



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104200529 A

(43) 申请公布日 2014. 12. 10

(21) 申请号 201410394581. 1

(22) 申请日 2014. 08. 12

(71) 申请人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新区(西区)西  
源大道 2006 号

(72) 发明人 姚兴苗 邓博文 胡光岷

(74) 专利代理机构 成都宏顺专利代理事务所  
(普通合伙) 51227

代理人 周永宏

(51) Int. Cl.

G06T 17/30(2006. 01)

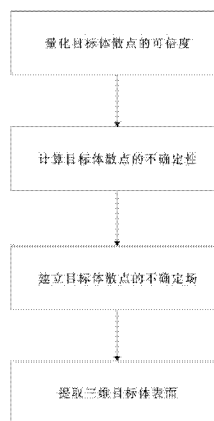
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

### (54) 发明名称

基于不确定性的三维目标体表面重构方法

### (57) 摘要

本发明公开了一种基于不确定性的三维目标体表面重构方法。其包括以下步骤:量化目标体散点的可信度、计算目标体散点的不确定场、建立目标体散点的不确定场和提取三维目标体表面。本发明的有益效果是:提出了一种新的对三维图像中目标体提取和可视化的方法,能更好地避免原始数据对追踪结果的影响,具有良好的适应性。



1. 一种基于不确定性的三维目标体表面重构方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1. 采用正态概率密度分布函数对目标体散点的可信度进行量化,将目标体散点的可信度  $u_i$  表示为:

$$u_i = \sum_{k=0}^n f(\sigma_{ik}, x, y, z),$$

其中,  $x, y, z$  分别表示正态概率密度分布函数所在坐标系坐标,  $n$  表示目标体散点  $k$  及其周围的总点数,  $\sigma_{ik}$  表示点  $k$  的第  $i$  种正态分布的方差;

S2. 利用区域生长策略分析法、空间密度分析法和属性相似度分析法计算目标体散点的不确定性;

S3. 利用 D-S 证据理论改进方法对 S2 中得到的目标体散点的不确定性进行融合,建立目标体散点的三维不确定性场,具体包括以下步骤:

S31. 收集种子点追踪判定方法、空间分布分析判定方法和属性相似度分析判断方法的证据源,分别设为:

$$M_1 = (u_1, 1-u_1)$$

$$M_2 = (u_2, 1-u_2),$$

$$M_3 = (u_3, 1-u_3)$$

其中,  $u_1, u_2, u_3$  分别代表目标体散点的可信度;

S32. 计算种子点追踪判定方法、空间分布分析判定方法和属性相似度分析判断方法中任意两个证据之间的距离  $d(M_1, M_2), d(M_1, M_3), d(M_2, M_3)$ ;

S33. 计算种子点追踪判定方法、空间分布分析判定方法和属性相似度分析判断方法中任意两个证据之间的相似度  $\text{Sim}(M_1, M_2), \text{Sim}(M_1, M_3), \text{Sim}(M_2, M_3)$ ;

S34. 计算种子点追踪判定方法、空间分布分析判定方法和属性相似度分析判断方法中任一方法被其他两种方法所支持的支持程度  $\text{Sup}(M_1), \text{Sup}(M_2), \text{Sup}(M_3)$ ;

S35. 计算种子点追踪判定方法、空间分布分析判定方法和属性相似度分析判断方法对应的权重,得到冲突证据修正后的证据基本概率模型;

S36. 根据合成规则对证据进行合成并计算合成结果,分别得到待测网格点为地质目标体散点和非地质目标体散点的可信度;

S37. 根据计算得到的所有待测网格点为地质目标体散点的可信度,建立目标体散点的不确定性场;

S4. 根据等值面提取方法,从 S3 建立的目标体散点三维不确定性场中提取目标体表面。

2. 如权利要求 1 所述的基于不确定性的三维目标体表面重构方法,其特征在于:所述步骤 S2 中的区域生长策略分析法包括以下步骤:

S21. 设地质目标体所在连通区域内的目标体数据点的数量为  $N$ ,点  $k$  所在连通区域内目标体散点数量为  $N_k$ ,定义地质目标体  $k$  内的所有散点的连通性为:

$$N_k = N;$$

S22. 用  $N_k$  表示点  $k$  正态分布的方差  $\sigma_{ik}$  为:

$$\sigma_{1k} \propto \frac{1}{N_k};$$

S23. 将待测目标体散点的可信度  $u_{1k}$  表示为：

$$u_{1k} = \sum_{k=0}^n f(\sigma_{1k}, x, y, z)。$$

3. 如权利要求 1 所述的基于不确定性的三维目标体表面重构方法,其特征在于:所述步骤 S2 中的空间密度分析法包括以下步骤:

S24. 设地质目标体散点的局部区域为  $S_{zone}$ ,该区域内地质目标体数据点的点数为  $N$ ,待测目标体散点局部密集程度的相对大小为  $\rho$ ,则该地质目标体散点的局部密集程度表示为:

$$\rho = \frac{N}{S_{Zone}};$$

S25. 设待测地质目标体散点的可信度为  $u_{2k}$ ,散点  $k$  的局部密集程度为  $\rho_k$ ,用  $\rho_k$  表示该点的正态分布的方差  $\sigma_{2k}$  为:

$$\sigma_{2k} \propto \frac{1}{\rho_k};$$

S26. 将地质目标体散点的可信度  $u_{2k}$  表示为:

$$u_{2k} = \sum_{k=0}^n f(\sigma_{2k}, x, y, z)。$$

4. 如权利要求 1 所述的基于不确定性的三维目标体表面重构方法,其特征在于:所述步骤 S2 中的属性相似度分析法包括以下步骤:

S27. 设地质目标体属性值为  $x$ ,待测地质目标体散点及其周围有  $n$  个地震数据点,其属性值为  $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$ ,则该待测地质目标体散点与地质目标体的属性相似度可表示为:

$$\lambda = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x)^2;$$

S28. 设待测地质目标体散点的可信度为  $u_{3k}$ ,散点  $k$  的属性相似度为  $\lambda_k$ ,用  $\lambda_k$  表示该点的正态分布的方差  $\sigma_{3k}$  为:

$$\sigma_{3k} \propto \lambda_k;$$

S29. 将地质目标体散点的可信度  $u_{3k}$  表示为:

$$u_{3k} = \sum_{k=0}^n f(\sigma_{3k}, x, y, z)。$$

## 基于不确定性的三维目标体表面重构方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于目标体表面重构技术领域,尤其涉及一种基于不确定性的三维目标体表面重构方法。

### 背景技术

[0002] 三维目标体的表面重构及其可视化在环境、地质、医疗、航空等许多领域中都非常重要。比如在地质解释过程中,针对地下石油、砂体等矿产的识别及探测,三维目标体表面重构具有非常重大的意义。在对目标体表面进行重构时,等值面的思想是所有规则的三维数据体的目标表面重构方法中最常见的,尤其是等值面提取方法,该方法可以处理大量数据,将其中的特定数值构成曲面,简称等值面,该等值面即是某物体的外形轮廓,该方法经常用于医学和物理等领域,应用十分广泛;而等值面提取方法中最常用的是移动立方体算法,该方法主要适用于体数据。除了移动立方体算法外,体透视方法和射线追踪法等使用频率也很高。在三维目标表面重构过程中的不确定性相关研究中,不确定性分析通常需要结合相关研究领域中的数据特征和规律来进行。但对于地震数据体而言,我们很难得到目标体表面的数据特征及规律,因此,利用不确定性分析存在一定的难度。现有的不确定性推理及可视化方法能在特定的领域解决一些特殊的问题,但是其适用性具有很大的局限性,特别是对于地质领域中的三维地质目标体的表面重建问题,单独应用现有的方法很难解决实际需求。D-S 证据理论属于人工智能范畴,最早应用于专家系统中,具有处理不确定信息的能力。作为一种不确定推理方法,证据理论的主要特点是:满足比贝叶斯概率论更弱的条件;具有直接表达“不确定”和“不知道”的能力。在 D-S 证据理论中,由互不相容的基本命题组成的完备集合称为识别框架,表示对某一问题的所有可能答案,但其中只有一个答案是正确的。该框架的子集称为命题。分配给各命题的信任程度称为基本概率分配(BPA,也称  $m$  函数),  $m(A)$  为基本可信数,反映着对  $A$  的信度大小。信任函数  $Bel(A)$  表示对命题  $A$  的信任程度,似然函数  $Pl(A)$  表示对命题  $A$  非假的信任程度,也即对  $A$  似乎可能成立的不确定性度量,实际上,  $[Bel(A), Pl(A)]$  表示  $A$  的不确定区间,  $[0, Bel(A)]$  表示命题  $A$  支持证据区间,  $[0, Pl(A)]$  表示命题  $A$  的拟信区间,  $[Pl(A), 1]$  表示命题  $A$  的拒绝证据区间。设  $M_1$  和  $M_2$  是由两个独立的证据源(传感器)导出的基本概率分配函数,则一定的组合规则可以计算这两个证据共同作用产生的反映融合信息的新的基本概率分配函数。在地质目标体表面重构的研究中,比较经典的地质体提取及可视化方案的基本流程是:首先,利用属性分析将代表目标体的地震数据点提取出来;其次,再利用种子点追踪方法追踪目标体散点;然后,再根据目标体散点,利用矢量形式表达目标体的表面。在上述目标体表面重构过程中,不可避免地会引入不确定性因素,如在种子点追踪的过程中得到的目标体散点存在较大的不确定性因素,这将在一定程度上影响到用户是否能够得到较为理想的目标体表面。目前,针对该研究课题的主要解决方法可分两大类:一类是以标量形式表达目标体的方法,如商业软件 petrel 表达目标体的主要方法是以体透视的形式直接可视化地震数据体;另一类是以矢量形式表达目标体的方法,如用三角面近似表达目标体的表面。目前这些方法的主要思

路是：首先，依次应用属性范围分析方法和区域生长策略将目标体的散点从三维地震数据中提取出来；然后，根据目标体散点，利用标量形式或者矢量表面形式表达目标体。在现有技术中，存在以下问题：在进行目标体属性范围分析后，采用区域生长策略提取地质目标体散点，往往对地震数据和属性范围分析的准确度具有较强的依赖性，当地震数据噪声多，属性范围分析不准确时，区域生长策略得出的目标体散点噪声含量较多，目标体轮廓不清晰，不易辨认，这将直接影响到目标体表面的重构效果。

## 发明内容

[0003] 为了解决以上问题，本发明提出了一种基于不确定性的三维目标体表面重构方法。

[0004] 本发明的技术方案是：一种基于不确定性的三维目标体表面重构方法，包括以下步骤：

[0005] S1. 采用正态概率密度分布函数对目标体散点的可信度进行量化；

[0006] S2. 利用区域生长策略分析法、空间密度分析法和属性相似度分析法计算目标体散点的不确定性，目标体散点的可信度  $u_i$  可以表示为：

$$[0007] \quad u_i = \sum_{k=0}^n f(\sigma_{ik}, x, y, z),$$

[0008] 其中， $x, y, z$  分别表示正态概率密度分布函数所在坐标系坐标， $n$  表示目标体散点  $k$  及其周围的总点数， $\sigma_{ik}$  表示点  $k$  的第  $i$  种正态分布的方差；

[0009] S3. 利用 D-S 证据理论改进方法对 S2 中得到的目标体散点的不确定性进行融合，建立目标体散点的三维不确定性场，具体包括以下步骤：

[0010] S31. 收集种子点追踪判定方法、空间分布分析判定方法和属性相似度分析判断方法的证据源，设为：

$$[0011] \quad M_1 = (u_1, 1-u_1)$$

$$[0012] \quad M_2 = (u_2, 1-u_2),$$

$$[0013] \quad M_3 = (u_3, 1-u_3)$$

[0014] 其中， $u_1, u_2, u_3$  分别代表目标体散点的可信度；

[0015] S32. 计算种子点追踪判定方法、空间分布分析判定方法和属性相似度分析判断方法中任意两个证据之间的距离  $d(M_1, M_2), d(M_1, M_3), d(M_2, M_3)$ ；

[0016] S33. 计算种子点追踪判定方法、空间分布分析判定方法和属性相似度分析判断方法中任意两个证据之间的相似度  $\text{Sim}(M_1, M_2), \text{Sim}(M_1, M_3), \text{Sim}(M_2, M_3)$ ；

[0017] S34. 计算种子点追踪判定方法、空间分布分析判定方法和属性相似度分析判断方法中任一方法被其他两种方法所支持的支持程度  $\text{Sup}(M_1), \text{Sup}(M_2), \text{Sup}(M_3)$ ；

[0018] S35. 计算种子点追踪判定方法、空间分布分析判定方法和属性相似度分析判断方法对应的权重，并得到冲突证据修正后的证据基本概率模型；

[0019] S36. 根据合成规则对证据进行合成并计算合成结果，分别得到待测网格点为地质目标体散点和非地质目标体散点的可信度；

[0020] S37. 根据计算得到的所有待测网格点为地质目标体散点的可信度，建立目标体散点的不确定性场；

[0021] S4. 根据等值面提取方法,从 S3 建立的目标体散点三维不确定性场中提取目标体表面。

[0022] 进一步地,所述步骤 S2 中的区域生长策略分析法包括以下步骤:

[0023] S21. 设地质目标体所在连通区域内的目标体数据点的数量为 N 点 k 所在连通区域内目标体散点数量为  $N_k$ ,定义地质目标体 k 内的所有散点的连通性为:

[0024]  $N_k = N$ ;

[0025] S22. 用  $N_k$  表示点 k 正态分布的方差  $\sigma_{1k}$  为:

[0026]  $\sigma_{1k} \propto \frac{1}{N_k}$ ;

[0027] S23. 待测目标体散点的可信度  $u_{1k}$  可表示为:

[0028]  $u_{1k} = \sum_{k=0}^n f(\sigma_{1k}, x, y, z)$ 。

[0029] 进一步地,所述步骤 S2 中的空间密度分析法包括以下步骤:

[0030] S24. 设地质目标体散点的局部区域为  $S_{zone}$ ,该区域内地质目标体数据点的点数为 N,待测目标体散点局部密集程度的相对大小为  $\rho$ ,则该地质目标体散点的局部密集程度可表示为:

[0031]  $\rho = \frac{N}{S_{zone}}$ ;

[0032] S25. 设待测地质目标体散点的可信度为  $u_{2k}$ ,散点 k 的局部密集程度为  $\rho_k$ ,用  $\rho_k$  表示该点的正态分布的方差  $\sigma_{2k}$  为:

[0033]  $\sigma_{2k} \propto \frac{1}{\rho_k}$ ;

[0034] S26. 地质目标体散点的可信度  $u_{2k}$  可表示为:

[0035]  $u_{2k} = \sum_{k=0}^n f(\sigma_{2k}, x, y, z)$ 。

[0036] 进一步地,所述步骤 S2 中的属性相似度分析法包括以下步骤:

[0037] S27. 设地质目标体属性值为 x,待测地质目标体散点及其周围有 n 个地震数据点,其属性值为  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ,则该待测地质目标体散点与地质目标体的属性相似度可表示为:

[0038]  $\lambda = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x)^2$ ;

[0039] S28. 设待测地质目标体散点的可信度为  $u_{3k}$ ,散点 k 的属性相似度为  $\lambda_k$ ,用  $\lambda_k$  表示该点的正态分布的方差  $\sigma_{3k}$  为:

[0040]  $\sigma_{3k} \propto \lambda_k$ ;

[0041] S29. 地质目标体散点的可信度  $u_{3k}$  可表示为:

[0042]  $u_{3k} = \sum_{k=0}^n f(\sigma_{3k}, x, y, z)$ 。

[0043] 本发明的有益效果是:本发明的基于不确定性的三维目标体表面重构方法利用区域生长策略、空间密度分析和属性相似度分析三种方法对三维目标体散点进行聚类,并利

用 D-S 证据理论对三种方法得到的聚类结果的不确定性进行融合,提出了一种新的对三维图像中目标体提取和可视化的方法,能更好地避免原始数据对追踪结果的影响,具有良好的适应性。

### 附图说明

- [0044] 图 1 是本发明的基于不确定性的三维目标体表面重构方法的流程示意图。  
 [0045] 图 2 是本发明的二维正态分布密度函数示意图。  
 [0046] 图 3 是本发明的区域生长策略 6 位连通方位图。  
 [0047] 图 4 是本发明的区域生长策略 26 位连通方位图。  
 [0048] 图 5 是本发明的地质目标体散点局部区域内密度分布示意图。  
 [0049] 图 6 是本发明的目标体散点局部区域内属性分布示意图。  
 [0050] 图 7 是本发明的证据理论融合目标体散点可信度的流程示意图。  
 [0051] 图 8 是本发明的目标体散点不确定性场示意图。  
 [0052] 图 9 是 Petrel 软件利用种子点追踪得到的河道表面示意图。  
 [0053] 图 10 是本发明的基于不确定性的三维目标体表面重构方法得到的河道表面示意图。

### 具体实施方式

[0054] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0055] 如图 1 所示,为本发明的基于不确定性的三维目标体表面重构方法的流程示意图。本发明利用区域生长策略、空间密度分析和属性相似度分析三种方法对三维目标体散点进行聚类,并利用 D-S 证据理论对三种方法得到的聚类结果的不确定性进行融合,提出了一种能够很好的进行地质目标体表面重构的方法,该方法包括以下步骤:

[0056] S1. 采用正态概率密度分布函数对目标体散点的可信度进行量化。

[0057] 原始地震数据中某一目标体数据点及其周围位置表征目标体的可信度基本符合正态分布规律,即某一目标体数据点中心位置表达目标体的可信度最强,不确定性越小,离中心越远的地方可信度越弱,不确定性越大,如图 2 所示。因此,本发明采用正态概率密度分布函数来对目标体散点的可信度进行量化。正态概率密度分布函数为:

$$[0058] \quad f(x, y, z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2 + z^2}{2\sigma^2}\right)$$

[0059] 因此,目标体散点的可信度  $u_i$  可以由其周围点在该点的影响叠加而成:

$$[0060] \quad u_i = \sum_{k=0}^n f(\sigma_{ik}, x, y, z),$$

[0061] 其中,  $x, y, z$  分别表示正态概率密度分布函数所在坐标系坐标,  $n$  表示目标体散点  $k$  及其周围的总点数,  $\sigma_{ik}$  表示点  $k$  的第  $i$  种正态分布的方差。

[0062] S2. 利用区域生长策略分析法、空间密度分析法和属性相似度分析法计算目标体

散点的不确定性。

[0063] 区域生长策略分析法能够通过统计局部区域内地震数据点的连通性,计算出地质目标体散点不确定性。因为地震数据是规则的三维网格数据,所以我们可以采用如图 3 所示和如图 4 所示的连通方位来搜索待测目标体散点周围一定大小的区域内的地质体数据点来确定该待测目标体散点的局部连通性。区域生长策略分析法包括以下步骤:

[0064] S21. 设某地质目标体所在连通区域内的目标体数据点的数量为  $N$ ,则我们将该地质目标体  $k$  内的所有散点的连通性定义为:

[0065]  $N_k = N$ 。

[0066] 根据这个公式可以知道,某目标体所在连通区域内包含的目标体数据点数越多,该目标体内散点的连通性就越强,其目标体散点的可信度就越高。因此,在区域生长策略分析中,目标体所在连通区域内包含的目标体数据点数  $N$  与该目标体散点的可信度  $u_1$  成正比。

[0067] S22. 区域生长过程中,由于某地质目标体散点的可信度  $u_{1k}$  与该点  $k$  所在连通区域内目标体散点数量  $N_k$  成正比,我们可以用  $N_k$  来表示该点正态分布的方差  $\sigma_{1k}$  为:

[0068]  $\sigma_{1k} \propto \frac{1}{N_k}$ 。

[0069] S23. 区域生长过程中,某待测目标体散点的可信度  $u_{1k}$  可表示为:

[0070]  $u_{1k} = \sum_{k=0}^n f(\sigma_{1k}, x, y, z)$

[0071] 空间密度分析法能够通过统计目标体散点局部区域内地震数据点的密集程度,从规则三维地震数据中提取出地质目标体散点。同样,因为地震数据是规则的三维网格数据,所以我们可以通过搜索待测目标体散点以及它的周围一定大小的区域内的地质体数据点来确定该待测目标体散点的局部密集程度。如图 3 所示,为本发明的地质目标体散点局部区域内密度分布示意图。空间密度分析法包括以下步骤:

[0072] S24. 设某地质目标体散点的局部区域为  $S_{zone}$ ,该区域内地质目标体数据点的点数为  $N$ ,待测目标体散点局部密集程度的相对大小为  $\rho$ ,则该地质目标体散点的局部密集程度可表示为:

[0073]  $\rho = \frac{N}{S_{zone}}$ 。

[0074] 经统计得到的  $\rho$  表示待测目标体散点局部密集程度的相对大小。根据公式可以知道,相同大小区域包含的目标体数据点数越多,待测目标体散点的  $\rho$  就越大。由上述待测目标体散点的局部密集程度的求解过程可知:待测目标体散点周围的目标体数据点越密集时,即  $\rho$  越大,该待测目标体散点表征目标体的可信度越大;待测目标体散点周围的目标体数据点越稀疏时,即  $\rho$  越小,该待测目标体散点表征目标体的可信度越低,即待测目标体散点的可信度与  $\rho$  成正比。因此,在空间密度分析提取目标体散点时,我们可以用待测目标体散点的  $\rho$  来表示该目标体散点的可信度  $u_2$ 。

[0075] S25. 设待测地质目标体散点的可信度为  $u_{2k}$ ,散点  $k$  的局部密集程度为  $\rho_k$ ,由于待测地质目标体散点的可信度  $u_{2k}$  与该散点  $k$  的局部密集程度  $\rho_k$  成正比,我们可以用  $\rho_k$  来

表示该点的正态分布的方差  $\sigma_{2k}$  为：

$$[0076] \quad \sigma_{2k} \propto \frac{1}{\rho_k}。$$

[0077] S26. 空间密度分析过程中,地质目标体散点的可信度  $u_{2k}$  为：

$$[0078] \quad u_{2k} = \sum_{k=0}^n f(\sigma_{2k}, x, y, z)。$$

[0079] 属性相似度分析法能够通过统计目标体散点局部区域内地震数据点的属性相似度,从规则三维地震数据中提取出地质目标体散点。同样,因为地震数据是规则三维网格数据,因此可以通过搜索待测目标体散点及周围一定区域内的地质体数据点属性来确定该目标体散点的属性相似度。如图6所示,为本发明的目标体散点局部区域内属性分布示意图。属性相似度分析法包括以下步骤：

[0080] S27. 设地质目标体属性值为  $x$ ,某待测地质目标体散点及其周围有  $n$  个地震数据点,其属性值为  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ,则该待测地质目标体散点与地质目标体的属性相似度可表示为：

$$[0081] \quad \lambda = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x)^2。$$

[0082] 由上述网格点属性相似度的求解过程可知:待测地质目标体散点及其周围地震数据点的属性与地质目标体属性差异越大时,即  $\lambda$  越大,该待测目标体散点表征目标体的可信度越小;待测目标体散点及其周围地震数据点的属性与地质目标体属性差异越小时,即  $\lambda$  越小,该待测目标体散点表征目标体的可信度越大,即待测目标体散点的可信度与  $\lambda$  成反比。因此,在属性相似度分析提取目标体散点时,我们可以用待测目标体散点的  $\lambda$  来表示该目标体散点的可信度  $u_3$ 。

[0083] S28. 由于某待测地质目标体散点的可信度  $u_{3k}$  与该散点  $k$  的属性相似度  $\lambda_k$  成反比,我们可以用  $\lambda_k$  来表示该点的正态分布的方差  $\sigma_{3k}$  为：

$$[0084] \quad \sigma_{3k} \propto \lambda_k。$$

[0085] S29. 属性相似度分析过程中,某地质目标体散点的可信度  $u_{3k}$  可表示为：

$$[0086] \quad u_{3k} = \sum_{k=0}^n f(\sigma_{3k}, x, y, z)。$$

[0087] 本发明利用 D-S 证据理论改进方法解决地质目标体重构过程中冲突证据合成问题和证据合成的鲁莽性。如图7所示,为本发明的证据理论融合目标体散点可信度的流程图示意图。

[0088] S3. 利用 D-S 证据理论改进方法对 S2 中得到的目标体散点的不确定性进行融合,建立目标体散点的三维不确定性场,具体包括以下步骤：

[0089] S31. 收集种子点追踪判定方法、空间分布分析判定方法和属性相似度分析判断方法的证据源,分别设为：

$$[0090] \quad M_1 = (u_1, 1-u_1)$$

$$[0091] \quad M_2 = (u_2, 1-u_2)；$$

$$[0092] \quad M_3 = (u_3, 1-u_3)$$

[0093] S32. 计算种子点追踪判定方法、空间分布分析判定方法和属性相似度分析判断方法中任意两个证据之间的距离  $d(M_1, M_2)$ ,  $d(M_1, M_3)$ ,  $d(M_2, M_3)$  ;

[0094] S33. 计算种子点追踪判定方法、空间分布分析判定方法和属性相似度分析判断方法中任意两个证据之间的相似度  $\text{Sim}(M_1, M_2)$ ,  $\text{Sim}(M_1, M_3)$ ,  $\text{Sim}(M_2, M_3)$  ;

[0095] S34. 计算种子点追踪判定方法、空间分布分析判定方法和属性相似度分析判断方法中任一方法被其他两种方法所支持的支持程度  $\text{Sup}(M_1)$ ,  $\text{Sup}(M_2)$ ,  $\text{Sup}(M_3)$  ;

[0096] S35. 计算种子点追踪判定方法、空间分布分析判定方法和属性相似度分析判断方法对应的权重,并得到冲突证据修正后的证据基本概率模型 ;

[0097] S36. 根据合成规则对证据进行合成并计算合成结果,分别得到待测网格点为地质目标体散点和非地质目标体散点的可信度 ;

[0098] S37. 根据计算得到的所有待测网格点为地质目标体散点的可信度,建立目标体散点的不确定性场。

[0099] 如图 8 所示,为本发明的目标体散点不确定性场示意图。该不确定性场中网格点的不确定性属性值与上述合成算法求出的待测网格点为目标体散点时的可信度成反比。由不确定性量化过程可知,在该不确定性场中,网格点为目标体散点时的可信度越大,不确定性值越小,该网格点越有可能是目标体上的点,由此,我们可以设定不确定性的阈值,从而获取出目标体的表面。该不确定性的阈值可以由用户设置,用户每设定一个阈值,就能获得一个目标体表面。

[0100] 本发明应用实际地震工区数据,对地质目标体河道的不确定性场建模方法进行了仿真实验。如图 9 所示,为 Petrel 软件利用种子点追踪得到的河道表面示意图。如图 10 所示,为本发明的基于不确定性的三维目标体表面重构方法得到的河道表面示意图。如图 10 所示为目标体为河道的表面,其不确定性值位 0.1,用户可以用它代表具有一定可信度的河道表面。与 Petrel 得到的河道表面相比,在相同原始地震数据和相同的目标体属性值范围内,即相同的目标体数据点的情况下,本发明能在全自动重构的情况下,得到更加完整的目标体表面。

[0101] 本领域的普通技术人员将会意识到,这里所述的实施例是为了帮助读者理解本发明的原理,应被理解为本发明的保护范围并不局限于这样的特别陈述和实施例。本领域的普通技术人员可以根据本发明公开的这些技术启示做出各种不脱离本发明实质的其它各种具体变形和组合,这些变形和组合仍然在本发明的保护范围内。

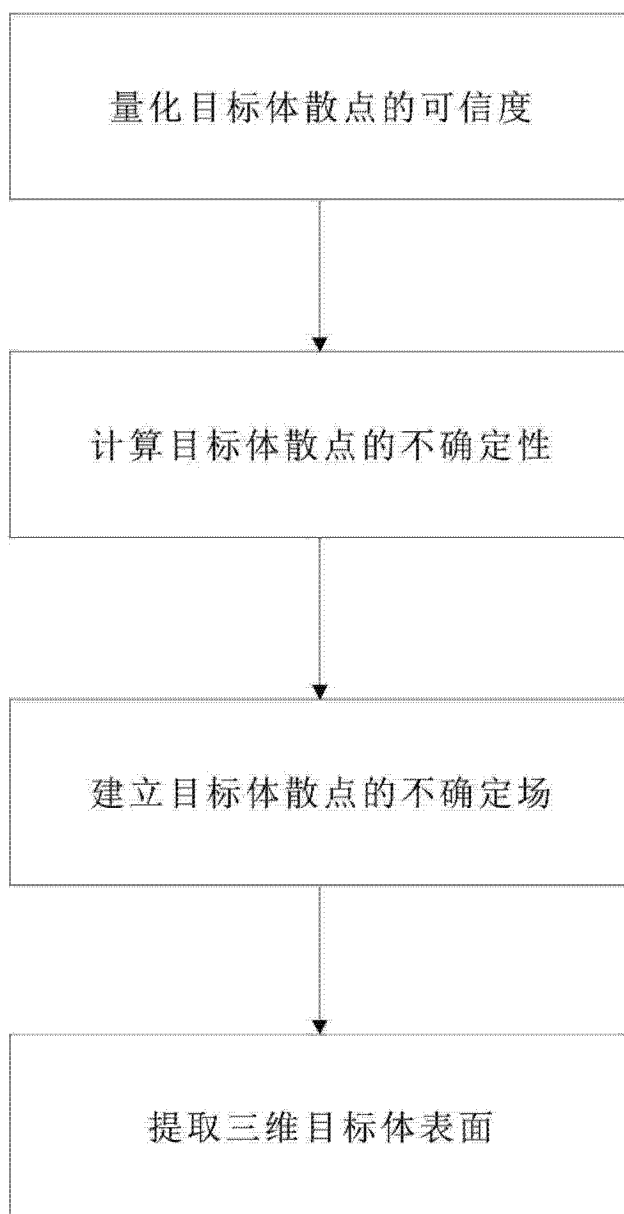


图 1

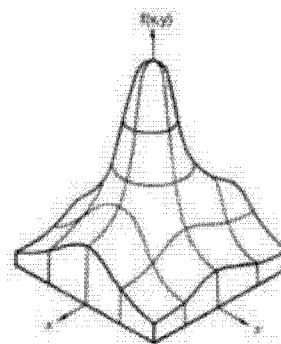


图 2

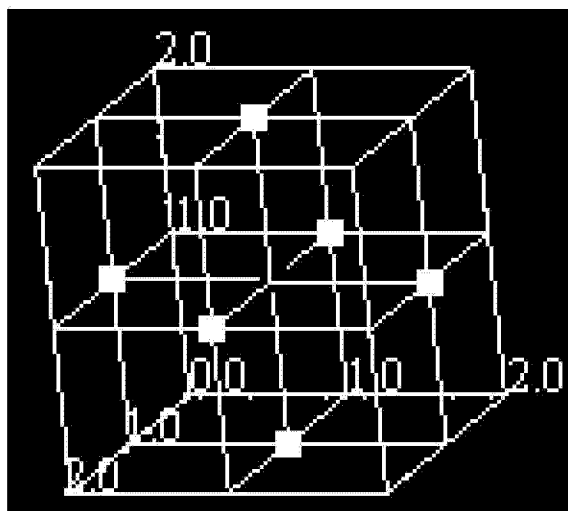


图 3

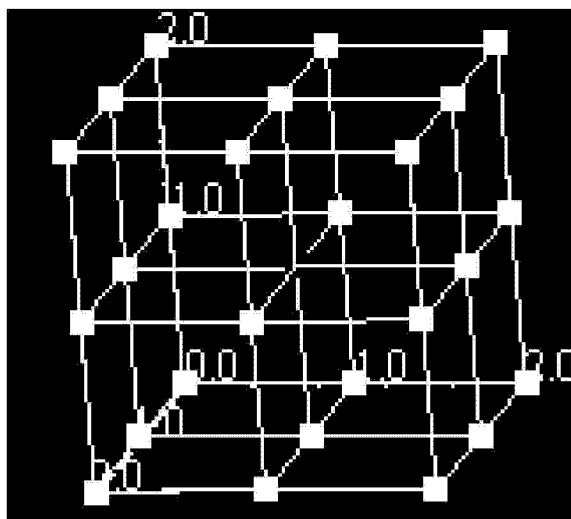


图 4

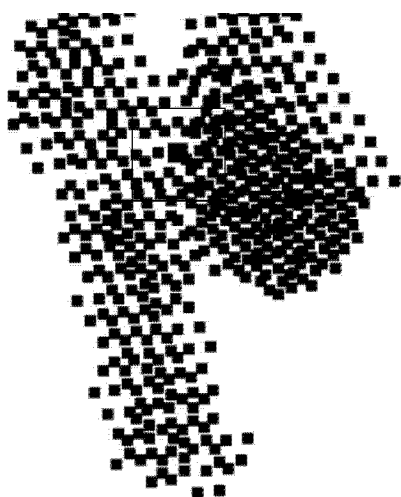


图 5

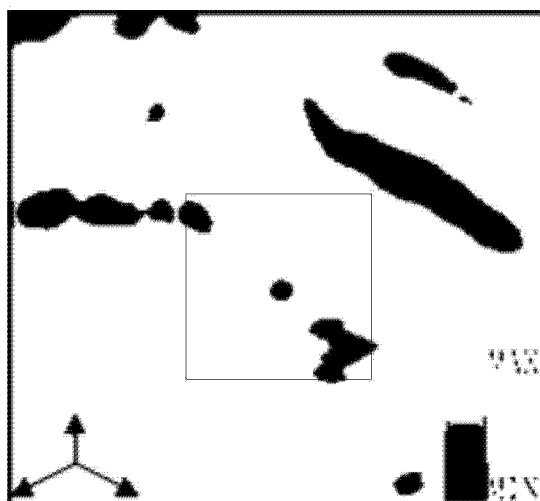


图 6

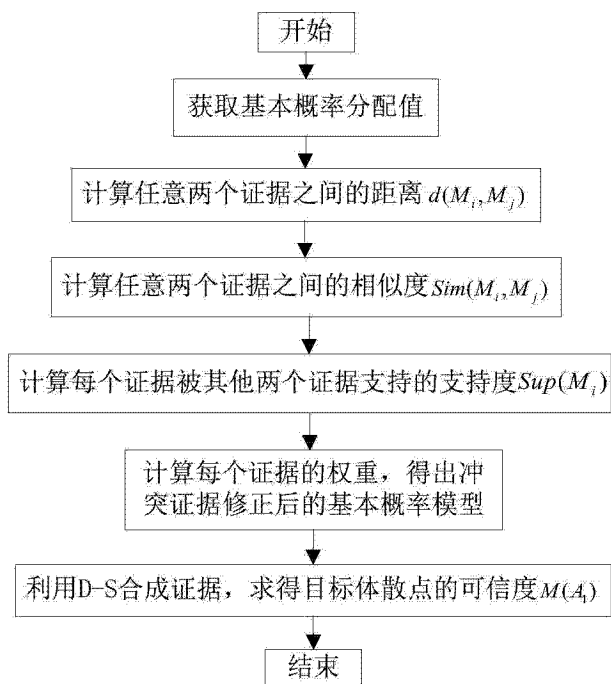


图 7

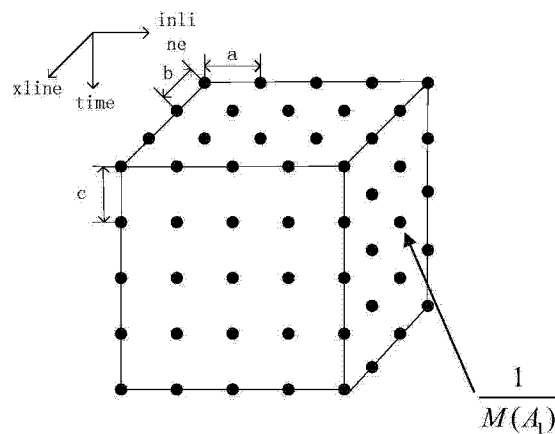


图 8

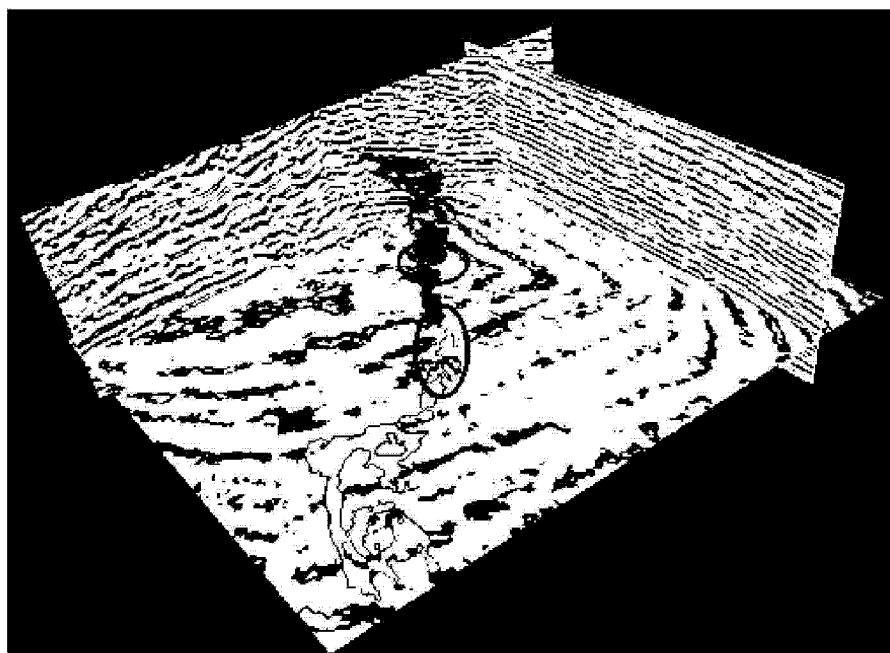


图 9

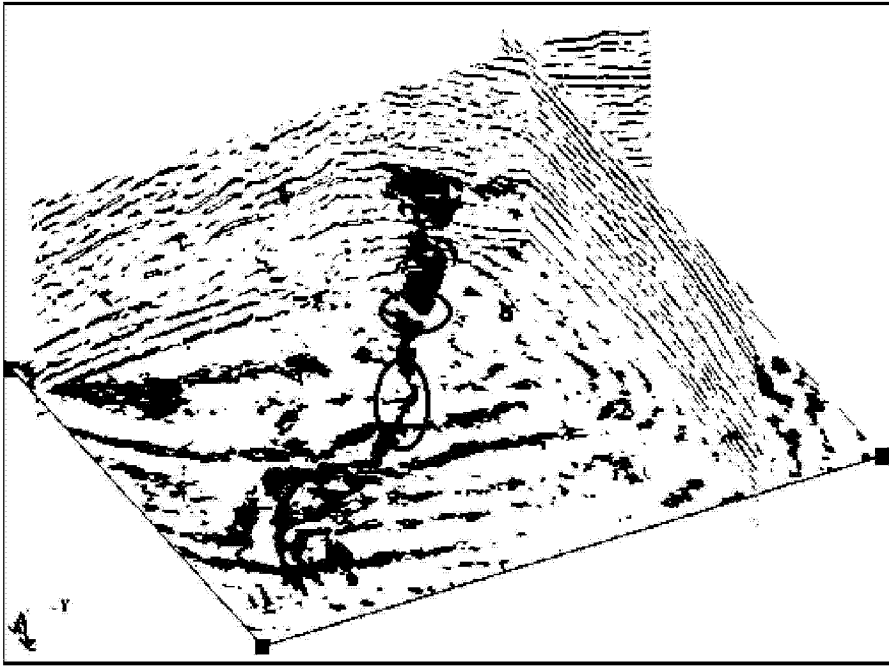


图 10