



中华人民共和国国家标准

GB/T 17587.5—2008

滚珠丝杠副 第5部分： 轴向额定静载荷和动载荷及使用寿命

Ball screws—Part 5: Static and dynamic load ratings and operational life

(ISO 3408-5:2006, MOD)

2008-06-03 发布

2009-01-01 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

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和下标	1
4.1 符号	1
4.2 下标	2
5 轴向额定载荷	3
5.1 轴向额定静载荷 C_{0a}	3
5.2 轴向额定动载荷 C_a	3
6 修正的轴向额定载荷	4
6.1 修正的轴向额定静载荷 C_{0am}	4
6.2 修正的轴向额定动载荷 C_{am}	4
7 寿命	5
7.1 当量转速 n_m 和当量轴向载荷 F_m	5
7.2 额定寿命 L 或 L_h	9
7.3 修正的寿命 L_m 或 L_{hm}	9

前 言

GB/T 17587《滚珠丝杠副》分为 5 个部分：

- 第 1 部分：术语和符号；
- 第 2 部分：公称直径和公称导程 公制系列；
- 第 3 部分：验收条件和验收检验；
- 第 4 部分：轴向静刚度；
- 第 5 部分：轴向额定静载荷和动载荷及使用寿命。

本部分为 GB/T 17587 的第 5 部分。修改采用 ISO 3408-5:2006《滚珠丝杠副 第 5 部分 轴向额定静载荷和动载荷及使用寿命》(英文版)。

本部分与 ISO 3408-5:2006 相比主要变化如下：

- 考虑到 GB/T 17587.3—1998《滚珠丝杠副 第 3 部分：验收条件与验收检验》标准中滚珠丝杠副的标准公差等级有 2 级、4 级无 0 级的情况，在本部分的 6.1.3 的表 1 中，标准公差等级 0,1,3 和 5 改为 1 至 5。
 - 修改处在相应条款的页边处用竖线标识。
- 为便于使用，本部分还作了下列编辑性修改：
- 删除了国际标准前言；
 - 将 ISO 3408-5:2006 标准中“本国际标准”一词改为“本部分”；
 - 用小数点符号“.”代替作为小数点的逗号“,”；
 - “在数学公式中用“ $\times$ ”代替数字与数字相乘的“ $\cdot$ ”。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国金属切削机床标准化技术委员会(SAC/TC 22)归口。

本部分负责起草单位：山东济宁博特精密丝杠有限公司。

本部分参加起草单位：南京工艺装备制造有限公司、汉江机床有限公司。

本部分主要起草人：张瑞、季红丽、朱继生、刘宪银、汪爱清、黄育全、严笃政、李文华。

本部分为首次发布。

滚珠丝杠副 第 5 部分： 轴向额定静载荷和动载荷及使用寿命

1 范围

GB/T 17587 的本部分规定了滚珠丝杠副的轴向额定静载荷和动载荷及寿命的计算方法,其计算结果可作为设计和选用滚珠丝杠副的依据。

本部分在以下前提条件下适用:

- 滚珠和滚道为弹性变形;
- 滚道硬度大于 58HRC;
- f_{rs} 和 f_{rn} 大于 0.5;
- 滚珠丝杠副所用钢材为轴承钢或其他类似的合金钢;
- 采用适当的润滑。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 17587 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 17587.1 滚珠丝杠副 第 1 部分:术语和符号(GB/T 17587.1—1998,eqv ISO 3408-1:1992)

3 术语和定义

GB/T 17587.1 中规定的术语和定义适用于本部分。

4 符号和下标

4.1 符号

符号	说明	单位
α	接触角	度(°)
γ	结构系数	—
φ	导程角	度(°)
$\rho_{11}, \rho_{12}, \rho_{21}, \rho_{22}$	曲率半径倒数	mm^{-1}
Δl	滚珠与滚道的轴向变形	μm
C_a	轴向额定动载荷	N
C_{am}	修正的轴向额定动载荷	N
C_i	滚珠丝杠副单圈上的轴向额定动载荷	N
C_n	滚珠螺母单圈上的轴向额定动载荷	N
C_s	滚珠丝杠单圈上的轴向额定动载荷	N
C_{0a}	轴向额定静载荷	N
C_{0am}	修正的轴向额定静载荷	N

符号	说明	单位
D_{pw}	节圆直径	mm
D_w	滚珠直径	mm
f_{ac}	精度系数	—
f_{ar}	可靠性系数	—
f_c	几何系数	—
f_h	轴向额定动载荷的表面硬度修正系数	—
f_{h0}	轴向额定静载荷的表面硬度修正系数	—
f_m	材料冶炼方法系数	—
f_{op}	运行预载系数	—
f_{rn}	滚珠螺母体滚道的适应度	—
f_{rs}	滚珠丝杠滚道的适应度	—
f_1, f_2, f_3	几何形状系数	—
F	轴向载荷	N
F_a	实际轴向载荷	N
F_{lim}	使滚珠和滚道间预变形消失时的极限轴向载荷	N
F_m	当量轴向载荷	N
F_{ma}	实际当量轴向载荷	N
F_{pr}	预加轴向载荷	N
i	承载滚珠的圈数	—
k_0	轴向额定静载荷的特性系数	—
L	额定寿命	转
L_{ar}	含可靠性系数的寿命	转
L_h	额定寿命	h
L_{har}	含可靠性系数的寿命	h
L_{hm}	修正的寿命	h
L_{hmar}	含可靠性系数的修正的寿命	h
L_m	修正的寿命	转
L_{mar}	含可靠性系数的修正的寿命	转
L_{mr}	修正的最终寿命	转
L_r	最终寿命	转
n	转速	min^{-1}
n_m	当量转速	min^{-1}
P_h	导程	mm
q	时间百分率	%
r_n	滚珠螺母体的滚道半径	mm
r_s	滚珠丝杠的滚道半径	mm
z_l	每一滚珠圈中有效承载滚珠数	—
z_u	每一滚珠圈中不承载的滚珠数	—

4.2 下标

符号	说明
j	载荷数目
1	载荷方向 1

符号	说明
2	载荷方向 2
(1)	预紧滚珠螺母 1
(2)	预紧滚珠螺母 2

5 轴向额定载荷

5.1 轴向额定静载荷 C_{0a}

轴向额定静载荷的计算公式如下:

$$C_{0a} = k_0 \cdot z_1 \cdot i \cdot \sin \alpha \cdot D_w^2 \cdot \cos \varphi \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$z_1 = \left(\frac{D_{pw} \cdot \pi}{\cos \varphi \cdot D_w} - z_u \right) (\text{取整}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\varphi = \arctan \left(\frac{P_h}{\pi \cdot D_{pw}} \right) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$k_0 = \frac{27.74}{D_w \cdot \sqrt{(\rho_{11} + \rho_{12}) \cdot (\rho_{21} + \rho_{22})}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\rho_{11} = \rho_{21} = \frac{2}{D_w} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\rho_{12} = \frac{-1}{f_{rs} \cdot D_w} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\rho_{22} = \frac{\cos \alpha}{\frac{D_{pw}}{2} - \cos \alpha \cdot \frac{D_w}{2}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

注: 轴向额定静载荷 C_{0a} 是使滚珠与滚道区承受最大接触应力处产生不大于 $0.0001 \times D_w$ 滚珠直径的永久变形量的情况下, 所允许的最大静载荷。

5.2 轴向额定动载荷 C_a

在载荷配置最佳情况下(滚珠丝杠承受的载荷方向平行于螺母承受的载荷方向), 轴向额定动载荷可由下式得到:

$$C_a = C_i \cdot i^{0.86} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中

$$C_i = C_s \cdot \left[1 + \left(\frac{C_s}{C_n} \right)^{10/3} \right]^{-0.3} \quad \dots\dots\dots (9)$$

其中

$$C_s = f_c \cdot (\cos \alpha)^{0.86} \cdot z_1^{2/3} \cdot D_w^{1.8} \cdot \tan \alpha \cdot (\cos \varphi)^{1.3} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$f_c = 9.32 \times f_1 \cdot f_2 \cdot \left[\frac{1}{1 - \frac{1}{2 \times f_{rs}}} \right]^{0.41} \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$f_1 = 10 \times \left(1 - \frac{\sin \alpha}{3} \right) \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$f_2 = \frac{\gamma^{0.3} \cdot (1 - \gamma)^{1.39}}{(1 + \gamma)^{1/3}} \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$\gamma = \frac{D_w}{D_{pw}} \cdot \cos \alpha \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$\frac{C_s}{C_n} = f_3 \cdot \left[\frac{2 - \frac{1}{f_m}}{2 - \frac{1}{f_{rs}}} \right]^{0.41} \dots\dots\dots (15)$$

$$f_m = \frac{r_n}{D_w} \dots\dots\dots (16)$$

$$f_{rs} = \frac{r_s}{D_w} \dots\dots\dots (17)$$

$$f_3 = \left(\frac{1 - \gamma}{1 + \gamma} \right)^{1.723} \dots\dots\dots (18)$$

z_1 见等式(2)。

6 修正的轴向额定载荷

6.1 修正的轴向额定静载荷 C_{0am}

6.1.1 通用公式

$$C_{0am} = C_{0a} \cdot f_{h0} \cdot f_{ac} \dots\dots\dots (19)$$

6.1.2 轴向额定静载荷的表面硬度修正系数 f_{h0}

表面硬度的偏差应用下式进行修正

$$f_{h0} = \left(\frac{\text{实际硬度值 HV10}}{654\text{HV10}} \right)^3 \leq 1 \dots\dots\dots (20)$$

注： f_{h0} 仅适用于轴承钢或其他类似的合金钢。

6.1.3 精度系数 f_{ac} (见表 1)

表 1 精度系数 f_{ac} (参考数据)

精度等级	1~5	7	10
f_{ac}	1	0.9	0.7

6.2 修正的轴向额定动载荷 C_{am}

6.2.1 通用公式

$$C_{am} = C_a \cdot f_h \cdot f_{ac} \cdot f_m \dots\dots\dots (21)$$

6.2.2 轴向额定动载荷的表面硬度修正系数 f_h

$$f_h = \left(\frac{\text{实际硬度值 HV10}}{654\text{HV10}} \right)^2 \leq 1 \dots\dots\dots (22)$$

注： f_h 仅适用于轴承钢或其他类似的合金钢。

6.2.3 精度系数 f_{ac}

轴向额定动载荷的精度系数与轴向额定静载荷的精度系数相同,见表 1。

6.2.4 材料冶炼方法系数 f_m (见表 2)

如果采用其他气体冶炼的钢,滚珠丝杠副的供应商应在数据表中注明钢的冶炼方法。

表 2 材料冶炼方法系数 f_m

轴承钢	f_m
空气熔炼	1.0
真空脱气	1.25
电渣重熔	1.44
真空再熔	1.71

7 寿命

7.1 当量转速 n_m 和当量轴向载荷 F_m

7.1.1 概述

如果转速和轴向载荷是变化的,寿命计算中应采用当量转速 n_m 和当量轴向载荷 F_m :

——转速变化时的当量转速 n_m (见图 1):

$$n_m = \sum_{j=1}^n \frac{q_j}{100} \cdot n_j \quad \dots\dots\dots (23)$$

——轴向载荷和转速都变化时的当量轴向载荷 F_m (见图 2):

$$F_m = \sqrt[3]{\sum_{j=1}^n F_j^3 \cdot \frac{n_j}{n_m} \cdot \frac{q_j}{100}} \quad \dots\dots\dots (24)$$

——轴向载荷变化而转速一定时当量轴向载荷 F_m (见图 2):

$$F_m = \sqrt[3]{\sum_{j=1}^n F_j^3 \cdot \frac{q_j}{100}} \quad \dots\dots\dots (25)$$

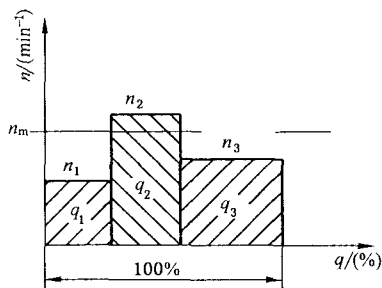


图 1 当量转速 n_m

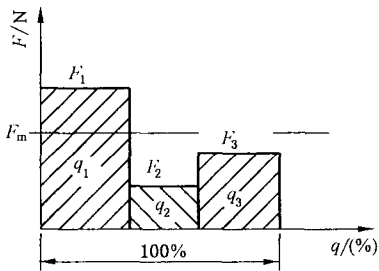
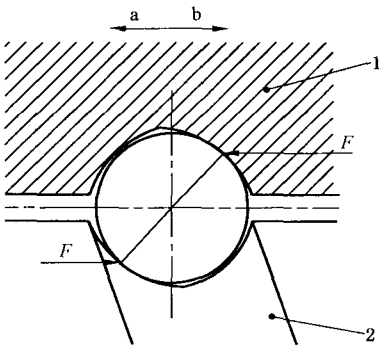


图 2 当量轴向载荷 F_m

7.1.2 滚珠丝杠和滚珠螺母之间存在间隙的滚珠丝杠副

7.1.2.1 施加单向外加轴向载荷 (见图 3)



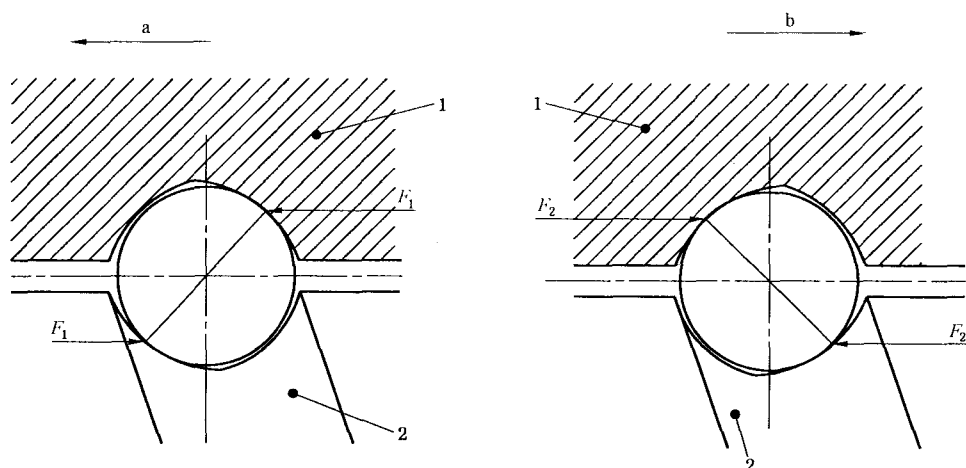
- 1——滚珠螺母;
- 2——滚珠丝杠;
- a——向前;
- b——向后。

图 3 单向轴向载荷

当量轴向载荷的计算:

- 当转速变化时,用式(23)和式(24);
- 当转速一定时,用式(25)。

7.1.2.2 施加双向外加轴向载荷(见图 4)



1——滚珠螺母;

2——滚珠丝杠;

a——向前;

b——向后。

图 4 双向轴向载荷

当量轴向载荷的计算:

——当转速变化时[见图 5a)],由式(23)得:

$$F_{m1,2} = \sqrt[3]{\sum_{j=1}^n F_{1,2j}^3 \cdot \frac{n_j}{n_m} \cdot \frac{q_j}{100}} \quad \dots\dots\dots (26)$$

——当转速一定时[见图 5b)]

$$F_{m1,2} = \sqrt[3]{\sum_{j=1}^n F_{1,2j}^3 \cdot \frac{q_j}{100}} \quad \dots\dots\dots (27)$$

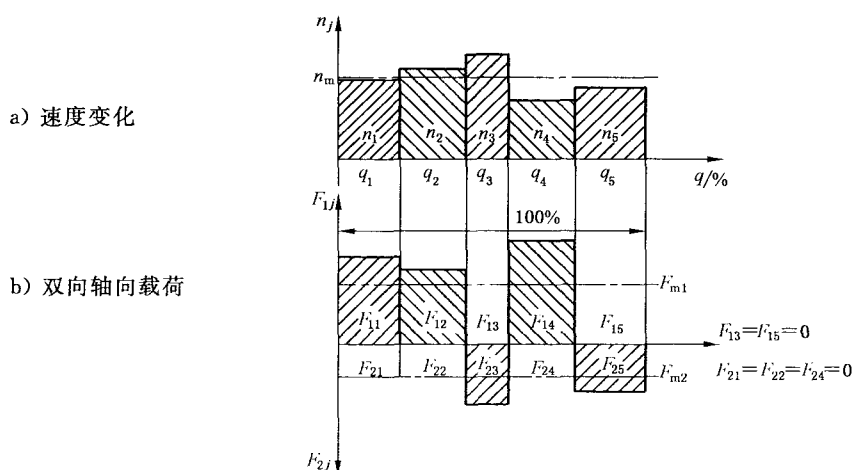


图 5 当量轴向载荷的计算

7.1.3 在滚珠螺母与滚珠丝杠之间施加预加载荷的滚珠丝杠副(见图 6)

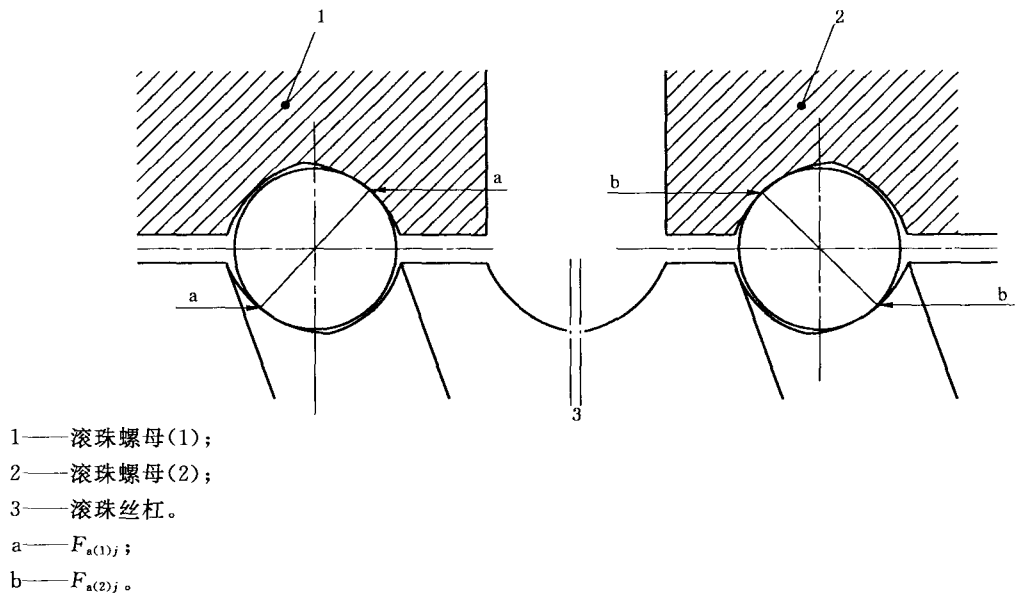


图 6 预载滚珠丝杠副

当外加轴向载荷作用在预载滚珠丝杠副上时,一个滚珠螺母受力就增加,另一个滚珠螺母受力减少(见图 7)。

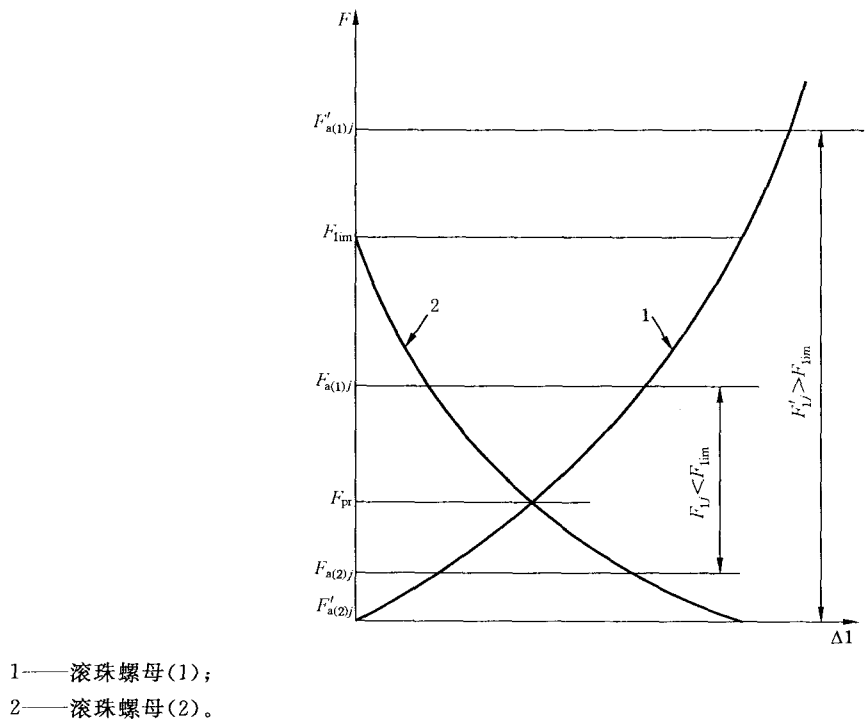


图 7 预载示图

$$F_{lim} = 2^{3/2} \times F_{pr} \dots\dots\dots (28)$$

由于外加轴向载荷[见图 8b)]的作用,预载滚珠螺母(1)或(2)分别受到不同的附加力。它们承受的实际轴向载荷为:

——如果外力 F_{1j} 或 $F_{2j} \leq F_{lim}$, 则下式适用:

$$F_{a(1),(2)j} = f_{op} \cdot F_{pr} \cdot \left(1 + \frac{F_{1,2j}}{2^{3/2} \cdot f_{op} \cdot F_{pr}}\right)^{3/2} \quad f_{op} = 0.6(\text{参考值}) \dots\dots\dots (29)$$

注: 实际上由于滚珠丝杠副的预载会在使用过程中减少,将平均运行预载值设为初始预载值的 60%。

$$F_{a(2),(1)j} = F_{a(1),(2)j} - F_{1,2j} \quad \dots\dots\dots (30)$$

——如果外力 F_{1j} 或 $F_{2j} > F_{\text{lim}}$, 则下式适用:

$$F_{a(1)j} = F_{1j} \text{ 或 } F_{a(2)j} = F_{2j} \quad \dots\dots\dots (31)$$

且

$$F_{a(2)j} \text{ 或 } F_{a(1)j} = 0 \quad \dots\dots\dots (32)$$

计算时:

a) 当转速是变化的[见图 8a)]:

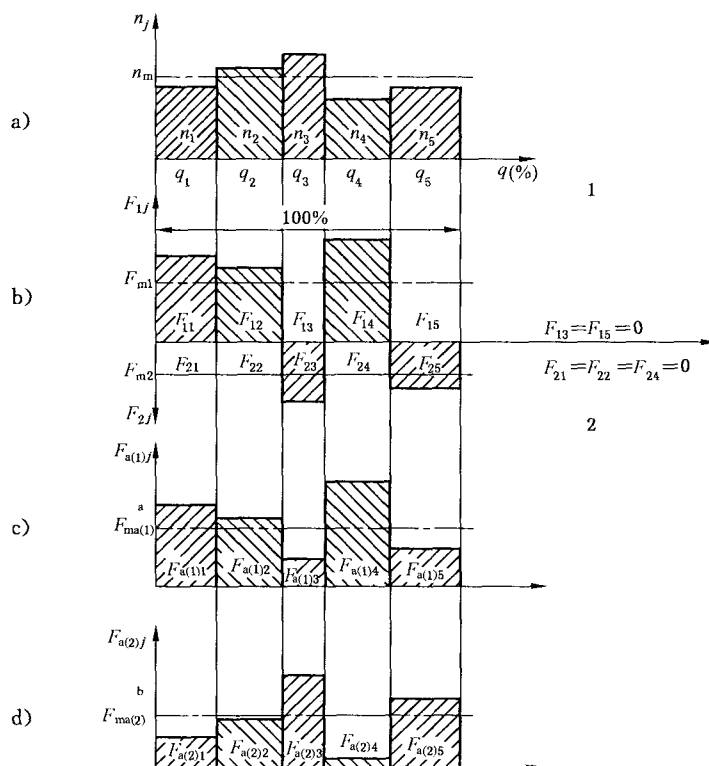
——当量转速计算用公式(23);

——实际当量轴向载荷[见图 8c)和 d)]

$$F_{ma(1),(2)} = \sqrt[3]{\sum_{j=1}^n F_{a(1),(2)j}^3 \cdot \frac{n_j}{n_m} \cdot \frac{q_j}{100}} \quad \dots\dots\dots (33)$$

b) 当转速是不变的:

$$F_{ma(1),(2)} = \sqrt[3]{\sum_{j=1}^n F_{a(1),(2)j}^3 \cdot \frac{q_j}{100}} \quad \dots\dots\dots (34)$$



a) 转速变化图; b)~d) 轴向载荷变化图。

1——载荷方向 1 时载荷螺母(1);

2——载荷方向 2 时载荷螺母(2)。

^a 对螺母(1)由预载引起的最终载荷;

^b 对螺母(2)由预载引起的最终载荷。

图 8 实际和当量实际轴向载荷

7.2 额定寿命 L 或 L_h

7.2.1 滚珠螺母和滚珠丝杠之间存在间隙的滚珠丝杠副

7.2.1.1 施加单向轴向载荷

寿命(以转数计):

$$L = \left(\frac{C_a}{F_m} \right)^3 \times 10^6 \quad \dots\dots\dots (35.1)$$

寿命(以小时计):

$$L_h = \frac{L}{60 \times n_m} \quad \dots\dots\dots (36.1)$$

7.2.1.2 施加双向轴向载荷

寿命(以转数计):

$$L_{1,2} = \left(\frac{C_a}{F_{m1,2}} \right)^3 \times 10^6 \quad \dots\dots\dots (37.1)$$

7.2.2 滚珠螺母和滚珠丝杠之间施加预加载荷的滚珠丝杠副

寿命(以转数计):

$$L_{1,2} = \left(\frac{C_a}{F_{ma(1)(2)}} \right)^3 \times 10^6 \quad \dots\dots\dots (38.1)$$

7.2.3 最终寿命 L_r

存在间隙的双向轴向受力的滚珠丝杠副或有预加载荷的滚珠丝杠副,最终寿命计算如下:

$$L_r = (L_1^{-10/9} + L_2^{-10/9})^{-9/10} \quad \dots\dots\dots (39.1)$$

以小时计,见等式(36.1)

7.2.4 考虑可靠性系数 f_{ar} 的额定寿命 L_{ar} 或 L_{har} (见表3)额定寿命 L_{ar} (以转数计):

$$L_{ar} = L \cdot f_{ar} \quad \dots\dots\dots (40.1)$$

或

$$L_{ar} = L_r \cdot f_{ar} \quad \dots\dots\dots (41.1)$$

额定寿命 L_{har} (以小时计):

$$L_{har} = L_h \cdot f_{ar} \quad \dots\dots\dots (42.1)$$

表3 可靠性系数 f_{ar}

可靠度[%]	f_{ar}
90	1
95	0.62
96	0.53
97	0.44
98	0.33
99	0.21

注: 还需考虑的其他减少寿命的因素,如冲击负载,振动,温度,润滑,滚珠丝杠副安装校正不当等。

7.3 修正的寿命 L_m 或 L_{hm}

7.3.1 滚珠螺母和滚珠丝杠之间存在间隙的滚珠丝杠副

7.3.1.1 施加单向外加轴向载荷

修正的寿命(以转数计)

$$L_m = \left(\frac{C_{am}}{F_m} \right)^3 \times 10^6 \quad \dots\dots\dots (35.2)$$

修正的寿命(以小时计):

$$L_{hm} = \frac{L}{60 \times n_m} \dots\dots\dots (36.2)$$

7.3.1.2 施加双向外加轴向载荷

修正的寿命(以小时计):

$$L_{m1,2} = \left(\frac{C_{am}}{F_{m1,2}} \right)^3 \times 10^6 \dots\dots\dots (37.2)$$

7.3.2 滚珠螺母和滚珠丝杠之间受预载的滚珠丝杠副

修正的寿命(以小时计):

$$L_{m1,2} = \left(\frac{C_{am}}{F_{ma(1),(2)}} \right)^3 \times 10^6 \dots\dots\dots (38.2)$$

7.3.3 修正的最终寿命 L_{mr}

存在间隙的双向轴向受力的滚珠丝杠副或预载滚珠丝杠副,修正的最终寿命计算如下:

$$L_{mr} = (L_{m1}^{-10/9} + L_{m2}^{-10/9})^{-9/10} \dots\dots\dots (39.2)$$

以小时计,见等式(36.2)

7.3.4 考虑可靠性系数后的最终寿命 L_{mar} 或 L_{hmar}

考虑可靠性系数后的最终寿命 L_{mar} (以转数计)

$$L_{mar} = L_m \cdot f_{ar} \dots\dots\dots (40.2)$$

考虑可靠性系数后修正的最终寿命(以转数计)

$$L_{mar} = L_{mr} \cdot f_{ar} \dots\dots\dots (41.2)$$

考虑可靠性系数后的最终寿命 L_{hmar} (以小时计)

$$L_{hmar} = L_{hm} \cdot f_{ar} \dots\dots\dots (42.2)$$

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
滚珠丝杠副 第5部分：
轴向额定静载荷和动载荷及使用寿命
GB/T 17587.5—2008

*

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

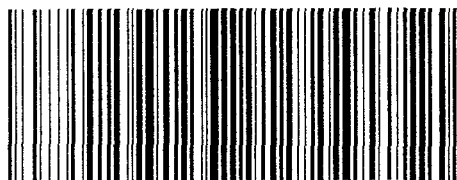
*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 24 千字
2008年9月第一版 2008年9月第一次印刷

*

书号：155066·1-32541 定价 16.00 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 17587.5-2008