

MH

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T 6141.1—2026

航空抗燃磷酸酯液压油性能测试方法
第1部分：流体性能 泵测试法

Test method for performance of fire resistant phosphate ester hydraulic fluid for
aircraft—Part 1: Fluid performance—Pump test method

2026-07-06 发布

2026-08-01 实施

中国民用航空局 发布

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 方法概述 1

5 仪器设备 1

5.1 设备组成 2

5.2 设备要求 2

5.2.1 容量和材质 2

5.2.2 液压泵 2

5.2.3 温度传感器 2

5.2.4 压力传感器 2

5.2.5 流量传感器 2

6 试剂与耗材 2

6.1 干燥空气 2

6.2 氮气 2

6.3 清洗剂 2

6.4 滤芯 2

6.5 密封圈 2

7 测试前准备 2

7.1 液压油准备 2

7.2 试验件准备 2

7.3 测试设备准备 3

8 测试程序 3

8.1 前校准测试 3

8.2 耐久性测试 3

8.3 额外高温测试 4

8.4 后校准测试 4

8.5 运行数据采集 4

8.6 取样 5

8.7 液压油检测 5

8.7.1 运动粘度 5

8.7.2 酸值变化 5

8.7.3 抗磨损性能 5

8.8 液压泵检查 5

8.9 过滤器滤芯检查 5

9 报告..... 5

附录 A（规范性） 测试设备 7

 A.1 测试设备组成..... 7

 A.2 油箱单元..... 8

 A.3 供油单元..... 9

 A.4 流量控制单元..... 10

 A.5 壳体回油单元..... 10

 A.6 测试回路单元..... 11

 A.7 冷却单元..... 11

参考文献..... 13

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。

本文件是MH/T 6141《航空抗燃磷酸酯液压油性能测试方法》的第1部分。MH/T 6141已经发布了以下部分：

- 第1部分：流体性能 泵测试法；
- 第2部分：耐腐蚀性能 流量控制阀测试法。

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。

本文件由中国民用航空局航空器适航审定司提出。

本文件由中国民航科学技术研究院归口。

本文件起草单位：中国民用航空总局第二研究所、中国民航科学技术研究院、中国商用飞机有限责任公司上海飞机设计研究院。

本文件主要起草人：曾萍、杜澜、黄致尧、刘建刚、夏祖西、王强、雷庆柯、王海保、柳华、苏正良、何子欣、曾泰、沈洋、陈翹楚、熊攀、刘星北、徐项鉴非。



引 言

航空抗燃磷酸酯液压油性能测试是评价航空抗燃磷酸酯液压油性能的科学方法，MH/T 6141旨在为评估航空抗燃磷酸酯液压油在液压系统中的相关性能提供统一的测试方法，拟由十个部分构成。

——第1部分：流体性能 泵测试法。目的在于规定使用试验液压泵来评估航空抗燃磷酸酯液压油流体性能的测试方法。

——第2部分：耐腐蚀性能 流量控制阀测试法。目的在于规定使用流量控制阀来评估航空抗燃磷酸酯液压油腐蚀性能的测试方法。

——第3部分：抗燃性能 热歧管表面着火法。目的在于规定开展航空抗燃磷酸酯液压油在高温热歧管表面的着火试验的测试方法。

——第4部分：抗燃性能 高压喷雾点火法。目的在于规定开展航空抗燃磷酸酯液压油在高压喷雾状态下的点火试验的测试方法。

——第5部分：抗燃性能 灯芯点火法。目的在于规定开展航空抗燃磷酸酯液压油的灯芯点火试验的测试方法。

——第6部分：自燃温度。目的在于规定航空抗燃磷酸酯液压油自燃温度的测试方法。

——第7部分：体积弹性模量。目的在于规定航空抗燃磷酸酯液压油的体积弹性模量的测试方法。

——第8部分：服役寿命。目的在于规定航空抗燃磷酸酯液压油工作寿命的测试方法。

——第9部分：水解安定性。目的在于规定航空抗燃磷酸酯液压油水解安定性的测试方法。

——第10部分：热稳定性。目的在于规定航空抗燃磷酸酯液压油热稳定性的测试方法。

本次对MH/T 6141.1的制定，聚焦于航空抗燃磷酸酯液压油流体性能测试方法，可支持开展航空抗燃磷酸酯液压油流体性能测试评价。

航空抗燃磷酸酯液压油性能测试方法

第1部分：流体性能 泵测试法

1 范围

本文件规定了在特定温度、压力和流量条件下，使用液压泵开展航空抗燃磷酸酯液压油（以下简称“液压油”）流体性能测试的仪器设备、试剂与耗材、测试前准备、测试程序、报告的要求。
本文件适用于液压油流体性能的测试。

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 265 石油产品运动粘度测定法和动力粘度计算法
- GB/T 4945 石油产品和润滑剂酸值和碱值测定法（颜色指示剂法）
- GB/T 15894 化学试剂 石油醚
- NB/SH/T 0189 润滑油抗磨损性能的测定 四球法
- ISO 11218 航空航天 液压油清洁度分类（Aerospace Cleanliness classification for hydraulic fluids）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

- 3.1 **航空抗燃磷酸酯液压油** **fire resistant phosphate ester hydraulic fluid for aircraft**
主要以磷酸酯类化合物为基础油，添加多种添加剂调和而成的用于航空液压系统的液压油。
- 3.2 **最大排量** **maximum displacement**
液压泵在每一行程、每一转或每一循环所吸入或排出流体的最大理论体积。
- 3.3 **额定转速** **rated speed**
液压泵在额定温度和额定压力下连续运行的最大转速。
- 3.4 **过滤精度** **filtration rating**
表征阻留污染物颗粒尺度的标称微米值。
- 3.5 **完整循环流量** **full circulation flow rate**
每分钟1个系统循环的油量。

4 方法概述

使用液压泵，在60%~100%额定转速和大于40%最大排量条件下，将一定体积的待测液压油加热至规定温度并在测试设备中累计运行505 h。定期取样并检测液压油性能，检测测试前后液压泵性能，检查测试后液压泵零部件和各液压组件的磨损、腐蚀以及沉积情况，以评估液压油的流体性能。

5 仪器设备

5.1 设备组成

测试设备由油箱单元、供油单元、流量控制单元、壳体回油单元、测试回路单元和冷却单元等组成，主要单元结构应符合附录A的要求。

5.2 设备要求

5.2.1 容量和材质

测试设备总容纳油液量应不少于30 L，测试回路单元容纳油液量应不少于测试设备总容纳油液量的20%，连接各单元的管路、接头应为不与液压油发生反应的材质。

5.2.2 液压泵

应为耐液压油的发动机驱动泵，满足民用飞机使用要求，连续工作压力宜为 (20.7 ± 1.0) MPa。

5.2.3 温度传感器

测量范围应至少为0℃~150℃，最大允许误差为±1%满量程（Full Scale, FS）。

5.2.4 压力传感器

应准备以下2种压力传感器：

——压力传感器1型，测量范围应至少为0 MPa~1 MPa，最大允许误差为±1% FS；

——压力传感器2型，测量范围应至少为0 MPa~25 MPa，最大允许误差为±1% FS。

5.2.5 流量传感器

应准备以下2种流量传感器：

——流量传感器1型，测量范围应至少为0.2 L/min~25 L/min，最大允许误差为±1% FS；

——流量传感器2型，测量范围应至少为1.5 L/min~150 L/min，最大允许误差为±1% FS。

6 试剂与耗材

6.1 干燥空气

露点应不大于-30℃。

6.2 氮气

纯度应达到99.99%以上。

6.3 清洗剂

分析纯石油醚，沸程应为60℃~90℃，应满足GB/T 15894的要求。

6.4 滤芯

应仅含不与液压油发生反应的材质，油箱入口过滤器滤芯过滤精度为5 μm，其他过滤器滤芯过滤精度为15 μm。

6.5 密封圈

应为三元乙丙橡胶材料。

7 测试前准备

7.1 液压油准备

应准备不少于测试设备总容纳油液量的待测液压油。

7.2 试验件准备

- 7.2.1 试验件应包括：液压泵、滤芯、密封圈和控制阀。
- 7.2.2 液压泵和控制阀应为新件或经修复验收合格的部件，滤芯和密封圈应为新件。
- 7.2.3 应根据所选液压泵的验收测试程序对液压泵开展测试，测试结果应满足验收测试程序要求。

7.3 测试设备准备

- 7.3.1 使用清洗剂清洗油箱、管路、接头、过滤器、测试回路单元等组件，不应有残留清洗剂和痕迹。按照图 A.1 安装各组件，安装液压泵，加入待测液压油并加热油液温度至（60±1）℃，以完整循环流量循环冲洗测试设备不少于 30 min，冲洗结束后排尽。根据 ISO 11218 标准的液压油清洁度分级，排出的液压油不应超过 8 级。
- 7.3.2 重新加入测试设备总容纳油液量的待测液压油，室温循环不少于 15 min。

8 测试程序

8.1 前校准测试

前校准测试程序如下。

- a) 使用氮气或干燥空气增压，确认油箱增压压力为 0.3 MPa~0.6 MPa。
- b) 启动电机，使液压泵在 60%~100%额定转速下运转，确认液压泵出口油液压力为（20.7±1.0）MPa。
- c) 调节流量控制阀，确认测试回路油液流量不小于完整循环流量。
- d) 启动冷却装置，确认液压泵入口油液温度为（20±5）℃。
- e) 调节流量控制阀，确认测试回路油液流量为 0 L/min。
- f) 当测试参数稳定至符合表 1 要求时，开始前校准测试。
- g) 测试结束后，关闭冷却装置、电机，关闭氮气或干燥空气供应。

表1 前校准测试参数

项目	参数
油箱增压压力/MPa	0.3~0.6
液压泵转速/（r/min）	60%~100%额定转速
液压泵入口油液温度/℃	20±5
测试回路油液流量/（L/min）	0
测试时间/min	5~6

8.2 耐久性测试

完成前校准测试后，开展耐久性测试，测试程序如下。

- a) 重复 8.1 a) 至 8.1 c) 步骤。
- b) 计算液压泵出口排量，出口排量应大于 40%最大排量。
- c) 液压泵出口排量计算见公式（1）：

$$V = \frac{Q}{n} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- V —— 液压泵出口排量，单位为升每转（L/r）；
- Q —— 液压泵出口流量，即测试回路油液流量，单位为升每分钟（L/min）；
- n —— 液压泵转速，单位为转每分钟（r/min）。

- d) 启动加热装置，确认测试回路后端油液温度。若待测液压油为 IV 型油，测试回路后端油液温度应为（121±5）℃；若待测液压油为 V 型油，测试回路后端油液温度应为（135±5）℃。
- e) 启动冷却装置，确认液压泵入口油液温度为（70±5）℃。
- f) 各测试参数稳定至符合表 2 要求后，开始耐久性测试。
- g) 测试结束后，关闭加热装置，待测试回路后端油液温度降至 60℃再关闭冷却装置以及电机，停止氮气或干燥空气供应。
- h) 运行时间应符合以下条件：

- 1) 两次停车之间时间间隔不超过 24 h；
- 2) 每次连续运行时间不少于 6 h。

表2 耐久性测试参数

项目	参数	
	IV型油参数	V型油参数
油箱增压压力/MPa	0.3~0.6	
液压泵转速/（r/min）	60%~100%额定转速	
液压泵出口排量/（L/r）	大于40%最大排量	
测试回路油液流量/（L/min）	不小于完整循环流量	
测试回路后端油液温度/℃	121±5	135±5
液压泵入口油液温度/℃	70±5	
液压泵出口油液压力/MPa	20.7±1.0	
累计测试时间/h	500±1	

8.3 额外高温测试

完成耐久性测试后，开展额外高温测试，测试程序如下。

- a) 重复 8.1 a) 至 8.1 c) 步骤。
- b) 启动加热装置，确认测试回路后端油液温度为（135±5）℃。
- c) 启动冷却装置，确认液压泵入口油液温度为（70±5）℃。
- d) 当测试参数稳定至符合表 3 要求时，开始额外高温测试。
- e) 测试结束后，关闭加热装置，待测试回路后端油液温度降至 60℃再关闭冷却装置以及电机，关闭氮气或干燥空气供应。

表3 额外高温测试参数

项目	参数
油箱增压压力/MPa	0.3~0.6
液压泵转速/（r/min）	60%~100%额定转速
液压泵出口排量/（L/r）	大于40%最大排量
测试回路油液流量/（L/min）	不小于完整循环流量
测试回路后端油液温度/℃	135±5
液压泵入口油液温度/℃	70±5
液压泵出口油液压力/MPa	20.7±1.0
累计测试时间/h	5±0.1

8.4 后校准测试

完成额外高温测试后，开展后校准测试，后校准测试程序按照8.1前校准测试执行。

8.5 运行数据采集

各测试程序应实时采集运行数据，应至少包括：

- a) 油箱油液温度；
- b) 液压泵入口油液温度；
- c) 液压泵出口油液温度；
- d) 液压泵壳体回油口油液温度；
- e) 测试回路前端油液温度；
- f) 测试回路后端油液温度；
- g) 冷却单元前端油液温度；
- h) 油箱增压压力；
- i) 液压泵入口油液压力；
- j) 液压泵出口油液压力；
- k) 液压泵壳体回油口油液压力；
- l) 测试回路前端油液压力；

- m) 测试回路油液流量;
- n) 壳体回油油液流量;
- o) 液压泵转速。

8.6 取样

在耐久性测试程序的第0 h、100 h、200 h、350 h、500 h和额外高温测试程序的第5 h从取样口进行取样。取样时应每次放掉不少于200 mL液压油用于冲洗取样管路，再取不少于500 mL用于测试。若在液压油静止状态下取样，则应在关闭设备后30 min内完成。

8.7 液压油检测

8.7.1 运动粘度

8.7.1.1 应按照 GB/T 265 的方法检测新油及测试过程中不同时间所取液压油在 38 °C时的运动粘度，并记录为 ν_{38_0} 、 ν_{38_100} 、 ν_{38_200} 、 ν_{38_350} 、 ν_{38_500} 、 ν_{38_505} 。

8.7.1.2 检测新油及测试过程中不同时间所取液压油在 99 °C时的运动粘度，并记录为 ν_{99_0} 、 ν_{99_100} 、 ν_{99_200} 、 ν_{99_350} 、 ν_{99_500} 、 ν_{99_505} 。

8.7.2 酸值变化

8.7.2.1 应按照 GB/T 4945 的方法检测新油及测试过程中不同时间所取液压油的酸值，并记录为 TAN_0 、 TAN_{100} 、 TAN_{200} 、 TAN_{350} 、 TAN_{500} 、 TAN_{505} 。

8.7.2.2 以额外高温测试第 5 h 所取液压油为例，计算酸值变化值，计算见公式 (2)：

$$\Delta TAN_{505} = TAN_{505} - TAN_0 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- ΔTAN_{505} ——额外高温测试第5 h所取液压油的酸值变化值，单位为毫克氢氧化钾每克(mgKOH/g)；
- TAN_{505} ——额外高温测试第5 h所取液压油的酸值，单位为毫克氢氧化钾每克 (mgKOH/g)；
- TAN_0 ——新油的酸值，单位为毫克氢氧化钾每克 (mgKOH/g)。

8.7.3 抗磨损性能

8.7.3.1 应按照 NB/SH/T 0189 的方法，开展新油及测试过程中不同时间所取液压油在温度为 (75±2) °C、转速为 (600±60) r/min 以及载荷为 (4±0.2) kg 的测试条件下的四球磨损测试，检测新油及不同时间所取液压油的抗磨损性能，并记录为 D_{4kg_0} 、 D_{4kg_100} 、 D_{4kg_200} 、 D_{4kg_350} 、 D_{4kg_500} 、 D_{4kg_505} 。

8.7.3.2 开展新油及测试过程中不同时间所取液压油在温度为 (75±2) °C、转速为 (600±60) r/min 以及载荷为 (10±0.2) kg 的测试条件下的四球磨损测试，检测新油及不同时间所取液压油的抗磨损性能，并记录为 D_{10kg_0} 、 D_{10kg_100} 、 D_{10kg_200} 、 D_{10kg_350} 、 D_{10kg_500} 、 D_{10kg_505} 。

8.7.3.3 开展新油及测试过程中不同时间所取液压油在温度为 (75±2) °C、转速为 (600±60) r/min 以及载荷为 (40±0.2) kg 的测试条件下的四球磨损测试，检测新油及不同时间所取液压油的抗磨损性能，并记录为 D_{40kg_0} 、 D_{40kg_100} 、 D_{40kg_200} 、 D_{40kg_350} 、 D_{40kg_500} 、 D_{40kg_505} 。

8.8 液压泵检查

8.8.1 测试后液压泵检查应根据所选液压泵的验收测试程序开展检测，检测结果应满足验收测试程序要求。

8.8.2 拆解检查液压泵，测量拆解后各零件间配合及间隙和弹簧的弹力情况。

8.9 过滤器滤芯检查

检查过滤器压差报警情况；对滤芯进行破坏检查，通过目视、光学检测、能谱分析等检查滤芯中金属颗粒情况。

9 报告

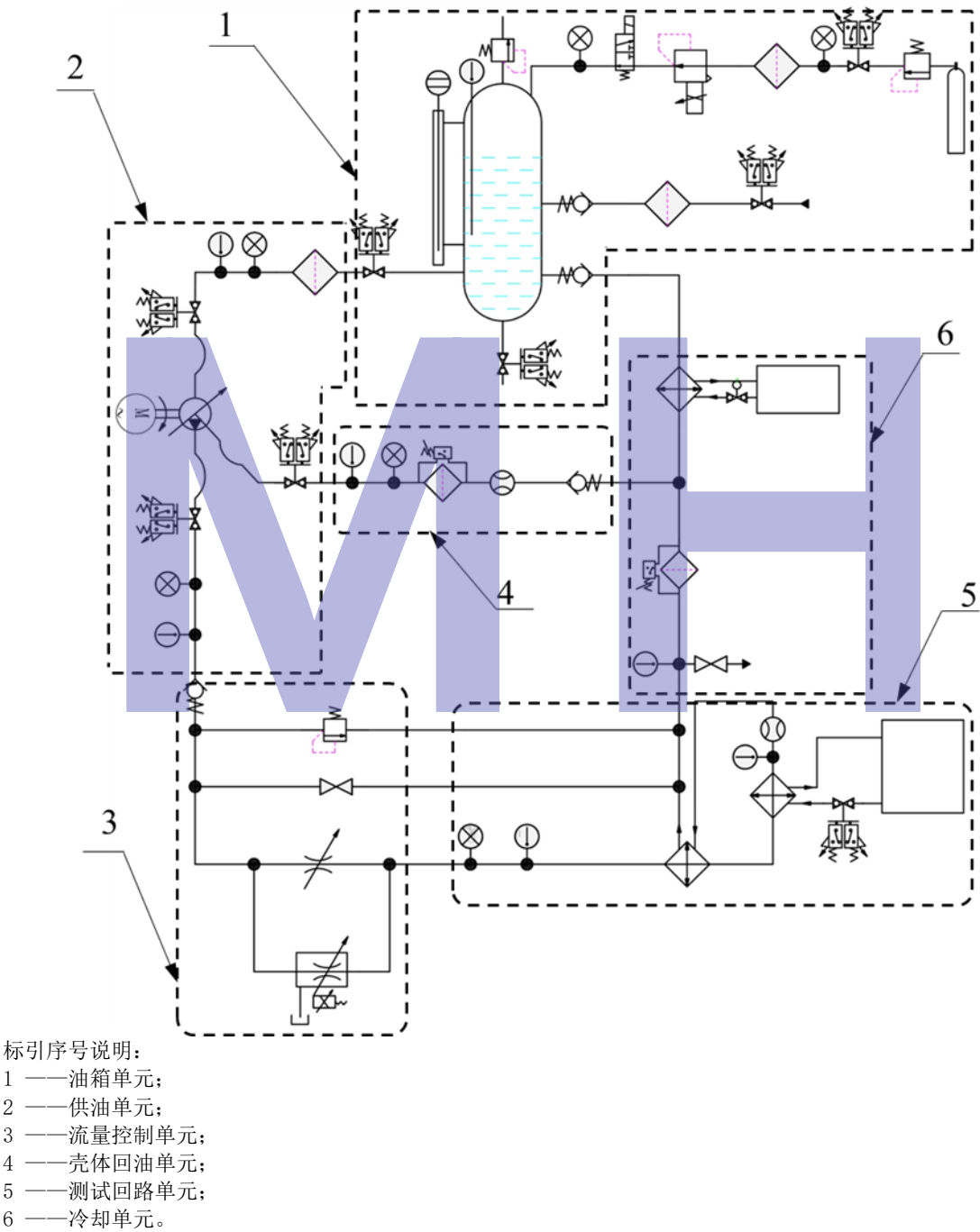
报告应至少包含以下内容。

- a) 测试前后液压泵性能检测结果。
- b) 各测试程序运行数据曲线：前校准和后校准测试记录数据间隔不长于 10 s；耐久性测试记录数据间隔不长于 1 h；额外高温测试记录数据间隔不长于 10 min。
- c) 测试后液压泵拆解检查情况。
- d) 测试后过滤器检查情况。
- e) 失效或泄漏元件检查情况。
- f) 新油及测试过程中所取液压油的运动粘度。
- g) 新油及测试过程中所取液压油的酸值。
- h) 测试过程中所取液压油的酸值变化值。
- i) 新油及测试过程中所取液压油的抗磨损性能。

附录 A
(规范性)
测试设备

A.1 测试设备组成

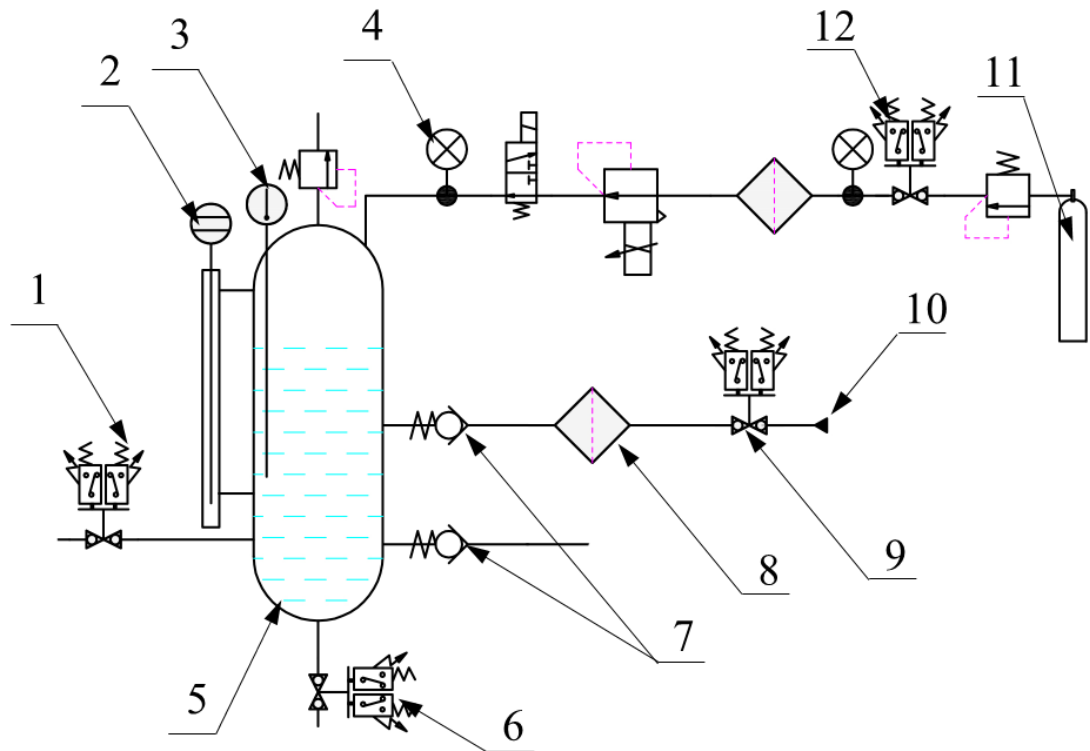
测试设备应按照图A.1进行配置。



图A.1 测试设备组成图

A.2 油箱单元

油箱单元应按照图A.2进行配置。



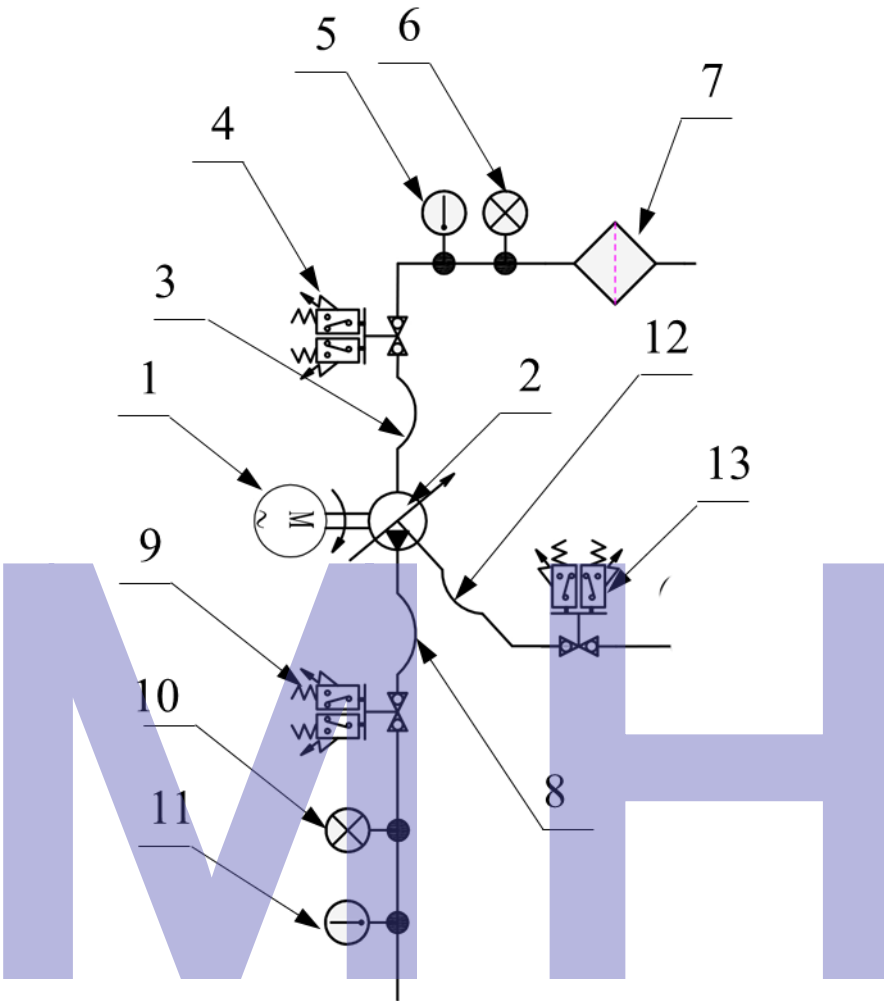
标引序号说明:

- 1 —— 油箱出口开关阀;
- 2 —— 油箱液位计;
- 3 —— 油箱温度传感器;
- 4 —— 油箱增压压力传感器 (压力传感器1型);
- 5 —— 油箱;
- 6 —— 油箱放油开关阀;
- 7 —— 单向阀;
- 8 —— 油箱入口过滤器;
- 9 —— 油箱入口开关阀;
- 10 —— 油箱加油口;
- 11 —— 油箱增压气源;
- 12 —— 油箱增压气体开关阀。

图A.2 油箱单元图

A.3 供油单元

供油单元应按照图A.3示意进行配置。

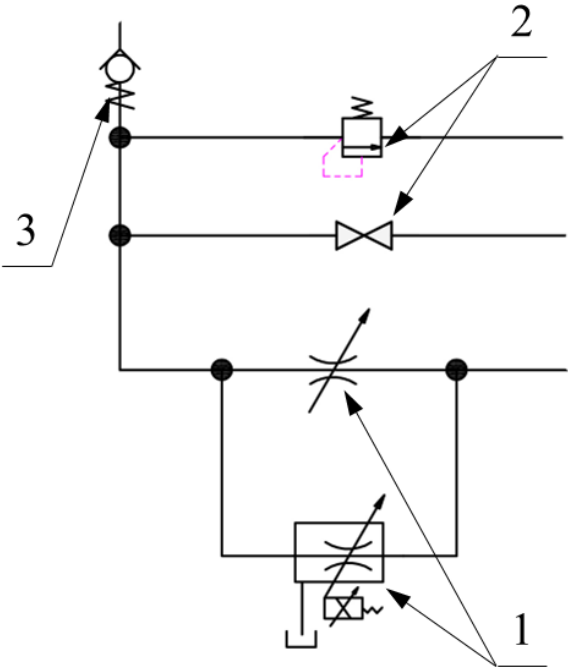


- 标引序号说明：
- 1 ——电机；
 - 2 ——液压泵；
 - 3 ——液压泵入口；
 - 4 ——液压泵入口开关阀；
 - 5 ——液压泵入口温度传感器；
 - 6 ——液压泵入口压力传感器（压力传感器1型）；
 - 7 ——液压泵入口过滤器；
 - 8 ——液压泵出口；
 - 9 ——液压泵出口开关阀；
 - 10 ——液压泵出口压力传感器（压力传感器2型）；
 - 11 ——液压泵出口温度传感器；
 - 12 ——液压泵壳体回油口；
 - 13 ——液压泵壳体回油口开关阀。

图A.3 供油单元图

A.4 流量控制单元

流量控制单元应按照图A.4示意进行配置。

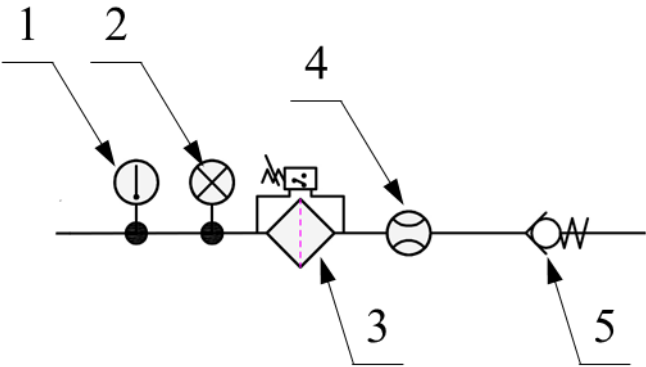


标引序号说明：
1 ——流量控制阀；
2 ——安全阀；
3 ——单向阀。

图A.4 流量控制单元图

A.5 壳体回油单元

壳体回油单元应按照图A.5示意进行配置。

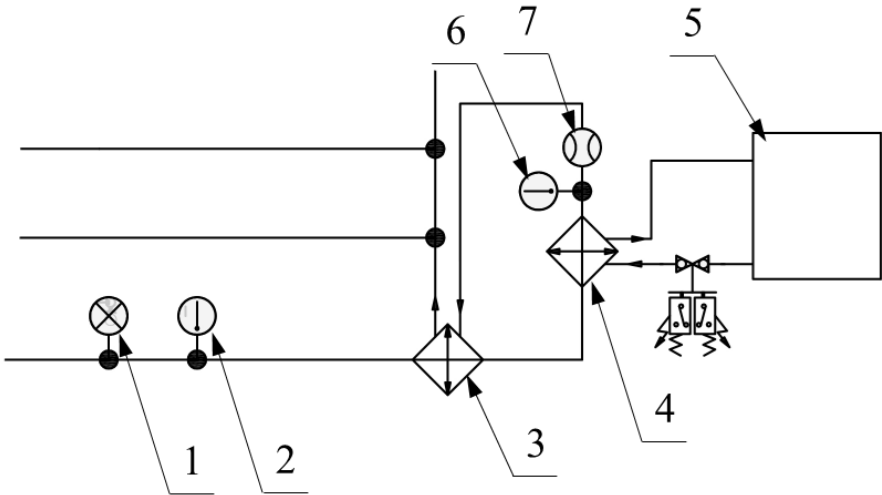


标引序号说明：
1 ——壳体回油压力传感器（压力传感器1型）；
2 ——壳体回油温度传感器；
3 ——壳体回油过滤器；
4 ——壳体回油流量传感器（流量传感器1型）；
5 ——单向阀。

图A.5 壳体回油单元图

A.6 测试回路单元

测试回路单元应按照图A.6示意进行配置。

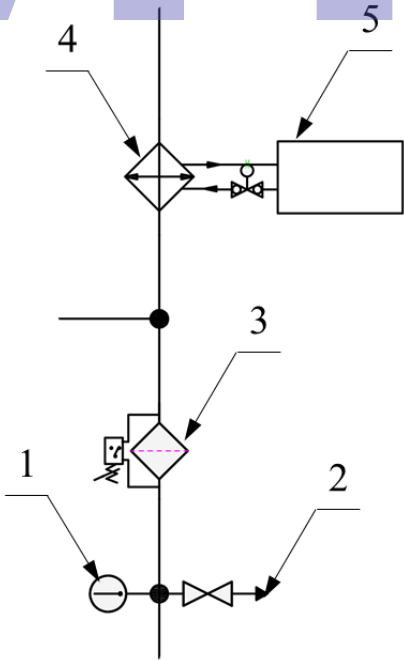


- 标引序号说明：
- 1 ——测试回路前端压力传感器（压力传感器1型）；
 - 2 ——测试回路前端温度传感器；
 - 3 ——测试回路第一换热板；
 - 4 ——测试回路第二换热板；
 - 5 ——加热装置；
 - 6 ——测试回路后端温度传感器；
 - 7 ——测试回路流量传感器（流量传感器2型）。

图A.6 测试回路单元图

A.7 冷却单元

冷却单元应按照图A.7示意进行配置。



- 标引序号说明：
- 1 ——冷却单元前端温度传感器；

- 2 ——取样口；
- 3 ——冷却单元过滤器；
- 4 ——冷却单元换热板；
- 5 ——冷却装置。

图A.7 冷却单元图

参 考 文 献

- [1] CTS0-2C706 航空抗燃磷酸酯液压油
-

МН