

朱锡成 周兴业 赵恒枫 编



齿轮螺杆式 液压泵及马达

机械工业出版社

齿轮螺杆式液压泵及马达

朱锡成 周兴业 赵恒枫 编

裘丽华 审

本书全面地介绍了外啮合、内啮合齿轮泵及马达和螺杆泵及马达的分类、特性、结构、设计、试验、选择与使用维护等内容。其中，对外啮合齿轮泵的特性、结构特点、设计程序和试验方法作了较详细的叙述。

本书实用性强，内容新，可供从事液压元件设计、使用、维护工作的工程技术人员及大专院校师生参考。

本书第一章至第六章由朱锡成编写；第七章和第八章由周兴业编写；第九章由赵恒枫编写。全书由朱锡成主编，裘丽华主审。

齿轮螺杆式液压泵及马达

朱锡成 周兴业 赵恒枫 编

裘丽华 审

*

责任编辑：范兴国 责任校对：孙志筠

封面设计：刘代 版式设计：霍永明

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

人民交通出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $6^{1/2}$ · 字数142千字

1988年10月北京第一版·1988年10月北京第一次印刷

印数 00,001—3,750 · 定价:2.10元

*

科技新书目: 175-003

ISBN 7-111-00360-8/TH·61



目 录

第一章 齿轮泵概述	1
第一节 齿轮泵的现状	1
第二节 齿轮泵的分类	2
第三节 外啮合齿轮泵的工作原理	5
第二章 齿轮泵的特性分析	7
第一节 流量和流量脉动	7
一、有关流量的几个术语的定义	7
二、流量的计算	8
三、流量脉动	12
第二节 困油现象及消除困油危害的方法	16
一、困油现象的产生及危害	16
二、消除困油危害的方法	21
第三节 外啮合齿轮泵的径向力及减小径向力的措施	35
一、齿轮泵的径向力	35
二、从动齿轮轴支反力的计算	38
三、减小径向力和提高齿轮轴轴颈及轴承负载能力的措施	42
第四节 齿轮泵的效率及提高效率的措施	51
一、有关效率的几个术语的定义	51
二、齿轮泵的效率	52
三、齿轮泵的容积损失	53
四、提高效率的措施	55
第五节 齿轮泵的噪声与气穴现象	57
一、齿轮泵的噪声	57
二、降低齿轮泵噪声的措施	58

三、齿轮泵的气穴现象	59
第三章 齿轮泵的结构特点	60
第一节 固定间隙的齿轮泵	60
第二节 液压自动补偿间隙的齿轮泵	62
一、浮动侧板式轴向间隙补偿装置	63
二、挠性侧板式轴向间隙补偿装置	71
三、轴向间隙和径向间隙均可自动补偿的齿轮泵	71
四、特殊结构的齿轮泵	78
第四章 外啮合齿轮泵的设计程序	82
第一节 性能参数的确定	82
第二节 齿轮参数的确定	85
第三节 泵的结构设计	89
一、泵体结构的确定	89
二、齿轮结构的确定	89
三、间隙补偿装置的确定	90
四、轴承的选择、计算及润滑	90
五、卸荷槽尺寸计算	96
六、进、出油口尺寸及流速计算	96
七、齿轮轴支反力的计算	96
八、部分零件强度核算	97
九、液压平衡的计算	100
十、尺寸链计算	100
第五章 齿轮泵的试验	101
第一节 试验项目和试验方法	101
第二节 试验条件	107
一、试验装置	107
二、参数测量的稳态条件	109
三、试验用油液	109
四、试验装置液压系统原理图	109

IV

五、压力计和温度计安装位置	109
第三节 齿轮泵的特性曲线	112
第六章 齿轮泵的选择与使用维护	117
第一节 齿轮泵的选择	117
一、使用条件	117
二、泵的选择	117
第二节 齿轮泵的使用与维护	119
一、泵的安装	119
二、液压油的选用与保养	121
三、泵的运转	124
第三节 齿轮泵的常见故障及排除方法	125
第七章 内啮合齿轮泵	128
第一节 渐开线齿形月牙填隙片式内啮合齿轮泵	128
一、结构及工作原理	128
二、间隙补偿特点	130
三、挠性轴承特点	133
四、轴承的润滑	134
五、效率	134
六、噪声	134
七、排量和流量	135
第二节 摆线转子式内啮合齿轮泵	136
一、结构及工作原理	136
二、泵的特点	138
三、泵的缺点	140
四、转子齿廓	140
五、泵的设计	142
第八章 齿轮式液压马达	144
第一节 普通型齿轮马达	144
一、外啮合齿轮马达的结构及工作原理	144

二、内啮合摆线转子马达	145
第二节 齿轮马达的性能	147
一、启动和低速性能	147
二、转速性能	148
第三节 密封块式齿轮马达	149
一、工作原理及结构特点	149
二、扭矩特性	151
第四节 齿轮式液压马达的选择和使用	162
一、齿轮式液压马达的选择	162
二、齿轮式液压马达的使用和注意事项	163
第五节 齿轮式分流器	164
一、特点	165
二、工作原理	166
三、性能	168
第九章 三螺杆泵	171
第一节 概述	171
一、三螺杆泵的优点和用途	173
二、三螺杆泵输送介质的种类	174
第二节 工作原理及密封线的形成	174
一、工作原理	174
二、密封线的形成	175
第三节 螺杆泵的设计与计算	178
一、螺杆螺纹的理论摆线齿形与修正	178
二、作用在螺杆上的力	182
三、主要性能参数计算	186
四、三螺杆泵的设计与计算	187
第四节 三螺杆泵的结构与制造	190
一、三螺杆泵的典型结构	190
二、螺杆和衬套的制造	191

VI

第五节 三螺杆泵的选择与使用	195
一、三螺杆泵的选择	195
二、三螺杆泵的自吸能力及吸入条件	195
三、三螺杆泵的使用维护与故障处理	197
第六节 螺杆式液压马达	199
一、工作原理	199
二、设计与计算	199
参考文献	201

第一章 齿轮泵概述

第一节 齿轮泵的现状

在液压传动与控制技术中，齿轮泵占很大的比重，它广泛应用于机床、轻工、农林、冶金、矿山、建筑、船舶、飞机、汽车、石化机械等机械产品的液压系统中。其主要特点是结构简单，体积小，重量轻，自吸性能好，耐污染，使用可靠，寿命较长，制造容易，维修方便，价格便宜，概括起来讲是好造、好用、好修、经济。齿轮泵也有不少缺点，主要是流量和压力脉动较大，噪声较大，排量不可变，高温效率较低。这些缺点在某些结构经过改进的齿轮泵上，已得到很大的改善。在国外，变量齿轮泵的研究正在进行。

近几年来，齿轮泵的工作压力有了很大提高，额定压力达到25MPa，最高压力达到31.5MPa。另外，产品结构也有不少改进，特别是三联、四联齿轮泵的问世，部分地弥补了齿轮泵不能变量的缺点。其使用领域也在不断扩大，许多过去用轴向柱塞泵的液压设备也已改用齿轮泵（如工程起重机等）。

在国外某些工业发达国家，内啮合齿轮泵的产量占很大比例，有些国家内啮合与外啮合泵的产量比接近1:1。我国的内啮合齿轮泵产量不大，特别是渐开线齿形的内啮合齿轮泵，尚处在研制阶段。

齿轮泵是我国最早生产的液压元件之一，压力从0.5MPa至25MPa（最高压力31.5MPa），流量从3l/min至400l/min

的齿轮泵均有生产。产品性能除使用寿命外，已接近或达到国外先进水平，产品结构也有创新。据不完全统计，我国生产的齿轮泵型号有CB、CB-B、CB-F、CB-G、CB-N、CB-P、CB-Q、CB-Z等二十余种，还不包括军工部门生产的产品。

第二节 齿轮泵的分类

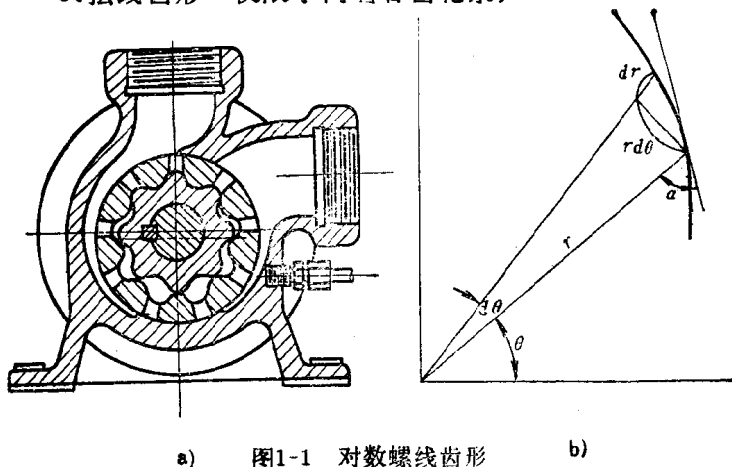
齿轮泵虽然结构简单，但种类繁多，根据不同的分类方法，可分类如下：

一、按齿轮啮合形式分

1. 外啮合式；
2. 内啮合式。

二、按齿形曲线分

1. 渐开线齿形；
2. 圆弧齿形 仅限于外啮合齿轮泵；
3. 摆线齿形 仅限于内啮合齿轮泵；



a) 图1-1 对数螺旋线齿形

b)

a) 对数螺旋线齿形的泵 b) 对数螺旋线

- 4.次摆线齿形 仅限于内啮合齿轮泵；
- 5.正弦曲线齿形 仅限于外啮合齿轮泵；
- 6.对数螺线齿形（见图1-1） 仅限于内啮合齿轮泵。

三、按齿向分

- 1.直齿齿轮；
- 2.斜齿齿轮；
- 3.人字齿轮；
- 4.圆弧齿面齿轮（见

图1-2）。

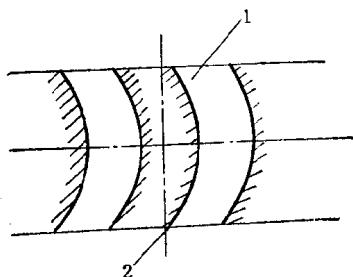


图1-2 圆弧齿面齿轮
1—齿间 2—齿轮轴线

四、按齿轮个数分

——指一个泵体内的齿轮数

- 1.二个齿轮；
- 2.三个以上齿轮，图1-3所示为三齿轮式泵。

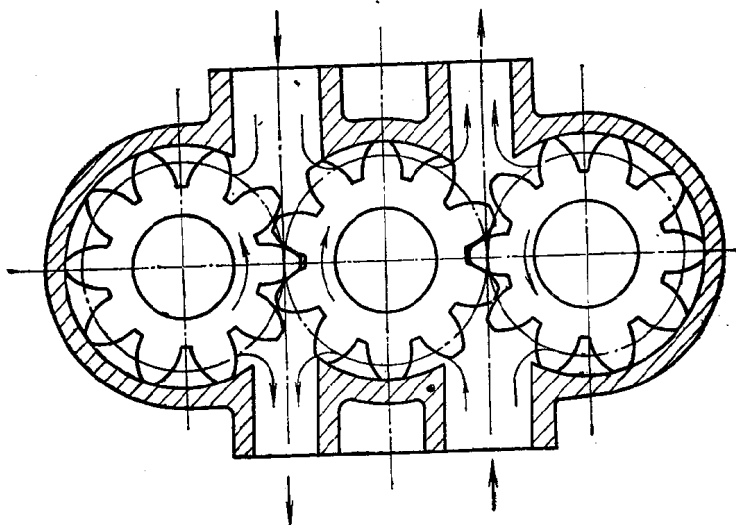


图1-3 三齿轮式泵

五、按齿轮泵组合形式分

1. 单泵；
2. 双联泵；
3. 多联泵。

双联泵和多联泵可以是一个总进油口，也可以每个泵单独设进油口。

六、按侧面间隙是否可调分

1. 固定间隙式；
2. 可调间隙式。

七、特殊结构的泵

1. 侧面排油的泵 如图1-4所示，齿轮啮合处的轴向两侧面是排油口，齿顶面不受排油压力的作用，因此减少了轴承负荷，可提高机械效率。

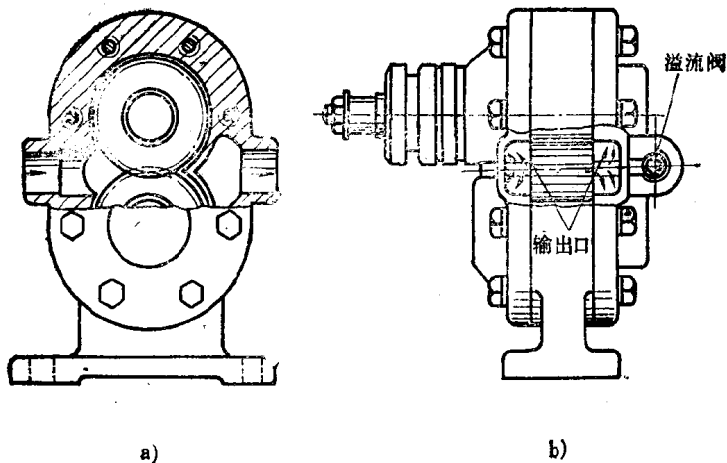


图1-4 侧面排油的泵

2. 非圆形齿轮的齿轮泵 典型结构是椭圆齿轮式齿轮泵，如图1-5所示。

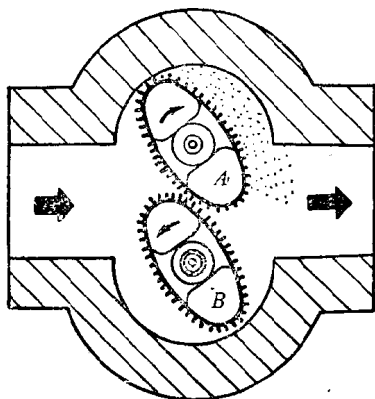


图1-5 椭圆齿轮式齿轮泵

第三节 外啮合齿轮泵的工作原理

由于齿轮啮合形式及齿形不同，由它们构成的齿轮泵的工作原理也各异。本节仅叙述具有相同参数的渐开线外啮合齿轮泵的工作原理。如图1-6所示，齿轮泵主要由两个相互啮合的齿轮Ⅰ和Ⅱ，以及容纳它们的泵体Ⅲ和前后泵盖Ⅳ所组成。在泵体上，于齿轮开始和脱离啮合之处，分别开有排油口和吸油口。由轮齿6、7、8、8'、7'的表面及泵体的内表面组成吸油腔，由轮齿1、2、3'、2'、1'的表面及泵体的内表面组成压油腔，两腔互不相通。

当主动齿轮Ⅰ和从动齿轮Ⅱ按箭头所示方向旋转时，由于轮齿6和7'的顶圆半径所扫过的容积，大于轮齿8和8'的啮合点半径所扫过的容积，致使吸油腔的容积增大，产生真空吸入液体。充满齿间的液体，沿泵体内表面被带到排油腔，在排油腔，由于轮齿2和3'的顶圆半径所扫过的容积，大于轮齿1和1'的啮合点半径所扫过的容积，致使其容积减小，将液体排出。随着齿轮不断地旋转，齿轮泵就不间断地吸油和排油。其输出压力决定于负载和排油管路的压力损失。

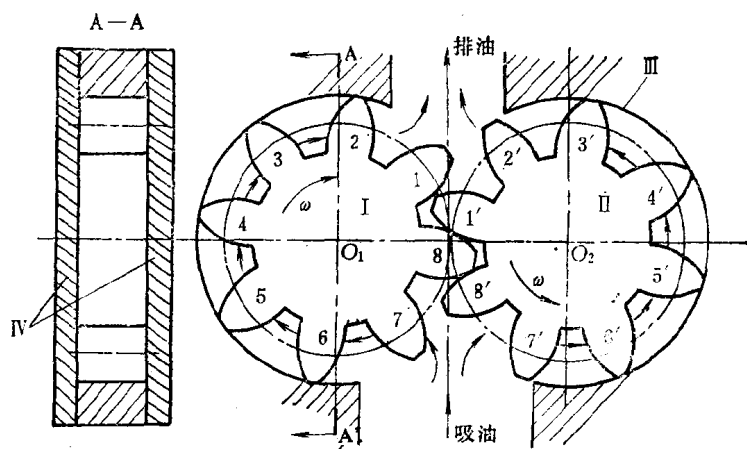


图1-6 齿轮泵工作原理图

第二章 齿轮泵的特性分析

齿轮泵除具有流量和容积效率、扭矩和机械效率、功率和总效率等基本特性外,还存在着困油、噪声和气穴等现象,这些特性和问题直接影响着齿轮泵的质量,本章将对它们进行综合分析。

第一节 流量和流量脉动

一、有关流量的几个术语的定义

1. 泵的排量

排量分几何排量和有效排量。泵每转一转所排出液体的体积,叫泵的排量,单位为 ml/r 。一般以排量多少称呼齿轮泵的规格,如40泵即排量为40 ml 的齿轮泵。

几何排量也称理论排量,是不计尺寸偏差、缝隙及变形等因素,按几何尺寸算得的排量。

有效排量也称实际排量,是泵在设定工况下的实际排量。

2. 泵的理论流量

单位时间内流过的流体量称流量,分体积流量、质量流量、重量流量。通常所说的流量是指体积流量。

根据泵的几何尺寸计算所得的流量称泵的理论流量,一般是指平均理论流量,单位为 l/min 。

3. 额定流量

泵在额定工况下的流量。额定工况是指规定的转速、压

力、温度。

4. 公称流量

泵在名义上的流量。通常所说的泵的流量，即泵的公称流量。

5. 瞬时流量

泵在某一瞬时排出的液体体积，一般指瞬时理论流量。

6. 平均流量

泵在某一时间间隔内，按时间平均计算的流量。

二、流量的计算

1. 排量的近似计算

理论排量 q 的近似计算公式为

$$q = 2Zfb \times 10^{-3} (\text{ml/r}) \quad (2-1)$$

式中 Z ——齿轮的齿数；

f ——齿轮齿廓间的面积 (mm^2)；

b ——齿轮的宽度 (mm)。

齿轮齿廓间的面积 f 的精确值，须用平面求积仪根据实际所画出的两齿廓曲线之间的图形求出或用其他办法求出。

但这样做比较麻烦，

一般用近似法来计算，即用同一模数、同一齿高齿条的两齿间面积来代表（见图 2-1）。

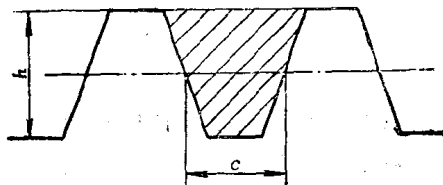


图 2-1

$$f = ch$$

式中， $c = \frac{\pi m}{2}$ ； $h = (D_0 - D) = 2m$ 。所以

$$f = \frac{\pi m}{2} (D_o - D) = \pi m^2$$

式中 D_o ——齿轮的顶圆直径 (mm) ;

D ——齿轮的节圆直径 (mm) ;

m ——齿轮的模数。

将 f 代入式 (2-1), 可得理论排量的近似计算公式为

$$q = 2\pi m^2 Z b \times 10^{-3} (\text{ml/r}) \quad (2-2)$$

2. 排量的精确计算

排量的精确计算, 由于两齿轮啮合的重迭系数大小, 有无齿侧间隙及卸荷槽的结构形状不同, 能列出多种排量计算公式。

在齿轮泵的设计中, 应用最普遍的排量公式为

$$q = 2\pi b \left(R_o^2 - R^2 - K \frac{t_j}{12} \right) \quad (2-3)$$

式中 R_o ——齿轮的顶圆半径 (mm) ;

R ——齿轮的节圆半径 (mm) ;

t_j ——齿轮的基节, $t_j = \pi m \cos \alpha_0$;

K ——在推导过程中, 由积分运算产生的系数。当不考虑封闭容积的液体时

$$K = 4 - 6\varepsilon + 3\varepsilon^2$$

式中 ε ——啮合重迭系数。

因为大多数齿轮泵的齿数 Z 在 8~14 范围内选取, K 的平均值接近于 1.2, 所以式 (2-3) 可近似为

$$q = 2\pi b (R_o^2 - R^2 - m^2 \cos^2 \alpha_0) \quad (2-4)$$

式中 α_0 ——刀具压力角。

当 $\varepsilon = 1$ 或开有对称的双卸荷槽时, $K = 1$ 。此时泵的排量计算公式为