

文章编号: 1000-0550(2008) 05-0725-05

博格达南缘二叠系古土壤类型及其在层序地层研究中的应用

冯 乔¹ 杨 晚² 柳益群³

(1 山东科技大学 山东青岛 266510 2 Wichita State University, Kansas Wichita KS 67260 3 西北大学 西安 710069)

摘 要 古土壤是在地质时期经成壤作用改造原岩而形成土壤。野外实地详细考察和室内研究表明, 博格达南缘二叠系中发育 4 类古土壤, 即有机土壤, 发育于土壤剖面的近顶部, 属于潮湿古环境的产物; 泥质土壤, 主要发育于淋滤带和淋滤带底部泥质沉淀带, 形成于长期淋滤和比较潮湿的古环境; 铁质土壤以富含铁质结核为特征, 是长期淋滤和潮湿古环境的标志; 钙质土壤以富含钙质结核为特征, 是干旱一半干旱古环境的标志。通过古土壤的研究能够精细地划分层序旋回和恢复沉积古环境。

关键词 古土壤 层序旋回 古环境 陆相沉积 博格达

第一作者简介 冯乔 男 1963 年生 教授 博士后 石油地质学与油气地球化学 E-mail: fengqiao99@126.com
中图分类号 P512.2 P539.2 文献标识码 A

层序边界的识别是层序地层学研究的重点和难点之一, 层序界面是以不整合面或与之相对应的整合面为边界的。整合面将新老地层分开, 沿此面没有发生陆地和海底的侵蚀作用, 也不存在重大沉积间断; 整合面包括沉积作用缓慢、在较长地质时间内仅沉积很薄沉积物的界面。不整合面将新老地层分开, 沿此面发生了重大沉积间断, 存在陆上侵蚀削截或暴露现象。一个区域性的可追踪的层序界面, 具有沉积或构造条件发生了重大变化的特点^[1]。

许多界面可以作为层序边界, 只要它们能够把厚的盆地充填物按适当比例分成若干个可识别的层序即可, 这些界面包括不整合面及对应的整合面、海相凝缩层顶或底、煤线、岩性突变、地层叠置方式、地震相、沉积形态和尖灭方式、化石多样性等。

陆相层序分析中准确控制各级层序单元的沉积构成及其关系的关键在于不同级别界面的识别。由于陆相盆地具有很强的分隔性, 相变又非常复杂, 具有多水系多物源的特点, 因而寻找区域性较稳定的层序界面比较困难。越来越多的研究证实用古土壤细分陆相成因地层层序和解决地区及全球对比问题具有明显的实用性^[2-5]。

1 古土壤分类

古土壤 (paleosol) 是地质时期在地表形成、随后被较新沉积物埋藏的土壤^[6]。土壤从上到下一般包

括有机质层 (O 层)、矿物质层 (A 层)、沉积作用层 (B 层)、不含基岩的矿物质层 (C 层) 以及未发生成壤作用 (pedogenesis) 的基岩层 (R 层)。其中, O 层以新鲜或部分分解的有机质为主, 处于分解一半分解状态, 称为覆盖层; A 层为易溶矿物 (如粘粒、铁和铝) 淋失而难溶矿物 (如石英等) 相对增加的层, 称为淋溶层; B 层为硅质粘粒、铁、铝或腐殖质等富集沉积层或残留富集暗、深红色三氧化物、二氧化物、硅酸盐粘土层, 称为淀积层 (图 1)。古土壤中一般 B 层的特征会被很好地保

古土壤剖面	简称	符号	主要特征
	有机层	O	以新鲜的或部分分解的有机质为主, 可见植物根系和生物钻孔等, 处于分解一半分解状态。
	淋滤层	A	在地表水作用下, 岩石中的易溶矿物 (如 K、Na、Ca、Mg 等) 被淋滤; 当地表水淋滤强烈时, 铁、铝、粘土等难溶矿物也被淋失, 仅有难溶的石英等矿物被保留。
	淀积层	B	硅质粘粒、铁、铝或腐殖质等富集沉淀, 或暗、紫红色三氧化物、二氧化物、硅酸盐粘土层残留富集。
		C	基本上没有受到成壤作用影响的原始沉积岩层。
	基岩层	R	未发生成壤作用的基岩层。

图 1 古土壤剖面及类型特征

Fig 1 The section and its characteristics of paleosols

存下来,从而成为判断古土壤类型的诊断层。

不同的国家和地区有各种不同的分类方案。虽然美国农业部 1975 年对土纲的划分在古土壤研究中使用较多,但其缺点是依赖并不保存在古土壤里的阳离子、有机质等土壤属性。本文采用 Mack 等人 (1993) 的古土壤分类系统,因为该系统是专门针对埋藏古土壤而言,并制定了一个相对简单的命名方法,可应用于岩石记录中的大多数古土壤,能有效地对比全球范围的古土壤^[6]。Mack 的古土壤分类系统主要依靠稳定矿物和保存在土壤中的古地貌属性,将古土壤划分为 9 类^[8]。

2 古土壤类型及环境意义

本文作者与美国堪萨斯州立大学杨晚教授、西北

大学柳益群教授等人已经连续 3 年在博格达南缘二叠系—三叠系开展陆相层序研究,由于该地区陆相层序发育完整、出露良好,桃树园剖面与塔尔朗剖面相距仅 5 km,但岩性岩相变化迅速,充分体现了陆相层序岩相变化快的特点,而且层序中古土壤极发育,类型丰富,成为陆相层序界面划分与对比的极好标志。

经野外 cm~ dm 级的精细调查及室内综合研究,认为博格达南缘主要发育 4 类能够反映不同古环境意义的古土壤类型。

2.1 有机土壤

有机土壤 (Histosol) 为富含有机质的土壤,主要是指由植物残留物组成的沼泽土,如煤层、炭质泥岩,以及生长的植物根系、生物钻孔与潜穴等。在塔尔朗剖面梧桐沟组中除了发育多达 20 余层的薄煤层和炭

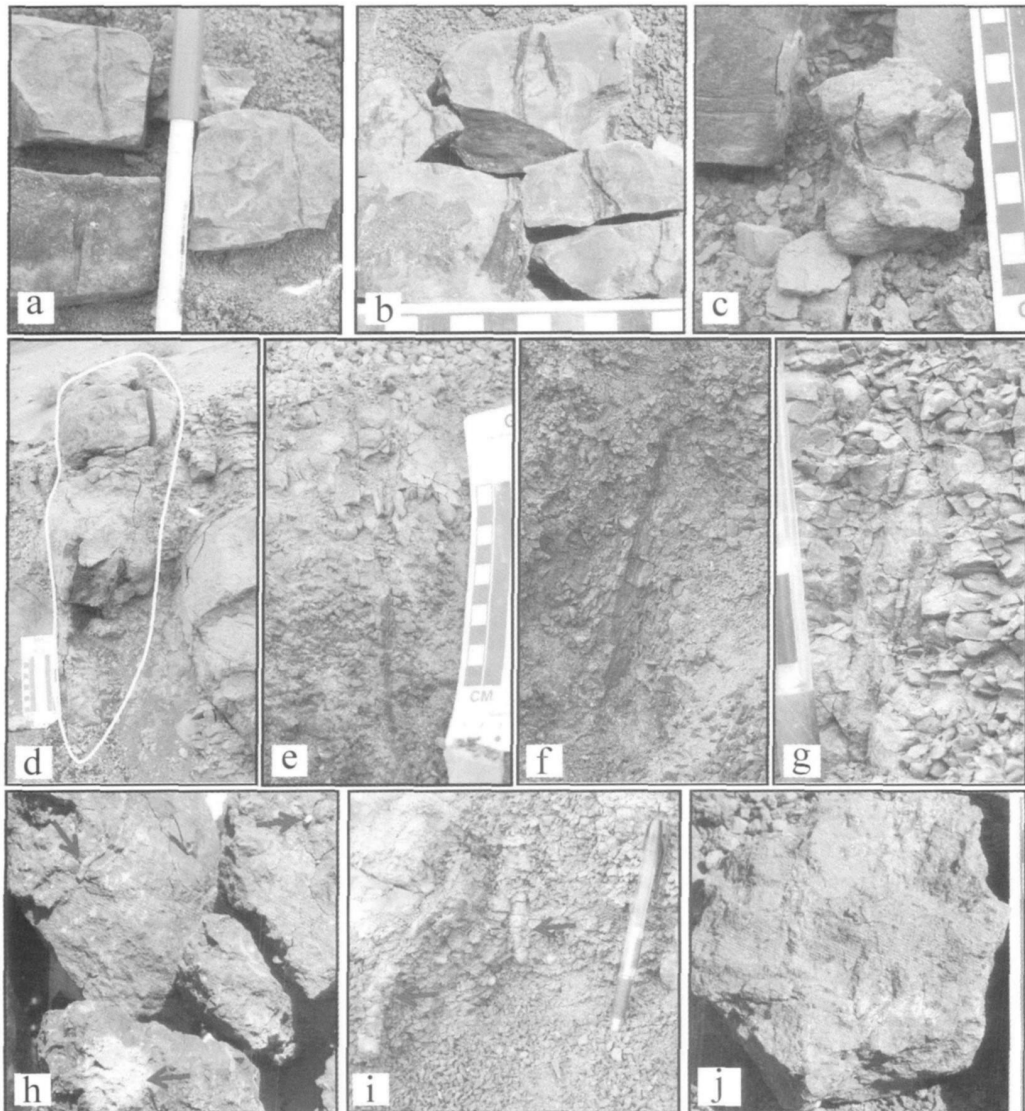


图 2 塔尔朗剖面梧桐沟组有机土壤中的植物根系及生物钻孔 (说明见正文)

质泥岩层外, 还有两类有机土壤, 即生长的植物根系和生物钻孔。

2.1.1 植物根系

植物根系主要垂直于或近垂直于沉积层面分布, 为原地生长的植物根茎残留物, 部分已经炭化 (图 2a—g), 这些生长的根系主要残留在梧桐沟组发育于湖岸平原、河泛平原的细砂岩、粉砂岩和泥岩中。个别植物根系的上段垂直于层面而下端弯曲近水平 (图 2c), 另外还见较大型的植物根系 (图 2h, d), 其中一个直径约 10 cm, 残高近 40 cm。

2.1.2 生物钻孔

生物钻孔指生物活动所留下的痕迹, 主要由软体生物遗体氧化分解后被淋滤砂质组分充填, 往往垂直或近垂直地表分布, 具有节状、圆管状、下大上小等特征 (图 2h, i)。

煤层、炭质泥岩、根系和生物钻孔等有机土壤的发育表明当时生物圈动植物繁盛, 应为适合生物生长和活动的多雨水的潮湿古环境。

2.2 泥质土壤

泥质土壤 (Argillisol) 是指因淋滤作用而形成的主要由粘土矿物组成的土壤。主要包括两类, 一类为原岩为泥岩, 因地表水的向下淋滤作用, 易溶矿物、有机质等淋失, 主要残留下粘土矿物, 在塔尔朗剖面梧

桐沟组中见有多层这样的古土壤, 分布在铁质结核层和铁红色泥岩、砂岩层之上, 呈铁灰色, 较纯, 总有机碳含量 < 0.1%。另一类泥质土壤为淋滤在原岩的裂缝中, 粘土矿物呈油脂光泽, 片状叠置 (图 2j), 显然与生物活动有关。

泥质土壤为地表水长期淋滤作用的结果, 反映当时为比较潮湿的古环境。

2.3 钙质土壤

钙质土壤 (Calcisol) 是指富含碳酸钙矿物质的土壤。塔尔朗剖面发育两种钙质土壤, 一种为位于大河沿组辫状河泛滥平原之上, 分布于砂砾岩的顶部, 钙质结核呈平行或近垂直于层面产出 (图 3a, b), 结核之间的砂岩为暗红色为氧化淋滤的结果。另一种原岩为泥岩, 氧化后呈砖红色、紫红色泥岩, 其中发育较多垂直层理的钙质结核, 形态各异, 数量众多, 主要分布在泉子街组、锅底坑组上部和下三叠统中 (图 3c)。

地表水在垂直向下渗透过程中, 其侵蚀性逐渐丧失, 由酸性逐渐变成中性乃至弱碱性^[8]。在干旱一半干旱古环境中, 由于地表水量较少, 方解石等由不饱和状态迅速演变为饱和状态或过饱和, 产生大量方解石沉淀, 富集形成碳酸钙结核或透镜体, 因此富集碳酸钙结核的古土壤是干旱一半干旱古环境的标志; 在多雨水和潮湿的环境中, 由于地表水量充沛, 当淋

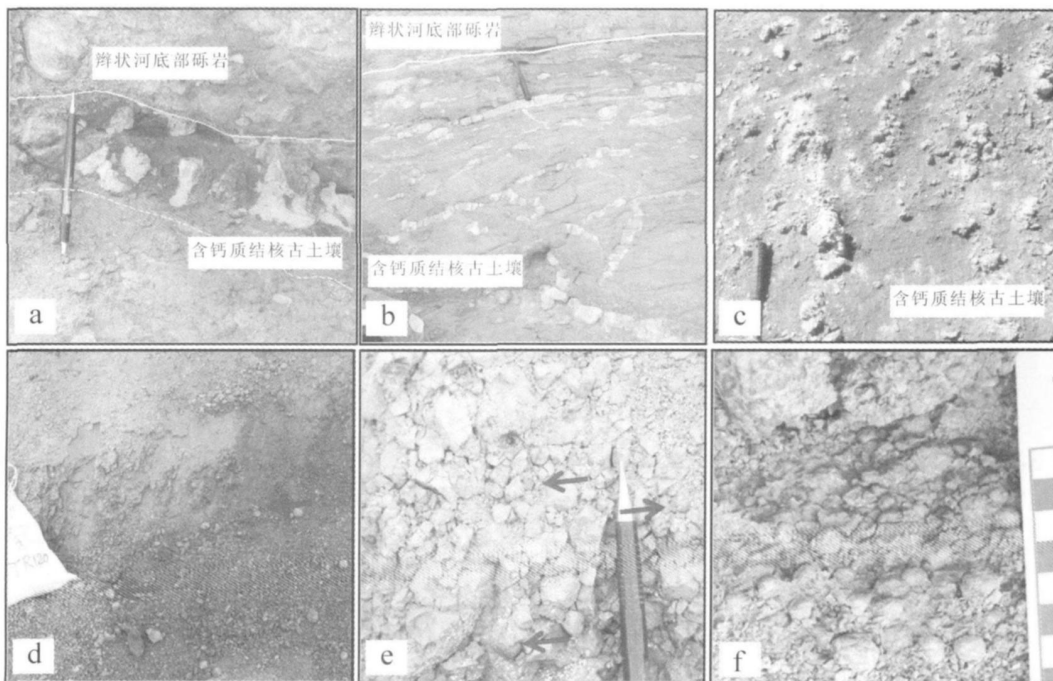


图 3 塔尔朗剖面二叠系中钙质与铁质古土壤类型 (说明见正文)

Fig 3 Examples of calcisol and spodosol in Permian in Taerlang section

滤作用进行得很彻底时,大量可溶矿物质被淋失,最后可产生含铁质沉淀,富集形成铁质结核,因此富含铁质结核的古土壤是长期淋滤和潮湿古环境的标志。

2.4 铁质土壤

铁质土壤,或称为灰质土壤 (Spodosol),即古土壤中主要以铁质富集为特征,可表现富含 Fe_2O_3 的砖红色、铁锈红色、紫红色土壤为特征(图 3d),也可表现为铁质富集成结核为特征(图 3e、f),更有甚者,铁质矿物持续富集可形成透镜状、扁豆状铁矿,如华北奥陶系顶部长期风化剥蚀淋滤形成的“山西式”鸡窝状铁矿或铝土矿。

3 古土壤在层序划分中的应用

博格达南缘二叠系根据岩性组合特征可以 3 分,即下二叠统桃东沟群,中二叠统大河沿组、芦草沟组 and 红雁池组,上二叠统泉子街组、梧桐沟组和锅底坑组,其中锅底坑组为二叠系、三叠系跨纪地层单位。根据岩石组合特征,红雁池组顶部为一套含丰富生物碎屑的介壳灰岩,属于湖相沉积;泉子街组底部为一套紫红色泥岩,层理不明显。二者界线清楚(图 4)。泉子街组底部紫红色泥岩中有较多呈近垂直或斜交层面的钙质结核发育,属于钙质古土壤,表明这套泥岩沉积之后经历了较长期的沉积间断和风化淋滤,属于钙质古土壤,根据旋回层序理论,层序界面应放在古土壤的顶面(图 4),而不是紫红色泥岩的底面。

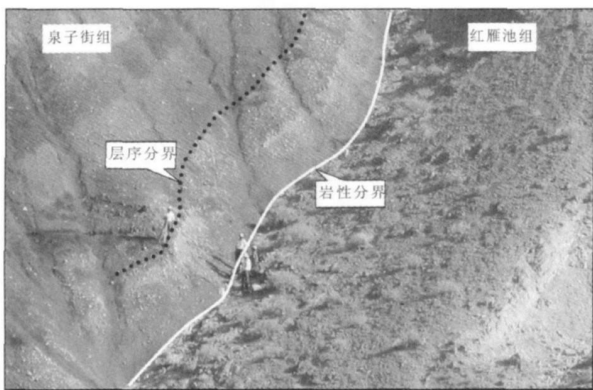


图 4 二叠系红雁池组与泉子街组岩性分界与层序分界

Fig 4 Lithologic boundary and sequence boundary between Hongyanchi Fm. and Quanzijie Fm. in Permian

4 结论

古土壤是指在地质时期经风化淋滤和成壤作用,

原岩被改造而形成的土壤。经野外实地详细考察和室内研究,认为博格达南缘二叠系中发育 4 类古土壤,即有机土壤,发育于土壤剖面的近顶部,属于潮湿古环境的产物;泥质土壤,主要发育于淋滤带和淋滤带底部泥质沉淀带,形成于长期淋滤和比较潮湿的古环境;铁质土壤以富含铁质结核为特征,是长期淋滤和潮湿古环境的标志;钙质土壤以富含钙质结核为特征,是干旱一半干旱古环境的标志。野外实践表明古土壤特征是陆相层序划分与对比很好的标志,利用古土壤能够把单一岩性层或韵律层区分开来,能够更确定的恢复沉积古环境。

致谢 在野外工作得到了林晋炎副教授、王丹、杨懿、欧阳征健等硕士研究生的帮助和协助,以及李建军、郭新利等的大力支持,在此表示衷心感谢!

参考文献 (References)

- 付志方,王焕弟,邢卫新,等. 层序地层学研究现状及进展 [J]. 勘探地球物理进展, 2005, 28(5): 320-324 [Fu Zhifang Wang Huang-di Xing Weixin, et al. Review of sequence stratigraphy [J]. Progress in Exploration Geophysics, 2005, 28(5): 320-324]
- Hanneman D L, Wilton C J, Halverson JW. Calcipaleosols: their use in subsurface stratigraphy [J]. AAPG Bulletin, 1994, 78: 1360-1371
- Koch P L, Zachos J C, Gingerich P D. Correlation between isotope records in marine and continental carbon reservoirs near the Paleocene/Eocene boundary [J]. Nature, 1992, 358: 319-322
- Kraus M J. Paleosol in clastic sedimentary rocks: their geologic applications [J]. Earth Science Reviews, 1999, 47: 41-70
- 邵龙义,何志平,罗文林,等. 河北省南部石炭、二叠纪煤系土壤特征 [J]. 西安石油大学学报 (自然科学版), 2005, 20(3): 6-10 [Shao Longyi He Zhiping Luo Wenlin, et al. Characteristics of the paleosols in the coal measures of Carboniferous and Permian in southern Hebei, China [J]. Journal of Xi'an Petroleum University, 2005, 20(3): 6-10]
- 杨利军,邵龙义,张鹏飞. 古土壤的类型及识别标志 [J]. 煤田地质, 2002, 14(3): 1-3 [Yang Lijun, Shao Longyi, Zhang Pengfei. Paleosols types and recognition [J]. Coal Geology of China, 2002, 14(3): 1-3]
- Mack G H, James W C. Paleoclimate and global distribution of paleosols [J]. The Journal of Geology, 1994, 102: 360-365
- Mack G H, James W C, Monger H C. Classification of paleosols [J]. Geological Society of America Bulletin, 1993, 105: 129-136
- 邱世祥,编. 油田水文地质学 [M]. 西安: 西北大学出版社, 1991: 17-25 [Di Shixiang. Hydrogeology of Oilfield [M]. Xi'an North-western University Press, 1991: 17-25]

Types of Permian Paleosols and Their Significance in Sequence Stratigraphy in the Southern Part of Bogeda Range

FENG Qiao¹ YANG Wan² LIU Yiqun³

(1. Shandong University of Science and Technology, Qingdao Shandong 266510)

2. Wichita State University, Kansas, Wichita, KS 67260; 3. Northwestern University, Xi'an 710069)

Abstract Paleosols were formed on the basis of the reconstruction of primary rocks in the pedogenic process during the long geologic period. The 4 types of Permian paleosols were developed in the southern part of Bogeda range based on the fine research of outcrop and the inside job. The histosol was located on the top of the paleosol section, resulted from the watery paleoenvironment. The argillisol was precipitated within the bottom of eluviation belt, resulted from the long eluviation and the moist ancient climate. The spodosol was characteristic of the ferruginous concentric ball due to the long-term eluviation and the dankish climatic environment. The calcisol was characteristic of the abundant calcic conglomeration from the half-arid to arid ancient climatic environment. The sequence cycles can be divided carefully and the ancient climatic environment can be recovered veraciously according to the paleosol section.

Key words paleosol; sequence cycle; paleoenvironment; continental deposit; Bogeda range

第五届全国油气储层学术研讨会在蓉隆重召开

2008年8月29日,由中国地质学会沉积地质专业委员会、中国矿物岩石地球化学学会沉积学专业委员会主办,成都理工大学承办,中石油西南油气田分公司、中石化西南油气分公司、勘探南方分公司等单位协办的第五届全国油气储层学术研讨会在成都市召开。此次学术研讨会共出席参会代表272人,分别来自国内12家油田单位、16所高校、11家科研院所以及5家期刊出版单位,他们在会议期间总结、交流我国近年来在油气储层及相关地质、地球化学及地球物理等研究领域的最新研究成果,讨论油气储层研究的现状、问题与发展趋势。

大会开幕式由四川省政协副主席、成都理工大学副校长黄润秋教授主持,中国科学院孙枢院士、成都理工大学名誉校长刘宝珺院士、成都理工大学校长刘家铎教授、著名沉积学家曾允孚教授以及中国石油西南油气田熊建嘉副总经理分别发表了热情洋溢的致辞。

本届研讨会围绕“海相沉积与储层”这一主题,以大会报告和分组报告的形式,重点讨论了海相沉积体系、岩相古地理、层序地层、储层特征与分布规律、储层形成与发育机理等科学问题。旨在通过学术交流,促进自主创新,提高油气储层研究水平,为实现我国油气资源勘探开发新的突破打下良好的理论基础。