

# AAC

蒸压  
加气  
混凝土

全球版

www.aac-worldwide.com

新闻&市场 第八届国际蒸压加气混凝土会议 科技&创新 优化纳米纤化纤维素含量以提升加气混凝土力学性能 生产工艺 用于加气混凝土制造的闭模涂油机 应用 & 施工 加气混凝土女儿墙锚固的计算与设计 项目 Solna 6 - 采用非传统“褶皱”伊通墙体的住宅综合体



# SAVE THE DATE

— May 13-14, 2026 —



# ICC X TÜRKİYE 2026

## INTERNATIONAL CONCRETE CONFERENCE & EXHIBITION

Istanbul, Türkiye

The ICCX event series (International Concrete Conference & Exhibition) is coming to Türkiye for the first time in 2026!

Make a note of 13 and 14 May 2026, when the international concrete and precast industry will gather in the fascinating metropolis of Istanbul for a top-class industry meeting. Whether you are a concrete manufacturer, supplier, planner, construction company or researcher - ICCX Türkiye offers you the ideal environment for gathering information, presenting yourself and making contacts.

You can look forward to a two-day specialist programme featuring top-class international and regional speakers. The event will cover cutting-edge topics in prefabrication, building materials technology, and earthquake-proof construction, complemented by a trade exhibition showcasing leading suppliers in the in-

dustry. In addition, it offers excellent networking opportunities with experts from Türkiye, Europe, the Middle East, and Central Asia, providing a valuable platform for innovation and the development of new business relationships.

Constantly updated information for visitors and exhibitors can now be found on the event website.

The event is organised by ad-media GmbH in cooperation with local and international partners.

ICC X TÜRKİYE 2026 – Istanbul awaits you!

Stay up to date by subscribing to our free ICCX newsletter - we look forward to welcoming you to Istanbul in May 2026.

Join us on [www.iccx.org](http://www.iccx.org)



Partner



Platinum Sponsor



Gold Sponsors



Silver Sponsors



Organization



Supporter



Official Airline



[www.iccx.org](http://www.iccx.org)

# 承担全球行业盛事的责任



总编：  
Michael von Ahlen

评论

我们满怀欣喜与感激之情，与读者分享一则特别消息：行业期刊 AAC Worldwide 已受欧洲加气混凝土协会 (EAACA) 委托，负责组织第八届国际加气混凝土会议 (ICAAC)。这一重要会议将于2027年9月1日至3日在土耳其大都市伊斯坦布尔举行。选择伊斯坦布尔作为主办城市，是特意要体现该地区在加气混凝土领域的悠久历史，并确保其全球各地与会者均可便利抵达。

对我们而言，此次委托远不止是一项组织任务。它代表着信任、赞赏，以及对我们在国际加气混凝土行业多年工作的认可。多年来，AAC Worldwide 凭借扎实的技术文章、技术创新、市场分析以及研究与实践报告，始终陪伴着全球加气混凝土行业的发展。随着时间的推移，我们的出版物建立了良好的声誉，如今已成为加气混凝土行业内的全球信息来源。

组织第八届 ICAAC 正是这一使命的自然延续。该会议是行业内科学、产业与交流最重要的国际平台之

一。它将世界各地的专家汇聚一堂，促进跨学科交流，并激发创新、可持续性和技术进步。由于会议间隔时间长，ICAAC 提供了行业内难得的交流机会，并且仍是唯一具有明确国际焦点的会议——一场不容错过的盛会！

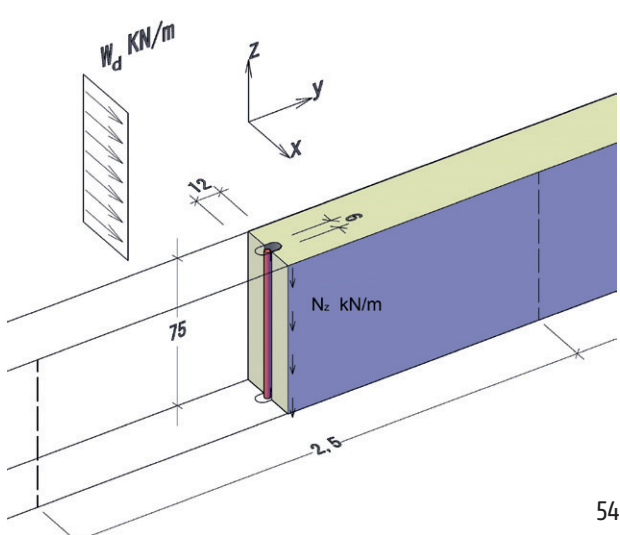
EAACA 将这项重任托付给我们，这让我们充满自豪，并坚定了我们组织一场符合行业高国际标准会议的决心。我们将此责任视为对整个行业的承诺：质量、专业性和全球连通性将成为本次盛会的核心。

我们期待与合作伙伴们一道，将第八届 ICAAC 打造成为国际加气混凝土行业的一个里程碑。

在第14页，您将看到欧洲加气混凝土协会发布的初步公告，其中对第八届 ICAAC 进行了初步介绍。

此致，

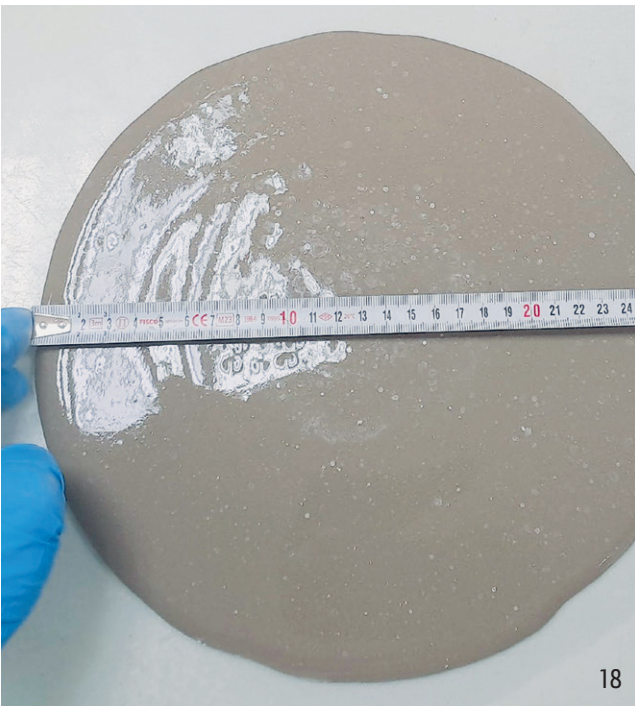
  
Michael von Ahlen



54



34



18

## 新闻&市场

- 13-14 May 2026, Istanbul, Türkiye  
ICCX Türkiye 2026 – 立即注册参会 6
- 到2030年将碳强度降低50%  
案例研究: H+H UK 如何削减加气混凝土生产中的碳排放 10
- 预留日期  
第八届国际蒸压加气混凝土会议 13
- 循序渐进的变革  
基索韦茨工厂的可持续转型与安全驱动型领导力 15

## 科技&创新

- 纳米技术融入建筑材料  
优化纳米纤化纤维素含量以提升加气混凝土力学性能 18
- 加气混凝土回收  
利用加气混凝土粉末与颗粒制备石膏基建筑材料 23

## 生产工艺

- Aircrete Europe, 7575 EJ Oldenzaal, The Netherlands  
用于加气混凝土制造的闭模涂油机 30
- Keda Suremaker, Maanshan City, Anhui Province, China  
全球首创! 全新双边湿分掰AAC生产线在泰国重磅上线 34
- 江苏天元智能装备股份有限公司, 江苏常州, 213022  
天元智能陕西凝远项目: 全新技术集成 实现高质量自动化生产 38
- Wehrhahn GmbH, 27753 Delmenhorst, Germany  
评估-控制-优化: 透明工厂的实时过程图像 43
- PMX Labs Sp. z o.o., 60-750 Poznan, Poland  
加气混凝土生产中添加剂配料系统的类型 46

# 2 | 2026



30

## 应用 & 施工

克服墙体开裂相关问题  
 钢网砌体灰缝配筋

49

锚固能力评估的系统方法  
 加气混凝土女儿墙锚固的计算与设计

54

## 项目

获奖项目

Solna 6 – 采用非传统“褶皱”伊通墙体的住宅综合体

58

# 目录



38



58

## ICCX Türkiye 2026 - 立即注册参会

建筑业是土耳其经济的关键增长驱动力之一，并在该国的基础设施、城市和工业发展中发挥着至关重要的作用。根据“土耳其共和国总统府投资与金融办公室”发布的《2025 年行业报告》，2025 年第一季度该行业占国内生产总值的 7.3%，而第二季度的实际增长率达到 10.9%，显著高于整体经济平均水平。这突显了该行业作为经济引擎和具有长期前景的投资领域的重要性。

首届 ICCX Türkiye 2026 将于 2026 年 5 月 13 日至 14 日在伊斯坦布尔举行，其独特理念将跨学科会议与针对性贸易展览相结合，直接针对这一充满活力的发展态势。知名专家提供的面向实践、紧扣工艺流程的演讲，以及关于预制混凝土和加气混凝土生产机械设备技术的深入信息，还有混凝土技术解决方案，共同构成了本次活动的明确焦点。参加 ICCX 活动的每一位与会者都必将获得大量宝贵信息。



2026年5月13日至14日，ICCX Türkiye 将在伊斯坦布尔波拉特文艺复兴酒店迎来首秀，首次将这一成功的国际混凝土会议暨展览会形式带到土耳其

### 预制混凝土与加气混凝土：基础设施与城市化的基石

混凝土建筑和基础设施发展构成了这一积极增长的基石。高速公路、桥梁、隧道、机场、地铁系统以及大型住宅区塑造了现代土耳其的面貌。伊斯坦布尔机场、亚武兹·苏丹·塞利姆大桥、欧亚隧道和恰纳卡莱 1915 大



国际专家的精彩演讲提供了背景信息和战略视角，而参展商则促成解决方案向行业实际需求的直接转化。与会者不仅可以讨论解决方案，还能对其进行详细审视，比较不同策略，并将其与自身项目和业务目标相关联。这有助于做出明智的投资决策，加速创新进程，并加强整个混凝土建筑价值链上的交流合作

桥等重大项目，体现了该行业的技术能力以及复杂混凝土与结构解决方案的广泛应用。这些项目中有许多是通过公私合营模式或建设 - 运营 - 移交模式实现的，这些模式将建筑、融资和长期运营融为一体。

### 住宅建设、城市更新与工业化建筑方法

除交通基础设施外，住宅建设也扮演着核心角色。国家住房管理局 TOKİ 是关键参与者之一，推动着社会住房和城市再开发方面的大型计划。自成立以来，已建成约 150 万套住房，并辅以学校、医院和行政设施等公共建筑。旺盛的住房需求尤其促进了工业化建筑方法、预制系统和由加气混凝土制成的经济型建筑结构的发展。

### 聚焦可持续性与脱碳

鉴于到 2053 年实现气候中和的目标，建筑和建材行业的脱碳变得日益重要。特别是水泥和混凝土生产等能源密集型行业，面临着适应调整的压力。《欧洲绿色协议》和《碳边境调节机制》等欧洲法规正在加速对低碳水泥、替代性粘结剂和节能生产流程的投资。因此，使用加气混凝土的可持续建筑正从法律要求演变为战略性的竞争

因素——这一发展趋势在土耳其同样可以观察到。

欧洲加气混凝土协会主席罗伯特·图尔斯基将就未来建筑行业的挑战与机遇以及加气混凝土的优势发表主题演讲。

### 抗震安全：混凝土结构的指导性原则

由于地处几条活跃的构造断层线上，土耳其是世界上海震最频发的地区之一。因此，提高建筑物和基础设施的抗震能力是建筑政策的重中之重。继 2023 年 2 月的严重地震之后，受影响地区的重建工作已显著加快。重点在于抗震结构概念、钢筋混凝土和加气混凝土结构以及现代安全标准。

ICCX Türkiye 2026 得到了土耳其加气混凝土协会等机构的支持。该协会以此强调本次会议和展览对于推动加气混凝土建筑方法进一步发展的重要意义。它明确欢迎本次活动的实践导向和跨学科交流，并赞赏 ICCX Türkiye 为规划者、工程师、加气混凝土制造商和投资者所带来的附加值。

## 5月14日加气混凝土专题会议专场

蒸压加气混凝土			
13:50 - 14:00	Fethi Hinginar	土耳其	欢迎词
14:00 - 14:10	Jiangsu Teeyer Intelligent Equipment Co.,LTD	中国	金牌赞助商介绍 - 天元
14:10 - 14:30	Tolga Öztoprak	土耳其	土耳其 AAC 市场的发展演变及全球趋势的关键洞察
14:30 - 15:15	Christoph Butenweg	德国	AAC 抗震结构的创新方法——第 1 部分
	Markus Heße	德国	AAC 抗震结构的创新方法——第 2 部分
15:15 - 15:45	Martin Haas	德国	灭菌器管理与优化
15:45 - 16:15	Jürgen Oecknick	瑞士	为什么以及如何如何在加气混凝土生产中控制浆料流变性
16:15 - 16:30	Yuyang Chen	中国	采用最先进的处理工艺和 AAC 板施工技术

因此，加气混凝土将成为整个会议专场的焦点，因为这种轻质建筑材料在应用于地震多发地区时具有优势。

出现在材料加工技术、结构设计和实际施工应用之间的交汇点。

### ICCX Türkiye 2026：混凝土行业国际交流的战略要地

土耳其建筑业兼具强劲的投资动力、深厚的混凝土建造专业知识以及丰富的国际项目经验。大型基础设施项目、震后重建、向可持续建筑材料的过渡以及强大的出口导向，使土耳其成为决策者、规划者、建筑公司以及混凝土/加气混凝土制造商的关键聚会点。这为该国引入 ICCX 系列会议活动提供了理想的条件。

### 汇聚全球约 50 家企业的展览

跨学科的贸易展览与技术会议相结合，通过将规划、执行、建筑材料领域、研究和技术开发汇聚于同一形式，为混凝土行业提供了针对性的附加价值。会议提供概念框架，由国际知名演讲者探讨关键议题，为混凝土和加气混凝土生产提供有价值的、面向实践的建议；而同期举办的展览——有来自世界各地的企业参与——则创建了与现实应用之间的直接联系。新技术、材料、机械、软件解决方案和生产系统并非被抽象地讨论，而是可以直接接触，在技术背景下提供可应用的知识。

这种结合对于混凝土行业尤为关键，因为进步通常

### ICCX Türkiye 2026 展位图与参展商名单

ICCX Türkiye 2026 的主要赞助商为会议的组织和 技术重要性做出了重大贡献。铂金赞助商是土耳其建筑化学品制造商 Lyksor。金牌赞助商是土耳其公司 Liya（一家为混凝土行业提供测试与测量技术的供应商）和江苏天元智能装备股份有限公司。凯盛科技和 Aircrete Europe 作为银牌赞助商亮相。最后提到的三家公司展示了加气混凝土行业在 ICCX Türkiye 首次活动中的强大参与度。

随着首届 ICCX Türkiye 的启动，一个汇聚知识、技术和实践应用的平台应运而生，有效支持混凝土和加气混凝土行业致力于可持续、高性能和面向未来的建筑方法。

### ICCX Türkiye 2026 - 伊斯坦布尔期待您的光临！

立即注册参加首届 ICCX Türkiye。极具吸引力的参会套餐为您提供了参与活动的灵活方式。●



Visitor registration



Organization



Platinum Sponsor



Gold Sponsors



Silver Sponsors



Supporters



Official Airline



Partner



# ICCX TÜRKIYE 2026

www.iccx.org Istanbul, Türkiye

SAVE THE DATE – Istanbul awaits you! May 13-14, 2026

## 案例研究：H+H UK 如何削减加气混凝土生产中的碳排放

在监管压力日益增大以及市场对隐含碳关注度提升的背景下，英国领先的住宅建筑用加气混凝土砌块制造商 H+H UK 正利用生命周期评估 (LCA) 和环境产品声明 (EPD) 来推动系统性、可量化的减排。作为到 2050 年实现净零碳排放总体战略的一部分，H+H UK 已承诺到 2030 年将范围 1、2 和 3 的排放强度（千克二氧化碳当量 / 立方米）降低 50%。

这种方法并非象征性的。它得到了精细的碳建模、严格的第三方验证以及运营数据与脱碳行动之间持续反馈循环的支持。对于建筑价值链上的各方参与者——设计师、承包商、采购商、可持续发展顾问——H+H UK 的战略提供了一个可扩展、透明的低碳制造模式。

### 量化碳排放：从雄心到执行

H+H UK 的路线图概述了分阶段减排战略：

- 到 2030 年，总排放强度降低 50%
- 绝对范围 1 和范围 2 排放减少 46%
- 范围 3 排放强度降低 41%，其中石灰和水泥被确定为主要贡献因素

范围 1 和范围 2 的减排通过工厂升级来实现，包括：

- 安装适配氢能的燃气燃烧器，单个站点每年减少超过 600 吨二氧化碳
- 推广电动车队，包括叉车和公司车辆
- 现场可再生能源发电，2024 年一座风力涡轮机满足了该公司在英国电力需求的 17%

- 所有站点使用 100% 可再生能源
- LED 照明升级，每年节省 20 万千瓦时电力

在范围 3 方面，公司正在与 Singleton Birch 和 Cemex 等供应商合作，这些供应商拥有自己的脱碳路径——包括建造氢气电解槽的计划、使用可再生能源以及采用替代燃料。

### 为何环境产品声明 (EPD) 和生命周期评估 (LCA) 是战略核心

对于 H+H UK 而言，环境产品声明 (EPD) 不仅仅是监管文件——它们是决策工具。

“它们有助于实现那种持续改进的水平。即使你不每年发布更新，它们也能让你清楚该在哪里采取行动。当我们使用一个供应商特定的 EPD 进行建模，而不是使用通用数据时，其影响是碳排放减少了 5%。这对范围 3 来说是一个可观的碳节省，” 可持续技术员乔治亚·特赖索尔 (Georgia Trythall) 说道。

公司正在为其所有英国生产的产品最终确定经第三



作为到2050年实现净零碳排放总体战略的一部分，H+H UK 已承诺到2030年将范围1、2和3的排放强度（千克二氧化碳当量/立方米）降低50%

方验证的环境产品声明 (EPD)。这些声明基于从摇篮到坟墓的建模 (A1-C4 阶段)，而非从摇篮到大门，这反映了加气混凝土的再碳化过程——即材料在其使用寿命期间从大气中重新吸收碳的过程。

“如果你在比较产品，关键是要超越 A1-A3 阶段。我们的砌块在使用过程中会再碳化，这种碳固存在 B 阶段中得到体现。这是支持全生命周期评估的一个重要论据。” 乔治亚·特赖索尔指出。

这一点在诸如《伦敦计划》等政策的背景下尤为重要，该计划现在要求对大型开发项目进行全生命周期碳评估。透明、高质量的环境产品声明 (EPD) 能够实现有意义的比较，并支持合规性。

### 循环性与成本效益并行不悖

H+H UK 的制造战略将脱碳与成本效率和运营韧性直接关联：

- 100% 回收废加气混凝土——消除了填埋需求并减少原生原料投入

- 超过 60% 的水源来自附近的运河或水井，显著减少了与水处理相关的碳排放
- 自 2022 年起实现零废料填埋
- 使用可回收和可再生的包装，拉伸缠绕膜由至少 30% 的再生塑料制成，打包带由 100% 再生材料制成

通过聚焦闭环系统和本地资源采购，企业同时减轻了环境风险和经济风险。这并非空洞的企业社会责任——而是深深植根于生产的基本面之中。

### 更广泛行业的典范

加气混凝土制造的碳强度低于传统混凝土生产，但仍涉及一些排放——主要来自其成分中使用的水泥和石灰。然而，H+H UK 展示了制造商如何能够通过透明数据、经过验证的影响以及供应链协作方法来引领行业发展。

公司还通过参与东海岸和首都氢能联盟，积极探索氢能管网整合，并承诺随着低碳原材料的出现以及添加剂优化技术的进步，将进一步推动相关创新。



现场可再生能源发电，2024年一座风力涡轮机满足了该公司在英国电力需求的17%

对于负责产品选择、采购或可持续发展报告的专业人士而言，H+H UK 的做法提供了三个关键启示：

1. 环境产品声明 (EPD) 的价值完全取决于其背后的数据和验证——并且应涵盖整个生命周期。
2. 范围 3 的参与是不可妥协的——高达 85% 的排放位于直接控制范围之外。
3. 功能性能与环境影响必须协同优化——废料再利用和能源效率可同时实现两者。

随着对低碳材料的需求加速，这种经过验证的透明度将成为一种竞争优势。那些及早行动、严谨建模并诚信发布信息的制造商，将成为最受客户、监管机构和投资者信赖的对象。



通过工厂升级改造（包括安装氢兼容燃气燃烧器），正在实现范围1和范围2的减排，单个厂区每年可减少超过600吨二氧化碳排放



H+H UK Limited  
Celcon House, Ightham, Sevenoaks,  
Kent, TN15 9HZ  
United Kingdom  
[www.hhcelcon.co.uk](http://www.hhcelcon.co.uk)

# 第八届国际蒸压加气混凝土会议

土耳其蒸压加气混凝土协会很高兴地宣布，第八届国际蒸压加气混凝土会议（ICAAC）将于 2027 年 9 月 1 日至 3 日在土耳其共和国伊斯坦布尔举行。本次会议在欧洲蒸压加气混凝土协会（EAACA）的赞助下举办。



会议将汇聚来自科研机构、加气混凝土制造商、原材料供应商、加气混凝土设备制造商以及 EAACA 相关协会的众多国际专家。来自建筑行业的个人，如建筑师、规划师、土木工程师、施工方和投资者，也诚挚受邀参加。

## 关键主题

- 加气混凝土的可持续性—从生产到建筑层面
- 能源供应的全球挑战
- 施工现场的挑战
- 加气混凝土生产的原材料
- 加气混凝土结构工程
- 加气混凝土抗震设计
- 数字化、建模、模拟
- 生产、工艺工程
- 建筑物理：热、湿、声防护
- 加气混凝土的耐久性
- 测试方法、规范、标准
- 矿物学、C-S-H（水化硅酸钙）化学
- 孔隙率、吸附特性

## EAACA：加气混凝土行业的声音

欧洲蒸压加气混凝土协会（EAACA）在整个欧洲范围内维护蒸压加气混凝土生产商及其国家协会的利益。EAACA 成立于 1988 年，拥有来自 18 个国家的成员，运营着 100 多个生产基地，每年生产约 1600 万立方米的加气混凝土，足以建造约 35 万套住房。

EAACA 是加气混凝土行业在欧洲层面的声音。欧洲机构及其制定的法律可能对制造商产生直接影响，例如通过制定产品或其使用建筑的标准。它们还通过定义框架条件（如气候和能源政策）间接塑造市场，这些条件进而转化为对建筑的要求。欧盟委员会也将继续推进其评估建筑材料可持续性的指标框架。这也是 EAACA 制定净零排放路线图的原因之一。

## 净零排放路线图

EAACA 根据《2015 年巴黎协定》制定了一份路线图，旨在使蒸压加气混凝土产品到 2050 年实现净零排放，并有可能成为碳负排放。中期目标是到 2030 年将加气混凝土排放量减少 30%。

## 超越净零排放

EAACA 几十年来一直认真对待其环境责任。尽管加气混凝土在欧盟建筑存量和建筑行业的排放量中所占比例微乎其微，仅为 0.09% 至 0.02%，但该协会仍致力于达到并超越净零排放目标。该路线图全面实施后，到 2050 年，每立方米的排放量将从 180 公斤二氧化碳减少到 -70 公斤，从而从大气中去除的碳多于产生的碳。正如 EAACA 秘书长 Torsten Schoch 所强调的：“到 2050 年实现净零排放是不够的。你必须为 2050 年之后的碳捕获提供解决方案。”

## 往届会议

第七届国际蒸压加气混凝土会议（2023 年，捷克共和国布拉格）为未来的会议设立了新的标准。“全世界对使用加气混凝土进行建筑有着巨大的兴趣，未来公司与研究人员之间的国际交流机会应该更加频繁”是其中的两个主要结论。如今，加气混凝土在全球范围内被用于住宅、商业和工业建筑的建设。与会者的背景—包括来自科学、研究、工业、协会领域的专家以及从事研究的人员—与会议议程一样多样化。来自 35 个国家的 340 位嘉宾出席了布拉格会议。



会议网站

[www.icaac2027.com](http://www.icaac2027.com)

Patronage:



Local Host:



Organizer:



# 基索韦茨工厂的可持续转型与安全驱动型领导力

近几个月来，位于斯洛文尼亚的基索韦茨工厂实施了一项全面的现代化改造计划，显著提升了其运营效率、环境绩效和安全标准。重塑日常运营并使该工厂成为集团内标杆的，并非某项单笔重大投资，而是多项针对性升级措施的累积效应。穆斯塔法查伊奇 (Mustafa Čajič) 是基索韦茨加气混凝土工厂的厂长，全程主要参与了此次转型过程。

最具影响力的改进之一是安装了一座新的副产品生产大棚。这项创新使工厂能够将以前归类为废料的材料进行研磨，并直接重新投入生产过程。其结果是减少了原生原材料的消耗，并有效消除了多余废料。该举措直接支持了集团实现零废料填埋的雄心——这是 Xella 集团的一项战略目标。基索韦茨工厂已使其流程与这一愿景保持一致，展示了环境责任与运营效率如何能够齐头并进。

另一项重大进展是新的包装机投入使用。该系统不仅使产品外观更精致，还增强了负载稳定性，并提高了运输和现场搬运过程中的安全性。包装稳定性的提升降低了员工和客户面临的风险，体现了工厂在整个价值链上对安全的全面考量。

通过更换锅炉房燃烧器，环境绩效也得到了加强。与新系统相比，新系统大幅降低了氮氧化物排放——降幅超过 400%——这标志着工厂在降低环境足迹方面迈出了重要一步。这项投资彰显了基索韦茨工厂对可持续生产和卓越合规性的长期承诺。

展望未来，该工厂继续探索在先进能源管理和自动



新的副产品生产大棚使工厂能够将以前归类为废料的材料进行研磨，并直接重新投入生产过程



新型锅炉，其氮氧化物排放量比旧系统降低了 400% 以上



新型包装机提高了包装稳定性，降低了员工和客户面临的风险，体现了工厂在整个价值链上对安全的全面考量

化领域的机遇。电子监控系统 and 数据驱动分析有望实时优化能源消耗并识别低效环节。同时，危险人工任务的自动化将进一步提高职业安全性，同时提升运营精度和生产率。这些举措共同旨在降低运营成本、增强可持续发展绩效并创造更安全的工作条件。

### 区域合作与卓越生产

生产能力的积极发展使基索韦茨工厂能够将支持范围扩展到本国市场之外。该工厂目前每月向意大利供应数千立方米的材料，既展示了其产能，也体现了其在区域网络中的战略关联性。尽管存在特定市场的挑战——例如不同的托盘尺寸——但团队相信，针对性的投资将确保完全的适应性。

东南欧地区的合作被描述为高度互联和充满活力，工厂经理之间交流频繁，领导层协调一致。这种紧密合

作促进了最佳实践的分享，并确保跨境标准的一致性。基索韦茨团队视自己为该区域框架内积极可靠的贡献者。

### 植根于安全的领导理念

自七个月前担任工厂厂长以来，穆斯塔法·查伊奇 (Mustafa Čajić) 一直专注于在工厂坚实的基础上再接再厉，同时强化以安全和责任为中心的文化。凭借质量保证和工程领域的背景，他以严谨的技术和以人为本的思维来履行领导职责。

从一开始，职业健康与安全就是他的指导原则。在基索韦茨，安全不被视作一项合规要求，而是一个不可妥协的、塑造每项决策的价值观。所有新项目都通过两个基本问题进行评估：这对我们的员工有多安全？以及它将如何影响环境？这个框架确保了创新和进步始终与责任紧密相连。

查伊奇强调，有效的生产管理始于倾听操作员的意见，并将他们的实践经验与工程驱动的改进相结合。通过将实践经验与系统优化相结合，工厂的目标是使流程不仅更快、更高效，而且更安全、更可持续。员工满意度被视为成功领导力的关键指标，这强化了运营卓越与员工福祉相互依存的信念。

## 稳定性、创新与长远愿景

近期的投资也向员工传递了一个重要信号：稳定和长期承诺的信息。在日益不确定的全球环境中，这种安全感极大地促进了员工的积极性和参与度。

未来的优先事项将继续与工厂的核心原则保持一致。规划中的项目包括进一步的物流优化——例如引入额外的运输系统——以简化区域物料流。在每个阶段，安全始终是创新的起点，紧随其后的是效率和可持续性考量。

基索韦茨工厂的转型展示了针对性投资、强有力的区域合作以及价值驱动型领导力如何能够共同创建一个具有韧性、面向未来的生产环境。通过将安全与环境管理融入每一项举措，该工厂不仅提升了自身的竞争地位，也强化了其作为 Xella 集团更广泛网络内负责任工业合作伙伴的角色。



工厂厂长穆斯塔法·查伊奇一直专注于在工厂坚实的基础上再接再厉，同时强化以安全和文化为中心的文化



通过将安全与环境管理融入每一项举措，基索韦茨加气混凝土工厂不仅提升了自身的竞争地位，也强化了其作为 Xella 集团更广泛网络内负责任工业合作伙伴的角色



Xella porobeton SI, d.o.o.  
Loke pri Zagorju 64  
1412 Kisovec  
Slovenia  
[www.ytong.si](http://www.ytong.si)

# 优化纳米纤化纤维素含量以提升加气混凝土力学性能

工学硕士 尤努斯·约恩·格雷库 (Yunus Ion Greco)、

工学博士 埃兹吉·比切尔 (Ezgi Biçer)、

工学硕士 埃姆雷·费内尔吉 (Emre Fenerci), Nuh Yapı Ürünleri 研发中心, 土耳其科贾埃利

如今, 传统建筑材料正越来越多地被更轻质、提高能效且环保的替代材料所取代。加气混凝土 (AAC) 以其低密度提供高隔热和隔音性能。近年来, 纳米技术融入建筑材料已产生令人鼓舞的成果, 特别是在改善力学和热学性能方面 [1-3]。纳米纤化纤维素 (NFC) 因其源自可再生资源以及具有高比表面积和高保水能力等特性, 被认为是改善这些性能的显著添加剂 [4-6]。在本研究范围内, 探讨了 NFC 作为外加剂在加气混凝土生产中的潜在用途, 并评估了其性能的影响。实验研究通过将 NFC 按重量比 0.1%、0.3% 和 0.5% 的掺量加入到加气混凝土混合物中进行。结果表明, 添加 0.3% 的 NFC 可使抗压强度提高高达 13.5%, 抗折强度提高高达 23.55%。

纤维素是一种从生物质中获得的有机生物聚合物化合物, 年产量在  $10^{10}$  到  $10^{11}$  吨之间。它广泛应用于工业领域, 包括造纸、纺织、材料和化学工业等部门 [4]。尽管有其化学成分, 但植物中天然纤维素的物理和形态结构是复杂的。NFC 由纤维素纳米晶体、纤维素纳米纤维和细菌纳米纤维素组成 [5]。植物生物质的丰富可获得性以及纤维素的高比表面积和高保水能力等优异力学性能, 使 NFC 成为多种材料理想的增强材料 [6-8]。

将具有低碳足迹的 NFC 衍生物作为添加剂用于水泥基砂浆和混凝土中已得到研究, 并且研究观察到力学性能和耐久性的改善 [7-9]。Kamasamudran 等人 [10] 研究了 NFC 纤维在波特兰水泥中的影响与水固比的关系。他们报告称, 在水固比为 0.35 时, 凝结行为得到改善, 抗折强度提高高达 75%, 而当水固比增加到 0.45 时, 这种效果消失。Lisboa 等人 [11] 进行了一项研究, 以 0.1% 到 1% 的掺量加入微晶纤维素, 并报告称在 0.2% 的添加比例下获得了最高的抗折强度。

本研究的目的是通过加入 NFC 来生产高性能加气混凝土, NFC 能够改变加气混凝土基质的水化产物和微观结构, 从而形成更致密的结构并提高力学性能。

## 方法

### 实验设计

为实现  $300 - 350 \text{ kg/m}^3$  的密度范围, 制定了加气混凝土的配合比设计。根据图 1 所示的加气混凝土生产流程, NFC 预先单独混合 1 分钟, 然后与主要原材料和发泡剂混合, 再浇注到模具中。NFC 以 0%、0.1%、0.3% 和 0.5% 的掺量加入到制备好的料浆中, 混合物分别命名为 NFC0、NFC1、NFC2 和 NFC3。

为了考察 NFC 对配合比设计的影响, 通过将料浆混合物浇注到玻璃板上测定其扩展度, 如图 2 所示。扩展度是关键参数, 因为它反映了浇注料浆的和易性, 有助于确保模具型腔充分且均匀地填充, 保证均匀的孔隙形成, 并有助于减少最终产品中的裂缝形成。

### 样品表征

经过蒸压养护后, 使用 Rigaku 仪器进行 X 射线衍射 (XRD) 分析, 以确定最终产品中的相分布。进行分析时, 将样品研磨至粒径小于  $75 \mu\text{m}$ ; 在 40 kV 和 30 mA 的操



**尤努斯·约恩·格雷库** (Yunus Ion Greco) 是 Nuh Yapı Ürünleri A.Ş. 公司的研发工程师。他获得了萨卡里亚大学冶金与材料工程学士学位，目前是博士生，正在进行建筑材料领域的博士论文研究。他的主要兴趣集中在加气混凝土应用与技术、可持续材料以及实用优化研究。

ion.grecu@nuhyapi.com.tr



**埃兹吉·比切尔** (Ezgi Biçer) 是 Nuh Yapı Ürünleri A.Ş. 公司的研发工程师。她在科贾埃利大学获得化学工程博士学位，并于 2015 年至 2023 年期间在该校担任项目助理。她在国内外科学期刊上发表了众多论文。她的研究侧重于建筑材料的创新产品开发、加气混凝土技术与应用以及建筑化学品。

ezgi.bicer@nuhyapi.com.tr



**埃姆雷·费内尔吉** (Emre Fenerci) 是 Nuh Yapı Ürünleri A.Ş. 公司的质量、环境和管理体系经理。他是一名土木工程师，拥有萨卡里亚大学岩土工程硕士学位。他在建筑、水泥和建筑材料行业的质量保证、产品开发和管理体系方面拥有丰富经验。

emre.fenerci@nuhyapi.com.tr

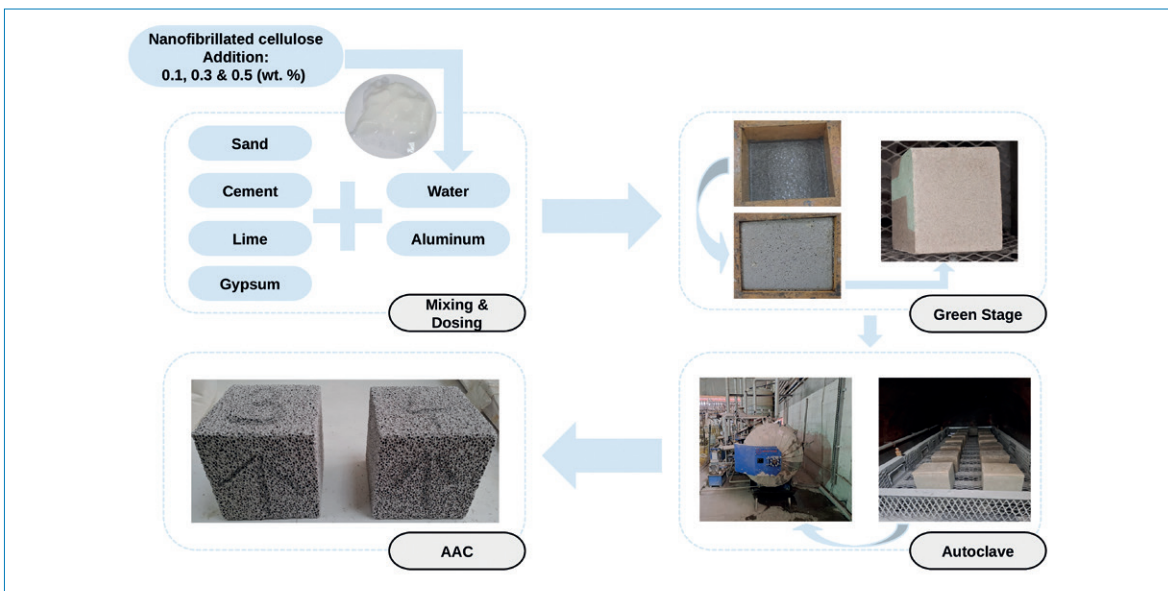


图 1: NFC 改性加气混凝土的生产阶段

作条件下，以 0.02°/ 分钟的扫描速率，收集 5-60° (2θ) 范围内的测量数据。为了研究 NFC 对加气混凝土微观结构的影响，制备了尺寸为 10 x 10 x 10 mm 的样品，进行镀金处理，并使用扫描电子显微镜 (SEM) 进行观察。SEM 观察使用二次电子 (SE) 探测器在 15 kV 的加速电压下进行。

## 结果与讨论

随着 NFC 添加剂的增加，扩展度从 32 厘米减小到 26.5 厘米，表明混合物的保水能力增强。图 3 展示了

NFC 对扩展度影响的结果。当添加 0.1% 的 NFC 时，扩展度的减小幅度有限，达到 31 厘米，而在 0.3% 的掺量下，该值降至 27 厘米。这些结果表明，较高的 NFC 添加量可以更有效地控制料浆的流变行为。然而，在 0.3-0.5% 范围内，从 27 厘米到 26.5 厘米的小幅下降表明，就易性而言，NFC 的饱和阈值已被超过。

NFC 的添加由于增加了保水性和增强了流变性而降低了料浆流动性，从而促进了更精细、更可控的孔隙结构的形成。图 4 显示了随着 NFC 的添加，干密度的变化。对照样品的干密度为 332 kg/m<sup>3</sup>，而在添加 0.5% NFC 时

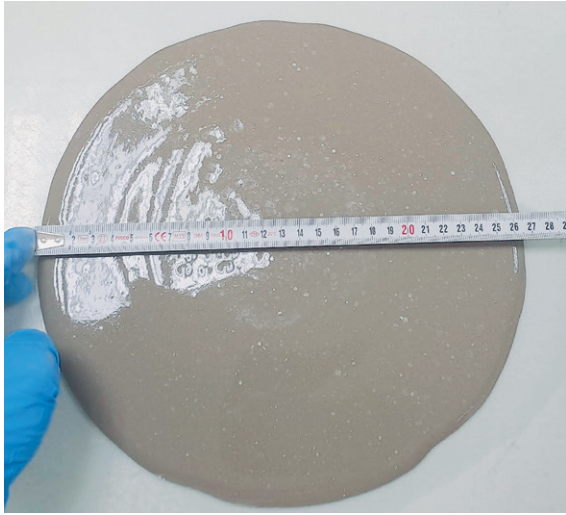


图 2：浇注前加气混凝土料浆的扩展度

增加到了  $349 \text{ kg/m}^3$ ，总体上升了  $17 \text{ kg/m}^3$ 。尽管 0.1% 和 0.3% 之间的差异仅限于  $0.1 \text{ kg/m}^3$ ，但在 0.5% 时的增加更为明显，达到了  $9 \text{ kg/m}^3$ 。

此外，图 4 显示，随着 NFC 添加量的增加，抗压强度先增加后呈现下降趋势。特别地，在掺量达到 0.3% 时，观察到微观结构有显著改善。对照样品显示出  $1.48 \text{ MPa}$  的抗压强度，添加 0.1% NFC 后仅增加到  $1.49 \text{ MPa}$ 。相比之下，在 0.3% NFC 时，强度增加了 13.5%，达到  $1.68 \text{ MPa}$ ，表明此水平的 NFC 在基体中分散更均匀，并有助于结构强化。然而，当添加量提高到 0.5% 时，抗压强度降至  $1.63 \text{ MPa}$ ，表明最佳 NFC 添加量约为 0.3%。

如图 5 所示，对照样品的抗折强度测得为  $0.305 \text{ MPa}$ ，随着 NFC 的添加，增加到  $0.35\text{-}0.376 \text{ MPa}$  的范围。加气混凝土是一种高孔隙率的脆性材料，这种抗折强度的提升对于裂纹萌生、裂纹扩展和断裂行为而言尤其重要。当 NFC 添加量从 0.1% 增加到 0.3% 时，抗折强度从  $0.305 \text{ MPa}$  上升到  $0.376 \text{ MPa}$ 。然而，在 0.5% 掺量时，

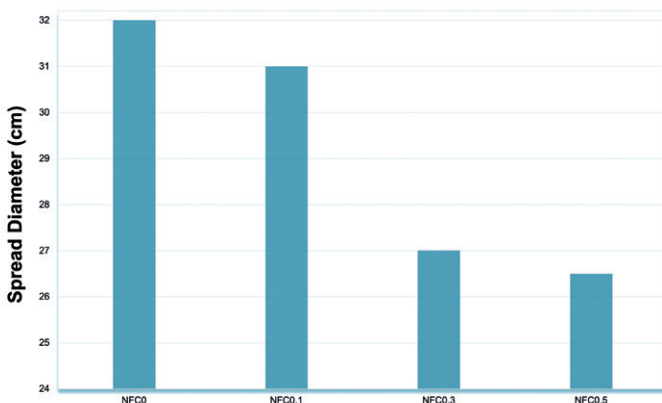


图 3：NFC 添加量对扩展度的影响

它下降到  $0.365 \text{ MPa}$ ，表明最佳含量约为 0.3%。在 0.5% 时超过饱和阈值可能会增加团聚的可能性，由此产生的团块会对水的均匀分布和 C-S-H 凝胶的形成产生不利影响。这一趋势也与张等人 [12] 的研究结果一致，他们报道在 NFC 添加量为 0.3% 时，抗折强度和抗压强度均获得最大提升。

图 6 展示了加气混凝土立方体样品（对照样品以及含有 0.1%、0.3% 和 0.5% NFC 的样品）的 XRD 图谱。对应于石英相的 characteristic peaks 出现在  $2\theta$  值为  $21^\circ$ 、 $26.7^\circ$ 、 $36.6^\circ$ 、 $39.6^\circ$ 、 $45.8^\circ$  和  $50.3^\circ$  处。在含有 0.3% NFC 的样品中，石英峰强度的增加表明部分二氧化硅未完全参与水热反应。经过蒸压养护后，在  $7.86^\circ$ 、 $16.4^\circ$ 、 $29.1^\circ$ 、 $30.2^\circ$ 、 $31.9^\circ$ 、 $49.5^\circ$  和  $55^\circ$  处 identified 出托贝莫来石。总体而言，NFC 的添加没有改变 formed 相的类型。然而，它导致托贝莫来石强度增加，同时观察到石英强度降低。

通过观察图 7 中含 NFC 的加气混凝土样品的 SEM 显微照片，发现 NFC 在很大程度上保持了形态完整性。水化产物似乎集中在 NFC 纤维周围，表明纤维促进了纤维-基体界面处更致密微观结构的发展。这一发现表明，NFC 与加气混凝土基体之间增强的界面结合有助于在材料中产生显著的增强效果。

## 结论

成功实现了 NFC 与加气混凝土体系的结合。随着力学性能的改善，加气混凝土样品的脆性行为得到缓解，展示了一种环境友好且有效的方法来限制运输和 / 或使用过程中可能发生的裂缝。主要发现如下：

- NFC 用量的增加通过其结构中的羟基提高了保水能力，从而增加了浇注料浆的粘度，并因此减小了扩展度。从生产过程的角度综合考虑和易性和稳定性

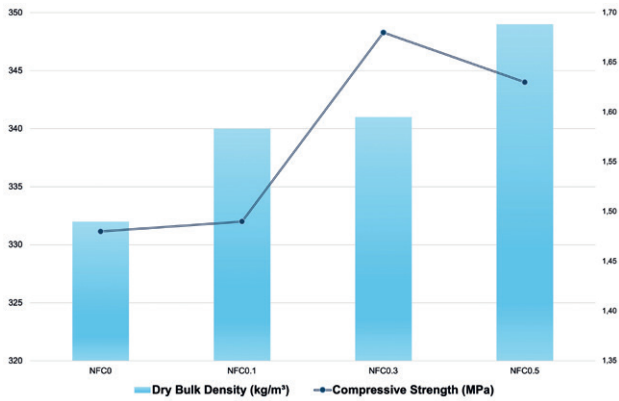


图 4: NFC 添加量对干密度和抗压强度的影响

标准, 确定 0.3% 的 NFC 掺量为最佳增强水平。

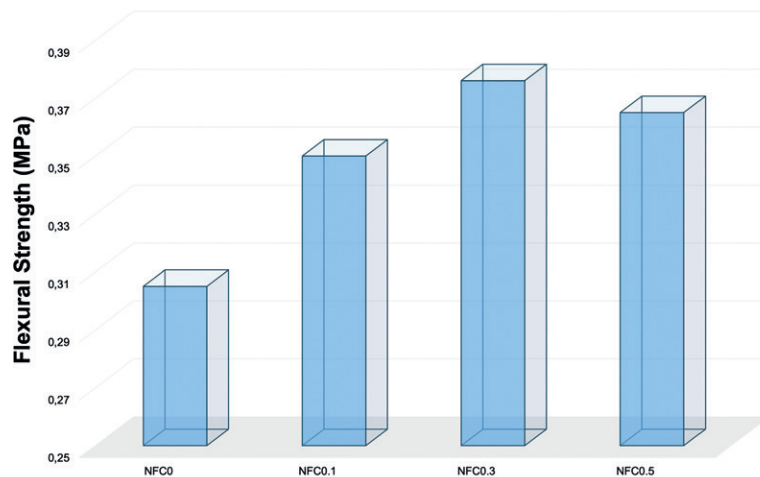
- 对于含有 0.3% NFC 的加气混凝土试块, 测得干密度为 341 kg/m<sup>3</sup>, 抗压强度为 1.68 MPa, 抗折强度为 0.376 MPa。与对照样品相比, 这些结果表明抗压强度提高了 13.5%, 抗折强度提高了 23.55%。
- 蒸压养护后, XRD 结果表明主要水化产物为托贝莫来石和 C-S-H。对于含有 0.3% NFC 的样品, 观察到石英峰强度降低和托贝莫来石峰强度增加, 这可能与抗压强度的提高有关。石英峰的降低表明更多的二氧化硅参与了水热反应。SEM 观察进一步揭示, 水化产物在 NFC 表面周围密集积累, 导致微观结构更致密。

总之, 使用可再生资源 NFC 作为增强材料, 为生产具有改进力学性能同时保持环境友好特性的加气混凝土产品提供了一种可行的方法。

### 参考文献

- [1] Lapovska Svitlana, Chernenko Nicholas, Konoplya Mykola, The effect of cellulose fiber on the bending strength of autoclaved aerated concrete, *Annals of civil and environmental engineering*, 8, 45-47, 2024.
- [2] I. Alejandra Corro-Escoria, Juan Hernandez-Avila, Eduardo Cerecedo-Saenz, F.R. Barrientos-Hernandez, Montserrat Cruz-Hernandez, Norman Toro, Edelmira Galvez, M.P. Gutierrez-Amador, Eleazar Salinas-Rodrigues, Synthesis of tobermorite 11 Å during the formation of autoclaved aerated concrete with the addition of diatomite, *Results in materials*, 26, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2025.100725>
- [3] Ahmed Tawfik, R.A. Abd-El-Razik, Design, fabrication and characterization of distinguished lightweight and sustainable building materials, *Journal of building engineering*. 46, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103712>
- [4] Nathalie Lavoine, Isabelle Desloges, Alain Dufresne, Julien Bras, Microfibrillated cellulose – Its barrier properties and applications in cellulosic materials: A review, *Carbohydrate Polymers*, 90, 735– 764, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.05.026>
- [5] Muhammad Arif Aziz, Mukarram Zubair b, Muhammad Saleem, Development and testing of cellulose nanocrystal-based concrete, *Case Studies in Construction Materials*, 15, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.100725>

图5: NFC添加量对抗折强度的影响



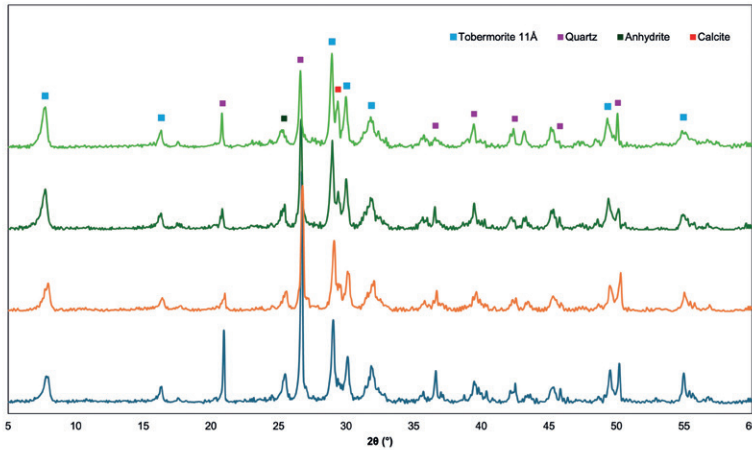


图6: 不同NFC添加量的加气混凝土样品的XRD图谱

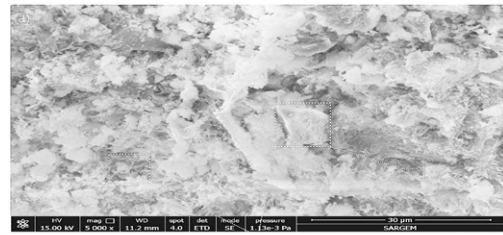
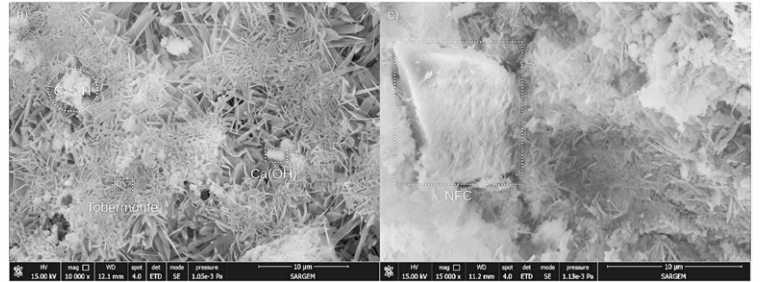


图7: 含有0.3% NFC的加气混凝土样品在不同放大倍数下的SEM图像: a) 5000倍, b) 10000倍, c) 15000倍 (C-S-H: 水化硅酸钙,  $\text{Ca(OH)}_2$ : 氢氧化钙)



org/10.1016/j.cscm.2021.e00761

- [6] Xuezu Xu, Fei Liu, Long Jiang, J.Y. Zhu, Darrin Haagenson, Dennis P. Wieseborn, Cellulose nanocrystals vs. cellulose nanofibrils: A comparative study on the microstructure and effects as polymer reinforcing agents, *ACS Applied Materials and Interfaces*, 5, 8, 2999-3009, 2013. <https://doi.org/10.1021/am302624t>
- [7] Gilberto Siqueira, Julien Bras, Alain Dufresne, Cellulosic Bionanocomposites: A review of preparation, properties and applications, *Polymers*, 2, 728-765, 2010. <https://doi.org/10.3390/polym2040728>
- [8] Yizheng Cao, Pablo Zavattieri, Jeffrey Youngblood, Robert Moon, Jason Weiss, The relationship between cellulose nanocrystal dispersion and strength, *Construction and Building Materials*, 119, 71-79, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.077>
- [9] István Siro', David Plackett, Microfibrillated cellulose and new nanocomposite materials: a review, *Cellulose*, 17, 459-494, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00761>

org/10.1007/s10570-010-9405-y

- [10] Kavya S. Kamasamudran, Warda Ashraf, Eric N. Landis, Cellulose nanofibrils with and without nanosilica for the performance enhancement of Portland cement systems, *Construction and Building Materials*, 285, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121547>
- [11] Pamela Sander Alves Lisboa, Marinana da Silva Machado, Richardo Brandes, Tatiane Isabel Hentges, Daniel Vicente Filipak Vanin, The influence of microcrystalline cellulose on cement pastes early hydration modulus of rupture, *Materials Chemistry and Physics*, 270, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2021.124769>
- [12] Jie Zhang, Fei Huang, Yuchao Wu, Tengfei Fu, Biao Huang, Wendi Liu, Renhui Qiu, Mechanical properties and interface improvement of bamboo cellulose nanofibers reinforced autoclaved aerated concrete, *Cement and Concrete Composites* 134, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2022.104760>

# 利用加气混凝土粉末与颗粒制备石膏基建筑材料

卡斯滕·梅塞克博士 (Ph.D. Karsten Mesecke) 和弗兰克·赫拉瓦奇工程师 (Dipl.-Ing. Frank Hlawatsch);

不莱梅材料检测协会 | 莱布尼茨材料工程研究所 – IWT, 德国

罗伯特·B·武特克教授工程师博士 (Prof. Dr.-Ing. Robert-B. Wudtke) 和

卡特琳·施密特工程师 (应用技术大学文凭) (Dipl.-Ing. (FH) Katrin Schmidt);

ThiWert | 图林根原材料创新中心, 德国

丹尼尔·乌弗曼 - 瓦尔迈尔教授工程师博士 (Prof. Dr.-Ing. Daniel Ufermann-Wallmeier);

多特蒙德应用技术大学, 德国

利用加气混凝土 (AAC) 粉末和颗粒作为石膏基产品的轻质骨料, 为加气混凝土的回收利用提供了新机遇。一种应用是使用精细的加气混凝土粉末来生产轻质石膏抹灰, 替代以前使用的珍珠岩组分。另一种应用是利用加气混凝土颗粒和石膏粘结剂制成可流动的自流平砂浆, 用作钢框架墙体的填充材料。为确保加气混凝土与石膏粘结剂之间的良好相容性, 必须在 120°C 至 140°C 的温度下对加气混凝土进行干燥, 以将所有二水硫酸钙煅烧成半水合物。否则, 加气混凝土中少量的二水硫酸钙会显著加速石膏砂浆的凝结过程。所需的粒径取决于目标产品, 相应地可采用不同的方法进行破碎。新生产的密度等级低于 350 kg/m<sup>3</sup> 的加气混凝土, 可制得堆积密度约为 500 kg/m<sup>3</sup> 的轻质骨料。密度等级较高的加气混凝土拆迁废料, 仍可制得堆积密度约为 600 kg/m<sup>3</sup>、足够轻质的骨料。混合比例取决于所需的产品性能。对于这两种应用, 加气混凝土的掺量可达 40-70% (质量分数)。展望未来, 加气混凝土有望成为石膏基产品中其他轻质骨料的可持续且经济高效的替代品。

加气混凝土废料产生于生产、施工和拆除后阶段。特别是, 拆除后的加气混凝土废料的量预计将在未来几十年内增加 [1]。用于生产新加气混凝土的闭环回收, 其添加量一直受到限制, 具体取决于制品的密度等级 [2, 3]。据报道, 在生产密度等级为 550 kg/m<sup>3</sup> 的加气混凝土时, 添加高达 15% (质量分数) 的加气混凝土粉末 (0-1 mm) 是可行的 [2]。其他回收利用方案包括生产轻骨料混凝土、轻质砂浆、地坪砂浆或石膏基建筑材料 [4, 5], 以及由粗颗粒加气混凝土颗粒制成的可回收泡沫石块 [6]。利用加气混凝土粉末和颗粒生产石膏基建筑材料是一个相对较新的研究领域, 迄今为止, 已有报道称, 在替代率高达 30% (质量分数) 的情况下, 加气混凝土颗粒与石膏基体之间具有良好的相容性 [5]。近期, 由德国联邦住房、城市发展和空间规划研究院以及德国联邦研究、

技术与航天部资助的研究项目“利用精细再生加气混凝土破碎砂的石膏基建筑板材”和“加气混凝土破碎砂在石膏建筑产品中的应用研究——用于钢轻质框架填充和石膏抹灰”已经启动。这两个项目概述了将加气混凝土建筑和拆除废料加工成轻质骨料的过程, 这种骨料可用于生产轻质石膏基建筑抹灰 [7]、石膏墙板或用于钢框架墙体系统的石膏基自流平砂浆。总之, 这些研究表明, 加气混凝土可以作为石膏基建筑材料的一种可持续且经济高效的轻质骨料加以利用。

## 加气混凝土粉末与颗粒

研究了不同密度等级和年代的加气混凝土建筑与拆除废料。抗压强度通过在 105°C 干燥后的小立方体试样



**卡斯滕·梅塞克 (Karsten Mesecke)** 拥有化学和化学工程背景。他致力于加气混凝土研究，并凭借该研究获得博士学位，具体研究方向是水热条件下的相形成。他目前的研究重点是加气混凝土的回收利用以及 C-S-H 的分子结构。

mesecke@mpa-bremen.de



**弗兰克·赫拉瓦奇 (Dipl.-Ing. Frank Hlawatsch)** 是德国不来梅莱布尼茨材料工程研究所土木工程领域材料测试方向的科研人员。他曾在德国魏玛大学学习土木工程，主攻建筑材料。他目前致力于拆除建筑材料的回收与再利用研究。同时，他还是 "Recycling und Wertstoffverwertung im Bauwesen e.V." (建筑行业回收与材料再利用) 研究协会的总经理。



**罗伯特·巴尔塔萨·武特克 (Robert-Balthasar Wudtke)** 是格工程技术学教授，并担任北豪森应用技术大学 (HSN) 图林根可回收材料创新中心 (ThiWert) 的负责人。他是土方工程和基础工程领域的认证专家，目前在国内外和欧洲多个标准化委员会中担任成员或主席。在魏玛包豪斯大学基础工程教席担任科研助理期间，他在 2004 年至 2016 年间参与并完成了多个研究项目，课题包括“变含水量影响下粘性土材料特性的识别”、“尾矿”、“水力地基破坏”及“基础损坏原因”。2014 年，他在魏玛包豪斯大学完成了关于“粘性土中的水力隆起”课题的博士学业。



**卡特琳·施密特 (Katrin Schmidt)** 毕业于北豪森应用技术大学 (HSN) 环境与回收技术专业，主攻工艺工程。她曾担任项目经理，负责原材料的机械粉碎与分级，积累了专业经验。自 2011 年起，她在北豪森应用技术大学担任研究助理，并于 2019 年图林根二次原材料创新中心 (ThiWert) 成立后，将研究重点转向可持续建筑。



**丹尼尔·乌弗曼·瓦尔迈尔 (Daniel Ufermann-Wallmeier)** 在明斯特应用技术大学学习土木工程，并在魏玛包豪斯大学获得博士学位，其学位论文涉及碱激发粘结剂。他曾任不来梅应用技术大学建筑材料技术教授，并从 2019 年 7 月至 2025 年 8 月期间，兼任不来梅材料检测研究所 (不来梅莱布尼茨材料工程研究所 IWT 的一个部门) 的联合主席。目前，他是多特蒙德应用技术大学建筑学系的建筑材料技术教授。

(30-50 毫米) 上测定。微晶基体的堆积密度通过结合微米级计算机断层扫描 (micro-CT) 定量的空气孔隙率和氦气比重法测得的骨架密度来确定。此外，还通过加气混凝土粉末在饱和吸水至少 24 小时、并在 < 0.1 bar 真空下过滤 30 分钟后的吸水量来测定该密度 [9]。松散粉末或颗粒的堆积密度则采用铲取法 (不压实) 测定 [8]。

研究了几种破碎方法。每种方法的适用性取决于所需的粒径分布。通过颚式破碎机或单轴粉碎机可获得粗颗粒。通过筛分球磨机、盘式磨机或“ecopulser” (一种基于冲击波的新型破碎技术) 可获得细粉。当破碎至小于 1 毫米 (例如用于轻质石膏基建筑抹灰) 时，大部

分空气孔隙会消失。便于收集用于质量控制的最简单参数是粉末堆积密度，它与加气混凝土微晶基体的密度相关。最低密度等级的加气混凝土具有最多孔的微晶基体，可产生堆积密度低于 500 kg/m<sup>3</sup> 的轻质粉末 (表 1)。即使是密度等级较高的旧加气混凝土，由于其微晶基体密度仅略高，因此仍能产生足够轻质的粉末。同样的情况也适用于用于石膏基自流平砂浆的、粒径小于 4 毫米的粗碎加气混凝土颗粒 (表 2)，不同之处在于其保留了更多的空气孔隙。然而，如果加气混凝土废料被混凝土或砖块等高密度骨料污染，粉末堆积密度可能会增加过多。

除了加气混凝土中常见的少量二水硫酸钙外，其还



图 1: 密度等级为 340–570 kg/m<sup>3</sup> 的混合加气混凝土建筑与拆除废料

可能受到石膏灰泥的污染。在石膏基建筑材料中利用加气混凝土的关键在于需在大约 120 至 140°C 的温度下进行干燥。二水硫酸钙即使少量存在，也能作为结晶晶种，显著加速凝结过程。如果所有的二水硫酸钙都转化为半水合物，则凝结过程不再受来自加气混凝土的二水合物晶体影响，从而可以获得均质的产品质量。因此，为了使此过程经济可行，加气混凝土应当是干燥的，这对于避免接触水分的拆除废料而言是成立的。否则，可能需要事先将废料存放在干燥通风的条件下。

### 石膏基建筑材料

轻质石膏基建筑抹灰是一种常见的建筑材料，迄今使用珍珠岩作为轻质骨料。与珍珠岩相比，加气混凝土

具有高得多的堆积密度和机械强度。任何较大的加气混凝土颗粒 (> 1 mm) 都会妨碍抹灰工程的饰面处理；因此，此应用需要细粉。抹灰混合料可根据标准 [10]，由 55-70% (质量分数) 的加气混凝土粉末、30-45% (质量分数) 的硫酸钙粘结剂以及添加剂配制而成。对密度的影响由加气混凝土粉末的体积和引气剂决定。加气混凝土粉末吸收水分，并从多孔的微晶基体中释放空气。因此，标准稠度 [10] 的需水量取决于体积——由加气混凝土粉末的堆积密度控制。当堆积密度低于 600 kg/m<sup>3</sup> 时，可观察到良好的轻化效果，这使得抹灰性能可以在一定范围内进行调整。

粗颗粒加气混凝土 (> 1 毫米) 可用于石膏基自流平砂浆，以生产例如石膏板或钢框架墙体构件。这类砂浆由 40-70% (质量分数) 的加气混凝土颗粒、30-60% (质量分数) 的硫酸钙粘结剂以及添加剂配制而成。这些产品的表面由模具决定，因此对加气混凝土颗粒的最大粒径限制较少。然而，随着颗粒尺寸增大，砂浆填充边角的能力会下降，且颗粒容易上浮。对产品密度的影响由加气混凝土颗粒的堆积密度所控制的体积决定。当使用 60% (质量分数) 堆积密度约为 500 kg/m<sup>3</sup> 的加气混凝土颗粒时，产品的干密度可降至 700 kg/m<sup>3</sup>，同时根据 EN 13279-2:2014 [10] 标准测试，其抗压强度约为 3 N/mm<sup>2</sup>，抗折强度为 1 N/mm<sup>2</sup>。



图 2: 加气混凝土颗粒 (< 4 毫米)

表 1：用于轻质石膏基建筑抹灰的、通过筛分球磨机获得的 < 1 毫米加气混凝土粉末

加气混凝土制品				微晶基体		<1毫米加气混凝土粉末			
堆积密度 (松散)	年份	抗压强度	空气孔隙率	堆积密度 (松散)	骨架密度	堆积密度 (松散)	堆积密度 (颗粒)	堆积效率	中位粒径 d50
kg/m <sup>3</sup>	a	N/mm <sup>2</sup>	Vol.-%	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	%	mm
390	25-35	~4.9	61	1000	2290	570	980	57	0.174
590	25-35	~4.2	43	1030	2450	560	960	58	0.134
300	1-3	~2.2	65	850	2270	490	830	59	0.269
670	35-55	~2.9	42	1150	2430	630	1070	60	0.147
450-580	-	-	-	-	-	670	1090	61	0.156
340-570	-	-	-	-	-	710	1130	63	0.162

表 2：用于自流平混合料的加气混凝土颗粒；< 4 毫米（颚式破碎机获得）或 < 20 毫米（单轴粉碎机获得）

堆积密度 (松散)	堆积密度 (颗粒)	堆积效率	最大粒径	中位粒径 d50
kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	%	mm	mm
480	-	-	20	2.2
500	910	55	4	0.5
660	1190	55	4	0.7

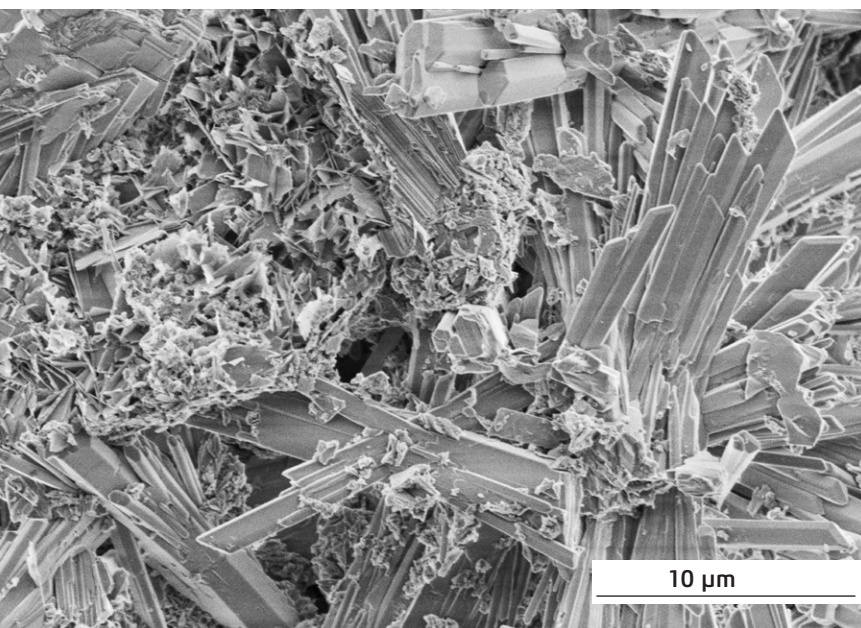


图 3：石膏微晶（约 10 微米，右侧）与加气混凝土颗粒及托贝莫来石微晶（约 1 微米，左上角）的扫描电子显微镜图像

## 结论与总结

最大粒径 < 1 毫米的加气混凝土粉末适用于轻质石膏基建筑抹灰，而最大粒径 > 1 毫米的加气混凝土颗粒可用于石膏基自流平砂浆。控制性能的重要参数包括加气混凝土骨料的堆积密度、平均粒径和含水率。由于大多数石膏基应用需要对加气混凝土在大约 120-140°C 下进行干燥，因此其含水率应尽可能低。这就要求生产废料需在干燥条件下储存。对于建筑和拆除废料，加气混凝土应具有高纯度。塑料和有机污染物在任何情况下都是问题。高密度骨料，例如混凝土或砖块，会劣化轻质性能。仅受石膏制品（例如旧抹灰）污染的影响较小，因为该材料无论如何都会被煅烧。对于放大试验，需要能够获得更大数量且质量均一的加气混凝土粉末或颗粒。



图 4: 掺入 55% (质量分数) 加气混凝土粉末的轻质石膏基建筑抹灰的试验性施工

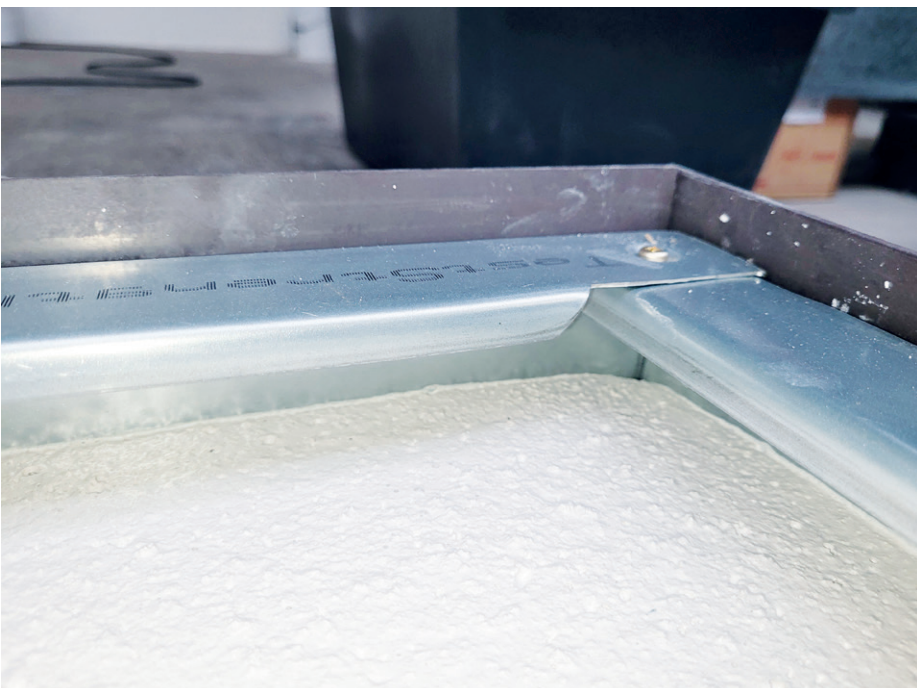


图 5: 填充了含 60% (质量分数) < 4 毫米加气混凝土颗粒砂浆的钢框架



图 6: 采用石膏基自流平砂浆的钢框架墙体构件 (60x80 厘米)

## 资助

研究项目“利用精细再生加气混凝土破碎砂的石膏建筑板材”由德国联邦住房、城市发展和空间规划研究院 (10.08.18.7-21.18) 资助。研究项目“加气混凝土破碎砂在石膏建筑产品中的应用研究——用于钢轻质框架填充和石膏抹灰”由德国联邦研究、技术与航天部 (03WIR0317B) 资助。扫描电子显微镜 (SEM) 和微米级计算机断层扫描 (micro-CT) 研究由多学科结构分析核心设施 (DFG: 514140860) 提供支持。

## 参考文献

- [1] Steins, J., Volk, R. & Schultmann, F. (2021). Modelling and predicting the generation of post-demolition autoclaved aerated concrete (AAC) volumes in Germany until 2050. *Resources, Conservation and Recycling*. 171. 105504.
- [2] Kreft, O. (2016). Closed-loop recycling of autoclaved aerated concrete / Geschlossener Recyclingkreislauf für Porenbeton: Closed-loop recycling of autoclaved aerated concrete / Geschlossener Recyclingkreislauf für Porenbeton. *Mauerwerk*. 20. 183-190.
- [3] Lam, N. (2021). Recycling of AAC waste in the manufacture of autoclaved aerated concrete in Vietnam. *International Journal of GEOMATE*. 20.
- [4] Volk, R., Steins, J., Kreft, O. & Schultmann, F. (2023). Life cycle assessment of post-demolition autoclaved aerated concrete (AAC) recycling options. *Resources Conservation and Recycling*. 188. 106716.
- [5] Iucolano, F.; Campanile, A.; Caputo, D.; Liguori, B. Sustainable Management of Autoclaved Aerated Concrete Wastes in Gypsum Composites. *Sustainability* 2021, 13, 3961.
- [6] Hlawatsch, F., Peters, M., Ufermann-Wallmeier, D. (2023). Lightweight Blocks Made Of Coarse AAC-Granules - Recycled Again!, 7th International Conference on AAC, Sep 6-8, 2023, Prague
- [7] EN 13279-1:2008. Gypsum binders and gypsum plasters Part 1: Definitions and requirements
- [8] EN 1097-3:1998. Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 3: Determination of loose bulk density and voids
- [9] EN 1097-6:2022. Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 6: Determination of particle density and water absorption German Version EN 1097-6:2022
- [10] EN 13279-2:2014. Gypsum binders and gypsum plasters Part 2: Test methods

# SAVE THE DATE

December 02 - 03, 2026

LinkedIn



# ICC X EURASIA 2026

INTERNATIONAL CONCRETE CONFERENCE & EXHIBITION

Almaty, Kazakhstan

The ICCX - International Concrete Conference & Exhibition - will take place once again in December 2026 in Almaty, Kazakhstan.

Ideally located in the heart of Central Asia, Almaty offers excellent accessibility for participants from the region as well as for international exhibitors from around the world.

Since its launch, ICCX Eurasia has shown continuous growth in both visitor and exhibitor numbers. In 2026, the event will once again feature an inspiring conference program, renowned international exhibitors, and valuable opportunities for professional networking.

ICCX events are explicitly and exclusively targeted at representatives of the concrete and precast concrete industry. With a highly focused technical conference and a dedicated exhibition, this concept has proven its effectiveness internationally for many years across the globe.

Join industry experts to discuss the latest developments, technologies, and trends, and be part of the continued success story of ICCX Eurasia in December 2026 in Almaty.

Organization



Partner



Supporters



www.iccx.org

## 用于加气混凝土制造的闭模涂油机

Aircrete Europe 开发的闭模涂油机是一种自动化的闭环系统，专为在加气混凝土制造中实现精确且受控的涂油应用而设计。该机器设计用于平切蛋糕和斜切蛋糕两种生产线，集成了一个 L 形涂油臂，配有五个位置经过战略布局的喷嘴、分区涂油控制以及油压喷涂，以确保对模具进行均匀的 360° 覆盖。一个带加热和循环功能的缓冲罐可维持最佳的油粘度，而封闭式过滤和回收系统则最大限度地减少了油损失和环境影响。该机器的循环时间低于三分钟，具有实时油耗监测功能，并能无缝集成到现有的工厂自动化系统中，为现代化加气混凝土工厂提供了一种技术稳健的解决方案，可增强工艺稳定性、产品质量和运营效率。



图 1：在安装到加气混凝土生产线之前，在 Aircrete Europe 车间组装的闭模涂油机

Aircrete Europe 开发的闭模涂油机是一种自动化系统，专门设计用于加气混凝土模具准备中精确且可重复的涂油应用。该机器设计用于在平切蛋糕和斜切蛋糕两种生产环境中运行，支持一致的脱模性能和稳定的产品质量。

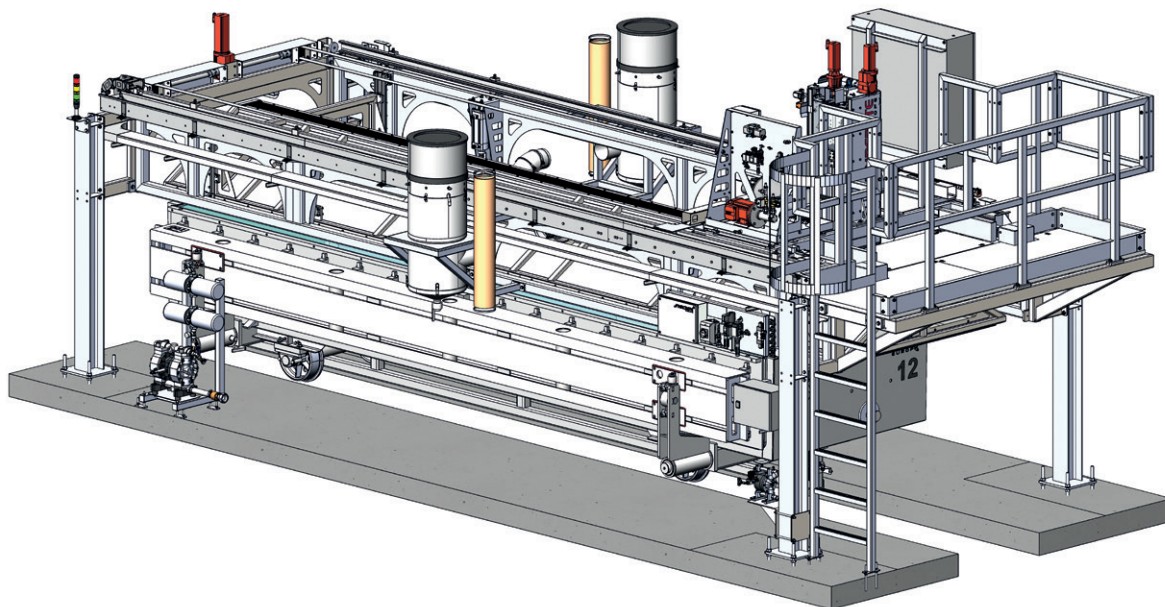


图 2：闭模涂油机的 3D 工程概览图，包括模具

该机器围绕一个刚性机械框架和一个全封闭的涂油室构建，形成了一个封闭的工艺过程，将涂油操作与周围生产区域隔离开来。这种设计最大限度地减少了污染，提高了操作员安全性，并允许在喷涂过程中对油颗粒进行受控回收。

该系统的核心是一个 L 形涂油臂，可对模具内部提供全面的 360° 覆盖。该臂配有五个油喷嘴，布局为两个向下喷嘴、两个侧喷嘴和一个角落喷嘴。这种配置确保了油在所有模具表面（包括边缘和角落）的均匀分布。

模具表面被划分为八个可独立编程的涂油区域。每

个区域都可以通过操作面板单独配置，从而允许根据特定的模具几何形状、产品类型或生产要求调整油量。这种分区方法可在不同的加气混凝土规格下实现高精度和可重复性。

涂油采用油压喷涂方式，而非压缩空气。这种方法能将油准确地沉积在模具表面，同时避免产生过多的油雾。其结果是一个更清洁的涂油过程，对油膜厚度具有更好的控制，并减少了油损失。

供油系统包括一个集成的 24 升缓冲罐，带有受控加热和持续循环功能。这确保了油保持在稳定的工作温度，

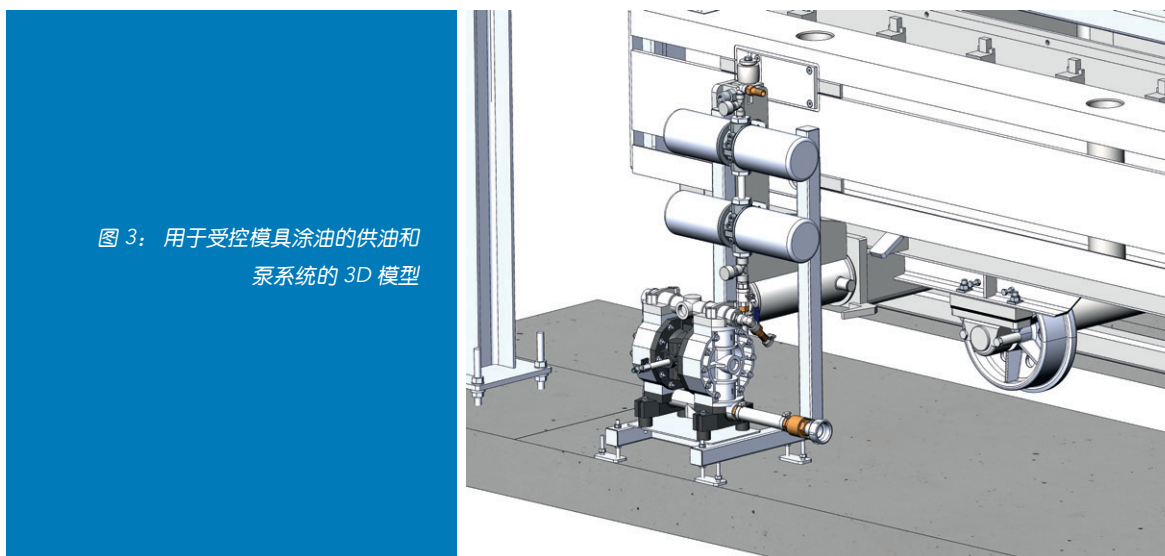


图 3：用于受控模具涂油的供油和泵系统的 3D 模型

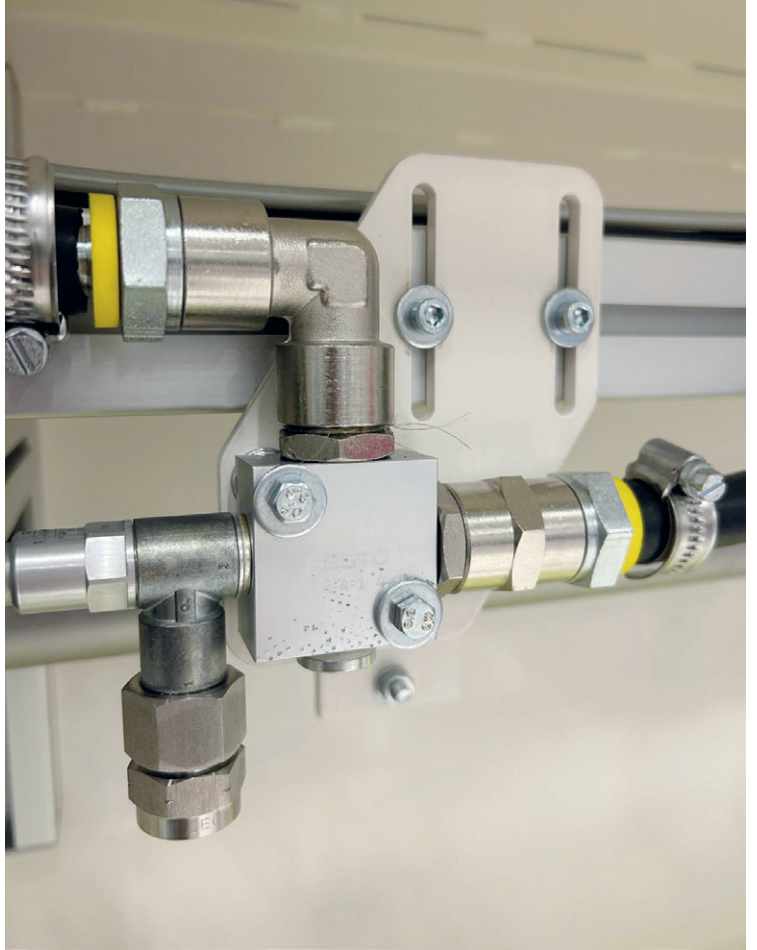


图 4：用于模具内部精确油压喷涂的油分配歧管细节图

维持 135–150 cSt (mm<sup>2</sup>/s) 的运动粘度（通常在 40°C 下测量）。一致的粘度对于可靠的喷涂特性和均匀的表面覆盖至关重要。

在运行过程中，涂油区域由一个带有空气循环和过滤系统的钢制防护罩封闭。喷涂过程中产生的油颗粒被捕获、过滤并返回到系统中。这种闭环概念显著减少了环境影响，并保持周围生产区域的清洁。

多余的油通过集成的滴油收集系统收集，允许残余油被回收和再利用。与过滤装置相结合，这种设计有助于降低运营成本并提高模具准备过程的可持续性。

油耗通过集成的流量计持续监测，为生产控制提供准确的测量和透明度。按照每个模具典型油耗 0.7–0.9 升、模具容积 5.4 立方米计算，所得油耗约为每立方米加气混凝土 0.13–0.17 升，支持高效且可预测的运行。

闭模涂油机采用基于专用西门子 PLC 和触摸屏操作面板的独立控制系统运行。该界面允许操作员清晰、精确地管理涂油参数、监控系统状态以及调整区域设置。

信号交换已准备好集成到客户现有的工厂自动化系统中。

机械特性包括一个用于确保模具精确定位的对中装置，以及一个带楼梯的专用维护平台，为检查和维修提供安全便捷的通道。这些元素支持可靠的长期运行和简化的维护程序。

整个涂油循环在三分钟内完成，使机器能够在大产能的加气混凝土生产线中高效运行。该系统适用于开模和闭模两种配置，并且在采用闭模的斜切蛋糕工厂中，如果需要，切割台可以单独涂油。

该机器已准备好连接外部储油装置，例如标准的 1000 升 IBC 储罐或更大的散装油罐。安装和调试通常在 4-5 天内完成，可快速集成到现有工厂中。闭模涂油机为现代化加气混凝土制造提供了一种稳健、精确且可扩展的解决方案。

## 开模涂油解决方案

除了闭模涂油技术，Aircrete Europe 还为采用开模



图 5: 调试期间对电气和气动控制系统的检查

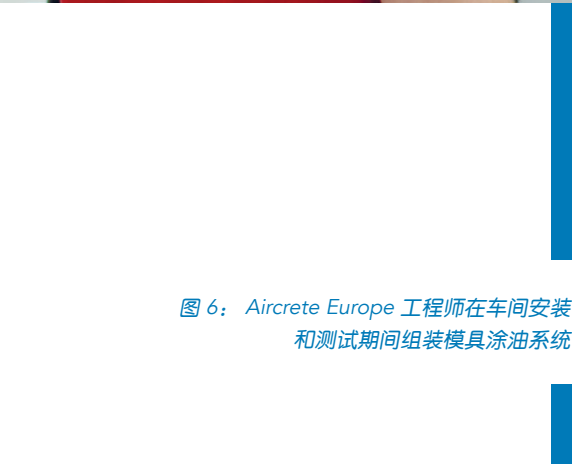


图 6: Aircrete Europe 工程师在车间安装和测试期间组装模具涂油系统



配置运行的加气混凝土工厂提供解决方案。该公司的开模涂油系统旨在确保可靠且均匀的涂油应用，同时保持简单的操作和简便的维护。根据工厂布局和生产要求，Aircrete Europe 可以提供定制的模具涂油方案，以支持高效的模具准备和稳定的生产性能。

## 结论

有效的模具准备是维持稳定高效加气混凝土生产的关键因素。所开发的闭模涂油机为平切蛋糕和斜切蛋糕生产线中的受控涂油应用提供了一种精确且自动化的解决方案。

通过结合精确的油剂量、闭环过滤和受控的油粘度，该系统确保了均匀的模具覆盖，同时减少了油耗并提高了生产清洁度。其快速的循环时间、可靠的操作和直接的集成支持一致的脱模和高产能的工厂绩效。

除了这项技术，Aircrete Europe 还提供针对不同工厂配置量身定制的开模涂油解决方案，使加气混凝土生产商无论其生产设置如何，都能实现高效的模具准备。

总之，这些解决方案展示了 Aircrete Europe 致力于提供实用、技术稳健的创新，以增强现代化加气混凝土制造中的工艺可靠性、产品质量和运营效率。



Aircrete 赞助了本文PDF文件的免费下载，供所有AAC Worldwide的读者使用。只需用手机扫描二维码，即可直接访问 Aircrete 公司频道。



Aircrete Europe  
Zutphenstraat 6  
7575 EJ Oldenzaal, Netherlands  
T +31 541 571020  
[www.aircrete.com](http://www.aircrete.com)

## 全球首创！全新双边湿分掰AAC 生产线在泰国重磅上线

随着东南亚市场对高质量、可持续建筑材料的需求持续激增，科达（Keda Suremaker）成功助力泰国一家高度自动化的加气混凝土（AAC）工厂实现了稳定且高产的运营。通过与当地知名建材制造商的强强联合，该项目标志着由科达自主研发的智能全新双边湿分掰 AAC 生产线成功落地。



为满足当地市场的高标准要求，该泰国AAC生产商引进了科达制造的综合  
性AAC工厂解决方案，该方案搭载了核心的全新双边湿分掰技术

### 顺应市场变革，筑牢稳健生产

当前，泰国建筑行业正经历向绿色环保实践与更高建筑标准迈进的结构性转型。要生产先进的 AAC 产品，必须具备绝对的精度，以防止机械损伤并确保产品表面无瑕疵。为了迎合这些严苛的市场期望，这家泰国 AAC 生产商全面引进了科达制造的综合加气混凝土工厂解决方案。如今，该工厂已顺利度过调试期，正处于极其稳定的运行状态，持续高效地向市场交付优质的高精度 AAC 砌块。



### 突破技术壁垒，推动分离工艺革新

该工厂能够稳定产出高端产品的关键，在于彻底解决了长期困扰行业的痛点：蒸压过程中的坯体粘连问题。传统的蒸压后成品分离（即“白坯分离”）往往容易造成产品破损。为此，科达不断精进“湿分掰”解决方案——在水化反应发生前对半成品进行分离，这成为了确保 AAC 产品实现极高尺寸精度的理想之选。这座新工厂完美融合了科达自主研发的新一代湿坯体分掰机，向全球市场展示了关键性的工程技术升级。

### 全球首发：智能双边湿分掰技术

作为全球首条应用此项技术的生产线，全新升级的湿掰设备采用伺服电机驱动，确保了操作的高精度与高平稳性。机器的夹头能够根据预设的切割厚度进行自动调节，双侧夹具同步运行，一次性完成整个坯体的分离，从而大幅提升了生产效率。

通过执行“立式切割—湿坯体分离—卧室蒸养”的创新工艺流程，工厂大大加少了了蒸压后产品粘连的风险。

科达交付的现代化  
AAC生产车间



智能双边湿分掰技术——双侧夹具同步动作，一次性完成整体分离



卧式蒸养是这家泰国新工厂生产AAC制品的核心工艺之一

## 灵活适配，无缝集成

这台湿坯体分掰机配备了快换夹具，能够轻松适应不同尺寸的 AAC 产品，最大化地展现了生产的灵活性。同时，智能控制系统确保了分掰节奏与整条高度自动化生产线的完美同步。

## 四步走战略，保驾护航

这项前沿技术的成功落地与工厂当前的稳定运行绝非偶然。科达的项目执行始终以全面的“四阶段服务路线图”为指引。这家泰国工厂正是这一全生命周期服务理念的最佳实践：

**第一阶段（规划与设计）：**科达制造与客户紧密合作，深入分析当地原材料，量身定制工厂布局，并进行了严谨的可行性研究。

**第二阶段（生产与物流）：**所有核心设备在出厂前均经过了严格的调试。

**第三阶段（现场安装与调试）：**科达专家团队与当地施工人员无缝对接，确保了精准的安装与工艺优化。

**第四阶段（售后服务）：**目前该项目已稳步迈入第四阶段。在全面的操作员培训与持续的生命周期服务支持下，工厂正保持着稳定、连续的高效产出。

## 以可持续性实现投资回报最大化

通过从根本上消除因粘连或边缘破损导致的废品率，这家泰国工厂将原材料利用率发挥到了极致，从而实现了更强劲的投资回报率（ROI）。

正如科达制造销售总监 James Lee 先生所言：“看到这家泰国工厂在所有班次中都能保持如此稳定的运行，这无疑是对我们持续的研发投入和严谨项目执行力的最好印证。我们提供的不仅仅是机械设备；我们在每一步都为合作伙伴提供悉心指导——从第一阶段的规划到第四阶段的生命周期服务——以坚实的技术保障，助力他们凭借全球最先进的 AAC 生产技术，充满自信地拓展高端 AAC 产品市场份额。”



全新的AAC生产线专为最高灵活性与高质量产出而设计



该泰国建材制造商的主要目标是进一步扩大其在高端AAC产品领域的市场份额



Keda Suremaker 赞助了本文PDF文件的免费下载，供所有AAC Worldwide的读者使用。只需用您的智能手机扫描二维码，即可直接访问 Keda Suremaker 公司频道。

**KEDA**  
**SureMaker**

Keda Suremaker  
2887, Tianmen Rd  
Economic and Technological Development Zone  
Maanshan City, Anhui Province, China  
T +86 0555 2113600  
[www.keda-suremaker.com.cn](http://www.keda-suremaker.com.cn)

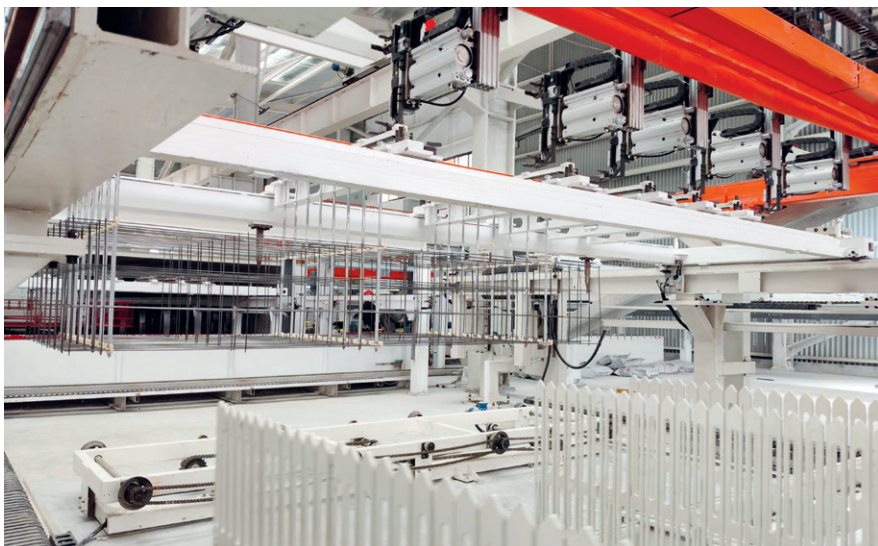
## 天元智能陕西凝远项目：全新技术集成 实现高质量自动化生产

—陕西凝远项目是天元智能与中国凝远新材合作的一条高端生产线。该项目集成天元智能最新的研发技术，包括：自动组网工作站、平蒸湿掰分工艺等。现已成为全国高端加气混凝土板材高效绿色生产的标杆典范。



陕西凝远新材料科技股份有限公司

陕西凝远新材料科技股份有限公司，总部坐落于陕西省西咸新区秦汉新城周陵新兴产业园区天工路，注册资本达 2.23286 亿元，总资产规模超 25 亿元，是西北区域新材料领域的实力标杆。



自动组网工作站workstation

依托强劲的产业布局与产能实力，凝远新材可实现年产预制混凝土衬砌管片 4 万环、蒸压砂加气混凝土砌块及板材 60 万 m<sup>3</sup>、预应力混凝土轨枕 120 万根、装配式预制混凝土 PC 构件 5 万 m<sup>3</sup>、AAC 专用干粉砂浆 10 万吨，业务辐射整个中国西北地区，行业影响力斐然。

此次天元智能携手凝远新材，承建其第 10 条生产线项目，该项目已于 2025 年 10 月顺利投产。从项目启动到落地达产，天元智能始终服务在一线，与凝远团队深度协同、紧密配合，反复打磨优化工艺流程，全周期跟

进安装调试全环节，以专业的技术服务和高效的执行能力，全程保障项目稳步推进、顺利落地！

#### 全新技术集成 实现自动化高质量生产

该项目总投资 1.2 亿元，全线搭载天元智能行业领先的自动化控制系统和节能环保工艺：集成了自动组网技术、湿掰分工艺、平蒸工艺、伺服水平切割工艺等核心技术，实打实地实现高效生产！



伺服水平切割机

## 1 聚通领先自动组网工作站

在陕西凝远项目实际应用中，自动组网工作站充分发挥技术优势，极大地提高了生产效率，保证了生产的稳定性，降低了生产成本、同时提高了安全性，为企业带来了实际的效益。

作为加气混凝土生产领域的高效解决方案，聚通领先自动组网工作站解决了传统人工组网模式存在作业效率低、人工耗时久、综合运维成本高的行业痛点，通过技术升级与工艺优化，大幅提升作业效率的同时，显著降低项目用工成本与人力管理成本。经过持续的工艺迭代、设备与控制的优化，挂网作业效率又有进一步跃升，有效提升产线整体运营效能。

## 2 伺服水平切割机

天元智能全新研发的伺服水平切割机在陕西凝远项目中实现了应用。它能够自动识别切割参数，自动确定制品规格并据此匹配与精确调整每道钢丝的切割位置，同时可设置钢丝切割过程中的尺寸损耗补偿，显著提升产品尺寸精度；让陕西凝远板材制品的质量得到切实保障。

天元智能伺服水平切割机还能基于生产信息自动切换切割钢丝位置，实现不同规格砌块、板材的柔性化生产，有效提升作业效率，大幅减少人工挂钢丝带来的尺寸偏差。设备运行期间，钢丝可完成自动清理，若发生断丝将即时触发报警，既能降低不必要的物料损耗，又能持续保障制品生产质量。

### 3 平蒸湿掰分系统

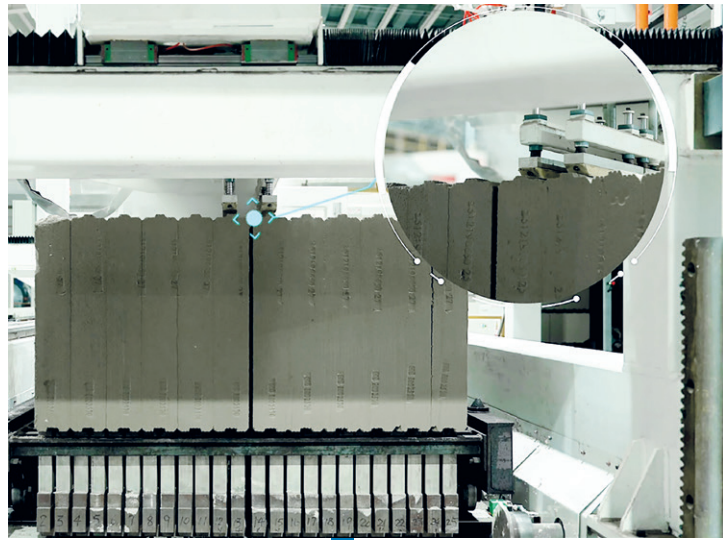
陕西凝远项目搭载了天元智能研发的平蒸湿掰分系统，该系统将湿掰分技术与平蒸工艺高效融合，相较传统立蒸模式，从根源上大幅缓解坯体掰分粘连问题，显著降低蒸养环节的产品损耗，实现产能与成品率的双重提升。

天元智能自主研发的湿掰分技术，历经迭代升级到如今的双向湿掰分设备，每一次突破都凝聚着研发团队的深耕与探索。

第一代湿掰分技术，实现高精度智能掰分：通过智能化调节掰分支撑位，达成生坯高精度分掰，搭配实时质量检测系统，彻底攻克传统工艺中坯体粘连、成品破

损的行业难题；同步优化立切卧蒸工艺，大幅提升产品合格率，为客户打造更高效、稳定的生产解决方案。这一技术已成功落地浙江荣圣项目——这也是天元智能打造的首条平蒸湿掰分生产线；而泰国钻石项目，更是让湿掰分技术首次走出国门、落地海外市场。

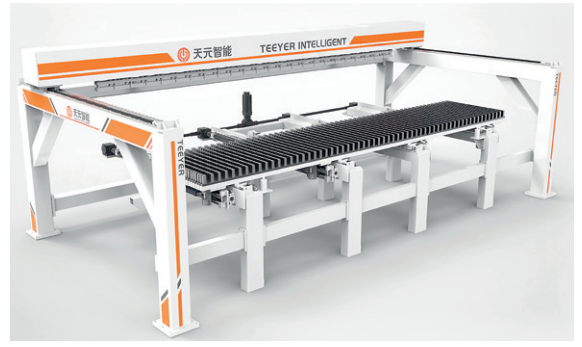
作为最新研发成果，第二代双向湿掰分设备在上二代技术积淀上实现跨越式升级：对比单向湿掰模式，设备运行速度提升 60%；上下分掰装置均采用伺服控制，响应更迅速、定位精度更优；掰分块支持智能选择与组合，可适配最小 40mm 规格的砌块及板材掰分，适配性大幅



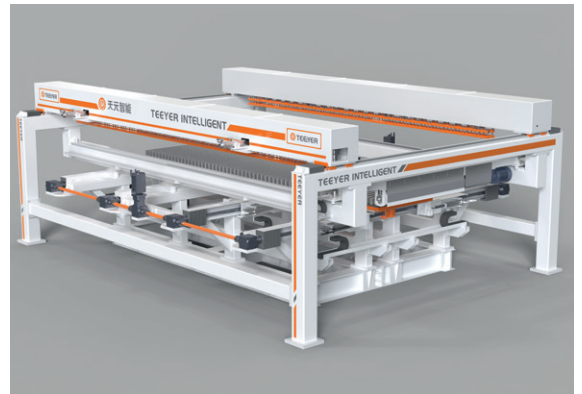
平蒸湿掰分系统

增强；同时配备全新设计的清洁装置，能实时保持支撑面洁净，进一步筑牢生产稳定性与产品质量防线。该设备即将首次亮相于马来西亚 Starken 项目。

天元智能提供涵盖市场调研、原材料检测、定制化工艺设计、安装调试及后期维保的加气混凝土生产线全生命周期解决方案。目前，旗下智能下线装车系统、智能切割系统、自动隔板系统及 MES 系统等核心产品已完成全维度升级。我们凭借深厚的技术积淀，致力于为客户打造绿色、智能、高效的生产体系，持续引领加气混凝土装备行业的智造转型。



第一代湿掰分



第二代湿掰分



陕西凝远项目成品堆场



TEEYER 赞助了本文PDF文件的免费下载，供所有AAC Worldwide的读者使用。只需用您的智能手机扫描二维码，即可直接访问 TEEYER 公司频道。



Jiangsu Teeyer Intelligent Equipment Co. Ltd-  
No.312 Hehai West Road  
High Technology Development Zone  
213125 Changzhou City Jiangsu China  
[www.teeyer-global.com](http://www.teeyer-global.com)  
[www.teeyer.com](http://www.teeyer.com)

# 评估-控制-优化： 透明工厂的实时过程图像

| M.Sc. Konstantin Dietz, Wehrhahn GmbH, Deutschland |

一旦生产工厂成功调试，真正的运营挑战就开始了。必须不断优化工艺和配方，开发新产品，并持续监控产品质量。同时，工厂操作员必须确保稳定运行，并协调生产计划、人员配备、停机时间表和维护活动。

为了支持客户完成这些复杂的任务，威翰公司多年来开发了先进的数字工具。目标一直很明确：提供实用的技术解决方案，简化工厂管理，同时提高效率、透明度和过程稳定性。

传统上，工厂数据采集系统遵循类似的结构。选定的数据点通过专用的“数据采集 PLC”和数据记录器的接口传输，数据记录器将信息存储在数据库中。虽然这种方法是可行的，但它需要对 PLC 程序有广泛的了解，而且往往难以调整或扩展。任何修改都需要更改界面结构，导致灵活性有限。此外，不断增长的数据流量往往会将网络基础设施推向极限。

其他市场解决方案试图通过附加模块改造类似的功能。然而，这些方法经常需要额外的传感器技术，大大增加了成本和系统复杂性。

然而，这种情况目前已经发生了根本性的变化。现代网络架构、光纤通信和明显更快速的控制系统允许实时捕获和处理大量数据。现在可以连续收集并有效地将所有机器和工艺数据存储到中央数据库中，而不是选择单个数据点。

这一技术转变构成了威翰主控系统 (MCS) 的基础。

威翰主控系统结合了数十年的工艺专业知识和对工厂控制结构的详细了解。它将原始生产数据转化为可操作的见解，使操作员能够做出明智的决策。

通过现代网络界面提供对系统的访问，提供对相关信息快速直观访问。标准化仪表盘以清晰、结构化的方式显示关键工厂数据。得益于其模块化设计，这些仪表盘可以定制以满足个人用户的需求。

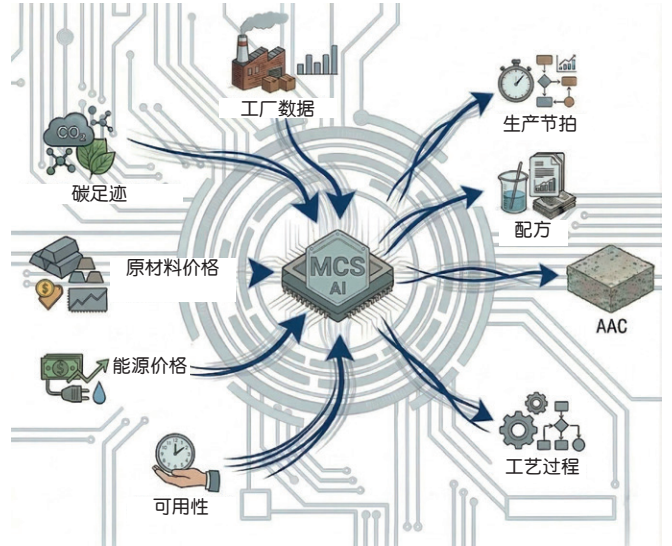
例如：

- **生产经理**接收实时生产数据、原材料状态信息和部门绩效数据。
- **工厂经理**可以访问关键绩效指标和整体设备效率 (OEE) 等战略指标。

除了仪表盘视图外，MCS 还提供对高度专业化的评估的直接访问，这些评估可以追溯到现场级别，包括单个传感器和机器参数。只需点击几下，用户就可以从完整的工厂概览转向对单个机器部件的详细分析。

由于 MCS 直接访问 PLC 数据，因此不需要复杂的接口或手动数据传输。所有相关数据都可以实时可视化，也可以在几分钟、几小时、几天或几周内进行历史分析。

威翰主控系统的一个关键优势在于它能够将过程数据直接链接到单个生产单元。根据威翰对生产过程的详细了解，所有相关的机器、原材料和工艺数据都可以分



配给特定的坯体 ID。

这使得从原材料制备到成品出厂的整个生产过程都可以追溯。

此外，实验室和质量数据被整合到系统中，并链接到相应的生产批次。这种精确的可追溯性使工厂操作员能够快速识别质量偏差的原因。所有测量的产品性能都可以直接与生产时的实际配方参数、原材料性能和机器条件进行比较。

因此，流程优化变得更快、更有效。

MCS 包括广泛的专业评估工具，涵盖机械、电气和工艺相关参数。由于该系统持续记录所有机器和系统参数，它还可以提供对单个机器健康状况的宝贵见解。

可以分析以下参数以检测偏差和潜在机器故障的早期指标，包括：



链接所有工艺数据至坯体ID

- 电机功耗
- 温度变化
- 振动行为
- 液压数据

这种深层次的机器透明度为预测性维护提供了一种新方法。维护活动可以根据机器的实际情况进行规划，而不是严格按照固定的时间表进行维护。这减少了不必要的服务干预，同时最大限度地降低了意外生产停机的风险。

传统上，分析大量过程数据需要丰富的经验和相当长的时间。通过整合先进的数据库技术和详细的过程知识，威翰主控系统现在可以使用人工智能进行自动数据评估。

人工智能支持的分析可以：

- 在几秒钟内确定停机的根本原因
- 优化生产节拍和工艺参数
- 减少能源消耗和原材料使用

这使操作员能够不断提高工厂性能，同时降低运营成本。

高效的资源管理现在是现代生产环境中的一个关键因素。威翰主控系统为分析能源和资源消耗提供了清晰直观的界面。

能源分析从工厂的总消耗量开始，可以逐步分解为

单个分区，甚至单个自动化设备。然而，该系统不仅可以可视化消费，还可以分析和处理数据以支持优化。

与新的威翰智能配料和搅拌系统结合使用时，这种能力会变得特别强大。通过分析工艺条件，该系统不断优化配方，以最大限度地减少每个浇注周期的能源和材料消耗。

优化过程考虑了几个影响因素，包括：

- 工厂利用率
- 原材料价格
- 能源成本
- 碳足迹目标

这种智能优化的一个例子是威翰生坯体检测机。如果检测机检测到坯体发气高度大于所需高度，系统会自动减少下一模的浇注量。这可以减少原材料使用量，降低CO<sub>2</sub>排放，同时保持产品质量。

威翰主控系统提供了一系列用于分析整体设备效能(OEE)的综合工具。操作员可以从概述整个工厂的OEE开始,该OEE是根据单个分区的OEE值自动计算的。如果出现偏差,用户可以快速确定责任部门并调查根本原因。

对于每个工厂分区,威翰专家都确定了影响工厂可用性、性能和产品质量的最主要因素。

这些指标也可以定制,以反映特定的工厂配置或操作要求。

除了工艺和设备分析外,MCS还配备了一个用于评估轮班绩效的专用工具。该系统允许工厂经理根据关键

绩效指标比较班次:

- 产量
- 停机事件
- 产品质量
- 运营绩效

这种透明度有助于识别改进潜力,并支持整个组织的持续绩效优化。

总之,威翰开发了MCS主控系统,一个生产工厂的综合数据采集解决方案。作为工厂的中央智能中心,MCS整合了所有工艺部分(如配料/混合、切割和蒸压)的数据,并为生产、能源管理、质量控制和预防性维护提供信息。MCS使用算法来评估实时数据并优化工厂和工艺参数。它还支持与ERP系统的连接,并支持威翰专家的远程协助。虽然MCS执行多种MES级功能,如实时监控、质量信息、数据仓库和性能分析,但它是一个专门为威翰工厂量身定制的专用、高度集成的系统,而不是通用的现成MES。



Wehrhahn 赞助了本文PDF文件的免费下载,供所有AAC Worldwide的读者使用。只需您的智能手机扫描二维码,即可直接访问 Wehrhahn 公司频道。



Wehrhahn GmbH  
Mühlenstr. 15  
27753 Delmenhorst  
Germany  
T +49 4221 1271 0  
[www.wehrhahn.de](http://www.wehrhahn.de)



## 加气混凝土生产中添加剂 配料系统的类型

加气混凝土添加剂是一种行之有效的方法，可在多个方面支持生产：降低成本、提高质量和增强工艺稳定性。高效添加剂通常以液体形式供应，要在日常生产中实施，需要可靠的配料系统，以确保可重复的进料量和整体易于维护。本文介绍了加气混凝土行业中最常用的配料系统类型。

加气混凝土工厂中常用的系统有几种类型，即基于时间的系统、基于流量的系统和基于重量的系统。它们在设置成本、配料精度和维护便利性方面各不相同。无论类型如何，其目标是共同的：

- 精确配料，精度达  $\pm 20$  克
- 易于维护
- 有效校准
- 与工厂控制系统集成

某些添加剂用于处理铝粉 / 膏，因此被计量加入到其配料单元中。其他添加剂则处理混合料，特别是那些增强化学反应并允许精确减少原材料的添加剂——这类添加剂被直接计量加入到搅拌机中。配料在加入干物料（石膏、石灰、水泥）之前，跟随液体输入（水、砂质浆料、

返回废料浆）进行。如果无法进入搅拌机，另一种解决方案是将添加剂加入到生产用称重浆料或水箱中。

### 一般说明

根据模具尺寸和最终产品的密度，添加量通常位于以下范围内：

- 处理铝粉 / 膏的化学品：50-250 克
- 稳定剂和皂剂：100-1000 克
- 用于生产优化的专用液体添加剂：600-1500 克

此类液体的密度通常在 1000-1300 克 / 立方分米范围内。

任何类型的配料系统都需要泵和软管系统。泵可以浸入添加剂罐中或在外部运行。建议在添加剂系统底部

图 1：带外置泵的中型散装容器 (IBC) (左)；带浸入式泵的中型散装容器 (IBC) (右)。来源：PMX Labs



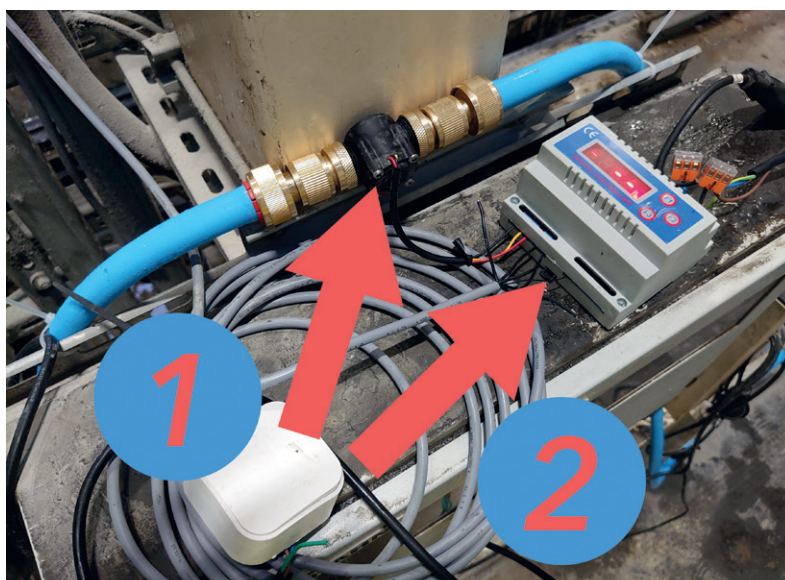


图 2：基于流量的系统（1：流量计，2：控制单元）。来源：PMX Labs

安装一个回流阀。这确保了在不进行配料时，软管中始终充满添加剂，防止液体流回罐中。

可以通过顶部锁扣或装有软管专用适配器的底部阀门从中型散装容器 (IBC) 中收集添加剂。

定期用水冲洗可确保平稳运行和易于维护。强烈建议在任何计划中的生产中断或周末停机之前考虑这一点。

### 基于时间的系统

这是最基本的配料系统，由一个在特定时长内激活的泵组成。在这段时间内泵送的添加剂量即为配料量。其剂量大小通过设定泵的运行时间来校准。更改剂量需要重新校准，因此优选固定剂量。

对于有多种配方且添加剂剂量不同的情况，这种配料系统有明显的缺点。

这些系统由工厂电工负责实施，因此维护简单——这是其最大的优点。

建议定期校准并检查实际配料量。

### 基于流量的系统

基于流量的系统是基于时间系统的演进版本。它引

入了一个控制单元，并通过连接的流量计，对流量计发出的脉冲进行计数，从而以更高的精度计量剂量。

控制单元操作泵，系统由搅拌楼控制系统发出的信号触发。编程的变量是来自流量计的脉冲数，从而可以对多个剂量进行编程。

由于系统中存在流量计——作为与化学品接触的附加设备——因此定期冲洗系统尤其有益。与其他系统一样，建议定期校准和检查。

### 基于重量的系统

这是最精确的配料系统。通过与搅拌楼控制系统正确集成，可以为每种混合配方单独调整剂量大小。然而，它需要的硬件最多。该系统的核心是一个用于制备添加剂的计量筒。

- 称重传感器测量重量变化，因此可以确定精确到克的剂量。
- 系统在接收到搅拌楼控制系统的第一个信号时开始运行。
- 泵由等待称重传感器输入信号的控制单元操作。
- 一旦计量筒中注入了设定量的添加剂 (由重量确定)，系统便等待搅拌楼控制系统的第二个信号以排出剂量。
- 液体排出后，水被注入计量筒以冲洗系统；水与添加剂一同被计量加入。



图 3：基于重量系统的配料柜。  
来源：PMX Labs

基于重量的系统起源于混凝土行业，该行业使用化学添加剂已有多十年。这是设置成本最高的系统，需要熟练的自动化或机械工程师。或者，可以从专业公司购买现成的解决方案。

PMX Labs 团队建议在当地混凝土搅拌站寻求联系人。尽管此类工厂可能使用更复杂的系统，一次使用多种添加剂或用量更大，但供应商能够为加气混凝土工厂找到合适的解决方案。对于此类供应商而言，一个每批次配料量低于 2000 克的单添加剂系统将是最简单的方案。

## 总结

配料系统是必要的设备，它能在生产过程中实现液体化学品的自动化和受控使用。由于添加剂能带来显著效益，因此拥有一个全面、易于维护且足够精确的系统至关重要。在当今建造的最现代化的加气混凝土工厂中，添加剂配料系统已成为标准配置的一部分。

对于一家工厂而言，安装新的配料系统最初可能显得任务艰巨；然而，添加剂是生产过程中最容易计量的成分之一。添加剂的用量通常小于每批次使用的铝粉 / 膏量，因此工厂团队通常有能力安装所选类型的额外配料系统。毕竟，加气混凝土工厂本质上就是一个大型配料站，在每个生产周期中都要计量和配料数吨的原材料。

PMX Labs 作为 Poromix 添加剂的生产商和经销商，可提供咨询服务，支持为配料系统选择合适的解决方案。



Pmx Labs sp. z o.o.  
Wyspiańskiego 14/37  
60-750 Poznan  
Poland  
T +48 603 270 905  
[www.poromix.eu](http://www.poromix.eu)

# 钢网砌体灰缝配筋

埃尔·拉吉迪普·乔杜里 (Er. Rajdeep Chowdhury), 业务主管 – VAP & TPO,  
Biltech Building Elements Ltd., 印度

与混凝土类似，砌体具有较高的抗压强度，但抗拉强度有限。当产生拉应力和 / 或剪应力时，这可能导致开裂。这种现象在加气混凝土砌块砌体中更为突出。通过配置钢筋来抵抗此类应力，开裂的可能性将大大降低。

砌体中出现裂缝的原因多种多样。加气混凝土砌块砌体施工操作规程 (BIS – 6041 – 1985) 指出了各种原因，包括：

- 干燥收缩以及外部影响引起的砌块位移。
- 温度波动引起的位移。
- 荷载引起的弯曲或拉伸应力。
- 洞口周围、紧邻梁下方的砌体层中的应力集中。
- 因支承结构挠曲引起的隔墙位移。
- 长期徐变效应。

Murfor Compact (MC) 是比利时贝卡尔特公司生产的钢网砌体配筋产品。自 2016 年起，MC 已在亚洲、欧洲多个国家使用，最近也进入印度市场。加气混凝土砌块砌体可以使用钢网配筋进行加固，其通用原理类似于钢筋混凝土。

MC SMMR 是一种方便、特制的砌体配筋材料，用于水平灰缝。它能限制开裂风险，提高砌体的抗拉和抗弯强度。此类配筋的独特结构和人性化尺寸优化了施工过程和材料使用。

MC 已通过 EOTA 等国际权威机构评估，可用作符合 IRC、IBC CBC 和 FBC 等多种国际建筑规范的砌体灰缝配筋产品。MC 还带有 CE 标志，并通过了 EPD 验证。

在印度，CSIR – CBRI 最近通过全面的测试和设计评估，完成了对 Murfor Compact 灰缝配筋的详细结构评

估。CBRI 已推荐将其用作传统钢筋混凝土体系的替代方案。

MC SMMR 用作加气混凝土砌块砌体的灰缝配筋。它由高抗拉强度钢丝制成，经过镀锌处理以防止腐蚀。建议在砌块表面保持至少 15 毫米的保护层厚度，以增强对钢材的保护。SMMR 已在亚洲和欧洲的许多项目中应用多年，并在各自的应用中表现出预期性能。

MC SMMR 通过提高砌体的抗拉能力来增强加气混凝土墙体的结构性能，从而显著提高砌体结构的面内和面外承载能力。

根据宽度不同，MC SMMR 由 7 到 14 根纵向钢丝组成，每根钢丝上纵向附着有聚丙烯纱线。纵向钢丝和纱线通过玻璃纤维横向纤维以预定间距固定在一起。

## 设计

MC SMMR 纵向钢丝被设计作为水平灰缝配筋，用于承受砌体墙中沿灰缝配筋方向的弯曲拉伸。

MC SMMR 的使用符合 BIS: 6041 – 1985 第 4.6.3.1(b) 条的指南，该条款指出：“采用钢筋，形式可以是名义上的钢筋混凝土系梁（见 4.6.4）或水平灰缝配筋（见 4.6.5）。水平灰缝配筋在裂缝控制方面与钢筋混凝土系梁的目的基本相同；它增加了抗裂的拉阻力。由于灰缝中通常采用更密的间距，灰缝钢筋在裂缝控制方



Murfor Compact 在加气混凝土砌块砌体中的一般应用

表 1: 尺寸

产品	网格	宽度 (mm)	厚度 (mm)	长度 (m)
Murfor Compact A-40	7 根钢索	40	1.75	30
Murfor Compact A-80	14 根钢索	80	1.75	30

表 2: 性能

产品性能	Murfor Compact A-40	Murfor Compact A-80
屈服强度 (MPa)	1770	1770
抗拉强度 (MPa)	2100	2100
弹性模量 (GPa)	180	180

面可能比系梁更有效”。

### 优势

**无水施工：**SMMR 在安装或养护过程中无需用水。不依赖水资源，减少了对水资源的压力，并最大限度地降低了对环境的影响。

**降低碳足迹：**通过消除对水泥和混凝土的需求，并限制钢材的使用，SMMR 显著降低了与传统钢筋混凝土

系梁施工相关的碳足迹。因此，SMMR 确保了绿色、环保的建筑过程。

**简化施工：**采用 SMMR，工程项目的整合无缝顺畅。将此配筋解决方案嵌入聚合物改性砌筑砂浆中，简化了施工过程，节省了时间、资源和能源。

**质量保证：**SMMR 的生产遵循欧洲准则的严格质量标准。MC 拥有用于结构用途的欧洲技术评估 (ETA) 认证，允许产品使用 CE 标志，并确认了与安全、健康和环境

(SHE) 保护相关的要求。

**最小化废物产生：**传统的钢筋混凝土带系统在使用过程中，可能在混合和养护阶段产生大量材料浪费。相比之下，Murfor Compact 提供了一种更高效的解决方案，产生的废物极少。其精确地集成到砌筑砂浆中，减少了材料过量使用的可能性，从而在整个施工过程中减少浪费并降低对环境的影响。

**精益建造实践：**SMMR 有助于通过减少浪费和成本来最大限度地减少施工对环境的影响。它能够改善项目管理，并优化资源利用。

### 设计考量

SMMR MC 用作结构灰缝配筋，以增强砌体墙的面外承载能力。它还可以替代现浇钢筋混凝土系梁，从而提高施工速度，同时降低总体人工成本和建造及养护钢筋混凝土系梁所需的时间。弯矩承载力是根据 BS EN 1996，使用砌体设计软件 MasterKey 计算得出的。MCA 层数根据 MasterKey 中推荐的布置细节确定。

### 实验室测试

对于 100 毫米厚的加气混凝土墙，未配筋的对照试件显示出基准极限承载力为 150.8 kN，位移为 11.4 毫米，耗能为 1,671.9 kNm，且峰后刚度退化迅速，表现为脆性不稳定行为。添加五层单层 40 毫米宽的 MC 灰缝配筋（无边缘锚固）后，承载力提高到 173.6 kN，位移（14.8 毫米）和耗能能力（1,856.1 kNm）得到适度改善。然而，刚度退化仍然相对陡峭，导致总体改善有限。当使用相同配筋并提供边缘锚固时，延性和耗能能力显著提

高（2,100.6 kNm），刚度退化得到更好控制，整体行为显著改善。在过梁和窗台板标高处设置两道钢筋混凝土系梁的配置实现了最高的位移（16.0 毫米）和非常高的耗能（2,787.9 kNm），且刚度退化平缓，使其成为 100 毫米薄壁最有效的解决方案。

对于 200 毫米厚的加气混凝土墙，未配筋的对照试件已表现出明显更高的基准性能，极限承载力为 361.0 kN，耗能为 3,445.1 kNm，展现出优于 100 毫米墙的稳定峰后行为和延性。提供五层 80 毫米宽的灰缝配筋（无边缘锚固）后，承载力提高到 388.3 kN，耗能提高

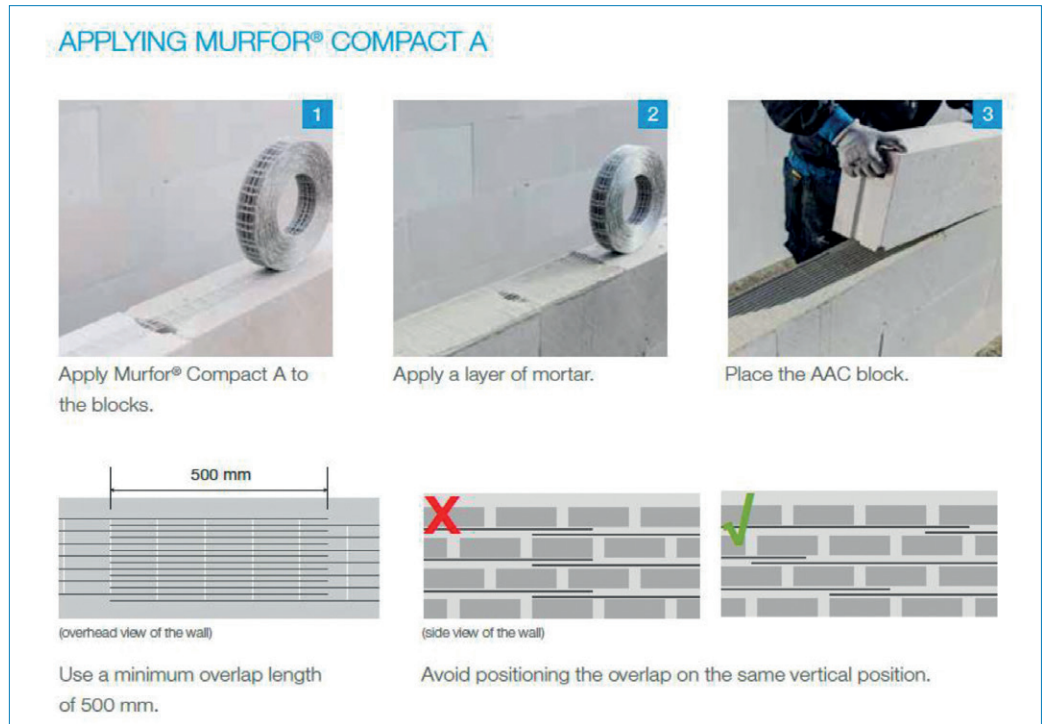
表3：实验室测试矩阵

S. No.	墙体尺寸 [高度 (h) × 宽度 (w) × 厚度 (t)] 毫米	试件详情
1	3000 × 3000 × 100	厚度为100毫米墙体的对照试件，无任何配筋
2	3000 × 3000 × 100	带有5层单层灰缝配筋A40，无边缘锚固
3	3000 × 3000 × 100	带有灰缝配筋A40，有边缘锚固
4	3000 × 3000 × 100	在过梁和窗台标高处设置两道RCC（钢筋混凝土）系梁
5	3000 × 3000 × 200	厚度为200毫米墙体的对照试件，无任何配筋
6	3000 × 3000 × 200	带有5层单层灰缝配筋A80，无边缘锚固
7	3000 × 3000 × 200	带有5层单层灰缝配筋A80，有边缘锚固
8	3000 × 3000 × 200	在过梁和窗台标高处设置两道RCC（钢筋混凝土）系梁



使用 Murfor Compact 灰缝配筋的实验室测试

## 应用过程示意图



到 5,430.4 kNm，尽管性能受到一定程度滑移的限制。采用边缘锚固后，响应更加均衡，实现了 392.1 kN 的承载力和 5,648.8 kNm 的耗能，以及受控的刚度退化。在所有 tested 试件中，在过梁和窗台板标高处设置两道钢筋混凝土系梁的配置表现出最佳的整体性能，提供了最高的承载力（411.7 kN）、非常高的稳定性和最大的耗能（6,772.5 kNm），使其成为最强、最稳定的配置。

## 规格与方法

SMMR 应嵌入厚度为 4-5 毫米的预拌加气混凝土砌块砌筑砂浆中。如果使用传统的水泥 / 砂浆，灰缝厚度可为 10-12 毫米。加气混凝土砌块的抗压强度最低应为 4 N/mm<sup>2</sup>。砌筑砂浆在 28 天时应具有至少 0.4 N/mm<sup>2</sup> 的拉伸粘接强度、0.4 N/mm<sup>2</sup> 的劈裂抗拉强度和 7 N/mm<sup>2</sup> 的抗压强度。

通常，对于长 4 米、高 3 米、厚度为 100/125 毫米的加气混凝土砌块墙（非承重），应在加气混凝土砌块上放置至少 6 层宽度为 40 毫米的 SMMR。对于厚度为 150 毫米的加气混凝土砌块，应放置至少 4 层宽度为 80 毫米的 SMMR；对于厚度为 200 毫米的加气混凝土砌块，应放置至少 5 层宽度为 80 毫米的 SMMR。然而，根据特定要求（如侧向荷载或风荷载、墙体尺寸等），SMMR 的层数会有所不同，需按照 BS EN 1996-1-1:2005+A1:2012 中规定的结构指南进行设计。

表4：实验室测试结果总结

标准/准则	备注
墙体厚度 100 毫米和 200 毫米	Murfor Compact 在按照与墙体厚度相关的最小配筋要求设计指南规定的数量放置时，在裂缝控制、能量耗散和延展性方面是有效的。
地震区（低至中度）	Murfor Compact 是 RCC（钢筋混凝土）系梁系统的一种替代方案。
地震区（高）	Murfor Compact 提高了延展性，但作为独立配筋并不足够。根据长细比、墙体位置等，可能需要额外的系梁系统。
承载力要求	根据砌体施工和荷载要求，Murfor Compact 的性能可能与 RCC 系梁系统相当（在 ±15% 至 ±20% 范围内）。
施工便捷性	Murfor Compact 易于安装在砂浆缝内，无需额外的模板或混凝土浇筑。
破坏模式控制	Murfor Compact 在边缘处锚固时，可防止突然开裂、延缓倒塌、提高位移能力。
最佳使用场景	需要提高延展性、分布式配筋、非地震区或中度地震区、较厚的加气混凝土（AAC）墙体。然而，墙体必须由结构顾问/专家根据制造商指南和规范要求，使用 Murfor Compact 进行设计。



SMMR 在印度加气  
混凝土砌块砌体中  
的应用



对于 40 毫米和 80 毫米的 SMMR，第一层应放置在加气混凝土砌块的第一皮上，第二层应放置在第三皮上，最后一层应放置在最后一皮加气混凝土砌块下方。其余层数应均匀分布在加气混凝土砌块工程的各皮中。在边缘处，需要使用最小尺寸为 50 毫米 x 50 毫米 x 3 毫米的钢制角码将 SMMR 正确锚固，并根据情况用适当的钉子或螺丝将其与钢筋混凝土柱、钢筋混凝土竖框或墙体固定。

所有应用应按照制造商的指南和负责工程师的指示进行。

### 结论

由于快速城市化、环境挑战和资源限制，在建筑施工中使用可持续材料至关重要。随着城市化进程的加快，采用环保的施工方法和材料不仅是一种选择，更是一种必要。SMMR 因其技术特性和应用工艺，在满足这一要求方面具有巨大潜力。

### 参考文献

- 贝卡尔特技术手册及来自各种在线来源的数据
- Murfor Compact 的 MasterKey 砌体设计软件
- BIS : 6041 及 CSIR-CBRI 报告

# biltech™

Biltech Building Elements Limited  
71 & 83 Okhla Industrial Estate  
Phase-III  
110020 New Delhi, India  
T +91 11 49696600  
[www.biltechindia.com](http://www.biltechindia.com)

# 加气混凝土女儿墙锚固的计算与设计

卡姆兰·法里德 (Kamran Farid), Xella Deutschland GmbH, 技术办公室, 德国  
汤姆·拉默 (Tom Lahmer), 魏玛包豪斯大学, 结构力学研究所, 德国

加气混凝土 (AAC) 凭借其强大的可持续性、较低的材料重量以及优异的热工性能, 在现代建筑中日益凸显其重要性。尽管加气混凝土广泛用于外墙和建筑围护结构, 但其结构设计框架远不如钢筋混凝土完善。由于加气混凝土的基本行为与钢筋混凝土等传统材料截然不同, 现有文献关于加气混凝土构件锚固的指导十分有限。此外, 加气混凝土构件为传统的钢筋混凝土组件提供了实用的替代方案, 能够缩短施工时间并减少现场劳动力。本研究引入了一种系统方法, 用于评估女儿墙结构中加气混凝土构件的锚固能力。本文旨在既作为执业工程师的参考, 也作为未来研究在女儿墙建造中安全高效应用加气混凝土的基础。

加气混凝土女儿墙板代表了多层住宅或工业建筑的一种现代高效解决方案。这些大尺寸的加筋墙体元件专为满足当代建筑实践的需求而设计, 兼具结构可靠性和施工效率。其高尺寸精度和优化规格使得加气混凝土女儿墙板能够快速且经济地进行安装。这不仅减少了现场劳动力和脚手架搭建时间, 还最大限度地降低了仓储和物流成本。凭借每天高达 100 延米的安装速度, 这些构件显著加快了施工流程 [1]。

加气混凝土女儿墙板为传统的钢筋混凝土解决方案提供了可持续的替代方案, 特别是在平屋顶应用和延伸的女儿墙区域。其优化的热桥性能优于钢筋混凝土等传统材料, 同时 EI 90 的耐火等级确保了符合防火标准的安全性 [1]。

为了建造女儿墙, 将大尺寸的加筋加气混凝土构件铺设在屋顶的砂浆垫层上。在女儿墙构件的端部设有凹槽, 用以容纳从楼板伸出的连接钢筋, 随后通过向凹槽中灌注混凝土砂浆进行结构粘结, 从而嵌入钢筋。

加气混凝土外墙实践中的一个关键方面是动态作用下的锚固。正确的锚固对于确保系统的结构稳定性至关

重要, 尤其是在风荷载作用下。这些构件设计用于承受不同风荷载区域内的典型风荷载作用, 在压力和吸力下均提供足够的承载能力。本研究侧重于建筑施工中加气混凝土女儿墙构件锚固的结构分析与设计。

## 风荷载与界面作用

德国的风荷载区域划分为四个区域, 如图 1 所示。德国地图及基本风速  $v_{b,0}$  的基础值应根据表 1 中指定的风区确定。

在本研究中, 应用了来自 2 区的风荷载, 以覆盖其他区域的要求。此外, 我们建议对所有高达 30 米的项目使用鞭梢效应系数, 以实现适用于所有区域的标准化结构设计。

从图 1 可以看出, 风区 1 和 2 覆盖了全国约 80% 的面积。其余区域主要包括 3 区 (约 15%) 和 4 区 (约 5%), 主要位于北部和沿海地区。

## 风振鞭梢效应及其结构影响

风振鞭梢效应指的是结构对风速或风向突然变化的



**卡姆兰·法里德 (Kamran Farid)** 是一位经验丰富的工程师，现任 Xella 公司技术办公室主任，专攻加气混凝土系统。他在加气混凝土领域拥有超过 25 年的专业经验，因在材料特性、结构性能以及加气混凝土解决方案的实际应用方面拥有深厚的技术专长而受到认可。在任职期间，他领导工程团队，支持复杂项目的开发，并确保所有设计和执行阶段的高技术质量。他长期的行业知识和实践经验使他成为德国及欧洲基于加气混凝土的建筑项目创新与可靠性的关键贡献者。

kamran.farid@xella.com



**汤姆拉默 (Tom Lahmer)** 是魏玛包豪斯大学的随机学与优化教授。他的工作专注于土木和机械工程中的不确定性量化、结构优化、反问题以及概率建模。他的研究为推进工程材料和结构的分析、监测及可靠性评估的计算方法做出了重要贡献。

tom.lahmer@uni-weimar.de

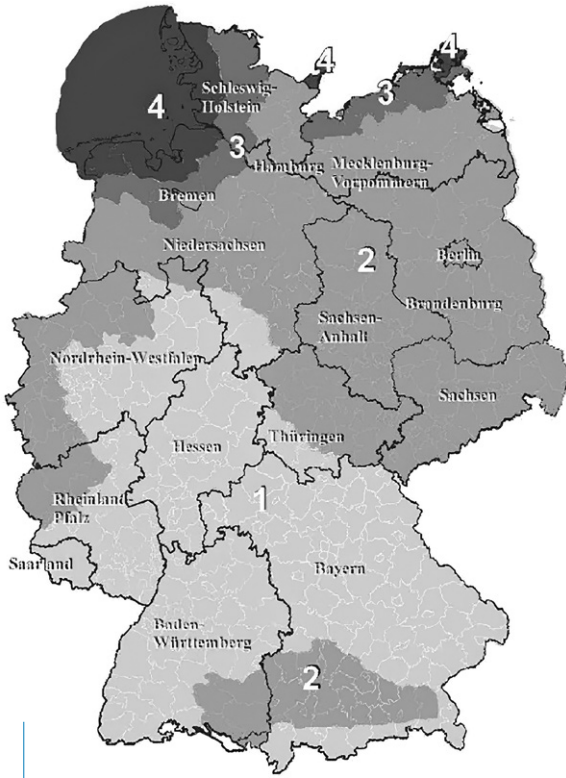


图 1: 德国风区分布图 [2]

表 1: 不同区域的风速与速度压 [2]

区域	风速 ( $v_{b,0}$ ) in m/s	速度压 ( $q_{b,0}$ ) in kN/m <sup>2</sup>
1	22.5	0.32
2	25	0.39
3	27.5	0.47
4	30	0.56

动力响应。这种现象可能导致共振，尤其是在高层细长建筑或桥梁中，由风力引起的振荡变得显著。图 2 展示了风振鞭梢效应对建筑女儿墙的影响。

在气象学和物理学背景下，鞭梢效应描述了阵风或强风如何引起突然的、有时是剧烈的运动。例如，当风流经平坦地形并遇到建筑物或山丘等障碍物时，可能发生偏转或加速，导致风强度突然增加。这会产生波浪状运动或波动的风力强度。类似地，快速移动的车辆可能经历不规则的 airflow，产生鞭打感。

为了在结构设计中考虑这些动力效应，会根据结构的高度和形状应用修正系数。根据风区和建筑高度，安

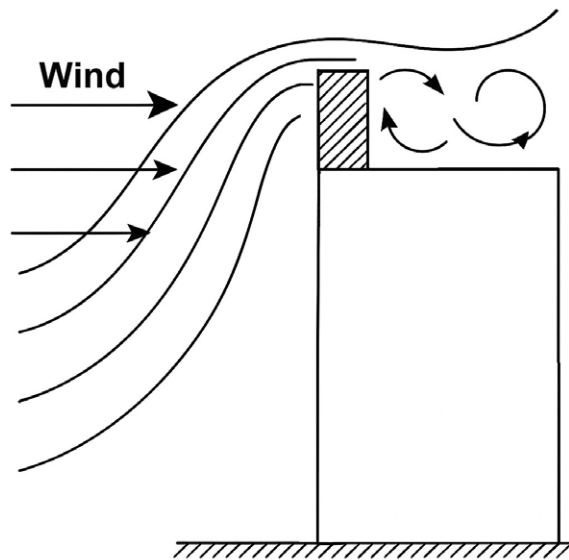


图 2: 风振鞭梢效应对建筑女儿墙的影响

全系数通常在 1.0 到 2.0 之间。对于初步设计估算，一种简化的方法是使用 1.5 到 2.0 的乘数，调整计算出的风荷载以反映由振荡引起的附加力。这种考虑对于确保结构安全性和适用性至关重要，特别是在风活动频繁的地区或暴露于复杂气动条件下的结构。

## 加气混凝土女儿墙砂浆垫层中的摩擦效应

当女儿墙构件通过砂浆垫层放置在屋顶上时，女儿墙构件与砂浆之间的界面会产生摩擦力。该摩擦力  $FR$  平行于接触面作用，抵消构件的任何相对位移。垂直于接触面作用的法向力  $FN$  由女儿墙构件的自重产生。由此产生的摩擦阻力可按以下公式计算：

$$FR = \mu FN \quad (1)$$

其中  $\mu$  是摩擦系数，代表接触面的粗糙度和粘附特性。法向力和摩擦力的 combined effect 可以通过 resultant force  $Fe$  表示，其方向为摩擦角  $\alpha$ 。该角度由以下公式定义：

$$FE = \sqrt{FN^2 + FR^2} \quad (2)$$

$$\tan \alpha = FR / FN = \mu \quad (3)$$

摩擦阻力通过限制 movement 并确保构件 securely anchored 到屋顶结构，在稳定墙体元件方面起着至关重要的作用。加气混凝土的 typical 摩擦系数如下：

- 加气混凝土与加气混凝土：  $\mu \approx 0.5 - 0.6$
- 加气混凝土与砂浆：  $\mu \approx 0.4 - 0.6$
- 加气混凝土与混凝土：  $\mu \approx 0.5 - 0.7$

在本研究中，采用摩擦系数  $\mu = 0.6$ 。

## 计算与结果

### 假定条件

加气混凝土墙板的尺寸为：长度 ( $L1, L2$ ) 以米计，高度 ( $h$ ) 为 0.75 米，厚度 ( $d$ ) 为 0.3 米，抗压强度等级为 4.5  $N/mm^2$ ，设计重量密度  $\gamma = 6.7 \text{ kN/m}^3$  ( $670 \text{ kg/m}^3$ )。墙板的示意图及其横截面如图 3 所示，而研究对象所采用的结构体系如图 4 所示。

总计而言，风荷载区 1 和 2 覆盖了德国的大部分地区。在本研究中，风荷载作用基于风区 2 的假设和参考高度  $h = 30$  米进行评估。高度  $z$  处的风压使用公式 4 计算：

$$qz = 1.7 * q_{ref} * (z / 100)^{0.37} \quad (4)$$

$$qz = 1.7 * 0.39 * (30 / 100)^{0.37} = 1 \text{ kN/m}^2。$$

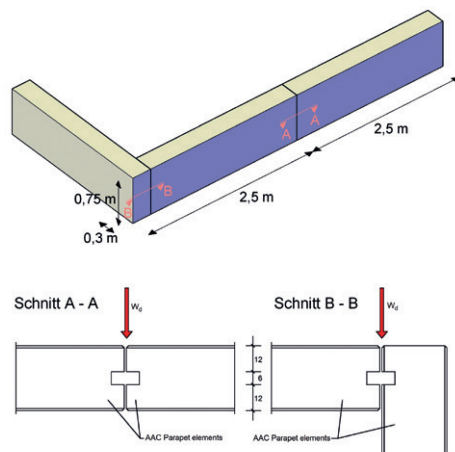


图 3：女儿墙正视图及剖面 A-A 和 B-B

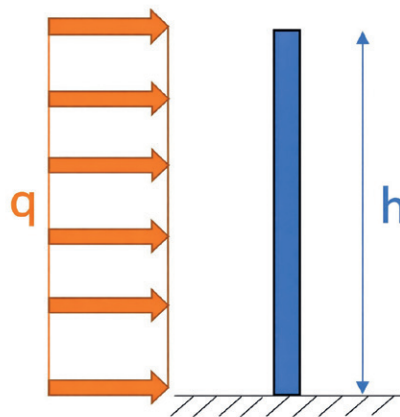


图 4：所考虑的女儿墙结构体系

对风荷载应用 1.5 的系数以考虑鞭梢效应，以及锚固钢筋：

$$Wd = 2.5 \text{ m} * 1 \text{ kN/m}^2 * 1.5 = 3.75 \text{ kN/m}。 \quad (5)$$

## 抗力部件

提供抵抗风荷载所需的接触力学性能的部件包括：通过其自重的加气混凝土女儿墙构件、凹槽中的 C20/25 混凝土填充料，以及位于女儿墙构件之间和凹槽内、锚固于钢筋混凝土板的钢筋。图 5 显示了示意系统和抗风部件的尺寸。

基于图 5 所示，标记为  $N_z$  (kN/m) 的轴向力沿垂直  $z$  方向作用在加气混凝土构件上。

$$N_{zi} = \gamma * l * d, \quad (6)$$

其中  $\gamma$  (kN/m<sup>3</sup>) 是加气混凝土板的设计重量密度， $l$  (m) 和  $d$  (m) 分别是板的长度和厚度。所有摩擦力的总和

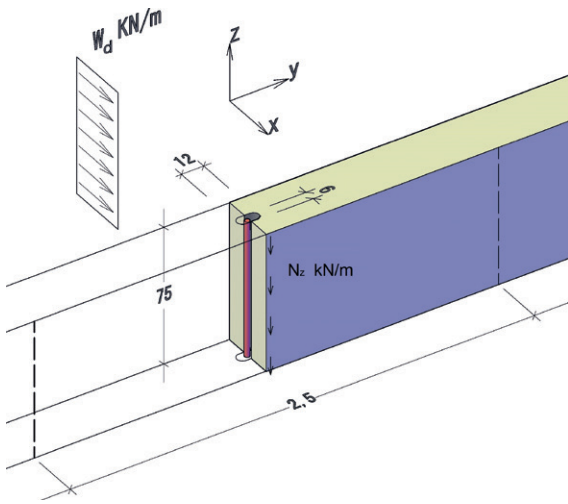


图 5：抗力部件的详细信息和尺寸

是  $R_z$  (kN/m)，将由公式 7 计算得出。公式 8 中的  $W^*$  代表经摩擦效应折减后的风荷载，并将用于后续计算。

$$R_{zi} = \mu * \sum N_{zi}, \quad (7)$$

$$W^* = W_d - R_{zi}, \quad (8)$$

$$M = (W^* * h^2) / 2 = 0.627 \text{ kN} * (0.75 \text{ m})^2 / 2 = 0.176 \text{ kNm}. \quad (9)$$

所需钢筋的尺寸计算如下：

$$D = \sqrt[3]{((32 * M) / (3.14 * \sigma))} = \sqrt[3]{((32 * 0.176 * 100) / (3.14 * 43.47))} = 1.604 \text{ cm} \approx \text{Ø}16 \text{ mm}. \quad (10)$$

在本研究中，设计假设基于风区 2。然而，同样的

计算方法也可应用于风区 3 和 4 并进行调整，前提是进行结构验证，并由负责的设计师做出最终决定。

## 构造建议

首先，女儿墙构件使用砂浆垫层铺设在已完工的钢筋混凝土板上。随后，将从屋面板伸出的 Ø16 钢筋定位到女儿墙构件的凹槽中。一旦所有构件就位并对齐，使用 C20/25 混凝土填充凹槽，以完成并固定整个系统。图 6 和图 7 展示了女儿墙的施工细节，其中 Ø16 钢筋位于加气混凝土构件之间，凹槽内填充 C20/25 混凝土。

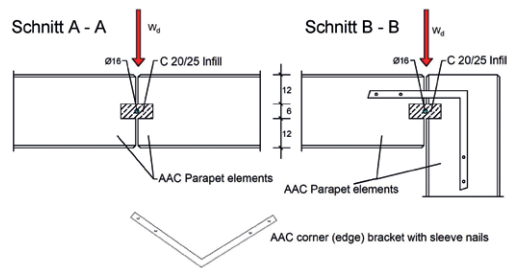


图 6：女儿墙构件 recommended 连接详图

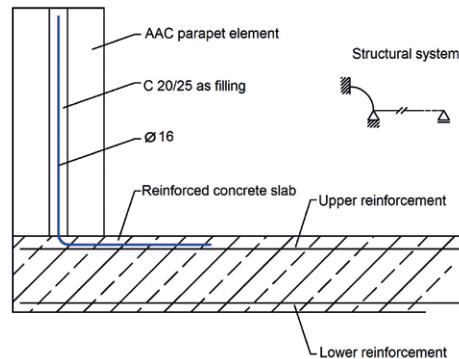


图 7：所考虑的结构体系及女儿墙构件与钢筋混凝土板的连接

## 参考文献

- [1] Xella Deutschland GmbH: Die einfache Lösung für den oberen Gebäudeabschluss: Ytong Attikaelemente, [www.xella.de/de\\_DE/ytong/produkte/attikaelement](http://www.xella.de/de_DE/ytong/produkte/attikaelement), Stand 06/2025.
- [2] DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12: National Annex – Nationally Determined Parameters – Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-4: 99 General actions – Wind actions; Beuth-Verlag: Berlin, 2010.

## Solna 6 - 采用非传统“褶皱”伊通墙体的住宅综合体

“为我们的材料找到非显而易见的应用，这给了我最大的满足感，” Xella 波兰公司的 BIM 协调员 Michał Zieliński 说道。他为 JEMS 建筑事务所提供支持，参与了位于波兹南的获奖项目 Solna 6 住宅综合体的设计，该项目以非传统创新方式使用了伊通砌块。



Maria Kot, JEMS Architekci

非传统的“褶皱”伊通墙体赋予了建筑立面独特的外观



一层伊通 EnergoUltra+ 砌块构成的单层墙体——通常用作结构墙——在此处被用作 20 厘米厚钢筋混凝土墙的保温层

Xella 的 BIM 部门不仅为大型系统（如 Silka Tempo 和 Ytong Panel）开发结构设计方案，还提供专业技术咨询。Solna 6 项目尤其具有挑战性。该综合体位于圣沃伊切赫山上巴洛克风格的加尔默罗会修道院旁边，毗邻一条受保护的老龄白蜡树和橡树林荫道，因此必须遵守严格的遗产保护规定，要求采用传统的抹灰饰面。

### 用作保温层的单体外墙

传统的双层墙体系统无法承受厚水泥石灰抹灰层的重量。因此，Zieliński 提出采用通常用作结构墙的单层伊通 EnergoUltra+ 砌块，作为 20 厘米厚钢筋混凝土墙的保温层。

由此产生的 60 厘米厚外墙不仅提高了能源性能，增加了热质量，还使建筑师得以在设计中省去空调系统。

### 掩映于成熟林木间的“褶皱”立面

JEMS 建筑事务所没有采用平直的墙体，而是设计了柔和弯曲、折叠状的立面，使其与周围的绿植无缝融合。两栋建筑分别呈 C 形和 U 形布局，被精心安置于现有树木之间，同时设计的地下停车场也避免对树根造成破坏。该综合体包含 90 套高档公寓，布局宽敞，层高达 3 至 4 米。

JEMS 建筑事务所没有采用平直的墙体，而是设计了柔和弯曲、折叠状的立面，使其与周围的绿植无缝融合



Maria Kot, JEMS Architektura



Maria Kot, JEMS Architektura

立面细部图：Solna 6 荣获了 2025 年大波兰省建筑奖，不仅斩获了“多户住宅建筑”类别的主要奖项，还赢得了大奖赛

## 伊通墙体上的传统抹灰

由于所需抹灰层的重量，施工方在伊通 EnergoUltra+ 砌块上使用 Bolix 系统进行了粘附力测试。积极的测试结果促成了详细的设计指南。伊通保温层构成了高达四层的自承重墙，其后由楼板提供支撑。特殊的连接件将风荷载传递至混凝土结构，门窗洞口上方则使用了伊通过梁。

### 赢得认可的非传统应用

“最终成果完全满足了客户 OKRE Development 以及建筑师的期望，” Zieliński 说道。

于 2024 年竣工的 Solna 6 项目荣获了 2025 年大波兰省建筑奖，不仅斩获了“多户住宅建筑”类别的主要奖项，还赢得了大奖赛。

评审团称赞该项目是“一块具有自身特色、却仿佛一直属于此处的新都市肌理。”

# xella

Xella Polska Sp. z o.o.  
ul. Komitetu Obrony  
Robotników 48  
02-146 Warszawa  
Poland  
[www.xella.pl](http://www.xella.pl)

### 管理层:

Dr. Holger Karutz

### 总编:

Michael von Ahlen 工程硕士(FH) editor@aac-worldwide.com

### 编辑:

Mark Küppers 工程硕士  
Hans-Dieter Beushausen 教授  
Juergen Glaesle 工程硕士



Dipl.-Ing. (FH)  
Michael von Ahlen



Dipl.-Ing.  
Mark Küppers



Prof.  
H.-D. Beushausen



Dipl.-Ing.  
Juergen Glaesle

### 广告:

#### 德国总部联系人

Gerhard Klöckner sales@aac-worldwide.com

#### 中国公司联系人

Jinying Zhang asia@aac-worldwide.com

### 设计:

André Besgens production@ad-media.de  
Carmen Frick

### 会计:

Sandra Borchert · Maurice Borchert accountancy@ad-media.de

### 订阅服务:

Maurice Borchert · Sabrina Pontalti subscription@ad-media.de

### 展会负责人:

Bahram Ghaleh events@ad-media.de

### 外部数据保护专员:

Ben Green Consultancy UG dataprotection@ad-media.de

### 年度订阅 (4期):

免费

### 银行信息:

德国银行, 账号号: 6800080, BIC: 370 700 24  
SWIFT CODE: DEUTDEBKOE, IBAN-No.: DE88370700240680008000

### 总部地址:

ad-media GmbH · Industriestraße 180 · 50999 Cologne · Germany

### AAC 亚洲

Zhang Jinying · M +86 13920414614  
asia@aac-worldwide.com

### AAC 巴西

Soy Cho · M +55 11 98965 3005  
brazil@aac-worldwide.com

### AAC 欧亚大陆

Timur Dmitrov · T +7 4822630039  
eurasia@aac-worldwide.com

### AAC 印度

Mukund Joshi · T +91 9158010000  
india@aac-worldwide.com

### AAC 意大利

Gabriele Pianta · T +49 2236 962390  
italy@aac-worldwide.com

### AAC 韩国

Moon-Hi Lee · M +49 173 5356753 · M +82 10 42806473  
korea@aac-worldwide.com

### AAC 拉丁美洲 (不包括巴西) / 西南欧洲

Gabriele Pianta · T +49 2236 962390  
southwesteurope@aac-worldwide.com

### AAC 中东

Kambiz S. Pour Kardan · T +98 21 88888191  
middleeast@aac-worldwide.com

### AAC 北美洲

Kristy Kieda · T +1 616 706 7536  
northamerica@aac-worldwide.com

### AAC 大洋洲

Michael Khrapko · T +64 9 629 5992  
oceania@aac-worldwide.com

### AAC 波兰 / 捷克

Agnieszka Spychalska · T +48 697 619111  
poland@aac-worldwide.com

### AAC 东南亚

Michael Lazar · T +65 6861 5668  
southeastasia@aac-worldwide.com

### AAC 南非

Prof. Hans-Dieter Beushausen · T +27 82 7375057  
southafrica@aac-worldwide.com

### AAC 土耳其

Gabriele Pianta · T +49 2236 962390  
turkey@aac-worldwide.com

### 其他出版物:



### 合作方:



本刊保留所有权利, 未经版权方事先许可, 不得将本刊的任何内容复制、储存于检索系统中, 亦不得以电子、机械、影印、录音或其他任何形式或方式进行传播。  
提交文本和/或图片材料(以下简称“材料”)的作者授予ad-media不受任何时间和地域限制出版上述材料的非独占权利。上述授权这不仅适用于ad-media所发行的刊物, 也适用于与ad-media及其雇员合作的其他国际行业印刷出版物及线上出版物(包括智能手机的移动应用等)。  
作者确保其拥有其对ad-media所授权材料所必需的权利。根据这些一般通用条款, 作者承担第三方因使用材料而提出的所有索赔, ad-media对作者提交的材料内容的正确性不承担任何责任。本期刊所表达的观点均为作者观点而非出版方观点。出版方亦不为广告中的任何主张背书。

《CPI国际混凝土生产厂》/《CPI worldwide》是混凝土行业杂志, 在世界各地有10多种语言和地区版本发行。CPI worldwide面向的读者为混凝土行业的经营商。CPI worldwide刊物内容与混凝土工艺、混凝土产品、混凝土管和预制混凝土相关。

www.cpi-worldwide.com



### 出版商:

ad-media  
地址: Industriestr. 180 · 50999 Cologne · Germany  
电话: +49 2236 962390 传真 +49 2236 962396  
info@ad-media.de · www.ad-media.de  
www.aac-worldwide.com