

我国东部白垩纪-早第三纪蒸发岩和生油岩沉积的区域构造背景

陈发景 李明诚 孙家振

(武汉地质学院)

我国东部白垩纪-早第三纪蒸发岩和生油岩多分布在断陷盆地¹⁾的陆相地层中,主要受两个因素控制:一个是古气候因素,一个是区域构造因素。本文着重探讨区域构造因素。为了更全面地说明这一问题,首先简要地叙述一下古气候因素。

一、控制蒸发岩和生油岩沉积的古气候因素

从白垩纪到早第三纪,我国东部大致可分为四个纬向气候带^[1]。

1. 北纬40°以北基本上为潮湿、半潮湿气候,有煤系和生油岩系而无蒸发岩沉积。

2. 北纬40°以南、秦岭大别山以北为潮湿、半潮湿与干旱、半干旱气候在时间上交替出现区,有蒸发岩-生油岩组合,也有煤系-生油岩组合。例如苏北盆地的阜宁组为蒸发岩-生油岩组合,渤海湾盆地的孔店组二段为煤系-生油岩组合。

3. 秦岭大别山以南、南岭以北,主要是干旱、半干旱气候,有蒸发岩-生油岩组合,例如江汉盆地的新沟咀组和潜江组;也有蒸发岩与红色岩系的组合,例如衡阳盆地的霞流市组。

4. 南岭以南中始新世以前是干旱、半干旱气候,有蒸发岩-生油岩组合,例如广东三水盆地的埗心组。晚始新世以后转变为潮湿、半潮湿气候,有煤系-生油岩系组合,例如广西百色盆地的那读组。

由此可见:第一,古气候在大范围内控制了我国东部白垩纪、早第三纪蒸发岩沉积的分布。第二,蒸发岩系的分布只与干旱、半干旱气候带有关;煤系的分布只与潮湿、半潮湿气候带有关;而生油岩系既与潮湿、半潮湿气候带有关,又与干旱、半干旱气候带有关,表现在岩系组合上既可与煤系伴生,又可与蒸发岩系共存,还可自成体系。对气候条件的要求没有蒸发岩和煤系地层那么严格,但多数大中型油田如大庆油田、任丘油田的生油岩,与潮湿、半潮湿气候有关。

二、控制蒸发岩和生油岩沉积的区域构造背景

(一) 断陷盆地的区域构造特征

1) 除松辽等盆地为拗陷型盆地外,南方白垩纪-早第三纪盆地均为断陷盆地。

(1) 受同向倾斜主断层控制的开阔型单断凹陷组合，例如济阳坳陷的沾化凹陷—陈家庄凸起—东营凹陷。这些单断箕状凹陷，一律北陡南缓，凹陷中心偏向北侧，断凹和断凸分布范围开阔（图1）。

(2) 受同向倾斜主断层控制的狭窄型单断凹陷组合，例如渤海湾盆地东明凹陷。与上述组合不同的是断凹和断凸分布范围狭窄，东西两个次凹陷在后期由于反向断层形成两个不对称的地堑和中间的地垒（图4）¹⁾。

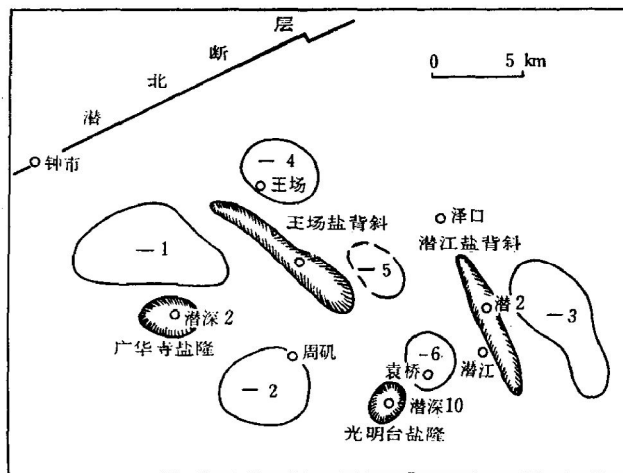


图3 潜江凹陷含盐地区盐构造平面展布略图

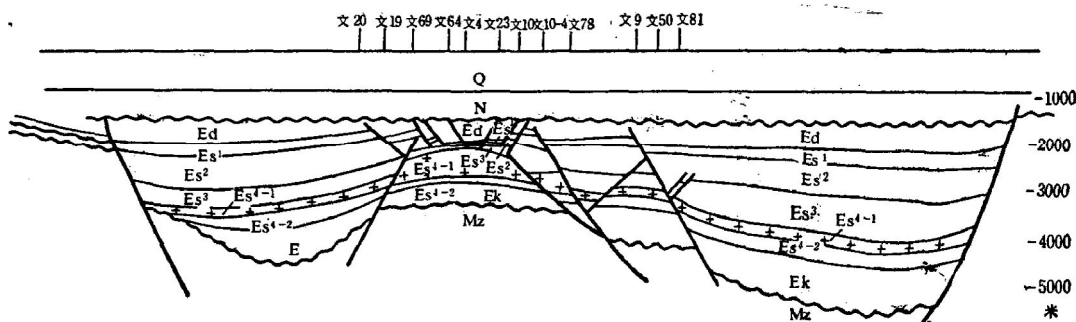


图4 东明凹陷构造剖面图

(3) 受对向倾斜主断层控制的单断凹陷组合，例如黄骅坳陷南区的 沧东凹陷—孔店凸起—小集凹陷。沧东主断层向东倾斜，沧东凹陷西断东超；徐黑主断层向西倾斜，小集凹陷东断西超；中间的孔店凸起分别是两凹陷的东西缓坡（图5）。我们认为，这一类型并非同时双断形成的地堑式凹陷，中间的凸起也不是由于双断挤压形成的。根据地质历史分析和航磁资料，它是在印支期或燕山期形成的向斜—背斜—向斜以及具有对向倾斜断裂的基底上产生的。推测这一类构造的发展过程是：中生代地壳运动时形成向斜—背斜—向斜以及其间的对向倾斜断裂；早第三纪早期拉张作用继承了这种基底形

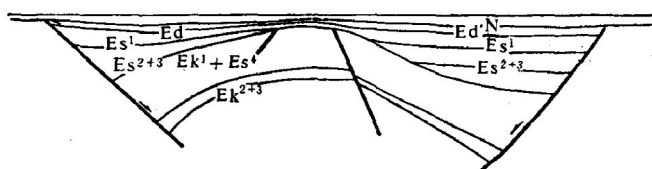


图5 黄骅坳陷南区沧东凹陷—孔店凸起—小集凹陷构造剖面图
(据大港油田资料简化)

1) 王天泽，1982，东明凹陷中央隆起带北段、中段构造特征及其发展过程，武汉地质学院北京研究生部资料室。

态,形成两个对向的单断凹陷;早第三纪中期,由于基岩块体的掀斜,增加了原有中间背斜的幅度,并在两翼分别形成了反向正断层,从而逐渐演化为两个不对称地堑和中间地垒。

(4) 受背向倾斜主断层控制的单断凹陷组合,例如苏北盆地的海安凹陷—泰州凸起—溱潼凹陷。泰州凸起两侧为两条背向倾斜的主断层,西侧断层倾向北西,东侧断层倾向南东,分别控制了两个单断凹陷,凹陷沉降中心均靠主断层和凸起一侧(图6)^[3]。

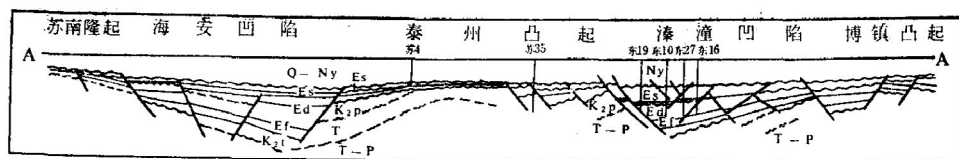


图6 苏北盆地海安凹陷—泰州凸起—溱潼凹陷构造剖面图
(据江苏石油地质大队)

(二) 断陷盆地的形成

我国东部白垩纪、早第三纪蒸发岩和生油岩断陷盆地的形成机制,目前悬而未决,然而大家对几点基本事实的认识却比较一致。第一,断陷盆地是在陆壳上发生的,不象日本海或南海那样下面是洋壳;第二,断陷盆地分布在西太平洋岛弧的后面,推测与西太平洋俯冲带有一定的联系;第三,在大多数断陷盆地中都有基性火山岩,热流值和地温梯度均较高^[4];第四,凹陷和凸起与莫霍面呈倒影关系¹⁾。所有这些事实,都说明盆地的形成与深部地质动力有关。

关于断陷盆地的形成机制,我们认为既不是地壳受挤压力在隆起部位由于二次纵张作用形成的,也不是地壳受垂直上拱力在隆起时由于张裂而形成的。因为地壳的纵弯只能在地壳表层很浅的地方发生张裂,断陷不可能达到目前的沉降深度。地壳垂向上拱常在隆起背景上形成对称式地堑,而目前在我国东部白垩纪、早第三纪含油气盆地内绝大多数都不是这种对称式地堑而是单断箕状凹陷。因此,区域水平拉张应力是形成单断箕状凹陷及其各种组合的主要作用力。

至于水平拉张应力的起因,也有争议。有人认为,西太平洋板块向下俯冲,欧亚大陆仰冲,由于拖曳牵引地壳弯曲产生水平拉张应力,在弧后地区产生块断,而形成断陷^[6]。有人认为,由于西太平洋板块俯冲,使得弧后地区热体制发生变化,引起陆壳下面地幔上涌,岩石圈减薄,从而产生水平拉张应力,形成断陷²⁾。有人认为,与西太平洋板块俯冲无关,而是由于克拉通内与热点有关的地幔上涌。至于造成凹陷和凸起与莫霍面呈倒影关系是地幔上涌引起地壳裂隙,还是地壳先破裂而后引起地幔上涌,这也是悬而未决的问题^[9]。综上所述,虽然有关区域水平拉张应力的起因还有待进一步研究解决,但区域水平拉张应力是形成单断箕状凹陷的主要原因这一点,在目前还是可以肯定的。

1) 国家地震局地质研究所重力组, 1978, 利用重力资料推断华北平原北部地壳和构造的基本特征。

2) 郭令智、施兴申、马瑞士, 1982, 论西太平洋弧后盆地的基本特征和形成机理与油气藏形成的关系。南京大学地质系。

(三) 断陷盆地的演化

根据黄骅坳陷、东明凹陷、东营凹陷等资料, 单个断陷盆地的演化大致可分为四个阶段^[7] (图7)。

1. 断陷湖盆初始期 基岩块体沿边界主断层下滑拉开, 断陷范围小, 主要堆积火山岩、山麓粗碎屑岩和红色建造。除断陷中心发育湖相沉积外, 大多数地区为冲积扇扇根和扇中的泥石流和网状河道沉积。

2. 断陷湖盆发育期 基岩块体继续下滑, 断陷范围不断扩大, 形成箕状开阔断陷盆地, 主要发育水进型砂泥岩建造。凹陷中心偏于主断层一边沉积最厚, 另一侧则变薄, 形成一个大的沉积楔状体。在主断层活动的陡坡一侧发育水下冲积扇, 陡坡下部常发育滑塌浊积岩; 在湖盆内部隆起或斜坡处常形成滩砂和堡砂坝; 隆起间凹陷处发育水下河道重力流沉积。湖盆中心一般发育良好的生油岩, 若气候干旱则常有蒸发岩与生油岩沉积组合。在远离物源的稳定斜坡一侧有时发育生物灰岩、鲕粒灰岩等沉积。一般在断陷发育的末期, 由于远离主断层一侧的基岩块体不断掀斜, 往往在最大弯曲处或基底断裂处发生反向的第二边界断层。如果断陷范围比较开阔, 则仍保持单断箕状凹陷的面貌; 若断陷范围比较狭窄, 则往往发展成不对称的地堑, 从而使单断箕状凹陷的面貌难以辨认。

3. 断陷湖盆萎缩期 此时, 由于水平拉张应力渐趋消失, 基岩块体下滑也随之减弱, 湖盆范围由边缘向中心逐步缩小, 一般发育水退型的砂泥岩建造, 以河流、三角洲沉积为主。

4. 断陷湖盆结束期 区域水平拉张应力基本消失, 断陷也随之停止。在沉积负荷和区域均衡调整作用下, 断陷转化为拗陷^[8], 湖盆转为陆上环境, 以网状和蛇曲河流沉积为主。

以上四个演化阶段是一种理想化了的模式。实际上断陷不是一次活动而往往是多次活动形成的, 表现为断陷初期—断陷发育—断陷减弱—断陷又发育—断陷又减弱一直到最后断陷停止^[9]。湖盆构造的这种演化控制了沉积上的旋回性, 造成剖面上多套蒸发岩系和生储油组合的出现; 同时也造成在各期沉积之间例如孔店组与沙四段之间、沙三段与沙二段之间出现沉积间断和超覆不整合。这些间断和不整合是断陷演化过程中掀斜程度不一致 (differential tilt) 造成的^[10]。

此外, 应当指出的是, 一些蒸发岩和生油岩断陷湖盆, 不是由一个单断凹陷而是由多个箕状断陷和断凸组成的。这种断陷湖盆也有初始期、发育期、萎缩期和结束期四个演化阶段, 具有和单个断陷湖盆演化阶段相似的特征。不同点是它们以多个断陷的演化为标志。在湖盆初始期断陷数目少, 断陷与断陷之间彼此分割; 发育期断陷数目增多, 断

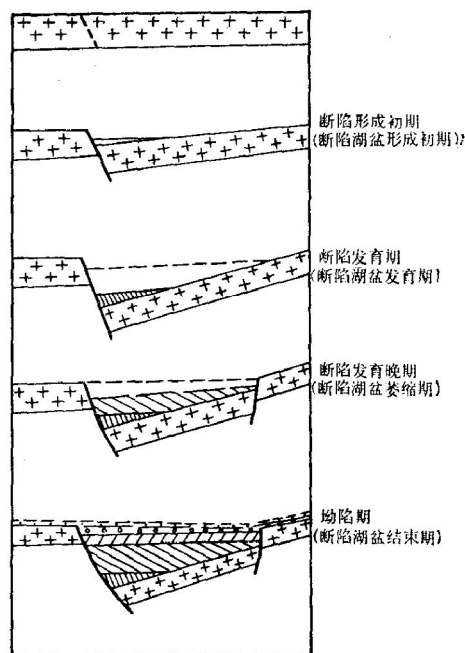


图7 单断凹陷演化形成示意图

陷与断陷之间彼此连通,从初期的分割渐趋统一;萎缩期部分单个断陷湖盆渐被充填;结束期则所有单断凹陷转化为坳陷,湖盆结束,成为陆上环境。

(四) 蒸发岩和生油岩沉积与断陷湖盆演化期的关系

从我国东部白垩纪—早第三纪盆地中的蒸发岩和生油岩分布来看,蒸发岩和生油岩与湖盆演化期的关系大体上可分为两类。一类与断陷湖盆发育期有关,蒸发岩常与暗色生油岩系伴生(图8)。例如东营凹陷沙四时的膏盐层和生油岩,它们都是在断陷湖盆发育期形成的。又例如江汉盆地新沟咀时和潜江时也分别是湖盆的两个发育期,结果也对应产生新三段—新一段和潜四段—潜一段两套膏盐层和生油岩组合。此外,三水盆地埗心组的膏盐层和生油岩也形成于断陷湖盆发育期。

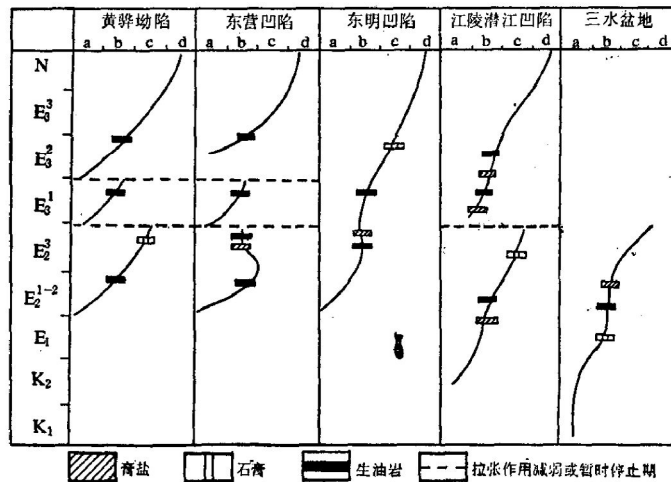


图8 蒸发岩和生油岩与断陷湖盆演化期的关系
a.断陷湖盆初始期; b.发育期; c.萎缩期; d.结束期。

蒸发岩和生油岩组合的平面分布,则受单个断陷湖盆发育期在平面上的迁移所控制。例如从渤海湾盆地昌潍凹陷经东营凹陷—沾化凹陷到渤中凹陷一线,蒸发岩只分布在东营凹陷—沾化凹陷,正是断陷发育阶段,而此时南面昌潍凹陷的断陷湖盆已告结束,北面渤中凹陷的断陷又尚未产生。

另一类蒸发岩与断陷湖盆萎缩期有关,蒸发岩常与红色岩系伴生,不发育生油岩。例如黄骅坳陷南部沧东凹陷的沙四段石膏层,以及潜江凹陷的荆沙组石膏层。

(五) 单断箕状凹陷形态和物源对蒸发岩分布型式的影响

在单个箕状凹陷中,膏盐层一般分布在湖盆中心接近凹陷的沉降中心,其周围是砂泥碎屑岩沉积,但由于物源方向不同,蒸发岩的分布也有所不同。例如东营凹陷物源主要来自南面缓坡一侧,北面陡坡物源居于次要地位,因此蒸发岩的沉积中心与凹陷沉降中心比较一致,均靠近主断层一侧(图9)。又例如潜江凹陷由于物源主要来自潜北

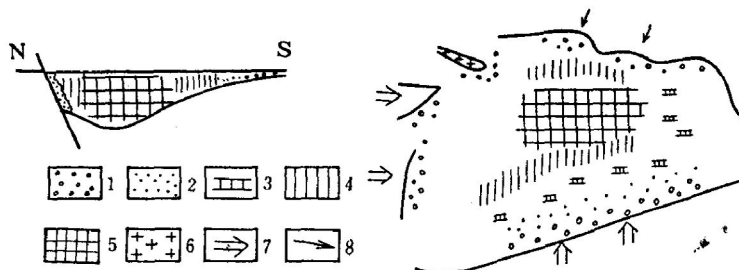


图9 东营凹陷沙四段膏盐分布型式示意图

1. 砂砾岩 2. 砂泥岩 3. 泥质灰质岩夹硬石膏 4. 硬石膏
5. 岩盐 6. 花岗岩基岩 7. 主要物源 8. 次要物源

主断层一侧，陡坡以及凹槽的一部分均为碎屑岩沉积，蒸发岩大部分分布在缓坡远离主断层一侧，蒸发岩的沉积中心与凹陷的沉降中心不一致（图10）。

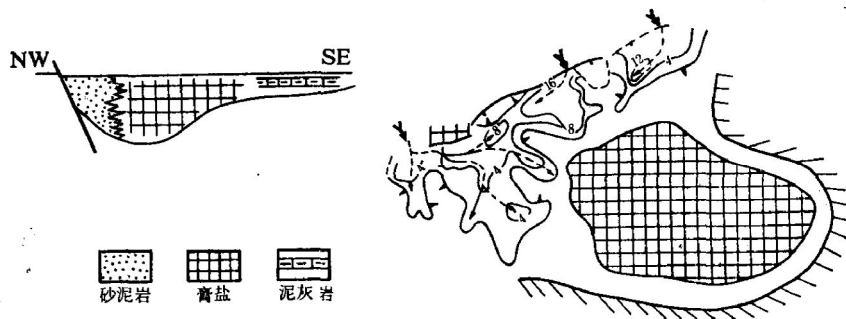


图10 潜江凹陷潜江组膏盐分布型式示意图

在由多个箕状凹陷组成的湖盆中，例如黄骅坳陷南部的两凹一隆，东侧的小集凹陷和孔店凸起，分布碎屑岩沉积，由于物源主要来自东北面，蒸发岩只分布在西侧的沧东凹陷（图11）^[6]。

（六）结论

综合上述，我们可以得出如下结论。

1. 单断箕状凹陷是蒸发岩和生油岩断陷盆地的基本构造单元。我国东部白垩纪-早第三纪断陷盆地绝大多数是被复杂化了的单断箕状凹陷。单断凹陷和凸起的组合有四种类型：

（1）同向倾斜主断层控制的开阔型单断凹陷组合。

（2）同向倾斜主断层控制的狭窄型单断凹陷组合；

（3）对向倾斜主断层控制的单断凹陷组合；

（4）背向倾斜主断层控制的单断凹陷组合。

2. 水平拉张应力是形成单断凹陷的主要原因。

3. 单断凹陷湖盆的演化分四个阶段：初始期、发育期、萎缩期和结束期。断陷湖盆的巨大沉降是多次形成的。早第三纪沉积物之间的间断和超覆不整合与基底不均一的掀斜运动有关。

4. 蒸发岩和生油岩与湖盆演化期的关系大体上可分为两类：一类与断陷湖盆发育期有关，蒸发岩与生油岩伴生；一类与断陷湖盆萎缩期有关，蒸发岩与红色岩系伴生，缺乏生油岩。

5. 断陷形态和周围陆源碎屑物的供给控制着蒸发岩的分布型式。

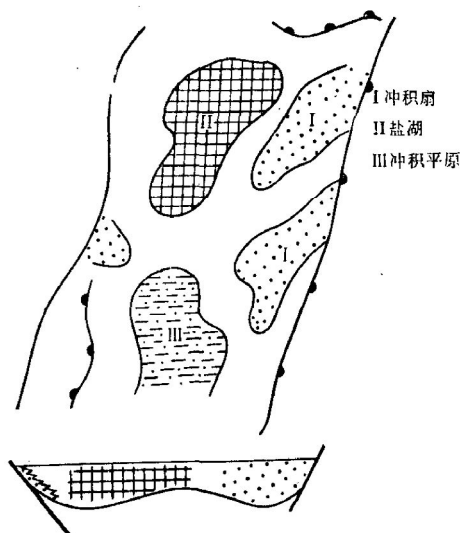


图11 黄骅坳陷南部沙四段石膏分布型式示意图

参 考 文 献

- [1] 陈发景、李思田、李 斌, 1982, 我国东部中生代盆地生油岩、煤、蒸发岩的分布及其控制因素。地球科学——武汉地质学院学报, 第三期。
- [2] 胡炳煊、刘义正, 1981, 潜江凹陷地震层序划分、湖平面升降问题初探。石油与天然气地质, 第3期。
- [3] 王燮培、费 琪、张家骅、王淑珍、杨向民, 1982, 苏北含油气盆地的区域构造格局和局部构造圈闭的形成机制。石油勘探与开发, 第3期。
- [4] 中国科学院地质研究所地热组, 1978, 地热研究论文集。科学出版社。
- [5] Thompson, T.L., 1976, 板块构造学说在大陆边缘油气勘探中的作用。AAPG Bull., Vol.60, No.9.
- [6] Bott, M.H.P., 1981, Crustal doming and the mechanism of continental rifting. In, Mechanism of graben formation, Illies, J. H.(ed). Tectonophysics, 73, P. 1—8.
- [7] 陈发景、王德发, 1980, 我国第三纪含油气盆地的沉积建造类型和油气分布。地质学报, 第3期。
- [8] Beaumont, C. and Sweeney, J.F., 1978, Graben generation of major sedimentary basins. Tectonophysics, 50.
- [9] Illies, J.H., 1981, Mechanism of graben formation. In, Mechanism of graben formation, Illies, J.H. (ed). Tectonophysics 73, P. 249—256.
- [10] Chenoweth, P.A., 1967, Unconformity analysis. AAPG Bull., Vol.51, No. 1.

THE REGIONAL STRUCTURAL SETTING OF CRETACEOUS- EARLY TERTIARY EVAPORITE AND SOURCE ROCK SEDIMENTS IN EASTERN CHINA

Chen Fajing Li Mingcheng Sun Jiazhen
(Wuhan College of Geology)

Abstract

The fundamental factors which control such deposits as source rocks, coal series and evaporites are palaeo-climate and regional structural setting.

With regard to regional structural setting, five main problems are discussed.

1. A single faulted basin of dustpan-shape is the fundamental structural element of Cretaceous-Early Tertiary evaporite-and source rock-bearing basins in Eastern China, which are complicated by secondary faults and diapirism of salt (or clay) beds in late stage.

2. The single faulted basins are formed by tension.

3. The faulted lake basins have undergone several stages: (a) initial stage; (b) stage of development; (c) stage of contraction and (d) final stage. A large amplitude of depression of the lake basins are formed due to multi-tectonic movements, and the non-uniform uplifts of the basement have resulted in the discontinuous sediments and overlap of Tertiary.

4. According to the evolutionary stage of the faulted basins, the evaporites and source rocks may be divided into two main types: (a) The evaporites associated with source rocks are related to the stage of development of the basins; (b) The evaporites associated with red beds are related to the stage of contraction of the basins.

5. The distribution of the evaporites is controlled by the morphology of the faulted basins and terrigenous fragment supplies around.