

24. 伺服液压缸

24.1 概 述

伺服液压缸又称伺服缸,是电液伺服系统中的液压执行元件,通过它将液压能转换成机械能。

伺服液压缸总是和电液伺服阀、反馈传感器组成一体,成为一个独立产品,应用在电液力、电液压力、电液位置以及电液速度伺服系统中。

图 24.1-1 为一台典型的电液伺服执行器,由电

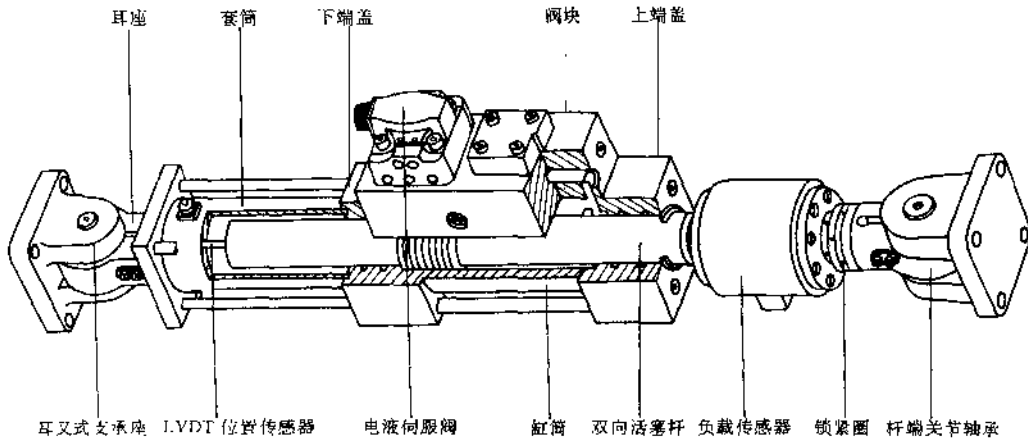


图 24.1-1 电液伺服液压缸组件

液伺服阀、伺服液压缸、位置传感器(LVDT)、载荷传感器、耳座式支承与耳叉式支承座组成。

图 24.1-2~24.1-4 为几种常见的伺服液压缸,主要零件有活塞杆、下端盖、上端盖、缸体、底座等的这些零件外形基本上和普通液压缸的同类零件相似,其设计计算方法也基本相同。由于伺服液压缸是工作在电液伺服系统的闭环回路中,是回路中一个关键环节,其性能指标直接影响系统的精度和动、静态品质。每一个电液伺服系统动静态指标、工况、控制对象等功能都不相同,所以伺服液压缸的性能参数、外形结构、安装连接形式、随伺服系统的性能指标、功能、工况以及所选用的伺服阀、反馈传感器的型号而定,是非标准产品,用户要以非标准产品形式委托专业厂家单独设计制造,双方要签订技术协议,制造厂家要依此制定专用技术条件,设计产品图样,编制技术文件,进行出厂试验。

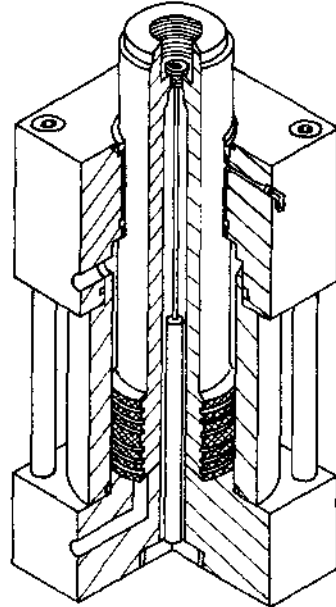


图 24.1-2 内装位置传感器单活塞杆伺服液压缸

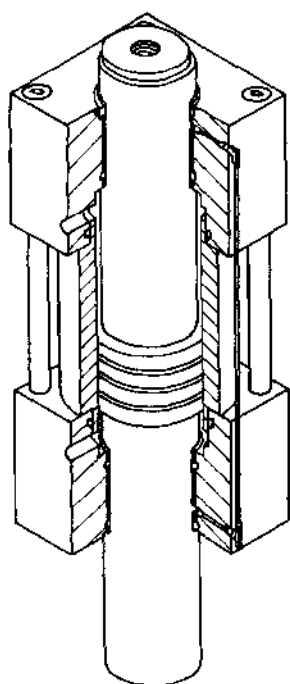
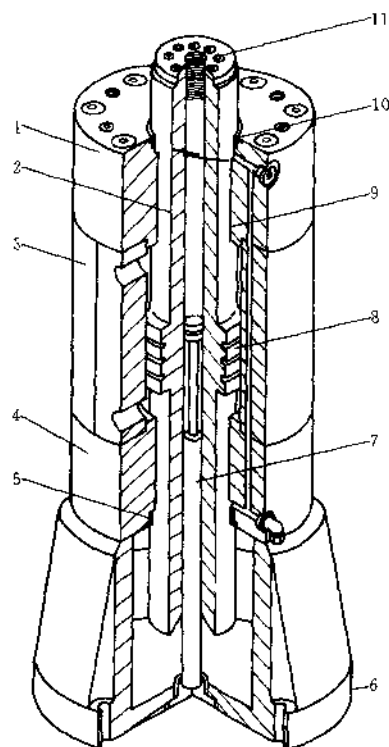


图 24.1-3 带泄漏和缓冲的双活塞杆伺服液压缸



24.1-4 内装位置传感器, 双活塞杆静压支承伺服液压缸
 1—上端盖; 2—双向活塞杆; 3—缸筒; 4—下端盖; 5—活塞杆密封装置; 6—外法兰安装底座; 7—位置传感器; 8—活塞间隙密封; 9—静压支承; 10—活塞杆密封位置; 11—振动台安装螺纹孔

24.2 工作原理与典型应用

24.2.1 工作原理

伺服液压缸是电液伺服系统的一个组成部分, 它的工作原理, 参看图 24.2-1~24.2-2。

图 24.2-1 和图 24.2-2 为电液伺服执行器结构原理图。

双喷嘴力反馈伺服阀装在阀块上, 阀块将液压油源的供油、回油分别和伺服阀的进油、回油口沟通, 又将伺服液压缸的两腔分别和伺服阀的二个负载口沟通。反馈传感器为 LVDT 差动变压式位置传感器, 传感器的铁芯装在活塞杆内腔, 传感器的激励线圈与感应线圈安装在尾座上。当指令信号为零时, 伺服阀阀芯处于中位, 1、2、3、4 四个油口都为关闭状态, 活塞杆和位置传感器均处于机械零位和电气零位。

设给伺服阀输入一个信号, 此信号使阀芯向左偏移, 于是油口 2 与 4 同时被打开, 供油通过油口 4 进入伺服液压缸左腔, 回油通过油口 2 与伺服液压缸右腔沟通, 活塞就向右(伸出方向)运动, 位置反馈传感器同时就有输出, 因为是负反馈, 指令信号和反馈信号综合后误差信号就逐渐减小, 当活塞运动到某一位置, 误

差信号为零时, 伺服阀阀芯就回到中位, 油口 2 与 4 被关闭, 活塞就停止运动, 停在某一位置, 从而实现了控制对象的位置控制。

若伺服液压缸的输出端和控制对象之间装的是力反馈传感器, (例如拉力传感器或压力传感器), 当活塞运动到作用在控制对象上的力或压力使反馈信号等于指令信号时, 伺服阀阀芯回到中位, 油口关闭, 活塞停止运动, 控制对象上就受到一个与指令信号相对应的负载力。

图 24.2-3 是伺服液压缸在各种伺服系统中的应用。它们是力控制系统[图 24.2-3(a)]、加载系统[图 24.2-3(b)]、位置伺服系统[图 24.2-3(c)]、压力控制系统[图 24.2-3(d)]和伺服缸工作原理[图 24.2-3(e)]。

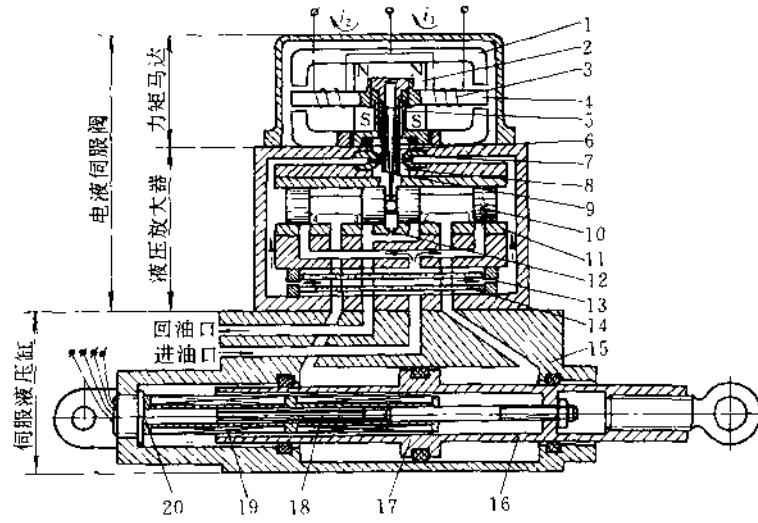


图 24.2-1 电液伺服组件结构原理图之一

1—导磁体；2—永久磁铁；3—控制线圈；4—衔铁；5—弹簧管；6—挡板；7—喷嘴；
8—溢流腔；9—反馈杆；10—阀芯；11—阀套；12—回油节流孔；13—固定节流孔；
14—油溢；15—液缸缸壳体；16—活塞杆；17—活塞；18—铁芯；19—线圈；20—位
移传感器。

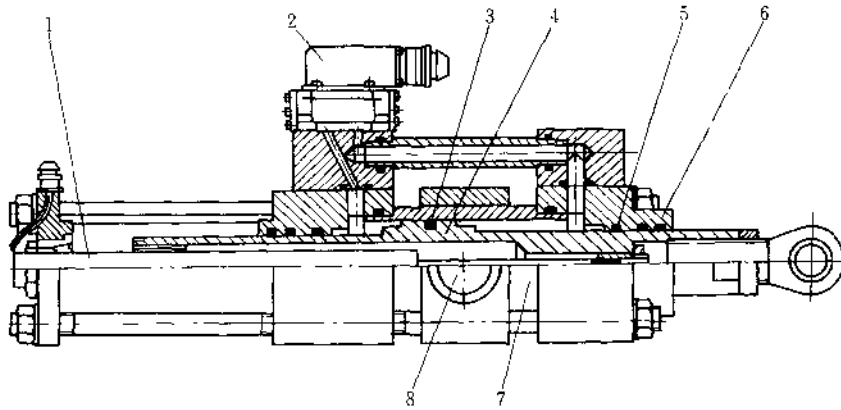


图 24.2-2 电液伺服组件结构原理图之二

1—传感器；2—伺服阀；3—活塞密封；4—活塞；5—活塞杆密封；6—活塞杆导向套；7—缸筒；8—活塞杆

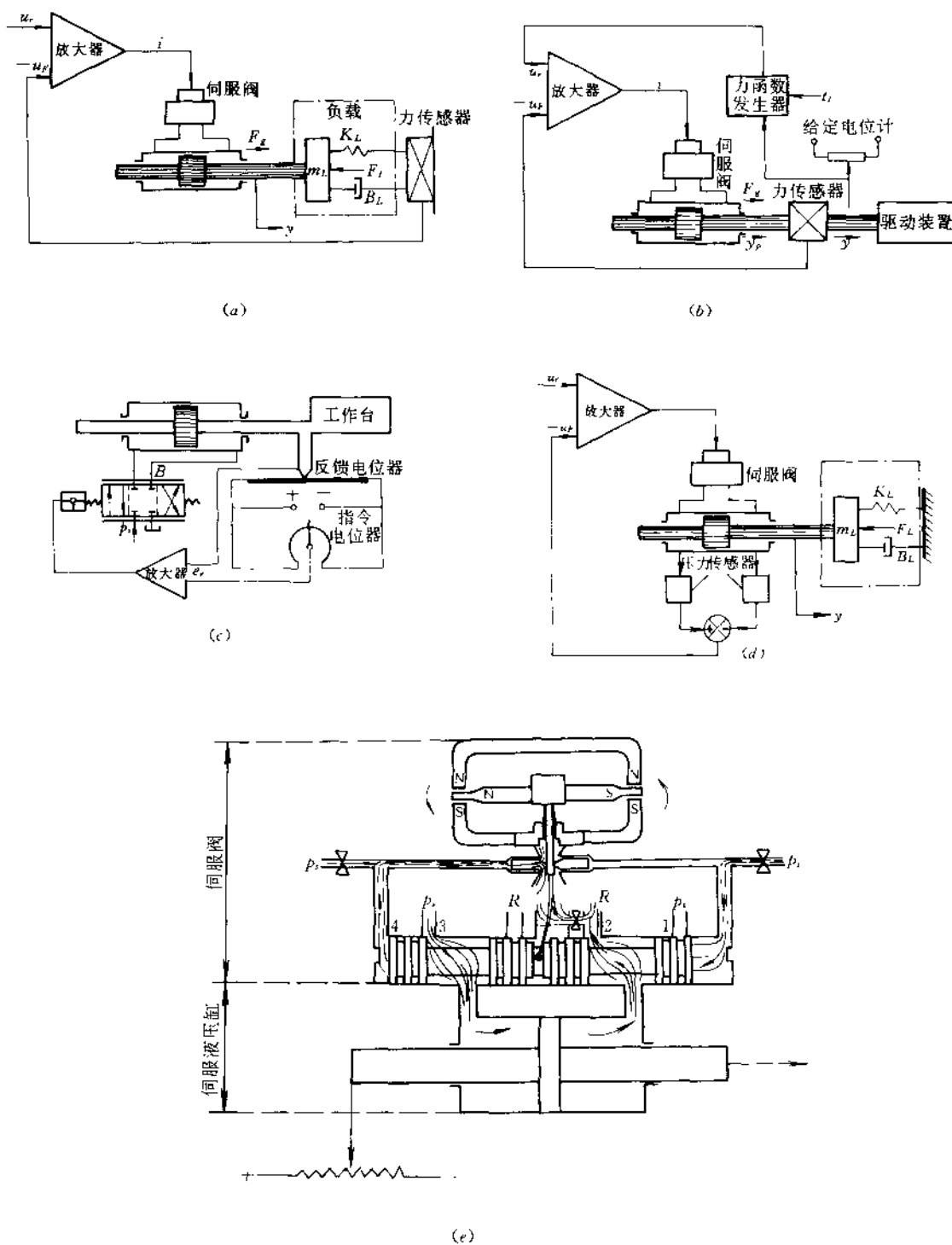


图 24.2-3 伺服缸在不同场合的应用和工作原理

(a)用于负载力控制系统;(b)用于加载系统;(c)用于位置伺服系统;(d)用于压力控制系统;(e)伺服缸工作原理

24.2.2 典型应用

电液伺服系统由于它充分发挥了电子与液压两方面的优点,既能控制大惯量、输出大功率,又有高精度、高响应的性能,所以得到广泛应用,而伺服液压缸又是电液伺服系统中液压执行元件,因此只要有电液伺服系统就有伺服液压缸。现将有代表性的应用例举于下:

①在飞机舵面操纵系统中由它控制飞机舵面的位置(图 24.2-4);

②在电液位置信号发生器中它输出机械位移信号(图 24.2-5);

③在高速冲击试验机中由它产生速度可控的冲击载荷(图 24.2-7);

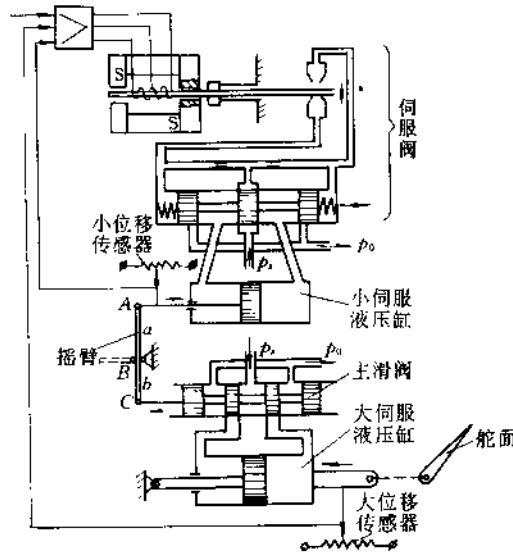


图 24.2-4 飞机舵面控制系统

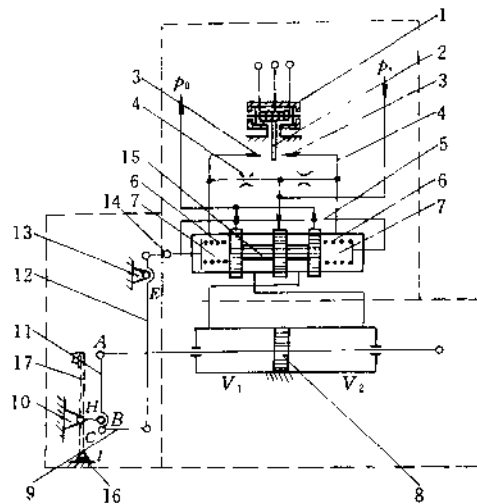


图 24.2-5 电液伺服位移信号发生器工作原理图

1—线圈;2—挡板;3—喷嘴;4—节流孔;5—输入推架;6—对中弹簧;7—前置腔;8—活塞;9—小连杆;10—固定支架;11—摇臂;12—反馈杆;13—反馈支座;14—机械输入杆;15—伺服油缸壳体;16—操纵杆支点;17—操纵杆;A、B、C、D、E、F、H、I 均为铰连点, V_1 、 V_2 —伺服油缸左右容腔。

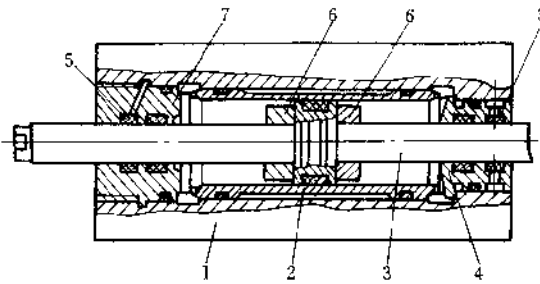
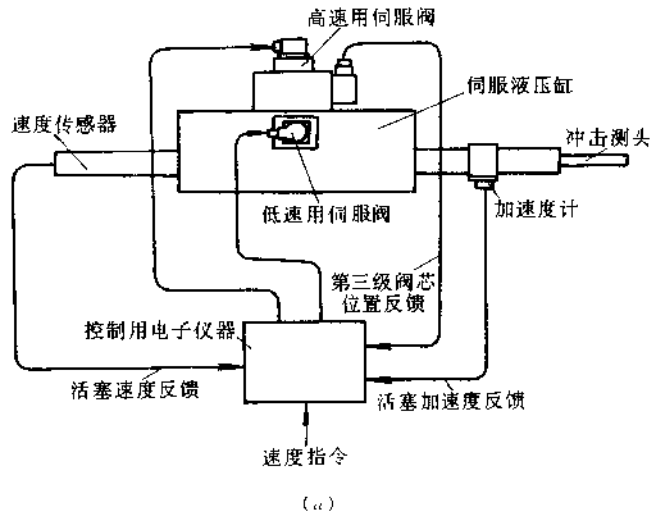
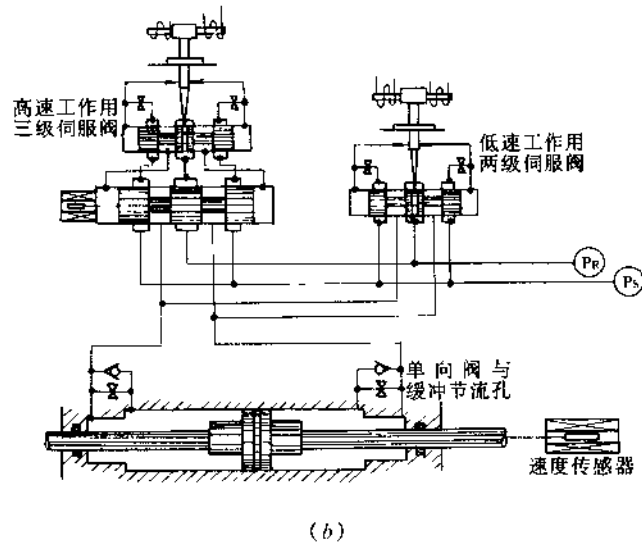


图 24.2-6 伺服液压缸结构图

1—壳体；2—套筒；3—活塞杆；4—端塞；5—毡圈；6—隔管；7—端盖



(a)



(b)

图 24.2-7 高速冲击试验机速度控制系统

(a)高速冲击试验机冲头速度控制系统原理图；(b)高速冲击伺服液压缸原理图

④在电液伺服造波机中由它驱动造波机,造出模拟波浪(图 24.2-8);

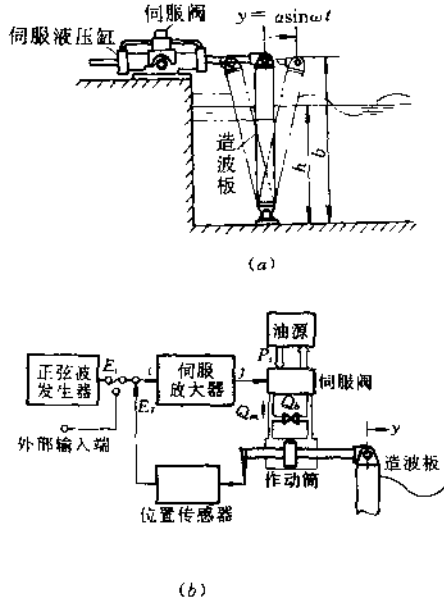


图 24.2-8 电液伺服造波机

(a)造波机结构原理;(b)造波机伺服系统

⑤在电火花机床的电极进给伺服系统中,由它控制电极与被加工件之间的间隙,使之保持恒值(图 24.2-9);

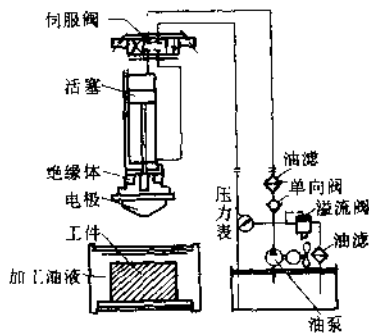


图 24.2-9 电火花加工液压伺服系统

⑥在带钢卷取机电液伺服跑偏控制系统,由它驱动卷筒自动跟踪跑偏方向(图 24.2-10);

⑦在电液伺服材料试验机中,由它给试样施加各种载荷(拉伸、压缩、弯曲等)进行疲劳试验(图 24.2-11);

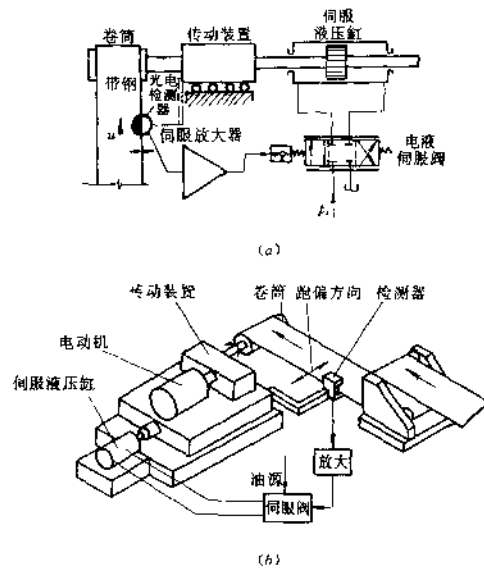


图 24.2-10 卷取机跑偏液压伺服系统

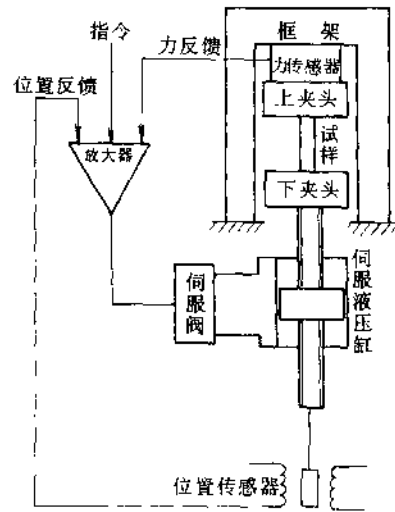


图 24.2-11 材料试验机液压伺服系统

⑧在轧机板厚控制系统中,由它调整压下装置的行程,使轧辊保持一定的间隙,控制钢板的轧制厚度(图 24.2-12);

⑨在旋转负载试验机扭矩控制系统中,由它给车辆的动力输出轴伺服加载,控制车辆所受的扭矩,模拟车辆在行驶过程中的扭矩(图 24.2-13);

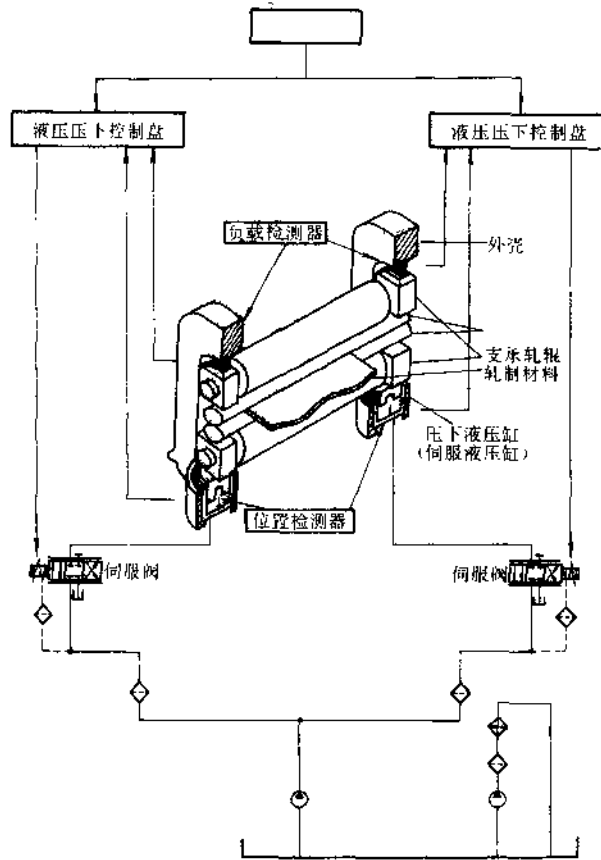


图 24.2-12 轧机板厚自动控制

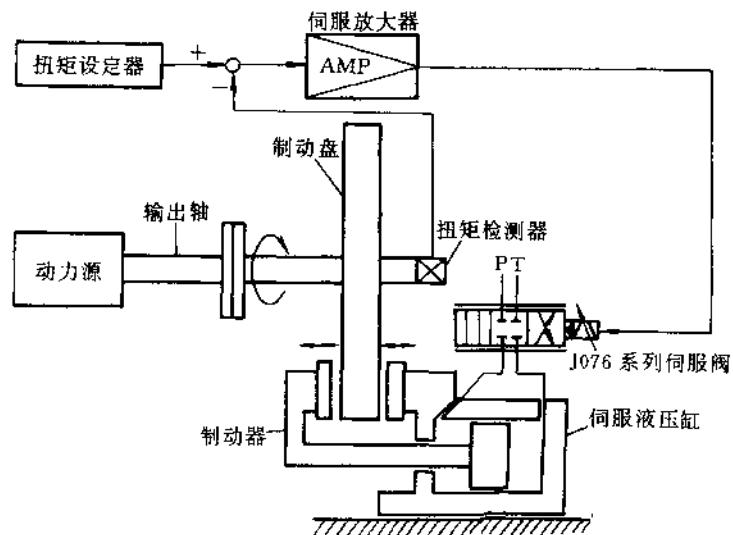


图 24.2-13 旋转机械扭矩反馈控制

⑩在折弯机(折边机)伺服控制系统中,由它控制折弯头的上、下“压下速度”,调整其位置,确保精确折弯成形(图 24.2-14);

⑪在公路铲土机铲土伺服系统中,由它根据地形,左、右分别控制铲刀的位置,使铲刀不受地形凹凸不平的影响,均匀平坦地铲土,通过车辆倾斜角度检测器,可以以一边为基准,另一边有一定的坡陡,铲出斜坡;

在转向控制系统中,由它对前轮、后轮的单独控

制,后轮对前轮的跟踪控制,以实现在弯曲道路上的铲土(图 24.2-15);

⑫在成型注塑机的注射控制系统中,借助模内树脂压力检测器,通过金属模内压力波形闭环控制系统,由它实现超高速注射。

在合模控制系统中,由它控制模具开、闭速度,模具位置,以及合模力,实现高精度的注塑成形(图 24.2-16);

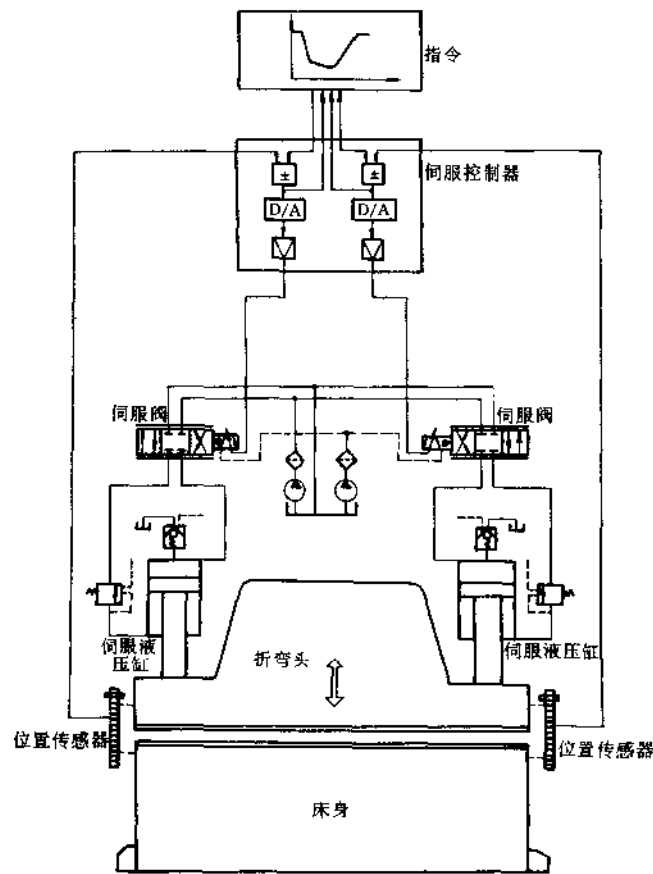
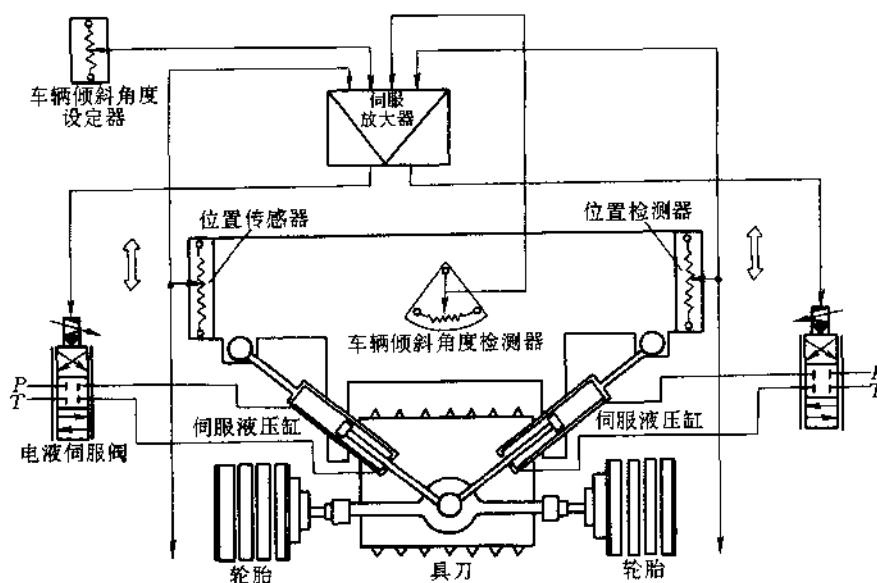
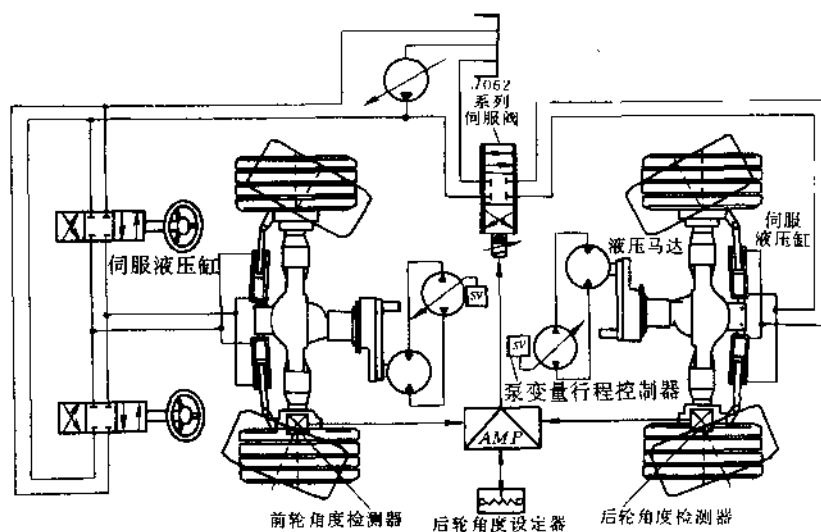


图 24.2-14 折弯机液压伺服系统



(a)



(b)

图 24.2-15 铲土机液压伺服系统
(a) 铲土机铲土液压伺服系统; (b) 铲土机转向液压伺服系统

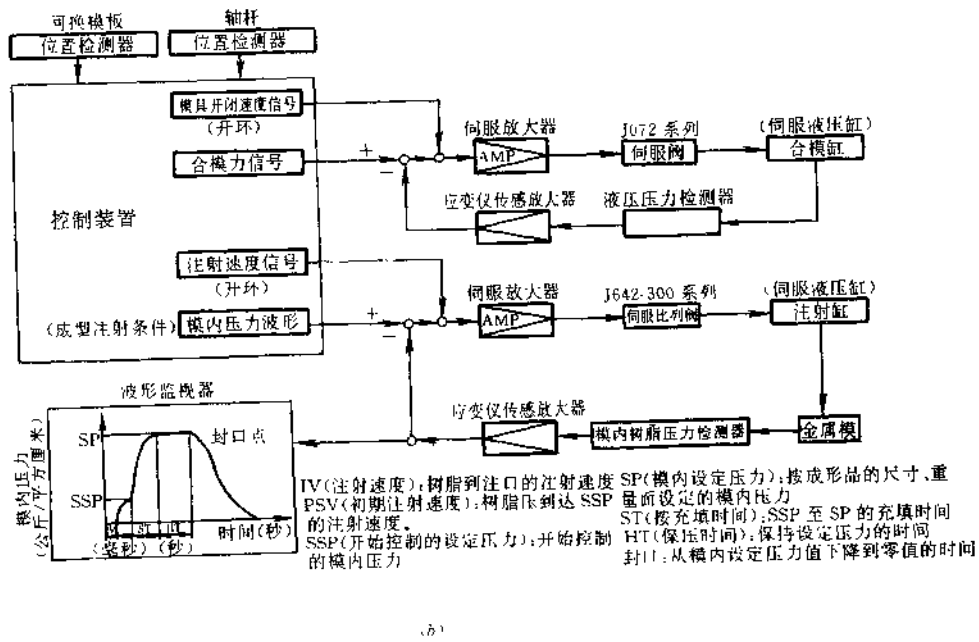
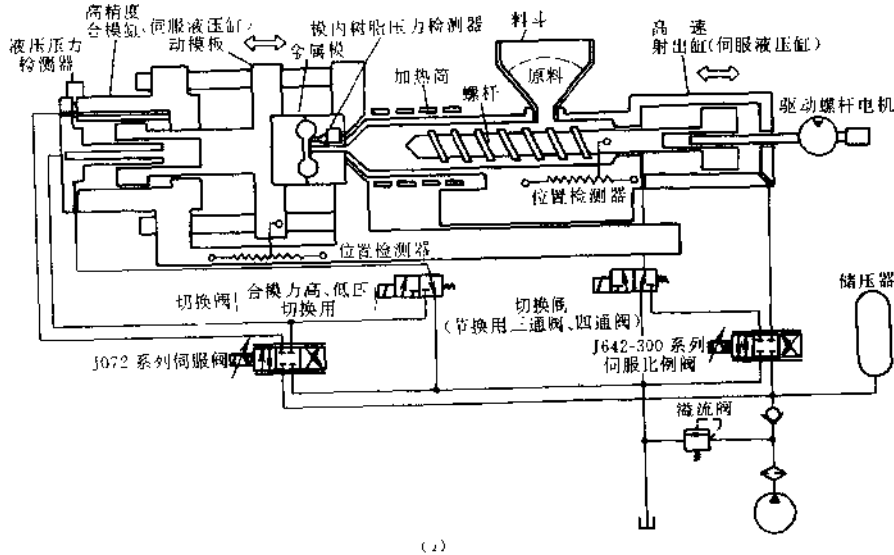


图 24 2-16 注塑机液压伺服系统
 (a) 注塑机液压伺服系统结构原理; (b) 注塑机液压伺服系统方框图

⑬在空心成型注塑机(螺杆和储蓄器串联排列式)型坯壁厚控制系统中,通过型坯程序器的程序信号发生电路,按预先设定的程序发生型坯厚度的指令信号

由它控制树脂出口的间隙开度,从而获得正确的型坯厚度分布(图 24.2-17);

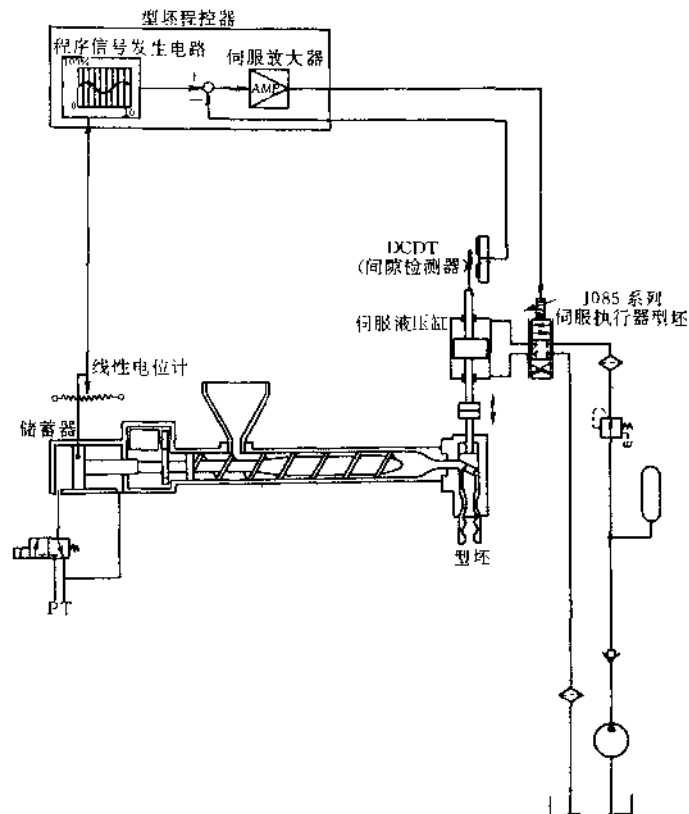
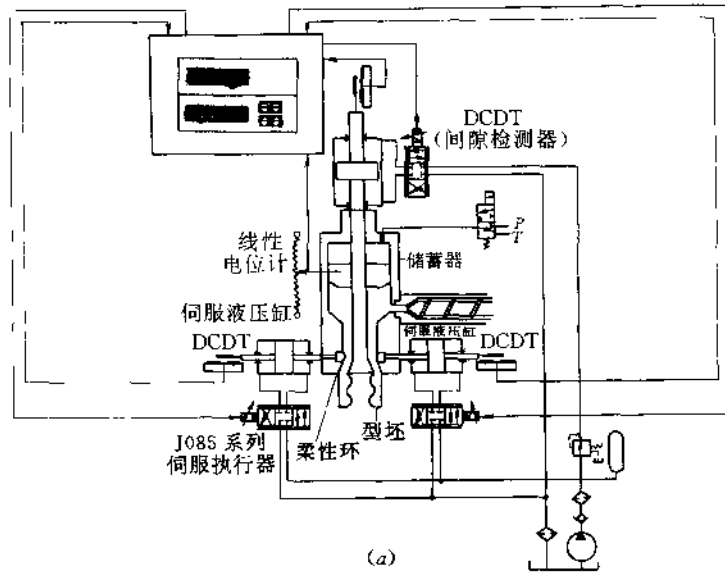


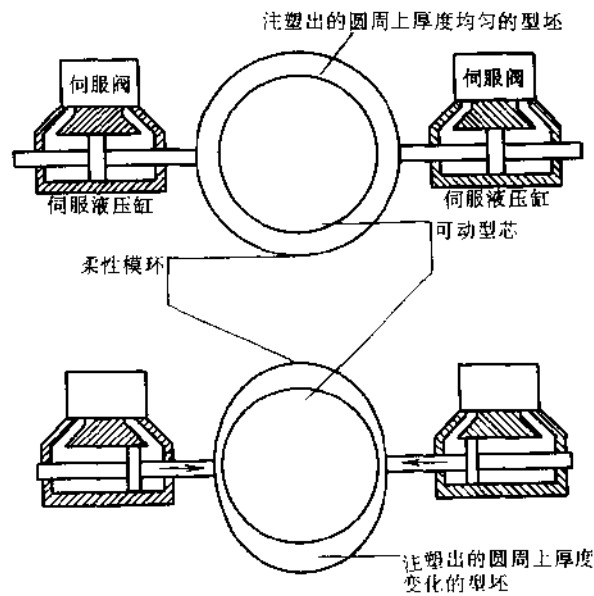
图 24.2-17 空心成型注塑机型坯壁厚液压伺服系统

⑭在空心成型注塑机 PWDS 系统中,由二台伺服液压缸在左、右两边同时控制静态柔性变形环组成的柔性模子,按量程和重量预先编好程序,给伺服液压缸

指令位置信号,使柔性变形环形成非对称形状从而注射出非对称形状的容器(图 24.2-18);



(a)



(b)

图 24.2-18 空心成形注塑机液压伺服系统

(a)空心成形注塑机 PWDs 系统;(b)非对称成形原理图

24.3 分类

24.3.1 按运动方式

直线往复式 伺服液压缸 (图 24.1-2~24.1-4)。

旋转往复式 伺服摆动缸 (图 24.3-1)。

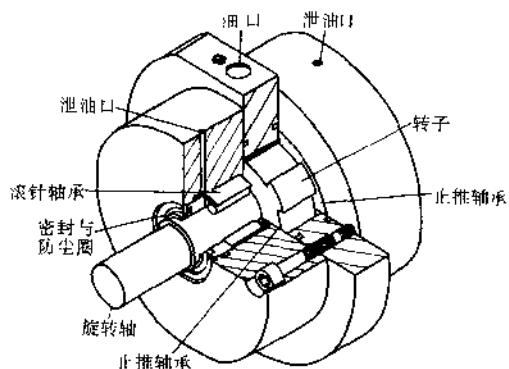


图 24.3-1 伺服摆动缸

24.3.2 按在系统中的作用

位置伺服液压缸 在电液位置伺服系统中去控制

被控对象的位置, 所装反馈传感器是位置传感器(如 I.VDT, 电位计)。

力伺服液压缸 在电液力(压力)伺服系统中给被控对象施加载荷, 所装反馈传感器是负载传感器(如压力传感器, 压力传感器)。

24.3.3 按活塞杆结构形式

单向活塞杆伺服液压缸 活塞两边有效工作面积是不对称的, 运动速度、输出力两边是不对称的。

双向活塞杆伺服液压缸 活塞两边有效工作面积相同、运动速度、输出力两边对称。

24.3.4 按支承活塞杆的方式

接触式摩擦副支承的伺服液压缸 活塞与缸筒、活塞杆与端盖之间的密封采用胶圈压缩密封原理, 用低摩擦密封件组成摩擦副支承活塞杆, 常用的伺服液压缸都属此类。

非接触式的静压支承的伺服液压缸 活塞与缸筒, 活塞与端盖之间的密封应用间隙密封与静压支承的原理, 组成非接触式无摩擦副的静压支承, 这类伺服液压缸常用于高响应的伺服系统, 属高性能高响应伺服液压缸(图 24.3-2)。

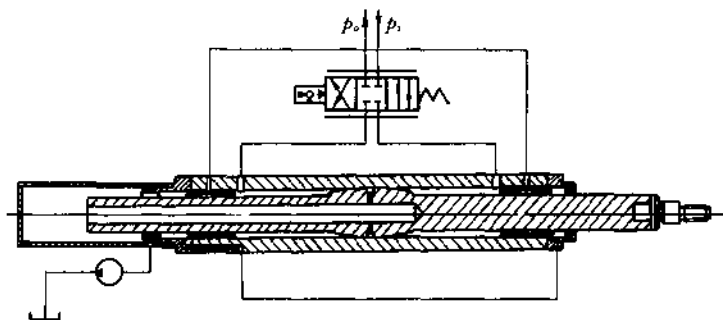


图 24.3-2 静压支承伺服液压缸

24.3.5 按位置传感器安装形式

内装传感器的伺服液压缸 位置传感器装在活塞杆内腔, 传感器受到较好的保护。

外装传感器的伺服液压缸 位置传感器装在缸筒的外边, 便于安装调试。

24.5 设计依据与主要性能参数

24.5.1 工况与环境条件

(1) 工况

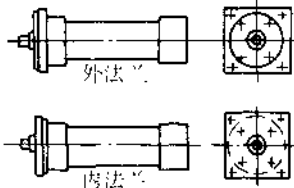
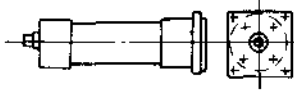
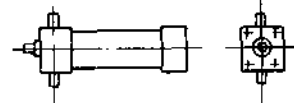
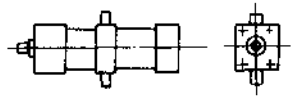
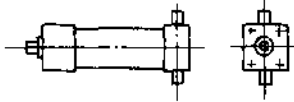
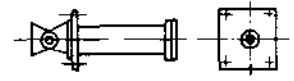
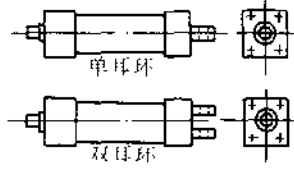
- 伺服系统类型

- 控制对象的质量、刚度、阻尼系数及负载力
- 控制参数
- 安装方式
- 与控制对象的连接方式

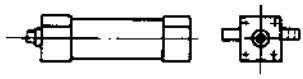
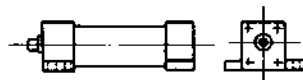
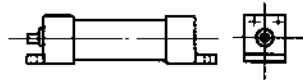
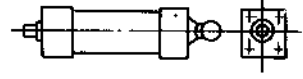
(2) 环境条件

- 环境温度范围
- 环境湿度范围
- 空气清洁度
- 外电磁场强度
- 外振动源振幅与频率

表 24.4-1 伺服液压缸的安装方式

安装方式	安 装 简 图	说 明
法 兰 型		头部法兰型安装时, 安装螺钉受拉力较大; 尾部法兰型较小
		
销 轴 型		液压缸在垂直面内可摆动。头部销轴型安装时, 活塞杆受弯曲作用较小; 中间销轴型次之; 尾部销轴型最大
		
		
耳 环 型		液压缸在垂直面内可摆动。头部耳环型安装时, 活塞杆受弯曲作用较小; 尾部耳环型较大
		

续表

安装方式		安 装 简 图	说 明
底座型	径向底座		径向底座型安装时, 液压缸受倾翻力矩较小; 切向底座型和轴向底座型较大
	切向底座		
	轴向底座		
球头型	尾部球头		液压缸可在一定空间范围内摆动

注: 表中所列液压缸皆为缸体固定, 活塞杆运动。根据工作需要, 也可采用活塞杆固定、缸体运动。

(3) 寿命

24.5.2 供油参数

- 工作介质的名称、牌号(代号)及标准。
- 额定进油压力与额定回油压力。进油压力脉动值 ∇ 3% 额定进油压力。
- 额定供油流量 \geq 伺服阀额定流量的 2 倍。
- 最高油温 ∇ 伺服阀允许的最高工作油温。
- 油液清洁度, 应不低于 NAS1638 6 级或 ISO4406 15/12 级。

24.5.3 结构形式与结构参数

- 活塞杆结构形式: 双活塞杆与单活塞杆。
- 反馈传感器安装形式: 内部安装式与外部安装式。
- 输出端的结构形式: 耳叉式、螺纹连接式、杆端关节轴承式。
- 固定端的安装方式及尺寸, 所用紧固件的规格与标准。
- 交联销轴的尺寸及精度等级。

• 外形尺寸——伺服液压缸处于中立位置时的长、宽、高。

- 活塞杆杆径——活塞杆外径的名义值。
- 缸筒缸径——缸筒内径的名义值。
- 最大工作行程——伺服液压缸, 活塞杆从全缩进位置移动到全伸出位置的行程称为最大工作行程。对双向活塞杆伺服液压缸, 最大工作行程用 $\pm 1/2$ 最大工作行程来表示。

• 极限工作行程——活塞杆从一极限端位移动到另一极限端的行程, 称为极限工作行程, 极限工作行程略大于最大工作行程。

24.5.4 密封性

工作密封性 伺服液压缸在空载条件下进油压力为额定值, 做 100 次最大工作行程的往复运动后, 活动密封处不得有成滴油液积聚, 但允许有可见的粘附性油膜。

进油超压密封性 伺服液压缸在空载状态, 在 1.5 倍额定进油压力作用下保持 3 分钟, 不应出现水

久变形和可见的外部渗漏。

低压密封性 伺服液压缸在两腔灌满油液,进回油口接上按专用技术条件规定的低压液柱高度,静置24小时,活动密封,固定密封处均不得有渗漏。

内部漏油量 伺服液压缸处于空载状态,活塞杆分别位于行程两端,使试验腔压力为额定进油压力,从另一腔出油口流出的流量称为内部漏油量,内部漏油量 $\geq 0.5\text{mL}/\text{min}$ 或由专用技术条件规定。

24.5.5 最低启动压力

最低启动压力 伺服液压缸在空载条件下,分别向两腔通入液压油,另一腔接回油,回油压力为零,逐渐升压,记录活塞杆在3分钟内相应方向出现不小于 $0.1\text{mm}/\text{s}$ 的输出速度时的压力值,取两者较高者为最低启动压力。单向活塞杆仅是伸出方向的最低启动压力。

伺服液压缸要求低摩擦,通常双向活塞杆的最低启动压力不大于 0.2MPa ,单向活塞杆的最低启动压力不大于 0.1MPa 。

24.5.6 最大输出力与最大负载力

最大输出力与最大负载力 伺服液压缸在进油压力为额定值,回油压力为零的条件下,输出速度为零时,其输出端输出的作用力称为最大输出力。

伺服液压缸在系统中工作时需要承受的最大负载称为最大负载力,最大输出力应 \geq 最大负载力。

最大输出力由专用技术条件规定。

最大输出力可以推算出:

$$F_{\max} = Ap_i$$

式中 F_{\max} ——最大输出力(N);

A ——活塞杆有效面积,对单杆活塞为无杆端的有效面积(m^2);

p_i ——额定进油压力值(MPa)。

24.5.7 最大输出速度

最大空载输出速度 伺服液压缸在空载额定供压状态下输出端的运动速度。

最大负载输出速度 伺服液压缸在额定负载条件下,进油压力为额定值,回油压力为零时,输出端的运动速度。

最大负载输出速度由专用技术条件规定。

24.5.8 固有频率

双活塞杆液压缸的固有频率应满足系统在工作频率范围内稳定工作的要求。

$$\text{固有频率} \quad \omega = \sqrt{\frac{4EA^2}{VM}} \quad (1/\text{s})$$

式中 A ——活塞有效面积(m^2);

E ——油液的弹性模量(N/m^2);

V ——伺服液压缸两个油口间的油腔总容积(m^3);

M ——活塞杆与负载质量之和(kg)。

固有频率与负载质量、最大负载力、极限工作行程有关。

24.5.9 负载特性

在额定进油压力条件下,输入控制电流(或电压)为定值时,负载速度与负载力之间的关系。

负载特性要在电液伺服系统上测试,它取决于负载性质。

24.5.10 频率特性

在额定进油压力与空载条件下,在各种频率的等幅正弦输入信号作用下,输出幅值和相位滞后随输入信号频率变化的特性,即幅频特性和相频特性。

频率特性要在电液伺服系统上测试,实际它是电液伺服系统的频率特性,但是当伺服阀确定以后,电液伺服系统的频率特性主要取决于伺服液压缸。

频率特性由设计任务书规定。一般推荐输入幅值如下:

- 输入电压对应50%最大控制电流(不计反馈时测量)。
- 对应输出幅值为 1mm 或由专用技术条件规定的近似1%最大输出工作行程的输入幅值;
- 5%~10%最大控制电压;
- 最大幅值不应使输出超过4%的极限输出行程。

频率从 0.1Hz 开始,最高频率做到专用技术条件规定值。

24.5.11 外观

• 伺服液压缸的外表面应无锐边、尖角、无毛刺,表面要进行保护处理,涂镀层无起泡、结皮、脱落、挂流、色泽均匀。

- 焊缝要均匀,无虚焊、假焊、堆积、焊瘤与脱焊。
- 紧固件要求锁紧措施。
- 进回油嘴处要盖保护帽盖。

24.6 伺服液压缸的设计顺序

24.6.1 分析设计任务书

(1) 设计任务书的内容

设计任务书是伺服液压缸的设计依据,它应包括下列内容:

- 被控对象
- 控制参数
- 负载性质
- 主要性能参数
- 供油条件
- 使用环境
- 对安全性、可靠性、寿命的要求
- 外形尺寸与重量
- 安装方式与连接尺寸
- 成本指标

(2) 分析被控对象、控制参数、负载性质, 确定伺服液压缸的类型、绘制负载特性曲线。

(3) 分析性能参数, 确定伺服液压缸的设计点, 一般定最大负荷工况为设计点。

24.6.2 选择反馈传感器

- 根据伺服液压缸的类型, 确定反馈传感器的类型——位移传感器还是负载传感器。
- 根据输出精度的指标, 确定传感器的精度等级。
- 根据可靠性与寿命要求, 确定传感器的品位, 质量级别。
- 根据选定型号传感器的外形尺寸, 确定伺服液压缸安装传感器的方式及连接尺寸。

24.6.3 确定活塞有效面积

活塞的有效面积 A 为

$$A = \frac{F_{\max}}{p_L}$$

式中 F_{\max} ——最大负载力;

p_L ——负载压力

$$p_L = p_1 - p_2$$

式中 p_1 ——伺服液压缸进油腔压力;

p_2 ——伺服液压缸回油腔压力。

根据经验取 $p_2 \approx 0.05 p_1$, 于是

$$A = \frac{F_{\max}}{0.95 p_1}$$

24.6.4 选定伺服阀

电液伺服阀的性能规格直接影响伺服液压缸的性能和结构尺寸。

(1) 选择伺服阀的原则

- 伺服阀的流量—压力特性曲线要能包围伺服液压缸的负载特性曲线;
- 伺服阀的流量一定要满足伺服液压缸的最大负载速度时的负载流量;

- 伺服阀的频率特性要满足系统动态响应要求。

(2) 选择伺服阀的方法

(A) 绘制伺服液压缸的负载特性曲线。

(B) 计算伺服阀的空载额定流量 Q_R 。 Q_R 可按下式计算

$$Q_R = Q_{L\max} \sqrt{\frac{p_S}{p_S - p_L}}$$

式中 $Q_{L\max}$ ——最大负载速度时的负载流量

$$Q_{L\max} = \Delta V_{\max}$$

V_{\max} ——最大负载速度;

Δ ——活塞有效面积;

p_S ——伺服阀的额定供油压力;

p_L ——最大负载速度时的负载压降即负载压力。

(C) 确定伺服阀的实际额定流量。为了确保系统的动态响应, 伺服阀的实际工作范围仅为额定电流值的 0% ~ 50%, 为此所选伺服阀的额定流量是 Q_R 值的 2 倍, 这样选定的阀, 当输入电流为 50% 额定电流时, 它的流量—压力曲线就可以包围伺服液压缸的负载特性曲线。

(3) 选定伺服阀, 确定阀块的结构尺寸。

24.6.5 确定结构形式

- 根据工况与使用场合, 确定固定端是缸体部分还是活塞杆部分;
- 根据安装要求, 确定安装方式;
- 根据与控制对象的连接方式, 确定输出端的结构及连接尺寸;
- 根据最大工作行程、传感器的安装方式确定活塞杆、缸筒、端盖的结构形式与尺寸, 绘制整体结构草图。

24.6.6 设计密封装置

根据最低启动压力, 快速性要求、频率特性选定密封类型、进行密封装置设计。

24.6.7 零部件强度设计计算

按普通液压缸的设计计算方法对缸筒、活塞杆、端盖、支承座、受力螺纹连接件等受力件进行强度计算。

24.6.8 编制设计资料, 绘制产品图样

- 编制设计计算资料
- 编写方案论证报告
- 编制专用技术条件及测试大纲
- 绘出产品图样

24.7 伺服液压缸的设计

24.7.1 活塞和活塞杆的计算

结构设计就是确定伺服液压缸的主要特征参数和主要零件的结构形式。它贯穿在设计过程的始终,是决定伺服液压缸实际使用性能的关键。

主要特征参数:有效面积 A ,缸筒内径 D ,活塞杆直径 d ,工作行程 S 。

(1) 有效面积 A

有效面积 A 是一个很重要的参数,其一,在给定的供油压力与负载速度条件下, A 的大小决定着负载流量,液压油源的功率以及输出力的大小;其二,选择适当的 A ,可以调整伺服液压缸的时间常数和放大系数以满足系统的动态要求。

$$A = \frac{F_{\max}}{p_L}$$

式中 F_{\max} ——伺服液压缸要克服的各种负载之和的最大值,称之为最大负载;

p_L ——克服负载时两腔的压差,称之为负载压力。

负载力 $F = F_f + F_m + F_B + F_k$

式中 F_f ——作用在伺服液压缸上的外力,有恒值外力(例如重力),按一定规律变化的外力(例如飞机舵面的气动力),干摩擦力,冲击力,振动力等;

F_m ——负载质量与伺服液压缸运动部件的质量,因为加速度产生的惯性力

$$F_m = M \frac{d^2 y}{dt^2}$$

式中 M ——负载质量与伺服液压缸运动部件质量之和;

y ——负载位移变化,即负载运动方程:

$$y = y(t)$$

F_B ——阻尼负载力,与伺服液压缸运动速度成正比的负载力。阻尼负载力是粘性阻尼产生的,例如支承滑动面的摩擦力。

$$F_B = B_t \frac{dy}{dt}$$

式中 B_t ——负载阻尼系数;

F_k ——弹性负载力,是与负载位移成正比的力,例如被控对象弹性变形所产生的力;

$$F_k = Ky$$

式中 K ——负载弹性系数。

于是负载力 F 为

$$F = M \frac{d^2 y}{dt^2} + B_t \frac{dy}{dt} + Ky + F_f$$

计算有效面积 A 时应取负载力最大值。

(2) 缸径 D 和活塞杆径 d (双活塞杆)

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

$$d = mD$$

式中 m ——经验结构系数

$$m = \frac{d}{D} = 0.25 \sim 0.7$$

D ——缸径,即活塞直径;

d ——活塞杆直径。

低速小负载下取小值,反之取大值。

于是可按下式确定 D 与 d :

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi(1-m^2)}}$$

在选定结构系数 m 时,应考虑下列因素:

- 内装位移传感器的,活塞杆是空心的,空心腔孔径 d_1 应略大于传感器外径,此时杆径 d 应该按强度来计算。

- 铰连处的尺寸要求。

- 工艺性与压杆稳定性,尽量避免细长杆。

- 材料的品种与规格尽可能市场有售。

- 杆径要圆整成标准值(符合 GB2348—40 给出的系列值),则有相应的密封件可选用。应尽量避免非标准尺寸。

(3) 缸径 D 和活塞杆径 d (单活塞杆)

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

活塞杆直径 d 通常有两种计算方法:

A. 根据速度比的要求

$$d = D \sqrt{\frac{\varphi - 1}{\varphi}}$$

式中 φ ——速度比,经验值有 2, 1.6, 1.33, 1.25, 1.15

$$\varphi = \frac{v_2}{v_1}$$

v_1 ——活塞杆伸出速度;

v_2 ——活塞杆缩进速度。

表 24.7-1 不同速度比下的活塞杆径 d

速度比 φ	1.15	1.25	1.33	1.46	2
活塞杆径 d	0.36D	0.45D	0.5D	0.56D	0.71D

φ 值可以根据工作压力的大小来选定

表 24.7-2 速度比与工作压力的关系

工作压力 p/MPa	≤ 10	12.5~20	>20
速度比 φ	1.33	1.46	2

B. 根据强度要求计算活塞杆直径

当活塞杆在稳定状态下, 仅承受轴向负载时, 杆径 d 按简单拉、压强度计算, 此时

$$d \geq 3.57 \times 10^{-2} \sqrt{\frac{F_{\max}}{[\sigma]}} \quad (\text{m})$$

式中 $[\sigma]$ ——活塞杆材料的许用应力(MPa)。

当活塞杆受到较大弯曲作用时, 应按压(或拉)弯联合强度考验, 此时:

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{A_1} + \frac{F_{\max} Y_{\max}}{W} \leq [\sigma_c]$$

式中 σ ——活塞杆应力(Pa);

F_{\max} ——最大负载力(N);

A_1 ——活塞杆面积(m^2)。对于实心活塞杆则为:

$$A_1 = \frac{\pi}{4} d^2$$

d ——活塞杆直径(m)

Y_{\max} ——活塞杆断面的抗弯模量(m^3)。对于实心活塞杆, 则为

$$W = \frac{\pi}{32} d^3$$

$[\sigma_c]$ ——活塞杆材料的许用应力(Pa);

$$[\sigma_c] = \frac{\sigma_s}{n}$$

σ_s ——活塞杆材料的屈服极限(Pa);

n ——安全系数, 一般 $n \geq 1.4$ 。

计算出 d 以后, 仍要按上述双活塞杆杆径的考虑因素最终确定单活塞杆杆径。

(4) 工作行程 S

伺服液压缸的工作行程 S , 主要依据机构的运动要求而定, 为了简化工艺和降低成本, 应尽量采用 GB2349-80 中给出的标准系列值, 确定工作行程时还应考虑位移传感器的尺寸, 与被控对象的连接方式、支

承座的固定形式即末端条件。

(5) 不受偏心载荷活塞杆稳定性的计算

伺服液压缸主要零部件的强度计算基本上和液压缸相同, 可以参照 23.3 节液压缸主要零部件设计。这里着重介绍活塞杆的纵向弯曲强度计算。

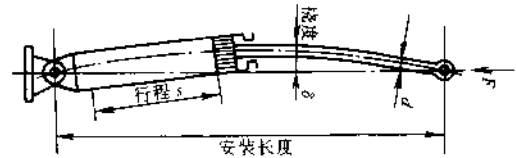


图 24.7-1 承受压缩负载的伺服液压缸

伺服液压缸在受到轴向压缩负载力作用的情况, 如图 24.7-1 所示。倘若活塞杆直径 d 与伺服液压缸的安装长度 l 之比 $l/d \geq 10$ 时, 就不能按单纯的压缩状态处理了, 必须将伺服液压缸整体作为一种细长杆来处理, 由材料力学可知, 受压细长杆, 当负载力接近某一临界值时, 杆将产生纵向弯曲, 且其挠度值随着压缩负载力的增加急剧增大, 以至产生屈曲破坏, 失去稳定性。

对于没有偏心载荷的细长杆, 其纵向弯曲强度的临界值, 可按等截面法和非等截面法计算。

A. 等截面算法

当细长比 $l/K \geq m\sqrt{n}$ 时, 可按欧拉公式计算临界载荷 P_K , 此时

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

式中 P_K ——活塞杆纵向弯曲破坏的临界载荷(N);

n ——末端条件系数, 见表 24.7-3;

E ——活塞杆材料的弹性模量(Pa);

J ——活塞杆截面的转动惯量(m^4)实心活塞杆:

$$J = \frac{\pi d^2}{64} \quad (\text{m}^4)$$

空心活塞杆:

$$J = \frac{\pi}{64} (d^2 - d_1^2) \quad (\text{m}^4)$$

d ——活塞杆外直径(m);


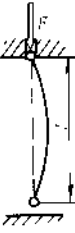
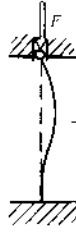
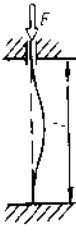


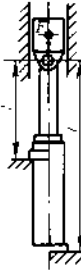

d_1 ——空心活塞杆内径(m);

l ——伺服液压缸的安装长度, 即活塞杆全伸出时, 活塞杆端支点和伺服液压缸支承座间的距离(m);

K ——活塞杆断面的回转半径(m)

实心活塞杆:

表 24.7-3 末端条件系数

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
示意图				
安装形式				
n	$\frac{1}{4}$	1	2	4
l_e	$2l$	l	$\frac{\sqrt{2}}{2}l$	$\frac{l}{2}$
C	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$

$$K = \sqrt{\frac{J}{A_1}} = \frac{d}{4} \quad (\text{m})$$

空心活塞杆:

$$K = \frac{1}{4} \sqrt{d_2^2 - d_1^2} \quad (\text{m})$$

A_1 ——活塞杆截面积 (m^2)

实心活塞杆:

$$A_1 = \frac{\pi}{4} d^2$$

空心活塞杆:

$$A_1 = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_1^2)$$

m ——柔性系数, 为实验常数, 见表 24.7-3。

若活塞杆为实心杆, 且用钢铁材料制造的, 临界载荷 P_K 可简化为

$$P_K = \frac{1.02nd^4}{l^2} \times 10^{11} \quad (\text{N})$$

表 24.7-4 实验常数 f_c, a, m

材料	铸铁	锻钢	低碳钢	中碳钢
f_c/MPa	560	250	340	490
a	1/1600	1/9000	1/7500	1/5000
m	80	110	90	85

当活塞杆细长比 $l/K < m\sqrt{n}$ 时, 用戈登—兰金公式计算临界载荷 P_K , 此时:

$$P_K = \frac{f_c A_1}{1 + \frac{a}{n} \left(\frac{l}{k}\right)^2}$$

式中 f_c ——材料强度实验值 (MPa);

A_1 ——活塞杆截面积 (m^2);

a ——实验常数, 见表 24.7-3;

m ——柔性系数, 见表 24.7-3, 这里

$$m\sqrt{n} \approx 20 \sim 120$$

当活塞杆细长比 $l/K < 20$ 时, 可按纯压缩计算。

B. 非等截面算法

等截面算法是把缸筒的惯性矩看成与活塞杆的相同,这与实际情况差别较大,因而等截面算法得到的 P_K 值较为保守。采用非等截面法计算得到的 P_K 值,与实际情况较接近。其计算公式为:

$$P_K = k \frac{\pi^2 EJ}{l^2}$$

式中 k ——形状系数,由图 24.7-2 或图 24.7-3 查出

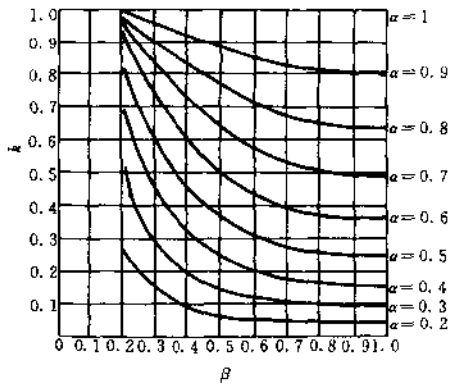


图 24.7-2 形状系数(α 曲线图)

图中 $\alpha = \sqrt{\frac{J_1}{J_2}}, \beta = \sqrt{\frac{l_1}{l}}$

J_1 ——活塞杆的转动惯量 (m^4);

J_2 ——缸筒的转动惯量 (m^4);

l_1 ——活塞杆的伸出长度 (m);

l ——伺服液压缸的安装长度 (m)。

为了保证活塞杆不产生纵向弯曲,活塞杆实际承受的压缩负载力要远小于临界载荷 P_K ,即

$$F_{\max} \leq \frac{P_K}{n_K}$$

式中 F_{\max} ——活塞所承受的最大压缩负载力 (N);

P_K ——临界载荷 (N);

n_K ——安全系数, $n_K = 2 \sim 4$ 。

(6) 承受偏心载荷时活塞杆稳定性的计算

伺服液压缸由于结构或安装铰链的原因,活塞杆往往承受一定的偏心负载,此时的临界载荷应按下式计算:

$$P_K = \frac{\sigma_s A_1}{1 + 8 \frac{e}{d} \sec \theta}$$

式中 P_K ——临界载荷 (N);

σ_s ——活塞杆材料的屈服极限 (Pa);

A_1 ——活塞杆截面积 (m^2);

e ——截荷偏心量 (m);

d ——活塞杆直径 (m);

θ ——挠度

$$\theta = C \sqrt{\frac{P_K}{EA_1}} \left(\frac{l}{K} \right)$$

C ——系数,见表 24.7-1;

E ——活塞杆材料的弹性模量 (Pa);

l ——活塞杆的计算长度,即伺服液压缸的安装长度 (m);

K ——活塞杆断面的回转半径 (m)。

24.7.2 伺服缸密封设计通则

伺服液压缸要求低摩擦、无外漏、无爬行、无滞涩、高响应、长寿命,要满足伺服系统静态精度、动态品质的要求,所以它的密封与支承导向设计极为重要,不能简单地沿用普通液压缸的密封与支承导向。

(1) 设计密封时应考虑的因素

- 用于微速运动 ($3 \sim 5 \text{ mm/s}$) 场合的,不得有爬行、粘着滞涩现象。

- 工作在高频振动场合的,密封摩擦力应很小且为恒值,要耐磨、长寿命。

- 工作在食品加工、制药及易燃环境的伺服液压缸,对密封性要求尤为突出,不得有任何的外渗漏,否则会直接威胁人体健康和生命安全。

- 工作在诸如冶金、电力等工业部门的,更换密封要停产,会造成重大经济损失,所以要求密封长寿命,伺服液压缸要耐磨。

- 对于高速输出的伺服液压缸,要确保局部过热不会引起密封失效,密封件要耐高温。要有良好的耐磨性。

- 工作在高温场合、热幅射场合的伺服液压缸,其密封件的材料要具有长期耐高温的特性。

- 工作介质为磷酸酯或抗燃油的,不能用矿物油的密封材料,要考虑它们的相容性。

- 伺服液压缸的密封设计不能单独进行,要和支承导向设计统一进行,统筹安排。

(2) 伺服液压缸中的两类密封

静密封 端盖与缸筒,端盖与阀块,阀块与伺服阀,油管与阀块、油管座之间的密封为静密封,是固定密封。

动密封 活塞与缸筒,活塞杆与端盖之间的密封为动密封。

(3) 静密封的设计

静密封的设计要确保固定密封处在正常工作压力和 1.5 倍工作压力下均无外泄漏。

静密封通常选用 O 形橡胶密封圈, 其规格、沟槽尺寸应尽可能符合下列国家标准:

GB3452.3-88 液压气动用 O 形橡胶密封圈沟槽尺寸和设计标准

GB3452.1-92 液压气动用 O 形橡胶密封圈尺寸系列及公差

GB3452.2-87 O 形橡胶密封圈外观质量检查标准

(4) 动密封的设计

动密封的设计直接关系着伺服液压缸性能的优劣。伺服液压缸的动密封有二类: 一类为接触型动密封, 一类为非接触型动密封。活塞与缸筒、活塞杆与端盖间的动密封设计必须结合支承导向的设计统筹进行。

24.7.3 伺服缸中用到的动密封

(1) 接触型动密封

接触型动密封是伺服液压缸最常用一种动密封, 现在已经很少采用单一的 O 形橡胶圈、U 形密封圈、V 形密封圈、Y 形密封圈, 而是采用方形或矩形截面的非金属材料环与 O 形橡胶圈组合成一体橡胶复合密封圈。目前应用得最成功的非金属材料是填充聚四氟乙烯, 它是在聚四氟乙烯单体中加入适宜的石墨、二硫化钼、青铜粉末、碳黑及玻璃纤维等填充剂。此种填充聚四氟乙烯的化学稳定性相当好, 并且具有良好的耐磨性、耐油性、耐热性、耐寒性和耐压性, 通常使用温度 $-54^{\circ}\text{C} \sim +205^{\circ}\text{C}$ ($-65^{\circ}\text{F} \sim 400^{\circ}\text{F}$), 最高压力 80MPa (11.600PSi), 最高速度 15m/sec ($\sim 29.50\text{fpm}$)。

聚四氟乙烯分子之间的范德华力非常小, 所以填充聚四氟乙烯几乎没有粘性, 摩擦系数极小, 即使在少油或无油润滑的条件下也能正常工作, 高压及超高压快速运动伺服液压缸多采用此种填充聚四氟乙烯制造的密封件。

A. 活塞与缸筒的接触型动密封

这里推荐二种活塞与缸筒的接触型动密封: 美国霞板公司 T 型特康格来圈; 广州市天河密封技术研究所有孔用组合密封件(格来圈)。

它们的共同特点:

- 密封性好;
- 可允许活塞和缸筒有较大的配合间隙, 从而大大改善活塞和缸筒的工艺性;
- 对油液的清洁度要求有所降低;
- 低摩擦、无爬行、无滞涩粘着现象;
- 沟槽加工简单。

(A) 宝色霞板 T 型特康格来圈

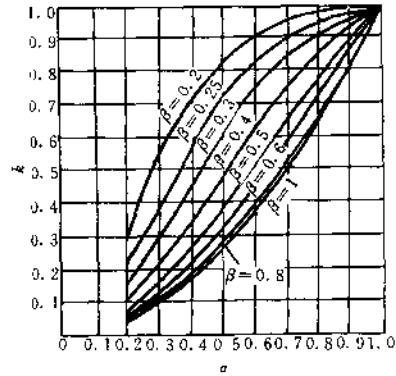


图 24.7-3 形状系数(β)曲线图

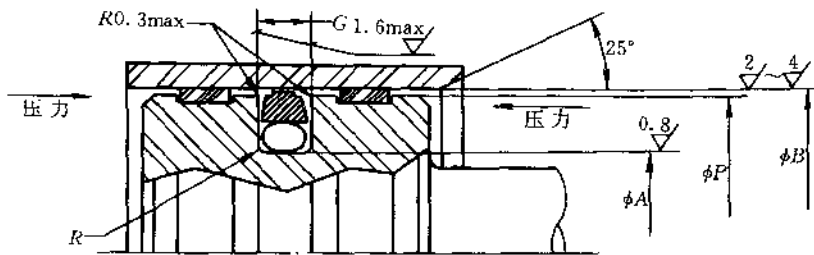


图 24.7-4 宝色霞板 T 型特康格来圈尺寸图

表 24.7-5 T 型特康格来圈参数

缸孔内径 $B H_8$	沟槽直径 $A h_8$	沟槽宽度 $G 0.2$	活塞最小直径 P			最大半径 R	O 形圈 ARP 编号	特康格来圈 T 特康 T46 型号
			0--10 MPa	10--20 MPa	20--32 MPa			
12.0	7.1	2.2	11.04	11.44	11.64	0.4	011	PT0000120 - T46NA
14.0	9.1	2.2	13.04	13.44	13.64	0.4	012	PT0000140 - T46NA
15.0	7.5	3.2	13.84	14.24	14.64	0.6	109	PT0100150 - T46NA
16.0	8.5	3.2	14.84	15.24	15.64	0.6	109	PT0100160 - T46NA
18.0	10.5	3.2	16.84	17.24	17.64	0.6	111	PT0100180 - T46NA
20.0	12.5	3.2	18.85	19.25	19.65	0.6	112	PT0100200 - T46NA
22.0	14.5	3.2	20.85	21.25	21.65	0.6	113	PT0100220 - T46NA
25.0	17.5	3.2	23.85	24.25	24.65	0.6	115	PT0100250 - T46NA
28.0	20.5	3.2	26.85	27.25	27.65	0.6	117	PT0100280 - T46NA
30.0	22.5	3.2	28.85	29.25	29.65	0.6	118	PT0100300 - T46NA
32.0	24.5	3.2	30.86	31.26	31.66	0.6	119	PT0100320 - T46NA
35.0	27.5	3.2	33.86	34.26	34.66	0.6	121	PT0100350 - T46NA
40.0	29.0	4.2	38.86	39.26	39.66	0.8	216	PT0200400 - T46NA
42.0	31.0	4.2	40.86	41.26	41.66	0.8	217	PT0200420 - T46NA
45.0	34.0	4.2	43.86	44.26	44.66	0.8	219	PT0200450 - T46NA
48.0	37.0	4.2	46.86	47.26	47.66	0.8	221	PT0200480 - T46NA
50.0	39.0	4.2	48.86	49.26	49.66	0.8	222	PT0200500 - T46NA
52.0	41.0	4.2	50.87	51.27	51.67	0.8	223	PT0200520 - T46NA
55.0	44.0	4.2	53.87	54.27	54.67	0.8	224	PT0200550 - T46NA
60.0	49.0	4.2	58.87	59.27	59.67	0.8	225	PT0200600 - T46NA
63.0	52.0	4.2	61.87	62.27	62.67	0.8	226	PT0200630 - T46NA
65.0	54.0	4.2	63.87	64.27	64.67	0.8	227	PT0200650 - T46NA
70.0	59.0	4.2	68.87	69.27	69.67	0.8	228	PT0200700 - T46NA
75.0	64.0	4.2	73.87	74.27	74.67	0.8	230	PT0200750 - T46NA
80.0	64.5	6.3	78.47	79.07	79.49	1.2	333	PT0300800 - T46NA
85.0	69.5	6.3	83.49	84.09	84.49	1.2	335	PT0300850 - T46NA
90.0	74.5	6.3	88.49	89.09	89.49	1.2	336	PT0300900 - T46NA
95.0	79.5	6.3	93.49	94.09	94.49	1.2	338	PT0300950 - T46NA
100.0	84.5	6.3	98.49	99.09	99.49	1.2	339	PT0301000 - T46NA

续表

缸孔内径 B Hg	沟槽直径 A hg	沟槽宽度 G O 2	活塞最小直径 P			最大半径 R	O 形圈 ARP 编号	特康格来圈 T 特康 T46 型号
			0~10 MPa	10~20 MPa	20~32 MPa			
105.0	89.5	6.3	103.49	104.09	104.49	1.2	341	PT0301050 - T46NA
110.0	94.5	6.3	108.49	109.09	109.49	1.2	342	PT0301100 - T46NA
115.0	99.5	6.3	113.49	114.09	114.49	1.2	344	PT0301150 - T46NA
120.0	104.5	6.3	118.49	119.09	119.49	1.2	346	PT0301200 - T46NA
125.0	109.5	6.3	123.50	124.10	124.50	1.2	347	PT0301250 - T46NA
130.0	114.5	6.3	128.50	129.10	129.50	1.2	349	PT0301300 - T46NA
135.0	114.0	8.1	133.50	134.10	134.50	1.5	425	PT0401350 - T46NA
140.0	119.0	8.1	138.50	139.10	139.50	1.5	426	PT0401400 - T46NA
150.0	129.0	8.1	148.50	149.10	149.50	1.5	429	PT0401500 - T46NA
160.0	139.0	8.1	158.50	159.10	159.50	1.5	432	PT0401600 - T46NA
170.0	149.0	8.1	168.50	169.50	169.50	1.5	435	PT0401700 - T46NA
180.0	159.0	8.1	178.50	179.10	179.50	1.5	438	PT0401800 - T46NA
190.0	169.0	8.1	188.52	189.12	189.52	1.5	439	PT0401900 - T46NA
200.0	179.0	8.1	198.52	199.12	199.52	1.5	441	PT0402000 - T46NA
210.0	189.0	8.1	208.52	209.12	209.52	1.5	442	PT0402100 - T46NA
220.0	199.0	8.1	218.52	219.12	219.52	1.5	444	PT0402200 - T46NA
230.0	209.0	8.1	228.52	229.12	229.52	1.5	445	PT0402300 - T46NA
240.0	219.0	8.1	238.52	239.12	239.52	1.5	446	PT0402400 - T46NA
250.0	229.0	8.1	248.52	249.12	249.52	1.5	447	PT0402500 - T46NA
280.0	259.0	8.1	278.53	279.13	279.53	1.5	449	PT0402800 - T46NA
300.0	279.0	8.1	298.53	299.13	299.53	1.5	451	PT0403000 - T46NA
320.0	299.0	8.1	318.54	319.14	319.54	1.5	452	PT0403200 - T46NA
350.0	325.5	8.1	348.34	349.14	349.34	1.5	454	PT0803500 - T46NA
400.0	375.5	8.1	398.34	399.14	399.34	1.5	458	PT0804000 - T46NA
420.0	395.5	8.1	418.36	419.16	419.36	1.5	460	PT0804200 - T46NA
450.0	425.5	8.1	448.36	449.16	449.36	1.5	462	PT0804500 - T46NA
480.0	455.5	8.1	478.36	479.16	479.36	1.5	464	PT0804800 - T46NA
500.0	475.5	8.1	498.36	499.16	499.36	1.5	466	PT0805000 - T46NA

* ARP 为美国标准。

(B) 世达孔用组合密封件

PTFE 材料代号为 01, 标记为 GSF0500-01

示例 活塞直径 D 为 50mm 的方形圈, 所用

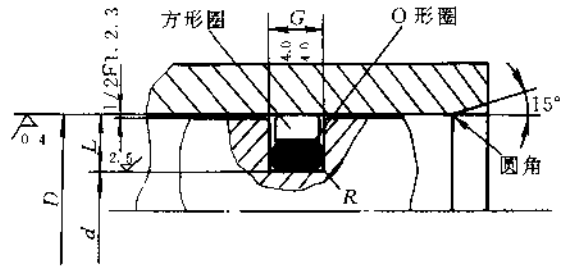


图 24.7-5 世达孔用组合密封件(格叉圈)尺寸图

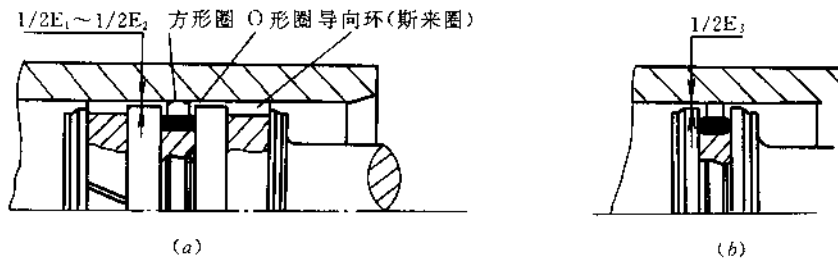


图 24.7-6 衬达孔用组合密封件安装图

(a) 和导向环一起使用; (b) 单独使用

注: 当装有导向环时, 直径间隙, E 取大值

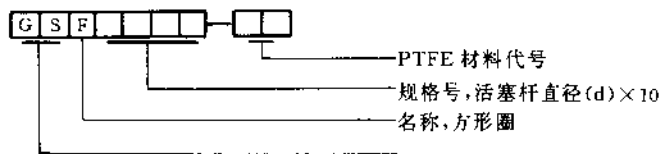


图 24.7-7 世达孔用组合密封件标记

表 24.7-6 世达孔用组合密封件(格来圈)参数

单位:mm

规格	D H ₁₀	d h ₁₀	L	G 10.2 0	R max	E ₁	E ₂	E ₃	O形圈 断面 直径 d ₂
						0~10 MPa	10~20 MPa	20~40 MPa	
0160	16	8.5	3.75	3.2	0.5	1.65~0.8	0.8~0.3	0.6~0.3 0.3~0.1	2.65
0180	18	10.5							
0200	20	12.5							
0250	25	17.5							
0320	32	24.5							
0350	36	28.5	5.5	4.2	0.7	1.75~0.9	0.9~0.4	0.6~0.3 0.3~0.1	3.55
0400	40	29.0							
0450	45	34.0							
0500	50	39.0							
0630	63	52.0							
0700	70	59.0	75.7	6.3	1.2	2.0~1.0	1.0~0.4	0.8~0.4 0.4~0.2	5.30
0800	80	64.5							
0900	90	74.5							
1000	100	84.5							
1100	110	94.5							
1250	125	109.5	10.5	8.1	1.5	2.25~1.1	1.1~0.5	0.8~0.4 0.4~0.2	7.00
1400	140	119.0							
1500	150	129.0							
1600	160	139.0							
1800	180	159.0							
2000	200	179.0							
2200	220	199.0							
2500	250	229.0							
2800	280	259.0							
3200	320	299.0							
4000	400	375.5	12.25	8.1	1.5	2.25~1.1	1.1~0.5	0.4~0.2	7.00
5000	500	475.5							
6300	630	605.5							
6500	650	622	14.0	9.5	2.0	2.4~1.2	1.2~0.6	1.2~0.6 0.6~0.4	8.4
7100	710	682							
7500	750	722							
8000	800	772							
9000	900	872							

注:本系列之外的规格,可特殊订货

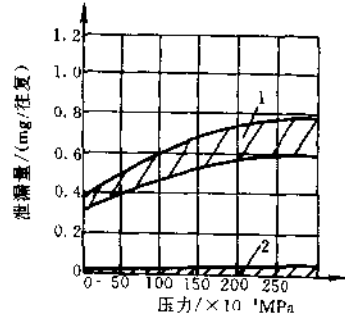
B. 活塞杆与端盖的接触型动密封

这里推荐二种较为广泛应用的：①美国霞板公司的 K 型特康斯特封；②广州市天河密封技术研究所的轴用组合密封件(斯特封)。它们的共同特点：

- 低压、高压密封性均好，可多道密封；
- 良好的静动密封特性；
- 能承受一定的侧向冲击；

- 优异的抗磨性；
- 低摩擦力，无低速爬行，滞涩与粘滞现象；
- 强的耐腐蚀性；
- 沟槽结构简单，工艺性好。

图 24.7-8 给出了 K 型特康斯特封在不同工作压力下的泄漏量曲线，从曲线图可看出，斯特封的泄漏量仅为带挡圈的 O 形圈的 1/10-1/6。



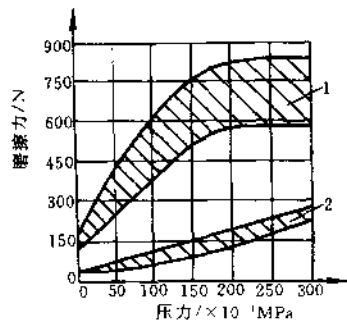
试验条件：

- 活塞杆直径 20
- 行程 40mm
- 平均速度 0.1mm/s
- 液压油 埃索 50m²/s
- 温度 +20℃
- 1—带有三个挡圈的 O 形密封圈
- 2—K 型特康斯特封

图 24.7-8 K 型特康斯特封的泄漏量曲线

图 24.7-9 给出了 K 型特康斯特封在不同工作压力下的摩擦力曲线，从图上可看出，斯特封的摩擦力

在 20MPa 时，仅为 U 形密封圈的 1/5。



试验条件：

- 活塞杆直径 50mm
- 平均速度 0.1m/s
- 液压油 HLP46 液压油
- 温度 +20℃
- 活塞杆光洁度 $R_a = 0.4 \mu\text{m}$
- $R_t = 4.2 \mu\text{m}$
- $R_B = 3.1 \mu\text{m}$

图 24.7-9 K 型特康斯特封的摩擦力曲线

(A) K 型特康斯特封

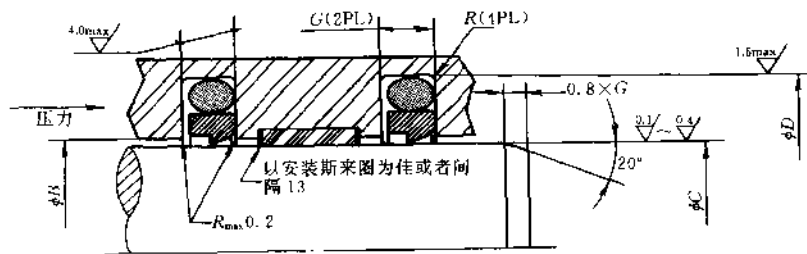


图 24.7-10 K 型特康斯特封尺寸图

表 24.7-7 K型特康斯特封参数

活塞杆 直径 C 18	沟槽直径 D Hg	沟槽宽度 G 0.2	活塞杆孔最大直径 B			最大半径 R	O形圈 ARP 编号	K型特康斯特封 特康 T46 型号
			0~10 MPa	10~20 MPa	20~30 MPa			
4	8.9	2.2	4.5	4.4	4.3	0.3	010	RS1300040 - T46NA
5	9.9	2.2	5.5	5.4	5.3	0.3	011	RS1300050 - T46NA
6	10.9	2.2	6.5	6.4	6.3	0.3	011	RS1300060 - T46NA
7	11.9	2.2	7.5	7.4	7.3	0.3	012	RS1300070 - T46NA
8	15.3	3.2	8.6	8.5	8.3	0.5	111	RS1300080 - T46NA
10	17.3	3.2	10.6	10.5	10.3	0.5	112	RS1300100 - T46NA
12	19.3	3.2	12.6	12.5	12.3	0.5	113	RS1300120 - T46NA
14	21.3	3.2	14.6	14.5	14.3	0.5	115	RS1300140 - T46NA
15	22.3	3.2	15.6	15.5	15.3	0.5	115	RS1300150 - T46NA
16	23.3	3.2	16.6	16.5	16.3	0.5	116	RS1300160 - T46NA
18	25.3	3.2	18.6	18.5	18.3	0.5	117	RS1300180 - T46NA
20	30.7	4.2	20.7	20.5	20.4	0.7	214	RS1300200 - T46NA
22	32.7	4.2	22.7	22.5	22.4	0.7	215	RS1300220 - T46NA
25	35.7	4.2	25.7	25.5	25.4	0.7	217	RS1300250 - T46NA
28	38.7	4.2	28.7	28.5	28.4	0.7	219	RS1300280 - T46NA
30	40.7	4.2	30.7	30.5	30.4	0.7	220	RS1300300 T46NA
32	42.7	4.2	32.7	32.5	32.4	0.7	221	RS1300320 - T46NA
35	45.7	4.2	35.7	35.5	35.4	0.7	222	RS1300350 - T46NA
38	53.1	6.3	38.8	38.6	38.4	1.2	327	RS1300380 - T46NA
40	55.1	6.3	40.8	40.6	40.4	1.2	328	RS1300400 - T46NA
42	57.1	6.3	42.8	42.6	42.4	1.2	328	RS1300420 - T46NA
45	60.1	6.3	45.8	45.6	45.4	1.2	329	RS1300450 - T46NA
50	65.1	6.3	50.8	50.6	50.4	1.2	331	RS1300500 - T46NA
55	70.1	6.3	55.8	55.6	55.4	1.2	332	RS1300550 - T46NA
60	75.1	6.3	60.8	60.6	60.4	1.2	334	RS1300600 - T46NA
65	80.1	6.3	65.8	65.6	65.4	1.2	336	RS1300650 - T46NA
70	85.1	6.3	70.8	70.6	70.4	1.2	337	RS1300700 - T46NA
75	90.1	6.3	75.8	75.6	75.4	1.2	339	RS1300750 - T46NA
80	95.1	6.3	80.8	80.6	80.4	1.2	340	RS1300800 - T46NA
85	100.1	6.3	85.8	85.6	85.4	1.2	342	RS1300850 - T46NA
90	105.1	6.3	90.8	90.6	90.4	1.2	343	RS1300900 - T46NA
95	110.1	6.3	95.8	95.6	95.4	1.2	345	RS1300950 T46NA
100	115.1	6.3	100.8	100.6	100.4	1.2	346	RS1301000 T46NA

续表

活塞杆 直径 C 18	沟槽直径 D Hg	沟槽宽度 G 0.2	活塞杆孔最大直径 B			最大半径 R	O形圈 ARP 编号	K 型特康斯特封 特康 T46 型号
			0~10 MPa	10~20 MPa	20~30 MPa			
105	120.1	6.3	105.8	105.6	105.4	1.2	348	RS1301050 - T46NA
110	125.1	6.3	110.8	110.6	110.4	1.2	350	RS1301100 - T46NA
115	130.1	6.3	115.8	115.6	115.4	1.2	351	RS1301150 - T46NA
120	135.1	6.3	120.8	120.6	120.4	1.2	353	RS1301200 - T46NA
125	140.1	6.3	125.8	125.6	125.4	1.2	354	RS1301250 - T46NA
130	145.1	6.3	130.8	130.6	130.4	1.2	356	RS1301300 - T46NA
135	150.1	6.3	135.8	135.6	135.4	1.2	358	RS1301350 - T46NA
140	155.1	6.3	140.8	140.6	140.4	1.2	359	RS1301400 - T46NA
150	165.1	6.3	150.8	150.6	150.4	1.2	362	RS1301500 - T46NA
160	175.1	6.3	160.8	160.6	160.4	1.2	363	RS1301600 - T46NA
170	185.1	6.3	170.8	170.6	170.4	1.2	365	RS1301700 - T46NA
180	195.1	6.3	180.8	180.6	180.4	1.2	366	RS1301800 - T46NA
190	205.1	6.3	190.8	190.6	190.4	1.2	368	RS1301900 - T46NA
200	220.5	8.1	201.1	200.8	200.5	1.5	446	RS1302000 - T46NA
210	230.5	8.1	211.1	210.8	210.5	1.5	446	RS1302100 - T46NA
220	240.5	8.1	221.1	220.8	220.5	1.5	447	RS1302200 - T46NA
230	250.5	8.1	231.1	230.8	230.5	1.5	448	RS1302300 - T46NA
240	260.5	8.1	241.1	240.8	240.5	1.5	449	RS1302400 - T46NA
250	270.5	8.1	251.1	250.8	250.5	1.5	450	RS1302500 - T46NA
260	284.0	8.1	261.1	260.8	260.5	1.5	450	RS1302600 - T46NA
270	294.0	8.1	271.1	270.8	270.5	1.5	451	RS1302700 - T46NA
280	304.0	8.1	281.1	280.8	280.5	1.5	452	RS1302800 - T46NA
290	314.0	8.1	291.1	290.8	290.5	1.5	453	RS1302900 - T46NA
300	324.0	8.1	301.1	300.8	300.5	1.5	454	RS1303000 - T46NA
310	334.0	8.1	311.1	310.8	310.5	1.5	454	RS1303100 - T46NA
320	344.0	8.1	321.1	320.8	320.5	1.5	455	RS1303200 - T46NA
330	354.0	8.1	331.1	330.8	330.5	1.5	456	RS1303300 - T46NA
340	364.0	8.1	341.1	340.3	340.5	1.5	457	RS1303400 - T46NA
350	374.0	8.1	351.1	350.8	350.5	1.5	458	RS1303500 - T46NA
360	384.0	8.1	361.1	360.8	360.5	1.5	458	RS1303600 - T46NA
370	394.0	8.1	371.1	370.8	370.5	1.5	459	RS1303700 - T46NA
380	404.0	8.1	381.1	380.8	380.5	1.5	460	RS1303800 - T46NA
390	414.0	8.1	391.1	390.8	390.5	1.5	461	RS1303900 - T46NA
400	424.0	8.1	401.1	400.8	400.5	1.5	461	RS1304000 - T46NA

(B) 世达轴用组合密封件

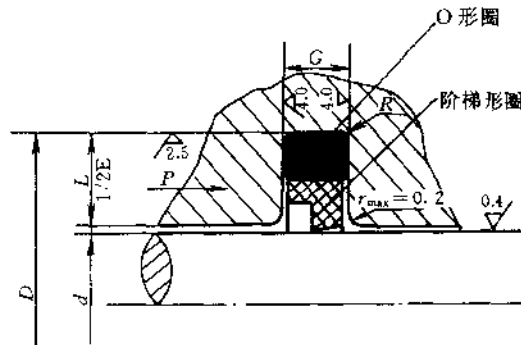


图 24.7-11 世达轴用组合密封件(斯特封)尺寸图

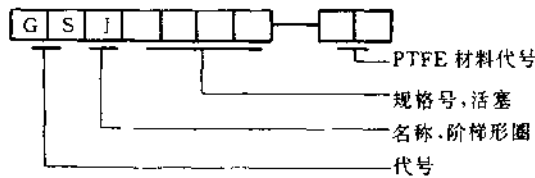


图 24.7-12 世达轴用组合密封件标记

示例 活塞直径 d 为 50mm 的阶梯形圈, 所用 PTFE 材料代号为 01, 标记为 GSJ0500-01

表 24.7-8 世达轴用密封件(斯特封)参数

单位: mm

规格	d h_8	D H_{10}	L	$G +$ $+0.15$ 0	R $_{max}$	E		O形圈断面 直径 d_2
						0~20 MPa	20~40 MPa	
0040	4	8.9						
0050	5	9.9	2.45	2.2	0.3	0.4~0.2	0.2~0.1	1.80
0060	6	10.9						
0080	8	15.5						
0100	10	17.5						
0120	12	19.5						
0140	14	21.5	3.75	3.2	0.5	0.6~0.3	0.3~0.1	2.65
0160	16	23.5						
0180	18	25.5						
0200	20	31						
0220	22	33						
0250	25	36						
0280	28	39	5.5	4.2	0.7	0.6~0.3	0.3~0.2	3.55
0320	32	43						
0360	36	47						

续表

规格	d h_8	D H_{10}	L	$G +$ ± 0.15 0	R $_{max}$	E		O形圈断面 直径 d_2
						0~20 MPa	20~40 MPa	
0400	40	55.5						
0450	45	60.5						
0500	50	65.5						
0560	56	71.5						
0630	63	78.5						
0700	70	85.5						
0800	80	95.5	7.75	6.3	1.2	0.8~0.4	0.4~0.2	5.30
0900	90	105.5						
1000	100	115.5						
1100	110	125.5						
1250	125	140.5						
1400	140	155.5						
1600	160	175.5						
1800	180	195.5						
2000	200	221	10.5	8.1	1.5	1.0~0.6	0.6~0.4	7.00
2200	220	241						
2500	250	271						
2800	280	304.5	12.25	8.1	1.5	1.0~0.6	0.6~0.4	7.00
3200	320	344.5						
3600	360	384.5						
4000	400	424.5						
5000	500	524.5						
6300	630	654.5						
6500	650	678	14	9.5	2.0	1.2~0.8	0.8~0.5	8.40
7100	710	738						
7500	750	778						
8000	800	828						
8500	850	878						
9000	900	928						

注:本系列之外的规格,可特殊订货。

C. 孔用组合密封件(格来圈)的装配

(A) 开活塞的格来圈装配

不用任何安装工具就可以把工业用格来圈装到对开活塞上去。在活塞装入油缸之前,对工业用格来圈进行一次校准,安装前应润滑所有密封零件。

(B) 整体活塞的格来圈装配

见表 24.7-9。

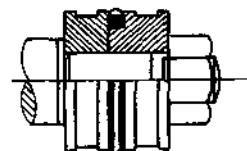
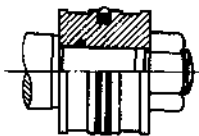
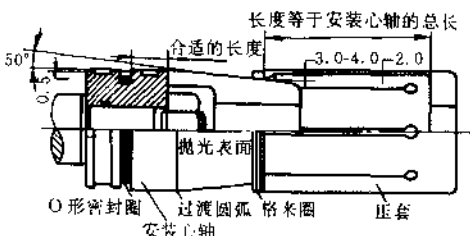
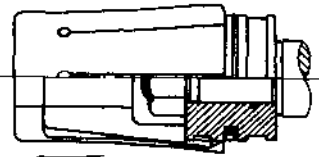
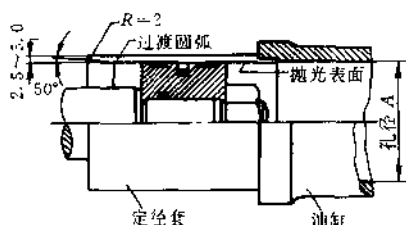


图 24.7-13 对开活塞的格来圈装配图

表 24.7-9 整体活塞的格来圈装配工艺

	<p>一般都要用安装工具,把工业用格来圈装到整体活塞上去,最好用 150℃ 热油加热 PTFE 环 10 分钟,并在热状态下安装</p> <p>对较大直径的活塞,虽然可以不用工具来安装工业用格来圈,但在安装数量较多时,使用安装工具是适宜的</p> <p>下面各图表示如何使用专用安装工具进行安装</p>
	<p>把安装心轴推到活塞上,直到满槽的边缘为止。安装心轴用矿物油润滑,弹性体、张大后,套在安装心轴上,然后缩回在它的满槽内</p> <p>工业用格来圈和压套的安放位置如图所示</p> <p>采用缩醛类塑料或类似材料制成</p>
	<p>快速推动压套,工业用格来圈张大并通过安装心轴,然后缩回在它的满槽内。拿开安装工具,把格来圈装在活塞的满槽内</p>
	<p>使用定径套,对安装在满槽内的工业用格来圈进行校准,定径套还可用来防止密封件与油缸中的螺纹或其相似物相接触</p> <p>注意:</p> <ul style="list-style-type: none"> ①保持金属零件、工具和密封件干净,因为尘土及其它污染物会损坏密封件和零件 ②如有可能,安装前请在密封件上涂上润滑油 ③所用的工具应表面光滑,没有毛刺


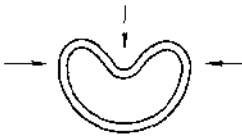


D. 轴用组合密封件的装配

装配轴用组合密封件(斯特封)时应注意下列各项:

- 避免尖边,盖住螺纹部分;
- 用干净 90 号汽油清洗干净端盖,除去端盖沟槽,油路孔口处的切屑、杂质、异物;

- 不使用带锐边的工具;
- 装配前用干净的工作液润滑全部零件;
- 最好用 150℃ 工作液加热填充聚四氟乙稀环 10 分钟;
- 按表 24.7-10 将轴用组合密封件装入端盖槽内。

表 24.7-10 轴用组合密封件装配工艺

1	自由状态下带弹性体的斯特封	
2	把弹性体放入满槽。如图所示, 摺叠斯特封, 避免弯曲	
3	把摺叠的斯特封放入满槽中弹性体的顶部, 使斯特封上的摺缝在压缩状态下复位 注意 如图所示, 斯特封的阶梯面必须朝向力侧	
4	装配后的斯特封 当活塞杆直径少于 30mm 时, 推荐使用对门满槽。如不可能, 则要求使用专用的安装工具	

轴用组合密封件装入端盖沟槽后, 应用光滑的圆柱棒(表面粗糙度 $R_a < 0.40$)沿圆周方向轻轻地赶压几次, 使其均匀嵌入沟槽内。

(2) 非接触型动密封

在通常的伺服系统中, 选择常规的接触型动密封的伺服液压缸就可以满足系统性能要求, 但是接触型密封和制造公差在间隙中产生侧向力引起的摩擦力。摩擦力以及返回死区会造成一定的控制误差。这将使控制系统的跟随性变差, 即使在均匀恒速情况下, 这个库仑摩擦力也经常引起加速度干扰。这是接触型动密封伺服液压缸难以克服的弊病。通常干摩擦力可达到最大有效负载的 5% ~ 15%, 这是工程中不希望的。在飞行模拟器、仿型机床、高频液压振动台等高精度的电液伺服系统中, 需要微摩擦高频宽的伺服液压缸作为执行装置。采用非接触型动密封——间隙密封与静压支承的伺服液压缸几乎能够完全消除这种干摩擦力。

间隙密封是否采用任何密封物, 被密封的表面既互不相接触, 也不与任何第三密封物接触, 仅依靠零件与零件配合面之间的微小缝隙来阻挡油液泄漏。间隙密封的密封原理是基于牛顿的粘性摩擦理论, 即依靠油液通过缝隙时, 存在一定的粘性阻力而起密封作用, 另外还存在由于压力差作用, 矿物油在零件表面上形成坚固的极化分子吸附层, 它使缝隙变窄, 当缝隙的宽度 S 等于 2 倍的极化分子层的厚度 h , 即 $S = 2h$ 时, 缝隙将全被极化分子层堵塞, 通常在 $S < 0.02\text{mm}$ 时, 可发生此现象。

根据流体力学原理, 对于动密封, 最佳间隙为:

$$S_0 = \sqrt{\frac{2\mu v l}{\Delta p}}$$

式中 S_0 ——间隙密封的最佳间隙;

μ ——动力粘度;

v ——平均流速;

l ——间隙的长度;

Δp ——间隙两边的压差(长度 l 上的压力损失)。

活塞与缸筒间的动密封可以直接使用间隙密封、活塞杆与端盖间的间隙密封总是和静压支承结合在一起使用。

24.7.4 支承导向的设计

伺服液压缸的支承导向装置就是为了防止活塞与缸筒、活塞杆与端盖之间的直接接触、互相摩擦、产生磨损,从而达到降低摩擦、减少磨损、延长寿命、起到导向和承受侧向力的作用。

活塞与缸筒、活塞杆与端盖是二对承担一定载荷的相对运动副,统称为支承,伺服液压缸的支承方式也有二类,一类是接触型,另一类是非接触型。

支承导向环属于接触型支承;

静压支承属于非接触型支承。

(1) 接触型支承

A. 喷涂非金属耐磨层

这种接触型支承就是在一对摩擦副即相对运动副的一个表面上按照一定的工艺规程,喷涂一层耐磨的非金属材料,其方法大致如下:用尼龙、石墨、二硫化钼的粉末,按一定的配比与粒度混合成一体,在一定的高温条件下喷涂在活塞外圆表面和端盖的内孔表面,随室温冷却以后对涂层进行精车,形成一层厚度为 0.1~0.2mm 的非金属材料耐磨层。它和另一金属表面组成一对相对运动副,这层非金属涂层既光滑耐磨,又具有柔性,因而可吸收一定的侧向冲击。其不足之处是工艺比较复杂,对工人的操作水平要求较高,报废率也较高,非金属层容易脱落。

B. 导向环(斯来圈)

在相对运动副之间设置二个用填充聚四氟乙烯材料制成的耐磨环,使活塞与缸筒,活塞杆与端盖的配合间隙加大,使相对运动副成为金属表面与耐磨环组成的摩擦副,此种耐磨环称之为导向环,斯来圈。它的特点:

- 避免了金属之间的接触;
- 具有高的径向负荷支承力;
- 能补偿边界力;
- 具有强耐磨性和高寿命;
- 摩擦力小;
- 能抑制机械振动;
- 有良好的防尘效果,允许外界异物嵌入;
- 保护密封件不受过分的挤压;
- 导向时即使无润滑也没有液动力方面的问题;
- 沟槽简单,安装方便;
- 维护费用低。这里推荐二种支承导向环:一种是美国霞板公司的特开斯来圈,另一种是广州市天河密封技术研究所的世达导向环。

(A) 宝色霞板特开斯来圈

应用范围

最大速度:15m/s(50ft/s)

温 度: -60℃ ~ +200℃ (-76°F ~ +392°F)

动态压缩强度:60℃ 时最大为 15N/mm²

注:动态应用时,温度不要超过 100℃ (212°F)

标记 活塞用特开斯来圈

缸径 B:100.00mm

系列号:GP69

沟槽宽度:9.70mm

厚 度:2.50mm

材 料:特开 T47

标准类型:具有斜切口和网纹状结构

零件型号 GP69 0 1000 · T47
① ② ③ ④

① 系列号码

② 标准类型 *

③ 活塞直径 × 10

④ 材料代号

*“L”表示不需要网纹状。

a. 活塞用宝色霞板特开斯来圈

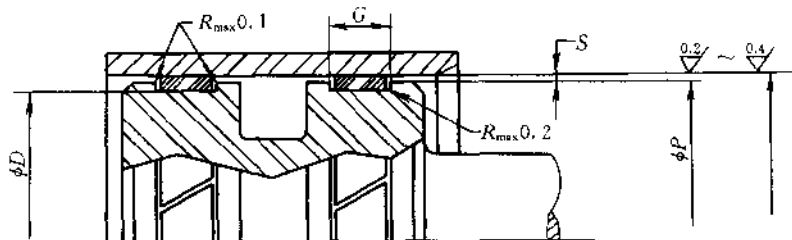


图 24.7-14 活塞用特开斯来圈结构图

表 24.7-11 活塞用特开斯来圈参数

单位: mm

系列号	缸孔内径 BH_g	沟槽直径 $D h_g$	沟槽宽度 $G+0.2$	径向间隙 S	系列号	缸孔内径 BH_g	沟槽直径 $D h_g$	沟槽宽度 $G+0.2$	径向间隙 S
GP65	16-140.0	B-5.60	5.60	0.25-0.50	GP75	320-999.9	B-5.00	25.00	0.25-0.10
GP69	60-220.0	B-5.00	9.70	0.25-0.70	GP99	100-999.9	B-8.00	9.70	0.25-1.50
GP73	130-400.0	B-5.00	15.00	0.25-0.90					

b. 活塞杆用宝色霞板特开斯来圈

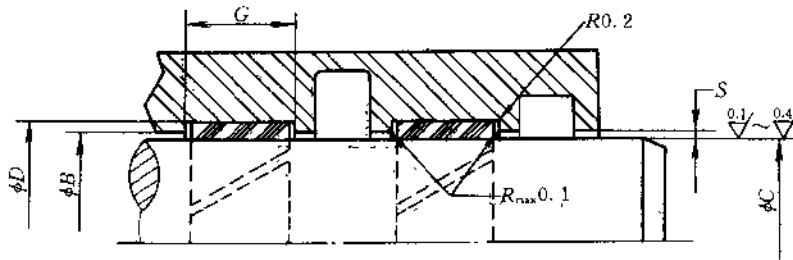


图 24.7-15 活塞杆用特开斯来圈结构图

表 24.7-12 活塞杆用特开斯来圈参数

单位: mm

系列号	活塞杆尺寸 $C 18$	沟槽直径 $D H_g$	沟槽宽度 $G+0.2$	径向间隙 S	系列号	活塞杆尺寸 $C 18$	沟槽直径 $D H_g$	沟槽宽度 $G+0.2$	径向间隙 S
GR65	15-140.0	C+5.00	5.60	0.25-0.50	GR73	80-400.0	C+5.00	15.00	0.25-0.90
GR69	32-220.0	C+5.00	9.70	0.25-0.70	GR75	200-999.9	C+5.00	25.00	0.25-1.10

(B) 世达导向环(斯来圈)

应用范围

耐 压: 100MPa(常温); 50MPa(80℃时)

使用温度: 50℃~80℃

工作介质: 矿物油、气、水

世达导向环标记

GS T * * * * - * * * *

① ② ③ ④

①代号

②名称, 导向环

③规格号*

④杆或缸径×10

* 活塞杆用规格号为 5800

活塞(缸)用规格号为 5900

a. 活塞用世达导向环(缸用 5900)

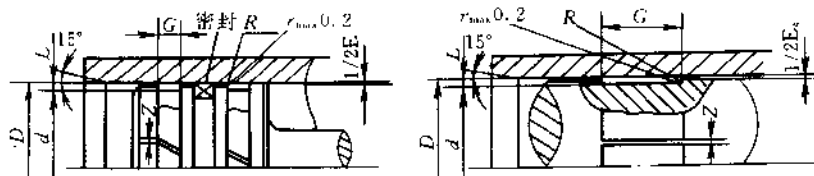


图 24.7-16 活塞用世达导向环尺寸图(缸用 5900)

表 24.7-13 活塞用世达导向环参数(缸用 5900)

单位: mm

规格	D H_{11}	d h_{10}	L	G $+0.2$ 0	R \max	直径间隙		W	T	Z											
						E	E_4														
5903	10~25	$D-3$	1.5	3.2	0.3	按密封实际需要而定	0.4~1.0	1.5	3.0	1.0~1.5											
5904	20~40	$D-5$	2.5	4.2			4.0	1.5~3.5	2.5	7.9	2.0~5.0										
5906	25~80			6.3								9.5	2.0~6.0								
5908	40~270			8.1										14.8	4.0~8.0						
5909	40~320			9.7												19.5	4.5~8.0				
5915	125~900			15.0														24.5	6.0~8.0		
5920	200~900			20.0																29.5	6.0~9.0
5925	300~900			25.0																	
5935	300~999			30.0																	

b. 活塞杆用世达导向环(杆用 5800)

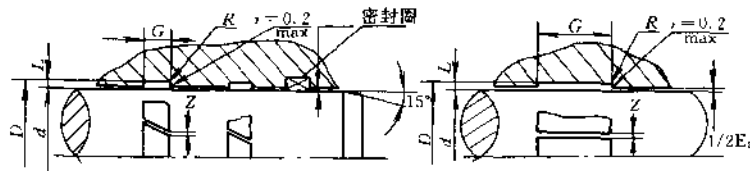
图 24.7-17 活塞杆用世达导向环尺寸图
(杆用 5800)

表 24.7-14 活塞杆用世达导向环参数(杆用 5800)

单位: mm

规格	d h_8	D H_9	L	G $+0.2$ 0	R \max	直径间隙		W 导向环 厚度	T 导向环 宽度	Z 导向环间隙											
						E	E_4														
5803	8~20	$d+3$	1.5	3.2	0.3	按密封实际需要而定	0.4~1.0	1.5	3.0	1.0~1.5											
5804	15~35	$d+5$	2.5	4.2			4.0	1.5~3.5	2.5	7.9	2.0~5.0										
5806	20~75			6.3								9.5	2.0~6.0								
5808	30~250			8.1										14.8	4.0~8.0						
5809	35~300			9.7												19.5	4.5~8.0				
5815	120~900			15.0														24.5	6.0~8.0		
5820	200~900			20.0																29.5	6.0~9.0
5825	300~900			25.0																	
5830	300~999			30.0																	

(2) 非接触型支承(静压支承)

A. 静压支承的工作原理

接触型支承和接触型动密封一样,总是存在活塞与缸筒、活塞杆与端盖之间的摩擦副,摩擦副产生的干

摩擦力是无法消除的,非接触型的支承就解决了这一难题。目前常用的静压支承就是非接触型支承,又称之为静压轴承。静压轴承的结构形式繁多,有小孔节流、毛细管节流、薄膜反馈、滑阀反馈等不同节流形式。然而就其本质来说,静压支承是依靠节流控制元件来保持稳定的油膜,这些控制元件的共性是以改变流量来补偿支承上载荷的变化。

图 24.7-18(a)为常用的小孔节流静压支承。这是个通过小孔节流供压的向心轴承。轴承上施加径向负载力 f 后,轴颈相对于轴承径向偏移量 e ,这时下油腔压力增加,上油腔压力降低,上下油腔压力之差所产生的恢复支承力 f' 与 f 相平衡,这一作用过程可用图 24.7-18(b)框图表示。

图 24.3-2 所示的静压支承伺服液压缸采用了一

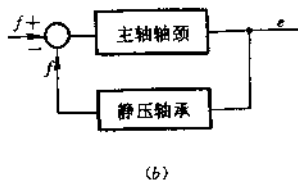
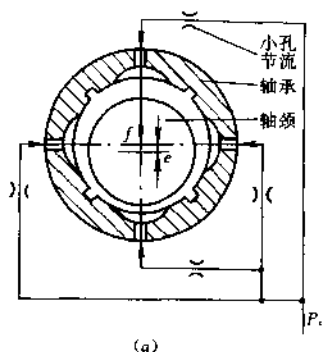


图 24.7-18 小孔节流型静压支承
(a)原理图;(b)方框原理图

种既新颖又简单的轴向移动静压支承——圆锥形静压支承。双向圆锥体活塞和缸筒组成一对圆锥静压支承;端盖孔的双向圆锥孔和活塞杆组成一对圆锥静压支承。

B. 静压支承的优缺点

静压支承的优点是:

- 运动精度高;
- 摩擦力很小,可以忽略不计;
- 无磨损,寿命长;
- 工作速度范围宽;
- 静动刚度大;
- 能承受侧向力。

静压支承的缺点是:

- 设计调试工作量大;
- 工艺性差;
- 要单独用一套低压油源;
- 造价高。

现以小孔节流型静压支承为例,介绍一下计算方法:

图 24.7-19 为小孔节流型静压支承计算用图。

现以小孔节流型静压支承为例,介绍设计方法:

C. 静压支承的设计步骤

① 负载力 f

$$f = (A + \frac{1}{2}A')p_0F_w$$

式中 f ——负载力;

A ——油腔面积;

A' ——隔壁的面积;

p_0 ——供给静压腔的供油压力;

F_w ——负荷系数。

负荷系数由下式求得

$$F_w = \frac{1}{1 + \frac{F_{\theta_1}}{(2\theta_1 + b/\omega)} \left(\frac{p_0}{p_m} - 1 \right)} - \frac{1}{1 + \frac{F_{\theta_3}}{(2\theta_1 + b/\omega)} \left(\frac{p_0}{p_m} - 1 \right)}$$

式中 p_m ——平衡压力;

F_{θ_1} ——上油腔油量通过系数;

F_{θ_3} ——下油腔油量通过系数

$$F_{\theta_1} = 2\theta_1 - 6e\sin\theta_1 + 3e^2\left(\theta_1 + \frac{1}{2}\sin^2\theta_1\right) - \frac{2}{3}e^2\sin\theta_1(2 + \cos\theta_1) + \frac{b}{\omega}(1 - e\cos 2\theta_m)^3$$

$$F_{\theta_3} = 2\theta_1 + 6e\sin\theta_1 + 3e^2\left(\theta_1 + \frac{1}{2}\sin^2\theta_1\right) + \frac{2}{3}e^2\sin\theta_1(2 + \cos\theta_1) + \frac{b}{\omega}(1 + e\cos 2\theta_m)^3$$

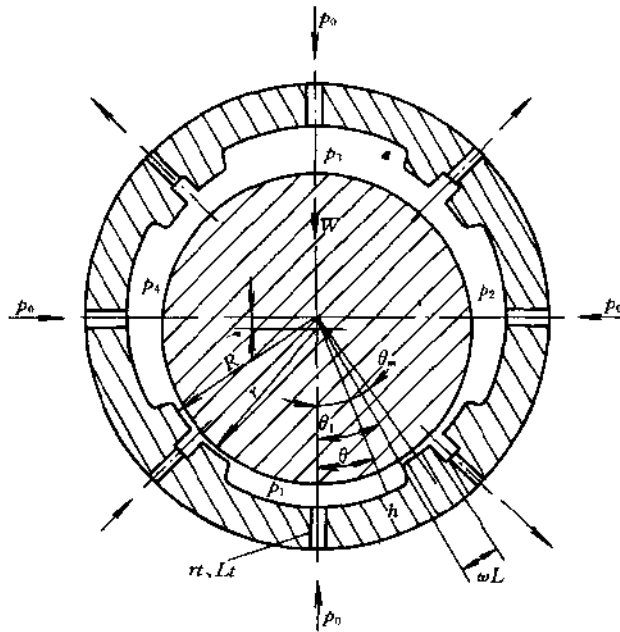


图 24.7-19 静压支承计算图

图 24.7-20 所示为以 p_0/p_m 为参变量时负荷系数 F_w 与偏心率 e 的关系，曲线是在 $\theta = 30^\circ$, $\theta_m = 35^\circ$, $b/\omega = 3/2$ 的条件下计算出的结果。由图可知当偏心率 $e < 0.5$ 时, $p_0/p_m \approx 2$ 时的 F_w 最大。

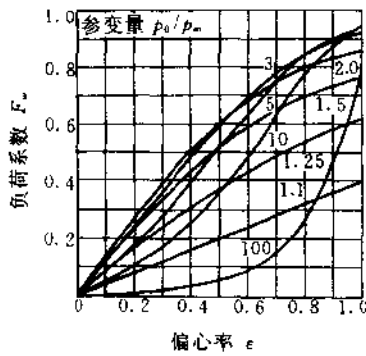


图 24.7-20 以 p_0/p_m 为参变量时负荷系数与偏心率的曲线

②通过流量 q

$$q = F_G \frac{r^3 p_0}{b \eta L}$$

式中 q ——通过流量；

r ——活塞杆半径, $r = \frac{1}{2} d$;

c ——间隙；

L ——节流长度(见图 24.7-19)；

F_G ——流量系数；

$$F_G = \frac{F_{\theta_1}}{1 + \frac{F_{\theta_1}}{(2\theta_1 + b/\omega)} \left(\frac{p_0}{p_m} - 1 \right)} + \frac{2F_{\theta_2}}{\left(\frac{p_0}{p_m} \right)} + \frac{F_{\theta_3}}{1 + \frac{F_{\theta_3}}{(2\theta_1 + b/\omega)} \left(\frac{p_0}{p_m} - 1 \right)}$$

式中 F_{θ_2} ——为左右油腔的油量通过系数,由下式求得

$$F_{\theta_2} = 2\theta_1 + 3e^2(\theta_1 + 1/2\sin 2\theta_1) + \omega/b(1 + e^2\sin^2\theta_m)$$

流量系数 F_G 也取决于压力比 p_0/p_m 和偏心率 e , 用 $\theta_1 = 30^\circ$, $\theta_m = 35^\circ$, $b/\omega = 3/2$ 代入上计算式,可以得到如图 24.7-21 所示的以 p_0/p_m 为参变量时流量系数与偏心率的曲线

从图 24.7-21 可看出,压力比 p_0/p_m 愈大,通过油量就愈小,这与形成最大负荷系数 F_w 的条件有些不同。实用上可按 $p_0/p_m \approx 3$ 进行设计

③供油口的节流尺寸 r_t, L_t 与轴承间隙 C 的关系

$$\frac{p_0}{p_m} = 1 + \frac{4}{3\pi} \left(\frac{L_t}{L} \right) \left(\frac{c}{r_t} \right)^3 \left(\frac{r}{r_t} \right) \left(2\theta_1 + \frac{b}{\omega} \right)$$

除毛细管节流的长度 L_t 外,适当地给定 L, r, θ ,

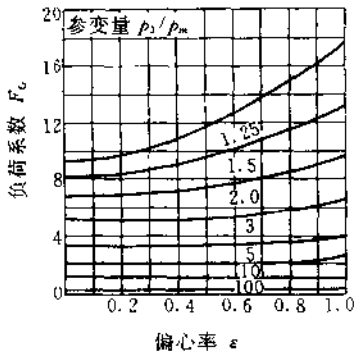


图 24.7-21 以 p_0/p_m 为参变量的流量系数与偏心率的关系

b/ω 等, 并以 p_0/p_m 为参变量, 就能够求得 c 与 r_i 的关系。例如, 当给定 $L_i = 2\text{mm}$, $L = 5\text{mm}$, $\theta = 30^\circ$, $b/\omega = 3/2$ 时, 所得计算结果如图 24.7-22 所示。

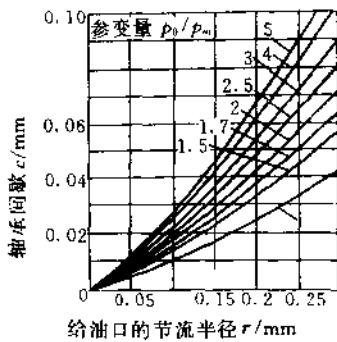


图 24.7-22 以 p_0/p_m 为参变量的轴承间隙 c 与供给油口节流半径 r_i 的关系

式中 L_i ——进油口节流长度;
 r_i ——供油口节流半径;
 b ——支承的宽度;
 ω ——图示尺寸。

以上的计算是油腔按上下左右 4 处分布进行的。实际设计时, 预想的负荷方向油腔布置的方向也可与垂直位置错开某个角度, 油腔个数也可有 5 个或 5 个以上。根据位置预先改变供油口的节流尺寸的大小, 也可以设计成承受活塞杆的自重或预定负载时偏心率 e 恰好为零的结构布局。

24.7.5 防尘圈的设计

为了防止落在活塞杆上的尘埃, 随着活塞杆的伸缩运动被带进端盖和缸筒内, 从而使动密封件和支承导向环受到损伤和过早地磨损, 所以伺服液压缸还设计安装防尘圈。防尘圈的选择原则:

- 不给伺服液压缸增加摩擦;
- 不产生爬行;
- 不粘着滞涩;
- 不磨损活塞杆。

防尘圈的选择不当, 会引起摩擦力的增加, 将保护活塞杆表面起润滑作用的粘附性油膜层刮下来, 造成粘附性渗漏, 这种渗漏在原理上是允许的, 但是在有些场合(例如食品加工、制药, 容易发生火灾的场合)仍是不希望有任何外渗漏的。

这里推荐二种防尘圈: 美国霞板公司的 DA17 型防尘圈; 广州市天河密封技术研究所的世达马鞍形防尘圈。

(1) 宝色霞板 DA17 型防尘圈

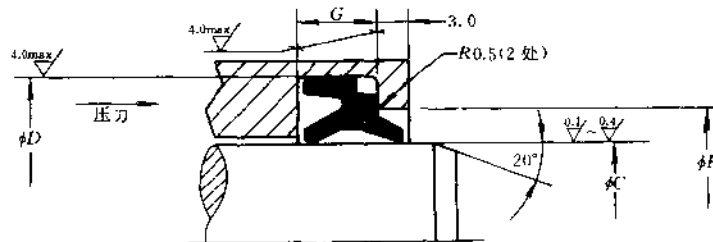


图 24.7-23 宝色霞板 DA17 型防尘圈的结构

表 24.7-15 DA17 型防尘圈参数

单位:mm

活塞杆 直径 $Cf/8$	沟槽直径 DHg	沟槽宽度 $G+0.2$	通孔直径 $E\pm 0.1$	DA17 型防尘圈 型号
10.0	18.0	6.0	13.5	WD1700100-N9
12.0	20.0	6.0	15.5	WD1700120-N9
14.0	22.0	6.0	17.5	WD1700140-N9
15.0	23.0	6.0	18.5	WD1700150-N9
16.0	24.0	6.0	19.5	WD1700160-N9
18.0	26.0	6.0	21.5	WD1700180-N9
20.0	28.0	6.0	23.5	WD1700200-N9
22.0	30.0	6.0	25.5	WD1700220-N9
25.0	33.0	6.0	28.5	WD1700250-N9
28.0	36.0	6.0	31.5	WD1700280-N9
30.0	38.0	6.0	33.5	WD1700300-N9
32.0	40.0	6.0	35.5	WD1700320-N9
35.0	43.0	6.0	38.5	WD1700350-N9
38.0	46.0	6.0	41.5	WD1700380-N9
40.0	48.0	6.0	43.5	WD1700400-N9
42.0	50.0	6.0	45.5	WD1700420-N9
45.0	53.0	6.0	48.5	WD1700450-N9
50.0	58.0	6.0	53.5	WD1700500-N9
55.0	63.0	6.0	58.5	WD1700550-N9
60.0	68.0	6.0	63.5	WD1700600-N9
63.0	71.0	6.0	66.5	WD1700630-N9
65.0	73.0	6.0	68.5	WD1700650-N9
70.0	78.0	6.0	73.5	WD1700700-N9
75.0	83.0	6.0	78.5	WD1700750-N9
80.0	88.0	6.0	83.5	WD1700800-N9
85.0	93.0	6.0	88.5	WD1700850-N9
90.0	98.0	6.0	93.5	WD1700900-N9
95.0	103.0	6.0	98.5	WD1700950-N9
100.0	108.0	6.0	103.5	WD1701000-N9
105.0	117.0	8.2	110.0	WD1701050-N9
110.0	122.0	8.2	115.0	WD1701100-N9

续表

活塞杆直径 $Cf 8$	沟槽直径 D_{Hg}	沟槽宽度 $G \pm 0.2$	通孔直径 $E \pm 0.1$	DA17 型防尘圈 型号
115.0	127.0	8.2	120.0	WD1701150 - N9
120.0	132.0	8.2	125.0	WD1701200 - N9
125.0	137.0	8.2	130.0	WD1701250 - N9
130.0	142.0	8.2	135.0	WD1701300 - N9
135.0	147.0	8.2	140.0	WD1701350 - N9
140.0	152.0	8.2	145.0	WD1701400 - N9
150.0	162.0	8.2	155.0	WD1701500 - N9
160.0	172.0	8.2	165.0	WD1701600 - N9

(2) 世达马鞍形防尘圈

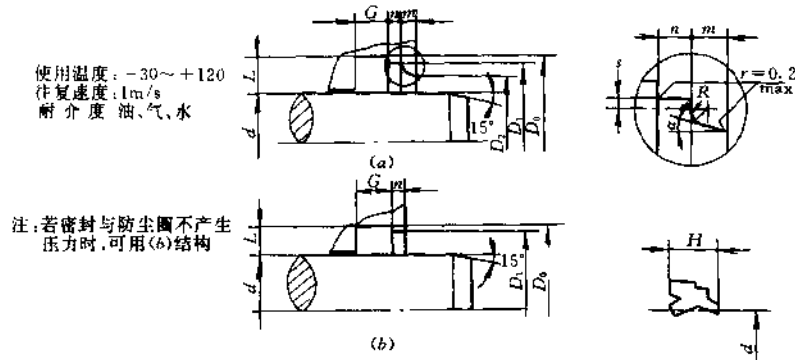


图 24.7-24 世达马鞍形防尘圈尺寸图

表 24.7-16 世达马鞍形防尘圈参数

单位: mm

规格	d h_8	D_0 $+0.1$ 0	L	G $+0.1$ 0	D_1 $+0.2$ 0	n $+0.1$ 0	D_2 $+0.2$ 0	m $+0.1$ 0	R	S	X°	H
0100	10	18			16		12.5					
0120	12	20			18		14.5					
0160	16	24			22		18.5					
0180	18	26			24		20.5					
0200	20	28			26		22.5					
0220	22	30			28		24.7					
0250	25	33			31		27.5					
0280	28	36			34		30.5					
0320	32	40			38		34.5					
0360	36	44	4.0	4.0	42	2.0	38.5	2.0	1.0	0.5	15°	8.0

续表

规格	d h_R	D_0 +0.1 0	L	G +0.1 0	D_1 +0.2 0	n +0.1 0	D_2 +0.2 0	m +0.1 0	R	S	α°	H
0400	40	48			46		42.5					
0450	45	53			51		47.5					
0500	50	58			56		52.5					
0560	56	64			62		58.5					
0630	63	71			69		65.5					
0700	70	78			76		72.5					
0800	80	88			86		82.5					
0900	90	98			96		92.5					
1000	100	108			106		102.5					
1100	110	122			119		113					
1250	125	137			134		128					
1400	140	152			149		143					
1600	160	172	6.0	5.5	169	2.5	163	3.0	1.5	1.0	18°	11.0
1800	180	192			189		183					
2000	200	212			209		203					
2200	220	235	7.5	6.5	231	3.0	224.2	3.5	1.5	1.0	23°	13.0
3200	320	335			331		324.2					

24.8 典型伺服液压缸介绍

24.8.1 HTS 系列伺服液压缸

HTS 系列伺服液压缸是无锡市海天电液伺服技术研究所专门为电液位置与力伺服系统设计制造的系列产品。

(1) HTS 系列伺服液压缸的特点

- 用低摩擦系数,高耐磨性的非金属材料作支承导向环,将金属与金属间的摩擦副改成金属与非金属耐磨材料的摩擦副,所以耐磨性好,寿命长。

- 活塞杆支承长,加上有非金属支承导向环,可承受一定的侧向力。

- 有二道新型的组合密封,一道为高压密封,一道为低压密封,二道密封间有抽漏吸管,无外漏,内部串油量近乎零。

- 启动压力小,无低速爬行与滞涩现象,运动灵活。

- 积木式结构,结构紧凑,刚性好,便于使用维修,工作稳定可靠。

- 输出端采用球铰连接,能自动定心,减少交接中

产生的附加侧向力。

- 伺服阀直接装在缸体上,容腔效应小,固有频率高。

- 外装传感器有防扭的导向装置,传感器铁芯运动不受外来干扰。

- 低摩擦、高频响的伺服液压缸采用静压支承与间隙密封。

(2) HTS 系列伺服液压缸型号说明

SA * * * * / * *

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦

① 产品名称:伺服执行器

② 位移传感器安装形式:W——外装传感器

N——内装传感器

③ 支承形式(见表 24.8-1)

④ 活塞杆结构形式:A——双向活塞杆

B——单向活塞杆

⑤ 液压伺服缸缸径(见表 24.8-2)

⑥ 活塞杆直径(见表 24.8-3)

⑦ 工作行程(见表 24.8-4)

表 24.8-1 支承形式

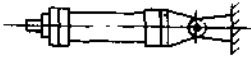
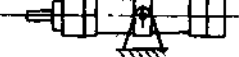
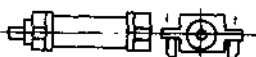
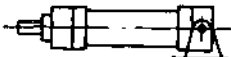
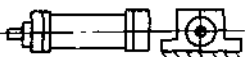
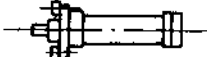
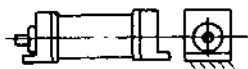
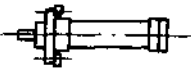
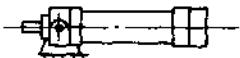
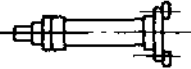
代号	支承形式		代号	支承形式	
E	耳座		Z ₂	中部销轴	
D ₁	径向底座		Z ₃	尾部销轴	
D ₂	切向底座		F ₁	头部外法兰	
D ₃	轴向底座		F ₂	头部内法兰	
Z ₁	头部销轴		F ₃	尾部外法兰	

表 24.8-2 缸径尺寸系列

单位: mm

20	25	(28)	(30)	32	36	40	45	50	(55)	(60)	63
(65)	70	(75)	80	(85)	90	100	(120)	125	(130)	140	150
160	180	200									

表 24.8-3 活塞杆杆径尺寸系列

单位: mm

10	12	14	16	18	20	22	25	28	(30)	32	(35)
36	40	45	50	56	(60)	63	70	80	90	100	110
(120)	125	(130)	140	150	160						

表 24.8-4 行程尺寸系列(±)

单位: mm

5	10	20	25	50	75	80	100	150	160
200	250	300	400	500	600	800	1000		

注: SA- 为伺服作动器英文 SERVO ACTUATOR 的缩写。

示例: SANZ3A63/45(80)

内装传感器、尾座销轴支承、双向活塞杆、缸径 63mm、杆径 45mm、行程 ±80mm

(3) IITS 伺服缸的结构和应用

A. SANZ₂A D/d(L)型伺服液压缸

内装位移传感器、中间销轴支承、双向活塞杆、组合密封。

用于摇板式电液伺服造波机。

B. SANF₁A D/d(L)型伺服液压缸

内装位移传感器、头部外法兰支承、双向活塞杆、组合密封与隙密封。

用于液压振动台激励器, 伺服材料试验机, 疲劳试

验装置。

C. SAWD₃A D/d(L)型伺服液压缸

外装位移传感器、轴向底座支承、双向活塞杆、组合密封。

用于大行程、高精度位置伺服系统。

D. SAWZ₂A D/d(L)型液压缸

外装位移传感器、中间销轴支承、双向活塞杆、带防扭装置、组合密封。

用于推板式电液伺服造波机。

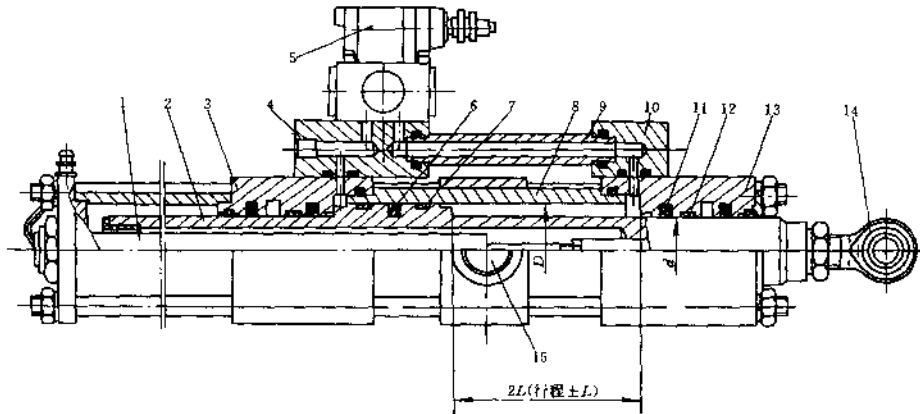


图 24.8-1 SANZ₂A D/d(L)型伺服液压缸

1—传感器; 2—双向活塞杆; 3—端盖; 4—阀块; 5—伺服阀; 6—格来圈; 7—斯来圈; 8—缸筒; 9—油管;
10—油管座; 11—斯特封; 12—斯来圈; 13—端盖; 14—自润滑杆端关节轴承; 15—中部销轴

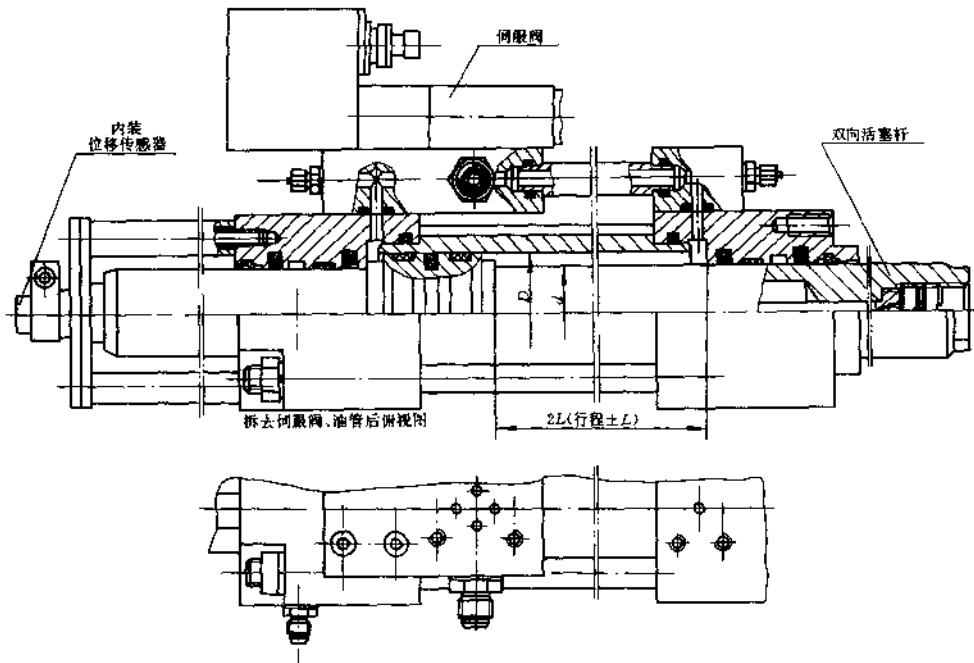


图 24.8-2 SANF₁A D/d(L)型伺服液压缸

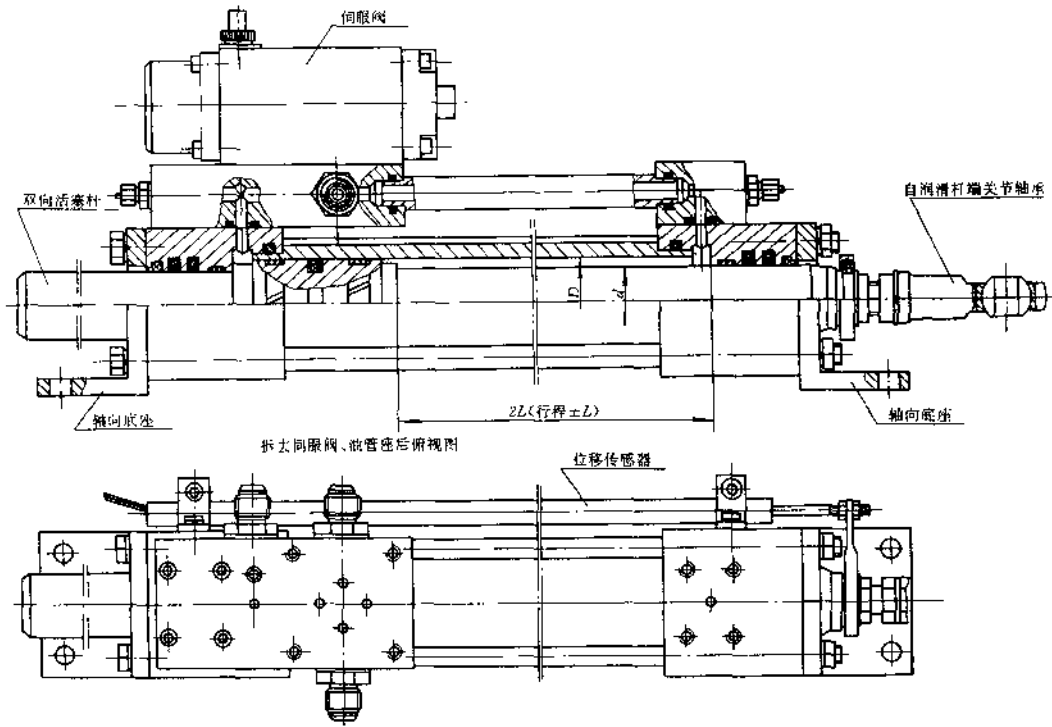


图 24.8-3 SAWD_{qA} D/d(L) 伺服液压缸

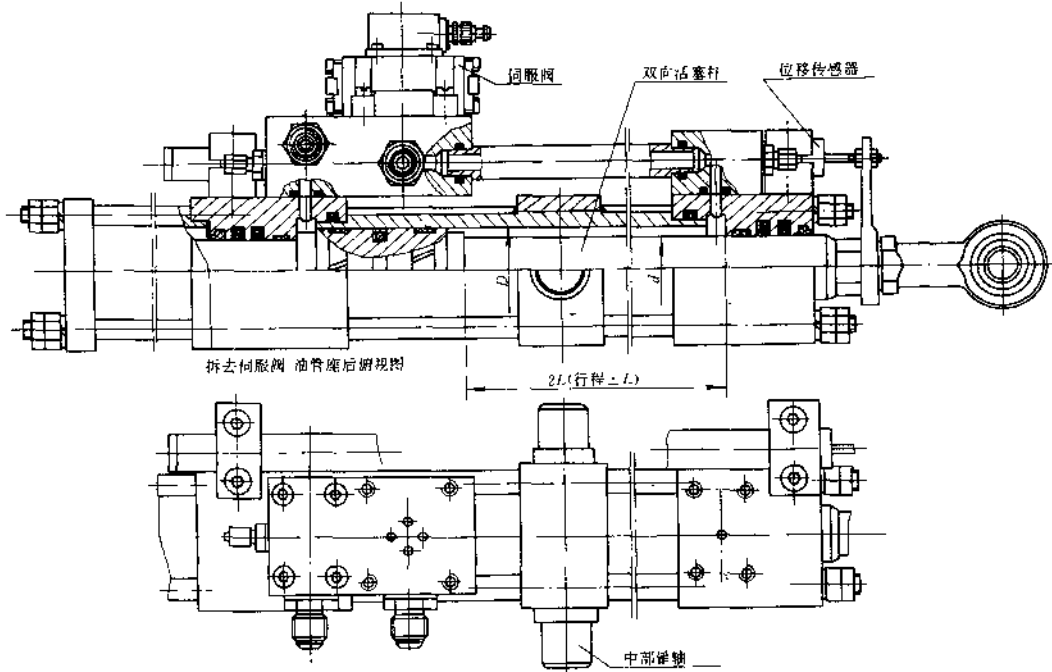


图 24.8-4 SAWZ_{qAD} d(L) 伺服液压缸

E. SAWEB D/d(L)型伺服液压缸

外装位移传感器、耳座式支承、单向活塞杆、带防扭与导向装置、组合密封。

用于三自由度运动模拟平台、飞行模拟器

F. SAWEA D/d(L)型伺服液压缸

外装负载传感器、耳座式支承、双向活塞杆、带防扭装置、组合密封与间隙密封。

用于激振源, 高频力信号发生装置, 疲劳试验装置。

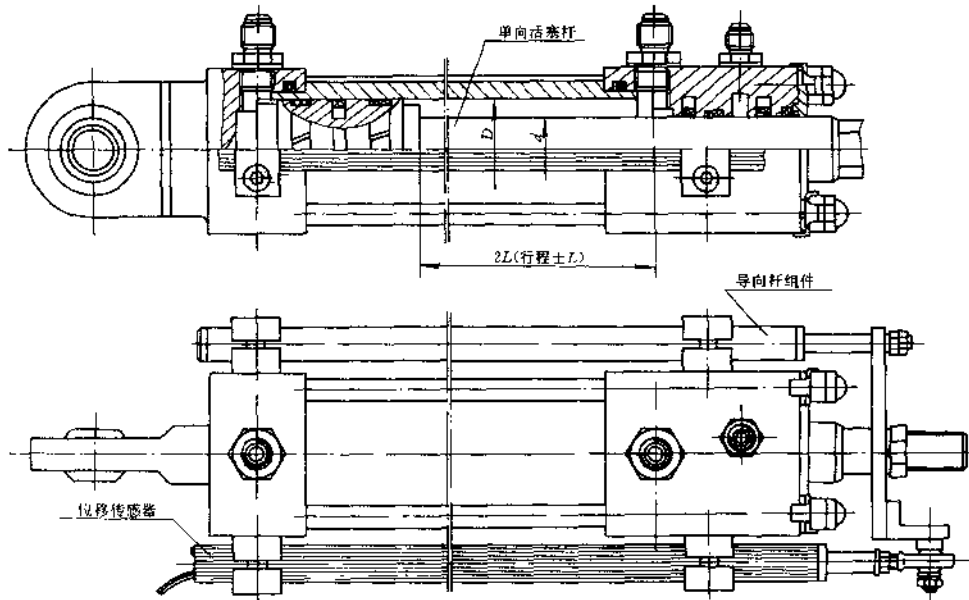


图 24.8-5 SAWEB D/d(L)伺服液压缸

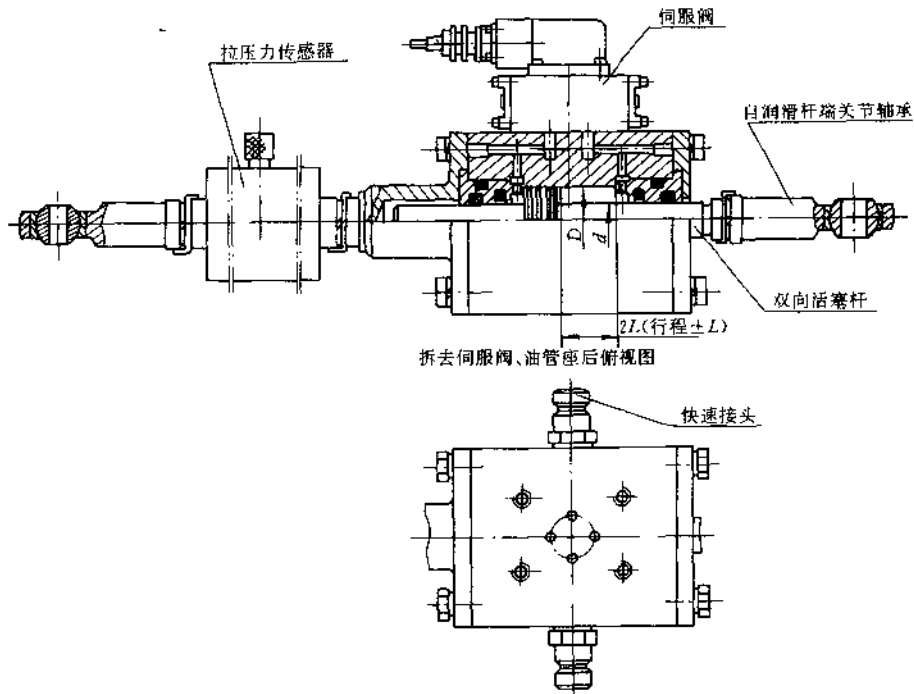


图 24.8-6 SAWEA D/d(L)伺服液压缸

→ 此结构形式用于高频宽力伺服液压缸

G. SAWEA D/d(L)型伺服液压缸

外装位移传感器、耳叉式支承、双向活塞杆,带防扭装置、组合密封。

用于六自由度运动模拟平台,实时控制多点加载系统。

H. SAWEA D/d(L)型伺服液压缸

外装位移传感器、球铰耳座、双向活塞杆、带防扭装置、组合密封、阀流量 40~200L/min

用于大负载力伺服系统,伺服加载系统。

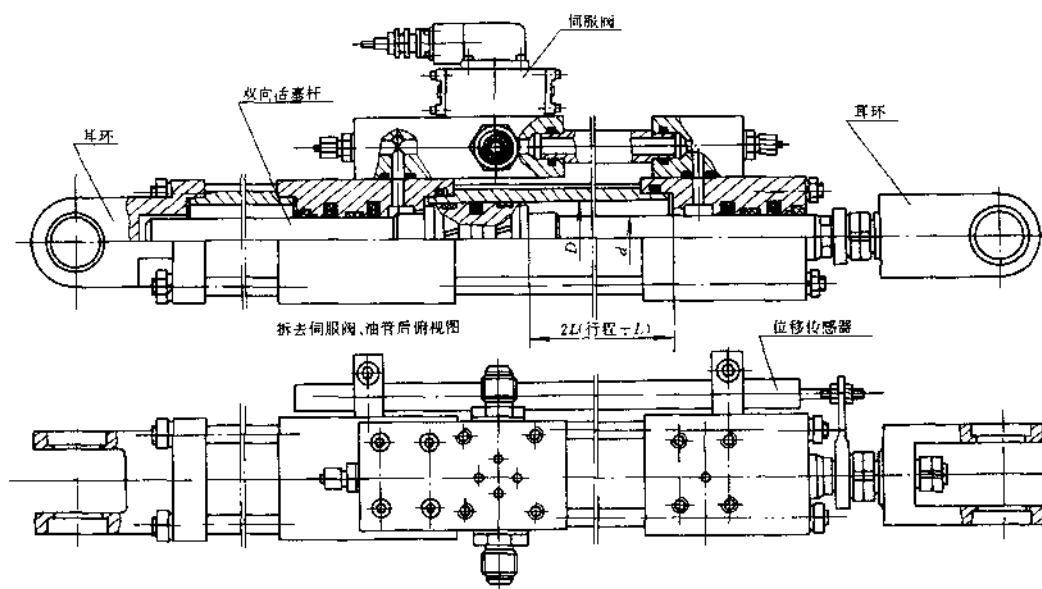
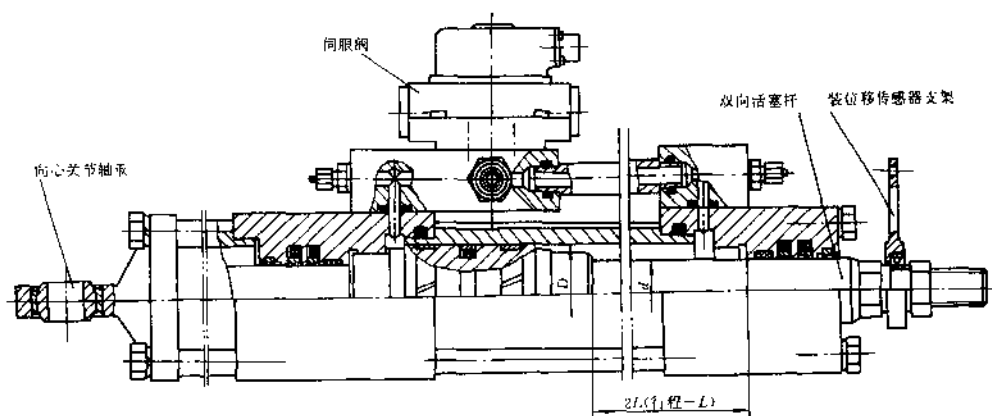


图 24.8-7 SAWEA D/d(L)伺服液压缸*

* 支承座与输出端为耳叉式结构



24.8-8 SAWEA D/d(L)伺服液压缸*

* 支承座为向心关节轴承

I. SANF3A D/d(L)型伺服液压缸

内装位移传感器、尾部外法兰支承座、双向活塞杆、间隙密封。

用于液压振动台。

(4) HTS系列伺服液压缸主要结构参数
见表 24.8-5

续表

缸 径		活 塞 杆 杆 径 d/mm																
D /mm	A_1 /mm	50	56	(60)	63	70	80	90	100	110	(120)	125	(130)	140	150	160		
		$A_2 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$							A_2 ——有杆腔有效工作面积 /cm ²									
20	3.14																	
25	4.91																	
(28)	6.61																	
(30)	7.07																	
32	8.04																	
36	10.18																	
40	12.57																	
45	15.90																	
50	19.64																	
(55)	23.76	4.12																
(60)	28.27	8.64	3.64															
63	31.17	11.54	6.54															
(65)	33.18	13.55	8.55	4.91														
70	38.48	18.85	13.85	10.21	7.31													
(75)	44.18	24.54	19.55	15.90	13.01	5.69												
80	50.27	30.63	25.64	21.99	19.09	11.78												
(85)	56.75	37.11	32.12	28.47	25.57	18.26												
90	63.62	43.98	38.99	35.34	32.44	25.13	13.35											
100	78.54	58.9	53.91	50.27	47.37	40.06	28.27	14.92										
110	95.03	75.40	70.40	66.76	63.86	56.55	44.77	31.42	16.49									
(120)	113.1			84.82	81.93	74.61	62.83	49.48	34.56									
125	122.7				91.55	84.23	72.45	59.10	44.18	27.69								
(130)	132.7					94.25	82.47	69.12	54.19	37.70								
140	153.9						115.5	103.7	90.32	75.40	59.91	40.84	31.22					
150	176.7							126.4	113.1	98.8	81.68	63.62	54.00					
160	201.1								150.8	137.4	122.5	106	88	78.3	68.3	47.1		
180	254.5									190.9	175.9	159.4	141.4	131.8	121.7	100.5	77.75	54.4
200	314.2										235.6	219.1	201.1	191.4	181.4	160.2	137.4	113.1

$A_1 = \frac{\pi}{4}D^2$, A_1 ——无杆腔有效工作面积。

24.8.2 MTS系列伺服液压缸

MTS系列伺服液压缸是美国MTS公司设计制造的产品,有242、244、247和248四个系列。

MTS系列伺服液压缸特点:

- 整体结构坚固,刚性好,能承受重负载;
- 抗疲劳性好;
- 带液压缓冲
- 活塞圆柱表面,端盖内孔表面喷涂非金属耐磨层,能承受一定侧向力,有良好的耐磨性;
- 活塞杆与端盖间有二道密封,第一道为高压密封,第二道为低压密封。二道密封中间有排泄油槽、油口,可接低压抽漏装置,无外渗漏;
- 用于振动台的242系列,活塞与缸筒间采用间隙密封,活塞表面开有均衡油槽,同时起到储存润滑油的作用。

油的作用。

- 活塞杆输出端和控制对象或拉压力传感器之间用螺旋锁紧热圈消除轴向间隙并加以锁紧,确保工作稳定可靠。
- 配有可以消除径向间隙的向心球铰链支承座,支承头。
- 用于大、中负载液压振动台的248系列采用间隙密封与静压支承,所配伺服阀的流量范围是4L/min~340L/min。

(1) MTS244系列伺服液压缸

本系列伺服液压缸主要用于静力试验、拉压疲劳试验

A. MTS244系列基本型伺服液压缸

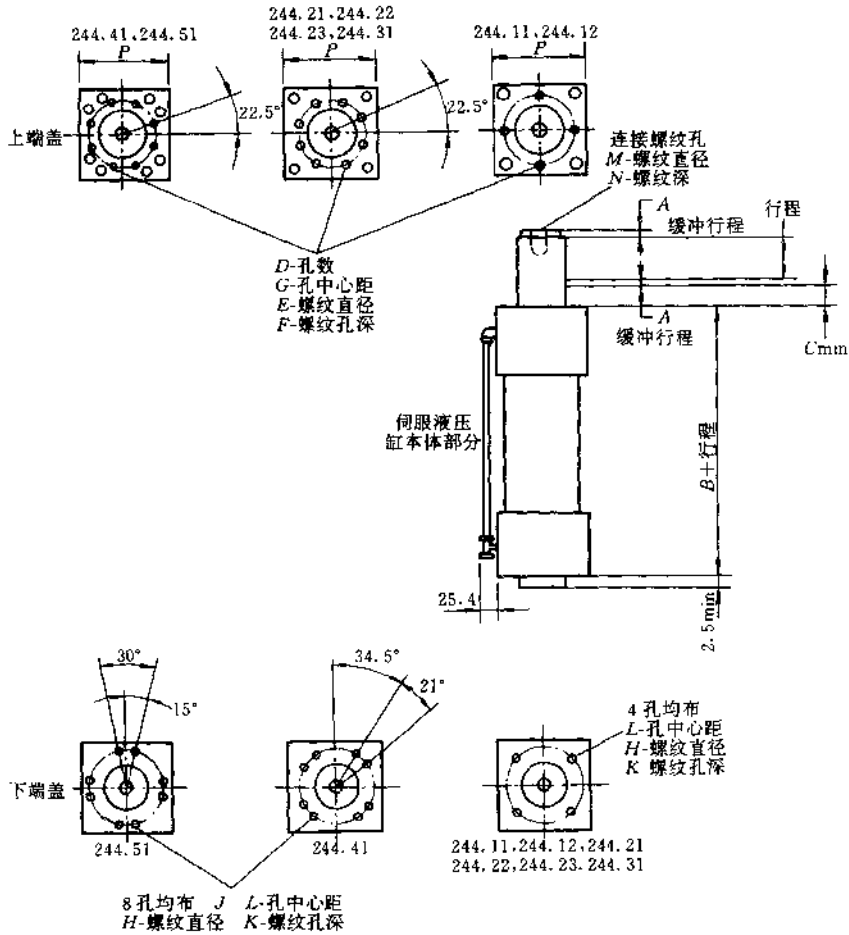


图 24.8-9 MTS244系列基本型伺服液压缸外形尺寸图

表 24.8-6 基本型 MTS244 系列伺服液压机

型号	输出力 ^①		标准行程 ^②		活塞杆直径		有效面积		缓冲行程(A)		B		C ^③		D	E
	kip	kN	in.	mm	in.	mm	in ²	cm ²	in.	mm	in.	mm	in.	mm		
244.11	3.3	15	6	152.4	1.751	44.45	1.17	7.50	0.60	15.24	9.38	238.25	1.00	25.4	4	3/8-16
244.12	5.5	25	6	152.4	1.751	44.45	2.10	13.50	0.60	15.24	9.38	238.25	1.00	25.4	4	3/8-16
244.21	11	50	6	152.4	2.7515	69.85	3.90	25.16	0.40	10.16	9.7	246.38	1.00	25.4	8	1/2-13
244.22	22	100	6	152.4	2.7515	69.85	7.57	48.84	0.30	7.62	9.2	233.68	1.00	25.4	8	1/2-13
244.23	35	150	6	152.4	2.75	69.85	12.73	82.13	0.25	6.35	9.2	233.68	1.00	25.4	8	1/2-13
244.31	55	250	6	152.4	3.75	95.25	19.63	126.65	0.20	5.08	10.10	256.54	1.00	25.4	8	5/8-11
244.41	110	500	6	152.4	5.25	133.35	38.48	248.28	None	None	12.27	316.58	1.12	28.4	8	1-8
244.51	220	1000	6	152.4	6.00	152.40	75.60	487.70	None	None	13.49	342.6	1.50	38.1	8	1-8
型号	F		G		H	K		L		M		N ^④		P		
	in.	mm	in.	mm	in.	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	
244.11	0.75	19.05	3.20	81.28	3/8-16	0.75	19.05	3.50	89.9	1/2-20	M12×1.25mm	1.75	44.45	4.00	101.60	
244.12	0.75	19.05	3.20	81.28	3/8-16	0.75	19.05	3.50	89.9	1/2-20	M12×1.25mm	1.75	44.45	4.00	101.60	
244.21	0.75	19.05	4.10	104.14	5/8-11	1.00	25.4	5.00	127.0	1-14	M27×2mm	2.25	57.15	5.00	127.00	
244.22	0.75	19.05	4.10	104.14	5/8-11	1.00	25.4	5.00	127.0	1-14	M27×2mm	2.25	57.15	6.00	152.40	
244.23	0.75	19.05	4.10	104.14	5/8-11	1.00	25.4	5.00	127.0	1-14	M27×2mm	2.25	57.15	6.50	165.10	
244.31	1.00	25.4	5.50	139.7	7/8-9	1.50	38.1	7.53	191.26	11/2-12	M36×2mm	2.75	69.85	8.50	215.90	
244.41	1.75	44.45	10.37	263.40	7/8-9	1.50	38.1	10.00	254.00	2-12	M52×2mm	2.75	69.85	11.75	298.45	
244.51	1.75	44.45	10.37	263.40	1-8	1.75	44.45	11.06	280.92	3-12	M76×2mm	4.50 ^⑤	114.3 ^⑥	15.25	387.35	

注:①参看图 24.8-7;②输出力的进油压力为 21MPa;③标准行程不含缓冲行程(A);

④为活塞杆全缩进时的数据;⑤活塞杆端面到螺纹孔底的尺寸;⑥244.51 不用杆端内螺纹

B. MTS244 系列伺服液压缸

ducers 的缩写, 差动变压器式传感器式(位置传感器)

+ LVDT 是 Linearity Variable Differential Trans-

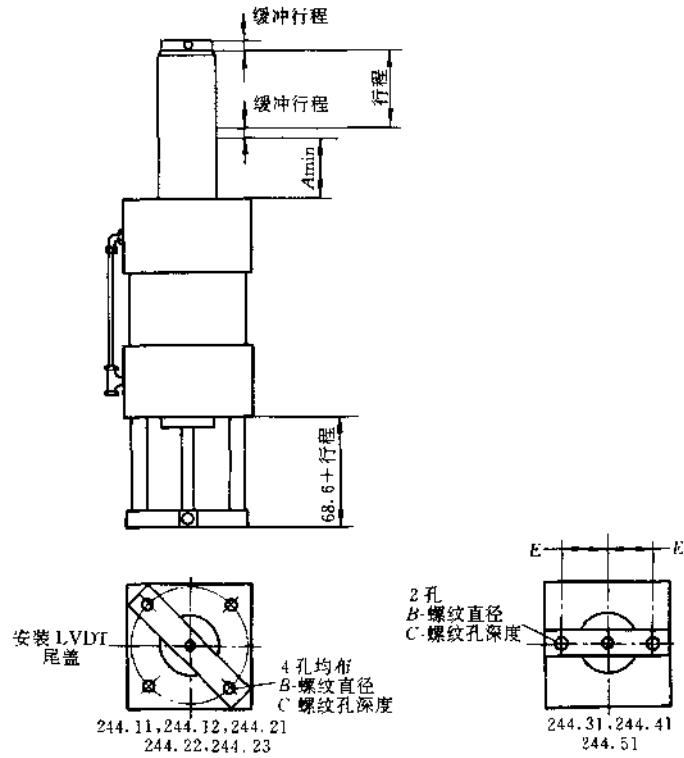


图 24.8-10 MTS244 系列伺服液压缸(LVDT+内装的、无尾筒的开式型)外形尺寸图

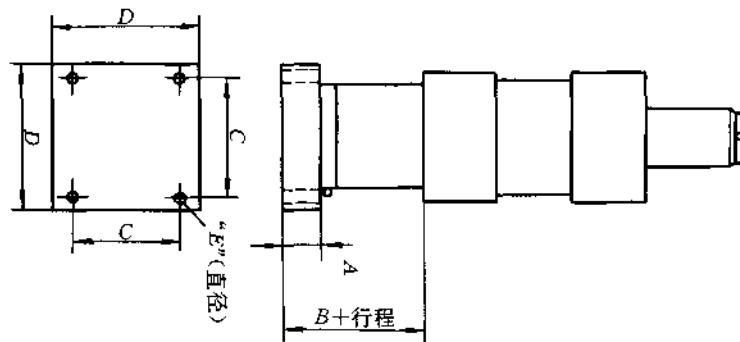


图 24.8-11 LVDT 内装的有尾筒的闭式型 244 系列伺服液压缸

表 24.8-7 MTS244 系列伺服液压缸(LVDT 内装的, 无尾筒的开式型)^①

型 号	A ^②		B		C	
	in.	mm			in.	mm
244.11	5.90	149.9	3/8-16		0.75	19.05
244.12	5.90	149.9	3/8-16		0.75	19.05
244.21	7.07	179.6	3/8-16 ^⑤		1.00	25.40
244.22	7.07	179.6	3/8/16 ^⑤		1.00	25.40
244.23	7.07	179.6	3/8-16 ^⑤		1.00	25.40
244.31	8.85	224.8	3/8-16		0.60	15.24
244.41	9.25	234.9	3/8-16		0.60	15.24
244.51	9.62	249.4	3/8-16		0.60	15.24
型 号	D		E		质 量 ^③	
	in.	mm	in.	mm	lb	kg
244.11	3.50	89.9	N/A ^④	N/A	39	18
244.12	3.50	89.9	N/A	N/A	41	19
244.21	5.00	127.0	N/A	N/A	122	56
244.22	5.00	127.0	N/A	N/A	133	61
244.23	5.00	127.0	N/A	N/A	151	69
244.31	N/A	N/A	3.06	77.72	282	128
244.41	N/A	N/A	3.96	100.58	645	293
244.51	N/A	N/A	3.96	100.58	1135	516

①本表的参数是对图 24.8-8 所示的 244 系列的伺服液压缸而言。此表上没有列出的参数参看表 24.8-6。

②本表所列数据是对装 LVDT 一端的活塞杆全缩进的状态而言的。

③本表所列数据包括了受力底座组件与开式安装的传感器的尺寸

④不采用的(Not applicable)。

⑤需要 5/8-11-3/8-16 连接螺纹(对开式 LVDT 安装组件)。

C. 中间销轴支承的 MTS244 系列伺服液压缸

E. 带支承座和支承头的两种伺服液压缸

D. 带支承架的 MTS244 系列伺服液压缸

(分别见图 24.8-14, 24.8-15 和表 24.8-10)

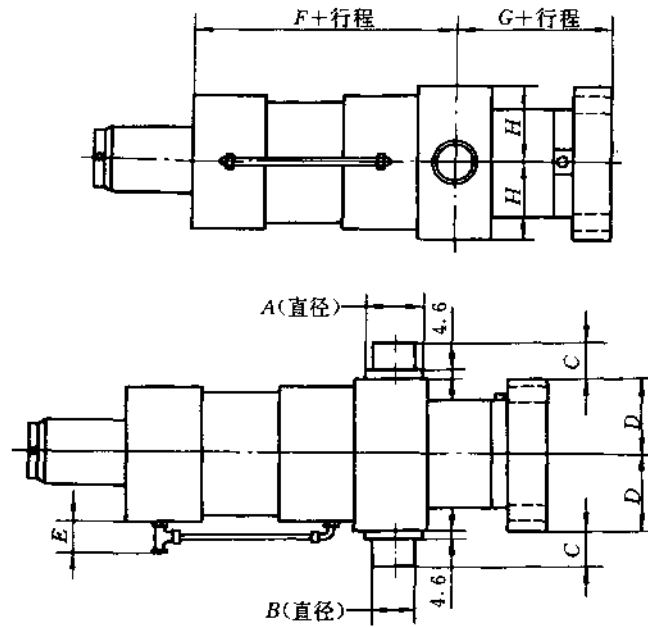


图 24.8-12 中间销轴支承的 MTS244 系列伺服液压缸

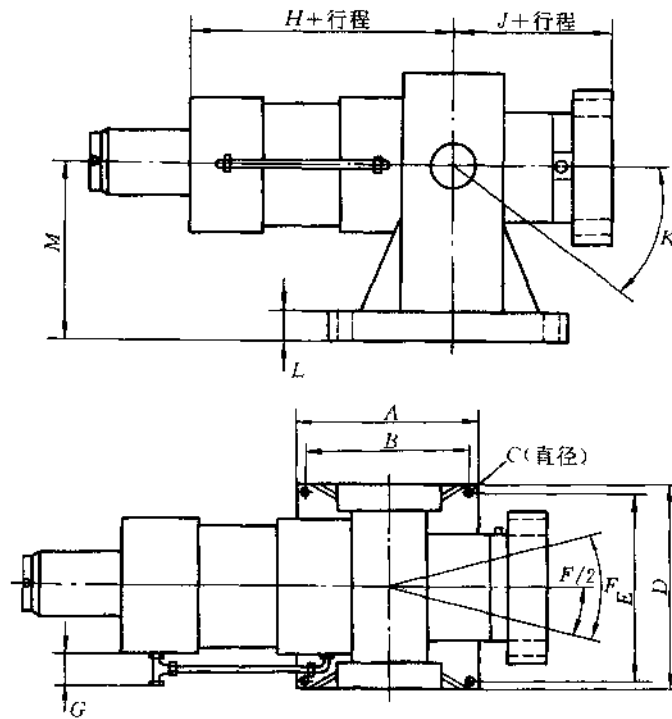


图 24.8-13 带支承架的 MTS244 系列伺服液压缸

表 24.8-8 LVDT 内装的有肥筒的闭式型 MTS244 系列伺服液压缸^①

型号 ^②	A		B		C		D		E		质量 ^③	
	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	ib	kg
244.11	1.50	38.1	4.68	118.9	4.50	114.3	5.50	139.7	0.56	14.2	56	25.5
244.12	1.50	38.1	4.68	118.9	4.50	114.3	5.50	139.7	0.56	14.2	58	26.4
244.21	1.75	44.4	4.51	114.6	5.75	146.0	7.38	187.4	0.68	17.3	151	68.6
244.22	1.75	44.4	4.51	114.6	5.75	146.0	7.38	187.4	0.68	17.3	162	73.6
244.23	1.75	44.4	4.51	114.6	5.75	146.0	7.38	187.4	0.68	17.3	180	81.8
244.31	2.50	63.5	4.86	123.4	7.25	184.2	9.00	228.6	0.94	23.9	353	160.5
244.41	2.50	63.5	4.46	113.3	11.00	279.4	13.88	352.6	1.31	33.3	849	385.9
244.51	3.00	76.2	3.38	85.8	11.00	279.4	14.00	355.6	1.56	39.6	1472	669.1

①本表所列参数是对图 24.8-9 所示的 244 系列伺服液压缸而言的,未列出参数参看表 24.8-6。
②本表所列数据包括基本型缸筒组件、支承座和 LVDT 尾筒组件。

表 24.8-9 中间销轴支承的 HTS244 系列伺服液压缸^①

型号 ^②	A		B		C		D		E		F		G ^③		H		质量 ^④	
	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	ib	kg
244.11	1.87	47.5	1.7507	44.468	1.74	44.2	3.88	98.6	1.75	44.4	11.82	300.2	2.24	56.9	2.50	63.5	108	49.1
244.12	1.87	47.5	1.7507	44.468	1.74	44.2	3.88	98.6	1.75	44.4	11.82	300.2	2.24	56.9	2.50	63.5	110	50.0
244.21	1.87	47.5	1.7507	44.468	1.74	44.2	3.88	98.69	1.75	44.4	12.14	308.4	2.07	52.6	2.50	63.5	209	95.0
244.22	2.37	60.2	2.2509	57.173	2.14	54.4	4.38	111.2	1.75	44.4	11.64	295.6	2.07	52.6	3.00	76.2	238	100.0
244.23	2.37	60.2	2.2509	57.173	2.14	54.4	4.38	111.2	1.75	44.4	11.64	295.6	2.07	52.6	3.00	76.2	238	108.6

①参照图 24.8-10
②244.31, 244.41 和 244.51 无中间销轴支承型的。
③行程为 1in——4in(25mm——101.6mm)的 244.11, 244.12, 244.21, 244.22 不用
④包括基本型缸体组件、尾筒以及 LVDT 的外套筒和中间销轴。

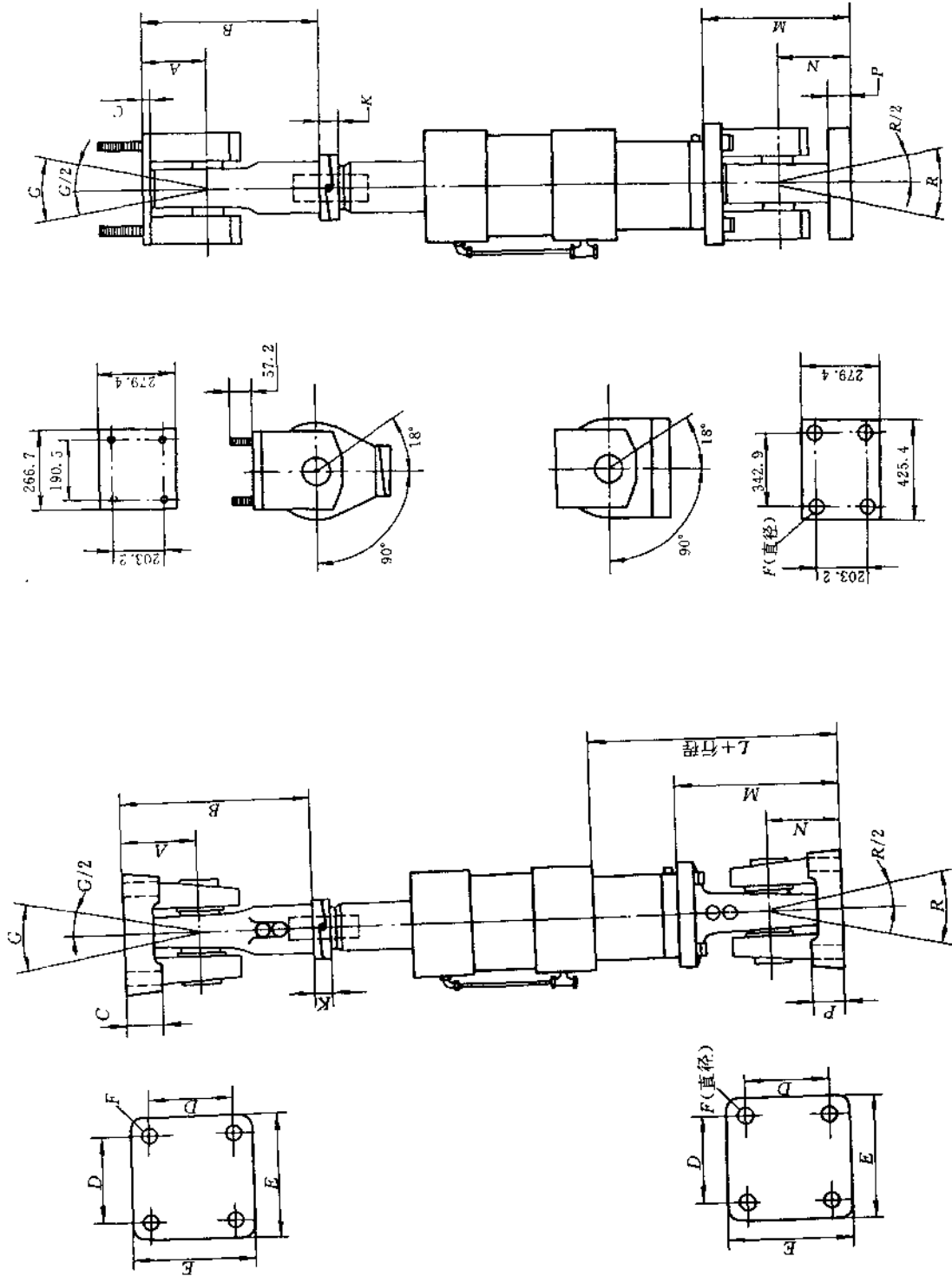


图 24.8-15 MTS244.51 伺服液压缸(带支撑座与支承头的)

图 24.8-14 带支撑座与支承头的 MTS244 系列

表 24.8-10 带支承架的 244 系列伺服液压缸^①

型号 ^②	A		B		C		D		E		F ^③
	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	
244.11	13.76	349.5	12.00	304.8	0.812	20.6	15.76	400.3	12.00	304.8	66°
244.12	13.76	349.5	12.00	304.8	0.812	20.6	15.76	400.3	12.00	304.8	66°
244.21	13.76	349.5	12.00	304.8	0.812	20.6	15.76	400.3	12.00	304.8	52°
244.22	15.76	400.3	13.76	349.5	1.06	26.9	20.00	508.0	14.00	355.6	50°
244.23	15.76	400.3	13.76	349.5	1.06	26.9	20.00	508.0	14.00	355.6	50°

型号 ^②	G		H		J		K ^③	L		M		质量 ^④	
	in.	mm	in.	mm	in.	mm		in.	mm	in.	mm	ib	kg
244.11	1.75	44.4	11.82	300.2	2.24	56.9	32°	1.50	38.1	8.25	209.6	345	156.8
244.12	1.75	44.4	11.82	300.2	2.24	56.9	32°	1.50	38.1	8.25	209.6	347	157.7
244.21	1.75	44.4	12.14	308.4	2.07	52.6	25°	1.50	38.1	8.25	209.6	423	192.3
244.22	1.75	44.4	11.64	295.6	2.07	52.6	35°	2.00	50.8	9.87	250.7	484	220.0
244.23	1.75	44.4	11.64	295.6	2.07	52.6	35°	2.00	50.8	9.87	250.7	500	227.3

① 参看图 24.8-11

② 支承支架不用于 244.31, 244.41, 244.51 伺服液压缸

③ 支承支架用于 244.11, 244.12, 244.21, 244.22, 244.23, 行程为 6in(152.4mm)的伺服液压缸

④ 包括基本型缸体组件、尾筒、中间支承及支架

表 24.8-11 带叉底座与支承间的 MTS24 系列伺服液压缸

型号	A		B		C		D		E		F		G	K		L		M		N		P	
	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm		in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm
244.11	3.00	76.2	7.80	198.1	1.50	38.1	4.50	114.3	5.62	142.7	0.53	13.5	10°	—	—	10.30	261.6	7.12	180.8	3.00	76.2	1.50	38.1
244.12	3.00	76.2	7.80	198.1	1.50	38.1	4.50	114.3	5.62	142.7	0.53	13.5	10°	—	—	10.30	261.6	7.12	180.8	3.00	76.2	1.50	38.1
244.21	3.00	76.2	7.80	198.1	1.50	38.1	4.50	114.3	5.62	142.7	0.53	13.5	10°	—	—	9.88	251.0	7.12	180.8	3.00	76.2	1.50	38.1
244.22	4.00	101.6	10.38	263.6	2.12	53.8	5.75	146.0	7.38	187.4	0.69	17.5	10°	1.04	26.4	12.14	308.4	9.38	238.3	4.00	101.6	2.12	53.8
244.23	4.00	101.6	10.38	263.6	2.12	53.8	5.75	146.0	7.38	187.4	0.69	17.5	10°	1.04	26.4	12.14	308.4	9.38	238.3	4.00	101.6	2.12	53.8
244.31	5.50	139.7	14.00	355.6	2.62	66.5	7.25	184.2	9.00	228.6	0.81	20.6	10°	1.30	33.0	14.86	377.4	12.50	317.5	5.50	139.7	2.62	66.5
244.41	7.50	190.5	18.00	457.2	3.62	91.9	11.00	279.4	14.00	355.6	1.31	33.3	10°	1.30	33.0	19.96	507.0	18.00	457.2	7.50	190.5	3.62	91.9
244.51	9.12	231.6	20.74	526.8	0.50	12.7	—	—	—	—	1.56	39.6	9°	1.80	45.7	23.00	584.2	19.12	485.6	10.50	266.7	3.50	88.9

参看图 24.8-14, 图 24.8-15

(2) MTS247 系列伺服液压缸

机机翼、大梁静力试验和力伺服系统

本系列伺服液压缸, 主要用于大行程结构试验, 飞

A. MTS247 系列伺服液压缸(基本型)

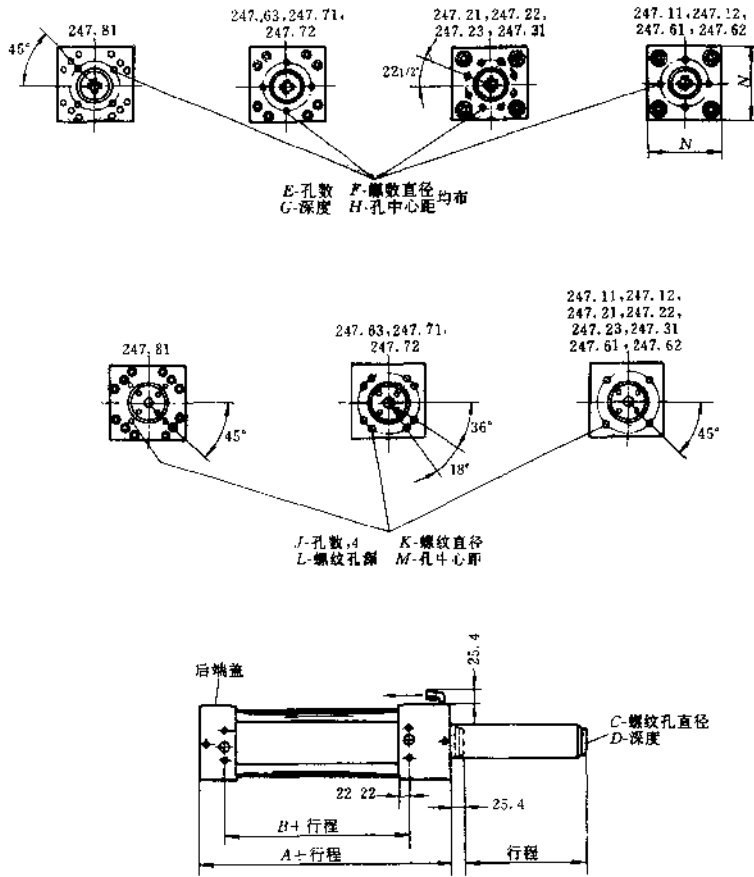


图 24.8-16 MTS247 系列伺服液压缸(基本型)外形尺寸图

B. 带支承座与支承头的 MTS247 系列伺服液压缸 (分别见图 24.8-17, 24.8-18, 24.8-19 和表 24.8 - 12)

表 24.8-12 MTS 系列何服液压缸(基本型)

型号	额定拉力 ^①		额定推力 ^②		杆径		行程 ^③		拉力时工作面积		推力时的工作面积		A		B		C	
	kip	kN	kip	kN	in.	mm	in.	mm	in. ²	cm ²	in. ²	cm ²	in.	mm	in.	mm	U.S. Cust.	SIMetric
247.11	3.5	15.6	10.4	46.2	1.75	44.5	20	508	1.21	7.81	3.60	23.23	10.11	256.8	3.52	89.5	1-14UNS	M27×2mm
247.12	6.0	26.7	13.0	57.8	1.75	44.5	30	762	2.09	13.45	4.49	28.97	10.11	256.8	3.52	89.5	1-14UNS	M27×2mm
247.21	11.2	50.0	28.4	126.3	2.75	69.9	40	1016	3.88	25.03	9.82	63.36	10.47	266.7	4.72	120.0	1-14UNS	M27×2mm
247.22	21.9	97.4	39.1	174.0	2.75	69.9	40	1016	7.55	48.70	13.49	87.02	10.52	267.3	4.82	122.6	1-14UNS	M27×2mm
247.23	36.8	163.7	54.0	240.2	2.75	69.9	40	1016	12.70	81.91	18.64	120.23	10.57	268.6	4.87	123.8	1-14UNS0	M27×2mm
247.31	56.8	252.7	88.8	395.0	3.75	95.3	55	1397	19.60	126.40	30.64	197.68	11.97	304.2	5.42	137.8	2-12UNS	M52×2mm
247.61	20.4	90.7	56.9	253.1	4.00	101.6	80	2032	7.05	45.50	19.62	126.58	14.87	377.7	7.00	177.8	1-14UNS0	M27×2mm
247.62	35.8	159.2	81.9	364.3	4.50	114.3	80	2032	12.35	79.69	28.26	182.29	15.06	382.5	8.00	203.2	1-14UNS0	M27×2mm
247.63	60.1	267.3	111.5	495.9	4.75	120.7	80	2032	20.73	133.75	38.45	248.07	15.62	396.8	8.00	203.2	2-12UNS0	M52×2mm
247.71	88.7	394.5	145.6	647.6	5.00	127.0	80	2032	30.59	197.37	50.23	324.08	17.12	434.9	9.00	228.6	2-12UNS0	M52×2mm
247.72	158.7	705.9	227.6	1012.4	5.50	139.7	80	2032	54.73	353.12	78.49	506.42	19.75	501.7	10.50	266.7	3-12UNS	M76×2mm
247.81	246.0	1094.2	328.0	1459.0	6.00	152.4	80	2032	84.82	547.26	113.10	729.72	19.75	501.7	12.00	304.8	3-12UNS	M76×2mm

续表

型号	D		E	F		G		H		J	K	L		M		N	
	in.	mm		in.	mm	in.	mm	in.	mm			in.	mm	in.	mm	in.	mm
247.11	2.00	50.8	4	3/8-16UNC	0.75	19.1	3.20	81.3	4	3/8-16UNC	0.75	19.1	3.50	88.9	4.00	101.6	
247.12	2.00	50.8	4	3/8-16UNC	0.75	19.1	3.20	81.3	4	3/8-16UNC	0.75	19.1	3.50	88.9	4.00	101.6	
247.21	2.00	50.8	8	1/2-13UNC	0.75	19.1	4.10	104.1	4	5/8-11UNC	1.00	25.4	5.00	127.0	5.00	127.0	
247.22	2.00	50.8	8	1/2-13UNC	0.75	19.1	4.10	104.1	4	5/8-11UNC	1.00	25.4	5.00	127.0	6.00	152.4	
247.23	2.00	50.8	8	1/2-13UNC	0.75	19.1	4.10	104.1	4	5/8-11UNC	1.00	25.4	5.00	127.0	6.50	165.1	
247.31	2.50	63.5	8	5/8-11UNC	0.75	19.1	5.50	137.7	4	7/8-9UNC	1.40	35.6	7.53	191.3	8.50	215.9	
247.61	1.50	38.1	4	1-8UNC	2.00	50.8	8.00	203.2	4	1-8UNC	1.50	38.1	8.00	203.2	8.00	203.2	
247.62	3.25	82.6	4	1-8UNC	2.00	50.8	8.50	215.9	4	1-8UNC	1.50	38.1	8.66	220.0	11.00	279.4	
247.63	3.25	82.6	4	1-8UNC	2.00	50.8	8.50	215.9	8	7/8-9UNC	1.50	38.1	10.00	265.0	11.00	279.4	
247.71	3.25	82.6	4	1-8UNC	1.25	31.8	9.50	241.3	8	7/8-9UNC	1.50	38.1	11.18	284.0	11.00	279.4	
247.72	4.50	114.34	4	1-8UNC	1.25	31.8	9.50	241.3	8	7/8-9UNC	1.50	38.1	11.18	284.0	14.00	355.6	
247.81	3.25	82.6	4	1-8UNC	1.50	38.1	12.00	304.8	4	1 1/2-2UNC	2.25	57.2	10.60	269.2	17.00	431.8	

① 参看图 24.8-16

② 额定输出力的进补压力为 21MPa

③ 行程可在此范围内任选

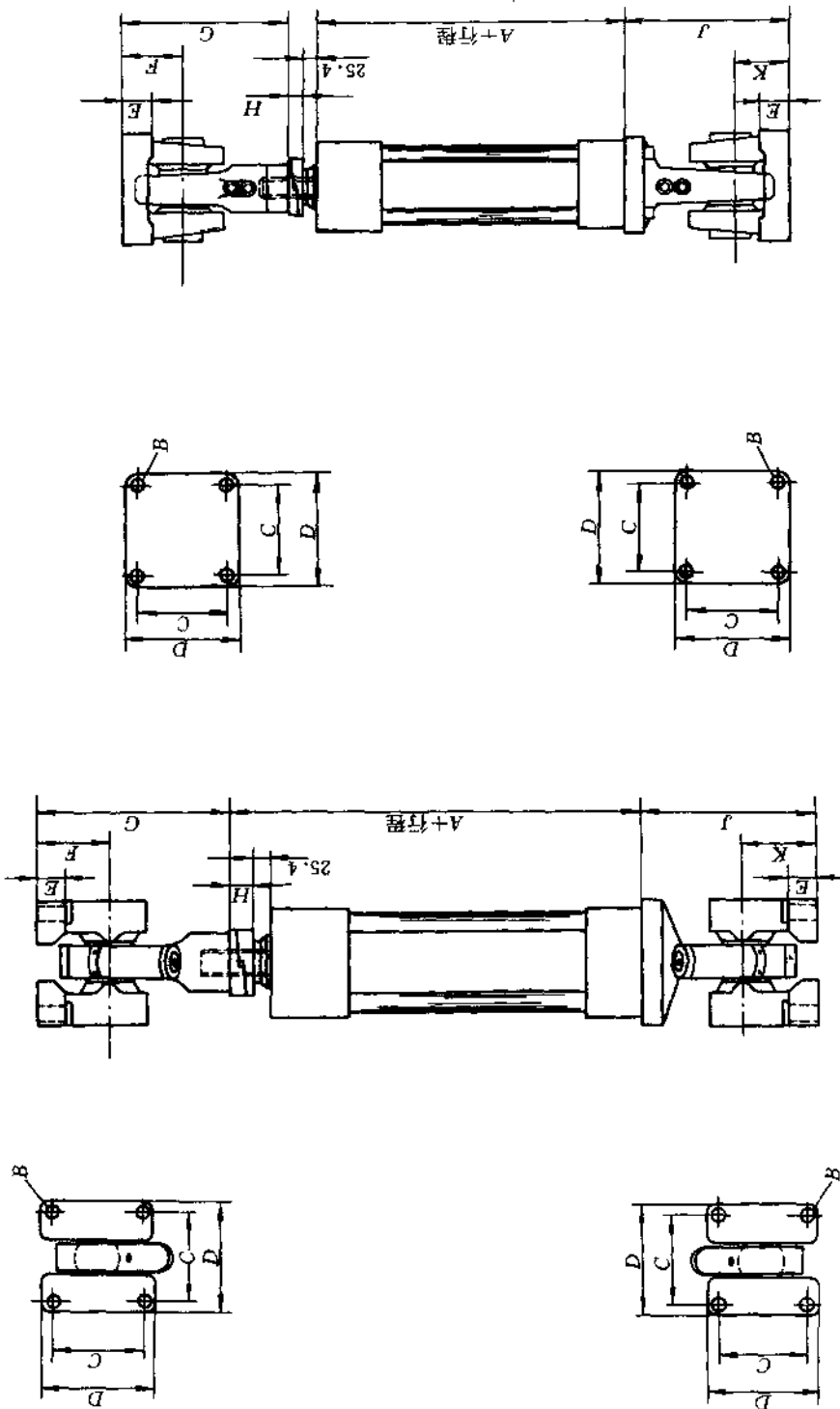


图 24.8-18 MTS247.63/71 伺服液压缸(带支承座与支承头的)外形尺寸图

图 24.8-17 带支承座与支承头的 MTS247 系列伺服液压缸外形尺寸图

表 24.8-13 MTS247 系列伺服液压缸(带支承头与支承座型)^①

型号	B		C		D		E		F		G		H (名义值)		J		K	
	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm
247.11	0.69	17.5	4.50	114.3	5.62	142.7	1.50	38.1	3.00	76.2	7.80	198.1	7.12	180.8	3.00	76.2	7.12	180.8
247.12	0.69	17.5	4.50	144.3	5.62	142.7	1.50	38.1	3.00	76.2	7.80	198.1	7.12	180.8	3.00	76.2	7.12	180.8
247.21	0.69	17.5	5.75	146.0	7.38 ^②	187.4 ^③	2.25	57.2	4.00	101.6	10.38	263.6	1.04	26.4	4.00	101.6	9.38	238.3
247.22	0.69	17.5	5.75	146.0	7.38 ^②	187.4 ^③	2.25	57.2	4.00	101.6	10.38	263.6	1.04	26.4	4.00	101.6	9.38	238.3
247.23	1.03	26.2	7.25	184.1	9.12	231.6	2.60	66.5	5.50	139.7	14.00	355.6	1.30	33.0	5.50	139.7	12.50	317.5
247.31	1.03	26.2	7.25	184.1	9.12	231.6	2.60	66.5	5.50	139.7	14.00	355.6	1.30	33.0	5.50	139.7	12.50	317.5
247.61	1.03	26.2	7.25	184.1	9.12	231.6	2.60	66.5	5.50	139.7	14.00	355.6	1.30	33.0	5.50	139.7	12.50	317.5
247.62	1.03	26.2	7.25	184.1	9.12	231.6	2.60	66.5	5.50	139.7	14.00	355.6	1.30	33.0	5.50	139.7	12.50	317.5
247.63	1.31	33.3	11.00	279.4	14.00	355.6	3.62	91.9	7.50	190.5	18.00	457.2	1.30	33.0	7.50	190.5	18.00	457.2
247.71	1.31	33.3	11.00	279.4	14.00	355.6	3.62	91.9	7.50	190.5	18.00	457.2	1.30	33.0	7.50	190.5	18.00	457.2
247.72	1.31	33.3	11.00	279.4	14.00	355.6	3.62	91.9	7.50	190.5	18.00	457.2	1.30	33.0	7.50	190.5	18.00	457.2
247.81	1.31	33.3	11.00	279.4	14.00	355.6	3.62	91.9	7.50	190.5	18.00	457.2	1.30	33.0	7.50	190.5	18.00	457.2

① 参看图 24.8-17, -18-19

② 螺旋锁紧圈 247.11, 247.12 可以不用

③ 参看图 24.8-17, 尺寸 D 的注解

④ 参看图 24.8-19

⑤ 合同中进行规定

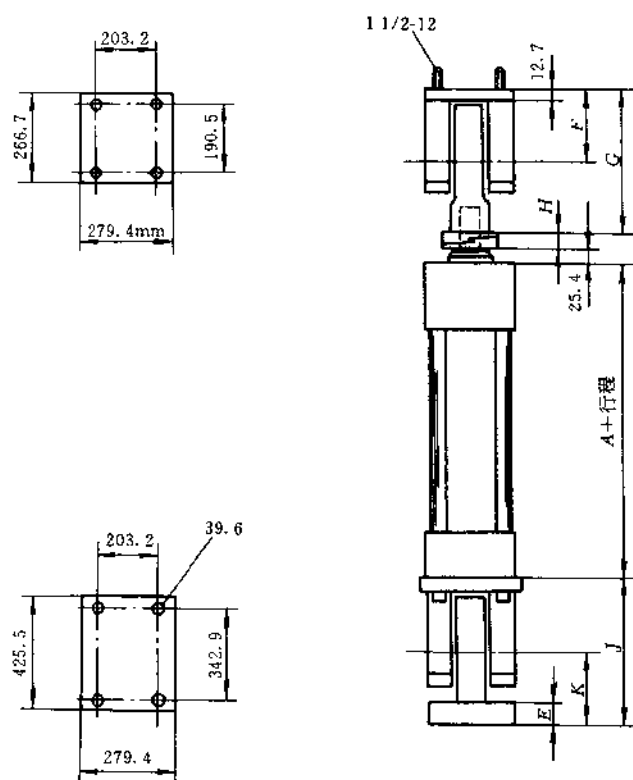


图 24.8-10 MTS247 72 伺服液压缸(带支承座与支承头的)外形尺寸图

(3) MTS248 系列伺服液压缸

试验台。

本系列液压缸主要用于重负载力伺服系统和振动

表 24.8-14 MTS248 系列伺服液压缸

型号	额定输出力		活塞有效面积		活塞杆直径	
	kip	kN	in. ²	cm ²	in.	mm
248.01	2.2	10	0.81	5.23	3.15	80.0
248.02	3.3	16	1.29	8.32	3.15	80.0
248.03	5.5	25	2.25	14.52	3.15	80.0
248.04	7.7	35	3.10	20.00	3.15	80.0
248.05	11.0	50	3.98	25.67	3.15	80.0
248.11	22.0	100	7.87	50.77	3.94	100.0
248.12	35.0	160	12.60	81.29	3.94	100.0
248.21	55.0	250	19.69	127.03	4.92	125.0

A. MTS248 系列伺服液缸(基本型)

见图 24.8-20 和表 24.8-14、24.8-15。

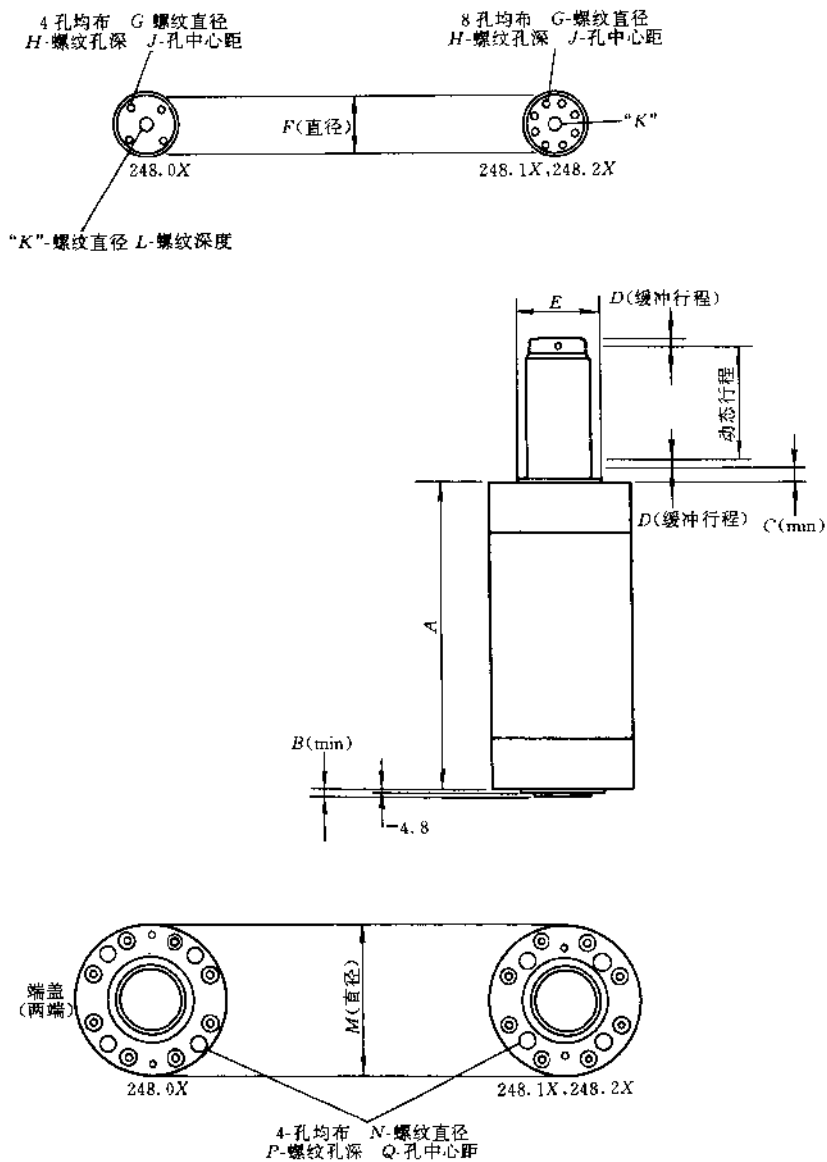


图 24.8-20 MTS248 系列伺服液缸(基本型)外形尺寸图

表 24.8-15 MTS248 系列伺服液压缸(基本型)参数
(由行程长度定)

动态行程		A						B		C		D	
		248.0X		248.1X		248.2X							
in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm
1	25.4	11.89	302.0	12.29	312.1	13.61	345.7	0.38	9.6	1.25	31.8	0.38	9.6
2	50.8	12.89	327.4	13.29	337.5	14.61	371.1	0.38	9.6	1.25	31.8	0.38	9.6
4	101.6	15.64	396.2	16.04	407.4	17.36	441.0	0.38	9.6	1.25	31.8	0.75	19.1
6	152.4	17.64	448.0	18.04	458.2	19.36	491.8	0.38	9.6	1.25	31.8	0.75	19.1
8	203.2	19.64	498.8	20.04	509.0	21.36	542.6	0.38	9.6	1.25	31.8	0.75	19.1
10	254.0	21.64	549.6	22.04	559.8	23.36	593.4	0.38	9.6	1.25	31.8	0.75	19.1

表 24.8-16 MTS248 系列伺服液压缸(基本型)参数
(由型号定)

型 号	E		F		G	H		J		K
	in.	mm	in.	mm		in.	mm	in.	mm	
248.0X	4.49	114.0	3.03	77.0	M12×1.75mm	0.75	19.0	2.25	57.2	M27×2mm
248.1X	5.25	133.4	3.82	97.0	M12×1.75mm	0.88	22.4	2.76	70.0	M27×2mm
248.2X	6.30	160.0	4.81	122.1	M16×2mm	1.00	25.4	3.54	90.0	M36×3mm

型 号	L		M		N	P		Q	
	in.	mm	in.	mm		in.	mm	in.	mm
248.0X	2.00	50.8	6.75	170.0	M20×2.5mm	1.00	25.4	5.38	136.5
248.1X	2.00	50.8	8.75	222.2	M24×3mm	1.50	38.1	6.75	171.5
248.2X	2.50	63.5	10.69	271.5	M24×3mm	1.50	38.1	9.06	230.0

B. MTS248 系列伺服液压缸(LVDT 开式内装)

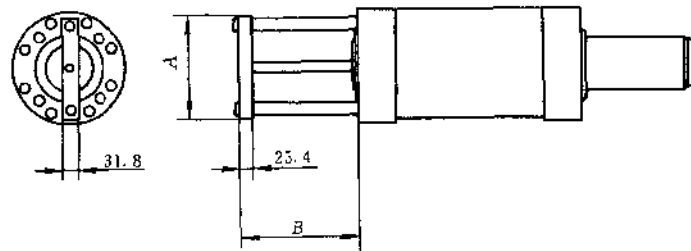


图 24.8-21 MTS248 系列伺服液压缸 LVDT 开式内装尺寸图

表 24.8-17 LVDT 开式内装尺寸

型号	A		B					
			1in. (25.4mm)与 2in. (50.8mm)行程		4in. (101.6mm)与 6in. (152.4mm)行程		8in. (203.2mm)与 10in. (254.0mm)行程	
	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm
248.0X	6.50	165.1	4.25	107.6	9.00	228.6	13.00	330.2
248.1X	7.75	196.9	4.25	107.6	9.00	228.6	13.00	330.2
248.2X	9.00	228.6	4.25	107.6	9.00	228.6	13.00	330.2

C. MTS248 系列支承座

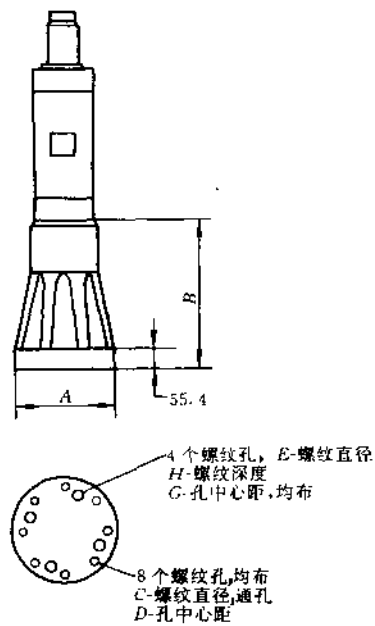


图 24.8-22 支承座尺寸图

(4) MTS242 系列伺服液压缸

本系列伺服液压缸主要用于低摩擦、小变形、高频率的疲劳试验系统也可作为液压振动台的激振器。

A. MTS242 系列伺服缸外形(见图 24.8-23)

B. MTS242 系列伺服缸的支承座和支承头(见图

24.8-24)

表 24.8-18 支承座尺寸(248 系列伺服液压缸)

型号	A		B		C		D		E	F		G	
	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm		in.	mm	in.	mm
248.1X	10.50	266.7	5.75 ^①	146.1 ^①	0.53	13.5	9.00	228.6	3/4" - 10UNC - 28	1.00	25.4	9.00	228.6
	10.50	266.7	10.50 ^②	266.7 ^②	0.53	13.5	9.00	228.6	3/4" - 10UNC - 28	1.00	25.4	9.00	228.6
	10.50	266.7	14.50 ^③	368.3 ^③	0.53	13.5	9.00	228.6	3/4" - 10UNC - 28	1.00	25.4	9.00	228.6
	10.50	266.7	16.50 ^④	419.1 ^④	0.53	13.5	9.00	228.6	3/4" - 10UNC - 28	1.00	25.4	9.00	228.6
248.X	13.50	342.9	5.25 ^①	133.4 ^①	0.66	16.8	11.81	300.0	1" - 8UNC - 28	1.50	38.1	11.00	279.4
	13.50	342.9	10.50 ^②	266.7 ^②	0.66	16.8	11.81	300.0	1" - 8UNC - 28	1.50	38.1	11.00	279.4
	13.50	342.9	14.50 ^③	368.3 ^③	0.66	16.8	11.81	300.0	1" - 8UNC - 28	1.50	38.1	11.00	279.4
	13.50	342.9	16.50 ^④	419.1 ^④	0.66	16.8	11.81	300.0	1" - 8UNC - 28	1.50	38.1	11.00	279.4
248.2X	16.50	419.1	5.25 ^①	133.4 ^①	.91	23.1	14.57	370.0	-	-	-	-	-
	16.50	419.1	10.50 ^②	266.7 ^②	.91	23.1	14.57	370.0	-	-	-	-	-
	16.50	419.1	14.50 ^③	368.3 ^③	.91	23.1	14.57	370.0	-	-	-	-	-
	16.50	419.1	16.50 ^④	419.1 ^④	.91	23.1	14.57	370.0	-	-	-	-	-

①行程 1 或 2in(25.4 或 50.8mm)

②行程 4 或 6in(101.6 或 152.4mm)

③行程 8 或 10in(203.2 或 254.0mm)

④行程 12in(304.8mm)

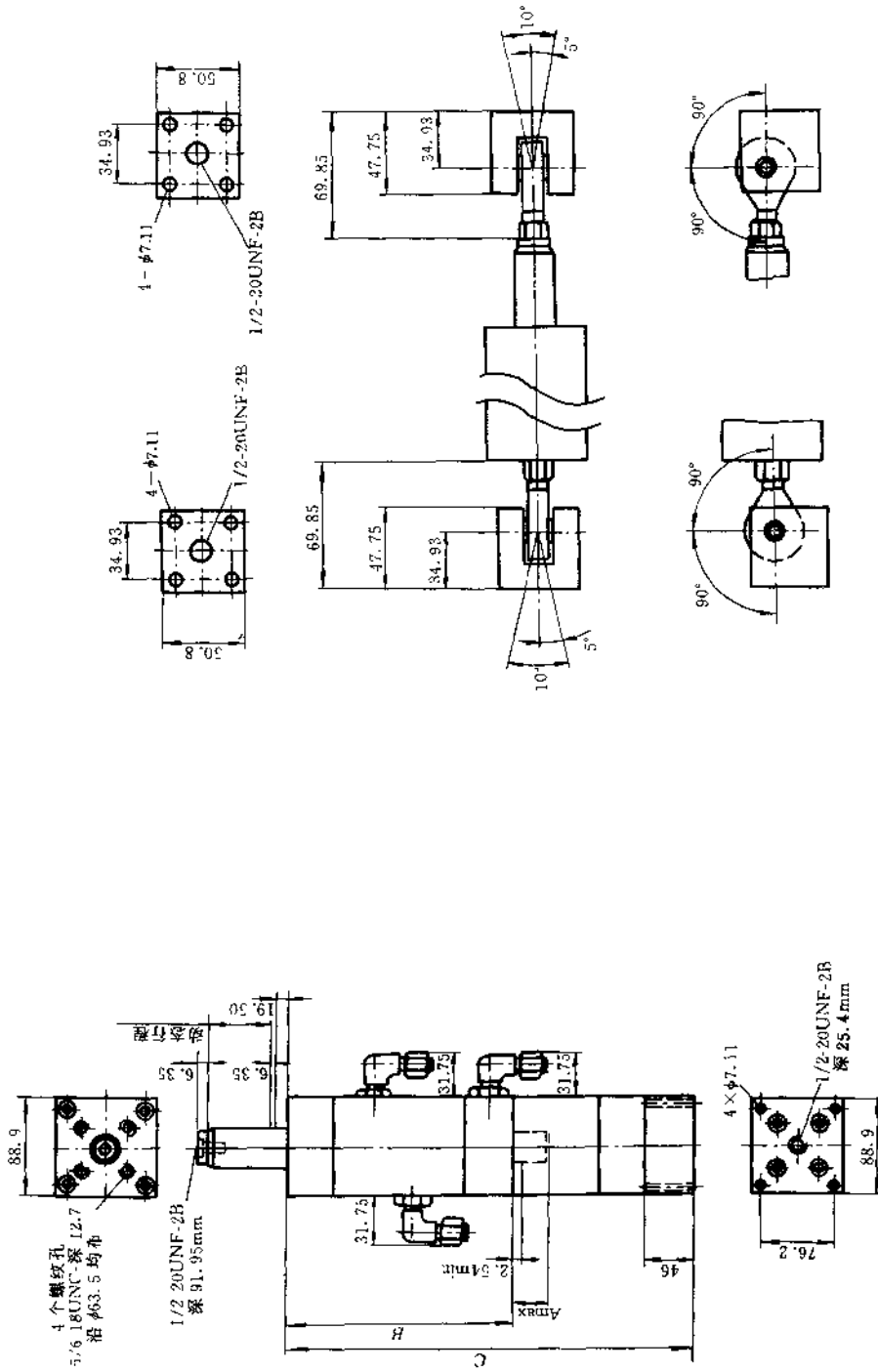


图 24.8-24 MTS242 系列伺服液压缸支架与支承头尺寸图

图 24.8-23 MTS242 系列伺服液压缸外形尺寸图

表 24.8-19 MTS242 系列 同 源 液 压 缸 参 数

系列型号	额定输出力 ¹		活塞面积		杆直径		可用工作行程		A		B		C	
	Kip	KN	in. ²	mm ²	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm
242.01	1.0	4.5	0.42	270.9	1.12	28.4	1.00	25.4	1.60	40.64	8.50	215.9	12.68	322.07
							2.00	50.8	2.60	66.04	8.50	215.9	13.68	347.47
							4.00	101.6	4.60	116.84	11.10	279.4	18.18	461.77
							6.00	152.4	6.60	167.64	13.00	330.2	22.18	563.37
242.02	2.2	10.0	0.92	593.5	1.12	28.4	1.00	25.4	1.60	40.64	8.50	215.9	12.68	322.07
							2.00	50.8	2.60	66.04	8.50	215.9	13.68	347.47
							4.00	101.6	4.60	116.84	11.10	279.4	18.18	461.77
							6.00	152.4	6.60	167.64	13.00	330.2	22.18	563.37

额定输出力时供油压力为 2500psi(17.2MPa)
1Kip = 1000lb 力

24.9 伺服液压缸使用注意事项

24.9.1 伺服液压缸的包装运输

伺服液压缸是精密液压产品,若装上电液伺服阀、反馈传感器成为电液伺服组件后,更是精密的机电液一体化产品,必须严格包装,谨慎运输。

- 进、回油管嘴孔做完试验后立即加保护帽盖,以防止灰尘、杂质进入油路。

- 安装伺服阀的阀块上要装上运输盖板或冲洗盖板,并要加端面密封圈,防止油腔油液流出。

- 伺服液压缸装箱时应将活塞杆缩进。

- 包装箱要根据伺服液压缸外形及尺寸专门设计加工,包装箱要敷设防潮层和减震物。

- 伺服液压缸装箱之前要按油封规范进行油封包装,装入包装箱后要有减震,并要将伺服液压缸固定在箱内,使它在运输过程中与包装不发生相对运动。

- 搬运、装车过程中不能掷、甩、冲击。

24.9.2 伺服液压缸的安装

伺服液压缸的最低启动压力是在活塞杆处于自由状态下检测的。用户把它装到实际传动机构里去,若安装铰链不当,外作用合力作用线偏离活塞杆轴心线,将会引起附加侧向力,增加活塞杆运动的摩擦,加剧相对运动副间的偏磨,因而增加伺服液压缸的干摩擦力,运动副间的磨损,既影响系统的性能,又缩短了伺服液压缸的寿命。为此用户必须要严格按照与制造厂商定的铰接方式、安装方式进行安装。

一般制造厂对有关尺寸的形位公差要求甚严,如图 24.9-1 所示。为此用户对机构连接的相关尺寸的形位公差也应与厂方给出的要求相匹配,此外用户还要设计合理的铰接形式,使外作用力的合力线始终和

活塞杆的轴心线相重合,以避免由于安装铰链不正确产生侧向力、弯曲力矩、扭转力矩;由于基底不牢固、强度不够引起事故,为此必须正确安装伺服液压缸,以确保其性能,充分发挥其机能

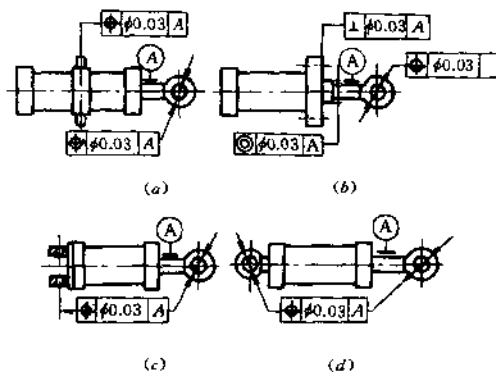


图 24.9-1 伺服液压缸安装尺寸的形位公差

(1) 底座型伺服液压缸的安装

图 24.9-2(a)所示的安装螺栓 A,是根据最高工作压力进行强度计算得出的。但是,实际上千只螺栓并不一定均匀地承受荷重,而且在换向时有冲击压力和外负载惯性引起的冲击力,所以常常会使螺栓剪切破坏,以及因为疲劳引起蠕变。因此,假如如此伺服液压缸的最高工作压力为 14MPa,而实际使用的工作压力为 5MPa 的静压,此时是不会有问题的,但是当使用工作压力就为最高工作压力或者受到动载作用时,在原则上应避免使安装螺栓本身承受推力。作为相应的解决办法如图 24.9-2(b)所示,在底座前后加 C、B 两块挡块分别承受活塞杆伸出和缩进时产生的负荷,而安装螺栓 A 仅承受因受弯矩作用而产生向上的力。此

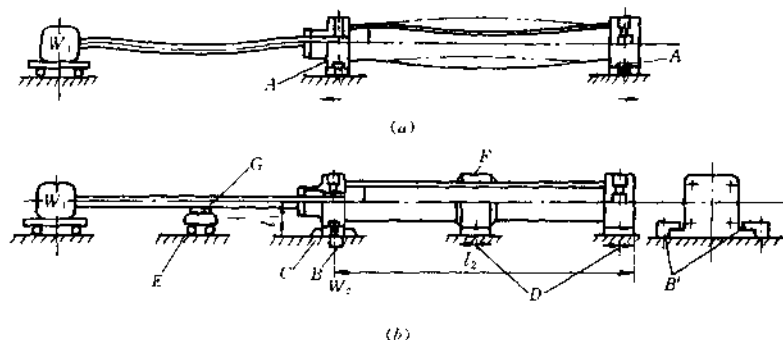


图 24.9-2 底座型伺服液压缸行程机构及铰链的安装方法

外, B、C 挡块不仅承受活塞杆运动时产生的惯性负载而且在拆卸之后再行安装时能起定位作用。但是, 若在前后底座都设置挡块和定位销, 就会产生过定位, 在受到热膨胀时缸体受到轴向伸长限制, 因而缸体向上弯曲, 使各部分产生变形, 造成偏磨甚至活塞杆卡死等现象。所以必须避免此种安装方法。在 D 处的挡块 B 只能起压制因力矩而产生的缸体上举的作用, 而

不应限制缸体的轴向移动。安装大缸径、大行程的伺服液压缸时, 尤其应注意这点。

此外, 必须注意底座要有足够的刚度和强度, 否则会引起事故。

(2) 法兰型伺服液压缸的安装

图 24.9-3 为法兰型伺服液压缸的安装方法

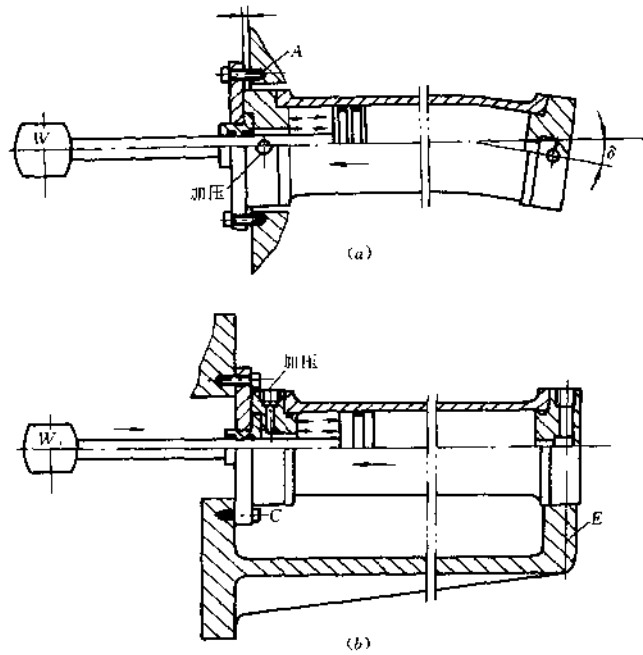


图 24.9-3 法兰型伺服液压缸的安装方法

不能使安装螺栓 A 直接承受如图 24.9-3(a) 所示的油缸力, 而希望使安装螺栓仅仅起固定伺服液压缸或定位的作用。对于大直径大行程的伺服液压缸在水平安装场合, 由于缸重量相当可观, 所以需要利用挡

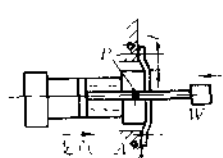
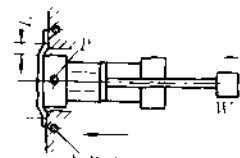
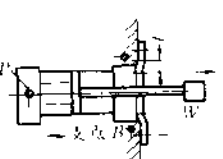
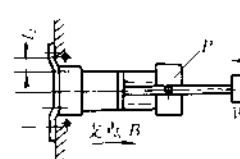
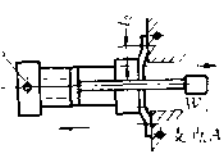
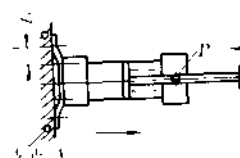
块 C(或定位销)来承受自重, 并且设置防止挠曲用的托架 E, 必要时要增加法兰的厚度与安装螺栓的数量。

表 24.9-1 给出了法兰型安装座的伺服液压缸在水平位置安装时安装螺栓和法兰上受的力。

表 24.9-1 作用于法兰型伺服液压缸的安装螺栓与法兰上的力

杆侧法兰形		头侧法兰形	
	<p>安装螺栓只起支持油缸的作用, 在法兰处不会产生任何弯矩。这是最好的安装状态</p>		<p>安装螺栓, 只起支持油缸的作用, 在法兰处不会产生任何弯矩。这是最好的安装状态</p>

续表

	杆侧法兰形		头侧法兰形
2	 <p>安装螺栓以 A 为支 点受荷重 W_2 的拉力 在法兰处产生以 l_1 为力臂的弯曲应力</p>		 <p>安装螺栓以 A 为支 点受荷重 W_1 的拉力 在法兰处产生以 l_1 为力臂的弯曲应力</p>
3	 <p>安装螺栓以 B 为支 点受荷重 W_1 的拉力 在法兰处产生以 l_2 为力臂的弯曲应力</p>		 <p>安装螺栓以 B 为支 点受荷重 W_2 的拉力 在法兰处产生以 l_2 为力臂的弯曲应力</p>
4	 <p>安装螺栓以 A 为支 点受荷重 W_1 的拉力 在法兰处产生以 l_2 为力臂的弯曲应力 这是最坏的安装状 态</p>		 <p>安装螺栓以 A 为支 点受荷重 W_2 的拉力 在法兰处产生以 l_3 为力臂的弯曲应力</p>

(3) 耳环型伺服液压缸的安装

图 24.9-4 给出了耳环型伺服液压缸的安装方法。

这种耳环型安装方式的伺服液压缸可以在垂直耳环销轴的平面内摆动,同时作往复运动,所以活塞杆端的连接头方向必须与耳环销轴方向一致,即活塞杆端的耳环销轴应与耳环型底座上的销轴相平行,如图 24.9-4(a)所示。最好是活塞杆端上的耳环是关节

轴承(万向接头)如图 24.9-4(b)所示。假如象图 24.9-4(c)所示安装,伺服液压缸在工作过程中就会受到以耳环销轴为支点的弯曲负载,有时由于活塞杆的弯曲会使杆端的螺纹折断。活塞杆的弯曲会引起严重偏磨、使缸筒、导向环、端盖以及活塞杆严重磨损,密封损伤,降低寿命,严重的会引起事故。

活塞杆输出端用关节轴承,伺服液压缸不仅可以在垂直耳环销轴的平面内摆动、做往复直线运动,而且

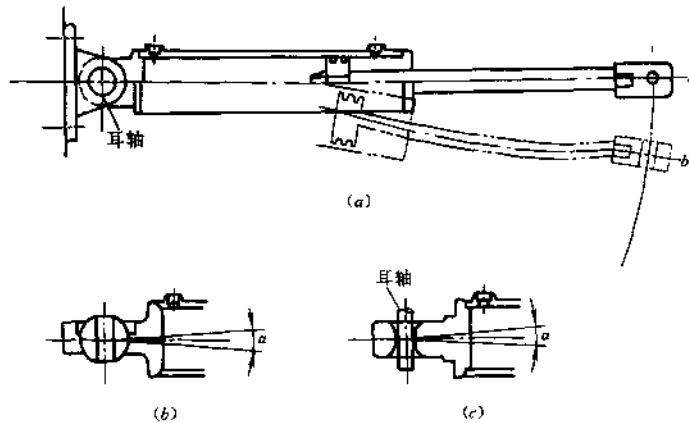


图 24.9-4 耳环型伺服液压缸的安装方法

能以关节轴承球心为中心作一定角度的回转。

(4) 销轴型伺服液压缸的安装

图 24.9-5 给出了销轴型伺服液压缸的安装方法。

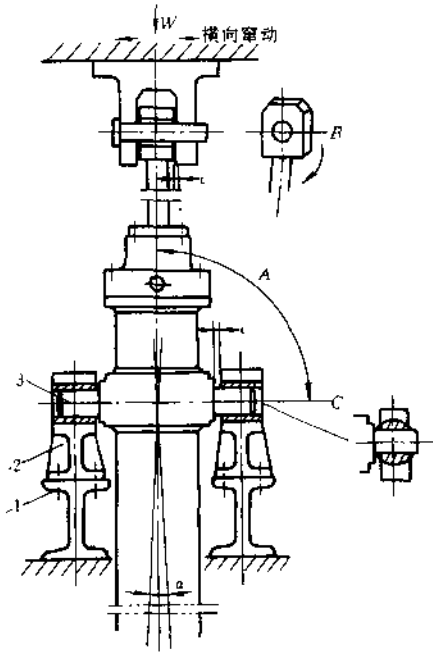


图 24.9-5 销轴型伺服液压缸的安装方法

1—基座；2—托架；3—销轴

• 安装时应注意垂直度 A ，少许的垂直度误差可用垫片调整；

• 间隙 c 与销轴的弯曲强度关系很大，故应控制在能吸收油缸的偏斜 α 所必要的最小限度（约 0.5~1 毫米）；

• 安装大推力液压缸时，要特别注意基座的刚性。销轴型的安装与耳环型相同。因为伺服液压缸是以销轴为支点，在垂直销轴的平面内摆动并作直线往复运动，所以活塞杆端的连接耳环销轴应与缸的支承销轴相平行，如果耳环销轴与支承销轴相垂直或者不平行成一定的空间夹角，如图 24.9-5B 所示，则伺服液压缸在工作过程中就会受到弯曲负载。

安装销轴型伺服液压缸除了耳环销轴方向问题以外，还要使销轴不受弯曲应力，免受折弯、偏磨，不发生卡死，同时要使销轴的支承架尽量安装得靠近一些，以减小销轴的剪切力，轴向间隙 c 不能太小，以免发生

侧面卡死；又不能太大，以免产生横向窜动，产生非线性干扰，影响系统的动态品质。建议 c 做成调整垫片，其厚度根据实际安装与工作情况进行调整。支承架的轴承以滑动轴承为宜，若采用如图 24.9-5 中 C 那样的轴承，其结果反而会增大销轴的弯曲应力，所以应避免这种用法。

24.9.3 伺服液压缸的使用

• 仔细阅读制造厂商提供的技术说明书，使用说明书以及有关的技术资料。

• 按 24.9.2 安装方法安装伺服液压缸。在折箱和安装过程中不能拆下进、回油口上的保护帽盖，阀块上的盖板（伺服阀没有安装之前），不得让灰尘、铁屑等污染颗粒进入伺服液压缸。

• 正确安装完毕后，可以连接油管，供油管接进油口，回油管接回油口，抽漏管接泄漏口。

• 油液必须符合清洁度要求，对于装电液伺服阀的伺服液压缸，它要求油液清洁度不低于 NAS1638 6 级，绝对过滤精度为 $5\mu\text{m}$ 。

• 盖上专用的冲洗板，对油路及伺服液压缸进行低压循环冲洗，此时油源上的高压精滤油器可以换上 1 个过滤度为 $10\mu\text{m}$ 的滤芯。每冲洗运动 1 小时检查一次滤芯上的污染情况，冲洗运行 3 小时后抽样化验油液清洁度是否达到标准，如此循环直至符合标准为止。

• 油源上换上 $5\mu\text{m}$ 的高压精滤芯，对准进回油口装上伺服阀，按电气接线图接好伺服阀、传感器的电路，先进行低压通电检查。

• 低压通电运行正常后，按技术说明书规定，供以额定工作压力进行通电运行检查。

• 建立定期检查与维护制度，建立运行记录，维护记录。

• 每隔 500 小时或 3 个月检查油液清洁度与化学成份、杂质、水份等指标。超标就更换。

• 定期清洗油泵入口过滤器；定期清洁高压精滤芯，超过污染度标准时要更换滤芯。

• 经常擦净伺服液压缸表面的灰尘、油污，检查其外泄漏情况，超标后要维修。

• 电液伺服阀，伺服液压缸发生故障后，必须送专业厂家修理，不要自行分解、修理。修理后的电液伺服阀、伺服液压缸都要在试验台上重新测试其动态、静态性能参数，不合格者不能使用。