

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本

機構與機械原理習題集

И. И. АРТОБОЛЕВСКИЙ

Вяч. А. ЗИНОВЬЕВ 著

Б. В. ЭДЕЛЬШТЕЙН

孫 家 羣 譯

龍 門 聯 合 書 局

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本



機構與機械原理習題集

И. И. 阿爾托包列甫斯基

Вяч. А. 齊諾維耶夫 原著

Б. В. 愛傑施慶

孫 家 熹 譯

龍門聯合書局

本書係根據蘇聯國營科技出版社 (Государственное издательство технико-теоретической литературы) 1951 年出版的阿爾托包列甫斯基 (И. И. Артоболевский), 齊諾維耶夫 (Вяч. А. Зинovieв) 與愛傑施慶 (Б. В. Эдельштейн) 所著的“機構與機械原理習題集” (Сборник задач по теории механизмов и машин) 修正第二版譯出。原書經蘇聯高等教育部批准作為高等工業學校的教學參考書。

機構與機械原理習題集

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ТЕОРИИ
МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

И. И. АРТОБОЛЕВСКИЙ

Вяч. А. ЗИНОВЬЕВ 原著

Б. В. ЭДЕЛЬШТЕЙН

孫 家 鼎 譯

★版權所有★

龍門聯合書局出版

上海南京東路61號101室

中國圖書發行公司總經售

文明印刷所印刷

上海西康路337弄90號

1953年10月初版 印0001—3500冊

定價¥14,000

上海市書刊出版業營業許可證出029號

原 序

在機械製造高等工業學校的“機構與機械原理”課程的教學大綱中，規定學生除了要作課程設計與實驗工作外，還必須做練習，使學生在課程的各個方面獨立解決問題。從教學方法來看，由學生在課程的每個方面獨立地解一系列的習題是具有很大的意義的：它不僅使學生掌握了機構分析與設計的實際應用方法，也不僅提高了作為一個未來工程師所必須具備的計算技能，同時還使學生得到了許多他們以前所不知道的新的機構略圖的觀念，從而使他們的技術知識更為豐富。

在編這本習題集時，著者力求搜集應用於各種工程方面的機構的例子，這些例子不但從教學方法上來看是很有意義的，同時在解決各種實際問題時也可能用得到。根據這個目的，著者在本書中收集了很多在工程上應用很廣的各種四桿機構，相當多的凸輪機構與齒輪機構的例子等。著者在本書中有意地避免收集那些雖然在運動特性上很有意義但由於種種原因在實際應用上沒有多大用處的機構的例子。

本書的第二版是經過很大修訂而成的，這些修訂是以用本書第一版進行教學所得到的經驗以及其他教師同志們所提的意見為根據的。

在本版中已改正了第一版中沒有答案的主要缺點。所有習題，除了個別例外以外，均在書的最後幾頁附有詳細的答案。

解題時需要化費很多時間的難題在第二版中已經刪除，因過去實際使用本書時證明這些習題沒有什麼用處。另外在課程的各個主要方面——在用速度多邊形與加速度多邊形法作運動分析方面與在機構的力的分析方面——則加入了很多新的習題。這種習題在解題時並

不需要化費很多時間，並且主要的是由於它們的答數可根據徒手畫出的速度、加速度與力多邊形而算出。這種習題對於在不便於使用繪圖儀器的課堂上作練習時很為合適。

包括有機械組合運動那一章的習題已有些更動。其中已收集了關於當已知運動力矩為角速度的函數與阻力矩為時間的函數時的機械組合運動的習題。

與第一版不同，本版在每一章之前都附有有關解題方法的說明，著者認為這樣應該可以相當地減輕獨立學習“機構與機械原理”課程的學生的工作。

最後，著者對所有曾對本習題集第一版提供意見的同志們表示感謝，由於他們的指正幫助了我們修正其中很多的缺點。著者同時希望各位教師同志能對本版中所存留的缺點提出意見，並在此預致謝意。

中央人民政府高等教育部推薦 高等學校教材試用本的說明

充分學習蘇聯的先進經驗，根據國家建設需要，設置專業，培養幹部，是全國高等學校院系調整後的一項重大工作。在我國高等學校裏，按照所設置的專業試用蘇聯教材，而不再使用以英美資產階級教育內容為基礎的教材，是進一步改革教學內容和提高教學質量的正確方向。

一九五二年九月二十四日人民日報社論已經指出：‘蘇聯各種專業的教學計劃和教材，基本上對我們是適用的。它是真正科學的和密切聯系實際的。至於與中國實際結合的問題，則可在今後教學實踐中逐漸求得解決。’我們現在就是本着這種認識來組織人力，依照需要的緩急，有計劃地大量翻譯蘇聯高等學校的各科教材，並將陸續向全國推薦，作為現階段我國高等學校教材的試用本。

我們希望：使用這一試用本及今後由我們繼續推薦的每一種試用本的教師和同學們，特別是各有關教研組的同志們，在教學過程中，對譯本的內容和譯文廣泛地認真地提出修正意見，作為該書再版時的參考。我們並希望各有關教研組在此基礎上逐步加以改進，使能結合中國實際，最後能編出完全適合我國需要的新教材來。

中央人民政府高等教育部

目 錄

原序	i
----------	---

第 一 部 分 機構組成與機構運動學

第 一 編 機構的組成分析與運動分析

§ 1. 運動副	3
§ 2. 機構的運動略圖	7
§ 3. 平面機構的分類	12
§ 4. 機構各機件位置的確定	36
§ 5. 機構各機件上各點所畫軌跡的作圖	42
§ 6. 速度多邊形與加速度多邊形的作圖	45
§ 7. 機構的位置、速度與加速度的解析確定	68
§ 8. 速度與加速度瞬時中心的位置與瞬心線的作圖	76
§ 9. 齒輪機構傳送比的確定	83

第 二 編 機構的運動設計

§ 10. 瞬心線機構的設計	96
§ 11. 凸輪機構的設計	102
§ 12. 齒輪機構的設計	110
§ 13. 低副機構的設計	118

第 二 部 分

機構與機械動力學

第 一 編

機構的動態靜力學

§ 14. 機構中慣性力的確定.....	123
§ 15. 當不計摩擦時運動副中壓力的確定.....	132
§ 16. 運動副中的摩擦力.....	144

第 二 編

機 械 動 力 學

§ 17. 力與質量的轉換.....	155
§ 18. 在力的作用下機械組合的運動.....	166
§ 19. 機械組合的飛輪質量的確定.....	175
§ 20. 機械效率的確定.....	184
§ 21. 機構在機座上的均衡與在運動副中壓力的均衡.....	188
答案	196
$\psi = \operatorname{inv} \alpha$ 數值表	216
書中所用符號的說明.....	218
名詞對照表 I	220
名詞對照表 II	224

第一 部 分

機構組成與機構運動學

第一編

機構的組成分析與運動分析

§ 1 運 動 副

兩有相對運動的相隣機件的接觸組合稱為運動副。

每一機件係由一個或幾個剛體零件固結在一起而形成，兩機件上彼此接觸的零件稱為運動副的素件。運動副的類決定於加於其機件的相對運動的限制條件的數目。

當計算運動副加於機件的限制條件時，必須考慮運動副加於其兩個機件的公共限制。

限制條件必須了解為決定一機件相對於另一機件的位置的給定參變數。有一個限制條件也就是說一機件失掉了一個相對於另一機件而平行於一選定坐標軸的可能運動，或者是失掉了繞某一個坐標軸迴轉的可能性。

例如，圖 1 所示為一球面副，其中決定機件 2 對於機件 1 位置的就有三個自由參變數。這些參變數就是確定機件 2 上任意軸 OA 位置的 Φ 與 φ 角，與確定不在 OA 軸上各點位置的機件 2 的迴轉角 ϑ 。因此，這個運動副具有三個限制條件。①

三個自由參變數的存在可以由下述情況說明，即在這情況中有繞着三個相互垂直的軸而互不依賴的三種迴轉，而限制了平行於這些軸的三種移動。

如果球面副是包含在平面機構組成中的，

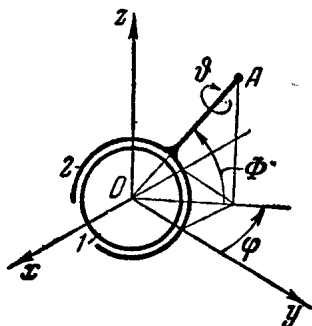


圖 1

① 自由參變數的數目為三，而一個剛體的參變數的總數目是六，也就是說，這球面副還應有三個給定參變數，因此具有三個限制條件。

也就是說如果機件 1 與 2 為機構中的機件，而該機構具有這樣的公共限制條件，即當機構運動時 φ 與 θ 角將保持不變，故該副就成為五類副。此時機件 2 上各點只能沿平面軌跡——圓周而運動，且機件 2 的運動只改變 Φ 角。

圖 2 中所示為一圓柱副，係屬於四類副，因為在決定軸套 2 對於導路 1 的位置的六個參變數中只有兩個自由參變數，即距離 OA 與軸套 2 繞 OA 軸的迴轉角 θ 來決定機件 2 的位置。因此，此副可有沿 OA 軸的相對移動與繞該軸的迴轉；其餘四個參變數則被限制，故其為四類副。

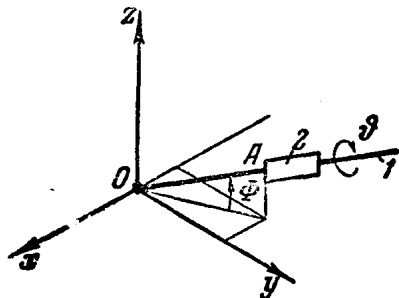


圖 2

如四類副在平面機構的組成中，而該機構的各機件只能在平行於 Φ 角平面的平面中運動(圖 2)，則軸套 2 相對於導路 1 的迴轉將不可能，因此該圓柱副就成為五類副。

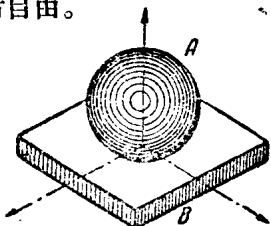
如公共的限制條件為使距離 OA 保持不變(圖 2)，則此圓柱副也將為五類副。

在第一種情形中為圓柱副變成平移副，而第二種情形則變成迴轉副。

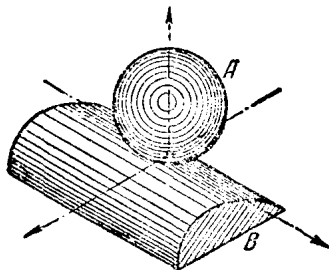
在確定運動副的類時，須先確定在一機件對於另一件機的六個可能運動中(三個移動與三個迴轉)，何者為被限制與何者為自由，依照這個就能確定該運動副的類。

習 題 1—20

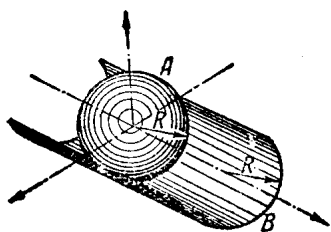
1-8. 確定由機件 A 與 B 所組成的運動副的類。並指出在一機件相對於另一機件的六個可能運動中(三個移動與三個迴轉)何者為被限制，何者自由。



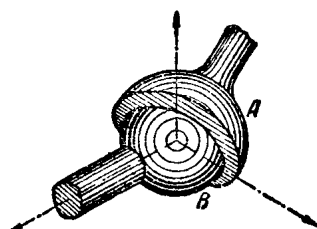
1 題



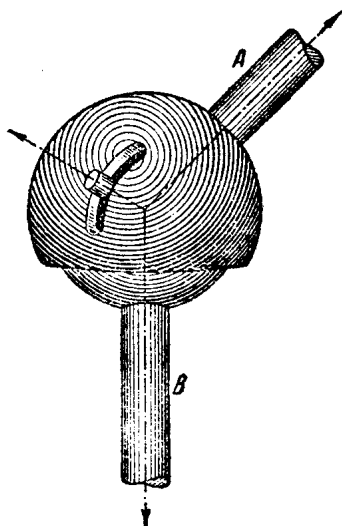
2 題



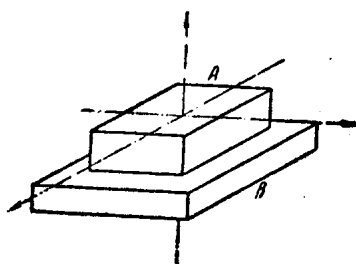
3 題



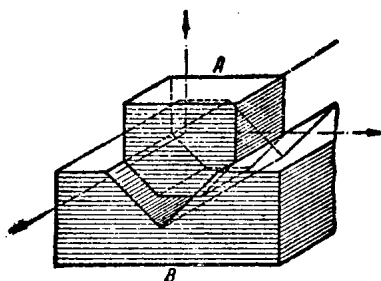
4 題



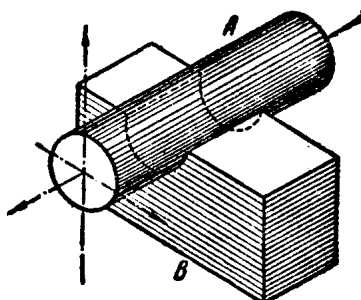
5 題



6 題

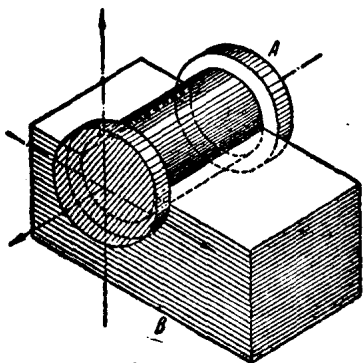


7 題

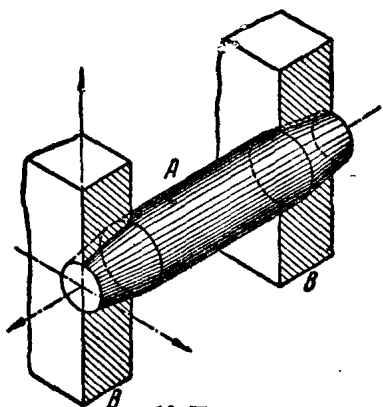


8 題

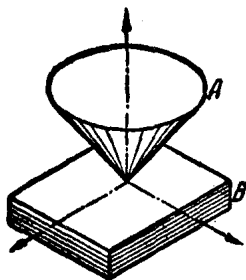
9-16. 確定由機件 A 與 B 所組成的運動副的類, 並指出在一機件相對於另一機件的六個可能運動中(三個移動與三個迴轉)何者為被限制, 何者係自由。



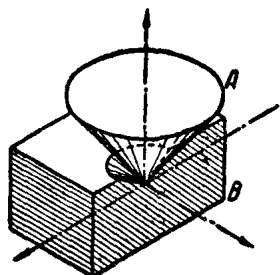
9 題



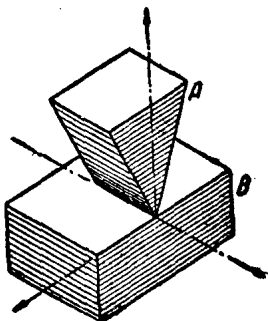
10 題



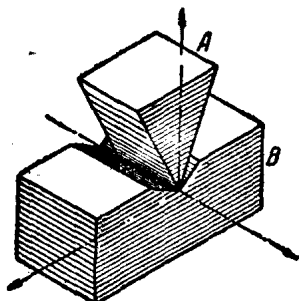
11 題



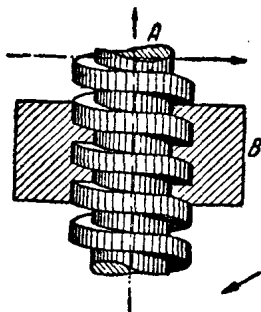
12 題



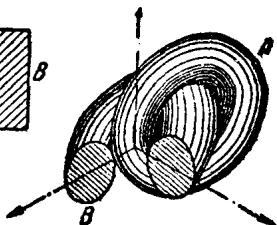
13 題



14 題

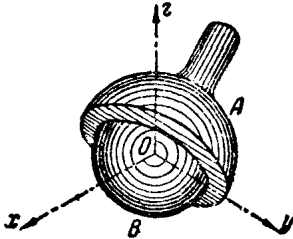


15 題

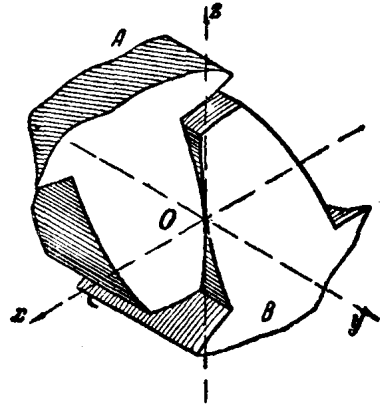


16 題

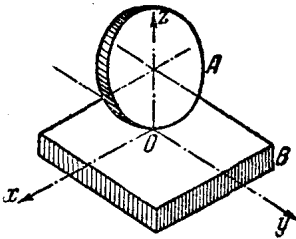
17-20. 如各機件只能在平行於 xOz 平面的平面中運動, 確定由機件 A 與 B 所組成的運動副的類。



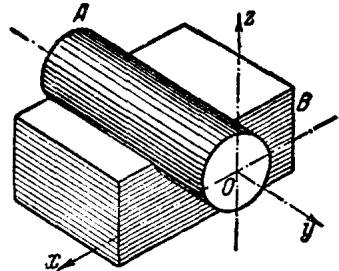
17 題



18 題



19 題



20 題

§ 2. 機構的運動略圖

空間機構的略圖為由如下圖所示的各空間運動副的組合, 在下圖中以直線線段表示機件, 其中的箭頭係表示機件間可能的相對運動。

1. 五類迴轉副 (圖 3, a)。 2. 五類平移副 (圖 3, b)。
3. 五類螺旋副 (圖 3, b)。 4. 四類圓柱副 (圖 3, c)。
5. 三類球面副 (圖 3, d)。

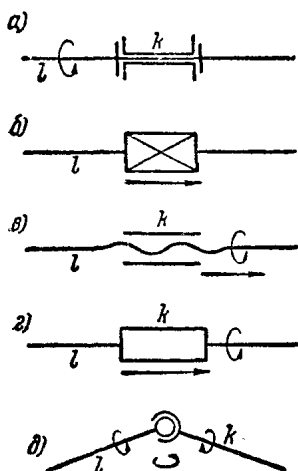


圖 3

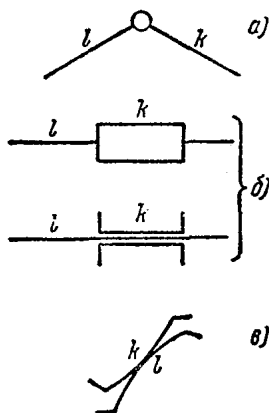


圖 4

平面機構的運動副的略圖則比較簡單，如圖所示：

6. 五類迴轉副（樞軸）（圖 4, a）。

7. 五類平移副（圖 4, б）。

8. 四類高副（圖 4, в），高副機件的外形曲線在運動略圖中應將其準確形狀畫出。

實際應用的機構常按其加於機構的所有機件的公共限制條件的數目而被劃分為族。而用來確定各族機構的能動度數的組成公式也因族而變。

對於零族機構須用如下的 П. О. 索莫夫——А. П. 馬雷謝夫組成公式：

$$\omega = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1, \quad (2.1)$$

式中

ω —機構的能動度數，

n —機構中的能動機件數，

p_5 —機構中的五類運動副數，

p_4 —機構中的四類運動副數，

p_3 —機構中的三類運動副數，

p_2 —機構中的二類運動副數，

p_1 —機構中的一類運動副數，

當機構各機件具有一個公共限制時，就用如下的對於第一族機構的組成公式：

$$\omega = 5n - 4p_5 - 3p_4 - 2p_3 - p_2, \quad (2.2)$$

對應地對於第二族機構，即其各機件具有兩個公共限制，則可用下式：

$$\omega = 4n - 3p_5 - 2p_4 - p_3. \quad (2.3)$$

在確定應用最廣的第三族機構的能動度時（第三族機構包括平面機構與球面機構，其公共限制數為三），須應用如下的組成公式（П. Л. 切背謝夫公式）：

$$\omega = 3n - 2p_5 - p_4 \quad (2.4)$$

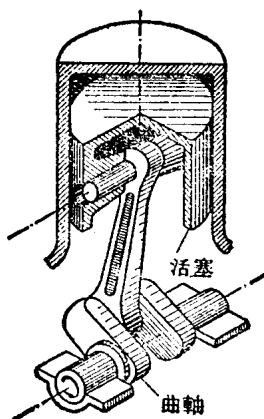
當分析第四族機構（即其各機件有四個公共限制條件）的組成時，必須應用如下的組成公式（В. В. 布羅窩里斯基公式）：

$$\omega = 2n - p_5. \quad (2.5)$$

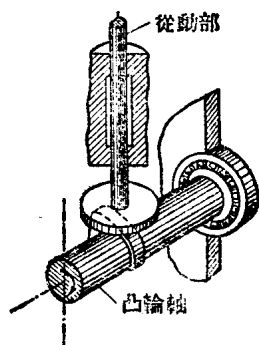
習 題 21—30

21. 畫出內燃機機構的運動略圖，確定其中的機件數與運動副數，並確定各運動副的類，再寫出該機構的組成公式。

22. 畫出內燃機中閥門機構的運動略圖，確定其中的機件數與運動副數，並確定各運動副的類，再寫出該機構的組成公式。



21 題



22 題