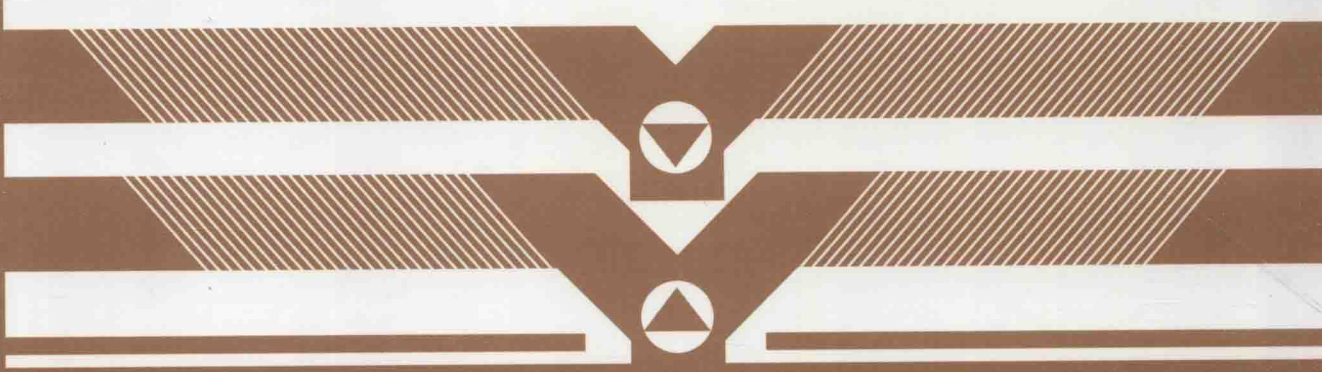




液压工程师 技术手册

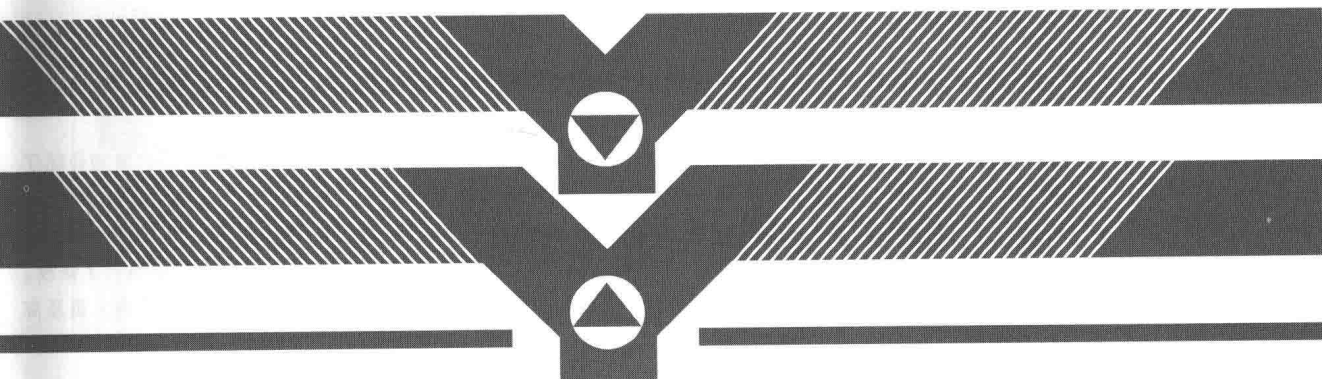
● 第二版 ●

高殿荣 王益群 主编

YEYA
GONGCHENGSHI
JISHU
SHOUCE



化学工业出版社



液压工程师 技术手册

第二版

高殿荣 王益群 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

《液压工程师技术手册》(第二版)归纳了燕山大学流体传动及控制学科老师们近年来在教学、科研及工程实践方面的经验,具有内容丰富、与时俱进、易于查找、实用性强的特点。

本版内容主要是增加了新兴技术如微流体技术的介绍、现行的国家和行业液压标准的介绍,增加介绍了国际著名的液压产品供应商,如德国的 REXROTH 公司、美国的 MOOG 公司、EATON VICKERS 公司、HAVE 公司以及国内的著名液压件生产厂商,如北京华德液压、609 所、山东泰丰、黎明液压、无锡沃尔德等公司的产品。删除了手册第一版中部分老标准及老产品介绍;同时,对读者就手册第一版中提出的问题进行了修改。

本手册适合从事液压产品开发、生产检验,液压系统的监测和检测,液压系统维修、维护管理人员及高等院校相关人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

液压工程师技术手册/高殿荣,王益群主编. —2 版.
北京:化学工业出版社,2015.6
ISBN 978-7-122-23845-0

I. ①液… II. ①高… ②王… III. ①液压传动-技
术手册 IV. ①TH137-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 090877 号

责任编辑:黄 滢

装帧设计:尹琳琳

责任校对:边 涛

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市胜利装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 75 字数 1925 千字 2016 年 2 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:198.00 元

版权所有 违者必究

《液压工程师技术手册》（第二版）编委会

主 任：王益群

委 员：（按姓名汉语拼音排序）

高殿荣 高英杰 何 殷 姜万录

孔祥东 刘劲军 刘 涛 王益群

吴晓明 张齐生 张 伟 赵静一

《液压工程师技术手册》第一版自 2010 年 3 月出版至今已过去了五年多,随着国民经济的快速发展和科学技术的不断进步,液压技术和产品已逐步融入全球一体化进程。国外高水平的液压产品不断涌入中国市场,国内的液压技术也在不断提高,新产品也是层出不穷。为了适应液压技术和产品不断发展的新形势,有必要对第一版《液压工程师技术手册》进行修订。本次修订主要是增加了新兴技术如微流体技术的介绍、现行的国家和行业液压标准的介绍,此外还增加介绍了国际著名的液压产品供应商,如德国的 REXROTH 公司、美国的 MOOG 公司、EATON VICKERS 公司、HAVE 公司以及国内著名的液压件生产厂商,如北京华德液压、609 所、山东泰丰、黎明液压、无锡沃尔德等公司的产品。删除了部分旧标准及老产品介绍内容;同时,对读者就手册中提出的问题进行了修改。

本版归纳了燕山大学流体传动及控制学科老师们近年来在教学、科研及工程实践方面的经验,保持了内容丰富、与时俱进、易于查找、实用性强的特点。由高殿荣负责修订第一篇第一章常用现行液压国家及行业标准、第一篇第三章微流体技术,并负责对第一版中读者提出的问题进行修改;张伟负责修订第三篇第一章液压泵 6.3.10 节 A4VSO 型斜盘式变量柱塞泵、6.3.11 节 A4VG 型轴向柱塞变量泵;吴晓明负责修订第三篇第三章液压缸 6.9 节伺服液压缸产品介绍,第三篇第四章液压控制阀 12.4.2 节 REXROTH 电液伺服阀、12.4.4 节 CSDY 电液伺服阀;刘涛负责修订第三篇第四章液压控制阀 2.1.5 节电磁溢流阀和卸荷溢流阀、4.4 节流量同步器、5.3 节流量同步元件、8.4.4 节 REXROTH 高压负荷传感多路阀、8.4.5 节 HAWE 负载敏感式比例多路阀、10.3 节二通插装阀典型产品、第三篇第五章液压辅件 2.5.2 节 REXROTH 产品、3.3.2 节风冷式油冷却器产品介绍、3.3.3 节油冷机组产品介绍、6.2 节 REXROTH TLF 型空气过滤器等。

本版的修订大纲和统稿由高殿荣负责,王益群审阅。

本手册适合于液压产品开发,生产检验,液压系统的监测和检测,液压系统维修、维护管理人员及高等院校相关人员使用。

在此向关爱本手册并提出宝贵意见的读者朋友们致以诚挚的谢意!

由于笔者水平有限,加之时间仓促,难免有疏漏之处,敬请指正!

王益群

第一版前言

随着制造业的快速发展,液压传动与控制技术应用领域不断扩大,应用范围越来越广,新型高性能的液压传动及控制元件及系统不断出现。从事设计、制造、使用、维护、管理和经销液压产品的人员越来越多,他们迫切需要一本能反映当前最新的国家液压标准,体现液压行业国内外最新技术成果,易于查找和使用,内容丰富,既有液压技术的基础理论知识,实用性又强的手册,本手册正是基于这样的出发点编写的。

考虑到本手册的读者对象范围广泛,所以手册尽力保持了内容的基础性、先进性、系统性、实用性,在篇章的框架结构上有些方面不同于以往出版的液压手册。在第1篇“常用设计资料”中,介绍了最新的常用液压国家标准、常用术语、常用的液压流体力学公式和资料、常用的液压基本回路等。第2篇“液压介质”对液压介质的分类、代号、性质、质量指标和选用了介绍。第3篇“液压产品”中,对国内外各类液压泵的工作原理、特点作了介绍,列出了相应的产品,特别增加了各类泵的加工工艺、拆装方法及注意事项;介绍了各类液压马达的工作原理、加工工艺以及计算和选用原则,列出了相应的液压马达产品;详细介绍了各类液压缸的结构形式、安装方式、加工工艺、设计计算等内容,列出了众多的液压缸产品,使读者具有宽阔的选择范围;较为详细地介绍了各类压力控制阀、方向控制阀和流量控制阀的工作原理、结构特点和相应的产品以及加工工艺。对工程机械上应用的多路阀,广泛应用的叠加阀、插装阀以及能够反映当前液压控制技术发展水平的比例阀和伺服阀也作了详细介绍,特别列出了代表伺服阀技术目前先进水平的美国MOOG公司产品和国内的相关产品,便于读者比较选用。液压辅件是液压系统中不可或缺的元件,对系统正常工作起着重要作用。液压辅件的产品种类很多,生产厂家众多,限于篇幅,本手册只列出部分厂家的有代表性的产品供读者选用和参考。第4篇“液压系统设计计算”介绍了液压系统的设计计算步骤,各类元件的选用原则,以及液压泵站、液压集成块的设计和技术文件的编写等,给出了应用于不同行业的多个液压系统的设计计算实例。第5篇“液压系统安装、调试与故障处理”实用性很强,适合于从事液压系统安装、调试、维护和管理的人员阅读。第6篇“检测与测试”详细介绍了液压系统中常用的各类传感器及其测量装置的工作原理和特点,各类液压元件的测试回路、方法和数据处理等,适合于从事液压产品的开发、生产检测,液压系统的监测和检测,以及液压系统维护和管理人员阅读。

本手册由燕山大学流体传动与控制工程学科的老教师们根据长期从事液压传动与控制领域的教学、科研以及工程实践经验编写而成。

参加编写与审稿的人员分工如下:

高殿荣编写第1篇、第2篇和第3篇的第5章(刘劲军审稿);

张伟编写第3篇的第1章、第2章(赵静一审稿);

吴晓明编写第3篇第3章和第3篇第4章中比例阀、伺服阀及加工部分(孔祥东审稿);

刘涛编写第3篇第4章中压力阀、流量阀、方向阀、多路阀、叠加阀、插装阀部分（高英杰审稿），以及第3篇第6章（赵静一审稿）；

张齐生编写第4篇和第5篇（高英杰审稿）；

姜万录编写第6篇（孔祥东审稿）；

王益群、高殿荣对全书内容统稿，何殷进行了统一整理。

研究生王海军、吴胜强参与了手册部分章节的资料收集和整理工作。

手册在编写过程中还得到了很多同行的大力支持并提出了宝贵意见和建议，一并在
此致谢！

由于编者水平有限，加之定稿时间匆促，疏漏之处在所难免，敬请读者提出批评建议。

主编

第一篇 常用设计资料

第一章 常用现行液压国家及行业标准 ... 2

1 常用现行液压国家标准 2

1.1 液压传动系统及元件图形符号和回路图 2

1.2 液压传动系统及元件公称压力系列 ... 21

1.3 液压泵及马达公称排量系列 21

1.4 液压缸内径及活塞杆外径 22

1.5 液压缸活塞行程系列 22

1.6 液压缸活塞杆螺纹形式和尺寸系列 ... 22

1.7 液压系统用硬管外径和软管内径 23

1.8 隔离式充气蓄能器压力和容积范围 ... 23

1.9 液压泵及马达的安装法兰和轴伸的尺寸 23

1.10 液压四油口方向控制阀安装面 25

1.11 液压二通盖板式插装阀安装连接尺寸 25

1.12 液压油口 26

1.13 液压重型螺柱端 26

1.14 液压六角螺塞 28

1.15 液压缸活塞和活塞杆动密封沟槽尺寸和公差 30

1.16 液压缸活塞和活塞杆窄断面动密封沟槽尺寸和公差 33

1.17 液压气动用 O 形橡胶密封圈尺寸系列 ... 38

1.18 液压气动用 O 形橡胶密封圈外观质量 ... 42

1.19 液压气动用 O 形橡胶密封圈沟槽尺寸 45

1.20 液压系统通用技术条件 46

1.20.1 范围 46

1.20.2 定义 46

1.20.3 要求 47

1.20.4 系统设置 48

1.20.5 能量转换元件 50

1.20.6 液压阀 52

1.20.7 液压油液和调节元件 54

1.20.8 管路系统 56

1.20.9 控制系统 58

1.20.10 诊断和监控 59

1.20.11 清理和涂漆 60

1.20.12 运输准备 60

1.20.13 试运行 60

1.20.14 标注说明 61

1.21 液压缸活塞用带支承环密封沟槽形式 61

1.22 液压缸活塞杆用防尘圈沟槽形式 62

1.23 二通插装式液压阀技术条件 68

1.24 液压元件通用技术条件 69

1.25 液压泵和马达空载排量测定方法 71

1.26 液压气动用管接头公称压力系列 72

1.27 液压软管总成试验方法 72

1.28 带补偿的液压流量控制阀安装面 73

1.29 减压阀、顺序阀、卸荷阀、节流阀和单向阀安装面 73

1.30 液压溢流阀安装面 74

1.31 流量控制阀试验方法 74

1.32 压力控制阀试验方法 75

1.33 方向控制阀试验方法 76

1.34 液压阀压差-流量特性试验方法 77

1.35 24°锥密封端液压软管接头 78

1.36 焊接式或快换式液压软管接头连接尺寸 79

1.37 37°扩口端液压软管接头 80

1.38 液压缸气缸安装尺寸和安装形式代号 81

1.39 液压传动旋转轴唇形密封圈设计规范 81

1.40	流体传动 24°锥形金属管连接管接头	83	1.72	液压滤芯技术条件	98
1.41	液压缸活塞杆端带关节轴承耳环 安装尺寸	83	1.73	采用光学显微镜测定颗粒污染度的 方法	98
1.42	液压油液固体颗粒污染等级代号	84	1.74	零件和元件的清洁度相关检验文件	98
1.43	液压滤芯结构完整性验证	85	1.75	在恒低速和恒压力下液压马达特性的 测定	99
1.44	液压滤芯材料与液体相容性检验 方法	85	1.76	液压马达启动性特性的测定	99
1.45	液压滤芯抗压溃特性检验方法	85	1.77	在恒流量和恒转矩下液压马达特性的 测定	100
1.46	液压滤芯额定轴向载荷检验方法	85	1.78	液压系统总成清洁度检验	100
1.47	液压缸活塞杆端柱销式耳环安装 尺寸	86	1.79	液压滤芯检验性能特性的试验程序	100
1.48	液压阀安装面和插装阀阀孔的标识 代号	86	1.80	液体在线自动颗粒计数系统校准 方法	100
1.49	液压缸活塞和活塞杆动密封装置	86	1.81	电控液压泵性能试验方法	101
1.50	液压缸活塞和活塞杆动密封装置用 支承环	87	1.82	液压过滤器压差装置试验方法	101
1.51	液压缸活塞和活塞杆动密封装置用 同轴密封件安装沟槽	87	1.83	液压系统总成管路冲洗方法	101
1.52	液压缸试验方法	87	1.84	液压管接头试验方法	101
1.53	四通方向流量控制阀试验方法	88	1.85	采用称重法测定液体污染颗粒 污染度	102
1.54	三通方向流量控制阀试验方法	90	1.86	密闭液压传动回路中平均稳态压力的 测量	102
1.55	难燃液压液使用导则	91	2	常用液压行业标准	102
1.56	流体传动系统及元件词汇	91	2.1	液压元件型号编制方法	102
1.57	液压泵空气传声噪声级测定规范	92	2.2	摆线转阀式开心无反应型全液压 转向器	105
1.58	液压油液取样容器净化方法的鉴定和 控制	94	2.3	液压内曲线低速大转矩马达安装 法兰	105
1.59	液压泵、马达和整体传动装置参数 定义	94	2.4	液压系统用冷却器基本参数	105
1.60	液压过滤器压降流量特性的评定	94	2.5	液压二通插装阀图形符号	108
1.61	四油口和五油口液压伺服阀 安装面	94	2.6	液压元件压力容腔体的额定疲劳 压力	108
1.62	利用颗粒污染物测定液压滤芯抗流动 疲劳特性	94	2.7	液压二通、三通、四通螺纹式插装阀 插装孔	108
1.63	液压颗粒污染分析	94	2.8	液压传动测量技术通则	108
1.64	液压阀油口、底板、控制装置和 电磁铁的标识	95	2.9	液压隔膜式蓄能器形式和尺寸	108
1.65	液压泵、马达稳态性能的试验及 表达方法	95	2.10	液压囊式蓄能器形式和尺寸	110
1.66	评定过滤器滤芯过滤性能的多次 通过方法	95	2.11	液压隔离式蓄能器技术条件	113
1.67	液体自动颗粒计数器的校准	95	2.12	液压隔离式蓄能器试验方法	114
1.68	隔离式充气蓄能器优先选择的液压 油口	95	2.13	液压隔离式蓄能器壳体技术条件	115
1.69	隔离式充气蓄能器气口尺寸	96	2.14	液压叶片泵	115
1.70	金属承压壳体的疲劳压力试验方法	96	2.15	液压齿轮泵	115
1.71	液压过滤器技术条件	97	2.16	液压轴向柱塞泵	116
			2.17	液压蓄能器压力容腔体的额定疲劳 压力验证	117
			2.18	液压阀污染敏感度评定方法	117
			2.19	液压元件清洁度评定方法及指标	117

2.20	液压泵站油箱公称容积系列	117	2.2.1	定常流动与非定常流动	132
2.21	单活塞杆液压缸两腔面积比	118	2.2.2	一维流动、二维流动、三维流动	132
2.22	液压软管总成	118	2.2.3	迹线与流线	132
2.23	低速大转矩液压马达	118	2.2.4	流管与流束	132
2.24	液压多路换向阀技术条件	118	2.2.5	过流断面、流量和平均流速	133
2.25	液压多路换向阀试验方法	120	2.3	连续性方程	133
2.26	液压气动用球胀式堵头尺寸及公差	121	3	流体动力学	133
2.27	液压缸	122	3.1	理想流体伯努利方程	134
2.28	摆线液压马达	122	3.2	实际流体总流的伯努利方程	134
2.29	液压单向阀	123	3.3	系统中有流体机械的伯努利方程	135
2.30	液压电磁换向阀	123	3.4	恒定流动动量方程	135
2.31	液压调速阀	123	4	流体在管路中的流动	136
2.32	液压减压阀	123	4.1	管路中流体流动的两种状态	137
2.33	液压节流阀	123	4.1.1	雷诺试验	137
2.34	液压手动及滚轮换向阀	123	4.1.2	基本概念	137
2.35	液压顺序阀	123	4.2	管道中的压力损失	139
2.36	液压卸荷溢流阀	124	4.2.1	沿程压力损失	139
2.37	液压压力继电器	124	4.2.2	局部压力损失	139
2.38	液压电液动换向阀和液动换向阀	124	4.2.3	局部阻力系数	139
2.39	液压溢流阀	125	4.3	总能量损失	142
2.40	液压二通插装阀试验方法	125	5	圆管紊流	142
2.41	液压系统工作介质使用规范	125	5.1	紊流的速度结构、水力光滑管和 水力粗糙管	142
2.42	液压马达	125	5.1.1	紊流的速度结构	142
2.43	液压电磁换向座阀	125	5.1.2	水力光滑管和水力粗糙管	143
2.44	静液压传动装置	125	5.1.3	流速分布	143
2.45	液压滤芯滤材验收规范	125	5.1.4	切应力	143
3	常用液压公式	126	5.2	管路计算	143
5.2.1	水力短管与水力长管	143	5.2.1	水力短管与水力长管	143
5.2.2	串联管路	144	5.2.2	串联管路	144
5.2.3	并联管路	144	5.2.3	并联管路	144
6	孔口及管嘴出流	145	6	孔口及管嘴出流	145
6.1	薄壁孔口和厚壁孔口	145	6.1	薄壁孔口和厚壁孔口	145
6.2	大孔口和小孔口	145	6.2	大孔口和小孔口	145
6.3	自由出流和淹没出流	145	6.3	自由出流和淹没出流	145
7	缝隙流动	146	7	缝隙流动	146
7.1	壁面固定的平行缝隙中的流动	146	7.1	壁面固定的平行缝隙中的流动	146
7.2	壁面移动的平行平板缝隙流动	146	7.2	壁面移动的平行平板缝隙流动	146
7.3	环形缝隙中的流体流动	147	7.3	环形缝隙中的流体流动	147
7.4	平行平板间的径向流动	147	7.4	平行平板间的径向流动	147
8	液压冲击	148	8	液压冲击	148
第三章	微流体技术	149	第三章	微流体技术	149
1	微流体力学	149	1	微流体力学	149
1.1	微流体尺度等级划分	149	1.1	微流体尺度等级划分	149
1.2	微尺度流动的尺寸效应	149	1.2	微尺度流动的尺寸效应	149
1.2.1	描述方程的适用性问题	150	1.2.1	描述方程的适用性问题	150

1.2.2 极大的表面积/体积比值	150	4.11 发展趋势与前景	167
1.2.3 表面粗糙度的影响	151	第四章 液压基本回路	169
1.2.4 梯度参数效应	151	1 概述	169
1.2.5 边界层流动对总流动贡献	151	2 液压源回路	169
1.2.6 黏滞力的影响	152	2.1 定量泵—溢流阀液压源回路	169
1.3 极性流体与非极性流体	152	2.2 变量泵—安全阀液压源回路	170
2 微泵	153	2.3 高低压双泵液压源回路	170
2.1 微泵材料	153	2.4 多泵并联供油液压源回路	171
2.2 微泵分类	153	2.5 闭式系统液压源回路	171
2.2.1 有阀微泵和无阀微泵	153	2.6 辅助泵供油液压源回路	171
2.2.2 机械式微泵和非机械式微泵	154	2.7 辅助循环泵液压源回路	172
2.3 微泵结构的优化	156	3 压力控制回路	172
3 微阀	156	3.1 调压回路	172
3.1 有源微阀	157	3.2 减压回路	173
3.1.1 压电微阀	157	3.3 增压回路	173
3.1.2 磁微阀	157	3.4 保压回路	174
3.1.3 静电驱动微阀	158	3.5 卸荷回路	175
3.1.4 热驱动微阀	158	3.6 平衡回路	176
3.1.5 相变驱动微阀	159	3.7 缓冲回路	177
3.1.6 双稳态微阀	160	3.8 卸压回路	177
3.1.7 外部气动微阀	160	4 速度控制回路	178
3.2 无源微阀	160	4.1 节流调速回路	178
3.2.1 悬臂梁式微阀	160	4.2 容积式调速回路	179
3.2.2 薄膜式微阀	161	4.3 容积节流调速回路	180
3.2.3 毛细管微阀	161	4.4 增速回路	180
3.2.4 扭矩驱动微阀	161	4.5 减速回路	182
4 微流体驱动与控制技术	161	4.6 二次进给回路	182
4.1 压力驱动和控制	162	4.7 比例阀连续调速回路	183
4.1.1 机械压差驱动	162	5 同步控制回路	183
4.1.2 外部压力驱动	163	5.1 机械同步回路	183
4.2 电渗驱动与控制	163	5.2 流量控制同步回路	184
4.3 电水力 (EHD) 驱动	165	5.3 容积控制同步回路	184
4.4 表面张力驱动	165	6 方向控制回路	185
4.5 热 (气泡) 驱动和控制	165	6.1 换向回路	185
4.6 离心力驱动	166	6.2 锁紧回路	186
4.7 磁流体驱动	166	6.3 顺序动作回路	187
4.8 数字化微流体系统的驱动方式	166	7 液压马达回路	188
4.9 电流变 (ER) 流体驱动	167	7.1 马达制动回路	188
4.10 各种驱动方式比较	167	7.2 马达浮动回路	188

第 二 篇

液压介质

第一章 液压介质的分类与性质	192	1 液压介质的分组、命名与代号	192
-----------------------------	-----	-----------------------	-----

事项	215
4.3 齿轮泵产品	215
4.3.1 齿轮泵产品技术参数总览	215
4.3.2 CB型齿轮泵	216
4.3.3 CB-B型齿轮泵	217
4.3.4 CBF-E型齿轮泵	220
4.3.5 CBF-F型齿轮泵	223
4.3.6 CBG型齿轮泵	225
4.3.7 P系列齿轮泵	230
4.3.8 NB型内啮合齿轮泵	233
5 叶片泵	237
5.1 叶片泵的工作原理及主要结构	
特点	237
5.1.1 单作用叶片泵的工作原理及	
主要结构特点	237
5.1.2 双作用叶片泵的工作原理及	
结构特点	238
5.2 叶片泵的加工制造工艺及拆装方法、	
注意事项	239
5.2.1 叶片	239
5.2.2 转子	239
5.2.3 定子	239
5.2.4 配油盘	239
5.2.5 叶片泵的拆装方法与注意	
事项	240
5.3 叶片泵产品	240
5.3.1 叶片泵产品技术参数总览	240
5.3.2 YB1型叶片泵	240
5.3.3 YB-*型车辆用叶片泵	243
5.3.4 PV2R型低噪声叶片泵	243
5.3.5 PFE型柱销式叶片泵	249
5.3.6 YBX型限压式变量叶片泵	255
5.3.7 V4型变量叶片泵	260
6 柱塞泵	263
6.1 柱塞泵工作原理及主要结构特点	263
6.1.1 斜盘式轴向柱塞泵工作原理及	
主要结构特点	263
6.1.2 斜轴式轴向柱塞泵的工作原理及	
主要结构特点	263
6.1.3 径向柱塞泵的工作原理及主要	
结构特点	264
6.2 柱塞泵的加工制造工艺及拆装方法、	
注意事项	264
6.2.1 内、外球面的加工	264
6.2.2 主轴的加工	265
6.2.3 配油盘和缸体的加工	265

6.2.4 壳体的加工	265
6.2.5 柱塞泵的拆装方法与注意	
事项	265
6.3 柱塞泵产品	266
6.3.1 柱塞泵产品技术参数总览	266
6.3.2 CY14-1B型斜盘式轴向柱	
塞泵	267
6.3.3 A2F型斜轴式轴向柱塞泵	268
6.3.4 A7V型斜轴式变量柱塞泵	275
6.3.5 ZB型斜轴式轴向柱塞泵	282
6.3.6 JB※型径向变量柱塞泵	284
6.3.7 A10V型通轴式轴向柱塞泵	285
6.3.8 RK型径向柱塞泵	290
6.3.9 SB型手动泵	290
6.3.10 A4VSO型斜盘式变量柱	
塞泵	292
6.3.11 A4VG型轴向柱塞变量泵	303
第二章 液压马达	316
1 液压马达的分类	316
2 液压马达的主要参数及计算公式	316
2.1 液压马达的主要参数	316
2.2 液压马达的计算公式	317
3 液压马达产品技术参数概览	317
4 齿轮马达	318
4.1 CMG4型齿轮马达	319
4.2 CMK型齿轮马达	320
4.3 GM5型齿轮马达	320
5 叶片马达	321
5.1 YM型中压叶片马达	321
5.2 YM型中高压叶片马达	322
5.3 YM※型低速大扭矩叶片马达	323
6 轴向柱塞马达	324
6.1 ZM型轴向柱塞马达	324
6.2 ZM型斜轴式轴向柱塞马达	325
6.3 A6V型斜轴式变量柱塞马达	325
7 曲柄连杆低速大扭矩液压马达	326
8 静力平衡式低速大扭矩液压马达	328
8.1 1JM型静平衡径向柱塞马达	328
8.2 2JM型变量静平衡径向柱塞马达	329
9 多作用内曲线马达	330
10 摆动液压马达	331
10.1 摆动液压马达的分类	331
10.2 摆动液压马达的常用计算公式	332
10.3 摆动液压马达的工作原理及特点	332
10.4 摆动液压马达产品介绍	332
10.5 摆动液压马达的选用原则	332

11 液压马达的选择	333
第三章 液压缸	335
1 液压缸的类型	335
2 液压缸的基本参数	336
3 液压缸的安装方式	338
4 液压缸的主要结构、材料及技术要求	341
4.1 缸体	341
4.1.1 缸体材料	341
4.1.2 对缸筒的要求	341
4.1.3 技术要求	341
4.2 缸盖	342
4.3 缸体端部连接形式	342
4.4 活塞	344
4.4.1 活塞材料	344
4.4.2 活塞的尺寸和公差	344
4.4.3 活塞的密封	345
4.5 活塞杆	346
4.5.1 活塞杆材料	346
4.5.2 活塞杆的技术要求	350
4.6 活塞杆的导向、密封和防尘	351
4.6.1 导向套的材料	351
4.6.2 技术要求	351
4.6.3 活塞杆的密封	351
4.6.4 活塞杆的防尘	351
4.7 液压缸的缓冲装置	355
4.8 液压缸的排气装置	356
5 液压缸的设计计算	356
5.1 液压缸的设计计算	356
5.2 液压缸性能参数的计算	357
5.2.1 压力	358
5.2.2 流量	358
5.2.3 运动速度	358
5.2.4 速比	359
5.2.5 行程时间	359
5.2.6 推力和拉力	359
5.2.7 功和功率	359
5.3 液压缸主要几何参数的计算	360
5.3.1 液压缸内径 D 的计算	360
5.3.2 活塞杆直径 d 的计算	360
5.3.3 液压缸活塞行程 S 的计算	360
5.3.4 液压缸缸筒长度 L_1 的确定	360
5.3.5 最小导向长度 H 的确定	361
5.4 液压缸结构参数的计算	362
5.4.1 液压缸缸筒壁厚 δ 的计算	362
5.4.2 端盖厚度 h 的计算	362
5.4.3 缸底厚度的计算	364
5.4.4 液压缸油口尺寸的确定	364
5.5 液压缸的连接计算	365
5.5.1 活塞杆连接螺纹的计算	365
5.5.2 活塞杆卡键连接强度的计算	365
5.5.3 缸盖内部连接强度的计算	365
5.5.4 缸盖外部连接强度的计算	367
5.6 活塞杆稳定性验算	367
6 液压缸标准系列	368
6.1 工程液压缸系列	368
6.2 冶金设备用标准液压缸系列	374
6.2.1 YHG ₁ 型冶金设备标准 液压缸	374
6.2.2 ZQ 型重型冶金设备液压缸	382
6.2.3 JB 系列冶金设备液压缸	386
6.2.4 YG 型液压缸	390
6.2.5 UY 型液压缸	397
6.3 车辆用液压缸系列	403
6.3.1 DG 型车辆用液压缸	403
6.3.2 G※型液压缸	406
6.4 重载液压缸	408
6.4.1 CD/CG 型液压缸	408
6.4.2 CG250、CG350 等速重载 液压缸	421
6.5 轻载拉杆式液压缸	422
6.6 带接近开关的拉杆式液压缸	430
6.7 伸缩式套筒液压缸	431
6.8 传感器内置式液压缸	431
6.9 伺服液压缸产品介绍	435
6.9.1 US 系列伺服液压缸	436
6.9.2 海特公司伺服液压缸	437
6.9.3 REXROTH 公司伺服液压缸	438
6.9.4 MOOG 公司 M85 系列伺服 液压缸	440
6.9.5 MOOG 公司 M085 系列伺服 液压缸	440
6.9.6 ATOS 公司伺服液压缸	441
6.9.7 YGC/YGD 系列电液伺服拉杆 液压缸	442
7 液压缸的加工工艺与拆装方法、注意 事项	446
7.1 活塞与活塞杆的加工	446
7.1.1 活塞的加工	446
7.1.2 活塞杆加工	447
7.2 缸体的加工	447
7.2.1 热轧管材的镗削加工工艺	447
7.2.2 冷拔管材珩磨工艺	447

7.2.3 国外现状	447	2.4.3 压力继电器的主要应用	474
7.3 液压缸的拆卸	448	2.4.4 压力继电器的常见故障及 排除	474
7.4 液压缸的检查	449	3 压力控制阀典型产品	474
7.5 液压缸的安装	450	3.1 直动式溢流阀及远程调压阀	474
8 液压缸的选择指南	453	3.1.1 DBD 型直动式溢流阀	474
8.1 液压缸主要参数的选定	453	3.1.2 DBT/DBWT 型遥控溢流阀	476
8.2 液压缸安装方式的选择	454	3.2 先导式溢流阀、电磁溢流阀	477
8.3 速度对选择液压缸的影响	454	3.2.1 DB/DBW 型先导式溢流阀	477
8.4 行程对选择液压缸的影响	455	3.2.2 DA/DAW 型先导式卸荷阀	478
8.5 温度对选择液压缸的影响	455	3.3 减压阀	480
8.6 工作环境对选择液压缸的影响	456	3.3.1 DR※DP 型直动式减压阀	480
8.7 受力情况对选择液压缸的影响	456	3.3.2 DR 型先导式减压阀	482
8.8 选用液压缸时应注意密封件和工作油 的影响	457	3.4 顺序阀	486
第四章 液压控制阀	458	3.4.1 DZ※DP 型直动式顺序阀	486
1 液压控制阀的分类	458	3.4.2 DZ 型先导式顺序阀	487
1.1 按照液压阀的功能和用途进行 分类	458	3.5 压力继电器	489
1.2 按照液压阀的控制方式进行分类	459	4 流量控制阀	492
1.3 按照液压阀的控制信号形式进行 分类	459	4.1 节流阀及单向节流阀	492
1.4 按照液压阀的结构形式进行分类	459	4.1.1 节流阀的工作原理和基本 结构	492
1.5 按照液压阀的连接方式进行分类	459	4.1.2 节流阀的典型应用	495
2 压力控制阀	460	4.1.3 节流阀的常见故障与排除	495
2.1 溢流阀	460	4.2 调速阀及单向调速阀	495
2.1.1 溢流阀的工作原理及结构	460	4.2.1 调速阀的工作原理	495
2.1.2 溢流阀的特性	463	4.2.2 调速阀的流量特性和性能 改善	497
2.1.3 溢流阀的典型应用	464	4.2.3 调速阀的主要性能要求	497
2.1.4 溢流阀的常见故障与排除	465	4.2.4 改善调速阀流量特性的措施	498
2.1.5 电磁溢流阀和卸荷溢流阀	466	4.2.5 调速阀的典型结构和特点	498
2.2 减压阀	467	4.2.6 调速阀的应用和故障排除	499
2.2.1 减压阀的工作原理和结构	467	4.3 溢流节流阀	500
2.2.2 定比减压阀	468	4.4 流量同步器	501
2.2.3 定差减压阀	469	4.4.1 分流集流阀	501
2.2.4 减压阀的性能	469	4.4.2 同步马达	503
2.2.5 减压阀的应用	470	4.4.3 同步缸	504
2.2.6 减压阀的常见故障与排除	470	5 流量控制阀产品	505
2.3 顺序阀	470	5.1 节流阀	505
2.3.1 顺序阀的工作原理	470	5.1.1 MG/MK 型节流阀及单向 节流阀	505
2.3.2 顺序阀的主要性能	471	5.1.2 DV/DRV 型节流截止阀及 单向节流截止阀	506
2.3.3 顺序阀的应用	472	5.2 调速阀	508
2.3.4 顺序阀的常见故障与排除	472	5.2.1 2FRM 型调速阀	508
2.4 压力继电器	472	5.2.2 MSA 型调速阀	511
2.4.1 压力继电器的结构和工作 原理	472	5.3 流量同步元件	512
2.4.2 压力继电器的主要性能	474		

5.3.1	FJL、FL、FDL 型同步阀	512	7.3.2	WE6 型电磁换向阀	564
5.3.2	FDR 型齿轮同步马达	512	7.3.3	WE10 型电磁换向阀	567
5.3.3	HGM 系列柱塞同步马达	518	7.4	电液换向阀	570
5.3.4	AVS 系列同步液压缸	518	7.4.1	WEH (WH) 型电液换向阀	570
6	方向控制阀	520	7.4.2	DG5S4-10 型电液换向阀	573
6.1	概述	520	7.5	手动换向阀和行程换向阀	576
6.1.1	方向控制阀的分类	520	7.5.1	WMD 型手动换向阀	576
6.1.2	滑阀式换向阀的工作原理	520	7.5.2	WMM 型手动换向阀	578
6.1.3	换向阀的工作位置数和 通路数	521	7.5.3	WMR/U 型行程 (滚轮) 换向阀	580
6.1.4	换向阀的中位机能	521	8	多路换向阀	582
6.1.5	滑阀的液压卡紧现象	521	8.1	多路换向阀的分类及功能	582
6.1.6	滑阀上的液动力	522	8.2	多路换向阀的工作原理及典型 结构	582
6.2	单向阀	523	8.2.1	多路换向阀的油路形式和工作 原理	582
6.2.1	单向阀的工作原理	523	8.2.2	多路换向阀的滑阀机能	583
6.2.2	应用单向阀须注意的问题	523	8.2.3	多路换向阀的典型结构	583
6.3	液控单向阀	524	8.2.4	多路换向阀的补油装置	585
6.3.1	液控单向阀的工作原理	524	8.3	多路换向阀的性能	585
6.3.2	应用液控单向阀须注意的 问题	527	8.4	多路换向阀的产品介绍	586
6.4	电磁换向阀	529	8.4.1	ZFS 型多路换向阀	586
6.4.1	电磁铁	529	8.4.2	ZFS-※※H 型多路换向阀	587
6.4.2	电磁阀的典型结构和特点	531	8.4.3	CDB 型多路换向阀	590
6.4.3	性能要求	536	8.4.4	REXROTH 高压负荷传感 多路阀	592
6.4.4	电磁换向阀的应用	537	8.4.5	HAWE 负载敏感式比例 多路阀	600
6.4.5	常见故障	538	9	叠加阀	604
6.4.6	电磁换向阀的选用	539	9.1	概述	604
6.5	电液换向阀	540	9.2	叠加阀的典型结构	604
6.5.1	电液换向阀的工作原理	540	9.2.1	滑阀式	605
6.5.2	典型结构和特点	540	9.2.2	插装式	605
6.5.3	电液换向阀的先导控制方式和 回油方式	545	9.2.3	叠加阀的安装	605
6.5.4	电液换向阀的主要性能要求	547	9.3	叠加阀的功能及应用	605
6.6	其他类型的方向阀	547	9.3.1	单功能叠加阀	605
6.6.1	手动换向阀	547	9.3.2	复合功能叠加阀	606
6.6.2	机动换向阀	550	9.3.3	叠加阀的应用	607
6.6.3	电磁球阀	551	9.4	叠加阀产品介绍	608
7	方向控制阀产品	552	9.4.1	力士乐系列叠加阀	608
7.1	单向阀	552	9.4.2	威格士系列叠加阀产品	613
7.1.1	S 型单向阀	552	10	插装阀	620
7.1.2	C 型单向阀	554	10.1	二通插装阀	620
7.2	液控单向阀	556	10.1.1	二通插装阀的工作原理	621
7.2.1	SV/SL 型液控单向阀	556	10.1.2	插装阀的典型组件	625
7.2.2	4C 型液控单向阀	558	10.1.3	插装阀的基本回路	629
7.3	电磁换向阀	561			
7.3.1	WE5 型湿式电磁换向阀	562			

10.2 螺纹插装阀	634	11.5.20 BFS、BFL 型电磁比例方向 流量阀	735
10.2.1 螺纹插装阀的工作原理	634	11.5.21 BY 型比例溢流阀	736
10.2.2 螺纹插装阀的基本应用	637	11.5.22 BJJ 型比例减压阀	738
10.3 二通插装阀典型产品	638	11.5.23 DYBQ、BL 型比例流量阀 (节流阀)	738
10.3.1 山东泰丰插装阀产品	638	11.5.24 BPQ 型比例压力流量 复合阀	740
10.3.2 力士乐系列插装阀产品	643	12 电液伺服阀	741
10.3.3 威格士系列插装阀	656	12.1 电液伺服阀分类	741
11 比例阀	666	12.2 电液伺服阀的工作原理、典型结构及 特点	742
11.1 比例阀的分类及特点	666	12.3 电液伺服阀的应用及选择	745
11.2 比例阀的结构及工作原理	667	12.3.1 电液伺服阀的应用	745
11.3 比例阀用放大器	674	12.3.2 电液伺服阀的选择	746
11.3.1 VT2000 比例放大器——比例 压力阀用的放大器	674	12.4 电液伺服阀的典型产品	749
11.3.2 VT3000 比例放大器——无阀芯 位置反馈比例方向阀用的 放大器	675	12.4.1 MOOG 公司产品	749
11.3.3 VT5005 比例放大器——带阀芯 位置反馈比例方向阀用的 放大器	677	12.4.2 REXROTH 电液伺服阀	756
11.4 比例阀的选用原则	682	12.4.3 609 所产品	781
11.5 比例阀产品	684	12.4.4 CSDY 电液伺服阀	785
11.5.1 BY※型比例溢流阀	684	13 液压阀的加工制造工艺及拆装方法、注意 事项	796
11.5.2 4B※型比例方向阀	685	13.1 阀芯的加工	796
11.5.3 KTGI 型比例节流阀	689	13.2 阀体的加工	797
11.5.4 4WRA 型电磁比例换向阀	691	13.3 集成块的加工	800
11.5.5 4WRE 型电磁比例换向阀	695	13.4 液压阀的拆装方法与注意事项	802
11.5.6 4WRZ、4WRH 型电液比例 换向阀	697	13.4.1 液压阀清洗	802
11.5.7 DBETR 型比例压力溢流阀	702	13.4.2 拆装阀的一般要求	802
11.5.8 DBE/DBEM 型比例溢流阀	705	13.4.3 液压阀拆卸注意事项	802
11.5.9 3DREP6 型三通比例压力 控制阀	710	13.4.4 液压阀组装注意事项	803
11.5.10 DRE、DREM 型比例 减压阀	711	第五章 液压辅件	804
11.5.11 ZFRE6 型二通比例调速阀	715	1 蓄能器	804
11.5.12 3BYL 型比例压力-流量 复合阀	718	1.1 蓄能器的种类及特点	804
11.5.13 ZFRE※型二通比例调速阀	719	1.2 蓄能器在系统中的应用	805
11.5.14 ED 型比例遥控溢流阀	722	1.3 各种蓄能器的性能及用途	806
11.5.15 EB 型比例溢流阀	722	1.4 蓄能器的容量计算	806
11.5.16 ERB 型比例溢流减压阀	727	1.5 蓄能器产品	807
11.5.17 EF(C) 型比例(带单向阀) 流量控制阀	730	1.5.1 NXQ 型气囊式蓄能器	807
11.5.18 4BEY 型比例方向阀	733	1.5.2 HXQ 型活塞式蓄能器	809
11.5.19 BQY-G 型电液比例三通调 速阀	734	1.6 蓄能器附件	810
		1.6.1 CQJ 型充氮工具	810
		1.6.2 CDZ 型充氮车	811
		1.6.3 蓄能器专用阀门	811
		2 过滤器	814
		2.1 过滤器的主要性能参数	814
		2.2 过滤器的名称、用途、安装、类别、	