

CAEPI

中国环境保护产业协会标准

T/CAEPI 12.2-2017

全国团体标准信息平台

柴油车排气后处理装置技术要求 第2部分：选择性催化还原转化器（SCR）

Technical requirements of diesel vehicle exhaust after-treatment devices
Part 2: Selective catalytic reduction (SCR)

（发布稿）

本电子版为发布稿，请以正式出版的标准文本为准。

全国团体标准信息平台

2017-9-7 发布

2017-10-1 实施

中国环境保护产业协会 发布

目 次

前 言.....	II
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 技术要求.....	3
4.1 一般要求.....	3
4.2 转化效率.....	4
4.3 耐久性.....	4
4.4 流场均匀性.....	4
4.5 钒挥发.....	4
4.6 机械性能.....	4
5 试验条件、试验程序及试验方法.....	4
5.1 试验条件.....	5
5.2 试验程序.....	6
5.3 试验方法.....	6
6 检验规则.....	7
6.1 检验分类.....	7
6.2 检验项目.....	7
7 包装、运输、储存.....	8
7.1. 包装.....	8
7.2. 运输.....	8
7.3. 储存.....	8
附 录 A（规范性附录） 流场均匀性试验方法.....	9
附 录 B（资料性附录） 钒基 SCR 中钒挥发速率的评价.....	10
附 录 C（规范性附录） SCR 小样试验方法.....	16

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》，促进环保技术发展，规范柴油车排气后处理装置的技术要求和试验方法，降低柴油车尾气排放中的污染物对空气质量的影响，特制定本标准。

T/CAEPI 12-2017《柴油车排气后处理装置技术要求》分为如下几个部分：

- 第1部分：氧化型催化转化器（DOC）
- 第2部分：选择性催化还原转化器（SCR）
- 第3部分：柴油颗粒捕集器（DPF）
- 第4部分：氨逃逸催化器（ASC）
- 第5部分：机械性能

本部分为T/CAEPI 12-2017第2部分。

本部分规定了选择性催化还原转化器（SCR）的技术要求和试验方法。

本部分是对HJ 451-2008《环境保护产品技术要求 柴油车排气后处理装置》中选择性催化还原转化器（SCR）部分的修订，与原标准相比，主要变化如下：

- 增加并修改了对试验台架的基本要求，包括试验样机、安装方式等；
- 增加了排气压降试验方法；
- 修改了转化效率试验方法及限值要求；
- 修改了快速老化试验方法及技术要求；
- 增加了钒挥发试验方法；
- 增加了流场均匀性试验方法及技术要求；
- 增加了小样评价方法及技术要求。

本标准由中国环境保护产业协会组织制订。

本标准起草单位：无锡威孚力达催化净化器有限责任公司、昆明贵研催化剂有限责任公司、中国汽车技术研究中心、天津索克汽车试验有限公司、庄信万丰（上海）化工有限公司、托普索贸易（北京）有限公司、广西玉柴机器股份有限公司、潍柴动力股份有限公司、中国重型汽车集团有限公司、安徽艾可蓝环保股份有限公司、天纳克（苏州）排放系统有限公司、云南菲尔特环保科技股份有限公司、艾蓝腾新材料科技（上海）有限公司、浙江银轮机械股份有限公司、四川绵阳华元航升环保科技有

限公司、山东艾泰克环保科技股份有限公司、中自环保科技股份有限公司、天津星洁汽车排放控制系统有限公司。

本标准主要起草人：张杰、李军、贾旭岩、刘悦、于飞、方茂东、汪利峰、王健、陶泽民、郑贯宇、郭佳栋、成薛峰、王林、李一、周发金、陆国栋、魏东、张勇、刘征、魏罡。

本标准由中国环境保护产业协会2017年9月7日批准。

本标准自2017年10月1日起实施。

本标准由中国环境保护产业协会负责管理和解释，由无锡威孚力达催化净化器有限责任公司等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这些专利的责任。

引 言

柴油车排气后处理装置是减少柴油车排气污染的重要设备。随着大气污染控制的需求和技术进步，柴油车排气后处理装置的种类与组合方式也在不断发展。本系列标准对主要的柴油车排气后处理装置进行了技术规定。在标准的使用过程中，应注意以下几点：

1、本系列标准是对相应的柴油车排气后处理装置生产制造的基本要求。当柴油车排气后处理装置安装到某一型号柴油车时，必须结合该车型实际，进行配套设计调整，并按国家柴油车排放标准检测验证。

2、柴油车排气后处理装置在实际使用中可能以单一或者多类产品技术组合使用，在使用时需专项进行配套设计调整，并按国家柴油车排放标准检测验证。

3、随着国家对柴油车污染排放控制的加严，可能不同阶段排放标准使用的柴油车排气后处理装置和技术指标有所不同，但不能简单反推该柴油车排气后处理装置即为保证某型柴油车达到国家某阶段排放标准的污染控制装置，即不应将某种或某几种组合的柴油车排气后处理装置等同国家某阶段柴油车排放标准。

柴油车排气后处理装置技术要求

第2部分：选择性催化还原转化器（SCR）

1 适用范围

本标准规定了选择性催化还原转化器（SCR）的技术要求和试验方法。

本标准适用于以氨气（ NH_3 ）为还原剂，对柴油车排气中的氮氧化物（ NO_x ）具有选择性催化还原作用的转化器性能及关键参数的评价。由基本SCR单元衍生组合的装置可参照本标准执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 1804 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差
- GB/T 5181 汽车排放术语和定义
- GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法
- GB 11122 柴油机油
- GB 17691 车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法
- GB/T 18297 汽车发动机性能试验方法
- GB/T 19055 汽车发动机可靠性试验方法
- GB 19147 车用柴油
- GB/T 19804 焊接结构的一般尺寸公差和形位公差
- GB 29518 柴油发动机氮氧化物还原剂 尿素水溶液（AUS32）
- T/CAEPI 12.5 柴油车排气后处理装置技术要求 第5部分：机械性能

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 柴油车排气后处理装置 after-treatment devices for diesel vehicle exhaust

指安装在柴油车发动机排气系统中，能够降低排气中的一种或多种污染物排放量的装置的统称。

3.2 选择性催化还原转化器 selective catalytic reduction converter (SCR)

指安装在柴油车发动机排气系统中，以选择性催化还原方式降低NO_x排放的催化转化器。其中以金属氧化物五氧化二钒（V₂O₅）作为催化剂活性组分的转化器称为钒基选择性催化还原转化器，以分子筛为基体的转化器称为分子筛选择性催化还原转化器。

3.3 选择性催化还原装置 selective catalytic reduction device

指安装在柴油车发动机排气系统中，以选择性催化还原方式降低NO_x排放的排气后处理装置。主要由选择性催化还原转化器和还原剂NH₃的供应系统构成，包含但不局限于如下基本单元：选择性催化还原转化器、尿素溶液罐、尿素溶液管路、尿素溶液供给泵、尿素溶液用喷射器、电子控制装置、氮氧化物传感器、温度传感器。

3.4 小样 catalyst sample

从SCR涂覆过催化剂的载体上按照一定规格截取，用于在标准气模拟试验台对其进行相关测试的试样。

3.5 排气压降 exhaust pressure drop

指SCR载体入口排气压力与出口排气压力的差值，单位为kPa。

3.6 混合均匀度 mixed uniformity index

指在SCR载体入口、出口截面测量的温度、速度及气体组分浓度分布的一致程度。计算公式如下：

$$\gamma = 1 - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \frac{|X_i - X_{mean}| A_i}{AX_{mean}} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

- γ —— 均匀度；
- X_i —— 测量单元格温度、速度、气体组分浓度；
- X_{mean} —— 载体截面平均温度、速度、气体组分浓度；
- A_i —— 每个测量单元格面积；
- A —— 测试载体截面总面积。

3.7 尿素理论计量比 normalized stoichiometric ratio NSR

由尿素水溶液换算成等当量的NH₃摩尔浓度值与SCR入口处的NO_x摩尔浓度值之比（假设尿素按照理想条件完全分解，NH₃与NO_x的平均反应摩尔比是1:1）。

3.8 转化效率 converter efficiency

指发动机或标准气模拟试验台按指定的工况运行时，SCR入口和出口的NO_x排放量的变化率，单位为%。

3.9 新鲜态 fresh state

指催化剂预处理之后的状态。

3.10 老化态 aged state

指催化剂老化之后的状态。

3.11 轻型柴油车 light-duty diesel vehicle

最大总质量不超过3 500 kg的柴油车。

3.12 重型柴油车 heavy-duty diesel vehicle

最大总质量超过3 500 kg的柴油车。

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 SCR 应使用标记标明生产厂家名称、装置型号、出厂编号、制造日期、排气进出流向。

4.1.2 SCR 的设计、制造和安装应合理，防止使用中可能发生的腐蚀、氧化、振动现象。

4.1.3 SCR 应确保使用安全性，具备隔热防护措施、不得影响车辆制动性能、不得影响车辆电气系统安全等。

4.1.4 SCR 应附带下述资料：

- a) 载体结构、材料和生产厂家；
- b) 载体规格 (形状、尺寸、孔密度、壁厚)；
- c) 载体数量；
- d) 催化剂涂层类型、催化剂含量和比例；
- e) 衬垫型号及生产厂家；
- f) 封装形式和封装厂家。

4.1.5 外观、尺寸

4.1.5.1 SCR外表面应光滑，无伤痕及其它明显缺陷。

4.1.5.2 SCR焊缝应牢固平整，无虚焊，漏焊等缺陷，无残留焊丝。

4.1.5.3 SCR的几何尺寸、公差应符合产品图纸规定。未标注加工公差按GB/T 1804中C级的规定执行，未标注焊接公差按GB/T 19804中B级的规定执行。

4.1.6 密封性

SCR的设计、制造应满足T/CAEPI 12.5中密封性要求。

4.2 转化效率

按5.3.4进行SCR的NO_x转化效率试验，或按附录C的规定进行SCR小样的NO_x转化效率试验，新鲜态转化效率应满足表1中要求。

表1 新鲜态SCR转化效率要求

转化效率 (%)		温度 (°C)			
		200	250	450	500
钒基SCR	I 级	40	60	90	80
	II 级	50	80	90	80
铜基分子筛SCR		80	90	90	85
铁基分子筛SCR		40	60	95	95

4.3 耐久性

按5.3.5进行快速老化试验，老化态SCR在表1中4个温度测试点下的转化效率下降量的平均值不得大于5%。

4.4 流场均匀性

按附录A进行温度均匀性、速度均匀性和NH₃均匀性试验，SCR载体出口端的气体温度均匀度不得低于0.95、流速均匀度不得低于0.95、NH₃均匀度不得低于0.95。

4.5 钒挥发

按附录B对钒基SCR进行钒挥发速率试验，记录550°C、600°C和650°C的钒元素挥发速率。

4.6 机械性能

SCR的机械性能应满足T/CAEPI 12.5的要求。

5 试验条件、试验程序及试验方法

5.1 试验条件

5.1.1 试验室环境要求

试验室的环境条件应符合 GB/T 19055 的规定。

5.1.2 试验用发动机

试验用发动机的排放水平应与 SCR 装置应用的目标发动机机型排放水平相一致，最大排气流量不小于目标发动机机型排气流量。

5.1.3 台架布置要求

对 SCR 装置进行测试时，要求台架布置方式应与应用目标整车布置一致，若有偏离，应记录偏离情况。对 SCR 进行测试时，要求台架布置方式为水平放置。下文中如无特殊说明，均指对 SCR 进行测试。

5.1.4 试验用尿素及喷射系统

5.1.4.1 试验用尿素水溶液应符合 GB/T 29518 的要求。

5.1.4.2 试验用尿素喷射系统的喷雾粒径要求小于 50 μm ，尿素喷嘴到 SCR 入口的排气管长度要求大于 5 倍排气管外径，小于 10 倍排气管外径。如果企业提供尿素喷射系统及排气管路可不满足本条要求。

5.1.5 试验用燃油

试验用车用柴油应符合 GB 19147 的要求。

5.1.6 试验用润滑油

试验用润滑油应符合 GB 11122 的要求。

5.1.7 试验仪器和设备

5.1.7.1 发动机控制和数据采集系统应满足 GB/T 18297 的要求。

5.1.7.2 排气取样和分析系统应能测量 NH_3 、 NO_x 等气相组分的浓度，并满足 GB 17691 中相关规定。

5.1.8 预处理

通常情况下，预处理按 SCR 制造厂要求进行；若制造厂无要求，预处理条件为入口温度 $(450 \pm 5)^\circ\text{C}$ 或者发动机额定工况下，空速 $(30\,000 \sim 40\,000) \text{h}^{-1}$ ，时间 4 h。

对于轻型柴油车用SCR，测量入口温度的热电偶应安装在距SCR载体前端面上游25 mm的中心线处；对于重型柴油车用SCR，测量入口温度的热电偶应安装在距SCR载体前端面上游100 mm的中心线处；若无法按上述位置安装，则以实际可安装位置为准，并以安装在照片及示意图方式记录。

5.2 试验程序

试验使用两套样品进行，在进行外观、尺寸及密封性检查后，一套依次进行预处理，排气压降试验，排放性能初试、快速老化试验、排放性能复试；另一套样件进行混合均匀性测试。如果样品为钒基SCR，则需增加一套样件进行钒挥发测试。机械性能试验按 T/CAEPI 12.5 规定的程序进行。

5.3 试验方法

5.3.1 外观、尺寸

SCR的外观采用目测，几何尺寸和公差用直尺或钢卷尺测定。

5.3.2 密封性试验

按照 T/CAEPI 12.5 中有关方法进行试验。

5.3.3 排气压降试验

将SCR安装在发动机排气管路中，进行发动机外特性测试，每工况运行5 min，记录发动机排气流量，SCR入口和出口的温度、压力，得到SCR在不同空速条件下对应的排气压降，绘制SCR空速-压降曲线。

压力测量点位置要求为：对于轻型柴油车用SCR，入口压力测量点位于距SCR载体前端面上游25 mm处，出口压力测量点位于距SCR载体后端面下游25 mm处；对于重型柴油车用SCR，入口压力测量点位于距SCR载体前端面上游100 mm处，出口压力测量点位于距SCR载体后端面下游100 mm处。若无法按上述要求安装，以实际可安装位置为准，并以照片及示意图的方式记录。

5.3.4 转化效率试验

转化效率试验按下述步骤进行：

- a) 将SCR的空速设定为 $(40\,000 \pm 400) \text{ h}^{-1}$ 。
- b) 调整发动机工况，使SCR进出口平均温度依次稳定在200℃、225℃、250℃、275℃、300℃、350℃、400℃、450℃、500℃，控制精度为 $\pm 5^\circ\text{C}$ 。
- c) 300℃以下的每个温度点开始测试之前，需调整发动机工况，使SCR处于入口温度 $(400 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，空速 $(40\,000 \pm 400) \text{ h}^{-1}$ 的条件下，直至SCR出口处 NH_3 浓度小于 3×10^{-6} 。

- d) 在每一温度点，待 SCR 入口温度和出口温度稳定后，以尿素理论计量比为 1.2 喷射尿素溶液直至 NH_3 泄漏量超过 20×10^{-6} 。从喷射尿素溶液之前开始连续记录 SCR 入口、出口的温度及 NO_x 浓度。
- e) 以 NH_3 泄漏量为 10×10^{-6} 时的 NO_x 转化效率作为该温度点下的 NO_x 转化效率。绘制 SCR 入口温度与 NO_x 转化效率的关系曲线。

5.3.5 快速老化试验

快速老化试验在发动机台架上进行，试验条件见表2。

表2 快速老化试验条件

SCR类型	入口温度 (°C)	空速 (h^{-1})	时间 (h)	尿素理论计量比
钒基	550 ± 10	$\geq 20\,000$	200	0.6
分子筛	650 ± 10	$\geq 20\,000$	100	0.6

5.3.6 机械性能试验

按照 T/CAEPI 12.5 中有关方法进行试验。

6 检验规则

6.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验两类。

6.1.1 出厂检验

每台产品出厂前均应进行出厂检验，由厂质检部门检验合格，并出具合格证明。

6.1.2 型式检验

有下列情况之一时，产品应进行型式检验：

- 新产品投产或者产品转厂生产时；
- 正常生产时，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- 产品正常生产时，每三年进行一次型式检验；
- 产品长期停产一年及以上恢复生产时。

6.2 检验项目

检验项目如表3所示。

表3 检验项目分类

序号	检验项目	检验类别		标准章、条、号	
		型式检验	出厂检验	技术要求	试验方法
1	外观、尺寸	√	√	4.1.5	5.3.1
2	密封性	√	√	4.1.6	5.3.2
3	排气压降	√	—	—	5.3.3
4	转化效率	√	—	4.2	5.3.4、附录C
5	耐久性	√	—	4.3	5.3.5
6	流场均匀性	√	—	4.4	附录A
7	钒挥发	√	—	4.5	附录B
8	机械性能	√	—	4.6	5.3.6

7 包装、运输、储存

7.1 包装

7.1.1. 产品应妥善包装，包装内应附有产品质量检验合格证或制造厂说明、产品安装使用说明书。

7.1.2. 包装箱外应标明：

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

7.2 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。

7.3 储存

产品应在通风、干燥、无腐蚀的库房中储存。

附 录 A
(规范性附录)
流场均匀性试验方法

A.1 方法概要

测试前需要对SCR进行改装，对于入口端流场均匀性测量，从载体入口端面前（3~5）mm处切除下游部分；对于出口端均匀性测量，从载体出口端面处切除下游部分。

温度和NH₃浓度均匀性测试在发动机或燃烧器台架上进行，速度均匀性测试在冷流试验台进行，试验条件见表A.1。测试时，探头前端面与改装后样件出口切面距离为5 mm，以固定步长（推荐步长范围为5 mm~10 mm）移动探头，使探头逐行逐点分别测量切面各位置的温度、NH₃浓度或速度，计算得到温度、NH₃浓度或速度的均匀度。

表A.1 流场均匀性试验条件

工况		1	2	3	4
温度均匀性	入口温度 (°C)	250±5	250±5	450±5	450±5
	空速 (h ⁻¹)	10 000±500	20 000±1 000	25 000±1 500	50 000±2 500
NH ₃ 浓度均匀性	入口温度 (°C)	250±5	250±5	450±5	450±5
	空速 (h ⁻¹)	10 000±500	20 000±1 000	25 000±1 500	50 000±2 500
	尿素理论计量比	1.2			
速度均匀性	入口温度 (°C)	25±5			
	空速 (h ⁻¹)	10 000±500	20 000±1 000	25 000±1 500	50 000±2 500

附 录 B
(资料性附录)
钒基 SCR 中钒挥发速率的评价

B.1 本附录规定了用石英管式反应器法模拟钒基 SCR (V-SCR) 中钒 (V) 挥发过程, 用电感耦合等离子体质谱 (ICP-MS) 法测定 V 元素含量的方法。本附录适用于以 V_2O_5 作为活性组分的 SCR 中 V 含量的测定。

B.2 试剂和材料

B.2.1 V 捕集用

γ - Al_2O_3 吸附剂: 粒径 ≤ 4 mm, BET 比表面积 ≥ 170 m²/g。

B.2.2 化学前处理用

水: GB/T 6682, 三级。

盐酸 (HCl): 12 mol/L, 质量分数 36%~38%, 分析纯。

硝酸 (HNO₃): 16 mol/L, 质量分数 70%, 分析纯。

氢氟酸 (HF): 22.5 mol/L, 质量分数 40%, 分析纯。

硝酸溶液 (5%, 体积分数): 量取 5 mL 硝酸, 用水稀释至 100 mL。

B.2.3 化学分析用

钒、钛标准储备液: 含 V、Ti 浓度 100 μ g/mL, 使用有标准物质证书的标准溶液。

一级稀释的混合标准溶液: 将钒、钛标准储备液分别取 1 mL、3 mL, 用 5% 硝酸溶液稀释至 25 mL, 此溶液中 V、Ti 浓度均为 4 000 μ g/L、12 000 μ g/L。

二级稀释的混合标准溶液: 将一级稀释的混合标准溶液分别取 0 mL、0.1 mL、0.2 mL、0.5 mL、1 mL、2 mL、3 mL, 用 5% 硝酸溶液稀释至 25 mL, V 浓度依次为 0 μ g/L、16 μ g/L、32 μ g/L、80 μ g/L、160 μ g/L、320 μ g/L、480 μ g/L, Ti 浓度依次为 0 μ g/L、48 μ g/L、96 μ g/L、240 μ g/L、480 μ g/L、960 μ g/L、1 440 μ g/L, 标记为 S0~S6。

B.3 仪器设备

B.3.1 V 捕集用

B.3.1.1 电子天平: 分度值 ≤ 0.1 g。

B.3.1.2 游标卡尺: 分度值 ≤ 0.1 mm。

B.3.1.3 分析天平：分度值 ≤ 0.001 g。

B.3.1.4 石英管式反应器。

B.3.1.5 石英热、冷阱：装 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 吸附剂的石英容器，容器口两端应为筛眼或采用其它方式，确保气流通过的过程中 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 吸附剂不吹失。

B.3.2 化学前处理用

B.3.2.1 分析天平：分度值 ≤ 0.0001 g。

B.3.2.2 高压密闭微波消解仪。

B.3.2.3 电加热板。

B.3.2.4 聚四氟乙烯坩埚。

B.3.3 分析用

电感耦合等离子体质谱仪（ICP-MS）。

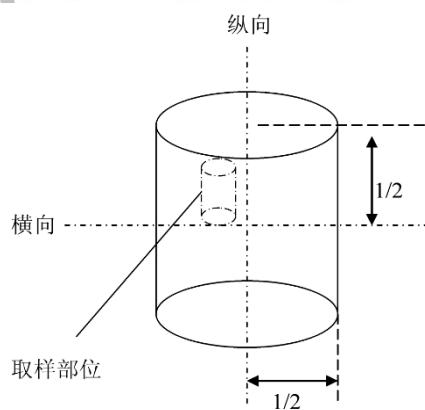
B.4 V 捕集方法

B.4.1 SCR 载体测量

将 SCR 样品的金属外壳及垫层去掉，得到 SCR 载体。用压缩空气吹扫清理 SCR 载体表面后，用电子天平称重，结果精确至 0.1 g。用游标卡尺测量 SCR 载体的直径和高，结果精确至 0.1 mm，计算其体积。

B.4.2 SCR 载体取样

将 SCR 载体从纵向 1/2 和横向 1/2 处分别切开，得到左上（下）部、右上（下）部四部分。任取其中一部分，从靠近载体中心处取样，取样规格不小于 $\Phi 20$ mm \times 25 mm，取样示意图见图 B1。

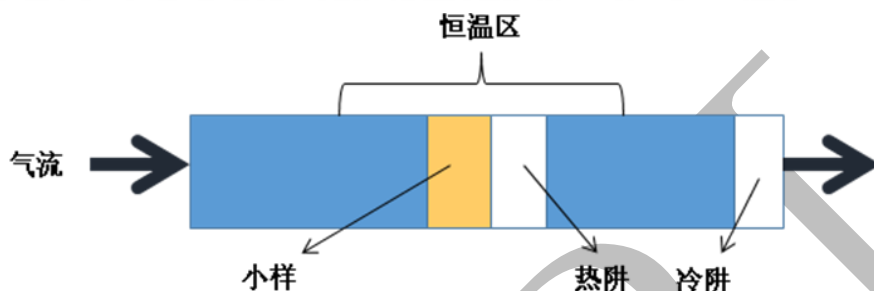


图B1 小样取样示意图

用压缩空气吹扫清理小样表面后，用分析天平称重，结果精确至 0.001g。如果催化剂载体为分区涂覆，根据涂敷工艺确定取样方式。

B.4.3 小样安装

称重两份 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 吸附剂 (3~7) g，分别放入石英冷、热阱中，然后按进气方向将小样和热阱放入石英管的恒温区。安装示意图如图 B2。



图B2 小样安装示意图

B.4.4 小样水热老化

在石英管式反应器上，控制工况条件：空速 $(35\ 000 \pm 1\ 750)\ \text{h}^{-1}$ ，测试的入口温度分别为 550℃、600℃、650℃，温度控制精度为 $\pm 2^\circ\text{C}$ ，通入 O_2 和 N_2 的标准气。升温至目标温度后，配气中加入水蒸气、NO 和 NH_3 ，计时开始，每一温度点保持 18 h。配气浓度见表 B2。

试验结束后，取下冷、热阱，将阱内 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 吸附剂分别称重记录（结果精确至 0.001 g）后，装入塑封袋中干燥保存。

表B2 配气浓度

	O_2	H_2O	NO	NH_3	N_2
升温阶段	$(5 \pm 0.5)\%$	0	0	0	平衡
测试阶段	$(5 \pm 0.5)\%$	$(10 \pm 0.5)\%$	$(250 \pm 20) \times 10^{-6}$	$(250 \pm 20) \times 10^{-6}$	平衡

B.4.5 程序空白试验

不安装小样，使用相同批次的 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 吸附剂，按 B.4.3、B.4.4 进行相同的操作。每做 12 个 SCR 样品，应进行一次程序空白试验。

B.5 化学前处理方法

B.5.1 警告

使用本标准的人员应具有正规实验室工作的实践经验。本标准并未指出所有可能的安全问题。使用者有责任采取适当的的安全和健康措施，并保证符合国家有关法规规定的条件。

B.5.2 γ - Al_2O_3 吸附剂消解

B.5.2.1 将 γ - Al_2O_3 吸附剂研磨成粒径 0.15 mm 以下的粉末试料。

B.5.2.2 做两份以上试料的平行测定，最终结果取其算术平均值。

B.5.2.3 用分析天平称取 (0.2~0.5) g 试料，结果精确到 0.0001 g。

B.5.2.4 将试料置于聚四氟乙烯消解罐中，加入 1 mL HCl，12 mL HNO_3 ，2.5 mL HF 后，于 200℃ 密封消解 20 min，冷却 (10~15) min 后，开盖。

B.5.2.5 将试液转移至聚四氟乙烯坩埚中，在加热板上于 270℃ 加热至干后，加入 5 mL HNO_3 ，于 180℃ 加热回流 2 h，停止加热。待试液冷却后，将试液用纯水稀释至 (25~50) mL，混匀后，用 ICP-MS 测定。

B.6 分析方法

B.6.1 分析条件

V、Ti 宜选用的测定同位素的质量数：51、48。

宜采用的内标元素为 ^{45}Sc ，使用浓度为 1 $\mu\text{g/mL}$ 。

B.6.2 建立标准曲线

将系列标准混合溶液 (S0~S6) 依次导入仪器，测量各元素的质谱信号。以每个标准溶液中各被测元素的质量浓度 ($\mu\text{g/L}$) 为 X 轴，元素信号响应值或其与内标元素信号响应值的比值为 Y 轴，绘制标准曲线，并作线性回归方程，计算相关系数。各元素标准曲线的线性相关系数应不低于 0.999 9。

B.6.3 试液分析

将试液依次导入仪器，测量各元素的质谱信号。根据工作曲线，得出各元素的浓度。试液中待测元素浓度应在标准曲线的工作范围内。

B.7 结果计算

B.7.1 阱中捕集到的挥发 V 元素质量

$$B = (\rho_v - \frac{48 \times 102}{80 \times 182} \rho_{Ti} P) \frac{v \cdot m}{1000M} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

B ——阱中捕集到的挥发 V 元素质量, g;

ρ_v ——试液中 V 元素质量浓度的上机测定值, $\mu\text{g/L}$;

ρ_{Ti} ——试液中 Ti 元素质量浓度的上机测定值, $\mu\text{g/L}$;

P ——SCR 上 V_2O_5 与 TiO_2 涂覆质量比;

v ——试液定容体积, mL;

m —— $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 吸附剂平行样的称样量, g;

M —— $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 吸附剂在水热老化试验后测得的质量, g。

B.7.2 SCR 小样挥发 V 元素质量

$$B_{\text{总}} = B_{\text{热}} + B_{\text{冷}} - B_{\text{热blank}} - B_{\text{冷blank}} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

$B_{\text{总}}$ ——SCR 小样挥发 V 元素质量, g;

$B_{\text{热}}$ 、 ——热阱中捕集到的挥发 V 元素质量, g;

$B_{\text{冷}}$ ——冷阱中捕集到的挥发 V 元素质量, g;

$B_{\text{热blank}}$ ——程序空白试验的热阱中捕集到的挥发 V 元素质量, g。

$B_{\text{冷blank}}$ ——程序空白试验的冷阱中捕集到的挥发 V 元素质量, g。

B.7.3 V 元素挥发速率

$$D_T = \frac{M_{\text{cat}}}{M_{\text{sample}} \cdot V \cdot t} B_{\text{总}} \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

D_T —— T 温度点下, SCR 样品中 V 元素挥发速率, $\mu\text{g}/(\text{L} \cdot \text{h})$;

M_{sample} ——SCR 小样质量, g;

M_{cat} ——SCR 载体质量, g;

V ——SCR 载体体积, L;

t ——水热老化时间, 18 h。

B.8 精密度要求

在重复性条件下获得的独立测试结果的相对标准偏差应不大于 5%；否则，应在重复性条件下补加两次以上的独立测试。相对标准偏差大于 5% 的测试结果视为异常值，应予以剔除。剔除异常值后的测试结果的相对标准偏差应不大于 5%。

B.9 V、Ti 检出限

在 ICP-MS 上机分析测得的试液中的 V、Ti 含量检出限为 10 $\mu\text{g/L}$ ，检出限以下视为未检出。

B.10 V 挥发速率限值

SCR 的 V 挥发速率限值以 550 $^{\circ}\text{C}$ 的测试结果计，600 $^{\circ}\text{C}$ 和 650 $^{\circ}\text{C}$ 的测试结果作为观察结果。550 $^{\circ}\text{C}$ 时，V 挥发速率推荐不高于 1 000 $\mu\text{g}/(\text{L}\cdot\text{h})$ 。

B.11 是否有 V 挥发的初判方法

水热老化试验后热阱中 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 吸附剂相比未经试验的 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 吸附剂，若有部分变黄色的现象，即可初判为有明显 V 挥发，若无变黄色的现象，则可初判为无明显 V 挥发。

附 录 C
(规范性附录)
SCR 小样试验方法

C.1 取样方法

将 SCR 载体从纵向 1/2 和横向 1/2 处分别切开，得到左上（下）部和右上（下）部四部分。任取其中一部分，从靠近载体中心处取样，推荐取样规格为 $\Phi(20\sim 25)\text{ mm}\times(45\sim 50)\text{ mm}$ ，取样示意图见图 B1，取样后用压缩空气吹扫清理。如果催化剂载体为分区涂覆，根据涂敷工艺确定取样方式。

C.2 配气组分

SCR 小样评价中应用气体组分及浓度如表 C1 所示。

表C1 小样评价气体组分及浓度

组分	NO	NH ₃	O ₂	CO ₂	H ₂ O	N ₂
浓度	(500±50) ×10 ⁻⁶	(500±50) ×10 ⁻⁶	(10±0.5)%	(8±0.5)%	(5±0.5)%	平衡气

C.3 预处理

对试验样品进行预处理。在模拟尾气组成的气氛条件下，入口温度 (550±10) °C，空速(40 000±2 000)h⁻¹，时间 1 h。预处理结束后，关闭反应气，通入干燥空气，快速降温至 100°C 以下并维持稳定。

C.4 性能测试

测试试验条件如表 C2 所示。

表C2 小样测试条件

空速 (h ⁻¹)	温度 (°C)	测试步长 (°C)
40 000±2 000	(150±5)~(650±5)	25

每个温度下进行采样前，排气至少稳定 1 min。每温度点测试过程中，连续记录样品入口和出口的气态 NO_x 浓度，同时记录样品的入口温度。计算获得每温度点下 NO_x 转化效率。