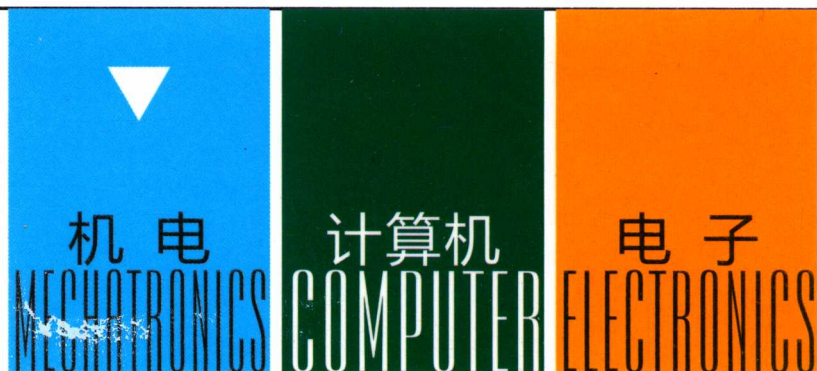


▶▶ 高等学校应用型本科“十三五”规划教材



液压元件与系统设计

▶▶ 主 编 杨秀萍
副主编 郭津津 王收军

西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校应用型本科“十三五”规划教材

液压元件与系统设计

主 编 杨秀萍

副主编 郭津津 王收军

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书详细介绍了液压缸、集成块、油箱、液压站等液压元件与系统的结构设计及其计算方法,并提供了工程图样作为参考;以实例形式介绍了计算机辅助设计与分析在液压元件与系统设计中的应用;收集了常用液压元件和辅助元件产品的技术参数,以便读者设计时选用。

本书内容精练,图文并茂,强调实用性,注重工程应用,采用最新的国家标准,体现了液压元件与系统设计中的新知识、新技术和新成果。

本书可作为机械电子工程、机械工程及自动化、工程机械、材料成型及控制工程、冶金工程、农业机械化及其自动化等相关专业的本科生课堂学习、课程设计和毕业设计的教材,也可供研究生及从事液压技术工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压元件与系统设计 / 杨秀萍主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2017.8

(高等学校应用型本科“十三五”规划教材)

ISBN 978-7-5606-4390-8

I. ① 液… II. ① 杨… III. ① 液压元件—系统设计—研究 IV. ① TH137.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 086549 号

策 划 胡华霖

责任编辑 王 斌 马武装

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西利达印务有限责任公司

版 次 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 13

字 数 301 千字

印 数 1~3000 册

定 价 24.00 元

ISBN 978-7-5606-4390-8/TH

XDUP 4682001-1

如有印装问题可调换

西安电子科技大学出版社
高等学校应用型本科“十三五”规划教材

编审专家委员会名单

主任：鲍吉龙（宁波工程学院副院长、教授）

副主任：彭 军（重庆科技学院电气与信息工程学院院长、教授）

张国云（湖南理工学院信息与通信工程学院院长、教授）

刘黎明（南阳理工学院软件学院院长、教授）

庞兴华（南阳理工学院机械与汽车工程学院副院长、教授）

电子与通信组

组长：彭 军（兼）

张国云（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

王天宝（成都信息工程学院通信学院院长、教授）

安 鹏（宁波工程学院电子与信息工程学院副院长、副教授）

朱清慧（南阳理工学院电子与电气工程学院副院长、教授）

沈汉鑫（厦门理工学院光电与通信工程学院副院长、副教授）

苏世栋（运城学院物理与电子工程系副主任、副教授）

杨光松（集美大学信息工程学院副院长、教授）

钮王杰（运城学院机电工程系副主任、副教授）

唐德东（重庆科技学院电气与信息工程学院副院长、教授）

谢 东（重庆科技学院电气与信息工程学院自动化系主任、教授）

楼建明（宁波工程学院电子与信息工程学院副院长、副教授）

湛腾西（湖南理工学院信息与通信工程学院教授）

计算机大组

组长：刘黎明（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

刘克成（南阳理工学院计算机学院院长、教授）

毕如田（山西农业大学资源环境学院副院长、教授）
李富忠（山西农业大学软件学院院长、教授）
向毅（重庆科技学院电气与信息工程学院院长助理、教授）
张晓民（南阳理工学院软件学院副院长、副教授）
何明星（西华大学数学与计算机学院院长、教授）
范剑波（宁波工程学院理学院副院长、教授）
赵润林（山西运城学院计算机科学与技术系副主任、副教授）
黑新宏（西安理工大学计算机学院副院长、教授）
雷亮（重庆科技学院电气与信息工程学院计算机系主任、副教授）

机电组

组长：庞兴华（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

丁又青（重庆科技学院机械与动力工程学院副院长、教授）
王志奎（南阳理工学院机械与汽车工程学院教授）
刘振全（天津科技大学电子信息与自动化学院副院长、副教授）
何高法（重庆科技学院机械与动力工程学院院长助理、教授）
胡文金（重庆科技学院电气与信息工程学院教授）

前 言

液压技术本身具有独特的优势，在制造业、能源工程、现代农业、交通运输与物流工程、冶金工程、航天与航空技术、海洋技术、军事装备、国防工程等领域获得了广泛应用，成为工业、农业、国防和科学技术现代化进程中不可替代的一项重要基础技术，也是当代工程师应掌握的重要基础知识之一。近年来，国内众多领域每年都急需大量液压技术人才。

“液压元件与系统设计”是学生在学习了“液压传动”课程之后，继续修读的一门专业课程，也是课程设计、毕业设计的实践教学环节，目的在于培养学生工程实践能力，以便毕业后能够从事与流体传动及控制相关的技术工作。

在现代工业中，随着对液压机械设备的性能要求以及机电液一体化程度的不断提高，对液压元件、控制系统的性能等提出了更高的要求，设计方法也从以完成设备工作循环和满足静态特性为目的的传统设计方法向满足动态性能等要求的现代设计方法转变。

采用计算机辅助设计与分析的方法，对液压元件及系统的静、动态性能进行设计和仿真已成为液压元件、系统设计的一种现代设计方法。计算机仿真技术不仅可以在设计中预测系统性能、缩短设计周期、降低成本，还可以通过仿真对所涉及的系统进行整体分析和评估，从而达到优化设计、提高系统稳定性及可靠性的目的。

目前国内适用于指导液压元件与系统设计方面的教材很少，有的教材内容单一、标准陈旧；一般的液压设计手册内容虽广泛、全面但冗长，学生不易从中快速找到自己需要的内容，而且手册大都比较厚重，使用不方便。另外，这些教材或手册很少详细介绍计算机辅助设计与分析的方法，不能满足当今技术的要求和发展。

基于此，本书详细介绍了常用液压元件和系统的结构设计以及计算方法，并提供了工程图样作为参考；以实例形式介绍了计算机辅助设计方法、有限元分析软件 ANSYS、流体动力学软件 FLUENT、系统建模仿真软件 AMESim 以及 FluidSIM 软件在液压元件和液压系统设计中的应用。书中还介绍了常用液压元件和辅助元件产品的技术参数，以便于学生在设计时选择和使用。

本书共分为 7 章，其中，第 1、3、4、6 章由杨秀萍编写，第 2、5 章由郭津津编写，第 7 章由杨秀萍、王收军编写，全书由杨秀萍统稿。陈炜、陈建恩、陈曦等老师，刘杰、张鹏程、任军、张静静等同学参加了书稿的编辑和绘图工作，天津理工大学以及西安电子科技大学出版社对本书的出版给予了大力支持，在此一并表示衷心感谢。

本书可作为机械电子工程、机械工程及自动化、工程机械、材料成型及控制工程、冶金工程、农业机械化及其自动化等相关专业的本科生课堂学习、课程设计和毕业设计的教材，也可供研究生及从事液压技术工作的工程技术人员参考。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2017 年 1 月于天津理工大学

目 录

第 1 章 液压缸设计.....	1
1.1 概述.....	1
1.1.1 设计原则.....	1
1.1.2 设计依据.....	1
1.1.3 设计步骤.....	1
1.2 液压缸参数计算.....	2
1.2.1 液压缸主要参数.....	2
1.2.2 缸筒的计算.....	3
1.2.3 活塞杆的计算.....	4
1.2.4 液压缸缸体长度.....	5
1.2.5 最小导向长度.....	5
1.2.6 油口.....	6
1.2.7 缸盖的计算.....	7
1.3 液压缸主要零件的结构设计.....	8
1.3.1 缸筒的设计.....	8
1.3.2 活塞杆的设计.....	8
1.3.3 活塞的设计.....	12
1.3.4 导向套的结构.....	14
1.3.5 缸筒与缸盖的连接.....	15
1.3.6 缓冲装置的设计.....	17
1.3.7 排气装置.....	18
1.3.8 密封防尘件选用.....	18
1.3.9 液压缸的安装连接结构.....	19
1.4 液压缸主要零件的材料和技术要求.....	20
1.4.1 缸筒.....	20
1.4.2 端盖.....	20
1.4.3 活塞.....	21
1.4.4 活塞杆.....	21
1.4.5 导向套.....	22
1.5 液压缸设计参考图.....	22
第 2 章 液压集成块设计.....	30
2.1 设计步骤及设计原则.....	30
2.2 集成块的设计要素.....	31
2.2.1 液压回路图的确定.....	31

2.2.2	集成块上液压元件的布置	32
2.2.3	集成块的尺寸及材料	32
2.2.4	集成块内部孔道的设计	33
2.2.5	其他设计要素	35
2.3	集成块零件图的绘制	36
第 3 章	液压站设计	40
3.1	液压油箱的设计	40
3.1.1	油箱容量计算	40
3.1.2	油箱结构设计	41
3.2	油箱结构设计实例	46
3.3	液压站结构设计	49
3.3.1	液压泵的安装方式	49
3.3.2	电机与液压泵的连接方式	51
3.3.3	液压站设计参考图	56
第 4 章	液压系统设计	57
4.1	液压系统设计过程	57
4.1.1	明确设计依据及进行工况分析	57
4.1.2	初步拟定液压系统原理图	58
4.1.3	初步确定液压系统参数	58
4.1.4	液压元件的计算和选择	59
4.1.5	液压系统的性能验算	60
4.1.6	绘制系统工作图及编写技术文件	62
4.2	液压系统设计计算实例	62
4.2.1	设计依据	63
4.2.2	工况分析	62
4.2.3	拟定液压系统原理图	64
4.2.4	确定液压系统参数	65
4.2.5	液压元件的计算和选择	67
4.2.6	液压系统的性能验算	70
第 5 章	计算机辅助设计	73
5.1	计算机辅助工程图绘制	73
5.1.1	基于 CAXA 电子图板的工程图绘制技术	73
5.1.2	基于 AutoCAD 的液压原理图辅助绘制功能的开发	74
5.2	液压系统参数计算机辅助计算	80
5.2.1	概述	80
5.2.2	基于 AutoLISP 的液压系统辅助计算功能的开发	80

5.3	计算机辅助三维建模	87
5.3.1	液压缸的三维建模应用技术	88
5.3.2	液压集成块的三维建模应用技术	100
5.3.3	Creo 2.0 二维工程图的生成	103
5.4	液压系统 FluidSIM 仿真	123
5.4.1	FluidSIM 软件介绍	123
5.4.2	FluidSIM 应用实例	124
第 6 章	计算机辅助分析	128
6.1	液压元件有限元分析	128
6.1.1	ANSYS 软件介绍	128
6.1.2	ANSYS 应用实例	130
6.2	液压元件流体动力学分析	148
6.2.1	FLUENT 软件介绍	148
6.2.2	FLUENT 应用实例	151
6.3	液压系统 AMESim 仿真	162
6.3.1	AMESim 软件介绍	162
6.3.2	AMESim 应用实例	164
第 7 章	常用元件产品介绍	183
7.1	液压泵	183
7.1.1	齿轮泵	183
7.1.2	叶片泵	184
7.1.3	柱塞泵	186
7.2	液压缸和液压马达	186
7.2.1	液压缸	186
7.2.2	液压马达	187
7.3	液压阀	188
7.3.1	方向控制阀	188
7.3.2	压力控制阀	190
7.3.3	流量控制阀	192
7.4	辅助元件	193
7.4.1	过滤器	193
7.4.2	空气过滤器	194
7.4.3	密封件	194
7.4.4	压力表	195
7.4.5	管道及管接头	195
参考文献	198

第1章 液压缸设计

1.1 概 述

1.1.1 设计原则

- (1) 保证液压缸的输出力(包括推力和拉力)、往返运动速度和行程满足要求。
- (2) 保证液压缸每个零件有足够的强度、刚度和耐用性(寿命)。
- (3) 在保证液压缸性能的前提下, 尽量减小液压缸的外形尺寸, 减少重量以及零件的数量, 简化结构。
- (4) 合理选择液压缸的安装形式及活塞杆头部与外部负载的连接形式。
- (5) 密封部位的设计和密封件的选用应合理, 保证性能可靠, 泄漏少, 摩擦小, 寿命长, 更换方便。
- (6) 根据液压缸的工作条件和要求, 设置适当的缓冲、防尘和排气装置。
- (7) 液压缸各零件的结构形式和尺寸设计, 应尽量采用标准形式和规范系列尺寸, 尽量采用标准件。

1.1.2 设计依据

液压缸是液压传动的执行元件, 与主机工作机构直接相关, 对于不同的机械设备及其工作机构, 液压缸具有不同的用途和工作要求, 因此设计之前, 必须对整个液压系统进行工况分析, 收集必要的原始资料并加以整理, 作为设计依据。

- (1) 了解和掌握液压缸在机械上的用途和工作要求。满足机构的动作要求和用途, 是设计液压缸的主要目的。
- (2) 理解液压缸的工作条件。工作条件不同, 液压缸的结构和设计参数也不尽相同。
- (3) 了解外部负载情况。主要指外部负载的质量、几何形状、空间体积大小、运动轨迹、摩擦阻力以及连接部位的连接形式等。
- (4) 了解液压缸的运动状态及安装约束条件。其包括液压缸的最大行程、运动速度或时间、安装空间所允许的外形尺寸及液压缸的运动形式。
- (5) 了解液压系统工况。设计已知液压系统的液压缸, 应了解液压泵的工作压力和流量的大小、管路的通径和布置情况、各液压阀的安装和控制情况等。

1.1.3 设计步骤

不同类型、用途和结构的液压缸, 设计内容各不相同。由于各参数间具有内在联系, 因

此液压缸的设计步骤没有统一的规定或格式。一般应根据已确定的工作条件和掌握的设计资料,选择设计程序和步骤,反复推敲和计算,直到获得满意的设计结果。设计步骤参考如下:

- (1) 根据主机工作机构运动和结构要求,按 GB/T 9094—2006 的规定选择液压缸的类型和安装方式。
- (2) 根据工作机构对驱动力的要求,确定液压缸的驱动力。
- (3) 根据液压系统的工作压力和往复速比,确定液压缸的主要尺寸,如缸径、活塞杆直径等,并按照有关标准规定的标准尺寸系列选择适当的尺寸。
- (4) 根据工作结构对行程和速度的要求,确定液压缸的长度和流量,并确定油口尺寸。
- (5) 根据工作压力和液压缸材料,对缸进行结构设计和强度校核,确定缸筒的壁厚、活塞杆尺寸、螺栓尺寸及端盖结构等。
- (6) 选择适当的密封结构。
- (7) 根据缓冲要求,设计液压缸的缓冲装置。
- (8) 绘制液压缸装配图和零件图,编制技术文件。

1.2 液压缸参数计算

1.2.1 液压缸主要参数

液压缸的主要参数包括液压缸的工作压力、液压缸缸筒内径、活塞杆直径以及行程等,见表 1-1。

表 1-1 液压缸的主要参数

液压缸的公称压力系列 (GB/T 7938—1987)/MPa	0.63, 1.0, 1.6, 2.5, 4, 6.3, 10, 16, 25, 31.5, 40.0	
液压缸内径系列 (GB/T 2348—1993)/mm	8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, (90), 100, (110), 125, (140), 160, (180), 200, (220), 250, (280), 320, (360), 400, (450), 500	
液压缸活塞杆外径尺寸系列 (GB/T 2348—1993)/mm	4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 360	
液压缸行程系列 (GB/T 2349—1980)/mm	第一系列	25, 50, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3200, 4000
	第二系列	40, 63, 90, 110, 140, 180, 220, 280, 360, 450, 550, 700, 900, 1100, 1400, 1800, 2200, 2800, 3600
	第三系列	240, 260, 300, 340, 380, 420, 480, 530, 600, 650, 750, 850, 950, 1050, 1200, 1300, 1500, 1700, 1900, 2100, 2400, 2600, 3000, 3400, 3800

注: (1) 括号内尺寸为非优先选用者。(2) 活塞行程参数依优先次序按表第一、第二、第三系列选用。(3) 当活塞行程大于 4000 mm 时,按 GB/T 321《优先数和优先数系》中 R10 数系选用,如不能满足要求,则允许按 R40 数系选用。

(1) 液压缸工作压力的确定。液压缸的工作压力是指作用在活塞上克服最大工作负载所需的液体压力,可以根据负载的大小或液压设备的类型来确定,设计时可参考表 1-2 或表 1-3 来选取。

表 1-2 按负载选择工作压力

工作负载 F/kN	<5	5~10	10~20	20~30	30~50	>50
工作压力 p/MPa	<0.8~1	1.5~2	2.5~3	3~4	4~5	>5~7

表 1-3 液压设备常用的工作压力

设备类型	机 床				农业机械、中型 工程机械	液压机、重型机械、 起重运输机械
	磨床	组合机床	龙门刨床	拉床		
工作压力 p/MPa	≤ 2	3~5	≤ 8	8~10	10~16	20~32

(2) 执行元件背压估算。液压缸的回油阻力主要由油液流经管道和阀口克服阻力产生的背压以及为使液压缸运动稳定而人为施加的背压组成。初步设计时,可参考表 1-4 选取。

表 1-4 执行元件背压的估计值

系 统 类 型		背压 p_B/MPa
中、低压系统(0~8 MPa)	简单的系统和一般轻载的节流调速系统	0.2~0.5
	回油路带调速阀的调速系统	0.5~0.8
	回油路带背压阀	0.5~1.5
	采用带补液泵的闭式回路	0.8~1.5
中、高压系统 > 8~16 MPa	同中、低压系统	比中、低压系统高 50%~100%
高压系统 > 16~32 MPa	如锻压机械等	初算时背压可忽略不计

1.2.2 缸筒的计算

1. 液压缸内径计算

计算液压缸内径和活塞杆直径均与设备的类型有关。对于动力较大的机床一定要满足牵引力的要求,计算时以牵引力为主;对于轻载高速的机床一定要满足速度要求,计算时以速度为主。

(1) 根据负载和工作压力计算,即

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi p \eta_m}} \quad (1-1)$$

式中, D 为液压缸内径(m); F 为液压缸推力(N); p 为液压缸工作压力(Pa); η_m 为液压缸机械效率,一般取 $\eta_m = 0.95$ 。

(2) 根据执行机构的速度和选定的液压泵流量计算,即

$$D = \sqrt{\frac{4q}{\pi v}} \quad (1-2)$$

式中, q 为进入或流出液压缸的流量(m^3/s); v 为液压缸输出速度(m/s)。

设计时不论按何种方法计算,最后都应按表 1-1 圆整成标准值。

2. 缸筒壁厚计算

$$\delta \geq \frac{p_y D}{2[\sigma]} \quad (1-3)$$

式中, δ 为缸筒壁厚(m); p_y 为缸筒试验压力(Pa), 一般取最大工作压力的 1.25~1.5 倍; D 为缸筒内径(m); $[\sigma]$ 为缸筒材料的许用应力(Pa)。

1.2.3 活塞杆的计算

1. 活塞杆直径计算

$$d = D \sqrt{\frac{\varphi - 1}{\varphi}} \quad (1-4)$$

式中, d 为活塞杆直径(m); φ 为速比。或

$$d = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{5} \right) D$$

计算后, 应按表 1-1 进行圆整。

2. 活塞杆强度计算

$$d \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi[\sigma]}} \quad (1-5)$$

式中, F 为活塞杆最大推力(或拉力)(N); $[\sigma]$ 为活塞杆材料的许用应力(Pa)。

3. 活塞杆稳定性计算

活塞杆全部伸出后, 活塞杆外端到液压缸支撑点之间的距离(即活塞杆计算长度) $l > 10d$ 时, 应进行稳定性校核。根据材料力学理论, 稳定条件为

$$F \leq \frac{F_k}{n_k} \quad (1-6)$$

式中, F 为液压缸最大推力(N); F_k 为液压缸的临界受压载荷(N); n_k 为稳定性安全系数, $n_k = 2 \sim 4$ 。

当活塞杆的细长比 $l/r_k > m\sqrt{n}$ 时, 有

$$F_k = \frac{n\pi^2 EJ}{l^2}$$

当活塞杆的细长比 $l/r_k \leq m\sqrt{n}$ 时, 有

$$F_k = \frac{fA}{1 + \frac{a}{n} \left(\frac{l}{r_k} \right)^2}$$

式中, l 为活塞杆计算长度(m), 见表 1-5; r_k 为活塞杆横截面最小回转半径(m), $r_k = \sqrt{J/A}$,

实心杆 $r_k = d/4$, d 为活塞杆直径(m); 空心杆 $r_k = \frac{\sqrt{d^2 + d_1^2}}{4}$, d_1 为空心杆内径; J 为活塞杆

横截面转动惯量(m^4), 实心杆 $J = \frac{\pi d^4}{64}$, 空心杆 $J = \frac{\pi(d^4 - d_1^4)}{64}$; A 为活塞杆横截面积(m^2);

n 为液压缸端点安装形式系数, 见表 1-5; m 为柔性系数, 见表 1-6; E 为活塞杆材料的弹性模量(Pa), 钢材的 $E = 2.1 \times 10^{11}$ Pa; f 为由材料强度决定的实验值(Pa), 见表 1-6; a 为系数, 见表 1-6。

表 1-5 支承方式及安装形式系数

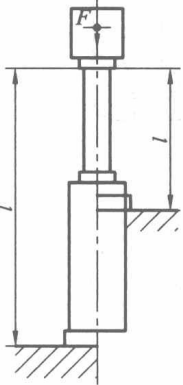
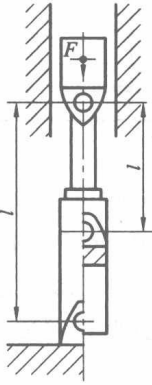
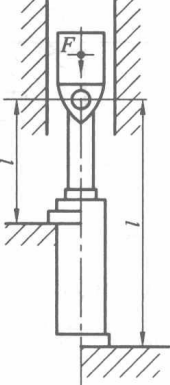
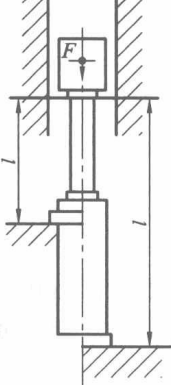
类型	一端固定, 一端自由	两端铰接	一端固定, 一端铰接	两端固定
安装方式				
n	0.25	1	2	4
附注		基本安装方式	应正确引导负载, 否则可能出现侧向负载	不太适用, 容易出现侧向负载
根据实际安装情况, 计算长度分别取图中左半部或右半部的 l 值				

表 1-6 柔性系数及实验常数

材料	f /MPa	a	m
铸铁	560	1/1600	80
锻铁	250	1/9000	110
钢	490	1/5000	85
低碳钢	340	1/7500	90

1.2.4 液压缸缸体长度

液压缸缸体内部长度应等于活塞行程与活塞宽度之和, 缸体外形长度还要考虑到两端盖的厚度。一般液压缸缸体长度不应大于内径的 20~30 倍。

1.2.5 最小导向长度

当活塞杆全部外伸时, 从活塞支承面中点到导向套滑动面中点的距离称为最小导向长

度，记作 H ，见图 1-1。若导向长度过短，将使液压缸因间隙引起的初始挠度增大，影响液压缸的工作性能和稳定性。对于一般液压缸，最小导向长度应满足下式要求，即

$$H \geq \frac{L}{20} + \frac{D}{2} \tag{1-7}$$

式中， H 为最小导向长度(m)； L 为液压缸最大工作行程(m)； D 为缸筒内径(m)。

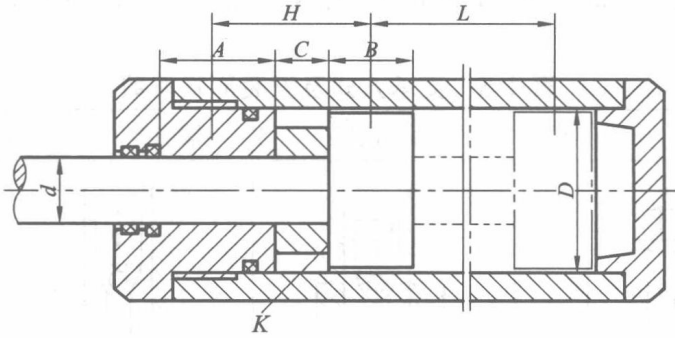


图 1-1 液压缸导向长度

一般活塞宽度 $B = (0.6 \sim 1.0)D$ ；当 $D < 80 \text{ mm}$ 时，取导向套滑动面的长度 $A = (6 \sim 1.0)D$ ；当 $D > 80 \text{ mm}$ 时，取 $A = (0.6 \sim 1.0)D$ 。若导向长度不足时，不应过分增大 A 和 B ，可在导向套与活塞之间安装隔套，隔套长度 C 由最小导向长度 H 决定，即

$$H = C + \frac{1}{2}(A + B) \tag{1-8}$$

1.2.6 油口

液压缸进、出口螺纹连接油口尺寸系列，见表 1-7。对于单活塞杆液压缸，国际化组织 (ISO) 已制定油口安装尺寸，见图 1-2 及表 1-8、表 1-9。

表 1-7 液压缸螺纹连接油口尺寸系列(GB/T 2878—1993) (mm)

M5×0.8	M8×1	M10×1	M12×1.5	M14×1.5
M16×1.5	M18×1.5	M20×1.5	M22×1.5	M27×2
M33×2	M42×2	M50×2	M60×2	

注：螺纹精度为 6H。

表 1-8 16 MPa 小型系列单杆活塞缸油口(ISO 8138—1986) (mm)

缸筒内径 D	进、出油口 EC	缸筒内径 D	进、出油口 EC
25	M14×1.5	80	M27×2
32	M14×1.5	100	M27×2
40	M18×1.5	125	M27×2
50	M22×1.5	160	M33×2
63	M22×1.5	200	M42×2

表 1-9 16 MPa 中型系列单杆活塞缸油口(ISO 8136—1986) (mm)

缸径 <i>D</i>	<i>EC</i>	<i>EE</i> min	方形 法兰 名义 规格 <i>DN</i>	<i>EE</i> 0~1.5	<i>EA</i> ±0.25	<i>ED</i>	矩形 法兰 名义 规格 <i>DN</i>	<i>EE</i> 0~1.5	<i>EA</i> ±0.25	<i>EB</i> ±0.25	<i>ED</i>
25	M14×1.5	6									
32	M18×1.5	10									
40,50	M22×1.5	12									
63,80	M27×2	16	15	15	29.7	M8×1.25	13	13	17.5	38.1	M8×1.25
100,125	M33×2	20	20	20	35.3	M8×1.25	19	19	22.2	47.6	M10×1.5
160,200	M42×2	25	25	25	43.8	M10×1.5	25	25	26.2	52.4	M10×1.5
250,320	M50×2	32	32	32	51.6	M12×1.75	32	32	30.2	58.7	M12×1.75
400,500	M60×2	38	38	38	60	M14×2	38	38	35.7	69.9	M14×2

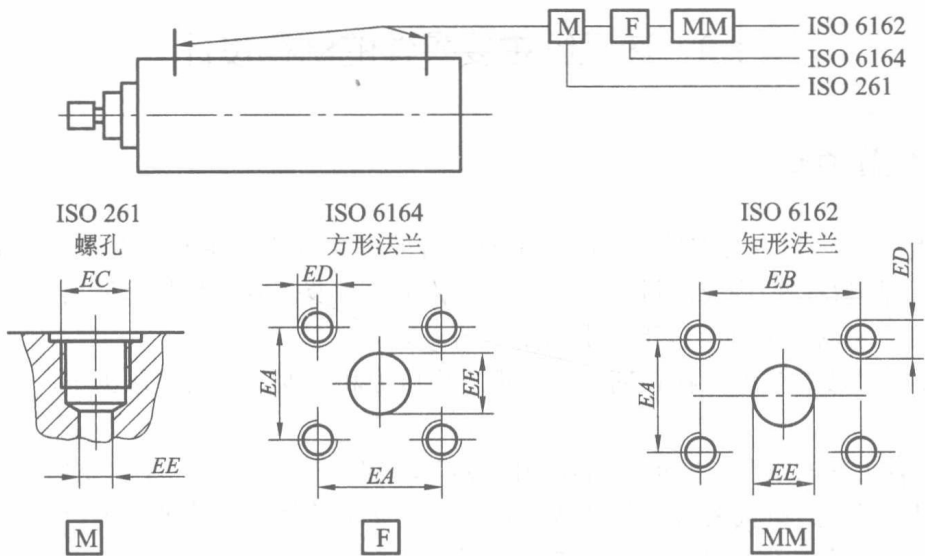


图 1-2 单活塞杆液压缸油口安装形式

1.2.7 缸盖的计算

单活塞杆液压缸中，活塞杆通过的缸盖称为端盖，无活塞杆通过的缸盖称为缸底或缸头。

1. 端盖厚度 *h*

$$h = \sqrt{\frac{3p(D_1 - d_{cp})}{\pi d_{cp} [\sigma]}} \quad (1-9)$$

式中, D_1 为螺钉孔分布直径(m); p 为液体压力(Pa); d_{cp} 为密封环形端面平均直径(m); $[\sigma]$ 为材料的许用应力(Pa)。

2. 缸底厚度 t

一般液压缸多为平底缸底, 其有效厚度按下式计算, 即
无孔时

$$t \geq 0.433D_2 \sqrt{\frac{p_y}{[\sigma]}} \quad (1-10)$$

有孔时

$$t \geq 0.433D_2 \sqrt{\frac{p_y D_2}{(D_2 - d_0)[\sigma]}} \quad (1-11)$$

式中, D_2 为缸底止口内径(m); d_0 为缸底孔的直径(m); p_y 为试验压力(Pa); $[\sigma]$ 为缸底材料的许用应力(Pa)。

1.3 液压缸主要零件的结构设计

1.3.1 缸筒的设计

缸筒是液压缸的主要零件, 有时还是液压缸的直接做功部件(活塞杆或柱塞固定时), 它与端盖、活塞(柱塞)构成密封容腔, 用以容纳压力油液, 驱动负载而做功, 因此对其在强度、刚度、密封等方面有以下要求:

- (1) 要有足够的强度, 在长期承受额定工作压力和短期动态实验压力下, 不产生永久变形。
- (2) 要有足够的刚度, 能承受活塞侧向力和安装时的反作用力, 不产生弯曲。
- (3) 密封可靠。缸筒内表面与活塞密封组件、支承环处的尺寸公差等级, 形位公差精度设计要合理, 既要保证可靠的密封要求, 又要减小磨损。
- (4) 需要焊接的缸筒要有良好的可焊性, 以便在焊接法兰、缸底或接头后, 不产生裂纹或过大的变形。

以上要求依靠适当选择缸筒的材料和设计制造时的合理工艺要求来保证。

1.3.2 活塞杆的设计

1. 活塞杆的结构

活塞杆的外端头部与负载机构相连, 应根据负载的具体情况, 选择适当的结构形式, 见表 1-10。图 1-3 为活塞杆螺纹形式, 表 1-11 为活塞杆螺纹尺寸, 表 1-12 为活塞杆端部耳环尺寸, 表 1-13 为活塞杆单耳球铰尺寸。