看世界在建最大水电站如何智取289米——

白鹤滩大坝：“大块头有大智慧”

□ 王 璐 杜健伟

时值夏日，金沙河谷。世界在建最大水电站——白鹤滩水电站大坝，5月31日全线到顶。

鸟瞰河谷，289米高坝如巨盾峙山驭水，白鹤滩大坝数十项科研攻关与创新成果也如盾墙高砌。

“硬核”温控：1摄氏度也较真

白鹤滩地处金沙江干热河谷，夏天气温逾40摄氏度，被称为“热带飞地”。

剧烈的热胀冷缩效应，将大体积混凝土温控防裂挑战提升至前所未有的高度。

白鹤滩大坝最大坝高289米、坝顶弧长709米、混凝土浇筑总方量803万立方米，没有一条哪怕是毫米级的温度裂缝。

国外研发的“退烧药”——传统低热水泥，起步早，但由于强度低、质量不稳定、生产成本高等“缺陷”，始终未大规模应用。白鹤滩全坝采用我国自主研制的新型特种水泥——低热硅酸盐水泥混凝土。三峡集团联合科研机构，研发应用智能通水、智能灌浆等技术，搭建起一个肉眼不可见，却能高敏感应与快速响应的施工环境，将气温、风速等条件与混凝土结合到极致。

白鹤滩工程建设部组织制定《拱坝混凝土温控施工技术要求》等技术规范，在建设过程中收集处理现场海量数据，紧抓“关键参数”再研究、再优化、再调整，推动操作工艺日臻完善。

俯瞰31个坝段，起伏延绵709米。一条条“高速路”凌空架起，在智能建造体系指挥下，“拌合楼—自卸式货车—缆机—作业仓”四站无缝衔接。

黄正平 摄

通畅背后是不为人知的付出。一年多来，三峡集团白鹤滩工程建设部大坝项目部联合相关单位，选派技术骨干成立“浇筑一条龙”小组集智攻关，“锻造”出一种“硬核”温控能力，将7至8分钟的运输时长缩短至4至5分钟，混凝土运输过程升温不超过1度。

智能建造：给每一仓混凝土原材料配上“身份证”

将协同优势转化为具体成果，以新技术赋能传统工序。在三峡集团白鹤滩工程建设部工程师刘春风看来，没有所谓的传统产业，只有不断的创新与进步。“在三峡工程建设期间，混凝土配比靠人工记录。如今，智能建造系统给每一仓混凝土原材料配上‘身份证’，一旦有隐患即刻追根溯源”。

早在溪洛渡水电站建设期间，三峡集团联合清华大学等科研机构开展“拱坝智能化建设关键技术”攻关，初衷是提升混凝土浇筑质量控制水平。

轻点鼠标，大坝施工全过程数据、科研成果等模块依次展开。集成化管控下，人脑与电脑逐渐“同频”于方寸屏幕间，形成“施工—反馈—计划”闭环。

这是一个融合DIM、大数据、物联网的系统，信息流汇集，24小时不间断迅速回应着动态监督、评价预警、终端推送等多方需求，保证最客观、最直接的数据助力现场科学决策。

“在业内做到最好最快，这还不够。”刘春风说，“跳出水电圈子，在交通、市政等行业，我们有很多能借鉴的地方。”在前不久的导流洞封堵作业中，大坝项目部“借船出海”，找来用于市政工程的铣挖机进行凿毛施工，效果甚好。

水电“精兵”，离不开大坝项目部的鲜明创新导向：鼓励员工基于项目开展课题研究，广泛参与国内外学术交流；遇到新工艺、新技术，组织托底放手尝试，解决开拓者后顾之忧。目前，大坝项目部已发表数十篇学术论文，获多项省部级科技创新奖励，并在积极申报国家级创新奖项。

在祖国西南的崇山峻岭中，在钢筋混凝土与数据代码交汇处，拓展创新疆域仍有无数险阻，探路者矢志攀登，向险处行。

零能耗建筑为北京冬奥添彩

□ 陈 宁 肖 昕

科技冬奥伴我行

以“光耀我能”为主题的中国国际太阳能十项全能竞赛2021巡回路演第二站，近日在徐州举办，来自中、美、法等十国的30所高校的参赛团队参与十项指标评比和公众展示。这一国际性大学生建筑科技竞赛有太阳能“奥林匹克”和绿色住宅“世博会”之称，竞赛要求每个团队设计、建造并运行一栋以太阳能为能源的高性能全尺寸房屋，依托十项指标的评比来选出优秀作品。

作为世界顶尖的综合性建筑设计比赛，一直是探索未来人居生活的风向标。大赛上，中国矿业大学与波兰克拉科夫AGH科技大学联合代表队设计“零能耗建筑”——太阳能绿色建筑木质模型，凭借预赛阶段的优异表现和出色的设计方案，正式入选SDC2021竞赛的决赛圈，并将于今年9月份在张家口正式实施建造，完成后将作为张家口国家级可再生能源示范区应用技术产业园的一部分，服务于2022年北京冬奥会。

传统建筑物一直存在着数据监测、模型精细化程度等方面的不足，大量使用电气设备，能源使用时段途径分配不合理，以及建筑体量不断增大等相关原因，致使建筑产生巨大能耗，也越来越引起人们的关注和重视。

面对我国“碳中和”“碳达峰”的目标，推进可再生能源、清洁能源的使用，已成为未来新能源模式的重要方向。建筑行业作为碳排放量相对较大的行业之一，探索一种新型的以清洁能源为主要能量来源，甚至完全依靠清洁能源维持所需能耗的绿色节能的建筑模式，已成为未来可持续建筑的关键。

建筑的绿色节能首先应从建筑能源应用的场景出发，降低日常生活能耗。联合团队从建筑自身设计思考，以采暖、照明、通风、制冷等建筑功能为出发点，在建筑设计之初就达到一种低能耗的效果，例如，增加围护结构的保温性能、降低建筑的体型系数，增加采光环境，以达到低耗能的效果。联合团队还采用硅存储技术墙，可根据季节对墙体进行改变，以达到保温和储能的效果。

此外，从建筑能源的来源角度综合高效利用清洁能源，也是重点思考方向。联合团队充分利用太阳能光伏板和太阳能集热器，为整个建筑提供电能和热。对于利用太阳能的天气制约因素，团队则采用定日镜和地下储能两种方式来提高能量的收集和存储效果。

所谓定日镜，是一个球体中间有一面镜子，主要功能是将其放在住宅周围，通过自动调整镜面折射太阳光，来给住宅的光伏板和集热器进行补光，提高能量的收集效率，其本身也能自动发出灯光，提高住宅周边的景观效果。此外，充分采用地埋管，将太阳充足时所产生的富裕能量存入地下，利用土壤进行储能；当天气不理想，能量不足以支持建筑的正常能量使用时，将土壤储能提取出来以供建筑使用。

随着社会的不断发展，人们对居住环境的要求会越来越高，建筑的智能化、绿色化必定是未来的趋势，而在建筑的绿色节能方面，如何充分利用太阳能将成为建筑行业重点研究的方向之一。

（作者系中国矿业大学教授）

元素家族

强健骨骼的钙元素

□ 宋 丹

钙，元素周期表第20号元素。

我们的骨骼中含有大量钙元素，它是强健骨骼的中坚力量，是人体必需的常量元素。

人体中的钙元素主要以羟基磷酸钙晶体的形式存在于骨骼和牙齿中。很多人缺钙后，会出现骨质疏松、牙齿脱落等症状。别小瞧了这部分钙元素，它能增加软组织的韧性，对人体的很多器官都有影响。例如皮肤、鼓膜、血管内膜、脑血管、肠道内膜的弹性都与钙元素有关。缺钙时，这些软组织会变硬，失去弹性，慢慢地让你憔悴、衰老、疾病缠身，可见钙元素对人体健康的重要性。但是钙也不能补得过多，过多的钙容易增加结石的风险。所以医生会建议通过食物来补钙，还要多晒太阳，这样可以增加维生素D，帮助人体对钙元素的吸收。

钙元素在地壳中的含量很丰富，但因为其化学性质非常活泼，在自然界里多以离子状态或化合物的形式存在，很难将其从化合物中还原成单质状态。因此，化学家们一直认为，含碳酸钙的石灰石焙烧后得到的氧化钙是不可再分的物质。直到1808年5月，英国化学家戴维从瑞典贝采利乌斯和蓬丁医生共同电解生石灰和水银的混合物中取得钙的实验受到启发，将湿润的生石灰和氧化汞按3∶1混合电解，得到大量的钙汞合金，将合金中的汞蒸馏后，最终获得了银白色的金属钙。

“千锤百炼出深山，烈火焚烧若等闲，粉身碎骨全不怕，愿留清白在人间”。于谦在《石灰吟》中描述的就是钙的两种化合物——碳酸钙和氧化钙之间的化学反应，可见人们对钙的化合物使用由来已久。这些含钙化合物多用于建筑领域，如石灰石、大理石、汉白玉都含有碳酸钙；水泥、玻璃的原料里都需要石灰石；氢氧化钙可以与沙子混合来砌砖；硫酸钙可以用作水泥、油漆、腻子及其他建筑材料。现在市场上已经出现更多的碳酸钙：纳米碳酸钙，又称超微细碳酸钙，在塑料、橡胶中可作为填料降低生成成本，增强产品品质；在油墨、造纸、涂料工业中可增稠防沉提高性能；在饲料行业中可给畜禽补钙；在化妆品中能增白，替代钛白粉。

英美等大国对纳米碳酸钙的研究一直走在前列，美国着重于纳米碳酸钙在造纸和涂料上的应用，英国则主要从事填料专用纳米碳酸钙的研制。我国也开始布局碳酸钙产业，2015年正式在广西南宁成立了碳酸钙行业协会，以促进碳酸钙产业的进一步优化。

金属钙的使用和研究，相比其化合物要晚很多。金属钙主要用于冶炼金属。我国对金属钙产业规模化生产从2005年开始起步，在很多方面都有了重大突破，金属钙上、中、下游产品在内贸加工和出口外销中均有增长，相信未来会有更多金属钙和含钙的产品问世。

（作者系武汉市第二十中学化学教师、武汉市科学家科普团成员）

5G+AR技术，让国宝再现生机

□ 霍菲菲

“鬓云欲度香腮雪，衣香袂影是盛唐”。舞蹈《唐宫夜宴》在2021年河南春晚一经亮相，就让观众感叹巧夺天工的文物国宝全都“活”了起来！

《唐宫夜宴》改编自郑州歌舞剧院的作品《唐俑》，讲述了正值青春的女乐官在赴宴起舞的路上发生的趣事。舞台运用了5G+AR技术，让虚拟场景和现实舞台结合，打造出了金碧辉煌的唐朝宫殿场景。14名女舞者手持乐器，仿佛让人听到了唐代宫廷燕乐的钟磬、鸣鼓、琴瑟、竽笙之音。

《唐宫夜宴》演出成功的秘诀在于“真实”，而5G+AR技术的应用成就了这份真实。

AR，就是增强现实技术，包含了多媒体、三维建模、实时视频显示及控制、多传感器融合等新技术与新手段。这种技术可以把虚拟世界与现实世界结合起来并开展互动。

5G技术是第五代移动通信技术的简称，是最新一代蜂窝移动通信技术，也是继4G、3G和2G系统之后的延伸。5G网络的主要优势在于，数据传输速率远远高于以前的蜂窝网络，且网络延迟较低。有了5G技术的加持，AR技术优势得以更好发挥，《唐宫夜宴》这部作品成功地推动了博物馆文化的传播与交流。

在《唐宫夜宴》这部作品中，5G+AR技术的应用为舞台展示方式提供了新的可能，通过AR技术把虚拟国宝文物展现在现实舞台上并进行互动，让文物虚拟复原，观众与多个虚拟文物互动，达到感知历史文物的体验。借助这一技术手段，在舞蹈的背景图里处处虚拟呈现珍贵的国宝，观众可以看到唐朝周昉的《簪花仕女图》，张萱的《捣练图》，李思训、李昭道父子的《明皇幸蜀图》，北宋王希孟的《千里江山图》等传世名画。这些国宝文物此刻摆脱了严肃厚重的传统印象，真实清晰地呈现在观众眼前，没有了距离感。

《唐宫夜宴》为观众带来一场别致的文化盛宴，如何探索文化资源创新路径，不断赋予文物时代生命，为我们传统文化的复兴贡献力量，是每一位文化工作者需要认真思考的问题。

（作者系中国科技馆办公室讲师）

媒眼看世界 栏目主持人：任贺春

重拾生命内涵

□ 王 欣

近年来出现的青少年漠视生命，凸显了生命教育在学生健康成长过程中的必要性。2020年年初突发的新冠肺炎疫情，让人们重新认识生命的价值和意义，也让生命教育备受关注。

我和华中师范大学心理学院、信息管理学院的师生一起开展生态安全和生命教育调研，了解到武汉市民对生态安全的认同度、理解度和践行度，以及中小学生命教育的现状。

在调查生命教育中发现，武汉市中小学生普遍有尊重生命和热爱生活的态度。令人欣慰的是，数据显示学校开展生命教育课程及活动的频率越高，具有积极的生命观的学生比例越高。92.2%的小学生知道我国的急救电话、报警电话和消防电话，说明小学生在基本自救常识上掌握情况良好。遇见考试成绩不好之类的挫折时，93.9%的小学生表示会坦然面对并继续努力。

武汉市中小学现有的生命教育类课程和活动，主要围绕生命安全与保健防疫展开。在调研中，我们发现，目前中小学教师在开展生命教育的过程中面临的阻碍，依次为缺乏合适的生命教育教材、没有足够的课时进行生命教育、缺乏合适的教辅及课外读物、缺乏明确的评价方法。

生命教育是引导学生认识生命、尊重生命的教育,目标是使学生掌握生命的相关知识、升华对生命的认识、尊重一切生命形式，积极对待生命。

回顾历史，生命教育源于灾难后的反思。二战后的欧美国家致力于恢复国家经济和发展科学技术，却忽视了青少年价值观的培养。为了解决这一危机，英国政府把健康教育、公民教育、环境教育等学科纳入国家课程。1968年，美国学者杰·唐纳·华特士最先提出“生命教育”这一概念，美国中小学的生命教育由此拉开序幕。我国的生命教育长期以来被纳入德育范畴。辽宁省于2004年正式颁布开展生命教育的方案，次年上海市正式发布指导文件推动生命教育开展。2006年起，全国人大连续几年在会议中提出与“预防自杀”“生命教育”等内容相关的议案和建议。2008年，四川成都规划开发生命教育课程的相关事项，做到师资、课时和教材三大落实，并结合地震灾害情况开展生命教育。2010年，国务院在《国家中长期教育改革和发展规划纲要》中强调，要及早重视生命教育，明确生命教育在国家层面的地位。

这次在武汉市进行了8万多人次的生命教育调研，深入了解中小学生命教育现状，为做好生命教育征集意见、找准方向。对众多中小学生、家长和教师的调研结果，令我们深感做好生命教育是时代的呼声，也是教育工作者的神圣使命。

愿我们一起守护好生命的麦田，让每一个生命绽放独特的光彩，结出丰硕的果实。

（作者系华中师范大学副教授）

聊热点说前沿

科技强国始于重视数学

□ 但彬伟

6月7日下午，高考数学考试结束，关于“高考数学”的话题迅速登上微博热搜，评论区一时成为大型回忆现场。不少网友自嘲道：“被数学支配的恐惧又回来了”。而实际上，与往年相比，今年高考数学有不少亮点：倡导理论联系实际，学以致用等。

也许高考离我们逐渐远去，但数学一直在我们身边。信息安全离不开密码学；物流、交通和智慧城市离不开运筹学；互联网技术离不开傅里叶变换；现代化战争的定量化分析、建模离不开概率统计；甚至世界上任何一枚火箭的设计制造都离不开齐奥尔科夫斯基公式；油气勘探、天气预报、海啸预测亦离不开数学……几乎所有的重大发现都与数学的发展与进步相关，数学已成为航空航天、国防安全、生物医药、信息、能源、海洋、人工智能、先进制造等领域不可或缺的重要支撑。

在前几次科技革命中，数学大都起到先导和支柱的作用。第一次科学革命是以哥白尼的“日心说”为代表，后经开普勒、伽利略，特别是牛顿等一大批科学家的推动而完成。微积分基本定理的建立和《自然哲学的数学原理》的完成影响着经典自然科学的所有领域。

被称为19世纪自然科学三大发现的能量守恒与转化定律、细胞学说和进化论，是第二次科学革命的主要内容。

19世纪末到20世纪初第三次科学革命应运而生，X射线、电子、天然放射性、DNA双螺线结构等的发现，极大改变了人类认识自然、了解世界的手段，而相对论和量子力学的诞生则正在使人类科技文明进入新的历史阶段，物理理论体系自此登上另一座高峰。毋庸置疑的是数学在这次科学革命中发挥了举足轻重的作用：相对论的建立离不开黎曼几何，量子力学的诞生更离不开概率、算子、特征值、群论等基本数学概念和结论。由此观之，数学的研究在人类科技文明史上作出了巨大的贡献。

三次技术革命引领了工业时代，而数学引领了技术革命。第一次技术革命是蒸汽机和机械的革命，第二次技术革命是电气和运输的革命，第三次技术革命是以原子能技术、航天技术、电子计算机应用为代表的革命。虽然我们很难说出其中哪一项发明直接来自数学，但19世纪和20世纪数学家们发展了常微分方程、偏微分方程、变分学和函数论等数学分支，并且通过这些学科的发展极大推动了工业革命，实现了国家工业化。

数学实力往往影响着国家实力，数学强国必然是世界强国。17至19世纪，英、法、德三国的国家发展史就是一部辉煌的数学史：17世纪英国牛顿发明了微积分，引起了数学史上的一次革命，英国因此站在了世界数学的桥头堡，走向“日不落”帝国。法国由于具有优秀的数学文化传统，一直屹立于世界强国之林。而纵观19世纪德、法争雄，在数学上的无声较量更是风起云涌，最终德国哥廷根成为世界数学中心，走向世界强国行列。俄罗斯数学从19世纪开始崛起，到了20世纪苏联时期成为世界数学强国之一，其在与卫星相关的数学领域位居世界前列，1958年发射的第一颗人造地球卫星更是震撼了全世界。一言以蔽之，数学基础研究必须建立在国家发展战略层次之上，必须要有数学发展的宏观思维去引导国家建设。

时代的发展呼唤数学。芯片虽小，技术含量却极高。在芯片设计、制造的繁复流程中，每个微小差别都可能使芯片性能产生巨大差异。虽然科学家们在寻找描述半导体特性的数学方程上有所突破，但是只能借助计算机得到近似解。就如何求得精确解，仍是困扰数学家们的一大难题。而随着对芯片要求的提高，寻找更优的计算方法越发显得重要和紧迫。除了芯片，在对新型燃料电池、高端装备和高端制造影响深远的材料科学领域中，也在呼唤着数学。如离散几何分析极有可能助力对纳米多孔材料的研究，这一材料在新型催化剂的研发上有广泛的应用前景，而新型催化剂又有可能助力攻克氢燃料电池的应用难题，从而带来新一轮的汽车革命。如今大热的人工智能领域，数学缺席的瓶颈感也格外明显。

数学的发展呼唤人才。欧几里得，以其《几何原本》中严密的逻辑和精巧的架构启迪着一代代的科学家；笛卡尔以其天才的坐标系思想、方程思想和函数理念流传至今；牛顿和莱布尼茨以其创建的微积分，使得物理规律可以通过数学方程来精确定量描述，从而引发了各大学科的革命。而我国数学家丁小平先生则进一步把数学人才分为帅才与将才。他认为作为对科学进行总体布局、规范模型、引领发展的帅才，其缺乏是制约我国科学进步的根本性原因之一，并且呼吁广大数学工作者争做帅才，拥戴帅才。数学的不断前进，依赖于一代代数学研究人才的涌现和甘于坐冷板凳的精神。

科技强国始于重视数学。高考作为全国第一大考，数学的改革是我国在数学学科建设上的战略举措。而我国数学的发展不仅要国家自上而下地推动，更需要我们每位青年人能肩负着中华民族伟大复兴的光荣使命，打好基础，修学储能，从而夯实基础数学研究这个“地基”，筑起国家核心竞争力这座“大厦”，把我国的科技水平引领上新的高峰。

（作者系北京师范大学数学科学学院基础数学研究生）