

78.11
114 电子 情
高等学校教学用书

机 械 原 理

(机械类)

东北工学院机械系设计教研室 编



冶金工业出版社

本书系根据中华人民共和国前高等教育部 1956 年所批准的高等工业学校机械类各专业用的“机械原理”教学大纲而编写的。其内容及编排是以自己的教学经验为依据的。此外，还参考了国内外“机械原理”教材及有关文献。除绪论外本书包括下列各章：机构结构及分类、平面机构的运动分析、机械中力的分析、机械的运转和调速、机器的平衡、低副平面机构设计基础、带有高副的平面机构的设计基础、凸轮机构、齿轮机构、轮系、其他机构。

本书可作为高等工业学校机械类机械制造、矿山机械制造、冶金设备，以及相近专业在校学生和函授生的教材，并可供厂矿及设计部门有关人员参考。

机 械 原 理

(机械类)

东北工学院机械系设计教研室 编

1961年 1月第一版 1961年 1月北京第一次印刷 25,050册

开本 $850 \times 1168 \cdot \frac{1}{32}$ · 字数 390,000 · 印张 $15 \frac{14}{32}$ 定价 1.70元

统一书号：15062 · 2346 冶金工业出版社印刷厂印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店经售

冶金工业出版社出版（地址：北京市灯市口甲 45 号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第 093 号

目 录

序言	7
----	---

第一章 緒論	8
--------	---

§ 1-1 机械原理的研究对象	8
-----------------	---

§ 1-2 机械原理对国民經济发展的作用	9
----------------------	---

§ 1-3 我国机械工业的发展情况以及党在发展机械工业的方針政策	10
----------------------------------	----

§ 1-4 机械原理发展簡史	12
----------------	----

§ 1-5 机械原理常用名詞介紹	16
------------------	----

§ 1-6 一般机构的介紹	23
---------------	----

第二章 机构的結構及分类	35
--------------	----

§ 2-1 研究机构結構及分类的目的	35
--------------------	----

§ 2-2 机构結構的研究	35
---------------	----

§ 2-3 平面机构分类	49
--------------	----

§ 2-4 机构結構的合理选择	61
-----------------	----

第三章 平面机构的运动分析	64
---------------	----

§ 3-1 机构运动分析研究的内容、目的与方法	64
-------------------------	----

§ 3-2 机构各构件的位置及其上各点位移及軌迹的求法	65
-----------------------------	----

§ 3-3 应用相对运动法求二級机构的速度与加速度	70
---------------------------	----

§ 3-4 应用相对运动法求三級机构的速度与加速度	100
---------------------------	-----

§ 3-5 运动图图解微分法与图解积分法	105
----------------------	-----

§ 3-6 用瞬心法求简单机构的速度	113
--------------------	-----

§ 3-7 用解析法求机构的位移、速度、加速度	120
-------------------------	-----

第四章 机械中力的分析	137
-------------	-----

§ 4-1 机械中力分析的基本任务和方法	138
----------------------	-----

§ 4-2 机械中力的分类	139
---------------	-----

§ 4-3 构件慣性力的求法	142
----------------	-----

§ 4-4 质量代換法	147
-------------	-----

§ 4-5 平衡力和茹可夫斯基慣杆方法	154
---------------------	-----

§ 4-6 运动副中反力的求法	158
第五章 摩擦	167
§ 5-1 摩擦现象及其基本规律	167
§ 5-2 移动副中的摩擦	171
§ 5-3 转动副中的摩擦	175
§ 5-4 高副中的摩擦	182
§ 5-5 柔韧体的摩擦	185
§ 5-6 机械效率与自锁	187
§ 5-7 几种简单机构的摩擦分析	193
第六章 机械的运转和调速	205
§ 6-1 机械运转概述	205
§ 6-2 等效质量和等效力的求法	208
§ 6-3 等效杆的运动方程式	214
§ 6-4 已知 $M_A(\varphi)$ 、 $M_C(\varphi)$ 及 $I_n(\varphi)$ 分析机组的运转情况	218
§ 6-5 已知 $M_A(\omega)$ 、 $M_C(\omega)$ 及 $I_n = \text{常数}$ 分析机组的运转情况	222
§ 6-6 已知 $M_A(\omega)$ 、 $M_C(\varphi)$ 及 $I_n(\varphi)$ 分析机组的运动情况	224
§ 6-7 机械速度调节的概述	227
§ 6-8 飞轮的作用	230
§ 6-9 飞轮设计	231
§ 6-10 调速器简述	245
第七章 机器的平衡	252
§ 7-1 概述	252
§ 7-2 机器平衡的一般概念	253
§ 7-3 迴轉体的平衡	256
§ 7-4 机构惯性力的平衡	263
第八章 低副平面机构设计基础	269
§ 8-1 低副平面机构设计概论	269
§ 8-2 四连杆机构有曲柄的条件	271
§ 8-3 按已知传动角设计曲柄摇杆机构	274
§ 8-4 按已给定的运动规律设计低副四杆机构	276
§ 8-5 按给定的轨迹设计四杆机构	291
第九章 带有高副的平面机构设计基础	294

§ 9-1 瞬心轨迹机构	294
§ 9-2 共轭曲线机构	300
§ 9-3 瞬心轨迹和共轭曲线的曲率半径——欧拉-薩伐尔公式	307
§ 9-4 高副的滑动比	313
第十章 凸轮机构	317
§ 10-1 概述	317
§ 10-2 凸轮机构的分类和应用	319
§ 10-3 凸轮机构的运动分析	325
§ 10-4 凸轮机构的受力分析	329
§ 10-5 凸轮的最小尺寸	333
§ 10-6 从动件运动规律的选择	340
§ 10-7 用图解法设计凸轮的轮廓	344
§ 10-8 用分析法设计凸轮的轮廓	347
§ 10-9 凸轮机构的效率	362
§ 10-10 圆弧凸轮概述	363
第十一章 齿轮机构	369
§ 11-1 概述	369
§ 11-2 齿轮传动的参数与基本尺寸	374
§ 11-3 渐开线及渐开线齿轮	377
§ 11-4 标准渐开线齿轮的画法	383
§ 11-5 渐开线齿轮的重合度	386
§ 11-6 渐开线齿轮的齿廓滑动比	390
§ 11-7 齿轮齿廓的制造方法	392
§ 11-8 渐开线齿轮的干涉和根切现象	398
§ 11-9 标准渐开线齿轮的最少齿数	400
§ 11-10 变位齿轮的计算基础	402
§ 11-11 各种变位齿轮的传动	410
§ 11-12 用轮形插刀切削制齿轮时的传动计算	413
§ 11-13 摆线齿轮和针轮	415
§ 11-14 斜齿圆柱齿轮	419
§ 11-15 点啮合圆弧齿轮传动	426
§ 11-16 圆锥齿轮	432

78.11
114 电子 精
高等学校教学用书

机 械 原 理

(机械类)

东北工学院机械系设计教研室 编

冶金工业出版社

本书系根据中华人民共和国前高等教育部 1956 年所批准的高等工业学校机械类各专业用的“机械原理”教学大纲而编写的。其内容及编排是以自己的教学经验为依据的。此外，还参考了国内外“机械原理”教材及有关文献。除绪论外本书包括下列各章：机构结构及分类、平面机构的运动分析、机械中力的分析、机械的运转和调速、机器的平衡、低副平面机构设计基础、带有高副的平面机构的设计基础、凸轮机构、齿轮机构、轮系、其他机构。

本书可作为高等工业学校机械类机械制造、矿山机械制造、冶金设备，以及相近专业在校学生和函授生的教材，并可供厂矿及设计部门有关人员参考。

机 械 原 理

(机械类)

东北工学院机械系设计教研室 编

1961年 1月第一版 1961年 1月北京第一次印刷 25,050册

开本 $850 \times 1168 \cdot \frac{1}{32}$ · 字数 390,000 · 印张 $15 \frac{14}{32}$ 定价 1.70元

统一书号：15062 · 2346 冶金工业出版社印刷厂印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店经售

冶金工业出版社出版（地址：北京市灯市口甲 45 号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第 093 号

目 录

序言	7
----	---

第一章 緒論	8
--------	---

§ 1-1 机械原理的研究对象	8
-----------------	---

§ 1-2 机械原理对国民經济发展的作用	9
----------------------	---

§ 1-3 我国机械工业的发展情况以及党在发展机械工业的方針政策	10
----------------------------------	----

§ 1-4 机械原理发展簡史	12
----------------	----

§ 1-5 机械原理常用名詞介紹	16
------------------	----

§ 1-6 一般机构的介紹	23
---------------	----

第二章 机构的結構及分类	35
--------------	----

§ 2-1 研究机构結構及分类的目的	35
--------------------	----

§ 2-2 机构結構的研究	35
---------------	----

§ 2-3 平面机构分类	49
--------------	----

§ 2-4 机构結構的合理选择	61
-----------------	----

第三章 平面机构的运动分析	64
---------------	----

§ 3-1 机构运动分析研究的内容、目的与方法	64
-------------------------	----

§ 3-2 机构各构件的位置及其上各点位移及軌迹的求法	65
-----------------------------	----

§ 3-3 应用相对运动法求二級机构的速度与加速度	70
---------------------------	----

§ 3-4 应用相对运动法求三級机构的速度与加速度	100
---------------------------	-----

§ 3-5 运动图图解微分法与图解积分法	105
----------------------	-----

§ 3-6 用瞬心法求简单机构的速度	113
--------------------	-----

§ 3-7 用解析法求机构的位移、速度、加速度	120
-------------------------	-----

第四章 机械中力的分析	137
-------------	-----

§ 4-1 机械中力分析的基本任务和方法	138
----------------------	-----

§ 4-2 机械中力的分类	139
---------------	-----

§ 4-3 构件慣性力的求法	142
----------------	-----

§ 4-4 质量代換法	147
-------------	-----

§ 4-5 平衡力和茹可夫斯基慣杆方法	154
---------------------	-----

§ 4-6 运动副中反力的求法	158
第五章 摩擦	167
§ 5-1 摩擦现象及其基本规律	167
§ 5-2 移动副中的摩擦	171
§ 5-3 转动副中的摩擦	175
§ 5-4 高副中的摩擦	182
§ 5-5 柔韧体的摩擦	185
§ 5-6 机械效率与自锁	187
§ 5-7 几种简单机构的摩擦分析	193
第六章 机械的运转和调速	205
§ 6-1 机械运转概述	205
§ 6-2 等效质量和等效力的求法	208
§ 6-3 等效杆的运动方程式	214
§ 6-4 已知 $M_d(\varphi)$ 、 $M_c(\varphi)$ 及 $I_n(\varphi)$ 分析机组的运转情况	218
§ 6-5 已知 $M_d(\omega)$ 、 $M_c(\omega)$ 及 $I_n = \text{常数}$ 分析机组的运转情况	222
§ 6-6 已知 $M_d(\omega)$ 、 $M_c(\varphi)$ 及 $I_n(\varphi)$ 分析机组的运动情况	224
§ 6-7 机械速度调节的概述	227
§ 6-8 飞轮的作用	230
§ 6-9 飞轮设计	231
§ 6-10 调速器简述	245
第七章 机器的平衡	252
§ 7-1 概述	252
§ 7-2 机器平衡的一般概念	253
§ 7-3 回转体的平衡	256
§ 7-4 机构惯性力的平衡	263
第八章 低副平面机构设计基础	269
§ 8-1 低副平面机构设计概论	269
§ 8-2 四连杆机构有曲柄的条件	271
§ 8-3 按已知传动角设计曲柄摇杆机构	274
§ 8-4 按给定的运动规律设计低副四杆机构	276
§ 8-5 按给定的轨迹设计四杆机构	291
第九章 带有高副的平面机构设计基础	294

§ 9-1 瞬心轨迹机构.....	294
§ 9-2 共轭曲线机构.....	300
§ 9-3 瞬心轨迹和共轭曲线的曲率半径——欧拉-薩伐尔公式.....	307
§ 9-4 高副的滑动比.....	313
第十章 凸轮机构	317
§ 10-1 概述.....	317
§ 10-2 凸轮机构的分类和应用.....	319
§ 10-3 凸轮机构的运动分析.....	325
§ 10-4 凸轮机构的受力分析.....	329
§ 10-5 凸轮的最小尺寸.....	333
§ 10-6 从动件运动规律的选择.....	340
§ 10-7 用图解法设计凸轮的轮廓.....	344
§ 10-8 用分析法设计凸轮的轮廓.....	347
§ 10-9 凸轮机构的效率.....	362
§ 10-10 圆弧凸轮概述.....	363
第十一章 齿轮机构	369
§ 11-1 概述.....	369
§ 11-2 齿轮传动的参数与基本尺寸.....	374
§ 11-3 渐开线及渐开线齿轮.....	377
§ 11-4 标准渐开线齿轮的画法.....	383
§ 11-5 渐开线齿轮的重合度.....	386
§ 11-6 渐开线齿轮的齿廓滑动比.....	390
§ 11-7 齿轮齿廓的制造方法.....	392
§ 11-8 渐开线齿轮的干涉和根切现象.....	398
§ 11-9 标准渐开线齿轮的最少齿数.....	400
§ 11-10 变位齿轮的计算基础.....	402
§ 11-11 各种变位齿轮的传动.....	410
§ 11-12 用轮形插刀切削制齿轮时的传动计算.....	413
§ 11-13 摆线齿轮和针轮.....	415
§ 11-14 斜齿圆柱齿轮.....	419
§ 11-15 点啮合圆弧齿轮传动.....	426
§ 11-16 圆锥齿轮.....	432

§ 11-17 螺旋齒輪.....	440
§ 11-18 蝸杆蝸輪傳動.....	441
第十二章 輪系	445
§ 12-1 輪系的應用及分類.....	445
§ 12-2 定軸輪系傳動比的計算.....	448
§ 12-3 周轉輪系傳動比的計算.....	453
§ 12-4 輪系的受力分析.....	461
§ 12-5 輪系的效率.....	463
§ 12-6 行星輪系設計.....	473
第十三章 其他機構	482
§ 13-1 聯軸節機構.....	482
§ 13-2 間歇運動機構.....	487
§ 13-3 螺旋機構.....	492
參考文獻	494

序 言

随着机械工业的飞跃发展和教育革命的深入,原“机械原理”教材的内容,越来越感到有许多地方不符合我国实际情况,远远不能适应工农业迅速发展的需要。为此,我們教研室的同志在党的领导下,在大跃进形势的鼓舞下,通过討論辯論,大搞羣众运动,編写出这本教材。

本教材在内容上有所增減,特別注意到設計内容和分析方法方面。这些情况表現于下列各方面:

1. 在教材的思想性方面,力求做到符合辯証唯物主义和历史唯物主义的观点;尽量結合专业联系实际。

2. 在增強設計内容方面,我們增加了高副机构設計一章,并在机构結構中增加了机构結構的合理选择,以及行星輪系的設計。

3. 增強了分析方法。运动分析、低副机构設計和凸輪机构等章都增強了分析方法。

4. 在教材内容方面尽量反映最新的科学技术的成就。例如增強了点嚙合圓弧齒輪的基本原理和增添了机电联合操作的伺服机构;同时,自动調节的动稳定問題也作了些介紹。

5. 在内容的敘述方面也作了些改进。例如在运轉一章中刪去維登巴威尔法,加強了用电动机来帶動的机組的运轉計算,基础平衡的方法作了簡化。

本教材虽經本院試用,吸收了同学的意見。但由于馬列主义的理論水平及业务能力所限,同时時間仓促,深入現場不够,謬誤之处在所难免。我們热情的希望各院校兄弟教研室及讀者多提宝贵的意見。意見請寄沈阳南湖东北工学院机械系設計教研室。

东北工学院机械系設計教研室

1960年3月25日

第一章 緒 論

§ 1-1 机械原理的研究对象

由于生产的不断发展，国民經济各部門出現了大量的各式各样的机器。要对内容如此丰富的机器进行分析研究，其最有效的方法就是首先掌握机器的一般規律。由于观点不同一般規律也就不同，例如：机器有强度方面的一般規律，有工艺方面以及其他方面的一般規律；这些一般規律中，运动学方面和动力学方面的規律是最基本的規律，因而必須有研究机器运动学和动力学一般規律的一門科学，这門科学就是机械原理。机器除了一般規律外，还有特殊規律，例如：机器的驅动力和生产阻力，不同的机器有它不同的变化規律。十分明显，一般規律和特殊規律之間是有它密切联系的，并且彼此相互影响着。也就是說机器的驅动力和工艺阻力直接影响到机器的运动情况和受力情况；不过这些力对机器运动的分析方法和受力分析方法是没有什么影响的。此外，机器的运动規律还同机器如何組成有关。根据以上的分析可知，机械原理的内容包括下面三部分：

- (1) 机器或机构的結構和分类；
- (2) 机器或机构运动学；
- (3) 机器或机构动力学。

机构的結構是研究机构的組成原理，机构的分类是把机构按照一定的結構特征分类。机构的結構特征不一样，机构的运动分析和力的計算方法也就不同。这样就有利于我們对机构作进一步的研究。

机构运动学是研究机器运动分析的方法以及研究按給定的运动条件設計机构的方法。机构的运动是指构件上点的位移、軌迹、

速度和加速度以及构件的角位移、角速度和角加速度。

机构动力学是研究确定机构在运动时各构件连接处的作用力和作用在构件上的外力；研究摩擦力和机械效率的确定方法；研究在外力作用下确定机器真实运动的方法以及研究如何改善机器的运动情况和减少机器动载荷的方法。

就其任务来看，机械原理解决二类问题：（1）分析现有机器的运动学和动力学，称为**机构分析**；（2）设计新机构来实现预先给定的运动，该内容称为**机构综合**。

高等工业学校中各专业，尤其是机器制造和机器设计专业，在学习专业课和了解专门机器前必须首先学习机械原理，因为只有这样才能正确理解专业课的特殊本质并加以应用。因此，机械原理是一门工程技术基础课。它以物理、数学和理论力学为基础，所以它在教学计划中有承上启下的作用。此外，机械原理在设计方面有自己的独特任务，它是从运动学和动力学方面来设计机构的。

§1-2 机械原理对国民经济发展的作用

我国是个“一穷二白”的国家，要彻底改变这种贫穷落后的面貌，正如毛泽东同志所说：“中国只有在社会经济制度方面彻底完成社会主义改造，又在技术方面，在一切能够用机器操作的部门和地方，通通使用机器操作，才能使社会经济面貌全部改观”。毛主席这一指示，给机械工业提出了光荣伟大的任务。由此也可见机械工业对国民经济发展的重大作用。

在党的领导下，在工业战线上大搞群众运动，使我国的工业发展水平跃进到一个新的高度。这种形势促使机器制造业要有更大的跃进，要在大搞技术革新和技术革命的基础上，使工艺过程全部机械化和自动化。显然在这高度的要求下，机器在运动学和动力学上应有高度的精确性。这些问题是机械原理所应涉及的和研究的范围；由此可见，机械原理对国民经济的发展越来越显示出它

的重要作用。毫无疑问,生产的飞跃发展,对机械原理的发展創造了极为有利的条件。

在另一方面,对一个使用机器的工作人员来说,要想充分发挥企业机器设备的潜力,使生产向前跃进,其关键在于熟练地掌握机器的性能。学习机械原理掌握机器的分析方法,对机器性能的掌握起着指导作用。因此,对每一个未来的技术干部来说,学习机械原理是十分重要的。

§ 1-3 我国机械工业的发展情况以及党在 发展机械工业的方针政策

旧中国是处在半封建、半殖民地的境地,生产力得不到发展,工农业极为落后,当然谈不上有什么机械工业,只有一些修配工业。解放后,经过三年的恢复,就其建设规模来看,已超过了解放前的最高水平。在第一个五年计划期间,我们新建了和改建了許多国家工业化所必需的骨干企业,同时对原有的国营企业进行了一系列的整顿和技术改造,奠定了工业化的初步基础。尤其是自1958年以来,由于坚决贯彻执行了党的鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义的总路线和一整套两条腿走路的方针,結果出现了前所未有的大跃进,把机械工业推向一个新的更高的发展阶段。现在我国已建成了行业齐全并具有世界先进水平的机器制造业。例如:冶金设备和发电设备制造业,采矿设备制造业,飞机制造业,汽车制造业以及动力、机床、刀具、精密仪器制造业等。在产品方面,我們已从制造一般机器设备开始进入能够制造高大精密机器设备阶段。例如:我国已制成了5米以上的大型立式車床,具有钻、搪、铰四十轴的組合机床以及工作台速度为0.08—120米/分的刨、磨、铣的联合机床;又如大型初軋机、超重型水压机、巨型水輪发电机组以及高級精密座标搪床等的制成,都說明我国的机械产品已跨进世界先进水平的行列。在产品設計方面已經进入自行設

計阶段，現在我們不仅能設計一般的机器，改进現有产品的結構和提高产品的工作效能；而且还能設計出新穎的、高效率的机器以及高大精尖的产品。例如无鉗座鍛錘的鍛压机、飞机、水压机以及初軋机的設計；这些足以証明我們的設計水平已赶上世界的先进水平。在机器設備的自給率方面也有很大的提高，在1959年自給率已提高到81%。以上这一些都标志着我国的机械工业已經达到了一个更高的发展阶段，基本上形成了完整的机械工业体系。这就为我国工业化，农业机械化和国防現代化提供了物質保証。

在全国社会主义建設大跃进形势的推动下，在机械工业战綫上开展了以机械化、半机械化、自动化、半自动化为中心的技术革新和技术革命运动。例如长春第一汽車制造厂建成了导管自动生产綫，大連机床厂建成齒輪加工自动綫。尤其在哈尔滨市，在两个多月的短短時間內，出現了177条自动生产綫，机械化和自动化車間46个。这个运动的蓬勃开展，大大提高了劳动生产率，改善了劳动条件。这个运动是我国社会主义建設新阶段的重要内容之一，在政治上和經濟上具有伟大而深远的意义。它的繼續发展，将在提高劳动生产率方面創造出奇蹟，将使我国社会經济面貌全部改观。

十年来机械工业取得了輝煌的成就，这些成就首先归功于党，归功于党的建設社会主义总路綫和一整套两条腿走路的方針。两条腿走路的方針，首先体现在大、中、小型企业同时并举，我們一方面新建和扩建了数以百計的大型骨干企业，另一方面又建設了数以万計的中小型企业。因为机械工业的产品的品种很多，結構很复杂，产品有主机、輔机、配件之分，往往有成千上万个零件，这些零件和部件往往不能在一个企业內生产，要由各种規模的企业协作配合成套生产的；同时企业也有制造和修配之分。因此机械工业要坚决貫徹党的方針，企业的規模需要有大，有中，有小。大、中、小型企业同时并举的另一意义，在于进一步改善了我国机械