



中华人民共和国国家标准

GB/T 5371—2004
代替 GB/T 5371—1985

极限与配合 过盈配合的计算和选用

Limits and fits—

The calculation and selection of interference fits

2004-11-11 发布

2005-07-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 计算用的符号 3

5 计算和选用 4

附录 A(资料性附录) 常用材料的摩擦系数、弹性模量、泊松比和线膨胀系数表 10

附录 B(资料性附录) 过盈配合的图算法 11

前 言

本标准是对 GB/T 1800《极限与配合 基础》中规定的过盈配合概念和选择的补充。

本标准代替 GB/T 5371—1985《公差与配合 过盈配合的计算和选用》。本标准与 GB/T 5371 相比,主要变化如下:

- a) 为与极限与配合系列标准统一,修订了标准的名称;
- b) 对与现行标准不一致的有关术语和基本概念进行了修订;
- c) 增加了术语的英文名称;
- d) 考虑到国内生产水平的发展,取消了附录 B 和附录 D。

本标准的附录 A、附录 B 均为资料性附录。

本标准由全国产品尺寸和几何技术规范标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位:机械科学研究院、大同电力机车有限责任公司。

本标准主要起草人:李晓沛、张惠山。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 5371—1985。

极限与配合

过盈配合的计算和选用

1 范围

本标准规定了过盈配合计算的计算基础、方法、公式和配合的选择。
本标准适用于光滑圆柱面在弹性范围内的过盈联结计算和过盈配合的选用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些引用文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- GB/T 1800.1 极限与配合 基础 第1部分:词汇(eqv ISO 286-1)
- GB/T 1800.2 极限与配合 基础 第2部分:公差、偏差和配合的基本规定(eqv ISO 286-1)
- GB/T 1800.3 极限与配合 基础 第3部分:标准公差和基本偏差数值表(eqv ISO 286-1)
- GB/T 1800.4 极限与配合 标准公差等级和孔、轴的极限偏差表(eqv ISO 286-2)
- GB/T 1801 极限与配合 公差带和配合的选择(eqv ISO 1829)

3 术语和定义

GB/T 1800.1 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

过盈量 δ amount of interference
过盈的绝对值。

3.2

基本过盈量 δ_b basic amount of interference

选择过盈配合的基准值。对基孔制配合，其值等于轴的基本偏差的绝对值；对基轴制配合，其值等于孔的基本偏差的绝对值(见图1)。

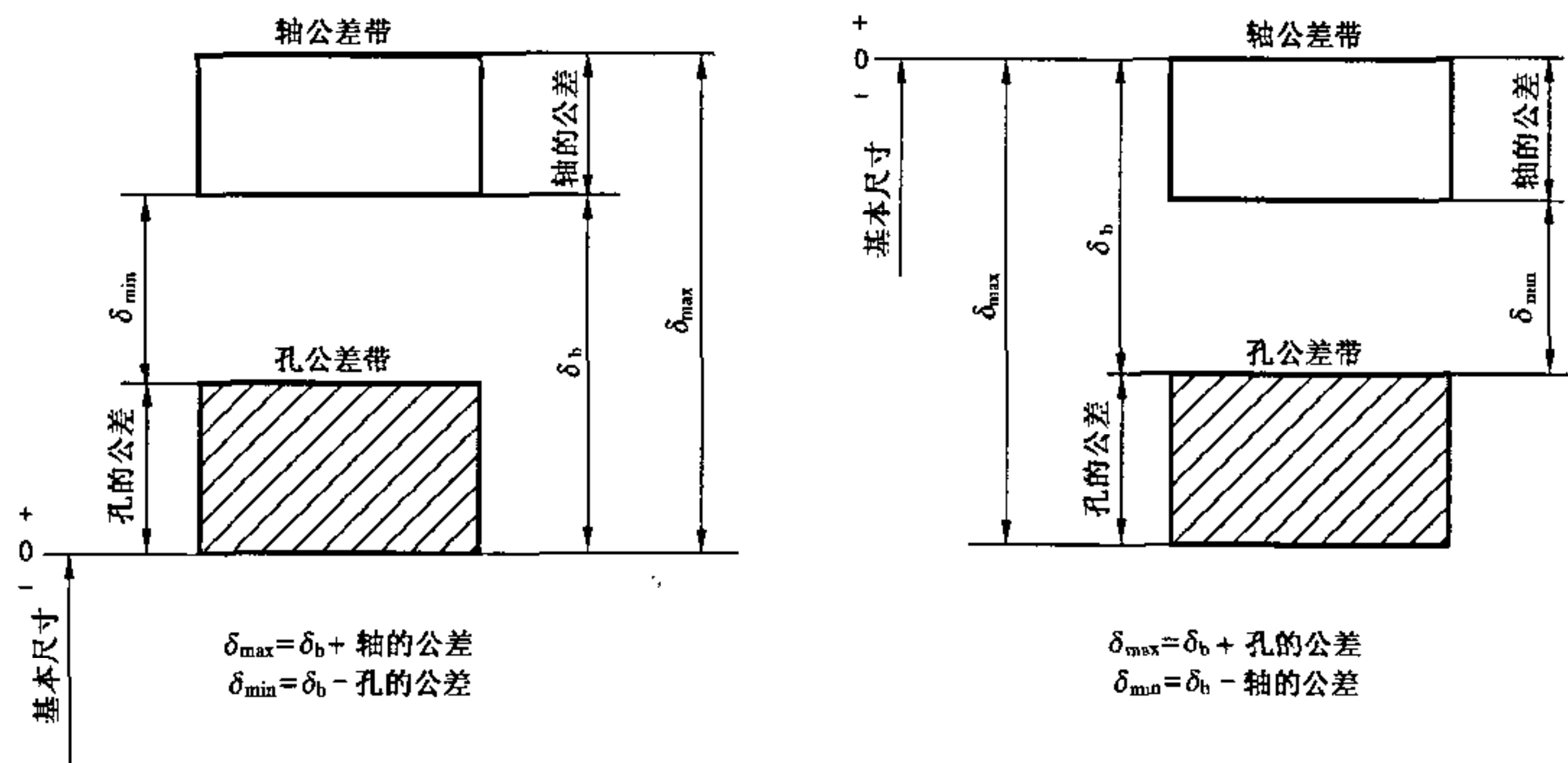


图 1

3.3

过盈联接 interference coupling

利用过盈量使包容件和被包容件形成的固定联结。

3.3.1

纵向过盈联接 lengthways interference coupling

用压入法实现的过盈联结。

3.3.2

横向过盈联接 transverse interference coupling

用胀缩法实现的过盈联结。

3.4

结合面 coupling surfance

在过盈联结中,包容件和被包容件相接触的表面。

3.5

结合直径 d_f coupling diameter

结合面的基本直径(见图 2)。

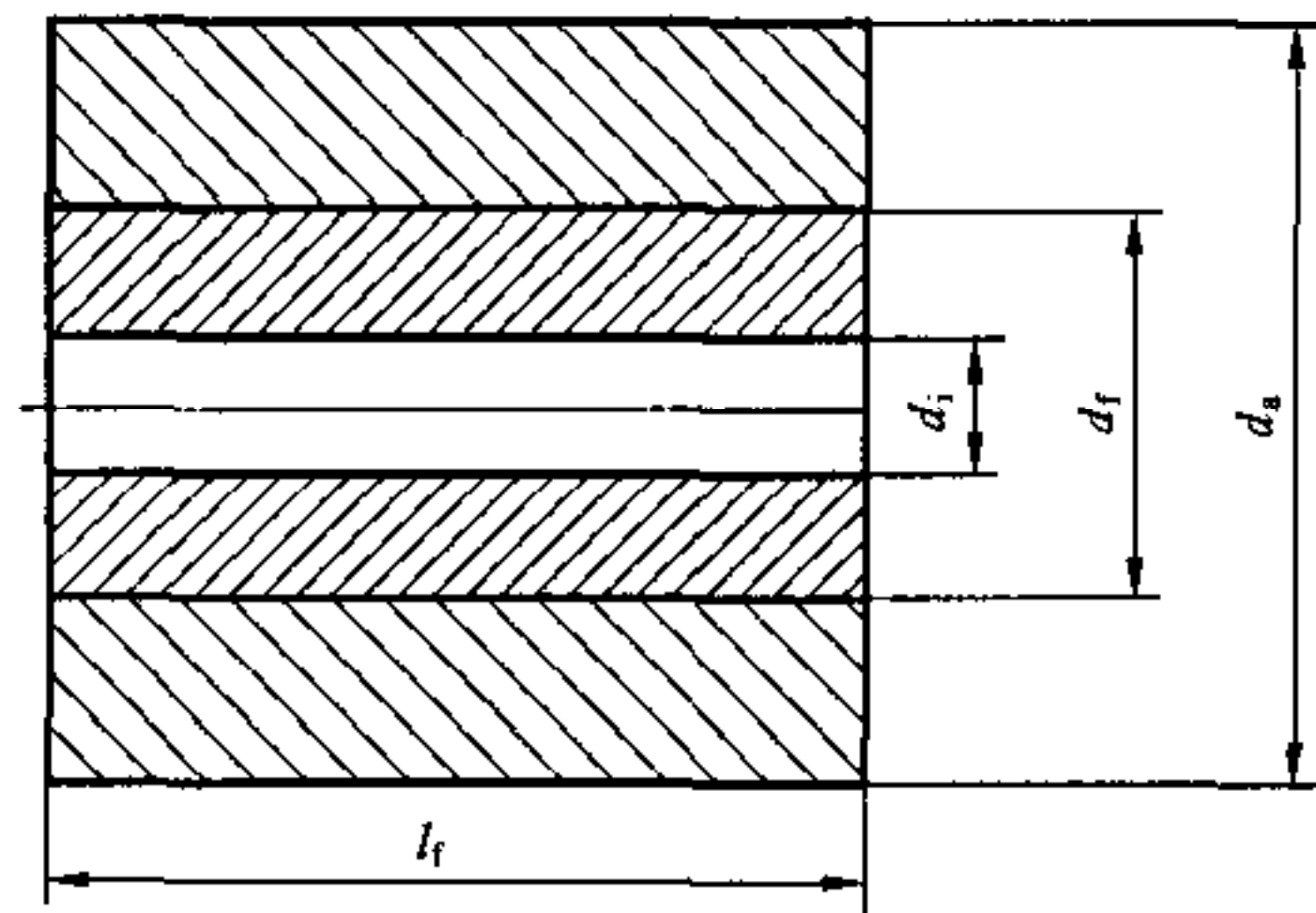


图 2

3.6

结合长度 l_f coupling length

结合面的基本长度(见图 2)。

3.7

直径比 q diameter ratio

相配合的包容件和被包容件的小直径与大直径的比值。

包容件直径比 q_a 等于结合直径 d_f 除以包容件外径 d_a (见图 2)。

被包容件直径比 q_i 等于被包容件内径 d_i (见图 2)除以结合直径 d_f 。

3.8

相对过盈量 opposed amount of interference

过盈量 δ 与结合直径 d_f 的比值。

3.9

压平深度 S press depth

包容件或被包容件结合面的表面粗糙度, S_a 或 S_i (见图 3)。

3.10

压平量 amount of press

由于压平深度而使过盈减小的部分。其值等于包容件的压平深度 S_a 和被包容件的压平深度 S_i 之和的两倍。

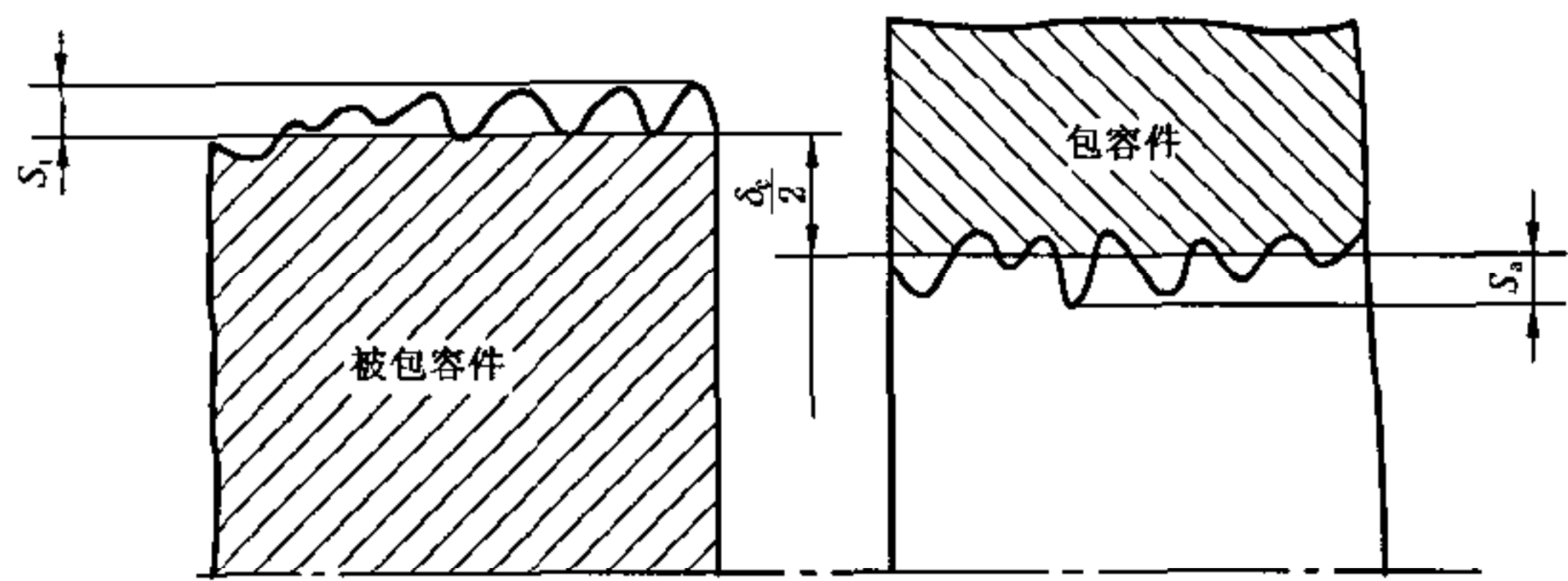


图 3

3. 11

结合压力 p_t coupling pressure
作用在结合面上的压力。

3. 12

直径变化量 e change amount of diameter
由于结合压力而使相配合的孔、轴直径变化的量。
包容件直径变化量 e_a 为包容件内径的扩大量。
被包容件直径变化量 e_i 为被包容件外径的缩小量。

3. 13

有效过盈量 δ_e active amount of interference
在过盈联结中起作用的过盈量。其值等于包容件直径变化量 e_a 和被包容件直径变化量 e_i 之和。

3. 14

压入力 P_{xi} press-in force
在实现纵向过盈联结的过程中施加的最大轴向力。

3. 15

压出力 P_{xe} press-out force
在解脱过盈联结的过程中施加的最大轴向力。

4 计算用的符号

计算用的主要符合、含义和单位列于表 1。

表 1

符 号	含 义	单 位
δ	过盈量	mm
δ_e	有效过盈量	mm
δ_b	基本过盈量	mm
d_t	结合直径	mm
d_a	包容件外径	mm
d_i	被包容件内径	mm
l_t	结合长度	mm
q_a	包容件直径比	—
q_i	被包容件直径比	—

表 1(续)

符 号	含 义	单 位
S_a	包容件的压平深度	mm
S_i	被包容件的压平深度	mm
e_a	包容件直径变化量	mm
e_i	被包容件直径变化量	mm
p_t	结合压力	N/mm ²
P_{xi}	压入力	N
P_{xe}	压出力	N
F_x	轴向力	N
M	扭矩	N·mm
F_t	传递力	N
μ	摩擦系数	—
ν	泊松比	—
σ_s	屈服极限	N/mm ²
σ_b	强度极限	N/mm ²
E	弹性模量	N/mm ²
Ra	轮廓算术平均偏差	mm

注:除另有说明外,表中符号再加下标“a”表示包容件;“i”表示被包容件。

5 计算和选用

5.1 计算基础

5.1.1 本计算以两个简单厚壁圆桶在弹性范围内的联结为计算基础。弹性范围系指包容件和被包容件由于结合压力而产生的变形与应力成线性关系,亦即联结件的应力低于其材料的屈服极限(σ_s 或 $\sigma_{0.2}$)。

5.1.2 计算的假定条件

- a) 包容件与被包容件处于平面应力状态,即轴向应力 $\sigma_z=0$;
- b) 包容件与被包容件在结合长度上结合压力为常数;
- c) 材料的弹性模量为常数;
- d) 计算的强度理论,按变形能理论。

5.1.3 直径变化量的计算公式

- a) 包容件直径变化量 e_a

$$e_a = \frac{p_t \cdot d_t}{E_a} \left(\frac{1 + q_a^2}{1 - q_a^2} \right) + \frac{p_t \cdot d_t}{E_a} \nu_a = \frac{p_t \cdot d_t}{E_a} \left(\frac{1 + q_a^2}{1 - q_a^2} + \nu_a \right)$$

- b) 被包容件直径变化量

$$e_i = \frac{p_t \cdot d_t}{E_i} \left(\frac{1 + q_i^2}{1 - q_i^2} \right) - \frac{p_t \cdot d_t}{E_i} \nu_i = \frac{p_t \cdot d_t}{E_i} \left(\frac{1 + q_i^2}{1 - q_i^2} - \nu_i \right)$$

- c) 有效过盈量 δ_e

$$\delta_e = e_a + e_i$$

5.1.4 对于几何形状特殊或具有特殊应力的过盈联结,需进行附加计算。

5.2 计算方法

过盈联结采用公式法进行计算,也可采用图算法进行计算,图算法见附录 B(资料性附录)。

5.3 计算公式

5.3.1 过盈联结传递负荷所需的最小过盈量,可按表 2 的公式进行计算。

表 2

序号	计 算 内 容		计 算 公 式	说 明
1	传递负荷所需的最小结合压力	传递扭矩	$p_{f \min} = \frac{2M}{\pi \cdot d_f^2 \cdot l_f \cdot \mu}$	
		承受轴向力	$p_{f \min} = \frac{F_x}{\pi \cdot d_f \cdot l_f \cdot \mu}$	
		传递力	$p_{f \min} = \frac{F_t}{\pi \cdot d_f \cdot l_f \cdot \mu}$	$F_t = \sqrt{F_x^2 + \left(\frac{2M}{d_f}\right)^2}$
2	包容件直径比		$q_a = \frac{d_f}{d_a}$	
3	被包容件直径比		$q_i = \frac{d_i}{d_f}$	对实心轴 $q_i = 0$
4	包容件传递负荷所需的最小直径变化量		$e_{a \min} = p_{f \min} \frac{d_f}{E_a} \cdot C_a$	$C_a = \frac{1+q_a^2}{1-q_a^2} + \nu_a$ C_a 值可查表 4
5	被包容件传递负荷所需的最小直径变化量		$e_{i \min} = p_{f \min} \frac{d_f}{E_i} \cdot C_i$	$C_i = \frac{1+q_i^2}{1-q_i^2} - \nu_i$ C_i 值可查表 4
6	传递负荷所需的最小有效过盈量		$\delta_{e \min} = e_{a \min} + e_{i \min}$	
7	考虑压平量的最小过盈量		$\delta_{\min} = \delta_{e \min} + 2(S_a + S_i)$	对纵向过盈联结取: $S_a = 1.6Ra_a, S_i = 1.6Ra_i$

5.3.2 过盈联结件不产生塑性变形所允许的最大有效过盈量,可按表 3 的公式进行计算。

表 3

序号	计 算 内 容	计 算 公 式	说 明
1	包容件不产生塑性变形所允许的最大结合压力	塑性材料: $p_{fa \max} = a\sigma_{sa}$ 脆性材料: $p_{fa \max} = b \frac{\sigma_{bs}}{2 \sim 3}$	$a = \frac{1-q_a^2}{\sqrt{3+q_a^4}}, b = \frac{1-q_a^2}{1+q_a^2}$ a, b 值可查图 4
2	被包容件不产生塑性变形所允许的最大结合压力	塑性材料: $p_{fi \max} = c\sigma_{si}$ 脆性材料: $p_{fi \max} = c \frac{\sigma_{bi}}{2 \sim 3}$	$c = \frac{1-q_i^2}{2}, c$ 值可查图 4 实心轴 $q_i = 0$, 此时 $c = 0.5$
3	联结件不产生塑性变形的最大结合压力	$p_{t \max}$ 取 $p_{fa \max}$ 和 $p_{fi \max}$ 中的较小者	
4	联结件不产生塑性变形的传递力	$F_t = p_{t \max} \cdot \pi \cdot d_f \cdot l_f \cdot \mu$	μ 值可查附录 A 中表 A.1 或表 A.2

表 3(续)

序号	计 算 内 容	计 算 公 式	说 明
5	包容件不产生塑性变形所允许的最大直径变化量	$e_{a\max} = \frac{p_{i\max} \cdot d_i}{E_a} \cdot C_a$	$C_a = \frac{1+q_a^2}{1-q_a^2} + \gamma_a$ C _a 值可查表 4
6	被包容件不产生塑性变形所允许的最大直径变化量	$e_{i\max} = \frac{p_{i\max} \cdot d_i}{E_i} \cdot C_i$	$C_i = \frac{1+q_i^2}{1-q_i^2} - \gamma_i$ C _i 值可查表 4
7	联结件不产生塑性变形所允许的最大有效过盈量	$\delta_{e\max} = e_{a\max} + e_{i\max}$	

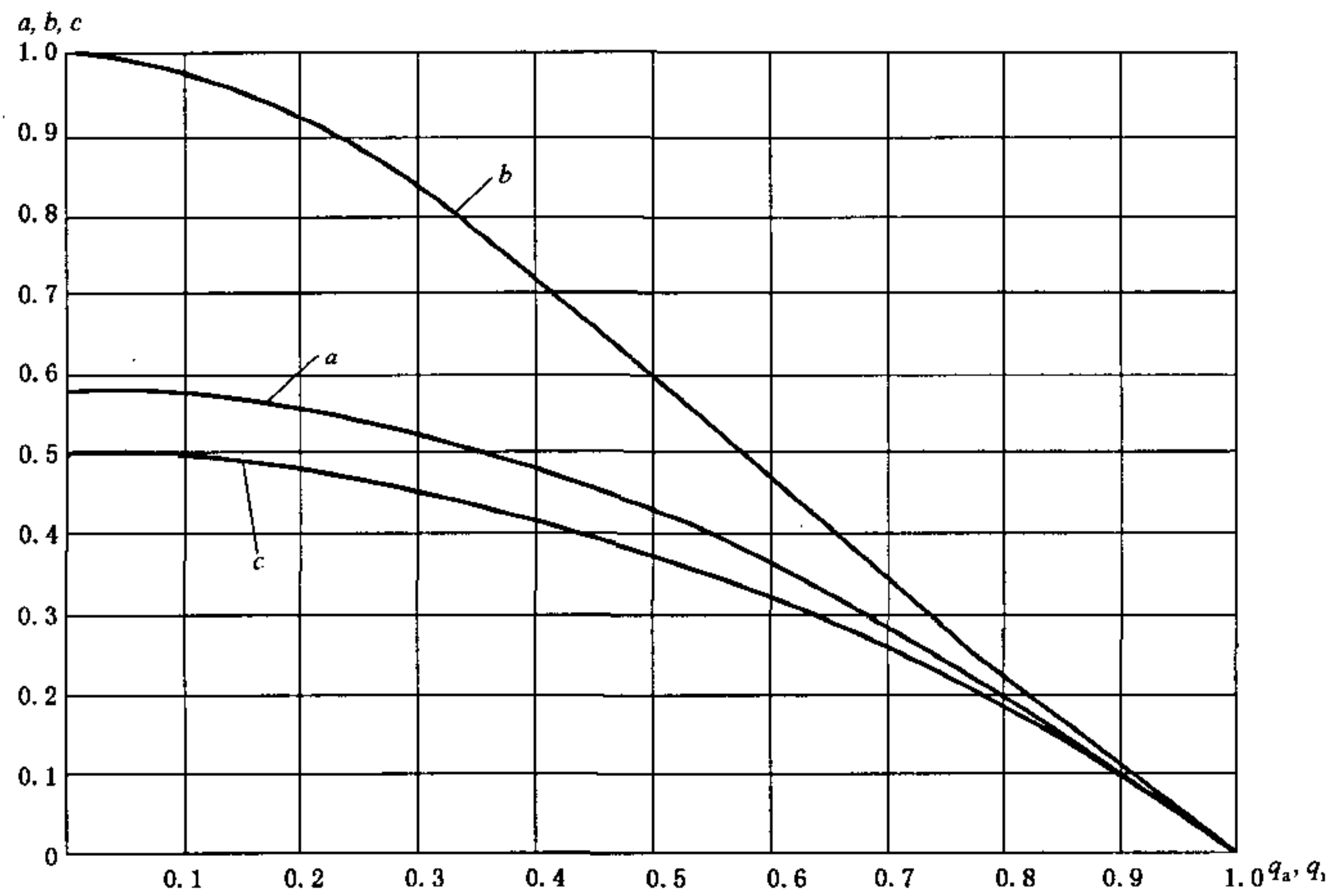


图 4

表 4 系数 C_a 和 C_i

q _a 或 q _i	C _a		C _i	
	ν _a = 0.3	ν _a = 0.25	ν _i = 0.3	ν _i = 0.25
0	—	—	0.700	0.750
0.10	1.320	1.270	0.720	0.770
0.14	1.340	1.290	0.740	0.790
0.20	1.383	1.333	0.783	0.833
0.25	1.433	1.383	0.833	0.883
0.28	1.470	1.420	0.870	0.920

表 4(续)

q_a 或 q_i	C_a		C_i	
	$\nu_a=0.3$	$\nu_a=0.25$	$\nu_i=0.3$	$\nu_i=0.25$
0.31	1.512	1.426	0.912	0.962
0.35	1.579	1.529	0.979	1.029
0.40	1.681	1.631	1.081	1.131
0.45	1.808	1.758	1.208	1.258
0.50	1.967	1.917	1.367	1.417
0.53	2.081	2.031	1.481	1.531
0.56	2.214	2.164	1.614	1.664
0.60	2.425	2.375	1.825	1.875
0.63	2.616	2.566	2.016	2.066
0.67	2.929	2.879	2.329	2.379
0.71	3.333	3.283	2.733	2.783
0.75	3.871	3.821	3.271	3.321
0.80	4.855	4.805	4.255	4.305
0.85	6.507	6.457	5.907	5.957
0.90	9.826	9.776	9.226	9.276

5.4 配合的选择

5.4.1 过盈配合按 GB/T 1800.2~GB/T 1800.4 和 GB/T 1801 的规定选择。

5.4.2 选出的配合,其最大过盈量 $[\delta_{\max}]$ 和最小过盈量 $[\delta_{\min}]$ 应满足下列要求:

a) 保证过盈联结传递给定的负荷

$$[\delta_{\min}]>\delta_{\min}$$

b) 保证联结件不产生塑性变形

$$[\delta_{\max}]\leq\delta_{e\max}$$

5.4.3 配合的选择步骤:

a) 初选基本过盈量 δ_b

一般情况,可取 $\delta_b\approx\frac{\delta_{\min}+\delta_{e\max}}{2}$ 。

当要求有较多的联结强度储备时,可取 $\delta_{e\max}>\delta_b>\frac{\delta_{\min}+\delta_{e\max}}{2}$ 。

当要求有较多的联结件材料强度储备时,可取 $\delta_{\min}<\delta_b<\frac{\delta_{\min}+\delta_{e\max}}{2}$ 。

b) 按初选的基本过盈量 δ_b 和结合直径 d_i ,由图 5 查出配合的基本偏差代号。

c) 按基本偏差代号和 $\delta_{e\max}$ 、 $\delta_{\min}$,由 GB/T 1801 和 GB/T 1800.4 确定选用的配合和孔、轴公差带。

5.5 校核计算

过盈联结的最小传递力 $F_{t\min}$ 和联结件的最大应力 $\sigma_{\max}$,可按表 5 的公式进行校核计算。

表 5

序号	计 算 内 容	计 算 公 式	说 明
1	最小传递力	$F_{t\min}=[p_{t\min}]\cdot\pi\cdot d_t\cdot l_t\cdot\mu$	$[p_{t\min}]=\frac{[\delta_{\min}]-2(S_o+S_i)}{d_i\cdot\left(\frac{C_o}{E_o}+\frac{C_i}{E_i}\right)}$
2	包容件的最大应力	塑性材料: $\sigma_{a\max}=\frac{[p_{t\max}]}{a}$ 脆性材料: $\sigma_{a\max}=\frac{[p_{t\max}]}{b}$	$[p_{t\max}]=\frac{[\delta_{\max}]}{d_i\cdot\left(\frac{C_o}{E_o}+\frac{C_i}{E_i}\right)}$
3	被包容件的最大应力	$\sigma_{i\max}=\frac{[p_{t\max}]}{c}$	

5.6 包容件的外径扩大量和被包容件的内径缩小量的计算

包容件的外径扩大量和被包容件的内径缩小量如需要时可按表 6 的公式计算。

表 6

序号	计 算 内 容	计 算 公 式	说 明
1	包容件的外径扩大量	$\Delta d_o=\frac{2p_t\cdot d_o\cdot q_o^2}{E_o(1-q_o^2)}$	p_t 取 $(p_{t\max})$ 或 $(p_{t\min})$
2	被包容件的内径缩小量	$\Delta d_i=\frac{2p_t\cdot d_i}{E_i(1-q_i^2)}$	p_t 取 $(p_{t\max})$ 或 $(p_{t\min})$

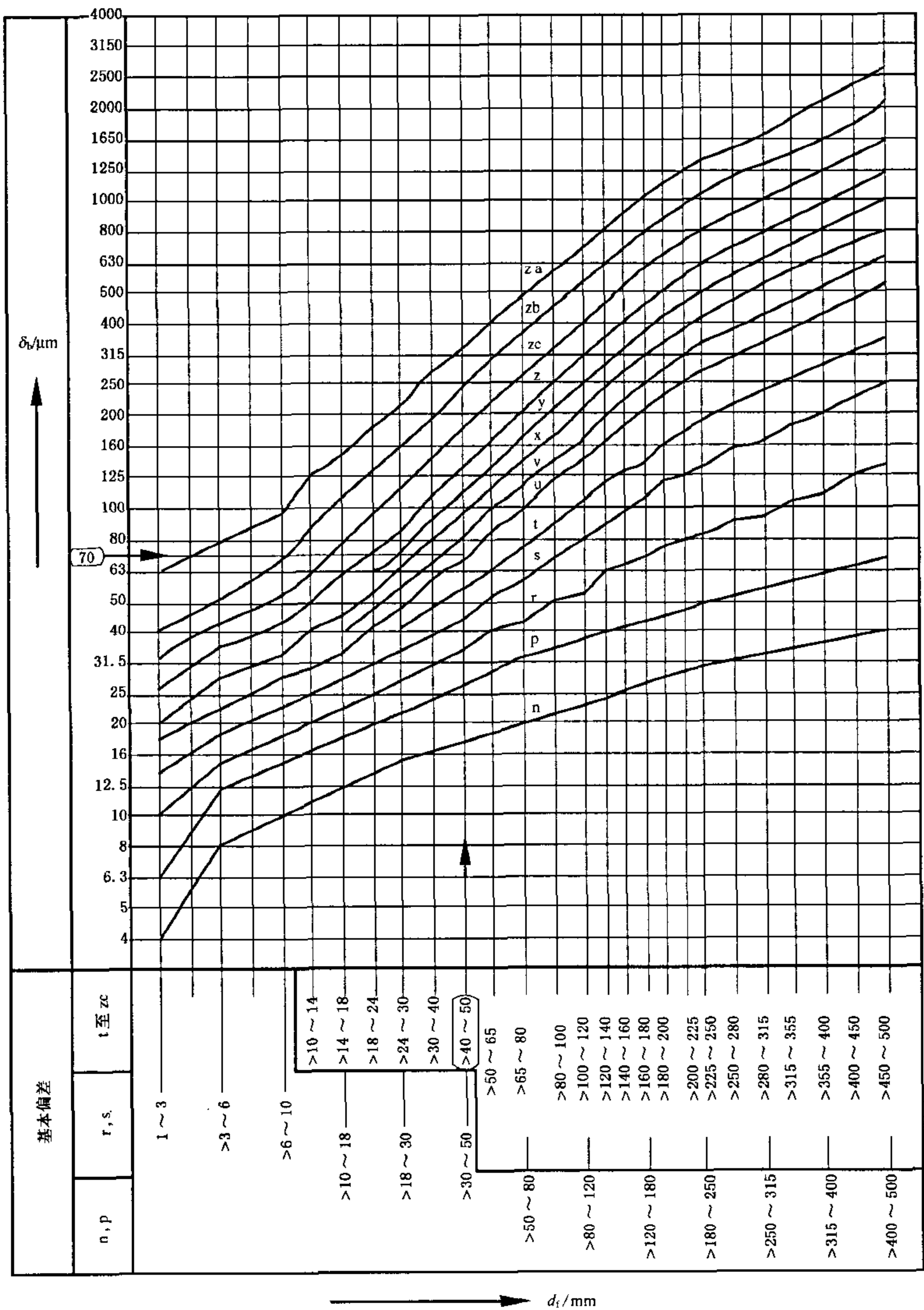


图 5

附录 A
(资料性附录)

常用材料的摩擦系数、弹性模量、泊松比和线膨胀系数表

表 A.1 纵向过盈联结的摩擦系数

材 料	摩 擦 系 数 μ	
	无 润 滑	有 润 滑
钢-钢	0.07~0.16	0.05~0.13
钢-铸钢	0.11	0.08
钢-结构钢	0.10	0.07
钢-优质结构钢	0.11	0.08
钢-青铜	0.15~0.2	0.03~0.06
钢-铸铁	0.12~0.15	0.05~0.10
铸铁-铸铁	0.15~0.25	0.05~0.10

表 A.2 横向过盈联结的摩擦系数

材 料	结合方式、润滑	摩擦系数 μ
钢-钢	油压扩径,压力油为矿物油	0.125
	油压扩径,压力油为甘油,结合面排油干净	0.18
	在电炉中加热包容件至 300℃	0.14
	在电炉中加热包容件至 300℃以后,结合面脱脂	0.2
钢-铸铁	油压扩径,压力油为矿物油	0.1
钢-铝镁合金	无润滑	0.10~0.15

表 A.3 弹性模量、泊松比和线膨胀系数

材 料	弹性模量 $E/(\text{N}/\text{mm}^2)$ $\approx$	泊松比 ν $\approx$	线膨胀系数 $\alpha/(10^{-6}/^{\circ}\text{C})$	
			加热 $\approx$	冷却 $\approx$
碳钢、低合金钢合金结构钢	200 000~235 000	0.3~0.31	11	-8.5
灰口铸铁 HT15-33 HT20-40	70 000~80 000	0.24~0.25	10	-8
灰口铸铁 HT25-47 HT30-54	105 000~130 000	0.24~0.26	10	-8
可锻铸铁	90 000~100 000	0.25	10	-8
非合金球墨铸铁	160 000~180 000	0.28~0.29	10	-8
青铜	85 000	0.35	17	-15
黄铜	80 000	0.36~0.37	18	-16
铝合金	69 000	0.32~0.36	21	-20
镁合金	40 000	0.25~0.3	25.5	-25

附 录 B
(资料性附录)
过盈配合的图算法

B.1 应用条件

- a) 包容件与被包容件采用相同的材料或 $\frac{\nu_a}{E_a} = \frac{\nu_i}{E_i}$ 。若 $\frac{\nu_a}{E_a} \neq \frac{\nu_i}{E_i}$ 时,采用图算法有不大于 10% 的计算误差;
- b) 对屈服点不明显的硬金属则以 $\sigma_{0.2}$ 代替 σ_s ;
- c) 对于脆性材料,则以 $\frac{\sigma_b}{2 \sim 3}$ 代替 σ_s 。

B.2 使用说明

B.2.1 包容件直径变化量 e_a 可按图 B.1 进行计算,图 B.1 中各区说明如下:

a) 1a 区

以 d_i 除以 d_a ,在 1a 区求得 q_a ;

b) 2a 区

以 1a 区求得的 q_a 和包容件容许的弹性变形条件($1.0 \sigma_{sa}$ 线为不产生塑性变形的极限条件),在 2a 区求得 p_i/σ_{sa} ;

c) 3a 区

以 2a 区求得的 p_i/σ_{sa} 乘以 σ_{sa} ,在 3a 区求得 p_i ;

d) 4a 区

在 4a 区求得 p_i 和 d_i 的乘积 $p_i \cdot d_i$;

e) 5a 区

在 5a 区求得 $p_i \cdot d_i$ 与 l_i 的乘积 $p_i \cdot d_i \cdot l_i$ 。

注:乘积中已考虑了相乘的“ π ”值,以下图区相同;

f) 6a 区

以 5a 区求得的 $p_i \cdot d_i \cdot l_i \cdot (\pi)$ 乘以摩擦系数 μ ,在 6a 区求得 F_i ;

g) 7a 区

以 2a 区求得的 p_i/σ_{sa} 和 q_a ,在 7a 区求得 $\frac{e_a \cdot E_a}{d_i \cdot \sigma_{sa}}$ (中间结果,未给出数值);

h) 8a 区

以 7a 区求得的 $\frac{e_a \cdot E_a}{d_i \cdot \sigma_{sa}}$ 除以 E_a ,在 8a 区求得 $\frac{e_a}{d_i \cdot \sigma_{sa}}$;

i) 9a 区

以 8a 区求得的 $\frac{e_a}{d_i \cdot \sigma_{sa}}$ 乘以 σ_{sa} ,在 9a 区求得 $\frac{e_a}{d_i}$;

j) 10a 区

以 9a 区求得的 $\frac{e_a}{d_i}$ 乘以 d_i ,在 10a 区即可求得 e_a 。

B.2.2 被包容件直径变化量 e_i 可按图 B.2 进行计算,图 B.2 中各区说明如下:

a) 1i 区

以 d_i 除以 d_i ,在 1i 区求得 q_i ;

b) 2i 区

以 1i 区求得的 q_i 和被包容件容许的弹性变形条件($1.0\sigma_{si}$ 线为不产生塑性变形的极限条件), 在 2i 区求得 p_i/σ_{si} ;

c) 3i 区

以 2i 区求得的 $p_i/\sigma_{si} \cdot \sigma_{si}$, 在 3i 区求得 p_{fi} 。

此处求得的 p_{fi} 应与由 B.2.1 第 C 步求得的 p_{fa} 进行比较, 以 p_{fi} 和 p_{fa} 的较小者作为联结件的结合压力 p_i ;

d) 4i 区

在 4i 区求得 p_i 和 d_i 的乘积 $p_i \cdot d_i$;

e) 5i 区

在 5i 区求得 l_i 和 $p_i \cdot d_i$ 的乘积 $l_i \cdot p_i \cdot d_i$;

f) 6i 区

以 5i 区求得的 $p_i \cdot d_i \cdot l_i \cdot (\pi)$ 乘以 μ , 在 6i 区求得 F_i ;

g) 7i 区

以 2i 区求得的 p_i/σ_{si} 和 q_i 在 7i 区求得的 $\frac{e_i \cdot E_i}{d_i \cdot \sigma_{si}}$ (中间结果, 未给出数值);

h) 8i 区

以 7i 区求得的 $\frac{e_i \cdot E_i}{d_i \cdot \sigma_{si}}$ 除以 E_i , 在 8i 区求得 $\frac{e_i}{d_i \cdot \sigma_{si}}$;

i) 9i 区

以 8i 区求得的 $\frac{e_i}{d_i \cdot \sigma_{si}}$ 乘以 σ_{si} , 以 9i 区求得 $\frac{e_i}{d_i}$;

j) 10i 区

以 9i 区求得的 $\frac{e_i}{d_i}$ 乘以 d_i , 即可求得 e_i 。

B.2.3 计算结果应乘以表中与所用各参数数列相对应的以 10 为底的幂($f=10^1, f=10^{-1}, f=10^{-2}$)。

B.2.4 由图 B.1 和图 B.2 中得出的 e_a 和 e_i 值, 即可算出有效过盈 $\delta_e = e_a + e_i$, 求出 δ_e 后, $\delta_{e \min}$ 应考虑压平量的影响。然后, 按本标准中 5.4 选择配合。

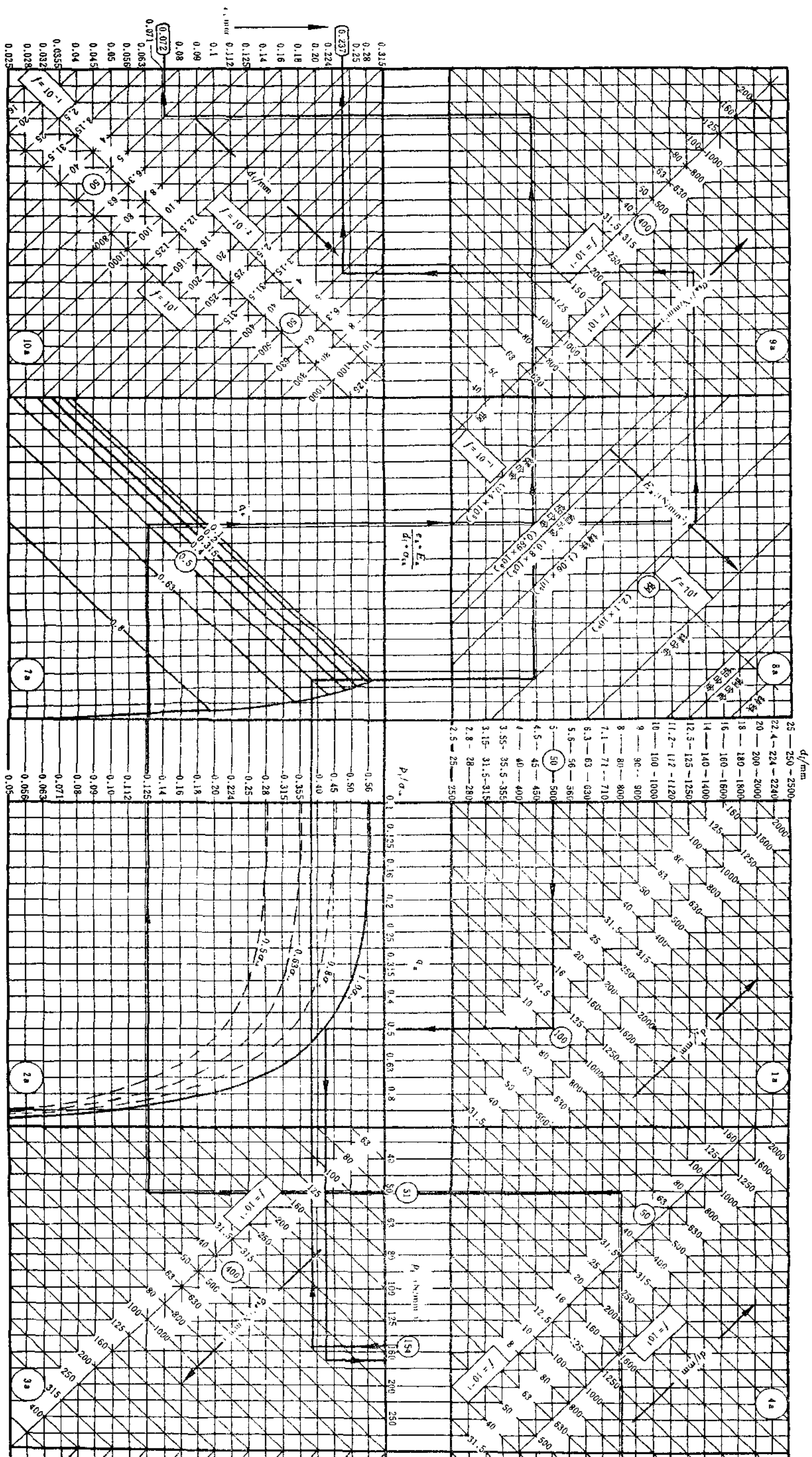


图 B.1

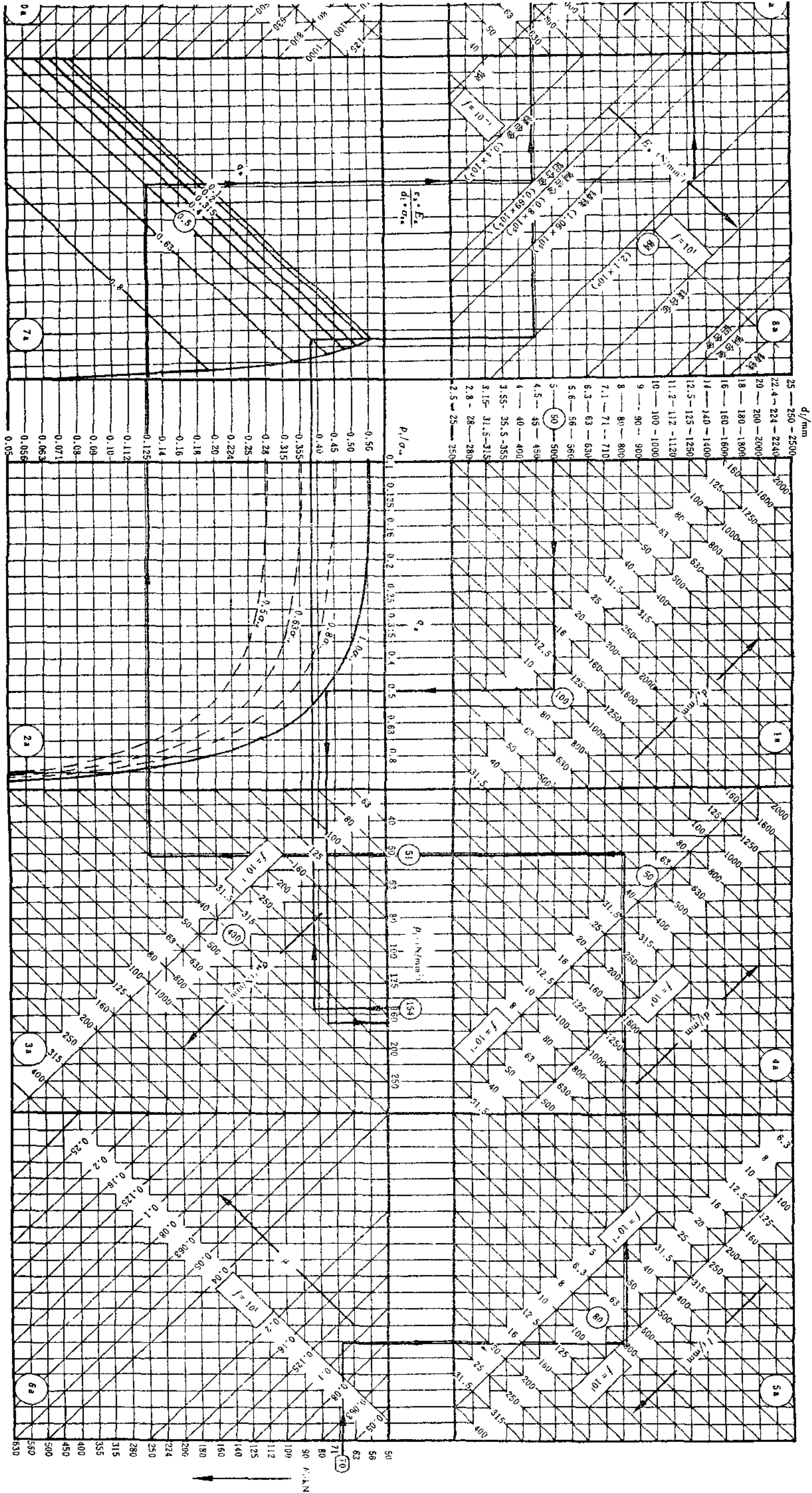


图 B.1

图 B.2

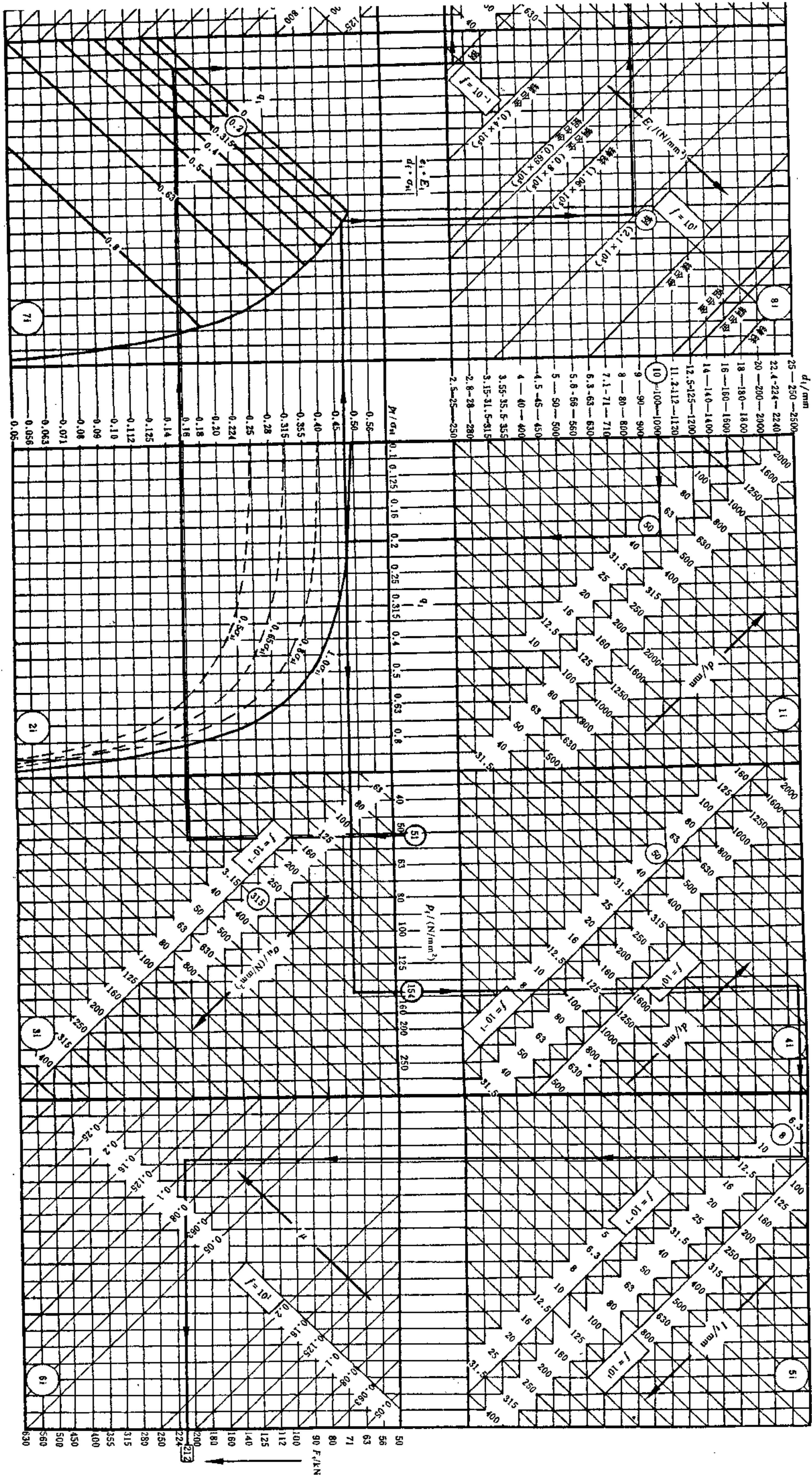


图 B.2

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
极限与配合 过盈配合的计算和选用
GB/T 5371—2004

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.bzcbs.com

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 插页 1 字数 26 千字
2005 年 6 月第一版 2005 年 6 月第一次印刷

*



GB/T 5371—2004