第6卷 第3期 无锡轻工业学院学报 JOURNAL OF THE WUXI INSTITUTE OF LIGHT INDUSTRY Vol.6 1987 No.3

动压径向滑动轴承设计计算程序

翁曼庆

（机械系）

前　言

流体动压滑动轴承在机械制造业、大型电站、钢铁联合企业以及化工联合企业的机器设备中得到了广泛的应用。

在动压径向滑动轴承设计中要确定的参数较多，而这些参数的确定又需要满足多方面设计要求，需要多次试算，部分参数的确定需查用线图或表格。因此设计过程繁琐、复杂、费时。现将动压径向滑动轴承的设计计算过程编制成程序，并将设计中需要的图线改用逼近的公式计算、润滑油与材料选择等均编入程序，由计算机进行运算、比较、判断，使整个设计过程连续、自动。并由计算机指出修改参数的方向。当按计算机指示的修改方向，重新输入相应的参数后，计算机将自动进入循环继续运算，直至计算结果完全满足设计需求为止。即所编程序采用人机对话形式，并用“字符串”对所有符号的意义及采用的单位进行说明，这样不但大大加快了设计进度，保证了设计质量，操作方便，而且对不熟悉动压径向滑动轴承的设计人员也有可能应用此程序进行设计。本程序可供设计人员使用，也可供高等学校教学使用。

一、设计思路

已知：径向载荷F、轴的转速n。

要求：选定润滑剂、轴承材料、确定轴承直径D、轴承宽度L及相对间隙ψ。

1.设计准则

1）满足承载能力要求　承载能力可以无因次量索莫菲尔德数S_0来衡量，其大小可以用如下公式求得：

$$S_0=\frac{F\psi^2}{LD\eta\omega}$$

式中

S_0——索莫菲尔德数（或承载能力系数）

ψ——轴承相对间隙，$\psi=\Delta R/R$

ΔR——径向间隙，$\Delta R=R/\psi$

R——轴颈半径

η——润滑剂的动力粘度，其大小决定于所用润滑剂种类及工作温度

ω——轴的角速度，$\omega=2\pi n/60$

本文1986年12月1日收到。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

S_0 及轴承宽径比 L/D 确定了轴颈中心偏心率 ε。其它参数一定时，ε 越大，S_0 则越大，承载能力越高。

2）满足最小油膜厚度要求　最小油膜厚度 h_{min} 与偏心率 ε 有关，其它参数不变时，ε 越大，则 h_{min} 越小，但要保证轴瓦与轴颈的摩擦表面为油膜完全隔开。则最小油膜厚度不能太小，其极限值取决于轴颈和轴瓦的表面不平度

$$h_{min}=R\psi(1-\varepsilon)$$

必须保证 $h_{min}\geqslant[h_{min}]$

$$[h_{min}]=K(R_{a1}+R_{a2})$$

式中

$[h_{min}]$——许用最小油膜厚度

ε——轴颈中心偏心率，$\varepsilon=e/\Delta R$

e——轴颈偏心距

K——安全系数

R_{a1}、R_{a2}——轴颈、轴瓦表面不平度算术平均偏差值

3）满足热平衡要求　要求单位时间内轴承摩擦产生的热量与发散热量平衡，以防止过高的温升

$$\Delta\bar{t}=t_0-t_{in}$$

$$=\frac{(f/\psi)\cdot P\cdot 10^6}{C_p\cdot\rho\left(\frac{Q}{\psi VLD}\right)+\frac{\pi\alpha_s}{\psi\cdot V}}$$

$$t_m=t_{in}+\left(\frac{1}{2}\sim\frac{2}{3}\right)\Delta\bar{t}$$

$$t_m\geqslant 75℃$$

$$t_{in}=35\sim40℃$$

式中

$\Delta\bar{t}$——润滑油温升

t_0——润滑油出口温度

t_{in}——润滑油入口温度

f/ψ——无因次摩擦系数，由 ε 及 L/D 确定

Q——润滑油流量，$Q=Q_sR^3\psi\omega$

Q_s——无因次油流量系数，由 ε 及 L/D 确定

P——平均压力，$P=\frac{F}{D\cdot L}$

C_p——润滑油比热

ρ——润滑油密度

α_s——轴承散热系数

V——轴的圆周速度，$V=\pi Dn/60$

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

4）使所选用的轴瓦材料的许用平均压力及许用 PV 值$[PV]$满足以下要求：

$$P \leqslant [P]$$

$$PV \leqslant [PV]$$

2．设计步骤

1）选择轴承材料，确定轴承直径D、轴承宽度L，验算平均压力P及PV值

2）选用润滑油，试选平均温度t_m，用以下基本公式计算润滑油在温度为t_m℃时的动力粘度η

$$\eta = \eta_0 e^{-\beta t}$$

式中

η——温度为t℃时的动力粘度

η_0——温度为0℃时的动力粘度

e——自然对数的底

β——常数，随润滑油种类而异

t——工作温度

程序中η_{50}、η_{80}数组为通过动力粘度试验测得的供选用的各种润滑油在50℃及80℃时的动力粘度，由所选用油的η_{50}及η_{80}可算得相应的β、η_0及η值：

$$\beta = \frac{L_n(\eta_{50}/\eta_{80})}{80-50}$$

$$\eta_0 = \eta_{50} \cdot e^{\beta \cdot 50}$$

$$\eta = \eta_0 \cdot e^{-\beta \cdot tm}$$

3）选定轴承相对间隙ψ，计算索莫菲尔德数S_0（符号说明同前）

$$S_0 = \frac{F\psi^2}{LD\eta\omega}$$

4）计算偏心率ε，验算最小油膜厚度h_{min}是否符合设计要求（验算公式同前）

用 Butenschön 方程可根据ε及L/D算得相应的S_0值。ε的计算过程如下：

先假设偏心率ε_1及ε_2，使相应的索莫菲尔德数S_{01}及S_{02}和S_0较为接近，然后用截弦法逐次迭代求ε，直至相应的索莫菲尔德数S_{00}和S_0的相对误差小于0.001为止。

Butenshön方程：

$$S_0 = \left(\frac{L}{D}\right)^2 \frac{\varepsilon}{2(1-\varepsilon^2)^2} \sqrt{\pi^2(1-\varepsilon^2)+16\varepsilon^2}\, \frac{a_1(\varepsilon-1)}{a_2+\varepsilon}$$

式中

$$a_1 = 1.1642 - 1.945L/D + 7.1161(L/D)^2 - 10.1073(L/D)^3 + 5.0141(L/D)^4$$

$$a_2 = -1.000026 - 0.023634L/D - 0.4215(L/D)^2 - 0.038817(L/D)^3 - 0.090551(L/D)^4$$

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

迭代公式：

$$\varepsilon = \varepsilon_2 - (S_{02} - S_0)(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)/(S_{02} - S_{01})$$

每次迭代所得的 ε 及 S_{00} 作为下一次迭代时的 ε_1 及 S_{01}。

收敛判据：

$$\left|\frac{S_0 - S_{00}}{S_0}\right| < 0.001$$

计算最小油膜厚度 h_{min} 及许用最小油膜厚度$[h_{min}]$，检验是否满足 $h_{min} \geqslant [h_{min}]$ 的要求，若不满足，则改变润滑油种类、轴承直径D、轴承宽度L或轴承相对间隙ψ，重新计算，直至满足要求为止。

5) 用 Butenschön 方程根据 ε 及 L/D 计算偏位角 θ、无因次摩擦系数 f/ψ 及无因次油流量系数 Q_s。

Butenschön 方程：

$$\theta = arc\,\mathrm{tg}\left(\frac{\pi\sqrt{1-\varepsilon^2}}{2\cdot\varepsilon}\right)\sum_{i=1}^{5} a_i \cdot \varepsilon^{i-1}$$

式中

$$a_1 = 1.152624 - 0.104565\ L/D$$

$$a_2 = -2.5905 + 0.798745\ L/D$$

$$a_3 = 8.73393 - 2.3291\ L/D$$

$$a_4 = -13.3414 + 3.424337\ L/D$$

$$a_5 = 6.6294 - 1.591723\ L/D$$

$$\frac{f}{\psi} = \frac{\pi}{S_0\sqrt{1-\varepsilon^2}} + \frac{\varepsilon}{2}\sin\theta$$

$$Q_s = 2[L/D - 0.223(L/D)^3]\varepsilon$$

6)计算温升 Δt、入口温度 t_{in}，验算热平衡

$$\Delta t = t_0 - t_{in}$$

$$= \frac{\left(\frac{f}{\psi}\right)\cdot p\cdot 10^6}{C_p\cdot\rho\left(\frac{Q}{\psi VLD}\right) + \frac{\pi\alpha_s}{\psi V}}$$

$$t_{in} = t_m - (\tfrac{1}{2}\sim\tfrac{2}{3})\Delta t$$

$$t_m \leqslant 75℃$$

若 $t_{in} > 40℃$ 或 $< 35℃$ 则改变 t_m、润滑油种类、轴承直径D、轴承宽度L或轴承相对间隙ψ，重新计算，直至 $35℃ < t_{in} < 40℃$ 为止。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

注：

①计算索莫菲尔德数 S_0、偏位角 θ、无因次摩擦系数 f/ψ 及无因次油流量系数 Q_s 时所用的 Butenschon 公式，是用方程分别和 $S_0-\varepsilon$ 曲线、$\theta-\varepsilon$ 曲线、$f/\psi-\varepsilon$ 曲线和 $Q_s-\varepsilon$ 曲线逼近而得

②本程序中供选用的润滑油种类不多，今后应补充其它润滑油的粘度试验数据，扩大选用范围

二、适 用 范 围

1) 360° 圆柱孔轴承

2) $0.125 \leqslant L/D \leqslant 1$

3) $0 \leqslant \varepsilon \leqslant 0.999$

4) 可选用以下牌号的机油进行润滑：150 号机油、200 号机油、300 号机油和 400 号机油

三、变量标识符说明

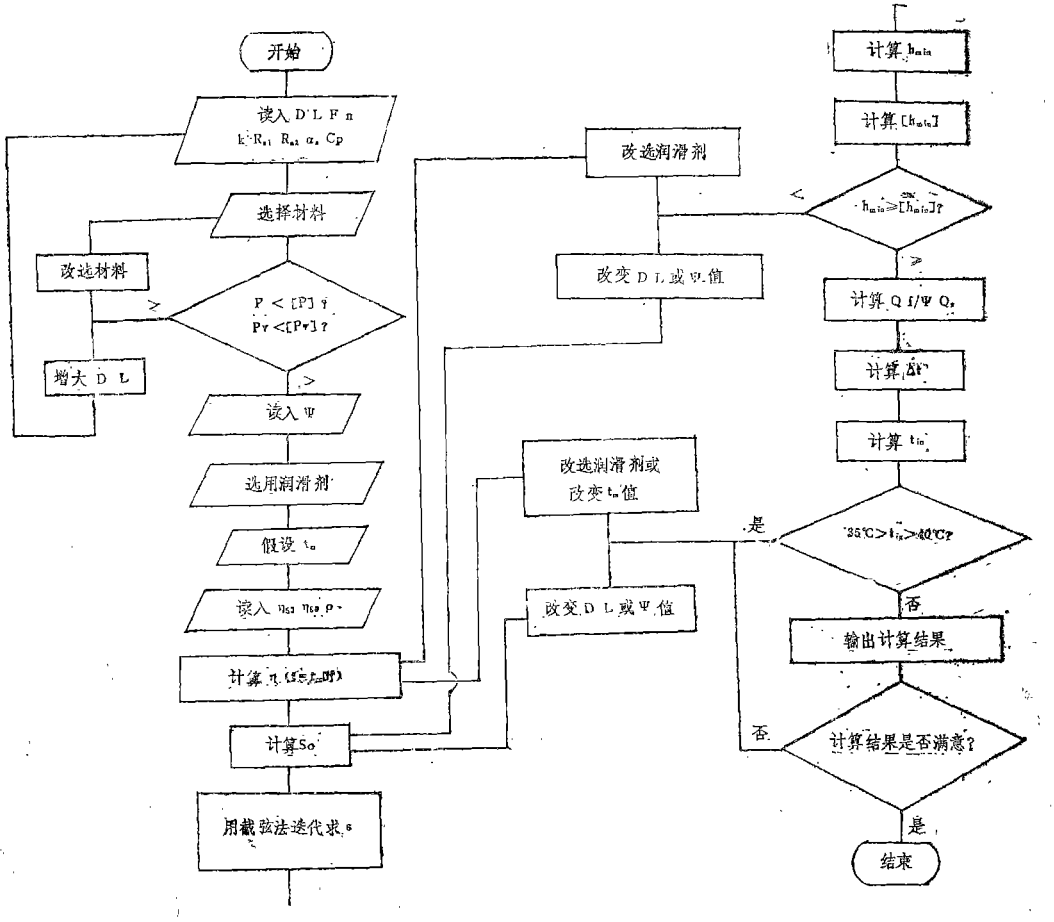
序 号	名 称	代 号	标识符	单 位
1	轴承直径	D	D	mm
2	轴承宽度	L	L	mm
3	径向载荷	F	F	N
4	轴的转速	n	N	r/min
5	轴的相对间隙	ψ	$FPHI$	
6	平均压力	p	P	N/mm^2
7	轴承 pv 值	pv	PV	$N/mm^2 \cdot m/S$
8	许用平均压力	$[p]$	PO	N/mm^2
9	许用 pv 值	$[pv]$	PVO	$N/mm^2 \cdot m/S$
10	平均温度	t_m	TM	℃
11	安全系数	k	K	
12	轴颈表面不平度算术平均偏差值	R_{a1}	$R1$	μm
13	轴瓦表面不平度算术平均偏差值	R_{a2}	$R2$	μm
14	润滑剂动力粘度	η	ETA	pa·S
15	轴的角速度	ω	$OMEGA$	S^{-1}
16	索莫菲尔德数	S_0	SO	
17	轴颈中心偏心率	ε	E	
18	最小油膜厚度	h_{min}	HO	μm
19	许用最小油膜厚度	$[h_{imn}]$	HOO	μm
20	偏位角	θ	$SITA$	o
21	无因次摩擦系数	f/ψ	$F1$	

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

（续上表）

序　号	名　　称	代　　号	标 识 符	单　　位
22	无因次油流量系数	Q_s	*Q*	
23	温升	ΔT	*DT*	℃
24	润滑油比热	C_p	*CP*	J/kg·℃
25	轴承散热系数	α_s	*ALFA*	J/m²·S·℃
26	润滑油密度	ρ	*LO*	kg/m³
27	轴的线速度	*v*	*V*	m/S
28	入口温度	t_{in}	*TIN*	℃

四、程序框图



?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

参 考 文 献

[1] 许镇宇编，《机械零件》，人民教育出版社，1982
[2] 东北工学院机械零件设计手册编写组编，《机械零件设计手册》(第二版)，冶金工业出版社，1980
[3] 国家标准计量局，中华人民共和国国家标准《石油和石油产品试验方法》，技术标准出版社，1979
[4] 毛谦德编，《流体动压润滑理论》，北京工业学院，1983
[5] Butenschön Das hydrodynamische, Zylindrische Gleitlager endlicher Breite unter instationärer Belastung, 1976

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

87025

发酵厂热力系统改造的探讨《无锡轻工业学院学报》1987年，第6卷，第3期

主题词 能量效率；热电联产

摘 要 为节约能源，降低成本，本文对发酵厂现行的热力系统的改造，从理论和实践两个方面进行了探讨。

作者：韩继先

87026

电饭锅参数的计算机辅助测试(CAT)《无锡轻工业学院学报》1987年，第6卷，第3期

主题词 计算机辅助测试；电饭锅；传感器；接口；软件

摘 要 本文介绍电饭锅参数的计算机辅助测试(CAT)技术，包括测试各种参数用的传感器，系统的接口和软件结构，并对提高测量精度进行了一些讨论，最后还介绍了保证整个系统可靠运行的抗干扰措施，这是第一条国内试制成功的电饭锅微机控制自动检测线。本文结论完全适用于其它家用或类似用途电器参数的自动测试。

作者：范茂兴 袁洽安 陈进华等

87027

动压径向滑动轴承设计计算程序《无锡轻工业学院学报》1987年，第6卷，第3期

主题词 动压；轴承；承载能力；油膜；油膜厚度；偏心率；相对间隙

摘 要 本文介绍人机对话式动压径向滑动轴承的设计程序。整个过程连续，自动，操作方便。

作者：翁曼庆

87028

尺寸链的列表计算法《无锡轻工业学院学报》1987年，第6卷，第3期

主题词 增环；减环；组成环；封闭环

摘 要 本文提出了一种尺寸链的列表计算法，它通用于线性尺寸链的各种计算中，由于避免了在计算中使用各种繁杂的公式，使尺寸链的计算简便了。

作者：潘荣良

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

87027

THE DESIGN PROGRAM of DEYNAMIC PRESSURE RADIAL SLIDING BEARING《Journal of the Wuxi Institute of Light Industry》Vol.6, No.3, 1987

SUBJECTWORDS Dynamic pressure; Dynamic pressure radial bearing; Bearing capacity; Oil film/Oil film thickness; Eccentricity; Relative clearance

ABSTRACT Presents a new dessign program of dynamic pressure radial sliding bearing in person-computer dialogue. The advantage of this program is successive, automatic and easy to operate.

Author: Weng Manqing

87028

A TABULAR COMPUTATIONS of DIMDNSIONAL CHAINS《Journal of the Wuxi Institute of Light Industry》Vol.6, No.3, 1987

SUBJECTWORDS Incremental link; Decremental link; Constitutive link; Enclosing link

ABSTRACT Presents a tabular calculating method to solve dimensional chains. It is universally applicable to all linear dimensional chains. Owiing to avoiding using complicated formulas, the dimensional chain calculation becomes easy and simple.

Author: Pan Rongliang

87025

AN APPROACH on REFORMATION of EXISTING THERMAL ENERGY SYSTEM in FERMENTATION PLANTS《Journal of the Wuxi Institute of Light Industry》Vol.6, No.3, 1987

SUBJECTWORDS Energy efficiency; Thermo—electric joint production

ABSTRACT IN order to reduce energy consumption and improve economic efficency, reforming the existing thermal energy system is imperative. This paper discusses an approach on this subject.

Author: Han Jixian

87026

COMPUTER AIDED TEST for ELECTRIC RICE COOKER《Journal of the Wuxi Institute of Light Industry》Vol.6, No.3, 1987

SUBJECTWORDS Computer aided test; Electric rice cooker; Transducer; Interface; Software

ABSTRACT Introduces computer aided test technology for electric rice cooker, including the transducers which measure parameters, system interface and software configuration, the improvement of measurement accuracy, and the anti-interference methods for improving whole system operation reliability. It is China's first automatic test assembly line for electric rice cooker, which is microcomputer-controlled. This paper's conclusion is also suitable for automatic test for household and similar electric appliances.

Author: Fan Maoxing Yuan Qiaan Chen Jinhua et al

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net