



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112196527 B

(45) 授权公告日 2022.02.15

(21) 申请号 202011202167.8

CN 106886046 A, 2017.06.23

(22) 申请日 2020.11.02

CN 105464652 A, 2016.04.06

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 110847899 A, 2020.02.28

申请公布号 CN 112196527 A

CN 111663926 A, 2020.09.15

CN 111520133 A, 2020.08.11

(43) 申请公布日 2021.01.08

CN 106703796 A, 2017.05.24

CN 110378010 A, 2019.10.25

(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

万巍. “塔河油田碳酸盐岩缝洞型油藏注水指示曲线法估算动态储量”. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库 (工程科技I辑)》. 2020, (第5期), 第19-22页.

(72) 发明人 肖文联 彭佳明 赵金洲 乐平

郑玲丽 孙超

daigang wang, etc. “Integrated dynamic evaluation of depletion-drive performance in naturally fractured-vuggy carbonate reservoirs using DPSO-FCM clustering”. 《Fuel》. 2016, 全文.

(74) 专利代理机构 北京中索知识产权代理有限公司 11640

代理人 唐亭

刘学, 等. “缝洞型碳酸盐岩油藏天然水体倍数估算方法”. 《陕西科技大学学报》. 2018, 第36卷 (第4期), 全文.

(51) Int. Cl.

E21B 49/00 (2006.01)

G06F 30/20 (2020.01)

谭亦然. “塔河缝洞型油藏AD4井区井间连通性研究”. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库 (工程科技I辑)》. 2017, (第3期), 第24-57页.

(56) 对比文件

EP 1672392 A1, 2006.06.21

US 2009306947 A1, 2009.12.10

US 2007079652 A1, 2007.04.12

CN 111794740 A, 2020.10.20

CN 111401595 A, 2020.07.10

CN 106837273 A, 2017.06.13

(续)

审查员 张超

权利要求书1页 说明书5页 附图1页

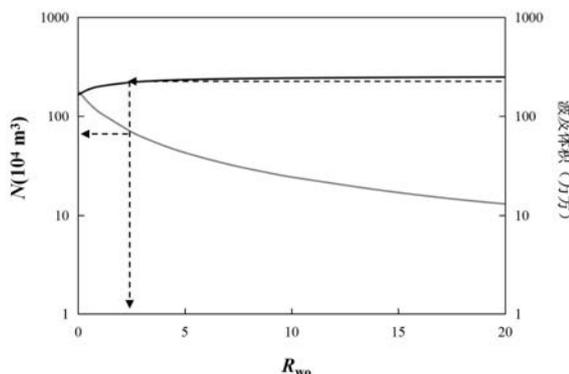
(54) 发明名称

一种缝洞型油藏水体大小的确定方法

(57) 摘要

本发明公开了一种缝洞型油藏水体大小的确定方法,包括以下步骤:定义所述水体大小为缝洞型油藏储集体中水体体积和含油体积之比;建立波及体积与水体大小的关系模型;在理想条件下,所述波及体积与缝洞体积等价,通过获得所述缝洞体积从而获得所述波及体积,然后根据所述关系模型即可获得所述波及体积对应的水体大小。本发明充分考虑了缝洞型油藏的构造特征和审查特征,结果更加准确,具有较高的适用性。

CN 112196527 B



[转续页]

[接上页]

(56) 对比文件

韩国锋,等.“水体倍数计算的拟稳态法”.《科学技术与工程》.2015,第15卷(第5期),全文.

江喻.“碳酸盐岩缝洞型油藏水驱特征研究——塔河油田四区为例”.《中国优秀硕士学位论文全文数据库(基础科学辑)》.2010,(第2期),第29-40页.

张文学,等.“塔河油田碳酸盐岩油藏能量指示曲线模型建立与应用”.《大庆石油地质与开发》.2019,第38卷(第1期),全文.

张冰岩,等.“水侵缝洞型碳酸盐岩底水油藏弹性驱动单元开采研究”.《油气藏评价与开发》.2020,第10卷(第2期),全文.

李红波,等.“有封闭水体的缝洞型油藏动态

储量评价——以塔里木盆地哈拉哈塘油田为例”.《新疆石油地质》.2020,第41卷(第3期),全文.

梅胜文,等.“缝洞型碳酸盐岩注水指示曲线理论改进新模型”.《长江大学学报(自科版)》.2015,第12卷(第29期),全文.

ping yue,etc.“Application of water injection curves for the dynamic analysis of fractured-vuggy carbonate reservoirs”.《Journal of Petroleum Science and Engineering》.2018,全文.

李勇,等.“缝洞型有水油藏动态储量及水体大小定量评价方法”.《中国科学:技术科学》.2017,全文.

1. 一种缝洞型油藏水体大小的确定方法,其特征在于,包括以下步骤:

定义所述水体大小为缝洞型油藏储集体中水体体积和含油体积之比,数学表达式为:

$$R_{wo} = V_w / V_{ci} \quad (1)$$

式中: R_{wo} 为水体大小; V_w 为水体体积, m^3 ; V_{ci} 为初始油藏容积, m^3 ;

建立波及体积与水体大小的关系模型,所述关系模型为:

$$V = \frac{1}{KB_{oi}C_{eff}} \left(R_{wo} + \frac{1}{1-S_{wc}} \right) \quad (2)$$

$$C_{eff} = C_o + \frac{C_p + C_w S_{wc}}{1-S_{wc}} + R_{wo} (C_w + C_p) \quad (3)$$

式中: V 为波及体积, m^3 ; K 为 $\Delta p/q$ 与 t_c 关系曲线的斜率,无量纲; Δp 为地层压降,MPa; q 为产量, m^3/d ; t_c 为无因次时间; B_{oi} 为地层压力原油体积系数; C_{eff} 为综合压缩系数, MPa^{-1} ; S_{wc} 为束缚水饱和度,%; C_o 为地层原油压缩系数, MPa^{-1} ; C_p 为岩石压缩系数, MPa^{-1} ; C_w 为地层水压缩系数, MPa^{-1} ;

在理想条件下,所述波及体积与缝洞体积等价,通过获得所述缝洞体积从而获得所述波及体积,然后根据所述关系模型即可获得所述波及体积对应的水体大小。

2. 根据权利要求1所述的缝洞型油藏水体大小的确定方法,其特征在于,所述缝洞体积通过静态雕刻的方法获得。

3. 根据权利要求1所述的缝洞型油藏水体大小的确定方法,其特征在于,所述斜率 K 通过以下步骤获得:

建立油藏的流动物质平衡方程,具体为:

$$\frac{\Delta p}{q} = \frac{1}{NB_{oi}C_{eff}} t_c + bp_{ss} \quad (4)$$

式中: N 为动用储量, m^3 ; bp_{ss} 为常量,无量纲;

建立物质平衡时间方程,具体为:

$$t_c = \frac{N_p B_o + W_p B_w}{q} \quad (5)$$

式中: N_p 为累产油量, m^3 ; B_o 为当前压力原油体积系数; W_p 为累产水量, m^3 ; B_w 为地层水体积系数;

根据实际生产数据获得地层压降 Δp 、产量 q 、累产油量 N_p 、累产水量 W_p ,通过数据拟合得到一条表示 $\Delta p/q$ 与 t_c 关系的直线,所述直线与纵轴的截距即为式(4)中的 bp_{ss} ,所述直线的斜率即为 K 的值。

4. 根据权利要求1-3中任意一项所述的缝洞型油藏水体大小的确定方法,其特征在于,还包括根据所述关系模型绘制波及体积与水体大小关系图版的步骤,然后根据确定的波及体积,通过在所述图版上绘制辅助直线段确定所述水体大小。

一种缝洞型油藏水体大小的确定方法

技术领域

[0001] 本发明涉油气藏能源开发技术领域,特别涉及一种缝洞型油藏水体大小的确定方法。

背景技术

[0002] 碳酸盐岩缝洞型油藏作为一种非常规油气能源,是极具挖掘潜力的能源类型之一。对于利用天然水体能量驱替地层原油的缝洞型油藏,其储层中的原生水体大小体现了天然水驱能量的强弱,决定了油藏驱替能量来源,并且是制定油藏开发方式、开采制度和布井方案的重要依据,是影响天然水驱缝洞型油藏开采效果的关键因素,基于此,明确水体大小对指导缝洞型油藏的开发具有重要意义。目前,众学者已经开展了大量的油藏水体计算的研究工作,形成了多种计算方法,概括起来主要分为容积法、数值模拟方法和油藏工程方法。

[0003] 其中,容积法是一种根据油气藏静态资料和参数(圈闭面积、储层的平均有效厚度、孔隙度和油藏的含油面积、油层的平均有效厚度等)确定储层中原油和水体的地下体积的方法。其原理比较简单,但要准确获得该方法所需要的地层参数却非常困难。在勘探开发的初期,由于对储层的认识不够深刻,含油面积和有效厚度等参数有时会出现成倍误差,对计算结果影响极大。对于缝洞型油藏,其非均质性强烈,缝洞结构连通方式多变,更难准确获取运算所需的地层参数,因此,应用容积法计算缝洞型油藏水体大小存在较大误差。

[0004] 数值模拟方法是指依据人工地震和声波测井获取地层静态资料,利用数值模拟软件建立三维地质模型,模拟油藏开发过程中生产指标的变化情况。该方法需要不断调整地层参数拟合储层的压力变化情况来计算水体大小。要求建立精细的地质模型,精准认识流体在地层中的运移规律。对于缝洞型油藏,孔、缝洞等交错发育,拥有复杂的连通关系,目前关于缝洞型油藏的精细刻画还不完善,模拟的结果和实际情况相比不是十分理想,水体计算并不准确。

[0005] 油藏工程方法是指根据物质平衡原理,利用油藏开发过程中压力、产液等数据的变化规律计算水侵量从而计算水体的方法。缝洞型油藏与砂岩油藏相比,其非均质性极强,连通关系十分复杂。若直接使用现有物质平衡方法开展缝洞型油藏水体计算,模型将严重失真,计算结果不具有参考性。

发明内容

[0006] 针对上述问题,本发明旨在提供一种缝洞型油藏水体大小的确定方法,通过重新定义水体大小,构建缝洞型油藏新的综合压缩系数表达式,建立波及体积与水体大小的关系模型,使本发明水体大小的计算结果更加符合缝洞型油藏的实际水体大小结果。

[0007] 本发明的技术方案如下:

[0008] 一种缝洞型油藏水体大小的确定方法,包括以下步骤:

[0009] 定义所述水体大小为缝洞型油藏储集体中水体体积和含油体积之比,数学表达式

为:

$$[0010] \quad R_{wo} = V_w / V_{ci} \quad (1)$$

[0011] 式中: R_{wo} 为水体大小; V_w 为水体体积, m^3 ; V_{ci} 为初始油藏容积, m^3 ;

[0012] 建立波及体积与水体大小的关系模型,所述关系模型为:

$$[0013] \quad V = \frac{1}{KB_{oi}C_{eff}} \left(R_{wo} + \frac{1}{1-S_{wc}} \right) \quad (2)$$

$$[0014] \quad C_{eff} = C_o + \frac{C_p + C_w S_{wc}}{1-S_{wc}} + R_{wo} (C_w + C_p) \quad (3)$$

[0015] 式中: V 为波及体积, m^3 ; K 为 $\Delta p/q$ 与 t_c 关系曲线的斜率,无量纲; Δp 为地层压降,MPa; q 为产量, m^3/d ; t_c 为无因次时间; B_{oi} 为地层压力原油体积系数; C_{eff} 为综合压缩系数, MPa^{-1} ; S_{wc} 为束缚水饱和度,%; C_o 为地层原油压缩系数, MPa^{-1} ; C_p 为岩石压缩系数, MPa^{-1} ; C_w 为地层水压缩系数, MPa^{-1} ;

[0016] 在理想条件下,所述波及体积与缝洞体积等价,通过获得所述缝洞体积从而获得所述波及体积,然后根据所述关系模型即可获得所述波及体积对应的水体大小。

[0017] 作为优选,所述缝洞体积通过静态雕刻的方法获得。

[0018] 作为优选,所述斜率 K 通过以下步骤获得:

[0019] 建立油藏的流动物质平衡方程,具体为:

$$[0020] \quad \frac{\Delta p}{q} = \frac{1}{NB_{oi}C_{eff}} t_c + bp_{ss} \quad (4)$$

[0021] 式中: N 为动用储量, m^3 ; bp_{ss} 为常量,无量纲;

[0022] 建立物质平衡时间方程,具体为:

$$[0023] \quad t_c = \frac{N_p B_o + W_p B_w}{q} \quad (5)$$

[0024] 式中: N_p 为累产油量, m^3 ; B_o 为当前压力原油体积系数; W_p 为累产水量, m^3 ; B_w 为地层水体积系数;

[0025] 根据实际生产数据获得地层压降 Δp 、产量 q 、累产油量 N_p 、累产水量 W_p ,通过数据拟合得到一条表示 $\Delta p/q$ 与 t_c 关系的直线,所述直线与纵轴的截距即为式(4)中的 bp_{ss} ,所述直线的斜率即为 K 的值。

[0026] 作为优选,还包括根据所述关系模型绘制波及体积与水体大小关系图版的步骤,然后根据确定的波及体积,通过在所述图版上绘制辅助直线段确定所述水体大小。

[0027] 本发明的有益效果是:

[0028] 本发明充分考虑了缝洞型油藏的构造特征和生产特征,具有较高的适用性,且计算结果精确;具体的,重新定义了水体大小,建立了更适用于缝洞型油藏的综合压缩系数的表达式,通过建立波及体积与水体大小的关系模型,利用波及体积获得水体大小,所述波及体积通过较易获得的缝洞体积等价而得。

附图说明

[0029] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0030] 图1为本发明一个具体实施例的波及体积与水体大小的关系图版示意图。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0032] 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技术特征可以相互结合。

[0033] 需要指出的是,除非另有指明,本申请使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的含义。

[0034] 在本发明中,在未作相反说明的情况下,使用的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不是用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的术语;使用的术语中“上”、“下”、“左”、“右”等通常是针对附图所示的方向而言,或者是针对部件本身在竖直、垂直或重力方向上而言;同样地,为便于理解和描述,“内”、“外”等是指相对于各部件本身的轮廓的内、外。但上述方位词并不用于限制本发明。

[0035] 本发明提供一种缝洞型油藏水体大小的确定方法,包括以下步骤:

[0036] S1:定义所述水体大小为缝洞型油藏储集体中水体体积和含油体积之比,数学表达式为:

$$[0037] \quad R_{wo} = V_w / V_{ci} \quad (1)$$

[0038] 式中: R_{wo} 为水体大小; V_w 为水体体积, m^3 ; V_{ci} 为初始油藏容积, m^3 ;

[0039] S2:建立波及体积与水体大小的关系模型,所述关系模型为:

$$[0040] \quad V = \frac{1}{KB_{oi}C_{eff}} \left(R_{wo} + \frac{1}{1-S_{wc}} \right) \quad (2)$$

$$[0041] \quad C_{eff} = C_o + \frac{C_p + C_w S_{wc}}{1 - S_{wc}} + R_{wo} (C_w + C_p) \quad (3)$$

[0042] 式中: V 为波及体积, m^3 ; K 为 $\Delta p/q$ 与 t_c 关系曲线的斜率,无量纲; Δp 为地层压降,MPa; q 为产量, m^3/d ; t_c 为无因次时间; B_{oi} 为地层压力原油体积系数; C_{eff} 为综合压缩系数,MPa $^{-1}$; S_{wc} 为束缚水饱和度,%; C_o 为地层原油压缩系数,MPa $^{-1}$; C_p 为岩石压缩系数,MPa $^{-1}$; C_w 为地层水压缩系数,MPa $^{-1}$;

[0043] 所述斜率 K 通过以下步骤获得:建立油藏的流动物质平衡方程,具体为:

$$[0044] \quad \frac{\Delta p}{q} = \frac{1}{NB_{oi}C_{eff}} t_c + bp_{ss} \quad (4)$$

[0045] 式中: N 为动用储量, m^3 ; bp_{ss} 为常量,无量纲;

[0046] 建立物质平衡时间方程,具体为:

$$[0047] \quad t_c = \frac{N_p B_o + W_p B_w}{q} \quad (5)$$

[0048] 式中： N_p 为累产油量， m^3 ； B_o 为当前压力原油体积系数； W_p 为累产水量， m^3 ； B_w 为地层水体积系数；

[0049] 根据实际生产数据获得地层压降 Δp 、产量 q 、累产油量 N_p 、累产水量 W_p ，通过数据拟合得到一条表示 $\Delta p/q$ 与 t_c 关系的直线，所述直线与纵轴的截距即为式(4)中的 $b_{p_{ss}}$ ，所述直线的斜率即为 K 的值。

[0050] S3：在理想条件下，所述波及体积与缝洞体积等价，通过静态雕刻的方法获得所述缝洞体积，从而获得所述波及体积，然后根据所述关系模型即可获得所述波及体积对应的水体大小。为了使水体大小的计算过程更为简洁，可选地，根据所述关系模型绘制波及体积与水体大小关系图版，然后根据确定的波及体积，通过在所述图版上绘制辅助直线段确定所述水体大小。

[0051] 本发明式(3)所示的综合压缩系数考虑了存在水体的缝洞型油藏，在压力下降过程中，油藏的孔隙体积会随着压力下降而减小，束缚水体积和水体体积随着压力下降而膨胀，水体体积所占据的岩石随着压力下降而减小等因素，更适用于缝洞型油藏。本发明式(5)所示的物质平衡时间方程，根据缝洞型油藏的非均质性以及缝洞连通关系较为复杂，产量不稳定的特征，考虑了产水的影响，使其更适用于缝洞型油藏。

[0052] 在一个具体的实施例中，以某地的缝洞型油藏为例，所述缝洞型油藏的基本参数如表1所示，部分生产数据如表2所示：

[0053] 表1缝洞型油藏的基本参数

| S_{wc} | B_{oi} | B_o | B_w | C_o | C_w | C_d |
|----------|----------|-------|-------|---------|----------|--------|
| 小数 | 小数 | 小数 | 小数 | 1/MPa | 1/MPa | 1/MPa |
| 0.2 | 1.14 | 1.05 | 1.0 | 0.00094 | 0.000511 | 0.0005 |

[0055] 表2缝洞型油藏的实际生产数据

| 日期 | q | N_p | W_p | $\Delta p/q$ | Δp | t_c |
|-------|----------|----------|----------|--------------|------------|----------|
| Day1 | 85.24447 | 119.3928 | 31.9708 | 0.029327 | 2.5 | 1.845671 |
| Day2 | 72.63532 | 192.0281 | 93.9936 | 0.035795 | 2.6 | 4.069963 |
| Day3 | 91.35149 | 283.3796 | 122.9232 | 0.03284 | 3 | 4.60279 |
| Day4 | 79.19894 | 362.5785 | 157.4762 | 0.032829 | 2.6 | 6.795339 |
| Day5 | 80.01787 | 442.5964 | 194.8594 | 0.038741 | 3.1 | 8.242979 |
| Day6 | 100.3702 | 542.9666 | 215.0114 | 0.035867 | 3.6 | 7.822304 |
| Day7 | 91.47702 | 634.4436 | 238.423 | 0.02405 | 2.2 | 9.8887 |
| Day8 | 81.31106 | 715.7547 | 281.7906 | 0.030746 | 2.5 | 12.70839 |
| Day9 | 66.29362 | 782.0483 | 327.4746 | 0.040728 | 2.7 | 17.32633 |
| Day10 | 73.78234 | 855.8306 | 373.5192 | 0.035239 | 2.6 | 17.24181 |
| Day11 | 70.33213 | 926.1628 | 420.807 | 0.044077 | 3.1 | 19.80998 |
| Day12 | 38.49372 | 964.6565 | 458.9229 | 0.041565 | 1.6 | 38.23512 |

[0057] 通过静态雕刻的方法获得所述缝洞型油藏的缝洞体积为 $220 \times 10^4 m^3$ ，在理想条件

下,所述波及体积与所述缝洞体积等价,即所述缝洞型油藏的波及体积为 $220 \times 10^4 \text{m}^3$,根据公式(1) - (5) 计算获得对应的水体大小为2.5。

[0058] 另外,根据表1、表2中的数据,结合公式(1) - (5) 可获得如图1所示的波及体积与水体大小的关系图版。根据获得的波及体积,在图1的曲线上找到所述波及体积对应的点,以该点为起点绘制辅助直线段,即可快速方便地找到所述波及体积对应的水体大小。

[0059] 另外,通过式(4) 可知,动用储量与水体大小的关系为:

$$[0060] \quad N = \frac{1}{KB_{oi}} \frac{1}{C_o + \frac{C_p + C_w S_{wc}}{1 - S_{wc}} + R_{wo} (C_w + C_p)} \quad (6)$$

[0061] 在本实施例中,通过表1、表2中的数据,结合公式(6) 还可获得如图1中所示的动用储量与水体大小的关系曲线,根据已确定的水体大小2.5做辅助直线段,即可获得所述水体大小对应的动用储量。

[0062] 根据现有技术水驱特征曲线法(式(7)) 可计算得到所述缝洞型油藏的动用储量为 $66 \times 10^4 \text{m}^3$,根据式(6) 可计算获得所述动用储量对应的水体大小为2.3,与本发明计算得到的水体大小相对误差为8%。说明了本发明所述的水体大小确定方法计算结果较为精确。

$$[0063] \quad N = \frac{M}{B} \quad (7)$$

[0064] 式中:N为动用储量, m^3 ;B为水驱特征曲线直线段斜率;M为与油藏性质有关的常数;

[0065] 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。

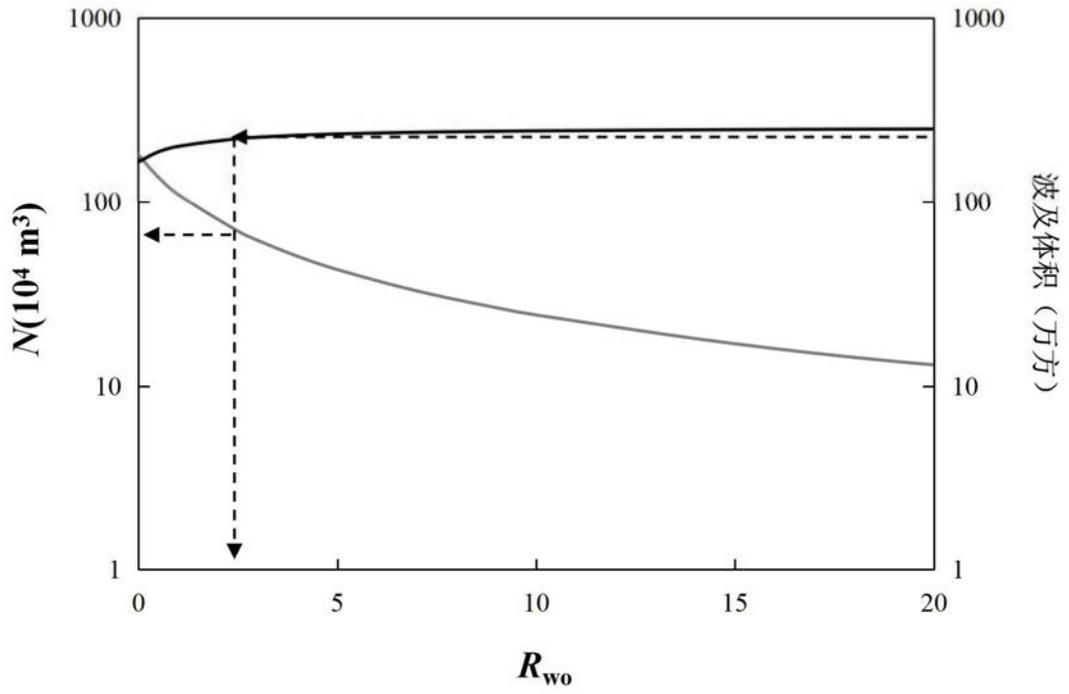


图1