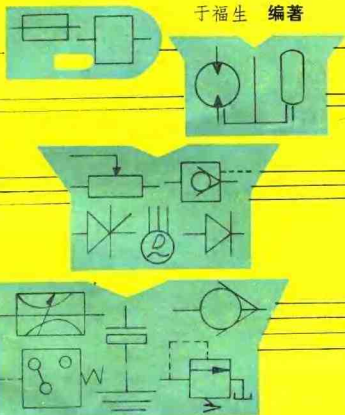


电与液压

于福生 编著



137.5

大连出版社

电 与 液 压

于福生 编著

大连出版社出版发行 (大连市中山区昆明街36号)
海军政治学院印刷厂印刷

字数: 200千字 开本: 787×1092 1/32 印张: 9.25
印数: 1—3 000

1989年10月第1版 1989年10月第1次印刷

责任编辑: 刘 民

版式设计: 李 鹏

封面设计: 于 兴

责任校对: 恒 田

ISBN7-80555-196-O/G·57

定价: 4.00元

内 容 简 介

为了便于读者学习，掌握电与液压技术的基本知识，并借助其它参考资料进行电与液压回路的设计，编者将自己长期从事电与液压技术工作中的实践经验、与国内有关书和杂志相结合，加以系统的整理、编写了此书。其内容较丰富，书中运用电、液类比法，介绍了电与液压元件的构造、原理及实际应用回路等理论与实践问题。

本书可供有关技术人员和工人的自学用书，亦可作为大专院校、中专师生的参考读物。

前 言

目前自动化机械的发展趋势是机械、电气和液压三种技术的综合应用。应该说，与其它的传动形式相比，电与液压传动是最靠近的，尤其是在自动化控制方面它们有着“血缘”关系，可以说，它们是亲姐妹。

由于存在着这种关系，人们在讲解电学中的名词和元件原理时往往以液体来作比喻。虽然电气传动与液压传动有许多不同之处，但是，就两个传动原理及部分元件功能以及用途方面都是很接近的。它们各自有自己的长处和弱点。因此，在一些高度自动化控制的设备上，取长补短，相依为命。

如果把自动化机械比作人的身体，电路就好比人脑和神经；机械装置好比人的骨架；液压系统就是人的肌肉和血液。

液压技术在第二次世界大战期间应用以后，发展的速度比较快，近年来在电子技术理论的推动下其发展速度更是异常惊人，液压“集成元件”出现恰好说明了这一点。

电与液压传动，从农业机械、建筑机械，到数控机床、航天飞机等等，到处都可以找到它们互相配合的例子。并且，它们的使用范围日益扩大，几乎正在向所有新兴科技领域里渗透。

如果人们有了一定的电学知识之后，来阅读这本书，则直接引用电学中的许多概念和结论来理解液压传动。

本书在编写过程中与曹华展、刘友同志就某些问题做过磋商，在此表示感谢。

由于本人对电与液压技术这方面的研究浅薄，不免有错误之处，请读者批评、指正。

编 者

1989年10月

目 录

第一章 常用计算公式及基本定律

1—1	电流与液流	1
1—2	电压、液压与电位、液位	3
1—3	电阻与液阻	6
1—3.1	电阻	6
1—3.2	液阻	7
1—4	功和功率	8
1—5	交、直流与波形图	10
1—6	连续方程与克希荷夫定律	14
1—6.1	连续方程	14
1—6.2	克希荷夫第一定律	15
1—6.3	克希荷夫第二定律	16
1—7	电动机左手定则	17
1—8	发电机右手定则	18
1—9	欧姆定律	19
1—10	帕斯卡定律	20
1—11	层流与紊流	21
1—12	力的变换	23
1—13	连续性原理	24
1—14	能的形式和转换	25

1—15 导线与油管	26
第二章 电与液压元器件工作原理	
2—1 能量转换元件——发电机与液压泵	28
2—1.1 发电机工作原理	28
2—1.2 三相交流发电机	31
2—1.3 液压泵	33
2—1.4 齿轮油泵工作原理	34
2—1.5 内啮合齿轮泵工作原理	37
2—1.6 叶片泵工作原理	38
2—1.7 柱塞泵工作原理	41
2—2 动力元件——电动机与液压马达	45
2—2.1 直流电动机工作原理	45
2—2.2 三相异步电动机工作原理	47
2—2.3 液压马达	48
2—2.4 齿轮液压马达工作原理	49
2—2.5 叶片液压马达工作原理	51
2—2.6 轴向柱塞液压马达工作原理	52
2—3 保护元件——熔断器、热继电器与溢流阀、过载阀	53
2—3.1 熔断器工作原理	53
2—3.2 热继电器工作原理	55
2—3.3 溢流阀与过载阀	57
2—3.4 直动型溢流阀工作原理	57
2—3.5 差动式溢流阀工作原理	58
2—3.6 先导式溢流阀工作原理	59
2—4 流量控制元件——电阻与流量控制阀	61

2—4.1 电阻器	61
2—4.2 流量控制阀	64
2—4.3 节流阀	64
2—4.4 调速阀	66
2—5 能量储存元件——电容器与蓄能器	68
2—5.1 电容器	68
2—5.2 蓄能器工作原理	73
2—6 方向控制元件——晶体二极管、液压射流二极管与单向阀	76
2—6.1 晶体二极管	76
2—6.2 液压射流二极管	81
2—6.3 单向阀	83
2—7 稳定元件——稳压二极管与背压阀	84
2—7.1 稳压二极管	84
2—7.2 背压阀	87
2—8 放大、开关元件——晶体三极管与换向阀	88
2—8.1 晶体三极管	88
2—8.2 换向阀	94
2—8.3 滑阀式换向阀按操纵方式分类	98
2—9 可控元件——可控硅与液压锁	103
2—9.1 可控硅	103
2—9.2 液压锁	107
2—10 变压元件——变压器与减压阀、增压缸	110
2—10.1 变压器	110
2—10.2 减压阀	113
2—10.3 增压缸	118

2—11 时间控制元件——延时继电器与延时阀···	122
2—11.1 延时继电器·····	122
2—11.2 延时阀·····	123
2—12 执行元件——电磁铁与液压油缸·····	126
2—12.1 电磁铁·····	126
2—12.2 液压油缸·····	127
2—13 振荡元件——LC振荡器与液压振荡器·····	136
2—13.1 LC振荡器·····	136
2—13.2 液压自激振荡器·····	143
2—14 组合元件——集成电路与叠加阀集成·····	148
2—14.1 集成电路·····	148
2—14.2 叠加阀集成·····	150
第三章 工作原理图与职能符号	
3—1 电气原理图·····	153
3—2 液压原理图·····	155
3—3 职能符号·····	155
第四章 机床液压与电控回路	
4—1 机床液压回路中使用的电控原件·····	172
4—2 几种基本电控回路·····	174
第五章 基本回路	
5—1 回路、通路、断路与短路·····	186
5—2 阻容回路·····	191
5—2.1 RC电路·····	191
5—2.2 液压阻容回路·····	195
5—3 整流回路·····	197
5—3.1 整流·····	197

5—3.2	单相半波电阻负载整流电路·····	200
5—3.3	单相全波电阻负载整流电路·····	203
5—3.4	单相桥式电阻负载整流电路·····	206
5—3.5	三相桥式电阻负载整流电路·····	209
5—3.6	双相交流液压中的桥式全波整流·····	212
5—3.7	用液桥实现双向节流调速回路·····	213
5—4	稳压回路·····	214
5—4.1	稳压管稳压电路·····	214
5—4.2	限压回路·····	216
5—5	串、并联回路·····	218
5—5.1	元件的串、并联回路·····	218
5—5.2	液压元件串、并联回路·····	226
5—6	换向回路·····	232
5—6.1	异步电动机的正反转电路·····	232
5—6.2	串激直流电动机刀开关可逆控制电路·····	236
5—6.3	液压换向回路·····	237
5—7	变压回路·····	239
5—7.1	调压变压器·····	239
5—7.2	二极管串联变压回路·····	240
5—7.3	可控硅变压回路·····	241
5—7.4	数字压力控制·····	246
5—8	可控回路·····	249
5—8.1	可控硅交流开关电路·····	249
5—8.2	可控硅直流开关电路·····	250
5—8.3	液控单向阀单向锁紧回路·····	252
5—8.4	液控单向阀双向锁紧回路·····	252

5—8.5 用液控单向阀保压回路·····	253
5—9 无级调速回路·····	254
5—9.1 直流电动机的无级调速·····	254
5—9.2 单相交流电动机的无级调速·····	255
5—9.3 液压无级调速回路·····	257
5—10 延时回路·····	259
5—10.1 晶体三极管延时电路·····	259
5—10.2 单结晶体管延时电路·····	260
5—10.3 用延时阀控制时间的多缸顺序动作回路··	262
5—11 双稳态回路·····	262
5—11.1 双稳态电路·····	262
5—11.2 双稳态回路·····	264
5—12 单稳态回路·····	268
5—12.1 单稳态电路·····	268
5—12.2 单稳态回路·····	269
5—13 振荡回路·····	270
5—13.1 电振荡回路·····	270
5—13.2 液压振荡回路·····	275
5—14 卸荷回路·····	276
5—14.1 电卸荷回路·····	276
5—14.2 液压卸荷回路·····	280

第一章 常用计算公式 及基本定律

1—1 电流与液流

电流和液流的本质截然不同。但是，用液流比喻导线中的电流却能更容易认识电流的许多特点。

水往低处流是人们所共知的自然现象。这是因为高处的水较低处的水位（置）高，水位差也叫水压。有了水压，高处的水才能在本身重量的压力作用下流动。提高水位可以采用水泵。在水泵的压力作用下，就能把低处的水送往高处，以保持高处的水流源源流下。可见，要让水在管内持续流动必须有压力。

同样道理，让电流通过导线也必须有电位差，电位差也叫电压。有了电压，电流才能从高电位点流向低电位点。如果两点电位相等，即电位等于零，那就没有电流通过了。也象在水管上安装水泵一样，必须在导线上装有能提高电位的设备，以保证产生持续电流。发电机和电池就是起这个作用的，见图 1—1。

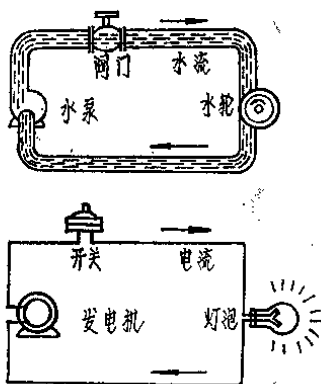


图 1-1

如果水管的粗细等条件相同，水位越高，水压越大，水流也就越急，即每秒钟流过的水量越多，见图 1-2。

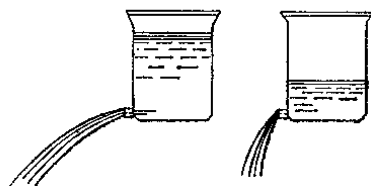


图 1-2

同样道理，当其它条件相同时，电压越大，电流也越强，即每秒通过的电量也越多。

如果电动机和液压马达分别通上电和压力油，它们就会旋转。这是电和油的作用，是由于电流和液流分别通过这两个器件产生的效果。

在同样的额定电压和液压作用下，100瓦的吹风机比25瓦的吹风机流过的电流大一些；而100升的液压马达要比25升的液压马达单位时间内所需液流要多一些。因此，100瓦的吹风机要比25瓦的吹风机产生的风量大一些；而100升的液压马达也比25升的液压马达拉力要大些。电流的强度单位是安培，常用A表示。比安培小的单位有毫安（mA）和微安（UA），它们之间的换算关系是：

$$1\text{ A} = 1000\text{mA}$$

$$1\text{ mA} = 1000\text{uA}$$

而液压流量的单位是升（I），常用Q表示。比升小的单位是毫升（mI），它们之间的换算关系为：

$$1\text{ 升} = 1000\text{毫升}$$

1 — 2 电压、液压与电位、液位

在讲电压和电位时，为了便于解，常借助于液体的直观特性来做比喻：如果把电路比做水路，水管好比导线，水流好比电流，流源就相当于泵，液体在管子里连续不断地流动是靠泵来维持的。泵把液体提升到水塔里，产生水位差，水才会受到重力的作用。自水塔的高水位点、经过水管向下流到低水位点。同样道理，电路中要有电位，也必须有电位差，电流才能从电路中的高电位点，流向低电位点。

电位和液位相似。在电路中，不同的点具有不同的电

位，电源的正极电位高，负极电位低。在电路中，任意两点之间的电位之差就是这两点的电位差，也称为电压，用符号 U 表示。电压的方向我们用 “+”、“-” 号来表示。如图 1—3 所示，“+” 号为高电位，“-” 号为低电位，电压的方向是从 “+” 指向 “-”。

电由于外力作用，在电源两端产生的电位差、称为电源的电动势或电源电压、电压用符号 E 表示。应当注意，由于电动势是在外力作用下产生的，因此，它的方向是从电源负极通过电源内部指向电源正极的，与外部电路正好相反。

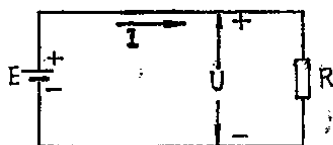


图 1—3

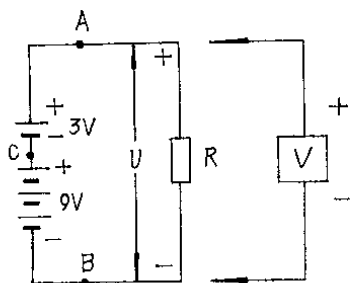
电动势，电压和电位的单位都是伏特 (V) 简称 “伏”。高电压可用千伏 (KV) 表示，小电压可用毫伏 (mv) 表示。

$$1 \text{ 千伏 (KV)} = 1000 \text{ 伏 (V)}$$

$$1 \text{ 伏 (V)} = 1000 \text{ 毫伏 (mv)}$$

电位和电压是有区别的。电位的数值与高度一样，是一个相对概念。它与零电位点 (即参考点) 的选择有关，这一点在分析电路时必须注意。在电子仪器设备中常以机壳为零电位，称为接地，用符号 $\perp$ (或 GND) 表示，如图 1—4 所示。

如果以 B 点接地 (即参考点) 则 C 点电位为 +9V，A 点电位为 +12V。如果以 C 接地，则 B、A 两点电位分别为 -9V 和 +3V。在这两种情况下 A、B 两点的电压始终为



12V。测量方法，跨接万用表的正端接入高电位，负端接入低电位。

液压，即物理学中讲到的液体的压强，在液体传动中称做压力，常用单位是牛顿/米²。

地球表面上的
一切物体都受大气

压力的作用，大气的压力为 1.033公斤/厘米^2 （760毫米水银柱高），工程上通常把 1公斤/厘米^2 的压力称作一个大气压，并把这一个大气压的压力定作“零压”。一般压力表所测出的是高于大气压的那部分压力，叫做表压力，又叫相对压力，而液体压力的真正大小叫绝对压力，它们之间的关系是：

$$\text{表压力} = \text{绝对压力} - \text{大气压力}$$

我们平时所说的油压力，即指油的表压力。如果液体某处的绝对压力小于大气压力，则表压力为负值，我们就说此处具有负压或“真空度”，“真空度”的大小常用水银柱高表示。

液压传动中, 液压系统元件在额定工作条件下名义压力叫公称压力。我国——机部在TB824——66标准中规定的公称压力系列参数为MPa0.25、0.4、0.6、1、1.6、2.5、4、6.3、8、10、12.5、16、20、25、32、40……。在同一标

准中，还规定了压力分级，如表 1—1 所示。目前在工程机械的液压传动中多用高压，部分用中高压，而在一般机床液压传动中多用中、低压。

表 1—1 **压力分级** (JB824—66)

压力分级	低压	中 压	中高压	高 压	超高压
压力范围(MPa)	0~2.5	> 2.5~8	> 8~16	> 16~32	> 32

1—3 电阻与液阻

1—3.1 电阻

水在管道里流动，会受到管道四壁和管道中的其它障碍物（如杂草、石头等）的影响而产生阻力。同样，电流在导体中流动时也要受到一定的阻力，这种对于通电所表现的阻力称为电阻，单位为欧姆（ Ω ），简称欧。在实现工作中，如果电阻比较大，常常采用较大的单位。

$$1 \text{ 千欧 (K}\Omega\text{)} = 10^3 \text{ 欧姆 } (\Omega)$$

$$1 \text{ 兆欧 (M}\Omega\text{)} = 10^6 \text{ 欧姆 } (\Omega)$$

导体的电阻大小与导体的长度成正比，导体越长电阻越大，导体越短电阻越小；与导体的横截面积成反比，导体的横截面积越大，电阻越小，横截面积越小，电阻越大；，导体电阻还与导体的材料有关，不同材料，电阻也不同。导体的电阻与它的材料、长度、横截面积的关系可由下式决定：