

国家标准

# 烟气脱硝催化剂检测技术规范

Testing Standard of SCR catalysts for the DeNO<sub>x</sub> of Flue Gas

编制说明

（征求意见稿）

《烟气脱硝催化剂检测技术规范》

国家标准编制工作组

# 《烟气脱硝催化剂检测技术规范》

## 编制说明

### 1 任务来源

国家标准《烟气脱硝催化剂检测技术规范》的制定任务来源于2013年第一批国家标准制修订计划，项目编号为20130424-T-303。根据计划要求，本标准的起草单位为清华大学、中国标准化研究院、浙江大学热能工程研究所、机械科协研究总院、西安热工研究院有限公司、江苏龙源催化剂有限公司、中电投远达环保有限公司、大唐南京环保科技有限责任公司。由全国环保产品标准化技术委员会（SAC/TC275）负责归口管理。

### 2 工作简况

#### 2.1 工作背景

随着我国经济社会的快速发展，以煤炭为主的能源消耗大幅攀升，我国大气污染的趋势没有从根本上得到遏制，已由单一煤烟型污染转变为煤烟型与光化学污染并存的复合型污染。近年来，京津冀、珠三角、长三角地区PM<sub>2.5</sub>浓度居高不下，高于新修订的国家环境空气质量标准（GB3095-2012）70%-160%，也比世界卫生组织的指导值高出3倍以上，灰霾天数占到全年总天数的30%—50%，不利气象条件下区域性的灰霾持续时间长达5-10天。PM<sub>2.5</sub>及其前体物如二氧

化硫（SO<sub>2</sub>）、氮氧化物（NO<sub>x</sub>）、挥发性有机物（VOCs）、氨（NH<sub>3</sub>）等的减排形势已十分严峻，亟需加强防控力度。火电、冶金、建材、石化等重点工业源生产过程是 PM<sub>2.5</sub> 及其前体物最主要来源的之一。据统计 70% 以上的 NO<sub>x</sub> 来自火电、钢铁、水泥等主要用能行业排放。控制工业源 PM<sub>2.5</sub> 及其前体物的排放是控制我国 PM<sub>2.5</sub> 污染的关键。我国大气环境高浓度污染发生频率之高，影响范围之大，污染程度之重，已成为制约我国社会经济发展的瓶颈之一，严重威胁到人民群众的身体健康和生态安全。以 PM<sub>2.5</sub> 为代表的大气颗粒物污染将是我国相当长一段时期内面临的最主要的大气环境问题。加快研制脱硝催化剂性能检测方法国家标准，旨在提高脱硝催化剂的检测水平，从而提高我国催化剂的整体质量水平。

## 2.2 工作简况

2013 年 10 月，由全国环保产品标准化技术委员会（SAC/TC275）组织清华大学、中国标准化研究院、浙江大学热能工程研究所、机械科协研究总院、西安热工研究院有限公司科研单位，及国内大型催化剂生产厂商江苏龙源催化剂有限公司、中电投远达环保有限公司、大唐南京环保科技有限责任公司等催化剂制造单位共同组成标准起草组，结合多年科研积累、实际工作经验及工业发展需求，开展了国内外烟气脱硝催化剂文献资料及工程实践案例的调研工作。

2014 年 4 月至 2014 年 12 月，标准起草组对该项国家标准的技术内容进行了反复充分的科学讨论及产业结合。具体的会议及工作过

程如下。

2014年4月，在全国环保产品标准化技术委员会（SAC/TC275）的组织下，清华大学联合中国标准化研究院、浙江大学热能工程研究所、机械科协研究总院、西安热工研究院有限公司科研单位对DLT 1286-2013《火电厂烟气脱硝催化剂检测技术规范》行业标准进行了研究，并且考察了以此行业标准为基础的必要性。并对《烟气脱硝催化剂检测技术规范》国家标准的编制工作进行任务分配。

2014年5月，清华大学联合江苏龙源催化剂有限公司、中电投远达环保有限公司、大唐南京环保科技有限责任公司等催化剂制造单位，开展了催化剂生产及运行监测标准会议，进行了技术共享。在对DLT 1286-2013《火电厂烟气脱硝催化剂检测技术规范》进行深入研讨和修改的基础上，确定了《烟气脱硝催化剂检测技术规范》国标基本框架内容，并形成国标草案。

2014年10月，《烟气脱硝催化剂检测技术规范》国家标准征求意见稿1.0形成。标准主要包括了催化剂的几何外形尺寸测量，磨损强度测量，理化性能检测及工艺特性检测几部分内容。该标准征求意见稿作为阶段性成果，各个单位对其进行了讨论及研究。

2014年12月，通过单位意见的反馈，标准对板式催化剂部分内容进行了修订，并且根据实际发展需要，增加了条状催化剂的检测，并完善了工艺特性检测部分，增加了氮气选择性检测。完成了烟气脱硝催化剂检测技术规范国家标准征求意见稿2.0。

2015年1-3月，标准起草组再次对《烟气脱硝催化剂检测技术规范》国家标准征求意见稿2.0进行了结构及形式上的调整，在此基础上形成了最终的烟气脱硝催化剂检测技术规范国家标准征求意见稿3.0。

### 3 国家标准编制原则和确定国家标准主要内容

本标准以国家环境保护和污染防治相关法律、法规、规章、技术政策和规划为依据，促进环境效益、经济效益和社会效益的统一为原则，在标准的编写结构和内容编排等方面根据 GB/T1.1《标准化工作导则、指南和编写规则》系列标准的要求，在考量国内催化剂主要性能指标时，综合考虑生产企业的能力和用户利益，结合国际学术界使用的先进科学表征手段，从几何特性，理化性能及工艺参数等多方面选取对大气污染物控制装备生产和运行最具影响的关键因素作为评价指标，充分体现标准在评价方法和评价技术上的科学性、先进性、可操作性。

当前，火电、钢铁、水泥等行业的烟气脱硝催化剂产品质量良莠不齐，缺乏对烟气脱硝催化剂检测的技术规范，阻碍了催化剂行业的健康发展和良性竞争。本标准为燃煤、燃油、燃气、垃圾和生物质燃烧产生的烟气脱硝所采用的选择性催化还原法（SCR）的催化剂检测技术规范，适用于电力、冶金、化工、水泥、玻璃等行业。并且规定了烟气脱硝催化剂的检测内容、方法及等相关设备等。适用于蜂窝式、

平板式、条状催化剂的检测，为波纹式、颗粒状催化剂的检测提供了参照。本标准中规定标准状态为烟气在温度为 273K，压力为 101325Pa 时的状态，简称“标态”。文中所提选择性催化还原法在催化剂作用下，氨基还原剂与氮氧化物反应，生成氮气和水的脱硝工艺。蜂窝式催化剂指整体挤压成型，端面为蜂窝状，经焙烧而成的脱硝催化剂。平板式催化剂是以不锈钢网为基材，在其表面涂覆活性物质经焙烧而成的脱硝催化剂。条状催化剂是整体挤压成型，具有三叶草断面的，经焙烧而成的脱硝催化剂。波纹式催化剂是以陶瓷纤维等为基材，经浸渍、焙烧而成的脱硝催化剂。以上四种催化剂包含了现阶段工业上所有的催化剂产品。

本标准所涉及的主要检测内容为：几何特性指标、理化特性指标和工艺特性指标。其中几何特性指标包括脱硝催化剂的外观尺寸、几何比表面积和开孔率。理化特性指标包括脱硝催化剂的抗压强度（蜂窝式催化剂）、粘附强度（平板式催化剂）、磨损强度、比表面积、孔容、孔径及孔径分布、主要化学成分和微量元素。工艺特性指标包括脱硝催化剂的活性、选择性及氨逃逸和  $\text{SO}_2/\text{SO}_3$  转换率，其中活性和氨逃逸指标同时检测。

催化剂的几何特性指标部分，按照蜂窝式催化剂、平板式催化剂、条状催化剂的不同，进行了测量内容及测量方法上的分类。为了保证催化及几何特性指标测量内容及方法的适用性，标准研制中特地注意了标准与实际生产的结合。蜂窝式催化剂的测量方案来自于国电龙源催化剂有限公司对于蜂窝式催化剂的调研，平板式催化剂的测量方案

来自于大唐南京环保科技有限责任公司行业的调研，条状催化剂主要调查了石化行业的三叶草催化剂。

催化剂的理化性能指标包含了抗压强度、磨损强度、抗弯强度、比表面积、孔容孔径及孔径分布、主要化学成分和微量元素的测量。由于不同催化剂产品的测量设备及方法有所不同，标准在表征催化剂强度参数时特地将蜂窝催化剂、平板式催化剂及条状催化剂分开，分别以磨损强度和抗弯强度作为强度参数。

催化剂的工艺特性指标的检测应采用专门的测试装置，针对完整的蜂窝式催化剂单元体或按照特殊要求切割后的平板式催化剂进行，其装置流程见图 1。

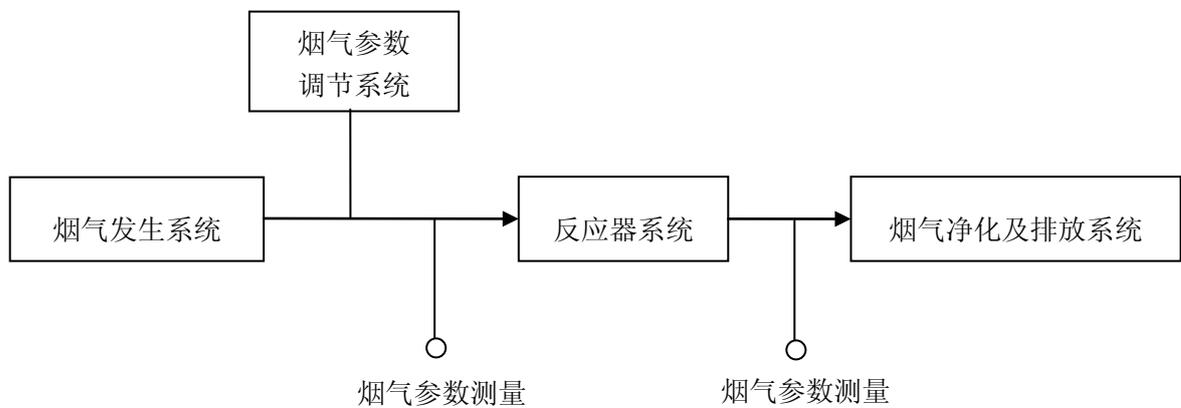


图 1 脱硝催化剂工艺特性指标测试装置流程图

脱硝催化剂工艺特性指标测试装置的主要性能参数见表 1。

表 1 工艺特性指标和测试装置的主要性能参数

项目	设计条件	单位	偏差
烟气流量	20~55	Nm <sup>3</sup> /h	±2% (相对值)
烟气温度	200~500	℃	±1℃

SO <sub>2</sub> 浓度	400~15000	mg/m <sup>3</sup>	±0.8 (相对值)
NO 浓度	200~2000	mg/m <sup>3</sup>	±0.8 (相对值)
O <sub>2</sub> 浓度	3~18	%	±0.2 (绝对值)
NH <sub>3</sub> 浓度	80~800	mg/m <sup>3</sup>	±0.8 (相对值)
H <sub>2</sub> O 含量	3~22	%	±2 (相对值)

脱硝催化剂工艺特性指标测试装置的烟气成分检测方法及参考标准见表 2。

表 2 推荐的烟气成分检测方法及标准

序号	烟气成分	推荐方法	参考标准
1	NO/NO <sub>2</sub>	红外光谱法 化学发光法 盐酸萘乙二胺分光光度法	ISO 7996 HJ/T 43
2	O <sub>2</sub>	磁力机械式氧分析仪法 O <sub>2</sub> 传感器法	JJG 662
3	SO <sub>2</sub>	红外光谱法 化学传感器法 紫外荧光法 碘量法 离子色谱法	ISO 10498 HJ/T56 GB/T 14642
4	SO <sub>3</sub>	高氯酸钡—钼试剂法 离子色谱法	GB/T 21508 GB/T 14642
5	NH <sub>3</sub>	红外光谱法 氨气敏电极法 次氯酸钠—水杨酸分光光度法 离子色谱法	GB/T14669 HJ 534 GB/T 15454
6	H <sub>2</sub> O	冷凝法 重量法 露点法	GB/T 16157 GB/T 5832.2-2008
7	N <sub>2</sub> O	红外光谱法 气相色谱法	

## 4 国家标准技术论证分析

目前，实验室及工业上应用的催化剂评价系统对于评估新鲜催化剂脱硝活性、运行催化剂脱硝活性以及新型催化剂配方与工艺研发至关重要。不同的催化剂评价系统可适用于不同的评价目的。在工业中，按照催化剂评价系统规模分类，脱硝催化剂性能测试方法可以分为小粒度活性评价装置、微型活性评价装置、中性活性评价装置及在线活性评价装置，其测试精准度随着规模的提高而上升。然而，不同的测试采用不同的测试参数会使得到的数据比较性较差，不能满足不同厂家催化剂的相互比较。

燃煤、燃油、燃气、垃圾和生物质燃烧产生的烟气脱硝所采用的选择性催化还原法（SCR）的催化剂在实际应用中的几何特性指标会影响催化剂整体模块的装机容量及装机型号问题，因此对几何特性指标进行规定存在必要性，对必要几何指标进行测定方法的规定有利于不同催化剂厂家及电厂进行供需对接。对催化剂进行必要的理化性能指标进行测定具备必要性，催化剂的有害微量组分会严重影响催化剂在实际使用过程中的活性性能及使用寿命。催化剂的开孔率，比表面积性能会影响催化剂的活性。催化剂的抗压强度会在实际使用过程中，收到空速、烟气飞灰量的影响，是催化剂寿命参数的重要指标。条状催化剂的抗弯强度及蜂窝状催化剂及板式催化剂的磨损强度也会影响催化剂在高灰条件下的使用性能及寿命。

催化剂的活性是脱硝催化剂的特殊性能，在本标准中对活性的测

试方法及装置进行了充分的研究及调查。调查表明，整体式催化剂活性评价的实验装置主要包括气体控制单元、液体控制单元、反应器单元、产物控制和分析单元、系统控制单元。催化剂的活性评价应该对整体式催化剂进行评价。

气体控制单元包括原料气、气路调节剂流量控制系统、预热器、保温箱、混合器等。进行活性评价的气体采用模拟烟气，烟气成分包括  $N_2$ 、 $O_2$ 、 $NO$ 、 $NH_3$ 、 $SO_2$ 。 $N_2$ 、 $O_2$ 、 $NO$ 、 $SO_2$  经流量计控制后进入气体预热器，预热器将混合气体加热至一定的温度，再经过保温管线，进入到反应器入口的保温箱内，气体混合器放置在保温箱内， $NH_3$  经过流量计控制后直接进入混合器，所有气体和水再次混合后，进入到反应器内。

液体控制单元包括液体储罐、计量泵、汽化器等。模拟烟气中的水蒸气采用液体控制单元进行控制，液体贮罐中的水通过计量后首先进入汽化器，在汽化器内全部气化后再进入混合器与气体原料混合。

反应器单元包括反应器、加热器等。反应器为方形不锈钢反应器，加热器将反应器加热至所需要的反应温度，反应器内有一段恒温区，催化剂可放置在恒温区内，以保证温度的均匀性。同时为了测定催化剂床层内真实反应温度及温度分布均匀性，在催化剂床层内插有金属管，用于测量床层轴向温度分布。

产物控制和分析单元包括气液分离器、烟气分析仪等。反应后的气体经气液分离器将水与气体分开，以避免水对烟气分析仪的影响，然后气体进行烟气分析仪进行分析。

系统控制单元可将所有操作和检测仪表进行计算机监控。活性测试简图可以由下图表示。

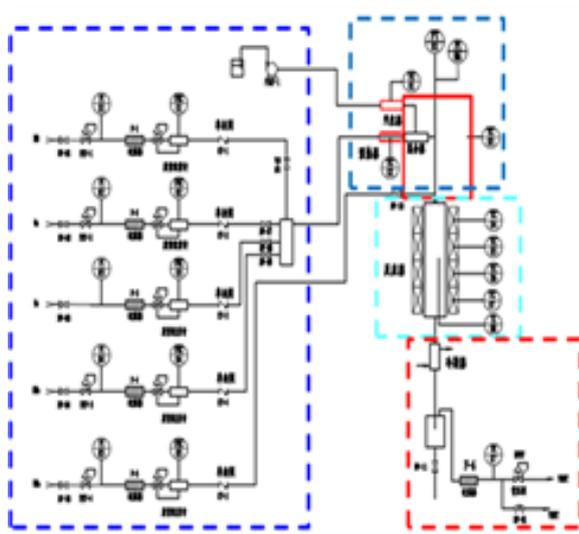


图 1 活性测试装置简图

本标准检测活性测试标准可适用于四种不同的实验规模，分别为小粒度活性评价装置、微型活性评价装置、实验室规模的中型评价装置、在线活性评价装置。所规定检测指标可通过以上检验过程完整得出。本标准中的集合特性指标及检测方法来自于催化剂厂家的实际生产过程。理化特性指标的检测方法均采用国际学术界普遍使用的表征手段。试样的制备及测试方法，参照GB/T 4741，GB/T 19587，GB/T 21650.1，GB/T 23942。

按照本标准检测方法检测得到的催化剂的工艺参数可以对催化剂在不同烟气条件下符合GB 13223火电厂大气污染物排放标准与否提供参考。

## 5 采用国际标准和国外先进标准的程度

本标准作为工业产品的检测标准，本标准参照已有国家标准，行业标准及国际检测方法进行补充，完善了催化剂几何特性，性能参数及工艺特性的检测。本标准参考VGB-R 302 H Guideline for Testing of DENOX Catalyst，标准的基本检测指标及方法参照该标准，同时为了最大程度地适用于国内催化剂生产厂家，更多地引用国内的国际标准作为方法参考。本标准共引用27个国内外标准，其中国外标准或检测方法4个，国内标准23个。

## 6 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准内容以国家现有《环保法》为基础，与《火电厂氮氧化物防治技术政策》保持一致，标准利于“十二五”期间加大对氮氧化物排放的控制力度的有力进行，以强制性国家标准《火电厂大气污染物排放标准》（GB 13223-2011）规定的排放浓度限制为参照目标，充分考虑与现有国家标准、行业标准之间的协调性，并有效解决目前标准间重复甚至矛盾的现状。

## 7 国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议

本标准为首次制定，目前国内无相应的评价标准可供参考，并且催化剂现阶段生产需求量大，生产水平不同，标准的颁布与实施能满足生产厂家及客户性能需求的对接，形成标准化的检测流程。建议国家标准主管部门加快标准的各项程序，尽早颁布实施。