

螺杆泵的工作原理

长春冶金地质学校 刘济生

螺杆泵是种新型容积泵，体小轻便，工作基本可靠。目前已试用于钻探生产中。

螺杆泵与活塞泵相比，具有以下特点：

1. 水量均匀，压力稳定；
2. 构造简单，由于不需要曲柄连杆、减速箱、空气室和水阀等结构，故体小轻便；
3. 拆卸、安装、维护、检修都方便。

螺杆泵目前还存在着一定的缺点：如功率消耗大，在压力高时工作不够稳定。

为了说明螺杆泵的工作原理，首先研究下面几何图形的性质。

一个直径为 d 的小圆在一直径为 $2d$ 的大圆内作纯滚动（图1），可以证明，小圆上任意一点的运动轨迹都是通过大圆圆心的直

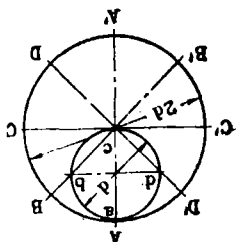


图1 小圆在大圆内滚动的性质

径线。如与大圆相切的点 a 沿纵轴 AA' 移动，站大圆圆心的点 c 将沿横轴 CC' 移动。

同理，一直径为 d 、螺距为 S 的螺旋线在一直径为 $2d$ 的圆筒内作纯滚动（图2），而螺旋线上任意一点的运动轨迹也都是通过圆筒断面圆心的直径线。而这些无限多点的运动轨迹总和，便在空间形成一条扭转纸条形，其导程为 $2S$ 。

设想，螺旋线的滚动情况不变，在螺旋线上穿满直径为 D 的圆片，这些圆片便构成螺杆泵主要零件“转子”的形状。每个圆片在空间扫过的面积如图3所示，它等于

$$\frac{\pi}{4} D^2 + 2Dd。各个圆片在空间扫过面积$$

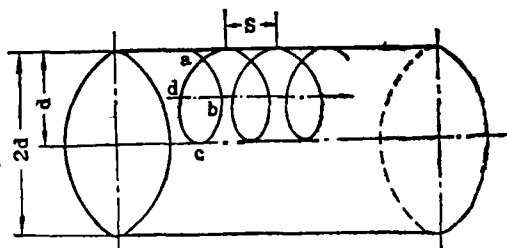


图2 螺旋线的滚动

成螺纹状软化带，淬火层深度不均匀，岩心管前进的速度不均匀。在螺纹软化带的地方就会出现磨沟，在淬火淬透了的地方则容易折断。

六、改进意见

1. 在提高淬火管质量方面：应根据热处理工艺要求，对淬火工件（岩心管）先彻底清除油污和铁锈；改进淬火液，使之与岩心管的材质相适应；淬火后再进行回火处理，消除内应力，细化组织，提高强度；研究改

进感应器的自动导向和岩心管前进速度；以消除螺纹软化带，保证淬火均匀。（据《勘探技术》杂志1973年第1期第44页载文报道，导向式感应器已在辽宁省探矿机械厂制成，请参阅该刊。——编者）

2. 在淬火工艺机械化、自动化方面：管材的清洗、除锈及传送，需要实现机械化与自动化；对淬火温度、电频率、淬火速度等，需要自动控制仪表化。

的总和便形成导程为 $2S$ 的螺旋体,这便是螺杆泵主要零件“定子”空腔的形状。

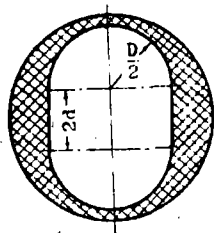


图3 图片运动扫过的面积

从上述可知,转子的运动,不是定轴回转,而是既有自转又有公转的周转运动。

下面再进一步说明螺杆泵的工作原理。转子和定子的装配如图4所示,我们由左而右地取 $S/4$ 若干段,每段的定子空腔相对扭转 45° 。各段剖面列于图5。

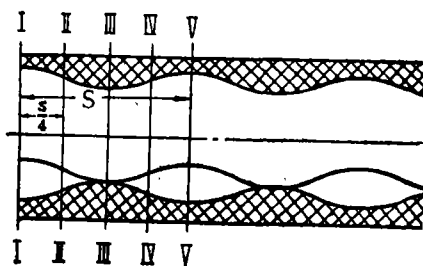


图4 转子、定子的装配

设转子螺旋线的轴向投影圆abcd称为“动圆”,圆筒的轴向投影圆 $A B \dots C' D'$ 称为“静圆”(图5之左,并参看图1、2)。

这两个圆都是虚设的。动圆上的四个等分点a、b、c、d是螺旋线每隔 $S/4$ 的投影点,各点所在静圆直径线是定子空腔断面的长轴方向。

图5所示的II剖面是装配图的左端端面(参看图4),动圆上的点a与静圆内切于A。点a是转子剖面的圆心,其所站直线 $A A'$ 是它移动的轨迹,也就是定子空腔长轴方向。转子剖面处于止点位置,其下面便是水室。

II剖面是 $S/4$ 剖面,动圆上的点b是螺旋线 $S/4$ 的投影点。静圆径线 $B B'$ 是点b的移动轨迹,也就是定子空腔长轴的方向。因为点b是转子断面的圆心,所以转子断面的位置把定子空腔分为两个水室,上室小于下室。

III剖面是 $S/2$ 剖面,动圆上的点c是螺旋线 $S/2$ 的投影点。点c所在静圆径线 $C C'$ 是其移动轨迹, $C C'$ 方向是定子空腔长轴的方向。点c是转子剖面的圆心,因此它决定了转子剖面的位置,转子剖面把定子空腔分为相等两水室。

IV剖面是 $3/4 S$ 的剖面,动圆上的点d是螺旋线 $3/4 S$ 的投影点,静圆的径线 $D D'$ 是点d移动轨迹, $D D'$ 的方向是定子空腔剖面的长轴方向。因为点d是转子剖面的圆心,所以转子剖面把定子空腔剖面分为不等的两个水室。

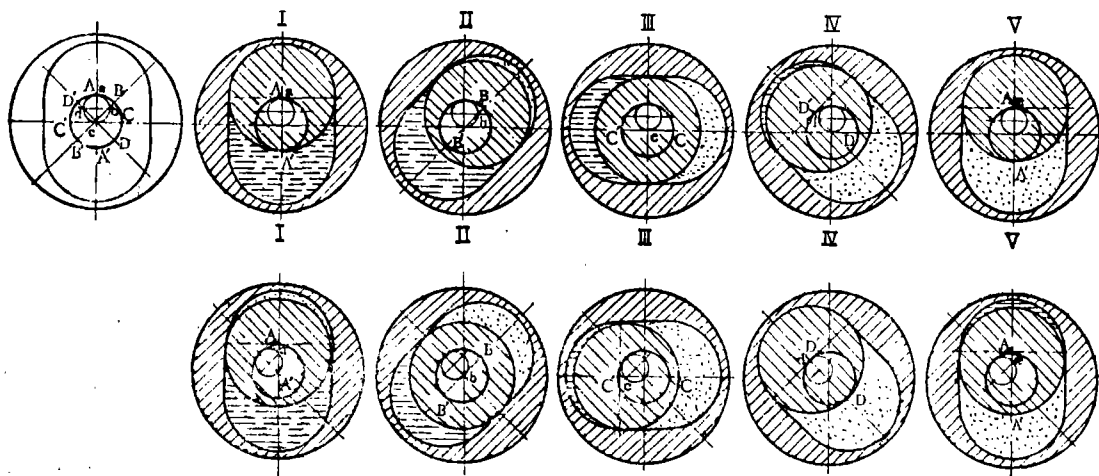


图5 泵体剖面示意图

V V 剖面是一螺距S的剖面,螺旋线一个螺距S点e的投影重合于点a上。因此,定子空腔剖面又转到 I I 剖面的方向,转子剖面又处于上止点位置。

我们可以继续求出 VI VI、VII VII 和更多的剖面图形,即求出定子空腔剖面长轴方向和转子剖面的位置。

从图 5 上看出,各个剖面的水室都被转子所分隔,图上各水室剖面绘相同符号的是相通的。如果再继续取四段S/4剖面,就可以看出定子螺旋导程达到2S就形成一个密封容积和两个开口容积,这三个容积是互不相通的。

以下再看看转子的转动情况。如转子顺时针方向转了45°,同时必然逆时针方向公转45°。这时,螺旋线上的各点都沿其轨迹做了位移,也就是说转子在定子空腔内发生了位移,各段剖面的变化如图 5 下所示。

I I 剖面,动圆上的点a沿AA'线下移,即转子剖面由上止点下移了一段距离,

其值为 $\left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) d$ 。

II II 剖面,动圆上的点b沿BB'线移到静圆的圆心,即转子剖面左下方向移动到定子空腔的中心,移动距离为 $\frac{\sqrt{2}}{2} d$ 。

III III 剖面,动圆上的点c沿直线CC'左移,即转子剖面左向移动了,其距离为 $\frac{\sqrt{2}}{2} d$ 。

IV IV 剖面,动圆上的点d沿直线DD'左上方向移动到静圆,即这段转子剖面左上方向移动到止点,移动距离为 $\left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) d$ 。

V V 剖面与 I I 剖面相同,即转子剖面下移,其距离为 $\left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) d$ 。

从图 5 中看出,转子与定子所形成的容积向左移动了S/4,也就是容积里的水向左旋进了S/4,这说明泵体的左端在排水,右端在吸水。转子继续转动,其分隔的水室继

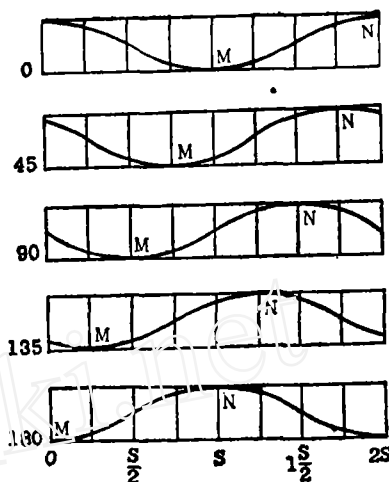


图 6 水泵工作示意图

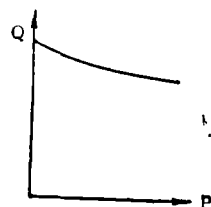


图 7 特性曲线

续左移,便连续不断地做吸、排水工作。

为了更清楚地说明螺杆泵的工作原理,可用图 6 来解释。图上横轴表示螺距S,纵轴表示水室截面积,曲线是根据各剖面绘出来的,曲线与横轴所包围面积为一个水室容积。从图上看,转子的转动相当于曲线移动,转子每转45°,曲线与横轴的切点M、N便左向移动了S/4,这便形成左端排水、右端吸水的工作。

定子水室的剖面面积为 $2dD$ 平方毫米,一个密封容积为 $4dDS$ 立方毫米,如转子每分钟n次转,则排水量

$$Q = \frac{4dDSn}{1000 \times 1000} = \frac{DdSn}{250000} \text{ 升/分。}$$

式中未考虑压力影响。试验证明,压力增高时,排量有下降趋势,这是由于定子弹性变形所致。其特性曲线如图 7 所示。为了增强水泵性能,可增加螺旋的圈数。