内啮合齿轮泵的排量分析

李宏伟，张方晓

Displacement Research of Internal Gear Pumps

LI Hong-wei，ZHANG Fang-xiao

（济南大学 机械工程学院，山东 济南　250022）

摘　要：文章根据内啮合齿轮泵的工作原理，推导了新的排量计算公式，与现有文献中的排量计算公式作了详细的比较。

关键词：内啮合齿轮泵；排量；计算公式

中图分类号：TH137　**文献标识码**：B　**文章编号**：1000-4858（2007）02-0067-03

1　引言

齿轮泵是液压传动系统中常用的液压元件，在结构上可分为外啮合齿轮泵和内啮合齿轮泵两大类。内啮合齿轮泵具有结构紧凑、尺寸小、重量轻等优点，并且由于齿轮同向旋转，相对滑动速度小、磨损轻微、使用寿命长、流量脉动远比外啮合齿轮泵小，因而压力脉动和噪声都比较小。同时，内啮合齿轮泵允许使用较高的转速，可获得较高的容积效率。排量和流量的计算是齿轮泵设计、制造和使用中经常遇到的问题，但在现有资料中，内啮合齿轮泵的排量计算基本依照下面的公式[1]：

$$V=\pi B\left[2R_1'(h_1'+h_2')+h_1'^2-\frac{R_1'}{R_2'}h_2'^2-\left(1-\frac{R_1'}{R_2'}\right)\frac{t_j^2}{12}\right] \tag{1}$$

式中　B——齿宽

h_1'、h_2'——有效齿顶高

t_j——基节

R_1'，R_2'——节圆半径

从式（1）可以看出，依据此公式计算内啮合齿轮泵的排量比较繁琐，且物理意义不明确，下面我们将寻求一个比较简捷并且物理意义明确的计算公式。

2　内啮合齿轮泵的排量分析

根据内啮合齿轮泵的工作原理，在其工作过程中，当小齿轮（或齿圈）的轮齿的顶点到达 2 个齿轮齿顶圆的交点时，该齿开始排油（如图 1a 所示）。当小齿轮和齿圈的轮齿处于图 1b 中所示阴影位置时，该齿排油结束并且其排油量达到最大。

万方数据

因此，根据齿轮泵排量的定义可得，内啮合齿轮泵

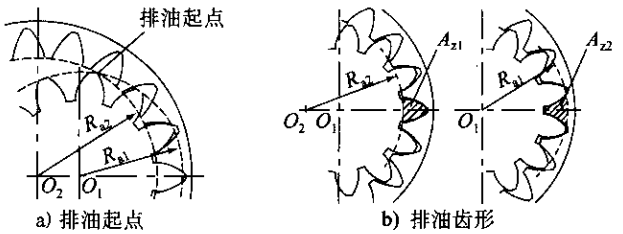


图 1　内啮合齿轮泵工作原理

的排量计算公式为：

$$V=Bz_1(A_{z1}+A_{z2}) \tag{2}$$

式中　B——齿宽

z_1——小齿轮齿数

A_{z1}、A_{z2}——齿轮的有效工作齿的截面积

但是，公式（2）中 A_{z1} 和 A_{z2} 的齿廓是由 2 段渐开线、2 段圆弧、2 段过渡曲线和 2 段倒角圆弧组成的，因此，A_{z1} 和 A_{z2} 的齿廓用数学公式表达是很困难的。根据图 2a 所示，我们可知，公式（2）中 $z_1\times(A_{z1}+A_{z2})$ 的值与图 2b 中的环形面积近似相等，其误差如图 2a 所示，因此内啮合齿轮泵的排量计算公式可近似为：

$$V=\pi B(R_{a1}^2-R_1^2)$$

又，$R_1=R_{a2}-a'$，所以：

$$V=\pi B(R_{a1}^2-(R_{a2}-a')^2] \tag{3}$$

式中　R_{a1}、R_{a2}——齿顶圆半径

a'——变位后中心距

收稿日期：2006-07-11

作者简介：李宏伟（1955—），男，山东昌邑人，教授，主要从事液压系统设计、电液比例控制技术、液压系统的计算机控制技术方面的教学与研究工作。

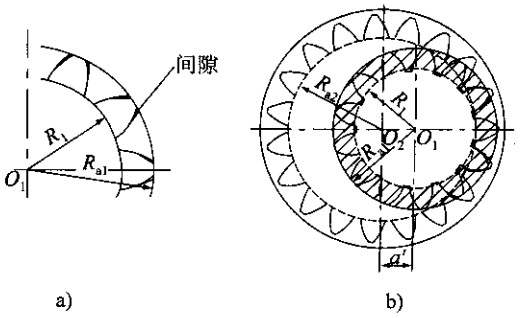


图 2 齿形

在公式(3)的计算值不变,即小齿轮的齿顶圆直径和有效工作齿高不变的情况下,考察齿数变化时,公式(3)与理论值(用计算机绘制齿轮的精确图形并测量 A_{z1} 和 A_{z2} 的值,将其代入公式(2)所得的计算值)的误差。

当小齿轮和齿圈的齿数分别取 $z_1 = 13$、$z_2 = 19$,$z_1 = 12$、$z_2 = 18$ 和 $z_1 = 11$、$z_2 = 17$ 时,用公式(2)、(3)计算这 3 个泵的排量,其结果如表 1 所示。

表 1 泵排量

	公式(2)计算值	公式(3)计算值	公式(3)误差
$z_1 = 13$、$z_2 = 19$	64.290	66.123	2.85%
$z_1 = 12$、$z_2 = 18$	63.974	66.123	3.36%
$z_1 = 11$、$z_2 = 17$	63.767	66.123	3.70%

由表 1 可知,公式(3)的误差随着小齿轮齿数的减少而增大,当小齿轮的齿数从 13 减少到 11 时,误差增加了 0.85%。

3 内啮合齿轮泵的排量公式的比较

我们用公式(1)、(3)分别计算标称排量为 3.5 ~ 125 mL/r 共 16 种规格的内啮合齿轮泵的排量,并将计算结果进行整理并作图(见图 3,横坐标 V 为内啮合齿轮泵的规格,纵坐标 δ 为计算值与公式 2 的误差)。

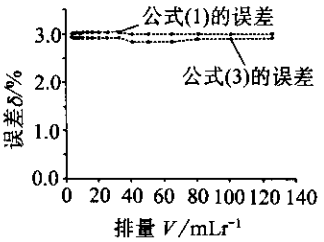


图 3 排量公式比较

从图 3 中的曲线我们可以看出,公式(3)的误差比公式(1)的误差小。

4 试验验证

我们分别对 40、64 规格的内啮合齿轮泵进行空载排量试验。试验台的测试精度为 B 级,其中主要元件如表 2 所示。

表 2 主要元件

元件	型号	测量精度
变频调速电机	YVF250M-4	
转矩转速测量仪	JSC4	0.5 级
齿轮流量计	GFM-300	±1.0%
先导式溢流阀	DB10-1-50/31.5	

根据 GB 7936—87 液压泵、马达空载排量的测定方法,B 级测试精度要求试验转速均匀分布在被试元件的最低许用转速至额定转速的范围内,转速测量档数≥5。

空载排量按下式计算:

$$V_i = 1000 \cdot \frac{N\left(\sum_{j=1}^{N} n_j q_{vj}\right) - \left(\sum_{j=1}^{N} n_j\right)\left(\sum_{j=1}^{N} q_{vj}\right)}{N\left(\sum_{j=1}^{N} n_j^2\right) - \left(\sum_{j=1}^{N} n_j\right)^2} \quad (4)$$

式中 V_i——空载排量,mL/r

N——总档数

n_j——每档的实际转速,r/min

q_{vj}——每档有效输出流量,L/min

(1) 40 规格的泵从 200 ~ 1000 r/min 分 5 档转速,在每档转速下排净空气,泵稳定工作 5 min 后,测量结果如表 3 所示。

表 3 测量结果一

转速(r/min)	200	400	600	800	1000
流量(L/min)	8.18	16.31	24.59	32.95	41.13

将试验测得的数据带入式(4),泵的空载排量为:

$$V_i = 41.27\,(\mathrm{mL/r})$$

(2) 64 规格的泵从 500 ~ 1500 r/min 分 6 档转速,测量结果如表 4 所示。

表 4 测量结果二

转速(r/min)	500	700	900	1100	1300	1500
流量(L/min)	32.68	46.00	59.02	72.44	85.16	98.56

将试验测得的数据带入式(4),泵的空载排量为:

$$V_i = 65.76\,(\mathrm{mL/r})$$

5 结论

(1) 将内啮合齿轮泵的计算值、试验值及计算值与试验值的误差列表如表 5 所示。

万方数据

KHD 三工位转台式振动成型机常见液压故障排除方法

王番平

Common Hydraulic Troubleshooting of KHD Three-position Turning Platform Vib-compactor

WANG Fan-ping

（中国铝业青海分公司 炭素厂，青海 西宁　810108）

摘　要：主要根据三工位转台式振动成型机的结构组成和液压原理，对液压系统中主要工作元件的常见故障现象及其排除方法作以总结和方向性引导，以飨同行业者参考。

关键词：成型机；工作原理；液压故障；排除方法

中图分类号：TH137　文献标识码：B　文章编号：1000-4858（2007）02-0069-03

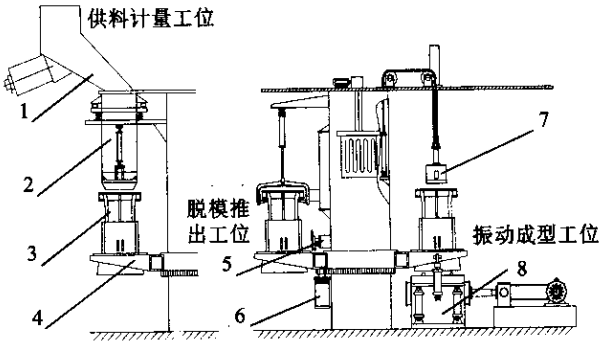
成型机是铝电解行业生阳极车间生产阳极炭块的核心设备，其工作性能的好坏不但直接影响系统产量，而且与生阳极炭块的外观质量和理化指标密切相关。中铝青海分公司炭素厂一期成型所使用的原德国KHD（现为奥托昆普）三工位转台式振动成型机，属复杂的液压设备，几乎每个工位动作的执行都是通过液压动力来实现的，因此，液压系统的复杂势必造成液压方面出现异常故障后难于查找原因，给尽快排除故障、及时恢复生产带来困难。

1　成型机的工作原理概述

1.1　基本结构组成

成型机总体分供料计量、振动成型和脱模推出 3 个工位（如图 1），而且 3 个工位在水平面内互成 120° 夹角，3 个工位之间总体由转台相互衔接；另外，还有一个液压站，为各工位执行缸提供动力源。

（1）供料计量工位　主要由电磁振动给料机和计量料斗秤组成。上道工序连续混捏机产出的阳极糊料经



1. 振动给料机　2. 计量料斗秤　3. 模具　4. 转台　5. 推块缸　6. 液压马达　7. 重锤　8. 振台

图 1　成型机总体示意图

收稿日期：2006-07-19

作者简介：王番平（1970—），男，甘肃陇西人，机械工程师，主要从事设备检测与管理工作。

表 5　计算值、试验值及误差

泵型号	公式（1）		公式（3）		试验值
	计算值	误差	计算值	误差	
40 mL/r	41.34	0.17%	41.30	0.07%	41.27
64 mL/r	65.34	−0.64%	65.28	−0.73%	65.76

由于泵马达试验台的测试精度为 B 级，存在 ±1.0% 的误差，因此通过试验测得的泵的空载排量值与理论值是有误差的，我们由表 5 的数据，可以得出本文推得的公式数据是可以应用于实践的。

（2）公式（3）与公式（2）的误差随着小齿轮齿数的减少而增大，但是其变化量不大，当小齿轮齿数从 13 减少到 11 时，其误差增加了 0.85%。如果在公式（3）中再增加一个修正系数，它将更加精确。

（3）公式（3）比公式（1）的误差小，并且几何意义明确，简单适用。

公式（3）可以作为内啮合齿轮泵的排量计算公式。

参考文献：

[1]　何存兴. 液压元件[M]. 北京：机械工业出版社，1982.

内啮合齿轮泵的排量分析

万方数据 WANFANG DATA 文献链接

作者： 李宏伟， 张方晓， LI Hong-wei， ZHANG Fang-xiao
作者单位： 济南大学,机械工程学院,山东,济南,250022
刊名： 液压与气动 ISTIC PKU
英文刊名： CHINESE HYDRAULICS & PNEUMATICS
年，卷(期)： 2007(2)
被引用次数： 2次

参考文献(1条)

1. 何存兴 液压元件 1982

引证文献(2条)

1. 李宏伟. 崔玲玲. 成小创 内啮合齿轮泵齿轮轴挠度分析[期刊论文]-机床与液压 2009(9)

2. 李宏伟. 高绍站 内啮合齿轮泵齿轮轴的受力分析[期刊论文]-液压与气动 2007(5)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_yyyqd200702026.aspx