

# 打造绿色水泥正逢时

本报记者 郑焕斌 综合外电

## 新视野

水泥是促进人类文明发展的一种关键材料,从具有2000年历史的古罗马万神殿艺术品,到现代摩天大楼、高速公路、机场和码头等,到处都可看到它的踪迹。就从总体积而言,水泥在全世界的使用量仅次于水。

《自然》杂志2月20日刊登题为《绿色水泥——混凝土方案》的文章指出,今年全球水泥总产量将达34亿吨。若将其全部倾注于美国纽约州曼哈顿岛上,将堆积成一个高达14米的巨型石柱。如果目前印度、中国等发展中国家建筑业的兴旺势头持续下去,明年全球水泥产量所堆积的巨石柱将会更高。

然而,水泥制造业是温室气体的主要排放源之一,减排意味着需要妥善掌控这种用途广泛、最为复杂的建筑材料。文章详尽介绍了美国麻省理工学院混凝土可持续发展中心(简称CSHub)在绿色水泥研究方面的新进展,以及Ceratech公司的替代性解决方案,认为如果世界各国工业界目前已采取的促进绿色水泥可持续性发展的行动取得成功,最终将使水泥制造业的二氧化碳排放总量减少一半。

## 工业革命的基础性材料

粉末状硬性无机凝胶材料,加水搅拌后成浆体,它能在空气或水中硬化,并能把砂、石等材料牢固地胶结在一起。早在2000多年前,古罗马人把石灰、火山灰以及石块掺在一起形成混凝土,用于建造海港、纪念碑、万神殿和罗马圆形大剧场等建筑物。

1824年,英国石匠约瑟夫·阿斯普丁发明了现代水泥。他在厨房里加热一种经研磨的石灰岩和黏土混合物,当加入水后这种混合物板结硬化,工业革命的基础性材料就此诞生!当年,他以“人造新式石头工艺的改进”注册了这项发明专利。从表面上看与产自波特兰岛上的建筑流行石料相似,阿斯普丁便将这种材料命名为“波特兰水泥”,这就是目前人类广泛使用的建筑材料——硅酸盐水泥。

现代水泥的生产工艺一般可分为生料制备、熟料煅烧和水泥制成三个工序。硅酸盐水泥生产工艺在水泥生产中具有代表性,它是石灰石和黏土为主要原料,经破碎、配料、磨细制成生料,然后喂入水泥窑中煅烧成熟料,再将熟料加适量石膏(或添加剂等)磨细而成。

不幸的是,采用这种生产工艺,每生产1吨水泥就要向大气中排放1吨二氧化碳。世界各国水泥制造业所排放的二氧化碳,约占全球温室气体排放总量的5%;在美国,水泥制造业的二氧化碳排放量居第三位,仅次于油燃料消费(用于交通、电力、化工制造等)和钢铁工业。

## 既普通又最为复杂的物质

他们发现,从正常的神经细胞团块中会有一些细胞呈放射状延伸出来,形成类似脚手架的结构,神经细胞会沿着“脚手架”移动。而来自患者的神经祖细胞中,充当“脚手架”的细胞数量很少,延伸方式非常混乱,同时神经细胞的数量也极少。

## 一周亮点

### 植物抵抗病原菌时有个“通信员”

据新华社东京电(记者蓝建中)战争中负责传递信息的通信员很关键。日本一项最新研究显示,在植物抵抗病原菌感染时也有一个起着“通信员”作用的物质,对它进行研究有助培育出抗病害能力更强的农作物。

日本近畿大学农学部的研究小组在新一期《细胞—宿主与微生物》杂志上报告说,在对水稻的稻瘟病和白叶枯病进行研究时发现,水稻中存在一种名为OsRL-CK185的蛋白质,在水稻面临病原菌感染的威胁时,它能够从病原菌的标志性物质处获得信息,并像通信员一样把这个信息传递给与免疫有关的其他蛋白质。

研究人员表示,这一发现有别于培育出抗病害能力更强的农作物和使植物免疫功能更加活跃的药物。研究小组成员、该校教授川崎裕说:“植物的免疫机制是共通的,这一发现有希望进一步开发出更加环保的药物和植物品种。”

### 俄中合作研究页岩油气开采新方法

据新华社莫斯科电(记者贺颖)俄罗斯托木斯克工业大学的科研人员近日对当地媒体说,他们与中国同行合作研究出一种新方法,能够更廉价、更环保地从页岩中获取可燃页岩气和页岩油。

托木斯克工业大学高科技物理研究所副所长弗拉基米尔·洛帕京介绍说,这种方法是将页岩层通入交流电,使岩层的压力增大并产生额外电流,进而形成等离子体通道,将热量传递到岩层深处。在高温和缺氧的条件下,页岩中的碳氢化合物会转化成可燃气和页岩油。

洛帕京表示,这种新方法比现有开采页岩油气的手段更廉价、更环保,因为它不用向钻井中注入任何化学制剂。同时,由于岩层中的物质在通电下不会发生强烈的氧化反应,可以产生更多的甲烷和更少的二氧化碳,从而提高开采效率。

### 日利用干细胞再现无脑回畸形形成过程

据新华社东京电(记者蓝建中)日本庆应义塾大学和国立医疗机构大阪医疗中心的研究小组日前说,他们利用无脑回畸形患者的细胞培养出诱导多功能干细胞(iPS细胞),并成功再现这种畸形是如何形成的。

无脑回畸形又称光滑脑,是一种先天性小儿脑发育障碍,患者会有严重的神经功能发育障碍和一定程度的癫痫,目前尚无药物可根治。

庆应义塾大学教授冈野亮之等人率领的研究小组,利用无脑回畸形婴儿的脐带培养出iPS细胞,并将iPS细胞培育成即将发育为神经细胞的神经祖细胞,再现了大脑皮质形成的部分过程。研究人员同时用来自健康人的iPS细胞进行同样的培养,并对两者的脑神经发育过程进行了比较。

他们发现,从正常的神经细胞团块中会有一些细胞呈放射状延伸出来,形成类似脚手架的结构,神经细胞会沿着“脚手架”移动。而来自患者的神经祖细胞中,充当“脚手架”的细胞数量很少,延伸方式非常混乱,同时神经细胞的数量也极少。

### 尼安德特人灭绝或与大眼睛有关

据新华社伦敦电(记者刘石磊)英国一项最新研究显示,尼安德特人与现代人祖先相比,具有更大的眼睛,因此需要利用更多脑部空间去处理视觉信息,这让他们在进化过程中处于劣势,这或许是导致他们最终灭绝的重要因素之一。

这篇报告由英国牛津大学和伦敦自然历史博物馆等机构的研究人员合作完成,发表在新一期《皇家学会生物学分会学报》上。研究人员说,他们比较了32个现代人祖先——智人的头骨和13个尼安德特人的头骨后发现,后者的眼睛更大,他们的眼眶从顶部到底部的距离平均比智人多出约6毫米。研究者推测,在尼安德特人的大脑体积与智人相差无几的情况下,二者的大脑结构有很大不同。

据介绍,在高纬度欧洲地区往往频繁出现灰暗的白天和漫长的黑夜,为适应这类环境,尼安德特人进化出更大的眼睛,但这也需要用更多脑部空间来处理视觉信息,从而导致用于高层次思考和认知功能的大脑部分明显偏小。此前的研究显示,尼安德特人在距今2.8万年前灭绝,一部分原因是当时出现一段寒冷期,但生活在相同时间段的智人却存活下来,并持续繁衍进化。

研究人员推测,尼安德特人由于眼睛和体型相对更大,大脑中用于视觉和身体控制的部分所占比例过高,无法发展出相对高级的认知能力,这就限制了他们发展社会群体关系的能力。生活在温暖非洲的智人则无需这样的功能,因此进化出了更高级的思维能力,能够发展社会关系,制作保暖衣物,获得更大的生存优势。

上述新理论与此前发表的一些研究结果有所不同。后者的研究表明,尼安德特人与我们的祖先具有类似的智力。



水混合后发生怎样的反应,以及被浇筑到模具后的形成过程等一系列问题,“我们依然没有搞清楚其中某些最为基本的问题。实际上,我们不太了解这些东西变硬的化学过程。在人类使用的所有建筑材料中,没有一个像波特兰水泥这样,我们对其知之甚少。”美国国家标准与技术研究院水泥专家肯内斯·辛德尔也说:“当水接触到水泥粉时,究竟发生了什么?其详情如何?这是目前争论最为激烈的焦点。”

然而,随着碳税和限量与交易市场等减排措施的不断推进和深化,世界各国的工业界已经行动起来,采取了一些积极的行动,例如大力支持相关基础研究、推动改革国际建筑规范等,以促进绿色水泥的发展。如果这些行动取得成功,最终将使水泥制造业的二氧化碳排放总量减少一半。

## 奇特的混合物

生产水泥的第一步是将石灰石和铝硅酸盐黏土这两种配料混合在一起。詹宁斯说:“这两种物质分别都有各自的化学成分和一些杂质。将混合物喂入窑中煅烧,温度达到约摄氏1500度时将发生各种反应,最后形成略带灰色的、体积如大理石般的厚块——水泥熟料,它含有硅、铁、氧化铝(大多数来自于黏土)和氧化钙(即生石灰)。在生石灰的形成过程中,石灰石中的碳酸钙向大气中排放二氧化碳。这个过程中的二氧化碳排放是水泥生产工艺中温室气体排放的主要来源,此外,煅烧过程中燃料消耗是另一个来源。待水泥石料

冷却后,将它与石膏混合(其用量将决定水泥的凝固速度),然后再被碾磨成粉末运送到搅拌机。”

在搅拌机里,水泥粉与水混合后形成浆状,并根据特定用途(如用于桥墩、铺路等)来配制其稠度。通常的做法是,将浆状物与砾石、或较大的石块混在一起形成混凝土。然后将混凝土浆运输到建筑工地和浇筑于模具中,它很快便开始硬化,但完全凝固可能会耗时数月。

詹宁斯说:“对该问题进行大量研究后所发现的奇迹之一就是,在最初几个小时内混合物以流体状态存在,之后同时发生的一系列剧烈的硬化反应便开始产生一些新物质,这些新物质能使水泥逐渐硬化。”其中,水合反应对最终材料的形成非常重要,它将水和粉末状水泥石料转变为人工石头——水化硅酸钙(即C-S-H)。

CSHub物理化学家罗兰·佩林克说:“地球上所有建筑都依赖于这种由液态转变为石头的过程。”

但佩林克指出,水化硅酸钙是一个极其不精确的化学式,其成分没有固定的比例。在既定的硬化混凝土样品中,这种反应产物取决于很多因素:包括最初用料、掺水量、钙和硅之间的比例,以及添加剂、温度和湿度等。此外,混凝土的不透明特性也增加了分析其形成过程的难度。

## 调整配方打造绿色水泥

要打造绿色水泥,实现减排目标,就需要

设法减少水泥生产过程中的两个主要排放源。从技术线路角度来讲,起码有两个选择:一是选择煅烧过程中二氧化碳排放量少的替代性配料,甚至是无需煅烧的材料直接作为熟料;二是选择煅烧温度较低的配料,以减少燃料消耗量。

佩林克说,尽管面临上述挑战,他和同事们在降低二氧化碳排放方面依然取得了一些进展,其中很有希望的一个研究途径就是寻找各种方法以降低煅烧温度。目前研究的主要目标是硅酸三钙和硅酸二钙,它们是水泥熟料中能产生C-S-H的两种主要矿物成分。相比之下,硅酸三钙更具活性,其水化反应快,在加入水后数小时就开始硬化(形成混凝土的早期强度)。但是硅酸三钙的形成条件要求煅烧温度完全达到1500摄氏度,而硅酸二钙所要求的温度约为1200摄氏度。虽然硅酸二钙的强度更好些,但需要在数天甚至数月之后才能开始硬化过程,因而不宜用于建筑项目。佩林克和其同事正在研究,某些硅酸二钙晶体结构是否具有硅酸三钙同样的活性,以便降低煅烧温度,节约燃料。

解决该问题需要从原子量级入手(如晶体中的电子分布情况等),研究人员通过量子力学方法来计算铝、镁和其他杂质如何影响C-S-H的结构。佩林克指出:“为了对水泥石料进行量子工程学研究,就需要知道电子究竟在哪里。”CSHub的研究人员发现,硅酸三钙晶体总有一个平面相对更易溶于水,但在硅酸二钙晶体中,所有晶面都很相似,因而其晶体不易与水发生反应。这就是

硅酸二钙的硬化速度较硅酸三钙慢的原因。但佩林克认为这一结果也暗示某些杂质(如镁等)有助于硅酸二钙溶解于水,这将能加快硅酸二钙的硬化过程,从而成为建筑水泥的主要成分。

如果采用煅烧温度较低的硅酸二钙可能会引起一些新问题。CSHub工程师弗雷兹·约瑟夫·尤尔玛的研究团队发现,与硅酸三钙相比,将硅酸二钙碾磨成粉末需要多消耗4倍到9倍的能量,这将降低采用富含硅酸二钙熟料的减排效果。

美国弗吉尼亚州亚历山大市的一家小型水泥公司Ceratech则另辟蹊径——致力于寻求替代传统水泥熟料的解决方案。该公司从古罗马工程师们2000年前使用的水泥中获得灵感——采用火山灰作为天然水泥熟料,在火山灰中掺水使其发生反应生产水泥。

Ceratech公司正在利用粉煤灰(从发电厂排放的燃烧气体中滤出的微粒)作为水泥熟料。全美的发电厂每年大约产生7000万吨粉煤灰,其中绝大部分被存储或由废弃物填埋场处理。Ceratech公司在粉煤灰掺入若干种添加剂,然后将其用作水泥石料。这种工艺不需要加热过程,因此公司认为粉煤灰水泥石没有碳污染。

虽然某些水泥生产商数年前就已采用含有粉煤灰的混合物生产水泥,但其粉煤灰的比例只有15%。Ceratech公司行政副总裁马克·瓦西库指出,按照公司开发的新配方,粉煤灰比例高达95%,其余5%为液态添加剂。此外,由粉煤灰水泥制成的混凝土其强度高于各类传统水泥,因而可以减少建筑物的水泥使用量。以一座面积为4600平方米、典型的三层建筑物为例,使用该公司生产的粉煤灰水泥可以大大减少混凝土和加强型钢筋的使用量——能分别减少183立方米和34吨。同时也能使废弃物填埋场减少粉煤灰处理量374吨,二氧化碳减排效益可达320吨。

## 绿色水泥没有坦途

瓦西库说,目前Ceratech在水泥行业只是一个小不点,对于年产规模以亿吨来计量的水泥制造业来讲,其贡献对总体减排重任来说只是“杯水车薪”。只有当建筑行业传统的千计的生产商、工程师、建筑师、城市规划者、建筑监察员等都能以积极的态度对待绿色水泥时,才能实现大规模的减排效益。从经济效益等角度考虑,相对于经过长期检验的传统水泥,选择绿色水泥目前有一定的风险,只有在上述条件下这种风险才会降低。美国国家标准与技术研究院水泥专家辛德尔调侃说,这种担忧就是“如果此路不通,老板将会打我板子”。

詹宁斯也强调指出,水泥工业的经济重要性日渐提升,其在科学上的重要性也在不断提高,研究人员需要努力探索各种更好的方案。他说:“世界正在改变,将需要每一个人(包括所有的水泥公司)都尽可能地更加环保,并设法让世界变得更加美好。”

展望未来,如果更多国家采用碳税或者限量与交易计划,势必将提高排放成本,人们对绿色水泥的认可程度肯定会发生积极的变化。目前可以采用一个更为实际的做法——建立示范性绿色水泥建筑物(如桥梁、道路和其他各种建筑物),以证明绿色水泥和各种混凝土材料的实际应用价值。瓦西库指出其公司每年完成数十个这样的项目(如美国乔治亚州萨凡港的码头建筑,德州加尔维斯顿市海湾疏浚署的化学处理基地等),希望这些项目能发挥示范作用。

# 南非开始电动汽车推广试验

## 大观园

本报比勒陀利亚3月16日电(记者李学华)日前,南非环境部长莫莱瓦与能源部长彼得斯在南非国防部下属的吉洛泰克测



南非环境部长莫莱瓦与能源部长彼得斯在南非国防部下属的吉洛泰克测试中心共同为新型电动汽车“LEAF”揭幕。

试中心共同为新型电动汽车“LEAF”揭幕,并宣布由环境部与尼桑汽车南非公司合作开展的“零排放绿色汽车”项目进入推广试验阶段。

莫莱瓦说,这个多方合作的项目将测试、试验和验证在南非的具体条件下电动汽车的

可行性和生存能力。它不单是电动汽车,还包括与之配套和提供支持的基础设施。如要让电动汽车或充电站进行充电,完全充电需8小时,可以行驶160公里;快速充电30分钟,可以继续行驶50公里。尼桑计划在今年年底正式在南非市场上推出LEAF。

莫莱瓦表示,推广电动汽车是南非为了向低碳和绿色经济过渡,促进就业和可持续发展的需要;也是南非在应对气候变化、兑现自己减排承诺方面又一具体行动。从全球范围看,交通部门的温室气体排放占总排放量的20%,在工业化国家更是超过30%。世界各国争相开发新能源汽车,中国、美国、日本、欧洲等国在电动汽车市场上已经领先。据估计,到2020年,在路上行驶的汽车中将有10%是电动汽车。南非是世界第18大汽车生产国,其汽车产量占了全非洲的80%,为南非GDP提供了6.2%的贡献,解决了23万人的就业。南非必须抓住新的发展机会,第一步就是开发和培育国内电动汽车市场。

LEAF是尼桑公司开发的五门双排座完全电动汽车,最高时速可达每小时145公里。使用一块功率为24千瓦时的锂离子电池,可以在家中或充电站进行充电。完全充电需8小时,可以行驶160公里;快速充电30分钟,可以继续行驶50公里。尼桑计划在今年年底正式在南非市场上推出LEAF。

# 迄今最全人体新陈代谢“地图”出炉

本报 据物理学家组织网近日报道,美国加州大学圣地亚哥分校和一个国际协会大学的研究人员在早期开拓性工作的基础上,制作出如同谷歌地图一样,迄今为止最全面的虚拟重建人体新陈代谢模型——“侦察 2”(Recon 2)。“侦察 2”可鉴定疾病的成因,并对诸如癌症、糖尿病,甚至精神和神经退行性疾病等提出新的具有针对性的治疗方法。该研究成果在线刊登在近日《自然·生物技术》上。

新陈代谢可将食物转换成能量和人体所需的分子,而代谢失衡是潜在的致病因素。科学家以人类基因组和系统生物学为基础,借助高效率计算机建立了广阔可交互的新陈代谢信息数据库。加州大学圣地亚哥分校各布工程学院生物工程教授伯恩哈德·波尔松表示,在不断改进原来“侦察 1”的基础上,开发出的“侦察 2”可使生物医学人员在研究人体新陈代谢的网络中比以往更精确,以了解特定的代谢途径是如何出现偏差并造成疾病的。

将“侦察 2”比喻为谷歌地图,是因为它有能力将复杂的细节合并成一张单一的、互动的地图。例如,研究人员观察癌细胞的生长代谢如何进展时,可以在该地图上放大个人代谢反应的细致图像,也可以缩小来看看与其他代谢



间的关系。就像谷歌地图汇集大量数据,把图片、地址、街道和交通流量融汇成用于导航的综合工具。该模型汇编了大量公开发表的文献资料和既有的代谢过程模式。

“侦察 2”可以向研究人员多角度展示人体代谢网络,提供可靠的背景数据。人体代谢网络最有前景的应用之一,是能够确定特定基因表达及其代谢途径的靶向给药。借助“侦察 2”,研究人员能够使用现有的基因数据库和整个代谢网络图,找到影响癌细胞生长的特定代谢途径,然后通过虚拟实验,验证哪些药物能够修复代谢失衡类疾病。

“侦察 2”无疑将加速个性化诊断和治疗的发展。未来,医生可为患者开发出个人代谢网络的虚拟模型,并针对各种疾病,包括糖尿病、癌症和神经退行性疾病确定最有效的治疗方案。(华凌)