

陆相干旱盆地充填的沙漠层序 ——以鄂尔多斯盆地白垩系为例^①

刘星¹ 程守田² 郭秀蓉²

(中国地质大学研究生院 9702班¹、盆地所², 武汉, 430074)

摘要 本文通过对鄂尔多斯盆地白垩系的野外考察, 认为该地层为一特殊类型的陆相层序——沙漠层序。利用实地考察剖面, 建立了该地层的层序地层框架, 提出沙漠扩张体系域和沙漠收缩体系域的概念及体系域的构成单元, 认定在垂向上具有三次完整的层序旋回, 并在空间上描述了各沉积体系的配置方式及不同时期各成因单元的叠加型式, 以鄂尔多斯盆地白垩系为对象对沙漠层序的发育演化特征作了综述。最后, 对沙漠层序的控制因素作了粗浅探讨。本文对完善陆相盆地充填层序的研究具有较大的理论意义。

关键词 陆相 白垩纪 沙漠层序 层序地层学 鄂尔多斯盆地

层序地层学理论是在研究被动大陆边缘海相盆地时提出的。人们在利用层序地层理论来研究陆相湖盆层序的演化特征、确定层序级别、分析层序的控制因素以及进行盆地、区域以至全球对比时发现^[1], P. R. Vail的被动边缘海的层序及体系域模式并不能完全适用于陆相地层^[2], 一般都需要对 Vail的体系域内涵做适当的修改, 提出新的与湖盆基准面及其古地理变化特征相适应的体系域划分。然而, 陆相地层的形成与保存环境是多种多样的, 有众多的沉积地层叠加样式及保存条件与湖盆水体的波动变化无关。程日辉(1997)在研究辽西地区中生代盆地时发现该盆地在时空上形成了各种类型的地层或层序^[1], 并以形成地层的地质营力将该盆地不同构造背景下的地层划分为冲积地层、风成地层和水成地层, 同时认为其它特殊成因地层如冰川地层、沼泽地层应在层序地层分析中加以区别。

鄂尔多斯盆地在中生代是一个处于伸展背景下的大型拗陷盆地^[3], 气候的变化使得盆地形成了多种类型的地层或层序。在白垩纪, 盆地位于亚热带动力高压带附近漂移^[4], 气候干旱, 植被稀少, 广泛发育与沙漠沉积环境有关的各种地层。

1 鄂尔多斯盆地白垩纪沙漠层序的建立原则

1) 沙漠层序不同于一般的风成地层(程日辉, 1996), 它是在一段地质时期沙漠环境下形成的以风成沉积为主体的各种沉积体系在空间上的组合。通过对鄂尔多斯盆地白垩纪地层的

^① 国家自然科学基金资助项目 (编号 49772118) 成果之一。

收稿日期: 1999-11-20

第一作者简介: 刘星, 男, 24岁, 现在中国地质大学研究生院攻读煤、油气地质与勘探专业硕士学位。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

野外考察发现,盆地发育的是腹地以沙漠干旱湖泥岩或蒸发盐类和风成砂岩为主,往边缘是冲积扇泥石流及辫状水道和旱谷戈壁及风成沉积为主体的沉积建造组合。很明显,本文所指的沙漠层序有别于前人所定义的专指风成成因地层的层序,而是反映以沙漠进退为特征的一个完整地层旋回,这就容易区别这种典型的盆地充填地层与各种其他背景下形成的风成地层,如海岸带沙丘群。现代沙漠环境研究揭示的当今沙漠发育的分带性及周期性与古沙漠地层记录中的侧向相变及旋回性是一致的。沙漠层序定义的意义在于它能揭示一个特殊的地质事件,从而可以推断古盆地的气候、水文、构造背景,并恢复盆地的古地理。

与其他层序一样,沙漠层序也是“一套相对整合的地层,其顶和底以不整合或与这些不整合可以对比的整合为界”。白垩纪时因鄂尔多斯盆地属于一个继承性内陆拗陷盆地,晚三叠世的印支运动造就了盆地的原型^[5],晚侏罗世的燕山运动使得盆地整体抬升,下伏地层广泛被剥蚀,形成了一个低角度不整合面,这就是层序的底界面。在此基础上,形成了在沙漠环境下以风成沉积为主体的志丹群,可作为一个独立的层序组合,该层序组合内部没有广泛的被剥蚀面,直至早白垩世晚期盆地以整体形式被抬升,进入被剥蚀状态(图 1)。

2) 在陆相盆地层序地层研究中,不加特殊说明层序一般指三级地层^[6]。李思田(1992)在多年研究沉积盆地时,从更广泛的意义上讨论了层序地层单元和各级建造块的地质涵义,他认为盆地充填序列为 I 级单元,进而把盆地分解为不同的建造块,II 级单元为构造层序,以及盆地基准变化决定的层序,往下根据地层叠加方式划分小层序—体系域。鄂尔多斯盆地白垩系隶属于印支运动后的盆地充填 I 级单元。由于白垩纪盆地气候基本以干旱为主,盆地也未发生强烈的构造运动,期间气候有较大的波动,由此引发的层序变化或叠加组合应与构造层序属于同一级别,可称之为气候层序^[6],相当于 II 级构造层序单元。对于层序间的界面,一般都是以构造运动形成的不整合面或可与之对比的整合面为界。由于志丹群主要受气候变化的影响,层序界面不同于构造剥蚀面,但气候波动能形成广泛的冲刷面,综合分析大型冲刷面及地层的旋回性,志丹群在地史上有三次大的沙漠扩张事件,因此认为白垩纪盆地气候层序包含三个完整的沙漠层序(图 2)。

3) 陆相层序虽然不能与某级海平面变化周期对应,但却与大地构造以及由此引发的各种环境变化相对应。更明显的是,由层序构成的构造层序是盆地构造演化的产物。同样,鄂尔多斯盆地沙漠层序组成的气候层序,与盆地白垩纪时的气候、构造、水文等因素相对应^[8]。

2 有关沙漠层序的体系域划分及其层序发育演化特征

2.1 沙漠层序体系域的划分原则

程守田(1996)认为,我国中生代陆相干旱盆地沙漠风成地层的发育及保存程度、规模是世界其它国家所不可比拟的。事实上,欧美国家报道的风成沉积大部分是海岸带风成地层,即使是其文献中所用的内部沙丘^[7],也是海岸带向内陆延伸的一部分,完全不能与远离海平面影响的内陆沙漠环境相比。

我国中生代的这种内陆盆地尤其是鄂尔多斯盆地白垩纪古沙漠沉积,为沙漠层序的研究提供了优良的条件。沙漠的发育具有独特的旋回性,根据野外露头考察,可以把沙漠层序的发育划分为沙漠扩张体系域及沙漠收缩体系域(图 1),沙漠收缩体系域与沙漠扩张体系域在

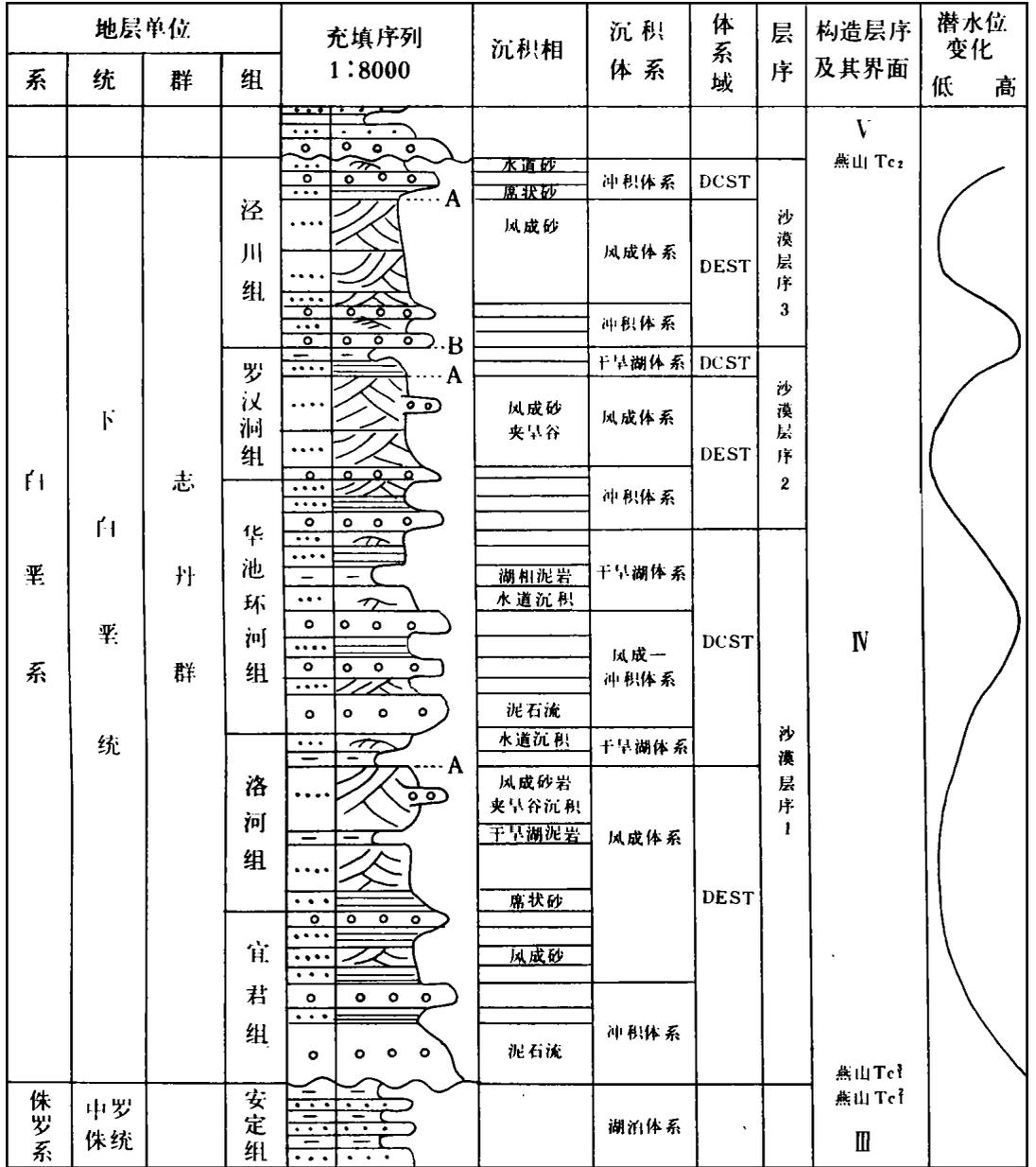


图 1 鄂尔多斯盆地沙漠层序地层框架及体系域划分

沉积体系的空间配置上有很大的差别，沙漠收缩体系域是指盆地某段时期内沙漠风成体系萎缩，占据相对较小的空间，而以冲积扇为主的水成沉积占据相对较大空间的沉积组合，层序上表现为风成地层退积，冲积地层进积。沙漠层序体系域划分的原则是不同沉积体系之间的空间比例占主导地位的沉积类型。鄂尔多斯盆地志丹群在垂向上是泥石流或暂时性水成沉积与风成砂岩形成的交错层，根据露头及剖面资料和区域对比，按照上述体系域的划分原则，

把志丹群沙漠层序划分为宜君—洛河期古沙漠扩张体系域、华池—环河期古沙漠收缩体系域、罗汉洞期古沙漠再次扩张体系域、泾川初期古沙漠再次萎缩体系域、泾川中期古沙漠再次扩张体系域,到泾川晚期古沙漠再次萎缩体系域^[8]。盆地结束沙漠层序的发育,整体抬升后,进入第三纪。这样的体系域划分反映了沙漠的幕式进退。从图 1 中可以看出,关于沙漠体系域的划分能够充分反映该种层序的发育演化特征

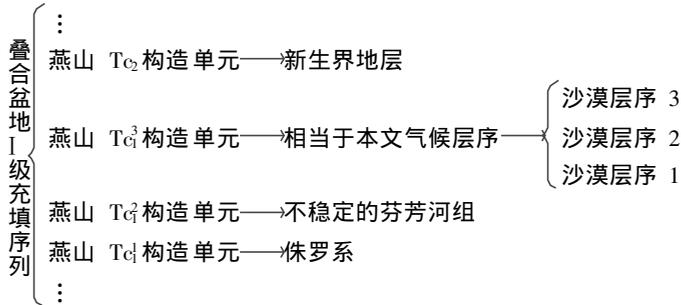


图 2 鄂尔多斯盆地白垩系沙漠层序的分级与建立原则

沙漠层序体系域顶底界的确定,仍以沙漠发育的强弱程度为标准,当沙漠收缩到最小面积时,即冲积扇泥石流体系达到最大面积时 (B面),为沙漠扩张体系域的底界,该界面可与湖泊扩张体系域的首次上超面对应。当沙漠扩张达到最大面积时,即冲积扇泥石流活动最弱所占面积最小时,为沙漠扩张体系域的顶界 (A面),可与湖泊扩张体系域的最大湖泛面对应。同样,沙漠收缩体系域以最大沙漠面为底界,以最小沙漠面为顶界。

2.2 沙漠层序的发育演化特征

按照层序地层学的观点,层序是由不同体系域构成的,一个完整的沙漠层序应该首先是冲积体系 (沙漠初始发育),然后是沙漠的扩张体系域,到沙漠的收缩体系域结束。体系域在空间上是由不同的沉积体系组成的。在沙漠体系域中,一般由三种沉积体系组成,边缘是泥石流冲积扇体系;往盆地内部依次是暂时性流水形成的辫状河道中粗粒沉积和泥石流砾石沉积,间夹较薄的风成交错层,以及由于潜水位较高时形成的席状砂沉积,称之为冲积—风成体系;往盆地中心,则是大套巨厚的风成交错层砂岩,中间夹杂广泛而又彼此孤立的干旱湖泊体系红色泥岩,称之为风成—干旱湖泊体系。齐骅 (1996)对鄂尔多斯盆地南部志丹群研究时发现,从空间上沙漠盆地体系具有明显的分带性,并划分了砾漠环境、丘外过渡环境和沙丘环境^[9],从写实剖面上分析了洛河组沙丘相的进积特征。本次研究发现,沙漠盆地沉积环境的分带是随着气候的变化迁移的。当气候干旱时,沙丘环境分带要往盆地边缘迁移增大,相对而言砾漠环境及丘外过渡环境分带要减小;相反,当气候湿润时,沙丘环境分带要往盆地中心迁移减小。

沙漠层序的发育一开始受构造影响,印支运动造就了盆地原型^[5]。在白垩纪,盆地基本处于伸展应力^[2]之下。开始为宜君期,盆地边缘陡峭,内部平缓倾斜,发育一套巨厚的泥石流杂乱砾石沉积及小型流水水道沉积,该套沉积属于不稳定沉积,厚度变化大,对下伏老地层有强烈的侵蚀,从横截剖面上看具有填平补齐的特征,从层序上看,泥石流冲积扇沉积开始是进积模式,进而变为加积,逐渐变为退积式。进入洛河期,沙漠发育达到一期高峰,从盆

地中心向盆缘,风成沙丘不断扩展进积,冲积扇相逐渐退积,在层序上泥石流冲积扇相也逐渐相变为湿地席状砂沉积相,表明盆地干旱,蓄水位极低,沙丘相与泥石流相呈现交错的组合关系,类似于含水盆地的湖进体系域。进入华池—环河期,受气候变化的影响或是气候漂变的原因^[4],降雨有所增加,盆地蓄水位也增高,泥石流冲积扇又开始大规模的活动,风成沙丘逐渐向盆地内退缩,出现暂时性积水形成的干旱湖泊泥岩以及由此蒸发形成的盐类矿产及钙质结核。到了罗汉洞期,气候再度干旱,风力增强,风成沙丘发育扩张,沙丘相与冲积扇泥石流相的关系又转变为冲积扇泥石流退积,风成沙丘相进积,盆地内部广泛发育干旱湖泊泥岩沉积以及因积水干涸而形成的卷片泥、泥裂构造。对泾川期的认识与前人有所不同,通过对盆地伊金霍洛旗窝尔兔沟的考察发现,该期地层具有最厚、规模最大的风成交错层砂岩相,反映的并不是以潮湿为主的气候。而是在泾川期初期,气候相对较潮湿,发育一套泥石流与暂时性水流砂岩及风成席状砂交互成层的沉积组合。往层序上部,则是大套具大型交错层理红色砂岩层,这段较长时期反映的是干旱气候,在层序的顶部是一套泥石流旱谷沉积与小型水道砂岩沉积及积水洼地砂、泥岩沉积组合,表明在泾川期末期,气候再度变为相对潮湿(图 1)。

3 沙漠层序发育的控制因素探讨

沙漠的发育固然与风力条件有关,但最直接的因素是风沙堆积区的潜水位高低。潜水位过高,就形成湖泊,发育不了风成交错层;潜水位过低,原先堆积的沙丘又会被下一次风所吹蚀;地史上就保存不了各种沙丘,影响盆地潜水位高低。控制沙漠层序发育的间接因素主要有以下几个方面。

3.1 气候因素

盆地所处的古中朝板块,是一个不稳定的板块,在印度板块与太平洋板块的相互作用下,在位于现今中纬度西风带区反复运动^[4],导致古盆地气候界于干旱与半旱—潮湿间交替变化。

3.2 地理因素

侏罗纪时中国东部还是一片海洋,吕梁山在燕山运动作用下隆起很高,太平洋吹来的东北信风在吕梁山阻隔下发生热干反应,到达盆地内侧,已经变为干而热的焚风,对原始沉积物不断吹蚀、吹扬,形成沙丘,盆地北部的风成交错层的前积层倾角方向反应了原始古风向为向西南。古秦岭造山带也没有现在隆得高,印度洋的西南季风和自西而来西风联合对南部原始沉积物进行吹蚀,形成南部的沙丘带(图 3)。

3.3 构造因素

构造沉降直接控制着风沙沉积的保存和沙漠盆地相带分布模式^[10]。白垩纪时,鄂尔多斯盆地为—伸展盆地^[2],盆体稳定,泄水系统保持稳定,构造的稳定是保持沙丘发育所需潜水

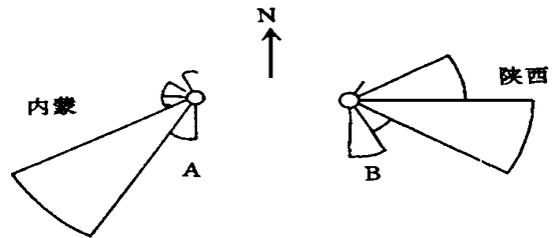


图 3 实测古风向玫瑰图

(据程守田, 1996, 略改)

A. 盆地北部; B. 盆地南部

位高低的决定因素。

4 结论与致谢

本文通过对鄂尔多斯盆地白垩纪地层的野外考察,首次运用层序地层学的观点分析了该套地层的发育演化特征,初步获得了以下几点认识。

1) 沙漠层序和其它湖盆层序一样,是不同环境下的沉积体系组合,是对地质历史上的特殊地质事件记录^[8]。

2) 沙漠层序的发育演化具有多旋回性,一个完整的沙漠层序由沙漠扩张体系域和沙漠收缩体系域组成,以每次旋回的最广泛的泥石流冲积扇砾岩为层序的底界面,沙丘达到最大面积时为沙漠扩张体系域和沙漠收缩体系域的转折点,相当于最大湖泛面。

3) 沙漠层序的发育演化受到气候、地理及构造等因素的控制。

对沙漠环境下的地层进行层序地层分析,国内外并无经验可循,本文可以说是首次,故错误在所难免,敬请专家和读者提出批评和建议。

程守田教授对本文的野外工作进行了悉心的指导,并对行文格式和图件的绘制提出了宝贵的意见,在此表示诚挚的感谢!

参 考 文 献

- 1 程日辉,刘招君,王东坡.陆相盆地充填层序的类型——以辽西地区中生代盆地为例.沉积学报,1997(3):166-173
- 2 解习农,李思田.陆相盆地层序地层研究特点.地质科技情报,1993,12(1):22-26
- 3 李思田,程守田等.鄂尔多斯盆地东北部层序地层及沉积体系分析.武汉:中国地质大学出版社,1992
- 4 江新胜,李玉文等.中国中东部白垩纪沙漠的时空分布及其气候意义.岩相古地理,1996(2):42-51
- 5 中国煤田地质总局著.鄂尔多斯盆地聚煤规律及煤炭资源评价.北京:煤炭工业出版社,1996
- 6 郭少斌,孙少波.松辽盆地层序地层学新认识.岩相古地理,1998(1):54-60
- 7 John. Marzolf. Controls on late paleozoic and early Mesozoic eolian deposition of the western united states. Sedimentary Geology, 1998(56):167-187
- 8 程守田,刘星,风成古沙漠体系.地学前缘,1999,增刊,80
- 9 齐骅,李国栋.鄂尔多斯志丹群沉积时期的古沙漠体系.西北地质科学,1996,17(1):62-90
- 10 陈荣林.江苏晚白垩世赤山组沉积环境,沉积学报,1997,增刊,1-5