



中华人民共和国国家标准

GB/T 23892.2—2009/ISO 12130-2:2001

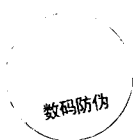
滑动轴承 稳态条件下 流体动压可倾瓦块止推轴承 第2部分：可倾瓦块止推轴承的计算函数

Plain bearings—Hydrodynamic plain tilting pad thrust bearings under
steady-state conditions—Part 2: Functions for calculation of
tilting pad thrust bearings

(ISO 12130-2:2001, IDT)

2009-05-26 发布

2009-12-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

前 言

GB/T 23892《滑动轴承 稳态条件下流体动压可倾瓦块止推轴承》由以下三部分组成：

- 第1部分：可倾瓦块止推轴承的计算；
- 第2部分：可倾瓦块止推轴承的计算函数；
- 第3部分：可倾瓦块止推轴承计算的许用值。

本部分是 GB/T 23892 的第2部分。

本部分等同采用 ISO 12130-2:2001《滑动轴承 稳态条件下流体动压可倾瓦块止推轴承 第2部分：可倾瓦块止推轴承的计算函数》。

本部分等同翻译 ISO 12130-2:2001。

为便于使用，本部分做了下列编辑性修改：

- “本国际标准”一词改为“本部分”；
- 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”；
- 删除国际标准的前言。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国滑动轴承标准化技术委员会(SAC/TC 236)归口。

本部分负责起草单位：中机生产力促进中心。

本部分参加起草单位：西安交通大学、浙江省诸暨申发轴瓦有限公司、浙江申科滑动轴承有限公司、浙江东方滑动轴承有限公司、浙江长盛滑动轴承有限公司、浙江双飞无油轴承有限公司。

本部分由全国滑动轴承标准化技术委员会秘书处负责解释。

本部分为首次发布。

引 言

本部分中的公式主要用于符合 GB/T 23892.1 的油润滑可倾瓦块止推轴承的计算,假设该类轴承在流体动压状态下运行,并且处于完全流体润滑条件下。这些公式基于假设和规定的边界条件。计算所需要的值可通过给定的公式以及图和表来获得。公式是与文献[1]中的曲线相符合的数值解的近似公式。计算中所用符号的定义及计算示例在 GB/T 23892.1 中给出。

根据 GB/T 23892.1—2009 第 3 章中 g)、k) 项的假定,本部分不适用于中心支撑的可倾瓦块止推轴承($\alpha_F = 0.5$)的计算,因其没有流体动压承载能力。对于这类轴承特性值的确定,至少有必要考虑可倾瓦块运行过程中发生的变形。

滑动轴承 稳态条件下 流体动压可倾瓦块止推轴承 第2部分:可倾瓦块止推轴承的计算函数

1 范围

GB/T 23892 的本部分给出了计算流体动压可倾瓦块止推轴承时所使用的数学函数的推导过程。
GB/T 23892 的本部分不适用于重载可倾瓦块止推轴承。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 23892 的本部分的引用而成为本部分的条款。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部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 23892.1 滑动轴承 稳态条件下流体动压可倾瓦块止推轴承 第1部分:可倾瓦块止推轴承的计算(GB/T 23892.1—2009, ISO 12130:2001, IDT)

3 可倾瓦块止推轴承的计算函数

3.1 概述

GB/T 23892.1 中符号的定义适用于本部分。

3.2 承载能力特性值 F^* 与轴承相对宽度 B/L 和最小相对润滑油膜厚度 h_{\min}/C_{wed} 的函数关系

图1曲线的近似公式(适用范围 $0.2 \leq \frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}} \leq 2$):

$$F^* = 5 \left(\frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}} \right)^2 \times \left[\ln \frac{1 + (h_{\min}/C_{\text{wed}})}{h_{\min}/C_{\text{wed}}} - \frac{2}{1 + 2 \times \frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}}} \right] \times \frac{A^* + B^* \left(1 - \frac{1}{h_{\min}/C_{\text{wed}}} \right) + C^* \left(1 - \frac{1}{h_{\min}/C_{\text{wed}}} \right)^2}{1 + a \left[\frac{1}{B/L} \right]^2}$$

$$a = \frac{10}{\left(1 + 2 \frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}} \right)^2} \times \left\{ \left[\frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}} + \left(\frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}} \right)^2 \right]^2 + \frac{1 - 2 \left[\frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}} + \left(\frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}} \right)^2 \right]}{12 \left[\left(1 + 2 \frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}} \right) \times \ln \frac{1 + (h_{\min}/C_{\text{wed}})}{h_{\min}/C_{\text{wed}}} \right] - 2} \right\}$$

$$A^* = 1.168\ 6 - 0.329\ 45 \times \left(\frac{B}{L} \right) + 0.222\ 67 \times \left(\frac{B}{L} \right)^2 - 0.046\ 51 \times \left(\frac{B}{L} \right)^3$$

$$B^* = -0.100\ 95 + 0.197\ 43 \times \left(\frac{B}{L} \right) - 0.131\ 36 \times \left(\frac{B}{L} \right)^2 + 0.028\ 703 \times \left(\frac{B}{L} \right)^3$$

$$C^* = -0.004\ 879\ 1 + 0.008\ 601 \times \left(\frac{B}{L} \right) - 0.005\ 401\ 5 \times \left(\frac{B}{L} \right)^2 + 0.001\ 127\ 8 \times \left(\frac{B}{L} \right)^3$$

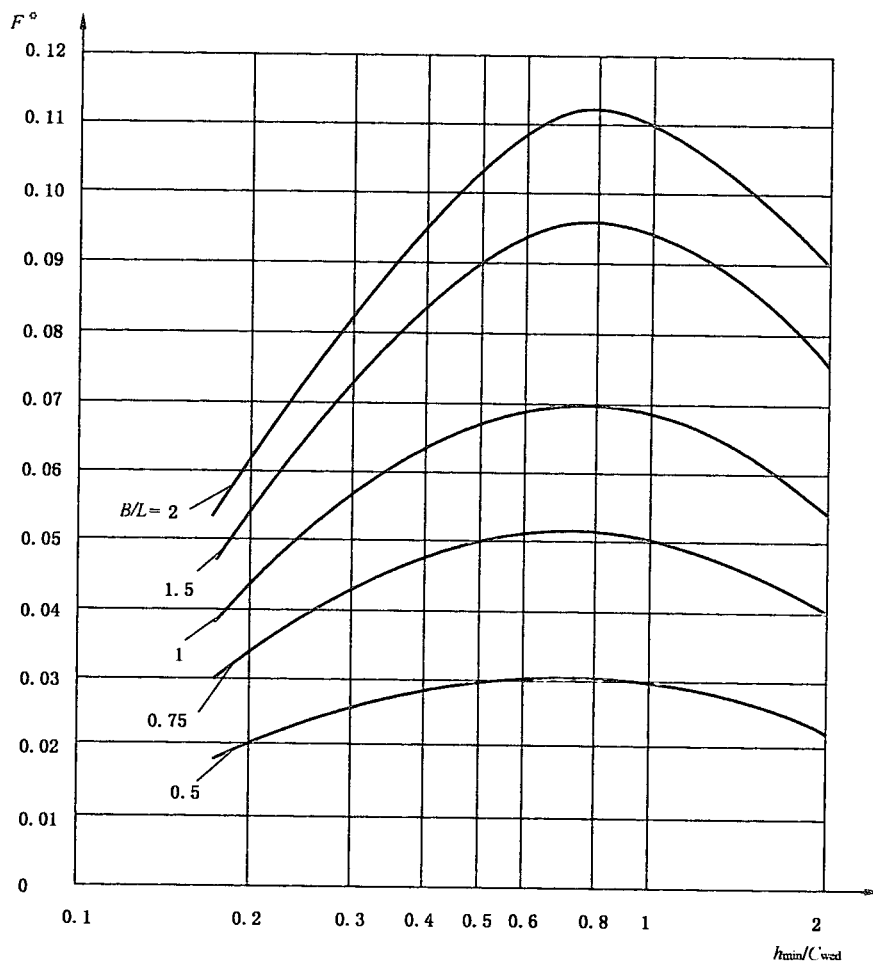


图 1 承载力 F^* 与轴承相对宽度 B/L 和最小相对润滑油膜厚度 h_{\min}/C_{wed} 的函数关系曲线
图 1 中的值见表 1。

表 1 图 1 中的值 [$F^* = f(B/L, h_{\min}/C_{\text{wed}})$]

h_{\min}/C_{wed}	B/L				
	2	1.5	1	0.75	0.5
2	0.089 95	0.077 21	0.055 75	0.040 39	0.022 88
1	0.109 6	0.094 57	0.068 94	0.050 37	0.028 92
0.667	0.109 5	0.094 97	0.069 97	0.051 58	0.030 05
0.50	0.103 2	0.090 01	0.067 01	0.049 83	0.029 45
0.333	0.087 19	0.076 88	0.058 36	0.044 09	0.026 76
0.25	0.072 85	0.064 87	0.050 11	0.038 37	0.023 82
0.2	0.061 27	0.055 05	0.043 20	0.033 45	0.021 17

3.3 摩擦特性值 f^* 与相对轴承宽度 B/L 和最小相对润滑油膜厚度 h_{\min}/C_{wed} 的函数关系

图 2 曲线的近似公式(适用范围 $0.2 \leq \frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}} \leq 2$):

$$f^* = \frac{6}{5} \left\{ 4 \times \frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}} \times \ln \frac{1 + (h_{\min}/C_{\text{wed}})}{h_{\min}/C_{\text{wed}}} - \frac{6 \times \frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}}}{1 + 2 \times \frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}}} \right\} \times \left\{ 1 + a \left[\frac{1}{B/L} \right]^2 \right\} A^*$$

$$a = \frac{10}{\left(1 + 2 \times \frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}}\right)} \left\{ \left[\frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}} \right]^2 + \frac{1 - 2 \times \left[\frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}} \right]}{12 \left[\left(1 + 2 \times \frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}}\right) \times \ln \frac{1 + (h_{\min}/C_{\text{wed}})}{h_{\min}/C_{\text{wed}}} - 2 \right]} \right\}$$

$$A^* = -0.214\,59 + 0.880\,71 \times \left(\frac{B}{L}\right) - 0.297\,60 \times \left(\frac{B}{L}\right)^2 + 0.037\,91 \times \left(\frac{B}{L}\right)^3$$

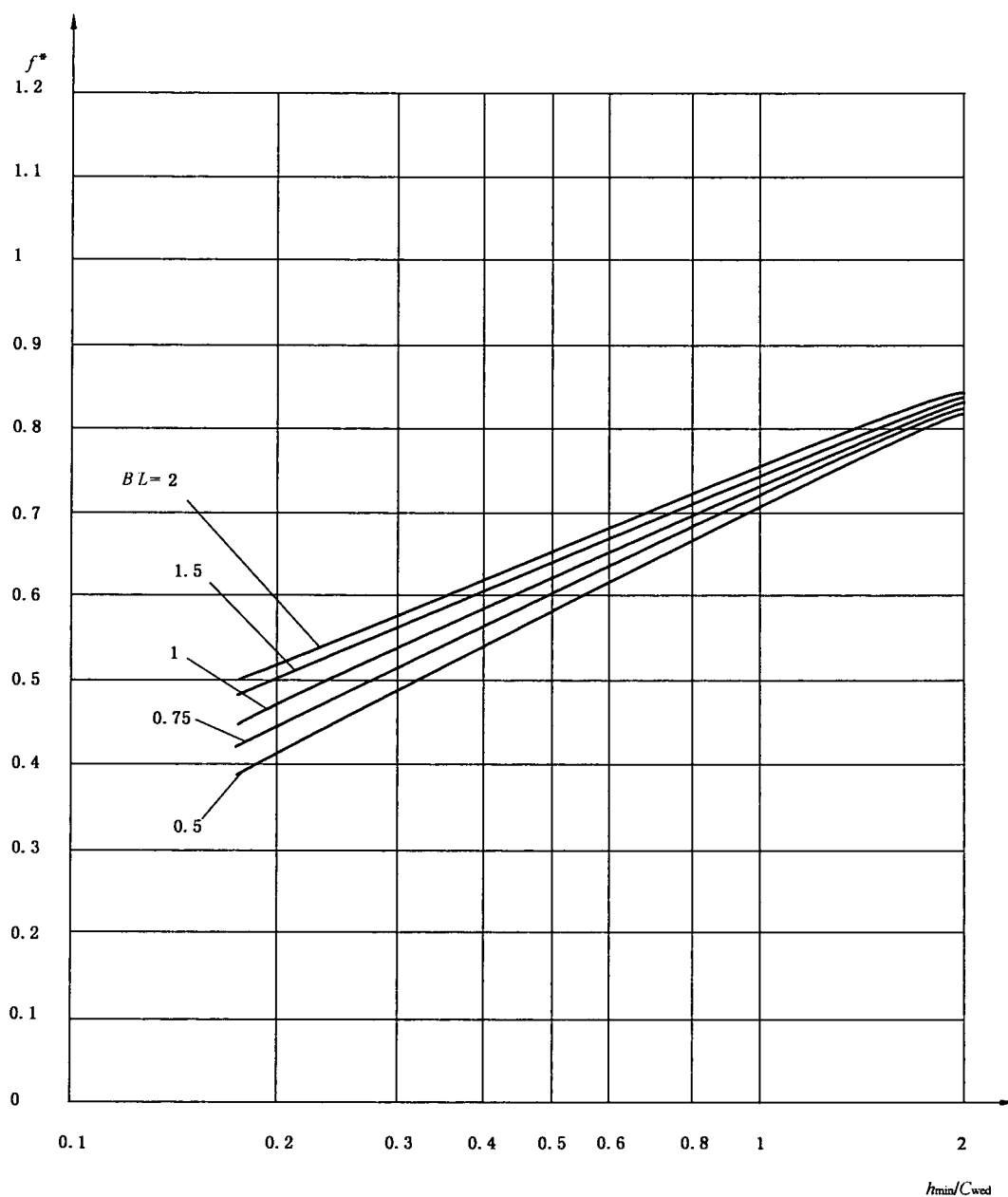


图2 摩擦特性值 f^* 与轴承相对轴承宽度 B/L 和最小相对润滑油膜厚度 h_{\min}/C_{wed} 的函数关系曲线

图 2 中的值见表 2。

表 2 图 2 中的值 [$f^* = f(B/L, h_{\min}/C_{\text{wed}})$]

h_{\min}/C_{wed}	B/L				
	2	1.5	1	0.75	0.5
2	0.833 4	0.830 2	0.824 9	0.821 0	0.816 7
1	0.748 0	0.740 4	0.727 6	0.718 3	0.707 6
0.667	0.693 0	0.682 1	0.663 3	0.649 5	0.633 4
0.5	0.652 5	0.639 3	0.616 3	0.599 1	0.678 8
0.333	0.592 9	0.577 4	0.549 6	0.528 2	0.502 2
0.25	0.548 1	0.532 1	0.502 6	0.479 1	0.450 0
0.2	0.511 5	0.496 0	0.466 3	0.442 0	0.411 3

3.4 相对润滑油流量 Q_1^* 和 Q_3^* 与相对轴承宽度 B/L 和最小相对润滑油膜厚度 h_{\min}/C_{wed} 的函数关系

图 3 和图 4 曲线的近似公式(适用范围 $0.2 \leq \frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}} \leq 2$):

$$Q_1^* = \frac{1 + (h_{\min}/C_{\text{wed}})}{1 + 2 \times \frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}}} \times \left\{ A_i + B_i \times \left[1 - \frac{1}{h_{\min}/C_{\text{wed}}} \right] \right\}$$

A_i, B_i 为常量。

当 $Q_i^* = Q_1^*$ 时

$$A_i = 1.549\,4 - 0.344\,48 \times \left(\frac{B}{L} \right) + 0.072\,457 \times \left(\frac{B}{L} \right)^2$$

$$B_i = -0.572\,08 + 0.370\,91 \times \left(\frac{B}{L} \right) + 0.079\,18 \times \left(\frac{B}{L} \right)^2$$

当 $Q_i^* = Q_3^*$ 时

$$A_i = 2 \left[0.358\,6 - 0.240\,57 \times \left(\frac{B}{L} \right) + 0.052\,129 \times \left(\frac{B}{L} \right)^2 \right]$$

$$B_i = 2 \left[-0.276\,82 + 0.186\,07 \times \left(\frac{B}{L} \right) - 0.040\,081 \times \left(\frac{B}{L} \right)^2 \right]$$

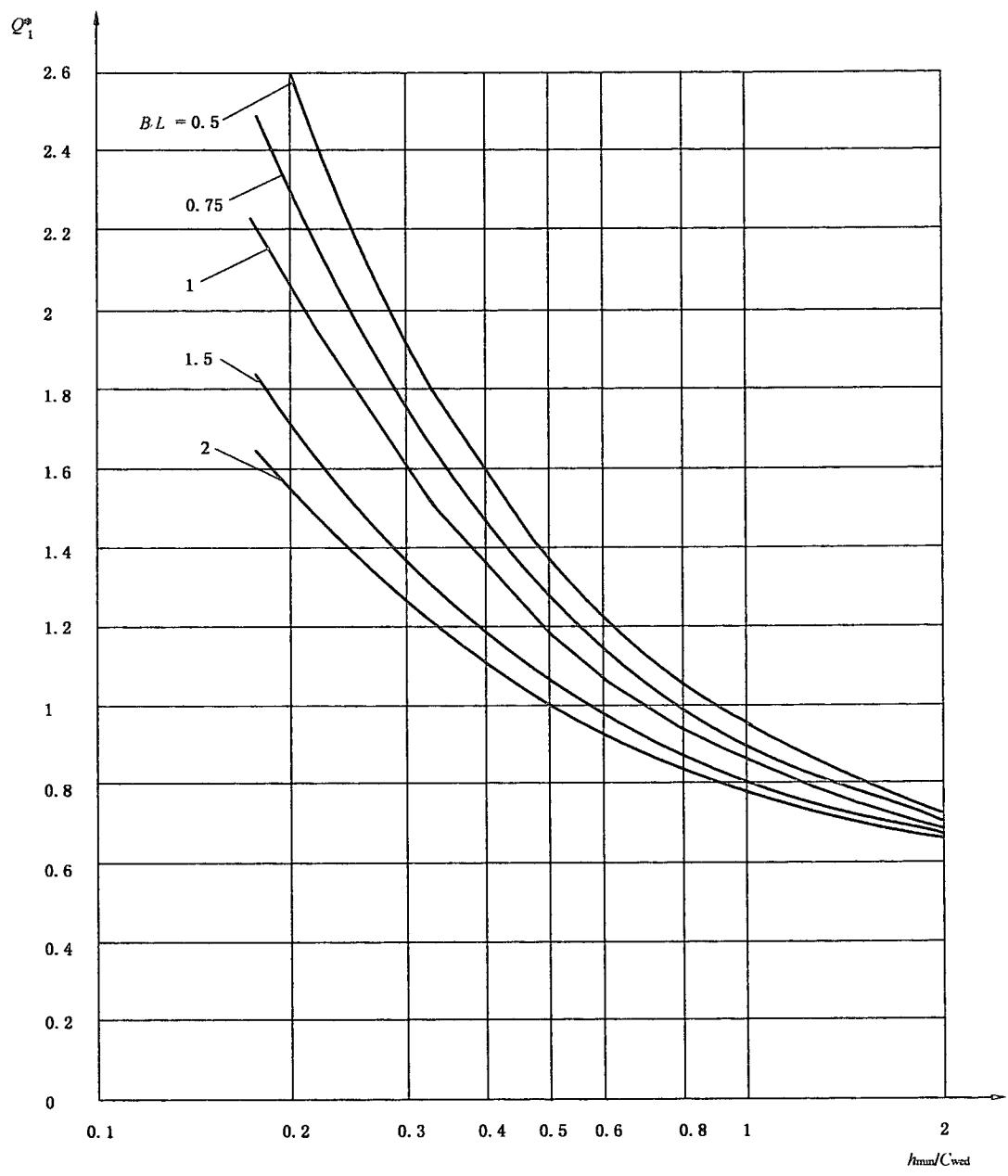


图 3 相对润滑油流量 Q_1^* 与相对轴承宽度 B/L 和最小相对润滑油膜厚度 h_{min}/C_{wed} 的函数关系曲线

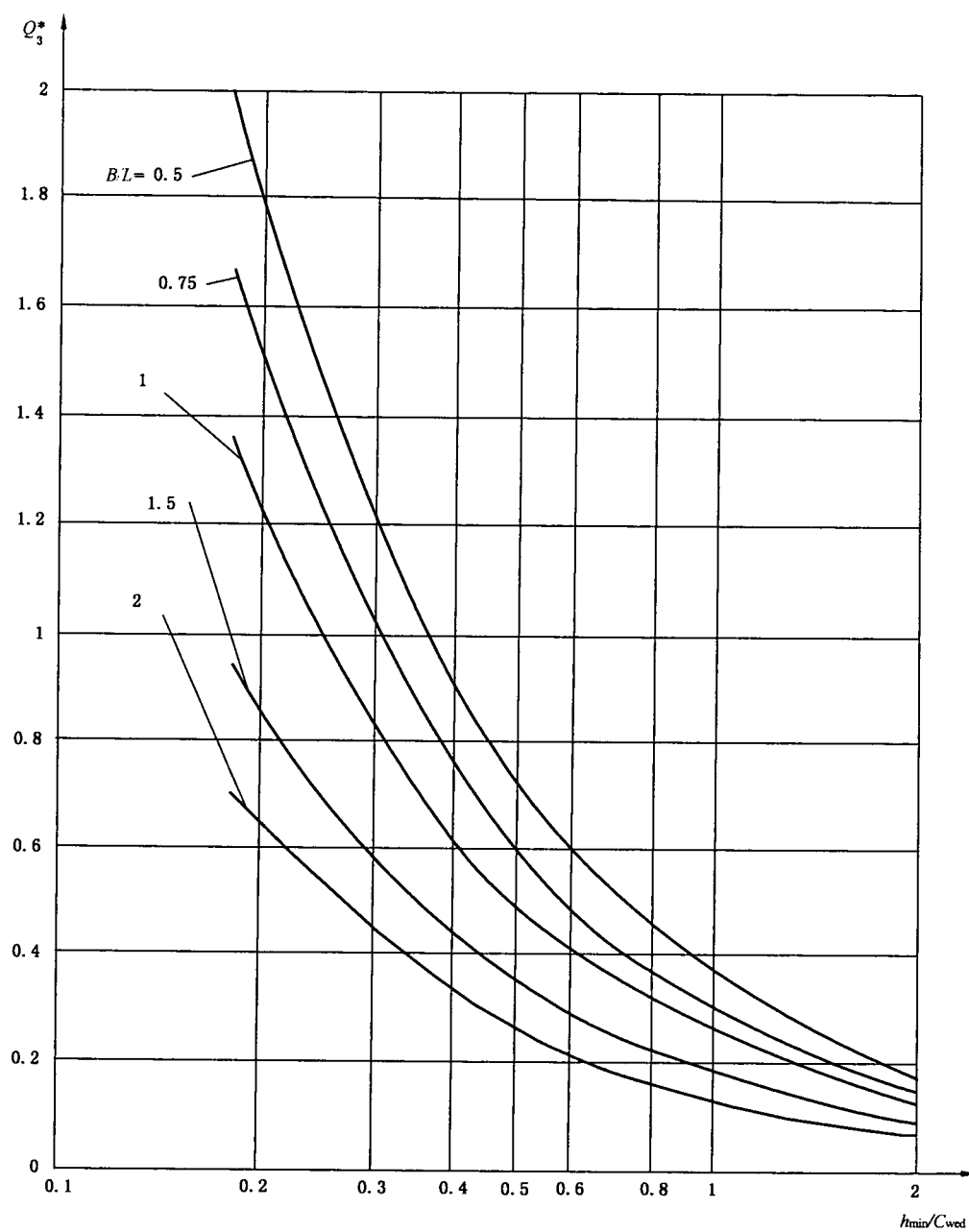


图 4 相对润滑油流量 Q_3^* 与相对轴承宽度 B/L 和相对最小润滑油膜厚度 h_{\min}/C_{wed} 的函数关系曲线

图 3、图 4 中的值分别见表 3 和表 4。

表3 图3中的值 $[Q_1^* = f(B/L, h_{\min}/C_{\text{wed}})]$

h_{\min}/C_{wed}	B/L				
	2	1.5	1	0.75	0.5
2	0.643 5	0.657 1	0.678 6	0.696 0	0.715 2
1	0.765 5	0.796 0	0.847 3	0.884 3	0.927 0
0.667	0.876 0	0.925 3	1.008	1.068	1.137
0.5	0.979 5	1.049	1.165	1.249	1.345
0.333	1.173	1.283	1.470	1.607	1.761
0.25	1.362	1.510	1.769	1.960	2.174
0.2	1.544	1.731	2.063	2.311	2.588

表4 图4中的值 $[Q_3^* = f(B/L, h_{\min}/C_{\text{wed}})]$

h_{\min}/C_{wed}	B/L				
	2	1.5	1	0.75	0.5
2	0.064 75	0.086 07	0.122 3	0.147 7	0.178 1
1	0.129 4	0.172 4	0.246 2	0.297 2	0.357 6
0.667	0.194 6	0.259 5	0.370 7	0.447 9	0.539 0
0.5	0.259 8	0.347 1	0.496 4	0.600 1	0.721 4
0.333	0.390 8	0.522 8	0.750 0	0.907 7	1.091
0.25	0.522 0	0.699 3	1.006	1.219	1.463
0.2	0.653 5	0.876 0	1.263	1.531	1.838

3.5 相对压力中心坐标或可倾瓦块支点 a_F^* 与相对轴承宽度 B/L 和最小相对润滑油膜厚度 h_{\min}/C_{wed} 的函数关系

图5曲线的近似公式:

$$a_F^* = f(h_{\min}/C_{\text{wed}}, B/L)$$

$$a_F^* = 0.5 + \left[a + \frac{b}{B/L} \right] \times \tanh \left\{ \left[c + \frac{d}{B/L} \right] \times \frac{1}{h_{\min}/C_{\text{wed}}} \right\}$$

适用范围: $0.2 \leq \frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}} \leq 2$;

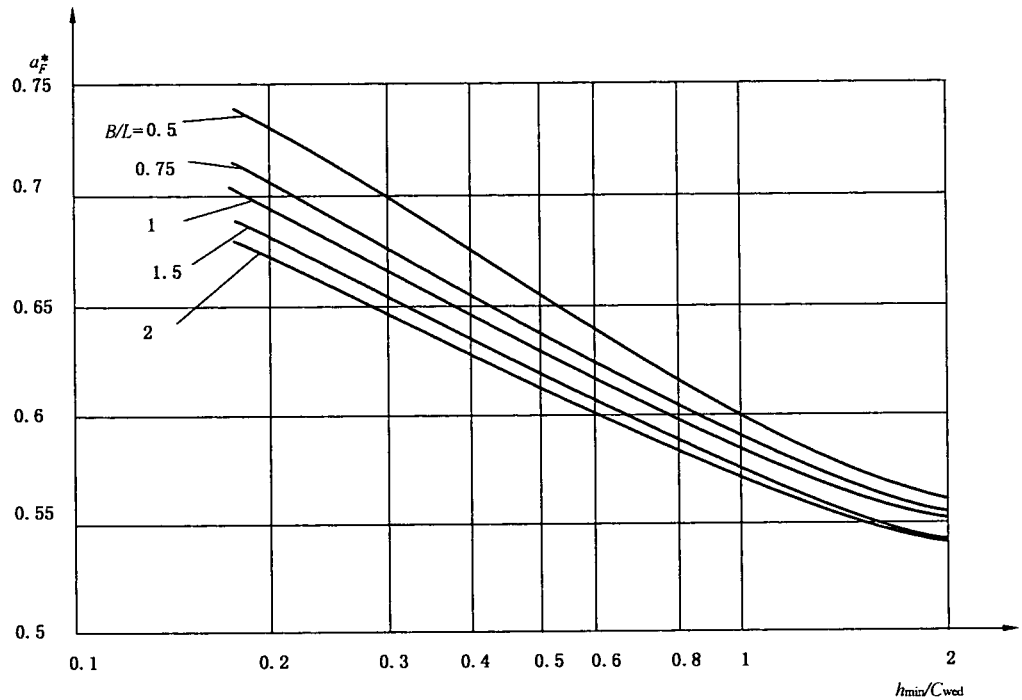
$$a = 0.138\ 107\ 909$$

$$b = 0.035\ 120\ 970\ 9$$

$$c = 0.476\ 542\ 662$$

$$d = 0.010\ 956\ 802\ 1$$

$$\frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}} = f(a_F^*, B/L), \text{ 即 } \frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}} = 2 \times \frac{c + \frac{d}{B/L}}{\ln \left[\frac{a + \frac{b}{B/L} + a_F^* - 0.5}{a + \frac{b}{B/L} - a_F^* + 0.5} \right]}$$



用于计算的许用值： $0.333 \leq \frac{h_{\min}}{C_{\text{wed}}} \leq 1$

图 5 压力中心或在运动方向(圆周方向)上的支承点 a_F^* 与
相对轴承宽度 B/L 和最小相对润滑油膜厚度 h_{\min}/C_{wed} 的函数关系曲线

图 5 中的值见表 5。

表 5 图 5 中的值 [$a_F^* = f(B/L, h_{\min}/C_{\text{wed}})$]

h_{\min}/C_{wed}	B/L				
	2	1.5	1	0.75	0.5
2	0.543 1	0.544 6	0.548 3	0.552 2	0.559 7
1	0.573 0	0.575 6	0.581 8	0.588 3	0.600 5
0.667	0.595 5	0.599 0	0.606 9	0.615 2	0.630 7
0.5	0.613 2	0.617 4	0.626 8	0.636 4	0.654 1
0.333	0.639 7	0.645 1	0.656 7	0.667 9	0.688 5
0.25	0.658 6	0.665 2	0.678 3	0.690 6	0.712 7
0.2	0.672 9	0.680 4	0.695 0	0.707 8	0.730 9

4 润滑油的等效动态黏度 η_{eff} 与等效润滑油膜温度 T_{eff} 的函数关系

通常,对于流体润滑油,Vogel 方程是适用的(见参考文献[4])。

$$\eta = K_1 \times \exp\left(\frac{K_2}{T + K_3}\right)$$

对于矿物油,根据文献[5]中 Cameron 的方法,当常量 $K_3 = 95\text{ }^\circ\text{C}$ 时,本方程具有足够的精度。
文献[6]中 Rodermund 的研究表明,矿物油的实际黏度可以由 ISO VG 直接计算得出。

当密度 ρ 单位为 kg/m^3 时,公式如下:

$$\ln \frac{\eta}{\eta_x} = \left(\frac{159.56}{T + 95} - 0.181\,913 \right) \times \ln \frac{\rho \times VG}{10^6 \times \eta_x}$$

在此方程中, $\eta_x = 0.18 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 是常数。

平均密度 $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$ 的 ISO 标准油的黏度在图 6 中给出。

公路车辆的发动机和齿轮油以国际黏度等级 SAE 为标准。

润滑油黏度的 SAE 等级不完全与 ISO VG 等级符合。SAE 的分类不精确,在需要精确计算时,应要求供应商提供黏度数据。

与纯矿物油相比,稠化油的黏温关系更加明显。

有机合成油通常即使不加添加剂,也能达到添加了添加剂的矿物油所能达到的效果。

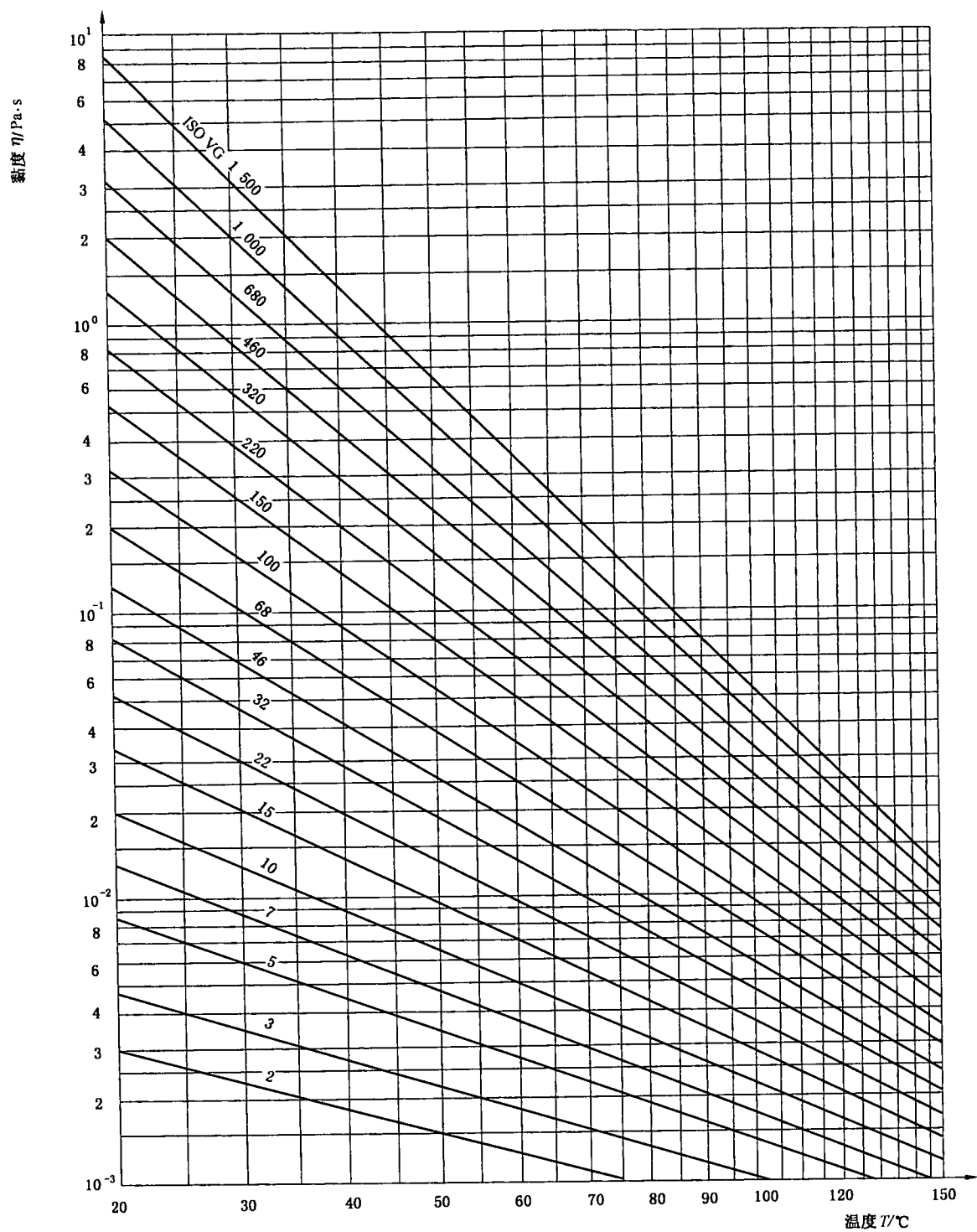


图 6 当密度 $\rho=900 \text{ kg/m}^3$ 时,等效动态黏度 η_{cr} 与等效润滑油膜温度 T_{cr} 的函数关系

参 考 文 献

- [1] Jacobsen, B. and Floberg, L. : The rectangular plane pad bearing, trans. Chalmers Univ. of Technology, Gothenburg, No. 203(1958).
 - [2] Fricke, J. : Das Axiallager mit Kippbeweglichen Kreisgleitschuhen (Thrust bearings with circular tilting pads), Düsseldorf: VDI-Verlag 1975(VDI-Forschungsheft 567).
 - [3] Gliencke, J. , Lindlof, K. and Medhioub, M: Axialgleitlager bei hohen Umlaufgeschwindigkeiten und hohen spezifischen belastungen (Plain thrust bearings at high rotational frequencies and high specific loads), Konstruktion 49(1997), pp. 39—47.
 - [4] Vogel, H. : Das Temperaturabhängigkeitsgesetz der viskosität von flüssigkeiten (The temperature dependence law for viscosity of fluids), Phys. Z. Bd. 22(1921), pp. 645—646.
 - [5] Cameron, A. , The Principles of Lubrication, Longmans Green, London 1966.
 - [6] Rodermund, H. , Berechnung Temperaturabhängigkeit der viskosität von Mineralölen aus dem Viskositätsgrad (Calculation of temperature dependence of mineral oils viscosity based on the viscosity grade), Cshmiertechnik und Tribologie 2 (1978), pp. 56—57.
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
滑动轴承 稳态条件下
流体动压可倾瓦块止推轴承
第2部分:可倾瓦块止推轴承的计算函数
GB/T 23892.2—2009/ISO 12130-2:2001

*

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.spc.net.cn

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

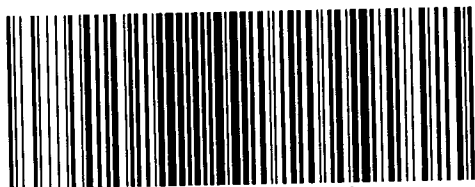
*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 24 千字
2009年8月第一版 2009年8月第一次印刷

*

书号:155066·1-38407 定价 18.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 23892.2-2009