

民航空行业标准
《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》
(征求意见稿)

编制说明

《航空抗燃磷酸酯液压油性能测试方法》编制组
2025年10月

一、工作简况

（一）任务来源

《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》为 2023 年标准计划内项目，标准编制周期为 24 个月。该标准由民航局航空器适航审定司（以下简称“民航局适航司”）提出，牵头起草单位为中国民用航空总局第二研究所。

（二）主要起草单位和编制组成员

主要起草单位：中国民用航空总局第二研究所。

编制组成员：曾萍等。

（三）标准制定的背景、目的和意义

1. 研究背景

（1）航空抗燃磷酸酯液压油的适航管理和安全影响

航空抗燃磷酸酯液压油（以下简称“液压油”）作为一种在民航飞机中常用的介质，在液压系统中起着能量传递、抗磨、系统润滑、防腐、防锈、冷却等作用，直接影响着航空飞行的安全。

为服务和指导液压油的适航审定，民航局起草发布了《航空抗燃磷酸酯液压油》技术标准规定（CTSO-2C706）。液压油的流体性能试验（泵试验）和流量控制阀寿命试验（耐腐蚀试验）两项关键试验则是 CTSO-2C706 要求的必检项目，完成此两项关键试验也是国产液压油进入民航市场使用必要条件。

（2）液压油适航验证标准的国内外情况

国际通用的液压油试验标准为 SAE AS1241D，该标准仅对流体性能试验（泵试验）和流量控制阀寿命试验（耐腐蚀试验）进行了较为模糊的介绍，其对试验条件、试验要求和试验结果判断进行了简单的描述，故而极难按照该产品标准开展液压油的关键部件试验验证工作。而国内针对液压油发布的 CTSO-2C706 《航空抗燃磷酸酯液压油》，作为液压油产品的技术标准规定，也同样缺少试验细节的介绍。

（3）国内对液压油关键部件试验测试规范的需求

中国石化生产的某型液压油已正在国内开展适航验证试验。前期，编制组设计制造的国产流体性能试验台架和流量控制阀寿命试验台架在试验件、控制系统、操作流程等方面与国外同类设备存在差异，或国外对此两项关键试验介绍较为模糊，编制组无法以此开展适航验证工作。编制组开展了某型液压油的应用研究，完成了多次液压油流体性能试验和流量控制阀寿命试验，最终推动国产油在大飞机上的应用，因此，对这两项方法标准的建立更是迫在眉睫。

2. 研究目的和意义

制定两项关键部件试验行业标准，这不仅是打破瓶颈，实现 CTSO-2C706 中关键部件试验标准化，有效弥补当前两项液压油关键部件试验的缺陷；也是第一次单独将两项关键部件试验形成标准，并对其进行进一步细化，实现对国外检测方法的全面替代，增强我国关键技术的立法定标能

力。制定液压油性能测试规范，也将服务于国内油料生产商和飞机发动机制造商，提升我国液压油的研制水平和飞机发动机液压系统设计的准确性，推动国产液压油的适航审定工作。

（四）主要工作过程

1. 组建编制组

2023 年 1 月工作启动，成立标准编制组，通过组织协调、研制框架、方案细化，内容编写，技术测试等工作，开展标准初稿编制。

2. 调研

（1）2023 年 3 月，研究 SAE AS1241 和 CTSO-2C706 等技术报告和测试标准，初步了解液压油流体性能台架试验和流量控制阀寿命台架试验的检测原理、步骤和指标要求。

（2）2023 年 5 月，与航空工业南京机电、中国商飞等制造商交流，了解飞机液压系统中泵与阀等液压部件的制造材料情况以及运行的外部条件，为定制和筛选标准试验件、确定试验条件和结果判定依据提供数据支持，以提高检测标准的适用性及与飞机液压系统的关联性。

（3）2023 年 6 月，调研中石油、中石化等相关单位，针对液压油的相关性能情况，听取其对试验技术方案的意见与建议。

3. 开题评审

2023年6月19日，由中国民航科学技术研究院（以下简称“航科院”）组织召开了标准开题评审会。编制组从背景和意义、研究内容、技术路线、研究计划与实施方案和经费说明等方面进行了汇报，评审组对项目的研究内容、研究计划与预计成果等方面进行了评审，一致认为该项目目标明确、内容全面、技术方案可行、实施计划合理，同意该项目通过开题评审。

4. 标准起草

2023年7月至2025年2月，开展标准起草工作。编制组分析测试数据、评估自主方法可行性、编制初稿，向行业相关方函询征求意见，编制组对专家提出的关于明确定义、明确材料规范等意见进行整理汇总，并与专家讨论确定修订内容，完成标准初稿。

5. 中期评审

2025年8月5日，航科院组织召开了标准中期评审会。编制组从研究进展、实施方案、标准草案和下步计划4个方面进行了汇报，评审组对标准进行了评审，会议形成专家意见4条，一致同意该标准通过中期评审。其中建议将原标准名称《航空抗燃磷酸酯液压油性能测试方法 第1部分：流体性能》更改为《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》。

6. 形成标准征求意见稿

2025年8月至10月，在评审专家的意见建议基础上，编制组不断修改完善标准文本，同时邀请行业内专家对修

改后的标准进行审核，依据审核意见，持续进行修订完善，形成标准征求意见稿。

二、编写原则和主要内容（如技术指标、参数、公式、性能要求、测试方法、测试规则等）的编写论据（包括计算、测试、统计等数据），修订标准时应说明主要技术内容的修改情况

（一）标准编写原则

1. 符合性原则。本标准按照 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》给出的规则起草，遵守《中华人民共和国标准化法》《中华人民共和国标准化法实施条例》等标准化法律法规规章要求。

2. 适应性原则。通过调研行业实际现状和迫切需求，坚持问题导向和目标导向，重点在解决规范液压油流体性能试验（泵试验）涉及的仪器设备、试验步骤以及试验后检查要求等方面提出标准建设草案，统筹考虑标准要求的普适性和合理性，推进标准编制。

（二）标准主要内容

本标准共包括 10 章正文及 1 篇附录。

1. 第 1、2、3 章，为标准的常规性描述，包括范围、规范性引用文件、术语和定义。
2. 第 4 章概述了方法内容。
3. 第 5、6 章简述方法所需仪器设备和试剂耗材。

4. 第 7 章规定了正式试验前必须要做的试验液压油、试验液压泵以及试验系统的准备工作。

5. 第 8 章规定了正式试验程序，包括前校准试验、耐久性试验、额外高温试验、后校准试验、运行数据采集要求、取样要求等。

6. 第 9 章规定了试验后的检查要求，包括试验液压油、试验液压泵、过滤器滤芯、失效或泄漏元件等的检查要求。

7. 第 10 章规定了结果报告内容。

8. 附录 A 规定了流体性能试验测试系统装置组成。

三、是否涉及专利，涉及专利的，说明专利名称、编号及相关信息

本标准不涉及专利。

四、主要测试或验证的分析、综述报告、技术论证、预期的经济效益和社会效益

（一）主要测试或验证的分析、综述报告、技术论证

1. 液压油流体性能试验方法情况建设

1.1 液压油流体性能试验测试系统装置研究

液压油流体性能台架试验，使用航空液压泵进行，通过评估试验前后液压油性能变化、液压泵性能变化以及液压组件磨损、腐蚀和沉积情况，以评价试验用液压油与 CTSO-2C706 中 3.c 性能要求中第 (1) (iii) 条和 SAE AS1241D 中第 4.8 节对流体性能试验要求的符合性。

编制组自主设计并建设的液压油流体性能试验测试系统，原理图见图 1，台架设备配置温度传感器、压力传感器等相

关仪表以记录全过程相关试验参数，这些仪表所涵盖的参数要求详见表 1。这些仪表配备参数超限报警系统，保证试验安全。

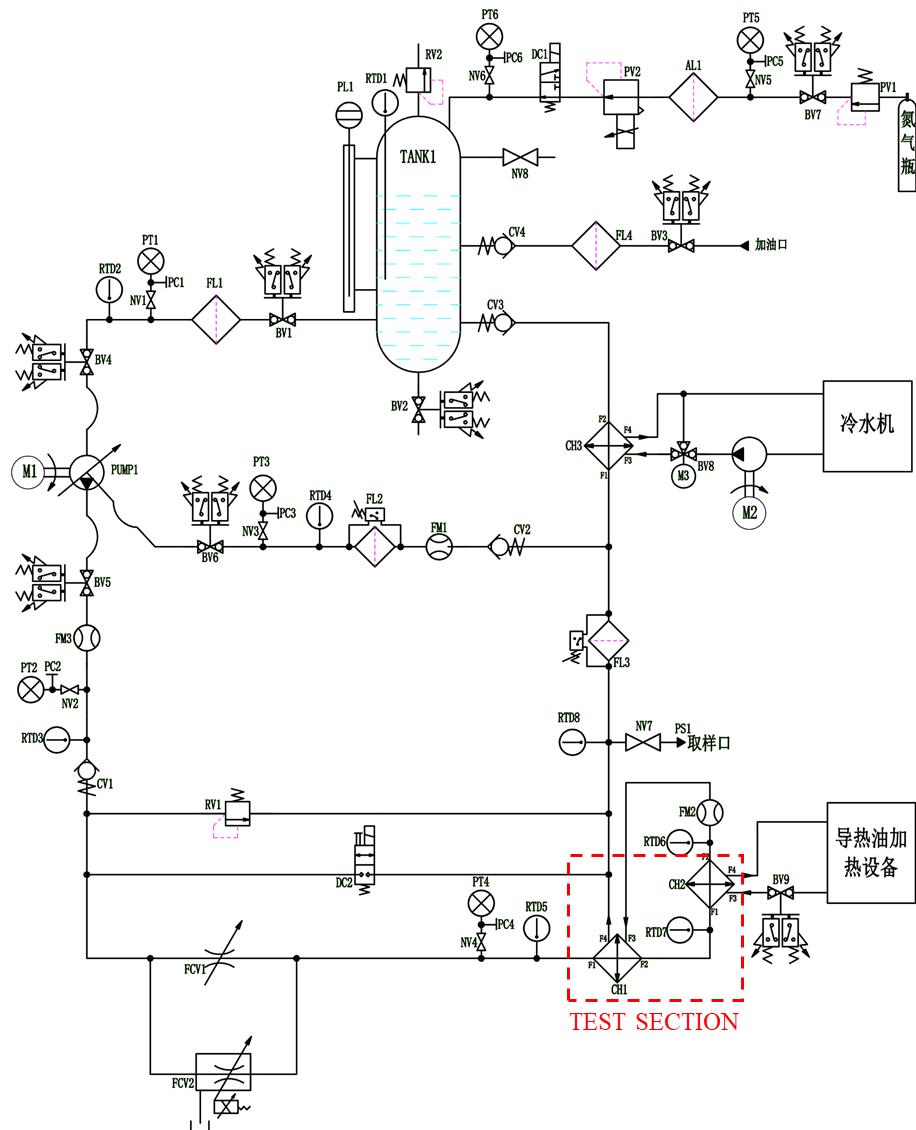


图 1 液压油流体性能试验测试系统原理图

表 1 各监控参数列表

监控参数	监控参数 缩写	量程	限值
温度 (℃)			
油箱油液温度	RTD1	(0~150) ℃	记录值
液压泵进油口油液温度	RTD2	(0~150) ℃	≤ 82 ℃

液压泵出油口油液温度	RTD3	(0~150) °C	记录值
液压泵泄油口油液温度	RTD4	(0~150) °C	记录值
测试温控区前油液温度	RTD5	(0~150) °C	记录值
测试温控区后油液温度	RTD6	(0~150) °C	(121±6) °C
加热过程中油液温度	RTD7	(0~150) °C	记录值
进冷却交换前油液温度	RTD8	(0~150) °C	记录值
压力 (kPa (psig))			
液压泵进油口压力	PT1	(0~1) MPa	记录值
液压泵出油口压力	PT2	(0~25) MPa	(20685 ± 1034) kPa (3000 ± 150) psig
液压泵泄油口压力	PT3	(0~600) kPa	记录值
测试区前油液压力	PT4	(0~25) MPa	记录值
输出气体压力	PT5	(0~6.3) MPa	记录值
油箱增压气体压力	PT6	(0~1) MPa	(2.76~6.21) kPa (40~90) psig
流量 (L/min)			
液压泵泄油口油液流量	FM1	(0.2~25) L/min	记录值
测试温控区后油液流量	FM2	(1.5~150) L/min	> 60L/min
液压泵出油口油液流量	FM3	(0.5~75) L/min	记录值
转速 (rpm)			
液压泵转速	PUMP1	—	(3000±30) rpm
液位			
油箱液位比例	PL1	—	记录值

其他			
试验时间, h	TET	—	记录值

为明确国产液压油流体性能试验测试系统与国外测试系统的异同, 将从设备原理、试验件、试验参数等方面进行讨论。

1.1.1 设备原理方面的异同

液压油流体性能试验测试系统包括油箱单元、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, 如图 2 所示, 其能够和国外设备要求的原理图一一对应。但国产设备布局了更多测试位点, 管路连接更为细致, 特别是且针对测试回路单元的热交换逻辑进行了明细, 固定了取样口位置等。综合而言, 该原理图是满足国外设备要求的基础上的进一步细化深化。

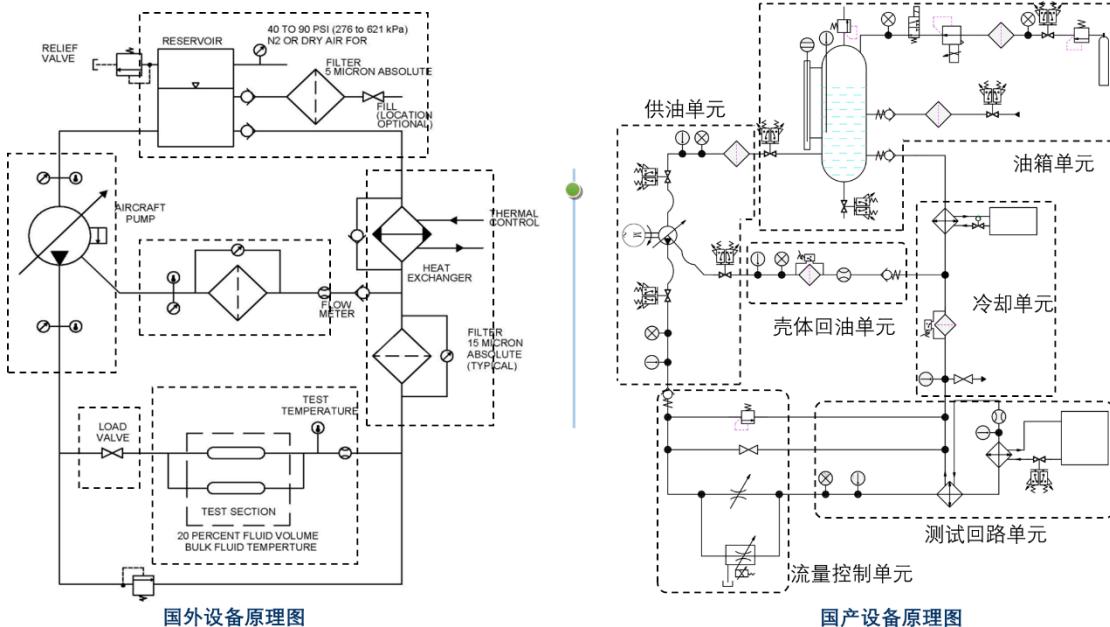


图 2 液压油流体性能试验台架原理对比图

1.1.2 试验件的异同

（1）试验液压泵

编制组选用的液压泵为 EATON 航空液压泵，EDP，型号为 PV3-240-18，件号为 849589，该液压泵应用于 B737-600/700/800/900 等。

国外选用的液压泵可 EATON 的航空液压泵，EDP，型号为 PV3-160-4，件号为 37138，或 Parker-Abex 的航空液压泵，EDP，型号为 AP10V-58A，件号为 55098。该液压泵应用于 737-100/200/300/400/500 等。

三者均耐额定压力 3000 psig 极别的液压油，均为 EDP 航空液压泵，满足要求的试验液压泵为已应用于商业飞机的发动机驱动泵。但三者排量上存在差异，PV3-240-18 的额定输出排量更大。

（2）试验密封件

国内外液压油流体性能试验测试系统所使用的密封件均为三元乙丙橡胶，其能够满足液压油长时间使用的要求。

（3）控制阀

国产液压油流体性能试验测试系统实际使用的控制阀为插装式节流阀和比例节流阀配合使用，为不锈钢材质。插装式节流阀（FCV1）型号为 NFEC-HEN，起手动粗调主出油路流量作用，比例节流阀（FCV2）型号为 FPCC-XDN-790-4A24A，起自动精确调控主出油路流量作用，二者协调进行达到控制液压油流量的目的，能够满足试验要求。

国外设备用控制阀所用产品未知，但需满足试验要求。

（4）过滤器滤芯

国内外液压油流体性能试验测试系统所使用的系统内过滤器过滤精度均为 $15 \mu\text{m}$ ，油箱进油口过滤器过滤精度均为 $5 \mu\text{m}$ 。

1.1.3 试验参数的异同

国产液压油流体性能试验测试系统的试验参数与 SAE 标准要求的参数的异同如表 2 所示。国产的测试系统参数在符合 SAE 标准要求的基础上，控制更为精确。

表 2 参数对比清单

项目	参数		比较
	国产测试系统	SAE 标准要求	
油箱供气压力	(0.3~0.6) MPa	(0.276~0.621) MPa	更严格
液压泵转速	$3000 \text{ rpm} \pm 30 \text{ rpm}$ (80%额定转速)	60%~100%额定转速	满足要求
液压泵出口排量	约 53% 额定排量	大于 40% 额定排量	满足要求
总容纳油液量	60 L	不少于 30 L	满足要求
测试区体积	12.7 L，大于总容纳油液量的 20%	不少于总容纳油液量的 20%	满足要求
测试回路流量	(60~61) L/min	每分钟至少一个系统循环	满足要求
测试区温度	$121^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 或 $135^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$	$121^\circ\text{C} \pm 6^\circ\text{C}$ 或 $135^\circ\text{C} \pm 6^\circ\text{C}$	更严格
液压泵入口油温	$70^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$	不要求	更严格
液压泵出口压力	$3000 \text{ psig} \pm 150 \text{ psig}$	$3000 \text{ psig} \pm 150 \text{ psig}$	满足要求
试验时间	500 h ± 5 h	500 h ± 5 h	满足要求

1.2 液压油流体性能试验步骤

1.2.1 试验前程序

(1) 试验前液压泵验收测试 (ATP 测试)

(2) 安装与清洗

试验前将系统原有液体排尽，拆卸清洗控制阀和测试温控区容腔，安装液压泵和新的滤芯（加油口过滤器过滤精度 $5 \mu\text{m}$ ，系统内部过滤器过滤精度 $15 \mu\text{m}$ ，更换密封件。加入 60 L 试验用液压油，加热油温至 $(60 \pm 1)^\circ\text{C}$ 并以 60 L/min 流量循环冲洗系统 30 分钟，冲洗结束后排尽液体。再加入 60 L 新的试验用液压油并循环 15 分钟排除夹带的气体。

1.2.2 试验运行程序

(1) 前校准试验

在耐久试验运行前，加热液压油，保证液压泵进油口油液温度 (RTD2) 为 $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，以 $(3000 \pm 30) \text{ rpm}$ 转速，零流量下运行液压泵，保持 $5 \sim 6 \text{ min}$ 。记录所有温度、压力、流量等传感器数值。前校准试验结束后，关闭液压泵。

(2) 耐久试验

启动液压泵，以测试温控区后油液温度 (RTD6) 为 $(121 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，液压泵进油口油液温度 (RTD2) 为 $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，液压泵出油口压力为 $(3000 \pm 150) \text{ psig}$ [$(20685 \pm 1034) \text{ kPa}$]，液压泵转速为 $(3000 \pm 30) \text{ rpm}$ (80% 额定转速)，系统流量为 $(60 \sim 61) \text{ L/min}$ (液压泵活塞在 53% 全冲程下运行) 的试验条件运行耐久试验，两次停车之间时间间隔不超过 24 h ，每次连续运行时间不少于 6 h ，共累积运行 500 h 。记录 500 h 耐久试验过程中的转速、温度、压力、流量等传感器数值。

在整个 500h 耐久试验过程中，分别在运行耐久试验第 0h、100h、200h、350h、500h 后取样 500 mL。取样时，首先排出约 50 mL 油样用于冲洗取样管线，再用干净取样瓶采集规定数量的样品。对取样进行油品性能分析，分析项目包括 38 °C 和 99 °C 运动黏度，酸值以及 4 kg、10 kg 和 40 kg 载荷下的四球磨损试验。

（3）额外高温试验

完成 500h 耐久试验后，将测试温控区油液温度（RTD）从（121±2）°C 升温至（135±2）°C，其他试验条件不变，进行额外高温试验，共累积运行 5h，记录 5h 额外高温试验过程中的转速、温度、压力、流量等传感器数值。

试验结束后取样 5 L。取样时，首先排出约 50 mL 油样用于冲洗取样管线，再用干净取样瓶采集规定数量的样品。对取样进行油品性能分析，分析项目包括 38 °C 和 99 °C 运动黏度，酸值以及 4 kg、10 kg 和 40 kg 载荷下的四球磨损试验。

（4）后校准试验

完成 5h 额外高温试验后，进行后校准试验，试验方法和流程与前校准试验阶段相同。对比前、后校准试验阶段的温度、压力、流量等传感器数值，直观判定台架系统性能是否出现较大变化。校准试验中，应确认后校准时大气压力、温度边界与前校准试验时一致。在整个试验运行程序中，不得向测试系统添加新的待测油液。

1.2.3 试验后液压泵 ATP 测试

在试验结束后，对泵进行 ATP 测试，测试前不对泵进行任何调整，所得测试结果与试验前 ATP 测试结果进行比较。

1.2.4 试验结束后检视

（1）液压泵拆解检查

在试验结束后，应根据维修手册拆卸液压泵，并进行相关检查，并拍照记录。

（2）过滤器检查

对试验后的过滤器滤芯进行检查，确认滤芯是否堵塞。

（3）失效或泄漏元件检查

试验过程中或试验完毕后出现失效、泄漏的液压元件，或怀疑其可能出现失效的液压元件都应被拆解检视，评估其是否是由油液性能引起。在试验过程中有液压元件的更换，需拆解和检视更换元件；记录检视结果，检视是否有异常磨损、腐蚀和沉积。（异常是指液压元件在常规拆卸或检修过程中未发现的，由于测试流体性能或组成引起的磨损或沉积）。

1.3 CTSO-2C706 对液压油流体性能试验（泵试验）的结果要求

编制组调研了 CTSO-2C706 液压油流体性能试验（泵试验）的技术要求，见表 3：

表 3 CTSO-2C706 液压油流体性能试验（泵试验）的技术要求

序号	项目	指标要求	测试方法
----	----	------	------

1	试验前后泵性能变化情况	通过液压泵验收测试	—
2	各取样样品的总酸值变化, mgKOH/g	-0.1~0.1	ASTM D974/GB/T 4945
3	各取样样品的 38°C 运动黏度, %	≥6.0	ASTM D445/GB/T 265
4	各取样样品的 99°C 运动黏度, %	≥2.0	ASTM D445/GB/T 265
5	各取样样品的四球磨损试验	记录	ASTM D4172/NB/SH/T 0189
6	试验后液压组件磨损腐蚀沉积情况	液压组件无异常磨损、腐蚀、沉积	—

2. 液压油流体性能试验（泵试验）的试验验证

2.1 试验油选择

使用两种试验液压油开展液压油流体性能试验（泵试验）的验证试验，试验液压油 1 两批次和试验液压油 2 五批次。选择 EATON 航空液压泵，EDP，型号为 PV3-240-18 作为试验液压泵，所选试验液压油的批次号及对应的试验液压泵的序号如表 4 所示。

表 4 试验液压油批号及对应试验液压泵序号对照表

序号	试验液压油	试验液压油批次号	试验液压泵序号
1	试验液压油 1	批次 1	MX834473
2		批次 2	MX838414
3	试验液压油 2	批次 1	MX838414
4		批次 2	MX838961

5		批次 3	MX834473
6		批次 4	MX838414
7		批次 5	MX838961

2.2 试验条件的选择

针对开展各批次试验液压油的流体性能台架试验，编制组在符合标准方法的基础上，设计了不同试验条件，以针对标准的试验方法开展明细研究。包括整个试验过程是否连续开展、加入的试验油体积、测试区体积、加热区出口温度的控制、泵进油口温度的控制、泵转速、试验过程中系统的主流量、液压泵出口排量、泵出口压力以及试验时间等。详细试验条件见表 5。

表 5 各批次液压油流体性能台架试验试验条件

项目	试验液压油 1	试验液压油 2	标准要求
油液体积	60 L		≥ 30 L
测试区体积	12.7 L，占系统体积的 21%		$\geq 20\%$
加热区出口	(121 \pm 6) °C	(121 \pm 2) °C	(121 \pm 2) °C (121 \pm 6) °C

温度				
泵进油口温度	(70±2) °C	(85±2) °C	—	
泵转速	(3000±30) rpm, 80%额定转速	60%~100%额定转速		
流量	(60±1) L/min, 为每分钟一个系统循环	至少每分钟一个系统循环		
液压泵出口排量	52.8%额定排量	> 40%额定排量		
泵出口压力	(3000±150) psig	(3000±150) psig		
试验时间	500h 耐久试验+5h 额外高温试验	505h		

2.3 试验结果

2.3.1 参数曲线

试验液压油 1 (批次 1) 的流体性能台架试验全流程各参数曲线如图 3.1~3.4 所示。

试验液压油 1 (批次 2) 的流体性能台架试验全流程各参数曲线如图 4.1~4.4 所示。

试验液压油 2 (批次 1) 的流体性能台架试验全流程各参数曲线如图 5.1~5.4 所示。

试验液压油 2 (批次 2) 的流体性能台架试验全流程各参数曲线如图 6.1~6.4 所示。

试验液压油 2 (批次 3) 的流体性能台架试验全流程各参数曲线如图 7.1~7.4 所示。

试验液压油 2 (批次 4) 的流体性能台架试验全流程各参数曲线如图 8.1~8.4 所示。

试验液压油 2 (批次 5) 的流体性能台架试验全流程各参数曲线如图 9.1~9.4 所示。

从各组试验的全流程参数曲线可以看出, 各组试验均按照设计的试验条件开展全流程试验, 各参数条件控制稳定。

基于各组试验的前/后校准试验参数曲线结果, 各组试验液压油经过耐久性试验和额外高温试验后, 液压泵性能几乎保持一致。

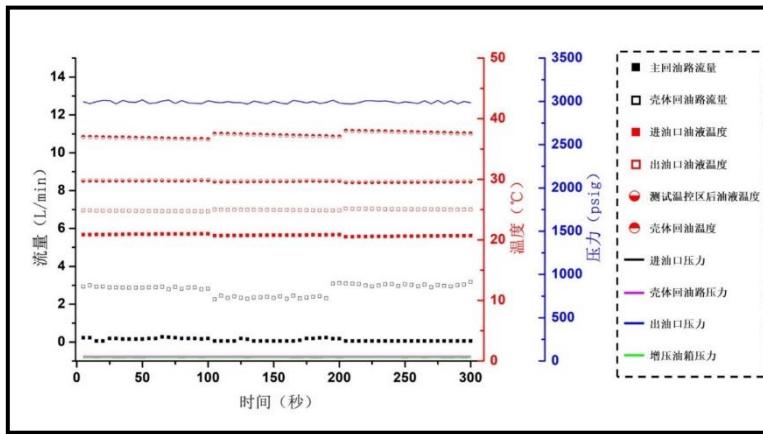


图 3.1 试验液压油 1 (批次 1) 流体性能试验-前校准试验参数曲线

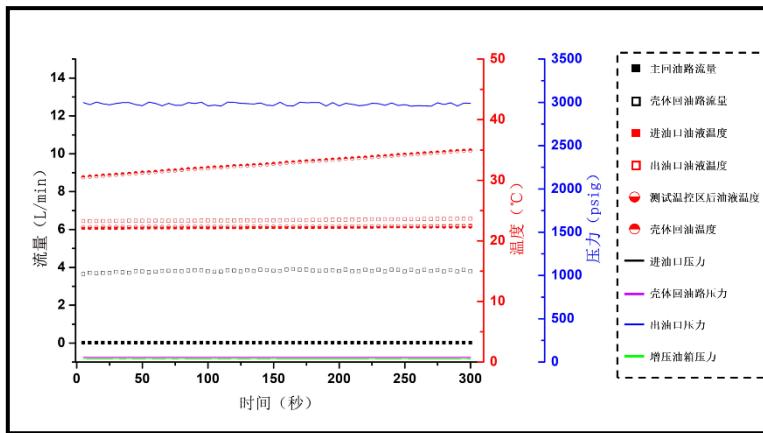


图 3.2 试验液压油 1 (批次 1) 流体性能试验-后校准试验参数曲线

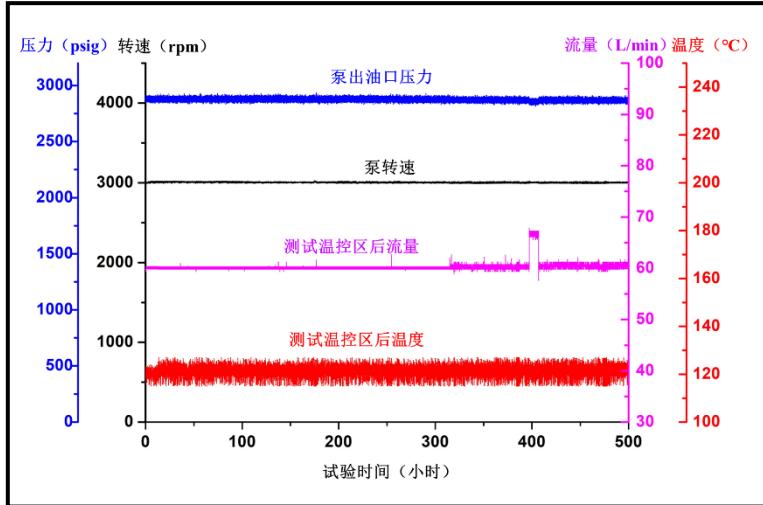


图 3.3 试验液压油 1 (批次 1) 流体性能试验-耐久试验关键参数曲线

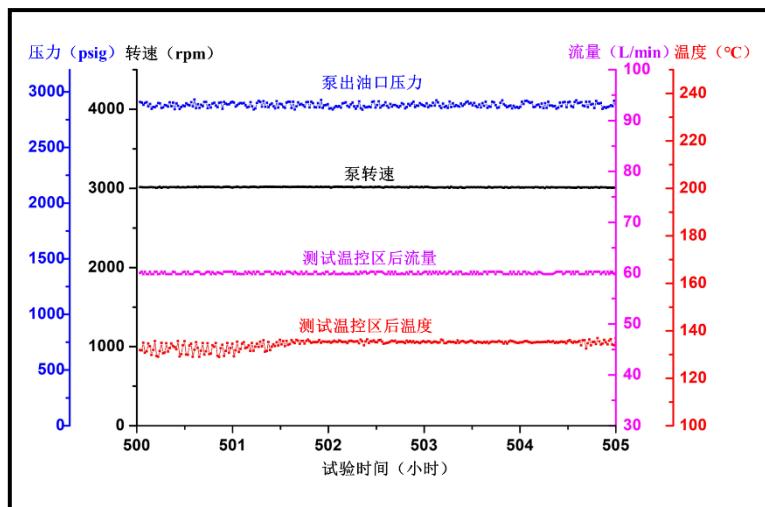


图 3.4 试验液压油 1 (批次 1) 流体性能试验-额外高温试验参数曲线

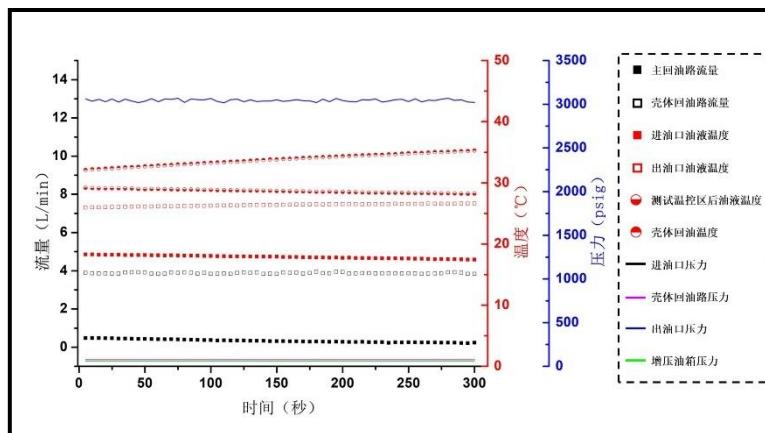


图 4.1 试验液压油 1 (批次 2) 流体性能试验-前校准试验参数曲线

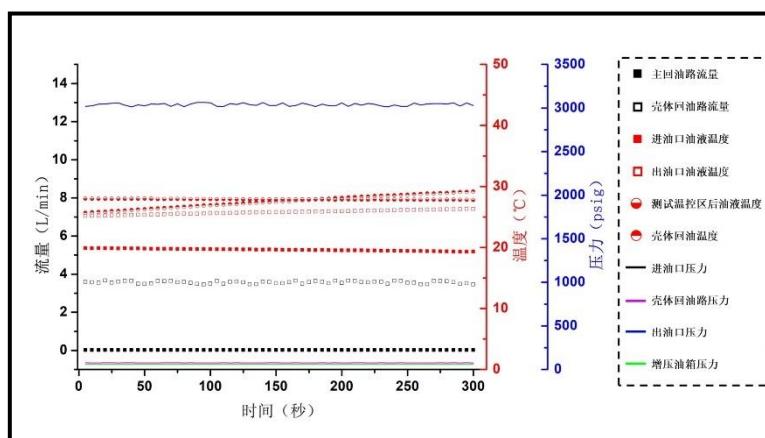


图 4.2 试验液压油 1 (批次 2) 流体性能试验-后校准试验参数曲线

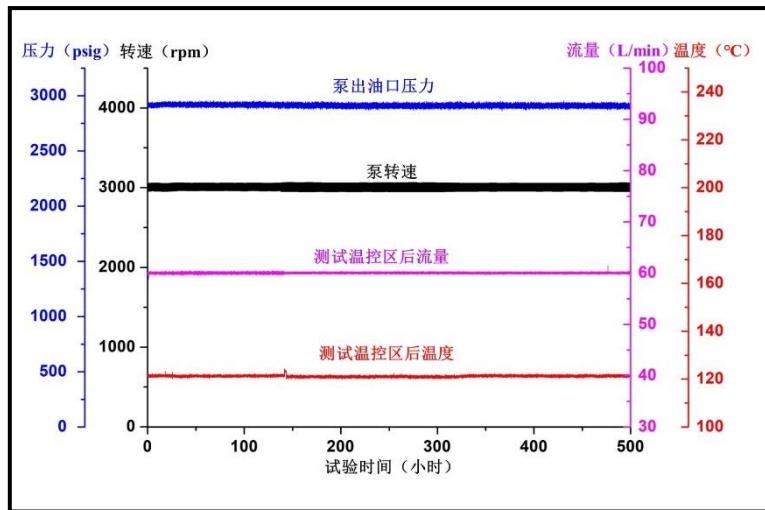


图 4.3 试验液压油 1 (批次 2) 流体性能试验-耐久试验关键参数曲线

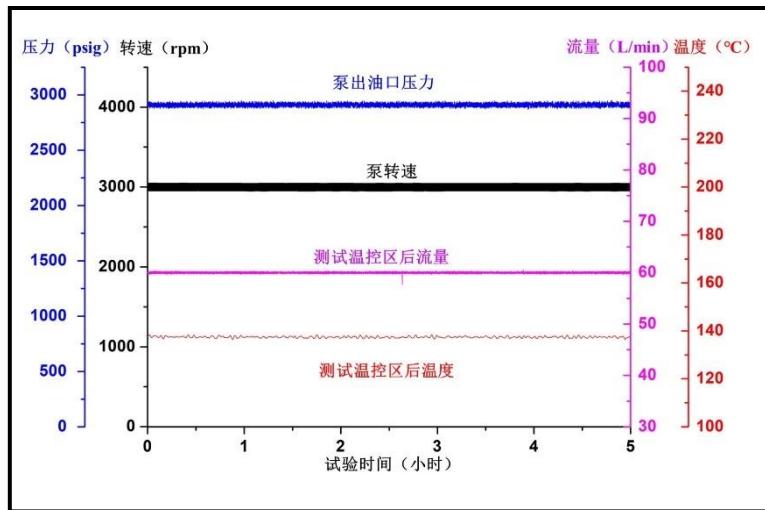


图 4.4 试验液压油 1 (批次 2) 流体性能试验-额外高温试验参数曲线

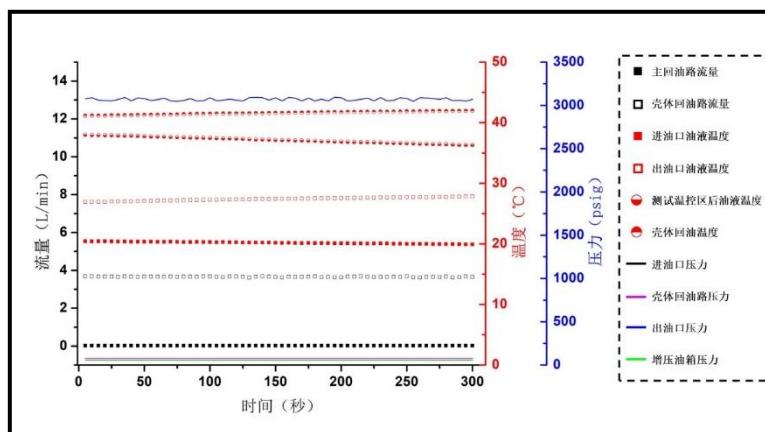


图 5.1 试验液压油 2 (批次 1) 流体性能试验-前校准试验参数曲线

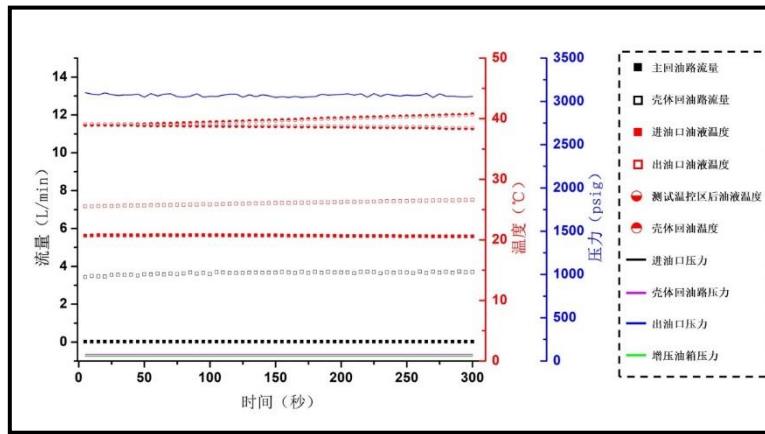


图 5.2 试验液压油 2 (批次 1) 流体性能试验-后校准试验参数曲线

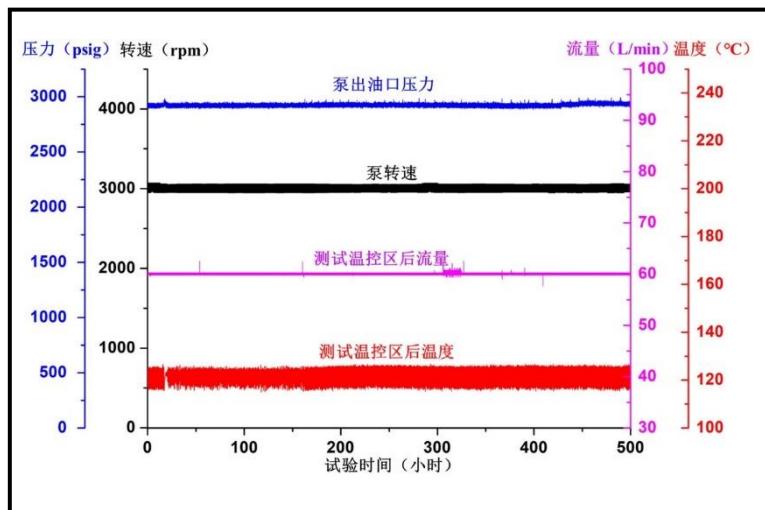


图 5.3 试验液压油 2 (批次 1) 流体性能试验-耐久试验关键参数曲线

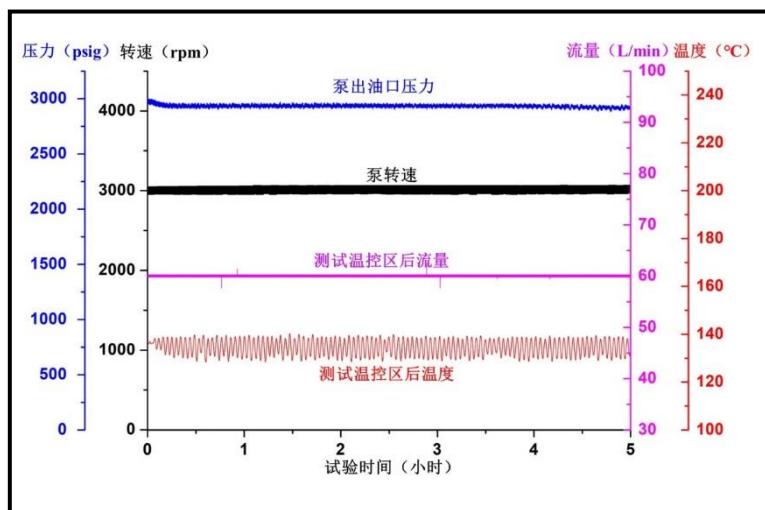


图 5.4 试验液压油 2 (批次 1) 流体性能试验-额外高温试验参数曲线

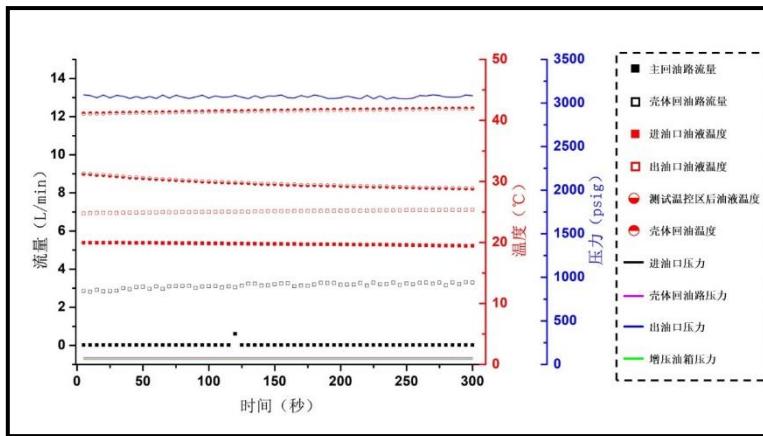


图 6.1 试验液压油 2 (批次 2) 流体性能试验-前校准试验参数曲线

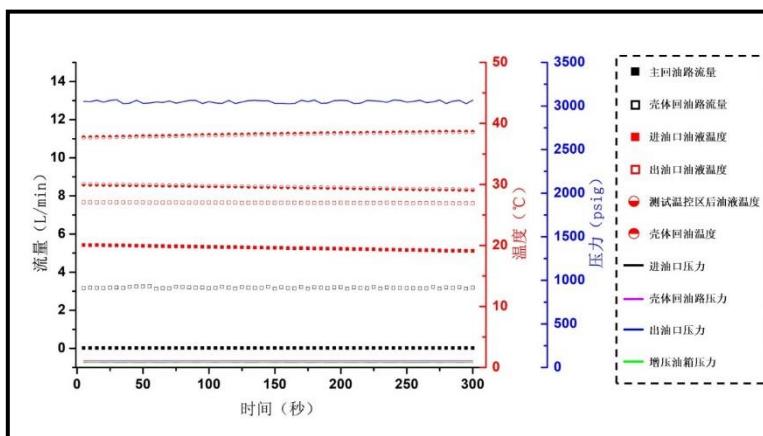


图 6.2 试验液压油 2 (批次 2) 流体性能试验-后校准试验参数曲线

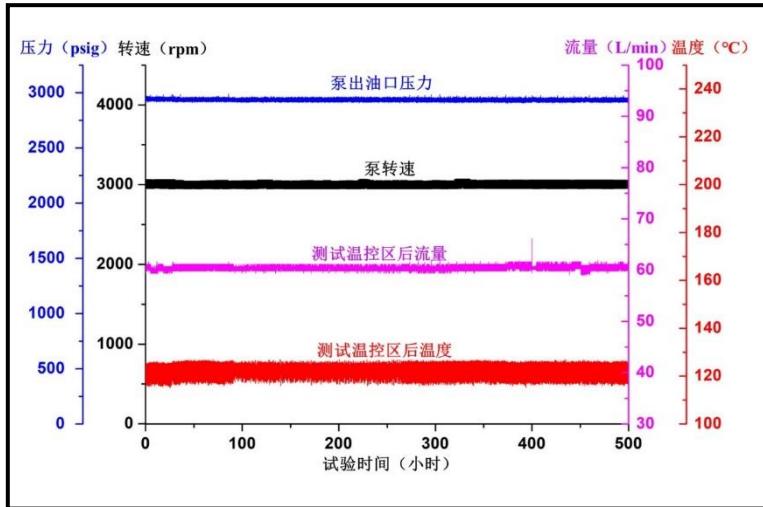


图 6.3 试验液压油 2 (批次 2) 流体性能试验-耐久试验关键参数曲线

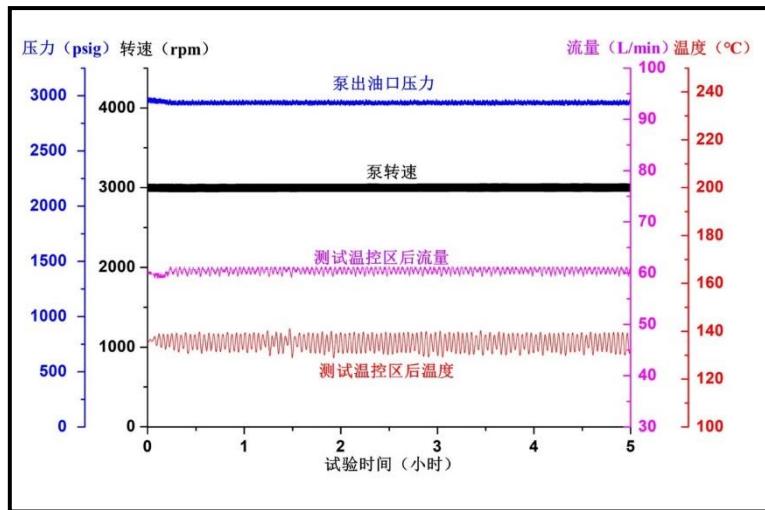


图 6.4 试验液压油 2 (批次 2) 流体性能试验-额外高温试验参数曲线

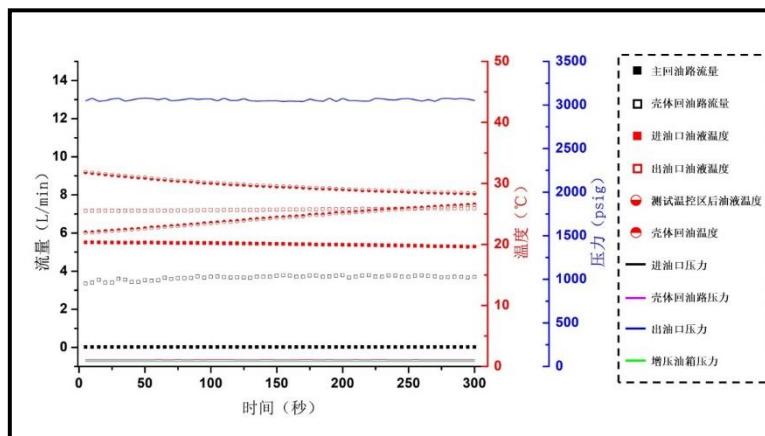


图 7.1 试验液压油 2 (批次 3) 流体性能试验-前校准试验参数曲线

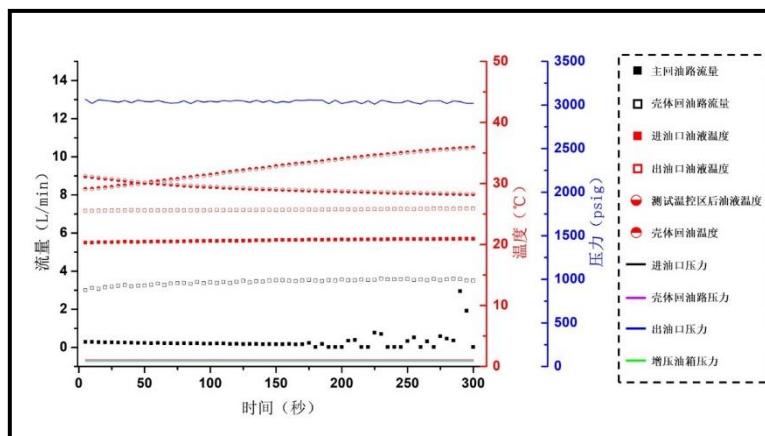


图 7.2 试验液压油 2 (批次 3) 流体性能试验-后校准试验参数曲线

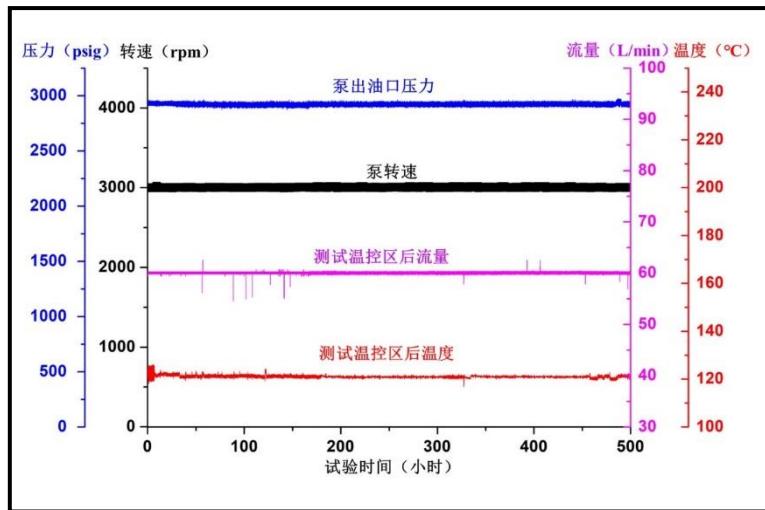


图 7.3 试验液压油 2 (批次 3) 流体性能试验-耐久试验关键参数曲线

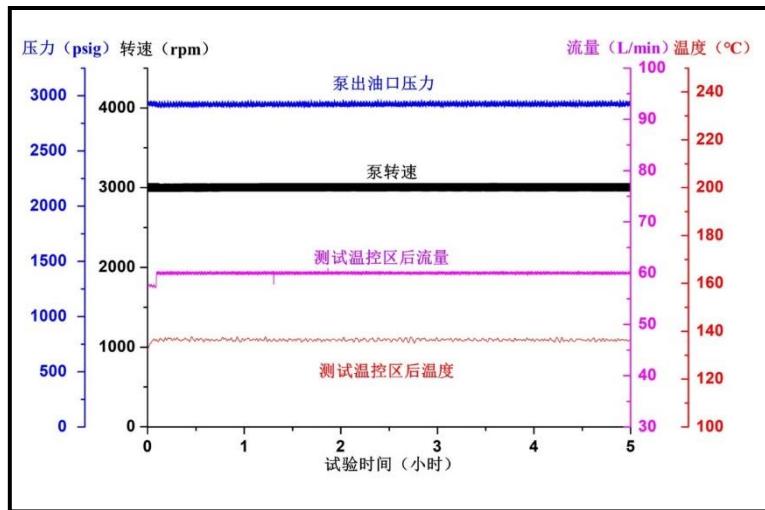


图 7.4 试验液压油 2 (批次 3) 流体性能试验-额外高温试验参数曲线

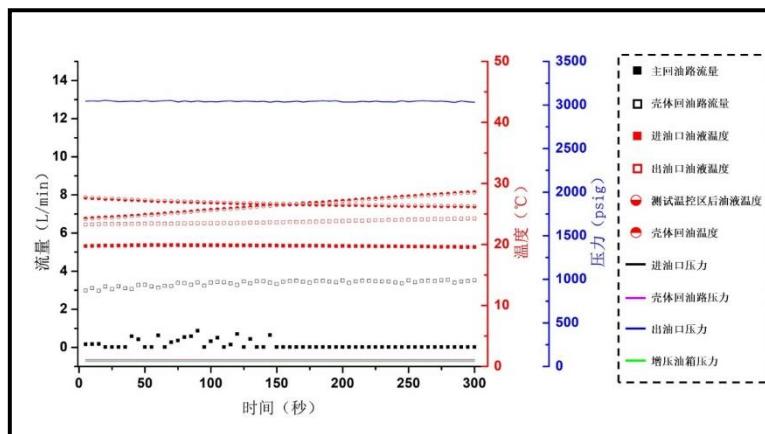


图 8.1 试验液压油 2 (批次 4) 流体性能试验-前校准试验参数曲线

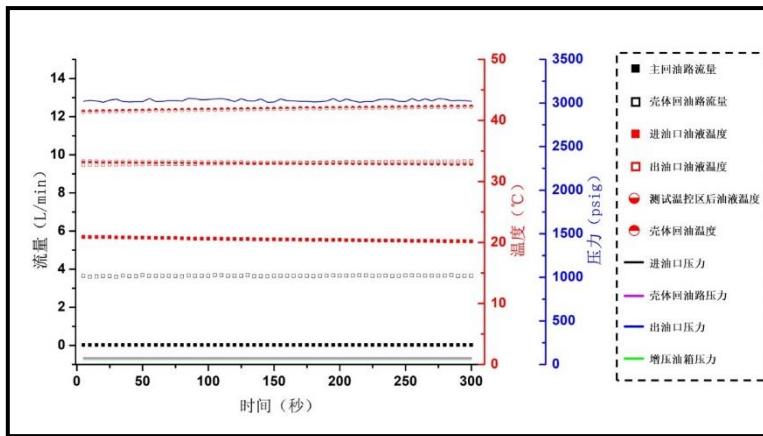


图 8.2 试验液压油 2 (批次 4) 流体性能试验-后校准试验参数曲线

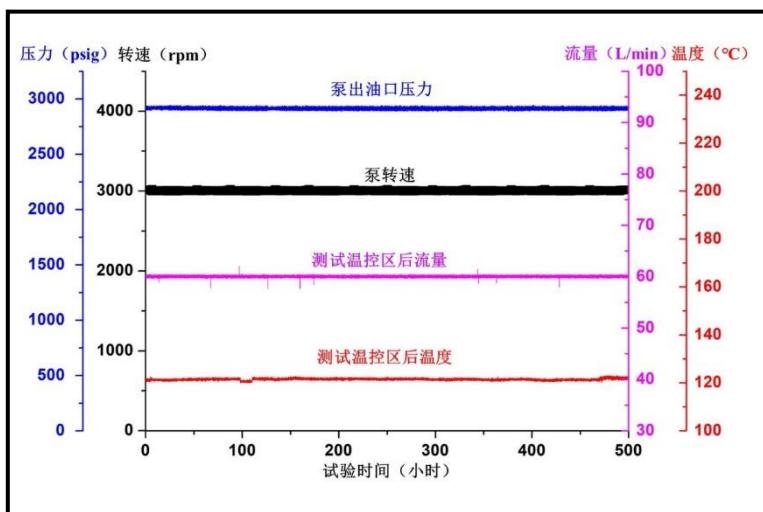


图 8.3 试验液压油 2 (批次 4) 流体性能试验-耐久试验关键参数曲线

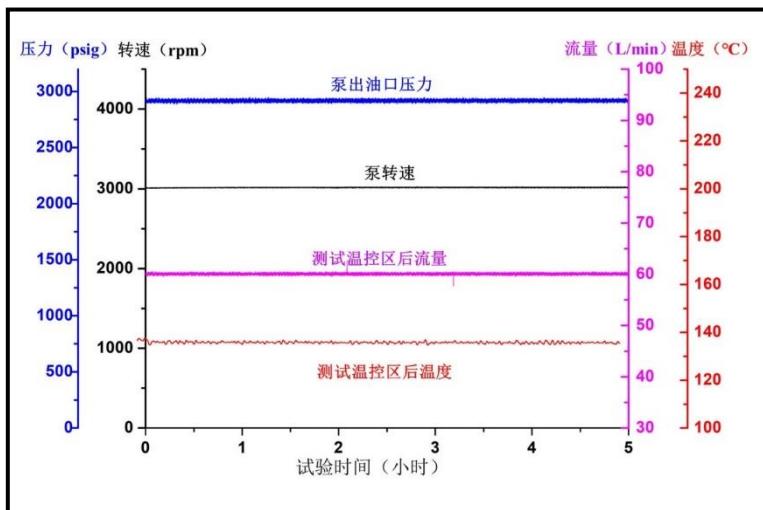


图 8.4 试验液压油 2 (批次 4) 流体性能试验-额外高温试验参数曲线

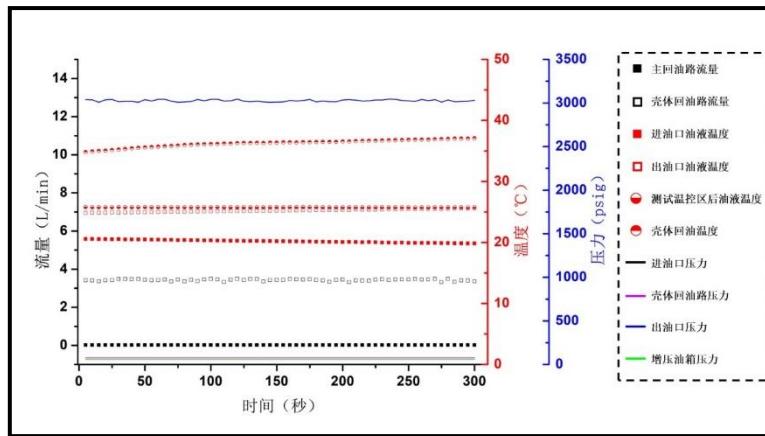


图 9.1 试验液压油 2 (批次 5) 流体性能试验-前校准试验参数曲线

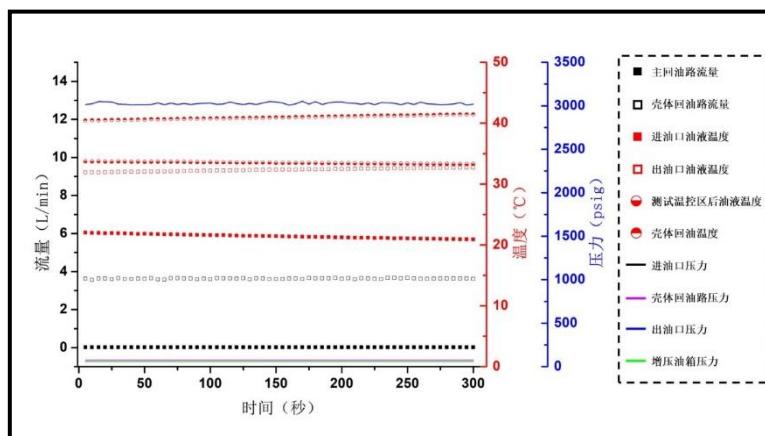


图 9.2 试验液压油 2 (批次 5) 流体性能试验-后校准试验参数曲线

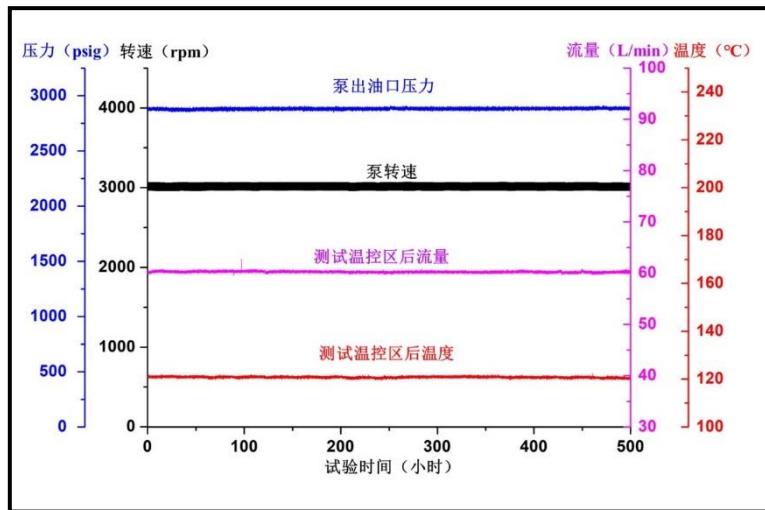


图 9.3 试验液压油 2 (批次 5) 流体性能试验-耐久试验关键参数曲线

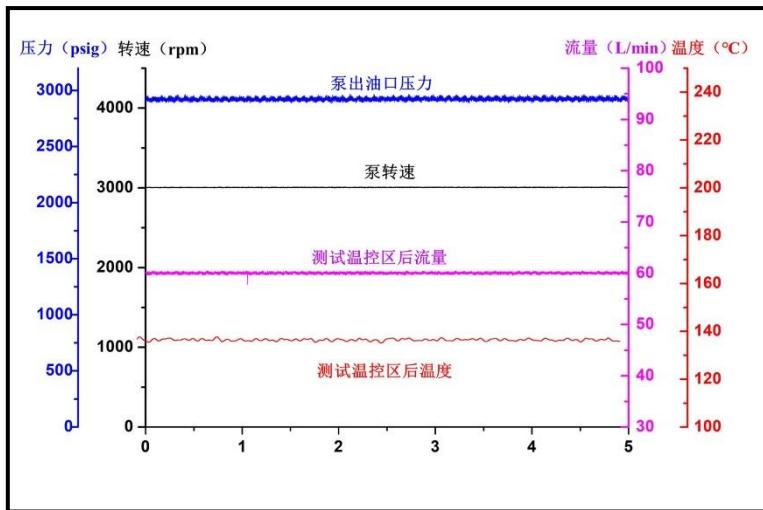


图 9.4 试验液压油 2 (批次 5) 流体性能试验-额外高温试验参数曲线

2.3.2 试验液压油性能情况

对各批次液压油流体性能台架试验过程中耐久试验第 0h、100h、200h、350h、500h 以及额外高温试验后的油品进行性能分析, 分析项目包括 38 °C 和 99 °C 运动黏度 (ASTM D445); 酸值 (ASTM D974) 以及 4 kg、10 kg 和 40 kg 载荷下的四球磨损试验 (参照 ASTM D4172), 试验结果如表 6 所示。可以看到除酸值变化指标外, 其余指标结果均符合标准要求, 酸值变化指标显示, 不同批次试验液压油 2 的酸值变化均小于试验液压油 1。

针对 5 批次的试验液压油 2, 其油品性能结果相似, 可证明基于该方法下的试验结果重复性良好。

针对酸值变化指标超标的现状, 这是由于装置设备的差异导致。

表 6 试验液压油性能情况

序号	项目		试验液压油1		试验液压油2				要求值	
			0h	0.04	0.01	0.10	0.08	0.08		
1	酸值, mg KOH/g	0h	0.04	0.01	0.10	0.08	0.08	0.06	0.04	——
		100h	0.20	0.09	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	≤0.1
		200h	0.43	0.26	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	
		350h	0.69	0.40	0.41	0.28	0.32	0.31	0.24	
		500h	0.96	0.64	0.58	0.43	0.45	0.43	0.41	
		505h	0.96	0.64	0.58	0.43	0.45	0.43	0.41	
2	运动黏度值, 38°C, mm ² /s	0h	10.09	10.47	9.785	10.35	10.07	9.357	9.406	≥6
		100h	6.996	6.648	7.055	7.306	7.491	7.080	7.156	
		200h	6.769	6.307	6.813	7.015	7.147	6.762	6.823	
		350h	6.863	6.183	6.808	6.922	7.047	6.615	6.674	
		500h	7.116	6.188	6.993	7.036	7.179	6.625	6.668	
		505h	7.136	6.192	7.002	7.053	7.196	6.629	6.690	
	运动黏度值, 99°C, mm ² /s	0h	3.376	3.611	3.444	3.639	3.495	3.296	3.358	≥2
		100h	2.406	2.321	2.418	2.512	2.749	2.500	2.530	
		200h	2.274	2.241	2.391	2.389	2.422	2.421	2.395	
		350h	2.303	2.140	2.278	2.327	2.369	2.257	2.321	
		500h	2.295	2.133	2.300	2.335	2.352	2.235	2.312	
		505h	2.299	2.117	2.300	2.336	2.413	2.233	2.294	
3	四球磨损试验, 磨痕直径, mm, 4kg	0h	0.32	0.30	0.28	0.28	0.30	0.32	0.35	报告
		100h	0.24	0.27	0.24	0.28	0.29	0.23	0.22	
		200h	0.24	0.28	0.26	0.29	0.29	0.24	0.24	
		350h	0.27	0.28	0.27	0.30	0.27	0.28	0.26	
		500h	0.23	0.26	0.24	0.39	0.28	0.28	0.26	
		505h	0.24	0.27	0.25	0.39	0.40	0.29	0.27	
	四球磨损试验	0h	0.40	0.38	0.32	0.38	0.37	0.35	0.34	报告
		100h	0.35	0.38	0.34	0.48	0.33	0.47	0.26	

验，磨痕直 径，mm， 10kg	200h	0.37	0.37	0.46	0.46	0.32	0.49	0.26	报告
	350h	0.36	0.36	0.48	0.51	0.51	0.52	0.28	
	500h	0.35	0.37	0.46	0.51	0.32	0.51	0.50	
	505h	0.35	0.38	0.45	0.48	0.54	0.52	0.51	
	0h	0.76	0.73	0.61	0.66	0.66	0.67	0.69	
四球磨 损试 验，磨 痕直 径，mm， 40kg	100h	0.66	0.70	0.67	0.68	0.69	0.71	0.71	
	200h	0.68	0.67	0.72	0.70	0.70	0.73	0.75	
	350h	0.64	0.69	0.73	0.71	0.72	0.74	0.76	
	500h	0.65	0.67	0.70	0.70	0.68	0.74	0.73	
	505h	0.66	0.68	0.74	0.70	0.71	0.75	0.71	

2.3.3 液压泵 ATP 测试

对各批次液压油流体性能台架试验前后的液压泵进行 ATP 测试，以检查液压泵的性能变化情况。

试验液压油 1 (批次 1) 的流体性能台架试验用液压泵序列号为 MX834473。在开展该批次液压油流体性能台架试验前，对液压泵进行 ATP 测试，其测试结果未发现参数异常，均满足手册要求。试验后，对液压泵进行 ATP 测试，发现驱动轴动密封处有泄漏，但是小于 ≤ 1 滴/5min，符合手册要求；在 0 流量压力检查时，实测值 2975 psig，超出手册要求的 (3000~3050) psig 的范围，不符合手册要求，这是使用时间长了后，控制阀初始位置发生稍微偏移导致的，非液压油影响；该泵其它测试结果未发现参数异常，均满足手册要求。

试验液压油 1 (批次 2) 的流体性能台架试验用液压泵序列号为 MX833414。在开展该批次液压油流体性能台架试

验前, 对液压泵进行 ATP 测试, 其测试结果未发现参数异常, 均满足手册要求。试验后, 对液压泵进行 ATP 测试, 其测试结果未发现参数异常, 均满足手册要求。

试验液压油 2 (批次 1) 的流体性能台架试验用液压泵序列号为 MX838414。在开展该批次液压油流体性能台架试验前, 对液压泵进行 ATP 测试, 其测试结果未发现参数异常, 均满足手册要求。试验后, 对液压泵进行 ATP 测试, 发现驱动轴动密封处有泄漏, 为 2 滴/5min, 手册要求 \leq 1 滴/5min; 该泵性能测试过程中发现电磁阀不作动, 部分测试无数据, 电磁阀经清洗后可恢复作动, 该电磁阀不作动是由于在 505h 的高温试验过程中, 该电磁阀未进行任何运动而导致卡死, 经过编制组评估, 该现象非液压油产品引起, 属与试验工况下的正常现象;

试验液压油 2 (批次 2) 的流体性能台架试验用液压泵序列号为 MX838961。在开展该批次液压油流体性能台架试验前, 对液压泵进行 ATP 测试, 其测试结果未发现参数异常, 均满足手册要求。试验后, 对液压泵进行 ATP 测试, 其测试结果未发现参数异常, 均满足手册要求。

试验液压油 2 (批次 3) 的流体性能台架试验用液压泵序列号为 MX834473。在开展该批次液压油流体性能台架试验前, 对液压泵进行 ATP 测试, 其测试结果未发现参数异常, 均满足手册要求。试验后, 对液压泵进行 ATP 测试, 该泵性能测试过程中发现电磁阀不作动, 部分测试无数据, 电磁阀经清洗后可恢复作动, 该电磁阀不作动是由于在 505h

的高温试验过程中，该电磁阀未进行任何运动而导致卡死，经过编制组评估，该现象非液压油产品引起，属与试验工况下的正常现象；在各运行状态下壳体流量和壳体压力偏低，其它测试结果未发现参数异常。

试验液压油 2 (批次 4) 的流体性能台架试验用液压泵序列号为 MX838414。在开展该批次液压油流体性能台架试验前，对液压泵进行 ATP 测试，其测试结果未发现参数异常，均满足手册要求。试验后，对液压泵进行 ATP 测试，该泵性能测试过程中发现电磁阀不作动，部分测试无数据，电磁阀经清洗后可恢复作动，该电磁阀不作动是由于在 505h 的高温试验过程中，该电磁阀未进行任何运动而导致卡死，经过编制组评估，该现象非液压油产品引起，属与试验工况下的正常现象；该泵其它测试结果未发现参数异常。

试验液压油 2 (批次 5) 的流体性能台架试验用液压泵序列号为 MX838961。在开展该批次液压油流体性能台架试验前，对液压泵进行 ATP 测试，其测试结果未发现参数异常，均满足手册要求。试验后，对液压泵进行 ATP 测试，该泵性能测试过程中发现电磁阀不作动，部分测试无数据，电磁阀经清洗后可恢复作动，该电磁阀不作动是由于在 505h 的高温试验过程中，该电磁阀未进行任何运动而导致卡死，经过编制组评估，该现象非液压油产品引起，属与试验工况下的正常现象；该泵其它测试结果未发现参数异常。

2.3.4 液压泵拆解检查

对各批次试验液压油 2 流体性能台架试验后的液压泵进行拆解检查，拆解的零部件包括：连接轴、装配环、密封元件、壳体安全阀套筒、衬套和阀芯组件、柱塞、泵轮、壳体总成、制动器活塞、阀板、气缸体、垫板、活塞靴固定板、活塞和活塞靴组件、活塞靴轴承板、支架组件、驱动轴组件、安装法兰组件等。对各零部件进行尺寸及性能测试，其中液压泵缸体与活塞的配合尺寸符合指标要求，弹簧零件的弹簧力满足指标要求，各零部件表面平整度、光洁度等满足指标要求。

3. 总结

编制组使用自主建设的液压油流体性能试验测试系统按照规定的试验方法开展了不同种类不同批次的试验液压油的流体性能试验。

不同批次的试验液压油的测试结果较为稳定，表明该测试系统与规定的试验方法能够保证稳定的测试结果。

不同种类的试验液压油的测试结果出现差异，表明该测试系统与规定的试验方法能够保证不同试验液压油的结果差异性。

该试验方法能够有效应用于 CTSO-2C706 的相关要求。

（二）预期的经济效益

无。

（三）预期的社会效益

本标准能够解决国内无液压油流体性能台架试验测试标准的现状，为推进国产液压油适航验证提供技术支持。

五、采用国际标准和国外先进标准的程度以及与国际、国外同类标准水平的对比情况

本标准不存在版权问题。

目前国际上评价液压油流体性能试验的方法主要是 SAE AS1241D 第 4.8 节。

本方法的所用测试系统布局了更多的测试点位，管路连接更为细致，特别是针对测试回路单元的热交换逻辑进行了明细，固定了取样口位置等，是满足 SAE AS1241D 第 4.8 节要求的基础上的进一步细化升华。同时泵方法所用测试系统的控制参数在符合 SAE AS1241D 第 4.8 节要求的基础上，更为精确。

六、与有关的现行法律、行政法规、民航规章、国家标准和行业标准的关系

本标准与国内现行法律、法规和国家标准、行业标准相一致，无冲突。

本标准的制定能够完善中国民用航空技术标准规定 CTSO-2C706 中对液压油流体性能试验的参考标准要求。

七、重大不同意见的处理和依据

无。

八、贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等）

建议本标准发布实施后，行业标准化管理单位及时组织本标准宣贯，强化标准技术内容对后续工作的指导。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、重要内容的解释和其他应说明的事项

无。