



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110782100 B

(45) 授权公告日 2022.04.29

(21) 申请号 201911147970.3

(22) 申请日 2019.11.21

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110782100 A

(43) 申请公布日 2020.02.11

(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 黄全华 李健 郭平

(74) 专利代理机构 成都正德明志知识产权代理有限公司 51360

代理人 雷正

(51) Int.Cl.

G06Q 10/04 (2012.01)

G06Q 50/02 (2012.01)

(56) 对比文件

CN 110245454 A, 2019.09.17

CN 106285621 A, 2017.01.04

CN 109488282 A, 2019.03.19

CN 103577886 A, 2014.02.12

US 2014190691 A1, 2014.07.10

审查员 唐凯旋

权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

一种低渗透气藏产能快速预测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种低渗透气藏产能快速预测方法,包括获取已完成产能测试产层的相关参数,分析得到相关拟合关系图和相关拟合关系式;然后结合多个相似低渗透气田的产能预测资料得到对比拟合关系图和对比拟合关系式;最后删除异常点,得到标准拟合关系图得到标准拟合关系式,完成产能预测。本发明的低渗透气藏产能快速预测方法结合国内相似的典型低渗透气田的产能测试资料,回归了大量统计样本,得到拟合关系式,完成产能快速预测。该方法预测适用性高、速度快、结果准确度高,能满足现场生产的需要。



1. 一种低渗透气藏产能快速预测方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1: 获取低渗透气田已完成产能测试产层的相关参数,包括无阻流量 Q_{AOF} 、有效厚度 h 和渗透率 K ;

S2: 根据已完成产能测试产层的无阻流量 Q_{AOF} 和有效厚度 h 计算单位厚度的无阻流量 q_{AOF} ;

S3: 对单位厚度的无阻流量 q_{AOF} 和渗透率 K 进行拟合,得到相关拟合关系图和相关拟合关系式;

S4: 根据相关拟合关系图和相关拟合关系式,获取多个相似低渗透气田已完成产能测试产层的相关参数,并根据相关参数得到对比拟合关系图和对比拟合关系式;

S5: 通过对相关拟合关系图和对比拟合关系图进行比较,对相关拟合关系式和对比拟合关系式进行比较,得出异常点;

S6: 删除异常点,得到标准拟合关系图;

S7: 根据标准拟合关系图得到标准拟合关系式;

S8: 根据标准拟合关系式计算低渗透气藏产能,完成产能预测。

2. 根据权利要求1所述的低渗透气藏产能快速预测方法,其特征在于,所述步骤S2中,单位厚度的无阻流量 q_{AOF} 的计算公式为 $q_{AOF} = Q_{AOF}/h$ 。

3. 根据权利要求1所述的低渗透气藏产能快速预测方法,其特征在于,所述步骤S3包括以下子步骤:

S31: 在origin数学软件上建立直角坐标系;

S32: 在直角坐标系上,以渗透率 K 刻画横坐标;

S33: 在横坐标上,以单位厚度的无阻流量 q_{AOF} 刻画纵坐标,完成相关拟合关系图;

S34: 根据相关拟合关系图得出相关拟合关系式。

4. 根据权利要求1所述的低渗透气藏产能快速预测方法,其特征在于,所述步骤S4包括以下子步骤:

S41: 根据相关拟合关系图和相关拟合关系式,获取多个相似低渗透气田已完成产能测试产层的相关参数,包括无阻流量 Q'_{AOF} 、有效厚度 h' 和渗透率 K' ;

S42: 根据已完成产能测试产层的无阻流量 Q'_{AOF} 和有效厚度 h' 计算单位厚度的无阻流量 q'_{AOF} ;

S43: 对单位厚度的无阻流量 q'_{AOF} 和渗透率 K' 进行拟合,得到对比拟合关系图和对比拟合关系式。

5. 根据权利要求4所述的低渗透气藏产能快速预测方法,其特征在于,所述步骤S42中,单位厚度的无阻流量 q'_{AOF} 的计算公式为 $q'_{AOF} = Q'_{AOF}/h'$ 。

6. 根据权利要求4所述的低渗透气藏产能快速预测方法,其特征在于,所述步骤S43包括以下子步骤:

S431: 在origin数学软件上建立直角坐标系;

S432: 在直角坐标系上,以渗透率 K' 刻画横坐标;

S433: 在横坐标上,以单位厚度的无阻流量 q'_{AOF} 刻画纵坐标,完成对比拟合关系图;

S434: 根据对比拟合关系图得出对比拟合关系式。

7. 根据权利要求1所述的低渗透气藏产能快速预测方法,其特征在于,所述步骤S5中,

异常点包括测试失败的点和测试未达到稳定的点。

8. 根据权利要求1所述的低渗透气藏产能快速预测方法,其特征在於,所述步骤S3中的相关拟合关系式、步骤S4中的对比拟合关系式和步骤S7中的标准拟合关系式均为线性关系式。

一种低渗透气藏产能快速预测方法

技术领域

[0001] 本发明属于油气田产能预测技术领域,具体涉及一种低渗透气藏产能快速预测方法。

背景技术

[0002] 产能预测是油气田开发规划部署、开发方案设计、开发方案调整和开发动态分析的重要组成部分。现场大多用产能测试来获取无阻流量,但该方法耗时较长,可能出现测试失败。在国外并购气田时,往往需要快速进行产能预测,从而进行风险评估,产能测试不能满足要求,传统拟合方法误差又大。为此,本发明提出了一种新的区域统计的方法来预测产能,通过已进行产能测试的产层的数据并结合多个相似气田的数据拟合出经验公式来对未进行产能测试的产层进行快速准确的预测。

发明内容

[0003] 本发明的目的是为了解决油气田产能预测的问题,提出了一种低渗透气藏产能快速预测方法。

[0004] 本发明的技术方案是:一种低渗透气藏产能快速预测方法包括以下步骤:

[0005] S1:获取低渗透气田已完成产能测试产层的相关参数,包括无阻流量 Q_{AOF} 、有效厚度 h 和渗透率 K ;

[0006] S2:根据已完成产能测试产层的无阻流量 Q_{AOF} 和有效厚度 h 计算单位厚度的无阻流量 q_{AOF} ;

[0007] S3:对单位厚度的无阻流量 q_{AOF} 和渗透率 K 进行拟合,得到相关拟合关系图和相关拟合关系式;

[0008] S4:根据相关拟合关系图和相关拟合关系式,获取多个相似低渗透气田已完成产能测试产层的相关参数,并根据相关参数得到对比拟合关系图和对比拟合关系式;

[0009] S5:通过对相关拟合关系图和对比拟合关系图进行比较,对相关拟合关系式和对比拟合关系式进行比较,得出异常点;

[0010] S6:删除异常点,得到标准拟合关系图;

[0011] S7:根据标准拟合关系图得到标准拟合关系式;

[0012] S8:根据标准拟合关系式计算低渗透气藏产能,完成产能预测。

[0013] 本发明的有益效果是:本发明的低渗透气藏产能快速预测方法结合国内相似的典型低渗透气田的产能测试资料,回归了大量统计样本,得到拟合关系式,完成产能快速预测。该方法预测适用性高、速度快、结果准确度高,能满足现场生产的需要。

[0014] 进一步地,步骤S2中,单位厚度的无阻流量 q_{AOF} 的计算公式为 $q_{AOF}=Q_{AOF}/h$ 。

[0015] 上述进一步方案的有益效果是:在本发明中,利用无阻流量 Q_{AOF} 和有效厚度 h 计算出单位厚度的无阻流量 q_{AOF} ,便于与渗透率 K 进行拟合,且计算公式简单便于现场计算。

[0016] 进一步地,步骤S3包括以下子步骤:

- [0017] S31:在origin数学软件上建立直角坐标系;
- [0018] S32:在直角坐标系上,以渗透率K刻画横坐标;
- [0019] S33:在横坐标上,以单位厚度的无阻流量 q_{AOF} 刻画纵坐标,完成相关拟合关系图;
- [0020] S34:根据相关拟合关系图得出相关拟合关系式。
- [0021] 上述进一步方案的有益效果是:在传统方法中,以无阻流量和底层系数建立直角坐标系。而在本发明中,拟合关系图以单位厚度的无阻流量和渗透率建立直角坐标系,区别于传统方法,相对偏差率更低,预测结果更加准确。
- [0022] 进一步地,步骤S4包括以下子步骤:
- [0023] S41:根据相关拟合关系图和相关拟合关系式,获取多个相似低渗透气田已完成产能测试产层的相关参数,包括无阻流量 Q'_{AOF} 、有效厚度 h' 和渗透率 K' ;
- [0024] S42:根据已完成产能测试产层的无阻流量 Q'_{AOF} 和有效厚度 h' 计算单位厚度的无阻流量 q'_{AOF} ;
- [0025] S43:对单位厚度的无阻流量 q'_{AOF} 和渗透率 K' 进行拟合,得到对比拟合关系图和对比拟合关系式。
- [0026] 上述进一步方案的有益效果是:由于目标低渗透气田的统计样本较少,导致计算结果不可靠。结合多个相似的典型低渗气田的产能测试资料,回归了大量统计样本,使预测结果更加准确可靠。
- [0027] 进一步地,步骤S42中,单位厚度的无阻流量 q'_{AOF} 的计算公式为 $q'_{\text{AOF}}=Q'_{\text{AOF}}/h'$ 。
- [0028] 上述进一步方案的有益效果是:在本发明中,利用无阻流量 Q'_{AOF} 和有效厚度 h' 计算得出单位厚度的无阻流量 q'_{AOF} ,便于与渗透率 K' 进行拟合,且计算公式简单便于现场计算。
- [0029] 进一步地,步骤S43包括以下子步骤:
- [0030] S431:在origin数学软件上建立直角坐标系;
- [0031] S432:在直角坐标系上,以渗透率 K' 刻画横坐标;
- [0032] S433:在横坐标上,以单位厚度的无阻流量 q'_{AOF} 刻画纵坐标,完成对比拟合关系图;
- [0033] S434:根据对比拟合关系图得出对比拟合关系式。
- [0034] 上述进一步方案的有益效果是:在传统方法中,以无阻流量和底层系数建立直角坐标系。而在本发明中,拟合关系图以单位厚度的无阻流量和渗透率建立直角坐标系,区别于传统方法,相对偏差率更低,预测结果更加准确。
- [0035] 进一步地,异常点包括测试失败的点和测试未达到稳定的点。
- [0036] 上述进一步方案的有益效果是:在本发明中,异常点是测试过程出问题造成的,不能反应产层的真实情况,删除异常点能更真实的反应产层情况。
- [0037] 进一步地,步骤S3中的相关拟合关系式、步骤S4中的对比拟合关系式和步骤S7中的标准拟合关系式均为线性关系式。
- [0038] 上述进一步方案的有益效果是:在本发明中,线性关系式能清晰地反应产层情况,便于计算产能,完成产能预测。

附图说明

- [0039] 图1为低渗透气藏产能快速预测方法的步骤图；
[0040] 图2为步骤S3的子步骤图；
[0041] 图3为步骤S4的子步骤图；
[0042] 图4为步骤S43的子步骤图；
[0043] 图5为NB17-1气田花港组的相关拟合关系图；
[0044] 图6为NB17-1气田花港组的标准拟合关系图；
[0045] 图7为NB17-1气田花港组传统方法的拟合关系图。

具体实施方式

- [0046] 下面结合附图对本发明的实施例作进一步的说明。
- [0047] 如图1所示,本发明提供了一种低渗透气藏产能快速预测方法,包括以下步骤:
- [0048] S1:获取低渗透气田已完成产能测试产层的相关参数,包括无阻流量 Q_{AOF} 、有效厚度 h 和渗透率 K ;
- [0049] S2:根据已完成产能测试产层的无阻流量 Q_{AOF} 和有效厚度 h 计算单位厚度的无阻流量 q_{AOF} ;
- [0050] S3:对单位厚度的无阻流量 q_{AOF} 和渗透率 K 进行拟合,得到相关拟合关系图和相关拟合关系式;
- [0051] S4:根据相关拟合关系图和相关拟合关系式,获取多个相似低渗透气田已完成产能测试产层的相关参数,并根据相关参数得到对比拟合关系图和对比拟合关系式;
- [0052] S5:通过对相关拟合关系图和对比拟合关系图进行比较,对相关拟合关系式和对比拟合关系式进行比较,得出异常点;
- [0053] S6:删除异常点,得到标准拟合关系图;
- [0054] S7:根据标准拟合关系图得到标准拟合关系式;
- [0055] S8:根据标准拟合关系式计算低渗透气藏产能,完成产能预测。
- [0056] 在本发明实施例中,如图1所示,步骤S2中,单位厚度的无阻流量 q_{AOF} 的计算公式为 $q_{AOF} = Q_{AOF} / h$;在本发明中,利用无阻流量 Q_{AOF} 和有效厚度 h 计算得出单位厚度的无阻流量 q_{AOF} ,便于与渗透率 K 进行拟合,且计算公式简单便于现场计算。
- [0057] 在本发明实施例中,如图2所示,步骤S3包括以下子步骤:
- [0058] S31:在origin数学软件上建立直角坐标系;
- [0059] S32:在直角坐标系上,以渗透率 K 刻画横坐标;
- [0060] S33:在横坐标上,以单位厚度的无阻流量 q_{AOF} 刻画纵坐标,完成相关拟合关系图;
- [0061] S34:根据相关拟合关系图得出相关拟合关系式。
- [0062] 在传统方法中,以无阻流量和底层系数建立直角坐标系。而在本发明中,拟合关系图以单位厚度的无阻流量和渗透率建立直角坐标系,区别于传统方法,相对偏差率更低,预测结果更加准确。
- [0063] 在本发明实施例中,如图3所示,步骤S4包括以下子步骤:
- [0064] S41:根据相关拟合关系图和相关拟合关系式,获取多个相似低渗透气田已完成产能测试产层的相关参数,包括无阻流量 Q'_{AOF} 、有效厚度 h' 和渗透率 K' ;

[0065] S42:根据已完成产能测试产层的无阻流量 Q'_{AOF} 和有效厚度 h' 计算单位厚度的无阻流量 q'_{AOF} ;

[0066] S43:对单位厚度的无阻流量 q'_{AOF} 和渗透率 K' 进行拟合,得到对比拟合关系图和对比拟合关系式。

[0067] 在本发明中,由于目标低渗气田的统计样本较少,导致计算结果不可靠。结合多个相似的典型低渗气田的产能测试资料,回归了大量统计样本,使预测结果更加准确可靠。

[0068] 在本发明实施例中,如图3所示,步骤S42中,单位厚度的无阻流量 q'_{AOF} 的计算公式为 $q'_{AOF} = Q'_{AOF}/h'$ 。

[0069] 在本发明中,利用无阻流量 Q'_{AOF} 和有效厚度 h' 计算得出单位厚度的无阻流量 q'_{AOF} ,便于与渗透率 K 进行拟合,且计算公式简单便于现场计算。

[0070] 在本发明实施例中,如图4所示,步骤S43包括以下子步骤:

[0071] S431:在origin数学软件上建立直角坐标系;

[0072] S432:在直角坐标系上,以渗透率 K' 刻画横坐标;

[0073] S433:在横坐标上,以单位厚度的无阻流量 q'_{AOF} 刻画纵坐标,完成对比拟合关系图;

[0074] S434:根据对比拟合关系图得出对比拟合关系式。

[0075] 在传统方法中,以无阻流量和底层系数建立直角坐标系。而在本发明中,拟合关系图以单位厚度的无阻流量和渗透率建立直角坐标系,区别于传统方法,相对偏差率更低,预测结果更加准确。

[0076] 在本发明实施例中,如图1所示,异常点包括测试失败的点和测试未达到稳定的点。在本发明中,异常点是测试过程出问题造成的,不能反应产层的真实情况,删除异常点能更真实的反应产层情况。

[0077] 在本发明实施例中,如图1所示,步骤S3中的相关拟合关系式、步骤S4中的对比拟合关系式和步骤S7中的标准拟合关系式均为线性关系式。在本发明中,线性关系式能清晰地反应产层情况,便于计算产能,完成产能预测。

[0078] 本发明的工作原理及过程为:本发明的产能预测方法针对低渗气藏产能的预测,首先获取已完成产能测试产层的相关参数,包括无阻流量 Q_{AOF} 、有效厚度 h 和渗透率 K ,这些参数为气田资料采集的基本参数,计算得到单位厚度的无阻流量 q_{AOF} 并结合渗透率得到相关拟合关系图和相关拟合关系式;然后结合多个相似低渗气田的产能预测资料得到对比拟合关系图和对比拟合关系式;最后删除异常点,得到标准拟合关系图得到标准拟合关系式,完成产能预测。

[0079] 下面以NB17-1气田花港组为例,详细描述本发明的分级方法。

[0080] NB17-1气田花港组三个主力气层中只有H3b层和H4b层成功进行了产能测试,H3c层由于测试时间短,压力与产量未达到稳定状态,利用已有的资料无法解释H3c层的产能,致使测试失败。所以采用该发明的产能快速预测方法对未测试主力层H3c层的产能进行估算与预测,通过对已测试层H3b层和H4b层进行计算,与产能测试结果进行对比分析。最后用传统的拟合关系式进行估算,来对比结果,分析误差。

[0081] 首先,获取低渗气田已完成产能测试产层的相关参数,包括无阻流量 Q_{AOF} 、有效厚度 h 和渗透率 K ;计算单位厚度的无阻流量 q_{AOF} ;对单位厚度的无阻流量 q_{AOF} 和渗透率 K 进行

拟合,得到相关拟合关系图,如图5所示,并通过相关拟合关系图得到相关拟合关系式,相关拟合关系式为 $\frac{q_{\text{AOF}}}{h} = 0.983 \times K + 0.0239$ 。

[0082] 由于目标区块的数据,统计的样本较少,会导致计算结果不可靠,所以回归的统计公式不宜直接用于产能预测。为此,结合国内多个相似典型低渗透气田的产能测试资料,如YC气田、YL气田、SGL气田和DND气田,采用同样的方法回归统计样本量更大的单位厚度无阻流量 q_{AOF} 与渗透率 K ,并对单位厚度的无阻流量 q_{AOF} 和渗透率 K 进行拟合,得到对比拟合关系式为 $\frac{q_{\text{AOF}}}{h} = 0.983 \times K + 0.0239$ 。然后,通过相关拟合关系图和对比拟合关系图比较,相关拟合关系式和对比拟合关系式比较,删除异常点;最后进行重新回归,将对比拟合关系图和标准拟合关系图结合,如图6所示,且得到标准拟合关系式 $q_{\text{AOF}} = 0.8219 \times K \times h + 0.1592 \times h$ 。

[0083] 按照标准拟合关系式来对H3b层、H3c层和H4b层进行产能预测,结果如下表1所示:

[0084] 表1

[0085] 表1

气层组	气层厚度 (m)	渗透率 (mD)	无阻流量 ($10^4 \text{m}^3/\text{d}$)	产能测试 预测的无 阻流量 ($10^4 \text{m}^3/\text{d}$)	相对偏差
H3b	73.1	2.86	183.696	176.189	0.043
H3c	26.9	1.45	36.328	\	\
H4b	81.1	2.61	186.883	177.366	0.054

[0086] 从上表可以看出,H3b层、H3c层和H4b层通过该方法预测出来的产能分别为 $183.696 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 、 $36.328 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 、 $186.883 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。由于只有H3b层和H4b层进行了产能测试,将该方法预测出来的结果与产能测试的结果相比,相对偏差小于6%,说明该方法预测出来的结果可靠。

[0087] 传统方法是通过单位厚度的无阻流量 q_{AOF} 与地层系数 Kh 得到拟合关系式来预测产能的,下面运用传统方法来拟合预测产能。

[0088] 传统方法得到的拟合关系图如图7所示,由图可得到拟合关系式 $q_{\text{AOF}} = 0.7115 \times Kh + 1.2203$ 。按照标准拟合关系式来对H3b层、H3c层和H4b层进行产能预测,结果如下表2所示:

[0089] 表2

[0090]	气层组	气层厚度 (m)	渗透率 (mD)	无阻流量 ($10^4\text{m}^3/\text{d}$)	产能测试 预测的无 阻流量 ($10^4\text{m}^3/\text{d}$)	相对偏差
	H3b	73.1	2.86	149.971	176.189	0.160
	H3c	26.9	1.45	28.972	\	\
	H4b	81.1	2.61	151.824	177.366	0.144

[0091] 通过表2分析可以发现,拟合无阻流量 q_{AOF} 与地层系数 kh 来预测无阻流量的相对偏差大于14%。而本发明的产能快速预测方法拟合单位厚度无阻流量 q_{AOF} 与渗透率 K 预测无阻流量的相对偏差不到6%,说明新方法更加准确。

[0092] 本发明的有益效果为:本发明的低渗透气藏产能快速预测方法结合国内相似的典型低渗透气田的产能测试资料,回归了大量统计样本,得到拟合关系式,完成产能快速预测。该方法预测适用性高、速度快、结果准确度高,能满足现场生产的需要。

[0093] 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。

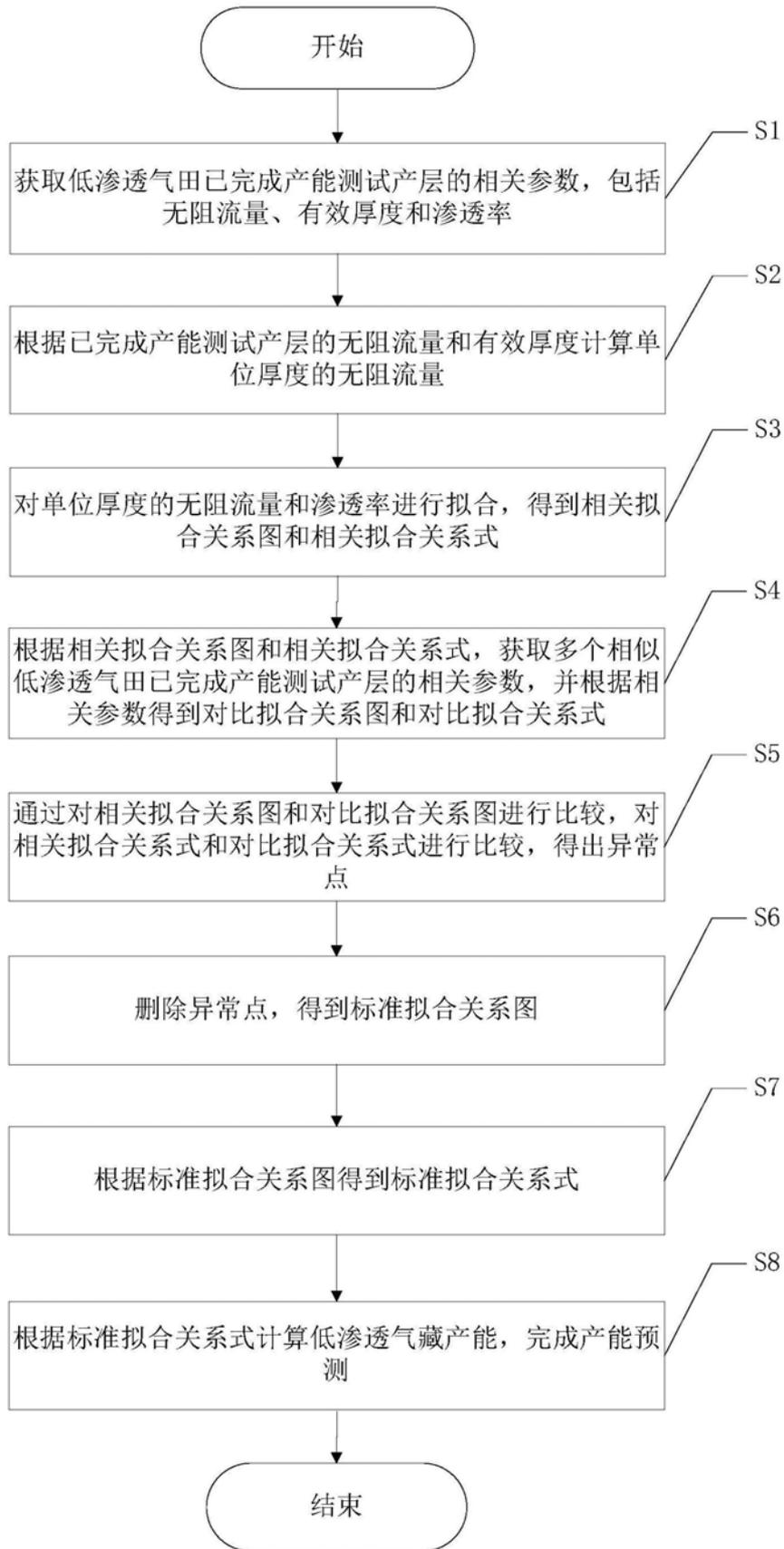


图1

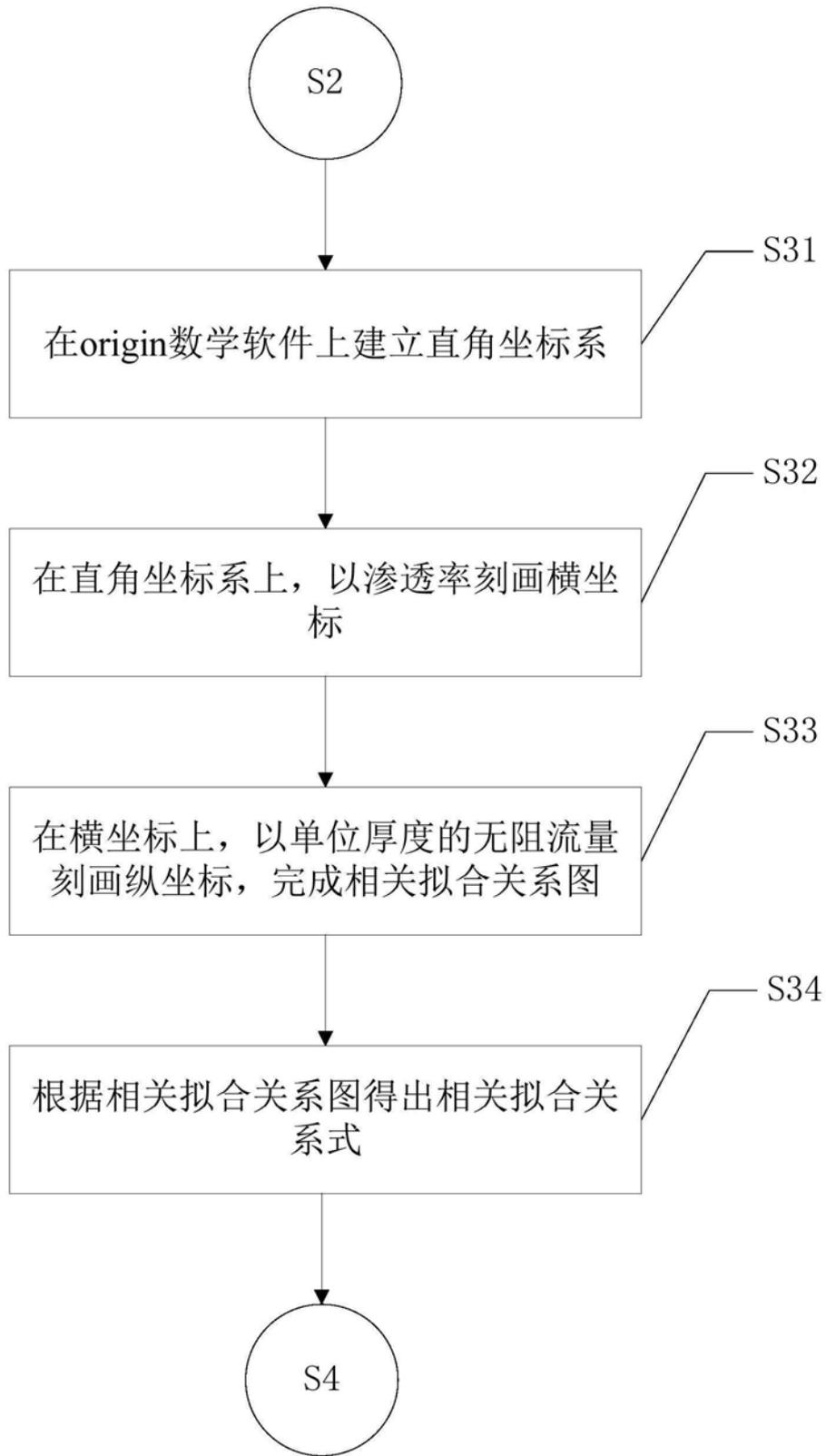


图2

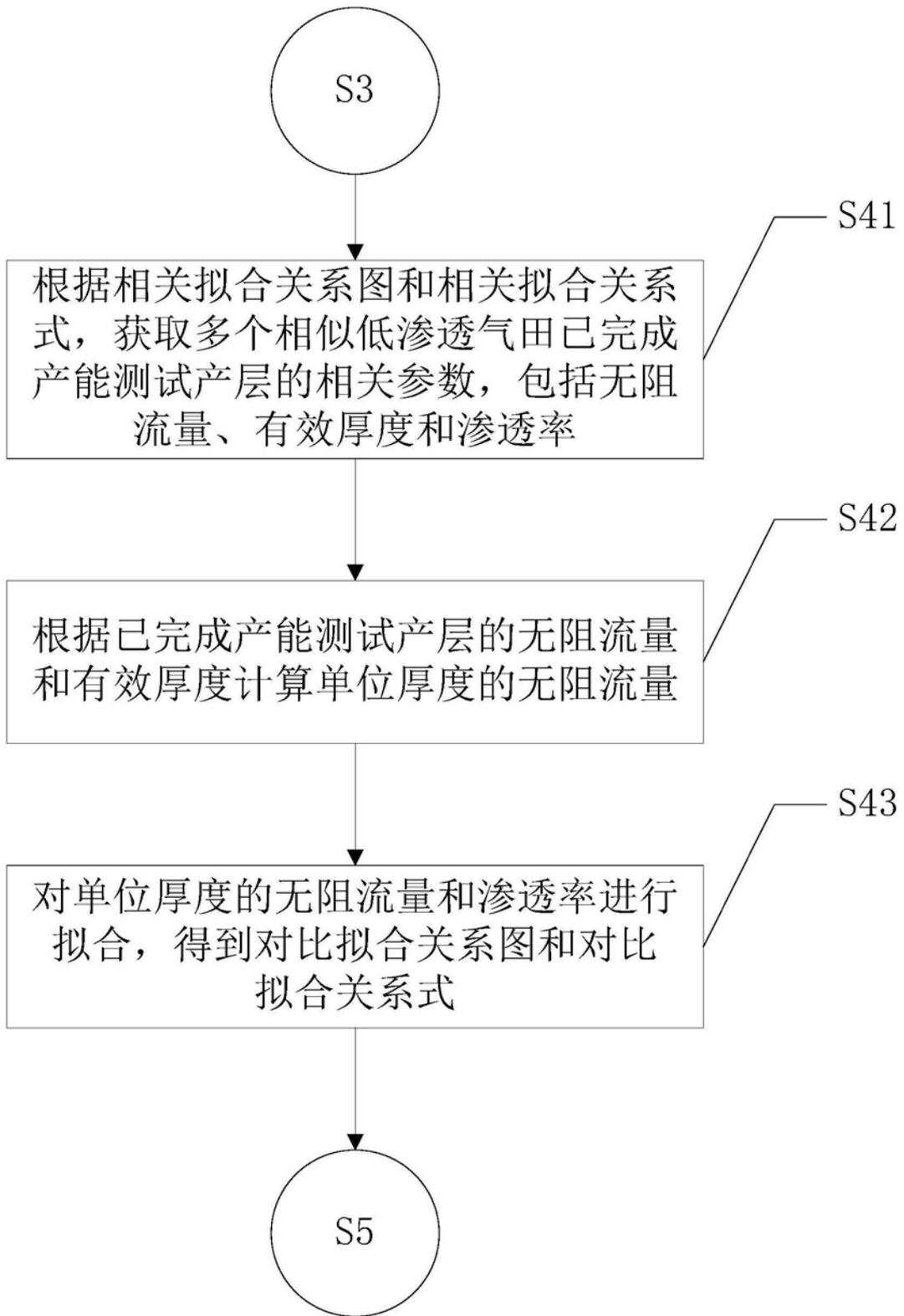


图3

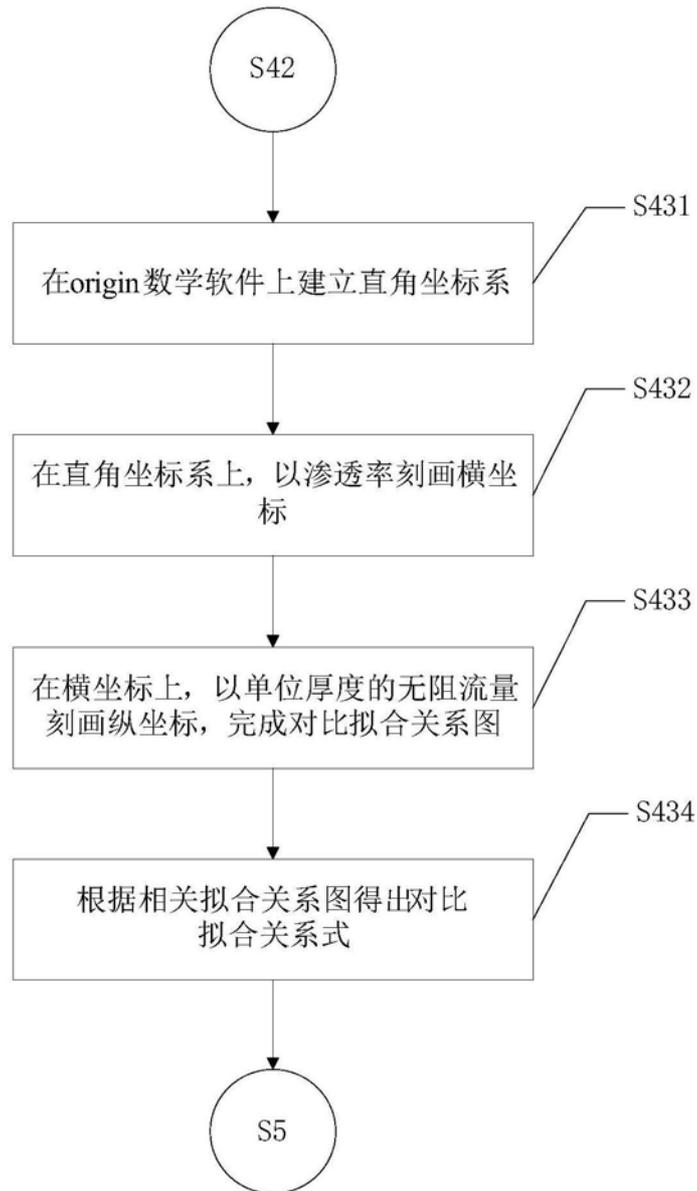


图4

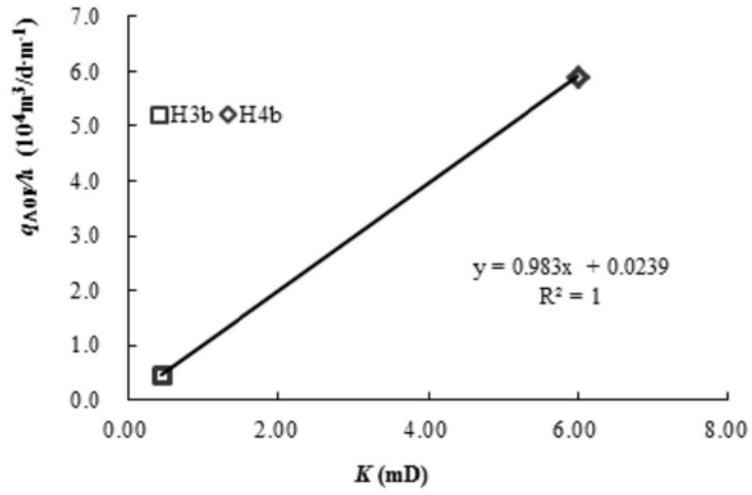


图5

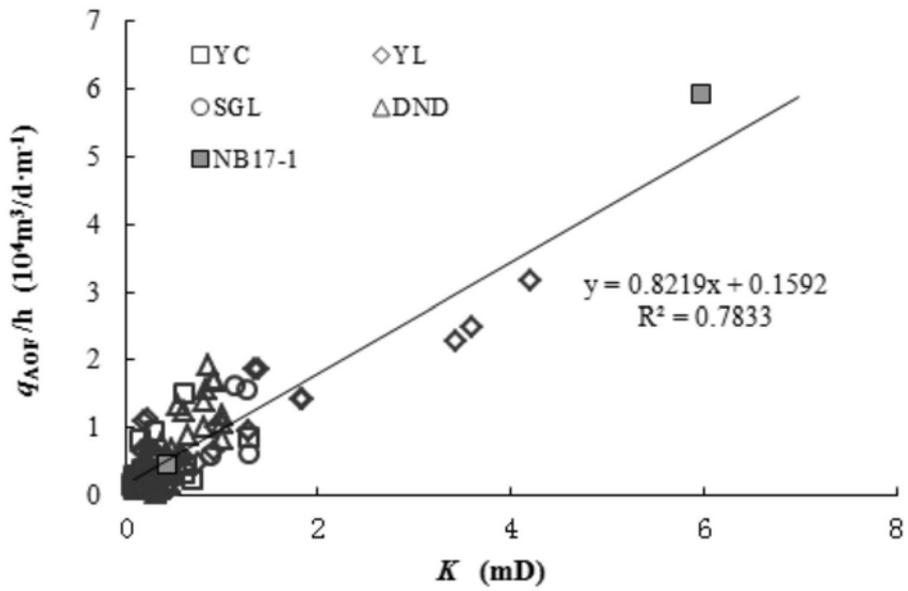


图6

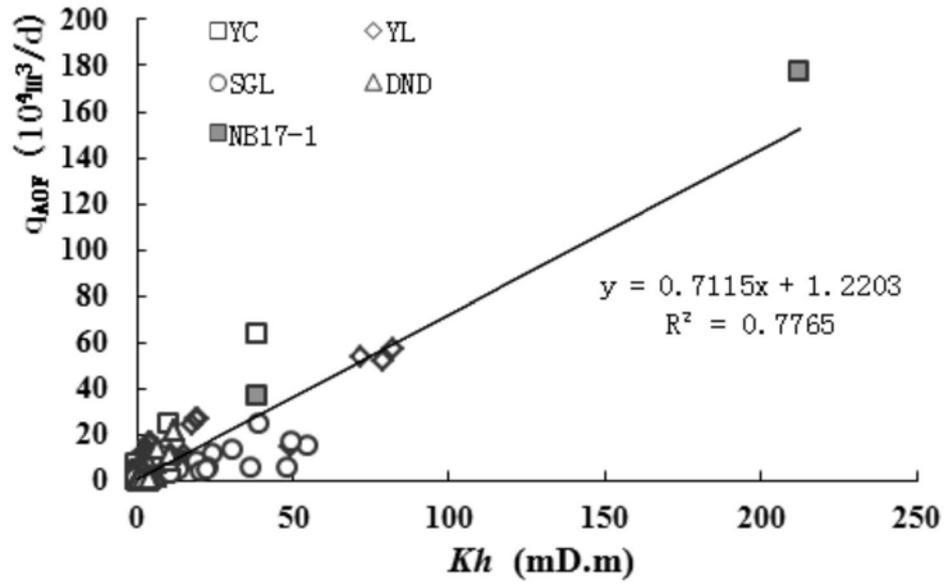


图7