

SH

中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 0755—2005

手动变速箱油和后桥用油的 热氧化安定性评定法 (L-60-1 法)

Standard test method for evaluation of the thermal and
oxidative stability of lubricating oil
used for manual transmissions and final drive axles

2005-04-11 发布

2005-09-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 方法概要	2
5 意义和用途	2
6 试剂和材料	2
7 试验设备	2
8 试验准备	3
9 试验机的标定	4
10 试验步骤	5
11 齿轮清净性评定	5
12 铜片催化剂失重的测定步骤	6
13 试验后油样的评价	6
14 计算	7
15 报告	8
16 精密度和偏差	8
附录 A (规范性附录) 试验设备图	9
附录 B (规范性附录) 预防说明	11
附录 C (资料性附录) 试验结果报告	12
附录 D (规范性附录) 非参考油试验结果的修正	20
附录 E (规范性附录) 苛刻度修正控制图表法	20
附录 F (资料性附录) 本标准的章条编号与 ASTM D5704—00a 章条编号对照一览表	22
附录 G (资料性附录) 本标准与 ASTM D5704—00a 技术性差异及原因	23

前 言

本标准修改采用美国试验与材料协会标准 ASTM D5704 - 00a《测定手动变速箱和后桥用润滑油热氧化安定性的标准试验方法》。

本标准根据 ASTM D5704 - 00a 重新起草。

为了比较方便，在附录 F 中列出了本标准章条编号与 ASTM D5704 - 00a 章条编号对照表。

为了更适合我国国情，本标准在采用 ASTM D5704 - 00a 时进行了修改。这些技术性差异用垂直单线标识在它们所涉及的条款的页边空白处。本标准与 ASTM D5704 - 00a 的主要技术差异及其原因在附录 G 中给出。

为使用方便，本标准还做了如下编辑性修改：

——删去 ASTM D5704 - 00a 中 5.2 条中关于本标准被应用或参考的文献的内容。

——重复性和再现性的文字表述按我国的习惯进行了修改；

——删去 ASTM D5704 - 00a 中第 17 章关键词的内容；

——删去 ASTM D5704 - 00a 附录 A 中 A4 关于 ASTM TMC 的简介；和 A9 ASTM 数据字典。

本标准中附录 A、附录 B、附录 D、附录 E 均为规范性附录，附录 C、附录 F、附录 G 均为资料性附录。

本标准由中国石油化工集团公司提出。

本标准由中国石油化工股份有限公司石油化工科学研究院归口。

本标准起草单位：中国石油天然气股份有限公司润滑油研究开发中心。

本标准主要起草人：张宽德、蔡继元、魏孔银、魏铁生。

手动变速箱油和后桥用油的热氧化安定性评定法 (L-60-1法)

1 范围

1.1 本标准规定了在 L-60-1 试验机上评定汽车手动变速箱油和后桥用油的热氧化安定性试验方法。

1.2 本试验方法参照 L-60 试验制定。本方法通常用于测定手动变速箱和后桥用润滑油在高温氧化条件下油品的粘度增长,不溶物生成和沉积特征。

1.3 本标准方法并未提到使用过程中所存在的安全问题。本方法的使用者有责任采取适当的保护和措施,并在使用前制定相应的规章制度。特殊的危害说明在 6.1.2 和附录 B 中给出。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 4830 工业自动化仪表气源压力范围和质量

GB/T 7304 石油产品和润滑剂酸值测定方法(电位滴定法)

GB/T 8926 用过的润滑油不溶物测定法

GB/T 11137 深色石油产品运动粘度测定法(逆流法)和动力粘度计算法

GB/T 15894 化学试剂 石油醚

SH 0114 航空洗涤汽油

3 术语和定义

下列术语和定义应用于本标准。

3.1

积炭 carbon

在汽车手动变速箱和后桥中生成的一种坚硬、干燥、灰色或黑色的沉积物,不能用布擦掉,但可用溶剂去除掉。

3.2

润滑剂 lubricant

用于汽车手动变速箱和后桥中的润滑油。

3.3

油泥 sludge

在汽车手动变速箱和后桥中主要由润滑油的氧化产物形成的沉积物,它不会从部件中流出,但可用布擦掉。

3.4

热氧化安定性 thermal and oxidative stability

在手动变速箱和后桥中使用的润滑油,在高温条件下发生变质,表现为油品粘度增长、不溶物生

成、部件上产生沉积物等。

3.5

漆膜 varnish

在手动变速箱和后桥中生成的一种坚硬、干燥、有光泽的沉积物，不能用布擦掉，但可用溶剂去除掉。

4 方法概要

在一个装有两个正齿轮、一个试验轴承和铜催化剂的可加热齿轮箱中，加入待试验的润滑油样品。当油品加热到规定温度时，使齿轮在预定负荷及转速条件下运转 50h。向润滑油中以一定的速率通入空气，并在整个试验过程中控制油温。试验后评定油品衰变程度的参数有油品粘度增长、废油中不溶物生成和齿轮洁净性。

5 意义和用途

本试验方法是油品在高温条件下，通过油品粘度增长、油泥、积炭、漆膜和沉积物以及腐蚀产物的生成等多方面考察手动变速箱和驱动后桥用润滑油的衰变趋势。这种衰变会导致一系列的设备性能问题，特别是在轴封界面上由于沉积物的生成而导致的密封失效。该试验方法用于筛选润滑油添加剂和基础油并研究其趋势。

6 试剂和材料

6.1 试剂

6.1.1 石油醚：符合 GB/T 15894 标准。

6.1.2 航空洗涤汽油：符合 SH 0114 航空洗涤汽油标准。

注：使用的有机清洗溶剂易燃、有害健康，见附录 B。

6.2 材料

6.2.1 压缩空气：压缩空气质量符合 GB/T 4830 要求。

6.2.2 铜片催化剂：冷轧电解铜应满足 UNS(统一编码系统)C11000。两个铜片的尺寸约为 14mm × 46mm × 1.6mm。

6.2.3 砂纸：360 号水砂纸。

7 试验设备

试验设备采用 L-60-1 试验机(试验机结构见附录 A 中 A.1)。

7.1 齿轮箱：齿轮箱总成，箱内包括一个新的试验轴承、一对新试验齿轮、铜片催化剂以及新的唇式密封件和 O 型密封圈和待试验润滑油。为满足该试验方法要求齿轮箱在原设计基础上经过重新设计改进。齿轮箱和相关配件按所给图纸进行装配。齿轮箱和相关配件应按照总体设计满足其所要求的尺寸、材料和表面粗糙度。该项设计中采用唇式密封件和 O 型密封圈相结合以代替在早期设计中所选用的软木垫片和挡油圈。

7.2 绝热烘箱：包裹着齿轮箱总成，使其绝热并把润滑油温度加热升高并保持在试验温度。在该烘箱中装有加热器和加热鼓风机，该烘箱的尺寸，加热器，鼓风机和烘箱温度传感器的位置在图中明确标出。附录 A 中图 A.1 中标出其近似位置。

7.3 加热元件：因为该试验程序对温度的变化十分敏感，因此下面对特殊的加热元件(共两个)进行了限定：

——主加热元件，只允许有一个。

——交流发电机负载加热器只允许有一个。

- 7.4 温度控制器：比例积分微分(PID)控制类型，输出百分比可调。
- 7.5 热电偶：为确定、记录和控制试验油温，要求使用一个直径为 3.2mm 的“J”型热电偶。应用于其他温度值测定的热电偶应满足操作者要求，但热电偶均应安装在齿轮箱总成挡板后面，并且在试验过程中不得对正常的油品流动产生干扰。
- 7.6 温度记录仪：采用指定的热电偶和温度控制系统以及合适的记录仪。试验报告中应列出试验温度变化曲线。
- 7.7 交流发电机：用于加载的交流发电机应选用指定产品，不允许选用替代产品。交流发电机的配线应按具体图纸进行改装，交流发电机负载回路的修改见附录 A.2。
- 7.8 加热器鼓风机：加热器鼓风机系统应通过直径为 54mm 的鼓风机开口以 $1557\text{L}/\text{min} \pm 142\text{L}/\text{min}$ 速度向绝热烘箱输送空气(在自由流动状态下)。加热器鼓风机应为一个由电动马达或由主驱动轴齿形带驱动的骨架式鼓风机。在任何情况下，空气流量都应当像维持其他试验参数一样使其控制在设定值。
- 7.9 空气流量控制器：空气流量控制器设定空气压力为 $6.9\text{ kPa} \pm 0.7\text{ kPa}$ ，流量为 $1.1\text{ L}/\text{h} \pm 0.1\text{ L}/\text{h}$ 。
- 7.10 为了保持空气流量表读数稳定，建议在空气管线上加一稳压罐。
- 7.11 试验齿轮：机床用变速齿轮一对，一个齿数为 34，另一个齿数为 50，齿宽均为 9.5mm。
- 7.12 试验轴承：为 R-14 球轴承。
- 7.13 密封用 O 型圈，用于密封盘的 O 型圈和用于盖板的 O 型圈。
- 7.14 唇式密封：两个轴封。
- 7.15 所有的新设备都应按照附录 A 提供的图纸进行装配以满足标准化要求。

8 试验准备

8.1 绝热烘箱温度设定

待最后装配完成，把烘箱温度设定为 204°C ，温度传感器从上表面插入 75mm，打开加热器和循环风扇，当温度达到 204°C 时调节温度控制器关闭加热器。加热箱温度控制应该满足 10.3 条中加热要求。

8.2 温度记录控制仪表操作

因为该试验过程对温度极为敏感，所以有必要对温度测量和控制的相关元件精度进行定期校验。因此在新的试验设备安装完成后，在进行参比油试验之前，应对测量和记录烘箱温度和试验油温度的仪表进行校验。例如，应对试验油温热电偶和控制器进行校验。这可以通过向一个配有搅拌器的附属温度控制油浴中插入探头的方式来完成。油浴温度准确地控制在 162.8°C ，试验前应保证试验检测系统的精确。

8.3 试验齿轮箱清洗

清洗齿轮箱、排气管、排气管挡流板、挡板轴套、密封套筒、齿轮箱盖板、密封盘、螺母、双头螺栓、平垫圈、挡油板、垫片衬圈、轴承套、夹钳、销子、轴端、轴头螺母、催化剂支架，供气管等(因为该试验在很大程度上决定于机加工表面的精度，因此在清洗时注意保护各部件表面，不准用 8.4 条中规定以外的金属刷或粘附性布料擦洗。)。可使用尼龙刷和长的管壁清洗器进行辅助清洗，先用航空洗涤汽油，再用石油醚清洗上述各部件，晾干。

8.4 试验齿轮清洗

仔细检查试验齿轮表面是否有划痕，如有明显缺陷可用油石磨光；先用 360 号水砂纸磨光试验齿轮各表面，再用航空洗涤汽油清洗，最后用石油醚清洗并晾干。

8.5 试验轴承清洗

在安装之前，用航空洗涤汽油和石油醚依次清洗试验轴承表面，晾干。

8.6 铜片催化剂清洗

8.6.1 为便于识别，在一个铜片侧面锉一缺口作为标记，缺口应在铜片长边上呈三角形，三角形缺

口各边长度为 5mm。

8.6.2 用 360 号水砂纸把铜片催化剂各面磨光。

8.6.3 用航空洗漆汽油和石油醚依次清洗铜片表面，晾干。

8.6.4 在安装前对已做有三角标记的铜片催化剂称重，精确至 0.0001g。用镊子或滤纸拿取洗净的铜片，不能用手直接接触。

8.7 齿轮箱安装(参见附录 A 中 A.3 部件分解图)

8.7.1 在安装齿轮箱之前先检查允许重复使用的零部件，如有严重磨损应进行更换。

8.7.2 每次试验应使用新的密封元件(O 型圈和唇式密封)。

8.7.3 安装挡板轴套和密封套筒。如果密封套筒损伤则应立即更换。

8.7.4 在密封盘上安装唇式密封和 O 型密封圈。在唇式密封处应使用垫片密封剂以防止漏油。

8.7.5 在齿轮箱中安装密封盘时应使用平垫片以避免密封盘表面损伤。密封盘定位螺栓的上紧力矩为 $2.8\text{N}\cdot\text{m}$ 。

8.7.6 在上轴和下轴上分别安装外部锁圈。

8.7.7 在上轴和下轴上分别安装上、下垫片衬圈。

8.7.8 固定保护挡板和催化剂支架，以 $2.8\text{N}\cdot\text{m}$ 的力矩上紧固定螺栓。

8.7.9 把轴承装入轴承夹具，将有轴承制造商编号的一面向外。以 $2.8\text{N}\cdot\text{m}$ 的力矩紧固轴承夹具螺栓。

8.7.10 从有轴承制造商编号的一面把试验轴承衬套插入试验轴承。然后将这一套轴承组件安装在下轴上。

8.7.11 沿轴键方向在下轴上安装大齿轮(GA-50)，在上轴上安装小齿轮(GA-34)。安装试验齿轮时应使制造商名称的一面向外。以 $10.0\text{N}\cdot\text{m}$ 的力矩上紧定位螺母。

警告：齿轮定位螺母有所差异。因为下轴为右旋螺纹，上轴为左旋螺纹。

8.7.12 从齿轮箱倾斜的右壁处插入试验油热电偶，使热电偶与插入面保持垂直，插入深度为 $13\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 。

8.7.13 在催化剂支架槽中放入铜片催化剂。铜片催化剂的尺寸应与催化剂支架相配以避免催化剂在试验过程中发生移动。将带有缺口的铜片放置在齿轮箱后部，要求铜片开口向后，以便在试验后取出铜片催化剂时对沉积物的影响降至最低。

8.7.14 在齿轮箱盖板上安装 O 型密封圈。

8.7.15 安装齿轮箱盖板，以 $2.8\text{N}\cdot\text{m}$ 的力矩上紧螺栓。

8.8 供气线

检查供气线，以确保供气线通畅，并把供气线和热电偶导线集中放置在齿轮箱右侧下部，以避免损伤。

8.9 绝热烘箱盖板安装

把测量烘箱温度的热电偶从烘箱箱盖板上部插入，深度为 75mm，然后安装盖板。

8.10 空气流量标定

使用标准的空气流量测定仪进行标定，空气流量控制器要求每年标定一次，以使其满足流量规格要求，即进气压力 101.86kPa，流量 1.1L/h。将标定仪器串接到空气管线上，并调节进气压力到 101.86kPa，流量 1.1L/h，将一个市售的 80W/90 等级的油样装入齿轮箱，启动试验机并达到试验条件。完成标定后，卸下标定仪器。

9 试验机的标定

9.1 为确保试验取得一致的结果，应选用参考油来对试验机进行标定。

9.2 新试验台架标定：对一个新试验台架，用参考油进行标定试验，其结果应在要求范围之内。

9.3 试验台架标定周期：每 10 次试验后对试验台架进行参考油标定试验。

9.4 在每次试验之前，都应对在该台架上进行过试验按顺序登记运转次数。包括启动失败和无效操作的所有试验，都应当记入试验次数。

10 试验步骤

10.1 试验油称重

用干净的量筒量取 120mL ± 5mL 的试验油并称重，把试验油倒入齿轮箱中。重新称取量筒的质量，以确定加入试验油的质量并记录，精确至 0.01g。

10.2 空气压力设定

设定空气压力为 6.9kPa ± 0.7kPa，流量为 1.1L/h ± 0.1L/h。

10.3 试验机启动和试验油加热

开启主驱动电机和风扇，记录启动时间，温度控制系统会自动将试验油温加热到 162.8℃ ± 0.6℃，记录加热时间。试验油温度从室温升至 162.2℃ 的时间应大于 45min，但不得超过 60min。加热时间小于 45min 或大于 60min 试验无效。

10.3.1 在加热过程中，每 15min 记录一次所有的试验参数。如果有超出试验条件规定范围的读数，则可认为在整个 15min 内该参数超标。

10.3.2 如果试验油加热时间小于 45min，应降低炉温使加热时间大于或等于 45min，但小于 60min。加热时间超过 60min 的一个原因是绝热烘箱和烘箱盖板密封不严，另一个原因是烘箱其他部位发生热泄漏，或二者兼有。但无论如何，烘箱温度设定值不得高于 204℃，以保证设备性能的稳定。

10.4 交流发电机输出功率设定

调节交流发电机输出功率为 128W ± 5W。

10.5 大齿轮转速

在加热及试验过程中，大齿轮转速始终保持在 1750r/min ± 50r/min。

10.6 正式试验

10.6.1 当试验开始后。如果试验中断超过 5min，则此次试验无效，应中止试验并记录时间及原因。

10.6.2 每小时记录一次所有操作参数。如果有超出试验条件规定范围的读数，则可认为在整个一小时内该参数超标。

10.7 试验油失重计算

试验运行 50.0h ± 0.1h 试验结束，依次关闭电源。把试验油放入一称过重的干净容器，放油 30min，然后称重并记录放出样品的质量，用式(1)计算试验油的失重，以质量分数表示。当试验油失重超过 20% 时认为该试验无效。

$$M_L = \frac{M_I - M_F}{M_I} \times 100 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：

M_L ——试验油失重，%

M_I ——试验前加入的试验油质量，g；

M_F ——试验后流出的试验油质量，g。

10.8 齿轮箱解体

试验机冷却 30min ± 5min。取下齿轮箱盖板，将齿轮箱解体，但不要破坏各部件上的沉积物。

11 齿轮清净性评定

11.1 评分件拆卸

取出铜片催化剂、试验齿轮、试验轴承和齿轮箱内各部件。

11.2 评分时间要求

评分前评分试件应该至少在室温条件下放置 1h, 试件放置应与垂线方向成 15°角。试件洁净性评分应在试验结束后 64h 之内完成。

11.3 齿轮油泥评定

11.3.1 在大、小齿轮上沿槽槽方向分别擦出一个宽约 20mm 的区域。对每个齿轮表面的油泥分别进行评分。

11.3.2 每个齿轮表面的油泥评价区域不包括擦净区、轮齿、垫片衬圈接触部分。

11.3.3 根据油泥程度的不同把总的评价面积按面积百分数细分, 评分详见 CRC NO.12 手册(手册中包括油泥等级和油泥判断方法)。计算并记录每一块细分区域的油泥总量系数。每个齿面的油泥总量系数由各分区系数相加而得出。

11.3.4 参照 CRC NO.12 手册。把总量系数转换到每一个齿面进行评价。报出该评价结果, 保留小数点后两位。

11.3.5 油泥评价价值以四个齿面油泥评价价值平均得出。

11.4 齿轮积炭/漆膜评价

11.4.1 积炭/漆膜评价以大齿轮为准, 小齿轮的评价价值仅作参考。对齿轮前、后两面分别评价。每个齿面的擦净区作为评价区, 但不包括轮齿、垫片衬圈接触部分。

11.4.2 以 CRC NO.14 手册为指导, 把齿面按不同积炭程度和漆膜等级划分区域。使用 CRC NO.14 手册中非摩擦部件锈蚀/漆膜评价标准确定每一个存在漆膜部位的漆膜等级。

11.4.3 积炭程度评价, 积炭系数范围从 0.00(严重积炭)到 0.99(痕迹积炭)。观察积炭厚度, 并根据表 1 确定积炭评价系数, 描述每一划分区域积炭情况。将积炭评价系数和所占面积百分数相乘计算出积炭评价价值。结果报到小数点后两位。

表 1 积炭程度评价指标

目测判断 积炭厚度/mm	目测判断 积炭厚度/in	积炭程度	积炭评价系数范围
>0.0~0.5	>0.00~0.02	轻	0.99~0.81
>0.5~2.0	>0.02~0.08	中	0.80~0.11
>2.0	>0.08	重	0.10~0.00

11.4.4 把齿面擦净区的每个划分区域的评分进行加和, 从而确定齿面的积炭/漆膜评分值。

11.4.5 齿轮的积炭/漆膜评分由大齿轮的正面和反面评分取平均值得出。对小齿轮评分, 其值只作为参考。

11.5 洁净性评分计算

用附录 C 中的评分表计算并报出积炭/漆膜和油泥评分。

12 铜片催化剂失重的测定步骤

12.1 用航空洗涤汽油浸泡带缺口铜片 30min, 然后用脱脂棉和石油醚清洗铜片上的氧化产物, 最后用石油醚冲洗, 晾干。

12.2 洗净的铜片催化剂应使用镊子或滤纸拿取, 以免失重计算中产生误差。将有标记铜片催化剂洗净后称重, 精确至 0.0001g。其失重以原始质量损失百分数的形式报出。

13 试验后油样的评价

13.1 用 GB/T 11137 试验方法测定试验前后试样的 100℃运动粘度。试样不进行过滤。试验后油样的粘度测定应在试验结束后 48h 之内完成。

13.2 用 GB/T 7304 试验方法测定试验后试样的总酸值。

13.3 用 GB/T 8926 试验方法中的 A 法测定试验后试样的戊烷不溶物和甲苯不溶物。其测定也应在试验结束后 48h 之内完成。

14 计算

14.1 计算粘度增长

用试验油初始粘度和最终粘度通过式(2)计算粘度增长。

$$\Delta\nu = \frac{\nu_F - \nu_I}{\nu_I} \times 100 \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$\Delta\nu$ ——粘度增长, %;

ν_F ——试验油最终运动粘度, mm^2/s ;

ν_I ——试验油初始运动粘度, mm^2/s 。

14.2 计算铜片催化剂失重百分数

用式(3)计算铜片催化剂失重百分数:

$$W_S = \frac{W_I - W_F}{W_I} \times 100 \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

W_S ——铜片催化剂失重百分数, %;

W_I ——在 8.6.4 中确定的铜片催化剂初始质量, g;

W_F ——在 12.1.2 中确定的铜片催化剂最终质量, g。

14.3 试验结果转换

通过以下参数转换参考油和非参考油试验结果。

参 数	转 换
粘度增长, %	$\ln(\Delta\nu)$
EOT 戊烷不溶物, % (质量分数)	$\ln(\text{戊烷})$
EOT 甲苯不溶物, % (质量分数)	$\ln(\text{甲苯})$
平均积炭和/漆膜	$\ln(CV/(10 - CV))$
平均油泥	$-\ln(10 - \text{油泥})$

注: EOT——表示试验结束; $\ln$ ——自然对数; CV——积炭和漆膜评分值。

14.4 对非参考油结果的校正按照附录 D 中的公式进行, 对台架苛刻度的校正按照附录 E 中的公式进行。

14.5 试验有效性的确定

14.5.1 试验油温度从室温升至 162.2℃ 的时间应大于 45min, 但不得超过 60min。加热时间小于 45min 或大于 60min 的试验均按无效试验处理。

14.5.2 用式(4)计算表 2 中每个参数的超范围百分数, 并把结果记录试验报告中。

$$OUT = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{0.5R} \times \frac{T_i}{D} \right) \times 100 \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

OUT——超范围百分数;

M_i ——试验数值在 i 时超出范围的参数值;

R ——试验参数规定的范围;

T_i ——在 i 时超出试验参数范围的时间数;

D ——加热或试验段时间, 与 T_i 的单位相同。

14.5.3 在加热阶段和试验阶段计算出的各参数超出百分数大于表2中规定的范围,则认为此次试验无效。

表2 试验参数有效性规定

	参 数				
	试验油温度/℃	空气流量/(L/h)	空气压力/kPa	交流发电机负荷/W	大齿轮转速/(r/min)
规定值	162.8	1.1	6.9	128	1750
范 围	1.1	0.2	1.4	10	100
加热阶段超出值	不要求	10%	10%	10%	5%
试验阶段超出值	5%	5%	5%	5%	2%

15 报告

15.1 按附录C所示出具标准的试验报告

15.1.1 粘度增长(%),非参考油试验按附录D、附录E进行修正。

15.1.2 戊烷不溶物%(质量分数),非参考油试验按附录D、附录E进行修正。

15.1.3 甲苯不溶物%(质量分数),非参考油试验按附录D、附录E进行修正。

15.1.4 平均漆膜/积炭,非参考油试验按附录D、附录E进行修正。

15.1.5 平均油泥,非参考油试验按附录D、附录E进行修正。

15.2 试验报告附件

试验报告附上齿轮、轴承、铜片催化剂的照片和试验温度曲线图。

16 精密度和偏差

按下述规定判断试验结果可靠性(95%置信水平)。

16.1 精密度

16.1.1 重复性(r)

同一操作者使用同一仪器在相同的操作条件下,对同一样品连续测定的两个试验结果之差不能超过表3的值。

16.1.2 再现性(R)

不同操作者在不同实验室,对同一样品连续测定的两个试验结果之差不能超过表3的值。

表3 参考油试验精密度数据

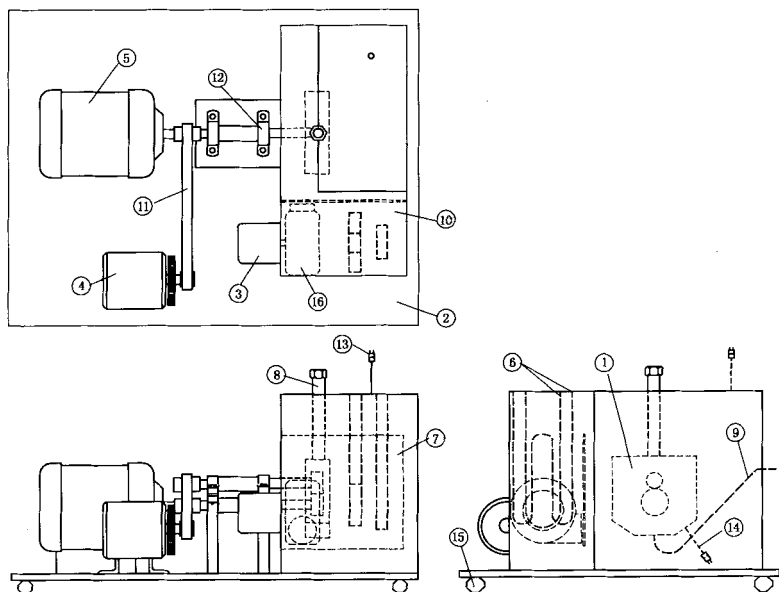
项 目	S_r	r	S_R	R
粘度增长, $\ln(\% \text{增长})$	0.148	0.414	0.150	0.420
戊烷不溶物, $\ln(\% \text{质量分数})$	0.396	1.109	0.419	1.173
甲苯不溶物, $\ln(\% \text{质量分数})$	0.512	1.434	0.516	1.445
平均油泥, $-\ln(10 - \text{评分})$	0.255	0.714	0.270	0.756
平均积炭/漆膜, $\ln(\text{评分}/(10 - \text{评分}))$	0.360	1.008	0.384	1.075
注:这些统计基于TMC参考油131-3、131-4、143和148,其中: S_r ——重复性标准偏差; r ——重复性; S_R ——再现性标准偏差; R ——再现性。				

16.2 偏差

偏差由一个认可的稳定的参考油结果来确定,当一个有效的偏差确定后,允许对非参考油试验结果进行严格地调整(见附录D和附录E)。

附录 A
(规范性附录)
试验设备图

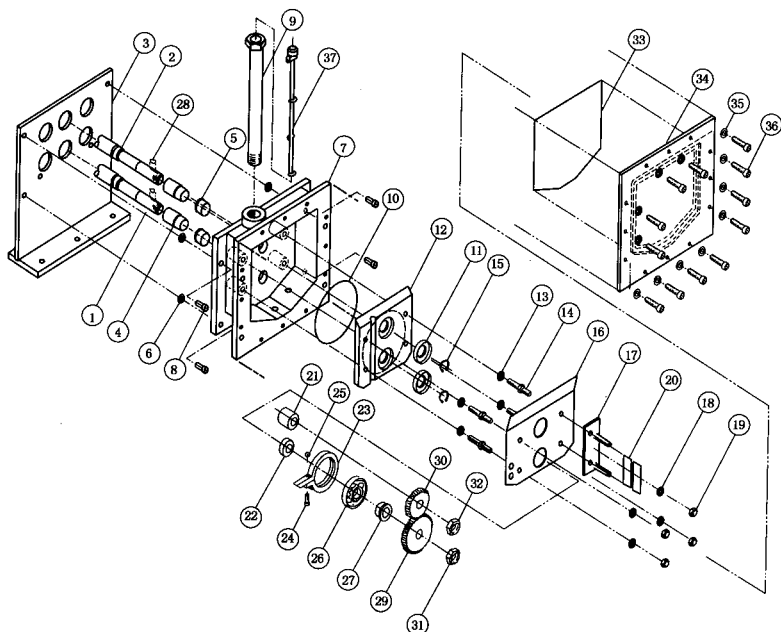
A.1 试验设备结构图



- | | | |
|----------|-----------|--------------|
| 1—试验齿轮箱; | 7—热辐射挡板; | 13—加热箱温度传感器; |
| 2—底座; | 8—齿轮箱排气管; | 14—试验油温度传感器; |
| 3—鼓风机电机; | 9—进气管; | 15—减震底座; |
| 4—交流发电机; | 10—加热箱; | 16—鼓风机。 |
| 5—驱动电机; | 11—V型皮带; | |
| 6—加热器; | 12—轴台; | |

图 A.1 试验设备图

A.2 试验齿轮箱总成部件示意图



- | | | |
|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1—主动齿轮轴(右旋螺纹); | 14—不锈钢双头螺栓; | 27—轴承套; |
| 2—从动齿轮轴(左旋螺纹); | 15—不锈钢外部锁圈; | 28—轴键 1/8 in × 3/8 in; |
| 3—齿轮箱支架; | 16—挡油板; | 29—GA-50 试验齿轮; |
| 4—锁紧衬套; | 17—催化剂支架; | 30—GA-34 试验齿轮; |
| 5—密封套筒 CR-99026; | 18—不锈钢平垫片 5/16 in; | 31—齿轮轴头螺母(右旋螺纹); |
| 6—垫圈; | 19—不锈钢六角螺母 5/16-18; | 32—齿轮轴头螺母(左旋螺纹); |
| 7—齿轮箱; | 20—铜片催化剂; | 33—O型圈 NO-2-264; |
| 8—内六角螺栓 5/16-24 × 3/4; | 21—上部垫片衬圈; | 34—齿轮箱盖板; |
| 9—排气管; | 22—下部垫片衬圈; | 35—锁紧垫圈 #10; |
| 10—O型圈 NO-2-153; | 23—轴承夹具; | 36—内六角螺栓 10-32 × 3/4 in; |
| 11—唇式密封 CR-6383; | 24—不锈钢六角螺栓 10-32 × 3/4 in; | 37—排气管挡流板。 |
| 12—密封盘; | 25—不锈钢六角螺母 10-32; | |
| 13—不锈钢平垫片 5/16 in; | 26—R-14 试验轴承; | |

图 A.2 试验齿轮箱总成部件示意图

A.3 发电机加载回路

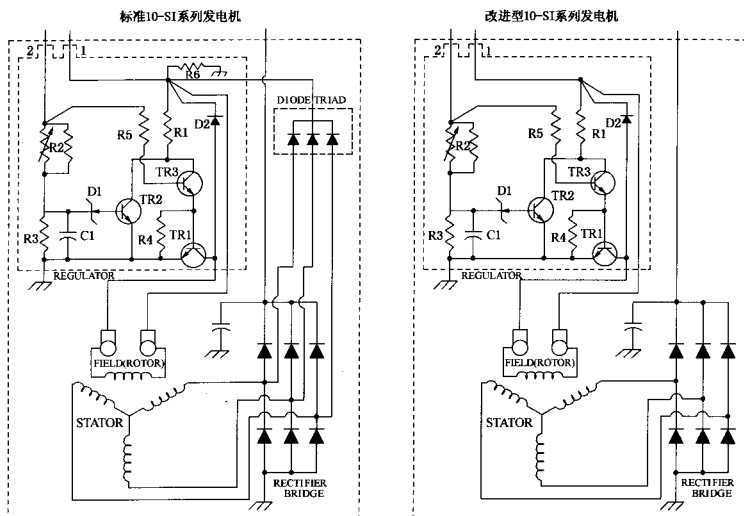


图 A.3 改进型 10-SI 系列发电机

附 录 B
(规范性附录)
预 防 说 明

B.1 石油醚，航空洗涤汽油的注意事项

- B.1.1 蒸气有可能发生闪火。
- B.1.2 远离热源，火星及明火。
- B.1.3 保持容器口密闭。
- B.1.4 使用相的通风设施。
- B.1.5 避免蒸气积累。
- B.1.6 清除所有的火源，特别是无防爆保护的电器设施和加热器。
- B.1.7 避免在有蒸气和喷雾的环境中深呼吸。

B.2 人身危险

- B.2.1 高速旋转设备。
- B.2.2 电击。
- B.2.3 高温表面。

附 录 C
(资料性附录)
试验结果报告

L-60-1 热氧化安定性试验结果报告

试油名称: _____

委托单位: _____

试验编号: _____

试验日期: _____ 年 ____ 月 ____ 日

表 C.1 参考油试验结果报告

评定单位	试 验 设 备		试验编号
	L-60-1		
试验日期	完成日期	试验结束时间	试验周期
			50h
参考油编号			粘度级别

	粘度增长/%	戊烷不溶物/ %(质量分数)	甲苯不溶物/ %(质量分数)	平均 漆膜/积炭	平均油泥
原始结果					
转换结果					
校正因子	—	—	—	—	—
校正转换 结果	—	—	—	—	—
最终转换 结果					
最终原始 结果					

表 C.2 非参考油试验结果报告

评定单位	试验设备		试验编号
试验日期	完成日期	试验结束时间	试验周期
油样名称			粘度级别
送样单位	送样人		送样日期

	粘度增长/%	戊烷不溶物/ %(质量分数)	甲苯不溶物/ %(质量分数)	平均 漆膜/积炭	平均油泥
原始结果					
转换结果					
校正因子	-0.1178	-0.4445	0.0000	0.0000	0.0000
校正转换结果					
台架校正因子	—	—	—	—	—
最终转换结果					
最终原始结果					

表 C.3 操作记录

评定单位		试验设备	L-60-1
油样编号		试验编号	

操 作	合 计	平 均	最 小	最 大
试验周期/h		—	—	—
加热时间/min		—	—	—
烘箱温度/℃	—			
平均空气流量/(L/h)	—			
油 温/℃	—			
大齿轮转速/(r/min)	—			
交流发电机负荷/W	—			
测 量				
铜片失重/g				
铜片失重/%				
试验前试油质量/g				
试验后试油质量/g				
试验油失重/g				
试验油失重/%				
酸值/(mgKOH/g)				

试验时间/h	粘度/(mm ² /s)
0	
50	

表 C.4 异常停机和备注

评定单位		试验设备	L-60-1
油样编号		试验编号	

异常停机次数		次	—
试验时间	日期	停机时间	停机原因
			总停机时间

备 注	
-----	--

表 C.5 齿轮评分

评定单位		评分者	
油样编号		试验编号	

积炭/漆膜

大 齿 轮						小 齿 轮					
正			反			正			反		
%	评价	得分	%	评价	得分	%	评价	得分	%	评价	得分
合计			合计			合计			合计		

大齿轮平均漆膜/积炭评分: _____

油泥

大 齿 轮						小 齿 轮					
正			反			正			反		
厚度	面积/%	体积	厚度	面积/%	体积	厚度	面积/%	体积	厚度	面积/%	体积
CL			CL			CL			CL		
1/4A			1/4A			1/4A			1/4A		
1/2A			1/2A			1/2A			1/2A		
3/4A			3/4A			3/4A			3/4A		
A			A			A			A		
AB			AB			AB			AB		
B			B			B			B		
BC			BC			BC			BC		
C			C			C			C		
D			D			D			D		
合计			合计			合计			合计		
得分			得分			得分			得分		
四面平均油泥得分：											

表 C.6 试验有效性确定

评定单位		试验设备	L-60-1
油样编号		试验编号	

控制参数	加热阶段			试验阶段		
	允许超出范围/%	超出值/%	实际超出时间/min	允许超出范围/%	超出值/%	实际超出时间/min
试验油温度	—	—	—	5		
空气压力	10			5		
空气流量	10			5		
发电机负荷	10			5		
大齿轮转速	5			2		

备注:

L-60-1 试验通过标准:

粘度增长/%	<100
戊烷不溶物/(质量分数)	<3.0
甲苯不溶物/(质量分数)	<2.0
平均漆膜/积炭	>7.5
平均油泥	>9.4

表 C.7 结论和备注

评定单位		试验设备	L-60-1
油样编号		试验编号	

结论：

备注：

操作者：

试验负责人：

中心负责人：

附 录 D

(规范性附录)

非参考油试验结果的修正

D.1 粘度增长——非参考油试验结束后(EOT)粘度增长值的修正。通过对粘度增长结果取自然对数 $\ln$ 把其转换为 EOT 粘度增长。在非参考油评分结果中记录转换后的粘度增长值。转换结果加 -0.1178, 把该值记入非参考油评分报告中修正转换结果一栏。

D.2 戊烷不溶物——非参考油试验结束后(EOT)戊烷不溶物结果的修正。通过对戊烷不溶物结果取自然对数 $\ln$ 把其转换为 EOT 戊烷不溶物。在非参考油评分结果中记录转换后的戊烷不溶物含量。转换结果加 -0.4445, 把该值记入非参考油评分报告中修正转换结果一栏。

D.3 甲苯不溶物——非参考油试验结束后(EOT)甲苯不溶物结果的修正。通过对甲苯不溶物结果取自然对数 $\ln$ 把其转换为 EOT 甲苯不溶物含量。在非参考油评分结果中记录转换后的甲苯不溶物含量。转换结果加 0.0000, 把该值记入非参考油评分报告中修正转换结果一栏。把修正过的甲苯不溶物结果转换为原始单位。在最终原始单位一栏记入该值。

D.4 平均积炭/漆膜——非参考油试验结束后(EOT)平均积炭/漆膜结果的修正。通过对平均积炭/漆膜结果取自然对数 $\ln$ 把其转换为 EOT 平均积炭/漆膜评分。在非参考油评分结果中记录转换后的平均积炭/漆膜评分。转换结果加 0.0000, 把该值记入非参考油评分报告中修正转换结果一栏。把修正过的平均积炭/漆膜结果转换为原始单位。在最终原始单位一栏记入该值。

D.5 平均油泥——非参考油试验结束后(EOT)平均油泥结果的修正。通过对平均油泥结果取自然对数 $\ln$ 把其转换为 EOT 平均油泥评分。在非参考油评分结果中记录转换后的平均油泥评分。转换结果加 0.0000, 把该值记入非参考油评分报告中修正转换结果一栏。把修正过的平均油泥结果转换为原始单位。在最终原始单位一栏记入该值。

附 录 E

(规范性附录)

苛刻度修正控制图表法

E.1 粘度增长修正系数——采用指数加权求均值(EWMA)方法来校验标定试验粘度增长结果。用公式 $\ln(\text{粘度增长})$ 把结果转换为要求的单位。用 $\Delta/S((\text{结果} - \text{目标值})/\text{标准偏差})$ 来使转换值标准化。参考油的目标值和标准偏差由 ASTM 试验检定中心公布。

E.1.1 把所有操作有效的参考试验综合到一张台架控制图表中, 图表中的试验按完成日期和时间排列。两次试验中的低值从控制图表中去除。用公式 E1 计算 EWMA 值

$$Z_i = 0.2Y_i + 0.8Z_{i-1} \quad \dots\dots\dots(E1)$$

式中:

$Z_0 = 0$, Y_i = 标准化试验结果;

Z_i = 试验序号为 i 的标准化试验结果的 EWMA, 如果在小数点后保留三位有效数字的 EWMA 的绝对值大于 0.653, 则需对其后的非参考油试验结果进行苛刻度修正。

E.1.2 下例说明了公式 E1 在确定粘度增长苛刻度修正值中的应用。

$$Z_1 = 0.694 \quad Y_2 = 1.247 \quad \dots\dots\dots(E2)$$

$$\text{EWMA} = 0.2 \times 1.247 + 0.8 \times 0.694 = 0.805$$

E.1.2.1 因为 $10.8051 > 0.653$, 所以对其后的非参考油试验进行苛刻度修正。0.805 乘以 0.150, 该

值(0.150)代表油样 131-3 和 143 的粘度增长标准偏差的综合平均值。把该结果乘以 -1 并在小数点后保留四位有效数字。在试验报告结果总结中粘度增长修正一栏记录该值。把该值加上转换值、修正值和非参考油粘度增长结果, 所得数值填入试验结果总结最终转换结果一栏。查其反对数并在小数点后保留两位有效数字。把该值填入试验报告结果总结中最终初始单位粘度增长结果一栏。该修正值在下次参比试验之前一直有效。那时, 将重新计算 EWMA。

E.2 戊烷不溶物修正系数——采用指数加权求均值(EWMA)方法来校验标定试验戊烷不溶物结果。用公式 $\ln(\text{戊烷不溶物})$ 把结果转换为要求的单位。用 $\Delta/S((\text{结果} - \text{目标值})/\text{标准偏差})$ 来使转换值标准化。参考油的目标值和标准偏差由 ATMC 公布。

E.2.1 把所有操作有效的参考试验综合到一张台架控制图表中, 图表中的试验按完成日期和时间排列。两次试验中的低值从控制图表中去除。用公式 E1 计算 EWMA 值。如果 EWMA(小数点后保留三位有效数字)的绝对值大于 0.653, 则需对其后的非参考油试验结果进行苛刻度修正。

E.2.2 下例说明了公式 E1 在确定戊烷不溶物苛刻度修正值中的应用。

$$Z_1 = 0.570 \quad Y_2 = 1.195 \quad \dots\dots\dots(\text{E3})$$

$$\text{EWMA} = 0.2 \times 1.195 + 0.8 \times 0.570 = 0.695$$

E.2.2.1 因为 $|0.695| > 0.653$, 所以对其后的非参考油试验进行苛刻度修正。0.695 乘以 0.730, 该值(0.730)为油样 131-3 的标准偏差。把该结果乘以 -1 并在小数点后保留四位有效数字。在试验报告结果总结中戊烷不溶物修正一栏记录该值。把该值加上转换值、修正值和非参考油戊烷不溶物结果, 所得数值填入试验结果总结最终初始单位戊烷不溶物结果一栏。查其反对数并在小数点后保留两位有效数字。把该值填入试验结果总结最终初始单位戊烷不溶物结果一栏。该修正值在下次参比试验之前有效。那时, 将重新计算 EWMA。

E.3 甲苯不溶物修正系数——采用指数加权求均值(EWMA)方法来校验标定试验甲苯不溶物结果。用公式 $\ln(\text{甲苯不溶物})$ 把结果转换为要求的单位。用 $\Delta/S((\text{结果} - \text{目标值})/\text{标准偏差})$ 来使转换值标准化。参考油的目标值和标准偏差由 ASTM TMC 公布。

E.3.1 把所有操作有效的参考试验综合到一张台架控制图表中, 图表中的试验按完成日期和时间排列。两次试验中的低值从控制图表中去除。用公式 E1 计算 EWMA 值。如果 EWMA(小数点后保留三位有效数字)的绝对值大于 0.653, 则需对其后的非参考油试验结果进行苛刻度修正。

E.3.2 下例说明了公式 E1 在确定戊烷不溶物苛刻度修正值中的应用。

$$Z_1 = -0.572 \quad Y_2 = -1.469 \quad \dots\dots\dots(\text{E4})$$

$$\text{EWMA} = 0.2 \times (-1.469) + 0.8 \times (-0.572) = -0.751$$

E.3.2.1 因为 $|-0.751| > 0.653$, 所以对其后的非参考油试验进行苛刻度修正。-0.751 乘以 0.750, 该值(0.750)为油样 131-3 的标准偏差。把该结果乘以 -1 并在小数点后保留四位有效数字。在试验报告结果总结中甲苯不溶物修正一栏记录该值。把该值加上转换值、修正值和非参考油甲苯不溶物结果, 所得数值填入最终转换结果一栏。查其反对数并在小数点后保留两位有效数字。把该值填入试验结果总结最终初始单位甲苯不溶物结果一栏。该修正值在下次参比试验之前有效。那时, 将重新计算 EWMA。

E.4 平均积炭漆膜修正系数——采用指数加权求均值(EWMA)方法来校验标定试验积炭/漆膜结果。用公式 $\ln(\text{积炭/漆膜}/(10 - \text{积炭/漆膜}))$ 把结果转换为要求的单位。用 $\Delta/S((\text{结果} - \text{目标值})/\text{标准偏差})$ 来使转换值标准化。参考油的目标值和标准偏差由 ASTM TMC 公布。

E.4.1 把所有操作有效的参考试验综合到一张台架控制图表中, 图表中的试验按完成日期和时间排列。两次试验中的低值从控制图表中去除。用公式 E1 计算 EWMA 值。如果 EWMA(小数点后保留三位有效数字)的绝对值大于 0.653, 则需对其后的非参考油试验结果进行苛刻度修正。

E.4.2 下例说明了公式 E1 在确定积炭/漆膜苛刻度修正值中的应用。

$$Z_1 = 0.667 \quad Y_2 = 1.062 \quad \dots\dots\dots(\text{E5})$$

$$EWMA = 0.2 \times 1.062 + 0.8 \times 0.667 = 0.746$$

E.4.2.1 因为 $|0.746| > 0.653$ ，所以对其后的非参考油试验进行苛刻度修正。0.746乘以0.450，该值(0.450)为油样143和油样148的标准偏差。把该结果乘以-1并在小数点后保留四位有效数字。在试验报告结果总结中积炭/漆膜修正一栏记录该值。把该值加上转换值、修正值和非参考油积炭/漆膜结果，所得数值填入试验结果总结最终初始单位积炭/漆膜结果一栏。使用公式 $10 \times (\exp(\text{积炭/漆膜})/1 + \exp(\text{积炭/漆膜}))$ 转换为优点评分并在小数点后保留两位有效数字。把该值填入试验结果总结最终初始单位积炭/漆膜结果一栏。该修正值在下次参比试验之前有效。那时，将重新计算EWMA。

E.5 平均油泥修正系数——采用指数加权求均值(EWMA)方法来校验标定试验油泥结果。用公式 $-1 \times \ln(10 - \text{平均油泥})$ 把结果转换为要求的单位。用 $\Delta/S((\text{结果} - \text{目标值})/\text{标准偏差})$ 来使转换值标准化。参考油的目标值和标准偏差由ASTM TMC公布。

E.5.1 把所有操作有效的参考试验综合到一张台架控制图表中，图表中的试验按完成日期和时间排列。两次试验中的低值从控制图表中去除。用公式E1计算EWMA值。如果EWMA(小数点后保留三位有效数字)的绝对值大于0.653，则需对其后的非参考油试验结果进行苛刻度修正。

E.5.2 下例说明了公式E1在确定平均油泥苛刻度修正值中的应用。

$$Z_1 = -0.541 \qquad Z_2 = -1.197 \qquad \dots\dots\dots (E6)$$

$$EWMA = 0.2 \times (-1.197) + 0.8 \times (-0.541) = -0.672$$

E.5.2.1 E. 因为 $|-0.672| > 0.653$ ，所以对其后的非参考油试验进行苛刻度修正。-0.672乘以0.160，该值(0.160)为油样143和油样148的标准偏差。把该结果乘以-1并在小数点后保留四位有效数字。在试验报告结果总结中平均油泥修正一栏记录该值。把该值加上转换值、修正值和非参考油甲苯不溶物结果，所得数值填入试验结果总结最终初始单位甲苯不溶物结果一栏。使用公式 $10 - (\exp(-\text{平均油泥}))$ 转换为优点评分并在小数点后保留两位有效数字。把该值填入试验结果总结最终初始单位平均油泥结果一栏。该修正值在下次参比试验之前有效。那时，将重新计算EWMA。

附 录 F
(资料性附录)

本标准的章条编号与 ASTM D5704 - 00a 章条编号对照一览表

表 F.1 给出了本标准章条编号与 ASTM 5704 - 00a 1 章条编号对照一览表。

表 F.1 本标准与 ASTM D5704 - 00a 章条编号对照表

本标准章条编号	对应的 ASTM D5704 - 00a 章条编号
附录 A	附录 A1、附录 A2、附录 A7
附录 B	附录 A3
附录 C	附录 A5
附录 D	附录 A6
附录 E	附录 A8
—	17
—	附录 A4
—	附录 A9
注：表中的章条以外的本标准其他章条编号和 ASTM D5704 - 00a 章条编号均相同且内容相对应。	

附 录 G
(资料性附录)

本标准与 ASTM D5704—00a 技术性差异及原因

表 G.1 给出了本标准与 ASTM D5704—00a 的技术性差异及其原因。

表 G.1 本标准与 ASTM D5704—00a 的技术性差异及其原因

本标准的章条编号	技术性差异	原 因
1	删除 ASTM D5704—00a 方法第一章中 1.2 条的内容	我国不适于这种叙述, 强调与 GB/T1.1 的一致性
2	删除 ASTM D5704—00a 方法的参考文献。增加了规范性引用文件	按我国的标准编号格式进行修改
6.1	删除 ASTM D5704—00a 方法关于清洗材料的相关条文。使用国产清洗材料作为替代品	国产清洗溶剂费用低, 容易得到, 并且能够满足方法使用要求
7.9 8.10 10.2	删除 ASTM D5704—00a 方法关于空气流量标定的相关条文, 执行 ASTM TMC L-60-1 监察组发布的 98-1 信件中规定的关于空气流量标定的相关条文	ASTM D5704—00a 关于空气流量控制方式与标定的条文不适合现有的试验机
13	试验台架校验周期由每进行十次试验或每间隔三个月应进行台架标定改为每进行十次试验后进行台架标定	根据我国国情, 由于每年试验数量不多, 如果采用每间隔三个月就进行台架标定, 必然会产生人力、物力的浪费。所以选用每进行十次试验后进行台架标定较为合理
17	删除 ASTM D5704—00a 方法第 17 章内容	按我国的标准编号格式进行修改
附录 A	删除 ASTM D5704—00a 方法附录 A.4 和 A.9 内容	不符合我国国情和实际情况