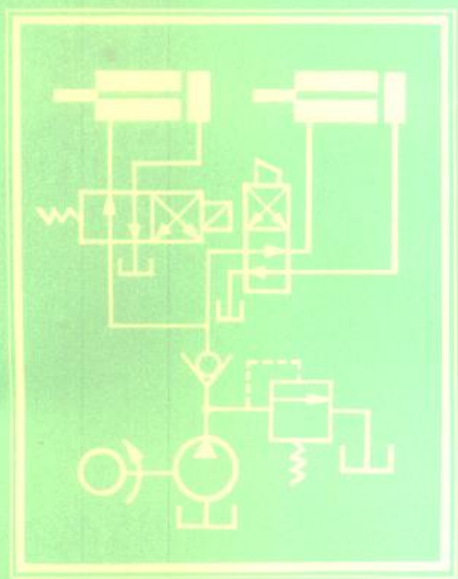




贾培起 编

液压缸

24

北京科学技术出版社

液 压 缸

贾 培 起 编

江苏工业学院图书馆
藏书章

北京科学技术出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍各种液压缸的结构形式、设计计算方法,以及实验、使用和维修方面的知识,列举了大量的计算公式、计算图表、数据表和标准。本书既可作为技术读物,又可作为设计手册使用。

本书可供液压机械、液压设备和机床的设计者参考使用。

液 压 缸

贾培起 编

*

北京科学技术出版社出版

(北京西直门外南路19号)

新华书店首都发行所发行 各地新华书店经售

国防科工委印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 14.375印张 316000字

1987年6月第1版 1987年6月第1次印刷

印数1—3000册

统一书号15274.036 定价:2.55元

前 言

随着科学技术的进步和生产的发展，液压传动几乎已在国民经济的各个部门中得到应用。在机械制造业中，液压传动已成为必不可少的一门技术而普遍地用于各种机械、机床和设备中，发挥着独特的、极为重要的作用。

液压缸作为执行元件，是液压系统的最后一个环节。液压缸性能的优劣，将直接影响机械的工作性能。在液压传动中，无论其它液压元件设计制造得多么精密，回路系统安排得多么合理，只要液压缸设计得不好，就将会事倍功半，得不到良好效果。所以说，液压缸设计在液压传动中占有很重要的地位。

从应用的角度来看，设计液压缸比设计其它液压元件的机会多。因为泵、阀之类的液压元件绝大部分是标准元件，并由专业厂生产。而液压缸必须适应各种不同机械的要求，根据实际情况进行设计。所以，牢固地掌握液压缸设计知识，就显得更有必要。

设计简单的液压缸，仅需作粗略的计算，凭借一般专业基础知识即可。但是在特定的条件下，特别是在大量生产时，就必须合理设计液压缸，使之既有良好的工作性能和工艺性，又尽量降低制造成本，这就需要进行比较复杂而精确的计算，也就需要较深的专业知识和丰富的实践经验。

液压缸的结构形式很多，如果选择得好，就能获得事半

功倍的效果；倘若选择不当，则往往会造成“先天不足”，给制造、使用带来很多问题。因此，要搞好液压缸设计，必须首先对各种形式液压缸的结构特点有充分的了解，做好选型工作，然后才能着手设计计算。

《液压缸》一书力图对各种液压缸的结构特点、理论计算进行全面、系统的介绍。全书共分五章。第一章概括地叙述有关液压缸的应用、技术发展和标准化问题。第二章对各种液压缸的工作原理、性能和特点进行了详细分析，并介绍了重要参数的计算方法。第三章讲述了液压缸的总体和零件的设计计算。第四章介绍了液压缸的试验及试验标准。第五章讲述了液压缸的安装、使用和维修知识。附录中还收集了液压缸结构图谱、有关液压缸的ISO标准和国家标准、各种系列化液压缸的参数及尺寸等，以供设计、选用液压缸或制定液压缸标准系列时参考。

由于本书的内容偏重于工程应用，所以略去了许多理论分析和公式推导，但备有大量实用的计算公式、计算图表、数据表以及标准的资料。

《液压缸》在编写过程中得到了北京航空学院王绍博、天津大学李佐文、机械部自动化研究所樊天训、机械部天津工程机械研究所刘志远、北京内燃机总厂李洪信、机械工业出版社冯侠等同志热情帮助，他们为作者审校稿件、提供资料，并提出了很多宝贵意见，为此，特向这些同志表示衷心感谢。尽管如此，由于笔者知识浅薄，水平有限，错误之处，在所难免，恳望广大读者批评指正。

编 者

一九八五年

目 录

第一章 概 论

第一节 液压缸及其应用	1
第二节 液压缸技术的发展及动向	3
第三节 液压缸的标准化	6
一、名词术语	6
二、图形符号	16
三、型号编制	17
四、主要参数	19

第二章 液压缸的结构及分类

第一节 普通结构液压缸	28
一、单作用液压缸	28
二、双作用液压缸	30
三、液压缸主要技术参数的计算	32
第二节 特殊结构液压缸	33
一、控制速度的液压缸	35
二、控制作用力的液压缸	42
三、控制位置的液压缸	45
四、控制行程的液压缸	48
五、控制特定动作的液压缸	49
六、减少工作空间的液压缸	52

七、改进工艺性的液压缸	54
八、旋转液压缸	55
九、摆动液压缸	56
十、自动控制用液压缸	68
十一、复合液压缸	70
第三节 液压缸的安装形式及分类	72
一、轴线固定式液压缸	74
二、轴线摆动式液压缸	75
三、液压缸的特殊安装形式	77
第四节 液压缸的其它分类方法	77
一、按额定工作压力分类	77
二、按工作油分类	78
三、按速度性能分类	79
四、按密封件寿命分类	79
第五节 液压缸的典型结构	80
一、工程机械液压缸	80
二、金属切削机床液压缸	84
三、锻压机械液压缸	89
四、机械手液压缸	93
五、液压支架液压缸	97
六、飞机液压缸	98

第三章 液压缸的设计计算

第一节 液压缸设计的一般问题	100
一、设计原则	100
二、设计的原始资料	101
三、设计步骤	101
第二节 液压缸承载力的计算	103

一、工作负载的分析	103
二、外摩擦负载的分析计算	106
三、惯性负载的分析计算	108
四、总承载力的分析计算	111
第三节 液压缸输出动力的计算	113
一、活塞作用力的计算	114
二、背压力的计算	114
三、密封摩擦力的计算	116
第四节 液压缸运动速度的计算	119
第五节 液压缸工作压力和流量的选择	121
一、工作压力的选择	121
二、工作流量的选择	124
第六节 液压缸安全系数的选定	125
第七节 缸筒的设计计算	132
一、缸筒的结构	132
二、缸筒内径的计算	133
三、缸筒壁厚的计算	135
四、缸筒变形的计算	144
五、缸筒局部应力的校核	146
六、加强环缸筒的强度校核	148
七、双壁缸筒的强度校核	151
八、缸筒的材料和毛坯	152
九、缸筒的技术要求	153
第八节 活塞杆的设计计算	157
一、活塞杆的结构尺寸	158
二、活塞杆应力的计算	168
三、活塞杆纵向弯曲强度的计算	170
四、活塞杆轴肩强度的计算	170

五、活塞杆连接螺纹的计算	172
六、活塞杆卡键连接强度的计算	174
七、空心活塞杆外压强度的计算	175
八、行程限位挡圈强度的计算	175
九、活塞杆的材料	177
十、活塞杆的技术要求	177
第九节 活塞的设计计算	178
一、活塞的结构	178
二、Y形橡胶圈密封活塞的结构尺寸	181
三、活塞的材料	182
四、活塞的技术要求	182
第十节 缸盖的设计计算	183
一、缸盖的结构	183
二、缸盖厚度的计算	183
三、缸盖内部连接强度的计算	195
四、缸盖外部连接强度的计算	199
五、缸盖的材料和技术要求	204
第十一节 导向套的设计计算	204
一、导向套的结构	204
二、导向套长度的计算	207
三、导向套材料及技术要求	208
第十二节 密封装置的设计	209
一、密封装置的一般知识	209
二、O形橡胶密封圈	213
三、矩形橡胶密封圈	222
四、Y形橡胶密封圈	223
五、Y _x 形橡胶密封圈	227
六、U形夹织物橡胶密封圈	228

七、V形夹织物橡胶密封圈	229
八、V形塑料密封圈	231
九、L形橡胶密封圈	232
十、J形橡胶密封圈	233
十一、皮碗	234
十二、滑环密封	234
十三、活塞环	235
十四、金属管密封环	243
十五、间隙密封	243
十六、其它密封形式	245
十七、液压缸密封件的选用	250
第十三节 防尘装置的设计	250
一、防尘圈	251
二、防尘罩	253
第十四节 液压缸油口的设计	254
一、液压缸管接头的选择	254
二、液压缸油口的连接螺纹	254
三、液压缸油口尺寸的确定	255
四、液压缸油口的位置	255
第十五节 缓冲器的设计计算	258
一、缓冲器的结构	259
二、能量缓冲法的基本公式	263
三、能量法缓冲器的设计计算	269
四、缓冲衰减系数的计算	284
第十六节 自锁装置的设计	286
一、碟簧自锁装置	286
二、滚珠自锁装置	287
三、舌簧自锁装置	287

四、横销自锁装置	288
五、摩擦自锁装置	288
六、分离块自锁装置	289
第十七节 排气装置的设计	290
第十八节 液压缸稳定性的计算	292
一、等截面计算方法	293
二、非等截面计算方法	300
第十九节 液压缸储油量的计算	310
第二十节 液压缸动作时间的计算	312
第二十一节 液压缸热胀量的计算	315
第二十二节 液压缸功率的计算方法	316
第二十三节 液压缸效率的计算	316

第四章 液压缸的性能与试验

第一节 液压缸的性能	319
第二节 液压缸试验的种类和试验条件	325
一、液压缸的鉴定试验	325
二、出厂试验	326
三、液压缸的试验条件	327

第五章 液压缸的使用、安装和维修

第一节 液压缸的选用	333
一、标准液压缸的选用	333
二、液压缸主要参数的选定	334
三、液压缸安装方式的选择	335
四、速度对选择液压缸的影响	337
五、行程对选择液压缸的影响	338

六、温度对选择液压缸的影响	339
七、工作环境对选择液压缸的影响	342
八、受力情况对选择液压缸的影响	343
九、选用液压缸时应注意密封件和工作油的影响	344
第二节 液压缸的安装	345
第三节 液压缸的调整	349
第四节 液压缸的故障分析	351
一、液压缸动作不良	351
二、液压缸的泄漏	353
三、液压缸零件的损坏	353
四、发生故障的其它原因	355
第五节 液压缸的拆卸检查	355
第六节 液压缸零件的修理	356
第七节 液压缸的装配	358
第八节 液压缸的保养	360

第六章 参 考 资 料

一、液压缸结构图谱	361
二、有关液压缸的其它国际标准	361
三、液压缸动密封沟槽尺寸系列和公差	429
四、农业机械用液压缸	431
五、工程机械系列液压缸	439
六、重型机械系列液压缸	440
七、组合机床液压缸	442
八、旋转液压缸	445

第一章 概 论

第一节 液压缸及其应用

液压缸是液压系统中最重要的执行元件，它将液压能转变为机械能，实现直线往复运动。液压缸结构简单，配制灵活，设计、制造比较容易，使用维修方便，所以比液压马达、摆动液压马达等执行元件应用更广泛。如图1-1所示，液压缸能与各种传动机构相配合，完成复杂的机械运动，从而进一步扩大了它的应用范围。例如一台挖掘机大约需要6~7个液压缸。如图1-2所示的挖掘机，在驾驶员的操作下，动臂液压缸1，斗杆液压缸2、转斗液压缸3能非常协调地工作，灵活自如地完成各种挖掘动作。又如一台液压多刀半自动转塔车床，大约要用10个以上的液压缸，按照预定的程序，完成夹紧、走刀、让刀、分度、定位、变速等动作。

为了适应主机的需要，液压缸的规格、品种正日趋齐全，结构在不断改进。例如用于仪器仪表和生活设施的液压缸，其直径仅在4mm左右。配制在大型机械设备上的液压缸，直径可达1.8m以上，有的长度超过30m，有的吨位高达万吨以上。据有关资料统计，液压缸的产值约占液压元件总产值的20%，占有很大的比重。其中在工程机械、矿山机械上的用量最大，其次是金属切削机床、锻压机床、注塑机。此外，

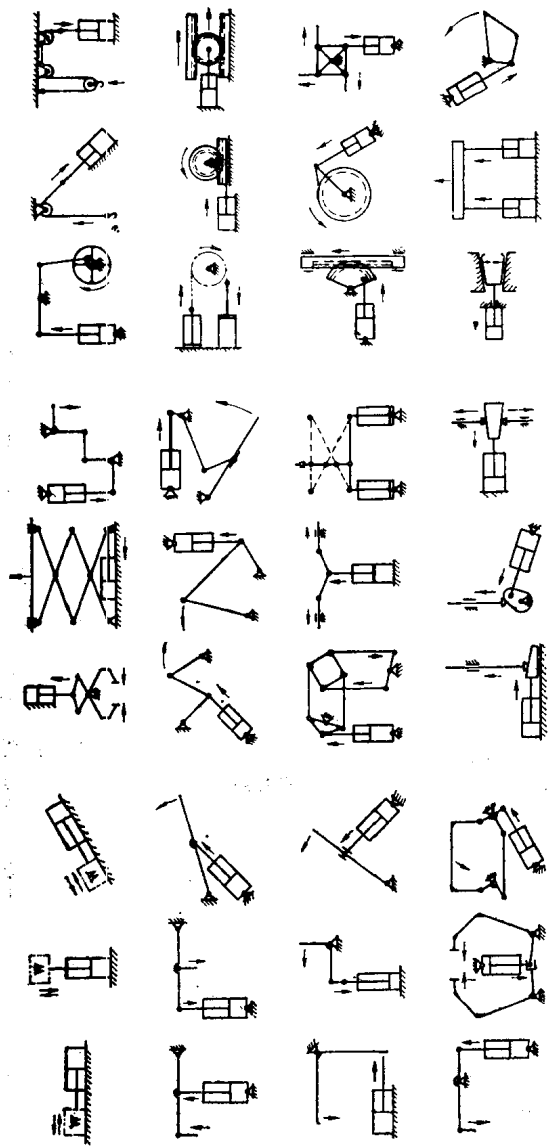


图1-1 液压缸与各种机构的配合

在船舶、飞机、农业机械、冶金设备及其它自动化设备装置中也大量应用。

专业化生产是当前液压缸生产的特点之一。专业化生产不仅能提高生产效率、缩短生产周期、降低成本，更主要的是能提高质量，保证性能指标的稳定。特别是用电子计算机进行辅助设计、工艺准备和管理，能有效地组织专业化生产。例如日本某厂月产30000个液压缸，其品种规格多达1000多种，但是仍能有条不紊地组织设计、生产和试验。我国的液压缸生产，也正在向着专业化方向发展。例如工程机械、农业机械液压缸，已由一些专业制造厂生产。

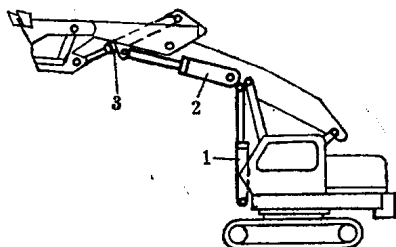


图1-2 液压缸挖掘机示意图

1—动臂液压缸 2—斗杆液压缸 3—转斗液压缸

第二节 液压缸的发展及动向

液压缸是液压机器最早采用的液压元件之一。表面看来，基本结构似乎没有什么变化，实际上，液压缸已有很大的发展。这不仅表现在液压缸工作性能的提高、工作范围的扩大、品种规格的增多和结构的改进，而且还表现在对液压

缸的研究正在逐步深化,设计、计算的 理论正在逐步完善。

高压化是液压缸发展的主要趋势之一。目前液压缸的最大工作压力已超过140MPa以上。高压化是减小液压缸径向尺寸的有效方法。一台工作压力为70MPa的30吨压力机,能制造得象台钻一样精巧。2000~3000吨 液压机若采用100MPa以上的超高压液压缸,则比普通 高压液压机可减轻 $1/2 \sim 2/3$ 的重量。

通过改进结构和工艺措施,液压缸的工作性能已有很大提高。目前超高性能液压缸在极低的速度下能稳定地工作,高速性能已超过1500mm/s。工作温度的 范围扩大到 $-60 \sim +200^{\circ}\text{C}$ 。寿命最长的液压缸,要求运行6000km 以上不发生交通事故或零件损坏。

为了改善液压缸的工作特性,避免行程 终端的换向冲击,对缓冲装置进行了研究。近几年,国外很多厂家已采用了匀减速平稳制动的缓冲结构,如抛物线环隙节流、阶梯环隙节流、笛孔节流缓冲装置等。

从国内外的技术资料 and 专利中可以看出,各种新颖结构的液压缸在不断出现,其最主要的特点是复合化。例如以液压缸为主体将泵、阀、电机和其它元件组装为一体,构成独立的液压装置;将气缸和液压缸装在一起,使用气体动力推动液压缸工作;将摆动液压缸和推力液压缸组装在一起,实现多自由度的动作要求;将若干不同行程的液压缸串联起来,经过不同的动作组合,进行各种不同长度的点位控制;将液压缸分成三个工作油腔,利用差动工作原理,实现六种不同速度的运动;将步进电机和带有反馈机构的滑阀与液压缸装配成电液步进液压缸,用于数字程序控制的机床和其它

机械设备等等，这样不仅紧凑了机械设备的结构，而且使用方便。除此以外，还出现了不少特殊结构的液压缸。如钢索液压缸，它用包覆尼龙外皮的钢丝绳代替活塞杆传递动力，能借助滑轮任意改变动力的传递方向；缸筒能卷曲的液压缸，能减少工作时所占用的空间；带有自锁装置的液压缸，在停止运动时能防止外力作用而发生窜动等等。

能源危机的出现，迫使工业界不得不重视能源消耗问题，这对液压机械不可避免地将产生深刻的影响。因为液压机械不仅需要动力，而且需要液压油作为传递动力的工作介质，因而如何提高效率、节省能源，也是液压缸研究中的重要课题之一。此外，对避免污染、减少噪声、降低成本以及提高可靠性等方面，也正在进行大量的研究。

近年来，国内外发表的不少论文中，研究了液压缸的稳定性、强度和局部应力等问题，研究了液压缸的运动特性和缓冲理论，以及液压缸的寿命等问题。由于电子计算机的应用，用有限元法计算液压缸的强度，以重量及成本为目标函数的优化设计也日益增多。但是，与机械传动零件相比较，液压缸的结构和强度设计理论还处于较低级的阶段。例如对齿轮的研究就相当深入，很多看来是非常细小的问题都有专文论述，并形成较成熟的计算方法。然而，在液压缸的设计工作中，常用的某些基本公式目前尚不尽合理，只能用来作粗略的计算。有时则采用保守的计算方法，或选取较大的安全系数，以弥补计算中的某些不足。例如在校核液压缸稳定性时，将液压缸看作为等截面整体杆而直接引用欧拉公式进行计算，其结果比较保守，致使材料消耗、体积、重量都有所增加。另一方面，由于对液压缸复杂的受力情况估计不足，