

蒙特卡洛概率法在 T 油田储量估算中的应用

张学敏 杨丽娜 许胜利 张军林 但玲玲

(中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司, 天津 300452)

摘要: 地质认识存在不确定性, 采用概率法评估 T 油田储量, 优化不确定性参数范围。基于蒙特卡洛随机模拟, 百万次迭代获得目标区储量三值。结果与确定性容积法对比表明, 概率法储量计算结果具可靠性和实用价值, 风险评估作用非常明显。

关键词: 概率法; 储量计算; 地质储量; 不确定性

0 引言

油气地质储量评估常用容积法、类比法和动态法, 容积法是国内外油气储量评估最常用方法^[1-2]。容积法计算储量分为确定法和概率法, 1997 年石油工程师协会 (SPE) 和美国证券交易委员会 (SEC) 承认概率法储量估算以前^[3-4], 国际上通用确定法评估储量。目前国外普遍采用考虑风险分析和不确定性预知的概率法估算储量, 国内仍沿用传统容积法。SPE 和 SEC 将概率法储量定义为, 证实储量 (Proved) - 实际采出量将大于或等于估算值的概率至少 90% (P90); 概算储量 (Probable) - 预计实际可采量将大于或等于证实 + 概算储量之和 (2P) 的概率至少 50% (P50); 可能储量 (Possible) - 预计实际可采量将大于或等于证实 + 概算 + 可能储量之和 (3P) 的概率至少 10% (P10)^[2-3]。概率法基于概率论和数理统计理论, 能合理给出油气资源量分布和估算值概率模型并运算, 是风险性和不确定性量化表达运算过程, 便于合理投资决策^[4]。

1 研究背景

T 油田范围内断层超发育、构造复杂, 储层非均性强, 不同断块具有不同油水界面。虽经几十年勘探开发和储量评价, 但受钻井密度低、二维地震测线较稀疏等因素制约, 致构造、储层认识仍存在较多盲区, 诸如断层边界不可靠、无井区储层数据不真实、油水界面不准确等, 致历次储量评估存在不精确、风险大问题。对此, 利用储层构型解剖技术对储层精细刻画认识, 落实含油面积、有效厚度、孔隙度、含油饱和度等地质储量参数, 并提出采用概率法对油田储量进行再评估。

2 概率法计算公式

类同容积法计算公式: $N=A \cdot h \cdot \Phi \cdot (1-S_{wi}) / Bo_i$, 式中: N 为原油地质储量, m^3 ; A 为含油面积, km^2 ; h 为有效厚度, m; Φ 为孔隙度, 小数; S_{wi} 为含水饱和度, 小数; Bo_i 为地层原油体积系数, m^3/m^3 。

概率法储量估算核心思想是蒙特卡洛随机模拟, 为一种概率统计方法, 是应用随机技术进行模拟计算方法的统称, 常用来模拟服从某种分布的随机变量, 并实现随机变量之间的运算, 最终结果以随机变量分布函数形式给出, 函数不仅代表了全部可能的结果, 且指出各种结果出现的可能性, 即概率^[5]。

3 实际应用

3.1 计算参数范围

T 油田 17 个具热采开发效益区块为储量估算单元。5

个储量计算参数中, 除原油体积系数确定外, 含油面积、有效厚度、孔隙度、含油饱和度均为不确定值, 基于地质研判, 优化确定各参数的低值、中值和高值, 即悲观值、中间值和乐观值 (表 1)。

表 1 17 个区块基础参数表

计算单元	含油面积 (km)			有效厚度 (m)			有效孔隙度 (%)			含油饱和度 (%)		
	低	中	高	低	中	高	低	中	高	低	中	高
58+85	2.49	2.8	3.11	12	33.3	54.6	18.9	19.8	20.7	69.3	70.25	71.2
34	4.12	24.62	45.12	9	17	25	18.6	19	19.5	55	61.3	67.6
57	0.9	1.01	1.12	42	44.5	47	15.4	15.6	15.8	63.6	64.95	66.3
52	1.3	1.65	2	5.7	13.2	20.7	19.5	20.2	20.9	67.5	70.7	73.9
54	0.51	0.77	1.03	6.1	7.5	8.9	18.1	18.6	19.1	74.2	77.3	80.3
59	0.28	0.38	0.47	19.7	21	24	20.3	20.4	20.6	71.4	72.2	73
63	0.88	1.01	1.13	33.9	34.8	35.7	16	16.5	17	65	67.5	70
62	3.96	4.27	4.58	27	29	32	19.4	19.8	20.2	69.1	69.6	70
70	7.12	7.56	8	26.1	42.9	59.7	15.7	18.85	22	57.2	64.15	71.1
82	1.6	2.3	3.13	14.2	17.2	20.2	15.2	17.7	19.8	58.1	58.6	59.2
88	2.1	2.47	2.84	37.7	43.8	49.9	17.8	21.4	25	61	67.85	74.7
89	3.6	4	4.4	31.4	46.65	61.9	15.2	21.3	27.4	65	68.85	72.7
95	2.29	2.96	3.63	40.3	40.65	41	16	17.75	19.5	57.6	63.35	69.1
61	1.17	1.33	1.5	2.6	9.3	16	17.5	19.05	20.6	55.1	61.6	68.1
96	1.61	1.8	2	26.5	29	30.6	20	21.5	23	65.6	66.1	66.7
71	2.0	2.5	3	4.5	24.9	45.3	20.3	23.15	26	70.2	73.7	77.2

表 2 17 个区块计算结果表

区块	低值 (MMBL)	中值 (MMBL)	高值 (MMBL)	平均值 (MMBL)
34	152.21	293.51	467.29	304.34
52	13.00	19.18	25.78	19.32
54	4.09	5.13	6.25	5.16
57	26.40	28.28	30.20	28.29
58+85	51.83	80.38	109.43	80.55
59	6.34	7.44	8.54	7.44
61	5.38	8.99	12.73	9.03
62	100.77	107.02	113.82	107.20
63	22.47	24.25	26.01	24.24
70	186.46	242.13	302.53	243.71
71	35.61	65.47	97.07	66.05
82	20.68	25.73	31.50	25.97
88	83.34	97.08	112.54	97.65
89	130.57	168.19	211.80	170.19
95	72.32	83.86	96.06	84.08
96	42.14	45.65	49.32	45.70
合计	953.61	1302.29	1700.87	1318.92

3.2 储量计算结果

各储量计算参数范围值输入蒙特卡洛随机模型, 运行模拟计算, 经百万次迭代, 获得各区块储量概率计算结果 (表 2)。储量参数敏感性分析显示, 区块储量对含油面积最敏感、其次是油层有效厚度, 此两项是 T 油田地质油藏认识的难点, 也是重点, 是决定储量不确定性的主要因素。

3.3 结果对比

T 油田 17 个区块概率法储量低值 (P90) (下转第 140 页)

畅,防治排水沟里面有很多的淤泥和碎渣;②确保水泵和水仓满足工作面的日常生产排水需求。因为,需要不定时的进行清理异物,确保水能顺利的流动,并且经常检查排水泵的出水口是否堵塞^[4]。

3 结语

矿井水害已经严重的影响了煤矿开采工作的正常进行,也是威胁开采工作面安全开采的原因之一。伴随我国煤炭开采量的不断增加,煤矿开采的深度也在不断的加深,这就导致煤矿开采过程中遇到的问题也越来越严峻,尤其是在工作面回采的时候采动应力相对复杂的情况下,即使煤矿已经进行了防治水工作,但是因为防治水的理论知识不够完善,防治积水也尚未成熟,煤矿开采过程中的防治水效果不好。回采工作面应该采用综合防治水技术,其中包含水文地质勘探、矿井涌水量监测及排水设施的完善等等。本文为综采工作面综合防治水技术应用的发展提供简

(上接第138页)为953.61MMBL、中值(P50)为1302.29MMBL、高值(P10)为1700.87MMBL。去掉非井控区或者构造不落实风险区、确定性容积法计算最保守储量结果为879.49MMBL,该值与概率法储量保守值非常接近,可看出概率法计算结果相对可靠,可作投资决策判断依据。

4 认识及结论

概率法储量计算充分考虑到油藏认识各种不确定性因素和存在的风险程度,风险评估作用明显;概率法储量估算具有实用价值,对地质认识程度受限的油藏是储量估算很好的选择,对认识程度高、开发成熟区块可起到结果验证和综合风险预判作用;概率法储量计算参数选取范围及概率分布类型是决定模拟结果的关键因素,需根据地质油藏认识及相关数据作合理判定,尤其是储量敏感性高的参数;与确定性容积法相比,概率法储量估算考虑到乐观、悲观等各种可能情形,对油藏储量认识更趋全面。

(上接第137页)信息数据的资源共享,从而减少安全事故的发生。其次,通过在矿山的安全生产中采用电子信息工程技术,可以提高对矿山突发事件的应急响应能力和应急救援能力。因为一旦出现矿山安全生产事故,其性质往往较为严重,容易产生较大的人员伤亡和经济财产损失。可利用电子信息工程技术建立矿山安全生产指挥中心,这样可以做到对矿山生产的高效管理,及时解决矿山安全生产过程中遇到的问题。再次,利用电子信息工程技术,可以建立起矿山安全生产的信息管理系统,通过信息管理系统可以直接获取有关矿山生产的各类信息,可以及时排查出矿山安全生产中存在的安全隐患,对于矿山的安全生产起到重要的支持作用。最后,在矿山安全生产的过程中采用电子信息工程技术可以建立事故预警系统,通过矿山目前实际的运行数据,预测出矿山在开采的过程中采用安全事故的概率,防患于未然,采取合理的措施及时消除安全生产隐患。

3.4 加强宏观调控

加大政府引导力度,制定矿山工程安全监测规范,完善矿山开采相关政策法规。合理统筹矿产资源开发规划布

单参考。

参考文献:

- [1] 何宏康.富水砂岩顶板煤层开采综合防治水技术实践研究[J].工程技术研究,2019,4(03):52-53.
- [2] 毛维林.水文地质条件复杂区域回采工作面综合防治水技术应用[J].山东煤炭科技,2019(06):173-174+185.
- [3] 谷占兴.彬长矿区上亭南煤矿207工作面综合防治水技术[J].煤田地质与勘探,2019,47(S1):75-80.
- [4] 高万虎,程洪涛,位小辉,刘一文涛,朱浩浩,巴贵明.极复杂水文地质条件综放工作面防治水技术[J].煤炭科学技术,2020,48(S1):150-155.

作者简介:

冯晋伟(1983-),男,山西孝义人,2005年7月毕业于太原理工大学机电一体化专业,专科,地测防治水助理工程师,地测防治水科科长。

参考文献:

- [1] 石石,冉莉娜.基于概率法的油气储量不确定性分析[J].天然气勘探与开发,2011,34(1):18-21.
- [2] 谢寅符,陈和平,马中振,等.概率法油气储量评估及其与确定法的差异比较.石油实验地质,2014,36(1):117-122.
- [3] Purewal S, Ross J G, Rodriguez J M, et al. Guidelines for application of the petroleum resources management system [DB/OL]. [2007].
- [4] 孟繁莉,曹成润,牛继辉,等.中外油气资源评价方式差异的探讨[J].世界地质,2005,24(4):363-367.
- [5] 李洁梅,谭学群,许华明,等.概率法储量计算在CLFS项目中的应用[J].石油与天然气地质,2012,33(6):944-950.

作者简介:

张学敏,男,高级工程师,研究方向:油气藏精细描述和油气田开发评价。

局,实现矿产资源的可持续开发与利用。对于矿山开采过程中的越界开采、非法转让采矿权和探矿权等违法行为,矿产资源监管机构和基层执法部门必须及时进行清理和查处,建立依法有序的开采秩序。

4 结语

综上所述,电子信息技术的发展,主要是由于各领域对技术的需求所研制出来的,所以其研究过程中,不仅需要对技术进行进一步的创新与优化,还要重视相关专业的人才的培养,积极地学习先进的技术与知识,以此来推动电子信息工程技术的发展。

参考文献:

- [1] 王俊.电子信息技术在冶金矿山工程中的应用分析[J].经贸实践,2018(14):305-305.
- [2] 朱兆先,倪磊.测绘与地理信息新技术在矿山测量中的应用浅谈[J].世界有色金属,2018,506(14):50-51.
- [3] 魏诚,刘子栋,王永恩,etal.基于广义回归神经网络的金属矿山水害危险性预测[J].黄金,2017,38(7):63-66.
- [4] 谢振华,窦培谦.基于BP神经网络的矿山排土场滑坡预警模型[J].金属矿山,2017, V46(06):166-169.