

远古的“森林”去了哪里

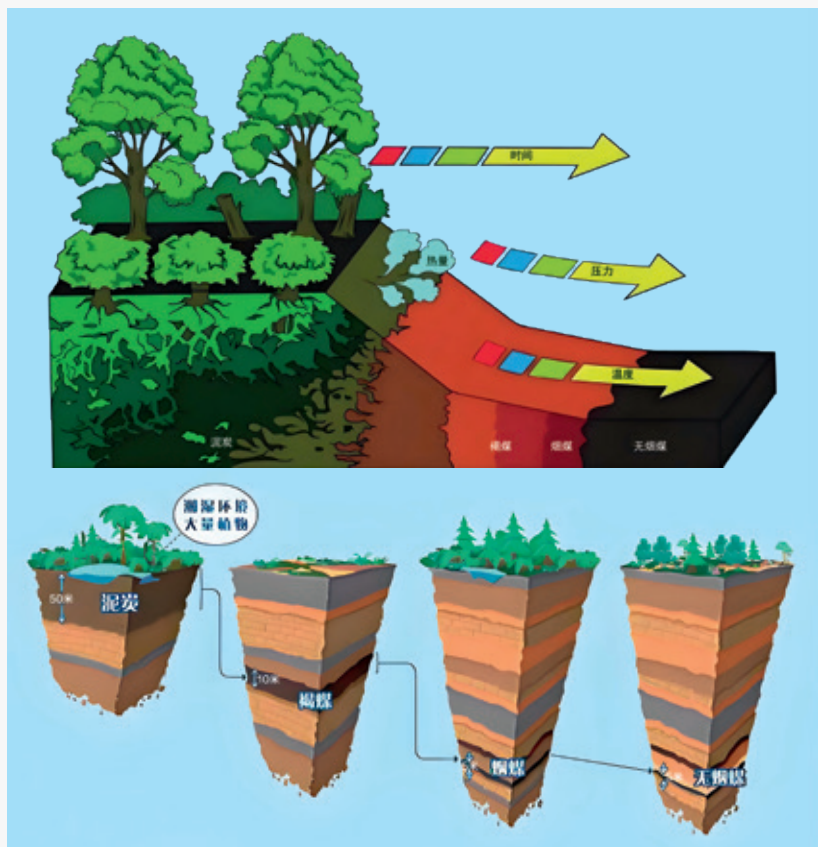
□ 文图 / 沈博伟 陈 斌 尹 力 胡志涛 宋 云

第一作者简介 沈博伟，高级工程师，四川省自然资源厅地质环境类专家库成员，成都市科普专家库成员，成都天府新区直管区“天府英才计划”优秀人才，中国矿业权评估师，四川省第三次全国土壤普查质量检查员，“陈斌科普+创新工作室”地质科普讲师。长期从事地质公园（地质遗迹）等环境地质、生态环境保护与建设领域的调查研究工作。

提及数亿年前的远古时代，我们脑海中最先闪现的大多是电影《侏罗纪世界》和《冰河世纪》，里面展现了曾统治地球长达1.5亿年的恐龙和遍地冰川覆盖的冰雪世界，不但有伶俐的翼龙、凶猛的霸王龙、迟钝的马门溪龙、还有贪吃的树獭、善良的长毛象和狡猾的剑齿虎……它们俨然成

为了远古时代的代名词。殊不知，在地球漫长的地史演化进程中，除了各具特色的远古动物渐次登场，远古植物也在通过遗传、变异和自然选择，从低级到高级，从简单到复杂，种类由少到多地进化着、发展着。地球上曾经温暖湿润的适宜气候，不单造就了动物发展的繁荣昌盛，也迎来了陆地裸子植物的极盛期：苏铁类和银杏类的发展达到高峰，松柏类和真蕨类也占到重要地位，一片生机盎然的远古森林逐步形成。

时光流转，地质变迁。伴随着生存环境的不断变化，地球生物也



＞ 煤炭形成过程示意图

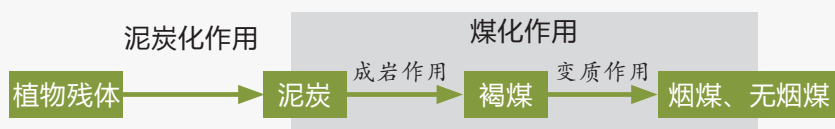
重复着从繁盛到消亡再到繁盛的不断循环。透过博物馆内以恐龙为代表的动物化石，我们依稀可以看到地球曾在远古时期的热闹与辉煌，不禁又会发出这样的疑问：那些远古植物如今又都去了哪里？

我们都知道，恐龙化石是恐龙死后身体中的软组织因腐烂而消失，骨骼（包括牙齿）等硬体组织沉积在泥沙中，处于隔绝氧气的环境下，经过几千万年甚至上亿年的沉积作用和石化作用，骨骼完全矿物化而得以保存下来的生物遗体和遗迹。同样的，那些死去的植物也在不同环境的地质作用下，变成了不同形态的物质：有的形成了精美的化石；有的在高温、高压、缺氧的地质环境下变成煤炭、石墨；有些在高压、低温、缺氧的条件下变为硅化木；有的成为了似石非矿的炭化木。还有些植物则凭借坚韧的生命力和顽强的适应性存活至今，成为远古植物的孑遗分子，堪称植物界的“活化石”。

树成炭，点亮生活的自然资源——煤

煤炭是由远古植物残体没入水中，经受生物化学作用，然后被地层覆盖并经物理作用与化学作用而形成的有机生物岩，包括泥炭和煤。

生成过程：整个成煤过程一般需要几千万年到几亿年的时间，可划分为两个阶段：即泥炭化作用和煤化作用。煤化作用又分为两个连续的过程，即成岩作用和变质作用。



泥炭化作用阶段：植物死亡后被水淹没，在缺氧环境里的植物体不会很快地分解、腐烂。随着倒木数量的不断增加，最终形成了植物

遗体的堆积层。这些堆积层在厌氧细菌的作用下，不断地被分解、化合，渐渐形成泥炭层（主要是腐殖酸和沥青质），是煤形成的第一步。

煤化作用阶段：由于地壳运动，泥炭层下沉，被泥沙、岩石等沉积物覆盖，在沉重压力和地热作用下，发生压紧、失水、胶体老化、固结等一系列变化，石炭含量逐渐增加，氧含量逐渐减少，腐殖酸含量逐渐降低，逐渐变成较为致密的岩石状的褐煤。随着褐煤层不断沉降到地壳较深处时，上覆岩层压力不断增大，地温不断增高，褐煤中的物理化学作用速度加快，内部分子结构、物理性质和化学性质发生进一步变化，煤化程度逐渐升高，逐渐变成烟煤、无烟煤。

形成时期：地球历史上最有利于成煤的地质年代除了中生代的晚三叠世（约 2.37 亿~2.014 亿年前）、侏罗纪（约 2.014 亿



> 泥炭



> 褐煤



> 烟煤



> 无烟煤

~ 1.45 亿年前) 和白垩纪 (约 1.45 亿 ~ 6 600 万年前), 还有晚古生代的石炭纪 (约 3.58 亿 ~ 2.98 亿年前)、二叠纪 (约 2.98 亿 ~ 2.51 亿年前), 以及新生代的古近纪 (约 6 600 万 ~ 2 330 万年前), 其中以侏罗纪煤层最厚。

我国共有 14 个成煤期, 其中最重要的成煤期是华北地区石炭纪—二叠纪, 华南地区二叠纪、晚三叠纪世, 西北地区早—中侏罗世, 东北地区晚侏罗世—早白垩世, 以及东北地区、西南地区及沿海地区的古近纪。其中早—中侏罗世成煤期煤炭资源量占全国总量的 60%, 华北地区石炭纪—二叠纪成煤期资源量占全国资源总量的 26%。

树化玉, 凝固时间的自然遗产 ——硅化木

硅化木又称木化石、树化石。它是远古植物因火山喷发或地壳运动等地质作用而被



＞ 硅化木横切面——年轮

埋入地下, 由于处于缺水的干旱环境或与空气隔绝, 木质不易腐烂, 在漫长的地质作用过程中被含硅钙物质交换替代而形成的树木化石, 它保留了树木的木质结构和纹理。

根据二氧化硅的结晶情况和程度, 硅化木可分为三种: 若木质被交代成胶质二氧化硅即蛋白石, 称为蛋白石硅化木; 若被交代成隐晶质石英 (即玉髓或玛瑙), 则称为玉髓或玛瑙硅化木; 若被交代成微粒的石英, 则称为普通硅化木。

生成过程: 硅化木的形成是硅替换取代木质纤维的过程, 即同时发生溶解作用和沉积作用, 从而使一种物质取代另一种物质的“交代作用”。

数亿年前的树木在自然力量下被大量埋入地层, 在高压、低温、缺氧环境下, 树干周围的化学物质如二氧化硅、硫化铁、碳酸钙等在地下水作用下进入到树木内部, 发生物质交换替代现象, 替换了原来的木质成分碳元素。如果溶解和交替速度相等, 且以分子相交换, 则可保存树木的微细结构, 如年轮及细胞轮廓等。如交替速度小于溶解速度, 则主要保存了树木的形态, 年轮一般不清楚。最后, 树木原来的成分已荡然无存, 全部由含硅钙成分的石质所取代, 只保留下树木的原始形态及构造特点。之后, 经过压实、固结、成岩等石化作用, 原来的树木就完全变成了坚硬的石头——木化石。

硅化木在中国广泛分布, 尤其集中于新疆、辽宁、浙江等古构造运动频繁区域, 代表性产地主要是新疆奇台县、浙江新昌县、辽宁北票市、内蒙古赤峰市、北京延庆区、



＞ 蛋白石硅化木



＞ 玉髓硅化木

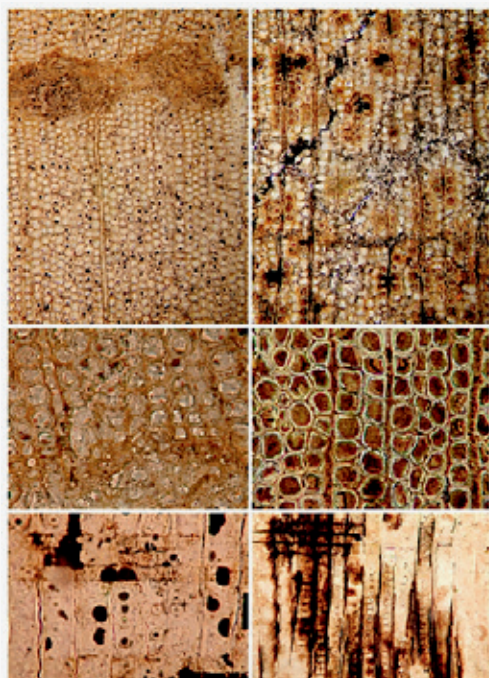


＞ 普通硅化木

云南元谋县，此外还有甘肃敦煌、玉门，四川自贡、射洪，广东深圳，山东临朐、日照等地。国际代表性产地包括美国亚利桑那州、阿根廷巴塔哥尼亚、埃及撒哈拉沙漠、澳大利亚昆士兰州、加拿大艾伯塔省，其他一些重要产地则是缅甸、印度尼西亚、马来西亚等。

硅化木作为跨越亿万年的自然瑰宝，既是解码地球演化的时空密码，也是承载人文审美的艺术载体。其保留的树木年轮、细胞结构及共生化石，为研究古气候、生态链及地质年代提供了重要实证，是地球演化史的“活档案”；而其稀缺性、独特的硅化纹理与矿物色彩，以及承载的文化象征意义，则使其成为高端收藏市场的宠儿。这种不可再生的自然瑰宝，既是科学探索的载体，也是艺术与财富的象征，未来价值潜力持续看涨。

形成时期：硅化木主要形成于古生代石炭纪到中生代白垩纪时期。



> 硅化木内部显微结构——管壁细胞



> 乌木

似石非矿的古韵至宝——乌木

除了煤炭和硅化木，远古植物还以另一种物质形态在地质历史中保留下来，并常因分辨不清而被混淆为硅化木，那就是乌木。

乌木又称阴沉木，是树木因地震、洪水、泥石流等自然原因埋入低洼淤泥中，在缺氧、高压状态下，受厌氧细菌等微生物的作用，经历长达成千上万年的炭化过程而形成，故又称“炭化木”。

生成过程：乌木的形成是一个复杂的地质和化学过程，涉及特定的环境条件、时间跨度及生物化学变化。

数万年前，树木因自然灾害（如洪水、地震、泥石流或火山喷发）被冲入河流、湖泊、沼泽或沿海淤泥中，被瞬间深埋于水底或地下沉积层，与氧气隔绝。在缺氧（厌氧）环境中，厌氧微生物开始分解木材中的纤维素和半纤维素等有机物，并在此过程产生有机酸（如腐殖酸）和甲烷等副产物。在高压（来自上层沉积物的重量）和温度（地热或深层埋藏）的共同作用下，木材中氢、氧元素逐渐流失，碳元素相对富集，形成稳定的碳结构，这一过程被称为“不完全碳化”（与煤炭形成类似，但程度较低）。地下水携带的矿物质（如铁、锰、硫化物）逐渐渗入木材孔隙，与残留有机物结合，形成致密结构。随着时间推移（通常数千年至上万年），上层沉积物不断增厚，对埋藏的树木施加巨大压力，使其木质纤维被压缩、脱水，结构变得更加坚硬致密。尽管有机成分部分分解，但树木的年轮、细胞结构甚至树皮可能因快速掩埋和碳化得以保留。通过这一过程，普通树木最终转变为质地坚硬、色泽深沉的乌木，成为自然与时间共同塑造的珍贵产物。

乌木会有不同程度的碳化，但又没有全煤碳化，是木化石的最早期形态，远没有成为木化石或者煤炭。因此，乌木

既非木化石又非矿产资源，但它本质坚硬，有独特的纹理和香气，经后期加工雕琢，颇受市场欢迎，具有很高的收藏价值。

乌木的核心产地集中在热带地区，包括非洲的加蓬、喀麦隆、尼日利亚，东南亚的印度尼西亚（苏拉威西、苏门答腊）、菲律宾、马来西亚，南亚的

斯里兰卡，美洲的巴西、墨西哥，中国的四川（岷江、金沙江流域）、长江中下游（江西、湖南、湖北）、云南、贵州，等等。

形成时期：乌木的形成时间一般在 2 000 年至数万年之间，主要是新生代（约 6 600 万年前至今），尤其是新生代第四纪冰河期（约 200 万年前）之后。

乌木与硅化木、煤炭的主要区别

特征	乌木（阴沉木）	硅化木（木化石）	煤炭
形成时间	数千年至万年	数百万年以上	数千万年至数亿年
主要成分	碳化有机物	二氧化硅	碳、硫、氢等
颜色	黑、深褐、青灰	多彩（红、黄、蓝等）	黑色或黑褐色，有一定光泽
质地	硬木，保留纤维结构	坚硬如石，可能结晶化	硬度相对较低，质地不均
科学分类	碳化木材	化石	化石燃料（矿物）
典型用途	工艺品、家具、收藏	科研、装饰、收藏	能源、化工原料

远古遗珠，植物演化的活化石

在地壳运动、火山活动、气候恶化等自然灾害的影响下，远古植物不断优胜劣汰：或死亡，成为讲述植物演化的真化石，如硅化木，沉稳内敛、温润细腻；或蜕变，成为见证植物

演化的“活化石”，如桫欏、苏铁，朝气蓬勃、欣欣向荣，它们都是研究古气候、古环境变迁、古生物学、物种形成、植物地理学等内容的重要证据。

桫欏 属桫欏科桫欏属，又名蕨树或树蕨，国家二级保护濒危植物。桫欏发源于中生代的晚三叠世或早侏罗世，一度成为侏罗纪植物界霸主。作为冰川时代的幸存者、“植物界的大熊猫”，桫欏是公认的极其珍稀的冰川前期植物，是地球上爬行动物时代的标志植物，是在白垩纪—古近纪灭绝事件中幸存下来的孑遗蕨类植物，唯一的木本蕨类植物，被称为地球生命演化的“活化石”。

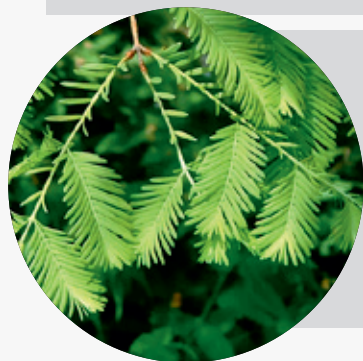


苏铁 属苏铁科苏铁属，是现存最古老的种子植物，大约起源于3亿年前的晚石炭世，在侏罗纪达到最盛期。目前，苏铁被世界自然保护联盟红色名录列为极度濒危物种，是中国国家一级重点保护植物，对研究种子植物的起源演化、植物与动物的协同进化、植物区系、古地理和古气候的变迁等具有重要的意义。全世界现存苏铁类植物有3科11属约280种，星散分布于热带与亚热带地区。



珙桐 又称“中国鸽子树”、水梨子、鸽子树，珙桐科珙桐属落叶乔木，国家一级重点保护植物，我国特有的单型属植物，是1000万年前新生代新近纪古热带植物的孑遗种。几百万年前，地球上曾一度广泛地生长过珙桐，但随着第四纪冰川的到来，全球性急剧降温，大部分珙桐都被冰川所吞没而灭绝，只有在中国南方的一些地区幸存下来，目前野生种只生长在中国西南四川省和中部湖北省和周边地区。

银杏 又名白果树，银杏科银杏属，落叶乔木，是第四纪冰川运动后遗留下来的裸子植物中最古老的孑遗植物。银杏最早出现于3.45亿年前的石炭纪，曾广泛分布于北半球的欧、亚、美洲，中生代侏罗纪银杏曾广泛分布于北半球，白垩纪晚期开始衰退。至50万年前，发生了第四纪冰川运动，地球突然变冷，在欧洲、北美和亚洲绝大部分地区灭绝，只有中国自然条件优越，银杏才奇迹般地保存下来。野生状态的银杏残存于中国江苏徐州北部（邳州市）、山东南部临沂（郯城县）地区、浙江西部山区。



水杉 属杉科水杉属，落叶、针叶大乔木，国家一级保护植物，中国特有树种，分布在我国华南、华东和华北部分地区。它不仅是经历了第四纪冰川浩劫的珍贵孑遗植物，而且还有很强的生命力和广泛的适应性，生长迅速，是优良的绿化树种，不但已在我国各地广为栽培，世界很多国家也争相引种栽培，使这珍贵的树木在全球范围内生生不息。

“物竞天择，适者生存”，曾经繁盛的远古森林都去了哪里？它们或化作迸发生命之光的黑色黄金点亮我们的生活；或成为藏匿亿年光阴的时间使者对地球故事娓娓道来；更有不屈的生命强者成为远古遗珠，是讲述植物演化的活化石。它们历经岁月轮回，古朴而神秘，都是地球历史永不褪色的远古记忆。📖

第一作者单位 / 四川黄金集团有限公司

（本文编辑：张佳楠）