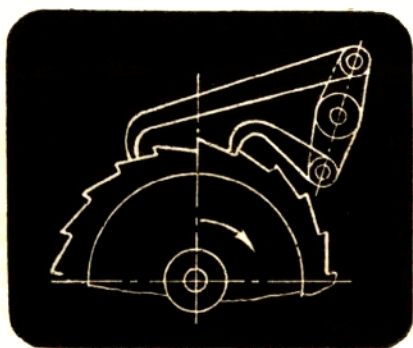


干 毅 編 著

# 棘 輪



机械工业出版社

編著者：千 般

NO. 1666

---

1958 年 2 月第一版    1958 年 2 月第一版第一次印刷

787×1092  $1/32$  字數 15 千字 印張  $5/8$  0,001— 4,500 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷    新華書店發行

---

北京市書刊出版業營業

許可証出字第 008 號

統一書號 T15033·843

定 價 (9) 0.10 元

**內容提要** 本書敘述了有關棘輪的一些基本知識，並以棘輪停止器為例說明了棘輪各種尺寸的計算方法。最後，本書還舉出幾種常用的棘輪機構，說明了它們的工作原理。尺寸計算部分需要具有初中數學水平才能看懂。本書可供起重工、鉗工和機床工閱讀。

## 目 次

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| 一 棘輪機構概述.....                                                   | 2  |
| 二 棘輪機構的計算.....                                                  | 5  |
| 1 齒輪偏斜角 $\alpha$ 的決定——2 棘輪主要尺寸的決定——3 爪和爪軸尺寸的決定——4 棘輪機構的標準尺寸和作圖法 |    |
| 三 棘輪機構的應用.....                                                  | 14 |
| 1 千斤頂——2 棘輪扳手——3 帶棘輪的帶式制動器——4 安全插把——5 棘輪自動制動器                   |    |

## 一 棘輪機構概述

在一套傳動機械中，例如在起重機械或工具機中，如果工作條件要求這套機械或這套機械的某一部分作一時動一時停的間歇運動，通常都裝置有棘輪機構。

棘輪機構主要是由棘輪和爪構成的。當用棘輪機構來傳動的時候，通常爪是主動體，棘輪是從動體，這時候，棘輪是被爪推動着的；這種爪就叫做推爪。當用棘輪機構作為停止或制止運動的部件的時候，棘輪常是轉動體，爪是停止器，用來防止棘輪的倒退；這種爪就叫做閘爪。

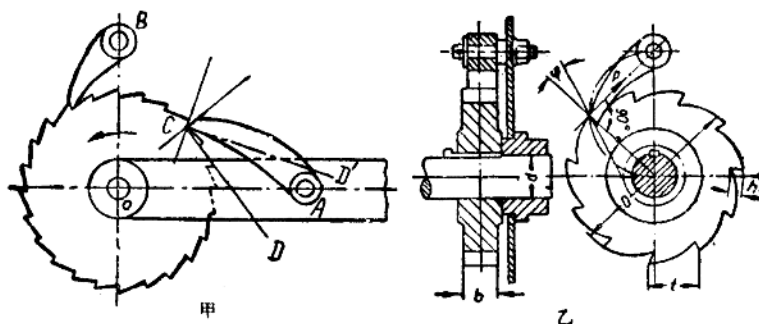
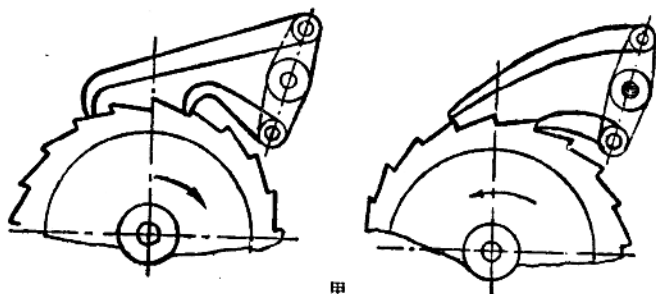


圖 1 棘輪。

棘輪是外緣銑有適當形狀輪齒的圓輪，這種輪齒也叫做牙，如圖 1 所示。棘輪的齒和爪相嚙合。當用棘輪機構來傳動的時候，爪推動棘輪轉動；但當爪後退的時候，因為爪可以跳動，而且輪齒頂邊斜面不會阻碍爪的後退，爪就可以沿着輪齒頂邊斜面滑過。有些時候，因為要防止爪後退時棘輪也向後游動，可以另外再裝一

个闌爪（如圖 1 甲的 B 所示）將棘輪闌住，使它不能和推爪一起后退。这种棘輪機構主要用在千斤頂、工具机的进給機構和卷揚机上。

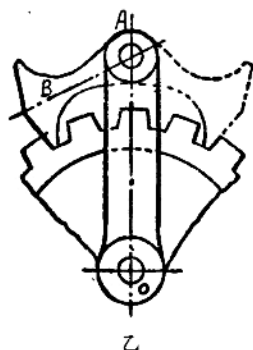
为使圖 1 甲的 B 处的闌爪更为有效起見，有时采用 2~4 个闌爪，分別放在适当的位置上。如果采用 2 个闌爪，在棘輪停止轉动前，棘輪倒退的最大距离只等于采用一个闌爪时的一半；如果采用 4 个闌爪，棘輪倒退的最大距离只等于一个闌爪时的 1/4。因此，增加闌爪的数目可以降低齿和爪間的冲撞，这也就增加了棘輪機構的强度。



甲

如果要使推爪来回摆动时都能使棘輪向一个方向轉动，可以采用如圖 2 甲所示的双动式棘輪機構。

在某种工具机的进給機構上，有时必須裝有能作两个方向轉动的棘輪，如圖 2 乙所示。这种棘輪叫做二向棘輪，它的齿是方形的；推爪 A、B 和輪齿接触的一面也是方形的，但是它的另一边却是曲綫的，以便推爪



乙

圖 2 双动式棘輪機構。

摆回来时可以在輪齿上滑过。当推爪在圖上的位置时，棘輪是在作反时針方向的轉动的。如果把推爪反个方向，如在圖上虛綫所示的位置，棘輪就作順时針方向的轉动了。

棘輪機構可以分为內啮合和外啮合兩種。內啮合的棘輪機構的棘輪輪齿是在棘輪輪緣的內緣面，如圖 5 乙所示，它的用途不广。应用最广泛的是外啮合棘輪機構，如圖 1 所示；这种棘輪的輪齿是在棘輪的外緣上的。

为了减小棘輪尺寸，棘輪应当尽可能安装在傳动機構中承受最小轉矩的軸上，并用鍵和軸連接。在棘輪停止器中，閘爪应当能在起重機架的軸栓上自由旋轉，爪軸的位置应当在棘輪圓周力  $P$  的作用綫上。

因为棘輪轉动的时候，它的輪齿是在爪下滑过的，所以会發生討厭的噪声。为了消除这个噪声，可以采用以摩擦环操縱的所謂無声爪，如圖 3 所示。当起重機举起重物的时候，这無声爪被

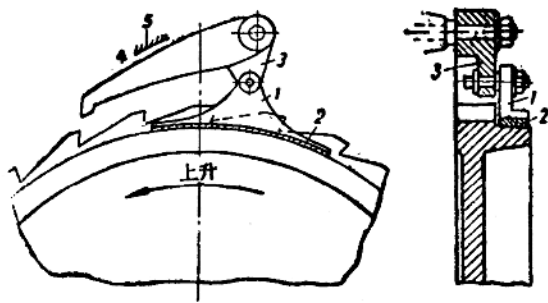


圖 3 無声爪。

举到輪齿的上边，不和輪齿相接触。当中止举重的时候，棘輪企图倒退，这时这無声爪就会压在齿上，止住棘輪的倒退。在圖 3 中，1 是鋼的弧形柄，它和棘輪被增寬的那个車光的圓柱形平面

相接触，鋼的弧形柄的下面有皮垫片 2。这个鋼的弧形柄 1 并和支杆 3、爪 4 相连接。当起重机举起重物的时候，棘輪作反时针方向轉动；这时因为弧形柄下面的皮垫片和棘輪間有摩擦力的关系，使弧形柄 1 沿圖上箭头方向向左移动；这个运动通过支杆 3 又使爪作順时针方向轉动，因而使爪左端向上偏轉（偏轉多少要受擋板 5 的限制），以致不和輪齿接触，消除了齿在爪下滑过时所發生的噪声。当棘輪变换轉动方向的时候，弧形柄 1 和支杆 3 同时向右移动，迫使爪和棘輪的齿相啮合，止住了棘輪的倒退。

对于起重量不大的手动升降机构來說，棘輪一般是由鋼或鑄鉄鑄造成的。在起重量大的手动升降机构和机动升降机构中，只許用鋼制的（鑄的或鍛的）棘輪。棘輪机构中的爪都是用鋼制造的。棘輪輪齿大都用标准工具銑成，但为增加輪齿和爪的工作面的抗磨損强度，对于鋼制的齿和爪的端部，可以用滲碳等方法加以表面硬化处理。

爪和齿开始啮合的瞬間，必定会有某种程度的冲撞；而且在这一瞬間，只有爪的下端邊緣頂住齿頂的上側邊緣。由于这种一再冲撞的結果，爪端和齿頂的接触邊緣上就会逐漸磨鈍、磨禿，使得齿和爪間有突然滑脫的可能。这是非常危險的，我們必須避免發生这种滑脫現象。因此，我們必須注意檢查爪端的狀態，一發現它已磨損到相当的程度，为避免事故起見，就必須立即把損坏了的零件更換。

起重机械中的棘輪机构用的潤滑油，通常是机器油。可以用人工加油，每天加一次就行了。

## 二 棘輪机构的計算

下面以棘輪停止器來說明計算的原則。

1 輪齒偏斜角 $\alpha$ 的決定 棘輪上輪齒的形狀必須適合於棘輪機構的工作條件。如圖4，為了使爪和齒嚙合的時候爪便於落入齒內，棘輪齒的工作面 $KL$ 應當從半徑 $KO$ 的方向偏斜一個角度 $\alpha$ 。

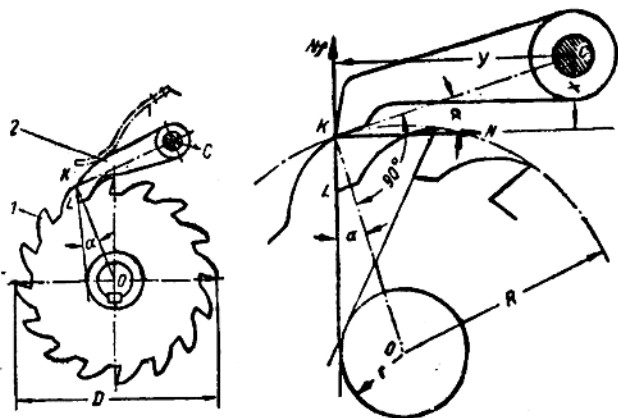


圖4 棘輪齒。

爪以它的一端和棘輪齒的頂點相接觸，但不應讓爪停留在这个對齒強度最危險的位置上，更不應讓它從齒上滑出，而應該使它能够迅速降落到齒的底部。我們可以靠爪的自身重量，或用彈簧加以壓力（如圖4虛綫所示），使爪落下。圖4上的 $C$ 是爪軸。因這個圖是表示棘輪停止器中的棘輪的，所以它的爪軸固定不動，也不位在棘輪的中心上。

從圖4上可以知道，影響爪運動的力基本上只有兩個，就是同齒面垂直的反作用力 $N$ （其方向垂直於 $KL$ 平面）和齒爪接觸面上的摩擦力 $Nf$ （ $f$ 為齒爪接觸面上的摩擦係數），其餘的力都很小，可以略去不計。

為了使爪能够很容易地落入齒的底部，必須使反作用力 $N$ 對



爪軸  $C$  上的力矩大于摩擦力  $Nf$  对爪軸  $C$  上的力矩; 也就是要使得

$$N \cdot x > Nf \cdot y,$$

即

$$\frac{x}{y} > f.$$

我們从圖 4 知道  $\frac{x}{y} = \operatorname{tg} \alpha$ , 同时从摩擦系数的定义知道摩擦系数  $f$  和摩擦角  $\rho$  的关系是  $f = \operatorname{tg} \rho$ , 所以上式可以写成

$$\operatorname{tg} \alpha > f \text{ 或 } \operatorname{tg} \alpha > \operatorname{tg} \rho,$$

即

$$\alpha > \rho. \quad (1)$$

式子(1)指出, 为使爪容易落入齿内, 齿工作面的偏斜角  $\alpha$  必須大于齿和爪接触面上的摩擦角  $\rho$ 。因此, 如果齿和爪接触面上的摩擦系数  $f = 0.15 \sim 0.20$ , 即  $\rho = \operatorname{tg}^{-1} f = 8.5^\circ \sim 11.5^\circ$ , 就要使  $\alpha > (8.5^\circ \sim 11.5^\circ)$ , 爪才会很容易地落入齿内。

我們可以从圖 4 上看出, 齿工作面的方向是和以  $r$  为半径的小圆周相切的, 同时  $r = R \sin \alpha$ 。因此, 当要决定齿的工作面的方向时, 如果我們决定采用  $\alpha = 18^\circ$  ( $\sin 18^\circ = 0.3$ ), 就可以从棘輪中心  $O$  以半径  $r = R \sin \alpha = 0.3R$  作一个圆, 并从齿頂作到这个圆上的切綫; 这条切綫的方向也就是齿的工作面的方向。

**2 棘輪主要尺寸的決定** 棘輪主要尺寸的計算原則, 其实和齒輪相同。現在介紹如下:

一、輪齒長度  $b$  的決定——長度  $b$  就是和爪接触的輪齒表面沿軸綫方向的長度(見圖12)。当考慮輪齒長度的时候, 我們要使輪齒有充分的抗压强度, 并且要使沿齒長方向接触面上的压力能够比較均匀地分布。

設  $P$  是作用棘輪輪緣上的圓周力 (公斤),  $p$  是材料的許用綫性單位压力 (在鋼爪和鑄鐵棘輪嚙合时,  $p = 50 \sim 100$  公斤/公分, 在鋼爪和鋼棘輪嚙合时,  $p = 150 \sim 300$  公斤/公分), 为了使齿具有

充分的抗压强度，輪齿長度就应当是

$$b = \frac{P'}{p} \text{ 公分。} \quad (2)$$

而为了使齿上的压力分布得比較均匀，輪齿不能太長，所以一般取輪齿長度

$$b = \psi m = (1.5 \sim 3.0) m。 \quad (3)$$

式子(3)中  $m$  是嚙合模数(公分)， $\psi$  是齿長系数。

那么嚙合模数該怎么决定呢？

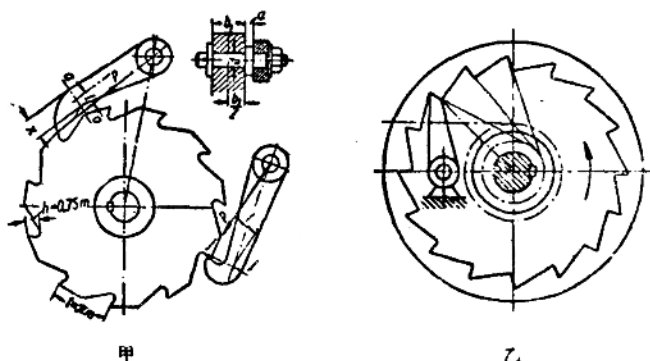


圖5 外嚙合棘輪和內嚙合棘輪。

二、嚙合模数  $m$  的决定——嚙合模数就是兩個相鄰齿頂間的弧長用  $\pi$  (它等于 3.1416) 除后所得的商。嚙合模数的大小影响着齿身的抗弯强度。通常采用的計算公式如下：

1) 对于外嚙合棘輪(如圖5甲所示)的嚙合模数，計算的公式是

$$m \geq 2 \sqrt[3]{\frac{M}{z \psi K_b}}; \quad (4)$$

2) 对于內嚙合棘輪(如圖5乙所示)的嚙合模数，因为它

要比外啮合棘輪堅固得多，所以計算的公式可以是：

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{M}{\psi R_b z}} \quad (5)$$

在(4)(5)兩個式子中， $m$ 代表啮合模數(公分)； $M$ 代表棘輪傳遞的扭轉力矩(公斤公分)； $P$ 代表圓周力(公斤)，即  $P = \frac{2M}{D}$ ； $D$ 代表齒頂圓直徑(公分)； $z$ 代表棘輪上齒的數目，可以按棘輪的用途選定(用在齒條式千斤頂內時，可取  $z = 6 \sim 8$ ，用在獨立棘輪停止器內時，可取  $z = 12 \sim 20$ ，用在帶棘輪的制動器內時，可取  $z = 16 \sim 25$ )； $\psi$ 代表齒長係數，即  $\psi = \frac{b}{m} = 1.5 \sim 3.0$ ； $R_b$ 代表棘輪材料的許用彎曲應力[如果有沖擊載荷，對於鑄鐵(C412~28)來說， $R_b = 100$ 公斤/公分<sup>2</sup>，對於鋼(尤3或鑄鋼件)來說， $R_b = 250 \sim 400$ 公斤/公分<sup>2</sup>]。

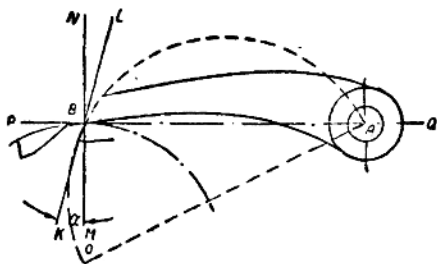


圖6 棘輪位置的決定法。

由(4)(5)兩式可以看出：如果作用棘輪上的轉動力矩小，啮合模數  $m$  也小。因為棘輪的尺寸決定於啮合模數  $m$  的大小(見表1和表2)，所以轉動力矩  $M$  小，棘輪也小；這就是我們要把棘輪安裝在承受最小轉動力矩的軸上的理由。

**3 爪和爪軸尺寸的決定** 對於爪，通常首先決定它的危險斷

面上的尺寸，然后再根据这个尺寸和表 1、表 2 所給的数据（随棘輪嚙合模数而变）来决定爪的其他部分的尺寸。

从圖 5 甲可以知道，作用在爪危險断面  $a-a$  和  $j-j$  上的力是弯曲力矩  $M_{\text{彎}} = Pl$  和圓周力  $P$ 。因此，为了保証爪有充分的强度，必須使

$$\frac{P}{bx} \left( 1 + \frac{6l_1}{x} \right) \leq R_b. \quad (6)$$

在式子(6)中， $R_b$  是爪材料的許用应力，制造爪的材料通常是 3 号鋼或 4 号鋼，所以它的許用应力常取  $R_b = 600 \sim 650$  公斤/公分<sup>2</sup>； $b$ 、 $x$  和  $l$  的意义和圖 5 甲上的一样。

爪的端部的寬度，一般都取比齿長大 2~4 公厘。这是为了保証在万一装配不够准确的时候，齿仍然以它的全長和爪端接触。

对于爪的軸（圖 5 甲右角附圖），普通都把它看成是承受弯曲力的悬臂梁。因此，爪軸的强度公式是：

$$Pl \leq 0.1d^3 R_b.$$

式中  $P$  是作用在爪上的棘輪圓周力（公斤）； $d$  是爪軸的直徑（公分）； $R_b$  是爪軸材料的許用弯曲应力（公斤/公分<sup>2</sup>）。当  $l = \frac{b_1}{2} + a$ ， $P = \frac{2M}{D} = \frac{2M}{zm}$  的时候，这个式子就可以改写成

$$d \geq 2.71 \sqrt[3]{\frac{M}{zmR_b} \left( \frac{b_1}{2} + a \right)}. \quad (7)$$

爪軸的材料一般都选用 45 号鋼（ГОСТ 1050-52）；如果再把附加的冲击載荷考虑进去，那么它的許用应力可以取  $R_b = 300 \sim 500$  公斤/公分<sup>2</sup>。这样，爪軸直徑就可以用公式(7)求出来了。

上面已經說过，为了增加爪的强度，一般都使棘輪上圓周力  $P$  通过爪軸的中心。因此，爪軸中心  $A$  必須在棘輪半徑  $OB$  的  $B$

表 1 外啮合棘輪和爪的标准尺寸

| $m$    | $z$        | 在6~30的範圍內 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------|------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        |            | 6         | 8     | 10    | 12    | 14    | 16    | 18    | 20    | 22    | 24    | 26    | 30    |
| 棘<br>輪 | $t$        | 18.85     | 25.13 | 31.42 | 37.70 | 43.98 | 50.27 | 56.55 | 62.83 | 69.12 | 75.40 | 81.68 | 94.25 |
|        | $h$        | 4.5       | 6     | 7.5   | 9     | 10.5  | 12    | 13.5  | 15    | 16.5  | 18    | 19.5  | 22.5  |
|        | $a$        | 6         | 8     | 10    | 12    | 14    | 16    | 18    | 20    | 22    | 24    | 26    | 30    |
|        | $r$        | 1.5       | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   |
| 爪      | $h_1$      | 6         | 8     | 10    | 12    | 14    | 14    | 16    | 18    | 20    | 20    | 22    | 25    |
|        | $\alpha_1$ | 4         | 4     | 6     | 6     | 8     | 8     | 12    | 12    | 14    | 14    | 14    | 16    |
|        | $r_1$      | 2         | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     |

点垂直綫  $AB$  上 (圖 6)。又因为通常取爪長大約等于两个齿的节距 ( $2t$ ) ( $t$  为齿的节距,  $t = m\pi$ ), 这样爪軸的大概位置就可以决定出来了。

**4 棘輪机构的标准尺寸和作圖法** 棘輪机构的形狀和它的主要尺寸都已經标准化了 (参看苏联标准 MTM CCCPT-50)。現在分外啮合棘輪机构和內啮合棘輪机构說明如下:

一、外啮合、棘輪机构——外啮合棘輪的齿形的作圖法如圖 7 所示, 它的标准尺寸如表 1 所示。

作圖程序: 1) 画出棘輪齿頂圓  $NN$  和齿根圓  $SS$ 。2) 以节距  $t$  將圓周  $NN$  分成若干相等部分。3) 从一个任意的分点截取弦  $AB = a$ 。4) 在  $BC$  弦上从  $C$  点起作  $30^\circ$  角。5) 过  $BC$  弦中点作垂綫  $LM$  同角边  $CK$  在  $O$  点相交。6) 以  $O$  点为中心、 $OC$

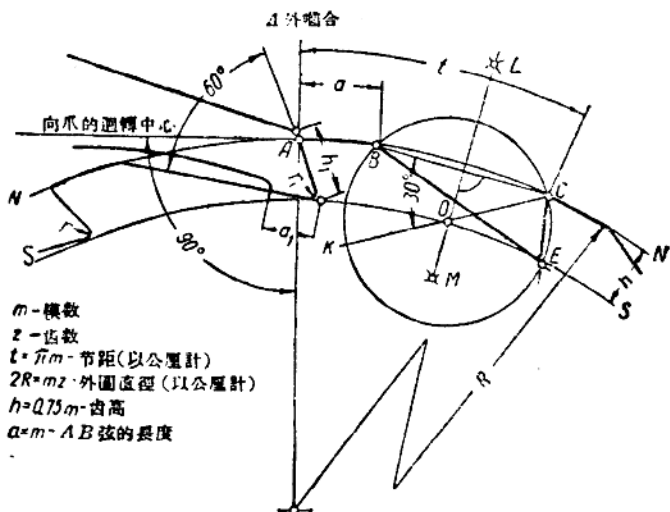


圖 7 外啮合棘輪機構的作圖法。

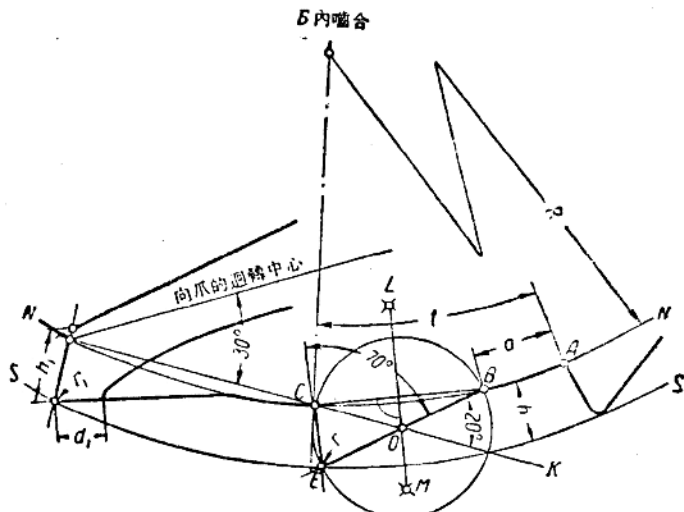


圖 8 內啮合棘輪機構的作圖法。

为半径作圆，所得点  $E$ （这个圆同  $SS$  圆的交点）是  $60^\circ$  角的顶点。7) 连接  $CE$ 、 $BE$ 。这样，齿的外形就画出来了。

二、内啮合棘轮机构——内啮合棘轮的齿形作图法如图 8 所示，它的标准尺寸如表 2 所示。

作图程序：1) 画出齿顶圆  $NN$  和齿根圆  $SS$ 。2) 以节距  $t$  将圆周  $NN$  分成若干相等部分。3) 从一个任意分点截取弦  $AB=a$ 。4) 在  $BC$  弦上从  $C$  点起作  $20^\circ$  角。5) 过  $BC$  弦的中点作垂线  $LM$  同角边  $CK$  在  $O$  点处相交。6) 以  $O$  点为中心、 $OC$  为半径作圆，所得的点  $E$ （这个圆同  $SS$  圆的交点）是  $70^\circ$  角的顶点。7) 连接  $CE$ 、 $BE$ 。这样，齿的外形就画出了。

表 2 内啮合棘轮和爪的标准尺寸

| $m$ | 6     | 8           | 10    | 12    | 14    | 16    | 18    | 20    | 22    | 24    | 26    | 30    |       |
|-----|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 線   | $z$   | 在 6~30 的範圍內 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|     | $t$   | 13.85       | 25.13 | 31.42 | 37.70 | 43.98 | 50.27 | 56.55 | 62.83 | 69.12 | 75.40 | 81.68 | 94.25 |
|     | $h$   | 4.5         | 6     | 7.5   | 9     | 10.5  | 12    | 13.5  | 15    | 16.5  | 18    | 19.5  | 22.5  |
|     | $a$   | 6           | 8     | 10    | 12    | 14    | 16    | 18    | 20    | 22    | 24    | 26    | 30    |
|     | $r$   | 1.5         | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   |
| 爪   | $h_1$ | 6           | 8     | 10    | 12    | 14    | 14    | 16    | 18    | 20    | 22    | 25    |       |
|     | $a_1$ | 4           | 4     | 6     | 6     | 8     | 8     | 12    | 12    | 14    | 14    | 16    |       |
|     | $r_1$ | 2           | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     |       |
|     |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

### 三 棘輪機構的应用

棘輪機構在机械上的应用是很广泛的。在起重机械中，在工具机的控制機構中，都可以看到棘輪機構的应用。因为限于篇幅，現在只簡單介紹最常見的几种并說明它的工作原理如后。

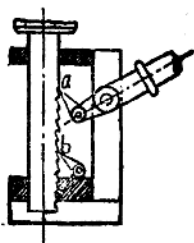


圖 9 千斤頂的構造。

**1 千斤頂** 普通棘輪機構中的棘輪都是迴轉體。但它和齒輪相似，當棘輪直徑大至無窮大的時候，棘輪就變成了棘條，棘輪的迴轉運動也就變成了棘條的直線運動。這樣我們就可以把它用于千斤頂了。圖 9 所示的就是千斤頂。其中 *a* 為原動爪，利用杠桿原理將棘條頂起；*b* 為閘爪，當原動爪 *a* 開始回到原位時，閘爪 *b* 就將棘條閘住，不讓棘條下降，以等待 *a* 再將棘條頂起。這樣逐漸把棘條頂起，千斤頂的舉重任務就可以完成了。

**2 棘輪扳手** 棘輪扳手常用來驅動螺旋千斤頂，它的構造可如圖 10 所示。

扳手的手柄必要時可以用煤氣管等加長。它在工作時不斷地同爪一起向前後轉動一個不大的角度。當它向後轉動的時候，爪就沿着和軸相連接的棘輪齒上滑過；而當它向前轉動的時候，爪就插入棘輪齒內，推動棘輪，並通過棘輪推動軸轉過一個相應的角度。如果需要軸作相反方向的轉動，可以把扳手的相反一面套在軸的方頭部分上。扳手的杠桿長度大約是 800~1000 公厘，工人所加的力量可以許可到 30 公斤。

**3 帶棘輪的帶式制動器** 這種制動器的構造可以如圖 11 所



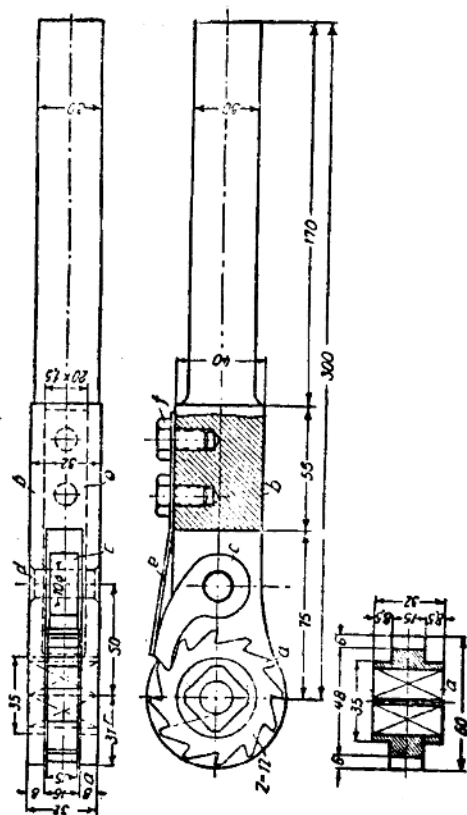


图10 棘轮扳手的构造:

$a$ —棘輪； $b$ —棘輪扳手蓋； $c$ —棘輪爪； $d$ —爪軸； $e$ —使爪保持啮合的彈簧； $f$ —固接彈簧用的螺栓。

示。它是由棘輪 1、制動軸 2、制動盤 3 和爪 4 構成的。棘輪 1 用鍵裝在制動軸 2 上。制動盤 3 裝在制動軸上，並且可以在軸上自由滑動。爪 4 用軸栓固定在制動盤上。當舉起載荷的時候，被帶壓緊的制動盤 3 保持不動，棘輪則隨軸作順時針方向的轉動；爪沿輪齒滑過。當起重工作中止的時候，使軸作順時針方向轉動的原