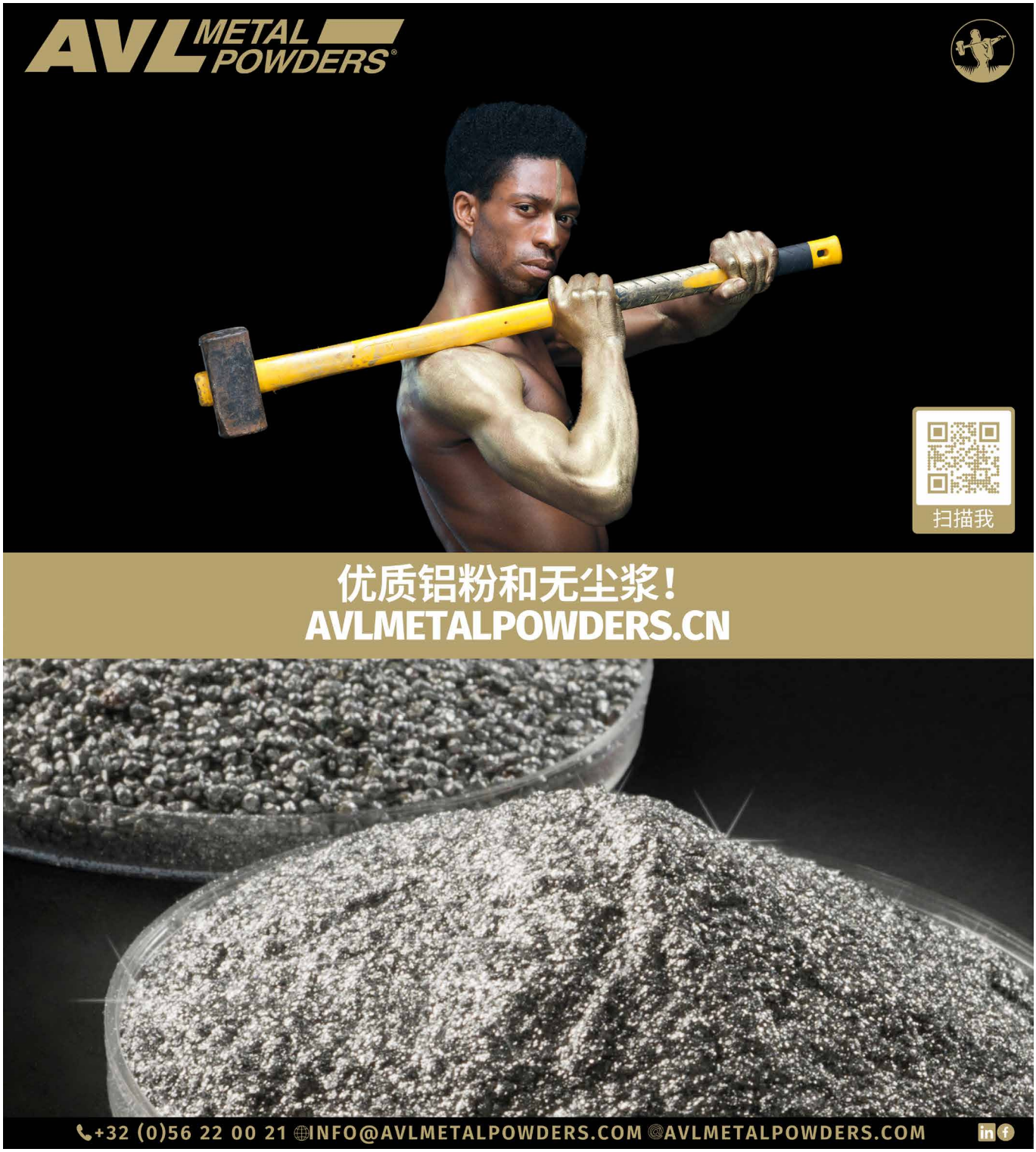
1 | 2022

AAC 蒸压加气混凝土

中国 数码版

www.aac-china.digital

新闻&市场 在75岁时建房子？是的，与AAC在一起！ **科技&创新** 再矿化蒸压加气混凝土使用阶段的二氧化碳吸收 **生产工艺** 艾尔柯瑞特中国创新工厂树立板材生产新标杆 **硅酸钙专栏** 俄罗斯石灰砂砖生产厂的现代化改造 **应用 & 施工** 蒸压加气混凝土墙在深层建筑改造中的应用 **项目** Sif Itona Westerberg – 借助AAC打造顶级艺术



AIRCRETE
CHINA

关于AAC板材工厂项目
更多最新详情
请见36页

客户引以为豪的技术合作伙伴

艾尔柯瑞特全球一流的

智能化AAC板材新工厂诞生

www.aircrete.com

社论

总编：
Michael von Ahlen

可持续建筑

在相当长的一段时间内，可持续建筑一直是我们行业的热门话题。其原因很明显，因为可持续建筑不仅适用于个别地区，而且在全球范围内都适用。事实是，我们可以居住的星球只有这一颗。因此，使建筑尽可能可持续- 快速且永久--已成为整个建筑材料行业的一项强制性任务！

问题立即出现了，例如：哪些创新可用于优化施工？ 如何减少二氧化碳足迹？什么时候新建筑应该优先于现有基础设施的翻新？ 依此类推 - 此问题列表可以无限期地持续。

没有单一的解决方案可以解决所有这些问题。永远不会有！ 然而，有一些问题是每个建筑材料行业都可以考虑的，其中包括寻找改善建筑材料生产的方法和质疑所需的施工方法。

从这个意义上说，蒸压加气混凝土显然是一种模型建筑材料，因为它允许在短时间内建造新建筑，翻新和升级现有建筑，正如欧洲加气混凝土协会 EAACA 在其“革新浪潮 ”（Renovation Wave） 活动中所大力提倡的那样。 另一种在这些方面具有相似品质且在欧洲建筑项目中经常与 AAC 结合使用的建筑材料是硅酸钙砖。

本期重点介绍建筑材料硅酸钙砖，介绍其生产方法和应用领域。一些设备制造商提供 AAC 和硅酸钙砖的设备概念。

建筑材料行业无疑正在顺利应对未来的挑战，但每个人也必须清楚，尽管可持续性和单一建筑材料的寿命周期循环性能，全球对住宅和工业建筑的巨大需求会导致各种高排放。

因此，我们有责任不断改进 AAC 作为建筑材料的生产、应用和性能，为现在和未来提供可持续的解决方案。 亲爱的读者，我们准备与您一起完成这项任务。

您忠实的，
Michael von Ahlen

1 | 2022

新闻&市场

欧洲蒸压加气混凝土协会
欢迎新成员并介绍新手册 6

为AAC工厂提供出口融资
Invest International 为Aircrete Europe公司提供出口融资 8

本地销售和服务中心
Topwerk集团在新德里成立了Topwerk印度分公司 9

成功只需要勇气和正确的建筑材料
在75岁时建房子？是的，与AAC在一起！ 10

KB 工程和内部项目
位于巴西南部一家 AAC 工厂通过纯远程处理来改进生产 – 中间报告 14

科技&创新

关于可持续性的思考
再矿化蒸压加气混凝土使用阶段的二氧化碳吸收 18

生产工艺

Wehrhahn GmbH, 27753 Delmenhorst, Germany
保持竞争力！下一步呢？ 28

Anhui Sunrise New Materials Co., Ltd., Shuangfeng Development Zone, Hefei, Anhui, China
浅谈铝粉对蒸压加气混凝土材料气孔结构及强度的影响 32

Aircrete Europe, 7575 ED Oldenzaal, The Netherlands
艾尔柯瑞特中国创新工厂树立板材生产新标杆 36

硅酸钙专栏

Masa GmbH, 32457 Porta Westfalica, Germany
俄罗斯石灰砂砖生产厂的现代化改造 44

Lasco Umformtechnik GmbH, 96450 Coburg, Germany
高效灰砂砖生产技术——高需求催生硬技术 48

致力于机器人化和数字化
联合圈子创造奇迹 53

WKB Systems GmbH, 48477 Hörstel, Germany
特地格式的砖包装配-更可持续的智能解决方案 56

应用 & 施工

钢筋混凝土框架建筑的抗震和能耗评估
蒸压加气混凝土墙在深层建筑改造中的应用 59

项目

数字规划在建筑中的巨大潜力
位于弗罗茨瓦夫（波兰西南部）的奥林匹亚港 66

ARoS博物馆展览
Sif Itona Westerberg – 借助AAC打造顶级艺术 69

28

8

10

59

69

欢迎新成员并介绍新手册

EAACA - 欧洲蒸压加气混凝土协会很高兴欢迎另外两名新成员加入协会，并向来自荷兰的 Aircrete Europe 公司和来自德国的 WKB-Systems GmbH 公司表示欢迎。为了成为 AAC 行业积极高效的代表机构，EAACA 必须让更多的公司参与进来，以实现所有目标的良好平衡，因此协会感谢每一家贡献其经验的公司。 EAACA 期待着良好的合作。

Aircrete Europe 公司介绍

凭借在 6 个不同大陆 20 个国家 / 地区的 100 多家不同 AAC 工厂的数十年经验和销售，Aircrete Europe 是公认的全球领先的 AAC 机械和技术开发商和制造商，用于生产面板和砌块，并提供长期的 服务、加工支持和设备更新换代。

WKB 公司介绍

为了生产 加气混凝土，WKB 开发和制造高度创新的机器和设备以及成套加气混凝土设备。此外，WKB 还提供工厂现代化的模块化概念，旨在提高生产效率和产品质量。

欧洲蒸压加气混凝土协会成立于 1988 年，旨在促进全欧洲蒸压加气混凝土 (AAC) 生产商及其国家协会的利益。 EAACA 的成员在 18 个国家经营着 100 多个生产基地，每年生产约 1600 万立方米的 AAC。这个产量大约可以建造 350.000 套房屋。

新宣传手册 – 改造浪潮：“潜在的经济和生态灵丹妙药”

可持续建筑对于应对气候变化至关重要。欧洲的建筑部门需要减少其碳足迹，以便为应对气候变化做出贡献。这需要在有效利用构成建筑产品的资源、在生产过程中有效利用能源以及提高建筑围护结构的热性能方面不断创新。

在新的手册中，您可以了解更多关于 EAACA 和独特的建筑材料蒸压加气混凝土的信息。AAC 是最节能的建筑材料。它也是历史建筑中从内部隔离墙壁的完美材料。它可以成为能源效率和整体可持续性的决定性因素，因为它在闭环和开环回收过程中 100% 由 可回收的自然资源制成。

下载手册：

AIRCRETE EUROPE

Aircrete Europe
Munsterstraat 10
7575 ED Oldenzaal
Netherlands
T +31 541 571020
info@aircrete.com
www.aircrete.com

WKB

WKB Systems GmbH
Daimlerstr. 5-8
48477 Hörstel
Germany
T +49 49 5459 8059 28
info@wkb-systems.com
www.wkb-systems.com

eaaca

EAACA
www.eaaca.org

masa

Milestone to your success.

完美方案铺就成功之路

www.masa-group.com.cn

玛莎公司产品覆盖建材行业所有机械设备及辅助设备：配料和搅拌系统、混凝土砌块/地砖生产线、路缘石生产线、混凝土路面板生产线、灰砂砖生产线和加气混凝土生产线。

所有的技术方案均由玛莎公司根据客户要求进行规划、设计、调整，最终制造出符合顾客要求的产品，并提供专人专项服务。

Masa GmbH
Masa-Str. 2
56626 Andernach
Germany
Phone +49 2632 9292 0
Service Hotline +49 2632 9292 88

Masa GmbH
Porta Westfalica
Osterkamp 2
32457 Porta Westfalica
Germany
Phone +49 5731 680 0

玛莎（天津）建材机械有限公司
地址: 中国天津西青经济开发区兴华三支路28号
邮编: 300385
电话: +86 22 8398 3788
传真: +86 22 8398 3689

info@masa-group.com
service@masa-group.com
www.masa-group.com

Masa - made in Germany.

Invest International 为 Aircrete Europe公司提供出口融资

荷兰开发和融资机构 Invest International 正在提供 1540 万欧元的贷款，以支持荷兰 Aircrete Europe 公司砌块和面板可持续生产技术的出口。该融资机构是向乌兹别克斯坦股份制商业银行小额信贷银行提供的银行间贷款。这笔贷款将用于资助生产设备以及位于乌兹别克斯坦 Syrdarya 的新工厂的投产。

Aircrete Europe 公司总部设在 Oldenzaal, 位于 Ensched 北部，主要专注于新兴市场。凭借数十年的经验，该公司在 6 大洲的 20 多个国家拥有全球客户群。该公司的轻质混凝土技术（在行业中称为蒸压加气混凝土）还通过其卓越的保温性能节省了至少 20% 的建筑能耗，并进一步避免了与传统砖块生产粘土提取相关的大片土壤侵蚀。

Invest International 首席执行官 Joost Oorthuizen：“我们很高兴提供这笔贷款，因为它使 Aircrete Europe 能够进一步扩大其可持续且具有成本效益的荷兰解决方案，用于传统的能源密集型行业。 鉴于乌兹别克斯坦市场的规模和传统砖的主导地位，这项投资有助于乌兹别克斯坦实现可持续发展目标，同时支持 Aircrete Europe 的增长潜力”

小额信贷银行董事长 Butayev Orif Aliboyevich：“与 Invest International 首次合作非常富有成效，我期待进一步探索我们未来的合作。 尽管蒸压加气混凝土在乌兹别克斯坦建筑材料市场的份额很小，但由于该技术的能源效率和成本优势，预计这项投资将获得进一步发展。因此，这笔交易完全符合我们作为国有开发银行的目标。”

Aircrete Europe 总经理 Ralf Beier 说：“乌兹别克斯坦的项目是 Aircrete Europe 目前又一个活跃在欧洲和中亚 (ECA) 地区的项目。我们设计工厂的方式是让当地团队可以在未来灵活、轻松、快速地提高生产能力和产品组合。通过制造完整的轻质混凝土砌块，我们帮助乌兹别克斯坦以更具成本效益和可持续性的方式建造未来的建筑。”

InvestInternational

Invest International
Malietoren Bezuidenhoutseweg
122594 AV The Hague
The Netherlands
T +31 707 013251
info@investinternational.nl
www.investinternational.nl

Topwerk集团在新德里成立了Topwerk印度分公司

自 2021 年 11 月 1 日起，TopWerk 集团就在新德里设立了 TopWerk 印度分公司，作为其在印度本地的销售和服务中心。作为世界第三大都市区，新德里是确保与客户相邻并加强印度市场客户服务的理想地点。

凭借其新的地理位置，该集团的目标是实现最佳的本地客户接近度，并在印度市场建立更强大的业务。同时也包括孟加拉国、斯里兰卡和尼泊尔等地区。

Sachin Shetty 先生和 Rajesh Jha 先生组成了 Topwerk 印度分公司新的双重领导团队。双方共同管理 Topwerk 印度分公司的业务。Sachin Shetty 将负责 Hess 集团的运营和销售。Shetty 先生在机械工程领域拥有超过 19 年的管理和技术经验，是一位真正的机械行业专家，他在全球范围内积累了丰富的运营专业知识。

Sachin Shetty将担任Topwerk印度分公司的运营和销售负责人，负责Hess集团

Rajesh Jha接任Topwerk 印度分公司的销售和市场开发部主管，并将在印度代表SR Schindler、Prinzing Pfeiffer和Hess AAC Systems公司

Rajesh Jha 先生于 7 月接手 Topwerk 印度分公司的销售和市场开发工作，将代表 SR Schindler、Prinzing Pfeiffer 和 Hess AAC Systems 公司进入印度市场。他在建筑、建筑和基础设施行业拥有超过 21 年的销售、营销和业务发展经验。

Topwerk 集团的首席执行官 Robert Gruss 解释说，在印度设立办事处是该集团全球增长战略的重要一步：“印度市场现在发展迅速，该市场对我们来说非常重要。通过 Topwerk 印度分公司，我们将加强与现有和新客户的联系，并能够快速有效地响应当地市场的需求。通过 Sachin Shetty 和 Rajesh Jha，我们吸引了一支经验丰富的专业团队，他们不仅带来他们在机器操作方面的技术专长，而且对印度市场也有很好的了解。”

TOPWERK INDIA

TOPWERK India Pvt Ltd
UG 6, Upper Ground
39 Daryacha Complex
Hauz Khas Village
New Delhi 110016, India

Sachin Shetty: cell: +91 6364722729
s.shetty@topwerk.com
Rajesh Jha, cell: +91 9311911530
r.jha@topwerk.com

HESS AAC SYSTEMS

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

在75岁时建房子？是的，与AAC在一起！

来自瑞士施洛斯鲁德的退休记者弗里达斯蒂芬证明，即使在高龄，你仍然可以梦想出大型项目，并把它们变成现实。一个令人印象深刻的例子是为她自己的女儿建造了一所房子，这为什么如此不同呢，是因为这个房子是用蒸压加气混凝土制成的。

弗里达·斯蒂芬的女儿搬到她乡下的母亲那里时，弗里达·斯蒂芬自己房子旁边的一块空地可以使其在 75 岁的时候建造房子的计划成为可能。于是在空地上建造一所小房子的愿望和意图诞生了，规划阶段就此开始。很快就发现，连接、地基等的准备工作以及小房子或预制房屋的建筑许可程序将与普通独户住宅所需的一样广泛和昂贵。

2021年9月10日，AAC奠基

来自康斯坦斯湖乌尔丁根的老朋友，退休记者彼得谢勒，了解到了这些计划。作为一名经验丰富的建筑专家，年轻时，他自己建造房子，主要是与 AAC 合作——他建议建造一个真正的房子，环保且可持续。现年 76 岁的彼得谢勒表示，他将全力支持这所房子的建造。彼得·谢勒从规划和实施客户的想法开始，并请来了一位建筑师。然而，他很难利用 AAC 来设计这座建筑，因为这项技术在瑞士并不常见。尽管如此，房子的设计仍在进行，很快建设阶段就要开始了。

然而，准备阶段却拖了下去。在 2020 年春天，第一个科罗娜限制开始发挥作用。这需要很多的耐心。在 2021 年夏初，规划工作完成，可以提交建设工程的正式申请。然而，负责审批管理局却花了不少时间。仅仅几个月后，就获得了政府许可，当时的天气条件变得越来越潮湿。水侵入现场等其他障碍也进一步阻碍了施工进度。但当基础最终完工后，砖石建筑工作就可以开始了。所需的建筑材料已订购，并且已经准备好安装了。

彼得·谢勒选择建筑材料 AAC 有各种原因。他拥有很多相关经验。AAC 易于处理。用一个合适的带锯，就可以用毫米级的精度切割出这些砖块，这几乎就像让一把热刀穿过黄油一样简单。在隔音和隔热方面，这些建筑砖块具有理想的性能，它们满足了客户以环保方式工作和使用可持续建筑材料的愿望。在这方面，木材建筑本来是一种替代的解决方案，但在经济上并不可行，特别是在 2021 年夏天，木材变得极其稀缺，导致每日价格大

已完成第一行。最终的测量结果显示了毫米级的精度

幅上涨。

Ytong AAC 砖块是高质量固体建筑材料，加工安装方便，环保，具有最佳的隔热和防火性能以及高保值性。人们真的想知道为什么这种建筑材料在瑞士不受欢迎。此外，AAC 很可能是相对较便宜的建筑材料之一。用 Ytong 砖块建造的房子的室内环境最终比用传统混凝土建造的房子要宜人得多。“我们很高兴选择了 Ytong，”客户说。

这些砖块被按时交付，并直接放置在未来的工作场所。房子的建造可以开始了，精力充沛的退休老人彼得谢

奠基一周后，墙就完工了。即使是开始下雨，也不会给施工进度造成问题

一个持续清洁的项目。制作窗户的准备工作也已经完成了

勒也参与其中。“确保第一行砌块的最大精度是很重要的。在那之后，砌块可以轻松地相互叠加。” 彼得·谢勒评论道。2021 年 9 月 10 日，奠基。此外，还注意确保块墙具有干净的外观。粘剂不溅或接头不准确是施工人员不可接受的。

然后，专业工人用毫米的精度切割一个又一个块，然后把它们叠在一起。水平仪一直常伴左右。尽管施工程序小心翼翼，但在施工开始七天后墙壁就已经完工了。在此阶段，只有环锚梁缺失了，但环锚的砌块也被及时地送到了现场。客户委托一家专业公司进行混凝土浇筑工程。一切顺利。后来，木匠们开始了他们的工作。他们建造了屋顶桁架，安装了排水沟，并为几天后带着瓦片到达地屋顶工准备了一切 。

一个专业承包商完成了环锚混凝土的浇筑

窗口安装程序提供了完全准备好的切口。不需要调整。在四个小时内，所有的窗户都安装好了并且配合完美的防水

房子正在慢慢地成形。它有一个坡屋顶和一个俯瞰绿色自然的大屋顶露台，应该成为该地区的一个景观

照片: Frieda Steffen, Schlossrued

退休记者弗里达·斯蒂芬自豪地介绍了她女儿的新房子。主要采用30厘米壁厚的Ytong热块08。从而保证了最佳的保温效果和宜人的室内气候

www.aac-worldwide.com

AAC WORLDWIDE

AAC WORLDWIDE –
Trade journal for the autoclaved aerated concrete industry

The five sections featured in each issue of AAC WORLDWIDE cover the entire spectrum of the industry – from trends and news from the world's individual markets to the latest developments in research and science, state-of-the-art in the production of AAC, building material applications and construction solutions and, last but not least, interesting buildings from all over the world – naturally made of AAC.

Receive the latest information about the AAC industry for only € 95,- per year (e-paper € 59,-). Take this unique opportunity and register for your subscription of AAC WORLDWIDE right now to make sure that you will not miss a single issue from now!

Subscribe now

online trough QR-Code or by email:
subscription@ad-media.de

Register online at **www.aac-worldwide.com** for the email newsletter that is available free-of-charge.

位于巴西南部一家 AAC 工厂通过纯远程处理来改进生产 – 中间报告

Celucon 是巴西南部知名的加气蒸压混凝土制造商，专业生产砌块。公司的市场份额不断增长，这导致其需要利用所有的优化潜力来提高生产设施的性能。

Celucon 和 KB Engineering 的董事总经理 Antonio Zanon 和 Norbert Ferdinand Kajüter 相识近十年，而且进行了不断接触和经验交流。除了关于新产品和设备工程开发的信息外，还讨论了它们在巴西市场上的使用选择以扩展 Celucon 的潜力。

KB 工程公司在开发创新工厂概念及其实施方面的国际经验也使其有可能在巴西开拓新领域，以扩大产品组合并服务于新的细分市场。除了设计单独的机器生产线（例如，具备光学质量检测和分拣功能的自动卸载系统）到交钥匙系统在 AAC 行业以及其他和新的建筑材料（例如，沙土生产颗粒），KB 工程公司还积极开发绝缘泡沫生产线。KB 工程同样在 3D 混凝土打印领域提供解决方案，这已经发展成为一个巨大的趋势。

IN-projects GmbH 的 Lutter 博士在 AAC 和低堆积密度绝

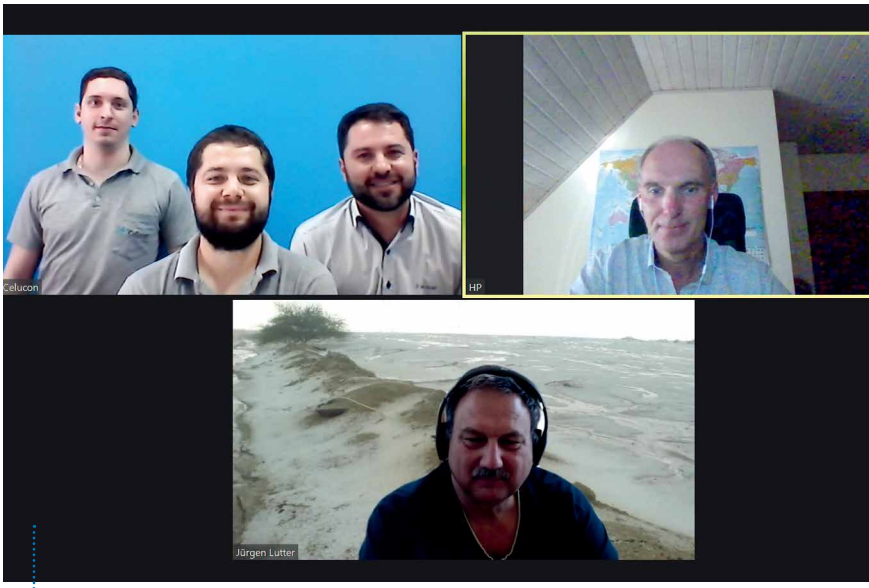
Celucon公司是巴西南部知名的AAC产品制造商
（图片由Celucon提供）

Daniel Zanon，Celucon 生产经理
（Celucon 提供照片）

缘板的生产方面拥有 30 多年的国际经验。他的工作重点是国际性故障排除以及生产设施设计和调试方面的技术支持。该公司特别关注组成材料与工艺工程技术中各个步骤的相互作用，通过比较和合并来自生产过程和实验室调查的数据，通常可以在组成材料和能源使用方面取得显著的节省。

由于 KB Engineering 和 IN-projects 之间的合作，跨越整个产品范围的技术能力和经验已经融入到各个项目中。由这两个项目合作伙伴执行的工程和优化活动，如应用于特定项目以及其他工厂，并不涉及特定的工厂类型，而是根据当地条件单独调整。

为了扩大产品范围和生产能力，需要优化混合成分、混合过程和工艺序列，这也与产量增加同时降低生产成本有关。



受疫情限制，项目以线上会议为主；从左到右：Gustavo Salles、Daniel Zanon 和 Rafael Zanon（Celucon 团队）、Norbert Ferdinand Kajüter（KB 工程）、Jürgen Lutter 博士（IN-projects）（Celucon 提供的照片）

AIRCRETE EUROPE
Sunrise旭阳 The World Becomes More Wonderful By Us
KEDA SureMaker
WKB
TEEYER
SINCE 1892 WEHRHAHN
masa Milestone to your success.

公司频道成员

ACC世界公司频道现已上线！

阅读来自领先行业供应商的最新文章与新闻。
始终保持着对最先进机械技术的更新。
现在就浏览 www.aac-worldwide.com

您是行业供应商，并有兴趣拥有一个独家的公司频道吗？
请联系我们: info@aac-worldwide.com

尽管受到冠状病毒影响，仍按计划实施

现场项目原定于 2020 年 5 月启动，但由于全球范围内的冠状病毒限制不得不一再推迟。由于预期的改善潜力较大，项目合作伙伴最终决定不等待难以预测的旅行限制结束，而是通过视频会议支持项目开发。视频会议需要考虑的另一个方面是 5 小时的时差。另外一个挑战是，在不安装额外的设备组件的情况下，利用现有的机器技术将工厂产量提高约 6%。

工程技术和相关生产过程的评估和改进，以及相关错误源的识别，通常是基于工厂检查和关键生产步骤的详细观察来完成的，因为疫情限制的缘故在此处是不可行的。因此，所有关于组件材料、功能序列和环境条件的数据都必须根据照片、视频、图纸、过程描述和手写笔记收集，所有这些信息都通过电子邮件传输。由于这些信息中的某些信息仅在本国语言葡萄牙语中可用，因此还需要跨越语言障碍，这最初不可避免地导致翻译过程中的一些误解和术语混淆。在这些暂时的初始困难之后（这些困难经常由于互联网性能问题而频繁增加），可以快速有效地确定与组成材料属性相关的第一个需要的行动点。例如，不幸的是，所需的石灰在市场上不能以相应的质量和数量获得，而是大批量生产，特别是为 Celucon 生产，然后必须临时储存很长时间，这可能会导致问题，因为长时间的储存通常会导致不必要的水分吸收，从而改变石灰的反应性。组成材料一致性的波动使其难以满足不断调整混合成分的要求，同时这需要搅拌站操作员具有丰富的经验，然后根据组成材料的特性，系统地改进了加气混凝土块的混合过程、反应和凝结行为、生产时间以及高压灭菌过程和蒸汽产生。

KB Engineering 与 IN-projects 合作为这个要求苛刻的项目提供了所需经验，加上所需的想象力和远见，以及开拓新领域的意愿，这些都是期望改进生产过程的重要先决条件。所有项目合作伙伴都清楚，在冠状病毒大范围流行期间无法在现场执行的活动监测可能会导致实施期比原先预期更长，由于需要对监测结果进行汇总和对所有流程的不断优化，日常视频会议只留下了很短的时间窗口，而且因所处时区不同而进一步复杂化。得益于德方对巴西业务的密集在线支持，才有可能在大约两个月的时间内实现预定目标。

产能增加		实际达到8%； 预期的增长幅度为6%
材料消耗量的降低	水泥	2.7%
	石灰	2.7%
	砂浆	2.7%
	铝	4.7%
混合过程时间的缩减		32%
发酵时间的缩减		12%
体积密度的降低		4%
减少部件材料的可变成本及节能		min. 4.8%

满意的客户

在项目规划和实施阶段，KB Engineering 和 IN-projects 发现了额外的改进潜力，并利用这个机会同时实施，使工厂的绩效提高到超出预期目标的水平，其结果是高质量产品的产量增加了 8% 以上，从而可持续地提高了工艺效率，因此超出了增产的规格。 此外，对组成材料的要求有所降低，尤其是对水泥和石灰等成本密集型部件的要求，同时提高了产品质量并优化了生产流程。下表显示了所选详细信息。

过程优化的结果

高压灭菌持续时间的缩短以及蒸汽工艺的节省已被确定为额外的优化潜力。用于改进工厂性能的生产过程中的相关步骤目前正在准备实施中。因此，组成材料可变成本的降低和节能尚未综合计算，但在 4.8% 至 5.2% 之间。

Celucon 生产经理 Daniel Zanon 表示满意：“对我们来说，特别的好处是，为了实现这些出色的成绩，不需要新的、昂贵的生产机器或转换成工厂组件——工厂优化的实施发生在正常和持续生产期间。由于疫情限制，我们不得不进行远程会话和在线交流；尽管如此，KB 工程团队还是设法针对我们的挑战提出了解决方案和改进方案，即使他们没有“手”和“眼睛'。通过共享信息并依靠 KB 工程师的经验，我们能够在某些领域减少错误并提高生产力。”

KB Engineering GmbH
An der Umfluth 23
49479 Ibbenbüren
Germany
T +49 160 2217 668
info@kb-engineering.de
www.kb-engineering.de

IN-projects GmbH
St.-Blasius-Str. 32b
85051 Ingolstadt
Germany
T +49 176 66491218
info@in-projects.com
www.in-projects.com

Celucon
Rodovia Genesio mazzon, 12125
88830-00 Morro da Fumaca
Brazil
T +55 4834346600
contato@celucon.com.br
www.celucon.com.br

再矿化蒸压加气混凝土使用阶段的二氧化碳吸收

● Hartmut B. Walther, Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH, Germany

仅 2018 年，德国就生产了总计 3370 万吨水泥和 640 万吨生石灰产品 [1]。这两种粘合剂产品的燃烧过程所需的能量主要来自化石燃料燃烧。而化石燃料燃烧过程中释放的二氧化碳和碳酸盐分解（脱酸）过程中产生的二氧化碳是工业国家和新兴国家二氧化碳排放的主要来源之一。水泥对于生产混凝土和其他建筑材料至关重要。

在接下来的几十年里，水泥和生石灰燃烧过程中脱酸释放的二氧化碳在很大程度上被它们生产的建筑材料重新吸收。在这一过程中，孔隙间逐渐生成了碳酸钙，它们填充建筑材料，并使建筑材料的基质更加稳固。这种“再碳化”表现为混凝土体积密度和强度的增加 [2]。由于碳酸化的建筑材料吸收二氧化碳会导致 pH 值的变化和孔隙空间的变化，因此它有时会造成建筑结构的损坏，而正因如此，二氧化碳吸收反应在过去很少被看作一件好事。此外，此前开展的关于建筑材料吸收二氧化碳的研究基本只关注其对建筑的损坏事件。而对于缓慢的再碳酸化，或者活性 CaO 长时间吸收二氧化碳且未造成材料损坏的案例，却很少被人们研究。

水泥和生石灰也用作生产蒸压加气混凝土 (AAC) 的粘合剂。由于蒸压加气混凝土的生产本身只需要很少的过程能源（产品在 180°C 左右进行高压灭菌），因此整个生产过程中释放的二氧化碳 80% 以上都来自原材料的生产。

考虑到当前有许多关于二氧化碳作为温室气体和物料流平衡的科学争论，我们有必要对二氧化碳在所有建筑产品生命周期中的释放和固定进行重新评估 。通过全球变暖潜能值 (GWP) 或碳足迹，可以计算以上数值。这两种测量方法均以 $CO_{2equivalent}$ 进行表示，也写为 kg CO_{2e}，但它们的计算方式不同并且具有不同的数值。

蒸压加气混凝土的使用过程中也会吸收二氧化碳。这种二氧化碳的重新结合被称为再碳酸化，尽管严格来说，只有蒸压加气混凝土中的 CaO 参与了再碳酸化反应。在再碳酸化过程中，水泥和生石灰进行燃烧产生碳酸盐原材料，并释放出二氧化碳，二氧化碳被重新吸收，并永久滞留在蒸压加气混凝土内的碳酸盐矿物中。在蒸压加气混凝土的生产中，粘合剂最初转化为水合硅酸钙相（C-S-H 相），理想情况下生成晶体状 11Å 水化硅酸钙（$Ca_5H_2[Si_3O_9]_2 \cdot 4\ H_2O$）。在建筑物的几十年使用寿命中，其中的钙会形成碳酸盐并在此过程中吸收二氧化碳。与传统混凝土一样，该过程不会降低标准蒸压加气混凝土 [3]、[4] 的强度。本文的研究对象是使用正确方法生产的标准蒸压加气混凝土的缓慢再碳酸化反应。论文研究使用的所有样品均从完好无损且正在使用的建筑物中收集得来。

理论和规范原则

早在 2004 年，松下就在论文中公布了他关于蒸压加气混凝土碳化 / 再碳酸化的研究成果，其中也包括了关于蒸压加气混凝土碳化程度的结果 [5]。

本篇论文的研究对象是 CaO 的再碳化。以下声明参考了经 DIN EN 16757:2017-10 [6] 修订的 EN 16757: 2017。这一标准首次规定了混凝土碳化和再碳化计算的基本原则。蒸压加气混凝土属于加气蒸压轻质混凝土组。上述标准的附录 BB 中 描述了碳酸化过程中对二氧化碳的吸收，以及其计算方法指南。在 “BB.2 完全碳化混凝土的潜在 二氧化碳吸收”中特别指出：

“完全碳化混凝土的理论二氧化碳最大吸收量与粘合剂中反应性 CaO 的量具有相关性。如果给定粘合剂的活性 CaO 为 w%，则二氧化碳吸收量为：

$U_{tcc} = w \cdot C \cdot (m_{CO2}/m_{CaO})$ [BB.2] (1)

w 是反应性 CaO 的一部分 [kg CaO / kg 粘合剂]

C 是粘合剂的质量（水泥 + 反应添加物）[kg]

m_{CO2} 是摩尔质量 CO_2 = 44 g/mol

m_{CaO} 是摩尔质量 CaO = 56 g/mol”

使用公式 (1)，结合化学计量计算方法，可以通过碳酸盐中结合二氧化碳的量计算出完全碳酸化的蒸压加气混凝土中结合（之前是活性的）CaO 的量。

由于蒸压加气混凝土混合物中除含有水泥粘结剂外，还含有生石灰粘结剂，因此，根据标准，公式 (1) 和 [BB.2] 直接适用于蒸压加气混凝土。在这种情况下，生石灰是反应性添加剂。粘合剂含量由水泥中的反应性 CaO（基于 BB.3 中列出的标准假设）和生石灰计算得出。 即：

$$U_{tcc} = ((w_{cement} \cdot C_{cement}) + (w_{quicklime} \cdot C_{quicklime})) \cdot (m_{CO2}/m_{CaO}) \quad (2)$$

$CaO_{reactive}$ 来自水泥或生石灰对再碳酸化过程没有影响。 因此，以下公式适用于配方：

$$W_{total} = (w_{cement} \cdot C_{cement}) + (w_{quicklime} \cdot C_{quicklime}) \quad (3)$$

由此可得，

$$U_{tcc} = w_{total} \cdot (m_{CO2}/m_{CaO}) \quad (4)$$

在调查未知配方的旧蒸压加气混凝土材料时，w 是根据化学分析计算得出的。在这种情况下，我们分析的 CaO 量会由于一部分 CaO 结合在硫酸盐和碳酸盐中而有所减少。然而，在计算 U_{tcc} 时，碳酸盐中结合的 CaO 量无关紧要，只需考虑硫酸盐中结合的量。此时，我们忽略了砂材料中 CaO 的硅质结合。如果沙子的初始矿物成分未知，则我们也无法通过其产品加以确定。上述方法中，我们忽略了砂材料中 CaO 的硅质结合，但这不会导致我们对碳化程度的高估。恰恰相反，忽略砂材料中 CaO 的硅质结合使我们低估了碳化程度。

由此，依旧可得

$$U_{tcc} = w \cdot (m_{CO2}/m_{CaO}) \quad (5)$$

Hartmut B. Walther 是 Xella技术与研究公司的授权签署人。他曾在弗莱贝格（Freiberg）、格赖夫斯瓦尔德（Greifswald）、布拉格（Prague）和墨尔本（Melbourne）学习矿物学、地球化学和地质学，1989年，哈特穆特 ·瓦尔特通过研究生毕业论文答辩，1993年，他通过博士论文答辩。1997年起，他加入混凝土行业，从这里开启他的职业生涯。

碳化程度可以用于评估碳化和 / 或再碳化。该测量方法能够表明在时间 x 已经形成了多少碳酸钙（基于最大可能值）。当前的碳化状态是什么？在我们进行分析时，再碳酸化过程是仍在继续，还是已经完成？

U_{xcc} 代表时间 x 时碳酸化蒸压加气混凝土的二氧化碳含量。 碳酸化度 D_C 计算如下

$$D_C = U_{xcc} / U_{tcc} \quad (6)$$

碳酸化程度 D_C 可以通过化学分析计算得出。其中，碳酸盐结合二氧化碳的测量值用于 计算 U_{xcc} ， 而 U_{tcc} 则通过活性 CaO 含量根据公式 (5) 计算得出。 总碳酸化值：

$$U_{xcc} = U_{tcc} = 1$$

EN 16757:2017 进一步指出：

“我们通常只能得到 CaO 总量，一般占水泥重量的 60% 到 65%。 反应性 CaO 可以通过从总 CaO 中减去非反应性 CaO（如碳酸盐和硫酸盐）来计算。 ……”之前的陈述中也提到过这一点。 标准中还提到：

“作为一种保守的计算方法，只有熟料中的 CaO 可以用于该计算公式。

$$U_{tcc} = w \cdot C_C \cdot (m_{CO2}/m_{CaO}) \quad [BB.3] \quad (7)$$

其中

C_C 是熟料的质量 [kg]

波特兰水泥至少包含 95% 的熟料，活性 CaO 的典型值为 65%。”

基于此，波特兰水泥的活性 CaO 含量为 62%（95% 的熟料与 65% 的 $CaO_{reactive}$）。 波特兰水泥基本上专门用于蒸压加气混凝土生产，因此，这种相关性也可以应用于蒸压加气混凝土工厂的水泥生产。

如下所示，表 1 适用于生石灰，其同样被用于蒸压加气混凝土生产，该表格依据是表 2 所列的 DIN EN 459-1: 2015-07) [7]（摘录）：

表 1：
摘自 表 2-DIN EN 459-1: 2015-07 - 白石灰的化学要求（定义为特征值）

生石灰类	以质量分数百分比表示的数值				
	CaO + MgO	MgO[a]	CO2[b]	SO_3	Available lime[c]
CL 90	≥ 90	≤ 5	≤ 4	≤ 2	≥ 80
CL 80	≥ 80	≤ 5	≤ 7	≤ 2	≥ 65
CL 70	≥ 70	≤ 5	≤ 12	≤ 2	≥ 55

表 2：
PP2-400 制成的16年 墙龄外墙CO_2 和 SO_3 含量； 16 个样品均匀分布在墙体横截面

样品号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
CO_2 总量 [1]	[按重量百分比]	7.67	7.00	6.71	6.58	6.62	6.87	7.04	7.22	7.20	7.04	7.07	6.89	6.72	6.81	6.72	6.90
SO_3 总量 [2]	[按重量百分比]	2.68	2.94	2.94	2.87	2.98	2.95	2.97	3.03	2.97	3.00	2.98	3.00	2.91	2.90	2.94	2.98
由CO_2计算出的$CaCO_3$ [3]	[按重量百分比]	17.43	15.91	15.25	14.95	15.05	15.61	16.00	16.41	16.36	16.00	16.07	15.66	15.27	15.48	15.27	15.68
计算出$CaCO_3$中的CaO [4]	[按重量百分比]	9.76	8.91	8.54	8.37	8.43	8.74	8.96	9.19	9.16	8.96	9.00	8.77	8.55	8.67	8.55	8.78
由SO_3计算出的$Ca[SO_4]$ [5]	[按重量百分比]	4.56	5.00	5.00	4.88	5.07	5.02	5.05	5.15	5.05	5.10	5.07	5.10	4.95	4.93	5.00	5.07
$Ca[SO_4]$ 中计算出的CaO [6]	[按重量百分比]	1.88	2.06	2.06	2.01	2.09	2.07	2.08	2.12	2.08	2.10	2.09	2.10	2.04	2.03	2.06	2.09
再碳酸化程度 D_C [7]	[-]	0.37	0.34	0.32	0.32	0.32	0.33	0.34	0.35	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.33	0.32	0.33

[1] measured value

[2] measured value

[3] $C_{CaCO3} = C_{CO2} / m_{CO2} \cdot m_{CaCO3}$ m_{CO2} = 44 g/mol, m_{CaCO3} = 100 g/mol

[4] $C_{CaO} = C_{CaCO3} / m_{CaCO3} \cdot m_{CaO}$ m_{CaO} = 56 g/mol

[5] $C_{CaSO4} = C_{SO3} / m_{SO3} \cdot m_{CaSO4}$ m_{SO3} = 80 g/mol, m_{CaSO4} = 136 g/mol

[6] $C_{CaO} = C_{CaSO4} / m_{CaSO4} \cdot m_{CaO}$

[7] $D_c = U_{xcc} / U_{tcc} = C_{CaO}^{[4]} / (C_{CaO[total]} - C_{CaO}^{[6]})$ $C_{CaO[total]}$ = 28.39% by weight, mean value from table 3

表 3：
对PP2-400 制成、具有 16 年墙龄外墙的每个外侧样本和墙体中心样本的完整化学分析

		例 1 外表面	例 8 中间	例 16 内表面
SiO_2	[按重量百分比]	45.97	47.28	46.89
TiO_2	[按重量百分比]	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Al_2O_3	[按重量百分比]	2.22	2.26	2.24
Fe_2O_3	[按重量百分比]	0.79	0.81	0.81
Mn_3O_4	[按重量百分比]	< 0.05	< 0.05	< 0.05
MgO	[按重量百分比]	0.52	0.51	0.51
CaO	[按重量百分比]	28.29	28.40	28.47
Na_2O	[按重量百分比]	< 0.05	< 0.05	< 0.05
K_2O	[按重量百分比]	0.75	0.59	0.58
P_2O_5	[按重量百分比]	< 0.05	< 0.05	< 0.05
点火损失 (L.o.i.)	[按重量百分比]	17.12	16.33	16.05
CO_2	[按重量百分比]	7.67	7.22	6.90
SO_3	[按重量百分比]	2.68	3.03	2.98
H_2O 计算	[按重量百分比]	9.45	9.11	9.15

但实际上，加气混凝土工厂所用生石灰的有效石灰含量更高，根据“注 c”，可能要求更高的百分比。 因此下方假设广泛使用的生石灰 CL 90 实际上包含 90 wt% 的 $CaO_{reactive}$，生石灰 CL80 实际上包含 80 wt% 的 $CaO_{reactive}$。

$Ca(OH)_2$ 有时作为空气中水合产生的杂质存在于生石灰中，并与 C-S-H 相相结合，可发生再碳酸化反应。未转化的石灰石仍以碳酸盐 ($Ca[CO]_3$) 的形式存在，其中的 CaO 不应纳入我们的考虑范围。

通过墙壁横截面进行再碳化易变性研究

这一研究的目的是通过墙壁横截面阐明蒸压加气混凝土自然再碳酸化的均匀程度。碳化前缘是否与混凝土 [8]、[9] 一样发生，或者该过程是否在整个砌块中均匀发生？

出于研究的目的，我们对由 PP2-400 制成的拥有 16 年使用年限、厚度 36.5 厘米的房屋外墙进行了实验。我们首先从墙上切下一个棱柱体，然后将其锯成 20 毫米厚的切片。排除 3 毫米的锯槽，总共产生了 16 个样品。样品 1 涂有硅酸盐外墙灰泥，样品 16 涂有石膏内部灰泥。在进行 CS 分析之前，所有样品都被研磨至 <63 µm（见表 2）。此外，我们通过 X 射线荧光分析（XRF）对三个样品（1- 外表面，8- 中心和 16- 内表面）的完整化学成分进行了分析（见表 3）。表 2 中的再碳酸化程度由 28.39 wt% 的所有 CaO 的平均分析值计算得出。

二氧化碳含量在整个墙壁上显示出高度均匀的分布，见图 1。所有样品都含有大约 7 wt% 的 CO_2 和 15.0 - 17.4 wt%（通过计算得出）的 $CaCO_3$。最高值出现在样本 1 中，该样本取自砌体外部。值得注意的是，该建筑最初六个

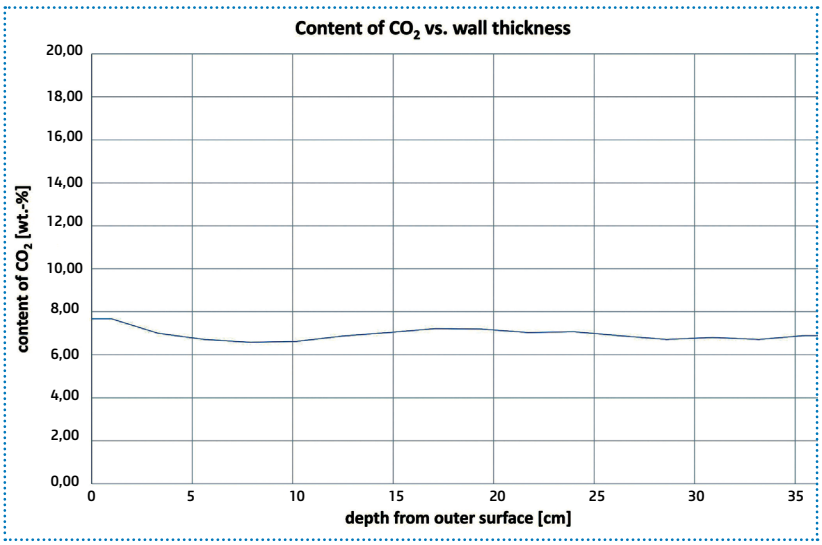


图 1：墙壁横截面的 CO_2 和碳酸盐含量变化；墙体年龄为16年

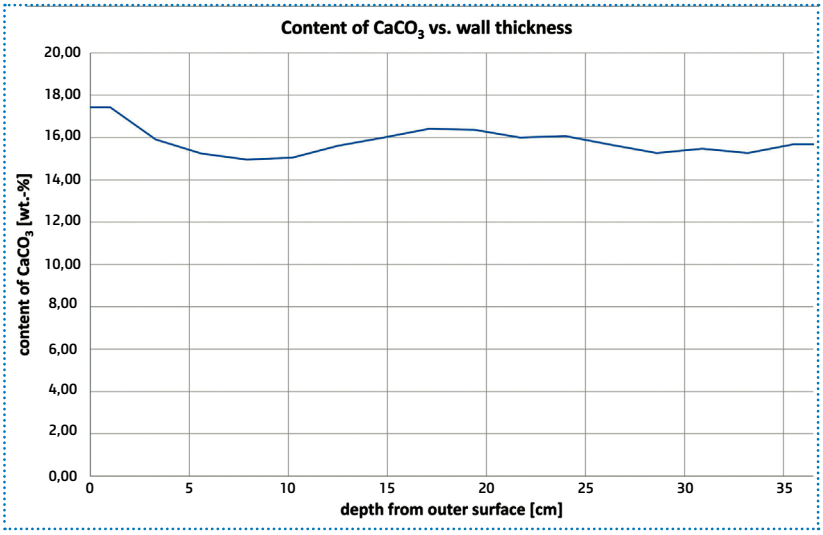


图2: 碳酸钙含量透过墙体横截面的变化，墙体已有16年历史

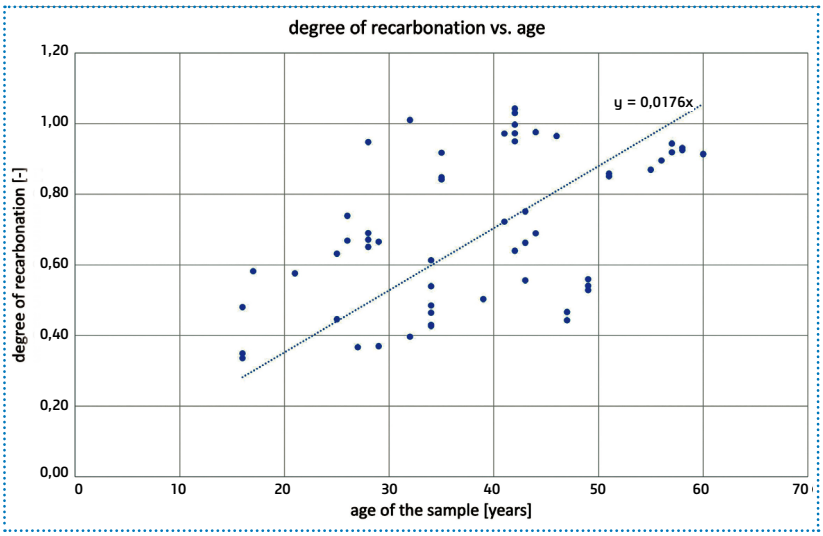


图3：蒸压加气混凝土砌体在使用阶段的再碳化，个别数据见表4

月没有抹灰，在此期间，墙皮表面直接暴露在室外天气中。

根据砖石横截面得出的二氧化碳分布，我们决定通过分析钻屑样本进一步研究自然再碳化现象。这样做省去了从整个墙壁横截面上获取钻孔岩心样本的步骤，由此简化了对现有建筑物的采样过程。

实地考察分析

我们可以使用多种分析方法来确定以碳酸盐形式结合在蒸压加气混凝土中的二氧化碳量。例如，通过定量 X 射线相分析和随后的 Rietveld 计算，可以识别和量化碳酸盐矿物。碳酸盐矿物的比例也可以通过热分析来确定。此外，还可以直接测定材料中的 CO_2 并通过红外光谱对其进行量化。Xella 主要使用第二种方法，因为再碳酸化的程度可以从 XRF 中同时获得的其他化学数据计算得出（见上文）。

在 2007 年的一项研究中，实验人员对 25 年到 40 年以上的蒸压加气混凝土样品进行了分析 [10]。研究人员 Straube 发现，样品中的 CO_2 含量偶尔会超过其 CaO 含量所能承受的阈值——碳酸钙在自然条件下形成石灰石，石灰石主要由矿物方解石（$CaCO_3$）组成。天然石灰石通常还含有少量白云石，即一种碳酸钙镁物质（$CaMg[CO_3]_2$）。因此，在石灰燃烧过程中，方解石和白云石都会分解并释放出二氧化碳。这意味着反应性 MgO 不仅存在于反应性 CaO 之中，还存在于水泥或生石灰中。在蒸压加气混凝土生产过程中，MgO 也在高压釜中发生反应，并结合在 C-S-H 相中。 MgO 随后也被再碳酸化。在这种情况下，MgO 是在再碳酸化过程中形成菱镁矿 ($MgCO_3$)， 还是与 CaO 反应重新形成白云石 ($CaMg[CO_3]_2$)，并不会影响最终结果。

图 2 所呈现的数据基于 Straube [11] 的实验和当前的分析。假设蒸压加气混凝土建筑的使用寿命为 80 年，材料的再碳化应该不会持续这么长时间。根据目前的数据，蒸压加气混凝土在 40 年后的再碳化程度将达到 70% 左右，50 年后的再碳化程度为 88%，不到 60 年就完成了再碳化反应。 按照保守估计，在建筑使用寿命结束时再碳化度为 95%，即 D_c = 95%，建筑投入使用 50 年后 D_c = 80%。

计算建筑物使用寿命期间的预期再碳化程度

初始权重用于计算特殊产品和配方的个别再碳化。要计算生命周期分析，尤其是环境产品声明 (EPD) 等数据，

表 4：从样品分析中获取的数据

No.	材料的年龄	分析值			计算值					
		CO_2	SO_3	CaO	$Ca[SO_4]$ 根据 SO_3	CaO 束缚 $Ca[SO_4]$	无Ca[-SO_4]的CaO残渣	$CaCO_3$ 最大残留 CaO	CO_2 在 $CaCO_3$ 中的最大值	再碳酸化程度
	[a]	[按重量百分比]	[按重量百分比]	[按重量百分比]	[按重量百分比]	[按重量百分比]	[按重量百分比]	[按重量百分比]	[按重量百分比]	[按重量百分比]
1	16	6.94	2.94	28.39	5.00	2.06	26.33	46.97	20.66	0.34
2	16	9.09	1.76	24.92	2.99	1.23	23.69	42.26	18.58	0.49
3	16	6.15	2.09	23.56	3.55	1.46	22.10	39.42	17.33	0.35
4	17	11.73	4.49	28.82	7.64	3.15	25.67	45.80	20.14	0.58
5	21	11.73	2.05	27.40	3.48	1.43	25.97	46.32	20.37	0.58
6	25	7.29	2.14	22.35	3.64	1.50	20.85	37.20	16.36	0.45
7	25	11.14	0.76	23.01	1.29	0.53	22.48	40.10	17.63	0.63
8	26	12.30	2.01	24.47	3.42	1.41	23.06	41.14	18.09	0.68
9	26	13.86	2.06	24.98	3.50	1.44	23.54	41.99	18.47	0.75
10	27	6.23	2.75	23.55	4.67	1.92	21.63	38.58	16.97	0.37
11	28	10.00	0.89	20.21	1.51	0.62	19.59	34.94	15.37	0.65
12	28	10.34	0.82	20.20	1.39	0.57	19.63	35.01	15.40	0.67
13	28	10.54	0.76	20.01	1.29	0.53	19.48	34.75	15.28	0.69
14	28	14.49	1.28	20.38	2.18	0.90	19.48	34.76	15.29	0.95
15	29	11.98	2.47	24.68	4.20	1.73	22.95	40.94	18.00	0.67
16	29	5.91	3.00	22.49	5.10	2.10	20.39	36.37	16.00	0.37
17	32	20.81	1.13	27.05	1.92	0.79	26.26	46.85	20.60	1.01
18	32	8.43	1.65	28.27	2.80	1.15	27.12	48.37	21.27	0.40
19	34	9.48	0.87	20.33	1.48	0.61	19.72	35.18	15.47	0.61
20	34	6.97	0.76	21.36	1.29	0.53	20.83	37.16	16.34	0.43
21	34	9.19	1.98	25.52	3.37	1.39	24.13	43.05	18.93	0.49
22	34	8.34	3.28	25.20	5.58	2.30	22.90	40.86	17.97	0.46
23	34	8.05	2.61	25.67	4.44	1.83	23.84	42.53	18.70	0.43
24	34	8.06	1.85	20.35	3.14	1.29	19.06	34.00	14.95	0.54
25	35	14.30	0.34	21.89	0.58	0.24	21.65	38.63	16.99	0.84
26	35	13.75	0.28	21.02	0.48	0.20	20.82	37.15	16.34	0.84
27	35	14.87	0.25	20.84	0.43	0.18	20.66	36.87	16.21	0.92
28	35	13.91	0.31	21.12	0.53	0.22	20.90	37.29	16.40	0.85
29	39	8.79	3.50	24.74	5.94	2.45	22.29	39.77	17.49	0.50
30	41	16.64	0.24	21.61	0.41	0.17	21.44	38.25	16.82	0.99
31	41	13.14	0.90	23.37	1.53	0.63	22.74	40.57	17.84	0.74
32	42	18.13	0.40	24.05	0.68	0.28	23.77	42.41	18.65	0.97
33	42	18.92	0.39	23.68	0.66	0.27	23.41	41.76	18.36	1.03
34	42	18.45	0.37	23.85	0.63	0.26	23.59	42.09	18.51	1.00
35	42	17.50	0.31	21.61	0.53	0.22	21.39	38.16	16.78	1.04
36	42	19.79	0.20	26.69	0.34	0.14	26.55	47.37	20.83	0.95
37	42	12.82	1.22	26.41	2.08	0.86	25.55	45.59	20.05	0.64
38	43	12.87	0.80	25.32	1.36	0.56	24.76	44.17	19.42	0.66
39	43	14.54	0.60	25.10	1.02	0.42	24.68	44.03	19.36	0.75

No.	材料的年龄	分析值			计算值					
		CO_2	SO_3	CaO	$Ca[SO_4]$ 根据 SO_3	CaO 束缚 $Ca[SO_4]$	无Ca[-SO_4]的CaO残渣	$CaCO_3$ 最大残留 CaO	CO_2 在 $CaCO_3$ 中的最大值	再碳酸化程度
	[a]	[按重量百分比]	[按重量百分比]	[按重量百分比]	[按重量百分比]	[按重量百分比]	[按重量百分比]	[按重量百分比]	[按重量百分比]	[按重量百分比]
40	43	8.79	3.25	22.45	5.52	2.27	20.18	35.99	15.83	0.56
41	44	10.23	1.81	20.19	3.08	1.27	18.92	33.76	14.84	0.69
42	44	15.60	0.30	20.58	0.51	0.21	20.37	36.34	15.98	0.98
43	46	19.42	0.22	25.81	0.38	0.16	25.65	45.76	20.13	0.96
44	47	8.79	2.50	27.05	4.25	1.75	25.30	45.14	19.85	0.44
45	47	6.60	0.75	18.54	1.27	0.52	18.02	32.14	14.13	0.47
46	49	10.63	2.75	26.97	4.67	1.92	25.05	44.68	19.65	0.54
47	49	8.79	2.75	21.97	4.67	1.92	20.05	35.76	15.73	0.56
48	49	10.63	3.00	27.73	5.09	2.10	25.63	45.73	20.11	0.53
49	51	14.05	0.59	20.79	1.00	0.41	20.38	36.35	15.99	0.88
50	51	12.45	1.74	19.28	2.96	1.22	18.06	32.22	14.17	0.88
51	55	17.18	0.67	24.64	1.14	0.47	24.17	43.12	18.96	0.91
52	56	14.11	0.32	20.31	0.54	0.22	20.09	35.83	15.76	0.90
53	57	18.32	0.20	25.56	0.34	0.14	25.42	45.35	19.94	0.92
54	57	17.95	0.17	24.37	0.30	0.12	24.25	43.26	19.02	0.94
55	58	15.76	0.22	21.87	0.38	0.16	21.71	38.74	17.03	0.92
56	58	15.76	0.17	21.69	0.30	0.12	21.57	38.48	16.92	0.93
57	60	15.76	0.17	22.10	0.30	0.12	21.98	39.21	17.24	0.91
58	60	15.76	0.12	22.07	0.21	0.09	21.98	39.22	17.25	0.91

表 5：
不同粘合剂的 CO2 吸收能力典型值（依据 DIN EN 16757:2017-10 和DIN EN 459-1:2015-07 ）

	申报单位	CaO_{active}含量	最大可能摄入CO_2量 U_{TCC}	CO_2 吸收量 D_c = 95%
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
Portland 水泥 CEM I	1	0.620	0.487	0.463
生石灰 CL 90	1	0.900	0.707	0.672
生石灰 CL 80	1	0.800	0.629	0.597

需要先获取平均配方以及原材料和能源的年消耗量。

根据等式（3），表 5 中列出的数值适用于波特兰水泥和生石灰这两种使用最广泛的粘合剂。

在蒸压加气混凝土使用阶段，再碳酸化过程吸收的二氧化碳量直接取决于生产蒸压加气混凝土所需的粘合剂量。表格 5 右栏中的数值表示每使用一千克硅酸盐水泥和生石灰对 CO2 再吸收的最小数值。

蒸压加气混凝土配方中还包含可回收的上等蒸压加气混凝土材料。在大多数情况下，这些材料都是新近制

备的，没有产生过碳酸化反应。在研究单个蒸压加气混凝土产品或配方时，还必须将该材料的再碳酸化潜力纳入到考虑范围之内。许多蒸压加气混凝土配方都含有 10% 或更多重量的这些回收材料。

以下示例展示了 AAC PP2 的配方（见表 6，该表格是基于 [12] 的修改结果），适用于 362 kg / m³ 的堆积密度。

高压灭菌后，蒸压加气混凝土中含有约 8 wt% 的水结合在雪硅钙石中，这一点在计算基于堆积密度的初始重量时必须予以考虑，如表 7 所示。

表6：示例配方

组件	内容 [按重量百分比]
沙	47
生石灰	14
水泥	20
循环利用 AAC	15
硬石膏	4
总计	100

表 7：依照表 5 中的样品配方，得出的原材料绝对初始重量（kg / m³）和典型值

组件	内容	CaO_{active}	CaO_{active}	U_{TCC}	U_{95}
	kg/m³	[%]	kg/m³	kg/m³	kg/m³
沙	157.6	-	-	-	-
生石灰	46.9	90	42.2	33.2	31.5
水泥	67.0	62	41.6	32.7	31.0
循环利用 AAC*	50.3	27	13.5	10.6	10.1
硬石膏	13.4	0	0.0	0.0	0.0
束缚水	26.8	0	0.0	0.0	0.0
	362.0	-	97.3	76.5	72.6

* 回收材料中 CaOactiv 的含量与该配方的平均含量相对应

当 *Dc* = 95%，再碳化使 CL 90 生石灰的 GWP 跟初始值相比降低了 0.672 kg CO_{2eq}/kg，使波特兰水泥的 GWP 降低了 0.463 kg CO_{2eq}/kg。因此，在使用示例中的蒸压加气混凝土过程中，通过二氧化碳吸收，达到 95% 再碳酸化，意味着将碳足迹和 GWP 减少了 72.6 kg/m³。 这种二氧化碳吸收被叫做碳捕获。

用实际生产配方生产的蒸压加气混凝土通常包含更多的用于轻质到极轻产品的粘合剂，以及较少的较重产品的粘合剂（根据初始混合材料的质量百分比）。然而，这一差异被更高的堆积密度所抵消，这种堆积密度通过增加固体的绝对总重量而获得。特别是磨碎的沙子，以及除铝以外的所有其他成分，会导致每体积蒸压加气混凝土的初始重量更高。表 8 （下方）中的数值是由原材料对照组的 CaO_{activ} 的实际量和配方的平均量计算得出。对于我们讨论的生产工厂来说，标准配方的数值应如下

表8：不同堆积密度和等级蒸压加气混凝土的碳捕集能力数据

		PP2 -350	PP4-500	PP4-550	PP6-650
CaO_{active}	kg/m³	97.3	109.1	106.9	160.3
CO_2 U_{tcc}	kg/m³	76.5	85.7	84.0	126.0
CO_2 D_c = 95%	kg/m³	72.6	81.5	79.8	119.7

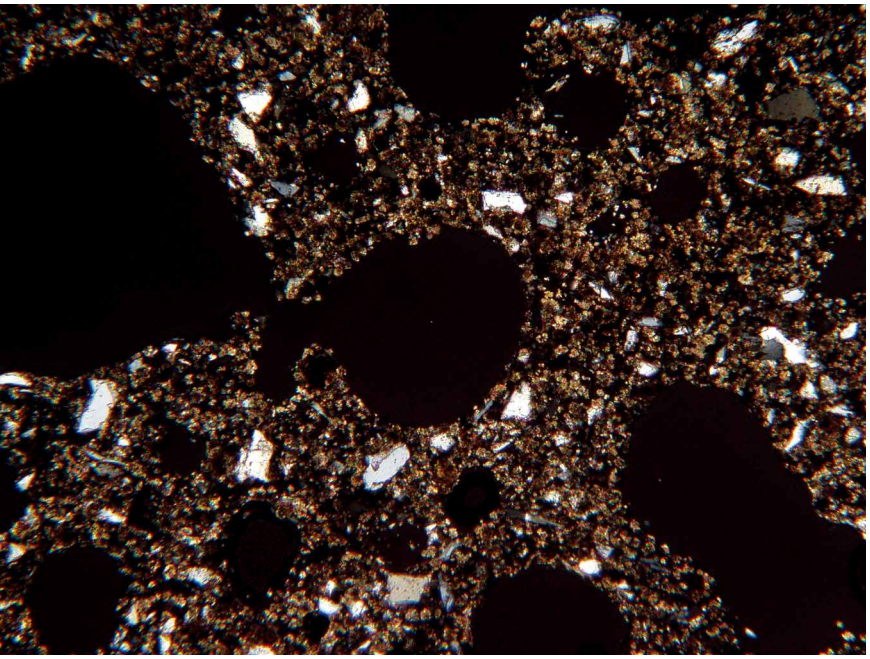


图 4：显微照片显示了再碳酸化蒸压加气混凝土的视觉外观。此为正交偏光镜下的透射光。显微截面宽度为 2.5 毫米，样品年龄 41 年。

照片由 J. Götze TU摄于弗莱贝格学院

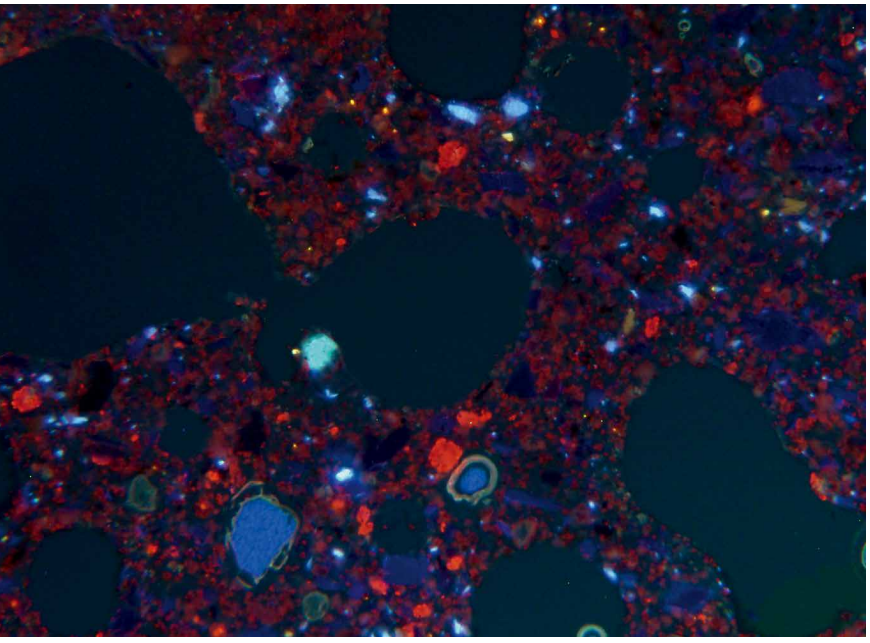


图 5：显微照片显示了再碳酸化蒸压加气混凝土的视觉外观。此为阴极发光。显微截面宽度为 2.5 毫米，样品年龄 41 年。

照片由 J. Götze TU摄于弗莱贝格学院

表所示（表 8）：

很显然，较重的配方通常比较轻的配方含有更多的粘合剂（以 kg / m³ 为单位）。这一规律不适用于在恒定抗压强度下具有不同堆积密度的蒸压加气混凝土，参见 PP4-500 和 PP4-550。

再碳化反应的视觉外观

在蒸压加气混凝土中，晶体 C-S-H 相（尤其是 11Å 雪硅钙石）能够在几十年时间里持续吸收二氧化碳，正如上文所述。在此过程中，蒸压加气混凝土的结构保持不变，参见图 3。

在右图中，支撑结构的均匀紫色阴极发光是由亚微观方解石微晶的阴极发光引起的。这证明了整个结构的二氧化碳吸收均匀，换句话说，C-S-H 相已在原位完成再碳酸化反应。

蒸压加气混凝土的高孔隙率使连续的在碳酸化反应成为可能。与混凝土相比，这一特性也可以防止碳酸化墙面的形成，而碳酸化墙面会导致孔隙空间减少、气体通道减少和结构密封等一系列问题。因此，蒸压加气混凝土对 二氧化碳的吸收不会提前终止，而是会一直持续到 CaOactive 完全完成再碳酸化。蒸压加气混凝土与混凝土不同，无需拆除结构即可完成再碳酸化反应。

结论

通过再碳酸化作用，在蒸压加气混凝土的使用阶段，其碳足迹或 GWP 的绝对减少与蒸压加气混凝土所使用的粘合剂量成直接相关。因此，无论背景数据是什么，这种减少都可以被广泛应用于环保标准中。唯一的先决条件是在用于水泥和生石灰的背景数据中不把再碳酸化计算在内。

参考文献

[1] BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2019): Deutschland – Rohstoffsituation 2018 – 144 S.; Hannover.

[2] Kroboth, Karl: Zement / Herstellung - Eigenschaften – Hydratation (1986): in Gesundes Wohnen. Beton-Verlag, Düsseldorf, S. 336-348

[3] Haas, Martin: Carbonation of AAC (2005): in Autoclaved Aerated Concrete · Innovation and Development, Talor & Francis, London/Leiden/New York/Philadelphia/Singapore, S. 265-270

[4] Schoch, Torsten; Straube, Berit & Stumm, Andreas: Dauerhaftigkeit von Porenbeton bei hoher CO_2-Beaufschlagung (2011): in Bauphysik 33, H. 5, S. 318-322

[5] Matsushita, Fumiaki: Carbonation of Autoclaved Aerated Concrete and Its Control (2004), Dissertation, 146 S.

[6] DIN EN 16757:2017-10, Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Produktkategorieregeln für Beton und Betonelemente, 58 S.; Deutsche Fassung EN 16757:2017

[7] DIN EN 459-1:2015-07, Baukalk - Teil 1: Begriffe, Anforderungen und Konformitätskriterien, 53 S.; Deutsche Fassung EN 459-1:2015

[8] Hammer, Marcus (2007): Entwicklung mineralogischer Färbetechniken und ihre Anwendung auf spezifische Betonphasen zur Analyse der Zusammensetzung von zementgebundenen Baustoffen, Dissertation an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 174 S.

[9] Stark, Jochen & Wicht, Bernd (2013): Dauerhaftigkeit von Beton, Springer Vieweg, 479 S.

[10] Straube, Berit (2007), mündliche Mitteilung

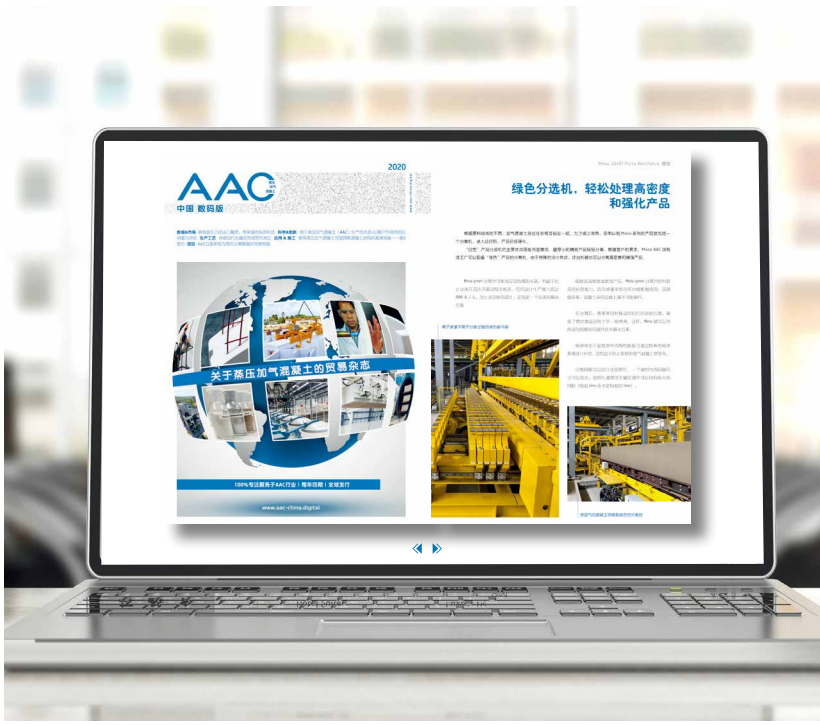
[11] Straube, Berit; Langer, Peter & Stumm, Andreas: Durability of Autoclaved Aerated Concrete (2008): in 11DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, ISTANBUL - TURKEY May 11-14th, 2008

[12] Bundesverband Porenbetonindustrie e.V.: Baustoff (2018): in Porenbeton Handbuch, Hrsg. Bundesverband Porenbetonindustrie e.V., Berlin, S. 9-21

Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH
Hohes Steinfeld 1
14797 Kloster Lehnin
Germany
forschung@xella.com
www.xella.com

AAC 蒸压加气混凝土
中国 数码版

现已推出AAC
数码中文版杂志
新杂志专为中国加气混凝土行业
通过微信可以免费下载
www.aac-china.digital
微 信



Wehrhahn GmbH, 27753 Delmenhorst, Germany

保持竞争力！下一步呢？

高效而可靠的工厂、尖端的技术、可靠的生产、稳定的质量、可预测的市场和满意的客户……一家工厂一旦实现上述理想状态，就自然希望能够保持。谁不会呢？在实际经营中，上述各项因素是动态变化的，想要保持就需要持续的努力。对于建筑材料生产商来说，市场需求总是在变化的，对产品和质量标准的要求不断提高，技术会过时，而生产设备即便受到很好的养护也会在某一时刻报废。结果是竞争力可能不保。最终要提出这个问题：下一步呢？怎样的投资举措是正确的？

面临的诸多选择

对这一问题的诸多答案

为了做出正确决策，首先需要分辨哪些举措会带来更有利的机遇。需要对公司、产品以及时下和未来的市场机遇进行细致的考量、分析和评估。除了需要回答诸如“市场定位如何？”、“预期和远景如何？”等典型问题，关注客户要求和法律规定的变化是同等重要的。为了使产品系列与市场需求相匹配、升级工厂并能够以永不过时的方式成功地组织生产，所做出的各项单一的投资举措，也需要依靠关乎生产的各种因素和资源，包括工厂的状况、产地、人力资源以及现代化提升举措的资本投入。

垂直墙板打开了新的市场板块—江苏宝鹏是中国国内规模首屈一指的板材生产商

市场决定节奏

当需求很可能高涨的时候，增加产能从而使生产活动与市场同步，是一种“与市场共成长”的典型决策。保持市场份额的另一种策略选项，是通过生产其他种类产品达到产品线多样化的目的。砌块工厂经常扩建，囊括板材或过梁产品，或增加所产砌块的尺寸和密度类型。

通过智能控制和自动化模块进行改造，可以升级老旧工厂并使之适应未来市场，同时降低生产成本，亦可满足针对生态环保的不断提升的要求。

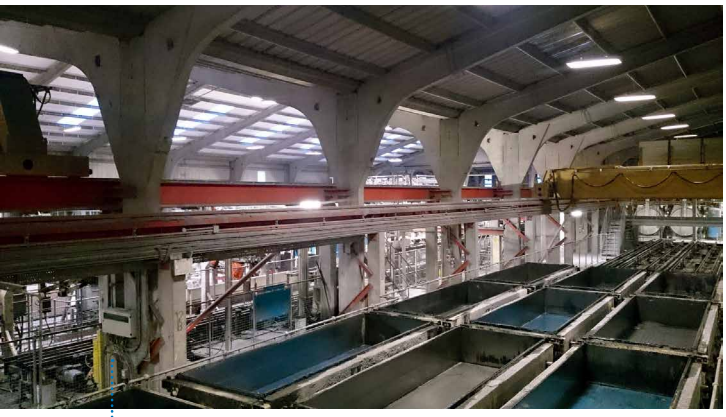
上述举措带来的成果是：技术提升优化了产品质量并降低废品率，成本优化的生产流程保证了价格优势。

环保的生产流程，不但非常有助于履行企业社会责任，而且强化了企业正面形象，从而收获了额外的竞争优势。

激进的整体方案

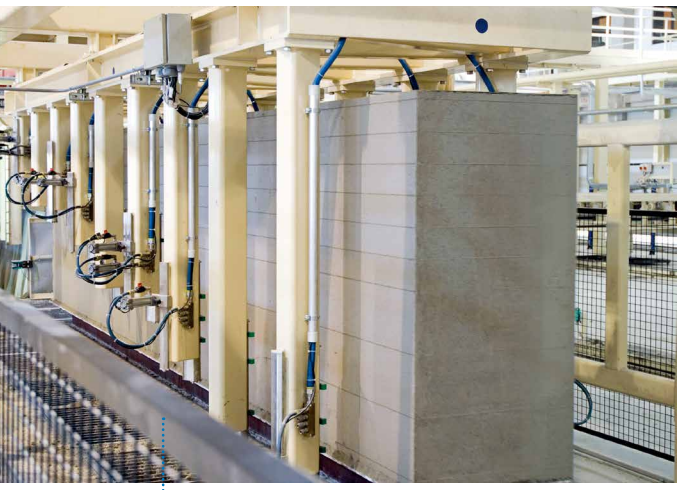
某些工厂甚至决定采取“干净利落”的方案，例如H+H Celcon公司拆除老旧工厂并建造了全新的工厂。在此种案例中，时间是关键的因素，生产厂商通常无法承受

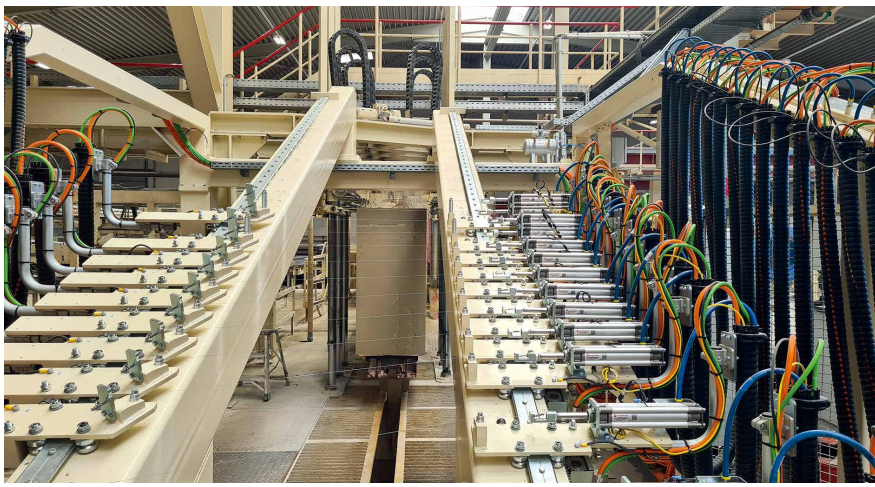
全自动生产流程：平稳的生产、一贯的产品质量、轻松的管理者



2018年之前的H+H Celcon公司：由Wehrhahn公司建造的旧厂仍在生产优质的加气混凝土，但设备已不再尖端

2018年Celcon公司：令人印象深刻的工厂整体升级





现代化升级之前（左侧）与之后（右侧）。从精准提升到至臻精准和灵活：带有自动布线调整的新型厚度切割机

工厂重组改造造成的长期生产停滞。周祥的准备、严密的计划以及迅速的实施，对于无缝地持续提供产品是至关重要的。在H+H Celcon公司这一案例中，Wehrhahn公司利用90天时间，完成了从拆除现有工厂到新厂满负荷生产的全部工作。

小方案大成效

但并不总是需要大方案。在提高产品质量的过程中，有针对性的现代化提升和优化方案，经常具有大的效果。当前世代的先进设备有助于形成更合理的生产流程，并至臻优化产品质量。替换一台老旧设备，亦或是添置几项新的功能，经常是投资额度可控的快速解决方案。

两条腿走路？

越来越多的厂商在取得稳定的市场定位后投资于第二座工厂。Wehrhahn公司的客户Teplit公司，在俄罗斯叶卡捷琳堡附近运营两座工厂近二十年，生产高质量的加气混凝土。大型现代化提升过程于2018年开始，历经数个环节并将于2023年完成。Teplit公司正在进一步扩展市场份额。

个性化方案和强大的合作伙伴

所有的建筑材料生产商一次又一次地认识到时代的变化。每一座工厂都是不同的，每一个市场亦是如此。选择提升竞争力的最佳方案并不总是容易的。这正是Wehrhahn公司作为工厂建设和咨询方的优势得以发挥之处。鉴于其个性化设备建造的高精准度，及其在技术、生产流程以及全面的专业和服务质量等方面的持续优化，Wehrhahn公司在时代的变化中一直是理想的合作伙伴。Wehrhahn公司建造的工厂可实现并多年保持一流的产品质量，可在漫长的工厂生命周期里持续服务于市场，并成为永不过时的建材生产的保障。建材市场的销售预期保持积极，市场持续增长。在可靠的基础技术之上，定期的工厂现代化提升措施是成本可控的、值得的投资，可大幅提升一座工厂并稳固其未来市场地位。

扫描二维码阅读来自Wehrhahn公司频道的详尽报道：Teplit公司工厂现代化提升。

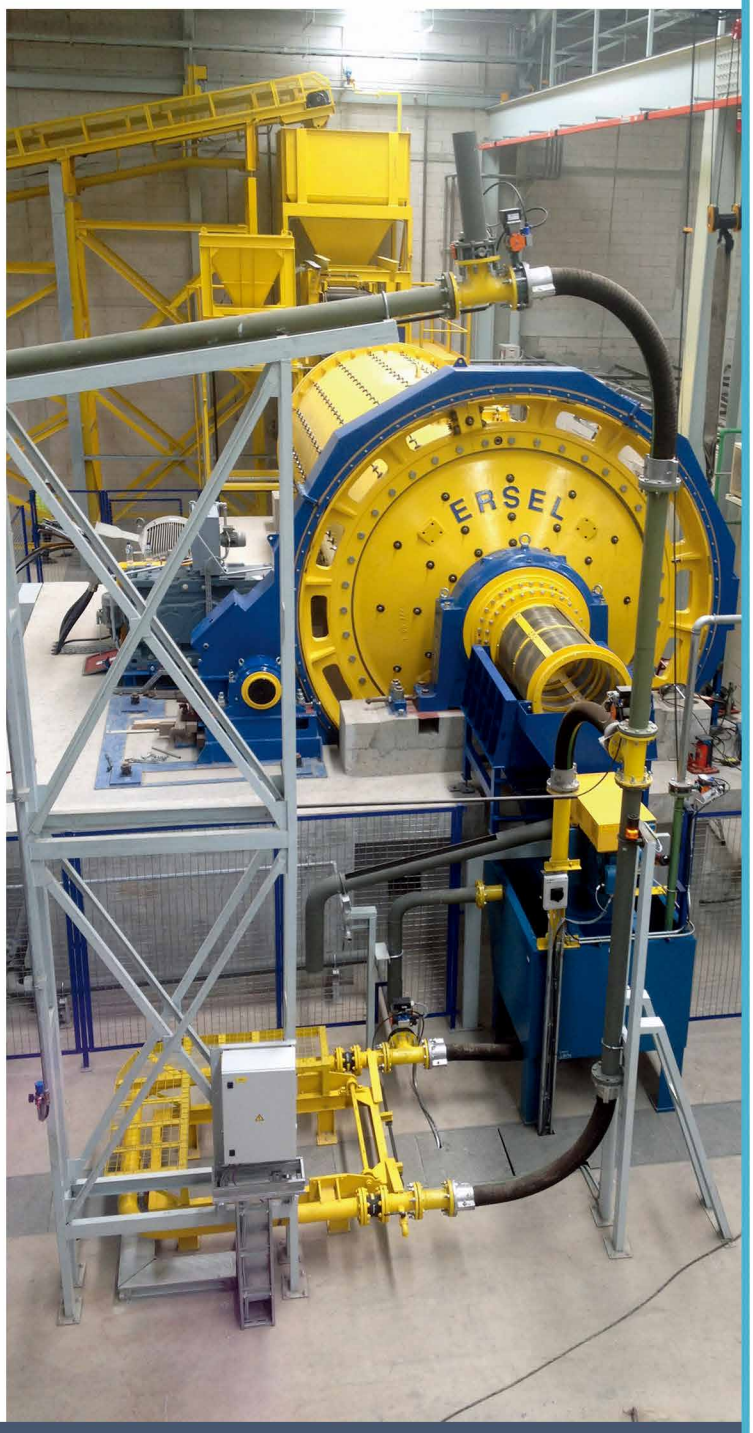
Wehrhhn 为 AAC 全球的所有读者提供了免费下载本文 pdf 文件的可能性。只需用你的智能手机扫描二维码，就可以直接访问 **wehrhhn** 公司的频道。

SINCE 1892
WEHRHAHN

Wehrhahn GmbH
Muehlenstr. 15,
27753 Delmenhorst, Germany
T +49 4221 12710
mail@wehrhahn.de, www.wehrhahn.de

ERSEL
AĞIR MAKİNE SAN. VE TİC. A.Ş.

www.ersel.com



RAW MATERIAL PREPARING AND GRINDING SOLUTION FOR AAC PROCESS

ERSEL AĞIR MAKİNE SANAYİ VE TİCARET A.Ş.
TOSB Organize Sanayi Bölgesi 1.Cadde No:24/2
41420 Çayırova / KOCAELİ - TÜRKİYE
T: +90 (262) 658 13 40 | F: +90 (262) 658 05 27

sales@ersel.com

技术

Anhui Sunrise New Materials Co., Ltd., Shuangfeng Development Zone, Hefei, Anhui, China

浅谈铝粉对蒸压加气混凝土材料气孔结构及强度的影响

为了积极响应国家节能减排、环境保护的政策，全国各地加强了新型环保建材的推广和应用，蒸压加气混凝土材料作为新型环保建材得到了较快的发展。2017 年，在国家政策的大力扶持下，蒸压加气板材行业异军突起，在近几年来发展极为迅速，蒸压加气混凝土板材具有质量轻、爆粉隔热、防火耐火、隔音、自身重量轻的特点，可以最大程度的降低建筑物的能耗，满足低碳建筑和节约环保的理念要求。

但是，随着蒸压加气混凝土板材需求量的增加，对其品质要求也越来越高，尤其是抗压强度。抗压强度跟蒸压加气混凝土材料的气孔结构有很大的关系，在气孔结构没有破坏的情况下，气孔越小、越均匀，其抗压强度越高。在实际生产过程中，铝粉对气孔结构的影响至关重要，经过多次实验验证，降低铝粉的粒度可以有效的降低气孔尺寸，使气孔分布更加均匀，从而提高制品的抗压强度，这样一来，粒度细的铝粉在蒸压加气混凝土板材的生产中更具有优势。未来蒸压加气混凝土板材市场的竞争无疑是品质的竞争，引用先进优质的原材料、改进生产工艺，对提升产品品质至关重要。

切割不同孔径和孔结构的 AAC产品，用相同技术与材料生产的产品相比较（左：其他供应商，右：旭阳）

铝粉在蒸压加气混凝土中的作用

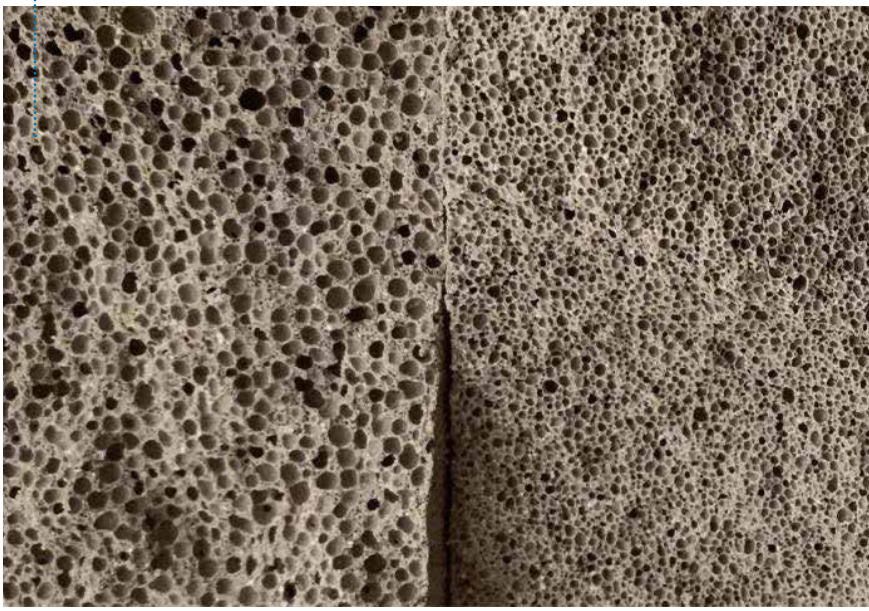
铝是一种非常活泼的两性金属，既能溶于酸，也能溶于碱。所以铝能从碱性溶液中置换出氢气。铝粉作为蒸压加气混凝土的发气剂，在碱性料浆中发生化学反应，其化学反应式如下：

$$Al+OH^-+H_2O \rightarrow Al(OH)_3+H_2\uparrow$$

蒸压加气混凝土的生产过程中，料浆中的石灰与水反应提供了碱性环境，铝粉在碱性环境中发生化学反应放出氢气，氢气在料浆中形成气泡，随着反应的进行，大量气泡形成一定的压力上升，并传递给具有一定塑性强度的料浆，等到料浆稠化具有一定强度时，气泡就会被固定，这就是铝粉发气过程。在料浆稠化后，其内部

形成蜂窝状多孔结构，经过蒸压之后形成蒸压加气混凝土材料。铝粉的性质会影响其在料浆中的发气方式，相同原材料及工艺条件下，不同铝粉的粒度、松装密度、发气速率等都会影响制品气孔的结构。

不同孔径和孔结构的 AAC 产品
(左: 其他供应商; 右: 旭阳)



蒸压加气混凝土的孔结构对抗压强度的影响

蒸压加气混凝土有很大的孔隙率，孔隙率越高，其制品抗压强度越低，在制品中气孔大小、分布不同也对抗压强度有着至关重要的影响。在蒸压加气混凝土中由铝粉反应发气形成的气孔孔径小，而且分布均匀，具有整体抵抗外力荷载的能力，故抗压强度值较高。相反，孔径大、分布不均匀，在外力作用下，容易引起压力集中，导致制品气孔孔壁结构破坏，而使强度降低。如何做到气孔更小、更均匀，这就需要通过改变铝粉本身结构来调整。

铝粉对蒸压加气混凝土气孔结构的影响

铝粉对蒸压加气混凝土发气速率的影响

根据国内多家加气混凝土厂家对铝粉使用情况调查分析，铝粉的表面形状、粒度、松装密度、活性铝含量等都会影响发气效果。铝粉表面褶皱越多，铝粉发气越早；铝粉粒度越大，发气速率越小；松装密度越大，铝粉的粒度越接近球形，发气速率越小；活性铝含量越高，发气量就越多，产生的气孔越多；当然，在蒸压加气混凝土生产时，其它原材料配比及工艺相同情况下，评判不同铝粉的发气速率不能光靠某一个因素，要综合考虑铝粉表面形状、粒度等影响。铝粉发气速度过快，导致发气的利用率降低、加气混凝土材料的孔隙不均匀或后期混凝土膨胀高度不够；发气速度过慢，导致塌模或尾气开裂。

铝粉对气孔结构的影响

铝粉的粒度不仅会影响发气速率，对气孔结构分布造成影响，而且也决定着气孔的大小。目前国内蒸压加气混凝土厂家一般要求放入铝粉后 2min 内基本不发气，2-8min 大量发气，8min 后速度放慢，16min 发气过程基本完成，24min 发气全部结束，国内发气铝膏生产厂家多数按照此发气速率生产，其铝膏最终发气量在 73-76ml，松装密度 0.14-0.2g/cm^3，粒度控制在 325 目左右，该铝膏所生产出蒸压加气混凝土材料（A3.5B06）气孔尺寸集中在 0.2-2mm 之间，平均孔径 1mm 左右，抗压强度在 3.0MPa 左右。

前文提到，蒸压加气混凝土材料气孔分布均匀、气孔孔径越小，其抗压强度越高，如果改变铝粉的粒度，使其变细，就可以生产出平均孔径小于 1.0mm 的蒸压加气混凝土材料。但铝粉粒度过细会导致发气时间缩短，发气速率过快，发出气体利用率低，造成单耗提高。经过实验室数据分析，提高铝粉的松装密度可以延缓铝粉发气时间，降低发气速率。于是，想要避免铝粉的粒度降低导致的发气速率过快，可以在保证粒度降低的同时，适当提高铝粉的松装密度来实现，这就要求在铝粉加工中寻求粒度和松装密度的平衡点，这样一来，按照此方法生产出来的铝粉不仅发气速率、发气量可以达到蒸压加气混凝土厂家的要求，而且做出来的加气混凝土材料气孔更小、更均匀，抗压强度也得到很好的提升。以前的铝粉生产工艺中，片状铝粉（干粉）比现在市场上的通用的铝膏粒度细，做出来的气孔小，但无法解决片状铝粉扬尘及安全问题。安徽旭阳新材料有限公司研发出

安徽旭阳铝粉经过精细球磨、多级分级工序得到粒度细、跨度集中的铝粉膏

安徽旭阳引进扫描电镜设备，对铝粉结构进行精密分析

一款超细粒度的铝粉膏，粒度在 800 目左右，松装密度 0.3-0.5g/cm^3，极大的降低了蒸压加气混凝土材料气孔尺寸，其制品平均孔径在 0.5mm 以下，而且气孔分布更加均匀，有效的提高了产品强度，目前在国内多家蒸压加气混凝土厂家推广，产品效果得到一致肯定。

综上所述，在蒸压加气混凝土生产中，铝粉不仅起到发气的作用，而且决定着最终制品的气孔结构，从而影响其抗压强度。相同工艺条件下，粒度越细的铝粉做出的制品气孔尺寸越小，气孔分布越均匀，强度越高。强度提高的情况下，也可以改进生产工艺，相对减少水泥、石灰的添加量，节约生产成本。

合肥旭阳 为 AAC 全球的所有读者提供了免费下载本文 pdf 文件的可能性。只需用你的智能手机扫描二维码，就可以直接访问 **合肥旭阳** 公司的频道。

Sunrise旭阳®
The World Becomes More Wonderful By Us

ANHUI SUNRISE NEW MATERIALS CO., LTD
Shuangfeng Development Zone,
230000 Hefei, Anhui, China
T +86 551 6577 8259
F +86 551 6639 9118
E: marketing@ahxuyang.cn

Aircrete Europe, 7575 ED Oldenzaal, The Netherlands

艾尔柯瑞特中国创新工厂树立板材生产新标杆

最近，艾尔柯瑞特欧洲与其中国子公司合作的首个 ALC 工厂项目，即浙江元筑住宅产业化有限公司 ALC 生产线全面完成。浙江元筑住宅产业化有限公司隶属于浙江鼎元建设科技集团，是中国领先的建筑材料生产商。新工厂目标年产 40 万立方米 ALC 产品，以板材为主。这是艾尔柯瑞特在中国最先进的一条 ALC 生产线，具有最高的自动化水平、全新的板材生产技术和智能整线控制系统，迎合了中国日益增长的板材市场的需求。

中国市场潜力

由于国家双碳政策的支持和装配式建筑市场的需求，我国 ALC 行业得到了空前的发展（图 1）。ALC 制品，尤其是板材，作为建筑产业链上游一种集众多优势于一身的新型墙体材料，已经成了建筑节能和墙体改革的“新引擎”。到 2025 年，ALC 的总产量将达到 2.3 亿立方米，占墙体材料的 15%。

板材需求的增加及产品结构的调整呼唤着装备技术的提高。通过元筑工厂的这个新的 ALC 项目，艾尔柯瑞特为中国未来的板材生产树立了一个新的标杆（图 2）。

项目背景

浙江元筑是一家深耕建筑产业化和装配式建筑产业的企业。项目一期主营预制混凝土（PC）构件的研发设计和生产，二期即 2020 年年底动工的 ALC 生产线。ALC 产品具有重量轻、防火、节能等优点，可广泛用于装配式建筑内墙、外墙及装饰板、夹层楼板等，与作为结构和承重的 PC 构件形成互补，提升建筑施工速度，降低工程造价。由于 ALC 容重轻，还能拓展国内市场。此前 PC 板

图 1: 中国政府对新建建筑项目中预制型建筑的比例提出了进一步的要求，为企业生产多品种大批量ALC板材创造了更大的市场

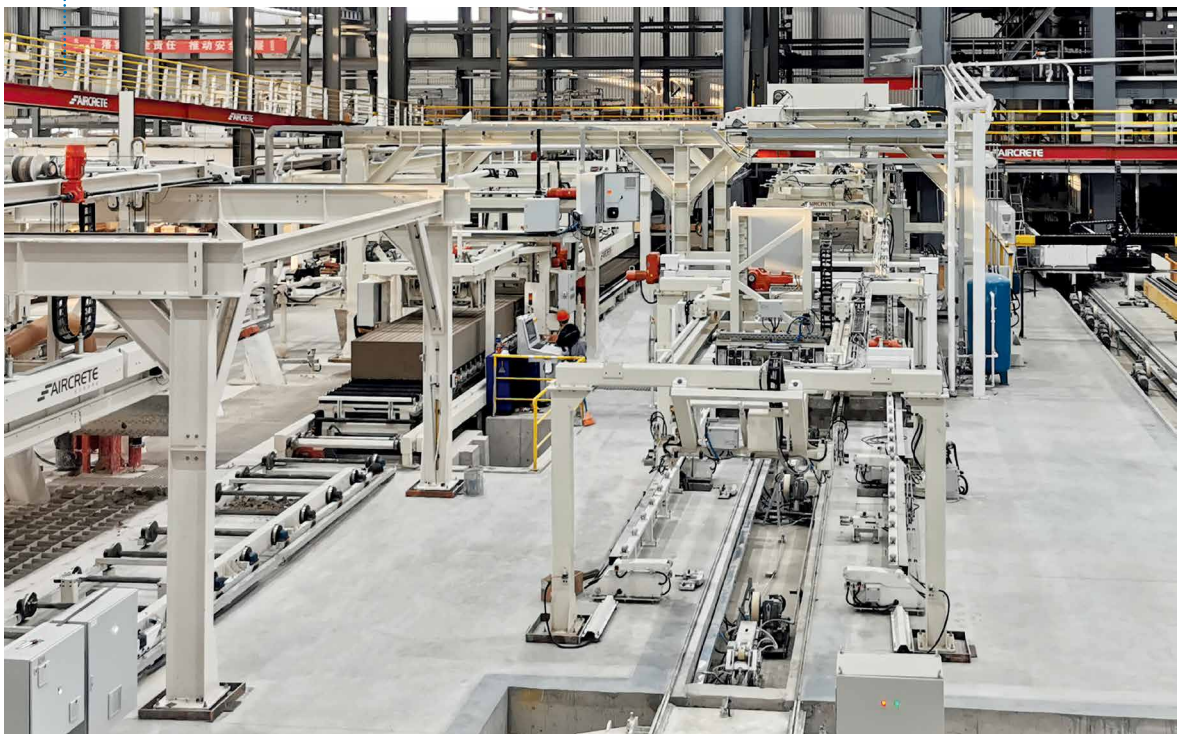
图2: 浙江元筑ALC旗舰工厂拥有最新的Aircrete技术，可生产各种高质量的ALC板材

材受限于物流成本，销售半径在 150 公里左右，而 ALC 板材销售半径可以扩大到 500 公里。此外，凭借优异的保温性能，ALC 为元筑的产品组合和业务打上了绿色的印记，这与国家政府的可持续建筑战略和目标相一致。

艾尔柯瑞特混合模式工厂

通过元筑项目，艾尔柯瑞特欧洲与其中国子公司密切合作，实现了在中国的第一个混合模式工厂。

图3: 中国第一个完整的Aircrete混合型工厂成功结合了Aircrete欧洲公司提供的关键技术与Aircrete中国公司的本地生产设备



正如在《纯发动机模式为东南亚市场提供 ALC 板材厂的 " 心脏 "》一文（AAC Worldwide 杂志，2019 年第 1 期）中已经描述的那样，混合工厂概念由艾尔柯瑞特在 2019 年推出，为中国市场提供具有竞争力的、基于欧洲技术的解决方案。在这种模式下，工厂的核心设备（即艾尔柯瑞特卧坯切割机组）在欧洲制造，而其他设备（如锅炉、蒸压釜、砂浆罐、固化架、行车、输送机等）则由艾尔柯瑞特中国公司根据欧洲公司的图纸、规格和质量要求制造（图 3）。这种方法可以优化客户的总投资预算，且不影响工厂和最终产品的质量。

图4：与所有Aircrete工厂一样，原料制备、定制化配比以及配料和搅拌设备是生产高质量ALC产品的前提

元筑工厂参观

原材料区

艾尔柯瑞特的自动配料系统能精确计算配方，确保产品的稳定性和质量。料浆密度通过自动密度测量装置进行实时测量和控制。不同于国内传统的高速搅拌机，艾尔柯瑞特采用多桨低速搅拌机，配备了自动清洗功能，对于各种密度水平都能达到最佳的搅拌效果，且不受混合料填充高度的影响，利于短坯浇注（图 4）。

钢筋制备区

全自动钢筋制备区位于车间二楼，坐落在静停室的上方。钢筋制备区设计为上下两层，共有四台装卸天车。该设计节省了车间使用面积，使整体布局更加紧凑（图 5）。

装配车确保了钢筋网笼网片的安全高效装配。钢筋网片或网笼挂在钢钎上，由组装框架和鞍马架固定。鞍马架上有多个孔，可调整钢钎排布位置。

钢筋制备区的第二层用于组装框架缓存。坯体浇注后，用天车将组装框架放置模具上方，再将钢筋网笼网片插入坯体中。在切割之前，天车拔出钢钎，移除组装框架，而网笼网片留在坯体中。钢钎经过自动清洗、涂蜡，以减少与坯体摩擦，并防止钢钎粘上防锈涂层。

模具循环区

预养完成，模具就会被运送到切割区，模具门从四面自动打开。艾尔柯瑞特采用可调节模具门系统，有利于短坯浇注（图 6）。可调节模具门可高效生产各种规格板材，实现了零浪费，是全板材 ALC 工厂的必要配置。

目前，市场上有其他针对坯体长度问题的解决方案，例如在同一个坯体中切割板材和砌块，使用挡板或可移动的后门。这几种方案，包括艾尔柯瑞特的全自动可调节模门系统，已经在《可调节模门用于灵活高效的板材生产并实现零废料》（AAC Worldwide 杂志，2019 年第 4 期）

图5: 双层自动化钢筋制备区

一文中进行了详细介绍。艾尔柯瑞特模具的另一个优点是，四个门都可以打开，与模具底部一起形成一个平整的表面，易于清洁和上油。

切割区

抓坯天车将坯体从打开的模具中抓起，底部切槽开始。底部切槽装置在坯体下方来回运行，由一组切槽刀进行一次性切槽，生坯废料被收集在一个废料箱中。该装置的特别之处在于配备多个可调节的刀具，可在同个坯体中按不同产品切槽，例如板材的凹槽和不带槽的砌块平面。

在底部切槽之后，生坯被放置在第一工段的钢板条或 U 型钢托上进行横切。在坯体到达之前，钢丝已放好并张紧，艾尔柯瑞特系统的横切可以从下到上一次完成，避免了翻转式切割系统中二次切割的风险。

切割线是 ALC 工厂的核心，艾尔柯瑞特采用独特的卧坯切割技术，坯体水平放置（图 7）。这与坯体翻转技术有很大的不同，其优势在板材生产过程中尤为明显。

横切后，坯体穿过高速切割框架，垂直双线高速摆动，精准切割，产生 " 超光滑 " 的表面。

由于产品是在水平状态进行垂直切割，产品之间保

图6: 全自动可调节模具门可以在浇注前自动调整模具长度，而不需要单独使用挡板

图7: 在所有的艾尔柯瑞特工厂中，从浇注、静停、切割到卸载，坯体都保持水平状态，不需要掰板或翻转设备

持切割缝隙，避免了粘连，不需要掰板操作。因此艾尔柯瑞特卧切技术可以生产更多规格的产品，包括超薄板。

在艾尔柯瑞特工厂中，从浇注、静停、切割到卸载，坯体都保持水平状态，不需要掰板或翻转设备，减少了操作步骤，降低了损坏风险。顶部切槽是在垂直切割之前进行的，用快速锁定 / 解锁系统可以在短时间内更换切槽刀。如同底部切槽，顶部切槽刀具也是可以调整的，以便在同个坯体上进行混切。

通过切割工位后，坯体被转移到真空吊车位置。真空吸尘罩将整个顶皮去除，边皮则由针板系统去除。生坯废料被 100% 回收到生产过程中，这说明在艾尔柯瑞特工厂中工艺废料为零。

蒸养区

切割好的坯体在固化架上堆放三层，以最大限度地利用蒸压釜的空间。用特殊设计的机械手自动插入堆垛柱销（图 8）。坯体放置在蒸压釜前面的一个缓冲区。一旦蒸压釜被清空，生坯将由摆渡车转移到蒸压釜中。固化架会自动锁定和解锁，这样一釜 18 个坯体就可以由摆

图8: 机械手在固化架上自动插入柱销

渡车推进和拉出蒸压釜。

与大多数国内工厂不同，元筑工厂采用单门釜。通过高效的摆渡车装载和足够的缓冲区，装载和卸载的时间与双门釜相当。单门釜可将热能保留在釜内，从而减少了能源消耗。

这种方案也让厂房结构更加紧凑。对这种规模的工厂而言，可以节省约 1750m² 的土地面积。由于艾尔柯瑞特采用卧蒸方式，蒸汽可以彻底渗透，提高了生产效率和产品质量。通过艾尔柯瑞特的蒸压釜控制系统，蒸汽在蒸压釜之间传输，最大限度地减少了能源消耗，降低了成本。

卸载和包装区

在卸货区，熟坯被卸下，并根据产品的类型被转移到专用的包装线上（图 9）。堆垛柱销被自动移除。元筑工厂采用了艾尔柯瑞特最灵活的卸料线。

其主要特点是可以将混合的板材和砌块完全自动分开。另一个独特功能是板材包装配置系统，可以完全自动配置不同的包装尺寸。艾尔柯瑞特提供了一个全自动的枕木插入和捆扎设备，且能插入护角。

在后加工锯切区域，成品铣削和锯切形成定制的轮廓和图案。为了达到最佳的精度和质量，顶部切槽也可以选择在成品阶段进行。

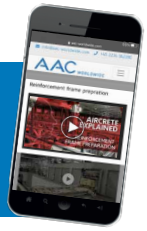
Aircrete In Control 4.0 控制系统

通过艾尔柯瑞特自主开发的工厂控制系统（已在 2021 年第 4 期 AAC Worldwide 杂志文章《用“全能控制 4.0”解决方案实现 AAC 工厂的数字化》中详细描述），

图9: 在卸货区，根据产品类型，起重机将成品从固化架上逐一转移到专门的包装线上

图10: 特殊设计的中央控制室创造了一个安全、舒适和实用的环境，帮助操作员更有效地运行工厂

Aircrete 欧洲赞助了这个项目的录像，提供给所有 aac 全球的读者。只要用你的智能手机扫描二维码，就可以在 aircrete 公司频道上看到这个视频。



工厂所有区域的控制和监测模块被无缝集成并由中央控制室管理（图 10）。这个顶尖的控制系统是高效生产的一个非常强大的工具，也是艾尔柯瑞特首次在中国应用该系统。

元筑工厂的市场计划

新的艾尔柯瑞特生产线可以生产多样化的 ALC 产品。差异化、创新和定制化已成为当今客户的主要关注点。利用艾尔柯瑞特的技术，可以生产最薄为 37.5 毫米的板材，而带有图案的超薄板为客户定制和审美效果创造了更多选择。元筑工厂看到了薄板的未来发展趋势以及艾尔柯瑞特技术在生产薄板上的独特优势，致力于推广新的 ALC 薄板体系，如复合空腔外墙 / 内墙系统（图 11）。元筑工厂创造了良好的市场定位，将在未来的装配式建筑市场中受益。

图11:
由元筑开发的复合空腔外墙/内墙系统是一种现成的墙体解决方案，由两块ALC薄板组成，中间有一个空腔

浙江元筑住宅产业化有限公司

浙江元筑住宅产业化有限公司是中国领先的从事住宅产业化和装配式建筑产业的工程建设公司，通过装配式建筑全产业链的研究、设计、制造和施工，提供创新、安全和高性价比的产品、解决方案和服务。

Aircrete 为 AAC 全球的所有读者提供了免费下载本文 pdf 文件的可能性。只需用你的智能手机扫描二维码，就可以直接访问 **Aircrete** 公司的频道。

AIRCRETE EUROPE

Aircrete Europe
Munsterstraat 10
7575 ED Oldenzaal, Netherlands
T +31 541 571020
info@aircrete.com
www.aircrete.com

| 元 | 筑 | 住 | 宅 |
YUANZHUHOUSE

Zhejiang Yuanzhu Housing Industrialization Co. Ltd.
No.818 Hupingshan Road, Qixian Street, Keqiao District
312000 Shaoxing City, Zhejiang Province, China
T +86 575 899 81740
zmj@zjyzzz.com
www.zjyzzz.com

www.aac-worldwide.com

4 issues per year

AAC WORLDWIDE

AAC WORLDWIDE –
Trade journal for the autoclaved aerated concrete industry

The five sections featured in each issue of AAC WORLDWIDE cover the entire spectrum of the industry – from trends and news from the world's individual markets to the latest developments in research and science, state-of-the-art in the production of AAC, building material applications and construction solutions and, last but not least, interesting buildings from all over the world – naturally made of AAC.

Receive the latest information about the AAC industry for only € 95,- per year (e-paper € 59,-). Take this unique opportunity and register for your subscription of AAC WORLDWIDE right now to make sure that you will not miss a single issue from now!

Subscribe now

online trough QR-Code or by email:
subscription@ad-media.de

Register online at **www.aac-worldwide.com** for the email newsletter that is available free-of-charge.

Masa GmbH, 32457 Porta Westfalica, Germany

俄罗斯石灰砂砖生产厂的现代化改造

为了满足俄罗斯建筑行业对新型现代石灰砂砖产品的需求，乌里扬诺夫斯克（Ulyanovsk）地区的一家现有生产工厂正在逐步现代化改造和扩建中。

45 年来，ZAO "Prominvest“公司集团经营着 000 Silikat+ 工厂，用于生产石灰砂砖。因此，“Prominvest”是俄罗斯该领域的领先制造商之一。

早在 2019 年，一座新的 AAC（加气混凝土砌块）工厂已可以在石灰砂砖生产厂的场地开始运营，这是 Masa 和 Silikat+ 之间的首次成功合作。 随着俄罗斯对新的、现代尺寸的砖——除了传统的石灰砂砖——的需求也在急剧上升，在 AAC 项目之后开始讨论拓展现有的石灰砂系列产品。 其意向是通过中型砖和隔墙砖来扩大产品范围。

生产装置中的Masa HDP 800压砖机

Masa 砖块包装传送装置和压实站

现代化的三步走

2020 年初，Sirikat+ 和 Masa 就石灰砂砖生产厂的逐步现代化签署了全面合同。 整个过程分为三个步骤。 除了现代液压石灰砂压砖机外，它还包括一个包装设备和一个硬化部分的优化。 这项复杂的任务需要特别注意，在升级措施进行期间还需保证常规生产过程的最佳延续。Silikat+ 和 Masa 在规划阶段已经考虑过这一点。

该项目的第一步于 2021 年夏季成功实施。在正常生

带拉伸膜包装装置的自动捆扎装置

用于确定产品高度的 Masa 横锯

产运行的同时，第一台 Masa 石灰砂压砖机 HDP 800 型被集成到制造工艺中。 因此，新产品现在已经可以生产。 此外，项目还安装了一个新的 Masa 包装厂。 为了将此组件集成到生产流程中，硬化车的车道必须适应新的条件。 此处已经考虑了使用新高压釜对硬化部分进行计划改造。

目前，第二步和第三步正在准备中。 这里最大的挑战是新高压釜的集成：这也应在尽可能不干扰常规生产过程的情况下进行。

石灰砂砖和加气混凝土砌块产品的完美结合

现在，在完成现代化过程的第一步后，Silicat+ 可以为建筑材料行业提供由气混凝土砌块和石灰砂砖产品组成的现代建筑系统服务。 特别是新的隔墙砖可以很好地连接到由加气混凝土砌块构成的外墙。 由于其高密度，石灰砂砖具有非常好的吸音性能，因此俄罗斯和整个欧洲对其都青睐有加，可用该材料有效分隔房间和住宅单元。 两种材料的产品高度一样，这意味着在建筑工地使用时具有许多优势——快速、经济地完成构建筑物的所有砖砌。 在俄罗斯以及其他欧洲国家，较大尺寸的石灰砂砖是首选。 有了新的 Masa 石灰砂压砖机，Sirikat+ 现在可以顺应这一趋势并巩固其市场地位。

切割设备后面的倾斜台，用于将产品平堆放在高压釜内

在 Silikat+ 和 Masa 的首次合作中，一些特殊功能不得不被考虑其中。 例如，在规划 AAC 工厂时，必须关注特殊原材料的情况。 新工厂改造理念是在与客户的技术人员和技术专家深入讨论的基础上制定的，包括所谓的冲击台技术。 这种制造方法减少了混合物的耗水量并且无需酸酐即可工作（参见 AAC Worldwide 04-2021 中的 Masa 报告）。 对客户而言，这意味着原材料成本的降低及对可用资源的更加周到合理的利用。

自 2019 年中以来，AAC 砌块由 Masa 全自动生产厂按照目前要求的质量标准制造，并以“Novoblock”商品

名成功销售。 随着产品的成功，2020 年工厂的生产能力又通过另一台高压釜进行了扩展。工厂现在的日产能为 1200 m³。

当石灰砂砖生产厂现代化过程的第二步和第三步完成后——大概到 2022 年底——Sirikat+ 将能够为该行业提供高质量的产品，并作为俄罗斯最具创新精神的建筑材料制造商之一而占据卓越的市场地位。ZAO "Prominvest"，与具有竞争力的 AAC 和石灰砂砖建筑材料制造商 Masa 的长期成功合作，为其带来了回报。

Masa 为 AAC 全球的所有读者提供了免费下载本文 pdf 文件的可能性。只需用你的智能手机扫描二维码，就可以直接访问 **Masa** 公司的频道。

masa
Milestone to your success.

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

存储区和新的 AAC 生产大楼

Lasco Umformtechnik GmbH, 96450 Coburg, Germany

高效灰砂砖生产技术——高需求催生硬技术

墙建筑材料生产领域，Lasco 以其多样的生产工厂、功能齐全的机器和综合的自动化技术，多年来一直是领先的系统供应商之一。为每个项目提供最好的机器，为实现这一高标准，Lasco 为建筑材料行业提供了多样的灰砂砖压实和生产方案，并提供统包工厂服务：灰砂砖压实 KSE 单程压实，灰砂砖压实 KSE 双程压实，多种砖块压实和统包灰砂砖工厂。

灰砂砖压实KSE-单程压实

这些机器还包括了能适应恶劣生产环境的稳定的自动化系统，以及自动模具系统和外围设备。客户可以根据自身需求对这些高效的机器进行改造和优化。

灰砂砖压实 KSE- 单程压实

面对高度节约型生产技术，尤其是对标准和常规砖块的需求，Lasco 提供了 KSE 系列压实产品。KSE 可满足不同设计需求的灰砂砖和集料砌筑砖的生产。

由于其紧凑的设计，这款压实机也可以在狭窄空间使用。Lasco 砂石灰砌块压机 KSE 特别适合中小型、高度不超过 250mm 的砌块的生产。

KSP 型灰砂块压实机 - 双程压实

KSP 的核心技术在于使用油液压驱动上、下冲床从两侧压实原材料。

电脑控制冲床的移动，优化了压力锥子的成型，确保了压实灰砂块的均匀性，进而保证了整个横截面上块体在整个横截面上的均匀稳定性。

已证实的可靠的设计保证了持续的精度。经过验证的、可靠的设计确保了精度的连续性。通过一个刚性的压力机框架，准确的导向系统和先进的阀门技术，保证模具高度的准确性。

该机器可生产小、中、大型的平面元件，高度可达 650mm。

可调砖块压实机 PSP - 针对不同长度的专利解决方案

可调砖块压实机 PSP，是 Lasco 为建筑材料业的顺序生产做出的又一项重要贡献。节省了从大砖块和平面构件中生产补充或填充块通常所需的近 70% 的锯切工作。

此外，可调砖块压实机 PSP 通过优化环保砖块的长度，节省了约 5% 的原材料，降低了约 35% 废料产出，为降低 CO2 含量做出了贡献。

模具配备独特的多模滑动工具，用于生产标准厚度墙面，只需在一个工作周期内即可填满中心模具。只有处于工作周期处在压合位置的模具才被充填和压合。整

KSP型灰砂块压实机-双程压实

个模具（上、下冲头、压台和模盒）可在几秒钟内实现液压更换，以生产各种不同壁厚的砖块和构件。

为提高生产的灵活性，移动模具也可用作双模具。通过直接过程控制进行转换。

可调砖块压实机 PSP 可生产 8 种不同厚度的墙面砖：

- 最大砖块高度 1000mm
- 最大砖块长度 100 - 750mm
- 最大砖块平面构件长度 998 毫米

可选：带有集成绿色砖块锯刀的可调砖块压实机 PSP

此外，可调砖块压实机 PSP 可通过安装 Lasco 绿色砖块锯刀形成 PSP 系统。这一改变首次在砂石灰块系统中实现了单个机器生产所需尺寸的辅助块的全自动和经济型生产， 免去了生产周期外的对单个砖块的返工，省去了额外的工作步骤，有助于显著减少二氧化碳排放。

大块砖砌墙过程中，为了确保墙体部分的功能和粘结性兼容，需要使用修补或不同尺寸的砖块。

可能的剖面类型有：山墙斜面、门和窗切口、修补和装饰块、电缆和管道的供应管道。

统包工厂 – 投资与前瞻性

新工厂应该在自动化、生产率、质量和物流方面设立标准。只有当一切都完美，所有细节都无缺，且所有组件都能以最佳方式相互作用时，才能实现向新的性能维度的飞跃。

可调砖块压实机PSP

带有集成绿色砖块锯刀的可调砖块压实机PSP

作为总承包商，在为 Lasco 客户开发、规划和建设新工厂时，机械方案供应商仔细考虑了他们现在和未来面临的竞争。Lasco 的特定概念使投资者能够根据他们的生产需求，快速和安全地建造工厂。

主要构件——反应器，压力机，热压罐，货车平台——的完美整合以最佳方式完成生产流程。

二级构件——材料运输、包装、车间、实验室和控制室——以所有控制功能和保证质量的措施都以尽可能短的距离集成在一起，实现了平稳的顺序。

其他构件——仓库、锅炉房、建筑技术和行政办公室构成了整个生产设施，保证了整个过程的经济性。

根据需求，供应范围还包括过程组件，如热回收、转移平台和全自动包装系统或过程 - 集成的颜色混合系统。

Lasco
Hahnweg 139
96450 Coburg
Germany
T +49 9561 642 0
lasco@lasco.de
www.lasco.de

De Hazelaar CSU 工厂鸟瞰图

联合圈子创造奇迹

位于 Koningsbosch （NL）的 De Hazelaar CSU 工厂完全致力于自动化和数字化。工厂经理 Richard Parren 讲述这一传统工厂如何为未来做好准备。

De Hazelaar 硅酸钙工厂成立于 1965 年，起初只配备了两台压制机，而现在有着 150 名员工，以成为荷兰同类工厂中的佼佼者。早期，运营商想通过革新生产来抓住新的市场机会，从常规砖生产转向大型生产，由此踏入当时的新领域。

先驱者

在此方面，56 年后也是如此：Xella 代表进步。“工厂的独特之处在于其革新的工艺美化，”工厂经理 Parren 说。“从客户咨询延伸到设计阶段，直到过程结束。在我们的生产环境中，只要按下一个按钮——生产都会精确计划好并按时实施。我们只需很少的员工就能做到。这不仅减少了错误源和错误成本，还加快了工作流的速度。我们项目的从图纸批准到交货只要两周。”

机器人与自动化使生产顺利进行

Richard 称 De Hazelaar 为“摇钱树”。因此，革新对工厂组织有很大的影响。他解释说：“我们的锯线是我们向机器人化迈出一步的很好的例子，”他解释道。“我们最老的机器是 1998 年的。对于我们的员工来说，这意味着大量的体力劳动。在最新一代的锯线上应用机器

工厂经理Richard Parren解释此传统工厂如何为未来做准备

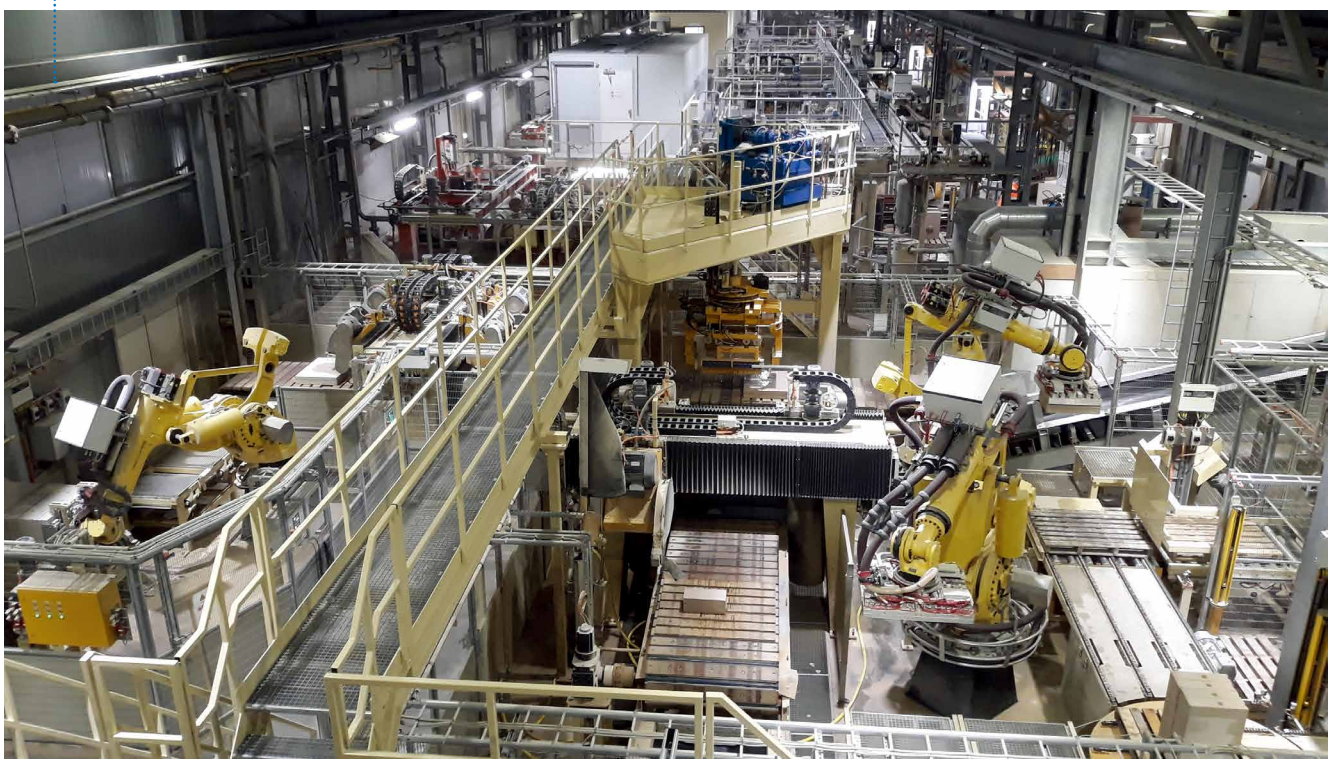
体力劳动比例已降至零。许多生产工人已成为程序操作员

人来负责大砌块在机器上的定位、砌块的移动和码垛。锯切精度提高了 50%，这是一个巨大的进步。”Richard Parren 意识到，数字化和自动化，特别是在运营领域，将意味着员工的重大变化。“体力劳动的比例已经降到了零。我们的许多生产工人已经成为程序操作员。”他说。“通过正确的培训、教育和良好的指导，我们可以成功地留住大部分劳动力。总的来说，目前有 7 个机器人帮助工厂简化操作，减轻工人的身体压力。”

但机器人化并不是唯一的创新

De Hazelaar 在几方面进行了革新。在短期内，将启动一项试点项目：每 24 小时对 120 至 140 辆卡车的物流流程进行数字化测绘，以提高货物的可追溯性。Richard 还

先进的CSU工厂的内部图



提到了其他几个环境技术方面发挥作用的项目，包括计划使用太阳能电池板和对二氧化碳排放的调查。这些项目都有一个共同的目标：让我们的客户生活得更轻松。顾客想要的物有所值、服务上乘。De Hazelaar 的革新为这一完整的解决方案作出了重要贡献。

联合的圈子

在 Xella，思想和行动上的变化与进步已全面展开。在这一愿景中包含市场也很重要。“对于承包商来说，标准化是一个主要问题，我们提供预制建筑解决方案。我们最近就如何将这些圈子联合起来进行了头脑风暴，”理查德解释道。“我们不决定市场想要什么，这是市场本身决定的。我们必须继续认真倾听客户的意见。与我们的客户合作，我们可以保障质量，最小化风险并优化利润。我们必须努力建立伙伴关系，让 Xella 能够承担这一责任。这就是我们玩的游戏。我们紧跟潮流，并在一定程度上以此为基础，将我们的流程设计得经得起未来考验。这不是装点门面，我们真的这么做了。通过这种方式，我们客户的优势越来越明显。”

De Hazelaar 的事实与数据

工厂经理：	Richard Parren
生产：	每周 7 天，每天 24 小时
员工：	150 名
产量：	1500 立方米 / 天——500000 立方米 / 年
货运运转	
成品：	140/ 天
原料与消耗品：	25/ 天
工厂设备：	7 台压制机、10 台蒸压养护机、10 条切割线与 7 个机器人
历史、现状与未来	
成立时间：	Stassen 家族企业于 1964 年成立

此处观看关于De Hazelaar CSU工厂的视频。只需手机扫描二维码，即可观看视频。

Xella Nederland BV
Mildijk 141
4214 DR Vuren
Netherlands
www.xella.nl
www.xella.com

De Hazelaar在几方面进行了革新。在短期内，将启动一项试点项目：每24小时对120至140辆卡车的物流流程进行数字化测绘，以提高货物的可追溯性

WKB Systems GmbH, 48477 Hörstel, Germany

特地格式的砖包装配-更可持续的智能解决方案

一间德国灰砂砖生产商的整个包装区域都采用 WKB Systems 公司的产品，实现自动化。在工业机器人的帮助下，特地格式的砖包装配流程以全自动的方式进行。WKB Systems 公司现代化理念的成功实施提高了灰砂砖生产厂的产能和效率。

一间拥有 55 年历史的德国灰砂砖生产商对其工厂的包装区域进行了现代化的改造。其灰砂砖的产品种类繁多，年产量高达 5000 万块（71 x 115 x 240 毫米），因此，其生产过程中的可持续性十分重要。

包装区域的自动化采用了 WKB Systems 公司的方案，这是一间为建筑材料行业提供先进解决方案的德国生产商。项目开始时，WKB 公司对客户的生产现场的现状进行了深入的调查。根据分析结果，由于这里的流程都是

砖包装配区域

包装压实机消除砖块之间的间隙

推动机制推动装载货架通过压实机

WKB Systems供应的链条输送机

手动进行的，WKB Systems 的专家建议对包装区域进行全面现代化升级。

除了自动化的概念，WKB Systems 的专家还设计出了一种先进的解决方案，以完全自动化的方式组装特定格式的灰砂砖包裹。这条生产线的运转能力大约为每小时 50 包。包裹的高度为 490-1250 毫米。包裹的最大质量为 1500 千克。每个包裹的操作周期大约为 72 秒。

工业机器人的应用使效率更高

在寻找合适的解决方案以满足客户需求时，WKB Systems 的工程师利用了工业机器人的优势。得益于于其高度的灵活性，机器人不仅能提供持续的操作模式，而且还可以结合可测量性、可规划性和最高的运转精度，

特殊构造的机器人机械爪

相同的机器人机械爪操作木质托盘

在速度、数量和质量方面优化生产过程。这些都是将工业机器人整合到客户的灰砂砖厂的包装区域的原因。

特殊构造的机器人机械爪

为了增强工业机器人的灵活性，WKB Systems 的工程师开发了一种特殊的机械爪，不仅可以操作砂石灰产品，还可以操作不同类型的木托盘。

与人工操作相比，机器人具有更强的动力和更大的操作范围，这也意味着可以将多个工作步骤组合在一起，从而充分发挥系统 100% 的灵活性和效率。

为下一步生产做恰当的准备

为了准备好机器人机械爪需抓取的砖块，必须消除生产过程中产生的砖块之间的间隙。为此，WKB Systems 的专家使用了带有液压动力装置的上游包装压实机。这个特殊的装置将硬化托架上的灰砂砖的四周向内推。硬化托架通过带有推动机制的压实机的作用下向前移动。因此，装载在硬化托架上的灰砂砖已经为下一个生产步骤 -- 砖包装配做好了准备。

特定格式的砖包装配

整个过程中遇到的其中一个挑战就是装配特定格式的砖包，同时无需进行手动干预的可能性。为了解决这个复杂的问题，机器人的程序是根据预先设定的堆叠方案捡起灰砂砖，并把它们放在一个空托盘上。在格式特定的情况下，经常会出现砖块剩余的情况。然而，确保包装过程持续顺利地进行非常重要。因此，系统会将剩余的砖存储在缓冲区域，从而确保自动化装配流程的进行。当格式改变时，剩余的砖将从缓冲区重新送回包装装配流程中。这个概念的一个重要的优势是保持包装过程持续进行，确保恒定的生产力水平。

WKB Systems 公司为客户提供了完整的包装区域的运输设备，如链条输送机、滚轮升降台、滚轮输送机、推料机等。

安全运输有所保障

最终，由托盘运输的包裹被送往打包机处。垂直和水平的捆扎箍是完全自动化的方式进行，确保砖包在运输过程中的安全。作为恶劣气象防护，还使用了一个拉伸罩，为包裹提供额外的稳定性。

手机扫描二维码，观看自动化包装区域视频

WKB 为 AAC 全球的所有读者提供了免费下载本文 pdf 文件的可能性。只需用你的智能手机扫描二维码，就可以直接访问 **WKB** 公司的频道。

Daimlerstr. 5-8
48477 Hörstel
Germany
T +49 5459 8059 28
info@wkb-systems.com
www.wkb-systems.com

蒸压加气混凝土墙在深层建筑改造中的应用

● Antonio Artino, Giuseppe Margani and Edoardo Michele Marino,
Department of Civil Engineering and Architecture (DICAr), University of Catania, Italy
Gianpiero Evola, Department of Electrical Electronic and Computer Engineering (DIEEI), University of Catania, Italy

蒸压加气混凝土（以下简称 AAC）正成为一种广泛应用的建筑材料。AAC 被广泛用作新砌体建筑或填充墙的结构材料。鉴于现有欧盟建筑存量的相关份额需要抗震和能源升级，本文对后者的使用情况进行了调查。本文提出了一种钢筋混凝土（以下简称 RC）框架建筑的深层改造策略，即用 AAC 砌块板替换双叶填充墙的外层。新 AAC 填充物对抗震性的贡献包括最大程度地改善了损伤极限状态，对接近坍塌极限状态也有一定程度的提升。此外，可以仅通过更换砌块的外层，能源消耗就可以降低 10% 左右，通过增加外部绝缘层则可以实现更大的升级改造。最后，该改造策略主要可以从外部实施，从而减少翻新工程期间对居住者造成的干扰。

在许多欧洲国家，很大一部分房地产是在关于抗震和能源效率的限制性法规颁布之前建造的。尤其是，75% 的欧洲建筑存量建于 1990 年之前，其特点是平均热透射率在 2.07 和 1.44 W/m2 K 之间 [1]。根据 BPIE 数据 [2]，这些建筑的年供热能量需求约为 140-220 kWh/m2，远远超出了现行的国家标准 [3]。此外，欧盟住宅建筑存量中有很大一部分面临着地震风险：其中约 50% 在意大利 [3]，意大利超过 74% 的住宅建筑是在 1980 年之前建造的，当时只有 25% 的地区被划分为地震区。因此，欧盟建筑的抗震和保暖性能有所欠缺，这些建筑非常需要综合翻新。综合翻新这种方法益处多多，使改造过程更可持续。第一个优点是，同时处理两个关键问题且互不干扰，可以

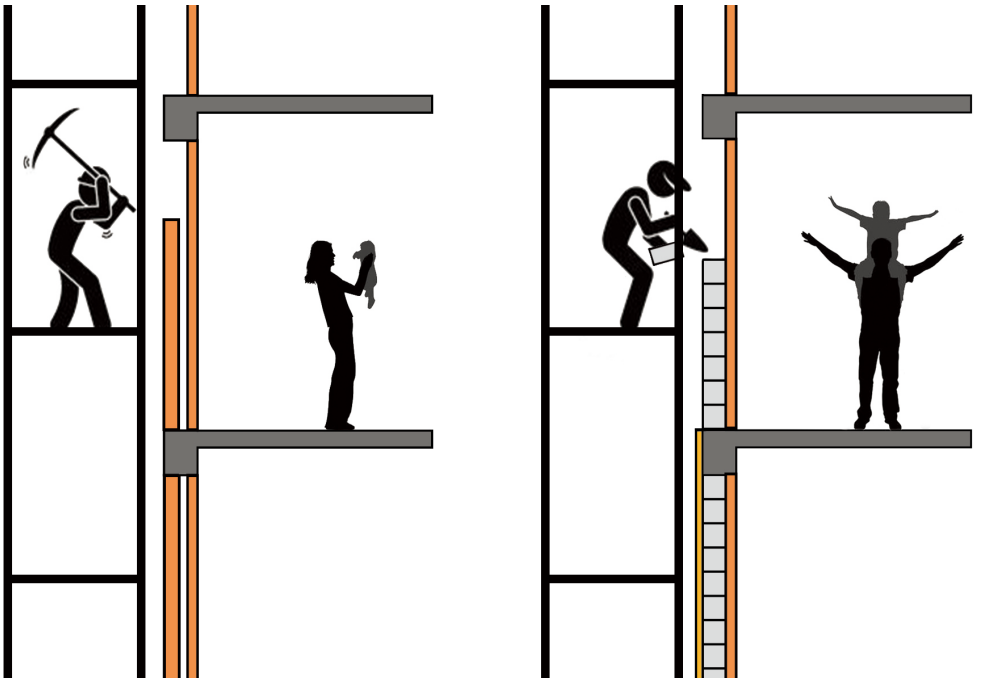


图1：
拟议政策信息图

避免了额外的成本、缩短了施工时间、减少了对居民的干扰。此外，由于所有事项和需求都是同时统计的，，所有综合改造政策的质量肯定更胜一筹。

研究方法

本文提出的政策是基于用性能更好的 AAC 砌块面板替换钢筋混凝土框架建筑现有双叶填充墙的外层（见图 1）。

与最常见的改造解决方案相比，拟议的解决方案成本更低、用时更短，尤其是在常见的抗震升级方面。后者通常涉及侵入性和昂贵的操作，如结构元件的护套和钢筋混凝土剪力墙的添加，而在建筑物底部安装隔震器有时是不符合实际的解决方案（例如，对于高层或非独立的建筑物）。

一般来说，通过实施本文提议的解决方案，结构的刚度和阻力会增加。然而，由于结构的基本周期变短，将记录更高的基底剪力值，从而导致基础以及梁柱接头上可能出现应力集中 [4]。

本文所选的模型，AAC 砌块的特征是干密度在 400 和 600 kg/m3 之间，公布的导热系数在 0.100 和 0.150 W/m K 之间，值越高密度也越大。砌块垂直荷载的压缩特征强度约为 5 N/mm2，而砌体的压缩特征强度约为 3.3 N/mm2。平均和特征初始剪切强度分别为 0.43 和 0.30 N/mm2。

由于其重量轻、机械阻力可接受、导热系数低、耐火性高，AAC 正成为一种广泛使用的建筑材料，被广泛用于钢筋混凝土框架建筑的填充。与空心砖或空心砖制成的传统填充物相比，AAC 的动力反应以及失效机理可能有所不同。

案例研究

目前，本文所提议的解决方案已在西西里岛卡塔尼亚的一座公寓楼上进行了模拟。本案例研究代表了 20 世纪 50 年代至 80 年代期间建造的大部分意大利住宅存量，现在证明这些建筑存量已经过时。

这座建筑共有四层，每层两套公寓，一个倾斜的屋顶，没有地下楼层。建筑的形状为长方形，尺寸为 18.1 米乘 11.8 米。该建筑的总建筑面积和有效建筑面积分别约为 816 平方米和 725 平方米（图 2 和图 3）。

图2：中间楼层的平面图
（所有楼层的平面图相同）

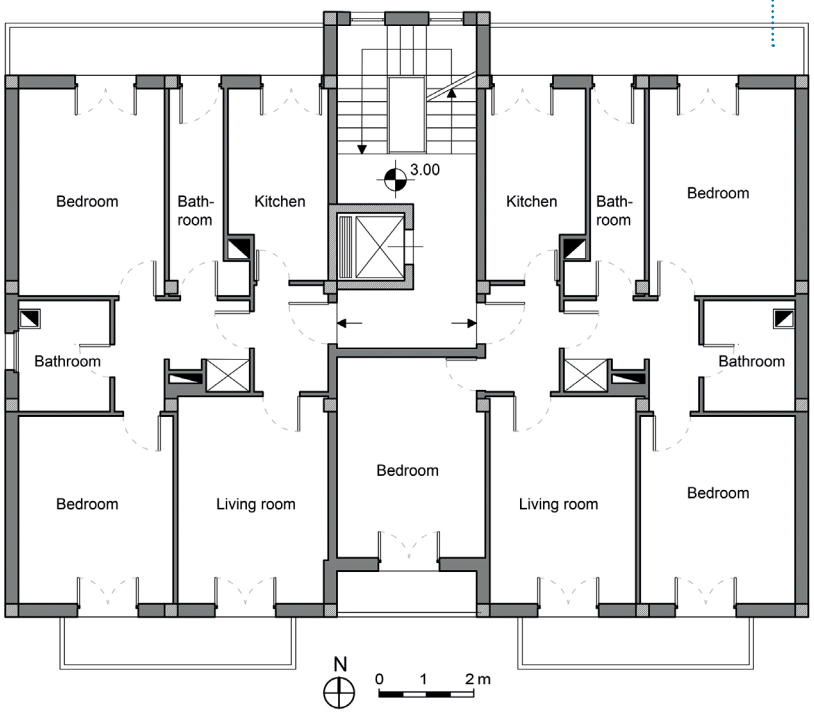


图3：
建筑物的三维视图

动态能量模拟

通过使用 EnergyPlus v8.4 运行的动态能量模拟，根据空间加热和冷却的最终能量需求，对选定建筑的能量性能进行了评估。使用 SketchUp 作为图形界面。

在所考虑的时期，意大利南部的填充墙通常采用双层空心粘土砖（内墙为 8 厘米厚，外墙为 12 厘米厚），外加一个 10 厘米厚的中间无隔热空腔。窗户上有铝制框架，一块透明玻璃，不存在因温度造成的破裂问题。底部和阁楼地板均由 20 厘米厚的空心混凝土板构成，没有隔热层。

关于设计状态（改造后），在第一次模拟中，粘土砖外层已被 20 cm AAC 砌块取代。其等效密度和导热系数分别为 500 kg/m3 和 0.15 W/m K。

随后进行了第二次模拟，在填充墙中添加 4 cm 厚的木纤维外保温层（0.04 W m-1 K-1），在阁楼地板上添加 12 cm 厚的保温层，同时将现有的窗户替换为木框架双层玻璃窗。

此外，建筑采用了理想的加热和冷却系统。在夏季恒温器设置为 26°C，在气温升高及降低的季节设置为 20°C。

结构模拟

从结构角度来看，为了表征结构框架，也进行了模拟设计。这种方法包括根据施工时有效的建筑规范设计结构。因此，仅考虑垂直荷载来设计结构 [5]。

详细来说，选择了最常用的结构材料，即 C20/25 级

Antonio Artino 在卡塔尼亚大学攻读“城市与土地风险评估与缓解”专业博士研究生，建筑工程师，建筑工程与建筑学硕士。Antonio Artino 目前正在为钢筋混凝土框架建筑的抗震和能源改造研究开发决策支持系统。他的研究兴趣包括可持续建筑和创新建筑技术。他曾担任 5 篇学位论文的助理导师，内容主要涉及现有建筑遗产和公寓楼的翻新、改造。

antonio.artino@phd.unict.it

研究员 Gianpiero Evola- 在卡塔尼亚大学教授《建筑能源质量设计》、《建筑物理》等建筑工程与建筑学学位课程。2017 年，他以副教授的身份被授予国家科学资格（09/C2- 建筑物理及核工程）。他的研究活动主要集中在建筑物的动态能源性能、地中海地区传统建筑的热舒适性和太阳能冷却解决方案。他在国际科学期刊上发表了 50 多篇论文，并著有 6 本关于建筑能源课题的书籍。

gevola@unict.it

Giuseppe Margani - 卡塔尼亚大学建筑工程系教授，博士，工程硕士。他的研究兴趣包括可持续建筑、能源和抗震改造、建筑技术创新、建筑技术史、历史建筑修复等领域。他自著或者与他人合著了七本书，并在国家和国际同行评审期刊或会议记录上发表了数百篇论文。他在国家和国际研究项目的开发和指导方面拥有丰富的经验。目前，他负责协调“地平线 2020”项目：“电子安全”。他是欧共体欧洲研究和创新项目的独立专家。他是《TEMA-技术、工程、材料和建筑》助理编辑，以及《建筑》和《可持续性》客座编辑和编辑委员会成员（MDPI 编辑）。作为执业建筑工程师，他在详细设计、建筑翻新和文化资产无损检测方面拥有超过 25 年的工作经验。

margani@unict.it

Edoardo Michele Marino，卡塔尼亚大学副教授，教授《建筑钢结构设计》和《建筑结构抗震设计》等建筑工程与建筑学学位课程。他发表了 160 多篇论文，其中 55 篇发表在国际或国家期刊上。他的主要研究课题包括抗震建筑结构设计、现有建筑的抗震评估和改造、建筑抗震保护的耗散装置、基于性能的设计和抗震规范等。他是卡塔尼亚大学《城市和土地风险评估与缓解》博士项目的教授。他曾担任 60 篇结构工程学位论文的导师和 4 篇博士论文的导师。他曾作为演讲人或会议主席参加过几次地震和结构工程的会议，并参与了地震与建筑领域的多个研究项目。

edoardo.marino@unict.it

表1：混凝土C 20/25特征

混凝土	f_{ck} [MPa]	f_{ctk} [MPa]	ε_{c2} [%]	ε_{cu} [%]	σ_{adm} [MPa]	E [MPa]
C 20/25	20	1.55	0.2	0.35	8.5	30000

表2：FeB38k钢的特征

钢筋	f_{yk} [MPa]	f_{uk} [MPa]	ε_{yk}	σ_{adm} [MPa]	E [MPa]
FeB38k	375	450	0.00188	215	200000

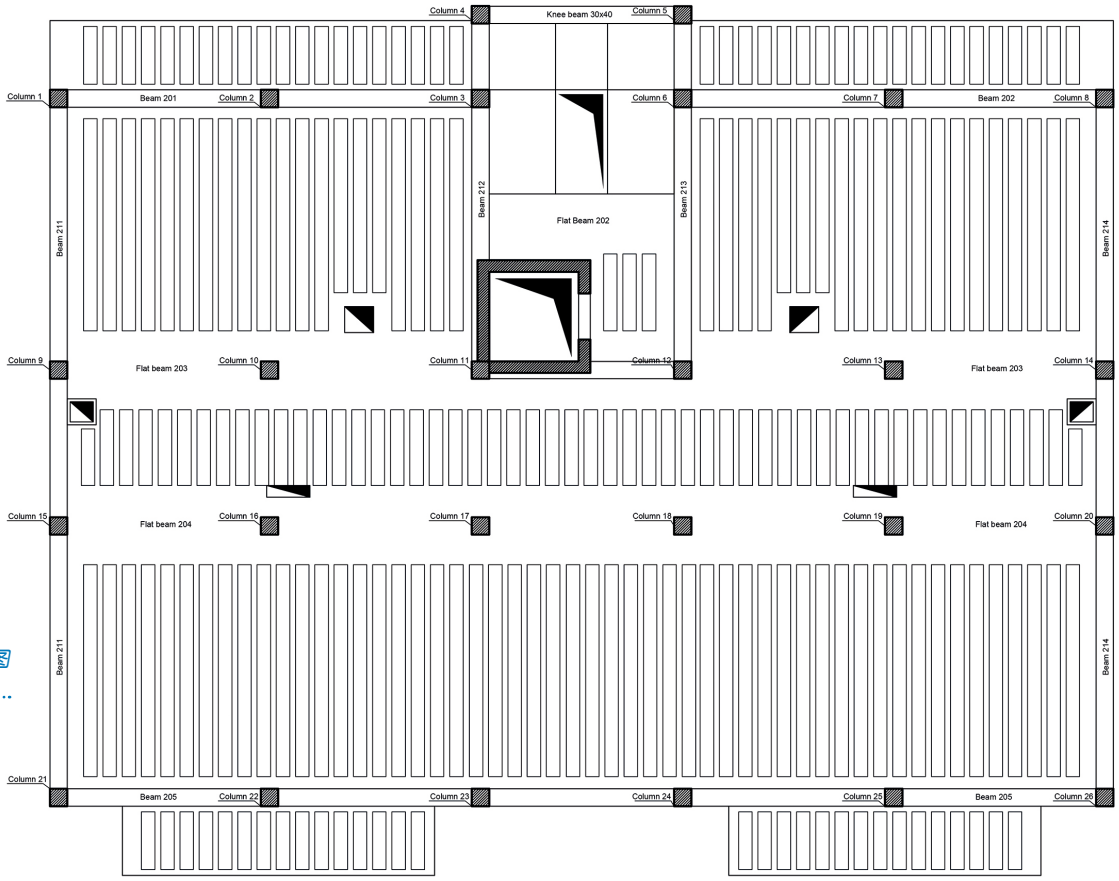


图4：木工平面图

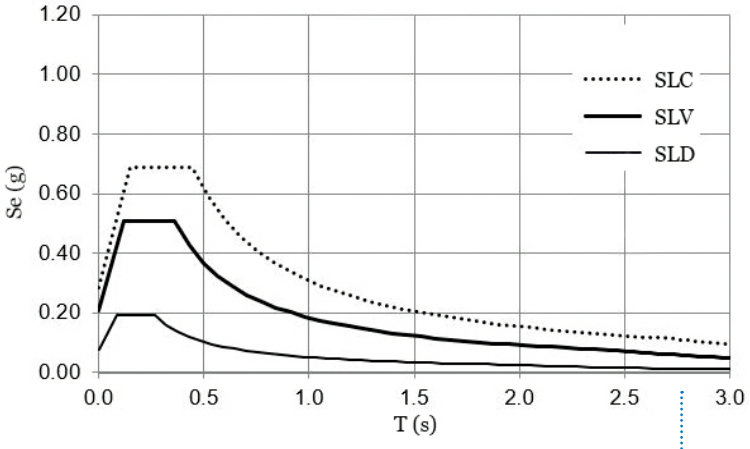


图5：A-土壤和T1地形条件下考虑的地区（卡塔尼亚、Nesima）的弹性谱

混凝土和 FeB38k 钢筋。下面的表 1 和表 2 中总结了混凝土和钢筋的特征。

设计过程的结果是，该结构由 26 根 30 x 30 cm 的柱（4Ø14 钢筋、间距为 20 cm 的钢箍筋）组成。一楼，二十六根柱子中有四根是 40 x 30 厘米的柱子。混凝土板均沿最短建筑长度方向（Y）定向，其三个间隔靠在两个边界 30 x 50 cm 梁和两个 100 x 20 cm 扁梁上。除两个 30 x 50 cm 的边界梁外，其他方向（Y）上没有梁。木工平面图如图 4 所示。

现行立法规定了 0.0757 g、0.207 g 和 0.286 g 的 PGA，分别用于损伤极限状态（SLD）、生命安全极限状态（SLV）和接近倒塌极限状态（SLC）的地震验证。相关的弹性响应谱如图 5 所示。

下面的表 3，恢复了当前状态（CS）和设计状态（DS）下的填充特征。

根据意大利建筑规范（[6]、[7]）和欧洲规范 8[8]，采用非线性静力分析法（pushover）进行的抗震性能评估。

本研究的目的与综合抗震和能源改造方法的研究密切相关，考虑到最近与 AAC 同样合格的材料，应用最近研发的建模方法，将填充墙纳入带有砌体填充物的 RC 框架结构的抗震评估中。后者可通过宏观元素建模方法实现，如 [9] 和 [10] 所述：填充墙由二维几何一致的等效宏观力学模型建模，该模型能够模拟无钢筋砌体建筑的平面内非线性响应 [11]，而钢筋混凝土框架采用集中塑性梁柱单元建模。

表3：CS和DS用砌体填充物的力学特性

砌体填充物的力学特性	当前状态（粘土空心砖）	设计状态（AAC砖块）
杨氏模量E（兆帕）	1200	3000
剪切模量G（兆帕）	700	1200
压缩应力 f_m（兆帕）	1.2	5.35
剪应力τ_0（兆帕）	0.07	0.38
比重 w （kN/m³）	8	6.6

用于结构建模的软件是 3DGAMP（12），由卡塔尼亚大学的一组研究人员完成。

结果和讨论

结构性能

建议的干预措施包括提高地震反应能力，从而提高安全水平。为了比较 CS 和 DS，首先，对比了几种极限状态下的性能。

从 SLD 开始，本文建议的干预措施涉及到比其他绩效水平最高的改进措施。图 6 显示了 X 和 Y 方向的 PGA 容量。在 X 方向上，0.0192 g 的 PGA 容量提升至 0.0424 g，是 CS 容量值的两倍多（120.8%）。尽管如此，该值仍低于所考虑区域内法规要求的值（0.0757 g）。另一方面，如果观察到沿 Y 方向达到极限状态的 PGA 值，很明显，为了达到规范的要求，升级结构需要进行改进（211.3%）。

关于 SLV，尽管实体比较小，但也进行了改进：事实上，导致极限状态的 PGA 从 0.0911 g 增加到 0.143 g，增加了 57%。通过这种方式，可以满足约 70% 的规范要求。虽然没有实现全面的抗震升级，但保证了比 CS 更高的安全性能。此外，观察到 X 和 Y 方向之间的行为差异较小。

关于接近崩溃极限状态（SLC），记录了最轻微的改善：PGA 容量从 0.125 g 增加到 0.179 g。

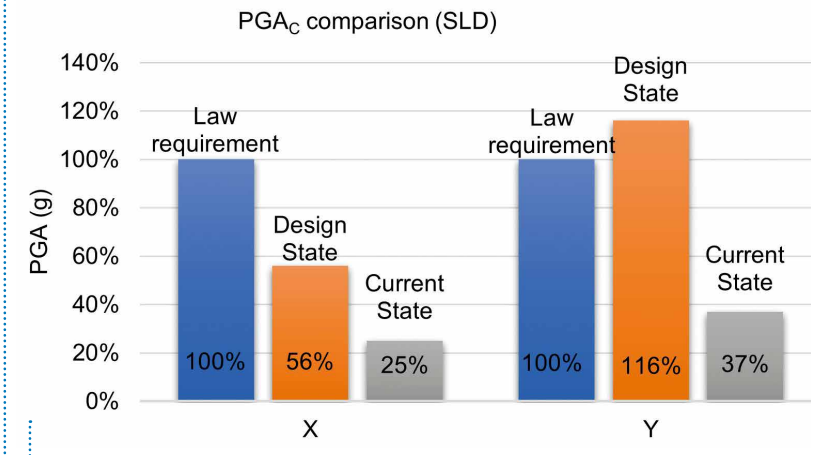
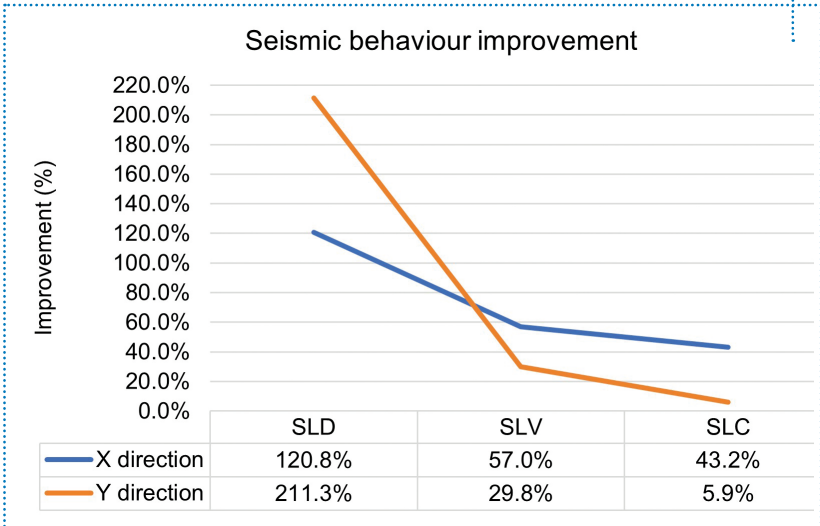


图6：SLD两个方向的PGA比较（要求、CS和DS）

图7：与极限状态和地震方向相关的防震行为改善



另一个考虑因素是比较 DS 中建筑物 PGA 容量相对于 CS 的增加百分比；根据后一个参数，针对每个方向和每个考虑的极限状态，评估了拟议解决方案带来的抗震性能改善。从 SLD 到 SLC 极限状态，记录干预效果的下降趋势。这是因为与现有填充物相比，直到损坏，新型填充物保证了更优良的性能，从而与实际状态的差异越来越小（见图 7）。

另一个重要的注意事项与 X 和 Y 方向上的不同改进有关，特别是对于 SLD，在 Y 方向上记录了显著的改进。应记住，在 Y 方向，填充墙的开口百分比非常低（小于 5%）。

总之，尽管存在经济负担比较重，但是这种干预措施提高了所考虑建筑的抗震安全性能，但不允许实现全面的抗震升级。一般来说，这适用于高地震活动区域和空间开放比例较大的建筑物。根据实验结果，还建议进行补充干预，来提高结构的延性和 / 或降低其抗震要求。

能源绩效

第一个有趣的结果是关于本文提议的改造方案的静态和动态热参数。结合 U 值，对时间偏移 φ 和周期性热透射比 YIE 进行了比较。具有良好动态热性能的墙体应具有高 φ（>10h）和低 YIE（<0.10W/m2 K）。如表 4 所示，仅用 AAC 砌块替换现有外部填充板可将 U 值（因此热损失）降低 50%。因此，表 4 报告了当前状态（CS）- 干预前 - 和设计状态（DS）（即改装后）的主要外壳组件的 U 值。根据 UNI 11300[13] 和 UNI 10077[14] 标准对建筑构件的热传导率进行了评估。

然而，采用 AAC 砖块所获得的价值并不完全符合最近的意大利法规，因此，随后考虑进一步添加外部绝缘层。

最终改造解决方案的结果是，对于加热和冷却的能源需求显著减少。具体而言，加热和冷却的总能源需求分别减少了 38% 和 27%（见图 8），这对减少温室气体排放也产生了重要影响。此外，在进行了本文所建议的改造后，单位净有用表面的平均加热和冷却需求分别为 21.5 kWh/m2 每年和 9.3 kWh/m2 每年。

图中未体现出 AAC 砖块的唯一替换结果，如前所述，该替换不符合意大利的国家法规。然而，值得强调的是，仅此一项干预措施就可以使下层、中层和上层的供暖需求分别减少 11%、14% 和 5%。相反，在冷却需求方面的节约将达到 10%、1% 和 4%。这表明，简单更换外部空心粘土块叶可以带来良好的改善效果。

结论

本文提出了一种针对钢筋混凝土框架建筑的综合抗震和能源改造策略，其基础是用性能更好的 AAC 砖块替换双叶填充墙的外层。

表4：AAC砖块对静态和动态热性能的影响

	当前状态				设计状态			
建筑构件	类型	U-值 (W/m² K)	YIE (W/m² K)	时移, φ (h)	类型	U-值 (W/m² K)	YIE (W/m² K)	时移, φ (h)
外部填充墙	双叶砖	1.11	0.62	7.0	DS 1: 砖叶, AAC	0.520	0.160	10.9
					DS 2: 砖叶, AAC, 隔热	0.343	0.052	13.2
内部地板	空心混凝土板	1.83	-	-	与当前状态的数值相同	-	-	-
阁楼地板	空心混凝土板	2.03	-	-	隔热混凝土板	0.286	-	-
窗户	铝，平板玻璃	5.98	-	-	木框架-双层玻璃	1.77	-	-

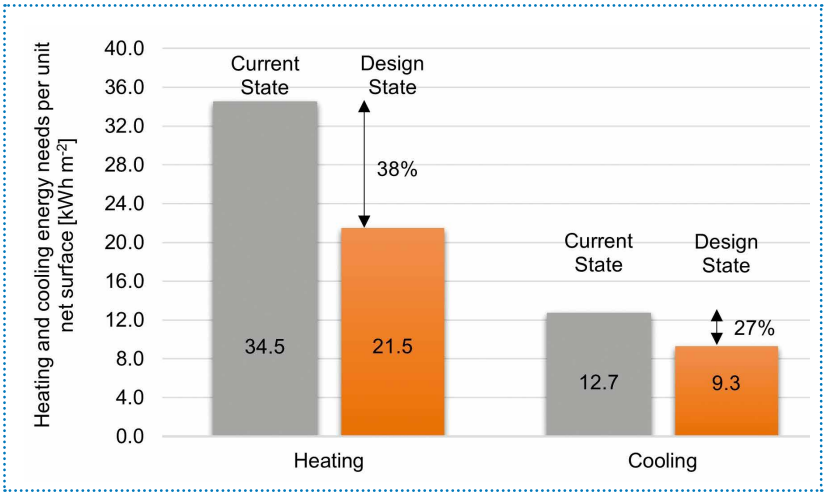


图8：单位净表面的加热和冷却能量需求（CS和DS）

该解决方案提高了翻新建筑的抗震和节能性能。由于此解决方案主要从建筑外部进行操作，所以在实施过程中减少了对居住者的干扰。

位于意大利南部的卡塔尼亚的住宅案例研究证明了本文所建议的策略的有效性。

从结构的角度来看，相对于 SLD 相关的绩效目标，该干预措施涉及最高的改进（211.3%）。在 SLV 和 SLC 中记录到显著的改善，PGA 值分别增加 57% 和 43%。

从能源效率的角度来看，它大大减少了空间供暖和制冷的能源需求。实际上，仅用 AAC 砖块来替换外部空心粘土砌块叶片，平均而言，加热和冷却需求分别减少了 10% 和 4%。然而，由于这还不足以满足意大利最新国家法规的所有要求，因此设想再增加一层 4 cm 的外绝缘层。

总之，由于更高的安全性和舒适度，本文所建议的策略增加了经济价值、延长了建筑的生命周期，降低了地震易损性和能源需求，并可能对居住者产生进一步的积极心理影响。尽管需要付出巨大的经济努力，但在高地震活动区不太可能实现建筑物的全面抗震性能升级。在这种情况下，需要进行进一步的干预来提高结构的延展性，并减少建筑物的抗震需求。

参考文献

[1] E. B. S. Observatory, “EU Building Stock Observatory,” 25 11 2016. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/energy/eu-buildings-factsheets_en. [Accessed 10 07 2020].

[2] M. Economidou, J. Laustsen, P. Ruyssevelt and D. Staniaszek, Europe’s Buildings Under the Microscope. A Country-By-Country Review of the Energy Performance of Buildings, Brussels, Belgium: BPIE, 2011.

[3] P. La Greca and G. Margani, "Seismic and energy renovation method for sustainable cities," Sustainability, MDPI, vol. 10, no. 254, pp. 1-9, 2018.

[4] A. Fiore, M. P. F. Mezzina and G. Uva, “Solidarizzazione delle tamponature per il miglioramento sismico di edifici esistenti,” in L’ingegneria sismica in Italia, Padova, 2013.

[5] A. Ghersi, Il cemento armato, Palermo: Dario Flaccovio Editore, 2010.

[6] Ministrial Decree 14 January 2008, NTC08. Norme Tecniche per le Costruzioni.

[7] Circular 617/2009. Instructions for applying the NTC08 Code.

[8] Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance..

[9] I. Caliò and B. Pantò, “A macro-element modelling approach of Infilled Frame Structures,” Computers and Structures, Elsevier, vol. 143, pp. 91-107, 2014.

[10] B. Pantò, C. I. and P. B. Lourenço, “Seismic safety evaluation of reinforced concrete masonry infilled frames using macro modelling approach,” Bull Earthquake Eng., Springer, vol. 15, pp. 3871-3893, 2017.

[11] I. Caliò, M. Marletta and B. Pantò, “A new discrete element model for the evaluation of the seismic behaviour of unreinforced masonry buildings,” Engineering Structures, vol. 40, pp. 327-338, 2012.

[12] “3DMacro: Software for masonry buildings,” Gruppo Sismica, [Online]. Available: https://www.murature.com/software.php?id=1.

[13] Ente Nazionale Italiano di Unificazione, UNI/TS 11300-1:2014. Prestazioni energetiche degli edifici Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell’edificio per la climatizzazione estiva ed invernale, Roma, Italy: UNI, 2014.

[14] Ente Nazionale Italiano di Unificazione, UNI 10077-1. Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica, Roma, Italy: UNI, 2018.

[15] A. Artino, G. Evola, G. Margani and E.M. Marino, "Seismic and Energy Retrofit of Apartment Buildings through Autoclaved Aerated Concrete (AAC) Blocks Infill Walls.", Sustainability, MDPI, vol. 11, no. 14, p. 3939, 2019.

位于Wroclaw的Olimpia港

这栋综合大楼坐落在一个安静的区域，靠近奥得河，周边有很多公园和休闲区域。目前有 13000 人居住在位于弗罗茨瓦夫的该区域。该项目隶属于艾齐科姆（Archicom ），是与提供墙体解决方案的 Xella 密切合作完成的。数字规划服务商 blue.sprint 也参与到该项目中，助力其以更快、更简单和更高性价比的方式得以实现。

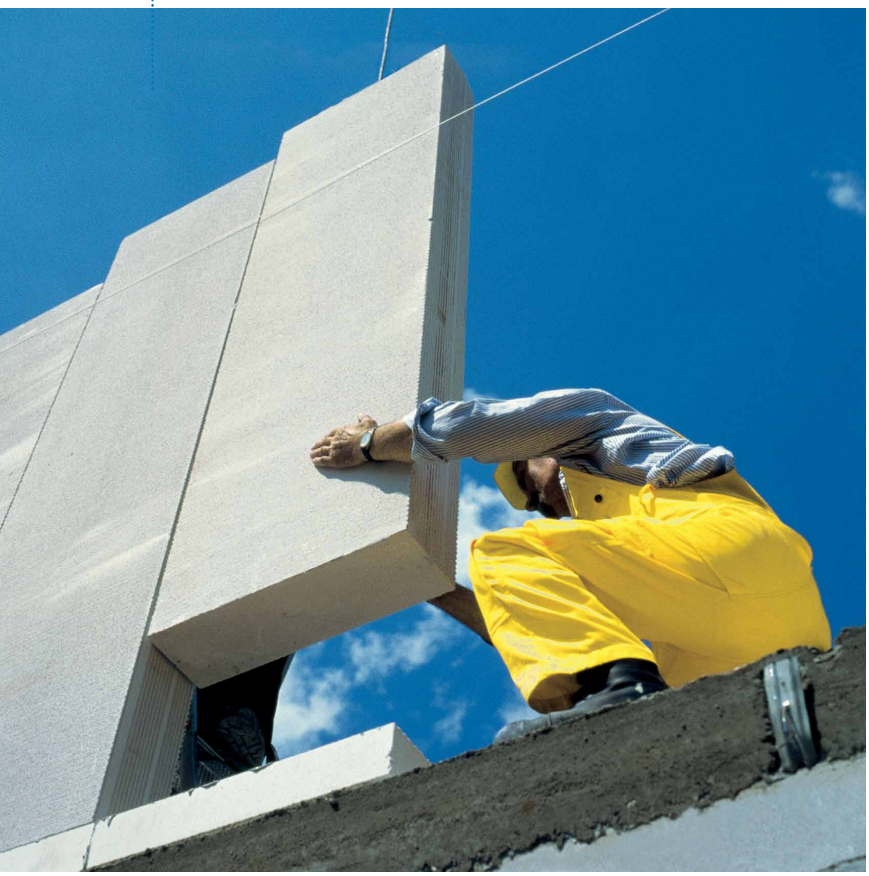
波兰弗罗茨瓦夫新区奥林匹亚港建设项目于 2012 年启动。该综合体由大约 50 个公寓楼组成，位于一个安静的区域，临近奥得河、众多公园和休闲区。得益于该地区发达的交通基础设施，人们只需乘坐几分钟的交通工具便可到达市中心。该综合体是一个空间系统，不仅能够方便人们的日常生活，还能够促进社会融合。

该项目由房屋开发商 Archicom 负责，Xella 也合作参

艾齐科姆（Archicom ）负责的该项目是与提供墙体解决方案的 Xella 密切合作完成的。数字规划服务商blue.sprint 助力以更快、更简单和更高性价比的方式实现项目完工

与该项目的完工。该项目从一开始就以数字方式规划建设，利用 Revit 和 IFC 文件以促进公司间的相互协作。两家公司只共享了 3D 模型而没有交换其他文档。

每栋建筑总共使用了约 1.000 立方米的多孔混凝土面板，每栋建筑可以节省 600 工时



另一方面，Xella 为外墙和内墙设计提供了解决方案。我们一起选择正确的材料解决方案，并在投入资金购买材料之前对其进行了规划。我们在合适的时间安排了交货，以最大限度地利用我们的大幅面材料。 “blue.sprint 数字规划系统可以在时间方面对生产、运输和现场组装进行最完美的协调，”Xella 波兰公司的建筑信息模型（BIM）经理 Pawel Górski 解释说。

该项目还充分展示了建筑数字化和自动化在提升建筑生产力和效率方面拥有的巨大潜力。该项目采纳了大规模使用多孔混凝土面板的解决方案，每栋建筑总共使用约 1.000 立方米的多孔混凝土面板，每栋建筑可以节省 600 工时。

Xella International GmbH
Düsseldorfer Landstraße 395
47259 Duisburg
Germany
digital@xella.com
www.xella.com

Sif Itona Westerberg – 借助AAC打造顶级艺术

ARoS 的新展览展示了一系列神话雕塑，主要关注人类活动对自然造成的愈加巨大的影响，以及迫在眉睫的气候灾难。作为一名雕塑家，Sif Itona Westerberg (b.1985) 于 2014 年毕业于丹麦皇家美术学院。ARoS 目前举办的展览是迄今为止展示这位当代年轻艺术家作品的最大规模的展览。她的作品经常会参考古代的雕花饰带或中世纪的彩色肖像画，她从中汲取了大量灵感。

她的雕塑作品模仿了古代大理石雕塑正统的技艺语言，而作品所用的材料则为蒸压加气混凝土。工业材料与精致手工艺的融合创造了一种既充满感染力又极具纪念意义的独特对比。

Sif Itona Westerberg 在雕刻方式上遵从历史传统。但因为她所使用的是现代材料，她的艺术从未乏善可陈或停滞不前。相反，她创造了一种朝气蓬勃的表达方式，能够在时间维度上向后回溯并且向前展望，这是 ARoS 策展人 Jakob Vengberg Sevel 对她做出的评价。

Sif Itona Westerberg, Tranen, 2019, 照片出自David Stjernholm

Sif Itona Westerberg, The House of Dionysus, 2020, Gether Contemporary, 照片出自David Stjernholm

Sif Itona Westerberg, Immemorial, ARoS, 照片出自David Stjernholm

三幕展览

展览将在 5 楼占地 420 平方米的焦点画廊展出，共分为三幕。第一幕名为 House of Dionysus (I)，展出以希腊神话人物 Dionysus（酒神和狂喜之神）为主题的作品。这一系列雕塑包括 House of Dionysus (I) 和 House of Dionysus (III)，得益于新嘉士伯基金会的捐赠，这些作品于今年早些时候成为了该博物馆的馆藏。

第二幕展出的作品是一个全新的系列，名为 Sawn Song。该系列首次在 ARoS 展出，是基于希腊神话 Phaeton 进行的创作。作为太阳神 Helios 的儿子，Phaeton 试图驾驶父亲的太阳战车，结果引火烧天。在这一系列作品中，Sif Itona Westerberg 将 Phaeton 的这次事故描述为历史上第一次由人为因素导致的气候灾难。

展览的第三幕也是最后一幕展出了 Fountain 系列的作品，该系列作品曾于 2019 年在位于 Hellerup 的 Tranen 展览馆进行过展出。这些作品以欧洲中世纪的杂交生物为基础，结合了现代基因工程技术。该技术能够使物种、混合组织以及 DNA 以过去看来异想天开的方式进行杂交。在这里，当 Sif Itona Westerberg 将中世纪与现代科学联系在一起时，她在时间维度上实现了回溯与展望的统一，从而探索了杂交的巨大潜力。

“Sif Itona Westerberg 关注了一些支撑人类文明的伟大叙事，并将它们与当代和未来社会的热点结合在了一起。她的作品关注如今这个技术、人与自然之间的界限变得愈发模糊的时代，旨在探索这个时代所存在的诸多问题”，Jakob Vengberg Sevel 说道。

www.aros.dk

艺术家Sif Itona Westerberg，
照片出自ARoS Aarhus Kunstmuseum

AAC 蒸压加气混凝土
中国 数码版
www.aac-china.digital.com

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:
Anne-Marie Achnitz · André Besgens production@ad-media.de
Miriam Scheunemann

会计:
Sandra Borchert · Christian Hoffmann accountancy@ad-media.de

订阅服务:
Christian Hoffmann subscription@ad-media.de

展会负责人:
Thomas Rieck 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，账户号: 6800080, BIC: 370 700 24
SWIFT CODE: DEUTDEDBKOE, IBAN-No.: DE88370700240680008000

总部地址:
ad-media GmbH · Industriestraße 180 · 50999 Cologne · Germany

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

AAC中国（数码版）

Zhang Jinying · 联系电话 +86 13920414614
asia@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