

机械原理及设计

## 内 容 提 要

本書內容分机械原理和机械零件两部分：前者着重介紹各种常用机构的构造和运动特点；后者着重介紹各种通用零件的结构、优缺点、应用范围、选择原則、設計計算及使用维护等基础知識。

本書可供三年制工业专科学校非机械类各专业作为“机械原理及机械零件”課程的教材。二年制工业专科学校同类型各专业也可以适用。

工业专科学校試用教科書

机械原理及机械零件

(非机械类型各专用)

湖北省三年制工业专科学校

机械原理及机械零件选編組选編

\*

湖北人民出版社出版(武汉解放大道332号)

武汉市书刊出版业营业許可証新出字第1号

湖北省新华书店发行

湖北省新华印刷厂印刷

\*

787×1092毫米  $3\frac{1}{2}$ ·8 $\frac{1}{2}$  印張·207,000字

1961年7月第1版

1961年7月第1次印刷

印数：1-4,850

統一书号：15106·206

定 价：1.10 元

## 序

为解决工业专科学校基础課和各类专业共同的基础技术課的教材問題。中央教育部責成我們：組織选編高等数学、普通物理、普通化学、俄語、工程力学、画法几何及制图、机械原理及机械零件、电工学、热机学及金屬工艺学等 10 門課程的 19 种教材；同时要求在四月全部脫稿，并在質量上比現有教材有所提高。

对于我們的力量來說，这个任务是艰巨的。但我們也認識到，这是貫徹“調整、巩固、充实、提高”的八字方針和提高教學質量的重要措施之一；从当前工业专科学校教材缺乏的严重情况来看，是一項政治任务。應該尽我們最大的努力去完成。为此，我們一面紧紧依靠中央教育部和中共湖北省委宣傳部的領導，一面从我省 24 所高等院校中抽出 91 位教师集中力量进行选編工作；并承广东省教育局的协助，选派了四位教师参加。这就使我們的工作既有明确的方向，又有比較可靠的力量，保證了任务的完成。

在选編过程中，我們特別注意了如下几个問題。首先是从工业专科学校的实际出发。由于時間緊迫，而又沒有現成的工业专科学校的教材作为选編基础，我們只好从本科教材中選擇一些适当的藍本进行加工。根据这种客观情况，我們一再強調选編教材的分量与質量要从工业专科学校的教學要求出发；要注意到专科和本科的培养目标、每門課程的具体任务和学时数都是不同的。

其次，由于目前专科学校的教學条件（比如教师和学生的水平、教学仪器設備等等）还比較差，学生負擔也比較重，因此我

---

們特別強調貫徹“少而精”的原則，吸收几年来各校对課程內容精簡、加深、更新的經驗，反对不适当“求多、求全、求深、求新”的思想。

第三，由于我們选編的是通用的基础課和基础技术課的教材，为了使學生获得比較广博和巩固的基础理論知識，对于基础課，我們特別注意了貫徹“在保持科学系統性和基本內容的前提下，密切联系实际和适当結合专业”的原則。对于基础技术課，虽然具体課程都經過具体分析，但基本上也都是根据上述原則进行选編的。

为达到上述目的，参加选編工作的教师同志們曾进行多次調查訪問，对原稿进行反复討論、修改和审查。但由于任务重，時間紧，特別是經驗不足，水平有限，我們这次选編的教材，只是解决了“有无”的問題。缺点和錯誤是在所难免的。恳切希望使用这些教材的全体师生同志們，多多給我們提供意見，以便今后进行修改，使这些教材的質量逐步得到提高。

湖北省教育厅

1961年5月10日

## 选編說明

本書內容主要是以南京工学院机械原理及机械零件教研組所編“机械零件”(1960年版)一書为藍本加以删节、修改和补充而成的。原藍本是根据前高等教育部1956年批准的高等工业学校非机械类“机械原理及机械零件”教学大綱編写的，适用于五年制高等工业学校非机械类各专业，內容較为丰富。为了使之符合于三年制工业专科学校的教学需要并贯彻“少而精”的原則，我們对書中某些理論的深入分析、計算公式的詳細推导等作了較大的删节与修改。書中的其他机构一章，則是以西北工业大学机械原理及机械零件教研組所編“机械原理”一書为主要藍本；緒論一章是由本組集体討論后由馬大錚同志执笔写成的。

本書选編工作由湖北工学院馮焯同志主持，由武汉水运工程学院馬大錚同志、湖北化工学院張子正同志、武汉城市建設学院倪选跃同志及湖北农业机械专科学校袁耦芳同志等四人集体选編而成。并由华中工学院余俊同志、王时任同志、李庆远同志、張永强同志、湖北工学院黃乃公同志及参加选編的馬大錚同志等六人集体审定。

关于本書的詳細介紹，另編有教材使用說明書，各校教师在采用本書时可參閱，此处不再叙述。

湖北省三年制工业专科学校  
机械原理及机械零件教材选編組

1961年5月4日

# 目 录

第一章 緒論 .....	1
§ 1-1 本課程的性質、任务及基本內容 .....	1
§ 1-2 本課程的學習方法 .....	3
§ 1-3 本門科學的發展與生產實踐的關係 .....	6
第二章 機械零件設計基礎 .....	9
§ 2-1 機器及其各個部件與零件結構合理性的條件 .....	9
§ 2-2 機器及其零件設計的步驟 .....	10
§ 2-3 機械製造中常用的材料 .....	11
§ 2-4 互換性和公差、配合的概念 .....	17

## 第一篇 機件的联接

第三章 螺紋联接 .....	21
§ 3-1 螺紋的種類及其主要參數 .....	21
§ 3-2 螺紋標準 .....	24
§ 3-3 螺旋付中力的關係及效率 .....	26
§ 3-4 螺紋联接件的主要類型 .....	29
§ 3-5 螺紋联接的防松裝置 .....	34
§ 3-6 螺紋联接的計算 .....	36
§ 3-7 螺栓的材料及許用應力 .....	42
第四章 鍵联接及銷联接 .....	47
§ 4-1 鍵联接的分類及鍵的結構型式 .....	47
§ 4-2 鍵的選擇及強度校核 .....	50
§ 4-3 花鍵联接(多槽軸联接) .....	52
§ 4-4 銷联接 .....	52
第五章 鉚釘联接與焊接 .....	54

§ 5-1 概述 .....	54
§ 5-2 焊接結構常用材料及其許用应力 .....	57
§ 5-3 焊接縫的主要型式及強固接縫計算 .....	58

## 第二篇 机械傳动

第六章 皮帶傳动 .....	64
§ 6-1 概論 .....	64
§ 6-2 平皮帶傳动的主要型式 .....	65
§ 6-3 皮帶的种类 .....	66
§ 6-4 皮帶傳动的几何关系 .....	68
§ 6-5 皮帶傳动的受力情况, 皮帶的耐久性 .....	69
§ 6-6 皮帶在皮帶輪上的滑动 .....	72
§ 6-7 平皮帶傳动的滑动曲綫及許用有效应力 .....	73
§ 6-8 根据滑动曲綫計算平皮帶傳动 .....	77
§ 6-9 三角皮帶傳动的优缺点及标准型式 .....	79
§ 6-10 三角皮帶傳动的計算 .....	81
§ 6-11 皮帶輪的結構及計算 .....	86
§ 6-12 皮帶傳动的張紧、接头及維護 .....	89
第七章 齿輪傳动 .....	95
§ 7-1 齿輪傳动的应用和种类 .....	95
§ 7-2 齿廓嚙合的基本定律 .....	98
§ 7-3 漸开綫齿輪的构成及各部分名称 .....	101
§ 7-4 輪齿的主要制造方法 .....	106
§ 7-5 根切現象及最小齿数的概念 .....	110
§ 7-6 齿輪的材料 .....	112
§ 7-7 輪齿的損坏情况 .....	115
§ 7-8 直齿圓柱齿輪輪齿的表面接触强度計算 .....	117
§ 7-9 直齿圓柱齿輪輪齿的弯曲强度計算 .....	126
§ 7-10 斜齿圓柱齿輪傳动 .....	131
§ 7-11 斜齿圓柱齿輪的强度計算 .....	135
§ 7-12 圓錐齿輪傳动 .....	138

§ 7-13 齒輪的構造	144
<b>第八章 蝸輪傳動及螺旋齒輪傳動</b>	151
§ 8-1 蝸輪傳動及其优缺点	151
§ 8-2 蝸輪傳動的幾何尺寸的計算	153
§ 8-3 蝸輪傳動的材料、結構及強度計算原則	156
§ 8-4 螺旋齒輪傳動的概念	158
<b>第九章 輪系及減速箱</b>	160
§ 9-1 概述	160
§ 9-2 普通輪系傳動比的確定	160
§ 9-3 周轉輪系	163
§ 9-4 減速箱	164
<b>第十章 鏈傳動</b>	170
§ 10-1 概述	170
§ 10-2 鏈傳動的种类及結構	171
§ 10-3 鏈傳動的潤滑	175

### 第三篇 軸、軸承及軸的联接

<b>第十一章 軸</b>	177
§ 11-1 軸的种类、結構及材料	177
§ 11-2 轉軸與心軸的計算	181
<b>第十二章 滑動軸承</b>	192
§ 12-1 滑動摩擦的种类	192
§ 12-2 滑動軸承的种类、結構及材料	193
§ 12-3 潤滑劑及潤滑裝置	199
§ 12-4 滑動軸承的計算	202
<b>第十三章 滾動軸承</b>	207
§ 13-1 滾動軸承的优缺点及應用	207
§ 13-2 滾動軸承的結構、种类及其特性	208
§ 13-3 滾動軸承的選擇計算	215
§ 13-4 滾動軸承的裝配、潤滑及密封裝置	220



<b>第十四章 聯軸器</b> .....	226
§ 14-1 聯軸器的種類、應用及其選擇計算 .....	226
§ 14-2 固定式聯軸節 .....	227
§ 14-3 可移式聯軸節 .....	228
§ 14-4 牙嵌離合器 .....	232
§ 14-5 摩擦離合器 .....	233
§ 14-6 安全離合器 .....	234

## 第四篇 常用機構

<b>第十五章 平面連杆機構</b> .....	239
§ 15-1 概論 .....	239
§ 15-2 鉸鏈四杆機構及其演化 .....	240
<b>第十六章 凸輪機構</b> .....	247
§ 16-1 概論 .....	247
§ 16-2 凸輪機構的類型 .....	249
§ 16-3 盤形凸輪輪廓的設計方法 .....	252
<b>第十七章 其他機構</b> .....	260
§ 17-1 概述 .....	260
§ 17-2 棘輪機構 .....	260
§ 17-3 槽輪機構 .....	261
§ 17-4 間歇齒輪及星輪機構 .....	263
§ 17-5 反向機構 .....	265
§ 17-6 無級變速器 .....	266
<b>第十八章 機械運轉的不均勻性及其調節</b> .....	268
§ 18-1 機械運轉的不均勻性 .....	268
§ 18-2 機械周期性速率波動的調節 .....	270
§ 18-3 機械非周期性速率波動的調節 .....	270

# 第一章 緒 論

## §1-1 本課程的性質、任務及基本內容

機器是由許多零件組合而成的。這些零件有的彼此相對靜止，有的有着一定的相對運動。機器的作用是在生產過程中或能量變換過程中，完成所需的有用功以代替或減輕人們的體力勞動。

按照上述定義，機器可以分為下列三類。

(一)產生機械能的機器——將其他形式的能轉換為機械能的機器，通稱為原動機。如蒸汽機、燃氣機、柴油機等，都是將熱能轉換為機械能；電動機將電能轉換為機械能；水輪機將液體位能轉換為機械能等。

(二)轉換機械能的機器——將機械能轉換為其他形式的能的機器。如發電機將機械能轉換為電能；空氣壓縮機將機械能轉換為氣體的位能等。

(三)利用機械能的機器——利用機械能完成一定的有用功的機器。例如改變材料性能、狀態、形狀及位置的機器，這類機器通稱為工作機。如金屬切削機床、紡織機、印刷機等。

機構也是由許多零件組合而成。這些零件也是有的相對靜止，有的有着一定的相對運動。但機構與機器不同；機器不僅產生運動的轉換，並且產生能的轉換，它的主要作用是利用或轉換機械能；而機構只產生運動的轉換，它的作用只是傳遞或轉換運動，如曲柄連杆機構、間歇機構等。機器通常包括一個或一個以上的機構。

如上所述，機器和機構都是由機械零件所組成的，通常將機械零件分為下列兩類：

(一)通用零件——在不同用途的機器中都可以遇到的機械零件。如螺栓、螺母、軸、齒輪等。

(二)專用零件——只適用於某些機器上的機械零件。如內燃機的曲軸、活塞以及汽輪機的葉片等。

通用零件的用途又可分為：

(1) 連接——它包括可拆連接和不可拆連接，前者如螺紋連接，後者如鉚釘連接、焊接等；

(2) 傳動——它包括皮帶傳動、齒輪傳動、蝸輪傳動、鏈傳動等；

(3) 支持轉動零件、支承和連接軸。

本課程是研究常用機構的構造、運動性質以及通用零件的結構、特點、適用範圍、工作原理、設計原則以及設計計算方法的科學。學習本課程的目的主要是掌握機械的一般構造原理和運動性質以及具備選擇和設計通用機械零件的基本能力。這樣對機器的管理、安裝、操作、維護等方面都會有所幫助；同時，在改進現有機器設備，提高現有機器的生產率時，也可以提供必需的基本理論知識。

本課程是一門基礎技術課程，是基礎課與有關專業課之間的聯繫環節。在討論有關機構的結構及運動性質時，須要運用工程力學的知識，求出作用於零件上的力和零件的運動規律；在設計零件時，也須要運用工程力學的知識，以計算零件的強度和剛度，運用金屬工藝學的知識，選擇合適的材料，確定其加工工艺；並運用機械製圖的技能和規則表達設計的意圖。因此，本課程與機械製圖、金屬工藝學和工程力學等課程有着密切的聯繫，必須具備上述課程所介紹的知識以後，才能在這些知識的基礎上學習本

課程。

## § 1-2 本課程的學習方法

恩格斯說過：“辯證法是唯一适合于自然科學現在這個發展階段的更高級的思維方法”，①“是最好的勞動工具和最銳利的武器”②。辯證唯物主義的世界觀是我們進行一切工作的指導思想，也是我們學習和研究本課程的指導思想。

毛主席在“關於正確處理人民內部矛盾的問題”一文中教導我們：“馬克思主義的哲學認為對立統一規律是宇宙的根本規律。這個規律，不論在自然界、人類社會和人們的思想中，都是普遍存在的”③。在機械原理及機械零件這門科學中，彼此矛盾的對立面的例子到處都可以看到，例如運動與靜止，高付與低付，剛性與柔性，齒廓曲綫的點嚙合與綫嚙合等等。這些對立面之間有着相互排斥和相互聯繫的關係。正是這些對立面的相互轉化，並通過人們的認識，才促使了這門科學內容的發展。以圓柱齒輪為例，開始只有直齒輪，但是生產條件要求增大其重迭係數，這就導致齒輪的磨損過度。為了解決這一矛盾，出現了階級齒輪，它解決了上述矛盾，但是卻又帶來了新的矛盾，即階級齒輪不容易製造。因此又出現了斜齒輪，這種齒輪雖然容易製造，但是又產生了軸向力；為了消除此軸向力，又出現了人字齒輪。由此可見，齒輪結構的發展過程，就是不斷的解決舊的矛盾而又不斷的出現新的矛盾的過程。舊的矛盾解決了，新的矛盾又產生了，矛盾存在於一切事物的发展過程中，貫穿於每一事物發展過程的始終。其他

① 恩格斯：“自然辯證法”。人民出版社1955年版，第175頁。

② 恩格斯：“費爾巴哈與德國古典哲學的終結”。人民出版社1957年版，第33頁。

③ “關於正確處理人民內部矛盾的問題”。人民出版社1957年版，第9頁。

的机械零件结构的演变过程也无一不是遵循这一发展规律的。

机械零件的种类很多，千差万别。我們設計机械零件都是为了解决一个共同的問題，即如何使我們所設計的机械零件，适应外界的工作条件。但是由于各种机械零件的工作条件不同，他們在整部机器中所处的地位不同。因此，各种零件的設計原理和設計方法也就不同。例如皮带傳动是按彈性滑动來設計的，鏈傳动是按磨損來設計的，而蝸杆則是按制造要求來設計的，这是由于事物的矛盾均有其特殊性的原故。这种矛盾的特殊性，构成了这种零件区别于其他零件的特殊性質。因此，我們在設計各种零件时，應該針對各种具体零件进行具体分析，用不同的方法解决不同的矛盾，用不同的設計原理和設計方法来設計不同的零件。企图只用千篇一律的公式到处硬套是不能解决問題的。

在選擇某一机构或設計某一零件时，机器的工作条件往往对它們提出許多相互制約、相互矛盾的要求。例如，既要求所設計的零件安全可靠，又要求用料节省；既要求能承受的載荷大，又要求使用寿命长等等。在这許多矛盾中，必有一种是主要的矛盾。正是这种主要矛盾的存在和发展，規定或影响着其他矛盾的存在和发展。例如在設計皮带傳动时，既要求它傳递的功率大，又要求彈性滑动小；既要求外廓尺寸小，又要求使用寿命长等等。在这些矛盾中，前者时常就是主要矛盾，后者就是非主要矛盾。矛盾的两个对立面，也常常因工作条件的不同而分別成为矛盾的主要方面和矛盾的非主要方面。例如在一般情况下，減少相对运动的两零件間的摩擦是矛盾的主要方面；但有时却要求相对运动的两零件間保持一定的摩擦成为矛盾的主要方面。又如 在設計軸时，要求其具有足够的剛性是矛盾中的主要方面，而在設計彈簧时要求其具有足够的柔性却是矛盾的主要方面。只有善于分析矛盾，找出主要矛盾和矛盾的主要方面才能正确地解决矛盾，从而

使所選擇的機構和設計的零件符合多快好省的要求。

如前所述，任何機器都是由許多機械零件所組成的，這些零件有的相對靜止，有的按一定的規律相對運動，從而使整部機器正常的工作。顯然，這些零件的工作條件是不相同的，它們在整部機器正常工作的過程中所起的作用也是不相同的。但它們既然都是組成整部機器的各個部分，因此，彼此之間就必然存在着相互影響和相互制約。在設計這些零件時，除了應使之適應於外界工作條件以外，還必須使之與其他零件相互協調，還必須從機器整體出發來加以考慮，使零件的配置、結構、外形、尺寸、重量等服從於整部機器的工作條件。不考慮其他零件的影響，不考慮整部機器的要求而把各種零件孤立起來進行設計是不正確的，而應該是恰當的將機器整體與組成此整體的各部分之間的關係辯證的統一起來。

在機械原理及機械零件這門科學里，有許多零件的設計方法是基於科學實驗，對此我們應該具有正確的認識。科學實驗乃是檢驗理論、發現新的規律的一種方法。實驗比對事物的直接觀察，有它特有的優越性。我們在實驗室里，可以重複某些機構的運動過程、某些零件的受力過程；又可以利用新的試驗設備和儀器，探索在高溫、高壓、低溫、高速等條件下材料的性能和機械零件的工作情況和運動特性。這樣，就便於使機械原理及機械零件這門科學走在生產實踐之前，發揮它的預見作用。但是，科學實驗絕不能代替生產實踐。因為，第一，科學實驗只是一種研究方法，生產實踐才是建立理論的更為深刻的基础和目的；第二，科學實驗比起生產實踐，只是一種簡化了的模擬，驗證理論的價值最後還是要靠生產實踐本身。因此，我們既要看到實驗的重要作用，又要看到它的局限性。例如按彈性滑動設計皮帶傳動的原理就是建立在實驗的基础上的。通過實驗找出了皮帶傳遞的功率與彈性

滑动之間的內在联系，然后用以指导皮带傳动的設計，在实践的过程中发现这种基于实验的方法有着一定的局限性，即不适用于极低速的皮带傳动。

如上所述，我們可以清楚的看出：“辯証的規律是自然界的现实的发展規律”<sup>①</sup>，而辯証法則是对自然界本来面目的反映。因此，我們在学习机械原理及机械零件这門科学时，应随时注意运用辯証唯物主义的观点和方法。

### § 1-3 本門科学的发展与生产实践的关系

恩格斯說过：“科学的发生和发展从开始起便是由于生产所决定的”<sup>②</sup>。毛主席也說过：“人的認識，主要地依賴于物質的生产活动，逐漸地了解自然的現象、自然的性質、自然的規律性、人和自然的关系”<sup>③</sup>。本門科学的全部內容正是从人类的生产实践中产生出来的，并且随着社会生产活动一步一步的由低級向高級发展。

人类在长期的生产劳动过程中，不断的創造和改进各种生产工具。最初人們只知道采用天然材料如木材、石料、兽骨等。通过一系列的生产实践才逐漸認識了各种材料的性能，逐步掌握了他們的規律性。为了滿足生产发展的需要，人們又不断創制新材料，如銅、鉄等金属材料，以至应用了最简单的机械，如杠杆、輪系等。同时，又在往复循环的实践过程中摸索出一套确定机械零件尺寸、形状以及他們的运动关系之間的經驗，这就是“机械原理及机械零件”最原始的內容。

16世紀末至17世紀初期，欧洲資本主义崛起。随着商业范围

① 恩格斯：“自然辯証法”。人民出版社1955年版，第40頁。

② 恩格斯：“自然辯証法”。人民出版社1955年版，第149頁。

③ “实践論”。“毛澤东选集”第1卷，人民出版社1954年版，第271頁。

的日益扩大和海外市場的爭夺，就迫切要求建造大吨位的船舶，寬暢的港埠、城市、道路和桥梁。随之采矿、冶金、軍事工业也迅速发展。这一系列新的技术情况就提供了大量的新的技术問題，并促使机械原理及机械零件这門科学迅速的发展和提高。到了19世紀中叶，借助于长期积累的丰富經驗与知識，逐渐形成了本門科学的初步理論——机械学。它包括了很多近代課程如工程力学、机械制造工艺学、起重机械，內燃机等的最原始的内容。以后随着这門科学内容的丰富和便于深入的研究，才发展成为本門科学及其他許多独立的近代課程。

我国人民自古以来勤劳勇敢，在长期与自然界作斗争的过程中，显示了无穷的智慧和，积累了极其丰富的有关机械原理及机械零件方面的經驗和資料。但由于长期的封建統治，特别是近百年来帝国主义的侵略，严重的阻碍了生产力的发展。在此期間，机械原理及机械零件与其他技术科学一样，长期处于落后状态。

1949年中华人民共和国成立以后，科学才得到了真正的发展。广大群众的聪明才智、創造性和主动精神才得到充分發揮。十二年来，我国的生产建設事业經過很短的恢复时期以后，就以前所未有的速度向前发展，特别是1958年以来，在党的鼓足干劲、力爭上游、多快好省地建設社会主义的总路綫的光輝照耀下，全国人民高举总路綫、大跃进、人民公社三面紅旗，使我国工农业建設出現了連續三年大跃进的局面。这也就促使了我国机械工业的迅速发展。目前，我国机械工业已基本形成了完整的体系；不仅完成了从仿造到自行設計的过渡，从修配到制造的过渡，而且还从制造一般机械設備开始进入了能够制造重型、高級、精密、尖端的机械設備的阶段，这就标志着我国机械工业已經进入了世界先进技术的新領域。

随着机械工业的高速度发展，机械原理及机械零件这門科学



也得到了相应的发展。如在焊接、圆弧点啮合齿輪傳动等方面的研究都已取得很大的成就。可以予計，随着生产的不断发展，今后这門科学必将更加逐步充实和完善。