

76 档机 567

国外烟风煤粉管道阻力计算(三)

《燃烧及制粉系统计算手册》参考资料之五

1976年4月 上海

《燃烧及制粉系统计算手册》编制组

国外烟风煤粉管道阻力计算(三)

《燃烧及制粉系统计算手册》参考资料之五

说 明

本文译自 STEAM/ITS GENERATION AND USE (1972 年美国 B & W 公司编著) 一书中第三章第 3-9 至 3-12 页, 供参考。

目 录

- 一 收缩和扩散的不可逆压力损失
- 二 弯头的流动损失
- 三 管圈的流动损失
- 四 矩形风道的流动损失
- 五 气体流过管束时的流动损失
- 附录： 英制单位换算

附 图

- 图一 $\beta > 30^\circ$ 时的收缩损失系数 ($\beta \leq 30^\circ$ 时, $N_c = 0.05$)
- 图二 各种角度下的扩散损失系数
- 图三 截面突然变化和平缓变化时的静压差
- 图四 环形管中的弯头损失系数
- 图五 层流和紊流时的管圈流动压力降
- 图六 矩形风道中的 90° 弯头损失系数
- 图七 空气的质量流速和速度头关系图
- 图八 对流管束通风损失的深度修正系数和管排数关系图
- 图九 烟空气横向流经各种顺列管束时的摩擦系数和雷诺数关系图

一 收缩和扩散的不可逆压力损失

流道最简单的截面变化是收缩和扩散。收缩管具有在压力能转化为动能时稳定流动的趋向，冲击损失（非弹性动量交换）在适当设计的收缩管中实际上是可以消除的。如果收缩角 $\leq 30^\circ$ ，端头连接是光滑的和切向的，则机械能损失中的大部分是由于流体摩擦。这个损失一般按 0.05 速度头考虑，流速按小截面计算。

当 $Z_2 - Z_1 = 0$ 时，收缩管中流体的机械能平衡式为：

$$P_1 v + \frac{V_1^2}{2g_c} = P_2 v + \frac{V_2^2}{2g_c} + N_c \frac{V_2^2}{2g_c}$$

式中脚码1和2表示进口和出口， N_c 系收缩损失系数，是收缩时因摩擦和冲击而引起的速度头损失数。图一示出按试验得出的 N_c 数值。

当截面扩大时，流体的膨胀亦会导致压力损失，其数值与扩散管的几何形状有关并和流体的动能成正比。正象收缩损失的情况一样，这是一种由于非弹性动量交换造成的转化为热的不可逆能量转换。这种损失习惯上用高动能项的系数来表示，其机械能平衡式为：

$$P_1 v + \frac{V_1^2}{2g_c} = P_2 v + \frac{V_2^2}{2g_c} + N_e \frac{V_1^2}{2g_c}$$

截面突然扩大（扩散角 180° ）的能量损失已经用数学方法解决，其数值为 $(V_1 - V_2)^2 / 2g_c$ ，也可用 $(1 - \frac{A_1}{A_2})^2 V_1^2 / 2g_c$ 表示，

式中 A_1 和 A_2 为进出口流动截面（ $A_1 < A_2$ ）。这个解法是基于能量守恒定律，并对进出口静压作了许可的假设。

图二示出了按不同的面积比和扩散角得出的扩散损失系数试验数据。截面突然变化和缓慢变化引起的静压差示于图三，其数值为按小截面计

算的速度头的系数，横坐标为截面比。

三 弯头的流动损失

管道和烟风道弯头造成的压力损失是由于流体摩擦和因流动方向改变造成的动量交换两者引起的。弯头的摩擦损失计算时一般按其轴线展开长度包括在直管的摩擦损失中，因此，从试验得出的弯头损失中减去计算的弯头展开直管长度的摩擦损失便可方便地得出弯头的损失系数 N_b （即局部阻力系数——译注）。

当雷诺数 $Re < 150000$ 时，环形管中弯头的压力损失超过直管的摩擦损失。如 Re 数大于以上数值，则它们都是常数且仅仅取决于比值 r/d ，即弯头的弯曲半径与其内径之比。对商用管道， Re 数的影响可以忽略。弯头弯曲半径比和弯头角度对弯头损失系数的影响示于图四中。

三 管圈的流动损失

计算管圈流动损失的简便方法是应用管圈展开直管长度压降的一个乘数。这个乘数取决于流动的形式（层流或紊流），以及管圈的弯曲半径。流动形式以及层流和紊流时的乘数可按图五上的曲线和公式决定之。

四 矩形风道的流动损失

矩形风道中由于流体流向变化引起的压力损失和圆管道相似。但是，还必须考虑风道形状与弯头方向关系这个附加因素。这称之为形状系数，其定义为风道的高宽比，即图六中的 b/d 。当高宽比增加时，同样弯曲半径风道的转弯损失就降低，因为第二股流动对流线的影响相对减少了。图六列出了 90° 转弯的损失系数与转弯半径和高宽比的关系。

图六中的损失系数是试验结果的平均值，表明当高宽比在给出的范围内时，损失与雷诺数 Re 相对来说没有关系。在给出的范围以外时，随 Re 变化没有规律。因此推荐， $b/d = 0.5$ 的 N_b 值可适用于所有

$b/d < 0.5$ 的情况, 而 $b/d = 2.0$ 的数值可适用于 $b/d > 2.0$ 的情况。非 90° 弯头的阻力损失习惯上按角度的比例确定。矩形风道中的弯头损失可用分割板予以降低, 因为后者可使高宽比和平均弯曲半径比都增大。

图七是计算烟风道局部损失的简便图表。当质量流速和温度为已知时, 可得出一个海平面高度的基本速度头, 单位吋水柱。如果用于不同海拔高度, 则须进行气压修正。

五 气体流过管束时的流动损失

气体横向流过管束是流通截面反复发生变化的一个实例。当管子错列时, 则截面和流动方向的变化都影响阻力。拔柏葛公司在广泛研究中得出的试验数据和分析结论指出, 有三个主要变数比质量流速对阻力的影响更大。第一个变数是管排数 N 。第二个变数就是所谓摩擦系数 f , 其值与雷诺数 Re (按管子直径计算), 管距和管径比以及管子排列方式 (顺列或错列) 有关。第三个变数称为深度系数 F_d (见图八), 可适用于 ≤ 10 排的管束。图九给出了顺列管束的摩擦系数 f 值。 f , N , F_d 三者的乘积即为管束的阻力损失系数。

$$N_v = f N F_d$$

一些试验关系表明, 当气体流过管束冷却时, 摩擦系数 f 值高于绝热情况, 加热时则小于绝热情况。

附录：英制单位换算

1. $1 \text{ 吋} = 25.4 \text{ 毫米}$

2. $1 \text{ 磅/吋}^2 = 0.0703 \text{ 公斤/厘米}^2$

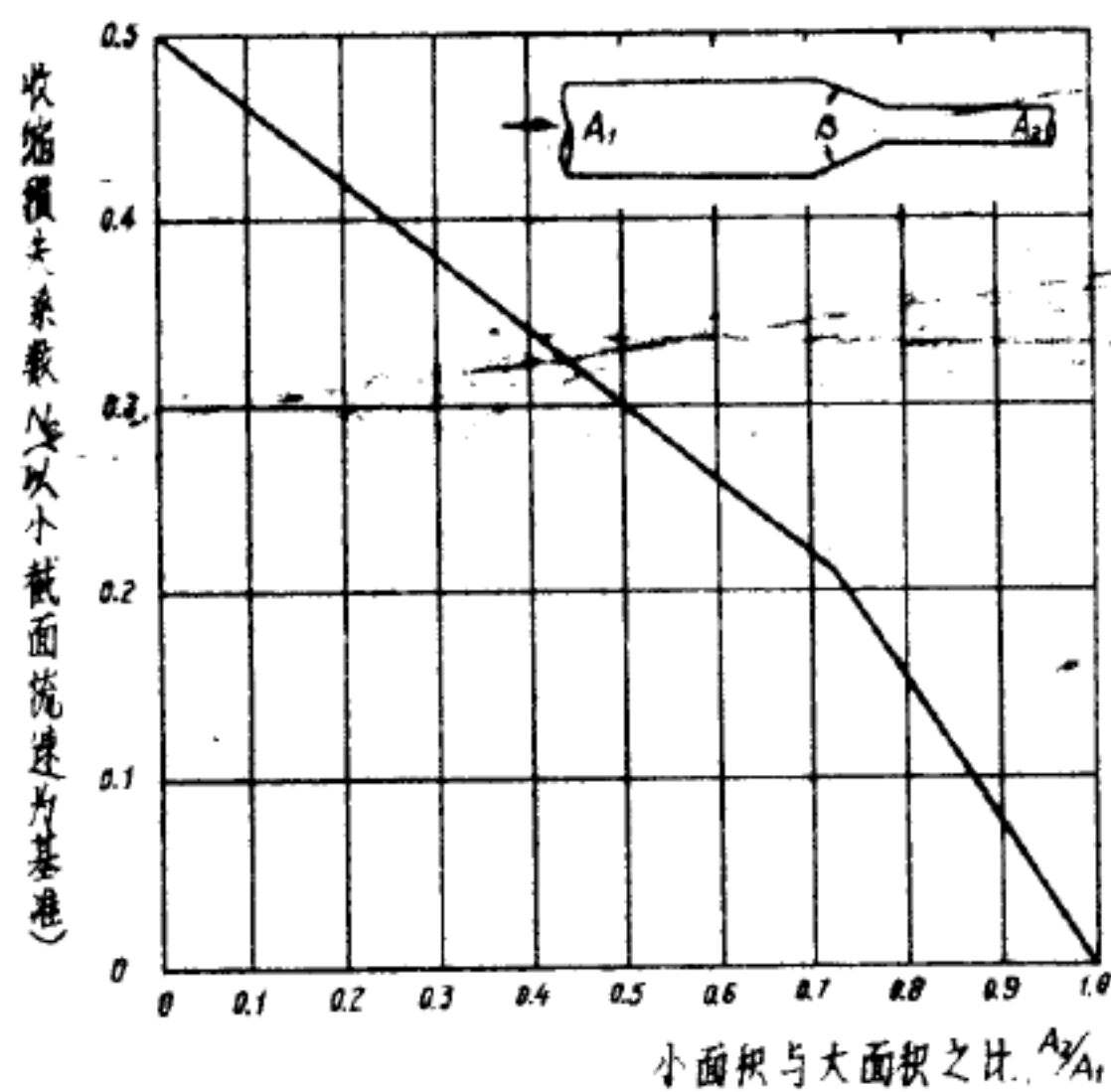
3. $1 \text{ 呎}^3/\text{磅} = 0.0524 \text{ 米}^3/\text{公斤}$

4. $1 \text{ 磅/呎}^2 \cdot \text{时} = 4.88 \text{ 公斤/米}^2 \cdot \text{时}$

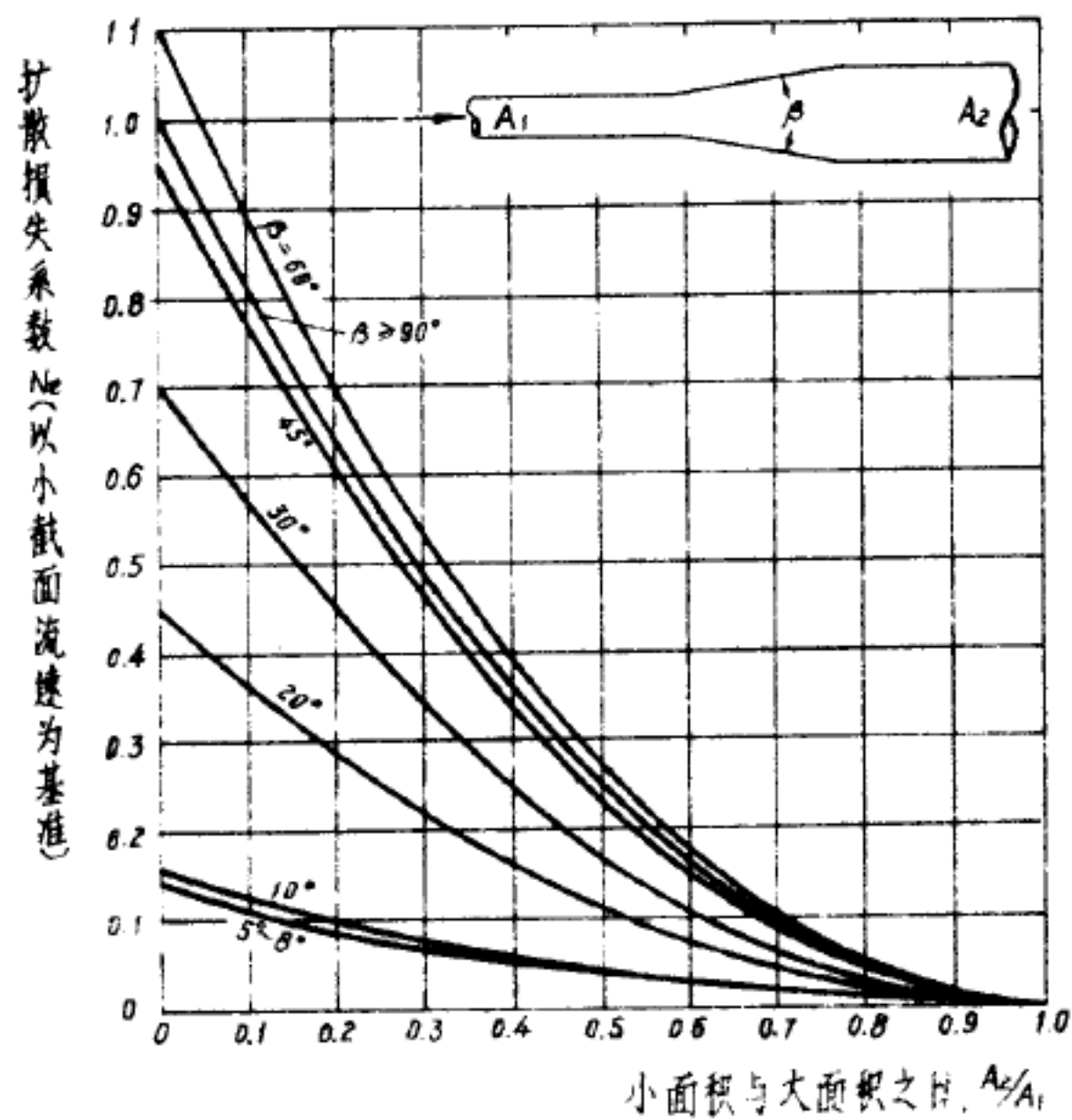
5. 华氏绝对温度 = $460 + \text{华氏温度}$ (或: $^{\circ}\text{R} = 460 + ^{\circ}\text{F}$)

$$\text{摄氏温度} = \frac{5}{9} (\text{华氏温度} - 32) \quad (\text{或: } ^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32))$$

图一、图二

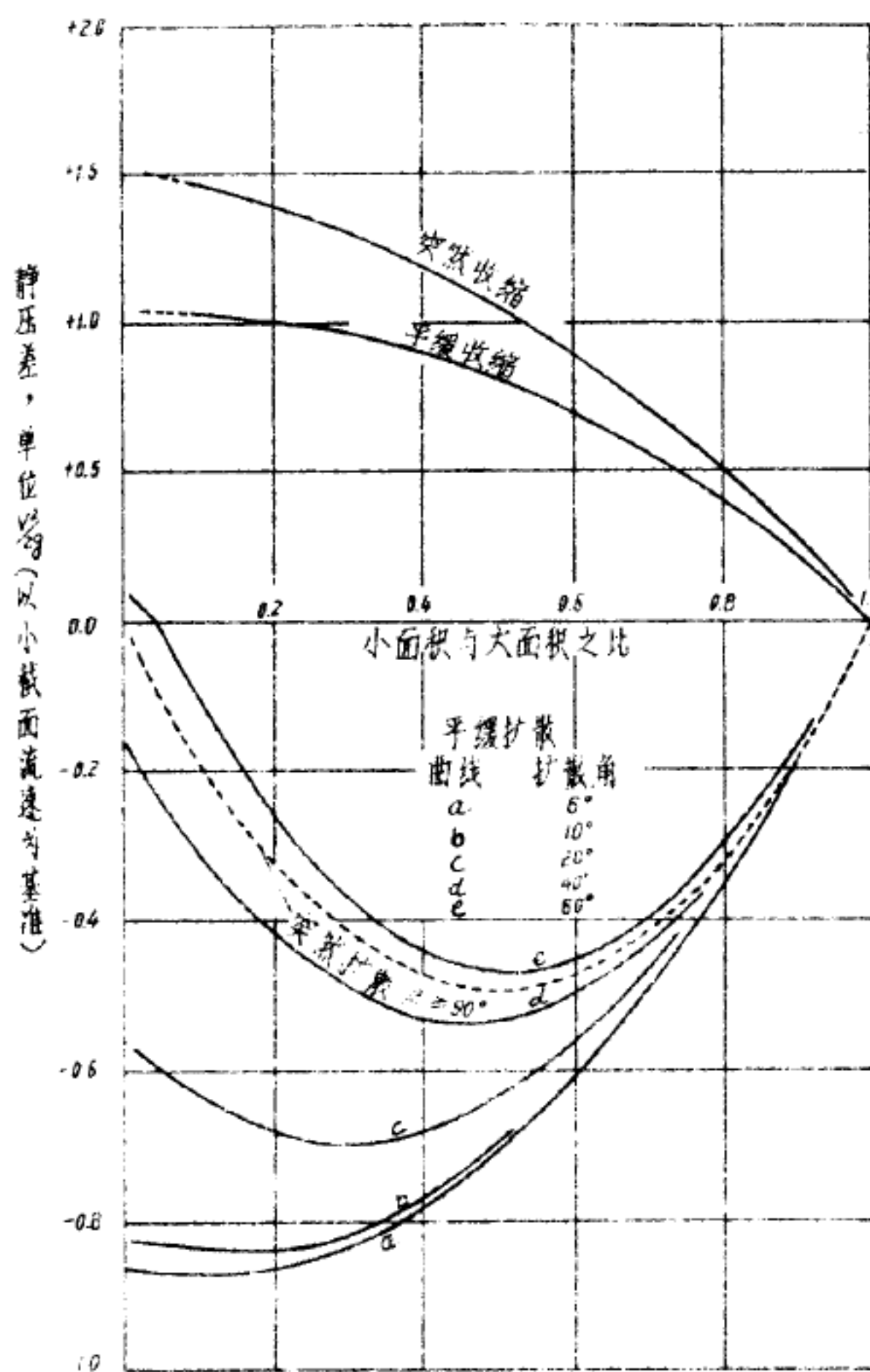


图一 $\beta > 30^\circ$ 时的收缩损失系数 ($\beta \leq 30^\circ$ 时, $N_c = 0.05$)



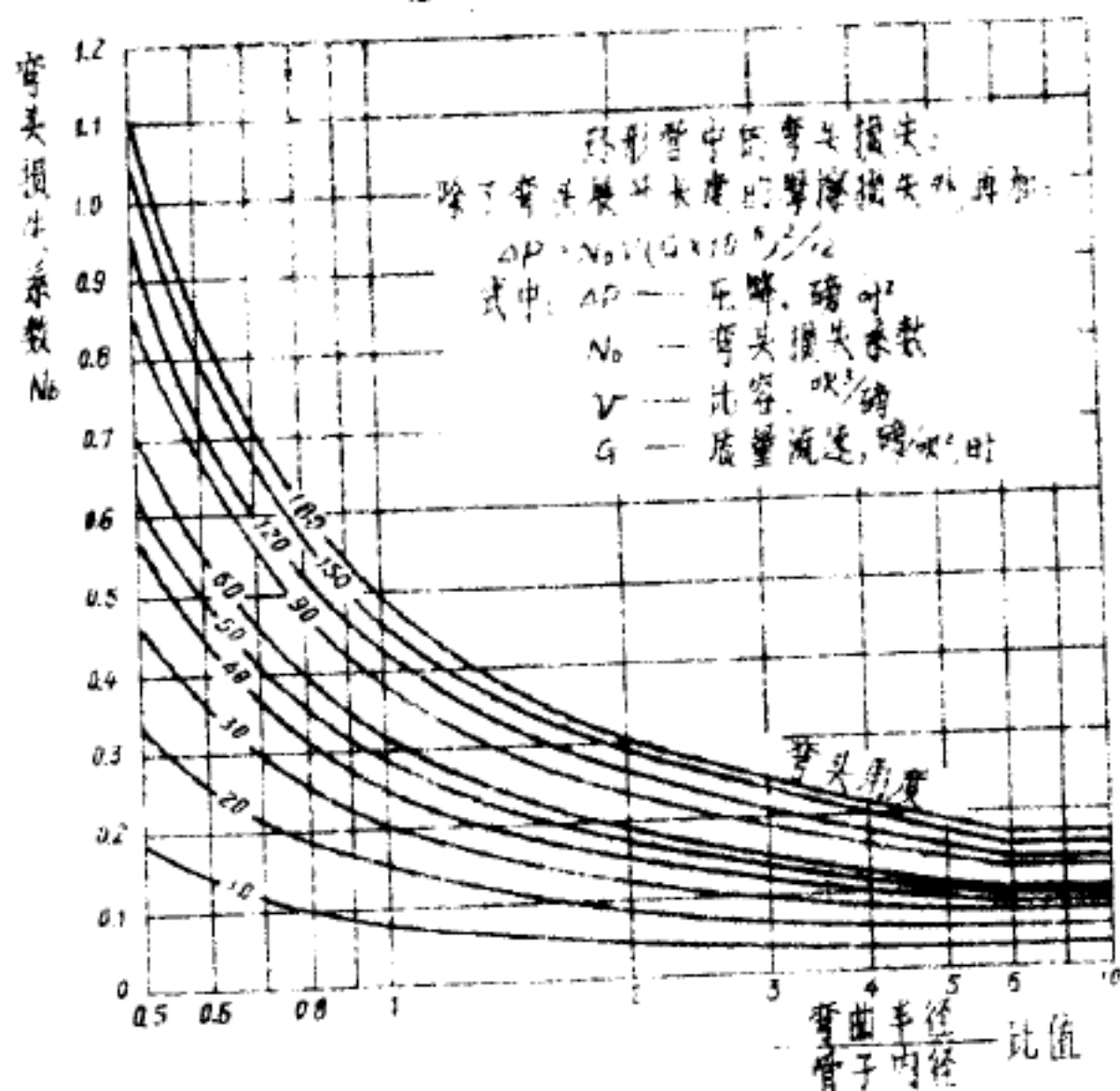
图二 各种角度下的扩散损失系数

图三

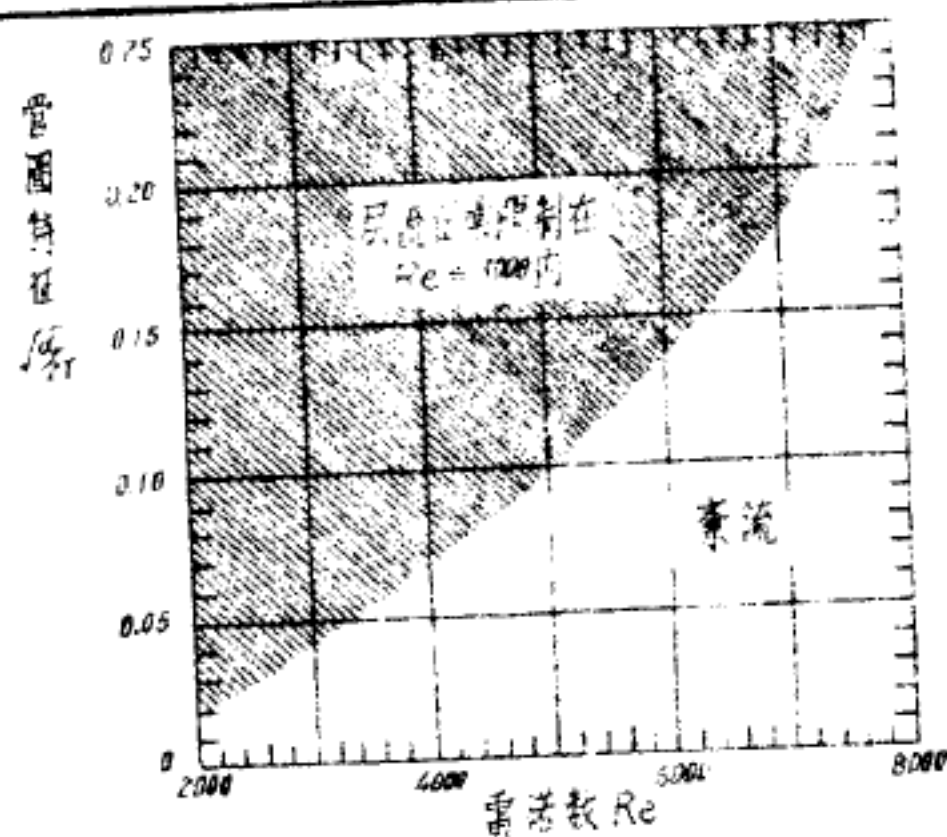


图三 截面突然变化和平缓变化时的静压差

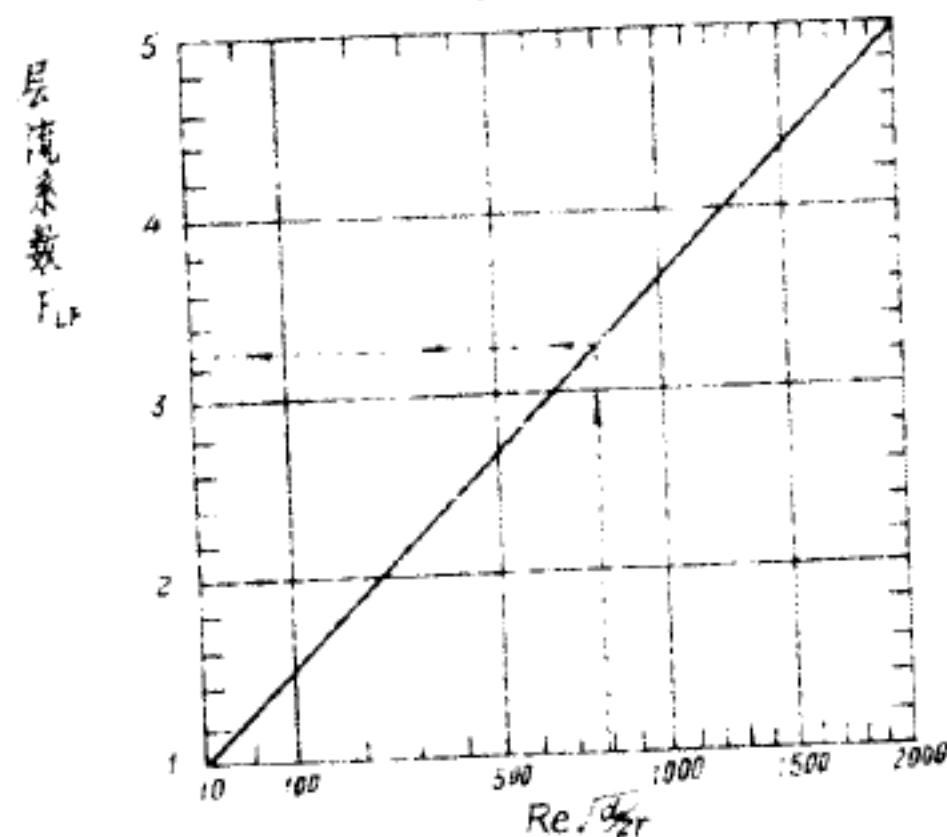
图四 图五



图四
环形管中的弯头损失系数

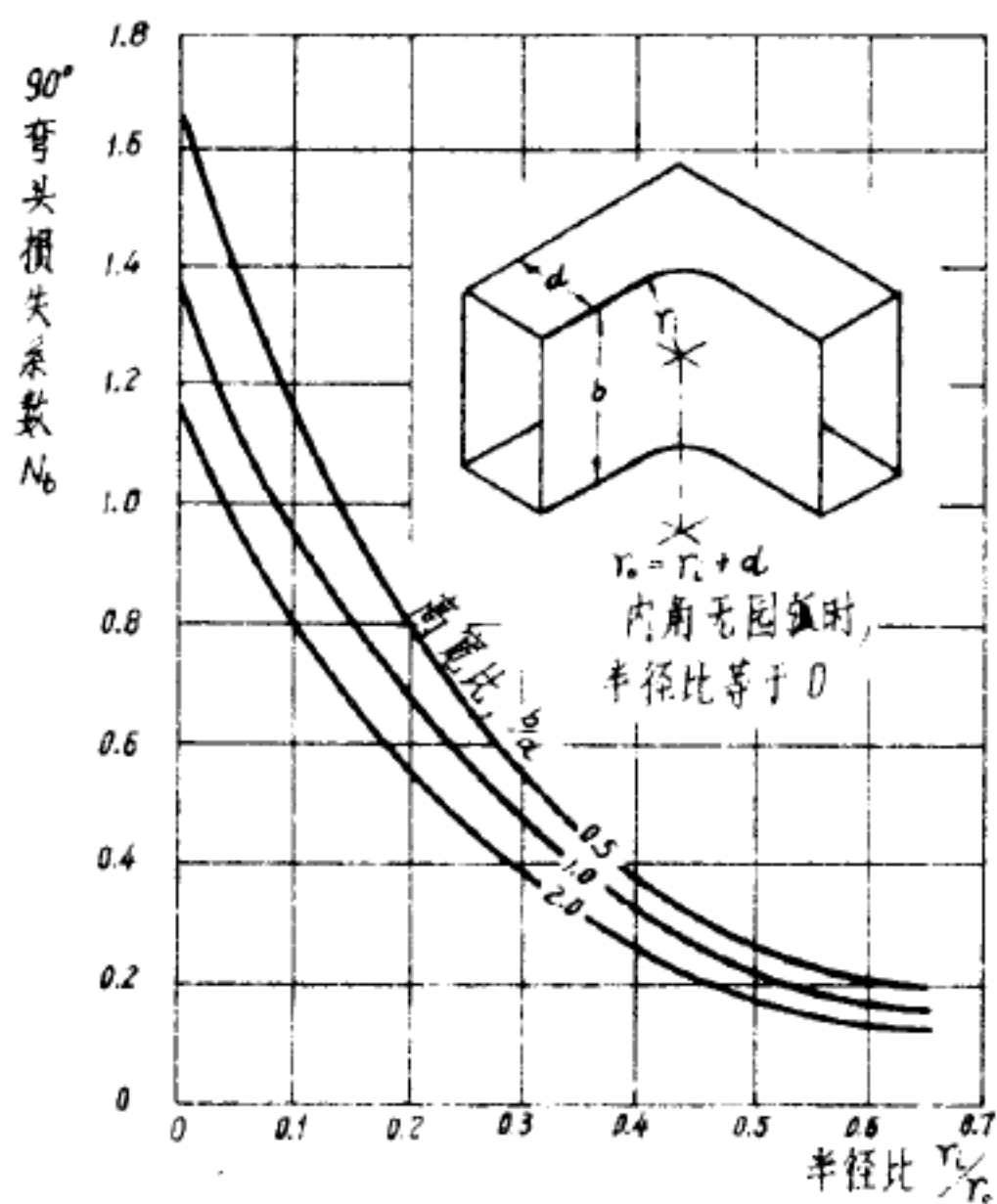
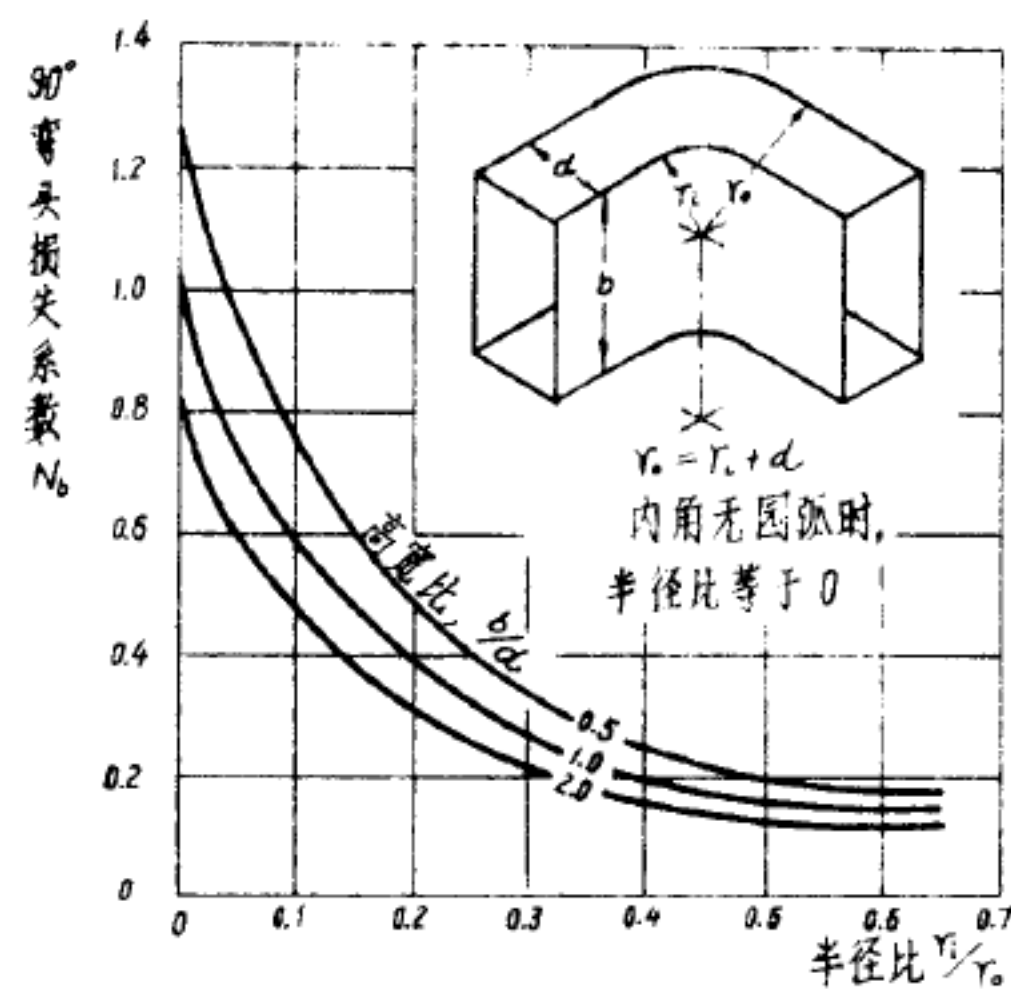


$\Delta P = F_{LF} \times \Delta P'$ (层流)
 $\Delta P = [Re(d/2r)^2]^{0.05} \times \Delta P'$ (紊流)
 式中: ΔP — 管圈压降, 磅/吋²
 $\Delta P'$ — 管圈展开长度的摩擦损失, 磅/吋²
 Re — 雷诺数
 d — 管子内径, 吋
 r — 管圈弯曲半径, 吋



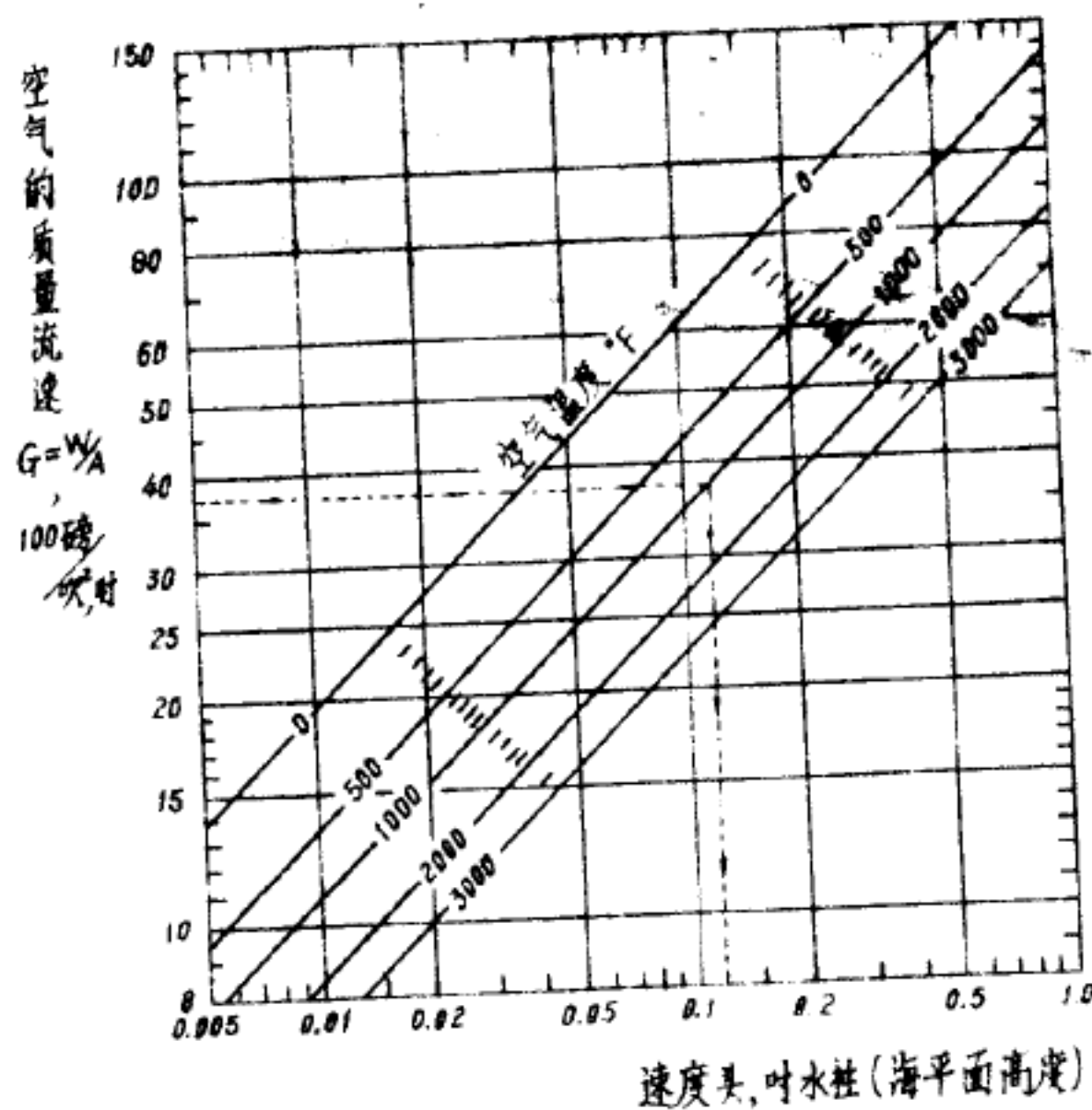
图五
层流和紊流时的管圈流动压力降

图六



图六 矩形风道中的 90°弯头损失系数

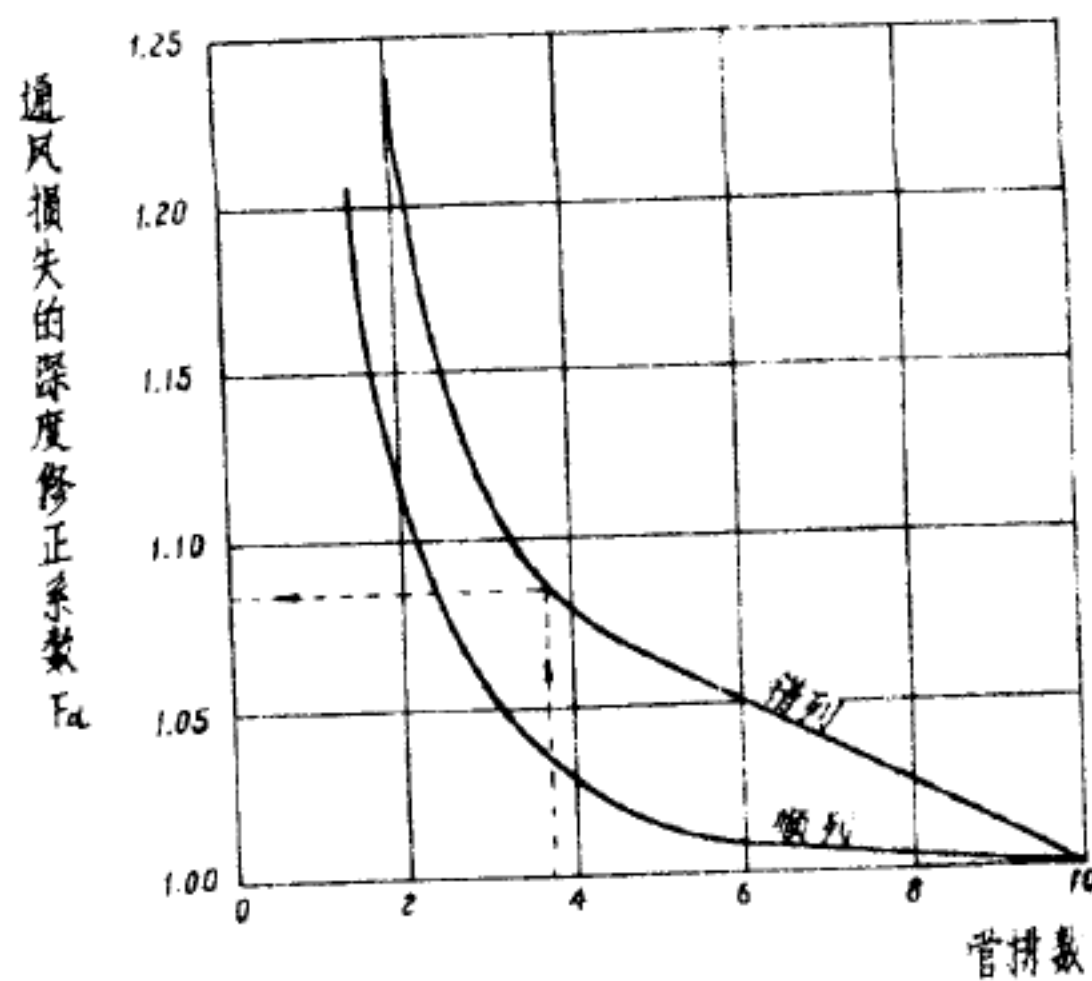
图七. 图八



速度头数值适用于比容等于
25.2 呎³/磅的空气 (在 1000° 华氏绝
对温度和 30 吋汞柱压力下)。

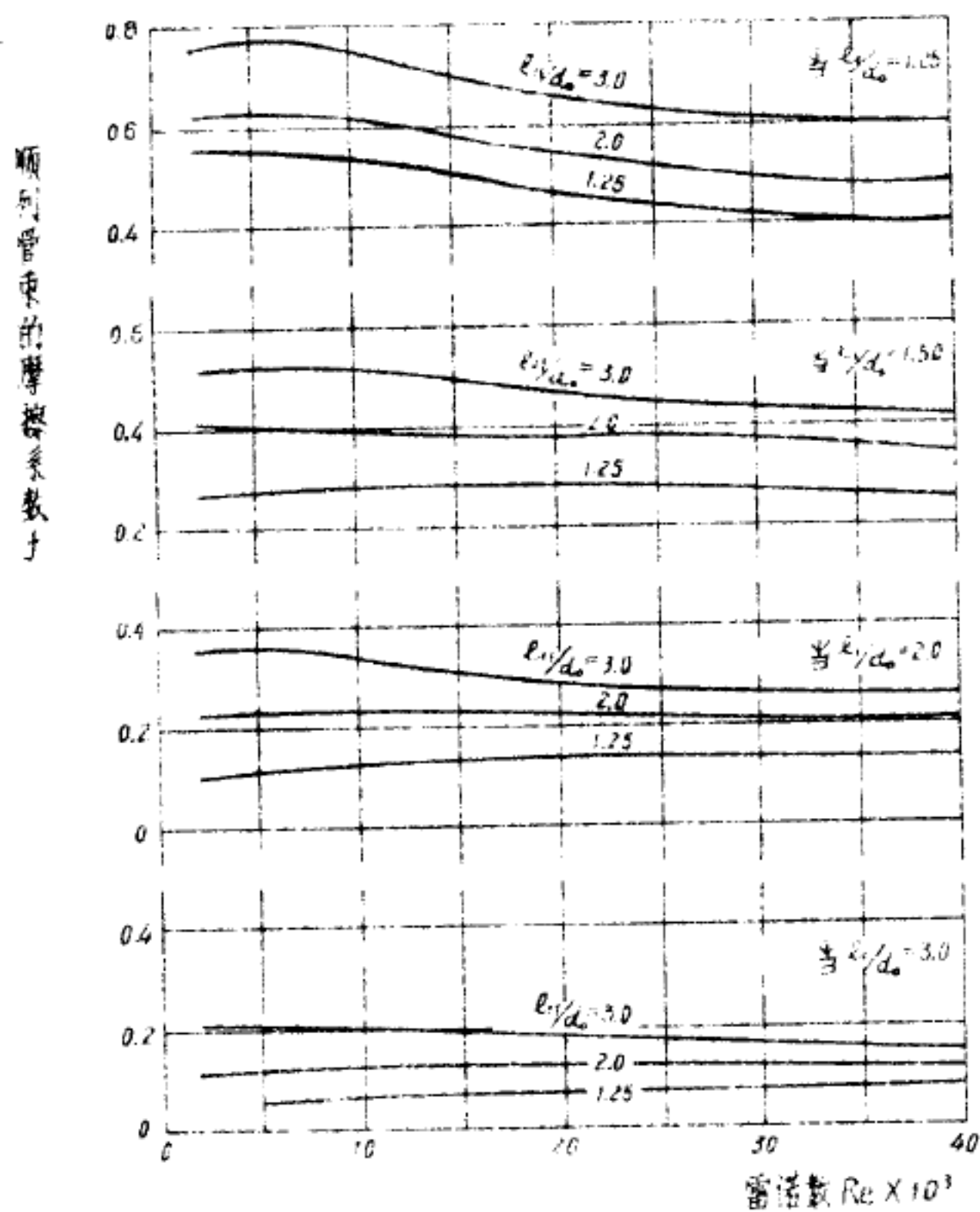
对烟气:
速度头 $\frac{V^2}{2g} = (\text{空气的 } \frac{V^2}{2g}) \times \frac{\text{烟气比容}}{\text{空气比容}}$ 。

图七 空气的质量流速和速度头关系图



图八 对流管束通风损失的深度修正系数和管排数关系图

图九



图九 烟空气横向流经各种顺列管束时的摩擦系数和雷诺数关系图