



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111767647 A

(43) 申请公布日 2020.10.13

(21) 申请号 202010568844.1

(22) 申请日 2020.06.19

(71) 申请人 中国石油大学(华东)

地址 257061 山东省东营市北二路271号

(72) 发明人 马存飞 曾令鹏 詹远 杜争利

韩文中 蒲秀刚

(74) 专利代理机构 北京慕达星云知识产权代理

事务所(特殊普通合伙)

11465

代理人 符继超

(51) Int. Cl.

G06F 30/20 (2020.01)

G06F 17/18 (2006.01)

G01V 99/00 (2009.01)

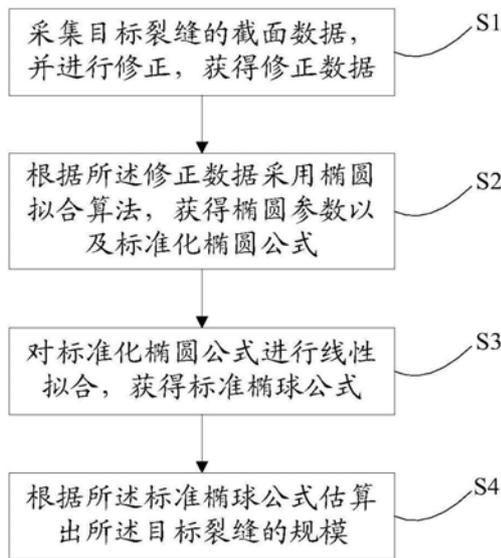
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种定量求取页岩中构造裂缝规模的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种定量求取页岩中构造裂缝规模的方法,基于岩心对裂缝进行实测,并修正相关的裂缝参数,然后结合椭圆拟合方法建立裂缝模型,在裂缝模型中预留参数变量,将待估计的单条裂缝的实际参数代入裂缝模型中,解析出单条裂缝规模。本发明以椭圆拟合为核心的裂缝建模方法在数据有限时能够在充分考虑裂缝的固有特点的前提下运用好数据,挖掘数据价值,实现裂缝规模的精确估算。



1. 一种定量求取页岩中构造裂缝规模的方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:采集目标裂缝的截面数据,并进行修正,获得修正数据;

步骤2:根据所述修正数据采用椭圆拟合算法,获得椭圆参数以及标准化椭圆公式;

步骤3:对标准化椭圆公式进行线性拟合,获得标准椭球公式;

步骤4:根据所述标准椭球公式估算出所述目标裂缝的规模。

2. 根据权利要求1所述的一种定量求取页岩中构造裂缝规模的方法,其特征在于,所述步骤1中采集的所述截面数据包括裂缝纵截面数据和裂缝横截面数据,数据类型包括长度和实测开度;

采用公式 $y=x*\sin\theta$ 修正所述实测开度, x 表示所述实测开度, y 表示修正后实测开度, θ 表示在裂缝横截面上度量的裂缝壁面与裂缝纵截面的夹角或在所述裂缝纵截面上度量的所述裂缝壁面与所述裂缝横截面的所述夹角。

3. 根据权利要求1所述的一种定量求取页岩中构造裂缝规模的方法,其特征在于,所述步骤2中采用的椭圆拟合算法为基于最小二乘法的椭圆拟合算法;得到的标准化椭圆公式包括纵截面标准化椭圆公式和横截面标准化椭圆公式,且表示的纵截面椭圆和横截面椭圆在空间内相互垂直。

4. 根据权利要求3所述的一种定量求取页岩中构造裂缝规模的方法,其特征在于,所述步骤3中对所述纵截面椭圆和横截面椭圆进行所述线性拟合,获得所述目标裂缝的椭球的由切椭球球心的纵截面短轴长度,从而得到所述椭球的标准椭球公式。

5. 根据权利要求1所述的一种定量求取页岩中构造裂缝规模的方法,其特征在于,所述步骤4中估算的所述目标裂缝规模的参数包括水平方向延伸长度和垂直方向延伸长度。

一种定量求取页岩中构造裂缝规模的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及构造裂缝研究技术领域,更具体的说是涉及一种定量求取页岩中构造裂缝规模的方法。

背景技术

[0002] 勘探开发中已经发现丰富的页岩油储量,页岩中的构造裂缝对页岩油运聚和渗流有重要影响,对于裂缝的空间预测,需要对裂缝的相关参数进行精确的定量表征,确定应力作用和裂缝类型的关系、找到裂缝发育起始位置和方位、测量裂缝开度、密度和长度等,最终综合数据进行裂缝发育的分析和预测。目前,储层裂缝的表征研究主要有三个方面:裂缝地质分析、裂缝测井分析和基于成因解析的裂缝建模和表征方法。

[0003] 目前对于裂缝的规模研究多集中于从宏观角度,借助测井、岩心等手段和资料对裂缝进行统计和描述,将某一区域的裂缝特征假设为概率上的平均分布,人为区域内的裂缝参数具有一致性或相对一致性,这样可以使数据简化而便于理解,使用少量数据即可表征整个区域内的裂缝发育情况,但是也造成了一些无法避免的问题:

[0004] (1) 由于进行取心或成像测井时所能选定的范围较小,不能完整的反映一条裂缝的完整形态,例如岩心柱上存在大量被截断的裂缝,而这些尺度较大的裂缝对油气的运移、聚集起着重要作用,但传统方法只能寄希望于偶然获得完整的裂缝来确定裂缝发育规模,不能充分利用岩心中残缺的裂缝。

[0005] (2) 由于缺少裂缝规模的合理估计而使裂缝发育规模和其他参数的相关性分析鲜有前人涉及。

[0006] 因此,如何实现对构造裂缝的精确规模预测是本领域技术人员亟需解决的问题。

发明内容

[0007] 有鉴于此,本发明提供了一种定量求取页岩中构造裂缝规模的方法,基于岩心对裂缝进行实测,并修正相关的裂缝参数,然后结合椭圆拟合方法建立裂缝模型,在裂缝模型中预留参数变量,将待估计的单条裂缝的实际参数代入裂缝模型中,解析出单条裂缝规模。本发明以椭圆拟合为核心的裂缝建模方法在数据有限时能够在充分考虑裂缝的固有特点的前提下运用好数据,挖掘数据价值,实现裂缝规模的精确估算。

[0008] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0009] 一种定量求取页岩中构造裂缝规模的方法,包括以下具体步骤:

[0010] 步骤1:采集目标裂缝的截面数据,并进行修正,获得修正数据;

[0011] 其中,采集的所述截面数据包括裂缝纵截面数据和裂缝横截面数据,数据类型包括长度和实测开度;采用公式 $y = x * \sin\theta$ 修正所述实测开度, x 表示所述实测开度, y 表示修正后实测开度, θ 表示在裂缝横截面上度量的裂缝壁面与裂缝纵截面的夹角或在所述裂缝纵截面上度量的所述裂缝壁面与所述裂缝横截面的所述夹角;

[0012] 步骤2:根据所述修正数据采用椭圆拟合算法,获得椭圆参数以及标准化椭圆公

式；

[0013] 其中,采用的椭圆拟合算法为基于最小二乘法的椭圆拟合算法;得到的标准化椭圆公式包括纵截面标准化椭圆公式和横截面标准化椭圆公式,且表示的纵截面椭圆和横截面椭圆在空间内相互垂直;

[0014] 步骤3:对所述纵截面椭圆和横截面椭圆进行所述线性拟合,获得所述目标裂缝的椭球的由切椭球球心的纵截面短轴长度,从而得到所述椭球的标准椭球公式;

[0015] 步骤4:根据所述标准椭球公式估算出所述目标裂缝的规模;估算的所述目标裂缝规模的参数包括水平方向延伸长度和垂直方向延伸长度。

[0016] 经由上述的技术方案可知,与现有技术相比,本发明公开提供了一种定量求取页岩中构造裂缝规模的方法,对单条裂缝发育规模建立数学预测方法,并基于该方法完善裂缝发育规模计算,通过数学方法解决有限条件下的裂缝规模计算,实现对裂缝更进一步的精确定量分析,解决裂缝研究中区域等效化、数据泛化等问题,最终实现对裂缝更精确的定量表征。

附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0018] 图1附图为本发明提供的定量求取页岩中构造裂缝规模的方法流程图;

[0019] 图2附图为本发明提供的目标裂缝的纵截面与横截面示意图;

[0020] 图3附图为本发明提供的目标裂缝立体示意图。

具体实施方式

[0021] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0022] 本发明实施例公开了一种定量求取页岩中构造裂缝规模的方法,包括以下具体步骤:

[0023] S1:采集目标裂缝的截面数据,并进行修正,获得修正数据;

[0024] 其中,采集的截面数据包括裂缝纵截面数据和裂缝横截面数据,数据类型包括长度和实测开度;采用公式 $y=x*\sin\theta$ 修正实测开度, x 表示实测开度, y 表示修正后实测开度, θ 表示在裂缝横截面上度量的裂缝壁面与裂缝纵截面的夹角或在裂缝纵截面上度量的裂缝壁面与所述裂缝横截面的所述夹角;

[0025] S2:根据长度和修正后实测开度采用椭圆拟合算法,获得椭圆参数以及标准化椭圆公式;

[0026] 其中,采用的椭圆拟合算法为基于最小二乘法的椭圆拟合算法;得到的标准化椭圆公式包括纵截面标准化椭圆公式和横截面标准化椭圆公式;

[0027] 将裂缝纵截面数据通过倾角修正过开度的修正后实测开度和长度采用椭圆拟合算法进行椭圆拟合,得出纵截面数据所反映的裂缝纵截面拟合椭圆参数,构造裂缝纵截面椭圆;

[0028] 将裂缝横截面数据通过倾角修正过开度的修正后实测开度和长度采用椭圆拟合算法进行椭圆拟合,得出横截面数据所反映的裂缝横截面拟合椭圆参数,构造裂缝横截面椭圆;裂缝纵截面椭圆与裂缝横截面椭圆存在空间相互垂直关系;

[0029] S3:对纵截面椭圆和横截面椭圆进行线性拟合,获得目标裂缝的椭球的由切椭球球心的纵截面短轴长度,从而得到椭球的标准椭球公式;

[0030] 将裂缝纵截面椭圆和裂缝横截面椭圆进行线性拟合计算,获得裂缝椭球的长轴和次长轴参数,短轴参数直接选择裂缝纵截面椭圆和裂缝横截面椭圆的短轴最大值或实测开度的最大值,根据长轴、次长轴和短轴参数获得椭球的标准椭球公式;

[0031] S4:根据标准椭球公式估算出目标裂缝的规模;估算的目标裂缝规模的参数包括水平方向延伸长度和垂直方向延伸长度。

[0032] 实施例

[0033] 定性、定量表征页岩中的构造裂缝各项参数,对单条裂缝发育规模建立数学预测方法,并基于该预测方法完善裂缝发育规模计算。具体为基于岩心对裂缝进行实测,并修正相关的裂缝参数,利用数学方法建立合适的裂缝模型,模型中预留参数变量。将单条裂缝的实际参数代入数学模型之中,解析出单条裂缝规模。其中,裂缝的完整形态可以近似看做一个椭球,具有长轴、次长轴和短轴,其中长轴指裂缝水平延伸,次长轴指裂缝垂向延伸,短轴指裂缝开度,长轴和次长轴之比通常在5-10之间,椭球的短轴长度远小于另外两轴。裂缝横截面椭圆的长轴和短轴分别为裂缝椭球的长轴和短轴,裂缝纵截面的长轴和短轴分别为裂缝椭球的次长轴和短轴。

[0034] 选取了GX井深度为3047.9m的一段页岩岩心中的一条高角度裂缝,裂缝空间位置如图2、图3所示。图1中2a为目标裂缝的纵截面,红色虚线为截面位置,黄色为裂缝;2b为目标裂缝横截面,是2a沿着红色虚线切的横截面;图3a为切割前岩心中的裂缝,3b为切割后岩心中的裂缝,图3中虚线为裂缝在截面上的形态,红色平面为切割面。为计算目标进行椭圆拟合:

[0035] S1:获得目标裂缝的截面数据,并进行修正,获得如下表1所示裂缝截面数据:

[0036] 表1裂缝的截面数据

裂缝纵截面				裂缝横截面			
长度 (mm)	L	实测开 度 x (mm)	修正值 y (y=x*sin25°)	长度 (mm)	L	实测开 度 x (mm)	修正值 y (y=x*sin35°)
	10	0.9	0.378		10	0.3	0.171
	20	1.26	0.529		20	0.3	0.171
	30	1.14	0.479		30	0.24	0.137
[0037]	40	1.1	0.462		40	0.2	0.114
	50	1	0.42		50	0.2	0.114
	60	0.9	0.378		60	0.1	0.057
	70	0.52	0.218		70	0.1	0.057
	80	0.5	0.21		80	0.1	0.057
	90	0.4	0.168		90	0.05	0.029
	100	0.3	0.126		100	0.05	0.029
	110	0.2	0.084		110	0.04	0.023

[0038] S2:将表1中的截面数据导入Matlab,使用基于最小二乘法的椭圆拟合算法,得到椭圆参数,标准化后的椭圆公式为:

$$[0039] \quad \text{纵截面: } \frac{x^2}{105.67^2} + \frac{y^2}{0.238^2} = 1 \quad (1)$$

$$[0040] \quad \text{横截面: } \frac{x^2}{99.8952^2} + \frac{y^2}{0.1340^2} = 1 \quad (2)$$

[0041] 根据上述裂缝横纵截面的位置关系,在平面上可以还原裂缝椭圆形态;

[0042] S3:已知大多数裂缝的长短轴之比大于5,故可以认为其长短轴端点之间具有近似线性关系,选择了线性拟合的方式,将椭圆的曲线看做直线进行拟合处理。将公式(1)和公式(2)表示的椭圆输入Matlab进行拟合求得拟合椭球,裂缝的拟合椭球长半轴、次长半轴和短半轴分别为a=528mm,b=105mm,c=0.26mm,标准椭球公式表达为:

$$[0043] \quad \frac{x^2}{528^2} + \frac{y^2}{105^2} + \frac{z^2}{0.26^2} = 1 \quad (3)$$

[0044] 即计算的目标裂缝的空间形态是一个长轴与次长轴之比约为5,厚度极小的长而扁的空间椭球体。由标准椭球公式可知裂缝水平方向延伸长度为1.056m,垂直方向延伸长度为0.21m,裂缝开度等于短轴即0.52mm。

[0045] 通过如上计算方法,能够较好的对单条裂缝规模进行直观的估计,且基于最小二乘法的裂缝椭圆拟合算法是一种相对保守的估算方法,故最终的裂缝规模预估结果是稍小于实际裂缝规模的,预计偏差值不超过20%,裂缝的长短轴之比不会受到最小二乘法椭圆拟合算法的影响。

[0046] 以椭圆拟合为核心的裂缝建模方法在数据有限的情况下能够在充分考虑裂缝的固有特点的前提下运用好数据,挖掘数据的价值。通过裂缝开度、长度和产状信息,对裂缝截面进行椭圆拟合,进而获得裂缝规模估算,本发明方法在通过岩心数据拓展裂缝规模信息以及进行裂缝发育因素综合分析时都具有重要的作用和应用价值。

[0047] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的装置而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0048] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

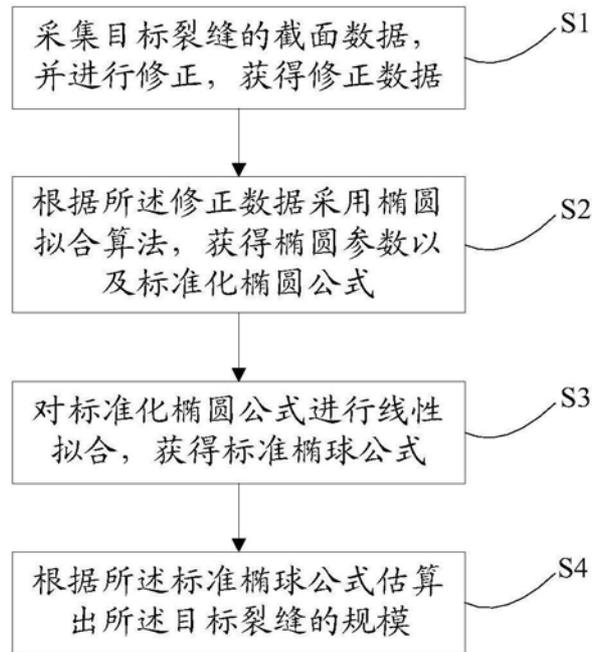


图1



图2

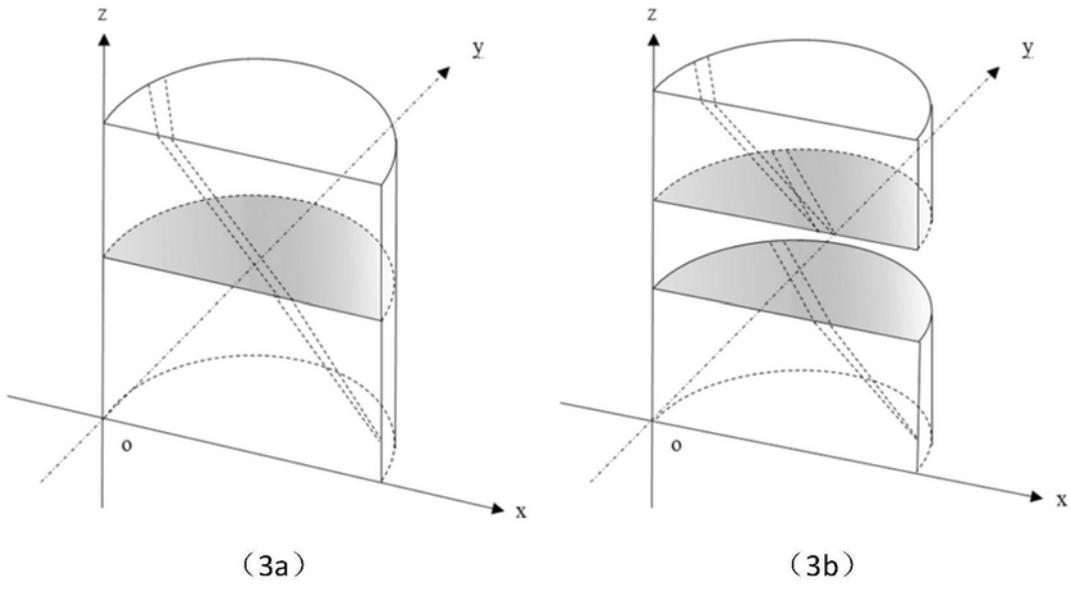


图3