

大数据分析和油气生成、运移和聚集地质模型

Geological model of petroleum generation, migration and accumulation through big data analysis

王飞宇¹, 冯伟平¹ 王浩¹ 关 晶¹ 周仁志¹

贺志勇 (He Zhiyong)²



中国石油大学(北京)

***ZetaWare, Inc.**
Interactive Petroleum System Tools



油气资源与探测国家重点实验室

State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting



我们的定位

- ①勘探_提高勘探成功率

- 物探:地球物理学

- 构造图_地层形态
 - 属性_岩石物理性质
 - 油气藏检测_DHI含油气性
 - Q: 精度 (resolution)

- 地质: 石油地质和地球化学

- 盆地 (Basin)
 - 油气系统(petroleum system)
 - 勘探层 (Play)
 - 勘探目标 (prospect)
 - Q: 油气资源评价和勘探目标优选
 - Q: 不确定性?



油藏描述

- ②开发_提高采收率

- ③油田管理

- Trinity 3D_交互式三维油气系统模拟
 - Genesis_一维盆地模拟
 - G2_二维剖面分析和模拟
 - Kinex_生烃动力学分析 (油气地球化学和油气地质学算法)
 - Hotspot_地质大数据分析

技术的发展

- 分析烃类流体从源岩到圈闭过程
 - 地质格架：如何建立起适合PSA分析的地质格架
 - 烃类流体：主要四个公式使我们有预测能力
- 发展的4项技术
 - Trinity 3D_交互式三维油气系统模拟
 - Genesis_一维盆地模拟
 - G2_二维剖面分析和模拟
 - Kinex_生烃动力学分析（油气地球化学和油气地质学算法）
 - Hotspot_地质大数据分析

- Trinity软件在油气系统分析领域用户最多: 80+clients / 300+ users license

Selected ZetaWare Clients:

Used by more people than any other PSA tools



Trinity软件中国用户

- CNOOC
 - 研究中心
 - 天津分公司
 - 上海分公司
 - 深圳分公司
 - 湛江分公司

- Petrochina

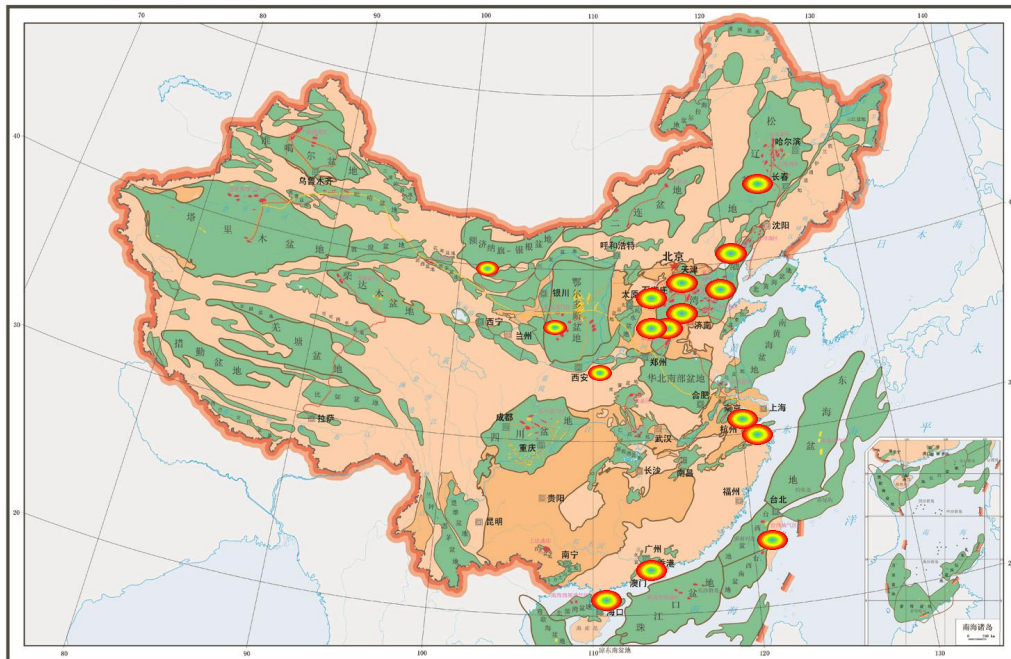
- 中石油勘探开发研究院地质所
- 中石油勘探开发研究院全球所
- 中石油勘探开发研究院规划所
- 中石油勘探开发研究院中东所
- 中石油勘探开发研究院非洲所
- 中石油勘探开发研究院实验研究中心
- 中石油勘探开发研究院西部分院
- 华北油田
- 大港油田
- 长庆油田
- 辽河油田
- 玉门油田
- ...

- Sinopec

- 中石化北京研究院
- 上海海洋石油分公司....

- 中国石油公司(台湾)

- 勘探部
- 探采所



提 纲

- 1. 为什么要作大数据分析
 - 大数据分析是降低不确定性的主要途径
- 2. 如何作大数据分析
 - 数据集成和地质建模 (T3+Hotspot)
 - 油气系统模拟分析
- 3. 实例
-

James Gray 数据密集型科学发现

- The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery
- 《第四范式：数据密集型科学发现》
- 几千年前的科学，以记录 and 描述自然现象为主，称为“实验科学”，即第一范式，其典型案例如钻木取火；
- 数百年前，科学家们开始利用模型归纳总结过去记录的现象，发展出“理论科学”，即第二范式，其典型案例如牛顿三定律、麦克斯韦方程组、相对论等；
- 过去数十年，科学计算机的出现，诞生了“计算科学”，对复杂现象进行模拟仿真，推演出越来越多复杂的现象，其典型案例如模拟核试验、天气预报等；
- 今天，以及未来科学的发展趋势是，随着数据量的高速增长，计算机将不仅仅能做模拟仿真，还能进行分析总结，得到理论。Jim Gray将这种科学研究的方式，称为第四范式，即数据密集型科学（大数据分析）。



The
F O U R T H
P A R A D I G M
DATA-INTENSIVE SCIENTIFIC DISCOVERY

EDITED BY TONY HEY, STEWART TANSLEY, AND KRISTIN TOLLE

2009

油气地质学一门是预测的科学，为什么存在很大不确定性？

- 石油地质学研究核心从圈闭到烃类流体
- 油气系统分析(PSA)是石油勘探核心技术之一,基于精细地质格架是其发展方向.
 - Trinity 3D_Zetaware
 - PetroMod_IES_Schlumberger
 - Temis_IFP
 - Mpath_Pemedia_Halliburton
 - Stellar™ 3D_ExxonMobile
 - BasinMod_PRA
 - SEMI__SINTEF
 - Migris_Dr. Sylta
 - Basins_RIPED
- 这些新技术主要是2000年以后发展起来
- 国内成藏动力学研究在2000年以后兴起?
 - 概念和定义??
- 应主要解决烃类量在空间分布xyz

• 石油地质学_4大定律

– 生成_

化学反应速度 $K=Ae^{(-Ea/RT)}$

– 排出_物质平衡原理

– 运移_从Darcy定律到流体势

$$\Phi_p = \Phi_w + (\rho_w - \rho_p)gz + 2\sigma \cos \theta / r$$

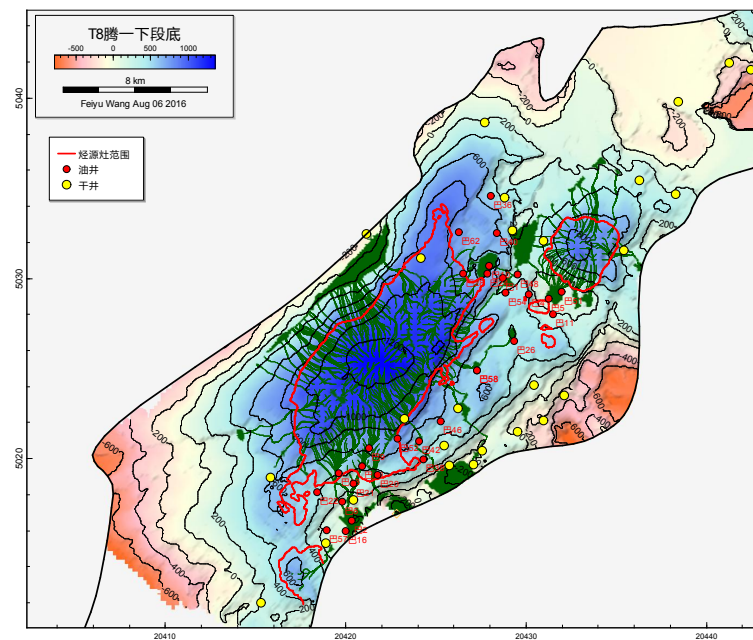
- 水动力(超压)+浮力+毛细管力

– 聚集_Pc • $P_C=2\sigma \cos \theta / r$

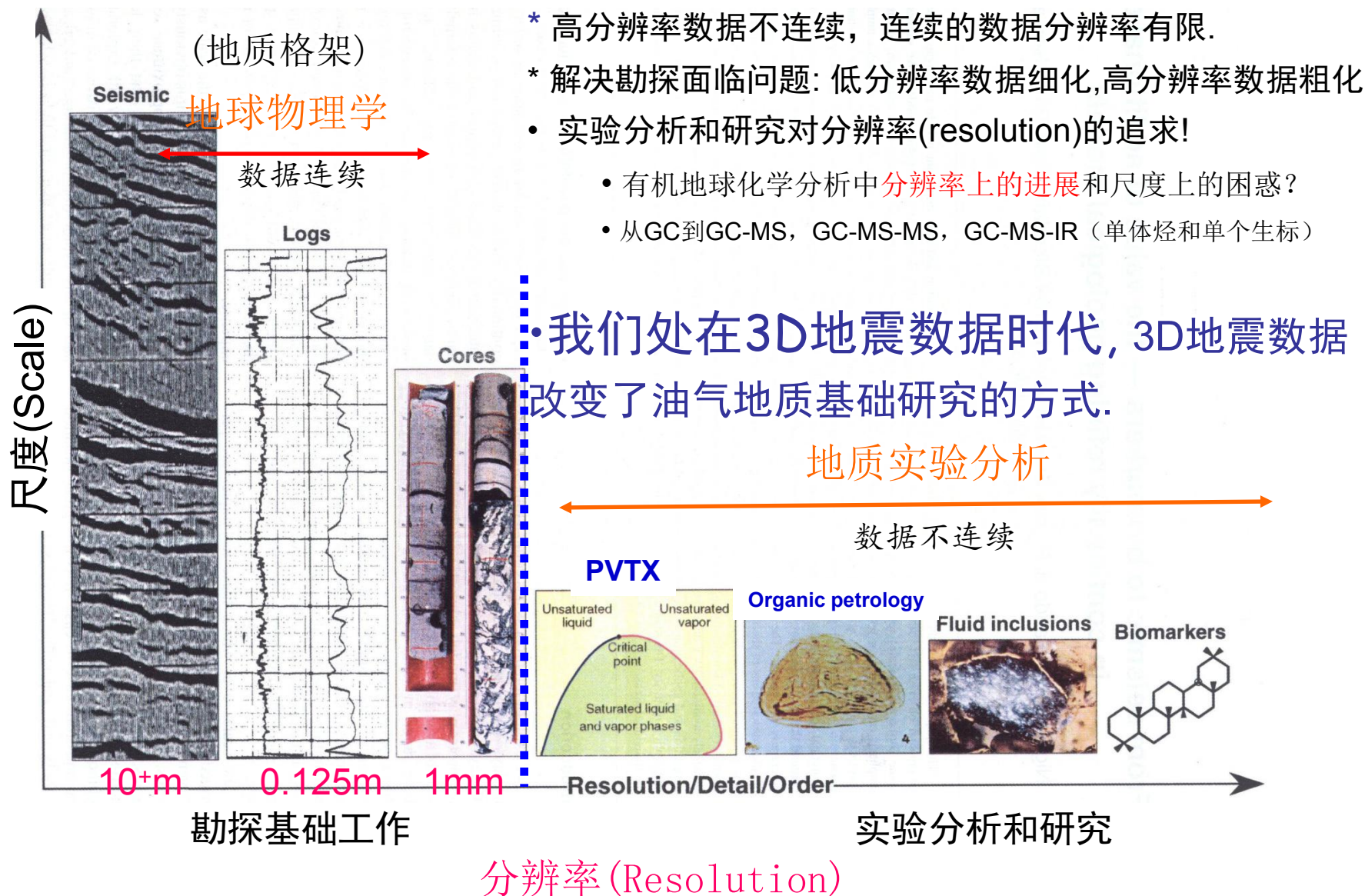
油气生成, 运移和聚集机理是清楚的,
不清楚的是地质格架中源岩, 输导体系,
顶封和侧封!

大数据分析是 降低不确定性的主要途径

- 通过人工智能来分析大数据
 - 深度学习
 - 实例：
 - Google翻译
 - AlphaGo
- 源岩和烃源灶
- 生烃模式
- 油气生成运移和聚集模型
主要靠数据限定
 - 情景分析 (Scenario Analysis)

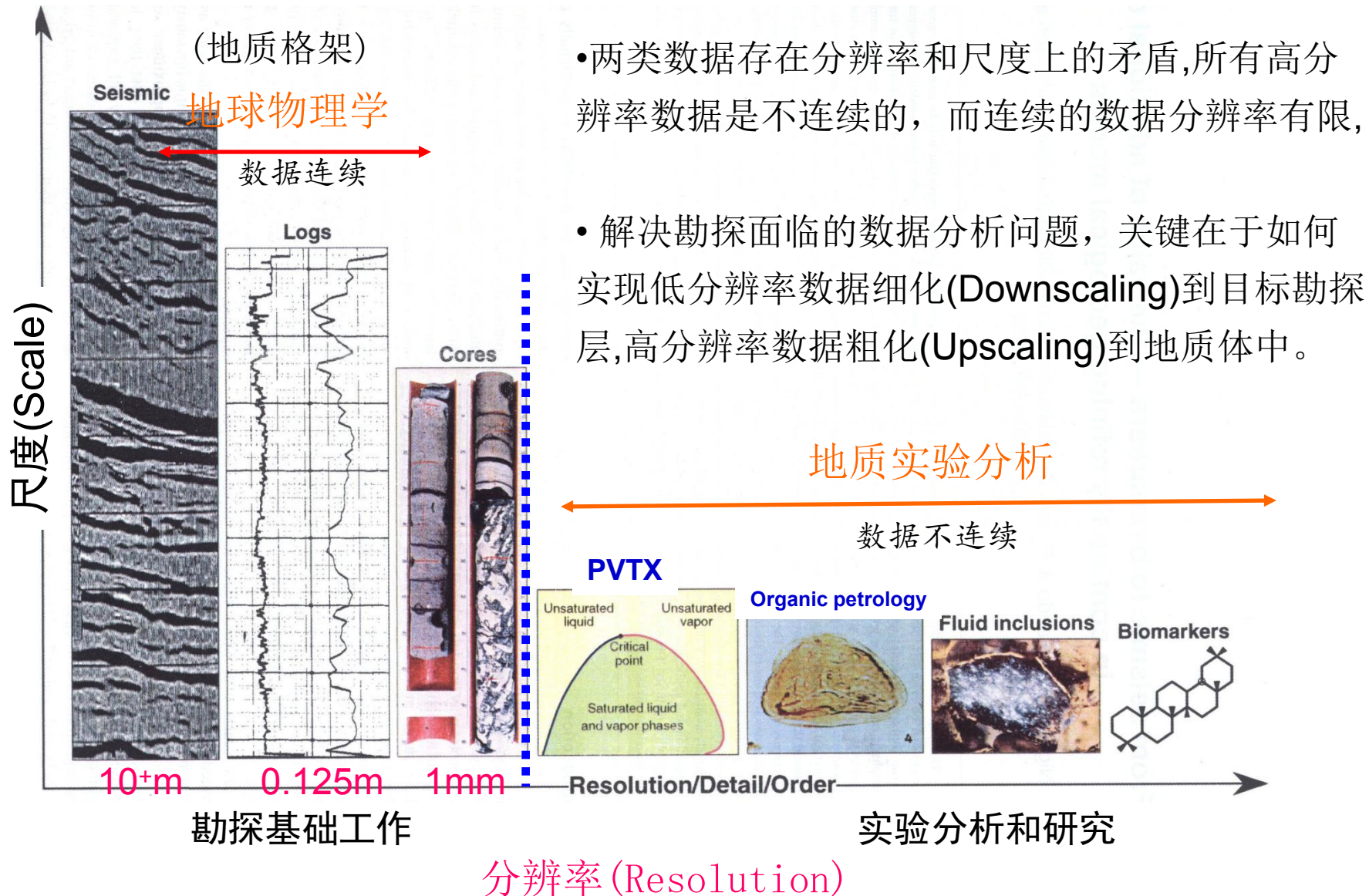


油气地质的研究：数据分辨率和尺度的矛盾



石油勘探中两类主要数据：

- ①地球物理中地震数据，测井数据，录井数据（数据基本连续）
- ②地质实验分析数据（数据不连续）



2007年, 大庆油田勘探数据库

井筒

- 钻井录井
 - [AZ01] 井位数据
 - [AZ02] 探井基础数据
 - [AZ04] 套管程序数据
 - [AZ05] 套管数据
 - [AZ06] 气测(全脱气)组分数据
 - [AZ07] 气测录井(异常井段)解释数据
 - [AZ10] 钻井液录井数据
 - [AZ13] 钻井取心数据
 - [AZ14] 井壁取心数据
 - [AZ15] 井斜测量数据
 - [AZ16] 井斜校正数据
 - [AZ17] 现场分层数据
 - [AZ18] 钻遇断层数据
 - [AZ19] 钻井录井图数据
 - [AZ20] 碎屑岩油气显示综合数据
 - [AZ28] 荧光录井数据
- 测井
 - [AC01] 测井解释数据
 - [AC04] 地层倾角解释成果数据1
 - [AC04_1] 地层倾角解释成果数据2
 - [AC06] 重复式电缆地层测试数据
 - [LOG_DB] 测井曲线文件
- 试油测试
 - [AS01] 常规试油成果数据
 - [AS02] 原油分析数据
 - [AS03] 天然气分析数据
 - [AS04] 地层水分析数据
 - [AS06] 压裂数据
 - [AS07] 地层测试成果数据
 - [AS08] 射孔深度数据
 - [AS09] 施工简况

分析化验

- 储层物性
 - [AH06] 粒度分析数据1(10个粒径系列)
 - [AH06_F] 粒度分析数据2(F系列)
 - [AH06_7] 粒度分析数据3(7个粒径系列)
 - [AH07] 油层物性数据
 - [AH31] 岩样校正数据
 - [DFA01] 相对渗透率实验
 - [DFA011] 相对渗透率数据
 - [DFA02] 离心法测定毛管压力
 - [DFA021] 离心法毛管压力数据
 - [DFA03] 压汞法测定毛管压力
 - [DFA031] 压汞法毛管压力数据
 - [DFA04] 离心吸入法测定润湿性
 - [DFA05] 驱替吸入法测定润湿性
 - [DFB03] 岩石孔隙结构数据
 - [DFB05] 岩石孔隙压缩系数实验
 - [DFB051] 岩石孔隙压缩系数数据
 - [DFB06] 复压孔隙度渗透率实验
 - [DFB061] 复压孔隙度渗透率数据
 - [DAA111] 检查井岩心分析数据
 - [DAA112] 油层水洗状况综合数据表
 - [DAA113] 独立型表外层水洗状况综合数据
 - [DAA11] 取芯综合数据
- 生物地层
 - [AH09] 古生物化石鉴定样品数据
 - [AH09_1] 古生物化石鉴定数据
- 岩石矿物
 - [AH11] 碎屑岩薄片鉴定数据
 - [AH13] 重矿物鉴定数据
 - [AH14] 岩样常量元素分析数据
 - [AH15] 岩样微量元素分析数据
 - [AH27] 粘土矿物分析数据
- 油气水
 - [AH01] 原油分析数据
 - [AH01_1] 原油粘温曲线
 - [AH02] 天然气分析数据
 - [AH03] 地层水分析数据
 - [DFC01] 原油粘温曲线实验
 - [DFC011] 原油粘温曲线数据
 - [DFA07] 地层原油分离实验
 - [DFC04] 地层凝析气性质

有机地化

- [AH08] 镜质体反射率分析数据
- [AH10] 天然气地化分析数据
- [AH16] 干酪根鉴定1数据
- [AH18] 有机碳分析数据
- [AH19] 正烷烃色谱分析数据
- [AH21] 热解气相色谱分析数据
- [AH22] 热解色谱分析数据
- [AH23] 有机元素分析数据
- [AH24] 岩石氯仿沥青“A”分析数据
- [AH26] 族组成分析数据
- [AH29] 红外紫外分析数据
- [AH30] 同位素分析数据

高压物性

- [DFA06] 原油高压物性单次分析
- [DFA061] 高压物性多次分析

综合录井图数据

- [LJT_YXPM] 岩性剖面(岩屑归位)数据
- [LJT_YXGWJMS] 岩心归位及描述数据
- [LJT_DCZS] 地层综述
- [LJT_WXCSFX] 物性参数分析(岩心样品数据)
- [LJT_YXWZ] 岩心位置
- [LJT_LJ02] 责任表数据
- [LJT_LJ03] 图件栏目数据
- [LJT_LJ08] 绘图_压缩长度_破碎数据
- [LJT_HYW] 含有物
- [LJT_CLJG] 层理结构
- [LJT_LJ25] 曲线中断回放数据
- [LJT_AZ20] 碎屑岩油气显示数据
- [LJT_AZ17] 地层分层
- [LJT_YQCJD] 油层分层
- [LJT_AZ24] 综合录井仪录井工程综合参数数据文件
- [LJT_AZ02] 探井基础数据
- [LJT_AZ13] 岩心统计数据
- [LJT_AZ14] 井壁取心描述数据
- [LJT_AC01] 测井解释数据
- [LJT_AZ27] 荧光记录数据

探井单井文档

2007年，大庆油田勘探数据库



对于油田地质大数据,我的感觉:

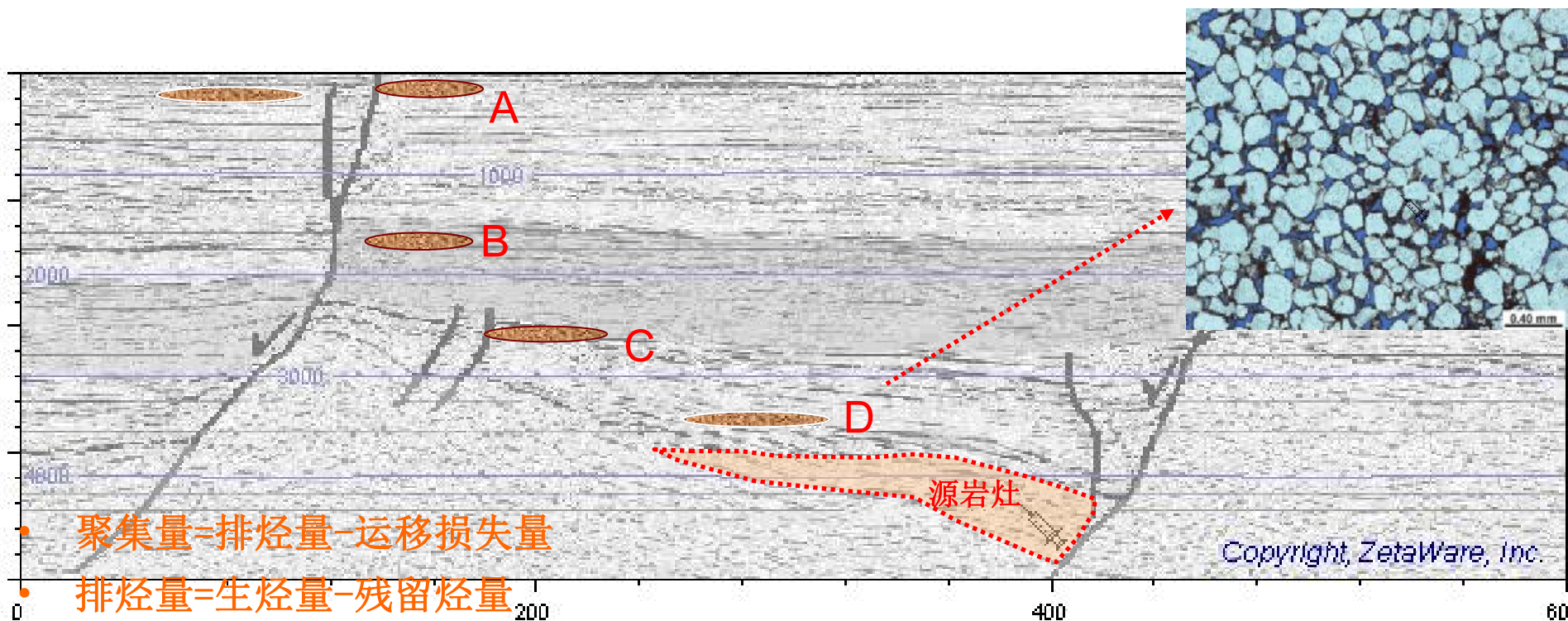
- 油田地质大数据主要分为地球物理（地质模型）和实验分析数据，数据库和数据中心建设日渐重视。
- 石油公司中分工很细。
- 数字油田和数据库中实验分析数据仍缺少系统分析（数据挖掘），实验分析数据分析还没有与地质体紧密结合，实验数据分析工具主要是Excel.
- 外协项目（如果是综合分析如油气成藏研究）单个项目产生的数据有限，而解决工业问题需要大量数据。

提 纲

- 1. 为什么要作大数据分析
 - 大数据分析是降低不确定性的主要途径
- 2. 如何作大数据分析
 - 数据集成和地质建模 (T3+Hotspot)
 - 油气系统模拟分析
- 3. 实例
-

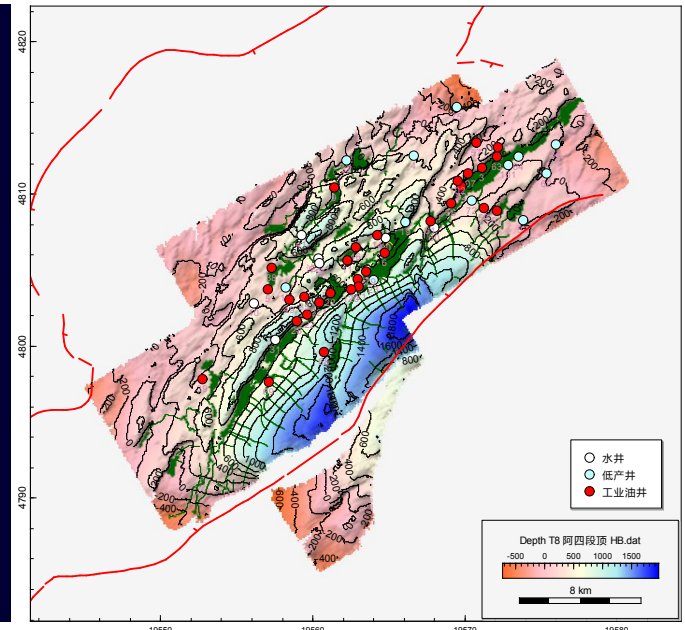
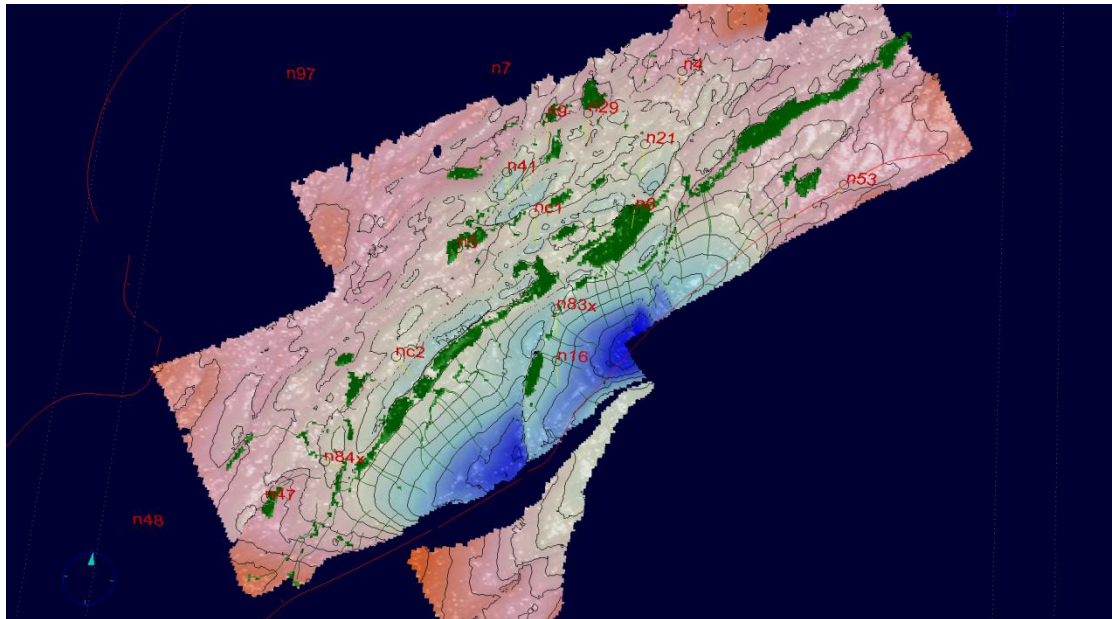
从地震数据到油气成藏地质模型

- 地震数据_地质格架
 - 构造图_地层形态
 - 属性_岩石物理性质
 - 油气藏检测_DHI含油气性
- 油气成藏_烃类流体在地质格架中运移聚集
 - 从源岩灶-输导体系-油气藏
 - 高丰度源岩层_烃源灶
 - 输导体系-运移途径-油气藏
 - 封盖条件
 - 尺度：从公里到微米

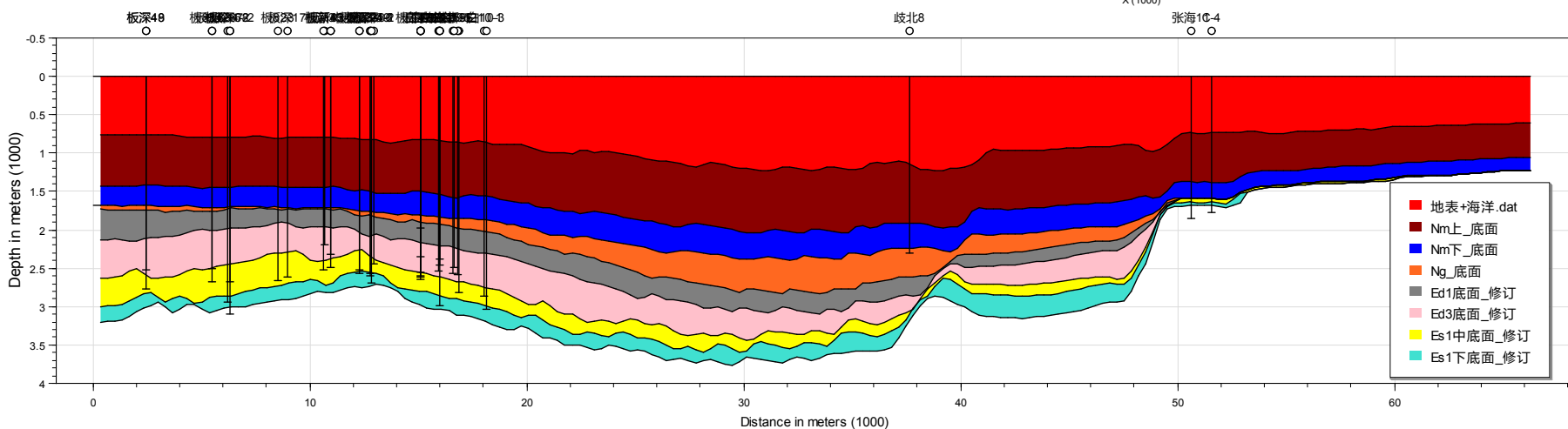


油气系统分析:从盆地模拟到大数据分析

- 三维地震的广泛使用，油气地质与勘探进入大数据时代
- 油气勘探中圈闭和储层风险已大大降低，最大风险主要是充注条件(Charge)
- 油气系统分析和模拟技术：对不确定性的分析，找出最大的可能
 - 油气地质家数据集成平台和分析工具
 - 分析和模拟主要是评价不确定因素(What-if情景分析)
 - 勘探目标优选和油气资源量评价

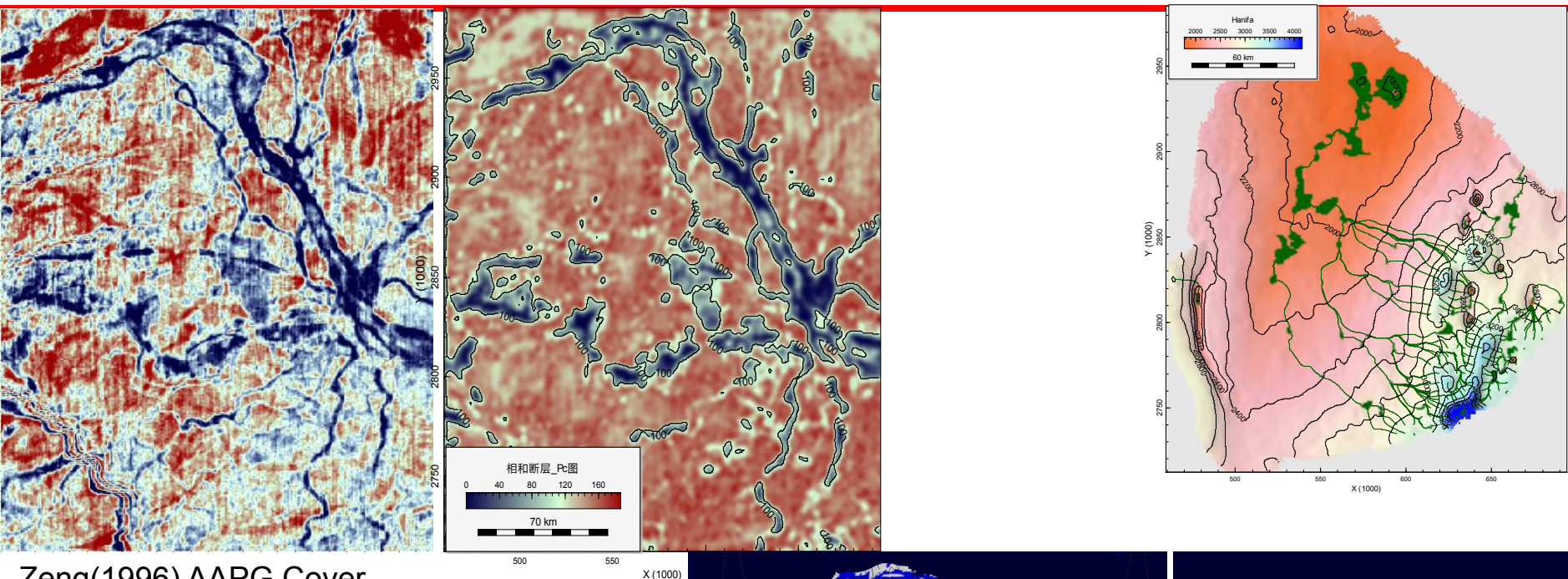


- 层面冲突?
- 井分层数据?



②地层内非均质性:从沉积相和地震相到岩石物理相

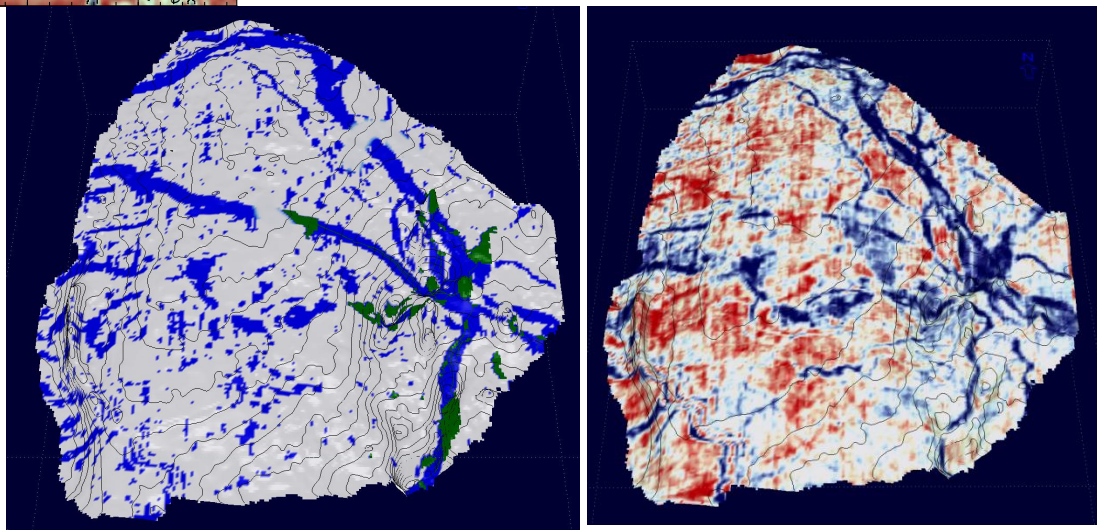
从地震属性相(左图)到岩石物理相(右图)(近似的毛细管力值(Pc值)分布)



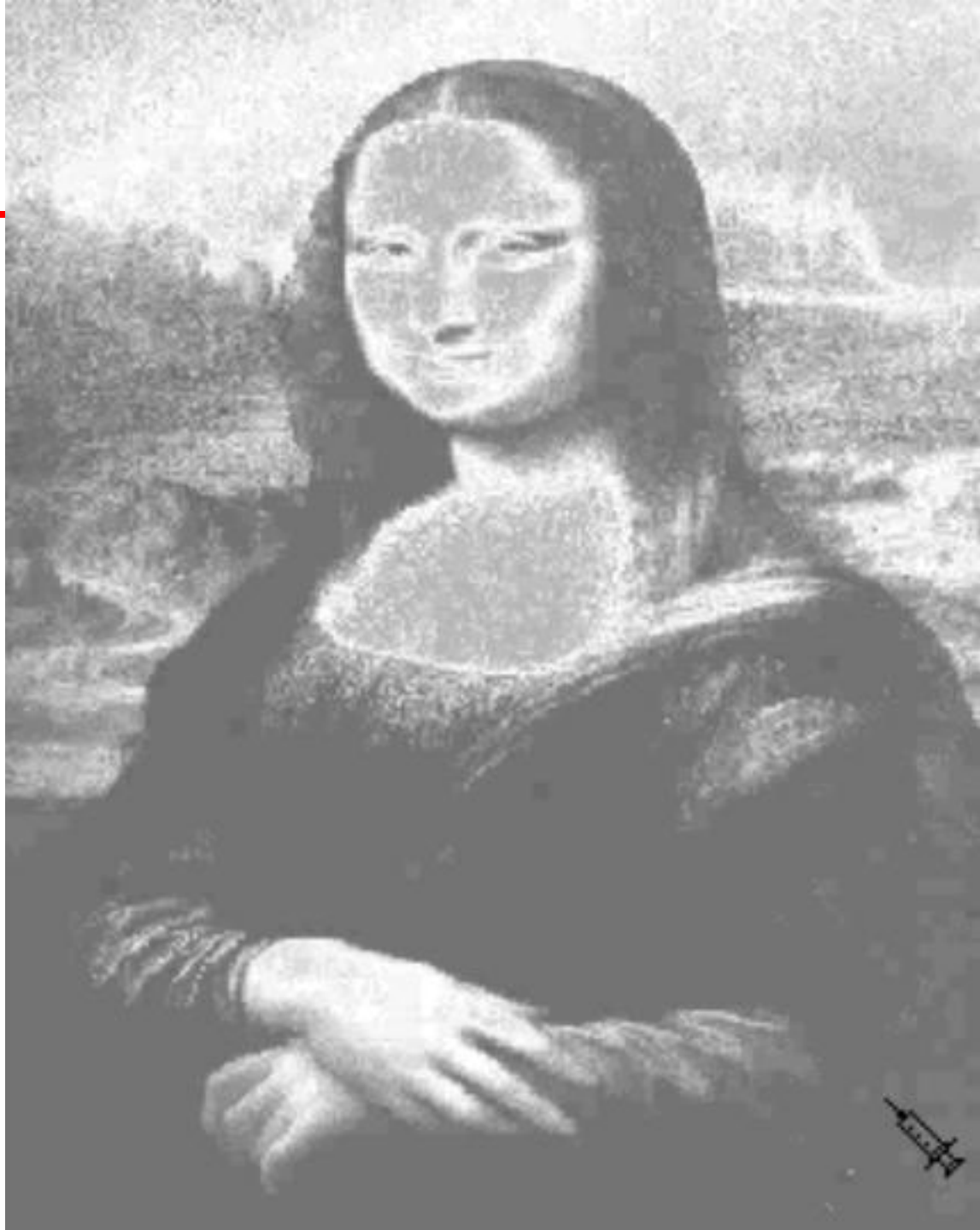
Zeng(1996) AAPG Cover

毛细管力值(Pc值)_油气柱高度

$$\Phi_p = \Phi_w + (\rho_w - \rho_p)gz + 2\sigma \cos \theta / r$$

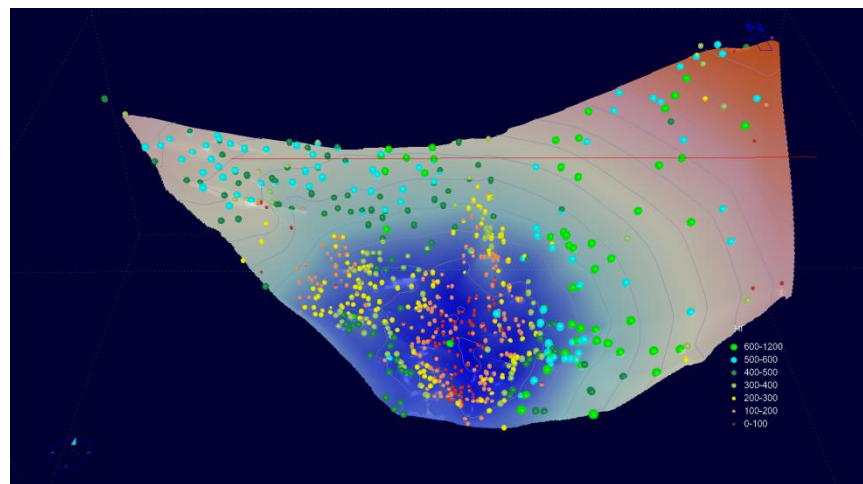


- 对于油气运移和聚集来说，沉积相和岩相的本质是 P_c
 - $P_c = 2\sigma \cos\theta / r$
- 控制运移聚集关键因素
 - 圈闭幅度和封盖能力
 - 排烃量和运移损失量
 - 许多关键参数我们是不知道的！



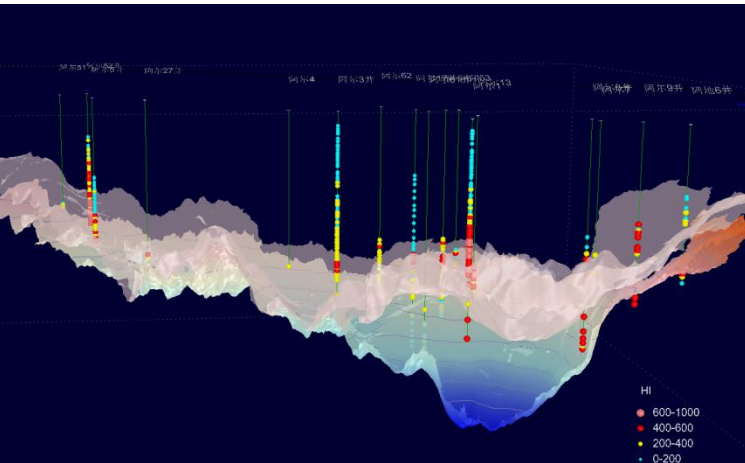
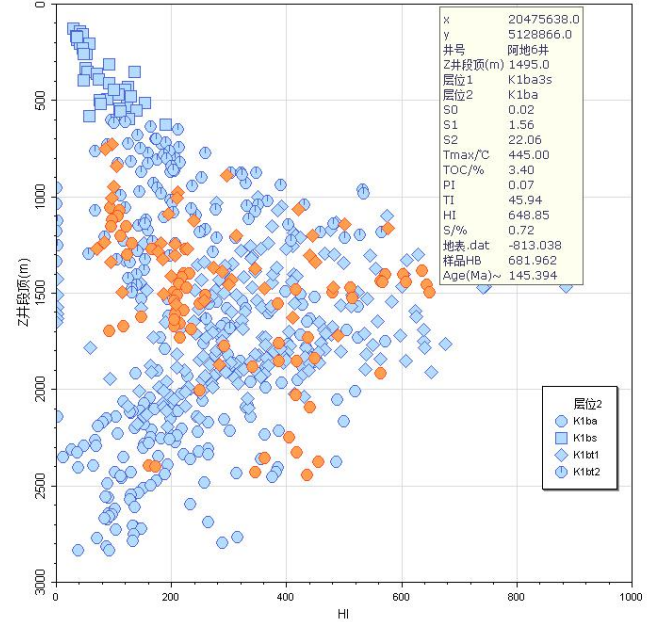
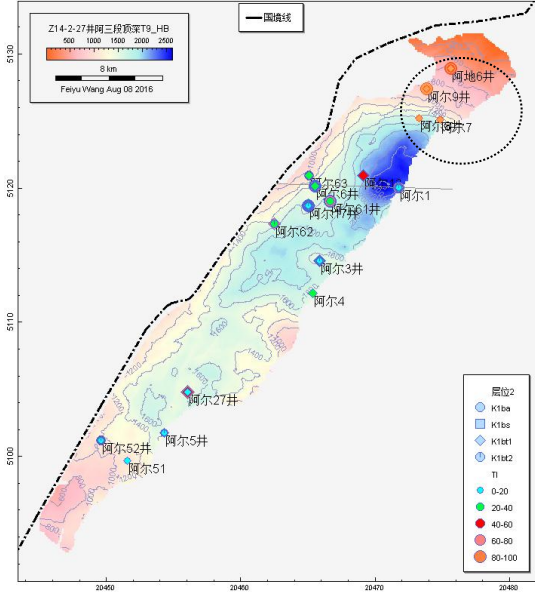
数据融合和挖掘

- 地质实验分析是条数据（数据量仅是以M为单位）
 - 条数据：各个行业和领域呈链条状串起的数据（地质实验分析数据）
 - 块数据：以一个物理空间或行政区域形成涉及人、事、物的各类数据的总和（PSA）
- 数据融合是提高数据价值关键，单一数据的价值始终是有限，如果将各个单一数据串联起来，通过多维度的挖掘对比，实现对事物规律的精准定位。
- Google,Baidu
 - 大力发展基于地理信息系统的大数据，通过地图信息将各种条数据联在一起成为块数据
- Trinity 3D+Hotspot+Kinex
 - 依据二维和三维地震数据地质建模
 - 每个实验分析数据均有x,y,z坐标
 - 数据按x,y,z坐标置于地质体中
 - 分析探井中源岩和油气藏数据规律

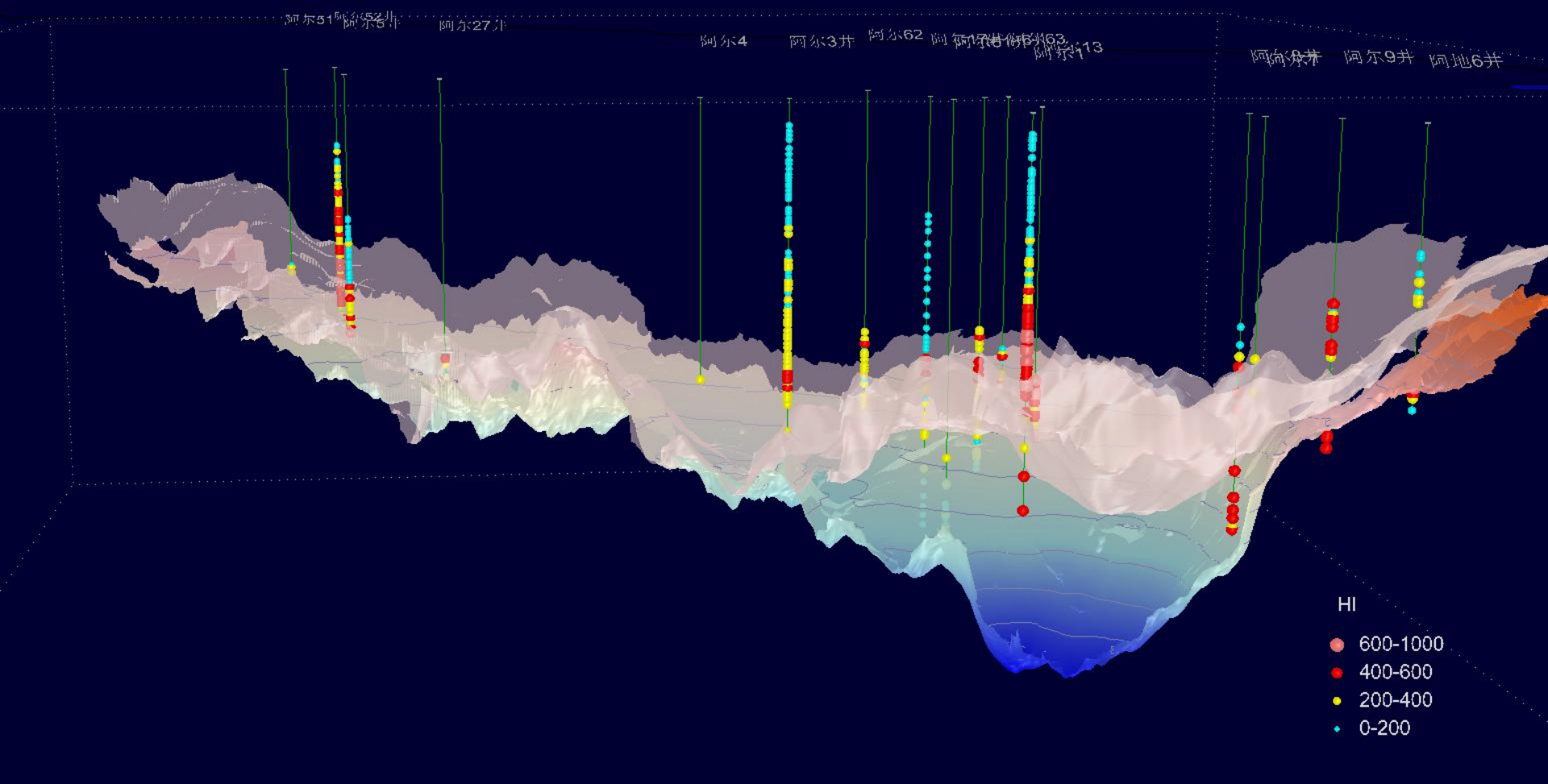


大数据空间分析方法：Trinity3D+Hotspot

X	Y	井号	Z井段(m)	层位	S0	S1	S2	Tmax/C	TOC/%	PI	TI	H	S%	地层	柱高	Age(Ma)
156	2047332.0	2125164.2	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.16	3.85	246.00	0.92	0.04	17.42	416.34	0.04	-826.190	1201.3	137.394
157	2047332.0	2125164.2	阿拉尔井	K1ba3	0.02	0.23	5.51	440.00	1.25	0.04	19.32	482.40	0.14	-826.190	1261.8	138.338
158	2047332.0	2125164.2	阿拉尔井	K1ba3	0.02	0.14	4.30	420.00	1.01	0.02	15.31	404.43	0.15	-826.190	1422.8	140.234
159	2047332.0	2125164.2	阿拉尔井	K1ba3	0.02	0.19	6.90	436.00	1.65	0.03	11.52	418.06	0.02	-826.190	1488.8	141.807
160	2047332.0	2125164.2	阿拉尔井	K1ba3	0.02	0.14	3.47	430.00	0.96	0.04	14.17	391.30	0.10	-826.190	1528.8	142.34
161	2047332.0	2125164.2	阿拉尔井	K1ba3	0.02	0.16	7.23	430.00	1.05	0.02	12.35	464.91	0.20	-826.190	1548.8	142.842
162	2047332.0	2125164.2	阿拉尔井	K1ba3	0.02	0.06	0.49	445.00	0.30	0.10	19.14	160.40	0.04	-826.190	1569.2	142.95
163	2047332.0	2125164.2	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.05	0.75	441.00	0.44	0.06	11.36	171.14	0.02	-826.190	1575.8	142.974
164	2047332.0	2125164.2	阿拉尔井	K1ba3	0.02	0.13	3.50	441.00	1.01	0.04	12.97	365.14	0.08	-826.190	1603.8	143.422
165	2047332.0	2125164.2	阿拉尔井	K1ba3	0.02	0.18	5.83	437.00	1.34	0.03	13.21	434.78	0.01	-826.190	1618.8	143.899
166	2047332.0	2125164.2	阿拉尔井	K1ba3	0.00	0.02	2.07	453.00	0.97	0.01	2.31	214.85	0.10	-804.354	161.646	142.447
167	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.06	1.77	435.00	0.76	0.07	7.77	234.11	0.11	-804.354	679.646	143.769
168	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.10	2.84	435.00	0.65	0.03	15.38	439.92	0.07	-804.354	105.646	145.846
169	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.07	1.60	437.00	0.85	0.05	10.26	214.43	0.07	-804.354	325.646	145.846
170	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.06	0.17	4.98	438.00	1.26	0.03	12.94	385.29	0.18	-804.354	954.646	147.148
171	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.02	0.81	13.50	434.00	0.97	0.08	83.51	1391.75	0.02	-804.354	970.646	147.887
172	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.04	2.83	435.00	0.97	0.01	4.29	291.35	0.27	-804.354	970.646	147.887
173	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.17	5.56	439.00	1.47	0.02	11.51	444.34	0.06	-804.354	1020.65	148
174	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.02	0.21	5.93	439.00	1.42	0.03	14.79	471.81	0.02	-804.354	1040.65	148
175	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.27	5.48	437.00	1.42	0.05	15.29	389.42	0.02	-804.354	1045.65	148
176	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.16	3.36	436.00	0.96	0.05	18.53	340.37	0.08	-804.354	1075.65	150
177	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.04	0.52	17.06	440.00	3.03	0.03	17.24	582.86	1.34	-804.354	1110.65	148
178	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.32	10.93	429.00	1.72	0.03	19.55	625.41	0.19	-813.038	971.962	142.63
179	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.02	0.26	12.06	438.00	2.00	0.02	13.00	603.00	0.20	-813.038	996.962	143.089
180	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.02	0.22	11.44	438.00	2.00	0.02	10.82	571.99	0.20	-813.038	999.962	143.089
181	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.30	9.18	438.00	1.63	0.03	19.16	693.77	0.14	-813.038	921.962	144.113
182	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.05	0.87	19.37	435.00	3.42	0.04	26.44	566.97	0.11	-813.038	628.762	144.258
183	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.05	1.16	20.75	434.00	3.42	0.05	33.96	696.69	0.11	-813.038	628.762	144.258
184	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.99	19.40	441.00	3.02	0.05	32.36	642.43	0.32	-813.038	641.962	144.56
185	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.61	12.76	439.00	2.58	0.05	24.49	510.23	0.19	-813.038	656.962	144.86
186	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.19	4.91	444.00	1.16	0.04	18.24	415.69	0.21	-813.038	666.962	145.073
187	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.06	1.53	16.30	442.00	3.40	0.09	45.00	424.43	0.72	-813.038	681.962	145.384
188	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.02	1.56	22.08	445.00	3.40	0.07	45.94	648.85	0.72	-813.038	681.962	145.384
189	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.02	1.95	12.43	443.00	2.42	0.14	80.39	513.64	1.62	-813.038	711.962	146.334
190	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.02	1.14	7.07	445.00	1.84	0.14	81.77	384.04	0.38	-813.038	738.962	146.81
191	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	1.13	14.10	441.00	0.68	0.09	19.85	209.47	0.19	-813.038	771.962	147.315
192	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.00	0.24	1.60	448.00	1.08	0.13	22.37	147.69	0.22	-813.038	906.962	148.882
193	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.02	0.12	0.59	445.00	0.51	0.16	23.53	115.69	1.12	-813.038	956.962	149.129
194	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.00	0.07	1.04	437.00	0.51	0.08	13.05	204.34	1.12	-813.038	956.962	149.129
195	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.00	0.04	0.76	432.00	0.54	0.05	9.48	93.48	0.13	-813.038	941.962	152.973
196	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.06	0.82	9.93	429.00	0.86	0.03	2.89	189.01	0.15	-813.038	956.962	153.025
197	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.04	0.49	430.00	0.47	0.07	7.58	196.18	0.09	-813.038	956.962	153.929
198	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.04	0.47	433.00	0.49	0.07	7.75	96.59	0.06	-813.038	956.962	154.533
199	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.02	0.04	0.52	433.00	0.43	0.07	8.30	130.83	0.06	-813.038	941.962	155.589
200	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.05	0.41	430.00	0.43	0.10	10.77	86.40	0.06	-813.038	941.962	155.589
201	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.05	0.52	4.91	431.00	0.47	0.09	18.24	111.44	0.05	-813.038	956.962	156.36
202	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.02	0.02	0.61	434.00	0.46	0.03	4.49	131.04	0.04	-813.038	426.962	158.247
203	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.02	0.08	1.14	435.00	0.51	0.05	11.78	223.53	0.06	-813.038	456.962	159.105
204	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.00	0.02	0.94	435.00	0.51	0.03	4.44	165.88	0.06	-813.038	456.962	159.105
205	2047332.0	2128896.0	阿拉尔井	K1ba3	0.05	0.05	0.66	433.00	0.54	0.07	9.24	122.83	0.07	-813.038	466.962	160.025
206	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.04	1.26	433.00	0.57	0.03	7.02	231.05	0.09	-804.354	600.646	152.336
207	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.04	1.31	431.00	0.57	0.03	6.24	231.04	0.09	-804.354	600.646	152.336
208	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.03	0.83	431.00	0.38	0.03	7.66	217.76	0.15	-804.354	610.646	152.326
209	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.04	1.59	433.00	0.74	0.02	5.30	213.34	0.13	-804.354	645.646	153.987
210	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.05	1.77	433.00	0.76	0.03	6.33	225.42	0.18	-804.354	667.646	154.605
211	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.04	1.29	431.00	0.64	0.03	6.71	203.75	0.11	-804.354	680.646	155.283
212	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.02	0.05	1.63	434.00	0.63	0.03	7.94	289.73	0.12	-804.354	703.646	155.666
213	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.00	0.04	1.33	431.00	0.63	0.03	6.41	209.64	0.12	-804.354	703.646	155.666
214	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.07	1.78	431.00	0.87	0.04	7.90	204.33	0.09	-804.354	732.646	156.833
215	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.00	0.03	2.36	431.00	0.95	0.01	3.35	248.69	0.10	-804.354	750.646	157.882
216	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.00	0.03	2.06	434.00	0.93	0.01	2.80	231.29	0.26	-804.354	756.646	158.334
217	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.04	1.59	436.00	0.77	0.02	4.82	206.11	0.08	-804.354	804.646	146.23
218	2047332.0	2127386.0	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.04	1.73	436.00	0.84	0.02	4.48	205.26	0.20	-804.354	830.646	141.497
219	20471913.5	2120012.2	阿拉尔井	K1ba3	0.01	0.04	1.73	436.00	0.84	0.02	4.48	205.26	0.20	-810.775	684.775	150.044
220	20471913.5	2120012.2	阿拉尔井	K1ba3	0.00	0.03	1.16	420.00	2.83	0.03	1.06	40.85	0.02	-810.775	666.775	150.245



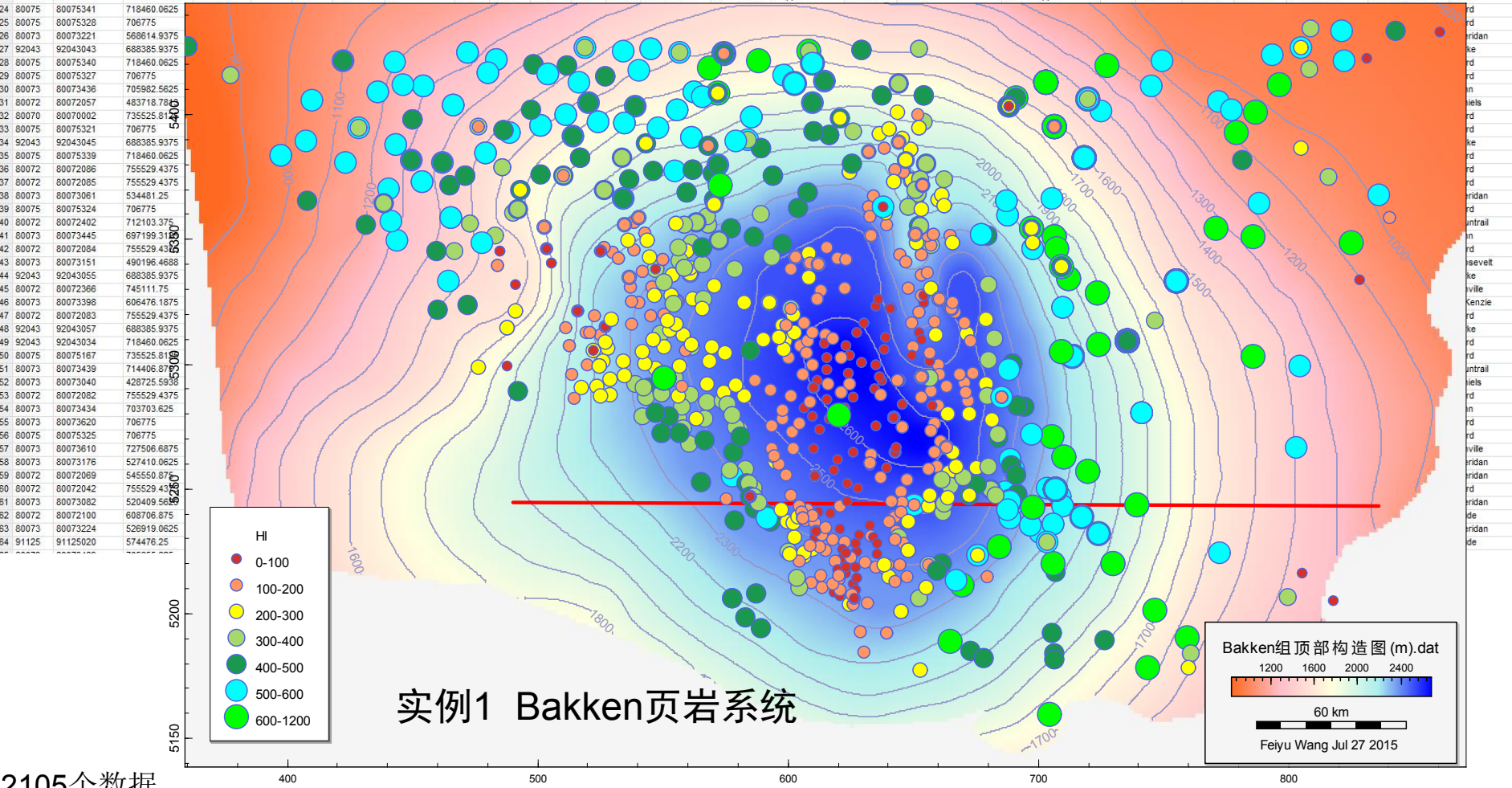
大数据空间分析方法：Trinity3D+Hotspot



提 纲

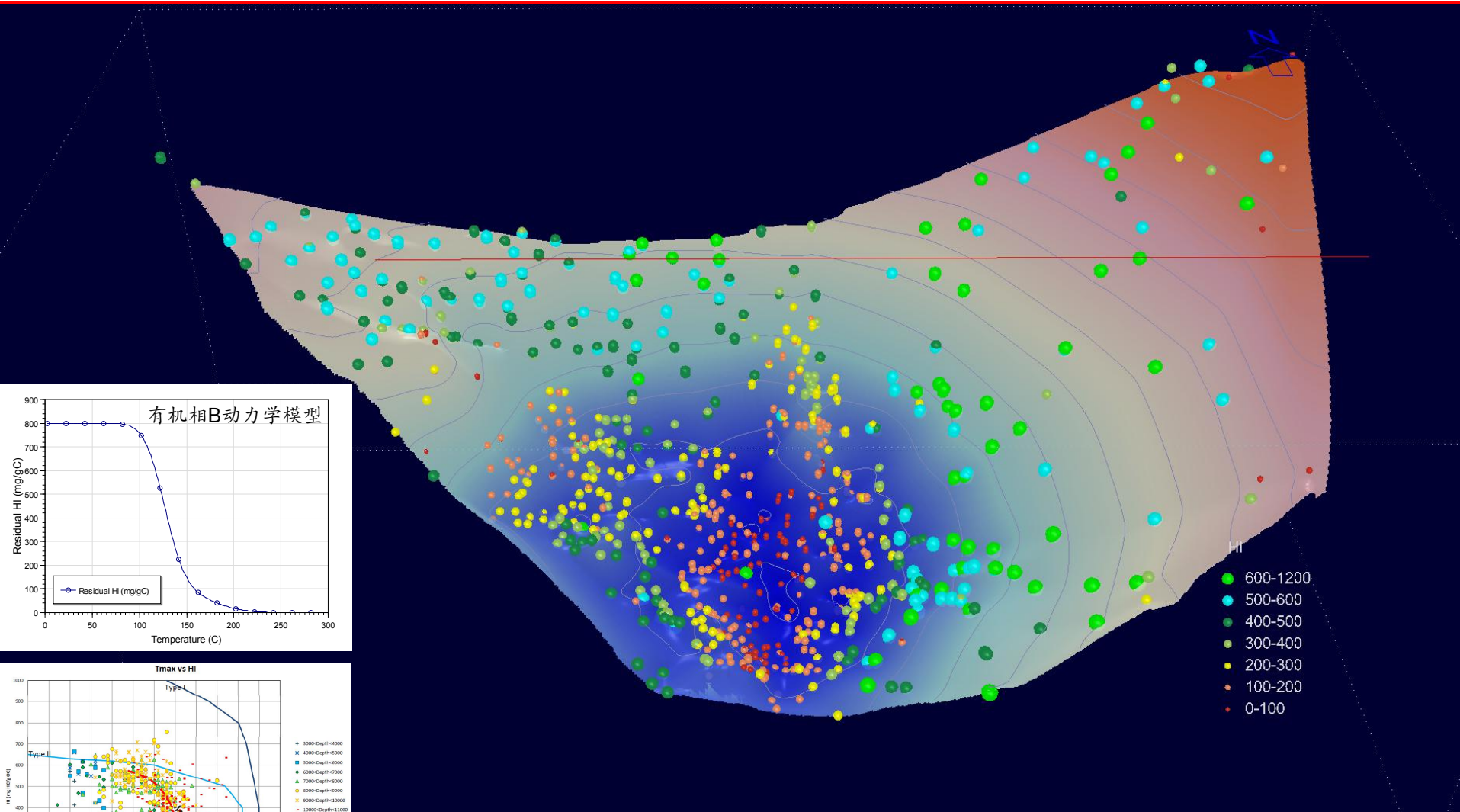
- 1. 为什么要作大数据分析
 - 大数据分析是降低不确定性的主要途径
- 2. 如何作大数据分析
 - 数据集成和地质建模 (T3+Hotspot)
 - 油气系统模拟分析
- 3. 实例
-

OrderID	SampleNumber	X	Y	Ro	MEAN	Ro	MODE	HI	OI	S1	S2	S3	TMAX	TOC	AGE	BOTDEPTH	FIELDN	FORMN	LITHO1	LITHPCT1	TD	TOPEPTH	STATE/Province	COUNTRY	COUNTY	
1	80072115	650545.9375	5243331					520	10	5.73	76.62	1.46	424	14.73	38.90020367	Devonian-Mississippian	2555.138	LITTLE KNIFE	Bakken Lower		3017.52	2547.214	North Dakota	United States	Dunn	
2	80074076	642276.9375	5278294.5	0.96	0.97											Devonian-Mississippian	3421.3	Bakken Upper			3672.8	3418.3	North Dakota	United States	McKenzie	
3	80074077	642276.9375	5278294.5	0.91	0.91											Devonian-Mississippian	3433.5	Bakken Lower			3672.8	3432.6	North Dakota	United States	McKenzie	
4	80074092	642276.9375	5278294.5	0.97	0.96											Devonian-Mississippian	3418.3	Bakken Upper			3672.8	3415.2	North Dakota	United States	McKenzie	
5	80074093	642276.9375	5278294.5	0.94	0.94											Devonian-Mississippian	3421.3	Bakken Upper			3672.8	3418.3	North Dakota	United States	McKenzie	
6	80074094	642276.9375	5278294.5	0.82	0.8											Devonian-Mississippian	3435.4	Bakken Lower			3672.8	3434.4	North Dakota	United States	McKenzie	
7	80074097	642276.9375	5278294.5	0.87	0.84											Devonian-Mississippian	3433.5	Bakken Lower			3672.8	3432.6	North Dakota	United States	McKenzie	
8	80074098	642276.9375	5278294.5	1.04	1.03											Devonian-Mississippian	3435.4	Bakken Lower			3672.8	3434.4	North Dakota	United States	McKenzie	
9	80074102	706968	5249862.5	0.42												Devonian-Mississippian	2998.3	HANS CREEK E UNIT	Bakken		3462.5	2994.6	North Dakota	United States	Dunn	
10	98011009	735525.8125	5308999	0.99	1											Devonian-Mississippian	2640.635	WILDCAT	Bakken Lower	Sh	100	2668.524	2640.635	North Dakota	United States	Ward
11	98011010	735525.8125	5308999	0.62	0.62											Devonian-Mississippian	2640.787	WILDCAT	Bakken Lower	Sh	100	2668.524	2640.787	North Dakota	United States	Ward
12	98011011	735525.8125	5308999	0.8	0.8											Devonian-Mississippian	2641.016	WILDCAT	Bakken Lower	Sh	100	2668.524	2641.016	North Dakota	United States	Ward
13	98011012	735525.8125	5308999	0.44	0.49											Devonian-Mississippian	2641.397	WILDCAT	Bakken Lower	Sh	100	2668.524	2641.397	North Dakota	United States	Ward
14	80072068	545550.875	5426119.5					593.8	7.299618	21.63	248.93	3.06	423	41.92	51.59828244	Devonian-Mississippian		WILDCAT	Bakken		3154.68		Montana	United States	Sheridan	
15	80073619	706775	5395022					495	15	7.31	176.98	5.34	424	35.74	20.45327364	Devonian-Mississippian		Bakken Lower			2377.44	2343.912	North Dakota	United States	Ward	
16	80072063	510389.8125	5375278.5					438.5	8.531921	12	149.06	2.9	433	33.99	35.30450132	Devonian-Mississippian		Bakken Upper			3352.8		Montana	United States	Roosevelt	
17	80075342	718460.0625	5382336.5					626	7	14.78	202.81	2.22	421	32.41	45.60320889	Devonian-Mississippian		Bakken Upper			2392.985	2343.302	North Dakota	United States	Ward	
18	92043053	688385.9375	5402933					281	52	5	78.5	14.75	430	27.9	17.92114695	Devonian-Mississippian		Bakken Upper	Sh	100	2484.12	2406.396	North Dakota	United States	Burke	
19	92043054	688385.9375	5402933					378	58	4.59	102.7	15.94	428	27.14	16.91230656	Devonian-Mississippian		Bakken Upper	Sh	100	2484.12	2406.609	North Dakota	United States	Burke	
20	80072404	749652.25	5421605					588	13	12.18	159.13	3.5	416	27.07	44.99445881	Devonian-Mississippian		Bakken			2200.351	1637.69	North Dakota	United States	Renville	
21	92043044	688385.9375	5402933					513	45	5.52	138.94	12.36	436	27.04	20.41420118	Devonian-Mississippian		Bakken Upper	Sh	100	2484.12	2405.101	North Dakota	United States	Burke	
22	80073051	547494.625	5338114.5					370	17	5.28	99.28	4.61	427	26.8	19.70149254	Devonian-Mississippian		Bakken Lower			3810.914	3063.545	Montana	United States	Roosevelt	
23	92043052	688385.9375	5402933					343	61	5	91.57	16.31	426	26.69	18.73360809	Devonian-Mississippian		Bakken Upper	Sh	100	2484.12	2406.244	North Dakota	United States	Burke	



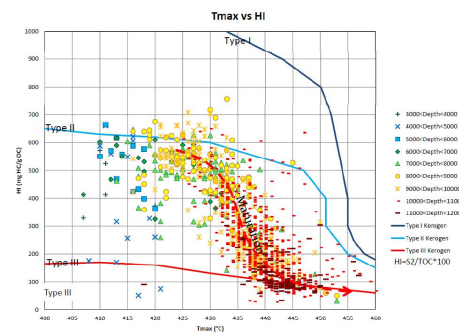
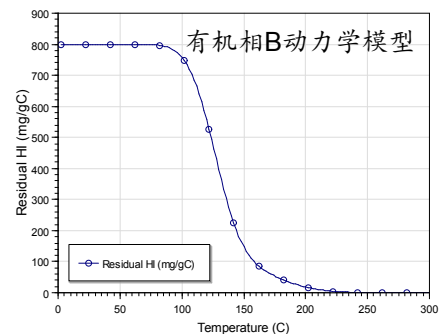
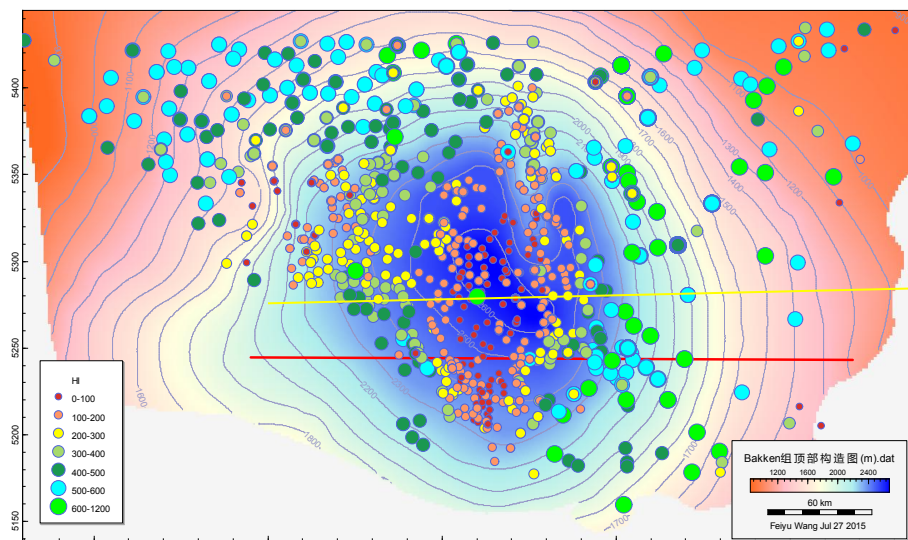
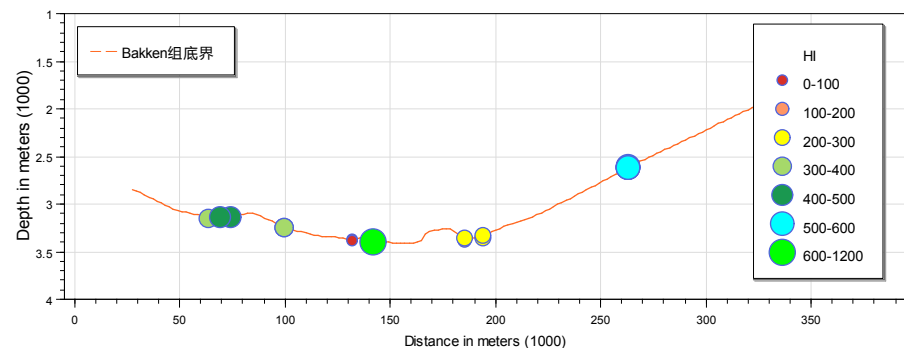
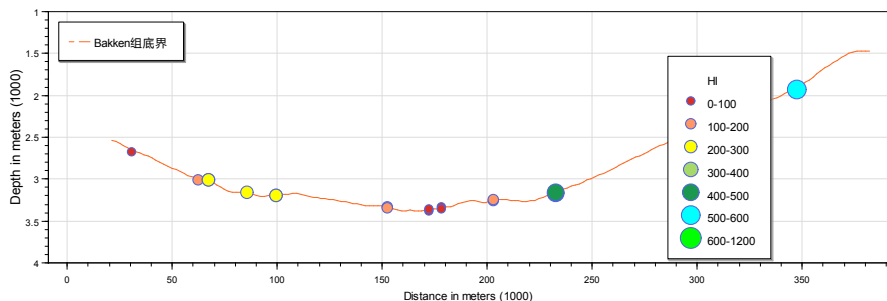
2105个数据

Bakken页岩深度和HI变化

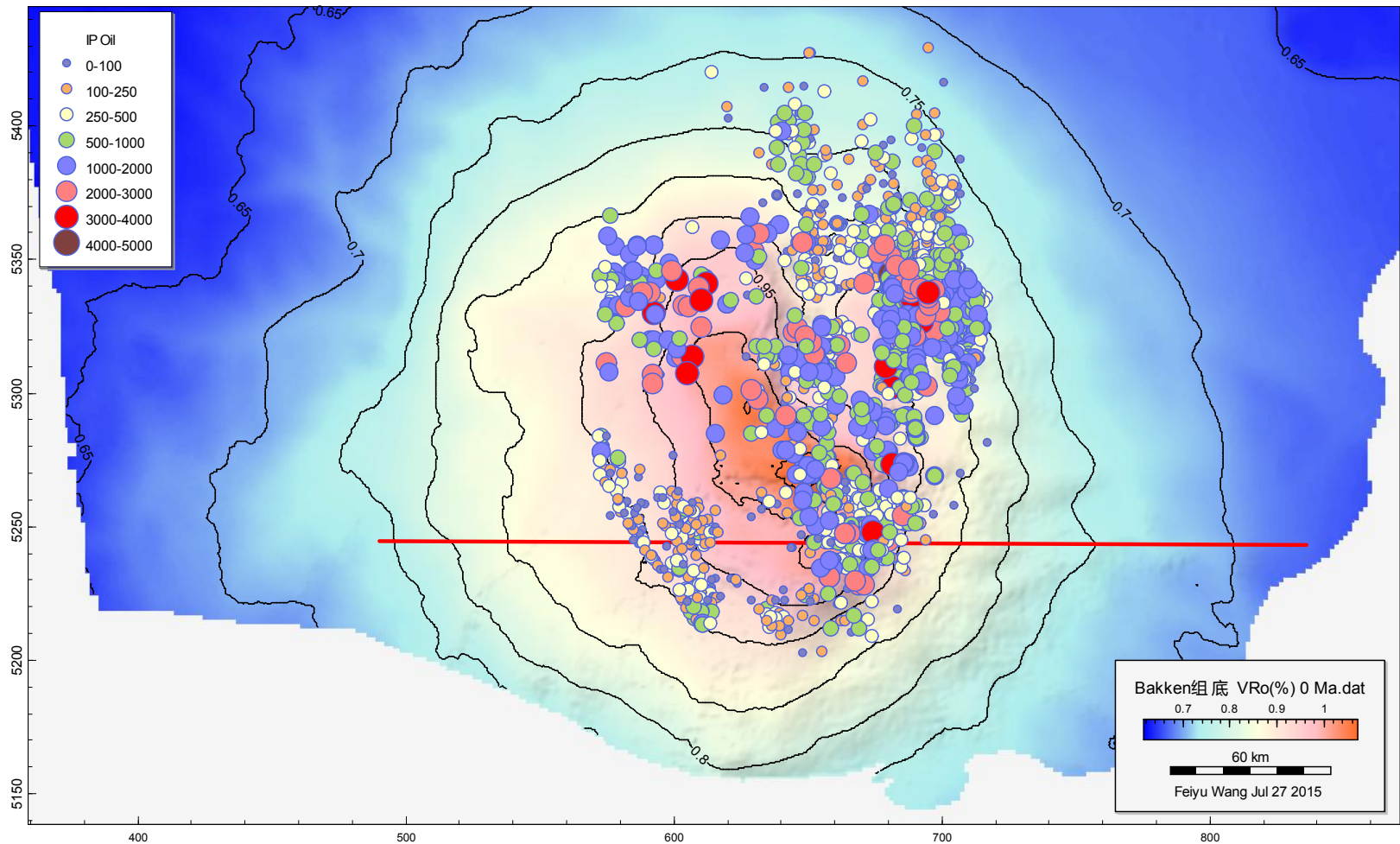


可限定出生烃动力学模型 有机相B

检查数据的可靠性（数据清洗或过滤）

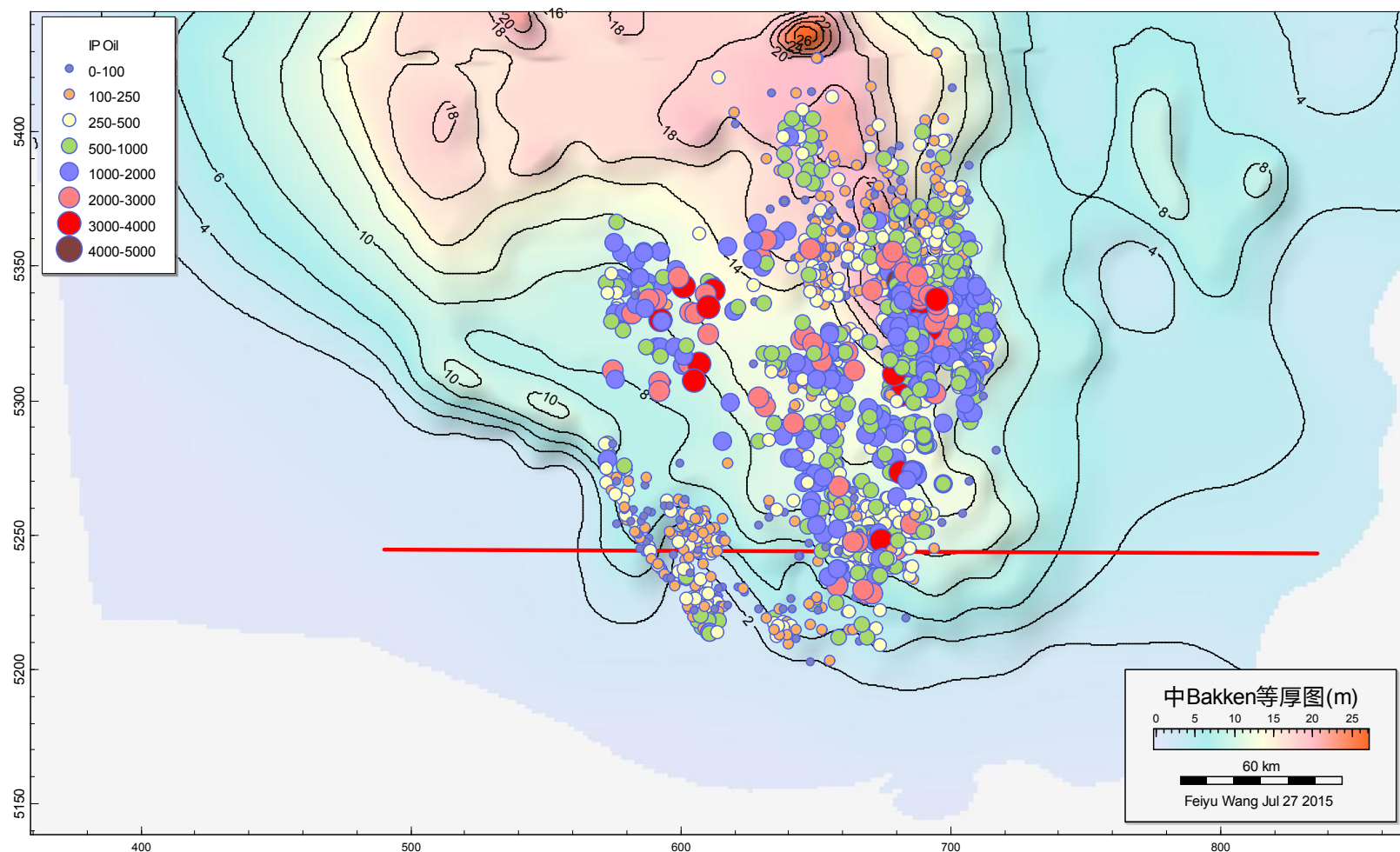


Bakken页岩勘探层初始产量（IP）和有机成熟度

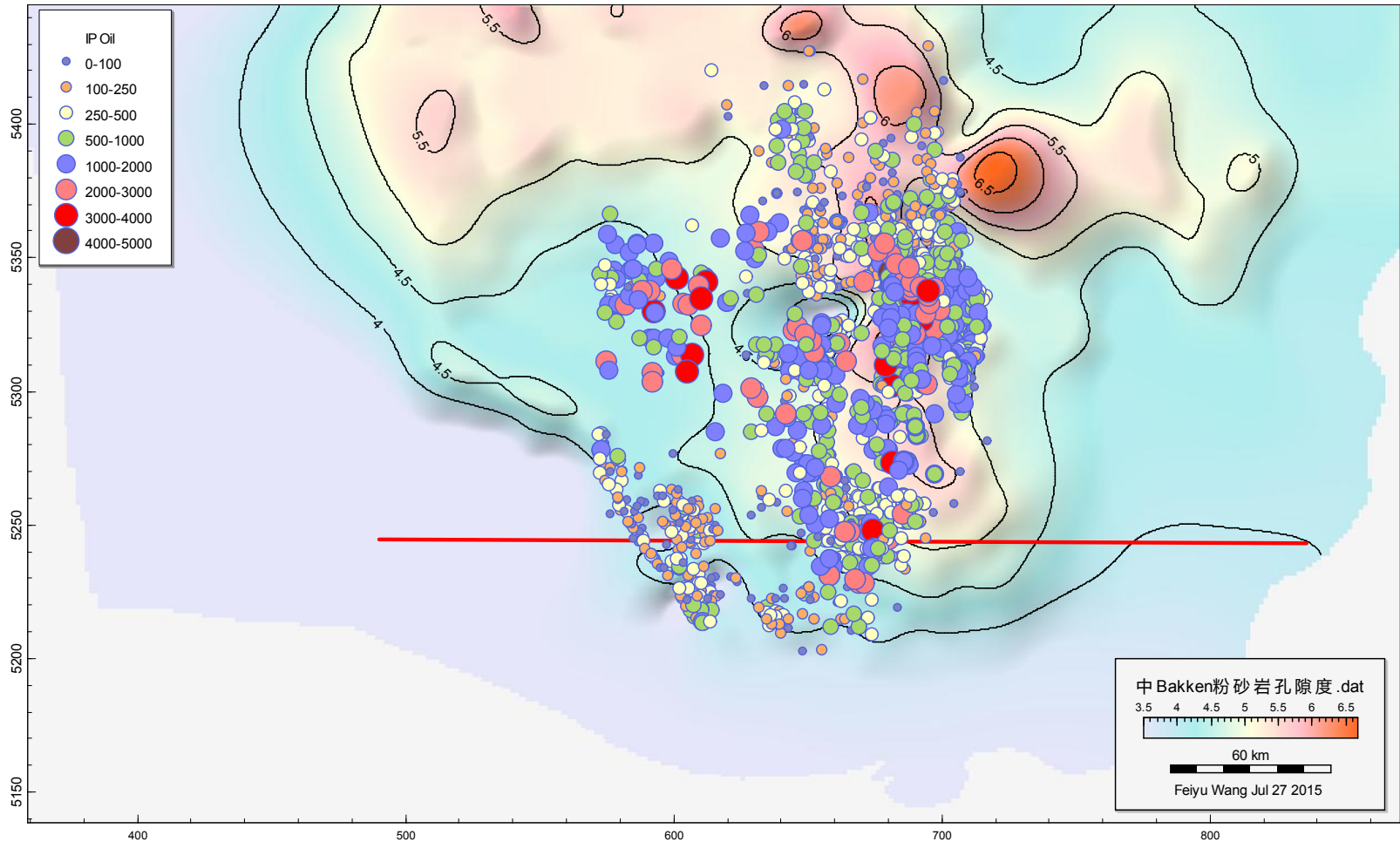


1555个IP数据

Bakken页岩勘探层初始产量 (IP) 和中Bakken粉砂岩厚度关系



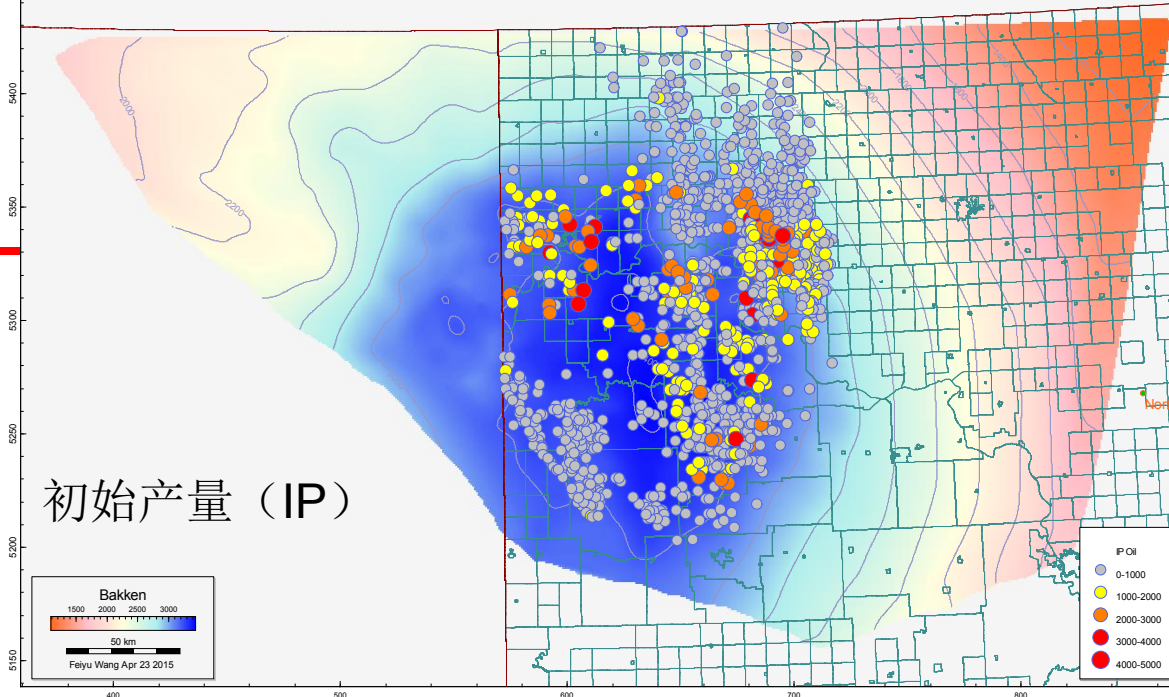
Bakken页岩勘探层初始产量 (IP) 和中Bakken粉砂岩孔隙度关系



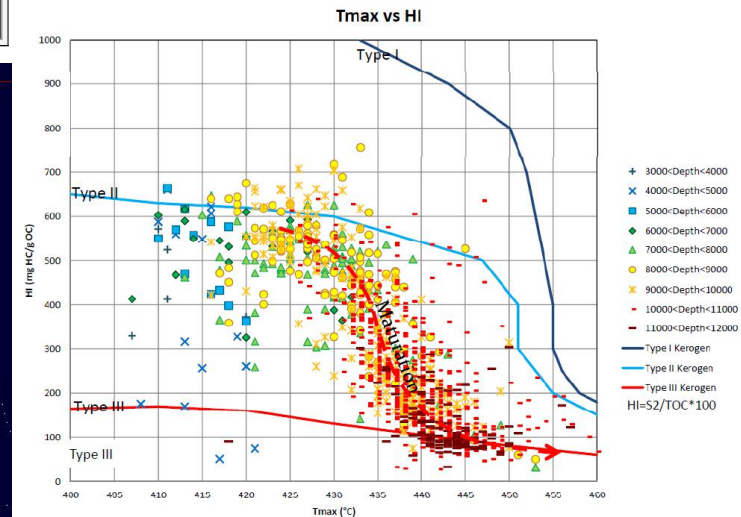
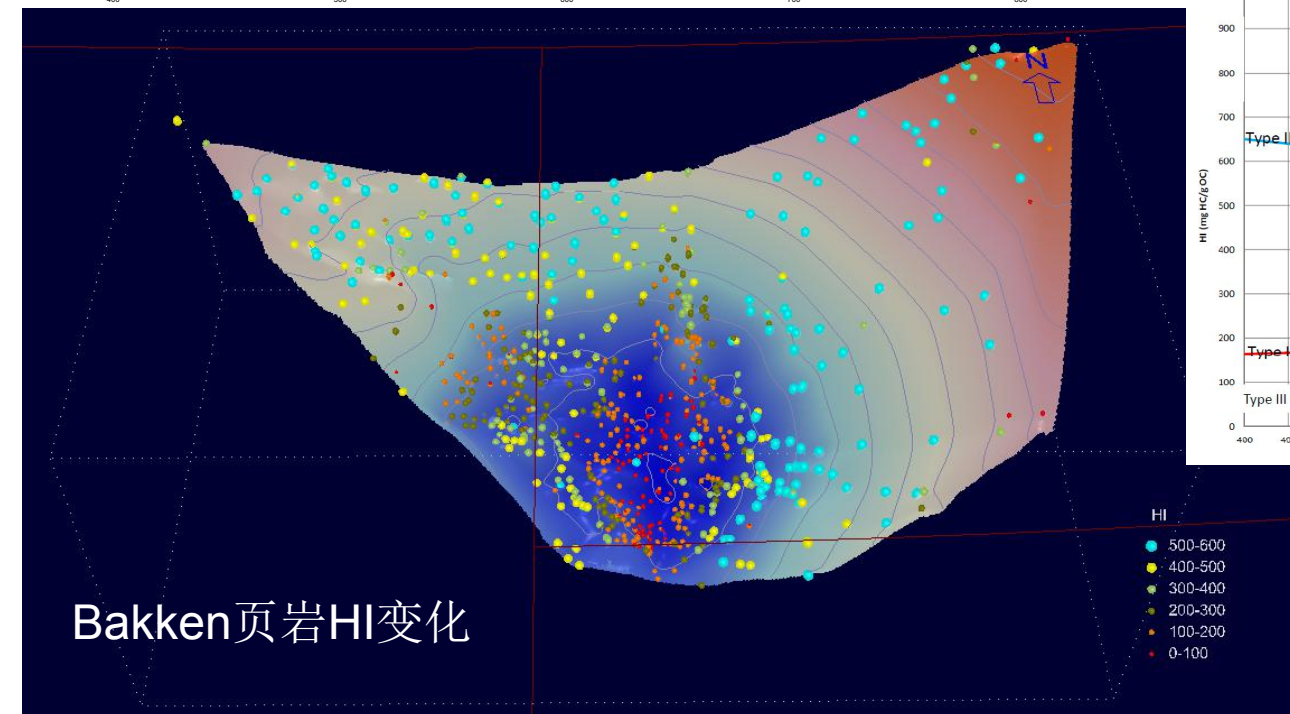
Hotspot® Bakken致密油

甜点区(Parshall和 Sanish)实际上已远离主力油源灶, 油气经历了二次运移(从油源灶中心到甜点区约40km), 甜点区实际是中Bakken粉砂岩高孔隙度区

初始产量 (IP)



Bakken页岩HI变化

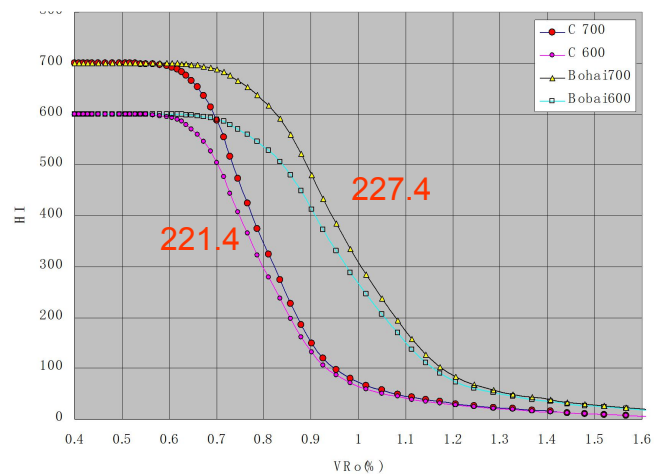
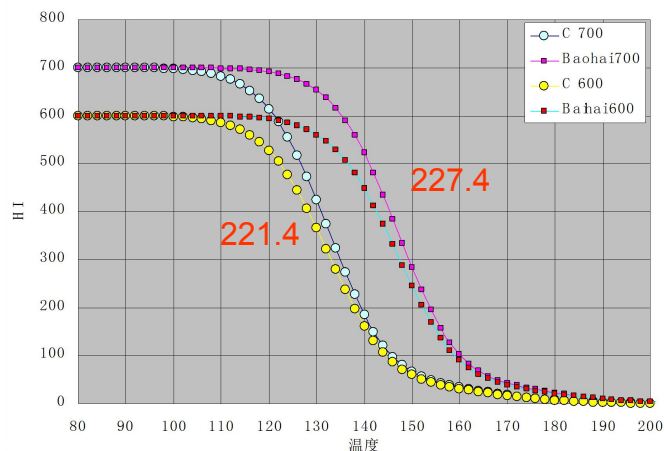


地质大数据分析技术

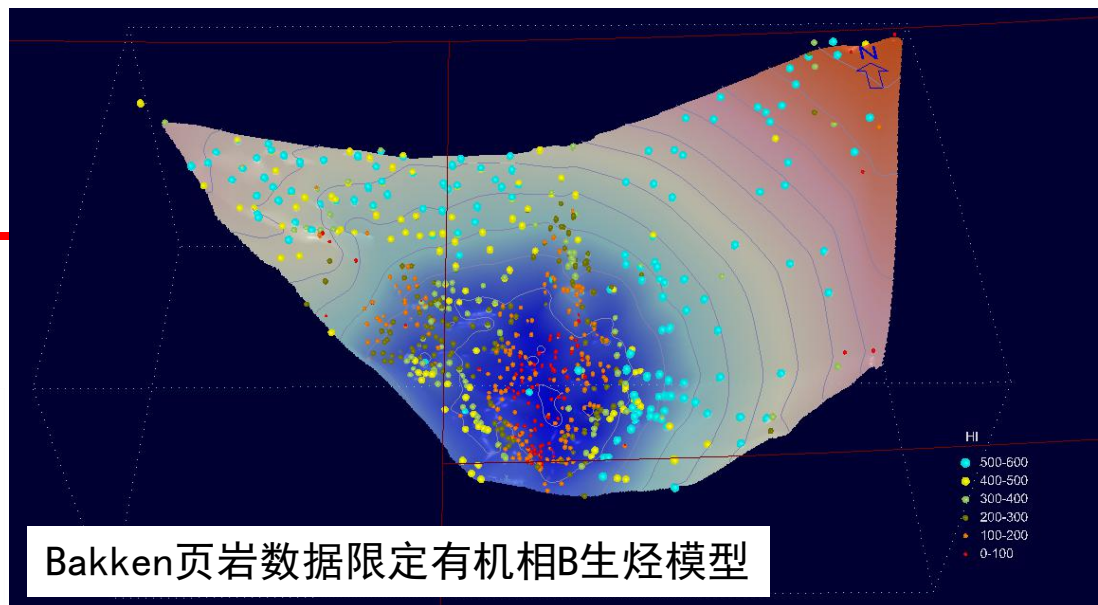
从地质系统实测数据限定生烃模型

湖相源岩有机相C

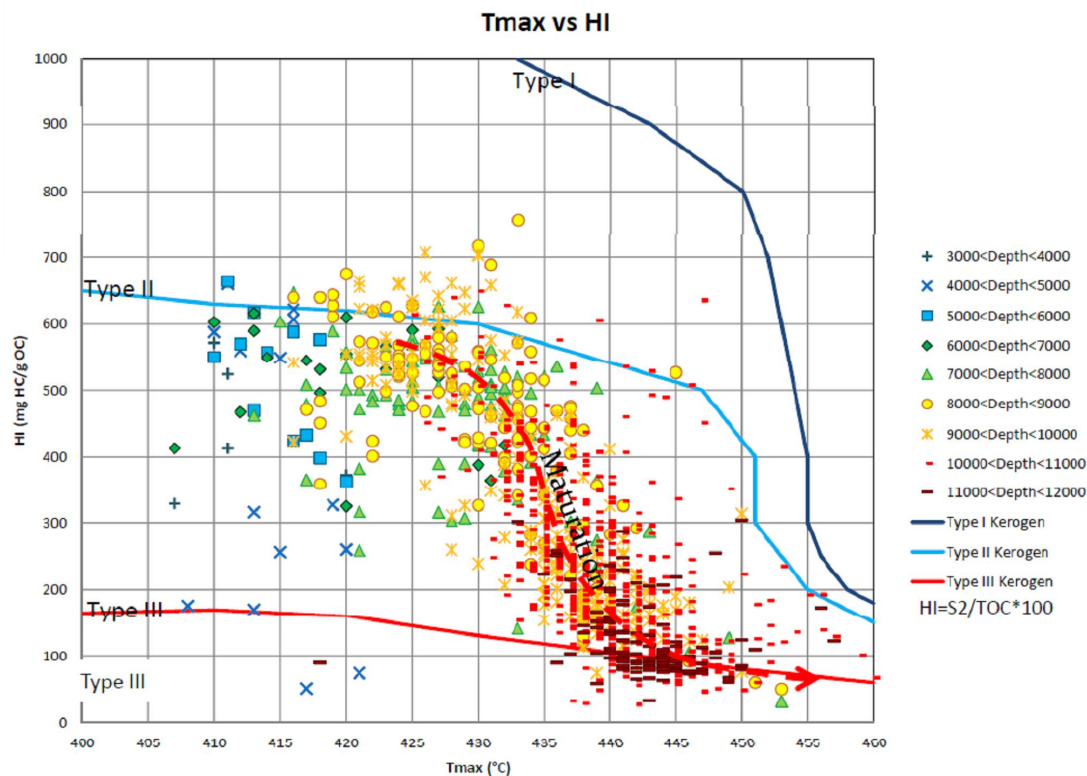
$$A=2.44E+014.E=227.4KJ/mol.\sigma=3.9$$



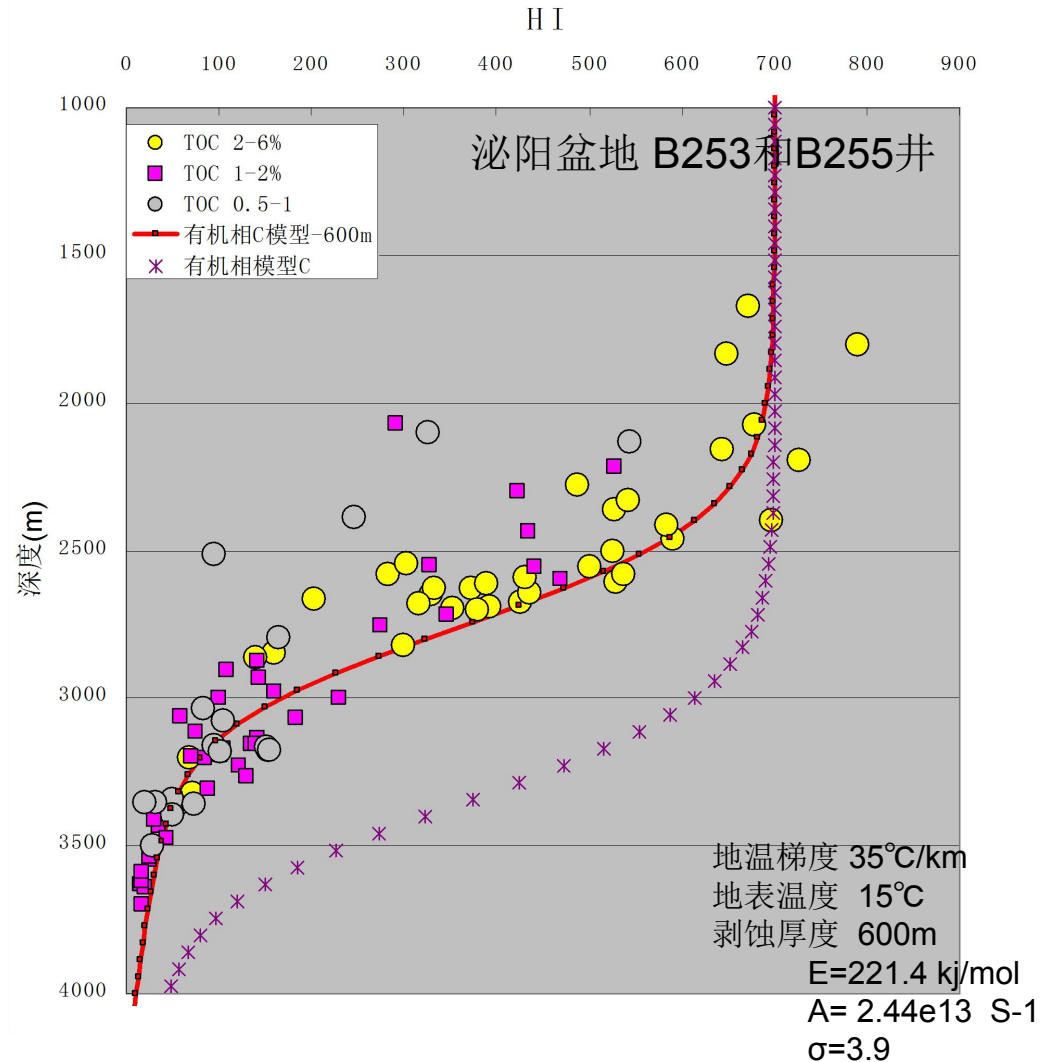
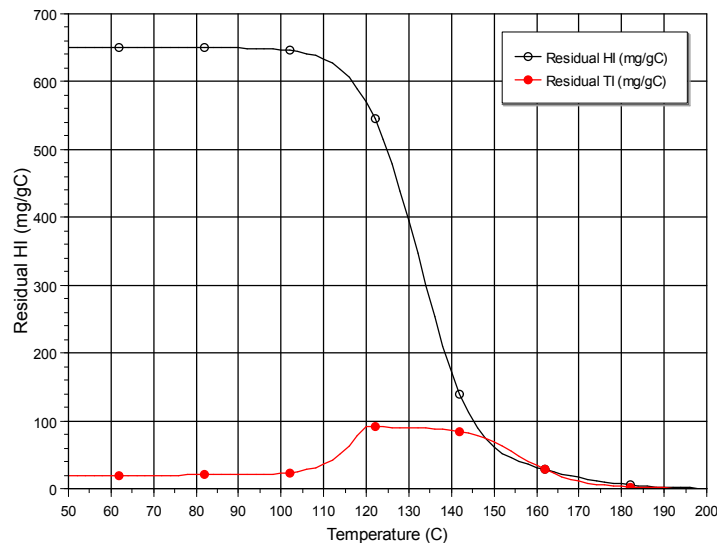
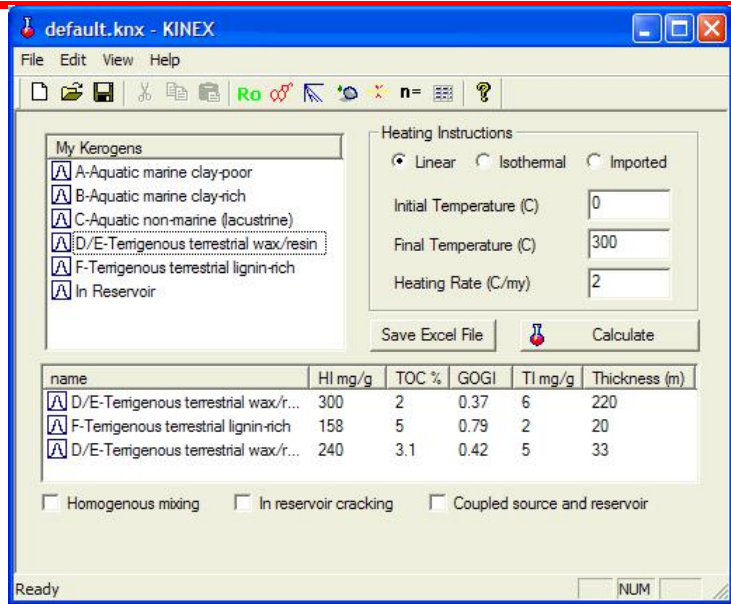
如果 $E=221.4KJ/mol$, $VRo=1.0\%$ 时HI约为100



Bakken页岩数据限定有机相B生烃模型



Kinex 4.7 生排烃分析新工具



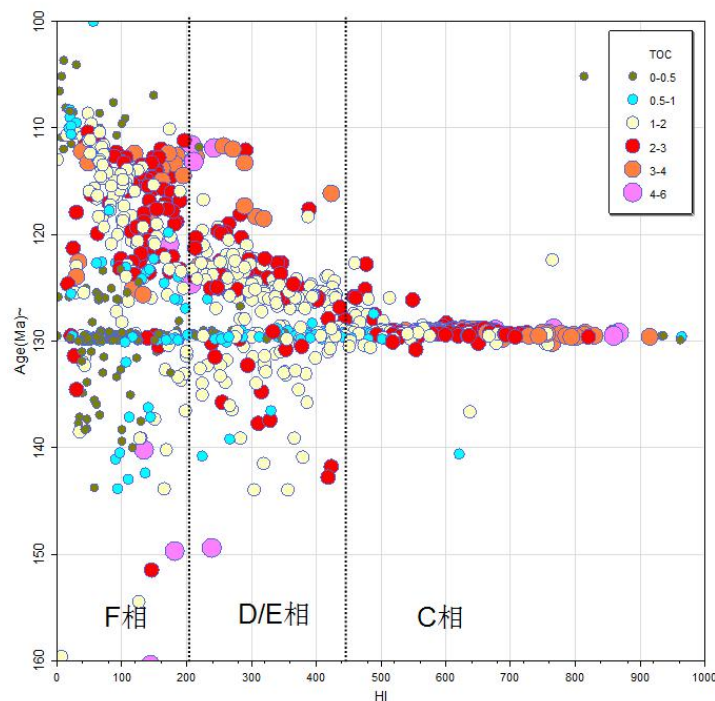
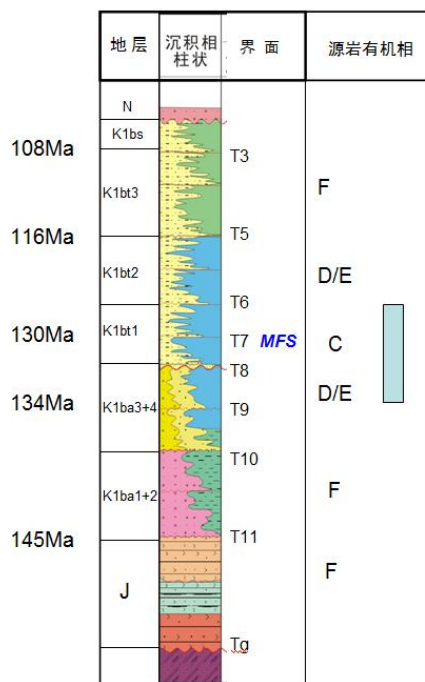
实例2: 火山灰和烃源岩

- 火山作用是影响源岩发育的关键因素吗？
 - 火山灰入水后释放铁盐等营养物质，有利于促进藻类勃发，形成优质源岩？
 - 实际数据不支持上述想法，好源岩仅局限于T7_MFS上下，而火山作用在J-K1ba时限内更强烈。

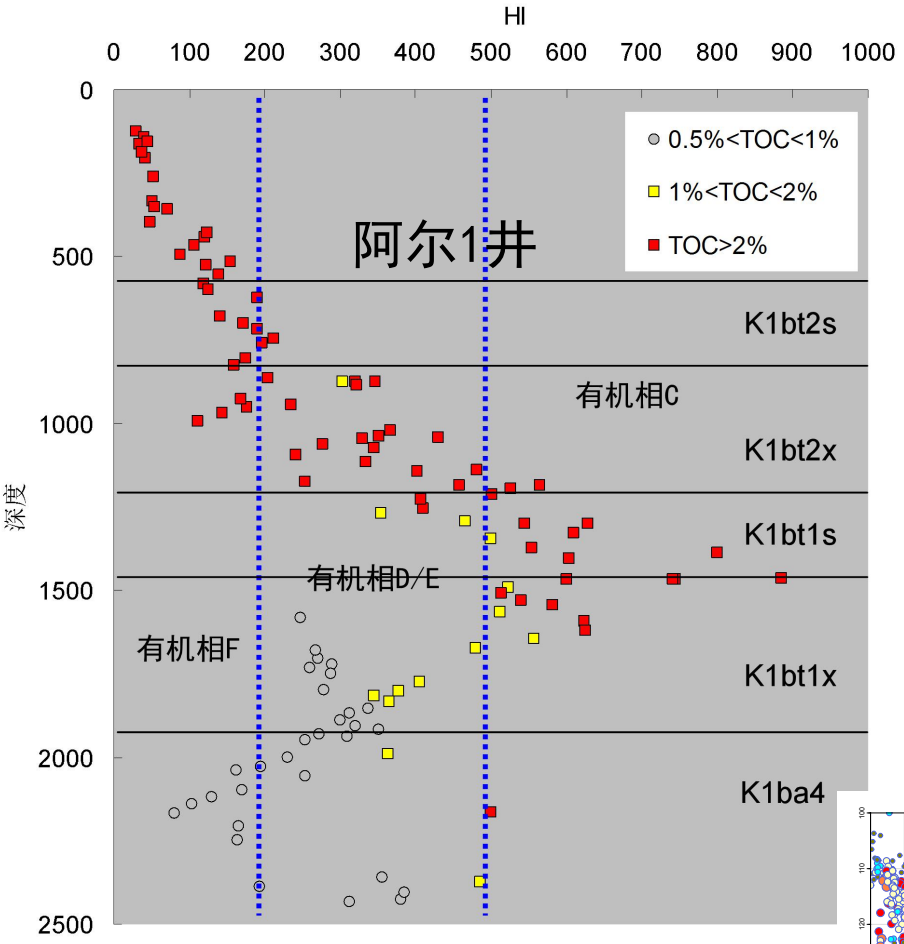
什么是主控因素？

源岩层段含有凝灰岩
和沉凝灰岩

水成和风成火山物质

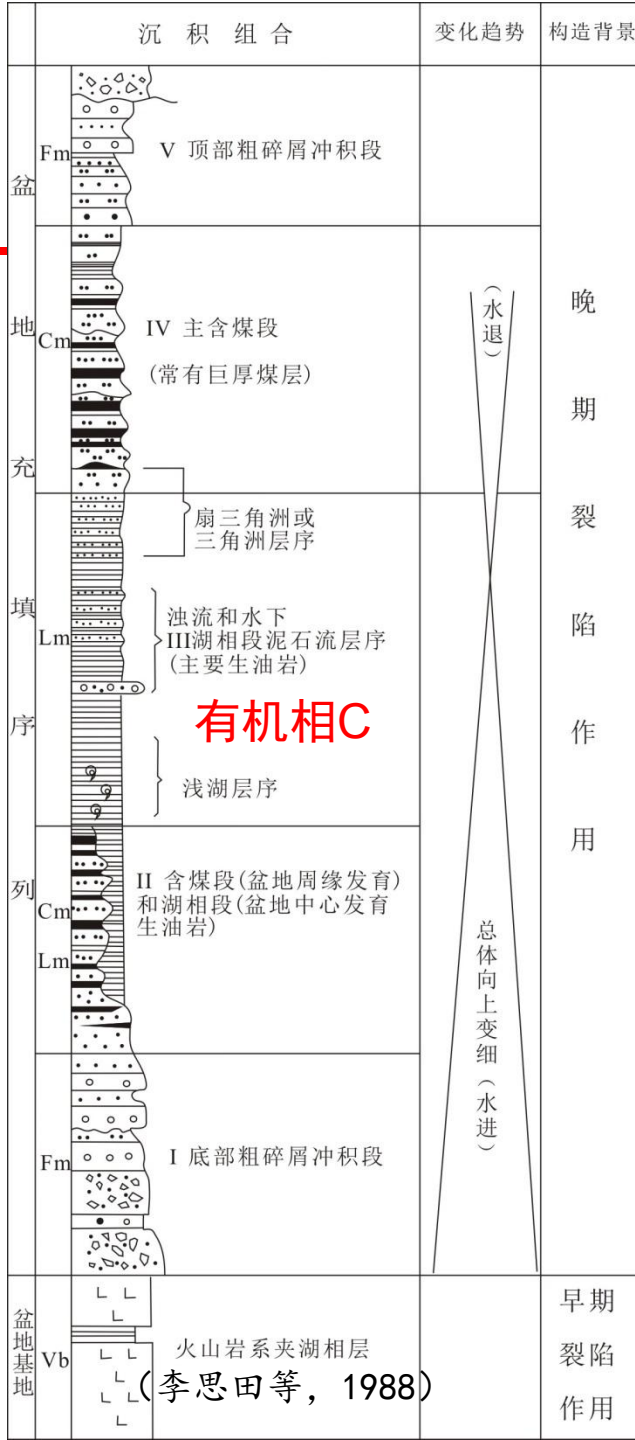
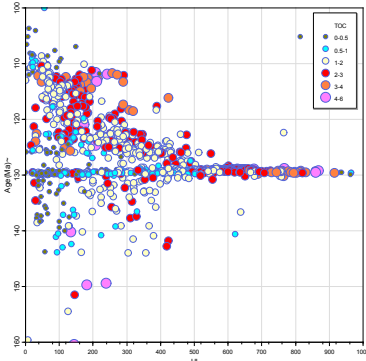


源岩非均质性和有机相描述

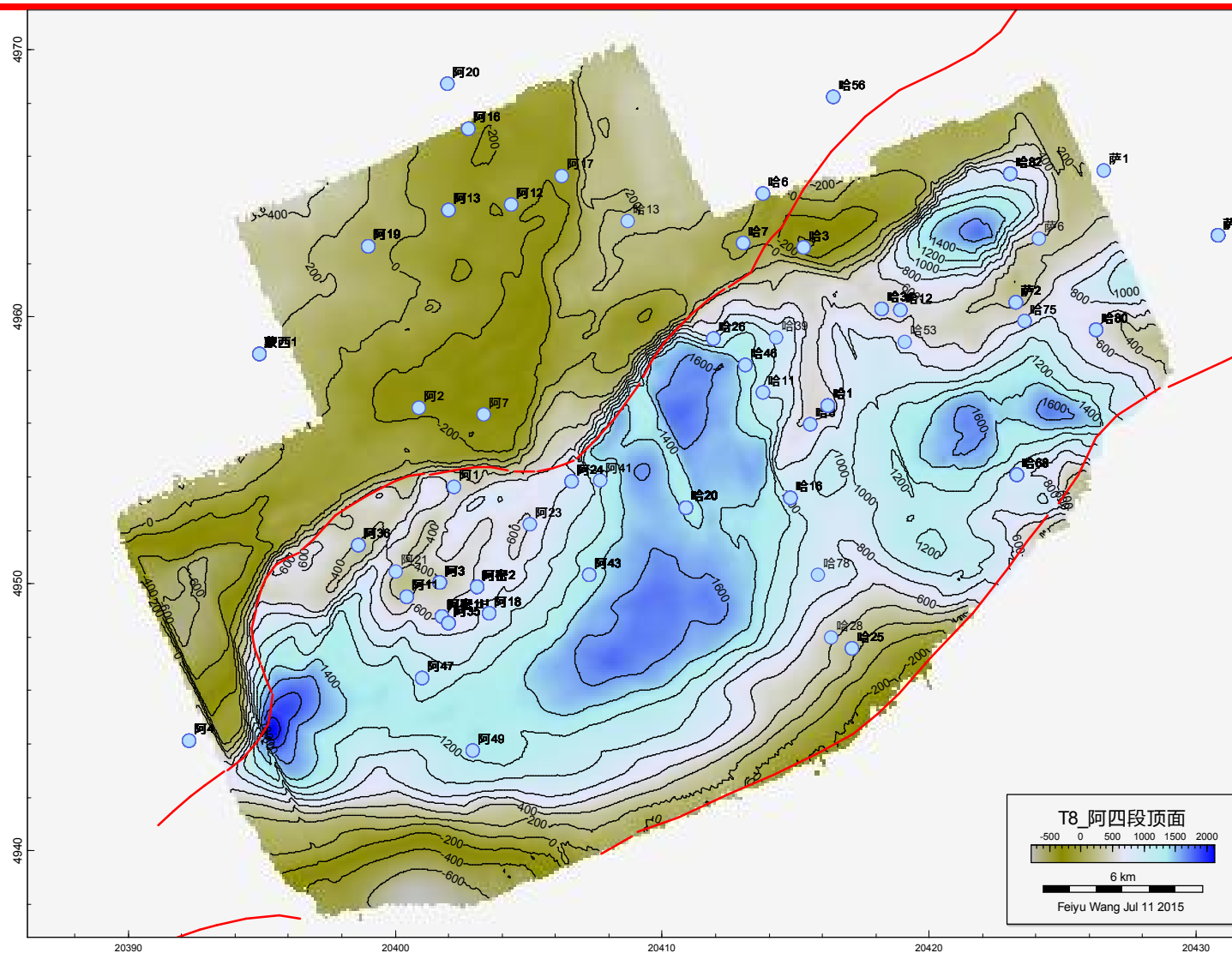


可能存在一套或多套湖相源岩

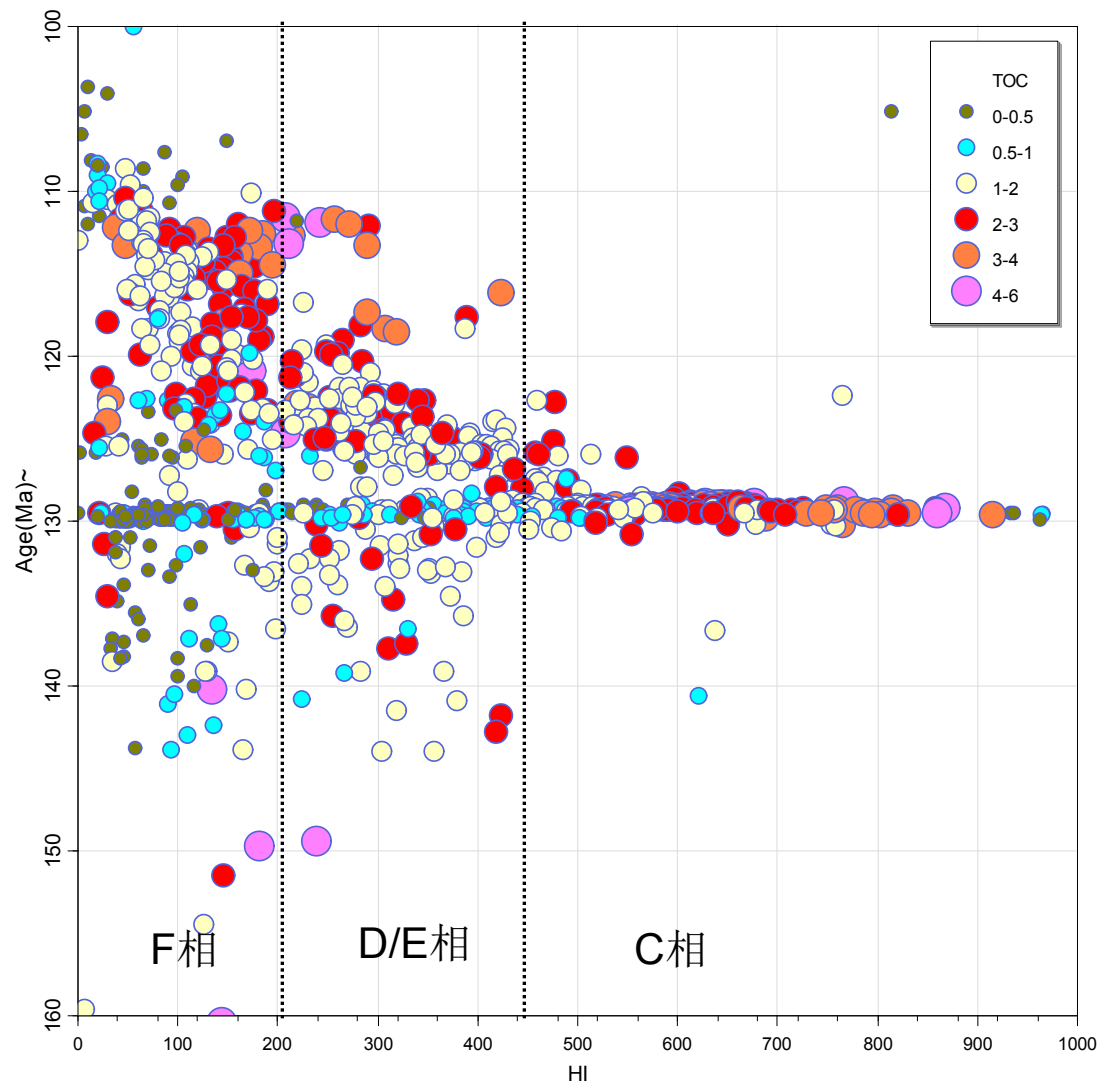
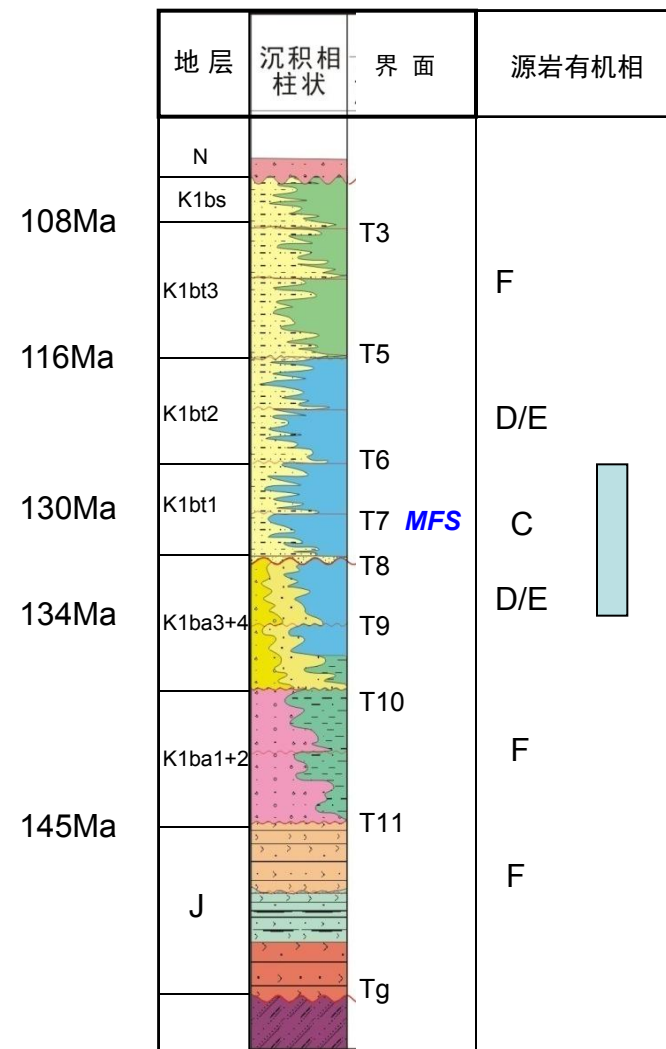
- TOC高不一定是好生油岩.
- HI 受有机相和成熟度控制.



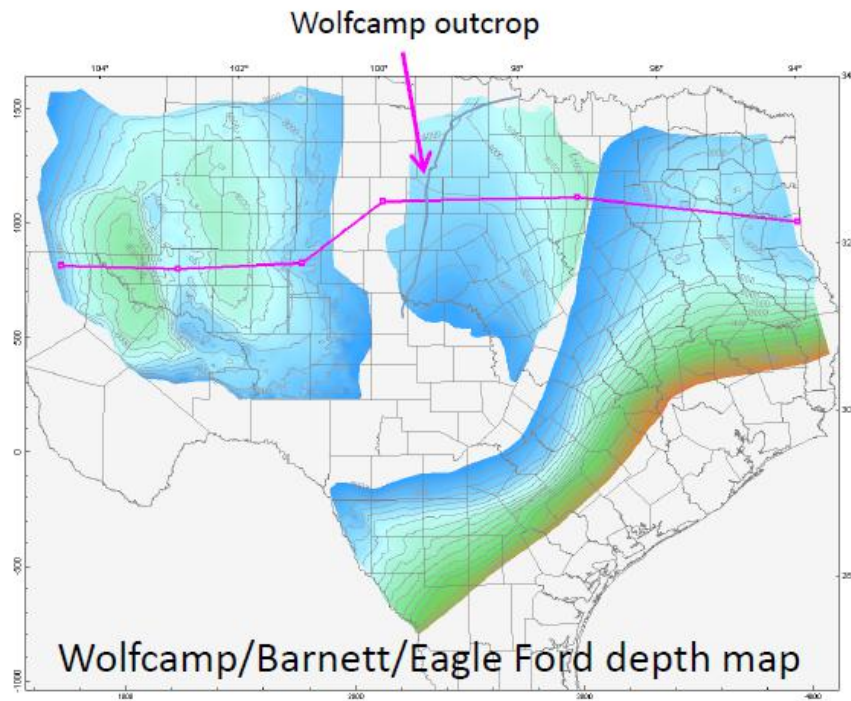
二连盆地阿南凹陷：源岩分析数据（1678个样品）



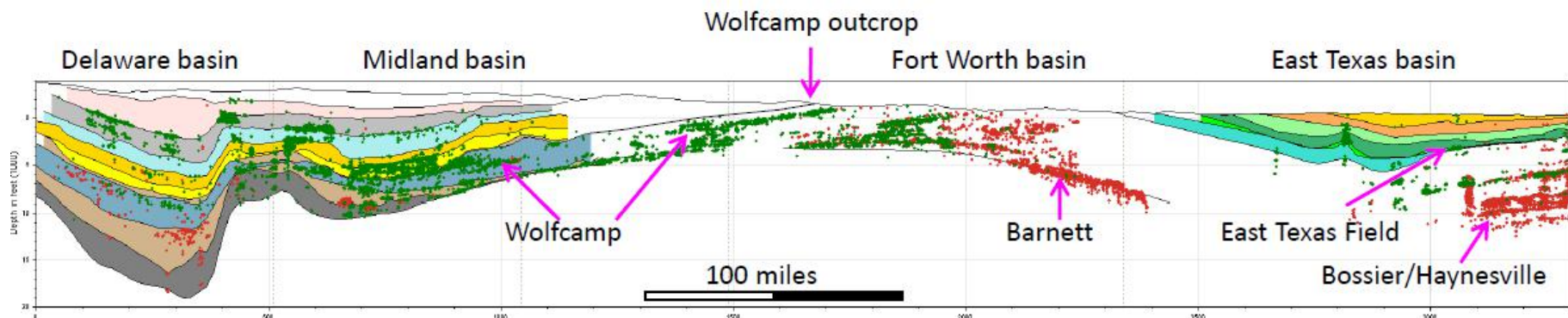
阿南凹陷源岩层段和有机相



实例3 Oil and Gas Migration in Unconventional Plays

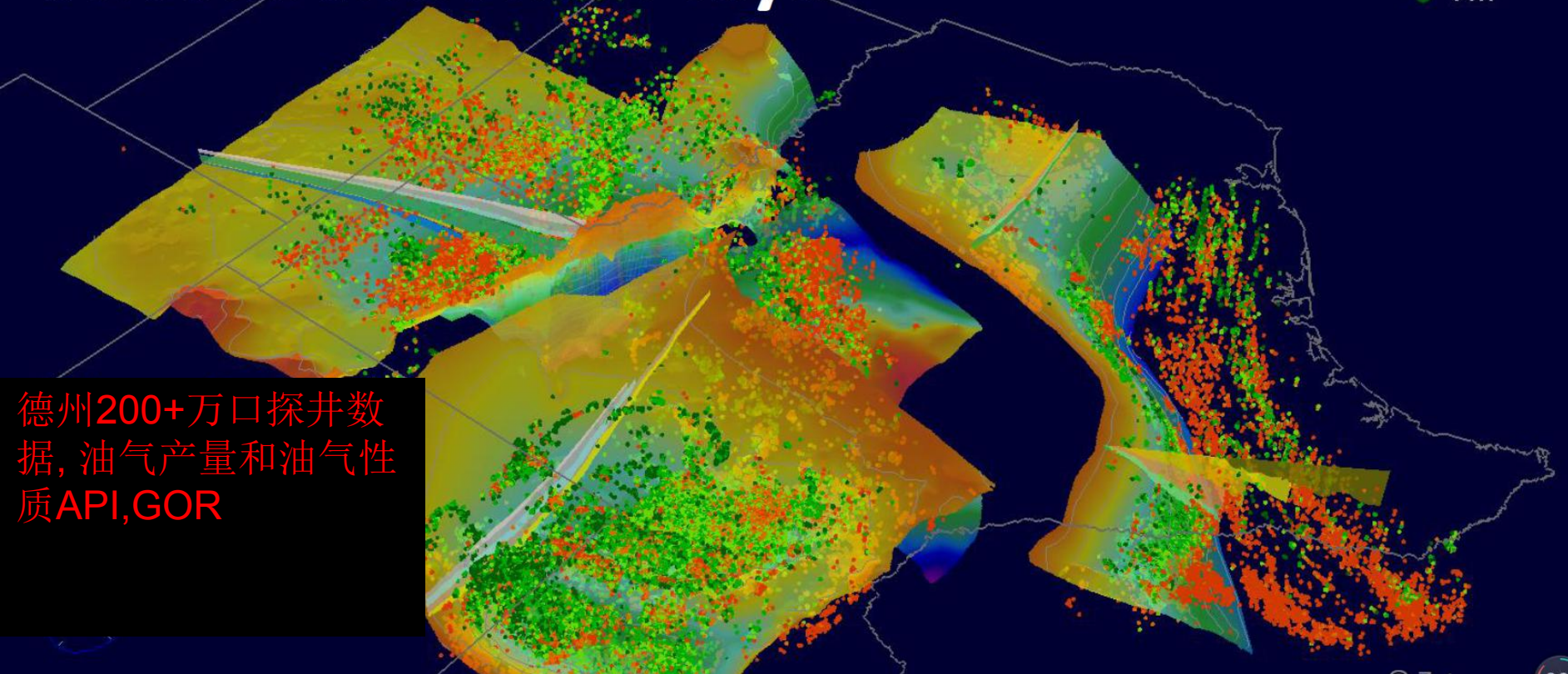


- ❑ Wolfcamp only matures in the deeper part of Midland basin.
- ❑ Wolfcamp (?) oil may have migrated over to the Fort Worth basin > 100 miles!
- ❑ Production from the Spraberry, Bone Springs, Brushy Canyon, Avalon formations are all migrated oil, from Wolfcamp, and/or Woodford.
- ❑ “Gas caps” observed in several plays.
- ❑ Shallow production sweet areas are controlled by seal distribution & geometry at the deeper reservoirs.

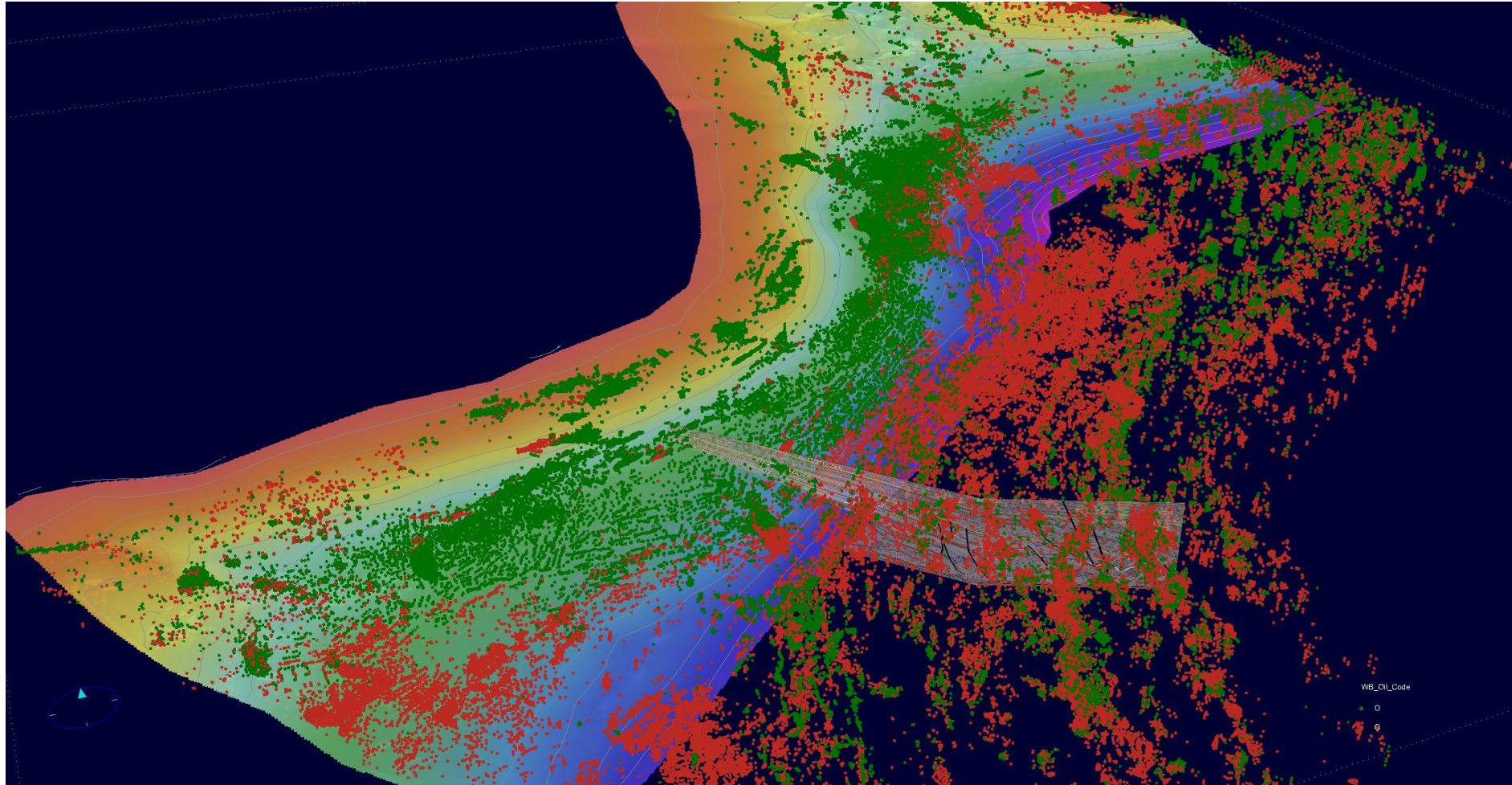


德州三大页岩油气盆地大数据

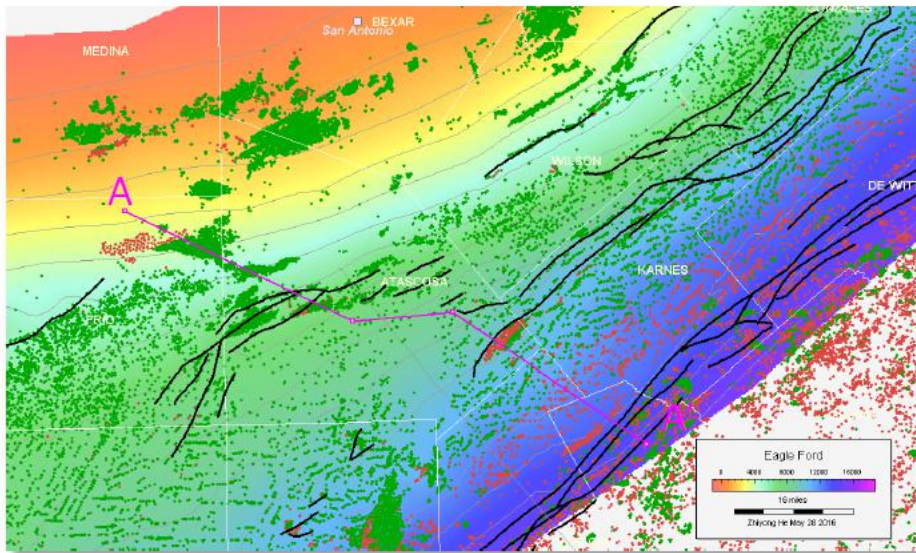
Migration and Trapping in Unconventional Plays



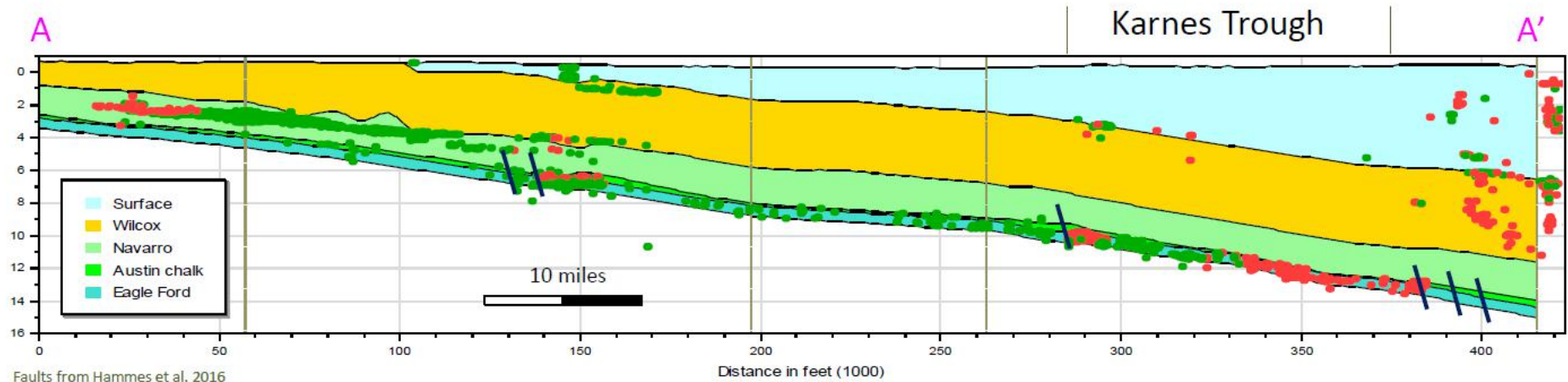
Eagle Ford页岩勘探层大数据



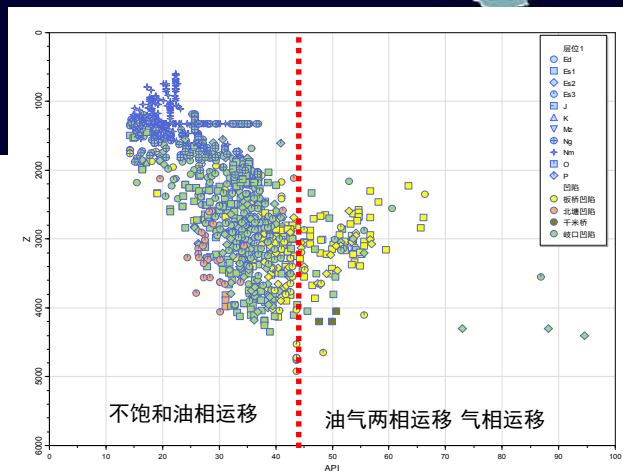
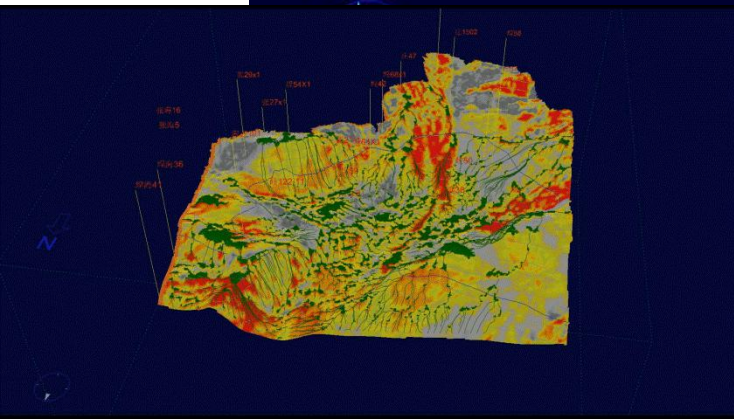
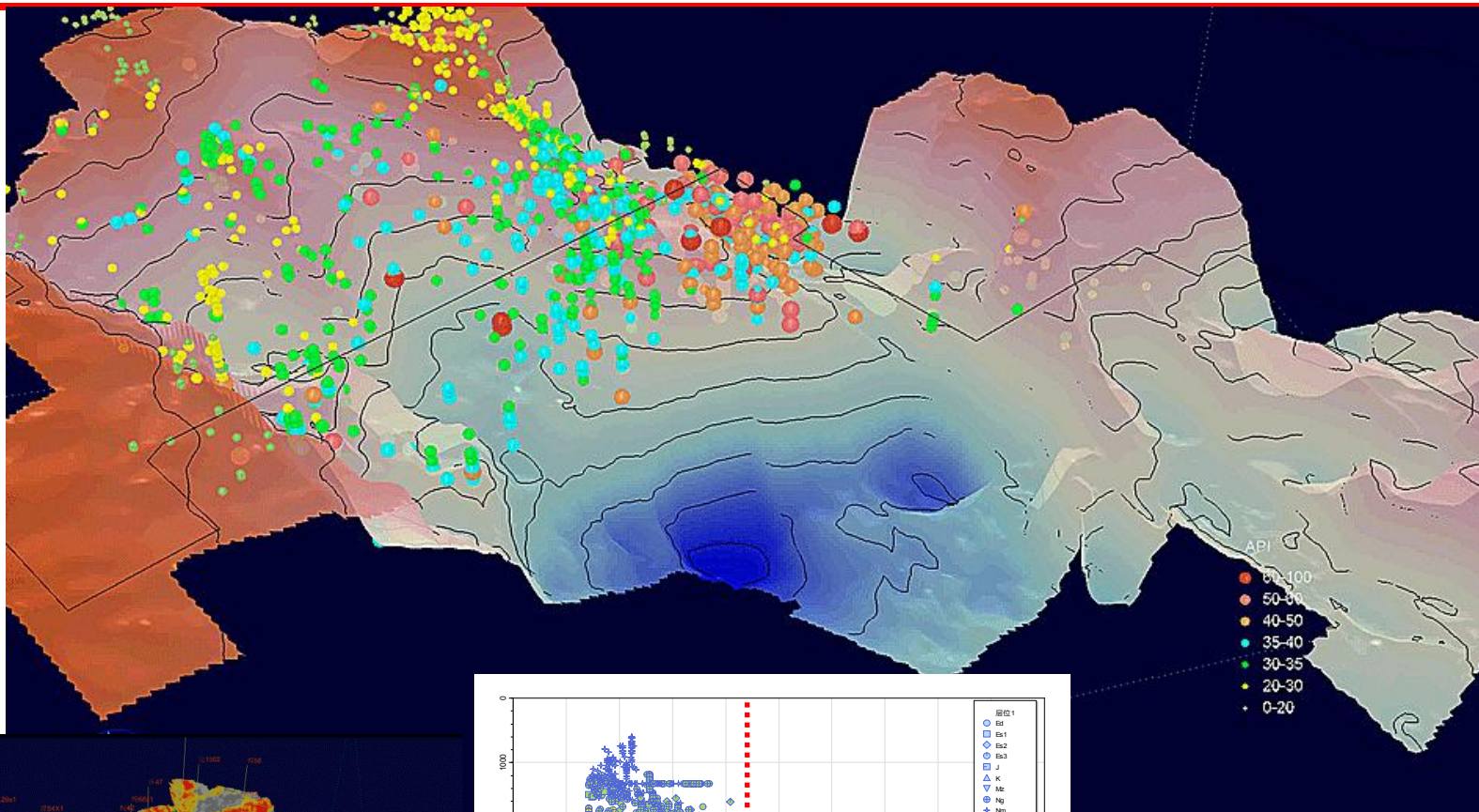
Eagle Ford 页岩中油气运移?



- ☐ Sweet spots down dip from and in between major faults.
- ☐ Migration shadows up dip from faults
- ☐ Stepping up stratigraphy up dip from faults
- ☐ "Gas caps" observed
- ☐ Better IP rates on down thrown side of faults (Drilling info)

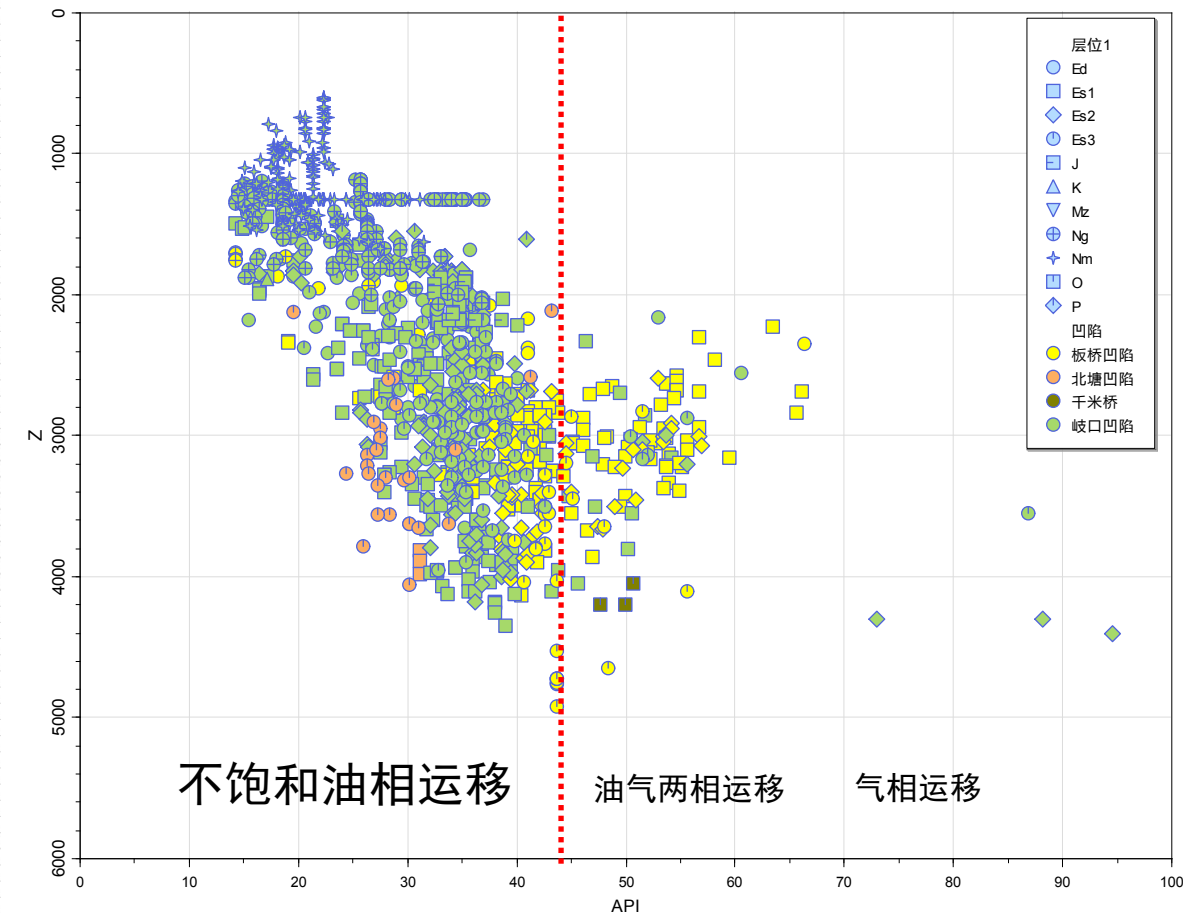


实例4: 岐口凹陷原油API空间变化



2140个油气藏数据:储量/油气性质

油气田分类	分公司	统计年度	上报年度	凹陷	油田名称	油田ID
2077	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2078	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2079	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2080	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2081	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2082	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2083	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2084	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2085	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2086	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2087	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2088	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2089	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2090	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2091	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2092	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2093	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2094	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2095	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2096	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2097	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2098	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2099	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2100	油田	大港	2014	沧东凹陷	小集	
2101	油田	大港	2014	沧东凹陷	叶三捷	
2102	油田	大港	2014	沧东凹陷	叶三捷	
2103	油田	大港	2014	沧东凹陷	叶三捷	
2104	油田	大港	2014	沧东凹陷	叶三捷	
2105	油田	大港	2014	沧东凹陷	叶三捷	
2106	油田	大港	2014	沧东凹陷	叶三捷	
2107	油田	大港	2014	沧东凹陷	叶三捷	
2108	油田	大港	2014	沧东凹陷	叶三捷	
2109	油田	大港	2014	沧东凹陷	叶三捷	
2110	油田	大港	2014	沧东凹陷	叶三捷	
2111	油田	大港	2014	沧东凹陷	叶三捷	
2112	油田	大港	2014	沧东凹陷	叶三捷	
2113	油田	大港	2014	沧东凹陷	叶三捷	
2114	油田	大港	2014	沧东凹陷	叶三捷	
2115	油田	大港	2014	沧东凹陷	枣园	
2116	油田	大港	2014	沧东凹陷	枣园	
2117	油田	大港	2014	沧东凹陷	枣园	
2118	油田	大港	2014	沧东凹陷	枣园	
2119	油田	大港	2014	沧东凹陷	枣园	
2120	油田	大港	2014	沧东凹陷	枣园	
2121	油田	大港	2014	沧东凹陷	枣园	
2122	油田	大港	2014	沧东凹陷	枣园	
2123	油田	大港	2014	沧东凹陷	枣园	
2124	油田	大港	2014	沧东凹陷	枣园	
2125	油田	大港	2015	沧东凹陷	枣园	
2126	油田	大港	2015	沧东凹陷	枣园	
2127	油田	大港	2015	沧东凹陷	枣园	
2128	油田	大港	2015	沧东凹陷	枣园	
2129	油田	大港	2014	沧东凹陷	枣园	
2130	油田	大港	2014	沧东凹陷	枣园	
2131	油田	大港	2015	峡口凹陷	赵东	
2132	油田	大港	2015	峡口凹陷	赵东	
2133	油田	大港	2015	峡口凹陷	赵东	
2134	油田	大港	2015	峡口凹陷	赵东	
2135	油田	大港	2015	峡口凹陷	赵东	
2136	油田	大港	2015	峡口凹陷	赵东	
2137	油田	大港	2015	峡口凹陷	赵东	
2138	油田	大港	2015	峡口凹陷	赵东	
2139	油田	大港	2015	峡口凹陷	赵东	
2140	油田	大港	2014	峡口凹陷	周清庄	

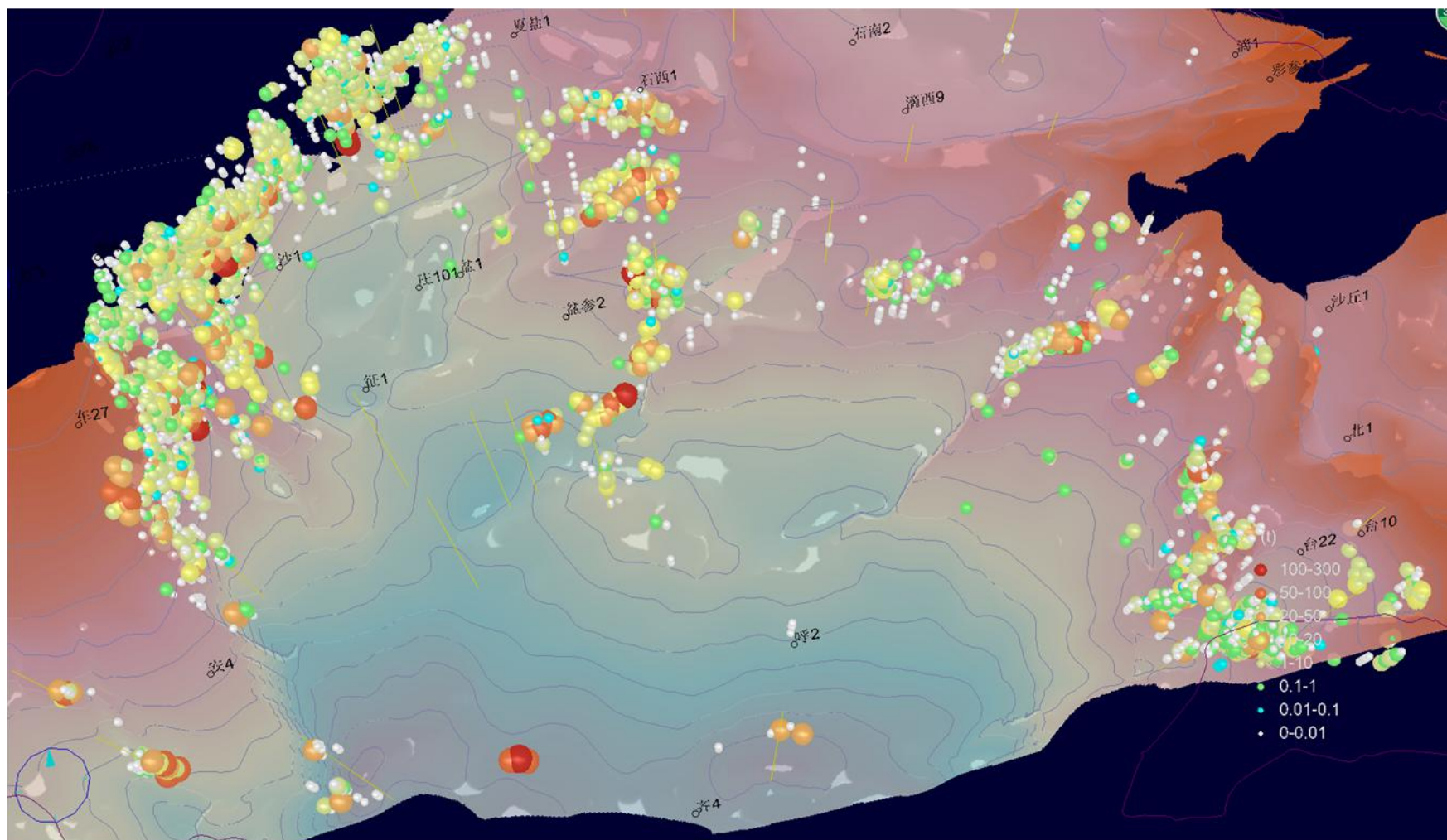


X	Y	Z
20496454.9	4217643.1	3240
20496454.9	4217643.1	3240
20493718.1	4217346.5	3420
20493718.1	4217346.5	3420
20493718.1	4217346.5	3480
20493718.1	4217346.5	3480
20496409.1	4219520.5	3400
20496409.1	4219520.5	3720
20496777.2	422328.4	3480
20495776.4	422266.5	3620
20495776.4	422266.5	3700
		3720
		3980
20498950	4219726.4	3440
20498950	4219726.4	3520
20492982	4218132.7	3580
20492982	4218132.7	3720
20492982	4218132.7	3800
20499406.7	4218619.6	3500
20499406.7	4218619.6	3500
20498983	4220706.3	
20498986.4	4218203	3080
20498986.4	4218203	3420
20498590.9	4221794.8	
20488271.8	4220929.9	
20488271.8	4220929.9	
20489016.2	4220369.2	
20488271.8	4220929.9	
20494890	4213204.2	3800
20462861	4213265.5	3926
20462861	4213265.5	3991
		3926
		3991
20487109.4	4217807.6	4085
20489083.7	4213857.6	3827
20489083.7	4213857.6	3827
20489083.7	4213857.6	3889
20489083.7	4213857.6	3889
20497603.4	4231485.5	
20497603.4	4231485.5	
20497603.4	4231485.5	
20494765.1	4230567.3	
20494904.7	4232769.9	
20503721	4245516.8	
20501049.4	4235956.8	
20505161.8	4239454.9	
20505161.8	4239454.9	2380
20506474.5	4245901.5	1700
20530852.6	4269154.2	

准噶尔盆地烃源灶和油气成藏

凹陷区没有系统钻揭源岩，如何分析源岩灶？ 从油气性质的空间变化推测

气测数据+试油数据+地化数据 地质体中大数据分析



谢 谢

王飞宇 QQ 768831708

PSA_油气系统分析 QQ: 242561035



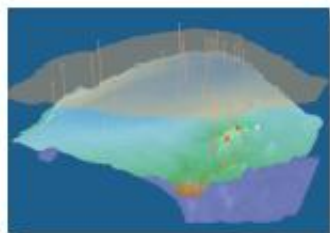
中国石油大学(北京)

**ZetaWare, Inc.*

Interactive Petroleum System Tools

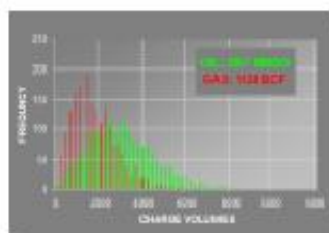


Petroleum System



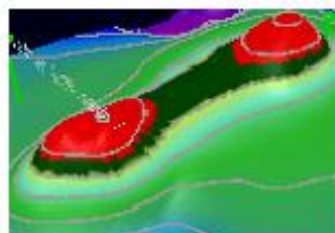
油气系统

Charge Risking



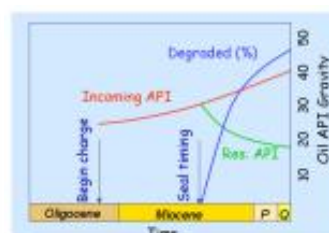
充注风险

Phase and Volume



油气相态和体积

Fluid Property prediction



流体性质预测

Pressure Prediction



压力预测

结论和认识1/2

- 油气系统分析和模拟技术首先为油气地质综合研究提供数据集成平台和分析工具（实验数据要在地质格架中分析），分析和模拟主要是评价不确定性因素，服务于勘探目标优选和油气资源量评价。
- 2. 从TOC 和岩石热解数据（油田中一般数据量大于10000+）找出源岩层段分布，标定有机成熟度和转化率，确定合理的生烃动力学模型和烃源灶分布，从实测数据限定的生烃动力学模型比模拟实验得出的模型更为合理。

结论和认识2/2

- 3. 从油气显示和气测数据，探井含油气性（油田中一般数据量大于100000+），找出有油气层段和顶封位置，分析油气运移可能途径，解释有油气或没有油气的原因
- 4. 从油气藏物性数据和地化数据（油田中一般数据量大于1000+），找出油气性质空间变化规律和地质原因，认识油气成藏规律。