

液压与气动 维修工必读

YEYA YU QIDONG WEIXIUGONG BIDU

李新德◎编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

液压与气动 维修工必读

YEYA YU QIDONG WEIXIUGONG BIDU

李新德◎编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

全书采用一问一答的形式,通过对液压与气动技术中常见的基本概念和可能遇到的一些问题进行解释和说明,介绍了液压与气动技术的基本知识、安装调试及使用维护中实际问题的处理。全书共 14 章,内容包括:液压传动与气压传动的基础知识、液压辅助元件、气动辅助元件、液压泵与空气压缩机、气源处理系统组件、液压缸与气缸、液压马达与气动马达、液压控制阀、气动控制阀、真空元件、气动基本回路、液压基本回路、气动系统实例分析、液压传动系统实例分析。附录中给出了液压与气动元件图形符号,可供查找。

本书可供液压与气动设备管理、操作和维修人员学习或参考,也可作为本科院校、职业院校、中等专业学校的专业培训教材或参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气动维修工必读/李新德编著. —北京:中国电力出版社, 2016. 11

ISBN 978-7-5123-9788-0

I. ①液… II. ①李… III. ①液压系统-维修-问题解答
②气动设备-维修-问题解答 IV. ①TH137-44 ②TH138-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 219653 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 11 月第一版 2016 年 11 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17 印张 401 千字

印数 0001—1500 册 定价 49.80 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



液压与气动技术渗透到很多领域，不断在机床、冶金、工程机械、矿山机械、塑料机械、农林机械、汽车、船舶、航空航天、建筑机械、食品机械、医疗机械等行业得到很大幅度的应用和发展，而且发展成为包括传动、控制和检测在内的一门完整的自动化技术。可见液压与气压传动技术在国民经济和国防建设中的地位 and 作用十分重要。为了保证液压与气动设备在使用过程中能够正常运行，减少故障率，缩短停机时间，降低维修成本，提高生产效率。提高使用和维修人员的专业素质就显得非常重要了。

本书是编者在长期从事液压与气动设备教学、科研、维修和工程实践经验的总结基础上，结合同行们共同交流中获得的宝贵经验，同时广泛搜集资料编著而成的。书中采用一问一答的形式，通过对液压与气动技术学习和使用中常见的基本概念和可能遇到的一些问题进行解释和说明，介绍了液压与气动技术的基本知识、安装调试及使用维护中实际问题的处理。本书内容丰富、新颖实用、设问合理、回答简明，具有系统性、先进性、知识性和实用性的特点。

本书由李新德编著。李芳、吴卫刚、黄蓓、张志鹏、代战胜、牛晓敏、王振、王丽、郭君霞、韩祥凤、马红梅、祖彦勇、苏丹、王桂林、任军等参与了本书的编写、文献资料的索取、文稿录入和部分插图绘制等工作。

本书在编写过程中，参考了大量的资料和文献，未能全部一一注明，深表歉意。尽管编者在编写过程中做出了很多的努力，但是限于编者水平，书中难免有疏忽和不当之处，恳请各位读者批评指正。



前言

第 1 章 液压传动与气压传动的基础知识	1
1-1 液压传动的基本原理是什么?	1
1-2 液压传动系统有哪些组成部分? 图形符号如何表示?	2
1-3 液压传动有哪些优缺点?	3
1-4 什么是气压传动?	4
1-5 气压传动的工作原理是什么?	4
1-6 气压传动系统由哪些部分组成?	5
1-7 气压传动有哪些特点?	5
第 2 章 液压辅助元件	7
2-1 对硬管的安装技术有哪些要求?	7
2-2 对软管的安装技术有哪些要求?	7
2-3 液压软管常见故障有哪些? 故障原因是什么? 应采用哪些措施?	8
2-4 如何正确安装过滤器? 在安装过滤器时应注意哪些问题?	9
2-5 过滤器的滤芯破坏变形的原因有哪些? 如何排除?	10
2-6 蓄能器在安装及使用时应注意哪些事项?	10
2-7 安装加热器的原因有哪些? 液压系统油液预加热的方法主要有哪几种?	11
2-8 油冷却器被腐蚀的原因有哪些? 应采取哪些解决办法?	11
2-9 油冷却器冷却性能下降的原因有哪些? 应采取哪些解决办法?	12
2-10 油冷却器破损的原因有哪些? 应采取哪些解决办法?	12
2-11 油冷却器漏油、漏水的原因有哪些? 应采取哪些解决办法?	12
2-12 分离式液压油箱的结构如何? 在设计时有哪些要求?	12
2-13 油箱温升严重的原因有哪些? 应采取哪些解决办法?	13
2-14 油箱的油液氧化劣化与哪些因素有关? 应采取的办法有哪些?	14
2-15 油箱内油液污染的原因有哪些? 应采取哪些解决办法?	14
2-16 消除油箱振动和噪声的具体方法有哪些?	15
2-17 如何选择密封元件?	16
2-18 密封装置产生漏油的原因是什么?	16
2-19 减少内泄漏及消除外泄漏的措施有哪些?	16
2-20 压力表选择和使用时应注意哪些事项?	17

2-21	测压不准确, 压力表动作迟钝或者压力表跳动大的原因及排除方法是什么?	17
2-22	测压不准甚至根本不能测压的原因及排除方法如何?	18
2-23	为什么要重视安装液压管路? 管道安装一般分为几次?	18
2-24	安装吸油管路时应满足哪些要求?	18
2-25	安装回油管路时应满足哪些要求?	19
2-26	安装管接头时应满足哪些要求?	19
2-27	安装法兰盘时应满足哪些要求?	19
第3章	气动辅助元件	20
3-1	气动系统在使用不供油润滑时应注意哪些事项?	20
3-2	油雾器在使用过程中应注意哪些事项?	20
3-3	消声器是如何应用的?	20
3-4	气动传感器在液位控制中的应用是怎样的?	21
3-5	什么是气桥? 气桥测量的应用是怎样的?	22
3-6	如何用气动量仪测量尺寸?	22
3-7	低压气控放卷跑偏矫正装置是如何工作的?	23
3-8	气液转换器如何应用?	23
3-9	气动管道系统布置原则是什么?	24
3-10	气动管道布置应注意哪些事项?	25
第4章	液压泵与空气压缩机	27
4-1	如何使用外啮合齿轮泵?	27
4-2	外啮合齿轮泵产生噪声的原因有哪些? 如何排除? (以 CB-B 型 齿轮泵为例)	27
4-3	外啮合齿轮泵内外泄漏大、容积效率低的原因有哪些? 如何排除?	29
4-4	外啮合齿轮泵旋转不灵活或咬死的原因有哪些? 如何排除?	31
4-5	如何采用快速修复方法维修 CB-B 型齿轮泵?	31
4-6	装配外啮合齿轮泵应注意哪些事项?	33
4-7	内啮合齿轮泵的常见故障有哪些? 其故障原因是什么? 如何排除?	34
4-8	如何使用内啮合齿轮泵?	35
4-9	螺杆泵的常见故障有哪些? 其故障原因是什么? 如何排除?	35
4-10	叶片泵的常见故障有哪些? 其故障原因是什么? 如何排除?	36
4-11	拆修后叶片泵是如何装配与使用维护的?	39
4-12	轴向柱塞泵的常见故障有哪些? 其故障原因是什么? 如何排除?	39
4-13	如何装配轴向柱塞泵?	42
4-14	如何安装轴向柱塞泵?	43
4-15	轴向柱塞泵是如何使用的?	44
4-16	如何选用空气压缩机?	47
4-17	如何保养和检查往复式空气压缩机?	47
4-18	往复式空气压缩机爆炸产生原因有哪些? 应采取哪些预防措施?	50

4-19	活塞式空气压缩机常见的故障有哪些? 产生的原因有哪些?	51
4-20	空气压缩机排量不足的原因有哪些? 应采取哪些措施?	52
4-21	分析 25000m ³ /h 空分空气压缩机效率下降的原因? 应采取哪些措施?	55
4-22	防止活塞式空气压缩机排气温度过高应注意哪些问题?	57
4-23	分析 NPT5 型空气压缩机故障产生的原因有哪些? 检修时有哪些要求? 如何保养?	59
第 5 章 气源处理系统组件		62
5-1	气源系统是由哪些装置组成的?	62
5-2	后冷却器使用维护时应注意哪些事项?	63
5-3	从空气压缩机输出的压缩空气为什么要净化?	63
5-4	从空气压缩机输出的压缩空气中杂质是如何产生的?	63
5-5	空气滤清器在使用维护时应注意哪些事项?	63
5-6	气动自动排水器工作原理是什么? 使用维护时应注意哪些事项?	63
5-7	电动自动排水器工作原理是什么? 有哪些特点? 使用维护时 应注意哪些事项?	64
5-8	冷冻式干燥器在使用维护时应注意哪些事项?	65
5-9	冷冻式干燥器如何选择?	65
5-10	如何使用维护吸附式干燥器?	66
5-11	吸附式空气干燥器应如何选择?	67
5-12	干燥器使用维护应注意哪些事项?	68
第 6 章 液压缸与气缸		69
6-1	液压缸的常见故障有哪些? 其故障原因是什么? 如何排除?	69
6-2	液压缸漏油的原因有哪些? 应采取的对策有哪些?	70
6-3	在安装液压缸时应注意哪些事项?	73
6-4	如何调整液压缸?	74
6-5	如何拆卸、检查液压缸?	74
6-6	液压缸组装时应注意哪些事项?	75
6-7	液压缸缓冲效果不好的表现有哪些? 其故障原因是什么? 如何排除?	75
6-8	液压缸使用时应注意哪些事项?	76
6-9	液压缸发出不正常的声响的原因有哪些? 如何排除?	76
6-10	液压缸缸壁胀大的主要原因是什么? 如何处理?	77
6-11	液压缸缸体内孔表面划伤有什么不良的后果? 其引起的 主要原因有哪些?	77
6-12	液压缸活塞环损坏的原因是什么? 如何处理?	79
6-13	气缸是如何选用的?	80
6-14	气缸在使用时应注意哪些事项?	82
6-15	气缸漏气的原因有哪些? 如何排除?	82
6-16	气缸动作不灵的原因有哪些? 如何排除?	83
6-17	气缸损坏的原因有哪些? 如何排除?	84

第 7 章 液压马达与气动马达	86
7-1 齿轮液压马达的转速降低, 输出转矩降低的原因有哪些? 如何排除?	86
7-2 液压马达的噪声大, 且振动和发热的原因如何? 如何排除?	86
7-3 液压马达油封漏油的原因有哪些? 如何排除?	87
7-4 齿轮马达在使用时注意哪些事项?	87
7-5 叶片式液压马达输出转速不够 (欠速), 输出转矩低的原因有哪些? 如何排除?	87
7-6 叶片式液压马达负载增大时转速下降很多的原因有哪些? 如何排除?	88
7-7 叶片式液压马达内外泄漏大的原因有哪些? 如何排除?	89
7-8 叶片式液压马达低速时转速颤动, 产生爬行的原因有哪些? 如何排除?	89
7-9 叶片式液压马达不旋转且不启动的原因如何? 如何排除?	89
7-10 叶片式液压马达速度不能控制和调节的原因有哪些? 如何排除?	89
7-11 轴向柱塞马达的常见故障有哪些? 其故障原因是什么? 如何排除?	90
7-12 径向柱塞液压马达的常见故障有哪些? 其故障原因是什么? 如何排除?	91
7-13 如何选用内曲线径向柱塞液压马达?	92
7-14 内曲线径向柱塞液压马达使用时应注意哪些事项?	92
7-15 液压马达是如何选用的?	93
7-16 如何选择气动马达?	93
7-17 气动马达在应用与润滑时应注意哪些事项?	94
7-18 气动马达在使用时应注意哪些事项?	94
7-19 气动马达在配管上应注意哪些事项?	94
7-20 气动马达在运转时应注意哪些事项?	95
7-21 叶片式气动马达在装配时应注意哪些事项?	95
7-22 叶片式气动马达的常见故障有哪些? 其故障原因是什么? 如何排除?	95
7-23 活塞式气动马达的常见故障有哪些? 其故障原因是什么? 如何排除?	96
7-24 气动马达冬季使用时应注意哪些事项?	97
7-25 气动马达间隙泄漏有哪些? 影响间隙泄漏的因素有哪些? 如何控制间隙泄漏?	98
第 8 章 液压控制阀	101
8-1 普通单向阀在使用时应注意哪些事项?	101
8-2 普通单向阀常见故障有哪些? 如何分析与排除?	101
8-3 液控单向阀在使用时应注意哪些事项?	102
8-4 液控单向阀常见故障有哪些? 如何分析与排除?	102
8-5 电磁换向阀常见故障有哪些? 如何分析与排除?	103
8-6 电磁换向阀在使用与安装时应注意哪些事项?	106
8-7 液动换向阀常见故障有哪些? 如何分析与排除?	107
8-8 电液换向阀常见故障有哪些? 如何分析与排除?	107
8-9 手动换向阀常见故障有哪些? 如何分析与排除?	108
8-10 溢流阀在使用时应注意哪些事项?	108

8-11	顺序阀在使用时应注意哪些事项?	109
8-12	减压阀在使用时应注意哪些事项?	109
8-13	压力继电器在使用时应注意哪些事项?	109
8-14	节流阀在使用时应注意哪些事项?	110
8-15	调速阀在使用时应注意哪些事项?	110
8-16	叠加阀组成液压系统时应注意哪些问题?	110
8-17	插装阀在使用时应注意哪些事项?	112
8-18	电液比例阀在使用时应注意哪些事项?	112
8-19	电液伺服阀在使用时应注意哪些事项?	113
8-20	溢流阀是如何安装的?	113
8-21	减压阀和单向减压阀是如何安装的?	114
8-22	顺序阀和单向顺序阀是如何安装的?	114
8-23	压力继电器是如何安装的?	115
8-24	单向阀是如何安装的?	115
8-25	液控单向阀是如何安装的?	115
8-26	电磁换向阀和电液换向阀是如何安装的?	115
8-27	流量控制阀是如何安装的?	116
8-28	电液伺服阀是如何安装的?	117
第9章	气动控制阀	119
9-1	气动减压阀在使用过程中应注意哪些事项?	119
9-2	气动流量控制阀在使用时应注意哪些事项?	119
9-3	气动逻辑元件在使用时应注意哪些事项?	119
9-4	阀岛有哪些类型?	120
9-5	阀岛有哪些结构特点?	122
9-6	气动比例阀/伺服阀是如何选择的?	123
9-7	举例说明张力控制是怎样的。	124
9-8	举例说明加压控制是怎样的。	124
9-9	举例说明位置和力的控制是怎样的。	125
第10章	真空元件	127
10-1	2X型旋片式真空泵应用情况如何?旋片式真空泵在工作中 应注意哪些事项?旋片式真空泵如何换油?	127
10-2	往复式真空泵应用情况如何?往复式真空泵有哪些类型? 往复式真空泵有什么特点?往复式真空泵在使用时应注意哪些事项?	127
10-3	ZJ系列罗茨真空泵应用情况如何?罗茨真空泵是如何工作的? 罗茨真空泵有什么特点?	128
10-4	采用真空泵的真空回路是如何工作的?	129
10-5	真空泵在选用时应注意哪些事项?	129
10-6	真空发生器的结构原理是什么?	130
10-7	真空发生器的特性曲线是怎样的?	131

10-8	二级真空发生器的结构原理是什么?	132
10-9	真空发生器的吸力是如何计算的?	132
10-10	分析真空发生器应用回路的工作过程?	132
10-11	真空吸盘的结构是什么?	133
10-12	真空吸盘的工作原理是什么?	133
10-13	真空吸盘在使用时应注意哪些事项?	134
10-14	真空吸盘在使用选择时考虑哪些事项?	134
10-15	真空减压阀的结构原理是什么?	134
10-16	使用真空发生器的回路中的换向阀有哪些? 这些换向阀在回路中 有何作用? 这些换向阀在应用时有何要求?	135
10-17	小孔口吸着确认型真空压力开关的结构原理是什么?	135
10-18	真空压力开关的维护指标主要有哪些?	136
10-19	真空过滤器的作用是什么? 真空过滤器有几种形式? 在使用维护时, 对真空过滤器的要求有哪些?	136
10-20	什么是真空组件? 在采用真空发生器组件的回路中真空组件有哪些?	137
10-21	常用的真空用自由安装型气缸具有哪些特点?	137
10-22	真空发生器在使用时应注意哪些事项?	137
第 11 章	气动基本回路	140
11-1	采用二位三通阀控制的换向回路是如何工作的?	140
11-2	采用三位三通阀控制的换向回路是如何工作的?	141
11-3	采用二位二通阀控制的换向回路是如何工作的?	141
11-4	采用二位五通阀控制的双作用气缸的换向回路是如何工作的?	141
11-5	采用三位五通阀控制的双作用气缸的换向回路是如何工作的?	142
11-6	采用二位三通阀控制的双作用气缸的换向回路是如何工作的?	143
11-7	什么是气动差动回路? 气动差动回路是如何工作的?	143
11-8	气动马达换向回路是如何工作的?	143
11-9	气源压力控制回路是如何工作的?	144
11-10	工作压力控制回路是如何工作的?	145
11-11	双压驱动回路是如何工作的?	145
11-12	多级压力控制回路是如何工作的?	145
11-13	连续压力控制回路是如何工作的?	146
11-14	采用气体增压器控制的增压回路是如何工作的?	146
11-15	采用气液增压器控制的夹紧回路是如何工作的?	147
11-16	采用气液转换器控制的冲压回路是如何工作的?	147
11-17	利用串联气缸的多级力控制回路是如何工作的?	148
11-18	单作用气缸的进气节流调速回路是如何工作的?	148
11-19	单作用气缸的排气节流调速回路是如何工作的?	149
11-20	单作用气缸的双向调速回路是如何工作的?	149
11-21	双作用气缸的进气节流调速回路是如何工作的?	150

11-22	双作用气缸的排气节流调速回路是如何工作的？	150
11-23	双作用气缸的快速返回回路是如何工作的？	150
11-24	双作用气缸的缓冲回路是如何工作的？	151
11-25	双作用气缸的冲击回路是如何工作的？	151
11-26	采用气液转换器控制的速度控制回路是如何工作的？	152
11-27	采用气液阻尼缸控制的速度控制回路是如何工作的？	153
11-28	采用三位阀控制的位置控制回路是如何工作的？	153
11-29	利用机械挡块控制的位置控制回路是如何工作的？	154
11-30	采用气液转换控制的位置控制回路是如何工作的？	154
11-31	利用制动气缸控制的位置控制回路是如何工作的？	155
11-32	采用比例阀、伺服阀控制的位置控制回路是如何工作的？	156
11-33	利用机械连接的同步控制是如何工作的？	156
11-34	利用单向节流阀控制的同步控制回路是如何工作的？	157
11-35	采用气液联动缸控制的同步控制回路是如何工作的？	157
11-36	闭环同步控制方法是如何工作的？	158
11-37	双手操作安全回路是如何工作的？	159
11-38	过载保护回路是如何工作的？	159
11-39	互锁回路是如何工作的？	160
11-40	残压排出回路是如何工作的？	161
11-41	防止启动冲出回路是如何工作的？	161
11-42	防止下落回路是如何工作的？	162
第 12 章 液压基本回路		164
12-1	换向回路是如何工作的？	164
12-2	采用 O 型或 M 型滑阀机能三位换向阀的闭锁回路是如何工作的？	164
12-3	采用液控单向阀的闭锁回路是如何工作的？	165
12-4	方向控制回路故障分析的基本原则是什么？	166
12-5	液控单向阀对柱塞缸下降失去控制的故障是如何排除的？	166
12-6	液压缸运动相互干扰的故障是如何排除的？	167
12-7	换向失灵的故障是如何排除的？	167
12-8	快退动作前发生冲击现象的故障是如何排除的？	168
12-9	控制油路无压力的故障是如何排除的？	169
12-10	液压缸启停位置不准确的故障是如何排除的？	170
12-11	换向后压力上不去的故障是如何排除的？	171
12-12	换向时产生液压冲击的故障是如何排除的？	172
12-13	单级调压回路是如何工作的？	173
12-14	多级压力回路是如何工作的？	173
12-15	双向调压回路是如何工作的？	174
12-16	减压回路是如何工作的？	175
12-17	增压回路是如何工作的？	175

12-18	采用三位换向阀的卸荷回路是如何工作的？	176
12-19	采用二位二通换向阀的卸荷回路是如何工作的？	177
12-20	采用溢流阀的卸荷回路是如何工作的？	177
12-21	采用液控顺序阀的卸荷回路是如何工作的？	177
12-22	采用单向顺序阀的平衡回路是如何工作的？	178
12-23	采用液控单向阀的平衡回路是如何工作的？	178
12-24	压力控制系统的常见故障及产生原因有哪些？	179
12-25	二级调压回路中的压力冲击的故障是如何排除的？	179
12-26	在二级调压回路中，调压时升压时间长的故障是如何排除的？	180
12-27	在遥控调压回路中，出现溢流阀的最低调压值增高，同时产生 动作迟滞的故障是如何排除的？	180
12-28	在遥控调压回路中，出现遥控配管振动及遥控先导溢流阀振动的 故障是如何排除的？	181
12-29	压力上不去的故障是如何排除的？	181
12-30	溢流阀主阀芯卡住的故障是如何排除的？	183
12-31	溢流阀回油口液流波动的故障是如何排除的？	183
12-32	溢流阀产生共振的故障是如何排除的？	184
12-33	不保压，在保压期间内压力严重下降的故障是如何排除的？	185
12-34	保压过程中出现冲击、振动和噪声的故障是如何排除的？	186
12-35	保压时间越长，系统发热越厉害，甚至经常需要换泵的故障是 如何排除的？	187
12-36	蓄能器不起保压作用的故障是如何排除的？	187
12-37	减压不稳定的故障是如何排除的？	189
12-38	多级减压回路在压力转换时产生冲击现象的故障是如何排除的？	191
12-39	增压回路的故障是如何排除的？	191
12-40	采用换向阀的卸荷回路的故障是如何排除的？	192
12-41	电磁溢流阀使液压泵卸荷的回路故障是如何排除的？	193
12-42	用蓄能器保压、液压泵卸荷的回路故障是如何排除的？	194
12-43	“蓄能器+压力继电器+电磁溢流阀”构成的卸荷回路的故障是 如何排除的？	195
12-44	双泵供油的卸荷回路的故障是如何排除的？	196
12-45	卸荷回路的其他故障是如何排除的？	196
12-46	顺序动作不正常的故障是如何排除的？	196
12-47	什么是进油节流调速回路？进油节流调速回路有哪些特点？	198
12-48	什么是回油节流调速回路？回油节流调速回路有哪些特点？	198
12-49	什么是旁油路节流调速回路？	199
12-50	什么是容积调速回路？容积调速回路是如何分类的？	199
12-51	变量泵和定量执行元件组合容积调速回路是如何工作的？	200
12-52	定量泵和变量液压马达组合容积调速回路是如何工作的？	200

12-53	变量泵和变量液压马达组合容积调速回路是如何工作的?	200
12-54	什么是容积节流调速回路? 由限压式变量叶片泵和调速阀组成的 容积节流调速回路是如何工作的?	201
12-55	差动连接快速运动回路是如何工作的?	201
12-56	双泵供油快速运动回路是如何工作的?	202
12-57	蓄能器快速运动回路是如何工作的?	202
12-58	快速与慢速的速度换接回路是如何工作的?	203
12-59	两种慢速的速度换接回路是如何工作的?	203
12-60	速度控制回路故障分析的基本原则有哪些?	204
12-61	节流调速回路中速度不稳定的故障分析与排除方法如何?	205
12-62	节流调速回路中节流阀前后压差过小的故障分析与排除方法如何?	207
12-63	调速回路中调速阀调速的前冲现象的故障分析与排除方法如何?	207
12-64	调速回路中调速阀前后压差过小的故障分析与排除方法如何?	209
12-65	调速回路中液压缸回程时速度缓慢的故障分析与排除方法如何?	211
12-66	调速回路中速度换接时产生冲击的故障分析与排除方法如何?	211
12-67	调速回路中油温过高引起速度降低的故障分析与排除方法如何?	213
12-68	采用顺序阀控制的顺序动作回路是如何工作的?	213
12-69	采用压力继电器控制的顺序动作回路是如何工作的?	214
12-70	采用行程阀控制的顺序动作回路是如何工作的?	215
12-71	采用行程开关控制的顺序动作回路是如何工作的?	216
12-72	采用液压缸机械连接的同步回路是如何工作的?	217
12-73	采用调速阀的同步回路是如何工作的?	217
12-74	采用串联液压缸的同步回路是如何工作的?	218
12-75	采用同步马达的同步回路是如何工作的?	218
第 13 章	气动系统实例分析	220
13-1	如何分析和阅读气压传动的回路图?	220
13-2	气液动力滑台气压传动系统是如何工作的?	220
13-3	气动机械手是如何工作的?	221
13-4	工件夹紧气压传动系统是如何工作的?	224
13-5	数控加工中心气动换刀系统是如何工作的?	224
13-6	汽车车门的安全操作系统是如何工作的?	225
13-7	东风 EQ1092 型汽车主车气压制动回路是如何工作的?	226
13-8	气动搬运机械手是如何工作的?	227
第 14 章	液压传动系统实例分析	231
14-1	分析液压系统实例的基本步骤有哪些?	231
14-2	组合机床的主要组成、液压动力滑台的功能结构是什么? YT4543 型动力 滑台的液压系统的组成和工作参数是什么?	231
14-3	YT4543 型动力滑台液压系统的工作原理是什么?	233
14-4	YT4543 型动力滑台液压系统的特点有哪些?	234

14-5	MJ-50 型数控机床液压系统的组成有哪些? 能够实现哪些工作和运动? 是如何实现这些工作和运动的?	235
14-6	MJ-50 型数控机床液压系统的工作原理是什么?	236
14-7	MJ-50 型数控机床液压系统的特点有哪些?	237
14-8	万能外圆磨床的主要用途和运动是什么? 外圆磨床工作台往复 运动的要求有哪些?	237
14-9	外圆磨床工作台换向回路是如何工作的?	238
14-10	M1432A 型万能外圆磨床液压系统的工作原理是什么?	239
14-11	M1432A 型万能外圆磨床液压系统的主要特点有哪些?	242
14-12	汽车起重机主要有哪些组成部分? Q2-8 型汽车起重机的外形结构 组成有哪些?	242
14-13	分析 Q2-8 型汽车起重机液压系统的工作原理是怎样的?	242
14-14	Q2-8 型汽车起重机液压系统有哪些特点?	245
14-15	专用铣床的液压传动系统组成有哪些? 动作顺序如何?	246
14-16	专用铣床的液压传动系统工作原理是什么?	247
附录	常用液压与气动元件图形符号 (GB/T 786.1—2009 摘录)	248
参考文献		254



液压传动与气压传动的基础知识

1-1 液压传动的基本原理是什么？

液压千斤顶是机械行业常用的工具，常用液压千斤顶顶起较重的物体。下面以液压千斤顶为例简述液压传动的工作原理。图 1-1 所示为液压千斤顶的工作原理图。有两个液压缸 1 和 6，内部分别装有活塞，活塞和缸体之间保持良好的配合关系，不仅活塞能在缸内滑动，而且配合面之间又能实现可靠的密封。当向上抬起杠杆时，液压缸 1 活塞向上运动，液压缸 1 下腔容积增大形成局部真空，排油单向阀 2 关闭，油箱 4 的油液在大气压作用下经吸油管顶开吸油单向阀 3 进入液压缸 1 下腔，完成一次吸油动作。当向下压杠杆时，液压缸 1 活塞下移，液压缸 1 下腔容积减小，油液受挤压促使压力升高，关闭吸油单向阀 3，液压缸 1 下腔的压力油顶开排油单向阀 2，油液经排油管进入液压缸 6 的下腔，推动液压缸 6 活塞上移顶起重物。如此不断上下扳动杠杆就可以使重物不断升起，达到起重的目的。如杠杆停止动作，液压缸 6 下腔油液压力将使吸油单向阀 2 关闭，液压缸 6 活塞连同重物一起被自锁不动，停止在举升位置。如打开截止阀 5，液压缸 6 下腔通油箱，液压缸 6 活塞将在自重作用下向下移，迅速恢复到原始位置。设液压缸 1 和 6 的面积分别为 A_1 和 A_2 ，则液压缸 1 单位面积上受到的压力 $p_1 = F/A_1$ ，液压缸 6 单位面积上受到的压力 $p_2 = W/A_2$ 。根据流体力学的帕斯卡定律“平衡液体内某一点的压力值能等值地传递到密闭液体内各点”，则有

$$p_1 = p_2 = \frac{F}{A_1} = \frac{W}{A_2}$$

由液压千斤顶的工作原理得知，液压缸 1 与单向阀 2、3 一起完成吸油与排油，将杠杆的机械能转换为油液的压力能输出。液压缸 6 将油液的压力能转换为机械能输出，抬起重物。有了负载作用力，才产生液体压力。因此就负载和液体压力两者来说，负载是第一性的，压力是第二性的。液压传动装置本质是一种能量转换装置。在这里液压缸 6、液压缸 1 组成了最简单的液压传动系统，实现了力和运动的传递。

从液压千斤顶的工作过程，可以归纳出液压传动工作原理如下：

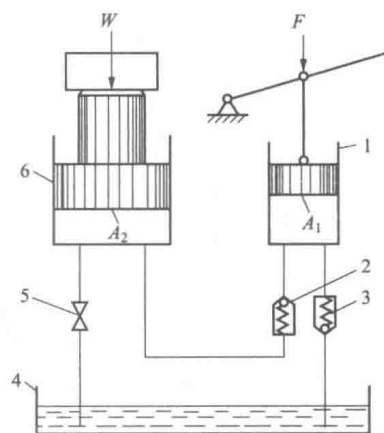


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

1—小液压缸；2、3—单向阀；
4—油箱；5—截止阀；6—大液压缸



(1) 液压传动是以液体（液压油）作为传递运动和动力的工作介质。

(2) 液压传动经过两次能量转换，首先把机械能转换为便于输送的液体压力能，然后把液体压力能转换为机械能对外做功。

(3) 液压传动是依靠密封容积（或密封系统）内容积的变化来传递能量的。

工程机械中的起重机、推土机、汽车起重机、注塑机以及机床行业的组合机床的滑台、数控车床工件的夹紧、加工中心主轴的松刀和拉刀等都应用了液压系统传动的工作原理。

1-2 液压传动系统有哪些组成部分？图形符号如何表示？

以图 1-2 所示组合机床工作台液压传动系统为例说明其组成。

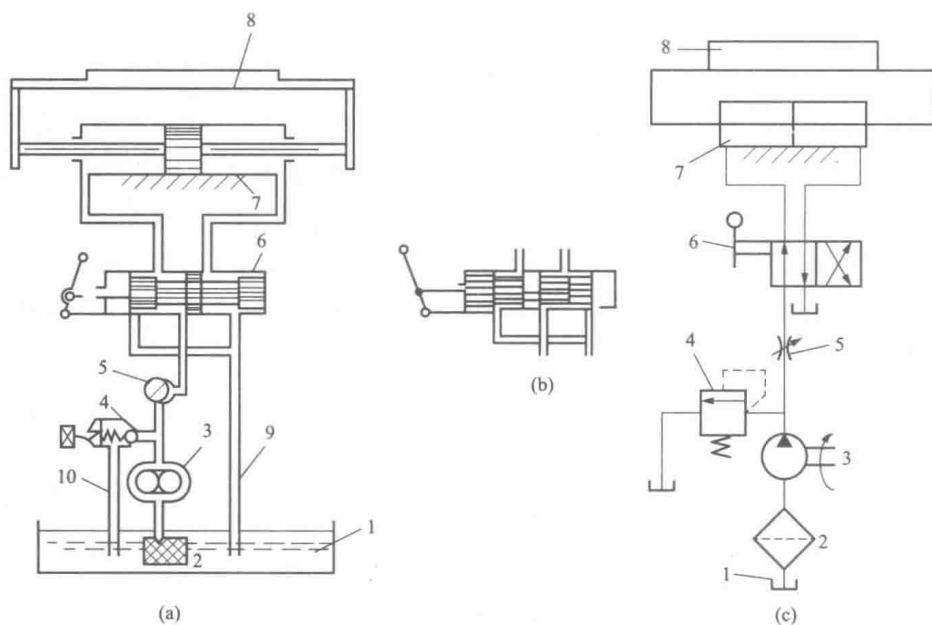


图 1-2 典型液压传动系统原理图

(a) 典型液压传动系统原理结构示意图；(b) 阀 6 阀芯位置的改变；(c) 典型液压传动系统原理图

1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—溢流阀；5—流量控制阀；

6—换向阀；7—液压缸；8—工作台；9、10—管道

液压泵 3 由电动机驱动旋转，从油箱 1 中吸油，经过滤器 2 后被液压泵吸入并输出给系统。当换向阀 6 阀芯处于图 1-2 (a) 所示位置时，压力油经流量控制阀 5、换向阀 6 和管道进入液压缸 7 的左腔，推动活塞向右运动。液压缸右腔的油液经管道、换向阀 6、管道 9 流回油箱。改变换向阀 6 阀芯工作位置，使之处于左端位置 [见图 1-2 (b)] 时，液压缸活塞反向运动。

工作台的移动速度是通过流量控制阀来调节的。阀口开大时，进入缸的流量较大，工作台的速度较快；反之，工作台的速度较慢。为适应克服大小不同阻力的需要，泵输出油液的压力应当能够调整。工作台低速移动时，流量控制阀开口小，泵输出多余的油液经溢流阀 4 和管道 10 流回油箱。调节溢流阀弹簧的预压力，就能调节泵输出口的油液压力。

从上面的例子可以看出，液压传动系统主要由以下五部分组成：

① 动力元件。动力元件是指将机械能转换成流体压力能的装置。常见的是液压泵，为

系统提供压力油液,如图1-1中的液压缸1。

② 执行元件。执行元件是指将流体的压力能转换成机械能输出的装置。它可以是做直线运动的液压缸,也可以是做回转运动的液压马达、摆动缸,如图1-1中的液压缸6和图1-2中的液压缸7。

③ 控制元件。控制元件是指对系统中流体的压力、流量及流动方向进行控制和调节的装置,以及进行信号转换、逻辑运算和放大等功能的信号控制元件,如图1-2中的溢流阀、流量控制阀和换向阀。

④ 辅助元件。辅助元件是指保证系统正常工作所需的上述三种以外的装置,如图1-2中的过滤器、油箱和管件。

⑤ 工作介质。工作介质用于能量和信号的传递。液压系统以液压油液作为工作介质。

图1-2(a)和图1-2(b)中的各个元件是以半结构式图形画出来的,直观性强,易理解,但难于绘制,元件多时更是如此。在工程实际中,除某些特殊情况外,一般都用简单的图形符号绘制,如图1-2(c)所示。图形符号只表示元件的功能,不表示具体结构和参数。我国制定的液压与气动图形符号见GB/T 786.1—2009《流体传动系统及元件图形符号和回路图第1部分:用于常规用途和数据处理的图形符号》。以后每介绍一类元件,都会介绍其图形符号,要求熟记。

1-3 液压传动有哪些优缺点?

与机械传动和电力拖动系统相比,液压传动具有以下优点:

① 液压元件的布置不受严格的空間位置限制,系统中各部分用管道连接,布局安装有很大的灵活性,能构成用其他方法难以组成的复杂系统。

② 可以在运行过程中实现大范围的无级调速,调速范围可达2000:1。

③ 液压传动和液气联动传递运动均匀平稳,易于实现快速启动、制动和频繁的换向。

④ 操作控制方便、省力,易于实现自动控制、中远程距离控制以及过载保护。与电气控制、电子控制相结合,易于实现自动工作循环和自动过载保护。

⑤ 液压元件属机械工业基础件,标准化、系列化和通用化程度较高,有利于缩短机器的设计、制造周期和降低制造成本。

除此之外,液压传动突出的优点还有单位质量输出功率大。因为液压传动的动力元件可采用很高的压力(一般可达32MPa,个别场合更高)。所以在同等输出功率下具有体积小、质量小、运动惯性小、动态性能好的特点。

液压传动的缺点如下:

① 在传动过程中,能量需经两次转换,传动效率偏低。

② 由于传动介质的可压缩性和泄漏等因素的影响,不能严格保证定比传动。

③ 液压传动性能对温度比较敏感,不能在高温下工作,采用石油基液压油作传动介质时还需注意防火问题。

④ 液压元件制造精度高,系统工作过程中发生故障不易诊断。

总的来说,液压传动的优点是主要的,其缺点将随着科学技术的发展会不断得到克服。例如,将液压传动与气压传动、电力传动、机械传动合理地联合使用,构成气液、电液(气)、机液(气)等联合传动,以进一步发挥各自的优点,相互补充,弥补某些不足之处。