

WACKER

CREATING TOMORROW'S SOLUTIONS

ETONIS®

建筑施工 | 混凝土 | 添加剂

ETONIS®——只为提升性能
通过改性混凝土优化建筑施工

赋予建筑材料卓越的性能： 改性混凝土

从体育馆、高速公路互通立交，到大型桥梁设计……再没有任何材料能够像混凝土这般用途广泛而又经济实惠。经过数十年的研究，如今的混凝土产品已凭借优异的性能在建筑行业开辟了全新的应用领域，而ETONIS®混凝土外加剂也在过去十年里为此做出了重要贡献。

重新定义应用极限

借助聚合物粘结剂，建筑师和规划师可以大胆尝试全新的设计。例如，采用建筑混凝土制成的超轻弧形构件和具有吸水功能的道路和广场——这些项目原本无法想象，近年来却在聚合物粘结料改性剂的帮助下以出色的质量变成现实。

延长建筑物使用寿命

今天，我们可以将混凝土的性能及耐用性提升到前所未有的水平，从而对建筑结构质量产生深远影响：现代化改性混凝土极大地延长了建筑物的使用寿命。

促进可持续发展

如今，人们比以往任何时候都更关注基础设施项目，并且关注点已不再仅仅局限于成本，项目的可持续性同样重要。这对改性混凝土来说，无疑是个好消息：毕竟，改性材料可减少水泥用量，从而有效防止不必要的温室气体排放。

时至今日，瓦克聚合物粘结剂在建筑行业依然发挥着颠覆性的影响力。

1938

开始大规模生产醋酸乙烯酯——瓦克所有混凝土添加剂产品的原材料。

1960

醋酸乙烯酯-乙烯（VAE）聚合物乳液的开发奠定了新一代液体改性剂的基础。

1985

生产首款基于VAE乳液的可再分散乳胶粉。

2008

在Hagerbach测试走廊，启动隧道施工用聚合物改性喷射混凝土的系列测试。

2015

随着人们对聚合物乳液的需求不断增长，全北美规模最大的瓦克VAE乳液喷雾干燥设备在美国肯塔基州卡尔弗特城（Calvert City, Kentucky）正式投入使用。

2018

我们通过位于德国、美国、中国和韩国的五大聚合物化学生产基地，为全球建筑行业提供创新型改性剂。

瓦克集团目前是VAE聚合物乳液与可再分散乳胶粉领域世界公认的全球领导者。

ETONIS®是Wacker Chemie AG（瓦克化学股份有限公司）的注册商标。





探寻ETONIS®的优势

ETONIS®添加剂能够为混凝土带来双重优势：它既能优化新拌混凝土的性能，又能提升硬化混凝土的品质。

改善施工性能

加入ETONIS®能够让新拌混凝土有更好的和易性，从而提高混凝土的流动特性、可泵送性和沉降稳定性。

弹性更高

即便是坚固的硬化混凝土，ETONIS®也能通过降低材料的弹性模量，使其保持高抗压强度的同时，提高混凝土的柔韧性。在实际的建筑应用中，ETONIS®还能赋予混凝土更高的拉伸和抗折强度、更高的断裂伸长率和抗撕裂性能——凡是那些需要将热应力、振动和压力尽可能吸收的地方，弹性更高的混凝土无疑是一大优势。

出色的耐受性

ETONIS®可赋予密实混凝土出色的耐磨性，并确保其能够有效抵抗来自水中氯化物的侵蚀。此外，经ETONIS®改性的混凝土还能起到防护层的作用，以防止酸、气体和其它腐蚀性介质的侵蚀。

粘合力更佳

经ETONIS®改性的混凝土具有更高的内聚力和粘合力，甚至能够粘接潮湿的基材或金属等光滑表面。

一项创新技术，多种应用选择

在过去十年里，ETONIS®混凝土外加剂取得了显著的发展成果。起初，ETONIS®作为聚合物粘结剂仅用于多种喷射混凝土应用，如今已经可以用于各种类型的混凝土施工——从道路稳定与透水混凝土、自充填混凝土到纤维增强型混凝土等等，不一而足。

道路稳定和抑尘

ETONIS® 1000 S 6

隧道防水和建设工程

ETONIS® 3000 W 10

混凝土保护和翻修

ETONIS® 5000 P 16

特殊基础设施应用

ETONIS® 7000 A 22

结构混凝土材料

ETONIS® 9000 M 30



ETONIS[®] 1000 S

道路稳定和抑尘

在水泥中加入ETONIS[®]，可有效提高路基结构的稳定性。这一技术不仅非常适用于碎石路，而且还能延长沥青道路的使用寿命。



使用简单、经济高效

借助这一全新的土壤稳定技术，乡间道路的修复工作变得前所未有的轻松，同时也无需增加成本。该技术旨在重复利用整个地基结构，而非将地基挖出并采用其他材料替换。解决之道就是：含ETONIS®聚合物改性水泥的土壤稳定剂。即便是车流量较大的林间小路和通路，该产品也能有效缩短修复工期，且成本比使用泡沫沥青更低。对比发现，使用ETONIS®可以降低道路的修复成本。

极其耐用

在配方中加入ETONIS®既可提高稳定路基的整体柔韧性，又能赋予其耐机械载荷性和抗霜冻性。同时，该产品还能提高道路的剪切强度，使其能够承受重型设备。

使用寿命更长

对地基进行聚合物改性处理可延长道路养护间隔期，并将道路的稳定期延长至传统水力粘结地基的三倍。

ETONIS® 1000 S的优势……

初期使用：聚合物可直接用于道路表面，且不会对环境造成危害

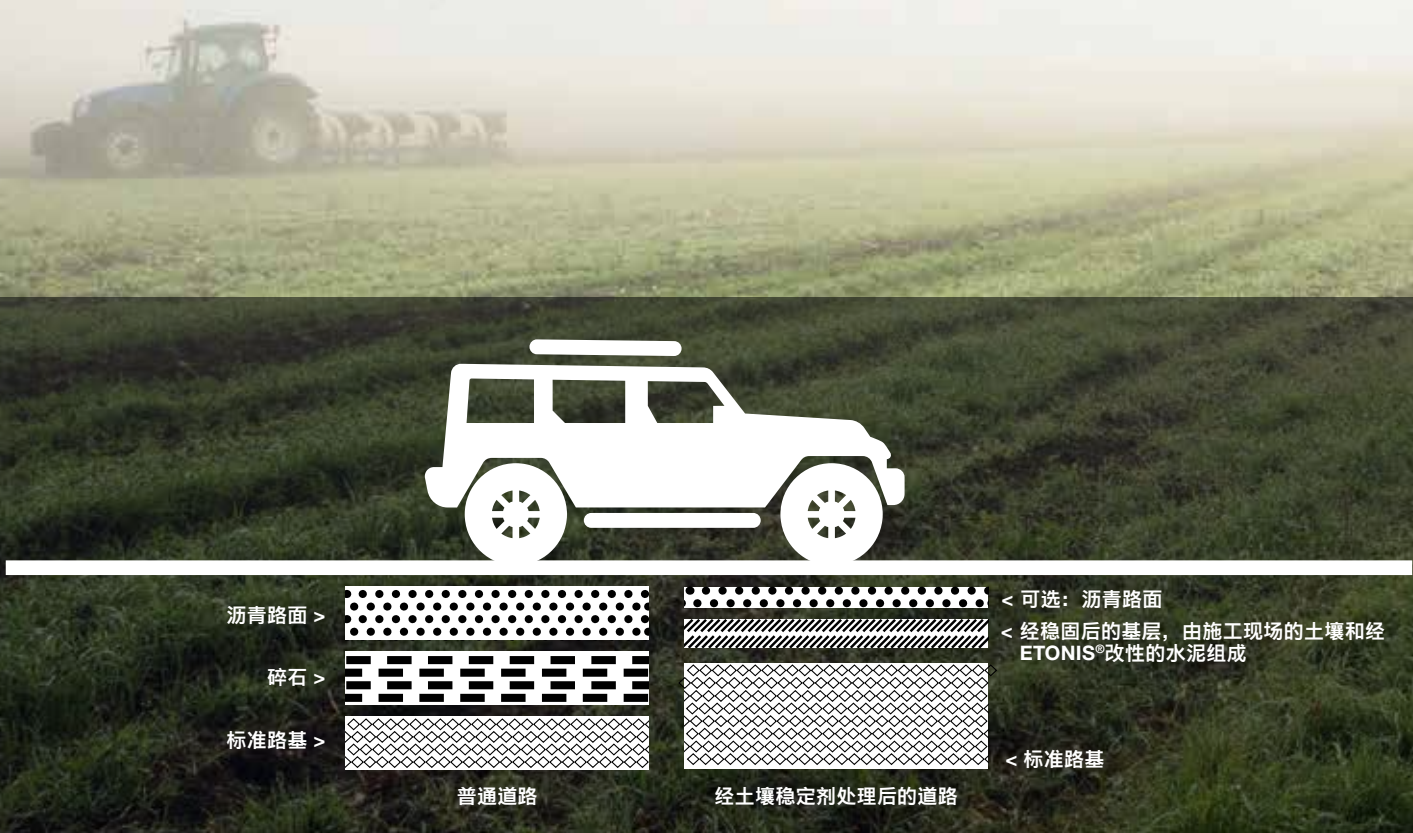
固化成膜后：

- 出色的抗霜冻性、耐腐蚀性和耐磨性
- 压实度高，防止骨料移位
- 提高剪切强度

德国巴伐利亚州

从农场小道到公路

2017年，德国巴伐利亚州的一位农民正在思考如何加固通往其农场的小道，这条路由于常年受到农用设备的碾压以及霜冻的侵袭而屡遭破坏。于是他使用了一款含ETONIS®的路基稳定剂对其进行处理，问题便迎刃而解。如今，他的农用设备可以在这条承载能力出色的道路上随意驰骋。使用聚合物改性水泥对小道进行加固后，这位农民修复小道的频率明显下降。





“经土壤稳定剂处理后，未铺砌道路的使用寿命可延长两倍。”

Nikolaus Bucksch,
瓦克聚合物业务部门市场经理

使用聚合物改性路基稳定剂，打造稳定、耐水且不会扬尘的道路

第一步，在未铺砌道路表面铺设一定厚度的水泥层，然后使用施工设备将路面碾压至特定深度。在此过程中，道路材料会与之前铺设的水泥及ETONIS®聚合物粘结剂混合。ETONIS®的作用是充当粘结剂，在土壤和水泥颗粒之间搭起桥梁，以打造柔韧、坚固的路面。

采用碾压机将路基压实、平地机将路面找平后，需要在道路表面再喷一层ETONIS®聚合物粘结剂，以稳固磨损层，并增强道路的耐用性。或者也可以在路面铺一层沥青。路基柔韧性的增强意味着可以在路面铺上一层薄薄的沥青。



沿着完整的切割深度可以看出，混凝土已被牢牢压实。整体体系因粗骨料的整体性更好变得可靠和耐用，而粗骨料正是造成路面出现坑洞的主要元凶。

ETONIS® 3000 W

隧道防水和建设工程

聚合物改性喷射混凝土能够牢固粘结传统混凝土无力应对的难粘基材，这充分证明了它的粘结强度。同时，这种混凝土还能减少回弹量，从而节约施工时间和成本。

快速、经济的施工

采用ETONIS®改性的喷射混凝土真正与众不同之处，是它能牢固地粘结金属和潮湿的岩石等表面光滑的基材。即使混凝土层的厚度超过10厘米，混凝土也不会滑落。ETONIS®通常可将回弹量减少一半以上，具体取决于聚合物的含量、混凝土配方以及所采用的喷射技术。71%的回弹减少比例在实际工程案例中被测得。因此，采用ETONIS®具有众多成本优势：

- 所需物料更少，施工时间更短
- 物料浪费更少，废物处置成本更低
- 机械设备的维护周期更长

此外，ETONIS®还能提高混凝土的可泵送性，从而降低泵送系统发生堵塞的频率，以及由此导致的停机风险。

高强度、高密度

ETONIS®能显著降低喷射混凝土的开裂倾向，同时提高其机械应力的耐受程度，例如压力隧洞等应用中存在的机械应力。

提高柔韧性

经ETONIS®改性的混凝土配方具有较低的弹性模量，同时保持较高的抗压强度。凡是那些需要将热应力、振动和压力尽可能吸收的地方，弹性更高的混凝土无疑是一大优势。

经久耐用

经ETONIS®改性的混凝土配方具有较低的水灰比。当用于硬化混凝土时，ETONIS®添加剂还能起到防护层的作用，以防止二氧化碳、氯化物和硫酸盐的侵蚀。

适用于任何工况

ETONIS®不仅适用于大量湿喷混凝土，也适用于少量干喷混凝土。

ETONIS® 3000 W的优势……

用于湿喷混凝土：

- 对光滑和湿润基材具有出色的粘结力
- 良好的可泵送性，降低堵塞和停机风险
- 回弹量降低50%以上

用于干喷混凝土：

- 低弹性模量，增强柔韧性
- 低水灰比意味着强度极高，可有效防止水分渗入
- 对于二氧化碳、氯化物和硫酸盐具有出色的耐受性



德国慕尼黑附近的ISAR运河 用喷射混凝土填充缝隙及修复

慕尼黑附近的Isar运河已经使用了很多年。为了防止冻融循环造成进一步的损坏，有必要对其进行修复。

在对各种体系进行现场测试后，改性喷射混凝土成为首选材料。干喷混凝土被认为是最为经济的选择，因为在30公里长的运河中，只有相对较小的区域需要处理。由于ETONIS®外加剂已提前混入干混砂浆中，所以只须将水在靠近喷嘴的地方加入干混料中即可开始施工。

为了实现良好的密封性，工程师们加入了5%的ETONIS®添加剂，制成粘性出色的改性混凝土，能够牢固地粘在运河潮湿的壁面上。



虽然旧混凝土仍然状况良好，但运河的许多地方均已损坏。



一名施工人员正在喷射聚合物改性混凝土。

巴西里约的地铁建设

高抗渗性要求

为了迎接2016年奥运会，巴西里约热内卢对地铁系统进行了扩建——隧道建设者在该项目中使用了基于ETONIS®的防水混凝土。

全新的地铁4号线连接Barra da Tijuca和Gávea，在施工过程中，松散的沙质土壤带来的挑战最为严峻。为此，施工人员在挖掘隧道时采用了喷射混凝土，以便迅速稳固隧道壁。在某些地方，由于地下水压力过大，水会渗出隧道壁。

一种高浓度混合料

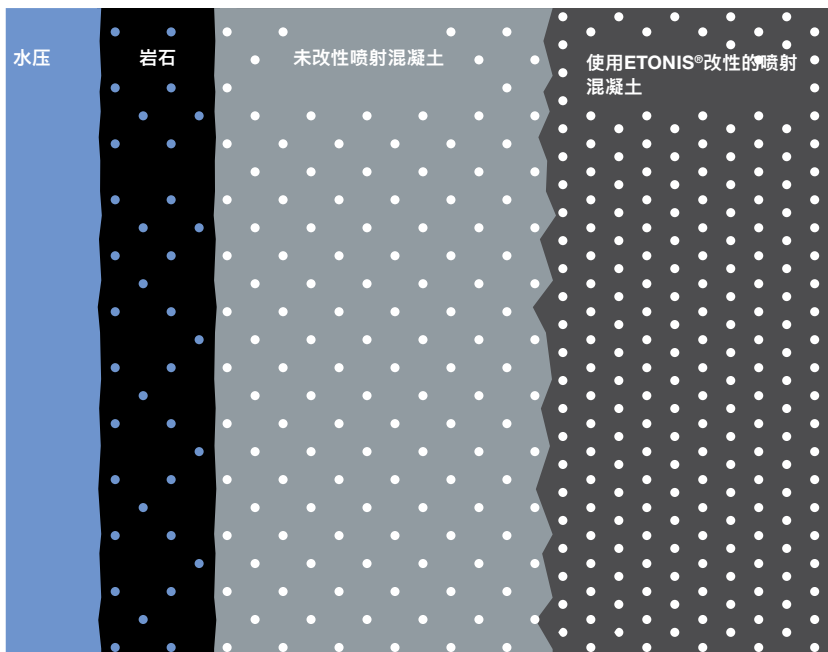
为了让隧道衬砌具备防水性能，施工人员在2014年初便在受影响路段涂覆了一层聚合物改性喷射混凝土，其中含有10%的ETONIS®。

这是巴西隧道建设者首次在隧道建设中使用该技术。在涂覆经ETONIS®改性的喷射混凝土层7天后，施工人员对隧道壁进行了初步检测，检测结果显示，隧道壁上此前星罗棋布的水斑都已消失不见。显然，新建的地铁隧道壁完全保持干燥。

适用于水体污染物的混凝土产品

除了可靠地密封隧道以外，ETONIS®还能作为一种理想的添加剂，用于制备高抗渗性混凝土（该混凝土有不同等级，有的通过德国钢筋混凝土委员会DAfStb指南中所规定的渗透测试，有的未通过）。应用领域包括

- 集水盘和集水槽
- 变电站
- 加油站



原理：久经考验的防水隧道衬砌解决方案：在涂覆第二层混凝土时，使用ETONIS®聚合物含量较高的喷射混凝土，涂层厚度至少为5厘米。



处理前：暴雨过后，地下水渗透隧道壁。



处理后：涂覆改性喷射混凝土后，隧道壁保持干燥。

瑞士HAGERBACH测试走廊

探寻完美的配合比方案

2008年，瓦克开始在瑞士Hagerbach测试走廊对聚合物改性喷射混凝土混合料进行测试（真实路况下），旨在确认喷射混凝土中ETONIS®聚合物的最佳含量。

在这一系列测试中，瓦克的应用工程师重点研究经ETONIS®乳液和可再分散乳胶粉改性的湿喷混凝土的回弹量和抗压强度值，以及水渗透深度。

当ETONIS®含量达到2%时开始显效

被测混合料中，ETONIS®聚合物的用量介于水泥用量的1.7%到10%之间。对多个配方进行测试后的结果显示，只需约2%的ETONIS®改性剂，湿喷混凝土便能实现可持续、可重复的回弹量减少。

回弹量最多可减少三分之二

经测试发现，ETONIS®的含量为7.5%时效果最佳，回弹量的减少量比未经改性的对比组体系多出71%。只需5%或以上的ETONIS®便足以降低混凝土的开裂倾向，从而防止渗水问题（参见下方表格）。

水渗透深度	未改性混凝土	改性混凝土
ETONIS®混凝土外加剂	—	5%
水	136.5 kg	128 kg
Meyco SA 160 (占水泥含量的百分比)	5%	5%
水灰比 (Darr方法)	0.46	0.48
最大水渗透深度 (最大允许水渗透深度 ≤ 50 mm)	26 mm	25 mm

在5巴的压力下三天后的渗水深度。聚合物改性喷射混凝土满足密实、防水混凝土的所有要求。



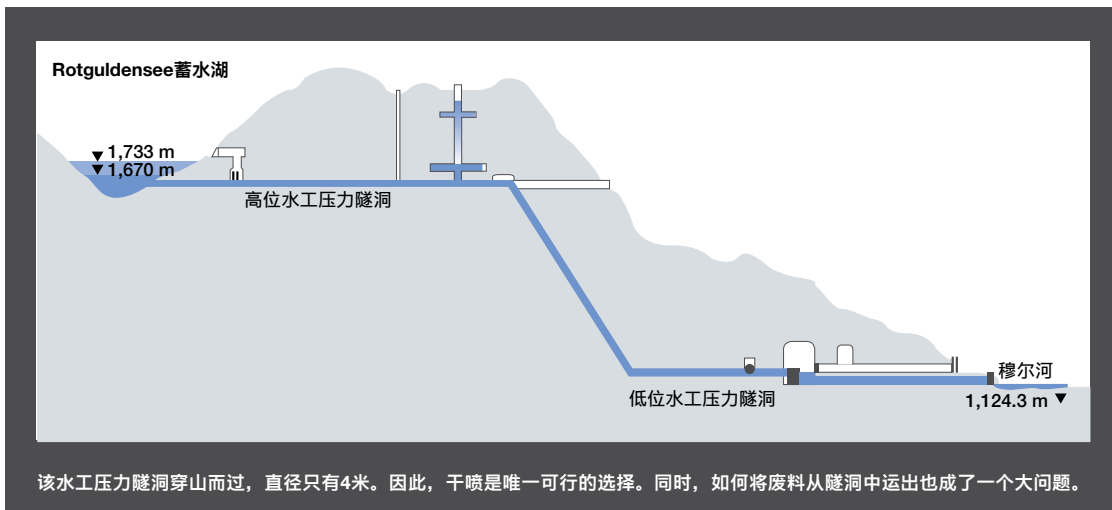
奥地利HINTERMUHR抽水蓄能电站 以前所未有的速度完成翻修

Hintermuhr抽水蓄能电站不仅能够可靠地发电，还能防止地势较低的村庄遭受洪涝灾害。水工压力隧洞出现漏水现象，需要立即进行翻修——因为融雪季节马上就要到来。

Hintermuhr发电厂的主要功能是充当缓冲区。在用电低谷期，水被泵送至海拔更高的Rotguldensee湖（1733米）。这样，在用电高峰时期就能将其用于发电。2009年，水工压力隧洞发现有漏水现象，而采取的灌浆补救方式未能解决这一问题，因此必须进行翻修，并且需要先将洞内的水排干。由于隧洞内的空间有限，干喷混凝土是唯一可行的选择。

回弹量减少50%

因为密封材料必须具有高抗渗性，所以决定用7.5%的ETONIS®对混凝土进行改性处理。这样做还有一个优势：将回弹量减少大约50%。在材料节约方面，实际所需的混凝土比预计要少156吨。废料运输则仅需152个小时，大大少于预计的308个小时。最终，翻修工作在融雪之前顺利完成，而且修复后的路段从此再也未发生严重的漏水现象。



ETONIS[®] 5000 P

混凝土保护和翻修

用于更换或修复构件的混凝土配方必须质量一流。ETONIS[®]能够用于制备可承受强大机械应力、频繁的冻融循环和化学腐蚀性的混凝土。

提高抗霜冻性

保护钢筋混凝土结构最重要的方式是防止腐蚀性材料渗入其中，而憎水性ETONIS[®]正是这一问题的最佳解决方案。此外，该系列添加剂还能赋予硬化混凝土良好的弹性，以防止基材开裂，同时也能改善用于修复相对较小破损区域的砂浆性能。

优异的耐化学腐蚀性

在修建下水道和废水处理厂时，建议从一开始就使用经过改性的高性能混凝土。ETONIS[®]能够赋予管道和集水槽出色的耐化学腐蚀性。

ETONIS[®] 5000 P的优势……

用于新拌混凝土：

- 加快混凝土硬化速度，以便开展工期较短的修复工作

用于硬化混凝土：

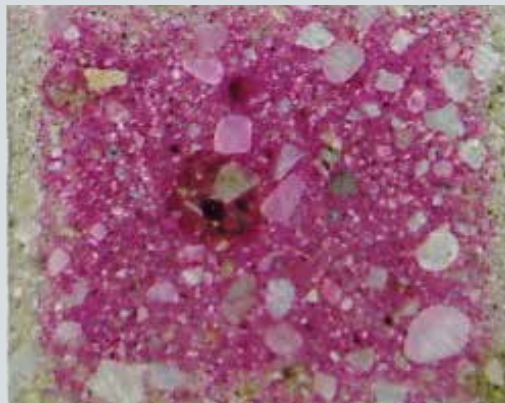
- 赋予混凝土密实性，有效防止离子渗入
- 良好的抗裂能力

对比测试：56天后，二氧化碳对改性和未改性混凝土的影响。

使用酚酞试剂对试样进行处理，以测定样品的碳化深度。酚酞试剂会使碱性区域变为粉红色，而碳化区域（PH值 < 9）的颜色则不会发生变化。



未改性混凝土：未变色区域表示已被碳化的混凝土。



经ETONIS[®]改性的混凝土：混凝土的碳化深度（未变色区域）非常低，这说明钢筋受到了极好的防腐蚀保护。



韩国：乳液改性混凝土道路

提高冻融稳定性

韩国的冬季非常寒冷，混凝土道路面临因低温霜冻而破坏的风险也很高。采用ETONIS®改性混凝土可显著延长道路的使用寿命。

决定混凝土路面使用寿命的关键因素在于其是否能够承受频繁的冻融循环。数十年来，改性混凝土已被广泛用于提高道路的抗裂性。这样不仅能防止水和除冰盐渗入路面，还能防止霜冻和碱-硅酸盐反应对路面造成损坏。尽管丁苯胶乳目前仍然是主要的混凝土添加剂，但亚洲市场已经开始将目光转向一款新的产品——醋酸乙烯酯-乙烯聚合物（VAE）。

不过，在韩国对这款新型混合料进行的测试表明，二者还有一个明显的区别：与使用丁苯胶乳改性的传统混凝土相比，经ETONIS®改性的混凝土铺就的路面收缩率更低，并且即使在混凝土铺设30天后也未检测到任何裂痕。

显著提高混凝土性能

2016年，我们在修复韩国的一条道路时对改性混凝土用VAE粘结剂进行了测试。我们将旧路面碾碎后，重新铺设了一层50毫米厚的地基。该测试证明，ETONIS®添加剂能够大幅提高道路的冻融稳定性。相较于丁苯胶乳增强混凝土产品，基于VAE的配方能够显著减少氯离子对混凝土的破坏，而道路盐等物质中存在的氯离子正是造成路面受损的因素之一。



VAE改性混凝土能防止水和道路盐的侵蚀

混凝土配方

水灰比	S/A	水	水泥	小颗粒	大颗粒	粘结剂	消泡剂	P/C
35%	52%	72	400	849	796	128	1.5%	15%

在韩国的测试结果

	未改性	经VAE ETONIS®改性
抗压强度（4天后）	27.3	27.8
坍落度（开始 / 30分钟 / 60分钟）	230 / 200 / 195	205 / 200 / 190
氯离子渗透（c）	3,300	2,100
干缩率	相对较低	良好

中国：四川九黄机场

6小时后恢复通行

2016年，四川九寨沟黄龙机场停机坪首次出现受损迹象。若要将航班中断带来的影响降至最低，就必须尽快开展修复工作。

该工程不仅时间紧迫，而且由于机场处于高海拔地区，所以必须采用独特的混凝土技术。机场跑道海拔3000米，一年中有半年以上的时间都暴露在严寒中，而强烈的紫外线辐射更加剧了施工难度。

脆弱的密封结构

机场跑道受损最严重的区域是在伸缩缝附近。如右图所示，路面的弹性密封结构因恶劣环境和机械应力而受损，水和腐蚀性物质便渗入混凝土内部，并导致部分混凝土结构遭到破坏。

干燥仅需2小时

为了降低因航班延误和取消而产生的成本，必须在几个小时内修复受损路面。为此，基于ETONIS®的修复用改性混凝土便成为首选产品，该产品硬化速度快，非常适合用于时间紧迫的修复工作。

在修复过程中，需要将深达10厘米的受损混凝土挖出，然后采用修复用混凝土进行填补。改性混凝土的优势之一在于其能确保修复用混凝土和现有基材之间牢固粘结。并且，改性混凝土在2小时内就能完全干燥。仅需4小时，翻修后的跑道便能再次获准用于航空运输。

经久耐用的解决方案

采用ETONIS®改性混凝土能够提高被修复表面的抗折强度。经改性混凝土修复后，停机坪不仅具备出色的抗冻融性，还能更有效地抵御恶劣环境的侵袭，避免造成各种裂缝和损坏。



之前：伸缩缝附近的混凝土被恶劣环境和机械应力破坏。



之后：使用改性混凝土修复后的路面在短短数小时内便能重新投入使用。



ETONIS®能降低混凝土的弹性模量，从而提高混凝土的耐机械性，并防止道路在短时间内形成裂纹。

德国高速公路 快速治疗混凝土“癌症”

在德国，有几百公里长的高速公路都患上了所谓的“混凝土癌”。然而，只需在受损路面铺设一层基于ETONIS®的混凝土混合料，便能经济高效地解决这个问题。

2011年，德国一条高速公路上的混凝土路面突然发生断裂，随即出现多条裂缝。造成这一现象的原因很快就被查明：由于骨料混合不当引起碱-硅酸盐反应（ASR），也即“混凝土癌”。用于配制混凝土的水泥中含碱性物质，骨料中又含有碱溶性二氧化硅，二者发生反应后会形成一种吸湿性凝胶，而凝胶膨胀后会导致混凝土开裂、剥落，并产生网状裂纹。

一种经济高效的方法

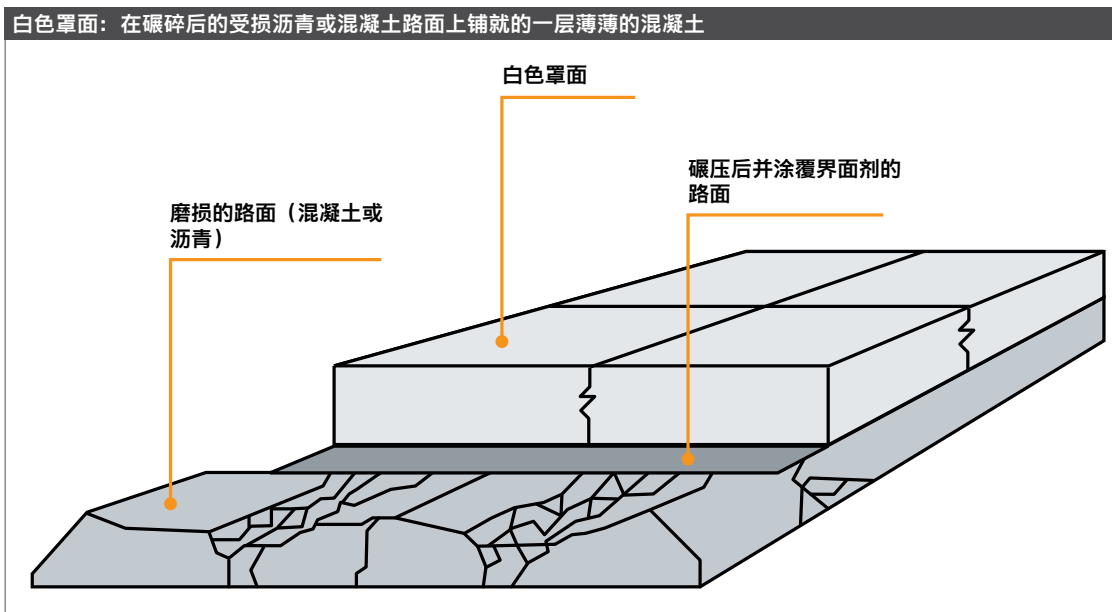
根据具体的天气情况，碱-硅酸盐反应可能在短时间内就能让道路完全报废，而只有将路面换掉才能恢复正常通行。采用白色罩面技术增加一道混凝土面层是理想而又经济的解决方案。将受损的路面材料碾压至必要深度，然后铺上一层薄薄的混凝土——一种含有ETONIS®的混合料，密度高且憎水性出色。

有目共睹的成功


作为对比，邻近测试路段采用未经聚合物改性的混凝土进行修复。一年半之后，对两条路段进行初步检测就能看出显著的差异：相较于使用未改性混凝土的参照路段，聚合物改性混凝土路面的磨损明显更少。



施工人员并没有将整个路面完全翻新，而只是将受损层碾碎，然后重新铺设一层面层，将原有的道路材料用作地基。



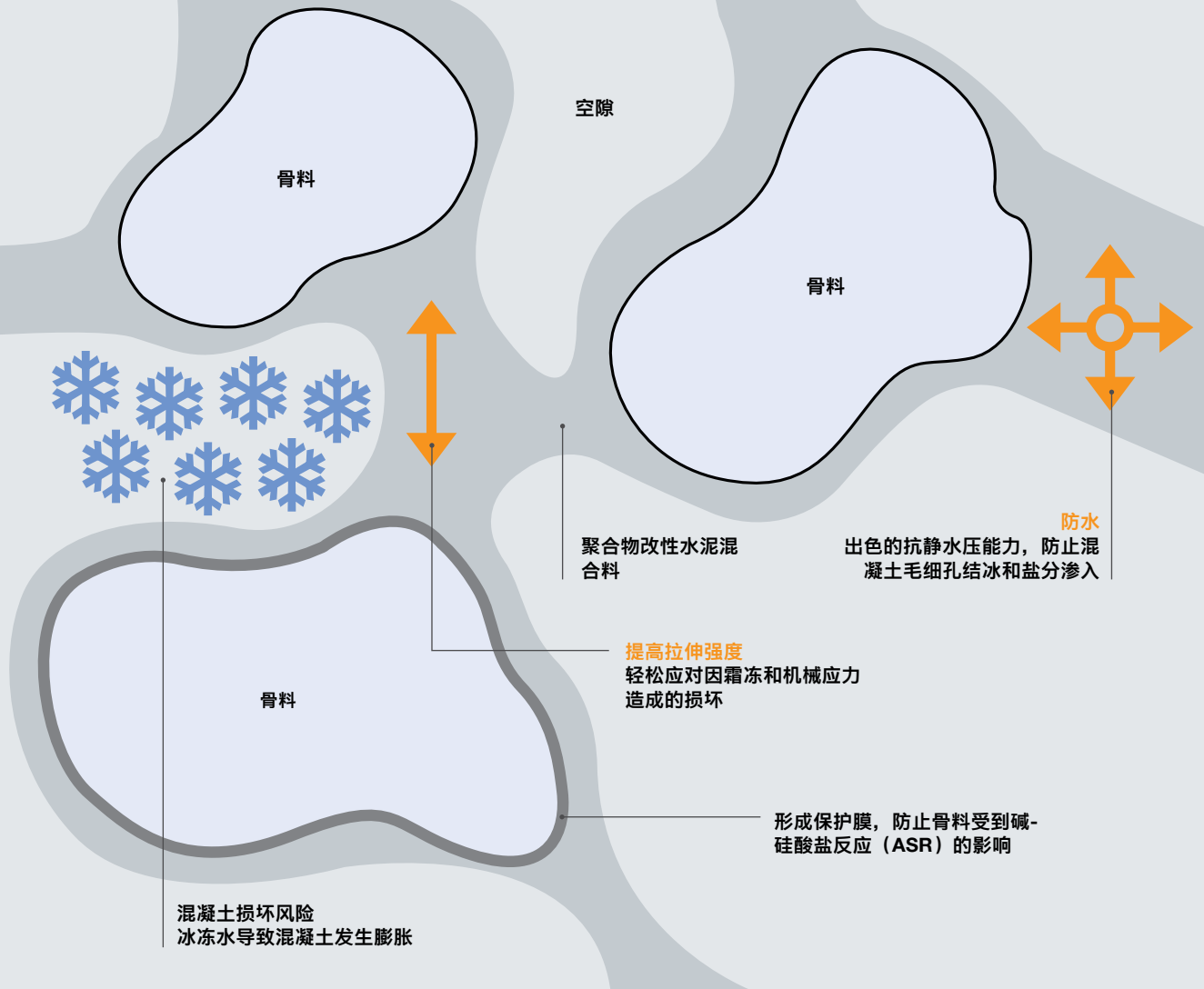
从图中的滴液法测试可以清楚看到，经ETONIS®改性的混凝土能够可靠防止水的侵蚀。



ETONIS® 7000 A 特殊基础设施应用

混凝土道路竟然能让数千升的水在短短几分钟的时间内消失得无影无踪？路面居然可以降低轮胎噪声水平？是的，基于ETONIS® 7000 A的透水混凝土可以做到。

ETONIS®用于透水混凝土的基本功效



新一代透水混凝土

自20世纪70年代以来，美国一直使用多孔混凝土，但这种材料无法承载德国道路上的繁忙交通，也无法承受频繁的冻融循环。瓦克与著名的混凝土生产商合作开发出了新一代透水混凝土，可以承受强大的机械应力，并能有效防止冻结温度及道路盐的损害。

抵御洪涝

暴雨会给人口稠密的市区带来危险，解决方案之一便是使用透水混凝土。作为中国“海绵城市”倡议的一部分，中国目前已有30座城市采用改性透水混凝土来修建道路。该倡议的目的并不局限于抵御洪涝，还希望通过回收一部分水资源来改善水供应。

高效吸声材料

透水混凝土可将来往车辆的噪声水平降低5分贝或5分贝以上。对于人耳来说，这相当于将噪声水平降低了50%。与多孔沥青不同的是，即便外界温度较高，透水混凝土的吸声特性也不会受到任何影响。

ETONIS® 7000 A的优势……

用于新拌混凝土：

- 由于水泥净浆与碎石骨料之间能够实现更好的粘结，所以在受到压力时，水泥净浆能牢固地粘在骨料上，不会导致无砂混凝土出现空隙。

用于硬化混凝土：

- 降低弹性模量
- 大幅提高抗折强度和拉伸强度
- 出色的抗冻性，可有效抵抗道路盐的侵蚀
- 显著降低开裂倾向

德国：铁路隧道 通向安全的道路

哥廷根附近的Bebenroth隧道采用了多孔混凝土，可通行消防车和紧急医疗人员用车，并已顺利使用多年。

根据欧盟安全法规的要求，铁路隧道必须方便救援车和消防车通行。因此，德国国有铁路公司德国联邦铁路公司（Deutsche Bahn）必须对很多隧道进行翻修。为了翻修这条1公里长的隧道，该公司使用了基于ETONIS®的多孔混凝土。

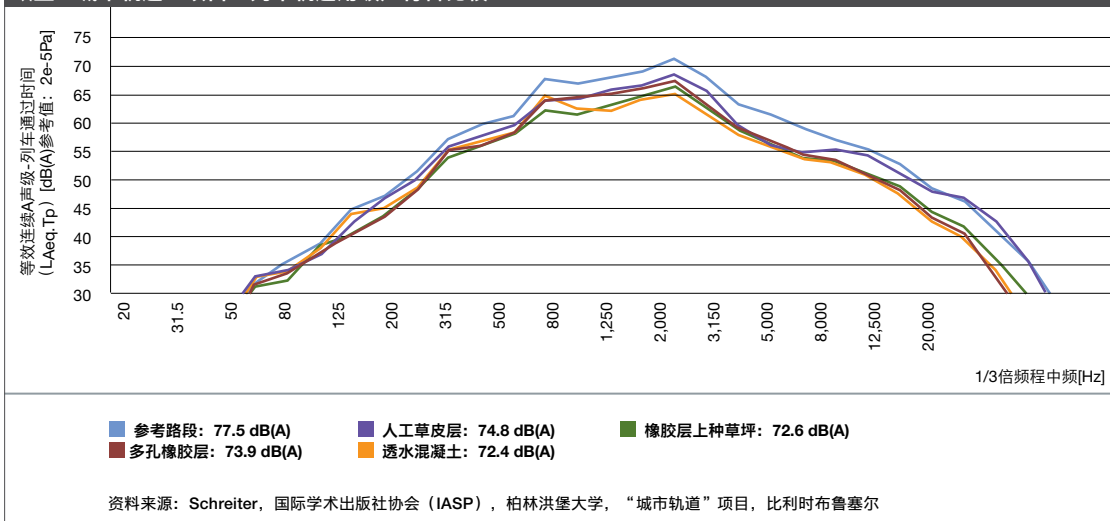
隧道中铺砌的道路

2013年，Bebenroth隧道轨道旁和轨道之间均铺设了16厘米厚且平整、无缝的透水混凝土。在紧急情况下，这些混凝土路段便于救援车辆迅速驶过隧道。普通混凝土路面无法透水，而透水混凝土的表面则具有透水性，因此可防止隧道内形成积水。

配合比至关重要

透水混凝土由方形碎石骨料制成，骨料粒径为5-8毫米，且粒形基本相同。这种间断级配石料之间无法紧密贴合，所以自然会产生孔隙。与之相反，密实混凝土由大小不同的石料组成，粒径通常为0.5-32毫米不等。因此，小石头会填满大石头之间的空隙。

欧盟“城市轨道交通”项目：列车轨道用吸声材料比较



资料来源：Schreiter，国际学术出版社协会（IASP），柏林洪堡大学，“城市轨道交通”项目，比利时布鲁塞尔

早在2010年，瓦克和海德堡水泥集团（HeidelbergCement）就成功地对这一特殊应用进行了测试。作为欧盟“城市轨道交通”研究项目的一部分，透水混凝土被铺设在有轨电车轨道之间。结果显示，多孔路面吸收的噪声超过5分贝。





“我们与瓦克携手开发的聚合物粘结剂显著改善了透水混凝土的机械性能。”

Siegfried Riffel,
海德堡水泥集团 (HeidelbergCement)

中国的海绵城市 专为防洪而设计

在中国，由于暴风雨的侵袭和道路基础设施的薄弱，许多大城市正遭受越来越多毁灭性的洪涝灾害。与此同时，这些城市在夏天又经常出现缺水 and 气温过高的现象。为了解决这些问题，中国政府在2015年启动了“海绵城市”计划，目前第一批项目已经开始实施——而ETONIS®在其中发挥着重要的作用。

有效的雨水管理

如今，中国已有30座城市加入“海绵城市”倡议，旨在打造具有吸水功能的街道与广场。透水混凝土能够吸收大片区域内的雨水，从而有效保障城市供水，而修建可吸收雨水的公园和湿地则是“海绵城市”倡议的另一个目标。

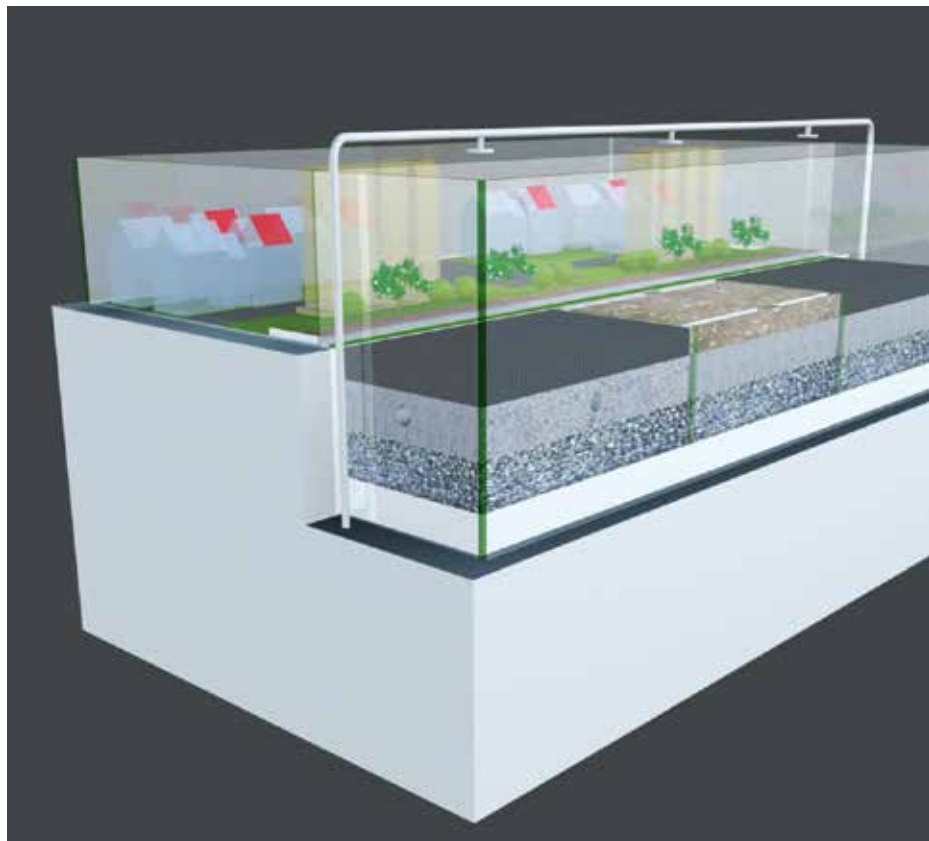
缓解城市热岛效应

在城市中增加绿化面积还有另一大优势：铺砌的路面会使大城市的温度急剧上升，而公园和楼顶花园则能够吸收太阳能。此外，当绿色植物吸收的水分蒸发后，还能降低周围环境的温度。

这一循环中，改性多孔混凝土扮演着重要的角色。同时，借助排水系统，大城市便能将雨水收集起来并储蓄到蓄水池中。并且，由于多孔混凝土拥有孔隙，因此可以锁住部分热量，这同样可以减轻热岛效应。



上海闵行郊野公园的轻荷载路面



“海绵城市”模型



多个“海绵城市”参考项目

首批采用ETONIS®改性混凝土修建的透水路面已全部竣工，其中包括上海的两个项目。在新落成的上海闵行郊野公园，总计20,000平方米的道路和小径都采用开放孔隙结构。在嘉定郊野公园，车辆行驶在改性多孔混凝土修建的道路上。此外，在四川成都的高新技术开发区——天府新区，即便是倾盆大雨，人们也能安心地行走在干燥的透水混凝土小道上。

德国SILBERBACH高速公路休息区 可承受巨大的卡车流量

每天，Silberbach高速公路休息区的停车场都会有来自欧洲各地的卡车呼啸而过。自2016年起，该停车场便开始测试基于ETONIS®的聚合物改性透水混凝土。



经过两年的气候影响和卡车的频繁碾压，混凝土层仍然完好如初。

A6高速公路全长500公里，是欧洲一条重要的东西高速公路：东起捷克，横贯德国南部，西至法国边境。因此，位于巴伐利亚州的Silberbach休息区也就拥有庞大的车流量。对于瓦克及其行业合作伙伴而言，在这样的真实路况下开展聚合物改性透水混凝土的测试，实在是再合适不过了。为此，双方于2016年在Silberbach休息区的停车场铺设了一层面积为1,600平方米的透水混凝土，并针对混凝土在承受强大的制动负载以及卡车的频繁碾压时的表现展开长期观察。

CDF测试：将混凝土块暴露在含有融雪剂的冻融循环中，然后测量混凝土减少的质量，以测试混凝土抵抗霜冻和道路盐侵蚀的能力。



不含ETONIS®: >2,500g/m²
(经历12次冻融循环后被破坏)



含ETONIS®: 880g/m²
(经受了28次冻融循环)

美国：现场试验

ETONIS®大获全胜

哪款新型透水混凝土混合料承受道路盐的能力最强？这是来自美国中田纳西州立大学（Middle Tennessee State University）和田纳西州混凝土协会（Tennessee Concrete Association）的研究人员最关注的的问题。



研究人员正在铺设改性透水混凝土

虽然我们已经非常了解传统混凝土在冰冻环境下的长期性能，但对于最新一代透水混凝土的相关数据却知之甚少。因此，中田纳西州立大学开始着手填补这一空白。

现场对比研究

2016年冬季，一批科学家与田纳西州混凝土协会合作开展了一个研究项目，旨在确定哪款透水混凝土混合料对于冰冻环境和道路盐的耐受能力最强。为此，研究人员在一个大型停车场对多种不同的混凝土配方进行了测试。结果发现：在所有被测混凝土混合料中，经ETONIS®改性的混凝土能够承受最多次数的冻融循环。研究人员由此推断，采用含ETONIS®的透水混凝土修建的路面使用寿命较长，因此也非常经济实用。

ETONIS® 9000 M

结构材料

一方面，由混凝土制成的复合材料需要极其牢固、耐用；另一方面，它们还必须足够轻量、富有弹性且便于加工。所有这些要求ETONIS®都能一一满足。

一款可靠的复合材料，用于织物增强及纤维增强型混凝土

钢筋混凝土太重，而建筑外墙等薄壁构件需要使用轻质材料。为了满足这些应用要求，建筑工人开始倾向于使用玻纤毡、塑料纤维和新近流行的碳纤维增强材料。这样不仅可以减少复合材料的重量，同时还能提升其柔韧性，从而降低材料的开裂倾向。纤维增强和织物增强型混凝土还有另一大优势——不易被腐蚀。此外，还可以使用一款混凝土外加剂来提高混凝土和纤维之间的粘结力：有关聚丙烯纤维的研究显示，添加ETONIS®可将这种复合材料

的拉伸强度提高25%。同时，瓦克混凝土外加剂还能用于制造全新的复合材料。例如，正因采用了ETONIS®，伦敦乐家艺术廊（Roca Gallery）才能打造出极富美感的流线型带铝芯薄壁外墙构件。

直接在施工现场进行高效的翻修工作

凭借瓦克高效的自充填混凝土砂浆技术，您可以随心所欲地对混凝土结构进行翻修。借助聚合物改性混凝土，您可以直接在施工现场制备复合材料：取用施工现场的现成材料（如原石料），向其表面浇注经ETONIS®改性的高流动性水泥砂浆，从而形成高强粘结的整体。



密实、稳定：在本案例中，自充填混凝土砂浆将下半部分的石缝填满。

ETONIS® 9000 M的优势……

用于新拌混凝土：

- 对光滑的金属和潮湿表面具有出色的粘结力
- 可有效控制变形和流动性能（流变性）

用于硬化混凝土：

- 弹性模量较低，因而具有卓越的柔韧性和抗折强度



经创新聚合物改性的纤维增强型混凝土在拉伸应力下表现出极佳的柔韧性，因而越来越受到建筑工人的青睐。

纤维复合构件 让人望尘莫及

如何建造一栋流水形状的建筑？如何在不使用钢筋增强的情况下加固混凝土？答案就是——采用ETONIS®配制的混凝土。

建筑师扎哈·哈迪德的创造性设计往往会给工程师带来前所未有的挑战，这也是她名声卓著的原因之一。位于伦敦的乐家艺术廊（Roca Gallery）所采用的建筑混凝土构件具有极富流动感的外形，这给建筑施工带来巨大的挑战。

新型复合材料

许多建筑公司断然拒绝了这项工程，但一家来自巴伐利亚州的公司却欣然接受了这一挑战。为了使混凝土构件尽可能轻，预制混凝土公司的专家开发了一种带有铝制蜂窝芯的复合材料。其中的关键成分之一便是ETONIS®添加剂，它对混凝土进行改性，使其牢固地附着于铝材，并具有必要的抗折强度和卓越的柔韧性，而这种强大的塑性变形能力能够有效防止薄壁混凝土构件开裂。

乐家伦敦展厅。工程师耗用了近两年的时间对展厅的混凝土复合构件的外形进行微调，而ETONIS®在这项设计中起到了至关重要的作用。



自充填混凝土砂浆 (SFCC)

效率第一

任何需要快速完工的建筑项目都可以使用这项新技术：
瓦克自充填混凝土砂浆 (SFCC)。

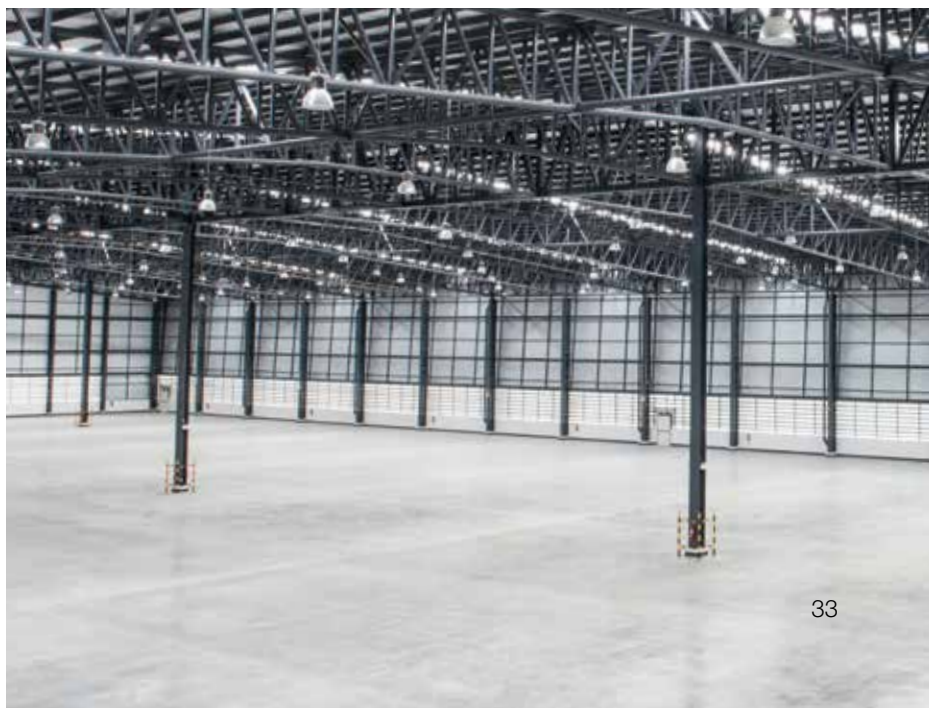
传统混凝土是一种可泵送的预制混合料，需要运输至施工现场，而瓦克全新的混凝土技术——自充填混凝土砂浆 (SFCC) 可以直接在施工现场进行配制：施工人员将水一边搅拌一边倒入ETONIS®改性干混砂浆中，再将混合物浇注在现有的石块上，即可迅速形成一种极为坚固的混凝土复合材料。

适合任何应用的砂浆

自充填混凝土砂浆技术优势显著：无论何时何地都有求必应，无需漫长的等待过程。此外，从技术层面来看，自充填混凝土砂浆的优势也令人叹服。这种流动性极强的混合料会渗入所有裂纹，持续填满石缝，并形成强大的粘结力，从而最大程度降低开裂倾向。浆料的固化时长和强度可以根据当地的气候条件和项目工期进行调整。

应用广泛

在韩国，自充填混凝土砂浆被用于升级一条铁路线，以承载高铁通行。为了实现所需的稳定性，必须将铁路的碎石路基替换成固定的混凝土路面，这无疑是一项复杂的工程。不过，借助自充填混凝土砂浆，在现场即可对这条铁路线进行加固。此外，巴西的一家购物中心在短短几天之内便完成了翻修工作，这都要归功于自充填混凝土砂浆。将受损混凝土路面碾碎后浇上自充填混凝土砂浆，开发商便无需将路面全部换掉，从而省去一大笔费用。



德国博格豪森阿尔茨运河 一个模具即可创造稳定性

阿尔茨运河自1922年起便一直为瓦克博格豪森生产基地提供冷却用水和供电。2016年，运河首次开展全面修缮工作，并使用自充填混凝土对结构复杂的区域进行了翻修。

服役近一个世纪后，阿尔茨运河开始显现出老化的迹象，是时候对16公里长的混凝土河床、隧道以及相关结构进行全面修缮了。

快速处理结构复杂的区域

2016年，我们在面积相对较小的区域测试了瓦克自行开发的自充填混凝土砂浆（简称SFCC）。这是首次在真实工况下对自充填混凝土砂浆进行测试，旨在修复台阶旁一块混凝土碎裂的区域。第一步，清除松动的石块（见下一页右上图），并用碎石填充待修复区域。第二步，将自充填混凝土浇筑到碎石上，一小段时间后移开围栏，即可得到光滑、坚固的混凝土表面（见下一页右下图）。自充填混凝土砂浆在不到一小时内便可固化，具体取决于配方。





正在浇注自充填混凝土。

流动性能至关重要

为了成功完成这些项目，自充填混凝土砂浆的流动性能至关重要。这种液体混合料在流经碎石结构时速度既不能太慢，也不能太快。如果它很快便停止流动，或是形成了气泡，那么整个混凝土构件的稳定性都将大打折扣。加入ETONIS®可赋予混合料极为出色的流变性能，这是传统高效减水剂所无法企及的。阿尔茨运河的水很快便重新流淌在修复一新的混凝土上，而自充填混凝土砂浆的性能也将接受检验。等到下一次对运河进行常规修缮之时，这块混凝土很可能仍然稳固如初。



之前：混凝土大面积剥落，阿尔茨运河急需修缮。

之后：光滑、无裂纹的混凝土表面。使用含ETONIS®的自充填混凝土进行修缮。

面向未来的聚合物： 3D打印混凝土建筑物

瓦克是聚合物化学品工业的先驱之一。数十年来，我们的科学家一直致力于开发用于建筑行业的创新型添加剂。

瓦克遍布世界各地的技术中心都是根据德国总部企业研发部门的研究成果持续开发全新的应用和产品。这意味着我们能够根据您在产品性能方面的具体需要提供相应的混凝土添加剂。

与研究机构密切合作

知识是唯一一种越分享就越丰富的资源。为此，我们与著名混凝土生产商、权威研究机构以及知名大学合作，以便更迅速地响应最新趋势，并有效缩短产品从实验到投放市场的周期。

一个新兴领域：使用3D打印机建造住房

建筑行业对混凝土3D打印寄予厚望。也许有一天，只需按下一个按钮，便能生产出建筑师们此前梦寐以求的复杂形状，同时生产成本也很可能大大低于采用传统技术打造的建筑物。

虽然第一座3D打印的样品屋现已开始巡展，但在实现大规模生产前，还需要进行大量的应用研究。瓦克目前正在开展一系列研究，以确定最适合用于混凝土混合料3D打印的产品。需要考虑的因素包括聚合物粘结剂对于结构一致性和耐用性的影响，具体来说就是对混凝土的抗折强度和拉伸强度、冻融稳定性以及开裂倾向等方面的影响。同样，考虑到打印混凝土的流动性和施工性能，瓦克也正在对流变改性剂进行研究。





未来的混凝土需要满足各方面的需求：例如，确保经济高效的资源利用、具备抗疲劳性，以及打造承重能力出色的创新结构。而瓦克也将凭借ETONIS®为这一发展过程做出举足轻重的贡献。

今天，混凝土建筑比以往任何时代都更具创意。无论是多孔混凝土、纤维增强混凝土，还是我们的自充填混凝土砂浆，ETONIS®添加剂都在其中始终拥有一席之地。



联系我们

如果您正在寻找新型改性剂，或是在为您的前瞻性应用寻找合作伙伴，请随时通过以下方式与我们联系：

瓦克化学股份有限公司

瓦克聚合物
Hanns-Seidel-Platz 4
81737 München, Germany
www.wacker.com/etonis

Christophe Berset
christophe.berset@wacker.com
Klaus Bonin
klaus.bonin@wacker.com

遍布全球的知识、技术与服务网络



瓦克是一家全球领先的研发投入力度最大的化学品公司之一，2018 年的销售额为 49.8 亿欧元。瓦克面向众多工业领域提供种类丰富的产品，包括有机硅、粘合剂、聚合物添加剂、采用生物技术生产的药物活性成分以及半导体和光伏产业用高纯硅等。作为高度重视可持续发展的技术领导者，瓦克以提高能源效率、加强环境及气候保护为本，致力于推广具有高增值潜力的产品和理念，为提高人们的生活品质贡献自己的一份力量。瓦克拥有四大业务领域，在全球设有 24 个生产基地、22 个技术中心、13 家负责培训的瓦克学院，以及 50 个驻欧洲、南北美洲、中国和其他亚洲国家的销售代表处，为客户提供高度专业化的产品和全方位的服务。

瓦克集团拥有约 14,500 名员工，作为值得信赖的创新伙伴，瓦克与客户密切合作，共同开发具有开创性的解决方案，并积极协助客户取得成功。我们的技术中心拥有掌握当地语言的专家，能够很好地协助世界各地的客户针对具体需求研发产品，如有需要，他们还为客户在生产工艺的各个环节提供技术支持。瓦克电子化解决方案是瓦克通过客户门户网站提供的在线服务，是一套一体化的流程解决方案。我们的客户和业务伙伴能从中获得全面的信息和可靠的服务，以保证项目实施和订单处理能够做到快速、可靠、高效。欢迎随时随地访问我们的网站：

www.wacker.com



WACKER

瓦克化学股份有限公司
Hanns-Seidel-Platz 4
81737 München, Germany
电话: +49 89 6279-1741
info@wacker.com

www.wacker.com
www.wacker.com/etonis

www.wacker.com/socialmedia



本文中所有数据是基于我们当前所掌握的知识, 但不免除用户在收到产品后对其进行仔细检查的义务。在技术进步或新开发的范围内, 我们保留变更产品常数的权利。由于一些加工过程中无法控制的条件, 特别当使用其他公司的原材料时, 本文中的建议需经初步的实验验证。我们所提供的信息并不免除用户检查是否有第三方侵权可能性的义务, 如有必要, 请阐明情形。无论是明示还是暗示, 本文中的建议并不构成对产品在某些应用下的有效性或通用性的担保。