

電力建設勘測設計技術革命資料選編

土 建 部 分 之 二

混凝土散熱板及 自然通風計算中M值的測定

水利電力部電力建設總局編

水 利 電 力 出 版 社

內 容 提 要

本書主要介紹兩篇文章：混凝土散熱板及自然通風計算中M值的測定。作者在第一篇文章中扼要地介紹了混凝土散熱板散熱量的計算，以及這種散熱板的優點，並提出了改進混凝土散熱板的意見。在第二篇文章中，作者通過一系列的實際研究指出，根據M值來確定電廠汽機和鍋爐二車間排風口的溫度要比用溫度梯度計算方法來得精確。這是一件很有意義的工作。作者在實際研究中所得到的數據和資料，對電廠設計工作人員來說是很有用處的。

本書供電廠設計工作人員和電廠內的工程技術人員參考。

混凝土散熱板及 自然通風計算中M值的測定

水利電力部電力建設總局編

*

1894R403

水利電力出版社出版（北京西郊科學路二里溝）

北京市書刊出版業營業許可証出字第105號

水利電力出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本* 1印張* 23千字

1959年2月北京第1版

1959年2月北京第1次印刷(0001—3,600冊)

統一書號：15143·1495 定價(第10類)0.20元

I. 混凝土散热板的介紹

混凝土散热板是厚50公厘或100公厘的混凝土板，板中埋設 $\phi 1/2'' \sim \phi 3/4''$ 的排管或蛇形管，通以蒸汽或热水。板面被加热后放出热量。混凝土散热板有单面放热的及双面放热的，詳細构造见图1及图2（見插图）。

一、設計混凝土散热板的理論根据

在采暖方面，采用混凝土散热板的依据是：，当排管放热器的管子同混凝土接触良好时（因为混凝土的导热性是很强的），混凝土板的整个体积会被加热，并且把热量傳給周圍的空气，而且在一定的混凝土层厚度的範圍內，埋置在混凝土中的管子要較光秃（即不埋設在任何物体內的）的管子放热多。

1公尺光秃的、不保温的管子的散热量，按下述公式求得：

$$Q = \frac{t_1 - t_a}{\frac{1}{\alpha_1 \pi d_1} + \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \pi d_2}} \text{大卡/公尺} \cdot \text{小时} \quad (1)$$

式中 t_1 ——管内移动的介质的温度；

t_a ——周围空气的温度；

d_1 及 d_2 ——管子的内径和外径；

α_1 ——由带热体至管壁的吸热系数；

α_2 ——由管壁至空气中的散热系数；

λ ——导热系数。

公式(1)的分母，为管子的总热阻力。

管子的总热阻力等于:

$$\sum R_{mp} = R_1 + R_{mp} + R_2 = \frac{1}{\alpha_1 \pi d_1} + \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \pi d_2} \text{ 小时} \cdot \text{公尺}^2 \cdot \text{度} / \text{大卡} \quad (2)$$

式中的第一项是吸热阻力, 第二项是通过管壁的传热阻力, 第三项是管壁至空气的散热阻力。

曲线图 1 和 2 是根据以下条件作出的:

$\alpha_1 = 1000$ 大卡/公尺²·小时·度;

$\alpha_2 = 10$ 大卡/公尺²·小时·度和铁的导热系数;

$\lambda = 50$ 大卡/公尺²;

由公式(1)的分析可以看出, 分母的头两项, 对散热的热阻力影响不大; 而第三项则对管子热阻力的变化有决定性的影响(可参看图 3)。

当管子内径不变时, 在一定数值的范围内, 管壁的传热阻力

是随着管子外径的增大而增加的, 但是却使空气的散热阻力减小了。

图 3 所示是由于管壁厚度不同, 管子 $d = \frac{1}{2}$ 英寸热阻力的变化情况。

热阻力的减少, 就增加了每公尺管子的散热量, 这一个可从图 4 中看得很清楚。

经过钢管管壁的传热阻力 R_{mp} 和吸热阻力 R_1 与总的热阻力 $\sum R_{mp}$ 相比较是很小的, 因此在实际计算时可以

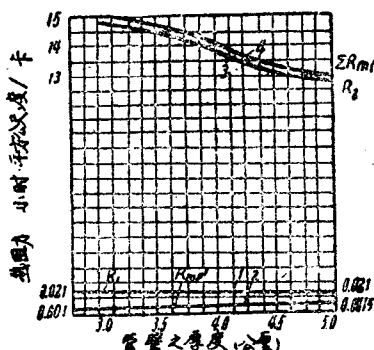


图 3 $d = \frac{1}{2}$ 英寸管子热阻力与管壁厚度的关系曲线

1—吸热阻力曲线; 2—通过管壁的传热阻力曲线; 3—对空气的散热阻力曲线; 4—总的热阻力 $\sum R_{mp}$ 的曲线。

忽略不計。热阻力 $R_1 + R_{mp}$ 的系数只占管子总热阻力的1.5%。

当必須用管子作为采暖用的傳热面时，我們認為，可用玻璃管或其他管子，例如塑料管子来代替鋼管。当玻璃管运行条件和鋼管相同，导热系数 $\lambda = 1.0$ 大卡/公尺·小时·度时，內徑为15公厘外徑为21公厘的玻璃管的总热阻力为1.56小时·公尺²·度/大卡；而鋼管則为1.502。如塑料的单位重量为1500公斤/公尺³，采用导热系数 $\lambda = 0.5$ 大卡/公尺·小时·度，运行条件与鋼管相同，則內徑为15公厘，外徑为21公厘的塑料管子的总热阻力 $\sum R_{mp} = 1.590$ 小时·公尺²·度/大卡。

图5所示是用不同材料(鋼、玻璃、塑料)作的管子总热阻力的变化；而图6則为用这些材料作成的每公尺管子的散热量。

上面的計算証明，可用玻璃管或塑料管来代替鋼管。但是，在采用玻璃管或塑料管的时候，两者應該具有足够的机械强度，能受高温，同时在安装时应便于加工，如切断、弯曲和焊接等。

由于玻璃管具有抗蝕性，因此采用玻璃管是有利的。实际上在某些热水暖房試驗室中，如苏联的基輔建筑工程学院試驗室，就采用直徑为2"的玻璃管作为排管放热器。

由于塑料具有高度的机械强度并便于加工，因此在建筑中

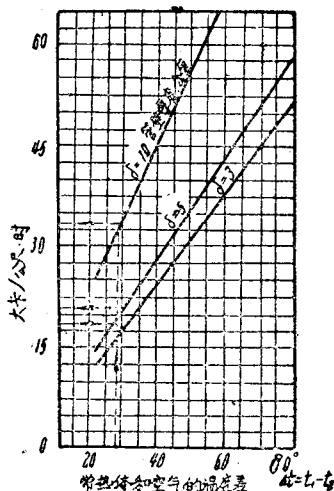


图4 管壁厚度与每公尺 $d = \frac{1}{2}$ 管子散热量的关系曲线

具体地说即在卫生技术方面，塑料的应用范围会愈来愈宽

ΣR_{mp}

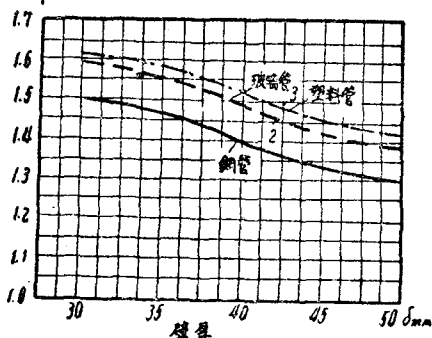


图5 不同材料制成的管子($d=\frac{1}{2}$ ")

的总热阻力与管壁厚度的关系曲线

1—钢管; 2—玻璃管; 3—塑料管。

广。采用塑料管子就可以大量减少钢材的消耗。耐热性不高，是塑料主要缺点之一，因而在采暖装置上未能广泛使用，如当温度为 $100 \sim 150^{\circ}\text{C}$ 时，塑料就会变软或者溶解。

若用一种“抗热塑料”制造管子，则在卫生技术设备方面，不仅可以减少钢材的消耗，而

且也可以改善采暖系统的运行质量，因为塑料管子不腐蚀，从而就延长管子的使用期限。

如上所述，在一定的数值范围内，管壁厚度的增加，将导致管子总热阻力的减少，因而就使管子散热增加了。最小的和最大的热阻力，可用极大和极小值的方法求得(参看微积分书籍)。求 d_1 直径管子的热阻力之最小值时，管子的外径 d_2 可视为变数。

当 d_1 为常数， d_2 为变数时，微分上式并使之等于零； d_2 值便可按下式求得：

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial d_2} \left(\frac{1}{\alpha_1 \pi d_1} + \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \pi d_2} \right) &= \frac{1}{2\pi\lambda} \cdot \frac{1}{d_2} \\ &- \frac{1}{\alpha_2 \pi d_2^2} = 0 \\ d_2 &= \frac{2\lambda}{\alpha_2} \end{aligned} \quad (3)$$

用来求出最小总热阻力的外径 d_2 ，称为“临界(或最大)直径”，以

d_{kp} 表示。在增大 d_2 至临界直径的范围以内，该材料的管子的

散热量是随着管壁厚度的增加而增加的。但若继续增大 d_2 ，散热量就会减少(图7)。

把数值 λ 和 α 代入公式(3)中时，可以从该公式求出任何材料管子的临界直径。在同一条件下，不同材料管子的临界直径变动是很大的。例如：

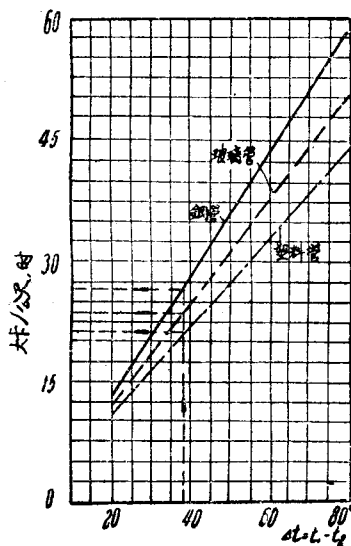


图6 管壁厚度为3公厘时
 $d = \frac{1}{2}$ "的管子的散热量
变化曲线图

1—钢管；2—玻璃管；3—塑料管。

1) 钢管：

$$d_2 = \frac{2\lambda}{\alpha_2} = \frac{2 \times 50}{10} = 10 \text{ 公尺.}$$

2) 玻璃管：

$$d_2 = \frac{2\lambda}{\alpha_2} = \frac{2 \times 1}{10} = 0.2 \text{ 公尺.}$$

3) 塑料管：

$$d_2 = \frac{2\lambda}{\alpha_2} = \frac{2 \times 0.5}{10} = 0.1 \text{ 公尺.}$$

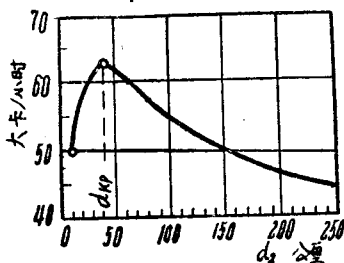


图7 由于保温材料的厚度不同
管子散热量变化特征曲线图

4) 混凝土管:

$$d_2 = \frac{2\lambda}{\alpha_2} = \frac{2 \times 13}{10} = 0.26 \text{ 公尺.}$$

增加貴重材料管壁的厚度, 以达到增加管子散热的目的, 以经济方面来看是不合算的。由于对管子总热阻力影响较大的是外部散热阻力, 因此可不增加钢管的壁厚, 而只加大管子的外径 d_2 即能减少管子的热阻力。可用其他普通的建筑材料, 例如水泥砂浆式混凝土涂抹在管壁的钢管上, 以增加管子的外径, 这样就能增加管子的散热量。从以下例子便可以看出这一点。

例 1. 求钢管的散热量。

当 $\Delta t = 98 - 18 = 80^\circ$ 、 $\lambda = 50$ 大卡/公尺·小时·度。

$d_1 = 15$ 公厘、 $d_2 = 21$ 公厘、 $\alpha = 1000$ 大卡/公尺²·小时·度和 $\alpha_2 = 10$ 大卡/公尺²·小时·度时, 钢管的总热阻力, 按公式(2)求得:

$$\begin{aligned} \Sigma R_{mp} &= \frac{1}{\alpha_1 \pi d_1} + \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \pi d_2} \\ &= \frac{1}{1000 \times 3.14 \times 0.015} + \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50} \ln \frac{0.021}{0.015} \\ &\quad + \frac{1}{10 \times 3.14 \times 0.021} = 0.02191 + 0.00106 \\ &\quad + 1.515 = 1.53797 \end{aligned}$$

1 公尺管子的散热量为:

$$Q = \frac{\Delta t}{\Sigma R_{mp}} = \frac{98 - 18}{1.53797} = 52.3 \text{ 大卡/公尺·小时.}$$

若采用外径 $d_2 = 25$ 公厘, 管壁厚为 5 公厘的管子, 在同一条件 F:

$$\begin{aligned} \Sigma R_{mp} &= \frac{1}{1000 \times 3.14 \times 0.015} + \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50} \ln \frac{0.025}{0.015} \\ &\quad + \frac{1}{10 \times 3.14 \times 0.025} = 0.02191 + 0.00162 + 1.289 \\ &= 1.312 \text{ 小时·公尺}^2 \cdot \text{度/大卡,} \end{aligned}$$

$$Q = \frac{\Delta t}{\Sigma R_{mp}} = \frac{98 - 18}{1.312} = 61 \text{ 大卡/公尺·小时.}$$

根据計算，每增大散热量 $\frac{61-52.3}{52.3}=17\%$ ，就需要增加壁厚 2 公厘；这样，每公尺管子鋼材耗量就要增大

$$\frac{\frac{\pi}{4}(25^2-15^2)-\frac{\pi}{4}(21^2-15^2)}{\frac{\pi}{4} \cdot (21^2-15^2)} = \frac{625-225-441+225}{441-225} = \frac{184}{216}$$

$\approx 80\%$ 。不增加鋼管壁厚，而只往管壁管上涂水泥砂浆或混凝土，就能增大散热量。

当 $\lambda=1$ 时，往管子上涂 3 公厘厚的水泥砂浆，就可将 d_2 增大至 27 公厘，把用其他材料作的附加层加在管子上作成一种多层的管子，如图 8 所示；此种管子的总热阻力就等于各个单独层热阻力之和。并可按下列公式計算：

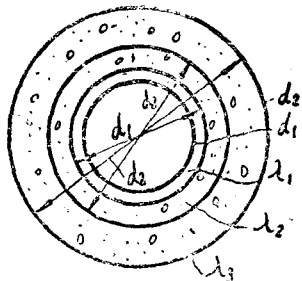
$$\Sigma R_{mp} = R_1 + R_{mp1} + R_{mp2} + R_{mpn} + R_2 \quad (4)$$

将 R_1, R_{mp1} 之值代入式中，就 图 8 多层保温层的管子横断面图
可以得出多层管子总热阻力公式：

$$\Sigma R_{mp} = \frac{1}{\alpha_1 \pi d_1} + \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{2\pi\lambda_n} \ln \frac{d_{n+1}}{d_n} + \frac{1}{\alpha_n \pi d_{n+1}} \quad (5)$$

現在我們举一个双层管子的例子，第一层是 3 公厘厚的鋼管壁，第二层是 3 公厘厚的水泥，其他数值和例 1 同：

$$\Sigma R_{mp} = \frac{1}{1000 \times 3.14 \times 0.015} + \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50} \ln \frac{0.021}{0.015} + \frac{1}{2 \times 3.14 \times 1} \ln \frac{0.027}{0.021} + \frac{1}{10 \times 3.14 \times 0.027}$$



$$=0.0219+0.0016+0.04+1.237 \approx 1.3 \text{ 小时} \cdot \text{公尺}^2 \cdot \text{度/大卡}.$$

$$Q = \frac{4t}{\Sigma p_{m_p}} = \frac{98-18}{1.3} = 61.6 \text{ 大卡/公尺} \cdot \text{小时}.$$

也就是大致等于壁厚 5 公厘的鋼管的散热量。

往薄壁管子上涂 1 公分厚的混凝土层，就会大大地增加散热量，由下面可以看出：

求涂 10 公厘厚混凝土层且内径为 15 公厘，壁厚为 3 公厘的管子的散热量；当混凝土之 $\lambda = 1.3$ 大卡/公尺 · 小时。

$$\begin{aligned} \Sigma R_{m_p} &= \frac{1}{1000 \times 3.14 \times 0.015} + \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50} \ln \frac{0.021}{0.015} \\ &\quad + \frac{1}{2 \times 3.14 \times 1.3} \ln \frac{0.041}{0.021} + \frac{1}{10 \times 3.14 \times 0.041} \\ &= 0.02191 + 0.00106 + 0.0819 + 0.77 \\ &= 0.875 \text{ 小时} \cdot \text{公尺}^2 \cdot \text{度/大卡}. \end{aligned}$$

$$Q = \frac{4t}{\Sigma R_{m_p}} = \frac{98-18}{0.875} = 91.5 \text{ 大卡/公尺} \cdot \text{小时}.$$

同样，求出混凝土外壳 15 和 20 公厘厚的管子热阻力后，即可得出与热阻力相适应的散热量：

管子 $d_2 = 51$ 公厘时，散热等于 128 大卡/公尺 · 小时；管子 $d_2 = 61$ 公厘时，散热将为 154 大卡/公尺 · 小时。

采用散热系数大而又价廉的材料来增大管子外径，可降低这种散热设备的造价，并增大每公斤鋼材的散热量（或放热率）。

从表 1 中可以看出，当沙浆及混凝土层的结构和厚度不同时，鋼材放热率的变化情况和单位设备费用的散热量的变化情况。

在曲线图（图 4）中指出了直径为 1/2"、管壁厚为 3 和 5 公

附表 1

序 号	结 构 ($d_1 = 15$ 公厘)	每公尺管 子放热量 (大/小 卡/时)	鋼材之 放热率 (大/公 斤)	材料总价值 (管子+混凝土) (卢布)	每个卢布設備 的散热量 (大卡/时)
1	$\delta = 3$ 公厘(鋼管)	52.3	42	2	26.15
2	$\delta = 5$ 公厘(鋼管)	61.0	49	4	15.25
3	$\delta = 3$ 公厘+水泥面 $\delta = 3.0$ 公厘	61.6	49	2.10	29.2
4	$\delta = 3$ 公厘+混凝土面的 $\delta = 10$ 公厘	91.5	73	2.40	38
5	$\delta = 3$ 公厘+混凝土面 $\delta = 15$ 公厘	128	103	2.45	52
6	$\delta = 3$ 公厘+混凝土面 $\delta = 20$ 公厘	154	123	2.55	60.5

厘并有10公厘厚混凝土外壳的(表1之1、2和4条)鋼管散热量变化情况。

在实际的采暖技术上,很少采用水平布置的单管作暖气设备。通常,暖气设备多采用直径1", 1¼", 1½"和以上的瓦斯鋼管制成排管放热器。然而,排管放热器或蛇形管只准许安装在工业厂房内或装饰要求不高的房間内。住宅和公共建筑物,不许采用排管放热器或蛇形管。因为,安装这种设备会影响室内的美观。

如从经济观点来看,采用排管放热器或者蛇形管,同样是不适当的。因为这样的话,就需耗用掉很大数量的管子。

住宅和公共建筑物的采暖设备,也可采用排管放热器,但是必须使这种排管放热器具有适当的形式;或者用格子(或网)把它装饰象鑄鉄散热片那样。

混凝土散热板的制作,是将暖房的排管放热器或蛇形管与混凝土灌注在一起,这是很合理的。这样蛇形管和排管放热器既可作为鋼筋,同时又可作为带热体的循环管道。由于混凝土的导热性大,所以散热板作用同暖气片一样。室内安装此种采暖

設備，可使房間更美觀而又清潔。

在散熱板內放很多管子，那麼這些管子的散熱比起前述的混凝土外殼內放單管的散熱是有區別的。這是在垂直的平面上，由於一排管子互相散熱而引起了散熱的互相影響。散熱板內管子的熱阻力，隨著間距的增大而減少，可以按公式求出：

$$\Sigma R = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln\left(\frac{2}{\pi} \cdot \frac{S}{d} \cdot \sinh\left(2\pi \frac{h}{S}\right)\right) \text{ 小時} \cdot \text{公尺}^2 \cdot \text{度} / \text{大卡} \quad (6)$$

式中 S ——管子間距(公分)；

d ——管子直徑(公分)；

h ——管子的埋置深度(公分)；

$\sinh$ ——雙曲綫的正弦(Тигерболический", Синус)。

管子間距對熱阻力的影響，見圖9。

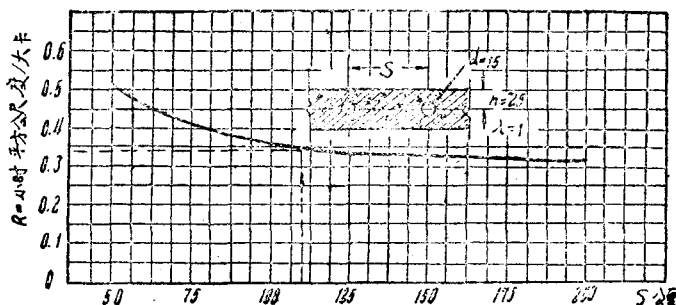


圖9 管子的總熱阻力與管子間距關係曲綫變化圖

隨著管子埋置深度的增加，熱阻力也加大了，而散熱板的表面的溫度，就更均勻了。可是隨著管子埋置深度的加大，就減低了表面溫度，並增大了製造散熱板設備的混凝土消耗量。

在製造窗下或隔牆散熱板時，管上混凝土的厚度，應該採用10至20公厘。

二、混凝土散热板的散热量计算

混凝土散热板的散热量，决定于表面之平均温度和散热系数等因系，按下公式求出：

$$Q = F \cdot \alpha (t_{nos.cp} - t_a) \text{ 大卡/小时} \quad (7)$$

式中 F ——散热面的面积，公尺²；

$t_{nos.cp}$ ——散热板表面的平均温度(度)；

t_a ——室内空气温度(度)；

α ——从散热板表面对室内空气的散热系数 (大卡/公尺²·小时·度)；

$\alpha = \alpha_k + \alpha_r$ (式中 α_k 是对流散热系数， α_r 是辐射散热系数)。

安装在垂直平面上的散热器的对流散热系数可按下列公式求出：

$$\alpha_k = 2.2 \sqrt{t_{nos.cp} - t_a} \text{ 大卡/公尺}^2 \cdot \text{小时} \cdot \text{度} \quad (8)$$

对流散热系数 α_k ，决定于表面平均温度 $t_{nos.cp}$ 和室内的空气温度 t_a ，可照曲线图(图10)决定。

依照下列公式可以求出辐射的散热系数。

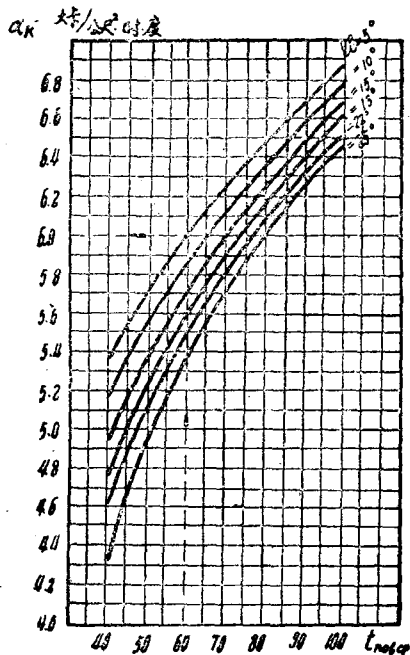


图10 对流散热系数与室内空气温度及表面平均温度的关系曲线

$$\alpha_0 = b \cdot c \text{ 大卡/公尺}^2 \cdot \text{小时} \cdot \text{度} \quad (9)$$

式中 c ——辐射系数;

b ——温度因素。

辐射系数可依据斯切凡包里茨曼定律的常数, 和表面的粗糙系数 Σ 的乘积来求出:

$$c = 4.9 \times \Sigma \text{ 大卡/公尺}^2 \cdot \text{小时} \cdot \text{度} K^{-1} \quad (10)$$

表面粗糙系数与材料的加工表面及物体的温度有关^①。

例如:

对于粗糙的石灰抹面 Σ 为 0.91;

对于粗糙红砖 Σ 为 0.93;

对于上磁的矽酸质耐火砖 Σ 为 0.8;

对于研磨灰色大理石 Σ 为 0.931。

根据公式(10)粗糙石灰抹面的辐射系数将等于 4.45 大卡/公尺²·小时·度 K^{-1} 。

经过普通加工的混凝土面的辐射系数, 可以采用 3.1 大卡/公尺²·小时·度 K^{-1} 。

散热天花板的辐射系数采用 $c = 4.5$ 大卡/公尺²·小时·度 K^{-1} ^②。其数值接近于粗糙抹灰表面的系数数值。

由于混凝土散热板是在木质模板或金属模板中制造的, 所以它的表面, 有的光滑, 有的稍稍有些粗糙。

根据表面加工的程度, 辐射系数可为 3~4.5 大卡/公尺²·小时·度 K^{-1} 。一般混凝土散热板的辐射系数可以采用 4.0 大卡/公尺²·小时·度 K^{-1} 。辐射散热系数也可因辐射体的温度而发生变化; 随着散热板表面温度的增大, 辐射散热量也就因温度因素

① 参看“房屋保护部件的建筑工程热力学”, K. Ф. 福金著, 1953年国立建筑书籍出版社出版。

② 参看“辐射暖房”C. A. 阿才茨著, 1948年国立建筑书籍出版社出版。

b 的变化而增大了。

温度因素 b 的数值按下列公式求出：

$$b = \left(\left(\frac{T_{nos_1}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{nos_2}}{100} \right)^4 \right) T_{nos_1} - T_{nos_2} \quad (11)$$

式中 T_{nos_1} ——散热板表面的绝对温度 (度 K)，等于 $273^\circ +$

$t_{nos.cp}$ ；

T_{nos_2} ——被辐射的表面的绝对温度。

在求被辐射的表面的绝对温度时，对于住宅，此温度可较房間气温低 $4 \sim 4.5$ 度^①，辐射散热系数 α_r ，按曲线图求出 (图 11)。

散热板表面上的平均温度，决定于排管或蛇形管管子的间距、管子上混凝土层的厚度、混凝土的坚固性 (以此来决定它的导热性) 和带热体的温度。根据试验分析的结果，对于 $\gamma = 2, 160$ 公斤/公尺³，管上混凝土厚度在 2 公分以下时，混凝土散热板表面温度可按图 12、图 13、图 14、图 15 来决定。

图 14 给出根据混凝土散热板表面温度及室内温度，按公式 7、8、9、10、11 等而求出之散热量。

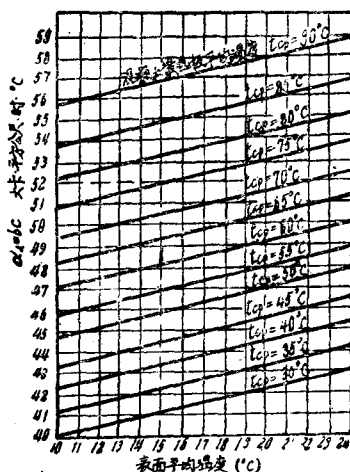


图 11 根据混凝土散热板表面的平均温度和辐射面温度求辐射散热系数的曲线

① 参看苏联建筑法规第二部分，表 8。

图12、13、14、15可用于蒸汽或热水两种带热体，因为虽然蒸汽管壁和热水管壁的吸热阻力不同，但因吸热阻力在总阻力中还是很小的数值，故可忽略不计。所以在实际计算中，管子的传热和散热量只决定于带热体的平均温度。

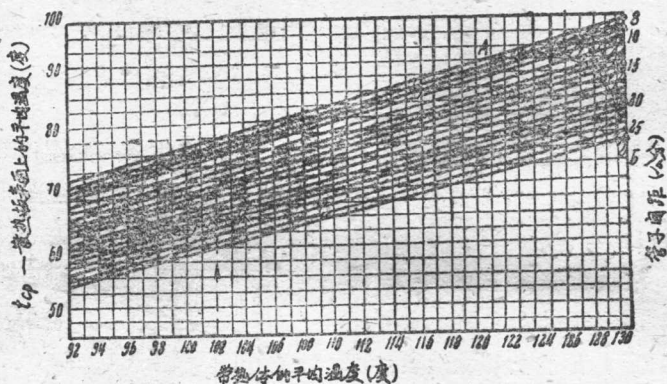


图 12 在管径为 $\frac{1}{2}$ " 和单面散热时，混凝土散热板表面平均温度的计算图

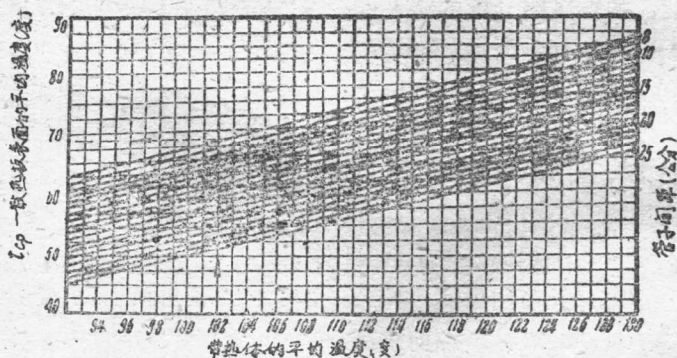


图 13 在蛇形管管径为 $\frac{1}{2}$ " 和双面散热时，混凝土散热板表面平均温度的计算图

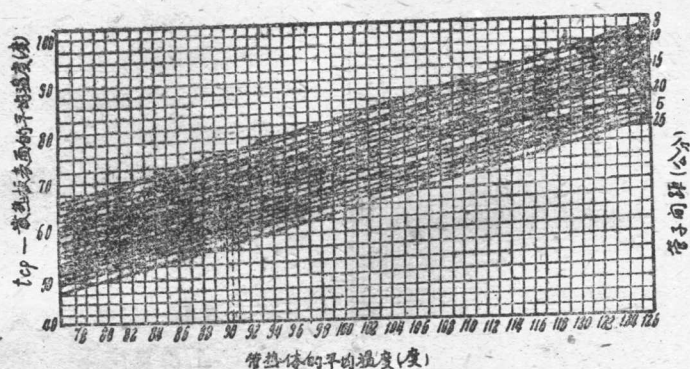


图 14 在蛇形管管径为 $\frac{3}{4}$ " 和单面散热时，混凝土散热板表面平均温度的计算图

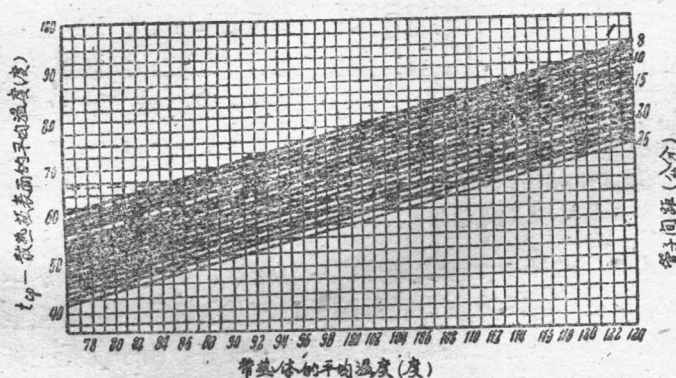


图 15 当蛇形管管径为 $\frac{3}{4}$ " 和双面散热时，混凝土散热板表面平均温度的计算图

例题:

已知：带热体为蒸汽，蒸汽温度为 $t_n = 100^\circ\text{C}$ ，室内温度为 18°C 。
设计的混凝土散热板用的蛇形管为 $\frac{1}{2}$ "，管子间距为 12 公分，管上混凝土层的厚度为 2 公分，混凝土散热板装于窗下。单面散热(可参看后面之附图)。