

民航行业标准
《航空活塞发动机润滑油性能测试方法
第 1 部分：耐久性能 发动机测试法》
(征求意见稿)

编制说明

《航空活塞发动机润滑油性能测试方法》编制组

2026 年 7 月

一、工作简况

（一）任务来源

《航空活塞发动机润滑油性能测试方法 第 1 部分：耐久性能 发动机测试法》为 2025 年标准计划内项目，标准编制周期为 12 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、汪必耀、杜澜、雷庆柯等

（三）标准制定的背景、目的和意义

1. 研究背景

（1）打通通航油料的全链条适航审定路径的需要

航空活塞发动机润滑油作为航空活塞发动机中各系统不可或缺的功能材料，为发动机提供动力，润滑和冷却等关键作用，是通航发动机安全运行的前提条件。国际上航空活塞发动机润滑油的通用批准路径包括产品规范符合性验证、地面发动机耐久性试车以及长时间航线监控，如 FAA AC20-24D、SAE J1899 等文件规定，通航油料生产商须依次表明其油品与 SAE J1899（含 150 小时的发动机耐久性试车）以及规定时间的飞行试验等要求的符合性后，其油品才能投入民航市场使用。参考国外通航油料的全链条批准方式，我国民航采用技术标准规定（含发动机耐久性试车）和飞行试验的审定路径批准通航油料。目前国内已完成航空活塞发动机润

滑油技术标准规定 CTS0-2C704 的制定和理化、特性以及相容性试验方法的能力建设，但 CTS0-2C704 中规定的发动机耐久性试验方法国内仍为空白，无法开展通航油料的发动机耐久性试车，国产新型航空活塞发动机润滑油的全链条审定路径严重受阻。因此，有必要制定航空活塞发动机润滑油的发动机台架试验的行业标准，打破瓶颈，推动 CTS0-2C704 有效实施。

（2）推动通航油料国产化的需要

民航局适航司正在开展中国石化 RIPP 4061 航空活塞发动机润滑油(4061 润滑油)的适航审定工作，按照 CTS0-2C704 要求，4061 润滑油需在莱康明 TIO-540-J2BD 发动机上完成至少 150 小时的耐久性试车后才能进入后续飞行试验，继而实现航线应用。因此，研究制定全尺寸航空活塞发动机台架试验的行业标准，明确试验程序、操作步骤和参数要求等工作已迫在眉睫，不仅为了实现对国外检测方法的全面替代，打破国外垄断，也是推进通航油料投入航线应用监控，最终实现国产化的前提条件。

（3）增强关键验证技术的立法定标能力，促进行业发展

申请人现已基本完成全尺寸航空活塞发动机试验台架的硬件设施建设，但是为了提高发动机试车时的功率、扭矩、转速和加载负荷等参数的监控精度和稳定性，该台架的发动机功率吸收装置选用了电力测功机，与国外机构使用的螺旋桨式吸功装置具有较大差异，故申请人建设的试验台架需参考电力测功机的手册规定和操作要求，按照 SAE J1899 规定

流程开展发动机台架试验工作。因此，基于现有发动机试验台架硬件设施条件，开展全尺寸活塞发动机台架试验标准方法和技术研究，制定航空活塞发动机润滑油全尺寸发动机台架试验的行业标准，将有助于了解通航油料发动机台架试验各项指标的设置意义，有效弥补现行国外标准方法的缺陷，提高试车方法的准确性和稳定性，实现对国外试验方法的全面替代，增强我国关键验证技术的立法定标能力。同时，开展发动机台架试验方法研究，也可服务于国内通航油料生产商和飞机发动机制造商，为提升我国通航油料的研制水平，提高飞机发动机润滑油系统设计的准确性具有重要意义。

2. 研究目的和意义

2022 年，中国民航局起草发布了《民用航空发动机润滑油》技术标准规定（CTS0-2C704a），规定了无灰分散剂民用航空活塞发动机润滑油的最低性能测试要求。其中，发动机台架试车试验作为航空活塞发动机润滑油适航验证的必检项目，是航空活塞发动机润滑油在装机前最重要的综合性能评估试验。因此，本项目实施将完善我国航空活塞发动机润滑油的适航验证标准体系，推动我国民航全面实现航空活塞发动机润滑油适航审定自主化的必要环节，也是我国民用航空活塞发动机润滑油适航标准体系的重要组成部分。

（四）主要工作过程

1. 组建编制组

2025年4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) 通过剖析 FAA AC20-24D、SAE J1899 和 SAE Technical Report No. 911000 等文件要求,了解莱康明、大陆和罗泰克斯等航空活塞发动机运行手册和维修手册对试车相关通告等技术资料,了解航空活塞发动机的操作流程和控制参数。

(2) 调研民航飞行学院、武汉航达、天津象限空间等通用航空飞机和发动机维修厂,了解使用电力测功机吸收发动机功率的工作原理,分析采用电力测功机和螺旋桨试车时的差异及其对台架试验结果的潜在影响,从而进一步明确使用电力测功机作为吸功装置开展通航油料发动机台架试验的流程和注意事项,研究发动机大修后的出厂放行试车要求和结果合格判定方式,以此制定试车方案,并充分征求国内通用航空发动机制造商、通航运营企业、维修厂家以及通航油料生产商等意见,确保试验方案的准确性和适应性。

3. 开题评审

2025年5月14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

2025 年 6 月至 2026 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

2026 年 4 月 15 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 5 条，一致同意该标准通过中期评审。

6. 形成标准征求意见稿

2026 年 4 月至 7 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，重点在解决规范使用发动机法测试航空活塞发动机润滑油耐久性能涉及的仪器设备、试验步骤及试验后检查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 9 章正文及 4 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、5 章简述方法所需试剂与耗材和仪器设备。

3. 第 6 章规定了正式试验前需要完成的发动机准备及试验前准备。

4. 第 7 章规定了正式试验程序，包括试验参数控制与记录、磨合试车程序、润滑油消耗率监测试车程序、前校准试验程序、150 小时耐久性试验程序、后校准试验程序、取样要求等。

5. 第 8 章规定了试验后的检查与数据处理，包括试验润滑油检测、沉积物检查、零部件尺寸测量、主滑油滤等的检查要求。

6. 第 9 章规定了结果报告内容。

7. 附录 A 规定了发动机试车试验台组成。
8. 附录 B 规定了航空活塞发动机试验台传感器及管路安装。
9. 附录 C 规定了 150 小时耐久试验试车谱。
10. 附录 D 规定了航空活塞发动机润滑油耐久性能测试沉积物检查评分细则。

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. 航空活塞发动机润滑油耐久性能测试方法建设

航空活塞发动机试车试验台参考 SAE J1899-2020 要求进行建设，主要由莱康明 TI0-540-J2BD 发动机、功率吸收装置、风冷系统、润滑油冷却系统、供气系统、航汽供应系统和数据采集与控制系统等组成，具体如下。

1.1 航空活塞发动机试车试验台系统构造

1.1.1 试验用发动机

本试验采用的发动机为莱康明 TI0-540-J2BD 型风冷涡轮增压活塞式发动机，其采用水平对置式六缸设计，排量为 8873.6 cm^3 ，使用 100LL 航空汽油，最大输出功率为 261 kW，湿式收油池容量为 11.36 L (12 QT)，见图 1。

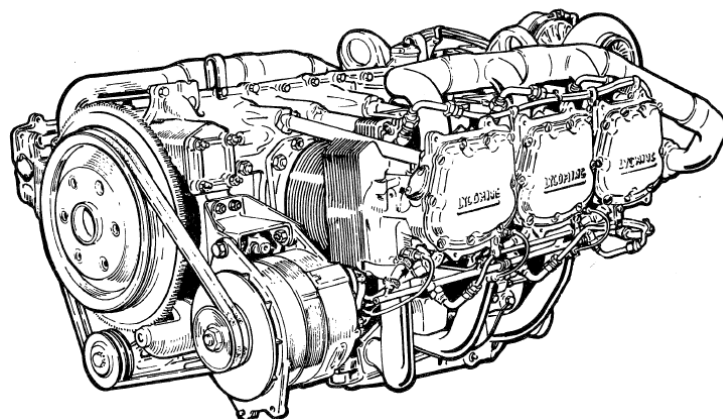


图 1 莱康明 T10-540-J2BD 型风冷涡轮增压活塞式发动机示意图

1.1.2 功率吸收装置

本试验采用的功率吸收装置 SIEMENS 1PH82282DF20-1BA1 型水冷式电机，其标称功率 310 kW，额定扭矩 1480 N·m，额定转速 2000 rpm，最高转速 3500 rpm，足以稳定吸收莱康明 T10-540-J2BD 发动机的最大输出功率，详见图 2。



图 2 功率吸收装置及台架整体示意图

1.1.3 发动机冷却装置

为满足各个试验阶段对气缸温度及时、准确地进行控制，本试验设计、定制了一套发动机机体风冷系统，详见图 3。

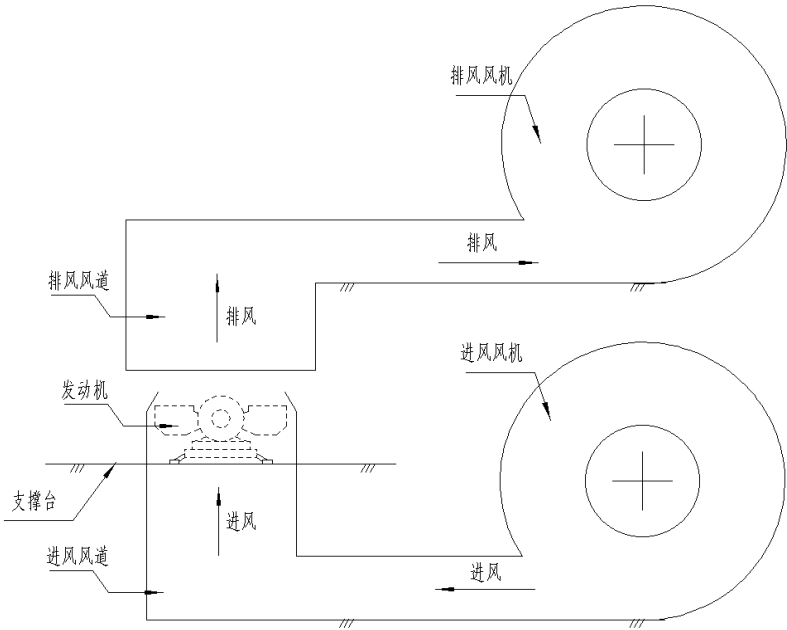


图 3 发动机机体风冷系统示意图

1.2 设备控制参数确认

结合各系统组成的实际情况，总结影响测试结果的关键参数主要为润滑油温度、进气管温度、排气温度。为确认设备上述控制参数的准确性，在试验前对仪表及关键控制参数传感器进行了校准。仪表及传感器关键控制参数校准结果如表 1 所示：

表 1 仪表及传感器关键控制参数校准结果

传感器名称	控制参数	控制要求	校准结果
润滑油温度传感器，℃	≤ 118	± 3	-1.4
进气管温度传感器，℃	≤ 204	± 3	-0.7
排气温度传感器，℃	≤ 899	± 5	+2.9
气缸头温度传感器，℃	≤ 265	± 3	-1.1
前端滑油压力传感器，kPa	379 ~ 655	± 1%FS	-0.24%FS
主滑油压力传感器，kPa	379 ~ 655	± 1%FS	+0.23%FS

进气管压力传感器， kPa	≤ 206	$\pm 1\%FS$	$+0.15\%FS$
发动机转速，rpm	$\leq 2\ 575$	± 3	0
秒表，s	/	$\pm 1s/h$	1s/h
环境温湿度表	环境温度： 0 ~ 93℃	$\pm 2^{\circ}C$	$+0.3^{\circ}C$
	环境湿度： 10 ~ 100 %RH	$\pm 7\%RH$	$+1\%RH$
大气压力表	0 ~ 1 200hPa	$\pm 5\ hPa$	$+1.3\ hPa$

1.3 航空活塞发动机润滑油耐久性能测试方法步骤

使用试验发动机按照规定试验程序开展润滑油的发动机测试，检查试验前后发动机的性能变化，定期取样分析润滑油的性能衰减情况，试验结束后拆卸发动机并检查记录相关零部件的磨损与沉积物情况，对各试验部件上的沉积物类型和结焦情况进行评分，分析润滑油的综合性能。

1.3.1 发动机准备

(1) 按发动机手册要求测量并记录关键零部件尺寸。

(2) 按发动机手册规定程序装配发动机。若发动机需大修，除按发动机手册建议更换的零部件外，还需更换活塞、气门及气门导套、活塞销堵头、凸轮轴、挺杆体、火花塞、气缸、曲轴主轴承、连杆轴承、曲轴齿轮、曲轴惰轮、摇臂轴、摇臂衬套及涡轮增压器。

(3) 按照发动机手册要求完成出厂试车，试车参数需符合规定，转速、功率等指标需在允许误差范围内。

1.3.2 试验前准备

安装发动机至试车试验台，同时完成温度、压力传感器的安装；向发动机加入磨合油或试验润滑油，按手册完成地面检查、预润滑，确保润滑油液位位于量油尺满刻度线；以

1200 rpm 转速暖车，将润滑油温度升至 60 ℃，保证前端滑油压力维持在（413～621）kPa。

1.3.3 试验运行程序

（1）试验参数控制和记录

各测试程序应实时采集运行数据，应至少包括：发动机转速、功率、节气门开度、混合比开度、进气管压力、进气温度、气缸头温度、润滑油温度、主滑油压力、前端滑油压力、排气温度。所有试验阶段中，转速允差应控制在规定转速的±1%以内，排气温度允差应控制在规定排气温度的±3%以内，进气管压力允差应控制在规定进气管压力的±5%以内，功率允差应控制在规定功率的±8%以内，功率最高不超过261 kW，运行时间允差为±10 s，且发动机的运行参数应控制在表1范围内。

（2）磨合试车程序

使用磨合油，在全富油条件下按表2所示运行参数完成3 h磨合试验，同步记录运行参数；磨合完成后检查各气缸气密性，要求最高与最低缸压差值不大于5 psi，单缸缸压不低于60 psi；磨合试车结束后排净发动机、润滑油冷却系统及管路中的磨合油，更换主滑油滤。

表2 磨合试车程序参数

转速 rpm	时间 h	进气管压力 kPa
1200	0.25	记录值
1500	0.25	记录值
1720	0.25	记录值
1900	0.25	记录值
2050	0.25	记录值
2170	0.33	108

转速 rpm	时间 h	进气管压力 kPa
2290	0.33	122
2390	0.33	129
2490	0.33	139
2575	0.33	145

(3) 润滑油消耗率监测试车程序

将磨合油更换为试验润滑油，在 2575 rpm 转速、145 kPa 进气管压力下运行 2 h，控制润滑油温度 $(93 \pm 6) ^\circ\text{C}$ ，每 $15 \text{ min} \pm 5 \text{ s}$ 记录一次运行参数；试验结束后待润滑油冷却至室温，再次加注润滑油至量油尺满刻度线，计算润滑油消耗率，润滑油消耗率不大于 0.95 L/h，可开展后续试验。

(4) 前校准试验程序

排净发动机及相关系统中的润滑油，更换主滑油滤，用新鲜润滑油循环清洗后，补油至量油尺满刻度线；按表 3 所示参数开展前校准试验，试验过程中每 $15 \text{ min} \pm 5 \text{ s}$ 记录一次运行参数。

表 3 前校准试车程序参数

转速 rpm	功率 kW	时间 h	进气管压力 kPa
2575	261	0.25	记录值
2400	206	0.25	记录值
2200	157	0.25	记录值

(5) 150 小时耐久试验程序

排净发动机及相关系统的润滑油，更换主滑油滤，经新鲜润滑油循环清洗后，补油至量油尺满刻度线；按表 4 所示参数开展 7 个阶段的耐久性试验，第 1 阶段每 $5 \text{ min} \pm 5 \text{ s}$ 记录运行参数，第 2~7 阶段每 $15 \text{ min} \pm 5 \text{ s}$ 记录，任意两次循环间隔至少 0.5 h；第 1、2 阶段结束及第 4 阶段第 3 循

环结束后更换主滑油滤，第 4 阶段第 3 循环结束后排净发动机中的润滑油，收集并记录润滑油量，重新加注新的试验用润滑油至量油尺满刻度线。试验中调节转速、混合比及关机的耗时不计入耐久试验时长，该部分总耗时不得超过 20 h。

应在耐久性试验程序中第 0 h、24 h、50 h、76 h、100 h、124 h 及试验结束后从发动机收油池取样(200±50) mL 。取样应在发动机停车后 10 min 内完成。对取样进行油品性能分析，分析项目包括 40 ℃和 100 ℃运动粘度，酸值以及痕量元素测试（Fe、Ag、Al、Cr、Cu、Mg、Mo、Ni、Pb、Si、Sn、Ti、Zn 及 P）。

表 4 150 小时耐久试车程序参数

试验阶段	时间 h	循环数	循环 h	功率 kW	转速 rpm	进气管压力 kPa	润滑油温度 ℃	气缸头温度 ℃
1	0 ~ 30	10	0. 08	261	2 575	145	60 ~ 118	177 ~ 250
			0. 08	157	2 200	记录值	60 ~ 118	177 ~ 250
2	30 ~ 50	4	2. 5	261	2 575	145	102 ~ 107	177 ~ 250
			2. 5	157	2 200	记录值	102 ~ 107	177 ~ 250
3	50 ~ 70	10	1. 5	261	2 575	145	102 ~ 107	177 ~ 250
			0. 5	196	2 340	记录值	60 ~ 118	177 ~ 250
4	70 ~ 82	6	1. 5	261	2 575	145	102 ~ 107	177 ~ 250
			0. 5	183	2 290	记录值	60 ~ 118	177 ~ 250
	82 ~ 90	4	1. 5*	261	2 575	145	110 ~ 116	252 ~ 258
			0. 5	183	2 290	记录值	60 ~ 118	177 ~ 250
5	90 ~ 110	10	1. 5*	261	2 575	145	110 ~ 116	252 ~ 258
			0. 5	170	2 240	记录值	60 ~ 118	177 ~ 250
6	110 ~ 130	10	1. 5*	261	2 575	145	110 ~ 116	252 ~ 258
			0. 5	157	2 180	记录值	60 ~ 118	177 ~ 250
7	130 ~ 150	10	1. 5*	261	2 575	145	110 ~ 116	252 ~ 258
			0. 5	130	2 050	记录值	60 ~ 118	177 ~ 250
注：标注“*”的阶段的气缸头温度应保持在（252 ~ 258）℃，其他气缸头温度与最高温气缸头的温度差应≤28 ℃，润滑油入口温度应为（113±3）℃。								

（6）后校准试验程序

完成 150 小时耐久试验后开展后校准试验，试验方法和流程与前校准试验阶段相同。试验完成后，需检查每个气缸的气密性，记录气缸压力，最高最低缸压之差应不大于 5 psi 各缸缸压不低于 60 psi；对比前、后校准试验阶段的温度、压力等传感器数值，直观判定发动机性能是否出现较大变化。

1.3.4 试验结束后检视

(1) 目视检查

拆解发动机对润滑油接触区域进行拍照，确认并记录磨损及沉积物情况。

(2) 沉积物检查

对发动机中油湿区域表面形成的沉积物进行评分。

(3) 零部件尺寸测量

对拆解后的发动机进行清洗，按照发动机手册要求对规定零部件的尺寸进行测量。

(4) 主滑油滤检查

对磨合试验、润滑油消耗率监测试验、前校准试验、耐久性试验 30 h、50 h、74 h 以及后校准试验后拆卸下的主滑油滤进行破坏检查，通过目视、光学检测、扫描电镜/能谱分析等检查滤芯中金属颗粒情况。

2. 航空活塞发动机润滑油耐久性能测试方法试验验证

2.1 试验油选择

使用两种不同牌号的试验润滑油开展航空活塞发动机润滑油耐久性能测试方法的验证试验。

2.2 试验结果

2.2.1 磨合试车后气缸气密性测试结果

在磨合试车后对气缸进行气密性测试，在输入缸压为 80 psi 的情况下，最高最低缸压之差为 5 psi，且最低缸压未低于 60 psi，满足手册要求，结果如表 5 所示：

表 5 磨合试车后气缸气密性测试

气缸编号	输入气压（psi）	实测缸压值（psi）	
		试验润滑油1	试验润滑油2
气缸1	80	73	74
气缸2		75	77
气缸3		73	77
气缸4		74	76
气缸5		75	73
气缸6		76	76
最高最低缸压之差（psi）		3	4

2.2.2 滑耗监测试车结果

完成两小时滑耗监测试车后对润滑油消耗量进行计算，均满足《莱康明润滑油消耗率计算指导手册》要求，结果如表 6 所示：

表 6 润滑油消耗率

	试验润滑油1	试验润滑油2
试验前润滑油液位 (L)	12.7	10.645
试验后润滑油液位 (L)	12.4	10.285
总的润滑油消耗量 (L)：	0.34	0.36
润滑油消耗率 (L/h)：	0.17	0.180

2.2.3 试验润滑油性能情况

对使用不同润滑油的发动机试车台架试验过程中耐久试验第 0 h、24 h、50 h、74 h、100 h、124 h 及 150 h 试验后的油品进行性能分析，分析项目包括 40 ℃和 100 ℃运动粘度 (GB/T 265)；酸值 (GB/T 7304) 以及痕量金属含量 (GB/T 17476)，试验结果如表 7 所示：

表 7 试验润滑油性能情况

序号	项目		试验润滑油1	试验润滑油2
1	酸值, mgKOH/g	0h	0.30	0.32
		24h	1.70	0.91
		50h	2.06	1.39
		74h	2.30	1.77
		100h	1.86	0.98
		124h	2.16	1.40
		150h	2.56	1.77
2	运动粘度 值, 40℃, mm ² /s	0h	176.9	134.0
		24h	178.3	126.0
		50h	188.0	130.3
		74h	190.6	132.8
		100h	184.6	131.0
		124h	195.6	138.1
		150h	203.3	134.7
	运动粘度 值, 100℃, mm ² /s	0h	20.94	17.70
		24h	20.68	17.39
		50h	21.35	17.72
		74h	21.56	17.65
		100h	21.35	17.88
		124h	21.93	17.95
		150h	22.54	18.49
3	痕量 元素, mg/kg	Fe	0h	0
			24h	34.2
			50h	50.8
			74h	65.3
			100h	24.2
			124h	41.0
			150h	58.8
		Ag	0h	0
			24h	0.3
			50h	0
			74h	0
			100h	0
			124h	0
			150h	0
		Al	0h	0
			24h	10.8
			50h	13.5

			74h	14.7	10.2
			100h	4.7	3.6
			124h	7.2	4.9
			150h	9.4	9.1
		Cr	0h	0	0
			24h	12.7	12.7
			50h	17.0	17.0
			74h	17.4	17.4
			100h	3.6	3.6
			124h	6.0	6.0
			150h	8.7	8.7
		Cu	0h	0	0
			24h	4.3	8.9
			50h	6.9	13.6
			74h	7.6	13.6
			100h	2.6	3.6
			124h	4.1	6.0
			150h	6.0	8.8
		Mg	0h	0	0
			24h	2.4	2.0
			50h	2.9	2.7
			74h	3.1	2.8
			100h	0	0.4
			124h	0.2	1.4
			150h	0.8	2.2
		Mo	0h	0	0
			24h	0	0
			50h	0	0
			74h	0	0
			100h	0	0
			124h	0	0
			150h	0	0
		Ni	0h	0	0
			24h	4.1	5.8
			50h	6.3	11.1
			74h	6.7	11.5
			100h	1.7	2.9
			124h	4.5	5.0
			150h	8.0	10.7
		Pb	0h	0	0
			24h	2421	1919
			50h	5248	3882
			74h	7721	6225

			100h	4056	3155
			124h	6817	5277
			150h	9254	7789
		Si	0h	0	4.1
			24h	5.1	5.9
			50h	6.5	6.5
			74h	6.4	6.5
			100h	1.1	2.7
			124h	0.8	4.6
			150h	2.3	5.5
		Sn	0h	0	0
			24h	0	0.5
			50h	0.1	1.2
			74h	0.2	1.6
			100h	0	0
			124h	0	0
			150h	0	0.4
		Ti	0h	0	0
			24h	0	0
			50h	0	0
			74h	0	0
			100h	0	0
			124h	0	0
			150h	0	0
		Zn	0h	0	0
			24h	3.3	3.5
			50h	3.6	4.3
			74h	4.4	4.8
			100h	1.5	2.8
			124h	2.6	4.3
			150h	3.6	5.5
		P	0h	1021	998
			24h	1039	804
			50h	1171	670
			74h	1095	638
			100h	1190	654
			124h	1000	589
			150h	1015	513

2.2.4 试验后沉积物评分情况

对使用不同活塞润滑油试车后的发动机进行拆卸，对油湿区域表面形成的沉积物进行评分，其评分分数按照“扣分

制”计算，“10分”为满分，对应于“无沉积物”，分数越低代表沉积越严重，结果如表8、表9所示：

表 8 发动机试车后沉积物评分结果统计——油泥

序号	部件名称	评分分数	
		试验润滑油1	试验润滑油2
1	收油池	9.43	9.62
2	收油池挡板	9.42	9.58
3	曲轴箱（内侧，左）	9.70	9.75
4	曲轴箱（内侧，右）	9.70	9.75
5	附件机匣	9.59	9.91
6	摇臂盖（气缸：1）	9.56	9.88
7	摇臂盖（气缸：2）	9.55	9.92
8	摇臂盖（气缸：3）	9.54	9.95
9	摇臂盖（气缸：4）	9.50	9.90
10	摇臂盖（气缸：5）	9.55	9.98
11	摇臂盖（气缸：6）	9.52	9.98
12	缸盖（气缸：1）	9.75	9.79
13	缸盖（气缸：2）	9.75	9.97
14	缸盖（气缸：3）	9.75	9.96
15	缸盖（气缸：4）	9.75	9.96
16	缸盖（气缸：5）	9.75	9.96
17	缸盖（气缸：6）	9.75	9.96

表 9 发动机试车后沉积物评分结果统计——漆膜与积碳

序号	部件名称	评分分数	
		试验润滑油1	试验润滑油2
1	进气气门（气缸：1）	9.8	9.8
2	进气气门（气缸：2）	9.9	9.9
3	进气气门（气缸：3）	9.9	9.8
4	进气气门（气缸：4）	9.9	9.9
5	进气气门（气缸：5）	9.9	9.9
6	进气气门（气缸：6）	9.9	9.9
7	活塞（气缸：1）	5.6	7.4
8	活塞（气缸：2）	5.3	7.1
9	活塞（气缸：3）	4.7	6.5
10	活塞（气缸：4）	4.6	7.4
11	活塞（气缸：5）	4.0	6.1
12	活塞（气缸：6）	4.8	6.9
13	活塞销（气缸：1）	5.4	4.2
14	活塞销（气缸：2）	5.2	4.2
15	活塞销（气缸：3）	3.8	5.2

16	活塞销（气缸：4）	5.4	5.6
17	活塞销（气缸：5）	4.0	5.6
18	活塞销（气缸：6）	4.0	5.2

2.2.5 发动机零部件尺寸测量

对使用两批次试验润滑油试车后的发动机进行清洗，再次对试车前已测零部件的尺寸进行测量。经检查，试验后尺寸测量结果符合《莱康明发动机维护用推荐限值 and 扭矩表》手册要求。

2.2.6 主滑油滤检查

对磨合试验、油耗监测、前校准、耐久性试验 30 h、耐久性试验 50 h、耐久性试验 74 h 和后校准试验的主滑油滤用专用滑油滤芯切割刀切割，取出滤芯中的滤纸，再用经过砂芯过滤装置（0.2 微米聚四氟乙烯滤膜）过滤后的分析纯石油醚（沸程：60 ℃ ~ 90 ℃）润洗滤纸后自然晾干，目视检查滤纸，观察金属颗粒外观，收集较大尺寸颗粒物和有色金属颗粒物进行光学显微镜拍照，测量其尺寸，用扫描电镜（SEM）和能谱仪（EDS）分析颗粒物的尺寸及元素含量。结果表明两次试验后的主滑油滤中未出现异常金属颗粒物，符合指标要求。

3. 总结

编制组使用自主建设的全尺寸航空活塞发动机试车试验台，按照规定的试验方法开展了不同牌号的航空活塞润滑油的耐久性能试验。

试验设备关键参数全面满足试验规定与技术指标要求，表明该试验台架具备开展航空活塞润滑油性能评定的完备硬件条件。

试验过程工况控制平稳、参数调节精准、运行状态稳定，表明该试验台架与规定的试验方法具有良好的试验稳定性与结果复现性。

不同牌号润滑油试验结果差异区分明显、性能表征清晰，表明该测试设备与规定的试验方法能够科学、有效地区分与评价油品性能。

该测试方法能够有效应用于 CTS0-2C704 的相关要求。

（二）预期的经济效益

无。

（三）预期的社会效益

本标准首创基于电力测功机的航空活塞润滑油发动机台架试验方法，突破国外技术垄断与标准壁垒，填补国内航空活塞润滑油发动机台架试验标准空白，有效解决我国航空活塞润滑油适航验证无标准可依的关键问题，为国产航空活塞润滑油自主适航验证与适航审定提供关键技术支撑。这对于提升我国航空润滑油的自主可控水平、推动航空油料产业的高质量发展，具有重要的社会效益与深远的工程应用价值。

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

目前，国内外均无专门针对航空活塞发动机润滑油的发动机台架试验标准。现有技术依据仅在航空活塞润滑油产品规范 SAE J1899 附录 B 中对发动机台架试验流程进行了简要描述，内容较为原则、流程相对简略，在试验方法细化程度、参数控制精度等方面难以满足科研与产品验证需求。

本项目在充分梳理国外相关技术资料的基础上，依托我国自主搭建的航空活塞发动机专用试验台架，通过深入的试验研究与严谨的工程验证，自主构建了完整、规范的试车流程与发动机控制参数体系，并在此基础上自主制定了航空活塞发动机润滑油台架试验方法标准。该标准不仅全面满足 SAE J1899-2020 附录 B 的技术要求，更在其基础上实现了深化与细化。与现有国外参考资料相比，本标准试验方法更细化、工况控制更精准、数据可靠性更高，可有效支撑航空活塞润滑油的性能评定与质量验证。

本标准为自主研究制定，试验台架、试验流程及控制参数均为自主构建，不存在版权及知识产权问题。

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 CTS0-2C704 中对航空活塞发动机润滑油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，行业标准化管理部门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。