

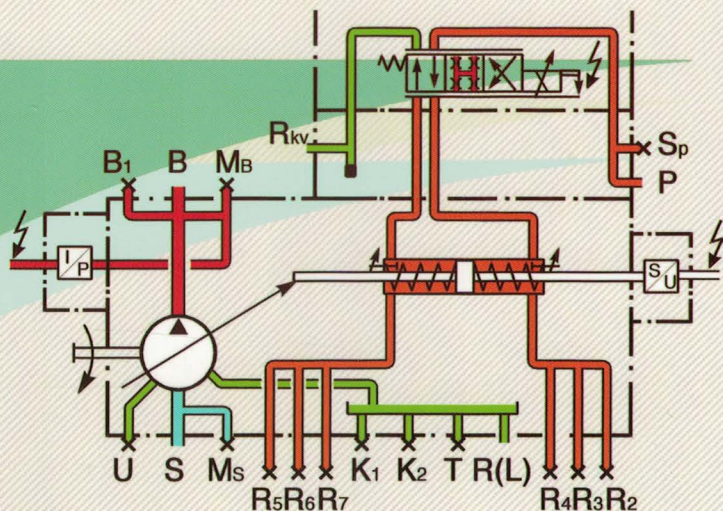


21世纪液压气动经典图书元件系列

液压变量泵(马达) 变量调节原理与应用

机械工程学会流体传动与控制分会 组编
吴晓明 高殿荣 编著

第2版



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪液压气动经典图书元件系列

液压变量泵（马达） 变量调节原理与应用

第 2 版

机械工程学会流体传动与控制分会 组编
吴晓明 高殿荣 编著



机械工业出版社

本书从工程实际应用出发,详细介绍了液压变量泵(马达)变量机构的组成和调节原理。主要内容包括:容积式调节液压变量泵(马达)的基本工作原理、分类和特点;液压变量泵(马达)的主要性能指标;液阻、液压桥路和阀控系统理论;液压变量泵的变量调节原理;变量叶片泵和径向柱塞泵的变量调节原理;轴向柱塞式液压变量马达的变量控制方式;采用液压变量泵的节能分析;液压变量泵(马达)的应用举例;液压变量泵(马达)的选择、安装、调试和故障排除等。

本书适合于流体传动与控制行业的科研设计、制造调试和使用维护部门的工程技术人员、相关现场工作人员以及大专院校有关专业的师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

液压变量泵(马达)变量调节原理与应用/吴晓明,高殿荣编著. —2版.
—北京:机械工业出版社,2018.3
(21世纪液压气动经典图书元件系列)
ISBN 978-7-111-59474-1

I. ①液… II. ①吴…②高… III. ①液压泵-变量-调节
IV. ①TH137.51

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第056644号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张秀恩 责任编辑:张秀恩 李超

责任校对:张晓蓉 封面设计:陈沛

责任印制:孙炜

北京玥实印刷有限印刷

2018年6月第2版第1次印刷

169mm×239mm·24.5印张·470千字

0001—2500册

标准书号:ISBN 978-7-111-59474-1

定价:89.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

前 言

液压泵作为液压系统的核心元件，其技术水平和性能的高低，在很大程度上决定了主机的整体性能和质量。液压变量泵及液压变量马达在变量机构的作用下，能够根据其工作的需要在一定范围内调整自己的输出特性。采用变量泵及变量马达的液压系统，具有显著的节能效果，近年来使用越来越广泛。

变量泵和变量马达经常组成容积调速回路应用于液压系统的开式和闭式回路中。容积调速回路是通过改变回路中液压泵或液压马达的排量来实现调速的，其主要优点是功率损失小（没有溢流损失和节流损失），且其工作压力随负载变化，所以效率高、油的温度低，特别适用于高速、大功率系统。

变量泵和变量马达的变量机构多种多样，主要可以分为两大类：第一类按操纵形式分为手动、机动、电动、液控和电液比例控制等，属于外加信号控制；第二类按调节方式，即自动控制泵（马达）的基本参数（包括压力、流量、功率等）按一定的规律变化来分，有恒功率、恒压力、恒流量控制等。液压变量泵（马达）的变量调节原理涉及液压流体力学、液压阻力回路系统学（A、B、C三类液压半桥理论）、液压元件、控制理论和液压伺服与比例反馈控制原理（直接位置反馈、位移-力反馈、流量-位移反馈等机械反馈形式）等方面的诸多知识。以往的一些教科书、手册当中专门介绍变量泵（马达）变量调节原理方面的内容并不多，这给读者特别是从事液压专业的广大技术人员带来诸多不便，因此也很难做到正确使用、调试和维护液压变量泵（马达）。为了适应当今变量泵（马达）技术的发展需要，并满足各类读者特别是从事液压技术用户的需要，提高对变量泵（马达）的使用和维修水平，促进液压技术的普及和提高，在总结多年从事液压技术教学、科研、生产的基础上，作者曾在2012年编写了《液压变量泵（马达）变量调节原理与应用》一书，但由于诸多原因，原书内容不够丰富和全面，并存在一些错误和重复的问题。这次修订，作者在原书的基础上，不仅增添了变量叶片泵和径向柱塞泵变量调节的内容，同时也补充了恒功率调节、闭式泵变量调节和变量马达变量调节等方面的内容，而且对原书错误和重

复之处进行了修正，并重新撰写了第8章（原第6章）的内容，也对第2章和第6、7章（原第4、5章）的内容进行了大幅修改。这样做的目的只有一个，就是希望用通俗的讲解，给从事液压技术方面的人员提供帮助。

本书从工程应用角度，介绍了液压变量泵（马达）的变量机构及其调节原理。本书可供各行业从事液压专业的科研设计、制造调试和使用维护部门的工程技术人员、现场工作人员学习参考，也可作为大专院校有关专业师生的教学参考资料。

在本书的编写工程中，部分引用了力士乐、萨奥、丹佛斯、派克、川崎、林德、丹尼逊、北部精机、摩根、锋利等公司的产品样本资料，在此表示感谢。

本书第1、3、4、5、8章由吴晓明编著；第2、6、7章由高殿荣编著，全书由吴晓明统稿。由于时间和编者水平所限，难免还有疏漏和错误之处，请读者指正。

编著者

目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 液压变量泵（马达）的发展简况、现状和应用	1
1.1.1 简述	1
1.1.2 变量叶片泵的种类	4
1.1.3 轴向柱塞泵（马达）的研发历史和种类	5
1.1.4 径向柱塞泵的结构类型	8
1.1.5 液压变量泵（马达）的发展趋势	9
1.2 几个基本概念	11
1.2.1 体积弹性模量、可压缩性系数和液容	11
1.2.2 动态封闭容腔和压力	13
1.2.3 负流量控制	15
1.2.4 正流量控制	16
1.2.5 负载敏感控制	16
1.2.6 开式和闭式回路	18
1.3 容积式液压变量泵（马达）的基本工作原理和类型	19
1.3.1 容积式变量泵（马达）的工作原理	19
1.3.2 容积式变量泵的调节原理	19
1.3.3 容积式变量泵的基本类型	20
1.3.4 电液比例变量泵	21
1.3.5 容积式变量泵的特点	22
1.3.6 容积式变量马达的工作原理和类型	22
1.4 典型的液压变量泵（马达）的变量调节方式与分类方法	23
1.5 液压系统对泵（马达）变量控制的要求	29
1.6 选择液压变量泵（马达）时需要考虑的因素	30

1.7 液压变量泵(马达)的主要技术指标	32
1.7.1 液压变量泵的主要性能参数	32
1.7.2 液压变量马达的主要性能参数	38
第2章 液阻、液压桥路和阀控缸控制理论	41
2.1 液阻的定义与特性	41
2.2 节流边与液压桥路	44
2.2.1 阀口与节流边	44
2.2.2 液压半桥与三通阀	45
2.2.3 液压全桥与四通阀	46
2.3 液桥的基本功能	47
2.4 基本的液压半桥	47
2.5 液压半桥的基本类型	48
2.6 液压半桥构成的基本原则	50
2.7 液桥构成分析实例	50
2.8 对先导液桥的要求	52
2.9 先导液桥中的液阻	52
2.9.1 固定液阻的工作点	54
2.9.2 动态阻尼	55
2.9.3 动压反馈	55
2.10 滑阀式液压放大器	57
2.10.1 滑阀的工作边数	57
2.10.2 通路数	58
2.10.3 凸肩数与阀口形状	58
2.11 阀控系统的工作原理	59
2.12 位移直接反馈型比例排量调节变量泵的特性分析	59
2.12.1 伺服变量机构的特性方程	60
2.12.2 泵的流量方程	61
第3章 液压变量泵的变量调节原理	63
3.1 比例控制排量调节变量泵	63
3.1.1 直接控制-直接位置反馈式排量控制	63
3.1.2 DG型两点式直接排量控制	69
3.1.3 HD型液压排量控制	69
3.1.4 CY泵伺服变量控制	72
3.1.5 EP型电液比例排量控制	72
3.1.6 液压力控制的排量调节泵	74

- 3.2 比例控制压力调节泵 75
 - 3.2.1 基本功能与主要应用 75
 - 3.2.2 DR 型恒压变量控制 79
 - 3.2.3 DR. G 型远程恒压变量控制 81
 - 3.2.4 北部精机的 PVX 泵的双段压力补偿 (2p) 控制 83
 - 3.2.5 北部精机的 PVX 泵的软起动压力控制 (SS) 83
 - 3.2.6 POR 型压力切断控制 84
 - 3.2.7 DP 型同步变量控制 84
- 3.3 流量控制泵 87
 - 3.3.1 传统压差控制型流量控制 89
 - 3.3.2 带有流量传感器的恒流量变量泵 91
 - 3.3.3 电反馈型流量控制 91
 - 3.3.4 DFR/DFR1 型压力 - 流量控制 92
 - 3.3.5 DRS 型恒压 - 负载敏感控制 93
- 3.4 恒功率控制 97
 - 3.4.1 川崎 K3V、K5V 系列变量泵调节补偿原理 99
 - 3.4.2 A8VO 恒功率变量泵 105
- 3.5 德国 Rexroth 其他开式泵的恒功率控制方式 119
 - 3.5.1 LR 型恒功率控制 120
 - 3.5.2 LR3 型遥控恒功率控制 122
 - 3.5.3 LR. D 型带压力切断的恒功率控制 122
 - 3.5.4 LR. G 型带遥控压力控制的恒功率控制 123
 - 3.5.5 LR. M 型带行程限制器的恒功率控制 124
 - 3.5.6 LR. Z 型液压两点控制 125
 - 3.5.7 LR. Y 型具有内部先导压力的电气两点控制 126
 - 3.5.8 LRH1 型带液压行程限制器控制 126
 - 3.5.9 LRF 型控制 128
 - 3.5.10 LRGF 型控制 129
 - 3.5.11 LRS 型带负载敏感阀和遥控压力控制 131
 - 3.5.12 LRN 型液压行程控制 133
 - 3.5.13 LR. NT 型带先导压力的液压行程控制与电气控制 134
 - 3.5.14 LR2GN 型控制 135
 - 3.5.15 LRC 型带交叉传感的越权控制 136
- 3.6 压力、流量、功率 (p 、 q 、 P) 复合控制 137
 - 3.6.1 传统型压力流量复合控制 137

3.6.2	电反馈多功能复合比例控制	139
3.6.3	LR2DF 型压力 - 流量 - 功率复合控制	144
3.6.4	DFLR 型比例复合控制	147
3.6.5	压力 - 流量功率复合控制变量泵的压力切断和正负流量控制	150
3.7	闭式液压泵的变量控制方式	151
3.7.1	Linde HPV M1 型闭式泵的手动机械变量调节	152
3.7.2	Linde HPV E1 型闭式泵的电液变量调节	154
3.7.3	Linde HPV E1p 型闭式泵电液变量调节	156
3.7.4	Linde HPV E2 型闭式泵电液变量调节	158
3.7.5	Linde HPV HE1A 型闭式泵的电液变量调节	160
3.7.6	丹尼逊 - 威克斯闭式回路 TVXS 柱塞泵 SP 型控制	163
3.7.7	P6P 型闭式泵调节原理	165
3.7.8	丹佛斯带集成速度限制 (ISL) 的电比例 调节 (EDC) H1 型闭式泵	167
3.7.9	Rexroth - MA 型手动变排量控制	171
3.7.10	EM 型电动机排量控制	172
3.7.11	HD 型液压控制	172
3.7.12	HW 型液压控制、手动伺服	173
3.7.13	HM1/2/3 型液压排量控制	174
3.7.14	与转速有关的 DA 型控制 (速度敏感控制)	174
3.7.15	Linde 公司的 HPV -02 CA 型和 HMV -02 EH1P CA 型控制	181
3.7.16	DG 型液压直接控制	186
3.7.17	EP 型带比例电磁铁的电气控制	186
3.7.18	EZ 型带开关电磁铁的电气两点控制	187
3.7.19	A4VSG500EPG 型闭式泵的变量控制	187
3.7.20	EO 型比例液压控制	189
3.7.21	HS 型液压排量控制	189
3.7.22	DS1 型速度控制	191
3.7.23	德国 Rexroth 公司 A4VG 闭式泵的系泊控制	191
第4章	液压变量叶片泵和径向柱塞泵的变量调节原理	194
4.1	变量叶片泵的变量调节原理	194
4.1.1	限压式内反馈变量叶片泵	194
4.1.2	限压式外反馈变量叶片泵	195
4.1.3	PV7 型变量叶片泵	197
4.2	径向柱塞变量泵的变量调节原理	205

4.2.1	RKP - II 泵的结构组成和工作原理	205
4.2.2	变量调节器 (补偿器) 选项	205
4.2.3	F 型调节器的工作原理	206
4.2.4	H1 型远程压力调节补偿器	206
4.2.5	H2 型带系泊控制的远程压力调节补偿器	207
4.2.6	J1 型压力和流量联合补偿器 (负载敏感型)	209
4.2.7	带 P-T 切口控制的压力和流量联合调节补偿控制器	211
4.2.8	B 型机械行程调整	212
4.2.9	C1 型伺服控制	212
4.2.10	S1 型恒功率控制	213
4.2.11	S2 型带远程压力和流量限制的恒功率控制	213
4.2.12	D1 ~ D8 带内部数字电路板的电液控制	214
第 5 章 液压变量马达的变量控制方式		216
5.1	德国 Rexroth 公司的变量轴向柱塞马达	216
5.1.1	HD 型液压控制 (与控制压力有关)	216
5.1.2	HD1D 型液压控制 + 恒压变量调节	218
5.1.3	HZ 型液压两点控制	219
5.1.4	HA 型高压自动控制	220
5.1.5	EZ 型电动双速两点控制	222
5.1.6	EP 型电液比例控制	223
5.1.7	DA 型转速液压控制	225
5.1.8	MO 型转矩变量控制	227
5.1.9	带卷扬制动阀 MHB...E 的变量马达 (单作用式)	228
5.1.10	带行走制动阀 MHB...R 的变量马达 (双作用式)	229
5.2	伊顿变量马达变量控制原理	230
5.2.1	HV 控制——具有压力优先的液压式两点控制	230
5.2.2	HR 控制——具有压力优先的液压比例控制	231
5.3	Linde 变量马达的调节原理	231
5.3.1	带制动压力切断的高压反馈变量马达	232
5.3.2	HMV - 02 EH1P 型马达带高压反馈优先功能	233
5.3.3	大排量锁定 V_{max} 控制	234
5.4	Park 公司的变量马达	235
5.4.1	AD 型带制动防失效功能的压力补偿控制	235
5.4.2	AH 型压力补偿控制	236
5.5	萨奥丹佛斯液压马达	236

5.5.1	压力补偿控制 TA**	238
5.5.2	液压双位控制 TH**	239
5.5.3	电液双位控制 T1**、T2**、T7**	239
5.5.4	电液比例排量控制 D7M1、D8M1	240
5.5.5	液压比例控制 H5**	242
第6章 液压变量泵的节能应用与发展		244
6.1	泵控系统和节流阀控系统的节能对比	244
6.1.1	泵控系统	244
6.1.2	阀控系统	245
6.2	A10VSO 变量泵节能技术	247
6.2.1	A10VSO 变量泵概述	247
6.2.2	A10VSO 变量泵节能原理及应用	248
6.2.3	A10VSO 变量泵节能技术的应用	250
6.3	变量泵系统的节能特性	251
6.3.1	负载传感变量泵	251
6.3.2	负载敏感变量泵在石油钻机液压系统节能中的应用	254
6.4	工程机械闭式静压传动技术节能原理	256
6.4.1	节流调速回路能耗分析	256
6.4.2	负载敏感变量泵的节能原理	257
6.4.3	负载敏感变量泵在工程机械上的应用	259
6.5	电液比例压力阀控制变量泵系统的节能分析	260
6.5.1	电液比例压力阀控制系统的功率特性分析	260
6.5.2	并联双液阻控制系统的分析及节能	262
6.6	挖掘机发动机-变量泵系统最佳经济匹配	264
6.6.1	挖掘机功率匹配原则与节能原理	264
6.6.2	挖掘机泵控系统节能分析	265
第7章 液压变量泵(马达)的应用举例		268
7.1	钢包液压升降系统比例变量泵的调速控制	268
7.1.1	RH 钢包升降液压系统的设备用途	268
7.1.2	主要设备组成及其功能描述	268
7.2	带 DA 型控制的 A4VG 变量泵在工程机械上的应用	271
7.3	比例液压变量泵系统在注塑机上的应用	275
7.4	负载敏感泵与比例多路阀在大型养路机械上的应用	277
7.5	钢坯修磨砂轮转速电液比例变量泵(马达)调节系统	279
7.5.1	液压无级调速系统的构成及调节原理	280

7.5.2	转速调节系统的静特性	280
7.6	LUDV 负载传感系统在液压挖掘机上的应用	281
7.6.1	概述	281
7.6.2	负载传感控制系统	283
7.6.3	LUDV 系统的工作原理及其与普通负载传感控制系统的区别	284
7.6.4	LUDV 系统的应用	285
7.7	电液伺服复合控制变量泵的应用	286
7.7.1	前言	286
7.7.2	基本原理及特性	286
7.7.3	系统应用实例	288
第 8 章	液压变量泵 (马达) 的选择、安装、调试和故障排除	290
8.1	液压变量泵、马达的选择与计算	290
8.1.1	功率范围的计算	290
8.1.2	液压变量泵的选择	294
8.1.3	液压马达的选择	296
8.1.4	最终驱动速比的选择	300
8.1.5	液压马达的制动和超速计算	302
8.2	变量泵的调节方法	306
8.2.1	恒压变量泵的调节方法	306
8.2.2	负载敏感变量泵的调节方法	307
8.2.3	A4VSO DP 泵的调试	308
8.2.4	恒功率变量泵的调节	310
8.2.5	LRDF 型恒压 + 恒流量 + 恒功率控制泵变量调节方法	311
8.2.6	川崎 K3V 泵的功率调整	312
8.2.7	Linde 泵无零点的处理方法	313
8.2.8	Linde HPV - 02 CA 型泵的调节	315
8.2.9	A4VG 闭式泵的调整	317
8.3	电液比例液压泵试验	321
8.3.1	试验回路	321
8.3.2	比例液压泵的主要性能及测试	323
8.4	用于开式回路的液压轴向柱塞泵的操作规程	328
8.4.1	管路及安装说明	329
8.4.2	轴向柱塞泵的机械连接	329
8.4.3	安装形式	330
8.4.4	管路连接	331

8.4.5	液压油、过滤精度和使用温度	331
8.4.6	初次起动	332
8.4.7	维护保养	334
8.5	用于闭式回路的液压轴向柱塞元件的操作规程	335
8.5.1	HPV 02 变量泵	335
8.5.2	高、低压管路，最高压力	335
8.5.3	排气口、回油管路和壳体压力	335
8.5.4	带外吸式补油泵的 HPV 泵	335
8.5.5	带内吸式补油泵的 HPV 泵	335
8.5.6	外吸或混合吸油的补油泵吸油管路	336
8.5.7	闭式回路静压传动	336
8.5.8	初次起动	336
8.5.9	闭式系统首次加油（用加油机）	337
8.5.10	闭式系统首次加油（不用加油机）	339
8.6	丹尼逊（DENISON）PV/PVT 系列泵的安装、维护、维修及故障诊断	341
8.6.1	最大壳体压力	341
8.6.2	泵的安装	341
8.6.3	花键连接	341
8.6.4	平键连接	341
8.6.5	偏载能力	342
8.6.6	管道连接	342
8.6.7	系统溢流阀	342
8.6.8	推荐的油液	342
8.6.9	维护	343
8.6.10	油液的清洁度	343
8.6.11	新泵的安装起动过程	343
8.6.12	故障诊断	344
8.6.13	泵的拆卸	351
8.6.14	安装过程	362
8.6.15	试验过程	373
	参考文献	377

第 1 章

概 述

1.1 液压变量泵（马达）的发展简况、现状和应用

1.1.1 简述

为使液压系统充分吸收电子技术的进步成果，成为更具有竞争力的驱动系统，液压系统一定要达到更高的效率、更好的控制性能和更低的噪声。为实现这一目标，使用无能量损失的可控能量变换元件即变量泵与变量马达是必不可少的。液压变量泵及变量马达能在变量控制装置的操作下，根据工作需要一定范围内调整输出特性，这一特点已广泛地应用在众多的液压设备中。常用的控制方式有恒流控制、恒压控制、恒速控制、恒转矩控制、恒功率控制、功率匹配控制等。

而 20 世纪 70 年代末发展起来的静液传动二次调节技术，则采用了液压蓄能器和恒压变量泵（称为一次元件）组成具有恒定压力的中心油源，多个可单独进行调节的液压变量泵/马达（称为二次元件）直接连在恒压网络上，通过调节二次元件的斜盘倾角来适应外负载的变化，为了以预定的速度向正反两个方向运动，可以把任意大小的力从任意方向加在对象物体上，所以也需要采用变量泵与变量马达作为执行机构。

在工程机械上，变量泵可以通过调节排量来适应工程机械在作业时的复杂工况要求，采用压力感应控制，有效地利用发动机功率，将节流调速改为容积调速，减少能量损失，由于其具有明显的优点而使用广泛。目前比较多的液压驱动系统采用恒功率变量泵与定量马达等组成的闭式变量系统，它能随负载变化而自动改变液压泵的排量，使发动机经常接近于其设计的功率工作。此外，为了在不增加管路阻力的条件下提高马达的速度，也有必要通过减少马达排量来提高速度而采用变量马达。

Williams 与 Janney 在 1905 年首次应用液压油为工作介质并推出了轴向柱塞泵，至今已有 100 多年的历史，在这 100 多年中，液压泵的三种主要形式，即齿

轮泵、叶片泵、柱塞泵(摆线类液压泵可以归属到齿轮泵类型)几乎没有突破性的变化。这三种形式的泵仍以其各自的性能特点占据了不同的应用领域,从近期看依然如此,三大类泵的主要应用现状见表1-1。

表1-1 三大类泵的主要应用现状

类别	类型	应用优势	应用弱点	主要应用领域	
齿轮泵	外啮合式	使用压力在21MPa以下,价格低,体积小,污染敏感度相对低,允许转速较高	效率最低,不能变量,噪声较大,最大变量比其他两种形式小	农业机械 工程机械	
	内啮合式(模块式、摆线式)	自吸性好,噪声低,流量振动小,摆线式在液压马达方面优势更强	价格高于外啮合,性能在主要方面改善不突出,生产厂家少,可选择性差		
叶片泵	双作用式	噪声低,价格明显低于柱塞泵,泵芯插装式使维修简捷,连接口可选择或调整,应用压力在28MPa以下,可与柱塞泵竞争,联轴器连接容易,使用寿命长	不能变量,最低转速有限制(不允许低于600r/min),价格中等	塑料机械 机床锻压机械	
	单作用式	变量泵中价格最低,只要压力符合应优选,但一般只用于恒压变量	应用压力很低,一般在10MPa左右,最高使用压力才18MPa,目前采用渐少,几乎被淘汰		
柱塞泵	轴向式	斜盘式	使用压力超过31.5MPa,变量形式丰富,能实现变量的智能化与网络化,通轴形式便于与回路组合,在结构上可与任何其他形式组合,易获大流量高转速,外形尺寸小,便于布置(功率质量比大),总效率高	价格贵,自吸性差,对污染敏感,维护维修要求高	工程机械 运输机械 冶金机械
		斜轴式	使用压力是所有泵中最高的,排量,转速高,这三项性能均优于其他类型泵,可用于闭式回路		
	径向式	使用压力可超过斜轴泵,可通轴,寿命最长,变量形式与斜轴式相当,在液压马达方面优势明显	外径偏大,允许转速偏低,在某种情况下不便于安装布置		

图1-1 对这三大类泵是否能够进行变量调节做了进一步的说明。从中可以看

到，齿轮泵由于结构上的原因，没有变量调节机构。叶片泵也只有单作用式的有变量类型。当前广泛采用变量调节机构的泵，仍然首推柱塞式变量泵，其中包括轴向柱塞式和径向柱塞式。从结构形式上看，采用变量控制的液压马达也多采用柱塞式。

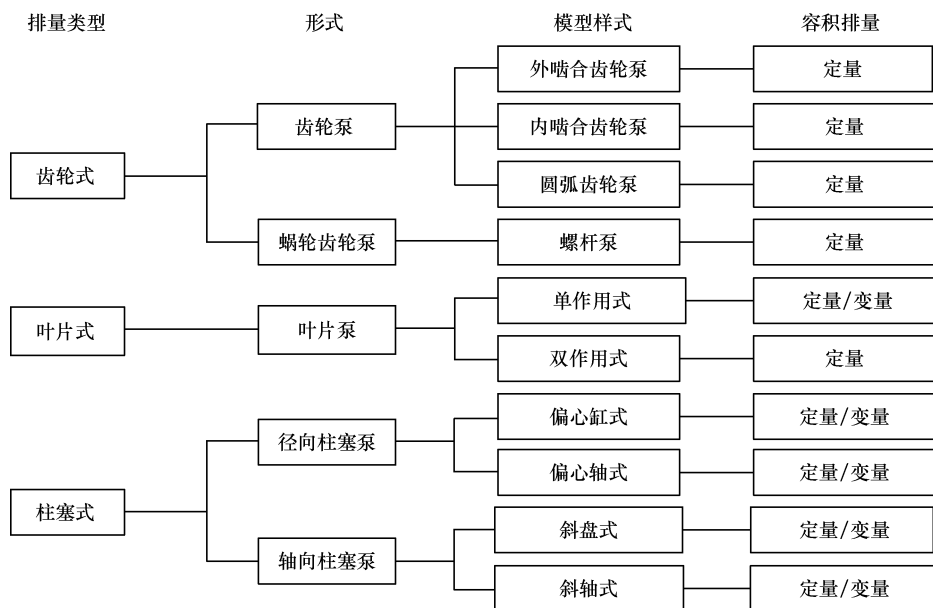


图 1-1 三大类系的变量调节

液压马达按其结构类型来分也可分为齿轮式、叶片式、柱塞式和其他形式。按其额定转速分为高速和低速两大类，额定转速高于 500r/min 的属于高速液压马达，额定转速低于 500r/min 的属于低速液压马达。图 1-2 给出了液压马达的分类。

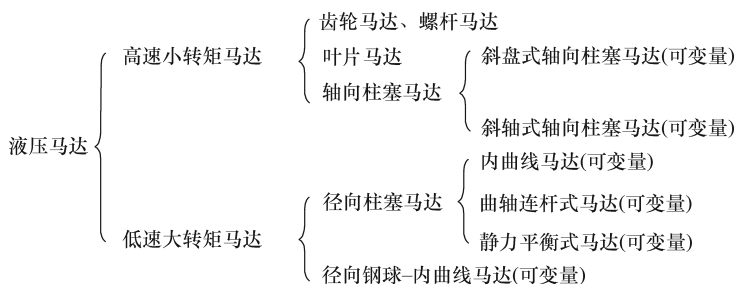


图 1-2 液压马达的分类

高速液压马达的基本形式有齿轮式、螺杆式、叶片式和轴向柱塞式等。它们

的主要特点是转速较高、转动惯量小,便于起动和制动,调速和换向的灵敏度高。通常高速液压马达的输出转矩不大(仅几十到几百牛·米),所以又称为高速小转矩液压马达。

低速液压马达的基本形式是径向柱塞式,如单作用曲轴连杆式、液压平衡式和多作用内曲线式等。此外在轴向柱塞式、叶片式和齿轮式中也有低速的结构形式。

低速液压马达的主要特点是排量大、体积大、转速低(有时可达每分钟几转甚至零点几转),因此可直接与工作机构连接,不需要减速装置,使传动机构大为简化。通常低速液压马达输出转矩较大(可达几千到几万牛·米),所以又称为低速大转矩液压马达,而能够实现变量控制的液压马达以叶片式和柱塞式两种结构类型为最多。

1.1.2 变量叶片泵的种类

根据密封工作容积在转子旋转一周内吸、排油次数的不同,叶片泵分为两类,即完成一次吸、排油的单作用叶片泵和完成两次吸、排油的双作用叶片泵。根据叶片泵输出流量是否可调,又可分为定量叶片泵和变量叶片泵,双作用叶片泵均为定量泵。根据叶片变量泵的工作特性不同可分为限压式、恒压式和恒流量式三类,其中限压式应用较多。

恒压式变量泵一般为单作用泵。该泵的定子可以沿一定方向做平衡运动,以改变定子与转子之间的偏心距,即改变泵的流量。它的变量机能由泵内的压力反馈伺服装置控制,能自动适应负载流量的需要并维持恒定的工作压力。在工作中,还可根据要求调节其恒定压力值。因此,在使用该泵的系统中,实际工况相当于定量泵加溢流阀,且没有多余的油液从系统中流过,使能耗和温升都大大降低,缩小了泵站的体积。该泵如与比例电磁阀匹配,可以在系统中实现多工作点自动控制。

限压式变量叶片泵有内反馈式和外反馈式两种。内反馈式变量泵的操纵力来自泵本身的排油压力,外反馈式是借助于外部的反馈柱塞实现反馈的。

限压式变量叶片泵具有压力调整装置和流量调整装置。泵的输出流量可根据负载变化自动调节,当系统压力高于泵调定的压力时流量会减少,使功率损失降为最低,其输出功率与负载工作速度和负载大小相适应,具有高效、节能、安全可靠等特点,特别适用于作容积调速液压系统中的动力源。先导式带压力补偿的变量叶片泵允许根据系统要求自动调节其流量,可在满足工作要求的同时降低能耗。压力补偿的工作原理是:在先导压力作用下,被控柱塞移动,从而使泵的定子在某一位置平衡。当输出压力与先导压力相等时,定子向中心移动,并使输出流量满足工作要求。在输出流量为零的情况下,泵的输出为补偿泄漏和提供先导