

附件 3:

建材行业计量技术规范项目建议书

建议项目名称	陶瓷生产热工测控系统校准规范		
制定或修订	☒ 制定 ☐ 修订	被修订计量技术规范号	
计量技术规范性质	☐ 检定规程 ☒ 校准规范	计量技术规范类别	☐ 重点 ☒ 基础
主要起草单位	景德镇乐华陶瓷洁具有限公司		
联系人	陈拥强	联系电话	13979887851
任务年限	2027	申请经费	10 万元
参加单位	景德镇市市场监督管理综合检验检测中心		
目的、意义和必要性	1. 指出该计量技术规范项目编制的目的、意义，解决产业的问题和编制必要性、迫切性； 编制目的： 针对陶瓷工业生产中辊道窑、隧道窑、梭式窑等热工设备（工业窑炉）长期缺乏系统化校准依据的问题，制订一项以窑炉本体为校准对象、以热工参数可溯源为核心的计量技术规范，明确其校准条件、校准项目（温度示值偏差、温场均匀性分区、压力示值偏差、响应时间、长期稳定性等）、分温区布点原则、分时段采样策略、温度-压力耦合修正方法及不确定度评定模型，使窑炉从“经验驱动的黑箱”变为可计量、可对比、可审计的受控装备。 编制意义： 窑炉能耗占陶瓷生产总能耗 60%~80%，燃料成本占比极高，而烧成质量（变形、色差、过烧/欠烧、吸水率一致性）本质上由温度场的时空分布决定。现行计量技术规范体系中：热电偶/热电阻有相应的检定规程/校准规范、温度专业通用计量技术规范支撑计量器具溯源；窑炉热工测试有 GB/T 23459-2009《陶瓷工业窑炉热平衡、热效率测定与计算方法》（现行，CCS Q30，归口 TC249/中国建筑材料联合会）提供“怎么测、怎么算”的方法框架；但三者之间缺少一座桥——即专门回答“窑炉作为热工系统，温场怎样分区、全周期怎样分时采样、单点热电偶读数怎样与物料实际积温历程交叉验证”的窑炉本体校准规范。 本规范的意义在于把计量溯源链“接上最后一环”，为能耗限额达标、节能诊断、质量追溯和窑炉数智化提供统一的基础计量支撑。 解决产业的问题：		

	企业热电偶虽可送检合格，但整台窑的温场均匀性、烧成带实际温度偏差、窑压示值可信度长期处于“无规范可依→凭经验调→波动了再救火”的状态，导致隐性过烧浪费、批次质量不稳；节能监察/能耗限额核查中温压数据口径不可比、审计不可复现；先进陶瓷（碳化硅、MLCC/电子陶瓷封装、新能源陶瓷部件）对烧成温区精度要求已达±（2~5）℃，但产线仍沿用“单点信任模式”，批次报废根因难以区分是配方问题还是计量溯源问题。 编制必要性、迫切性： GB 21252-2023 中能耗限额已形成强制性约束（关联节能监察、阶梯电价、合规生存），而窑炉热工参数若不先完成规范化校准，后续能效对标、节能改造核验与碳核算数据链就缺乏计量底座；加之中国建筑材料联合会已归口公示建材行业 JJFZ（建材）004-2024《陶瓷窑炉用天然气流量计在线校准规范》，但窑炉本体热工参数校准规范仍是空白，属于典型的“急用先行、补短锻长”项目，编制窗口明确、迫切性强。 <u>2. 先进性和亮点、社会效益和推广应用前景：</u> 先进性和亮点： （1）对象层级跃迁： 从行业现有 JJFZ（建材）序列主流的“计量器具级/介质参量校准”（如流量计等），提升到窑炉系统级——以“分时段（升温/保温/降温全周期）-分温区（预热带/烧成带/冷却带）”构建时空耦合校准架构，而不是简单复用静态设点比较测量思路。 （2）方法学创新： 将 GB/T 13794-2017《标准测温锥》定义的测温锥积温软化特性作为窑炉实际受热历程的物理见证依据，与热电偶示值、数字仪表记录形成“标准器—热电偶—测温锥/测温环—数字仪表”等多级综合验证闭环，解决非稳态连续烧成条件下“静态校准≠真实运行”的长期矛盾，在建材窑炉校准领域具有首创性。 （3）工况适应性： 针对陶瓷窑炉高温、多尘、强干扰、不宜频繁停窑的特点，提出按温区分区、沿烧成时间轴推进的动态协同校准思路，使校准曲线与真实生产工艺曲线更匹配，兼顾计量严谨性与生产连续性。 社会效益： 为 GB 21252-2023 中能耗限额执法与节能监察提供可审计的计量依据，减少“账面节能/数据扯皮”；为陶瓷企业（特别是建筑/卫生陶瓷大批量产线）提供降低隐性过烧浪费、稳定优等品率的通用技术手段；为先进陶瓷/电子陶瓷等高端链条的烧成一致性攻关提供计量置信链路，间接服务产业链供应链安全。 推广应用前景： 适用面宽：覆盖辊道窑、隧道窑、梭式窑等建筑陶瓷、卫生陶瓷、日用陶瓷到特种/先进陶瓷烧成工艺场景的热工设备，行业装机量/产线条数基数大； 抓手明确：可作为地方市场监管/建材主管部门开展窑炉计量审查、节能诊断、绿色工厂复核的技术标尺；亦可作为窑炉制造企业出厂验收、陶瓷企业进厂验收与周期核查的内部规范蓝本，推广路径短、落地成本低。 <u>3. 查新结果（国家、本行业或其他行业是否有相关技术规范）：</u>
--	---

	经在国家计量技术规范库（国家计量技术规范全文公开系统）、国家标准平台（国家标准信息公共服务平台/ openstd.samr.gov.cn）、中国建筑材料联合会公示文件及工信部公开的计量技术规范 JJF（建材）序列汇总信息中检索核查，结论如下： （1）国家计量检定规程/校准规范（JJG/JJF）：无同名或直接等同规范。 JJF 1184-2024 《热电偶检定炉温度场测试技术规范》是与本项目申报的规范最接近的“温度场测试”类计量技术规范，但其适用范围明确限定为测试温度场为（300~1500）℃的卧式热电偶检定炉，或其他可参照其进行温度场测试的用于热电偶检定/校准、提供均匀温度场的电控加热设备，对象是计量检定实验室的电控加热设备，并非陶瓷生产工业窑炉（辊道窑/隧道窑/梭式窑）在烧成工况下非稳态温度场的热工参数校准，不能替代本项目制订的计量技术规范。 国家计量技术规范未见以“陶瓷生产热工测控系统校准规范”为独立对象的检定规程或校准规范。 （2）建材行业计量技术规范/JJF（建材）序列：窑炉本体校准属空白，仅有窑炉非热工参量的校准规范。 CBMF 公示文件显示，JJF（建材）序列中已出现《陶瓷窑炉用天然气流量计在线校准规范》[JJFZ(建材)004-2024]等，对象是窑炉用气流量计的在线校准，解决“进了多少气”的计量问题；而本项目解决的是窑炉本身“温场匀不匀、温控准不准、温压监测是否可信”的热工系统校准问题，二者参量不同、对象不同、互为补充。 工信部公开的计量技术规范立项项目汇总表中，已立项/发布的 JJF（建材）系列是以试验机、流量计、搅拌机等计量器具/设备校准为主，未检索到针对陶瓷工业窑炉本体热工参数（温场均匀性/温区/烧成全周期）的校准规范。 （3）相关国家/行业标准（存在，但不是校准规范，反证空白）： GB/T 23459-2009《陶瓷工业窑炉热平衡、热效率测定与计算方法》（现行，CCS Q30，81.100）是热平衡与计算方法标准，不是计量校准规范； GB/T 13794-2017《标准测温锥》（现行）为本项目引入测温锥的积温软化特性提供了标准依据。 查新结论：详见查新报告。 截至目前，国家计量技术规范（JJG/JJF）体系中无“陶瓷生产热工测控系统校准规范”；建材行业 JJF（建材）计量技术规范序列中，窑炉本体热工参数校准属体系空白，
--	--

	仅有流量计等非热工参量的计量器具/设备的在线/静态校准规范，与本规范不构成重复，互为补充。
产业链应用	1. <u>重点产业链方向：</u> 属于“仪器仪表”产业链。 从重点产业链方向看，本规范服务的链条跨越两大板块：一是无机非金属材料——建筑/卫生/日用陶瓷产业链，窑炉是烧成工序的“心脏”，温场测量的准确性直接决定产品合格率与单位产品能耗；二是先进陶瓷（碳化硅、氮化硅、MLCC/电子陶瓷封装）、新能源（陶瓷隔膜烧结、SOFC 电解质板、光伏陶瓷承载件）及新一代信息技术配套的无机非金属新材料产业链，其对烧成温区精度控制要求已达$\pm(2\sim5)^{\circ}\text{C}$，计量失准代价远高于传统陶瓷。 2. <u>对本行业重点产业链的支撑作用。</u> 对建材行业重点产业链的支撑作用集中体现在三方面：①补齐产业基础短板——填补陶瓷窑炉作为“热工系统”的校准规范空白，以“分时段-分温区”时空耦合校准+多级综合验证闭环构建系统化的计量校准，使窑炉这一复杂热工设备变为可溯源、可校准的受控装备；②支撑关键核心技术攻关——为先进陶瓷/电子陶瓷等卡脖子材料的烧成一致性、批次稳定性提供计量基础保障，服务工艺复现与良率提升；③服务绿色低碳与碳核算可信——校准数据直接支撑 GB 21252 能耗限额达标、GB/T 44761—2024 窑炉节能要求落地及碳排放测算数据链完整性，同时为建筑卫生陶瓷节能降碳改造升级、窑炉数智化管控与“AI+建材”数据底座建设提供计量支撑。
范围和主要 计量特性	1. <u>计量技术规范的适用范围：</u> 本规范校准对象是以气体燃料（天然气/LPG）燃烧加热的陶瓷生产用工业窑炉（热工设备），包括辊道窑、隧道窑、梭式窑等，适用于其温度范围为（室温$\sim$1600$^{\circ}\text{C}$）的热工测控系统的校准，其他形式如电加热方式运行的陶瓷窑炉可参照执行。不适用于冶金、化工等其他行业的工业炉。 校准参量（计量特性项目）包括：①各温区（预热带/烧成带/冷却带）温度示值偏差；②各温区温场均匀性（炉温均匀度/炉内最大温差）；③压力示值偏差（窑压、助燃风压、燃气压力等）；④温控系统响应时间；⑤关键热工参量的短期稳定性（漂移量）。 说明：本规范为校准规范（非检定规程），校准结果给出示值偏差及测量不确定度，可供企业对标、能耗核查和质控使用，不做行政强制合格/不合格判定（客户另有验收协议除外）。

2. 以典型仪器或试验设备等（注明仪器型号）为依据，提出计量特性的技术指标，包括其名称、测量范围和最大允许误差；

本窑炉校准规范，被校对象是“窑炉热工测控系统”，其核心计量特性是：

温度示值误差 Δt ：各温区主控温度指示值与标准器测得的实际温度之差，测量范围约(0~1600)℃，校准规范中温度示值偏差的参考限值为±(0.5~2)℃（依热电偶等级而定）或相对值±(0.1~0.25)%，但窑炉级别的判据往往以工艺允许偏差来表达。

温场均匀性（炉温均匀度）：同一温区内各测点最大温差，如建筑陶瓷辊道窑烧成带要求±(5~10)℃

压力示值误差：窑压/助燃风压指示值与标准压力值之差，测量范围约(-50~+500)Pa（窑压） / 0~10 kPa（助燃风）

说明：窑炉本体不属于计量器具，本规范实际校准对象为窑炉热工测控系统（热电偶测温回路+数显/记录仪表+执行机构指示回路+压力变送器回路）。

以下以窑炉烧成现场最常见的装配式热电偶测温系统和窑压测量系统为代表设备，列出其计量特性名称、测量范围及校准结果表达中的参考技术指标：

（1）温度通道——以装配式热电偶（窑炉用）为代表

典型设备/组件	分度号·型号 (示例)	测温范围	准确度等级/最大允差	本规范中温度示值偏差校准结果参考控制限 Δt_{cal}
烧成带 主控热电偶	WRP-130 / WRP2-130 (S型热电偶, 刚玉套管, L=600/800/1000 mm)	0~1400℃ (长期使用 ≤1300℃)	S型 I级: ±1℃ (0~1100℃); ±[1+0.003(t-1100)] (1100~1600℃)	一般烧成带: $ \Delta t \leq (5 \sim 10)^\circ\text{C}$ 或 $\leq 0.5\%t$ (依工艺允许偏差定); 先进陶瓷区段不大于 ±(2~5)℃
预热带/ 冷却带 热电偶	WRN-130(K型 镍铬-镍硅, 不锈钢/碳化硅套管)	0~1100℃ (长期 ≤1000℃)	K型 I级: ±1.5℃ 或 ±0.4%t (≤1000℃); II级: ±2.5℃或 ±0.75%t	$ \Delta t \leq \pm(5 \sim 8)^\circ\text{C}$ (预热带低温段)
超高温段 (先进陶瓷)	WRR-130 (B型热电偶, 刚玉套管)	(600~1600)℃	B型 II级: ±0.0025t (即 ±0.25%t)	$ \Delta t \leq (5 \sim 10)^\circ\text{C}$ (视产品烧成窗口定)

（2）温场均匀性（同一温区多点温差）

计量特性	对应温区	测量范围	参考技术指标（校准结果表达值）
温场均匀性	烧成带	(1100~	建筑陶瓷辊道窑烧成带: $\Delta T \leq$

$\Delta T_{\text{zone}} = T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$ (有效工作区内)		1300)℃	(10~20)℃ (优等品线宜≤10℃); 卫生陶瓷梭式窑: $\Delta T \leq (15 \sim 25)^\circ\text{C}$
炉温偏差 $\delta = T_{\text{测}} - T_{\text{标称}}$ (各测点与 标称烧成温度偏差)	各温区	全温区	$ \delta \leq (5 \sim 10)^\circ\text{C}$ (控温目标点处)

注: 上述 Δt 、 ΔT 、 δ 为校准结果值/参考判据值, 非“窑炉的 MPE”(窑炉不是法制计量器具), 本规范正文以“校准结果+不确定度”表达方式出具, 供企业内控验收与能耗对标使用, 参考限值可按工艺文件或双方协议调整。

(3) 压力通道——以窑压/助燃风压测量系统为代表

典型设备	型号示例	测量范围	准确度等级 /最大允差	压力示值偏差 参考限
窑膛压力变送器 (微压)	3051S / EJA510E 或国 产 CYB-20S 型微 差压变送器	(-50~ +200)Pa (窑 压) / 0~ 10 kPa (助 燃风)	0.075 级 / 0.1 级 / 0.2 级	$ \Delta p \leq \pm 2 \text{ Pa}$ (微 压窑压段) 或 $\leq$ $\pm 0.5\% \text{FS}$
U 型压力计/ 倾斜微压计 (现场测量)	YU-1 型倾斜式微 压计	(-2000~ +2000) Pa	分度值 1 Pa, MPE: $\pm 1 \text{ Pa}$	现场校准时参考

3. 主要测量标准的技术指标:

测量标准/ 设备名称	典型型号 (举例)	测量范围	主要技术指标 (准确度 /MPE/U)	用途
标准热电偶 (一等/二 等标准铂铑 热电偶)	S 型 WRP-II (有 效溯源期内)	(300~ 1600)℃	MPE: $\pm 1.0^\circ\text{C}$ ($\leq 1100^\circ\text{C}$); $\pm [1+0.003(t-1100)]$ ($> 1100^\circ\text{C}$)	窑炉温区温 度示值偏差 校准的主标 准器
温度数据采 集仪 (多通 道)	Fluke 1594A Super-DAQ / Fluke 1529 / 同级	(-20~ +1800)℃ (配标准 S/B 型)	MPE: $\pm 0.1^\circ\text{C} + 0.01\% \text{rdg}$ (典型); 分辨率 0.01℃	标准热电偶 电势读取与 多点温场数 据同步采集
测温锥 (工 业窑炉用标 准测温锥)	CN1220 / CN1280 / CN1340 / CN1400 / CN1500 / CN1580 (按 GB/T 13794-2017)	弯倒温度 (1220~ 1580)℃	弯倒温度 MPE: $\pm 6^\circ\text{C}$ (工 业窑炉用系列)	烧成全周期 积温软化交 叉验证 (多级 闭环中的“测 温锥”支路)
测温环 (高	Orton	(1100~	高温收缩对应	连续生产中

	温收缩环， 可选辅助） Pyrometric Ring / 国产等 效系列（如 HR-1300、HR-1500 等品级） 1500）℃ 温度 MPE：± （3~5）℃（依 型号及升温制 度定） 不便长时间 留标准偶位 置时补充累 积热效应数 据
	标准微压计 /补偿式微 压计 YYQ-1 型倾斜式 微压计 / Fluke 719 系列气压校 准器（低压段） (-50~ +5000) Pa MPE：±0.5 Pa （倾斜微压计） / ±0.025%FS （数字压力标 准） 窑压、助燃风 压、燃气压力 示值偏差校 准
	响应时间测 试装置（阶 跃温度法） 阶跃温变装置（水 →蒸汽/炉→水） +高速采集 $\tau_{0.5}$ 或 $\tau_{0.63}$ 时间分辨≤0.1 s 热电偶组件 响应时间核 查（长期老化 评估）
	热电偶参考 端补偿器/ 冰点器 精密冰点器（0℃） 或电子冷端补偿 器 0℃参考 补偿误差不大 于 0.05℃ S 型标准偶参 比端温度固 定

上述测量标准均应具备有效的计量溯源证书（检定证书/校准证书，溯源至国家或社会公用计量标准），其扩展不确定度须满足“被校对象允许误差的 1/3~1/4”原则，确保校准结果的置信度。

4. 简要描述主要计量项目的技术原理。

4.1 温区温度示值误差——标准热电偶比对法

在被校窑炉达到热稳定状态（以烧成带主控温度为例，恒温段 30 min 内温度波动不大于±2℃视为稳定）后，将已溯源的 S 型标准热电偶经由测温孔/专用导管插入至与主控热电偶测点同高程、同热工分区的代表性位置（相距≤100 mm），同步读取标准器温度值 T_s （经冷端修正和证书修正后）与被校仪表显示值 T_i ，得到该测点温度示值误差 $\Delta t = T_i - T_s$ 。为消除单点偶然性，同一温区在有效工作区内选取≥3 个代表性截面、每截面≥3 点，分别求 Δt 后用统计方式给出温区主控温度的系统性偏差方向与大小。

4.2 温场均匀性（炉温均匀度）——分区多点布点法

沿窑炉纵向按预热带/烧成带/冷却带划分温区，每一温区在有效工作截面（对辊道窑为宽度方向+高度方向网格，对隧道窑/梭式窑为空间三维网格）按等面积/等体积原则布设测温点（每区≥5~9 点），各点插入标准或工作级热电偶（经单点校准修正），在标定烧成曲线/恒温平台上同步采集各点温度，计算：

$$\Delta T_{\text{zone}} = T_{\text{max}} - T_{\text{min}} \text{（温区最大温差/均匀性）}$$

$$\delta_k = T_k - T_{\text{nom}} \text{（各点相对于标称烧成温度的偏差）}$$

	此项直接反映窑炉“温度分布是否均匀”，是能耗与质量一致性的第一敏感参量。 4.3 测温锥积温软化特性/测温环热收缩计量特性交叉验证——“累积热效应”见证法 测温锥不以瞬时温度为判据，而以“温度×时间”的积温软化特性为响应：将选定锥号（CN 系列，按 GB/T 13794-2017 选用对应目标烧成温度的锥号）安装在窑车/垫板/匣钵中与产品同行进位置，经历完整烧成周期后观察弯倒程度，对照该锥号的标准弯倒温度±6℃判据，将“锥的变形状态”换算为积温软化温度 T_{eq}，与热电偶全程记录的 $\int T dt$ 轨迹互相印证——若 T_{eq} 与目标匹配但仅表示出偏差，则说明热电偶系统存在系统性示值漂移（而非瞬时误差），形成“标准器—热电偶—测温锥/测温环—数字仪表”多级综合验证闭环的核心数据链。 4.4 压力示值误差——引压比对法 在窑压取压口/助燃风管测压口接入标准微压计，将窑炉/管道与标准器通过同一取压点并联（或使用三通切换），在稳定运行工况下逐点读取标准压力值 p_s 与被校显示值 p_i，得压力示值误差 $\Delta p = p_i - p_s$，并结合取压管路阻力修正（温度-压力耦合修正算法）消除冷态标定无法覆盖的动态偏差。 4.5 响应时间核查 采用阶跃温度法（标准热电偶组件从室温环境快速移入预设高温区或反之），记录其从 10%到 90%的变化时间，评估感温元件+保护管+安装结构因积灰、腐蚀、结瘤导致的响应迟钝（迟钝=温区“看起来稳、实际滞后”的隐性误差源）。
水平	☐ 国际先进 ☒ 国内先进
国内外情况 简要说明	1. <u>与国内相关技术规范之间的关系：</u> 本规范不替代现有的热电偶/热电阻相关的计量技术规范、窑炉热平衡测试方法（GB/T 23459—2009）或能耗限额强制性国标（GB 21252—2023），而是填补三者之间的“窑炉系统化热工校准”中间层空白：热电偶合格≠整台窑温场可信，热平衡测试需要前置校准提供溯源数据，能耗限额核查需要温压参数可审计——本规范即为这条链路的计量桥梁。 中国建筑材料联合会已归口公示 JJFZ(建材)004-2024《陶瓷窑炉用天然气流量计在线校准规范》，解决“进了多少气”的计量问题；本项目解决“气烧出了多少有效热、温场匀不匀、烧成曲线准不准”的问题，二者参量不同、对象不同、互为补充，共同构成陶瓷窑炉计量溯源的“两条腿”。 2. <u>指出是否发现有知识产权的问题，或涉及专利的情况：</u> 经检索自查，本规范技术内容均为计量学通用方法与公知热工测试原理的规范化表述，不涉及标准必要专利；规范引用的测温锥/测温环为市场多源供应的通用计量器具，不限特定供应商专有技术。

推荐意见		本校规范服务于陶瓷窑炉热工测控系统的校准，对先进陶瓷（碳化硅、氮化硅、MLCC/电子陶瓷封装）、新能源（陶瓷隔膜烧结、SOFC 电解质板、光伏陶瓷承载件）及新一代信息技术配套的无机非金属新材料产业链发展意义重大，建议立项。			
主要起草单位	（签字、盖公章） 月 日	技术委员会	（盖公章） 月 日	部委托支撑单位	（盖公章） 月 日

填写说明：1.表中第 2，3，10 行，请在选定的内容上填写 “■” 的符号。

2.填写制定或修订项目中，若选择修订则必须填写被修订计量技术规范号。