

# 机械设计手册

中册

第二版

化学工业出版社

# 机械设计手册

中 册

机械设计计算

第二版

《机械设计手册》联合编写组编

化学工业出版社

## 内 容 简 介

本手册共分三册出版。上册主要是标准规范；中册是机械设计计算；下册是液压和气动元件及系统的设计计算。

中册内容包括以下几个部分。第一部分为机构篇，主要介绍机构的基本概念，平面机构的自由度及运动、动力分析的常用方法；基本机构的结构型式、运动特点、主要技术参数及其选用原则、常用设计方法及计算实例，除重点介绍平面连杆机构、凸轮机构外，还有瞬心线机构、互包络线机构、棘轮机构、槽轮机构、不完全齿轮机构、斜面机构和螺旋机构等；最后列举一些灵巧实用、制造容易，并具有某些独特运动规律的机构设计参考图例。第二部分为机械传动篇，主要介绍各类齿轮传动的特点、参数选择、几何尺寸计算、强度计算和计算实例、精度及公差等，全篇包括渐开线圆柱齿轮传动、圆弧齿轮传动、渐开线圆锥齿轮传动、蜗杆传动、渐开线圆柱齿轮行星传动、摆线针轮行星传动和销齿传动等；其次是三角带和平皮带、齿形带传动，链传动；轴与软轴的计算；减速器和变速器。第三部分为弹簧篇，介绍各类弹簧的特点、常用计算方法、主要技术参数及其选取、材料和计算实例等，弹簧种类包括圆柱螺旋弹簧、圆锥螺旋弹簧、碟形弹簧、片弹簧、板弹簧、橡胶弹簧等，并首次系统地提供了发条弹簧的设计方法。第四部分为常用电器设备篇，介绍常用电动机的型号、规格、电器驱动常用计算公式；常用电器和管状电热元件等。

本手册供从事冶金、矿山、煤炭和石油化工机械设计的技术人员、工人使用，也可供其他专业机械设计人员和大、中院校有关专业师生参考。

## 机 械 设 计 手 册

中 册

机 械 设 计 计 算

第 二 版

《机械设计手册》联合编写组编

\*

化学工业出版社 出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

一二〇一工厂印刷

\*

开本 787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 75<sup>1</sup>/<sub>2</sub> 字数 2581千字 印数 121,501—221,520

1982年10月北京第2版 1983年7月北京第2次印刷

统一书号 15063·3279 定价 8.55元

## 第 二 版 前 言

为适应四个现代化建设的需要，我们根据近年来机械制造、设计和标准化工作的进展情况，以及广大读者的要求，对本手册第一版进行了修订，并仍分上、中、下三册出版。

本分册是机械设计计算部分，内容包括机构、机械传动、弹簧和电器设备等四篇。与第一版相比，新增加了机构篇，其他各篇内容亦作了较大更新，对篇章结构作了适当调整，把减速器和变速器併入了机械传动篇。本分册内容的主要特点如下：

一、充分吸收近年来的生产和科研成果，尽量收集介绍新技术和新产品，大大丰富了设计资料。

机械传动篇新增加了行星、少齿差、摆线针轮和销齿等多种齿轮传动类型，还在原有的传动类型中增加了同步齿型带、齿型链、内齿轮、斜齿和摆线齿圆锥齿轮、平面包络蜗杆以及谐波立式减速器和软轴等。

弹簧篇在原有圆柱形拉、压、扭、组合弹簧和碟形弹簧等品种的基础上，新添了圆锥形弹簧、片簧、板簧和橡胶弹簧，并首次系统地提供了发条弹簧的设计资料。

电器设备篇也增加了许多品种，并扩大了规格范围，为满足自动化、机械化的需要还增加了微型电动机。

二、根据机械设计理论和技术的新发展，采用了更切合实际的计算方法。

三角胶带的计算方法，第一版是以滑动曲线为理论依据，按临界点来确定单根胶带给所能传递的功率，这次修订则采用 ISO（国际标准化组织）所推荐的方法，以欧拉公式为理论基础，在保证不打滑和一定的疲劳寿命条件下，计算单根胶带给所能传递的功率；链条的选择计算过去是以链条铰链内的比压不超过许用值为准则，本版采用了以失效形式为准则的方法。

渐开线圆柱齿轮的强度计算采用了 ISO 推荐的计算方法，这种方法与第一版采用的库氏法相比，其理论基础基本相同，但更全面地考虑了影响齿轮强度的诸因素，吸收了近年来许多研究成果，引入了失效概率的概念，但计算方法比较繁琐，为便于工程上应用，我们在分析国内外齿轮强度计算方法的基础上，作了必要的简化，经初步验证，可以满足工程设计的需要；圆锥齿轮和圆弧齿轮的强度计算也是统一按 ISO 的方法编写的。

圆柱螺旋弹簧部分在计算上除了一般按静负荷计算外，增添了按变负荷考虑的疲劳强度验算和共振验算，同时还补充了横向特性的计算，并引用了工作极限负荷的概念来进行弹簧设计。

三、为了开扩设计思路，适应技术革新和设计各种新型机械的需要，编入了常用机构的设计计算方法，列选了一些灵巧、实用、结构简单的机构实例，可供设计冶金、矿山、化工等设备时参考。

四、补充了较多的数表和线图，并尽可能给出计算公式，以便于读者根据不同的要求和计算手段选用。

五、书中引用的数据和资料，均按新颁布的标准进行了修订，并改正了第一版中的编印错误和欠妥之处。

修订过程中，我们认真研究了本手册第一版发行以来，读者提出的宝贵意见，并到有关工厂、设计、科研、学校等单位进行了大量调查研究，听取意见，搜集资料。得到《机械工程手册》编辑委员会、一机部标准化研究所、西安重型机械研究院、郑州机械研究所、北京钢铁学院、洛阳矿山机器研究所、东北工学院等单位的大力帮助。初稿完成后，承蒙许多单位和同志的认真审阅，提出了许多宝贵的意见，此外，还由王起龙（沈阳机电学院）、吴中心（华南工学院）、陈铁鸣（哈尔滨工业大学）、陈谦闻（哈尔滨工业大学）、殷鸿梁（上海工业大学）、梁桂明（洛阳拖拉机厂）等同志审核有关篇章。张文照（上海化工学院）同志为少齿差行星齿轮传动提供了资料。在此，我们向关心本书的读者，向给予我们帮助的所有单位和同志们致以衷心的感谢！

本册由冶金工业部北京有色冶金设计研究总院主编，并编写以下篇章：第七篇第三章，第八篇第一、二、三、六、十、十一、十二章，第九篇，第十篇，参加人员有：成大先、王鸿翔、王德夫、王淑兰、沙树明、陈光祖、周凤香、姜勇、柯蕊珍、梁全贵。第七篇第一、二章由陕西机械学院阮忠唐、曹维庆、齐维浩、周菁编写。第八篇第七章由西安公路学院张少名编写。第八篇第四、九章由中南矿冶学院王庆琪、陈祖元编写。第八篇第五、八章由大连工学院黎顺义、郭克强编写。北京石油化工总厂设计院韩学铨同志参与了审核工作。化工部第六

设计院关梯先同志参与了蜗杆传动部分的有关工作。

由于我们的水平不高，加之时间仓促，缺点和错误在所难免，恳切地希望广大读者继续向我们提出批评和建议。

《机械设计手册》联合编写组

1980

# 目 录

## 第七篇 机 构

<b>第一章 机构分析的常用方法</b> .....	1
一、机构的自由度分析 .....	1
(一) 常用术语的概念 .....	1
(二) 机构的运动简图和机动示意图 .....	7
(三) 机构的自由度分析 .....	7
平面机构自由度分析 .....	7
单封闭环空间机构自由度的计算 .....	7
多闭环空间机构自由度的计算 .....	15
空间机构自由度计算例题 .....	15
二、平面机构的运动分析 .....	16
(一) 机构的位置和构件上某点的轨迹分 析 .....	17
(二) 矢量图解法 .....	17
(三) 分析法 .....	21
(四) 瞬心法 .....	21
(五) 线图微分法和线图积分法 .....	24
(六) 高副机构的运动分析 .....	24
三、平面机构的动力分析 .....	25
(一) 构件惯性力的计算 .....	25
(二) 运动副中摩擦力的计算 .....	26
(三) 机构的受力分析 .....	29
(四) 惯性力的平衡 .....	32
四、单自由度机器的动力分析 .....	32
(一) 机器的运动过程和运动方程式 .....	32
(二) 机器运动方程的求解 .....	36
(三) 机器周期性速度波动的调节和飞轮 设计 .....	36
(四) 机械效率的计算 .....	48
<b>第二章 基本机构的设计</b> .....	50
一、平面连杆机构 .....	50
(一) 四杆机构的结构形式 .....	50
(二) 常用四杆机构的运动分析公式 .....	50
(三) 按传动角设计四杆机构 .....	50
(四) 按照输入杆与输出杆位置关系设计 四杆机构 .....	59
几何法 .....	60
分析法 .....	65
实验法 .....	69
(五) 按照连杆位置及连杆点位置综合较 链四杆机构 .....	70
已知连杆两个位置综合铰链四杆机构 .....	70
已知连杆三个位置综合铰链四杆机构 .....	71
已知连杆四个位置综合铰链四杆机构 .....	72
圆点曲线及圆心曲线 .....	73
已知连杆上点的位置综合铰链四杆机构 .....	73
轨迹综合 .....	75
相当机构及其应用 .....	76
二、瞬心线机构及互包络线机构 .....	76
(一) 瞬心线机构的工作特点及设计计算 的一般原理 .....	76
(二) 非圆齿轮节线设计 .....	79
再现一个给定自变量的函数的非圆齿 轮节线设计 .....	79
一对全等偏心圆齿轮传动 .....	80
偏心圆齿轮与非圆齿轮共轭 .....	82
一对全等椭圆齿轮传动 .....	84
卵形齿轮传动 .....	85
(三) 互包络线机构的工作特点 .....	88
(四) 互包络线机构的设计 .....	89
分析法 .....	90
图解法 .....	92
三、凸轮机构 .....	93
(一) 凸轮机构的术语及一般设计步骤 .....	93
(二) 凸轮机构的基本型式及其锁合方式 .....	95
(三) 从动件的压力角 .....	100
移动从动件凸轮机构的压力角 .....	100
摆动从动件凸轮机构的压力角 .....	101
盘形凸轮与圆柱凸轮的许用压力角 $[\alpha]$ .....	102
(四) 基圆半径 $R_b$ 和滚子半径 $R_r$ .....	103
基圆半径 $R_b$ 的大小对凸轮机构的影响 .....	103
确定基圆半径 $R_b$ 、 $R_{min}$ 的三种方式 .....	103
凸轮理论曲线的最小曲率半径 $\rho_{cmin}$ .....	107
滚子半径 $R_r$ 的确定 .....	108
(五) 从动件运动规律及其方程式 .....	109

运动规律	109	五、斜面机构与螺旋机构	156
常用运动规律的改进及其拼接	112	(一) 斜面机构的特性指标与计算公式	156
多项式运动规律	115	(二) 螺旋机构	156
以数值方式给出的运动规律	118	螺旋机构的特性指标	160
(六) 滚子从动件凸轮工作廓线的设计	119	螺旋机构传动型式	160
作图法	119	(三) 参数选择	161
解析法	122	六、往复油(气)缸机构的运动设计	161
(七) 平底从动件盘形凸轮工作廓线的设计	127	(一) 参数计算	162
(八) 圆弧凸轮工作廓线的设计	131	(二) 参数选择	163
单圆弧凸轮(偏心轮)	131	(三) 运动设计	163
多圆弧凸轮	131	<b>第三章 机构参考图例</b>	165
(九) 凸轮及滚子结构、材料、强度、精度及表面光洁度、凸轮工作图	133	一、匀速转动机构	165
凸轮及滚子结构	133	(一) 定传动比转动机构	165
常用材料	135	(二) 有级变速机构	169
强度校核及许用应力	136	(三) 无级变速机构	170
凸轮精度及表面光洁度	136	二、非匀速转动机构	171
凸轮工作图	137	三、往复运动机构	173
四、棘轮机构、槽轮机构和不完全齿轮机构	139	四、急回机构	179
(一) 棘轮机构	139	五、行程放大机构	180
常用型式	139	六、可调行程机构	183
设计要点	140	七、间歇运动机构	184
(二) 槽轮机构	141	八、超越止动及单向机构	190
工作原理及型式	141	九、换向机构	192
槽轮机构的几何尺寸和主要运动参数的计算(均布径向槽)	143	十、差动补偿机构	195
槽轮机构的动力性能	146	十一、气、液驱动连杆机构	197
(三) 不完全齿轮机构	148	十二、增力及夹持机构	200
基本型式与啮合特性	148	十三、实现几何曲线(直线、方形、圆形等)机构	204
设计参数的计算	149	十四、保险装置	208
不完全齿轮机构的设计计算公式及工作图	154	十五、定位联锁机构	211
		十六、伸缩机构	212
		十七、振动机构	215
		(一) 弹性连杆式振动机构	215
		(二) 惯性式振动机构	217

## 第八篇 机械传动

本篇所用的主要代号意义	221	(一) 平型带规格	237
<b>第一章 带传动</b>	225	(二) 平型带传动设计计算	238
一、三角胶带传动	225	(三) 平型带带轮	243
(一) 三角胶带规格	225	三、同步齿形带传动	244
(二) 三角胶带传动设计计算	226	(一) 同步齿形带的特点和应用	244
(三) 三角胶带带轮	231	(二) 同步齿形带主要参数及规格	244
(四) 三角胶带传动设计计算示例	234	(三) 同步齿形带传动设计计算	246
(五) 活络三角胶带传动	236	(四) 同步齿形带带轮	249
二、平型带传动	237	(五) 同步齿形带设计计算示例	251

四、带传动的张紧及安装	253	(五) 内啮合齿轮的干涉	299
(一) 带传动的张紧	253	内啮合齿轮的干涉现象	299
张紧方法及计算	253	校验和防止内啮合齿轮干涉的简易	
拉紧力	254	方法	300
(二) 带传动的安装要求	256	(六) 内啮合齿轮变位系数的选择	303
<b>第二章 链传动</b>	257	<b>五、渐开线圆柱齿轮传动的几何计算</b>	304
<b>一、套筒滚子链传动</b>	257	(一) 标准齿轮传动的几何计算	304
(一) 套筒滚子链的基本参数与尺寸	257	(二) 高变位齿轮传动的几何计算	306
(二) 套筒滚子链传动设计计算	258	(三) 角变位齿轮传动的几何计算	307
(三) 套筒滚子链轮	262	(四) 齿轮与齿条传动的几何计算	312
链轮材料及热处理	262	(五) 螺旋齿轮传动的几何计算	314
链轮齿形与基本参数	262	(六) 几何计算中使用的数表和线图	315
链轮结构尺寸	271	斜齿轮的当量齿数 $z_v$	315
链轮公差	272	端面重合度 $\varepsilon_\alpha$	316
(四) 套筒滚子链设计计算示例	272	端面啮合角 $\alpha_{wt}$	317
<b>二、齿形链传动</b>	274	外啮合标准齿轮和高变位齿轮的端面重合	
(一) 齿形传动链的啮合形式	274	度 $\varepsilon_\alpha$	318
(二) 外侧啮合齿形链的分类	274	齿轮齿条传动的部分端面重合度 $\varepsilon_{\alpha_s}$	319
(三) 齿形链的基本参数与尺寸	275	齿线重合度 $\varepsilon_\beta$	320
(四) 齿形链传动设计计算	276	变位齿轮的啮合角函数 $B$ 和中心距函	
(五) 齿形链链轮	279	数 $B_v$	321
链轮齿形与基本参数	279	渐开线函数	343
链轮公差	281	<b>六、渐开线圆柱齿轮齿厚的测量计算</b>	349
<b>三、链传动的布置、张紧及润滑</b>	282	(一) 齿厚测量方法的比较和应用	349
(一) 链传动的布置及张紧	282	(二) 公法线长度	350
(二) 链传动的润滑	284	(三) 分度圆弦齿厚	363
<b>第三章 渐开线圆柱齿轮传动</b>	285	(四) 固定弦齿厚	367
<b>一、渐开线圆柱齿轮传动的分类及特点</b>	285	(五) 圆棒(球)跨距	368
<b>二、渐开线圆柱齿轮的基准齿形和模数系列</b>	286	<b>七、齿轮的材料</b>	370
(一) 渐开线圆柱齿轮基准齿形	286	(一) 齿轮的材料和热处理的选择	370
(二) 渐开线圆柱齿轮模数系列	287	(二) 齿轮工作面硬度及其组合的应用	
<b>三、渐开线圆柱齿轮传动的参数选择</b>	287	举例	371
<b>四、变位齿轮传动和变位系数的选择</b>	289	(三) 齿轮常用材料及其机械性能	371
(一) 变位齿轮原理	289	<b>八、渐开线圆柱齿轮的强度计算</b>	374
(二) 变位齿轮的分类和特点	290	(一) 轮齿受力分析	374
(三) 选择外啮合齿轮变位系数的限制		(二) 齿轮主要尺寸的初步确定	375
条件	292	(三) 疲劳强度校核计算	381
(四) 外啮合齿轮变位系数的选择	293	(四) 开式齿轮传动计算	396
变位系数的选择方法	293	(五) 例题	396
选择变位系数的线图	293	<b>九、渐开线圆柱齿轮的精度</b>	402
高变位使节点处于双齿对啮合区的		(一) 精度等级和齿轮副侧隙	402
线图	298	精度等级	402
按提高抗胶合和耐磨损性能分配变位系		齿轮副侧隙	403
数的线图	298	标注示例	404

## IV

(二) 误差定义和代号 .....	405	斜齿圆锥齿轮正交传动的几何计算 .....	479
(三) 齿轮公差与检验 .....	410	(二) 弧齿圆锥齿轮传动的几何计算 .....	480
(四) 齿轮公差数值 .....	411	弧齿圆锥齿轮正交传动的几何计算 .....	480
(五) 齿条传动公差 .....	431	双重收缩齿零度弧齿圆锥齿轮齿根角	
十、圆柱齿轮结构 .....	434	增量 $\Delta\theta_r$ .....	484
十一、圆柱齿轮零件工作图 .....	439	弧齿圆锥齿轮螺旋角计算公式 .....	484
(一) 齿轮工作图的主要要求 .....	439	铣刀盘名义直径 $D_0$ .....	484
(二) 圆柱齿轮工作图示例 .....	440	(三) 摆线齿圆锥齿轮正交传动的几何	
(三) 齿条工作图的主要要求 .....	441	计算 .....	486
十二、附录 .....	441	(四) 几何计算用的图表 .....	488
(一) 各国的基准齿形 .....	441	五、轮齿受力分析 .....	510
(二) 渐开线圆柱齿轮齿形修缘 .....	442	六、圆锥齿轮传动的强度计算 .....	512
(三) 运转状况对弯曲疲劳极限的影响 .....	442	(一) 主要尺寸的初步确定 .....	512
<b>第四章 圆弧齿轮传动</b> .....	444	(二) 疲劳强度校核计算 .....	515
一、圆弧齿轮及其特点 .....	444	七、例题 .....	525
二、圆弧齿轮的基准齿形与模数系列 .....	447	八、圆锥齿轮传动公差 .....	534
三、圆弧齿轮传动几何计算 .....	448	(一) 齿轮制造精度 .....	534
四、圆弧齿轮传动的的基本参数选择 .....	449	(二) 传动公差的基本定义和代号 .....	536
五、圆弧齿轮传动的强度计算 .....	451	(三) 推荐的检验项目 .....	537
(一) 初步计算 .....	451	(四) 齿轮公差的数值 .....	538
(二) 疲劳强度校核计算 .....	454	(五) 齿轮的表面光洁度 .....	540
(三) 例题 .....	457	九、结构设计 .....	541
六、圆弧齿轮传动公差 .....	459	十、圆锥齿轮工作图 .....	546
(一) 精度等级和齿轮副侧隙 .....	459	十一、附录 .....	549
(二) 误差定义和代号 .....	461	(一) 弧齿圆锥齿轮切齿方法 .....	549
(三) 推荐的精度检验项目 .....	462	(二) 常见圆锥齿轮加工机床的加工范	
(四) 精度规范的偏差、公差数值 .....	463	围 .....	550
(五) 齿坯的偏差、公差数值和齿面光		<b>第六章 蜗杆传动</b> .....	551
洁度 .....	466	一、蜗杆传动分类及特征 .....	551
七、圆弧齿轮工作图示例 .....	468	二、圆柱蜗杆传动 .....	553
八、双圆弧齿轮传动简介 .....	469	(一) 圆柱蜗杆传动主要参数的选择 .....	553
(一) 双圆弧齿轮传动及其特性 .....	469	(二) 圆柱蜗杆传动的设计计算 .....	559
(二) 双圆弧齿轮的基准齿形 .....	470	圆柱蜗杆传动几何计算 .....	559
(三) 双圆弧齿轮传动几何计算 .....	471	圆柱蜗杆传动的受力分析 .....	561
<b>第五章 渐开线圆锥齿轮传动</b> .....	472	圆柱蜗杆传动强度计算和刚度验算 .....	562
一、渐开线圆锥齿轮传动的的基本类型、特点		圆柱蜗杆传动滑动速度计算和传动效率	
及应用 .....	472	估算 .....	565
二、渐开线圆锥齿轮的变位 .....	474	(三) 提高圆柱蜗杆传动的承载能力和传	
(一) 径向变位 .....	474	动效率的方法简介 .....	565
(二) 切向变位 .....	475	三、弧面蜗杆传动 .....	567
三、渐开线圆锥齿轮的齿形制 .....	475	(一) 弧面蜗杆传动的分类及特点 .....	567
四、渐开线圆锥齿轮传动的几何计算 .....	476	(二) 弧面蜗杆传动的形成原理 .....	568
(一) 直线齿圆锥齿轮传动的几何计算 .....	476	直线弧面蜗杆的形成原理 .....	568
直齿圆锥齿轮正交传动的几何计算 .....	476	平面包络弧面蜗杆的形成原理 .....	568

(三) 弧面蜗杆传动的的基本参数及选择 .....	568	确定齿数和变位系数的计算例题 .....	641
(四) 弧面蜗杆传动的设计计算 .....	571	齿形角 .....	645
弧面蜗杆传动几何计算 .....	571	多级行星齿轮传动的传动比分配 .....	645
弧面蜗杆的修型和修缘计算 .....	576	(三) 行星齿轮传动的受力分析 .....	645
弧面蜗杆传动承载能力的计算 .....	578	(四) 齿轮强度计算要点 .....	649
四、蜗杆传动公差 .....	581	(五) 行星齿轮传动的结构设计及计算 .....	652
(一) 普通圆柱蜗杆传动(ZA、ZN、ZI和		均载机构类型与特点 .....	652
ZK型)的公差(JB 162-60) .....	581	均载机构的选择 .....	656
适用范围 .....	581	行星齿轮传动的浮动量计算 .....	657
精度等级和蜗轮副侧隙 .....	581	齿轮联轴器的设计与计算 .....	657
精度规范 .....	584	行星轮结构 .....	661
侧隙规范 .....	586	行星架结构 .....	663
齿坯公差 .....	588	行星齿轮减速器整体结构 .....	665
(二) 圆弧齿圆柱蜗杆传动(ZC型)公差		(六) 主要技术要求 .....	670
(JB 2318-79) .....	589	(七) 行星齿轮传动设计计算例题 .....	671
精度指标 .....	590	三、少齿差(N型、NN型)行星齿轮传动 .....	674
蜗杆、蜗轮齿坯公差 .....	591	(一) 工作原理及传动比和效率的计算 .....	674
(三) 直线弧面蜗杆传动(TSL型)公差 .....	592	(二) 结构型式 .....	676
精度等级 .....	593	(三) 少齿差内啮合齿轮副的几何计算 .....	686
精度规范 .....	597	基本参数的选择 .....	687
(四) 平面二次包络弧面蜗杆传动(TOP		几何计算公式和例题 .....	688
型)公差 .....	599	少齿差内啮合齿轮副几何参数选用表 .....	690
五、蜗杆、蜗轮的结构及材料 .....	602	(四) 零齿差内啮合齿轮副的几何计算 .....	694
(一) 蜗杆、蜗轮的结构 .....	602	啮合方程式及基本参数的选择 .....	694
(二) 蜗杆、蜗轮材料选用推荐 .....	604	几何计算公式和例题 .....	695
六、蜗杆传动设计计算及工作图示例 .....	605	零齿差内啮合齿轮副几何参数选用表 .....	699
(一) 圆柱蜗杆传动设计计算示例 .....	605	(五) 少齿差行星齿轮传动受力分析 .....	703
(二) 直线弧面蜗杆传动设计计算示例 .....	608	(六) 少齿差行星齿轮传动的强度计算 .....	704
(三) 平面一次包络弧面蜗杆传动设计计算		(七) 少齿差行星齿轮传动主要零件的常	
示例 .....	611	用材料 .....	705
(四) 平面二次包络弧面蜗杆传动设计计算		(八) 少齿差行星齿轮传动主要零件的	
示例 .....	614	技术要求 .....	706
<b>第七章 渐开线圆柱齿轮行星传动 .....</b>	<b>617</b>	<b>第八章 摆线针轮行星传动 .....</b>	<b>707</b>
一、概述 .....	617	一、概述 .....	707
(一) 轮系的分类及应用 .....	617	二、齿廓的形成与系数 $K_1$ 、 $K_2$ .....	709
(二) 常用行星齿轮传动的传动型式与		(一) 短幅外摆线的短幅系数 $K_1$ .....	709
特点 .....	618	(二) 针齿的针径系数 $K_2$ .....	710
二、NGW、NGWN、NW和WW型行星		(三) 摆线轮齿廓的过切现象 .....	710
齿轮传动 .....	619	(四) 摆线轮齿廓的图解法 .....	712
(一) 传动比及效率计算 .....	619	三、主要构件的受力情况 .....	713
(二) 主要参数的确定 .....	622	(一) 销轴作用在摆线轮上的力 .....	713
行星轮数目与传动比范围 .....	622	(二) 针齿作用在摆线轮上的力 .....	713
齿数的确定 .....	623	(三) 转臂轴承作用在摆线轮上的力 .....	713
齿轮变位与变位系数 .....	639	四、主要构件的强度计算 .....	714

VI

(一) 摆线齿与针齿啮合的接触强度  
计算 .....714

(二) 针齿销的弯曲强度和刚度计算 ..... 736

(三) 转臂轴承的寿命计算 ..... 737

(四) 输出机构销轴的弯曲强度计算 ..... 737

五、 $K_1$ 、 $K_2$  对承载能力的影响 ..... 738

(一) 对齿面接触强度的影响 ..... 738

(二) 对针齿弯曲强度和刚度的影响 ..... 738

(三) 对输出机构销轴弯曲强度的影响 ..... 738

(四) 对转臂轴承寿命的影响 ..... 739

六、技术要求(JB 2982-81) ..... 739

(一) 对零件的要求 ..... 739

(二) 装配 ..... 741

七、计算公式与示例 ..... 742

八、主要构件的工作图 ..... 744

**第九章 销齿传动** ..... 748

一、销齿传动的特点及其应用 ..... 748

二、销齿传动的工作原理 ..... 748

三、几何尺寸及其计算 ..... 750

四、销齿传动的强度计算 ..... 752

五、常用材料及其许用应力 ..... 753

六、销轮轮缘的结构型式 ..... 754

七、齿轮齿形的绘制 ..... 755

八、销齿传动公差 ..... 757

九、销齿传动的设计计算及工作图示例 ..... 757

**第十章 轴与软轴** ..... 761

一、轴 ..... 761

(一) 轴的材料 ..... 761

(二) 轴的初步计算 ..... 762

按扭转强度及刚度计算 ..... 762

按弯扭合成强度计算 ..... 765

(三) 轴的结构设计 ..... 767

零件在轴上的定位与固定方法 ..... 767

轴的加工和装配工艺性 ..... 769

提高轴疲劳强度的结构措施 ..... 770

轴的典型结构示例 ..... 771

滑动轴承的轴颈结构尺寸 ..... 771

(四) 轴的强度校核 ..... 772

轴的疲劳强度校核 ..... 772

轴的静强度校核 ..... 782

(五) 轴的刚度校核 ..... 782

轴的扭转刚度 ..... 782

轴的弯曲刚度 ..... 782

(六) 轴的临界转速校核 ..... 785

(七) 轴的工作图 ..... 787

(八) 例题 ..... 788

(九) 附录 ..... 794

键、花键及销联接的强度计算 ..... 794

**二、软轴** ..... 796

(一) 软轴的结构型式和规格 ..... 796

常用软轴的结构型式 ..... 796

钢丝软轴的规格尺寸 ..... 797

常用软管的结构型式与规格尺寸 ..... 798

钢丝软轴接头和软管接头 ..... 799

防逆转装置 ..... 801

(二) 软轴的选择 ..... 801

**第十一章 减速器** ..... 802

一、减速器设计一般资料 ..... 802

(一) 常用减速器的分类、型式及其应用  
范围 ..... 802

(二) 圆柱齿轮减速器标准中心距(JB 716-  
65) ..... 805

(三) 减速器传动比的分配 ..... 805

传动比的分配原则及计算 ..... 805

传动比分配值 ..... 809

(四) 减速器的结构尺寸 ..... 811

减速器的基本结构 ..... 811

齿轮减速器、蜗轮减速器箱体尺寸 ..... 811

减速器附件 ..... 816

(五) 减速器支座轴承的选择 ..... 820

齿轮支座轴承的选择 ..... 820

蜗杆支座轴承的选择 ..... 821

(六) 减速器主要零件的配合 ..... 821

(七) 齿轮与蜗杆传动的效率和散热计算 ..... 822

齿轮和蜗杆传动的效率计算 ..... 822

齿轮和蜗杆传动的散热计算 ..... 824

(八) 齿轮与蜗杆传动的润滑 ..... 826

齿轮、蜗杆传动的润滑方法 ..... 826

齿轮、蜗杆传动的润滑油选择 ..... 829

(九) 减速器技术要求 ..... 831

(十) 减速器典型结构示例 ..... 831

圆柱齿轮减速器 ..... 831

圆锥齿轮减速器 ..... 839

圆锥—圆柱齿轮减速器 ..... 841

蜗轮减速器 ..... 843

齿轮—蜗轮减速器 ..... 848

**二、标准减速器** ..... 849

(一) ZD、ZL、ZS 型渐开线圆柱齿轮

减速器(JB 1130-70)	
ZDH、ZLH、ZSH型圆弧圆柱齿	
轮减速器(JB 1586-75).....	849
适用范围和代号.....	849
外形安装尺寸及装配型式.....	850
传动比.....	853
承载能力表.....	855
工作类型.....	867
减速器的选用.....	867
减速器的飞轮矩.....	870
(二) ZQ型渐开线圆柱齿轮减速器	
ZQH型圆弧圆柱齿轮减速器	
(JB 1585-75).....	871
适用范围和代号.....	871
外形及安装尺寸、装配型式.....	872
轴端型式.....	874
传动比.....	875
承载能力表.....	876
(三) 圆柱蜗杆减速器(Q/ZB 125-73).....	880
适用范围和代号.....	880
外形、安装尺寸及装配型式.....	880
技术特性.....	883
圆柱蜗杆减速器的选择.....	884
(四) WJSJ、WXSJ型蜗杆减速器.....	886
适用范围.....	886
外形、安装尺寸及装配型式.....	886
技术特性和规格.....	888
(五) 圆弧齿圆柱蜗杆减速器	
(JB 2318-79).....	888
适用范围和代号.....	888
外形、安装尺寸及装配型式.....	889
技术特性和承载能力.....	896
减速器的选用.....	899
(六) NGW型行星齿轮减速器	
(JB 1799-76).....	901
适用范围和代号.....	901
外形及安装尺寸.....	902
传动比.....	906
减速器承载能力.....	907
减速器的圆周速度 $v_1$ .....	922
减速器的选用.....	924
(七) 摆线针轮减速机(JB 2982-81).....	925
适用范围.....	925
外形和安装尺寸.....	926
基本参数.....	930
摆线针轮减速机的选用.....	932
(八) 釜用立式减速机(HG 5-743-78~HG	
5-747-78)(试行).....	937
釜用立式减速机适用范围和总系列.....	937
BLD型摆线针齿行星减速机	
(HG 5-745-78)(试行).....	939
LC型两级齿轮减速机(HG 5-746-78)	
(试行).....	941
P型三角皮带减速机(HG 5-747-78)	
(试行).....	945
XB型谐波减速机(HG 5-743-78	
~HG5-747-78)	
(附件一).....	946
减速机机座(HG 5-743-78~HG5-747-	
78)(附件二).....	949
弹性块式联轴器(HG 5-743-78HG5-748	
-78)	
(附件三).....	950
<b>第十二章 变速器</b> .....	951
一、齿链式无级变速器.....	951
(一) 概述.....	951
特点及用途.....	951
变速原理.....	951
调速范围 $R$ .....	952
(二) P型齿链式无级变速器.....	952
分类和代号.....	952
技术参数.....	953
装配型式.....	957
外形及安装尺寸.....	960
选用说明.....	968
二、多盘式无级变速器.....	970
(一) 概述.....	970
(二) 多盘式无级变速器系列.....	971
标记示例.....	971
技术参数.....	972
外形及安装尺寸.....	973

## 第九篇 弹 簧

**第一章 圆柱螺旋弹簧** ..... 975

一、圆柱螺旋弹簧的型式、特点及应用 ..... 975

二、弹簧材料及许用应力的选取 ..... 976

三、圆柱螺旋压缩弹簧 ..... 980

    (一) 圆柱螺旋压缩弹簧计算公式 ..... 980

    (二) 压缩弹簧端部型式与高度、总圈数的关系 ..... 983

    (三) 圆柱螺旋压缩弹簧有关参数的选取 ..... 984

    (四) 弹簧的稳定性、疲劳强度及共振验算 ..... 985

    (五) 圆柱螺旋压缩弹簧的横向特性计算 ..... 986

    (六) 圆柱螺旋压缩弹簧的典型工作图 ..... 987

    (七) 圆柱螺旋压缩弹簧计算表 ..... 988

    (八) 圆柱螺旋压缩弹簧计算示例 ..... 996

    (九) 组合弹簧的设计计算 ..... 997

    (十) 组合弹簧计算示例 ..... 998

    (十一) 圆柱螺旋压缩弹簧调整结构的典型示例 ..... 1000

四、圆柱螺旋拉伸弹簧 ..... 1001

    (一) 圆柱螺旋拉伸弹簧计算公式 ..... 1001

    (二) 圆柱螺旋拉伸弹簧钩环的应力计算 ..... 1003

    (三) 圆柱螺旋拉伸弹簧有关参数的选取 ..... 1004

    (四) 圆柱螺旋拉伸弹簧有效圈数与钩的配置关系 ..... 1005

    (五) 圆柱螺旋拉伸弹簧的典型工作图 ..... 1005

    (六) 圆柱螺旋拉伸弹簧计算表 ..... 1006

    (七) 圆柱螺旋拉伸弹簧计算示例 ..... 1008

    (八) 圆柱螺旋拉伸弹簧调整结构的典型示例 ..... 1010

五、圆柱螺旋扭转弹簧 ..... 1011

    (一) 圆柱螺旋扭转弹簧计算公式 ..... 1011

    (二) 曲度系数  $K_1$  ..... 1012

    (三) 圆柱螺旋扭转弹簧计算表 ..... 1012

    (四) 圆柱螺旋扭转弹簧典型工作图 ..... 1015

    (五) 圆柱螺旋扭转弹簧计算示例 ..... 1015

    (六) 圆柱螺旋扭转弹簧典型结构及应用示例 ..... 1016

六、圆柱螺旋弹簧制造精度及允许偏差 ..... 1017

**第二章 圆锥形螺旋弹簧** ..... 1019

一、圆锥形螺旋弹簧的特点 ..... 1019

二、圆锥形螺旋弹簧的分类 ..... 1019

三、圆锥形螺旋弹簧计算公式 ..... 1020

四、圆锥形螺旋弹簧计算示例 ..... 1022

**第三章 碟形弹簧**

一、碟形弹簧的特点及分类 ..... 1025

二、碟形弹簧计算公式 ..... 1025

三、碟形弹簧有关参数的选择 ..... 1027

    (一)  $C$  值的选择及  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  值的确定 ..... 1027

    (二) 比值  $\frac{h_0}{\delta}$  的选择及不同变形时负荷的确定 ..... 1028

    (三)  $\eta$  值与  $K'$  值的确定 ..... 1028

四、碟形弹簧的材料及许用应力 ..... 1029

五、碟形弹簧计算表 ..... 1031

六、碟形弹簧与导向件之间的间隙 ..... 1034

七、碟形弹簧组合特性及参数 ..... 1034

八、碟形弹簧的允许偏差 ..... 1035

九、碟形弹簧典型工作图 ..... 1036

十、碟形弹簧计算示例 ..... 1036

**第四章 片弹簧**

一、片弹簧材料及许用应力 ..... 1038

二、片弹簧计算公式 ..... 1038

**第五章 板弹簧** ..... 1041

一、板弹簧的分类及特点 ..... 1041

二、板弹簧的结构元件 ..... 1042

三、板弹簧材料及许用应力 ..... 1044

四、板弹簧的近似计算公式 ..... 1045

五、半椭圆板弹簧的精确计算公式 ..... 1047

    (一) 叶片厚度、宽度及数目的计算与选择 ..... 1047

    (二) 叶片长度的计算 ..... 1048

    (三) 板弹簧有关参数的选取 ..... 1049

    (四) 板弹簧刚度的精确计算 ..... 1049

    (五) 板弹簧总成在自由状态下的弧高及曲率半径的计算 ..... 1050

    (六) 板弹簧各叶片在自由状态下曲率半径及弧高的计算 ..... 1050

    (七) 装配后板弹簧组件弧高及曲率半径的计算 ..... 1051

    (八) 板弹簧元件的验算 ..... 1052

六、板弹簧技术要求 ..... 1052

七、板弹簧计算示例 ..... 1053

**第六章 橡胶弹簧** ..... 1061

一、橡胶弹簧的优缺点 ..... 1061

二、橡胶弹簧材料	1061
三、橡胶材料的静弹性特性	1061
四、橡胶弹簧的静弹性特性	1062
五、橡胶弹簧的动弹性特性	1063
六、橡胶压缩弹簧计算公式	1063
七、橡胶组合弹簧计算公式	1064
八、橡胶剪切弹簧计算公式	1065
九、橡胶扭转弹簧计算公式	1067
十、橡胶弹簧的许用应力及许用应变	1067
十一、橡胶压缩弹簧的稳定性	1068
十二、橡胶弹簧计算示例	1068
<b>第七章 发条弹簧</b>	<b>1069</b>

一、发条弹簧的工作特性	1069
二、发条弹簧的计算公式	1070
三、发条弹簧端部固定型式	1071
四、发条弹簧设计有关参数的选取	1073
(一) 发条弹簧材料及其抗拉强度 $\sigma_b$	1073
(二) 修正系数 $K$	1073
(三) 发条弹簧宽度 $b$	1073
(四) 发条弹簧强度系数 $m$	1073
(五) 输出力矩 $M_e$	1074
五、发条弹簧计算示例	1074
六、带盒发条弹簧典型结构示例	1076

## 第十篇 常用电器设备

<b>第一章 常用电动机</b>	<b>1077</b>
一、电器传动常用公式	1077
二、电动机的容量计算及选择	1078
(一) 选用电动机的注意事项	1078
(二) 电动机容量的校验	1078
三、常用电动机特性及选用	1081
四、常用电动机规格	1085
(一) 一般异步电动机	1085
J2、JO2 系列小型异步电动机, JO2-L	
系列小型铝线异步电动机, JO2-W	
系列小型户外用异步电动机	1085
JS 系列三相鼠笼型异步电动机	1094
JR 系列三相绕线型异步电动机	1099
JR2、JR 系列小型绕线转子异步电动机	1104
JQO2 系列小型高起动转矩异步电动机	1106
JHO2 系列小型高转差率异步电动机	1107
JPZ 型傍磁式制动三相异步电动机	1109
(二) 变速异步电动机	1110
JTC 系列小型齿轮减速异步电动机	1110
JZT 系列小型电磁调速异步电动机	
(滑差电动机)	1112
JZS 3 系列三相异步整流子变速电动机	1114
(三) 起重及冶金用异步电动机	1116
JZ2、JZB2 系列起重及冶金用异步电动机	1117

JZ2、JZH2 系列起重及冶金用异步电动机	1119
JZR2、JZRB2 系列起重及冶金用异步电动机	1120
JZR2、JZRH2、JZRGH2 系列起重及冶金用异步电动机	1122
(四) 防爆异步电动机	1124
BJO2 系列防爆异步电动机	1124
BJQO2 系列防爆高起动转矩三相异步电动机	1128
BJGB 系列管道泵用隔爆型三相异步电动机	1128
JAO2 系列防爆安全型三相异步电动机	1131
JBR 系列防爆绕线转子异步电动机	1132
(五) 驱动微型异步电动机	1134
AO、BO、CO、DO 系列驱动微型异步电动机	1134
G 系列微型单相交流串激电动机	1138
(六) 直流电动机	1140
Z 2 系列小型直流电动机	1140
Z 3 系列小型直流电动机	1152
ZZJ0 系列起重及冶金用直流电动机	1157
ZZY 系列起重及冶金用直流电动机	1159
(七) 电动机滑轨	1161
<b>第二章 常用电器</b>	<b>1164</b>
一、电磁铁	1164
各种电磁铁用途及工作条件	1164
MZS1 系列三相交流制动电磁铁	1164
MZZ2 系列直流制动电磁铁	1166

X

MZS 581 系列工厂用隔爆型交流制动		JKS-J/R-D 型双面无触点接近开关	1184
电磁铁	1168	LT1 系列脚踏开关	1184
MQ 1 系列牵引电磁铁	1169	三、管状电热元件	1185
MFJ0、MFJ 1 系列交流阀用电磁铁	1173	SRQ 型管状电热元件	1185
MFZ1 系列直流阀用电磁铁	1174	SRXY 型、SRJ 型管状电热元件	1186
二、行程开关	1175	SRY 型管状电热元件	1187
LX 10 系列行程开关	1175	SRS 型管状电热元件	1188
LX 29 系列行程开关	1178	SRM 3 型管状电热元件	1189
JLXK1 系列行程开关	1182	参考资料	1190
LX 5818-04 型厂用防爆限位开关	1183		

# 第七篇 机 构

## 第一章 机构分析的常用方法

### 一、机构的自由度分析

#### (一) 常用术语的概念

表 7-1

术 语	意 义	术 语	意 义
构件 运动副	组成机构的各相对运动的单元 两构件直接接触而又保持一定相对运动的活 动连接。按所加的约束条件数的多少, 可将运 动副分为五级, 见表 7-2	机 架	机构中用以支持运动构件的构件, 通常把它 看成是相对静止的, 用作研究运动的参考坐 标
高 副①	点或线接触的运动副	机 构	二个以上的构件以机架为基础, 由运动副以 一定方式联接形成的具有确定相对运动的构件 系统。其运动特性取决于构件间的相对尺寸、 运动副的性质以及其相互配置方式
低 副①	面接触的运动副 低副所联接的两构件上瞬时接触(重合)点 的相对运动轨迹相同, 其相对运动特性是可逆 的; 而高副所联接的两构件的相对运动特性是 不可逆的	平 面 机 构	各构件均在相互平行的平面内运动的机构
闭式运动副	用几何形状来保证接触的运动副	空 间 机 构	各构件不在相互平行的平面内运动的机构
开式运动副	依靠外力来保证接触的运动副		
约 束	限制系统运动自由的条件		
自 由 度	描述或确定一个系统(构件也是一个简单系 统)的运动(或状态, 如位置)所必需的独立参 变量(或坐标数)。例如一个不受任何约束的自 由构件, 在空间运动时, 具有六个独立运动参 数(自由度), 即绕 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 轴的三个独立转 动 $\theta_x$ 、 $\theta_y$ 、 $\theta_z$ 和沿这三个轴的独立移动 $S_x$ 、 $S_y$ 、 $S_z$ 。而在作平面运动时只具有三个 独立运动参数, 如 $S_x$ 、 $S_y$ 和 $\theta_z$		
主 动 件	由外界给予的确定独立运动或力的构件。一 般与机架相连, 又称原动件、起始构件或输入 构件		
从 动 件	机构中除机架和主动件而外的构 件 都 叫 从 动件。其中直接输出运动或力的构件叫输出 构件		

注: ① 国外有些文献如 Suh, C. H. and Radcliff, C. W.: Kinematics and Mechanisms Design, John Wiley & Sons 1978, 把一个自由度的运动副称为低副, 其余均为高副, 本手册非指此。

表 7-2 运动副的分类

名称	图例	简图符号	副级	代号	约束条件	自由度
球面高副			I	$P_1$	$S_y$	5
柱面高副			II	$P_2$	$S_y, \theta_x$	4
球面低副			III	$P_3$	$S_x, S_z, S_y$	3
球销副			IV	$P_4$	$S_x, S_z, S_y, \theta_x, \theta_y$	2
开式空间运动副						
圆柱套筒副			IV	$P_4$	$S_x, \theta_x, S_z, \theta_y$	2
螺旋副			V	$P_5$	$S_x, S_z, \theta_x, S_y, \theta_y$	1
回转副			V	$P_5$	$S_x, \theta_x, S_z, S_y, \theta_y$	1
移动副			V	$P_5$	$S_x, \theta_x, \theta_z, S_y, \theta_y$	1
闭式空间运动副						
闭式平面运动副						