

Basin Simulation Technology Development Status*

Wenguang Wang¹, Shuangfang Lu², Min Wang², Bingyan Zeng¹, Lei Shi³

¹Geoscience College, Northeast Petroleum University, Daqing

²Institute of Unconventional Hydrocarbon and New Energy, China University of Petroleum, Qingdao

³No.3 Oil Factory of Daqing Oilfield Limited Company, Daqing

Email: wangwenguang.0@163.com

Received: Sep. 28th, 2013; revised: Oct. 17th, 2013; accepted: Nov. 3rd, 2013

Copyright © 2013 Wenguang Wang et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. In accordance of the Creative Commons Attribution License all Copyrights © 2013 are reserved for Hans and the owner of the intellectual property Wenguang Wang et al. All Copyright © 2013 are guarded by law and by Hans as a guardian

Abstract: Basin simulation technology, which has entered the stage of integration and 3D visualization, closely combines computer technology and geological model and realizes full-automatic simulation. Petroleum geologist can conveniently input geological parameter to correct simulation results, and improve the simulation accuracy. The basin simulation softwares of Schlumberger Ltd., French BeicipFranLab Company and America PRA Company have visual and integrative operation interface. However, each company basin simulation software has its own characteristics: PetroMod synthetically takes advantage of seismic, wells separate layer, geological data and so on, to establish simulation model of oil- and gas-bearing basin, and to realize the simulation of 3D visualization migration-accumulation of time and space; Open Flow Suite 2012 software released by French BeicipFranLab Company, on the basis of basin simulation, carries out the study of natural fracture reservoirs and reservoir simulation; American PRA Company opens up the basin simulation in unconventional resources' trap.

Keywords: Basin Simulation; Petromod Software; Basinmod Software

盆地模拟技术发展现状*

王文广¹, 卢双舫², 王 民², 曾冰艳¹, 师 磊³

¹东北石油大学地球科学学院, 大庆

²中国石油大学(华东)非常规油气与新能源研究院, 青岛

³大庆油田有限责任公司第三采油厂, 大庆

Email: wangwenguang.0@163.com

收稿日期: 2013年9月28日; 修回日期: 2013年10月17日; 录用日期: 2013年11月3日

摘 要: 盆地模拟技术已进入集成化和三维可视化阶段, 紧密地将计算机与地质模型结合起来, 实现全自动模拟, 使石油地质家能便捷地输入地质参数修正模拟结果, 提高模拟精度。斯伦贝谢公司、法国 BeicipFranLab 公司和美国 PRA 公司的盆地模拟软件均具有可视化、集成一体化操作界面; 然而各公司盆地模拟软件各具特色: PetroMod 软件综合利用地震、井分层和地质等数据建立含油气盆地模拟模型, 实现时空三维可视化运聚模拟; 法国的 BeicipFranLab 公司释放的 Open Flow Suite 2012 软件, 基于盆地模拟的基础上, 向天然裂缝油气藏、油气藏模拟等方面进行研究; 美国 PRA 公司开辟了非常规资源圈闭方面的盆地模拟。

关键词: 盆地模拟; Petromod 软件; Basinmod 软件

*基金项目: 泥页岩油气资源潜力评价方法研究(1252-NCET-012), 黑龙江省普通高等学校新世纪优秀人才培养计划; 泥页岩非均质性评价及其与页岩油气富集关系(41172134), 国家自然科学基金。

1. 引言

盆地模拟技术发展历程分为萌芽阶段、试验性应用阶段、实际应用阶段、集成化和三维可视化阶段(图1)。萌芽阶段主要发生在20世纪40年代到20世纪70年代;试验性应用阶段主要发生在20世纪80年代;实际应用阶段主要发生在20世纪90年代;集成化和三维可视化阶段主要发生在21世纪以后,盆地模拟技术的发展进程,如图1所示。

20世纪90年代是盆地模拟技术发展的黄金时期,是从软件系统开发走向生产应用、走向商品化发展的最好时期。在这一时期,盆地模拟技术方法发展快速,盆地模拟软件系统逐步实现商品化,真正走入实际生产应用。当时世界上主要的商品化软件有法国石油研究院(IFP)的TEMISPACK软件包、德国有机地化研究所(IES)的PetroMod系列软件、美国Platte River公司的BasinMod系列软件,以及中国石油勘探开发研究

院的盆地综合模拟系统BASIMS等。进入21世纪以来,盆地模拟技术具有多运移方式、多相态、多对象的特点,进入集成与三维可视化阶段,主要围绕油气运聚模拟研究,与裂缝网状体、相加密技术、热流矫正技术、Teclink技术等多种技术相结合,并且向非常规领域迈进^[1-18]。

2. 盆地模拟软件发展现状

本次盆地模拟软件研究主要针对德国的IES公司(斯伦贝谢公司)、法国的BeicipFranLab公司和美国的PRA公司为例进行说明,通过查阅文献和公司的最新产品介绍进行查阅研究,调查研究盆地模拟软件的发展现状^[19-32],阐述介绍如下。

2.1. 德国的IES公司

IES公司是商务活动与新功能开发活跃的一家,于2007年5月释放PetroMod10版本,是1D、2D和

三维可视化阶段	21世纪以后	2012, BeicipFranLab公司发布了最新版本的OpenFlow Suite 2012.2 2009, IES公司释放了Petromod11版, 2012, 斯伦贝谢公司释放了Petromod12版 2009, 中石油石油勘探开发研究院三维三相模拟软件 2007, IES公司释放了Petromod10版: 1D、2D和3D软件一体化集成的软件平台 2006, BeicipFranLab公司发布Temis suite 2006:整合了Temis1D、Temis2D、Temis3D产品 2001, 中国石油勘探开发研究院释放了盆地综合模拟系统BASIMS4.5
实际应用阶段	20世纪90年代	1996年中国海洋石油勘探开发研究中心与美UCBerkeley大学等, 开发以二维模型为核心的盆地模拟系统 1996年北京石油勘探开发科学研究院, 提出了全新的, 具有国际版权的盆地综合模拟系统 1990年中国海洋石油勘探开发研究中心与吉林大学, 推出油气资源评价专家系统(PRES) 1990年北京石油勘探开发科学研究院, 提出了二维盆地模拟图形工作站系统(BMWS)
试验性应用阶段	20世纪80年代	1989年-北京石油勘探开发科学研究院-提出具有自主知识产权的一维盆地模拟系统(BASI) 1988, 日本石油勘探有限公司勘探部, 建立了一套较为完整的2D盆地模拟系统 1986, BP公司提出、建立当时最完善的2D油气运聚模拟系统 1984年, IFP公司开发一套较为完整的2D盆地模拟系统 1980年-胜利油田-形成国内第一套盆地模拟软件系统(SLBSS) 1980年以后, 从1D发展到2D 1978年-Tissot和德国学者Welte-有机质转化为烃类的热化学动力学计算定律及计算方法 同年, 原西德尤利希核能研究有限公司石油与有机地球化学研究所-世界上第一个一维盆地模拟软件
萌芽阶段	20世纪40年代到20世纪70年代	1969年-Tissot化学动力学定律-计算生烃量的计算模型 1954年-乌斯宾斯基-煤产气量物质平衡计算方法 1940年-M.K.Hubbert-流体势

Figure 1. Basin simulation technology development course
图1. 盆地模拟技术发展历程

3D 软件一体化集成的软件平台。其专用于油气运聚模拟的 3D 产品 PetroMod3D 包括 PetroCharge Express、PetroCharge 和 PetroFlow3D 等 3 个模块。PetroCharge Express 是一个基于单个层面的快速流线模拟工具；PetroCharge 是在对矩形网格节点进行 1D “四史”模拟的基础上，采用流线(Flowpath)模拟技术进行多烃源层、多储层油气运移聚集的模拟模块；PetroFlow3D 是 IES 公司自称为“全世界唯一实用的”三维模拟软件产品，采用完全 PVT 控制的多组分、三相态油气运移模拟模型^[23,24,33]。于 2009 年 2 月释放了 PetroMod11 版本。

斯伦贝谢公司于 2012 年 12 月释放 PetroMod12 版本，该版的油气运移模拟技术具有最先进独特的性能，在以前版本基础上升级、整合新模块，包括 1D、2D 和 3D 温度和压力模拟器以及整个油气运移过程和地质历史的 n 组分/3 相态全 PVT 控制的模拟。为了确定 API 重力、GOR 值和其他属性，还可以对选定的聚集(已知的或预测的)进行地表条件下性质预测的闪蒸计算，更好地了解和预测油气特性、更好地评估储层内含油 - 气的概率。3D 工作流程适用于利用空间数据尤其是利用 2D 或 3D 地震数据创建的数据模型。高级 3D 石油运移建模技术是根据地质模型的属性、模型的分辨率和分析目标，各种石油运移技术都可用于相同的 3D 数据模型，可选用的 4 种不同油气运移技术有：达西法(Darcy)、流线法(Flowpath)、侵入渗流法(Invasion Percolation)、混合法(达西法、流程法、侵入渗流法)(Hybrid(Darcy, Flowpath, IP))；PetroMod12 版软件整合了 Crustal Heat Flow(地壳热流工具)、Heat Flow Calibration(热流校准工具)、Facies Refinement(相

加密工具)、Local Grid Refinement(局部网格加密工具)、PetroRisk(风险管理系统)、TecLink、BioPets Risk 等特殊技术模块(表 1)。

此外，斯伦贝谢公司的 PetroMod12 版软件实现了三维地震数据体与三维数值模拟结果相结合，通过 Petrel 数据模型直接构建 PetroMod 初始模型，并可以在一个坐标系统内展示三维数值模拟结果与三维地震数据，并进行对比分析，实现对所有可用数据综合应用分析。

2.2. 法国的 BeicipFranLab 公司

BeicipFranLab 公司在盆地模拟方面于 2006 年 10 月发布的 Temis suite 2006。该版本在一体化软件平台上整合了 Temis1D、Temis2D 及 Temis3D 产品；Temis3D 利用有限体积法，提供了一个耦合压力和多相流体的运移模拟器，用于模拟压力演化、流体流动和运移路径，估算油藏充注时间、圈闭内可能的油气充注体积等^[10,34-37]。

2012 年 11 月发布了最新版本的 OpenFlow Suite 2012。该版本在一体化软件平台上整合了盆地模拟、天然裂缝油气藏、油气藏模拟及不确定性和地震反演四部分。OpenFlow Suite 2012 版软件包括动态射线追踪模拟模块、源岩追踪性能、新 Rock Eval 输出、简单岩体恢复的动态路线、远程工作站的发射计算等功能。

此外，法国 BeicipFranLab 公司还出版 TemisFlow、CobraFlow、PumaFlow、FracFlow、PumaFlow、CougarFlow、Interwell、Dionisos 等软件模块，具体功能如表 2。

Table 1. The integration of special technical modules of Schlumberger Company PetroMod12 version
表1. 斯伦贝谢公司PetroMod12版整合的特殊技术模块

软件特色	模块	条件	功能
特有技术	Crustal Heat Flow	确保边界条件的最佳设置	地壳热流史模拟工具
	Heat Flow Calibration	钻井获得的实测温度和 Ro	校准空间古热流场
	Facies Refinement	结合高分辨率资料	高度详细刻画储层
	Local Grid Refinement	小模型嵌套在大模型中	高分辨率的油藏模型
	PetroRisk	技术功能和先进分析工具	实现不确定性数据校准
全集成附加软件	TecLink 2D 或 3D	构造发育建模	应用于复杂逆冲断层模型
	BioPetS Risk	储层的热史演化历程	量化生物降解

Table 2. French BeicipFranLab company latest software module statistical table**表2. 法国的BeicipFranLab公司最新软件模块统计表**

软件模块	功能描述
TemisFlow	给勘探家提供了一个解决新勘探挑战的方法
CobraFlow	实现地质模型与数值模拟模型的一致性
PumaFlow	适合所有油田的油气藏模拟模块
FracaFlow	从区域断层到最小的微构造, 创建出最具有地质一致性的裂缝网状
CougarFlow	将地质模型和油藏工程紧密结合
Interwell	推测储层属性(岩性、孔隙度和流体)
Dionisos	定量评价复杂的可容纳空间、沉积物供给、运移之间的关系 给出一个以层系厚度、古地形和相图为特征的定量的4D沉积地层模型

2.3. 美国 PRA 公司

Platte River 公司的最新一套盆地模拟软件包括 5 个程序包: BasinMod2012, BasinView, BasinFlow, BasinMod2D 和 BasinModRisk, BasinMod1D、Calibrator(校正器)、PetroAnalyst(区带风险分析)^[19, 38-42]。此外, 从公司最新的介绍资料看, PRA 公司是采用一体化的数据资源与统一的评价标准, 完成了对全球范围内油公司的区带评价及风险分析。BasinMod2012 是模拟出多口井随着时间生成和排出的烃量, 常规资源与非常规资源圈闭都可以模拟, 模拟需要设置的参数有成熟度、孔隙度、渗透率、压力和温度等数据; BasinView 在石油系统软件中起链接 BasinMod、BasinMod Risk 和 BasinFlow 等模块的作用; BasinFlow 是一个在有利远景区、圈闭或盆地级别上结合源岩、装载层和流体动力学去模拟油气运移、潜在滞留的迁移路径的模拟程序, 定义了运移路径和有利区, 识别出构造、地层、断层、流体动力学和圈闭, 模拟圈闭的充注和溢出, 在迁移过程中或密封的情况, 模拟泄漏损失的烃量。在一个石油系统内, BasinMod2D 模拟动态的地质状况, 在圈闭中二次运移和聚集是通过检测源岩中烃的生成得知的。与确定性建模程序不同, BasinMod Risk 结合有利区、圈闭、石油系统的元素和地质作用, 使用一个统计学方法模拟数千个假设, 并且产生一个范围或一个可能的结果分布。

BasinMod 盆地模拟软件具有 Windows 图形用户

界面, 操作简单灵活, 使用方便。此外 BasinMod2012 版新增/提高了平面图、测井交汇图、矿物混合功能、剥蚀量估计、Select Logs、Determination of TOC from logs- Δ logR、原始 TOC 的计算、Flash Calculator、Graph Scenarios、Heat Flow Data Base 等功能。BasinMod 2012 版实现了在 1D 工区内模拟多口单井, 井之间的空间关系实现可视化。

BasinMod 2012 Modules 版本包含了新的功能, 包括非常规资源模块(URM)2012、CRS + 2012、BasinMod Bridge 2012、页岩气产量模块(SGPM)2012、SGPM 不确定模块 2012 等模块; 非常规资源是利用声波时差、密度测井和矿物数据评价地层脆性, 利用 Langmuir 等温吸附线决定甲烷吸附、有机质的降解评价孔隙度, 计算天然气膨胀压力、有机质体积率, 应用沉积动力学。

3. 国外三家盆地模拟技术对比分析

综合分析德国 IES 公司(斯伦贝谢公司)、法国 BeicipFranLab 公司和美国 PRA 公司开发的软件功能, 三家盆地模拟软件界面具有共同的特点: 全集成的操作(1D、2D 或 3D)界面和模拟器、人机联作的图形编辑及三维可视化界面、人机联作的参数设置界面、开放式信息管理系统; 总体实现对各种地质单元体的综合模拟评价; 主要是烃源岩体、输导体、聚集体的空间分布及结构参数的空间变化, 地质历史时间构造、地层形成演化过程, 盆地“五场”(成岩场、温度场、压力场、流体场、应力场)形成演化过程, 油气生、排、运、聚、散演化过程。

然而各家软件在盆地模拟功能上各具所长, 由表 1 及 Petromod12 版软件的技术性能, 可知斯伦贝谢公司, 重视高级三维石油运移建模技术, 根据地质模型的属性、模型的分辨率和分析目标, 各种石油运移技术都可用于相同的三维数据模型。运移模拟技术包括流线法、达西法、侵入逾渗法和 PetroMod 软件特有的混合运移技术。提供一个真三维的温度/压力模拟器, 是最先进的三维油气运移技术, 而不同的运移技术都可用于相同的三维数据模型。同时, 具有一个用于根据钻井获得的温度和镜质体反射率测量值校准 3D 模型的、快捷而高效的工具, 相加密工具、局部网格加密工具等实现创造更高分辨率的油气藏模型

的可能性, 实现三维时空可视化运移模拟。

由表 2 及法国 BeicipFranLab 公司释放最新版本的 OpenFlow Suite 2012 版软件, 可知法国 BeicipFranLab 公司除在盆地模拟方向上有所专长, 还致力天然裂缝油气藏、油气藏模拟及不确定性和地震反演等方面研究。此外, 该公司具有独特的功能: 实现地质模型与模拟模型的一致性, 从区域断层到最小的微构造, 能创建出最具有地质一致性的裂缝网状体系, 将地质模型和油藏工程紧密结合, 推测储层属性(岩性、孔隙度和流体), 一个定量地评价复杂的可容纳空间、沉积物供给、运移之间的关系, 给出一个以层系厚度、古地形和相图为特征的定量的 4D 沉积地层模型。

由表 3 及美国 PRA 公司投放的最新版本的软件包, 可知迄今为止 PRA 公司尚未推出三维产品。该公司软件可以同时模拟出多口井随着时间生成和排出的烃量, 常规资源与非常规资源圈闭都可以模拟, BasinMod 2012 版实现了在 1D 工区内模拟多口单井, 井之间的空间关系实现可视化。

4. 结论

1) 盆地模拟技术发展历程大致分为萌芽阶段、试验性应用阶段、实际应用阶段、集成化和三维可视化阶段。

2) 盆地模拟软件操作界面具有共同的特点: 全集成的操作(1D、2D 或 3D)界面和模拟器、人机联作的图形编辑及三维可视化界面、开放式信息管理系统。

3) 盆地模拟技术发展的主攻方向, 仍然是不断完善油气运聚史模拟, 使之逐步达到三维可视化水平, 从而最终实现从地史模拟、热史模拟、生烃史模拟、排烃史模拟和运聚史模拟一体化的三维可视化盆地

Table 3. America PRA the company added new function software module statistical table
表3. 美国PRA公司新增新功能软件模块统计表

软件模块	模块功能
非常规资源模块 (URM)2012	考虑了页岩的生烃潜力和页岩的可采性
CRS + 2012	依据地质条件的特征, 在低风险的高档地区淘汰不利地区
BasinMod Bridge 2012	充当标准工业数据库与 Basinmod 模型的数据接口
页岩气产量模块 (SGPM)2012	识别“甜点中的甜点”
SGPM 不确定模块 2012	合并地质模型数据和油藏工程模型数据

模拟, 再现油气在三维可视化时空内运移聚集情况; 此外, 盆地模拟技术与三维地震体、裂缝网状体和 Teclink 技术相结合, 并且向非常规领域开拓, 取得了相当大的进展。

参考文献 (References)

- [1] 石广仁 (2009) 盆地模拟技术 30 年回顾与展望. *石油工业计算机应用*, 1, 3-6.
- [2] 米石云 (2009) 盆地模拟技术研究现状及发展方向. *中国石油勘探*, 2, 55-65.
- [3] 苑坤, 陈彬滔, 于兴河等 (2010) 盆地模拟技术与 BasinMod 软件应用. *沉积与特提斯地质*, 2, 55-60.
- [4] 张庆春, 石广仁, 田在艺等 (2001) 盆地模拟技术的发展现状与未来展望. *石油实验地质*, 3, 312-317.
- [5] 石广仁, 李阿梅, 张庆春等 (1997) 盆地模拟技术新进展(一, 国内外发展状况. *石油勘探与开发*, 3, 38-40.
- [6] 罗霞, 闫昭岷, 王楠等 (2004) 应用 PetroMod 软件研究车西地区含油气系统. *油气地质与采收率*, 2, 34-36.
- [7] 陶宗普, 陈春强, 徐中祥等 (2005) 层序地层格架中含油气系统及其分类探讨——以查干凹陷下白垩统 K_{1b}-K_{1s} 含油气系统为例. *石油天然气学报*, 24, 552-555.
- [8] 汪泽成, 赵文智, 张水昌等 (2007) 成藏三要素的耦合对高效气藏形成的控制作用——以四川盆地川东北飞仙关组鲕滩气藏为例. *科学通报*, A01, 156-166.
- [9] 吴景富, 何大伟, 张云飞等 (1999) 含油气盆地成藏动力学系统模拟评价方法. *中国海上油气*, 4, 240-247.
- [10] Mancini, E.A., Li, P., Goddard, D.A., et al. (2008) Mesozoic (Upper Jurassic-Lower Cretaceous) deep gas reservoir play, central and eastern Gulf coastal plain. *AAPG Bulletin*, 92, 283-308.
- [11] 刘景东, 蒋有录, 高平等 (2010) 东濮凹陷濮卫地区地层压力演化及其与油气运聚的关系. *中国石油大学学报(自然科学版)*, 5, 25-37.
- [12] 张厚福, 徐兆辉, 王露等 (2010) 油气藏研究的发展趋势预测. *石油学报*, 1, 165-172.
- [13] 朱建军 (2007) TSM 一维盆地模拟系统集成研发. 硕士论文, 苏州大学, 苏州.
- [14] 徐晨光 (2001) 烃源岩油气藏评价模拟系统设计 with 软件初步. 硕士论文, 西北大学, 西安.
- [15] Sani, A. and Bachir, M. (2006) 中国南海珠江口盆地白云凹陷番禺低凸起热史模拟及油气运移分析. 硕士论文, 中国地质大学, 武汉.
- [16] 王斌, 赵永强, 罗宇等 (2010) 塔里木盆地草湖凹陷热演化与生烃史——基于 IES 软件盆地模拟技术. *石油实验地质*, 6, 605-609.
- [17] 郭小文 (2010) 含油气盆地生烃增压演化研究——以东营凹陷和白云凹陷为例. 硕士论文, 中国地质大学, 武汉.
- [18] 马良 (2009) 南堡凹陷油气运聚动力学模拟及有利勘探目标预测. 硕士论文, 中国地质大学, 武汉.
- [19] Ondrak, R., Gaedicke, C., Horsfield, B., et al. (2009) Combining 2D-basin and structural modelling to constrain heat transport along the Muroto Transect, Nankai Trough, Japan. *Marine and Petroleum Geology*, 26, 580-589.
- [20] Resak, M., Glasmacher, U.A., Narkiewicz, M., et al. (2010) Reprint of: Maturity modelling integrated with apatite fission-track dating: Implications for the thermal history of the Mid-Polish Trough (Poland). *Marine and Petroleum Geology*, 12, 724-731.
- [21] Kuhn, P.P., Ehtler, H., Littke, R., et al. (2009) Thermal basin modelling of the Arauco forearc basin, south central Chile—Heat flow and active margin tectonics. *Tectonophysics*, 26, 111-

- 128.
- [22] Belaid, A., Krooss, B.M., Littke, R., et al. (2009) Thermal history and source rock characterization of a Paleozoic section in the Awbari Trough, Murzuq Basin, SW Libya. *Marine and Petroleum Geology*, **6**, 612-632.
- [23] Aroui, K.R., Van Laer, P.J., Prudden, M.H., et al. (2010) Controls on hydrocarbon properties in a Paleozoic petroleum system in Saudi Arabia: Exploration and development implications. *AAPG Bulletin*, **94**, 163-188.
- [24] Higley, D.K., Lewan, M.D., Roberts, L.N.R., et al. (2009) Timing and petroleum sources for the Lower Cretaceous Mannville Group oil sands of northern Alberta based on 4-D modeling. *AAPG Bulletin*, **93**, 203-230.
- [25] 徐旭辉, 江兴歌, 朱建辉等 (2006) TSM 盆地模拟. 第二届中国石油地质年会——中国油气勘探潜力及可持续发展论文集, 中国会议, 521-531.
- [26] 马新海, 张革 (2008) 塔里木盆地孔雀河地区单井盆地模拟分析. *内蒙古石油化工*, **10**, 38-341.
- [27] 方国庆 (1991) 盆地模拟——盆地研究中的热门课题. *天然气地球科学*, **1**, 30-33.
- [28] 方石, 孙求实, 谢荣祥等 (2012) 平衡剖面技术原理及其研究进展. *科学导报*, **8**, 73-79.
- [29] 彭雪花, 张群燕, 陈伟等 (2008) 盆地模拟软件 Basin2 的使用. *西部探矿工程*, **12**, 121-123.
- [30] 崔护社, 王明君, 王其允等 (1996) 超级盆地模拟系统——PROBASES. *中国海上油气(地质)*, **5**, 304-310.
- [31] 石广仁, 李惠芬, 王素明等 (1989) 一维盆地模拟系统 BASI. *石油勘探与开发*, **6**, 1-10.
- [32] 曹烈, 王信, 黎青等 (2012) 川中资阳地区须家河组含油气系统及勘探前景分析. *天然气勘探与开发*, **4**, 1-5.
- [33] Allwardt, J.R., Eric Michael, G., Shearer, C.R., et al. (2009) 2D modeling of overpressure in a salt withdrawal basin, Gulf of Mexico, USA. *Marine and Petroleum Geology*, **26**, 464-473.
- [34] Kroeger, K.F., Ondrak, R., di Primio, R., et al. (2008) A three-dimensional insight into the Mackenzie Basin (Canada), implications for the thermal history and hydrocarbon generation potential of Tertiary deltaic sequences. *AAPG Bulletin*, **92**, 225-247.
- [35] Petersen, H.I., Mathiesen, A., Fyhn, M.B.W., et al. (2011) Modeling of petroleum generation in the Vietnamese part of the Malay Basin using measured kinetics. *AAPG Bulletin*, **95**, 509-536.
- [36] Arostegui, J., Sangu Esa, F.J., Nieto, F., et al. (2006) Thermal models and clay diagenesis in the Tertiary-Cretaceous sediments of the Alava block (Basque-Cantabrian basin, Spain). *Clay Minerals*, **41**, 791-809.
- [37] Kinley, T.J., Cook, L.W., Breyer, J.A., et al. (2008) Hydrocarbon potential of the Barnett Shale (Mississippian), Delaware Basin, west Texas and southeastern New Mexico. *AAPG Bulletin*, **92**, 967-991.
- [38] Kroeger, K.F., di Primio, R. and Horsfield, B. (2009) Hydrocarbon flow modeling in complex structures (Mackenzie Basin, Canada). *AAPG Bulletin*, **93**, 1209-1234.
- [39] Brincat, M., Gartrell, A., Lisk, M., et al. (2006) An integrated evaluation of hydrocarbon charge and retention at the Griffin, Chinook, and Scindian oil and gas fields, Barrow Subbasin, North West Shelf, Australia. *AAPG Bulletin*, **90**, 1359-1380.
- [40] Hu, L.G., Fuhrmann, A., Poelchau, H.S., et al. (2005) Numerical simulation of petroleum generation and migration in the Qingshui sag, western depression of the Liaohe basin, northeast China. *AAPG Bulletin*, **89**, 1629-1649.
- [41] Manna, U., Knies, J., Chand, S., et al. (2009) Evaluation and modelling of Tertiary source rocks in the central Arctic Ocean. *Marine and Petroleum Geology*, **26**, 1624-1639.
- [42] Amir, L., Martinez, L., Disnar, J.-R., et al. (2008) Implications of spatial and temporal evolutions of thermal parameters in basin modeling. *Marine and Petroleum Geology*, **25**, 759-766.