

第四篇 其他沉积岩及矿产

➤ 第十五章 其他沉积岩及矿产

◆ 第一节 蒸发岩

◆ 第二节 硅岩

◆ 第三节 铁、锰、铝、磷沉积岩

◆ 第四节 煤及其形成演化

◆ 第五节 油页岩

第一节 蒸发岩

一、蒸发岩的定义

- 在干旱、半干旱的气候条件下，由于蒸发浓缩作用，溶液或卤水中的化学溶解物质逐渐沉淀而形成的一种化学沉积岩。又称盐岩。
 - 氯化物岩、硫酸盐岩、碘酸盐岩、碳酸盐岩、硼酸盐岩等。

第一节 蒸发岩

二、蒸发岩的主要矿物成分

- Ca、Na、K、Mg的氯化物、硫酸盐、碳酸盐 ☆☆☆
- Ca、Na、K、Mg的硼酸盐及K、Na的硝酸盐 ☆
- 氯化物
 - 石盐 (NaCl)
 - 钾盐 (KCl)
 - 光卤石 ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
- 硫酸盐
 - 石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
 - 硬石膏 (CaSO_4)
 - 芒硝 ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
 - 无水芒硝 (Na_2SO_4)
 - 泻利盐 ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 等
- 氯化物硫酸盐
 - 钾盐镁矾 ($\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)

第一节 蒸发岩

■ 碳酸盐

- 苏打 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
- 天然碱 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

■ 硼酸盐

- 硼砂 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
- 钠硼解石 ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)
- 硬硼钙石 ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$)
- 柱硼镁石 ($\text{MgB}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)

■ 硝酸盐

- 钾硝石 (KNO_3)
- 智利硝石 (NaNO_3)

■ 非蒸发矿物

- 粘土、绿泥石、云母、石英、长石、白云石、
- 菱镁矿、菱铁矿、赤铁矿、天青石、有机质

第一节 蒸发岩

三、蒸发矿物的一般生成规律

1、海水蒸发矿物的生成顺序

- 海水平均含盐度35g/L，所含主要离子 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 K^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} ，
- 海水蒸发矿物主要组成是Na、Mg、K、Ca的氯化物和硫酸盐。
- 海水蒸发时，可溶盐按溶解度从小到大依次沉淀
 - 矿物类型可反映其生成时海水盐度的高低。
- 蒸发矿物的结晶顺序分为六个阶段：

第一节 蒸发岩

■ 海水蒸发矿物的结晶顺序：六个阶段

- | | | |
|-----------------|------------|--------|
| 1) 碳酸盐-石膏阶段： | 海水盐度稍高 | 方解石→石膏 |
| 2) 石盐沉积阶段： | 海水盐度达26% | 石盐 |
| 3) 石盐和硫酸钠、镁盐阶段： | 海水盐度31~32% | 泻利盐 |
| 4) 钾、镁盐沉积阶段： | 海水盐度33~34% | 钾石盐 |
| 5) 光卤石沉积阶段： | 海水盐度35% | 光卤石 |
| 6) 水氯镁石沉积阶段： | 海水盐度>35% | 水氯镁石 |

■ 总体特征

- 平面上分带
- 时间上有阶段性

第一节 蒸发岩

■ 海水蒸发矿物的结晶顺序：六个阶段

	析出形态	成岩作用产物
水氯镁石带	水氯镁石、共结硼酸盐、光卤石、六水泻盐—四水化物、石盐、石膏、碱式碳酸盐	硫镁矾、菱镁矿、硬石膏
光卤石带	光卤石、六水泻盐（和其他水化物至四水化物）、石盐、石膏（杂卤石）、碱式碳酸镁	硫镁矾、（钾盐镁矾）、硬石膏、菱镁矿
钾石盐带	钾石盐、六水泻盐、（泻利盐）、杂卤石、石盐、碱式碳酸镁	钾盐镁矾、无水钾镁矾、硫镁矾、菱镁矿
硫酸钠、镁盐带	泻利盐、（六水泻盐）、（白钠镁矾）、（杂卤石）、石盐、石膏、碱式碳酸镁	硫镁矾、硬石膏、菱镁矿
石盐带	石盐、石膏、方解石、碱式碳酸镁	硬石膏、白云石、菱镁矿
碳酸盐—石膏带	石膏、方解石、（文石）	硬石膏、白云石、方解石

注：括号中矿物只能在该带的有限地段形成。

第一节 蒸发岩

2、内陆湖盆蒸发矿物的生成规律

- 大陆水的主要组分是 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+
 - 地理位置、地质条件、气候条件和补给条件不同→大陆水的矿化度和化学组成差异很大
- 湖盆水体三种卤水
 - 碳酸盐型卤水特征及形成的蒸发矿物
 - 水体中主要离子： CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 Na^+ 、 K^+
 - 主要蒸发矿物：石盐、天然碱和芒硝
 - 硫酸盐型卤水特征及形成的蒸发矿物
 - 水体中主要离子： SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 Na^+ 、 K^+
 - 硫酸钠亚型主要矿物：芒硝、石盐、泻利盐等
 - 硫酸镁亚型主要矿物：与海水近似
 - 氯化物型卤水特征及形成的蒸发矿物
 - 水体中主要离子： Cl^- 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、
 - 主要蒸发矿物：钾石盐、光卤石、水氯镁石等

第一节 蒸发岩

四、蒸发岩的成因

■ 蒸发岩成因的研究可以追溯到19世纪。一百多年来，人们相继提出了许多成因理论和假说

■ 1、海洋蒸发岩的成因

■ 砂坝模式（1877）

■ 多级海盆模式（1915~1955）

■ 潮上盐沼地或“萨布哈”模式（1955~1971）

■ 2、大（内）陆蒸发岩成因

■ 大陆说或沙漠模式

■ 深层卤水—深水成因盐湖模式

第一节 蒸发岩

1、海洋蒸发岩的成因

(1) 砂坝成盐模式

■ 解释巨厚盐类沉积（奥克谢尼厄斯，Ochsenius, 1877）

■ 认为盐类矿物在与广海隔离的潟湖或海湾中蒸发形成

■ 处于海湾或潟湖与广海之间的砂坝

● 使海湾或泻湖水体不断蒸发而浓缩

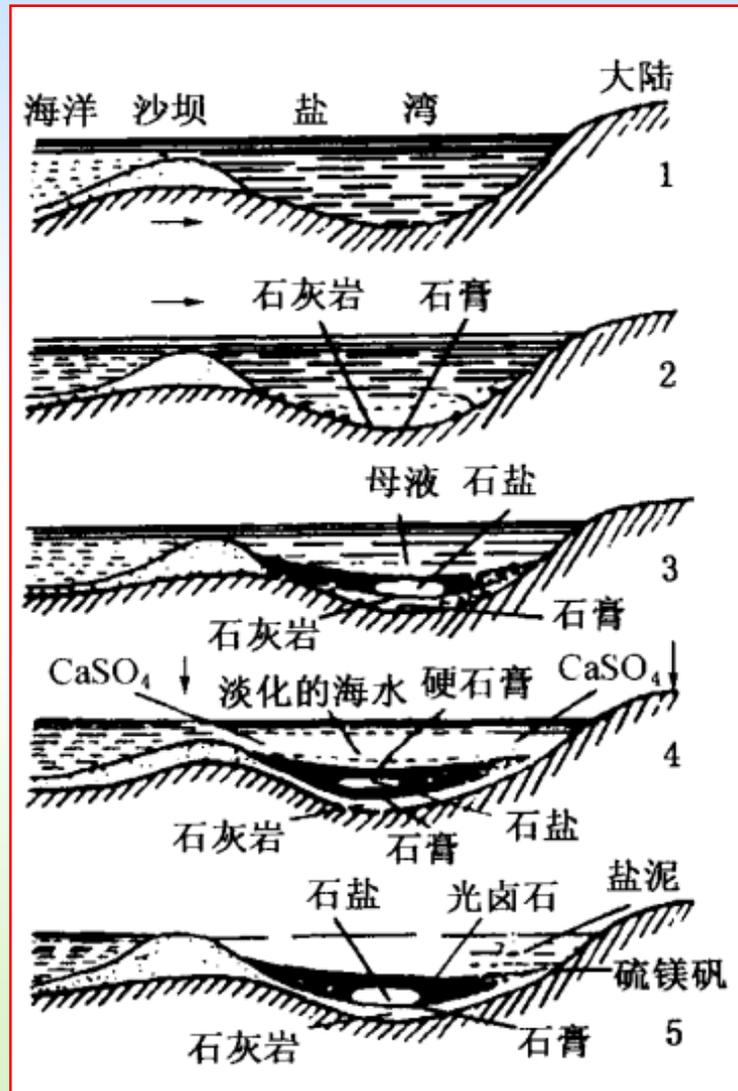
● 同时又让海水从其顶部不断流入补给

■ 导致各种盐类按溶解度大小先后发生沉淀

■ 构造隆起、生物礁和火山堤等也可起屏障作用

■ 蒸发系列：方解石→石膏→石盐

→...→水氯镁石



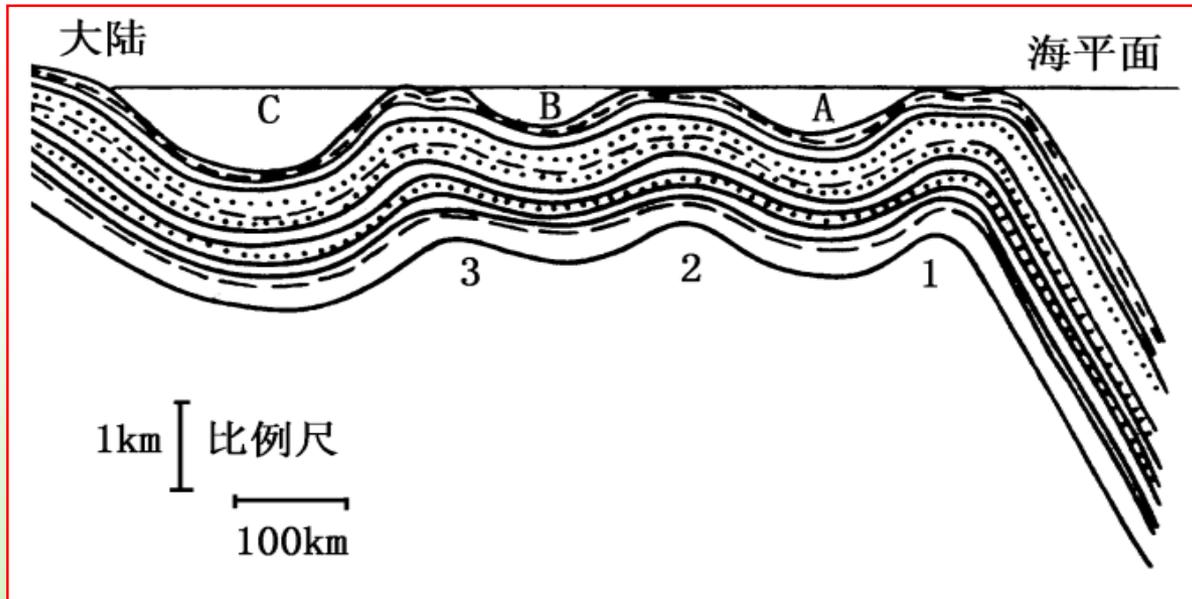
砂坝成盐模式示意图

第一节 蒸发岩

(2) 多级盆地模式 (1915~1955)

■ 解释单成分蒸发岩的形成

- 由于海底起伏不平或由于几个构造隆起而形成不同深度的沿岸多级盆地，沿由海向陆方向，盆地中卤水浓度依次增加→在每个盆地中只能形成一种蒸发矿物。



多级盆地模式示意图

第一节 蒸发岩

(3) 潮上盐沼地或“萨布哈”模式 (1955~1971)

■ 解释浅水或大气下蒸发岩沉积，常与碳酸盐岩共生

■ (1) 潮上带地区，涨潮时所带的海水残留于潮上带洼地，经蒸发浓缩而成。

■ (2) 潮上带地区，由于沉积物粒度细，海水通过毛细管作用补充蒸发的消耗。

■ 特征

✚ 石膏、石盐为主

✚ 暴露成因标志

第一节 蒸发岩

2、大（内）陆蒸发岩成因

(1) 大陆说/沙漠模式

- 解释成分单纯而规模较小的蒸发岩或蒸发矿床
- 离海较远的内陆湖泊在干旱的气候下，发生强烈的蒸发作用，使湖水逐渐转变成咸水湖，并依次沉淀形成蒸发岩。
- 内陆湖泊的盐类物质来源
 - ✚ 母岩风化
 - ✚ 盐类再溶解
 - ✚ 火山喷发
 - ✚ 深层卤水



茶卡盐湖

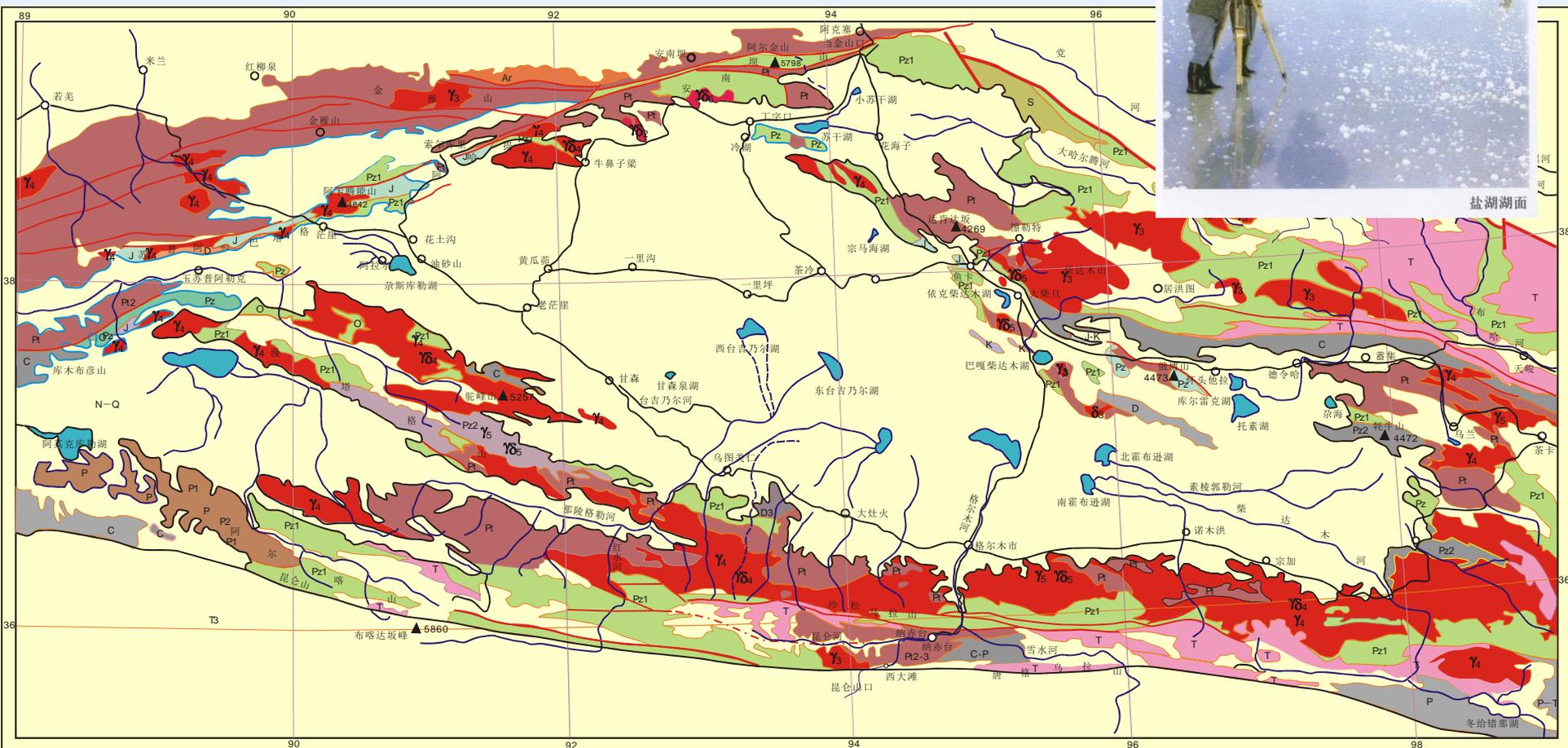
晶莹明净的盐湖湖面

第一节 蒸发岩

察尔汗盐湖



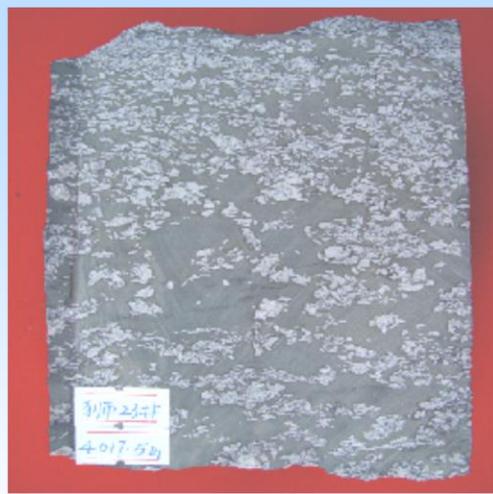
盐湖湖面



柴达木盆地第四纪水系分布图



咸化湖沉积, 钙质泥岩
含大量石膏晶体 (狮23
井, 4008.5m, E31)



咸化湖沉积, 钙质泥岩
含大量石膏晶体 (狮23
井, 4017.5m, E31)



泥岩中的石膏晶体
(狮23井, E₃¹)



盐湖沉积, 石盐晶体
(土1井, 1609.7m, N22)



盐湖沉积, 泥岩中的
石盐晶体 (土1井,
1220.0m, N22)



盐岩沉积层 (土1井,
1608.5~1610.5m, N₂²)

第一节 蒸发岩

地层			微电极 0 4 欧姆.米	自然电位 - 25mv +	深度	颜色	岩性剖面	沉积构造	岩心照片	亚相
系	组	段								
下第三系	下柴沟组	下段			4062	13	—			半深湖相
						14				
						13				
						14	—			
					4070	14				
					14	—				

深水盐湖沉积垂向序列（狮23井，E₃¹）

第一节 蒸发岩

(2) 深层卤水—深水成因盐湖模式

- 在断陷湖盆发育的早中期，断裂活动剧烈而频繁，古老地层中的卤水沿深大断裂进入深水湖盆成为盐类沉积的物质基础。

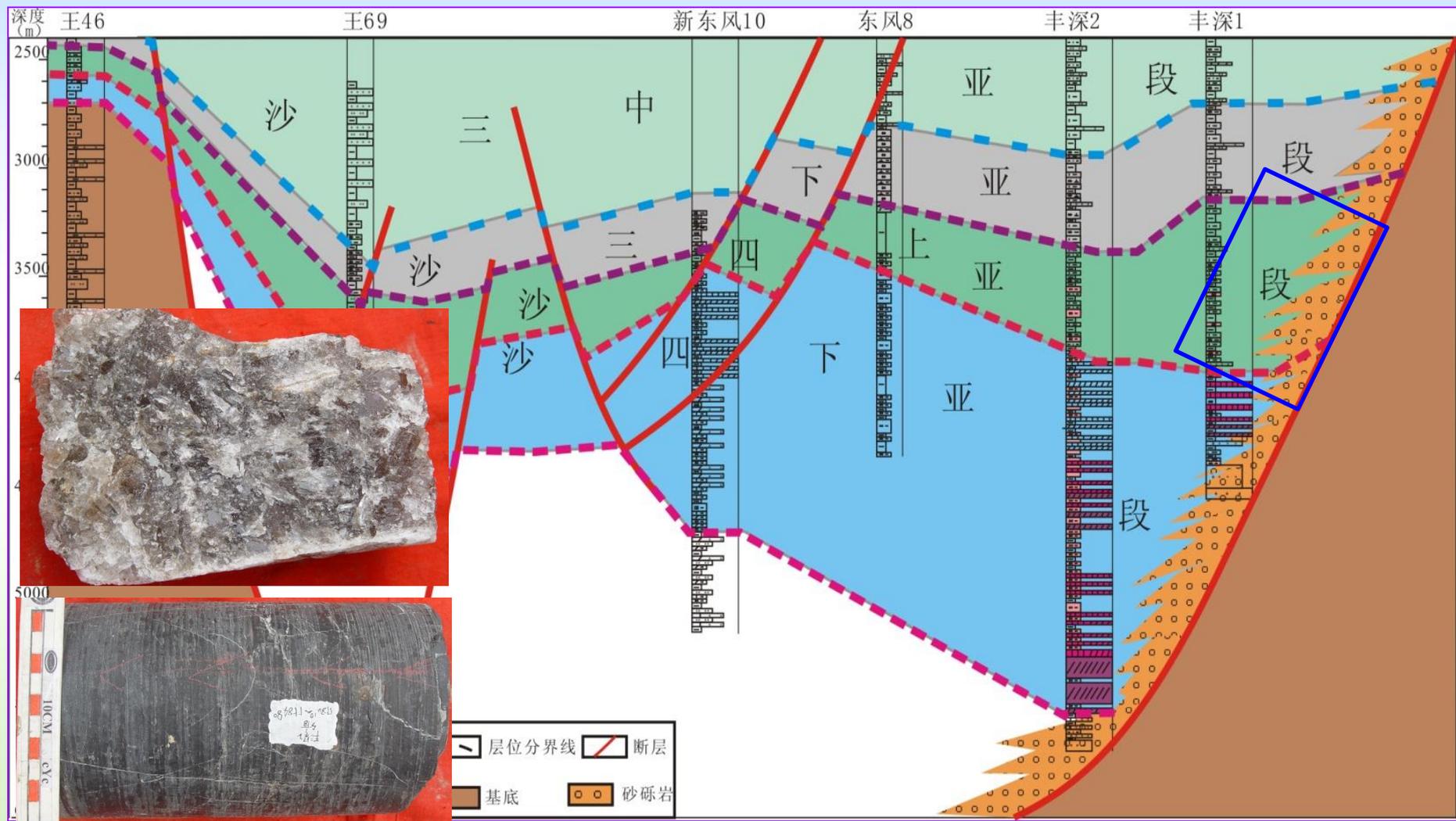
■ 特点

- 蒸发岩分布范围明显受断裂发育带控制，
- 盐岩与深水正常沉积（暗色泥页岩、浊积岩）共生

■ 实例

- 渤海湾盆地东营凹陷沙四段
- 渤海湾盆地东濮凹陷沙二段

第一节 蒸发岩



第一节 蒸发岩

主要的盐类矿物
有石盐、硬石膏，
次要的有杂卤石、
天青石及钙芒硝
等。



钙片页岩, 莱110井, 2796. 6m



盐泥沉积层偶



盐岩, 郝科1井, 3438m;



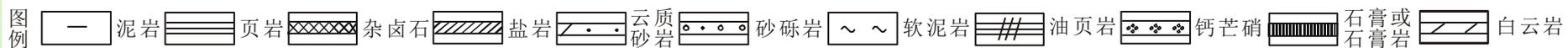
含膏泥岩, 邵18井, 2588. 5m

第一节 蒸发岩

济阳拗陷盐类矿物演化序列与典型海相、陆相对比

以东营凹陷东风2井沙四段盐类矿物演化序列为例

地层			深度 (m)	岩 屑 剖 面	岩 性 描 述	盐 类 矿 物 演 化 序 列	卤 水 度 浓 度	云 南 安 宁 盆 地 盐 类 矿 物 演 化 序 列	川 东 北 地 区 盐 类 矿 物 演 化 序 列
系	组	段							
古 近 系	沙 河 四 街 组	沙 四 街 段	3515		褐灰色泥岩、油页岩夹薄层白云岩、石灰岩, 厚275m	灰石、白云石	淡 ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ 淡	碳酸盐矿物 ↑ 硬石膏 ↑ 钙芒硝 ↑ 石盐 ↑ 钙芒硝 ↑ 硬石膏 ↑ 碳酸盐矿物	光卤石 (少见) ↑ 钾石盐 (少见) ↑ 杂卤石 ↑ 石盐 ↑ 硬石膏 ↑ 灰石、白云石
			3770		深灰色石膏、硬石膏与褐灰色泥岩、页岩互层夹灰黄色杂卤石, 浅黄色钙质芒硝层, 厚240m	石膏、硬石膏 ↑ 钙芒硝 ↑ 杂卤石 ↑ 钙芒硝			
			4010		深灰色泥岩夹石膏及盐岩层, 厚50m	石膏、硬石膏 ↑ 石盐			
			4060		灰白色石膏、硬石膏层与兰灰泥岩不等厚互层, 厚92m	石膏、硬石膏 ↑ 硬石膏			
			4153		褐灰、兰灰色泥岩与灰白色白云质砂岩及白云岩互层, 厚72m	白云石 ↑ 白云石			
			4225		灰白色、杂色砂砾岩夹薄层灰色白云质砂砾岩, 厚120m				
			4345						



第一节 蒸发岩

五、蒸发岩的主要岩石类型

■ 根据主要矿物命名蒸发岩

- 石膏-硬石膏岩

- 盐岩和石盐岩

- 钾镁质盐岩

- 自学

第一节 蒸发岩

六、蒸发岩与油气的关系

1、盐层与油气层的分布规律

■ 油、盐共生的盆地中

- 46%的盆地的油气层产于盐系地层之下

- 41%的盆地的油气层分布在盐层之上

- 13%的盆地的油气层在盐系地层之间。

■ 我国东部下第三系断陷湖盆广泛发育有蒸发岩地层

- 蒸发岩多韵律多旋回，单层厚度小，与碎屑岩或碳酸盐岩成频繁互层；

- 层位与生油岩共存；

- 与油气在地层剖面上和平面上共存。

第一节 蒸发岩

石膏层为良好的油气盖层

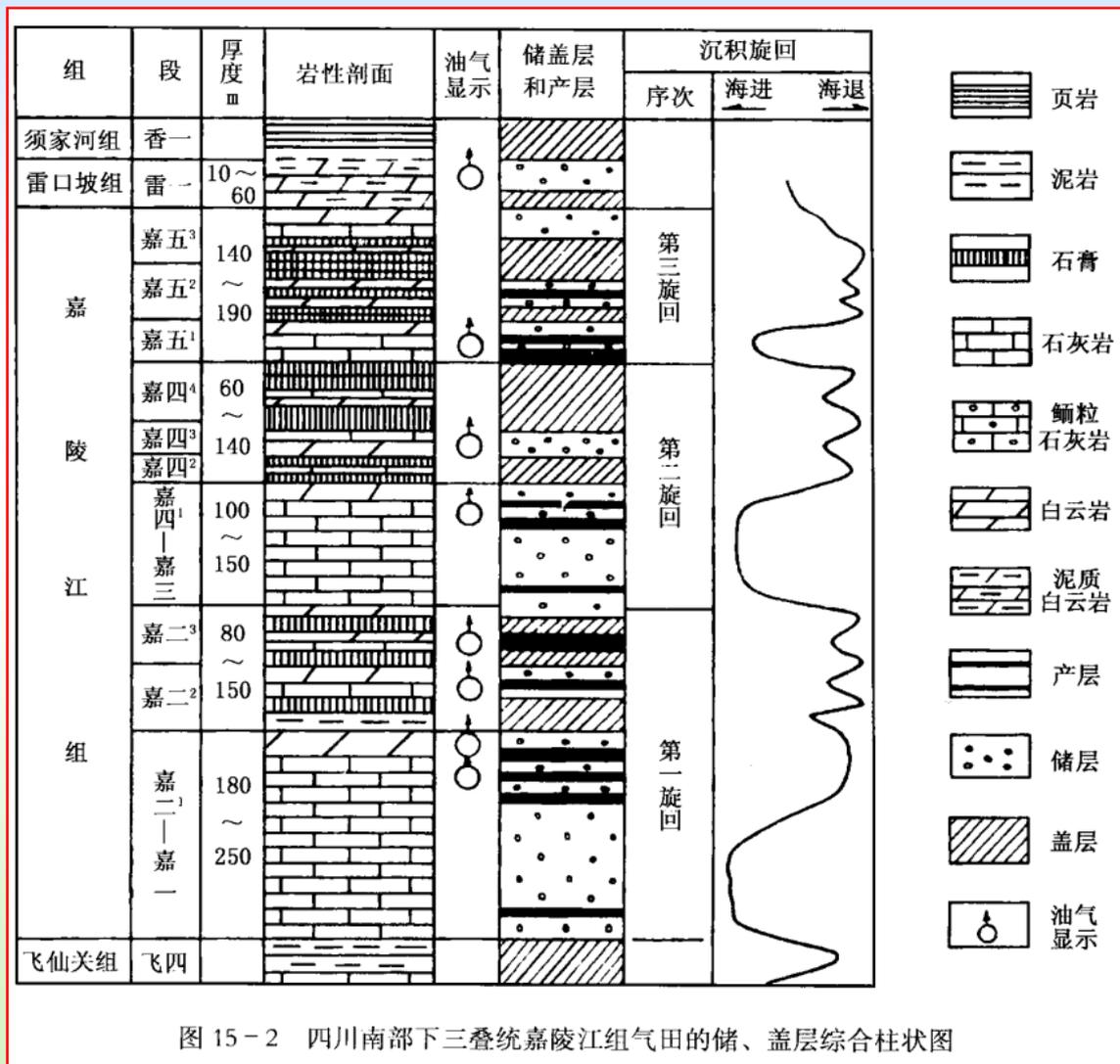
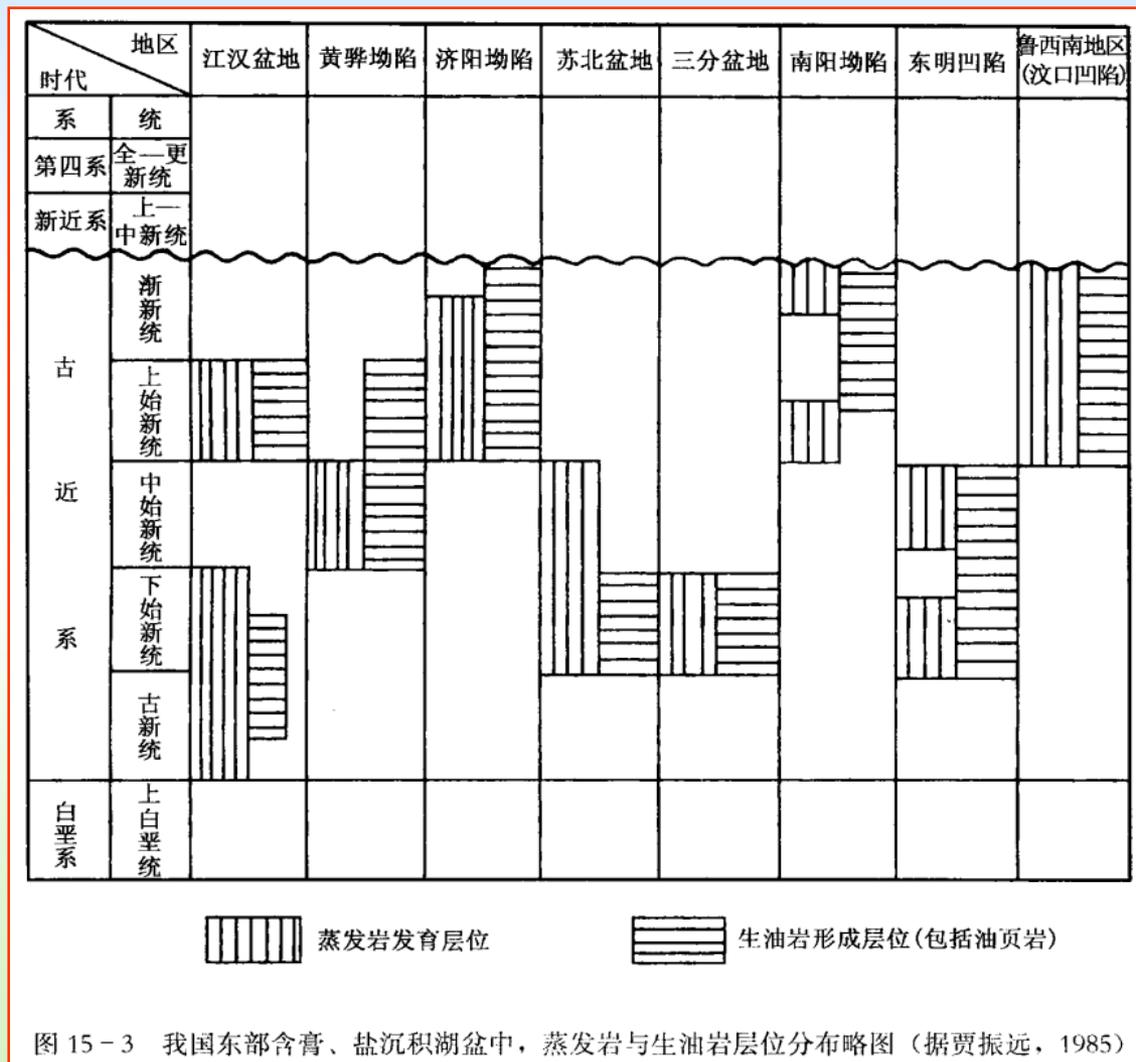


图 15-2 四川南部下三叠统嘉陵江组气田的储、盖层综合柱状图

第一节 蒸发岩

蒸发岩层位与生油岩共生



第一节 蒸发岩

2、对油气运移的影响

- 卤水进入沉积物，促使烃类排出进入渗透层
- 蒸发岩盖层控制着油气的二次运移，使之只能侧向运移。

3、对油气储集层的封隔及其对储集层性能的影响

- 膏盐层是油气的良好封隔层
- 作为胶结物降低储集层孔隙性
- 溶解后产生溶模孔隙，改善储集性能

4、蒸发岩对油气圈闭的影响

- 蒸发岩地层因差异压实作用可发生塑性向上流动，形成各种类型圈闭：层状背斜圈闭、岩性圈闭、地层圈闭等。

第二节 硅岩

一、概述

定义： 主要指由**70--90%**自生硅质矿物组成的沉积岩。

- 不包括富含 SiO_2 他生成因的岩石，如石英砂岩和沉积石英岩。
- 硅岩也称为硅质岩
 - 欧美文献中大多把固结的硅岩统称为燧石，然后在燧石名称前冠以能反映岩石产状、成分及结构和构造特征的附加名称，如硅藻质燧石、鲕状燧石、结核状燧石、层状燧石等。
- 硅岩在沉积岩中分布仅次于粘土岩、碎屑岩和碳酸盐岩。

第二节 硅岩

二、硅岩的一般特征

(一) 硅岩的成分

■ 1. 化学成分

■ SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO

■ 2. 矿物成分

■ 蛋白石、玉髓、自生石英★★★★

■ 粘土矿物、碳酸盐矿物、氧化铁★★

■ 绿泥石、沸石、黄铁矿、有机质



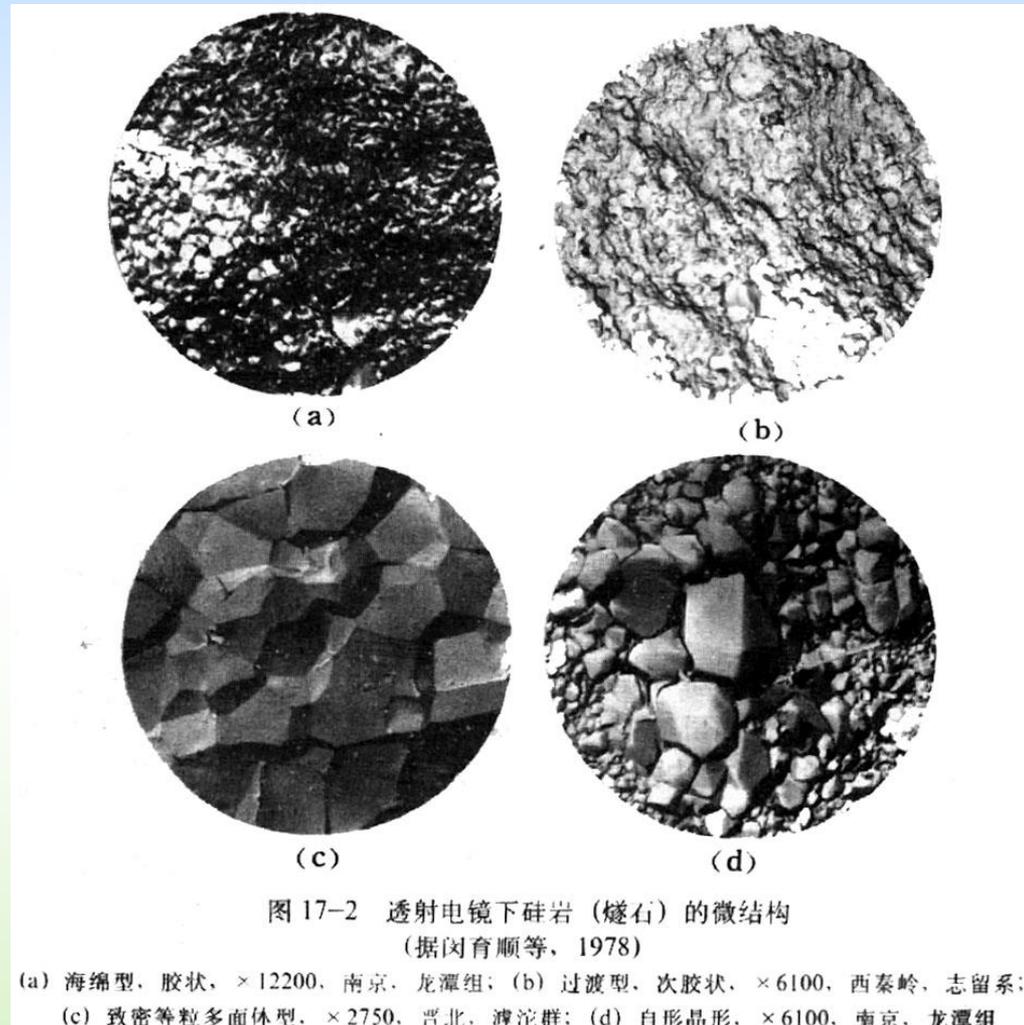
图 17-1 玉髓及其重结晶产物石英
河北，曲阳，雾迷山组，正交偏光，×40

玉髓→石英

第二节 硅岩

(二) 硅岩的结构

- 非晶质的胶状结构
- 隐晶结构
- 晶质结构
- 生物结构
- 粒屑/颗粒结构
- 各种交代残余结构



燧石的隐晶结构类型

第二节 硅岩

(三) 硅岩的构造

- 水平层理最常见
- 如具颗粒结构，
 - 层理、波痕、粒序变化

(四) 硅岩的颜色

- 颜色随杂质而异
 - 灰色、灰黑色 ★★★
 - 灰白色（硅藻土）、灰绿色和红色 ★

第二节 硅岩

(五) 其它

■ 1. 产状

- 单独成层

- 呈薄层、透镜体、条带状或结核状

 - 夹于其它岩石（常为碳酸盐岩）中

■ 2. 物化性质

- 硬、脆

- 化学性质稳定，抗风化能力强

 - 常突出于风化面之上

第二节 硅岩

三、硅岩的分类

1.按产状分类

- 层状、结核状、条带状硅岩.....

2.按矿物成分分类

- 蛋白石质、玉髓质、石英质硅岩

3.按岩石共生组合关系分类

- 与碳酸盐岩共生、与页岩或铁岩共生硅岩.....

4.按成因分类

- 生物成因、无机成因、交代成因硅岩.....

第二节 硅岩

5.成因—结构—成分综合分类的方案

(1) 按成因

- 有机成因（包括生物成因、生物化学成因）、无机化学成因、机械成因、交代成因。

(2) 根据主要结构特征

- 生物结构、非晶质结构、隐晶—微晶质结构、微晶质结构、纤维状结构、内碎屑结构、鲕粒结构、交代结构、交代残余结构

(3) 根据主要矿物成分和组分

(4) 最后定名

- 硅藻岩、海绵岩、放射虫岩、藻叠层石硅岩、藻粒硅岩、蛋白土（岩）、燧石、层状燧石、碧玉岩、硅华、内碎屑硅岩、鲕状硅岩。

第二节 硅岩

四、主要成因类型

(一) 生物成因——由硅质生物组成

■ 1. 硅藻岩（硅藻土）

■ 主要由硅藻壳体（含量大于50%）组成。

■ 成分：蛋白石

■ 特征

■ 质纯白色。常被铁质/有机质浸染：黄→灰→黑色

■ 外貌土状，疏松轻软，孔隙度高，吸水性强
比重0.4~0.9。

■ 显微镜下具有生物结构

■ 可见水平层理在

第二节 硅岩

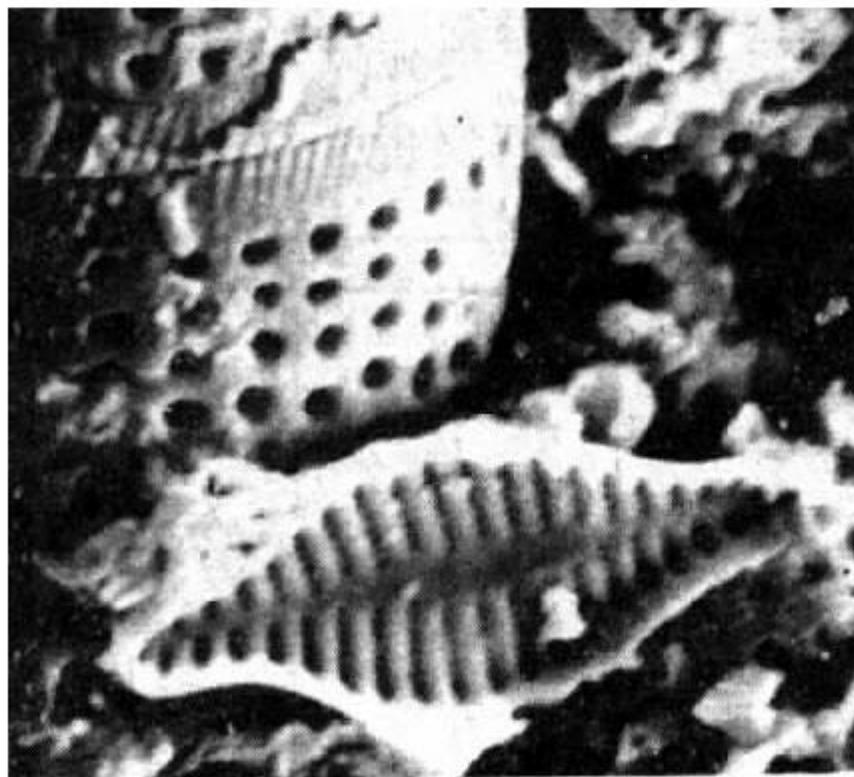
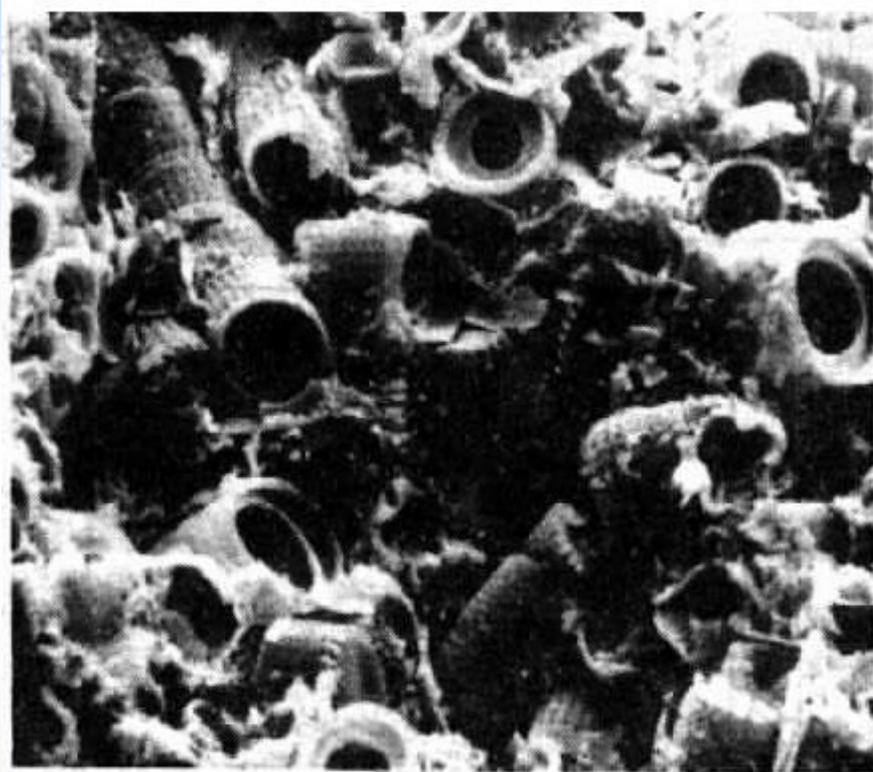


图 17-6 扫描电镜下硅藻岩的微结构。自然断面
(据吕正谋等, 1977)

(a) 直链属硅藻全貌, $\times 1200$; (b) 羽纹属硅藻, 舟形, 山东, 临朐, 山旺, 中新统

第二节 硅岩

(一) 生物成因——由硅质生物组成

■ 2. 海绵岩

- 硅质海绵骨针

- 成分：蛋白石 (★★★★)、玉髓 (★)

■ 3. 放射虫岩 (自学)

- 放射虫壳体

- 成分：蛋白石、玉髓

■ 4. 藻细胞硅岩

- 前寒武系燧石岩中

我国华北中上元古界雾迷山组下部黑色层状燧石岩中有典型的真核细胞结构和构造

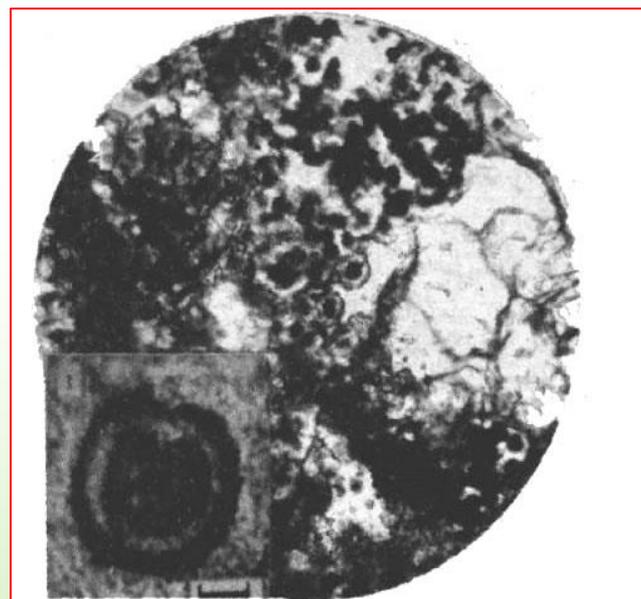


图 17-8 藻细胞燧石岩

大小 10~15 μm ，圆形，壁与核清晰。

曲阳，雾迷山组。单偏光 $\times 100$ ，左下线段 = 10 μm

第二节 硅岩

(二) 化学及生物化学成因的硅岩

■ 1.藻叠层硅岩（层状藻叠层燧石岩）

- 与碳酸盐岩中的叠层石一样

- 矿物成分：主要是玉髓

- 层状、柱状和锥状.....

- 亮、暗基本层：暗色层富有机质

- 有时基本层由碳酸盐岩和硅岩分别组成

- 我国北方震旦亚界常见呈层状分布的硅质叠层石。

■ 2.藻粒硅岩

- 藻粒（藻鲕、核形石）

- 成分：玉髓，含有机质

第二节 硅岩

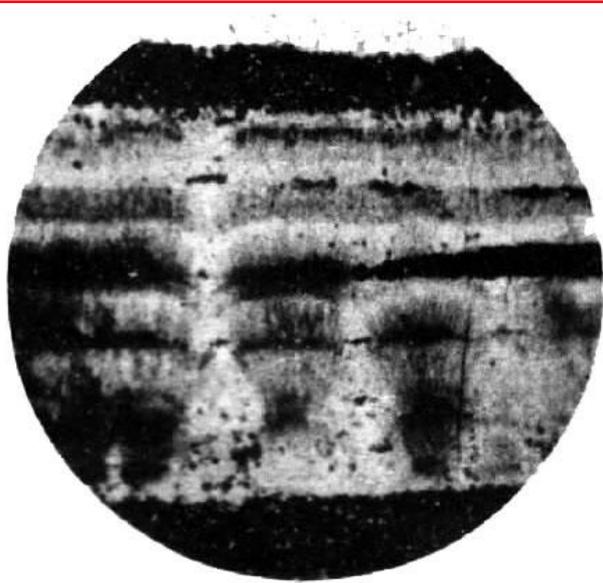


图 17-10 小杯状硅质叠层石
基本层清晰，具放射状结构，含有机质

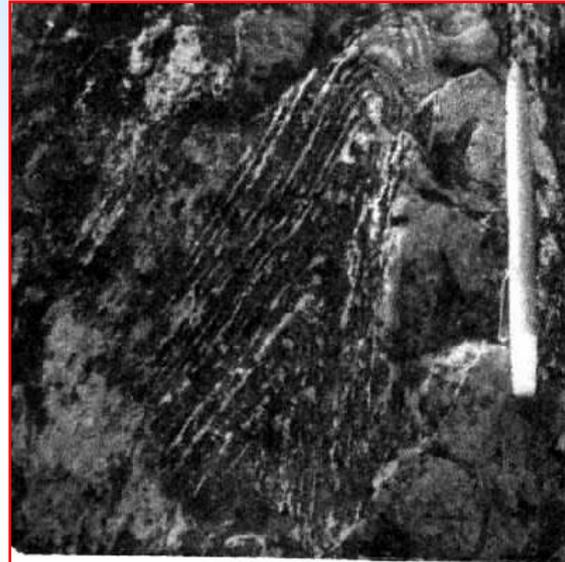


图 17-11 锥状叠层石
浅色、突出者为硅质层纹

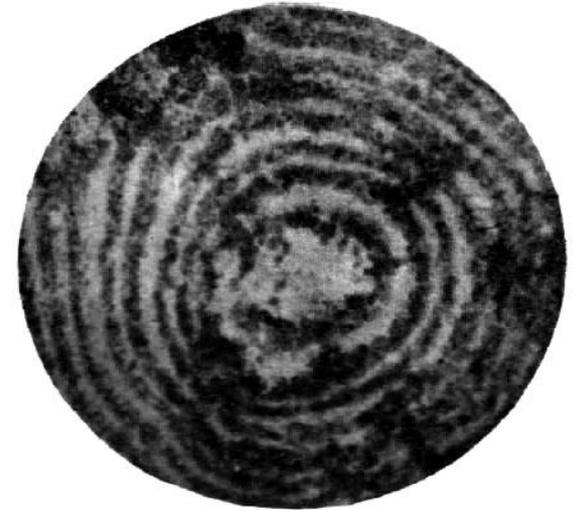


图 17-12 葡萄状藻粒白云质硅岩
硅质与白云质层纹间互
河北，涞水，雾迷山组。单偏光 $\times 36$

藻叠层硅岩（层状藻叠层燧石岩）

第二节 硅岩

(三) 化学成因的硅岩

■ 1. 碧玉岩

- 成分：自生石英和玉髓，氧化铁含量可大于5%，
- 结构：隐晶质或胶状结构
- 颜色：红色、绿色、灰黄色、灰黑色等
- 性质：致密坚硬，贝壳状断口
- 分布：地槽区，与火山岩系共生
- 形成：火山喷发后分解出的 SiO_2 经化学沉淀而成
- 产状：巨厚碧玉岩建造。

■ 2. 硅华

- 典型的化学成因的硅岩
- 多孔，色浅
- 火山作用后期，由温泉喷出地表化学沉淀而成。

第二节 硅岩

(四) 机械成因的硅岩

- 1. 鲕粒硅岩
- 2. 内碎屑硅岩

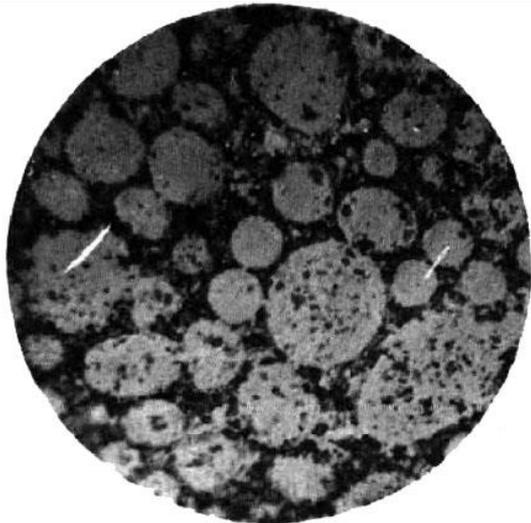


图 17-13 鲕粒燧石岩

河北，宣化，下葛峪，雾迷山组。单偏光 $\times 20$



图 17-14 鲕粒白云质燧石岩，具交错层理

昌平，十三陵，雾迷山组

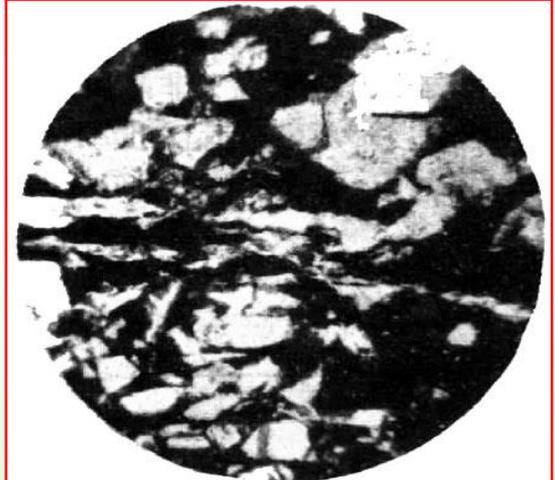


图 17-15 内碎屑硅岩

河北，赤城，古子房，雾迷山组。

单偏光 $\times 20$

第二节 硅岩

五、沉积后作用

(一) 转化和重结晶作用

- **SiO₂**沉积时期结晶状态总是非晶质

蛋白石（脱水，重结晶） 玉髓（T、P↑） 石英

含水 ←————→ 基本不含水 —————→ 不含水

- 转化速度受地温影响（蛋白石→石英）

- 200°C 47年
- 100°C 3.6万年
- 50°C 4.3百万年
- 20°C 180百万年

第二节 硅岩

(二) 硅化和去硅化作用

1. 硅化作用

SiO₂交代CaCO₃的作用

- 条件: 较低的pH值、温度和饱和SiO₂的孔隙水



石灰岩中形成燧石结核透镜体

2. 去硅化作用

CaCO₃ 交代SiO₂



硅化作用，残余藻团粒硅岩，由藻云岩硅化而成。粒间孔由玉髓—石英充填

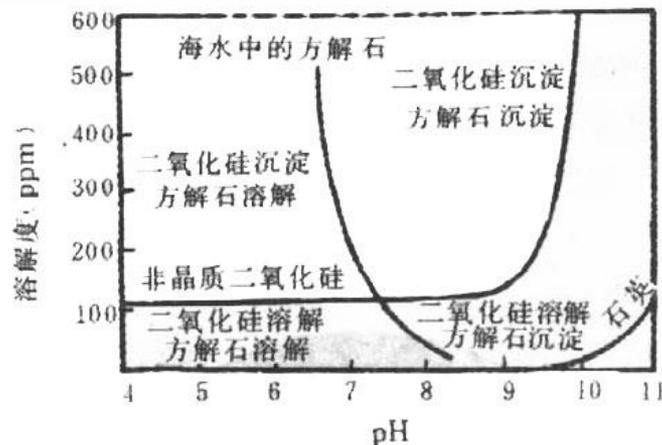


图 17-21 25°C时，CaCO₃ 和非晶质 SiO₂ 的溶解度与 pH 值的相互关系 (据布拉特, 1972) ⁽¹⁾

第三节 铁、锰、铝、磷沉积岩

一、铁沉积岩与沉积铁矿

(一) 定义

■ 铁矿物含量大于**50%**的沉积岩。

■ 铁矿物

✚ 氧化铁：磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿

✚ 碳酸铁：菱铁矿

✚ 硅酸铁：鲕绿泥石、海绿石、铁蛇纹石

✚ 硫化铁：黄铁矿、白铁矿

第三节 铁、锰、铝、磷沉积岩

一、铁沉积岩与沉积铁矿

(二) 主要类型

■ 1. 根据铁矿物的成分

■ 氧化铁型

- 呈鲕状或豆粒结构，色红或褐红

■ 碳酸铁型

- 常与燧石共生

■ 硅酸铁型

- 常呈鲕粒结构，色暗灰色、灰绿色

■ 硫化铁型

- 颗粒、鲕粒、结核，色黑

第三节 铁、锰、铝、磷沉积岩

一、铁沉积岩与沉积铁矿

■ 2. 根据时代与环境

■ (1) 前震旦纪沉积变质铁矿（磁铁石英岩）

■ 我国的“鞍山式”铁矿，成因复杂（火山、地槽）

■ (2) 后震旦纪海洋沉积铁矿

■ 近岸浅海赤铁矿★★★

■ “宣龙式”铁矿：分布于华北（宣化—龙关一带）

■ “宁乡式”铁矿：分布于华南（鄂西宁乡）

■ (3) 后震旦纪湖沼沉积铁矿

■ 质量差，品味低

第三节 铁、锰、铝、磷沉积岩

二、锰岩及沉积锰矿

(一) 定义

■ 锰矿物含量大于**50%**的沉积岩

■ 锰矿物:

- ✚ 氧化锰: 软锰矿、硬锰矿、水锰矿、褐锰矿
- ✚ 碳酸锰: 菱锰矿、锰方解石、锰菱铁矿
- ✚ 磷酸锰

第三节 铁、锰、铝、磷沉积岩

二、锰岩及沉积锰矿

(二) 主要类型

■ 1. 根据与锰沉积岩及沉积锰矿共生的岩石类型

■ 碎屑岩型、粘土岩型、碳酸岩型、硅岩型

■ 2. 根据形成环境

■ 海洋★★★★★

■ 湖泊★

■ 规模小，品味差

第三节 铁、锰、铝、磷沉积岩

三、铝土岩及铝土矿

(一) 定义

■ 富含氢氧化铝矿物的沉积岩称为铝土岩。

■ 铝土岩

■ $\text{Al}_2\text{O}_3 > 40\%$,

■ $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2 \geq 2 : 1$

■ \rightarrow 铝土矿

■ 矿物成分

■ 三水铝石、一水软铝石、一水硬铝石

第三节 铁、锰、铝、磷沉积岩

(二) 主要类型

■ 1. 风化残余型

- 主要是硅铝酸盐岩石在湿热气候条件下化学风化作用的产物。

- 常因有褐铁矿而呈红色，因此又称红土型铝土矿。

■ 2. 沉积型

- 风化产物搬运至海洋、湖泊中沉积而成。

- 海洋型：石炭（G层铝土矿）、二叠系

- 湖泊型：规模小，淄博博山

第三节 铁、锰、铝、磷沉积岩

四、沉积磷酸盐岩及沉积磷矿

(一) 定义

- 磷酸盐矿物含量大于**50%**的沉积岩

- 磷酸盐矿物

- 磷灰石、胶磷矿

(二) 主要类型

- 磷酸盐岩与碳酸盐岩 **结构**类似

- 分类也可仿照碳酸盐岩

第四节 煤及其形成演化

煤和油页岩
属可燃生物岩

可称为：可燃生物矿产、可燃有机岩、可燃有机矿产

第四节 煤及其形成演化

一、成煤的原始物质—植物 ★★★★★

■ 高等植物

■ 不稳定组分——泥炭化作用

■ 木质素、纤维素

■ 稳定组分：树脂、角质层、果壳、孢子、花粉

■ 多生长在陆地上或浅水沼泽

■ 低等植物——藻类为主，构造简单

■ 主要由脂肪和蛋白质组成——腐泥化作用

■ 多繁殖于较深水的沼泽、湖泊以及浅海环境

第四节 煤及其形成演化

二、煤的分类

■ (一) 煤的分类

■ 1、根据煤的原始物质、形成环境、形成作用分类：

■ 腐殖煤类

■ 腐泥煤类

表 15-2 煤的成因分类

成因类型		原始物质	形成环境	形成作用
腐殖煤类	腐殖煤	高等植物的木质素和纤维素为主	滞留沼泽	泥炭化作用
	残殖煤	高等植物的稳定组分为主	活水沼泽	残殖化作用
腐泥煤类	腐泥煤	低等植物为主,原有结构保存	较深水沼泽,湖泊,浅海	腐泥化作用
	胶泥煤	低等植物为主,原有结构消失		

第四节 煤及其形成演化

二、煤的分类

- 1、根据煤的变质程度，可将煤划分为：
 - 褐煤、烟煤、无烟煤

表 15-3 按变质程度划分的煤类型

变质程度	类 型	
未变质煤	褐煤	
低变质煤	长焰煤 气煤	烟煤
中变质煤	肥煤 焦煤	
高变质煤	瘦煤 贫煤	
	无烟煤	

第四节 煤及其形成演化

三、煤岩组分

■ 包括**镜煤、亮煤、暗煤、丝炭**

- 镜煤和丝炭—只有1种显微成分组分，与无机岩中造岩矿物相当；

- 亮煤和暗煤—由2种或2种以上显微成分组分，与无机岩中岩屑相当。

■ 鉴别特征：

- **镜煤**：黑色、光泽强、均一、性脆、贝壳状断口，在煤层中常呈透镜状或条带状产出，大多厚几毫米到2cm，有时呈线理状夹在亮煤和暗煤中。

- **丝炭**：灰黑色，外观似木炭，具明显的纤维结构和丝绢光泽，疏松多孔，性脆，染手，常呈扁平透镜体沿煤的层面分布，大多厚2mm至几毫米。

- **亮煤**：是最常见的煤岩类型，其光泽仅次于镜煤，但均一程度不如镜煤，表面隐约可见微细纹理。亮煤的许多性质介于镜煤和暗煤之间。

- **暗煤**：灰黑色，光泽暗淡，致密，坚硬而具韧性。在煤层中，可以由暗煤为主形成较厚的分层，甚至单独成层。

第四节 煤及其形成演化

四、煤岩物理性质

- 包括颜色、条痕色、光泽、相对密度、硬度、裂隙等。
- 颜色：
 - 褐煤是褐黑色或暗黑色；
 - 低变质烟煤呈蓝黑色，并带有淡褐色的色调；
 - 中变质烟煤呈黑色；中变质烟煤呈黑色，并带钢灰色色彩；
 - 无烟煤呈钢灰色；
 - 腐泥煤颜色多变，有深灰、浅黄、褐、灰绿、黑色不等，但通常为黑色。
- 条痕色：
 - 褐煤为褐色；
 - 低变质烟煤和中变质烟煤为深褐到褐黑色；
 - 高变质烟煤为黑色，微带褐色；
 - 无烟煤为深黑、深灰色；
 - 腐泥煤有时为黄色，有时为褐色。

第四节 煤及其形成演化

四、煤岩物理性质

■ 光泽：

- 烟煤变质程度越高，光泽越强；
- 低变质烟煤往往具暗淡的沥青状光泽或弱玻璃光泽；
- 中变质烟煤呈玻璃光泽；
- 高变质烟煤呈强玻璃光泽；
- 无烟煤呈金属光泽或似金属光泽；
- 褐煤一般无光泽或呈蜡状光泽；
- 腐泥煤一般也无光泽或光泽暗淡。

■ 相对密度：

- 变化很大，这与煤的类型、杂质含量等因素有关。
- 褐煤一般小于1.3；烟煤多为1.3~1.4；无烟煤多为1.4~1.9；腐泥煤相对密度最小，一般仅为1.1。

第四节 煤及其形成演化

四、煤岩物理性质

■ 硬度：

- 泥炭和褐煤的硬度最小，约为2.0~2.5；
- 无烟煤的硬度最大，接近4。

■ 断口：

- 腐泥煤和无烟煤常呈贝壳状断口；
- 其他烟煤多呈不平坦状、阶梯状、棱角状断口等。

■ 裂隙：

- 裂隙分内生裂隙和外生裂隙两种。
- 内生裂隙往往与煤的层理垂直，裂隙面平坦，裂隙不穿过整个标本。光亮型煤的内生裂隙最发育；在低变质的长焰煤和高变质的无烟煤中，内生裂隙数目最少；在中变质的烟煤中，内生裂隙最多，在5cm的长度内可多达50~60条。
- 外生裂隙是由于外力引起的，往往穿过整个标本，裂隙面不规则，常有擦痕伴生，裂隙常与层理斜交。

第四节 煤及其形成演化

五、煤岩化学性质

- 1、工业分析主要包括煤的水分、灰分、挥发分、固定碳这4种化学组分，有时也包括煤的粘结性、发热量等性质。
- 水分：水有外在水、内在水、结晶水之分。水对煤的储存、运输、加工利用等都是不利的。
- 灰分：指煤完全燃烧后剩下的残渣，它主要是由煤中的各种矿物质组成的。
- 挥发分：指把煤放在与空气隔绝的条件下加热，从煤中分解出来的焦油蒸汽和气体，如氮、氢、甲烷、二氧化碳、硫化氢以及其他有机化合物。
- 固定碳：在测定挥发分时，残留在坩埚中的固定残渣减去灰分，即得固定碳。
- 粘结性：煤在密闭条件下加热到一定温度后，能够熔融、粘结在一起形成焦块的性质。
- 发热量：单位重量的煤完全燃烧时放出的热量，又称热值，通常以J/kg表示。

第四节 煤及其形成演化

五、煤岩化学性质

■ 2、煤的元素分析

- 主要是测定煤的有机质的5个主要元素，即碳、氢、氧、氮、硫，有时也测定碱、氯、砷、锗、镓、铀、矾等。
- 随着煤化程度的增高，煤中的氢、氧含量降低，碳含量则增高。
- 煤中的硫、氯、砷、磷往往是工业利用中的有害元素
- 煤中的锗、镓、铀、矾等伴生元素往往可以富集成工业矿床。

第四节 煤及其形成演化

六、成煤的环境

- 成煤的物质基础是泥炭。

 - 大量的植物持续繁殖

 - 植物遗体不被全部氧化分解，能够保存下来并转化为泥炭。

- 主要沉积环境：陆上、湖泊、沼泽（经常积水，植物丛生）

- 沼泽分类

 - 按照水介质的含盐度

 - 淡水沼泽、半咸水沼泽和咸水沼泽

 - 按照水分的补给来源

 - 低位沼泽：地下水补给，高等植物繁盛，形成森林沼泽；

 - 高位沼泽：大气降水补给，常常只有苔藓植物分布；

 - 中位（过渡型）沼泽：有混生的植物群落。

第四节 煤及其形成演化

■ 湖泊沼泽化的四个阶段

■ 1.腐泥、泥炭的形成（水深）

■ 湖泊中央繁殖藻类及浮游生物→死亡→腐泥。

■ 湖泊边缘浅水及沼泽繁殖高等植物→死亡→泥炭。

■ 2.湖泊缩小阶段

■ 湖泊中央的腐泥堆积逐渐增厚，湖泊日益变浅

■ 泥炭向湖盆中央推进，湖泊面积缩小。

■ 3.腐泥、泥炭交错堆积阶段

■ 腐泥化、泥炭化不断进行，泥炭与腐泥最终相遇，甚至交错堆积。

■ 4.湖盆消失阶段

■ 植物繁盛，湖泊完全变成沼泽、陆地，只有泥炭。

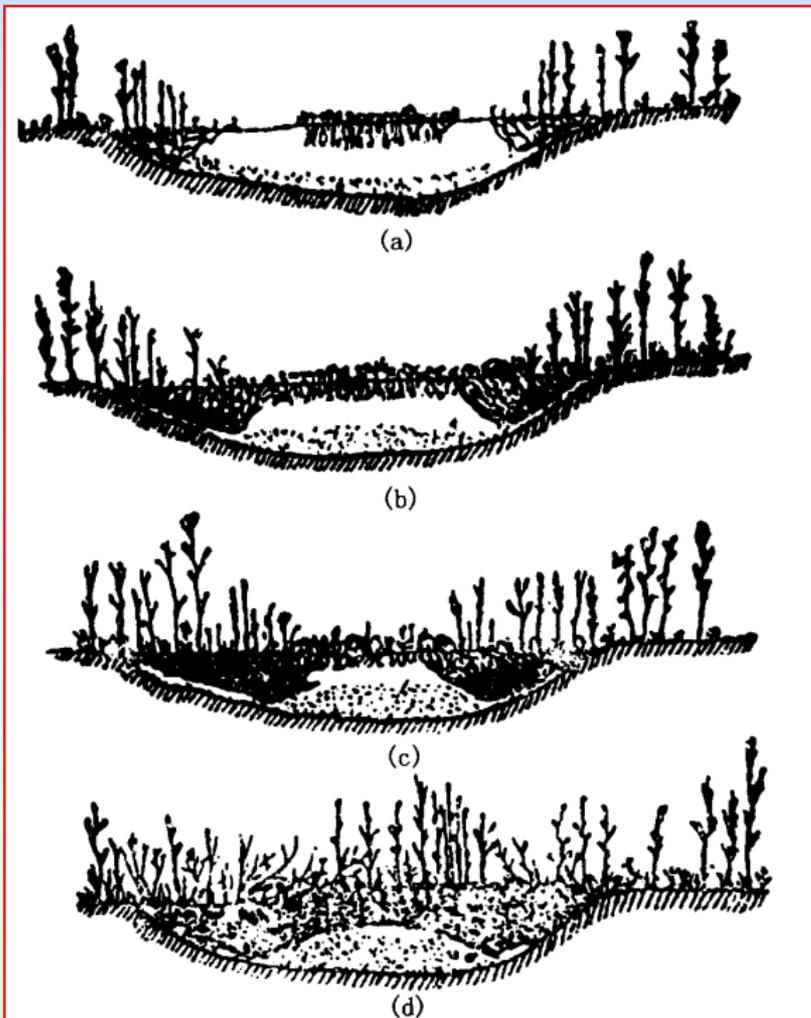


图 15-11 湖沼中植物的生长与堆积作用，与之相应的腐泥化作用和泥炭化作用，以及由此而引起的湖泊发展的 4 个阶段（据朱熙人，1958）

第四节 煤及其形成演化

七、煤的形成演化

- 成煤作用过程相同，大致可以分为3个阶段：

- 1、成煤作用的第一阶段

- 沼泽中高等植物死亡后，在有水覆盖的沼泽中堆积起来。

- 1) 泥炭化作用——形成腐植煤的第一阶段

- 沼泽水流闭塞，木质素和纤维素等保存下来，形成腐植质和腐殖酸→泥炭

- 2) 残植化作用→残植煤

- 沼泽水流畅通，细菌迅速繁殖，彻底将木质素和纤维素分解，只有最稳定的组分留下来。

- 残植煤☆、腐植煤☆☆☆——同属腐植煤类

第四节 煤及其形成演化

七、煤的形成演化

- 成煤作用过程相同，大致可以分为3个阶段：

- 1、成煤作用的第一阶段

- 3) 腐泥化作用——形成腐泥煤的第一阶段

- 繁殖在湖泊中的低等植物死亡后遗体沉入湖底。

- 在厌氧细菌参与下，形成“腐泥”——腐泥化作用。

- 腐泥煤中矿物质/灰分含量达70%以上，且有页理构造——“油页岩”

- 从成因角度说，油页岩是一种高灰分的腐泥煤。

- 腐泥中的脂肪和蛋白质可变为沥青

第四节 煤及其形成演化

■ 2、成煤的第二阶段——泥炭的成岩作用

- 泥炭不断堆积，在上覆沉积物压力下，水份大量排出，体积缩小，性质趋于致密，腐植酸含量下降，碳/氢比值增高，泥炭变成褐煤。

■ 泥炭→褐煤——泥炭的“成岩作用”

■ 3、成煤的第三阶段——煤的变质作用

- 温度、压力继续增大，褐煤向烟煤过渡。

■ 褐煤→烟煤→无烟煤——煤的“变质作用”。

第四节 煤及其形成演化

八、煤系（含煤岩系）及主要聚煤期

■ 1、定义

■ 指一套连续沉积的含有煤或煤层的沉积岩层或地层。

■ 2、特征

■ (1) 主要由碎屑岩及粘土岩组成；

■ (2) 含有煤层，但不一定具有工业价值；

■ (3) 整个岩系多呈黑色、灰色；

■ (4) 植物化石丰富；

■ (5) 旋回性及韵律性发育；

■ (6) 沼泽相发育，常有河流相、湖泊相、海陆过渡相及海相等，但不存在沙漠相、冰川相、蒸发岩相等。

第四节 煤及其形成演化

八、煤系（含煤岩系）及主要聚煤期

■ 3、煤系的类型—按形成时的古地理条件

■ (1) 浅海型含煤岩系：

- 形成于浅海陆架环境，不发育陆相及海陆过渡相地层
- 仅含腐泥煤层
- 岩性岩相侧向稳定

■ (2) 近海型含煤岩系：

- 形成于海岸带附近，可以有海陆过渡相、陆相及海相地层；
- 煤层层数多，厚度常较小
- 岩性岩相侧向上较为稳定

■ (3) 内陆型含煤岩系

- 形成于古陆内部，无海相及海陆过渡相地层
- 煤层层数较少、厚度变化大，分叉变薄及尖灭现象普遍
- 岩性岩相侧向变化大

第四节 煤及其形成演化

4、我国主要的聚煤期及含煤岩系

(1) 聚煤期/成煤建造/成煤期

在地质历史中形成有工业价值煤矿床的时期

聚煤期取决于植物的在地史中发展、演化与富集。

元古代到早泥盆世：

菌藻植物时代

志留纪末-早中泥盆世：

裸蕨植物为主（无根叶）

晚泥盆世-完二叠世

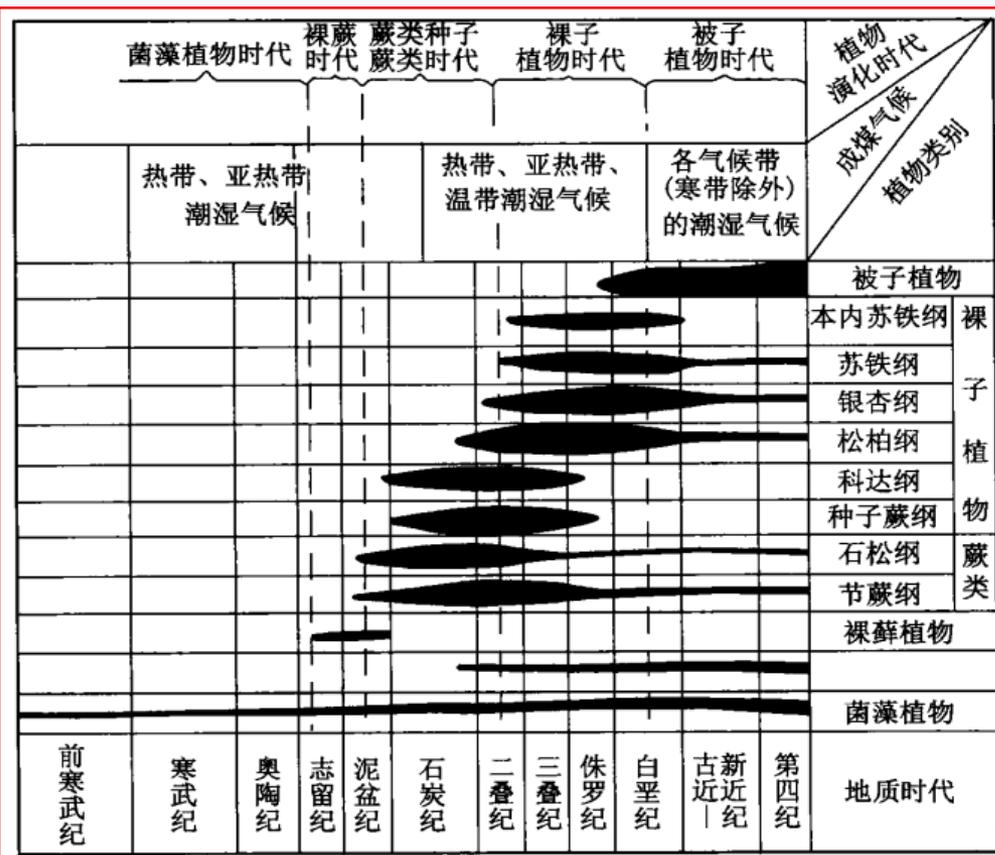
蕨类、种子蕨类植物时代

晚二叠世-中生代早期

裸子植物时代

早白垩世晚期以来

被子植物时代



第四节 煤及其形成演化

■ 4、我国主要的聚煤期及含煤岩系

■ (2) 主要含煤岩系

- **石炭-二叠纪煤系：**近海型煤系，主要分布在华北地区，如山西大同煤田、冀东开滦煤田、豫北焦作油田、山东淄博及兖州煤田，豫西平顶山煤田、安徽淮南煤田等。
- **晚二叠世煤系：**近海型煤系，主要分布于华南，著名的有江西乐平煤田、湖南郴水煤田、涟邵煤田及贵州的六盘山煤田等。

第四节 煤及其形成演化

- **早-中侏罗世煤系**：内陆型煤系为主，主要分布在华北及西北，例如新疆准噶尔煤盆地、甘肃窑街煤盆地、华北鄂尔多斯煤盆地，山西大同煤盆地、北京京西煤盆地、辽西北票煤盆地。
- **晚侏罗世-早白垩世煤系**：内陆型煤系为主，主要分布在内蒙古东部及东北地区。著名的煤盆地有内蒙古东部的霍林河煤盆地、胜利煤盆地、元宝山煤盆地和伊敏煤盆地、辽西北的阜新煤盆地、黑龙江东北部的鸡西煤田和双鸭山煤田等。
- **古近-新近纪煤系**：内陆型煤系为主，主要分布于东北和西南地区，如抚顺煤盆地、吉东的梅河煤盆地、广西的南宁煤盆地和百色煤盆地、云南的小龙潭煤盆地、昭通煤盆地、台湾省的煤系等。

第五节 油页岩

一、概念

- 指主要由藻类及一部分低等生物的遗体、经腐泥化作用和煤化作用形成的、一种高灰分、低变质的腐泥煤，又称油母页岩。
- 含有一定的沥青质或油母物质，干馏可从中提取原油。

二、油页岩的组分

- 有机组分：**C、H、O、N、S**等
 - 与煤不同：**碳/氢 <10** ，含油率高，**N、S**含量也较高。
- 无机组分：粘土和粉砂，碳酸盐矿物和黄铁矿等。
- 工业要求油页岩含油率 **$>4\%$** 。

第五节 油页岩

三、特点

- 页理发育，甚至可呈极薄的纸状层理
- 颜色多样
 - 从浅黄色→黑色。含油率越高，颜色越深。
- 具有弹性
- 有油腻感和油味
- 可燃，含油率高的用火柴可点燃

第五节 油页岩



第五节 油页岩

四、油页岩的生成环境

■ 与腐泥煤的生成环境相似

■ 生成环境

- 水流闭塞的内陆淡水湖泊、沼泽、滨海，半咸水湖泊、潟湖、海湾。
- 正常海洋形成的油页岩不常见，我国塔里木盆地寒武-奥陶系萨尔干组黑色油页岩是海洋环境生成。

五、油页岩的分布

- 分布比腐泥煤广泛得多，我国油页岩分布很广，北自黑龙江，南至广州湾，几乎各省区都有。在石炭、二叠、三叠、侏罗、白垩和新生代的地质层中都有分布。