



图为三峡大坝。新华社发(郑家裕摄)

中国工程院院士缪昌文： 用新技术“重塑”建筑材料性能

院士访谈

◎本报记者 金凤

近日,经国际小行星中心命名委员会批准,由中国科学院紫金山天文台发现、编号为578168号的小行星正式以缪昌文之名命名。又一颗“科技之星”闪耀苍穹。

缪昌文是著名建筑材料专家、中国工程院院士、东南大学教授。他已在混凝土研究领域深耕30余年。他先后带领团队参与多个工程建设,包括长江三峡大坝、京沪高铁、江苏田湾核电站、港珠澳大桥、南水北调等国家重大工程,以及巴基斯坦卡拉奇核电站、孟加拉国帕德玛大桥、伯利兹的瓦卡水电站等国外工程。

水泥混凝土是使用量巨大、用途广泛的人造材料。在缪昌文看来,数字化、信息化、智能化等趋势,将“重塑”混凝土材料性能。

“进入大数据时代,借助人工智能、大数据等技术,可以设计混凝土内部的结构。最近,我们也在研究如何用人工智能技术,延长混凝土材料的使用寿命、节能减排。”缪昌文在接受科技日报记者采访时说,目前重大工程使用的混凝土材料的设计寿命为100—120年,他们希望通过人工智能技术,将混凝土的设计寿命延长到200年。

部分技术达国际 “领跑”水平

记者:混凝土是重要的基础建筑材料。当前,我国的建筑材料的发展在国际上处于什么水平?

缪昌文:混凝土材料是重大基础设施的重要物质基础与载体。据统计,我国每年生产80亿—100亿吨混凝土,产量占全球50%以上,已成为世界上最大的基础设施建筑材料生产和使用国家。

目前,我国85%的桥梁采用钢筋混凝土,高速铁路中混凝土和钢材占比90%以上,绝大部分水工工程属于混凝土结构。

在混凝土高性能的应用基础理论与关键技术方面,我国在国际上达到“并跑”水平,部分新材料、新技术在国际上达到“领跑”水平。我国混凝土材料研究水平与应用成果登上了一个新台阶,科研人员陆续攻克了现代混凝土收缩开裂等国际难题,突破了超高性能混凝土关键技术,构建了长寿命耐久性提升体系,发明了新一代聚合物外加剂,成果支撑了港珠澳大桥、白鹤滩水电站、深中通道、田湾核电站等国家重大工程建设,对于保障工程百年服役寿命,助力核电、高铁技术走出国门发挥了重要作用。

然而,需要注意的是,在建筑材料共性基础理论与前沿工程技术方面,我们和国际顶尖水平还有差距。

记者:您曾带领团队为100多项国家重大工程建设提供支撑。在不同时代、不同功能的工程建设中,混凝土发挥的作用是否有差异?如何根据不同需求做出调整?

缪昌文:我们国家重大工程的建设有很强的地域属性、行业属性和时代属性。这些重大工程年代不同,行业有差异,但混凝土应用技术均扮演了至关重要的角色。

在建设三峡大坝时,工程面临超大规模大坝混凝土温控问题,温控做不好,大坝就会产生裂缝。面对工程实际需求,团队驻扎施工现场,对使用的原材料、配比与外加剂的适应性进行反复试验,重点控制混凝土中水泥水化导致的温升值。最终,相关研究成果应用于三峡大坝三期工程中。同时,结合在施工过程中进行温度控制,确保大坝浇筑后没有产生一条温度裂缝,进一步在技术上保障了工程的结构安全。

核电站的核岛混凝土是技术要求最高的一类特种混凝土,其混凝土外加剂一直被国外垄断。我们组建了一支以无机材料

与有机化学专业交叉协同的创新团队,从有机材料分子角度重新构筑外加剂结构。经过反复试验,我们的成果满足了工程的技术需求。在田湾核电站核岛混凝土中首次实现外加剂的国产化,打破了国外的垄断,实现混凝土外加剂技术从“跟跑”到“并跑”的进步。

建设港珠澳大桥时,我国的混凝土工程技术自主化水平得到全面提升。例如,沉管隧道最大水深达46米,这对沉管隧道混凝土提出了更高的要求;一方面,要控制混凝土的均匀性和耐久性,还要在数小时内保持混凝土的可泵送性;另一方面,要控制混凝土收缩裂缝的产生。

因此,研究团队在设计混凝土外加剂时,充分考虑与现场原材料的协同适应,并结合对施工环境变化进行调整,满足工程技术需求,为港珠澳大桥6.6公里沉管无裂缝作出贡献。

目前,我们团队的技术已开始用于海外工程,包括巴基斯坦卡拉奇核电站、孟加拉国帕德玛大桥、印尼雅万高铁等重大工程。我们不断推动混凝土外加剂与应用技术的创新与发展,也提升了我国混凝土外加剂的国际竞争力。

数字化转型助力 建筑材料发展

记者:建筑材料领域发展趋势如何,面临哪些挑战?人工智能、大数据等技术为建筑材料领域带来了哪些变革?

缪昌文:高强度、高耐久、绿色低碳的建筑材料是支撑重大基础设施安全、长寿、可持续使用的关键。当前,高原铁路与水电站、跨海隧道等战略性重大工程项目陆续规划与建设,基础设施建设的数量、广度和地域范围不断扩展,基础设施运行服役面临更加复杂的荷载、更加严酷的环境与条件更加极端的应用场景。这些都给建筑材料的发展带来挑战。

数字化转型为建筑材料高质量发展提供了重要支撑。近年来,人工智能技术兴起,以高通量计算、大数据和机器学习等多源信息结合的数据驱动设计,成为突破传统局限的新兴路径,并可实现以性能需求指导建筑材料逆向设计。人工智能、大数据等技术可以有效赋能建筑材料的低碳化、绿色化及功能化发展。

未来,这类技术将会更多地应用于建筑材料的设计、开发与应用。我们团队也在积极跟进相关工作,通过建立工程材料数据库,开发材料智能设计平台,实现工程材料的高性能化,保障重大工程的应用需求。

记者:在绿色低碳背景下,您认为建筑材料应该进行哪些科技创新以促进全行业的节能减排?

缪昌文:建筑材料是用量最大的基础材料之一。建筑材料的低碳、绿色与可持续发展是未来的主要方向。但是目前的建筑材料存在碳排放高、能耗高、资源消耗量大的问题。因此,通过科技创新助力碳达峰碳中和目标达成,意义重大。可以在以下几方面开展科技创新工作。

第一,从材料源头减碳,充分利用大宗工业固废资源,开发新型低碳胶凝体系,减少水泥熟料用量。第二,提升混凝土材料的力学与耐久性能,提高结构承载力、延长服役寿命,在同等条件下节约混凝土的用量。第三,开发新型节能、保温、储能材料,例如水泥气凝胶、储能混凝土等,减少建筑服役过程中的能耗与碳排放。第四,开发新型、低成本的碳捕集、存储和利用技术,例如水泥全氧燃烧系统、CO₂膜吸收技术等,实现水泥混凝土行业的碳中和。

记者:混凝土开裂是影响建筑安全的“杀手”。在20世纪80年代,该领域的研究处于什么阶段?您当时为何要从事这项研究,遇到过哪些挑战?

缪昌文:20世纪80年代,混凝土裂缝控制技术相关研究尚处于起步阶段,主要体现



缪昌文院士 田晶娟绘

在以下几个方面:混凝土裂缝控制理论尚未成熟,导致开裂问题难以进行量化评估;此外,混凝土作为一种由水泥、砂石等构成的传统材料,在当时尚未引入矿物掺合料、外加剂等现代混凝土性能调控技术。

混凝土开裂问题在工程领域是一个迫切需要解决的技术难题。同时,开裂还严重影响着结构的耐久性和服役期间的安全性。

我选择这一研究方向,一方面是为了迎接技术上的挑战,更为重要的是,我希望能保障国家工程质量和造福社会贡献自己的力量。

在研究过程中,我们主要面临两方面的挑战。一方面,裂缝的产生原因极为复杂,需要材料科学与结构工程等跨学科开展跨学科合作,而我们团队成员起初主要以无机材料专家为主,需要通过学科交叉突破这一局限。另一方面,将一项新技术应用于重大工程项目中,往往需要经过长时间的技术储备和试验验证,这要求我们有敢于实事求是、长期坐“冷板凳”、持续开展研究的心理准备。

可喜的是,通过努力,我们将过去的定性控制裂缝变成了现在的量化计算控制裂缝,在地下隧道工程、桥梁工程、核电工程、大体积混凝土工程中真正实现了混凝土不开裂,把不可能变成了可能。

促进科技与产业 “双向奔赴”

记者:您曾在江苏省建筑科学研究院和企业工作多年,十多年前调入东南大学。您为何会作出这些职业选择?结合您的经历,您如何理解科技创新与产业创新的融合?

缪昌文:1982年我从南京工学院(东南大学前身)毕业后,进入中国水利水电科学研究院工作,两年后又到江苏省建筑科学研究院工作,一直做到研究院院长。2002年,江苏推行技术开发型科研机构改制,江

致青年科技人才

青年科技人才要有思想、对事业忠诚,能干、肯干。

材料的研究涉及交通、建筑、水利水电设施等诸多与人民群众生活密切相关的领域。青年科技人才要紧盯国家和行业发展需求,凝练科研方向,以科技创新赋能中国建造,建设安全、舒适、绿色、智慧的好房子,满足人民群众高品质居住需求。

青年科技人才要有家国情怀,有“春蚕到死丝方尽,蜡炬成灰泪始干”的精神追求,还要有发现问题的敏锐度和解决问题的专业素养,为实现高水平科技自立自强而不懈奋斗。

——缪昌文

热点追踪

2023年我国大气二氧化碳浓度增量 略低于近十年平均水平

科技日报讯(记者付丽丽)在中国气象局12月新闻发布会上,《中国温室气体公报(2023年)》(以下简称《公报》)正式发布。《公报》显示,2023年瓦里关全球大气本底站观测到的二氧化碳年平均浓度为421.4±0.1ppm(百万分之一),与北半球中纬度地区平均浓度大体相当,相比2022年增量为2.3ppm,与全球同期增量相当,略低于近10年增量的平均值(2.4ppm)。

中国气象局科技与气候变化司副司长黄玮介绍,今年是中国气象局连续第13年发布中国温室气体监测情况。卫星遥感监测显示,2023年中国陆地地区年平均大气二氧化碳浓度增量略低于过去10年(2014—2023年)平均增量(2.4ppm)。甲烷和氧化亚氮年平均浓度分别为1986±0.6ppb(十亿分之一)、337.3±0.1ppb,较2022年增量分别为8ppb、0.8ppb,低于全球同期增量。2023年我国区域大气本底站观测到的二氧化碳和甲烷浓度与2022年相比呈增加趋势。

黄玮表示,《中国温室气体公报》是中国气象局服务应对气候变化工作及我国“双碳”目标的重要决策服务产品之一,与世界气象组织发布的《全球温室气体公报》相呼应。世界气象组织于今年10月28日发布的第20期《全球温室气体公报》显示,2023年全球大气主要温室气体浓度继续突破有仪器观测以来的历史纪录,二氧化碳、甲烷和氧化亚氮的年平均浓度分别达到420.0±0.1ppm、1934±2ppb、336.9±0.1ppb,相对于2022年年均浓度的增量分别为2.3ppm、11ppb、1.1ppb。

据介绍,截至目前,中国气象局组建了包含1个全球大气本底站、1个境外大气本底站、7个区域大气本底站、10个大气本底试验站、120个高精度温室气体站在内的国家温室气体观测网,实现对温室气体全天候、高密度观测,其观测数据的可靠性和国际可比性得到了国际社会的普遍认可。

黄玮介绍,未来,中国气象局将加快构建覆盖我国主要城市和区域的国家温室气体观测网,加强高精度大气温室气体监测与动态分析,持续推动碳源汇评估与核算技术研究,为实现我国“双碳”目标提供有效数据支撑。

国内首张草票发行

科技日报讯(记者李昭宇)记者12月6日获悉,我国首张草票在内蒙古自治区包头市达尔罕茂明安联合旗发行。“达茂草票”是我国实现草原生态产品价值的典型案例。

我国草原广袤辽阔,占地近40亿亩,约占国土面积的27.55%。草原具有巨大的经济、生态潜力和价值,对其进行合理开发利用与生态保护,对促进地方经济社会发展和人民增收具有重要意义。

据了解,草票即一种将草原资源经济价值和生态价值票面化的经济权益凭证。近年来,中国草学会草地资源与利用专业委员会组织中国科学院地理科学与资源研究所、内蒙古自治区林业和草原监测规划院、四川大学、西南民族大学等单位,联合开展草原生态产品价值核算及其实现路径探索,提出草票概念,并将其内涵扩展至草原碳票、草原沙票,形成“草票+”机制。该机制的实施可以为协同推进基本草原保护与高质量发展提供助力。

有关负责人介绍,以草票为抓手,有望解决草原资源生产经营中草地经营权难流转、资源难变现、质量难提高等问题。此外,草票模式的推广应用还能通过草地入股、草原变现、保底分成、托管分红等多元合作方式,为牧户构建现金、取分成、得租金、挣薪金、获股金等综合增收渠道,丰富草原资源保护和修复方式,探索“经营得利、牧户得益、社会得绿”的草原资源高质量发展与可持续利用改革新途径,实现草原资源的保值增值。

下一步,有关部门将进一步探索草票的认购、交易、收益权、质押与退出、配套安排等制度,进一步探索碳票、沙票等“草票+”模式。

后备牛高质量培育 系列标准公布

科技日报讯(记者马爱平)记者12月6日获悉,在日前举行的第四届国际后备牛大会上,后备牛高质量培育系列标准发布。

该系列标准由中国农业大学国际后备牛培育协作创新平台(以下简称“ICHO”)联合中国奶业协会和43家协同创基地共同发布,其中包括《荷斯坦后备牛生长目标与评估规范》《荷斯坦后备牛培育技术规程》和《荷斯坦后备牛福利与健康要求》。

据ICHO发起人、中国农业大学领军教授曹志军介绍,该系列标准基于全国156个牧场439万条后备奶牛相关数据制定,旨在全面推动后备奶牛饲养技术体系变革,提升我国后备奶牛培育标准化进程。

“系列标准制定团队始终遵循‘对得齐、够得着、吃得准、做得全’的原则,确保牧业集团数据记录和分析方法统一性与可比性,在国家标准之上增设更高标准,提升牧场培育质量。”曹志军说。

在昆明奶业协会会长、云南海牧业有限责任公司总经理李锡智看来,该系列标准依托多年的数据与科学研究,紧贴生产一线。

“该系列标准是我们与ICHO一同整合校级资源与大型牧业后备牛培育重点需求,深化校企合作、产教融合的重要成果,将为后备牛培育提供科学化、规范化、规范的指导。”嘉吉动物营养中国反刍商务总经理张钢说。