

高等学校教学用书

機械原理

課程設計

A. C. 科梁亞可等著

高等教育出版社

高等學校教學用書



機 械 原 理
課 程 設 計

A. C. 科樂亞可, Л. И. 克雷蒙西楷因, Г. М. 奧夫希安科 著
С. Д. 彼德羅夫斯基, В. Е. 巴哈諾夫, С. Я. 嘉爾夫 譯
孫 可 宗 譯

高等教育出版社

本書係根據蘇聯國立機器製造書籍出版社烏克蘭分社(Машгиз, Украинское отделение) 1954 年出版的科梁亞可(А. С. Кореняко), 克雷蒙西楷因(Л. И. Кременштейн), 奧夫希安科(Г. М. Овсненко), 彼德羅夫斯基(С. Д. Петровский), 巴哈諾夫(В. Е. Баханов), 嘉爾夫(С. Э. Гарф)著的“機械原理(課程設計)”(Теория механизмов и машин-руководство по курсовому проектированию)一書譯出。原書經蘇聯烏克蘭加盟共和國文化部審定為高等工業學校機械工程系各專業的教學參考書。

在本書中研究解決各種機構的分析及綜合問題的實際方法和機構設計問題的解法, 並指出根據原始數據進行設計各單元的工作步驟。本書內容注重理論的應用和設計的方法, 並作出一個有計算說明書的示範設計。書末附有若干課程設計的題目。

本書可作為高等工業學校機械製造系和機械工程系各專業“機械原理”課程的教材, 並可供機械設計工程師參考之用。

機 械 原 理

(課程設計)

科梁亞可等著

孫可宗譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

書號 15010-144 開本 850×1168 1/16 印張 8 4/9 插頁 1 字數 170,000

一九五五年十月上海第一版

一九五六年十二月上海第五次印刷

印數 7,801—12,800 定價(10) 洋 1.20

目 錄

序

第一章 低運動副平面機構的綜合	7
§ 1. 曲柄連桿機構的綜合	7
§ 2. 鉸銷四桿機構的綜合	11
§ 3. 搖桿機構的綜合	13
第二章 嚙合齒輪的幾何綜合	15
§ 1. 直齒圓柱嚙合齒輪的尺寸計算	15
§ 2. 嚙合齒輪各部分的繪製	19
§ 3. 有效嚙合線、嚙合弧和工作齒廓的繪圖法	22
§ 4. 齒輪傳動的各主要因素	24
§ 5. 移距係數的選擇	26
§ 6. 圓柱齒輪傳動裝置幾何綜合的設計步驟	30
§ 7. 漸開線圓柱齒輪的內嚙合傳動	31
§ 8. 圓錐齒輪	32
§ 9. 行星齒輪機構	33
第三章 平面機構運動學的研究方法	38
§ 1. 研究平面機構運動學的目的	38
§ 2. 機構各構件位置圖的繪製	38
§ 3. 機構上個別點動路的繪製和主動件極端位置的決定	40
§ 4. 機構運動圖的繪製	41
§ 5. 用圖解微分法繪製速度圖和加速度圖	44
§ 6. 位移圖、速度圖和切線加速度圖間的對應關係、 $(v-S)$ 圖或 (w_t-S) 圖的繪製	45
§ 7. 用速度圖和加速度圖法研究機構運動的步驟及其圖解的例題	46
§ 8. 3 階 1 級機構速度圖和加速度圖的繪製	54
§ 9. 高副機構的速度圖和加速度圖的繪製	57
第四章 平面凸輪機構的設計	59
§ 1. 凸輪機構的設計問題	60
§ 2. 圖解微分法	60
§ 3. 凸輪機構運動學的綜合	63
§ 4. 根據已知最小傳動角的凸輪機構的綜合	66
§ 5. 運動循環圖的繪製	69
§ 6. 機械各機構之配合	70
第五章 機構的動態靜力學計算	71
§ 1. 機構各構件慣性力的決定	71
§ 2. 決定機構各運動副中的壓力	74
§ 3. 考慮摩擦力的機構各運動副中壓力的決定	80

§ 4. 凸輪機構的動態靜力學計算	82
第六章 飛輪慣性矩的決定	84
§ 1. 概論	84
§ 2. 簡化慣性矩	84
§ 3. 簡化力矩和機械的運動方程式	86
§ 4. 機械確定運動的週期, 簡化構件的角速度和機械的速度不均勻係數 δ	87
§ 5. 決定飛輪慣性矩的各種方法	88
§ 6. 多缸發動機各主動力簡化力矩 M_d 圖的繪製	94
第七章 機械的平衡	98
§ 1. 概論	98
§ 2. 轉動質量的平衡	98
§ 3. 機構慣性力的平衡	100
第八章 六桿機構的示範計算	106
§ 1. 機構傳動裝置的綜合	107
§ 2. 傳動裝置的研究	110
§ 3. 凸輪機構的動力學的綜合	111
§ 4. 搖桿機構的綜合	114
§ 5. 機構的配合	115
§ 6. 搖桿機構的結構分析	116
§ 7. 六桿機構運動的研究(附錄 3)	117
§ 8. 六桿機構動態靜力學的研究	120
§ 9. 決定飛輪的慣性矩	125
參考書目	130
附錄 1—6	131
課程設計題目	135

序

按照蘇聯 1951—55 年第五個五年發展計劃，擬定了進一步大力提高蘇聯國民經濟和文化的綱領。

蘇聯第五個五年計劃的最重要任務之一就是要使機器製造工業迅速增長，因為它是在高度技術基礎上發展着的國民經濟各部門在技術上作巨大進展的基礎。

依照這些任務必須更充分地利用工程科學的力量來解決國民經濟發展中理論上和生產上各個最重要的問題。因此，黨和政府對於工程幹部培養的質量提出日益增高的要求。由高等學校畢業的機械專家、設計師和工藝技師應當完全精通有關於設計和運用各種最新機械、機構、儀器和裝置等的科學原理，並且還能創造性地解決各種符合國民經濟需要的生產上的科學問題。

在培養符合這些要求的工程幹部的這一工作中，講授機構和機械一般構成方法的這門課程——機械原理，具有很重大的作用：1948 年起在學習機械原理這一課程的同時並進行了課程設計，它應當能夠幫助機器製造和機械工程各專業的學生獲得運用理論原理以解決機構和機械的研究和設計上各種實際問題的能力。

關於課程設計方面的題目，內容和方法等成文資料是完全缺乏的，而各高等學校進行課程設計的經驗還沒有加以總結和系統化，因此現時極其需要指導課程設計的書籍。

本書不再敘述在機械原理教程中已經講過的各種方法的理論根據，藉以避免在內容方面與本課程的其他教科書和參考書造成重複。

根據本書的主要目的——幫助學生和設計師解決他們遇到的機構的分析和綜合的各種具體問題，著者們認為所寫出的教材應當是在方法上比較獨特的參考書。

因此，在本書中引用沒有推證的公式，給出各種計算問題解決過程中所決定的各參數平均值的表，和簡略的計算方法。在本書中敘述關於機構和機械的研究和設計問題的解決方法，並且根據原始數據指出各個設計單元的工作步驟。

為使學生能夠更好地掌握所研究的各種問題並使這些問題有所根據起見，本書中註明機械原理教程的相應章節的名稱。本書引用最多的為 1951 年蘇聯出版的 И. И. 阿圖保列夫斯基 (И. И. Артоболевский) 院士著的“機械原理”(Теория механизмов и машин)。

祇有在第六章中所敘述的材料是例外的：關於飛輪質量的決定，在各教科書中一般係按照維登鮑埃爾 (Виттенбауэр) 方法來敘述的，然而如同大家所知道的，關於決定飛輪質量的問題已經為蘇聯學者古奇亞 (Е. М. Гутьяр)、梅查洛夫 (Н. И. Мерцалов) 和阿圖保列夫斯基所詳盡地解決了的。

著者們估計到學生不可能去參考專門性書籍，因而闡述了這一章以及關於修正齒輪的

一些比較詳細的材料(後者主要是根據庫德略夫切夫——В. Н. Кудрявцев——的材料)。

在第八章中給出附有計算說明書的設計以作為課程設計的實例，這個設計是按照 1952 年蘇聯高等教育部批准的教學大綱所要求的範圍而作出的，此外又給出若干標準的，具體的課程設計題目以供指導教師選題之用。

參與本書著述工作的有：科梁亞可 (А. С. Коренько)——第七章，克雷蒙西楷因 (Л. И. Кременштейн)——第一章和第四章，奧夫希安科 (Г. М. Овсиенко)——第八章，彼德羅夫斯基 (С. Д. Петровский)——第六章和第二章的 § 1—6 節，巴哈諾夫 (В. Е. Баханов)——第三章，嘉爾夫 (С. Э. Гарф)——第五章的 § 3 和 4 兩節；第二章的 § 7, 8, 9 三節和第五章的 § 2 節為科梁亞可所撰寫，而插圖則為嘉爾夫所繪成。各設計題目為奧夫希安科所編成。

全書的編寫工作係在科梁亞可的指導和校閱下完成的。

著者們請求各方將有關本書的批評和意見寄交下列地址：Киев, Крещатик, 10, Укрмашгиз。

第一章 低運動副平面機構的綜合

機構設計的任務之一就是要適當地選擇各構件的長度(更精確地講為二鉸銷軸線間的距離),以便使機構在全部工作時間內能滿足預先規定的各個條件,即構件上某些定點能夠按照一定的動路或一定的規律而運動。

在本章中要敘述低運動副四桿平面機構綜合的若干最簡單問題的解決方法。

§1. 曲柄連桿機構的綜合

我們將採用下列的習用符號:

r —曲柄 AB 的長度;

φ —曲柄 AB 的轉角,由方向線 AM 起按反鐘向計算;

φ_I 和 φ_{II} —當滑塊在二極端位置時,曲柄與 AM 方向線間的最小角;

l —連桿 BC 的長度;

e —偏距;

λ —比率 $\frac{l}{r}$ 的值;

H —滑塊行程;

k —行程速度變化係數,等於比率 $\frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta}$,此處 $\theta = \varphi_{II} - \varphi_I$;

$\theta = 180^\circ \frac{k-1}{k+1}$; (參考 И. И. 阿圖保列夫斯基著“機械原理”, § 67, 1951 年版)。

$$AC_{II} = l - r; \quad (1-1)$$

$$AC_I = l + r; \quad (1-2)$$

$$v_c \text{—滑塊在機構位置相當於 } \varphi \text{ 角時的速度;} \quad (1-3)$$

$v_{c \max}$ —滑塊的最大速度。

爲了作出機構在給定位置 φ 角時的機構圖,祇要知道 r , l 和 e 就夠了。

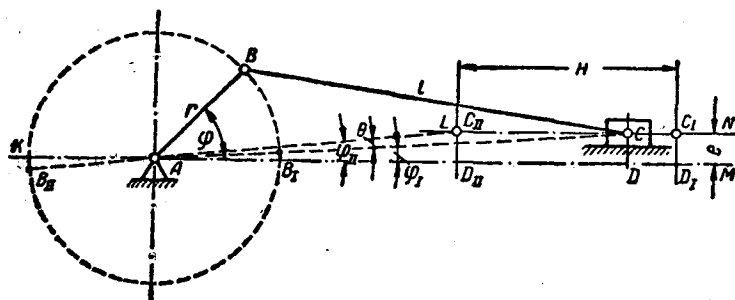
根據這些數據作圖的步驟如下:

1. 任意選定一方向線 KM (圖 1)。
2. 在距 KM 線的距離 e 處作 LN 線與 KM 線平行。
3. 以直線 KM 上的任意選定點 A 爲圓心,以 $AB=r$ 爲半徑作 B 點動路的圓。

4. 按照曲柄的已知運動規律 $\varphi = \varphi(t)$ 將此動路分成若干分段。通常 $\omega = \text{const}$ (常數), 因此將圓周分成 n 個等份, 也就是將圓周分成與其所經歷時間成比例的分段是方便的。

5. 以所得的各等分點 $B_0, B_1, B_2 \dots B_n$ 為圓心, 以 $BC = l$ 為半徑分別作弧, 使其與直線 LN 相交於 $C_0, C_1, C_2 \dots C_n$ 各點。這些點就是對應於曲柄各個位置的滑塊的位置。

6. 順序將 $B_0, B_1, B_2 \dots B_n$ 等點分別與 A 點以及與各相當的 $C_0, C_1, C_2 \dots C_n$ 等點連接, 就得到曲柄連桿機構在它的不同位置時的機構圖。



■ 1

第一種問題 已知: H, e 和 λ 。

欲繪出機構圖必須先求出兩未知尺寸 r 和 l 。

由 $\frac{l}{r} = \lambda$ 得

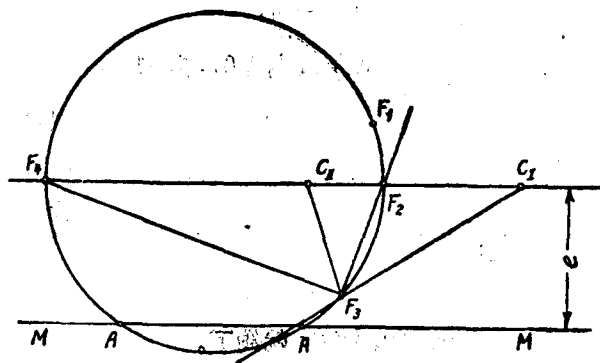
$$\frac{AC_I}{AC_{II}} = \frac{l+r}{l-r} = \frac{\lambda+1}{\lambda-1} \quad (1-4)$$

於是在三角形 $AC_{II}C_I$ (圖1) 中已知: 底 $C_{II}C_I = H$, 高 e — 由頂 A 至底 $C_{II}C_I$ 的距離, 和二邊之比

$$\frac{AC_I}{AC_{II}} = \frac{\lambda+1}{\lambda-1}$$

用下述方法可以作出這個三角形 (圖2):

1. 作一線段 $C_{II}C_I = H$ 。
2. 在距 $C_{II}C_I$ 線距離為 e 處作其平行直線 MM 。
3. 因為距兩定點 (C_{II} 和 C_I) 的距離比值為常量 (1-4) 的各點的



■ 2

軌跡是一個圓 (即所謂阿帕隆尼——Аполлоний——氏圓), 因此可以定出符合了下列關係的三個任意點 F_1, F_2, F_3 :

$$\frac{C_I F_1}{F_1 C_{II}} = \frac{C_I F_2}{F_2 C_{II}} = \frac{C_I F_3}{F_3 C_{II}} = \frac{\lambda+1}{\lambda-1}$$

並且作一經過此三點之圓 $\odot$ 。此圓與直線 MM 的交點就是欲求三角形的第三個頂點 A 。

因此,可得三角形的兩邊:

$$AC_{II} = l - r \quad (1-2);$$

$$AC_I = l + r \quad (1-3)。$$

由方程式(1-2)與(1-3)求出兩未知尺寸 l 和 r 。

此二方程式的圖解法如圖3所示(參看C. H. 考綏夫尼可夫著“機械原理”, §34 末段及圖127, 1954年版)。

第二種問題 已知: H, λ 和 k 。

求未知尺寸 l, r 和 e 。

1. 用公式(1-1)求出 θ 。

2. 用公式(1-4)求得比值 $\frac{l+r}{l-r} = \frac{\lambda+1}{\lambda-1}$ 。

3. 以線段 $H = C_I C_{II}$ 為弦作圓(圖4)而能使所對之圓周角等於 θ (參考И. И. 阿圖保列夫斯基著“機械原理”, §67, 1951年版)。

4. 用第一種問題中所述方法作與 C_I 和 C_{II} 兩點距離之比為常數的各點之軌跡(阿帕隆尼氏圓)。此圓弧(圖4上的虛線圓弧)與圓弧 $\widehat{C_I C_{II}}$ 的交點即為欲求三角形之頂點 A 。

根據前述知 $AC_I = l + r$; $AC_{II} = l - r$ 。

三角形之高 $AD = e$ 。

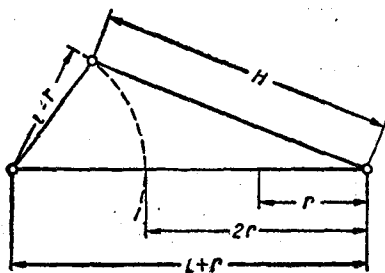


圖 3

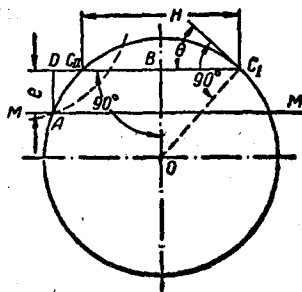


圖 4

第三種問題 已知: H, e 和 k 。

求 l 和 r 。

1. 用公式(1-1)求得 θ 。

2. 以 $C_I C_{II} = H$ 為弦(圖4)作圓而能使其弦切角等於 θ (以 $C_I C_{II}$ 為底邊作頂角等於 2θ 的等腰三角形,此三角形之頂點即為所求圓之圓心——譯者註)。

3. 在距 $C_I C_{II}$ 的距離為 e 處作平行線 MM 。

用這種作圖法即可定出 A 點的位置以及三角形 $AC_I C_{II}$ 的二邊

$$AC_I = l + r \quad \text{和} \quad AC_{II} = l - r。$$

⊙ 譯者註:設已知 F_3 點距 C_I 和 C_{II} 兩定點距離之比等於常數 $\frac{\lambda+1}{\lambda-1}$ 。作 $\triangle C_I C_{II} F_3$ 的 $\angle F_3$ 的內外兩分角線,此兩分角線交得 $C_I C_{II}$ 連線的線段 $F_3 F_4$ 就是欲求圓的直徑(參看圖2)。

下面的解法同前。

第四種問題 已知: $e, \varphi_I, \varphi_{II}$ 。

求 l 和 r 。

由圖 1 所表示的機構圖可以列出 $l+r = \frac{e}{\sin \varphi_I}$ 和 $l-r = \frac{e}{\sin \varphi_{II}}$ 二式。解之可得 l 和 r 之值。

第五種問題 已知: $r, \varphi_I, \varphi_{II}$ 。

求 l 和 e 。

由圖 1 所表示的機構圖可以列出 $\frac{l+r}{l-r} = \frac{\sin \varphi_{II}}{\sin \varphi_I}$, 由此式求得 l 。

然後由方程式 $e = (l+r) \sin \varphi_I$ 求得 e 。

第六種問題 已知: r, H, φ_I 。

求 l 和 e 。

由圖 1 所表示的機構圖可以列出 $\frac{l+r}{\sin \varphi_{II}} = \frac{l-r}{\sin \varphi_I} = \frac{H}{\sin(\varphi_{II}-\varphi_I)}$ 。

由此式得 $\frac{H}{\sin(\varphi_{II}-\varphi_I)} = \frac{2r}{\sin \varphi_{II} - \sin \varphi_I}$ 。

此式於經過一些基本變換後得

$$\sin(\varphi_{II} + \psi) = \frac{H \sin \psi}{2r}, \quad (1-5)$$

式中

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{2r \sin \varphi_I}{H - 2r \cos \varphi_I}。$$

由式(1-5)求得 φ_{II} 後, 其餘步驟按第五種問題進行。

第七種問題 已知: r, e 和相當於 φ 角位置的 v_c 。

求 l 。以“曲柄比例尺” $\ominus$ 作出該位置機構的調轉速度圖[各速度矢量的實際方向與圖示方向差 90° 角(圖 5)]。令 $v_c = AE \cdot k_v$ 。延長直線 EB 與 NN 線相交於 C 點。線段 $BC = l$ 。

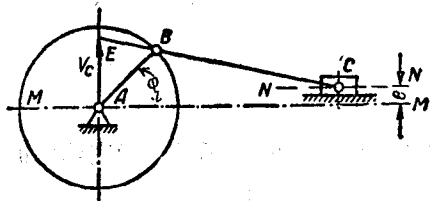


圖 5

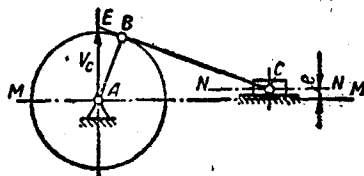


圖 6

第八種問題 已知: $r, e, v_{c \max}$ 。

求 l 。以“曲柄比例尺”作調轉速度圖(圖 6)。

令

$$v_{c \max} = AE \cdot k_v。$$

$\ominus$ 譯者註: “曲柄比例尺”係指以曲柄的圖形之長 AB 代表 B 點速度矢量之模的這種速度比例尺。

經過 E 點作 B 點(曲柄銷)動路(圓)的切線 EB , 延長後使其與 NN 線相交於 C 點。
線段 $BC=l$ 。

§ 2. 鉸銷四桿機構的綜合

我們採用下列習用符號(圖 7):

a_1 —主動桿 AB 的長;

a_2 —連桿 BC 的長;

a_3 —從動桿 CD 的長;

a_4 —機架 AD 的長;

φ —主動桿 AB 的轉角, 由方向 AD 起按反鐘向計算;

ψ —從動桿 CD 的轉角, 由方向 AD 起按反鐘向計算;

k —速度變化係數, 等於 $\frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta}$, 此處 $180^\circ + \theta$ 為 AB 桿當 DC 桿由右方極端位置 DC_I 到左方極端位置 DC_{II} 時所轉動之角度。

$$\theta = 180^\circ \frac{k-1}{k+1} \quad (\text{參見 И. И. 阿圖保列夫斯基著“機械原理”, § 67, 1951 年版})。 \quad (1-1)$$

欲繪出此機構在給定 φ 角位置時的機構圖, 知道四個桿的長度 a_1, a_2, a_3, a_4 就夠了。
根據這些數據作圖的步驟如下:

1. 任意選定一方向線 MM 並且於其上取線段 $AD=a_4$ 。

2. 由 A 和 D 兩點為圓心分別以相應的半徑 a_1 和 a_3 作圓(如果這些桿不是曲柄而是搖桿則作圓弧)。

3. 按照給定的運動規律 $\varphi=\varphi(t)$ 將 B 點的動路分成若干分段。如果 $\omega=\text{const}$ (常數), 則將此動路分成 n 個等份是最便利的。在這種情況下, 各分段之長與時間成比例。

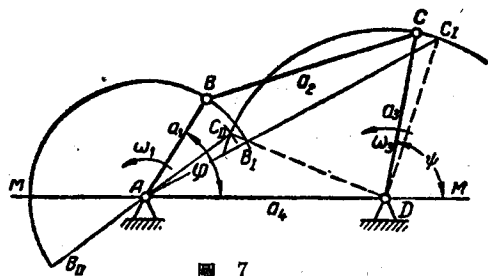
4. 以曲柄銷 B 動路上的各分點 $B_0, B_1, B_2 \dots B_n$ 等為圓心, 以 $BC=a_2$ 之長為半徑分別作弧, 使其與 C 點的動路相交。於是在 C 點動路上就得到了一系列的交點 $C_0, C_1, C_2 \dots C_n$ 。

順序地連接曲柄銷 B 動路上的各分點與 A 點, 鉸銷 C 動路上的各點與 D 點, 和有相同附註字的 B_i 和 C_i 兩點, 這樣就畫成了鉸銷機構 n 個位置的機構圖。

如果從動桿 a_3 是一搖桿, 則在標分動路的过程中必須要找到它的兩個極端位置。這二位置由以 A 點為圓心各以 a_2+a_1 和 a_2-a_1 為半徑作二圓弧與 C 點動路(圓弧)之交點決定之。

第一種問題 已知: 連桿 BC 的三個位置。

$B_1(x_1, y_1), C_1(x_1, y_1)$ ——第一個位置;



$\omega_{\max, 3}$ 或最小值 $\omega_{\min, 3}$, 桿 a_4 和 a_1 的長度, 以及 φ 角——當 DC 桿的角速度為最大值或最小值時, 確定 AB 桿位置的角。

求二未知尺寸 a_2 和 a_3 (圖 10)。

假定已知 $\omega_{\min, 3}$ 。

根據公式 $x = a_4 \frac{\omega_{\min, 3}}{\omega_1 - \omega_{\min, 3}}$ (參考 А. С. Коренько 和 Л. И. Кременштейн 著: “機械原理”, 第六章, § 10, 1952 年版) 和已知各條件依次畫出 A , B , D 等點 (圖 10), 量取線段 $AE = x$ 並作直線 BE 。過 E 點作垂直於 BE 的直線 ES , 它與 AB 的延長線相交於 P 點。然後, 連接 D 與 P 兩點並使所成直線的延長線與 BE 直線相交於 C 點。

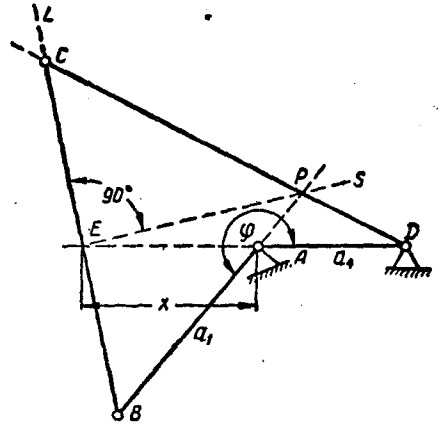


圖 10

這樣就得到欲求的四桿機構 $ABCD$, 其中 $BC = a_2$, $CD = a_3$ 。若已知 $\omega_{\max, 3}$, 則 E 點作在 D 點之右。

第六種問題 已知: $a_1 = 1$, 與機構的三個位置相對應的主動桿和從動桿的三個轉角之值: $\varphi_1, \psi_1; \varphi_2, \psi_2; \varphi_3, \psi_3$ 。

需要求 a_2, a_3, a_4 (圖 11)。

根據下列三個方程式可以求得 p_0, p_1 和 p_2 三未知量:

$$\cos \varphi_i = p_0 \cos \psi_i + p_1 \cos(\psi_i - \varphi_1) + p_2,$$

式中的 $i = 1, 2, 3$ 。當 $a_1 = 1$ 時, 所求得之 p_0, p_1, p_2 與欲求量間的關係如下:

$$p_0 = a_3; p_1 = -\frac{a_3}{a_4}; p_2 = \frac{a_4^2 + a_3^2 + 1 - a_2^2}{2a_4}$$

(參考 И. И. 阿圖保列夫斯基著“機械原理”, § 67, 1951 年版)。

當 $a_1 \neq 1$, 則其餘各量 a_2, a_3 和 a_4 按照 a_1 值比例地增大。

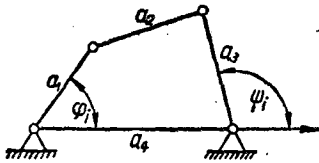


圖 11

§ 3. 搖桿機構的綜合

圖 12 表示雙曲柄搖桿機構的簡圖。曲柄 AC 和搖桿 BC 能夠作全周轉動的條件為: 機架 AB 的長必須小於曲柄之長 $a < r$, 而連桿 DE 之長應當大於曲柄 BD 之長 $c > b$ 。

曲柄銷的位置 C_I 相當於滑塊 E (例如為鉋床的刀具) 的極左位置 E_I , 而位置 C_{II} 則相當於滑塊 E 的極右位置 E_{II} 。曲柄由位置 AC_{II} 到位置 AC_I 間 $2\varphi_1$ 角的轉動過程相當於工具機的空回行程, 而曲柄由位置 AC_I 到位置 AC_{II} 間 $360^\circ - 2\varphi_1$ 角的轉動過程則相當於工具機的工作行程。

如果已知 a, r, b, c 等量就能夠繪出該機構在任何位置時的機構圖。

圖 13 表示擺動搖桿機構的簡圖。搖桿 BC 不能作全周轉動的條件在於曲柄 AC 之長應當小於機架 AB 之長: $r < a$ 。

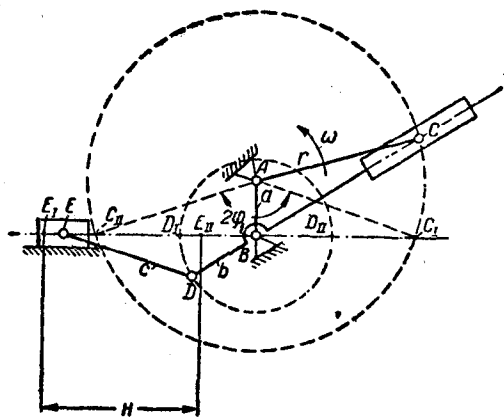


圖 12

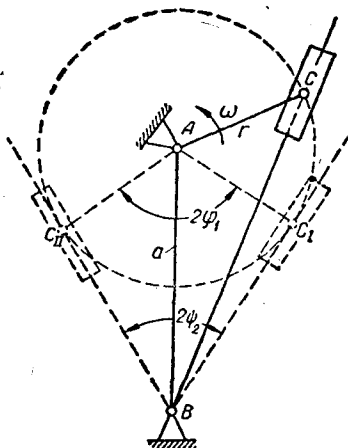


圖 13

第一種問題 已知：曲柄之長 r ，刀具行程 H ， $\frac{c}{b} = \lambda$ 和速度變化係數 $k = \frac{360^\circ - 2\varphi_1}{2\varphi_1}$ 。

求轉動的搖桿機構機架的長度 a 。

先求得 $\varphi_1 = \frac{180^\circ}{k+1}$ 之值，然後決定 $a = r \cos \varphi_1$ 之值。其餘各尺寸，即 b 和 c 的求法與曲柄連桿機構的各種綜合問題者相同，因為二支羣（連桿 C 和滑塊 E ）連同曲柄 b 可以當作曲柄連桿機構來研究。

第二種問題 已知：曲柄長度 r 和速度變化係數 $k = \frac{360^\circ - 2\varphi_1}{2\varphi_1}$ 。

求擺動搖桿機構機架的長度 a （圖 13）。

先求得 $\varphi_1 = \frac{180^\circ}{k+1}$ 。搖桿 BC 的二極端位置 BC_1 和 BC_{II} 由 ψ_2 角的大小決定之， ψ_2 為搖桿軸線與 AB 邊間之夾角。由圖 13 看出當搖桿在極端位置時它的軸線與曲柄垂直。因此 $\psi_2 = 90^\circ - \varphi_1$ ，又 $a = \frac{r}{\sin \psi_2} = \frac{r}{\cos \varphi_1}$ 。

第二章 啮合齒輪的幾何綜合

§ 1. 直齒圓柱啮合齒輪的尺寸計算

如下面所指出的,當下列各量為已知時,一對啮合齒輪的全部尺寸就可以求出:

m —兩齒輪所共同的啮合模數,這是根據齒的強度計算出來的;

z_1 和 z_2 —兩齒輪的齒數,這是根據兩軸的轉速決定的;

ξ_1 和 ξ_2 —刀具(齒條刀具或插刀)移距係數,係在滾切兩啮合齒輪時所採用的 (§ 6)。

當各齒輪的模數 m 和齒數 z 為已知時,就可以求得所謂分度圓的半徑 r_d :

$$r_d = \frac{mz}{2}. \quad (2-1)$$

顯然可知齒輪分度圓上的齒距 t 應由下給公式決定:

$$t = m\pi. \quad (2-2)$$

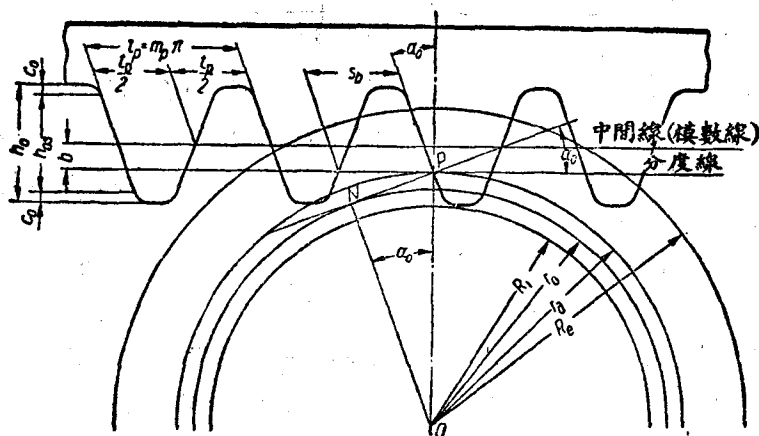


圖 14

我們現在來認識一下以滾銑法切製齒輪所用齒條刀具的尺寸和形狀。

圖 14 上表出齒條刀具;等分齒高的直線稱為中間線或模數線。所有與齒相交並與中間線平行的直線都稱為分度線。相隣二齒的左側或右側齒廓間沿任何分度線量得之距離稱為齒條的齒距並且用符號 t 來表示。

齒間和齒厚之值僅在中間線上是相等的。在各分度線上它們並不相等,並且分度線愈靠近齒頂線,齒間愈大,而齒厚則愈小。茲用符號 s_0 來表示齒間。齒條的齒高 h_0 包括線段 h_{03} 和兩個相等線段 c_0 。線段 h_{03} ——齒條工作深度, c_0 ——徑向間隙, α_0 ——齒條形廓角 (профильный угол)。齒條的全部尺寸都可以用模數的函數來表示:

$$t_p = m_p \pi, \quad (2-3)$$

$$h_{03} = 2f_0 m_p, \quad (2-4)$$

$$c_0 = c'_0 m_p, \quad (2-5)$$

式中 f_0 —齒條的齒高係數;

c'_0 —徑向間隙係數;

m_p —齒條的模數。

在“機械原理”課程中所敘述的用齒條刀具按照滾銑法製造齒輪的要點如下:

(1) 齒條的分度線與齒輪的分度圓是齒條與齒輪的相對運動的瞬心軌跡。因此,當被切削齒輪與刀具齒條嚙合時,齒輪的分度圓就是它的節圓。

(2) 使齒條的任何一條分度線與被製造齒輪的分度圓接觸滾動,這樣製造成的各齒輪的齒距都為同值,因為齒條所有各分度線上的齒距 t_p 都相等。

(3) 刀具齒條的齒距 t_p 應當等於齒輪分度圓上的齒距 t 。

因此,(2-3),(2-4)和(2-5)三公式可以改寫成爲:

$$\left. \begin{aligned} t &= m\pi; \\ h_{03} &= 2f_0 m; \\ c_0 &= c'_0 m. \end{aligned} \right\} \quad (2-6)$$

(4) 被銑製齒輪分度圓上的齒厚等於沿該分度圓接觸滾動的刀具齒條分度線上的齒間 s_0 。被銑製齒輪分度圓上的齒間則等於沿該分度圓接觸滾動的刀具齒條分度線上的齒厚。

(5) 刀具齒條與所有被它銑製各齒輪在滾銑過程中的嚙合角都等於刀具齒條的形廓角 α_0 。

(6) 被銑製齒輪的基圓半徑 r_0 由三角形 ONP 按下給公式來決定:

$$r_0 = ON = OP \cos \alpha_0 = r_p \cos \alpha_0. \quad (2-7)$$

(7) 欲使兩漸開線齒輪能夠正確地嚙合,兩輪基圓上的齒距必須相等。

(8) 刀具齒條的移距 b 就是在滾銑過程中齒條的與被銑切齒輪分度圓接觸並且無滑動地滾動的那條分度線與它的中間線間的距離。

移距 b 顯然等於齒條的中間線離開齒輪分度圓的距離。齒條中間線依照遠離齒輪中心的方向所作的移距當為正值,而齒條中間線向着被切製齒輪中心挪近的移距,則當為負值(圖 14)。移距 b 之值可以用下給公式表示之:

$$b = \xi m, \quad (2-8)$$

式中 ξ —移距係數,可能為正值或負值。

(9) 在銑切時,刀具齒條沒有移距所滾銑成的齒輪稱為零移距齒輪(нулевое колесо)。在銑切時刀具齒條有正移距所滾銑成的齒輪稱為正移距齒輪(положительное колесо),而當銑切時刀具齒條有負移距所滾銑成的齒輪,則稱為負移距齒輪(отрицательное колесо)。

一對嚙合齒輪的所有尺寸可以劃分為三部分:

與刀具齒條的移距無關的各齒輪尺寸;與刀具齒條兩移距之一有關的各齒輪尺寸;與刀