

液压泵 故障诊断 与排除

嵇光国 编著



机械工业出版社



液压泵故障诊断与排除

嵇光国 编著

樊天训 审



机械工业出版社

235/11
本书是为了满足当前液压设备管理、使用、故障诊断与排除的需要而编写的。主要内容有：液压泵和液压马达的合理选择与使用；齿轮泵和齿轮马达、叶片泵和叶片马达、柱塞泵和柱塞马达的故障诊断与排除。

本书是液压泵与液压马达维护修理、故障诊断与排除科研实践的总结，实用性较强，对解决液压泵、液压马达运行中出现的实际问题有广泛而具体的指导作用。

本书可作为大专院校机械类师生的教学参考书。厂矿企业液压技术培训教材，液压设备运行指南；可供液压设备安装使用、维护管理的工程技术人员、维修技术工人阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

液压泵故障诊断与排除/嵇光国编著. -北京：机械工业出版社，1997.4

ISBN 7-111-05534-9

I. 液… II. 嵇… III. ①液压泵-故障诊断②液压泵-故障修复 IV. TH137.51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 02838 号

出 版 人：马九荣（北京市百万庄南街1号 邮政编码 100037）

责任编辑：李宜春 版式设计：杨丽华 责任校对：姚培新

封面设计：李 明 责任印制：侯新民

北京市昌平精工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1997年6月第1版·1997年6月第1次印刷

787mm×1092mm^{1/32}·30 $\frac{3}{4}$ 印张·759千字

0 001—3 000册

定价：45.00元

前 言

液压技术各个领域广泛应用与发展, 液压设备的可靠运行显得更为重要。一些厂矿企业因液压设备出现故障不能迅速排除而影响生产。因此液压故障诊断作为一门实用性很强的学科进行研究, 越来越显示它的重要性。

作者从事液压故障诊断的研究工作已有 20 余年, 深感此项工作之重要。液压设备的开发, 从设计到制造出产品, 固然是一项艰难而卓越的工作, 但设计制造出的液压设备是为了使用, 且使用寿命往往是几十年, 在这几十年中, 液压设备的运行情况怎样, 如何主动预防维护, 以及故障如何诊断与排除就更为重要了。液压设备的故障大量是运行中管理维护不当造成的, 但也有很多是设计制造中的问题引发出来的。因此研究液压故障诊断不仅是为了确保设备正常运行, 对消除设计制造中遗留的故障先兆, 发展设计制造水平也是非常重要的。

液压泵是液压系统中的重要元件, 液压泵出现故障将导致整个液压系统无法正常工作。实际经验表明, 液压泵发生故障, 有设计、制造问题, 还有选型、选购、维护、使用等问题。所以了解液压泵的结构、性能, 加强维护管理, 掌握液压泵的故障诊断与排除方法, 是保证液压设备正常、可靠、稳定运行的重要途径。

为了便于读者学习和掌握液压泵安装、调试、使用、维修, 以及故障诊断与排除等方面的基本要领, 编者将长期从事液压泵故障研究及维护的实践经验, 编写成本书以供参考。

本书较系统地阐述了液压泵选用、安装、维护、管理等方面的基本知识和故障排除的方法与经验, 其内容以液压泵的合理使用与故障排除为主, 并介绍了液压油污染对液压泵的影响, 液压泵的故障检测, 以及新型液压泵与马达的性能与选用要点等。由于液压马达与液压泵结构相似, 所以本书对液压马达的故障也作了相应的分析。为了维修查找方便, 书中典型产品结构与技术参数选于《液压工程手册》, 在此向原提供图形资料的厂家及李妙成、樊天训等有关编者致以敬意。本书可供液压设备的使用、维修和管理人员学习, 也可供液压泵设计、制造者及大专院校师生参考, 还可作为液压泵故障诊断与维修方面的培训教材。

中国机械工程学会流体传动与控制专业学会樊天训高级工程师, 北京理工大学吴克晋教授在百忙中审阅了全部书稿, 谨致谢忱。

由于作者水平有限, 书中或有疏误, 敬希广大读者批评指正。

嵇光国

1997 年 1 月于北京

目 录

前言

第一章 液压泵和液压马达的合理使用	1
第一节 概述	1
第二节 液压泵和液压马达的选择与应用	22
第三节 液压泵和液压马达的合理使用	28
第四节 影响液压泵寿命的相关因素分析	33
第五节 液压油污染对液压泵的影响	36
第六节 液压泵的故障检测	54
第二章 齿轮泵和齿轮马达的故障诊断与排除	55
第一节 齿轮泵和齿轮马达的工作原理与应用	55
第二节 齿轮泵与齿轮马达的典型结构	59
第三节 齿轮泵与齿轮马达的选用	65
第四节 齿轮泵的困油现象与径向力不平衡	117
第五节 齿轮泵的泄漏控制	122
第六节 齿轮泵不能正常工作的故障诊断与排除	126
第七节 提高齿轮泵性能的措施	129
第八节 静压支承在齿轮泵侧板摩擦副上的应用	133
第九节 齿轮泵的修复与装配调整	134
第十节 齿轮泵和齿轮马达的安装调整	135
第三章 叶片泵和叶片马达的故障诊断与排除	137
第一节 叶片泵和叶片马达的工作原理与应用	137
第二节 叶片泵和叶片马达的典型结构	144
第三节 叶片泵的选用	151
第四节 叶片泵的噪声及其控制	178
第五节 配流盘拉伤与零件加工工艺	179
第六节 叶片泵不能正常工作的故障诊断与排除	181
第七节 叶片马达不能正常工作的故障诊断与排除	183
第八节 叶片泵的修复与装配调整	185
第四章 柱塞泵和柱塞马达的故障诊断与排除	188
第一节 柱塞泵和柱塞马达的基本原理与应用	188
第二节 柱塞泵和柱塞马达的典型结构	193
第三节 柱塞泵和柱塞马达的合理选用	205
第四节 柱塞泵的合理使用与故障预防	243
第五节 斜轴式轴向柱塞泵和马达	248
第六节 径向柱塞泵	316
第七节 曲轴连杆式液压马达	328
第八节 双斜盘轴向柱塞马达	344

第九节	内曲线径向柱塞马达	350
第十节	轴向球塞式液压马达	382
第十一节	摆线齿轮液压马达	390
第十二节	摆动液压马达	404
第十三节	滑靴的静压支承性能	421
第十四节	柱塞泵的噪声控制	429
第十五节	柱塞泵运动副烧伤故障分析	433
第十六节	柱塞泵和柱塞马达常见故障诊断与排除	439
第十七节	柱塞泵的寿命分析及合理使用	446
第十八节	柱塞泵的修复与装配调整	452
附录	液压泵机械行业标准	454

第一章 液压泵和液压马达的合理使用

第一节 概 述

一、液压泵与液压马达的基本工作原理

图 1-1 所示为单柱塞泵的吸、压油过程。图中柱塞 2 依靠弹簧 3 紧压在凸轮 1 上，凸轮 1 旋转使柱塞工作往复运动。柱塞 2 向右运动时，油腔 4 的容积由小变大，产生了真空，大气压力迫使油箱中的油液通过吸油管顶开单向阀 5，进入油腔 4 中，这是吸油过程。当柱塞向左移动时，油腔 4 的容积由大变小，其中的油液顶开单向阀 6 流向系统中，这是压油过程。凸轮不断旋转，泵就不断地吸油与压油。

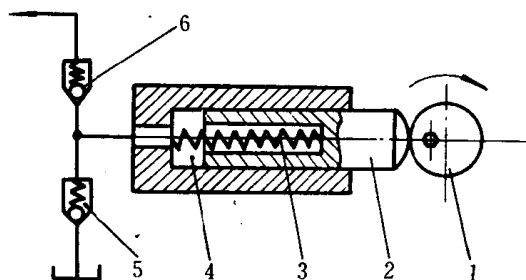


图 1-1 单柱塞容积泵示意图

由上述可知容积泵的基本特点是：必须具有若干个密封的工作腔，在运转过程中，工作腔的容积不断地由小变大，再由大变小，完成吸油与压油过程。这种泵的输油能力是由密封工作腔的数目、容积大小和容积变化速率决定的，容积泵工作所依据的基本原理是帕斯卡原理。

液压泵是一种能量转换装置，将驱动它的原动机（电动机、内燃机）的机械能转换成油液的压力能，为液压系统提供有一定流量和压力的油液，它是液压传动系统的能源。

使用液压泵时，还应知道以下几个问题：

1) 液压泵在液压系统中的作用是产生液体流（压排液体容积）并按需要向液压系统施加动力。

2) 液压泵抽吸液体（从油箱中）并将液体排出泵出油口。

3) 油液自泵出口压入系统，经过控制元件（液压阀）直到执行机构（液压缸、液压马达）。对油液来说，执行机构是一个阻力，例如有负载的液压缸活塞，就是流入液压缸压力油的阻力，与阻力 F 相适应，液压系统的油液中产生压力 P 。这个压力 P 随负载 F 增大而相应增高，直到克服这一阻力推动负载运动为止。所以液压系统中的压力 P 与液压系统中液体流相对立的阻力有依赖关系。这就是我们常说的液压系统中的压力 P 是由负载 F 决定的。

实际上，液压传动中，液体受到的压力相当于机械传动中机械构件所受到的应力；它们的大小都决定于负载。但是机械构件可以承受拉、压、弯、剪等各种应力，而液压传动中的液体只能承受压（应）力，这是二者的区别。

4) 液压泵是靠密封容积的变化完成吸油排油并向液压系统中输送液压油的。液压泵每转排出的液压油称为排量；排量与转速的乘积就是该泵的流量。泵的流量与其结构性能有关，与系统的外负载无关。

液压马达也是一种能量转换装置，它是把油液液压能转换为机械能，驱使主机工作机构转动。液压马达是液压系统中的执行元件。液压系统中使用的液压马达都是容积式的。容积

式液压马达的工作原理,是输入压力油 (p 、 Q), 输出转速 (n_m) 和转矩 (M_m)。容积式液压泵和容积液压马达是可逆的, 但具相关结构有严格区别, 在以后内容中将专门讨论。

液压泵和液压马达的图形符号见图 1-2。

5) 各种泵的性能比较见图 1-3、图 1-4。由图可知, 齿轮泵在低压低速时, 即小功率时具有优良的性能; 柱塞泵在高压高速时具有优良的性能; 叶片泵的性能在它们之间。

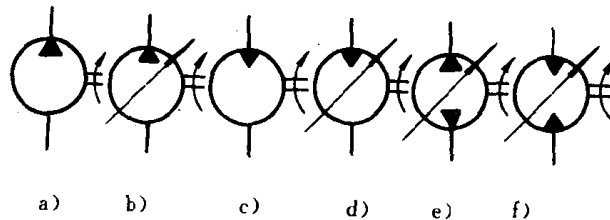


图 1-2 液压泵和液压马达图形符号

a) 定量泵 b) 变量泵 c) 定量马达 d) 变量马达
e) 双向变量泵 f) 双向变量马达

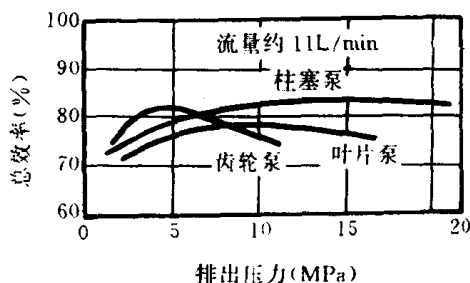


图 1-3 各类泵压力与总效率的关系

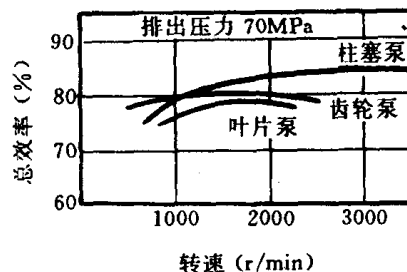


图 1-4 各类泵转速与总效率的关系

二、液压泵和液压马达的主要类型和结构特点

液压泵的类型见表 1-1, 液压马达的类型见表 1-2, 摆动液压马达类型见表 1-3。

表 1-1 液压泵分类表

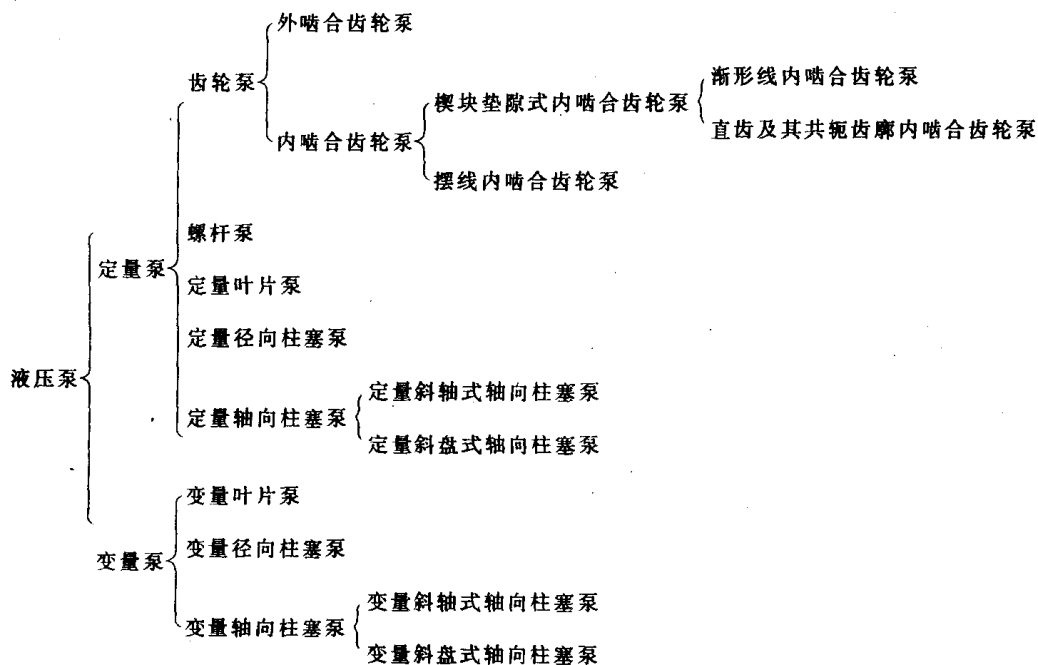


表 1-2 液压马达分类表

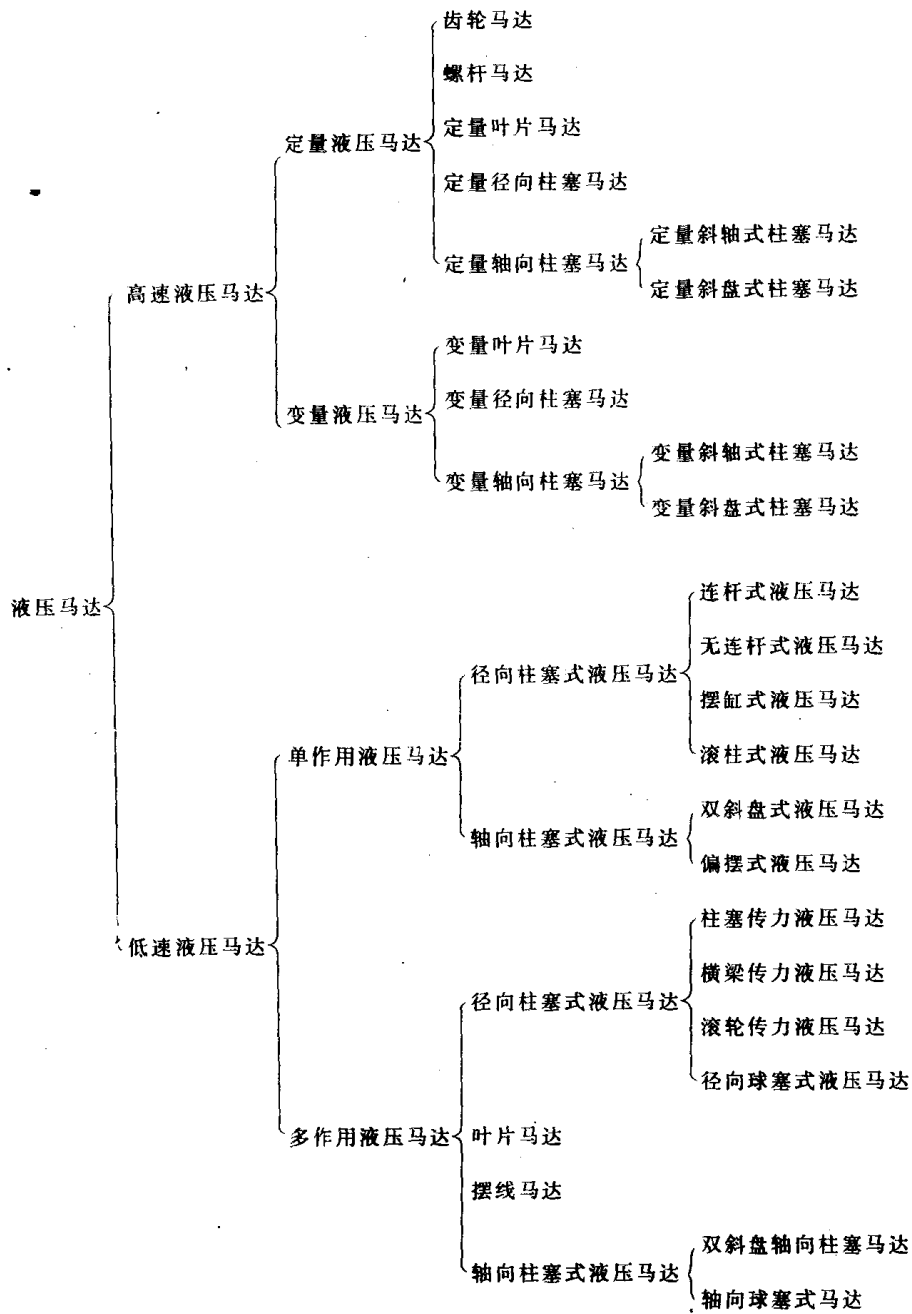
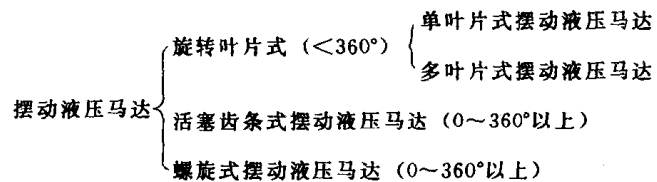


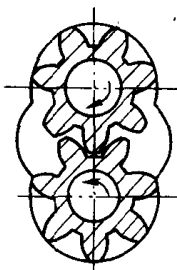
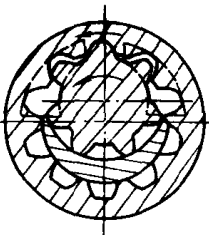
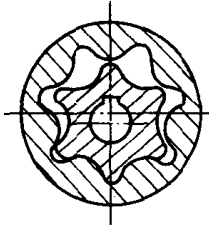
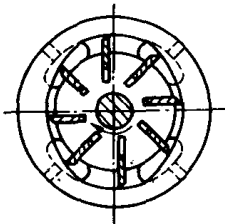
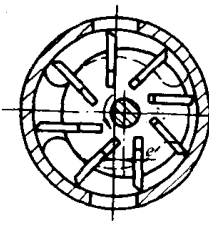
表 1-3 摆动液压马达分类表



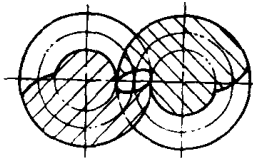
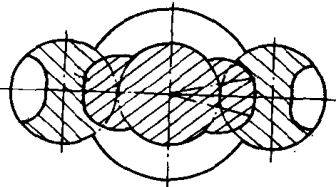
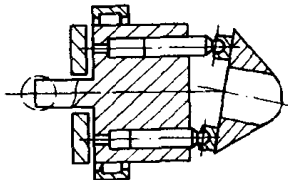
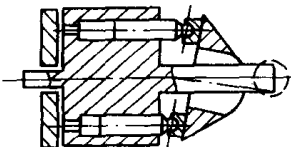
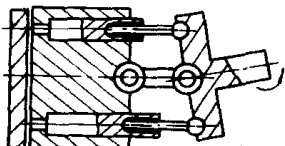
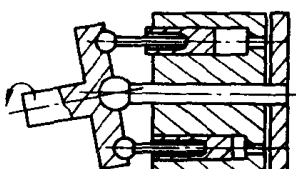
液压泵的典型结构特点见表 1-4，低速液压马达的结构特点见表 1-5。

轴向柱塞泵中，能够操纵泵的斜盘，改变倾角大小和方向，从而可以改变泵的排量的机构，称为泵变量机构。目前变量机构的种类很多，主要有恒功率控制，见表 1-6；恒压控制，见表 1-7；手动控制和手动伺服控制；见表 1-8；液压控制，见表 1-9；特殊控制，见表 1-10。

表 1-4 液压泵的结构特点

类 型		结 构 示 意 图	结 构 特 点	优 缺 点
齿 轮 式	外啮合式		利用齿和泵壳形成的封闭容积的变化,完成泵的功能,不需要配流装置,不能变量	结构最简单,价格低径向载荷大
	内啮合式		利用齿和齿圈形成的容积变化,完成泵的功能。在轴对称位置上布置有吸、排油口。不能变量	尺寸比外啮合式略小,价格比外啮合式略高 径向载荷大
	摆线齿轮式		利用齿和齿圈形成的容积变化,完成泵的功能。在轴对称位置上布置有吸、排油口。不能变量	尺寸小、价格低廉 压力较低 径向载荷大
叶 片 泵	平 衡 式		利用插入转子槽内的叶片间容积变化,完成泵的作用。在轴对称位置上布置有两级吸油口和排油口	径向载荷小,噪声较低 流量脉动小
	非平衡式		利用插入转子槽内的叶片间容积变化,完成泵的作用 在轴对称位置上布置有一组吸油口和排油口。改变定子偏心率进行变量	径向载荷大,噪声较低 流量脉动较平衡式大

(续)

类 型			结 构 示 意 图	结 构 特 点	优 缺 点
螺 杆 泵	双螺杆式			利用螺杆槽内容积的变化, 完成泵的作用 不能变量	无流量脉动 尺寸大, 质量大 径向载荷大
	三螺杆式			利用螺杆槽内容积的移动, 产生泵的作用 不能变量	无流量脉动 径向载荷较双螺杆式小 尺寸大, 质量大
轴 向 柱 塞 泵	直 轴 斜 盘 滑 靴 式	非 通 轴		径向载荷由缸体外周的大轴承所平衡, 以限制缸体的倾斜 利用配流盘配流	传动轴只传递转矩, 轴径较小。由于存在缸体的倾斜力矩, 制造精度要求较高, 否则易损坏配流盘
		通 轴		传动轴穿过斜盘, 径向载荷由传动轴支承, 利用配流盘配流	质量小、体积小, 零件种类少, 可串联辅助泵, 便于集成化。但缸体上缸孔分布圆直径较大, 滑动速度高。缸体倾斜力矩由主轴承受, 因而传动轴径较大
		双 铰		主动轴和缸体之间由双向铰连接, 利用配流盘配流	流量均匀性较高, 可提高转速, 但工艺较复杂 此种泵改变流量时必须摆动缸体, 因此所占空间较大, 使泵的体积增大
轴 向 柱 塞 泵	斜 轴 式	无 铰		用柱塞和主动盘之间的球头连杆来带动缸旋转, 由连杆的锥形表面与柱塞内壁接触来传递力矩 近来出现柱塞连杆成一体的新型斜轴泵 利用端面配流, 包括棱镜式配流盘	结构坚固, 耐冲击, 抗污染比斜盘式好 由于出现“三角形”结构, 使泵的体积大大缩小 由于变量时, 缸体倾斜角增大到 40°, 使功率/质量值进一步增大

(续)

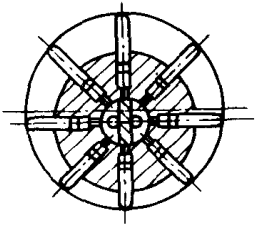
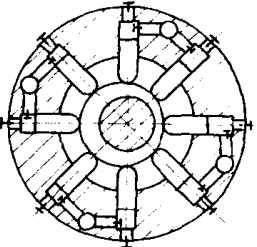
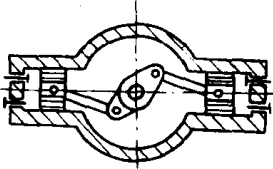
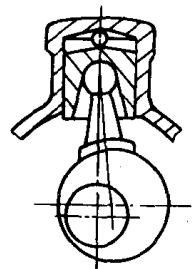
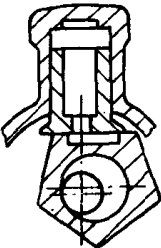
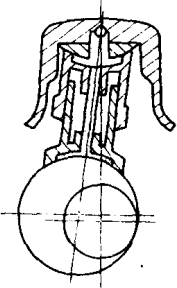
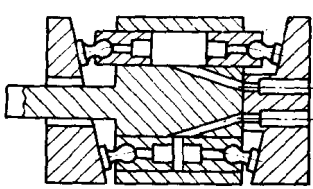
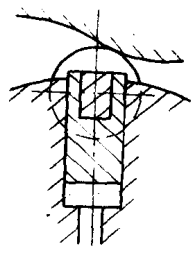
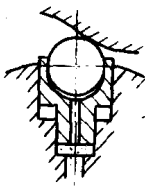
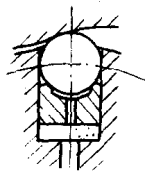
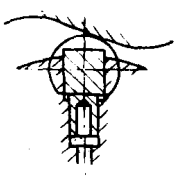
类 型		结 构 示 意 图	结 构 特 点	优 缺 点
径 向 式	轴径配流		定子壳体与缸体偏心，依靠配流轴配流，柱塞端部直接与定子壳体接触	柱塞头部易磨损。配流轴径的高低压腔不平稳，容易磨损 径向尺寸较大
	阀式配流		由曲线的偏心运动使柱塞往复运动，采用单向阀配流	工作压力高，对油的污染敏感性不大。零件数多。多数为定量泵。有一种用自身压力来关闭单独柱塞结构的泵，可实现有级变量或恒功率控制
卧 式	阀式配流		柱塞在平面内平行布置，由曲柄连杆机构使柱塞作往复运动	工作压力高 体积大，效率较低。不易实现变量且流量不均匀

表 1-5 低速液压马达的结构特点

类 型			结 构 示 意 图	结 构 特 点	优 缺 点
单 作 用 径 向 式	曲 轴 式	连 杆 式		油压作用于柱塞，液压力通过连杆作用于偏心曲轴，从而使马达轴旋转。柱塞所受侧向力较小	工作可靠但体积较大
		无 连 杆 式		油压直接作用于偏心曲轴，从而使马达轴旋转或壳体旋转	体积较大 柱塞侧向力大

(续)

类 型			结 构 示 意 图	结 构 特 点	优 缺 点
单 作 用 径 向 式	曲 轴 式	摆 缸 式		油压直接作用于鼓形偏心曲轴, 从而使马达轴旋转。柱塞呈伸缩套筒式, 并随曲轴旋转而摆动	柱塞无侧向力, 且静力平衡 体积较大
		双 斜 盘 式		油液通过端面配流盘进入转子缸孔中, 油压推动柱塞及滑靴作用于斜盘上, 产生切向力使转子旋转	体积较小 柱塞受侧向力
多 作 用 径 向 式	柱 塞 传 力 式	柱 塞 轮 式		滚轮作用于导轨产生的切向力, 直接由柱塞传递给转子, 从而使转子旋转	柱塞的比压较大 体积小
		钢 球 柱 塞 式		钢球作用于导轨所产生的切向力, 通过柱塞传递给转子, 从而使转子旋转	体积小 容积效率稍低, 工作压力稍低
		滚 柱 柱 塞 式		滚柱作用于导轨所产生的切向力, 由滚柱直接传递给转子, 从而使转子旋转	体积小 工作压力较钢球柱塞式高
	横 梁 传 力 式			滚轮作用于导轨所产生的切向力, 由矩形横梁传递给转子, 从而使转子旋转	柱塞无侧向力, 工作可靠

(续)

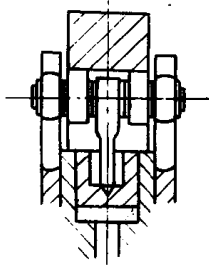
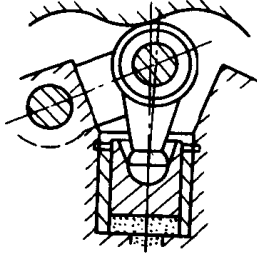
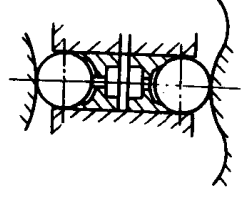
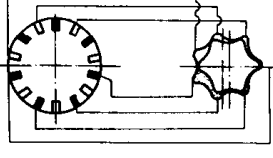
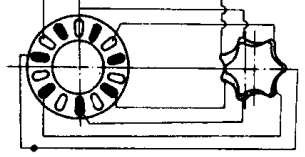
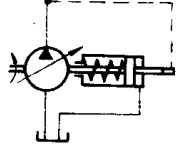
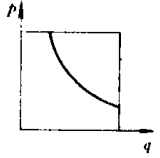
类 型	结 构 示 意 图	结 构 特 点	优 缺 点
横梁传力式	滚轮传力式	 工作滚轮作用于导轨所产生的切向力，由导向滚轮传递给转子，从而使转子旋转	柱塞无侧向力，传力零件均为滚动摩擦，工作可靠 结构较复杂
	连杆传力式	 滚轮作用于导轨所产生的切向力，由铰接的连杆传递给转子，从而使转子旋转	柱塞侧向力很小 结构复杂
多作用轴向式	双列钢球式	 钢球作用于导轨所产生的切向力，直接由钢球传递给转子，从而使转子旋转	体积较小 定子曲线不易加工，可靠性较差
摆线齿轮马达	轴配流	 定子与壳体固定，转子在定子内自转，同时以偏心e为半径绕定子中心沿自转方向相反公转 轴径配流	体积最小 由于轴配流，容积效率较低，工作压力受限制
	端面配流	 定子与壳体固定，转子在定子内自转，同时以偏心e为半径绕定子中心沿自转方向相反公转	体积最小 由于端面配流，容积效率提高，压力也提高了

表 1-6 恒功率控制

序 号	代 号	名 称	符 号 表 示	特 性 曲 线
1	LD	直控式恒功率控制	 a)	 b)

(续)

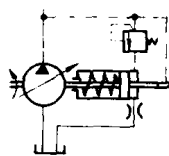
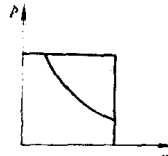
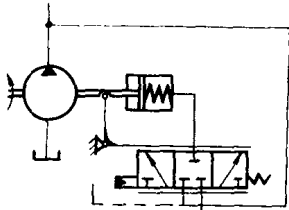
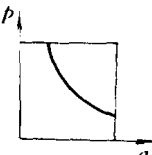
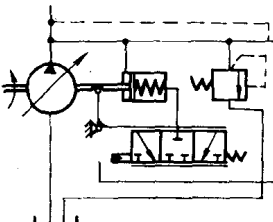
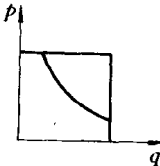
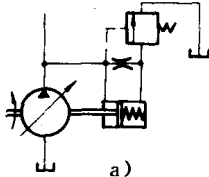
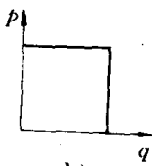
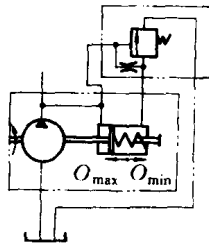
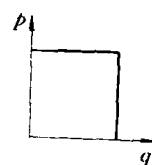
序号	代号	名称	符号表示	特性曲线
2	LDD	带限压装置的直控式恒功率控制	 a)	 b)
3	LV	先导控制式恒功率控制	 a)	 b)
4	LVD	带限压装置的先导控制式恒功率控制	 a)	 b)

表 1-7 恒 压 控 制

序号	代号	名称	符号表示	特性曲线
1	DRA	直装式恒压变量控制	 a)	 b)
2	DRH	分装式恒压变量控制	 a)	 b)

(续)

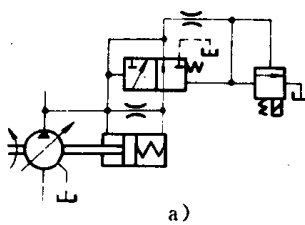
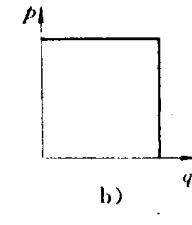
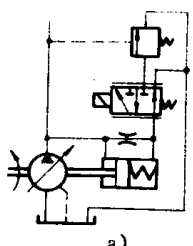
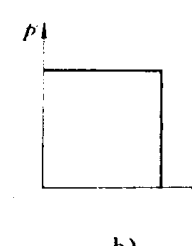
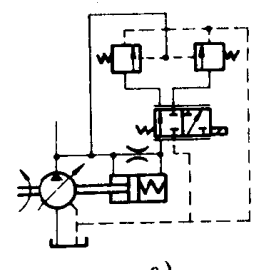
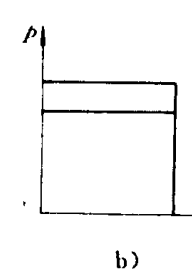
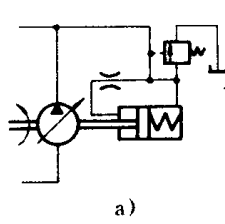
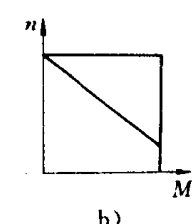
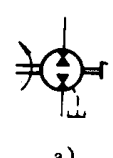
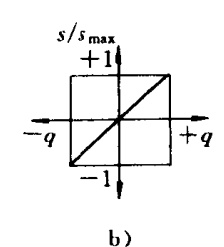
序 号	代 号	名 称	符 号 表 示	特 性 曲 线
3	DRE	电动遥控式恒压变量控制	 a)	 b)
4	DRL	带卸荷阀式恒压变量控制	 a)	 b)
5	DRZ	带双级恒压变量控制	 a)	 b)
6	DRM	变量液压马达用恒压变量控制	 a)	 b)

表 1-8 手动控制和手动伺服控制

代 号	名 称	符 号 表 示	特 性 曲 线
手动控制 MA	手动变量控制	 a)	 b)

(续)

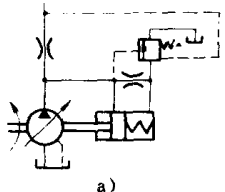
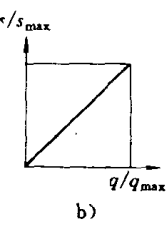
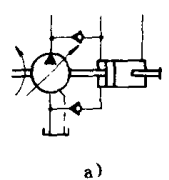
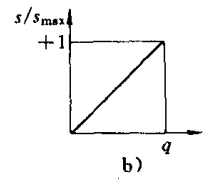
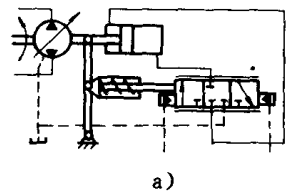
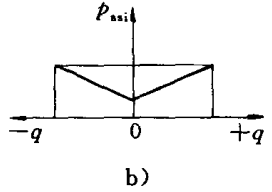
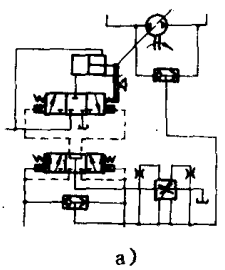
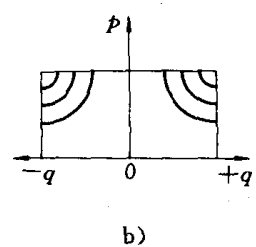
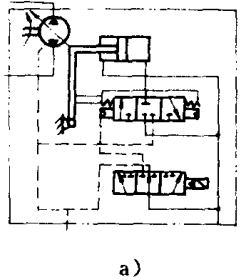
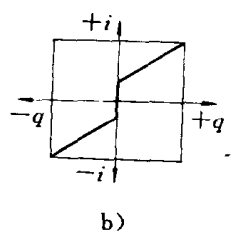
代 号	名 称	符 号 表 示	特 性 曲 线
手动伺服控制 FO	手动伺服变量控制	 a)	 b)

表 1-9 液 压 控 制

序 号	代 号	名 称	符 号 表 示	特 性 曲 线
1	HM	带手动流量限位的液压控制	 a)	 b)
2	HD	带压力比例控制的液压控制	 a)	 b)
3	HDL	带功率限制的 压力比例控制 的液压控制	 a)	 b)
4	HDS	带电动液压伺服阀的液压控制	 a)	 b)
5	HSR	带电动液压伺服装置及电动 反馈的液压控制	