

关上一扇门,就打开三扇窗

小壳化石历经5亿年凭实力留存

□ 冯伟民

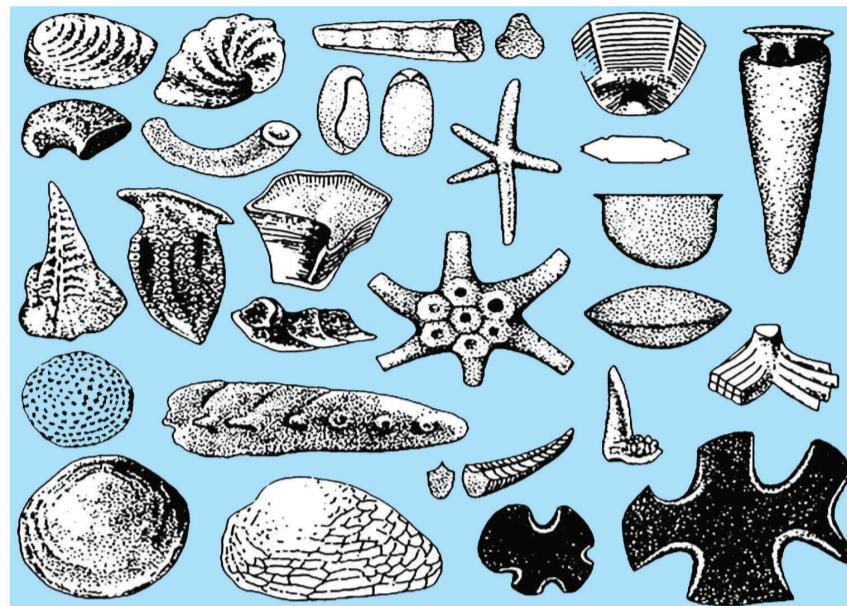
大约5亿年前,地球生命史上演了一场里程碑式的寒武纪大爆发。在相对较短的地质时间尺度内,大多数现代动物门类的祖先如雨后春笋般涌现。在这场生命进化的最前沿,一群微小的“先行者”扮演了至关重要的角色——小壳化石。

近日,国际期刊《地学前沿》发表了中国科学家领衔研究的成果文章,揭示了小壳化石有磷酸盐化、白云石化、海绿石化等多种保存方式,找到了磷酸盐化在寒武纪后期小壳化石保存中不占主导地位的原因,成功破解了困扰学界多年的寒武纪小壳化石留存之谜。此次研究一举颠覆了传统认知,揭示了地球生命密码的多元机制。

传统理论无法解释小壳化石如何留存至今

这些小如沙粒的生物(即腕足动物、腹足动物等的祖先),标志性特征就是坚硬的壳——它不仅是防御的铠甲,更意味着支撑硬骨骼的皮肤、肌肉等基础软组织已经发育成熟。因此,小壳化石为研究寒武纪生物矿化作用提供了关键证据,是理解早期动物演化的“钥匙”。

然而,这把打开生命演化之谜的“钥匙”,获取与解读异常艰难。传统理论认为,寒武纪早期存在一个特殊的“磷酸盐化窗口”。在此期间,富含磷酸盐的海洋环境能将生物体完美地以磷酸盐矿物(如磷灰石)“封存”为化石。



小壳化石 (作者供图)

但令人费解的是,在这个“窗口”关闭之后的寒武纪中后期的地层中,科学家依然能够不断发现留存下来的精良小壳化石。它们是如何穿越5亿多年时光而留存至今的?传统理论无法提供科学解释,并对此束手无策。

从8吨岩石中寻找保存之谜

通过7年的挖掘和收集,研究团队在河南、江苏、山东等地采集近8吨的寒武纪早中期碳酸盐岩,采用酸蚀技术,从这些“时间胶囊”中无损提取出3.5万枚毫米级小壳化石,构建了珍贵的古生

物宝库。同时,为了研究这些小壳化石,他们还运用了微区X射线荧光光谱仪和扫描电子显微镜等尖端技术,发现小壳化石的保存方式,远比传统认知的单一磷酸盐化更为多样。除磷酸盐化外,它们在“磷酸盐化窗口”关闭后,还能通过转化为白云石矿物、海绿石矿物、黏土级碎屑矿物等多种形式保存下来。

其中,白云石化能精细复制原始结构,海绿石化可有效保存生物形态,黏土矿物交代(地质术语,成分替换的意思)则以微小碎屑矿物替代化石。这一

发现证实磷质沉积并不是控制高质量小壳化石产出的主要因素,也就彻底推翻了“磷质沉积是产出高质量小壳化石唯一控制因素”的传统观念,证明在缺乏富磷酸盐环境的“不利”条件下,地球仍能通过多种矿物转化途径保存远古生命信息。

重绘生命演化的“藏宝图”

这项研究为科学家寻找和解读地球早期生命遗迹,打开了一扇全新的窗户。在此之前,寻找早期带壳动物化石的思路,往往聚焦于富含磷酸盐的特定岩层(如磷块岩)。而这项研究证明,在广阔的寒武纪白云岩、海绿石岩或其他特定碎屑岩分布区,同样可能蕴藏着保存完好的小壳化石。这如同给了古生物学家一张全新的、范围更广的“藏宝图”,极大地拓展了探索早期生命起源和演化的地理和地层范围,提升化石信息还原精度。

认识到化石保存方式的多样性,是准确解读这些“远古密码”的关键。不同矿物保存的化石,其呈现的颜色、细节甚至化学成分都可能不同。明确化石的具体保存机制,能让科学家更精准地“去伪存真”,还原生物体的原始面貌、结构特征,甚至推测其可能的原始成分,避免因后期地质改造(矿物转化)造成误读,从而大大提升了从化石中提取真实生命演化信息的可靠性。

(作者系中国科学院南京地质古生物研究所研究员)

在“看不见”的尺度上发挥效用

□ 尹传红



2025年最新研究数据显示,全球已有逾200个科研团队致力于医疗纳米机器人的开发,其中约30%的项目进入到动物实验或初步临床阶段。另据报道:哈尔滨医科大学与哈尔滨工业大学联合研发的纳米机器人集群用于治疗心血管疾病,可突破血栓周围的层流屏障,将药物精准递送至病灶部位,仅需6分钟就能完全清除4毫米的静脉血栓,其效率是传统溶栓药物的数十倍。这种以纳米尺度(十亿分之一米)设计的微型机器装置,正在重新定义疾病治疗的范式。

上述信息发布之际,我正在审读新一期《前沿科学》文稿,欣喜地发现,这期杂志的主旨话题——纳米生物医药,与之真是再好不过的印证与呼应。这里所说的纳米生物医药,即是在纳米尺度上重新设计药物的形态、递送方式和作用机制,把药物装

进极其微小、智能化的“载体”中,帮助它们穿越人体内部复杂的血脑屏障、肿瘤微环境等屏障系统,更精准地发挥效用。

关于纳米药物,中国科学院院士、国家纳米科学中心研究员赵宇亮应邀为《前沿科学》撰写文章评述说,这种新型药物独特的空间尺寸、表面化学性质以及可控自组装特性,使其在医学成像、药物递送、疾病诊疗等方面具有巨大的优势和发展潜力,为解决传统小分子及生物大分子药物生物利用度低、生物相容性差、易降解等问题提供了新的技术方法与解决方案,已成为生物医药领域的热门研究方向。

目前,我国纳米生物医药正处于创新爆发期,在基础研究、产业转化方面都取得了显著进展,许多纳米药物和纳米生物材料已成功开发并获得临床批准。其中的纳米递药系统特别值得关注。这一融合了药学、化学、材料学、生物科学、工程学与医学等多个学科的技术,眼下正推动药物治疗从传统的“无差别轰炸”向革命

性的“定点清除”升级。

纳米递药系统是指以天然或合成高分子、脂质材料、蛋白类大分子、无机材料、仿生材料等作为递药载体,通过溶解、分散、包裹、吸附和偶联等方式与药物结合形成纳米分散体,如脂质体、纳米球和纳米囊等,并经特定途径将药物释放至目标组织或细胞的技术。其优势在于提高药物稳定性、延长体内循环时间、减少对健康组织的损伤,还能在病理信号刺激下实现药物的可控释放,从而达成精准递送。这正是一个世纪前药物学家就憧憬创造的如“智能导弹”般的药物。

纳米技术应用于医学影像领域,也给精准诊断和个性化治疗方案的制定带来了极大的便利。当下,纳米影像探针正处于从实验室走向临床转化的关键时期。与传统的结构成像不同,它可以在分子水平实现对体内生物过程的灵敏检测,甚至能在细胞和分子层面上精确地反映病灶信息。可以预见,纳米影像探针将在精准医学时代发挥愈加核心的作用,真



《前沿科学》(季刊)2025年第2期封面。本期话题聚焦纳米生物医药最新研究进展和未来发展方向。该刊由国家自然科学基金委员会高技术研究发展中心与科技日报社主办。

正实现从可视化诊断到智能化治疗的跨越,为疾病早筛、精确干预和疗效评估提供坚实支撑。

在“看不见”的尺度上,已有越来越多的奇迹变得明朗。