

陆相盆地中的海侵层序特征: 中欧盆地三叠系与松辽盆地白垩系对比研究

王璞珺¹, Schneider Werner², Mattern Frank³, 边伟华¹

1 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061;

2 德国不论瑞克大学地学院;

3 柏林自由大学

【摘要】 中欧盆地三叠系是典型的海陆过渡相沉积, 松辽盆地白垩系是含有海侵事件记录的陆相河湖盆地。两盆地的共同特点是: 大陆克拉通上长期发育的大型拗陷盆地; 靠近古大洋和(或)有向海通道; 主要由互层状泥岩、粉砂岩、碳酸盐岩和膏盐层组成; 无典型海相化石, 可能发育有半咸水和(或)高盐度生物; 海侵层中自生矿物的 $\delta^{34}\text{S}$ 、 $\delta^{34}\text{C}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 同位素比值及介质盐度指数(Sr/Ba)、碱度指数($\text{Ca} + \text{Mg}/(\text{Si} + \text{Al})$)、还原性指标($\text{Zn} + \text{Ni}/\text{Ga}$)、硫沉积通量指数(归一化硫含量)等显著高于相邻层位背景值。

【关键词】 陆相盆地; 海侵层序; 中欧盆地; 松辽盆地

中图分类号: TE121.3⁺4 文献标识码: A

文章编号: 1001- 6872(2002)02- 0047- 07

0 引言

大型近海陆相盆地中多发育海侵夹层。中欧盆地晚三叠世时期是一个面积约 $60 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的邻近特提斯海域的陆表盆地(epicontinental basin), 盆地充填类型为频繁互层的鸟足状三角洲、宽阔冲泛平原和类似于潮上带盐坪的沉积组合, 为典型的海陆交互相^[1]。上三叠统考依波群由泥岩/粉砂岩、泥灰岩夹膏盐层和白云岩组成, 其中的暗色泥岩和白云岩是海侵事件的沉积纪录, 蒸发岩是海退期湖盆盐沼化的产物^[2, 3]。中国东北松辽盆地于白垩纪时期为

面积大于 $30 \times 10^4 \text{ km}^2$ 、东邻古太平洋海域、北邻鄂霍次克残余海的陆相盆地。中白垩统青山口组和嫩江组由中细粒碎屑岩、暗色泥岩夹介形虫灰岩、白云岩组成, 泉头组和姚家组以红层为主局部夹少量结核状膏盐层。海侵带来的丰富有机质和水体分层是青山口组和嫩江组暗色泥岩(油页岩)形成与保存的重要因素^[4], 同时导致沉积自生矿物中同位素比值的异常高值^[5]。海平面下降期, 滞留海水在蒸发作用下形成类萨勃哈含膏盐沉积^[6]。

上三叠统考依波群不仅发育广泛而且研究程度高^[7]。笔者于 1999 年~ 2000 年在德国“洪堡基金会”资助下于 Uni-Tuebingen (蒂宾根大学) 从事客

收稿日期: 2001- 09- 16; 改回日期: 2002- 01- 06

基金项目: 国家自然科学基金(NSFC)资助项目 49672124 号; attained with the assistance of the AvH (Germany)

作者简介: 王璞珺, 男, 42 岁, 博士, 教授, 研究方向: 盆地分析和油气地质勘查。

座研究期间,有幸与 Schneider W 教授一起对德国西南部 Breitenholtz 出露的考依波群中段剖面进行详细研究,发现该套层序与松辽盆地中白垩统具有很多相似之处,认为将二者进行对比研究会有益于归纳总结陆相盆地中海侵层序发育的一般规律。

1 欧洲三叠纪地层和岩相古地理

欧洲三叠纪(208 Ma~ 251 Ma)地层在德国出露比较完全,从底部到顶部可以划分为三个群: Buntsandstein 群, Muschelkalk 群和 Keuper 群,其中, Keuper 群划分为 6 个组, Muschelkalk 群和

Buntsandstein 群均划分为 7 个组,三叠系内区域性不整合面有 4 个,分别位于 Volprieausen 组底部, Detfurth 组底部, Solling 组底部和 Amstadt 组底部。本次研究的剖面位于德国西南部,层位上属于三叠系上三叠统 Keuper 群中部 Grabfield 组,与国际参考地层单位的 Landian/Carnian 阶相当(图 1)。

发育在德国的三叠系地层属克拉通盆地的沉积产物,沉积中心位于德国北部,最大厚度可达 3 000 m。但在德国南部沉积厚度多为 500 m~ 1 000 m 或小于 500 m。盆地几乎被陆地围限,但在某些时期与特提斯海有限沟通。层序主要为陆源碎屑岩和蒸发盐岩沉积,但在海侵期大范围、快速的洪泛作用会形

基准标度		德 国					地质年龄 /Ma			
阶	地质年龄 /Ma	系	超群	群	亚群	组	地质年龄 /Ma			
Rhaetian 瑞替阶	4	上统 三叠系	上部	Keuper (考依波群) 24	上部	Exter组 (Rhatkeuper)	4.0			
Norian 诺利克阶	10					Amstadt组 (Stelmergelkeuper according to inunngla)	6.0			
Carnian 卡尼阶	7					中部	Weser组	4.0		
							Stuttoart组 (Schillsandstein)	10		
							Grabfeld组 (Lower Gipskeuper)	5.0		
Ladinian 拉狄尼亚阶	5					下部	Erfurt组 (Lettenkeuper)	2.0		
Anisian 安尼西阶	7					中部	上部	Wardurg组, Meibner组, Trochitenkalk组 (Hauptmu-scherkalk)	3.5	
							中部	Diemel组, Heilbronn组, Karlstadt组 (Anhydrit)	1.5	
							下部	Jena组 (Wellenkalk)	3.0	
(Scythian) Olenekian 奥里尼肯阶	5					下部	Buntsandstein (斑砂岩群) 11	上部	Rot组	2.0
								中	Solling组	1.0
		中	Hardegson组	2.0						
		中	Delfurth	11 10						
		中	Volprieausen组	1.6						
Induan 银顿阶	5	下部	Bemburg组	1.6						
Tatarian 鞑靼阶 (部分)	16	上部	Zechstein (白云岩群) 7 (5)	上部	Eriesland-F/Molln-E	11 10				
				上部	Alier-E/Phre-E	11 10				
				上部	Leine-Folege	1.5				
				上部	StaBlurt-Folge	1.5				
				上部	Werra-Folge	2.0				

图 1 德国三叠系地层年代表(据 Menning, 1995)

OK Old Kimmerian (Steinmergelkeuper 组底部); H Hardegson (Hardegson 组顶部); D Delfurth (Detturth 组底部); V Volprieausen (volprieausen 组底部)

Fig 1 Triassic time scale of Gemany (after Menning, 1995)

成碳酸盐岩沉积。

与特提斯域的阿尔卑斯区三叠系相比,德国三叠系沉积在陆表环境(克拉通型)下的中欧盆地中(图 2)。该盆地覆盖的区域有不列、北海、波兰德国

南部和(指习惯上称之为中茨盆地的分布区)。盆地北部和东北部为斯堪的纳维亚-波罗的隆起,西部为法国隆起,东部和东南部为波希米亚-文底里神隆起。因此,该盆地几乎为几个窄的海峡所围限,仅有

几个窄的通道与特提斯海间歇沟通。盆地中部在三叠纪时有海相沉积, 向盆缘依次过渡为海陆交互相

和陆相(图 2)。

三叠纪沉积由若干水进/水退旋回组成。下三叠

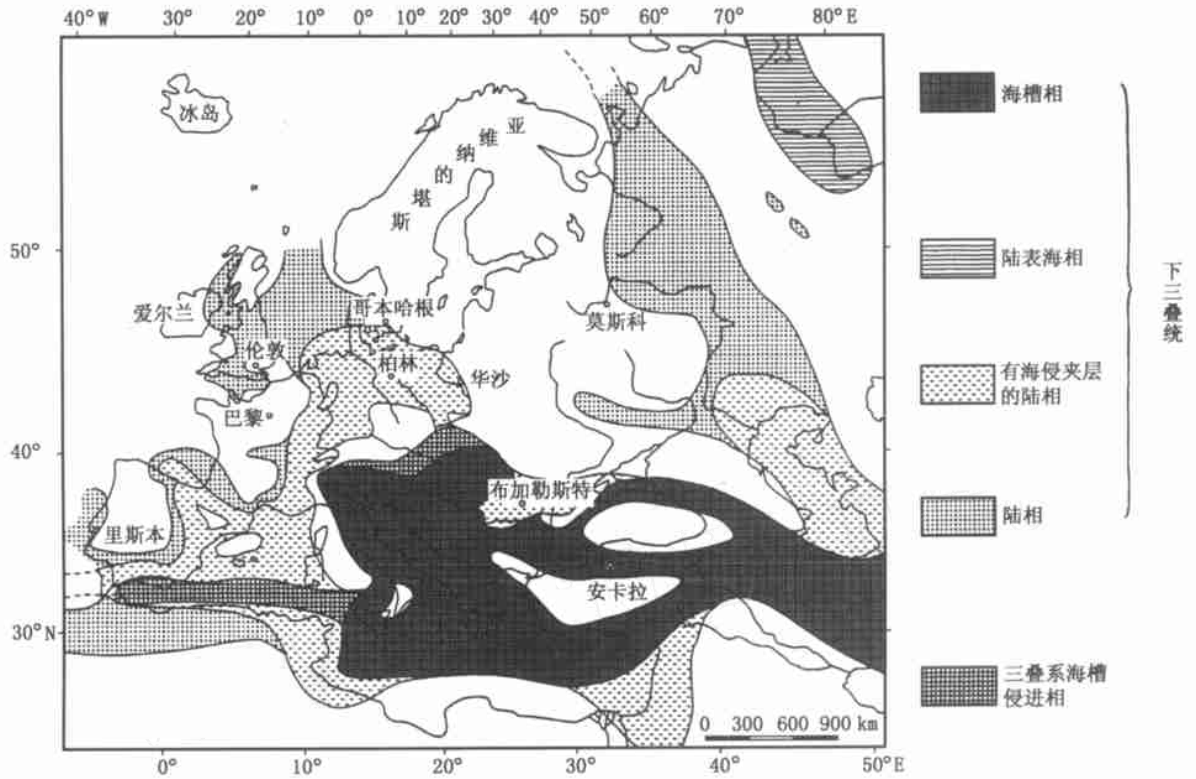


图 2 欧洲三叠纪古地理分布图(由 Schneider 教授提供)

Fig 2 Triassic palaeogeography of Europe (provided by Prof Schneider W)

统斑杂砂岩群为陆相红层, 向上过渡为中三叠统壳灰岩群, 海相碳酸盐岩和蒸发盐沉积, 再向上为上三叠统考依波群的细碎屑岩、红层夹海侵层(来自于特提斯海)。考依波组的物源主要来自三个方向: 北部的斯堪的纳维亚-波罗的隆起, 东部的波希米亚-文底里神隆起和西部的法国隆起。沉积地层厚度在 100 m ~ 600 m 不等。蒸发岩主要有三处, 德国境内仅发育于汉堡附近(图 3)。其他两处皆发育于法国东南部的梅斯和贝桑松附近。泥质蒸发岩和薄层状蒸发岩几乎见于所有的细碎屑岩中。

2 海侵层序特征和岩相分布

发育于德国的三叠系海侵层序, 主要有两种表现形式。一是夹于上、下三叠统碎屑岩层序之间的中三叠统壳灰岩群, 这类海侵层序以出现典型海相沉积为标志, 由典型浅海相碳酸盐岩和湖或萨布哈蒸发盐岩及其与他们相伴生的细碎屑岩组成。另一种海侵层序表现为大套陆相层序中的海侵事件夹层, 主要发育于上三叠统考依波群的中部, 后者与松辽盆地中白垩统泉头组-青山口组-姚家组-嫩江组层序的情况十分相似。

第一类海侵层序特征(中三叠统壳灰岩群): 层序底部为不规则的侵蚀不整合面, 在多数地区, 尤其是在德国南部该界面往往表现为古土壤层。该界面之上为冲积相-湖泊相砂岩、粉砂岩, 属低水位体系域。向上过渡为海侵层序, 由粉砂岩组成, 含海生或混生化石, 如双壳类 *Myophoria vulgaris* 和 *Costatoria costata*。海侵体系域呈现明显的水进特征, 从红色页岩和粉砂岩以及白云岩和石膏结核过渡到海相石灰岩和页岩。在海侵体系域的顶部可见海泛沉积, 在南德地区海泛层中含典型海相化石如菊石 *Benneckeia buchi* 和腕足类 *Dielasma ecki* 等。向上过渡为泥质岩-白云岩-石膏和叠层石, 构成一套水退序列(高水位体系域), 属于湖或萨布哈环境的沉积产物。这类海侵层序的特点是, 海侵体系域中, 尤其是海泛层中含有典型海相化石, 且海相化石种类和数量都较多。

第二类海侵层序特征(上三叠统考依波群): 层序界面为明显的侵蚀不整合面, 往往可见数米深的下切谷, 在南德地区表现为北北西-南南东方向的、宽达数千米的河道。充填于这些下切谷之中的是低水位体系域沉积, 主要由冲积相砂砾岩组成。下切谷之间的沉积物为向上变细、变薄的中细粒碎屑岩。陆

源碎屑的物源区主要位于盆地北部的芬兰—斯堪的纳维亚古隆起区^[1]。低水位体系域之上见一层(海相)白云岩层,与下伏砂砾岩界线明显,代表海侵界面。海侵体系域包括一系列由泥质沉积物组成的准层序。每个准层序由向上变细、变薄的退积序列组成,岩性为互层状粉砂岩、泥岩、白云岩和膏盐沉积。白云岩往往代表该类海侵层序的最大海泛沉积,在沉积中心部位偶尔可以发现海生或混生动物群化石,如双壳类: *Myophoria-Costatoria* 动物群和头足类: *Ceratites-Nautlids*^[8]。海泛面之上多半为水退(加积)序列,属高水位体系域。在南德地区,高水位体系域下部的标志性特征为:一系列加积的准层序,岩性为频繁互层的泥质—白云岩—石膏夹层,代表一种受海水影响的沉积组合(marine-influenced deposits)^[9]。向上过渡为干盐湖沉积,主要为红色泥质岩。在高水位体系域中偶尔可见石灰岩层,有时可能发育海相动物群。它们显然代表一种海侵事件或湖-海沟通事件。整个水退(加积)过程的持续进行便出现晚期的高水位体系域,主要由于盐湖和泥坪沉积组成,局部可见厚层的岩盐沉积(见于德国北部、北海南部和法国东部)。

第二类海侵层序以上三叠统考依波群代表,其基本特征是以细碎屑岩为主,中间加有白云岩和膏

盐沉积。细碎屑岩主要为泥质岩、粉砂岩和细砂岩。其中砂岩类为冲积环境沉积产物(河流和泛滥平原相),泥质岩类为泛滥平原和干盐湖沉积,白云岩属海侵层序沉积,膏盐(及岩盐)为海侵期后滞流-蒸发沉积,盐类主要由入侵的海水带入及周边老地层的汲取。海相化石一般不发育,或只在某些沉积中心内局部发育难以被发现。海侵层中自生矿物的 $\delta^{34}S$, $\delta^{13}C$, $\delta^{18}O$ 同位素比值等显著高于相邻层位背景值。

这类海侵层序与松辽盆地中白垩统泉头组-嫩江组的沉积特征和层序结构十分相似,属于典型的以陆相沉积为主,但明显受到海侵或湖-海沟通作用影响沉积层系。

作为与松辽盆地中白垩统的比较研究,本文的海侵层序特征以Breitenholtz剖面为例(图4)。该剖面位于德国西南部的蒂宾根附近,层位上处于考依波组中下段,为干盐湖体系沉积。由韵律互层的杂色泥岩、石膏/硬石膏和白云岩组成,白云岩层是特提斯海入侵的沉积产物。在中考依波群(考依波群含膏盐段)顶部,有来自于北部芬兰-斯堪的纳维亚物源区的冲积体系粉砂岩(斯图加特组)。Breitenholtz剖面代表考依波群中部含膏盐段的Grabfeld组,位于两个白云岩标志层之间,可与中国东北部白垩纪细碎屑岩(包括油页岩)-白云岩/石灰岩(含蒸发岩)层

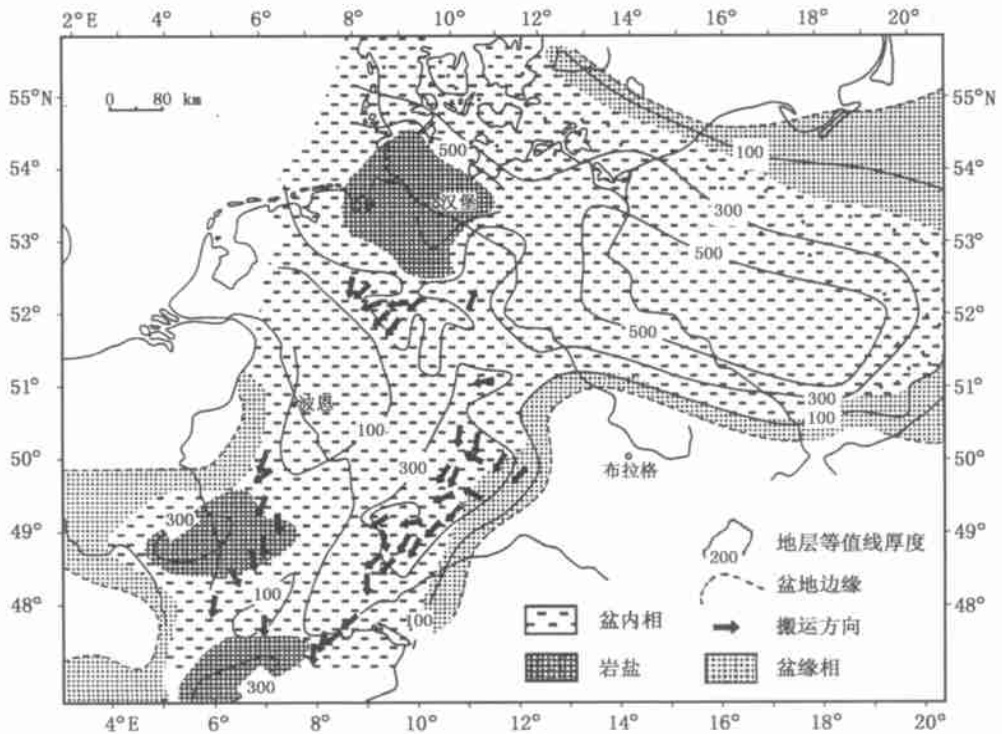


图3 中欧上三叠统地层岩相图(由Schneider教授提供)

Fig. 3 Stratigraphic isopach map and litho-facies association of the Upper Triassic Keuper Group (provided by Prof Schneider W)

序育列相对比。

图 5 是与图 4 相对应的考依波群 Grabfeld 组沉积相平面分布图。主要为大面积的泥质岩、砂岩、瘤状硬石膏和板状硬石膏沉积。瘤状硬石膏主要分布于中欧盆地的东南部, 间有少量的蒸发盐岩。海相沉积分布局限, 主要见于局部沉积中心的沉积层序中。典型海相化石少见。粗碎屑边缘相带不明显, 仅在盆地边缘呈带状分布。层状石膏呈环状分布, 瘤状石膏分布广泛, 在泥质岩和粉砂岩中呈团块状。整个层序以暗色调为主, 顶部多见红层。值得注意的是, 图 5 所展示的沉积相带特征与自成体系的湖相盆地有着明显差别。后者往往发育成完整的、环状的边缘粗碎屑相带—中心细碎屑相带。松辽盆地中白垩世青山口组和嫩江组时期, 在盆地北部和东部, 边缘相带也不发育^[10]。其原因可能为后期抬升剥蚀, 也可能是由于沉积当时的海侵通道位于东部和北部, 至使这两边的原始边缘相带未能充分发育。根据与图 5 所示的德国上三叠统考依波群中段的岩相带分布特征相比较, 说明边缘相带不发育是受海侵影

响的、大型陆相盆地沉积层序的一般性特征。笔者由此认为, 松辽盆地青山口组和嫩江组北部边缘相带缺失可能主要与当时的海侵通道有关(即未发育); 而东部缺失边缘相带可以及要为后期抬升剥蚀的结果或二者兼而有之。

陆相盆地海侵层序形成过程中, 由于正常盐度或高盐度海水的间歇性供给会导致膏盐层沉积。因此, 碳酸盐岩、膏盐沉积与碎屑岩互层层序在陆相盆地的海侵层序中普遍发育, 是其最主要的宏观沉积特征。但另一方面, 与海洋隔绝的内陆盆地也可形成蒸发盐岩沉积, 其在诸方面的主要区别列于表 1。

3 结语

发育于德国及中欧地区的三叠系海侵层序, 主要有两种表现开式。一是在细碎屑岩层序中部的海侵体系域中发育成典型浅海相碳酸盐岩, 其中含有典型的海相化石, 说明此时的近海(湖)盆地已经完全被海水淹没, 其水文地质环境、生态环境、沉积环

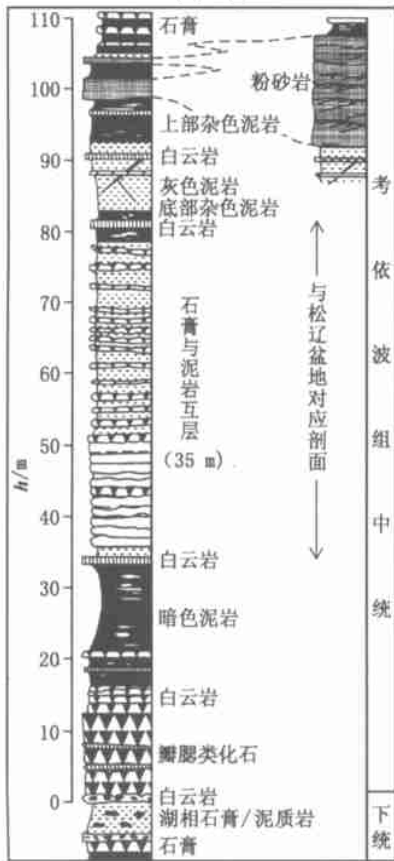


图 4 德国内部考依波群中段海陆交互相层序特征图

Fig 4 Complete Gipskeuper section and Schilfsandstein

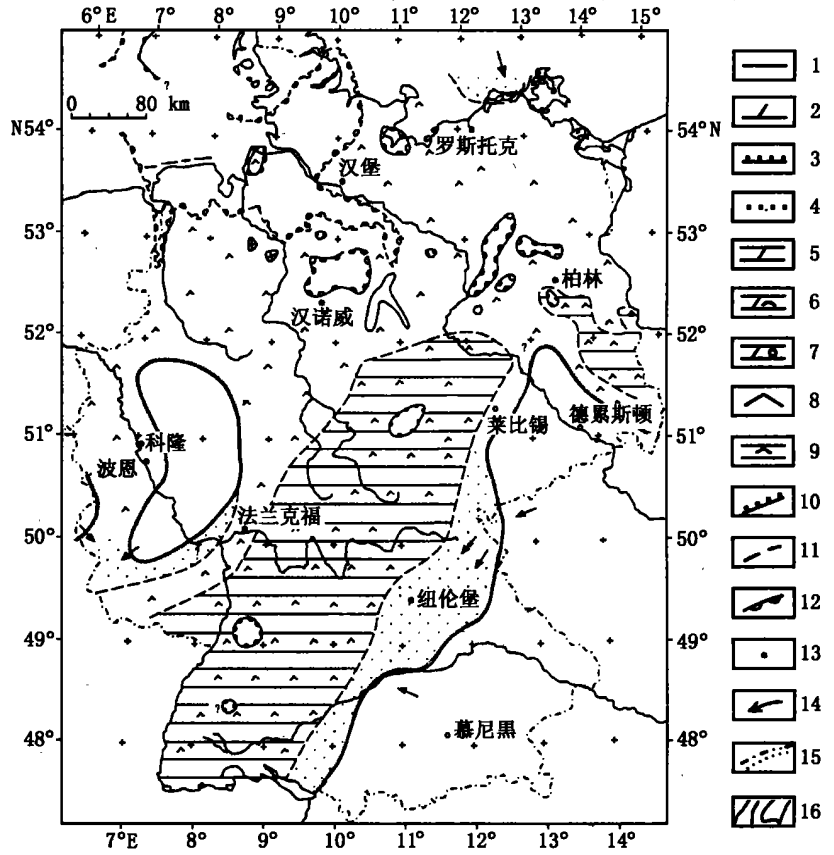


图 5 德国上三叠统考依波群中段 Grabfeld 组岩相分布图

1. 页岩; 2 砂/页岩互层; 3 砂岩; 4 含白云质页岩; 5 白云岩; 6 白云岩夹页岩; 7. 鲕粒灰岩; 8 瘤状硬石膏; 9 板状硬石膏; 10 盆地边界; 11. 相边界; 12. 盐岩范围; 13. Lehrberg 层范围; 14. Costatoria goldfussi 化石发现地; 15. Cephatopods 化石发现地; 16. 红层; 17. 碎屑供给方向; 18. 砂岩范围; 19. 河道体系

Fig 5 Generalized facies map of the Grabfeld Formation (Lower Gipskeuper)

表 1 陆相海侵层序与陆相蒸发岩层序的主要特征比较

Table 1 Relationship of the features of the evaporite-bearing to their origins

成因类型	陆相盆地中的海侵层序		陆相含蒸发盐岩层序	
盆地类型	大型近海浅水湖泊(三叠纪中欧盆地)	大型近海湖泊(白垩纪松辽盆地)	内陆深湖(西班牙中新世 Teruel 地堑)	内陆浅湖(西班牙中新世 Carbría 盆地)
沉积环境	碎屑海岸萨勃哈向陆侧的盐沼化泥坪,常由风成沿岸沙丘使湖盆与海相萨勃哈相隔	近海的、有间歇性海水注入的、水体稳定分层的湖相环境	水体分层的深湖底部	与泥坪共生的碱化浅湖
分布特征	自海向陆:湖相碳酸盐岩、潮间藻坪、海滩砂岩、碎屑萨勃哈、砂岩席、干盐湖泥坪和盐沼	沉积相带基本呈环带状分布,粗碎屑在边缘细碎屑在中心,白云岩呈面状分布,膏盐沉积呈团块状或填隙物	边缘为碎屑岩红层向内过渡为碳酸盐岩,石膏于盆地中心沿轴向分布	碎屑岩红层向内过渡为远源冲积成因泥岩夹砂岩,中心湖相碳酸盐与石膏混合沉积
沉积层序	韵律互层层序为主,自下而上为:泥岩夹薄层白云岩、溶解角砾状白云岩、互层状含蒸发盐细砂岩-泥岩夹薄层白云岩、细砂岩-白云岩互层、砂岩-泥岩互层。整个层序中碎屑岩 3/5~1/2。	层状、透镜状白云岩见于韵律互层层序中,互层层序由泥岩、灰岩、泥灰岩、白云岩及薄层状(氧化的)黄铁矿层组成。结核状、块状石膏沉积见于各种粒度、各种颜色的碎屑岩中。	全韵律序列,自下而上为砂砾岩、含石膏泥岩和泥灰岩、颗粒灰岩夹泥灰岩、含自然硫的石膏与泥灰岩及油页岩互层,钙质泥岩夹颗粒灰岩。蒸发盐较纯净,单位厚度可达 1 m。	加积型层序,自下而上为:含石膏老地层、不整合面、含石膏砂砾面、交代(石膏)碳酸盐岩、碎屑岩夹薄互层状砾屑石膏、砂屑石膏、透镜状石膏及燧石条带,碳酸盐岩
结构构造	碎屑岩:中粒至粉砂,分选好~中等,次棱角~次圆状,块状或波状层理;砂粒具麻坑和霜面(风成),暗色泥岩中见分散自形黄铁矿;粘土矿物主要为伊利石、柯绿泥石和高岭石。碳酸盐:微晶结构、粒屑结构,块状或迭层构造,蒸发盐:结核状、块状、瘤状、角砾状,含蒸发盐红层:(盐类)结晶扰动构造、膏盐假晶。	蒸发盐主要呈不规则结核状(或蜂窝状)、透镜状和串珠状,平行层面断续排列;偶见树根状石膏垂直层面排列,单个膏盐晶体一般数 mm~数 cm,偶见长十余 cm、厚数 cm 的透镜体,透镜状石膏常具同沉积示底构造,底面呈圆滑弧形,顶面平直或棱角状;共生的碎屑岩主要为含细粉砂泥岩,层理不清楚,多呈块状或断续水平层理,偶见爬升层理和小型斜层理。	蒸发盐为显微透镜状、层状,与自然硫共生;共生灰岩粒屑结构,泥岩富含有机质;蒸发盐-灰岩中发育相互交代结构。	蒸发盐呈透镜状(单体可长达 5 cm)及红色泥质支撑的砾屑或砂屑结构,共生灰岩具波状交错层理,局部见变形层理,交代(石膏)燧石呈薄层状和压扁结核状,共生泥岩中几乎不含有机质。
生物特征	石膏中:植物根茎;灰中岩:瓣鳃类、藻类、有孔虫球粒;碎屑岩中:管笔迹	微咸水-半咸水生物化石有,鱼类、双壳类、咸水沟鞭藻,生物扰动作用强烈,虫孔常见	石膏中:硅藻、海绵骨针。灰岩中:轮藻、介形、腹足类及遗迹化石。	常见脊椎动物化石,可能有腹足类铸膜
地化特征	共生泥质岩中 $Sr/Ba > 0.5$, $(Ca+Mg) \times 20 / (Si+Al) > 1$, $(Zn+Nl) / (Ga \times 5) > 1 \sim 1.5$, $S > 3000 \times 10^{-6}$, $B > (70 \sim 100)$; 碳酸盐岩中: $\delta^{13}C(PDB) / \text{‰} > 0.5 \sim 1$; $\delta^{18}O(PDB) / \text{‰} > -10 \sim -5$; 蒸发盐岩中: $\delta^{34}S / \text{‰} > 10 \sim 15$			
盐类来源	来自于经常性渗流到湖沼区的湖相或萨勃哈区的高盐度卤水	周期性海平面上升、湖海沟通、海水倒灌入湖	来自于盆地边缘的下伏海相蒸发盐岩层	来自于盆地边缘的下伏海相蒸发盐岩层
盐类成因	底部成核作用与晶体的垂向生长(块状者)及强蒸发条件下结晶沉淀(结核状者)	蒸发岩中 SO_4^{2-} 有大陆和海上两个来源,蒸发岩为过饱和和结晶沉淀形成	过饱和和结晶沉淀及成岩期交代文石形成(常伴有自然硫析出)。	蒸发沉淀为主,部分为成岩期交代方解石形成

境等已经变成典型的浅海环境,因而发育出一套稳定的、较厚的浅海相碳酸盐岩沉积。另一种海侵层序表现为大套陆相层序中的海侵事件夹层,主要发育于上三叠统考依波群的中部。其基本特征是以细碎屑岩为主,中间加有白云岩及灰岩和膏盐沉积。细碎屑岩主要为泥质岩、粉砂岩和细砂岩。其中砂岩类为冲积环境沉积产物(河流和泛滥平原相),泥质岩类为泛滥平原和干盐湖沉积,白云岩属海侵层序沉积,膏盐(及岩盐)为海侵期后滞流-蒸发沉积,盐类主要由入侵的海水带入及周边老地层的汲取。海相化石一般不发育,或只在某些沉积中心内局部发育,但种类和数量稀少,难以被发现。说明此时的近海河湖盆地虽然与毗邻海域沟通,但其水文地质条件、生态环境、沉积环境等仍与典型的浅海环境有一定差异,相当于大型的(淡化)泄湖环境,因而常以产出白云岩为特征(海水-淡水相混合成因),仅于局部的沉积

中心地区发育出石灰岩沉积(可能含有典型海相化石但少见)。后者与松辽盆地中白垩统泉头组一青山口组一姚家组一嫩江组的沉积特征十分相似。

总之,中欧盆地三叠系是典型的海陆过渡相沉积,中三叠统壳灰岩群的海侵体系域中形成了典型的海相碳酸盐岩沉积,上三叠统考依波群的海侵体系域中主要发育出白云岩。松辽盆地白垩系是含有海侵事件记录的陆相河湖盆地,与中欧盆地上三叠统考依波群十分相似。两者的共同特点是:大陆克拉通上长期发育的大型拗陷盆地,靠近古大洋和或有向海通道,靠近古海侵通道一侧盆地的边缘相带不发育;沉积层序主要由互层状泥岩、粉砂岩、碳酸盐岩和膏盐层组成,其中白云岩和石灰岩是海平面与湖平面同时上升、湖-海沟通条件下的沉积产物;典型海相化石少见或只于个别局部的沉积中心内发育,可能发育有半咸水和或高盐度等异常盐度的生

物: 海侵层中自生矿物的 $\delta^4\text{S}$, $\delta^3\text{C}$, $\delta^8\text{O}$ 同位素比值及介质盐度指数 (Sr/Ba)、碱度指数 ($\text{Ca} + \text{Mg}$) / ($\text{Si} + \text{Al}$)、还原性指标 ($\text{Zn} + \text{Ni}$) / Ga 、硫沉积通量指数等元素地化指标显著高于相邻层位背景值。

参考文献

- [1] Wurster P. **Geologie des Schilfsandstons**[M]. Hamburg: Mitt Geol Staatsinst, 1964, 33-34
- [2] Schroeder B. Entwicklung des Sedinentbeckens und Stratigraphie der klassischen Gem anischen Trias[J]. **Geol Rundsch**, 1982, 71: 783-794
- [3] A igner T, Bachmann GH. Sequence stratigraphic framework of the Gem an Triassic[J]. **Sediment Geol**, 1992, 80: 115-135
- [4] 王璞珺, 王东坡, 杜小弟. 松辽盆地白垩系青山口组黑色页岩的形成环境及海水侵入的底流模式[J]. **岩相古地理**, 1996, 16(1): 34-43
- [5] 王璞珺, 杜小弟, 王东坡. 松辽盆地白垩白垩纪湖侵沉积层序与湖海沟通事件的地球化学记录[J]. **岩相古地理**, 1995a, 15(4): 44-21.
- [6] 王璞珺, 任延广, 王东坡. 松辽盆地白垩系泉头组蒸发岩的成因及其古环境意义研究[J]. **沉积学报**, 1995b, 13(增刊): 53-63.
- [7] Einsele G. **Sedimentary Basins, second completely revised and enlarged edition**[M]. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2000, 90-91.
- [8] M ueler A H. Neue Funde seltener Ceratiten aus dem gem anischen Muschelkalk und Keuper Dtsch A kad[J]. **W iss Berlin**, 12: 632-642
- [9] A igner T, Bachmann G H. Dynamic stratigraphy of an evaporite-to-red bed sequence Gipskeuer (Triassic), southwest Gem an Basin[J]. **Sediment Geol**, 1989, 62: 5-25.
- [10] 王璞珺, 刘万洙, 单玄龙, 等. 事件沉积[A]. 导论·实例·应用[C]. 长春: 吉林科技出版社, 2001.
- [11] Anadon P Rossell L, Talbot M R. Carbonate replacement of lacustrine gypsum deposits in two Neogene continental basins, eastern Spain, Sedin[J]. **Geol** 1992, 78: 201-216

THE CHARACTERS OF TRANSGRESSIVE SEQUENCE OF TERRIGENOUS BASIN: CORRELATION BETWEEN THE TRIASSIC IN CENTRAL EUROPEAN BASIN AND THE CRETACEOUS IN SONGLIAO BASIN OF CHINA

W ang Pujun¹, Schneider W erner², M attern Frank³, B ian W eihua¹
 1. Earth Science College, Jilin University, Changchun 130061, China;
 2. College of Geology, Braunschweig University, Gem any;
 3. College of Geology, Berlin Freedom University, Gem any

Abstract: The Triassic of the Central-European basin represents a typical marine-influenced terrigenous sequence. The Cretaceous succession of the Songliao basin is made up of marine-related fluvial-lacustrine deposits. Both basins share the following characteristics: 1) They are large-scale cratonic sag basin successions. 2) The basins were connected with paleoceans. 3) The lithology of the basins consists of interlayered mudstone, siltstone, carbonates and gypsum/halite. 4) Typical marine fossils are rare, instead, brackish and/or high salinity fossils are abundant. 5) The $\% \delta^4\text{S}$, $\% \delta^8\text{O}$, $\% \delta^{13}\text{C}$ values of autogenetic minerals in the transgressive beds, Sr/Ba , $(\text{Ca} + \text{Mg})/(\text{Si} + \text{Al})$, $(\text{Zn} + \text{Ni})/\text{Ga}$ values and index of sulfur deposit flux are distinctly higher than those in the adjacent layers.

Key words: terrigenous basin; transgressive sequence; Central-European; Songliao basin

ISSN 1001-6872(2002)02-0047-07; CODEN: KUYAE2

Synopsis of the first author: Wang Pujun, male, 42 years old, a professor of sedimentology and oil & gas exploration. Now he is engaged in the research of basin analysis and oil & gas exploration.