

第2版

上册

齿轮手册

齿轮手册编委会 编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

● ISBN 978-7-111-01624-3

封面设计 / 电脑制作 : 姚毅

齿轮手册 上册

齿轮手册编委会 编

第2版

ISBN 978-7-111-01624-3



9 787111 016243 >

定价: 160.00 元

地址: 北京市百万庄大街22号
电话服务
社服务中心: (010)88361066
销售一部: (010)68326294
销售二部: (010)88379649
读者服务部: (010)68993821

邮政编码: 100037

网络服务

门户网: <http://www.cmpbook.com>

教材网: <http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

齿 轮 手 册

(第 2 版)

上 册

齿轮手册编委会 编



机械工业出版社

本手册是一本关于齿轮传动的综合性专业手册,是在总结国内外齿轮设计、制造技术与国内实践经验基础上编写的,内容丰富,涉及面广,具有较强的实用价值。

全书分上、下两册。上册以设计为主,共18篇,内容包括各种齿轮与齿轮减(增)速器的设计、材料与热处理,润滑,试验及测绘等。下册以制造为主,共9篇,内容包括各种齿轮的加工、装配工艺,刀具与机床、检测与量仪等。

本手册可供从事齿轮设计、制造、科研与应用的工程技术人员及工科院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

齿轮手册.上册/齿轮手册编委会编. —2版. —北京:机械工业出版社,2000.8(2010.2重印)

ISBN 978-7-111-01624-3

I. 齿… II. 齿… III. 齿轮-手册 IV. TH132.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第09768号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:熊万武 版式设计:冉晓华 责任校对:张莉娟
冯宗青

封面设计:姚毅 责任印制:乔宇

北京京丰印刷厂印刷

2010年2月第2版·第7次印刷

184mm×260mm·94.5印张·3插页·3257千字

23 311—24 810册

标准书号:ISBN 978-7-111-01624-3

定价:160.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

齿轮手册（第2版）编委会

主 任：郁明山

副主任：李华敏 吴晓铃 张光辉 欧阳葆 郭予康
韩翠蝉 张元国

委 员：（以姓氏笔划为序）

丁 淳	石凤山	王贵海	冯宗青	厉始忠
孙麟治	李力行	李钊刚	李骏带	许元礼
许洪基	朱孝录	刘镇湖	沈允文	张民安
张 展	陈自修	陈国民	吴序堂	邵家辉
孟惠荣	侯东海	徐永年	秦大同	陶燕光
谢华锬	董学朱	曾 韬	雷 光	褚启权
熊万武				

主 编：许洪基 陶燕光 雷 光

副主编：曹新民 李钊刚 秦大同 张元国 侯东海
陈令浩 李润芳

主 审：吴晓铃 李华敏 张光辉 朱孝录 厉始忠

第2版前言

《齿轮手册》第1版自1990年11月正式出版以来，受到广大读者的欢迎，并对推动我国齿轮行业的设计、制造技术的发展，起到良好的作用，在此对那些从事齿轮科技工作的同行们的热情支持，表示由衷的谢意！

随着我国齿轮传动技术的发展，近10年来，各方面开展了多项重大新产品研制与科技攻关，在引进国外先进技术方面做了大量工作，先后研制出一批高性能的齿轮产品；同时，我国制订或修订了众多的专业技术标准。目前，齿轮专业的基础标准，均已与国际标准接轨，等效采用了ISO国际标准。大多数通用与专用齿轮箱的产品标准已充分吸收了国内外先进技术，这标志着我国的齿轮传动技术已发展到一个新的水平。为此，有必要对《齿轮手册》的内容加以充实与调整，进一步重视产品的新技术及其应用，增添先进可靠的工艺方法，更新书中引用的国家标准和行业标准，精简书中某些与设计使用不密切的部分，使全书内容更好地达到“科学、先进、实用、可靠”的宗旨。

《齿轮手册》第2版的编写是由中国机械工程学会机械传动分会组织，并由郑州机械研究所、中信重型机械公司、机械传动国家重点实验室、南京高速齿轮箱厂、先进制造技术研究中心传动研究室、高等院校等单位共同负责进行，参加全书编审工作的专家、教授和有丰富实践经验的工程技术人员共一百余人。

在编写过程中，大连铁道学院、第二炮兵工程学院非圆齿轮研究所、重庆机床厂等单位给予了很大的支持与帮助，在此一并致谢！

鉴于本书篇幅较大，编审人员较多，工作量大，时间有限，难免有不足和欠妥之处，热忱希望广大读者给予批评指正。

齿轮手册编委会

齿轮常用代号

一、齿轮几何计算

a	中心距 mm	p_{bt}	端面基圆齿距(端面基节,基节) mm
b	齿宽 mm	p_n	法向齿距 mm
c	顶隙 mm	p_t	端面齿距 mm
c^*	顶隙系数	p_x	轴向齿距 mm
d	分度圆直径 mm	p_z	导程 mm
d_1	小轮分度圆直径 mm	q	蜗杆的直径系数
d_2	大轮分度圆直径 mm	r	半径,分度圆半径 mm
d'	节圆直径 mm	s	齿厚,分度圆齿厚 mm
d_a	齿顶圆直径,大端齿顶圆直径(用于锥齿轮) mm	$\bar{s}$	弦齿厚,分度圆弦齿厚 mm
d_b	基圆直径 mm	s_a	齿顶厚 mm
d_f	齿根圆直径 mm	$\bar{s}_c$	固定弦齿厚 mm
e	槽宽,偏心距 mm	s_n	法向齿厚 mm
g_a	端面啮合线长度 mm	s_t	端面齿厚 mm
h	全齿高 mm	s_0	刀具齿厚 mm
h'	工作齿高 mm	T	斜齿轮轮齿导程 mm
h_a	齿顶高 mm	u	齿数比
h_a^*	齿顶高系数	v	线速度,圆周速度 m/s
$\bar{h}_a$	弦齿高 mm	x	径向变位系数
h_{a0}	刀具齿顶高 mm	x_t	齿厚变动系数
h_{a0}^*	刀具齿顶高系数 mm	y	中心距变动系数
$\bar{h}_c$	固定弦齿高 mm	z	齿数,头数
h_f	齿根高 mm	z_1	小轮齿数
h_{f0}	刀具齿根高 mm	z_2	大轮齿数
i	传动比	z_0	刀具齿数
$\text{inv}\alpha$	α 角的渐开线函数	z_v	当量齿数
j	侧隙 mm	P	径节 1/in
j_n	法向侧隙 mm	R	锥距,外锥距 mm
j_t	圆周侧隙 mm	R_i	内锥距 mm
k	跨越齿数,跨越槽数(用于内齿轮)	R_m	中点锥距 mm
m	模数,大端模数(用于锥齿轮) mm	R_v	背锥距 mm
m_n	法向模数 mm	W	公法线长度 mm
m_t	端面模数 mm	α	压力角,齿形角 (°)
m_x	轴向模数 mm	α'	啮合角,工作压力角 (°)
m_m	锥齿轮的中点模数 mm	α_a	顶圆压力角 (°)
n	转速 r/min	α_n	法向压力角 (°)
p	齿距,分度圆齿距 mm	α_t	端面压力角 (°)
p_b	基圆齿距 mm	α_y	任意点 y 的压力角 (°)
p_{bn}	法向基圆齿距(法向基节) mm	α_0	刀具齿形角 (°)

β 螺旋角,分度圆螺旋角 (°)	α_{et} 单对齿啮合区外界点的端面压力角 (°)
β' 节圆螺旋角 (°)	α_{Fan} 齿顶的法向载荷作用角 (°)
β_b 基圆螺旋角 (°)	α_{Fat} 齿顶的端面载荷作用角 (°)
γ 导程角 (°)	α_{Fen} 单对齿啮合区外界点处的法向载荷作用角 (°)
γ_b 基圆导程角 (°)	α_{Fet} 单对齿啮合区外界点处的端面载荷作用角 (°)
δ 锥角,分锥角 (°)	β_e 单对齿啮合区外界点处的螺旋角 (°)
δ' 节锥角 (°)	γ 辅助角 (°)
δ_a 顶锥角 (°)	θ_B 瞬时接触温度 (°C)
δ_f 根锥角 (°)	θ_{fla} 闪点温度 (°C)
δ_v 背锥角 (°)	θ_{flain} 沿啮合线的平均闪点温度 (°C)
ϵ 重合度	θ_{int} 积分温度 (°C)
ϵ_x 端面重合度	θ_M 本体温度 (°C)
ϵ_β 纵向重合度	θ_{oil} 油温 (°C)
ϵ_γ 总重合度	θ_s 按闪点温度准则考虑的胶合温度 (°C)
η 槽宽半角 (°)、润滑油动力粘度, Pa·s	θ_{sint} 按积分温度准则考虑的胶合温度 (°C)
θ_a 齿顶角 (°)	ν 润滑油运动粘度 m^2/s , 泊松比
θ_f 齿根角 (°)	ρ 密度 g/cm^3
ρ 曲率半径 mm	ρ_{a0} 基本齿条的齿顶圆角半径 mm
ρ_f 齿根过渡曲线半径 mm	ρ_f 危险截面上的齿根曲率半径 mm
ρ_{red} 当量半径 mm	ρ_{red} 诱导曲率半径 mm
τ 齿距角,冠轮上的齿距角 (°)	ρ_c 节点上的曲率半径 mm
φ_a 端面作用角 (°)	σ_b 抗拉强度 MPa
φ_β 纵向作用角 (°)	σ_F 计算的齿根应力 MPa
φ_γ 总作用角 (°)	σ_{Flim} 试验齿轮的弯曲疲劳极限 MPa
ψ 齿厚半角 (°)	σ_{FP} 许用的齿根应力 MPa
ψ_b 基圆齿厚半角 (°)	σ_{F0} 计算的齿根应力基本值 MPa
ω 角速度 rad/s	σ_H 计算的接触应力 MPa
二、齿轮承载能力计算	
b_{cal} 计算齿宽 mm	σ_{HO} 计算的接触应力基本值 MPa
h_F 齿根应力的弯曲力臂 mm	C_a 齿顶修缘量 μm
h_{Fa} 载荷作用于齿顶时的齿根应力弯曲力臂 mm	C_{ay} 由跑合产生的齿顶修缘量 μm
h_{Fe} 载荷作用于单对齿啮合区外界点时的齿根应力弯曲力臂 mm	C_b 齿端修薄量 μm
m 当量质量 kg/mm	C_c 鼓形量 μm
m_{red} 诱导质量 kg/mm	c_γ 轮齿单位齿宽上的总刚度平均值(啮合刚度) $N/(mm \cdot \mu m)$
n_E 临界转速 r/min	c' 一对轮齿单位齿宽上的最大刚度(单对齿刚度) $N/(mm \cdot \mu m)$
q 单位齿宽柔度 $\mu m \cdot mm/N$	E 弹性模量,杨氏模量 MPa
q_s 齿根圆角参数 $\mu m \cdot mm/N$	F_{bn} 法面内基圆周上的名义切向力 N
s_{Fn} 危险截面上的齿厚 mm	F_{bt} 端面内基圆周上的名义切向力 N
w_m 单位齿宽上的平均载荷 N/mm	F_t 端面内分度圆周上的名义切向力 N
w_{max} 单位齿宽上的最大载荷 N/mm	$F_{\beta x}$ 初始啮合齿向误差 μm
y_a 齿廓跑合量 μm	$F_{\beta y}$ 跑合后的啮合齿向误差 μm
y_β 齿向跑合量 μm	G 切变模量 MPa
α_{en} 单对齿啮合区外界点的法向压力角 (°)	HB 布氏硬度

HRC 洛氏硬度

HV₁ $F=9.8\text{N}$ 时的维氏硬度

HV₁₀ $F=98.1\text{N}$ 时的维氏硬度

K_A 使用系数

K_{Ha} 胶合强度计算的齿向载荷分配系数

$K_{H\beta}$ 胶合强度计算的齿向载荷分布系数

K_{Fa} 抗弯强度计算的齿向载荷分配系数

$K_{F\beta}$ 抗弯强度计算的齿向载荷分布系数

K_{Ha} 接触强度计算的齿向载荷分配系数

$K_{H\beta}$ 接触强度计算的齿向载荷分布系数

K_v 动载系数

L 长度 mm

M 弯矩 $\text{N} \cdot \text{m}$

N 临界转速比,指数

N_e 应力循环次数

P 功率 kW

R_a 轮廓算术平均值 μm

R_z 微观不平度十点高度 μm

S_B 按闪点温度准则计算的安全系数

S_F 抗弯强度计算的安全系数

S_{Fmin} 抗弯强度的最小安全系数

S_H 接触强度计算的安全系数

S_{Hmin} 接触强度的最小安全系数

S_s 按积分温度准则计算的安全系数

T_β 螺旋线误差的公差 μm

T_1 小轮的名义转矩 $\text{N} \cdot \text{m}$

T_2 大轮的名义转矩 $\text{N} \cdot \text{m}$

X_B 几何系数

X_D 齿轮转速变化对于抗胶合的影响系数

X_M 热闪点系数

X_R 粗糙度系数

X_W 熔合系数

X_a 压力角系数

X_β 抗胶合的螺旋角系数

Y_F 载荷作用于单对齿啮合区外界点时的齿形系数

Y_{Fa} 载荷作用于齿顶时的齿形系数

Y_N 寿命系数

Y_{NT} 抗弯强度计算的寿命系数

Y_R 表面状况系数

Y_{RrelT} 相对齿根表面状况系数

$Y_{\delta relT}$ 相对齿根圆角敏感系数

Y_S 载荷作用于单对齿啮合区外界点时的应力修正系数

Y_{ST} 试验齿轮的应力修正系数

Y_{Sa} 载荷作用于齿顶时的应力修正系数

Y_X 抗弯强度计算的尺寸系数

Y_β 抗弯强度计算的螺旋角系数

Y_ϵ 抗弯强度计算的重合度系数

Z_H 节点区域系数

Z_E 弹性系数

Z_L 润滑剂系数

Z_{NT} 接触强度计算的寿命系数

Z_R 粗糙度系数

Z_v 速度系数

Z_W 齿面工作硬化系数

Z_X 接触强度计算的尺寸系数

Z_β 接触强度计算的螺旋角系数

Z_ϵ 接触强度计算的重合度系数

J_1 小轮转动惯量 $\text{kg} \cdot \text{mm}^2$

J_2 大轮转动惯量 $\text{kg} \cdot \text{mm}^2$

三、蜗杆、蜗轮

d_1 蜗杆分度圆直径 mm

d_2 蜗轮分度圆直径 mm

d'_1 蜗杆节圆直径 mm

d'_2 蜗轮节圆直径 mm

d_{a1} 蜗杆齿顶圆直径 mm

d_{a2} 蜗轮齿顶圆(喉圆)直径 mm

d_{e2} 蜗轮顶圆(外圆)直径 mm

d_{m2} 蜗轮中圆直径 mm

d_b 成形圆直径 mm

e_x 蜗杆轴向齿槽宽 mm

h_{a1} 蜗杆齿顶高 mm

h_{f1} 蜗杆齿根高 mm

$\bar{h}_{n1}$ 蜗杆法向弦齿厚测齿高 mm

h_f 蜗杆螺牙入口修缘高度 mm

K 给定范围内的齿数或齿距数

L 蜗杆螺纹部分长度 mm

M_{d1} 蜗杆跨棒距 mm

P 螺旋参数

q 蜗杆直径系数

r_{g2} 蜗轮咽喉母圆半径 mm

s_x 蜗杆轴向齿厚 mm

s_n 蜗杆法向齿厚 mm

$\bar{s}_{n1}$ 蜗杆喉部法向弦齿厚 mm

x_2 蜗轮变位系数

z_1 蜗杆头数(或齿数)

z_2 蜗轮齿数

α_1 蜗杆齿形角 ($^\circ$)

α_{n1} 蜗杆法向齿形角 (°)
 β_m 蜗轮中圆螺旋角 (°)
 θ 蜗轮齿宽(包容)角 (°)
 φ_β 蜗杆螺纹包角之半 (°)
 φ_W 蜗杆齿宽包角之半 (°)
 φ_1 蜗杆转角 (°)
 ρ_a 齿顶圆角半径 mm
 ρ_f 齿根圆角半径 mm
 γ 蜗杆分度圆柱导程角 (°)

τ 齿距角 (°)
 Σ 轴交角 (°)
 Δf 蜗杆螺牙入口修形量 μm
 Δs_{n1} 蜗杆喉部齿厚减薄量 μm
 Δ_j 蜗杆螺牙入口修缘深度 μm

四、齿轮精度检测^①

ΔE_s 齿厚偏差 μm
 E_{si} 齿厚下偏差 μm
 E_{ss} 齿厚上偏差 μm
 ΔE_W 公法线平均长度偏差 μm
 E_{Wi} 公法线平均长度下偏差 μm
 E_{Ws} 公法线平均长度上偏差 μm
 F_b 接触线误差 μm
 $\Delta F'_{ic}$ 齿轮副的切向综合误差 μm
 $\Delta F'_i$ 齿轮的切向综合误差 μm
 $\Delta F''_i$ 齿轮的径向综合误差 μm
 ΔF_p 齿距累积误差 μm
 ΔF_{pk} k 个齿距累积误差 μm
 ΔF_{px} 轴向齿距偏差 μm
 ΔF_v 齿圈径向跳动 μm
 ΔF_W 公法线长度变动 μm
 ΔF_β 齿向误差 μm
 Δf_a 齿轮副的中心距偏差 μm
 Δf_f 齿形误差 μm
 $\Delta f_{f\beta}$ 螺旋线波度误差 μm
 $\Delta f'_i$ 切向一齿综合误差 μm
 $\Delta f'_{ic}$ 齿轮副的切向一齿综合误差 μm
 Δf_{pb} 基节偏差 μm
 Δf_{pt} 齿距偏差 μm
 Δf_x x 方向轴线的平行度误差 μm
 Δf_y y 方向轴线的平行度误差 μm
 j_n 齿轮副法向侧隙 μm

$j_{n\max}$ 齿轮副法向最大极限侧隙 μm
 $j_{n\min}$ 齿轮副法向最小极限侧隙 μm
 j_r 齿轮副径向侧隙 μm
 j_t 齿轮副圆周侧隙 μm
 $j_{r\max}$ 齿轮副径向最大侧隙 μm
 $j_{r\min}$ 齿轮副径向最小侧隙 μm
 T_s 齿厚公差 μm
 T_W 公法线平均长度公差 μm

五、齿轮刀具

α_x 轴向齿形角 (°)
 z_k 齿数
 z 滚刀头数
 d_0 外径 mm
 d_1 轴台外径 mm
 δ_z 分度圆螺旋角 (°)
 β_k 容屑槽螺旋角 (°)
 P_k 容屑槽导程 mm
 D 内孔直径 mm
 L 全长 mm
 a 轴台长度 mm
 k 铲背量 mm
 k_1 第二铲背量 mm
 θ 槽角 (°)
 δ_D 孔径误差 μm
 δ_{dlr} 轴台径向圆跳动 μm
 δ_{der} 外径径向圆跳动 μm
 δ_{dlx} 轴台端面圆跳动 μm
 δ_{fr} 刀齿前面的径向性 μm
 δ_{fp} 容屑槽周节差 μm
 δ_{Tp} 容屑槽周节累积误差 μm
 δ_{pk} 刀齿前面与内孔轴线平行性 μm
 δ_{ff} 齿形误差 μm
 δ_{sx} 轴向齿厚误差 μm
 δ_{zx} 相邻刀齿螺旋线误差 μm
 δ_{z1} 一转螺旋线误差 μm
 δ_{z3} 三转螺旋线误差 μm
 δ_{ga1} 相邻切削刃的啮合误差 μm
 δ_{ga} 啮合误差 μm
 δ_{px} 齿距最大偏差 μm
 δ_{px3} 任意三个齿距长度内最大累积误差 μm

① 本书第二篇第4章所引用的渐开线圆柱齿轮精度标准按国家标准报批稿进行了修改。因此本书其他内容涉及齿轮精度的术语和符号仍用GB 10095—88的术语和符号。

目 录

第2版前言 齿轮常用代号

第1篇 总 论

第1章 概 述

1 齿轮的历史与发展趋势	3
1.1 齿轮的历史	3
1.2 我国的齿轮传动	3
1.3 发展趋势	6
2 齿轮传动的特点	7
3 齿轮传动的类型	8
4 齿轮传动类型的选择原则	9

第2章 齿轮啮合原理

1 齿轮啮合原理的数学基础	13
1.1 坐标变换与变换矩阵	13
1.2 有关微分几何的简明知识	15
1.3 相对运动与相对微分	20
2 平面啮合的基本原理	21
2.1 齿轮的瞬心线	21
2.2 齿廓啮合的基本定理	22
2.3 确定共轲齿廓的方法	22
2.4 齿廓的渐屈线	24
2.5 共轲齿廓的曲率及其关系	25
2.6 平面啮合的根切	26
2.7 过渡曲线	27
3 空间啮合的共轲齿面	28
3.1 共轲齿面的定义	28

3.2 相啮齿面的共轲条件	28
3.3 共轲齿面的形成方法	28
3.4 共轲齿面的确定、啮合方程式	29
3.5 共轲齿面上的界限点与界限曲线	29
3.6 等距共轲齿面	30
4 共轲齿面的曲率关系	31
4.1 共轲齿面沿任意切线方向的 诱导法曲率	31
4.2 沿接触线法线方向的诱导法曲率	32
4.3 沿相对速度 $v^{(12)}$ 方向的诱导法曲率	32
4.4 诱导短程挠率	32
4.5 共轲齿面的曲率干涉	32
5 双自由度啮合的基本原理	32
5.1 双自由度共轲曲面问题的 一般形式	32
5.2 双自由度共轲曲面的相对运动	33
5.3 啮合方程	33
5.4 界点与界函数	34
5.5 接触的退化	34
5.6 诱导曲率计算	34
5.7 诱导短程挠率	35
参考文献	35

第2篇 渐开线圆柱齿轮传动

第1章 渐开线圆柱齿轮的基本 齿廓与模数系列

1 渐开线圆柱齿轮的基本齿廓	3
2 渐开线圆柱齿轮的模数系列	3
3 其他非标准齿廓	3

第2章 圆柱齿轮传动的几何尺寸计算

1 标准圆柱齿轮传动的几何尺寸计算	4
1.1 外啮合标准圆柱齿轮传动	4
1.2 内啮合标准圆柱齿轮传动	5
2 齿轮与齿条传动	6

2.1 齿轮与齿条传动特点	6
2.2 齿轮与齿条加工中的过切和啮合 传动中的干涉	6
2.3 齿轮与齿条传动的几何尺寸计算	7
3 变位圆柱齿轮传动的几何尺寸计算	7
3.1 变位齿轮传动概述	7
3.2 变位系数的选择	9
3.3 外啮合变位圆柱齿轮传动的几何 尺寸计算	14
3.4 内啮合变位齿轮传动	21

4 渐开线圆柱齿轮的齿厚测量计算	32	系数 $K_{H\beta}$	100
4.1 分度圆弦齿厚	32	3.6 接触强度计算的齿间载荷分配	
4.2 固定弦齿厚	33	系数 K_{Ha}	107
4.3 公法线长度	34	3.7 轮齿刚度——单对齿刚度 c' 和啮合	
4.4 量柱(球)测量跨距	41	刚度 c_γ	108
第3章 圆柱齿轮的结构与工作图		3.8 节点区域系数 Z_H 、单对齿啮合	
1 圆柱齿轮的结构	53	系数 Z_B 、 Z_D	108
2 圆柱齿轮工作图	57	3.9 弹性系数 Z_E	110
第4章 渐开线圆柱齿轮精度		3.10 接触强度计算的重合度系数 Z_ϵ	110
1 适用范围	58	3.11 接触强度计算的螺旋角系数 Z_β	110
2 偏差的定义与代号	58	3.12 试验齿轮的接触疲劳极限 σ_{Hlim}	111
3 精度等级及其选择	62	3.13 润滑油膜影响系数 Z_L 、 Z_v 、 Z_R	112
3.1 精度等级	62	3.14 接触强度计算的寿命系数 Z_{NT}	116
3.2 精度等级的选择	62	3.15 齿面工作硬化系数 Z_W	116
4 齿坯要求	65	3.16 接触强度计算的尺寸系数 Z_X	118
4.1 术语与定义	65	3.17 最小安全系数 S_{Hmin} 、 S_{Fmin}	118
4.2 齿坯精度	65	4 轮齿弯曲强度校核计算	118
5 齿轮检验与公差	68	4.1 计算公式	119
5.1 齿轮的检验项目	68	4.2 弯曲强度计算的齿向载荷分布	
5.2 齿轮公差	69	系数 $K_{F\beta}$	119
6 齿面粗糙度	91	4.3 弯曲强度计算的齿间载荷分配	
6.1 图样上标注的数据	91	系数 K_{Fa}	120
6.2 参数值	92	4.4 齿形系数 Y_F 、 Y_{Fa}	120
7 轮齿的接触斑点	92	4.5 应力修正系数 Y_s 、 Y_{sa}	127
7.1 检测条件	92	4.6 弯曲强度计算的重合度系数 Y_ϵ	131
7.2 操作者的培训	92	4.7 弯曲强度计算的螺旋角系数 Y_β	131
7.3 齿轮精度和接触斑点	92	4.8 试验齿轮的弯曲疲劳极限 σ_{Flim}	131
8 中心距和轴线平行度	93	4.9 弯曲强度计算的寿命系数 Y_{NT}	134
8.1 中心距公差	93	4.10 相对齿根圆角敏感系数 $Y_{\delta relT}$	135
8.2 轴线平行度	93	4.11 相对齿根表面状况系数 Y_{RelT}	136
8.3 轴线平行度公差的最大推荐值	94	4.12 弯曲强度计算的尺寸系数 Y_X	136
9 侧隙	94	5 变载荷工况下齿轮强度的校核计算	137
9.1 定义	94	6 胶合承载能力计算方法	138
9.2 最大齿厚	94	6.1 计算公式	138
9.3 最小侧隙 j_{bmin}	94	6.2 单位齿宽载荷 w_t	139
9.4 齿厚偏差与公差	95	6.3 螺旋线系数 $K_{B\gamma}$	139
第5章 渐开线圆柱齿轮承载能力计算		6.4 平均摩擦系数 μ_m	140
1 可靠性与安全系数	95	6.5 热闪系数 X_M	140
2 设计计算	96	6.6 小轮齿顶几何系数 X_{BE}	140
3 齿面接触强度校核计算	96	6.7 啮入冲击系数 X_Q	140
3.1 计算公式	97	6.8 齿顶修缘系数 X_{ca}	141
3.2 名义切向力 F_t	97	6.9 重合度系数 X_ϵ	141
3.3 使用系数 K_A	97	6.10 材料焊合系数 X_W	141
3.4 动载系数 K_v	98	6.11 试验齿轮的本体温度 Q_{MT} 和积分平均	
3.5 接触强度计算的齿向载荷分布		温升 θ_{flairT}	142

6.12 胶合承载能力计算的最小安全系数 S_{Bmin}	142	2 主要参数的选择	150
第 6 章 渐开线圆柱齿轮修形计算		3 承载能力计算	151
1 齿轮的弹性变形修形	143	4 材料和热处理	151
1.1 齿轮的弹性变形修形原理	143	5 齿轮精度	152
1.2 齿轮的弹性变形计算	144	6 转子动力学特性	152
1.3 弹性变形修形量的确定	146	7 滑动轴承	152
2 齿轮的热变形修形	147	8 润滑	153
2.1 高速齿轮的热变形机理	147	9 振动和噪声	153
2.2 高速齿轮齿向温度分布	148	10 轴心位置	153
2.3 高速齿轮的热变形修形计算	148	第 8 章 设计计算举例	
2.4 高速齿轮热变形修形量的确定	149	1 通用齿轮器的齿轮设计计算	154
第 7 章 高速齿轮设计计算		2 高速齿轮的设计计算	157
1 高速齿轮的特点	150	参考文献	164

第 3 篇 其他渐开线齿轮传动

第 1 章 交错轴斜齿轮传动		2.2 平行轴内啮合变厚齿轮传动	16
1 交错轴斜齿轮传动原理	3	3 交错轴变厚齿轮传动	20
2 交错轴斜齿轮传动的几何尺寸计算	3	3.1 交错轴变厚齿轮传动原理	20
2.1 交错轴斜齿轮传动的特点	3	3.2 交错轴变厚齿轮的传动计算	20
2.2 实现最紧密啮合的条件	4	3.3 交错轴变厚齿轮实现线接触的条件	26
2.3 螺旋角的选择	4	第 3 章 偏心渐开线齿轮传动	
2.4 给定中心距、 $\Sigma=90^\circ$ 的标准交错轴斜齿轮传动的几何尺寸计算	4	1 偏心渐开线齿轮传动原理	27
2.5 变位交错轴斜齿轮传动的几何尺寸计算实例	5	2 偏心渐开线齿轮的最大偏心率	28
3 交错轴斜齿轮的重合度和有效齿宽	7	3 偏心渐开线齿轮的最小几何中心距	29
4 交错轴斜齿轮的干涉	8	4 偏心齿轮的传动比 i	31
第 2 章 变齿厚渐开线齿轮传动		5 偏心齿轮的设计及举例	31
1 外啮合变厚齿轮传动	8	6 斜齿偏心渐开线齿轮的设计及举例	32
1.1 变厚齿轮的加工原理及几何尺寸的计算	8	第 4 章 渐开线—非渐开线齿轮传动	
1.2 平行轴外啮合变厚齿轮传动	11	1 用渐开线插齿刀加工非渐开线齿轮	34
2 内啮合变厚齿轮传动	15	2 渐开线—非渐开线齿轮啮合	34
2.1 内齿变厚齿轮	15	3 两个非渐开线齿轮啮合	35
		参考文献	36

第 4 篇 圆弧圆柱齿轮传动

第 1 章 概 述		2.2 圆弧齿轮的相对曲率半径	5
1 圆弧圆柱齿轮传动的基本原理	3	3 重合度与啮合特性	6
1.1 圆弧圆柱齿轮的啮合原理	3	3.1 单圆弧齿轮的重合度	6
1.2 圆弧齿轮正确啮合的条件	4	3.2 双圆弧齿轮的重合度和啮合特性	6
1.3 圆弧齿轮传动的两种类型	4	4 圆弧齿轮的特点	8
2 圆弧齿轮齿面方程和相对曲率半径	4	5 圆弧齿轮在我国的发展与应用	8
2.1 圆弧齿轮的齿面方程	4	第 2 章 圆弧圆柱齿轮基本齿廓与模数	

1 圆弧圆柱齿轮模数	10
2 双圆弧齿轮基本齿廓	10
3 特殊齿形应用	11

第3章 圆弧圆柱齿轮基本参数选择 与几何尺寸计算

1 基本参数选择	12
1.1 齿数 z_1 和模数 m_n	12
1.2 纵向重合度 ε_β	12
1.3 螺旋角 β	13
1.4 齿宽系数 ϕ_a 或 ϕ_d	13
1.5 齿宽 b	13
2 双圆弧齿轮传动几何尺寸计算	13
3 双圆弧齿轮测量尺寸计算	14
3.1 弦齿厚(法向) $\bar{s}$ 和测量弦齿高 $\bar{h}$	14
3.2 凸齿公法线长度 W 和测量跨越 齿数 k	15
3.3 弦齿深(法向) H	16
3.4 奇数齿齿轮的根斜径 L_f	16
3.5 齿面波度的波长 L	17

第4章 圆弧圆柱齿轮精度

1 适用范围及精度等级	18
2 齿轮、齿轮副误差及侧隙的定义	

和代号	18
3 各项精度指标的分组和选用	22
4 各检验项目的公差数值	23
5 齿坯检验与公差	27
6 图样标注及应注明的尺寸数据	27

第5章 圆弧圆柱齿轮承载能力计算

1 圆弧齿轮的损伤形式及其防止措施	28
1.1 轮齿折断	28
1.2 齿端崩角	29
1.3 齿面疲劳点蚀	30
1.4 齿面塑性变形	30
1.5 齿面胶合	30
1.6 齿面磨损	31
2 圆弧齿轮的强度计算	31
2.1 强度计算公式	31
2.2 计算应力的有关系数	32
2.3 许用应力的有关系数	35

第6章 双圆弧齿轮设计计算举例

1 设计计算的依据	37
2 低速重载双圆弧齿轮设计计算举例	38
3 高速双圆弧齿轮设计计算举例	39
参考文献	41

第5篇 锥齿轮及准双曲面齿轮传动

第1章 概 述

1 锥齿轮及准双曲面齿轮的特点和用途	3
1.1 锥齿轮传动	3
1.2 准双曲面齿轮传动	3
1.3 锥齿轮及准双曲面齿轮的分类、特点 和用途	3
1.4 锥齿轮及准双曲面齿轮的三种齿制	4
2 节锥面、分度锥面和齿面的形成	5
2.1 锥齿轮的节锥面和分度锥面	5
2.2 准双曲面齿轮的瞬轴面和分度锥面	5
2.3 齿面的形成和当量齿轮	6
3 锥齿轮几何参数的名称	7
3.1 锥齿轮主要尺寸的名称	7
3.2 锥齿轮专用的术语和定义	8

第2章 锥齿轮及准双曲面齿轮 主要参数的选择

1 概述	9
2 锥齿轮的基本齿廓	9
3 锥齿轮的大端分度圆直径	10
3.1 一般工业用锥齿轮	10

3.2 汽车用弧齿锥齿轮和准双曲面齿轮	11
3.3 “克”制摆线齿锥齿轮	12
4 准双曲面齿轮偏置距 E	12
5 齿轮的齿数、模数、齿宽和螺旋角	12
5.1 直齿和弧齿锥齿轮	12
5.2 摆线齿锥齿轮	14
5.3 准双曲面齿轮	15
6 变位系数	15
6.1 径向变位系数 x	15
6.2 切向变位系数 x_t	16
7 齿侧间隙	16
8 齿的螺旋方向选择和准双曲面齿轮 小轮的偏置	16
8.1 曲线齿锥齿轮齿的螺旋方向选择	16
8.2 准双曲面齿轮小齿轮的螺旋方向和 偏置方向	17
9 铣刀盘参数的选择	18
9.1 “克”制铣刀盘参数的选择	18
9.2 “奥”制铣刀盘参数的选择	18
10 齿轮主要参数初算	20
10.1 直齿锥齿轮	20

10.2 汽车弧齿锥齿轮	21	11.2 冠轮及铣刀几何参数	48
10.3 摆线齿锥齿轮	21	11.3 摆线齿锥齿轮的图形及主要参数	49
10.4 准双曲面齿轮	22		
第3章 直齿锥齿轮的几何尺寸计算		第6章 弧齿准双曲面齿轮几何设计	
1 概述	23	1 准双曲面齿轮几何学	49
2 直齿锥齿轮的变位	23	1.1 准双曲面齿轮的节锥	49
2.1 切向变位系数 x_{r1} 与 x_{r2}	23	1.2 准双曲面齿轮的压力角和螺旋角	50
2.2 高变位系数 x_1 和 x_2	24	2 弧齿准双曲面齿轮的几何尺寸计算	52
2.3 无根切的最大齿根角	24	2.1 准双曲面齿轮轮坯计算卡	52
3 直齿锥齿轮的几何尺寸计算	24	2.2 计算卡各项的说明	58
4 直齿锥齿轮的当量齿轮和重合度	26	第7章 克林根贝尔格制摆线齿准双曲面	
5 汽车差速器直齿锥齿轮	27	齿轮的几何尺寸计算	
5.1 展成的汽车差速器直齿锥齿轮		1 概述	60
的计算	27	2 分度锥面几何参数计算	61
5.2 圆拉加工的差速器直齿锥齿轮		2.1 保证两齿面在参考点 M 共轭	61
系列	27	2.2 保证两齿面啮合对称	61
第4章 弧齿锥齿轮及零度锥齿轮的		3 准双曲面齿轮的当量齿轮	62
几何尺寸计算		3.1 法面当量齿轮及其啮合角	62
1 轴交角 $\Sigma=90^\circ$ 的弧齿锥齿轮的几何尺寸		3.2 端面当量齿轮	62
计算	28	4 冠轮和小齿轮的齿宽	63
2 轴交角 $\Sigma \neq 90^\circ$ 的弧齿锥齿轮的几何尺寸		5 小轮无根切最小变位系数	63
计算	30	6 分度锥角许用最大值	64
3 零度锥齿轮的几何尺寸计算	30	7 刀盘干涉校核	64
第5章 摆线齿锥齿轮几何尺寸计算		8 小轮齿顶变尖校核和小端倒坡	65
1 概述	33	8.1 小轮齿顶变尖校核	65
1.1 两种齿制的共同点	33	8.2 小轮齿顶倒坡	65
1.2 两种齿制的主要差别	33	9 重合度	65
2 铣刀盘参数的选择	34	10 齿形系数	65
3 高变位系数的选择	34	11 几何计算原始参数	66
4 分度锥角修正	34	12 “克”制摆线齿准双曲面齿轮几何尺寸	
5 刀盘干涉检验	35	计算	67
6 小轮齿顶变尖检验和小端倒坡	36	13 “克”制摆线齿准双曲面齿轮的当量齿轮	
6.1 小轮小端齿顶变尖检验	36	参数和重合度计算	74
6.2 小轮小端齿顶倒坡	36	14 “克”制摆线齿准双曲面齿轮的齿形	
7 几何计算的原始参数	36	系数	76
8 摆线齿锥齿轮几何尺寸计算	37	15 “克”制摆线齿准双曲面齿轮的几何参数	
9 摆线齿锥齿轮的当量齿轮参数和		和图形	77
重合度	43	第8章 奥利康制摆线齿准双曲面齿轮	
10 摆线齿锥齿轮的齿形系数	45	的几何尺寸计算	
10.1 “克”制摆线齿锥齿轮的齿形系数	45	1 概述	79
10.2 “奥”制摆线齿锥齿轮的齿形系数	45	2 分度锥面几何参数计算	79
10.3 两种齿形系数计算法的比较	47	2.1 保证两齿面在参考点共轭	79
11 摆线齿锥齿轮的几何参数和图形	48	2.2 冠轮参数和刀盘中心位置	79
11.1 摆线齿锥齿轮的几何参数	48	2.3 刀盘中心与两轮分度锥顶在一直线上	
		的条件	80

2.4 分度锥面几何参数计算	81
3 高变位系数 x_1	81
4 小齿轮根锥角的修正	81
5 齿两侧面压力角的修正	81
6 小齿轮无根切最小变位系数	82
7 齿顶变尖检验和小轮小端倒坡	83
7.1 齿顶变尖验算	83
7.2 小轮小端齿顶倒坡	84
8 轮坯尺寸	85
9 “奥”制准双曲面齿轮的当量齿轮参数 及重合度	86
9.1 端面当量齿轮	86
9.2 法面当量齿轮齿数	86
9.3 重合度	86
10 “奥”制准双曲面齿轮的齿形系数	86
10.1 载荷作用角及载荷作用线与分度 圆弧齿厚等分线的交点	87
10.2 危险截面齿厚、弯曲力臂和齿形 系数	87
11 “奥”制准双曲面齿轮几何尺寸计算 原始参数	87
11.1 主要几何参数初算	87
11.2 “奥”制准双曲面齿轮几何尺寸计算 原始参数	88
12 “奥”制摆线齿准双曲面齿轮几何尺寸 计算	89
13 “奥”制准双曲面齿轮几何参数	98
第 9 章 锥齿轮承载能力计算方法	
1 概述	100
2 锥齿轮承载能力计算公式	100
2.1 齿面接触强度计算	100
2.2 轮齿抗弯强度计算	100
3 载荷及与其有关的系数	101
3.1 名义切向力和参考点的线速度	101
3.2 使用系数 K_A	101
3.3 动载系数 K_v	101
3.4 齿向载荷分布系数 $K_{H\beta}$ 和 $K_{F\beta}$	103
3.5 齿间载荷分配系数 $K_{H\alpha}$ 和 $K_{F\alpha}$	103
4 接触强度计算的有关系数	104
4.1 影响齿面的计算接触应力基本值的 系数	104
4.2 影响许用接触应力的系数	105
5 抗弯强度计算的有关系数	106
5.1 影响齿根应力基本值的系数	106
5.2 影响许用齿根应力的系数	109

第 10 章 直齿锥齿轮的承载能力计算实例

1 概述	110
2 直齿锥齿轮承载能力校核的原始参数	110
3 直齿锥齿轮的切向力及载荷系数	111
4 直齿锥齿轮的接触强度校核	114
5 直齿锥齿轮的抗弯强度校核	115
5.1 按 B 法计算齿根应力基本值 σ_{FO-B}	115
5.2 按 C 法计算齿根应力基本值 σ_{FO-C}	116
5.3 影响许用齿根应力各系数的计算	117
5.4 直齿锥齿轮的抗弯强度校核	117

第 11 章 弧齿锥齿轮及准双曲面齿轮 承载能力计算

1 弧齿锥齿轮齿根承载能力计算	119
1.1 计算的齿根弯曲应力	119
1.2 齿根弯曲疲劳极限应力	124
1.3 按锥齿轮齿根承载能力计算的安全 系数	125
1.4 锥齿轮副的齿根额定承载能力 计算	125
2 弧齿锥齿轮齿面承载能力计算	125
2.1 计算齿面接触应力	125
2.2 锥齿轮齿面接触疲劳极限应力	130
2.3 按锥齿轮齿面承载能力计算的安全 系数	131
2.4 锥齿轮齿面接触额定承载能力 计算	131
3 锥齿轮齿根承载能力与齿面承载能力计算 中的几何系数 J 和 I 的近似计算	131
3.1 几何系数 J 的近似计算	131
3.2 几何系数 I 的近似计算	133
4 准双曲面齿轮承载能力计算	134
4.1 准双曲面齿轮齿根弯曲应力的 计算	134
4.2 准双曲面齿轮齿面接触应力的 计算	134
4.3 其他计算	140

第 12 章 克林根贝尔格制摆线齿锥齿轮和 准双曲面齿轮的承载能力计算

1 概述	140
2 “克”制摆线齿锥齿轮的承载能力 计算	141
2.1 “克”制摆线齿锥齿轮强度校核的原始 参数	141
2.2 “克”制摆线齿锥齿轮的切向力和载荷	

系数	142
2.3 “克”制摆线齿锥齿轮的接触强度 校核	145
2.4 “克”制摆线齿锥齿轮的抗弯强度 校核	146
3 “克”制摆线齿准双曲面齿轮的强度 校核	150
3.1 “克”制摆线齿准双曲面齿轮强度校核的 原始参数	150
3.2 “克”制摆线齿准双曲面齿轮的切向力和 载荷系数	151
3.3 “克”制摆线齿准双曲面齿轮接触强度 校核	154
3.4 “克”制摆线齿准双曲面齿轮抗弯强度 校核	155

第13章 奥利康制摆线齿锥齿轮和准双 曲面齿轮的承载能力计算

1 概述	157
2 强度校核的原始参数	157
3 轮齿载荷计算	157
4 轮齿的弯曲疲劳寿命计算	160
5 轮齿接触疲劳寿命计算	162
6 齿面抗胶合的安全系数	163
7 承载能力计算结果的分析	164

第14章 锥齿轮精度

1 锥齿轮精度标准 GB 11365—89	165
1.1 误差项目、接触区和侧隙的名称、代号 和定义	165
1.2 精度等级	168
1.3 公差组和检验组	168
1.4 锥齿轮齿坯公差	169
1.5 锥齿轮副的法向侧隙	169
1.6 齿轮的安装精度	171
1.7 接触斑点	171

1.8 公差数值	171
1.9 锥齿轮图样	171
2 美国的AGMA锥齿轮和准双曲面齿轮 精度	174
2.1 锥齿轮及准双曲面齿轮精度等级的 适用范围	174
2.2 外径、轮冠距、顶锥角及背锥角 公差	174
2.3 锥齿轮孔和轴颈公差	174
2.4 常用的生产检验方法	174

第15章 齿轮安装形式、齿轮结构及 轴承的受力计算

1 锥齿轮及准双曲面齿轮的安装形式	175
1.1 悬臂式安装	175
1.2 双跨支承安装	175
2 锥齿轮结构	175
2.1 直齿锥齿轮结构	175
2.2 曲齿锥齿轮结构	176
3 齿面受力和轴承受力分析	177
3.1 锥齿轮和准双曲面齿轮齿面受力 分析	177
3.2 悬臂式安装轴承受力分析	178
3.3 双跨支承安装的轴承受力分析	178

第16章 锥齿轮和准双曲面齿轮的 设计步骤和工作图

1 锥齿轮和准双曲面齿轮的设计步骤	179
1.1 主要几何参数初算	179
1.2 齿轮的几何尺寸计算	179
1.3 齿轮的强度校核	180
2 锥齿轮和准双曲面齿轮的工作图	180
2.1 锥齿轮工作图的内容	180
2.2 弧齿锥齿轮工作图	180
2.3 弧齿准双曲面齿轮工作图	182
参考文献	185

第6篇 蜗杆传动

第1章 概 论

1 蜗杆传动的特点及分类	3
2 蜗杆传动的效率	4
3 蜗杆传动的失效形式和材料选择	5
3.1 失效形式	5
3.2 材料选择	5
4 蜗杆传动的润滑	6
4.1 润滑方式的选择	6

4.2 润滑油的选择	7
4.3 润滑油的更换及清洗	8
5 蜗杆传动齿面啮合摩擦因数	11

第2章 普通圆柱蜗杆传动

1 普通圆柱蜗杆传动的类型及特点	12
1.1 阿基米德圆柱蜗杆—ZA蜗杆	13
1.2 法向直廓圆柱蜗杆—ZN蜗杆	13
1.3 渐开线圆柱蜗杆—ZI蜗杆	13