

构建高精度年代地层格架：重新认识北疆石炭-二叠系

贾承造*

中国石油勘探开发研究院, 北京 100083

* 通讯作者, E-mail: jiacz@petrochina.com.cn2026-02-02收稿, 2026-02-25修回, 2026-03-06接受, 2026-03-12网络版发表
国家自然科学基金企业创新发展联合基金项目(U22B6002)资助

准噶尔盆地及其周缘(北疆)油气资源丰富, 为中国石油工业作出了杰出贡献。该盆地地质演化历史及石油地质条件复杂, 其中以风城组为代表的石炭-二叠纪烃源岩黑色页岩的时代厘定和构造背景确定是关系油气勘探成功与大规模储量发现的重大科学问题。然而, 由于该时期处于古亚洲洋关闭的关键海陆转换阶段, 地层中普遍缺乏可用于全球精确对比的海相标准化石, 长期以来区域地层时代归属模糊、对比关系不清、盆地演化历史重建困难。这一基础地质难题制约了油气勘探精细部署、资源潜力准确评价与勘探新领域的有效拓展。因此, 建立一套高精度、可靠的年代地层格架, 不仅是深化区域地质认识的迫切科学需求, 也是推动油气勘探持续取得突破、保障国家能源安全的重大实践命题。

国内外多家单位学者联合在《中国科学: 地球科学》发表的“准噶尔盆地及周缘石炭-二叠纪烃源岩高精度年代地层格架与时空演化”一文(侯章帅等, 2026), 突破该区石炭-二叠纪地层中砾岩火山岩发育、沉积相多变、缺少标准化石对比剖面的难题, 革新研究方法, 选用以火山灰为主要研究对象, 与美国麻省理工学院同位素年代学实验室等合作, 开展了系统性的高精度同位素年代学研究, 取得了突破性进展, 获得53个高质量年龄数据, 据此重新厘定了准噶尔盆地及周缘石炭-二叠系多套烃源岩地层的对比框架, 大幅提高了北疆地区石炭-二叠纪地层的对比精度, 提升了北疆地区地层研究水平, 推动了周边拗陷的油气勘探, 对火山岩的研究为古亚洲洋演化提供了新的年代学证据。

1 奠定了北疆地区油气勘探与基础地质研究的坚实年代学基础

侯章帅等(2026)的科学贡献首先体现在成功解决了

一个长期悬而未决的重大基础地质问题。准噶尔盆地石炭-二叠纪主力烃源岩的确切时代, 一直是学术界和工业界争论的焦点。风城组传统上多被置于早二叠世, 但缺乏确凿年代学证据, 芦草沟组的时代归属也存在中二叠世与早二叠世的不同认识。这种不确定性导致了对烃源岩形成机制和不同凹陷间烃源岩可比性的模糊判断, 增加了勘探风险。该研究通过对覆盖准噶尔盆地西北缘(玛湖凹陷)、南缘(博格达山周缘)、东缘及周缘吐哈、三塘湖、伊犁盆地共53个关键层位火山灰样品的高精度U-Pb定年, 获得了全新认识, 方法先进得当, 采样广泛且具代表性。

(1)精准锚定了主力烃源岩时代: 首次以高精度数据(如MY1井风城组CA-ID-TIMS年龄 306.85 ± 0.15 Ma, 宝明矿场芦草沟组年龄 289.64 ± 0.10 Ma)明确揭示, 风城组主体沉积于晚石炭世卡西莫夫期至早二叠世阿瑟尔期, 芦草沟组主体形成于早二叠世萨克马尔期至亚丁斯克期, 而准东的平地泉组则属于晚二叠世吴家坪期。这一厘定改变了传统的地层对比方案, 为烃源岩的生烃演化和成藏过程研究提供了精确的“时间标尺”。

(2)揭示了地层单元的复杂性: 研究结果揭示传统岩石地层单位“芦草沟组”在盆地内可能存在穿时。在盆地南缘和吉木萨尔凹陷, 芦草沟组为早二叠世; 而在阜康凹陷深部(如KT2、KT5井), 命名为“芦草沟组”的地层却获得了晚石炭世的年龄, 指示这些“老芦草沟组”可能是与西北缘风城组同期的异相沉积。这一认识明晰了烃源岩发育具有多中心、分阶段的特征, 提升了进源勘探和甜点评价的精度。

(3)重建了区域统一演化框架: 基于精确的年代地层学约束, 论文构建了古亚洲洋西段石炭-二叠纪“四阶段”演化模型: 石炭纪火山-海相沉积阶段→晚石炭世末-早二

中文引用格式: 贾承造. 2026. 构建高精度年代地层格架: 重新认识北疆石炭-二叠系. 中国科学: 地球科学, 56(4): 1590-1592, doi: [10.1360/SSTe-2026-0044](https://doi.org/10.1360/SSTe-2026-0044)

英文引用格式: Jia C. 2026. Constructing a novel high-precision chronostratigraphic framework for the Carboniferous-Permian strata in Northern Xinjiang, China. Science China Earth Sciences, 69(4): 1553-1555, <https://doi.org/10.1007/s11430-026-1895-8>

叠世初海陆转换与差异化阶段→早二叠世(乌拉尔世)湖相烃源岩广泛发育阶段→中二叠世(瓜德鲁普世)隆升剥蚀与晚二叠世(乐平世)准平原化阶段。这一框架将看似孤立的各个盆地和凹陷纳入统一的动力学演化序列,提升了区域地质研究的系统性和预测能力。

因此,该文不仅解决了一系列具体的地层时代争议,更重要的是,它为准噶尔盆地乃至整个北疆地区的石炭-二叠纪地质研究奠定了一个高精度、可靠的年代学基础,使得后续所有的构造地质学、沉积学、古地理学、石油地质学研究得以在统一的时间对比格架中进行,科学意义深远而重大。

2 多技术融合与系统性采样破解陆相地层定年难题

针对研究区海相化石稀缺、陆相生物地层穿时性强、古地磁数据零散的客观现实,侯章帅等(2026)选择了火山灰锆石U-Pb同位素年代学作为核心技术。火山灰层是地质记录中分布广泛且能直接记录喷发时间的“时间胶囊”,是建立高精度年代格架最理想的材料。

侯章帅等(2026)采用了多层次、多技术的综合定年策略,没有局限于单一方法,而是融合了分层次的分析。首先利用LA-ICPMS进行大范围样品的快速筛选与初步对比;关键层位则辅以SIMS进行更高精度的原位分析;最终,对8个最关键层位的样品使用了目前精度最高的CA-ID-TIMS技术,以获得“金钉子”级别的绝对年龄锚点。这种“点面结合、精度递进”的研究策略,既保证了研究覆盖的广度,又确保了关键结论的可靠性,是陆相地层对比精度优化的典范。

该研究团队历时五年,系统调查了25条剖面 and 22口钻井,采样范围覆盖了研究区所有主要的构造-沉积单元和关键烃源岩层位。这种大规模、系统性的采样工作,确保了数据的代表性和新建立的地层框架的普适性,避免了因个别数据可能导致的片面或不完善结论。

该文对年龄数据的处理与解释体现了科学性和严谨性。对于可能存在碎屑锆石混杂或铅丢失的样品,谨慎采用最年轻锆石年龄组作为最大沉积年龄约束,并明确区分了不同层次的误差来源。研究方法为在复杂陆相沉积区开展高精度年代地层学研究提供了一个可供借鉴的完整技术流程和成功范例。

3 提供了新的油气勘探启示

侯章帅等(2026)建立的烃源岩年代地层格架和揭示的时空演化规律,对北疆地区的油气勘探具有重要指导意义。该文揭示了烃源岩发育的“三阶段”模式与空间分

异,每阶段有其主力分布区:第一期(晚石炭-早二叠世初)以准噶尔盆地西北缘风城组(及可能的阜康凹陷深部“老地层”)为代表,属咸化碱湖环境;第二期(早二叠世中期)以准噶尔盆地南缘芦苇沟组、吐哈盆地塔尔朗组等为代表,属广覆式淡水-半咸水湖盆;第三期(晚二叠世早期)以准噶尔盆地东缘平地泉组为代表,属滨浅湖-沼泽环境。这一“三期”模式指示勘探部署需针对不同凹陷、不同时代,寻找与之匹配的沉积相带和烃源岩发育中心。

该研究将准噶尔盆地与吐哈、三塘湖、伊犁盆地的年代地层格架进行了统一对比,证实了吐哈盆地塔尔朗组、三塘湖盆地芦苇沟组与准噶尔盆地南缘芦苇沟组为同时期沉积,而伊犁盆地塔姆其萨依组则略晚。这为这些周缘盆地的油气勘探提供了直接的层位对比依据和资源潜力类比基础,有望推动区域勘探的整体进展。

4 未来研究展望

该文所研究的北疆地区石炭-二叠系是多个十亿吨级大油区形成的资源基础,也是中亚造山带演化的关键记录,兼具重大科学理论价值与资源勘探意义,基于现有成果,未来研究可在以下方向深化。

(1)深化火山岩与构造背景研究:在已获得火山灰高精度年龄的基础上,对火山岩开展系统的地球化学(主量、微量、同位素等)和岩石学研究,揭示火山活动的时空迁移规律,反演古亚洲洋关闭过程的详细路径与机制,探讨后碰撞伸展或板内环境的岩浆作用特征,揭示年轻陆壳的增生、成熟过程及对盆地演化与油气地质条件的制约。此外,分析火山活动与湖盆形成、烃源岩发育之间的联系也是值得探索的工作,如火山活动如何提供营养物质、影响古气候等重要科学问题。

(2)加强沉积-古生物综合研究:高精度年代地层格架为开展精细的沉积体系分析和古生物群落演化研究提供了绝佳的“时间标尺”。未来可继续开展以等时格架为基础的岩相古地理重建,精细刻画各时期湖盆范围、水深、盐度及物源方向。开展孢粉、介形、轮藻等微体古生物及脊椎动物化石的精确定层与古生态研究,建立与高精度年龄标尺对应的生物地层序列,并反演古气候变迁。进一步结合地球化学指标(如有机碳同位素、碳酸盐岩碳氧同位素),构建高分辨率的古环境古气候演变曲线,探索与晚古生代大冰期的联系。

(3)推动全油气系统理论研究:全油气系统是当前石油地质学理论研究前沿,北疆石炭-二叠系是典型范例(贾承造等,2024)。未来可将侯章帅等(2026)建立的年代地层格架整合到“全油气系统”理论框架中,系统研究三大烃源岩层系在不同凹陷的生烃动力学和常规-非常规

油气有序共生的时空配置关系。建立基于精确时间的一体化成藏模式，为常规和非常规油气的评价和预测提供更可靠的地质模型，不断完善准噶尔盆地全油气系统成藏理论，指导未来新的十亿吨级储量区带的发现。

总之，“准噶尔盆地及周缘石炭-二叠纪烃源岩高精度年代地层格架与时空演化”一文是一项具有重大意义的突破性研究。这项工作以前瞻性的科学问题为导向，以先进的多技术方法为手段，以系统性的野外采样为基础，成功破解了长期制约北疆油气勘探和基础地质研究的关键地层年代难题，为准噶尔盆地石油天然气持续发展和北疆基础地质科学做出了重要贡献，科学意义和社会意

义重大。这项研究是基础研究与生产实践紧密结合、相互促进的典范，随着后续研究进一步深入，可望不断推动我国北疆地区的油气勘探与地质科学研究。

参考文献

- 侯章帅, 王向东, 支东明, 等. 2026. 准噶尔盆地及周缘石炭-二叠纪烃源岩高精度年代地层格架与时空演化. 中国科学: 地球科学, 56: 304-328
- 贾承造, 庞雄奇, 宋岩. 2024. 全油气系统理论基本原理. 石油勘探与开发, 51: 679-691

(责任编辑: 朱茂炎)