

基于 SOA 的页岩气优快钻井决策系统设计

白 凯^{1,2,3}, 夏宏南^{2,3}, 靳国兴^{1,2,3}, 杨 军^{2,3}

(1. 长江大学 计算机科学学院, 湖北 荆州 434023;

2. 长江大学 油气钻井技术国家工程实验室防漏堵漏研究室, 湖北 武汉 430100;

3. 长江大学 石油工程学院, 湖北 武汉 430100)

摘 要:为了科学开展涪陵地区页岩气的钻井施工的总体预测和评价,提高页岩气钻井决策的信息化水平,在深入研究 SOA 组件及其开发集成框架应用的基础上,提出了构建适用于涪陵地区页岩气钻井技术集成模式科学评价决策系统的一系列思路和方法,包括体系结构设计方法、软件平台构建方法和功能模块设计与实现方法等。该决策系统采用包含主题设计和数据统计方法在内的数据仓库技术,主要功能模块包括页岩气优快钻井经济评价、钻井控制参数优化计算以及复杂与事故预防与处理。在对主要功能模块的内容及其实现途径进行系统分析的基础上,对 SOA 中松耦合软件开发技术和 Web Service 服务在决策系统中的应用进行了分析讨论。截止目前,该决策系统的开发工作已基本完成,且预留有进一步扩展优化的空间。试运行结果表明,该决策系统设计较为合理,可有效提高现场决策的效率和正确性。

关键词:SOA; Web Service; 页岩气钻井; 决策系统

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2017)04-0017-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2017.04.004

Design of Shale Gas Optimal and Fast Drilling Decision System Based on SOA

BAI Kai^{1,2,3}, XIA Hong-nan^{2,3}, JIN Guo-xing^{1,2,3}, YANG Jun^{2,3}

(1. School of Computer Science, Yangtze University, Jingzhou 434023, China;

2. Leak Resistance and Sealing Technology Laboratory of Oil and Gas Drilling Technology

National Engineering Laboratory, Yangtze University, Wuhan 430100, China;

3. School of Oil Engineering, Yangtze University, Wuhan 430100, China)

Abstract: In order to carry out scientific prediction and assessment of drilling shale gas in Fuling region and improve its information decision-making level, a series of ideas and methods to build scientific evaluation and decision-making system for shale gas drilling technology integrated mode suitable for Fuling region have been proposed based on in-depth investigation on SOA components and its applications in integrated development framework, including architecture design methods, software platform construction methods and function modules. Data warehouse has been employed in this system, including theme designs and statistical methods. The main function modules consist of shale gas drilling economic evaluation, drilling control parameters optimization, preventions and treatments of complex circs and accident. Based on a systematic analysis on contents of the main function modules and its realization approach, applications of the loosely coupled SOA software development technology and Web Service services in the decision-making system have been analyzed and discussed. Presently the development of the system has been basically completed and reserved spaces for further expansion and optimization. Experimental results show that the design of decision-making system is reasonable and its efficiency and correctness of shale gas drilling decision-making can be enhanced.

Key words: SOA; Web Service; shale gas drilling; decision system

0 引言

随着国内对页岩气开发的逐渐深入,在目前涪陵

地区页岩气钻井施工过程中,信息化决策程度不高的问题越来越突出。由于缺少适应涪陵区块的钻井技术

收稿日期: 2016-04-27

修回日期: 2016-07-12

网络出版时间: 2017-03-07

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41502126)

作者简介: 白 凯(1980-),男(满族),讲师,博士生,研究方向为钻井工程信息化;夏宏南,教授,博士生导师,研究方向为钻井工艺技术。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20170307.0920.004.html>

集成组合以及相应的综合效益与速度的科学评价系统,已经制约和影响了目前页岩气钻井施工的总体预测和评价。因此,研究一套适用于涪陵区块的页岩气优快钻井技术集成模式的科学评价决策系统,提高国内页岩气钻井信息化管理水平具有重要的实践意义。

文中深入研究了在 .NET 开发环境下利用 SOA 组件集成开发框架设计和开发页岩气优快钻井决策系统软件,提出了针对涪陵地区页岩气钻井的决策软件平台构建方法,体系结构设计,以及平台功能设计与实现方法。

1 现有钻井决策系统存在的问题

在钻井工程软件领域,国内已经开发了“钻井工程设计与计算”、“钻井参数优化”、“现场数据远程传输”、“钻井复杂和事故风险预警系统”等的独立软件,这些软件对钻井设计和现场决策提供了辅助,但由于每个系统的功能有限,覆盖的信息范围比较窄,信息的处理是各自为政,导致信息无法有效融合,难以对钻井工程中的重大技术决策活动提供有效帮助。目前国内还没有开发出集成化、整体化和智能化的软件系统,油田企业只能引进国外公司的钻井集成平台,国外软件价格高昂且无法进行二次开发,无法根据实际情况进行修改和扩充,导致现有软件系统不能满足目前涪陵地区页岩气钻井的信息化建设需求^[1]。

国内自主研发的钻井工程软件平台系统,主要存在以下技术问题:

(1) 软件的研发没有延续性,多为一个项目一次性开发,软件复用程度较低,存在大量重复设计与开发。

(2) 传统的基于项目的单节点应用系统建设与部署方式,已难以支撑持续推进、逐步扩展的集成信息化建设和管理。

(3) 现有油田信息系统大多比较封闭,在各种不同标准信源的接入、对外来软件模块的集成功能存在明显不足^[2]。

针对上述问题,开发团队采用先进的 SOA 开发思想,研发了具有国内特色页岩气优快钻井决策支持系统。

2 页岩气优快钻井决策系统总体设计

涪陵地区页岩气优快钻井决策系统软件模型设计如图 1 所示。

涪陵地区页岩气优快钻井决策面对的问题很多,相应的软件系统开发很难一次性完成。各类决策系统都是以小系统组成大系统的形式存在,因此目前在此系统开发中,亟需解决了现场最急需解决的几个问题,

针对这几个问题开发了相应模块。在设计过程中,开发团队采用了 SOA 架构设计技术,它是实现软件应用集成的一个新兴技术,具有标准的软件接口,系统留有未来的扩展接口用于软件集成,服务实现具有透明性,高度软件资源重用能力,在系统扩展中能够实现快速灵活的集成^[3]。

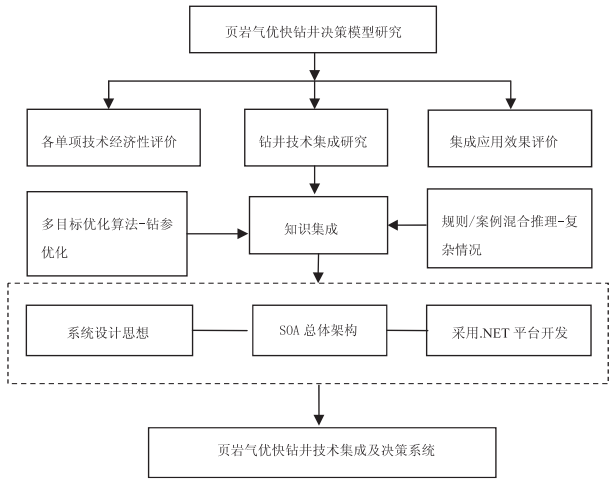


图 1 页岩气优快钻井决策系统框架

3 页岩气优快钻井决策系统数据仓库设计

3.1 主题设计

数据仓库是面向主题的,主题是决策需求归类而确定的主要标准,决策者在此决策系统中最关注的问题^[4-7]。根据涪陵地区页岩气钻井决策的实际需求,可以确定的主题见表 1。

表 1 页岩气优快钻井决策系统主题设计

序号	主题
1	轨迹控制
2	井眼稳定性
3	钻井参数计算及优化
4	事故、复杂情况预测
5	钻井速度
6	钻井时效
7	钻井质量
8	经济成本

3.2 数据统计方法

选择适合于当前钻井工程的数据统计方法^[8-10],经过统计分析后得出数据比较的结果,作为决策的依据之一,见表 2。

4 决策系统中主要功能模块解析

4.1 页岩气优快钻井经济评价

涪陵页岩气优快钻井经济费用分为以下七个部分:钻机日费;泥浆成本;钻头+螺杆+井下工具(减震器、随钻振击器等);空气钻成本;处理井下故障复杂

增加的额外费用(打捞工具等费用、特殊作业如爆炸松扣或测卡点等费用);定向技术服务费;顶驱使用费。其中,钻机日费包含人工工资、油料以及钻机、井控设备、固控设备、管具、住房等摊销;总钻机费用与钻井所使用的钻机型号以及钻井周期有关。

表 2 数据统计分析方法

序号	统计方法
1	均值分析
	交叉表
	频率分析
	描述分析
	一元方差分析
2	回归分析
	聚类分析
	判别分析
	主成分分析
	因子分析

4.2 页岩气钻井控制参数优化计算

此模块计算是根据钻井工程中经典钻进公式,根据页岩气开发现场实际获得的地质参数,优化出直接作用于钻进速度的机械参数(钻压和转速)、水力参数(泵压和排量)、钻井液参数^[11-13]。在该决策系统中采用多源反馈差异驱动的演化算法对输入的钻井参数进行优化计算,针对某一地层,可以计算出最佳参数组合,达到钻速合理和钻头消耗经济的目标。

4.3 页岩气钻井复杂和事故预防与处理信息分析

基于知识库中的规则及案例知识,使用规则和案例的混和推理模型,结合神经网络算法进行复杂事故诊断与处理^[14-15]。从关系型数据库中读取数据到 Web Service 选择的工具是 D2R。

5 SOA 组件及开发框架的应用

SOA(Service-Oriented Architecture)即是面向服务的体系结构,是指为了解决网络环境下业务集成的需求,能够连接完成特定任务的独立功能模块而提出的一种软件系统架构。SOA 是设计的一个组件模型框架,它将应用程序的不同功能模块(在 SOA 中即为服务)通过这些服务之间定义好的接口和约定联系起来。为了独立于实现服务的硬件平台、操作系统及开发编程语言,SOA 中的接口采用中立的方式定义。

开发团队在充分考虑继承原有软件资产与软件设计技术和经验的基础上,面向页岩气钻井企业信息化集成开发与部署需求,开展了基于 .NET 的 SOA 组件集成开发框架的设计和研发工作,通过技术实践和系统应用,较好地解决了信息化应用软件研发过程中的软件重用与应用集成问题。SOA 是一个面向服务的设计过程^[16],如图 2 所示。

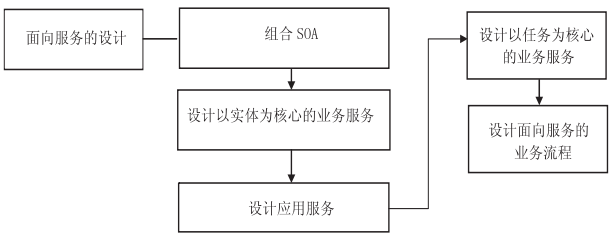


图 2 面向服务的设计过程

5.1 松耦合软件开发技术

页岩气钻井工程决策支持系统采用面向服务的架构技术^[17],如图 3 所示。

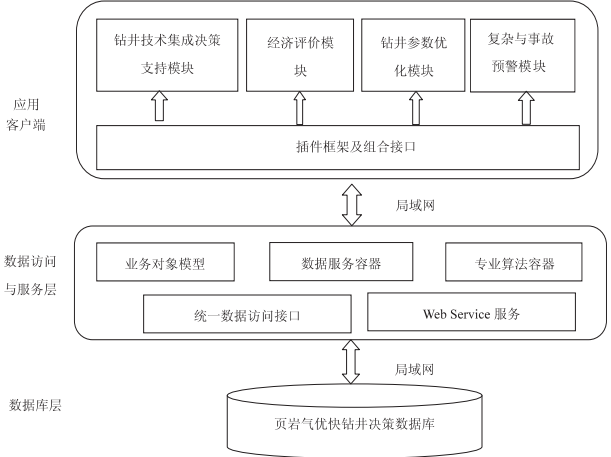


图 3 页岩气优快钻井决策系统架构

SOA 封装业务逻辑在服务中,对服务之间的松散耦合、服务接口标准化有着严格的要求。SOA 架构的最大优势在于实现数据库与应用模块之间的松耦合,即当底层数据结构、数据平台或数据库网络位置发生改变时,只需要对系统中服务层进行调整,无需对分散在各用户机器上的客户端进行更新,有利于整个系统的快速更新或扩展。

该系统在设计中把算法模块封装为 Web Service 服务,部署在服务器上运行并向客户端返回计算结果,提升了软件的运行效率,对于系统中采用的算法可以统一更新和保护。

利用 SOA 架构技术、插件式框架技术、Web Service 服务计算技术,实现了软件的松耦合,在整个系统中易于删除或增加模块,让页岩气优快钻井决策支持系统开发具有未来的持续扩展优化能力。

5.2 Web Service 服务

Web Service 是具有一组操作接口的 Web 服务,即通过发布接口发送和接收 XML 消息实现网络访问数据,Web Service 的接口描述了一系列的数据操作动作,采用了 XML 消息进行访问的数据接口。在 Web 服务中,消息的传送是通过 SOAP 以及 WSDL 包装为对象进行的,每一个 SOAP 消息都使用 WSDL 进行描述。Web Service 返回的数据由 XML 进行描述和发现,

因此可以与其他任何支持 XML 消息技术的应用程序进行交互,而不用关心应用程序实际开发使用的语言以及开发平台^[18]。因此,可以把 Web Service 看作一种新的 Web 应用程序,一种通过发布接口实现查询、调用数据的网络方法。

Web Service 在分布式系统中属于基础构件,可以将 Web Service 作为一个可开发维护和部署的 Web 组件。与其他组件相比,Web Service 也提供了重用功能,同时还可以作为不同应用系统之间的一个数据访问纽带,将不同平台不同功能的应用程序集成在一起,提高了系统之间的互操作性。

6 软件实现情况

基于以上计算机软件开发的关键技术开发的页岩气优快钻井决策支持系统,根据实际情况需要可以包括若干个一级模块,在每个一级模块下再分若干个二

级模块,各模块均开发成为系统插件,用户可以任意选取其中的部分模块组成不同功能的子系统,以满足现场对于钻井开发的不同决策^[19-20]。

根据涪陵地区页岩气钻井的技术资料,以下是目前该决策系统已经开发完成的经济评价模块运行后截图。

在此模块中,可以按时间把所有井的信息列出,包括信息有井号、开钻日期、总进尺、总钻时、平均钻速、钻速对比、总成本、每米成本、成本对比、新工艺。在页面上通过计算后显示出所有井的平均钻速和单位进尺成本,这两个指标作为比较的依据。

井的经济评价分为按开次评价、技术评价、井开次比较、井综合比较 4 种方式。

点击进入按技术比较,可以查看各种新技术的提速情况,在选择评价技术中选择空气钻井,如图 4 所示。

井新技术评价信息一览表											
选择评价技术：		空气钻井									
井号	开钻日期	开次	总进尺	总钻时	平均钻速	钻速对比	总成本	每米成本	成本对比	新工艺	
焦页6-2HF	2013.5.5	二开	1494.5	611.25	2.44	-50.61%				空气钻井	
新技术井共：1 口井 参考井共：31 口井 总体平均钻速：2.44m/h 总体平均钻速：4.94m/h 总体单位进尺成本：0.0000元/m 总体单位进尺成本：0.4636元/m 选择开次：二开 选择年份：全部年份 排序依据：平均钻速 单位进尺成本 新技术 开次经济评价											
井号	开钻日期	开次	总进尺	总钻时	平均钻速	钻速对比	总成本	每米成本	成本对比	新工艺	
焦页32-4HF	2014.4.14	二开	2091.64	189.5	11.04	123.48%					
焦页17-3HF	2014.3.17	二开	1558.88	180	8.66	75.30%				水力振荡器	
焦页3-3HF	2014.3.22	二开	1896	224.5	8.45	71.05%					
焦页13-1HF	2014.3.2	二开	1525	189	8.07	63.36%					
焦页13-2HF	2013.6.15	二开	1459	202	7.22	46.15%				泡沫定向	
焦页23-3HF	2014.2.26	二开	1868	278.5	6.71	35.83%				水力振荡器	
焦页26-1HF	2014.3.3	二开	2005.5	341.66	5.87	18.83%					
焦页23-1HF	2014.2.26	二开	1883	322.5	5.84	18.22%					
焦页7-1HF	2014.2.24	二开	1839	320.92	5.73	15.99%					
焦页11-1HF	2013.9.26	二开	1893	352	5.38	8.91%					
焦页6-1HF	2014.1.29	二开	2146	443.25	4.84	-2.02%	994.9485	0.4636	0.00%		
焦页4HF	2013.5.26	二开	874.02	183	4.78	-3.24%					
焦页5-1HF	2013.8.8	二开	1892.22	411.72	4.6	-6.88%					
焦页12-4HF	2013.9.2	二开	1650	358.5	4.6	-6.88%					
焦页15-2HF	2014.1.29	二开	2014.27	447.25	4.5	-8.91%					
焦页42-1HF	2014.2.4	二开	2033	454.67	4.47	-9.51%					
焦页27-1HF	2014.2.18	二开	2000	463	4.32	-12.55%				液力推进器	
焦页11-2HF	2013.5.27	二开	1206	285	4.23	-14.37%					
焦页10-3HF	2013.10.24	二开	1781	435.51	4.09	-17.21%					
焦页26-2HF	2014.2.26	二开	1770.7	434.5	4.08	-17.41%					
焦页9-1HF	2013.6.30	二开	1289	323	3.99	-19.23%				泡沫定向	

图 4 空气钻井情况对比

7 结束语

为有效提高页岩气开采的信息化决策水平,应用 B/S 访问模式、SQL Server 数据库和 C#语言等技术手段,构建了.NET 平台下的 SOA 框架页岩气优快钻井决策系统,以方便用户在油田企业局域网内进行授权访问,实现了页岩气钻井工程远程管理和决策。该系统平台运用了数据仓库的构建思想,采用了多源反馈差异驱动的演化算法和神经网络等优化算法,通过内嵌的专家系统模型来实现重大决策的智能化计算和分析。利用 SOA 在开发中的可复用性、灵活性及可扩展性,针对现场需求逐步设计开发各功能模块,目前已实现的功能模块包括页岩气钻井技术的经济评价、钻井

参数优化和复杂情况预测三类。该决策系统的应用结果表明,其能够满足页岩气优快钻井决策所需技术参数快速准确计算的需要,可辅助钻井工程师快速、准确地做出决策;SOA 在已有功能模块中发挥的作用明显,有效促进了相关软件开发质量的提高。

参考文献：

[1] 肖 莉,杨传书,赵金海,等. 钻井工程决策支持系统关键技术[J]. 石油钻探技术,2015,43(2):38-43.

[2] 马鹏鹏,周英操,蒋宏伟,等. 现代信息技术在石油钻井中的应用研究—关于钻井信息工程学的探讨[J]. 石油天然气学报,2014,36(7):89-95.

[3] Kralzig D,Banke K,Slama D. Enterprise SOA 中文版:面向

(下转第 24 页)

5 结束语

为了保证飞行器试飞安全,可视化地实时监控飞行过程,设计了基于 OSG 的飞行器三维实时监控软件。基于开源的 OSG 三维渲染系统,构建三维可视化飞行场景,采用多线程并发机制和模块化设计思想,提高了软件的可靠性和维护性,实时接收服务器数据驱动飞行场景中三维模型运动,对运动场景进行刷新,实现对飞行器运动过程的实时监控。该软件已经应用于多个型号任务的试飞实时监控中,实际应用效果表明,该软件具有稳定可靠、人机界面友好等特点,满足了实时监控要求。

参考文献:

[1] 张芹芹,刘 丹. 基于 LabVIEW 的某航电系统监控软件设计[J]. 中国科技信息,2014(20):128-129.

[2] 房 瑾,覃 燕,穆永河. 通用试飞参数显示仪的设计与实现[J]. 电子设计工程,2014,22(9):35-37.

[3] 刘嫚婷,尚丽娜,张芹芹. 飞行试验通用动态监控软件的设计与实现[J]. 中国科技信息,2013(18):92-93.

[4] 肖 鹏,刘更代,徐明亮. OpenSceneGraph 三维渲染引擎编程指南[M]. 北京:清华大学出版社,2009.

[5] Martz P. Open scene graph quick start guide[M]. Louisville: Skew Matrix Software LLC,2007.

(上接第 20 页)

服务架构的最佳实战[M]. 北京:清华大学出版社,2006:95-135.

[4] Ozbayrak M,Bell R. A knowledge-based decision support system for the management of parts and tools in FMS[J]. Decision Support System,2003,35(4):487-515.

[5] 高洪深. 决策支持系统理论与方法[M]. 第 2 版. 北京:清华大学出版社,2009.

[6] Irmin E. Intelligent decision support methods:the science of knowledge work[M]. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall,1997.

[7] 张冬梅,周英操,纪荣艺,等. 面向钻井工程技术的数据仓库应用探讨[J]. 信息技术,2012(3):6-9.

[8] 徐英卓. 数据仓库在钻井工程决策中的应用研究[J]. 计算机工程与应用,2003,39(25):199-201.

[9] Nicolaou A. Theoretical framework for data mining[J]. ACM Explorations Newstetter,2009,1(2):30-32.

[10] 刘学成. 试论钻井工程决策中关于数据仓库的应用[J]. 中国石油和化工标准与质量,2012(5):70.

[11] 王 杰,李 广,朱晓东. 基于分层模糊推理的石油钻井事故预警系统[J]. 微计算机信息,2008,9(4):177-178.

[6] Dias M S,D'Alpuim J,Caetano P. Galactica,a digital planetarium for immersive virtual reality settings[J]. International Journal of Creative Interfaces and Computer Graphics,2016,7(1):19-39.

[7] 姚 崇. 无人机飞行仿真系统关键技术研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2014.

[8] 何坤金,张莉军,李 强,等. 基于 OSG 的航道船舶三维可视化信息管理系统[J]. 计算机与现代化,2015(11):89-92.

[9] 伍中联,孙 卡,王新春,等. 校园三维可视化仿真系统的设计与实现[J]. 计算机与现代化,2013(2):76-79.

[10] 郭 佳. 基于 OSG 的飞行仿真系统视景平台的研究与开发[D]. 沈阳:沈阳航空工业学院,2009.

[11] 郝文化. Windows 多线程编程技术与实例[M]. 北京:中国水利水电出版社,2005.

[12] Courbin P,Lupu I,Goossens J. Scheduling of hard real-time multi-phase multi-thread (MPMT) periodic tasks[J]. Real-Time Systems,2013,49(2):239-266.

[13] 罗莉琴,詹祖桥. Windows 网络编程[M]. 北京:人民邮电出版社,2011.

[14] Youm B J,Park J. TCP/IP protocol over IEEE-1394 network for real-time control applications[C]//IFAC. [s.l.]:IEEE,2005:38-40.

[12] 伊 鹏,刘衍聪,郭 欣,等. 基于改进自适应遗传算法的钻井参数优化设计[J]. 石油机械,2010(2):30-33.

[13] 沙林秀. 基于快速自适应量子遗传算法的钻井参数优化[J]. 石油机械,2013(2):32-36.

[14] 陈明亮,施太和,陈 平. 钻井工程事故诊断机理及专家系统推理模型探讨[J]. 江汉石油学院学报,1993,15(3):58-62.

[15] 廖明燕. 基于神经网络多参数融合的钻井过程状态监测与故障诊断[J]. 中国石油大学学报:自然科学版,2007,31(4):149-152.

[16] 李 歆. 基于 SOA 开发电力地理信息系统[J]. 测绘,2009(4):159-164.

[17] Ba Sulin. Enterprise decision support using intranet technology[J]. Decision Support Systems,2010(9):56-61.

[18] 白 凯,王华兵,李 敏. 基于 Web Services 的 RFID 企业信息服务平台的设计[J]. 电子设计工程,2013,21(4):65-67.

[19] 刘志坤,李 琪,高晓荣. 导向钻井远程决策指挥中数据仓库技术的应用研究[J]. 钻采工艺,2007,30(3):13-15.

[20] 贾 蓉. 基于面向油田开发决策支持系统的数据仓库[J]. 科学技术与工程,2008,8(4):902-907.