

# 团 体 标 准

T/CAAMTB XXXX—XXXX

## 电子液压制动系统用新型电磁阀性能要求 及测试方法

Technical requirements and test methods for new type solenoid valve of electro-hydraulic brake system

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国汽车工业协会 发布

## 目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 试验相关要求.....	2
样件要求.....	3
测量系统要求.....	2
其他要求.....	3
4.1 性能要求.....	3
4.2 流量.....	3
4.3 泄漏.....	3
5.1 响应时间.....	4
5.2 开闭功能.....	4
5.3 开启压力.....	4
5.4 离座电流.....	4
5.5 弹簧最大密封压力.....	4
5.6 耐压性能.....	4
5.7 工作噪声.....	4
5.8 工作耐久性.....	4
5.9	
5.10	
6.1 测试方法.....	5
6.2 流量.....	5
6.3 泄漏.....	5
6.4 响应时间.....	6
6.5 开闭功能.....	7
6.6 开启压力.....	7
6.7 离座电流.....	8
6.8 弹簧最大密封压力.....	8
6.9 耐压性能.....	9
6.10 工作噪声.....	9
工作耐久性.....	9

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国汽车工业协会标准法规工作委员会汽车制动系统专业委员会提出。

本文件由中国汽车工业协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

# 电子液压制动系统用新型电磁阀性能要求及测试方法

## 1 范围

本文件规定了汽车电子液压制动系统用新型电磁阀（包括诊断阀、解耦阀、供压阀和模拟阀）的术语和定义、试验相关要求、性能要求及测试方法。

本文件适用于GB/T 15089规定的M<sub>1</sub>类和N<sub>1</sub>类车辆用电子液压制动系统中的以制动液为工作介质、实现开闭控制功能的电磁阀。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 12981—2012 机动车辆制动液

GB/T 15089 机动车辆及挂车分类

GB/T 17446 流体传动系统和元件 词汇

## 3 术语和定义

GB/T 17446界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**电磁阀** solenoid valve

通过控制上电线圈产生的电磁力来驱动阀芯高速开启或关闭，以达到压力、流量控制的电液控制元件。

### 3.2

**诊断阀** test separation valve

线圈去电时阀口开启，上电时阀口关闭，用来连接制动主缸和储液罐，实现制动回路的诊断功能的常开型电磁阀。

### 3.3

**解耦阀** circuit separation valve

线圈去电时阀口开启，上电时阀口关闭，用来连接制动主缸和制动轮缸，实现制动踏板和制动回路解耦功能的常开型电磁阀。

### 3.4

**供压阀** plunger separation valve

线圈去电时阀口关闭，上电时阀口开启，连接主动压力生成单元和制动轮缸，用来实现压力生成单元向制动轮缸的供压作用的常闭型电磁阀。

### 3.5

**模拟阀** simulator separation valve

线圈去电时阀口关闭，上电时阀口开启，连接制动主缸和踏板模拟器，用来实现模拟踏板感觉的常闭型电磁阀。

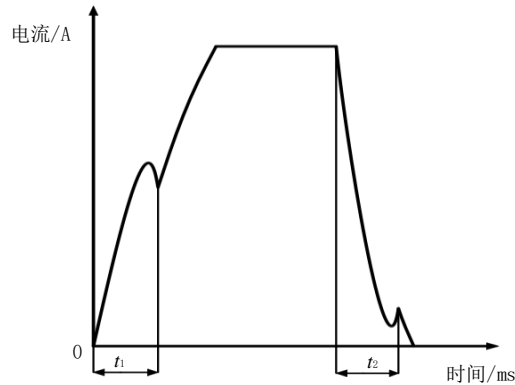
### 3.6

**上电响应时间** switch on response time

电磁阀线圈接入规定电压上电过程中，从电磁阀线圈产生电流开始直至电流上升过程中出现第一个谷值所经历的时间，参见图1。

**去电响应时间** switch off response time

电磁阀线圈撤掉规定电压去电过程中，从电磁阀线圈电流开始下降直至电流下降过程中出现第一个峰值所经历的时间，参见图1。



标引符号说明：

$t_1$ ——上电响应时间；

$t_2$ ——去电响应时间。

图1 响应时间

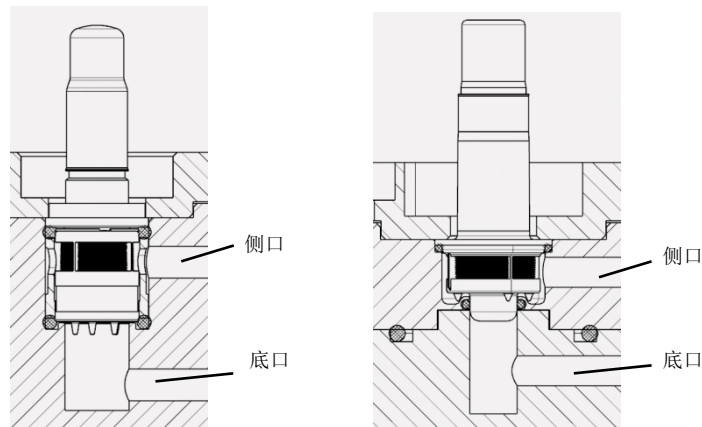
### 3.8 底口 bottom port

电磁阀在测试工装中竖直放置，和电磁阀底部连接的测试工装口。参见图2。

### 3.9

### 侧口 side port

电磁阀在测试工装中竖直放置，和电磁阀侧面垂直方向上连接的测试工装口，参见图2。



### 4.1

#### a) 诊断阀和解耦阀

#### b) 供压阀和模拟阀

图2 电磁阀测试工装及端口示意图

## 4 试验相关要求

### 测量系统要求

4.1.1 压力传感器的响应频率不应低于 20 kHz，精度不应低于  $\pm 0.25\%$  F.S.。

4.1.2 电流传感器的量程宜为 0~6 A，响应时间不应大于 1  $\mu$ s，精度不应低于  $\pm 0.5\%$  F.S.，采样频率不应低于 10 kHz。

4.1.3 流量传感器量程宜为 0.004 L/min~4 L/min，精度不应低于测量值的  $\pm 0.3\%$ 。

### 样件要求

- 4.2.1 样件应为按经规定程序批准的技术文件制造的产品。
- 4.2.2 样件的外表面应清洁，无锈蚀、毛刺、裂纹和其它缺陷。
- 4.2.3 试验时，应选择与电磁阀匹配的线圈。
- 4.2.4 样件的工作温度应为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，工作电压范围应为 $6.5\text{ V}\sim 16\text{ V}$ 。
- 4.2.5 试验顺序及试验项目见表1，每个项目的样件数量不应低于3件。

表1 试验顺序和试验项目

试验顺序	试验项目名称	电磁阀类型			
		诊断阀	解耦阀	供压阀	模拟阀
1	流量	√ <sup>a</sup>	√	√	√
2	泄漏	√	√	√	√
3	响应时间	√	√	√	√
4	开闭功能	√	√	—	√
5	开启压力	— <sup>b</sup>	√	√	—
6	离座电流	—	—	√	—
7	弹簧最大密封压力	—	—	—	√
8	耐压性能	√	√	√	√
9	工作噪声	√	√	√	√
10	工作耐久性	√	√	√	√

<sup>a</sup> “√”表示要进行的试验。  
<sup>b</sup> “—”表示不进行的试验。

### 4.3 其他要求

- 4.3.1 除非另有规定，测试环境温度应为室温，即 $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 4.3.2 除非另有规定，上电电压为 $13.5\text{ V}\pm 0.5\text{ V}$ 。
- 4.3.3 试验负载应采用液压线性负载，推荐负载刚度 $0.3\text{ mL/MPa}$ 。
- 4.3.4 测试介质应为HZY4制动液，制动液粘度应满足标准GB 12981—2012要求。

### 5.1 5 性能要求

#### 流量

按6.1进行试验，电磁阀在室温和 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温条件下的流量应满足表2要求。

表2 流量性能要求

电磁阀类型	室温条件下流量 mL/s		$-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温条件下流量 mL/s	
	侧口流量	底口流量	侧口流量	底口流量
诊断阀	$\geq 21$	$\geq 21$	—	—
解耦阀	$\geq 15$	$\geq 15$	$\geq 7$	$\geq 7$
供压阀	$\geq 56$	$\geq 56$	$\geq 35$	$\geq 35$
模拟阀	$\geq 12$	$\geq 12$	$\geq 2$	$\geq 2$

对于诊断阀，室温下另外要求侧口压力 $100\text{ KPa}\pm 10\text{ KPa}$ ，底口压力为零条件下，侧口流量不低于 $5\text{ mL/s}$ 。

#### 泄漏

按6.2进行试验，电磁阀的泄漏率应满足表3要求。

表3 泄漏性能要求

电磁阀类型	泄漏率 mL/s
诊断阀	$\leq 0.01$
解耦阀	$\leq 0.006$
供压阀	$\leq 0.015$
模拟阀	$\leq 0.03$

### 响应时间

按6.3进行试验，电磁阀的响应时间应满足表4要求。

表4 响应时间性能要求

5.3

电磁阀类型	上电响应时间 ms	去电响应时间 ms
诊断阀	$\leq 3.5$	$\leq 12$
解耦阀	$\leq 3.5$	$\leq 10$
供压阀	$\leq 3$	$\leq 10$
模拟阀	$\leq 3.5$	$\leq 20$

### 开闭功能

5.4

按6.4进行试验，诊断阀和解耦阀在最小电压上电维持期间侧口应无压力上升；模拟阀在最小电压上电时底口应开始压力上升。

5.5

### 开启压力

按6.5进行试验，解耦阀和供压阀的开启压力应满足表5要求。

表5 最小开启压力性能要求

5.6

电磁阀类型	开启压力 MPa
解耦阀	$\geq 22$
供压阀	$6 \pm 1$

5.7

### 离座电流

5.8

按6.6进行试验，供压阀的离座电流不应大于2.1 A。

### 弹簧最大密封压力

5.9

按6.7进行试验，模拟阀的弹簧最大密封压力应小于0.5 MPa。

5.10

### 耐压性能

按6.8进行试验，电磁阀应无外观损坏和外泄漏。

### 工作噪声

按6.9进行试验，电磁阀的工作噪声不应大于65 dB(A)。

### 工作耐久性

按6.10进行试验，电磁阀工作耐久后的性能应满足表6要求。

表6 工作耐久性能要求

电磁阀类型	泄漏率 mL/s	开启压力相比耐久前衰减值 %
诊断阀	≤0.01	—
解耦阀	≤0.009	≤10
供压阀	≤0.02	≤10
模拟阀	≤0.035	—

## 6 测试方法

### 流量

- 6.1.1 将电磁阀装入测试工装，并在室温环境条件下存放 2 h 以上。
- 6.1.2 试验环境温度为室温，流量测试压力输入条件按表 7。
- 6.1.3 先从底口施加压力  $P_1$ ，保持侧口压力为零，待油压稳定 3 s~5 s 后，测量侧口出处流量，记作底口流量数据。
- 6.1.4 再从侧口施加压力  $P_2$ ，保持底口压力为零，待油压稳定 3 s~5 s 后，测量底口出处流量，记作侧口流量数据。
- 6.1.5 针对诊断阀，再次从侧口施加压力  $100\text{KPa} \pm 10\text{KPa}$ ，保持底口压力为零，待油压稳定 3 s~5 s 后，测量底口出处流量，记作侧口流量数据。

表7 流量测试压力输入条件

电磁阀类型	输入压力 $P_1$ MPa	输入压力 $P_2$ MPa
诊断阀	$4 \pm 0.2$	$4 \pm 0.2$
解耦阀	$4 \pm 0.2$	$4 \pm 0.2$
供压阀	$4 \pm 0.2$	$4 \pm 0.2$
模拟阀	0.1	0.1

### 6.2

- 6.1.6 重复 6.1.1~6.1.4，但试验环境温度更改为  $-30\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 。

### 泄漏

- 6.2.1 将电磁阀装入测试工装，压力入口接 300 mL 钢瓶负载，液压回路充分排气注油。
- 6.2.2 从压力入口以 25 MPa/s 的升压速率升至 20 MPa，记录系统所需液量随输入压力变化的关系曲线，按公式 (1) 计算模拟负载的刚度特性。

$$E = \Delta V / \Delta P \dots\dots\dots (1)$$

式中：

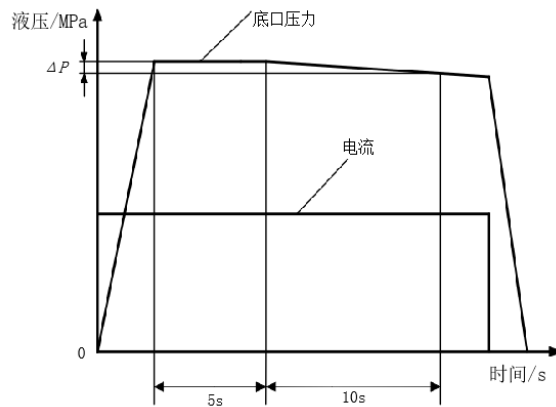
$E$ ——模拟负载的刚度特性，单位为毫升每兆帕 (mL/MPa)；

$\Delta V$ ——从 5 MPa 加压至 15 MPa 的所需液量，单位为毫升 (mL)；

$\Delta P$ ——从 5 MPa 加压至 15 MPa 的压力变化绝对值，单位为兆帕 (MPa)。

- 6.2.3 诊断阀、解耦阀测试时，电磁阀上电，然后从电磁阀底口施加 10 MPa 压力，待压力稳定后切断压力源，稳定 5 s，测试此后 10 s 的压力变化值。测试过程中，同时记录电磁阀底口压力随时间变化的关系曲线，参见图 4。



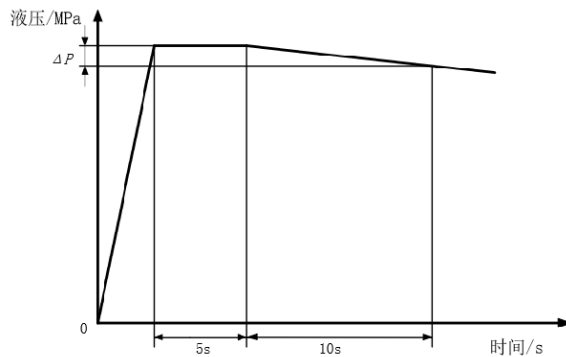


标引符号说明:

$\Delta P$ ——电磁阀切断压力源并稳定5 s, 此后10 s的压力变化值。

图3 泄漏测试图

6.2.4 供压阀、模拟阀测试时, 电磁阀不上电。然后从电磁阀侧口施加 10 MPa, 待压力稳定后切断压力源, 稳定 5 s, 测量此后 10 s 的压力变化值。测试过程中, 同时记录电磁阀侧口压力随时间变化的关系曲线, 参见图 5。



标引符号说明:

$\Delta P$ ——电磁阀切断压力源并稳定5 s, 此后10 s的压力变化值。

图4 泄漏测试图

6.2.5 按公式 (2) 计算泄漏率。

$$q = E \times \Delta P / t \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- 6.3  $q$ ——电磁阀泄漏率, 单位为毫升每秒 (mL/s);  
 $E$ ——模拟负载的刚度特性, 单位为毫升每兆帕 (mL/MPa);  
 $\Delta P$ ——电磁阀测量时间段内压力变化值, 单位为兆帕 (MPa);  
 $t$ ——电磁阀泄漏测量时间, 单位为秒 (s)。

#### 响应时间

6.3.1 将电磁阀装入测试工装 (非压铆安装) 中, 液压回路充分排气注油, 不建立压力。

6.3.2 给电磁阀施加一个电压为 13.5 V、周期为 50 ms 的脉冲电压, 同时记录电磁阀线圈在第一个脉冲电压上升和下降过程中的电流随时间变化的关系曲线, 参见图 1。

6.3.3 从电流时间关系曲线上, 记录电磁阀线圈上电过程中, 从电磁阀线圈产生电流开始直至电流上升过程中出现第一个谷值所经历的时间, 即上电响应时间。

6.3.4 从电流时间关系曲线上, 记录电磁阀线圈去电过程中, 从电磁阀线圈电流开始下降直至电流下降过程中出现第一个峰值所经历的时间, 即去电响应时间。

## 开闭功能

6.4.1 将电磁阀装入测试工装，液压回路充分排气注油；

6.4.2 对于诊断阀和解耦阀，以 6.5 V 的测试电压给电磁阀上电，然后从电磁阀底口以 8 MPa/s 增压速率施加至表 8 规定的测试压力值，保持 5 s 后，电磁阀下电；试验过程中，同时记录电磁阀底口和侧口压力随时间变化的关系曲线，参见图 6；检查上电维持期间电磁阀是否可靠关闭，电磁阀侧口有无压力上升。

6.4.2.1 对于模拟阀，先从电磁阀侧口以 8 MPa/s 增压速率施加至表 8 规定的测试压力值，保持 5 s 后，以测试电压 6.5 V 对电磁阀上电维持 1 s，参见图 7；检查线圈上电时，电磁阀是否可靠开启，侧口压力是否开始下降，底口压力是否开始上升。

表8 流量测试压力输入条件

电磁阀类型	测试压力 MPa
诊断阀	7
解耦阀	25
模拟阀	15

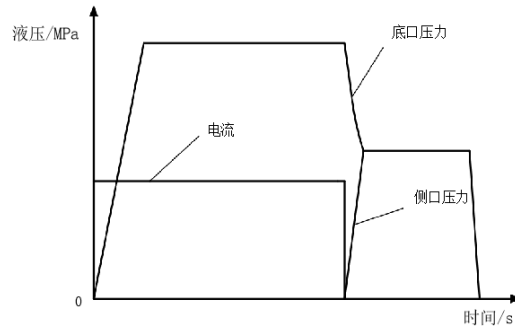


图5 诊断阀、解耦阀最小电压维持关闭功能测试图

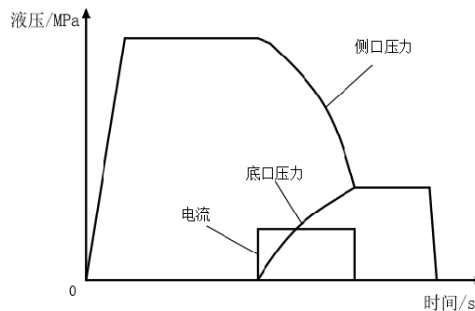


图6 模拟阀最小电压开启功能测试图

注：供压阀此项目不适用。

## 开启压力

6.5.1 将电磁阀装入测试工装（非压铆安装）中，液压回路排气注油。

6.5.2 对于解耦阀，线圈上电后，向电磁阀侧口施加 22 MPa 油压，待油压稳定 3 s~5 s 后线圈下电，同时以 0.1 MPa/s 速率降低侧口压力，记录底口压力上升点对应的侧口压力值，即开启压力，参见图 8。

6.5.3 对于供压阀，在线圈不上电的情况下，底口以 8 MPa/s 升压速率从 0 MPa 开始升压，记录侧口压力上升至 0.1 MPa 时的底口压力值，即开启压力，参见图 9。

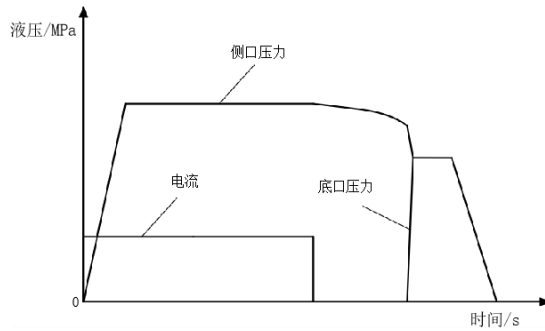


图7 解耦阀开启压力

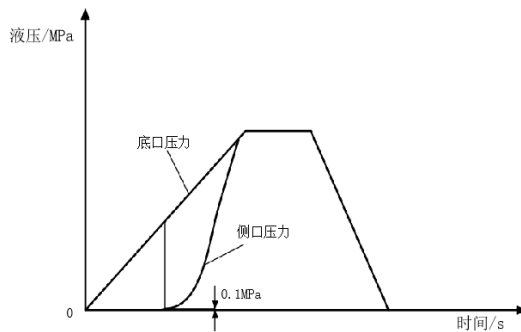


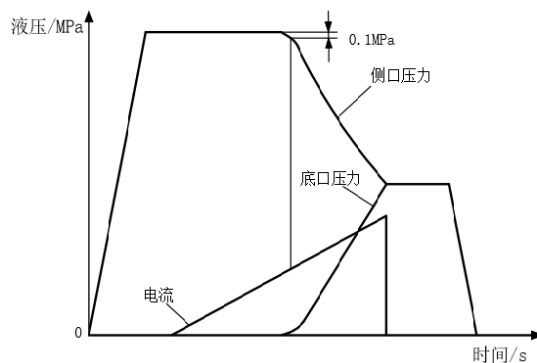
图8 供压阀开启压力

注：诊断阀和模拟阀此项目不适用。

#### 6.6 离座电流

6.6.1 将电磁阀装入测试工装中，并将其接入测试液压回路中，排气注油。

6.6.2 从电磁阀侧口施加 5 MPa 压力，设定电流按照 0.25 A/s 速率从 0 A 升至 2.5 A，记录侧口压力变化 0.1 MPa 时对应的电流值，参见图 10。



6.7

图9 离座电流

注：诊断阀、解耦阀和模拟阀此项目不适用。

#### 弹簧最大密封压力

6.7.1 将电磁阀装入测试工装中，并将其接入测试液压回路中，排气注油。

6.7.2 线圈上电 6 s 使底口和侧口压力升至 1.2 MPa 压力，线圈下电，侧口压力以 0.5 MPa/s 的降压速率下降，记录底口压力出现拐点后，侧口压力和底口压力平行下降中段两者之间的差值，参见图 10。

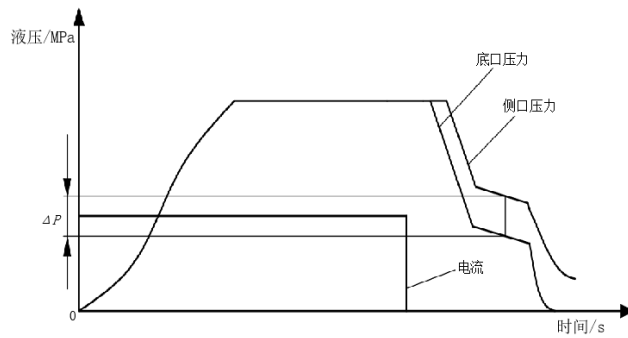


图10 弹簧最大密封压力

注：诊断阀、解耦阀和供压阀此项目不适用。

### 耐压性能

- 6.8.1 将电磁阀装入测试工装，并将其接入测试液压回路中，排气注油。
- 6.8.2 在电磁阀入口以 3.5 MPa/s 的增压速率施加压力至 25 MPa，维持压力 1 min 后，继续以 3.5 MPa/s 的增压速率施加压力至 35 MPa，维持压力 5 s，检查电磁阀有无外观损坏，有无外泄漏。

### 工作噪声

- 6.9.1 将电磁阀装入测试工装中。
- 6.9.2 测试环境噪声不高于 40 dB (A)，噪声检测仪位于电磁阀中心轴线上方 35 cm。
- 6.9.3 电磁阀配套线圈上电电流 2 A，上电 1 s，去电 1 s，连续动作 5 次，记录电磁阀上电和去电过程中的最大工作噪声。

### 6.10 工作耐久性

- 6.10.1 将电磁阀装入测试工装；
- 6.10.2 测试液压回路排气注油。
- 6.10.3 在空载压力条件下，按表 9 规定的线圈上电占空比、线圈脉冲频率及试验次数进行工作耐久性试验。
- 6.10.4 试验完成后，分别按 6.2 和 6.5 复测泄漏和开启压力。

表9 工作耐久性试验条件

电磁阀类型	线圈上电占空比 %	线圈脉冲频率 Hz	试验次数 万次
诊断阀	50	2	5
解耦阀			250
供压阀			250
模拟阀			250