

中华人民共和国国家标准

《烟气集成净化专用碳基产品》

编制说明

（征求意见稿）

《烟气集成净化专用碳基产品》标准起草组

二〇一六年七月

《烟气集成净化专用碳基产品》国家标准

编制说明（征求意见稿）

一、任务来源

为正确引导碳基产品生产方向，加快产业结构调整，促进产业转型升级，化解过剩产能，根据 2014 年 7 月 31 日国家标准化管理委员会正式发布的“关于下达《氧化铝单位产品能源消耗限额》等 122 项国家标准制修订项目计划的通知(国标委综合[2014]51 号)”，《烟气集成净化专用碳基吸附产品及测试方法》被列为 2014 年标准制定项目，计划编号：20140160-T-303，由北京清新环境技术股份有限公司（原“北京国电清新环保技术股份有限公司”）作为牵头编制单位完成此项目，由全国环保产业标准化技术委员会（SAC/TC275）归口。后经反复研讨，标准名称更名为《烟气集成净化专用碳基产品》。

二、制定标准的背景、目的和意义

2.1 背景

高耗能、高投入、高污染、低效益已越来越成为我国社会经济发展的制约因素，为深入推进节能减排，淘汰落后技术，化解产能过剩，实现资源有效整合和保护环境，故亟需一种脱除烟气中多种污染物的方法和产品。

“十二五”时期是我国加快构建资源节约型和环境友好型社会的重要时期，节能减排和大气环境保护工作将不断深入。随着国内各大、中型城市雾霾天气的逐渐增多，社会对大气污染控制领域的关注越来越明显，特别是政府及公众普遍对 SO₂、NO_x、Hg、PM_{2.5}、气溶胶、二恶英等有毒有害、高致癌物质的污染排放控制表现出重大关切，由烟气污染物的排放导致的大气污染问题已成为制约我国经济社会可持续发展的主要因素之一。

以燃煤电厂烟气污染深度治理为例，需要与时俱进的新技术及适当超前环保产品及测试标准作为技术支撑。2015 年为燃煤发电超低排放的主要实施年，全国主要发电集团超低排放改造机组总容量估计超过 1.2 亿千瓦，2016 年~2017 年将成为燃煤电厂超低排放技术改造项目实施的高峰年，大多数项目都会在该时间段完成改造。据媒体公布信息表明，五大发电集团已累计完成 8421 万千瓦机组超低排放改造，约占总量的 85%，占现有燃煤电厂机组总容量的 10%左右，仍

有大量的燃煤机组需要深度治理。

钢铁行业是继火电行业之后的又一大污染性行业，钢铁冶炼生产过程产生大量的二氧化硫(SO₂)、氮氧化物(NO_x)和烟(粉)尘颗粒物等污染物，其中 SO₂ 排放量占到工业源总排放量的 10.5%，仅次于火电行业的排放量。而烧结工序则是这些污染物产生的主要来源，其排放的 SO₂、NO_x 和颗粒物等废气污染物分别占到了钢铁企业排放总量的 70%、40%和 35%以上，也因此成为钢铁企业大气污染防治的一个最重要环节。

烧结烟气治理一直是钢铁行业环保治理的难题之一。“十二五”期间，国家对钢铁行业环保提出了更高的要求，《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》以及 2015 年 1 月 1 日出台的新环保法更是将氮氧化物脱除列入其中，并执行严格的排放标准。因此，烧结烟气中二氧化硫、氮氧化物、二恶英等污染物减排是钢铁行业当前迫切需要解决的重点问题，各大钢铁企业也一直在探寻烧结烟气脱硫、脱硝、脱二恶英等污染物协同治理的高效解决途径。

再例如，现阶段城市快速发展，“垃圾围城”问题随之凸显。过去主要的处理方式填埋，但效率较低、浪费土地，目前建立垃圾焚烧发电厂，被视为解决垃圾问题的途径之一。但垃圾焚烧产生的烟气，含有二恶英等污染物。如何化害为利，综合利用垃圾资源成为目前摆在社会面前的一道难题。国家发展改革委员会、环境保护部等部委此前联合印发的《生活垃圾处理技术指南》(以下简称《指南》)就明确规定，生活垃圾在焚烧炉内应得到充分燃烧，二次燃烧室内的烟气在不低于 850℃的条件下滞留时间不小于 2 秒，焚烧炉渣热灼减率应控制在 5%以内。《指南》还对垃圾焚烧电厂控制二恶英排放提出更多措施。具体来说，要严格控制燃烧室内焚烧烟气的温度、停留时间与气流扰动工况；减少烟气在 200℃~500℃温度区的滞留时间；设置活性炭粉等吸附剂喷入装置，去除烟气中的二恶英和重金属。

近年来在对燃煤锅炉、工业窑炉等烟气污染排放控制工程的实践中，各方面逐渐认识到传统的烟气污染排放单独控制技术，已难以满足日益提高的环保排放要求，且单独使用除尘、脱硫、脱硝及脱除 Hg、二恶英等有毒有害污染物的控制技术，存在设备复杂，维护困难、占地面积大，投资和运行费用高等问题。

2.2 国内外碳基产品相关标准概况

目前国外有关碳基产品的标准，主要有美国的 ASTM 材料试验学会标准、AWWA/ANSI 自来水工程协会标准，日本的 JIS 工业标准、JWWA 水道协会标准，以及俄罗斯的 Roct 标准。这些发达国家的标准检测项目不尽相同，各有侧重，但从发展趋势来看，各国标准有向 ASTM 靠拢的趋势。国内的碳基产品标准，主要分为木质活性炭标准和煤质活性炭标准，其中煤质活性炭标准近些年经历了 GB/T7702-1987、GB/T7702-1997 和 GB/T7702-2008 三个版本，涉及的方向有气相、液相和载体用活性炭，另外煤炭、林业、电力等行业也编制了一系列有关活性炭的标准。经过搜资、查新发现，虽然目前国内关于碳基产品的企业标准、地方标准、行业标准和国家标准等数量众多、类型丰富，但大部分标准均集中在柱状活性炭产品或者用于脱硫脱硝等方面；而针对目前已经逐步形成一定生产规模的不定型和粉末状碳基产品，以及新形势下需不断满足的环保要求（脱汞、二恶英等），标准体系中仍亟需一份涵盖面广、与时俱进的国家标准。本标准能够针对不同的应用装置指导用户做出正确的选择，并给出了符合要求的碳基产品性能指标，能够符合供需双方的经济利益，填补国内空白。

2.3 目的和意义

为贯彻落实新修订的《环境保护法》、《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）》、《国家环境保护“十二五”规划》（国发〔2011〕42 号）、《国家“十二五”科学和技术发展规划》、《大气污染防治行动计划》（国发〔2013〕37 号），积极推进全国大气污染防治科技创新和产品创新，培育和发展节能环保战略性新兴产业，支撑大气环境质量改善，科技部和环境保护部组织制定了《蓝天科技工程“十二五”专项规划》。“专项规划”明确提出的重点任务和优先发展领域之一就是大力推进燃煤锅炉、工业窑炉等污染排放领域的脱硫脱硝脱汞等协同污染物控制技术。《国家环境保护“十三五”规划编制基本思路》中也重点提出，实现空气质量改善，实现二氧化硫、氮氧化物、一次颗粒物、挥发性有机物等的共同减排。《国家“十三五”规划纲要》中明确指出，增强节能环保工程技术和设备制造能力，加快汽车尾气净化、多污染协同处理等新型技术装备研发和产业化。李克强总理在《2016 政府工作报告》中指出，加大环境治理力度，重拳治理大气雾霾，2016 年二氧化硫、氮氧化物排放量分别下降 3%；着力抓好减少燃煤排放和机动车排放；全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造；在重点区域实行

大气污染联防联控。在电力行业，2015 年 12 月 31 日，国家发展改革委员会发布《关于在燃煤电厂推行环境污染第三方治理的指导意见》（发改环资[2015]3191 号）。2016 年 1 月 15 日，国家能源局、国家发展改革委员会和国家环保部联合召开加快推进煤电超低排放和节能改造动员大会，会议要求进一步认真贯彻、全面落实党中央、国务院决策部署，统一思想、凝聚共识、明确任务、形成合力，把全面加快推进煤电超低排放和既能改造工作不折不扣地落到实处。

在众多的烟气污染物排放控制联合脱硫脱硝技术中，具有烟气集成净化功能的碳基材料吸附法（如 CSCR 干法集成净化技术）是一种能脱除烟气中多种污染物的方法，具有烟气集成净化功能的碳基材料是新型核心环保产品，编制相关标准，填补国内外空白至关重要。特别是该技术除能同时脱除 SO_x 、 NO_x 、 HCl 和 HF 等酸性气体， Hg 、 As 等重金属污染物外，还具有脱除烟气中的烟尘粒子、二恶英、 NH_3 、呋喃、 VOC 等挥发性有机物及其它微量有毒有害元素等的高度集成广谱净化效果。该标准的编制与发布能积极促进相关环保领域烟气治理应用新工艺新技术的发展，是现阶段燃煤电厂实现清洁生产目标，排放标准及特别排放限值的重要技术支撑之一。随着环保标准的日趋严格及协同控制技术不断得到重视，烟气集成净化技术将得到广泛应用（CSCR、上海克硫 YJJ、中冶长天、太钢等活性焦干法烟气集成净化技术）。

三、标准编制原则

3.1 编制《烟气集成净化专用碳基产品》国家标准以《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》、《中华人民共和国产品质量法》等法律、法规为背景和依据，内容不应与其相冲突。

3.2 本标准的编制严格按照《GB/T1.1-2009 标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》、《HJ2521-2012 环境保护产品技术要求制定技术导则》和《GB/T20001.4-2001 标准编写规则 第 4 部分：化学试验方法》的规定进行。

3.3 本标准坚持指标适中的编制原则，淘汰落后产能，化解产能过剩，优化产业结构，规范碳基产品供需市场。标准中的各项指标测试方法充分考虑了试验过程的可操作性和检测成本的经济性。

3.4 标准还应符合我国碳基产品在烟气集成净化领域中应用的实际状况，并为其在实际应用中实施留有余地，充分考虑现有的干法净化烟气领域中的装置、运行

处理成本以及管理等技术水平。

四、标准编制过程

4.1 2014 年 7 月~8 月，全国环保产业标准化技术委员会（SAC/TC275）下达《烟气集成净化专用碳基吸附产品及测试方法》国家标准编制科研任务（环保标委秘字[2014]019 号），计划编号：20140160-T-303。由北京清新环境技术股份有限公司牵头负责，中冶长天国际工程有限责任公司、中国林业科学研究院林产化学工业研究所、内蒙古双欣环保材料股份有限公司、中国标准化研究院、北京国电智通节能环保科技有限公司、华北电力大学和山东电力工程咨询院有限公司等单位参与，成立了标准起草组。

4.2 2014 年 9 月，由中电联节能环保分会牵头，组织专家及标准编制单位赴清新环境托克托干法脱硫中试工程现场调研。调研组实地了解干法集成净化碳基产品及其技术应用的实际情况，肯定了国家标准编制的必要性和现实意义，确定了标准编制的主要内容及编制大纲。

4.3 2014 年 10 月~2015 年 10 月，资料调研，对生产、应用、科研等企事业单位进行的走访，收集有关信息资料和样品，并对调研资料进行整理、分析，形成调研报告。确定标准分工，由清新环境、林化所、中冶长天、双欣环保等联合进行样品性能表征试验，确定试验技术方法。在此基础上完成标准编制大纲，编写标准讨论稿和标准编制说明。

4.4 2015 年 11 月~2016 年 2 月，完成标准讨论稿。2016 年 1 月 21 日编制组组织标准参编单位在北京召开标准编制组第一次内部工作会议，对标准讨论稿中的技术要求、检测方法、术语和定义、单位符号等方面进行了修改和完善，会议形成相关会议纪要。

4.5 2016 年 3 月~5 月，根据编制组第一次内部工作会议纪要给出的各项修改意见与建议，编制组对国家标准讨论稿和编制说明讨论稿进行了修改和完善。编制组通过函审或者拜访业内多位专家，并根据专家意见和建议再次进行修改；同时对标准核心部分进行小范围征求意见，根据反馈结果进行适当调整、修改。

4.6 2016 年 6 月~7 月，编制组组织标准参编单位及业内多位专家召开了标准编制组第二次内部工作会议暨专家研讨会，对标准提出了一些建设性意见。编制组再次根据专家意见，对标准内容进行了补充、修改和完善，形成本国标征求意见稿

和编制说明征求意见稿。考虑到本标准中的测试方法主要以规范性附录的形式存在，标准主体以产品指标为主，因此去掉“测试方法”，将标准名称更名为“《烟气集成净化专用碳基产品》”。

五、标准的主要内容与说明

《烟气集成净化专用碳基产品》（征求意见稿）共由十个部分组成：前言、范围、规范性引用文件、术语和定义、分类、要求、检验规则、检验方法、标志包装运输储存、附录。部分主要内容如下：

5.1 规范性引用文件

规定了本标准编制过程中配套引用的十几项国家标准、行业标准等，主要包括活性炭各指标试验方法、试验用水标准及采样标准等。其中着火点的检测方法根据产品类型不同，选择的检测标准也不同。煤质颗粒活性炭着火点的检测方法，适用于 A 类和 B 类等颗粒状的碳基产品，需破碎至一定粒度；粉尘云最低着火温度测定方法，适用于 C 类粉状炭。

5.2 术语和定义

本标准对“集成净化”、“碳基产品”、“4h 硫容”、“工作硫容”、“汞容”、“灼烧残渣”、“耐磨强度”等 12 个术语和定义做出明确的规定。其中碳基产品是指具有一定吸附及催化性能，用于烟气集成净化的碳基材料；4h 硫容是指在规定的试验条件下，4 小时内单位质量碳基产品吸附的二氧化硫质量；汞容是指在规定的试验条件下，单位质量碳基产品吸附汞的总质量。

5.3 分类分级

本标准涵盖了烟气集成净化领域内大部分的碳基产品，涉及范围广，产品数量多，因此分类较为繁琐。首先按照产品尺寸进行分类，分为颗粒类和粉末类（C 类）；颗粒类按照外观继续分为圆柱类（A 类）和不定型类（B 类）。对碳基产品分类继续进行细化，其中 A 类产品根据选用的装置或者用途不同，分为 A1 类（错流床）和 A2 类（对流床）；C 类产品根据是否添加改性剂，分为 C1 类（无添加）和 C2 类（添加）；作为不定型的 B 类不再做任何分类。

目前市场上应用较多的当属圆柱类（A 类）碳基产品，受原料属性、生产工艺、生产水平等因素的影响，导致此类产品质量参差不齐。因此本标准对 A 类

碳基产品着重进行产品分级，分为一级、二级和三级产品，以满足各个阶层消费者的使用需求。

5.4 指标

按照分类分别对三类烟气集成净化专用碳基产品确定指标，每类产品因性状、应用方向不同，具体指标也不尽相同。对于 A 类碳基产品，相对应的指标主要为 4h 硫容、工作硫容、脱硝率、强度、着火点等指标。为满足不同用户的需求，标准规定对 A 类碳基吸附产品进行分级：一级、二级和三级，分级标准主要有 4 项指标：工作硫容、脱硝率、耐磨强度和抗压强度。

对于不定型类碳基产品，因其不规则的外观状态及用途，因此不考虑抗压强度和粒径等指标。

粉状类碳基产品多应用于垃圾焚烧、重金属脱除等方面，现阶段应用最多的为汞的脱除，因此将粉状类碳基产品分为无添加和添加，相应的指标也分别进行规定，主要有汞容、着火点、堆积密度和碘吸附值等。由于目前汞容的检测不够成熟与普及，因此将碘吸附值纳入 C 类的指标检测范围，作为其吸附性能的体现。

A 类、B 类、C 类三种碳基产品，各自的用途不同，所需要的产品质量也不尽相同，因此各自要求的指标也有侧重。本标准中针对每类产品，根据其性状、用途、分级、可操作性等对每种指标的技术要求做出规定，体现了该指标对该类产品的重要性和必要性，并对产品的生产成本和应用成本起到指导作用。

5.5 检验规则

产品检验分为型式检验和出厂检验。型式检验涵盖所有技术要求指标，并且每 6 个月或者每生产 5000 吨碳基产品进行一次，另外实际生产中配方、工艺改变或者新技术应用等情况下也应进行型式检验。出厂检验只包括 4h 硫容、脱硝率、强度、堆积密度、着火点等指标，每个批次均需进行。

另外，检测项目中如至少有一项不符合本标准要求时，应重新取双倍量的包装单元进行复检，重新检测结果如仍有至少一项指标不符合本标准要求时，则整批产品不合格或者由供需双方协商。

5.6 检验方法

本章主要规定了各种技术要求指标对应的检验方法，其中，外观的检验仅需检验员目测即可。除此之外，由于硫容、脱硝率、堆积密度指标的现行国家标准或操作冗繁，增加检测成本（如硫容和脱硝率）；或设备缺乏一致性，增加检测误差（如堆积密度）；还有汞容、主粒径等指标目前还未有成熟的国家标准，搜集国内目前通用的汞容检测方法，经整理、归纳后作为本标准汞容测定的规范性方法；根据主粒径指标在技术和经济两方面的重要性，本标准也形成了主粒径的检测方法。因此，这几项技术要求的检验方法以规范性附录的形式给出，使得整个检验方法更加完整、更加科学。

5.7 标志、包装、运输和储存

碳基产品生产完成后进行包装、贴标、运输和储存。包装时为了避免碳基产品吸水增重，降低经济效益，应采用内部喷塑或者其他隔水材质的包装袋包装。

5.8 附录

本标准含 5 个规范性附录，分别为硫容、脱硝率、汞容、堆积密度和主粒径合格率的检测方法，此 5 种检测方法均为首次提出或者在原有基础上进行修订。

5.8.1 硫容

本测试方法提出了 4h 硫容和工作硫容的概念。4h 硫容是以一定浓度下的二氧化硫吸附 4h 为准，可在较短时间内评判出碳基产品的脱硫性能；工作硫容是以二氧化硫出口浓度升至入口浓度十分之一时的吸附量为单次硫容，循环 10 次测试后的平均值为工作硫容。工作硫容指标在模拟实际工况的情况下，可以得到碳基产品循环使用的工作曲线，在工程上具有较高的指导意义。

5.8.2 脱硝率

模拟烟气在一定温度下采用 SCR 方式达到反应平衡，脱除的氮氧化物与通入的模拟烟气中的氮氧化物的比值即为脱硝率。该测试方法快捷、简单，所需样品质量较少，仅需几百克；同时可大大缩短测试时间，提高检测效率，降低检测成本。

5.8.3 汞容

碳基产品汞容的检测方法目前没有相关的国家标准和行业标准，仅有业内长期摸索出的较通用的检测方法。本测试方法在搜集、整理各大专院校、企事业单位通用检测方法的基础之上，在专业检测人员及相关专家的建议、指导之下，完

成了碳基产品汞容的测试方法。结果计算公式以积分的形式更能准确表示出碳基产品的真实汞容。

5.8.4 堆积密度

堆积密度测试方法的修改主要为测试所需设备的改变，之前颁布实施的有关活性炭堆积密度的国标检测方法，一是通过采用装填密度测定装置，该装置要求较高，不易实现，而且采用 100ml 量筒，对于较大颗粒的碳基产品误差较大；二是通过采用人工或者其它方式将碳基产品缓慢倾入 1L 量筒的方式，手动操作误差和偶然性较大。本方法采用农业上常用的一种设备（标准设备），用来测量谷物或者麦粒堆积密度的容重器，颗粒经过两次自由落体后，能够自然达到紧密状态，降低人工误差；而且容量筒的容积正好为 1L，便于读数。针对颗粒粒径大小不一的情况，对容重器的物料筒进行了改造，使之能够适用于常用规格的碳基产品。

5.8.5 主粒径、合格率

主粒径和合格率属于新指标，在烟气集成净化工程中，对于粒径大小有着严格的要求，只有当粒径在一个合适的范围内才会达到脱除效果和经济效益的双赢。基于此编制组提出主粒径的概念，并且对主粒径的合格范围定为：（主粒径 ± 0.2 ）mm。合格率能够反映出工程上无法继续使用的坏炭或碎炭的的比重，是一项经济指标。

六、碳基产品常规指标

本标准将碳基产品总共分为三大类、五小类，相对应的指标总共为 9 大类、13 小类。其中，水分、灼烧残渣、耐磨强度、抗压强度、粒度、着火点、碘吸附值等指标作为活性炭常规性检测指标，无论是检测方法，还是对指标的要求方面，均与碳基产品出入不大，因此将上述 7 大指标称为碳基产品常规指标。经过编制组调研，将目前市场上现有的国内外各类活性炭品牌指标进行梳理和汇总，依据本标准“指标适中”的编制原则，制定各类碳基产品分级所需的相应指标范围。

6.1 水分

水分作为碳基产品最常规的技术指标之一，目前国内外的活性炭厂商几乎均将其设定在出厂 $\leq 3\%$ 或者 $\leq 5\%$ 。由于活性炭进行包装之前，刚刚进行过高温活化

阶段，水分含量较低，5%较易达到。因此，本标准中对于 A 类和 B 类碳基产品，确定水分要求为 $\leq 5\%$ ；而对于 C 类粉状产品，吸水能力大于颗粒状产品，参考国外 Albemarle、Calgon 及国内某些活性炭品牌生产商的出厂要求，确定 C 类水分 $\leq 8\%$

6.2 灼烧残渣

灼烧残渣，即活性炭常规指标中的灰分。影响灼烧残渣高低的因素很多，包括原煤的种类、活化的程度以及是否进行脱灰工艺等。一般来说，碳基产品的灼烧残渣越低越好。通过调研国内外活性炭厂商的产品指标，柱状活性炭的灼烧残渣大多在 10%~20%之间，而灼烧残渣中的某些成分对脱硫、脱硝等会产生积极作用，另外灼烧残渣指标适当宽松可以降低生产成本，因此本标准对 A 类碳基产品灼烧残渣指标不做严格要求，只要满足 $\leq 20\%$ 即可。另外，对于 B 类产品，由于粒径范围不同，导致活化程度不同，因此灼烧残渣的高低也不同，参考实验室试验数据与国内不定型颗粒活性炭的指标要求，最终将灼烧残渣定为 $\leq 20\%$ 。对于 C 类产品，Calgon、Norit 等国外品牌灼烧残渣在 16%~20%之间，因此定为 $\leq 20\%$ 。

6.3 耐磨强度

C 类粉末状碳基产品无须测定此指标。

6.3.1 耐磨强度的含义与意义

本标准中采用球盘法检测碳基产品的耐磨强度。将样品放入装有一定数量不锈钢钢球的专用强度试验盘内，受旋转和敲击双重力量联合作用一定时间后得到产品的耐磨强度。耐磨强度和抗压强度对碳基产品的应用具有重要意义，在烟气集成净化过程中，碳基产品需要在床层中不断进行吸附与解吸的循环操作，这就要求产品必须具有足够的强度。

6.3.2 精密度

本标准中耐磨强度的测定依据《GB/T20451-2006 活性炭球盘法强度测试方法》进行，精密度要求两个平行试样测定结果相对标准偏差不大于 2%。

6.3.3 试验情况

目前常用的活性炭耐磨强度检测方法采用转鼓法，故需对本标准进行验证试验。从 A 类、B 类碳基产品中选择 8 个样品分别进行验证试验和重复性试验，

详细数据见表 1 和表 2。

由表 1 看出，同一样品通过球盘法得到的耐磨强度值，普遍低于转鼓法。

表 1 耐磨强度试验方法验证试验数据

样品编号	耐磨强度/%					
	球盘法			转鼓法		
	1	2	平均值	1	2	平均值
A（A 类-Φ5mm）	98.65	98.67	98.66	99.12	99.15	99.14
B（A 类-Φ7mm）	97.98	98.01	98.00	98.56	98.55	98.56
C（A 类-Φ9mm）	97.75	97.37	97.56	98.06	98.08	98.07
D（B 类）	91.32	91.87	91.60	93.24	93.30	93.27

表 2 耐磨强度试验方法重复性及精密度试验数据

样品编号	耐磨强度/%			标准偏差	相对标准偏差
	第 1 次	第 2 次	平均值		
A（A 类-Φ5mm）	98.65	98.67	98.66	0.0141%	0.0143%
B（A 类-Φ7mm）	97.98	98.01	98.00	0.0224%	0.0228%
C（A 类-Φ9mm）	97.75	97.37	97.56	0.269%	0.275%
D（B 类）	91.32	91.87	91.60	0.389%	0.425%

6.3.4 耐磨强度指标确定

通过调研国内外活性炭厂商的产品指标，A 类碳基产品的耐磨强度普遍较高，目前生产高耐磨强度的碳基产品已具有成熟的工艺和方法，因此对 A1 类一级和二级产品定为 $\geq 97\%$ ，三级产品定为 $\geq 94\%$ ；A2 类一级和二级产品定为 $\geq 98\%$ ，三级产品定为 $\geq 96\%$ 。因应用的床型不同，故对 A1 类和 A2 类碳基产品的耐磨强度要求略有不同。而作为 B 类产品，不规则颗粒整体的耐磨强度要低于 A 类规则颗粒。受粒径大小、同等条件下活化程度不同等因素的影响，综合验证试验数据，对 B 类碳基产品耐磨强度定为 $\geq 90\%$ 。

特别说明，本标准中涉及到的 A 类碳基产品，按照技术要求质量高低分为一级、二级和三级三档。因产品指标较多，三档产品不可避免的会出现指标交叉冲突的情况。比如，当脱硝率达到一级时，抗压强度可能仅为二级，对于此种情况，供需双方或者将硫容、脱硝率等指标定为主要技术指标，将抗压强度、耐磨

强度等定为次要技术指标，或者由双方自行协商解决指标交叉冲突之情况，以及由此带来的经济利益冲突。

6.4 抗压强度

抗压强度是表征碳基产品受力程度的数值，抗压强度越高，意味着碳基产品在相应的反应器里抗破碎能力越高，是一项技术指标兼经济指标。抗压强度是通过抗压强度测定仪来测定的，测定仪对碳基产品的外观性状有较高要求，而本标准中的 B 类不规则颗粒和 C 类粉末状不适用于测定仪，因此本指标对 B 类、C 类碳基产品不作要求。另外，不同的反应床型要求的碳基产品技术指标也不尽相同，本标准中的 A1 类圆柱状产品主要适用于错流床型，A2 类圆柱状产品主要适用于对流床型，而对流床中烟气与碳基产品接触的方式不同决定了该类产品不需要很高的抗压强度，因此本标准中对于 A2 类产品的抗压强度不作任何要求。至于 A1 类产品分级所需的抗压强度区间，采用 GB/T30201-2013 脱硫脱硝用煤质颗粒活性炭中有关抗压强度的分级要求即可。

6.5 粒度

本标准中粒度要求包含三个方面：粒径、合格率和粒度分布。

6.5.1 A 类产品

对于圆柱状的 A 类碳基产品，本标准中引入了主粒径的概念，即产品粒径只能在规定粒径基础上 $\pm 0.2\text{mm}$ 范围内。在实际工程应用之中，粒径大小与反应器的尺寸设计、塔内阻力、吸附效率等均有影响，因此提出主粒径指标避免因粒径变化导致经济损失。对于粒度分布，A1 类采用 GB/T30201-2013 脱硫脱硝用煤质颗粒活性炭中的粒度分布，即 5.6mm~11.2mm 之间需满足 90%；A2 类需满足 90%为主粒径 $\pm 0.2\text{mm}$ 。

另外，A 类产品还需检测样品合格率，即针对主粒径检测过程中无法用来测试的坏粒、碎粒，称占样品总质量的比重。合格率可以直观表现出碳基产品在生产、运输和使用过程中的损坏和破碎程度。

6.5.2 B 类产品

对于 B 类不规则碳基产品，因破碎程度和生产工艺的不同，产品尺寸也大小不定，因此 B 类产品对粒径分布不做要求。

6.5.3 C 类产品

对于 C 类粉末状碳基产品，通过调研国内外各活性炭厂商有关粉状炭、脱汞炭的指标要求，均为粒度分布 325 目（0.045mm）需满足≥95%，因此本标准引用此数值，即粒度分布 0.045mm 需满足≥95%，粒径为 0.045mm。

6.5.4 主粒径、合格率试验数据

表 3 A 类碳基产品主粒径、合格率试验方法验证试验数据

序号	1# Φ3mm	2# Φ5mm	3# Φ7mm	4# Φ9mm		序号	1# Φ3mm	2# Φ5mm	3# Φ7mm	4# Φ9mm
1	2.98	5.01	7.11	9.07		26	3.00	4.98	7.02	9.02
2	2.96	5.02	7.14	9.01		27	2.99	5.03	6.98	9.05
3	2.98	5.05	7.05	9.03		28	2.97	5.00	6.95	8.97
4	3.02	4.98	7.06	9.05		29	3.02	5.03	7.03	8.99
5	3.00	5.5	7.09	9.01		30	3.06	5.00	6.95	9.01
6	2.94	4.99	6.99	9.02		31	3.05	5.01	7.02	9.03
7	3.05	4.97	6.89	9.05		32	3.03	4.99	6.99	9.05
8	3.00	4.99	6.95	8.98		33	3.05	4.97	6.95	9.01
9	3.01	5.01	7.01	8.98		34	2.98	5.03	7.06	8.98
10	3.00	5.00	6.98	9.02		35	2.97	5.05	7.02	9.03
11	2.99	5.03	7.03	8.96		36	3.00	4.95	7.02	9.01
12	3.04	5.01	6.98	9.03		37	3.01	4.96	7.09	8.99
13	3.00	5.00	7.12	8.99		38	3.02	5.04	6.99	9.03
14	2.99	4.98	7.08	8.97		39	2.99	5.03	6.94	9.04
15	2.96	4.96	6.91	8.99		40	2.99	4.99	6.96	8.97
16	2.99	4.99	6.95	9.03		41	3.01	5.00	7.06	9.06
17	2.98	5.03	6.96	9.05		42	2.98	5.02	7.05	8.99
18	3.01	5.03	7.01	9.04		43	2.99	4.99	7.09	8.99
19	3.01	5.01	7.02	8.98		44	3.06	4.98	6.84	9.01
20	3.01	5.03	6.98	9.02		45	3.01	5.05	6.99	9.02
21	3.02	4.99	6.94	8.99		46	3.02	4.98	6.85	9.04
22	3.01	4.97	6.93	9.01		47	3.02	5.02	7.11	8.95

23	3.05	5.04	7.05	9.06		48	3.05	4.99	7.06	8.99
24	2.99	4.99	7.06	8.97		49	3.02	5.01	7.04	8.97
25	2.99	5.02	7.05	8.97		50	3.02	5.01	6.95	9.06
主粒径	3.01	5.01	7.00	9.01		合格率	99.78%	99.56%	99.33%	98.87%

6.6 着火点

根据碳基产品不同的类别，着火点的检测分为两种，即 A 类、B 类产品采用《GB/T7702.9-2008 煤质颗粒活性炭试验方法 着火点的测定》，C 类采用《GB/T16429-1996 粉尘云最低着火温度测定方法》。

对于 A 类、B 类产品，由于颗粒较大，增加了检测的难度与不准确度，因此规定了“将样品破碎至 1.70mm~3.35mm，其余操作按照 GB/T7702.9-2008 的规定进行测定”，破碎后的样品便于在仪器灼烧管中测定，减少分析误差。A 类、B 类两种碳基产品，经调研国内各活性炭厂家及实验室大量试验确定，着火点均为≥420℃。

对于 C 类产品，由于颗粒较小（粒径≤0.045mm），为避免 GB/T7702.9-2008 标准中通入大气量空气导致样品被吹飞，因此需另寻检测方法。经过搜资与调研，美国 Albemarle 采用的检测标准为《ASTM E1491-06 Standard Test Method for Minimum Autoignition Temperature of Dust Clouds》，该方法中涉及到的实验设备较为复杂，不易实现。目前国内《GB/T16429-1996 粉尘云最低着火温度测定方法》中，测试的方法与适用范围与 ASTM 标准相似，操作更易实现，因此以 GB/T16429-1996 标准为粉状炭着火点的测试标准。经调研国外 Norit、Calgon 和 ADA 等品牌活性炭的着火点在 400℃~450℃之间，而国内产品的活性炭也在 400℃以上，因此对 C 类产品着火点定为≥400℃。

6.7 碘吸附值

碘吸附值是表征碳基产品吸附性能的指标之一，主要表征碳基产品微孔的发达程度，与碳基产品比表面积指标意义类似，但比表面积的测定一般需要氮吸附仪，检测设备投入较大，从降低检测成本考虑，本标准中以碘吸附值来表征碳基产品的吸附性能及微孔发达程度。本标准中 A 类、B 类碳基产品，硫容和脱硝率的数值可以反映出其吸附性能的高低，因此对碘吸附值不做具体要求。C 类粉状

炭目前主要用于烟气脱汞、垃圾焚烧等方面，汞容的检测难度较大，费用较高，因此以碘吸附值作为吸附性能的参考指标。调研国内外脱汞炭生产厂商，如 ADA、Calgon、Albemarle 和山西新华等，碘吸附值均在 400mg/g~650mg/g 之间，因此本标准对 C 类产品碘吸附值定为 $\geq 500\text{mg/g}$ 。

七、碳基产品非常规指标

《烟气集成净化专用碳基产品》国家标准征求意见稿后附 5 个规范性附录，分别为：附录 A 硫容的测试、附录 B 脱硝率的测试、附录 C 汞容的测试、附录 D 堆积密度的测试、附录 E 主粒径和合格率的测试。碳基产品测试方法为首次制定发布，标准章节安排严格按照《GB/T1.1-2009 标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写规则》和《GB/T20001.4-2001 标准编写规则 第 4 部分：化学分析方法》的要求执行。

硫容、脱硝率、汞容和堆积密度 4 项指标，是评判碳基产品质量高低的最重要指标，因此将此 4 大指标称为碳基产品的非常规指标。

7.1 硫容

二氧化硫作为烟气排放的主要有害污染物，已经严重影响了大气环境，利用碳基产品的吸附性、催化性脱除烟气中的二氧化硫目前已经是非常成熟的干法脱硫技术。硫容是指碳基产品脱除烟气中二氧化硫的能力，分为 4h 硫容（%）和工作硫容（mg/g）两项指标。

7.1.1 全面性

本测试方法规定，硫容指标分为 4h 硫容和工作硫容两类。其中，4h 硫容为一定试验条件下，碳基产品吸附含有二氧化硫、水蒸气、氧气和氮气的混合烟气，反应 4h 后以单位质量产品吸附的二氧化硫质量作为 4h 硫容，以%表示；工作硫容为一定试验条件下，碳基产品吸附含有二氧化硫、水蒸气、氧气和氮气的混合烟气，待二氧化硫出口浓度为入口浓度 10%时停止吸附，通入氮气进行解吸，并以二氧化硫解吸的量作为单次硫容，循环 10 次后的平均数值为该碳基产品的工作硫容，以 mg/g 表示。

目前国内煤炭行业的行标、活性炭的国标以及上海克硫公司的企标等，均以饱和吸附量来衡量产品的脱硫能力，山西新华的煤质颗粒活性炭试验方法以吸附解吸的方式来衡量产品的脱硫能力。本标准中，4h 硫容表征的是碳基产品在特

定浓度下对二氧化硫的 4 小时内吸附量；而工作硫容实质是模拟碳基产品的实际脱硫能力，以能够解吸出的二氧化硫的 10 次平均量来表征碳基产品的脱硫能力。两种指标的测试方法有本质区别，同样两种指标的表征意义也不尽相同。4h 硫容以 4 小时内的吸附量为准，能够快速判断、评价某种碳基产品的脱硫能力，短时间内即可分高下；而工作硫容能够准确评价某种碳基产品工程实际应用过程中的质量高低，可以作为工程上的设计依据。同时，碳基产品更换原料、改变工艺或者更换供货商之后，需要工作硫容指标进行验证，以避免由此带来的对工程的影响。有文献表明，4h 硫容高不一定工作硫容高，这是由于碳基产品的孔隙结构呈无规律排列，对二氧化硫吸附容易，但不一定能够全部解吸，不能脱附的这部分影响了产品的再次利用。工程实践中，需要的是工作硫容较高的碳基产品，它在吸附解吸的循环使用过程中既延长产品的使用寿命，又降低了生产成本，提高了资源利用。

本测试方法既考虑了 4h 硫容，也将工作硫容纳入测试范围，体现出本方法的全面性。

7.1.2 先进性

硫容的测试方法采用先进的质量流量控制系统 (MFC)，能够做到自动配气、自动加湿、自动控温以及烟气监测系统。本系统能够减少试验评价过程中人为因素的干扰，解决配气过程中存在的气体浓度不稳定的问题，提高试验工作效率，对硫容指标进行快速、准确的表征。

7.1.3 章节安排

为确保硫容测试方法的整个过程清楚无误，方便标准使用人员进行操作，在规范性附录 A 中，分别罗列了方法提要、仪器和设备、试样制备、测试条件、测试步骤（分为 4h 硫容和工作硫容两种）和结果处理等章节。

7.1.4 条件确定

7.1.4.1 4h 硫容和工作硫容在测试过程中，需进行吸附反应 4h。经实验室试验验证，在本标准的试验条件下，取 10ml 已破碎至 10 目~14 目的碳基产品，4h 后已基本确保样品吸附饱和或接近饱和。同时考虑到检测的便捷性与经济性，本标准将吸附时间定为 4h。4h 硫容和工作硫容吸附时间验证试验数据如表 4。由表 4 可以看出，4h 后的吸附量均达到 6h 后吸附量的 90%以上。

7.1.4.2 工作硫容测试方法中二氧化硫体积分数为 0.102%，该数据参考燃煤电厂烟气中，二氧化硫的真实工况浓度而来。

表 4 4h 硫容吸附时间验证试验

样品 硫容/%	吸附时间						4h/6h
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	%
1#	9.59	12.21	14.45	15.41	15.52	15.56	99
2#	7.51	9.89	11.52	12.17	12.32	12.39	98
3#	8.76	9.54	10.11	10.45	10.77	10.96	95
4#	9.23	10.85	11.99	12.61	12.98	13.33	95

7.1.4.3 工作硫容反应器尺寸为 $\Phi 31.5\text{mm}$ ，床层厚度为 500mm。在实际工程应用中，床层直径、厚度和气固接触时间是需要考虑的重要参数。参照 8s~10s 的空塔接触时间以及实际工程应用中 3s 左右的接触时间，经多次理论计算和试验后确定反应器床层直径为 $\Phi 31.5\text{mm}$ ，床层高度为 500mm。

7.1.4.4 无论是脱硫、脱硝，还是脱汞，模拟烟气均为有毒有害气体，因此必须保证整个检测系统气密性良好。在这三个测试方法的管路系统中，气密性的检查均按照《GB/T7702.10-2008 煤质颗粒活性炭试验方法 苯蒸气、氯乙烷蒸气防护时间的测定》中 9.2 款的规定进行。

7.1.4.5 工作硫容定义为循环测试 10 次后的平均取值。由于循环次数过多会增加检测工作量，提高检测成本，耗费大量人力物力，另外从快速检测的目的考虑，将循环次数定为 10 次。工作硫容循环次数验证试验过程以循环测试 14 次为止，详细数据如表 5。

表 5 工作硫容循环次数验证试验

循环 次数	1# A 类	2# A 类	3# A 类	4# A 类	5# B 类		循环 次数	1# A 类	2# A 类	3# A 类	4# A 类	5# B 类
1	18.42	26.72	31.23	35.40	13.52		8	15.89	19.96	22.78	25.56	11.32
2	15.91	24.89	29.04	33.26	14.02		9	15.71	20.40	21.55	24.88	11.56
3	15.87	23.41	27.88	31.56	12.87		10	15.80	18.65	20.94	25.35	11.78
4	15.81	22.26	25.23	29.98	12.65		11	15.72	18.15	20.56	23.98	10.98
5	16.26	23.63	24.12	28.12	12.89		12	15.23	17.88	20.04	23.72	10.56

6	16.23	21.86	23.35	27.01	12.55		13	14.92	16.52	19.87	23.44	10.34
7	16.35	20.85	22.78	26.22	11.97		14	14.42	16.45	19.62	23.21	10.42

7.1.5 精密度

4h 硫容的测定是以两份试样测定结果的算术平均值来表示的，经实验室多次验证和数据积累，本标准中 4h 硫容的精密度规定为两份试样的测定结果允许差≤1%。

工作硫容测定结果以累计平均数值表示即可。

7.1.6 硫容试验数据

4h 硫容和工作硫容相关试验数据如表 6、表 7 所示。

表 6 4h 硫容重复性及精确度试验数据

样品	4h 硫容/%			
	第 1 次测定	第 2 次测定	差值	平均值
1#-A 类	12.84	12.56	0.28	12.70
2#-A 类	9.85	9.54	0.31	9.70
3#-A 类	14.99	14.45	0.54	14.72
4#-A 类	16.23	16.07	0.16	16.15
5#-B 类	8.52	8.31	0.21	8.42

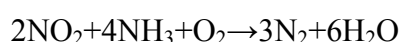
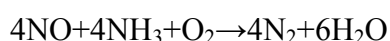
表 7 工作硫容试验数据

循环 次数	工作硫容/mg/g				
	1# A 类	2# A 类	3# A 类	4# A 类	5# B 类
1	18.42	26.72	31.23	35.40	13.52
2	15.91	24.89	29.04	33.26	14.02
3	15.87	23.41	27.88	31.56	12.87
4	15.81	22.26	25.23	29.98	12.65
5	16.26	23.63	24.12	28.12	12.89
6	16.23	21.86	23.35	27.01	12.55
7	16.35	20.85	22.78	26.22	11.97
8	15.89	19.96	22.11	25.56	11.32

9	15.71	20.40	21.55	24.88	11.56
10	15.80	18.65	20.94	25.35	11.78
工作硫容 mg/g	16.23	22.26	24.82	28.73	12.51

7.2 脱硝率

脱硝率是指在规定的试验条件下，将含有氮氧化物、氨气、氧气、氮气及水蒸气的混合气体通过碳基产品固定床层，气体中的氮氧化物被氨气选择性催化还原为氮气排放。当反应达到平衡时，脱除的氮氧化物与通入烟气中的氮氧化物的体积比值即为脱硝率。其反应式为：



脱硝率在实际工程应用中意义重大，是烟气集成净化领域内的重要指标，脱硝率的存在直接影响碳基产品干法脱硝的工艺设计与喷氨量的多少等。由于脱硝过程为催化转化过程，反应温度、气体组成、空塔气速等因素影响测试结果，而目前国内外还没有公认的脱硝率测试方法。

7.2.1 氮氧化物

在脱硝率的方法提要中，脱除的有害物质为氮氧化物，但在实际试验过程中，模拟烟气用一氧化氮来代替氮氧化物。在实际工程当中，电厂燃煤烟气等气源中的一氧化氮占氮氧化物总量的 95%左右，其余为二氧化氮。另外，一氧化氮较二氧化氮更难以脱除。因此，脱硝率测试方法中规定了以一氧化氮来代替氮氧化物。

7.2.2 条件确定

7.2.2.1 模拟烟气中各组分浓度的确定原则。根据干法脱硫脱硝过程中涉及到的气速、吸附层厚度、接触时间等因素综合考虑，确定测试用总气量为 $0.265\text{m}^3/\text{h}$ 。

为达到快速检测的目的，模拟烟气中一氧化氮浓度确定为 400ppm，而氨气浓度是在防止氨逃逸并且要保证脱除效率的前提下确定为一氧化氮浓度的 80%。

7.2.2.2 取样质量。碳基产品的床层直径、厚度、接触时间等是影响脱硝率的重要因素，为消除反应器避效应，经反复试验后确定本方法中使用的圆柱状固定床反应器内径设置为 50mm，床层厚度为 500mm，以堆积密度 $550\text{ g/L} \sim 650\text{ g/L}$ 为计，取样质量约为 500g~650g。而国内其它相似标准中，取样体积或者取样质量均大大高于此方法下的数值，抛开氮氧化物浓度不同的因素影响，过多的样品质量增

加了检测负担，降低了检测效率。

7.2.2.3 测试时间。GB/T30202.5-2013 标准中以 2h 为间隔进行尾气测量，当满足试验停止要求时，试验运行时间通常为半个月左右，这与快速、便捷和准确的测定原则相悖，提高了检测成本和检测负担；同时在出现失误或者重测的情况下，样品检测前后耗时太久。经过多次试验，在本方法的规定条件下，以 20h 为检测终点、1h 为检测间隔进行检测、记录并处理数据。时间过长则不利于样品快速检测，操作繁琐；时间过短则无法正确评价样品脱硝性能及吸附规律，因此将连续测量时间定为 20h，这大大降低了检测成本和人工强度。脱硝率随测试时间变化验证试验数据如表 8。

表 8 脱硝率测试时间验证试验数据

反应时间 /h	脱硝率/%					
	1#	2#	3#	4#	5#	6#
1	93.49	95.49	95.34	93.48	98.54	99.77
2	91.48	87.50	87.23	88.81	90.93	99.13
3	89.20	82.51	81.32	79.14	80.61	94.98
4	85.01	75.35	77.22	76.83	77.48	92.64
5	80.76	78.42	76.39	75.30	76.87	89.17
6	77.16	70.78	66.26	70.36	76.26	86.07
7	75.88	67.76	69.88	71.16	74.15	84.47
8	78.57	63.96	66.03	67.30	71.39	78.82
9	72.71	64.48	63.79	63.95	80.42	85.15
10	72.20	62.93	61.35	64.07	78.60	85.81
11	71.72	66.20	64.76	67.13	80.09	85.62
12	68.22	61.87	59.16	62.10	80.23	79.87
13	67.57	63.62	63.62	59.39	79.45	71.24
14	64.97	58.41	59.67	55.53	77.17	67.32
15	58.92	58.27	54.44	51.47	72.69	66.00
16	56.61	54.96	55.93	56.82	71.96	70.44
17	54.98	55.79	54.59	52.67	71.59	66.28

18	56.35	53.79	54.21	48.38	71.53	64.33
19	52.84	51.99	52.98	50.35	69.72	72.79
20	48.08	50.12	49.88	40.10	66.59	74.56

7.2.3 精密度

脱硝率的测定以两次测量结果差值不大于 5%为准,结果以算数平均值表示。

7.2.4 验证试验数据

表 9 脱硝率重复性及精确度试验数据

样品	脱硝率/%			
	第 1 次测定	第 2 次测定	差值	平均值
1#	80.74	82.96	2.22	81.85
2#	78.33	76.13	2.20	77.23
3#	78.06	74.26	3.80	76.16
4#	66.70	62.19	4.51	64.45
5#	67.30	64.38	2.92	65.84
6#	72.29	76.98	4.69	74.64

7.2.5 硫容与脱硝率指标说明

在本标准中对于 A 类产品来说,硫容和脱硝率是决定其产品质量高低的最重要指标,因此根据上述两个指标进行产品分级。但在实际工程应用中,因脱硫与脱硝侧重不同,导致碳基产品使用的方向不同,因此硫容和脱硝率两个指标可由供需双方灵活掌握,自由协商决定,以解决因产品分级调整涉及到的供需双方经济利益。

7.3 汞容

汞容的测试方法为首次制定,通过标准查新掌握到目前国内现行的国家标准和行业标准内,尚无碳基产品汞容的检测方法。标准编制组通过资料搜集和实地调研,掌握了目前国内通用的有关活性炭脱汞的检测方法,根据此方法编制组提出了汞容的测试方法。

7.3.1 含义与意义

规定条件下,含有汞蒸气的高纯氮气通过碳基产品吸附层,当测定浓度与汞蒸气初始浓度达到一致时,视作完全穿透。汞容即为此过程中单位质量碳基产品

吸附汞的总质量，单位为 mg/g。

随着国家、社会对环保的要求越来越高，一系列有关大气环境污染的法律法规相继颁布实施，除了对二氧化硫、氮氧化物、粉尘等常规污染物的排放要求进一步严格之外，汞的脱除也逐步实施开来。作为烟气脱汞最常用的吸附剂，碳基产品的技术要求也逐渐提高，汞容检测方法的建立也迫在眉睫。

汞容在烟气集成净化领域内的应用意义重大，是干法脱汞的重要指标，其指标大小直接影响碳基产品的脱汞性能、工艺设计及产品喷射量等。

7.3.2 条件确定

7.3.2.1 模拟汞蒸气总流量 500 ml/min，水浴温度设置为 30℃。根据气体流速、接触时间以及考虑到碳基产品的汞容大小，将汞渗透管的使用参数定为总流量 500ml/min，水浴温度定为 30℃，在此使用条件下，汞蒸气浓度约 0.020mg/m³。

7.3.2.2 碳基产品取样量 0.2g。为降低测试成本，缩短测试周期，在参考南京林业大学颜甜《高温载硫活性炭的制备与脱汞能力研究》文献中的试验参数及测试步骤的基础上，经反复试验后将碳基产品的取样量定为 0.2g。考虑到吸附管的内径与吸附层的高度，采用碳基产品与石英砂（20 目~50 目）混合填装的方式以达到增加吸附层高度的目的，确保吸附层高度为 30mm。若吸附层低于 30mm，由于脱汞炭 325 目粒度较小，导致床层阻力较大，气体难以通过，因此以粒度较大的石英砂填充高度以降低床层阻力。

7.3.2.3 计算公式。根据测定过程中记录的出口汞蒸气浓度，根据吸附曲线得到平均出口汞蒸气浓度，并与入口初始浓度的差值、穿透时间、流量等参数结合得到样品吸附的汞蒸气总质量。实质上测试过程中汞蒸气随时间的变化不断被碳基产品吸附直至穿透，该过程符合吸附穿透曲线，因此采用积分形式更能准确、直观的表达整个吸附过程。利用汞蒸气进出口浓度和气体量的乘积对吸附时间求积分，得到汞的总吸附量。但积分公式计算复杂、繁琐，对数学能力要求较高，一般的实验人员难以掌握，为了更便于实验人员操作、计算，节省数据处理时间，本标准中放弃积分公式。

7.3.3 精密度

汞容的测定以两次测量结果不超过 0.020mg/g 为准，结果以算数平均值表示。

7.3.4 验证试验数据

表 10 汞容试验数据

样品	汞容/mg/g			
	第 1 次测定	第 2 次测定	差值	平均值
1#	0.146	0.143	0.003	0.144
2#	0.747	0.741	0.006	0.744
3#	0.813	0.806	0.007	0.809
4#	0.513	0.521	0.008	0.517

7.4 堆积密度

密度是指单位体积物质的质量，而碳基产品的堆积密度是指每升碳基产品的堆积质量。其测定过程为将经过处理后的碳基产品利用容重器经两次自由落体后，称量其质量即可。碳基产品的堆积密度指标对烟气集成净化工程应用具有重要意义，其值能够指导工程中床层的堆积体积及其相应的重力，在设计反应床型时可根据堆积密度设计所需的碳基产品的质量及循环周期。

7.4.1 测试装置的选定

之前颁布实施的有关活性炭堆积密度的国标检测方法，一是通过采用装填密度测定装置，该装置要求较高，不易实现，而且采用 100ml 量筒，对于较大颗粒的活性炭误差较大；二是通过采用人工或者其它方式缓慢倾倒入 1L 量筒的方式，该操作手动误差较大，而且针对某些较大的不规则颗粒，量筒直径较小，加剧了测量的不确定度。本方法选用农业上常用的一种设备——容重器，用来测量谷物或者麦粒的堆积密度。碳基产品颗粒经过两次自由落体后，能够自然达到紧密状态，避免了由人工带来的误差；而且容量筒的容积为 1L 整，便于读数。最关键的是，容重器内径约为 8.5cm，1L 量筒内径约为 6.5cm，2cm 的内径差更利于大颗粒碳基产品堆积密度的测定，降低颗粒因卡住管径而导致测定误差偏大的概率。针对产品粒径大小不一的情况，对容重器的物料筒进行了改造，摒弃了之前开口为 30mm、40mm 的斗口，改为插片式的开放斗口，使之能够适用于常用规格的各种碳基产品。经过多次试验，最终确定由容重器代替量筒作为堆积密度的试验装置。

堆积密度分别采用量筒（1L）和容重器进行验证试验，数据如表 11。

表 11 容重器与量筒堆积密度验证试验数据

样品编号	测定结果 g/L									
	1#-A 类		2#-A 类		3#-A 类		4#-B 类		5#-C 类	
试验次数	容重器	量筒	容重器	量筒	容重器	量筒	容重器	量筒	容重器	量筒
1	661	624	619	596	633	600	335	307	556	538
2	658	628	622	599	629	610	337	313	554	540
3	660	624	621	593	629	594	333	309	554	541
4	661	622	621	596	633	599	335	301	556	537
5	660	634	619	590	630	590	335	305	555	538
6	658	629	619	593	631	592	336	310	555	536
7	659	610	621	608	628	588	333	315	557	540
8	660	627	619	592	632	585	335	303	555	541
平均值	660	625	620	596	631	595	335	308	555	539

由表 11 可以看出，通过容重器得到的堆积密度数值，均大于量筒的数值，这是由于容重器经过两次自由落体之后，颗粒填充的更加密实；而通过倒入的方式加入量筒中，颗粒之间空隙较大。另外，通过图 1、图 2 也可以看出，容重器在测试过程中数据分布更加集中、均衡，而量筒更加离散一些，尤其体现在圆柱状碳基产品方面。

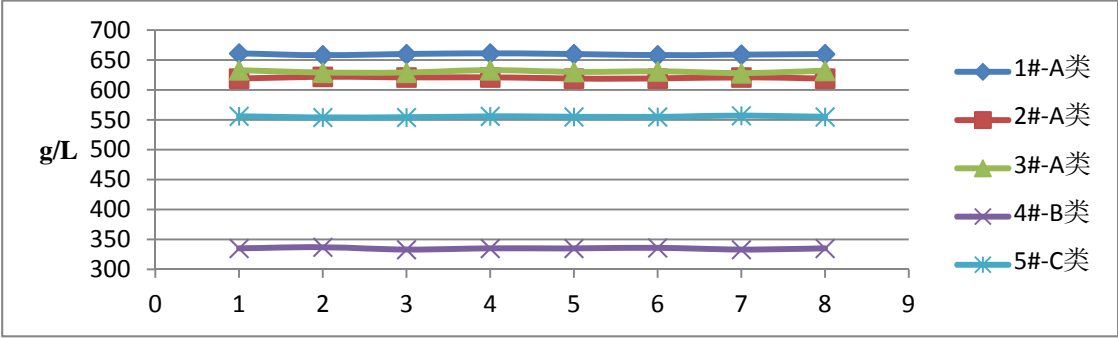


图 1 容重器堆积密度数据曲线图

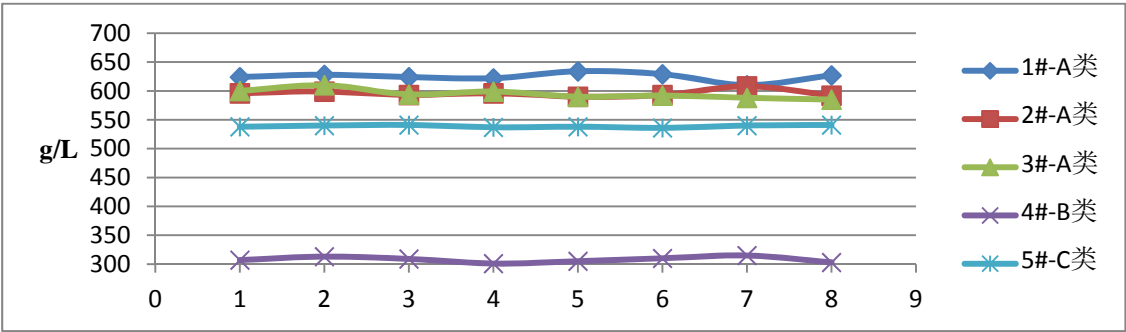


图 2 量筒堆积密度数据曲线图

7.4.2 精密度

堆积密度的测定是以两份试样测定结果的算术平均值来表示的，经实验室多次验证和数据积累，本标准中堆积密度的精密度规定为两份试样的测定结果允许差≤10g/L。

7.4.3 验证试验数据

堆积密度验证试验选取 8 个碳基产品样品（A 类 4 个、B 类和 C 类各 2 个样品），详细试验数据见表 12。

表 12 堆积密度试验方法验证试验数据

样品	堆积密度/g/L			
	第一次	第二次	差值	平均值
A1 类	661	660	1	661
A1 类	593	597	4	595
A2 类	619	619	0	619
A2 类	563	565	2	564
B 类	478	479	1	479
B 类	385	381	4	383
C1 类	553	553	0	553
C2 类	636	637	1	637

八、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

本标准遵守现行法律、法规和强制性标准，与它们相符合，无冲突，相关技术要求符合目前我国烟气集成净化领域内专用碳基吸附产品的生产和检测的实际情况。

本标准与与现行法律，如新《环境保护法》、《大气污染防治法》，以及《大气污染物综合排放标准》、《火电厂大气污染物排放标准》、《脱硫脱硝用煤质颗粒活性炭》、《煤质颗粒活性炭 气相用煤质颗粒活性炭》系列标准等没有冲突。本标准严格按照 GB/T1.1-2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写规则》和 GB/T20001.4-2001《标准编写规则 第 4 部分：化学试验方法》的规定进行编制。

九、实施本标准的建议

本标准在烟气集成净化领域内为首次制定。标准经专家审定通过，形成报批稿后，按照程序上报，建议尽快发布实施，供相关单位尽快使用，体现出本标准应有的意义和作用。

十、参考资料

ASTM E1491-06 《Standard Test Method for Minimum Autoignition Temperature of Dust Clouds》

GB/T1.1-2009 《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则》

GB/T20001.4-2001 《标准编写规则 第4部分：化学试验方法》

GB/T30201-2013 《脱硫脱硝用煤质颗粒活性炭》

GB/T6003.1-2012 《试验筛 技术要求和检验 第1部分：金属丝编织网试验筛》

HJ2521-2012 《环境保护产品技术要求制定技术导则》

JIS K1474-2007 《活性炭的试验方法》

MT/T998-2006 《活性炭吸附 SO₂ 饱和容量的方法》

十一、 附件

附件 1：国内外 A 类碳基产品主要技术指标

指标	国外品牌	国内品牌				
	三菱化学	怀仁环宇	内蒙太西	欣荣洁源	内蒙蒲瑞芬	山西新华
粒径 mm	Φ10	Φ10	Φ9	Φ9	Φ10	Φ10
饱和硫容 %		≥10	≥10	≥10		
工作硫容 mg/g	≥18	≥20			≥20	≥20
脱硝率 %	≥40				≥40	≥40
耐磨强度 %	≥96	≥97	≥95	≥98	≥97	≥97
抗压强度 N	≥400	≥370	≥300	≥400	≥400	≥350
灼烧残渣 %		≤20	≤15	≤18		
堆积密度 g/L	580	550~700	600~700	580~650	590~710	580
水分 %	≤5	≤3	≤5	≤5	≤5	

着火点 °C	≥420	≥400		≥400		
--------	------	------	--	------	--	--

附件 2：国外 C 类碳基产品主要技术指标

指标	国外品牌			
	ADA	Calgon	Norit	Albemarle
汞容 mg/g				
灼烧残渣 %				≤12
堆积密度 g/L	550~700	500~800	600	560
粒度分布 %	≤325 目，≥95%	≤325 目，≥95%	≤325 目，≥95%	≤325 目，≥95%
水分 %	≤12	≤12	≤12	≤8
着火点 °C	400	450	400	400
碘吸附值 mg/g	400~650	400~600	500	500

《烟气集成净化专用碳基产品》国家标准编制组

2016 年 7 月