

山西临汾奥陶系石膏岩的成因及形成环境

王泽中 翟永红

(江汉石油学院地质系 湖北江陵 434102)

山西临汾奥陶系石膏岩可分为原地沉淀型、异地沉积型、成岩交代型和脉状充填型四种。原地沉淀型石膏岩形成于浅水台地地势相对低洼的盐湖中；成岩交代型石膏岩形成在浅水台地地形相对隆起的部位，交代作用发生于大气淡水渗流带；异地沉积型石膏岩的形成环境介于低洼的盐湖和较高的隆起之间；脉状充填型石膏岩是充填在白云岩中的石膏脉，其形成与石膏-硬石膏相互转化时，脱水产生异常高压和吸水膨胀有关。

关键词 山西临汾 奥陶系 石膏岩

作者简介 王泽中 男 29岁 硕士 石油地质

本文所说的奥陶系石膏岩是指位于亮甲山组之上，中石炭统不整合面之下的马家沟组中的石膏岩。关于马家沟组的划分及其时代归属，目前尚有争论^[1]，本文以奥陶系统称之。马家沟组在整个华北地区具有明显的六分性^[1]，即自下而上第一、三、五段为泥粉晶白云岩、石膏岩和泥页岩；第二、四、六段为含白云质或白云质泥晶灰岩、含颗粒泥晶灰岩及颗粒灰岩。这样就构成了三个明显的由浅到深的旋回。石膏岩均发育于一、三、五段。其中第一段（简称马一段，以下同）中的石膏岩共厚 17.23 m 占 47%；马三段中的石膏岩共厚 4.0 m 占 8%；马五段中的石膏岩共厚 70.95 m 占 45%（以上厚度均以临汾晋王坟剖面为例）。这三段中的石膏岩不仅在临汾地区，而且在整个华北地台都有分布^[1,2]，并有一定的经济价值。最近，在鄂尔多斯盆地东部奥陶系相应层位的钻井中，发现了巨厚的石盐岩^{**}，给该区寻找大型天然气藏带来了新的希望。临汾地区的石膏岩与鄂尔多斯东部地区的石盐岩在成因上是有密切联系的。因而对临汾地区石膏岩的研究，无疑会给鄂尔多斯东部岩盐的研究提供线索，而且对临汾一带石膏矿的开采和利用也有实际意义。

一、岩石学特征

临汾地区的石膏岩按产状和结构构造可分为 10 类：

1. 纹层状石膏岩 主要出现于马五段，纹层由颜色不同的石膏和泥晶白云岩组成。在露头上，可见这些纹层的颜色为黑色、褐色、黄色和白色，厚度大多小于 0.5 mm。其中石膏纹层的颜色浅，主要为白色和黄色，一般厚 0.2—0.3 mm；白云岩纹层的颜色深，为黑色或

收稿日期：1989-10-12 改回日期：1990-07-04

* 山西省地质局区域地质调查队，山西的奥陶系，1978。

** 王泽中，鄂尔多斯东部地区奥陶系马五段岩石学研究，长庆油田研究院内部资料，1988。

褐色，厚度通常小于 0.1 mm (图版 I-1)。这种颜色不同的纹层颇似现代潮上带的藻席，但镜下证实这种纹层是由呈层状富集的石膏 (图版 I-1, 2) 和白云石显示出来的，没有任何藻类或其残余。所有暗色纹层的白云石含量都在 90% 以上，浅色纹层的石膏含量也在 90% 以上。对白云岩夹层所作的化学分析表明，CaO 占 29%—31%；MgO 占 14%—18%；Ca/Mg 原子比为 61:39—55:45 (其中 Ca/Mg 原比子较高的纹层是因为有微弱的去白云石化)；酸不溶物为 3%—5%。由此可见纹层的形成完全是白云石和石膏在纵向上含量变化的结果。

2. 条带状石膏岩 见于马五段，可分三种类型。一是条带由石膏组成，但颜色彼此不同；二是条带由石膏和泥粉晶白云岩交互出现组成；三是条带由泥岩、泥粉晶白云岩和石膏组成，纵向上往往出现泥岩—白云岩—石膏的变化序列。

3. 块状石膏岩 亦见于马五段。这种石膏岩在纵向上颜色和成分单一，既无纹层也无条带，自下而上显示出非常均一的块状。但在有些石膏岩的表面可见少量杂乱排列的石膏晶屑。在露头上，常见这类石膏岩夹于纹层状或条带状石膏岩之间，厚度较大 (单层厚度可达 3—5 m)。

4. 砾状石膏岩 主要出现在马一段和马三段。砾石的成分主要是石膏岩，还有少量泥粉晶白云岩和泥岩。形状虽不规则，但可见微弱的分选和磨圆 (图版 I-2)。有些砾石中还可可见纹层和条带。砾石之间的填隙物为陆源泥，偶见网状石膏脉。

5. 竹叶状石膏岩 仅见于马三段。这类石膏岩与竹叶状石灰岩或白云岩很相似。由石膏和少量白云岩组成的竹叶状砾屑呈长条状顺层面排列，或稍有倾斜。可见明显的磨圆但分选差，其间为石膏和白云石充填 (图版 I-3)。在剖面上，竹叶石膏岩与砾状石膏岩共生，有的甚至相互过渡。

6. 具交错层理的石膏岩 见于马五段，夹于纹层状石膏岩和块状石膏岩之间，仅见一层，厚 23 cm。交错层由细小的石膏晶屑及粒状白云石定向排列组成，细层倾角 30°，层系厚 15 cm。

7. 鲕粒石膏岩 仅见于马三段。鲕粒由泥粉晶白云石组成，直径 0.2—0.3 mm，分选极好，核心和同心层不明显。鲕粒内部石膏交代了大多数白云石，鲕粒之间也为石膏胶结 (图版 I-5)。鲕粒石膏岩多与叠层石石膏岩共生，亦见其夹于竹叶状石膏岩或砾状石膏岩之间。

8. 叠层石石膏岩 按其形态可分为柱状、波状叠层石石膏岩。但实际上往往是相互过渡的 (图版 I-3)。它们均由颜色明暗不同的纹层组成。颜色深的纹层多为黑色、黄褐色，厚 1—2 mm，白云石含量高，石膏含量低，颜色浅的纹层为浅灰色、灰色，厚 3—4 mm，最大可达 2 cm，白云石含量低，石膏含量高。镜下观察表明，在较暗的纹层中可见石膏交代白云石，并见有机质残余。而在较明亮的纹层中则见白云石以交代残余的形式存在。

9. 瘤状石膏岩 仅见于马三段。白色石膏呈瘤状富集，白云石、泥质等作为基质充填其间 (图版 I-4, I-4)。如果瘤体很大，其间的基质呈细小的条带状和丝状时就为“鸡笼铁丝状”石膏岩，这是一种典型的萨巴哈石膏岩。

10. 脉状石膏岩 白色石膏呈脉状充填于泥粉晶白云岩或角砾岩中。大多垂直层面或与层面呈高角度斜交，脉宽 0.1—2 cm，长度不定。石膏具有晶体大、晶形好、干净明亮的特点 (图版 I-6)。

二、纵向层序及横向变化

纹层状、条带状和块状石膏岩总是共生，纵向上呈互层出现，横向上常常过渡；竹叶状石膏岩、砾状石膏岩常常共生，横向过渡。瘤状石膏岩、叠层石石膏岩和鲕粒石膏岩也常常相伴出现，在襄汾浪泉马三段，就见瘤状石膏岩之上紧接着出现了叠层石石膏岩，而在临汾晋王坟一带则发育鲕粒石膏岩和砾状石膏岩。特别是，在与任何石膏岩接触的白云岩顶板和底板中均可发现石膏脉。根据以上组合，我们把临汾一带奥陶系石膏岩的纵向层序归纳为三种不同的类型（图1）。

1. A类 大量见于马一段。自下而上为：具纹层和石膏假晶的泥粉晶白云岩—砾状石膏岩和竹叶状石膏岩—具石膏假晶的泥粉晶白云岩。接触关系均为突变，但在竹叶状石膏岩中也含有与下伏白云岩成分相同的砾石。

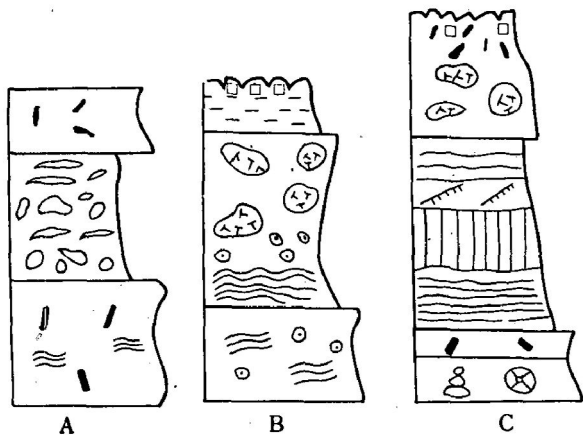


图1 临汾一带石膏岩的纵向层序

2. B类 见于马三段。自下而上为：纹层状泥粉晶白云岩（局部见鲕粒白云岩）—叠层石石膏岩、鲕粒石膏岩和瘤状石膏岩—泥岩、白云质泥岩。常见干裂和石盐假晶，接触关系亦为突变。在马三段50—80m的地层中，这样的层序组合最多可达20个*。

3. C类 是马五段石膏岩的典型代表。自下而上为：具腹足类或棘皮碎片的含颗粒或颗粒石灰岩—具分散石膏假晶的泥粉晶白云岩—纹层状、条带状和块状石膏岩（偶见具交错层理的石膏岩）—瘤状石膏岩等。

奥陶系石膏岩不仅在临汾一带，而且在整个华北地台都有分布，有些地区甚至形成了巨厚的岩盐层（图2）。山西的石膏作为一种矿床开采已有较久的历史，主要集中于临汾、太原、长治和离石四区（图3）。矿床开采的实践表明，马五段纹层状、条带状和块状石膏岩具有单层厚度大、延伸范围广的特点，因而经济价值最大；马一段、马三段的石膏岩仅分布于局部地区，横向上呈透镜状、扁豆状，单层厚度小，只能形成小型或中型矿床。

同一产区，石膏岩在横向上也有明显的变化。以临汾—灵石产区马五段石膏岩为例，在北部灵石一带，石膏矿床产于马五段上部，层数多，单层厚度大，向四周层数变少，单层厚度变薄直至尖灭；南部石膏岩矿床则产于马五段下部，以临汾一带厚度最大，亦向四周变薄至尖灭。由此可见，奥陶系石膏岩虽然分布范围广，所出现的层位亦大致相当，但并不是完全等时的，横向上也不是连续的，而是呈此厚彼薄，此有彼无的形式。这种分布特征是受古地形控制的。

* 包继忠等. 山西地质科技. 1982, (4): 1—8.

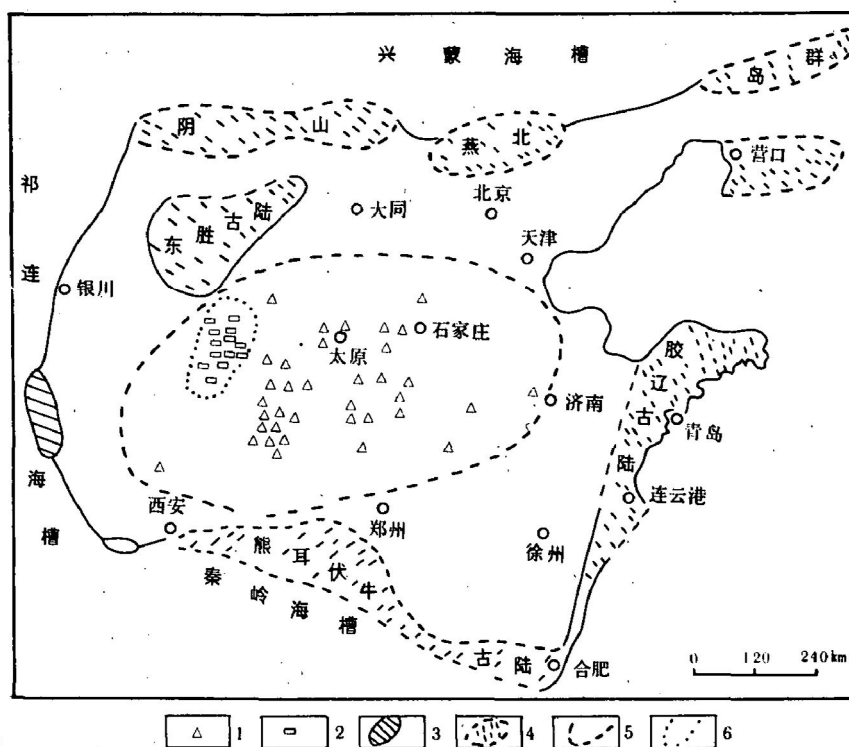


图2 华北地台奥陶系蒸发岩的分布

(据 [2, 1] 修改编绘)

1—石膏或膏溶角砾岩分布点, 2—石盐分布点, 3—古陆, 4—推测古陆, 5—石膏分布界线, 6—石盐分布界线

三、成因及形成环境

1. 形成背景

奥陶纪时的华北地台是一个范围广阔的浅水陆表海碳酸盐台地, 所处的位置和气候适于产生蒸发条件^[2]。有人以向心浓缩机制模式解释华北地台蒸发岩的分布, 并预测石盐的沉积范围^[3]。然而, 最近在鄂尔多斯东部地区发现的巨厚岩盐与该模式的预测不符 (图 2), 实际是由三个古隆起控制的。

华北地台奥陶系蒸发盐湖的分布具有星罗棋布, 若断若续的特点^[1] (图 4)。所谓星罗棋布, 实际上是受古地形差异所致。与柴达木盆地盐湖类似, 断裂、褶皱形成的地形差异是形成的主要原因^[4]。

2. 石膏岩的成因

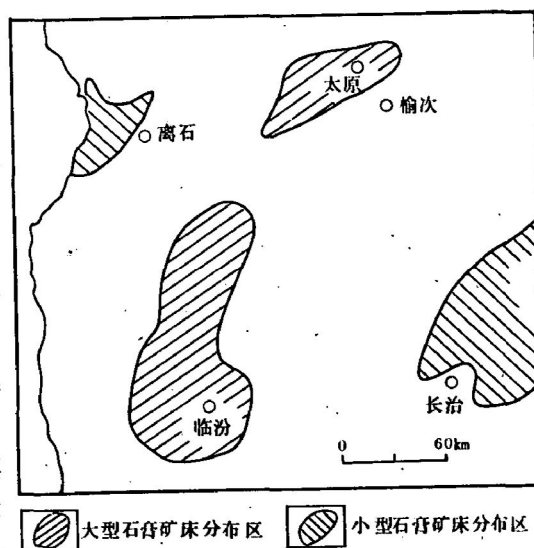


图3 山西石膏矿床的分布

(据山西省地质局区调队)

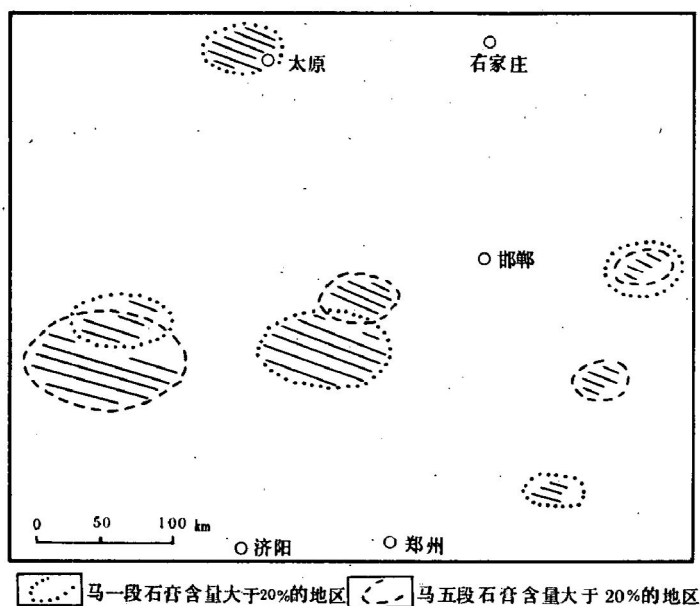


图4 华北地台奥陶系石膏岩盐湖的分布
(据[1]综合编绘)

虽然奥陶纪华北地台总体上是比较平缓的,但一些高差相对较小的隆起和凹陷仍然存在。这样,凹陷区的水体循环将会更进一步地受到限制,而且高盐度卤水也将在这里集中。而隆起区则由于水浅,有时甚至露出水面而产生与现代萨巴哈类似的环境。前者形成静水条件下厚度较大的石膏岩,后者形成萨巴哈石膏岩,介于二者之间的地区形成砾状石膏岩、竹叶状石膏岩或白云岩。

临汾一带奥陶系石膏岩可分为四类:

(1) 原生沉淀型石膏岩:包括纹层状石膏岩、条带状石膏岩和块状石膏岩。澳大利亚南海岸三个现代盐湖中有纹层状石膏岩的形成,纹层由石膏和文石交互组成,横向连续,延伸

较远,形成的湖水深度为10 m,文石和石膏的交互出现是湖水周期性淡化的结果^[5]。在加拿大中泥盆统Prairie蒸发岩中也存在着由石盐和硬石膏组成的纹层,这种纹层形成时的水深大约为180 m^[6]。可见纹层本身并不能说明形成环境的水深,但无疑是一种静水沉积。临汾一带的纹层状石膏岩从形成背景上看是浅水的,但其下部石灰岩中含有腹足和棘皮碎屑(图1),纹层的组成与藻类无关,表明并非典型的潮坪纹层状石膏岩。石膏岩本身厚度较大,横向延伸较远,表明形成于浅水凹陷相对较深的地区,遭受周期性的淡化,白云石和石膏岩交替出现。根据石膏岩共生组合,块状石膏岩与纹层状石膏岩的形成环境应该相似,只是前者在形成过程中,没有淡水注入或有淡水注入却与蒸发量保持平衡。这在人工蒸发海水的实验中可以得到证实。纹层和条带形式相似,常常过渡或共生,因此,它们的形成环境相同。

(2) 异地沉积型石膏岩:主要包括砾状石膏岩和竹叶状石膏岩。在石膏和竹叶状砾石中,未见石膏交代白云岩的现象,也未见砾状石膏岩向砾屑(竹叶)白云岩过渡的事实。而是渐变为具分散石膏晶体的泥粉晶白云岩。最重要的是,这类石膏岩与上覆和下伏白云岩的接触界线是突变的,而非过渡的。这些特征表明砾状石膏岩和竹叶状石膏岩不是交代的结果,而是石膏和白云岩在半固结状态,被风浪和潮汐改造后再沉积的结果。形成在浅水台地上地形较为平缓,既不是易于暴露的隆起又不是凹陷,而是二者的过渡地区。

(3) 成岩交代型石膏岩:包括叠层石石膏岩、鲕粒石膏岩和瘤状石膏岩。三者常常共生,纵向层序与现代萨巴哈石膏岩相似^[7]。奥陶系马家沟组的六个岩性段中存在着三个海水由浅至深的旋回,马三段和马五段内部也存在若干海水由深至浅的韵律(图5)。很明显,在一个远离古陆的陆表海台地中,这样的韵律只能通过海平面升降产生。当海平面相对较高时形成鲕粒石灰岩、叠层石石灰岩,当海平面降低后蒸发作用将使沉积物粒间海水盐度逐渐升高,导致石膏沉淀并同时交代方解石或文石(也可能是白云岩)。值得注意的是,交代作用发生后原

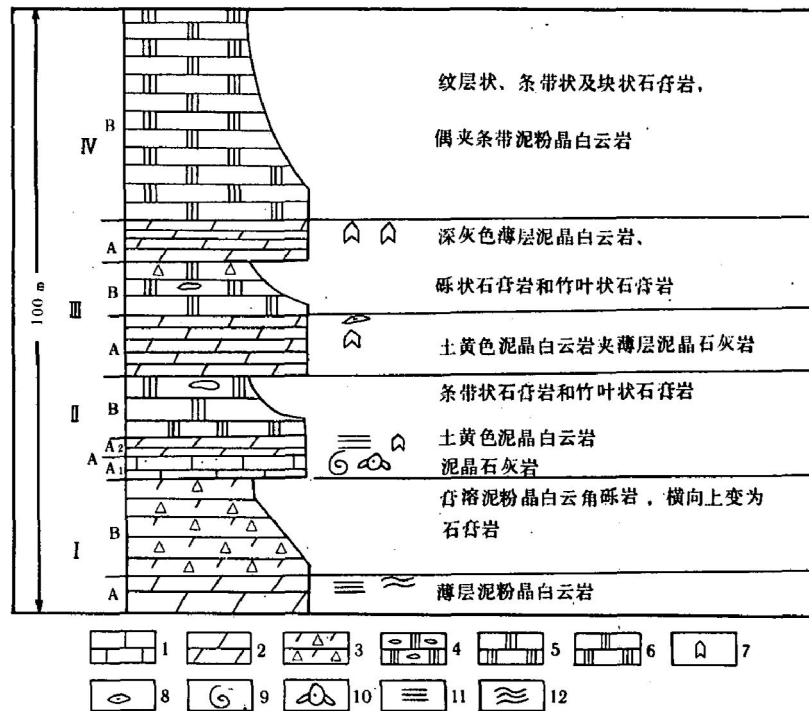


图5 马五段一个完整的向上变浅的韵律组合

1—泥晶石灰岩，2—泥粉晶白云岩，3—角砾白云岩，4—竹叶状石膏岩，5—砾状石膏岩，6—纹层状，
7—石膏假晶，8—鸟眼，9—腹足类，10—三叶虫，11—水平纹层，12—波状叠层石

岩的结构和构造并未破坏（图版 I-1，I-5）。石膏岩中的石膏并不是很好的晶体，而是呈胶状或微米级的粒状，而且残余的白云石含量仍然很高，这说明交代作用并不很充分。瘤状石膏岩在交代前的沉积物为萨巴哈型的准同生白云岩（图版 I-4），其中常含分散状石膏晶体，这样后期石膏沉淀时很容易以原来的石膏为晶核侧向生长，因而能大面积交代白云石，形成石膏瘤体，如果瘤体继续增大便可形成“鸡笼铁丝”状石膏岩。其形成方式类似美国西德克萨斯州现代盐坪的肠状或瘤状石膏岩^[8]。前者出现于大气渗流带的上部，后者出现于大气渗流带的下部。

（4）脉状充填型石膏岩：指充填在与石膏岩呈互层的白云岩或白云岩角砾岩中的石膏脉。从脉的产状和石膏的晶形可以看出，这种石膏脉是高压挤入的结果。理论计算和实验研究均表明，石膏转变为硬石膏后固体矿物体积要缩小 38%，但与此同时将排出 48% 的水，这样多余的 10% 的水将在地层中产生强大的异常高压，并有可能刺穿围岩而形成裂隙。这些裂隙可为含硬石膏的地层水所充填，并在适当的条件下沉淀形成较好的晶体。当硬石膏暴露地表后可吸水变成石膏，此时固体石膏的体积将比原来硬石膏的体积增加 62.6%，从而导致原来裂隙的进一步扩张使石膏脉也更为醒目。临汾一带地表所见者为石膏岩，但在鄂尔多斯盆地东部井下所见者却为硬石膏岩，证实临汾一带的石膏岩确是硬石膏在近地表吸水的结果。

临汾一带奥陶系石膏岩的形成和分布，体现了浅水陆表海台地中受地形高差影响，导致石膏岩类型、厚度组合的差别（图 6）。

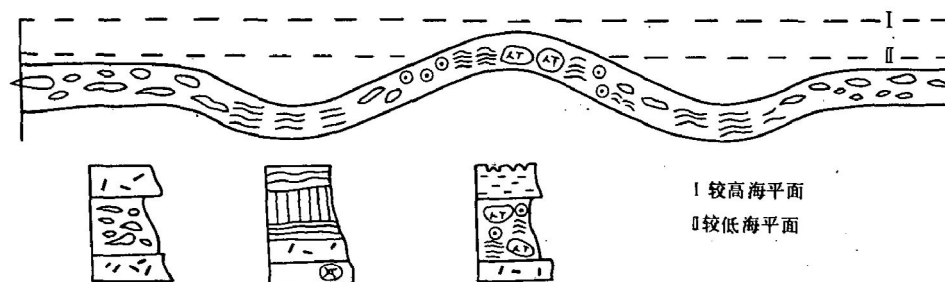


图6 临汾一带奥陶系石膏岩的形成环境示意图

本文在研究过程中曾得到冯增昭教授、包继忠高级工程师的指导和帮助；何幼斌、田波、邓爱居和肖超政参加了野外工作，特此致谢。

参 考 文 献

- 1 冯增昭等. 华北地台早古生代岩相古地理. 北京: 地质出版社, 1990. 55—81.
- 2 王鸿祯等. 中国古地理图集. 北京: 地图出版社, 1985. 37—46.
- 3 薛平. 陆表海台地型蒸发岩成因探讨. 地质论评, 1986, 32 (1), 59—66.
- 4 张彭霖等. 柴达木盆地盐湖. 北京: 科学出版社, 1987. 32—131.
- 5 Warren J K. On the significance of evaporite lamination. In: Schreiber B C, ed. Proceedings of the 6th international symposium on salt. Toronto, [s. n.], 1983. 161—170.
- 6 Wardlaw N E, et al. Halite-anhydrite seasonal layers in the middle Devonian prairie evaporite formation, Saskatchewan, Canada, *Geol. Soc. America Bull.*, 1966, 77, 331—342.
- 7 Gill D. Salina A-1 sabkha cycles and the late Silurian paleogeography of the Michigan Basin. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1977, 47 (3), 979—1017.
- 8 Hussain M, Warren J K. Nodular and entrolithic gypsum; the "sabkha-tization" of salt flat playa, west Texas. *Sedimentary Geology*, 1989, 64, 13—24.

ORIGIN AND DEPOSITIONAL ENVIRONMENT OF ORDOVICIAN GYPSUMS IN LINFEN, SHANXI PROVINCE

Wang Zezhong Zhai Yonghong

(Jiangnan Petroleum Institute, Jiangling, Hubei)

Abstract

The Ordovician gypsums in Linfen, Shanxi Province, can be divided into four types, namely autochthonous precipitated, allochthonous deposited, diagenetic replaced and

vein-filled types. The autochthonous gypsum including laminated gypsum, banded gypsum and massive gypsum, which were formed by chemical precipitation in saline water depressions of shallow platform. The diagenetic replaced gypsum contains stromatolitic gypsum, oolitic gypsum and nodular gypsum which were formed in the uplift of the shallow platform and occurred in vadose zone during the penecontemporaneous stage. The allochthonous deposited gypsum includes rudaceous gypsum and edgewise gypsum formed in places between the depressions and the uplifts. The vein-filled gypsum was formed in transformation process of gypsum and anhydrite related to abnormal high pressure resulted from dehydration and the absorbing expansion.