

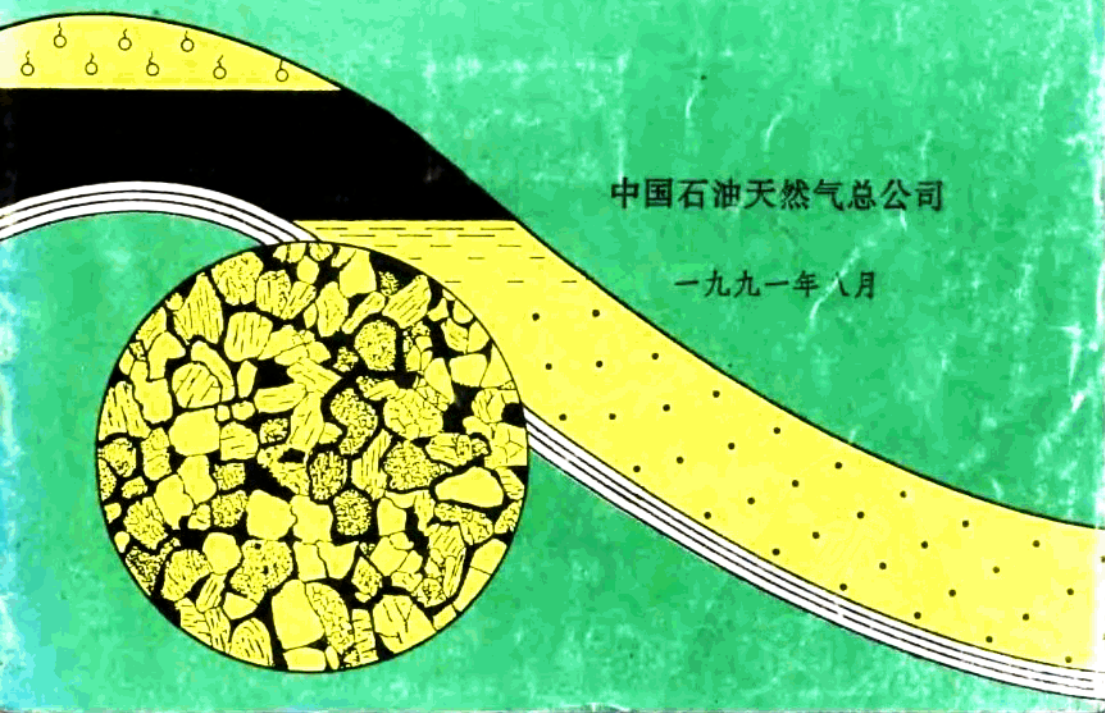
七五总公司重点科研项目成果简介

“中国油气储层评价研究”总结

(1989——1990)

中国石油天然气总公司

一九九一年八月



《中国油气储层评价研究》总结

(1989—1990)

简介

(一) 建立了系列配套的陆相储层沉积模式

1. 盆地规模——12种陆相沉积盆地类型

- (1) 潮湿带近海拗陷型, 如松辽盆地(K)
- (2) 潮湿带近海断陷型, 如珠江口盆地(E)
- (3) 潮湿带内陆拗陷型, 如塔里木盆地(T_3-J_1)
- (4) 潮湿带内陆断陷型, 如吐鲁番盆地($J_{1,2}$)
- (5) 过渡带近海拗陷型,
- (6) 过渡带近海断陷型, 如渤海湾盆地(E)
- (7) 过渡带近海拗陷型, 如准噶尔盆地(E)
- (8) 过渡带内陆断陷型, 如酒泉盆地(K)
- (9) 干旱带近海断陷型,
- (10) 干旱带近海拗陷型, 如塔里木盆地西部(E)
- (11) 干旱带内陆断陷型, 如江汉盆地(E)
- (12) 干旱带内陆拗陷型, 如柴达木盆地(E+N)

2. 盆地规模——10种生储组合类型

- (1) 多旋回含油组合类型, 如松辽、渤海湾盆地,
- (2) 多旋回含油含煤组合类型, 如吐鲁番盆地,
- (3) 多旋回含油含盐(深水为主)组合类型, 如东濮凹陷,

- (4) 多旋回含油含盐(浅水为主)组合类型, 如江汉盆地,
- (5) 单旋回含油组合类型, 如泌阳凹陷,
- (6) 单旋回含油含煤组合类型, 如百色盆地,
- (7) 单旋回含油含盐组合类型, 如柴达木盆地,
- (8) 下陆相上海相沉积组合类型, 如沿海陆架诸盆地,
- (9) 下海相上陆相沉积组合类型, 如楚雄盆地,
- (10) 下部成盆前基岩与上部成盆期沉积组合类型, 如冀中坳陷。

3. 沉积体系规模——8种碎屑岩充填模式

- (1) 纵向冲积扇——辫状河——曲流河——三角洲——湖相泥岩(或浊积岩)充填模式,
- (2) 横向冲积扇——扇三角洲——水下扇——湖相泥岩充填模式,
- (3) 横向冲积扇——辫状河——三角洲——水下扇——湖相泥岩充填模式,
- (4) 横向冲积扇——曲流河——小型三角洲——湖相泥岩充填模式,
- (5) 横向冲积扇——纵向辫状河(网状河)——三角洲——湖相泥岩充填模式,
- (6) 冲积扇——辫状(网状)河——曲流河——末端扇充填模式,
- (7) 冲积扇——辫状河——砂坪——盐湖盐岩充填模式,

(8) 三角洲间湖湾沙滩和砂坝充填模式。

4. 沉积体规模——5大类13亚类集合体

(1) 冲积(洪积)扇砂砾岩体

潮湿型(如克拉玛依三叠系)

干旱型(如大港南部孔店组)

(2) 河流砂体

辫状河(如胜坨沙二上, 渤海湾馆陶组)

曲流河(如大庆莎尔图东部 P_{12} , 孤岛3、4油组)

网状河(如马岭延10组, 玉门L层)

(3) 三角洲砂体

扇三角洲(如辽河西坡沙二、沙四, 河南双河核三段)

过渡型(如胜坨沙二下)

鸟足状三角洲(如大庆 P_{11-4})

(4) 湖湾滩坝砂体(如苏北金湖凹陷阜二段, 辽河沙一段四砂组)

(5) 湖底扇重力流砂体

近岸水下扇 (如高尚堡沙三)

远岸水下扇 (如梁家楼沙三)

水道型 (如高升沙三)

斜坡浊积扇 (如牛庄沙三)

5. 砂体层内非均质性规模——8种沉积方式

(1) 侧积——强烈的正韵律非均质性,

- (2) 垂积——无规则非均质性,
- (3) 前积——明显的反韵律非均质性,
- (4) 填积——较弱的正韵律非均质性,
- (5) 浊积——偏正的复合韵律非均质性,
- (6) 选积——反韵律非均质性,
- (7) 漫积——均质层,
- (8) 筛积——出现“贼层”的严重非均质性。

(二) 6种成岩、孔隙演化模式

- (1) 淡水、半咸水湖盆储层成岩模式
如大庆、渤海湾油田,
- (2) 盐湖水介质储层成岩模式
如江汉油田新沟咀组,
- (3) 酸性水介质(煤系地层)储层成岩模式
如陕甘宁盆地
- (4) 富火山碎屑储层成岩模式
如二连盆地,
- (5) 不同地温场储层成岩模式
如松辽高地温场, 渤海湾中地温场, 塔里木盆地低地温场,
- (6) 深层储层成岩模式

(三) 储层综合评价技术

1. 总结了四项储层评价技术

区域储层评价技术,
单井储层评价技术,
开发储层评价技术,
储层敏感性评价技术。

2. 发展三维定量储层地质模型的建模技术

- (1) 进行了三个河流砂体露头测量,
- (2) 探索地质统计技术,
- (3) 发展计算机存储、处理、显示技术。

(四) 发展单项储层评价技术

1. 储层实验测试技术

已形成应用现代分析仪器为主要手段的20项分析技术, 建立了储层实验测试系列。

2. 地震横向预测技术

- (1) 已在四种类型储层中取得成功实例

牛庄薄砂层, 岐口河道砂体, 大王庄碳酸盐岩, 哈南玄武岩等。

- (2) 新区勘探和油藏早期评价中广泛应用

- (3) 形成了十项技术

(五) 开展应用基础研究

1. 筹建水槽水盆实验室

2. 探索沉积体系数值模拟方法

《中国油气储层评价研究》总结

(1989—1990)

(初稿)

一. 问题的提出

1988年总公司科技局领导,在长期酝酿的基础上,正式决定把《中国油气储层评价研究》作为总公司重点科研题目,组织全国从事储层评价研究的力量统一协调,综合攻关。这是石油地质科研中一个重大的决策。至于为什么这样提出问题和作出决策,我们的理解是基于以下几点考虑。

1. 储层评价在油气勘探开发中的地位

从一个盆地开始油气勘探到每个油气田开发终了这一油气勘探开发全过程中,储层始终是必须研究和认识的一个重要石油地质内容。随着勘探开发阶段的向前推移,储层的重要性和地位总是愈来愈提高,逐渐成为主要矛盾。假如盆地分析阶段,选定主要生油凹陷是首先考虑的问题,那么油气发现以后,储层的特征就已成为开发战略决策首要考虑的问题;到了油气田开发的后期及三次采油阶段,开发的效益和成败完全决定于对储层非均质性认识的精细程度。

假如说某些石油地质内容的研究在一定勘探开发阶段大体可以告一段落,那么储层评价是贯穿于整个勘探开发过程的始终,

而且总是必须逐步深化精细。一个油气田开发废弃时，才能结束对它的储层的研究。事实上，此时还会留下一些还未完全认识清楚的问题。

但是就勘探开发生产的最终目标：——发现油气田，增加储量，提高产量和采收率而言，储层地质学则又不可能独立解决问题，它只是其中一个基础环节，而且也不是最后的一个环节。如油田开发中，直观地感觉增加产量和提高采收率总是由某些开发措施的实行而得到的，(如调整井网，采用某项改造工艺或提高采收率技术等)。然而评价有效的开发措施的采用，必须有对储层一定精度的认识作为基础。否则不是事倍功半，甚至适得其反。因此，从这个意义上讲，储层地质学的成果，很难用增储上产的直接经济效益来衡量。它的成果总是体现在其它环节的正确实施上。石油地质领域中大量的储层地质工作者，油田地质工作者作为无名英雄而默默地工作着，也是这一地位决定的。

2. 国际上的动向

八十年代中后期油价的下跌，加上大多数有远景的低勘探成熟度的含油气盆地都处于勘探费用很高的边远地区，油气勘探成本大幅度提高，世界上主要产油国把重点转向勘探成熟区和对已开发油田中挖掘增储上产的潜力。美国经济地质局最近估计，除阿拉斯加州以外，美国陆上已开发的储量中，通过加密钻井，扩边或油井的重新完井可以得到增补的石油(可采)储量800亿桶(约114亿吨)，天然气180百亿 尺³(约5.1万亿M³)。

但是挖掘这部分储量遇到两个挑战：一是必须更精细地描述储层，按砂体描述其连续性、岩性物性的空间分布，内部的微观特征，流体性质的变化，含油气体积等。二是：改善提高认识储层的手段，包括静态的和动态的，特别是开采中的监测手段当前更为薄弱(归根到底是监测剩余油气的分布)。

所以八十年代后期储层地质学，开发地质学的迅速复苏和再度崛起，就是这一形势的表现。连一直以勘探地质为其主要报导内容的AAPG学术刊物也从88年开始每年出一期开发地质论文专刊，提出“储层地质学给以应有的地位”的口号。由美国能源部研究院发起的从87年召开第一届储层表征(Reservoir Characterization)国际会议以来，今年十一月已将召开第三届会议。一向把基础理论研究放在首位的国际沉积学会在90年的十三届国际大会上把“建立烃类储层地质模型”讨论会列为A₁第一个讨论会，五天会期中这一小组会连续进行了三天半，这也是沉积学会中破纪录的。美国石油工程师协会更不甘落后，把过去有关文章汇编一下，最近出了两厚本再版文集“储层表征”。

储层研究总的趋势是追求建立更精细的储层地质模型，或有很强预测能力的地质模型，追求井间(三维空间)的预测精度。也可以用四句话来表示储层地质学的发展动向：

从宏观向微观方向发展，

从定性向定量方向发展，

从单一专业向多专业协同发展，

从人工向计算机化方向发展。

3. 我国石油工业面临的新形势

八十年代后期，我国石油工业面临着一个新的转折，总公司制定的“稳定东部，加快发展西部”的战略决策，就是根据这一新的形势制定的。在这一总的战略决策下，对当前和今后一个时期内油气储层研究也提出了新的更高的要求。具体表现在以下四个方面：

● 重点勘探地区转移到西部边远地区和东部浅海海滩，自然地理条件非常复杂和困难，勘探成本大幅度地上升，尽可能地以少量探井得到最大的地质效果，便成为提高勘探经济效益的关键。储层研究面临的任务便是如何提高“单井评价”和“早期评价”技术。如塔里木盆地东河1号油藏，埋深5800多m，面积15km²左右。一口发现井和一口评价井就要对油藏储层作出明确的描述和基本评价，保证编制的开发设计不犯不可改正的错误。这对储层地质工作者是一个严重的挑战。

● 稳定东部首先要稳往东部已开发高含水主力油田的产量递减。目前占全国产油量70%以上的主力油田都进入了高含水期开采，地下油水分布已相当复杂，剩余油已呈另散状分布于各种非均质隔挡中，要进一步挖掘这部分潜力，减缓产油量递减和提高采收率，必须按层按井组逐点逐块地精细地搞清剩余油分布现状。这就要求储层研究提供精细的地质模型，描述尺寸要小于现井网的密度，即提出了井间储层参数分布的预测问题，这也是近

年来兴起的“储层表征”技术所追求的主要目标。

● 稳往东部还要在勘探成熟度相当高的东部陆上进一步寻找各种隐蔽油藏，包括大量的小于1平方千米规模的小油藏，以增加储量，在西部还不能大规模建产的“八五”期间，更有重要的现实意义。寻找这些小规模的隐蔽油藏必须编制高分辨率的岩相古地理图，精细到砂体的规模，这也是总公司领导在90年东部勘探会议上大力倡导的储层研究新高度。

● 目前已探明储量中约有15%的储量由于油藏或储层类型比较复杂，作为边际油田尚未动用。从储层来说，主要有低渗透率储层、火山岩、变质岩等特殊类型储层，包括东部深层寻找大气田遇到的深部储层问题。加深这类储层的地质研究，从低产中找相对高产，从复杂中找相对简单，使这类油藏投入经济有效的开发，这也是储层地质工作者面临的一个难题。

二. 立题的基本思路及近期攻关目标

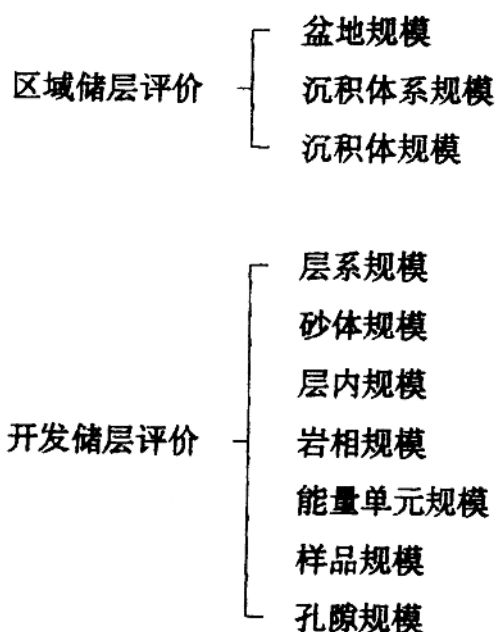
根据上述生产的要求参考国际上的动向，于1988年编写了“中国油气储层研究大纲”。经过上下结合讨论，广泛征求意见，多次修改，于1989年元月定稿，由科技部下发。同时在89年杭州第二次储层会议上确定了90年前开展的课题23个，作为近期攻关目标。动员了全国大部分油区、院校约600多人力量参加这一工作。

立题的基本思路是：

● 以具有我国特色的陆相储层为主，兼顾海相及其它非沉积岩储层。

● 以建立一整套储层“模式”为主要内容。“模式”是具有普遍指导意义的地质规律的总结。储层模式也是“地质作用——储层面貌”的综合体现，经历什么地质作用必然形成什么样的储层面貌。

储层今日之面貌是经历了地质历史中的沉积作用，成岩作用和构造作用的综合结果，储层模式从地质成因上可以分成沉积模式、成岩模式和构造应力模式来研究。从实用意义上又可根据不同勘探开发阶段的任务、研究对象的规模尺寸从宏观的盆地规模的模式到微观的孔隙结构，分成相应的级次的模式，通常可分：



任何一个勘探开发阶段对储层评价必须包括三个步骤：描述、解释和预测。没有预测，没有对下一勘探开发阶段部署决策所必需依据的储层特征的预测，储层评价就失去了生产应用的意义。正确的预测总是建立在对各种描述的现象作出正确的成因解释上。因此储层评价的这三部曲，都离不开模式的指导，模式愈丰富，内容愈成熟，对实践的指导意义更大。

所以各类储层模式，各种级次的模式，都应是本质与现象的统一，成因与结果的统一；理论与实用的统一。

一个完善的储层模式要有油气勘探开发决策所需的储层特征的定量描述，要有充分理论依据的成因意义，而且还必须有现有技术条件下可供预测的有效指标。

储层模式的建立主要立足于我国油气勘探开发的大量实践，作为陆相沉积储层，我国有极为丰富的实例和实践，世界上无与伦比。因此总结陆相储层的模式，我们责无旁贷。同时还需开展一些基础理论性的研究，包括室内实验和野外现代沉积和露头古代沉积的调查研究。

● 发展一整套储层评价技术、方法为主要手段

储层地质学发展至今日，实际问题的解决，必须依靠多专业的协同。地质、地球物理(地震、测井)和工程(试井和各种测试)是其中的主要方面。

首先，把储层评价技术按大的勘探开发阶段，分为五部分作为“七五”优先建立的内容，即：

单井储层评价技术

区域储层评价技术

开发储层评价技术

储层敏感性评价技术

储层动态评价技术

综合地质、沉积、实验分析、地震、测井和试井技术的国内现状对我国30多年来的已有实践经验，给以总结提高，并参考国外先进经验，把上述五方面评价技术形成一个规范性文件，推广试行，逐步完善。

其次，在单项技术发展上提出攻关目标。综合技术的提高，必须建立在单项技术发展的基础上。考虑国内现状，优先发展：沉积实验分析技术、地震横向预测技术、地质统计和计算机应用技术(包括数据库、地质工作站等)为重点。

第三，积极攻关新一代的评价技术——即为油田开发后期三次采油阶段服务而建立储层预测模型的技术。这是当前国际上储层沉积学和储层地质学工作者正在攻关的热门课题，也是我国石油生产形势急需的。我们应力争站在较高起点尽快加以攻克。

● 开展一定的基础性研究工作

由于种种原因，我国储层沉积学的基础性研究与国外还存在有较大差距。基本上还处于用国外的理论研究成果来解释我国陆相沉积储层的各种现象，不论沉积还是成岩作用研究，都是如此。要发展我国陆相储层沉积学，适当地开展陆相沉积的理论

基础研究迟早是要补上这一课的。

现代沉积和露头古代沉积调查研究，沉积物理模拟实验加上国际上一直在探索的沉积数值模拟研究，各种岩矿、地化室内分析鉴定技术，这是发展沉积学理论基础的三个重要方面。我们适当地安排了一部分力量开展这方面工作。并着眼于长远，深信只要坚持下去，总会有所突破的。

根据以上这样总的考虑，确定了以下17个项目作为第一阶段攻关目标。

1. 现已投入开发的各类储层图册。进行科学分类，建立可供类比的有效厚度标准，生产能力标准，基本工程措施要求等。
2. 建立储层数据库软件包及应用程序库。
3. 各阶段储层评价方法和技术，包括单井储层评价、区域储层评价、开发储层评价、储层敏感性评价、储层动态评价等。
4. 深层和低渗透率天然气储层的评价技术。
5. 火山岩储层和评价技术方法。
6. 各类基岩油藏储层、稠油疏松砂储层评价技术。
7. 冲积扇、扇三角洲、海底扇、风暴流等粗碎屑岩储层非均质模式。
8. 建立定量三维储层地质模式的方法和软件，完成静态模型，为总结不同类型油藏开发模式提供基础，开始预测模型研究。
9. 三次采油储层研究。
10. 不同母岩物质碎屑岩储层在不同古环境下的埋藏成岩、

粘土矿物和孔隙演化规律。

11. 储层敏感性试验和各种伤害源的识别技术及相应的保护措施。

12. 近期和“八五”将要投入开发的储层早期评价。

13. 不同类型陆相沉积盆地在不同构造演化期的沉积体系和储层分布规律，河流三角洲滩坝等环境砂岩储层沉积模式和非均质模式的总结。

14. 碳酸盐岩储层评价方法的总结。

15. 水槽实验室的筹建。

16. 陆相湖盆各类碎屑岩沉积的野外露头调查和现代沉积调查。

17. 地震地层学主要开展储层横向预测、三维地震解释及高分辨地震方法研究。

三. 两年来取得的主要成果及我国储层研究现状

中国油气储层评价研究作为统一规划立题开展工作虽然只有两年，但40年来，特别自大庆和渤海湾油区开发以来，储层评价研究一直紧密结合当时勘探、开发工作在不断进行和提高。应该说已具有一定的基础，第一阶段两年的立题，除了攻关内容外，把已有技术、方法、经验的总结系统化作为一个重要方面安排的。因此在总结这两年的成果同时，把我国储层研究现状已达到的水平总起来回顾一下，对“八五”科研攻关部署是很有必要的。

(一) 关于建立储层模式

1. 盆地规模与盆地分析

建立了中国陆相沉积盆地12种类型和10种生储盖组合模式，对一个新盆地的盆地分析和含油气评价有重要的指导意义。这一成果应该说已比较成熟。

(1) 陆相沉积盆地类型

古气候带的纬向性，决定着沉积物受气候影响的南北分带特征。在古气候带分异明显时期，可以分出潮湿带、干旱带和半潮湿半干旱带，如早第三纪(始新世和渐新世)，干旱带位于华中地区至青海和新疆南部，自干旱带向南向北推移，则为过渡带和潮湿带。早白垩世也有类似特点。当潮湿带扩张期，则全境几乎处在潮湿带及过渡带气候的控制下，如晚三叠世和早中侏罗世。当干旱带扩张期，潮湿气候带则仅位于东北和西藏地区，如晚侏罗世，晚白垩世。因此，古气候带的变迁，将我国中生代陆相沉积层区分出潮湿带沉积、干旱带沉积和过渡带沉积。

中生代以来海水从北方，继而从南方和西藏退出，各个地质时期的海域以不规则环状围绕内陆分布，故同一纬向气候带上的沉积层有内陆的和近海的，其岩性组合及生物面貌有所差别。

受大地构造背景和构造演化的控制，盆地结构有断陷型和坳陷型之分。

基于古气候、古地理和古构造环境，将上述中生代陆相沉积盆地归纳为十二种类型：