

# 液压缸 设计与制造

唐颖达 著

YEYAGANG  
SHEJI YU ZHIZAO



化学工业出版社

# 液压缸 设计与制造

唐颖达 著

YEYAGANG  
SHEJI YU ZHIZAO



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是对液压缸设计与制造技术和作者 30 多年工作经验的总结。本书按照标准、全面、准确、实用、新颖的原则，介绍了液压缸参数及其计算示例；液压缸及主要零部件的技术要求；现在液压缸设计与制造中存在的一些常见问题以及重点、难点问题，液压缸及液压缸试验方法中存在的一些问题；液压缸机械加工工艺和装配工艺，液压缸试验、使用及其维护方法，以及作者设计、审核、制造、试验、验收、安装、使用和现场维修过的多种液压缸等。

本书不但提出了问题，而且能帮助读者解决问题。其中，缸筒最小壁厚计算公式的确定，双作用液压缸无杆端缓冲装置设计，针对液压缸行程终端活塞杆偏摆问题的修改设计，可调行程液压缸结构设计、精度设计、优化设计、简化设计、试验方法与精度检验以及缸体和活塞杆机械加工工艺，缸筒车加工用工艺装备设计——定心胀芯设计，液压缸密封性能检测技术等，全部为作者的专门技术，一并在本书中呈献给读者参考、使用，但不包括在各项标准中的使用。

本书可供工作涉及液压缸以及以液压缸为执行部（元）件的液压机械、设备的人员参考和使用，包括从事液压缸及液压机械、设备设计、工艺、加工、装配、试验、验收、安装、使用和现场维护、产品营销的人员以及高等院校相关专业的师生等。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

液压缸设计与制造/唐颖达著. —北京: 化学工业出版社, 2016.11

ISBN 978-7-122-28234-7

I. ①液… II. ①唐… III. ①液压缸-设计②液压缸-制造 IV. ①TH137.51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 240248 号

责任编辑: 张兴辉  
责任校对: 王素芹

文字编辑: 陈 喆  
装帧设计: 王晓宇

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 装: 三河市航远印刷有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 20 $\frac{3}{4}$  字数 518 千字 2017 年 1 月北京第 1 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: 98.00 元

版权所有 违者必究

# 前言

## Foreword

在液压系统中，功率是通过在密闭回路内的受压液体来传递和控制的。液压缸这类系统中的部（元）件之一，它是将液压功率转换成直线机械力和运动的装置。液压缸由一些运动的缸零件组成，即由在缸筒中运行的活塞和与活塞同轴并联为一体的活塞杆等组成。

在 GB/T 17446—2012《流体传动系统及元件 词汇》中没有“液压缸”、“液压油缸”或“油缸”，只有“缸”这个术语，即提供直线运动的执行元件。而执行元件是将流体能量转换成机械功的元件，所以将液压缸定义为“将流体能量转换成直线机械功的装置”最为科学。

液压缸的分类是一件困难的事。到目前为止，只有在 JB/T 10205—2010《液压缸》中有一个明确分类，即液压缸以工作方式划分为单作用缸和双作用缸两类。在其他标准如 JB/T 2184—2007《液压元件 型号编制方法》中列出了 7 种液压缸；在 GB/T 17446—2012《流体传动系统及元件 词汇》和 GB/T 17446—1998《流体传动系统及元件 术语》（已被代替）中定义了 20 多种液压缸；在 GB/T 9094—2006《液压缸气缸安装尺寸和安装型式代号》中规定了 64 种安装型式等。

仅依据 JB/T 10205—2010《液压缸》没有办法设计出一台液压缸，且忽略其中的问题不说，单就其规范性引用文件中缺少静密封件沟槽一点来说，任何一台双作用液压缸都不可能没有静密封。因此，实际设计液压缸时还必须依据（参照）若干相关标准和参考文献来进行。

与其他液压元件或装置比较，液压缸的设计、制造相对简单、容易，但要真正设计、制造出一台好的液压缸却是很难。就其工况而言，比液压阀、液压泵都难确定准；况且，液压缸经常为单件或小批量生产，其材料、热处理、设备、工艺、工艺装备、装配、检验等很难做到尽善尽美，任何一个细小的失误都可能引起一个大的事故。以液压机用液压缸为例，如果密封系统设计不合理或设计、制造中零部件几何精度没处理好而造成内、外泄漏，仅需频繁更换密封圈一项就会造成很大人力、物力上的浪费；现场曾发生过因热处理造成带凸缘的活塞杆端裂纹而引起早期疲劳断裂，液压机滑块脱落造成人身伤害事故。作者的亲身经历告诫每位设计者：设计时必须考虑周全，遵守标准，小心谨慎，落笔千斤，责任重于泰山。

现在液压缸的制造比过去更容易，表现在有符合 JB/T 11718—2013《液压缸 缸筒技术条件》规定的商品缸筒可以选用，但随之而来的就是前后端盖的连接和密封问题，如果处理不好，可能会造成批量废品。因此，液压缸的机械制造工艺就显得十分重要。根据液压缸生产实践经验总结设计出的加工工艺及工艺装备，对正确指导生产、保证产品质量十分必要。

液压缸的装配是需要专门技术的。因生产批量原因，液压缸装配一般不能采用完全互换法装配，经常需要采用分组选配、调整、修配法等装配工艺配合法。因此，不仅需要操作者熟知图样和装配工艺，还应熟练掌握测量技术、装配尺寸链计算、钳工技术等知识。在液压缸装配中，各密封件的装配尤为重要。就此意义上讲，一台好的液压缸不但是设计出来的，也是装配出来的。

内、外泄漏量大可能是一台液压缸质量变差的最先、最直观的表象，液压缸的实际使用寿命也经常由泄漏量多少来判定。因此，液压缸密封装置或密封系统的设计尤为重要。但各密封件的组合的确是一个系统工程，如果组合不好，不但不能提高使用寿命，反而会降低使用寿命，这方面作者有很多经验教训。

目前，依据本书所列任何一本参考文献（包括各版本手册）都很难完成对一台液压缸的设计、加工、装配、试验。因此，笔者给自己和同行写了这样一本全面、准确、实用且符合现行标准的关于液压缸设计与制造的书。

因个人能力和学识水平所限，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

# 目录

## CONTENTS

### Chapter 1

## 第1章 液压缸设计与制造技术基础

1.1 液压缸的分类与结构 .....	1
1.1.1 液压缸的类型及分类 .....	1
1.1.2 标准液压缸的基本结构 .....	3
1.2 液压缸参数及参数计算 .....	6
1.2.1 液压缸参数与主参数 .....	6
1.2.2 液压缸参数计算公式 .....	6
1.2.3 液压缸参数计算示例 .....	11
1.3 液压缸设计与制造技术要求 .....	19
1.3.1 液压缸的技术要求 .....	19
1.3.2 缸体(筒)的技术要求 .....	22
1.3.3 活塞的技术要求 .....	28
1.3.4 活塞杆的技术要求 .....	31
1.3.5 缸盖的技术要求 .....	35
1.3.6 缸底的技术要求 .....	37
1.3.7 导向套的技术要求 .....	39
1.3.8 密封装置的技术要求 .....	42
1.3.9 缓冲装置的技术要求 .....	52
1.3.10 放气与防松及其他装置的技术要求 .....	53
1.3.11 安装和连接的技术要求 .....	54
1.3.12 液压缸装配技术要求 .....	73
1.3.13 液压缸运行的技术要求 .....	79

### Chapter 2

## 第2章 液压缸设计专题

2.1 液压机用液压缸设计与计算 .....	81
2.1.1 液压机用液压缸的型式及用途 .....	81
2.1.2 液压机用液压缸的安装和连接型式 .....	82
2.1.3 主要缸零件结构型式、材料及热处理 .....	83
2.1.4 受力分析与强度计算 .....	85
2.1.5 液压缸的一些设计准则 .....	89
2.2 液压缸设计中的若干常见问题 .....	90
2.2.1 车-磨件退刀槽问题 .....	90
2.2.2 缸零件的几处倒圆角问题 .....	91
2.2.3 密封沟槽槽底和槽棱的圆角半径问题 .....	92
2.2.4 内六角圆柱头螺钉拧入深度问题 .....	92
2.2.5 活塞杆螺纹长度及其标注问题 .....	94
2.2.6 缸筒膨胀量确定问题 .....	95

2.2.7	主要缸零件表面质量经济精度问题 .....	96
2.2.8	活塞杆表面铬覆盖层厚度、硬度技术要求问题 .....	97
2.2.9	油口标准引用及油口螺纹问题 .....	97
2.2.10	焊接坡口型式与尺寸问题 .....	99
2.3	液压缸密封装置(系统)设计禁忌 .....	100
2.3.1	密封沟槽设计禁忌 .....	100
2.3.2	密封材料选择禁忌 .....	101
2.3.3	密封工况确定禁忌 .....	101
2.3.4	基于密封性能的液压缸密封设计禁忌 .....	102
2.3.5	基于带载动摩擦力的液压缸密封设计禁忌 .....	103
2.3.6	基于液压缸运行性能的液压缸密封设计禁忌 .....	103
2.4	液压缸缸筒最小壁厚计算公式的确定 .....	104
2.4.1	各缸筒壁厚计算公式及其比较 .....	104
2.4.2	各缸筒壁厚计算公式存在的主要问题 .....	115
2.4.3	对行业标准中缸筒壁厚的计算的讨论 .....	117
2.4.4	缸筒壁厚及最小壁厚计算公式的确定 .....	120
2.5	液压缸螺纹连接强度计算方法 .....	122
2.5.1	液压缸压力工况的确定 .....	122
2.5.2	螺纹连接强度计算公式 .....	123
2.5.3	计算公式中各系数的选取 .....	125
2.5.4	许用应力的确定 .....	126
2.5.5	工程计算实例 .....	129
2.6	液压缸密封工况的初步确定 .....	131
2.6.1	液压缸密封规定工况 .....	132
2.6.2	液压缸密封极端工况 .....	133
2.6.3	液压缸密封额定工况的初步确定 .....	134
2.7	伺服液压缸密封技术要求比较与分析及密封件选择 .....	135
2.7.1	伺服液压缸密封技术要求比较与分析 .....	135
2.7.2	伺服液压缸密封件选择 .....	138
2.8	一种数控同步液压板料折弯机用液压缸活塞杆密封系统的 问题及重新设计 .....	139
2.8.1	液压缸活塞杆密封系统存在的主要问题 .....	139
2.8.2	液压缸活塞杆密封系统的重新设计 .....	140
2.9	闸式液压剪板机双作用液压缸无杆端缓冲装置设计 .....	142
2.9.1	液压缸缓冲装置技术条件 .....	143
2.9.2	双作用液压缸无杆端固定式缓冲装置的设计计算 .....	145
2.9.3	三种双作用液压缸缓冲装置结构设计比较与分析 .....	149
2.9.4	一种闸式液压剪板机用双作用液压缸缸回程的相关 问题 .....	152
2.9.5	一种闸式液压剪板机用双作用液压缸缸回程速度的 工程计算 .....	155
2.10	液压联合冲剪机用液压缸行程终端活塞杆偏摆问题及修改 设计 .....	158

2.10.1	液压缸偏摆问题原因分析 .....	159
2.10.2	缸零件几何精度要求及图样修改意见 .....	159
2.10.3	主要缸零件修改图样及缸总装图样技术要求 .....	162
2.11	液压上动式板料折弯机用两种结构的可调行程液压缸比较 分析 .....	163
2.11.1	两种结构的可调行程液压缸结构简述 .....	163
2.11.2	两种结构的可调行程液压缸结构比较分析 .....	164
2.11.3	两种结构的可调行程液压缸材料利用率比较分析 .....	167
2.11.4	两种结构的可调行程液压缸各零件加工工艺性比较分析 .....	169
2.11.5	两种结构的可调行程液压缸总体评价 .....	170
2.12	一种液压上动式板料折弯机用可调行程液压缸筒优化设计 .....	170
2.12.1	可调行程液压缸优化设计 .....	171
2.12.2	可调行程液压缸简化设计 .....	173

## Chapter 3

### 第3章 液压缸制造专题

3.1	液压缸制造中的若干常见问题 .....	176
3.1.1	缸零件加工及装配中的基准问题 .....	176
3.1.2	缸零件加工中的装夹问题 .....	177
3.1.3	缸零件加工工序问题 .....	178
3.1.4	研中心孔问题 .....	178
3.1.5	滚压孔工艺质量问题 .....	179
3.1.6	缸筒珩磨纹理问题 .....	180
3.1.7	滚压孔和珩孔工艺选择问题 .....	181
3.1.8	活塞杆镀前、镀后抛光及检验问题 .....	182
3.2	液压缸缸盖静密封泄漏问题分析及其处理 .....	183
3.2.1	缸盖静密封泄漏问题及分析 .....	183
3.2.2	缸盖静密封泄漏问题的处理 .....	184
3.3	缸筒车加工用定心胀芯的设计与使用 .....	186
3.3.1	缸筒加工采用工艺装备的意义 .....	186
3.3.2	定心胀芯的设计与使用 .....	187
3.3.3	定心胀芯的特点 .....	189
3.4	一种液压上动式板料折弯机用可调行程液压缸设计精度与 加工精度分析 .....	189
3.4.1	可调行程液压缸图样及其设计说明 .....	189
3.4.2	可调行程液压缸设计精度与加工精度分析 .....	206
3.5	一种液压上动式板料折弯机用可调行程液压缸机械加工工艺 和装配工艺 .....	211
3.5.1	可调行程液压缸缸零件机械加工工艺 .....	211
3.5.2	可调行程液压缸装配工艺 .....	216
3.6	液压上动式板料折弯机用可调行程液压缸精度检验中的若干 问题 .....	218
3.6.1	可调行程液压缸精度检验中的术语和定义问题 .....	218
3.6.2	行程定位精度和行程重复定位精度检验问题 .....	221

4.1 液压机用液压缸 .....	227
4.1.1 8000kN 塑料制品液压机主缸 .....	227
4.1.2 8000kN 塑料制品液压机侧缸 .....	228
4.1.3 一种液压机用液压缸 .....	229
4.1.4 2000kN 成型液压机用液压缸 .....	229
4.1.5 6000kN 公称拉力的液压缸 .....	230
4.1.6 1.0MN 平板硫化机修复用液压缸 .....	231
4.2 液压剪板机、板料折弯机用液压缸 .....	232
4.2.1 液压闸式剪板机用液压缸 .....	232
4.2.2 液压摆式剪板机用液压缸 .....	232
4.2.3 液压上动式板料折弯机用液压缸 .....	233
4.2.4 数控同步液压板料折弯机用液压缸 .....	234
4.3 机床和其他设备用液压缸 .....	235
4.3.1 机床用拉杆式液压缸 .....	235
4.3.2 一种往复运动用液压缸 .....	236
4.3.3 90°回转头用制动缸 .....	237
4.3.4 一种设备倾斜用液压缸 .....	237
4.3.5 一种穿梭液压缸 .....	238
4.3.6 二辊粉碎机用串联液压缸 .....	239
4.3.7 双出杆射头升降用液压缸 .....	240
4.3.8 一种增压器 .....	241
4.3.9 一种设备上带防爆阀的翻转液压缸 .....	242
4.3.10 汽车地毯发泡模架用摆动液压缸 .....	242
4.4 工程用液压缸 .....	243
4.4.1 单耳环安装的工程液压缸 .....	244
4.4.2 中耳轴安装的工程液压缸 .....	244
4.4.3 一种前法兰安装的工程液压缸 .....	245
4.4.4 另一种前法兰安装的工程液压缸 .....	246
4.4.5 后法兰安装的工程液压缸 .....	246
4.4.6 带支承阀的工程液压缸 .....	247
4.5 阀门、启闭机、升降机用液压缸 .....	248
4.5.1 阀门开关用液压缸 .....	248
4.5.2 启闭机用液压缸 .....	249
4.5.3 液压剪式升降机用液压缸 .....	250
4.5.4 四导轨升降机用液压缸 .....	251
4.6 钢铁、煤矿、石油机械用液压缸 .....	251
4.6.1 一种使用磷酸酯抗燃油的冶金设备用液压缸 .....	251
4.6.2 采用铜合金支承环的冶金设备用液压缸 .....	252
4.6.3 辊盘式磨煤机用液压缸 .....	253
4.6.4 双向式液压缸 .....	254
4.6.5 石油机械用液压缸 .....	255
4.7 带位(置)移传感器的液压缸 .....	255



4.7.1	带接近开关的拉杆式液压缸	255
4.7.2	带位移传感器的重型液压缸	256
4.7.3	带位移传感器的双出杆缸	257
4.7.4	带位移传感器的串联缸	258
4.8	带缓冲装置的液压缸	259
4.8.1	两端带缓冲装置的拉杆式液压缸	259
4.8.2	两端带缓冲装置的液压缸	260
4.9	伺服液压缸	261
4.9.1	1000kN 公称拉力的伺服液压缸	261
4.9.2	2000kN 缸输出力的双出杆伺服液压缸	262
4.10	高压开关操动机构用液压缸	263
4.11	汽车及其他车辆用液压缸	263
4.11.1	汽车钳盘式液压制动器上的液压缸	263
4.11.2	汽车用支撑液压缸	264
4.11.3	汽车用转向液压缸	265
4.11.4	带液压锁的支腿液压缸	265
4.12	伸缩液压缸	266
4.12.1	带支承阀的二级伸缩缸	266
4.12.2	四级伸缩缸	267

## Chapter 5

## 第5章 液压缸试验、使用及其维护

5.1	液压缸试验	269
5.1.1	液压缸试验项目和试验方法	269
5.1.2	液压缸试验装置	273
5.1.3	液压缸试验的若干问题	274
5.1.4	液压缸密封性能试验	295
5.2	液压缸使用	301
5.2.1	液压缸的使用工况	301
5.2.2	液压缸使用的技术要求	302
5.3	液压缸维护	303
5.3.1	液压油液污染度评定与控制	303
5.3.2	液压缸失效模式与风险评价	305
5.3.3	液压缸在线监测与故障诊断	306
5.3.4	液压缸维修与保养	311

## 附录

附录 A	液压缸设计与制造相关标准目录	314
附录 B	缸的图形符号	318
附录 C	公称压力系列及压力参数代号	321
附录 D	(资料性附录) 缸筒材料强度要求的最小壁厚 $\delta_0$ 的计算	322

## 参考文献

## 1.1 液压缸的分类与结构

### 1.1.1 液压缸的类型及分类

类是具有某种共同属性（或特征）的事物或概念的集合；分类则是按照选定的属性（或概念）区分分类对象，将具有某种共同属性（或特征）的分类对象集合在一起的过程。

按项目的用途或任务（功能或作用）分类，液压缸提供驱动线性机械运动用机械能。

对液压缸做进一步分类（划分下位类）很困难，到目前为止，只有在 JB/T 10205—2010《液压缸》中有一个明确分类。在其他标准中，JB/T 2184—2007《液压元件 型号编制方法》列出了 7 种液压缸；GB/T 17446—2012《流体传动系统及元件 词汇》和 GB/T 17446—1998《流体传动系统及元件 术语》（已被代替）定义了 20 多种液压缸；而 GB/T 9094—2006《液压缸气缸安装尺寸和安装型式代号》则规定了 64 种安装型式。

注：在 GB/T 13342—2007《船用往复式液压缸通用技术条件》中规定：“常用的船用液压缸有下列两种型式：a) 柱塞式液压缸；b) 双作用活塞式液压缸。”但其适用范围仅限于船用往复式液压缸，而非所有液压缸。

液压缸以工作方式划分可分为单作用缸和双作用缸两类。单作用缸是流体仅能在一个方向作用于活塞（或活塞杆）的缸；双作用缸是流体力可以沿两个方向施加于活塞的缸。

在各标准（包括被代替标准）中曾经被定义过的液压缸有：

① 可调行程缸。其行程停止位置可以改变，以允许行程长度变化的缸。

② 带缓冲的缸。带有缓冲装置的缸。

③ 带有不可转动活塞杆的缸。能防止缸体与活塞杆相对转动的缸。

④ 膜片缸。流体压力作用在膜片上产生机械力的缸。

⑤ 差动缸。一种双作用缸，其活塞两侧的有效面积不同。活塞两侧有效面积之比在回路中起主要作用的双作用缸。

⑥ 双活塞杆缸。具有两根相互平行动作的活塞杆的缸。

⑦ 冲击缸。一种双作用缸，带有整体配置的油箱和阀座，为活塞和活塞杆总成提供外伸时的快速加速。

⑧ 磁性活塞缸。一种在活塞上带有永久磁体的缸，该磁体可以用来沿着行程长度操纵定位的传感器。

⑨ 多位缸。除了静止位置外，提供至少两个分开位置的缸。在同一轴上至少安装两个活塞在公共缸体内移动，这个缸体分成几个单独控制腔，允许选择不同的位置。

⑩ 多杆缸。在不同轴线上具有一个以上活塞杆的缸。

⑪ 柱塞缸。缸筒内没有活塞，压力直接作用于活塞杆的单作用缸。

- ⑫ 伺服缸。〈气动〉能够响应可变控制信号而采取特定行程位置的缸。
- ⑬ 单杆缸。只从一端伸出活塞杆的缸。
- ⑭ 串联缸。在同一活塞杆上至少有两个活塞在同一个缸的分隔腔室内运动的缸。
- ⑮ 伸缩缸。靠空心活塞杆一个在另一个内部滑动来实现两级或多级外伸的缸。
- ⑯ 双杆缸。活塞杆从缸体两端伸出的缸。
- ⑰ 活塞缸。流体压力作用在活塞上产生机械力的缸。
- ⑱ 弹簧复位单作用缸。靠弹簧复位的单作用缸。
- ⑲ 重力作用单作用缸。靠重力复位的单作用缸。

⑳ 双联缸。单独控制的两个缸机械地连接在同一轴上的，根据工作方式可获三四个定位的装置。

㉑ 多级伸缩缸。具有两个或多个套装在一起的空心活塞杆，靠一个在另一个内滑动来实现的逐个伸缩的缸。

㉒ 数字液压缸。由电脉冲信号控制位置、速度和方向的液压缸。

㉓ 伺服液压缸。有静态和动态指标要求的液压缸。通过与内置或外置传感器、伺服阀或比例阀与控制器等配合，可构成具有较高控制精度和较快响应速度的液压控制系统。静态指标包括试运行、耐压、内泄漏、外泄漏、最低启动压力、带载动摩擦力、偏摆、低压下的泄漏、行程检测、负载效率、高温试验、耐久性等。动态指标包括阶跃响应、频率响应等。

注：作者认为上述伺服液压缸定义存在一定问题。其应是伺服液压缸这一概念的表述，反映伺服液压缸的本质特征和区别于其他液压缸的区别特征，不应包含要求，且宜能在上下文表述中代替其术语。

㉔ 气液转换器。将功率从一种介质（气体）不经增强传递给另一种介质（液体）的装置。

㉕ 增压器。将初级流体进口压力转换成较高值的次级流体出口压力的元件。

注：1. 〈气动〉伺服缸尽管是气动术语，但笔者认为其对定义液压伺服缸有参考价值。

2. 有将“气液转换器”称为气液缸的；也有将“增压器”称为增压缸的。

在 JB/T 2184—2007《液压元件 型号编制方法》给出的液压缸名称和代号有：代号为 ZG 的单作用柱塞式液压缸、代号为 HG 的单作用活塞式液压缸、代号为※TG 的单作用伸缩式套筒液压缸、代号为※SG 的双作用伸缩式套筒液压缸、代号为 SG 的双作用单活塞杆液压缸、代号为 2HG 的双作用双活塞杆液压缸、代号为 MG 的电液步进液压缸等七种。

除在 GB/T 9094—2006《液压缸气缸安装尺寸和安装型式代号》、JB/T 2162—2007《冶金设备用液压缸（ $PN \leq 16\text{MPa}$ ）》、JB/T 6134—2006《冶金设备用液压缸（ $PN \leq 25\text{MPa}$ ）》、JB/T 11588—2013《大型液压油缸》、CB/T 3812—2013《船用舱口盖液压缸》和 CB/T 3318—2001《船用双作用液压缸基本参数与安装连接尺寸》等标准中给出的液压缸安装型式（尺寸）外，在 GB/T 17446—2012（1998）中被以文字型式定义（过）的液压缸安装型式有：

① 缸脚架安装。用角形结构的支架固定缸的方法。

② 缸的双耳环安装。利用一个 U 字形安装装置，以销轴或螺栓穿过它实现缸的铰接安装的安装方式。

③ 缸的耳环安装。利用突出缸结构外的耳环，以销轴或螺栓穿过它实现缸的铰接安装的安装方式。

④ 缸前端螺纹安装。在缸有杆端借助于与缸轴线同轴的螺纹凸台的安装。

⑤ 缸的铰接安装。允许缸有角运动的安装。

⑥ 缸的球铰安装。允许缸在包含其轴线的任何平面内角位移的安装（如在耳环或双耳环安装中的球面轴承）。

⑦ 缸拉杆安装。借助于在缸体外侧并与之平行的缸装配用拉杆的延长部分,从缸的一端或两端安装缸的方式。

⑧ 缸的横向安装。靠与缸的轴线成直角的一个平面来界定的所有安装方法。

⑨ 缸耳轴安装。利用缸两侧与缸轴线垂直的一对销轴或销孔来实现的铰接安装。

下面是在 GB/T 17446—1998 中给出的缸安装的术语和定义,尽管此标准已被代替,但对理解上面在 GB/T 17446—2012 中给出的缸安装的术语和定义有一定帮助,且市场(或合同定制)还需要。

① 侧面安装。在平行于缸轴线的面上的所有安装方法。

② 角架安装。在具有一定角度的支架上固定缸的安装方法。

③ 锥孔安装。借助缸外壳上的锥孔而使缸固定的安装方法。

④ 脚架安装。用超出缸轮廓的脚架来实现的安装。脚架可与缸轴线平行。

⑤ 横向安装。在垂直于缸轴线的面上的所有安装方法。

⑥ 销孔安装。伸出缸轮廓外的缸结构突出物组成的安装。它借助于与缸轴线成直角的销轴来安装。

⑦ 法兰安装。利用缸壳体上合适的盘或法兰来实现的横向安装(通常带有适当的安装孔)。

⑧ 端螺纹安装。利用与缸同轴线的具有外螺纹的凸台或内螺纹的凹槽来实现的横向安装。

⑨ 拉杆安装。利用把缸盖和缸筒夹紧的长螺杆伸出部分来实现的横向安装。

⑩ 杆端螺纹安装。利用活塞杆端部螺纹来实现的横向安装。

⑪ 铰接安装。允许缸有角运动的所有安装方法。

⑫ 双耳环安装。采用耳轴或轴销穿过 U 形安装装置的铰接安装。

⑬ 销轴安装。带销轴孔的外伸凸缘的安装。

⑭ 耳轴安装。利用与缸轴线垂直的一对轴销或销孔来实现的铰接安装。

⑮ 球铰安装。能绕通过缸轴线的铰接点任意方向摆动的铰接安装。

安装尺寸(型式)是液压缸的基本参数,液压缸设计时必须给出。在 GB/T 9094—2006 中包括的液压缸,其安装尺寸和安装型式应按标准规定的尺寸标注方法和标识代号表示。

注:1.“项目”的定义见于 GB/T 5094.1—2002《工业系统、装置与设备以及工业产品 结构原则与参照代号 第 1 部分:基本规则》。

2. 在 DB44/T 1169.2—2013《伺服液压缸 第 2 部分:试验方法》中将伺服缸分为双作用、单作用、带位移传感器伺服液压缸。这样分类不科学,且与在 DB44/T 1169.1—2013《伺服液压缸 第 1 部分:技术条件》中的分类不一致。

3. 根据对 GB/T 24946—2010《船用数字液压缸》中“图 1 数字缸的典型结构示意图”与参考文献 [15] 第 1309 页中“图 9.3-24 电液步进缸原理图”及参考文献 [18] 第 1375 页“图 22.2-8 电液步进缸结构原理图”的比较,此 3 幅图样相同,作者因此判定:所谓“数字液压缸”与在 JB/T 2184—2007《液压元件 型号编制方法》中规定的“电液步进液压缸”为同一类型液压缸。

4. 液压缸安装型式的标识代号请见本章第 1.3.11.1 节表 1-36。

5. 在 GB/T 15622—2005《液压缸试验方法》的范围中列出的“组合式液压缸”定义请见本书第 5.1.3.1 节。

## 1.1.2 标准液压缸的基本结构

### 1.1.2.1 各标准液压缸型号表示方法

通常液压缸的型号由两部分组成,前部分表示名称和结构特征,后部分表示压力参数、主参数及连接和安装方式。

在液压缸型号中允许增加第三部分表示其他特征和其他详细说明。

在 JB/T 2184—2007《液压元件 型号编制方法》中规定液压缸的主参数为缸内径×行程，单位为 mm×mm。

在 QC/T 460—2010《自卸汽车液压缸技术条件》中规定液压缸主参数代号用缸径乘以行程表示，单位为毫米（mm）。活塞缸缸径指缸的内径，柱塞缸的缸径指柱塞直径，套筒缸缸径指伸出第一级套筒直径，行程指总行程。

#### (1) GB/T 24946—2010《船用数字液压缸》标记示例

公称压力为 16MPa，缸径 100mm，杆径 63mm，行程 1100mm，脉冲当量 0.1mm/脉冲的船用数字缸：

数字缸 GB/T 24946—2010 CSGE100/63×1100-0.1

#### (2) JB/T 2162—2007《冶金设备用液压缸（ $PN \leq 16\text{MPa}$ ）》标记示例

液压缸内径  $D=50\text{mm}$ ，行程  $S=400\text{mm}$  的脚架固定式液压缸：

液压缸 G50×400 JB/T 2162—2007

#### (3) JB/T 2184—2007《液压元件 型号编制方法》附录 A 中示例 5

单作用活塞式液压缸，额定压力为 10MPa，缸径为 50mm，行程为 500mm，进出油口螺纹连接端部耳环安装，行程终点阻尼，活塞杆直径 25mm，结构代号为 0，设计序号为 1，则其型号为：

HG-E50×500L-E25ZC1

#### (4) JB/T 6134—2006《冶金设备用液压缸（ $PN \leq 25\text{MPa}$ ）》标记示例

液压缸内径  $D=160\text{mm}$ ，活塞杆直径  $d=100\text{mm}$ ，行程  $S=800\text{mm}$  的端部脚架式液压缸：

液压缸 G-160/100×800 GB/T 6134—2006

液压缸内径  $D=200\text{mm}$ ，活塞杆直径  $d=160\text{mm}$ ，行程  $S=1000\text{mm}$  的前端固定耳轴式液压缸：

液压缸 B1-200/160×1000 GB/T 6134—2006

液压缸内径  $D=125\text{mm}$ ，活塞杆直径  $d=90\text{mm}$ ，行程  $S=900\text{mm}$  的装关节轴承的后端耳环式液压缸：

液压缸 S1-125/90×900 GB/T 6134—2006

#### (5) JB/T 9834—2014《农业双作用油缸 技术条件》标记示例

压力等级为 16MPa，缸径为 80mm，活塞杆直径为 35mm，有效行程为 600mm，具有定位功能的双作用油缸：

DGN-E80/35-600-S

#### (6) JB/T 11588—2013《大型液压油缸》标记示例

公称压力 16MPa，液压缸内径 900mm，活塞杆外径 560mm，工作行程 2000mm，中间耳轴安装型式，有缓冲，采用矿物油的大型液压油缸：

DXG16-900/560-2000-MT4-E 大型液压油缸 JB/T 11588—2013

#### (7) CB/T 3812—2013《船用舱口盖液压缸》标记示例

公称压力为 25MPa，缸筒内径为 220mm，活塞杆外径为 125mm，活塞行程为 450mm，两端内螺纹舱口盖液压缸：

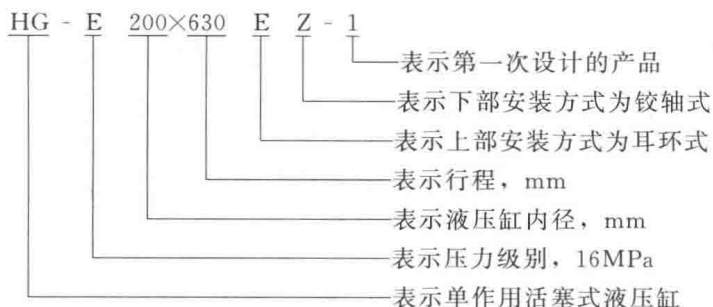
船用舱口盖液压缸 CB/T 3812—2013 CYGa-G220/125×450

公称压力为 28MPa、缸筒内径为 125mm，活塞杆外径为 70mm，活塞行程为 400mm，头段焊接缸盖端内卡键舱口盖液压缸：

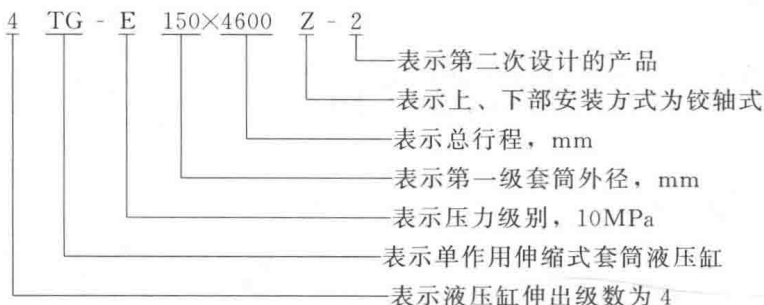
船用舱口盖液压缸 CB/T 3812—2013 CYGb-H125/70×400

## (8) QC/T 460—2010《自卸汽车液压缸技术条件》型号示例

例 1:



例 2:



### 1.1.2.2 液压缸结构特征

#### (1) 液压缸结构特征

在液压缸型号组成的前部分中, 前项数字表示液压缸的活塞杆数或伸缩式套筒液压缸的级数(单活塞杆缸的前项数字省略)。

名称、主参数相同而结构不同的液压缸, 根据定型先后用顺序编排的阿拉伯数字表示。一般包括:

- ① 缸体端部连接结构。
- ② 活塞结构及连接结构。
- ③ 活塞杆结构。
- ④ 缸盖结构。
- ⑤ 缸底结构。
- ⑥ 导向套结构。
- ⑦ 密封结构。
- ⑧ 连接和安装结构。
- ⑨ 油口结构。
- ⑩ 其他结构, 如放气、限位、定位、缓冲以及组合的传动、传感、控制、能量转换等元件、附件、装置等。

对液压缸而言, 其控制主要是针对工作腔(如无杆腔和有杆腔)压力、可动件(如活塞及活塞杆)速度(含方向)、缸行程(如最大行程和可调行程)(或含方向)的控制; 能量转换包括气液和电液间转换。

更细的结构特征还可能包括如材料及力学性能、热处理、表面处理、防腐蚀、防污染等。

#### (2) 各标准液压缸图样设计

① JB/T 2162—2007《冶金设备用液压缸(PN≤16MPa)》附录 A(规范性附录)液压缸图样设计。液压缸的进出油孔、固定螺栓、排气阀、压盖、支架的圆周分布位置标准图样设计按图 A.1、表 A.1 的规定。选用时除排气阀和固定螺栓位置固定不动外, 进出油孔的位置和连接螺纹均可根据需与生产厂家商定。

② JB/T 6134—2006《冶金设备用液压缸 ( $PN \leq 25\text{MPa}$ )》附录 A (规范性附录) 液压缸图样设计。液压缸的进出油孔、固定螺栓、排气阀、压盖、支架的圆周分布位置标准图样设计应符合以下规定。

- a. 液压缸缸内径  $D=40\sim 200\text{mm}$  时按图 A.1、表 A.1 的规定。
- b. 液压缸缸内径  $D=220\sim 320\text{mm}$  时按图 A.2、表 A.2 的规定。
- c. 选用时除排气阀和固定螺栓位置固定不动外, 缓冲阀、单向阀、进出油孔的位置均可根据需要进行调整。

除上述两个液压缸标准外, 在 JB/T 11588—2013《大型液压油缸》和 CB/T 3812—2013《船用舱口盖液压缸》等标准中还有一些图样可供设计时参照使用。

## 1.2 液压缸参数及参数计算

### 1.2.1 液压缸参数与主参数

在 JB/T 10205—2010《液压缸》中规定: “液压缸的基本参数应包括缸内径、活塞杆直(外)径、公称压力、行程、安装尺寸。”

除在上述标准中规定的液压缸基本参数外, 在液压缸相关的其他标准中还将公称压力下的推力和拉力、活塞速度、额定压力、较小活塞杆直(外)径、柱塞式液压缸的柱塞直径、极限或最大行程、两腔面积比、螺纹油口及油口公称通径、活塞杆螺纹型式和尺寸、质量、安装型式和连接尺寸等列入了液压缸的基本参数。

在 JB/T 2184—2007《液压元件 型号编制方法》中规定液压缸主参数为“缸内径 $\times$ 行程”, 单位为“ $\text{mm} \times \text{mm}$ ”。

液压缸相关各标准规定的液压缸参数见表 1-1。

表 1-1 液压缸相关各标准规定的液压缸参数

标 准	参 数
GB/T 7935—2005	公称压力、缸内径和活塞杆外径、缸活塞行程、活塞杆螺纹型式和尺寸、油口、活塞杆端带关节轴承耳环安装尺寸等
GB/T 13342—2007	按照 CB/T 3004 规定的有: 液压缸的公称压力、内径和柱塞直径、活塞杆外径、两腔面积比、行程、油口公称通径 按照 CB/T 3317 规定的有: 公称压力、柱塞直径、柱塞行程、进出油口、安装型式和连接尺寸 按照 CB/T 3318 规定的有: 公称压力、缸的内径、两腔面积比、活塞杆直径、缸的活塞行程、进出油口、安装型式和连接尺寸
GB/T 24946—2010	公称压力、缸径、杆径、行程, 数字缸的脉冲当量一般为 $0.01\sim 0.2\text{mm}/\text{脉冲}$
JB/T 2162—2006	液压缸内径、活塞杆直径、极限行程、公称压力、公称压力下的推力和拉力、安装型式
JB/T 3042—2011	基孔直径(缸内径)、活塞杆直径、活塞杆行程、进出油口连接螺纹、较小活塞杆直径
JB/T 6134—2006	液压缸内径、两腔面积比、活塞杆直径、液压缸活塞速度、公称压力、公称压力下的推力和拉力、极限行程
JB/T 11588—2013	缸径、活塞杆外径、油口、公称压力下的推力和拉力、安装型式和连接尺寸、质量、最大行程等
QC/T 460—2010	液压缸产品型号由级数代号、液压缸类别代号、压力等级代号、主参数代号、连接和安装方式代号、产品序号组成, 其中主参数代号用缸径乘以行程表示, 单位为毫米

注: “额定压力”见于 JB/T 9834—2014《农用双作用油缸 技术条件》等标准中。

### 1.2.2 液压缸参数计算公式

#### (1) 缸理论输出力计算公式

① 双作用单活塞杆液压缸。推力计算公式为

$$F_1 = pA_1 \quad (1-1)$$

式中  $F_1$ ——双作用单活塞杆液压缸缸理论输出推力, N;  
 $p$ ——(公称)压力, MPa;

$A_1$ ——无杆腔有效面积,  $\text{mm}^2$ ,  $A_1 = \frac{\pi}{4}D^2$ ;

$D$ ——缸(内)径, mm。

式(1-1)还适用于单作用活塞式液压缸缸理论输出推力的计算。

注:缸输出推力亦可称为“缸进程输出力”。

双作用单活塞杆液压缸的拉力计算公式为

$$F_2 = pA_2 \quad (1-2)$$

式中  $F_2$ ——双作用单活塞杆液压缸缸理论输出拉力, N;  
 $p$ ——(公称)压力, MPa;

$A_2$ ——有杆腔有效面积,  $\text{mm}^2$ ,  $A_2 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$ ;

$D$ ——缸(内)径, mm;

$d$ ——活塞杆外径, mm。

注:缸输出拉力亦可称为“缸回程输出力”。

② 单作用柱塞式液压缸。推力计算公式为

$$F_3 = pA_3 \quad (1-3)$$

式中  $F_3$ ——单作用柱塞式液压缸缸理论输出推力, N;  
 $p$ ——(公称)压力, MPa;

$A_3$ ——活塞杆面积,  $\text{mm}^2$ ,  $A_3 = \frac{\pi}{4}d^2$ ;

$d$ ——活塞杆外径, mm。

式(1-3)适用于柱塞缸以及以液压缸为执行元件的差动回路中双作用单活塞杆液压缸的理论输出推力的计算。

注:在 JB/T 10205—2010《液压缸》中规定的“理论输出力”是指包括一个公称压力值在内的额定压力下(或范围内)的缸理论输出推力。严格来讲,上面各式如以公称压力计算,则应是公称压力这一个压力值下的缸理论输出力。

## (2) 缸运动阻力的计算公式

缸的实际输出力小于缸理论输出力,因为在缸理论输出力计算时忽略了背压、摩擦产生的阻力以及泄漏的影响等。

$$F = F_1 + F_2 + F_3 \pm F_4 \pm F_5 \quad (1-4)$$

式中  $F$ ——缸运动总阻力,或折算到活塞(活塞杆)上的一切外部载荷, N;

$F_1$ ——包括外部摩擦力在内的外载荷阻力,其主要由缸连接的运动零部件摩擦阻力和所驱动的外负载反作用力组成,数值上与缸实际输出力相等, N;

$F_2$ ——液压缸密封装置或系统的摩擦阻力,一般可按缸理论输出力的 4% 估算, N;

$F_3$ ——背压产生的阻力,包括带缓冲的液压缸进入缓冲状态时产生的缓冲压力, N;

$F_4$ ——缸及缸连接运动零部件折算到缸轴线上的重力 N,重力与运动方向相反时取“+”,重力与运动方向相同时取“-”,  $F_4 = mg$ ;

$F_5$ ——液压缸在启动、制动或换向时,缸及缸连接运动零部件折算到活塞(活塞杆)上的惯性阻力, N,加速启动时取“+”,减速制动时取“-”,  $F_5 = ma$ ;

$m$ ——缸及缸连接运动零部件折算到活塞(活塞杆)上的质量, kg;

$g$ ——重力加速度,  $\text{m/s}^2$ ,  $g_n = 9.80665 \text{m/s}^2$ ;



$a$ ——加速度,  $\text{m/s}^2$ , 匀速运动时  $a=0$ 。

注: 可以使用公式  $m=F_4/g_n$  求取缸及缸连接运动零部件折算到活塞(活塞杆)上的质量。

### (3) 缸运行速度的计算公式

① 双作用单活塞杆液压缸。缸进程速度的计算公式为

$$v_1 = \frac{Q}{60A_1} \times 10^6 \quad (1-5)$$

式中  $v_1$ ——双作用单活塞杆液压缸缸进程速度,  $\text{mm/s}$ ;

$Q$ ——无杆腔输入流量,  $\text{L/min}$ ;

$A_1$ ——无杆腔有效面积,  $\text{mm}^2$ ,  $A_1 = \frac{\pi}{4}D^2$ ;

$D$ ——缸(内)径,  $\text{mm}$ 。

缸回程速度的计算公式为

$$v_2 = \frac{Q}{60A_2} \times 10^6 \quad (1-6)$$

式中  $v_2$ ——双作用单活塞杆液压缸缸回程速度,  $\text{mm/s}$ ;

$Q$ ——有杆腔输入流量,  $\text{L/min}$ ;

$A_2$ ——有杆腔有效面积,  $\text{mm}^2$ ,  $A_2 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$ ;

$D$ ——缸(内)径,  $\text{mm}$ ;

$d$ ——活塞杆外径,  $\text{mm}$ 。

② 单作用柱塞式液压缸。缸进程速度的计算公式为

$$v_3 = \frac{Q}{60A_3} \times 10^3 \quad (1-7)$$

式中  $v_3$ ——单作用柱塞式液压缸缸进程速度,  $\text{mm/s}$ ;

$Q$ ——工作腔输入流量,  $\text{L/min}$ ;

$A_3$ ——活塞杆面积,  $\text{mm}^2$ ,  $A_3 = \frac{\pi}{4}d^2$ ;

$d$ ——活塞杆外径,  $\text{mm}$ 。

式(1-7)适用于柱塞缸以及以液压缸为执行元件的差动回路中双作用单活塞杆液压缸缸进程速度的计算。

### (4) 双作用单活塞杆液压缸往复运动速比计算公式

速比的计算公式为

$$\varphi = \frac{v_1}{v_2} = \frac{D^2 - d^2}{D^2} = \frac{1}{\phi} \quad (1-8)$$

式中  $\varphi$ ——双作用单活塞杆液压缸缸进程速度与缸回程速度之比, 简称速比;

$\phi$ ——两腔面积比,  $\phi = \frac{A_1}{A_2} = \frac{\frac{\pi}{4}D^2}{\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)}$ ;

$A_1$ ——无杆腔有效面积,  $\text{mm}^2$ ;

$A_2$ ——有杆腔有效面积,  $\text{mm}^2$ ;

$D$ ——缸(内)径,  $\text{mm}$ ;

$d$ ——活塞杆外径,  $\text{mm}$ 。

注: 1. 液压缸往复运动速比不是液压缸参数, 且在各版手册中皆以  $\varphi = v_2/v_1 = \phi$  定义速比, 即速比