

团 体 标 准

T/CAEPI 36.1—2021

汽油车污染控制装置技术要求 第 1 部分：三元催化转化器

Technical requirement for gasoline vehicle pollution control devices
——Part 1: Three way catalytic converter

(发布稿)

2021-06-28 发布

2021-08-01 实施

中 国 环 境 保 护 产 业 协 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 技术要求	3
5 试验方法	4
6 检验规则	11
7 标志、包装、运输和贮存	12
附录 A（规范性） 储氧量测试台架安装及储氧量计算方法	13

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》等法律法规，规范汽油车污染控制装置的设计、制造和检验方法，制定本标准。

本标准为 T/CAEPI 36—2021《汽油车污染控制装置技术要求》的第 1 部分：三元催化转化器。

本标准规定了三元催化转化器的技术要求、试验方法、检验规则等内容。

本标准起草单位：中国汽车技术研究中心有限公司、天津索克汽车试验有限公司、昆明贵研催化剂有限责任公司、无锡威孚环保催化剂有限公司、浙江达峰汽车技术有限公司、优美科汽车催化剂（苏州）有限公司、NGK（苏州）环保陶瓷有限公司、奇瑞汽车股份有限公司、吉利汽车研究院（宁波）有限公司、广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院、重庆长安汽车股份有限公司、上海汽车乘用车分公司技术中心。

本标准主要起草人：李伟、闫骏、刘悦、胡萌、李军、方茂东、杨冬霞、王秋艳、饶婷、范一博、伊原幸男、伊藤雅晃、李艳光、张凯、任向飞、廖康、王本超、高雪峰。

本标准由中国环境保护产业协会 2021 年 6 月 28 日批准。

本标准自 2021 年 8 月 1 日起实施。

本标准由中国环境保护产业协会负责管理，由起草单位负责具体技术内容的解释。在应用过程中如有需要修改与补充的建议，请将相关资料寄送至中国环境保护产业协会标准管理部门（北京市西城区扣钟北里甲 4 楼，邮编 100037）。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

汽油车污染控制装置技术要求

第1部分：三元催化转化器

1 范围

本标准规定了三元催化转化器的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存等。

本标准适用于原装汽油车用三元催化转化器。

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标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 17930 车用汽油

GB 18352.6—2016 轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）

HJ 509 车用陶瓷催化转化器中铂、钯、铑的测定 电感耦合等离子体发射光谱法和电感耦合等离子体质谱法

QC/T 968 金属催化转化器中铂、钯、铑含量的测定方法

T/CAEPI 36.2—2021 汽油车污染控制装置技术要求 第2部分：汽油车颗粒捕集器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

汽油车污染控制装置 gasoline vehicle pollution control devices

安装在汽油车排气系统中，能够降低排气中一种或多种污染物排放量的装置的统称。

3.2

三元催化转化器 three way catalytic converter (TWC)

安装在汽油车排气系统中，通过催化剂进行氧化还原反应，降低排气中一氧化碳（CO）、碳氢化

合物（HC）和氮氧化物（NO_x）排放量的装置。

3.3

封装单元 package part

汽油车污染控制装置的载体封装包的一部分，一般以一个或者位置紧密的多个载体与垫层（如需要）、壳体组成的柱形部分作为一个封装单元，不包含波纹管、消声器、进排气管等部分。

3.4

单载体封装单元 package part with one substrate

封装单元内仅有一块载体。

3.5

多载体封装单元 package part with several substrates

封装单元内有多块载体。

3.6

转化效率 conversion efficiency

在规定工况下，TWC入口和出口处某种污染物浓度的变化率，用 η 表示，计算方法见公式（1）。

$$\eta = \frac{Q_{\lambda i} - Q_{\text{出}i}}{Q_{\lambda i}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

η ——转化效率，%；

$Q_{\lambda i}$ ——TWC入口污染物的体积浓度数值， i 代表污染物CO、HC或NO_x，单位为%或ppm；

$Q_{\text{出}i}$ ——TWC出口污染物的体积浓度数值， i 代表污染物CO、HC或NO_x，单位为%或ppm。

3.7

入口温度 inlet temperature

在TWC载体前端面上游中心线规定位置处测得的气体温度。

3.8

床层温度 bed temperature

TWC载体内部测得的温度。

3.9

过量空气系数 excess air ratio

实际供给燃料燃烧的空气质量与理论空气质量之比，用 λ 表示。

3.10

空速 space velocity

标准试验条件（温度为 25 °C、压力为 100 kPa）下，排气体积流量（L/h）与封装单元内载体体积（L）的比例，单位为 h^{-1} 。

3.11

起燃温度 light-off temperature

TWC 对某种污染物的转化效率达到 50% 时对应的入口温度，用 T_{50} 表示。

3.12

完全转化温度 complete conversion temperature

TWC 对某种污染物的转化效率达到 90% 时对应的入口温度，用 T_{90} 表示。

3.13

空燃比 air fuel ratio

可燃混合气中空气质量与燃油质量之比，用 A/F 表示。

3.14

空燃比窗口 air fuel ratio window

污染物 CO、HC 和 NO_x 的转化效率同时达到 80% 以上时对应的空燃比范围。

3.15

储氧量 oxygen storage capacity (OSC)

TWC 的催化剂涂层材料在发动机排气浓稀切换条件下储存和释放氧气的的能力。

3.16

涂层脱落率 washcoat expulsion rate

经过涂层脱落率试验后，催化剂涂层质量的减少量占试验前催化剂涂层质量的百分比。

4 技术要求

4.1 密封性要求

密封性试验的泄漏量应小于 0.25 L/min。

4.2 起燃特性要求

起燃温度不应高于生产企业规定值的10℃。

4.3 空燃比特性要求

TWC空燃比特性应符合表1的要求。

表1 TWC空燃比特性要求

TWC状态	空燃比窗口宽度
新鲜态：未经过耐久性试验的状态	≥ 0.30
老化态：已经过耐久性试验的状态	≥ 0.05

4.4 储氧量要求

储氧量与生产企业规定值的偏差不应低于规定值的15%。

4.5 整车装车性能要求

TWC进行耐久性试验后，将其安装在试验车上进行整车排放测试。装车的排放测试应符合GB 18352.6—2016中5.3.1的I型试验要求。

4.6 机械性能要求

4.6.1 轴向推力要求

轴向推力试验后，各载体相对位移均应小于3mm。

4.6.2 热振动、水急冷、温度冲击要求

每次试验后，均应满足以下要求：各载体相对位移均小于3mm，各载体相对于原始位置的轴向位移累积量小于6mm；密封性试验泄漏量小于0.25L/min；部件及焊缝无开裂、裂纹或脱焊；载体网格无明显堵塞、开裂；垫层无明显吹蚀。

4.7 涂层脱落率要求

涂层脱落率应小于1.0%。

4.8 载体体积及贵金属含量要求

应符合GB 18352.6—2016中5.3.5.1.1.2和7.6.5的相关要求。

5 试验方法

5.1 试验条件

5.1.1 台架布置

TWC 在台架上的布置方式应符合整车厂或后处理厂的要求，并尽量与实际装车应用的布置方式一致。

5.1.2 试验用汽油

试验用汽油应符合GB 17930的规定。

5.1.3 试验仪器和设备

5.1.3.1 排气的取样系统和分析系统应满足 GB 18352.6—2016 附件 CD 的规定。

5.1.3.2 电子天平最小分度值不应低于 0.1 g；重复性误差不应超过 ± 0.1 g。

5.2 试验程序

5.2.1 试验流程

TWC 试验流程见图 1。

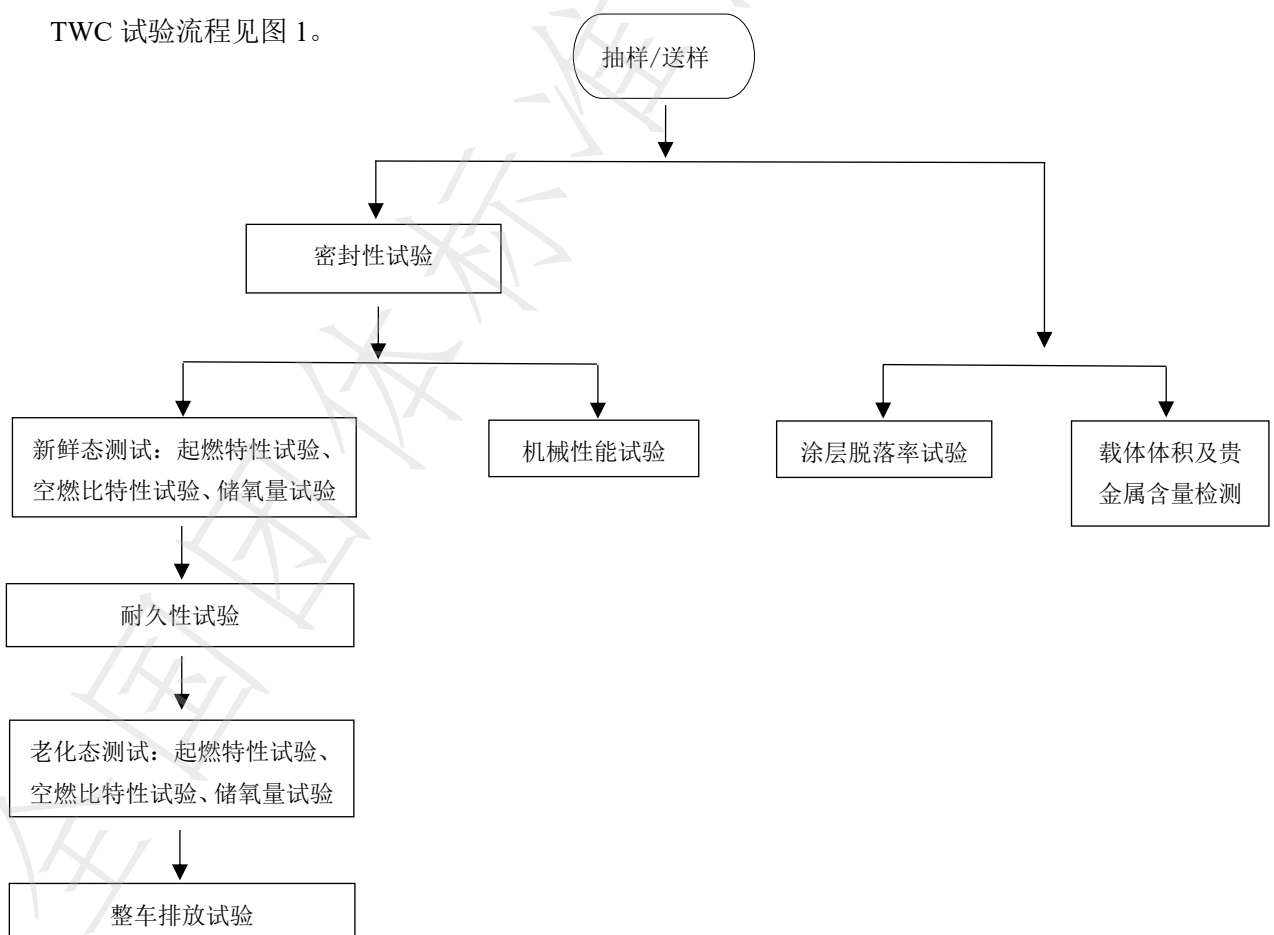


图1 TWC试验流程

5.2.2 起燃特性试验、空燃比特性试验、储氧量试验、整车装车性能试验

随机抽取 1 套样品进行试验。在密封性试验检查合格后，依次进行起燃特性试验（新鲜态测试）、空燃比特性试验（新鲜态测试）、储氧量试验（新鲜态测试）、耐久性试验、起燃特性试验（老化态测试）、空燃比特性试验（老化态测试）、储氧量试验（老化态测试）、整车排放试验。

5.2.3 机械性能试验

随机抽取 2 套样品进行试验。1 套样品进行轴向推力试验；另外 1 套样品在密封性试验检查合格后，依次进行热振动试验、水急冷试验、温度冲击试验。

5.2.4 涂层脱落率试验

随机抽取 1 套样品进行试验。

5.2.5 载体体积及贵金属含量检测

随机抽取 1 套样品进行检测。

5.3 试验

5.3.1 密封性试验

如图2所示，用橡胶塞堵住全部传感器座，在样品内施加压力为 (30 ± 1) kPa 的空气，待空气压力稳定保持 30 s 后，读取空气流量计的示值，精确到 0.01 L/min，读取 3 次取平均值作为泄漏量。

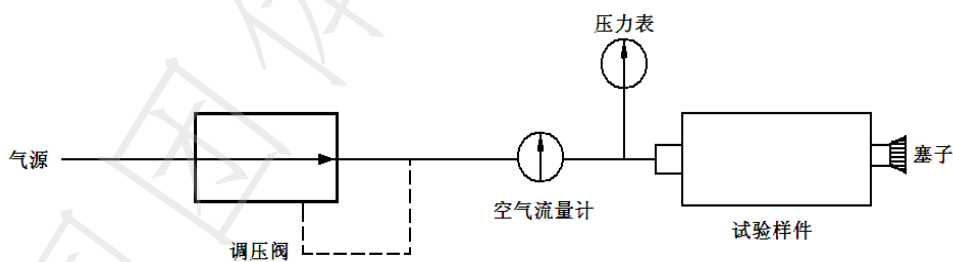


图 2 密封性试验示意

5.3.2 起燃特性试验

5.3.2.1 新鲜态的 TWC 应先进行预处理

将 TWC 安装到发动机或燃烧器的排气管路中，过量空气系数 λ 为 (1 ± 0.02) ，空速为 $(60000 \sim 80000)$ h^{-1} ，入口温度为 (700 ± 25) $^{\circ}\text{C}$ ，入口温度采集点距离载体前端面 (100 ± 10) mm，并保持 1h。也可依据制造厂的要求进行预处理。计算空速时，若汽油车污染控制装置只有一个封装单元，载体体积为封装单元内所有载体体积之和（一块或者多块载体）；若汽油车污染控制装置有多个封装单元，载体体积为最

大封装单元内所有载体体积之和（一块或者多块载体）。

5.3.2.2 稳态温度点起燃特性测试和瞬态温度点起燃特性测试

将预处理后的 TWC 安装到发动机的排气管路中， λ 为 (1 ± 0.02) ，空速为 (40000 ± 1000) h⁻¹，入口温度在 $200^{\circ}\text{C}\sim 450^{\circ}\text{C}$ ，进行稳态温度点起燃特性测试或瞬态温度点起燃特性测试，入口温度采集点距离载体前端面 (100 ± 10) mm。稳态温度点测试与瞬态温度点测试应符合以下要求：

a) 稳态温度点起燃特性测试

从 200°C 开始以固定温度等间隔（不大于 20°C ）进行逐点升温，待 TWC 入口温度稳定到目标温度点 10 s 后，测定各稳态温度点下 TWC 前后的污染物浓度。

b) 瞬态温度点起燃特性测试

以 $(15\pm 5)^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率连续升温，实时测定升温过程中 TWC 前后的污染物浓度。

5.3.2.3 计算各污染物的起燃温度 (T_{50}) 和完全转化温度 (T_{90})

试验后以入口温度为横坐标，各污染物的转化效率为纵坐标绘制起燃温度特性曲线，按照直线插值法分别求出各污染物的起燃温度 (T_{50}) 和完全转化温度 (T_{90})。

5.3.3 空燃比特性试验

将 TWC 安装到发动机的排气管路中， λ 为 (1 ± 0.02) 时的空速为 (40000 ± 1000) h⁻¹。入口温度为 $(450\pm 10)^{\circ}\text{C}$ ，入口温度采集点距离载体前端面 (100 ± 10) mm。空燃比 (A/F) 从 14.00 开始逐步升高至 15.00，在不少于 10 个空燃比测量点的情况下，测量各空燃比下 TWC 前后的污染物浓度值。在空燃比 14.50~14.70 之间适当增加测量点。以空燃比为横坐标，各污染物转化效率为纵坐标绘制空燃比特性曲线，确定 TWC 的空燃比窗口。

5.3.4 储氧量试验

在选定的发动机进气流量（例如 40 kg/h）和入口温度（例如 500°C ）下，入口温度采集点距离载体前端面 (100 ± 10) mm，通过发动机控制调整使 λ 达到偏浓状态，即 $\lambda=0.90$ （或 0.95）。待测试条件稳定至少 20 s 直至后氧传感器电压信号稳定后，通过发动机控制调整，使 λ 转向偏稀状态，即 $\lambda=1.10$ （或 1.05）时产生突变，并采集前后氧传感器电压信号的变化。利用采集到的前后氧传感器电压信号变化时间，以及突变过程中的进气流量、 λ 变化量，计算 TWC 的储氧量数值。至少循环 5 次，计算算术平均值。储氧量测试台架安装及储氧量计算方法见附录 A。

5.3.5 整车装车性能试验

5.3.5.1 耐久性试验

5.3.5.1.1 耐久性试验方法的选择

应按照GB 18352.6—2016中5.3.5的方法进行汽油车污染控制装置耐久性试验，耐久性试验方法可选择本标准5.3.5.1.2的方法或GB 18352.6—2016附录G的方法。

5.3.5.1.2 台架老化耐久性试验

5.3.5.1.2.1 将TWC安装在发动机台架或模拟装置的排气管路上，进行耐久性试验。

台架老化循环可采用标准台架循环（SBC）或四工况老化循环（4-mode）。标准台架循环详见表2，四工况老化循环详见表3。

表2 标准台架循环（SBC）

工况号	时间/s	空燃比	二次空气喷射
1	1~40	理论空燃比（通过对发动机转速、负荷、点火正时的控制来实现TWC床层温度为 $800\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）	无
2	41~45	“浓”（选择A/F比值，以实现TWC床层温度在整个循环内最高为 $890\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，或比较低控制温度高 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）	无
3	46~55	“浓”（选择A/F比值，以实现TWC床层温度在整个循环内最高为 $890\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，或比较低控制温度高 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）	氧气体积分数 ($3\%\pm 0.1\%$)
4	56~60	理论空燃比（通过对发动机转速、负荷、点火正时的控制来实现TWC床层温度为 $800\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）	氧气体积分数 ($3\%\pm 0.1\%$)

注：可根据实际试验需求调整工况1中床层温度的设定值，相应的，工况2至工况4中床层温度进行同幅值的调整。

表3 四工况老化循环（4-mode）

工况号	时间/s	工况描述	二次空气喷射	排气流量
1	1~40	标准混合气	$\lambda=1$ ，床层温度（ 925 ± 10 ） $^{\circ}\text{C}$	(50 ± 2.5) g/s
2	41~46	浓混合气	$\lambda < 1$	
3	47~56	浓混合气+补气	$\lambda < 1$ ，氧气体积分数为（ 3 ± 0.1 ）%，床层温度最高为（ 980 ± 10 ） $^{\circ}\text{C}$	
4	57~60	标准混合气+补气	$\lambda=1$ ，氧气体积分数为（ 3 ± 0.1 ）%	

注：可根据实际试验需求调整工况1中床层温度的设定值，相应的，工况2至工况4中床层温度进行同幅值的调整。

5.3.5.1.2.2 台架老化时间按GB 18352.6—2016附录G中的BAT方程式计算得出。计算台架老化时

间所需的汽车道路催化器“时间—温度”数据应至少包括两个完整的标准道路循环（按 GB 18352.6—2016 附件 GC 进行）全程数据，催化器温度应采自试验汽车上 TWC 的床层温度。床层温度测量的最低频率应为 1 Hz。将测量的床层温度结果绘制成柱状图，该柱状图用不大于 25 °C 的温度组绘制而成。

5.3.5.1.2.3 对于无法按 5.3.5.1.2.2 计算台架老化时间的 TWC，推荐国 5 及国 6a 阶段的四工况老化循环台架老化时间为 160 h，国 6b 阶段的四工况老化循环台架老化时间为 200 h。

5.3.5.1.2.4 台架老化时床层温度传感器安装位置应与汽车道路催化器“时间—温度”数据采集时催化器温度传感器安装位置一致。推荐选用 TWC 前端面 25 mm 轴线位置作为床层温度传感器的安装位置。

5.3.5.1.2.5 汽油车污染控制装置中如含有汽油车颗粒捕集器（GPF），可按 T/CAEPI 36.2—2021 中 6.3.5.1.2 含灰老化方法进行耐久试验。

5.3.5.2 整车排放试验

耐久后的整套汽油车污染控制装置应装车进行整车排放试验，试验方法按 GB 18352.6—2016 中附录 C 的要求进行。

5.3.6 机械性能试验

5.3.6.1 轴向推力试验

将 TWC 与发动机或燃烧器排气端相连，在进气流量不小于 300 kg/h、温度（550±10）°C 的气流条件下预处理 3 h。待 TWC 冷却至室温后，通过推杆对载体端面缓慢施加轴向推力至 F_t （精确到 1N），载体受力面积不小于载体端面面积的 1/3，保持 30 s 后停止施力，测量载体的轴向位移。对同一封装单元内有多个载体的情况，若多个载体端面是直接接触的，则视为一个载体进行试验；若载体端面不是直接接触的，则应对各载体分别进行试验。轴向推力的计算方法见公式（2）。

$$F_t = 150 \cdot V \cdot \rho \cdot g \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中，

F_t ——轴向推力，N；

V ——载体体积，L；

ρ ——载体密度经验值，0.7 kg/L；

g ——重力常数，9.8 N/kg。

5.3.6.2 热振动试验

5.3.6.2.1 将 TWC 按照装车状态安装在热振动试验台上，使其与发动机或燃烧器排气端相连，依次进行低温热振动试验和高温热振动试验。

5.3.6.2.2 低温热振动试验：试验时 TWC 进气流量不小于 300 kg/h；入口温度 (300 ± 10) °C，入口温度采集点距离载体前端面 $(20\sim 200)$ mm；进行振动加速度为 (35 ± 3) g、振动频率为 (150 ± 5) Hz 的正弦振动；试验时间为 10 h。

5.3.6.2.3 高温热振动试验：试验时 TWC 进气流量不小于 300 kg/h；入口温度不低于 850°C，入口温度采集点距离载体前端面 $(20\sim 200)$ mm；进行振动加速度为 (35 ± 3) g、振动频率为 (150 ± 5) Hz 的正弦振动；试验时间为 20 h。

5.3.6.2.4 试验结束后，待样品冷却至室温，检查载体完好情况和位移、密封性情况。

5.3.6.3 水急冷试验

将 TWC 安装在水急冷试验台上，使其与发动机或燃烧器排气端相连，在载体前端面 $(20\sim 200)$ mm 的位置处采集入口温度。试验时 TWC 进气流量不小于 300 kg/h；入口温度不低于 850°C。每隔 5 min 向样品外表面均匀喷水一次，在水流动情况下喷水水压为 (172 ± 14) kPa，水量为 (10 ± 0.5) L/min，水温为 $(5\sim 30)$ °C，每次喷水持续 30 s。试验共进行 40 个循环。试验结束后，待样品冷却至室温，检查载体完好情况和位移、密封性情况。

5.3.6.4 温度冲击试验

将 TWC 与发动机或燃烧器相连，入口温度采集点距离载体前端面 $(20\sim 200)$ mm；试验时高温段进气流量不小于 300 kg/h 或采用装机最大排气流量，试验循环见表 4，共进行 300 个循环。试验结束后，待样品冷却至室温，检查载体完好情况和位移、密封性情况。

表 4 试验循环

序号	温度/°C	持续时间/min
1	200 以下	5
2	200 以下升高到 (925 ± 25)	1
3	925 ± 25	5
4	(925 ± 25) 降低到 200 以下	1

5.3.7 涂层脱落率试验

5.3.7.1 涂层脱落率试验可采用超声波震荡法或者压缩空气吹扫法。

5.3.7.2 超声波震荡法试验应符合以下要求：

将 TWC 的载体于 200 °C 下加热 2 h，取出后迅速称重记为 m_1 ，结果精确到 0.1 g。冷却 TWC 至室温，将其置入超声波清洗机中，设定频率 40 kHz、水温 (25 ± 5) °C，用纯净水超声波震荡 10 min 后，再次

将载体于200℃下加热2 h，取出后迅速称重记为 m_2 ，结果精确到0.1 g。

5.3.7.3 压缩空气吹扫法试验应符合以下要求：

将TWC的载体于200℃下加热2 h，取出后迅速称重记为 m_1 ，结果精确到0.1 g。冷却至室温后用过去油去水的（0.55±0.05）MPa的压缩空气（气枪距离载体端面不应大于3 cm），均匀缓慢地吹扫每个端面至少3个循环，观察TWC载体无粉尘脱落为止。再次将载体于200℃下加热2 h，取出后迅速称重记为 m_2 ，结果精确到0.1 g。

5.3.7.4 涂层脱落率 θ 的计算公式为：

$$\theta = \frac{m_1 - m_2}{m_3} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

θ —— 涂层脱落率，%；

m_1 —— 初始质量，g；

m_2 —— 震荡后或吹扫后的质量，g；

m_3 —— 生产企业提供的催化剂涂层质量，g。

5.3.8 载体体积和贵金属含量检测

对样品中每一块独立的载体分别进行载体体积和贵金属含量检测。陶瓷载体按HJ 509规定的方法进行试验，金属载体按QC/T 968规定的方法进行试验。

6 检验规则

6.1 型式检验

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品投产；
- b) 正常生产，但结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 产品停产一年及以上恢复生产或产品转厂生产。

6.2 抽样方法

型式检验采用随机抽样，从出厂合格的产品中随机抽取5套，抽样基数不少于100套。

6.3 检验项目

检验项目及相关要求见表5。

表 5 检验项目

序号	检验项目	技术要求	试验方法
1	密封性	4.1	5.3.1
2	起燃特性	4.2	5.3.2
3	空燃比特性	4.3	5.3.3
4	储氧量	4.4	5.3.4
5	整车装车性能	4.5	5.3.5
6	机械性能	4.6	5.3.6
7	涂层脱落率	4.7	5.3.7
8	载体体积和贵金属含量	4.8	5.3.8

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 标志

产品的封装单元外应有名称、型号、出厂编号（批号）或生产日期、制造厂名等信息的标识钢印。

7.2 包装

7.2.1 产品应妥善包装，包装内应附有产品质量检验合格证、产品安装使用说明书、产品保修卡。

7.2.2 包装箱外应标明：

- a) 产品名称、型号、出厂编号（批号）或出厂日期；
- b) 制造厂名、地址、邮编和电话。

7.3 运输

产品在运输中应防止磕碰、变形。在长途运输中应有防锈蚀措施。

7.4 贮存

产品应贮存于干燥、通风、无腐蚀的仓库内，不应直接接触地面。

附录 A
(规范性)
储氧量测试台架安装及储氧量计算方法

A.1 发动机台架安装

A.1.1 将 TWC 安装在发动机台架测试管路上。传感器安装位置如图 A.1 所示。

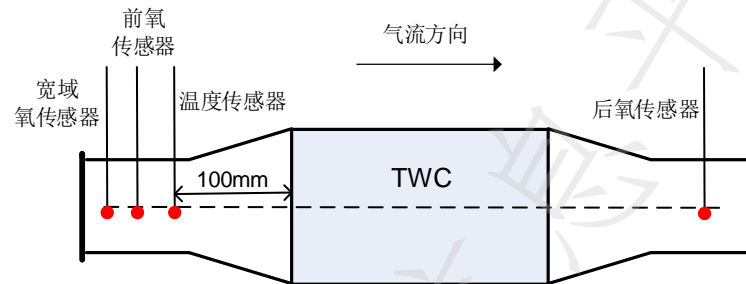


图 A.1 传感器布局示意

A.1.2 将进气流量计连入发动机进气管路。

A.2 计算方法

储氧量计算方法见公式 (A.1)。

$$OSC = \int_{t_1}^{t_2} (\lambda - 1) \times Q \times 0.23 \times 1000 / 3.6 dt \dots \dots \dots (A.1)$$

式中:

OSC —— TWC 的储氧量, mg;

λ —— 宽域氧传感器测得的过量空气系数值, 无量纲;

Q —— 发动机的进气流量, kg/h;

t_1 —— 前氧传感器电压信号开始突变 (电压值为 0.45V) 的时刻, s;

t_2 —— 后氧传感器电压信号开始突变 (电压值为 0.45V) 的时刻, s;

0.23 —— 空气中氧气的质量含量。