



中华人民共和国国家标准

GB/T 32216—2015

液压传动 比例/伺服控制液压缸的 试验方法

Hydraulic fluid power—Test method for the proportional/servo controlled
hydraulic cylinder

2015-12-10 发布

2017-01-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 量、符号和单位	2
5 试验装置和试验条件	2
5.1 试验装置	2
5.2 试验用液压油液	6
5.3 稳态工况	7
6 试验项目和试验方法	7
6.1 试运行	7
6.2 耐压试验	7
6.3 起动压力特性试验	7
6.4 动摩擦力试验	7
6.5 阶跃响应试验	8
6.6 频率响应试验	8
6.7 耐久性试验	8
6.8 泄漏试验	8
6.9 缓冲试验	8
6.10 负载效率试验	8
6.11 高温试验	8
6.12 行程检验	9
7 型式试验	9
8 出厂试验	9
9 试验报告	9
附录 A (资料性附录) 试验报告格式	10
附录 B (资料性附录) 特性曲线	11

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国液压气动标准化技术委员会(SCA/TC 3)归口。

本标准起草单位:韶关液压件厂有限公司、成都长液机械有限公司、武汉科技大学、江都市永坚有限公司、抚顺天宝重工液压制造有限公司。

本标准主要起草人:黄智武、郑小兵、湛从昌、陈新元、唐建光、白波利、张鸿鹄、郭莲、陈素娟、鲁海石。

液压传动 比例/伺服控制液压缸的 试验方法

1 范围

本标准规定了比例/伺服控制液压缸的型式试验和出厂试验的试验方法。

本标准适用于以液压油液为工作介质的比例/伺服控制的活塞式和柱塞式液压缸(以下简称液压缸或活塞缸、柱塞缸)。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 786.1 流体传动系统及元件图形符号和回路图 第1部分:用于常规用途和数据处理的图形符号

GB/T 3766 液压系统通用技术条件

GB/T 14039—2002 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号

GB/T 15622—2005 液压缸试验方法

GB/T 17446 流体传动系统及元件 词汇

GB/T 28782.2—2012 液压传动测量技术 第2部分:密闭回路中平均稳态压力的测量

JB/T 7033—2007 液压传动 测量技术通则

3 术语和定义

在 GB/T 17446 和 GB/T 15622—2005 中界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

比例/伺服控制液压缸 **proportional/servo controlled hydraulic cylinder**

用于比例/伺服控制,有动态特性要求的液压缸。

3.2

阶跃响应 **step response**

比例/伺服控制液压缸输出信号(对应被测试液压缸活塞杆或缸筒的实际位移)对输入阶跃信号(对应期望的阶跃位移)的跟踪过程。

3.2.1

阶跃响应时间 **step response time**

阶跃响应曲线的输出信号从达到稳态幅值(或目标值)的10%开始,至初次达到稳态幅值(或目标值)的90%,该过程所用时间。

3.3

频率响应 **frequency response**

额定压力下,输入的恒幅值正弦电流在一定的频率范围内变化时,输出位移信号对输入电流的复数比,包括幅频特性和相频特性。

3.3.1

幅频特性 **amplitude frequency**

输出位移信号的幅值与输入电流幅值之比。

注：幅值比为-3 dB时的频率为幅频宽。

3.3.2

相频特性 **phase frequency**

输出位移信号与输入电流的相位角差。

注：相位角滞后 90°的频率为相频宽。

3.4

动摩擦力 **kinetic friction force**

比例/伺服控制液压缸带负载运动条件下,活塞和活塞杆受到的运动阻力。

3.5

工作行程 **working stroke**

液压缸在稳态工况下运行,其运动件从一个工作位置到另一个工作位置的最大移动距离。

4 量、符号和单位

量、符号和单位应符合表 1 的规定。

表 1 量、符号和单位

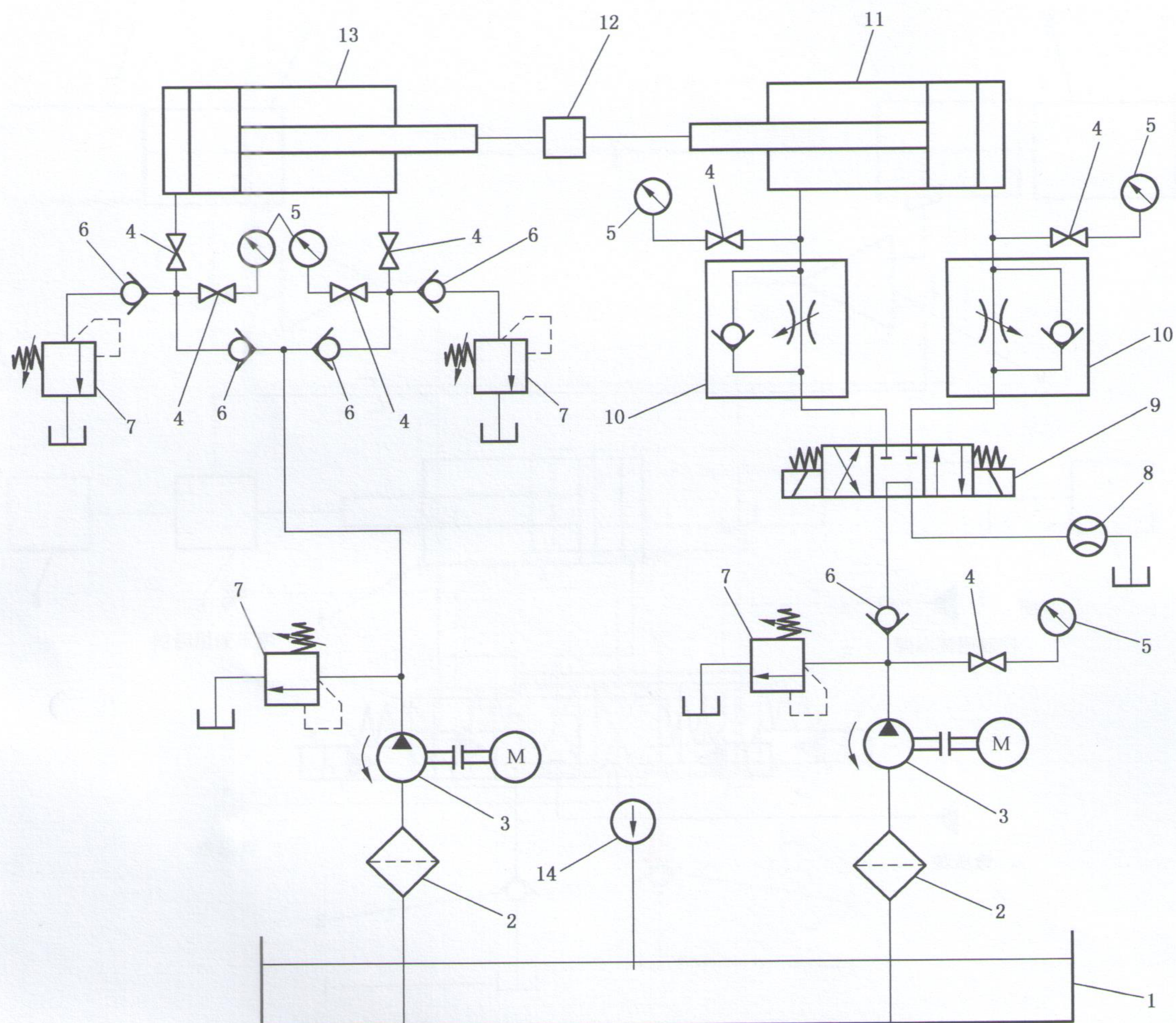
名 称	符 号	单 位
压力	p	MPa
位移	x	mm
速度	v	m/s
力	F	N
响应时间	Δt	ms
频率	f	Hz
动摩擦力	F_d	N
进口压力	P_1	MPa
出口压力	P_2	MPa
进口腔活塞有效面积	A_1	mm ²
出口腔活塞有效面积	A_2	mm ²

5 试验装置和试验条件

5.1 试验装置

5.1.1 试验原理图

比例/伺服控制液压缸的稳态和动态试验原理图见图 1~图 3,图中所用图形符号符合 GB/T 786.1 规定。

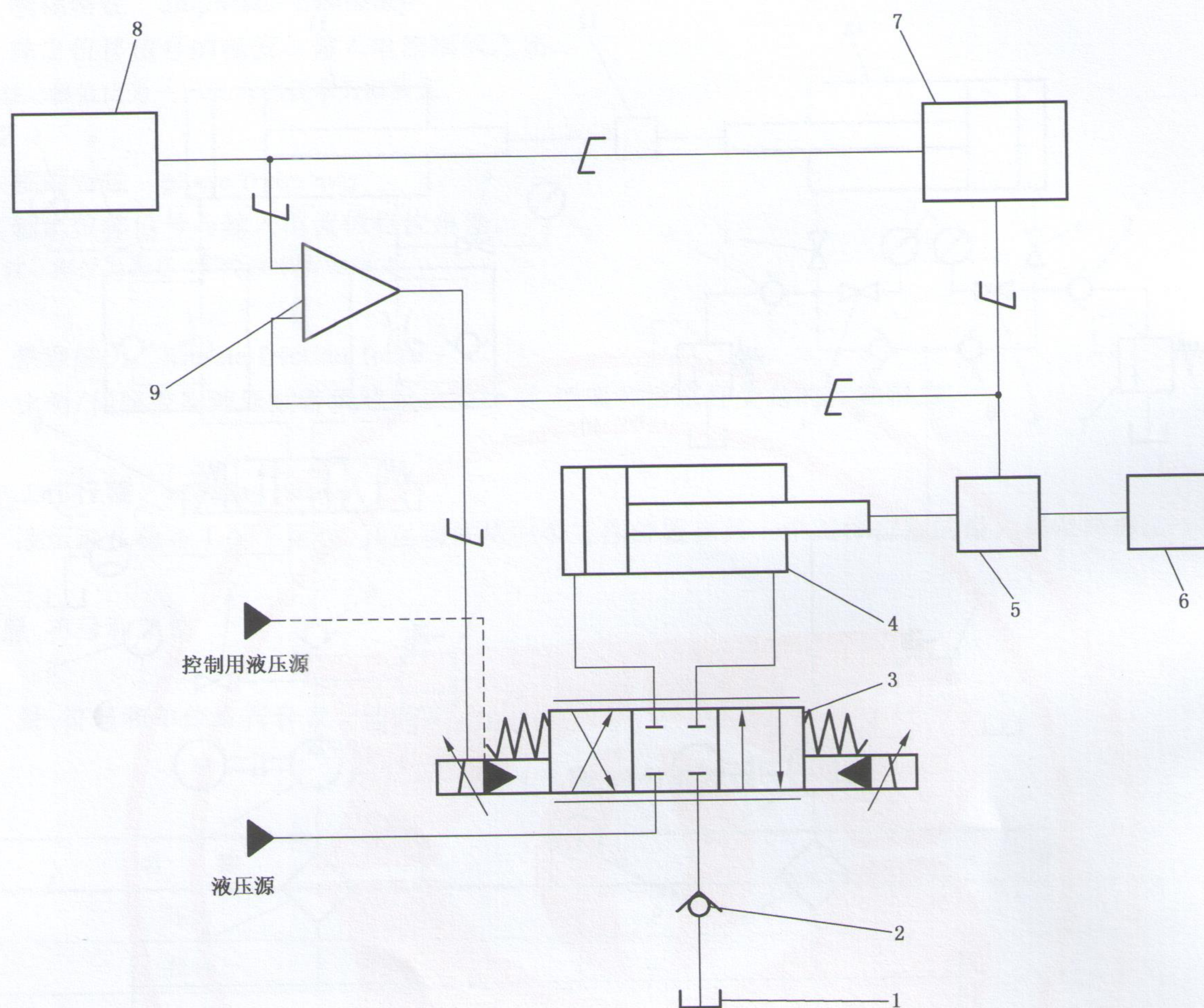


说明:

- 1——油箱;
- 2——过滤器;
- 3——液压泵;
- 4——截止阀;
- 5——压力表;
- 6——单向阀;
- 7——溢流阀;

- 8——流量计;
- 9——电磁(液)换向阀;
- 10——单向节流阀;
- 11——被试液压缸;
- 12——力传感器;
- 13——加载缸;
- 14——温度计。

图 1 液压缸稳态试验液压原理图



说明：

1——油箱；

2——单向阀；

3——比例/伺服阀；

4——被试比例/伺服控制液压缸；

5——位移传感器；

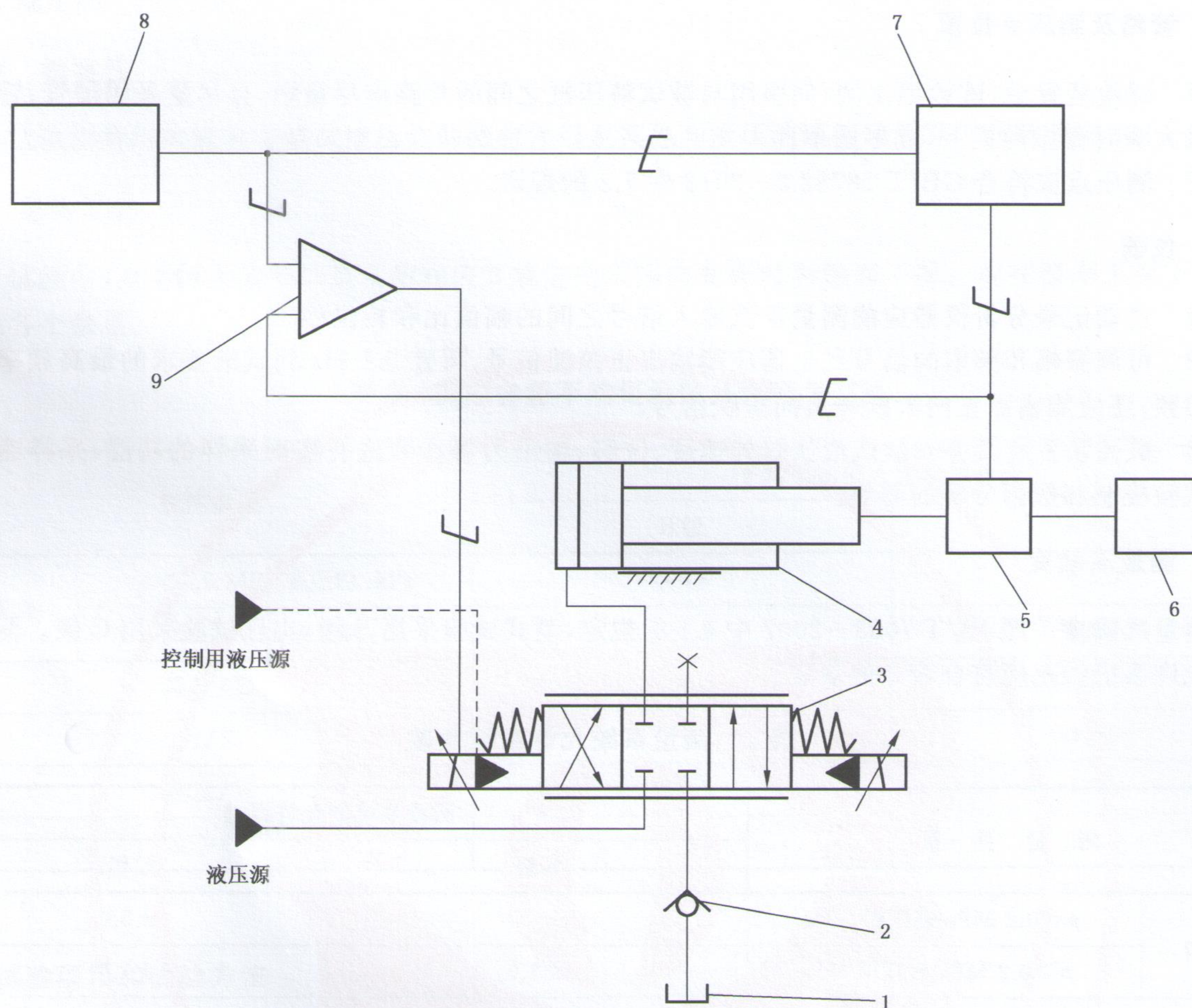
6——加载装置；

7——自动记录分析仪器；

8——可调振幅和频率的信号发生器；

9——比例/伺服放大器。

图 2 活塞缸动态试验液压原理图



说明:

1——油箱;

2——单向阀;

3——比例/伺服阀;

4——被试比例/伺服控制液压缸;

5——位移传感器;

6——加载装置;

7——自动记录分析仪器;

8——可调振幅和频率的信号发生器;

9——比例/伺服放大器。

图 3 柱塞缸动态试验原理图

5.1.2 安全要求

试验装置应充分考虑试验过程中人员及设备的安全,应符合 GB/T 3766 的相关要求,并有可靠措施,防止在发生故障时,造成电击、机械伤害或高压油射出等伤人事故。

5.1.3 试验用比例/伺服阀

试验用比例/伺服阀响应频率应大于被试液压缸最高试验频率的 3 倍以上。

试验用比例/伺服阀的额定流量应满足被试液压缸的最大运动速度。

5.1.4 液压源

试验装置的液压源应满足试验用的压力,确保比例/伺服阀的供油压力稳定,并满足动态试验的瞬

间流量需要；应有温度调节、控制和显示功能；应满足液压油液污染度等级要求，见 5.2.3。

5.1.5 管路及测压点位置

5.1.5.1 试验装置中，试验用比例/伺服阀与被试液压缸之间的管路应尽量短，且尽量采用硬管；管径在满足最大瞬时流量前提下，应尽量小。

5.1.5.2 测压点应符合 GB/T 28782.2—2012 中 7.2 的规定。

5.1.6 仪器

5.1.6.1 自动记录分析仪器应能测量正弦输入信号之间的幅值比和相位移。

5.1.6.2 可调振幅和频率的信号发生器应能输出正弦波信号，可在 0.1 Hz 到试验要求的最高频率之间进行扫频；还应能输出正向阶跃和负向阶跃信号。

5.1.6.3 试验装置应具备对被试液压缸的速度、位移、输出力等参数进行实时采样的功能，采样速度应满足试验控制和数据分析的需要。

5.1.7 测量准确度

测量准确度按照 JB/T 7033—2007 中 4.1 的规定，型式试验采用 B 级，出厂试验采用 C 级。测量系统的允许系统误差应符合表 2 的规定。

表 2 测量系统允许系统误差

测 量 参 量		测量系统的允许误差	
		B 级	C 级
压力	$p < 0.2 \text{ MPa}$ 表压时, kPa	± 3.0	± 5.0
	$p \geq 0.2 \text{ MPa}$ 表压时, %	± 1.0	± 1.5
温度/℃		± 1.0	± 2.0
力/%		± 1.0	± 1.5
速度/%		± 0.5	± 1.0
时间/ms		± 1.0	± 2.0
位移/%		± 0.5	± 1.0
流量/%		± 1.5	± 2.5

5.2 试验用液压油液

5.2.1 黏度

试验用液压油液在 40℃时的运动黏度应为 $29 \text{ mm}^2/\text{s} \sim 74 \text{ mm}^2/\text{s}$ 。

5.2.2 温度

除特殊规定外，型式试验应在 $50 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 下进行；出厂试验应在 $50 \text{ }^\circ\text{C} \pm 4 \text{ }^\circ\text{C}$ 下进行。出厂试验可降低温度，在 $15 \text{ }^\circ\text{C} \sim 45 \text{ }^\circ\text{C}$ 范围内进行，但检测指标应根据温度变化进行相应调整，保证在 $50 \text{ }^\circ\text{C} \pm 4 \text{ }^\circ\text{C}$ 时能达到产品标准规定的性能指标。

5.2.3 污染度

对于伺服控制液压缸试验，试验用液压油液的固体颗粒污染度不应高于 GB/T 14039—2002 规定

的—/17/14;对于比例控制液压缸试验,试验用液压油液的固体颗粒污染度不应高于 GB/T 14039—2002 规定的—/18/15。

5.2.4 相容性

试验用液压油液应与被试液压缸的密封件以及其他与液压油液接触的零件材料相容。

5.3 稳态工况

试验中,各被控参量平均显示值在表 3 规定的范围内变化时为稳态工况。应在稳态工况下测量并记录各个参量。

表 3 被控参量平均显示值允许变化范围

被控参量		平均显示值允许变化范围	
		B 级	C 级
压力	$p < 0.2 \text{ MPa}$ 表压时, kPa	± 3.0	± 5.0
	$p \geq 0.2 \text{ MPa}$ 表压时, %	± 1.5	± 2.5
温度/℃		± 2.0	± 4.0
力/%		± 1.5	± 2.5
速度/%		± 1.5	± 2.5
位移/%		± 1.5	± 2.5

6 试验项目和试验方法

6.1 试运行

应按照 GB/T 15622—2005 的 6.1 进行试运行。

6.2 耐压试验

使被试液压缸活塞分别停留在行程的两端(单作用液压缸处于行程的极限位置),分别向工作腔施加 1.5 倍额定压力,型式试验应保压 10 min,出厂试验应保压 5 min。观察被试液压缸有无泄漏和损坏。

6.3 起动压力特性试验

试运行后,在无负载工况下,调整溢流阀的压力,使被试液压缸一腔压力逐渐升高,至液压缸启动时,记录测试过程中的压力变化,其中的最大压力值即为最低起动压力。对于双作用液压缸,此试验正、反方向都应进行。

6.4 动摩擦力试验

在带负载工况下,使被试液压缸一腔压力逐渐升高,至液压缸启动并保持匀速运动时,记录被试液压缸进、出口压力(对于柱塞缸,只记录进口压力)。对于双作用液压缸,此试验正、反方向都应进行。本项试验因负载条件对试验结果会有影响,应在试验报告中记录加载方式和安装方式。动摩擦力按式(1)计算:

$$F_d = (P_1 A_1 - P_2 A_2) - F \dots\dots\dots (1)$$

式中:

F_d ——动摩擦力,单位为牛(N);

P_1 ——进口压力,单位为兆帕(MPa);

P_2 ——出口压力,单位为兆帕(MPa);

A_1 ——进口腔活塞有效面积,单位为平方毫米(mm²);

A_2 ——出口腔活塞有效面积,单位为平方毫米(mm²);

F ——负载力,单位为牛(N)。

6.5 阶跃响应试验

调整油源压力到试验压力,试验压力范围可选定为被试液压缸的额定压力的10%~100%。在液压缸的行程范围内,距离两端极限行程位置30%缸行程的中间区域任意位置选取测试点;调整信号发生器的振幅和频率,使其输出阶跃信号,根据工作行程给定阶跃幅值(幅值范围可选定为被试液压缸工作行程的5%~100%);利用自动分析记录仪记录试验数据,绘制阶跃响应特性曲线,根据曲线确定被试液压缸的阶跃响应时间。

对于双作用液压缸,此试验正、反方向都应进行。对于两腔面积不一致的双作用液压缸,应采取补偿措施,确保正、反方向阶跃位移相等。

本项试验因负载条件对试验结果会有影响,应在试验报告中记录加载方式和安装方式。

6.6 频率响应试验

调整油源压力到试验压力,试验压力范围可选定为被试液压缸的额定压力的10%~100%。在液压缸的行程范围内,距离两端极限行程位置30%缸行程的中间区域任意位置选取测试点,调整信号发生器的振幅和频率,使其输出正弦信号,根据工作行程给定幅值(幅值范围可选定为被试液压缸工作行程的5%~100%),频率由0.1 Hz逐步增加到被试液压缸响应幅值衰减到-3 dB或相位滞后90°,利用自动分析记录仪记录试验数据,绘制频率响应特性曲线,根据曲线确定被试液压缸的幅频宽及相频宽两项指标,取两项指标中较低值。

对于两腔面积不一致的双作用液压缸,应采取补偿措施,确保正、反方向位移相等。

本项试验因负载条件对试验结果会有影响,应在试验报告中记录加载方式和安装方式。

6.7 耐久性试验

在设计的额定工况下,使被试液压缸以指定的工作行程和设计要求的最高速度连续运行,速度误差为±10%。一次连续运行8 h以上。在试验期间,被试液压缸的零件均不应进行调整。记录累积运行的行程。

6.8 泄漏试验

应按照 GB/T 15622—2005 的 6.5 分别进行内泄漏、外泄漏以及低压下的爬行和泄漏试验。

6.9 缓冲试验

当被试液压缸有缓冲装置时,应按照 GB/T 15622—2005 的 6.6 进行缓冲试验。

6.10 负载效率试验

应按照 GB/T 15622—2005 的 6.7 进行负载效率试验。

6.11 高温试验

应按照 GB/T 15622—2005 的 6.8 进行高温试验。

6.12 行程检验

应按照 GB/T 15622—2005 的 6.9 进行行程检验。

7 型式试验

型式试验应包括下列项目：

- 试运行(见 6.1)；
- 耐压试验(见 6.2)；
- 起动压力特性试验(见 6.3)；
- 动摩擦力试验(见 6.4)；
- 阶跃响应试验(见 6.5)；
- 频率响应试验(见 6.6)；
- 耐久性试验(见 6.7)；
- 泄漏试验(见 6.8)；
- 缓冲试验(当对产品有此要求时)(见 6.9)；
- 负载效率试验(见 6.10)；
- 高温试验(当对产品有此要求时)(见 6.11)；
- 行程检验(见 6.12)。

8 出厂试验

出厂试验应包括下列项目：

- 试运行(见 6.1)；
- 耐压试验(见 6.2)；
- 起动压力特性试验(见 6.3)；
- 动摩擦力试验(见 6.4)；
- 阶跃响应试验(见 6.5)；
- 频率响应试验(见 6.6)；
- 泄漏试验(见 6.8)；
- 缓冲试验(当对产品有此要求时)(见 6.9)；
- 行程检验(见 6.12)。

9 试验报告

试验过程应详细记录试验数据并绘制试验曲线。在试验后应填写完整的试验报告,试验报告的格式参见附录 A,特性曲线参见附录 B。

附录 A
(资料性附录)
试验报告格式

表 A.1 给出了比例/伺服控制液压缸的试验报告格式。

表 A.1 比例/伺服控制液压缸试验报告

试验类别			油温		试验日期	
试验用液压油液类型			液压油液污染度		试验室名称(盖章)	
试验装置名称			被试产品编号		检验操作人员	
打压腔(正反向试验)				加载方式		
被试液 压缸 特征	类型			油口尺寸/mm		
	额定压力/MPa			安装方式		
	工作压力/MPa			缓冲装置		
	缸径/mm			密封件材料		
	活塞杆直径/mm			制造商名称		
	缸行程/mm			出厂日期		
	工作行程/mm					
序号	试验项目		技术要求	试验测量值	试验结果	备注
1	试运行					
2	耐压试验					
3	起动压力特性试验					
4	动摩擦力试验					
5	阶跃响应试验					
6	频率响应试验					
7	泄漏试验	内泄漏				
		外泄漏				
		低压下爬行和泄漏				
8	缓冲试验					
9	负载效率试验					
10	高温试验					
11	耐久性试验					
12	行程检验					

附录 B
(资料性附录)
特性曲线

图 B.1~图 B.4 给出了比例/伺服控制液压缸试验测试的频率响应特性曲线、阶跃响应特性曲线、动摩擦力特性曲线及起动压力特性曲线。

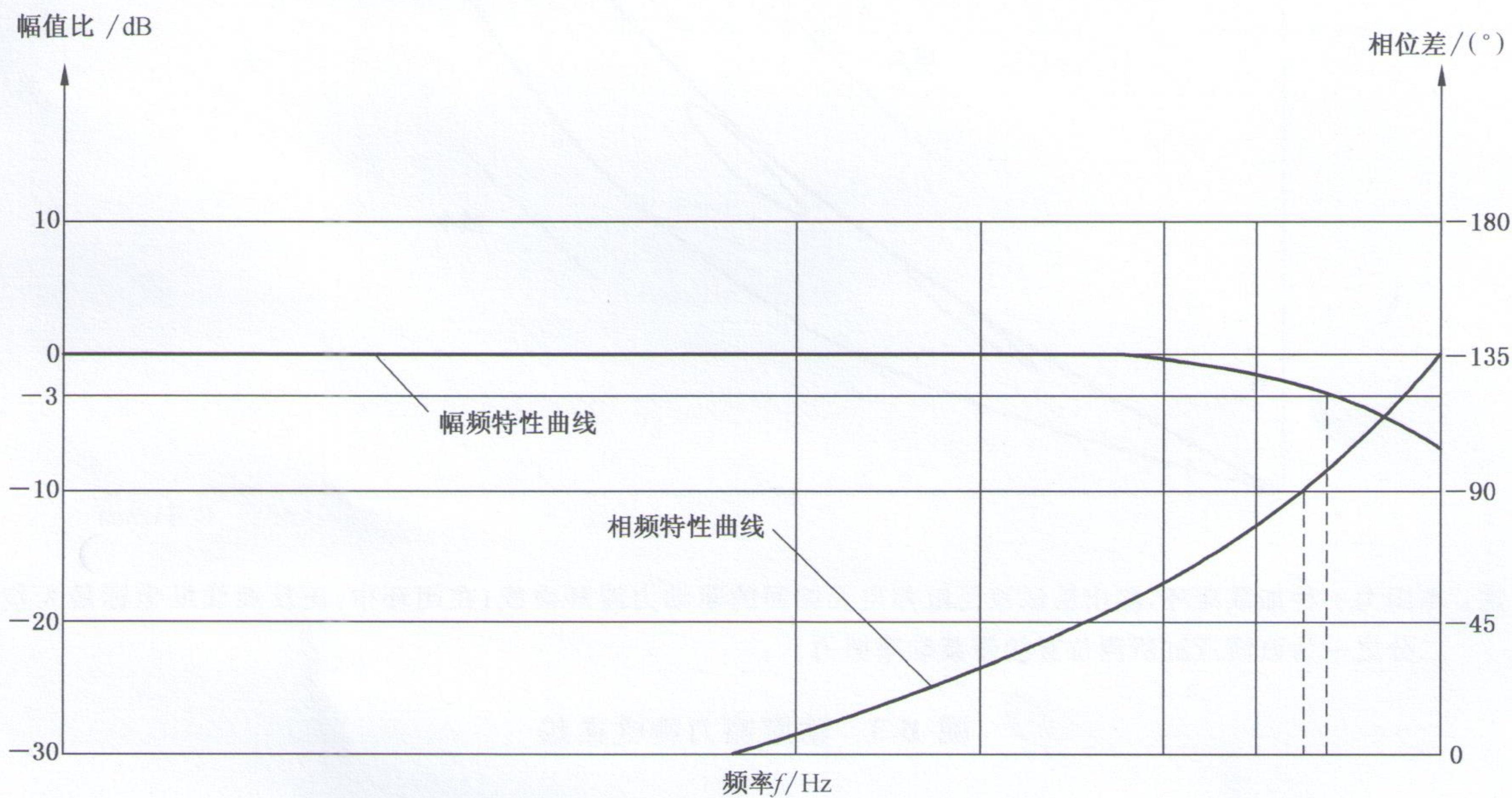


图 B.1 频率响应特性曲线

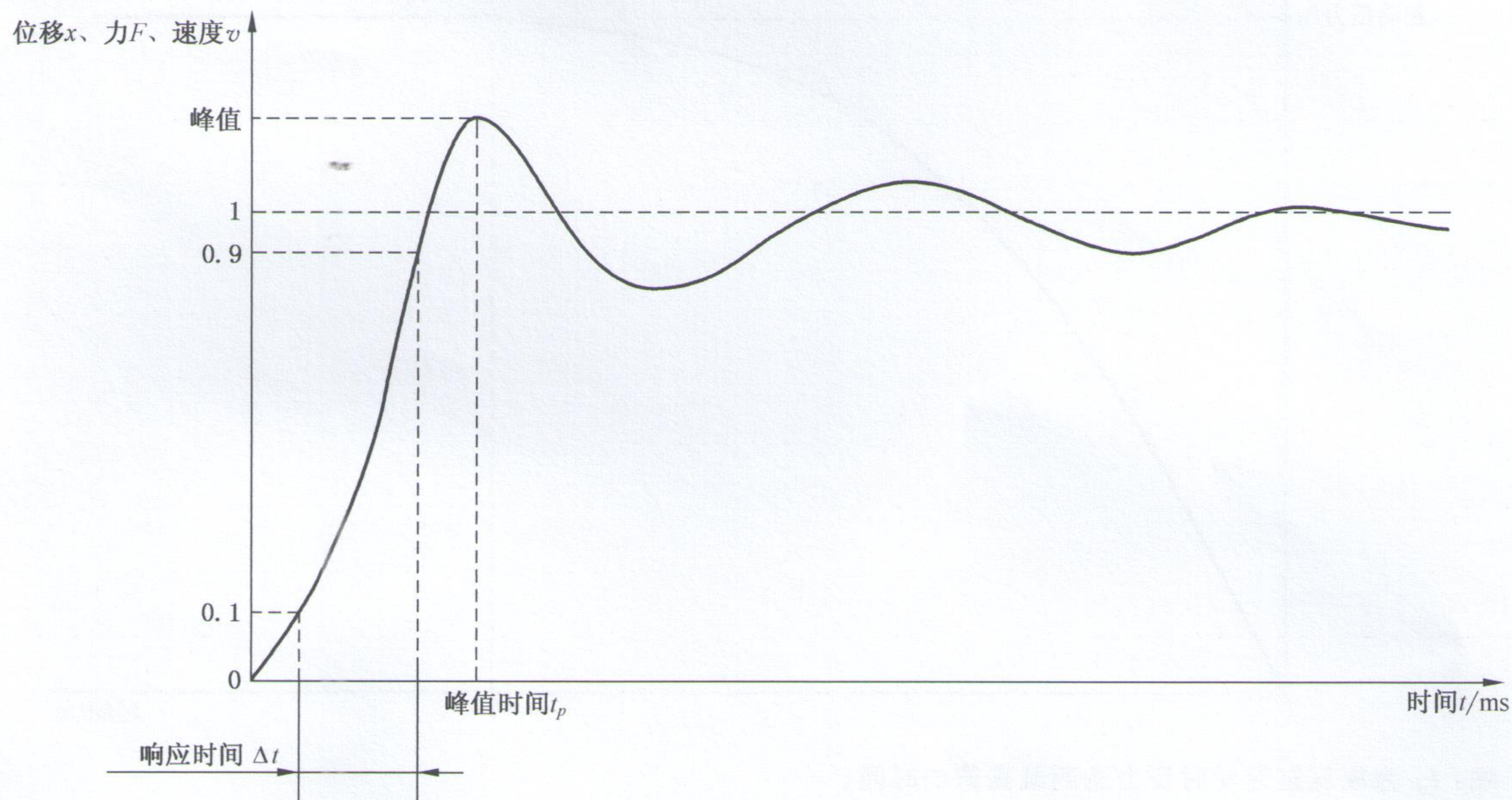
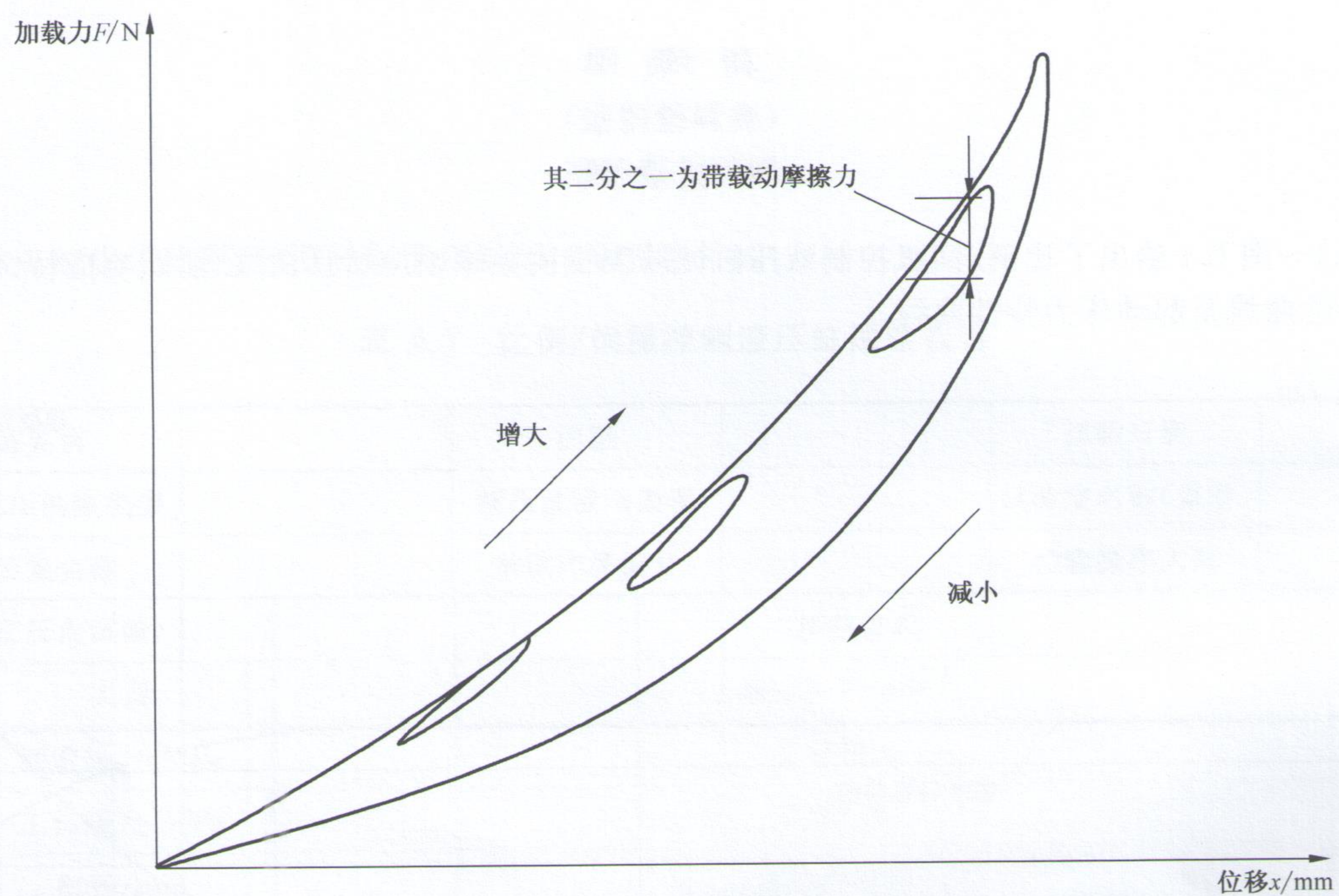
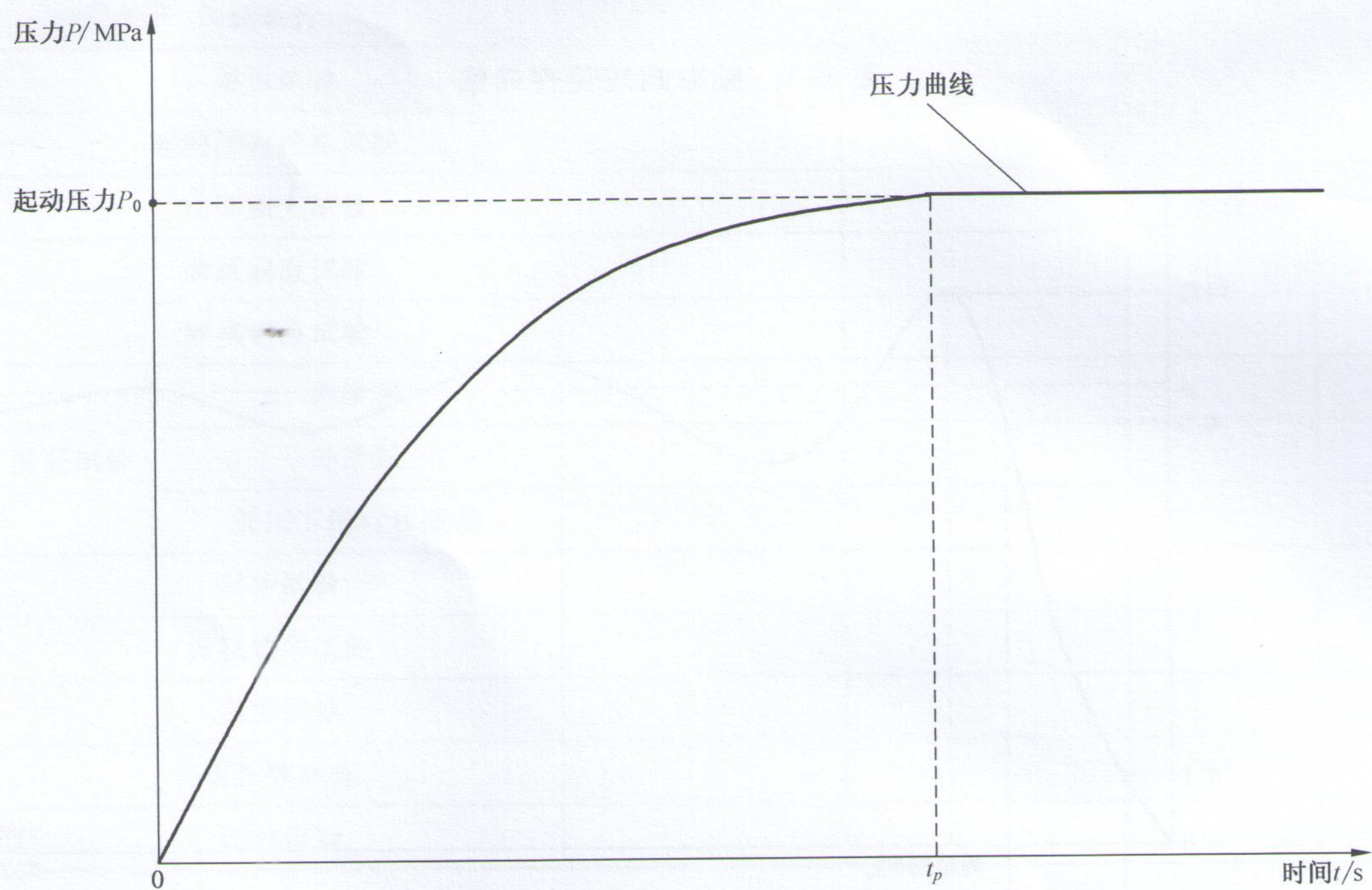


图 B.2 阶跃响应特性曲线



注：本图作为一种加载滞环，测出被试液压缸伸出及缩回的驱动力滞环曲线；在闭环中，正反曲线纵坐标最大差值的二分之一为该液压缸所测位置的带载动摩擦力。

图 B.3 动摩擦力特性曲线



注： t_p 为液压缸启动时压力达到最高值的时间。

图 B.4 启动压力特性曲线