



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111090918 B

(45) 授权公告日 2023. 01. 24

(21) 申请号 201811243339.9

(22) 申请日 2018.10.24

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111090918 A

(43) 申请公布日 2020.05.01

(73) 专利权人 中国石油化工股份有限公司
地址 100728 北京市朝阳区朝阳门北大街
22号

专利权人 中国石油化工股份有限公司中原
油田普光分公司
东营汉威石油技术开发有限公司

(72) 发明人 陈士亮 张捍卫 彭鑫岭 吕清林
崔小巧 邓国振 梁梅生 胡杰

(74) 专利代理机构 郑州睿信知识产权代理有限
公司 41119

专利代理师 吴敏

(51) Int. Cl.

G06F 30/20 (2020.01)

G06T 17/05 (2011.01)

E21B 49/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 104975808 A, 2015.10.14

CN 105551083 A, 2016.05.04

曹伟等. 三维井眼轨迹地质导向软件的开发
与应用.《录井工程》.2011, (第02期),

牛似成等. 涇河油田三维水平井井眼轨迹优
化设计及应用.《石油地质与工程》.2017, (第04
期),

胡渤. 水平井井身轨迹地质跟踪与调整方法
研究.《内江科技》.2017, (第04期),

审查员 慈丽雁

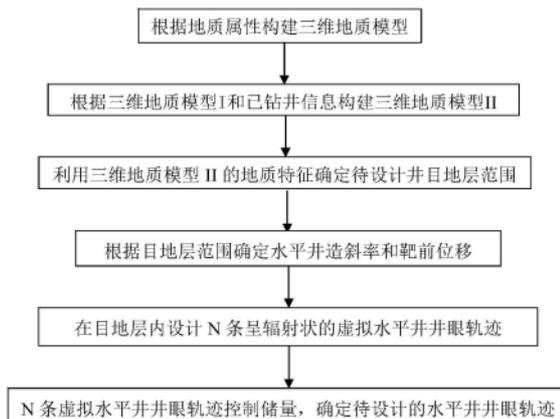
权利要求书3页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

一种水平井井眼轨迹的设计方法及系统

(57) 摘要

本发明涉及一种水平井井眼轨迹的设计方法及系统,属于石油勘探开发技术领域。本发明根据三维地址模型目的层的地质属性,以已钻井为约束条件,在目的层设计多条成辐射状的虚拟水平井井眼轨迹,以单井控制储量为标准选取若干条虚拟水平井井眼轨迹为目标井眼轨迹,解决现有设计方法存在的只从储层单一剖面进行井轨迹设计、井眼轨迹与横向上的油气分布态势符合率低以及易与现有井井眼轨迹发生碰撞的问题,为钻井提供了技术支持,提高了钻井的产量。



1. 一种水平井井眼轨迹的设计方法,其特征在于,该设计方法包括以下步骤:

1) 根据研究区块储层地质特征参数和已钻井井眼轨迹,构建研究区块的三维地质模型;

2) 根据待设计水平井井口坐标和研究区块的三维地质模型,确定待设计水平井的目的层;

3) 在所确定的目的层内设计N条呈辐射状的虚拟水平井井眼轨迹;

4) 根据三维地质模型中已钻井井眼轨迹和三维地质模型中断层位置,调整所设计的N条呈辐射状的虚拟水平井井眼轨迹;

5) 以单井控制储量为标准从步骤4) 调整后的虚拟水平井井眼轨迹中选取目标井轨迹。

2. 根据权利要求1所述的水平井井眼轨迹的设计方法,其特征在于,所述步骤4) 中根据已钻井井眼轨迹对虚拟水平井井眼轨迹进行调整的过程如下:

获取每条虚拟水平井井眼轨迹中各轨迹点与所有已钻井井眼轨迹间的最小距离,删除最小距离小于安全距离的虚拟水平井井眼轨迹点。

3. 根据权利要求2所述的水平井井眼轨迹的设计方法,其特征在于,所述步骤4) 中根据断层位置对虚拟水平井井眼轨迹进行调整的过程如下:

根据各条虚拟水平井井眼轨迹与三维地质模型中断层的位置关系,删除位于断层中以及断层外侧的轨迹点以及其后的所有轨迹点。

4. 根据权利要求1-3中任一项所述的水平井井眼轨迹的设计方法,其特征在于,所述步骤1) 中研究区块的三维地质模型的构建过程如下:

A. 根据表征研究区块储层的地质特征参数,构建研究区块的初始三维地质模型,所述研究区块储层的地质特征参数包括孔隙度、渗透率、有效厚度、断层、含气饱和度和或含油饱和度;

B. 根据储层分类标准,在初始三维地质模型中划分出表征储层的有效网格和表征非储层的无效网格;

C. 基于步骤B中得到的初始三维地质模型和研究区块内已钻井井眼轨迹,构建研究区块的三维地质模型。

5. 根据权利要求1-3中任一项所述的水平井井眼轨迹的设计方法,其特征在于,所述步骤2) 中待设计井目的层确定过程如下:

I. 根据待设计井的井口坐标,确定穿越三维地质模型的虚拟直井井眼轨迹;

II. 获取所确定的虚拟直井井眼轨迹穿越的三维地质模型中相邻无效网格之间的储层有效厚度,选取有效厚度最大的储层作为待设计井的目的层。

6. 根据权利要求1-3中任一项所述的水平井井眼轨迹的设计方法,其特征在于,所述步骤3) 中虚拟水平井井眼轨迹的确定过程如下:

a. 根据待设计井的造斜率和目的层纵向厚度,确定待设计的虚拟水平井的靶前位移;

b. 以虚拟直井井眼轨迹在目的层的中心位置为圆心,以圆心为端点确定N个等间隔圆心角;

c. 基于N个圆心角所确定的方向及造斜率和靶前位移,在目的层内设计N条呈辐射状的虚拟水平井井眼轨迹。

7. 根据权利要求1所述的水平井井眼轨迹的设计方法,其特征在于,所述步骤5) 的选取

过程为：

获取每条虚拟水平井井眼轨迹对应的控制储量大小，选择控制储量最大的虚拟水平井井眼轨迹作为目标井眼轨迹。

8. 一种水平井井眼轨迹的设计系统，其特征在于，该设计系统包括三维地质模型构建模块、目的层确定模块、虚拟水平井井眼轨迹设计模块、调整模块和选取模块；

所述三维地质模型构建模块用于根据研究区块储层地质特征参数和已钻井井眼轨迹，构建研究区块的三维地质模型；

所述目的层确定模块用于根据待设计水平井井口坐标和研究区块的三维地质模型，确定待设计水平井的目的层；

所述虚拟水平井井眼轨迹设计模块用于在所确定的目的层内设计N条呈辐射状的虚拟水平井井眼轨迹；

所述调整模块用于根据三维地质模型中已钻井井眼轨迹和三维地质模型中断层位置，调整所设计的N条呈辐射状的虚拟水平井井眼轨迹；

所述选取模块用于以单井控制储量为标准从所述调整模块调整后的虚拟水平井井眼轨迹中选取目标井轨迹。

9. 根据权利要求8所述的水平井井眼轨迹的设计系统，其特征在于，所述调整模块包括：用于获取每条虚拟水平井井眼轨迹中各轨迹点与所有已钻井井眼轨迹间的最小距离的单元，以及删除最小距离小于安全距离的虚拟水平井井眼轨迹点的单元。

10. 根据权利要求9所述的水平井井眼轨迹的设计系统，其特征在于，所述的调整模块还包括：用于根据各条虚拟水平井井眼轨迹与三维地质模型中断层的位置关系，删除位于断层中以及断层外侧的轨迹点以及其后的所有轨迹点的单元。

11. 根据权利要求8-10中任一项所述的水平井井眼轨迹的设计系统，其特征在于，所述三维地质模型构建模块所采用构建过程如下：

A. 根据表征研究区块储层的地质特征参数构建研究区块的初始三维地质模型，所述研究区块储层的地质特征参数包括孔隙度、渗透率、有效厚度、断层、含气饱和度和或含油饱和度；

B. 根据储层分类标准，在初始三维地质模型中划分出表征储层的有效网格；

C. 基于步骤B中得到的初始三维地质模型和研究区块内已钻井井眼轨迹，构建研究区块的三维地质模型。

12. 根据权利要求8-10中任一项所述的水平井井眼轨迹的设计系统，其特征在于，所述目的层确定模块确定待设计井目的层的过程如下：

I. 根据待设计井的井口坐标，确定穿越三维地质模型的虚拟直井井眼轨迹；

II. 获取所确定的虚拟直井井眼轨迹穿越的三维地质模型中相邻无效网格之间的储层有效厚度，选取有效厚度最大的储层作为待设计井的目的层。

13. 根据权利要求8-10中任一项所述的水平井井眼轨迹的设计系统，其特征在于，所述虚拟水平井井眼轨迹设计模块确定虚拟水平井井眼轨迹的过程如下：

a. 根据待设计井的造斜率和目的层纵向厚度，确定待设计的虚拟水平井的靶前位移；

b. 以虚拟直井井眼轨迹在目的层的中心位置为圆心，确定N个等间隔圆心角；

c. 基于N个圆心角所确定的方向及造斜率和靶前位移，在目的层内设计N条呈辐射状的

虚拟水平井井眼轨迹。

14. 根据权利要求8所述的水平井井眼轨迹的设计系统,其特征在于,所述选取模块的选取过程为:

获取每条虚拟水平井井眼轨迹对应的控制储量大小,选择控制储量最大的虚拟水平井井眼轨迹作为目标井眼轨迹。

一种水平井井眼轨迹的设计方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种水平井井眼轨迹的设计方法及系统,属于石油勘探开发技术领域。

背景技术

[0002] 最大程度地提高油气产量并实现经济净现值,历来是油气开发的重点。井眼轨迹设计技术是目前提高采收率的重要手段之一。现阶段井眼轨迹设计主要通过地质构造方面的研究了解有利于油气的生、储、盖组合,确定油气的有利分布空间,再利用测井资料对储层的油气分布进行预测。测井资料的优势在于能够获得储层的详细信息,其分辨率能达到10-20厘米,不足之处在于测井资料不能研究储层介质横向的连续变化,只能断断续续的研究工区内的地质剖面和储层。据此设计的水平井井眼轨迹与横向上的油气分布态势符合率低。

[0003] 例如,申请号为CN201410211199.2的专利申请文件,该文件公开了一种水平井井眼轨迹设计方法和系统,该方法通过地震地质模拟、地震剖面的对比分析实现对储层进行更精确的预测和描绘,以此确定井眼轨迹。该方法的缺点是需要通过地震记录和测井资料反复预测储层油气横向变化态势,增加了井眼轨迹设计的难度和复杂度,另外,该方法设计的井眼轨迹忽略了现有井井眼轨迹的存在,可能与现有井井眼轨迹发生碰撞。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种水平井井眼轨迹的设计方法,以解决目前只从储层单一剖面进行井眼轨迹设计,导致井眼轨迹与横向上的油气分布态势符合率低以及易与现有井井眼轨迹发生碰撞的问题;同时本发明还提供了一种水平井井眼轨迹的设计系统。

[0005] 本发明为解决上述技术问题而提供一种水平井井眼轨迹的设计方法,方法方案一:该方法包括以下步骤:

[0006] 1) 根据研究区块储层地质特征参数和已钻井井眼轨迹,构建研究区块的三维地质模型;

[0007] 2) 根据待设计水平井井口坐标和研究区块的三维地质模型,确定待设计水平井的目的层;

[0008] 3) 在所确定的目的层内设计N条呈辐射状的虚拟水平井井眼轨迹;

[0009] 4) 根据三维地质模型中已钻井井眼轨迹和三维地质模型中断层位置,调整所设计的N条呈辐射状的虚拟水平井井眼轨迹;

[0010] 5) 以单井控制储量为标准从步骤4) 调整后的虚拟水平井井眼轨迹中选取目标井眼轨迹。

[0011] 本发明根据三维地质模型目的层的地质属性,以已钻井和断层位置为约束条件,在目的层设计多条成辐射状的虚拟水平井井眼轨迹,以单井控制储量为标准选取若干条虚拟水平井井眼轨迹为目标井眼轨迹,解决现有设计方法存在的只从储层单一剖面进行井眼

迹设计、井眼轨迹与横向上的油气分布态势符合率低以及易与现有井井眼轨迹和断层发生碰撞的问题,为钻井提供了技术支持,提高了钻井的产量。

[0012] 方法方案二:在方法方案一的基础上,所述步骤4)中根据已钻井井眼轨迹对虚拟水平井井眼轨迹进行调整的过程如下:

[0013] 获取每条虚拟水平井井眼轨迹中各轨迹点与所有已钻井井眼轨迹间的最小距离,删除最小距离小于安全距离的虚拟水平井井眼轨迹点。

[0014] 方法方案三:在方法方案二的基础上,所述步骤4)中根据断层位置对虚拟水平井井眼轨迹进行调整的过程如下:

[0015] 根据各条虚拟水平井井眼轨迹与三维地质模型中断层的位置关系,删除位于断层中以及断层外侧的轨迹点以及其后的所有轨迹点。

[0016] 方法方案四、五、六:分别在方法方案一、二、三的基础上,所述步骤1)中研究区块的三维地质模型的构建过程如下:

[0017] A. 根据表征研究区块储层的地质特征参数,构建研究区块的初始三维地质模型,所述研究区块储层的地质特征参数包括孔隙度、渗透率、有效厚度、断层、含气饱和度和或含油饱和度;

[0018] B. 根据储层分类标准,在初始三维地质模型中划分出表征储层的有效网格和表征非储层的无效网格;

[0019] C. 基于步骤B中得到的初始三维地质模型和研究区块内已钻井井眼轨迹,构建研究区块的三维地质模型。

[0020] 方法方案七、八、九:分别在方法方案一、二、三的基础上,所述步骤2)中待设计井目的层确定过程如下:

[0021] I. 根据待设计井的井口坐标,确定穿越三维地质模型的虚拟直井井眼轨迹;

[0022] II. 获取所确定的虚拟直井井眼轨迹穿越的三维地质模型中相邻无效网格之间的储层有效厚度,选取有效厚度最大的储层作为待设计井的目的层。

[0023] 方法方案十、十一、十二:分别在方法方案一、二、三的基础上,所述步骤3)中虚拟水平井井眼轨迹的确定过程如下:

[0024] a. 根据待设计井的造斜率和目的层纵向厚度,确定待设计的虚拟水平井的靶前位移;

[0025] b. 以虚拟直井井眼轨迹在目的层的中心位置为圆心,以圆心为端点确定N个等间隔圆心角;

[0026] c. 基于N个圆心角所确定的方向及造斜率和靶前位移,在目的层内设计N条呈辐射状的虚拟水平井井眼轨迹。

[0027] 方法方案十三:在方法方案一的基础上,所述步骤5)的选取过程为:

[0028] 获取每条虚拟水平井井眼轨迹对应的控制储量大小,选择控制储量最大的虚拟水平井井眼轨迹作为目标井眼轨迹。

[0029] 本发明还提供了一种水平井井眼轨迹的设计系统,系统方案一:该设计系统包括三维地质模型构建模块、目的层确定模块、虚拟水平井井眼轨迹设计模块、调整模块和选取模块;

[0030] 所述三维地质模型构建模块用于根据研究区块储层地质特征参数和已钻井井眼

轨迹,构建研究区块的三维地质模型;

[0031] 所述目的层确定模块用于根据待设计水平井井口坐标和研究区块的三维地质模型确定待设计水平井的目的层;

[0032] 所述虚拟水平井井眼轨迹设计模块用于在所确定的目的层内设计N条呈辐射状的虚拟水平井井眼轨迹;

[0033] 所述调整模块用于根据三维地质模型中已钻井井眼轨迹和三维地质模型中断层位置,调整所设计的N条呈辐射状的虚拟水平井井眼轨迹;

[0034] 所述选取模块用于以单井控制储量为标准从所述调整模块调整后的虚拟水平井井眼轨迹中选取目标井轨迹。

[0035] 系统方案二:在系统方案一的基础上,所述调整模块包括:用于获取每条虚拟水平井井眼轨迹中各轨迹点与所有已钻井井眼轨迹间的最小距离的单元,以及删除最小距离小于安全距离的虚拟水平井井眼轨迹点的单元。

[0036] 系统方案三:在系统方案二的基础上,所述的调整模块还包括:用于根据各条虚拟水平井井眼轨迹与三维地质模型中断层的位置关系,删除位于断层中以及断层外侧的轨迹点以及其后的所有轨迹点的单元。

[0037] 系统方案四、五、六:分别在系统方案一、二、三的基础上,所述三维地质模型构建模块所采用构建过程如下:

[0038] A. 根据表征研究区块储层的地质特征参数构建研究区块的初始三维地质模型,所述研究区块储层的地质特征参数包括孔隙度、渗透率、有效厚度、断层、含气饱和度和或含油饱和度;

[0039] B. 根据储层分类标准,在初始三维地质模型中划分出表征储层的有效网格;

[0040] C. 基于步骤B中得到的初始三维地质模型和研究区块内已钻井井眼轨迹,构建研究区块的三维地质模型。

[0041] 系统方案七、八、九:分别在系统方案一、二、三的基础上,所述目的层确定模块确定待设计井目的层的过程如下:

[0042] I. 根据待设计井的井口坐标,确定穿越三维地质模型的虚拟直井井眼轨迹;

[0043] II. 获取所确定的虚拟直井井眼轨迹穿越的三维地质模型中相邻无效网格之间的储层有效厚度,选取有效厚度最大的储层作为待设计井的目的层。

[0044] 系统方案十、十一、十二:在系统方案一、二、三的基础上,所述虚拟水平井井眼轨迹设计模块确定虚拟水平井井眼轨迹的过程如下:

[0045] a. 根据待设计井的造斜率和目的层纵向厚度,确定待设计的虚拟水平井的靶前位移;

[0046] b. 以虚拟直井井眼轨迹在目的层的中心位置为圆心,确定N个等间隔圆心角;

[0047] c. 基于N个圆心角所确定的方向及造斜率和靶前位移,在目的层内设计N条呈辐射状的虚拟水平井井眼轨迹。

[0048] 系统方案十三:在系统方案一的基础上,所述选取模块的选取过程为:

[0049] 获取每条虚拟水平井井眼轨迹对应的控制储量大小,选择控制储量最大的虚拟水平井井眼轨迹作为目标井眼轨迹。

附图说明

- [0050] 图1是本发明水平井井眼轨迹的设计方法的流程图；
- [0051] 图2是本发明实施例中建立的初始三维地质模型I示意图；
- [0052] 图3是本发明实施例中建立的三维地质模型II示意图；
- [0053] 图4是本发明实施例中虚拟直井钻遇网格分布示意图；
- [0054] 图5是本发明实施例中水平井轨迹示意图；
- [0055] 图6是本发明实施例中N个圆心角分布示意图；
- [0056] 图7是本发明实施例中水平井井眼轨迹初步设计示意图；
- [0057] 图8是本发明实施例中虚拟水平井井眼轨迹直线化示意图；
- [0058] 图9是本发明实施例中已钻井井眼轨迹约束虚拟水平井井眼轨迹示意图；
- [0059] 图10是本发明实施例中断层约束虚拟水平井井眼轨迹示意图。

具体实施方式

[0060] 下面结合附图对本发明的具体实施方式做进一步的说明。

[0061] 本发明水平井井眼轨迹确定方法的实施例

[0062] 本发明的水平井井眼轨迹确定方法首先利用研究区块内的地质特征参数以及已钻井井眼轨迹,构建研究区块的三维地质模型;然后利用三维地质模型中储层分布确定待设计井的目的层;根据目的层横向和纵向的地质属性,以已钻井井眼轨迹约束为条件设计N条呈辐射状的虚拟水平井井眼轨迹,选择控制储量大的若干条虚拟水平井井眼轨迹为目标井眼轨迹。该方法的流程如图1所示,下面以某一具体气田新井设计为例对本发明的具体实施过程进行详细说明。

[0063] 1.根据研究区块储层地质特征参数和已钻井井眼轨迹,构建研究区块的三维地质模型。

[0064] 1)获取表征研究区块储层的孔隙度、渗透率、含气(油)饱和度、有效厚度、储层顶面构造及断层的地质特征参数,构建研究区块初始三维地质模型I。本实施例中利用数模软件Eclipse制作2016年3月份研究区内的初始三维地质模型I,如图2所示,模型最小网格长度M1为15米。

[0065] 2)基于储层分类标准,在初始三维地质模型I中划分出表征储层的有效网格和非储层的无效网格,结合研究区块内已钻井井眼轨迹,构建三维地质模型II。本实施例中构建的三维地质模型II如图3所示。

[0066] 2.根据待设计水平井井口坐标和研究区块的三维地质模型II确定待设计水平井的目的层。

[0067] 基于研究区块开发方案确定的待设计井的井口坐标,设计一口穿越三维地质模型II的虚拟的直井井眼轨迹;基于虚拟直井井眼轨迹所穿越三维地质模型II有效网格和无效网格分布,获取虚拟直井井眼轨迹穿越的相邻无效网格之间储层有效厚度,以有效厚度最大的储层为待设计井目的层。本实施例中目的层为模型中的第15-35层,最大有效厚度为45m,图4为虚拟直井钻穿有效网格和无效网格分布示意图,其中黑色网格代表无效网格,灰色代表有效网格。

[0068] 3.基于待设计井井口坐标和目的层纵向厚度确定造斜率和靶前位移S。

[0069] 本实施例中根据待设计井井口坐标和目的层纵向厚度确定的水平井轨迹如图5所示,其中A点为造斜点,B点为入窗点,D为垂深,S为靶前位移,L为水平段长度,此实例中造斜点A位于井口下方4661.33m处,靶前位移S为501m,垂深D为5156m。

[0070] 4.在待设计井目的层内设计N条呈辐射状的虚拟水平井井眼轨迹。

[0071] 以虚拟直井井眼轨迹在目的层的中心位置为圆心P,基于圆心P和靶前位移S,在目的层内设计N条呈辐射状的虚拟水平井井眼轨迹。N大于等于2,本实施例中N为360,具体设计步骤如下:

[0072] 1)以虚拟直井井眼轨迹在目的层的中心位置为圆心P,以圆心P为端点,设定P点所在X轴正方向的基准线为 0° ,构建如图6所示的N个圆心角,其中P点为圆心,X轴正方向为基准线, $\angle APB$ 为第一个圆心角,角度为 $360/N$, $\angle APC$ 为第二个圆心角,角度为 $360/N*2\cdots$ 。

[0073] 2)沿虚拟水平井井眼轨迹方向,进行初步虚拟水平井井眼轨迹设计。以第1条虚拟水平井井眼轨迹设计为例,结合图7本发明实施例所述水平井井眼轨迹初步设计示意图,进一步说明:

[0074] I.以圆心P为起点,沿第1个圆心角确定的方向上延伸靶前位移S,确定点 B_i ,获取点 B_i 在目的层顶部投影坐标 B_{i_1} 以及在目的层底部投影坐标 B_{i_2} ,以 B_{i_1} 和 B_{i_2} 的中点 B_{i_m} 为虚拟水平井入窗点;

[0075] II.以 B_i 为起点,沿第1个圆心角方向延伸模型最小网格长度 M_1 (15m),确定点 A_0 ,获取点 A_0 在目的层顶部投影坐标 A_{0_1} 以及在目的层底部投影坐标 A_{0_2} ,以 A_{0_1} 和 A_{0_2} 的中点 A_{0_m} 为虚拟水平井轨迹点;

[0076] III.以 A_0 为起点,沿第1个圆心角方向延伸长度 M_1 ,确定点 A_1 ,获取点 A_1 在目的层顶部投影坐标 A_{1_1} 以及在目的层底部投影坐标 A_{1_2} ,以 A_{1_1} 和 A_{1_2} 的中点 A_{1_m} 为虚拟水平井轨迹点;

[0077] IV.重复步骤III,获取所有轨迹点,完成第1条虚拟水平井井眼轨迹的初步设计。

[0078] 3).将虚拟水平井井眼轨迹拟合为直线,重新获取虚拟水平井井眼轨迹。以第1条虚拟水平井井眼轨迹设计为例,图8为虚拟水平井井眼轨迹直线化示意图,其中 B_{i_m} 、 A_{0_m} 、 \cdots 、 A_{k_m} 为初始设计的虚拟水平井井眼轨迹点。采用最小二乘法,将 B_{i_m} 、 A_{0_m} 、 \cdots 、 A_{k_m} 拟合为一条直线,计算 B_{i_m} 、 A_{0_m} 、 \cdots 、 A_{k_m} 对应的在直线上的点 B_{i_n} 、 A_{0_n} 、 \cdots 、 A_{k_n} 作为新的虚拟水平井井眼轨迹点。

[0079] 5.基于三维地质模型II中已钻井井眼轨迹和断层约束,调整虚拟水平井井眼轨迹。

[0080] 本实施例以步骤4中确定的第1条虚拟水平井井眼轨迹调整为例进行说明。

[0081] A.基于第1条虚拟水平井井眼轨迹点与三维地质模型II中已钻井井眼轨迹的距离,小于《SYT 6396-2009钻井井眼防碰技术要求》要求的安全距离时,删除该轨迹点以及其后的所有轨迹点,此处安全距离为200m;图9为已钻井井眼轨迹约束虚拟水平井井眼轨迹示意图,其中线段B、C为已钻井井眼轨迹段, A_0 、 A_1 、 \cdots 、 A_n 为第1条虚拟水平井井眼轨迹,若在虚拟水平井井眼轨迹中存在一个点 A_k ,使得 A_k 到BC的空间距离小于安全距离,则删除 A_k 以及其后的点,新的虚拟水平井井眼轨迹为: A_0 、 A_1 、 \cdots 、 $A_{(k-1)}$ 。

[0082] B.基于第1条虚拟水平井井眼轨迹点与三维地质模型II中断层的位置关系,删除位于断层中以及断层外侧的轨迹点以及其后的所有轨迹点,确定第1条虚拟水平井井眼轨

迹;图10为断层约束虚拟水平井井眼轨迹示意图,其中曲线L1、L2为断层线,A0、A1、……Am、……A(k-1)为第1条虚拟水平井井眼轨迹,经过断层约束后,删除断层另一侧的A(m+1)、……A(k-1),第1条虚拟水平井井眼轨迹点为:A0、A1、……Am。

[0083] 经初步井轨迹设计、轨迹点直线化、安全距离约束、断层约束下的第1条虚拟水平井井眼轨迹如表1所示。

[0084] 表1

	轨迹点 1	轨迹点 2	轨迹点 i	末端轨迹点
初步井轨迹设计	X: 3491958.7500 Y: 764405.8125 Z: 5117.2850	X: 3491973.7500 Y: 764405.8125 Z: 5145.3750		X: 3492653.0500 Y: 764405.8125 Z: 5325.3150
轨迹点直线化	X: 3491958.7500 Y: 764405.8125 Z: 5124.1050	X: 3491973.7500 Y: 764405.8125 Z: 5129.4930		X: 3492653.0500 Y: 764405.8125 Z: 5385.1250
安全距离约束	X: 3491958.7500 Y: 764405.8125 Z: 5124.1050	X: 3491973.7500 Y: 764405.8125 Z: 5129.4930		X: 3492553.7500 Y: 764405.8750 Z: 5285.8080
断层约束	X: 3491958.7500 Y: 764405.8125 Z: 5124.1050	X: 3491973.7500 Y: 764405.8125 Z: 5129.4930		X: 3492553.7500 Y: 764405.8750 Z: 5285.8080

[0086] 经初步井轨迹设计、轨迹点直线化、安全距离约束、断层约束下的360条虚拟水平井井眼轨迹如表2所示。

[0087] 表2

井序号	轨迹点 1	轨迹点 2	轨迹点 i	末端轨迹点
[0088]				

[0089]

1	X: 3491958.7500 Y: 764405.8125 Z: 5124.1050	X: 3491973.7500 Y: 764405.8125 Z: 5129.4930		X: 3492553.7500 Y: 764405.8125 Z: 5285.8080
2	X: 3491958.7502 Y: 764397.0625 Z: 5124.3000	X: 3491973.7504 Y: 764396.8125 Z: 5129.7800		X: 3492554.0000 Y: 764362.2500 Z: 5285.6350
.....				
55	X: 3491634.1900 Y: 764637.0400 Z: 5156.0025	X: 3491648.2800 Y: 764647.0650 Z: 5163.0625		X: 3491841.0500 Y: 764907.4402 Z: 5306.0005
.....				
360	X: 3491958.7502 Y: 764413.0625 Z: 5124.3050	X: 3491973.7504 Y: 764414.8125 Z: 5129.4930		X: 3492554.0000 Y: 764448.8125 Z: 5286.7050

[0090] 6.以单井控制储量为标准从调整后的虚拟水平井井眼轨迹中选取目标井轨迹。

[0091] 计算步骤5中确定的全部虚拟水平井井眼轨迹控制储量,控制储量可以采用容积法等多种方法确定。本实施例采用容积法。

[0092] 容积法公式:

$$[0093] \quad N = 0.01A_o * h * \varphi * S_{oi} * \rho_{oa} / B_{oi}$$

[0094] 式中:N为石油地质储量,单位为 10^4t , A_o 为含油面积,单位为 km^2 , h 为有效厚度; φ 为有效孔隙度; S_{oi} 为含油饱和度; ρ_{oa} 为地面原油密度,单位为 g/cm^3 ; B_{oi} 为体积系数。

[0095] 选择控制储量最大的一条虚拟水平井井眼轨迹作为目标井眼轨迹,根据工程需要也可选择控制储量较大若干条(两条及两条以上)虚拟水平井井眼轨迹作为目标井眼轨迹。

[0096] 按照上述井轨迹的设计方法,对本实施例中的某气田的新井进行井眼虚拟轨迹设计,通过对储层参数、控制储量、产能等综合分析,优选了两套井轨迹设计方案,与钻井投资、钻井难度结合,选择55#井轨迹设计方案进行钻井施工,投产后该井产能达到 $40.8 \times 10^4 m^3/d$,达到了预期效果。

[0097] 本发明一种水平井井眼轨迹的设计系统的实施例

[0098] 本发明的设计系统包括三维地质模型构建模块、目的层确定模块、虚拟水平井井眼轨迹设计模块、调整模块和选取模块;其中三维地质模型构建模块用于根据研究区块储层地质特征参数和已钻井井眼轨迹,构建研究区块的三维地质模型;目的层确定模块用于根据待设计水平井井口坐标和研究区块的三维地质模型确定待设计水平井的目的层;虚拟水平井井眼轨迹设计模块用于在所确定的目的层内设计N条呈辐射状的虚拟水平井井眼轨迹;调整模块用于根据三维地质模型中已钻井井眼轨迹调整所设计的N条呈辐射状的虚拟

水平井井眼轨迹;选取模块用于以单井控制储量为标准从所述调整模块调整后的虚拟水平井井眼轨迹中选取设定个数的水平井井眼轨迹为目标井轨迹。各模块的具体实现手段已在方法的实施例中进行了详细说明,这里不再赘述。

[0099] 以上所述仅为本发明的较佳可行实施例,并非因此局限本发明的专利范围,故凡是运用本发明说明书及附图内容所作的等效变化,均包含于本发明的保护范围。本说明书中未作详细描述的内容属于本领域专业技术人员公知的现有技术。

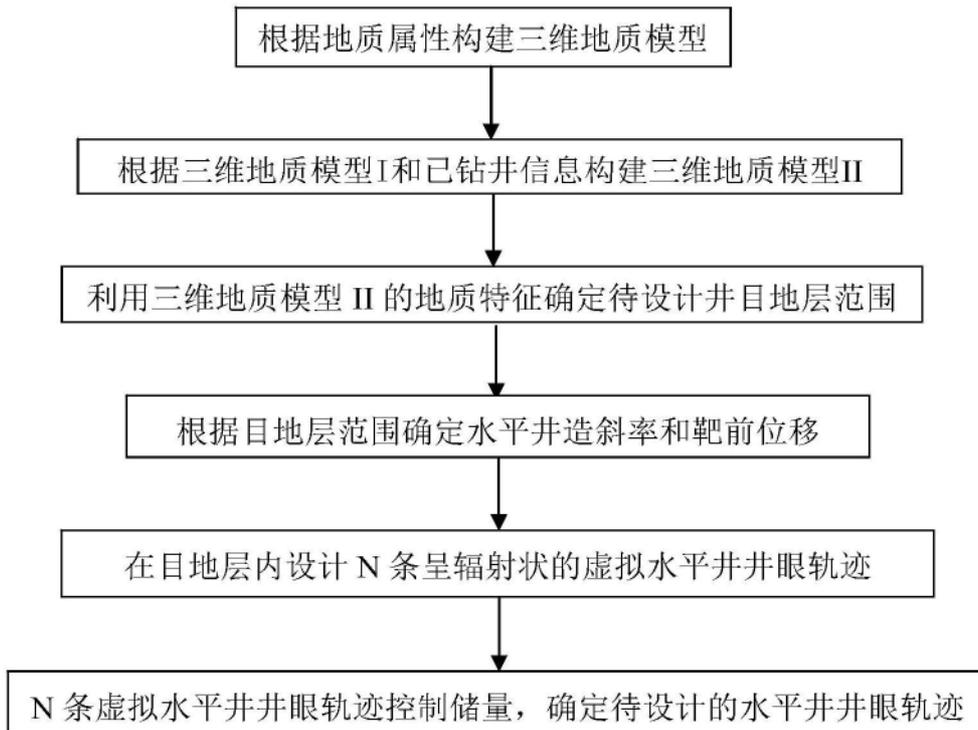


图1

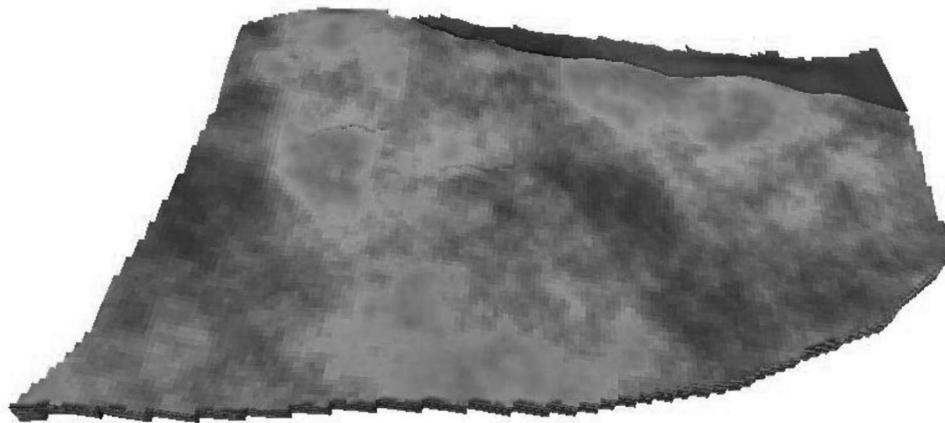


图2

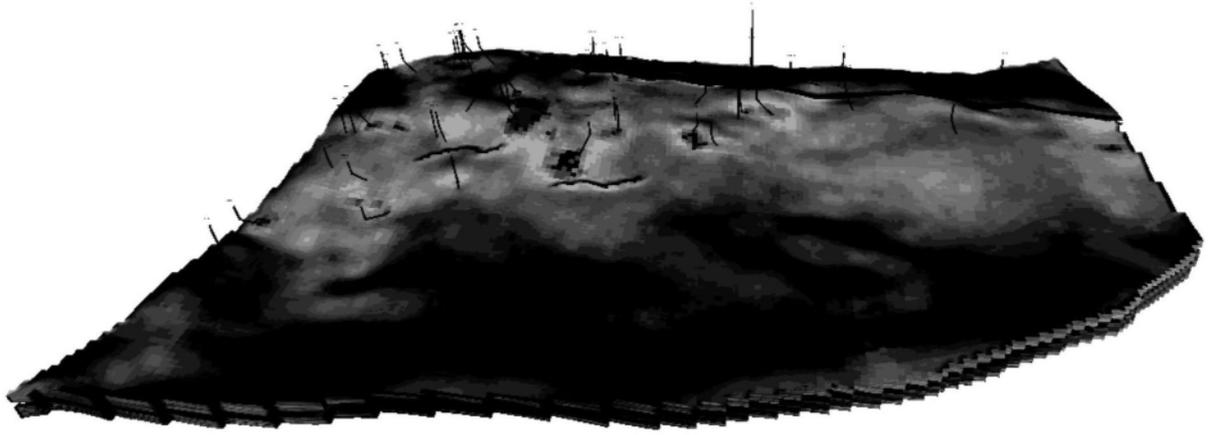


图3

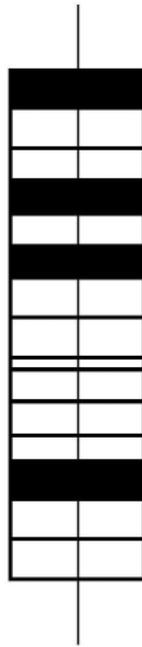


图4

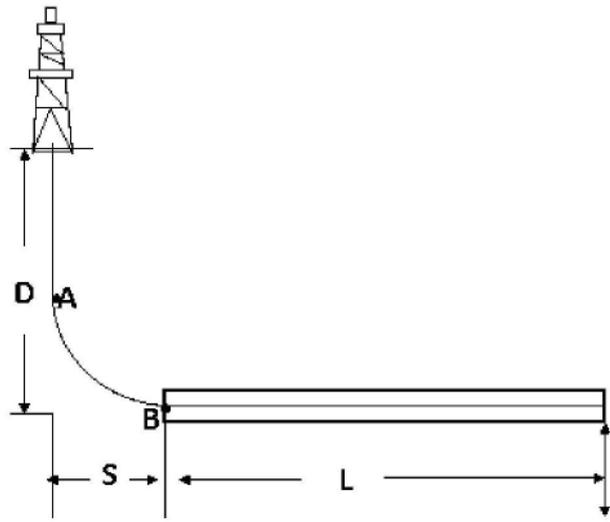


图5

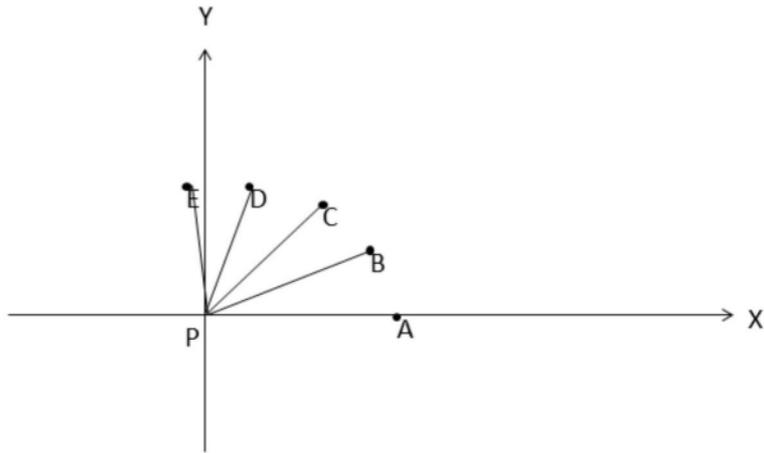


图6

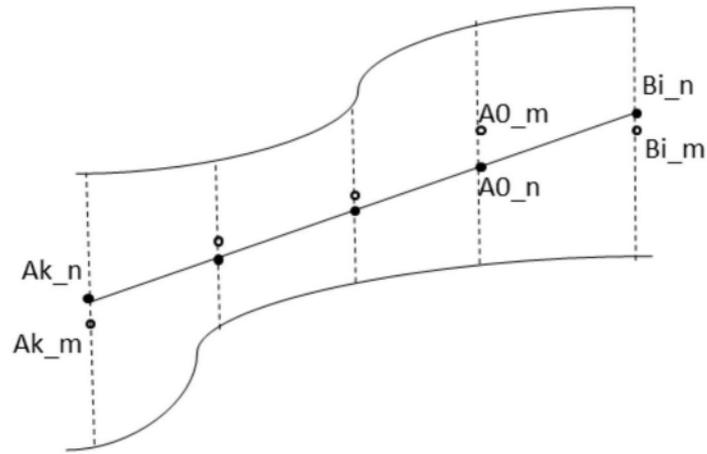


图7

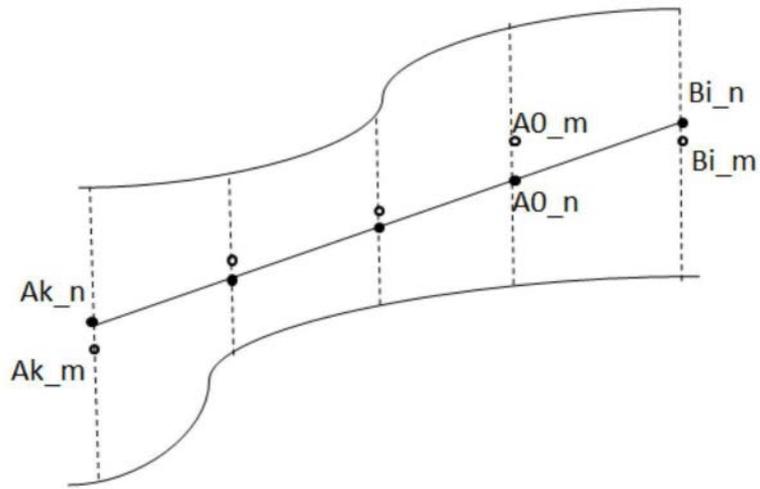


图8

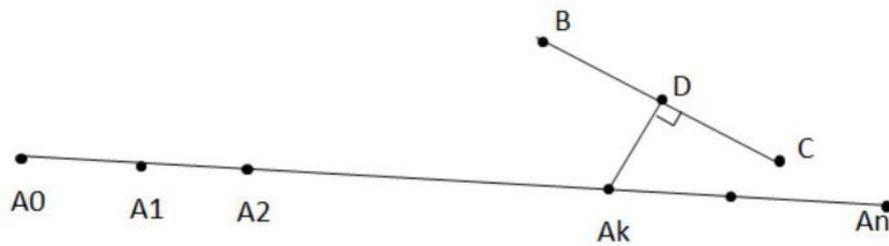


图9

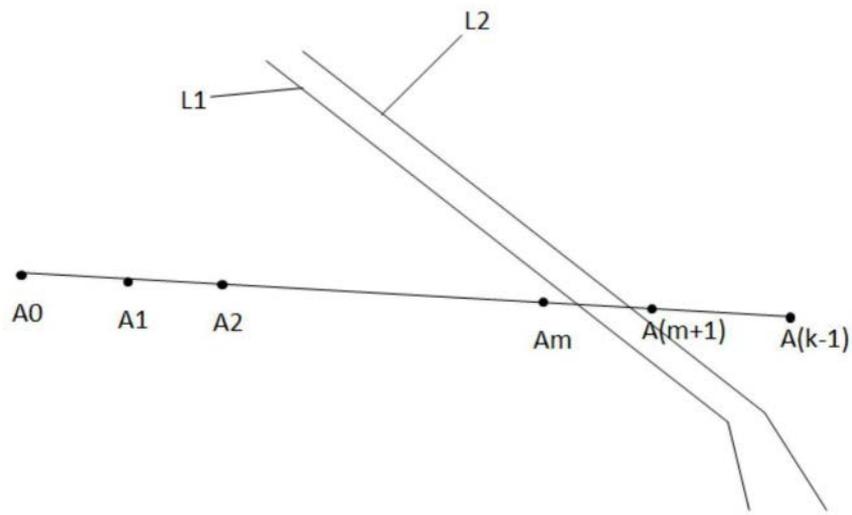


图10