



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105628574 B

(45)授权公告日 2019.04.09

(21)申请号 201410596782.X

(22)申请日 2014.10.29

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105628574 A

(43)申请公布日 2016.06.01

(73)专利权人 中国石油天然气股份有限公司

地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号中国石油大厦

(72)发明人 孙中春 王振林 王雪亮 房涛

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限

责任公司 11240

代理人 吴贵明 张永明

(51)Int.Cl.

G01N 15/08(2006.01)

(56)对比文件

WO 2014127454 A1,2014.08.28,全文.

CN 104034644 A,2014.09.10,全文.

CN 201965078 U,2011.09.07,全文.

CN 103424421 A,2013.12.04,全文.

US 2014123681 A1,2014.05.08,全文.

CN 104075974 A,2014.10.01,说明书第

0011-0020段.

US 2012192639 A1,2012.08.02,全文.

US 2010057409 A1,2010.03.04,全文.

US 8068579 B1,2011.11.29,全文.

CN 102508310 A,2012.06.20,全文.

审查员 沈育德

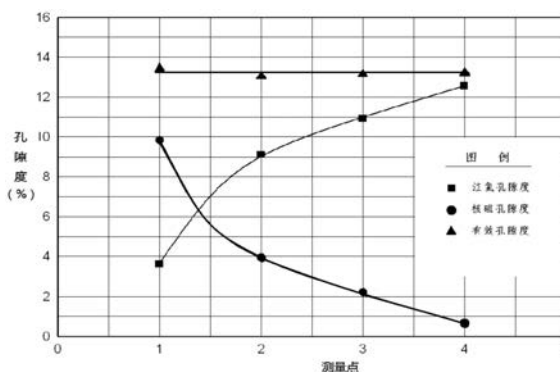
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

岩样孔隙度的测量方法

(57)摘要

本发明提供了一种岩样孔隙度的测量方法。该岩样孔隙度的测量方法包括以下步骤:步骤S1:对岩样中孔隙内的气体体积进行测量,气体体积为 $\phi_h$ ;步骤S2:对岩样中孔隙内的液体体积进行测量,液体体积为 $\phi_{nmr}$ ;步骤S3:计算岩样的孔隙度 $\phi_e$ , $\phi_e = \phi_h + \phi_{nmr}$ 。本发明所提供的测量方法可以在岩石样品的孔隙中具有任何流体分布状态的情况下、在任何时间节点都可以直接对含油岩样进行孔隙度的测量。



1. 一种岩样孔隙度的测量方法:其特征在於,包括以下步骤:

步骤S1:采用注氦技术测量所述岩样中的气体相对体积即气体体积百分比或注氦孔隙度 $\phi_h$ ;

步骤S2:采用核磁共振技术测量所述岩样中的液体相对体积即液体体积百分比或核磁共振孔隙度 $\phi_{nmr}$ ;

步骤S3:计算所述岩样的孔隙度 $\phi_e$ ,  $\phi_e = \phi_h + \phi_{nmr}$ 。

2. 根据权利要求1所述的岩样孔隙度的测量方法,其特征在於:

所述岩样不需经过洗油处理工艺。

3. 根据权利要求1所述的岩样孔隙度的测量方法,其特征在於:

在所述步骤S1前,所述岩样孔隙度的测量方法还包括岩样处理工序,所述岩样处理工序包括:

步骤S11:将所述岩样加工成柱塞形样品。

4. 根据权利要求3所述的岩样孔隙度的测量方法,其特征在於:

在所述步骤S11中,将所述岩样加工成圆柱状的所述柱塞形样品。

5. 根据权利要求3或4所述的岩样孔隙度的测量方法,其特征在於:

所述岩样处理工序还包括:步骤S12:将所述柱塞形样品的端面加工平直。

6. 根据权利要求5所述的岩样孔隙度的测量方法,其特征在於:

在所述步骤S12中,将所述柱塞形样品的端面加工成与所述柱塞形样品的轴线垂直的表面。

7. 根据权利要求6所述的岩样孔隙度的测量方法,其特征在於:

所述岩样处理工序中,将所述柱塞形样品加工为长度L满足: $3\text{cm} \leq L \leq 5\text{cm}$ 。

## 岩样孔隙度的测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及石油开采技术领域,具体而言,涉及一种岩样孔隙度的测量方法。

### 背景技术

[0002] 常用的岩样孔隙度测量方法主要有液体(通常为煤油)饱和称重法、注氦孔隙度法、核磁共振法等。现有技术中所有岩样孔隙度测量方法对于含油岩样均需要工作人员先对岩样进行洗油、饱和操作,然后进行孔隙度测量。因而洗油操作是现有孔隙度测量技术必备的技术环节。致密油储层的孔隙以纳米级孔隙为主,其含油饱和度高、渗透率极低(覆压渗透率 $<0.1\text{md}$ )。

[0003] 由于致密油储层含油岩样的这些特点,导致了工作人员应用现有技术对致密油储层含油岩样的孔隙度进行测量存在以下两个方面的技术缺陷:一是对岩样进行洗油的操作过程所占用的时间长,一般洗油的操作时间需要80~90天,从而导致对岩样进行试验的实验时效低;二是洗油过程、饱和过程极易造成岩样破碎,岩样破碎的比例大约占总体岩样的三分之一左右,这使得对岩样进行试验的实验成功率低。

### 发明内容

[0004] 本发明旨在提供一种岩样孔隙度的测量方法,以解决现有技术中岩样孔隙度测量实验的实验时效低、实验成功率低的问题。

[0005] 为了实现上述目的,根据本发明的一个方面,提供了一种岩样孔隙度的测量方法,包括以下步骤:

[0006] 步骤S1:对岩样中孔隙内的气体体积进行测量,气体体积为 $\phi_h$ ;

[0007] 步骤S2:对岩样中孔隙内的液体体积进行测量,液体体积为 $\phi_{nmr}$ ;

[0008] 步骤S3:计算岩样的孔隙度 $\phi_e$ , $\phi_e = \phi_h + \phi_{nmr}$ 。

[0009] 进一步地,岩样不需经过洗油处理工艺。

[0010] 进一步地,在步骤S1中,采用注氦测量法测量气体体积 $\phi_h$ 。

[0011] 进一步地,注氦测量法应用注氦孔隙度仪对气体体积 $\phi_h$ 进行测量。

[0012] 进一步地,在步骤S2中,采用核磁共振法测量液体体积 $\phi_{nmr}$ 。

[0013] 进一步地,核磁共振法应用岩心核磁共振分析仪对液体体积 $\phi_{nmr}$ 进行测量。

[0014] 进一步地,在步骤S1前,岩样孔隙度的测量方法还包括岩样处理工序,岩样处理工序包括:步骤S11:将岩样加工成柱塞形样品。

[0015] 进一步地,在步骤S11中,将岩样加工成圆柱状的柱塞形样品。

[0016] 进一步地,岩样处理工序还包括:步骤S12:将柱塞样品的端面加工平直。

[0017] 进一步地,在步骤S12中,将柱塞形样品的端面加工成与柱塞形样品的轴线垂直的表面。

[0018] 进一步地,岩样处理工序中,将柱塞形样品加工为长度L满足: $3\text{cm} \leq L \leq 5\text{cm}$ 。

[0019] 应用本发明的技术方案,本发明采用的测量方法采用了注氦测量、核磁共振测量

联合测量岩样孔隙度的试验方式,利用注氦技术测量岩石样品内气体所占的孔隙体积,利用核磁技术测量液体所占孔隙体积,岩石中气体所占的孔隙体积即为气体体积 $\phi_h$ ,岩石中液体所占的孔隙体积为液体体积 $\phi_{nmr}$ ,两者之和为岩样的有效孔隙度 $\phi_e$ ,即 $\phi_e = \phi_h + \phi_{nmr}$ 。本发明所提供的测量方法可以在岩石样品的孔隙中具有任何流体分布状态的情况下、在任何时间节点都可以直接对含油岩样进行孔隙度的测量,由于工作人员是直接对含油岩样进行孔隙度的测量工作,之前并未对岩样进行特殊处理操作(例如洗油、饱和操作),因而提高了实验的时效,提高了实验的成功率。

### 附图说明

[0020] 构成本发明的一部分的附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0021] 图1示出了应用本发明提供的岩样孔隙度的测量方法进行测量实验的坐标线图;

[0022] 图2示出了应用本发明提供的岩样孔隙度的测量方法与应用常规洗油后注氦孔隙度测量方法测量同样岩样的绝对误差分析图。

### 具体实施方式

[0023] 下文中将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0024] 根据本发明的实施例,本发明提供了一种岩样孔隙度的测量方法,该岩样孔隙度测量方法包括以下步骤:

[0025] 步骤S1:对岩样中孔隙内的气体体积进行测量,气体体积为 $\phi_h$ ;

[0026] 步骤S2:对岩样中孔隙内的液体体积进行测量,液体体积为 $\phi_{nmr}$ ;

[0027] 步骤S3:计算岩样的孔隙度 $\phi_e$ , $\phi_e = \phi_h + \phi_{nmr}$ 。

[0028] 本发明采用的测量方法采用了注氦测量、核磁共振测量联合测量岩样孔隙度的试验方式,利用注氦技术测量岩石样品内气体所占的孔隙体积,利用核磁技术测量液体所占孔隙体积,岩石中气体所占的孔隙体积即为气体体积 $\phi_h$ ,岩石中液体所占的孔隙体积为液体体积 $\phi_{nmr}$ ,两者之和为岩样的有效孔隙度 $\phi_e$ ,即 $\phi_e = \phi_h + \phi_{nmr}$ 。本发明所提供的测量方法可以在岩石样品的孔隙中具有任何流体分布状态情况下、在任何时间节点进行孔隙度的测量。

[0029] 进一步地,岩样不需经过洗油处理加工工艺。本发明的孔隙度测量方法的核心是不洗油、不饱和,直接对样品进行测量。由于对岩样的洗油处理工艺需要长达80~90天的时效处理,测量的试验周期长,而应用本发明提供的孔隙度测量方法后,对孔隙度测量的试验周期可以从90天减少到2天左右,这大大提高了试验数据的及时性;而且,由于洗油、饱和的操作过程中岩样极易破碎(以往的试验经验是大约有总数的三分之一的岩样破碎),这使得试验数据的相对成功率下降,采用本发明提供的技术方案之后,由于样品是直接进行试验数据的测量,在试验之前并没有经过洗油、饱和的工艺操作,这样就保证了岩样试验的成功率可以达到96%以上。

[0030] 其中,在步骤S2中,采用注氦测量法测量气体体积,并且该注氦测量法应用注氦孔隙度仪对气体体积进行测量;在步骤S3中,采用核磁共振法测量液体体积,核磁共振法应用

岩心核磁共振分析仪对液体体积进行测量。工作人员对加工好的岩样不洗油、不饱和而直接进行注氦孔隙度测量,并且,工作人员应用的注氦孔隙度仪为岩心公司的CMS300测量仪;然后工作人员采用英国共振公司的MARAN Ultra岩心核磁共振分析仪对岩样进行核磁共振孔隙度测量。

[0031] 在步骤S1前,岩样孔隙度的测量方法还包括岩样处理工序,其中,岩样处理工序包括步骤S11:将岩样加工成柱塞形样品,更进一步地,步骤S11将岩样加工成圆柱状的的柱塞形样品。在对岩样进行注氦测量法测量岩样内的气体体积 $\phi_h$ 的时候,工作人员需要利用密封材料对岩样的圆柱面进行密封,然后从圆柱状的岩样的端部进行注氦操作。岩样处理工序还包括步骤S12:将柱塞样品的端面加工平直,并且将柱塞形样品的端面加工成与柱塞形样品的轴线垂直的表面,特别地,岩样处理工序将柱塞形样品的长度加工成L,其中, $3\text{cm} \leq L \leq 5\text{cm}$ 。

[0032] 岩样根据以上要求加工完成后,不需要再进行特殊加工处理,样品可以为密闭取心样品,也可以使常规取心样品,并且样品不进行特殊保存(样品内的液体蒸发不影响测量的结构)。而且,应用本发明的孔隙度测量方法的试验过程不需要对岩样进行洗油、饱和,岩样的孔隙内的液体的性质不影响测量的结构,即液体在孔隙内的残余量不影响试验结果。工作人员可以在岩样自然保存的任何时间点对岩样进行试验测量。而且,试验不需要抽真空饱和。

[0033] 为了验证液体在孔隙中残留量对本发明提供的孔隙测量方法测量的孔隙度结果没有影响的结论,工作人员选取了5块岩样进行试验,其中2块岩样在洗油的过程中破碎,另外3块岩样获得了较完整的试验数据,试验数据请参见表1。

[0034] 表1三块岩样不同含液体状态的孔隙度测量结果

[0035]

样品号	洗油后孔隙度 (%)	洗油前孔隙度 (%)	洗油 1 天后孔隙度 (%)	洗油 3 天后孔隙度 (%)	洗油 8 天后孔隙度 (%)	备注
29	13.30	3.61	9.10	10.92	12.56	注氮孔隙度
		9.83	3.94	2.22	0.65	核磁孔隙度
		13.44	13.04	13.14	13.21	有效孔隙度
44	12.00	3.75	8.40	9.87	11.31	注氮孔隙度
		8.14	3.08	2.18	0.70	核磁孔隙度
		11.89	11.48	12.05	12.01	有效孔隙度
62	13.50	3.98	10.65	12.07	13.30	注氮孔隙度
		9.32	3.24	1.41	0.33	核磁孔隙度
		13.3	13.89	13.48	13.63	有效孔隙度

[0036] 由表1中的实验数据可以知道,三块岩样的四种含液体状态所测量的孔隙度与洗油后(洗油工艺好事86天)测量的注氮孔隙度对比平均算术绝对误差为0.5%,相对误差平均至为0.4%。

[0037] 如图1所示,为表1中29号岩样在洗油过程中不同饱和状态下快速测量的结果对比图。该岩样为云质粉砂岩,洗油后注氮孔隙度测量为13.30%。第一个测量点为洗油前的测量结果,第二个测量点为1天后的测量结果,第三个测量点为洗油3天后的测量结果,第四个测量点为洗油8天后的测量结果。从图1显示的数据工作人员可以知道岩样中不同液体饱和状态的三个测量点的孔隙度测量结构基本一致。试验数据表明,三块岩样的不同含液体状态所测量的孔隙度与洗油后所测量的注氮孔隙度数据基本一致,孔隙液体的残留量不影响孔隙度的测量结果。

[0038] 为了进一步验证本发明的孔隙度测量方法的测量精度,工作人员设计了35块致密储层岩样进行了对比测量。试验数据请参见下表2所示。

[0039] 表2常规方法与本发明方法的孔隙度测量数据对比表

[0040]

岩样编号	快速分析孔隙度 (%)	注氮孔隙度 (%)	分析绝对误差
1	13.44	13.76	-0.32
2	11.9	12.23	-0.33
3	13.9	14.08	-0.18
4	5.62	6.53	-0.9147
5	11.97	11.65	0.3232

6	7.78	8.43	-0.65
7	12.03	11.46	0.57
8	11.62	12.17	-0.5546
9	11.41	11.23	0.18
10	14.70	14.43	0.2727
11	17.37	17.52	-0.1539
12	14.80	14.47	0.3288
13	6.48	9.48	-2.9956
14	18.86	17.85	1.0067
15	14.43	15.22	-0.7945
16	7.25	7.30	-0.0499
17	8.24	7.66	0.5768
18	14.43	14.40	0.0339
19	10.22	11.02	-0.8
20	10.26	10.42	-0.16
21	11.79	10.23	1.56
22	9.91	10.55	-0.6426
23	13.78	13.90	-0.1205

[0041] 首先,在不洗油、不饱和的状态下工作人员应用本发明提供的岩样孔隙度测量方法对岩样进行孔隙度测量,在不到一天的时间内,工作人员就完成了对岩样的试验测量的工作,这35块致密储层岩样的孔隙度快速试验测量结果见表3所示。

[0042] 表3 35块致密油含油样品孔隙度快速实验结果

[0043]

序号	气体孔隙度-原状%	核磁孔隙度-原状%	孔隙度-原状%
1	4.01	1.61	5.62
2	5.85	18.79	24.64
3	3.11	8.86	11.97
4	3.48	4.30	7.78
5	2.86	4.60	7.46
6	5.47	6.56	12.03
7	3.53	8.09	11.62
8	2.48	8.93	11.41
9	2.46	1.76	4.22
10	7.75	8.60	16.35
11	6.13	12.66	18.79
12	2.15	12.55	14.70
13	7.18	10.19	17.37
14	2.84	11.96	14.80
15	2.61	3.87	6.48

16	8.85	10.01	18.86
17	3.31	11.12	14.43
18	1.53	5.72	7.25
19	1.70	6.54	8.24
20	1.26	13.17	14.43
21	3.05	7.17	10.22
22	3.15	7.11	10.26
23	5.82	5.97	11.79
24	1.19	11.79	12.98
25	0.40	7.23	7.63
26	4.71	8.28	12.99

[0044]

27	6.80	0.39	7.19
28	2.14	7.77	9.91
29	2.64	7.15	9.79
30	1.30	4.74	6.04
31	4.09	9.69	13.78
29-1	3.61	9.83	13.44
44	3.74	8.14	11.88
62-63	3.98	9.32	13.30
64-65	3.79	9.14	12.93

[0045] 而后,工作人员对岩样进行了洗油处理,岩样经过89天的洗油工艺之后,才基本完成洗油过程。洗油过程中,12块岩样破碎。因此,之后23块岩样得到了注氮孔隙度测量数据(见表2所示)。

[0046] 图2为本发明的对23块岩样进行快速测量结果与常规洗油后注氮孔隙度测量结构的绝对误差分析图,其中,图2中的横坐标表示对岩样进行测量的绝对误差值,纵坐标表示进行测量的岩样的绝对误差落在误差统计范围内的岩样数量。从误差分析图图2中工作人员可以看出,绝对误差分布在-1~1%之间,绝对误差的算术平均值为0.13%,两种测量方法测量结果基本一致,因此,试验数据可以证明本发明提供的岩样孔隙度测量方法测量的孔隙度结果可靠。

[0047] 从以上试验测量过程看,工作人员采用本发明提供的岩样孔隙度测量方法对岩样进行试验测量,用不到一天的时间就完成了23块岩样的孔隙度测量的试验工作,而且岩样无一破损,实验测量的成功率达到100%。工作人员应用常规洗油注氮孔隙度测量方法对咽炎进行洗油、注氮测量试验数据的过程中,一共使用了89天对岩样进行洗油,并且最后有12块岩样破碎,工作人员试验测量的成功率不到三分之二,且试验测量经过89天,这样的试验测量的时效较差。

[0048] 解释说明:

[0049] 洗油处理工艺:是指把岩心中的油“洗”出来。具体指在岩心实验室抽提岩心,用一种有机溶剂处理岩心,驱替出岩心中的油。



[0050] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

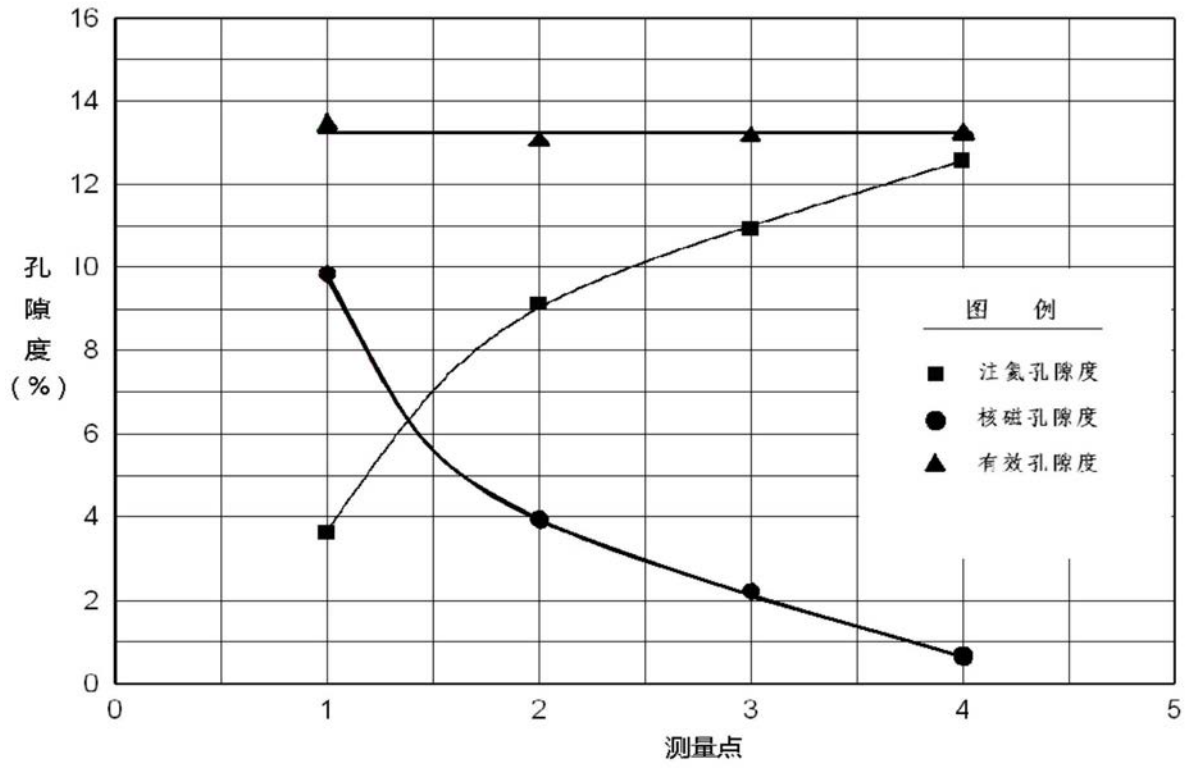


图1

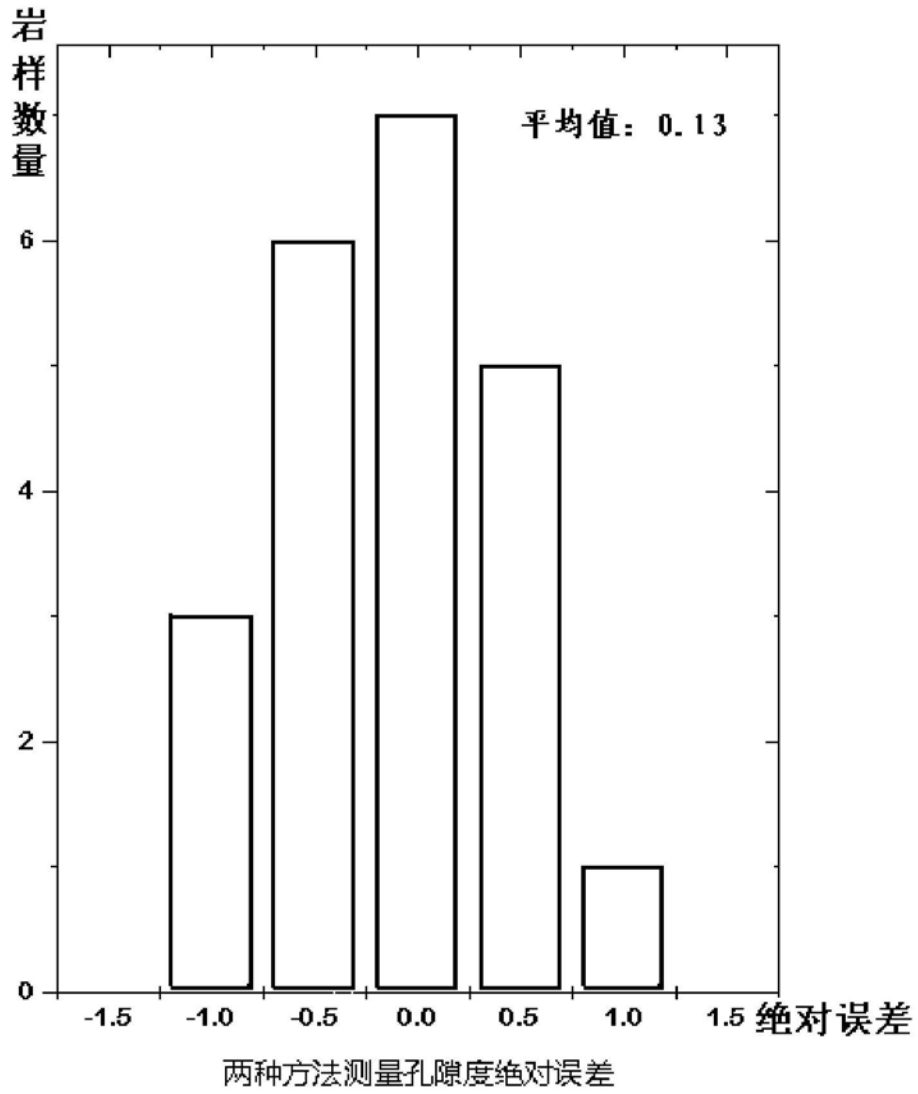


图2