

机械工人学习材料

车床的配换齿轮计算

陈家芳 编著

机械工业出版社

毛主席语录

有书本知识的人向实际方面发展，然后才可以不停止在书本上，才可以不犯教条主义的错误。

有工作经验的人，要向理论方面学习，要认真读书，然后才可以使经验带上条理性、综合性，上升成为理论，然后才可以不把局部经验误认为即是普遍真理，才可不犯经验主义的错误。

《整顿党的作风》

目 次

一	齒輪傳動的基本概念	1
二	螺距、每吋牙數、模數、徑節和導程以及它們之間 的關係	8
三	公制車床和英制車床以及它們所配備的配換齒輪	9
四	計算配換齒輪的原理	11
五	車床配換齒輪的咬合規則和調整	12
六	無走刀箱車床的配換齒輪計算	14
七	車床配換齒輪表的使用方法	23
八	車多綫螺紋時的配換齒輪計算	31
九	有走刀箱車床的配換齒輪計算	32
十	鏟齒車床的配換齒輪計算	46
十一	車削球面螺紋時的配換齒輪計算	60

在车床上车削螺纹之前，必须先调整配换齿轮。但是车床分无走刀箱和有走刀箱两种：在无走刀箱的车床上车螺纹时，需要计算配换齿轮，把计算出来的配换齿轮挂在挂轮架上。

在有走刀箱的车床上车螺纹时，它只要按铭牌（或叫螺纹车削调配表）上所标明的手柄位置和应挂的配换齿轮来调整车床。但是车床走刀箱的构造各有不同，能车的螺纹范围有大有小，有的只能车公制螺纹和每吋牙数螺纹，而不能车模数螺纹、径节螺纹和平面螺纹（如老式英制车床）；有的虽然能车模数螺纹，但不能车径节螺纹和平面螺纹等（如C615型车床）。为了扩大这些车床的使用范围，我们可以用计算的方法求出新的配换齿轮来解决上述问题。

一 齿轮传动的基本概念

1 主动轮、被动轮和中间轮 在两个相互咬合的齿轮中，先转动的那个齿轮叫做主动轮（图1），它的齿数用 z_1 来表示。被主动轮带动而转动的那个齿轮叫做被动轮（也叫做从动轮），它的齿数用 z_2 来表示。如果有几对齿轮组成的传动（图2），那么它的单数 z_1 、 z_3 ……是主动轮；双数 z_2 、 z_4 ……是被动轮。

放在主动轮和被动轮之间的齿轮叫做中间轮（图3和图4）。中间轮的用途是改变被动齿轮的旋转方向和使主动轮与被动轮保持一定距离。它对转速比没有影响。

2 单式轮系和复式轮系 轮系的意思就是指两个以上的齿

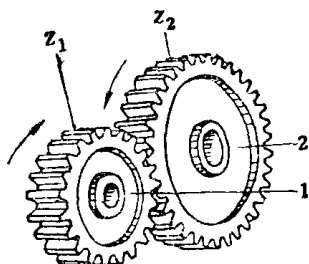


图1 主动轮和被动轮。

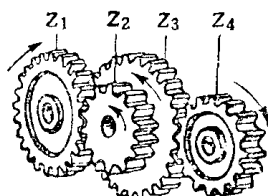


图2 两对齿轮组成的齿轮传动。

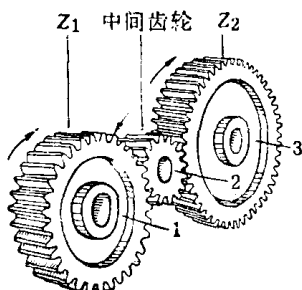


图3 一个中间齿轮。

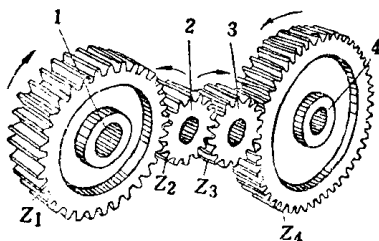


图4 两个中间齿轮。

轮互相联成一组；把一边轴的转动传到另一边轴。图1~4所示的都是轮系。单式轮系就是在一轮系中的每一根轴上，都只挂一个齿轮（图1、3和4）。复式轮系是在每一轮系中，除去头尾两齿轮外，在中间所有的轴上，都是挂两个齿轮的（图2）。

3 速比的计算 在齿轮传动中，被动轮的转速 n_2 与主动轮的转速 n_1 之比等于主动轮齿数与被动轮齿数之比，这个比值叫做速比，用 i 表示，即

$$\text{在单式轮系中} \quad i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2}.$$

$$\text{在复式轮系中} \quad i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1 \times z_3 \times z_5 \times \dots}{z_2 \times z_4 \times z_6 \times \dots}.$$

例 在单式轮系中， $z_1=35$ ， $z_2=105$ ，试计算 i 。

〔解〕
$$i = \frac{35}{105} = \frac{1}{3}.$$

例 在复式轮系中, $z_1=23$, $z_2=45$, $z_3=20$, $z_4=46$, 试计算 i 。

〔解〕
$$i = \frac{23}{45} \times \frac{20}{46} = \frac{2}{9}.$$

为了便于后面计算时应用, 我们在下面举些例子来说明如何计算车床走刀箱和拖板箱的速比 i 。

(一) 走刀箱速比的计算

计算走刀箱速比的方法有下面两种:

(1) 求无铭牌走刀箱的速比 这个方法适用于铭牌丢失的车床。计算速比时, 可以看一看机床说明书, 或把走刀箱打开来看, 把它画出一张简单的传动图, 写上齿轮的齿数, 然后一一求出速比。

例 有一走刀箱, 它的传动图如图 5 所示, 试计算各组速比 i 。

〔解〕
$$i_1 = \frac{25}{50} = \frac{1}{2}; \quad i_3 = \frac{37}{37} = 1;$$

$$i_2 = \frac{15}{60} = \frac{1}{4}; \quad i_4 = \frac{50}{25} = 2.$$

例 有一走刀箱, 它的传动系统如图 6 所示, 试计算各组 i 。

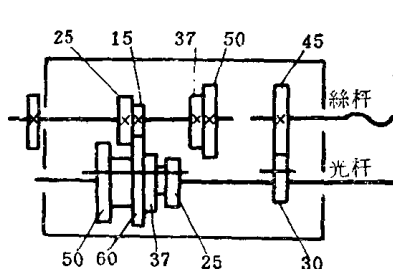


图 5 走刀箱传动系统之一。

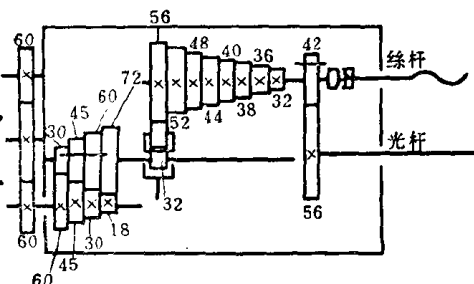


图 6 走刀箱传动系统之二。

〔解〕

$$\begin{aligned}
 i_1 &= \frac{18}{72} \times \frac{32}{56} = \frac{1}{7}; & i_{17} &= \frac{45}{45} \times \frac{32}{56} = \frac{4}{7}; \\
 i_2 &= \frac{18}{72} \times \frac{32}{52} = \frac{2}{13}; & i_{18} &= \frac{45}{45} \times \frac{32}{52} = \frac{8}{13}; \\
 i_3 &= \frac{18}{72} \times \frac{32}{48} = \frac{1}{6}; & i_{19} &= \frac{45}{45} \times \frac{32}{48} = \frac{2}{3}; \\
 i_4 &= \frac{18}{72} \times \frac{32}{44} = \frac{2}{11}; & i_{20} &= \frac{45}{45} \times \frac{32}{44} = \frac{8}{11}; \\
 i_5 &= \frac{18}{72} \times \frac{32}{40} = \frac{1}{5}; & i_{21} &= \frac{45}{45} \times \frac{32}{40} = \frac{4}{5}; \\
 i_6 &= \frac{18}{72} \times \frac{32}{38} = \frac{4}{19}; & i_{22} &= \frac{45}{45} \times \frac{32}{38} = \frac{16}{19}; \\
 i_7 &= \frac{18}{72} \times \frac{32}{36} = \frac{2}{9}; & i_{23} &= \frac{45}{45} \times \frac{32}{36} = \frac{8}{9}; \\
 i_8 &= \frac{18}{72} \times \frac{32}{32} = \frac{1}{4}; & i_{24} &= \frac{45}{45} \times \frac{32}{32} = 1; \\
 i_9 &= \frac{30}{60} \times \frac{32}{56} = \frac{2}{7}; & i_{25} &= \frac{60}{30} \times \frac{32}{56} = \frac{8}{7}; \\
 i_{10} &= \frac{30}{60} \times \frac{32}{52} = \frac{4}{13}; & i_{26} &= \frac{60}{30} \times \frac{32}{52} = \frac{16}{13}; \\
 i_{11} &= \frac{30}{60} \times \frac{32}{48} = \frac{1}{3}; & i_{27} &= \frac{60}{30} \times \frac{32}{48} = \frac{4}{3}; \\
 i_{12} &= \frac{30}{60} \times \frac{32}{44} = \frac{4}{11}; & i_{28} &= \frac{60}{30} \times \frac{32}{44} = \frac{16}{11}; \\
 i_{13} &= \frac{30}{60} \times \frac{32}{40} = \frac{2}{5}; & i_{29} &= \frac{60}{30} \times \frac{32}{40} = \frac{8}{5}; \\
 i_{14} &= \frac{30}{60} \times \frac{32}{38} = \frac{8}{19}; & i_{30} &= \frac{60}{30} \times \frac{32}{38} = \frac{32}{19}; \\
 i_{15} &= \frac{30}{60} \times \frac{32}{36} = \frac{4}{9}; & i_{31} &= \frac{60}{30} \times \frac{32}{36} = \frac{16}{9}; \\
 i_{16} &= \frac{30}{60} \times \frac{32}{32} = \frac{1}{2}; & i_{32} &= \frac{60}{30} \times \frac{32}{32} = 2.
 \end{aligned}$$

如果打开走刀箱有困难时，那么可以应用试验法求 i ；例如我们要求走刀箱上某一档 i 时，这时我们把走刀箱手柄放在这档

位置上。然后在装 z_4 轮轴和它的轴承上作一白粉记号 (图 7 中的 A)，再在丝杆和它的轴承上作一白粉记号，随后转动车床主轴 (或转动装 z_4 齿轮轴)，试看它们各转了几转以后回到原来记号处。例如当 z_4 轮轴转了 1 转，而丝杆转了 2 转时，它们各回到了原来记号处，则

$$i = \frac{\text{丝杆转数}}{z_4 \text{ 齿轮轴转数}} = \frac{2}{1} = 2.$$

(2) 按铭牌和丝杆的每吋牙数或螺距求速比 走刀箱上的铭牌数据是按箱内齿轮的排列来制订的。它的速比可用下列公式求出。

$$\text{英制车床} \quad i = \frac{\text{丝杆每吋牙数}}{\text{铭牌上每吋牙数}};$$

$$\text{公制车床} \quad i = \frac{\text{铭牌上螺距}}{\text{丝杆螺距}}.$$

例 在丝杆每吋 4 牙的英制车床上，求铭牌每吋 18 牙位置的速比 i 。

$$[\text{解}] \quad i = \frac{4}{18} = \frac{2}{9}.$$

例 在丝杆螺距 6 毫米的公制车床上，求铭牌上螺距 2.5 毫米和 7 毫米的速比 i 。

$$[\text{解}] \quad i = \frac{2.5}{6} = \frac{5}{12}.$$

$$i = \frac{7}{6}.$$

(二) 丝杆与光杆的速比计算

在丝杆和光杆的一端各装有齿轮，它们都是在走刀箱里面的。但是各种车床有各种不同的传动方法，有些车床先由丝杆转动再带动光杆；有的是先由光杆转动再带动丝杆。下面的两个例子就是两种不同的传动方法。尽管它们的传动方法不同，可是它们的

速比还是等于主动轮 z_1 比上被动轮 z_2 。并用 i_0 表示它们的速比，即

$$i_0 = \frac{z_1}{z_2}.$$

例 如图 5 所示的走刀箱，求 i_0 。

〔解〕 根据图 5 所示的传动系统，它是由光杆带动丝杆的，因此光杆上的齿轮为主动轮 z_1 ，丝杆上的齿轮为被动轮 z_2 ，所以

$$i_0 = \frac{30}{45} = \frac{2}{3}.$$

例 如图 6 所示的走刀箱，求 i_0 。

〔解〕 根据图 6 所示的传动系统，它是由丝杆带动光杆的，因此丝杆上的齿轮为 z_1 ，光杆上的齿轮为 z_2 ，所以

$$i_0 = \frac{42}{56} = \frac{3}{4}.$$

求 i_0 时，如果不知道走刀箱内齿轮的齿数，则可采用下面的简单方法。

将走刀箱手柄放在 $i = 1$ 的位置上（即如果丝杆每吋 4 牙，手柄应放在每吋 4 牙的位置上，如果丝杆螺距是 6 毫米，手柄应放在螺距 6 毫米位置上），并将连接丝杆和光杆的手柄接上。此时，在装 z_4 配换齿轮的轴上与它的轴承上作一记号（如图 7 中 A），再在光杆或丝杆与它的轴承上作一记号，然后慢慢转动主轴，试看它们转了几转以后才回到原来的记号上。如果光杆（被动）转了 3 转时， z_4 轴正好转 1 转，则

$$i_0 = \frac{3}{1} = 3.$$

也可以在丝杆和光杆与它们的轴承上各作一记号，然后使它们转动，试看它们各转了几转以后再回到原来的记号上。

（三）拖板箱速比的计算

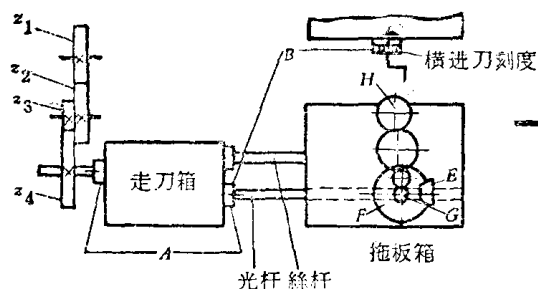


图7 走刀系统简图。

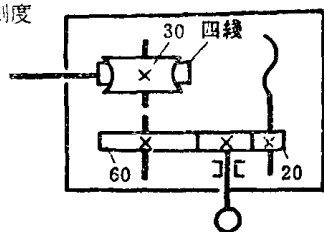


图8 拖板箱的传动系统图。

拖板箱与横走刀的自动进刀运动是由光杆传来的，光杆的运动传给拖板箱和横走刀的方法大致有两种：一种是用蜗杆蜗轮传动；另一种是用正齿轮和伞齿轮组成的传动。但是它们求速比 i_x 的方法还是和上述各节相同的。如果是蜗杆蜗轮传动，那么我们可以将蜗杆线数（或头数）看作 z_1 。

例 如图8所示的拖板箱，求 i_x 。

〔解〕
$$i_x = \frac{4}{30} \times \frac{60}{20} = \frac{2}{5}.$$

例 如图7所示的拖板箱， $E = 25$ ， $F = 45$ ， $G = 48$ ， $H = 16$ ，求 i_x 。

〔解〕
$$i_x = \frac{25}{45} \times \frac{48}{16} = \frac{5}{3}.$$

拖板箱的速比也可以用下面方法得到：

在光杆和它的轴承上作一记号（图7中B），再在横走刀丝杆和它的轴承上作一记号，然后转动主轴，试看它们转了几转以后才回到原来的记号上。如果光杆转了5转时，横走刀丝杆正好转了2转，则

$$i_x = \frac{2}{5}.$$

二 螺距、每吋牙数、模数、徑节和导程以及它們之間的关系

螺纹一般是用螺距来表示牙形的大小的，但也有用每吋牙数、模数和徑节来表示的。一般公制螺纹是用螺距表示的，英制螺纹是用每吋牙数表示的，蜗杆螺纹是用模数或徑节表示的。

1 **螺距** 在平行于轴线方向上量得的相邻两牙上两对应点之间的距离。常用单位是毫米，英制螺距常用单位是英吋。

2 **每吋牙数** 在平行于轴线方向上，一吋长度内所有的螺距数。例如在一吋长度内有 8 个螺距，则它就叫每吋 8 牙。每吋牙数与公制螺距的关系如下：

$$\text{公制螺距} = \frac{25.4}{\text{每吋牙数}},$$

$$\text{英制螺距} = \frac{1}{\text{每吋牙数}}.$$

例 求每吋 4 牙的螺距。

〔解〕 $\text{公制螺距} = \frac{25.4}{4} = 6.35 \text{ 毫米}.$

$$\text{英制螺距} = \frac{1}{4} \text{ 吋}.$$

3 **模数** 模数是用来表示齿轮齿形的大小的。由于蜗杆在应用时是与蜗轮相咬合的，所以它也用模数来表示了。模数是指齿轮的节径被齿数除所得的商数，单位是毫米。模数与螺距的关系如下：

$$\text{公制螺距} = \pi \times \text{模数}.$$

例 模数等于 4 毫米的蜗杆螺纹，它的螺距是多少毫米？

〔解〕 $\text{公制螺距} = 3.1416 \times 4 = 12.5664 \text{ 毫米}.$

4 徑节 徑节是表示英制齿轮的齿形大小的,它是指齿轮的齿数被节径除所得的商数,单位是英吋。徑节与螺距的关系如下:

$$\text{公制螺距} = \frac{25.4 \times \pi}{\text{徑节}};$$

$$\text{英制螺距} = \frac{\pi}{\text{徑节}}.$$

例 徑节等于 8 的蜗杆螺纹, 它的螺距是多少?

〔解〕 $\text{公制螺距} = \frac{25.4 \times \pi}{8} = 9.9695 \text{毫米};$

$$\text{英制螺距} = \frac{3.14}{8} = 0.3925 \text{吋}.$$

除了上述几个名称以外,在多线螺纹中还有用导程来表示的,即

$$\text{导程} = \text{螺距} \times \text{线数}.$$

例 螺距 = 4 毫米的三线螺纹, 求导程。

〔解〕 $\text{导程} = 4 \times 3 = 12 \text{毫米}.$

三 公制車床和英制車床以及它們所配备的配換齒輪

平时我们所说的公制车床和英制车床, 主要是根据车床长丝杆来区别的。如果这台车床的长丝杆是用螺距多少毫米来表示的, 则它是公制车床; 如果长丝杆是用每吋牙数来表示的, 则它是英制车床。此外, 还有美式车床。这种车床的长丝杆也是用每吋牙数表示的。

在不同的车床上有不同个数的配換齿轮, 现分别说明如下:

1 无走刀箱車床 公制车床和英制车床有 24 个配換齿轮:

20、25、30、35、40、40、45、50、55、60、60、65、70、75、80、85、90、95、100、105、110、115、120和127。

美制车床有17个配换齿轮:

20、24、28、32、36、40、44、48、52、56、60、63、64、68、72、76、80。

我国目前所用的车床多数是公制车床和英制车床。美制车床很少见。

2 有走刀箱车床 我国目前采用的有走刀箱车床,它的型号很多,有英制的也有公制的。在公制中又有很多不同形式。各种不同形式的有走刀箱车床,它的配换齿轮齿数和齿轮个数也各不相同。现在只能列举常用的几种车床。

英制有走刀箱车床有 10 个配换齿轮:

35、45、50、55、60、60、90、100、120 和 127。

C615型有走刀箱车床有 13 个配换齿轮:

20、21、22、24、25、26、31、32、33、36、38、42 和 48。

C616型有走刀箱车床有 11 个配换齿轮:

模数 = 1 的有55、70、75、90、95 和 127。

模数 = 2 的有30、45、60、65 和 87。

C618型有走刀箱车床有 10 个配换齿轮:

36、45、48、70、80、90、95、96、120 和 127。

一般铲齿车床有29个配换齿轮:

18、20、22、25、30、40、45、50、60、60、66、70、75、80、85、90、95、96、98、99、100、105、120、125、127、128、132、135、144。

四 計算配換齒輪的原理

在車床上車螺紋之前，必須先計算出配換齒輪。那麼配換齒輪是根據什麼原理來計算的呢？我們必須搞清楚它的原理。

圖 9 是一台車床的走刀系統圖，絲杆的轉動是由主軸上的齒輪通過三星齒輪和配換齒輪 z_1 、 z_2 、 z_3 和 z_4 傳來。由於主軸上齒輪和三星齒輪的齒數是固定不變的，所以主軸與絲杆的速比是依靠配換齒輪來調整的。

為了說明問題，我們把這台車床的走刀系統簡化成如圖 10 所示那樣。

若絲杆螺距是 6 毫米，需車螺紋的螺距也是 6 毫米。這時我們必須在絲杆轉一轉時，使主軸（工件）也轉一轉，這樣才能在工件上車出螺距 6 毫米的螺紋來。要達到這個要求，必須使配換齒輪 z_1 和 z_2 的齒數相等。

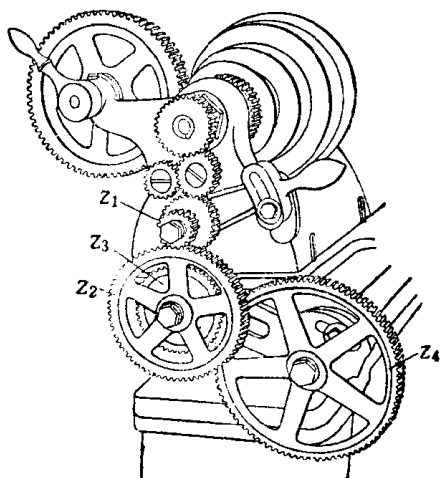


圖 9 車床的走刀系統。

如果要在工件上車出螺距 3 毫米的螺紋，則必須使絲杆轉一轉時，工件轉兩轉。因為絲杆轉一轉時，車刀移動 6 毫米，如果這時工件轉兩轉，那麼工件的螺距就是 3 毫米。要達到這個要求，必須使主動輪縮小一倍，或從動輪擴大一倍。

根據上面兩個例子分析可以得出下面結論：

主動輪與從動輪齒數之比，應等於絲杆轉數與工件轉數之

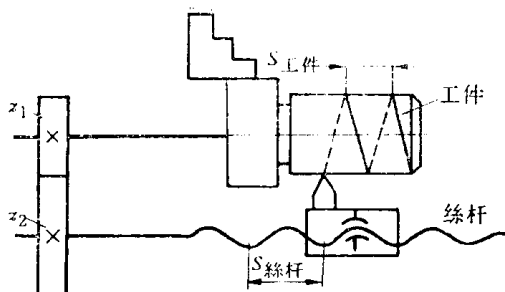


图10 簡化的走刀系統。

比，也等于工件螺距与丝杆螺距之比。用式子表示即

$$i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{\text{丝杆轉數}}{\text{工件轉數}} = \frac{\text{工件螺距}}{\text{丝杆螺距}}$$

这个公式很好记，因为主动轮和工件是在车床上方的，在公式中也在上方；被动轮和丝杆是在车床下方的，在公式中也在下方。

根据上面的公式，我们就可以计算出配换齿轮来。但必须注意：当工件的螺距和丝杆的螺距单位相同时，才能代入上述的公式。若遇到它们的单位不相同时，则必须把其中一个的单位化成与另一个的单位相同。例如车床丝杆的螺距是英制的，工件螺距是公制的，这时就必须把丝杆的英制螺距化为公制螺距。

五 車床配換齒輪的咬合規則和調整

计算出来的配换齿轮，不可能彼此都能咬合。往往是其中一个齿轮会顶住挂轮架的拐钉（指复式轮系），或主动轮和被动轮之间不能咬合，即使用最大的中间齿轮，可是也不能咬合（指单式轮系）。为什么会发生上述情况呢？这主要是由于挂主动轮的轴与

挂被动轮的轴之间的距离有一定限制。例如有一套复式轮系 $i = \frac{20 \times 80}{40 \times 100}$ ，它们咬合时的情况如图 11 甲所示。这时 z_1 与 z_2 之和只有 60 牙，而 z_3 一只齿轮却有 80 牙，这样 80 牙就无法装上，因为它要与挂 z_1 齿轮的轴相碰。同样如果 $i = \frac{80 \times 20}{100 \times 40}$ ，咬合情况如图 11 乙所示，这时 100 牙齿轮就要与装 40 牙齿轮的轴相碰也无法装上。由此可见，要使配换齿轮能装得上，并且能很好咬合，必须要有适当大小的齿轮。为了要选择适当大小的齿轮，必须遵守下列两条咬合规则：

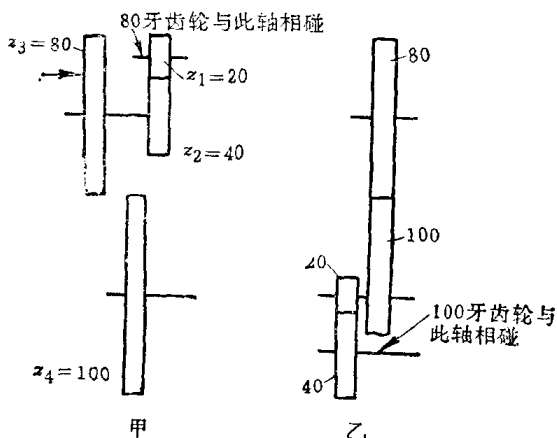


图11 配换齿轮大小选得不恰当。

$$z_1 + z_2 - z_3 > 15.$$

$$z_3 + z_4 - z_2 > 15.$$

现在我们把图 11 所说的复式轮系来检查一下，它们是否符合咬合规则，即

$$20 + 40 - 100 = -40 \quad (-40 < 15, \text{不能应用});$$

$$80 + 100 - 40 = 140 \quad (140 > 15, \text{可以应用}).$$

在上例中，检查结果只符合一条规则，所以不能应用。

例 有一复式轮系, $z_1=50$, $z_2=60$, $z_3=40$, $z_4=80$, 问它们是否符合咬合规则。

〔解〕 $50+60-40=70$ ($70>15$, 可以应用);

$40+80-60=60$ ($60>15$, 可以应用)。

上例中的配换齿轮, 检查结果, 两条规则都是符合的, 所以可以应用。

如果计算出来的配换齿轮不符合咬合规则, 那么我们可以按下列三个原则进行调整:

(1) 主动轮与被动轮可以同时增大几倍或缩小几倍。

如 $\frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{20}{30} = \frac{2}{3} = \frac{30}{45} = \frac{40}{60} = \frac{50}{75} = \frac{60}{90} = \dots\dots$

(2) 主动轮与主动轮或被动轮与被动轮可以互换位置。

如 $\frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{20}{40} \times \frac{80}{100} = \frac{80}{40} \times \frac{20}{100} = \frac{20}{100} \times \frac{80}{40}$ 。

(3) 主动轮与主动轮或被动轮与被动轮可以互借倍数。

如 $\frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{20}{100} \times \frac{110}{120} = \frac{40}{100} \times \frac{55}{120}$ 。

六 无走刀箱车床的配换齿轮计算

1 公制车床的配换齿轮计算 由第四节的公式得出:

$$\frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{\text{工件螺距}}{\text{丝杆螺距}}。$$

(一) 工件是公制螺距

例 车床丝杆螺距 6 毫米, 需车螺距是 3 毫米, 试计算配换齿轮。

〔解〕 $\frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} = \frac{1 \times (20)}{2 \times (20)} = \frac{20}{40}$ 。