

液压技术文集

# 液压泵和液压马达

上海煤矿机械研究所编

煤炭工业出版社

液 压 技 术 文 集

# 液 压 泵 和 液 压 马 达

上海煤矿机械研究所编

煤 炭 工 业 出 版 社

---

## 内 容 提 要

本书专题介绍液压泵和液压马达的文章共22篇，内容包括：各式液压泵和液压马达的新型结构、性能参数、设计计算方法、主要零部件的力学分析以及技术测定、试验系统、计算公式等。

本文集可供液压元件制造专业的工人和技术人员使用，也供液压专业的研究、设计人员参考。

### 液压技术文集

## 液 压 泵 和 液 压 马 达

上海煤矿机械研究所编

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张 9<sup>3</sup>/<sub>8</sub>

字数 208 千字 印数1—34,300

1976年3月第1版 1976年3月第1次印刷

书号 15035·2014 定价0.97元

62416/97

## 前 言

液压传动是某些机械实现自动化的一种有效方法，具有体积小、重量轻、起动运转平稳、能有效地控制过载、能在较大的范围内实现无级调速等优点。因此，在矿山、起重、运输等机械制造部门和许多行业中广泛采用。

收入本文集的文章，主要选自国内外液压期刊杂志，内容包括液压泵和液压马达的结构、性能、基本设计计算和试验方法等。

遵照毛主席“洋为中用”的教导，在汇编过程中，对有些内容我们作了必要的删改；希望读者在阅读时持分析的态度，结合我国的具体情况，从中吸取有用的东西，为我国社会主义生产建设服务。由于我们的思想水平和业务水平所限，不妥之处，敬希读者指正。

## 目 录

各类容积式油泵的评价和比较	1
自由柱塞泵	12
新型高压径向柱塞泵	24
轴向柱塞式液压泵-液压马达的主要结构形式和计算	
基础	31
轴向柱塞式液压泵和液压马达缸体的力学分析	63
轴向柱塞泵运动学的几个问题	84
无铰式轴向柱塞泵机构的运动学分析	95
旋转缸体与配流盘之间的分离力的计算	112
关于轴向柱塞式液压马达的扭矩脉动问题	116
高压叶片泵的叶片与定子间漏损的测定	139
低速大扭矩液压马达选型参考资料	144
多行程低速大扭矩液压马达的结构和特点	150
大扭矩液压马达	165
大扭矩液压马达-液压泵	176
雷托岗液压马达	186
有级调速多作用液压马达参数的选择	191
扑克兰 2 速型液压马达	201
低速大扭矩马达中摩擦力对油压平衡的影响	228
几种液压马达的效率和性能的比较	252
液压泵和液压马达的计算公式	263
液压泵和液压马达试验系统的分析比较	268
功率回收液压试验台	290

## 各类容积式油泵的评价和比较

K. 斯特罗茨尼克      S. 斯特吕依采克

泵是液压系统最重要的元件，其任务是把发动机的机械能转变为工作液体的静压能。在液压设备中，泵应当产生足够的工作压力和精确的流量，这样效率才高；特别在开式油路中，泵还要有一定的自吸能力。只有容积式泵才能达到这些要求。

按工作原理和结构，容积式泵可分为齿轮泵、叶片泵、螺杆泵和柱塞泵等四类。这些泵各有不同的特点，根据现有资料 and 实际试验结果，本文试图加以评价和比较，并尽可能回答为什么在同一个液压系统要用不同的泵、有没有一种可以代替其它结构的最优越的泵等问题。在设计液压系统时，比较各类泵的结构特点和功能，都是有帮助的。

### 评价容积式泵的根据

要使评价尽可能正确并能反映问题的实质，各类容积式泵都应选择一种有代表性的结构。齿轮泵以图 1-1, *a* 所示的外啮合泵为代表；叶片泵以图 1-1, *b* 所示的带滑动叶片的泵为代表；螺杆泵的典型结构见图 1-1, *c*，它虽被许多人认为是齿轮泵的变种，这里也另作一类讨论；柱塞泵的代表——轴向柱塞泵见图 1-1, *d*。

这些不同类型的泵可以根据下列特征评价：最大工作压力；最高允许转速；最大流量或最大流量调节范围；传递功

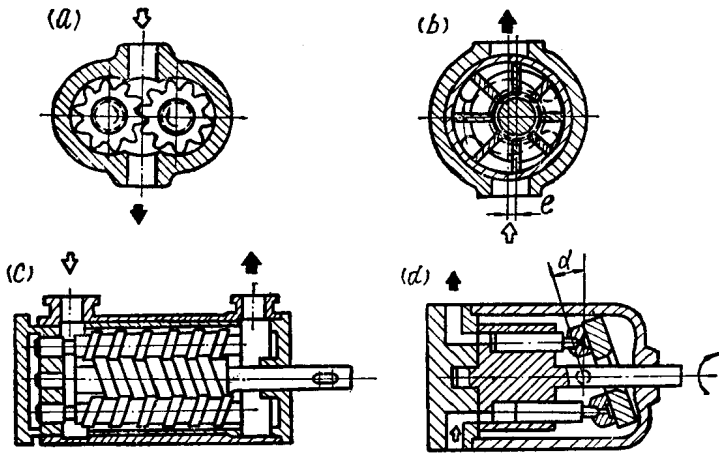


图 1-1 容积式泵

*a*—齿轮泵；*b*—叶片泵；*c*—螺杆泵；*d*—轴向柱塞泵

率，单位功率重量；容积效率和总效率；自吸能力；对污染的敏感性；流量脉冲和压力脉冲；声压级；造价。

这四类泵的上述特征通常用曲线图和数据表示。进行比较的泵的最大压力大于 25 公斤/厘米<sup>2</sup>，排量小于 500 毫升/转。这个条件不成问题，因为较小的工作压力很少出现，95%以上的容积式泵都包括上述排量范围。为避免在曲线图上出现重复，各类泵都用同一线条来表示：

齿轮泵	-----	叶片泵	-x-x-
螺杆泵	-o-o-	柱塞泵	——

### 1. 最大工作压力

只靠最大允许工作压力这个数据表示容积式泵，是不能

精确反映真实情况的。最大工作压力不仅与泵的类型有关，而且与泵的其他参数也有关系。从图 1-2 中可以看出，在整个排量范围内，柱塞泵的工作压力最大，其它泵的工作压力都较低，它们之间没有明显的区别。

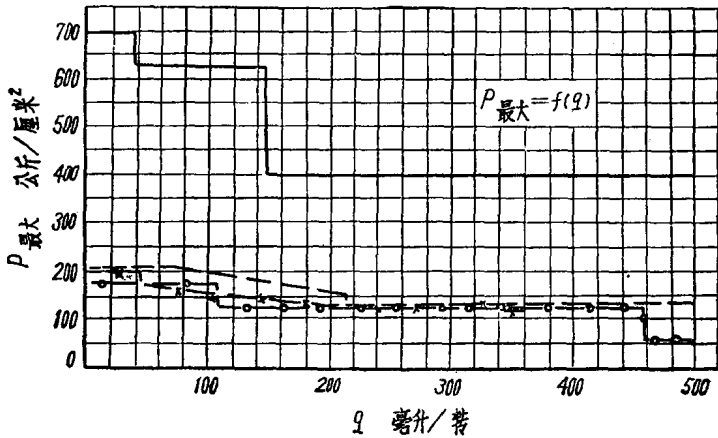


图 1-2 最大工作压力与排量的关系

## 2. 最高允许转速

最高允许转速对传递泵功率十分重要。图 1-3 表示转速的变化与这几类泵的排量的关系。在较大的排量范围内，这些泵的最高允许转速，以螺杆泵最大，以后的次序是：齿轮泵、叶片泵和柱塞泵。

## 3. 最大流量

图 1-4 表示各类泵的最大流量，其次序与最高允许转速相同。泵的其他参数一样时，流量只决定于转速。



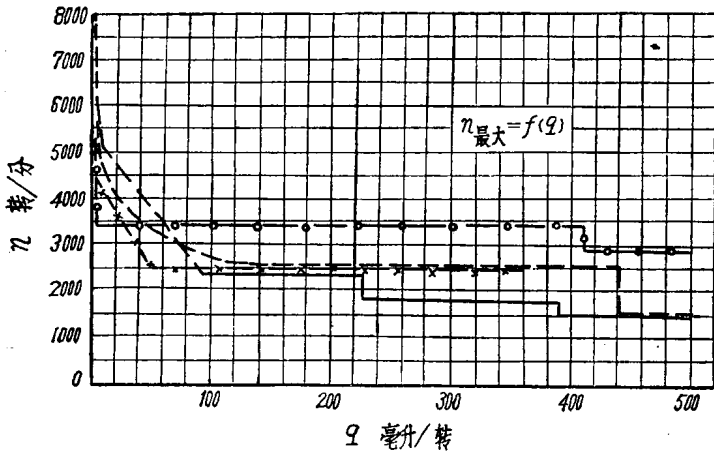


图 1-3 最高允许转速与排量的关系

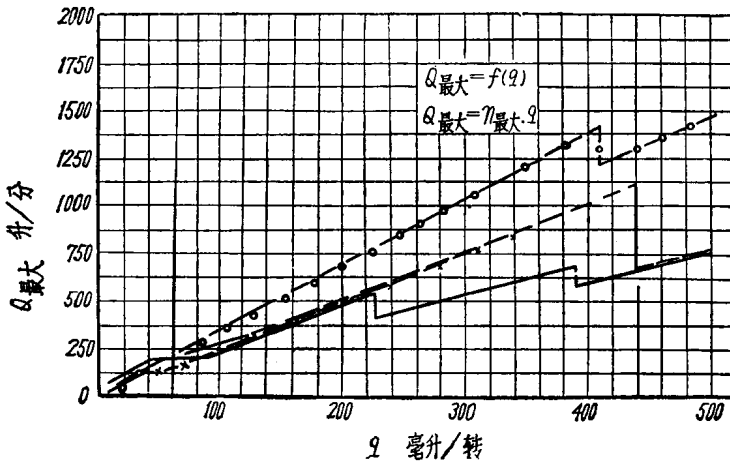


图 1-4 最大流量与排量的关系

#### 4. 传递泵功率

由图 1-4 可得出最大的理论泵功率与排量的关系 (图 1-5)。从图中可以清楚地看出, 柱塞泵比其它泵优越。其它泵的次序也可从图 1-5 中看出。此外, 还可得知各种泵在哪种机械制造范围内会出问题。某些工业部门对一些液压传动装置严格要求一定的功率范围, 这是很清楚的。

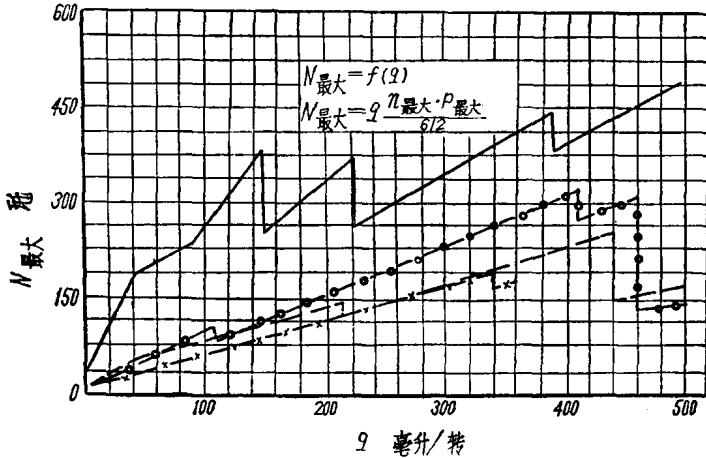


图 1-5 最大泵功率与排量的关系

#### 5. 单位功率重量

在液压系统中, 有时各种元件本身的重量, 特别是泵的重量影响很大。为了清楚表示哪类泵有这方面的优越性, 可用单位功率重量(公斤/瓩)来比较。这种比较是有意义的, 因为各类泵都用相似的材料制造, 重量差只归结为它们的不同结构。为了确定泵的单位功率重量, 可用最大流量和最高压力来计算泵的理论功率。假如各类泵的技术状况一样, 比较功率重量的最小值, 能正确列出泵的次序 (图 1-6), 即柱塞

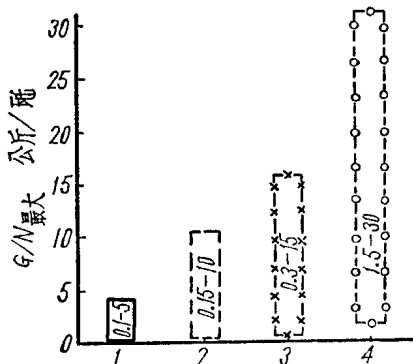


图 1-6 各类泵的单位功率重量

- 1—柱塞泵； 2—齿轮泵；  
3—叶片泵； 4—螺杆泵

泵、齿轮泵、叶片泵、螺杆泵。

### 6. 容积效率和总效率

评价泵的最重要标志，是效率特性曲线，因为它表明能量损耗。此外，容积效率表明泵的内部密封和高工作压力的范围。图 1-7~1-9 表示容积效率与工作压力、转速和运动粘

度的关系。图 1-10 表示本文所述四类泵的总效率变化与压力的关系。获得这些曲线的各类有代表性的泵的排量差别不大 ( $Q = 25 \sim 40$  毫升/转)，其它条件 (转速、温度和粘度) 相同，

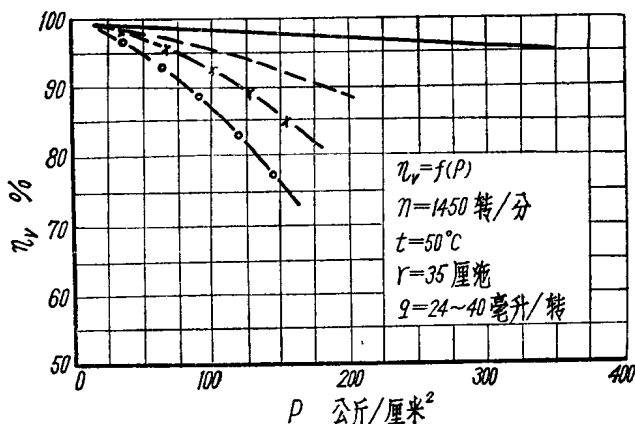


图 1-7 容积效率与压力的关系

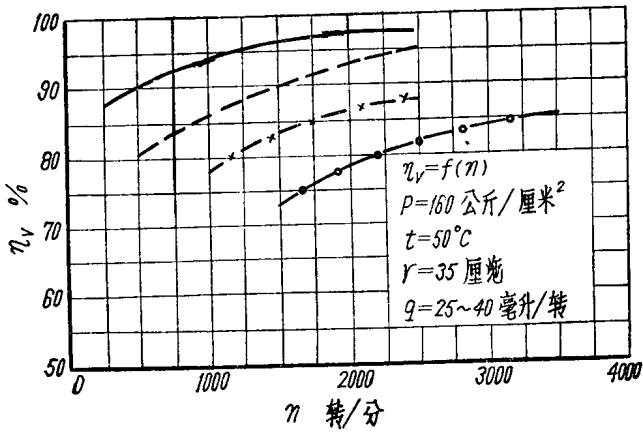


图 1-8 容积效率与转速的关系

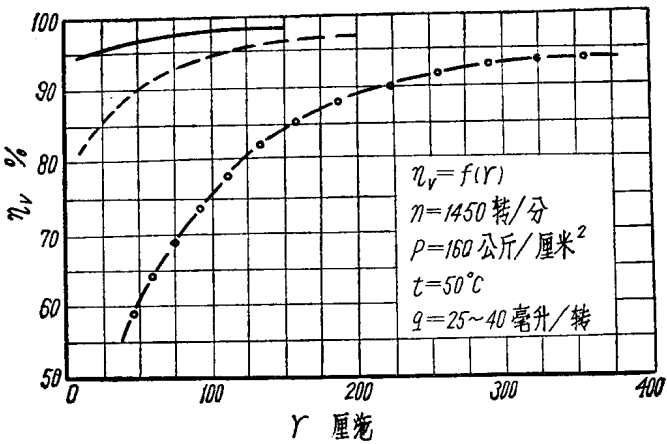


图 1-9 容积效率与运动粘度的关系

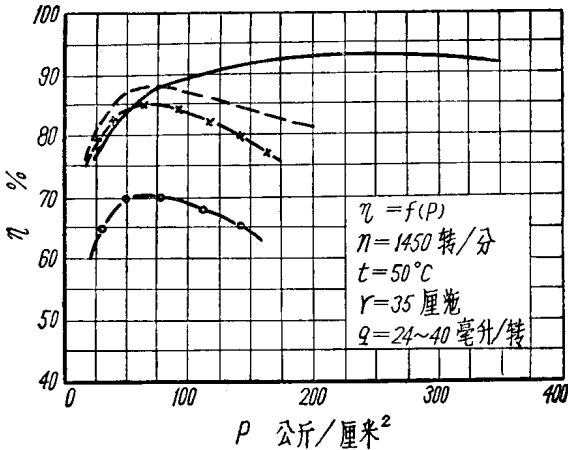


图 1-10 总效率与压力的关系

因此有可比性。从比较中可以看出这些泵的次序。

### 7. 自吸能力

自吸能力没有明确的数据，只能根据各类泵的结构特点来评价。在同样的环境条件下，如假定泵的自吸能力不受工作介质的限制，可以认为自吸能力主要由内部密封情况决定，即直接与容积效率有关。柱塞泵的自吸能力最大，其次是齿轮泵、叶片泵、螺杆泵。

### 8. 对污染的敏感性

液压系统中，在提高各类液压元件寿命和无干扰地工作的同时，还应经常保持较大的工作压力。要提高工作压力，泵应有较好的密封，产生相对运动的部件之间的间隙要小，这样就使液压元件对工作液体的污染的敏感性有所增高。如果污物和杂质不大于泵的滑动元件之间的间隙，这样的工作液体就算够干净的。根据间隙的大小、零件的材料和泵的工

作条件，可以知道柱塞泵的工作液体应当最仔细地过滤，其次是叶片泵、齿轮泵、螺杆泵。

### 9. 流量脉冲和压力脉冲

流量脉冲以及与其紧密相关的压力脉冲，在同样工作条件下决定泵的结构。脉冲一般与容积变化原理和容积的瞬间变化有关。本文比较的几类泵的次序是从理论上考虑的，不引用数学关系，可以认为柱塞泵的流量脉冲最大，其次是齿轮泵、叶片泵、螺杆泵。

### 10. 声压级

根据现有的参考资料和实际的比较测量，可以评价这些泵的声压级。从图 1-11 可清楚地看出，声压级的次序与流量脉冲的次序一样。

螺杆泵不可能进行适当的测量，也没有参考资料可查。假如声压级主要决定于压力脉冲，那么螺杆泵的声压级值最小。

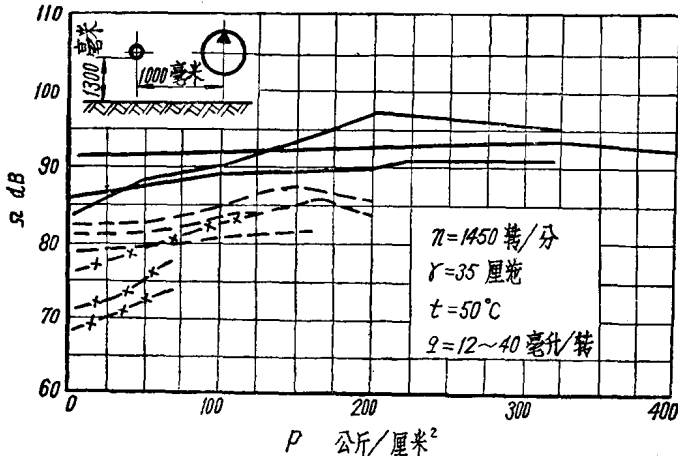


图 1-11 声压级与工作压力的关系

### 11. 造价

只了解各类泵的技术特性，对它们的比较和评价并不完整，此外，还应知道它们的造价。要客观地评价这些泵，应当采用单位造价，即每单位功率(马力)所需的平均造价进行对比，具体数据见表 1-1。柱塞泵和叶片泵的造价差额这样大，是因为这两类泵有定量和变量(流量)之分，它们的结构也不相同的缘故。叶片泵和柱塞泵的流量调节范围在选择这类泵时很重要，因此评价时必须补充考虑进去。

表 1-1 容积式泵的造价

泵 类	齿 轮 泵	螺 杆 泵	叶 片 泵	柱 塞 泵
单 位 造 价	4~8	4~8	5~30	7~50

### 总 结

要回答文章开头提出的问题，可用分数来评价容积泵。各类泵的每种特性可评 1~4 分，评 4 分算最好，其余的可按其次序得分。表 1-2 是各类泵评分的总结。尽管用打分数这种评价方法不很妥当，但表中所列的分数可以作为重要结论的基础，这些结论是：

- (1) 本文所讨论的这四类泵几乎有相同的分数；
- (2) 各类泵都有自己的特点，其结构、功用和运转方式各不相同，因此，在一定的工作条件和在一定的设备中，往往采用某种泵比较合适；
- (3) 没有一种泵可以完全代替另一类型的泵。

最后还得强调一下，这些评价和比较的根据只能反映目

前的技术状况。随着新技术的不断发展，可能会影响它们的正确性。

表 1-2 各类泵的评分总结

参 数	齿 轮 泵	叶 片 泵	螺 杆 泵	柱 塞 泵
最大工作压力	3	2	2	4
最高允许转速	3	2	4	1
最大流量	3	2	4	1
传递泵功率	2	1	3	4
单位功率重量	3	2	1	4
容积效率和总效率	3	2	1	4
自吸能力	3	2	1	4
对污染的敏感性	2	2	3	1
流量脉冲和压力脉冲	2	3	4	1
声压级	2	3	4	1
造价	4	2	3	1
流量调节范围	—	4	—	4
总 分 数	30	27	30	30

原文《O+P》1971, Nr. 6, S. 261~265

译文原载《新技术译丛》，浙江大学，1972年第一期



# 自由柱塞泵

罗伯特 莫尔

现在各种型式的泵大致可以归纳成四大类：离心泵、齿轮泵、叶片泵和柱塞泵。这几类泵的许多品种已经制造过，流量和压力的调整，往往采用节流阀、减压装置或旁通阀来实现。这些方法引起相当大的功率损失，这是因流体通过狭小的节流断面而发热所致。

尤其是旁通阀，作为经常调节的手段是不太合适的。某些制造厂采用了复杂的装置和机械，固然可以避免上述调节方法带来的缺点，可是一些制造和使用单位对于泵的结构型式的选择往往是犹豫不决的。要解决这个问题，就是自由柱塞泵研究和发展的出发点。利用离心力作用的这种新型泵能够满足下列条件：

1. 泵的排量对于消耗量可以自动调整；
2. 转换时，调整压力无损失；
3. 转换时，调整流量无损失；
4. 结构简单、坚实，工作可靠；
5. 在工作时容易调节压力和流量。

图2-1和图2-2清楚地表明这种泵的运行情况。

## 工作原理

由腔1吸入工作液体，经腔2排出。泵体3绕轴4旋转，在离心力作用下，位于行星轮5中自由滑动的柱塞6向外移动。这种离心力是由泵体的旋转以及行星轮的偏心位置产生