



# Q/XOJX

## 广州市新欧机械有限公司企业标准

Q/XOJX 003-2022

### 步进电机控制的数字液压调速阀

Hydraulic fluid power □ Stepping motor operated digital flow –  
control valve

2022-08-05 发布

2022-09-01 实施

广州市新欧机械有限公司 发布



## 前言

本标准严格按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写规则》的要求进行编写。

本标准由广州市新欧机械有限公司，广州广电计量检测股份有限公司，哈尔滨工业大学，东北林业大学，哈尔滨理工大学，提出并起草。

本标准主要起草人：王起新，侯小华，明志茂，赵可沦，姜继海，张健，张洋，张祺政，王晓晶，梁若霜，王辉秋。

步进电机控制的数字液压调速阀



## 1 范围

本标准规定了液压传动用步进电机控制的数字液压调速阀的定义、图形符号、型号、基本参数和标志、技术要求、试验方法、检验规则和包装等要求。

本标准适用于以矿物油型液压油或性能相当的其他液体为工作介质，采用步进电机控制的数字液压调速阀。

## 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 17446 流体传动系统及元件词汇

GB/T 20638 步进电机通用技术条件

JB/T 6760 步进电机控制器通用技术条件

QB/T 4928工业用缝纫机 步进电机通用技术条件

GB/T 39568 驱动微电机通用技术要求

GB 755 旋转电机 定额和性能

GB/T 7345 控制电机基本技术要求

GB/T 3797 电气控制设备

GB/T 29825 机器人通信总线协议

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 4728.1 电气简图用图形符号第1部分：一般要求

GB/T 2900.26 电工术语 控制电机

GB 3100 国际单位制及其应用

JB/T 2184 液压元件型号编制方法

GB/T 7935 液压元件通用技术条件

GB/T 2346 流体传动系统及元件公称压力系列

GB/T 8098 液压传动 带补偿的流量控制阀安装面

GB/T 2514 液压传动 四油口方向控制阀安装面



JB/T 5963 液压二通、三通、四通螺纹式插装阀插装孔

GB/T 37963 电子设备可靠性预计模型及数据手册

JB/T 10366 液压调速阀

JB/T 7858 液压元件清洁度评定方法及液压元件清洁度指标

GB/T 29618.301现场设备工具（FDT）接口规范 第301部分：通信行规集成FF现场总线规范

GB/T 17948.7旋转电机 绝缘结构功能性评定 总则

GB/T 17489 液压颗粒污染分析从工作系统管路中提取液样

GB/T 14039 液压传动 油液固体颗粒污染等级代号

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 13384 机电产品包装技术通用条件

### 3 术语和定义

GB/T 17446、GB/T 20638、JB/T 6760、QB/T 4928、GB/T 39568、GB 755、GB/T 7345、GB/T 3797和GB/T 29825界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了GB/T 17446、GB/T 20638、JB/T 6760、QB/T 4928、GB/T 39568、GB 755、GB/T 7345、GB/T 3797和GB/T 29825中的某些术语和定义。

#### 3.1 步进电机控制的数字液压调速阀

步进电机控制的数字液压调速阀 stepping motor operated digital flow – control valve

采用步进电机进行驱动的、用数字信号进行控制的液压调速阀称为步进电机控制的数字液压调速阀。

#### 3.2 图形符号

图形符号 graphic symbol

图形符号见图 1。

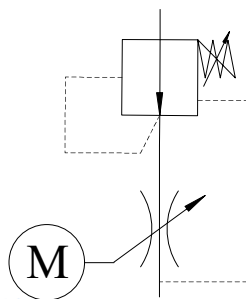


图1 步进电机控制的数字液压调速阀图形符号

### 3.3 公称通径

公称通径 nominal port dimension

步进电机控制的数字液压调速阀名义上规定的油口尺寸。

### 3.4 最小控制流量

最小控制流量 minimum control flow

步进电机控制的数字液压调速阀出口压力全幅变化（0~0.9 倍额定压力）时，输出流量（阀口开度）的偏差仍在允许范围内的最小输出流量（阀口最小开度），也称为流量调节范围的下限值。

### 3.5 最大流量

最大流量 maximum flow

超过额定流量而又能保证步进电机控制的数字液压调速阀基本功能的流量极限值。

### 3.6 额定流量

额定流量 rated flow

在规定的步进电机控制的数字液压调速阀节流口压降下，对应于调节流量范围上限值（阀口最大开度）的输出流量。

### 3.7 试验流量

试验流量 test flow

测试步进电机控制的数字液压调速阀性能时规定的输出流量。

### 3.8 流量分辨率



流量分辨率 Flow resolution

数字调速阀速对液压系统流量控制的精度。

### 3.9 最低控制压力

最低控制压力 minimum control pressure

步进电机控制的数字液压调速阀能正常稳定工作的最低压力，也称为工作压力范围的下限值。

### 3.10 最高控制压力

最高工作压力 maximum control pressure

步进电机控制的数字液压调速阀在稳态工况下，其各个油口预期工作的最高压力，也称为工作压力范围的上限值。

### 3.11 响应频率

响应频率 response frequency

当恒幅正弦输入信号在规定频率范围内变化时，步进电机控制的数字液压调速阀控制流量对输入电流的复数比。

### 3.12 单步响应

单步响应 single step response

控制数字液压调速阀的步进电机对单步指令的响应。

### 3.13 响应速度

响应速度 response speed

在输入指令后，步进电机控制的数字液压调速阀阀芯调整到液压系统所需指标使用的时间。

### 3.14 瞬态响应

瞬态响应 transient response

输入阶跃信号时，步进电机控制的数字液压调速阀输出的跟踪特性。

### 3.15 位移精度

位移精度 accuracy of displacement



在步进电机控制的数字液压调速阀在调整阀芯位移时，阀芯能够按照预期要求达到指定位置的指标。

### 3.16 稳态误差

稳态误差 the steady state error

时间趋于无穷大时，步进电机控制的数字液压调速阀所在系统的稳态输出与期望输出的偏差。

### 3.17 幅值比

幅值比 amplitude than

在某频率范围内，步进电机控制的数字液压调速阀控制流量幅值对正弦输入电流幅值比。

### 3.18 相位滞后

相位滞后 phase lag

在规定频率范围内，步进电机控制的数字液压调速阀正弦输出跟踪正弦输入电流的瞬时时间差。在一个特定的频率下测量，以角度表示。

### 3.19 调节时间

调节时间 adjust the time

从输入指令开始到步进电机控制的数字液压调速阀所在系统响应输出进入并且不再超出稳态误差带的最短时间。

### 3.20 零位

零位 null

负载压降为零时，步进电机控制的数字液压调速阀使控制流量为零时的输出级相对几何位置。

### 3.21 零位区域

零位区域 null region

零位附近，步进电机控制的数字液压调速阀流量增益受遮盖和内漏等参数影响的区域。

### 3.22 死区

死区 dead zone





步进电机控制的数字液压调速阀不能引起行程有任何变化的正反方向输入信号的区间，以信号值范围的百分数表示。

### 3.23 重复精度

重复精度 repeat accuracy

步进电机控制的数字液压调速阀阀芯位移按照指定要求多次重复到达某一位置后的位移偏差。

### 3.24 滞环

滞环 hysteresis

在正反向脉冲信号之间，以小于测试设备动态特性起作用的速度循环，步进电机控制的数字液压调速阀对于产生相同输出的往与返的输入脉冲信号的最大值，以其与额定脉冲当量的百分比表示为滞环。

### 3.25 最高运行频率

最高运行频率 maximum slew frequency

步进电机保持不失步而数字调速阀空载运行的最高脉冲频率。

### 3.26 控制单元

控制单元 the control unit

能够控制步进电机控制的数字液压调速阀相关结构运动并与环境设备或与使用者进行通信，包括控制器和步进驱动器以及各种接口的具有逻辑控制和动力功能的系统。

### 3.27 步进

步进 step

电机转子按从一个单拍励磁位置到下一个单拍励磁位置的转动。

### 3.28 步进电机

步进电机 stepper motor

一种同步电机，它的定子绕组按一定程序励磁时，其转子按一定角位移（或直线位移）做增量运动。





### 3.29 步进电机控制器

步进电机控制器 stepper motor driver

能够完成位置或者速度控制指令的要求，并向步进电机输出功率的装置，一般由控制电路和驱动电路组成。

### 3.30 混合式步进电机

混合式步进电机 hybrid stepping motor

用永磁体使低剩磁材料转子磁极极化的步进电机。

### 3.31 永磁式步进电机

永磁式步进电机 permanent magnet stepping motor

具有永磁转子磁极的步进电机。

### 3.32 额定电流

额定电流 rated current

在额定电压和额定转速下不超出额定温度时电流的有效值。

### 3.33 峰值电流

峰值电流 peak current

在规定条件下，不使电机损坏或性能不可逆下降的短时电流的最大值。

### 3.34 额定电压

额定电压 the rated voltage

液压系统中正常工作时对步进电机控制的数字液压调速阀供电电压。

### 3.35 牵出转矩

牵出转矩 pull-out torque

在规定驱动条件下，步进电机在给定脉冲频率下运行，不丢步时转轴上所能承受的最大负载转矩。

### 3.36 匹配转矩



匹配转矩 Match the torque

调速阀的根据液压系统要求进行调节时，电机按照额定功率驱动阀芯时输出的转矩。

### 3.37 峰值转矩

峰值转矩 peak torque

在规定条件下，当施加最大允许峰值电流时电机产生的最大转矩。

### 3.38 功率

#### 3.38.1 额定功率 rated power

在连续工作区内，步进电机控制的数字液压调速阀中电机所输出的最大功率。

#### 3.38.2 空载功率 No-load power

步进电机控制的数字液压调速阀的阀芯在调整完成后，维持数字阀工作状态所需的功率。

#### 3.38.3 峰值功率 peak power

步进电机控制的数字液压调速阀调整过程中，所需的最大功率。（考虑到阀芯受阻，系统压力突变等情况使得驱动阀芯的功率陡增）

#### 3.38.4 匹配功率 matching power

根据基阀的使用特性，得到驱动阀芯最合适的功率，以此作为电机选用的标准。

#### 3.38.5 持续功率 sustained power

步进电机控制的数字液压调速阀阀芯在不停止的情况下完成一个周期时的功率。

### 3.39 位置误差

位置误差 positional error

步进电机空载时按步进序列运行后，实际输入位置与理论位置的偏差，用基本步距角的百分数表示。

### 3.40 超调或瞬时超调

超调或瞬时超调 overshoot or transient overshoot

由于步进电机的轴旋转位置超出最终指令位置的角度（量）导致阀芯位置超出最终指令位置。

### 3.41 旋转方向



驱动方向 direction of motion

在步进电机控制的数字液压调速阀中采用的电机从轴伸出的方向看去，电机轴顺时针旋转阀芯移动的方向。

### 3.42 脉冲当量

脉冲当量 pulse equivalency

在采用步进电机控制的数字液压调速阀中对应于每一个数字脉冲信号的步进电机控制的数字液压调速阀阀芯行程。例如：1000 个脉冲数字调速阀阀芯移动 1 mm，其脉冲当量为 0.001 mm/脉冲。

### 3.43 脉冲频率

脉冲频率 pulse rate

能使步进电机控制数字阀依次产生步进运动的频率。

### 3.44 总线

总线 bus

在采用步进电机控制的数字液压调速阀中所有节点以双向传输的方式接入网络的网络通讯拓扑。

### 3.45 物理层

物理层 physical layer

在采用步进电机控制的数字液压调速阀中实现 CAN 节点连接到总线上的电气回路（总线比较器和总线驱动器），它由模拟电路，数字电路以及 CAN 总线上的模拟信号与 CAN 节点内部数字信号接口电路三部分组成。

注：CAN 总线上所允许连接的最大节点数取决于 CAN 总线的电气负载。

### 3.46 总线的物理介质

总线的物理介质 physical media (of the bus)

在采用步进电机控制的数字液压调速阀中用于信号传输的一对屏蔽或非屏蔽双绞线。

### 3.47 帧

帧 frame



在采用步进电机控制的数字液压调速阀中数据链路层协议数据单元，其指定传送序列中的位或位字段的排列和含义。

### 3.48 节点

节点 node

在采用步进电机控制的数字液压调速阀中连接在通讯网络上，能按照某一通讯协议通过网络进行通讯的设备的集合。注：CAN 节点就是通过 CAN 网络通讯的节点。

### 3.49 协议

协议 protocol

在采用步进电机控制的数字液压调速阀中节点之间信息交换的正式协定或规则，包括帧管理、帧传输和物理层的规范。

## 4 量、符号和单位

单位、符号应按照标准 GB/T 786.1、GB/T 4728.1 和 GB/T 2900.26 规定执行，量、单位与 GB 3100、GB/T 20638、JB/T 6760、和 GB/T 39558 保持一致。

## 5 型号、基本参数和标识

### 5.1 型号

步进电机控制的数字液压调速阀的产品型号宜按 JB/T 2184 的规定编制。

### 5.2 基本参数

步进电机控制的数字液压调速阀的基本参数应包括：公称通径、额定压力、额定流量、最小控制流量、额定转速、额定功率、额定转矩、通讯技术。

### 5.3 标识

应在步进电机控制的数字液压调速阀的产品适当且明显的位置做出清晰和永久的标识。标识的内容应符合 GB/T 7935 中的相关规定，采用的图形符号应符合 GB/T 786.1 的规定。

## 6 技术要求



## 6.1 一般要求

- 6.1.1 步进电机控制的数字液压调速阀的公称压力系列应符合 GB/T 2346 的规定。
- 6.1.2 步进电机控制的数字液压调速阀的板式、管式、片式连接安装面应符合 GB/T 8098 的规定，叠加式连接安装面应符合 GB/T 2514 的规定，插装式安装面应符合 JB/T 5963 的规定。
- 6.1.3 步进电机控制的数字液压调速阀的滑阀机能应符合图纸要求并与铭牌标识一致。
- 6.1.4 制造商应在产品样本及相关资料中说明步进电机控制的数字液压调速阀适用的条件和环境要求。
- 6.1.5 步进电机接线标记、保护接地、寿命、电磁兼容性、电机安全性等各项性能根据使用情况应分别符合 GB/T 20638、JB/T 6760、QB/T 4928、GB/T 39568、GB/T 755、GB/T 7365 中的相关规定。
- 6.1.6 步进电机控制的数字液压调速阀在额定电压和额定转矩下运行，不允许有火花。
- 6.1.7 步进电机控制的数字液压调速阀应至少承受 1000 万次无故障工作运行的寿命实验。
- 6.1.8 步进电机控制的数字液压调速阀噪声应符合 GB/T 3797 的规定。
- 6.1.9 步进电机控制的数字液压调速阀电子设备可靠性应符合 GB/T 37963 的规定。
- 6.1.10 步进电机控制的数字液压调速阀其他技术要求应符合 GB/T 7935 中的规定。

## 6.2 功能要求

- 6.2.1 步进电机控制的数字液压调速阀具备电源相序自适应功能。
- 6.2.2 步进电机控制的数字液压调速阀远方和就地控制可切换，就地操作控制部分须有保护措施，以防止误操作。
- 6.2.3 步进电机控制的数字液压调速阀具备可时时检测数字调速阀是否处于工作状态的功能。
- 6.2.4 步进电机控制的数字液压调速阀具备紧急操作功能，紧急位置可设定。
- 6.2.5 步进电机控制的数字液压调速阀运行时出现异常情况（阀芯卡滞、数字阀体过热、电压不稳定等）。
- 6.2.6 步进电机控制的数字液压调速阀对运行数据（运行时间、开关次数、故障报警等）进行实时记录。
- 6.2.7 步进电机控制的数字液压调速阀具备数字通信接口，通信协议应符合相关国际或国内通信标准的要求。
- 6.2.8 步进电机控制的数字液压调速阀通信协议应符合相关国际或国内通信标准的要求，并在使用说明上明确标明。

## 6.3 性能要求

- 6.3.1 步进电机控制的数字液压调速阀的工作压力范围、流量调节范围、内泄漏量、压力损失、瞬态特性应符合 JB/T 10366 的规定。



6.3.2 在额定工况下,步进电机控制的数字液压调速阀不应有外渗漏。

6.3.3 步进电机控制的数字液压调速阀应能承受额定压力的1.5倍压力,不应有外渗漏及零件损坏等现象。

6.3.4 在额定工况下,步进电机控制的数字液压调速阀的换向和复位动作应灵活、顺畅,无卡阻和滞后现象。

6.3.5 数字调速阀的防护等级不低于IP 67。

6.3.6 数字调速阀在空载下的噪声,用声级计计量应不大于声压级75dB (A)。

#### 6.4 装配要求

6.4.1 步进电机控制的数字液压调速阀的装配应符合 GB/T 7935 中的规定。

6.4.2 步进电机控制的数字液压调速阀出厂时的内部清洁度应符合 JB/T 7858 的规定。

6.4.3 步进电机控制的数字液压调速阀驱动器的安装方式按产品专用技术条件规定的正常工作方式安装,驱动器应尽可能模拟其实际使用位置进行安装与试验。

6.4.4 所选电机的转动波动率  $KTb$  应小于 7%。

6.4.5 数字调速阀的伺服电机电线连接应符合 GB/T 29618.301 的规定。

6.4.6 数字调速阀电机的绝缘要求应符合 GB/T 17948.7 的规定。

#### 6.5 外观要求

6.5.1 步进电机控制的数字液压调速阀的产品外观根据应能够符合 GB/T 20638、JB/T 6760、GB/T 7935 中的规定。

6.5.2 步进电机控制的数字液压调速阀表面及结构零部件不应有锈蚀、碰伤、划痕、变形和涂覆层剥落,颜色应正确,标志应清楚无误,紧固件连接牢固,引出线或接线端应完整无损。

#### 6.6 数字通讯要求

6.6.1 步进电机控制的数字液压调速阀的脉冲当量的实际值与标定值误差应小于 5%。

6.6.2 步进电机控制的数字液压调速阀在最低脉冲频率为 1 Hz,最高脉冲频率为 3000 Hz 的范围内应能正常工作。

6.6.3 步进电机控制的数字液压调速阀具备数字通信接口,通信协议应符合相关国际或国内通信标准的要求。

6.6.4 步进电机控制的数字液压调速阀采用通讯方式、通讯协议应符合 GB/T 29825 中的相关规定或





相关国际、国内通信标准的要求，并在使用说明上明确标明。

## 7 性能试验

### 7.1 试验装置

#### 7.1.1 试验回路

7.1.1.1 步进电机控制的数字液压调速阀出厂试验台的试验回路应符合图 A.1 的要求。耐压试验台试验回路可以简化。

7.1.1.2 步进电机控制的数字液压调速阀型式试验台的试验回路应符合图 A.2 的要求。耐压试验台试验回路可以简化。

7.1.1.3 试验电源均为所采用的步进电机的额定电压和额定频率。

7.1.1.4 步进电机控制的数字液压调速阀与被试阀连接的管道和管接头的内径应与被试阀的实际通径相一致。

7.1.1.5 步进电机控制的数字液压调速阀允许在给定的基本回路中增设调节压力、流量或保证试验系统安全工作的元件，但不应影响到被试阀的性能。

#### 7.1.2 油源

7.1.2.1 油源的流量应能调节，并应大于被试阀的试验流量。

7.1.2.2 性能试验时，试验装置的油源压力应能短时间超过被试阀额定压力的 20%~30%；耐压试验时，试验装置油源压力应不低于被试阀额定压力的 1.5 倍。

#### 7.1.3 测压点

应按以下要求设置测压点：

a) 测压点应设置在扰动源（如阀、弯头等）和被试阀之间，与扰动源的距离不小于  $10d$ （ $d$  为管道内径），与被试阀的距离尽量接近  $10d$  处；

b) 按 C 级测量准确度测试时，允许测压点的位置与上述要求不符，但应给出相应修正值。

#### 7.1.4 测压孔

测压孔应符合以下要求：

a) 测压孔直径应不小于 1 mm，不大于 6 mm；





- b) 测压孔长度应不小于测压孔直径的 2 倍；
- c) 测压孔轴线和管道轴线垂直，管道内表面与测压孔的交角处应保持锐边，不应有毛刺；
- d) 测压点与测量仪表之间的连接管道的内径不小于 3 mm，并应排除连接管道中的空气。

#### 7.1.5 测温点

测温点应设置在被试阀进口测压点上游不大于 15  $d$  处。

#### 7.1.6 油液取样点

应按照 GB/T 17489 的规定，在试验回路中设置油液取样点及提取液样。

#### 7.1.7 安全防护

试验台的设计、制造以及试验过程应采取必要措施保护人员和设备的安全。

### 7.2 试验条件

#### 7.2.1 试验介质

7.2.1.1 试验介质应为一般矿物油型液压油。

7.2.1.2 试验介质的温度：除明确规定外按 JB/T 10365 进行，出厂试验应在  $50^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$  下进行，型式试验应在  $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  下进行。

7.2.1.3 试验介质的黏度符合 GB/T 15623.1 要求：阀进口处油液运动黏度为  $32 \text{ mm}^2/\text{s} \pm 8 \text{ mm}^2/\text{s}$ （特殊要求另行规定）。

7.2.1.4 试验介质的污染度：试验系统油液的固体颗粒污染度不应高于 GB/T 14039 规定的等级 -/19/16。

#### 7.2.2 稳态工况

7.2.2.1 各被测参量平均显示值的变化范围符合表 1 的规定时为稳态工况。应在稳态工况下测量每个设定点的各个参量。



表 1 被测参量平均显示值的允许变化范围

| 被测参量              | 各测量准确度等级对应的被测参量平均显示值的允许变化范围 |      |      |
|-------------------|-----------------------------|------|------|
|                   | A                           | B    | C    |
| 压力 %              | ±0.5                        | ±1.5 | ±2.5 |
| 流量 %              | ±0.5                        | ±1.5 | ±2.5 |
| 温度 °C             | + 1.0                       | ±2.0 | ±4.0 |
| 黏度 %              | ±5.0                        | ±10  | ±15  |
| 注：测量准确度等级见 7.2.5。 |                             |      |      |

7.2.2.2 型式试验时，试验参量测量读数数目的选择和所取读数的分布情况应能反映被试阀在整个范围内的性能。

7.2.2.3 为了保证试验结果的重复性，试验参量应在规定的时间间隔测得。

7.2.3 瞬态工况

7.2.3.1 加载阀与被试阀之间的相对位置，可用控制其间的压力梯度限制油液可压缩性的影响来确定,其间的压力梯度可用公式（1）计算。

$$\frac{dp}{dt} \leq \frac{q_{Vs} K_s}{V} \tag{1}$$

式中： $q_{Vs}$ ——测试开始前设定的通过被试阀4的稳态流量；

$K_s$ ——油液的等熵体积弹性模量；

$V$ ——被试阀与节流阀之间的油路连通容积。

按上式计算的压力梯度至少应为被试阀实测出口压力变化率的10倍。

7.2.3.2 试验回路中阶跃加载阀的动作时间不应超过被试阀响应时间的 10%，最长不应超过 10 ms。

7.2.4 试验流量

7.2.4.1 试验流量应为额定流量。当规定的被试阀额定流量大于 200 L/min 时，允许试验流量为 200 L/min，但应经工况考核，被试阀的性能指标以满足工况要求为依据。

7.2.4.2 出厂试验允许降流量进行，但应对性能指标给出相应修正值。

7.2.4.3 型式试验时鼓励试验流量大于额定流量，以记录被试阀在最大流量下的工作能力。

7.2.5 测量准确度等级

测量准确度等级按 GB/T 7935 中的规定。型式试验不应低于 B 级，出厂试验不应低于 C 级。各测量准确度等级对应的测量系统的允许误差应符合表 2 的规定。



表 2 测量系统的允许系统误差

| 测量仪器、仪表的参量               | 各测量准确度等级对应的测量系统的允许误差 |           |            |
|--------------------------|----------------------|-----------|------------|
|                          | A                    | B         | C          |
| 压力（表压力 $p < 0.2$ MPa）kPa | $\pm 2.0$            | $\pm 6.0$ | $\pm 10.0$ |
| 压力（表压力 $\geq 0.2$ MPa）%  | $\pm 0.5$            | $\pm 1.5$ | $\pm 2.5$  |
| 流量 %                     | $\pm 0.5$            | $\pm 1.5$ | $\pm 2.5$  |
| 温度 $^{\circ}\text{C}$    | $\pm 0.5$            | $\pm 1.0$ | $\pm 2.0$  |

### 7.2.6 步进电机控制的数字液压调速阀的步进电机

步进电机控制的数字液压调速阀的步进电机应符合 GB/T 20638 的规定。

## 7.3 试验项目与试验方法

### 7.3.1 出厂试验

出厂试验项目与试验方法按表 3 的规定。

表 3 出厂试验项目与试验方法

| 序号 | 试验项目          | 试验方法                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 试验类型 |
|----|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1  | 耐压性           | 打开节流阀 6，将被试阀 4 完全关闭，调节溢流阀 2，调节压力从最低工作压力开始，以每秒 2% 的速率递增，直至被试阀额定压力的 1.5 倍。达到后保压 5 min                                                                                                                                                                                                  | 抽试   |
| 2  | 流量调节范围及最小控制流量 | 使被试阀 4 的进口、出口压差为最低工作压力值，并使溢流阀 2 处于溢流工况。调节被试阀 4 的调节装置从全紧位置至试验流量对应的刻度指示值，随着开度大小的变化，通过流量计 5 观察流量变化情况，并测量流量调节范围。反复试验不少于 3 次<br>将节流阀 6 完全关闭，打开截止阀 13，在被试阀 4 的进口、出口压差为最低工作压力值下，调节被试阀 4，使通过被试阀 4 的流量为最小控制流量。再调节溢流阀 2，使被试阀 4 的进口压力从最低工作压力增至额定压力，通过截止阀 13 的流量，观察被试阀 4 的最小控制流量变化情况，反复试验不少于 3 次 | 必试   |
| 3  | 内泄漏量          | 将节流阀 6 完全关闭，打开截止阀 13，调节被试阀 4 的调节装置至全紧位置，再调节溢流阀 2，使被试阀 4 的进口压力为额定压力。然后，调节被试                                                                                                                                                                                                           |      |



|   |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|---|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|   |                 | <p>阀 4 的调节装置,使被试阀 4 开启再完全关闭,30 s 后,通过量杯 14,测量被试阀 4 的内泄漏量</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
| 4 | 进口压力变化对调节流量的影响  | <p>完全打开节流阀 6,调节被试阀 4,使通过被试阀 4 的流量为最小控制流量。调节溢流阀 2,使被试阀 4 的进口压力从最低工作压力增至额定压力(测量点应不少于 3 点),试验被试阀 4 上进口压力变化时的流量变化率其值按公式(2)计算</p> $\overline{\Delta q_{V1}} = \frac{\Delta q_{V1\max}}{q_{VD}} \times 100\% / \Delta p_1 \quad (2)$ <p>式中: <math>\overline{\Delta q_{V1}}</math>——在给定的调定流量下,当进口压力变化时的相对流量变化率, %/MPa</p> <p><math>\Delta q_{V1\max}</math>——当进口压力变化时,给定的调定流量的最大变化值,单位为升每分(L/min)</p> <p><math>q_{VD}</math>——给定的调定流量,此处为最小控制流量,单位为升每分(L/min)</p> <p><math>\Delta p_1</math>——进口压力变化量,单位为兆帕(MPa)</p>                  |    |
| 5 | 出口压力变化对调节流量的影响  | <p>调节溢流阀 2 至被试阀 4 的额定压力,并调节被试阀 4,使通过被试阀 4 的流量为最小控制流量。再调节节流阀 6,使被试阀 4 的出口压力在额定压力的 5%到 90%之间变化(测量点应不少于 3 点),试验被试阀 4 在出口压力变化时的流量变化率其值按公式(3)计算</p> $\overline{\Delta q_{V2}} = \frac{\Delta q_{V2\max}}{q_{VD}} \times 100\% / \Delta p_2 \quad (3)$ <p>式中: <math>\overline{\Delta q_{V2}}</math>——在给定的调定流量下,当出口压力变化时的相对流量变化率, %/MPa</p> <p><math>\Delta q_{V2\max}</math>——当出口压力变化时,给定调定流量的最大变化值,单位为升每分(L/min)</p> <p><math>q_{VD}</math>——给定的调定流量,此处为最小控制流量,单位为升每分(L/min)</p> <p><math>\Delta p_2</math>——出口压力变化量,单位为兆帕(MPa)</p> | 抽试 |
| 6 | 反向压力损失(仅带单向阀结构) | <p>调节被试阀的调节装置至全紧位置,将手动调速阀换向到右边位置,使反向通过被试阀 4 的流量为试验流量,用压力表 3-2 和压力表 3-1 测量压力,其压差即为被试阀 4 的反向压力损失</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 抽试 |
| 7 | 密封性             | <p>在上述各项试验过程中,目测观察被试阀连接面及各连接处密封情况</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 必试 |



7.3.2 型式试验

型式试验项目与试验方法按表 4 的规定。

表4 型式试验项目与试验方法

| 序号 | 试验项目 | 试验方法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 稳态性能 | <p>a) 按 7.3.1 的规定试验全部项目，并按以下方法试验和绘制特性曲线图：</p> <p>1) 在流量调节范围试验时，应试验不同开度（圈数）下的流量调节特性，其间设定几个开度位置，测量被试阀 4 在不同开度位置时所通过的流量</p> <p>注：流量调节范围的具体数值可参考制造商产品样本及相关资料</p> <p>2) 在内泄漏量试验时，使被试阀 4 的进口压力从 0 逐渐增高到额定压力，其间设定几个测量点（设定的测量点数应足以描出进口压力-内泄漏量曲线），逐点测量被试阀 4 的内泄 漏量，并绘制进口压力-内泄漏量曲线（见图 A.3）</p> <p>3) 在进口压力变化对调节流量影响试验时，把被试阀 4 调到最小控制流量和试验流量，并分别使被试阀 4 的进口压力从最低工作压力逐渐增高到额定压力，其间设定几个测量点（设定的测量点数应足以描出进口压力变化对调节流量影响曲线），逐点测量通过被试阀 4 的流量，并绘制进口压力变化-调节流量影响曲线（见图 A.4）</p> <p>4) 在出口压力变化-调节流量影响试验时，把被试阀 4 调到最小控制流量和试验流量，并分 别使被试阀 4 的出口压力从额定压力的 5%逐渐增高到额定压力的 90%，其间设定几个测量点（设定的测量点数应足以描出出口压力变化-调节流量的影响曲线），逐点测量通过被试阀 4 的流量，并绘制出口压力变化-调节流量影响曲线（见图 A.5）</p> <p>5) 在反向压力损失试验时，使反向通过被试阀 4 的流量从 0 逐渐增大到试验流量，其 间设 定几个测量点（设定的测量点数应足以描出流量-反向压力损失曲线），逐点测量被试阀 4 的反向压力损失，并绘制流量-反向压力损失曲线（见图 A.6）</p> <p>b) 油温变化-调节流量的影响试验按以下步骤进行：</p> <p>完全打开节流阀 6-1，在 20 ℃下调节溢流阀 2-1,使被试阀 4 的进口压力为 6.3 MPa，并在使通过被试阀 4 的流量为最小流量的 2 倍和试验流量两种情况下，分别使被试阀 4 的进 口油温从 20℃逐渐提高到 70℃，每升高油温 10℃测一次流量，计算油温变化时的相对流量变化率其值按公式（4）计算</p> |



|   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |      | $\overline{\Delta q_{Vt}} = \frac{\Delta q_{V \max}}{q_{Vn}} \times 100\% / \Delta t \quad (4)$ <p>式中：<math>\overline{\Delta q_{Vt}}</math>——在给定的调定流量下，当油温变化时的流量变化率，%/℃</p> <p><math>\Delta q_{V \max}</math>——当油温变化时，给定调定流量的最大变化值，单位为升每分钟（L/min）</p> <p><math>q_{Vn}</math>——给定的调定流量，此处为最小控制流量的 2 倍和试验流量，单位为升每分钟（L/min）</p> <p><math>\Delta t</math>——油温变化量，单位为℃</p> <p>并绘制油温变化-调节流量影响曲线（见图 A.7）</p> <p>c) 调节力矩试验按以下步骤进行：</p> <p>调节溢流阀 2-1 和节流阀 6-1，使通过被试阀 4 的出口压力为额定压力的 90%，使通过被试阀 4 的流量为试验流量。然后，再调节被试阀 4，使通过被试阀 4 的流量从试验流量逐渐减小到最小控制流量，再从最小控制流量逐渐增大到试验流量（被试阀 4 调节过程中，出口压力允许变化），用力矩测量仪测量被试阀 4 调节过程中的调节力矩，并记录力矩最大值</p>                                                                                                                                                            |
| 2 | 瞬态性能 | <p>瞬态特性测试系统方框图见图 A.8，试验方法如下：</p> <p>a) 将手动调速阀 7-1 换向至右边位置，调节溢流阀 2-1，使被试阀 4 的进口压力为额定压力，并使通过被试阀 4 的流量为试验流量 <math>q_{Vs}</math></p> <p>b) 将电磁调速阀 7-2 换向至右边位置，使液控单向阀 8 反向关闭，调节节流阀 6-1，使 <math>q_{Vs}</math> 通过节流阀 6-1 时压差 <math>\Delta p_1</math> 为被试阀 4 额定压力的 90%，用公式（5）计算出节流阀 6-1 的计算系数 <math>K</math>。<math>\Delta p_1</math> 为压力表 3-2 和压力表 3-3 的读数差</p> $K = \frac{q_{Vs}}{\sqrt{\Delta p_1}} \quad (5)$ <p>c) 将电磁调速阀 7-2 换向到左边位置，使液控单向阀 8 反向开启，调节节流阀 6-2，使 <math>q_{Vs}</math> 过节流阀 6-1 和节流阀 6-2 并联油路时的压差 <math>\Delta p_2</math> 为被试阀 4 额定压力的 10%，<math>\Delta p_2</math> 仍为压力表 3-2 和压力表 3-3 的读数差。用公式（6）计算出的流量可以作为被试阀 4 在瞬态过程中的起始流量，即作为被试阀 4 瞬态响应时间的起始时刻</p> $q_{V1} = K \sqrt{\Delta p_2} \quad (6)$ <p>d) 将电磁调速阀 7-2 换向到右边位置，使液控单向阀 8 由开至关，造成一个压力阶跃。用以下两种方法中的一种测量和记录瞬态特性：</p> |





|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>1) 间接法:</p> <p>此法用压力传感器 3-2 和压力传感器 3-3 测出节流阀 6-1 的瞬时压差<math>\Delta p</math>, 用公式 (7) 求出通过被试阀 4 的瞬时流量引。利用记录下的<math>\Delta p-t</math> 曲线, 按公式 (7) 可逐点对应地计算出瞬时流量<math>q_v</math>从而描出图 A.9 所示的<math>q_{v-t}</math> 曲线, 并从该图中计算出被试阀 4 的响应时间、瞬态恢复时间和流量超调率</p> $q_v \propto K \sqrt{\Delta p} \tag{7}$ <p>2) 直接法:</p> <p>此法用压力传感器 3-2 和压力传感器 3-3 测出节流阀 6-1 的瞬时压差<math>\Delta p</math>, 并用流量传感器 5 测出通过被试阀 4 的瞬时流量, 由于节流阀 6-1 的瞬时压差<math>\Delta p</math> 与被试阀 4 的瞬时流量可近似认为是同相位的, 所以可用压力传感器来校核流量传感器相位的准确性。从记录的<math>\Delta p-t</math> 曲线和<math>q_{v-t}</math> 曲线 (见图 A.9), 可计算出被试阀 4 的响应时间、瞬态恢复时间和流量超调率</p> |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

8 装配和外观检验

步进电机控制的数字液压调速阀的表面及结构零部件不应有锈蚀、碰伤、划痕、变形和涂覆层剥落, 颜色应正常, 标识应清楚无误, 紧固件应连接牢固, 引出线或接线端应完整无损。装配和外观检验按表 5 的规定。

表 5 装配和外观检验

| 序号 | 检验项目      | 检验方法            | 检验类型 |
|----|-----------|-----------------|------|
| 1  | 装配质量      | 目测法             | 必检   |
| 2  | 出厂时的内部清洁度 | 按 JB/T 7858 的规定 | 抽检   |
| 3  | 外观质量      | 目测法             | 必检   |

9 检验规则

9.1 检验分类

产品检验分出厂检验和型式检验。

9.2 出厂检验

出厂检验系指产品交货前应进行的各项检验。

出厂检验项目与试验方法按 7.3.1 的规定, 性能要求应符合 6.3 的规定, 装配和外观检验按第 8





章的规定，质量应符合 6.4 和 6.5 的要求。

### 9.3 型式检验

型式检验系指对产品质量进行全面考核，即按标准规定的技术要求进行全面检验。凡属下列情况之一时，进行型式检验：

- a) 新产品研制或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能；
- c) 产品长期停产后，恢复生产；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异；
- e) 国家质量监督机构提出进行型式检验要求。

型式检验项目与试验方法按 7.3.2 的规定，性能要求应符合 6.3 的规定；装配和外观检验按第 8 章的规定，质量应符合 6.4 和 6.5 的要求。

### 9.4 抽样

#### 9.4.1 产品检验的抽样方案按 GB/T 2828.1 中第 10 章的规定。

注：此抽样方案仅适用于产品出厂或验收的检验。

#### 9.4.2 出厂检验抽样应符合以下要求：

- a) 接收质量限（AQL）值：2.5；
- b) 抽样方案类型：正常检查一次抽样方案；
- c) 检查水平：一般检查水平 II；耐压性试验样本大小为 0.3%，但不应少于 2 台。

#### 9.4.3 型式检验抽样应符合以下要求：

- a) 接收质量限（AQL）值：2.5 [6.5]；
- b) 抽样方案类型：正常检查一次抽样方案；
- c) 样本大小：5 台[2 台]。

注：方括号内的数值仅适用于耐久性试验。

#### 9.4.4 内部清洁度检验抽样应符合以下要求：

- a) 接收质量限（AQL）值：2.5；



- b) 抽样方案类型：正常检查一次抽样方案；
- c) 检查水平：特殊检查水平 S-2。

#### 9.5 判定规则

按 GB/T 2828.1 中的规定。

#### 10 包装

步进电机控制的数字液压调速阀的阀体包装应符合GB/T 7935中的规定，步进电机包装应符合GB/T 13384中的规定。特殊要求可另行规定。



## 附录 A

(规范性附录)

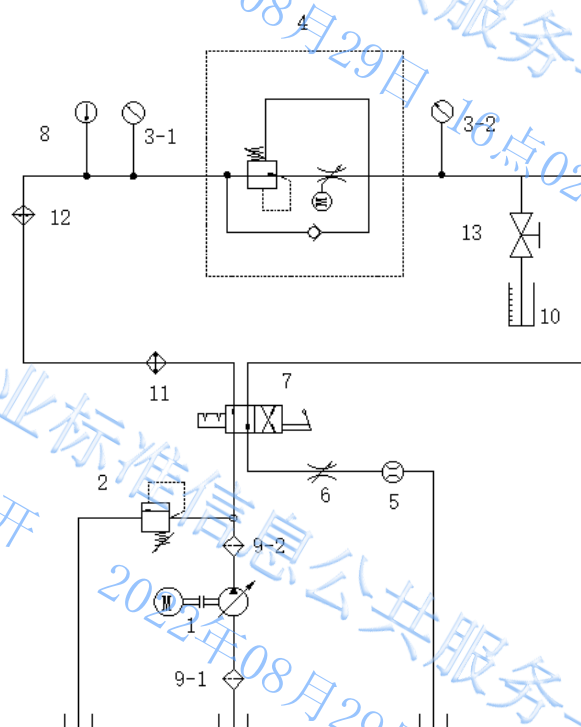
### 试验回路和性能曲线

#### A.1 试验回路

A.1.1 出厂试验回路原理图见图A.1。

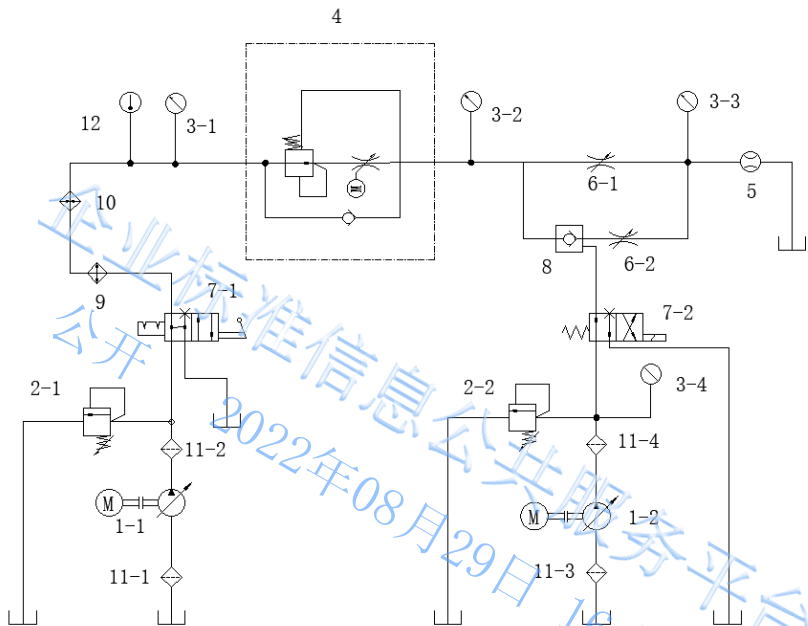
A.1.2 型式试验回路原理图见图A.2。

对于瞬态试验，在压力表3-2、压力表3-3处还应接入压力传感器；且如采用第二种方法 - 直接法，还应在5 - 流量计处接入流量传感器。



1 - 液压泵；2 - 溢流阀；3-1、3-2 - 压力表；4 - 被试阀；5 - 流量计；6 - 节流阀；7 - 手动调速阀；8 - 温度计；  
9-1、9-2 - 过滤器；10 - 量杯；11 - 冷却器；12 - 管路加热器；13 - 截止阀。

图A.1 出厂试验回路原理图



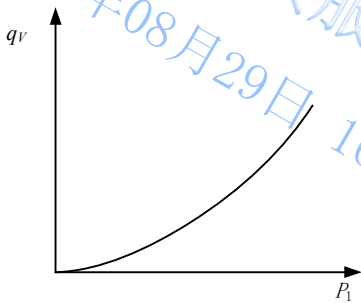
1-1、1-2 - 液压泵；2-1、2-2 - 溢流阀；3-1、3-2、3-3、3-4 - 压力表；4 - 被试阀；5 - 流量计；6-1、6-2 - 节流阀；

7-1 - 手动调速阀；7-2 - 电磁调速阀；8 - 液控单向阀；9 - 冷却器；10 - 管路加热器；11-1、11-2、11-3、11-4 - 过滤器；12 - 温度计。

图A.2 型式试验回路原理图

A.2 特性曲线

A.2.1 进口压力 - 内泄漏量曲线见图A.3。



图A.3 进口压力 - 内泄漏量曲线

A.2.2 进口压力变化 - 调节流量影响曲线见图A.4。

A.2.3 出口压力变化 - 调节流量影响曲线见图A.5。

A.2.4 流量 - 反向压力损失曲线见图A.6。



- A. 2. 5 油温变化 - 调节流量影响曲线见图A. 7。
- A. 2. 6 瞬态特性测试系统方框图见图A. 8。
- A. 2. 7 瞬态特性曲线见图A. 9。

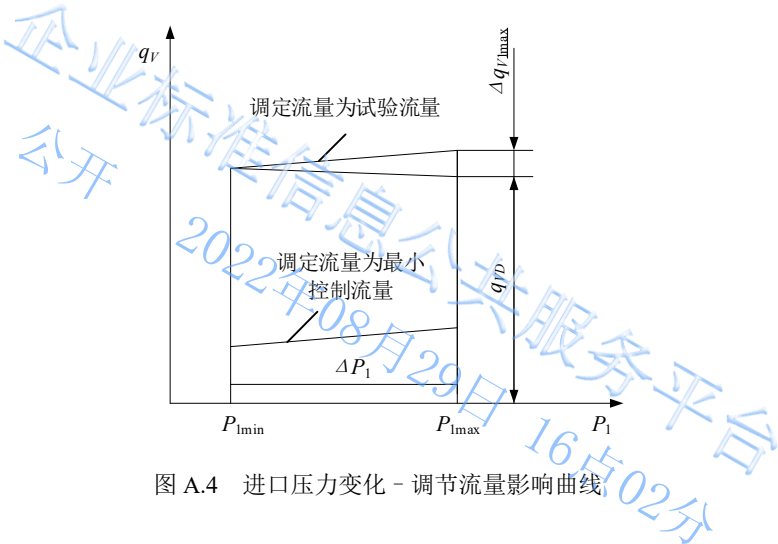


图 A.4 进口压力变化 - 调节流量影响曲线

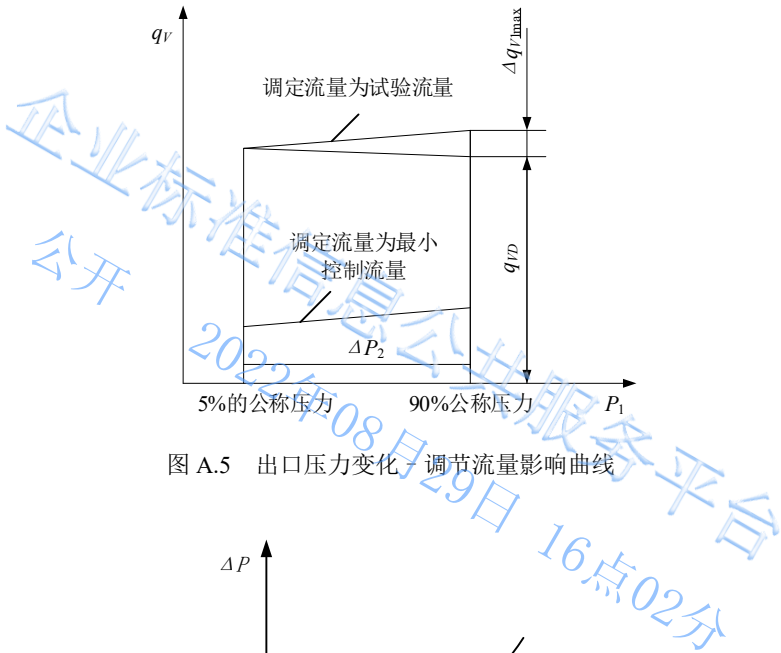


图 A.5 出口压力变化 - 调节流量影响曲线

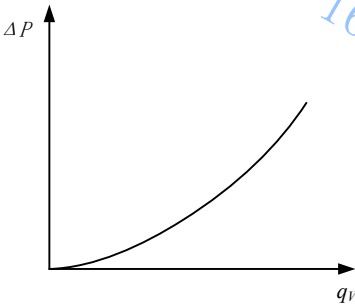


图 A.6 流量 - 反向压力损失曲线

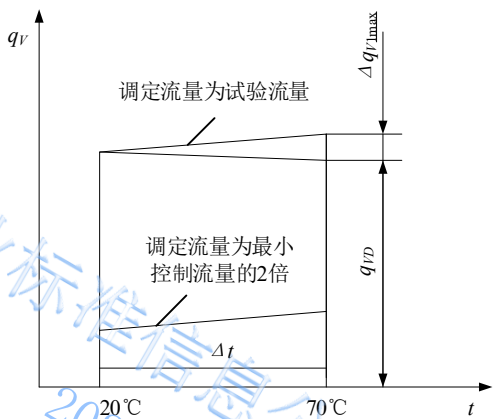
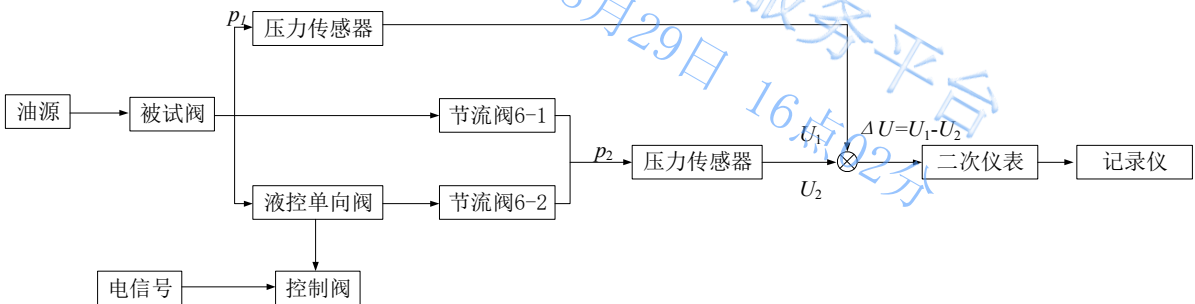
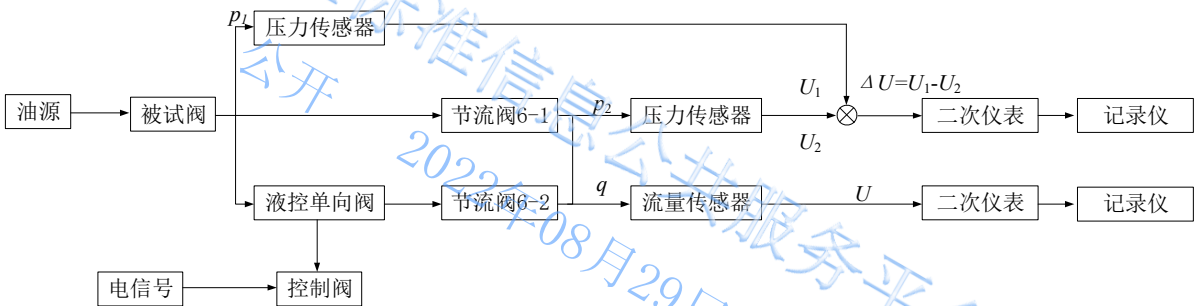


图 A.7 油温变化 - 调节流量影响曲线



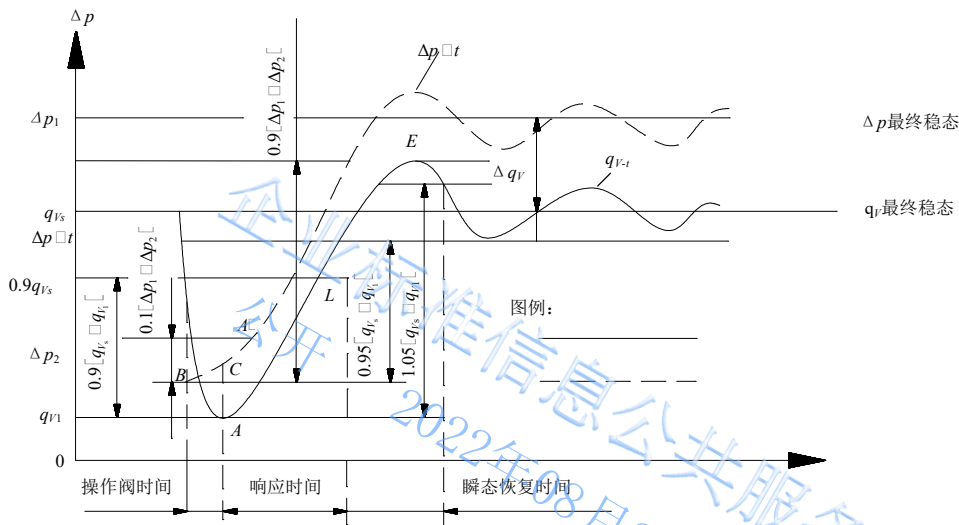
a) 第一种方法 - 间接法



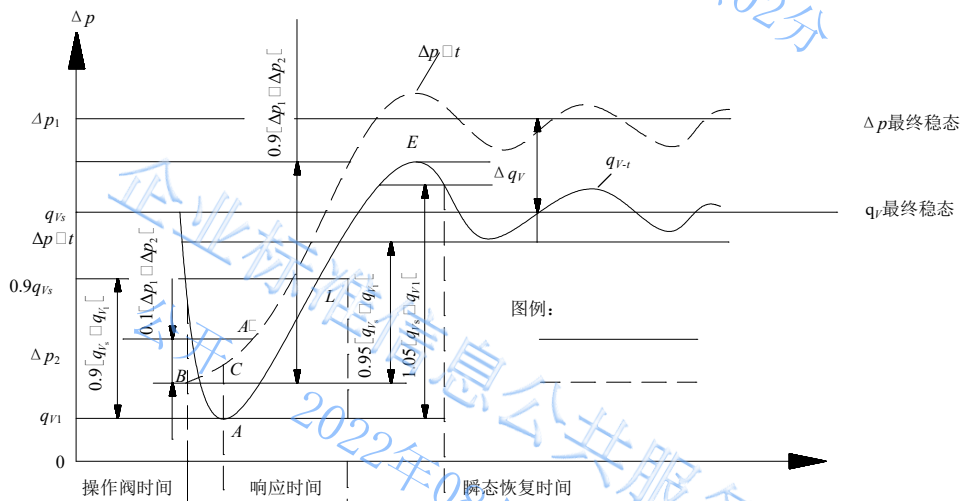
b) 第二种方法 - 直接法

图 A.8 瞬态特性测试系统方框图





第一种方法 - 间接法的瞬态特性曲线



第二种方法 - 直接法的瞬态特性曲线

图 A.9 瞬态特性曲线

用公式 (8)计算出流量超调量 $\Delta q_v$ 。相对于稳态流量  $q_{vs}$  的百分比，即流量超调率  $\overline{\Delta q_v}$ 。

$$\overline{\Delta q_v} = \frac{\Delta q_v}{q_{vs}} \times 100\% \tag{8}$$

A、B 点间的压力变化率为被试阀 4 实测出口压力变化率。

E 点处的后一个波形应落在给定的限制线内，否则 E 点应后移，直至满足要求为止。E 点为被试阀 4 态恢复过程的最终时刻。

注 1:  $q_{v1}$  为按公式 (6) 求得的计算流量，此流量作为被试阀 4 瞬间响应的起始时刻，称  $q_{v1}$



为起始流量。

注 2:  $q_{Vs}$  为调定的稳态流量, 此流量即为试验方法中被试阀 4 的试验流量。

注 3:  $\Delta p_1$ , 为  $\Delta q_{Vs}$  通过节流阀 6-1 时调定的压差, 称  $\Delta p_1$ , 为最终稳态压差。

注 4:  $\Delta p_2$  为通过节流阀 6-1 和节流阀 6-2 并联油路时调定的压差, 称  $\Delta p_2$  为起始稳态压差。

注 5: 操作阀时间是指阶跃加载阀 (图 B.2 中的液控单向阀 8) 开启过程所用时间。

注 6: 对于第一种方法,  $\Delta p$  开始上升的 B 点为阶跃加载阀动作的起始时刻,  $q_v$  开始上升的 A 点为阶跃加载阀动作的最终时刻; 对于第二种方法,  $q_v$  由  $q_{Vs}$  开始下降的时刻为阶跃加载阀动作的起始时刻,  $q_v$  开始上升的 A 点为阶跃加载阀动作的最终时刻。



## 参考文献

- [1] GB/T 15623.1-2018, 液压传动 电调制液压控制阀 第1部分: 四通方向流量控制阀试验方法. 2018-02-06 发布, 2018-09-1, 实施, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中国国家标准化管理委员会.
- [2] JB/T 10365-2002, 液压电磁换向阀. 2014-07-09 发布, 2017-11-01, 实施, 中华人民共和国工业和信息化部.
- [3] GB/T 29825-2013, 机器人通信总线协议. 2013-11-12 发布, 2014-04-01, 实施, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中国国家标准化管理委员会.
- [4] GB/T 20638-2006, 步进电机通用技术条件. 2006-11-08 发布, 2007-04-01, 实施, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中国国家标准化管理委员会.
- [5] JB/T 6760-1993, 步进电机控制器通用技术条件. 1993-08-21 发布, 1993-10-01, 实施, 行业标准-机械.
- [6] QB/T 4928-2016, 工业用缝纫机 步进电机通用技术条件. 2016-01-15 发布, 2016-07-01, 实施, 中华人民共和国工业和信息化部.
- [7] GB/T 13854-2008, 射流管电液伺服阀. 2008-03-03 发布, 2008-09-01, 实施, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中国国家标准化管理委员会.
- [8] GB/T 10844-2007, 船用电液伺服阀通用技术条件. 2007-02-09 发布, 2007-08-01, 实施, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中国国家标准化管理委员会.
- [9] GB/T 28270-2012, 智能型阀门电动装置. 2012-05-11 发布, 2012-12-01, 实施, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中国国家标准化管理委员会.