



新编液压工程手册



下 册

主 编 霍天觉
副主编 杨尔庄 李寿刚

北京理工大学出版社

TH137-62
6
21

DZ 3/05
DZ 3/14

新编液压工程手册

(上册)

主 编 雷天觉
副主编 杨尔庄 李寿刚



00472480



北京理工大学出版社

TH137-62
6
=1

《新编液压工程手册》编委会

主 编 雷天觉

副 主 编 杨尔庄 李寿刚

顾 问 (以姓氏拼音为序,下同)

邓景流	冯尔熙	李壮云	刘能宏
刘庆和	林文进	路甬祥	罗志骏
史维祥	田 科	王明智	吴 筠
王占林	王祖温	许耀铭	俞鲁五
章宏甲	赵 彤	钟廷修	曾祥荣
张志英			

常务编委	陈贞发	樊天训	贾广慧	李妙成
	宋鸿尧	王 渝	朱长根	赵克强
编 委	顾智毅	黄人豪	黄 谊	金志立
	李培滋	孟祥聚	庞鸣崴	钱祥生
	齐雪楼	宋学义	王长江	王焕德
	王文鼎	吴元道	王宜群	徐国俊
	许仰曾	夏志新	张澄清	

《新编液压工程手册》出版委员会

顾	问	王 越	李志祥	匡镜明		
主	任	林国璋				
副	主	任	赵文海	倪福卿	余世芳	郑锡琰
委	员		郝淑英	吴宝常	孙金芳	母长新
			刘季昌			

作者名单

第一篇 基础理论与技术

赵克强	阎为革	张澄清	夏志新	钱祥生	王世鏊
张 旺	陈锦娣	王远巨	徐家蓓	任晓明	曾艳霞
樊天训	施秀成	王晓东			

第二篇 液压泵与液压马达

吴克晋	郭建强	何国民	胡敏英	何鸿斌	龙涌升
胡世璇	傅理琦	廖振宜			

第三篇 液压控制阀

陈 野	聂永华	宋一平	黄燮理	林玉英	林 广
薛智勇	计云田	周唯科	应关龙	杨柳春	彭卫东
黄迷梅	张治宇				

第四篇 液压缸

吴训导	徐达伟	朱晓毅	李 明	朱盘生	江永丰
邹瑞华	李祖昌				

第五篇 液压辅件

金振邦	李玲弟	赵建中	夏志新	张 虎	李方俊
许万凌	姚德民	杨锦华	黄振德	王 意	

第六篇 液压系统

金志立	王 渝	王军政	范天锦	徐家蓓	
-----	-----	-----	-----	-----	--

第七篇 液压测试技术

谭尹耕	向后勤	卓 晔			
-----	-----	-----	--	--	--

第八篇 液压元件制造装配工艺

李云中	杨广文	傅理琦	刘武学	张玉旺	陈海明
姚立清	张元和	宋顺利	张有生	赵顺启	胡世璇
张文治	李革军	傅勇韬	姚德民	嵇光国	平 伟
王安章	庞淑云	孙宏伟	郑银岐	吕丽云	王 纓
战洪德	龚达平				

第九篇 液压技术的应用

杨林兴	陈胜涛	李金祥	许万凌	彭余功	温效康
陆煜众	朱雨田	才晓丁	秦德印	王伟平	李跃文
邹 骏	蔡振仲	翟建平	王大璞	任瑞伍	刘惠侠
黄效国	朱德孚	沈立山			

第十篇 液压技术的概况与展望

杨尔庄 钱祥生

出版说明

1. 按照传统, 液压元件(泵、阀、缸、辅件)应成为一章和其它章并列。但这一章内容太多, 它的一节甚至比其它章一章的内容还多, 内容多, 标题的层次也跟着增多。为了减少层次本书将元件章升格为元件篇, 将该章中的各节升格为章。各章号按大流水号排列。这样不但解决了上述难题, 且全书图号、表号均无重号。

2. 本书的产品介绍都来自各厂产品样本, 但二者又小有出入:

①个别厂的样本用的不是法定计量单位, 本书为统一起见, 将这部分样本的单位均改成了法定计量单位。和单位相连的数据自然作了相应的改变。

②产品型号由三部分组成, 即文字, 例 A、B…X、Y 等, 数字如 0、1、2……等和“*”号。每一部分在型号说明中, 都说明了它们的意义。“*”号一般表示该产品的系列号或一些细微特征, 要由用户填写上相应的文字或数字才构成完整的、确定的型号。从由用户选择这个角度看, “*”表征着不确定因素, 多数厂家用“*”表示这些不确定因素, 但个别厂家用“X”(英文字母)来表示, 本书为统一起见将“X”均统一为“*”。

3. 根据 GB3101—93 的规定, 在图表中, 单位之前均加一斜线, 例如表头栏内长度的单位写为“/mm”, 而在文字叙述中则写为“mm”, 其它单位同此。

4. 书后所附产品信息的排列次序以厂商名称的汉语拼音为序。所附行业名录以国务院规定的各省、市排列顺序为准。

序 言

近 50 年来,在工业中有两个学科分支发展极快。其一是电子学中的计算技术(计算机);其二是机械学中的液压技术(液压系统)。盖因当代机器,很少单纯由人工操纵,大部分是自动控制的。以上是就单机看,若从生产线的视角看,人工操作已不大可能。加上机电一体化的推动,这两门技术的发展,更加相得益彰。

计算机系统便于“控制信号”的产生、放大、调制和转换,是机器的神经系统,故又叫“电脑系统”。液压技术单位质量输出的功率大,可输出大的功率,对“控制信号”反应灵敏,和机械系统结合,可形成各种复杂的机械运动,便于控制工作机构的运动方式、运动速度和输出的力。因此可把它看成机器的“筋肉系统”。如此类推机械系统自然就是机器的“躯体”、“四肢”和“骨骼系统”。

诚然,计算机发展很快,普及很广。但只有聪明的头脑,没有强劲而灵活的四肢,仍然不能完成所需的动作而做“功”。这就是液压技术得以存在和发展的原因。

工业发达国家每两三年或几年出一本液压手册。这些手册风格不尽相同,有的侧重于实际材料,例如英国;有的侧重于理论,例如日本;但都反映了各该国液压技术发展的状况。从历史的角度看,我国作为一个大国,液压技术发展 to 一定阶段,应该有一份材料对其记录、分析和总结。本书作者虽无此神来之笔,但本书基本上反映了在历史的某一断面上我国液压技术生产、研究和教学的成果。所以,本书无论写得好也罢、坏也罢,都将成为历史的化石。从现实角度看,也需要一本内容不断更新、实用的手册,以满足不同岗位上读者的需求。

远在 1990 年两院院士雷天觉先生就曾主编过一本《液压工程手册》(下文简称老手册),时隔 8 年,现在重新编写这本《新编液压工程手册》(下文简称新手册)。新手册继承了老手册的传统,这表现为全书框架没有大的改变,但新手册不是老手册的再版或修订本,而是重新编写的一本新书,自然有其本身的特点:

一、编写人员有所调整

顾问组和编委会成员有所调整,这是因为成员中有的因为健康原因、有的调离本行业、有的长期出国,均无法留任。另一个原因是为了扶植新秀。至于编委中的“常委”和“编委”并无轩轻之分,只是前者多承担些具体事务而已。

编委会重新聘请了作者,聘请的原则是“熟悉什么,就写什么”。例如请泵厂的人写泵,请阀厂的人写阀。编委会要求作者自己收集原始资料,不要引用二手资料。即

便是老作者写同样章节也希望他们重新收集资料写出新的水平。这次共请了百余位作者,其中百分之六十具有高级专业技术职称。根据章节顺序,他们所隶属的主要单位分别是:北京理工大学,石油勘探、开发、设计研究院,中国矿业大学,国家机械工业局北京机械工业自动化研究所,淮阴机械总厂,榆次液压集团公司,北京华德液压集团公司,宁波液压马达厂,国家机械工业局天津工程机械研究所,首钢大学,南京航技液压机电系统设计制造有限公司,国家机械工业局基础件成套技术公司,北京起重机器厂,中国船舶工业总公司 721 厂,北京科技大学,北京联合大学,中国农业机械科学研究院,中国航空工业总公司 609 所,国家机械工业局济南铸造锻压机械研究所,北京机电研究院,国家机械工业局大连组合机床研究所,中国船舶工业总公司综合研究院,中国民航学院,中国兵器工业总公司 201 所、202 所,国家机械工业局基础装备公司,华中理工大学等。

二、编写方针有所调整

“老手册”的编写方针是“理论”和“实用”并重。“新手册”的编写方针是突出“实用”。能够帮助读者解决遇到的实际问题,就是编者的最大愿望。读者反映:过深、过难、过于抽象的理论部分读者面很窄、使用率很低,故“新手册”删去了理论性很强的部分,例如管路动态计算、噪声控制和可靠性分析等。有些理论性内容仍有较强的实用性,例如污染控制和节能技术,则予以保留。对不可或缺的基础理论如“自动控制理论”,则做了适当精简和压缩。

实用内容最显著之点是“新手册”中增加了工艺篇。该篇对业内人员起到相互交流的作用。非工艺人员也可通过该篇知道液压件是怎样制造出来的,从而得知液压件的制造并非易事,液压件诚然是精密机械。

此外,本书还提供了诸如元件结构安装尺寸、大量的实用数据、国家标准、试验方法、检测仪表、维修技能和使用需知等实用材料。

三、内容有所更新

“老手册”基本反映了 1985—1990 年的状况;“新手册”则反映了 1990—1998 年的状况。近年来液压领域出现了一些新的学术观点、新的设计思路和方法、新的产品、新的工艺、新的测试技术、新的标准和信息。这些新内容均渗透在各章节之中,如计算机在液压系统中的应用、污染控制、节能技术、部分伺服阀、比例阀、数字阀、叠加阀、插装阀产品、系统设计、伺服缸设计、系统装配工艺规范、对液压技术的展望等,均属此例。

近年来,在引进主机的同时也引进了不少新的液压系统,选取了这些系统的一部分组成了应用篇。

四、内容更加丰富

全书分上下两册近 500 万字。共 10 篇 50 章。其中包括基础理论, 各类液压元件的性能、尺寸、典型工艺, 各种液压装置, 典型液压系统, 试验和仪表, 应用、现状和展望, 几乎涵盖了液压技术的各个方面。本书虽然不是液压技术的“大百科全书”, 但确确实实是个“小杂货铺”。读者若能在此“小杂货铺”中浏览一番, 必能丰富液压知识。所以本书有“可读性”。一般读者不可能通览全书, 遇到问题时可从本书直接找到答案或解决问题的线索。所以本书又有“可查性”, 起到“字典”的作用。综合上述“可读性”和“可查性”两方面的原因, 所以本书有收藏价值。

本书内容丰富, 可满足不同类型读者的使用要求, 例如: 液压设备的使用者、液压系统的设计者、液压产品的采购者、液压技术的教育者和学习者、半路改行从事液压工作急于“充电”者、液压件生产和行业的管理者等等。本书用途虽然广泛, 但既然定格为手册, 就只能按手册的规范编写, 受到一定条件的制约, 因而用途是有限的, 所以本书不可能是“万应灵丹”, 也不能“包治百病”。

总之, 本书不是为高级研究人员提供的“美食佳肴”, 而是为解决广大液压工作者饥渴的“粗茶淡饭”。本书不追求“锦上添花”的风采, 但愿有“雪中送炭”的效果。

本书的作者群体中不乏高级专家, 凭他们的才华本可写出“阳春白雪”, 但被本书框架所限, 却写成了“下里巴人”, 为此向他们致敬。

向给予本书支持的原机械工业部机械基础装备司、中国液压气动密封件工业协会致谢。

向给予本书鼎力相助的, 以北京理工大学王越校长为首的出版委员会的领导和各级工作人员致谢; 向北京理工大学出版社的领导和各级工作人员致谢。

向为本书尽过力的国内外各位朋友致谢, 特别向那些为本书做出贡献, 而又没有署名的“无名氏”致谢。

本书稿件虽经多级审核、反复校对, 但仍难免有写作、编辑和印刷错误, 尚希海内外贤达指正。来函请寄北京理工大学出版社总编室。

邮政编码: 100081

传真号: (010) 68459850

电子邮件: bitp@ht.rol.cn.net

地址: 北京市白石桥路 7 号

电话: (010) 68914775

《新编液压工程手册》编委会

1998 年 12 月·北京

内 容 简 介

《新编液压工程手册》是一部大型液压专业手册,内容几乎涵盖了液压技术的各个方面,综合反映了我国当代液压工程的概况和成就,是液压行业从业人员必备的工具书。

本手册共 10 篇 50 章,分上、下两册。上册内容包括液压基础理论与技术,液压泵与液压马达,液压控制阀;下册内容包括液压缸,液压辅件,液压系统,液压测试技术,液压元件制造装配工艺、液压技术的应用,液压技术概况与展望。书末附有液压行业厂商名录和产品信息。

本手册的读者对象是:液压设备的使用者,液压元件和系统的设计、制造、研究及维修人员。

上册目录

第一篇 基础理论与技术

1. 液压流体力学	3	1.4.8 挤压流动	35
1.1 流体力学基本理论	3	1.4.9 液压卡紧	37
1.1.1 作用在流体上的力	3	1.4.10 缝隙内的油液温升	38
1.1.2 流体静压力	3	1.5 通过多孔物质的流体流动	38
1.1.3 静压力基本方程式	3	1.5.1 过滤过程类型	39
1.1.4 帕斯卡原理	3	1.5.2 多孔物质的几何参数	39
1.1.5 液压工程中的总压力计算	3	1.5.3 达西(Darcy)定律	39
1.1.6 连续性方程式	4	1.5.4 滤饼过滤理论	40
1.1.7 纳维-斯托克斯方程	4	1.5.5 通过多孔物质的实用公式	41
1.1.8 不可压缩流体的伯努利方程	5	1.6 气泡油与气穴	42
1.1.9 节流公式	6	1.6.1 溶解空气	42
1.1.10 动量方程	7	1.6.2 掺混空气	42
1.1.11 动量矩方程	9	1.6.3 气泡油的物理特性	42
1.1.12 力学相似及相似准则	9	1.6.4 气穴	43
1.2 管流	10	1.6.5 节流气穴	43
1.2.1 流体的两种流动状态	10	2. 工作介质	46
1.2.2 雷诺数	10	2.1 液压系统对工作介质的要求	46
1.2.3 圆管层流	11	2.1.1 粘度	46
1.2.4 同心套管间环形截面的轴向层流	11	2.1.2 润滑性	46
1.2.5 圆管湍(紊)流	11	2.1.3 氧化安定性	46
1.2.6 流动起始段	12	2.1.4 剪切安定性	46
1.2.7 管道中的压力瞬变	12	2.1.5 防锈和抗腐蚀性	46
1.3 管道中的压力损失	15	2.1.6 抗乳化性	46
1.3.1 沿程压力损失	15	2.1.7 抗泡沫性	46
1.3.2 局部压力损失	19	2.1.8 对密封材料的相容性	46
1.3.3 压力损失的叠加	26	2.1.9 其它要求	46
1.3.4 管路计算	30	2.2 工作介质的物理化学性质	46
1.4 缝隙流	31	2.2.1 粘度	46
1.4.1 两平行平板间的缝隙流	31	2.2.2 温度膨胀	48
1.4.2 倾斜壁面形成的缝隙流	32	2.2.3 热导率	48
1.4.3 动压支承	32	2.2.4 比热容	48
1.4.4 环形缝隙中的轴向流动	33	2.2.5 体积弹性模量	48
1.4.5 同心环形缝隙沿流变化的轴向 流动	33	2.2.6 闪点	48
1.4.6 同心环形缝隙中旋转运动	34	2.2.7 倾点	49
1.4.7 两平行圆盘缝隙间的径向流动	35	2.2.8 中和值	49
		2.2.9 腐蚀	49

2.3 工作介质的分类、命名和代号	50	4.4.1 回路阻力效应分析	117
2.3.1 品种分类	50	4.4.2 节流回路的效率特性	118
2.3.2 粘度分类	51	4.4.3 高传输效率阀类	119
2.3.3 命名代号	53	4.4.4 新型综合控制阀	120
2.4 液压油(液)品种	53	4.5 动力源的节能	121
2.4.1 矿物油型和合成烃型液压油	53	4.5.1 动力源的合理利用	121
2.4.2 难燃液压油	64	4.5.2 压力适应动力源	122
2.4.3 专用液压油(液)	68	4.5.3 流量适应动力源	122
2.5 工作介质的选用和更换	74	4.5.4 功率适应动力源	124
2.5.1 选用原则	74	4.5.5 动力源的比较和选用	124
2.5.2 品种选用	75	4.6 原动机功率利用问题	125
2.5.3 粘度等级选用	79	4.6.1 恒功率控制	125
2.5.4 液压油(液)的更换	81	4.6.2 双泵总功率变量调节	126
2.5.5 引进设备选用国产液压油(液)	82	4.6.3 转速检测匹配控制	127
3. 污染控制	88	4.7 能量的贮存和回收	127
3.1 油液污染及对液压系统的影响	88	4.7.1 能量的贮存利用	127
3.1.1 污染物种类与来源	88	4.7.2 能量的直接回收	128
3.1.2 油液污染的危害	88	4.7.3 二次调节系统	128
3.2 油液污染分析	89	5. 自动控制理论基础	130
3.2.1 污染物分析	89	5.1 闭环(反馈)控制系统的组成、分类和对 其要求	130
3.2.2 油液污染度测定	91	5.1.1 闭环(反馈)控制系统的基本组成 和术语	130
3.2.3 油液中水的测定	98	5.1.2 反馈控制系统的分类及名称	131
3.3 油液的净化	100	5.1.3 对反馈控制系统的基本要求	131
3.3.1 油液净化方法	100	5.2 有关的数学基础知识	132
3.3.2 固体颗粒物的滤除	101	5.2.1 复平面和零点-极点图	132
3.3.3 油液中水的排除	101	5.2.2 拉氏变换的基本知识	133
3.3.4 静电净油	102	5.3 线性定常系统的数学模型	134
3.4 油液的污染控制与管理	104	5.3.1 微分方程	134
3.4.1 污染源及控制措施	104	5.3.2 传递函数	135
3.4.2 元件和系统的清洗	105	5.3.3 典型环节	136
3.4.3 防止污染侵入的主要措施	106	5.3.4 动态结构图	137
3.4.4 油液的更换	108	5.3.5 闭环(反馈)控制系统结构图的一般 表示形式及其传递函数	139
3.4.5 液压系统污染控制管理规范	109	5.4 时域分析法	139
4. 节能技术	113	5.4.1 稳定性分析	139
4.1 理论基础	113	5.4.2 单位阶跃响应的暂态性能指标	140
4.1.1 稳态流动能量守恒方程	113	5.4.3 典型二阶系统的单位阶跃响应	140
4.1.2 能量损失的分类	114	5.4.4 高阶系统的单位阶跃响应	141
4.2 系统效率定义及能耗分析	114	5.4.5 稳态误差	142
4.3 改善能量转换效率	115	5.4.6 计算机绘制系统单位阶跃响应曲线 程序	144
4.3.1 选型	115		
4.3.2 泵摩擦副的间隙控制	116		
4.3.3 差动液压缸的能耗问题	116		
4.4 提高系统传输效率	117		

5.5 频域分析法	146	6.1.7 液压 CAD 应用软件简述	193
5.5.1 频率特性	146	6.2 液压系统的计算机控制	197
5.5.2 频率特性的各种数学表达式	147	6.2.1 计算机控制液压系统的结构 和组成	197
5.5.3 频率特性的图示方法	147	6.2.2 计算机控制的液压控制系统	199
5.5.4 典型环节的频率特性	147	6.2.3 采样控制系统的设计和综合	201
5.5.5 系统开环频率特性的特点	150	6.3 液压计算机辅助测试(CAT)	206
5.5.6 用系统开环频率特性分析系统 稳定性	150	6.3.1 液压 CAT 的模式	207
5.5.7 稳定裕量	152	6.3.2 液压 CAT 的特点	207
5.5.8 二阶系统频率特性与过渡过程 的关系	153	6.3.3 液压 CAT 硬件系统	208
5.5.9 高阶系统的频域指标与时域指标 之间关系的估计	155	6.3.4 干扰与抗干扰	209
5.5.10 计算机绘制伯德图程序	156	6.3.5 液压 CAT 软件	214
5.6 自动控制系统校正	159	6.3.6 液压 CAT 实例	217
5.6.1 系统校正	159	6.4 人工智能与专家系统	223
5.6.2 常用校正装置	159	6.4.1 概述	223
5.6.3 串联校正	163	6.4.2 知识获取及表示方法	224
5.6.4 串联带阻滤波器校正举例	163	6.4.3 专家系统的推理方法	226
5.6.5 串联 PID 调节器校正	165	6.4.4 专家系统与专家系统工具	228
5.6.6 反馈校正	166	6.4.5 人工智能及专家系统在液压技术 中的应用	228
5.7 离散控制系统	167	7. 国内外液压标准	234
5.7.1 概述	167	7.1 中华人民共和国法定计量单位	234
5.7.2 信号的采样和复现	167	7.1.1 中华人民共和国法定计量单位	234
5.7.3 z 变换	169	7.1.2 常用法定计量单位及其换算	236
5.7.4 脉冲传递函数	171	7.2 优先数和优先数系	239
5.7.5 采样系统的稳定性	173	7.2.1 术语和定义	239
5.7.6 采样系统的瞬态响应	174	7.2.2 系列的种类和代号	240
5.7.7 采样控制系统的稳态误差	175	7.2.3 优先数系的主要特性	241
5.7.8 连续系统离散化	176	7.2.4 基本系列的应用	242
5.7.9 数字 PID 控制算法	176	7.2.5 优先数系的应用要点	242
5.7.10 采样周期的选取	176	7.3 液压国家标准汇编	242
6. 计算机技术在液压中的应用	179	7.3.1 液压气动图形符号	242
6.1 液压 CAD	179	7.3.2 液压气动系统及元件——公称压力 系列	282
6.1.1 CAD 的发展概况	179	7.3.3 液压测量技术通则	282
6.1.2 CAD 系统的组成及类型	180	7.4 液压标准目录汇编	284
6.1.3 液压 CAD 的功能	184	7.4.1 国内液压标准目录	284
6.1.4 CAD 软件设计	184	7.4.2 ISO/TC 131 液压标准目录	287
6.1.5 CAD 动态仿真理论基础	187	7.4.3 国外液压标准目录	291
6.1.6 计算机绘图与参数化绘图	191	7.4.4 国外标准汇总	305

第二篇 液压泵与液压马达

8. 概论	311	(I) 通轴式泵与马达	374
8.1 液压泵和液压马达的分类	311	10.1 概述	374
8.1.1 液压泵的分类	311	10.2 分类	374
8.1.2 液压马达的分类	311	10.2.1 点接触式通轴泵和马达	374
8.2 液压泵和液压马达的主要参数和常用计算公式	311	10.2.2 滑履式通轴泵和马达	375
8.2.1 液压泵的主要参数	311	10.3 工作原理	375
8.2.2 液压马达的主要参数	313	10.3.1 通轴泵	375
8.2.3 常用计算公式	313	10.3.2 通轴马达	375
8.3 液压泵和液压马达的结构特点	313	10.4 典型结构	376
8.3.1 液压泵的结构特点	313	10.4.1 典型零、部件结构	376
8.3.2 液压马达的结构特点	313	10.4.2 典型产品结构	379
8.4 液压泵的变量控制方式	318	10.5 产品介绍	383
8.5 液压泵和液压马达的选择和应用建议	322	10.5.1 PVB 系列通轴泵	383
9. 叶片泵与叶片马达	325	10.5.2 A10V 系列通轴泵	388
9.1 概述	325	10.5.3 A4V 系列通轴泵	397
9.2 分类	325	10.5.4 Sundstrand 20 系列通轴泵和马达	404
9.3 工作原理	325	10.5.5 HTM 系列通轴马达	411
9.3.1 双作用叶片泵的工作原理	325	10.5.6 SXM 系列通轴马达	418
9.3.2 单作用叶片泵的工作原理	325	10.5.7 XB2 系列通轴泵	419
9.3.3 叶片马达的工作原理	326	10.5.8 QXB 系列通轴泵(马达)	422
9.3.4 凸轮转子叶片泵的工作原理	326	10.5.9 ZM 系列点接触式通轴马达	425
9.4 典型结构与工艺要求	326	10.5.10 Sauer Sundstrand 90 系列通轴泵和马达	426
9.4.1 双作用叶片泵的典型结构	326	10.6 选用指南	437
9.4.2 单作用叶片泵的典型结构	331	10.6.1 结构选择	437
9.4.3 叶片马达的典型结构	333	10.6.2 参数选择	438
9.4.4 工艺要求	333	10.6.3 使用寿命	438
9.5 产品介绍	333	10.6.4 介质	438
9.5.1 YB 型叶片泵	333	10.7 使用需知与常见故障	438
9.5.2 YYB 型双联叶片泵	337	10.7.1 安装连接和配管	438
9.5.3 YB ₁ 型叶片泵	340	10.7.2 工作介质	439
9.5.3 PFE 系列柱销式叶片泵	343	10.7.3 启动和运转	439
9.5.4 PV2R 系列叶片泵	350	10.7.4 常见故障及其排除方法	440
9.5.5 YB-E 系列叶片泵	361	(II) 非通轴式泵与马达	441
9.5.6 YBN 型限压式变量叶片泵	364	10.8 概述	441
9.5.7 V ₄ 型变量叶片泵	365	10.9 工作原理	441
9.6 选用指南	370	10.10 典型结构	441
9.7 使用需知与常见故障	370	10.10.1 CY14 系列非通轴泵	441
9.7.1 使用需知	370	10.10.2 ZB 系列非通轴泵	441
9.7.2 常见故障及排除方法	370	10.11 产品介绍	441
10. 直轴式轴向柱塞泵与马达	374		

10.11.1	CY14 系列非通轴泵、马达	441	特征分类	536
10.11.2	ZB 系列非通轴泵、马达	445	13.2 齿轮泵和齿轮马达工作原理	536
11	斜轴式轴向柱塞泵与马达	449	13.2.1	外啮合齿轮泵工作原理
11.1	概述	449	13.2.2	内啮合齿轮泵工作原理
11.2	斜轴式柱塞泵和马达的分类	449	13.2.3	摆线内啮合齿轮泵(转子泵)
11.3	斜轴式柱塞泵/马达工作原理	450		工作原理
11.4	典型结构与工艺要求	451	13.2.4	齿轮马达工作原理
11.4.1	典型结构	451	13.3 齿轮泵和齿轮马达的典型结构	538
11.4.2	斜轴式柱塞泵的工艺要求	453	13.3.1	外啮合齿轮泵
11.5	产品介绍	454	13.3.2	内啮合齿轮泵
11.5.1	A2F 型斜轴泵/马达	454	13.3.3	摆线转子泵
11.5.2	A6V 斜轴式单向变量马达	455	13.3.4	齿轮马达
11.5.3	A7V 单向变量泵	465	13.4 有关齿轮泵的几个问题	539
11.5.4	A8V 变量泵	480	13.4.1	齿轮泵的泄漏
11.5.5	A2F6.1 型斜轴式柱塞定量 泵/马达	487	13.4.2	齿轮泵的径向载荷
11.5.6	A6VM/60 型斜轴式变量马达	496	13.4.3	齿轮泵齿轮的齿形
11.5.7	A8V60 型斜轴式变量双泵	496	13.4.4	齿轮泵的轴承
11.5.8	ZB/ZM 型斜轴式泵/马达	497	13.5 产品介绍	545
11.6	选用指南	497	13.5.1	CBN 0.5/4 系列齿轮泵
11.7	使用需知	498	13.5.2	CBKO 系列齿轮泵
12	径向柱塞泵与马达	503	13.5.3	CBN-E300 系列齿轮泵
12.1	概述	503	13.5.4	CBN-G300 系列齿轮泵
12.2	分类	503	13.5.5	G5 系列齿轮泵和马达
12.3	工作原理	503	13.5.6	CBN-E400 系列齿轮泵
12.3.1	径向柱塞泵的工作原理	503	13.5.7	CBT-E5 系列齿轮泵
12.3.2	径向柱塞马达的工作原理	503	13.5.8	CBF-E 系列齿轮泵
12.4	典型结构	504	13.5.9	CBN 20/100 系列齿轮泵
12.4.1	径向柱塞泵的典型结构	504	13.5.10	CBQ-F 系列齿轮泵
12.4.2	径向柱塞马达的典型结构	505	13.5.11	HLCB-D* */* 系列恒流 溢流齿轮泵(转向泵)
12.5	产品介绍	509	13.5.12	FLCB-D* */3* 单稳分流 齿轮泵
12.5.1	INM 系列马达	510	13.5.13	CBD 系列齿轮泵
12.5.2	NHM 系列马达	515	13.5.14	CBF-F 系列齿轮泵
12.5.3	JM 型马达	522	13.5.15	CB-F _C (F _D) 系列齿轮泵
12.5.4	球塞式内曲线马达	524	13.5.16	CB-P 系列齿轮泵
12.5.5	横梁传力式内曲线马达	531	13.5.17	CBY 系列齿轮泵
12.6	选用指南	532	13.5.18	CBG 系列齿轮泵
12.7	使用需知	533	13.5.19	CB-T 系列齿轮双泵
13	齿轮泵和齿轮马达	535	13.5.20	CBIF 系列齿轮泵
13.1	齿轮泵和齿轮马达分类	535	13.5.21	CBZ 系列齿轮泵
13.1.1	按齿轮泵和齿轮马达外部 特征分类	535	13.5.22	CBZ4 系列齿轮泵
13.1.2	按齿轮泵和齿轮马达的内部		13.5.23	CBZ ₆ 系列齿轮泵