

煤层气井试井软件设计及开发

李奇¹ 刘曰武² 蔡强¹ 李海生¹

(1. 北京工商大学 北京 100048; 2. 中国科学院力学研究所 北京 100190)

摘要 介绍了开发和设计煤层气井试井软件的意义, 总结分析了目前使用较多的国内外油气井试井分析软件的功能特点。在此基础上, 为适应煤层气测试技术发展, 针对煤层气试井分析的需求, 综合考虑了煤层气解吸作用、介质变形、低渗透特点, 提出了软件设计开发的思想和技术要求, 设计了软件结构框架及各个具体的功能模块, 应用软件工程的思想设计开发了开放式煤层气试井分析软件。该软件包括数据预处理、试井分析、试井设计和报告生成输出功能, 具有界面友好、模型丰富、功能强大、构架良好的特点。

关键词 软件 煤层气 试井 开发设计

0 引言

随着我国煤层气的勘探开发, 煤层气试井分析技术应用越来越普遍, 提供准确的煤储层参数结果对煤层气开采具有重要的指导意义。煤层气井试井分析能为煤层气合理排采提供重要的技术保障, 而煤层气试井软件是实现试井资料分析的技术手段。目前, 国内使用的软件主要是国内开发的油气井试井分析软件, 以及国外引进的有关油气井方面的试井分析软件, 煤层气试井分析还停滞在常规天然气分析阶段, 部分的试井分析开始使用国外有关煤层气的试井软件。但是, 这些软件在煤层气试井分析应用中存在一定局限性, 考虑了煤层气解吸作用、介质变形、低渗透特点, 因此, 急需开发国内独立知识产权的煤层气试井软件。

从国内试井软件开发来看, 在国内开发的油气井试井分析软件中, 应用较多的主要有四院校试井分析软件系列、TATC、DHC、WTC、DKS、试井软件工程平台 2.0 等。

四院校试井分析软件^[1]是石油大学(北京)研究生部、西南石油学院、大庆石油学院及中国科技大学在原石油部科技司领导下, 从 1985 年开始研制的多功能、大型试井分析软件系列, 并于 1987 年 9 月通过部级鉴定。该软件包括如下 4 部分: ①砂岩-油

藏试井分析软件系列; ②双孔隙介质油藏试井分析软件系列; ③压裂井水平裂缝试井分析软件系列; ④压裂井垂直裂缝试井分析软件系列。

TATC 试井解释软件^[2]是由石油勘探开发科学研究院和大庆石油管理局合作开发的一套综合试井分析软件, 包括均质无限大、介质流体流动为稳态及介质流动为不稳态的双孔地层模型, 具有井筒存储任意裂缝的地层模型, 以及具有多条直线断层的地层模型, 推导了有效井径试井物理及数学模型及其解释。

DHC 现代试井解释软件^[3]是由大庆石油管理局地质研究院开发的一套现代试井分析软件, 包括数据处理、绘图、分析解释和试井设计等功能, 可解释油气水井的不稳定试井资料, 产生各种解释模型典型曲线, 并可解释包括各种边界反映在内的试井资料。

WTC 试井解释系统^[4]是由华北石油管理局油气井测试公司开发的一套综合性较强的 Windows 环境试井解释应用软件, 主要包括常规分析、DST 试井分析(用于非自喷井)、双对数典型曲线拟合分析、段塞流曲线拟合分析、试井设计、数据处理辅助系统和联机帮助子系统等模块。

DKS 现代试井解释软件^[5]是由大庆石油管理局试油试采公司在 Windows 环境下开发的综合性试井解释软件, 具有试井分析、试井设计和产能分析三大

[基金项目] 本研究得到国家重大专项“大型气田及煤层气开发”专项支持, 课题编号 2009ZX05038001。

[作者简介] 李奇, 北京工商大学研究生, 主要研究从事计算机软件研究及煤层气试井研究。

[联系作者] 刘曰武, 男, 研究员, 主要从事渗流力学及油气藏工程方面的研究工作。地址: 北京市北四环西路 15 号力学所, 邮政编码: 100190。

功能。

试井软件工程平台 2.0^[9] 是由大庆油田测试技术服务分公司和中国科学院力学研究所合作开发的一套试井平台软件, 主要包括基础数据录入与调用、试井流量与压力数据预处理、常规试井分析、现代试井分析、试井设计、试井数据库管理和设计报告输出等功能模块。

在引进的国外油气井试井分析软件中, 应用较多的主要有 F. A. S. T、INTERPRET/2、EPS、Saphir 等。

F. A. S. T 分析解释软件平台^[7] 是加拿大 Fekete 公司经过 30 多年的研究开发出来的, 包含了油气藏工业基础数据采集、分析数据处理、静态数据管理应用、井筒优化设计及地面工程的各个主要环节, 形成了一套依据实际生产流程而设置的油气藏工程分析应用系统。F. A. S. T 平台主要包括生产测试数据管理系统、数据准备与报表建立系统、现代试井解释系统、高级产量递减分析系统、非常规气藏开发方案优选系统、煤层气储层分析系统、油气藏综合评价管理系统、井筒优化设计系统、天然气集输分析系统等九个功能模块。我国先后共引进了约 200 套 F. A. S. T 软件。

INTERPRET/2 现代试井软件^[8] 是美国 SSI 公司开发的一套试井软件, 该软件内容丰富、功能强大, 包括了从试井设计到试井解释的所有内容。INTERPRET/2 是我国最早引进的一套试井软件, 先后共引进了约 300 套。

EPS 试井解释系统^[9,11] 是英国 Edinburge Petroleum Service Limited (EPS) 公司推出的一套基于 Microsoft Windows 环境下的多功能系统分析软件, 包括解析试井解释软件 Pansystem 和数值试井解释软件 Panmesh。Panmesh 软件与 Pansystem 软件联用, 使得常规解析试井软件难以模拟的各种复杂油藏几何形状与动态特征的拟合变得更加快捷、方便。

Saphir 试井解释软件^[10,11] 是由法国 KAPPA 公司开发的, 是业界应用最广泛的软件, 功能丰富, 方法齐全, 容纳了国内外同类软件没有的许多功能。Saphir 主要包括试井设计、数据预处理、试井解释、曲线拟合、结果输出等功能。我国先后共引进了约 100 套 Saphir 试井解释软件。

上述的国内外试井分析软件各有特点, 虽然在油气藏工程中应用广泛, 但是却并不能较好地适应我国煤层气开发的特点, 为了适应煤层气测试技术的发展, 急需开发设计一套煤层气试井分析系统。

如何利用现有试井理论结合先进的计算机技术, 根据中国煤层气藏的特征设计合理的煤层气试井软件是本论文的主要研究内容。本文在综合现代不稳定试井理论基础上, 针对煤层气试井分析需求, 应用软件工程的思想设计开发了开放式煤层气试井分析软件。本文先提出了软件设计开发的思想及技术要求, 然后应用软件工程的方法设计得到了软件的结构框架, 并合理设计了软件的各个具体的功能模块。本文开发的煤层气井试井分析软件包括数据预处理、试井分析、试井设计和自动报告生成功能, 具有界面友好、模型丰富、功能强大、架构良好的特点。

1 开发思想

煤层气井试井软件开发设计是在综合现代不稳定试井理论基础上, 针对煤层气试井分析需求, 综合考虑了煤层气解吸作用、介质变形、低渗透特点, 结合通用软件和专业软件的开发思想, 研制适合中国煤储层特点的开放式现代试井分析软件, 具有界面友好、模型丰富、功能强大、架构良好的特点。

软件的开放性主要体现在以下方面:

(1) 针对开发者的开放性: ①允许开发者在基本不需要修改主程序的情况下, 对独立子模块进行修改, 并保证整体软件的正常运行; ②允许开发者很方便地加入新的模块, 同时保证整体软件的正常运行。

(2) 针对用户的开放性: ①允许用户方便地追加新的模型; ②允许用户在原有数据的基础上, 方便地追加新的数据; ③允许用户根据实际需要, 方便地修改输出的试井报告的格式。

软件界面的友好性主要体现在以下几个方面:

①标准的 Windows 应用程序界面, 具有设计合理的菜单和工具栏。②随着基础数据的改变, 分析结果能实时地进行变化, 并显示在界面上。③支持在同一界面上同时显示三种图形曲线, 方便用户对比分析数据。④方便的图形操作功能, 即快捷的多次图形切换; 具有灵活的小地图窗口, 可以快速地进行图形定位。⑤支持多文档操作, 能够明显地提高用户的工作效率。

1.1 通用软件开发思想

(1) 在 Windows 操作系统下, 以 C++ 为主要编程语言, 开发桌面应用程序。

(2) 设计流行并且合理的 Windows 应用程序用户界面, 符合用户的使用习惯。

(3) 建立基于数据库或文件系统的数据管理模

块,以方便对各种数据的管理。

(4) 建立基于标准流或 OLE 的输入输出模块,以便于导入原始数据,并能够导出结果数据。

1.2 专业软件开发思想

(1) 总结分析国内外油气井试井分析软件的特点,在此基础上提出煤层气井试井分析软件的设计要求和结构框架。

(2) 根据多年来的煤层气试井分析的经验,研究煤层气试井分析方法及试井理论,进而建立煤层气试井分析的均质、双重介质、复合介质物理模型。

(3) 依据物理模型及内、外边界条件建立相应的不定常渗流控制方程。

(4) 依据建立的数学模型及其解,进行煤层气井试井分析软件的编程。

(5) 应用软件工程的思想方法,设计开发煤层气井试井分析系统。

2 软件设计要求和软件结构框架

2.1 技术要求

(1) 以 Visual C++ 6.0 作为编程语言进行软件开发。使用 Visual C++ 6.0,是因为其具有如下优点: ①提供了功能强大的 MFC 类库,使编程工作变得更加轻松容易; ②提供了基于 CASE 技术的可视化软件的自动生成和维护工具 AppWizard、ClassWizard、VisualStudio、WizardBar 等,实现了直观、可视的程序设计风格,方便地编写和管理各种类,维护程序的源代码; ③封装了 Windows 的 API 函数、USER、KERNEL、GDI 函数,简化了编程时创建、维护窗口的许多复杂的工作,同时提供了数据库访问对象接口; ④提供了使用方便、功能强大的调试功能。

(2) 设计符合 Windows 标准、良好的中文界面。选择中文作为界面语言,是因为该软件是针对中国煤储层及煤层气开发的特点而研制的,使用中文更利于软件的推广。

(3) 软件整体采用基于 DLL 技术的模块化设计。使用模块化的设计能够增强软件的开放性,更易于软件的扩展。

(4) 采用 OLE 技术及 Word 的模版功能,自动生成适合自己需要的 WIN-WORD 格式的报告。

2.2 结构框架

2.2.1 自顶向下设计方法

一种逐步求精的设计程序的过程和方法。对要

完成的任务进行分解,先对最高层次中的问题进行定义、设计、编程和测试,而将其中未解决的问题作为一个子任务放到下一层次中去解决。这样逐层、逐个地进行定义、设计、编程和测试,直到所有层次上的问题均由实用程序来解决,就能设计出具有层次结构的程序。

按自顶向下的方法设计时,设计师首先对所设计的系统要有一个全面的理解,然后从顶层开始,连续地逐层向下分解,直到系统的所有模块都小到便于掌握为止。

2.2.2 软件架构设计的步骤

- (1) 分析需求和理解业务模型(或领域建模)。
- (2) 探索复杂问题,弄清领域知识。
- (3) 决定功能范围,影响可扩展性。
- (4) 提供交流基础,促进有效沟通。

2.2.3 煤层气井试井分析软件的结构框架设计

通过对应用需求的分析,得出基本的系统示意图(见图 1)。

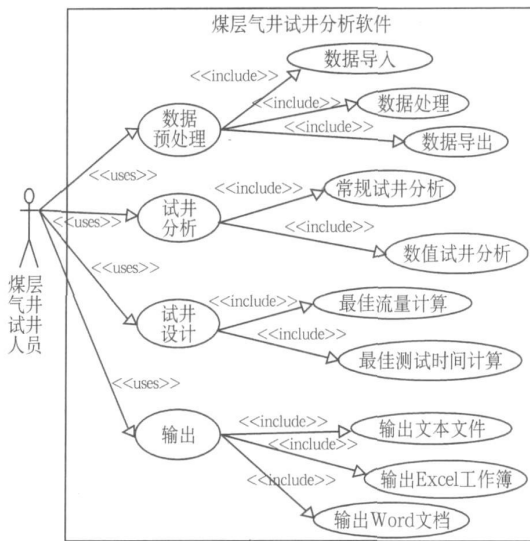


图1 基本系统示意图

目前,煤层气压力测试不稳定试井分析技术包含了不稳定试井分析理论模型、不稳定试井分析的常规试井分析方法、现代图版拟合技术、特征线分析技术、自动拟合技术等不稳定试井分析的众多研究成果。常用的煤层气试井方法包括注入/压降测试和生产/恢复测试。在生产/恢复测试中,不同的测试阶段含气量有所不同。因此,煤层气井试井分析软件设计的基本原则是:在试井分析解释和试井设计中,必须考虑注入/压降测试、生产/恢复测试以及

高含气阶段煤层气井生产/恢复测试的资料分析, 各种试井解释模型都要适应这一特点, 试井模型包括单相流模型、压裂井模型、邻井干扰模型、气水两相流模型等 20 余套。

针对煤层气井注入/压降测试和生产/恢复测试以及高含气阶段的测试特点, 应用软件工程中自顶向下的设计方法, 合理地设计煤层气井试井分析软件的结构框架。软件结构分为数据预处理、试井分析、试井设计、报告生成输出 4 个程序模块。软件的基本结构框架如图 2 所示。

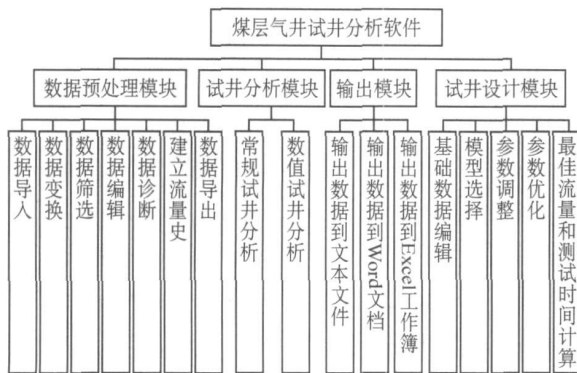


图2 软件基本结构框架图

3 软件功能模块设计

煤层气井试井分析软件包括数据预处理、试井分析、试井设计和报告生成输出 4 大功能模块。各模块既具有独立的功能, 同时又是一个统一的整体。该软件包含了从设计施工到数据预处理、数据分析评价整个试井过程。软件的数据流程如图 3 所示。

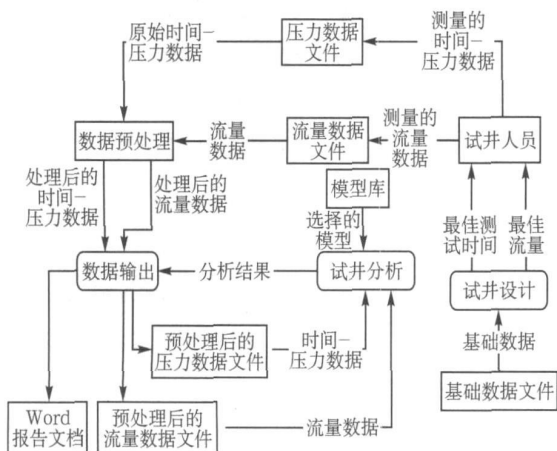


图3 软件数据流程

3.1 数据预处理

数据预处理包括数据导入、数据变换、数据筛

选、数据编辑、建立流量史、数据诊断、数据导出等功能。通过导入实测原始数据并进行合理的编辑及筛选, 以满足试井分析解释的需要。其主要特点为: ①对多行多列的原始数据文本文件或 Excel 文件, 可选择地读入多行时间-压力-温度数据。②可对数据进行单位变换及代数变换。③可对数量巨大的原始数据分段进行线性、对数、压力变化增量等方式的筛选。④可对数据点、数据段进行更新、删除等编辑操作。⑤可直观地对压力曲线进行开、关井阶段划分, 自动形成流量史。⑥可自动地对不同测试阶段数据生成半对数、双对数诊断曲线, 以便于定性判断地层污染情况、储层特性及流动特征。⑦对经过适当变换、筛选、编辑后的实测数据, 可导出到文本文件、Excel 文件或 Word 文档中。

3.2 试井分析

试井分析是煤层气井试井分析软件开发设计的重点。通过借鉴国内外油气井试井分析软件的优点, 针对中国具体的煤储层特征, 建立相应的物理模型和数学模型, 以满足煤层气井试井分析的需要; 试井分析方法包括常规分析方法和现代试井分析方法, 可对数据运用不同的分析方法进行分析, 以便于通过对比检验确保各项参数的解释结果真实可靠。

其主要特点为: ①基本解释模型: 根据内边界条件、外边界条件、储层模型的不同划分组合, 开发了大量的解释模型。②常规线性分析: 包括传统的 HORNER 叠加分析、MDH 分析、MBH 分析以及早期数据段的井储分析、径向流分析等。在 MBH 分析方法中加入了形位系数的选择。线性分析采用直观、方便的对比选择方法, 数据分析过程中可根据双对数图的特征进行调整。③煤层气模型的独立性: 考虑了煤层气解吸作用、介质变形、低渗透特点的煤层气模型 20 余套。包括单相流模型、压裂井模型、邻井干扰模型、气水两相流模型等。④可视化参数调整拟合: 在典型曲线拟合基础上, 以图形可视化操作的方式, 改变 CDe^{2s} 的大小、移动曲线位置, 在调整完成以后, 可以直接计算得到分析结果。⑤数值试井分析: 数值试井分析可以解决任意边界、任意井位以及地层非均质性问题。对煤层气藏进行数值网格划分, 然后应用有限差分、有限元或有限体积方法, 计算得到理论曲线及等值线。⑥良好的用户界面: Windows 风格的应用程序界面, 具有设计合理的菜单和工具栏, 同时又有自身独特的特点。对常规

线性分析, 将线性分析窗口与双对数曲线诊断窗口有机结合, 同屏多窗, 分析与诊断同步; 对曲线拟合分析, 一次调参, 可完成双对数曲线拟合、无因次 HORNER 检验以及压力历史模拟 3 个过程。

3.3 试井设计

试井设计是基于地层模型和井筒模型结构与参数的正向过程, 在假设设计对象的特性参数已知的条件下确定测试工作制度。试井设计是取得高质量试井资料的重要工作, 可以减少试井解释的不确定性, 节约测试成本。没有合理的试井设计, 不仅在经济上造成巨大的浪费, 同时也不能为油藏分析提供可靠的资料。试井设计一般包括试井方式的选择, 预算试井过程中地层中各流动阶段出现的时间及最大井底压力。工作人员根据计算结果决定所采用的仪器设备及试井持续时间, 做好准备, 以保证取全取准试井资料。

试井设计包括基础数据编辑、模型选择、参数调整以及参数优化等功能。根据假定的储层参数计算最佳流量和测试时间, 指导试井施工。其主要特点为: ①可以根据给定的流量史, 计算得到压力历史曲线。②可以根据井储时间、边界反应所需时间, 优化最佳测试时间。③可以根据压力计精度, 确定最佳流量。

3.4 报告生成输出

采用 OLE 技术及 Word 的模版功能, 将分析结果(包括数据、图形)自动嵌入到 Word 文档, 生成适合自己需要的 WIN-WORD 格式的报告。

OLE 全称 Object Linking and Embedding, 是在客户应用程序间传输和共享信息的一组综合标准, 允许创建带有指向应用程序的链接的混合文档以使用户修改时不必在应用程序间切换的协议。本模块使用 OLE 自动化、OLE 控件和 OLE 文档等技术, 实现了 Word 报告文档的自动化生成。

本模块合理设计了多种 Word 模板, 使用户可以生成不同样式的 Word 报告文档, 以满足自己的具体需求。设计的 Word 模板中包括一些表格和预设的文本, 并设计了特定的标志字符以使得能将试井分析结果正确地插入到适当的位置。生成的 Word 报告包括基础模型参数、预处理后的实测数据、试井分析后得到的地层参数数据和拟合图形等内容, 拟合图形可使用图像和 OLE 控件两种形式输出。

4 结 论

本煤层气井试井分析软件是针对中国煤储层特点自主开发设计的开放式试井分析系统。与其它试井分析软件相比, 该软件具有以下突出特点:

(1) 功能强大的数据预处理功能模块: 具有数据导入、数据变换、数据筛选、数据编辑、建立流量史、数据诊断、数据导出等功能, 能够处理数量巨大的数据。

(2) 试井分析模块包括 HORNER 叠加分析、MDH 分析、MBH 分析、图版拟合分析、可视化参数调整拟合分析、曲线自动拟合分析等多种分析方法, 可对数据运用不同的分析方法进行分析, 以便于通过对比检验提高资料分析解释的准确性、可靠性。

(3) 煤层气模型的独立性: 考虑了煤层气解吸作用、介质变形、低渗透特点的煤层气模型 20 余套。

(4) 自动生成试井分析报告: 采用 OLE 技术及 Word 的模版功能, 将分析结果(包括数据、图形)自动嵌入到 Word 文档, 形成适合自己需要的 WIN-WORD 格式的报告。

目前, 国内煤层气井试井软件发展的趋势是开发具有中国特色的商业化程度高的具有广泛适应性的试井软件, 具体如下: ①由单一功能向多功能发展。②解释拟合技术向半自动、自动、人工智能方向发展使解释快速与准确。③由常规油气井测试试井模型和软件的使用, 逐步转向为真正考虑煤层气解吸作用、介质变形、低渗透特点的煤层气试井模型和软件的使用。④软件的框架由积木式的小功能模块向集成化的平台式结构发展, 力求具有简便的输入输出格式。⑤软件编制的框架具有继承性、封装性及多态性, 把高性能的试井软件作为一个试井理论和应用桥梁的载体。⑥通过广泛的学术交流和试井队伍的培训来完成试井理论和试井应用的桥梁的架构。

致 谢

本项目得到国家重大专项“大型油气田及煤层气开发”专项的支持, 课题编号 2009ZX05038001, 感谢中石油煤层气有限责任公司允许本论文的发表。

参 考 文 献

- [1] 刘慰宁. 现代试井分析方法的新进展及解释软件[M]. 北京: 中国石油天然气总公司情报研究所, 1989.
- [2] 童宪章, 张义堂. 试用 TATC 现代试井软件解释 ZY 油区

- 部分油井的初步结果[J]. 试采技术, 1989, 10(1): 1-13.
- [3] 唐云凤. DHC 现代试井解释软件功能及应用[J]. 油气井测试, 1993, 2(1): 16-23.
- [4] 谭伦金, 陶婧, 许国实. Wir WTCV1.0 试井解释系统介绍[J]. 油气井测试, 1994, 3(3): 75-78.
- [5] 蒋凯军, 张雁, 王毅. DKS2.0 现代试井软件功能及应用[J]. 油气井测试, 1997, 6(2): 66-74.
- [6] 张奇斌, 刘曰武. 试井软件平台 2.0 的功能与特点[A]. 中国力学学会学术大会, 2005: 1373.
- [7] SSI 公司. F. A. S. T 油气藏工程分析解释平台用户手册.
- [8] 郭冀义. INTERPRET/2(1.2) 试井软件已用于探井试井资料处理. 油气井测试, 1993, 2(2): 80.
- [9] 宋黎明, 叶荣, 胡速, 等. EPS 试井解释系统及油井优化分析软件的应用[J]. 油气井测试, 2000, 9(4): 83-92.
- [10] 余碧君, 耿青, 陈燕, 等. 对 Saphir 试井软件中段塞流解释方法的几点认识[J]. 新疆石油学院学报, 2003, 15(1): 66-69.
- [11] 何中卿. 国外试井解释软件简介及在实际生产中的运用[J]. 油气井测试, 2008, 17(3): 65-78.

本文收稿日期: 2010-10-29 编辑: 方志慧

编后语

中国是煤炭资源大国,也是煤层气资源比较丰富的国家之一。据国际能源机构(IEA)统计,世界上已有 74 个国家进行了煤层气资源的勘探工作,2000 m 以浅的煤层气资源总量约为 $260 \times 10^{12} \text{ m}^3$,其中 90% 分布在 5 个国家,资源量由高到低依次为:俄罗斯($113 \times 10^{12} \text{ m}^3$)、加拿大($76 \times 10^{12} \text{ m}^3$)、中国($36.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$)、美国($21.2 \times 10^{12} \text{ m}^3$)和澳大利亚($14 \times 10^{12} \text{ m}^3$)。中国居世界第三位,全国陆上煤田 2000 m 以浅的资源量与常规天然气资源量($35.2 \times 10^{12} \text{ m}^3$)相接近,但在煤层气排采技术上,却远落后于其他国家的开发。在当今国家天然气用量激增的今天,加快煤层气勘探开发力度对提高煤矿生产安全、改善大气环境、缓解能源危机尤为必要和迫切。

煤层气开发有地面开采和井下抽采两种方式。但由于井下抽采的效率远低于地面抽采,而且井下抽采的煤层气中甲烷含量要比地面抽采低。因此,煤层气地面开发得到重视并迅速发展起来。2005 年,中国煤层气井钻井数已达到 328 口,当年煤层气地面开采量达 $0.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,实现了地面煤层气开发量零的突破。截止到 2008 年底,中国煤层气地面年产量已突破 $5 \times 10^8 \text{ m}^3$,钻探各类煤层气井共约 3400 口,形成地面煤层气总产能约 $20 \times 10^8 \text{ m}^3$,煤层气商业性生产能力已初步形成,并逐渐进入商业性开发启动阶段。

但由于中国煤层气藏具有低压、低渗、低饱和、非均质性强等特点,国外众多的开发经验对我国煤层气的开发适应性较差。因而,必须寻求适合煤层气的测试技术,开发适合煤层气井测试资料的分析评价解释软件,为煤层气井的勘探开发和生产潜能评价提供科学的依据。

为此,我们收集了由中石油煤层气有限责任公司、中国科学院力学研究所以及大港油田测试公司编著的有关煤层气勘探开发部分论文作为煤层气专刊发表。这些论文系国家科技重大专项“大型气田及煤层气开发”项目 38 课题 1“煤层气储层测试技术及测试资料分析方法研究”(2009ZX05038001)“十一五”期间的部分研究成果。所涉及的内容包括:煤层气的性质研究、煤层气与常规天然气测试技术的异同、煤层气测试方法的分析评价、目前煤层气注入/压降测试的工艺及设备存在的问题、煤层气解吸/吸附机理、煤层气数值试井非结构网格生成方法、煤层气解吸试井模型的影响、压裂井试井模型、不同数值算法、邻井影响条件下的煤层中压力场分布、洞穴完井新技术应用条件下的渗流场,以及煤层气井试井软件设计及开发方面的技术等。我们希望该专刊的发表,能进一步推动煤层气事业的发展,为煤层气测试工艺、设备以及资料分析起到“抛砖引玉”的作用。

《油气井测试》编辑部

sure distribution field in coalbed are all showed in detail. The well test type curves showed that there are parallel straight section lines in pressure and pressure derivative curve with slope equal to 0.5, which confirmed the existence of linear flow in coalbed. From the pressure distribution field map, we found that the elliptic flow around fractures, but the radial flow far away from fractures. The effect of CBM desorption to theoretical curves showed pressure and pressure derivative curves drew down in middle and later periods of curves. And the reason was CBM desorption delayed the pressure decrease. By analyzing the fracture asymmetry about the wellbore, the results show that there is less impact of fracture asymmetry on the well test type curve for the different calculation cases, since the fractures are infinite conductivity vertical fracture. wellbore asymmetry had well test theory curves.

Key words: CBM, numerical well testing, desorption, infinite conductivity, fractures well, type curve

The Exploration of Finite Volume Method in CBM Numerical Well Testing. 2010, 19(6): 57~ 63

Niu Congcong, Cai Qiang, Li Haisheng (Beijing Technology and Business University), Liu Yuewu (Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences)

By comparing the advantages and disadvantages among the normally used numerical methods in modern numerical well testing technology, it shows that the finite volume method is the best one for solving the governing equation of CBM. So we choose finite volume method to solve CBM numerical well testing model. 1-D radial flow and 2-D flow model are developed for the well in circular CBM region with steady desorption. The corresponding discrete equation forms of the finite volume method are derived for both 1-D and 2-D cases. The influence of desorption coefficient, the boundary distance, boundary properties, the combination coefficient etc on test well test type curves are discussed in detail in this work. The results show that the type curves clearly reflected the pressure changes of CBM wells in the different conditions, and finite volume method is very suitable for solving CBM well test problem. Finite volume method provides a new numerical calculation method for solving CBM well test model. It leads a productive progress on developing CBM numerical well test.

Key words: CBM, finite volume method, numerical well test, steady desorption

Research on Pressure Field in Circle Bounded Coalbed With Two Wells. 2010, 19(6): 64~ 70

Liu Yuewu, Ouyang Weiping, Su Zhongliang (Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences), Zhao Peihua (Coalbed Methane Ltd. Comp., PetroChina)

The nature of CBM production is draining water to drop pressure and produce methane. So it is important to know the pressure dropping effect for producing methane. By considering CBM desorption effect, mathematical model for unsteady seepage flow is developed in circle bounded coalbed with two wells. The numerical solutions are obtained by using the finite element method. The desorption effects on the well test type curve are analyzed in detail. The results show that CBM desorption decrease the pressure wave transmitting velocity in the coal bed. The effect of the neighbor well property on type curve is also analyzed for describing the development of pressure field. Four kind of description methods are introduced and evaluated in this paper. The effects of well property, flow rate of the neighbor well and property of the outer boundary on the pressure field are analyzed for the pressure field changing under different conditions.

Key words: coalbed methane, pressure field, well test, desorption

Numerical Study on Seepage Field in Coalbed With Cavity Well. 2010, 19(6): 71~ 75

Liu Yuewu, Ouyang Weiping, Su Zhongliang (Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences), Zhao Peihua (Coalbed Methane Ltd. Company, Petrochina), Fang Huijun (Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences)

Physical model of fluid flow in coalbed with CBM cavity well is described in this paper at the first time. Near the wellbore there exists a high permeability region whose permeability is far greater than that of the coalbed far from the CBM well. The fluid flow in this region also obeys Darcy's flow. Based on the description of physical model, mathematic model for fluid flow in coalbed with CBM cavity well is developed in this paper. Seepage field in coalbed with CBM cavity well is obtained under circular and arbitrary quadrilateral outer boundary by using finite element method. In order to compare seepage field in coalbed with CBM cavity wells with that of open hole completion well, seepage is simulated about one cave completion, one open hole completion and one cave completion, two open hole completions. So the difference of seepage between cave completion and open hole completion is visible. The results of this research is significant important to comprehend fluid flow mechanics and pressure distribution in coalbed with CBM cavity wells.

Key words: CBM, model, seepage, seepage field, finite element

Software Design and Development of CBM Well Test. 2010, 19(6): 76~ 81

Li Qi, Cai Qiang, Li Haisheng (Beijing Technology and Business University), Liu Yuewu (Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences)

The significance of design and development of CBM well test analysis software is introduced and the characteristics of oil and gas well test analysis software normally used at home or abroad are summarized in this paper. With the development of CBM well test technique and the requirements of CBM well test analysis, software technical requirement and development are introduced, framework and all function modules of the software are designed, all based on the special nature of CBM such as desorption, deformation, low permeability, etc. CBM well test analysis software is designed and developed based on software engineering thought. The software includes data preparation module, well test analysis module, well test design module and report generation and output module. The software has friendly UI, rich models, powerful function and friendly framework.

Key words: software, CBM, well test, design and development