



Cement with t h C C S

常见问题解答

水泥行业的碳捕获与封存（CCS）概述

为什么水泥行业需要碳捕获、利用与封存（CCS）技术？

水泥生产是二氧化碳排放量最大的工业来源之一，占7-8%。

全球二氧化碳排放量正在增长。如今，在水泥生产中，碳捕获与封存（CCS）是唯一可大规模推广的近零排放解决方案。以下是关于CCS在水泥行业作用的简介：CCS入门指南。

我们能够通过转向使用可再生能源来减少所有水泥排放吗？

不。全球通用的水泥主要基于碳酸盐矿物，特别是石灰石。

（碳酸钙）。当加热时，这些原料会释放出CO₂。这种CO₂被称为

“工艺排放”，因为它们来自原料，而非燃料。水泥生产中约60%的温室气体直接排放量属于工艺排放。因此，即使燃料来源转为可再生能源，碳捕获与封存（CCS）在应对工艺排放方面也至关重要。

我们为什么要现在就投资和发展碳捕获与封存技术？

CCS使水泥等特定行业能够提供低碳产品。虽然

该领域存在低成本缓解方案，例如增加补充水泥材料（SCMs）的使用、转向替代燃料以及在捕集前减少排放，但这些方案都无法提供实现净零排放所需的深度碳减排。

目标，这使得尽早部署碳捕获与封存（CCS）至关重要。水泥厂是寿命悠久的工业资产，而CCS项目的前期准备时间很长。必须从现在开始着手，以确保这项技术能够得到部署，以实现我们的气候目标。

CCS是否将扼杀新兴脱碳技术和方法的创新？

不。目前，一系列创新且可能具有变革性的技术正在

已开发并测试，旨在实现水泥行业脱碳，包括新的化学方法、新的工艺以及新的加热方式，例如电解、电气化和生物基解决方案。对这些许多创新的关键问题是可扩展性。碳捕获与封存（CCS）可以在不牺牲水泥质量或性能的前提下，实现低碳水泥生产，并且可以立即部署，减少大气中CO₂排放的积累，而与此同时，这些新的

技术发展。



CCS技术是否仅适用于新建水泥厂？

编号：CCS可集成到新工厂中，也可作为改造工程添加到现有工厂中，这预期大多数近期能力部署将发生在此处。水泥厂使用寿命很长，如今正在运营的许多工厂到2050年仍将仍在运营。

将碳捕集、利用与封存（CCS）技术整合到水泥生产中

CO₂怎么了？₂ 在水泥厂被拍摄？

在水泥厂，当石灰石在大窑中加热以制造____时，会产生大部分二氧化碳。

熟料，水泥的主要成分。在熟料生产过程中产生的二氧化碳，可以通过化学溶剂、固体材料、膜、低温系统或混合组合等方式进行捕获，将其分离出来，以便进行运输、储存或再利用，而不是释放到大气中。本事实说明介绍了碳捕获与封存（CCS）如何融入水泥和混凝土价值链：CCS入门知识。

CCS技术能否捕获水泥厂产生的所有排放物？

CCS技术可以从水泥厂捕获90%至95%的二氧化碳排放，包括工艺排放和与燃烧相关的排放，具体取决于所使用的技术和集成方法。常见的集成方法包括：使用溶剂、膜或低温捕获进行燃烧后捕获。

- 富氧燃烧，即在纯氧中燃烧燃料以产生富含二氧化碳的烟气。钙循环技术，利用水泥工艺化学原理进行二氧化碳捕集。其他方法，例如间接煅烧。
-

CCS集成如何影响水泥厂运营？

水泥窑烟气中CO₂浓度达18-25%，显著高于燃煤电厂。

植物（~12 - 15%）。这种更高的浓度使与水泥相比，碳捕获与封存（CCS）在能源效率方面更具优势。然而，增加捕获单元可使水泥厂规模增加100%以上，并将水泥生产能源需求增加一倍以上。运行捕获单元还可能需要水泥行业尚未具备的额外原材料和工人技能。

在植物设计中，重要的考量因素包括优化植物效率和

最大化利用低碳或零碳能源。例如，可再生能源可用于电力负载，而窑炉的余热则有助于提供溶剂再生能源。



CCS技术是否会影响水泥的质量或性能？

编号：CCS集成不会影响水泥的安全性或性能。无论

无论水泥厂是否使用CCS技术，水泥产品都必须符合国家监管机构和国际认证机构（如ASTM国际、欧洲标准化委员会、国际标准化组织）制定的严格质量和性能标准。水泥生产者必须通过严格的测试和质量保证流程，常规性地验证产品性能，包括强度、耐久性、凝结时间、化学成分和一致性等方面。

水泥厂捕获的二氧化碳可以储存在哪里？

CO₂ 可永久储存在深层盐层或枯竭的油气藏中。

1996年至2024年间，近4亿吨捕获的二氧化碳已被储存。

在地质构造中呈地下状态。欲了解更多信息，请访问：[伦敦地下CO₂储存注册处](#)。在更小的尺度上，CO₂也可用于化学和合成领域。

燃料工业，并通过矿物质化永久储存，即一氧化碳与碱性反应。

材料（例如再生骨料或矿物碳化）。

CO₂是什么储物保险箱？

是的。当二氧化碳封存是在经过恰当选择、维护良好的

具有特征并被严格监管的地质构造。截至2026年初，已有27个商业专用CO₂储存项目。此外，还有36个用于提高石油采收率或EOR的项目。

对二氧化碳注入和储存进行监测的项目，以及超过50个试点和示范项目。

这些项目从各种工业源捕获CO₂，并且设计得非常坚固。

选址、运营和监测的要求。以下是关于地质储存安全性和永久性的更多信息：[CO₂地质储存视角](#)。

在水泥行业推广碳捕获、利用与封存技术

水泥行业是否存在真实的CCS项目？

是的。该事实清单列出了几个在全球运营的项目：CCS101 事实清单。此外还有

专注于捕捉新方法的碳项目。例如，低碳排放强度石灰

该水泥（LEILAC）项目在石灰石加热产生CO₂的源头直接分离CO₂。它采用一种特殊反应器，将煅烧产生的CO₂与燃烧气体分离，产出一一种更简单且可能更经济的浓缩CO₂气流。已有数个工业规模的水泥CCS项目宣布将在2030年前投入运营，由欧盟创新基金提供支持，这为项目部署铺平了道路：《绿色水泥技术追踪器》-《产业转型领导小组》。



CCS在水泥中的规模化应用时间表是什么？

在水泥行业中推广碳捕获、利用与封存（CCS）在很大程度上取决于强有力的政策支持。

碳捕获、利用与封存（CCS）的干预措施以及接受市场条件。示范项目是当前的重点，并将持续至2030年。在合适的条件下，商业部署可在2030年起步，展望2040年代实现广泛应用，以与全球水泥与混凝土协会（GCCA）的《净零水泥路线图》保持一致，该路线图设想CCS将贡献该行业约36%的整体脱碳。

实施碳捕获、利用与封存（CCS）技术在水泥厂面临哪些挑战？

CCS面临的主要挑战包括：

- 高昂的前期资本成本、运营成本以及不确定的收入来源。
- 捕获和压缩所需的空間和能源需求。二氧化碳运输和储存的基础设施需求。
- 求。监管和许可的时间框架。
-

这些挑战可以通过政策与法规、清晰的市场价值主张来克服。

以及一体化工程活动，正如现有水泥设施中的碳捕获与封存（CCS）所展示的那样。

CCS水泥的经济成本是多少？

使命可能伙伴关系估计，净零水泥的成本增加约为

40–120%，主要由CCUS投资驱动。在建筑层面，这意味着住宅建设增加1.5–3%，因此对消费者的成本相对较低。在工厂层面，成本差异很大，取决于多种物理、地理和法规因素。政策可以通过支持措施和直接补贴来降低成本。例如：共享的二氧化碳运输和储存网络。

-
- 公私合作模式用于示范项目。为低碳水泥提供收入的长期碳差价合约（CCfDs）。
-

CCS在减少排放之外还能带来哪些协同效益？

投资国内制造业有助于保障本地就业、工业

竞争力，以及关键供应链的安全。通过促进低碳水泥的生产，碳捕获与封存（CCS）有助于满足日益增长的可持续建筑材料需求，支持更广泛的气候和基础设施目标。它可以通过在不搬迁产业的情况下实现低碳生产，从而支持经济增长和竞争力，尤其是在水泥和建筑行业实力雄厚的地区。此外，CCS推动创新和新型基础设施建设，包括可惠及多个行业并创造新就业机会的共享二氧化碳运输和储存系统。CCS还可以通过减少气候变化以外的环境改善做出贡献，例如改善空气质量，因为捕获系统需要在污染物（如二氧化硫、氮氧化物和颗粒物）被预先去除后才能运行。



CCS如何融入国家气候目标和工业脱碳战略？

若没有碳捕获与封存技术（CCS），水泥排放将仍然是实现国家目标的主要障碍。

国际目标。将碳捕获、利用与封存（CCS）纳入工业政策路线图将有助于确保与长期气候承诺保持一致。

哪些政策工具可以加速碳捕获与封存技术的部署？

一系列政策工具可以帮助加速碳捕获与封存技术的部署。对称碳

定价机制，例如税收或总量控制与交易系统，可以通过提高排放二氧化碳的成本，使碳捕获与封存（CCS）更具经济可行性。财政激励措施，例如美国的45Q税收抵免，奖励企业捕获和储存排放物，而通过拨款和补贴提供的直接政府资金可以支持早期、首例项目。政府还可以通过为公共基础设施项目采购低碳水泥来刺激需求。同时，投资于二氧化碳运输和储存基础设施至关重要，并需要明确的许可和长期管理的法律框架。最后，将CCS纳入更广泛的工业脱碳路线图有助于为该行业提供长期方向和政策确定性。

为水泥开发CCS项目，有哪些关键步骤？

部署碳捕获与封存（CCS）需要平衡技术、后勤和商业等多方面考量，包括致力于：确定该植物的技术特征（排放强度、烟气特性、可用性）

- 空间（以及现有减排措施），以指导技术选择。评估并确保获得二氧化碳运输、储存或利用基础设施的接入，并构建承购协议。评估适用政策，securing funding mechanisms, and gaining certification for green premiums to support project bankability。将项目工程从初步预可行性评估推进至前端工程设计（FEED）。获得必要的许可和执照。与项目及相关基础设施所在社区进行沟通。
-
-
-
-
-