

# 行星传动机构设计

(第二版)

饶振纲 编著



国防工业出版社

373798

1418.2.465  
K15  
(2)

# 行星传动机构设计

(第二版)

饶振纲 编著



国防工业出版社

(京)新登字 106 号

图书在版编目(CIP)数据

行星传动机构设计/饶振纲编著. —2版. —北京:国防工业出版社,1994

ISBN 7-118-01138-X

I. 行…

Ⅰ. 饶…

Ⅱ. 行星轮系-机构综合

Ⅳ. TH132.425



饶振纲 编著

责任编辑 王晓光

\*  
国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

北京王史山胶印厂印刷

\*  
开本:787×1092 1/16 印张:41½ 962千字

1994年6月第2版 1994年6月北京第3次印刷 印数:11841—13840册

ISBN 7-118-01138-X/TH·80 定价:34.50元

本书如有印装错误,我社负责调换

## 前 言

《行星传动机构设计》(第一版)自1980年问世以来,受到了广大读者的青睐,于1984年重印了一次,先后共发行了约12000册。10多年来,《行星传动机构设计》一书在我国机械传动与设计领域中已产生了一定的影响,赢得了广大读者的信任,同时,也得到了同行专家们的好评和鼓励。一些高等工科院校采用它作为有关专业的大学本科和硕士研究生的教材。不少的机械设计所和工厂应用它开发了新产品。在新出版的十几本机械传动著作中,尤其是近期正式出版的《机械设计手册》(第3卷)和《齿轮手册》(上册)都将它列为主要的参考文献之一。总之,10多年来,该书已获得了良好的社会效益。为了不辜负广大读者的信任和期望,使它更好地为我国的现代化建设服务,特修订该书。在广泛收集国内外有关资料的基础上,经过本人几年的努力,才使《行星传动机构设计》(第二版)得以面世。

行星齿轮传动在我国已有许多年的历史,约在60年代以后,对行星传动才进行了较深入、系统的研究和试制工作。行星齿轮传动及其演变的谐波齿轮传动具有的重量轻、体积小,传动比大和承载能力大,传动效率高等许多优点,早已被广大机械工程技术人员所了解和熟悉。由于这些新型的传动机构均有效地利用了功率分流性和同轴性,以及合理地采用了内啮合的缘故,才使得它们具有许多独特优点,从而使行星齿轮传动在冶金、矿山、起重运输、化工、纺织、汽车、兵器、船舶和航空航天等工业部门中获得了广泛的应用。

近10多年来,特别是改革开放以来,随着我国科学技术的迅速发展,我国已引进了许多先进的机械设备和技术。在所引进的一些机械设备和传动装置中已见到了关于多级行星传动、封闭行星传动、行星变速传动、封闭谐波传动和封闭行星—谐波传动等新式的传动型式。鉴于上述情况,为了尽快提高我国行星传动产品的设计水平,推动对引进产品和技术的消化吸收、创新及国产化工作,本人编写和出版了《行星传动机构设计》(第二版)一书。

编写本书第二版的指导思想是:在保持原书优点的基础上,进一步调整、充实、更新和完善,力争使其成为一本技术较先进,内容较全面,实用性较强的有关行星传动设计的参考书。

本书(第二版)共有四篇:第一篇,渐开线行星齿轮传动;第二篇,渐开线少齿差行星齿轮传动;第三篇,摆线针轮行星传动;第四篇,谐波齿轮传动。它在原《行星传动机构设计》一书的基础上,增加和扩充了许多新技术内容,特别是其中的第一篇和第四篇大部分是新内容。

在第一篇中,根据国内外的有关文献,特将2K-H型传动分为2K-H(A)、2K-H(B)、…、2K-H(F)型;将3K型分为3K(I)、3K(II)和3K(III)型。上述的每一种代号都可表示确定的传动型式。本篇着重讨论了下述内容:行星传动的结构分类、传动比和配齿计算、啮合参数和几何尺寸计算、受力分析、均载装置、强度计算和

效率计算等。

在第一篇中，还增加了“组合行星齿轮机构”一章新内容，即对于双级行星传动和封闭行星传动的设计计算提供了较完整的资料。另外，还单独编写了“行星齿轮变速机构”一章。这是因为，行星变速机构仍是当前汽车、工程机械、坦克和履带车辆上广泛使用的新型变速装置之一。

对于在机械传动中获得广泛应用的 2K-H(A)型和 3K 型行星传动，本书提供了最新、最完整的设计资料。尤其是本篇中的 3K(I)型传动——具有单齿圈行星轮的 3K 型传动的设计理论和方法，已获得 1991 年全军科技进步二等奖。经专家们评审认为，该项成果具有较高的学术水平，填补了我国行星传动设计方面的一个空白，在国内处于领先地位，而且，在我国获得了较大的经济效益和社会效益。

在第二篇中，对于原来的少齿差行星齿轮传动的设计内容已进行了一些调整和充实；同时，增加了渐开线内啮合齿轮副的几何尺寸计算及其干涉等方面的内容，从而使渐开线少齿差行星齿轮传动设计部分更加完善。

在第三篇中，对原来的摆线针轮行星传动的设计内容也作了一些整理和补充；另外，还增加了 RV 型行星传动、摆线轮的齿廓修正和二齿差摆线针轮行星传动等内容。

由于受篇幅和时间所限，在上述两篇中只能有节制地进行一些整理、充实和增补工作。

在第四篇中，较全面地阐述了谐波齿轮传动的传动特点、传动原理、结构分类、传动比计算、零件与部件的结构型式、啮合参数的计算方法、强度计算和效率计算等内容。本篇充实了不少的新内容，提出了一些新的计算公式和设计方法。例如在封闭谐波齿轮传动、封闭行星—谐波齿轮传动，以及无多余约束的谐波传动简图的拟定等方面，均是新增加的设计内容。另外，在本篇中还附有“谐波齿轮传动啮合参数优化设计”和“谐波齿轮传动的结构尺寸优化设计”两篇参考资料，作为应用谐波齿轮传动设计理论进行优化设计的示例。

总之，在本书（第二版）中，全面系统地论述了以上四种行星传动机构的传动原理、结构型式、传动比计算、几何计算、受力分析、强度计算和效率计算等内容。本书还介绍了许多有关行星传动的设计参数和图表，以及设计步骤、设计计算示例和图例。

本书采用了最新的国家标准规定的物理符号、量和单位，采用了国家标准规定的齿轮标准。例如齿轮几何要素代号、齿轮基本名词术语和渐开线圆柱齿轮模数，以及渐开线圆柱齿轮精度等标准。

在编写《行星传动机构设计》（第二版）的过程中，得到了南京炮兵学院的领导和同志们的支持和鼓励；得到了国内齿轮界的新、老朋友的帮助和支持。郑州工学院的冯澄宙教授为本书第三篇的修订工作提供了部分文稿和图稿。本人谨在此一并表示感谢。另外，还向本书所引用的参考文献的作者致以谢意。

鉴于作者的水平所限，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

1992 年 10 月于南京炮兵学院

(邮编 211132)

## 第一版前言

由于行星传动机构具有重量轻、体积小、传动比大和效率高等优点，在许多情况下可以代替多级的普通齿轮传动，因此，在国内外得到了较大的重视。在我国，行星传动机构已有许多工厂能进行成批生产，对于新型的谐波齿轮传动也进行了多方面的研制和成功的应用。今后，行星传动机构在国防、冶金、矿山、建筑、化工、纺织等许多工业部门的设备中将会获得日益广泛的应用。

《行星传动机构设计》包括四个方面的内容：行星齿轮传动设计；渐开线少齿差行星传动设计；摆线针轮行星传动设计和谐波齿轮传动设计。

近几年来，本人在教学工作中收集了有关行星传动方面的资料，并进行了整理和补充，编写成此书。目的在于为从事机械传动方面的工程技术人员及有关大专院校师生提供设计行星传动机构的设计计算方法和所需要的参考资料。

本书编写过程中，曾得到编者所在单位的领导及同志们的关心和支持；另外，还得到了有关单位的同志们的热情帮助，谨在此表示感谢。

为了使本书更能适合于行星传动机构设计时参考，本人虽在主观上作了一些努力，但由于业务水平所限，错误和不妥之处仍会有之，恳请读者予以指正。

编 者

一九七九年三月

# 目 录

基本符号	1
------	---

## 第一篇 渐开线行星齿轮传动

第一章 行星齿轮传动概述	4
§ 1—1 行星齿轮传动的术语及代号	4
§ 1—2 行星齿轮传动的特点	7
§ 1—3 行星齿轮传动的类型	8
第二章 行星齿轮机构的传动比计算	16
§ 2—1 行星齿轮机构的传动比概述	16
一、普通齿轮机构的传动比	16
二、行星齿轮机构的传动比	16
三、行星传动机构中各构件角速度之间的普遍关系式	18
§ 2—2 用转臂固定法计算行星传动机构的传动比	19
一、转臂固定法	19
二、2K-H型传动比的计算	21
三、3K型传动比的计算	26
§ 2—3 差动行星齿轮机构的传动比和角速度计算	28
§ 2—4 用速度图解法计算行星传动机构的传动比	32
一、速度图解法	32
二、用速度图解法计算差动行星机构的传动比	35
三、用速度图解法计算双级行星齿轮机构的传动比	36
§ 2—5 用角速度矢量图解法计算行星齿轮机构的传动比	38
第三章 行星齿轮机构的受力分析和效率计算	41
§ 3—1 行星齿轮机构的受力分析	41
一、行星齿轮机构基本构件上的作用力	41
二、行星齿轮机构基本构件上的扭矩	44
§ 3—2 行星轮支承上和基本构件轴上的作用力	47
一、行星轮支承上的作用力	47
二、基本构件的轴及其支承上的作用力	53
§ 3—3 行星齿轮机构传动效率的确定	54
一、行星齿轮机构传动效率概述	54
二、啮合功率	55
三、2K-H型传动效率的确定	56
四、3K型传动效率的确定	64
§ 3—4 差动行星机构的传动效率计算	74
第四章 组合行星齿轮机构	81
§ 4—1 组合行星齿轮机构概述	81

§ 4—2 组合行星齿轮机构的代号 .....	84
一、双级行星齿轮机构的代号 .....	84
二、封闭行星齿轮机构的代号 .....	86
三、封闭行星齿轮机构的结构公式和结构简图 .....	89
§ 4—3 组合行星齿轮机构的传动比计算 .....	91
一、双级行星齿轮机构的传动比计算 .....	91
二、封闭行星齿轮机构的传动比计算 .....	98
§ 4—4 组合行星齿轮机构的受力分析和效率计算 .....	103
一、双级行星齿轮机构的受力分析和效率计算 .....	103
二、封闭行星齿轮机构的受力分析和效率计算 .....	108
三、封闭行星传动的封闭功率和功率流方向 .....	130
<b>第五章 行星齿轮传动的几何尺寸计算</b> .....	<b>135</b>
§ 5—1 行星标准齿轮传动的几何尺寸计算 .....	135
§ 5—2 行星变位齿轮传动概述 .....	138
一、变位齿轮传动的类型 .....	138
二、2K—H 型传动的角度变位 .....	139
三、3K 型传动的角度变位 .....	140
§ 5—3 角度变位齿轮传动的啮合参数和几何尺寸计算 .....	141
一、角度变位齿轮传动的啮合参数计算 .....	141
二、变位系数的选择 .....	146
三、变位齿轮传动的几何尺寸计算 .....	150
附表 5—1 直齿插齿刀的基本参数和切制内齿轮时内齿轮的最少齿数 .....	154
附表 5—2 渐开线函数 $\text{inv}\alpha_k$ .....	155
<b>第六章 行星齿轮机构的装配条件及各轮齿数的选择</b> .....	<b>157</b>
§ 6—1 行星齿轮机构的装配条件 .....	157
§ 6—2 行星齿轮机构各轮齿数的选择 .....	164
一、2K—H (A) 型传动各轮齿数的选择 .....	165
二、2K—H (B) 型传动各轮齿数的选择 .....	166
三、2K—H (D) 型传动各轮齿数的选择 .....	170
四、2K—H (E) 型传动各轮齿数的选择 .....	172
五、3K (I) 型传动各轮齿数的选择 .....	177
六、3K (II) 型传动各轮齿数的选择 .....	225
<b>第七章 行星齿轮机构的强度计算</b> .....	<b>231</b>
§ 7—1 行星齿轮机构中轮齿的失效形式和齿轮材料的选择 .....	231
一、轮齿的失效形式 .....	231
二、齿轮材料的选择 .....	232
§ 7—2 行星齿轮机构的强度计算 .....	235
一、齿面接触强度的计算 .....	235
二、齿根弯曲强度的计算 .....	239
<b>第八章 行星轮间载荷分布不均匀及均载装置</b> .....	<b>246</b>
§ 8—1 行星轮间载荷分布的不均匀性 .....	246
§ 8—2 行星轮间载荷分布均匀的措施 .....	248
§ 8—3 行星轮间载荷分布不均匀系数 $K_p$ 的确定 .....	259
一、2K—H 型传动 $K_p$ 值的确定 .....	259



二、3K型传动 $K_p$ 值的确定	261
§ 8—4 行星齿轮机构的设计步骤	262
第九章 中心轮、行星轮和转臂的结构设计	264
§ 9—1 中心轮的结构	264
§ 9—2 行星轮的结构和行星轮的支承结构	266
一、行星轮的结构	266
二、行星轮的支承结构	269
§ 9—3 转臂的结构及中心轮和转臂的支承结构	275
一、转臂的结构	275
二、转臂的制造精度	277
三、中心轮和转臂的支承结构	278
§ 9—4 浮动齿轮联轴器	280
一、齿轮联轴器的结构	280
二、齿轮联轴器的几何尺寸计算	283
三、齿轮联轴器的强度计算	285
第十章 行星齿轮变速机构	288
§ 10—1 行星齿轮变速机构概述	288
§ 10—2 多级行星齿轮变速机构的自由度和结构简图	291
一、多级行星齿轮变速机构的自由度	291
二、多级行星齿轮变速机构的结构简图	292
§ 10—3 行星齿轮变速机构的结构组成	294
一、控制元件数和传动档数的确定	294
二、行星排数 $k$ 的确定	295
§ 10—4 行星齿轮变速机构的运动学	297
一、单元行星机构的传动比计算	297
二、行星变速机构传动比计算示例	298
三、多级行星变速机构的结构图例简介	300
§ 10—5 行星变速传动各构件上作用力和转矩的确定	301
一、行星排各构件上的力和转矩	301
二、制动转矩的确定	302
三、摩擦离合器闭锁力矩的确定	303
§ 10—6 行星变速传动效率的确定	305
一、行星排的功率方程式	305
二、多级行星变速机构效率的确定	306
三、计算多级行星变速机构传动效率的步骤	306
§ 10—7 行星变速机构的综合方法	310
一、构件运动方程式的重要特性	310
二、确定各行星排的 $p$ 值和各构件的布置情况	311
三、多级行星变速机构的运动方程组	312
四、行星变速机构的综合角速度图	313
五、行星变速机构综合的基本程序	316
附 I—1 行星齿轮机构设计计算示例	322
附 I—2 行星齿轮机构的图例	332

## 第二篇 渐开线少齿差行星齿轮传动

第十一章	渐开线少齿差行星齿轮传动概述	339
§ 11-1	少齿差行星传动的结构组成、传动原理和传动类型	340
§ 11-2	W 机构的结构型式	342
第十二章	少齿差行星传动的传动比计算和传动效率的确定	349
§ 12-1	少齿差行星传动的传动比计算	349
一、	K-H-V 型传动的传动比计算	349
二、	2K-H 型传动的传动比计算	350
§ 12-2	少齿差行星传动效率的确定	351
一、	少齿差行星传动效率的组成	351
二、	K-H-V 型传动各基本构件的力矩和功率之间的关系	352
三、	K-H-V 型传动效率的计算公式	354
四、	影响 K-H-V 型传动效率的有关因素	356
第十三章	渐开线内啮合齿轮副的几何尺寸计算及其干涉	358
§ 13-1	内啮合齿轮的结构特点及其几何尺寸计算	358
一、	内啮合齿轮的结构特点	358
二、	标准内齿轮的几何尺寸计算公式	359
三、	变位内齿轮的啮合参数和几何尺寸计算	359
§ 13-2	内啮合齿轮副的干涉	362
一、	过渡曲线干涉	362
二、	齿廓重迭干涉	364
§ 13-3	两个主要限制条件	368
一、	在设计内啮合齿轮传动时应注意的问题	368
二、	两个主要限制条件的产生	369
§ 13-4	少齿差行星传动变位系数的选择	371
§ 13-5	公法线长度 $W_k$ 和内齿轮 $M$ 值的计算	379
一、	公法线长度 $W_k$ 的计算	379
二、	内齿轮 $M$ 值的计算	381
第十四章	渐开线少齿差行星传动的设计计算	387
§ 14-1	少齿差行星传动结构型式的选择	387
§ 14-2	少齿差行星传动基本参数的选择和几何尺寸计算	389
一、	少齿差行星传动基本参数的选择	391
二、	少齿差行星传动的几何尺寸计算	397
三、	两个主要限制条件的验算	399
§ 14-3	少齿差行星传动的设计计算	401
一、	设计计算步骤	401
二、	设计计算示例	402
第十五章	渐开线少齿差行星传动的强度计算	407
§ 15-1	少齿差行星传动中作用力的分析	407
§ 15-2	少齿差行星传动的齿根弯曲强度计算	411
§ 15-3	W 机构的强度计算	412
第十六章	少齿差行星传动设计参数实例及图例	416

§ 16—1	少齿差行星传动设计参数实例	416
§ 16—2	少齿差行星传动的主要零件图及其技术条件	416
§ 16—3	主要零件的加工工艺和制造精度	423

### 第三篇 摆线针轮行星传动

第十七章	摆线针轮行星传动概述	425
§ 17—1	摆线针轮行星传动的结构和特点	425
	一、摆线针轮行星传动的结构	425
	二、摆线针轮行星传动的主要特点	426
§ 17—2	RV 型行星传动的结构组成、传动原理及其特点	427
	一、RV 型行星传动的结构组成	427
	二、RV 型行星机构的传动原理及其特点	428
§ 17—3	摆线针轮行星传动的传动比计算及其 W 机构	429
	一、摆线针轮行星传动原理及其传动比计算	429
	二、摆线针轮行星传动的 W 机构	430
§ 17—4	RV 型行星传动的传动比计算	432
	一、RV 型行星机构的传动比计算公式	432
	二、RV 型行星机构的装配条件	433
第十八章	摆线针轮的啮合原理及基本几何参数	435
§ 18—1	摆线齿廓的形成	435
	一、两圆外啮合形成法	435
	二、两圆内啮合形成法	435
	三、摆线齿廓两种形成法之关系	436
§ 18—2	摆线针轮行星传动符合齿廓啮合基本定律	438
§ 18—3	连续啮合条件	438
§ 18—4	基本尺寸的几何关系	439
§ 18—5	摆线轮齿廓曲线	441
	一、摆线轮齿廓曲线的图解法	441
	二、摆线轮齿廓曲线方程式	443
	三、齿廓曲线的曲率半径	444
	四、摆线轮齿廓不产生“根切”的条件	445
§ 18—6	摆线轮的齿廓修正	448
§ 18—7	二齿差摆线针轮行星传动	451
	一、啮合原理	451
	二、摆线轮齿顶圆半径的确定	452
	三、同时啮合齿数	453
§ 18—8	短幅系数 $K_1$ 和针径系数 $K_2$ 的选择	453
	一、短幅系数 $K_1$ 的选择	453
	二、针径系数 $K_2$ 的选择	455
	三、抽齿的确定	456
第十九章	摆线针轮行星传动的受力分析	457
§ 19—1	针齿与摆线轮齿间的作用力	457
§ 19—2	W 机构的柱销作用于摆线轮上的力	459

X

§ 19—3 转臂轴承的作用力 .....	460
<b>第二十章 摆线针轮行星传动的强度计算</b> .....	462
§ 20—1 摆线针轮行星传动的主要失效形式和主要零件的材料 .....	462
一、摆线针轮行星传动的主要失效形式 .....	462
二、主要零件的材料 .....	462
§ 20—2 摆线轮与针齿的强度计算 .....	463
一、啮合齿面接触强度计算 .....	463
二、针齿销的弯曲强度计算 .....	465
§ 20—3 W 机构柱销的强度计算 .....	467
一、柱销的弯曲强度计算 .....	467
二、柱销套与柱销孔的接触强度计算 .....	468
§ 20—4 转臂轴承的选择计算 .....	469
<b>第二十一章 摆线针轮行星传动的效率</b> .....	470
§ 21—1 摆线针轮行星传动效率的确定 .....	470
§ 21—2 RV 型行星传动机构的效率计算 .....	472
§ 21—3 摆线针轮行星传动的设计步骤 .....	474
附 III—1 摆线针轮行星传动设计计算示例 .....	478
附 III—2 摆线针轮行星传动的图例 .....	483

## 第四篇 谐波齿轮传动

<b>第二十二章 谐波齿轮传动的特点、传动原理和分类</b> .....	488
§ 22—1 谐波齿轮传动概述 .....	488
一、谐波传动技术的发展概况 .....	488
二、谐波齿轮机构的结构组成 .....	488
§ 22—2 谐波齿轮机构的主要特点 .....	489
§ 22—3 谐波齿轮机构的传动原理 .....	491
§ 22—4 谐波齿轮传动的结构分类 .....	494
<b>第二十三章 谐波齿轮机构的传动比计算</b> .....	498
§ 23—1 简单谐波齿轮机构的传动比计算 .....	498
§ 23—2 双级谐波齿轮机构的传动比计算 .....	501
一、串联式双级谐波齿轮机构的传动比计算 .....	501
二、串联式双级行星—谐波齿轮机构的传动比计算 .....	505
§ 23—3 封闭谐波齿轮机构的传动比计算 .....	508
一、封闭谐波齿轮机构的组成和代号 .....	508
二、封闭谐波齿轮机构的传动比计算 .....	513
§ 23—4 封闭行星—谐波齿轮机构的传动比计算 .....	520
一、封闭行星—谐波齿轮机构的组成和代号 .....	520
二、封闭行星—谐波齿轮机构的传动比计算 .....	521
<b>第二十四章 谐波齿轮机构零件与部件的结构</b> .....	524
§ 24—1 柔轮和刚轮的结构型式 .....	524
一、柔轮的结构型式 .....	524
二、刚轮的结构型式 .....	531
§ 24—2 波发生器的结构型式 .....	531

§ 24—3 波发生器的柔性轴承和抗弯衬环 .....	538
一、波发生器柔性轴承的几何参数计算 .....	538
二、抗弯衬环 .....	542
§ 24—4 波发生器与轴的联接 .....	544
<b>第二十五章 谐波齿轮机构啮合参数和几何尺寸计算</b> .....	<b>546</b>
§ 25—1 啮合参数和几何计算方法概述 .....	546
§ 25—2 直线三角形齿廓和 C. W. 苏瓦洛夫的几何计算方法 .....	547
一、直线三角形齿廓 ( $\alpha_b=28.6^\circ$ ) .....	547
二、C. W. 苏瓦洛夫的几何计算方法 .....	549
§ 25—3 考虑到构件变形的啮合参数和几何计算 .....	550
§ 25—4 渐开线齿廓的近似啮合几何计算 .....	555
§ 25—5 渐开线谐波齿轮传动的几何计算分析法 .....	557
一、啮合参数的选择 .....	557
二、几何尺寸的计算 .....	558
三、柔轮和刚轮齿间的侧隙计算 .....	559
四、保证谐波齿轮传动正常工作需要验算的几个条件 .....	562
五、轮齿侧隙控制法简介 .....	563
<b>第二十六章 谐波齿轮机构的强度计算</b> .....	<b>564</b>
§ 26—1 谐波齿轮传动的主要失效形式 .....	564
§ 26—2 轮齿工作表面的耐磨计算 .....	566
§ 26—3 柔轮的疲劳强度计算 .....	567
一、双滚轮式波发生器作用下的柔轮应力 .....	567
二、三滚轮式波发生器作用下的柔轮应力 .....	570
三、四滚轮式波发生器作用下的柔轮疲劳强度计算 .....	572
四、柔轮承载能力的计算 .....	575
§ 26—4 波发生器柔性轴承的寿命计算 .....	576
§ 26—5 谐波齿轮传动主要零件的材料 .....	578
<b>第二十七章 谐波齿轮机构的效率计算</b> .....	<b>582</b>
§ 27—1 谐波齿轮机构效率概述 .....	582
§ 27—2 谐波齿轮机构的效率计算 .....	584
§ 27—3 复合式谐波齿轮传动的效率计算 .....	592
§ 27—4 谐波齿轮机构的热平衡计算 .....	598
<b>第二十八章 谐波齿轮机构的设计计算</b> .....	<b>600</b>
§ 28—1 谐波齿轮机构设计概述 .....	600
§ 28—2 无多余约束的谐波齿轮传动简图的拟定 .....	601
一、机构多余约束数 $q$ 的计算 .....	601
二、谐波齿轮机构中的运动副级别 .....	601
三、谐波齿轮机构多余约束的计算 .....	603
四、消除谐波齿轮机构中多余约束的措施 .....	604
§ 28—3 谐波齿轮机构的设计计算步骤 .....	606
<b>第二十九章 谐波齿轮机构设计计算示例和图例</b> .....	<b>608</b>
§ 29—1 谐波齿轮机构设计计算示例 .....	608
§ 29—2 谐波齿轮机构的图例 .....	617

第三十章 谐波齿轮机构主要零件的制造工艺	627
§ 30—1 谐波齿轮机构主要零件的毛坯和热处理选择	627
一、主要零件的毛坯制造	627
二、主要零件的热处理选择	628
§ 30—2 谐波齿轮机构主要零件的机加工工艺	630
一、主要零件的机加工工艺	630
二、主要零件的加工工艺流程	631
§ 30—3 谐波齿轮机构的装配	633
附 IV—1 谐波齿轮传动啮合参数的优化设计	633
附 IV—2 谐波齿轮传动的结构尺寸优化设计	640
参考文献	647

## 基本符号

$a$	中心距, 标准中心距	HRC	洛氏硬度
$a_0$	切齿中心距	$h$	齿高, 全齿高
$a'$	角度变位齿轮中心距	$h_a$	齿顶高
$b$	齿宽	$h_{a0}$	刀具齿顶高
$b^*$	齿宽系数	$h_f$	齿根高
$c$	顶隙, 径向间隙	$h_a^*$	齿顶高系数
$c^*$	顶隙系数, 径向间隙系数	$h_n$	啮入深度
$d$	直径, 分度圆直径	$I$	轴惯性矩
$d'$	节圆直径	$I_p$	极惯性矩
$d_a$	齿顶圆直径	$i$	传动比
$d_b$	基圆直径, 刚轮直径	$\text{inv}\alpha$	$\alpha$ 角的渐开线函数
$d_f$	齿根圆直径	$i^H$	转臂 $H$ 固定的传动比
$d_g$	行星轮直径, 柔轮直径	$j$	侧隙
$d_m$	未变形柔轮的中线直径	$j_n$	齿轮副的法向侧隙
$E$	弹性模量	$j_t$	齿轮副的圆周侧隙
$e$	偏心距, 齿槽宽	$K$	系数, 中心轮
$F$	力	$K_p$	行星轮间载荷分布不均匀系数
$F_n$	法向力	$K_1$	短幅系数
$F_r$	径向力	$K_2$	针径系数
$F_t$	圆周力	$M$	弯矩
$f$	摩擦系数	$m$	模数
$G$	剪切弹性模量	$N$	应力循环次数
$g$	行星轮, 柔轮	$n$	转速
$H$	转臂, 高度	$n^H$	相对于转臂 $H$ 的转速
HB	布氏硬度	$n_p$	行星轮数

$P$	功率	$Y_N$	寿命系数
$P_m$	摩擦功率	$Y_s$	应力修正系数
$p$	A 型传动参数, 齿距 (周节)	$y$	中心距变动系数
$p$	比压, 压强	$z$	齿数
$R_a$	轮廓算术平均偏差	$z_0$	刀具齿数
$R_z$	轻微不平度十点高度	$z_\Sigma$	外啮合齿轮副的齿数和 (内啮合齿轮副的齿数差)
$r$	半径, 分度圆半径	$\alpha$	压力角, 齿形角
$r'$	节圆半径	$\alpha'$	啮合角
$r_a$	齿顶圆半径	$\alpha_a$	顶圆压力角
$r_b$	基圆半径	$\alpha_0$	刀具齿形角
$r_f$	齿根圆半径	$\beta$	螺旋角
$r_m$	未变形柔轮的中线半径	$\Delta y_{ha}$	齿顶高变动系数
$S$	安全系数	$\delta$	柔轮齿圈壁厚
$s$	齿厚, 分度圆齿厚	$\delta_1$	柔轮壳体厚度
$s_a$	齿顶厚	$\epsilon$	重合度
$T$	转矩, 扭矩	$\epsilon_a$	端面重合度
$t$	时间	$\epsilon_\beta$	纵向重合度
$u$	齿数比, 柔轮变形波数	$\eta$	效率
$V$	线速度, 体积	$\eta^H$	转化机构的效率
$v$	切向位移, 速度	$\mu$	摩擦系数
$v^H$	相对于转臂 $H$ 的速度	$\nu$	泊松比, 运动粘度
$W$	机构自由度, 抗弯截面系数	$\rho$	曲率半径
$w$	径向位移	$\sigma$	正应力
$w_0$	最大径向位移	$\sigma_B$	拉伸强度
$x$	变位系数	$\sigma_f$	计算的齿根弯曲应力
$x_\Sigma$	变位系数和	$\sigma_{FP}$	许用齿根弯曲应力
$x_0$	刀具的变位系数	$\sigma_H$	计算的接触应力
$Y$	系数	$\sigma_{HP}$	许用的接触应力
$Y_F$	齿形系数		



$\tau$	切应力
$\psi$	功率损失系数
$\psi^H$	转化机构的功率损失系数
$\omega$	角速度
$\omega^H$	相对于转臂 $H$ 的角速度

### 主要下角标

$a$	齿顶的, 中心轮 $a$ , 太阳轮
$b$	基圆的, 中心轮 $b$ , 刚轮
$c$	中心轮 $c$
$e$	中心轮 $e$ , 内齿轮, 外部的
$F$	齿根弯曲的
$f$	齿根的, 行星轮 $f$
$g$	行星轮 $g$ , 柔轮
$H$	接触的, 转臂的
$i$	内部的
max	最大的
min	最小的
$n$	法向的, 法面上的
$r$	径向的
$t$	端面的, 圆周的
$\Sigma$	代数和
0	刀具的
1	小齿轮的
2	大齿轮的
I	第 1 级的
II	第 2 级的