩士 J.I.C. 鮑尔贊柯

多少年来,炊炉的結構經過各式各样的更改、其目的在于提高炊炉热工及其他指标。

联合炉是普通炊炉經過改良的一种型式。这种型式的炉子由普通炊炉和取暖器組成。取暖器紧靠炊炉側旁設置成屏板样式,并具有垂直烟道;或者設于炉子的上部(在炊炉之上)而具有水平烟道。

該取暖器的用途是:利用由炊炉排出的高温炉气的热来供暖。

上述型式的联合炉之主要缺点如下:1)取暖器热量微小,为了使其加热,需要在炊炉里增添燃料,加强燃燒;2)燃燒終結后,风櫃迅速冷却;3)外表面的放热量不大;4)炉子笨重,占地过多。

帶炊炉之联合炉的結構,在消除缺点、使其适合于日常生活条件和求得高热工指标的結構方面得到了发展和改进。

由于逐漸改善的結果,現在拟制出一种經過改进的联合炉的型式——采暖炊炉,这种采暖炊炉已得到广泛的使用。

采暖炊炉包括有炊炉和采暖炉,其优点亦在于此,特别是对小型住宅來說甚为适用。

采暖炊炉之特点为：风櫃1(图1)不和燃燒室a并列，而設于炊炉之上。炉子的烟道系統非常簡單。由普通燃燒室出来的炉烟，加热炊炉后，借助于側部烟道6引至风櫃底部，由此分为两个支流，順风櫃側部上升，并在上部汇合，然后，沿烟道8在炉子上部又作一回轉之后，即引入烟囱e。风櫃后側靠烟罩6加热，烟气由側部垂直烟道6引出时即进入該烟罩內。

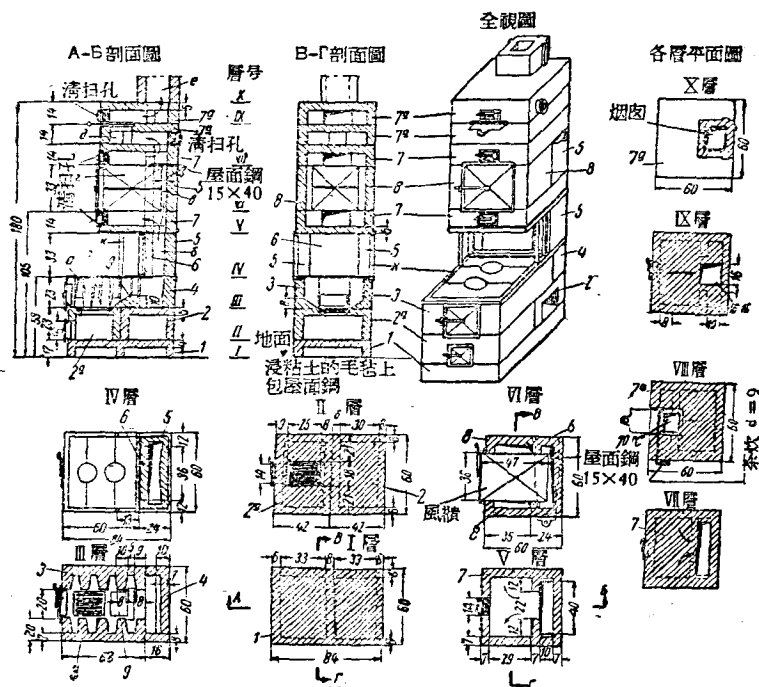


图1 装配式采暖炊炉

帶炊炉的火室和設于炊炉之上的风櫃之总結構構成了幅面很大的以炉烟加热的外表面。

此种型式的联合炉一般用磚砌制。作者設計出一种能由工厂大批生产的、由混凝土預制件裝配成的采暖炊炉結構(參見图1和图2)。

