

沉积盆地分析原理与方法

主 讲 人：旷理雄

中南大学地学院地质所

2011年4月

主要内容

一、含油气系统

二、盆地模拟与含油气系统关系

2011年4月

含油气系统研究现状

含油气系统分析是近年来兴起的一种油气评价和预测新方法。在一定的地质时空范围内，一个含油气系统包括所有与油气藏形成有关的地质要素和地质作用，系统强调这些要素和作用的相互依存性，各要素之间、各地质作用之间以及地质要素和地质作用之间都必须呈某种适当的时空配置关系，才能使烃源岩中的有机质转化为油气，并经过运移、聚集成藏 (**W. D. Dow,1972; Perrodon, 1980; Magoon,1994**）在我国60年代，胡朝元曾在《松辽盆地若干石油地质理论问题》中提出“成油系统”的概念，与西方含油气系统十分相似。到了80-90 年代，随着油气系统分析的广泛应用并在实践中不断取得成功，油气系统方法研究在国内外进展很快，产生大量新技术、新方法。

2011年4月

含油气系统研究现状

含油气系统应用主要有六个方面的贡献：

① 用系统论的观点，将从源岩到圈闭的油气藏总是当作一个系统工程进行研究，把油气藏形成的各要素及作用有机结合起来研究，体现了系统论思想在油气勘探中的应用。

② 把盆地演化历史和油气成藏史结合起来，使从静态的研究生、储、盖、运、圈、保等油气藏形成条件发展到动态分析油气藏的形成过程。

③ 把传统的以定性研究为主的地质学研究发展到以严谨的化学反应过程为依据，以数值模拟为手段的定量-半定量研究，这种定量研究为油气资源预测和勘探指出了明确目标和方向。

④ 该理论虽然正确地把油气从源岩到圈闭作为一个系统加以研究，对系统内客观存在的流体（油气水）渗滤运动动力学机制尚未进一步研究，也没有从油气运移、聚集的动力学系统追踪油气藏的形成和分布。

⑤ 该理论强调了油气藏形成所必需的地质作用，但如何研究却鲜有论述，而这一作用正是油气藏形成和寻找新油气田的关键所在。

⑥ 该理论对多旋回、多油气源层、多层位、多类型的储层和圈闭的含油气盆地复式油气聚集带如何划分含油气系统，如何运用这一理论进一步找油显得无能为力。

2011年4月

主要内容

一、含油气系统的定义与基本内涵

二、中国含油气系统的特点与类型

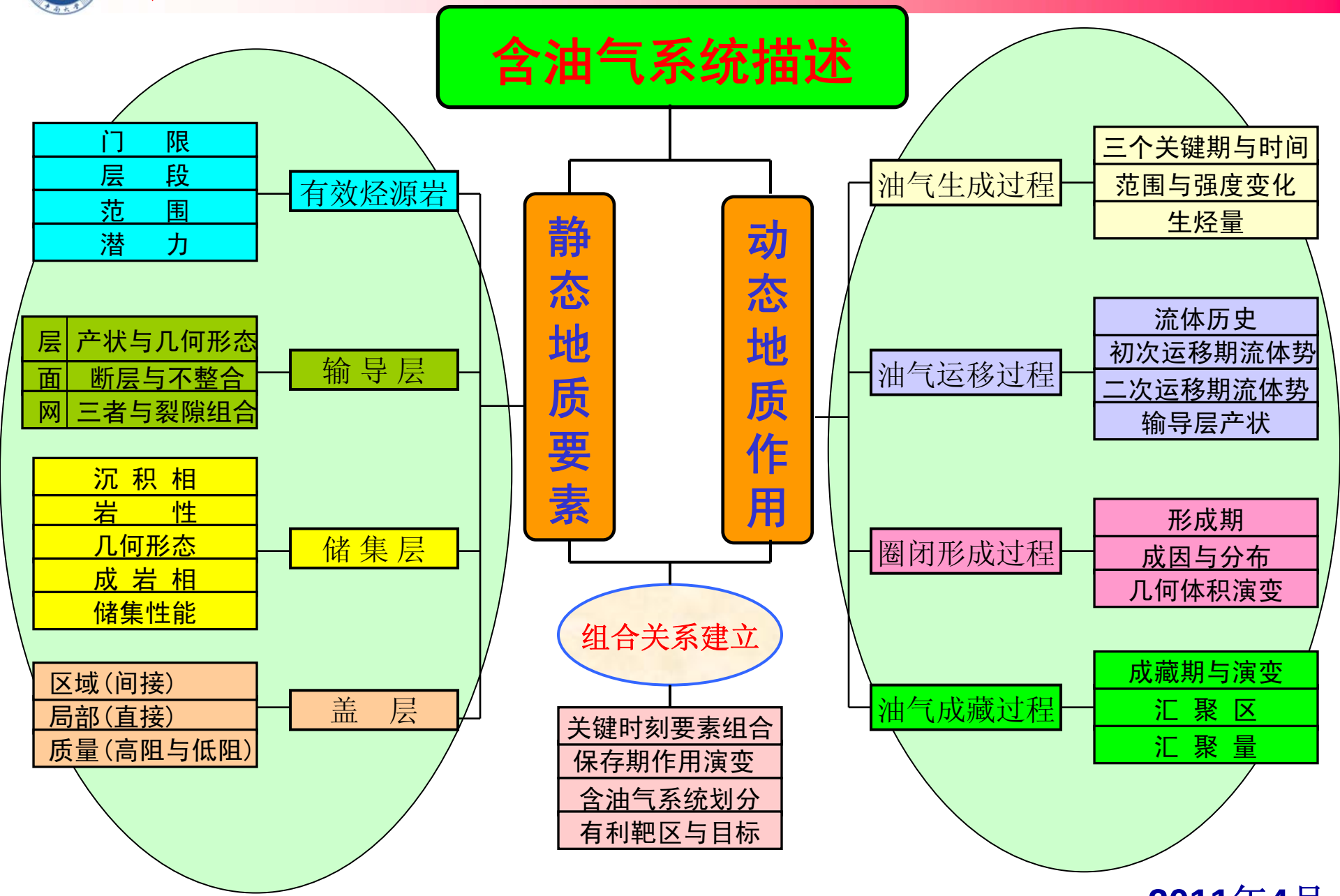
三、含油气系统研究的基本流程、技术构成与产品

2011年4月

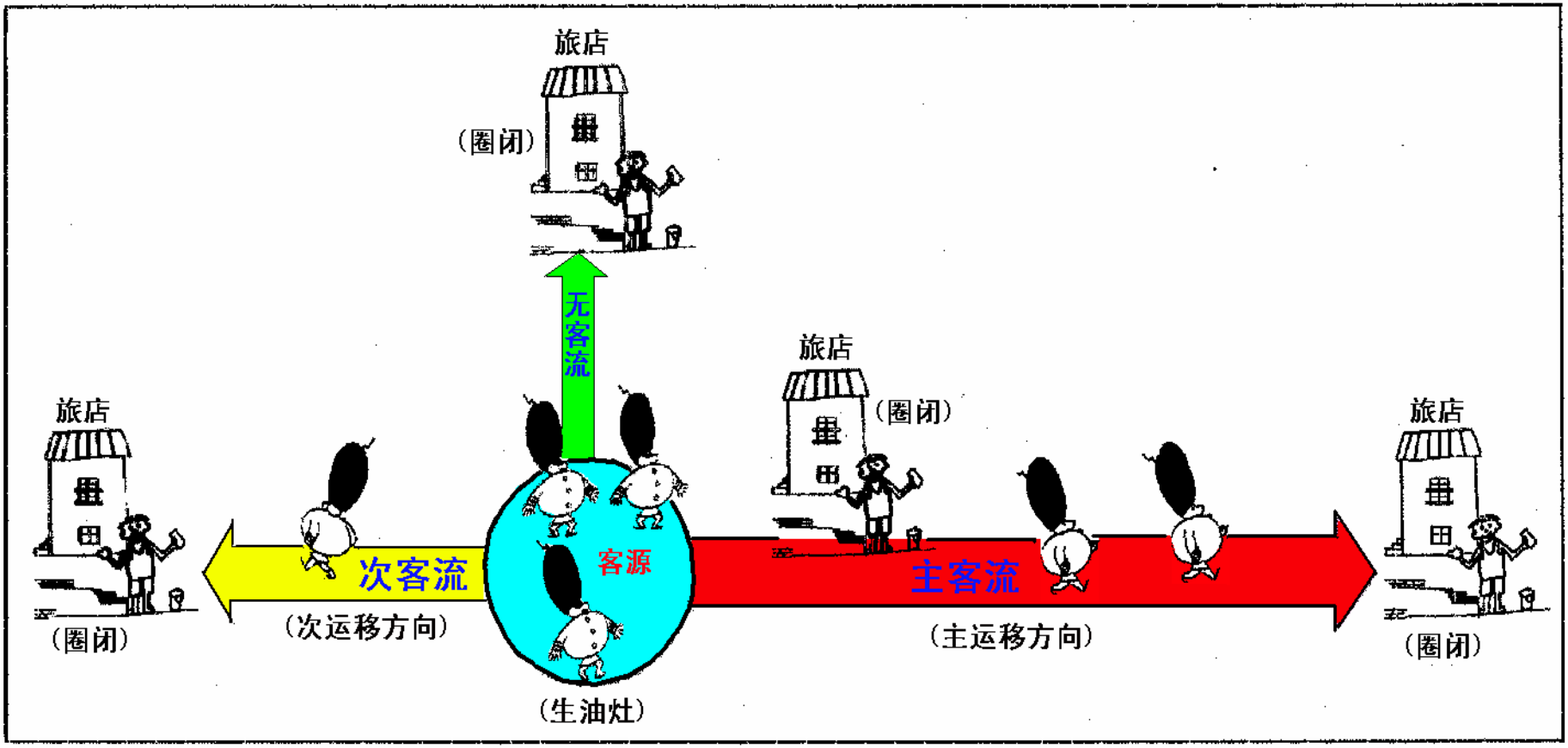
含油气系统的定义与基本内涵

- 定义
  - 可描述的三维地质体内部，由客观存在的烃类生成、运移和聚集构成的天然流体系统，包括有效烃源岩，已经形成的油气藏与形成这些油气藏所必不可少又相互联系的地质要素与作用过程
- 基本内涵
  - 静态地质要素
  - 动态地质作用过程
  - 要素与地质作用过程在时间和空间的组合关系

2011年4月

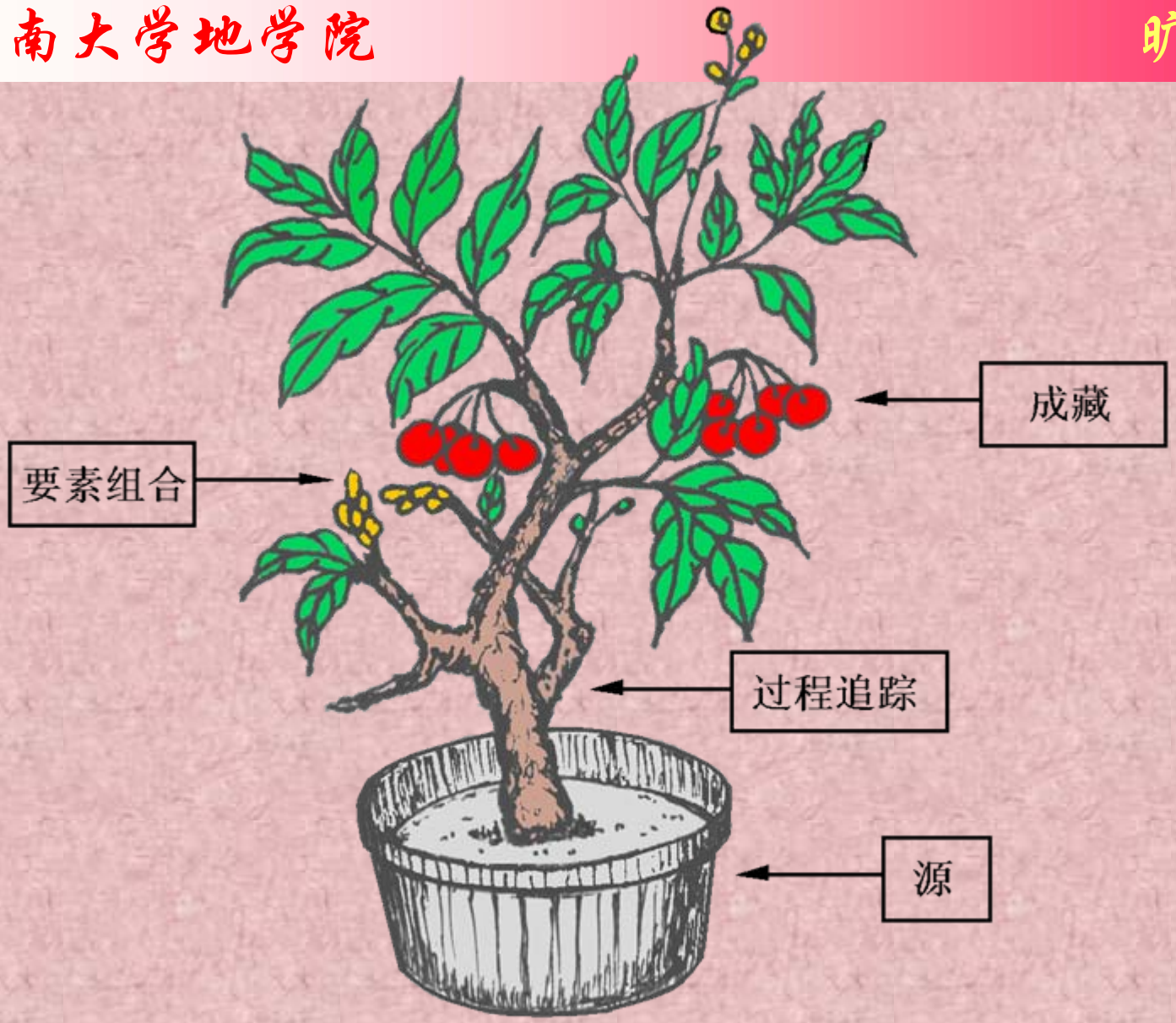

含油气系统描述
静态地质要素
动态地质作用
有效烃源岩
门 限
层 段
范 围
潜 力
输导层
层 产状与几何形态
面 断层与不整合
网 三者与裂隙组合
储集层
沉积相
岩 性
几何形态
成岩相
储集性能
盖 层
区域(间接)
局部(直接)
质量(高阻与低阻)
油气生成过程
三个关键期与时间
范围与强度变化
生烃量
油气运移过程
流体历史
初次运移期流体势
二次运移期流体势
输导层产状
圈闭形成过程
形成期
成因与分布
几何体积演变
油气成藏过程
成藏期与演变
汇聚区
汇聚量
组合关系建立
关键时刻要素组合
保存期作用演变
含油气系统划分
有利靶区与目标

2011年4月



油气系统基本要素与过程关系示意图

2011年4月



含油气系统研究思路
—盆花模式

2011年4月

主要内容

一、含油气系统的定义与基本内涵

二、中国含油气系统的特点与类型

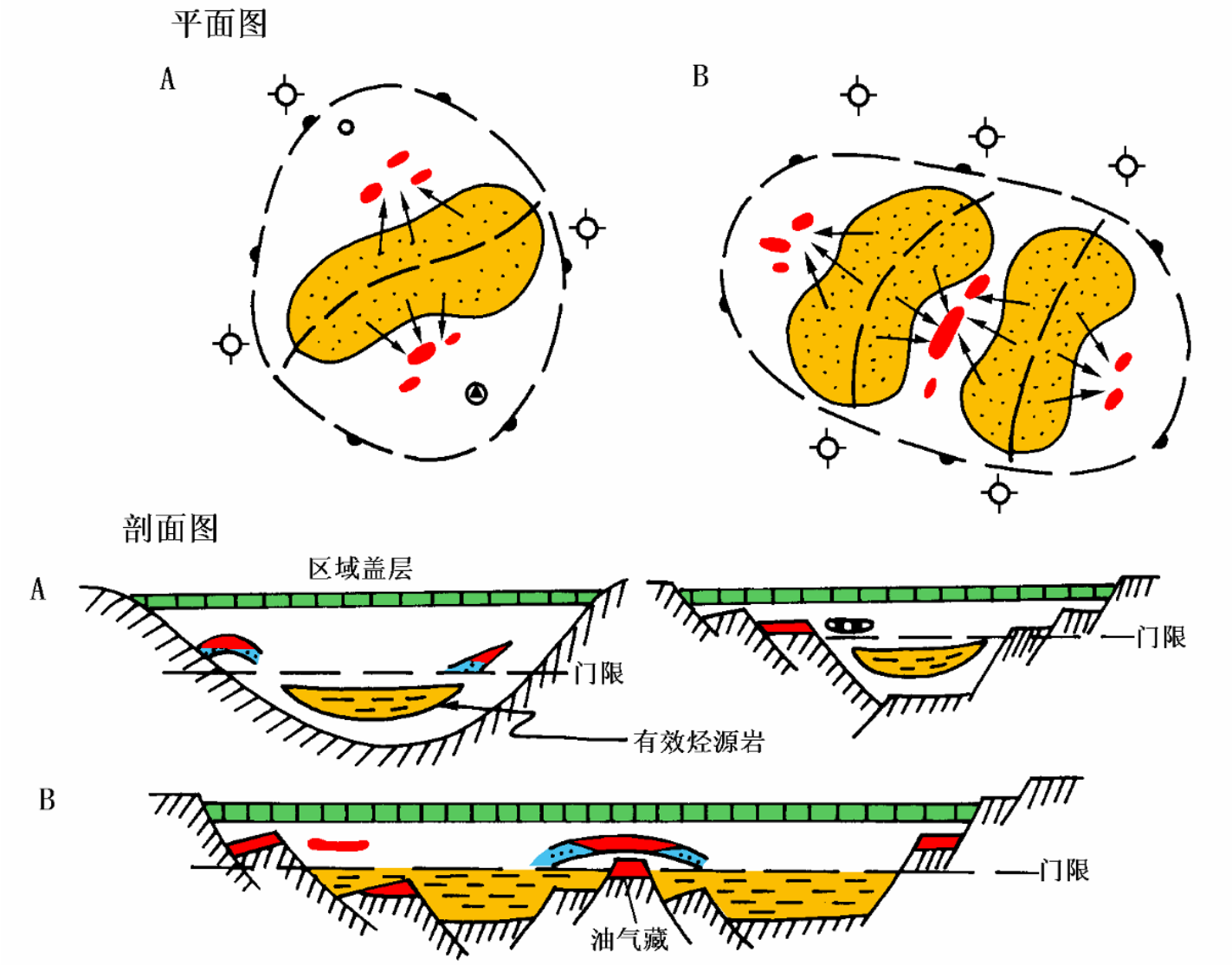
三、含油气系统研究的基本流程、技术构成与产品

2011年4月

中国含油气系统的特点与类型

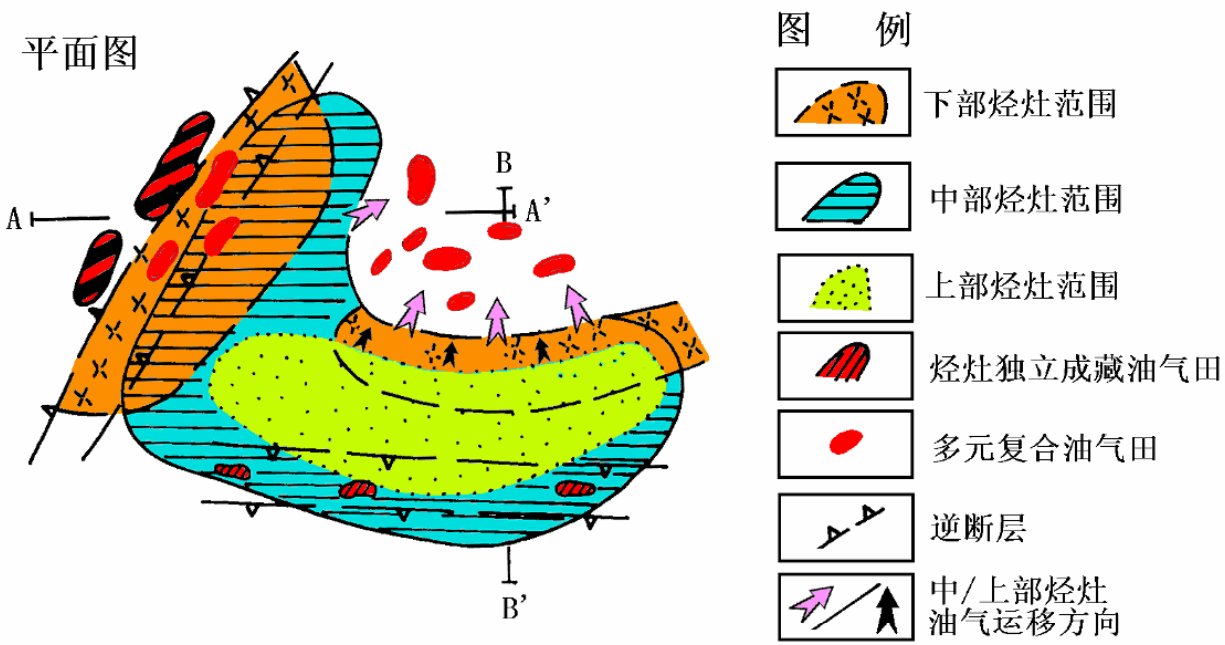
- 多源多灶导致系统的迭置与交叉
- 多阶段多期生烃、成藏和变动导致系统窜通与油气混生
- 含油气系统的三种基本类型
  - 单源单(多)储一期成藏简单含油气系统
  - 多源单储多期成藏复合含油气系统
  - 多源多储多期成藏复杂含油气系统
- 传统的含油气系统“四图一表”式的研究已满足不了中国含油气系统研究的需要

2011年4月

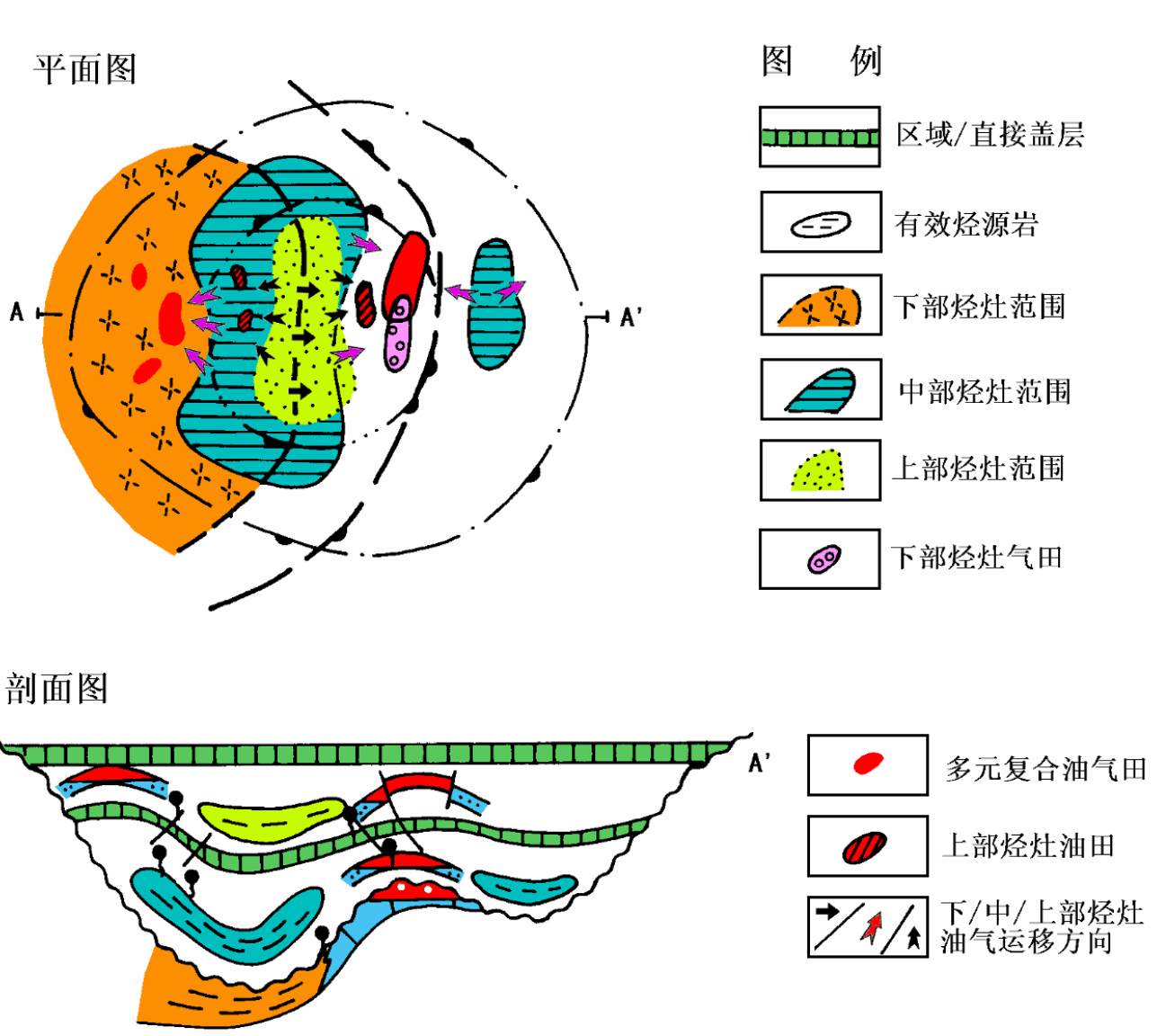


单源单(多)储一期成藏简单含油气系统

2011年4月



多源单储多期成藏复合含油气系统



多源多储多期成藏复杂含油气系统

.1年4月

研究要点与目的

- 研究要点
  - 突出分析建立静态地质要素与动态地质作用过程在时间和空间中的组合关系——关键时刻的确定
  - 历史中油气运移时期、流向与流量的多方预测与追踪——过程恢复
- 研究目的
  - 油气资源评价的最小单元
  - 有效预测油气现今分布位置与目标
  - 使研究工作内容与工作量安排更有针对性

2011年4月

主要内容

一、含油气系统的定义与基本内涵

二、中国含油气系统的特点与类型

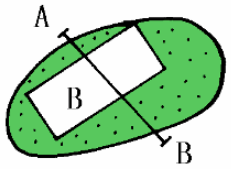
三、含油气系统研究的基本流程、技术构成与产品

2011年4月

含油气系统研究的基本流程、技术构成与产品

- 循着过程为主线（Process-oriented）的研究思路，分层次、分先后安排研究工作
- 源准确定位，期准确定时，运移准确定向，资源准确定量，目标准确定级
- 框架与精细结合，必备与舍弃并重
- 技术选择立足，准确和描述功能
- 产品详略得当，力求系列化

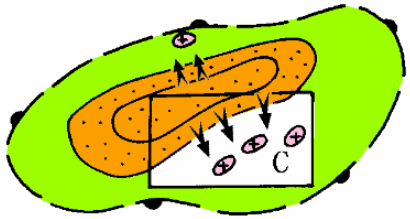
2011年4月



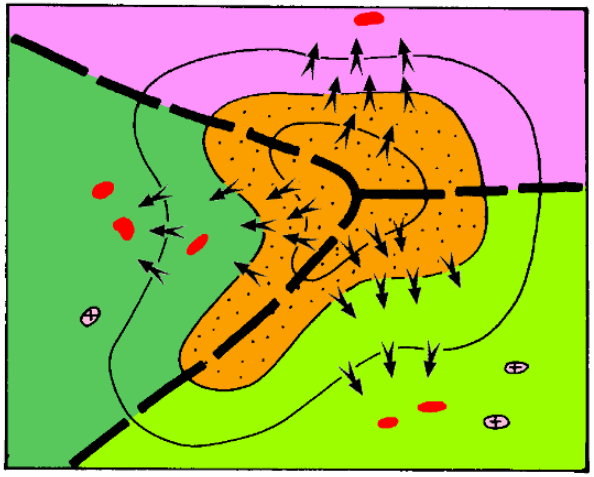
A 盆地



B 含油气系统



C 油气运聚单元



石油地质综合研究层次划分

2011年4月

含油气系统研究流程、技术手段与产品构成(98年修改)

含油气系统描述流程

含油气系统研究内容		描述方法	描述主要产品
油气运聚单元划分			
②油气运移流向与流量	①源岩成熟阶段顶面起伏形态 ②与源岩相关输导层几何形态与产状 ③流体历史及运移示踪	①古构造恢复技术 ②源同期及期后层序地层与沉积体系分析 ③储层描述 ④流体势计算 ⑤储层地球化学与流体地球化学 ⑥运移地球化学 ⑦不整合、断层封闭性分析	①成熟源岩顶面流体势等值图 ②输导层几何形态与顶面产状 ③烃源岩 $\phi(\Delta t)-H$ 关系与平面展布图 ④古水文地质与分布图
关键时刻的确定			
①定源	①空间范围(层位与位置) ②质量与潜力 ③生烃历史	①烃源岩热压模拟实验 ②烃源岩综合评价 ③测井生油岩评价 ④地震岩性分析 ⑤古地温、古热流与 TTI 计算 ⑥流体地球化学 ⑦盆地模拟 ⑧烃源岩埋藏历史	①有效烃源岩等厚图 ②有机碳与"A"等值线图 ③生烃强度等值线图 ④Ro(TTI)等值线图 ⑤烃产率曲经与 Ro 对应关系图 ⑥历史生烃量直方与平面图 ⑦关键时刻(门限+最大生烃)生烃事件图 ⑧排烃量等值线图

含油气系统研究流程、技术手段与产品构成(98年修改)

含油气系统描述流程

含油气系统研究内容		描述方法	描述主要产品
④资源评价与勘探目标选择	①各运聚单元资源潜力与质量综合评价 ②含油气系统划分 ③有利目标地质与经济评价 ④勘探规划部署	①油气资源评价 ②区带评价 ③圈闭评价 ④经济评价 ⑤决策分析	①含油气系统综合评价图 ②有利勘探目标评价图 ③有利勘探目标风险与经济评价分析 ④勘探部署图
含油气系统划分与目标评价			
③油气运聚单元综合研究	①生储盖组合类型与空间变化 ②储集体几何形态、非均质性与成岩场 ③圈闭类型、演化与油气宿住空间 ④油气藏解剖	①油气藏地球化学 ②高精度层序地层与微相分析 ③精细储层描述 ④油区构造几何学 ⑤烃类检测 ⑥隐蔽圈闭识别与描述	①含油气系统事件组合图 ②关键时刻要素组合关系图 ③运聚单元资源评价 ④含油气区带划分与评价 ⑤区域与直接盖层评价图 ⑥单元内油气运聚剖面图

2011年4月

含油气系统描述构成、产品与方法(96年设计)

内容	描述构成	描述图件	描述方法
基本地质要素描述	有效烃源岩——门限，层段，范围与潜力	①Ro—H 曲线；②海(湖)侵层序岩相图；③有效烃源岩等厚图；④生烃强度等值线图；⑤TTI 等值线图；⑥关键时刻生油事件剖面图	①油/气—源对比方法；②源岩潜力评价；③层序海(湖)侵体系域圈定；④剥蚀与埋藏史计算；⑤TTI 计算；⑥古地温计算；⑦测井生油评价；⑧热模拟实验
	储集层——岩相，岩性，几何形态与成岩	①层序低位和高位体系域岩相图；②砂体几何形态图；岩性—物性统计图；③砂岩百分比等值线图；④储层成岩相划分图	①层序地层学分析；②沉积相分析；③储层描述；④实验室物性分析；⑤成岩相分析
	输导层——层、面、网	①关键时刻输导层顶面埋深图；②同上①～③；③断层与不整合面起伏形态图；④裂缝与断层组合分布图	①同上①～③；②FMS，BHTV FMI 与 CBIL；③砂岩百分比统计法；④有限元法；⑤断层与不整合面描述技术
	盖层——区域性，局部性与质量	①同烃源岩②；②盖层岩性变化图；③盖层等厚图；④破裂压力—岩性与厚度关系图；⑤排替压力分布图(等值线)；⑥剩余压力分布图	①排替压力实验室分析；②同烃源岩③；③同储集层⑤；④同输导层；⑤测井地震剩余压力计算

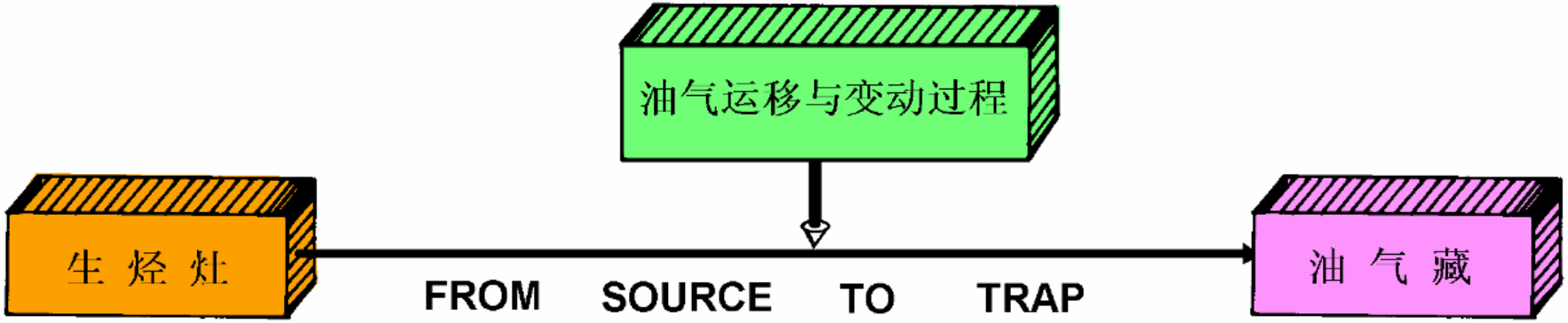
含油气系统描述构成、产品与方法(96年设计)

内容	描述构成	描述图件	描述方法
动态地质作用过程描述	油气生成过程——三个关键时刻对应时间与产生的有效范围，延续时间与对应的生烃量	①生烃门限，高峰与结束期烃源岩平面分布图；②烃源岩产烃率—Ro 图版；③三个关键时刻生烃强度等值线图；④不同阶段生烃量—Ro 关系图	①TTI 计算与成图；②生烃热模拟实验；③古地温确定(AFTA 法与流体包裹体法)；④烃源岩综合评价法
	油气运移过程——初次运移期与层段，二次运移期流体势，流体历史分析与关键时刻输导层产状	①关键时刻流体势等值线图；②关键时刻输导层产状与连续性平面变化图；③关键时刻输导层成岩相；④源岩 $\phi(\Delta t)$—H 曲线	①流体历史分析技术；②流体势计算；③三维古构造恢复技术
	圈闭形成过程——形成期，分布与几何体积和构成	①圈闭发育图；②分期圈闭分布图；③圈闭构成评价图；④圈闭封闭性评价图	①隐蔽圈闭描述技术；②同上；③圈闭描述评价技术；④储层成岩分析技术
	油气藏形成过程——汇聚区划，汇聚量与成藏期确定	①同油气运移①；②油气聚集区带划分图；③分区带油气运聚量计算；④同圈闭形成	①油藏地球化学；②同油气运移①～②；③油气资源区带评价方法

含油气系统描述构成、产品与方法(96年设计)

内容	描述构成	描述图件	描述方法
成藏要素及作用组合关系	关键时刻要素及作用组合关系 含油气系统划分 有利勘探靶区与目标	①油气田、油气显示与空井分布图；②含油气系统事件组合图；③关系时刻要素特征平面组合图；④有利聚集区带划分评价图；⑤有利含油气目标评价图；⑥含油气系统剖面图；⑦含油气系统平面分布图；⑧ 勘探部署图	①石油地质综合研究； ②盆地模拟； ③油气资源评价； ④经济评价； ⑤决策分析

2011年4月



① 有空间范围-位置与层段
② 有质量与有效性含义
③ 有生烃期与阶段含义
④ 关键时刻与生烃数量分配

① 有运移时期-关键界面选择
② 有流向与流量含义
-流动历史与通道
③ 有流体最大交换范围含义
-系统边界与最大油气资源单元

① 有要素组合关系含义
② 有油气宿住空间规模含义
③ 有油气藏解剖含义
④ 藏内油气变动与变化含义

研究的正演过程 → 落实决定油气藏形成的关键时刻 ← 研究的反演过程

含油气系统研究的三个要点与技术关键

2011年4月

盆地模拟技术与含油气系统研究

1、研究内容
2、四种经典描述图件
3、盆地模拟技术与成油气系统研究的关系
4、成油气系统的综合模拟分析

2011年4月

盆地模拟技术与含油气系统研究

研究内容

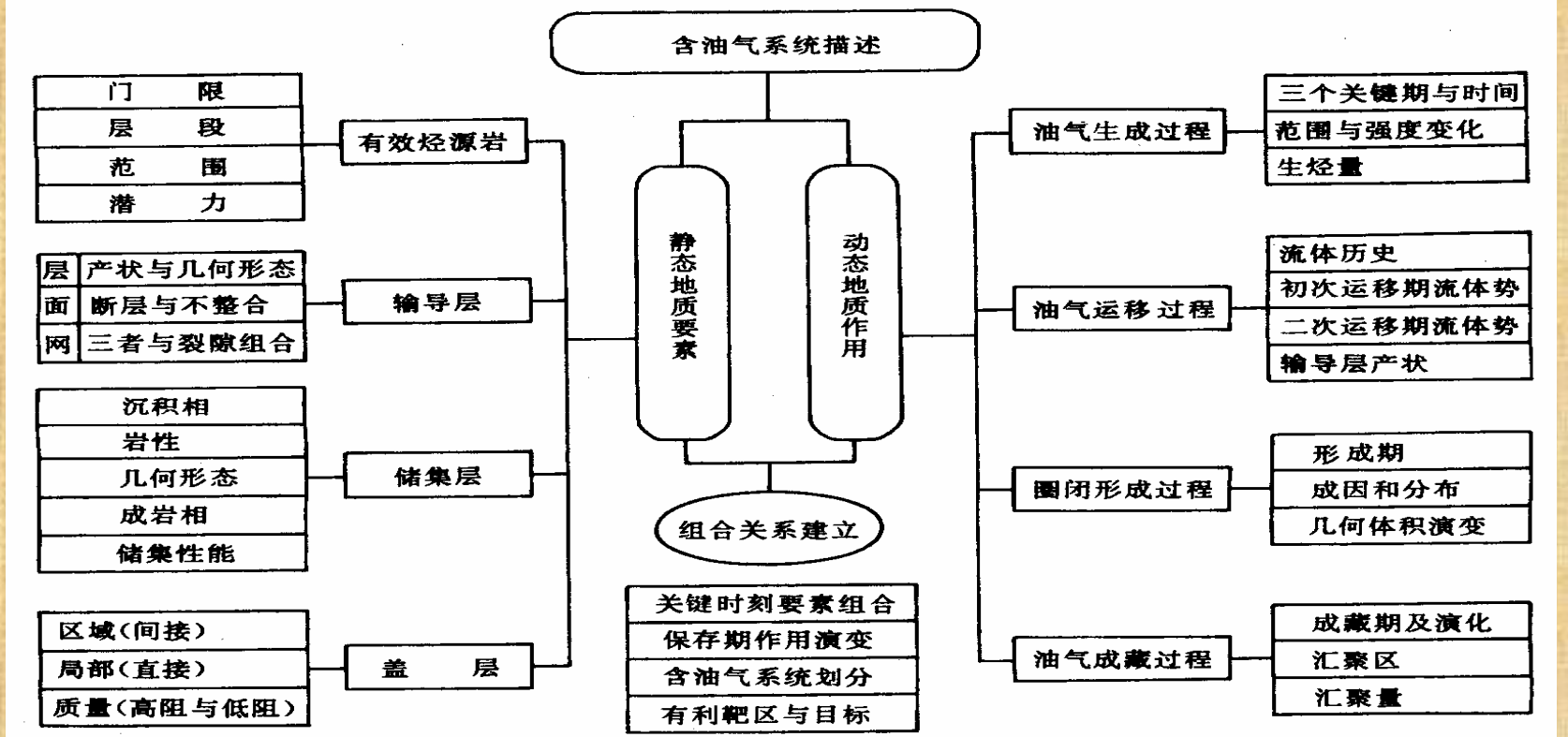


图 7—1 含油气系统描述内容构架图（据赵文智等，1997）

1. 单因素分析；2. 时空匹配分析；3. 区带评价

盆地模拟技术与含油气系统研究

四种经典描述图件

- *关键时刻图（埋藏史图）*
- *关键时刻油气系统平面图*
- *关键时刻油气系统剖面图*
- *油气系统事件组合图*

2011年4月

盆地模拟技术与含油气系统研究

四种经典描述图件之一

——关键时刻图（埋藏史图）

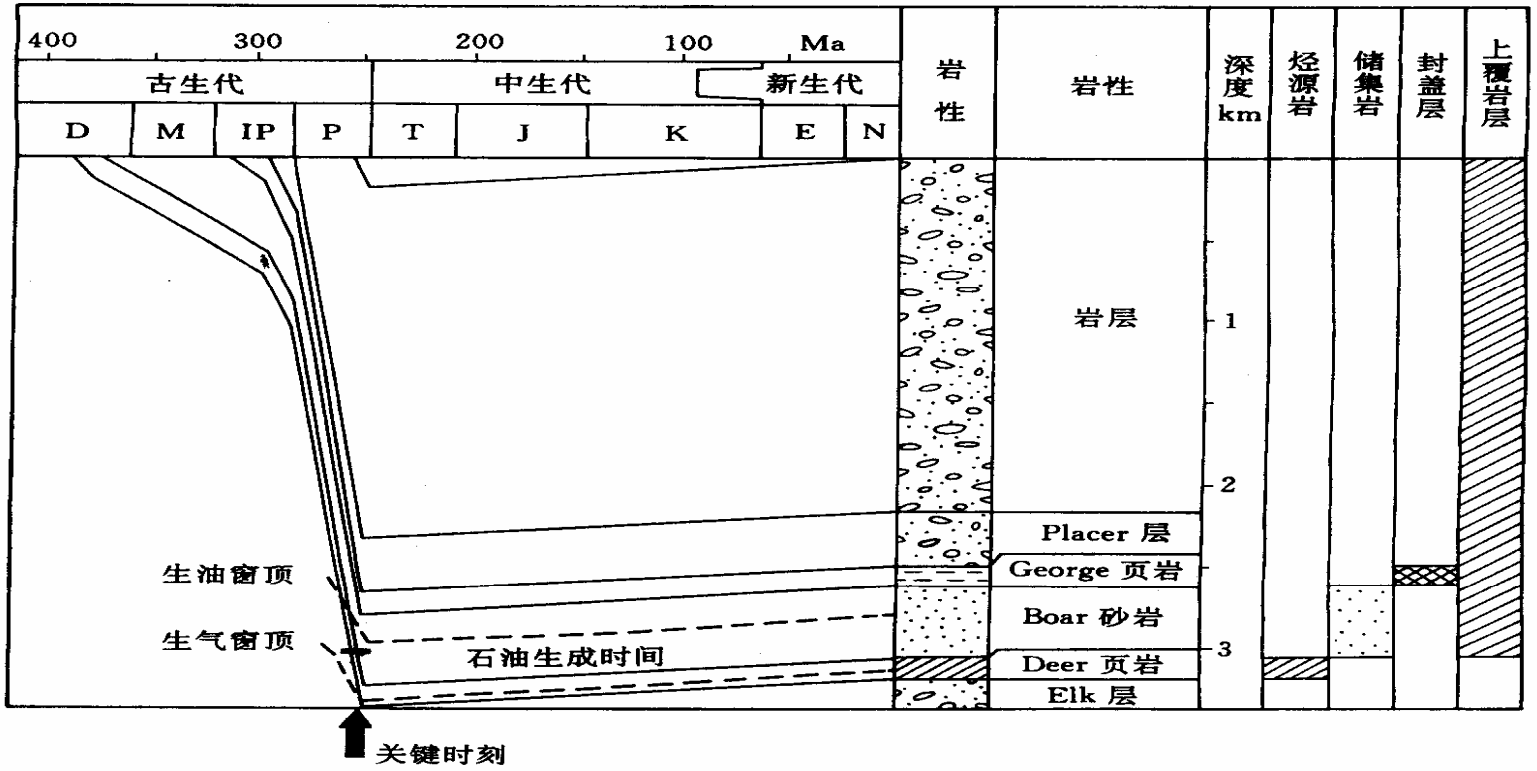


图 7—2 Deer-Boar（·）含油气系统埋藏史（据 Magoon 和 Dow，1994）

关键时刻 250Ma；石油生成时间 260～240Ma

盆地模拟技术与含油气系统研究

四种经典描述图件之二

——关键时刻油气系统平面图

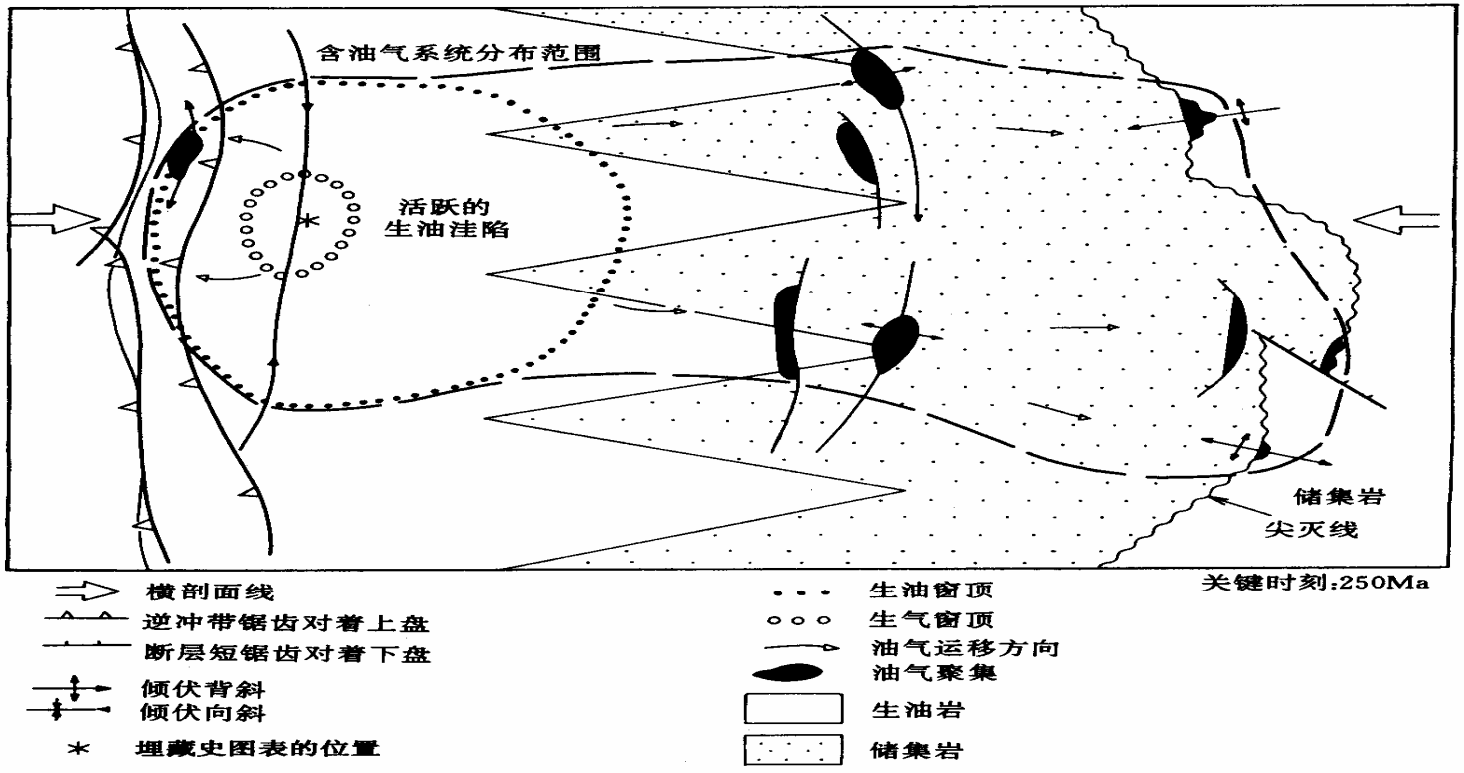


图 7—3 关键时刻（250Ma）Deer-Boar（·）含油气系统的分布范围
（据 Magoon 和 Dow，1994）

11年4月

盆地模拟技术与含油气系统研究

四种经典描述图件之三

——关键时刻油气系统剖面图

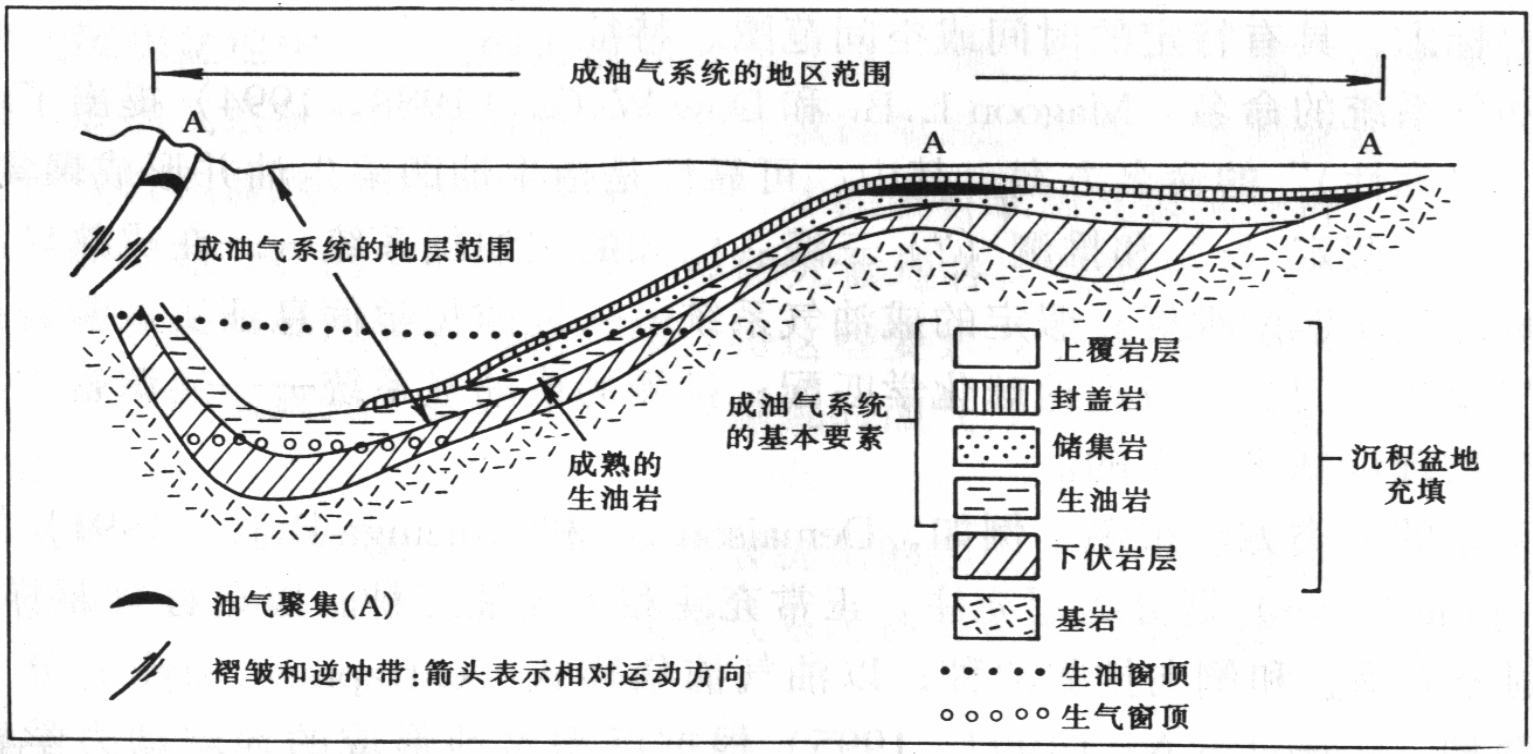


图 4－159　成油气系统剖面示意图（据 Magoon L.B. 和 Dow W.G.，1994）

盆地模拟技术与含油气系统研究

四种经典描述图件之四

——油气系统事件组合图

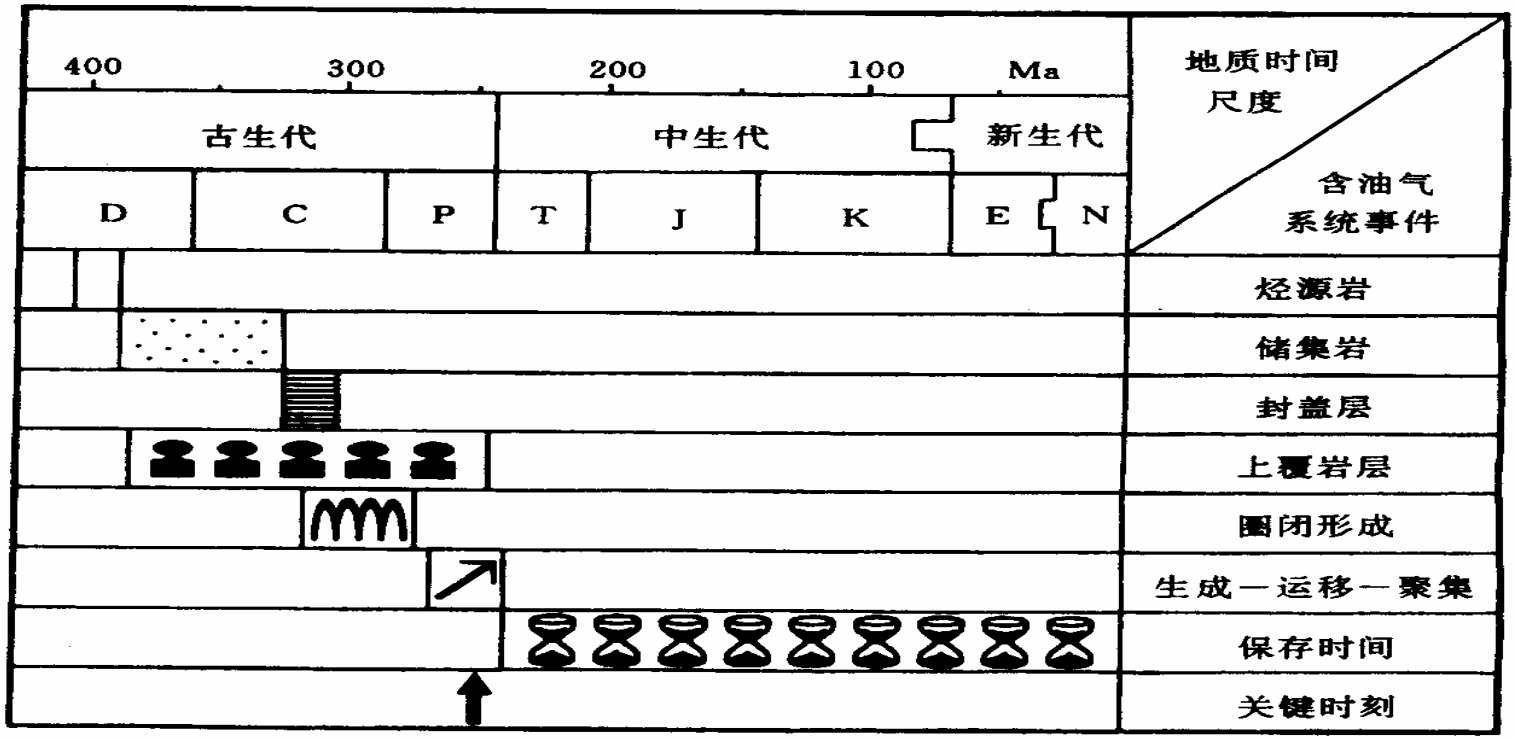


图 7—5 Deer-Boar（·）含油气系统事件组合图
（据 Magoon 和 Dow，1994）

盆地模拟技术与含油气系统研究

盆地模拟技术与含油气系统研究的关系

- 成油气系统是盆地模拟技术的理论基础
- 盆地模拟的地质单元必须是一个或多个成油气系统
- 盆地模拟的定量、动态、四维时空以及实时模拟特点为成油气系统的研究提供了技术保证
- 成油气系统的四个经典图与盆地模拟关系十分密切

2011年4月

盆地模拟技术与含油气系统研究

含油气系统的综合模拟分析

- “五史”分析

  地史、热史、生烃史、排烃史和运移聚史
- 成油气系统的配套史分析
- 综合评价

2011年4月

盆地模拟技术与含油气系统研究

“五史”分析

地史：

- 单井埋藏史分析
- 沉降量、沉积速率的变化与原型盆地的关系
- 平面上沉降中心的变迁
- 断裂的发生发展及其对盆地沉积体的控制作用等。

通过这些分析，了解盆地的演变过程，对多旋回盆地来说，还可以分析每个旋回的原型盆地的展布及其复合叠加的过程。

2011年4月

盆地模拟技术与含含油气系统研究

“五史”分析

热史：

热史分析的目的是了解盆地的古今热状态的差异性以及对烃源岩成熟作用的影响、成熟门限的平面分布及其出现的时期、持续时间的长短等。

盆地模拟技术与含油气系统研究

“五史”分析

生烃史：

- 主力烃源层确定
- 各时期生烃量大小
- 生烃强度的分布、各时期的有效生烃中心
- 生烃高峰出现的时期及其高峰期的生烃量，累积生烃量
- 各种生油岩的生烃贡献
- 不同生油层的生烃特征、相态分布、裂解生气量
- 二次生烃及二次生烃量大小、平面分布范围等

2011年4月

盆地模拟技术与含油气系统研究

“五史”分析

排烃史：

- 确定排烃高峰和排烃量
- 按排烃流线图分析主要的排烃方向
- 分析各生油层的排烃效率等

2011年4月

盆地模拟技术与含油气系统研究

“五史”分析

运聚史：

- 主要目的层的压力分布特征
- 流体势分布特征
- 各时期的油气散失量
- 可供油气聚集量

2011年4月

盆地模拟技术与含油气系统研究

含油气系统的配套史分析

配套史分析应该以含油气系统的关键时刻为核心，作关键时刻油气系统事件图，分析圈闭的形成时期，盖层封闭的有效时期，生、排烃高峰时期以及原生油气藏形成后的保存条件等。通过上述因素的综合分析绘制关键时刻油气系统平面分布图。

2011年4月

盆地模拟技术与含油气系统研究

综合评价

在“五史”分析的基础上，结合油气系统的配套史分析，可以在图形工作站上用图形叠加的方法把有利聚集区带确定下来，并标定每个区带的资源量大小。一般应按主力储集层分层进行综合评价，指出各层有利勘探区带的位置。


知己知彼，
百战不殆！