



中华人民共和国国家标准

GB/T 42536—2023

车用高压储氢气瓶组合阀门

Assembly valve on high pressure hydrogen storage cylinder for vehicles

2023-05-23 发布

2024-06-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义、符号..... 2

4 基本型式 2

5 技术要求 2

6 试验方法与合格指标 3

7 检验规则..... 14

8 标志、包装、运输和贮存..... 19

9 产品合格证和批量检验质量证明书..... 19

附录 A（规范性） 螺纹切应力安全系数计算方法 20

附录 B（规范性） 组合阀门用密封件性能试验方法与合格指标 23

附录 C（规范性） 气密性试验方法（真空舱法） 25

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。

本文件由全国气瓶标准化技术委员会(SAC/TC 31)提出并归口。

本文件起草单位：中国特种设备检测研究院、大连锅炉压力容器检验检测研究院有限公司、浙江大学、未势能源科技有限公司、上海舜华新能源系统有限公司、合肥通用机械研究院有限公司、张家港富瑞阀门有限公司、上海市特种设备监督检验技术研究院、北京天海工业有限公司、宁波金佳佳阀门有限公司、特嗨氢能检测(保定)有限公司。

本文件主要起草人：薄柯、古纯霖、刘岩、王东雨、顾成杰、黄强华、张保国、徐平、金鑫、陆嘉君、徐鹏、孙黎、李翔、李前、赵保頔、王渭、徐迪青、张琰、高威。

车用高压储氢气瓶组合阀门

1 范围

本文件规定了车用高压储氢气瓶组合阀门(以下简称组合阀门)的基本型式、技术要求、试验方法与合格指标、检验规则、标志、包装、运输、贮存等要求。

本文件适用于公称工作压力不大于 70 MPa、工作温度为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、固定在道路车辆上用作燃料箱的车用高压储氢气瓶用组合阀门。

车用高压储氢气瓶用温度驱动安全泄压装置的型式试验可参照本文件进行。

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/T 192 普通螺纹 基本牙型
- GB/T 196 普通螺纹 基本尺寸
- GB/T 197 普通螺纹 公差
- GB/T 223(所有部分) 钢铁及合金化学分析方法
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 528 硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定
- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 2941 橡胶物理试验方法试样制备和调节通用程序
- GB/T 3191 铝及铝合金挤压棒材
- GB/T 3452.2 液压气动用 O 形橡胶密封圈 第2部分:外观质量检验规范
- GB/T 3512 硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验
- GB/T 3934 普通螺纹量规 技术条件
- GB/T 5720 O 形橡胶密封圈试验方法
- GB/T 6031 硫化橡胶或热塑性橡胶 硬度的测定(10 IRHD~100 IRHD)
- GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法
- GB/T 7758 硫化橡胶 低温性能的测定 温度回缩程序(TR 试验)
- GB/T 7762—2014 硫化橡胶或热塑性橡胶 耐臭氧龟裂 静态拉伸试验
- GB/T 7999 铝及铝合金光电直读发射光谱分析方法
- GB/T 11170 不锈钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)
- GB/T 13005 气瓶术语
- GB/T 13893.2 色漆和清漆 耐湿性的测定 第2部分:冷凝(在带有加热水槽的试验箱内曝露)
- GB/T 13979 质谱检漏仪
- GB/T 20668 统一螺纹 基本尺寸
- GB/T 20975(所有部分) 铝及铝合金化学分析方法

- GB/T 32249 铝及铝合金模锻件、自由锻件和轧制环形锻件 通用技术条件
- GB/T 34542.2 氢气储存输送系统 第2部分:金属材料与氢环境相容性试验方法
- GB/T 34542.3 氢气储存输送系统 第3部分:金属材料氢脆敏感度试验方法
- NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
- YS/T 479 一般工业用铝及铝合金锻件

3 术语和定义、符号

3.1 术语和定义

GB/T 13005 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

车用高压储氢气瓶组合阀门 assembly valve on high pressure hydrogen storage cylinder for vehicles

由手动截止阀、自动截止阀、单向阀、温度驱动安全泄压装置(TPRD)以及温度传感器等部件组成的安装在车用高压储氢气瓶上的阀门。

3.2 符号

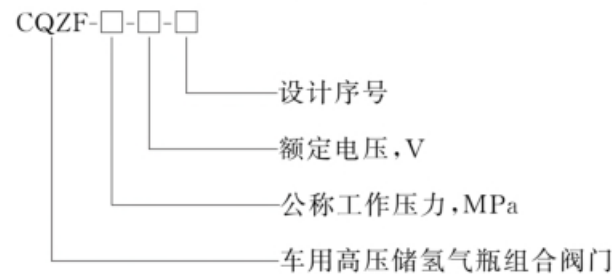
下列符号适用于本文件。

p :组合阀门公称工作压力,单位为兆帕(MPa)。

4 基本型式

4.1 组合阀门应包含手动截止阀、自动截止阀、单向阀、TPRD 以及温度传感器。

4.2 组合阀门型号标记由以下部分组成。



示例:公称工作压力为 35 MPa,额定直流电压为 12 V,设计序号为 I 的车用高压储氢气瓶组合阀门,其型号标记为: CQZF-35-12- I。

5 技术要求

5.1 材料

5.1.1 金属材料

5.1.1.1 组合阀门的主要零部件材料(阀体、阀杆等受压零部件)应有材料制造单位提供的质量证明书原件,或者加盖了材料经营单位公章且有经办人签字(章)的质量证明书复印件。

5.1.1.2 组合阀门的主要零部件材料应与氢气具有良好相容性,并满足相应材料标准的要求。

5.1.1.3 组合阀门的主要零部件材料宜选用 6061 铝合金或 S31603 奥氏体不锈钢。6061 铝合金挤压棒材应符合 GB/T 3191 的规定,锻件应符合 GB/T 32249 或 YS/T 479 的规定。S31603 奥氏体不锈钢

棒材应符合 GB/T 1220 的规定,锻件应符合 NB/T 47010 的规定。S31603 奥氏体不锈钢的 Ni 含量应不低于 12%,断面收缩率应不小于 70%;对于 1.25 倍公称工作压力下应力值大于 25%材料抗拉强度保证值的零部件材料,还应满足 Ni 当量不低于 28.5% (Ni 当量计算公式为: $Ni_{eq} = 12.6C + 0.35Si + 1.05Mn + Ni + 0.65Cr + 0.98Mo$)。

5.1.1.4 对于公称工作压力大于 40 MPa 的组合阀门,主要零部件如选用除 6061 铝合金、S31603 奥氏体不锈钢外的材料时,应按 6.1.3 和 6.1.4 的规定进行氢相容性试验和氢脆敏感性试验。

5.1.2 非金属密封件材料

5.1.2.1 非金属密封件材料应有材料制造单位提供的质量证明书原件,或者加盖了材料经营单位公章且有经办人签字(章)的质量证明书复印件。质量证明书应包含非金属密封件材料的硬度、拉伸强度、拉伸伸长率等。

5.1.2.2 非金属密封件应采用与高压氢气具有良好相容性的材料,密封件材料性能应满足 6.7 的要求。

5.2 设计和制造

5.2.1 用于因车体结构设计原因无法拆卸的车用高压储氢气瓶上的组合阀门,设计使用年限不少于 15 年;用于其他车用高压储氢气瓶上的组合阀门,设计使用年限不少于 6 年。

5.2.2 组合阀门应具备以下功能:

- a) 单向截止功能,未通电时氢气可通过组合阀门单向充入气瓶,同时防止瓶内气体反向流出;
- b) 安全泄压功能,在火灾等特殊情况下,气瓶内气体可通过组合阀门 TPRD 自动泄放;
- c) 温度监测功能,可监测气瓶内部气体温度;
- d) 手动启闭功能,可通过手动操作开启或关闭阀门;
- e) 自动启闭功能,可通过电信号开启或关闭阀门。

5.2.3 组合阀门阀体应进行有限元应力分析。2.5 倍公称工作压力下,阀体各部位应力不应大于阀体材料的屈服强度保证值。

5.2.4 组合阀门进出气口螺纹规格应采用符合 GB/T 192、GB/T 196、GB/T 197 或 GB/T 20668 规定的直螺纹,或者其他符合相应标准规定的螺纹。

5.2.5 组合阀门螺纹应进行强度校核,螺纹在 1.5 倍公称工作压力下的切应力安全系数应不小于 4。螺纹切应力安全系数计算方法按照附录 A 执行。

5.2.6 安全泄压装置应选用易熔合金或玻璃泡,动作温度为 $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$,易熔合金和玻璃泡应符合相应气瓶安全泄压装置标准规定。组合阀门的安全泄压通道应独立,不应与其他功能的通道连通,每个安全泄压通道上只可安装一个安全泄压装置。

5.2.7 阀体宜锻压成型,不应有裂纹、折皱、夹杂物、疏松、缩孔等缺陷。

5.2.8 O 形圈选用前应按附录 B 中 B.3 的规定进行试验,压缩永久变形试验、硬度变化试验、氢气损伤试验和温度回缩试验应由 O 形圈制造单位进行并提供测试报告。

6 试验方法与合格指标

6.1 主要零部件金属材料试验

6.1.1 力学性能试验

6.1.1.1 试验方法

主要零部件材料的拉伸试样和试验方法应按 GB/T 228.1 的规定执行,冲击试样和试验方法按照 GB/T 229 执行(铝合金材料除外)。

6.1.1.2 合格指标

试验结果应符合材料标准和设计的要求。

6.1.2 化学成分分析

6.1.2.1 分析方法

6061 铝合金的化学成分分析按照 GB/T 7999 或 GB/T 20975 执行, S31603 奥氏体不锈钢的化学成分分析按照 GB/T 223(所有部分)或 GB/T 11170 执行。采用其他材料时,化学成分分析按照相应的国家标准执行。

6.1.2.2 合格指标

分析结果应符合材料标准和设计的要求。

6.1.3 氢相容性试验

6.1.3.1 试验方法

材料在氢气中的拉伸性能、疲劳性能和断裂力学性能的测定应满足 GB/T 34542.2 的要求。

6.1.3.2 合格指标

试验结果应符合材料标准和设计的要求。

6.1.4 氢脆敏感性试验

6.1.4.1 试验方法

氢脆敏感性试验应按照 GB/T 34542.3 执行。

6.1.4.2 合格指标

试验结果应符合材料标准和设计的要求。

6.2 外观检查

6.2.1 试验方法

阀体外观采用目视方法检查。

6.2.2 合格指标

检查结果是否满足如下要求:

- a) 阀体表面不应有裂纹、折皱、夹杂物、疏松、缩孔等缺陷;
- b) 螺纹应光滑平整,不准许有倒牙、平牙、牙双线、牙底平、牙尖、牙阔以及螺纹表面上的明显跳动波纹。

6.3 螺纹检查

6.3.1 试验方法

采用符合 GB/T 3934 或相应标准的量规检查。

6.3.2 合格指标

检查结果应满足如下要求：

- a) 螺纹有效螺距数和表面粗糙度应符合设计要求；
- b) 螺纹牙型、尺寸和公差应符合相关标准规定。

6.4 气密性试验

6.4.1 试验方法

按照附录 C 的规定，在常温条件下分别在 (2 ± 0.5) MPa 和不低于 $1.25p$ 的压力下进行气密性试验，试验介质为纯氮气。根据组合阀门的结构分别进行内漏和外漏试验。

6.4.2 合格指标

氮气漏率不应超过 7.5 mL/h。

6.5 TPRD 试验

6.5.1 氢循环试验

6.5.1.1 试验方法

采用氢气对 5 个 TPRD 进行 15 000 次压力循环，循环频率应不超过 10 次/min，试验要求如表 1 所示。

表 1 氢循环试验方法

循环压力		循环次数/次	试验温度/℃
下限	上限		
$\leq 2 \text{ MPa}$	$\geq 1.5p$	10	≥ 85
$\leq 2 \text{ MPa}$	$\geq 1.25p$	2240	≥ 85
$\leq 2 \text{ MPa}$	$\geq 1.25p$	10 000	20 ± 5
$\leq 2 \text{ MPa}$	$\geq 0.8p$	2 750	≤ -40

6.5.1.2 合格指标

氢循环试验后，TPRD 应符合 6.5.9 泄漏试验、6.5.10 动作试验和 6.5.11 流量试验的规定。

6.5.2 加速寿命试验

6.5.2.1 试验方法

试验步骤如下。

- a) 对 8 个 TPRD 进行此项试验，其中 3 个 TPRD 的试验温度为动作温度 T_{act} ，另外 5 个 TPRD 的试验温度为加速寿命温度 T_{life} ，计算公式如下：

$$T_{\text{life}} = \left(\frac{0.502}{\beta + T_{\text{act}}} + \frac{0.498}{\beta + T_{\text{ME}}} \right)^{-1} - \beta$$

式中， β 取 273.15 ℃， T_{ME} 取 85 ℃， T_{act} 取 110 ℃。

- b) 将 TPRD 置于恒温箱或水浴箱中,试验中温度允许偏差为 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- c) TPRD 进气口的氢气或惰性气体压力应不低于 $1.25p$ 。压力源可位于恒温箱或水浴箱的外部,并以单一或者分支管路系统为 TPRD 加压。若采用分支管路系统,则每个分支管路都应包含一个单向阀。

6.5.2.2 合格指标

在 T_{act} 下测试的 TPRD 动作时间应不超过 10 h。在 T_{life} 下测试的 TPRD,500 h 内不应动作,试验后的 TPRD 应符合 6.5.9 泄漏试验的规定。

6.5.3 温度循环试验

6.5.3.1 试验方法

试验步骤如下:

- a) 将 1 个无内压的 TPRD 在温度小于或者等于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的液体中静置至少 2 h,然后在 5 min 内将其转移到温度大于或者等于 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的液体中,并在此温度下静置至少 2 h,之后在 5 min 内将 TPRD 转移到温度小于或者等于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的液体中;
- b) 重复 a) 步骤,完成 15 次循环;
- c) 将 TPRD 在温度小于或者等于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的液体中静置至少 2 h,之后在小于或等于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下用氢气对 TPRD 进行 100 次压力循环,压力循环下限应不大于 2 MPa,压力循环上限应不小于 $0.8p$ 。

6.5.3.2 合格指标

在温度循环试验后,TPRD 应符合 6.5.9 泄漏试验、6.5.10 动作试验和 6.5.11 流量试验的规定,其中泄漏试验的温度应不高于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.5.4 耐盐雾腐蚀性试验

6.5.4.1 试验方法

试验要求如下。

- a) 对 3 个 TPRD 进行盐雾试验,试验前 TPRD 应按照使用工况封堵相应的端口。该试验为循环试验,共循环 100 次。一个循环包含正常环境阶段、潮湿阶段以及干燥阶段,单次循环时间为 24 h,试验流程如图 1 所示。
- b) 在正常环境阶段,应控制环境箱温度为 $(25\pm 3)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $(45\pm 10)\%$ 。试验时间为 $8\text{ h}\pm 10\text{ min}$ 。只在正常环境阶段对 TPRD 施加盐雾,正常环境阶段开始时施加第 1 次盐雾,共需要施加 4 次。施加盐雾时间间隔约为 90 min。每次施加盐雾时,应使 TPRD 表面润湿并形成水珠。喷雾量应足够清洗掉 TPRD 上残留的盐痕迹。
- c) 在潮湿阶段,控制环境箱温度为 $(49\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 100%,试验时间为 $7\text{ h}\pm 10\text{ min}$ 。
- d) 在干燥阶段,控制环境箱温度为 $(60\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 且相对湿度不大于 30%,试验时间为 $5\text{ h}\pm 10\text{ min}$ 。
- e) 从正常环境阶段到潮湿阶段的转换时间应为 $1\text{ h}\pm 5\text{ min}$,从潮湿阶段到干燥阶段的转换时间应为 $3\text{ h}\pm 10\text{ min}$ 。
- f) 因周末或节假日等特殊原因需要暂停试验时,应在一个试验循环完毕后暂停,暂停期间应保持试验箱温度在 $(25\pm 3)^{\circ}\text{C}$ 范围内,相对湿度在 $(45\pm 10)\%$ 范围内。
- g) 循环腐蚀试验结束后,采用清水冲洗 TPRD,待其干燥后进行评估。
- h) 试验设备中环境箱应符合 GB/T 13893.2 的要求,试验用水应符合 GB/T 6682 规定的三级水

要求。喷洒盐溶液时,应避免喷雾对 TPRD 直接冲击。

i) 混合盐溶液的各组分质量分数要求如下:

- 1) 氯化钠(NaCl):0.9%;
- 2) 氯化钙(CaCl_2):0.1%;
- 3) 碳酸氢钠(NaHCO_3):0.075%。

氯化钠应为试剂级或食品级。氯化钙应为试剂级。碳酸氢钠应为试剂级或食品级。配制溶液用水应符合 GB/T 6682 的三级水要求。

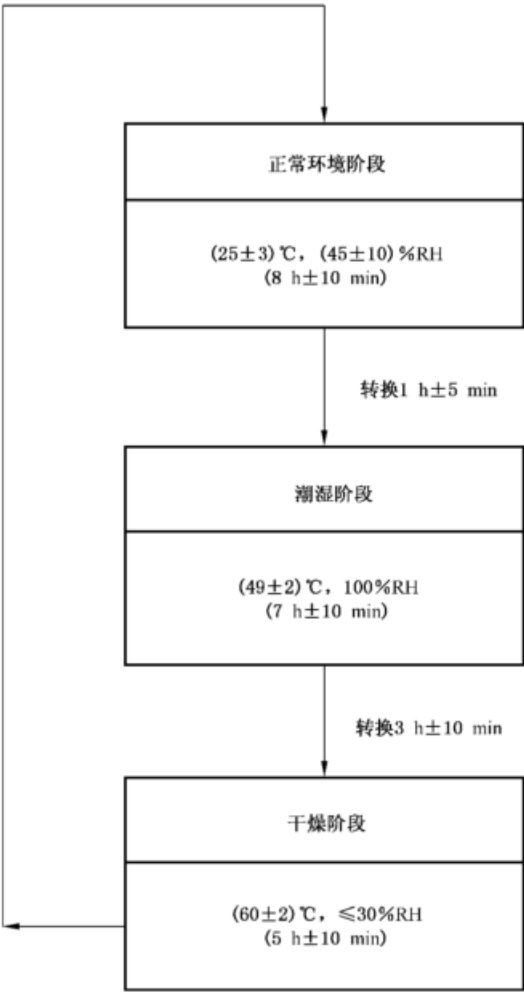


图 1 TPRD 盐雾试验流程图

6.5.4.2 合格指标

经过耐盐雾腐蚀性试验后,TPRD 应符合 6.5.9 泄漏试验、6.5.10 动作试验和 6.5.11 流量试验的规定。

6.5.5 耐冷凝腐蚀性试验

6.5.5.1 试验方法

试验步骤如下。

- a) 封堵 TPRD 的进出气口,在常温下,将 TPRD 在以下溶液中分别浸泡 24 h:
 - 1) 体积分数为 19%的硫酸水溶液(电池酸);

- 2) 体积分数为 10% 的乙醇汽油溶液(E10 汽油);
- 3) 体积分数为 50% 的甲醇水溶液(挡风玻璃清洗液)。
- b) 采用 1 个 TPRD 完成此项试验,用每种溶液浸泡后,将 TPRD 上残留溶液擦除并用水冲洗干净。试验过程中应注意安全防护,防止出现火灾等事故。

6.5.5.2 合格指标

试验后的 TPRD 不应有影响其功能的裂纹、软化、膨胀等物理损伤(不包括凹痕、表面变色)。同时,TPRD 应符合 6.5.9 泄漏试验、6.5.10 动作试验和 6.5.11 流量试验的规定。

6.5.6 耐应力腐蚀试验

6.5.6.1 试验方法

当 TPRD 含有暴露于外部环境的铜合金(如黄铜)零件时,应取 1 个 TPRD 进行试验。试验要求如下:

- a) 清除铜合金零件上的油脂;
- b) 准备 1 个干燥皿,向干燥皿内注入体积为其容积 2% 的氨水(0.9 g/mL);
- c) 将 TPRD 置于氨水液面上方(35±5)mm 处不与氨水发生反应的托盘上,并密封干燥皿;
- d) 将装有 TPRD 的密封干燥皿放置在环境箱中 10 天,环境箱温度为(35±5)℃。

6.5.6.2 合格指标

不应产生裂纹或发生分层现象。

6.5.7 跌落试验

6.5.7.1 试验方法

在常温下将 1 个或 6 个 TPRD 从 2 m 高处自由跌落到光滑水泥地面上。跌落方向为 6 个方向(3 个正交轴的正反方向),可以选择 1 个 TPRD 跌落 6 个方向或 6 个 TPRD 中每个跌落一个方向。

6.5.7.2 合格指标

不应出现影响 TPRD 正常使用的可见外部损伤。任何因跌落而导致螺纹损坏无法安装的 TPRD 不应进行 6.5.8 耐振性试验,但本次跌落试验不应被视为失败。

6.5.8 耐振性试验

6.5.8.1 试验方法

将 TPRD(含 1 个未经试验的 TPRD 和经跌落试验的 1 个或 6 个 TPRD)装在专用装置上,沿 3 个正交轴方向以共振频率各振动 2 h。以 1.5g 的加速度进行 10 min 正弦扫频,频率范围 10 Hz~500 Hz,确定 TPRD 的共振频率,若未发现共振频率,则试验以 40 Hz 的频率进行。

6.5.8.2 合格指标

试验后的 TPRD 应符合 6.5.9 泄漏试验、6.5.10 动作试验和 6.5.11 流量试验的规定。

6.5.9 泄漏试验

6.5.9.1 试验方法

将 1 个未经试验的 TPRD 依次在常温、高温和低温条件下进行泄漏试验。试验开始前,将 TPRD

在规定的温度和不低于 2 MPa 的压力下静置至少 1 h 直至温度稳定。对 TPRD 加压时,应采用氢气从进气口加压。试验条件如下:

- a) 常温:在常温和 (2 ± 0.5) MPa、不低于 $1.25p$ 的试验压力下;
- b) 高温:在温度不低于 85 °C 和 (2 ± 0.5) MPa、不低于 $1.25p$ 的试验压力下;
- c) 低温:在温度不高于 -40 °C 和 (2 ± 0.5) MPa、不低于 p 的试验压力下。

在每个规定的温度、压力条件下将 TPRD 在对应温度的液体中浸泡 1 min 进行观察。

6.5.9.2 合格指标

若在规定的试验时间内没有气泡产生,则 TPRD 通过试验;若检测到气泡,则应采用适当方法测量泄漏速率。氢气漏率不应超过 10 mL/h。

6.5.10 动作试验

6.5.10.1 试验方法

对 3 个未经试验和 5 个已经完成其他试验项目(6.5.1、6.5.3~6.5.5、6.5.7 和 6.5.8 中每个试验抽取 1 个)的 TPRD 进行试验,试验要求如下。

- a) 试验装置应包含可控制空气温度和流量的环境箱,使空气温度达到 (600 ± 10) °C。TPRD 不应直接接触火焰。将 TPRD 装在专用装置上,并记录试验布置方式。
- b) 应采用热电偶监测环境箱温度。试验开始前 2 min,环境箱温度应稳定在规定温度范围内。
- c) 应在 TPRD 放入环境箱之前,对 TPRD 加压至 (2 ± 0.5) MPa。
- d) 将带压的 TPRD 放到环境箱中直至 TPRD 动作,记录动作时间。

6.5.10.2 合格指标

3 个未经试验的 TPRD 的动作时间之差应小于或等于 2 min,以上述 3 个 TPRD 的动作时间平均值作为基准动作时间。已进行过其他试验的 TPRD 的动作时间与基准动作时间之差应小于或等于 2 min。

6.5.11 流量试验

6.5.11.1 试验方法

试验要求如下:

- a) 对 8 个 TPRD 进行流量试验,其中 3 个 TPRD 未经试验,5 个 TPRD 已按照 6.5.1、6.5.3~6.5.5、6.5.7 和 6.5.8 的规定分别进行了相应试验(其中每个试验抽取 1 个);
- b) 按照 6.5.10 的规定对每个 TPRD 进行动作试验,TPRD 动作后,在不进行清洗、拆除部件或修整的情况下,采用氢气、空气或惰性气体对每个 TPRD 进行流量试验;
- c) 进气口压力应为 (2 ± 0.5) MPa,出气口压力应为大气压力,记录进气口压力及温度;
- d) 流量的测量精度应为 $\pm 2\%$ 。

6.5.11.2 合格指标

8 个 TPRD 实测流量的最小值应大于或等于最大值的 90%。

6.6 单向阀和手动/自动截止阀试验

6.6.1 耐压性试验

6.6.1.1 试验方法

先对 1 个未经试验的阀进行该项试验,将其爆破压力作为阀的基准爆破压力。试验要求如下:

- a) 封堵阀的出气口,并使阀内部处于连通状态;
- b) 采用非腐蚀性液体对阀的进气口缓慢施加不小于 $2.5p$ 的液压,保压 3 min,之后对阀进行检查;
- c) 以小于或等于 1.4 MPa/s 的升压速率继续加压,直至阀失效,记录阀失效时的压力。

6.6.1.2 合格指标

保压 3 min 后,阀不应发生破裂。对于已进行过其他试验的阀,其实测爆破压力应不小于基准爆破压力的 0.8 倍,或大于 4 倍的公称工作压力 p 。

6.6.2 泄漏试验

6.6.2.1 试验方法

将 1 个未经试验的阀在常温、高温和低温条件下进行泄漏试验。试验开始前,将阀在规定的温度和不低于 2 MPa 压力下静置至少 1 h 直至温度稳定。对阀加压时,应封堵阀出气口,使用氢气从阀的进气口加压。试验条件如下:

- a) 常温:在常温和 (2 ± 0.5) MPa、不小于 $1.25p$ 的试验压力下;
- b) 高温:在温度为不低于 85 °C 和 (2 ± 0.5) MPa、不小于 $1.25p$ 的试验压力下;
- c) 低温:在温度为不高于 -40 °C 和 (2 ± 0.5) MPa、不小于 p 的试验压力下。

在每个规定的温度、压力条件下将阀在对应温度的液体中浸泡 1 min 进行观察。

6.6.2.2 合格指标

若在规定的试验时间内没有气泡产生,则阀通过试验;若检测到气泡,则应采用适当方法测量漏率。氢气漏率不应超过 10 mL/h。

6.6.3 极限温度压力循环试验

6.6.3.1 试验方法

单向阀的循环次数为 15 000 次,自动截止阀的循环次数为 50 000 次,手动截止阀的循环次数为 100 次。试验步骤如下。

- a) 将阀装在专用装置上。在规定的压力下,采用氢气对阀连续进行循环。对于一个循环的定义如下:
 - 1) 对于单向阀,将其装在试验专用装置上,关闭阀出气口,在 6 个增压步内向阀进气口充入氢气至规定试验压力。之后从阀进气口泄压,在进行下次循环前,应使单向阀出气口压力小于 $0.6p$ 。
 - 2) 对于截止阀,将其装在试验专用装置上,向其进气口和出气口持续加压。
 - 3) 一个循环应包括一次上述操作和一次复位。
- b) 对 1 个阀进行如下试验:
 - 1) 常温循环。试验压力不低于 p ,循环次数为总循环次数的 90%,试验温度应为常温。
 - 2) 高温循环。试验压力不低于 $1.25p$,循环次数为总循环次数的 5%,试验温度应大于或等于 85 °C。
 - 3) 低温循环。试验压力不低于 $0.8p$,循环次数为总循环次数的 5%,试验温度应小于或等于 -40 °C。
- c) 颤动试验。在完成循环试验后,对单向阀和具有单向阀功能的自动截止阀以能引起阀瓣最大颤动的氢气流速进行 24 h 颤动试验。

6.6.3.2 合格指标

试验完成后,阀应符合 6.6.2 泄漏试验和 6.6.1 耐压性试验的规定。

6.6.4 耐盐雾腐蚀性试验

6.6.4.1 试验方法

试验要求如下。

- a) 对 3 个阀门进行盐雾试验,试验前阀门应按照使用工况封堵相应的端口。该试验为循环试验,共循环 100 次。一个循环包含正常环境阶段、潮湿阶段以及干燥阶段,单次循环时间为 24 h,试验流程如图 2 所示。

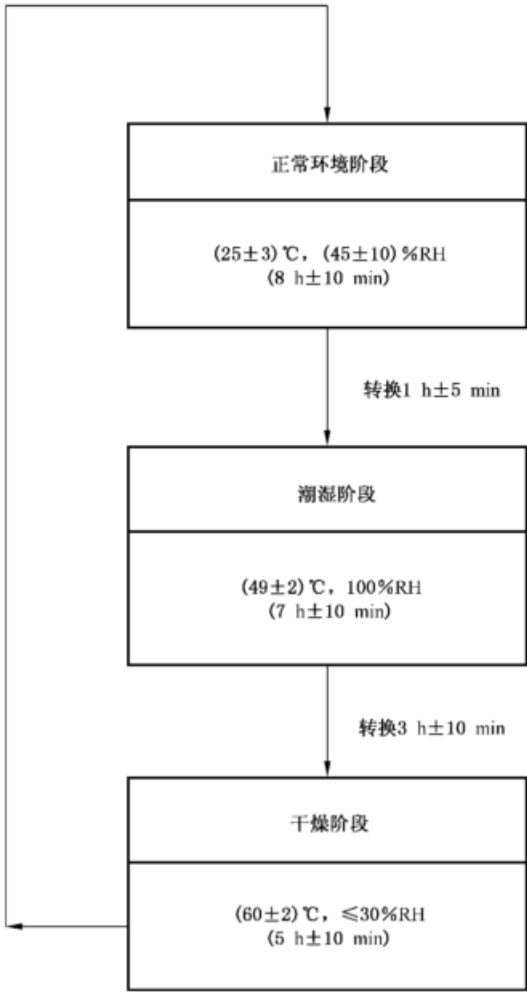


图 2 单向阀/截止阀盐雾试验流程图

- b) 在正常环境阶段,应控制环境箱温度为 $(25\pm3)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $(45\pm10)\%$ 。试验时间为 $8\text{ h}\pm10\text{ min}$ 。只在正常环境阶段对阀门施加盐雾,正常环境阶段开始时施加第 1 次盐雾,共需要施加 4 次。施加盐雾时间间隔约为 90 min。每次施加盐雾时,应使阀门表面润湿并形成水珠。喷雾量应足够清洗掉阀门上残留的盐痕迹。
- c) 在潮湿阶段,控制环境箱温度为 $(49\pm2)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 100%,试验时间为 $7\text{ h}\pm10\text{ min}$ 。
- d) 在干燥阶段,控制环境箱温度为 $(60\pm2)^{\circ}\text{C}$ 且相对湿度不大于 30%,试验时间为 $5\text{ h}\pm10\text{ min}$ 。
- e) 从正常环境阶段到潮湿阶段的转换时间应为 $1\text{ h}\pm5\text{ min}$,从潮湿阶段到干燥阶段的转换时间

应为 $3\text{ h} \pm 10\text{ min}$ 。

- f) 因周末或节假日等特殊原因需要暂停试验时,应在一个试验循环完毕后暂停,暂停期间应保持试验箱温度在 $(25 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ 范围内,相对湿度在 $(45 \pm 10)\%$ 范围内。
- g) 循环腐蚀试验结束后,采用清水冲洗阀门,待其干燥后进行评估。
- h) 试验设备中环境箱应符合 GB/T 13893.2 的要求,试验用水应符合 GB/T 6682 规定的三级水要求。喷洒盐溶液时,应避免喷雾对阀门直接冲击。
- i) 混合盐溶液的各组分质量分数要求如下:
 - 1) 氯化钠(NaCl): 0.9% ;
 - 2) 氯化钙(CaCl_2): 0.1% ;
 - 3) 碳酸氢钠(NaHCO_3): 0.075% 。

氯化钠应为试剂级或食品级。氯化钙应为试剂级。碳酸氢钠应为试剂级或食品级。配制溶液用水应符合 GB/T 6682 规定的三级水要求。

6.6.4.2 合格指标

经过耐盐雾腐蚀性试验后,阀应符合 6.6.2 泄漏试验和 6.6.1 耐压性试验的规定。

6.6.5 耐冷凝腐蚀性试验

6.6.5.1 试验方法

试验步骤如下。

- a) 封堵阀的进出气口,在常温下,将阀在以下溶液中分别浸泡 24 h :
 - 1) 体积分数为 19% 的硫酸水溶液(电池酸);
 - 2) 体积分数为 10% 的乙醇汽油溶液(E10 汽油);
 - 3) 体积分数为 50% 的甲醇水溶液(挡风玻璃清洗液)。
- b) 采用 1 个阀完成此项试验,用每种溶液浸泡后,应将阀上残留溶液擦除并用水冲洗干净。试验过程中应注意安全防护,防止出现火灾等事故。

6.6.5.2 合格指标

被测阀不应有影响其功能的裂纹、软化、膨胀等物理损伤(不包括凹痕、表面变色)。同时,阀应符合 6.6.2 泄漏试验和 6.6.1 耐压性试验的规定。

6.6.6 电气试验

6.6.6.1 试验方法

对 1 个自动截止阀进行试验,试验应同时满足以下要求。

- a) 异常电压试验。将电磁阀与可变压直流电源相连,对其进行如下操作:
 - 1) 在 1.5 倍额定电压下稳定(温度恒定)至少 1 h ;
 - 2) 将电压增大到 2 倍额定电压或 60 V 中的较小值,持续至少 1 min 。
- b) 最小开启电压测试。将阀增压至公称工作压力。对于 12 V 系统的阀门,给其施加不大于 9 V 电压;对于 24 V 系统的阀门,给其施加不大于 18 V 电压;对于其他电压系统阀门,给其施加不大于等效电压 75% 的电压。
- c) 绝缘电阻试验。在电源和阀外壳之间施加 $1\,000\text{ V}$ 直流电压,持续至少 2 s 。

6.6.6.2 合格指标

试验结果应满足如下要求:

- a) 对于异常电压试验,试验时不应出现冒烟、熔化或着火等危险情况,试验后阀门应开启正常,同时应符合 6.6.2 泄漏试验的规定;
- b) 对于最小开启电压测试,施加电压后阀门应正常开启;
- c) 对于绝缘电阻试验,阀的绝缘电阻值应大于或等于 240 k Ω 。

6.6.7 耐振性试验

6.6.7.1 试验方法

将 1 个未经试验的阀装在专用装置上,封堵出气口,从阀的进气口充入氢气、氦气或氮氢混合气(氢气浓度应不小于 5%)至公称工作压力 p ,并沿 3 个正交轴方向以共振频率各振动 2 h。以 1.5g 的加速度进行 10 min 正弦扫频,频率范围 10 Hz~500 Hz,确定阀的共振频率,若未发现共振频率,则试验以 40 Hz 的频率进行。

6.6.7.2 合格指标

无可见外部损伤。同时,阀应符合 6.6.2 泄漏试验和 6.6.1 耐压性试验的规定。

6.6.8 应力腐蚀开裂试验

6.6.8.1 试验方法

当阀门含有暴露于外部环境的铜合金(如黄铜)零件时,应取 1 个阀门进行本项试验。试验要求如下:

- a) 拆开阀,清除铜合金零件上的油脂,再将其重新组装;
- b) 准备 1 个干燥皿,向干燥皿内注入体积为其容积 2%的氨水(0.9 g/mL);
- c) 将阀门置于氨水液面上方(35 $\pm$ 5)mm 处不与氨水发生反应的托盘上,并密封干燥皿;
- d) 将装有阀门的密封干燥皿放置在环境箱中 10 天,环境箱温度为(35 $\pm$ 5) $^{\circ}$ C。

6.6.8.2 合格指标

不应产生裂纹或发生分层现象。

6.6.9 预冷氢气暴露试验

6.6.9.1 试验方法

对 1 个阀门进行试验。试验步骤如下:

- a) 在常温下以 30 g/s 的流速向阀门充入温度小于或等于 -40° C 的预冷氢气至少 3 min,然后停止 2 min,重复 10 次上述操作;
- b) 在常温下以 30 g/s 的流速向阀门充入温度小于或等于 -40° C 的预冷氢气至少 3 min,然后停止 15 min,重复 10 次上述操作。

6.6.9.2 合格指标

试验后,阀应符合 6.6.2.1a,常温泄漏试验的规定。

6.7 非金属密封件性能试验

6.7.1 耐氧化性试验

6.7.1.1 试验方法

将 3 个非金属密封件置于温度为(70 $\pm$ 2) $^{\circ}$ C 和试验压力为 2 MPa 的氧气(纯度 $\geq$ 99.5%)中 96 h。

6.7.1.2 合格指标

无裂纹或其他可见缺陷。

6.7.2 臭氧相容性试验

6.7.2.1 试验方法

对3个试样按 GB/T 7762—2014 中的方法 A 进行试验,试样应为宽试样,试样拉伸应变为20%,在环境温度为40℃、臭氧浓度为 $(50\pm5)\times 10^{-8}$ 的空气中暴露120 h。

6.7.2.2 合格指标

试样表面无龟裂或明显的变质迹象。

6.7.3 氢气相容性试验

6.7.3.1 试验方法

试验步骤如下:

- a) 对3个非金属密封件测量体积,并称重;
- b) 将密封件在压力为阀门公称工作压力、温度为15℃的氢气中放置168 h后,将压力在10 s内降至大气压力;
- c) 将密封件在压力为阀门公称工作压力、温度为-40℃的氢气中放置168 h后,将压力在10 s内降至大气压力;
- d) 取出密封件,并立即测量其体积变化率和质量变化率。

6.7.3.2 合格指标

密封件应无破损等异常现象,其体积膨胀率应不超过25%或者体积收缩率应不超过1%,质量变化率应不超过10%。

6.8 温度传感器试验

6.8.1 试验方法

将待测温度传感器与已检定的二等标准铂电阻温度计同时置于常温环境中。对热电偶、半导体等形式的温度传感器,根据其额定工作电压接通电源,测量其反馈电压或反馈电流,然后查表或计算其对应的温度值;对于电阻形式的温度传感器,测量其电阻值,然后查表或计算其对应的温度值。

6.8.2 合格指标

将温度传感器温度实测值与已检定的二等标准铂电阻温度计示值对比,误差应符合设计要求。

7 检验规则

7.1 材料检验

7.1.1 金属原材料按批次进行力学性能、按炉号进行化学成分复验,应符合6.1.1和6.1.2的规定。

7.1.2 O形圈应逐只进行外观检查,应符合B.3.1的规定。其他非金属密封件应逐只进行目视检查,外观应完好无缺陷。

7.1.3 O形圈应按批量进行尺寸检查、耐氧化性试验,应符合 B.3.2 和 6.7.1 的规定。

7.2 出厂检验

7.2.1 逐只检验

组合阀门在出厂前应进行逐只检验,逐只检验项目按表 2 的规定。在检验过程中,如有一项不合格则该阀不合格。

7.2.2 批量检验

制造商应确定组合阀门的批量,批量最大不应超过 200 只。批量检验的组合阀门应在经逐只检验合格的产品中抽取,每批抽取 2 只。检验项目按表 2 的规定,在检验过程中,如有 1 只组合阀门不符合要求,则加倍抽取;重新检测时,如仍有不合格阀门,则该批阀门不合格。

表 2 出厂检验项目表

检验项目	出厂检验		试验方法及合格指标
	逐只检验	批量检验	
外观检查	√		6.2
螺纹检查		√	6.3
气密性试验	√		6.4
电气试验	√ ^a		6.6.6
温度传感器试验	√		6.8
^a 逐只检验时,电气试验不包含异常电压试验。			

7.3 型式试验

7.3.1 组合阀门有下列情况之一的,应由取得相应阀门型式试验资质的检验机构进行型式试验:

- a) 新产品投产前;
- b) 产品的材料、结构型式、工艺等方面有重大变更影响安全性能的;
- c) 有关安全技术规范有明确规定的。

7.3.2 型式试验用组合阀门应在出厂检验合格的产品中抽取,试验项目见表 3,型式试验试验顺序和试件数量见图 3 和图 4。型式试验全部项目应符合本文件的要求,如有一只阀存在任一项试验结果不符合本文件的要求,则判定该阀型式试验不合格。如果是由于设计原因导致的,制造单位应更改设计,按照更改后的设计进行试制,重新抽取样品进行全部项目的型式试验;如果是由于工艺或者制造控制不当造成的,制造单位应向型式试验机构提交解决问题的书面说明,经过型式试验机构确认后,可以重新试制样品并由型式试验机构重新抽取样品,对相关项目重新进行试验。

表 3 型式试验项目一览表

对象	试验项目	试验方法及合格指标
阀体主要受压零部件金属材料	力学性能试验	6.1.1
	化学成分分析	6.1.2
非金属密封件	耐氧化性试验	6.7.1
	臭氧相容性试验	6.7.2
	氢气相容性试验	6.7.3

表 3 型式试验项目一览表 (续)

对象	试验项目	试验方法及合格指标
组合阀门	外观检查	6.2
	螺纹检查	6.3
温度驱动安全泄压装置 (TPRD)	氢循环试验	6.5.1
	加速寿命试验	6.5.2
	温度循环试验	6.5.3
	耐盐雾腐蚀性试验	6.5.4
	耐冷凝腐蚀性试验	6.5.5
	耐应力腐蚀试验 (仅限铜合金部件)	6.5.6
	跌落试验	6.5.7
	耐振性试验	6.5.8
	泄漏试验 ^{a,f}	6.5.9
	动作试验 ^a	6.5.10
	流量试验 ^a	6.5.11
单向阀和截止阀	耐压性试验 ^{a,b,c,d,e,f}	6.6.1
	泄漏试验 ^{c,d}	6.6.2
	极限温度压力循环试验	6.6.3
	耐盐雾腐蚀性试验	6.6.4
	耐冷凝腐蚀性试验	6.6.5
	电气试验 ^e	6.6.6
	耐振性试验 ^e	6.6.7
	应力腐蚀开裂试验 (仅限铜合金部件)	6.6.8
	预冷氢气暴露试验 (仅限 $p > 35$ MPa 的阀门)	6.6.9
^a 用于组合阀门的 TPRD 在进行 TPRD 型式试验时应安装在组合阀门上;但当带有 TPRD 的端塞与已通过型式试验的组合阀门采用相同材料、结构型式、组件几何尺寸以及最小泄放通径的 TPRD 时,应进行该试验。 ^b 当组合阀门上的 TPRD 的结构型式发生变化 (如易熔塞改为玻璃泡或反之),除进行 TPRD 的全部试验项目外,应增加该试验;对于最小泄放通径发生变化,可以使用带有 TPRD 的端塞 (与组合阀门上采用相同材料、结构型式、组件几何尺寸以及最小泄放通径) 进行 TPRD 的全部试验。 ^c 当组合阀门仅是外形尺寸,充气口、出气口和压力传感器 (测量瓶内压力) 接口的连接方式及规格尺寸发生变更时,应进行该试验。 ^d 当组合阀门仅是进气口螺纹规格发生变更时,应进行该试验。 ^e 新设计的带有 TPRD 的端塞除应进行 TPRD 的全部试验项目外,还应进行该试验。 ^f 当带有 TPRD 的端塞仅是进气口螺纹规格和外形尺寸发生变更时,应进行该试验。 ^g 型式试验时,电气试验应采用同一只组合阀门按照 6.6.6 a)、b)、c) 依次完成试验。		

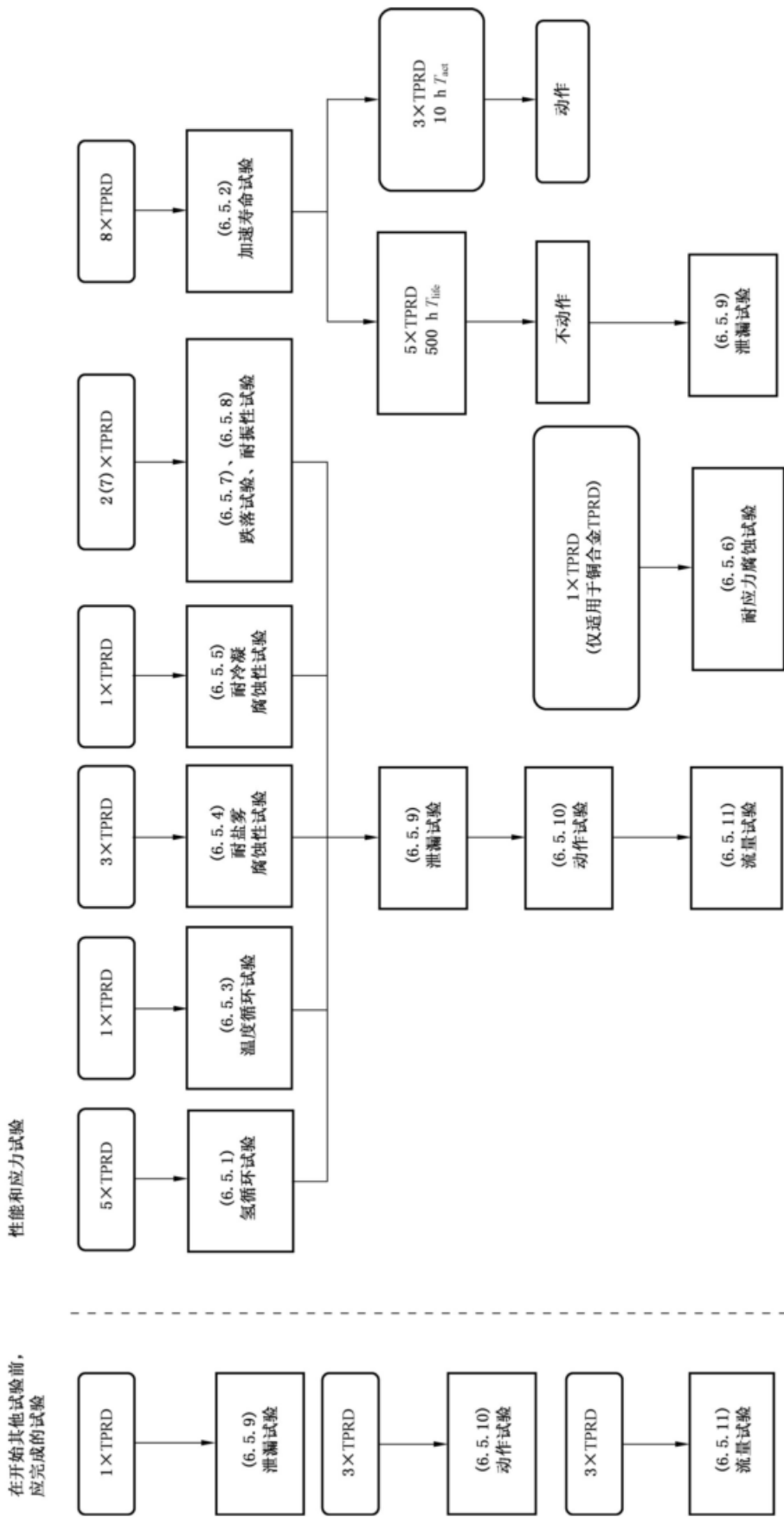


图 3 温度驱动安全泄压装置 (TPRD) 型式试验试样数量和试验顺序

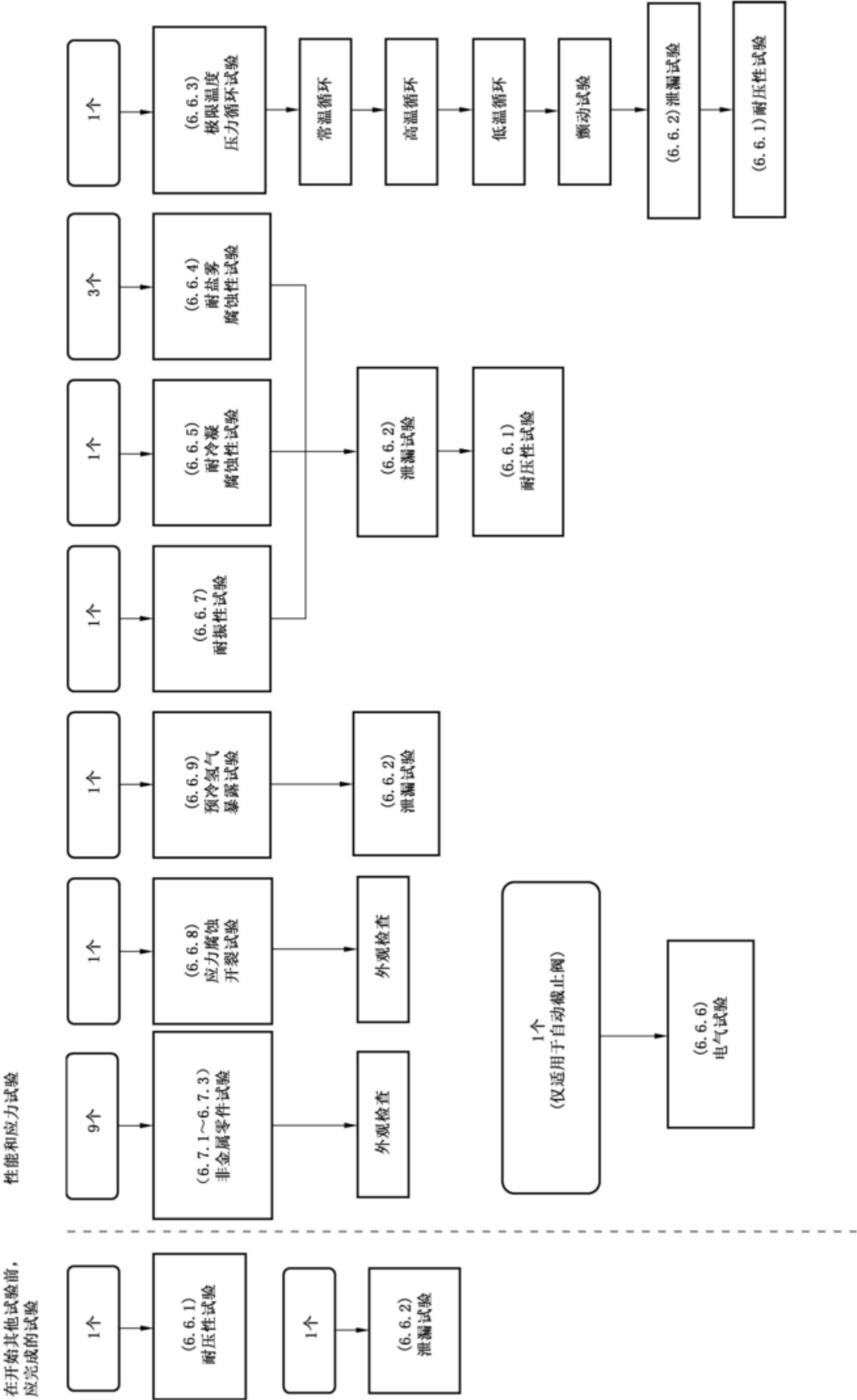


图 4 单向阀、截止阀（包括手动截止阀和自动截止阀）型式试验试样数量和试验顺序

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

组合阀门上应有下列永久性清晰的标志：

- a) 阀的型号；
- b) 阀的公称工作压力；
- c) 手动截止阀的启闭方向；
- d) 制造商名称或商标；
- e) 安全泄压装置的动作温度及泄放通路；
- f) 生产年月和批号；
- g) 本文件编号；
- h) 电子识读标签；
- i) 产品编号；
- j) 设计使用年限；
- k) 电磁阀额定电压。

8.2 包装、运输及贮存

8.2.1 包装前应清除残留在阀内的水分，包装时应保持阀的清洁，无油污，无腐蚀，进出气口螺纹不受损伤。

8.2.2 包装箱内宜附有产品合格证、使用说明书，包装箱外宜标明产品名称、制造许可证号、执行的本文件编号、生产日期、数量、质量、制造商名称和联系地址、电话等。

8.2.3 阀应放在通风、干燥、清洁的室内，防止受潮、化学品侵蚀。运输装卸时，应轻装轻放，防止重压、碰撞及跌落。

9 产品合格证和批量检验质量证明书

9.1 产品合格证

出厂产品合格证至少应包含以下内容：

- a) 合格证编号；
- b) 阀的名称、型号；
- c) 公称工作压力和公称通径；
- d) 适用温度和介质；
- e) 产品执行的本文件编号；
- f) 出厂检验日期；
- g) 制造商名称；
- h) 制造商质量部门印章。

9.2 批量检验质量证明书

9.2.1 批量出厂的产品，均应有产品批量检验质量证明书。

9.2.2 产品批量检验质量证明书的内容应包括本文件规定的出厂检验项目、产品批号、产品数量。

9.2.3 产品批量检验质量证明书的签发应由制造厂最高管理者授权的产品质量检验责任师或质保工程师签字(章)有效。

附 录 A

(规范性)

螺纹切应力安全系数计算方法

A.1 计算公式

螺纹切应力安全系数即材料剪切强度(τ_m)与螺纹切应力的比值。材料剪切强度(τ_m)取 0.6 倍的材料抗拉强度。螺纹切应力计算见式(A.1)、式(A.2)：

$$\tau_n = \frac{F_w}{zA_n} \dots\dots\dots (A.1)$$

$$\tau_w = \frac{F_w}{zA_w} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

τ_n —— 内螺纹的切应力,单位为兆帕(MPa)；

F_w —— 最大轴向外载荷,单位为牛(N)；

z —— 啮合的螺纹牙数；

A_n —— 内螺纹牙的受剪面积,单位为平方毫米(mm²)；

τ_w —— 外螺纹的切应力,单位为兆帕(MPa)；

A_w —— 外螺纹牙的受剪面积,单位为平方毫米(mm²)。

最大轴向外载荷计算见式(A.3)：

$$F_w = p_n A \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

p_n —— 1.5 倍公称工作压力,单位为兆帕(MPa)；

A —— 内螺纹开孔受压面积(取内螺纹的大径),单位为平方毫米(mm²)。

螺纹牙的受剪面积计算见式(A.4)、式(A.5)：

$$A_n = \pi d_{\min} \left[\frac{P}{2} + \tan \frac{\alpha}{2} (d_{\min} - D_{2\max}) \right] \dots\dots\dots (A.4)$$

$$A_w = \pi D_{1\max} \left[\frac{P}{2} + \tan \frac{\alpha}{2} (d_{2\min} - D_{1\max}) \right] \dots\dots\dots (A.5)$$

式中：

$d_{\min}$ —— 外螺纹最小大径,单位为毫米(mm)；

P —— 螺纹的螺距,单位为毫米(mm)；

α —— 螺纹的牙型角,单位为度(°)；

$D_{2\max}$ —— 内螺纹最大中径,单位为毫米(mm)；

$D_{1\max}$ —— 内螺纹最大小径,单位为毫米(mm)；

$d_{2\min}$ —— 外螺纹最小中径,单位为毫米(mm)。

内螺纹和外螺纹的啮合情况和计算取值见图 A.1,且有以下关系式成立,见式(A.6)、式(A.7)：

$$b = \frac{P}{2} + 2x = \frac{P}{2} + \tan \frac{\alpha}{2} (d_{\min} - D_{2\max}) \dots\dots\dots (A.6)$$

$$b_1 = \frac{P}{2} + 2y = \frac{P}{2} + \tan \frac{\alpha}{2} (d_{2\min} - D_{1\max}) \dots\dots\dots (A.7)$$

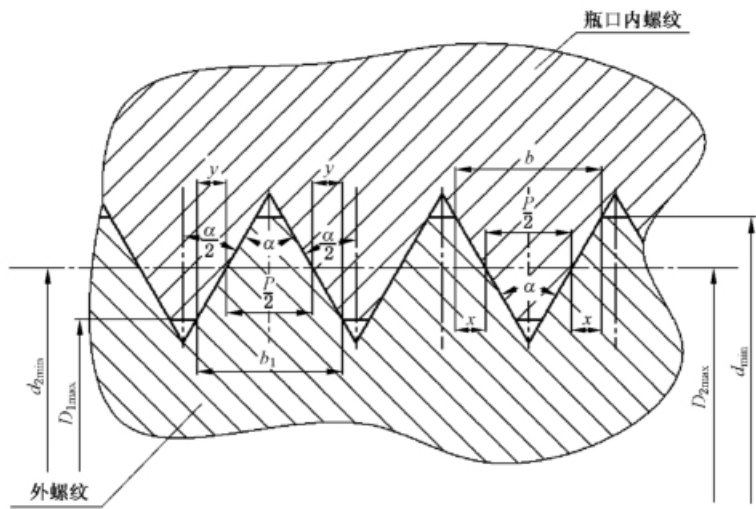


图 A.1 内螺纹和外螺纹啮合尺寸及受力部位示意图

A.2 计算示例

螺纹材料抗拉强度保证值为 290 MPa,公称工作压力为 35 MPa,外螺纹为 2-12UN,有效螺纹 14 牙,计算组合阀门 1.5 倍公称工作压力下螺纹切应力安全系数。

解:根据螺纹标准,2-12UN 螺纹的牙型角为 60°,其中 2B 内螺纹的极限尺寸见表 A.1。

表 A.1 2-12UN-2B 内螺纹的极限尺寸

单位为毫米

公称直径 <i>D</i>	螺距 <i>P</i>	大径 <i>D</i> _{min}	中径		小径	
			<i>D</i> _{2max}	<i>D</i> _{2min}	<i>D</i> _{1max}	<i>D</i> _{1min}
50.8	2.116	50.8	49.626 5	49.425 9	48.971 2	48.514 0

相应的 2A 外螺纹的极限尺寸见表 A.2。

表 A.2 2-12UN-2A 外螺纹的极限尺寸

单位为毫米

公称直径 <i>d</i>	螺距 <i>P</i>	大径		中径		小径 <i>d</i> _{1max}
		<i>d</i> _{max}	<i>d</i> _{min}	<i>d</i> _{2max}	<i>d</i> _{2min}	
50.8	2.116	50.754 3	50.464 7	49.380 1	49.225 2	48.234 6

内螺纹牙的受剪面积 *A_n* 计算见式(A.8):

$$\begin{aligned} A_n &= \pi d_{\min} \left[\frac{P}{2} + \tan \frac{\alpha}{2} (d_{\min} - D_{2\max}) \right] \\ &= 3.14 \times 50.464\,7 \times \left[\frac{2.116}{2} + \tan \frac{60^\circ}{2} \times (50.464\,7 - 49.626\,5) \right] \dots\dots\dots (A.8) \\ &= 244.286\,7 (\text{mm}^2) \end{aligned}$$

外螺纹牙的受剪面积 *A_w* 计算见式(A.9):

$$\begin{aligned}
 A_w &= \pi D_{1\max} \left[\frac{P}{2} + \tan \frac{\alpha}{2} (d_{2\min} - D_{1\max}) \right] \\
 &= 3.14 \times 48.971\ 2 \times \left[\frac{2.116}{2} + \tan \frac{60^\circ}{2} \times (49.225\ 2 - 48.971\ 2) \right] \quad \dots\dots (A.9) \\
 &= 185.224\ 2 (\text{mm}^2)
 \end{aligned}$$

最大轴向外载荷,计算见式(A.10):

$$F_w = p_n A = 52.5 \times 3.14 \times 50.8^2 / 4 = 106\ 354.626 (\text{N}) \quad \dots\dots (A.10)$$

内螺纹的切应力 τ_n 计算见式(A.11):

$$\tau_n = \frac{F_w}{z A_n} = \frac{106\ 354.626}{14 \times 244.286\ 7} \approx 31.10 (\text{MPa}) \quad \dots\dots (A.11)$$

外螺纹的切应力 τ_w 计算见式(A.12):

$$\tau_w = \frac{F_w}{z A_w} = \frac{106\ 354.626}{14 \times 185.224\ 2} = 41.02 (\text{MPa}) \quad \dots\dots (A.12)$$

螺纹切应力安全系数计算见式(A.13)、式(A.14):

$$\frac{\tau_m}{\tau_n} = \frac{0.6 \times 290}{31.10} \approx 5.59 \quad \dots\dots (A.13)$$

$$\frac{\tau_m}{\tau_w} = \frac{0.6 \times 290}{41.02} \approx 4.24 \quad \dots\dots (A.14)$$

综上所述, $\tau_m/\tau_n > 4$, $\tau_m/\tau_w > 4$, 计算值满足组合阀门的螺纹设计要求。

附 录 B

(规范性)

组合阀门用密封件性能试验方法与合格指标

B.1 总则

本附录规定了组合阀门用密封件性能试验方法,包括密封件材料拉伸试验和 O 形圈试验。

B.2 密封件材料拉伸试验

B.2.1 试验方法

密封件材料拉伸试验应符合 GB/T 528 的规定。

B.2.2 合格指标

拉伸强度和拉断伸长率应满足设计要求。

B.3 O 形圈试验

B.3.1 外观检查

B.3.1.1 试验方法

按照 GB/T 3452.2 的试验方法,对 O 形圈外观质量进行检查。

B.3.1.2 合格指标

外观质量应满足设计要求。

B.3.2 尺寸检查

B.3.2.1 试验方法

按照 GB/T 2941 的试验方法,对 O 形圈尺寸进行非接触测量。

B.3.2.2 合格指标

O 形圈截面直径和内径应满足设计要求。

B.3.3 硬度检查

B.3.3.1 试验方法

按照 GB/T 6031 的试验方法,对 O 形圈硬度进行检查。

B.3.3.2 合格指标

硬度应满足设计要求。

B.3.4 拉伸试验

B.3.4.1 试验方法

按照 GB/T 5720 的试验方法,对 O 形圈进行拉伸试验。

B.3.4.2 合格指标

拉伸强度和拉断伸长率应满足设计要求。

B.3.5 压缩永久变形试验

B.3.5.1 试验方法

试验之前测定 O 形圈的截面直径。参照 GB/T 3512 的试验方法,将 O 形圈压缩成规定厚度,在温度为 $(150\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 大气中放置 $(72\pm 1)\text{h}$ 后,使 O 形圈恢复自由状态并测定其厚度,计算 O 形圈压缩永久变形率。

B.3.5.2 合格指标

压缩永久变形率应满足设计要求。

B.3.6 硬度变化试验

B.3.6.1 试验方法

按照 GB/T 3512 的试验方法,将 O 形圈压缩成规定厚度,在温度为 $(150\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 大气中放置 $(72\pm 1)\text{h}$ 后,使 O 形圈恢复自由状态并测定其硬度。试验前后 O 形圈的硬度应按照 GB/T 6031 的规定并依据 O 形圈尺寸选择合适的方法进行测量。

B.3.6.2 合格指标

硬度变化应满足设计要求。

B.3.7 氢气损伤试验

B.3.7.1 试验方法

试验步骤如下:

- a) 测量 3 个 O 形圈体积,并称重;
- b) 将 O 形圈在压力为气瓶公称工作压力、温度为 15°C 的氢气中放置 168 h 后,将压力在 10 s 内降至大气压力;
- c) 将 O 形圈在压力为气瓶公称工作压力、温度为 -40°C 的氢气中放置 168 h 后,将压力在 10 s 内降至大气压力;
- d) 取出 O 形圈后应立即观察 O 形圈表面并测量其体积变化率和质量损失率。

B.3.7.2 合格指标

O 形圈应无破损等异常现象,其体积膨胀率应不超过 25%或者体积收缩率应不超过 1%,质量损失率应不超过 10%。

B.3.8 温度回缩试验

B.3.8.1 试验方法

参照 GB/T 7758 的试验方法,在拉长状态下将与 O 形圈相同材料的标准试样冷却至 -80°C 使其固化,除去拉伸力并以均匀的速率提高试样温度,并测定试样回缩率为 10%时的温度。

B.3.8.2 合格指标

O 形圈材料温度应满足设计要求。

附 录 C

(规范性)

气密性试验方法(真空舱法)

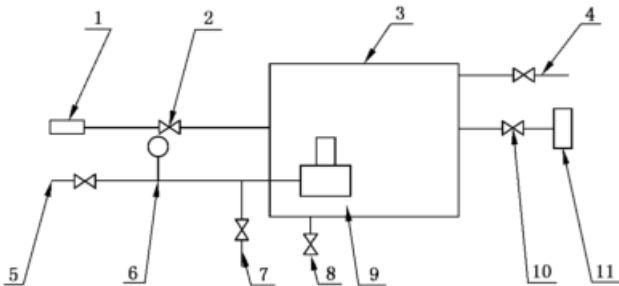
C.1 试验原理与方法

C.1.1 试验原理

将组合阀门与增压管路连接,置于真空舱体中。测试时,将组合阀门用纯氦气加压至试验压力,当组合阀门存在泄漏时,氦气进入真空舱并被吸入检漏仪,检漏仪显示出漏率。

C.1.2 检漏系统

真空舱气密性试验系统原理图见图 C.1。



标引序号说明:

- | | |
|--------------|--------------|
| 1——标准漏孔; | 7 ——排气管路; |
| 2——标准漏孔前端阀门; | 8 ——置换气体入口; |
| 3——真空舱; | 9 ——组合阀门; |
| 4——置换气体出口; | 10——检漏仪前端阀门; |
| 5——增压管路; | 11——氦质谱检漏仪。 |
| 6——压力表; | |

图 C.1 真空舱气密性试验原理图

C.2 试验装置、设备和仪器

试验装置、设备和仪器应满足以下要求。

- 检漏仪应采用氦质谱检漏仪,氦质谱检漏仪应满足 GB/T 13979 的技术要求。
- 标准漏孔应选择薄膜渗氦型标准漏孔,标准漏孔漏率 Q 应不大于 $1 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。
- 真空舱容积应与组合阀门尺寸相适应,真空舱内表面应进行电化学抛光处理。
- 检漏系统校准完毕后,试验装置应具备直接显示系统有效最小可检漏率的功能。
- 试验装置应能自动、准确、实时地显示、记录和保存包括时间、压力和泄漏率等在内的试验数据,根据采集的泄漏率和时间数据,自动绘制时间、压力、泄漏率曲线图。时间、压力、泄漏率的数据采集频率不低于 3 次/s。实时存储的所有原始试验记录应不可更改。

C.3 一般要求

试验过程应满足如下要求:

- a) 氮质谱检漏仪在检漏前应按照使用说明书调整仪器各项工作参数,使仪器处于最佳工作状态;
- b) 试验时应实时显示、记录和保存包括时间、压力和泄漏率等在内的试验数据。

C.4 试验步骤

C.4.1 系统连接

按图 C.1 连接气密性试验系统,根据组合阀门容积选择容积相适应的真空舱,标准漏孔应安装在靠近组合阀门位置。保持标准漏孔前端阀门和检漏仪前端阀门处于关闭状态。

C.4.2 系统校准

开始气密性试验前应对系统进行校准,方法如下。

- a) 打开检漏仪前端阀门,启动检漏仪,打开标准漏孔直至氮质谱检漏仪信号稳定。
- b) 将标准漏孔开启至输出信号稳定的时间记录为检测时间 t_d ,将稳定的仪器读数记为 M_2 。
- c) 将标准漏孔关闭,待氮质谱检漏仪读数稳定时记录背景读数 M_1 。
- d) 初始的系统灵敏度 S_1 应按式(C.1)计算:

$$S_1 = Q / (M_2 - M_1) \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

Q ——标准漏孔漏率,单位为帕立方米每秒($\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$)。

- e) 校准完成后,读取系统有效最小可检漏率,其数值应不大于标准漏孔漏率,同时应满足 $M_1 \times S_1 \leq Q$ 。

C.4.3 氮泄漏检测

C.4.3.1 保持标准漏孔前端阀门关闭,启动检漏仪,待氮质谱检漏仪读数稳定时记录背景读数 M_5 。当 $M_5 \times S_1 \leq Q$ 时,继续测试。

C.4.3.2 用氮气将组合阀门增压至试验压力,完成增压后需静置。

C.4.3.3 完成静置后开始检测,达到检测时间 t_d 后,记录仪器输出读数 M_6 。若输出信号不稳定,延长检测时间至输出信号稳定。

C.4.4 检测系统最终校准

气密性试验工作完成后,应进行真空舱检测系统最终校准。将组合阀门内压力泄压至 0 MPa,组合阀门仍放置在真空舱内并保持标准漏孔关闭,测定仪器读数 M_3 ,再次开启标准漏孔,仪器输出读数增大至 M_4 。按式(C.2)计算最终的检测系统灵敏度 S_2 :

$$S_2 = Q / (M_4 - M_3) \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

Q ——标准漏孔漏率,单位为帕立方米每秒($\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$)。

当 $M_3 \times S_2 \leq Q$ 、最终灵敏度 S_2 与初始灵敏度 S_1 偏差在 35% 以内且系统有效最小可检漏率不大于标准漏孔漏率时,检测结果有效。否则,重新校准后再次进行检测。

C.5 检测结果

对检测系统进行最终校准合格后,由下述规定确定组合阀门氮泄漏率 Q_{He} :

- a) 当输出信号不改变,即 $M_6 = M_5$,应记录为“低于系统的可探测范围”和检测合格;
- b) 当输出信号 M_6 超过系统可探测范围,应记录为“大于系统可探测范围”和检测不合格;
- c) 当输出信号 M_6 发生改变(但输出信号在可检范围),应按式(C.3)确定 Q_{He} :

$$Q_{\text{He}} = S_1 (M_6 - M_5) \dots\dots\dots (\text{ C.3 })$$

式中：

Q_{He} ——组合阀门氦泄漏率，单位为帕立方米每秒(Pa·m³/s)。

注：1 Pa·m³/s=9.9 std·cm³/s=9.9 mL/s=594 mL/min=35 640 mL/h。
