



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115078362 B

(45) 授权公告日 2023. 03. 28

(21) 申请号 202210774204.5

G01N 15/02 (2006.01)

(22) 申请日 2022.07.01

G01N 33/24 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G01N 1/28 (2006.01)

申请公布号 CN 115078362 A

审查员 姚宇鹳

(43) 申请公布日 2022.09.20

(73) 专利权人 西南石油大学

地址 610500 四川省成都市新都区新都大道8号

(72) 发明人 石祥超 陈帅 陈雁 杨昕昊

叶哲伟 李皋 唐杨

(74) 专利代理机构 成都其知创新专利代理事务

所(普通合伙) 51326

专利代理师 王沙沙

(51) Int. Cl.

G01N 21/84 (2006.01)

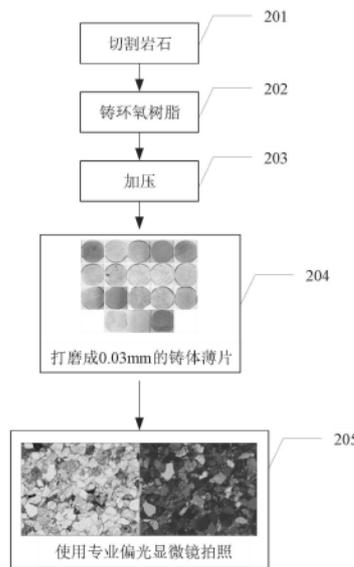
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54) 发明名称

一种基于岩石细观结构的可钻性表征方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于岩石细观结构的可钻性表征方法,步骤包括:1) 选取若干种岩石样品作为研究对象,2) 制作铸体薄片;3) 拍摄显微图像;4) 划分矿物颗粒轮廓:首先制定矿物颗粒轮廓划分原则,进行初步划分,然后配合制定的矿物颗粒划分原则进行精细划分;5) 计算矿物颗粒几何参数;6) 计算细观结构量化指标;7) 进行岩石可钻性测试;8) 统计分析岩石的各个细观结构量化指标与可钻性的相关关系,筛选出与岩石可钻性关联性最佳的细观结构量化指标;根据最佳细观结构量化指标,建立岩石细观结构量化指标预测可钻性的模型。本发明方法能够实现岩石矿物颗粒轮廓的精准划分,细观结构量化指标的获取,从细观力学角度揭示钻头破岩的机理。



1. 一种基于岩石细观结构的可钻性表征方法,其特征在于,步骤如下:

S1、选取若干种岩石样品作为研究对象,分别进行下述步骤S2-S8;

S2、制作铸体薄片;

S3、对铸体薄片拍摄显微图像;

S4、划分矿物颗粒轮廓:首先制定矿物颗粒轮廓划分原则,使用Python中的cellpose模块进行初步划分,然后使用ImageJ软件配合制定的矿物颗粒划分原则进行精细划分;

S5、计算矿物颗粒几何参数,所述几何参数包括矿物颗粒轮廓的周长、面积和Feret直径;

S6、计算细观结构量化指标,所述指标包括细观结构系数TC,最小长宽比AR、圆度SF、物体当量直径与长度的比的平方Rnd、物体周长的平方的对数比物体面积的对数Eds、物体周长的平方与物体面积之比CPa、晶粒尺寸的评价方差比t和晶粒连锁系数g;

S7、进行岩石可钻性测试;

S8、统计分析岩石的各个细观结构量化指标与可钻性的相关关系,筛选出与岩石可钻性关联性最佳的细观结构量化指标;根据筛选出的最佳细观结构量化指标,建立岩石细观结构量化指标预测可钻性的模型;具体方法如下:

以每个细观结构量化指标为横坐标,各岩石样品的可钻性级值为纵坐标作图,得出拟合曲线,以及拟合曲线的 R^2 值,最大 R^2 值对应的曲线图的横坐标即为与岩石可钻性关联性最佳的细观结构量化指标;进一步得出最佳细观结构量化指标与可钻性级值的函数关系式,即为岩石细观结构量化指标预测可钻性的模型。

2. 如权利要求1所述的基于岩石细观结构的可钻性表征方法,其特征在于,所述步骤S4中,矿物颗粒轮廓划分原则为:(1) 优先划分界限明显的大颗粒,(2) 颗粒碎屑当作一个颗粒处理,(3) 颗粒被裂缝分割开后视为两个颗粒,(4) 被矿物分隔开的胶结物当作一个颗粒,(5) 两头宽中间窄的颗粒分为两个颗粒。

3. 如权利要求1所述的基于岩石细观结构的可钻性表征方法,其特征在于,所述步骤S6中,编写程序计算各个细观结构量化指标。

4. 如权利要求1所述的基于岩石细观结构的可钻性表征方法,其特征在于,所述步骤S7包括使用岩石可钻性测试仪进行岩石可钻性测试,并根据测试结果计算岩石可钻性级值。

5. 如权利要求1所述的基于岩石细观结构的可钻性表征方法,其特征在于,所述步骤S2具体是:首先对岩石进行洗油,然后把环氧树脂真空灌注至岩石内,打磨成厚度不超过0.03mm的薄片。

6. 如权利要求1所述的基于岩石细观结构的可钻性表征方法,其特征在于,所述步骤S3中,所述拍摄显微图像方法是:调整显微镜的放大倍率,确保照片中不少于200个矿物颗粒。

一种基于岩石细观结构的可钻性表征方法

技术领域

[0001] 本发明涉及石油钻井技术领域,尤其是一种基于岩石细观结构的可钻性表征方法。

背景技术

[0002] 在石油与天然气钻井工程中,岩石可钻性一直是被重点关注的参数。目前获取岩石可钻性的方法主要有微钻法、声波法、岩石力学性质法。其中最常用的是微钻法,但是也存在井下取心难、钻井成本高等问题,无法获取全井段岩石可钻性。使用声波法预测岩石可钻性的模型很多,但是预测模型不具有推广性,不能推广到其他区块和地层。岩石力学性质法预测岩石可钻性的效果普遍较差。

[0003] 在专利CN107180302B中提出了一种利用岩屑元素含量评价岩石可钻性的方法,这种方法通过岩屑元素含量评价岩石可钻性,但是却没有考虑岩石内部矿物颗粒的结构对可钻性的影响。在专利CN114091290B中提出了一种基于岩屑纳米压痕的岩石可钻性评价方法,这种方法通过对岩屑开展纳米压痕测试得到微观硬度,通过宏观硬度和岩石可钻性的关联性进而表征岩石可钻性,这种方法首先受到宏观硬度和岩石可钻性关联性的限制,其次也没有考虑岩石内部矿物颗粒的结构对可钻性的影响。

[0004] 综上所述,目前亟需一种基于岩石细观结构表征可钻性的方法,进而实现通过井下岩屑便可以精准预测岩石可钻性,最终实现通过最小成本获取全井段岩石可钻性的可能性。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种基于岩石细观结构表征可钻性的方法,通过研究岩石细观结构参数和可钻性之间的内在联系,实现利用井下岩屑预测岩石可钻性的目的。

[0006] 本发明提供的基于岩石细观结构的可钻性表征方法,步骤如下:

[0007] S1、选取若干种岩石样品作为研究对象,分别进行下述步骤S2-S8。

[0008] S2、制作铸体薄片:首先对岩石进行洗油,然后把环氧树脂真空灌注至岩石内,打磨成厚度不超过0.03mm的薄片。

[0009] S3、对铸体薄片拍摄显微图像:调整显微镜的放大倍率,确保照片中不少于200个矿物颗粒。

[0010] S4、划分矿物颗粒轮廓:首先制定矿物颗粒轮廓划分原则,使用Python中的cellpose模块进行初步划分,然后使用ImageJ软件配合制定的矿物颗粒划分原则进行精细划分。矿物颗粒轮廓划分原则为:(1)优先大颗粒的计算,(2)颗粒碎屑当作一个颗粒处理,(3)颗粒被裂缝分割开后视为两个颗粒,(4)胶结物当作一个颗粒,(5)两头宽中建窄的颗粒分为两个颗粒,(6)不同矿物颗粒分为两个颗粒。

[0011] S5、计算矿物颗粒几何参数,所述几何参数包括矿物颗粒轮廓的周长、面积、Ferret直径。

[0012] S6、计算细观结构量化指标,所述指标包括细观结构系数TC,最小长宽比AR、圆度SF、物体当量直径与长度的比的平方Rnd、物体周长的平方的对数比物体面积的对数Eds、物体周长的平方与物体面积之比CPa、晶粒尺寸的评价方差比t、晶粒连锁系数g;使用matlab编程计算各个细观结构量化指标。

[0013] S7、进行岩石可钻性测试:使用岩石可钻性测试仪进行岩石可钻性测试;然后依据标准(SY/T 5426-2016)中的计算方法计算岩石可钻性级值。岩石可钻性测试仪采用的是专利CN201922350632.1中公开的测定岩石可钻性的试验装置。

[0014] S8、统计分析岩石的各个细观结构量化指标与可钻性的相关关系,筛选出与岩石可钻性关联性最佳的细观结构量化指标;根据筛选出的最佳细观结构量化指标,建立岩石细观结构量化指标预测可钻性的模型。

[0015] 具体方法是:以每个细观结构量化指标为横坐标,各岩石样品的可钻性级值为纵坐标作图,得出拟合曲线,以及拟合曲线的 R^2 值,最大 R^2 值对应的曲线图的横坐标即为与岩石可钻性关联性最佳的细观结构量化指标;进一步得出最佳细观结构量化指标与可钻性级值的函数关系式,即为岩石细观结构量化指标预测可钻性的模型。

[0016] 与现有技术相比,本发明的有益之处在于:

[0017] (1)实现了岩石矿物颗粒轮廓的精准划分,解决了岩石中矿物颗粒较难划分的难题,为人工智能提取岩石细观结构提供了理论依据。

[0018] (2)不但能够得到岩石细观结构参数的分布规律,而且能够量化细观结构特征,解决了细观结构难以量化的难题。

[0019] (3)不仅得到了岩石细观结构量化指标和可钻性的关系,而且建立了细观结构量化指标预测可钻性的模型,为低成本、大规模和精准预测井下岩石可钻性提供了可能。

[0020] (4)得到了矿物颗粒的几何特征和坐标信息,可以为数值模拟建立真实岩样提供科学依据。

[0021] (5)本发明可研究细观结构量化指标和钻头破岩的关系,并通过细观力学揭示钻头破岩的机理。

[0022] 本发明的其它优点、目标和特征将部分通过下面的说明体现,部分还将通过对本发明的研究和实践而为本领域的技术人员所理解。

附图说明

[0023] 图1为本发明的基于岩石细观结构表征可钻性的方法的流程图。

[0024] 图2为图像处理阶段的流程及结果。

[0025] 图3为划分矿物颗粒轮廓。

[0026] 图4是可钻性与CPa的相关关系图。

[0027] 图5是可钻性和L的相关关系图。

[0028] 图6是可钻性与TC的相关关系图。

具体实施方式

[0029] 以下结合附图对本发明的优选实施例进行说明,应当理解,此处所描述的优选实施例仅用于说明和解释本发明,并不用于限定本发明。

[0030] 如图1-6所示,本发明提供的基于岩石细观结构表征可钻性的方法,步骤如下:

[0031] S1、选取若干种岩石样品作为研究对象,分别进行下述步骤S2-S8;本实施例中选择18种砂岩样品作为研究对象。

[0032] S2、制作铸体薄片(见图2):首先对岩石进行洗油后进行切割岩石(201),然后把环氧树脂真空灌注至岩石内(202),加压(203),打磨成厚度0.03mm的铸体薄片(204)。

[0033] S3、拍摄显微图像:使用专业偏光显微镜拍照(205),调整显微镜的放大倍率,确保照片中不少于200个矿物颗粒。

[0034] S4、划分矿物颗粒轮廓(见图3):首先制定矿物颗粒轮廓划分原则(301);然后对拍摄的单偏光和正交偏光图像先使用Python中的cellpose模块进行矿物颗粒轮廓的初步划分(302),最后使用ImageJ软件进行矿物颗粒轮廓的精细化划分(303)。所述矿物颗粒轮廓划分原则为:(1)优先大颗粒的计算,(2)颗粒碎屑当作一个颗粒处理,(3)颗粒被裂缝分割开后视为两个颗粒,(4)胶结物当作一个颗粒,(5)两头宽中建窄的颗粒分为两个颗粒,(6)不同矿物颗粒分为两个颗粒。

[0035] S5、对划分的矿物颗粒轮廓首先进行初步的几何参数计算,所述几何参数包括矿物颗粒轮廓的周长、面积、Feret直径。

[0036] S6、对照细观结构量化指标的公式使用matlab编程进一步计算,得到最终的细观结构量化指标如表1所示。表1为18种岩石的细观结构量化指标。

[0037] 表1、18种岩石的细观结构量化指标

编号	L	A	P	AR	SF	Rnd	Eds	CPa	t	g	TC
[0038] 1	0.130	0.007	0.340	1.893	0.688	0.490	0.43	19.448	0.131	4.371	1.044
2	0.235	0.025	0.627	1.853	0.671	0.486	0.24	19.439	0.091	4.386	0.977
3	0.263	0.032	0.704	1.881	0.658	0.484	0.17	20.135	0.057	4.454	0.892
4	0.159	0.018	0.411	1.894	0.678	0.477	0.36	19.420	0.022	4.378	0.824
5	0.120	0.007	0.303	1.981	0.670	0.068	0.46	19.825	0.049	4.419	0.711
6	0.119	0.006	0.326	1.894	0.637	0.488	0.43	21.097	0.121	4.643	1.099
[0039] 7	0.299	0.038	0.829	1.907	0.612	0.471	0.11	22.363	0.055	4.670	1.058
8	0.329	0.055	1.058	1.564	0.542	0.570	-0.05	23.927	0.061	4.872	1.584
9	0.132	0.008	0.401	1.680	0.572	0.529	0.38	23.215	0.004	4.784	1.411
10	0.092	0.005	0.266	1.718	0.615	0.540	0.47	21.519	0.002	4.609	1.256
11	0.272	0.038	0.761	1.768	0.649	0.529	0.14	20.395	0.004	4.485	1.148
12	0.273	0.034	0.777	1.806	0.618	0.518	0.14	21.337	0.004	4.590	1.189
13	0.283	0.038	0.825	1.699	0.620	0.535	0.11	21.228	0.005	4.581	1.272
14	0.095	0.004	0.278	1.752	0.634	0.530	0.47	21.347	0.002	4.586	1.168
15	0.270	0.032	0.750	1.835	0.622	0.498	0.16	21.323	0.004	4.585	1.130
16	0.339	0.054	1.012	1.737	0.570	0.524	-0.02	23.390	0.006	4.796	1.356
17	0.247	0.028	0.719	1.753	0.596	0.518	0.18	22.124	0.004	4.674	1.277
18	0.199	0.018	0.573	1.698	0.615	0.532	0.27	21.376	0.002	4.597	1.289

[0040] 注:L-直径;A-面积;P-周长;AR-最小长宽比;SF-圆度;Rnd-物体当量直径与长度的比的平方;Eds-物体周长的平方的对数比物体面积的对数;CPa-物体周长的平方与物体面积之比;t-晶粒尺寸的评价方差比;g-晶粒连锁系数;TC-细观结构系数。

[0041] S7、进行岩石可钻性测试:首先制备标准岩样,使用岩石可钻性测试仪进行岩石可钻性测试;按照可钻性测试标准设置钻压、转速参数,最后对测试得到的有效钻进时间计算

得到岩石的可钻性。依据标准 (SY/T 5426-2016) 中的计算方法计算岩石可钻性级值。

[0042] S8、统计分析岩石的各个细观结构量化指标与可钻性的相关关系,筛选出与岩石可钻性关联性最佳的细观结构量化指标。然后根据筛选出的最佳细观结构量化指标,建立岩石细观结构量化指标预测可钻性的模型。

[0043] 具体方法是:以每个细观结构量化指标为横坐标,各岩石样品的可钻性级值为纵坐标作图,得出拟合曲线,以及拟合曲线的 R^2 值,最大 R^2 值对应的曲线图的横坐标即为与岩石可钻性关联性最佳的细观结构量化指标。如图4、5、6所示,图4是可钻性与CPa的相关关系图,通过拟合曲线,可以得到 $R^2=0.64$ 。图5是可钻性和L的相关关系图,通过拟合曲线,可以得到 $R^2=0.06$ 。图6是可钻性与TC的相关关系图。通过拟合曲线,可以得到 $R^2=0.73$ 。由于细观结构量化指标共计11种,得到的各项细观结构量化指标与可钻性的相关关系图共计11个,由于图较多,这里就不逐一列出。通过对比11个图的 R^2 值,找出最大 R^2 值对应的图,该图横坐标对应的细观结构量化指标即为与可钻性相关性最佳的指标。本实施例中,图6的 R^2 值最大,即图6的TC与可钻性的相关性最佳。

[0044] 根据图6得出TC与可钻性级值的函数关系式, $K_d = 1.06 \times e^{\left(\frac{TC}{0.76}\right)} + 0.65$,即为岩石细观结构量化指标TC预测可钻性的模型。

[0045] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例而已,并非对本发明作任何形式上的限制,虽然本发明已以较佳实施例揭露如上,然而并非用以限定本发明,任何熟悉本专业的技术人员,在不脱离本发明技术方案范围内,当可利用上述揭示的技术内容作出些许更动或修饰为等同变化的等效实施例,但凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰,均仍属于本发明技术方案的范围。

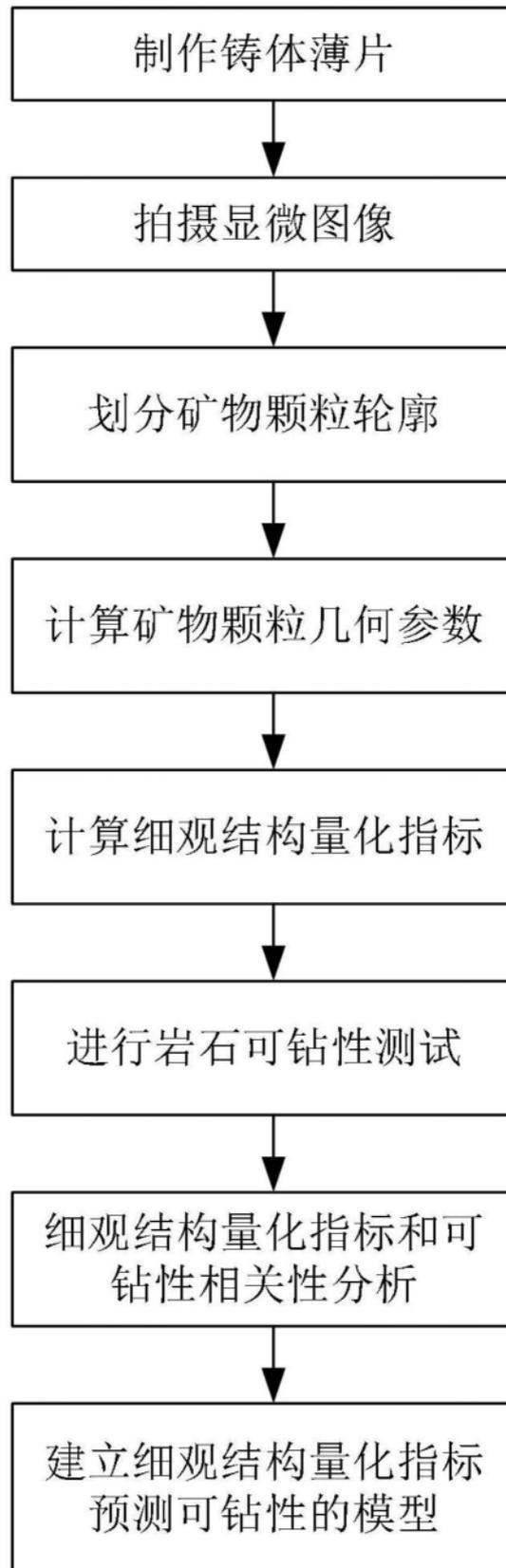


图1

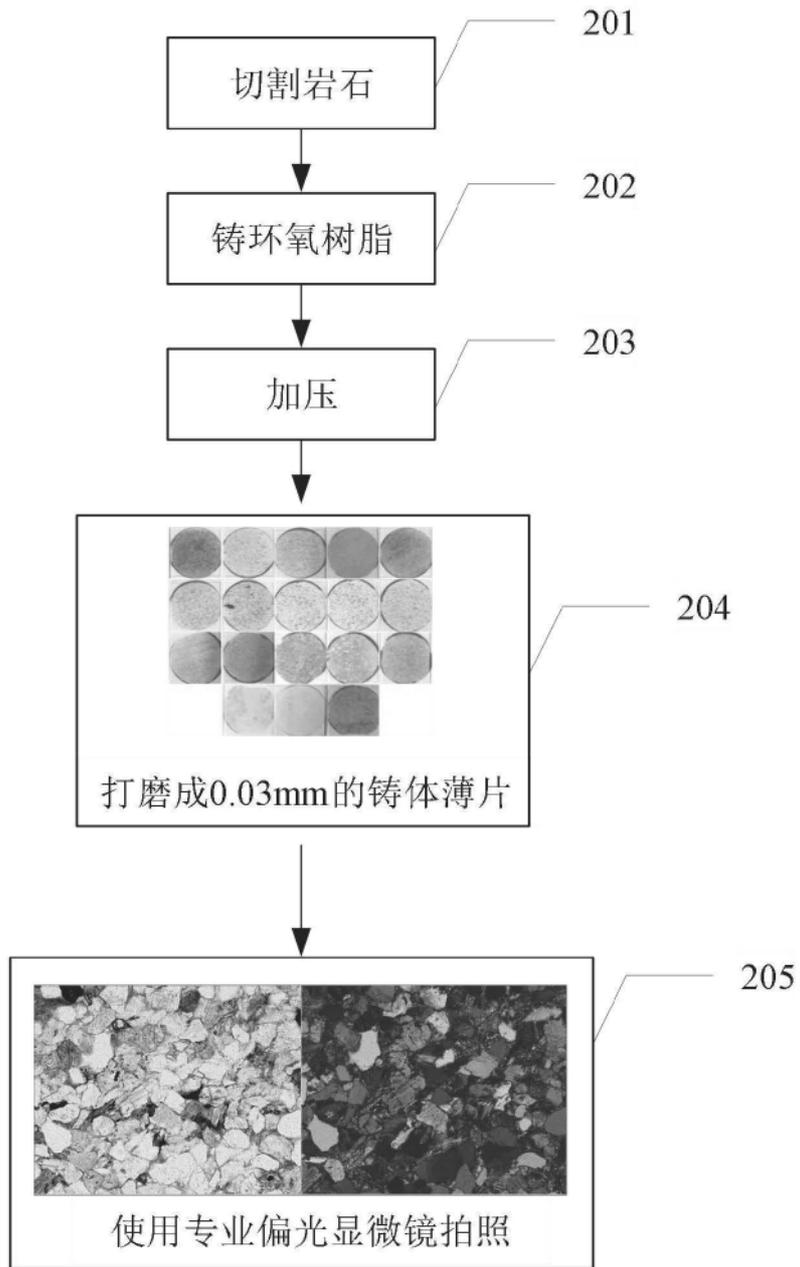


图2

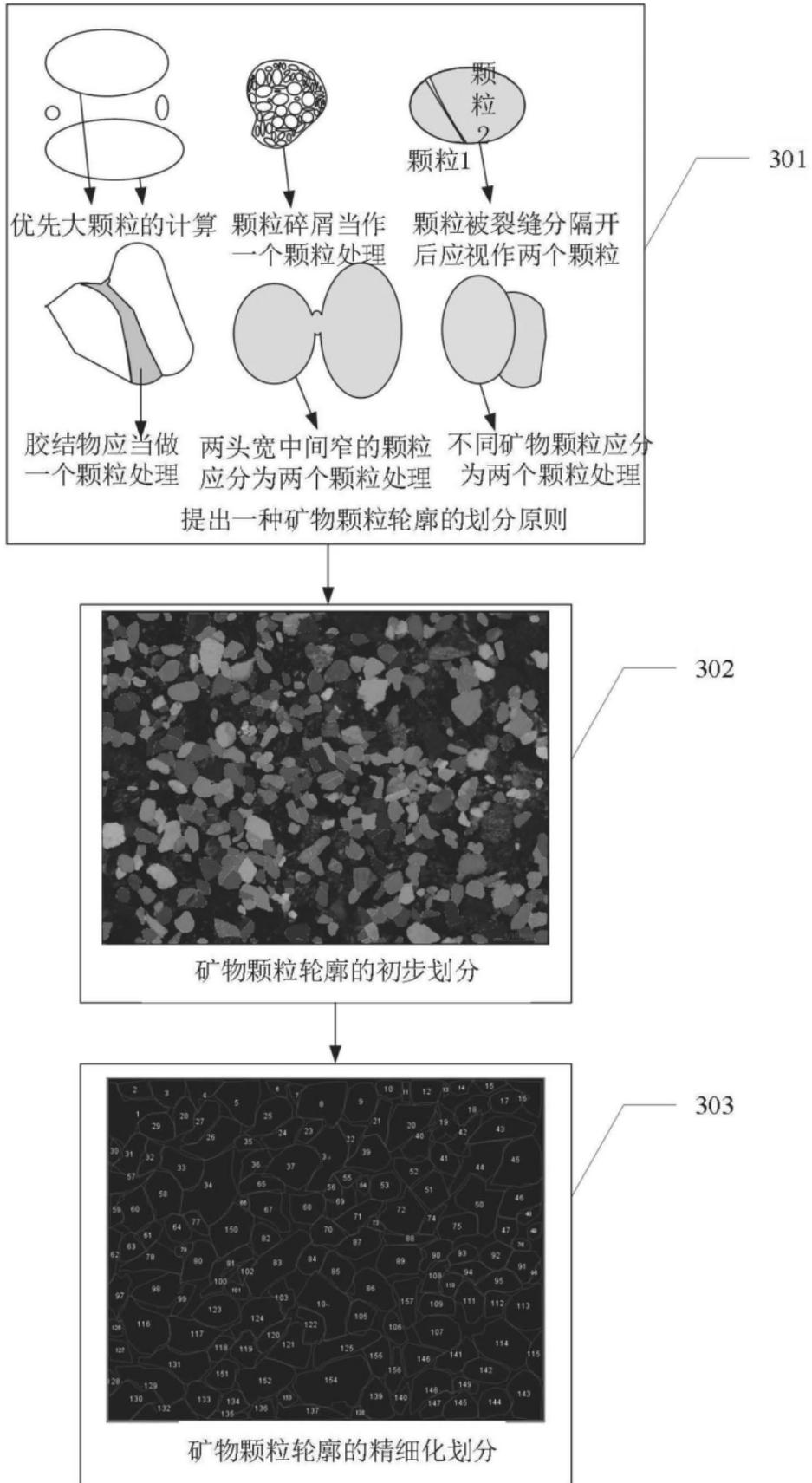


图3

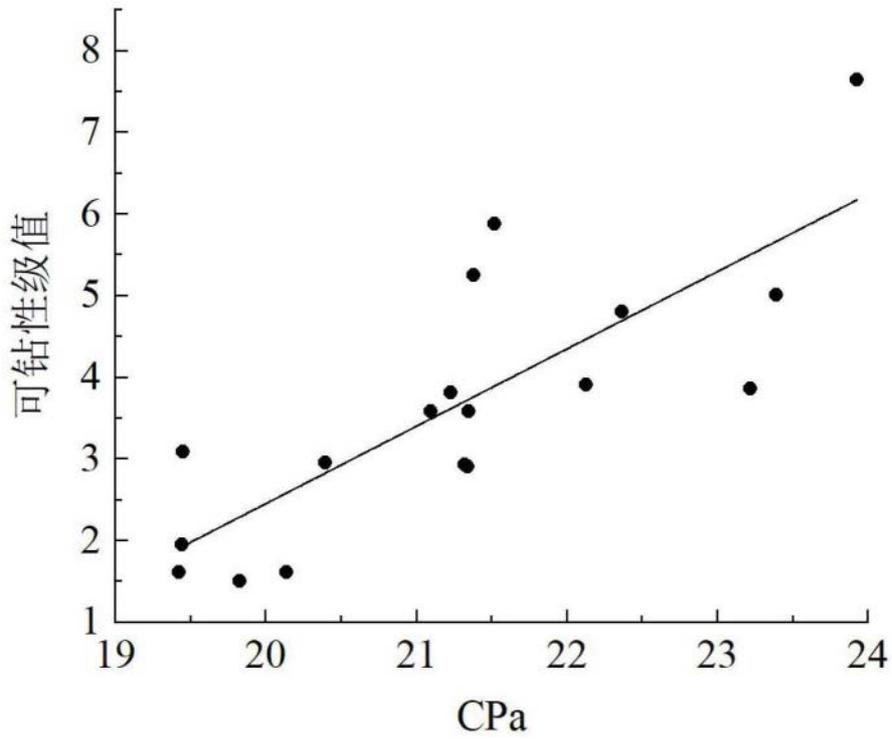


图4

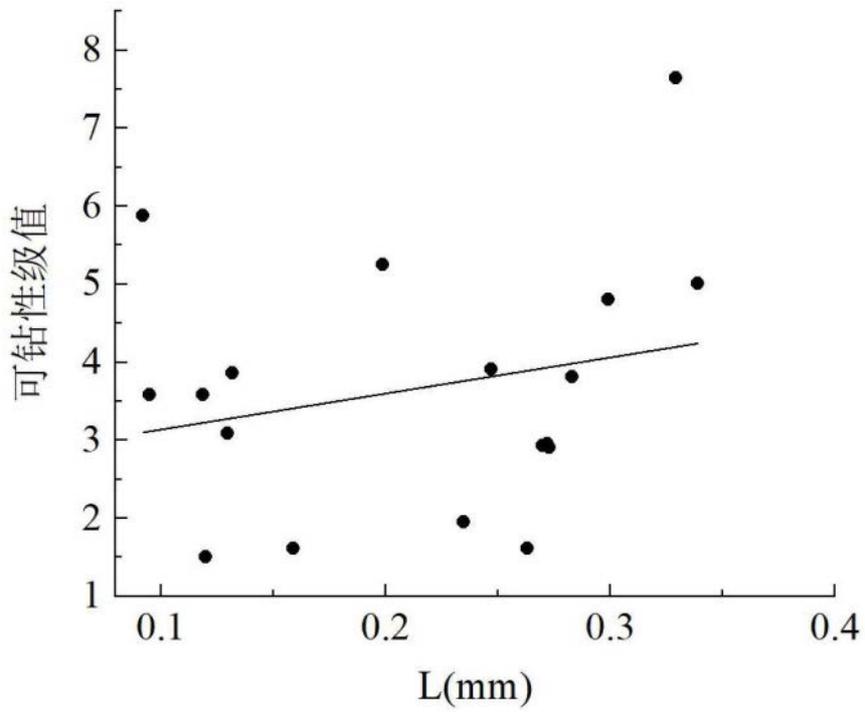


图5

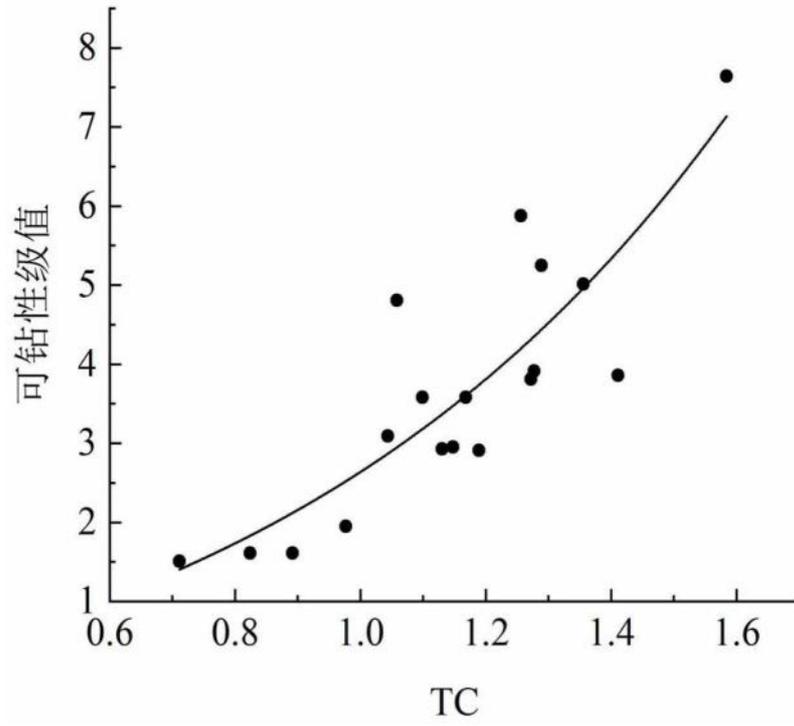


图6