



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室

FOSHAN XIANHU LABORATORY

# 氨氢新能源工业窑炉零碳燃烧技术研发中心



# 确保2030年前建材行业实现碳达峰



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室  
FOSHAN XIANHU LABORATORY

工信部、发改委、生态环境部、住房城乡建设部

《建材行业碳达峰实施方案》

2022年11月08日

## 主要目标

“十五五”期间，建材行业**绿色低碳关键技术产业化实现重大突破**，原燃料替代水平大幅提高，基本建立绿色低碳循环发展的产业体系。

**确保2030年前建材行业实现碳达峰。**



铝熔炼, 1050°C



陶瓷隧道窑, 1250°C



水泥回转窑, 1450°C



玻璃熔化, 1550°C

× 中国建筑材料联合会 > ...



全国建筑材料行业  
碳达峰推进大会在京举行  
标志着行业碳达峰行动全面启动



11月17日，由工业和信息化部原材料工业司指导并委托中国建筑材料联合会召开的“全国建筑材料行业碳达峰推进大会”在业内外的共同期待中如期举行。

从率先发出提前实现碳达峰的倡议，到首次发布碳排放相关报

# 工信等十部门印发绿色建材高质量发展实施方案



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室  
FOSHAN XIANHU LABORATORY



首页 > 政务公开 > 政策文件 > 文件发布 > 通知

发文机关：工业和信息化部 国家发展改革委 生态环境部 住房城乡建设部 农业农村部 商务部 中国人民银行 国家市场监督管理总局 国家金融监督管理总局 国家广播电视总局

标 题：工业和信息化部等十部门关于印发绿色建材产业高质量发展实施方案的通知

发文字号：工信部联原〔2023〕261号

成文日期：2023-12-29 发布日期：2024-01-10

发布机构：原材料工业司 分 类：原材料工业管理

## 工业和信息化部等十部门关于印发绿色建材产业高质量发展实施方案的通知

工信部联原〔2023〕261号

文件在绿色建材产业重点任务方面指出：加快生产过程绿色化，实施技术改造，有序推动水泥行业超低排放设施建设，持续发布细分行业碳减排技术指南，支持水泥、平板玻璃、建筑卫生陶瓷、玻璃纤维及制品等重点行业开展节能降碳减污技术集成应用。优化用能结构，推进现有燃煤自备电厂（锅炉）清洁能源替代，稳妥推动现有使用高污染燃料的工业窑炉改用工业余热、电能、天然气等，提高太阳能、风能等可再生能源的利用比例，提升终端用能电气化水平，鼓励氢能、生物质燃料、垃圾衍生燃料等替代能源在水泥等工业窑炉中的应用。

2024年1月10日

工业和信息化部等十部门

明确指出要**鼓励**

**零碳燃料**等替代能源

**在工业窑炉中的应用**

# 高温工业用什么技术实现双碳达标?



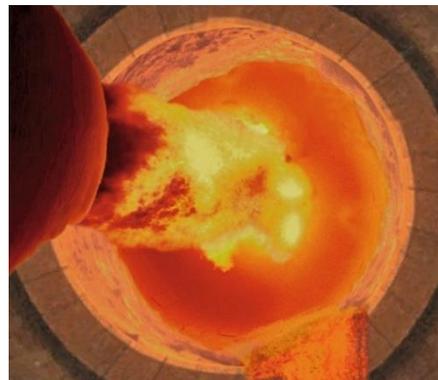
先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室  
FOSHAN XIANHU LABORATORY

- 我国二氧化碳排放主要来源于发电、高温制造业等
- 目前高温制造业主要燃料：煤、重油、天然气等化石能源
- 要实现“双碳”达标，必须解决高温燃料的碳排放问题

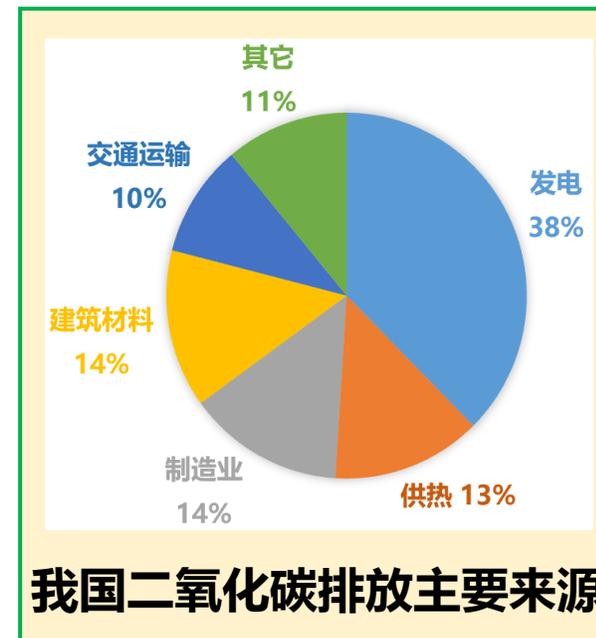
## 陶瓷生产过程二氧化碳排放量：

- 70% 燃料燃烧
- 30% 电力+原料分解



## 玻璃生产过程二氧化碳排放量：

- >60% 燃料燃烧
- 13% 电力
- 25-27%原料分解



## 佛山碳排放量

- 工业碳排放占总碳排放量比：64.8%
- 陶瓷产业占总碳排放量比：30.1%
- 陶瓷工业面临“双碳”达标巨大压力

# 零碳燃料是高温制造业低碳转型的重要技术途径



目前可工业化应用的零碳燃料



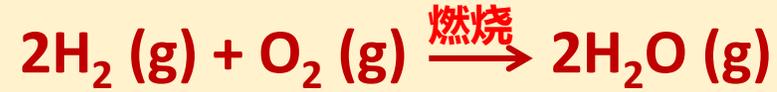
氢、氨都是可持续、可再生的零碳燃料



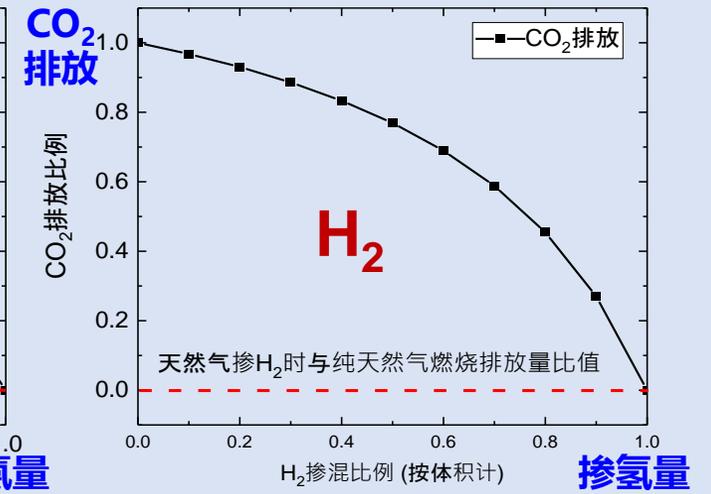
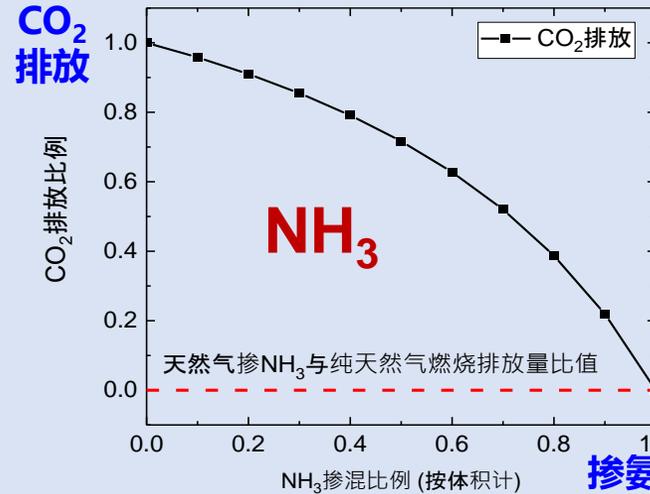
风电、光电

电解水  
制氢

合成氨



氢气和氨气在燃烧过程中均不产生任何碳排放



天然气中掺混氢、氨可显著降低CO<sub>2</sub>排放

氢、氨与天然气混烧 - 碳达峰技术; 纯氢、氨燃烧 - 碳中和技术

# 氢能高安全与低成本储运面临重大技术挑战



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室  
FOSHAN XIANHU LABORATORY

**工业炉燃烧耗氢量巨大**

**1条瓷砖生产线:**

**8吨氢气/天, 运输需32辆管束车/天**

**佛山有160条瓷砖生产线:**

**1,280吨氢气/天, 运输需5,120辆管束车/天**



**高压氢气管束运输车 (载重40吨),  
运输氢气250公斤**

**氢能产业发展面临的世界性难题: 低成本、高安全、跨区域储运**

- **氢气液化温度 $-253^{\circ}\text{C}$ , 液氢储运能耗大、成本高**
- **氢气易燃、易爆、储氢材料易氢脆损坏, 大容量长期储存面临技术挑战**
- **1公斤氢气运输100公里, 运费10元**
- **迫切需要新的技术途径破解氢高安全、低成本储运的重大难题**

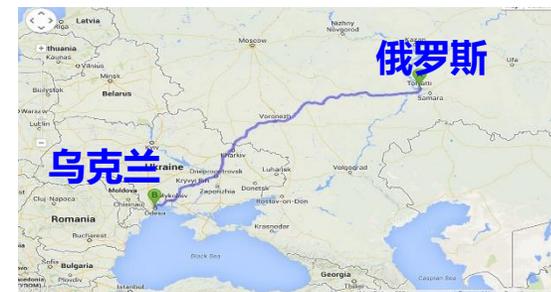
# 氨为解决氢储运难题提供技术途径



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室  
FOSHAN XIANHU LABORATORY

- 氨很容易液化 ( $-33^{\circ}\text{C}$ ，或室温下8公斤压力)，液氨储运能耗低
- 液氨运输成本低，1公斤液氨公路运输100公里运费为0.08元（不到氢的1%）
- 液氨的储运技术、输运标准、储运基础设施成熟



俄罗斯至乌克兰2400公里液氨管道，1981年运行至今



含氢4500公斤

40吨罐装运输车可运输26吨液氨  
(含氢4500公斤)

运费：0.08元/100公里·公斤（液氨）



美国2.2万吨液氨运输船

运费：0.006元/100公里·公斤(液氨)



美国液氨输运管道1971年建成运营  
(3200公里)，150万吨液氨/年

运费：0.007元/100公里·公斤(液氨)

氨作为氢的高效储运介质将氢的运输经济半径从150-200公里增加至数千公里以上

# 氨气工业燃烧面临重大技术挑战



## 氨燃烧特征



## 实现氨气工业燃烧面临数大技术挑战

- 点火困难
- 火焰稳定困难
- 燃烧不充分
- 氮氧化物排放浓度过高

燃料	绝热火焰温度 (°C)	低位热值		最大层流燃烧速度 (m/s)	可燃极限 (当量比)	最低点火能量 (mJ)
		(MJ/Kg)	标况(MJ/m <sup>3</sup> )			
氢气	2110	120	10.0	2.91	0.18-8.84	0.011
天然气	1950	50	33.2	0.37	0.48-1.7	0.280
氨气	1800	18.6	13.1	0.07	0.64-1.46	8.000

# 中心1-2-3战略发展规划



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室  
FOSHAN XIANHU LABORATORY

① 建设一个国际一流、国内顶尖的先进工业窑炉零碳燃烧技术实验室

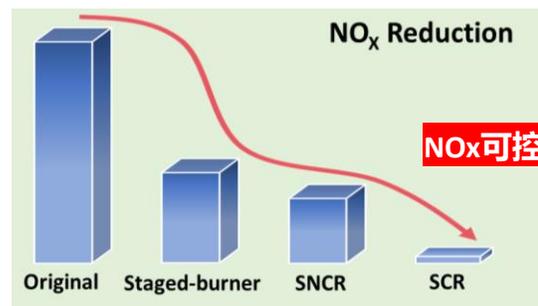
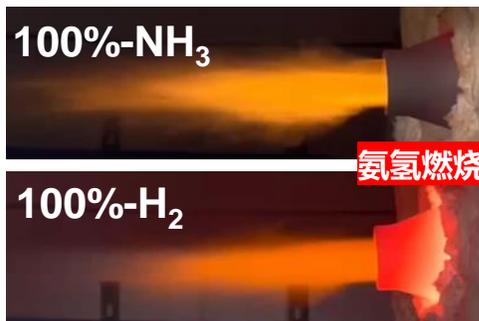


基础燃烧实验室



工业窑炉实验室

② 瞄准氨氢稳定燃烧和氮氧化物排放可控达标这两个关键核心技术，开展科技创新



③ 聚焦建材、金属加工和火力发电三大高温工业领域，开发双碳达标先进技术和开展应用示范与技术推广



陶瓷烧制



金属加工



火力发电

# 工业窑炉零碳燃烧技术实验室



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室  
FOSHAN XIANHU LABORATORY

基础燃烧实验室配备氨气、氢气、甲烷、空气、氧气、氮气气路，满足各类燃烧基础研究实验需求



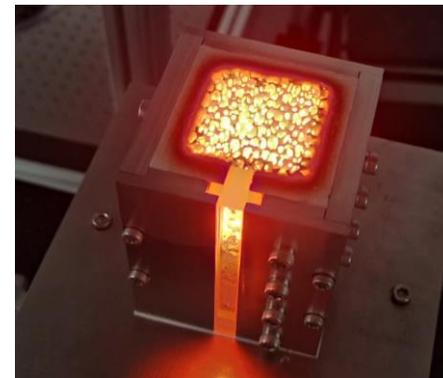
麦肯纳火焰



旋流火焰



多孔介质燃烧



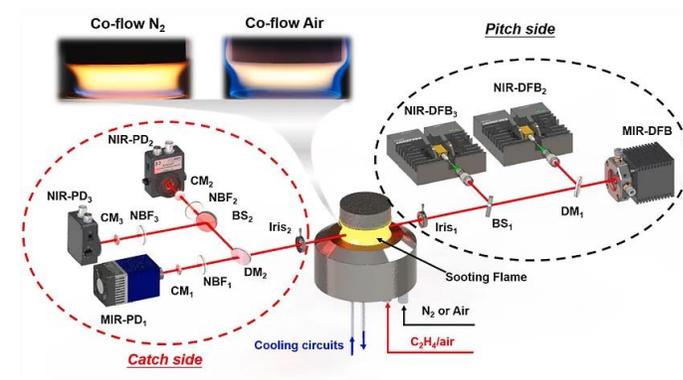
射流火焰



基础燃烧实验室气路



对冲火焰



原位激光传感

# 工业窑炉零碳燃烧技术实验室



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室  
FOSHAN XIANHU LABORATORY

基础燃烧实验室仪器设备



光谱仪 (普林斯顿HRS-300)



气相色谱仪 (安捷伦8890)



JSR/PFR



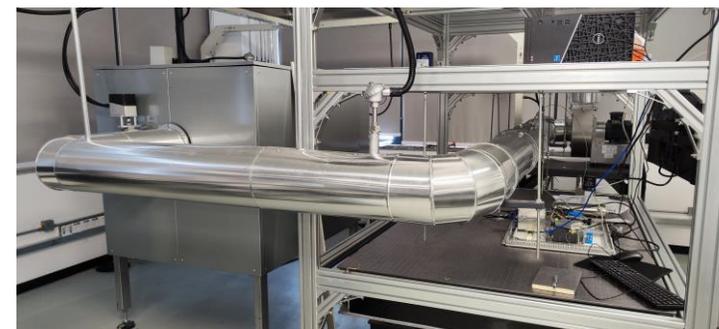
黑体炉



FTIR气体分析仪  
(布鲁克 Matrix MG5)



PIV粒子图像测速仪 (TSI)



20 kW 烟气测试窑

# 工业窑炉零碳燃烧技术中试平台



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室  
FOSHAN XIANHU LABORATORY

工业窑炉零碳燃烧中心实验基地占地1700m<sup>2</sup>，包括工业燃烧实验室、涉氢基础燃烧实验室、氨站、窑炉控制室、计算机室、氧气间、办公室



排烟系统



第二实验楼  
(北400米)

基础燃烧实验室

窑炉控制室

氧气间

办公室

- 5个办公室、14个工位、1个会议室

计算机室

- 768个核心
- 1536个线程
- 2304GB总内存
- 60TB总储存空间



氢、氨气供应系统

- 最大液氨储量3.2吨
- 液氨蒸发能力520m<sup>3</sup>/h

工业燃烧实验室

- 共规划零碳燃烧中试平台8套

# 工业窑炉零碳燃烧技术中试平台



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室

FOSHAN XIANHU LABORATORY



# 工业窑炉零碳燃烧技术中试平台



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室

FOSHAN XIANHU LABORATORY

## 工业燃烧实验室（南侧）



## 工业燃烧实验室（北侧）



# 工业窑炉零碳燃烧技术中试平台



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室

FOSHAN XIANHU LABORATORY

## 工业燃烧实验室（南侧）

### 陶瓷梭式窑



### MW 级燃烧器测试炉



### kW级燃烧器测试炉



# 工业窑炉零碳燃烧技术中试平台



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室

FOSHAN XIANHU LABORATORY

## 工业燃烧实验室（北侧）

### 铝棒加热炉



### 铝熔炼炉





# 核心团队：研发人员+工程技术人员+成果转化人员

## 研发人员



程一兵 院士  
澳大利亚工程院院士



靳世平 教授  
华中科技大学教授



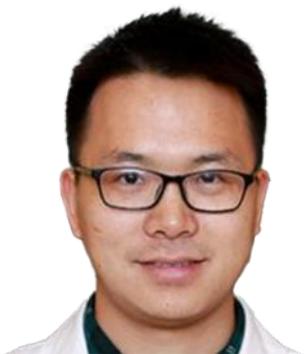
王宇 教授  
武汉理工大学教授



杜建国 副研究员  
燃烧学博士、博士后



于洲 副研究员  
燃烧学博士、博士后



朱旭仁 副研究员  
燃烧学博士、博士后



马柳昊 副研究员  
武汉理工大学教授



李鑫 副研究员  
燃烧学博士

## 工程技术人员



李智锐



周航



杜衍飞



康平

## 成果转化人员



龚聪文



赵旭超



冯碧文



罗佩华

# 研究生



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室  
FOSHAN XIANHU LABORATORY



**周吉伟**  
博士



**田波**  
硕士



**魏雨静**  
硕士



**许凌波**  
硕士



**张桁**  
硕士



**王昊**  
硕士



**王玮**  
硕士



**库云云**  
硕士



**杨承志**  
硕士



**杨志豪**  
硕士

# 先进零碳燃烧技术联合创新研发中心



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室  
FOSHAN XIANHU LABORATORY



佛山仙湖实验室  
佛山欧神诺陶瓷有限公司  
佛山市德力泰科技有限公司  
2021年12月27日成立



欧神诺中试窑天然气改氨气燃烧

仙湖实验室：开发零碳燃烧技术，助力陶瓷行业实现“双碳”达标

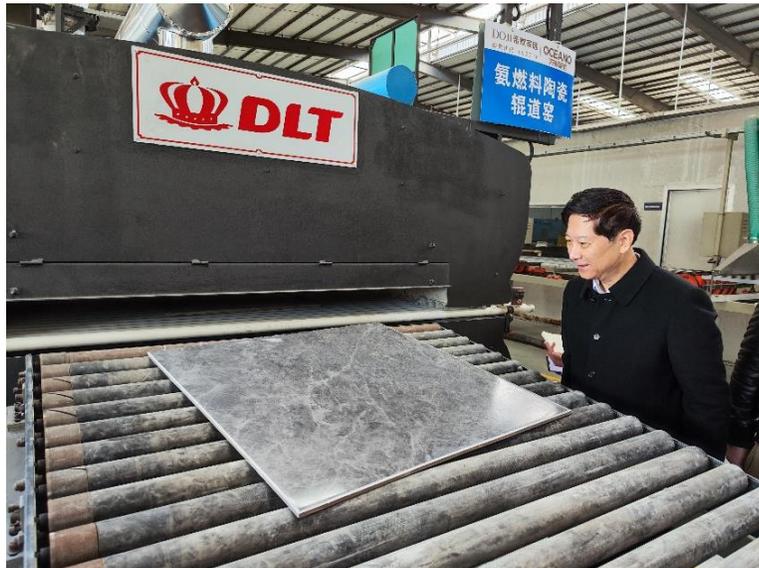
# 零碳燃料陶瓷窑炉中试示范线点火烧砖实验



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室  
FOSHAN XIANHU LABORATORY

2022年12月18日欧神诺研发中心



# 世界首块零碳瓷砖—相关报道



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心  
佛山仙湖实验室  
FOSHAN XIANHU LABORATORY

## 人民日报、新华网、南方网、科技日报、学习强国等各大媒体平台广泛报道

### 人民日报 有品质的新闻

#### 全球首块零碳氨燃料烧制的绿色瓷砖

人民日报客户端广东频道 刘泰山 2022-12-24

全球首块零碳氨燃料烧制的绿色瓷砖在佛山仙湖实验室诞生，标志着我国陶瓷行业向碳中和目标迈出了历史性的步伐。



关注新华网

- 微信
- 微博
- Qzone

### 新华网广东频道 > 正文

#### 我国第一块零碳氨燃料烧制的绿色瓷砖

新华网广州12月26日电 企业合作发明新燃烧技术带来突破性技术。

建筑陶瓷生产要经过12道工序，在国家提出的“双碳”目标下，陶瓷产业面临巨大的二氧化碳减排压力。

据佛山仙湖实验室介绍，目前，适合大规模工业应用不会产生碳排放。

氨是氢和氮的化合物，安全储运技术、基础设施、不容易燃烧，高温燃烧。

去年12月，佛山仙湖实验室与欧神诺陶瓷有限公司联合创新研发零碳氨燃料烧制技术，攻克了氨燃料点火困难及燃烧火焰中氮氧化物排放。项目创新。

佛山仙湖实验室有关负责人表示，先进零碳燃烧技术，为陶瓷行业高温制造业提供一条可行的。

### 南方网 > 佛山新闻 > 正文

#### 历史性突破！全球首块零碳氨燃料烧制的绿色瓷砖

2022-12-23 18:14 来源：南方+

12月23日，佛山仙湖实验室联合佛山欧神诺陶瓷有限公司在建筑陶瓷工业窑炉应用“成果新闻发布会，宣布历史性突破。

澳大利亚工程院院士、佛山仙湖实验室战略科学顾问程一兵介绍，目前主要使用天然气、煤和重油等化石燃料，因此碳排放量较大。在国家提出的“双碳”目标背景下，陶瓷产业面临巨大的二氧化碳减排压力。

“采用先进零碳燃料是最根本、最直接、最有效的减碳方式。”程一兵介绍，目前主要使用天然气、煤和重油等化石燃料，因此碳排放量较大。在国家提出的“双碳”目标背景下，陶瓷产业面临巨大的二氧化碳减排压力。

氨气（NH<sub>3</sub>）两种，均不含碳，因此在高温下燃烧不会产生碳排放。



全球首块零碳氨燃料烧制的绿色瓷砖在佛山

### 科技日报 > 正文

#### 全球首块零碳氨燃料烧制的绿色瓷砖

2022-12-23 22:03:08 来源：科技日报 作者：龙跃梅 王宇

科技日报记者 龙跃梅 通讯员 王宇

记者12月23日从氢氨融合零碳燃烧技术重大成果新闻发布会上获悉，全球首块零碳氨燃料烧制的绿色瓷砖于12月18日在广东省佛山市诞生，标志着我国陶瓷行业向碳中和目标迈出了历史性的一步。



氢氨融合零碳燃烧技术重大成果新闻发布会

佛山仙湖实验室  
2022年12月23日（星期五）

主办单位  
佛山仙湖实验室  
佛山欧神诺陶瓷有限公司  
佛山德力泰科技有限公司

### 高质量发展佛山烧制出全球首块“零碳瓷砖”

地方平台发布内容

佛山学习平台 2022-12-26

作者：毛善 黄阳文

12月23日，氢氨融合零碳燃烧技术重大成果新闻发布会在佛山仙湖实验室举办，现场发布了全球首块零碳氨燃料烧制的绿色瓷砖成功出炉的消息，标志着我国陶瓷行业向“双碳”目标迈出了重要一步。

这一“零碳瓷砖”是750×750mm规格的抛釉砖，于12月18日诞生于佛山欧神诺陶瓷有限公司窑炉中。烧制瓷砖所用的燃料是100%氨气燃料，烧制过程中不产生碳排放，氮氧化物、二氧化硫及颗粒物等烟气污染物均低于国家标准限值，吸水率0.01%，强度41.6MPa，均高于瓷质砖国家标准要求。

在国家提出的“双碳”目标背景下，陶瓷产业面临巨大的二氧化碳减排压力。建筑陶瓷生产要经过1200℃高温烧制，目前主要使用天然气、煤和重油等化石燃料，二氧化碳排放量较大。从佛山市来看，全市工业碳排放总量占全市碳排放总量的30.1%，而陶瓷行业占碳排放量30.1%。采用先进零碳燃料是最根本、最直接、最有效的减碳方式之一。

目前，适合大规模工业应用的零碳燃料只有氢气和氨气两种。“这两种燃料都是可再生的。但是工业炉燃烧氢气的成本非常高，跨区域运输成本也高。”澳大利亚工程院院士、佛山仙湖实验室战略科学家程一兵表示。

针对这些技术难点，佛山仙湖实验室、佛山欧神诺陶瓷有限公司和佛山市德力泰科技有限公司联合成立“先进零碳燃烧技术联合创新研发中心”。经过近一年的技术攻关，联合研发中心设计并开发出新型纯氨和天然气混氨工业燃烧器及配套技术，在德力泰的工业实验炉实现了稳定点火、掺氨和纯氨稳定燃烧，并将氨氧化物排放控制在国家规定的标准以内。

这一过程体现了佛山在产学研对接和科技成果转化方面的优势。程一兵介绍，由于氨燃料从未在陶瓷窑炉作为燃料使用，缺乏相关的行业标准和规范。广东陶瓷协会主动提出组织行业专家对项目进行实地考察和技术评估，专家组对这项颠覆性创新技术给予了高度评价，认为建筑陶瓷工业窑炉氨气燃烧技术安全可靠，所开发的技术和装备填补了国内和国际空白，为陶瓷工业乃至整个建材行业

# 入选2022年全球建材十大科技新闻



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室  
FOSHAN XIANHU LABORATORY

2022全球建材十大科技新闻揭晓

中国建筑材料联合会 2023-01-17 17:19 发表于北京



中国建筑材料联合会  
China Building Materials Federation

宜业尚品、造福人类

Superior Products and Advanced Industry,  
for the Benefit of Mankind



中国建筑材料联合会  
China Building Materials Federation

2022 TOP 10

全球建材十大科技 **新闻**

GLOBAL BUILDING MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGY NEWS

按新闻时间排序 Sorted by news time

10

全球首块氨燃料烧制的绿色瓷砖  
在佛山问世

The world's first green ceramic tile fired  
with ammonia fuel was unveiled in Foshan





# 完成四次欧神诺中试实验



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室  
FOSHAN XIANHU LABORATORY

中试时间	中试内容	完成情况
2022.12.18	全球首块纯氨燃料零碳瓷砖烧制	成功
2023.04.18	验证花色、三级脱硝、第三方检测（纯氨燃烧器）	成功
2023.09.21	验证天然气掺氨及纯氨燃烧中试（新款多功能燃烧器）	成功
2024.01.08	蒙娜丽莎配方瓷砖纯氨烧制（新款多功能燃烧器）	成功



# “建筑陶瓷零碳烧成技术及中试示范项目” 成果鉴定



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室  
FOSHAN XIANHU LABORATORY

## 新产品新技术鉴定验收证书

粤陶技鉴字（2023）6号

产品（技术）名称：建筑陶瓷零碳烧成技术研究

完 成 单 位：佛山仙湖实验室  
佛山市德力泰科技有限公司  
佛山欧神诺陶瓷有限公司  
佛山阿莫尼亚科技有限公司

鉴 定 类 别：新产品新技术鉴定

鉴 定 方 式：会议鉴定

鉴 定 组 织 单 位：广东陶瓷协会

鉴 定 日 期：2023年12月22日

## 新产品新技术鉴定验收证书

粤陶技鉴字（2023）7号

产品（技术）名称：零碳烧成陶瓷砖中试生产应用示范

完 成 单 位：佛山欧神诺陶瓷有限公司  
佛山市德力泰科技有限公司  
佛山仙湖实验室  
佛山阿莫尼亚科技有限公司

鉴 定 类 别：新产品新技术鉴定

鉴 定 方 式：会议鉴定

鉴 定 组 织 单 位：广东陶瓷协会

鉴 定 日 期：2023年12月22日



# 蒙娜丽莎300m陶瓷板/砖生产线氨氢燃烧示范项目



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室  
FOSHAN XIANHU LABORATORY

- 长150m(加上干燥窑总长约300m), 300支燃烧器, 最大总功率约3.5MW
- 天然气耗气量7400Nm<sup>3</sup>/天, 氨气耗气量约13吨/天, 液氨储存量30吨
- 陶瓷板产量4000平方/天
- 实现氨-天然气任意比例燃烧工程示范, 确保污染物排放达标



2023年10月20日项目正式合同洽谈会

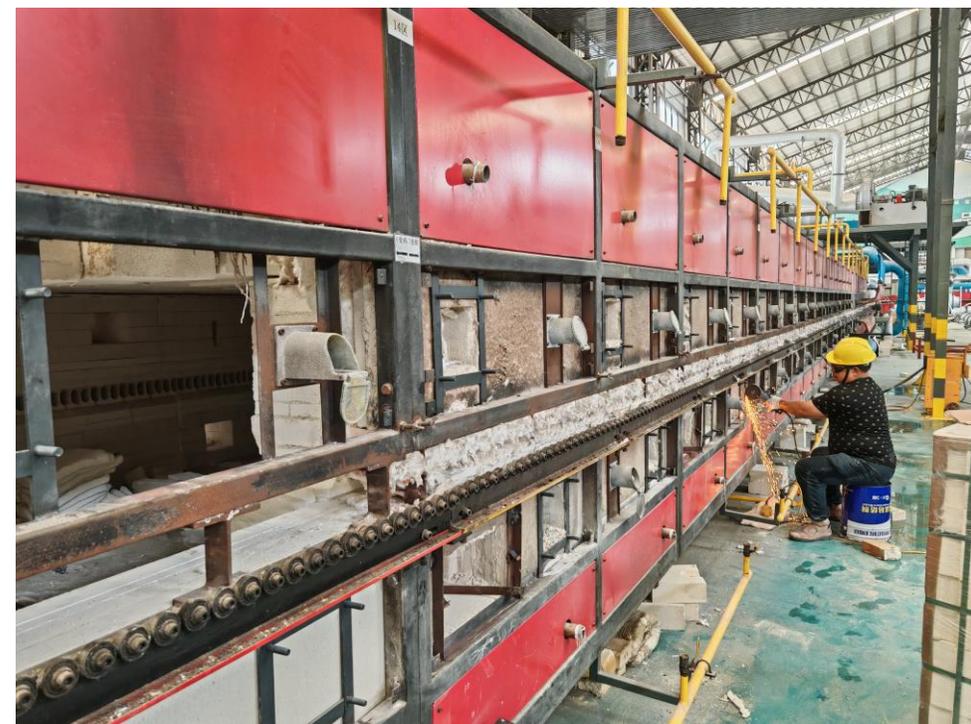
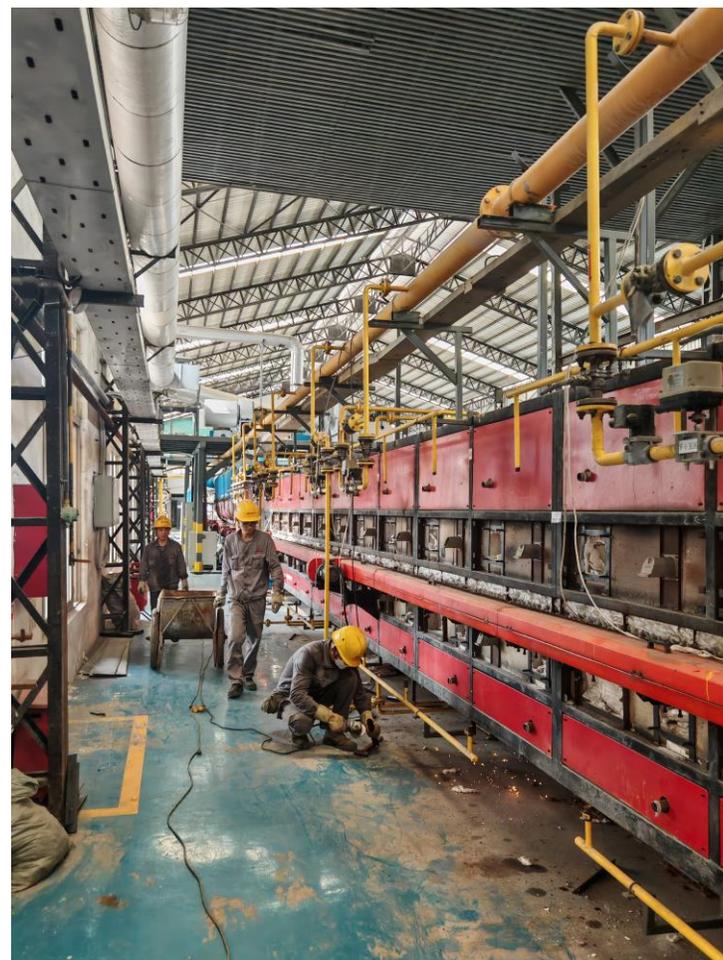
# 蒙娜丽莎陶瓷板/砖生产线氨氢燃烧改造



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室

FOSHAN XIANHU LABORATORY



蒙娜丽莎量产线改造现场

# 工业合作伙伴



先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室  
FOSHAN XIANHU LABORATORY

## 建筑材料



中国建材

OCEANO 欧神诺



科勒 KOHLER

## 金属加工



朗盾科技  
LANGDUN TECHNOLOGY



## 发电



西安热工研究院有限公司  
XI'AN THERMAL POWER RESEARCH INSTITUTE CO.,LTD



合肥综合性国家科学中心能源研究院  
Institute of Energy, Hefei Comprehensive National Science Center.

## 液氨供应



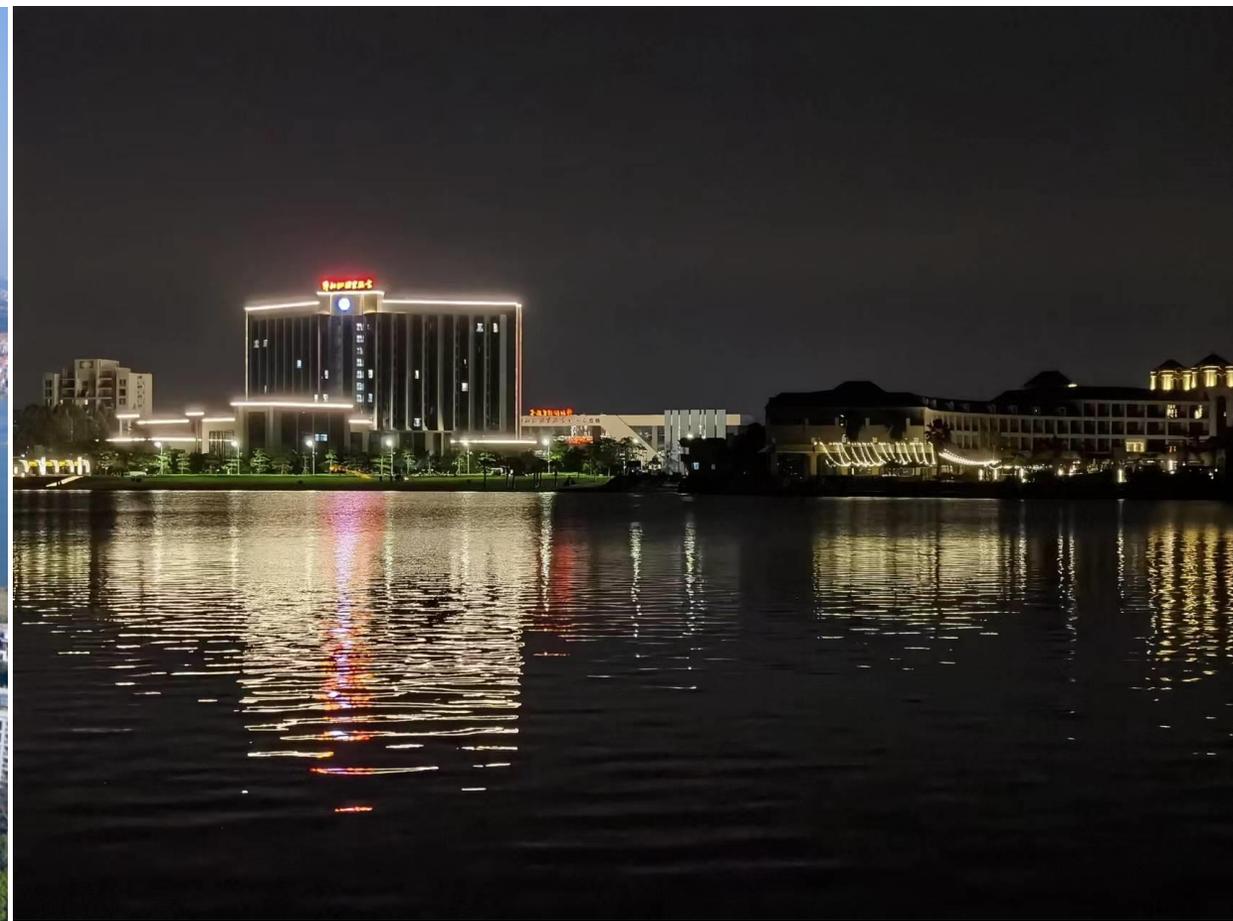
兰石集团  
LS GROUP



安全 · 德尚 · 福润



**谢谢!**



**佛山仙湖实验室**