

降低碳排放, 废水泥可循环利用

□ 任声权

使用电力驱动的熔炉来生产钢铁已是成熟的技术, 如果将废旧水泥作为钢材生产的一部分, 就能实现废水泥再利用, 若用可再生能源提供动力的电弧炉来加热, 那么我们就得到零排放的水泥。

近日, 英国剑桥大学研究人员从传统的炼铁炉获得灵感, 在世界上首次证明水泥可循环利用, 而不会像以前生产合成水泥给环境带来危害。相关研究成果日前在国际科技期刊《自然》发表。

混凝土是使用量很大的材料, 它的主要成分除了沙子、砾石外, 还有充当黏合剂的水泥。石灰石和其他原材料被粉碎, 并在大型窑炉中加热至约1450℃, 这一过程将原材料转化为水泥。

在加热产生石灰的过程中, 石灰石会释放大量二氧化碳, 约占人为排放总量7.5%。过去10年来, 科学家们一直在研究混凝土中的水泥替代品, 发现混凝土中大约一半的水泥可以用粉煤灰等材料替代, 但完全不用水泥是不现实的。如何采用经济有效的方法来减少混凝土带来的碳排放, 是世界上最大的减碳挑战之一。

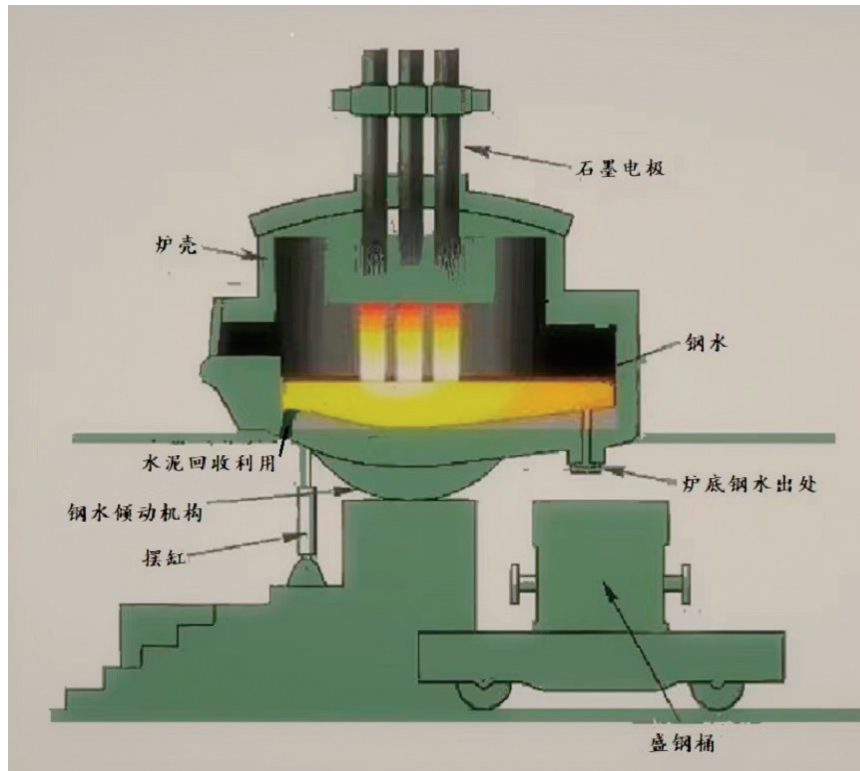
高炉炼铁过程中, 为降低冶炼温度, 还要加适当数量的石灰石和白云石作为助熔剂。这些石灰石和白云石在高炉内分解为氧化钙、氧化镁、铁矿石

等物质, 与焦炭中的灰粉相熔化, 生成以硅酸盐与硅铝酸盐为主要成分的熔融物, 浮在铁水表面, 定期从排渣口排出, 再经空气或水冷却处理形成粒状颗粒物, 这就是矿渣。钢铁厂冶炼生铁时产生的废渣含有大量的玻璃体和硅酸二钙、钙黄长石、硅灰石等矿物, 与水泥成分接近。

未经水淬的矿渣, 其矿物形态呈稳定形的结晶体, 大部分不具有活性, 如经水淬急冷, 形成了玻璃态结构, 就使矿渣处于不稳定的状态, 因而具有较大的潜在化学能。出渣温度愈高, 冷却速度愈快, 则玻璃化矿渣的潜在化学能程度愈大, 活性也愈高。因此, 经水淬急冷的高炉矿渣的潜在活性较好, 每生产1吨生铁要排出0.3—1吨矿渣。

炉渣处理是高炉炼铁正常运行的保证, 高质量的炉渣可作为水泥的优质原料, 既可降低成本提高经济效益, 又有利于大宗固废利用, 发展循环经济, 保护环境。

英国剑桥大学研究人员对现有的钢铁生产工艺进行调整, 发现废旧水泥的化学成分与石灰石相似, 如果用废旧水泥代替石灰石加入炼铁炉中, 产生的炉渣可以制作新的水泥。如此一来, 水泥可以回收利用, 不仅不用生产那么多新水泥, 还能减少二氧化碳的污染。



首次实现在电弧炉中大规模生产再生水泥示意图。任声权 制图

随后在生产中, 研究人员验证了这一思路, 在世界上首次实现在电弧炉中大规模生产再生水泥。该方法避免了加热石灰石导致的二氧化碳过度排放,

最终可以制造零排放水泥。预计到2050年, 这项工艺的应用可以减少数十亿吨的碳排放。

(作者系安徽省科普作家协会会员)

液流电池: 再造长时储能蓝海

□ 赵佳亮



近日, 四川省经济和信息化厅等6部门联合印发了《促进钒电池储能产业高质量发展的实施方案》。该方案是全国首个钒电池产业专项政策, 标志着四川从钒资源大省向钒电池大省迈出了重要一步。

钒(化学符号为V)电池, 全称全钒液流电池, 主要利用钒离子的价态变化来实现电能的储存和释放。从工作原理上看, 钒电池相比锂离子电池的最大不同在于导电离子主要为不同价态的钒离子。在充电时, 正极的 V^{4+} 失去电子成为 V^{5+} , 负极的 V^{3+} 得到电子成为 V^{2+} , 放电时则相反。从结构上看, 与锂电池的电解液集成在电池内部不同, 钒电池的正负极两侧各有一个电解液储罐, 通过循环泵输送至电池内部进行反应。

事实上, 全钒液流电池只是液流电池家族的一个代表, 从产品分类看, 液流电池按照电解液体系的不同可分为全钒、锌铁、锌溴、铁铬等20多种技术路线, 其核心都是通过不同电解液离子相互转化实现电能的储存和释放。

相比磷酸铁锂等新型电池, 液流电池电极反应过程无相变发生, 可以进行深度充放电, 能耐受大电

流充放。与其他电化学储能技术相比, 液流电池最突出的特点有三个: 首先自放电非常小, 存放数天或数周后电量都不会衰减, 这为长时储能提供了可能。其次循环寿命特别长, 最低可以做到一万次, 部分技术路线甚至可达到两万次以上, 整体使用寿命可达20年或更长时间。更重要的是, 钒电池能实现“瞬时即充”, 因为电解液充满了整个电池组, 所以运行过程中仅需0.02秒就可切换充放电状态, 响应速度仅需1毫秒。

我国对钒电池的研究起步较早, 目前已进入大规模商业示范运行和市场开拓阶段。20世纪80年代末, 北京大学和中国地质大学建立了全钒液流电池实验室模型。1995年, 中国工程物理研究院研制出1千瓦的钒电池电堆样机。此后, 更多研究机构开始从事钒电池的研发和商业化推广工作。2022年10月31日, 全球最大的全钒液流电池储能电站建成, 并在辽宁大连并网发电, 液流电池也从长时储能的“后备军”逐渐来到了台前。

目前, 锂离子电池和抽水蓄能在储能市场的主导地位明显。但随着清洁能源规模不断发展, 一套理想的低碳电力系统还需要一套多样化的长时储能解决方案, 因此对于长时储能, 即充放电时间超过6小时的技术越来越受到重视。

尽管全钒液流电池被寄予厚望, 但仍有两个关键挑战亟待解决: 一是技术难、能量密度低。液流电池中的一些重要部件, 如为化学反应提供场所的双极板和离子交换膜, 目前仍依赖进口, 国产化难度较大。由于携带较大尺寸的电解液罐, 液流电池系统能量密度仅有锂离子电池储能的1/10。二是液流电池初建投资成本高, 通常是锂电池的两到三倍, 其中反应电堆和电解液占比超七成。但是, 随着使用时长的拉升, 它的全生命周期成本优势逐渐显现。

在探索自主知识产权的技术路线方面, 中国科学院院士赵天寿团队做了大量尝试, 通过基础理论、关键材料与器件创新, 大幅提高了液流电池性能, 电流密度提高到主流水平的3倍以上, 电解液利用率提高到80%, 并可以在循环两万次后不出现显著衰减。新型液流电池性能的提升有望降低液流电池储能电站初投资成本25%以上, 使液流电池的生命周期成本降低到可以商业化推广的水平。

随着技术突破, 电堆等成本将不断下降, 电解液几乎可完全回收利用, 规模化后钒电降本空间广阔, 钒电储能注重安全性的中大型储能领域将大有可为。

(作者系远景科技集团工程师)

土壤微生物或限制森林储碳能力

科普时报讯(实习生王雨珂)森林可以储存碳, 二氧化碳水平升高又将刺激森林生长。日前, 国际科技期刊《自然》学术论文网发表一篇名为《微生物对磷的竞争限制了成熟森林对二氧化碳反应》的研究论文指出, 土壤微生物会与植物竞争重要的养分, 这可能会限制森林从大气中清除二氧化碳的能力。

较高浓度的二氧化碳会通过刺激光合作用来促进植物生长, 但二氧化碳肥料效应只能在一定程度上促进植物生长, 最终植物生长会受到土壤中可用养分的限制。澳大利亚悉尼大学的植物研究人员克里斯汀·克鲁斯说, 在三分之一到一半的生态系统中, 这些限制性养分就是磷。随着植物和土壤微生物对二氧化碳含量上升做出反应, 可用磷的数量会发生怎样变化是一个关键的未知因素。

在6年时间里, 研究人员收集了澳大利亚新南威尔士州一片成熟森林中磷含量的变化数据。该实验利用悬挂在树木周围的长管道, 人为提高地块的二氧化碳含量。研究人员曾认为这样会刺激土壤微生物, 使其从死亡和腐烂物质中回收更多的磷, 然而结果却是植物通过根系向土壤释放了更多的碳, 可用磷的数量并没有随着二氧化碳的增加而增加。这也许是由于微生物在与植物竞争可用磷的过程中胜过了植物, 导致微生物所含的磷是植物所含磷量的3倍多。

克鲁斯说, 如果这种限制性养分磷普遍存在, 那么森林对二氧化碳施肥的反应可能会低于预期。一些生态系统可能需要添加养分, 才能充分发挥碳储存潜力。