

機械原理

陳之航編著

科學技術出版社

機 械 原 理

陳 之 航 編 著

科學技術出版社

內 容 提 要

本書係根據編著者在中等技術學校教授“機械原理”的講稿編寫而成。內容大多取材於蘇聯出版的有關機械原理方面的書籍，簡單扼要，結合實際，且對基本理論敘述甚詳。

本書共分八章，每章末均附有問題和習題，故適合中等技術學校或大專非機械製造專業系科作為教材及參考書之用。

上海市書刊出版業營業許可証出〇七九号

錦章印刷所印刷 新華書店上海發行所總經售

*

書号：84

(原中科版印3,500冊)

開本 787×1092 經 1/32•6 9/16印張：119,000字

一九五六年一月新一版

一九五六年四月第二次印刷•印數 1,511—6,520

定價：(10)八角

序

無論在機械製造或非機械製造專業中，機械原理都是一門必修課程。現行中等技術學校的機械原理教學大綱中，在次序和內容上與以前所講授的機械原理課程都有相當大的出入。例如以前對機械原理這門課程，一般都是每星期三小時在兩學期內講授完畢，而現行教學大綱規定為二十六小時；又如在現行教學大綱內規定要講述皮帶滑動和機構中的摩擦，而以前幾乎就沒有講到這些部份。因此，現在對機械原理這門課程的教本就有了新的要求。

本書係以編者在中等技術學校講授機械原理的講稿作為基礎，並根據蘇聯有關機械原理方面的書籍加以修改和補充而成。

因為本書的目的是要作為中等技術學校機械原理課程的教本和參考書，所以在內容和次序上，基本是按照現行教學大綱來編寫的。為了能在規定的教學時數內講授完所規定的內容，本書取材儘可能精簡，公式的導演方法儘量採用較為簡單易懂的。但是，為了便於教師參考和同學在課後對某些問題作較為深入的研究，所以本書在內容上比教學大綱中所規定的稍多一些，而在編寫的方式上儘可能做到既便於教學，又便於作較深入的學

習。例如在“齒輪傳動”一章中，編者特列入一節“齒輪傳動的種類”，在這一節中，將各種齒輪傳動作了概括性的介紹，以後再分節詳細講述各種齒輪傳動。假如說某專業的教學大綱中沒有包括螺旋齒輪傳動，那就可將“螺旋齒輪傳動”一節略去，但因講了“齒輪傳動的種類”一節，所以同學對螺旋齒輪傳動還是有一個最基本的概念。

此外，爲了教學上的便利，本書每章之末均附有問題和習題。

最後，雖然本書內容主要取材自蘇聯的教本和參考書，但因編者的俄文水平和業務水平都很有限，書中的缺點及錯誤恐仍難免，希望教師和讀者對本書提出修正意見，以便改進。

書中有一部份圖是由袁凱山和馬昌嘉兩位同志代爲繪製的，編者特在此致以謝意。

本書主要取材自下列各書：

Теория механизмов и машин

Л. Б. Левенсон (1954)

Теория механизмов и машин

С. Н. Кожевников (1954)

Основы технической механики

Л. Е. Левенсон (1954)

Теория механизмов

В. В. Добровольский (1953)

Теория механизмов и машин

А. С. Коренько (1954)

Сборник задач по технической механике

Н. П. Ефремов (1953)

Сборник задач по теории механизмов и машин

И. И. Артоболевский (1951)

Справочник машиностроителя

В. С. Люкшин (1954)

Автоматы Г. А. Шаумян (1952)

Детали машин Я. М. Павлов (1954)

目 錄

序	1-3
---	-----

第一章 概論	1-13
--------	------

1-1 機構和機械	1	1-4 我國古代在機械方面的成就和應用	10
1-2 運動副	4	問 題	12
1-3 運動鏈	8		

第二章 四桿機構	14-39
----------	-------

2-1 四桿機構的基本概念	14	2-5 擺動槽桿機構	30
2-2 四桿機構的基本型式	15	2-6 牛頭鉋床滑板的平均回行行程速度和平均切削速度	32
2-3 曲柄連桿機構	22	問 題	37
2-4 曲柄連桿機構中滑塊的位置移圖和速度圖	26	習 題	38

第三章 凸輪機構	40-53
----------	-------

3-1 凸輪機構的基本概念	40	3-4 偏心輪機構	51
3-2 凸輪機構的型式	42	問 題	52
3-3 凸輪輪廓曲線的畫法	46	習 題	52

第四章 螺旋機構	54-62
----------	-------

4-1 螺旋線的基本概念	54	問 題	61
4-2 螺紋的形成及其類型	55	習 題	62
4-3 螺旋機構的運動性質	58		

第五章 撓性傳動..... 63-80

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 5-1 撓性傳動的基本概念.....63 | 5-6 皮帶傳動的優缺點.....75 |
| 5-2 皮帶傳動的速比.....63 | 5-7 鏈傳動的基本概念.....76 |
| 5-3 皮帶傳動的型式.....67 | 問 題.....78 |
| 5-4 級輪傳動.....71 | 習 題.....79 |
| 5-5 皮帶的彈性滑動.....73 | |

第六章 摩擦傳動..... 81-93

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 6-1 摩擦傳動的基本概念.....81 | 6-5 摩擦傳動的主要優缺點.....90 |
| 6-2 兩軸平行的摩擦傳動.....82 | 問 題.....92 |
| 6-3 兩軸相交的摩擦傳動.....84 | 習 題.....93 |
| 6-4 速比可以調節的摩擦傳動.....87 | |

第七章 齒輪傳動..... 94-166

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 7-1 齒輪傳動的基本概念.....94 | 7-13 蝸輪傳動..... 130 |
| 7-2 齒輪傳動的種類.....95 | 7-14 齒輪系的基本概念..... 137 |
| 7-3 齒輪的幾何要素..... 100 | 7-15 普通齒輪系的計算..... 138 |
| 7-4 正齒輪傳動的速比..... 104 | 7-16 惰輪..... 141 |
| 7-5 齒輪嚙合的基本定律..... 105 | 7-17 換向機構..... 145 |
| 7-6 漸開線的畫法及其基本性質..... 110 | 7-18 車床主軸的變速機構..... 147 |
| 7-7 漸開線齒廓..... 112 | 7-19 車床配換齒輪原理..... 148 |
| 7-8 漸開線齒廓的畫法..... 115 | 7-20 周轉輪系的基本概念..... 151 |
| 7-9 嚙合弧及交接係數..... 117 | 7-21 周轉輪系的計算..... 153 |
| 7-10 螺旋齒輪傳動..... 120 | 7-22 汽車差速器..... 159 |
| 7-11 圓錐齒輪傳動..... 125 | 問 題..... 163 |
| 7-12 圓錐齒輪齒廓的畫法..... 127 | 習 題..... 164 |

第八章 機構中的摩擦..... 167-198

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 8-1 摩擦的基本概念..... 167 | 8-2 斜面上的摩擦..... 170 |
|----------------------|---------------------|

目

錄

iii

8-3 楔形導槽中的摩擦..... 174

8-4 在矩形螺紋的螺旋中的摩
擦..... 1778-5 在三角螺紋的螺旋中的摩
擦..... 180

8-6 轉動副中的摩擦..... 182

8-7 撓性帶的摩擦..... 186

8-8 滾動摩擦..... 193

問 題..... 196

習 題..... 196

第一章

概 論

在機械原理這門課程中，主要是研究機械和機構的運動性質和動力性質，故其內容常分為下列兩部份：

(1) **機構運動學** 確定機構中各點的軌跡、路程、速度和加速度，以及研究機構的構成問題。也就是說，從幾何學的觀點來研究機構各部份的運動，而不涉及產生運動的力。

(2) **機構動力學** 研究機構在運動過程中作用在機構各部份上的力。

要確定作用於物體上的力，往往都須先知道該物體的速度和加速度。因此，要研究機構動力學，必須首先研究機構運動學。

研究機械原理的途徑有兩方面：

(1) **機構的分析** 研究已有機構的優點和缺點。

(2) **機構的綜合** 按照預先提出的要求設計新的機構。

1-1 機構和機械 我們先用車床作為一個例子。電動機先將旋轉運動傳給車床主軸，然後經過一系列的機件將旋轉運動傳給導螺桿，導螺桿再將運動傳遞給刀架而使其作直線移動。

由於車床從電動機獲得機械能，並將電動機的旋轉運動作上述的轉變，因而能在車床上進行所需的切削工作。而電動機則由電源獲得電能，並將其轉變成機械能輸給車床。上面所講的電動機和車床就是所謂“機械”。

應當着重指出，機械並不能創造能量，而祇能利用或轉換機械能。

根據以上所述，可給機械規定如下的定義：機械就是人工的物體組合，它的各部份應具有一定的相對運動，並能用來作出有效的機械功（克服有用阻力）或轉換機械能。

因此，要成為機械，必須具備下列三個特徵：

- (1) 人類勞動的產物。
- (2) 各部份具有一定的相對運動。
- (3) 能作出有效的機械功或轉換機械能。

所謂機械能的轉換，就是將其他形式的能轉變成機械能，或者將機械能轉變成其他形式的能。

如果祇具備上述(1)和(2)兩個特徵，而不具備最後一個特徵，則稱為機構。所以機構的定義是：如果一組物體彼此活動地聯繫着，並能完成預先所規定的運動，這種物體的組合就叫做機構。因此，機構的基本用途是傳遞或變換運動。

例如，內燃機中的曲柄連桿機構（圖 1），就是把活塞的往復直線運動轉變成曲柄的連續轉動，而整個內燃機則為機械，因為它把燃料的化學能變成了機械能。

作為一組成部份包括在機構內並能作相對運動的物體，叫做該機構的**構件**。例如在圖 1 所示的曲柄連桿機構中，活塞、連桿和曲柄都是該機構的構件。

在機構中，運動從一個構件傳給另一個構件，傳遞運動的構件叫做**主動件**；從主動件獲得運動的叫做**從動件**。在圖 1 中，活塞是主動件；曲柄是從動件。

在這裏應當區別開構件和普通所謂的零件。零件是構件的組成部份，當機構運動時，屬於同一構件中的零件彼此間無相對運動發生。例如在圖 1 所示的曲柄連桿機構中，連桿為其中一構件，而連桿則由連桿身、連桿軸承蓋、蓋螺栓等零件組成。

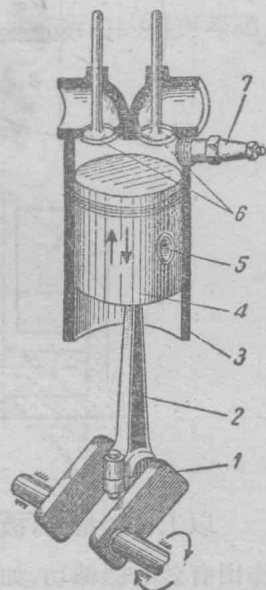


圖 1. 1—曲柄，2—連桿，3—氣缸，4—活塞，5—活塞鎖，6—氣門，7—火花塞。

構件除了固體的以外，還有撓性的、液體的和氣體的。撓性構件在工作時祇受到拉力，例如皮帶、繩和鏈等。液體構件和氣體構件在工作時祇受到壓力，例如水、油和空氣等。

例如在圖 2 I 中，輪 A 轉動時，即可通過撓性構件 C 將旋轉運動傳達到輪 B 上，這裏的輪 B 和輪 A 都是固體構件。在圖 2 II 中，當活塞 D 向下壓時，即可通過液體構件 E 將壓力傳達到活塞 C 上而使其向上升起，這裏的活塞 D 和 C 都是固體構件。

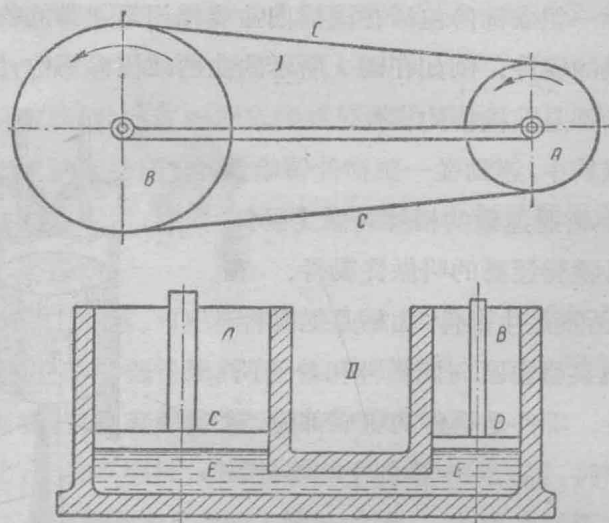


圖 2.

以上曾經指出，機械的特徵之一，就是能作機械能的轉換或作出有效的機械功，如果物體組合雖然能作能量的轉換，但不涉及機械能，則這種物體組合就不是機械，而是器械（例如汽鍋）。

機械通常都由幾個機構組合而成，但幾個機構組合起來的也不一定是機械，例如鐘錶就不是機械，而是由幾個機構組合起來的複合機構，因為就其用途來說，它既不是要轉換機械能，又不是要作出有效的機械功。

1-2 運動副 在上節中曾經指出，機構的重要特徵之一，就是其中各構件應具有一定的運動。但是一個自由的物體當受

到外力作用時，可以向任意方向運動。因此，要使物體具有一定的運動，就必須加以限制，也就是按適當的方式將它與另外的物體活動地聯接起來，而使其中每一物體具有所需的相對運動。這樣聯接起來的兩構件，總稱為運動副。

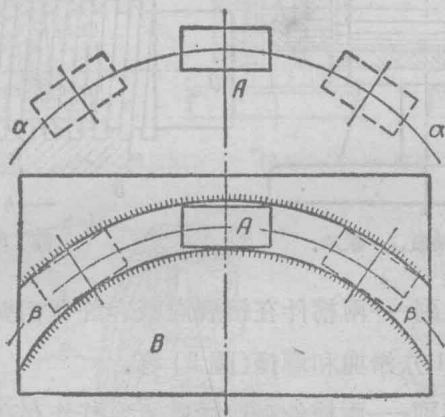


圖 3.

例如在圖 3 中，要使物體 A 沿已知軌跡 $\alpha\alpha$ 運動，如果對物體 A 不加以相應的限制，顯然是不可能的。為了達到這個目的，可用一具有溝槽 $\beta\beta$ 的物體 B 與 A 相聯，當溝槽 $\beta\beta$ 的形式做成與已知軌跡 $\alpha\alpha$ 一樣時，物體 A 的運動軌跡必定是 $\alpha\alpha$ 。在圖 3 中，運動副就是構件 A 和 B 的組合。

按運動副中兩構件接觸處的形式，運動副可分成下列兩大類：

1. 低副——兩構件作面接觸。低副還可分成：

(1) 轉動副——兩構件在接觸處祇容許有相對轉動,例如軸頸和軸承(圖 4)、鉸鏈聯接等。

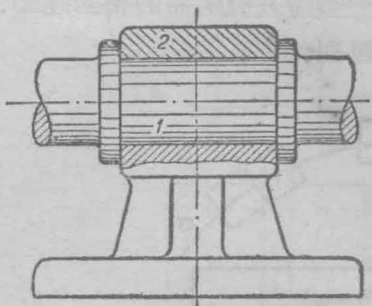


圖 4. 1—軸頸, 2—軸承。

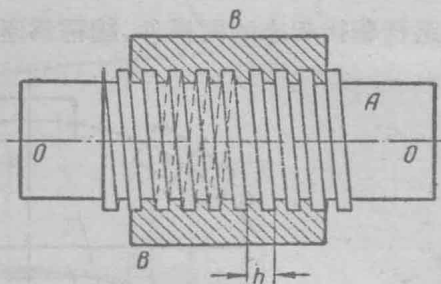


圖 5.

(2) 移動副——兩構件在接觸處祇容許有相對移動,例如活塞和氣缸(圖 1)、滑塊和導槽(圖 3)等。

(3) 螺旋副——兩構件在接觸處祇容許作存在一定關係的、移動和轉動的複合運動。例如在圖 5 中,如果將螺帽 B 固定,當轉動螺桿 A 時,螺桿 A 必定會同時作軸向移動,而且對於一定尺寸的螺桿和螺帽,轉動和移動還存在着一一定的關係,即螺桿轉一轉時,所產生的軸向位移等於其螺距 h 。

轉動副和移動副可以看作是螺旋副的特殊情況。圖 6a 所示為一螺旋副;如果螺桿被固定,當螺帽轉一轉時,其軸向距離等於螺桿的螺距 h 。螺距越小,螺帽的軸向距離也越小,當 $h = 0$ 時,螺旋副即成為轉動副(圖 6b)。同樣螺距越大,螺帽的軸向距離也越大,當 $h = \infty$ 時,螺旋副即成為移動副(圖 6c)。

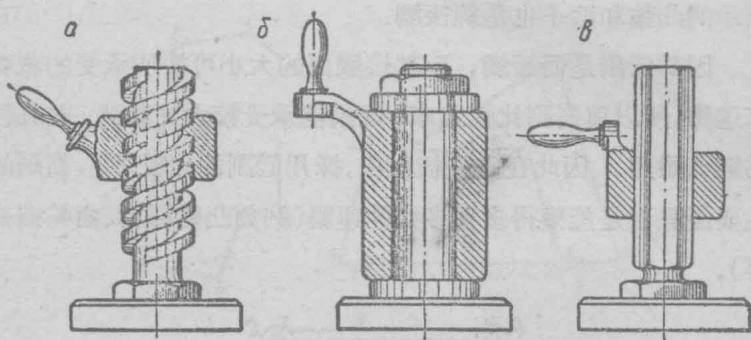


圖 6. a——螺旋副；b——轉動副；c——移動副。

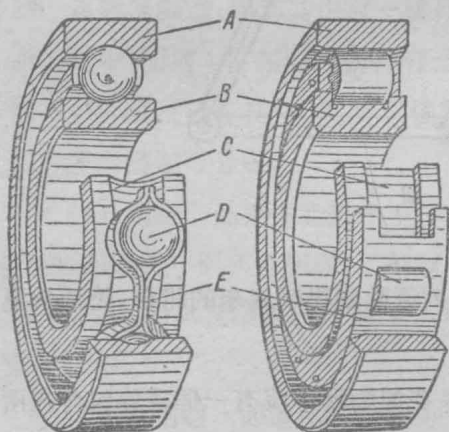


圖 7. A—外座圈；B—內座圈；C—滾道；D—滾珠或滾子；E—分離盤。

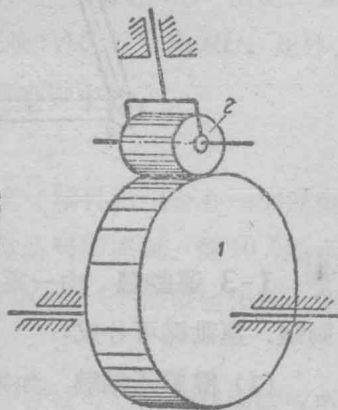


圖 8. 1—凸輪；2—滾子。

2. 高副——兩構件的接觸處為點或線。例如在圖 7 所示的滾珠軸承中，滾珠和內座圈，或滾珠和外座圈都是點接觸。在圖 7 所示的滾子軸承中，滾子與內座圈和外座圈均作線接觸。圖 8

所示的凸輪和滾子也是線接觸。

因為低副是面接觸，而其接觸面的大小可按所承受的載荷來選擇，所以與高副比較起來，低副能承受較大的載荷，並且較為經久耐用。因此在重型機械中，採用低副的比較多。高副的主要優點就是能獲得多種多樣的運動（例如凸輪機構、齒輪機構等）。

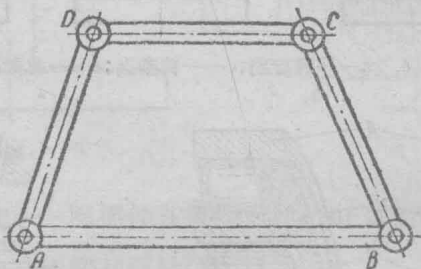


圖 9.

1-3 運動鏈 由一系列運動副聯接起來的組合，總稱為運動鏈。運動鏈可分成：

(1) **簡單運動鏈** 如果在運動鏈中沒有一個構件包含在兩個以上的運動副中，也就是沒有一個構件與兩個以上的其他構件相聯，這種運動鏈就叫做簡單運動鏈。圖 9 所示，即為一簡單運動鏈。

(2) **複雜運動鏈** 如果在運動鏈中至少有一構件包含在兩個以上的運動副中，即至少有一構件與兩個以上的其他構件相