

数学在螺杆泵设计与 制造中的应用

《数学在螺杆泵设计与
制造中的应用》编写组 编著

数学在螺杆泵设计与 制造中的应用

《数学在螺杆泵设计与
制造中的应用》编写组 编著

*

科学出版社 出版

北京朝阳门内大街 137 号

出版说明

摆线啮合三螺杆泵是一种比较先进的容积式泵，其主要优点是：结构紧凑、体积小、工作平稳、容许较高的转速、自吸能力强、使用寿命长，并且基本上没有压力脉动和噪音。因此，在工业和国防的许多部门，螺杆泵有着广泛的应用和前途。但是，由于主要部件——螺杆的制造工艺复杂，以及在过去一个时期有关螺杆泵的设计与制造的技术资料不多，给螺杆泵的设计与制造带来了一定的困难。

推广做了许多工作,于1969年提出并实现了用外旋风切削法加工从动螺杆两侧型面,以及采用了多刀切削,并与沈阳计算技术研究所和辽宁大学的同志们一起进行了理论研究工作,且在兰州水泵厂、石首水泵厂、南京钟山农机厂等单位实际经验的基础上进行了总结。此外,上海汽轮机厂和上海柴油机厂已于1970年制造出了内旋风切削螺杆的专用机床。

在这些工作中,上述学校和科研单位的同志向工人师傅们学习,实行理论联系实际,在毛主席指示的知识分子必须与工农群众相结合的光辉大道

目 录

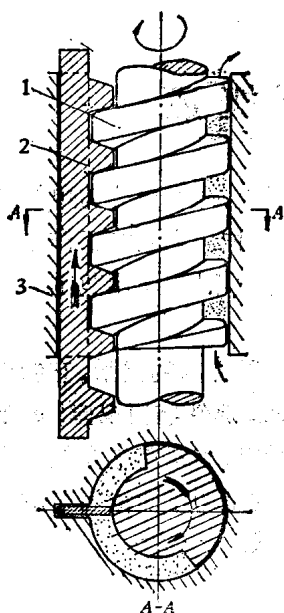
第一章 螺杆泵概述	1
第一节 螺杆泵的工作原理及其结构	1
第二节 螺杆泵的特点及其应用	5
第三节 螺杆泵的四类密封性	7
第四节 螺杆泵的设计计算步骤	15
第二章 螺杆的几何形状与参数	19

第八节 计算实例	93
第九节 一些附注	97
第五章 机床上的调整和换算	101
第一节 基本转换公式	101
第二节 角度换算的两种基本形式	104
第三节 一些典型机构上的具体实现	107
第四节 关于定位问题	

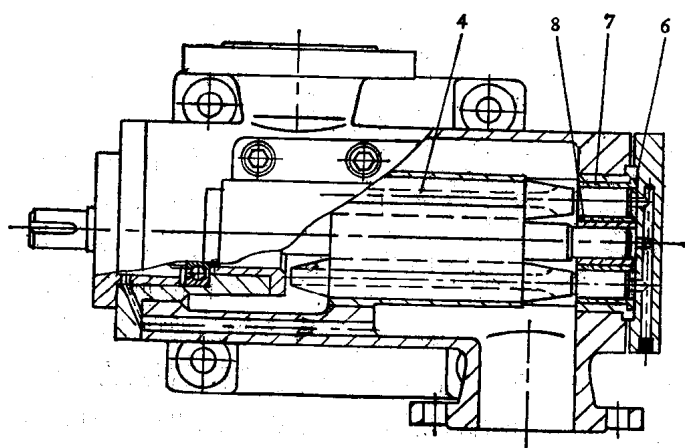
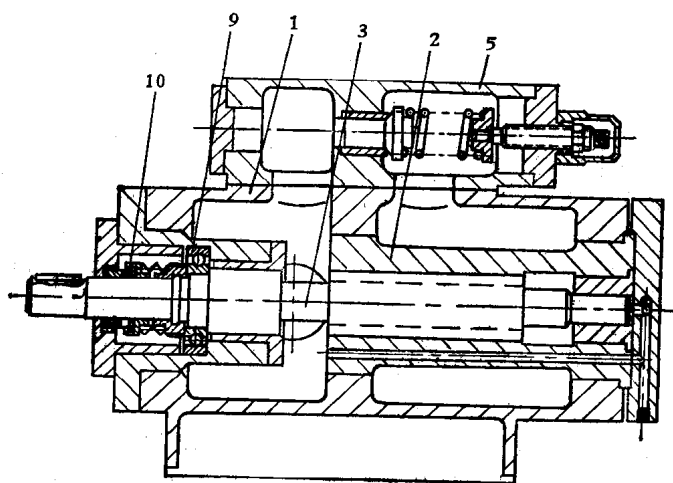
第一章 螺杆泵概述

螺杆泵属于转子容积泵,按螺杆根数,通常可分为单螺杆泵、双螺杆泵、三螺杆泵和五螺杆泵等几种。它们的工作原理基本相似,只是螺杆齿形的几何形状有所差异,使用范围有所不同。

“大家明白,不论做什么事,不懂得那件事的情形,它的性质,它和它以外的事情的关联,就不知道那件事的规律,就不知道如何去做,就不能做好那件事。”所以,本章首先介绍三螺杆泵的工作原理



图



1. 泵体 2. 泵套 3. 主动螺杆 4. 从动螺杆 5. 安全伐组
6. 止推垫 7. 从杆衬套 8. 主杆衬套 9. 滚动轴承 10. 机械密封

图 1.2 三螺杆泵结构图

的末端,借以平衡螺杆的轴向力。在设计平衡活塞直径时,应留有少量的未被平衡的剩余轴向力,此力指向吸入端(主动螺杆的剩余轴向力可指向

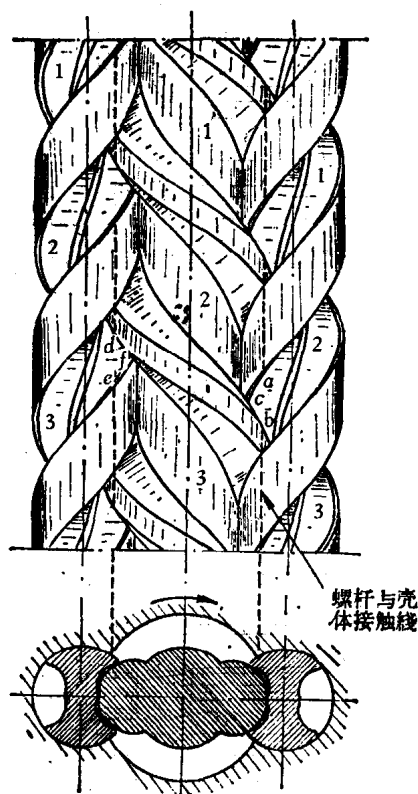


图 1.3 螺杆工作腔

平衡。对于从动螺杆上的径向力,通常不设置液力平衡装置,只是在考虑泵的结构设计时,根据泵的进、出口压力值和被输送液体的特性,确定一个合适的螺杆工作长度即可。

对于双吸结构的螺杆泵,由于螺杆的二端处于同一压力腔,所以螺杆的轴向力自动得到平衡。

泵轴密封通常采用机械密封 10。高压液体经过机械密

杆的剩余轴向力可指向排出端)。主动螺杆的剩余轴向力是由滚动轴承 9 (或止推垫) 来承受,而从动螺杆的剩余轴向力则由止推垫 6 来承受。采用这种液力平衡装置,使得螺杆沿轴线方向是在受压状态下进行运转。对于细而长的螺杆,为防止螺杆受压产生弯曲变形,可把螺杆设计为沿轴线方向在受拉的状态下进行运转。

作用在螺杆上的径向力是由液体压力而产生的。从动螺杆对称配置于主动螺杆两侧,使主动螺杆的径向力得到

封腔,回到低压腔,形成迴流,并保持机械密封腔内的一定压力,同时带走部分机械密封动环与静环的摩擦热量。有时也采用软填料、皮碗等轴封结构。

泵上带有安全伐组 5 (也可作为泵的一个附件)。当排出管路内压力超过泵的额定工作压力时,安全伐即自动开启,使排出口与吸入口相通,形成液体的全迴流,以消除事故,保证泵、电机和管路系统的正常工作。安全伐只能作为一种保护机构,进行短时间的工作,而不能作为流量调节伐使用。

第二节 螺杆泵的特点及其应用

螺杆泵与其他泵相比有着许多优点。近十多年来,在我国的国防和工业部门逐渐得到广泛的应用。

三螺杆泵具有以下几个优点:

1. 压力和流量稳定,脉动很小。液体在泵内作连续而匀速的直线流动,无搅拌现象。

2. 具有较强的自吸性能,无需装置底阀或抽真空的附属设备。

3. 相互啮合的螺杆磨损甚少,泵的使用寿命长。一般滑油泵能使用 30—40 年,甚至更长。

4. 泵的噪音和振动极小。

5. 可在高转速下工作。

6. 结构简单紧凑,拆装方便。体积小,重量轻。

“我们必须学会全面地看问题,不但要看到事物的正面,也要看到它的反面。”三螺杆泵也存在不足之处,例如,它对被输送液体中的杂质十分敏感;螺杆的加工精度要求高,制造困难,因此,给螺杆泵的制造和广泛使用带来影响。

三螺杆泵适用于输送不含固体颗粒的润滑性液体,可作

一般滑油泵、输油泵、燃油泵、胶液输送泵和液压传动装置中的供压泵。

如果选择适当的组合材料，三螺杆泵还可用来输送不含固体颗粒的非润滑性液体，如煤油、水和酒类等。

摆线啮合三螺杆泵具有可逆性，它可作为原动机来工作，如果把某一压力源输入泵内，螺杆泵就变成“液压马达”，而带动其他设备运转。

由于三螺杆泵具有上述特点，目前已在石油化工、船舶制造、冶金、机械、纺织、电力和食品等部门逐渐得到广泛的使用。随着我国社会主义建设事业的飞速发展，各部门对这类泵的需要量正在日益增长。

螺杆泵的生产在我国只有十多年的历史。过去由于受反革命修正主义路线的干扰和破坏，阻碍了螺杆泵的生产。经过无产阶级文化大革命，我国广大工人、干部和革命知识分子，遵照毛主席关于“独立自主，自力更生”的伟大教导，高举“鞍钢宪法”伟大红旗，开展技术革新和技术革命的群众运动，并且在实践中不断地总结经验，使得我国的螺杆泵生产，在数量、质量和品种方面都得到迅速的发展和提高。

螺杆和泵套是螺杆泵中最重要零件，而加工又很复杂。这二个零件加工精度要求很高，否则将直接影响到泵的性能和寿命。

目前我国的一些螺杆泵制造厂，对螺杆的精加工，大都采用盘状成型铣刀的铣削或旋风切削加工法。螺杆的材质，则采用耐磨铸铁、优质碳素钢或合金钢。

泵套三孔的精加工，采用组合拉刀拉削或镗削。泵套的材质采用青铜或耐磨铸铁。

当前螺杆泵所存在的主要问题是：如何提高泵的使用寿命和如何采用螺杆加工的新工艺（即提高螺杆加工的精度和

效率,并使刀具制造简单)。

第三节 螺杆泵的四类密封性

从螺杆泵的工作原理可知,泵内必须具有一个个彼此隔离的闭合腔,使泵的吸入口与排出口严密地隔开。那末,如何能达到上述要求呢?毛主席教导我们:“感觉到了的东西,我们不能立刻理解它,只有理解了的东西才更深刻地感觉它。”在本节中通过对螺杆泵的四类密封性的分析,目的是使读者理解这些密封性是满足上述要求的必要而充分的条件。

首先,相互啮合螺杆的接触线要将每个螺旋凹槽分割成互不相通的两部分,这是首要的密封要求,即为第一类密封性条件。

满足了第一类密封要求,但同一侧的螺旋凹槽还是相通的,因为,应选择一定关系的螺杆根数和螺杆的螺纹头数,使同一侧的螺旋凹槽成为一个个互不相通的闭合腔,这是第二类密封性条件。

以上二个密封条件,保证了相互啮合的螺杆形成了一个彼此隔离的闭合腔。但是,如没有足够长度的泵套包围螺杆的凹槽空间,高低压腔仍要相通,故须求得包围螺杆凹槽的泵套具有一个最小长度,使泵的吸入口与排出口严密地隔开,这是第三类密封性条件。

螺杆和泵套之间的间隙不能过大,否则高低压腔仍有连通的危险。对于结构和制造上的这种要求,称为第四类密封性条件。

下面分别讨论四类密封性条件:

一、第一类密封性——对螺杆齿形的要求

要使相互啮合螺杆的接触线将各螺旋凹槽分割成互不相通的两部分(见图 1.4),只有当从动螺杆的螺纹棱边 $6'-7'$, $8'-9'$ 线段和外圆柱表面接触线 $7'-8'$, 在主动螺杆上有相应的接触线段 $6-7$, $8-9$ 和根圆柱表面接触线 $7-8$ 时,才能保证主动螺杆的螺旋凹槽 $9-8-7-6-5-3''$ 与 $6-7-8-9-10-12''$ 分割成为互不相通的两部分。同样,主动螺杆的螺纹棱边和外圆柱表面接触线在从动螺杆上也有相应的接触线时,从动螺杆的螺旋凹槽也被分割成互不相通的两部分。这些接触线在螺旋凹槽内都是连续的,它们在外圆柱表面上呈圆弧线,其投影在螺杆横截面上(垂直于螺杆轴心线的截面)为 $5-6-7-8-9-10$ 与 $2'-3'-4'-5'-6'-7'$ 双角形的闭合圆弧线。假如这个闭合圆弧线不封闭而有间断,或是它同螺杆的外圆或根圆脱开,那末液体就会沿着间断或脱开的缺口流通,即破坏了第一类密封性的要求。螺杆横截面上的闭合圆弧线同主动螺杆与从动螺杆的共轭齿廓的啮合线相重合,构成共轭齿廓,不是为了传递旋转运动,而是为满足第一类密封性条件的要求。

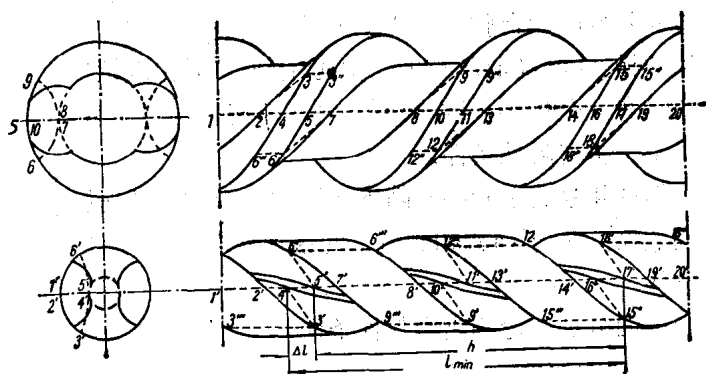


图 1.4 螺杆密封线

从平面齿轮的啮合原理可知,一对齿轮的啮合线,就是这一对齿轮在固定坐标系中啮合点的运动轨迹,而啮合点的运动轨迹又是取决于齿形发生曲线的形状。如渐开线齿轮的啮合线就是两个基圆的公切线,即为一 条直线,啮合点的运动轨迹之所以是一条直线,是因为渐开线齿形的发生曲线是一条直线沿基圆作无滑动的滚动而形成。为了使齿轮的啮合线呈圆弧形,采用摆线啮合齿形是完全可能的,因两摆线齿廓的啮合线是由两段圆弧线所组成的,这乃是螺杆横截面齿形采用摆线啮合齿形的原因之所在。

实际上,从动螺杆的棱边在运转中将迅速磨损,破坏了第一类密封性。因此,对从动螺杆齿形的棱边要加以某种修正(齿形修正的方法在第二章内叙述),但修正齿形的啮合线仍须“基本上满足”第一类密封性的要求。

二、第二类密封性——螺杆的根数和头数的关系

第一类密封性使得螺杆凹槽 A 和凹槽 C, E 隔绝开来,但和凹槽 B, D 仍然相通,如图 1.5 所示。如果螺杆的根数和头数取得不当,这种相通仍会使高低压腔连通,破坏了泵的密封性。

我们采用平行四边形来表示螺旋凹槽内的液体流动情况,如图 1.6 所示。凸螺杆的凹槽 A , 通过线段 cd 与 gh 同凹槽 B, D 相通,即凸螺杆凹槽 A 内的液体,只能由平行四边形 $bcfg$ 的长对角线 cg 二端同凹螺杆凹槽相通,而凹螺杆凹槽 B 内的液体,只能由平行四边形的短对角线 $c'g'$ 二端同凸螺杆凹槽相通,通常称以上相通对角线的二端为孟氏结(卡尔·孟特利乌斯结)。根据这个方法,就可以画平行四边形来代替螺杆的螺旋凹槽,并判别啮合螺杆的密封腔是否闭合,如图 1.7 所示。

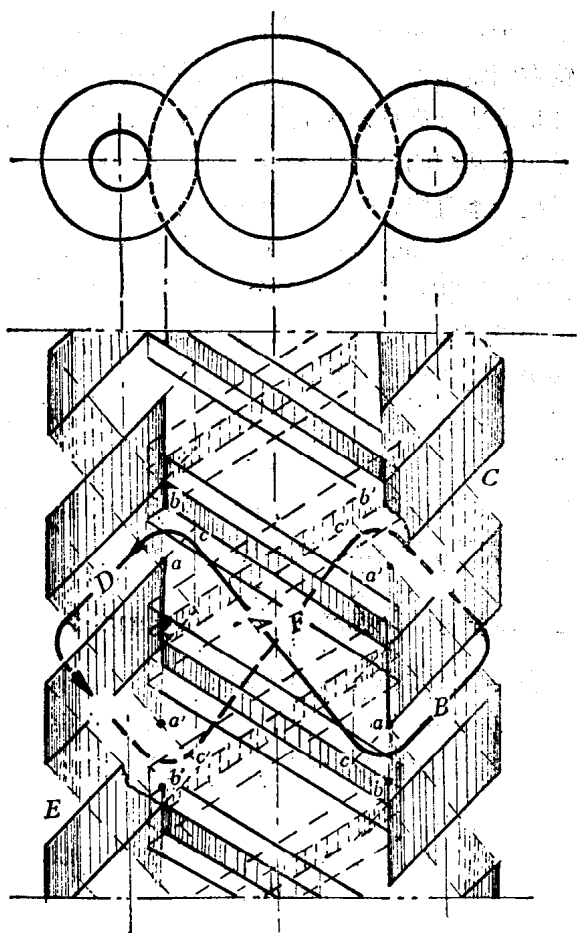


图 1.5 螺杆啮合图

在图 1.7 中为三根啮合螺杆，(a) 图中间为凸螺杆（螺纹头数为 1），两侧为凹螺杆（螺纹头数为 1），实线为正面凹槽，虚线为背面凹槽。根据孟氏结原理，凸螺杆凹槽 B 经过长对角线的孟氏结与凹螺杆的凹槽 C 相通，而凹槽 C 经过短对角线的孟氏结与凹螺杆 D 相通， D 与 A' 相通， A' 又与 B' 相通，…

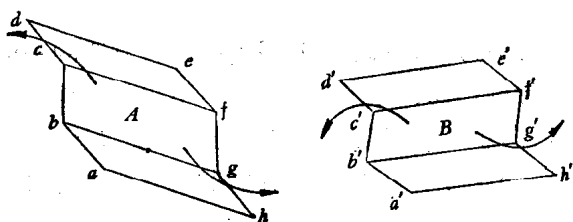


图 1.6 螺杆凹槽示意图

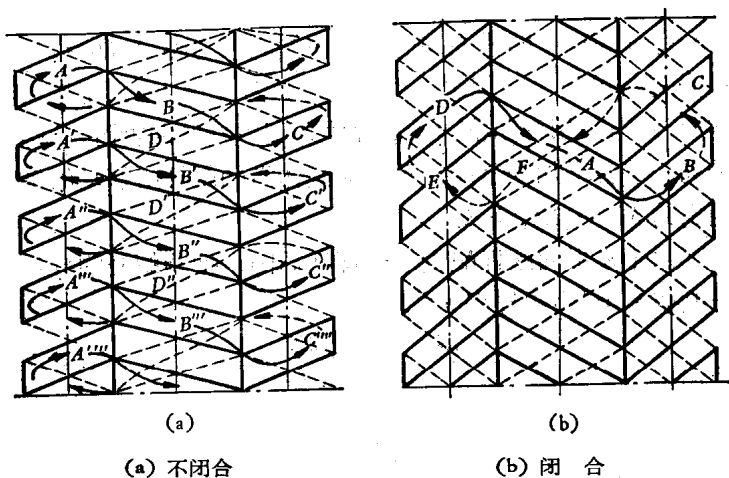


图 1.7 第二类密封性判别图

…一直相通下去,使得泵的吸入口与排出口连通,故这组啮合螺杆的密封腔就不闭合了。

图 1.7(b) 为一根凸螺杆(头数为 2)和两侧的二根凹螺杆(头数为 2)。凸螺杆的凹槽 A 经过长对角线的孟氏结与凹螺杆的凹槽 B 连通,而凹槽 B 经过短对角线的孟氏结与凹槽 F 连通, F 与 D 连通, D 又与凹槽 A 连通,使得凹槽 A, B, F, D 构成一个空间的闭合回路,把泵的吸入口与排出口隔开。

那末,相互啮合螺杆的密封腔具有什么样的螺杆根数和