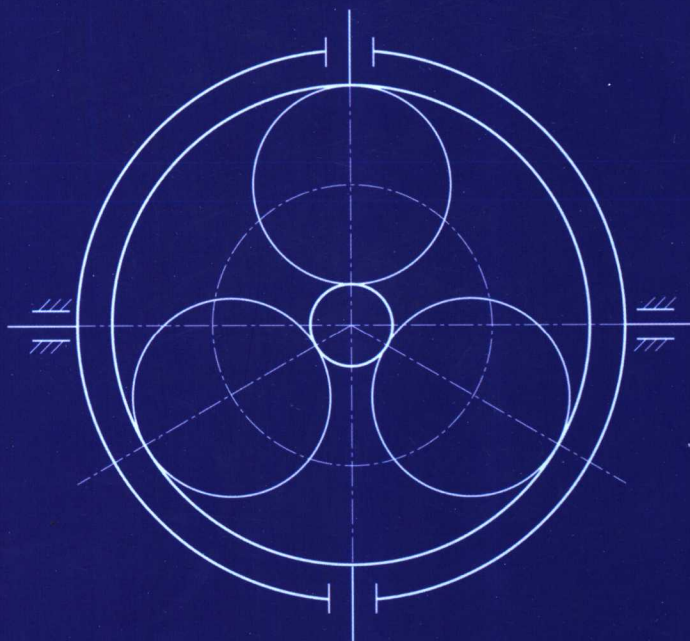


行星齿轮传动设计

饶振纲 编著



25



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

行星齿轮传动设计

饶振纲 编著

化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心
·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

行星齿轮传动设计/饶振纲编著. —北京: 化学工业出版社, 2003.7
ISBN 7-5025-4641-3

I. 行… II. 饶… III. 行星齿轮传动-机械设计
IV. TH132.425

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 058040 号

行星齿轮传动设计

饶振纲 编著

责任编辑: 任文斗

文字编辑: 韩庆利

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 21 $\frac{3}{4}$ 字数 536 千字

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4641-3/TH·128

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

(京工商广临字 2003—003 号)



江阴市南方联轴器厂

我厂是“南方牌”联轴器制造厂，专业生产挠性、弹性、刚性联轴器，品种规格繁多，并可生产部分进口机械设备的联轴器。我厂与机械委标准化所、济南铸锻所、西安重机所等研究单位合作，不断设计开发新型联轴器。

主要标准产品：JM 系列金属膜片联轴器，NL 型内齿弹性联轴器、HL 系列弹性柱销联轴器、TL 型弹性套柱销联轴器、ML 系列梅花型弹性联轴器、ZL 系列弹性柱销齿式联轴器、HTL 系列弹性块联轴器、蛇形弹簧联轴器、CL 系列联轴器、GICL 系列 GIIICL 系列鼓形齿式联轴器、SWC、SWP 系列十字轴式万向联轴器、WS 型十字轴式万向联轴器。

新型专利产品：弹性活销联轴器，扇形块弹性联轴器。



厂址：江苏江阴滨江开发区胜利村
电话：(0510)6191717 6195297
传真：(0510)6195297
网址：www.china-ptc.com/nf

13 路汽车直达
手机：13901525517
厂长：刘忠其
E-mail:nanfang2003@mail.china.com

邮编：214429

联系人：何国民



斜齿轮减速电机

可底脚、法兰安装
可配各类电机或双轴型
功率: 0.12kW~160kW
转矩: 85N.m~18000N.m
传动比: 1.4~28000



斜齿轮-蜗轮减速电机

可底脚、法兰、空心轴安装
可配各类电机或双轴型
功率: 0.12kW~30kW
转矩: 92N.m~6500N.m
传动比: 7.1~11200



斜齿轮-螺旋伞齿轮减速电机

可底脚、法兰、空心轴安装
可配各类电机或双轴型
功率: 0.12kW~200kW
转矩: 200N.m~50000N.m
速比: 5~33000



平行轴斜齿轮减速电机

可底脚、法兰、空心轴安装
可配各类电机或双轴型
功率: 0.12kW~200kW
转矩: 200N.m~18000N.m
传动比: 4~31500



圆锥圆柱齿轮减速器

二级: DBY型、DBYK型
三级: DCY型、DCYK型
底脚安装, 分实心轴和空心轴或带收缩盘联接
可配逆止器, 满足单向旋转需要
可配大功率, 实现高承载能力
传动比: 二级 8~14
 三级 16~50
两种旋向, 四种装配型式



圆柱齿轮减速器

ZDY、ZLY、ZSY
共九种装配形式
可配逆止器, 满足单向旋转需要
可配大功率, 实现高承载能力
传动比: 单级 1.25~6.3
 双级 6.3~20
 三级 22.4~100



NGW行星齿轮减速器

速比范围: 2.8~2000
输入轴转速: 750r/min~1500r/min
输入功率: 0.16kW~1314kW
输出扭矩: 320N.m~48069N.m



行星齿轮·建筑塔机用回转变速器

输入轴转速: 1500r/min
输出转矩: 4000N.m~25000N.m
传动比: 147~195



摆线针轮减速器

X系列、一机部B系列、化工部B系列、JXJ系列和微型WB系列
可底脚、法兰安装
可配各类电机或双轴型
功率: 0.04kW~75kW
转矩: 15N.m~30000N.m
传动比: 单级 9~87
 双级 121~7569



硬齿面立式减速器 搅拌机用

LC75~LC250
DC215~DC430
DJC100~DJC250
可带支架和联轴器
扭矩: 22.8N.m~5880N.m
功率: 0.55kW~160kW
转速: 4~500r/min

欧洲技术 星河制造

SR

STARRED-RIVER®

ISO9001质量体系认证企业

品质至尊 信誉至上

总裁: 方伟

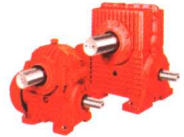
中国·星河 机器制造有限公司 星河传动机械研究所

总部: 中国·浙江嘉兴星河工业园区
电话: 0577-63611568 63611788 63611518
传真: 0577-63611585 邮编: 325401
http: www.starred-river.com
http: //www.china-sr.com
E-mail: starredriver@163.net
E-mail: chinasr@163.net
网络实名: 星河减速机

你给我参数 我给你设备

蜗杆减速器

CWU/CWS/CWO型
SCWU/SCWS/SCWO型
WHT/WHX/WHY/WHC型
WD/WS型
WPA/WPR/WPO型
TPT/TPX/TPS/TPC型
可底脚、法兰、空心轴安装
功率: 0.12kW~160kW
转矩: 50N.m~28000N.m
传动比: 5~63



蜗杆减速电机(铝合金箱体)

功率: 0.12kW~7.5kW
转矩: 2.6N.m~1070N.m
传动比: 7.5~100



无级变速器

ZHB系列轴承式无级变速器
可底脚、法兰安装
调速范围: 1:10
功率: 0.18kW~15kW
转矩: 28N.m~1400N.m



电动滚筒

外装式和内装式
外装式有: DYW-I型、II型
内装式有: FD型风冷式
 DY型油冷式
 JD型油浸式
 TDY型传动滚筒

可带电机或不带电机
可铸胶、包胶、光面或腰鼓形筒体
可装逆止器, 满足单向旋转需要
功率: 0.25kW~160kW
带速: 0.035~5m/s



硬齿面齿轮减速电机

YTCA 501~903型
YTCL 100~280型
YCY 71~250型
功率: 0.12kW~30kW
转速: 7r/min~570r/min



特种微型齿轮减速电机

功率: 6W~140W
转矩: 290mN.m~25000mN.m
转速: 3r/min~500r/min
可配220V、380V电源



我们就在您身边

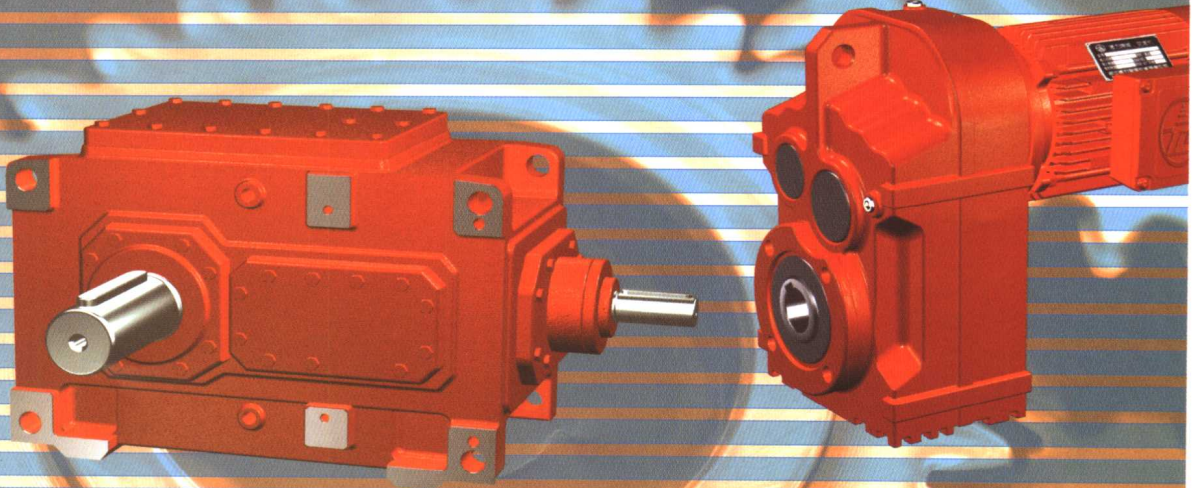
星河网络 遍布神州



TONGLI

通力减速机

国家重点新产品 国家级星火项目



产品特点： 高强度 低噪音 模块化



浙江通力变速机械有限公司是开发、生产螺旋伞齿轮减速机、斜齿轮减速机、斜齿蜗轮蜗杆减速机、机械无级变速机的专业企业，产品配套从0.18-200KW，计9000多种传动比。公司多年来发展源自于以客户为中心的服务理念，严密的ISO9001质量管理体系及完整检测装备足以保证品质的可靠性。

浙江通力产品采用欧洲设计理念，结合中国用户特点进行最优化设计。具有“高强度、低噪音、模块化、传递扭矩大、启动平稳”等特点，而被广泛应用于啤酒饮料、环保工程、纺织印染、造纸、石化、轻工、港口、钢铁冶金、物流仓储、起重运输机械、风力发电等行业的传动领域。并可根据不同用户要求进行专用设计。而备有底脚安装、法兰安装和轴装式等多种安装位置供用户选择。



浙江通力变速机械有限公司

ZHEJIANG TONGLI GEAR SHIFT MACHINERY CO.,LTD.

地址：浙江省瑞安市林垵通力大道 邮编：325207

电话：0577-65591111 65592222 65590188 65590588

传真：0577-65598888 售后服务：65593333

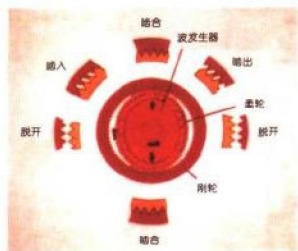
E-mail: tbs@mail.wzptt.zj.cn 网址: www.xtbaqi.com

北京飞达克美谐波传动技术创新有限公司（简称飞达克美公司）是由：

北京飞达电子集团公司
北京市克美谐波传动精密机械公司
北京市技术交易市场等单位组成。

飞达克美公司集中了我国多年来从事谐波传动技术研究开发、推广的一批专家、教授及科技人员，具有较强的技术创新能力；曾主持和参加完成过我国多项谐波传动技术成果，曾获得过国家及部委级多项奖励；这些专家还曾通过联合攻关研制成功固体润滑谐波传动减速器，成功地应用在“神舟号”飞船中。

飞达克美公司有一个多年来从事谐波传动减速器的生产基地，又是国家定点生产航天航空军用谐波传动产品及精密小模数齿轮的单位，并已于2000年通过ISO9001认证。生产基地具有生产精密谐波传动产品的全套精密加工设备，以及样机检测仪器，可以完成整机各项性能试验的实验室，以保证产品的优良品质。由于具有较强的新产品开发条件，我们已为国民经济建设和国防建设提供了大量谐波传动产品。



谐波传动原理

原理

谐波传动是利用柔性元件可控的弹性变形来传递运动和动力的。

谐波传动包括三个基本构件：波发生器、柔轮、刚轮。三个构件中可任意固定一个，其余两个一为主动、一为从动，可实现减速或增速（固定传动比），也可转换成两个输入，一个输出，组成差动传动（其传动原理如图所示）。

当刚轮固定，波发生器为主动，柔轮为从动时，柔轮在椭圆凸轮作用下产生变形，在波发生器长轴的两端处的柔轮轮齿与刚轮轮齿完全啮合；在短轴两端处的柔轮轮齿与刚轮轮齿完全脱开；在波发生器长轴与短轴的区域，柔轮轮齿与刚轮轮齿有的处于半啮合状态，称为啮入；有的则逐渐退出啮合处于半脱开状态，称为啮出。由于波发生器的连续转动，使得啮入、完全啮合、啮出、完全脱开这四种情况依次变化，循环不已。由于柔轮比刚轮的齿数少2，所以当波发生器转动一周时，柔轮向相反方向转过两个齿的角度，从而实现了大的减速比。

特点

传动比大并且范围广、精度高、空回小、承载能力大、效率高、体积小、重量轻、传动平稳、噪声小、可向密封空间传递运动。

应用

由于谐波传动具有许多优点，现已广泛应用于空间技术、能源、电子工业、石油化工、军事工作、机器人、假肢、机床、仪器仪表、纺织机械、印刷机械、包装机械、医疗器械、食品加工机械等领域。



谐波传动三大件



① 谐波传动XB系列

② 谐波传动XB2系列

③ 谐波传动XB3系列



④ 相位调节器XBF系列

⑤ 谐波传动减速器整机

⑥ 谐波传动减速器与电机套装

前 言

行星齿轮传动与普通定轴齿轮传动相比较,具有质量小、体积小、传动比大、承载能力大以及传动平稳和传动效率高等优点;这些已被我国越来越多的机械工程技术人员所了解和重视。由于在各种类型的行星齿轮传动中均有效地利用了功率分流性和输入、输出的同轴性以及合理地采用了内啮合,才使得其具有了上述的许多独特的优点。行星齿轮传动不仅适用于高速、大功率,而且可用于低速、大转矩的机械传动装置上。它可以用作减速、增速和变速传动,运动的合成和分解,以及其特殊的应用中;这些功用对于现代机械传动的发展有着较重要的意义。因此,行星齿轮传动在起重运输、工程机械、冶金矿山、石油化工、建筑机械、轻工纺织、医疗器械、仪器仪表、汽车、船舶、兵器和航空航天等工业部门均获得了日益广泛的应用。

世界上一些工业发达国家,如日本、德国、英国、美国和俄罗斯等,对行星齿轮传动的应用、生产和研究都十分重视,在结构优化、传动性能、传递功率、转矩和速度等方面均处于领先地位;并出现了一些新型的行星传动技术,如封闭行星齿轮传动、行星齿轮变速传动和微型行星齿轮传动等早已在现代化的机械传动设备中获得了成功的应用。

行星齿轮传动在我国已有了许多年的发展史,很早就有了应用。然而,自20世纪60年代以来,我国才开始对行星齿轮传动进行了较深入、系统的研究和试制工作。无论是在设计理论方面,还是在试制和应用实践方面,均取得了较大的成就,并获得了许多的研究成果。

近20多年来,尤其是我国改革开放以来,随着我国科学技术的进步和发展,我国已从世界上许多工业发达国家引进了大量先进的机械设备和技術,经过我国机械科技人员不断地吸收和消化,与时俱进、开拓创新地努力奋进,使得我国的行星传动技术有了迅速发展。目前,在我国已有许多的机械设计人员开始研究分析和应用上述的新型行星传动技术,并期待着能有一本针对上述的新型行星齿轮传动设计、内容充实和科学实用的专门著作。

为了使行星传动技术在我国更好地推广和应用;同时,也是为了促进上述新型的行星传动技术在我国更加广泛地发展和应用,以便尽快地提高我国的行星齿轮传动设计水平,努力设计和制造出具有国际先进水平的行星齿轮传动装置。为此,作者愿意把自己多年来从事行星齿轮传动设计研究的成果和论文资料等汇编起来,精心地撰写一本理论性与实用性相结合的,内容充实,科学、新颖且符合设计者需求的《行星齿轮传动设计》。本书较全面地阐述了常见的行星齿轮传动类型、传动比和配齿计算,几何尺寸和啮合参数计算,传动效率计算,受力分析和强度计算,均载机构和结构设计等内容;还撰写了行星齿轮传动设计指导和设计计算示例和图例;以供广大读者参考使用。此外,本书还用了较大的篇幅,较详细地阐述了封闭行星齿轮传动、行星齿轮变速传动和微型行星齿轮传动等新型行星传动的內容;并介绍了一些新的传动型式、设计方法和计算公式。这些新的內容对于广大的读者在设计和研究新型的行星齿轮传动时具有一定的指导意义和幫助。

作者从事现代军事装备和兵器设计专业教学和科研工作时,曾经接触了一些国内外的军用机械设备和装置。自20世纪70年代以来,开始从事新型行星齿轮传动的设计研究。30多年来,本人在行星齿轮传动的设计理论方面,不懈地进行了长期的科学研究工作,先后在

国内外发表了数十篇有关行星齿轮传动设计方面的论文和著作。这些著作和论文具有较高的学术水平，在我国齿轮界已产生了一定的影响，并在国内产生了较大的经济效益和社会效益；同时，也得到了我国同行专家们的好评和赞誉。本人于1993年荣获国务院颁发的政府特殊津贴。

在编写《行星齿轮传动》的过程中，得到化学工业出版社的“机械设计手册”（第四版）的主编成大先热情推荐和无锡市万向轴厂余铭高级工程师的帮助和支持。同时，也得到了国内齿轮界的新、老朋友的热心帮助。原南京炮兵学院教员黄以细、丁国洪、黄桂柱、张广苏曾参加了微型行星齿轮传动课题的研究工作；江苏省如东石油机械厂黄耀林工程师提供了某产品的设计参数；王国钜副教授提供了部分资料；张翠华工程师参加了本书的文字校对工作；张炜、张小龙、黄金根、刘忠其为本书收集和整理了部分资料；饶昕璐做了一些打印文稿的工作。本人谨在此一并表示感谢。同时，还向本书所引用参考文献的作者致以谢意。

由于作者的学术水平和时间所限，书中难免有错误和不妥之处，恳切希望广大读者批评指正。

饶振纲

2003年4月于南京

(电话：025—4873010)

主要代号

代号	意义	单位	代号	意义	单位
a	中心距,标准中心距	mm	$\text{inv}\alpha$	α 角的渐开线函数	
a'	角度变位齿轮的中心距	mm	J	截面的轴惯性矩	mm ⁴
a_0	切齿中心距	mm	J_p	截面的极惯性矩	mm ⁴
b	齿宽	mm	j	侧隙	mm
b_1, b_2	齿轮副中小轮、大轮齿宽	mm	j_n	法向侧隙	mm
C	顶隙	mm	j_t	切向侧隙	mm
C^*	顶隙系数		K	系数,载荷系数	
C_n^*	法向顶隙系数		K_A	使用系数	
d	直径、分度圆直径	mm	K_p	行星轮间载荷分布不均匀系数	
d_1, d_2	齿轮副中小轮、大轮分度圆直径	mm	K_a	齿间载荷分配系数	
d_0	插齿刀的分度圆直径	mm	K_β	齿向载荷分布系数	
d_a	齿顶圆直径	mm	K_v	动载系数	
d_{a1}, d_{a2}	齿轮副中小轮、大轮齿顶圆直径	mm	L	长度	mm
d_b	基圆直径	mm	M	弯矩	N·m
d_{b1}, d_{b2}	齿轮副中小轮、大轮基圆直径	mm	m	模数	mm
d_f	齿根圆直径	mm	m_n	法向模数	mm
d_{f1}, d_{f2}	齿轮副中小轮、大轮齿根圆直径	mm	m_t	端面模数	mm
d'	节圆直径	mm	N	指数	
d_p	量柱直径	mm	N_L	应力循环次数	
E	弹性模量	N/mm ²	n	转速	r/min
e	齿槽宽	mm	n_1, n_2	齿轮副中小轮、大轮的转速	r/min
F	作用力	N	n_p	行星轮数目	
F_n	法向力	N	P	功率	kW
F_r	径向力	N	P_m	摩擦功率	kW
F_t	切向力	N	p	行星排的特性参数	
F_x	轴向力	N	p	齿距	mm
F_β	齿向公差	μm	p	比压、压强	N/mm ²
f	摩擦因数		r	半径、分度圆半径	mm
f_f	齿形公差	μm	r'	节圆半径	mm
f_{pb}	基节极限偏差	μm	r_a	齿顶圆半径	mm
f_{pt}	齿距极限偏差	μm	r_b	基圆半径	mm
G	剪切弹性模量	N/mm ²	r_f	齿根圆半径	mm
H	高度	mm	S	安全系数	
HB	布氏硬度		s	齿厚、分度圆齿厚	mm
HRC	洛氏硬度		s_a	齿顶厚	mm
h	齿高	mm	s_0	刀具齿厚	mm
h'	工作齿高	mm	T	转矩	N·m
h_a	齿顶高	mm	T_1, T_2	齿轮副中小轮、大轮的转矩	N·m
h_a^*	齿顶高系数		u	齿数比 $u = z_2/z_1$	
h_{a0}	刀具齿顶高	mm	v	线速度、分度圆周速度	m/s
h_{a0}^*	刀具齿顶高系数		W	公法线长度	mm
h_f	齿根高	mm	W	抗弯截面模量	mm ³
h_{f0}	刀具齿根高	mm	W	自由度	
i	传动比		W_p	抗扭截面模量	mm ³

续表

代号	意义	单位	代号	意义	单位
W^*	模数 $m = 1\text{mm}$ 时的公法线长度	mm	α_{at}	齿顶端面压力角	(°), rad
x	变位系数		α_n	法向分度圆压力角	(°), rad
x	转臂		α_t	端面分度圆压力角	(°), rad
x_1, x_2	齿轮副中小轮、大轮的变位系数		β	螺旋角, 分度圆螺旋角	(°), rad
x_Σ	变位系数和, $x_\Sigma = x_2 \pm x_1$		β_b	基圆螺旋角	(°), rad
Y	系数		ϵ	重合度	
Y_F	齿形系数		ϵ_a	端面重合度	
Y_{NT}	弯曲强度计算的寿命系数		ϵ_β	轴向重合度	
Y_S	应力修正系数		ϵ_r	总重合度	
Y_X	弯曲强度计算的尺寸系数		η	效率, 动力黏度	
Y_β	弯曲强度计算的螺旋角系数		η^x	转化机构效率	
Y_ϵ	弯曲强度计算的重合度系数		μ	摩擦因数	
y	中心距变动系数		ν	泊松比	
Δy	齿顶高变动系数		ν_t	润滑油在工作温度 t 下的运动黏度	mm ² /s
Z_E	弹性系数	$\sqrt{N/\text{mm}^2}$	ρ	曲率半径	mm
Z_{NT}	接触强度计算的寿命系数		ρ_F	危险截面处齿根圆角半径	mm
Z_R	粗糙度系数		ρ_f	齿根圆角半径	mm
Z_v	速度系数		σ	正应力	N/mm ²
Z_w	齿面工作硬化系数		σ_b	抗拉伸强度	N/mm ²
Z_X	接触强度计算的尺寸系数		σ_F	计算齿根弯曲应力	N/mm ²
Z_β	接触强度计算的螺旋角系数		σ_{Fp}	许用齿根弯曲应力	N/mm ²
Z_ϵ	接触强度计算的重合度系数		σ_H	计算接触应力	N/mm ²
z	齿数		σ_{Hp}	许用接触应力	N/mm ²
z_1, z_2	齿轮副中小轮、大轮的齿数		τ	切应力	N/mm ²
z_0	刀具齿数		φ	啮合功率系数	
z_v	当量齿数		ϕ_a	对中心距 a 的齿宽系数, $\phi_a = \frac{b}{a}$	
α	压力角, 齿形角	(°), rad	ϕ_d	对分度圆直径 d 的齿宽系数, $\phi_d = \frac{b}{d}$	
α'	啮合角	(°), rad	ψ	功率损失系数	
α_0	刀具齿形角	(°), rad	ψ^x	转化机构的功率损失系数	
α'_0	切齿时的啮合角	(°), rad			
α_a	齿顶压力角	(°), rad			
α_{an}	齿顶法向压力角	(°), rad			

主要下角标

A	输入件	n	法向的
a	齿顶的, 中心轮、太阳轮	p	许用的
B	输出件	r	径向的
b	基圆的, 中心轮、内齿轮	t	切向的、端面的
c	行星轮	x	轴向的, 转臂的
d	行星轮	Σ	代数和
e	中心轮、内齿轮	0	刀具的
F	齿根弯曲的	1	小齿轮的
f	齿根的	2	大齿轮的
H	接触的	I	第1级的, I类
max	最大的	II	第2级的, II类
min	最小的		

内 容 提 要

本书全面系统地阐述了行星齿轮传动设计方面的内容，其内容丰富、实用、新颖，并且含有一些关于行星齿轮传动的新技术和新方法。

书中较详细地阐述了行星齿轮传动的传动特点、传动类型，传动比和配齿计算，几何尺寸和啮合参数计算，传动效率计算，受力分析和强度计算，均载机构和结构设计等，并且，撰写了行星齿轮传动设计指导、设计计算示例和结构图例。此外，本书还专门撰写了微型行星齿轮传动设计、封闭行星齿轮传动和行星齿轮变速传动设计方面的内容，且提供了一些新的设计计算方法和计算公式；这些内容系属于我国新近发展的行星传动技术。

本书可供从事机械传动和机械设计的工程技术人员和大专院校相关专业的教师、研究生和本科生参考使用。

目 录

主要代号

第一章 行星齿轮传动概论	1
第一节 行星齿轮传动的定义、符号及其特点.....	1
一、行星齿轮传动的定义.....	1
二、行星齿轮传动的符号.....	3
三、行星齿轮传动的特点.....	3
第二节 行星齿轮传动的基本类型.....	5
一、库德略夫采夫的分类法.....	5
二、按齿轮啮合方式进行分类的方法.....	7
第二章 行星齿轮传动的传动比	11
第一节 概述	11
第二节 行星齿轮传动各构件角速度间的普遍关系式	12
第三节 行星齿轮传动的传动比计算公式	14
一、用“转化机构”法计算行星齿轮传动的传动比	14
二、用速度图解法计算行星齿轮传动的传动比	23
第四节 差动行星齿轮传动的传动比计算公式	25
第三章 行星齿轮传动的配齿计算	31
第一节 行星齿轮传动中分配各轮齿数应满足的条件	31
一、传动比条件	31
二、邻接条件	32
三、同心条件	32
四、安装条件	34
第二节 行星齿轮传动的配齿计算	38
一、2Z-X(A)型行星传动	38
二、2Z-X(B)型行星传动	42
三、2Z-X(D)型行星传动	46
四、2Z-X(E)型行星传动	47
五、3Z(I)型行星传动	52
六、3Z(II)型行星传动	73
第三节 微型行星齿轮传动设计	79
一、微型行星齿轮减速器结构	80
二、微型行星齿轮减速器的设计计算	81
三、微型行星齿轮传动的发展动向	83
第四章 行星齿轮传动的几何尺寸和啮合参数计算	85
第一节 标准直齿圆柱齿轮的基本参数	85

第二节 行星齿轮传动中的变位齿轮	89
一、变位齿轮传动的类型	89
二、2Z-X型行星传动的角度变位	91
三、3Z(I)型行星传动的角度变位	91
第三节 角度变位齿轮传动的啮合参数计算	93
第四节 变位方式和变位系数的选择	97
一、变位方式的选用	97
二、选择变位系数的限制条件	97
三、选择变位系数的方法	99
第五节 角度变位齿轮传动的几何尺寸计算	102
第五章 行星齿轮传动的效率	109
第一节 概述	109
一、行星齿轮传动效率的组成	109
二、啮合功率法	110
三、啮合功率流方向的判定	111
第二节 行星齿轮传动的效率计算	112
一、2Z-X型行星齿轮传动效率计算公式	112
二、转化机构的功率损失系数 ψ^x 计算	116
三、3Z型行星齿轮传动效率计算公式	119
四、行星齿轮传动效率计算示例	128
第三节 差动行星齿轮传动的效率计算	129
第六章 行星齿轮传动的受力分析及强度计算	136
第一节 行星齿轮传动的受力分析	136
一、普通齿轮传动	136
二、行星齿轮传动	137
第二节 行星齿轮传动基本构件上的转矩	141
第三节 行星轮支承上和基本构件轴上的作用力	144
一、行星轮支承上的作用力	144
二、基本构件及其输出轴上的作用力	145
第四节 行星齿轮传动中轮齿的失效形式和常用的齿轮材料	148
一、轮齿的失效形式	148
二、常用的齿轮材料	149
第五节 行星齿轮传动的强度计算	153
一、齿轮传动主要参数的初算	153
二、齿轮传动强度的校核计算	154
第七章 行星齿轮传动的均载机构	179
第一节 行星轮间载荷分布不均匀性分析	179
第二节 行星轮间载荷分布均匀的措施	181
第三节 行星轮间载荷分布不均匀系数 K_p 的确定	190
一、2Z-X型行星传动 K_p 值的确定	190

二、3Z型行星传动系数 K_p 值的确定	192
第四节 浮动的齿轮联轴器	193
一、概述	193
二、浮动齿轮联轴器的几何尺寸计算	195
三、浮动齿轮联轴器的强度计算	197
第八章 封闭行星齿轮传动设计计算	201
第一节 概述	201
一、双级行星齿轮传动	201
二、封闭行星齿轮传动	203
第二节 封闭行星齿轮传动的结构公式和结构简图	207
第三节 封闭行星齿轮传动的传动比计算	209
一、双级行星齿轮传动	209
二、封闭行星齿轮传动	215
第四节 封闭行星齿轮传动的受力分析	225
一、双级行星齿轮传动	225
二、封闭行星齿轮传动	228
第五节 封闭行星齿轮传动的传动效率	233
一、双级行星齿轮传动的传动效率计算	233
二、封闭行星齿轮传动的传动效率计算	235
三、用克莱依涅斯 (M. A. Крейнес) 公式计算封闭行星传动的效率	246
四、封闭行星齿轮传动的功率流方向和封闭功率	253
五、封闭行星齿轮传动的计算示例	257
第九章 行星齿轮传动的结构设计	260
第一节 中心轮的结构及其支承结构	260
一、中心轮的结构	260
二、中心轮的支承结构	262
第二节 行星轮结构及其支承结构	265
一、行星轮的结构	265
二、行星轮的支承结构	266
第三节 转臂的结构及其支承结构	271
一、转臂的结构	271
二、转臂的支承结构	272
三、转臂的制造精度	273
第四节 机体的结构设计	275
第十章 行星齿轮传动设计指导	278
第一节 行星齿轮传动的设计计算步骤	278
第二节 行星齿轮传动设计计算示例	280
第三节 行星齿轮传动结构图例	290
第十一章 行星齿轮变速传动设计	297
第一节 概述	297

第二节 行星齿轮变速传动的自由度和结构简图	300
一、行星齿轮变速传动的自由度	300
二、行星齿轮变速传动的结构简图	301
第三节 行星齿轮变速传动的结构组成	302
一、控制元件数和传动挡数的确定	302
二、行星排数 k 的确定	304
第四节 行星齿轮变速传动的传动比计算	305
一、单元行星齿轮传动	305
二、行星变速传动	307
第五节 行星齿轮变速传动的受力分析	308
一、行星排各构件上的力和转矩	308
二、制动转矩的计算	309
三、摩擦离合器闭锁力矩的计算	310
第六节 行星齿轮变速传动的效率计算	312
一、行星排的功率方程式	312
二、行星齿轮变速传动效率的计算	313
三、计算行星齿轮变速传动效率的步骤	313
第七节 行星齿轮变速传动的计算示例和图例	317
一、行星齿轮变速传动的计算示例	317
二、行星齿轮变速传动的结构图例	322
第八节 行星齿轮变速传动的综合方法	323
一、构件运动方程式的重要特性	323
二、确定各行星排的 p 值和各构件的布置情况	324
三、行星齿轮变速传动的运动方程组	325
四、行星齿轮变速传动的综合角速度图	326
五、行星齿轮变速传动综合的基本程序	329
参考文献	335

第一章 行星齿轮传动概论

第一节 行星齿轮传动的定义、符号及其特点

齿轮传动在各种机器和机械设备中已获得了较广泛的应用。例如，起重机械、工程机械、冶金机械、建筑机械、石油机械、纺织机械、机床、汽车、飞机、火炮、船舶和仪器、仪表中均采用了齿轮传动。在上述各种机器设备和机械传动装置中，为了减速、增速和变速等特殊用途，经常采用一系列互相啮合的齿轮所组成的传动系统，在《机械原理》中，便将上述的齿轮传动系统称之为轮系。

一、行星齿轮传动的定义

轮系可由各种类型的齿轮副组成。由锥齿轮、螺旋齿轮和蜗杆蜗轮组成的轮系，称为空间轮系；而由圆柱齿轮组成的轮系，称为平面轮系。本书主要讨论平面轮系的设计问题。

根据齿轮系运转时其各齿轮的几何轴线相对位置是否变动，齿轮传动分为两大类型。

1. 普通齿轮传动（定轴轮系）

当齿轮系运转时，如果组成该齿轮系的所有齿轮的几何轴线位置都是固定不变的，则称为普通齿轮传动（或称定轴轮系）。在普通齿轮传动中，如果各齿轮副的轴线均互相平行，则称为平行轴齿轮传动；如果齿轮系中含有一个相交轴齿轮副或一个相错轴齿轮副，则称为不平行轴齿轮传动（空间齿轮传动）。

2. 行星齿轮传动（行星轮系）

当齿轮系运转时，如果组成该齿轮系的齿轮中至少有一个齿轮的几何轴线位置不固定，而绕着其他齿轮的几何轴线旋转，即在该齿轮系中，至少具有一个作行星运动的齿轮，如图 1-1(a)所示。在上述齿轮传动中，齿轮 a、b 和构件 x 均绕几何轴线 \overline{OO} 转动，而齿轮 c 是活套在构件 x 的轴 O_c 上，它一方面绕自身的几何轴线 O_c 旋转（自转），同时又随着几何轴线 O_c 绕固定的几何轴线 \overline{OO} 旋转（公转），即齿轮 c 作行星运动；因此，称该齿轮传动为行星齿轮传动，即行星轮系。

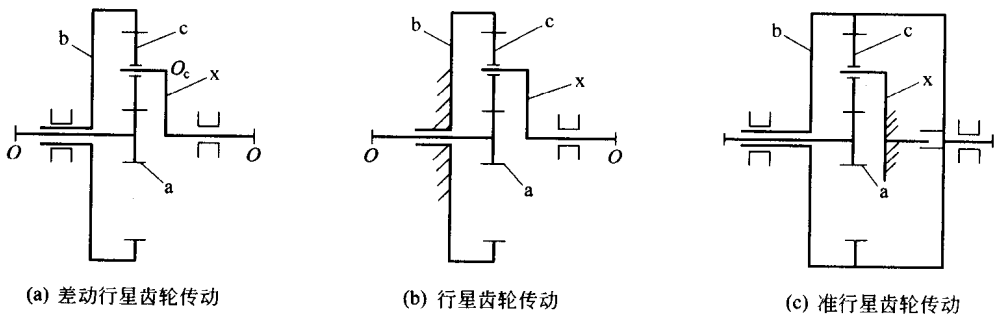


图 1-1 行星齿轮传动

行星齿轮传动按其自由度的数目可分为以下几种。

(1) 简单行星齿轮传动 具有一个自由度 ($W = 1$) 的行星齿轮传动，如图 1-1(b)所