

“双碳”战略下的碳化研究与设备

高压高浓度下二氧化碳养护试验

北京耐尔得智能科技有限公司

目 contents

录

01

混凝土碳化研究的**重要**意义

The Importance of Concrete Carbonization Research

02

新型混凝土碳化试验**釜**

New concrete carbonization test kettle

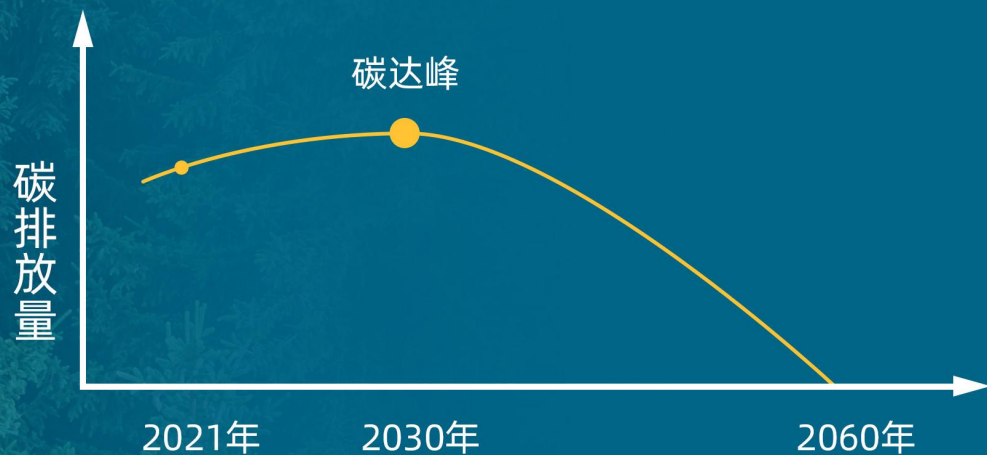
03

试验釜**应用**前景

Equipment application prospects

01 混凝土碳化研究的重要意义

- 一、有利于延长普通混凝土结构的使用寿命
- 二、助推我国“双碳”战略目标的实现



2021年-2030年

实现碳排放达峰

2031年-2045年

快速降低碳排放

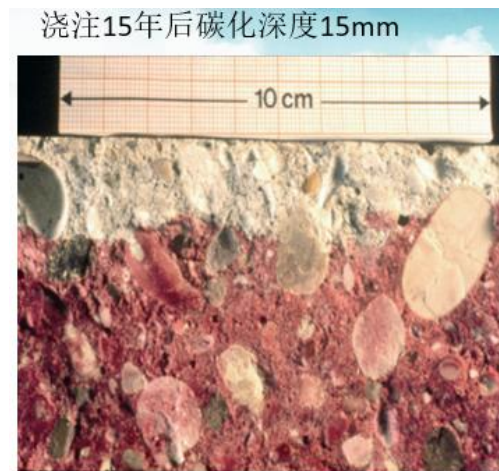
2046年-2060年

深度脱碳，实现碳中和

一、有利于**延长普通混凝土结构的使用寿命**

碳化降碱

碳化后使混凝土的碱度降低，当碳化超过混凝土的保护层时，在水与空气存在的条件下，就会使混凝土失去对钢筋的保护作用，进而引发钢筋锈蚀、收缩开裂。



碳化益处

通过碳化促进强度发展，生产混凝土预制产品，**推进建筑工业化的实施**；通过升温、加压等技术措施可快速实现混凝土碳化，并产生比较的强度。



二、我国“双碳”战略目标的实现

2021年全球温室气体总排放量达到408亿吨CO₂当量，其中能源燃烧和工业过程产生的CO₂排放占能源领域温室气体排放量的近89%。

CO₂排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。



到碳达峰还剩**7**年

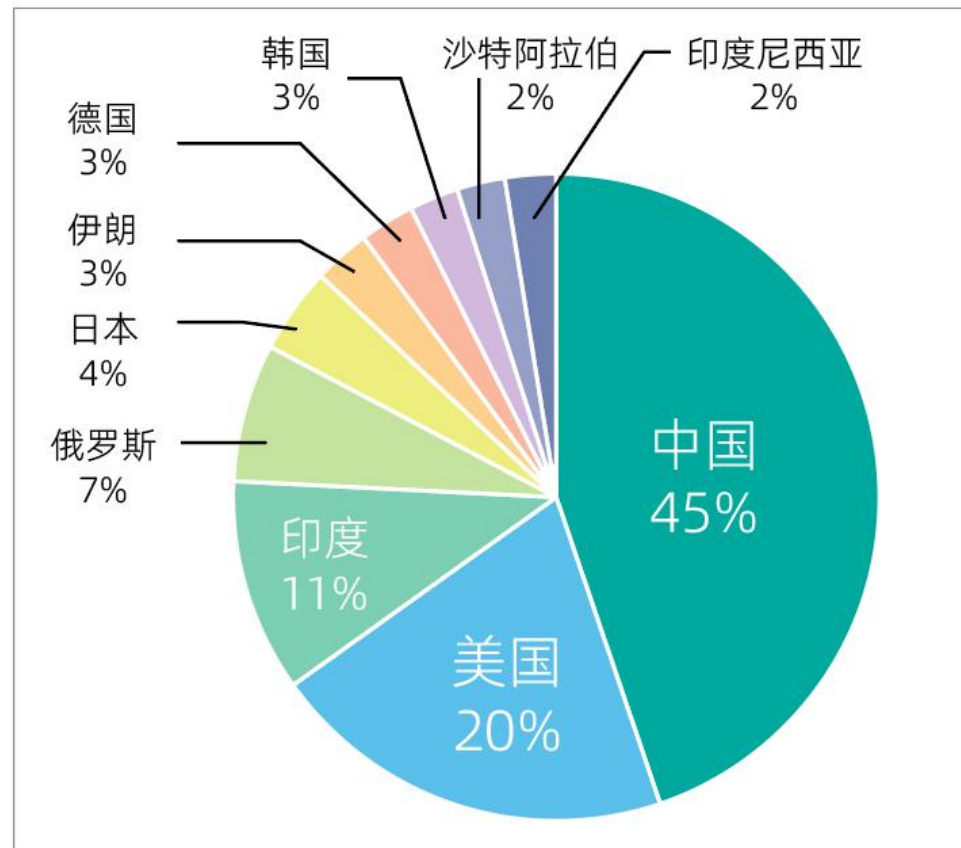


碳中和的实现还剩**37**年



制造水泥所排放的CO₂就占了全球CO₂排放量的7%，而中国则包揽了全球近**一半**的水泥生产量和水泥生产中的碳排放量。

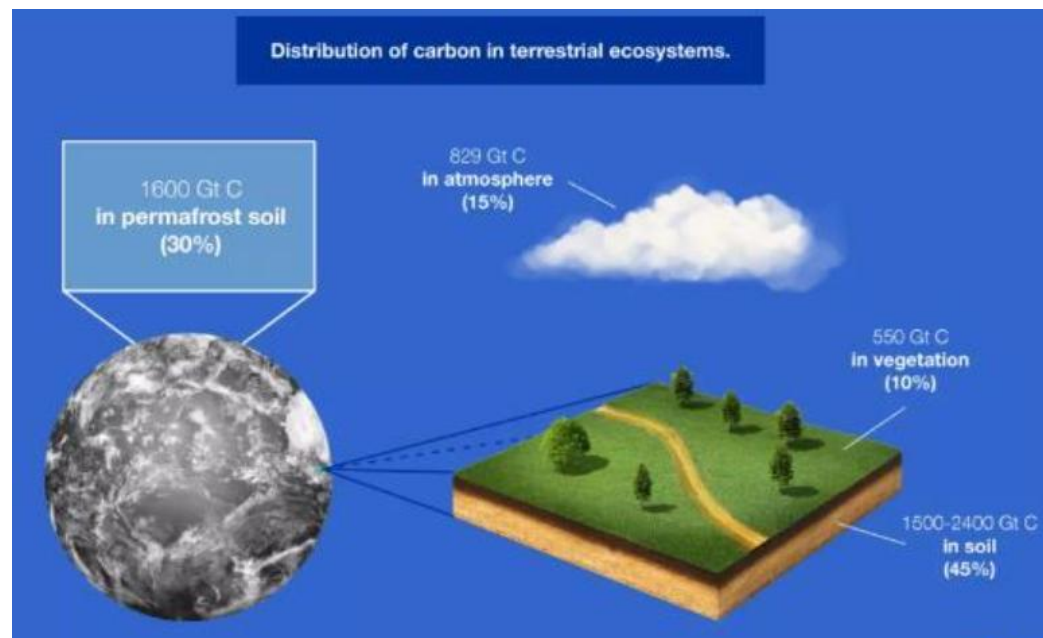
2021年全国CO₂排放量前十名国家占比



碳化研究有助于我国“双碳”战略目标的顺利实现

每生产一吨水泥熟料，会产生800kg-1t的CO₂排放，

水泥行业2022年产生CO₂，**21.3亿**吨。



01 减排生产

1. 通过采用绿电措施，替代燃煤，采用风力、光伏等绿电，减少排放；
2. 通过优化水泥制备工艺，减少煅烧热耗和生产电耗；
3. 使用耗能少且稳定运行的设备，完善环保配套设施；
4. 绿色低碳水泥生产技术的研发；
5. 选用含有CaO但不产生或少产生CO₂的物质作原料来改变原料种类或熟料化学成分等方式来减少生产端的CO₂排放。

02 减用水泥

采用不同强度水泥满足不同施工部位的要求，通过对混合材以及外加剂的优化，利用更少的熟料使水泥强度达到施工要求。例如粉煤灰、矿渣等碱激发材料，地聚物材料的使用，达到减少水泥用量来下拉水泥市场需要量。

03 碳收集

水泥窑烟气CO₂捕集纯化，目前生产的工业级CO₂纯度已高达99.99%，提纯后的CO₂可用于机械制造、食品添加剂、灭火制剂等行业。



04 碳固存

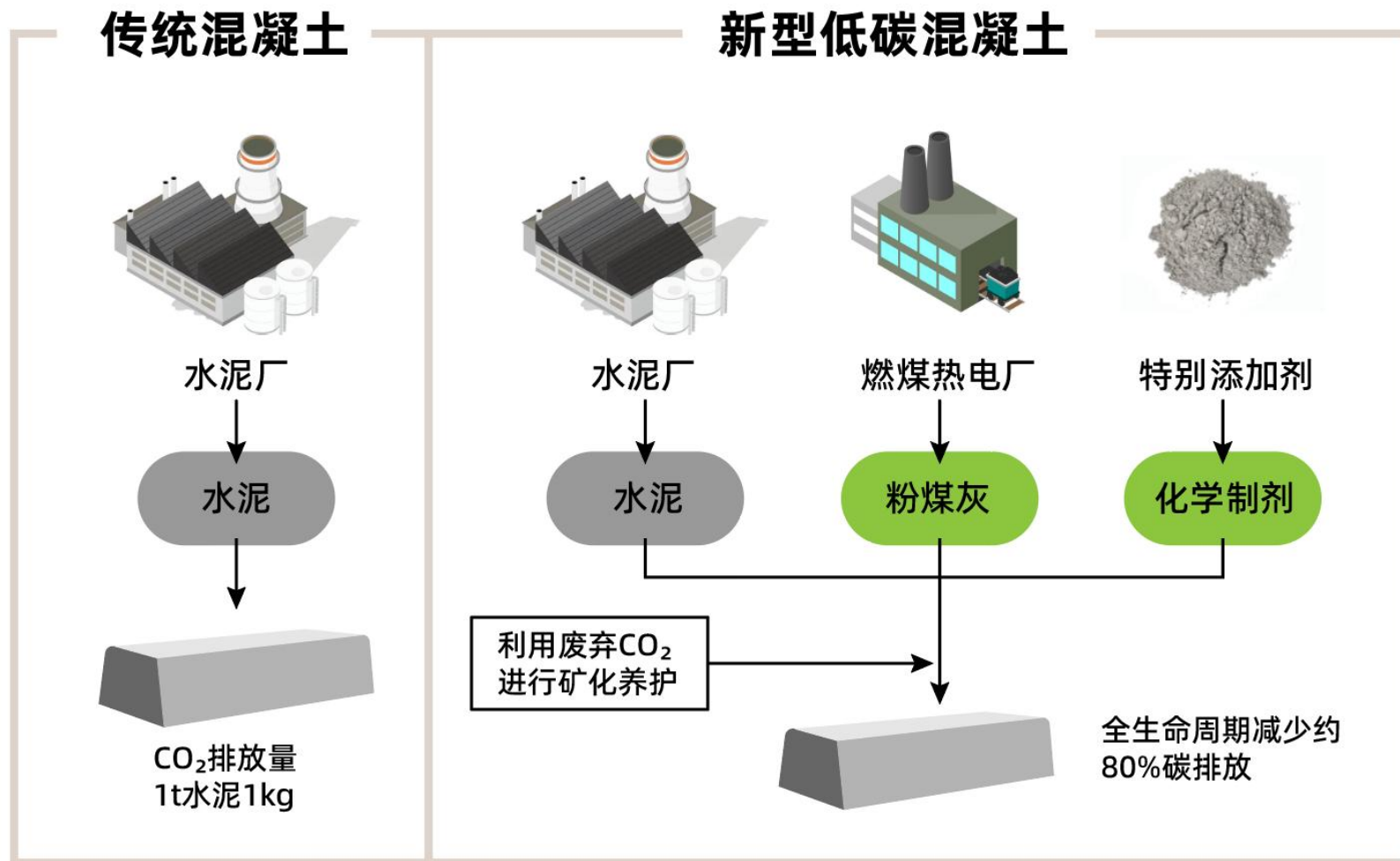
1. 混凝土碳汇技术，用混凝土汇集、固定CO₂；
2. CO₂地质封存；
3. 增强岩石风化和CO₂矿化技术。

土壤是最大的碳源，储存了世界碳储量的45%。

土壤可以储存更多的碳，这一过程称为**碳固存**。碳固存在减少大气温室气体量方面具有巨大的潜力。

1. 混凝土碳汇技术，用混凝土汇集、固定CO₂

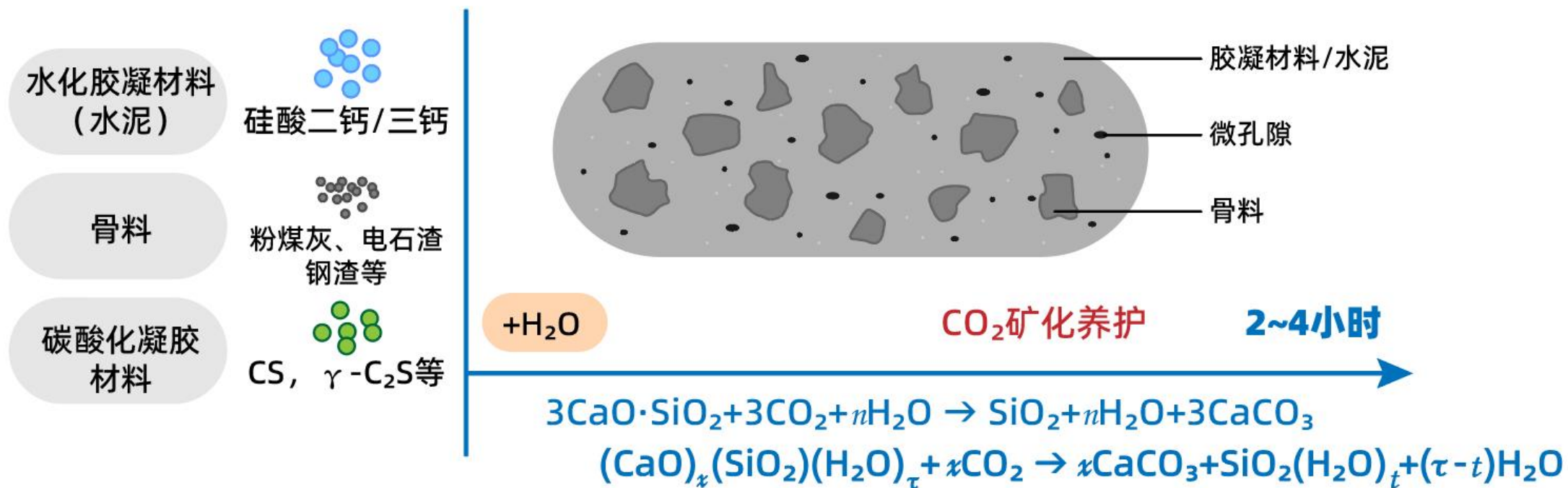
混凝土的产业链很长，在其制备过程中，产生大量的CO₂气体，但是混凝土本身又可以固化一定量的CO₂！
新研发的技术可以回收**水泥厂和燃煤厂**排放的CO₂废气，把CO₂直汇集入混凝土！



混凝土材料中的碱性组分在自然条件下可以与大气中0.04%浓度的CO₂进行化学反应，但过程非常缓慢，在其生命周期内碳酸化深部一般不超过10毫米。

但是通过升温、加压等技术措施可快速实现混凝土碳化，并产生比较的强度。

经过CO₂养护的混凝土与普通混凝土相比，它品质高、耐久性强，成本相差也不大，一般混凝土预制件工厂都有能力负担。



采用**釜式反应器**进行CO₂和混凝土的气固反应过程，在1bar-15bar区间压力和常温下进行恒压快速反应，2小时完成养护过程，大大节约了养护成本，同时低碳效益优势明显。
该技术能够替代传统蒸压养护工艺，显著降低了养护能耗与碳排放。

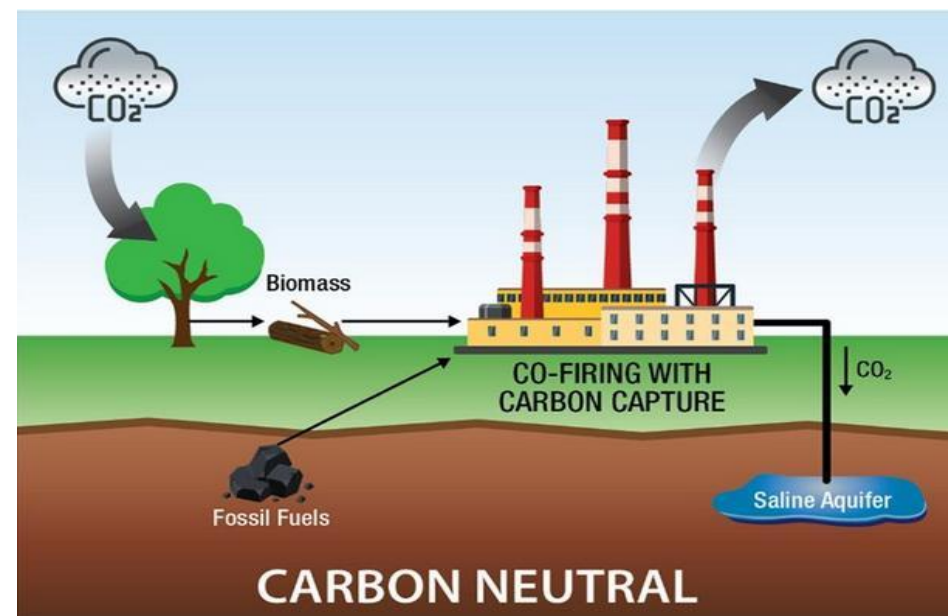
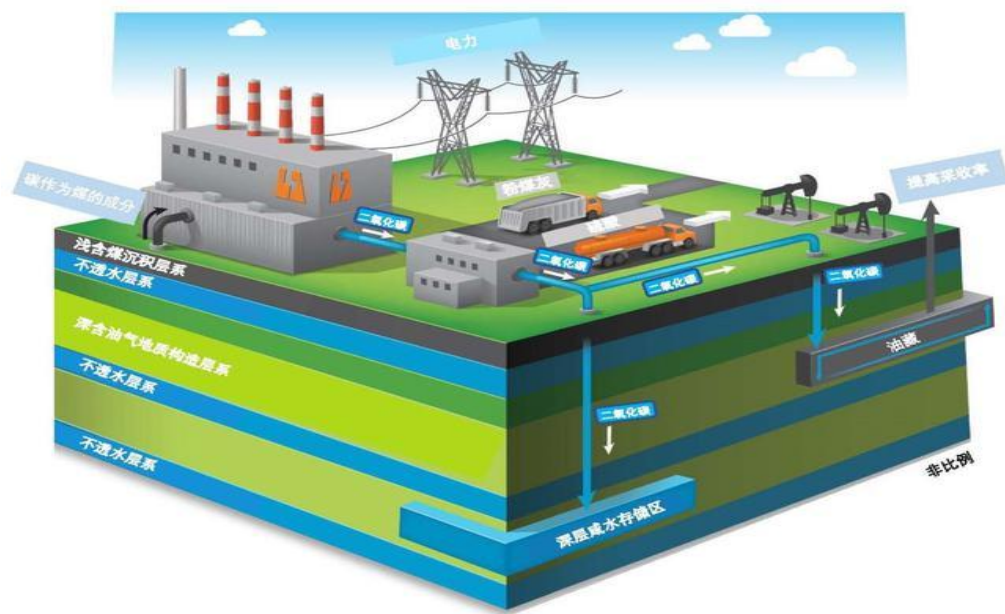


2. CO₂地质封存

通过工程技术手段，将工业源排放的CO₂捕集后，注入地下800~3500米深度范围内的陆上深部咸水层、枯竭油气藏、不可开采煤层、海底咸水层等地质构造中，再通过一系列的岩石物理束缚、溶解和矿化作用将其封存在地质体内。

其中，“陆上深部咸水层”碳封存和“枯竭油气藏”碳封存技术现在最为成熟。

而深地的高温、高压环境对于固碳的效果、效率、时间等有重要的影响，也迫切需要相应的研究手段和试验设备。



3. 增强岩石风化和CO₂矿化技术

模拟研究表明，到本世纪末，每年需要从大气中移除5~20 Gt CO₂e（每公斤碳当量，CO₂当量，即所有温室气体的质量转化为具有相同全球变暖效应的CO₂当量质量）的CO₂。

这是一个巨大的挑战：1 Gt（1 Gt =10亿吨）的CO₂，相当于美国所有汽车和面包车的年总排放量（约2.5亿辆），或每年约500亿棵树的排放量。

CO₂可以通过各种方式从大气中移除：

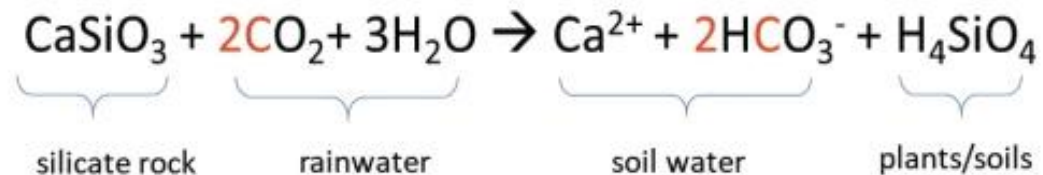
1. “自然”方法：如植树、改善作物和土壤管理，以及恢复沿海栖息地，如红树林和海草床。
2. 技术方法：包括直接空气捕集，即通过吸附剂将CO₂从大气中剥离，然后释放以安全封存或利用。
3. 介于两者之间的，是涉及自然过程技术增强的方法，其中包括增强的岩石风化和CO₂矿化——这是地质学在应对气候紧急情况中发挥关键作用的地方。

在全球范围内，风化作用每年清除约1 Gt的CO₂，并在地球气候的长期调节中发挥关键作用。

风化是一种自然地质过程，大气中溶解在雨水中的CO₂会侵蚀岩石和土壤，并部分溶解它们（方程式1和方程式2）。CO₂被转化为碳酸氢离子（碱性），最终被捕集到海洋中，并在那里安全超过10万年。在某些情况下，一些碳酸氢离子可能会沉淀为碳酸盐矿物（碳矿化），在1万年以上的时间尺度上是稳定的（方程式3）。

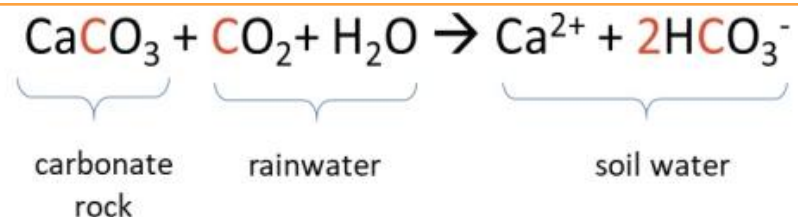
方程式1

硅酸盐岩石的风化（溶解）



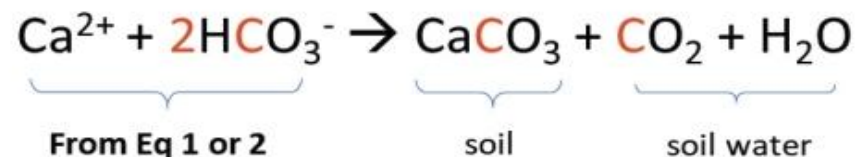
方程式2

碳酸盐岩风化（溶解）



方程式3

碳酸盐沉淀（CO₂矿化）



然而，自然风化和CO₂矿化需要时间，为了在本世纪末清除大气中大量的CO₂，地质学家正在研究加速这些过程的方法（如从pH、盐度、温度和压力，以及储存地层的渗透性等进行考虑）。

02 新型混凝土碳化试验釜



高压高温高浓度碳化试验釜

NELD-HPTC079

便于研究混凝土“碳汇技术”，“地质封存技术”，“岩石风化及CO₂矿化”技术的推进，解析混凝土在高温、高压条件下的CO₂的吸收研究。

混凝土碳化试验釜的试验参数

CO₂测量范围：0~97%VOL 压力范围：0MPa~1.2MPa
温度范围：20℃~180℃ 湿度测量范围：40%RH~100%RH

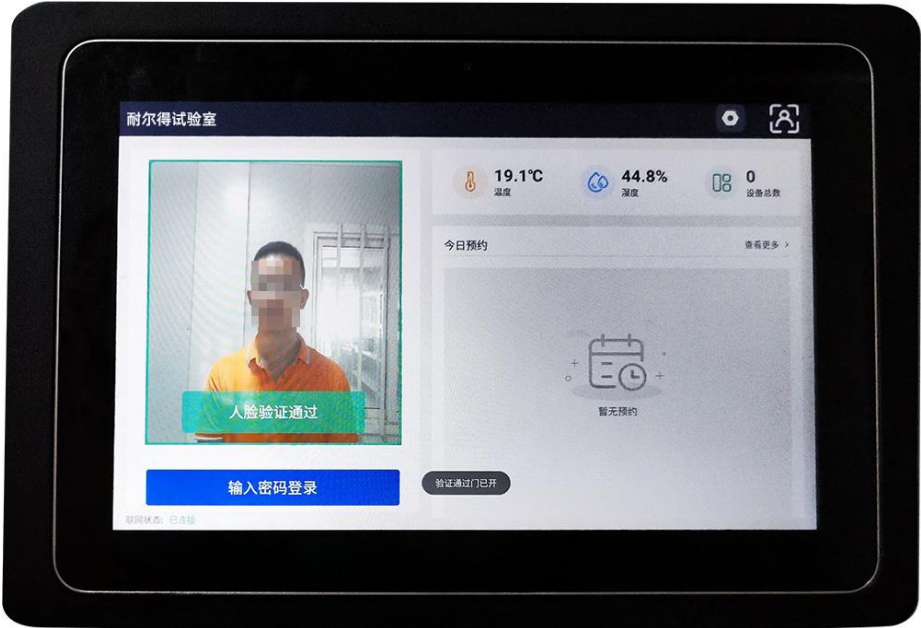


安全监控

1. 人脸识别进入限制
2. 超标报警
3. 自动启动排风系统

五项报警设置

温度、湿度、压力、CO₂浓度、液位



03 试验釜应用前景

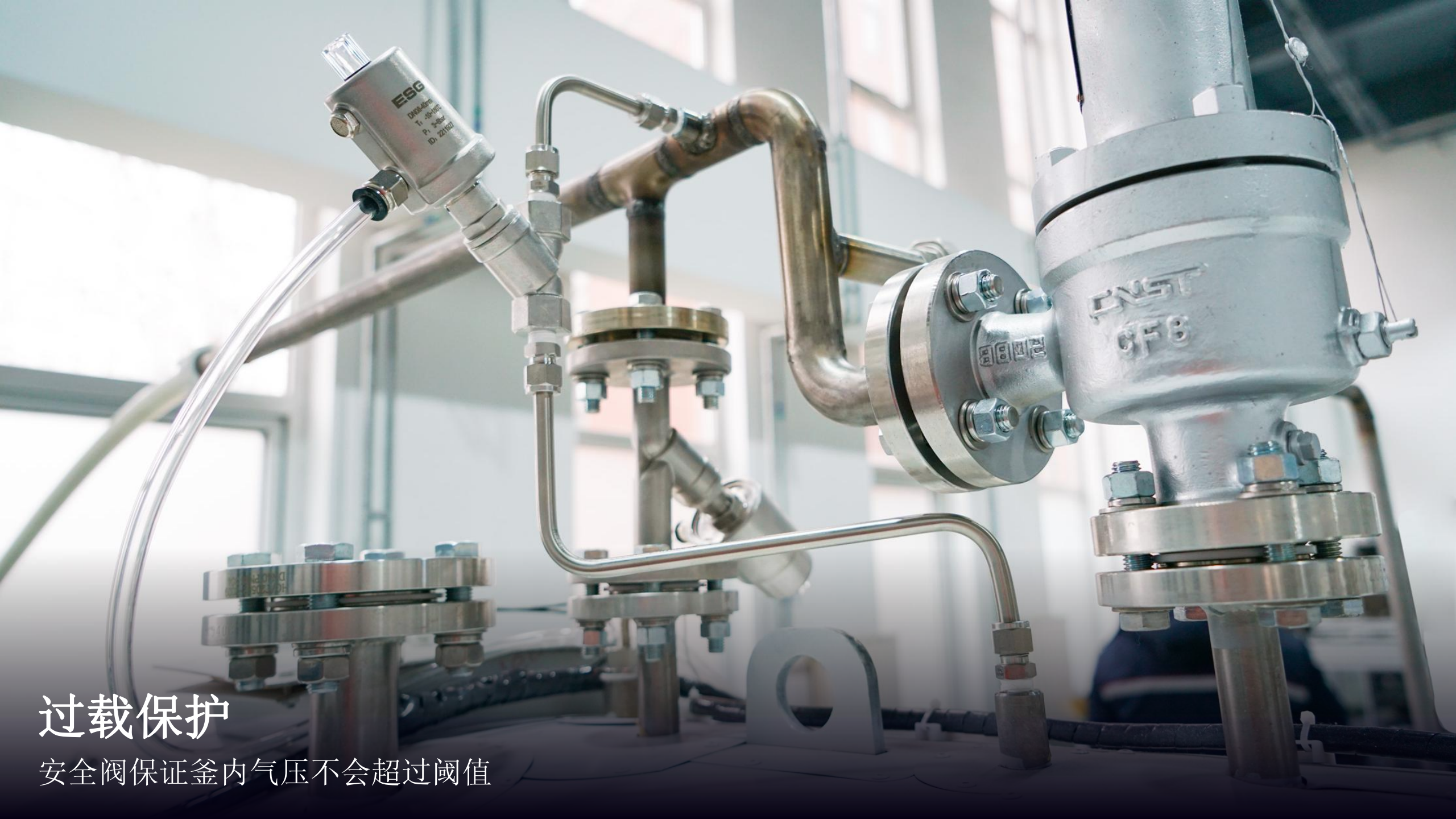
设备优势与应用场景

1. 用于混凝土耐久性的研究，高温高压试验设备通过提高环境温度和压强来加速混凝土碳化，从而达到缩短试验周期的目的。
2. 用于生产碳化混凝土制品的研究，提高碳化后混凝土的强度，改善碳化混凝土制品的质量。经高压下碳化处理后，试件中 $0.2\sim 5.0\text{ }\mu\text{m}$ 的大孔数量减少，总孔隙率降低，混凝土试件的吸水率降低。表明碳化反应生成大量碳化产物填充了孔隙，从而使得试件更加致密，强度提高。
3. 该装置可满足开展深地环境的碳化试验的需求，适用于开展温度、压强等因素对碳化规律影响的研究。研究不同地层环境下 CO_2 稳定的温度、压力的关系。
4. 可以研究在高温、高压下模拟加速风化和 CO_2 矿化过程，加速与加大 CO_2 的汇集与稳定。



安全联锁装置

釜内有气体无法开门，保证人员设备安全



过载保护

安全阀保证釜内气压不会超过阈值

感谢您的支持与关注



北京耐尔得智能科技有限公司