



中华人民共和国汽车行业标准

QC/T 593—XXXX

代替 QC/T 593—1999

汽车液压比例阀性能要求及台架试验方法

Performance requirements and bench test methods

of automobile hydraulic proportional valve

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(征求意见稿)

“在提交反馈意见是，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

中华人民共和国工业和信息化部

发布

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准代替QC/T 593-1999《液压感载比例阀技术条件》，与QC/T 593-1999相比，主要技术变化如下：

- 扩大了适用范围(见第1章，1999年版的第1章)；
- 增加了术语及定义(见第3章)；
- 取消了基本要求(见1999年版的3.1)；
- 增加了试验相关要求(见第5章)；
- 修改了真空密封性的试验方法及评价(见4.1、6.1，1999年版的3.2.1.2、4.2.1.2)；
- 修改了密封性和耐压性的试验方法及评价，并将两项试验合并(见4.2、6.2，1999年版的3.2.1.3、3.2.1.4、4.2.1.3、4.2.1.4)；
- 修改了耗液量的试验方法及评价(见4.3、6.3，1999年版的3.2.1.6、4.2.1.6)；
- 修改了工作特性的试验方法及评价(见4.4、6.4，1999年版的3.2.1.1、4.2.1.1)；
- 增加了低温工作特性(见4.5、6.5)；
- 增加了高温工作特性(见4.6、6.6)；
- 修改了温度耐久性的试验方法及评价(见4.9、6.9，1999年版的3.2.2、4.2.2)；
- 取消了安全特性(见1999年版的3.2.3、4.2.3)；
- 增加了耐振性能(见4.8、6.8)；
- 修改了耐腐蚀性的试验时间(见6.10，1999年版的4.2.4)；
- 取消了清洁度(见1999年版的4.2.5)。
- 取消了检验规则和标志、包装、运输、储运(见1999年版的第5章和第6章)。

本标准由全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC 114)提出并归口。

本标准起草单位：中国汽车工程研究院股份有限公司、中国第一汽车集团公司技术中心、浙江亚太机电股份有限公司、江苏黄海汽配股份有限公司、温州市东启汽车零部件制造有限公司、浙江万安科技股份有限公司。

本标准主要起草人：梅宗信、欧家福、李欣、黄国兴、王军、叶元平、李小攀。

本标准由全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC 114)负责解释。

——本标准于1999年8月首次发布。

汽车液压比例阀性能要求及台架试验方法

1 范围

本标准规定了汽车液压比例阀的术语和定义、性能要求及台架试验方法。

本标准适用于各类汽车使用的液压定值比例阀、液压惯性比例阀和液压感载比例阀。

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，仅所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 5620—2002 道路车辆 汽车和挂车 制动名词术语及其定义

GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验

3 术语和定义

GB/T 5620—2002中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

比例拐点 split point

汽车液压比例阀的输入—输出特性曲线中，输出压力与输入压力的比例关系发生显著变化的转折点。通常产品有一个或一个以上的比例拐点，参见图1中的A、B、C点。

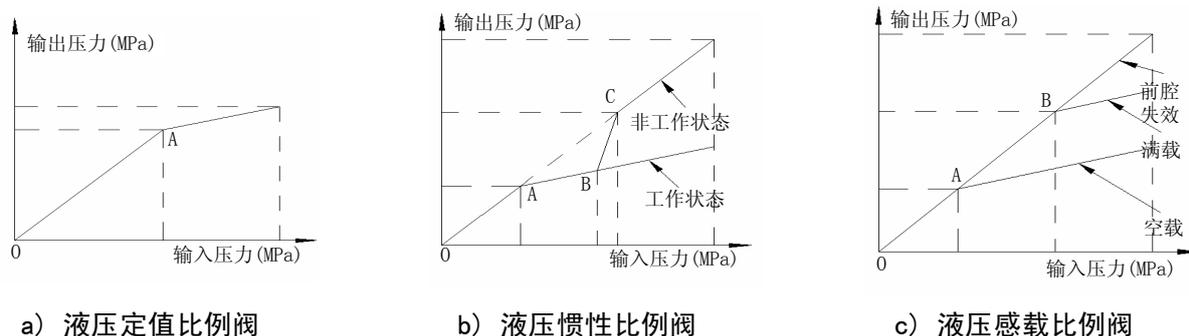


图1 汽车液压比例阀输入—输出特性曲线示例

3.2

分配比 ratio

汽车液压比例阀的输入—输出特性曲线上斜率不为1的曲线段的斜率。参见图1。

3.3

额定工作压力 rated working pressure

P_e

汽车液压比例阀产品技术文件规定的工作液压。

3.4

非工作状态 non-working state

汽车制动时，因制动减速度太小或路面坡度不支持，不足以推动汽车液压惯性比例阀中的惯性球，通往控制腔的油路仍保持畅通，此时惯性球在汽车液压惯性比例阀中的空间状态。

3.5

工作状态 working state

汽车制动时，在制动减速度的作用下或路面坡度支持下，推动汽车液压惯性比例阀中的惯性球，使其堵住了通往控制腔的油路通道，此时惯性球在汽车液压惯性比例阀中的空间状态。

3.6

空载状态 empty car state

汽车空载水平状态时，汽车液压感载比例阀所处的空间状态。

3.7

满载状态 loaded car state

汽车满载水平状态时，汽车液压感载比例阀所处的空间状态。

3.8

变化率 change rate

某参数变化后的值减去变化前的值之差、再除以变化前的值，以百分数表示。

4 性能要求

4.1 真空密封性

样件内部的压力升高值不应大于50 Pa。

4.2 液压密封性

4.2.1 样件在不同试验压力下的压力降应符合表 1 规定或由供需双方商定。

4.2.2 样件连接管接头螺纹应无滑丝和损坏现象。

4.3 耗液量

4.3.1 定值液压比例阀每个进液口的耗液量不应大于 0.3 mL。

4.3.2 液压惯性比例阀非工作状态下每个进液口的耗液量不应大于 0.9 mL，工作状态下每个进液口的耗液量不应大于 0.4 mL。

4.3.3 液压感载比例阀空载状态下每个进液口的耗液量不应大于 0.3 mL，满载状态下每个进液口的耗液量不应大于 0.4 mL。

表1 液压密封性要求

试验压力	样件的额定工作压力	压力降
额定工作压力	≤10 MPa时	≤0.20 MPa
	≤15 MPa时	≤0.35 MPa
	≤20 MPa时	≤0.45 MPa
	≤25 MPa时	≤0.55 MPa
130%额定工作压力	≤10 MPa时	≤0.10 MPa
	≤15 MPa时	≤0.15 MPa
	≤20 MPa时	≤0.25 MPa
	≤25 MPa时	≤0.35 MPa

4.4 常温工作特性

4.4.1 常温缓加压特性

4.4.1.1 各比例拐点应满足产品技术文件要求。

4.4.1.2 各分配比应满足产品技术文件要求。

4.4.1.3 快速卸压 0.5 s 后，各出液口的压力值不应大于 0.4 MPa。

4.4.1.4 对一个进液口有两个出液口的样件，当进液口压力为 P_0 时，其两出液口的压力差的绝对值不应大于 0.4 MPa。

4.4.1.5 对具有前腔失效保护功能的液压感载比例阀，在前腔失效情况下，当后腔进液口的压力为 P_0 时，其后腔进液口与出液口的压力差不应大于 0.4 MPa。

4.4.1.6 对液压惯性比例阀，除应满足 4.4.1.1、4.4.1.2、4.4.1.4 要求外，还应满足以下要求：

- a) 单向阀性能：当控制腔的压力开始升高时，进液口输入压力应满足设计要求；
- b) 惯性球就位性能：当进液口的压力为 P_0 时，进液口与出液口的压力差不应大于 0.3 MPa；
- c) 惯性球离位性能：当进液口的压力为 P_0 时，进液口与出液口的压力差不应大于 0.3 MPa。

4.4.2 常温急加压特性

4.4.2.1 各比例拐点测量值与常温缓加压对应比例拐点测量值相比较，其变化率的绝对值不应大于 30%。

4.4.2.2 快速卸压 0.5 s 后，各出液口的压力值不应大于 0.4 MPa。

4.4.2.3 对一个进液口有两个出液口的样件，当进液口压力为 P_0 时，两出液口的压力差的绝对值不应大于 0.8 MPa。

4.4.2.4 对具有前腔失效保护功能的液压感载比例阀，在前腔失效情况下，当后腔进液口的压力为 P_e 时，其后腔进液口与出液口的压力差不应大于 0.8 MPa。

4.5 低温工作特性

4.5.1 低温缓加压特性

4.5.1.1 各比例拐点测量值与常温缓加压对应比例拐点测量值相比较，其变化率的绝对值不应大于 35%。

4.5.1.2 快速卸压 0.5 s 后，各出液口的压力值不应大于 0.6 MPa。

4.5.1.3 对一个进液口有两个出液口的样件，当进液口压力为 P_e 时，两出液口的压力差的绝对值不应大于 1.2 MPa。

4.5.1.4 对具有前腔失效保护功能的液压感载比例阀，在前腔失效情况下，当后腔进液口的压力为 P_e 时，其后腔进液口与出液口的压力差不应大于 1.2 MPa。

4.5.2 低温急加压特性

4.5.2.1 各比例拐点测量值与常温缓加压对应比例拐点测量值相比较，其变化率的绝对值不应大于 50%。

4.5.2.2 快速卸压 0.5 s 后，各出液口的压力值不应大于 0.6 MPa。

4.5.2.3 对一个进液口有两个出液口的样件，当进液口压力为 P_e 时，两出液口的压力差的绝对值不应大于 1.6 MPa。

4.5.2.4 对具有前腔失效保护功能的液压感载比例阀，在前腔失效情况下，当后腔进液口的压力为 P_e 时，其后腔进液口与出液口的压力差不应大于 1.6 MPa。

4.6 高温工作特性

4.6.1 高温缓加压特性

4.6.1.1 各比例拐点测量值与常温缓加压对应比例拐点测量值相比较，其变化率的绝对值不应大于 30%。

4.6.1.2 快速卸压 0.5 s 后，各出液口的压力值不应大于 0.4 MPa。

4.6.1.3 对一个进液口有两个出液口的样件，当进液口压力为 P_e 时，两出液口的压力差的绝对值不应大于 0.6 MPa。

4.6.1.4 对具有前腔失效保护功能的液压感载比例阀，在前腔失效情况下，当后腔进液口的压力为 P_e 时，其后腔进液口与出液口的压力差不应大于 0.6 MPa。

4.6.2 高温急加压特性

4.6.2.1 各比例拐点测量值与常温缓加压对应比例拐点测量值相比较，其变化率的绝对值不应大于 45%。

4.6.2.2 快速卸压 0.5 s 后，各出液口的压力值不应大于 0.4 MPa。

4.6.2.3 对一个进液口有两个出液口的样件，当进液口压力为 P_e 时，两出液口的压力差的绝对值不应大于 1 MPa。

4.6.2.4 对具有前腔失效保护功能的液压感载比例阀，在前腔失效情况下，当后腔进液口的压力为 P_e 时，其后腔进液口与出液口的压力差不应大于 1 MPa。

4.7 冲洗性

对带防护罩、且安装在发动机仓外的液压感载比例阀，应按6.7进行冲洗性试验，试验结束后，样件的防护罩应无破损，阀体内部应无污水。

4.8 耐振性能

振动试验过程中，样件应无异常现象。振动试验结束后，样件的常温缓加压特性应满足4.4.1要求。

4.9 温度耐久性

4.9.1 温度耐久性试验过程中，样件应无外泄漏，零部件应无损坏。

4.9.2 温度耐久性试验后，其常温缓加压特性应满足以下要求：

- a) 各比例拐点测量值与试验前常温缓加压对应比例拐点测量值相比较，其变化率的绝对值不应大于 40%；
- b) 快速卸压 0.5 s 后，各出液口的压力值不应大于 0.4 MPa；
- c) 对一个进液口有两个出液口的样件，当进液口压力为 P_e 时，两出液口的压力差的绝对值不应大于 0.8 MPa；
- d) 对具有前腔失效保护功能的液压感载比例阀，在前腔失效情况下，当后腔进液口的压力为 P_e 时，其后腔进液口与出液口的压力差不应大于 0.8 MPa；
- e) 对液压惯性比例阀，除满足 4.9.2 a)、4.9.2 c) 外，还应满足以下要求：
 - 1) 单向阀性能：当控制腔压力开始升高时，进液口压力值与温度耐久性试验前的值相比较，其变化率的绝对值不应大于 40%；
 - 2) 惯性球就位性能：当进液口的压力为 P_e 时，进液口与出液口的压力差不应大于 0.6 MPa；
 - 3) 惯性球离位性能：当进液口的压力为 P_e 时，进液口与出液口的压力差不应大于 0.6 MPa。

4.9.3 温度耐久性试验后，其常温急加压特性应满足以下要求：

- a) 各比例拐点测量值与试验前常温缓加压对应比例拐点测量值相比较，其变化率的绝对值不应大于 55%；
- b) 快速卸压 0.5 s 后，各出液口的压力值不应大于 0.4 MPa；
- c) 对一个进液口有两个出液口的样件，当进液口压力为 P_e 时，两出液口的压力差的绝对值不应大于 1 MPa；
- d) 对具有前腔失效保护功能的液压感载比例阀，在前腔失效情况下，当后腔进液口的压力为 P_e 时，其后腔进液口与出液口的压力差不应大于 1 MPa。

4.10 耐腐蚀性

4.10.1 对表面处理采用镀锌工艺的样件，耐腐蚀性试验结束后，在任意 100 cm² 内的有色铬酸盐的生成物和黑色处理物的锈蚀面积不应大于 5 cm²。

4.10.2 对表面处理采用涂膜工艺的样件，耐腐蚀性试验结束后，应满足以下要求：

- a) 不应有膨胀、剥落和涂膜软化现象；
- b) 在任意 100 cm² 内不应有一个以上直径大于 2 mm 的腐蚀物。

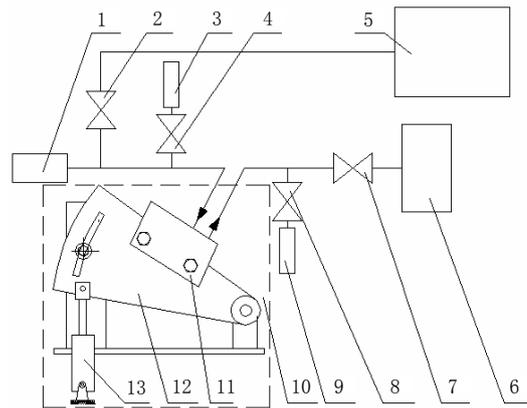
5 试验相关要求

5.1 试验设备

5.1.1 性能试验装置

5.1.1.1 真空密封性测量系统测试回路的总有效容积应在 450 mL~500 mL 范围内，真空度显示或记录装置的分辨率不应低于 1.5 Pa。

5.1.1.2 液压密封性和工作特性试验装置原理图见图 2、图 3，其相关要求如下：



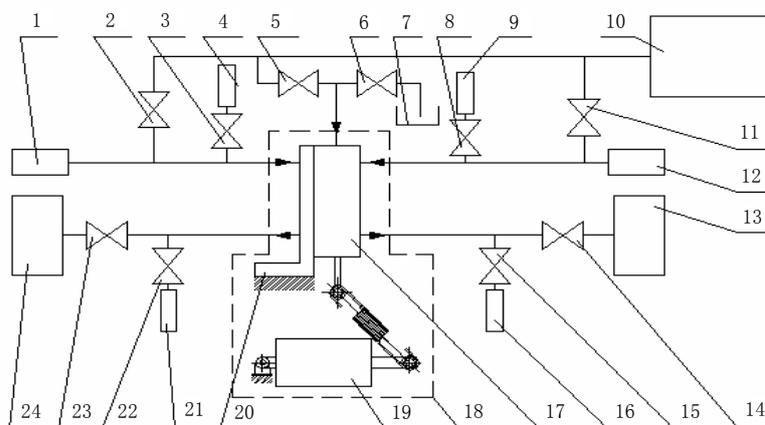
说明：

- 1——测量容积调节装置；
- 2、4、7、8——截止阀；
- 3、9——压力测量装置(压力传感器或压力表)；
- 5——压力源；
- 6——负载装置；
- 10——高、低温试验箱；
- 11——试验样件；
- 12——试验样件夹具；
- 13——试验样件工作状态驱动装置。

图2 液压惯性比例阀液压密封性、工作特性测试原理图

- a) 压力源应能使样件进液口的压力以设定的升压速率建立压力，到达规定的压力后应能在该压力下保持稳定。当需要快速卸压时，应能不受阻碍地快速卸压至 0.01MPa 以下。

- b) 测量容积调节装置应能调节所在液压测试回路的总有效容积。当进行液压密封性试验时，每个液压测试回路的总有效容积应为 135 mL~150 mL。
- c) 压力测量装置的安装位置距样件进液口、出液口不宜超过 800 mm；压力显示或记录装置的分辨率不应低于 0.01 MPa。
- d) 当进行液压惯性比例阀的工作特性试验时，试验装置应根据试验要求实现样件内的惯性球在非工作状态和工作状态之间的转换。
- e) 负载装置宜模拟实车负载。
- f) 试验装置的布置形式要有利于排尽整个液压系统内的空气。



说明：

- 1、12——测量容积调节装置；
- 2、3、5、6、8、11、14、15、22、23——截止阀；
- 4、9、16、21——压力测量装置(压力传感器或压力表)；
- 7——油箱；
- 10——压力源；
- 13、24——负载装置；
- 17——试验样件；
- 18——高、低温试验箱；
- 19——试验样件工作状态驱动装置；
- 20——试验样件夹具。

图3 液压定值比例阀和液压感载比例阀液压密封性、工作特性测试原理图

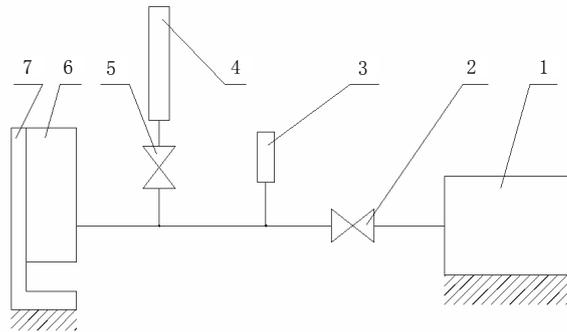
5.1.1.3 耗液量试验装置的原理图见图 4。在(0~25) MPa 范围内的任何压力下，各截止阀保压 30 s 的泄漏量应为零。量管的分辨率不应低于 0.01 mL，压力显示或记录装置的分辨率不应低于 0.01 MPa。

5.1.2 温度耐久性试验装置

5.1.2.1 试验原理图可参考图 2、图 3。

5.1.2.2 压力监控装置的准确度等级不应低于 1.5 级。

5.1.2.3 试验装置应能自动记录温度耐久性的试验次数。



说明:

- 1——压力源;
- 2、5——截止阀;
- 3——压力测量装置(压力传感器或压力表);
- 4——量管;
- 6——试验样件;
- 7——试验样件夹具。

图4 耗液量测试原理图

5.1.3 夹具

5.1.3.1 液压定值比例阀试验的样件夹具应能模拟实车安装状态。

5.1.3.2 液压惯性比例阀试验的样件夹具应能模拟实车安装状态，样件的安装角度可模拟样件的惯性球在非工作状态和工作状态之间进行转换，其角度变化率可调。

5.1.3.3 液压感载比例阀试验的样件夹具应能模拟汽车的空载和满载状态，其安装误差不应引起其输入—输出特性曲线的变化；在进行感载弹簧耐久性试验时，感载弹簧与汽车本体连接端应能模拟汽车空载和满载状态变化时的位置变化，其移动速度应可调。

5.1.4 高、低温试验箱

试验箱的实际温度与设定温度的误差不应超过 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，试验箱应有连接液压管路的通道，并且该通道应有隔热、隔湿的密封措施，试验箱内应有足够安装样件及连接液压管路的空间。

5.1.5 振动试验设备

振动设备的振动波形为正弦波，加速度波形失真不应超过25%，频率误差不应超过 $\pm 1\%$ 。

5.1.6 盐雾试验箱

盐雾试验箱应满足GB/T 10125中的中性盐雾试验的要求。

5.2 样件

5.2.1 样件应为按经规定程序批准的技术文件制造的产品。

5.2.2 样件数量和试验项目宜根据不同的试验目的按表 2 进行选择。

表2 样件数量和试验项目

试验顺序	试验项目	样件编号及要进行的试验项目					
		1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]
1	真空密封性	* ^a	*	*	*	— ^b	—
2	液压密封性	*	*	*	*	—	—
3	耗液量	*	*	*	*	—	—
4	常温工作特性	*	*	*	*	—	—
5	低温工作特性	*	*	*	*	—	—
6	高温工作特性	*	*	*	*	—	—
7	冲洗性	—	—	—	—	*	—
8	耐振性能	—	—	—	*	—	—
9	温度耐久性	*	*	*	—	—	—
10	耐腐蚀性	—	—	—	—	—	*

^a “*” 表示要进行的试验项目。
^b “—” 表示不进行的试验项目。

6 试验方法

6.1 真空密封性

6.1.1 样件安装状态如下：

- a) 液压定值比例阀为实车安装状态。
- b) 液压惯性比例阀为非工作状态。
- c) 液压感载比例阀为空载状态。

6.1.2 样件安装前应排尽样件内的制动液，然后堵死出液口。

6.1.3 将进液口与真空源相连，若样件有多路进液口，则将进液口相互连通后与真空源相连。

6.1.4 在样件的进液口处抽真空，使样件内部的压力达到绝对压力 $250 \text{ Pa} \pm 25 \text{ Pa}$ 或供需双方协商的压力，待压力稳定后关闭进液口的真空源，稳压 $3 \text{ s} \sim 5 \text{ s}$ 后，测量样件内部在此后 5 s 内的压力升值。

6.2 液压密封性

6.2.1 用与样件进液口、出液口相匹配的螺纹连接器或实车连接件和样件的进液口、出液口连接，拧紧力矩按表 3 或按供需双方商定的拧紧力矩。

6.2.2 样件安装状态如下：

- a) 液压定值比例阀为实车安装状态。
- b) 液压惯性比例阀为非工作状态。

c) 液压感载比例阀为满载状态。

6.2.3 样件与试验装置的连接见图 2 或图 3。

6.2.4 排净液压管路和样件内的空气，使液压回路内充满制动液。

6.2.5 以 $3.43 \text{ MPa/s} \pm 0.49 \text{ MPa/s}$ 的加压速率在样件的进液口建立起 P_e ，然后关闭进液口的压力源，稳压 $3 \text{ s} \sim 5 \text{ s}$ 后，测量此后 30 s 内样件各进液口的压力降。

6.2.6 除试验压力为 $130\%P_e$ 和测量时间为 5 s 外，重复 6.2.5。

6.2.7 拆除连接器，检查进液口、出液口的连接螺纹是否滑丝和损坏。

表3 螺纹拧紧力矩

进液口、出液口螺孔尺寸	拧紧力矩
M10	$15 \text{ N} \cdot \text{m} \pm 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
M12	$19 \text{ N} \cdot \text{m} \pm 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
M14	$23 \text{ N} \cdot \text{m} \pm 1 \text{ N} \cdot \text{m}$

6.3 耗液量

6.3.1 样件安装状态如下：

- a) 液压定值比例阀为实车安装状态；
- b) 液压惯性比例阀为非工作和工作两种状态；
- c) 液压感载比例阀为空载和满载两种状态。

6.3.2 样件的进液口与试验装置的连接见图 4(若样件有多个进液口，则应分别测量其耗液量)。

6.3.3 用一端封闭的实心金属接头代替样件连接在制动油管上，排净液压系统管路中的空气后，打开截止阀 5，调节量管液面至零点，关闭截止阀 5。

6.3.4 加压至 $10 \text{ MPa} \pm 0.05 \text{ MPa}$ 或供需双方协商的压力，保持 2 s 后卸压至零，再重复三次。

6.3.5 第五次加压至 $10 \text{ MPa} \pm 0.05 \text{ MPa}$ 或供需双方协商的压力，先关闭截止阀 2，再打开截止阀 5，待量管的液面稳定后，记录量管的液面高度，即系统所需液量 V_0 。

6.3.6 拆除实心金属接头，把样件进液口连接在制动油管上，排净液压系统管路中的空气后，堵死样件的出液口；然后打开截止阀 5，调节量管液面至零点，关闭截止阀 5。

6.3.7 重复 6.3.4 和 6.3.5 操作，记录包括样件在内的系统所需液量 V_1 。

6.3.8 V_1 减去 V_0 所得差值即为样件在该状态下的耗液量。

6.4 常温工作特性

6.4.1 常温缓加压特性

6.4.1.1 样件安装状态如下：

- a) 液压定值比例阀为实车安装状态；
- b) 当进行工作状态特性试验时，液压惯性比例阀样件内的惯性球应处于工作状态；当进行非工作状态特性试验时，液压惯性比例阀样件内的惯性球应处于非工作状态；

c) 液压感载比例阀为空载和满载两种状态。

6.4.1.2 样件与试验装置的连接参见图 2 或图 3。

6.4.1.3 排净液压管路和样件内的空气，使液压回路内充满制动液。

6.4.1.4 试验环境温度为室温。试验前，样件在试验环境温度下的放置时间不应少于 6 h。

6.4.1.5 以 $3.43 \text{ MPa/s} \pm 0.49 \text{ MPa/s}$ 的升压速率使样件进液口输入压力达到 $103\%P_e$ ，保压 3 s，然后不受阻碍地快速卸压至 0.01 MPa 以下。记录样件在升压阶段各进液口输入压力与对应出液口输出压力的关系曲线，即输入—输出特性曲线；记录快速卸压 0.5 s 后各出液口的压力值（液压惯性比例阀除外）；对一个进液口有两个出液口的样件，还应记录进液口输入压力为 P_e 时，两出液口的输出压力差。

6.4.1.6 根据输入—输出特性曲线计算样件的比例拐点和分配比。

6.4.1.7 对具有前腔失效保护功能的液压感载比例阀，还应按以下步骤进行试验：

a) 使样件前腔进液口输入压力为零；

b) 以 $3.43 \text{ MPa/s} \pm 0.49 \text{ MPa/s}$ 的升压速率使样件后腔进液口输入压力达到 $103\%P_e$ ，记录后腔进液口输入压力为 P_e 时，后腔进液口与出液口的压力差。

6.4.1.8 对液压惯性比例阀，还应按以下步骤进行试验：

a) 单向阀性能：使样件处于非工作状态，然后以 $3.43 \text{ MPa/s} \pm 0.49 \text{ MPa/s}$ 的升压速率对样件进液口加压，记录当样件控制腔压力开始升高时，进液口的输入压力。

b) 惯性球就位性能：使样件处于非工作状态，松开样件控制腔的放气螺钉，以进液口升压速率达到 $14.7 \text{ MPa/s} \pm 2.1 \text{ MPa/s}$ 所对应的制动液流量向样件的进液口充入制动液，10 s~15 s 后关闭样件控制腔的放气螺钉；然后以 $14.7 \text{ MPa/s} \pm 2.1 \text{ MPa/s}$ 的升压速率使样件进液口输入压力达到 $103\%P_e$ 。记录当样件进液口压力为 P_e 时，进液口与出液口的压力差。

c) 惯性球离位性能：使样件处于工作状态，以 $14.7 \text{ MPa/s} \pm 2.1 \text{ MPa/s}$ 的升压速率使样件进液口输入压力达到 P_e ，保压 3 s 后解除输入压力；然后在 30 s 内完成下面的操作。

1) 使样件在 5 s~8 s 内匀速地从工作状态转变成非工作状态；

2) 以 $14.7 \text{ MPa/s} \pm 2.1 \text{ MPa/s}$ 的升压速率使样件进液口输入压力达到 $103\%P_e$ ；

3) 记录当样件进液口压力为 P_e 时，进液口与出液口的压力差。

6.4.2 常温急加压特性

除升压速率为 $39.2 \text{ MPa/s} \pm 4.9 \text{ MPa/s}$ 外，其余同 6.4.1.1~6.4.1.7。计算各比例拐点测量值与常温缓加压对应比例拐点测量值的变化率。

6.5 低温工作特性

6.5.1 低温缓加压特性

除试验环境温度为 $-40 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 外，其余同 6.4.1.1~6.4.1.7。计算各比例拐点测量值与常温缓加压对应比例拐点测量值的变化率。

6.5.2 低温急加压特性

除试验环境温度为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 外，其余同6.4.2。计算各比例拐点测量值与常温缓加压对应比例拐点测量值的变化率。

6.6 高温工作特性

6.6.1 高温缓加压特性

除试验环境温度应符合表4规定外，其余同6.4.1.1~6.4.1.7。计算各比例拐点测量值与常温缓加压对应比例拐点测量值的变化率。

6.6.2 高温急加压特性

除升压速率为 $39.2\text{ MPa/s}\pm 4.9\text{ MPa/s}$ 外，其余同6.6.1。计算各比例拐点测量值与常温缓加压对应比例拐点测量值的变化率。

表4 高温工作特性和高温耐久性的试验环境温度

产品在汽车上的安装位置	试验环境温度 ^a °C
在发动机仓外	80 ± 2
在发动机仓内，但离发动机较远	100 ± 2
在发动机仓内，但离发动机较近	120 ± 2

^a 试验环境温度应根据产品在汽车上的安装位置从表中选择一种。

6.7 冲洗性

6.7.1 喷嘴直径： $\phi 4\text{ mm}$ 。

6.7.2 水压： 1.2 MPa 。

6.7.3 污水构成： 20 L 水+ 1.5 kg 白垩粉+ 3 kg 河沙。

6.7.4 样件状态：排净液压感载比例阀样件内部的制动液，将各进液口和出液口堵死，模拟实车的空载状态将样件安装在夹具上。

6.7.5 喷嘴距样件距离： 500 mm 。

6.7.6 冲洗方向：四周能够冲洗到的方向。

6.7.7 冲洗时间： 1 min ，应均匀地分配到样件的四周。

6.7.8 冲洗结束后，检查样件的防护罩有无破损；然后将样件拆开，检查样件阀体内部有无污水。

6.8 耐振性能

6.8.1 将样件按6.2.2规定的安装状态安装在振动试验设备上，使样件内部充满制动液，然后将样件各进液口和出液口堵死。

6.8.2 在振动频率为 15 Hz 、振动加速度为 29.4 m/s^2 条件下，沿前后方向完成 3×10^6 次振动试验；然后在振动频率为 15 Hz 、振动加速度为 49 m/s^2 条件下，沿上下方向完成 1×10^7 次振动试验。在振动过

程中，观察样件有无异常现象。

6.8.3 试验结束后，按 6.4.1 进行常温缓加压特性试验。

6.9 温度耐久性

6.9.1 样件安装状态如下：

- 液压定值比例阀为实车安装状态；
- 液压惯性比例阀在非工作状态和工作状态之间不断转换；
- 液压感载比例阀为满载状态。

6.9.2 样件与试验装置的连接见图 2 或图 3。

6.9.3 排净液压管路和样件内的空气，使液压回路内充满制动液。

6.9.4 试验顺序及试验条件见表 5，加载曲线及液压惯性比例阀工作状态见图 5，液压惯性比例阀样件在工作状态的转换时需匀速进行。

表5 温度耐久性试验顺序及试验条件

试验顺序	试验项目	试验环境温度 ^a	进液口输入压力 MPa	保压时间 s	试验频率 Hz	试验次数
1	常温耐久性	室温	$P_e \pm 0.3$	1.75 ± 0.4	0.2778 ± 0.0278	1.55×10^5
2	高温耐久性	$80 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$				1×10^5
		$100 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$				
	低温耐久性	$-40 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$			4.5×10^4	

^a 高温耐久性的试验环境温度按表 4 进行选择。

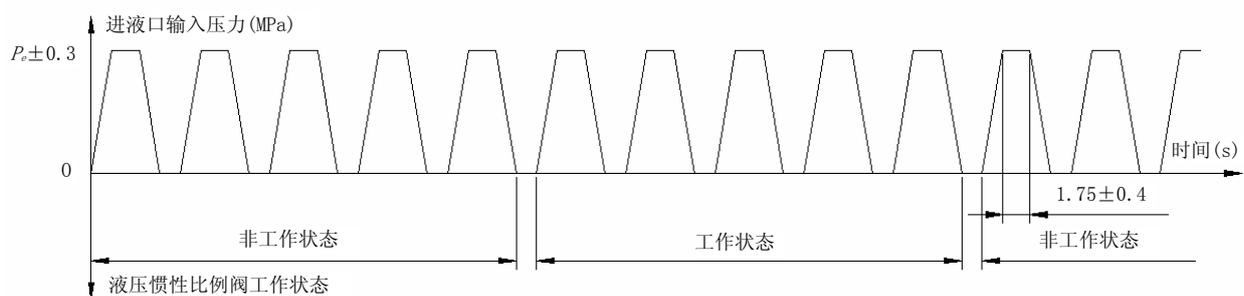


图5 加载曲线及液压惯性比例阀工作状态

6.9.5 对感载弹簧安装在样件阀体外的液压感载比例阀，在完成表 5 试验后，其感载弹簧还需按以下要求进行耐久性试验。

- 将样件的感载弹簧固定在试验设备的夹具上，驱动装置使感载弹簧的长度从空载位置到满载位置，然后再从满载位置回到空载位置，该过程为一个试验循环；
- 试验频率为 $0.2778 \text{ Hz} \pm 0.0278 \text{ Hz}$ ；

c) 试验环境温度为室温;

d) 试验次数为 3×10^5 次。

6.9.6 试验过程中, 注意观察样件有无外泄漏、零部件有无损坏。

6.9.7 试验结束后, 按 6.4 进行常温工作特性试验。

6.9.8 计算试验后常温缓加压各比例拐点测量值与试验前常温缓加压对应比例拐点测量值的变化率和试验后常温急加压各比例拐点测量值与试验前常温缓加压对应比例拐点测量值的变化率。

6.10 耐腐蚀性

6.10.1 排净样件内的制动液, 将各进液口和出液口堵死。

6.10.2 将样件放入盐雾试验箱中, 样件安装状态同 6.1.1。

6.10.3 按 GB/T 10125 中的中性盐雾试验方法对样件连续喷雾 72 h。

6.10.4 试验结束后取出样件, 在室内自然干燥 0.5 h~1 h, 然后用温度不高于 40 °C 的清洁流水轻轻清洗以除去样件表面残留的盐溶液, 然后在 2 min 内用空气吹干, 检查样件外表面的腐蚀情况。
