

用钻床偏心研杆研磨閥門的初步經驗

第七冶金建設公司机裝公司 姜元庆

編者按：第七冶金建設公司机裝公司通过“三結合”，用普通的钻床改装成偏心研杆研閥机，成功地解决了施工中的技术难题。他們所用的研閥机，构造简单，效用很大，受到很多单位的注意。参加这项工作的同志們能从本单位的实际情况出发，因地制宜地考虑問題、解决問題，这种作法是对头的。

这种方法目前已在管道閥門的加工方面开始应用了，并在繼續改进提高中。偏心研杆的这种方法的否可在其它专业推行呢？这是值得我們研究的。

1964年，第七冶金建設公司机裝公司李維光鉗工組，在某厂的改建工程中創造性地用配有偏心杆的普通钻床研磨了球形閥、閘板閥、考克、錯气閥等三千多个，质量优良，速度加快。由于这项重大革新的实现，从根本上改变了我們在管道閥門加工方面的落后面貌。現將我們用钻床研磨閥門的情况、体会等初步整理如下，供关心这一問題的同志們进一步研究。

一些情况

改建工程中所用的管道閥門，小的从D_y15，大的到D_y400；压力要求最低从6公斤/平方厘米到最高100公斤/平方厘米，規格繁多，安装量很大。去年三季度以前，我們采用手工刮磨的老办法加工閥門，一个人一天还加工不出一个，并且质量大都不合格，常常返工，严重影响了管道工程的进展。为了从根本上扭转这种被动局面，我們决定从技术革新着手，使研磨这一工序机械化。在着手工作之前，我們首先作了如下的考虑：1) 施工安装部門不同于制造厂，制造厂可以将元件一个一个地研好后装上去。我們研磨的閥是已經装配好的，閥体的密封圈深深地嵌在壳內，与边缘只有4~5毫米的間隙，我們要搞的研閥机必須能够研磨这种密封圈已經深深嵌在壳內的閥体；2) 我們安装的閥門种类繁多，研閥机必須能够研磨各种閥門；3) 施工工地的环境条件比較差，灰尘較多，因此，研閥机不能太“娇气”；4) 研閥机的动作、工艺必須简单，容易掌握；5) 我們的任务紧，重新設計、制造研閥机已經来不及，必須考虑利用已

有的設備。根据这种种要求，我們以“三結合”的方法，利用仅有的2台钻床作了一些研閥的試驗。

球形閥的研磨 有一批D_y50球形閥要研磨。利用仅有的2台钻床，用小木塞(图1-3)塞在閥瓣(5)內，用带横銷的钻杆(2)带动閥瓣轉动。一試驗，研得很好，并且20分钟就可以完成一个。小木塞可以很方便地塞到不同閥瓣的孔內，可以研磨各种不同尺寸的球形閥。

閘板閥的研磨

又有一批D_y45、压力6公斤/平方厘米的閘板閥。我們繼續用上述方法試磨(图2)。将砂紙貼在磨板(3)上，小台钻高速旋轉，搖晃得很厉害。原来很耽心这样会把閥門搞坏。研磨后检查，研磨面很光亮，試压达到了6公斤/平方厘米，完全合格。

继D_y45之后，又研磨了D_y125、压力6公斤/平方厘米的剖分式銅密封圈的閘板閥。用同样方法，并作了几块比較讲究的鑄鉄磨板，准备了各种型号的凡尔砂，在大钻床上試驗，钻杆轉动很平稳。按道理，这次应比上次研的更好些，实际上与此恰恰相反，密

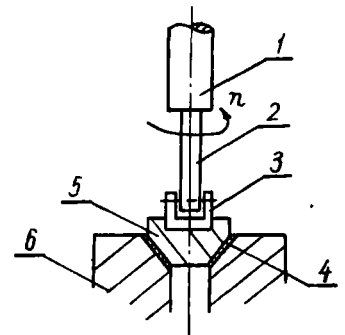


图1 球形閥研磨示意图
1—钻床立杆；2—带横銷的研杆；3—小木塞；4—磨料；5—閥瓣；6—閥体

封圈上出現了一一条条整圈的深沟，閘板和研板本身热得燙手。又经过反复验证，都是这样。当研磨另一种气閘时，还出现了更为奇怪的情况，气閘原来的平面竟被研成錐形面（图3）。

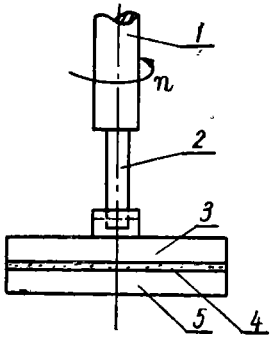


图2 閘板閘研磨示意图
1—钻床立杆；2—带横销的研杆；3—磨板；4—磨料；5—工件

这次研磨的条件比上次好，钻杆转动也很平稳，那末为什么研磨的效果反而变坏了呢？經多方面的研究和請教，认为这种情况的出現是同軌迹不合理、綫速度不等、磨料不均匀等原因有关，其中最主要的是軌迹問題。

用偏心杆閘研磨 研磨效果变坏的原因基本上找到了，但是，用普通的钻床怎样才能产生一个复杂的运动軌迹呢？为解决这个问题，我們作了如下的設想：法兰盘空套在一个偏心旋轉軸上可能会产生較好的效果。于是我們把研杆作成一個头部偏心4毫米的偏心研杆，把磨板改成中心通孔的磨板。研杆偏心4毫米，一是便于产生象行星輪一样的軌迹；二是考虑到壳体間隙限制不能太大，否則运动起来将碰到壳体。磨板的孔比研杆头部的直径大1~2毫米，作为調整之用

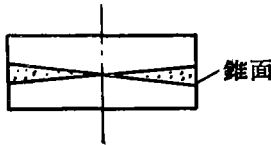


图3 已磨成的錐形面

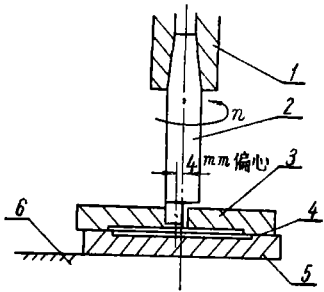


图4 偏心杆法研磨閘門示意
1—钻床立杆；2—偏心研杆；3—磨板；4—磨料；5—工件；6—工作台

試驗結果很好，研板和被研件研磨得烏黑光亮，露出了金属晶格。經鑑定比較，研出的面的确是研磨面。从磨板上残存着的磨料的运动軌迹来看，有三种軌迹（图5）。

磨板的轉向有时同研杆的相同，有时相反。在对研磨面的质量作进一步的观察时发现，研磨面虽被研得很好，一点刮痕都没有，但是表面不平整，有的凹，有

的凸。再繼續研磨，情况并没有显著的改变。为了找到原因所在，我們又作了进一步的分析，結論是，磨

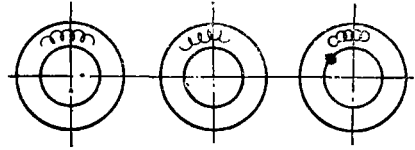


图5 三种軌迹形式

板的运动軌迹是摆綫、心状綫或星形綫。軌迹是复杂的，因而是理想的。問題并不出在軌迹方面（詳見第三節）。因此，問題只可能出在磨料的配制和研磨時間方面。于是我們把磨料（凡尔砂）用汽油浸泡一天，把磨料調稀，研磨時間加长。Dy 200鋼质閘板閘，用图4的方法研磨，工作面凸凹不平的情况消除了，試压达到了9公斤/平方厘米，质量很稳定。特别是研 Dy 250 高压閘时，都能一次达到100公斤/平方厘米的公称压力。

研磨工艺

几个月的研閘实践表明，有了一个好的研閘机是研好閘門的先决条件，但是还必须找到合理的工艺，否則将浪費時間，影响工效。

現以鍋炉房用300多个高压閘門为例，简单地說明一下研磨工艺。

所研磨的閘为 Dy 250 閘板閘，閘板是剖分的，密封环用不銹鋼制成，工作压力为100公斤/平方厘米。这批閘門，1958年曾使用过一个時間，密封圈刮伤深痕达1~2毫米，表面銹蝕，閘門变形。研磨工序大致如下。

解体清洗检查：看其是否完好，初步鑑定是否能用。

清洗除銹：进一步检查有否隱蔽缺陷。

着色检查密封环：看其几何形状是否准确，并进行壳体試压。

缺陷处理：如果密封圈斜度不对或表面不平度超过0.20毫米，必須在研磨之前用手工或机械方法預先加以处理。

研磨方式：用偏心研杆方法研磨，可用磨板来研，也可用閘板对研。考虑到閘門是剖分式閘板，故采用閘板与研閘体本身对研。

磨料：考虑到加工件的缺陷較大，故先用120号凡尔砂，后用180号凡尔砂。每隔20分钟检查一次。

轉度：350 轉/分。

在半小時後着色檢查。

裝配試壓。

按上述工序，缺陷小的閥門一天一台銼床一個人可研 2 個，缺陷大的可研 1 個。不銹鋼較硬，刮研很困難，故所有閥門都未預先刮研，直接進行研磨，時間一般較長。300 多個高壓閥均一次研好，並達到規定的工作壓力。

運動軌跡的分析

我們推導了磨板磨料的運動軌跡。偏心杆撥動磨板的運動可簡化為圖 6 所示的圖形。XOY 座標為固定不動的參考坐標，O 點同偏心研杆轉動中心軸相重合，O' 為磨板的轉動中心。X'O'Y' 為固聯在磨板上的動坐標，OO' 為研杆的偏心距， ω_1 為研杆轉動的角速度， ω_2 為磨板相對偏心杆的相對角速度。很明顯，這一個運動是一個平面平行運動。如果已知 XO'、YO' 和 φ 在每個瞬時的值，那末磨板在自身平面內的運動就完全確定。當平面圖形運動時，動坐標原點的坐標 XO'、YO' 和 φ 角都隨時間而變化，它們都是時間 t 的某種單值連續函數，即

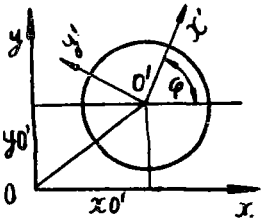


圖 6 磨板運動簡化圖

如果已知函數 $f_1(t)$ 、 $f_2(t)$ 和 $f_3(t)$ ，那末對於每個瞬時 t，可從上面方程求到相應的 XO'、YO' 和 φ 的值，因而也就確定了運動的圖形在這個瞬時的位。置。也就可以確定磨板上任何一點的運動軌跡。

$$XO' = f_1(t), YO' = f_2(t), \varphi = f_3(t).$$

仔細觀察可以發現，磨板自身繞 O' 轉動又繞 O 點轉動，通過 O'，O 點的軸綫是平行的，因此磨板的運動正是剛體複合運動中繞平行軸的兩個轉動的合成運動。

ω_1 為已知，它的大小和方向與銼杆的相同。 ω_2 是磨板相對於研杆偏心軸的相對角速度。根據受力情況不同，磨板的相對轉動 ω_2 可能有三種情況（圖 7），即：

- 當 $M_b + M_k > M_a$ 時， ω_2 的方向同 ω_1 的相同；
- 當 $M_b + M_k < M_a$ 時， ω_2 的方向 ω_1 的相反；
- 當 $M_b + M_k = M_a$ 時， $\omega_2 = 0$ 。

M_a 、 M_b 為磨板運動時產生的磨擦阻力對 O' 的轉矩。 M_k 為偏心軸與磨板孔之間的磨擦力矩。

由於實際磨擦情況很複雜，上述三種情況是不斷交替出現的。有時磨板與研杆同方向轉，有時磨板反轉，有時磨板不轉，有時磨板與研杆一起整周轉。為方便起見，我們假設在一定條件下 ω_1 、 ω_2 為常數，現以 ω_2 三種不同情況來推導磨板的運動軌跡。

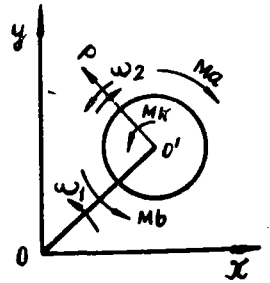


圖 7 ω_2 的三種情況

第一種情況，當 ω_2 同 ω_1 同向時，磨板上任一點 M 的運動軌跡方程（圖 8）。

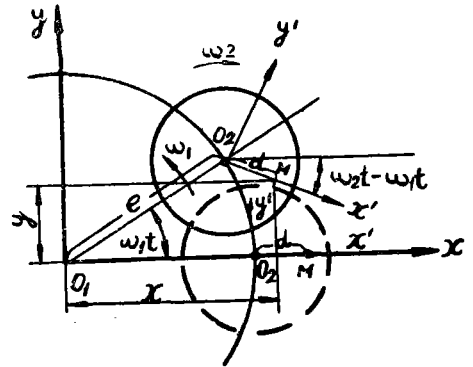


圖 8 ω_2 、 ω_1 同相時的運動圖形

以 t 為參量的解析方程式為：

$$\left. \begin{aligned} x &= d \cdot \cos(\omega_1 t + \omega_2 t) + e \cdot \cos \omega_1 t \\ y &= d \cdot \sin(\omega_1 t + \omega_2 t) + e \cdot \sin \omega_1 t \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

式中 ω_1 同 ω_2 之間關係，從理論力學中可知（圖 9）：

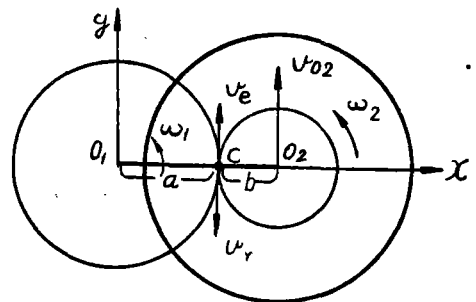


圖 9 ω_1 、 ω_2 關係圖

在 O_1O_2 上取一点 C (C 点同时也在磨板上), 此点的绝对速度 \vec{v}_c 等于相对速度 \vec{v}_r (即 C 点绕 O_2 的转动速度) 与牵连速度 \vec{v}_e (即 C 点绕 O_1 的转动速度) 的向量和: $\vec{v}_c = \vec{v}_r + \vec{v}_e$ 。

因为 C 点在 O_1O_2 上, 故 v_r 与 v_e 在一直线上, 所以, $v_c = v_e - v_r = \omega_1 \cdot O_1C - \omega_2 \cdot O_2C$ 。

选取 C 点, 使 $\omega_1 \cdot O_1C = \omega_2 \cdot O_2C$ 或 $\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{O_1C}{O_2C} = \frac{a}{b}$, 则 $r_2 = O$, C 点即为此平面图形运动的速度瞬心。

因为 ω_1 、 ω_2 均为定值, 故从等式 $\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{O_1C}{O_2C} = \frac{a}{b}$ 中得知, a 、 b 也为定值。瞬心 C 点的运动轨迹是以 a 为半径, 以 O_1 为圆心的圆。磨板的运动则是以 b 为半径的圆, 以 Ω 的绝对角速度、沿以 a 为半径的外圆无滑动的滚动。从外摆线形成的定义看, 磨板的运动正是外摆线运动。

磨板的绝对角速度, 可从下面关系中求得:

$$v_\Omega = \Omega \cdot CO_2 = \omega_1 \cdot O_1O_2,$$

$$\text{则 } \Omega = \frac{\omega_1 \cdot O_1O_2}{CO_2} = \frac{\omega_1(O_1C + CO_2)}{CO_2} = \frac{\omega_1 \cdot C_1O + \omega_1 \cdot CO_2}{CO_2};$$

将 $\omega_1 \cdot O_1C = \omega_2 CO_2$ 代入上式, 得到:

$$\Omega = \frac{\omega_2 \cdot CO_2 + \omega_1 \cdot CO_2}{CO_2} = \omega_2 + \omega_1.$$

我们将 $\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{a}{b}$ 代入 (1) 式中, 得到:

$$\left. \begin{aligned} x &= d \cdot \cos \frac{(a+b)}{b} \omega_1 t + e \cdot \cos \omega_1 t \\ y &= d \cdot \sin \frac{(a+b)}{b} \omega_1 t + e \cdot \sin \omega_1 t \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

此式是磨板上任何一点的运动轨迹方程*。

第二种情况, ω_2 同 ω_1 反向时, 磨板上任一点 M 的运动轨迹方程 (图10)。

$$\left. \begin{aligned} x &= d \cdot \cos(\omega_2 t - \omega_1 t) + e \cdot \cos \omega_1 t \\ y &= -d \cdot \sin(\omega_2 t - \omega_1 t) + e \cdot \sin \omega_1 t \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

与前同理推导: $\vec{v}_c = \vec{v}_r + \vec{v}_e$, $v_r = v_e - v_e = \omega_1 \cdot O_1C - \omega_2 \cdot O_2C$ 。

选取 C 点, 使 $\omega_1 \cdot O_1C = \omega_2 \cdot O_2C$, 即:

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{O_1C}{O_2C} = \frac{a}{b} \quad (5)$$

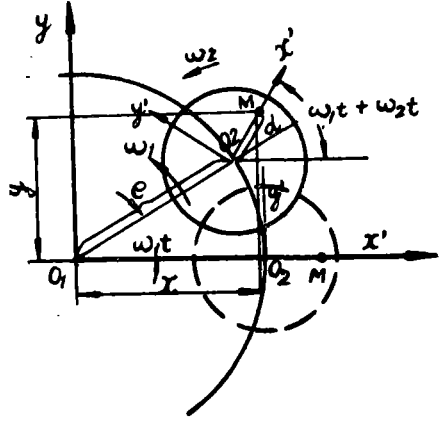


图 10 ω_1 、 ω_2 反向时的运动图形

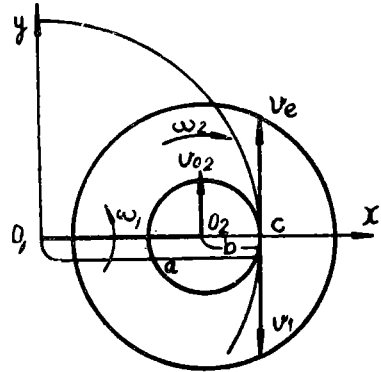


图 11 磨板运动轨迹 (内摆线)

将 (5) 代入 (4) 得:

$$\left. \begin{aligned} x &= d \cdot \cos \left(\frac{a-b}{b} \right) \omega_1 t + e \cdot \cos \omega_1 t \\ y &= -d \cdot \sin \frac{(a-b)}{b} \omega_1 t + e \cdot \sin \omega_1 t \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

(6) 即是点 M 的运动轨迹方程。

e 点仍为平面图形运动的瞬时速度中心, 其轨迹是以 O_1C , 即 a 为半径的圆。磨板的运动则是以 a 为半径的圆, 以绝对角速度 Ω , 沿以 a 为半径的内圆无滑动的滚动。从内摆线形成定义看, 磨板的运动正是内摆线运动 (图11)。

*注: 本文推导的方程是表达磨板上任何一点的运动, 其与数学上所表示的外摆线方程:

$$\left. \begin{aligned} x &= (a+b) \cdot \cos \theta - b \cos \frac{a+b}{b} \theta \\ y &= (a+b) \cdot \sin \theta - b \sin \frac{a+b}{b} \theta \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

是不完全一样的。但最终图形是一致的, 只是初始位置不一样, (3) 式是 (2) 式的一个特例。

此时, $\Omega = \omega_2 - \omega_1$ 。其与 O_2 距离为 b 的点的軌迹方程为:

$$\left. \begin{aligned} x &= (a-b) \cdot \cos \theta + b \cos \frac{(a-b)}{b} \theta \\ y &= (a-b) \cdot \sin \theta - b \sin \frac{a-b}{b} \theta \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

当 $\omega_1 = \omega_2$ 时, 即 ω_1 与 ω_2 数值相等而方向相反时, 方程 (4) 将变为:

$$\left. \begin{aligned} x &= d + e \cdot \cos \omega_1 t \\ y &= e \cdot \sin \omega_1 t \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

这是圆方程。也就是说, 磨板上任何一点都是沿以 e 为半径的圆作等速度的平动。

第三种情况, 当 $\omega_2 = 0$ 时, 磨板上任一点的运动軌迹。

可明显地看出, 整个磨板与偏心軸一起, 以 ω_1 角速度作圆周运动。此时磨板上各点都成为同心圆。

綜上所述可以看出, 磨板在不同的条件下可能作外摆綫运动, 也可能作内摆綫运动, 也可能平动, 也可能整周轉动。

在作外摆綫运动或内摆綫运动时, 由于具体条件不同, 又可能是心状綫或星形綫的軌迹。故肯定地讲, 磨板的运动軌迹是极其复杂的, 因而是理想的, 也正是我們所要寻求的。

磨料及磨具

通过一个阶段的摸索, 我們对磨料、磨具、速度、压力等問題, 有了一些認識。現介紹一下有关磨料、磨具的問題。

磨料 磨板在工件的表面上研磨时, 磨料起了研磨的作用。磨料在两个面之間, 滚动、滑动、刮削, 便产生了挤压、磨擦、搓动作用。較細的磨料也可能起着物理化学作用。磨料嵌在磨板里, 像車刀一样刮削被研工件, 刮削在研磨中起着主要作用。研磨用的磨料不是强制的导引, 而是无周期性地交換位置。

在正确运动的前提下, 研磨质量同磨料的好坏也有很大关系。由于条件限制, 我們沒有試驗更多的磨料, 只用了120~180号凡尔砂和玻璃粉等几种。在研磨不銹鋼閘板閘密封圈时, 先用粗的120号凡尔砂, 磨削的效果很好。然后換180号凡尔砂, 表面被研得也很好, 可以达到 $\nabla \nabla \nabla_7 - \nabla \nabla \nabla \nabla_{10}$ 。而用凡尔砂研磨青銅的密封圈时, 被研体的表面不够精細, 速度也較慢。改用玻璃粉后, 质量和效果都很好, 現将

常用的研磨料抄录如下 (表1)。

常用磨料 表 1

研磨工序	工件材料	研磨料名称	化学成份
初研磨或一般最后研	鋼、鑄鉄、黃銅	鋼 玉 (凡尔砂)	Al_2O_3
"	"	碳化硅	SiC
"	硬质合金、硬銘	碳化硼	B_4C
最后极細研磨 (抛光)	鋼、軟金属	矾 土	
"	鋼	氧化銘	Cr_2O_3
"	"	氧化鉄	Fe_2O_3
初研或最后研	硬质合金	金鋼鈷	C
"	銅、軟金属	玻璃粉	

磨料的粒度和种类应该选择适宜, 缺陷大的用粗磨料。以用过篩的砂輪片粉, 用机油調制成的磨料来研磨压力要求不高的閘門时, 效果也很不錯。

磨料的稀稠程度也要认真选择。磨料中的油脂起着潤滑、胶合、散热作用。太稀或太稠时, 磨料分布都不均匀, 会造成表面磨削量不等, 加长研磨時間。我們的实验証明, 把凡尔砂先用汽油浸泡一些時間, 使結团的顆粒散开后使用, 磨削效果很好。这是因为磨料分布均匀, 磨料露出尖角, 顆顆都像一把車刀一样起着刮削作用, 而不是成团的滚动。

研磨中最重要的是研磨的运动。运动的軌迹必須是复杂的, 最好能等綫速度运动。这样研磨出的表面形状才会准确, 表面的精度才会高, 磨具的寿命才会长, 工时才会省。我們在开始研磨时, 由于磨板單純的整周轉, 綫速度不等, 才造成了被研件与工具磨削速度不等, 产生了凸峰的形状。由于軌迹簡單, 磨料被重复强制导引, 发热, 造成了圓周形的刮痕。后来改用图4所示的结构, 用钻床偏心研杆带动磨板空轉, 运动軌迹复杂。从几个月的研磨試驗可以清楚地看到, 由于运动軌迹复杂, 我們所用的磨料虽然不很考究 (有时粗一点, 有时細一点, 清洁程度有时也不够), 但在研磨的表面上都沒有出現像开始用整周轉产生的圓周刮痕。

磨具 磨具 (磨板) 的硬度应该比被研件低一些才好, 这样磨料才会嵌入磨板表面, 起着刮削作用。否則将出现相反的情况: 磨料嵌入被研件, 变成了工件研磨具的反常情况。

磨具材料太軟也不好。硬度过小, 磨具几何形状易改变, 使研出的工件表面形状不准确, 同时磨具还

