

全国燃烧节能净化标准化技术委员会 (SAC/TC441)

国家标准

《多孔介质燃烧器通用技术要求》

编制说明

标准编写组

2019 年7月

一、任务背景和意义

随着国家节能减排特别是燃烧器燃烧污染物排放标准越来越严格，发展高清洁燃烧低污染物排放的燃烧器对于满足国家清洁环境要求意义重大。

多孔介质燃烧器是指燃料在多孔介质内部或者表面燃烧的燃烧器，与自由火焰燃烧器相比，它的燃烧效率高、污染物排放特别是氮氧化物排放特别低，实验室结果表明基于多孔介质燃烧原理的燃烧器氮氧化物排放低于 $30\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；此外，多孔介质碳燃烧器兼具燃烧器体积小、结构紧凑、负荷调节范围广，燃烧稳定的优点，能广泛应用于工业加热设备、家庭采暖系统、动力设备、汽车预热系统和各种各样的民用和工业生产过程中。多孔介质燃烧技术是目前国际上最新的第三代气体燃烧技术，随着我国对能耗和环保要求的不断提高，多孔介质燃烧器的优势逐渐体现，市场推广势在必行。

但是由于多孔介质燃烧器与传统的自由火焰燃烧器结构和燃烧性能不同，目前国家对于气体燃烧器的相关标准不能完全适用于多孔介质燃烧器，进入市场的多孔介质燃烧器的工作稳定性和安全性不能得到保障。

国内外学者对多孔介质燃烧器进行了大量的研究，包括多孔介质燃烧、传热和产物生成与控制机理与特性，提出了渐变多孔介质燃烧器、双层/多层多孔介质燃烧器、内嵌受热面多孔介质燃烧器、往复式多孔介质燃烧器，研发各种热值气体的多孔介质燃烧器，一些新的技术和研究成果还在不断的涌现出来。

我国目前现有燃烧器的国家标准10项，其中安全标准4项，方法标准2项，其它标准4项，这些标准中涉及到的主要是自由火焰式燃烧器，针对多孔介质燃烧器的国家标准处于空白。

为了引导、鼓励应用先进技术，保证产品质量和安全，提高能源利用效率，减少污染物排放，建立节约型社会，浙江大学和中国科技大学等单位提出了规范多孔介质燃烧器设计、制造、验收等各环节的通用技术条件，并以国家相关的法律、法规为依据，以我国节能环保需求为导向，以提高产品质量、安全水平和产业效益为目标，使该类燃烧器生产和应用有法可依，依靠不断创新，为燃烧器的快速和规范发展提供强有力的技术支持，同时为探索我国燃烧器标准化体系建设进行有益尝试。

二、任务来源

因为目前国内外尚无同类标准，为适应燃烧技术发展的需要，由浙江大学、中国科学技术大学等单位提出编制《多孔介质燃烧器通用技术要求》国家标准的建议。

经国家标准化管理委员会综合〔2017〕128号文批准，归口全国燃烧节能净化标准化技术委员会《多孔介质燃烧器通用技术要求》国家标准获得立项，项目计划编号为：20173887-T-469，由全国燃烧节能净化标准化技术委员会（TC441）归口管理。

三、编制和分类原则

1、标准编制原则

本标准的编制遵循“系统性、科学性、统一性、协调性、适用性、规范性”的原则，注重标准的可操作性和利用方便性。

本标准依据 GB/T1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编制》的规定要求，确定标准的结构和组成要素；坚持科学性原则，标准模式与理论基础及标准要求之间具有清晰的逻辑关系，即理论—模式—标准要求，逐层转化，作到结构合理，层次清晰，体现科学性原

则；坚持先进性和实用性相结合的原则，既广泛吸收经典术语和词汇，又吸收和借鉴先进概念；坚持可操作性原则，即标准应在具有广泛的适用性的基础上，有较高的可操作性。

本标准在GB/T 19839《工业燃油燃气燃烧器通用技术条件》的基础上，结合多孔介质燃烧特点与多孔介质燃烧器特点制定。

2、标准的适用范围

适用于多孔介质燃烧器的设计、制造、验收。主要技术内容包括多孔介质燃烧器的术语和定义、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等。

四、工作简况

1、草案思路的形成

(A) 基于已有工业燃油燃气燃烧器标准，结合多孔燃烧特点

我国目前针对工业燃烧器实行的相关标准为GB/T 19839《工业燃油燃气燃烧器通用技术条件》，该标准规定了工业燃油和燃气燃烧器术语和定义，要求，试验方法，检验规则，标志，包装、运输和贮存等。适用于输出功率不小于60 kW的机械通风的工业燃油、燃气燃烧器的设计、制造和验收。该标准不适用于具有低氮排放特点的基于预混燃烧的多孔介质燃烧器。

多孔介质燃烧技术是目前一种非常具有前景的气体燃料燃烧方式，它是指将预混气体通入一种多孔、耐高温且具有良好换热性能的介质中进行燃烧。由于这种多孔基体的存在，气体在多孔介质小孔内部产生剧烈扰动，并通过导热与辐射使燃烧产生的热量向上游传递，使得气体燃烧更加稳定、燃烧强度更高、污染物排放更低、燃烧效率更高、燃烧极限更宽、燃烧器小型化。

目前，自由火焰燃烧仍然是气体燃料燃烧的一个主要方式，这种燃烧方式火焰面附近温度梯度大，温度分布不均匀，局部高温造成大量热力NO_x生成，燃烧不充分造成大量的CO生成，且燃烧不稳定，燃烧效率低。针对这些问题，国、内外学者提出了多孔介质燃烧概念，与自由火焰燃烧相比，多孔介质燃烧火焰稳定性增强，燃烧速率增大，燃烧区域温度均匀，燃烧污染物排放特别是NO_x低，同时多孔介质作为一种热量回流的有效媒介，能够有效的拓展气体的贫燃极限。

Weinberg等在1988年就多孔介质中的化学反应进行研究。目前国内研究多孔介质内可燃气体富燃燃烧的主要单位有浙江大学、中国科技大学、大连理工大学、华南理工大学和哈尔滨工业大学。国外研究燃料在多孔介质内的重整反应的团队主要有Dobrego等人 (Heat and Mass Transfer Institute, Belarus)，Trimis等 (University of Erlangen-Nuremberg, Germany)，Ellzey等 (University of Texas, USA)，Kostenko等 (Russian Academy of Sciences, Russia) 和 Pastore等 (University of Cambridge, UK)。研究主要集中在燃烧器内温度分布，污染物排放，甲烷转化率，最佳当量比，材料特性，结构设计，反应机理研究等。

但是，由于多孔介质燃烧理论和技术发展相对新，有关多孔介质燃烧器的标准未建立。

多孔介质燃烧过程中的热量回流作用特点可归纳为：(1)在火焰面区域，气体通过化学反应释放热量，热量以对流及气固辐射方式向固体传递，固体间通过导热及辐射作用同时向火焰面前沿及火焰面后沿传递，如此对进入多孔反应器的前序混合气体产生预热作用，使得反应气体燃烧所能达到的最高温度高于绝热燃烧温度，这种现象可称为

“超绝热燃烧”或“超焓燃烧”现象，形成“超焓”概念；(2)在火焰面前沿的预热区，固体温度高于气体温度，固体通过气固对流换热作用加热气体，直至预混气体达到着火温度，形成并维持火焰面；(3)在火焰面后沿的蓄热区，固体温度低于气体温度，气体通过对流换热作用加热固体，同时，固体通过导热及辐射作用向下游传递热量，使温度分布较为均匀。

多孔介质对燃烧的作用主要有以下方面：(1)气体在多孔介质孔隙内部产生旋涡、分流与汇合，以及剧烈扰动，强化了气体的弥散效应，强化了气体燃烧的传热传质作用；(2)由于多孔介质的存在，其辐射作用能及时将火焰面附近的热量向两端传递，使得火焰面附近的温度分布较为均匀；(3)由于多孔介质骨架的存在，气体在流经多孔介质骨架时，必然在骨架后方形成多个回流区，使气体燃烧的稳定性和强度大大增强。

考虑我国针对工业用燃油燃气燃烧器有通用标准GB/T 19839《工业燃油燃气燃烧器通用技术条件》，因此在结合该针对燃烧器的通用标准技术上，编写小组结合多年国内外在多孔介质燃烧理论和技术研究、应用的成果与经验，在此基础上形成了一个《多孔介质燃烧器通用技术要求》的工作组讨论稿。

(B) 标委会成员认真讨论，形成编写大纲与思路

全国燃烧节能净化标准化技术委员会(TC441)有不少成员工作在工业锅炉与燃烧器设计、试验和应用领域，具有丰富的经验。在针对标准编写相关事项、围绕标准目录、大纲如何拟定，多孔介质燃烧器通用技术要求进行详细讨论基础上，确定《多孔介质燃烧器通用技术要求》标准撰写思路：

《多孔介质燃烧器通用技术要求》标准编写基于已有国家通用标准GB/T 19839《工业燃油燃气燃烧器通用技术条件》，结合国内外多孔介质燃烧理论、技术研究和应用的成果与经验，在此基础上形成了《多孔介质燃烧器通用技术要求》的工作组讨论稿。

2、标准编写主要工作过程

《多孔介质燃烧器通用技术要求》标准从 2017年2月21日编写小组向全国燃烧节能净化标准化技术委员会(TC441)提出申请，2017年7月12日到国标委进行项目立项答辩，2017年12月29日经国家标准化管理委员会综合[2017]128号文批准，从准备到标准的编制，历时近3年，中间经过4个修改版本，最终形成报批稿文本。具体时间进度如下：

2017年2月21日编写小组向全国燃烧节能净化标准化技术委员会(TC441)提出申请；

2017年2月27日，编写小组形成《多孔介质燃烧器通用技术要求》(草案)；

2017年3月1日，全国燃烧节能净化标准化技术委员会(TC441)发起给《多孔介质燃烧器通用技术要求》项目提案投票，征求委员意见；

2017年7月12日，编写小组到国标委立项答辩；

2017年12月29日，国标委[2017]128号文批准立项，项目计划编号为20173887-T-469；

2018年1月，全国燃烧节能净化标准化技术委员会(TC441)撰写任务下达；

2018年2月25日，全国燃烧节能净化标准化技术委员会(TC441)成立《多孔介质燃烧器通用技术要求》国家标准编写工作组，拟订标准编

写计划，进行标准编写分工，提出标准编写要求。程乐鸣（浙江大学）教授任组长，周月桂（上海交通大学）与林其钊教授（中国科学技术大学）任副组长，工作组成员包括郑成航（浙江大学），邱坤赞（浙江大学），张维国（浙江大学），陈向东（合肥通用机械研究院），杨必应（安徽省特种设备检测院），张风安（安徽省特种设备检测院），丁昌东（安徽工匠质量标准研究有限公司），胡慧庆（合肥物质科学院核安全所），李学京（合肥工业大学），秘书组成员为徐咏梅（全国燃烧节能净化标准化技术委员会）与龚玲玲（浙江大学）；

2018年2月25日全国燃烧节能净化标准化技术委员会在合肥召开《多孔介质燃烧器通用技术要求》标准启动大会，汇报有关多孔介质燃烧器通用技术要求标准的前期工作，讨论撰写原则与分工；在启动大会上委员会专家们就《多孔介质燃烧器通用技术要求》（草案）进行了评审，提出62条修改意见；

2018年3月29日给出了第一版修改稿，浙江大学编写小组讨论；

2018年4月15日形成《多孔介质燃烧器通用技术要求》第二版修改稿，浙江大学编写小组讨论；

2019年4月27日在合肥召开《多孔介质燃烧器通用技术要求》（修改稿）标准研讨会，征求修改稿意见，形成了征求意见稿；

2019年5月—7月，全国燃烧节能净化标准化技术委员会通过邮件将修正后完成的标准征求意见稿发给委员单位、相关研究院、学校和企业当中征求意见，同时在网上公示征求意见，通过汇总、收集、整理、修正形成标准送审稿（共收集意见76条，采纳67条，部分采纳4条，不采纳5条，无意见7条）。

五、标准主要内容说明

《多孔介质燃烧器通用技术要求》标准规定了多孔介质燃烧器的术语和定义、产品分类、要求、试验方法、检验规则和标志、包装、运输、贮存。

该标准适用于输出功率不小于30kW、不大于10MW的多孔介质燃烧器（以下简称燃烧器）的设计、制造和验收，不适用于自然通风的非电力驱动和控制的燃烧器的设计、制造和验收。

主要技术内容包括范围、规范性引用文件、术语和定义、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输核贮存以及附录。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在制定过程中未出现过重大分歧意见。

七、标准性质的建议说明

建议将《多孔介质燃烧器通用技术要求》作为推荐性国家标准发布实施。

八、贯彻本标准的实施要求和措施建议

本标准发布后，应组织相关教育、科技、文化、设计、制造和用户对标准进行宣贯，统一燃烧方式基本概念的表述，消除或减少歧义，规范燃烧技术的发展及衍生产品的叙述表达，更好的构建低碳型和谐社会。

九、废止现行有关标准的建议

未发现需要废止的现行有关标准

《多孔介质燃烧器通用技术要求》标准编写组

2019年07月02日