

AAC

蒸压
加气
混凝土

中国 数码版

www.aac-china.digital

新闻&市场 随着 MASA WHITEHUB 的出现，欧洲迎来了一个独特的加气混凝土和砂灰砖设备供应商 科技&创新 在加气混凝土（AAC）生产过程中产生的蒸汽废能的可用性 生产工艺 针对老化 HEBEL 工厂的尖端解决方案 - 第二部分 应用 & 施工 加固蒸压加气混凝土过梁的安全性 项目 柏林 MIOS 项目：使用 YTONG 实现快速且环保的住宅建设

Trade Journal for the Autoclaved Aerated Concrete Industry





SAVE THE DATE
 February 12-13, 2025



ICCX CENTRAL EUROPE 2025

INTERNATIONAL CONCRETE CONFERENCE & EXHIBITION

Warsaw, Poland

Platinum Sponsors



Gold Sponsors



Silver Sponsor



Organisation



Official Event Carrier



ICCX Central Europe is the meeting point for the concrete and precast industry in Central Europe that is established in Poland since 2014. Organized from February 12-13, 2025, in the Double Tree by Hilton Hotel & Conference Center Warszawa, it is offering a unique trade show with 100+ exhibitors.

The conference program offering dedicated lectures for the regional concrete and precast industry regularly attracts 800+ concrete professionals.

Scan the QR Code and watch the review video of



建筑行业的 转型之路



总编：
Michael von Ahlen

评论

最近几个月，我参加了多场会议并聆听了许多关于建筑行业当前和未来变化的主旨演讲。这些变化主要受到政治、社会和经济挑战的推动，例如：气候变化、能源短缺、供应链问题、技能短缺以及地缘政治紧张局势。这些因素迫使建筑行业经历深刻变革，而这一复杂问题将在短期、中期和长期内影响我们所有人。

例如，在欧洲和中国等许多地区，建筑行业正经历活动减少的阶段。在许多地方，这种状况导致了AAC（蒸压加气混凝土）工厂生产大幅下降，甚至在最糟糕的情况下出现工厂关闭。这一发展不仅影响了AAC制造商，还波及了工厂设备制造商和供应行业，这些领域也因建筑市场的萎缩而面临困境。

这些问题也是第43届中国加气混凝土协会年会的核心议题。与会者重点讨论了应对当前及未来挑战的策

略，以便即使在困难时期也能维持生产活动并实现行业生存。

然而，变化也总是带来改善的机会，危机往往是创新的催化剂。因此，积极探索当下可用的机会、创造性地利用它们并开发创新解决方案至关重要——不仅能使个别企业受益，也能推动整个AAC行业的进步。这种建筑材料本身具备良好的适应和创新潜力。AAC以其生产过程中高效的能源与资源利用而闻名，同时易于加工和使用，这些特性使其能够以坚韧的方式应对当前挑战。

AAC行业完全有能力把握这些机遇，推动一个不仅能够抵御危机、同时也可持续并面向未来的建筑行业发展。

此致，

Michael von Ahlen
MICHAEL VON AHLEN



50



24



20

新闻&市场

[Masa WhiteHub, 32457 Porta Westfalica, Germany](#)

随着 Masa WhiteHub 的出现，欧洲迎来了一个独特的加气混凝土和砂灰砖设备供应商

6

回顾

[ICCX Eurasia 2024 回顾：AAC行业的创新、交流与未来展望](#)

9

大会回顾

盛况空前，在中国西安举行的第43届中国加气混凝土大会参会人员超500人

15

概述

[阿联酋及海湾国家的蒸压加气混凝土（AAC）市场现状](#)

18

趋势逆转的有前景方法——第一部分

[蒸压加气混凝土模块化面板在波兰的发展前景](#)

22

科技&创新

能源优化潜力

[在加气混凝土（AAC）生产过程中产生的蒸汽废能的可用性](#)

28

生产工艺

[Aircrete Europe, 7575 EJ Oldenzaal, The Netherlands](#)

[针对老化 Hebel 工厂的尖端解决方案 - 第二部分](#)

34

[Bernd Münstermann GmbH & Co. KG](#)

[高效的蒸压加气混凝土（AAC）模具喷油系统](#)

40

[KOTSA Engineering and Consultancy, 11283 Sokak, Türkiye](#)

[高压釜的安全高效运行](#)

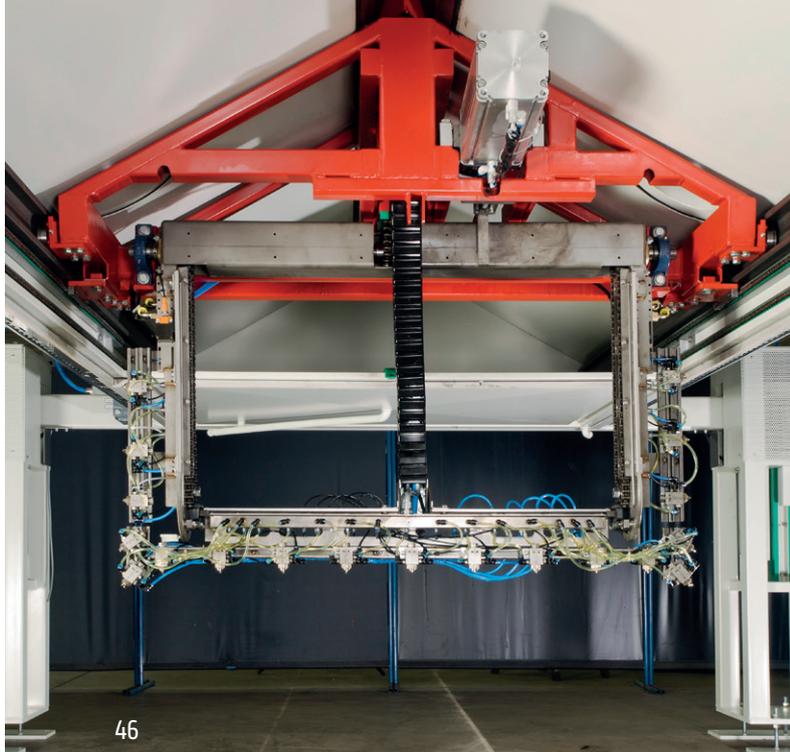
42

[河南欧帕工业机器人有限公司](#)

[生产数智化在加气混凝土砌块打包线中的应用](#)

46

1 | 2025



46

应用 & 施工

来自波兰的研究

加固蒸压加气混凝土过梁的安全性

项目

简化未来建筑

50 柏林MIOS项目：使用Ytong实现快速且环保的住宅建设 58

目录



40



66

随着Masa WhiteHub的 出现，欧洲迎来了一个独特的加气 混凝土和砂灰砖设备供应商

Masa WhiteHub——自 2025 年 1 月 1 日起，这一新名称将代表两家领先机械制造商的综合专业实力。Masa GmbH 和 Hess AAC Systems B.V. 已经在加气混凝土产品领域，通过这一新的统一品牌，实现了集团内部的合作整合。这一合并使 Masa WhiteHub 成为欧洲规模最大的加气混凝土和砂灰砖设备独特供应商。

对于加气混凝土制造商来说，Masa WhiteHub 是一个核心枢纽，将多年的制造工艺经验汇聚一处，如平模工艺、立模工艺，以及 Durox 或 Hebel 生产技术，为日益增长的市场需求提供定制化解决方案。



恩斯赫德公司大楼前，董事总经理亨里克·施密特、董事总经理安德烈亚斯·马尔基维茨和办公室经理勒内·伊明克

砖行业的发展。尽管名称焕然一新，但两大品牌 120 多年公司历史积累的专业经验，以及熟悉的联系人和两地的联合管理团队依然保持不变。在全球范围内安装的大量加气混凝土和砂灰砖生产设备，更加凸显了他们的重要意义。

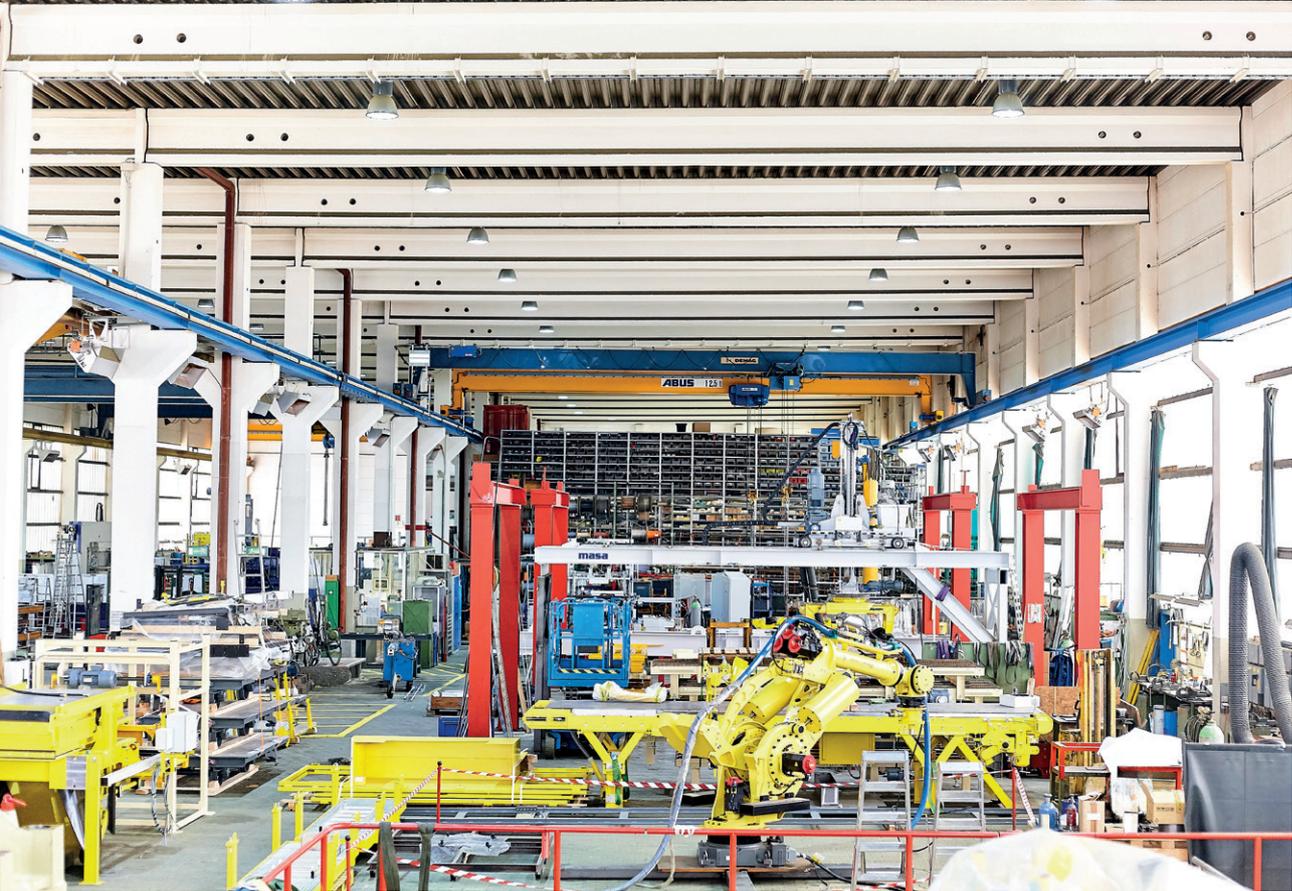
具有独特灵活性的高效 AAC 工厂

MASA WHITEHUB 配备了最先进的机械设备，为建材行业生产高效、可持续的组件和设备。这些设备系统经过精心设计，确保每台设备都经过优化，以满足市场要求。

MASA WHITEHUB 强调多样性与灵活性：这些设备支持以经济高效的方式进入加气混凝土生产领域，并可逐步扩展生产能力。其产品组合涵盖了广泛的应用范围，从试验性工厂到日产量超过 2,000 立方米的加气混凝土生产设备。不论是经济型还是高端设备，从单纯的砌块生产到带钢筋的大尺寸产品制造，MASA WHITEHUB 的可能性几乎是无限的。

MASA WHITEHUB 与客户保持紧密且有针对性的沟通，从精确规划、可靠生产到安全投产以及后续支持，全程陪伴生产设备的开发过程。始终关注行业进步，PORTA WESTFALICA 和 ENSCHEDE 的工程师还为客户开发定制化的特殊解决方案和创新测试组件。这使客户能够在大规模生产之前测试和优化新工艺和新技术，从而降低风险、节

客户将更能从 PORTA WESTFALICA 和 ENSCHEDE 的销售工程师及技术人员丰富的知识和经验中受益。在 MASA WHITEHUB 概念的推动下，他们持续推动加气混凝土和砂灰



Masa WhiteHub 位于 Porta Westfalica 的生产车间

约成本，并加快新产品的市场投放速度。

MASA WHITEHUB 专门设有技术中心，用于对相关原材料进行化学、物理和矿物学分析，并开发客户特定的优化配方。

一站式服务

加气混凝土设备的设计始终是一个完整的解决方案。特殊领域，例如钢筋笼和框架的生产，可在设计初期就纳入考虑。诸如球磨机、蒸汽锅炉或高压釜等外购部件也可以集成到系统中，其技术处理由 MASA WHITEHUB 的项目工程师内部完成。

在全球范围内，MASA WHITEHUB 的客户都拥有一位固定的联系人和协调员。这些联系人深入了解客户的具体需求，并通过合作中积累的广泛知识，能够快速响应客户的个性化需求。

高质量支持——贯穿设备全生命周期

两家公司的专业知识和丰富经验为客户带来了显著优势。这体现在加气混凝土设备的高可靠性、最佳可用性、长使用寿命以及必要的安全性上。此外，始终将产品的成本效益和质量置于首位。根据具体需求和目标，MASA WHITEHUB 通过 PORTA WESTFALICA、ENSCHEDÉ 和全球分支机构的高素质支持团队为加气混凝土制造商提供以下服务：



Porta Westfalica 技术中心的实验室设备



全球分支机构提供可靠的备件供应服务

- 定制化检查：及时发现任何缺陷或损坏。
- 针对性维修措施：尽快恢复设备的运行状态。
- 逐步扩展设备：提升设备性能或扩展产品种类。
- 全面设备现代化改造：提升竞争力以保持市场地位。
- 实用性培训：为设备操作人员提供培训，确保其具备维持高效设备运行所需的专业知识和技能。

适时适地：优化的备件物流

可靠的备件供应是确保设备正常运行的关键。MASA WHITEHUB 通过整合全球分支机构和备件仓库网络以及优化物流流程，大幅提升了备件供应效率。许多备件直接在内部生产，仅 PORTA WESTFALICA 一处就能立即从库存中发运超过 5,000 件备件。此外，在超过 600 平方米的存储区内还备有各种原材料，供进一步加工使用。PORTA WESTFALICA 和 ENSCHEDE 的售后团队确保为所有现有和新客户提供快速、准时的备件供应服务。

目标明确：高效响应备件需求

MASA WHITEHUB 致力于迅速接受并处理备件需求，并以最快速度发运原装备件。为确保可靠交付，公司与全

球知名的物流企业合作，提供高效的运输服务。

跨国融资方案

作为总部位于德国和荷兰的品牌，MASA WHITEHUB 能为投资项目提供极具吸引力的融资条件。这些条件由德国和荷兰的出口信贷机构支持。通过与 MASA WHITEHUB 的金融合作伙伴紧密协作，公司能够制定出具有吸引力的联合融资解决方案，帮助客户以高效且经济的方式实现其投资计划。

Masa WhiteHub 亮相 2025 年 bauma 展会

在全球领先的建筑机械、建筑材料机械、矿山机械、施工车辆及设备博览会 BAUMA 上，MASA WHITEHUB 将作为 MASA 家族的一部分亮相。这一盛会将于 4 月在慕尼黑迎来第 34 届开幕，MASA WHITEHUB 将在 B1.347 展厅展示其在模拟和数字技术领域的重要成果。参观 MASA 展位的观众将有机会欣赏来自加气混凝土、砂灰砖以及混凝土砌块生产领域的展品、创新技术和相关信息，并与专家团队展开对话。



Masa 赞助商为 AAC Worldwide 的所有读者提供免费下载文章的可能性。只需用您的智能手机扫描二维码，即可直接访问 Masa 公司频道。



Hess AAC Systems 赞助商为 AAC Worldwide 的所有读者提供免费下载文章的可能性。只需用您的智能手机扫描二维码，即可直接访问 Hess AAC Systems 公司频道。

masa WhiteHUB

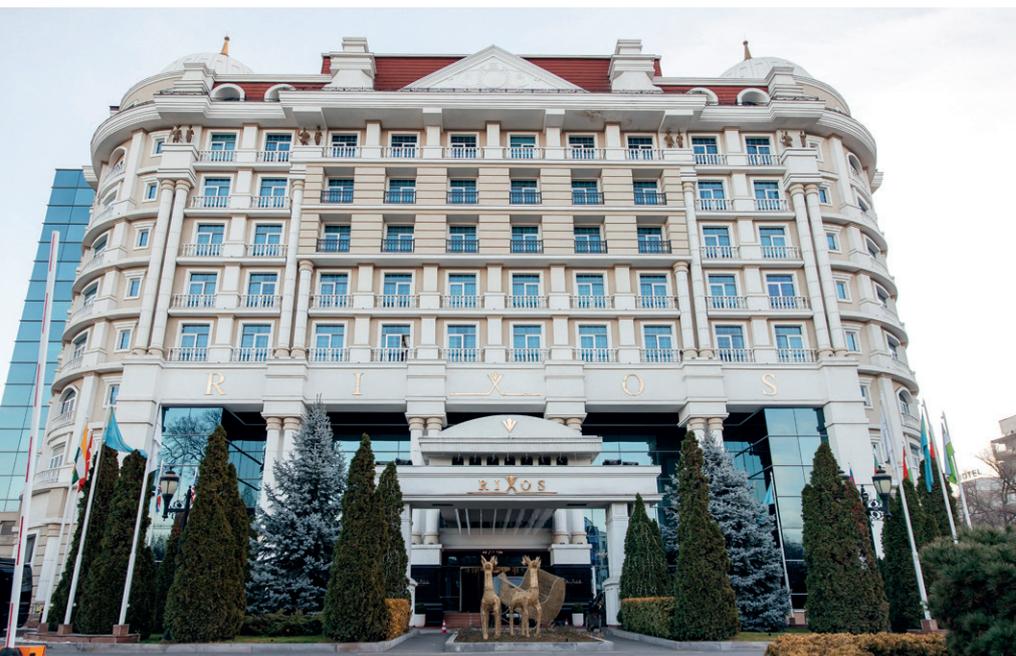
Milestone to your success.

Masa GmbH
Osterkamp 2
32457 Porta Westfalica
Germany
T +49 5731 680 0
F +49 5731 680 183
www.masa-group.com

HESS AAC Systems B.V.
Aluminiumsteden 10
7547 TN Enschede
Netherlands
T +31 53460 1700
F +31 53460 1799
www.hess-aac.com

ICCX Eurasia 2024 回顾： AAC行业的创新、交流与未来展望

2024年12月4日至5日，ICCX Eurasia 2024在哈萨克斯坦阿拉木图成功举办，再次彰显了其作为区域内混凝土及加气混凝土行业的重要性与独特价值。通过实践导向的会议议程、令人印象深刻的贸易展览以及广泛的参会者构成，该活动再次为知识交流、网络构建和业务拓展提供了理想平台。来自16个国家的近500名专业人士齐聚一堂，共同探讨行业最新发展，并从领域专家中汲取经验。



位于阿拉木图中心的
里克索斯酒店，是举
办ICCX Eurasia的理
想场所

哈萨克斯坦建筑行业的现状与机遇尽管受到供应链中断、通胀和货币贬值等挑战，哈萨克斯坦建筑行业仍呈现出多样化发展态势。作为占GDP约5.8%的支柱产业之一，该行业需求主要依赖于本地生产的混凝土和水泥等建筑材料。“NURLY ZHOL 2020-2025”国家支持的基础设施扩建计划进一步推动了建筑行业的需求。然而，

基础设施现代化的迫切需求也为该领域带来了广阔的发展机遇。

积极反馈与行业信心

参展企业反馈显示，市场预期谨慎乐观。此次展会



AAC专题讨论吸引了众多与会者，现场问题的热度反映了该议题的重要性

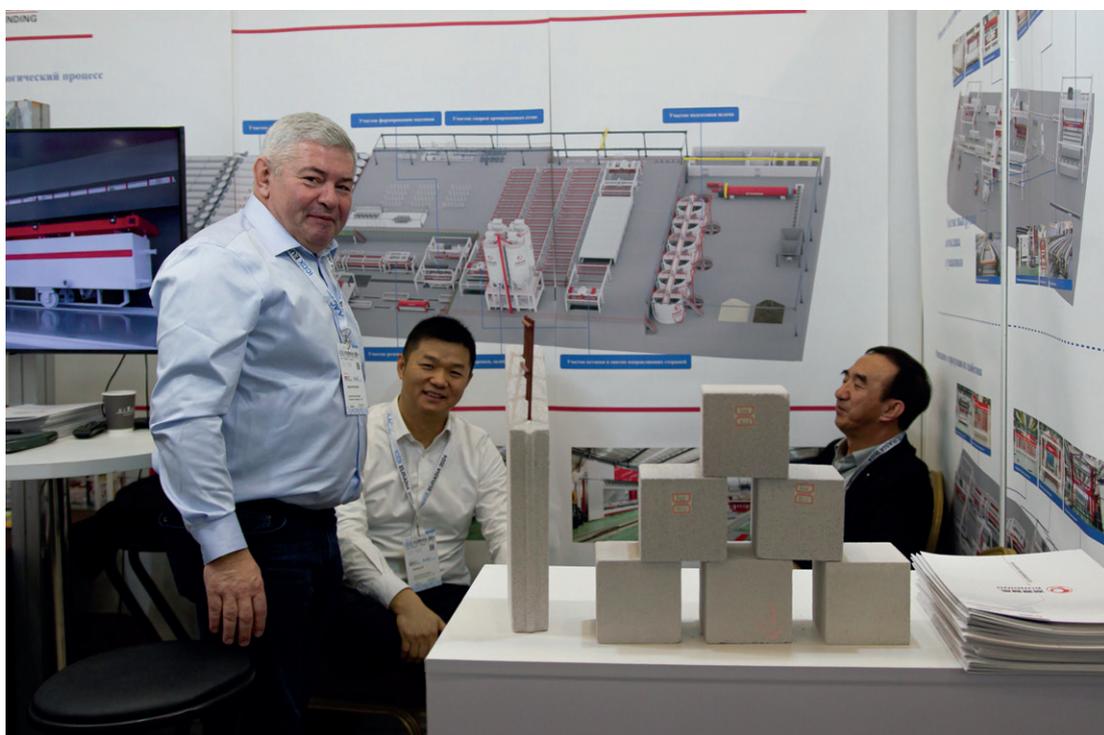


为展商提供了重新连接访客、深入探讨合作机会的平台。来自哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦及其他俄语国家的混凝土及 AAC 工厂专业人士，以及欧亚地区的规划师、工程师和科学家，纷纷抓住这次难得的交流与合作机会。

展会期间，超过 80 家国际企业展示了现代混凝土生产领域的最新技术和解决方案，其中包括 9 家专注于 AAC



ICCX Eurasia 2024
的活动掠影





行业的机械和设备公司。

会议亮点：深度培训与创新讨论

会议的重要部分是备受期待的 ICCX ACADEMY，由瑞士 PSA ZURICH GMBH 的 JÜRGEN OECKNICK 教授主讲的多小时混凝土技术培训课程“从投诉中获益”。课程涵盖从规划到成品的广泛议题，为日常混凝土加工中的质量问题提供实用指导，包括因过时标准和材料规范不合规导致的施工缺陷及潜在损坏案例分析。

此外，OECKNICK 教授的课程结合了实际案例，探讨了建筑过程中材料选择、天气条件及应用技术等因素，为与会者提供了宝贵见解。课程结束时的开放讨论和问答环节，解决了与会者的具体问题。

在哈萨克斯坦广泛使用的 AAC 材料在本次会议中再





观看ICCX欧亚视频评论



次成为焦点。XELLA 集团的安德烈巴什卡托夫在其题为“加气混凝土生产的投资潜力：为何及何地”的演讲中，探讨了在全球不同地区建立 AAC 生产设施的投资方案。此外，哈萨克 AAC 生产商 ECOTON 公司董事长鲍尔詹·拜穆哈诺夫讲解了基于自动化过程控制软件的工厂改进方法，引发了热烈讨论。

会议由哈萨克加气混凝土协会会长苏库罗夫·努尔波拉特主持，该协会成员也充分利用此次活动作为行业交流平台。

激发灵感的交流环境

会议举办地里克索斯酒店以其现代化设施和宜人的氛围，为与会者提供了一个舒适的交流空间。除了讲座和展览，ICCX EURASIA 2024 还通过休息时间的非正式交流和与行业代表的预约会议提供了丰富的社交机会。

混凝土行业未来的明确信号

ICCX EURASIA 2024 充分展示了知识与经验交流在推动行业发展中的重要作用。它不仅呈现了创新技术，还促

进了现有网络的加强与新合作关系的形成。

本次活动以可持续性和技术进步为核心，再次突显了其对整个混凝土行业的相关性。未来的 ICCX EURASIA 活动备受期待，目前已开始筹备，证明这一会议系列在行业日程中占据了不可或缺的一席之地。



Save the date:

ICCX EURASIA 2025

December 04 - 05, 2025



Supporters



Media Partners



Official Partner Airlines



盛况空前，在中国西安举行的第43届中国加气混凝土大会参会人员超500人

2024年11月6日至8日，在中国历史文化名城陕西省西安市举办了第43届中国加气混凝土大会(CACC)，取得了空前的成功。会议以“低碳化、智能化、国际化”为主题，汇聚了一批加气混凝土行业的领袖，包括中国工程院院士、国内外加气混凝土行业专家、研究机构代表和优秀企业代表。来自近10个国家和地区的500多位嘉宾出席了此次大会，他们来自加气混凝土行业研究、设计、制造、设备、测试和应用等不同专业背景。



第43届中国加气混凝土大会全体嘉宾合影

主要嘉宾及开幕式

开幕式由中国加气混凝土协会(CACA)秘书长张思成先生主持。中国加气混凝土协会会长沈晓鹤先生和中国工程院院士彭寿先生在会议上做了精彩的演讲。包括波兰、德国、印度、哈萨克斯坦、俄罗斯、马来西亚、越

南等在内的多个国家的国际嘉宾出席了本次大会。

沈晓鹤做了题为《中国加气行业的新变化和新趋势》的报告，强调行业企业需要做好准备，分析自身情况，通过技术创新和智能系统应用积极转型，提升核心竞争力。



张思成（左），中国加气混凝土协会(CACA)秘书长和沈晓鹤先生（右），中国加气混凝土协会会长，在西安正式开启了第43届中国加气混凝土大会

彭寿做了题为《我国基础工业低碳化转型路径探索》的主题报告，欧洲加气混凝土协会（EAACA）主席罗伯特图尔斯基（ROBERT TURSKI）分享了关于《欧洲 AAC 行业碳排放净零路线》的内容。

刘毅先生（国复咨询执行董事）讨论了《中国建材企业“走出去”的机遇、风险与策略》。格列布·格林菲尔德先生（俄罗斯 AAC 协会主席）做了题为《俄罗斯加气的昨天，今天与展望》的演讲。

来自中国、哈萨克斯坦和印度的多位演讲者令大会内容丰富且充满趣味。

一场题为《世界加气混凝土行业发展方向》的生动的圆桌论坛吸引了来自中国、欧洲、俄罗斯和哈萨克斯坦加气混凝土协会的主席们，他们一起分享了对于全球加气混凝土行业未来的见解。

“科达之夜”：11月7日，2024年科达之夜——全球 AAC 行业欢迎晚宴，欢迎来自世界各地加气混凝土行业的 300 多位专业人士，促进了个人交流和职业合作，辅以精彩的文化表演和鼓舞人心的演讲。安徽科达机电股份有限公司董事长陈新疆感谢所有与会代表来到中国参加此次会议，并祝愿全球 AAC 行业持续繁荣发展。



欧洲加气混凝土协会主席罗伯特·图尔斯基在他的演讲中介绍了欧洲AAC行业碳排放净零路线中的关键因素

工厂参观

参会者参观了金隅杭加的工厂，进行交流和學習。在工厂的生产车间，参观者可以看到两条并排安装的 AAC 板材生产线。整条生产线高度自动化，年产量可达 80 万立方。

圆桌论坛——世界加气混凝土行业发展方向 Panel Discussion——Global AAC Industry Development Trends

Mr. Stephen Shen, President of China Aerated Concrete Association (CACA)
薛晓鹤先生，中国加气混凝土协会会长



Mr. Sukurov Nurbolot Nikolaevich of Kazakhstan Association of Concrete Manufacturer (KAPAG)
Sukurov Nurbolot Nikolaevich 先生
协会主席

Mr. Robert Turski, President of European Autoclaved Aerated Concrete Association (EAACA)
Robert Turski 先生，欧洲加气协会主席



Mr. Gleb Grinfeld, CEO for The N Autoclaved Aerated Concrete Manufacturer
Gleb Grinfeld 先生，俄罗斯加气协会主席



《世界加气混凝土行业发展方向》圆桌论坛

第43届中国加气混凝土大会（CACC）具有十分重要的意义，它探讨了加气混凝土行业未来向低碳化、智能化和国际化发展的道路。此外，它还还为加气混凝土行业内的知识分享、人际交流和战略规划提供了一个平台，为加气混凝土行业在中国甚至全球的未来发展都奠定了基础。



中国加气混凝土协会会长带领嘉宾参观展览。共有近60家公司在大会会场设立了展位，展示他们的新技术和产品



工厂参观后，第43届中国加气混凝土大会圆满结束



CACA - China Aerated Concrete Association
www.cnaac.cn

阿联酋及海湾国家的蒸压加气混凝土 (AAC) 市场现状

Haider Al Saeed, Exeed Litecrete的操作经理,
Abu Dhabi, UAE

阿联酋和海湾合作委员会 (GCC) 国家的建筑行业以注重创新、可持续性和质量而著称。这些优先事项促使蒸压加气混凝土 (AAC) 作为领先的建筑材料受到越来越多的关注。AAC 以其轻质、节能和环保的特性闻名，已成为满足该地区现代建筑需求的突出解决方案。

在过去五年中，阿联酋及海湾地区的 AAC 市场显著成熟，需求与当地制造商的生产能力已基本持平。这一里程碑得益于近二十年来持续向利益相关方宣传该材料优势的努力。AAC 凭借卓越的隔热性能、防火性能、耐久性和环保特性，已成为住宅和商业建筑的首选材料。

AAC 在海湾国家建筑市场的作用

蒸压加气混凝土 (AAC) 已成为传统建筑材料 (如混凝土砌块单元 (CMUs)、膨胀聚苯乙烯 (EPS) 和复合墙板) 的可行替代品，特别是在注重成本效益的项目中。其他轻质混凝土系统 (如基于泡沫颗粒的产品和纤维水泥夹层板) 因接缝开裂和尺寸不准确等问题，未能达到 AAC 的性能水平。因此，AAC 凭借近三十年的市场成功经验，持续保持其作为可靠且高性能材料的声誉。

除了传统的墙体建造用途，AAC 在多种应用中展现了其多功能性。例如，AAC 覆层系统因其均质、轻质的特性而受到欢迎，为可燃泡沫覆层提供了一种更安全、更可持续的替代方案。在海湾国家，开发商和客户日益采用 AAC 覆层，因其兼具安全性、耐久性和使用便捷的优点。

此外，AAC 也被证明是户外结构的理想材料，例如凉



Haider Al Saeed,
Exeed Litecrete的操作经理,
Abu Dhabi, UAE

亭。这些结构常用于花园、户外生活空间和停车区域，而 AAC 的低密度和最长达 5 米的跨距能力为其带来了显著优势。AAC 凉亭首次在阿联酋市场推出，用以替代铝材和木材解决方案，其性能显著优化了现场施工流程。例如，每栋别墅的 AAC 凉亭安装通常只需要三名工人，大幅降低了劳动力成本并缩短了施工时间。

凭借多样化的应用和稳固的市场地位，AAC 已成为阿联酋建筑行业的基石。目前，阿联酋国内 AAC 市场年需求

Exeed Litecrete 的质量保证通过其全自动化工厂实现，工厂配备了最先进的机械设备



量约为 120 万立方米，另外还有约 15% 的产量出口到周边市场。该材料的广泛应用还受益于其与可持续发展倡议的契合，例如阿联酋绿色建筑委员会推动的环保建筑实践。

海湾国家市场中 AAC 的增长

AAC 的应用已超越阿联酋，科威特和阿曼等国家正逐渐成为该材料的重要市场。在科威特，AAC 通过成熟的分销网络融入了大型建筑项目。科威特快速的增长和发展使得对 AAC 的需求超过了当地制造商的生产能力，导致部分依赖进口。目前，科威特约 20% 的 AAC 需求通过从沙特阿拉伯和阿联酋的制造商进口来满足。

在阿曼，AAC（自保温混凝土）不仅在住宅和商业建筑中得到了广泛应用，还在大型 EPC（工程、采购和施工）项目中得到了广泛采用。阿曼基础设施的迅速扩张刺激了对 AAC 的需求，阿联酋 15% 的 AAC 产量被出口至阿曼以

满足其需求。这种材料的多样性和可持续性使其成为阿曼项目的理想选择，特别是那些旨在实现严格环境和成本效益目标的项目。

超越海湾地区：国际扩展

AAC 的需求增长并不限于海湾地区，国际市场（如南非）也对这种材料表现出日益浓厚的兴趣。阿联酋的 AAC 生产商已成功进入这些市场，彰显了 AAC 作为可持续高效建筑材料的全球意义。这一扩展进一步巩固了阿联酋作为可持续建筑创新中心的地位，不仅出口优质产品，还输出专业知识以满足全球需求。

AAC 在现代建筑中的关键优势

AAC 在阿联酋及海湾国家的日益普及源于以下显著优势：



Exeed Litecrete 的AAC砌块以卓越的质量著称，具有优异的防火性能和不可燃特性

- 隔热性能：AAC 提供卓越的隔热效果，降低能源消耗，提升建筑的可持续性。
 - 防火性能：作为不可燃材料，AAC 提高了建筑的安全性，特别适用于对防火要求严格的项目。
 - 耐久性：其尺寸精确且抗裂性能优异，确保长期可靠性和美观。
 - 可持续性：与传统建筑材料相比，AAC 的生产对环境
- 影响更小，符合全球和区域绿色建筑标准。
- 使用便捷：AAC 重量轻，能够加速施工进度，降低劳动力成本。
- 这些优势使 AAC 成为多种应用的理想选择，从墙体和覆层到凉亭等户外结构。



Exeed的凉亭系列于2022年推出，与铝材、木材和预制混凝土等传统材料相比，具有更优异的耐久性、隔热性能和抗环境影响能力

阿联酋及海湾地区 AAC 的未来

阿联酋建筑行业正经历强劲增长，受到大型基础设施建设、城市扩展以及诸如迪拜南部项目等发展的推动。作为城市发展的重要枢纽，迪拜南部对可持续建筑材料的需求激增。2020 年世博会的遗产效应，加上基础设施和住宅项目的战略性投资，为 AAC 的应用创造了有利条件。

开发商和承包商日益认识到 AAC 在提供经济高效、高质量、节能解决方案方面的潜力。这一转变反映了海湾地区的更广泛趋势：可持续性已成为建筑战略的核心。绿色建筑材料（如 AAC）的应用与国家愿景（如阿联酋 2030 愿景和沙特 2030 愿景）高度契合，这些愿景强调环境责任和创新。

强化 AAC 在区域发展中的作用

随着海湾国家优先考虑可持续的城市增长，AAC 将在满足建筑需求方面发挥更重要的作用。其经验证的性能、制造工艺的不断进步以及创新应用，使其成为该地区致力于环保发展的基石。

AAC 制造商、开发商和政策制定者之间的协作将是充分挖掘该材料潜力的关键。通过提高对 AAC 优势的认识，并推动其融入建筑法规和标准，海湾国家能够确保这种材料在未来的建筑中占据重要地位。

结论

AAC 在阿联酋和海湾地区的兴起，体现了该地区对质量、可持续性和创新的承诺。随着本地和国际需求的不断增长，AAC 有望继续成为现代建筑的重要组成部分，助力建筑行业实现环境责任与运营效率并重的双重目标。 ●



Exeed Litecrete 已成功将迪拜南部35%的住宅项目转变为采用AAC凉亭的设计，这一重要成就反映了市场对可持续和创新建筑解决方案的日益增长需求



Exeed Litecrete

EXEED Litecrete LLC
P.O. Box 4009
Industrial City of Abu Dhabi (ICAD2)
Abu Dhabi, United Arab Emirates
T +971 2 203 8600
www.exeed.ae

蒸压加气混凝土模块化面板 在波兰的发展前景

M.ENG. WOJCIECH ROGALA, POLITECHNIKA WARSZAWSKA, POLAND
M.SC. ROBERT TURSKI, XELLA POLSKA, POLAND

2023年，波兰开始生产蒸压加气混凝土（AAC）模块化墙板。这些面板具有蒸压加气混凝土的优点，但安装时间显著缩短，这可能促使这种技术在波兰的普及度显著提高。本文探讨了应用领域、组装技术，并将其与其他材料制成的墙体在劳动强度方面进行比较，同时分析了可能影响未来市场可用技术的微观经济因素。

蒸压加气混凝土（AAC）砌块是波兰墙体施工中最受欢迎的材料，占墙体材料市场份额约42% [1, 2]，在砌筑材料中占比达50%。

过去10年中，标准AAC砌块的生产技术并未发生显著变化。已经开发出更轻的AAC生产技术，可以用于当前热工要求下的整体隔墙 [3]。作为典型保温材料的AAC材料也越来越受欢迎 [4]。市场上出现了更大尺寸的砌块，但未获得相同的普及度。

2023年，波兰开始生产一种新型产品——模块化墙板。这些墙板高度与楼层齐平，既适用于隔墙，也可用于结构墙。自20世纪50年代起，波兰就已生产并使用钢筋加固的AAC构件，但其市场份额从未超过AAC总产量的2-5% [5, 6]。生产内容包括竖向和横向构件。钢筋AAC产品被用于单户和多户住宅建设。波兰科学家对该产品的发展作出了重要贡献，包括制定生产标准和安装指南。此外，还开发了多种创新的钢筋防腐方法。

20世纪90年代初，波兰的建筑业，尤其是工业化建造方法，经历了衰退，这在一定程度上导致钢筋构件生产的停滞。当时的生产商停止生产钢筋AAC构件，主要

原因是自建房数量的增加和转型初期低廉的劳动力成本。目前，社会和经济条件的变化为这些构件的发展创造了新的机遇。

根据现代设计和配方生产的模块化AAC墙板，自2012年以来已在波兰使用。然而，由于从德国和荷兰的进口以及运输成本，这些墙板仅在波兰的少数地区受到欢迎。在波兰本地生产有望显著提高这些构件的普及度。AAC行业的发展前景已在文献 [7] 中进行了讨论。本出版物旨在描述模块化AAC墙板的技术应用可能性，并呈现市场和人口分析，以评估在当前市场现实中该技术的发展前景。

市场份额及各细分市场的应用可能性

波兰约50%的砌筑材料用于单户住宅市场细分，其中AAC的市场份额估计约为55%（见图1）。在这一市场中，AAC因其安装方便和卓越的热工性能而受到欢迎。在非住宅建筑市场（约占砌筑材料的25%）和翻修市场（约占砌筑材料的5%）中，AAC的市场份额估计约为50%。在这些细分市场中，AAC因其安装便利性和良好的防火性能而广受欢迎。在多户住宅市场（约占砌筑材料市场的20%），

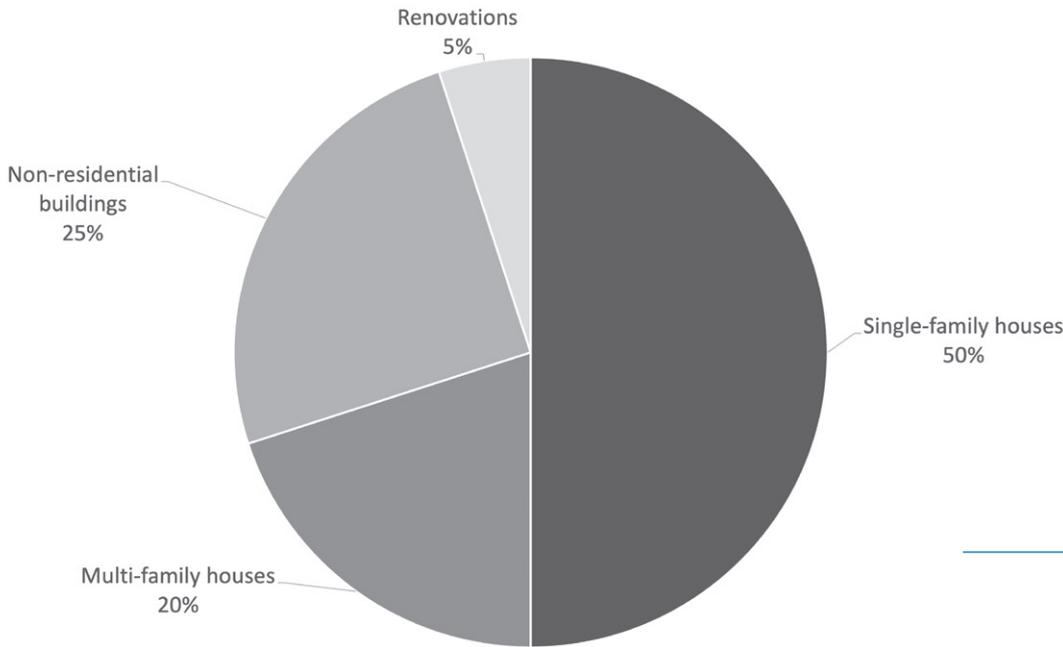


图1: 砌体结构在各细分市场的市场份额

蒸压加气混凝土的市场份额较小（约 15%），主要用于隔墙和外覆墙。

现有形式的模块化墙板可作为单户住宅细分市场和非住宅建筑中的结构构件。在单户住宅中，平屋顶和四坡屋顶的设计为使用模块化 AAC 墙板提供了最佳条件。它们在重复性开发项目中特别有用，因为较短的施工时间和较低的劳动强度对投资的固定成本影响更大。

在 multi-family 住宅中，模块化 AAC 墙板主要用于内部隔墙的建设。应用中的一个限制是墙板的高度（最高可达 3.0 米）以及隔墙所需的声学隔音性能 [8]，这需要使用重型薄隔墙。然而，multi-family 住宅的声学要求允许使用 10 厘米厚的墙板建造隔墙。墙板的优势在于可以实现薄层饰面，从而显著减少隔墙的实际厚度。由模块化构件制成的墙体还可用作双层隔墙，在层间填充矿物棉 [9]。这种变体由于

双重安装成本的存在，实施成本更高，但在将现有建筑改造成住宅用途时被采用，因为这些楼层的设计未考虑承载大体量隔墙的负荷。

劳动力成本及体力劳动者供应的预测

2010 年，劳动力成本占墙体施工成本的 28%。十年后，劳动力成本已占用硅酸盐砌块建墙成本的 48%。这不仅仅与劳动力成本的普遍上涨有关。2017 年至 2022 年期间，劳动力费率增长了 80%，而平均工资仅增长了 55%（见图 2）。到 2023 年底，由于最低工资的提高，这一差距有所缩小，但仍然倾向于劳动力成本。因此，建筑劳动力价格的增长动态大于材料价格和工资增长的动力。目前，雇佣成本被认为是建筑行业商业活动的最大障碍 [13]。建筑领域的体力劳动求职者失业率已降至 1% 以下，93% 的

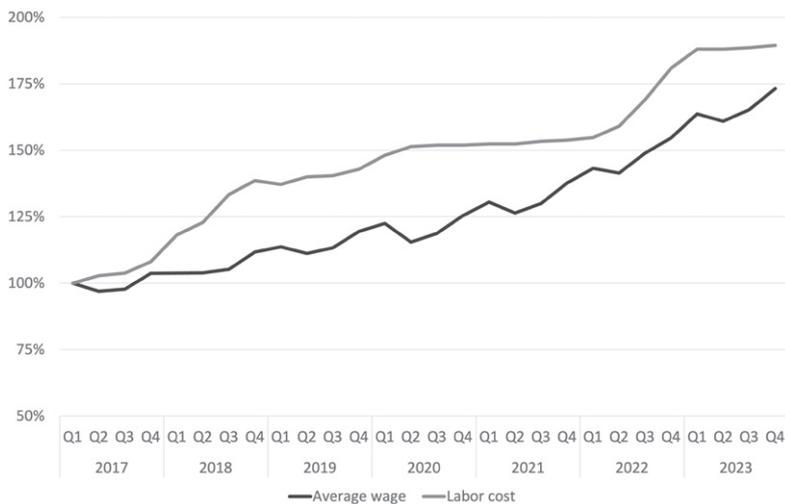


图2: 基于 Intercenbud 数据的建筑劳动力成本与基于 GUS 数据的平均工资增长对比

公司表示希望雇用砌筑和钢筋行业的工人 [14]。砌墙工作涉及大量体力劳动。假设此类工作可由 20 至 60 岁的男性有效完成，能够从事此类工作的潜在人口将从目前的 1130 万减少到 2050 年的 800 万 [15]。考虑到 2011 年至 2021 年间受过高等教育人数增加了 30%（从 17.1% 增加到 23.1%）[16]，砌筑行业中愿意从事体力劳动者的供应前景不容乐观。

人口减少并未与住房需求的同比下降挂钩。2021 年，波兰在欧洲国家中每千居民住宅数量排名倒数第三，为 400 套，而欧盟的平均值为 495 套 [17]。新的建筑能源性能指令（EPBD）[18] 旨在到 2030 年将住宅建筑的能源消耗减少 16%，到 2033 年减少 26%。引入翻新护照后，将许多建筑改造为零排放标准在波兰可能过于昂贵。2021 年，超过 50 年的建筑占波兰住房存量的 38%，波兰有超过一百万套住宅建于 100 年前 [19]。将此类建筑改造成符合现代排放标准的建筑涉及显著更高的成本，尤其是此类建筑的隔热通常无法以传统方式进行 [20]。

综上所述，许多因素表明愿意从事体力劳动的人数将减少，对节能住宅的需求将增加，这无疑将显著影响当前流行的砌筑技术。没有机械化，这些工作将变得过于昂贵，可能被其他技术取代。即使在今天，许多承包商表示，唯一愿意持续进行繁重体力劳动的工人是 40 岁以上的人群。

模块化 AAC 墙板生产的概念

2023 年，波兰的两个工厂开始生产 AAC 墙板——位于 OSTROŁĘKA 的 YTONG 生产工厂（XELLA 集团的一部分）和位于 ŚNIADOWO 的 PREFBET ŚNIADOWO 生产工厂 [21]。尽管这些构件在波兰历史上曾被生产过，但工厂设备和产品范围的设计已被重新规划，使产品能够适应当前的材料和建筑要求。OSTROŁĘKA 工厂的钢筋由盘条提供，钢筋会被自动切割并送至钢筋站，在钢针上悬挂。钢筋站还设置了运输锚点。钢筋骨架随后浸入防腐涂料中，运送到停

车站。涂料干燥后，带有安装好并经过防腐保护的钢筋的模具被送至养护室。悬挂钢筋的针从混合物中移除，经过养护室几小时后，混合物获得初始强度，确保钢筋不会移动位置。加固板随后经过蒸压，其与小尺寸砌块的其他差异仅在包装过程中体现。生产的产品在密度方面与标准砌块类似。用于结构墙的构件范围见表 1 [22]。单个构件的重量根据尺寸、类型和含水量的不同，从 56 公斤到 291 公斤不等。

上述每种构件均有表 2 中规定的尺寸可供选择。四种可用长度的构件允许现有项目的轻松适配，并且这种适配不会使隔墙和开口的位置偏移超过 3.75 厘米。该概念要求在存储地点提供每种宽度的 11 种类型的墙板。高度为 800 毫米的构件用于窗下区域的墙体，高度为 1800-2400 毫米的构件用作支撑过梁的构件，而高度为 2600-3000 毫米的构件用于全高墙片。墙体高度通过起始层的高度（100 或 200 毫米）增加，建议用起始层来平整板面或基础墙的表面。在系统中，可按照 100 毫米的高度模块构建墙体。该概念是“高效建造”计划的延续，在该计划下，近年来开发了两种用于用硅酸盐砌块建造墙体的创新迷你起重机，并引入了“施工服务”，允许直接从制造商处订购带安装的墙体。制造商随产品提供在 BIM 环境中开发的安装计划。

用于隔墙建造的产品系列（表 3）源于多户住宅的声学要求 [8]。由于隔墙被用于不同材料和不同高度模块的建筑中，因此需要以 2 厘米的间隔生产高度在 2600 毫米到 3000 毫米之间的产品。

墙板的生产实现了零废料，这意味着模具中未使用的混合料将回收至浆料罐，并重新投入生产。与小尺寸砌块的组装不同，该系统需要一个包含墙板布置的安装计划。根据适配所在的投资阶段，项目可能需要进行轻微的尺寸更改，或进行优化技术应用的调整。在适配的情况下，由墙板宽度模块引起的任何变化都可以通过钢筋混凝土柱进行弥补。

表 1：用于结构墙的模块化 AAC 墙板类型

厚度	抗压强度	平均干密度	预期用途
36.5 cm	2.2	300	外部整体墙 (U = 0.20 W/(m²K))
20 cm	4.0	475	内部结构墙或外部墙，旨在进行保温处理
24 cm			

表2: 可用于结构墙建造的AAC墙板尺寸

高度 / 长度 [mm]	299	374	449	599
800				+
1800	+1)			
2000	+			
2200	+			
2400	+	+1)	+1)	+1)
2600	+	+	+	+
2800	+	+	+	+
3000	+1)	+1)	+1)	+1)

1) 按特殊要求提供的元素

AAC 模块化墙板的安装

结构用 AAC 模块化墙板通过起重设备安装。可以使用普通建筑起重机、伸缩式旋转装载机、小型起重机或 HDS 类型运输设备的起重装置进行安装。租用小型起重机成本不高，但需要设备运输，因此除非承包商自有设备，

否则并非最佳选择。使用 HDS 起重设备直接从车辆安装适用于距离生产厂较近的工地，因为此类车辆的负载能力较小，运输超过 50-100 公里的材料会显著增加成本。最有效的安装方法是使用轮式底盘起重机，通常可以从一个或最多两个工作点完成单户住宅墙体的安装。

表3: 可用于隔墙的AAC墙板类型

厚度	抗压强度	平均干密度	预期用途
7.5 cm	5.0	625	多户建筑中房间之间的墙壁 (R _{A1} ≥ 37 dB) [8]
10 cm	5.0	625	多户建筑中房间和浴室之间的墙壁 (R _{A1} ≥ 40 dB) [8]

用于结构墙的 AAC 模块化墙板配有运输锚点，环形连接器附着在其上。墙体施工从铺设第一层小尺寸砌块开始，用以平整表面以便安装墙板构件。墙板由两名安装工和一名起重机操作员组成的施工队伍安装，其雇佣成本包含在设备租赁费用中。在竖立墙板时，填充垂直接缝，并通常在提升构件前涂抹砂浆。安装后，通过钉上两个钢夹来稳定墙板，每四块板用斜撑杆固定。安装使用专用砂浆，其厚度不得超过 3 毫米。构件不配备垂直连接，仅通过砂浆连接，这意味着设计中未考虑构件之间的相互载荷传递。斜撑杆在天花板完成后释放 [34]。图 3 显示了用于建造结构墙的墙板安装示例照片。

隔墙用墙板从托盘上提升时，最常用手动推车。此推车用于将墙板运输到目标位置，并在需要切割墙板时

充当工作台。在提升墙板之前，安装橡胶块作为天花板或结构墙的伸缩缝。墙板通过旋转方式安装。安装过程中，墙板用专用升降机提升，并在底边放置木楔。安装后，底部空腔填充通用砂浆，天花板空腔和结构墙的伸缩缝填充聚氨酯泡沫 [23]。图 4 显示了用于隔墙的墙板安装示例。

总结与展望

2023 年，波兰开始生产 AAC 模块化墙板，将 AAC 的优点与更快的安装时间相结合。这些墙板既适用于结构墙，也适用于隔墙，旨在应对劳动力短缺、建筑成本上升以及对节能住宅需求增加的问题。尽管 AAC 砌块主导着波兰市场，但模块化墙板可能因其较低的劳动强度及



图3：使用模块化AAC墙板建造的波兰比托姆幼儿园

其与现代建筑标准的兼容性而获得青睐。挑战包括某些用途的隔音性能有限以及非本地生产的高运输成本。墙板生产和安装技术的创新，如自动化钢筋加固和机械化装配，为其市场潜力提供了支持。

本文的第二部分将重点讨论墙板安装的施工时间和劳动强度、AAC 模块化墙板组装过程中的安全性、环境影响与可持续性，以及模块化加固墙板的市場潜力。

参考文献

- [1] MISIEWICZ L., RYNEK MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH DO WZNOŠENIA ŚCIAN W POLSCE W 2021 ROKU. MATERIAŁY BUDOWLANE. 2022.
- [2] GUS, PRODUKCJA WYROBÓW PRZEMYSŁOWYCH W 2021, 2022, 2023 ROKU
- [3] [ONLINE] [HTTPS://WWW.XELLA.PL/PL_PL/SCIANY-JEDNOWARSTWOWE-YTONG](https://www.xella.pl/pl_pl/sciany-jednowarstwowe-ytong) (ACCESS ON 10.07.2024)
- [4] ROGALA, W., NIEMIEC, K. WYKORZYSTANIE WŁAŚCIWOŚCI IZOLACYJNYCH BETONU KOMÓRKOWEGO PRZY BUDOWIE PRZEGRÓD. MATERIAŁY BUDOWLANE, 2024
- [5] ZAPOTCZNA-SYTEK G., HISTORIA AUTOKLAWIZOWANEGO BETONU KOMÓRKOWEGO W POLSCE. PWN; WARSZAWA, 2019.
- [6] POGORZELSKI J., URBAN L., GAZOBETON W BUDOWNICTWIE. WYDAWNICTWO ARKADY; KRAKÓW, 1958.
- [7] TURSKI R., ROGALA W., CURRENT SITUATION AND FURTHER DEVELOPMENT OF AAC IN EUROPE, CEMENT WAPNO BETON 27(3) 154-165 (2022). [HTTPS://DOI.ORG/10.32047/CWB.2022.27.3.1](https://doi.org/10.32047/cwb.2022.27.3.1)
- [8] PN-B 02151-3:2015-10, AKUSTYKA BUDOWLANA - OCHRONA PRZED HAŁASEM W BUDYNKACH - Część 3: WYMAGANIA DOTYCZĄCE IZOLACYJNOŚCI AKUSTYCZNEJ PRZEGRÓD W BUDYNKACH I ELEMENTÓW BUDOWLANYCH
- [9] RAPORT Z BADA Ń IZOLACYJNOŚCI AKUSTYCZNEJ LZFO0-01529/18/ZOONZF
- [10] BAZA CENOWA INTERCENBUD, 1 KW. 2010 - 4 KW. 2023
- [11] GUS, KOMUNIKATY PREZESA GŁÓWNEGO URZĘDU STATYSTYCZNEGO W SPRAWIE PRZECIĘTNEGO WYNAGRODZENIA, 1 KW. 2017 - 4 KW. 2023
- [12] BAZA CENOWA INTERCENBUD, 1 KW. 2017 - 4 KW. 2023
- [13] [ONLINE] [HTTPS://STAT.GOV.PL/OBSZARY-TEMATYCZNE/KONIUNKTURA/KONIUNKTURA-W-PRZETWORSTWIE-PRZEMYSLOWYM-BUDOWNICTWIE-HANDLU-I-USLUGACH-2000-2024-MAJ-2024,4,85.HTML](https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/koniunktura/koniunktura-w-przetworstwie-przemyslowym-budownictwie-handlu-i-uslugach-2000-2024-maj-2024,4,85.html) (ACCESS ON 10.07.2024)
- [14] [ONLINE] [HTTPS://WWW.WIELKIEBUDOWANIE.PL/GO.LIVE.PHP/PL-H716/RYNEK-PRACY-W-BUDOWNICTWIE.HTML](https://www.wielkiebudowanie.pl/go.live.php/pl-h716/rynek-pracy-w-budownictwie.html) (ACCESS ON 10.07.2024)
- [15] [ONLINE] [HTTPS://WWW.POPULATIONPYRAMID.NET/](https://www.populationpyramid.net/) (ACCESS ON 15.06.2023)
- [16] [ONLINE] [HTTPS://STAT.GOV.PL/FILES/GFX/PORTALINFORMACYJNY/PL/DEFAULTAKTUALNOSCI/6494/2/1/1/LUDNOSC_WEDLUG_CECH_SPOLECZNYCH-WYNIKIWSTEPNENSP_2021.PDF](https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/6494/2/1/1/ludnos_wedlug_cech_spoecznych-wynikiwstepnensp_2021.pdf) (ACCESS ON 10.07.2024)



图4：波兰乌姆扎多户住宅中由模块化AAC墙板制成的隔墙

- [17] [ONLINE] [HTTPS://STREFAINWESTOROW.PL/ARTYKULY/NIERUCHOMOSCI/20221103/ODNOWA-ZASOBOW-MIESZKANIA-POLSKA/](https://strefainwestorow.pl/artykuly/nieruchomosci/20221103/odnowa-zasobow-mieszkania-polska/) (ACCESS ON 10.07.2024)
- [18] DIRECTIVE (EU) 2024/1275 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL OF 24 APRIL 2024 ON THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS (RECAST)
- [19] [ONLINE] [HTTPS://WWW.RP.PL/NIERUCHOMOSCI/ART37737731-MILION-MIESZKAN-W-POLSCE-MA-PONAD-100-LAT](https://www.rp.pl/nieruchomosci/art37737731-milion-mieszkan-w-polsce-ma-ponad-100-lat) (ACCESS ON 10.07.2024)
- [20] ROGALA W., WARUNKI TECHNICZNE W ODNIESIENIU DO TERMOMODERNIZACJI OBIEKTÓW ZABYTKOWYCH, ACTA SCI.POL. ARCHITECTURA, 2017, 16.2: 77-84.
- [21] SYSTEM ŚNIADOWO – BUDOWNICTWO EKOLOGICZNE I EKONOMICZNE, MATERIAŁY BUDOWLANE 4/2024. 2024.
- [22] [ONLINE] [HTTPS://WWW.XELLA.PL/PL_PL/YTONG-PANEL-SWE-ULTRA-PLUS](https://www.xella.pl/pl_pl/ytong-panel-swe-ultra-plus) (ACCESS ON 10.07.2024)
- [23] YTONG PANEL SWE I YTONG PANEL - WIELKOFORMATOWE SYSTEMY DO SZYBKIEJ BUDOWY, WARSZAWA 2023.
- [24] KNR BC-01, ROBOTY BUDOWLANE W SYSTEMIE YTONG, WYDANIE II, WARSZAWA 2009
- [25] KNR K-28, ROBOTY MUROWE W TECHNOLOGII SILKA E, WYDANIE I, KOSZALIN 2006
- [26] KNR AT-38, SYSTEMY OCIEPLE Ń ATLAS, WYDANIE I, WARSZAWA 2017
- [27] KNR AT-32, WYPRAWY Z FABRYCZNYCH SUCHYCH MIESZANEK TYNKARSKICH W TECHNOLOGII BAUMIT, WARSZAWA 2006
- [28] KNR K-30, ROBOTY MUROWE W SYSTEMIE POROTHERM, WYDANIE II, KOSZALIN 2015
- [29] HOFFMANN M, SKIBICKI S, PANKRATOW P, ZIELI Ń SKI A, PAJOR M, TECHMAN M. AUTOMATION IN THE CONSTRUCTION OF A 3D-PRINTED CONCRETE WALL WITH THE USE OF A LINTEL GRIPPER. MATERIALS. 2020; 13(8):1800. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/MA13081800](https://doi.org/10.3390/ma13081800)
- [30] BARTOŠ M., BULEJ V., KURIC I. CONCEPTUAL DESIGN AND SIMULATION OF CABLE-DRIVEN PARALLEL ROBOT FOR INSPECTION AND MONITORING TASKS. MATEC WEB OF CONFERENCES. 357. 02024. 2022. [HTTPS://DOI.ORG/10.1051/MATECONF/202235702024](https://doi.org/10.1051/mateconf/202235702024)
- [31] [ONLINE] [HTTPS://NEWS.XELLA.COM/BLOGS/XELLA-TF-LAUNCHES-PILOT-PROJECT-WITH-FAST-BRICK-ROBOTICS-AUSTRALIA](https://news.xella.com/blogs/xella-tf-launches-pilot-project-with-fast-brick-robotics-australia) (ACCESS ON 10.07.2024)
- [32] PN-EN 13155:2021-05 DŹWIGNICE -- BEZPIECZE Ń STWO -- ZDEJMOWALNE URZĄDZENIA CHWYTAJĄCE
- [33] KREFT O., FUDGE C., WALCZAK P., ROADMAP FÜR EINE TREIBHAUSGASNEUTRALE PORENBETONINDUSTRIE IN EUROPA, MAUERWERK 26(2), 77-84. 2022. [HTTPS://DOI.ORG/10.1002/DAMA.202200004](https://doi.org/10.1002/dama.202200004)
- [34] KREFT O., CIRCULAR ECONOMY POTENTIAL FOR AUTOCLAVED AERATED CONCRETE, CE/PAPERS. 2, 465-470. 2018. [HTTPS://DOI.ORG/10.1002/CEPA.893](https://doi.org/10.1002/cepa.893)
- [35] [ONLINE] [HTTPS://WWW.XELLA.PL/PL_PL/NEWS-RAPORT-ESG-2023](https://www.xella.pl/pl_pl/news-raport-esg-2023) (ACCESS ON 10.07.2024)
- [36] WALTHER H., CO₂ ABSORPTION DURING THE USE PHASE OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE BY RECARBONATION, AAC WORLDWIDE, 2022(1), 18-29 (2022).

xella

Xella Polska Sp. z o.o.
 ul. Komitetu Obrony Robotników 48
 02-146 Warszawa
 Poland
www.xella.pl

在加气混凝土（AAC）生产过程中产生的蒸汽废能的可用性

LU JIE, CHEN XIN-JIANG, HE XIAO-LEI, ZHANG YE-XIN, LIU PIN-DE AND YU JIA-FENG,
ANHUI KEDA INDUSTRIAL CO.,LTD, CHINA

根据计算和统计分析，B05 砂基加气混凝土产品的蒸汽能耗（以下简称热耗）约占总生产能耗的 84%。基于此，可以评估加气混凝土产品生产中节能和减碳的主要潜力。减少热耗的方法通常包括两大类——减少生产过程中的能耗，以及利用生产过程中产生的废能来减少所需的外部蒸汽供应。因此，需要考虑两个基本数值。首先是加气混凝土产品的“理论生产热耗”数值，它表示蒸汽能耗生产过程中所需的最低热值，即在考虑“废热利用”条件下节能减排的极限值。其次，是区分加气混凝土生产中产生的“高品质废能”和“低品质废能”的分界点，以明确废能利用的极限值。

本文主要围绕这两个基本数值进行详细阐述。“理论生产热耗”的数值代表“加热坯体 / 坯块所需的能耗”数值。此外，本文还重点探讨废能利用的相关方面。为简化计算和测试的复杂性，本文未考虑实际生产中需要考虑的一些因素（例如电阻、热散失、实际蒸汽干度等）。此外，文中所使用的生产公式、蒸汽公式及其他参数均为通用类型，未考虑特殊情况或特例。

加气混凝土（AAC）产品生产中的主要能耗包括电力消耗、燃料消耗和蒸汽消耗（以下简称热耗）。

对于 B05 砂基加气混凝土产品，蒸养生产中使用的饱和水蒸汽所转换的能耗约占总生产能耗的 84%，如表 1 所示。

表 1: 加气混凝土（AAC）产品生产过程中三种能耗占总能耗的百分比

指标	电力消耗	蒸汽消耗	燃料消耗	总计
百分比	14	84	2	100

因此，加气混凝土产品生产中节能减碳的任务应主要通过减少热耗来实现，并需要深入了解减少热耗的方法。减少热耗的方法大致分为两类：

- 减少生产过程中的能耗。
- 利用生产过程中产生的废能来减少所需的外部蒸汽供应。

生产过程中所需的蒸汽能耗包括加热坯体（干物料 + 配料水）所需的能耗以及整个蒸养过程中产生的其他能耗。显然，加热坯体所需的能耗是生产过程中能耗的最低极限值。所谓的“低碳产品”研究，重点在于通过工艺技术减少加热坯体所需的能耗，即降低生产能耗的最低极限值。在生产过程中，生产者还需精确研究其他能耗来源，并采取措​​施尽可能减少这些能耗。

实践经验表明，充分利用蒸汽养护过程中产生的废能（即冷凝水的热能和排汽的热能，以下称为“废汽”），是减少外部蒸汽供应需求（即蒸汽消耗蒸汽）的有效方法。

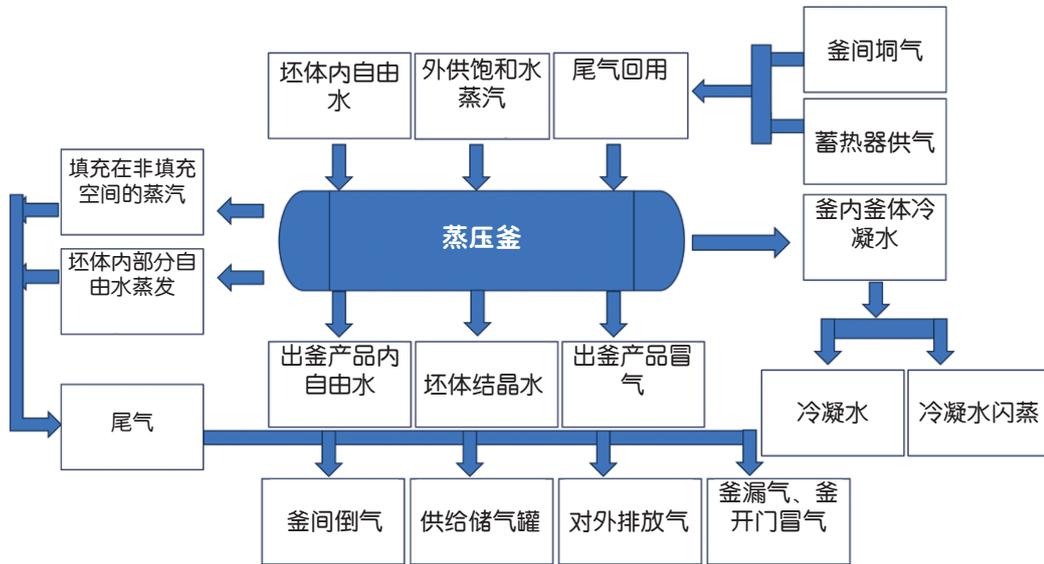


图 1: 蒸压工艺的水平衡图

并非所有废能都可以被利用。当获得的能量小于过程中消耗的能量时，该能量不可利用。可利用的废能称为高品质废能，而不可利用的废能称为低品质废能。随着科学技术的发展，目前的低品质废能可能在未来转变为高品质废能。

在生产过程中进入蒸压釜的所有水都会参与热交换，并可能参与液态向蒸汽相的转化。因此，蒸汽能耗的分析不能单纯从蒸汽热能的角度考虑，而需要更系统的分析。

根据蒸压釜的水平衡，可以推断出生产过程中进入蒸压釜的水包括坯体的自由水、外部供应的饱和水蒸汽以及再利用的废气。排出蒸压釜的水包括产品的结晶水、蒸压釜内的自由水、蒸压釜体的冷凝水、废气、蒸压釜门排汽，以及产品出釜时的排汽，如图 1 所示。

由此可见，在研究减少热耗的方法并判断其是否具有意义时，需要理解两个基本数值：

1. 加气混凝土（AAC）产品生产的理论热耗值，即生产过程中所需的最低热值。除了废热利用外，这也可以视为节能和降低能耗的极限值。
2. 在加气混凝土产品蒸养过程中产生的全部废能中，高品质废能与低品质废能的分界点，从而了解废能利用的极限值。

第一个数值（1）在特定的产品和工艺条件下是相对固定的，而第二个数值（2）会随着技术进步而发生变化。

废能利用

排汽排放

在生产过程中，从蒸压釜排出的废气（包括蒸压釜产品排汽和蒸压釜门开启时的排汽）涉及两个方面：

- A. 填充蒸压釜未占满空间的蒸汽。
- B. 坯体中储存的自由水在冷却过程中部分蒸发形成的蒸汽。

对于第一个方面（A），废气的数量和热能相对固定。对于第二个方面（B），当冷却时间较长时，坯体中的自由水有足够时间蒸发，废气量增加；相反，当冷却时间较短时，产品含水量较高，蒸汽量增加。

理想的废气排放，即废气排放的极限值，是在每个冷却阶段中，坯体中的自由水充分挥发并排放至 0 兆帕压力时所达到的状态

表 2 显示了科达公司系列产品蒸压过程中最大废气排放量的计算，其中废气干度（即气态水占废气体积的比例）设定为 0.9。

表 2 未考虑诸如管道阻力和蒸发等因素，这些因素会导致坯体中的自由水蒸发，但未能排出蒸压釜，而是重新凝结为冷凝水并从蒸压釜体的冷凝水排放管流出。表中显示，随着产品干密度的降低，坯体自由水的废汽蒸发率（占产品重量的比例）增加，而总排放量减少。

废汽排放能量

图 2 显示了科达公司系列产品蒸压工艺降压阶段各压力段废汽焓排放的计算曲线，表 3 显示了该系列产品蒸压冷却废汽的最大热量计算值。

图 2 和表 3 表明，只要有足够的时间，废汽量可以排放到与外部大气相同的压力，其所含焓能约占理论生产热耗的 50% 以上。充分利用废气的焓能具有重要意义。

此外，图 2 显示，随着压力的降低，废汽排放的焓能增加，且增速上升。这是因为在高压段每 0.1 MPa 的温差小于低压段每 0.1 MPa 的温差，从而导致能量值的差异。图 3 显示，从 0 MPa 饱和压力到 0.1 MPa 饱和压力的温差为 20.6°C，而从 1.0 MPa 饱和压力到 1.1 MPa 饱和压力的温差为 3.9°C。如图 2 所示，从 1.1 MPa 降至 0.4 MPa (152°C) 的压力降焓能与从 0.4 MPa 降至 0.0 MPa 的

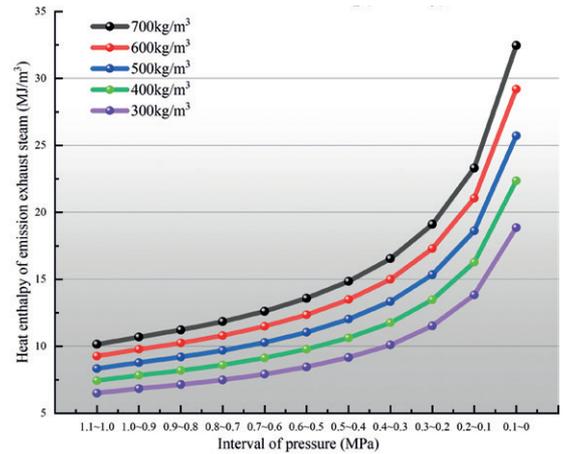


图 2：各压力段废汽排放的焓热值

焓能相似。

图 4 显示，饱和水蒸气的焓热随着压力的增加迅速上升，0.0 MPa 下蒸汽的焓热为 1.58 MJ/M³，0.4 MPa 下为 7.33 MJ/M³，1.1 MPa 下为 17.05 MJ/M³。由此可见，虽然低压下排放的废能总量较大，但其单位体积能量很低，压力较低，难以克服流动阻力。因此应用难度较大，未来需要进一步的技术改进。

表 2：加气混凝土 (AAC) 产品的废汽排放量 (至 0 MPa)

产品干密度, kg/m³	700	600	500	400	300
坯体自由水 (y) 蒸发尾气量, kg/m³	59.00	52.60	45.73	39.13	32.24
坯体自由水作尾气蒸发率/比产品重量	0.084	0.088	0.091	0.098	0.108
非填充空间饱和蒸汽作尾气排放量, kg/m³	8.96	8.96	8.96	8.96	8.96
尾气排放量, kg/m³	67.96	61.56	54.69	48.09	41.20

表 3：蒸压釜冷却废汽排放的最大焓热值

干密度, kg/m³	700	600	500	400	300
最大尾气含能, MJ/m³	176.34	159.98	142.39	125.48	107.84
当量蒸汽量, kg/m³	63.37	57.49	51.17	45.09	38.76

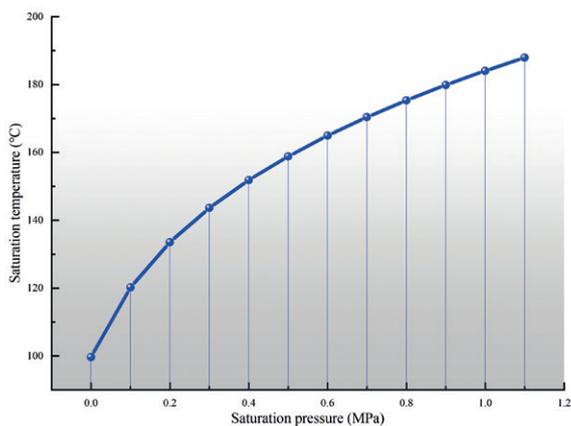


图 3：饱和水蒸汽压力与温度的关系

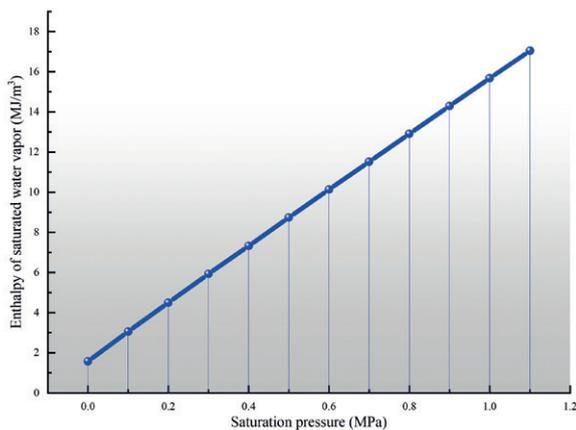


图 4：饱和水蒸汽压力与焓值的关系

反向蒸汽

目前，蒸压釜之间的直接反向操作是一种更有效利用废汽能量的方式。图 5 显示了科达公司系列产品在释放废汽至各压力段 (MPa) 时废汽的焓能 (MJ/m³)。图 6 显示了蒸压釜接受废汽焓热后的压力变化。

图 6 表明，即使释放蒸压釜的压力降至 0.1 MPa，接

受蒸压釜的压力也未超过 0.1 MPa，且仍存在压力差。上述两图的计算未考虑反向蒸汽过程中的阻力损失和热散失。如果考虑这些损失，接受蒸压釜的压力将更低。

在实际生产中，当释放蒸压釜的压力非常低时，蒸气流几乎停止。这是因为低压时动能较弱，释放蒸压釜的压力不足以克服两蒸压釜之间的摩擦阻力和热散失。

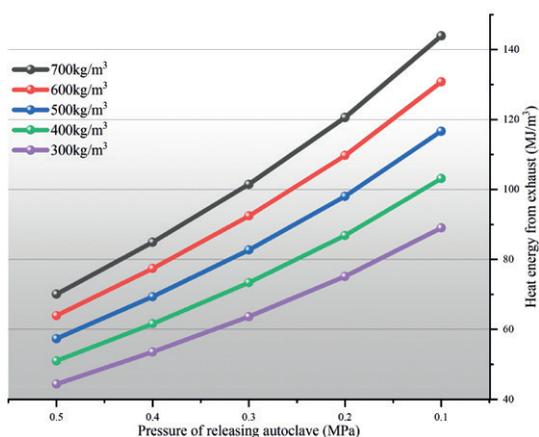


图 5：两个蒸压釜的反向蒸汽与释放能量

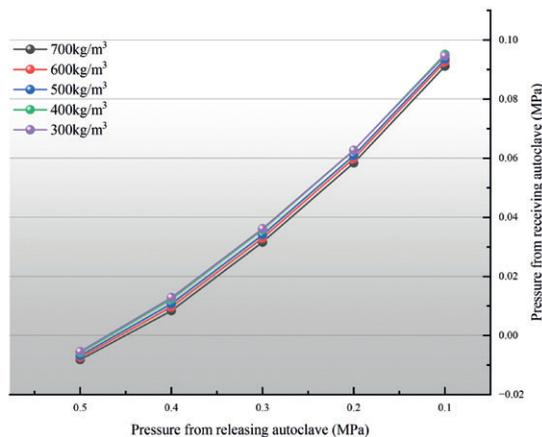


图 6：两个蒸压釜的反向蒸汽、释放蒸压釜的压力及接受蒸压釜的压力

在实际生产中，常常会观察到接受蒸压釜的压力超过图6所示的压力数据，甚至超过0.1 MPa。这是因为释放蒸压釜的初始压力很高，废汽流速非常快，大量蒸汽流入接受蒸压釜，而接受蒸压釜坯体的吸热速度无法跟上蒸汽热流的进入速度，从而导致蒸压釜内温度和压力暂时升高。

表4基于接受蒸压釜设为空釜（无坯体）的条件，考虑释放蒸压釜压力降至0.5 MPa时废汽排气的情况。在无坯体的情况下，接受蒸压釜的压力会迅速上升。

因此，建议将释放蒸压釜的压力降低至0.4~0.5 MPa。

冷凝水的可用性

冷凝水的来源

冷凝水来源的组成如图7所示。

冷凝水的数量和热能

以下数据计算基于1.1 MPa（表压）饱和水蒸汽的运行条件，例如废汽排放、反向蒸汽及其他热源，冷凝水的情况会发生变化。

表5显示了科达公司系列产品蒸养过程中冷凝水排放的最大值。

表5表明，总冷凝水量包括蒸压釜体排出的水和废汽冷凝形成的水，占总用水量的35%以上。充分利用这些冷凝水对节水和节能具有重要意义。此外，如果废汽（蒸压釜间的废汽或引至蒸汽储存罐的蒸汽）最终冷凝成可收集的水，其相应的收集量相当可观，对于700kg/M³的产品，废汽收集水量可达67.96 kg/M³。

表6显示，蒸压釜体冷凝水带走的热能超过理论生产能耗的65%以上，而废汽冷凝水的能量内容取决于生

表4：蒸汽转入空蒸压釜及接受蒸压釜的压力（释放蒸压釜的压力降至0.5 MPa）

干密度, kg/m ³	700	600	500	400	300
接受釜压力, MPa	0.362	0.299	0.240	0.185	0.136

表5：冷凝水的排放量

产品干密度, kg/m ³	700	600	500	400	300
釜体冷凝水排放量, kg/m ³	123.62	112.29	100.65	89.21	78.25
最大尾气排放量, kg/m ³	67.96	61.56	54.69	48.09	41.20
合计, kg/m ³	191.57	173.85	155.34	137.30	119.44

表6：蒸压釜体内冷凝水排放的热能

产品干密度, kg/m ³	700	600	500	400	300
釜体冷凝水含能, MJ/m ³	69.94	63.65	57.18	50.83	44.74

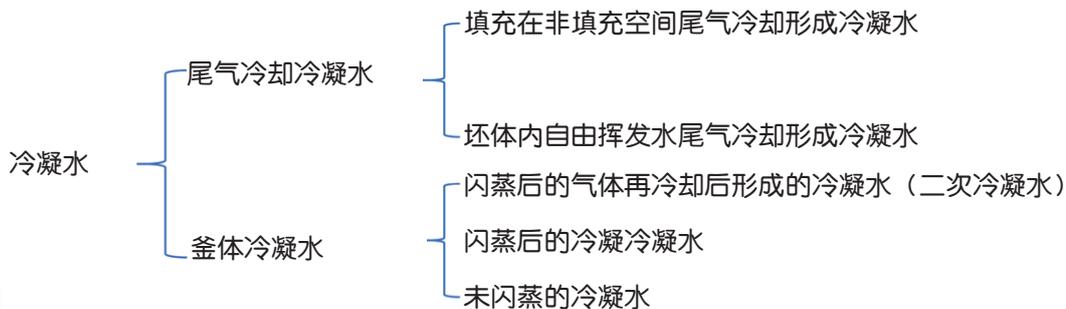


图 7: 冷凝水来源组成

产过程中废汽热能的利用率。充分利用冷凝水的热能对于降低热耗具有重要意义。

图 8 和图 9 显示了科达生产线系列产品的压力提升区间、蒸压釜内压力与釜体冷凝水量之间的关系，以及蒸压釜内压力与釜体冷凝水所含热能之间的关系。由于低压段的温差大于高温段，压力提升所需热能较高，生产过程中冷凝水量较大，冷凝水总热能较高。

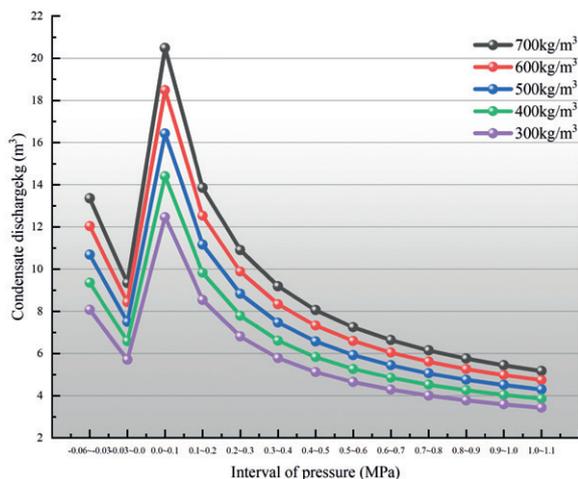


图 8: 压力提升区间与冷凝水排放

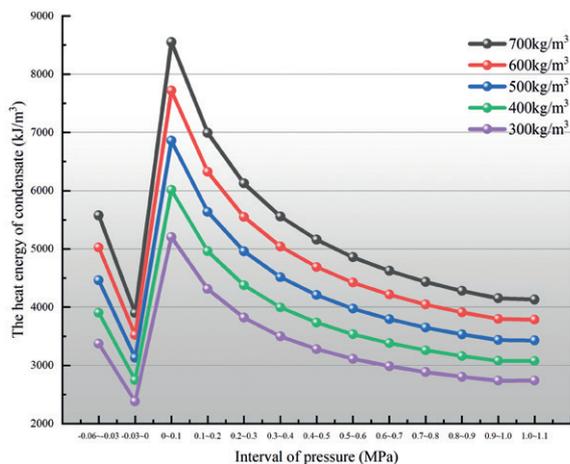


图 9: 压力提升区间与冷凝水排放热能



Keda Suremaker 赞助商为 AAC World-wide 的所有读者提供免费下载文章的可能性。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
2887, Tianmen Rd
Economic and Technological Development Zone
Maanshan City, Anhui Province, China
T +86 0555 2113600
www.keda-suremaker.com.cn

Anhui KEDA Industrial Co.Ltd
No.555, Linxiao Rd, Economic and Technolog
243041 Ma'anshan City,
China
T +86 0555 211 3600
www.keda-suremaker.com.cn

针对老化 Hebel 工厂的尖端 解决方案 - 第二部分

继探索 Hebel 工厂大规模现代化改造之后，本文第二部分将重点转向小型模块化升级方案，以满足老化工厂的特定需求。虽然采用 Aircrete 的平板坯技术（如 SYC 韩国和 Holcim 罗马尼亚）的全厂升级提供了全面的转型方案，但小型升级则为寻求有针对性改进的工厂提供了灵活且经济高效的解决方案，无需承担全面翻新的高额费用或停机时间。本文概述了增量式升级如何显著提升现有 Hebel 设备的生产效率和产品质量。通过关注特定组件（例如模具循环和切割线），工厂可以在设备可靠性、产品质量提升以及废料减少方面取得显著成果。文章还展示了一些实践案例，这些升级如何有效延长老化设备的使用寿命和生产能力，为其在不断发展的加气混凝土行业中提供竞争优势。

混合与计量

升级混合和计量区域能够为老化的 HEBEL 工厂带来显著的效率和质量提升。

其中一个重要步骤是用现代化的 AIRCRETE 设计搅拌机（图 1）替换老旧和磨损的搅拌机，确保批次质量的一致

性和优化的循环时间，同时降低能耗。此外，AIRCRETE 的自动高压搅拌机清洗系统（图 2）能够最大限度地减少人工操作，并显著缩短清洁时间，从而使工厂能够生产更多的坯体。自动高压搅拌机清洗系统中使用的加热水有助于保持搅拌机的温度，从而长期维持混合过程的一致性。减少搅拌机内部材料堆积还能确保没有大的团块进入坯体，避免后续生产步骤中出现问题。



图 1：现代化 Aircrete 设计的搅拌机将混合物排放到模具中



图 2：预装配的自动高压搅拌机清洗系统

引入新的浆料密度测量系统（图3）可以进一步提高质量控制。新一代 AIRCRETE 设计基于经过验证的 U 型管，但不同之处在于浆料不再连续流经，而是仅在限定时间间隔内进入 U 型管。新设计不仅可以实现高达 9 kg/m³ 的测量精度，在待机模式下，U 型管用水填充，能够实现每个测量周期的自动重新校准。关于新浆料密度测量系统的详细文章将在《AAC WORLDWIDE》2025 年第 2 期中发布。

毫无疑问，铝剂量是加气混凝土生产中的关键步骤。为提高安全性、降低运输和存储成本，许多工厂正从铝粉转换为铝膏。为此，AIRCRETE 开发了新一代铝膏计量系统（图4），在处理铝膏时能显著提升安全性、精确性和效率。新设计能够在每个三分钟的循环内实现 ±10 克的计量精度，并以分批方式制备铝膏。整个设备为预装配状态，可在三天内完成安装。有关 AIRCRETE 新铝膏计量解决方案

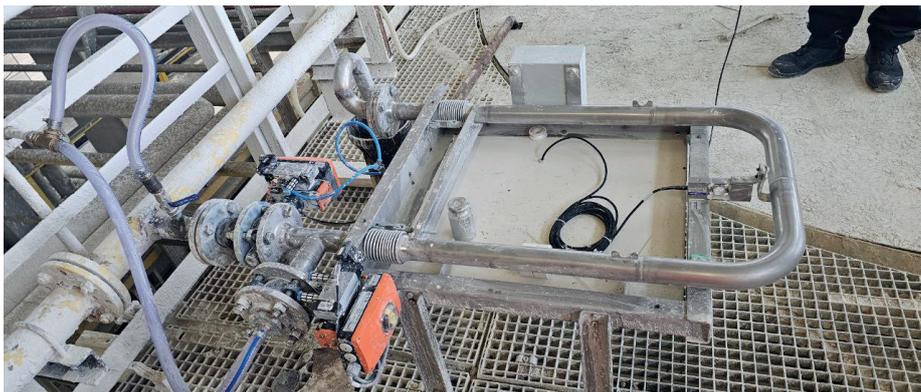


图 3：位于土耳其的一位 Aircrete 客户使用的新一代浆料密度测量系统

的更多信息，请参阅 2023 年《AAC WORLDWIDE》第 4 期的“新一代铝剂量系统”。

模具循环

在许多 HEBEL 工厂中，模具的连续移动是常见的操作方式。然而，为了让坯体能够充分膨胀，模具理想情况下应尽量保持静止状态。AIRCRETE 的模具循环系统通过将模具移动限制在必要的运输阶段来解决这一问题：从浇注区域移动到膨胀区域，然后再移动到切割机。在大部分时间内，模具会静止在膨胀区域内。AIRCRETE 的模具循环系统（图5）通过减少不必要的模具移动来提升可靠性，同时通过独立的模具移动增加灵活性，提供更多自动化的可能性，并通过精简高效的系统缩短循环时间。然而，



图 4：罗马尼亚 Holcim 工厂的新铝膏计量系统



图 5: 罗马尼亚 Holcim 工厂的 Aircrete 模具膨胀区域和模具横移车

这种解决方案仅适用于客户希望更换旧模具的情况，这也为整合高效的模具涂油系统提供了机会。

切割线

切割线作为每个加气混凝土工厂的核心设备，需要

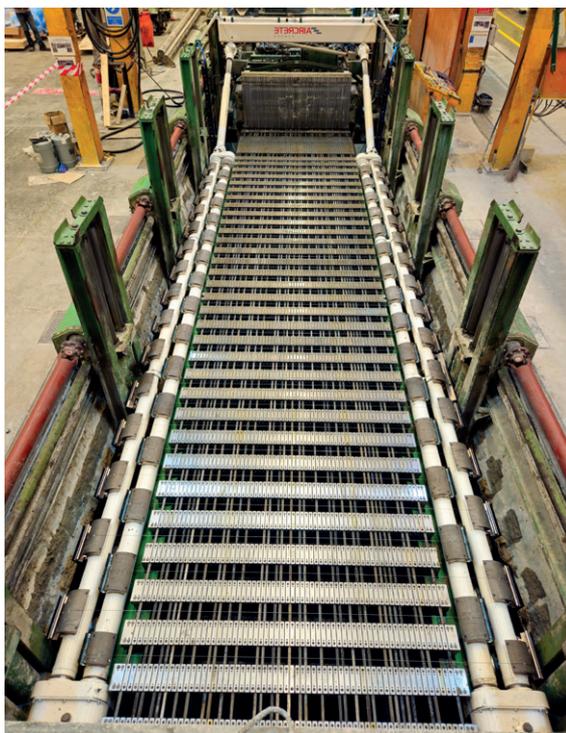


图 6: 位于泰国 Q-Con 的双振动轴配备气动拉紧的横切机

高质量和严格的维护。作为传统平板坯技术的供应商，AIRCRETE 深知如何维护 HEBEL 切割线。HEBEL 的切割过程采用平板坯切割，即坯体在切割过程中保持静止：首先由浇注吊车放置进行横切，然后通过移动式垂直切割机进行纵切，最后在清除所有废料层后将坯体送往养护区域。

标准的 HEBEL 横切机集成在切割机内，配备有两根单振动轴，切割线通过机械弹簧拉紧。在这里，AIRCRETE 提供了一种将其经过验证的双振动轴与气动拉紧系统集成的解决方案（图 6）。这不仅确保了切割线交替振动，还改进了切割线的拉紧性能。AIRCRETE 的气动拉紧解决方案提升了切割公差，同时双轴确保切割线向相反方向移动，从而在切割过程中减少坯体的应力。

完成横切后，移动式垂直切割机会对放置在切割台上的坯体进行切割。许多老旧工厂没有可移动的层压板，这意味着在坯体压紧时需要通过施加力将坯体挤在一起。AIRCRETE 能够提供带有可移动层压板的新切割台，该切割台在横切后先将坯体压紧，然后在垂直切割后打开间隙以消除粘连（图 7）。同时，AIRCRETE 提供了一种用气动方式拉紧垂直切割线的解决方案，以替代现有的弹簧拉紧系统（图 8）。

虽然每个 HEBEL 工厂都有自己的方式去除端部和侧面废料，AIRCRETE 提供了升级方案以提高废料去除的自动化程度（图 9），从而实现更优化的切割循环。当垂直切割



图 7：在发往罗马尼亚 Celco 之前，Aircrete 工厂测试的新层压台和推送器

完成且切割后的坯体被移走后，需要对层压台进行清洁和涂油。AIRCRETE 为层压台和清洁/涂油设备提供升级包，以帮助工厂提高生产效率和产品质量。

搬运系统

AIRCRETE 提供全面的升级方案，以提高老化 HEBEL 工厂的效率并优化搬运操作。

针对模具搬运，AIRCRETE 提供完整的 HEBEL 模具（带或不带可移动模具门），专为升级和优化搬运设备而设计。一个重要的创新是模具和侧板的自动清洁和涂油系统，

该系统可减少人工操作，确保质量一致，并消除粘连问题。

AIRCRETE 的升级还涉及养护框架、蒸压小车以及整体工厂物流。AIRCRETE 提供框架更换和先进的自动化方案，例如用于堆垛销处理的自动化系统（图 10），从而提高精确度并减少操作延迟。

在升级老化 HEBEL 工厂的卸载线方面，AIRCRETE 提供多种倾斜台和机械臂解决方案，以提高效率并降低运营成本（图 11）。配合自动化托盘进料和定位，这些升级能够优化卸载和包装操作流程。

AIRCRETE 还提供重型模具和卸载吊车的升级方案，通过将提升机制从液压转换为电动，并添加新的高性能夹具，以提高负载稳定性并延长设备使用寿命（图 12）。从液压转换为电动提升和夹紧机制，能够避免液压备件停产带来的供应链问题。此外，电动机机制在处理精度和速度上显著优于液压系统，有助于优化循环时间和提升产品质量，同时降低整体能耗。

控制系统

现代化控制系统对于维持老化 HEBEL 工厂的效率和可靠性至关重要。AIRCRETE 提供将过时控制系统完全替换为先进的西门子 S7 TIA（全集成自动化）平台的服务。该升级提供了用户友好的界面，增强了工厂范围内的操作控制和监控能力。

除了功能改进外，西门子 S7 TIA 系统还带来了长期优势，包括更好的零件可用性和持续支持，确保工厂能够

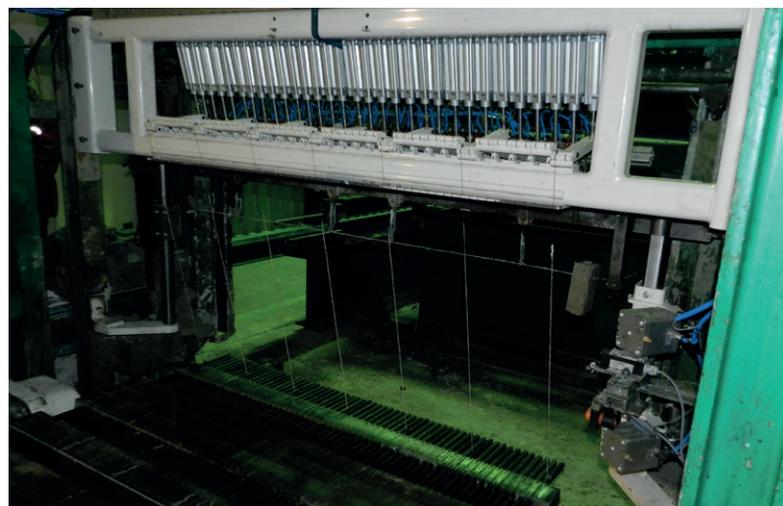


图 8：老旧 Hebel 工厂中的气动垂直切割线拉紧系统

图 9: 韩国 SYC 工厂
通过钉板自动去除端
部废料

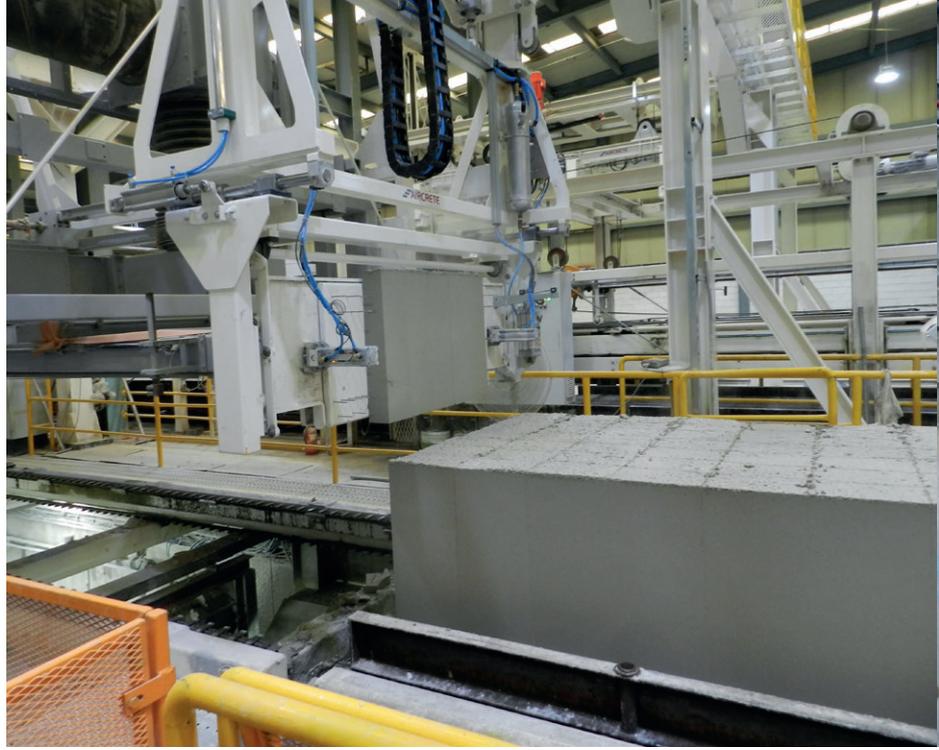


图 10: 用于堆垛销处理的自
动化系统

轻松获得组件并在需要时获得技术支持。这一升级不仅减少了停机时间，还为工厂的控制基础设施提供了未来保障，支持多年来更可靠和高效的生产。此外，AIRCRETE 可通过该系统全天候为客户提供远程支持。

备件

为了支持老化 HEBEL 工厂的持续性能和可靠性，AIRCRETE 提供一整套现有设备的备件。AIRCRETE 的广泛库存确保工厂能够获得所有必要组件，从关键易损件到专业替换件，减少潜在停机时间，确保生产顺利运行。有了 AIRCRETE 的支持，HEBEL 工厂可以自信地维护并延长设备使用寿命。

总结与最终考虑

本文为展示 AIRCRETE 针对老化 HEBEL 工厂的全面升级解决方案的两部分系列文章画上句号。第一部分侧重于全厂现代化改造，而第二部分则强调了如何通过更小型、针对性的升级显著提高现有 HEBEL 设备的生产效率和产品质量。

AIRCRETE 的增量升级解决方案涵盖混合、计量、模具循环、切割等关键领域。此外，AIRCRETE 还能够提供搬运系统、控制系统以及备件供应的升级服务。通过提供灵活的模块化改进方案，AIRCRETE 使 HEBEL 工厂能够有效实现现代化，以满足当前市场需求，同时优化成本并最大限度地减少停机时间。



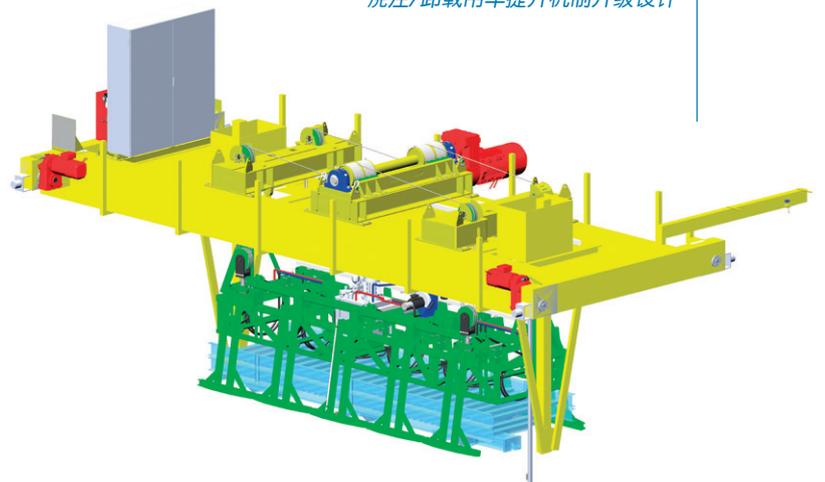
图 11: 韩国 SYC 工厂的双坯倾斜台

WKB 和 Calsitec

无需多言，这些升级中的许多方案同样可以应用于任何现有的加气混凝土工厂，无论使用何种技术。在收购前 WKB SYSTEMS 的国际产权和技术知识后，AIRCRETE 还能够为倾斜坯体切割工厂提供广泛的升级解决方案。

AIRCRETE EUROPE 还自豪地宣布在公司旗下推出一个新品牌——CALSITEC。考虑到硅酸钙制品（也称为砂灰砖）是与加气混凝土密切相关的建筑产品，并结合对前 WKB SYSTEMS 知识产权的收购，AIRCRETE 已扩展其产品组合，现在还通过 CALSITEC 品牌提供硅酸钙技术。

图 12: 正在科威特 ACICO 实施的浇注/卸载吊车提升机制升级设计



Aircrete Europe
Zutphenstraat 6
7575 EJ Oldenzaal, Netherlands
T +31 541 571020
www.aircrete.com



Aircrete 赞助商为 AAC Worldwide 的所有读者提供免费下载文章的可能性。只需用您的智能手机扫描二维码，即可直接访问 [AircretCompany](https://www.aircretcompany.com) 频道。

¹For more details see “State-of-the-art solutions for aging Hebel plants – Part 1” in the 4th issue of AAC Worldwide in 2024

²For more details see “Staying at the top as one of Romania’s leading building materials players” in the 1st issue of AAC Worldwide in 2021

³For more details see “Complex upgrades made easy: A holistic approach for enhanced capacity” in the 2nd issue of AAC Worldwide in 2020

高效的蒸压加气混凝土（AAC）模具 喷油系统

在 AAC 生产中，可靠的喷油系统是生产线中的关键组成部分。Münstermann 的喷油系统（也称为模具喷油系统）专为满足 AAC 行业的需求而设计，目前在全球范围内广泛应用。这些系统可精准高效地喷涂脱模油，确保 AAC 砌块在养护后能够顺利脱模。其技术优化的解决方案可无缝集成到现有生产线中，确保最大的运行可靠性。

工艺优化与功能性

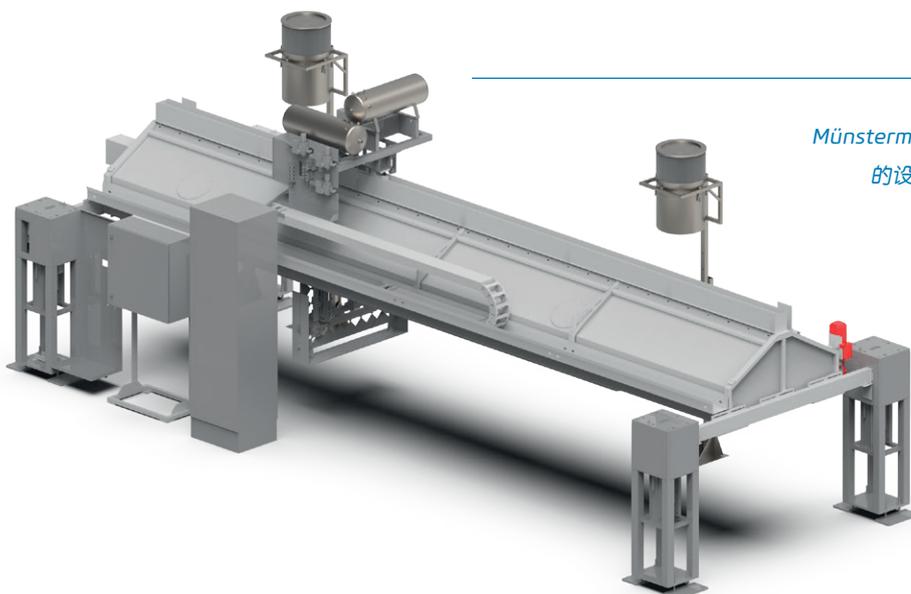
MÜNSTERMANN 的喷油系统采用紧凑封闭的设计，确保喷油过程清洁且可控。整个过程实现全自动化，能够均匀涂覆模具内部表面。模具通过轨道进入喷油系统，提升系统会将屋顶放置于模具上方，从而防止大部分油雾泄漏至生产环境中。一支旋转喷臂会自动移动至模具内表面，涂抹一层受控的油层，以便于砌块墙体轻松脱模。

喷嘴经过精准校准，并排列为重叠的喷涂模式，确保油分布一致且用量最小。这种精细调整不仅减少了油

的消耗，还实现了均匀且薄的油层。系统还配备了先进的带旋风技术的提取和过滤装置，有效捕获喷雾并在空气排放前进行过滤，从而满足严格的环保和安全标准。

高灵活性与缩短的安装时间

MÜNSTERMANN 的喷油系统设计灵活，可集成到不同的生产环境中。其紧凑的结构和快速安装功能使调试时间显著缩短，从而将安装期间的停机时间降至最低。系统通常配备西门子控制技术，但也可根据客户需求轻松调整。操作简单，用户只需提供一桶油，系统即可完成剩



Münstermann 的喷油系统采用紧凑封闭的设计，确保喷油过程清洁且可控

下的操作。

销售人员马提亚斯·埃弗曼 (MATTHIAS EVERMANN) 表示：“我们很少收到关于问题的反馈——这正是好现象。”通过在德国和土耳其的定期维护，MÜNSTERMANN 的喷油系统始终保持高可靠性。

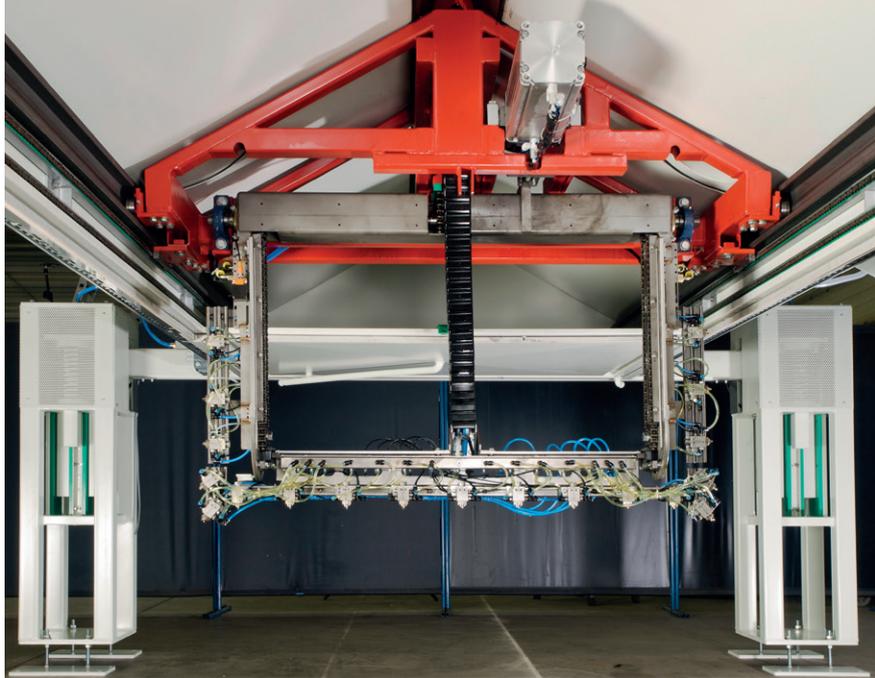
通过优化资源消耗实现可持续性

这些喷油系统的一大特点是其高效的油耗。可调节的喷嘴实现了精准的油量控制，可根据生产需求进行调整。通过优化的喷嘴布局，形成了理想的喷涂模式，在有效覆盖模具表面的同时避免了油的浪费。这种可持续的设计不仅降低了运营成本，还减少了材料使用，进一步降低了环境影响。

Münstermann——AAC 行业的量身定制设备

作为一家总部位于德国特尔格特的家族企业，MÜNSTERMANN 专注于定制化工业设备的设计与制造。公司拥有超过 350 名员工及 22,000 平方米的生产面积，可提供完整的服务方案：从经验丰富的销售工程师提供的初期咨询，到设计、控制系统、生产和安装。凭借这些综合能力，MÜNSTERMANN 能够灵活且快速地响应客户需求。一支协调良好的安装和调试团队确保设备按时交付并投入使用。

MÜNSTERMANN 在美国设有子公司，是一家全球化的合作伙伴，在热处理系统、物料处理系统和空气净化系统等领域积累了深厚的专业知识，涵盖了包括建材在内的多个行业。喷油系统只是 MÜNSTERMANN 为 AAC 行业提供的众多解决方案之一。



通过优化的喷嘴布局，形成了理想的喷涂模式，在有效覆盖模具表面的同时避免了油的浪费



Münstermann 提供技术优化的解决方案，可无缝集成至现有生产线中，确保最大的运行可靠性



Bernd Münstermann GmbH & Co. KG
Lengericher Str. 22
48291 Telgte, Germany
T +49 2504 98000
www.muenstermann.com

Muenstermann USA Inc.
150 N Michigan Ave.,
35th Floor
IL 60601, Chicago
United States of America

高压釜的安全高效运行

新鲜的蒸压加气混凝土混合物以蛋糕（称为绿色蛋糕）的形式进入高压釜，在特定压力下养护一定时间后，材料硬化并达到其最终强度。通常，这些高压釜的内部蒸汽压力约为 12 巴，根据这一蒸汽压力，内部温度约为 192°C。均匀的热分布对于加工过程至关重要。高压釜必须根据最大绿色蛋糕负载提供均匀的热传递，并且与热传递相关的冷凝物必须尽快排出。内部管道、焊接点、蒸汽供应、真空和冷凝水管线以及进出口喷嘴的位置和安装都必须根据工艺要求正确设计。此外，正确的设计可以提高生产性能和最终产品的视觉质量。如果喷嘴位置不够精确，产品表面可能会出现缺陷和 / 或黄色变色块，从而影响产品洁白纯净的表面外观。

可靠性

AAC（蒸压加气混凝土）设施的安装成本高且耗时。这些系统中最危险的设备是高压釜。考虑到一个金属件在每个工艺过程中会因高压釜的全长而至少伸长或缩短 30 毫米，因此必须从设计阶段到安装阶段仔细监测高压釜的可靠性，并注意防止可能出现的自动化错误或安全盖忽视问题。KOTSA 提供高压釜的专业设计经验，并基于此安装可靠的自动化软件。高压釜专家在安装阶段为未来的故障预防和维护提供必要的服务。所有这些活动都将根据工厂和生产工作流程的要求量身定制。

- 高压釜体积过大，因此蒸汽接触了大量冷表面。
- 高压釜位于工厂的封闭区域外，其最大机体温度会是环境温度。根据绝缘的状况和厚度，温度会略有变化，但此因素在计算中被忽略。
- 由于高压釜长度较长，蒸汽在高压釜内行进约 50 米。
- 负载过高。
- 从工艺开始就对高压釜内部进行抽真空。

不同系统有不同的特性，但另一个影响冷凝水潜在增加的因素是高压釜与蒸汽系统之间的距离。距离增加会导致冷凝水量增加。

高压釜中的冷凝水

当蒸汽遇到较冷的表面时，它会失去一部分热量。这种热量损失会产生称为冷凝水的小水滴。即使蒸汽系统有很好的绝缘，沿管线仍然会发生热量损失，从而形成冷凝水。水（冷凝水）会积聚在系统中最低的位置，然后通过疏水阀排出，以维持热量或尽可能保持蒸汽干燥。造成大量冷凝水的五个主要原因是：

蒸汽将高温传递给高压釜内的产品后，会迅速变成冷凝水。未能迅速去除冷凝水可能会导致以下后果：

- 高压釜内剩余的冷凝水会加剧更多冷凝水的形成。
- 产品表面会被冷凝水覆盖。
- 加热过程减慢。随着高压釜内水量的增加，负载体积也会增加。在正常条件下，高压釜内的负载是 AAC 块。然而，如果水量增加，负载则变为水和 AAC 块。



图 1: AAC 工厂中的高压釜截面



图 2: 热冷凝水与冷冷凝水管线

的总质量。因此，负载体积增加时，需要更多的能量来加热高压釜。然而，由于能量供应（由管径、蒸汽锅炉、蒸汽压力和蒸汽流速决定）仅为 AAC 块设计，负载体积的增加会导致加热速度减慢。

- 温度降低。水和蒸汽之间的能量传递速度比 AAC 块和蒸汽之间的快。因此，冷凝水量的增加导致能量传递加快，从而引起压力下降，最终导致温度降低，因为温度和蒸汽压力之间存在平衡关系。

如果温度约为 192°C 的热蒸汽位于高压釜上部，而温度低于 100°C 的水位于釜体下部，那么上下体积之间的温差可能导致高压釜门爆炸，甚至整个高压釜发生爆炸。

图 3 和图 4 展示了由于高压釜设计不当、操作故障和冷凝水形成而在产品表面出现的变形、发黄和凹陷。

高压釜的维护

在 AAC 工厂中，通常有多个高压釜同时运行，并且每个高压釜根据系统需求在不同时间段内操作。此外，高压釜不是单独运行的，必须与其他生产部分集成。因此，



系统中使用的软件必须综合考虑与工艺、操作员和安全相关的因素。在 KOTSA-AAC 软件中，所有高压釜都与其他系统完全集成，从而实现以下创新功能的自动确定：

- 最适合启动的高压釜。
- 最适合转移的高压釜。
- 在出现任何意外故障时最适合暂停的高压釜。
- 故障期间的主要操作员。
- 根据蒸汽锅炉的运行时间可操作的高压釜数量。
- 预计养护持续时间的预测。

该系统不仅可以防止操作员的错误，还能引导操作员实现便捷智能的使用。

该软件允许操作员选择自动、半自动和手动模式，同时也考虑了产品的安全性，解决由于内部或外部原因可能引发的问题。

除了上述 KOTSA-AAC 软件的优势外，其维护模块也十分特别。维护是保持目标状态的措施，可能涉及设备的轻微工作，从而延迟或防止磨损。因此，在此过程中可以延长整个工厂的使用寿命。维护对于工厂的整体状态

具有重要意义。维护工作包括以下几个方面：

- 清洁。
- 检查工厂组件。
- 进行试运行。

KOTSA-AAC 软件提供了一个可靠的维护卡，包含所有必要的信息并记录所有性能数据。日志在保修索赔或工厂转售时可以作为证明。维护的频率取决于许多不同因素，因此，维护间隔应根据每个对象或系统单独确定。

图 5 显示了维护卡的示例。

传输系统

由于 AAC 工厂中高压釜数量众多，蒸汽传输（从一个高压釜到另一个高压釜的蒸汽传输）非常实用，不仅降低了蒸汽成本，还为产品的碳足迹提供了巨大的益处，这是当今需要考虑的重要问题。虽然并非所有系统都使用传输过程，但一些系统采用手动操作。KOTSA-AAC 软件结合多种因素向操作员推荐第一和第二传输选项。因此，在第一次传输中约回收 40-50% 的蒸汽，而第二次传输的建议则考虑了生产计划和轮班时间。建议在工艺开

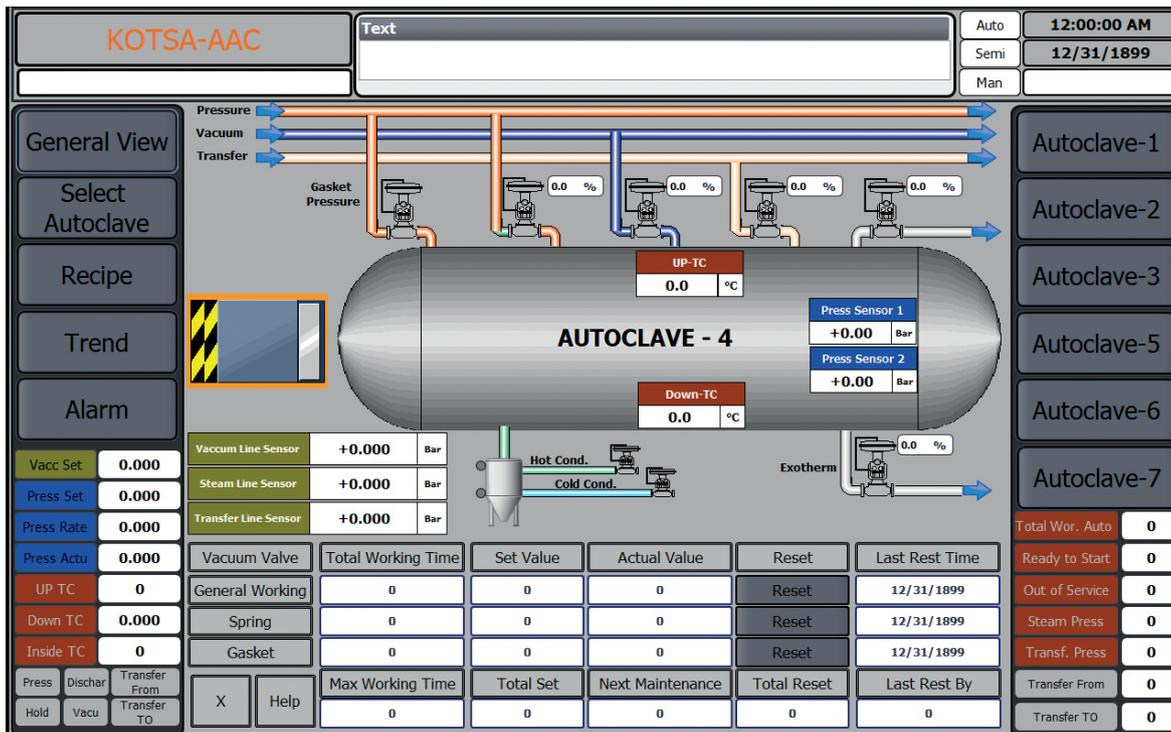


图 4: 冷凝水导致的表面劣化



图 5: Kotsa-AAC 软件的维护卡

始和结束时进行传输。

基于多年的经验，KOTSA 提供与 AAC 生产系统相关的软件、调试以及基于工艺的调试 / 更新服务，包括新设备和旧设备的更新。在过去三年中，公司已两次在 AAC 行业的工程服务和安装领域展示了其专业能力。



KOTSA
 75. Yıl (Sultandere) Mahallesi
 No:5/6 Odunpazarı Eskişehir
 11283 Sokak, Türkiye
info@kotsa.com.tr
www.kotsa.com.tr

生产数智化在加气混凝土砌块打包线中的应用

李舸舫, 王飞, 崔晓东, 姜楠,
河南欧帕工业机器人有限公司

本文以河南省某蒸压加气混凝土砌块生产企业打包线的数智化改造为叙述对象, 简述数智化技术在促进企业生产技术进步、提高整体生产效率、降低生产成本等方面的应用。

蒸压加气混凝土产品的生产不同于烧结砖等传统的劳动密集型建材行业, 它有着高度工业化、自动化的生产模式, 其无论是工艺技术还是生产装备的自动化程度都非常高。但是部分企业由于前期资金不足或者是规划缺乏前瞻性, 当初配备的设备已显得落后, 随着新技术的不断使用以及用户对产品要求的不断提高, 旧的生产方式由于效率低下, 生产成本低, 使产品和企业逐渐失

去市场竞争力。

为了提高产品竞争力, 使企业能够长期发展, 可以对落后的生产线进行数智化改造, 使其技术装备达到行业领先水平。下面以某蒸压加气砌块企业成品打包线的数智化改造为例, 简述生产数智化在蒸压加气砌块打包线中的应用。

一、背景概述

该客户为豫西一家专业生产蒸压加气混凝土砌块的厂家, 于2013年建成投产, 规划年产50万 M^3 蒸压加气砌块。该生产线成品工段原来主要有分掰机、双排链式输送机、自动发盘机、液压抱垛机、成品输送机、人工打包平台等设备, 生产线布置示意图如图1所示。

蒸压加气砌块出釜后, 每板尺寸为 $6M \times 0.6M \times 1.2M$, 需要将两板并齐, 然后将6M长的整板加气砌块拆分成 $1.2M \times 1.2M \times 1.2M$ 的方形垛再进行打包, 为了方便装卸和运输, 每个成品垛下方还配有钢制托盘。

改造前成品包装流程为: 出釜后的蒸压加气砌块经

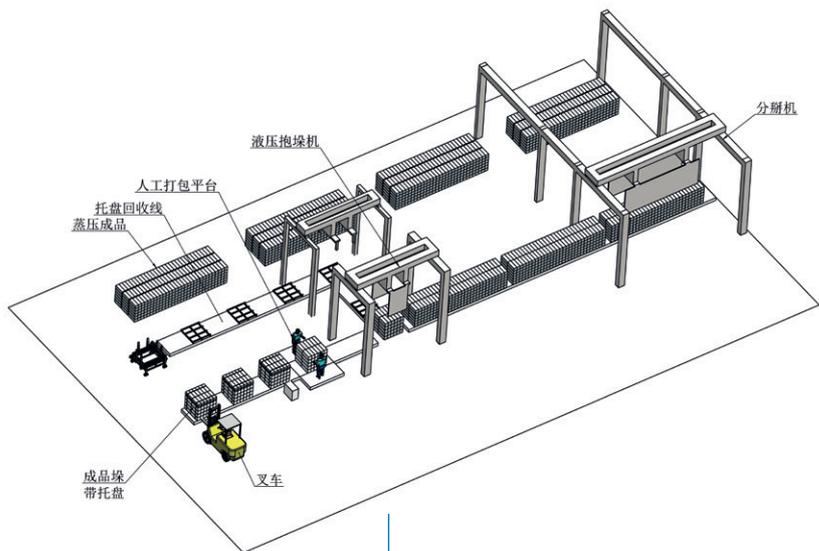


图1 改造前成品工段布置示意图

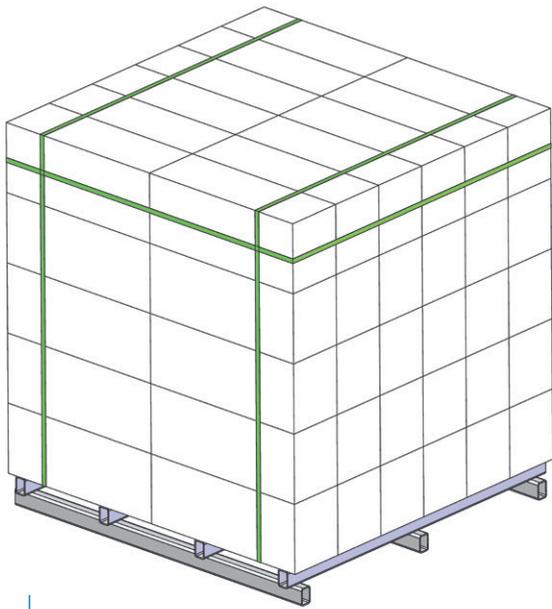


图2 人工有托盘打包垛型示意图

分掰机分掰后，被整板抱至双排链式输送机上，由输送机将两板加气砌块运至液压抱垛机下方，调整位置、并齐；另一侧钢制托盘由自动发盘机运至放垛位下方；抱垛机每次抱起 1.2M×1.2M×1.2M 的加气砌块垛放至钢制托盘上，然后由成品输送机运至人工打包平台进行手动打包；打包后的成品垛被输送机运至成品区，供叉车运输到贮存区。

由于产品线前期没有规划自动打包设备，而是采用人工打包，穿带、压扣、收带、剪带等全由人工进行操作，需要 2-4 名工人协作才能完成。生产中发现人工打包存在以下一些不足：

- 手工打包速度慢，造成前段工序经常要人工干预、

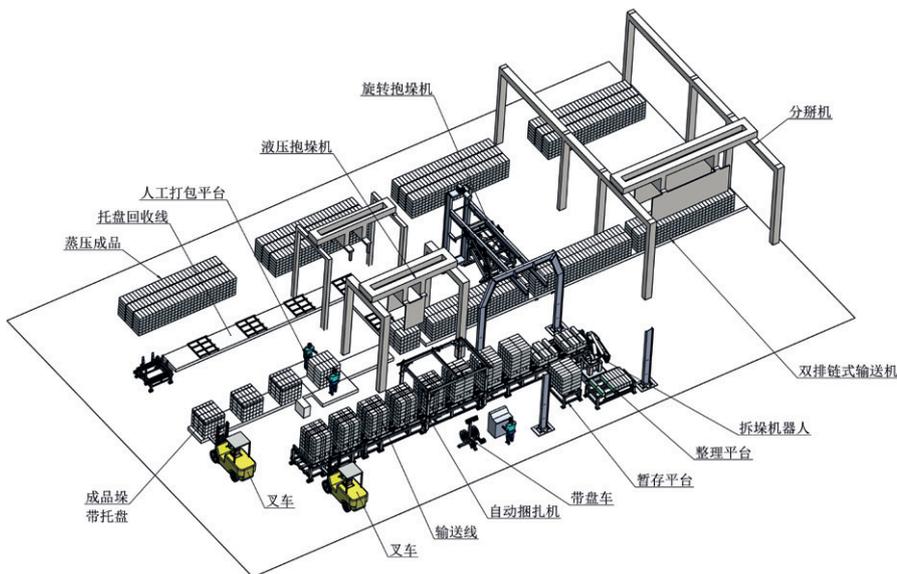


图3 改造后成品工段布置示意图

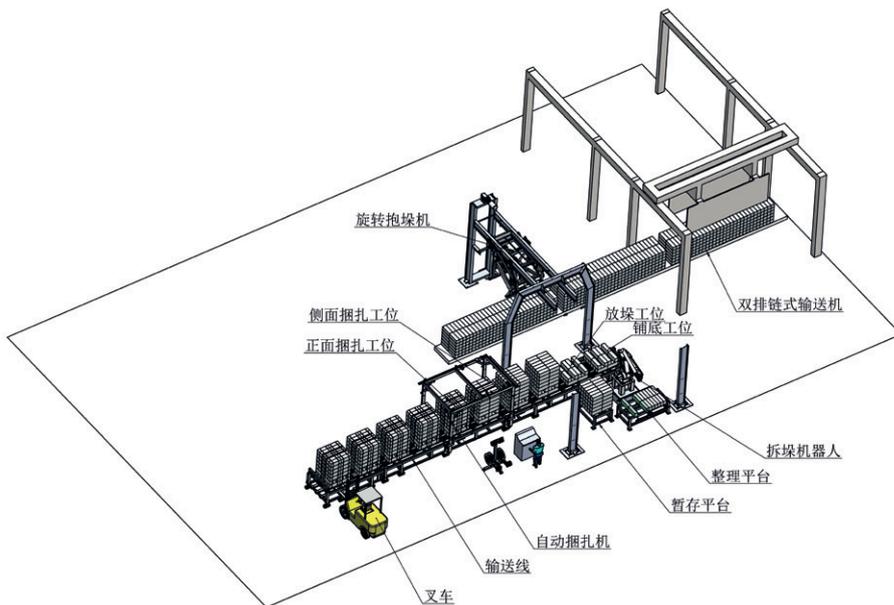


图4 无托盘打包线工作示意图

停机等待。加上工人体能和劳作速度的差异，造成整条生产线生产节拍不稳定，难以实现数字化和智能化，整体效率较低。

- 人工操作时打包带松紧度全凭个人感觉和经验，打包带张力过紧容易损伤砌块，张力太松又垛型不稳，存在安全隐患。
- 由于原液压抱垛机无法进行上下堆垛，若要人工向上堆垛既不安全，又难以操作，所以成品垛高度被限制为出釜的1.2M高度，小垛运输造成运力的浪费。
- 人工操作打包带位置比较随意，整体一致性较差，影响产品竞争力。
- 人工打包过程中打包带浪费严重，增加不必要的成本。
- 这种打包方式无法增加叉车孔，成品垛底部需要增加钢制托盘供叉车叉运。

钢制托盘需要另外制作，增加额外投资，托盘周转周期较长需要大量备货，这就需要专门的场地进行堆放保存。另外，托盘在运输和装卸过程中还存在不可避免的丢失和损毁，需要不定期补件和维修。所以在生产运营中，托盘投资及维护也需要投入一笔不小的费用。

鉴于以上几点，用户希望在保留现有有托盘打包线的情况下，利用现有场地，增加一条无托盘成品打包线，以后产品以无托盘打包为主，有托盘打包仅做辅助性生产，无托盘打包要求采用全自动打包设备，以减少人工操作。

二、改造方案

根据用户提出的需求和现场情况，我们在原人工打包线外侧平行布置了一条无托盘全自动打包线，该打包线包含自动抱垛机、拆垛机器人、自动捆扎机等设备。

在新的自动打包线上我们应用了大量的数智化技术，采用多种传感器和信号处理器来进行数据、信号的采集处理，通过将可视化的人机界面与数字化控制相结合，构成人机深度协作，把人从繁重的体力劳动中解脱出来。改造后生产线布置示意如下：

下面以生产 600MM×240MM×200MM 砌块为例，简述其无托盘打包方式工作流程，如图 4 所示：

在用户原有的链式输送机上增设传感器，当传感器检测到整板加气砌块来料到位后，旋转抱垛机自动运行到抱垛位，抱起预定规格的砌块垛转运到暂存平台，并向拆垛机器人发出拆垛指令。

拆垛机器人根据人机互动预设的码放方式，依次从暂存平台拆取相应的砌块，码放到打包输送线上作为无托盘成品垛的底座。在拆垛过程中，机器人会自动判断当前抓取的是铺底层或叉孔层，从而自动抽取要预留叉孔的砌块，将其摆放至整理平台并码齐备用。

机器人码好的无托盘底座随输送线到达垛工位时，旋转抱垛机会自动将新的一垛放在底座上，从而形成带底座的加高成品垛。根据运输方所需不同车辆的经济运输垛高，还可以改变无托盘底座的层数，提前通过人机界面将所需参数输入控制系统，机器人将自动按订单参数实施码放，以便实现不同的垛高将运输成本最优化。

码好的加高垛随输送线行进到捆扎工位后，自动捆扎机将根据数字化设置好的捆扎力、垛型参数等，自动完成靠近——穿带——收紧——做扣——剪带——离开等动作，最后打包好的加高成品垛运至输送线末端，叉车叉运至成品区。

三、优势分析

通过对比新旧两条成品线的实际运行效果，我们发现利用数智化控制的无托盘自动打包线更有优势：

- 整套系统采用数字化控制，定位精确，自动化程度高；
- 设备自动运行，生产节拍稳定，综合产量更高；
- 打包带收紧力、用带长度及捆扎位置均可实现数字化调整，不损伤砌块，垛型牢固，不浪费打包带，外观整齐一致性好，增加产品竞争力；
- 采用无托盘打包，降低投放托盘产生的各种费用；
- 可实现多种高度堆垛，同样的运输条件下装运量可提高 20% 左右，运输费用也相应降低；

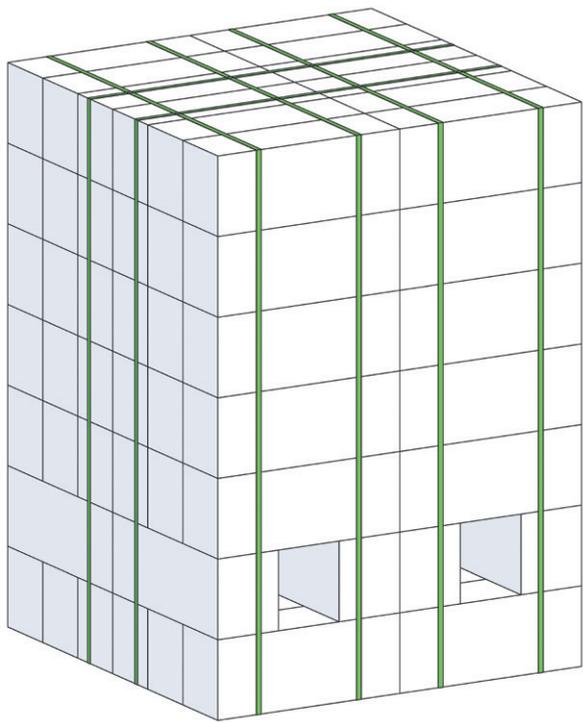


图5 无托盘打包垛型示意图

四、总结

本次改造中使用了大量的数智化技术和方法，比如使用新型传感器进行数据和信号的采集处理，利用数字化编程来控制各设备的联动运行，采用可视化的操作界面等等，这些新技术的使用，让设备利用率和可靠性大幅提高，产品质量和竞争力明显提升，同时也大大降低了人工数量和劳作强度，降低了企业运营成本。

当前无托盘推广和应用还需关注的几个方面：

- 1、 保证加气制品自身的品质；
- 2、 无托盘的方式对物流车辆的选择和工地的货场提出了更高的要求；
- 3、 吊装的安全防护措施；
- 4、 打包机效率、稳定性、及耗材的性价比；
- 5、 包装线工艺设计的多样性，以满足不同用户的差异化需求；
- 6、 提升配套设备的国产化率，降低技术升级的投资成本。

据了解，加气混凝土砌块无托盘打包技术改造包装方案及装备开发单位有：河南欧帕工业机器人有限公司、优客智能装备（浙江）有限公司等企业



Henan OPA Industrial Robotics Co., Ltd.
 Henan Zhengzhou Zhong Mo
 Xian Guandu Industrie Parc
 Henan, China
 T +86 18637896796
www.omparobot.com

加固蒸压加气混凝土过梁的安全性

ŁUKASZ DROBIEC, SILESIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY,
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, GLIWICE, POLAND
RADOSŁAW JASIŃSKI, SILESIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY,
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND LABORATORY OF CIVIL ENGINEERING FACULTY, GLIWICE, POLAND
WOJCIECH MAZUR, CORRESPONDING AUTHOR, SILESIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY,
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, GLIWICE, POLAND

近年来，英国公共建筑中多次发生由加固蒸压加气混凝土（AAC）制成的屋顶板失效的事件。2023年9月，仅因这一原因就关闭了104所学校。这一问题引发了关于整个欧洲范围内加固AAC砌体结构安全性的讨论。本文主要探讨了波兰加固AAC过梁的安全性，这类过梁占波兰制造的加固构件的最大比例。

文章描述了波兰市场上可获得的过梁种类，并总结和阐述了在西里西亚理工大学进行的一系列关于加固AAC过梁的详细测试结果。这些测试结果被用作分析波兰代表性过梁及砌体解决方案可靠性的基础。

加固AAC构件老化导致的安全问题最早在20世纪80年代和90年代被报道，当时一座英国建筑的屋顶发生了坍塌事件[1,2]。1996年，英国建筑研究机构发布的一份报告显示，加固楼板板材经常出现裂缝和挠曲现象。该报告建议，对受损板材应进行年度检查，而未受损的板材应每五年进行一次目视检查。2021年和2022年，英国针对加固AAC构件的维护发布了新的指导方针。根据这些建议，如果加固AAC构件的状态未表现出被归类为关键的损坏，则设施可被安全使用。然而，在2023年夏季，一块被认为风险较低的加固屋顶构件发生了坍塌。随后，

英国于2023年9月关闭了104所被认为潜在危险的学校。

这一事件引发了关于整个欧洲范围内加固AAC砌体结构安全性的讨论。在波兰，加固AAC过梁是最常见的构件，而楼板和屋顶板材则较少使用。本文探讨了波兰市场上可获得的过梁种类，并描述了西里西亚理工大学进行的测试结果。这些测试结果成为分析加固AAC过梁与砌体及钢筋混凝土圈梁相互作用可靠性的基础。

波兰市场上的加固过梁

波兰的多家AAC生产商除砌体构件外，还提供加固楼板[3]和加固过梁。加固过梁可分为两种类型：复合过梁和自支撑过梁。除了尺寸外，过梁的重要参数还包括承载能力、最小支撑长度以及拉伸钢筋的正确布置。

技术资料[4]表明，复合过梁的高度为12.4厘米，宽度为11.5厘米或17.5厘米，长度为125厘米以及150300厘米（每隔50厘米），支撑长度为15至25厘米。复合过梁设计用于跨越最大宽度为250厘米的开口。根据砌体厚度，可安装单层、双层或三层复合过梁。钢筋由两个梯



图1: 英国的地板裂缝 [2]



ŁUKASZ DROBIEC 博士，工学博士，注册工程师，现为波兰西里西亚理工大学建筑结构系的助理教授。毕业于西里西亚理工大学土木工程学院，主修建筑与工程学。自 2004 年以来，在西里西亚理工大学结构工程系工作，目前为具有博士后职称的助理教授兼系主任。他是 300 多篇出版物的作者和共同作者，包括 14 本书，以及大量发表在国内外期刊的文章、书籍章节和在国内会议上发表的论文。他是波兰建筑技术与建设学会 (PZITB) 科学委员会、GLIWICE PZITB 分会和国际砌体协会的成员。他曾因组织活动、科研与学术成就获得西里西亚理工大学校长授予的 9 项个人或团体奖，以及卡托维兹理工大学校长的两项奖项。

LUKASZ.DROBIEC@POLSL.PL



RADOSŁAW JASIŃSKI 教授，工学博士，注册工程师，西里西亚理工大学全职教授，土木工程学院实验室负责人。他毕业于西里西亚理工大学土木工程学院，主修桥梁工程。他的研究兴趣包括砌体结构、钢筋混凝土结构、结构诊断（非破坏性检测和多模式检测）以及结构的数值建模。他是 350 多篇出版物的作者，包括 17 本手册、2 项专利、技术期刊文章和在国内会议上发表的论文。他曾获得西里西亚理工大学校长颁发的 20 项奖项和波兰建设部长的两项奖项，并于 2019 年荣获波兰建筑工程师与技术人员协会 (PZITB) 颁发的 S. Bryła 奖。自 2010 年起，他成为国际砌体协会的成员。

RADOSLAW.JASINSKI@POLSL.PL



WOJCIECH MAZUR 博士，注册工程师，现为波兰西里西亚理工大学建筑结构系的助理教授。自 2017 年起，他在西里西亚理工大学建筑结构系任职。他是 60 多篇出版物的作者和共同作者，其中包括大量发表在国内外期刊的文章、书籍章节以及在国内会议上发表的论文。他还具有丰富的科研经验，主要研究方向是砌体结构和钢筋混凝土结构。

WOJCIECH.MAZUR@POLSL.PL

形钢筋框架组成，纵向杆焊接到横向杆上。在施工过程中，跨越宽度超过 110 厘米开口的过梁需要在中部支撑，只有当过梁上方建造的砌体达到完全强度时，其承载能力才能实现。自支撑 AAC 过梁的高度为 24.9 厘米，可用于跨越最大宽度为 175 厘米的窗户和门开口。过梁宽度为 20、24、30 或 36.5 厘米，长度为 130、150、175、200 或 225 厘米，最小支撑长度为 19.5 或 24.5 厘米。过梁的钢筋由焊接在一起的光滑钢筋组成。最大均布设计荷载为 13 至 23 kN/m。过梁由密度等级为 550 kg/m³、抗压强度为 $f_b = 4 \text{ N/mm}^2$ 的 AAC 制成。

根据资料 [5]，过梁跨越宽度不超过 100 厘米的开口时，最小支撑长度为 20 厘米，跨越更宽开口时为 25 厘米。过梁的高度为 24.9 厘米，宽度为 12、15 或 20 厘米，长度为 120、140、170、200 或 230 厘米，可用于跨越最大宽度为 175 厘米的开口。除自重外，过梁的承载能力为 4.4 至 21 kN/m。复合过梁的高度为 12.4 厘米，宽度为 12、15 或 20 厘米，长度为 120、140、170、200、230、260 或 300 厘米，可用于跨越最大宽度为 250 厘米的开口。复合过梁需要间隔 75 厘米的安装支撑。复合过梁 [6] 高度为 12.5 厘米，宽度为 11.5 或 17.5 厘米，长度为 125、150、200、250 或 300 厘米，

可用于跨越最大宽度为 277 厘米的开口，最小支撑长度为 11.5 厘米。对于砌体高度为 12.5 至 75 厘米的情况，除去过梁及砌体自重外的允许特征荷载为 1.01 至 23.59 kN/m。

自支撑过梁 [7] 提供两种耐火等级：R30 和 R90。这些过梁由密度等级为 650 kg/m³、抗压强度为 4 N/mm² 的 AAC 制成。钢筋采用 A-IIIIN 钢材 (St3S-B-500)，表面有防腐保护层（水性金属漆）。过梁高度为 24 厘米，宽度为 12 或 18 厘米。长度为 140 或 160 厘米的过梁在砌体上的最小支撑长度为 20 厘米，长度为 200 或 230 厘米的过梁则为 25 厘米。允许的均布设计荷载为 13.9 至 32.2 kN/m。图 1 展示了过梁钢筋的示例，图 2 分别展示了复合过梁和自支撑过梁的设计。

在西里西亚理工大学进行的测试

测试模型与测试计划

作为西里西亚理工大学土木工程学院对 AAC 产品广泛测试的一部分，验证了加固预制过梁的承载能力。测试的第一阶段包括基本测试，根据 PN-EN 1356 标准 [8]，

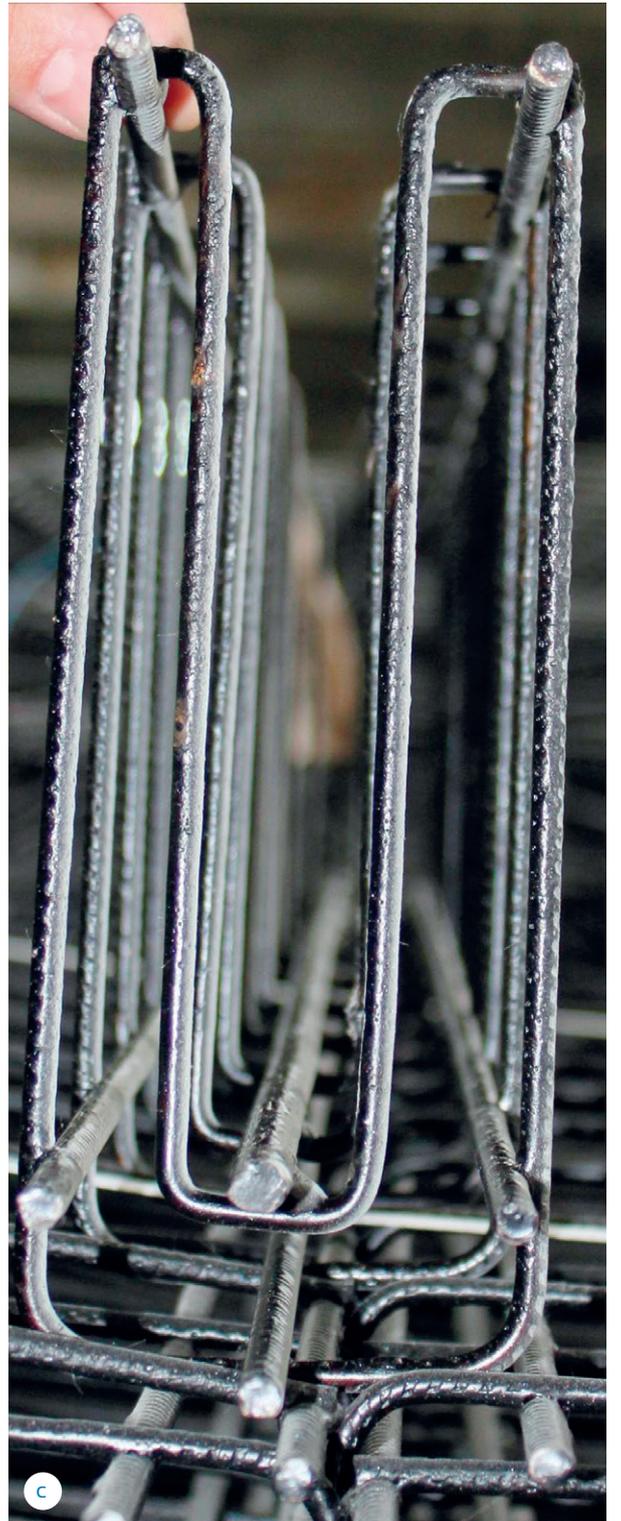


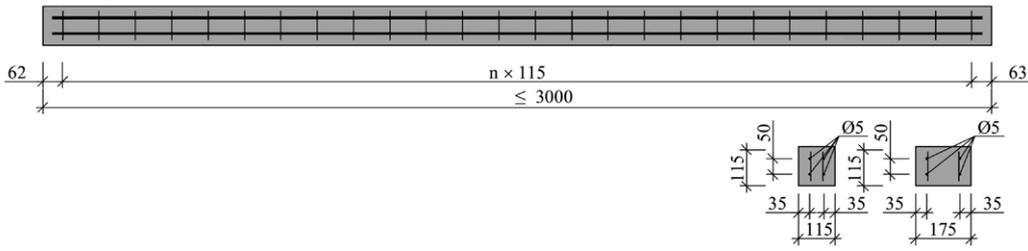
图2: 钢筋视图

- a) 复合过梁钢筋 [5],
- b) 自支撑过梁钢筋 [5]
- c) 自支撑过梁钢筋 [7]

以单个构件形式测试过梁。第二阶段包括主要测试，将过梁作为安装在墙体中的梁，与 AAC 砌体构件和圈梁一起测试。测试采用了两种过梁类型，长度为 200 厘米，宽度为 18 厘米，高度为 24 厘米，其横向钢筋间距不同。这些构件可跨越宽度不超过 150 厘米的结构承重墙开口，最小支撑长度为 $A \times = 25$ 厘米。标记为 N 的构件沿梁长每

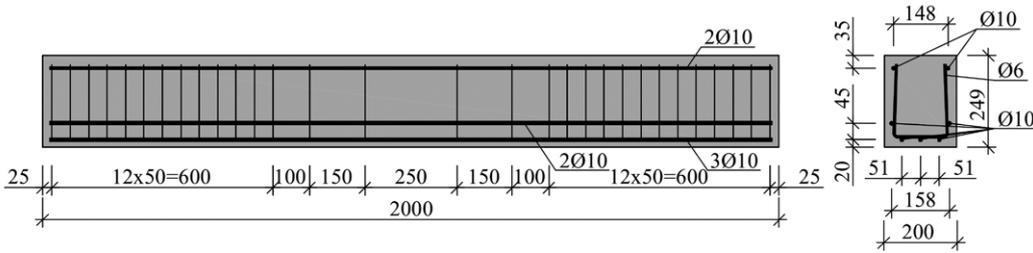
隔 15 厘米设置一个固定间距的箍筋，而标记为 W 的过梁在靠近支撑的区域将间距减少至 7.5 厘米。

基本测试中采用四点弯曲方案对过梁的抗弯强度进行了测试，包含三个测试系列，每个系列至少测试三个构件。A 系列和 G 系列测试 N 型过梁，C 系列测试 W 型过



a

图3: 钢筋设计示例视图 [5]: a) 复合过梁的钢筋设计 和 b) 自支撑过梁的钢筋设计



b

梁。主要测试阶段的 NIII 系列涵盖了六种带有 N 型过梁的砌体模型。

在第二阶段，测试了代表窗户开口上方墙体区域的砌体截面（开口净宽为 150 厘米）。过梁支撑在两层砌体构件上，保持 25 厘米的支撑长度，过梁上方铺设一层砌体构件。砌体顶部设置了一个钢筋混凝土梁，其截面为 $B \times H = 18 \times 22$ 厘米，长度为 268 厘米，与模型长度相等。模

型采用了尺寸为 $LU \times TU \times HU = 59 \times 18 \times 24$ 厘米的砌体构件，带有企口，密度等级为 600 kg/m^3 ，标准平均抗压强度 $F_B = 4 \text{ N/mm}^2$ 。采用 M5 级薄层砂浆，不填充竖缝。测试模型的视图见图 3 和图 4。

在弯曲测试的过梁中，随着荷载的增加，首先在荷载施加点之间的区域出现了垂直弯曲裂缝。随着荷载进一步增加，在荷载施加点与支撑之间的区域形成了斜裂

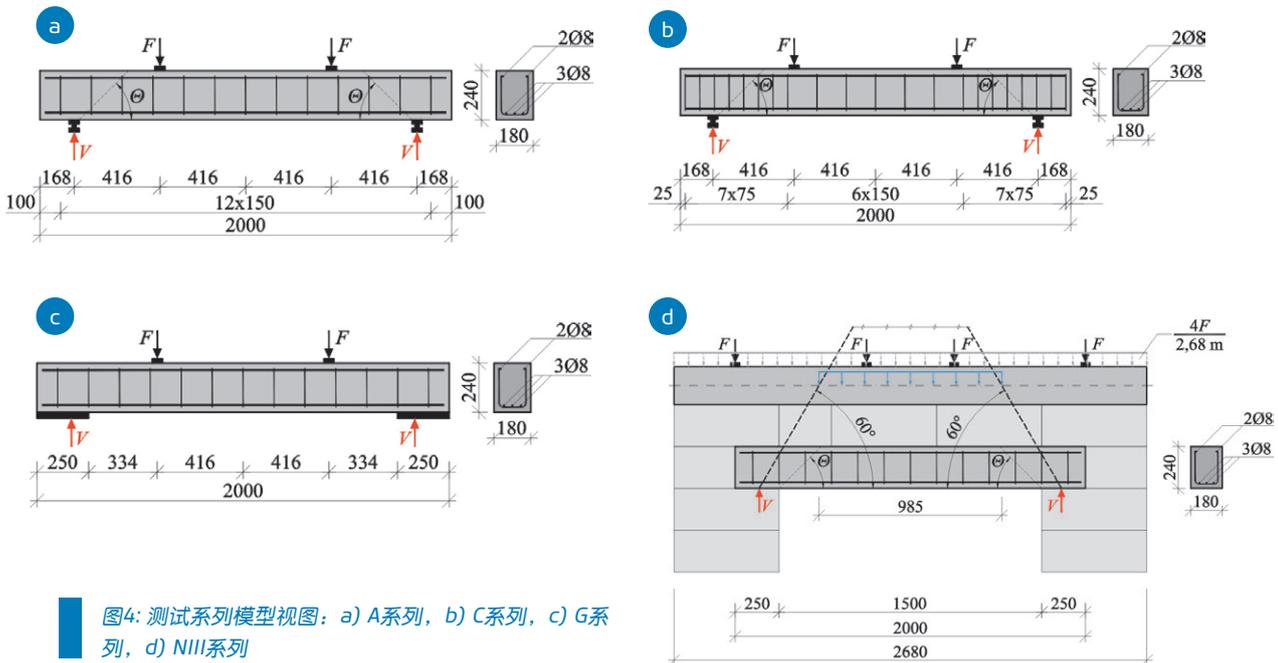


图4: 测试系列模型视图: a) A系列, b) C系列, c) G系列, d) NIII系列



图5: 过梁测试台视图:

- a) 测试系列: A、C、G,
- b) 测试系列: NIII



缝。在测试的最后阶段，在底部钢筋高度处出现了水平裂缝（见图 5A）。根据梁裂缝的形态，确定了决定性破坏裂缝相对于梁纵轴的倾斜角度。测试结束后，对靠近支撑区域的梁钢筋进行了目视检查。所有过梁中均观察到水平箍筋臂发生了屈曲（见图 5B）。

在涵盖墙体截面的 NIII 系列测试中，首先出现的是砌体构件与过梁及圈梁之间灰缝的裂缝，随后过梁上出现裂缝。这些裂缝形成于靠近支撑的梁的下部、中部和上部。随后在过梁上形成了从支撑边缘扩展的斜裂缝，同时支撑过梁的砌体构件上也出现了裂缝。测试模型因支撑区域内砌体构件和过梁的抗压能力耗尽而失效（见图 6A）。不像在 A、C 和 G 系列测试中，此次测试中未观察到水平箍筋臂的变形（见图 6B）。

测试结果

由于测试模型在支撑区域的失效特性，失效荷载分别以作用在支撑上的力 F_I （通过横梁施加）和总荷载（支撑反应） V_I 表示，后者考虑了过梁、钢制夹具、砌体构件和圈梁的重量。在 NIII 系列模型中，作用在过梁上的荷载被认为是位于等边三角形区域内的荷载（环梁上均布荷载为 $4F/2.68$ $M4F/2.68M$ ，取自长度为 985 毫米的区域——见图 4D）。

由于构件的主要失效类型为剪切破坏，通过过梁裂缝的形态确定了受压混凝土斜撑的倾斜角度。测试结果如表 1 所示。



图6: C系列构件在破坏时的视图: a) 靠近支撑区域的裂缝区域 b) 靠近支撑区域箍筋臂的变形

安全性分析

针对波兰制造的预制 AAC 构件，以加固过梁为例进行了安全性分析，并根据上述测试结果进行研究。尝试定性和定量验证符合 PN-EN 1990 [9] 规定的外部作用组合有效影响的确定规则。考虑了一种可持续设计情况，并验证剪切安全条件 ULS（即由所有荷载最不利组合产生的设计作用效应 E_d 与随机承载力效应 R_d 相等）是否能确保可接受的安全水平。

所提方法假设全球可靠性指标 β 是安全水平的客观度量，作用效应的设计值和支撑附近截面的设计承载力通过标准 [9] 中确定的部分安全系数进行校准。最终，确定了楼板固定荷载的特征值及其铺装层所需剪切安全水

平，并将其与波兰制造的楼板固定荷载的特征值进行了比较。

详细的安全性分析见文献 [3]。楼板参数的完整列表见表 2。本次分析考虑了前述章节中详细讨论的过梁测试系列 A、C、G 和 NIII 的测试结果。

分析结果

在分析的这一阶段，仅考虑了 NIII 系列过梁，因为它们最接近实际设计情况。对比基于组合规则“A”（方程 6.10 [9]）和“B”（方程 6.10A 和 6.10B [9]）的计算结果，见图 7。对比表明，对于轴向跨度为 6 米的楼板上典型可变荷载，两种荷载规则下实际固定荷载与按照建议程序计算的固



图7: NIII系列模型损坏视图: a) 支撑区域的损坏 b) 靠近支撑区域的AAC过梁压碎情况

表1: 过梁测试结果

安全	构件	F_i kN	F_{mv} kN	V_i kN	V_{mv} kN	$\frac{V_{mv}}{GV_{mv}}$	$ctg(\theta_{test})$	$ctg(\theta_{test})_{mv}$
A	1	10.6	12.7	11.2	13.3	0.77	0.87	0.90
	2	12.5		13.1			0.93	
	3	13.2		13.8			0.29*	
	4	14.4		15.0			0.90	
C	1	13.9	14.1	14.5	14.7	0.85	0.87	0.91
	2	12.9		13.5			0.97	
	3	15.5		16.1			0.90	
G	1	16.4	16.7	17.0	17.3	1	1.11	1.15
	2	19.5		20.1			0.12*	
	3	14.2		14.8			1.19	
NIII	1	151.2*	395	28.4*	73.3	4.24	1.19	1.19
	2	357		66.3			1.33	
	3	408		75.7			0.9*	
	4	411		76.2			1.0	
	5	365		67.8			1.19	
	6	435		80.6			1.23	

*在分析中忽略结果

表2: 用于过梁分析的楼板技术参数列表

编号	地板类型	地板模型	地板的恒载, kN/m ²		推荐的地板使用 荷载, kN/m ²		包括地板层的 固定荷载, g _{ks} kN/m ²		$\frac{g_{ks}}{g_{ks, cal}}$			
			min.	max.	min.	max.	min.	max.	规则 'a' 方程 6.10 [9]		规则 'b' 方程 6.10a and 6.10b [9]	
									min.	max.	min.	max.
1	肋形地板	整体式地板, 填充陶瓷和混凝土块	2.35	3.60	1.5	3.25	3.65	0.00	0.20	0.33	0.20	0.32
2		填充其他材料块的地板 (非陶瓷或混凝土)	2.0	3.25	2.0		3.30	5.65	0.18	0.31	0.18	0.30
3		预制整体式地板, 使用钢筋混凝土或陶瓷和钢筋混凝土梁	2.8	3.75	4.5		4.10	6.15	0.23	0.34	0.22	0.33
4		预制整体式地板, 使用桁架梁, 带陶瓷和钢筋混凝土或钢筋混凝土翼缘	2.0	5.0	1.5	7.0	3.30	7.40	0.18	0.41	0.18	0.40
5		预制整体式地板, 使用预应力梁	1.72	4.6	1.5	2.0	3.02	7.00	0.17	0.39	0.16	0.37
6	板式地板	单向配筋	2.0	4.0	--		3.30	6.40	0.18	0.35	0.18	0.34
7		交叉配筋	2.0	5.0	--		3.30	7.40	0.18	0.41	0.18	0.40
8		复合板式地板	4.0	5.0	--		5.30	7.40	0.29	0.41	0.28	0.40
9		面板地板	2.5	6.0	--		3.80	8.40	0.21	0.46	0.20	0.45
10		预制板式地板	2.5	3.47	1.28	6.78	3.80	5.87	0.21	0.32	0.20	0.31
11		加气混凝土 (AAC)	1.03	2.06	4.25	5.0	2.33	5.00	0.13	0.28	0.12	0.27
min./max.							2.33	8.40	0.13	0.46	0.12	0.45

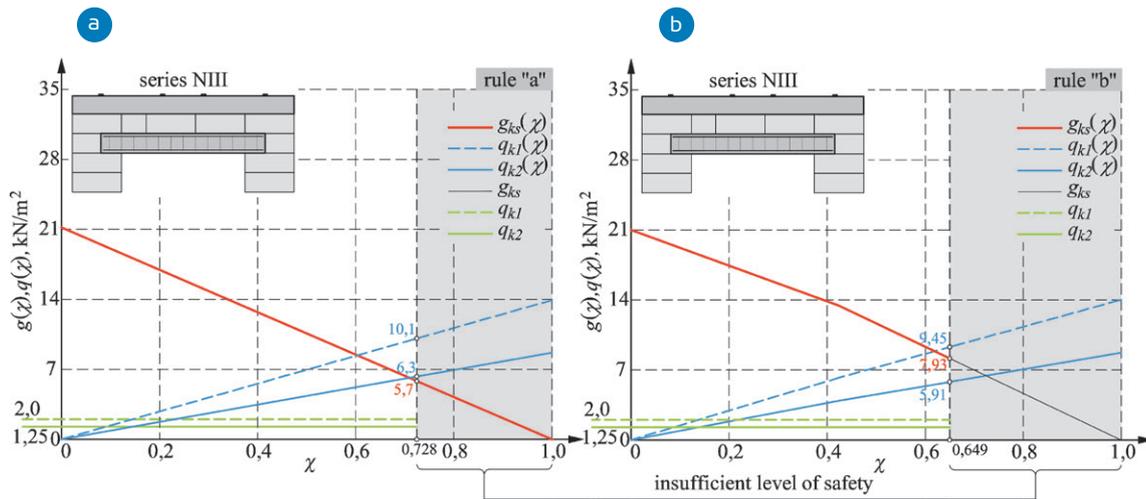


图8: NIII型过梁上固定荷载和可变荷载随无量纲因子 χ 的变化: a) 规则“a”-方程6.10 [9]
b) 规则“b”-方程6.10a 和 6.10b [9]

定荷载比例最高达 46%。基于实验室测试结果以及波兰传统的内力计算方法的分析表明, 当过梁得到适当支撑时, 其安全水平是足够的。然而, 影响结构安全水平的因素包括楼板可变荷载相对于总荷载的比例增加 (因子 χ 的增大, 即特征恒荷载与总恒荷载和可变荷载的比值增加)。

总结

分析表明, 目前生产的加固 AAC 过梁是安全可用的。然而, 不能排除施工错误的可能性, 例如构件的反向安装。这类缺陷应在施工验收阶段消除。在现有结构中 (主要是屋顶板和楼板), 损坏可能由于超载、钢筋受潮腐蚀或制造缺陷而发生。

标准过梁测试显示, 支撑对构件在支撑区域承载能力的影响十分重要。在施加压力覆盖整个支撑区域的构件 (系列 G) 中, 总荷载增加了 30%。过梁与砌体部分和钢筋混凝土圈梁的联合测试证实, 模型中所有构件的协作使总荷载增加了数倍 ($73.3/17.3 = 4.24$)。在设计阶段, 通过使用“等边三角形”方法减少过梁的荷载, 可以实现远高于仅考虑过梁本身承载能力的荷载, 而无需考虑整个过梁 - 砌体 - 圈梁组合的承载能力。这使得钢筋混凝土或钢质过梁得以取代 AAC 过梁, 同时安装方便且使用安全。

结论十分明确: 按照标准规则 and 传统方法设计过梁, 并确保构件适当地支撑在支点上, 可以确保结构的足够安全性。承载能力不足和失效条件的出现通常由施工和操作错误引起。

参考文献

- [1] Goodier Ch., Cavalaro S., Gorse Ch., Blay K., Blanco-Alvarez A.: Structural performance of aged Reinforced Autoclaved Aerated Concrete (RAAC) roof panels. CE/Papers, vol. 6, issue 2, p. 134.
- [2] <https://www.bbc.com/news/education-66669239> (accessed on 11.05.2024).
- [3] Drobiec Ł., Jasiński R., Mazur W.: Safety of reinforced AAC structures. Cement, Wapno, Beton 29(2) 108-131 (2024), doi:10.32047/CWB.2024.29.2.3.
- [4] Ytong product catalogue.
- [5] Termalica product catalogue.
- [6] H+H product catalogue.
- [7] SOLBET product catalogue.
- [8] PN-EN 1356:1999 Performance test for prefabricated reinforced components of autoclaved aerated concrete or lightweight aggregate concrete with open structure under transverse load.
- [9] PN-EN 1990:2004 Fundamentals of structural design.

柏林 MIOS 项目：使用 Ytong 实现快速且环保的住宅建设

MIOS 项目位于德国柏林的新城区，由五栋多户住宅组成。这些新建筑结合了现代建筑与历史保护的理念，设计上旨在和谐融入周围环境，而非简单复制历史特征。在文物保护机构的密切配合下，规划期仅耗时一年，为满足住房高需求提供了重要优势。



Foto: conpic | storkan

现代设计与历史保护的结合

现代建筑的设计遵循文物保护机构的广泛指导，这些指导以历史建筑为基础但并未直接复制它们。最终选定了五栋独立的建筑，和谐地融入现有建筑群。其中三栋建筑减少了楼层数，以便更好地展现历史花园景观。EQVIVA 公司总经理蒂洛·克劳塞 (TILO KRAUSE) 表示：“在探讨了各种设计方法后，成功的关键在于与文物保护机构快速且密切的协调。这使得规划期仅用了一年时间。在当前对住房的巨大需求下，这无疑是一项重大优势。”

使用 Ytong 实现可持续与高效节能

该项目采用单体式建筑，因其环保性能和成本效益而备受青睐。外墙使用了 XELLA 公司生产的 YTONG 蒸压加气混凝土，满足隔音、防火、隔热和结构稳定的高标准。由于材料本身具有保温性能，无需额外的保温层。项目中采用了矿物砂浆替代复合保温系统，从而达到 KfW 55 EE 能效标准。ECONCEPT 项目开发经理菲尔·马贝 (PHIL MARBÉ) 解释说：“建筑主体本身就具备保温功能，这种方式特别高效。”

项目严格的建筑尺寸和跨度要求决定了选用的建筑材料组合：外墙采用蒸压加气混凝土，内墙使用钙硅砖以实现承载和隔音功能



MIOS由五栋多户住宅组成，是柏林新城区的一部分，新建筑将现代建筑与历史保护结合在一起



现代建筑的设计遵循文物保护机构的广泛指导，这些指导以历史建筑为基础但未直接复制它们

宜居的可持续城区

63套公寓面积从45平方米到159平方米不等，每套均配备阳台或阳台廊，为居民提供安静环境中的现代生活体验。项目采用高比例生物燃气的可持续供热方式，为气候友好型、面向未来的建筑树立了新标杆。

合作与创新是成功的关键

赛乐集团（XELLA）的全方位服务也被证明极为有助：从项目期间的数字化规划与优化，到施工现场由大师级示范员进行的应用培训，每个项目都能获得全面且个性化的支持。通过共同学习和机会交流，所有参与者都从创新方法中受益。通过这种方式，法律标准得以共同确保，补贴也得以被优化利用。这种平等基础上的合作为可持续、面向未来的建设项目奠定了基础。

与赛乐集团（XELLA）的合作在确保 MIOS 项目仅用两年完成中发挥了关键作用。蒂洛·克劳泽（TILO KRAUSE）还提到，尽管2022年夏季炎热，且因全球危机导致供应瓶颈，但通过紧密合作与伙伴关系，仍得以在2022年12月按时庆祝建筑外壳的完工。

居住在可持续发展的城市社区

这63套公寓的居住面积从45到159平方米不等，配有阳台或内阳台，为住户提供了现代化且安静的居住环境。通过采用高比例生物天然气的可持续供暖系统，该项目为气候友好型和面向未来的建筑树立了新标杆。 ●

Foto: conpic | storkan



外墙采用Xella公司的Ytong蒸压加气混凝土，满足隔音、防火、隔热和结构稳定的高标准

Foto: Mios.Berlin



城市中的绿色氧吧：该社区提供了安静宜居的绿色环境，同时拥有活力四射的氛围

xella

Xella Deutschland GmbH
Düsseldorfer Landstraße 395
47259 Duisburg, Germany
www.xella.de

管理层:

Dr. Holger Karutz · Alexander Olbrich 工程博士

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中国 (数码版)

Zhang Jinying · 联系电话 +86 13920414614
asia@aac-worldwide.com

AAC Eurasia

Timur Dmitrov · 联系电话 +7 4822630039
eurasia@aac-worldwide.com

合作方:



本刊保留所有权利。未经版权方事先许可, 不得将本刊物的任何内容复制、储存于检索系统内, 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。



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

其他出版物:



《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管理者。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