



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117805902 B

(45) 授权公告日 2024.05.24

(21) 申请号 202410218676.1

CN 112859159 A, 2021.05.28

(22) 申请日 2024.02.28

CN 114428290 A, 2022.05.03

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 117111146 A, 2023.11.24

申请公布号 CN 117805902 A

CN 117169965 A, 2023.12.05

WO 2008005690 A2, 2008.01.10

(43) 申请公布日 2024.04.02

陈兴鹏; 李伟; 吴智平; 徐长贵; 任健. “伸展-走滑”复合作用下构造变形的物理模拟. 大地构造与成矿学. 2019, (第06期), 全文.

(73) 专利权人 山东石油化工学院

地址 257061 山东省东营市东营区北二路271号

聂冠军; 杨仕升; 张沛全; 李冰溯. 右江地区新生代走滑断裂活动特征及其构造意义. 大地构造与成矿学. 2019, (第06期), 全文.

(72) 发明人 陈兴鹏 董大伟 孙志峰 孔雪

郑亚东; 曾令森; 李健波; 欧阳志侠. 辽南中生代造山期缩短滑脱与晚造山伸展拆离构造. 地质科学. 2009, (第03期), 全文.

(74) 专利代理机构 北京云嘉湃富知识产权代理有限公司 11678

专利代理师 张亮

李理; 赵利; 董大伟. 斜滑断层的成因及其沉积响应——以渤海湾盆地济阳拗陷为例. 石油实验地质. 2018, (第02期), 全文. (续)

(51) Int. Cl.

G01V 1/30 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 108680952 A, 2018.10.19

CN 114838852 A, 2022.08.02

CN 115616663 A, 2023.01.17

CN 106569268 A, 2017.04.19

审查员 杨颖

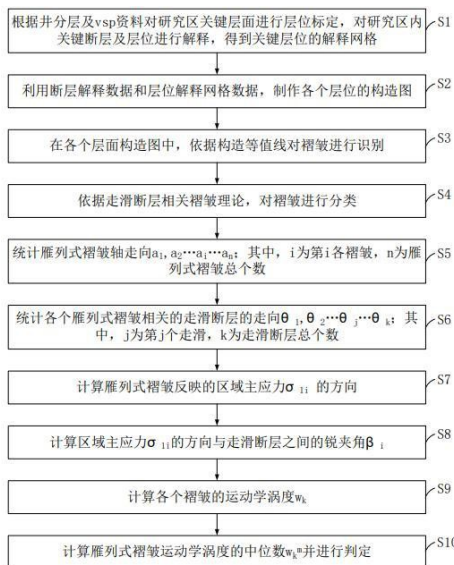
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法及系统

(57) 摘要

本发明属于石油地质勘探技术,公开了一种定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法及系统。该方法获取关键层位的解释网格;制作各个层位的构造图;依据构造等值线对褶皱进行识别;对褶皱进行分类;计算各个褶皱轴走向,及褶皱反映的区域主应力的方向;计算区域主应力的方向与走滑断层之间的锐夹角;计算各个褶皱的运动学涡度;选择雁列式褶皱,并计算雁列式褶皱运动学涡度的中位数;对雁列式褶皱运动学涡度中位数进行判定。本发明该方法操作简单,可对盆地的伸展和走滑作用的强弱关系进行定量表征,操作方便,适用范围广,为油田勘探领域盆地动力学分析提供借鉴。



CN 117805902 B

[接上页]

**(56) 对比文件**

刘露.渤海海域蓬莱25-31区块走滑-斜向伸展断裂变形机制对油气成藏控制作用研究.中国博士学位论文全文数据库 基础科学辑(月刊).2023,77-81.

郑亚东,王涛,张进江.运动学涡度的理论与

实践.地学前缘.2008,第15卷(第3期),209-220.

刘露.渤海海域蓬莱25-31区块走滑-斜向伸展断裂变形机制对油气成藏控制作用研究.中国博士学位论文全文数据库 基础科学辑(月刊).2023,77-81.

1. 一种定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法,其特征在于,该方法以断层及地层的解释为基础,对走滑断层的褶皱进行分析,通过计算运动学涡度,实现对扭张盆地伸展和走滑作用强弱关系的定量表征;具体包括以下步骤:

S1: 根据井分层及vsp资料对研究区关键层面进行层位标定,对研究区内关键断层及层位进行解释,得到关键层位的解释网格;

S2: 利用断层解释数据和层位解释网格数据,制作各个层位的构造图;

S3: 在各个层面构造图中,依据构造等值线对褶皱进行识别;

S4: 依据走滑断层相关褶皱理论,对褶皱进行分类;

S5: 统计雁列式褶皱轴走向 $a_1, a_2 \cdots a_i \cdots a_n$ ;其中,  $i$  为第  $i$  个褶皱,  $n$  为雁列式褶皱总个数;

S6: 统计各个雁列式褶皱相关的走滑断层的走向 $\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_j \cdots \theta_k$ ;其中,  $j$  为第  $j$  个走滑,  $k$  为走滑断层总个数;

S7: 计算雁列式褶皱反映的区域主应力 $\sigma_{1i}$ 的方向;

S8: 计算区域主应力 $\sigma_{1i}$ 的方向与走滑断层之间的锐夹角 $\beta_i$ ;

S9: 计算各个褶皱的运动学涡度 $\omega_k$ ;

S10: 计算雁列式褶皱运动学涡度的中位数 $\omega_k^m$ 并进行判定;

在步骤S7中,计算雁列式褶皱反映的区域主应力 $\sigma_{1i}$ 的方向的表达式为:

$$\sigma_{1i} = a_i + 90^\circ$$

式中, $\sigma_{1i}$ 为区域主应力, $a_i$ 为第  $i$  个褶皱轴走向;

如果 $\sigma_{1i} > 360^\circ$ ,则 $\sigma_{1i} = \sigma_{1i} - 360^\circ$ ,  $i$  为第  $i$  个褶皱;

在步骤S8中,计算区域主应力 $\sigma_{1i}$ 的方向与走滑断层之间的锐夹角 $\beta_i$ 的表达式为:

$$\beta_i = |\theta_j - \sigma_{1i}|$$

式中, $\beta_i$ 为区域主应力 $\sigma_{1i}$ 的方向与走滑断层之间的锐夹角, $\theta_j$ 为第  $j$  个走滑断层的走向, $\sigma_{1i}$ 为区域主应力;

如果 $\beta_i > 180^\circ$ ,则 $\beta_i = \beta_i - 180^\circ$ ;

在步骤S9中,计算各个褶皱的运动学涡度 $\omega_k$ 的公式为:

$$\omega_k = \sin(2 \times \beta)$$

式中, $\beta$ 为区域主应力 $\sigma_{1i}$ 的方向与走滑断层之间的锐夹角;

如果  $0 < \omega_k^m < 0.57$ , 则该研究区属于伸展强于走滑型的盆地; 如果  $0.57 < \omega_k^m < 0.82$ , 则该研究区属于伸展-走滑相近型的盆地; 如果  $0.82 < \omega_k^m < 1$ , 则该研究区属于走滑强于伸展型的盆地。

2. 根据权利要求1所述的定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法,其特征在于,在步骤S3中,所述依据构造等值线对褶皱进行识别包括:在地震剖面上地层有明显的弯曲变形,且在某层位的构造图上构造高点线性排列,该构造高点的连线称之为褶皱轴,将识别出的褶皱命名为A褶皱、B褶皱、……、Z褶皱。

3. 根据权利要求1所述的定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法,其特征在于,在步骤S4中,所述对褶皱进行分类包括:增压弯曲褶皱、增压叠覆褶皱、滚动背斜、雁列式褶皱、横向褶皱;

所述增压弯曲褶皱和滚动背斜褶皱轴向与走滑断层走向的夹角为 $0^\circ \sim 10^\circ$ ,横向褶皱

轴与走滑断层走向夹角为 $70^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ，增压叠覆褶皱和雁列式褶皱轴走向与走滑断层走向的夹角介于 $10^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 。

4. 根据权利要求1所述的定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法,其特征在于,在步骤S10中,所述计算雁列式褶皱运动学涡度的中位数 $\omega_k^m$ 包括:对 $\omega_{ki}$ 从小到大排列,如果n为奇数,则第 $(n+1)/2$ 个数为 $\omega_k^m$ ,如果n为偶数,则取第 $n/2+1$ 和 $n/2-1$ 的平均值作为 $\omega_k^m$ ;其中,n为统计的褶皱运动学涡度的个数。

5. 一种定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的系统,其特征在于,该系统实施权利要求1-4任意一项所述定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法,该系统包括:

关键层位的解释网格获取模块(1),用于根据井分层及vsp资料对研究区关键层面进行层位标定,对研究区内关键断层及层位进行解释,得到关键层位的解释网格;

各个层位构造图制作模块(2),用于利用断层解释数据和层位解释网格数据,制作各个层位的构造图;

褶皱识别模块(3),用于在各个层面构造图中,依据构造等值线对褶皱进行识别;

褶皱分类模块(4),用于依据走滑断层相关褶皱理论,对褶皱进行分类;

褶皱轴走向和区域主应力方向计算模块(5),用于计算各个褶皱轴走向,及褶皱反映的区域主应力的方向;

区域主应力方向与走滑断层夹角计算模块(6),用于计算区域主应力的方向与走滑断层之间的锐夹角;

运动学涡度计算模块(7),用于计算各个褶皱的运动学涡度;

中位数计算模块(8),用于选择雁列式褶皱,并计算雁列式褶皱运动学涡度的中位数;

中位数判定模块(9),用于对雁列式褶皱运动学涡度中位数进行判定。

6. 根据权利要求5所述的定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的系统,其特征在于,该系统搭载计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时可实现所述的定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法。

## 一种定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于石油地质勘探技术领域,尤其涉及一种定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法及系统。

### 背景技术

[0002] 沉积盆地是在区域构造作用下在上地壳形成的具有相同或相似发育特征(包括沉积特征、应力环境、发育时间和过程)的统一的沉降单元。现今的油气勘探理论已普遍接受沉积盆地是油气的生成、运移、聚集和成藏的主要场所。已盆地形成演化的动力机制而言,前人认为形成盆地的区域动力学背景主要可以分为伸展域、剪切(走滑)域和挤压域。随着油气勘探的深入,人们发现现今的含油的含油气盆地往往并非单一动力学背景的盆地,往往受多种动力学机制的共同作用。为此,有学者提出了叠合盆地的概念,是指经历了多期构造变革,由多个在单一地球动力学系统下或单旋回构造阶段所产生的单型盆地,经过多方位叠加复合而形成的,具有复杂结构的盆地。油气勘探实践表明,除了这种时间上的叠加,还存在同一构造作用阶段多种构造作用同时控制的盆地,例如我国东部的渤海湾盆地受伸展和走滑作用的共同控制,发育伸展、走滑等多种复杂的构造变形。就走滑构造变形而言,物理模拟实验和数值模拟实验揭示,在里德尔剪切模式下,走滑断层经历了R剪切、P剪切、Y剪切到主走滑位移带(PDZ)的片段连接过程,此外在走滑断层演化过程中还发育T破裂断层、褶皱等构造变形。由于早期的R剪切、P剪切和Y剪切断层片段的走向存在明显的差异,必然导致了最终主走滑位移带并非绝对的平直,往往出现弯曲和叠覆。主走滑断层的弯曲和叠覆导致在主走滑断层走滑过程中局部地块发生离散和汇聚,形成局部的伸展或挤压应力场,形成伸展正断层或褶皱等复杂的走滑派生构造。上述的构造变形的复杂往往使得盆地动力学背景的判定更加困难,制约了盆地内断层性质、断层解释、断层组合关系等地质信息分析工作,进一步制约了含油气盆地构造演化、盆地沉积充填、砂体展布、断层封闭性评价、油气运聚过程等油气地质勘探的实践,大大降低了油气勘探的成功率。

[0003] 以往的油气勘探实践中,往往通过断裂的组合关系来判定含油气盆地形成的动力学背景,进而分析盆地伸展和走滑作用的强弱关系,然而该方法只能定性的进行主观的判断。此外前人还尝试利用断层的走向去判定局部地区主应力方向,进而分析伸展和走滑强弱关系。然而由于走滑断层演化过程较为复杂,在其演化过程中会发育多个走向的断层,因此在实践勘探过程中很难去判识不同走向断层属于哪一个构造域(伸展或走滑),进而导致了降低了计算准确性。

[0004] 通过上述分析,现有技术存在的问题及缺陷为:现有技术对盆地的伸展和走滑作用的强弱关系进行定量表征获取的信息精度低,而且现有技术操作繁琐,适用范围窄。

### 发明内容

[0005] 为克服相关技术中存在的问题,本发明公开实施例提供了一种定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法及系统,具体涉及一种定量表征扭张型盆地伸展和走滑作用强

弱关系的方法。

[0006] 所述技术方案如下:定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法,以断层及地层的解释为基础,对走滑断层的褶皱进行分析,通过计算运动学涡度,实现对扭张盆地伸展和走滑作用强弱关系的定量表征;具体包括以下步骤:

[0007] S1:根据井分层及vsp资料对研究区关键层面进行层位标定,对研究区内关键断层及层位进行解释,得到关键层位的解释网格;

[0008] S2:利用断层解释数据和层位解释网格数据,制作各个层位的构造图;

[0009] S3:在各个层面构造图中,依据构造等值线对褶皱进行识别;

[0010] S4:依据走滑断层相关褶皱理论,对褶皱进行分类;

[0011] S5:统计雁列式褶皱轴走向 $a_1, a_2 \cdots a_i \cdots a_n$ ;其中,  $i$  为第  $i$  个褶皱,  $n$  为雁列式褶皱总个数;

[0012] S6:统计各个雁列式褶皱相关的走滑断层的走向 $\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_j \cdots \theta_k$ ;其中,  $j$  为第  $j$  个走滑,  $k$  为走滑断层总个数;

[0013] S7:计算雁列式褶皱反映的区域主应力 $\sigma_{1i}$ 的方向;

[0014] S8:计算区域主应力 $\sigma_{1i}$ 的方向与走滑断层之间的锐夹角 $\beta_i$ ;

[0015] S9:计算各个褶皱的运动学涡度 $\omega_k$ ;

[0016] S10:计算雁列式褶皱运动学涡度的中位数 $\omega_k^m$ 并进行判定。

[0017] 在步骤S3中,所述依据构造等值线对褶皱进行识别包括:在地震剖面上地层有明显的弯曲变形,且在某层位的构造图上构造高点线性排列,该构造高点的连线称之为褶皱轴,将识别出的褶皱命名为A褶皱、B褶皱、……、Z褶皱。

[0018] 在步骤S4中,所述对褶皱进行分类包括:增压弯曲褶皱、增压叠覆褶皱、滚动背斜、雁列式褶皱、横向褶皱;

[0019] 所述增压弯曲褶皱和滚动背斜褶皱轴向与走滑断层走向的夹角为 $0^\circ \sim 10^\circ$ ,横向褶皱轴与走滑断层走向夹角为 $70^\circ \sim 90^\circ$ ,增压叠覆褶皱和雁列式褶皱轴走向与走滑断层走向的夹角介于 $10^\circ \sim 70^\circ$ 。

[0020] 在步骤S7中,计算雁列式褶皱反映的区域主应力 $\sigma_{1i}$ 的方向的表达式为:

$$[0021] \quad \sigma_{1i} = a_i + 90^\circ$$

[0022] 式中, $\sigma_{1i}$ 为区域主应力, $a_i$ 为第  $i$  个褶皱轴走向;

[0023] 如果 $\sigma_{1i} > 360^\circ$ ,则 $\sigma_{1i} = \sigma_{1i} - 360^\circ$ ,  $i$  为第  $i$  个褶皱。

[0024] 在步骤S8中,计算区域主应力 $\sigma_{1i}$ 的方向与走滑断层之间的锐夹角 $\beta_i$ 的表达式为:

$$[0025] \quad \beta_i = |\theta_j - \sigma_{1i}|$$

[0026] 式中, $\beta_i$ 为区域主应力 $\sigma_{1i}$ 的方向与走滑断层之间的锐夹角, $\theta_j$ 为第  $j$  个走滑断层的走向, $\sigma_{1i}$ 为区域主应力;

[0027] 在步骤S9中,计算各个褶皱的运动学涡度 $\omega_k$ 的公式为:

$$[0028] \quad \omega_k = \sin(2 \times \beta)$$

[0029] 式中, $\beta$ 为区域主应力 $\sigma_1$ 的方向与走滑断层之间的锐夹角。

[0030] 在步骤S10中,所述计算雁列式褶皱运动学涡度的中位数 $\omega_k^m$ 包括:对 $\omega_{ki}$ 从小到大

大排列,如果n为奇数,则第 $(n+1)/2$ 个数为 $\omega_k^m$ ,如果n为偶数,则取第 $n/2+1$ 和 $n/2-1$ 的平均值作为 $\omega_k^m$ ;其中,n为统计的褶皱运动学涡度的个数。

[0031] 进一步,如果: $0 < \omega_k^m < 0.57$ ,则该研究区属于伸展强于走滑型的盆地;如果 $0.57 < \omega_k^m < 0.82$ ,则该研究区属于伸展-走滑相近型的盆地;如果 $0.82 < \omega_k^m < 1$ ,则该研究区属于走滑强于伸展型的盆地。

[0032] 本发明的另一目的在于提供一种定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的系统,该系统实施所述定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法,该系统包括:

[0033] 关键层位的解释网格获取模块,用于根据井分层及vsp资料对研究区关键层面进行层位标定,对研究区内关键断层及层位进行解释,得到关键层位的解释网格;

[0034] 各个层位构造图制作模块,用于利用断层解释数据和层位解释网格数据,制作各个层位的构造图;

[0035] 褶皱识别模块,用于在各个层面构造图中,依据构造等值线对褶皱进行识别;

[0036] 褶皱分类模块,用于依据走滑断层相关褶皱理论,对褶皱进行分类;

[0037] 褶皱轴走向和区域主应力方向计算模块,用于计算各个褶皱轴走向,及褶皱反映的区域主应力的方向;

[0038] 区域主应力方向与走滑断层夹角计算模块,用于计算区域主应力的方向与走滑断层之间的锐夹角;

[0039] 运动学涡度计算模块,用于计算各个褶皱的运动学涡度;

[0040] 中位数计算模块,用于选择雁列式褶皱,并计算雁列式褶皱运动学涡度的中位数;

[0041] 中位数判定模块,用于对雁列式褶皱运动学涡度中位数进行判定。

[0042] 进一步,该系统搭载计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时可实现所述定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法。

[0043] 结合上述的所有技术方案,本发明所具备的有益效果为:本发明以断层及地层的解释为基础,对走滑断层的相关褶皱进行分析,通过计算运动学涡度,实现对扭张盆地伸展和走滑作用强弱关系的定量表征。该方法操作简单,可对盆地的伸展和走滑作用的强弱关系进行定量表征,操作方便,适用范围广,为油田勘探领域盆地动力学分析提供借鉴。

## 附图说明

[0044] 此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分,示出了符合本公开的实施例,并与说明书一起用于解释本公开的原理;

[0045] 图1是本发明实施例提供的定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法流程图;

[0046] 图2是本发明实施例提供的定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的系统示意图;

[0047] 图中:1、关键层位的解释网格获取模块;2、各个层位构造图制作模块;3、褶皱识别模块;4、褶皱分类模块;5、褶皱轴走向和区域主应力方向计算模块;6、区域主应力方向与走滑断层夹角计算模块;7、运动学涡度计算模块;8、中位数计算模块;9、中位数判定模块。

## 具体实施方式

[0048] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明。但是本发明能够以很多不同于在此描述的方式来实施,本领域技术人员可以在不违背本发明内涵的情况下做类似改进,因此本发明不受下面公开的具体实施的限制。

[0049] 本发明实施例提供的定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法及系统创新点在于:本发明通过对走滑相关褶皱的类型进行划分,选择褶皱轴向与走滑断层走向斜交的雁列式褶皱,通过该类型褶皱所反映的局部地区最大主应力的方向,进而计算运动学涡度,最终实现对盆地伸展和走滑作用强弱关系的定量表征。

[0050] 实施例1,如图1所示,本发明实施例提供的定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法包括以下步骤:

[0051] S1:根据井分层及vsp资料对研究区关键层面进行层位标定,对研究区内关键断层及层位进行解释,得到关键层位的解释网格;

[0052] S2:利用断层解释数据和层位解释网格数据,制作各个层位的构造图;

[0053] S3:在各个层面构造图中,依据构造等值线对褶皱进行识别;

[0054] 具体的,在地震剖面上地层有明显的弯曲变形,且在某层位的构造图上构造高点线性排列,该构造高点的连线称之为褶皱轴,将识别出的褶皱命名为A褶皱、B褶皱、……、Z褶皱;

[0055] S4:依据走滑断层相关褶皱理论,对褶皱进行分类;

[0056] 示例性的,其中增压弯曲褶皱和滚动背斜褶皱轴向与走滑断层走向的夹角为 $0^{\circ}$ - $10^{\circ}$ ,横向褶皱轴与走滑断层走向夹角为 $70^{\circ}$ - $90^{\circ}$ ,而增压叠覆褶皱和雁列式褶皱轴走向与走滑断层走向的夹角介于 $10^{\circ}$ - $70^{\circ}$ ;

[0057] S5:统计雁列式褶皱轴走向 $a_1, a_2 \cdots a_i \cdots a_n$ ;其中,  $i$ 为第 $i$ 个褶皱,  $n$ 为雁列式褶皱总个数;

[0058] S6:统计各个雁列式褶皱相关的走滑断层的走向 $\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_j \cdots \theta_k$ ;其中,  $j$ 为第 $j$ 个走滑,  $k$ 为走滑断层总个数;

[0059] S7:计算雁列式褶皱反映的区域主应力 $\sigma_{1i}$ 的方向;

[0060] S8:计算区域主应力 $\sigma_{1i}$ 的方向与走滑断层之间的锐夹角 $\beta_i$ ;

[0061] S9:计算各个褶皱的运动学涡度 $\omega_k$ ;

[0062] S10:计算雁列式褶皱运动学涡度的中位数 $\omega_k^m$ 并进行判定。

[0063] 所述计算雁列式褶皱运动学涡度的中位数 $\omega_k^m$ 包括:对 $\omega_{ki}$ 从小到大排列,如果 $n$ 为奇数,则第 $(n+1)/2$ 个数为 $\omega_k^m$ ,如果 $n$ 为偶数,则取第 $n/2+1$ 和 $n/2-1$ 的平均值作为 $\omega_k^m$ ;其中,  $n$ 为统计的褶皱运动学涡度的个数。

[0064] 如果 $0 < \omega_k^m < 0.57$ ,则该研究区属于伸展强于走滑型的盆地;如果 $0.57 < \omega_k^m < 0.82$ ,则该研究区属于伸展-走滑相近型的盆地;如果 $0.82 < \omega_k^m < 1$ ,则该研究区属于走滑强于伸展型的盆地。

[0065] 在本发明实施例步骤S9中,计算各个褶皱的运动学涡度 $\omega_k$ 的公式为:



[0066]  $\omega_k = \sin(2 \times \beta)$

[0067] 式中,  $\beta$  为区域主应力  $\sigma_1$  的方向与走滑断层之间的锐夹角。

[0068] 可以理解, 以前主要通过断层来反映伸展和走滑作用的相对强弱, 而且传统的方法多是通过构造样式类型来定性的分析。之前没有通过利用褶皱进而计算运动学涡度的方式来定量表征伸展和走滑作用强弱的方法。该方法可以定量的分析盆地形成的动力学背景, 进而为含油气盆地的断层解释、油气勘探井位部署等工作提供指导。

[0069] 通过上述实施例可知, 本发明的技术方案可以在国内的油气勘探领域广泛使用, 特别是我国东部的伸展-走滑复合型盆地内具有较高的应用价值, 该技术方案应用后, 对盆地的动力学机制和盆地性质具有更为准确和精细的表征, 进一步为盆地内断层解释、断层性质分析、断层封闭性评价等油气勘探的重要基础工作提供思路和指导, 有效的提高油气勘探成功率。

[0070] 对于盆地性质及其动力学, 前人往往依据盆地的结构、构造变形特征等对其进行定性的评价, 进而制约了盆地内断层解释、断层性质分析、断层封堵性评价、盆地沉积充填过程等工作的进一步细致的分析工作。本发明首次利用走滑断层的相关褶皱, 在对褶皱类型进行划分的基础上, 选取雁列式褶皱, 分析局部的最大主应力, 进而计算运动学涡度, 定量表征盆地伸展和走滑作用的相对强弱关系, 实现了盆地动力学背景的定量分析, 填补了技术空白。

[0071] 盆地性质和动力学背景的分析是含油气盆地油气勘探的重要基础工作, 随着油气勘探实践的深入, 越来越多的学者认识到现今的盆地往往并非单一动力背景的盆地, 受控于伸展、挤压、走滑等多种性质动力的共同作用。就我国东部某盆地而言, 其在新生代受伸展和走滑作用的共同控制已被普遍认可, 但是其伸展和走滑的相对强弱关系如何一直没有好的解决方式, 特别是定量的表征的方法一直缺失, 进而制约了该盆地走滑相关油气藏的勘探工作和思路。本发明专利很好的解决了这一技术难题, 对该盆地的盆地性质和动力学背景有了更为准确、清晰的地质认识, 为油气勘探提供指导。

[0072] 在以往的研究中, 特别是东部某盆地中, 断层被认为是最为重要的地质数据, 往往忽视了褶皱在扭张盆地地质分析中的作用。本发明专利技术中发现褶皱比断层具有更为准确的表征局部地区最大主应力的优势, 进而可以准确地、定量地表征伸展和走滑作用的相对强弱关系。

[0073] 实施例2, 作为本发明的另一种实施方式, 以某海湾盆地某湾坳陷为例。本发明实施例提供的定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法包括:

[0074] S101: 根据井分层及vsp资料对某湾凹陷T5、T3、T3<sup>m</sup>、T3<sup>u</sup>进行层位标定和层位解释, 并对某湾坳陷中部1号断层、某湾坳陷东部1号断层和中央走滑断层、某区大21断层进行了解释;

[0075] S102: 利用断层解释数据和层位解释网格数据, 制作了T5、T3、T3<sup>m</sup>、T3<sup>u</sup>层面的构造图;

[0076] S103: 在各个层面构造图中, 依据构造等值线对褶皱进行识别, 并以此命名为A褶皱、B褶皱、……、S褶皱;

[0077] S104: 依据走滑断层相关褶皱理论, 对褶皱进行分类, 包括增压弯曲褶皱、增压叠覆褶皱、滚动背斜、雁列式褶皱、横向褶皱, 结果见表1;

[0078] S105:统计雁列式褶皱轴走向 $a_1, a_2 \cdots a_i \cdots a_n$ ;其中,  $i$ 为第 $i$ 个褶皱,  $n$ 为雁列式褶皱总个数, 计算结果见表1;

[0079] S106:统计与各个雁列式褶皱相关的走滑断层的走向 $\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_j \cdots \theta_k$ ;其中,  $j$ 为第 $j$ 个走滑,  $k$ 为走滑断层总个数;

[0080] S107:计算雁列式褶皱反映的区域主应力 $\sigma_{1i}$ 的方向, 表达式为:

$$[0081] \quad \sigma_{1i} = a_i + 90^\circ$$

[0082] 式中,  $\sigma_{1i}$ 为区域主应力,  $a_i$ 为第 $i$ 个褶皱轴走向;如果 $\sigma_{1i} > 360^\circ$ , 则 $\sigma_{1i} = \sigma_{1i} - 360^\circ$ ,  $i$ 为第 $i$ 个褶皱, 统计结果见表1;

[0083] S108:计算区域主应力 $\sigma_{1i}$ 的方向与走滑断层之间的锐夹角 $\beta_i$ , 表达式为:

$$[0084] \quad \beta_i = |\theta_j - \sigma_{1i}|$$

[0085] 式中,  $\beta_i$ 为区域主应力 $\sigma_{1i}$ 的方向与走滑断层之间的锐夹角,  $\theta_j$ 为第 $j$ 个走滑断层的走向,  $\sigma_{1i}$ 为区域主应力;

[0086] 如果 $\beta_i > 180^\circ$ , 则 $\beta_i = \beta_i - 180^\circ$ , 计算结果见表1;

[0087] S109:计算各个褶皱的运动学涡度 $\omega_k$ , 结果见表1;

[0088] S110:计算雁列式褶皱运动学涡度的中位数 $\omega_k^m$ , 将 $\omega_k^m$ 从小到大依次排列, 分别为0.62、0.69、0.71、0.77、0.81、0.86、0.87、0.88、0.88、0.97, 其中 $n$ 为10, 则 $\omega_k^m = (0.81 + 0.86)/2 = 0.835$ ;

[0089] S111:对雁列式褶皱运动学涡度中位数进行判定,  $0.82 < \omega_k^m = 0.835 < 1$ , 则该研究区属于走滑强于伸展型的盆地, 判定结果表明辽东湾坳陷属于走滑强于伸展型的盆地。

[0090] 表1

[0091]

名称	褶皱类型	$\alpha/^\circ$	$\sigma_1/^\circ$	$\theta/^\circ$	$\beta/^\circ$	$w_k$
A褶皱	滚动背斜	30.5	120.5	30.5	90	0.00
B褶皱	雁列褶皱	8.8	98.8	30.5	68.3	0.69
C褶皱	雁列褶皱	5.8	95.8	30.5	59.4	0.88
D褶皱	滚动背斜	36.4	126.4	36.4	90	0.00
E褶皱	雁列褶皱	11	101	36.4	67.4	0.71
F褶皱	雁列褶皱	24.1	114.1	33.6	64.7	0.77
G褶皱	雁列褶皱	29.4	119.4	49.4	62.8	0.81
H褶皱	雁列褶皱	12.8	102.8	56.6	59.8	0.87
J褶皱	增压弯曲褶皱	27.8	117.8	43	90	0.00
K褶皱	增压弯曲褶皱	27.8	117.8	27.8	90	0.00
L褶皱	滚动背斜	23.7	113.7	27.8	90	0.00
M褶皱	横向褶皱	330.1	60.1	23.7	4.1	0.14
N褶皱	雁列褶皱	20	110	56	60.1	0.86
O褶皱	雁列褶皱	355.2	85.2	49.9	71	0.62
P褶皱	增压弯曲褶皱	12.2	102.2	14.2	90	0.00
Q褶皱	雁列褶皱	3.2	93.2	12.2	59.16	0.88

R褶皱	雁列褶皱	355.1	85.1	34.04	51.8	0.97
S褶皱	增压弯曲褶皱	23.3	113.3	33.3	90	0.00

[0092] 本发明的实施例确定了某湾坳陷属于走滑强于伸展型型的盆地。

[0093] 实施例3,如图2所示,本发明实施例提供一种定量表征盆地伸展和走滑作用强弱关系的系统,包括:

[0094] 关键层位的解释网格获取模块1,用于根据井分层及vsp资料对研究区关键层面进行层位标定,对研究区内关键断层及层位进行解释,得到关键层位的解释网格;

[0095] 各个层位构造图制作模块2,用于利用断层解释数据和层位解释网格数据,制作各个层位的构造图;

[0096] 褶皱识别模块3,用于在各个层面构造图中,依据构造等值线对褶皱进行识别;

[0097] 褶皱分类模块4,用于依据走滑断层相关褶皱理论,对褶皱进行分类;

[0098] 褶皱轴走向和区域主应力方向计算模块5,用于计算各个褶皱轴走向,及褶皱反映的区域主应力的方向;

[0099] 区域主应力方向与走滑断层夹角计算模块6,用于计算区域主应力的方向与走滑断层之间的锐夹角;

[0100] 运动学涡度计算模块7,用于计算各个褶皱的运动学涡度;

[0101] 中位数计算模块8,用于选择雁列式褶皱,并计算雁列式褶皱运动学涡度的中位数;

[0102] 中位数判定模块9,用于对雁列式褶皱运动学涡度中位数进行判定。

[0103] 在上述实施例中,对各个实施例的描述都各有侧重,某个实施例中未详述或记载的部分,可以参见其它实施例的相关描述。

[0104] 上述装置/单元之间的信息交互、执行过程等内容,由于与本发明方法实施例基于同一构思,其具体功能及带来的技术效果,具体可参见方法实施例部分,此处不再赘述。

[0105] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为了描述的方便和简洁,仅以上述各功能单元、模块的划分进行举例说明,实际应用中,可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能单元、模块完成,即将所述装置的内部结构划分成不同的功能单元或模块,以完成以上描述的全部或者部分功能。实施例中的各功能单元、模块可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中,上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。另外,各功能单元、模块的具体名称也只是为了便于相互区分,并不用于限制本发明的保护范围。上述系统中单元、模块的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程。

[0106] 所述集成的单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本申请实现上述实施例方法中的全部或部分流程,可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中,该计算机程序在被处理器执行时,可实现上述各个方法实施例的步骤。其中,所述计算机程序包括计算机程序代码,所述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机可读介质至少可以包括:能够将计算机程序代码携带到拍照装置/终端设备的任何实体或装置、记录介质、计算机存储器、只读存储器(Read-Only Memory,ROM)、随机存取存储器(Random Access

Memory, RAM)、电载波信号、电信信号以及软件分发介质。例如U盘、移动硬盘、磁碟或者光盘等。

[0107] 为进一步说明本发明实施例相关效果,进行如下实验:砂箱实验已被证实是分析构造演化过程和构造变形成因机制的一种有效手段。针对本发明专利的技术方案,设计如下实验可对该技术方案的可行性和准确性进行进一步的验证。针对长方形的砂箱,施加伸展作用和走滑作用不同强弱关系的动力,观察和描述砂箱内部褶皱构造变形,并对褶皱的轴向进行类型划分,统计雁列式褶皱轴向与砂箱中形成的走滑断层的走向的夹角,计算运动学涡度,进而可以验证通过运动学涡度表征的伸展和走滑作用的相对强弱关系和实验开始时施加的伸展和走滑的动力强弱关系是否一致或符合。

[0108] 本发明中,实例采用某湾盆地某湾坳陷,本发明的实施例确定了某湾坳陷属于走滑强于伸展型的盆地。定量表征扭张型盆地伸展和走滑作用强弱关系的方法,以断层及地层的解释为基础,对走滑断层的相关褶皱进行分析,通过计算运动学涡度,实现对扭张盆地伸展和走滑作用强弱关系的定量表征。该方法操作简单,可对盆地的伸展和走滑作用的强弱关系进行定量表征,操作方便,适用范围广,为油田勘探领域盆地动力学分析提供借鉴。

[0109] 以上所述,仅为本发明较优的具体的实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

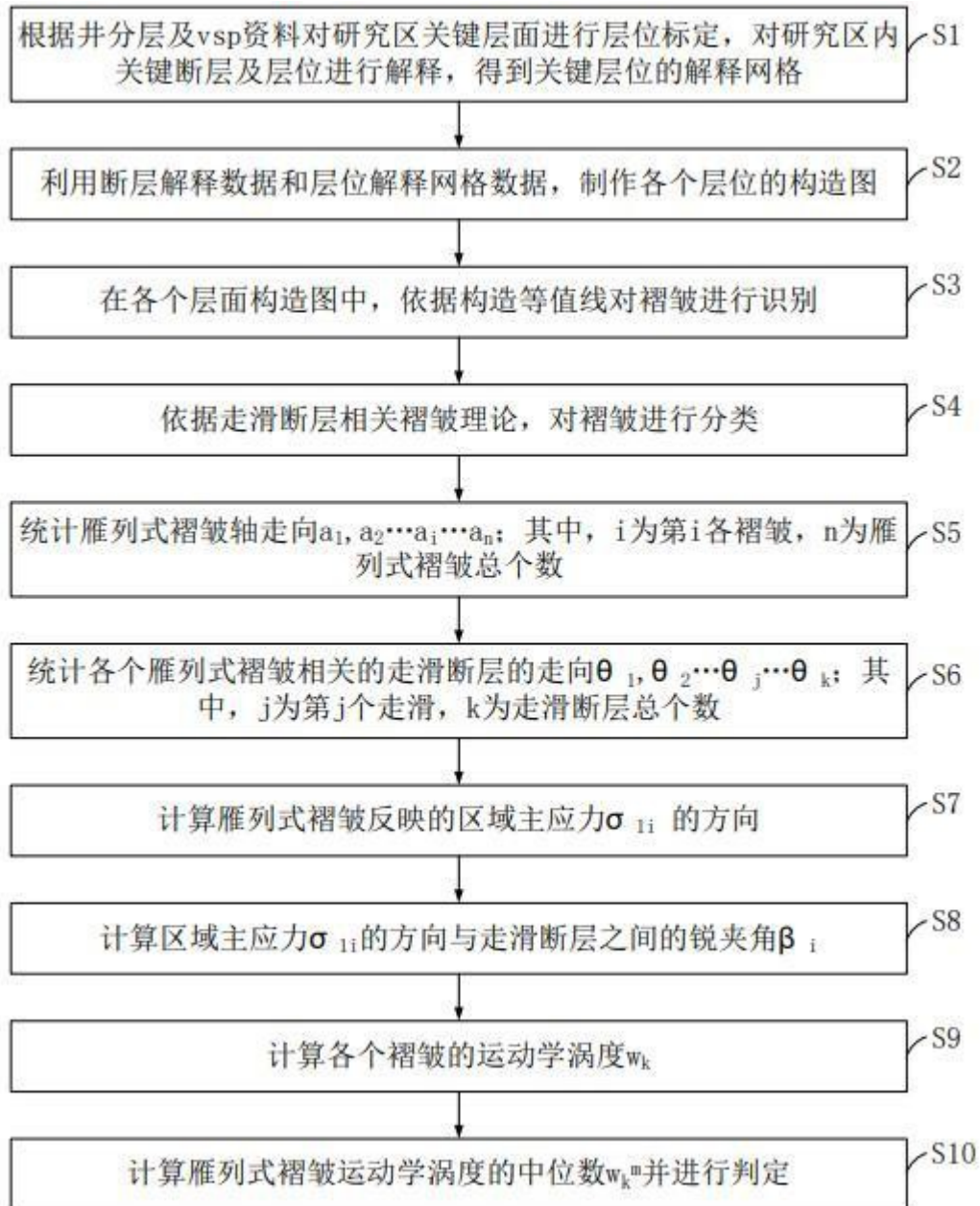


图 1



图 2