

一线调研

编者按：一卷行李、一把铁锤，数十年探究……中国第十一颗“金钉子”的确立，经过了研究团队的不懈努力。2018年6月，国际地质科学联合会把全球寒武系第三统及第五阶共同底界的标准层型剖面 and 点位建立在贵州八郎村。随着这颗“金钉子”的落户，苗岭成为全世界科学家探索这段地质年代的对比中心。这也标志着我国在地质学的研究成果达到一个新高度。

靠靠春雨悄然而至，林木一经雨水滋润，贵州苗岭山区绿意更显。沿石梯小道拾级而上，临近山顶一处坡面上，由白色瓷砖砌成的地质层位标识柱已显斑驳。而右边两块暗红色瓷砖依旧醒目，一条金色分隔线上下，可以清晰地看到镌刻着两组字符——前者代表寒武系第三统，后者代表寒武系第二统。

这里是贵州省黔东南苗族侗族自治州剑河县革东镇八郎村，那条看似简陋的金色分隔线，却代表着多重身份——全球第六十九颗、我国第十一颗、贵州省第一颗“金钉子”。

通俗地讲，“金钉子”就是衡量地质年代的“一把尺子”，用来对比推断某个地质年代的全球标准地层剖面。贵州这颗“金钉子”的出现，把界定全球寒武系第三统及第五阶的全球标准，牢牢固定在八郎村附近的乌溜—曾家崖剖面。从此，国际年代地层表里，寒武系第三统及第五阶，正式有了自己的名字，它们分别被称为苗岭统、乌溜阶。

探索，寻找5亿年前的生命奥秘

“赵老师，我是刘锋，您还认得我吗？”今年元宵节，八郎村村民刘锋跑了趟贵阳，特意去医院看望一位老人。几声轻声呼唤，老人的手微微动弹，眼睛也似乎在尽力眨动。

这是两人最后一次互动。5天后，2月10日，这位86岁的老人离开了人世。老人是贵州大学资源与环境工程学院教授赵元龙。从寻找化石开始结缘，再到携手探究地球演化的历史，在过去数十年里，一位学者和一位农民，曾经有过无数次互动。

地球大概诞生于46亿年前，约在38亿年前开始孕育生命，而人类历史不过数百万年。为了厘清地球的演变脉络，科学家对地表不同时期的岩石、地层进行排序，将46亿年以来的年代地层单位，分为“宇、界、系、统、阶”5级，并要寻找出一个标志层位，作为定义和区分不同时代地层的唯一标准，也就是地质学上俗称的“金钉子”。

世代代生活在苗岭深处，八郎村的老乡对脚下这片土地早已失去了“新鲜感”，即使捡到一些带有奇怪动物图案的石头也是见怪不怪。村民们谁都没想到，5亿多年前这里还是一片汪洋，这些神秘图案竟会成为人类探寻寒武纪生命大爆发奥秘的信息库。

“看起来斯斯文文，成天在山里敲敲打打，好像对石头很感兴趣。”刘锋回忆，1982年，几位知识分子模样的外地人来到八郎村，很快就引起了村民的注意。当时13岁的刘锋，对其中一位高个子中年男人印象深刻——他操着一口浓厚的外地口音，经常请村里人一起帮忙敲石头。

就是这一年，45岁的赵元龙和同事一起申报了“凯里—丹寨一带寒武统三叶虫研究”项目。凭着3000元资助经费，一卷行李、一把铁锤，搭乘老式客运班车摇摇晃晃来到黔东南，他们一头扎进深山老林寻找古生物化石。

后来，刘锋也开始跟着赵元龙团队“敲化石”，一天可以获得3元工钱，找到稀缺化石还会有额外奖励。“要是找到了新种类的化石，赵老师还会买酒买肉，请我们好好撮一顿。”耳濡目染，刘锋很快掌握了诸多辨别和采集化石的知识，在他的记忆里，赵元龙似乎对三叶虫化石尤为着迷。

历经艰辛，赵元龙团队在八郎村附近的乌溜—曾家崖凯里组剖面中，发现了一个距今5.08亿年的庞大海洋古生物化石群，包括11个大门类、120多属动物化石。通过严谨对比，他们还发现凯里组中部与下部的三叶虫组合面貌存在明显差异。

在地球演化过程中，每个时代都有最典型的生物，找到标志性化石，是确定不同地质时代的关键依据。“这里有没有可能成为中、下寒武统界线呢？”灵感一闪而过，赵元龙突然意识到，八郎村的这个剖面，或许藏着一颗“金钉子”。

从1990年开始，赵元龙团队正式开启对“金钉子”的探究过程。岁月悠悠，沧海桑田，要在规模庞大繁杂的化石群里，找出界线层标志化石，没有捷径可走。“用最‘笨’的办法，按厘米精度对岩层进行连续取样。”赵元龙说。为了不耽误研究进度，赵元龙和同事干脆住在了刘锋家。无论寒冬酷暑，都不能阻挡他们勘测面、找化石的步伐。

1997年，赵元龙团队提出将多节类三叶虫——印度摇头虫作为寒武系第三统的首现化石。4年后，团队又在乌溜—曾家崖剖面凯里组底部上距52.8米处，精准确定出印度摇头虫的首现层位，并提出这一层位可作为中寒武统的起点。

博弈，“金钉子”终被嵌入苗岭

找出一颗“金钉子”，如同在记录地球演



苗岭深处，有颗“金钉子”

本报记者 汪志球 程焕焯

Table with 4 columns: Name, Boundary, Location, Approval Time. Lists 11 'Golden Nails' with their respective geological boundaries and locations across China.

中国“金钉子”分布与批准时间。自然资源部中国地质调查局供图

变的史书上插进一枚金色书签。这既是国际学术话语权的争夺，也体现了综合国力。长期以来，找寻“金钉子”一直是国际地质学界竞争激烈的课题，它的确立和审批是个漫长且充满挑战的过程。赵元龙和团队提出将印度摇头虫作为中寒武统标志性化石的构想后，外界很快就有了反对的声音。有国外学者提出了不同的方案，并得到了一些支持。

凭借扎实的科研成果，贵州古生物研究团队赢得越来越多的支持。竞争日益激烈之

际，关键时刻，以中国科学院南京地质古生物研究所研究员彭善池为代表的国内学者纷纷提供学术佐证，一批外国专家也主动加入贵州古生物研究团队，西班牙古生物学者乔治·埃斯特夫就是其中一员。通过对600多件凯里组印度摇头虫标本进行深入研究，乔治·埃斯特夫证实了西伯利亚以及美国的两种候选化石，均为印度摇头虫的同种种。我们发表了两篇非常重要的论文，论证了印度摇头虫对确定这颗“金钉子”的重要性，尤其是解决了华南板块的寒武纪地层与全球其他陆块的对比难题。”乔治·埃斯特夫回忆。在国内外专家共同呼吁下，赵元龙团队的国际认可度与日俱增，他和同事们连续被邀请至瑞典、奥地利等国参加寒武系学术会议，介绍贵州候选“金钉子”的研究情况。

2015年，寒武系第五阶界线工作组进行投票，决定将印度摇头虫定为寒武系第三统唯一的首现化石。至此，在赵元龙团队攻关“金钉子”的征途中，最大的障碍终于被攻克。

作为赵元龙的硕士研究生，杨宇宁从2011年开始从事“金钉子”研究，2016年博士毕业后又被引进回母校贵州大学工作，继续参与起草提案报告。回想当年多轮竞争的情景，这位青年学者记忆深刻：“得益于之前开展了广泛的国际交流合作，部分选举委员还到实地考察过，熟知贵州团队的研究成果，也亲眼见证了贵州剖面的独特优势，让我们在最后关头占据了主动。”

2018年6月8日，国际地层委员会全票通过乌溜—曾家崖剖面作为“金钉子”的提案。当月21日，国际地质科学联合会批准把全球寒武系第三统和第五阶共同底界的标准层型剖面 and 点位建立在八郎村，中国第十一颗“金钉子”成功落户贵州。

延续，讲好贵州古生物的故事

走进如今的八郎村，一派蓝色映入眼帘，墙壁上喷绘着形态各异的远古生物，仿佛置身海洋世界。拐进一条巷道，两侧墙面又变成浅黄色的寒武纪岩壁。定睛一看，里面竟镶嵌着许多古生物化石模型，进寨的一小段路程，如同完成一次野外地质考察。

来到半山腰一户人家，大门上悬挂着一块刻有“等你五亿年”的木质牌匾，憨厚壮实的苗族汉子刘锋赶忙出门迎客，他得意地告诉参观者：“这是我的家，也是一座古生物化石陈列馆！”跟着研究团队30多年，当年的毛头小伙成了有些沧桑的中年人，而他化石的热爱依旧不减。

进入两间侧屋，沿着墙体安装的玻璃柜台里，摆满了各类古生物化石，木墙上贴着它们的图文资料。2019年，刘锋腾出两间房建起这座陈列馆，再摆上自己精心收集的400多块化石，这里很快就成了村里的“网红”参观点。

随着“金钉子”落户，八郎村和周边村寨人气迅速提升，游客一茬接着一茬不断涌来。“由于地处国家地质公园，大修大建肯定不行不通，必须探索出一条保护与开发利用并重的路子。”时任黔东南苗岭国家地质公园剑河管理局局长的杨光平，参与了县里围绕古生物化石遗迹保护利用制定的一系列规划布局，2019年机构调整后，他调到县文体广电旅游局工作，开始集中精力参与“金钉子”旅游开发。

从“金钉子”剖面下山时，杨光平领着记者走上了另一条石阶路。沿途林木葱郁，梯田阡陌纵横，好一片世外桃源。不多时，便来到隔壁的屯庄村，与八郎村“海洋世界”风格不同，这里是一座民族风情浓郁的美丽苗寨，由吊楼楼改造而成的农家乐和民宿看起来别具风情。

“把科普教育与乡村旅游结合起来，让游客在这里有故事听、有事情做、有活动体验。”杨光平介绍，聚焦“研学+旅游”模式，剑河县深挖“金钉子”旅游价值，致力于将八郎古生物化石景区打造成全国乃至世界知名的科研基地，并与附近的剑河温泉、仰阿莎文化景区等景点串点成线，延长产业链，丰富旅游产业业态，带动全县旅游产业升级发展。目前，剑河古生物化石园区每年能吸引国内外游客5万余人次，带动当地200余户村民就业增收。

“你是一颗金钉子，曾凿穿苗岭，叩问地球哪里来；君已修成成化石，将永生大地，启示生命何处去。”赵元龙去世后，曾经采访过他的人民日报社原副总编辑梁衡撰写了一副挽联，用38个字恰如其分地描绘了这位古生物学家的一生。

斯人已逝，年轻一代的科研工作者接过接力棒，继续踏上了寻找一颗“金钉子”的征途。而苗岭深处那颗“金钉子”的使命也并未完结，它还在延续着自己的精彩故事。

本期统筹：何宇澈。图①：八郎村。图②：乌溜—曾家崖剖面。图③：赵元龙在野外进行地质考察。自然资源部中国地质调查局供图

把自然讲给你听

“金钉子”是定义和区别全球不同年代所形成的地层的唯一标准。一颗“金钉子”的成功获取，标志着一个国家在这一领域的地学研究成果达到世界领先水平

什么是“金钉子”？

汪啸风

我们生活的地球，已有46亿年的演化历史，生命演化的奥秘就保存在层层岩石中。试想一下，如果把地球的年代地层，变成像历史朝代“唐宋元明清”一样清晰，我们就读懂每个时间地层单位内所形成的岩石和相关的地质事件。

“金钉子”是国际地层委员会和国际地质科学联合会批准的，引用铁路修建史上的“金钉子”一词，将其作为划分全球地质年代界线的时代标志。

“金钉子”是定义和区别全球不同年代所形成的地层的唯一标准，以此解决全球地质历史的时间对比问题。科学家将地球46亿年以来的地层单位，分为“宇、界、系、统、阶”5级，相应的时间单位就是“宙、代、纪、世、期”5个时期。其实每一个地质时代“金钉子”的选取很有讲究，要经过对全球相关时代地层调查研究，并组织有关专家详细调查研究和按程序投票表决。可以说，一颗“金钉子”的成功获取，标志着一个国家在这一领域的地学研究成果达到世界领先水平。

大美中国，山川辽阔。在神州大地寻找和建立“金钉子”，需要攻克一个个科学难题。一颗“金钉子”“入围”的基本条件是：地层出露连续，发育完整，不存在重大的岩性、岩相变化，没有受到后期构造作用的改造、破坏；“金钉子”剖面必须化石丰富，产有可进行区域和全球对比的多门类化石。全球范围内研究与此时间段有关的科学问题，都要以此作为标准对比；“金钉子”剖面需开展包括生物地层学在内的多学科综合研究，并公开发表，得到国际同行的广泛认同。最重要的是，一颗“金钉子”在全球可能有多个满足条件的候选剖面参与竞争。我们在尊重国际规则的同时，也要将我们候选剖面的优势呈现在国际同行面前。

每一颗“金钉子”都有其独特的一面。我国第一颗“金钉子”是1997年在浙江常山黄泥塘剖面所获得的奥陶系达瑞威尔阶底界“金钉子”，该“金钉子”剖面发育了丰富的笔石、牙形石、几丁虫、疑源类等门类化石，特别是笔石化石，具有分布范围广、演化迅速、化石丰度、分异度高的特点，其中不乏具有全球对比潜力的标准化石。科学家在该剖面共识别出10个连续的笔石带，证明了在该剖面笔石生物演化序列是连续的、完整的，不存在沉积间断，即该剖面不存在时间段的缺失；同时该剖面的10个笔石带也为4.70—4.58亿年前的时代阶段精细划分标定了“刻度”。在这些笔石化石中，澳洲齿状波曲笔石最终被选为达瑞威尔阶底界的标志化石，它首次出现的位置，代表了地球演化过程中的一个关键时间节点，即距今4.67亿年前那一刻。

如果说楔入一颗“金钉子”不容易，保护好这些珍稀地质遗迹更是一道理代难题。根据国际惯例和要求，“金钉子”所在国家和地区要允许自由进入研究和永久保护剖面。经过社会各界共同努力，我国“金钉子”所在绝大多数都已成为各地院校和油气部门的教育实习基地，每年都有来自国内外的众多地质学家和工作者前来参观学习。

地球46亿年的演化进程中，发生了一系列重大地质事件，通过“金钉子”一一确立，逐渐形成了全球统一的时间框架和年代地层框架，这些“金钉子”，包括前寒武纪的全球标准层型剖面 and 点位，共计116个。在拟建的116个“金钉子”中已建立了90个。我国已建立了11颗，成为数量最多的国家之一。

未来“金钉子”的研究仍将继续。随着研究不断深入，全球统一的时间框架和年代地层框架也会适时调整，包括待建“金钉子”的确立，已有“金钉子”的厘定、部分断代年代地层框架的建立与调整等。目前仍有26颗“金钉子”尚未建立，建立完成全部“金钉子”还需要很长时间。随着地质年代表的不断完善，将提供统一的高精度的时间标尺和“通用语言”，使全球能够在统一的时间尺度上，探讨全球地质环境变化和生态保护、修复与治理，探讨全球矿产资源分布与富集，探讨生命起源及生物与环境协同演化等，为保护地球这一人类共有的家园贡献力量。

（作者为自然资源部中国地质调查局武汉地质调查中心研究员，本报记者常歆采访整理）

寄语



杨宇宁：贵州有丰富的化石资源，是从古生物研究的天然实验室。赵元龙教授1961年大学毕业后，从江苏老家来到这片土地工作。在过去62年里，寻找“金钉子”占据了近一半时间。发现这颗“金钉子”十分不易，赵老师和研究团队为我们青年学者树立了好的榜样。

古生物研究意义重大，是一门探究生命起源和演化历程的学科，出成果不可能一蹴而就。这就要求我们科研人员必须像钉子一样，把根深深扎在大地上，用行动来诠释生命不息、钻研不止。

刘锋：30多年过去了，第一次敲化石的场景历历在目，那会儿只是冲着每天3元工钱去的，根本不明白自己参与的是项工作这么有意义。跟着赵老师团队敲了半辈子化石，我见证了他们的坚守和拼搏，也为自己曾经参与过“金钉子”的研究工作感到无比光荣。



“金钉子”能落户八郎村，是我和乡亲们的缘分，守护好它是我们的义不容辞的责任。以后，我会更好地保护古生物化石群遗址，给人们讲述“金钉子”和其他化石的精彩故事。