ICS 27.060.30
CCS J 98

T/CS

团　　体　　标　　准

T/CS XXX—2026

工业锅炉低碳燃烧技术规范

Technical specification for low-carbon combustion of industrial boilers

（征求意见稿）

2026-XX-XX 发布　　2026-XX-XX 实施

中国商品学会　　发 布

目　　次

前言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 技术要求 1
5 检验规则 2
6 运行与维护 3
7 证实方法 4

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由武汉兴灵通热能科技有限公司提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：武汉兴灵通热能科技有限公司、大连摩呵科技有限公司、周口峰郝建筑工程有限公司。

本文件主要起草人：朱龙、陈永才、胡卿。

工业锅炉低碳燃烧技术规范

1 范围

本文件规定了工业锅炉低碳燃烧的能效要求、氮氧化物排放要求、燃烧系统性能要求、运行控制要求、检验规则以及运行与维护要求，描述了对应的的证实方法。

本文件适用于以天然气、液化石油气、煤制气等气体燃料为燃料的固定式工业蒸汽锅炉和热水锅炉低碳燃烧系统的设计、改造、检验与运行维护。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1921 工业锅炉技术规范

GB/T 3768 声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 采用反射面上方包络测量面的简易法

GB/T 10180 工业锅炉热工性能试验规程

GB 13271 锅炉大气污染物排放标准

GB/T 17954 工业锅炉经济运行

GB/T 19839 工业燃油燃气燃烧器通用技术条件

GB 24500 工业锅炉能效限定值及能效等级

GB/T 45862 锅炉碳排放测试与计算方法

TSG 11 锅炉安全技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低碳燃烧 low-carbon combustion

在保证锅炉出力和安全运行的前提下，通过燃烧系统设计与运行控制，使燃料燃烧过程的二氧化碳排放强度和氮氧化物生成量同时处于受控水平的燃烧方式。

3.2

燃烧碳排放强度 combustion carbon emission intensity

锅炉单位输出热量所对应的燃料燃烧产生的二氧化碳排放量，以千克二氧化碳每吉焦（$kgCO_2$ /GJ）表示。

4 技术要求

4.1 总体要求

4.1.1 低碳燃烧系统应在锅炉额定负荷的 50%～100%范围内稳定实现本文件规定的能效要求与氮氧化物排放要求。

4.1.2 低碳燃烧系统的性能应以锅炉热效率、氮氧化物排放浓度和燃烧碳排放强度作为可证实的表征参数。
4.1.3 低碳燃烧系统所使用的燃烧器应符合 GB/T 19839 的规定。

4.2 能效要求

4.2.1 燃气工业锅炉在采用低碳燃烧系统后，锅炉热效率不应低于 GB 24500 中相应锅炉容量和燃料类别对应的能效等级 2 级指标。
4.2.2 锅炉热效率的测试条件、测量项目和计算方法应按照 GB/T 10180 的规定执行。
4.2.3 低碳燃烧系统在 50%额定负荷下的锅炉热效率降低幅度不应超过额定负荷下热效率的 5 个百分点。

4.3 氮氧化物排放要求

4.3.1 燃气工业锅炉采用低碳燃烧系统后，在基准氧含量 3.5%条件下，氮氧化物排放浓度不应高于 150 mg/m^3。
4.3.2 对于位于大气污染防治重点地区或生态环境保护规划中规定更严格氮氧化物控制要求的区域，应执行所在区域适用的更严格限值。
4.3.3 氮氧化物排放浓度的测量应按 GB 13271 规定的监测方法执行。

4.4 燃烧系统性能要求

4.4.1 低碳燃烧系统应具备空气分级配风功能，主燃区过量空气系数应控制在 0.85～1.00 范围内，燃尽风应使燃烧过程最终过量空气系数不超过 1.15。主燃区过量空气系数的确定应以烟气中 CO 浓度不高于 50 mg/m^3 为约束条件。
4.4.2 设置烟气再循环的低碳燃烧系统，再循环烟气量占锅炉总烟气量的比例不应超过 15%。
4.4.3 燃烧器在额定出力下的燃烧噪声不应超过 85 dB(A)，在 50%出力下的燃烧噪声不应超过 80 dB(A)。

4.5 运行控制要求

4.5.1 低碳燃烧系统应设置空燃比自动调节装置。在锅炉负荷变化速率不超过每分钟 5%额定负荷的条件下，空燃比调节装置应维持烟气中 O_2 浓度在 3.0%～4.2%范围内。
4.5.2 低碳燃烧系统应设置烟气再循环流量监测或烟气再循环风机运行状态反馈信号，并将该信号接入锅炉燃烧控制系统。
4.5.3 低碳燃烧系统应设置燃料低位发热量和组分波动的适应功能，当燃料低位发热量相对设计值的偏差在±10%以内时，应维持 4.2 和 4.3 规定的性能。

5 检验规则

5.1 检验分类

5.1.1 低碳燃烧系统的检验分为出厂检验、型式检验和安装调试后的验收检验。
5.1.2 检验应在具备相应检测条件的场所进行，检测仪器应经计量检定或校准并在有效期内。

5.2 出厂检验

5.2.1 低碳燃烧系统中的燃烧器、配风装置、烟气再循环装置及控制装置应逐台进行出厂检验。全部出厂检验项目合格后方可出厂。
5.2.2 出厂检验项目至少应包括：
a) 外观与标志检查；

b）燃烧器及管路系统的密封性；
c）空燃比调节装置的功能有效性；
d）烟气再循环流量监测或风机状态反馈信号的输出有效性；
e）燃烧控制系统在模拟负荷变化条件下的响应功能。

5.2.3 出厂检验的方法按 GB/T 1921 中相应条款执行。制造方应出具逐台产品的出厂检验记录或合格证明。

5.3 型式检验

5.3.1 有下列情形之一时，应进行型式检验：
a）新产品定型或老产品转厂生产；
b）燃烧系统在设计、材料或工艺上有重大改变，可能影响 4.2～4.5 规定的性能；
c）出厂检验结果与上一次型式检验结果发生显著差异；
d）国家质量监督机构或认证机构提出型式检验要求。

5.3.2 型式检验项目应覆盖第 4 章规定的全部技术要求，包括锅炉热效率、氮氧化物排放浓度、燃烧系统性能参数、运行控制功能和燃料适应性。

5.3.3 型式检验的试验工况、测量方法和判定依据分别按 GB/T 10180、GB 13271 和本文件第 7 章的规定执行。型式检验应由具备相应资质的检验机构实施。

5.4 安装调试后的验收检验

5.4.1 低碳燃烧系统安装、调试完毕后，应进行验收检验。验收检验应在锅炉达到热稳定状态后实施。

5.4.2 验收检验项目应包括：
a）锅炉热效率；
b）氮氧化物排放浓度；
c）主燃区过量空气系数和最终过量空气系数；
d）烟气再循环比例；
e）空燃比调节装置在负荷变化条件下的实际控制效果；
f）烟气再循环中断时的安全响应时间；
g）燃烧碳排放强度。

5.4.3 验收检验的判定规则为：a）～f）项全部符合第 4 章相应要求，且 g）项测试结果与制造方或改造方提供的计算值偏差不超过 10%，判定验收检验合格。

5.4.4 验收检验报告应记录实测数据、计算过程、所用仪器及其校准状态，并附燃料检测数据来源。验收检验不合格时，不应通过验收，整改后应重新进行相关项目的检验。

6 运行与维护

6.1 一般要求

6.1.1 低碳燃烧系统的运行与维护应符合 GB/T 17954 对工业锅炉经济运行的基本要求，并应同时满足 TSG 11 关于锅炉使用管理的规定。

6.1.2 使用单位应建立低碳燃烧系统运行操作规程，操作规程中至少应规定负荷调节、配风调节、烟气再循环投停的操作程序和限值。

6.1.3 低碳燃烧系统的运行与维护不应取消、旁路或屏蔽 4.5 中规定的自动调节和安全响应功能。

6.2 运行控制

6.2.1 低碳燃烧系统应在 50%～100%额定负荷范围内运行，并应将烟气 O_2浓度维持在 3.0%～4.2%范围内。超出该范围时，操作人员应及时调整配风或燃烧器出力。

6.2.2 烟气再循环系统投入运行时，再循环烟气比例不应超过 15%。再循环系统停止运行后，燃烧控制系统应在 10 s 内将燃烧器负荷降至 50%额定负荷以下或触发安全停炉；该安全响应功能在每次再循环系统启动前应确认有效。

6.2.3 燃料低位发热量或组分发生变化时，应根据燃料检测数据调整空燃比设定值。当燃料低位发热量相对设计值的偏差超过±10%时，不应以 4.2 和 4.3 的性能指标作为运行合规判定依据，应对燃烧系统进行专项评估。

6.2.4 锅炉排烟温度、排烟处过量空气系数和烟气 CO 浓度应纳入日常运行监盘或巡检项目。排烟处过量空气系数正压运行超过 1.15、负压运行超过 1.25 或 CO 浓度超过 100 mg/m³时，应查明原因并调整燃烧工况。

6.3 维护保养

6.3.1 燃烧器、配风装置和烟气再循环装置应按制造方规定的周期进行维护保养。维护保养内容包括：

a) 燃烧器喷嘴或喷头的清洁与检查；

b) 风门和执行机构的动作校验；

c) 再循环烟道及调节挡板的密封性与灵活性检查。

6.3.2 空燃比自动调节装置的压力、流量、氧量等传感器应定期校验，校验周期不应超过 12 个月。校验记录应存档备查。

6.3.3 锅炉受热面的积灰和结渣应及时清除。燃气锅炉排烟温度持续高于设计值 15 ℃以上时，应对受热面进行吹灰或清洗。

6.3.4 维护保养后，应在锅炉投入正常运行前对 4.5.2 规定的安全响应功能和 6.2.2 规定的负荷降载或停炉响应进行功能确认。

6.4 监测与记录

6.4.1 使用单位应记录并保存以下运行数据，保存期限不应少于一个检验周期：

a) 锅炉负荷；

b) 烟气 O_2浓度和排烟温度；

c) 烟气再循环投停状态及再循环比例；

d) 空燃比调节装置的设定参数变更记录；

e) 燃料低位发热量和组分数据；

f) 氮氧化物排放浓度定期检测结果。

6.4.2 运行记录应用于评估低碳燃烧系统在检验周期内的性能稳定性。当相邻两次氮氧化物排放浓度检测结果的算术平均值相对首次验收检验结果上升超过 20%时，应进行燃烧系统专项检查，检查内容至少包括燃烧器状态、配风均匀性和烟气再循环系统有效性。

7 证实方法

7.1 锅炉热效率

7.1.1 锅炉热效率的证实按 GB/T 10180 规定的方法进行。测试应在锅炉达到热稳定状态后进行，测试所用燃料应与测试期间锅炉实际使用的燃料类别和品质一致。

7.1.2 测试报告应给出排烟温度、排烟处过量空气系数、未完全燃烧热损失和散热损失等计算热效率所必需的项目。热效率计算结果与 GB 24500 中相应能效等级指标进行比对，判定是否符合 4.2 的要求。

7.2 氮氧化物排放浓度

7.2.1 氮氧化物排放浓度的证实按 GB 13271 规定的监测方法执行。采样位置应设置在锅炉尾部烟道适当位置，避开烟道弯头和断面急剧变化部位。
7.2.2 每个测量工况应获取不少于 3 个有效数据，取算术平均值作为该工况的氮氧化物排放浓度，折算至基准氧含量 3.5%后进行判定。

7.3 燃烧系统性能

7.3.1 主燃区过量空气系数和最终过量空气系数的证实，以烟气分析仪测量得到的烟气 O_2、CO 和 CO_2 浓度为基础，按燃烧计算方法确定。烟气中 CO 浓度按 GB 13271 规定的监测方法测量。
7.3.2 烟气再循环比例的证实，以再循环烟气管道上设置的流量测量装置或风速测量装置的读数为基础，结合锅炉总烟气量计算确定。
7.3.3 燃烧噪声的证实，按 GB/T 3768 规定的声压法执行。

7.4 运行控制性能

7.4.1 空燃比调节性能的证实，在锅炉负荷以不超过每分钟 5%额定负荷的速率从 50%升至 100%、再从 100%降至 50%的完整循环中进行。循环过程中连续记录烟气 O_2浓度，采样间隔不超过 30 s。O_2浓度超出 3.0%～4.2%范围的累计时间不应超过整个循环时间的 10%。
7.4.2 烟气再循环中断响应的证实，通过模拟再循环系统停止信号触发，记录从触发时刻至燃烧器负荷降至 50%以下或安全停炉动作完成的时间。该时间以燃烧控制系统的时间戳记录或高速数据采集系统记录为准。
7.4.3 燃料适应性证实，以设计燃料的低位发热量为基准，采用偏差不超过±10%的试验燃料进行测试。测试工况和判定项目按 4.2 和 4.3 的规定执行。

7.5 检验规则的证实

7.5.1 出厂检验的证实，以制造方提供的逐台产品检验记录和合格证明为依据。检验记录应包含 5.2.2 所列项目的实测结果或功能确认结论。
7.5.2 型式检验的证实，以具备相应资质的检验机构出具的型式检验报告为依据。型式检验报告应覆盖第 4 章全部技术要求，并附各项目的测试工况、测量数据和判定结论。
7.5.3 验收检验的证实，以验收检验报告为依据。验收检验报告应包含 5.4.2 所列各项目的实测数据、判定结论，以及 g）项燃烧碳排放强度测试结果与制造方或改造方计算值的偏差分析。

7.6 运行与维护要求的证实

7.6.1 运行操作规程、运行监盘或巡检记录、传感器校验记录和运行数据记录，以文件审查和记录抽查的方式证实。记录的真实性、连续性和可追溯性应作为判定运行维护要求是否符合的依据。
7.6.2 安全响应功能、维护保养后的功能确认，以功能试验记录或控制系统事件记录为依据。功能试验的触发方式和响应时间记录应可追溯至具体日期和操作人员。
7.6.3 氮氧化物排放浓度上升超过 20%时的专项检查，以专项检查报告为依据。报告应说明检查日期、检查项目、发现的问题及处理措施。

7.7 燃烧碳排放强度

7.7.1 燃烧碳排放强度的证实按 GB/T 45862 规定的测试边界、排放源识别、测量项目和计算方法执行。燃料碳含量优先采用测试期间采集的燃料样品的实验室分析数据；不具备采样分析条件时，可采用燃料供方出具的同批次燃料检测报告数据，并在测试报告中注明数据来源。

7.7.2 碳排放强度计算结果与制造方或改造方提供的计算值进行比对，偏差不应超过 10%。