

# 《锻压工业炉大气污染物排放标准》

## 编制说明

# 《锻压工业炉大气污染物排放标准》

## 编制说明

### 1 制订本标准的依据、必要性和基本思路

#### 1.1 项目依据及工作回顾

##### 1.1.1 项目来源和依据

中国锻压协会依据 2018 年 1 月 1 日开始实施的《中华人民共和国标准化法》成立了团体标准技术委员会，开展满足市场和创新需要的团体标准制定工作。为保证锻压行业健康发展的需要，遵循开放、透明、公平的原则，组织对标准相关事项进行调查分析、实验、论证，以便科学合理的编制适用于锻压行业的团体标准。

锻造行业是我国工业基础行业之一，也是高能耗的行业。锻造行业采用的加热炉及锻后热处理炉的特点是工艺复杂，性能要求高，炉型多样，小而分散。特别针对军事工业，航空航天，核电等行业的坯料加热要求均高于冶金行业，燃烧器的火焰形态对炉温均匀性的影响很大，炉温均匀性又直接影响产品质量和性能。目前，蓄热式燃烧技术已经广泛应用于锻造行业，蓄热式锻造加热炉可以获得 50%以上的节能效果，蓄热式热处理炉也可以获得 30%以上的节能效果。但是，由于锻造行业加热炉的炉温较高，通常在 1250–1300℃，热处理炉的炉温在 650–1150℃之间。经过蓄热-换热过程后，空气预热温度非常高，造成火焰温度较高，直接推升了 NO<sub>x</sub> 的排放量。

依据《中华人民共和国环境保护法》第 10 条、《中华人民共和国大气污染防治法》第 7 条、《国家环境保护标准制修订工作管理办法》、《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》等相关规定，地方政府可以对国家污染物排放标准中未作规定的项目，制定地方标准；对国家污染物排放标准已作规定的项目制定严于国家标准的地方排放标准。

锻造行业工业炉的氮化物排放来源于工业炉的燃料燃烧。燃料燃烧技术的先进性与否来源于以下四个方面：

燃烧效率提高的要求（出现强制鼓风的燃烧器）、

提高加热质量和速度的要求（出现不同火焰性态的燃烧器）、

节能要求（出现自身预热烧嘴，蓄热式烧嘴）

排放要求（低 NO<sub>x</sub> 燃烧器）。

以上四个要求并不能完全兼容，有相互制约，相互妥协的地方。比如自身预热烧嘴和蓄热式烧嘴通过余热回收技术提高空气预热温度，空气预热温度的提高会造成 NO<sub>x</sub> 排放量的增加，为了降低 NO<sub>x</sub> 排放量就必须放弃最有利于加热质量的火焰状态（如完整态的高速火焰，平焰火焰），改变为弥散燃烧的弥散性火焰。而弥散性火焰难以通过各种炉温均匀性检测标准，导致降低加热质量，直接造成废品或不被用户单位接受。特别是热处理炉更无法通过炉温均匀性检测。

锻造行业工业炉均为周期型加热炉，炉膛温度经历从室温到工艺温度的全过程。弥散性火焰在低温下（800℃）燃烧不充分，产生大量的 CO，燃烧效率很低。

锻造行业的产品供给的舰船，风电，核电，军事工业，他们对产品质量的要求越来越高，对工业炉的控制，加热质量和炉温均匀性的要求越来越高，采用的质量标准越来越严苛。

锻造企业的工业炉普遍个体很小，空间小，装炉量大，操作过程复杂，加热工艺要求高且复杂。如果单纯的要求燃烧器本身在如此繁多的要求下达到高的排放要求是无法办到的事情。

## 1.2 节能效果最明显，加热质量最好的燃烧技术-蓄热式燃烧技术

普通燃烧技术空气经空气换热器后空气预热温度一般为 200-450℃，对 NO<sub>x</sub> 生成影响较小，采用多段燃烧，浓淡燃烧技术即可降低 NO<sub>x</sub>，对火焰性态的影响不大。蓄热式燃烧技术成功的应用在锻造行业，获得加热炉节能 40-50%，热处理炉节能 30-40% 的节能效果。但是，蓄热式加热炉的空气预热温度高达 1000-1100℃，会产生大量的 NO<sub>x</sub> 排放。

### 1.2.1 锻造行业蓄热式工业炉的情况

#### (1) 资料收集与研究

锻协组织专家组较为全面地收集了上海，山东等地区工业炉窑排放标准，欧盟等国外发达国家工业炉窑相关标准；同时收集了有关工业炉窑污染控制的期刊文献，国内外炉窑大气污染控制方面的最佳实用技术等资料。

#### (2) 监测数据采集

对本市涉及炉窑的锻造行业的污染现状、炉窑设施的排放水平开展调研；选定典型工业炉窑进行现场测试，基本掌握了工业炉窑的大气污染物排放规律。

### (3) 锻造行业蓄热式工业炉的概况说明

a 采用的燃烧技术为蓄热式燃烧技术，锻造行业蓄热式工业炉通常采用的燃料均为洁净燃料，如天然气，液化石油气，极少量的焦炉煤气和混合煤气。烟气通过换向系统由抽烟风机排出炉外，排烟温度仅为 150℃左右。

b 换向系统的特点。供风机与抽烟风机在换向时相通，抽烟风机后端烟气中的氧气有相当部分是直接从供风管道抽得，不能真实说明炉膛内烟气氧含量。经过测试，蓄热式工业窑炉烟气中氧含量为 9-11%是合理的。

c 炉温较高，加热炉炉温 1250-1300℃；热处理炉 650-1150℃

d 热工工艺复杂，对升温，保温和降温均有要求，炉温均匀性对产品质量有直接影响。

e 体积变化很大，炉底面积从零点几平方米到上百平方米

f 生产过程要求和需要，经常性开炉门取料。其中特殊的推杆式炉，生产节奏太快，采用不关炉门生产。开炉门时炉膛气氛与大气相当，无法控制氧含量。

### (4) 蓄热式燃烧技术

高效蓄热技术就是在蓄热室采用特殊材料的蓄热体，将经过蓄热室的高温烟气的热量最大限度地留在蓄热体内，使烟气温度降到 200℃以下排放，然后让被预热气体经过蓄热室，吸收到蓄热体内的热量，使之温度预热到高温烟气温度的 80%~90%，从而达到高效换热的目的。蓄热式工业炉与传统工业炉相比，具有以下特点：炉温的均匀性好，加热质量高；炉子热效率高，能耗低，排烟温度低；炉子热效率的提高，减少了燃料消耗，同时减少空气消耗量，也就使燃料燃烧生成的含氮氧化物的烟气量大大降低，有利于减少污染，改善环境。高效蓄热式工业炉可以将空气或煤气预热到 800℃，甚至 1000℃以上，使燃烧温度大幅度提高，即使燃用低热值燃料，也能满足工业炉加热坯料所要求的温度。这就为直接燃用高炉煤气等低热值燃料提供了有效途径。近几年，我国高效蓄热式工业炉的开发应用取得了长足的发展，并且在国内已建成投产多座，包括室式炉、罩式炉、均热炉和连续加热炉，均取得了很好的节能效果和环保效益。如排烟温度降到 180℃以下，空气或煤气预热到 800℃以上，节能 30%~50%，而且还可减少氧化烧损，提高炉子的生产率，提高炉温的均匀性。与常规工业炉相比，高效蓄热式工业炉虽然要装备换向系统，但却没有空煤气换热器，没有高温管道和高温阀门，因此在建设投资方面与常规工业炉基本相当。另一方面，高效蓄热式工业炉具有很高的燃料节约率，可大幅度降低能耗成本和减少废气排放量。

本标准的制订主要是通过重点污染源调查，对锻造行业蓄热式工业炉大气污染物排放和治理现状进行技术经济评估，同时考虑行业发展和环境影响、参考国外相关排放标准和研究相关行业的政策、法规，最后确定排放标准限值和相关管理规定，并适当分析成本和环境效益。

### 1.2.2 生产概况

采用清洁能源后，目前锻造行业蓄热式工业炉主要污染物为 NO<sub>x</sub>。行业内工业炉窑数量多、种类繁，几乎遍布全国各个省市，工业炉窑的耗原煤量仅次于工业锅炉、电站锅炉，是大气污染的主要来源之一，由于工业炉窑形成的污染源量大面广，对环境空气质量有着直接的影响。

#### 1.2.2.1 锻造行业的蓄热式工业炉窑类型（燃料炉）

锻造行业的蓄热式工业炉窑（燃料炉）类型及生产状态

序号	炉窑类型		生产状态
1	加热炉	周期型加热炉（台车，室式）	经常性开炉门取料
		连续式加热炉	炉门无法密封
		半连续加热炉（贯通式）	炉门常开
2	热处理炉	周期型热处理炉	炉门常闭
		连续式热处理炉	炉门常开

#### 1.2.2.2 蓄热式燃烧换向造成烟道氧含量偏高

蓄热式燃烧的基础是通过蓄热体的蓄热和放热完成对高温烟气与空气或燃气的热交换，这个交换过程靠热交换对象间换向系统完成，通常两通、三通和四通换向阀，换向阀在换向过程中，鼓风机供给的空气和抽烟风机抽出的烟气间是想通的，而且，频繁动作（动作频率 10 万次/年）的换向阀完全达到与阀体的密封是不可能的。因此蓄热燃烧后烟气中的氧含量较普通燃烧方式要高。

锻造行业的蓄热式工业炉窑（燃料炉）不同生产状态烟道氧含量（O<sub>2</sub>%）

序号	炉窑类型		升温阶段	保温阶段	生产阶段
1	加热炉	周期型加热炉（台车，室式）	8-9%	13-17%	17-21%
		连续式加热炉	13%	13-17%	17-21%
		半连续加热炉（贯通式）	8-9%	13-17%	17-21%
2	热处理炉	周期型热处理炉	8-9%	13-17%	17-21%
		连续式热处理炉	13%	13-17%	17-21%

### 1.2.2.3 能量供给大幅度变化是周期型工业炉的特点

加热工艺的升温阶段能量供给为 80-100%，对升温速度有控制要求的偏小，对升温速度没有控制要求的通常是满功率供给。而进入保温后，能量供给只需要满足炉体散热和工件透热，能量供给逐步下降，保温后期的能量供给大约是额定功率的 5~8%。因为能量供给大幅度变化，现有的流量装置，控制阀门均处于超调状态，因此，连续控制系统无法完成控制过程。目前通用的方法是采用脉冲控制燃烧，在设定的周期内把燃料供给分成时间段供给，用时间段占周期的比例完成能量供给控制，理论上可以完成 0-100%的控制，取决于控制阀门的精度和速度。

### 1.2.2.4 工艺复杂，热工艺要求高是周期型工业炉的特点

热工艺是保证工件质量的关键技术，中国与发达国家的差距往往是工艺上的差距，相当大的一部分差距是热工艺，其中一个关键项是“炉温均匀性”。炉温均匀性指标是体现工业炉等级的最重要的指标，美国航空标准 AMS2750E 对整个检定过程和周期都作出了详细的规定，新国标 GB/T30824-2014 也作出了规定。因为“炉温均匀性”可以作为一项材料性能的基础指标，表示该材料是在“同一”温度下被热处理过，如果此项基准不标准，对材料性能的追溯变的非常困难。也许是中国基础工业落后的一个直接原因。

目前的研究表明火焰形态与炉温均匀性之间具有明显的相关性，中低温段采用的高速燃烧器和高温加热炉采用的平焰燃烧器，都是以火焰形态命名。而这种火焰形态保证了炉气的搅动和辐射，从而保证炉温均匀性。特别是对大型的台车加热炉和热处理炉尤为重要。现在许多出口国外的锻件其生产用加热炉和热处理炉均要求按 AMS2750E 做炉温均匀性检定，如大型的环件，电机轴，转子，风电轴等。

保持火焰形态与 NO<sub>x</sub> 排放有矛盾之处，因此需要掌握其中的平衡关系。目前可以减低 NO<sub>x</sub> 排放的燃烧技术，多段混合，烟气回流，分层燃烧等技术均可能破坏火焰形态，最终造成炉温均匀性下降。

因此建议对小型工业炉以及炉温均匀性要求不高的周期性加热炉 NO<sub>x</sub> 的排放量要求严格一些。对一些大型工业炉以及炉温均匀性要求高的周期型工业炉要适度放宽排放限值，以适应工业生产和保护工业基础。

### 1.2.2.5 锻造行业周期型工业炉对国家基础工业贡献巨大

锻造行业大量使用周期型工业炉完成对航空业、造船业、军事工业、核电、电力工业需要的大中型配件锻件的供应。

### 1.3 降低氮氧化物排放路线图

#### 1.3.1 发达国家低 NO<sub>x</sub> 烧嘴的水平

经综合了解日本等国外工业炉,美国 Bloomengineering 和德国 WS 的低 NO<sub>x</sub> 烧嘴的参数,完全依靠燃烧器技术很难达到 NO<sub>x</sub> 排放量低于 100mg/m<sup>3</sup> (3.5%O<sub>2</sub>),采用弥散燃烧模式一般可以控制在 200mg/m<sup>3</sup> (3.5%O<sub>2</sub>) 以内。

#### 1.3.2 采用后续烟气处理的方案是优选的方案。

目前采用触媒还原反应将 NO<sub>x</sub> 重新分解成 N<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub>,在总烟道或在工业炉后进行烟气处理,即可保留蓄热式技术的节能和加热质量高等特点,也可以有效的降低 NO<sub>x</sub> 排放。