

基于 VSL 语言的不规则筒状物体的建模

刘贤梅,唐晓婷

(东北石油大学 计算机与信息技术学院,黑龙江 大庆 163318)

摘要:利用虚拟现实三维动态生成的图形、立体显示及人机交互等技术,再现采油树以下看不见的井筒生产过程,构建一个交互性和临场感的三维可视化环境。用户可以走进这个环境,感知油井生产的过程,从而为科学制定油井井眼轨迹,为“智慧油田”工程提供强大的辅助决策支持。文中利用 Virtools 内嵌脚本语言 VSL 的功能和优势,结合计算机图形学基本原理和推导的数学公式,给出了基于 VSL 语言的不规则筒状物体建模的功能设计流程,并用 VSL 语言编程实现了绘制不规则筒状物体的功能。最后将其成功应用于油田的实际项目中,收到了满意的效果。

关键词:VSL 语言;不规则;筒状物体;Virtools

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)06-0185-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.06.041

Modeling of Irregular Tubular Object Based on VSL

LIU Xian-mei, TANG Xiao-ting

(Institute of Computer and Information Technology, Northeast University of Petroleum,
Daqing 163318, China)

Abstract: Using graphics generated by virtual reality dynamically, stereo display and human-computer interaction technology, representing the invisible wellbore production process under the Christmas tree, build an interactive and immersive 3d visualization environment. Users can enter the environment, percept the process of oil well production, so as to establish the well borehole trajectory and provide powerful auxiliary decision support for “wisdom oilfield” engineering. In this paper, using function and advantages of Virtools embedded scripting language - VSL, combined the basic principles of computer graphics and derived mathematical formula, give the process of functional design for modeling of irregular tubular object based on the VSL and realize the function of irregular tubular object by VSL. Finally, it was applied in oil field application in practical projects successfully, receiving satisfied effect.

Key words: VSL; irregular; tubular object; Virtools

0 引言

随着油田钻井技术的发展,井眼轨迹的三维绘制与显示成为了钻井行业的一个重大问题,特别是在钻井施工过程中,需要时刻定性、定量地了解实钻井眼轨迹与设计井眼轨道之间的相互关系及其变化趋势,以确保中靶并保持良好的井身质量^[1-3]。在现场迫切要实现三维立体显示老井井眼轨迹,便于比较老井眼与新井眼轨迹的位置,计算其轨迹间的最近距离,达到防碰的目的;实现三维立体显示设计井轨道,使技术人员可以观察、分析实钻井眼轨迹与设计井眼轨道的偏差,以便调整钻井工艺,达到纠斜、防斜的目的。井眼轨迹作为最直观显示井眼情况、井斜控制等的重要依

据,其基本特征数据就是井眼轨迹的测斜数据。然而,井眼轨迹在地下是无法用肉眼或高倍数仪器观察的,实钻井眼轨迹与设计井眼轨道之间到底偏差多少?其空间形状如何?一个井网井眼轨迹在空间中是否存在相碰的可能?单凭大脑的空间想象是很难准确描述的,因此在这种背景下,要求利用计算机的可视化技术来处理这些问题。借助计算机可以实现定性、直观地显示出井眼轨迹的三维立体图^[4-6]。迄今为止,国外已经在这方面做了许多的研究,并取得了很好的效果。Schlumberger 公司的 PC 机上的 Drilling Office 系统包含井眼轨迹的三维显示模块;Landmark 公司的 Well-Plan (95 版)提供完整的钻井工程解决方案;Paradigm

收稿日期:2014-07-10

修回日期:2014-10-15

网络出版时间:2015-05-06

基金项目:黑龙江省高等教育科学研究“十二五”规划课题(HGJXH B1110131)

作者简介:刘贤梅(1968-),女,教授,硕士生导师,CCF 高级会员,研究方向为虚拟现实、三维可视化等;唐晓婷(1990-),女,硕士研究生,研究方向为虚拟现实与图像处理。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150506.1620.001.html>

公司的井眼可视化软件将地质数据与钻井数据融为一体,该公司开发了三维的地质信息显示系统;胜利油田和上海交大联合开发出了基于 VC++6.0 和 OPENGL 的钻井轨道设计与井眼轨迹监测三维可视化系统。根据得到的测井数据进行计算之后得到的一系列关于井眼轨迹的参数,可以模拟出一条井眼轨迹。但这仅仅是一条空间曲线,文中旨在绘制井网井眼轨迹,也就是筒状化的井眼轨迹,还需要编程,实现井眼轨迹筒状化,即绘制出一个不规则的筒状物体。

VSL 语言作为 Virtools 开发平台的内嵌语言,具有强大的功能。它从 SDK 中绑定了一些常用的类、全局方法以及常量,使 VSL 可以与场景进行交互,可以在图形脚本编辑器中提供脚本关键字智能颜色显示、自动上下文区分提示及函数参数显示功能。虽然 Virtools SDK 功能强大,但需要使用者有很好的 C++ 编程开发基础,对 3D 程序开发有较深入的理解,而且不便快速地调试程序。VSL 以书写代码的方式进行编程开发,提高程序的执行效率和可读性^[7]。借助 VSL,编程工作者可以从以前堆积木和连线的方式中解脱出来(拖拽 BB 的方式),使得编程方式更加的方便、一目了然。

1 绘制筒状物体的流程分析

从现场给定的测斜数据可以确定一系列离散的点(即文中后面提到的中心点),将这些点连接起来可形成一条连续的空间曲线。为了绘制一个筒状的井眼轨迹,可以人为给定一个半径,由中心点以半径的长度向外发散,这样就形成一个筒状体。文中旨在研究如何通过已知的中心点和半径绘制出一个筒状体,图 1 给出了绘制筒状体的功能实现流程。

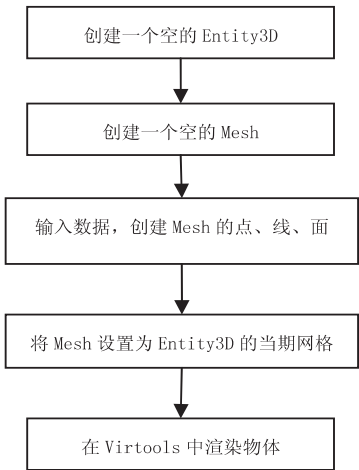


图 1 绘制筒状体的功能流程图

2 绘制 Mesh 的理论与思想

图 1 中,实现的重点和难点就是创建一个非空的

Mesh,也就是为 Mesh 创建点、线、面,并且要求创建的 Mesh 形状符合需求。在此,文中用到了部分计算机图形学的基础知识。3D 物体都是基于网格的,一般情况下网格都是由三角形、四边形组成的,在 Virtools 和绝大部分游戏引擎中,说到网格都是指由三角形组成的。如果仅仅是创建一个 Mesh,Virtools 不会渲染它,但仍然会占用内存空间^[8-10]。

要想在 Virtools 中显示一个三维实体,先是创建一个 3D Entity 实体,这时 Virtools 渲染的是这个 3D 实体,但是你仍然看不到它,因为创建的 3D 实体只是一个空壳而已,没有网格就好像没有身体,又怎样能被看见呢?接着创建一个网格,网格由一个个三角形面片拼接而成,并把这个网格设置为 3D 实体的当前网格。这样就可以将三维实体显示在 Virtools 中^[11-14]。绘制 Mesh 之前,必须确定四个参数。第一个参数是 Mesh 总的顶点数;第二个参数是 Mesh 的总面数(三角形面片);第三个参数是每一个三角形面是由哪三个顶点组成的;第四个参数是每个顶点所在的空间位置。一旦将这四个参数确定,就能用 VSL 语言绘制出一个 Mesh。

3 具体功能的实现

将 Run VSL BB 从 Buiding Blocks 拖拽到 Schematic 区域里,双击进入 VSL 的编辑管理界面。为这个 BB 增加五个输入参数:iCenterPointCount 代表中心点的个数,参数类型为 int;iSmoothLevel 代表多边形的边数(即筒状物体剖面的边数,也称为光滑级别数),参数类型为 int;fRadius 代表筒状物体的半径,参数类型为 float;arrayCenterListPonit 是一张 Array 表,里面存放的是中心点的空间位置;meshPipeline 代表的是一个 Mesh。

3.1 计算顶点总数

由数学知识立即可以推导出总的顶点数。
等于中心点个数与中心点所在剖面边数的乘积。

$$\text{VertexCount} = \text{iCenterPointCount} * \text{iSmoothLevel}$$

式中,iCenterPointCount 是中心点的个数;iSmoothLevel 是多边形的光滑级别即多边形的边数。

3.2 计算面的总数

这里所求的总面数是指物体的侧面的总面数,不包含上顶面和下底面。光滑级别与中心点个数减 1 的乘积得到四边形的面数,再乘以 2 即为三角形的面数。

$$\text{iFaceCount} = (\text{iCenterPointCount} - 1) * \text{iSmoothLevel} * 2$$

3.3 计算每一个三角形面所对应的顶点索引

为了推导出三角形面与顶点索引之间的关系,先

假设光滑级别为最小,假设光滑级别 $iSmoothLevel$ 为 3,中心点 $iCenterPointCount$ 为 2,如图 2 所示。

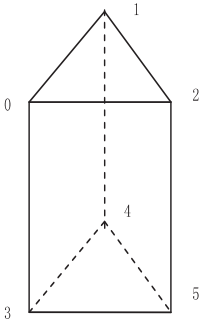


图 2 光滑级别为 3 的圆柱体

数字 0~5 分别代表六个顶点的索引。如图 2 所示,除去顶面和底面,图中的物体由三个四边形构成,而一个四边形又由两个三角形构成,所以此物体侧面由六个面构成。这里要提到的是函数 $SetFaceVertexIndex(0,0,1,3)$,它的第一个参数表示网格的面数,这里是第 0 个面,其他的三个参数表示网格的顶点编号(0,1,3);表示由这三个顶点围成的三角形,不同的顶点编号排列顺序会围成不同的三角形,如编号(3,1,4)围成的三角形二。但是在创建面的时候,最好按着同一个方向来创建,如图 2 是按顺时针的方向生成三角形面的,这一点为日后的管理修改带来方便。创建完点面以后,还要给面设置方向,这样计算机才能区分哪些是背面,哪些是正面,哪些面要渲染,哪些面不要渲染。在 Virtools 中,默认将顺时针方向设为正方向,也就是 Virtools 渲染引擎会渲染的面。

$Face_0: (0,3,1), (1,3,4)$

$Face_1: (1,4,2), (2,4,5)$

$Face_2: (0,2,5), (5,3,0)$

为了方便推导出具有通用性的数学公式,上述表达式也可写成这样:

$Face_i: (0+i, 3+i, 1+i), (1+i, 3+i, (1+i)+3)$

其中, i 为多边形的第 i 条边, i 从 0 循环到 2,当 i 等于 2 的时候会发生顶点索引溢出的情况,式中 $(1+i)+3$ 这一项等于 6,而物体的顶点索引最大值为 5。为了解决这一情况,采取了用 $i+1$ 这一项对 3 求余。经过改写上式可写成如下形式:

$Face_i: (0+i, 3+i, (1+i)\%3), ((1+i)\%3, 3+i, (1+i)\%3+3)$

依此类推,可以推导出以下公式:

$M = j * iSmoothLevel$

$Face((M+i)*2): (i+M, iSmoothLevel+i+M, (1+i)\%iSmoothLevel+M)$

$Face((M+i)*2+1): ((i+i)\%iSmoothLevel +$

$M, iSmoothLevel+i+M, (1+i)\%iSmoothLevel+M + iSmoothLevel)$

式中, j 是第几个中心点; i 是多边形的第 i 条边。根据上述公式可以计算每一个三角形面所对应的顶点索引。

3.4 确定每个顶点的位置

已知中心点的位置和筒状体的半径和边数,就可以确定每个中心点所在剖面的每个点的坐标。由于是不规则的筒状体,文中将分为三步来计算每个顶点的位置。

第一步:计算第一个中心点所在的剖面上的点。

Array 表 $array_Pos$ 里面存放的是中心点的空间位置,表里只有一行一列,表里单元格的数据类型为 Vector 类型(空间向量类型)。因为是在一个剖面上,所以顶点的 Y 坐标的值不变,变的只是 X 坐标和 Z 坐标的值。

$arrayCenterPointList. GetElementValue(0, 0, verCenterPointPos);$

从表中获取中心点的坐标:

$verPointPos. Set(\cos((2*3.14159f*iEdgeIndex)/iSmoothLevel)*fRadius+verCenterPointPos.x, verCenterPointPos.y, \sin((2*3.14159f*iEdgeIndex)/iSmoothLevel)*fRadius+verCenterPointPos.z);$

$Set(a,b,c)$ 函数用来设置顶点的位置,后面三个参数分别表示 X,Y,Z 方向上的值。

$meshPipeline. SetVertexPosition(iCircleIndex+iEdgeIndex, verPointPos);$

$SetVertexPosition(a,b)$ 函数用来表示第 i 个顶点的空间位置。第一个参数表示顶点的索引,即顶点的编号;第二个参数表示顶点的空间位置。

第二步:计算中间的中心点所在剖面上的顶点。

为了方便计算顶点的位置,在这里定义了两个函数: $Vector ComputeDirection(Vector in_FirstVertexPos, Vector in_SecondVertexPos)$,用来计算空间中两点的方向向量; $Vector ComputeCrossOfLinePlane(Vector vecPlaneNormal, Vector verPlanePoint, Vector vecLineDirection, Vector verLinePoint)$ 函数的功能是:已知平面上的点和平面的法线,求一条射线与平面的交点(已知射线的方向和射线上的一点)。

调用 $ComputeDirection$ 函数计算出 d_1, d_2 和 d_3 ,并将 d_3 单位化,使 d_3 的模长等于 1。调用 $ComputeCrossOfLinePlane$ 函数, $verLastCenterPointPos$ 为平面上的点, d_3 为平面上的法线向量, d_1 为已知方向的一条射线, A 是射线上的一点,求点 $B(d$ 平行于 $d_1)$ 。使用这种方法可以求出中心点 $verPointPos$ 所在剖面上所

有顶点的位置,同理,即可求出其他的顶点位置。

ComputeCrossOfLinePlane 函数描述如图 3 所示。

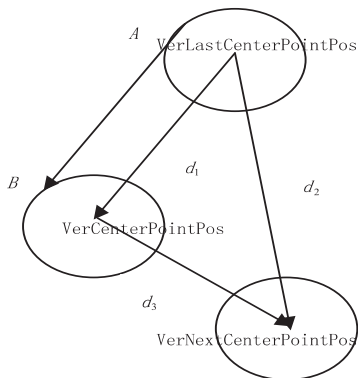


图 3 ComputeCrossOfLinePlane 函数描述(1)

第三步:计算最后一个剖面上的顶点位置。

最后一步实现的思想与第二步是一致的。

在求最后一个面上的点的时候,只是第一个参数与第三个参数是同一条方向向量,即 d_1 ,见图 4。B 点即为所求的点,在此便不一一赘述了。

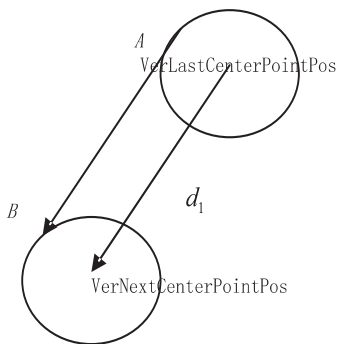


图 4 ComputeCrossOfLinePlane 函数描述(2)

在此,完成了筒状物体 Mesh 的创建,最后只需要再创建一个 3D Entity,并把这个网格设置为 3D 实体的当前网格即可。

```
meshPipeline=bc. CreateMesh(" mesh_PipeLine" );
entity3d. SetCurrentMesh( meshPipeline )
```

根据现场提供的测斜数据,最终得到的效果如图 5 所示。

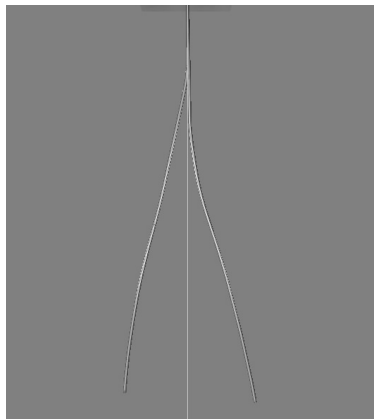


图 5 渲染效果图

4 结束语

讨论了在实际钻井开采中,绘制井眼轨迹的必要性,分析了 Virtools 内嵌脚本语言 VSL 的优势以及利用 VSL 语言进行三维虚拟场景中三维模型的构建,设计了构建筒状体的方法流程,推导出了建立不规则筒状体 Mesh 的数学公式,并用程序加以实现。最后,根据实际需要,结合前面设计的方法,基于 VSL 语言实现了三维物体的建模。程序全部调试通过,得到了满意的运行效果,具有实用价值。

参考文献:

- [1] 李兆歆,张大坤. 基于 VSL 语言的三维动态交互移动实现及其应用[J]. 计算机工程与设计,2010,31(2):455-458.
- [2] 张志刚. 基于图像的绘制技术[J]. 计算机仿真,2010,27(6):279-282.
- [3] 胡珊,于光,周明秀,等. 基于 3D 和 VIRTOOLS 技术的物理虚拟实验室架构设计[J]. 计算机工程与设计,2008,29(1):206-209.
- [4] 李昌国,张晓林,谭良,等. 基于 GIS 和 VIRTOOLS 技术的虚拟校园漫游开发方法的研究[J]. 计算机工程与设计,2007,28(13):3223-3226.
- [5] 张青松,李兴华. 计算机图形生成算法的可视化研究[J]. 安徽大学学报:自然科学版,2007,31(3):27-29.
- [6] 李勋祥,饶成,陈定方. 基于 Virtools 的视景系统优化技术研究[J]. 武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2008,32(1):100-103.
- [7] 李从信,吴秀芹,刘铁良. 视景仿真技术在油田井下作业中的应用研究[J]. 系统仿真学报,2005,17(2):495-497.
- [8] 王武礼,王延江,李瑞民. 基于虚拟现实技术的钻井仿真系统设计[J]. 计算机技术与发展,2011,21(9):171-174.
- [9] 张占军,程行甫,柳平,等. 电台三维虚拟维修仿真系统的研究[J]. 计算机技术与发展,2011,21(2):250-252.
- [10] Richens P, Nitsche M. Mindstage: towards a functional virtual architecture[C]//Proc of computer aided architectural design futures. [s. l.]:[s. n.],2005:331-340.
- [11] Virtools SDK documentation[S]. France: VIRTOOLS,2006.
- [12] Li Xunxiang, Chen Dingfang, Wang Le, et al. A development framework for Virtools-based DVR driving system[C]//Proc of computer supported cooperative work in design. [s. l.]:[s. n.],2007:188-196.
- [13] Pan Y, Lin Z, Hu Z, et al. Research on distributed multi-screen display technique based on Virtools[C]//Proc of 7th international conference on computer-aided industrial design and conceptual design. [s. l.]:[s. n.],2006.
- [14] Ottosson S. Virtual reality in the product development process[J]. Journal of Engineering Design,2002,13(2):159-172.

基于VSL语言的不规则筒状物体的建模

作者: [刘贤梅](#), [唐晓婷](#), [LIU Xian-mei](#), [TANG Xiao-ting](#)
作者单位: [东北石油大学 计算机与信息技术学院, 黑龙江 大庆, 163318](#)
刊名: [计算机技术与发展](#) 
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2015 (6)

引用本文格式: [刘贤梅](#), [唐晓婷](#), [LIU Xian-mei](#), [TANG Xiao-ting](#) [基于VSL语言的不规则筒状物体的建模](#) [期刊论文] - [计算机技术与发展](#) 2015 (6)