

全国燃烧节能净化标准化技术委员会（SAC/TC441）

国家标准《低 NO_x 燃油燃气燃烧器评价方法与试验规则》

（送审稿）

编制说明

标准编制组

2021年04月

1 任务背景和意义

1.1 燃烧器概述

燃烧器分为工业和民用两大类。工业生产离不开能源转换和利用，其中 90% 以上必须通过燃料燃烧进行化学能-热能转换实现。燃烧器是用途最广的借助各种工业炉窑和锅炉将燃料化学能转化成热能的装置，工业用燃烧器是能源形式转换、工艺加热、换热、反应等系统中用能设备的重要部件之一。

工业燃烧器按燃料可分为燃油燃烧器、燃煤燃烧器和燃气燃烧器三大类。其中燃油燃烧器以液体可燃物为燃料，燃烧效果不仅与燃料和空气混合过程有关，还与液体雾化或气化过程有关；燃气燃烧器以各种煤气、天然气等气体为燃料，具有燃烧充分、燃烧温度高、燃烧易控制等特点。燃油燃气燃烧器在工业窑炉和锅炉方面运用十分广泛，例如钢铁行业加热炉、热处理炉、陶瓷窑炉等。

1.2 工业燃油燃气燃烧器应用广阔

燃油燃气燃烧器在各个行业中都有广泛运用，如石油化工、建材、电力、公路、纺织、印染、钢铁、冶金、机械等。

钢铁行业中，炼钢过程中产生的高炉煤气和焦炉煤气被用于发电、热处理、化工等工艺过程；陶瓷行业中，绝大部分辊道窑、梭式窑等均使用燃气为燃料；化工行业中，由于温度控制性、温度均匀性等需求，工业燃气燃烧器也被广泛用于加热等工艺过程中；冶金、机械等行业，热处理炉也多使用燃气。

据统计，至 2019 年底，我国在用工业锅炉（含生活锅炉）70 万台，工业炉窑 15 万座，工业燃油燃气燃烧器数量超过 1000 万个。

1.3 燃烧器市场情况

国内燃烧器市场前景广阔，2019 年国内仅工业锅炉燃烧器市场达到上万亿产值。

目前国内外燃烧器品牌众多。国外燃烧器品牌有美国麦克森、德国威索、意大利利雅路、百得、意高、英国力威、优尼瓦斯、瑞典百通、芬兰奥林等；国内品牌有北京神雾、岳阳颜氏燃烧器、浙江百特、欧瑞特、上海凌云、华之邦、唐山金沙、无锡赛威特等。

国内燃烧器生产厂家众多（包括窑炉制造厂，燃烧器作为配套设施进行生产制造）。至今为止，国内仅已有统计的工业窑炉生产厂家就超过 1000 家，其中陶瓷窑炉生产厂家 666 家，热处理炉生产厂家 211 家，玻璃窑炉生产厂家 98 家，粉末冶金炉生产厂家超过 66 家，焚烧炉生产厂家 49 家。

虽然燃烧器市场前景广阔，品牌与生产厂家众多，但是燃烧器市场也较为混乱，燃烧器质量参差不齐，高能耗、高污染的燃烧器仍在使用生产。在我国，工业窑炉及工业锅炉的用能占全国总量的 50% 以上，而能耗水平和排放水平却居高不下，其主要影响因素，一是燃烧器 NO_x 排放控制技术落后，国内燃烧器技术水平相对国外落后 10-15 年；二是燃烧器生产制造行业相关质量标准不足，无法有效管控燃烧器的生产使用。

1.4 项目目的与意义

工业生产 NO_x（氮氧化物）排放是雾霾和气候变暖的元凶之一。

2016 年 12 月，国务院印发了《“十三五” NO_x 排放减排综合工作方案》（国发[2016]74 号）（以下简称《工作方案》）。

《工作方案》明确了“十三五” NO_x 排放减排目标。NO_x 排放方面，提出到 2020 年全国万元国内生产总值能耗比 2015 年下降 15%，能源消费总量控制在 50 亿吨标准煤以内。减排方面，提出全国化学需氧量、氨氮、二氧化硫、氮氧化物排放总量分别控制在 2001 万吨、207 万吨、1580 万吨、1574 万吨以内，比 2015 年分别下降 10%、10%、15%和 15%。全国挥发性有机物排放总量比 2015 年下降 10%以上

《工作方案》将“十三五”能源消费总量和强度“双控”目标分解到各省（区、市），提出了主要行业和部门 NO_x 排放目标，明确了“十三五”各地区化学需氧量、氨氮、二氧化硫、氮氧化物和重点地区挥发性有机物排放总量控制计划。

2016 执行的中华人民共和国大气污染防治法第四十三条：钢铁、建材、有色金属、石油、化工等企业生产过程中排放粉尘、硫氧化物和氮氧化物，应当采用清洁生产工艺，配套建设除尘、脱硫、脱硝等装置，或者采取技术改造等其他控制大气污染物排放的措施。

“十三五”期间，我国环境污染治理取得显著成效，生态环境保护各项工作取得重要进展。截至 2019 年底，“十三五”规划纲要确定的生态环境领域 9 项约束性指标，有 8 项已提前完成。

在国务院新闻办 2020 年 10 月 21 日举行的新闻发布会上，生态环境部副部长赵英民表示，“十三五”时期是污染防治攻坚战全面开展五年，是迄今为止生态环境质量改善成效最大、生态环境保护事业发展最好的五年，人民群众的生态环境获得感、幸福感和安全感不断增强。

从具体指标看，与 2015 年相比，2019 年全国地表水质量达到或好于 III 类水体比例上升 8.9 个百分点，达到 74.9%，地表水质量劣 V 类水体比例下降 6.3 个百分点，达到 3.4%；细颗粒物（PM_{2.5}）未达标地级及以上城市浓度下降 23.1%，全国 337 个地级及以上城市空气质量优良天数比率达到 82%；化学需氧量、

氨氮、二氧化硫、氮氧化物排放总量累计分别下降 11.5%、11.9%、22.5%、16.3%；单位 GDP 二氧化碳排放累计降低 18.2%。

除地级及以上城市空气质量优良天数比率这一项指标外，其余 8 项约束性指标均已完成“十三五”规划纲要确定的目标。

收官之年，生态环境领域各项指标继续向好发展，化学需氧量、氨氮、二氧化硫、氮氧化物排放总量进一步减少。

针对尚未完成的这一项指标，赵英民介绍，今年 1 至 9 月，地级及以上城市空气质量优良天数比率为 87.2%，同比上升 5.7 个百分点，预计能够顺利完成“十三五”空气质量优良天数比率达到 84.5%以上的目标。

他表示，从现在进展情况看，到今年年底，“十三五”生态环境保护规划确定的各项目标任务预计将全面完成。

可以预计，今后国家会进一步采取措施控制各种工业污染物排放，确保在工业生产稳步增长的同时，取得环境治理的更大成效。

国家环保部明确提出四类主要工业污染物为：粉尘、氧化硫、氮氧化物（NO_x）和有机废气（VOCs）；

我国约有 15 万台工业炉窑和 70 万台工业锅炉，工业炉窑主要分布在冶金、建材、机械和化工等四个部分，约占炉窑总数的 85%以上，以燃料燃烧加热为主，是 NO_x 污染的主要来源之一；

采用高效低污染燃烧技术对环境治理可以起到事半功倍的作用；

本项目适用于工业领域（工业窑炉及工业锅炉）的燃油燃气燃烧器； 本项目拟通过燃烧器评定分级促进低 NO_x 燃烧技术进步和广泛应用

现在燃烧器性能要求往往以满足工艺条件为主，各行业工艺条件差别很大，对燃烧器没有统一标准要求，但从能源转换规律和 NO_x 排放减排要求出发，应该有统一的衡量标准和技术要求，这代表燃烧器产品发展方向，更有利于燃烧器技术创新和推动国家 NO_x 排放减排事业发展。

制定本标准的目的是为工业燃气燃烧器低 NO_x 燃烧提供等级评价与测试依据。通过对工业燃气燃烧器的 NO_x 排放等级评价，达到提高先进低 NO_x 排放工业燃烧器市场占有率，淘汰落后产品，提高国内工业燃烧器领域整体技术水平，促进企业自主创新，推动国家实现控制 NO_x 工业排放的工作。

1.4.1 NO_x 排放状况

NO_x 是国家控制的主要污染物，目前，我国 NO_x 年排放量为全球首位，在 1000 万吨级的水平之上。

表 1.1 2000~2030 年我国 NO_x 排放行业贡献率 (%)

年份	2000	2010	2020	2030
火电	35.8	40.2	42.6	43.3
工业	30.9	21.3	17.0	13.8
机动车	21.3	25.	29.4	31.6
其它	11.9	11.2	11.2	11.2

在工业领域，NO_x 排放主要由燃料燃烧的热力过程产生，因此，实现燃烧过程 NO_x 排放的有效控制是实现我国 NO_x 排放减排任务的重要工作。

1.2 燃烧 NO_x 控制

对于燃烧 NO_x 控制主要有三种方法：①燃烧前处理；②燃烧中处理，即低 NO_x 燃烧，主要采用改进燃烧器结构、分级配风等形成不利于 NO_x 产生的环境；③烟气脱硝，即燃烧后 NO_x 处理，其中发展最成熟应用最广泛的是在催化剂参与下采用氨类物质作为还原剂的 SCR 技术，其 NO_x 脱除率可达 90% 以上，详见下图。

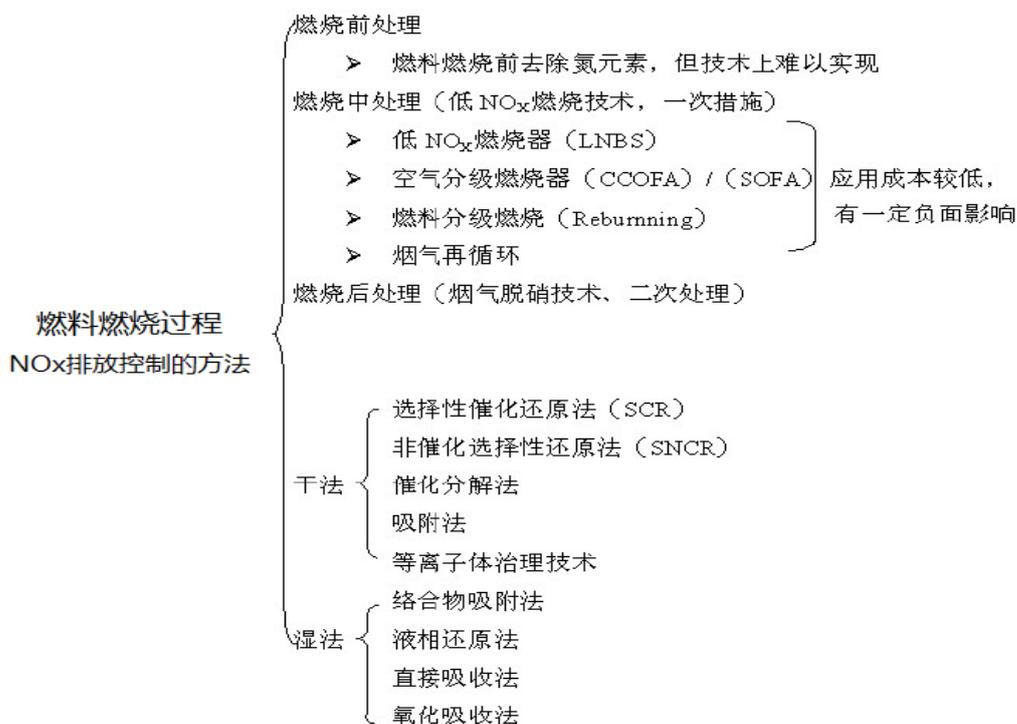


图 1 控制 NO_x 排放的方法

2 任务来源

根据“国家标准化管理委员会关于下达 2019 年第三批推荐性国家标准计划的通知（国标委发[2019]29 号）”文件精神，全国燃烧节能净化标准化技术委员会承担《低 NO_x 燃油燃气燃烧器评价方法与试验规则》（项目计划编号为：20193281-T-469）国家标准的制修订工作。

3 工作简况

3.1 前期研究

本标准前期具有一定研究基础，例如标委会制定了《燃气燃烧器节能等级评价方法》和《燃气燃烧器节能试验规则》两项国家标准，华中科技大学等单位有《回流区分级着火燃烧技术在控制 NO_x 燃烧生成物方面的应用》、《HTAC 技术 NO_x 排放特性研究及低 NO_x 燃烧器开发》等不少科研课题的研究成果。

在标准立项之前，就已经完成大量调研与分析工作，并形成了标准草案。

3.2 标准编写过程：

3.2.1 成立标准编写工作组：根据工作计划，标委会秘书处组织成立了标准起草编制小组。在标准起草工作组的统筹安排下，我们对已经形成的标准草案展开了研讨与意见征询。

2020 年 4 月，标准编写工作组成立，明确了分工。工作组成员如下：

(1) 组长：

靳世平 华中科技大学

(2) 副组长：

林其钊 中国科学技术大学

陈光明 江西炽盛热能技术有限公司

(3) 成员：

戴方钦 武汉科技大学

张其林 博瑞特热能设备股份有限公司

高杰 安徽省凤形耐磨材料股份有限公司
杨必应 安徽省特种设备检测院
周月桂 上海交通大学
程乐明 浙江大学
向军 华中科技大学
王高峰 浙江大学
何旭 北京理工大学
叶桃红 中国科学技术大学
张文秋 安徽省质量和标准化研究院
张家顺 合肥顺昌分布式能源综合应用技术有限公司

(4) 秘书组:

徐咏梅 全国燃烧节能净化标准化技术委员会

3.2.2、2020年5—10月，因疫情原因，工作组不能召开线下会议，但成员进行了网上交流（具体过程详见3.3.中的（2）访谈交流）。

3.2.3、2020年11月7日，在全国燃烧节能净化标准化技术委员会三届三次会议上对全体参会人员《低NO_x燃油燃气燃烧器评价方法与试验规则》（草案）进行讨论，将意见汇总形成了《低NO_x燃油燃气燃烧器评价方法与试验规则》（征求意见稿）；

3.2.4、2020年11月24日至2021年2月1日，将《低NO_x燃油燃气燃烧器评价方法与试验规则》（征求意见稿）及编制说明发给各位相关单位、团体、委员、专家，并在国标委系统上同步广泛征求意见，收集了大量反馈意见。

3.2.5、2021年2月2日至2021年4月12日，编写组对收集的意见进行了分析整理，形成了《低NO_x燃油燃气燃烧器评价方法与试验规则》国家标准（征求意见稿）征求意见汇总处理表，编写组根据反馈的合理意见对低NO_x燃油燃气燃烧器评价方法与试验规则》国家标准（征求意见稿）进行了认真修改，形成了《低NO_x燃油燃气燃烧器评价方法与试验规则》国家标准（送审稿）。

3.3 调研实施情况

(1) 文献分析与网络搜索

文献调研充分了解课题背景与意义，指导课题实施，避免重复研究，其重要性不言而喻。本课题在执行过程中，进行了充分的市场调研，不仅对国内外燃烧器 NO_x 排放等级评价相关标准情况、工业燃气燃烧器市场容量、工业燃气燃烧器市场走向、工业燃气燃烧器应用现状、工业燃气燃烧器应用场景及分类方法进行了全面的理论分析，而且初步确定了工业燃油燃气燃烧器 NO_x 排放等级指标、指标参数及测试方法。

主要调研的资料如下：

标准	国内标准	<p>GB/T 19839—2005 工业燃油燃气燃烧器通用技术条件</p> <p>GB/T 10180—2003 工业锅炉热工性能试验规程</p> <p>GB/T 15317—2009 燃煤工业锅炉节能监测</p> <p>GB/T 17954—2007 工业锅炉经济运行</p> <p>GB/T 15319—1994 火焰加热炉节能监测方法</p> <p>TSG GB001—2007 《燃油（气）燃烧器安全技术规则》</p> <p>TSG GB002—2007 《燃油（气）燃烧器型式试验规则》</p> <p>CB 1385—2005 舰船锅炉燃烧器规范</p> <p>SH/T 3113—2016 石油化工管式炉燃烧器工程技术条件</p> <p>CB/T 3863—2015 船用辅锅炉燃烧器性能试验方法</p> <p>YB/T 160—1999 冶金工业炉燃烧器性能试验方法</p> <p>SY/T 6381—2016 加热炉热工测定</p> <p>GBT 13611—2006 城镇燃气分类和基本特性</p> <p>GB/T 13610—2014天然气的组成分析 气相色谱法</p> <p>GB/T 11062—2014天然气发热量、密度、相对密度和沃泊指数的计算方法</p> <p>GB/T 21446—2008 用标准孔板流量计测量天然气流量</p> <p>SEPD 0302—2001 压力测量元件配管设计规定</p>
	国外标准	<p>EN267, 1999 强制鼓风燃油燃烧器</p> <p>EN676, 2002 全自动强制鼓风燃气燃烧器</p> <p>EN230, 1990 整体式燃油燃烧器</p> <p>EN298, 1994 全自动燃气燃烧器控制系统</p> <p>EN12953, Part7 锅壳锅炉</p> <p>EN12952, Part8 水管锅炉及辅助设备</p> <p>EN746) 2, Part2 工业热加工设备</p>
文献	<p>2t_h 燃气锅炉的节能分析_薛峰</p> <p>21 世纪燃气锅炉在中国的发展前景_杨智</p> <p>WNS 系列全自动燃气锅炉的性能特点介绍_黄家瑶</p> <p>关于燃气锅炉应用的几点探讨_刘品</p> <p>锅炉的能效评价与影响因素分析_刘林</p> <p>基于 CFX 的燃油燃气锅炉炉膛内燃烧传热的数值模拟_魏强</p> <p>冷凝式燃气锅炉的节能与环保特性研究_叶勇军</p> <p>浅谈燃气锅炉的选型及应用_王黎黎</p> <p>浅谈燃气锅炉的优越性和应用前景_王洪玉</p>	

	燃气锅炉的发展前景与经济性比较_张萍 燃气锅炉的环境效益_段树毅 燃气锅炉的前景分析_张圣伟 燃气锅炉的选型及应用_李德东 燃气锅炉改造方案设计与实施_刘金刚 燃气锅炉热效率分析_王建国 燃气锅炉增容与低氮燃烧改造设计方案及其应用_陈伟霖 燃油和燃气锅炉的结构和设计_赵钦新 燃油燃气锅炉的现状分析_张仙平 燃油燃气锅炉的应用及前景展望_盛晓文 燃油燃气锅炉发展趋势分析_邹炳花 提高燃气锅炉热效率的方法及措施_雷亚 提高中压燃气锅炉热效率技术分析_孙红燕 我国燃油燃气锅炉节能技术研发及市场发展前景_雷钦祥 卧式内燃燃油和燃气锅炉的结构和设计_高玉宽 中小型燃气锅炉热效率估算_张文胜
--	--

(2) 访谈交流

从市场角度分析，低 NO_x 燃烧器认证须形成一条全面的价值链，包括燃烧器设计制造单位、使用单位、相关的政府机关、科研院所、检测机构、标准制定机构等单位。以上单位为低 NO_x 燃烧器认证的价值攸关方。因此，其对于燃烧器 NO_x 排放认证业务的认可度十分关键。

本课题对燃烧器 NO_x 排放认证相关方进行了访谈交流，访谈对象如下：

燃烧器设计制造单位：武汉安和节能新技术有限公司、江西焱盛热能技术有限公司、常熟喷嘴厂有限公司、宝钢工业炉公司、武汉同合热工设备有限公司、广州思能燃烧技术有限公司等；

燃烧器使用单位：武汉钢铁集团、宝钢集团、宝武湛江化工、涟源钢铁公司、陕煤集团、大庆炼化、泰州石化、中海油东方炼化等；

政府机关：国家发改委能源研究所、湖北省发改委、湖北省节能监察中心、武汉市发改委、武汉市节能监察中心；

科研院所：华中科技大学、中国科学技术大学、武汉科技大学、浙江大学、上海交通大学、北京理工大学等；

检测机构：湖北省特种设备检测研究院、安徽省特种设备检测研究院；

标准制定机构：国家标准化研究院、安徽省质量及标准化研究院、湖北省质量和标准化研究院、全国燃烧节能净化标准化委员会。

以上单位对推进燃烧器 NO_x 排放等级评价与认证工作均表示认可，表示其对我国工业窑炉 NO_x 减排起到积极的推动作用。

本课题访谈交流详细情况如下：

方式	对象单位	讨论内容和结果	时间
座谈(启动会)	国家发改委能源研究所 国家标准研究院 全国燃节能净化标准化委员会 华中科技大学 中国科学技术大学 武汉安和节能新技术有限公司 无锡格林博特能源设备有限公司 全国燃烧节能净化标准化委员会	(1) 探讨项目背景与意义、项目执行思路、以及前期调研情况； (2) 明确项目实施计划与各方职责	2018.03
座谈(中期评审会)	湖北标准化研究院 华中科技大学 武汉安和节能新技术有限公司 岳阳市巴陵节能窑炉工程有限公司	(1) 总结前期工作； (2) 对燃油燃气燃烧器 NO _x 测试标准和等级评价标准草案进行了审核； (3) 制定项目后续执行计划。	2014.08
全国燃烧 NO _x 排放净化标准化委员会报告	全国燃烧节能净化标准化委员会成员单位	向大会成员汇报了项目情况，及工业燃油燃气燃烧器 NO _x 排放等级评价和测试标准，并获得一致认可。	2014.10
拜访	湖北省发改委	汇报了燃烧器 NO _x 排放认证思路与意义，获得认可。从环境保护与 NO _x 排放减排角度出发，政府在政策上对 NO _x 排放减排相关行为一直为支持态度。	2014.05
拜访	湖北省节能监察中心		2014.05
拜访	武汉市发改委		2014.12
拜访	武汉市节能监察中心		2014.12
交流	武汉钢铁集团	(1) 调研了使用者对燃烧器 NO _x 排放认证的态度。使用者目前普遍未对燃烧器 NO _x 排放方面提出相关要求，原因为 a.对燃烧器影响能耗认知不够明确； b.没有相关标准引导； c.没有相关标准及第三方机构对市场上燃烧器做出公正评价。因此，从 NO _x 排放角度出发，使用者对燃烧器 NO _x 排放认证持支持态度。 (2) 获取到武汉江城锅炉制造有限公司 WNS 型号 1、2、3、4、6t/h 燃气锅炉能效测试报告，以及锅	2015.01
交流	宝钢集团		2015.01
交流	舞阳市冠军瓷业有限责任公司		2015.05
交流	武汉江城锅炉制造有限公司		2015.02

		炉设计相关参数，确定了锅炉燃气燃烧器 NO _x 排放等级评价关键指标的参数。	
拜访	湖北省特种设备检测研究院	<p>(1) 获取了 SZS、YQW、WNS 三种型号多种大小燃气锅炉能效及排放测试报告；</p> <p>(2) 作为国家指定的锅炉检测机构，已认识到燃烧器作为锅炉关键设备的重要性，并已出台燃烧器安全性能检测强制性检测标准，然而未对燃烧器 NO_x 排放方面进行规定。对本项目十分支持，并表示将推进燃烧器 NO_x 排放方面的强制性规定。</p>	2015.02

(3) 实际测试

在分析湖北省特种设备检测研究院和武汉江城锅炉制造有限公司等单位获取的锅炉能效测试报告的基础上，本课题还选择了部分燃烧设备的燃烧器进行了实际测试，包括锅炉燃气燃烧器、管式炉燃气燃烧器和梭式窑燃气燃烧器。

通过实际测试，验证了燃烧器 NO_x 排放测试方法的正确性与可行性和燃烧器实际应用现状。

本次测试共测量三种燃烧器，其类型、燃料、生产单位、使用单位、所属行业情况如下：

燃烧器类型	燃料	生产单位	使用单位	所属行业
锅炉燃气燃烧器	天然气	无锡格林博特能源设备有限公司	黄石市中心医院 洗涤中心	商用
管式炉燃气燃烧器	焦炉煤气	武汉安和 NO _x 排放新技术有限公司	宝化万辰	化工
梭式窑燃气燃烧器	天然气		舞阳市冠军瓷业 有限责任公司	陶瓷

3.4 国内外相关标准情况

3.4.1 国内工业燃烧器标准情况

国内关于工业燃烧器方面的标准主要有：

- (1) GB/T 19839—2005 工业燃油燃气燃烧器通用技术条件
- (2) CB/T 4222—2013 船用转杯式燃烧器
- (3) CB 1385—2005 舰船锅炉燃烧器规范

- (4) CB/T 3752—2005 船用机械压力式燃烧器
- (5) CB/T 3967—2013 船用蒸汽雾化式燃烧器
- (6) SH/T 3113—2016 石油化工管式炉燃烧器工程技术条件
- (7) CB/T 3863—2015 船用辅锅炉燃烧器性能试验方法
- (8) YB/T 160—1999 冶金工业炉燃烧器性能试验方法
- (9) GB/T 10180—2003 工业锅炉热工性能试验规程
- (10) GB/T 15317—2009 燃煤工业锅炉NO_x排放监测
- (11) GB/T 17954—2007 工业锅炉经济运行
- (12) GB/T 15319—1994 火焰加热炉NO_x排放监测方法
- (13) SY/T 6381—2008 加热炉热工测定

除了有关家用燃气器具的国家标准外，关于燃油/气燃烧器的国家标准目前仅有 GB/T 19839—2005《工业燃油燃气燃烧器通用技术条件》一部，但内容不够全面，覆盖性不够广。

标准（2）-（6）为燃烧器相关的设计制造标准，它们是针对不同行业，不用应用场景而制定的标准。这些标准覆盖行业少，其他行业只能进行参考引用。

标准（7）-（13）是针对配置燃烧器的不同加热设备，如锅炉、加热炉等，一些与燃烧有关的、涉及能效、环保的技术和管理标准。这些标准虽然有涉及能效、环保方面内容，但是均基于燃烧器的配备主体，如锅炉、加热炉等，而不是燃烧器本体。

3.4.2 欧洲工业燃烧器标准情况

欧洲已建立了完善的工业燃烧器标准体系，主要体现于以下两个方面：

法规方面：

欧洲工业燃烧器只有经过 CE 认证，获得 CE 指令标志，才可进入市场。CE 指令主要规定工业燃烧器的安全性要求。

标准方面：

由于德国在燃烧器研发、制造、使用和管理上世界领先，因此，目前的燃烧器相关欧洲标准基本上采用原德国标准(DIN)。DIN 相关标注主要有：

EN267, 1999 强制鼓风燃油燃烧器

EN676, 2002 全自动强制鼓风燃气燃烧器

EN230, 1990 整体式燃油燃烧器

EN298, 1994 全自动燃气燃烧器控制系统

EN12953, Part7 锅壳锅炉

EN12952, Part8 水管锅炉及辅助设备

EN746) 2, Part2 工业热加工设备

在这些标准中，不仅规定了工业燃烧器的设计制造技术条件，还规定了针对工业燃烧器专门的检测装置和检测方法，建立了各个方面的多层次的判定准则（包括 NO_x 排放与环保准则）。

综合以上情况可知，作为一个以燃烧为目的的通用设备，国内工业燃烧器方面的法规、标准还不完善，特别是如何对燃烧器进行 NO_x 排放环保评价方面的标准还未建立，与欧洲等国相比具有较大差距。而能效评价标准在家用电器方面已经十分成熟。鉴于此，本项目从能源转换规律和 NO_x 排放减排要求出发，以工业燃气燃烧器为切入点，研究工业燃气燃烧器统一的衡量标准和技术要求，开发工业燃气燃烧器 NO_x 排放评价技术，拟定工业燃气燃烧器 NO_x 排放评价标准。

3.5 工业燃气燃烧器应用场景及分类方法

燃气燃烧器在各个行业中都有广泛运用，如石油化工、建材、电力、公路、纺织、印染、钢铁、冶金、机械等。

钢铁行业中，炼钢过程中产生的高炉煤气和焦炉煤气被用于发电、热处理、化工等工艺过程；陶瓷行业中，绝大部分辊道窑、梭式窑等均使用天然气为燃料；化工行业中，由于温度控制性、温度均匀性等需求，工业燃气燃烧器也被广泛用于加热等工艺过程中；冶金、机械等行业，热处理炉也多使用天然气。

工业燃烧器除用于锅炉外，也是工业窑炉的配套设备，工业窑炉分类情况如下：

代码	工业炉窑类别	代码	工业炉窑类别
010	熔炼炉	071	电石炉
011	高炉	072	煅烧炉
012	炼钢炉混铁炉	073	沸腾炉
013	铁合金熔炼炉	079	其他化工炉
014	有色金属熔炼炉	080	烧成窑
020	熔化炉	081	水泥窑
021	钢铁熔化炉	082	石灰窑

022	有色金属熔化炉	083	耐火材料用炉
023	非金属熔化炉、冶炼炉	084	日用陶瓷窑
024	冲天炉	085	建筑卫生陶瓷窑
030	加热炉	086	砖瓦窑
031	钢铁连续加热炉	087	搪瓷烧成窑
032	有色金属加热炉	088	其他烧成窑
033	钢铁间隙加热炉	090	干燥炉（窑）
034	均热炉	091	铸造干燥炉（窑）
035	非金属加热炉	092	水泥干燥炉（窑）
039	其他加热、保温炉	099	其他干燥炉（窑）
040	石化用炉	100	熔煅烧炉（窑）
041	管式炉	110	电弧炉
042	接触反应炉	120	感应炉（高温冶炼）
043	裂解炉	130	炼焦炉
049	其他石化炉	131	煤炼焦炉
050	热处理炉（<1000℃）	132	油炼焦炉
051	钢铁热处理炉	140	焚烧炉
052	有色金属热处理炉	141	固废焚烧炉
053	非金属热处理炉	142	碱回收炉
054	其他热处理炉	143	焚尸炉
060	烧结炉（黑色冶金）	144	医院废物焚烧炉
061	烧结机	145	气体焚烧炉
062	球团竖炉、带式球团	149	其他焚烧炉
070	化工作炉	190	其他工业炉窑

燃气燃烧器按燃料和空气混合方式又可以分为扩散燃烧、预混燃烧和半预混燃烧；

燃气燃烧器按结构特点又可以分为旋流燃烧器、预混燃烧和半预混燃烧；

4 标准讨论稿制定的依据与编制原则

4.1 依据 GB/T 1.1—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；

4.2 以国家现行的 NO_x 排放减排政策、法规为依据；

4.3 与其他 NO_x 排放标准相协调；

4.4 坚持科学性原则，即标准模式与理论基础及标准要求之间应具有清晰的

逻辑关系，即理论-模式-标准要求，逐层转化，做到结构合理，层次清晰，体现科学性原则；

4.5 坚持先进性和实用性相结合的原则，即在充分吸收和借鉴先进经验的基础上，确保标准适用于我国燃烧 NO_x 排放管理的现状和水平；

4.6 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。

5 标准讨论稿内容说明

5.1 关于标准名称和内容

本标准通过测量考察燃烧器在技术性能上控制 NO_x 生成量，根据其对炉窑 NO_x 排放的贡献划分低 NO_x 燃油燃气燃烧器技术等级进行燃烧器评价，其中燃烧效率和烟气氧含量是主要影响因素，因此采取固定测试条件（包括标准测试方法、标准燃烧效率和标准容积热强度等），取 5 种负荷工况下的加权燃烧烟气中 NO_x 排放值对燃烧器 NO_x 排放等级进行评价。

5.2 关于评价方法的说明

本标准通过规定标准测试方法对燃烧器燃烧生成烟气进行测量，并按规定的科学方法进行计算，考察燃烧器设计使用控制 NO_x 生成量的技术性能，对低 NO_x 燃油燃气燃烧器技术等级进行评价，其中燃烧效率和烟气氧含量是主要影响因素，因此采取固定测试条件（包括标准测试方法、标准燃烧效率和标准容积热强度等），取 5 种负荷工况下的加权燃烧烟气中 NO_x 排放值对燃烧器 NO_x 排放等级进行评价。

这种方法与现场使用燃烧器的结果有一定区别，但是因为测量和评价采取经应用调查统计分析得到的统一方法，因此能够燃烧器控制 NO_x 技术的相对水平，具有较好参考价值。

5.3 关于测试内容与方法

测试内容

在规定的燃烧效率、过剩空气系数、容积热强度条件下，测定燃烧器燃烧烟气中 NO_x 的浓度。

测试步骤

a) 燃烧器测试前应该将燃料取样，由具备资质的单位对以下内容进行分析

检测：气体成分、相对密度、低位热值。气体成分测试依据 GB/T 13610《天然气的组成分析 气相色谱法》，相对密度计算依据 GB/T 11062《天然气发热量、密度、相对密度和沃泊指数的计算方法》

b)根据负荷率，计算相应输出功率，将燃料调节至相应流量；

c)保持负荷率，以火焰不直接接触炉壁面等安全性要求为前提，调整测试炉燃烧空间，直至满足容积热强度条件。

d)调节过剩空气系数到规定值，记录此时烟气中的氧浓度和 NOx 浓度（或取样分析）。稳定状态判定要求炉膛温度、烟气成分上下波动在测量值的±1%以内。

c)按式(1)进行基准氧含量排放浓度换算。

$$c = c' \times \frac{21 - C_o}{21 - C_o'} \quad (1)$$

式中：

c—大气污染物基准氧含量排放浓度，mg/m³；

c'—实测的大气污染物排放浓度，mg/m³；

C_o—基准氧含量，%；

C_o'—实测的氧含量，%。

基准氧含量取值按燃烧器不同用途划分，参照了山东省地方标准《DB 37/2376—2019 区域性大气污染物综合排放标准》中给出的数据，见下表：

不同用途燃烧器基准氧含量

序号	装置类型		基准氧含量 (O ₂) %
1	炼焦化学工业	焦炉燃烧器	8
2	石油化学工业	工艺加热炉、有机废气焚烧装置	3
3	石油炼制工业	工艺加热炉、催化再生、酸性气回收装置及 有机废气焚烧装置	3
4	合成树脂工业	有机废气焚烧装置	3

5	炭素行业	焙烧炉	15
		煅烧炉	
	钛白粉厂	回转窑	
6	无机化学工业	氧化态炉窑	8
		还原态炉窑	5
7	烧碱、聚氯乙烯工业	废气焚烧装置	3
8	制浆造纸工业	黑液碱回收炉	9
9	冲天炉	冷风炉 (鼓风温度 ≤ 400 °C)	15
		热风炉 (鼓风温度 > 400 °C)	12
10	炉窑干燥尾气	以天然气为燃料并采取低氮燃烧措施的炉窑	在国家、省规定基准氧含量前， 暂按实测浓度计
		其他情形的炉窑	15
11	金属熔炼炉、烧结炉		在国家、省规定基准氧含量前， 暂按实测浓度计
12	其他工业炉窑		9
13	工业锅炉		3

5.4 关于燃烧效率及 NO_x 排放等级设定

5.4.1 燃烧器NO_x排放技术等级划分

低NO_x燃气燃烧器技术等级划分见表3。

等级	烟气NO _x 含量，mg/m ³ （烟气处于基准氧含量条件下）
----	---

1级	烟气NO _x 含量≤30
2级	30<烟气NO _x 含量≤50
3级	50<烟气NO _x 含量≤80
4级	80<烟气NO _x 含量≤100

低NO_x燃油燃烧器技术等级划分见表4。

等级	烟气NO _x 含量, mg/m ³ (烟气处于基准氧含量条件下)
1级	烟气NO _x 含量≤50
2级	50<烟气NO _x 含量≤80
3级	80<烟气NO _x 含量≤100
3级	100<烟气NO _x 含量≤150

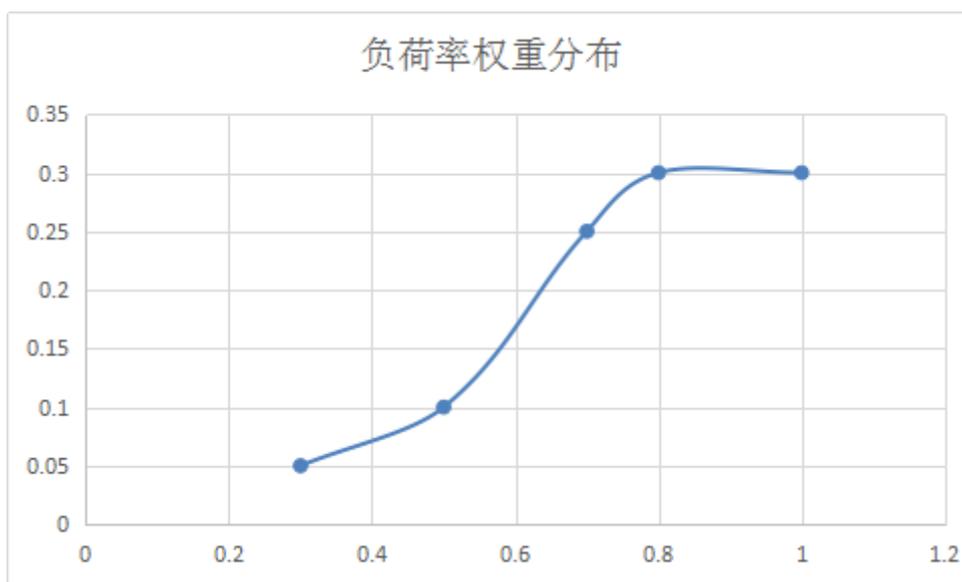
5.5 关于测试负荷率和权系数的确定

考虑到用户使用燃烧器并不只是在额定负荷下使用,常常还要满足不同负荷条件,因此测试应该涵盖不同负荷率。用不同负荷率测试结果需要进行过剩空气系数统计平均值计算。此时,对不同的负荷率采用不同的权系数以体现使用的频次影响。

本标准选择的不同负荷率权系数如下表:

负荷率	100%	80%	70%	50%	30%
权重	0.3	0.3	0.25	0.1	0.05

该表考虑用户实际选择使用燃烧器时负荷率的频次统计概率,选择了五种有代表性的负荷点,确定了每一个负荷点的归一化权重,其概率分布如下图:



由图可以看出，该权重分布符合随机变量统计正态分布特性，其中心点位于燃烧器额定负荷的 90% 处，最大负荷为燃烧器 100% 额定负荷，最小为 30% 额定负荷，权重和为 1。

这个负荷权重选取符合燃烧器设计要求和大多数用户的使用习惯，可供用户作为燃烧器 NO_x 排放的使用参考（换言之，如果一台评价为低 NO_x 排放的燃烧器，大部分时间应工作在 80% 到 100% 负荷状态下，如果总是工作在 50% 以下的负荷率状态下，有可能并不经济）。

6 标准性质的建议说明

待标准通过审查将建议《低 NO_x 燃油燃气燃烧器评价方法与试验规则》作为推荐性国家标准。

7 贯彻本标准的实施要求和措施建议

本标准报批通过发布后，应组织相关的燃烧器制造厂家、使用用户对标准进行宣贯，使之推动用户更多选择低 NO_x 燃烧器技术产品，有效起到控制工业炉窑 NO_x 排放水平的作用，减少污染排放，更好的构建低碳型和谐社会。

《低 NO_x 燃油燃气燃烧器评价方法与试验规则》

标准编写工作组

2021 年 4 月