

# 基于C#的饱和烃气相色谱含水指数的计算

高丙坤,岳茂兴,宋兆云

(东北石油大学 电气信息工程学院,黑龙江 大庆 163318)

**摘要:**在录井分析技术中,利用饱和烃气相色谱来评价含油岩样的含水性,并手动绘制光滑外凸闭合曲线以确定含油岩样的含水性指数。人工绘制图版工作量较大,需要大量人力物力,而且误差较大,因此有必要开发相应的软件以提高效率。以录井分析技术的实践经验为基础,将实际困难和需求进行理论分析,利用凸壳、三次B样条曲线以及插值等算法从理论上提出解决方案,并开发基于C#语言编程计算饱和烃气相色谱含水性评价指数的软件系统。节约人力资源并提高含水性评价指数的精确性。

**关键词:**饱和烃气相色谱;凸壳;B样条曲线;含水性指数;C#

**中图分类号:**TP31

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2012)01-0205-04

## Water Proportion of Gas Chromatogram of Saturated Hydrocarbon Based on C#

GAO Bing-kun, YUE Mao-xing, SONG Zhao-yun

(School of Electrical Engineering & Information, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, China)

**Abstract:** In logging analysis, the gas chromatogram of saturated hydrocarbon is used to evaluate the aquosity of oil rock sample. And a sloppy, convex and closed curve is drawn manually to determine the water proportion of oil rock sample. It needs larger workload to draw plates manually, and it has larger error. So it is necessary to develop a software to improve efficiency. To logging analysis based on practical experience, theory is analyzed and verified from practical difficulties and needs. The solution is proposed theoretically by using some algorithms like convex hull algorithm and cubic b-spline curve. A software is developed to calculate the water proportion based on C# programming language. It saves human resources and improves the water proportion precision.

**Key words:** the gas chromatogram of saturated hydrocarbon; convex hull; b-spline curve; water proportion; C#

## 0 引言

轻烃分析技术在国外出现在1970年左右,已被西方的石油公司广泛采用,并成功用于单井油气和烃源岩的评价。经多年的研究与实践,我国轻烃分析技术在油气田勘探中得到应用,并取得了很好成果<sup>[1]</sup>。

将饱和烃气相色谱分析技术引入到录井分析技术中的主要原因是为了评价含油岩样的含水性。目前,国内外对气相色谱的研究较多,但是将饱和烃气相色谱分析技术用于油水层识别及水淹层评价是近年来国内新兴的技术,没有成熟的应用方法。新疆油田、华北油田等国内各油田均在开发应用该项资料,并已形成了定性的解释标准。但由于各油田储层类型及原油性

质、演化规律各不相同,各油田的解释标准有其独特性,不能通用<sup>[2]</sup>。工程中多是利用实践经验手动绘制含水性图版,估测图版中样品点的含水性指数,工作效率较低并且误差较大<sup>[3]</sup>。

文中将实践经验进行理论分析验证,再将凸壳算法、三次B样条曲线算法以及插值算法等理论利用计算机编程实现。主要利用.NET Framework平台,基于C#语言开发实现计算含水性图版中样品点的含水性指数。

## 1 最优算法的选取

### 1.1 基于Larkin的算法构建凸壳

平面点集的凸壳定义为包含点集的最小凸集,即以点集中部分点为顶点的一个凸多边形,对该凸多边形的任意一条边,点集中所有不在该边上的点都在该边的同一侧。凸壳具有任意两个顶点之间的线段都在凸壳内部,凸壳的任意一个内角小于180度等性质。求取平面点集的凸壳是计算几何的基本问题之一,且

收稿日期:2011-06-10;修回日期:2011-09-15

基金项目:黑龙江省教育科学技术重点项目(12511Z002)

作者简介:高丙坤(1962-),男,河北故城人,博士生导师,博士后,主要研究方向为能量系统传输控制与故障诊断;岳茂兴(1985-),男,硕士研究生,主要研究方向为神经网络控制理论及应用、故障检测与诊断。

在图像处理、计算机图像学、CAD/CAM、模式识别等众多领域中得到广泛应用<sup>[4]</sup>。

目前寻找凸壳的成型算法众多,但研究人员始终致力于寻求更好的方法。比如:基于栅格划分构建平面点集凸壳的算法<sup>[5]</sup>,寻求平面上线段集凸壳的算法<sup>[6]</sup>,基于凸多边形的凸壳算法,基于有序简单多边形的平面点集凸包快速求取算法<sup>[7]</sup>等等。

这里利用了 Larkin 改进的凸壳生成算法<sup>[8]</sup>。设点集  $H$  中  $x$  坐标最小和最大的点分别为  $X_{\min}$  和  $X_{\max}$ ,  $y$  坐标最小和最大的点分别为  $Y_{\min}$  和  $Y_{\max}$ 。显然  $X_{\min}$ ,  $X_{\max}$ ,  $Y_{\min}$ ,  $Y_{\max}$  这四个点一定是凸集中的点。以从  $X_{\min}$  到  $Y_{\max}$  为方向向量,找到点  $P$  使得  $P$  到  $X_{\min}$ ,  $Y_{\max}$  这两点连线的距离最大,并且  $P$  再这两点连线的左侧。则  $P$  为凸集上的点。再分别以从  $X_{\min}$  到  $P$  和从  $P$  到  $Y_{\max}$  为方向向量,找到在其左侧距离其连线最远的点,此点亦为凸集上的点。反复如此寻找便可找到所有从  $X_{\min}$  到  $Y_{\max}$  的凸集上的点。再继续以从  $Y_{\max}$  到  $X_{\max}$ ,从  $X_{\max}$  到  $Y_{\min}$ ,从  $Y_{\min}$  到  $X_{\min}$  为方向向量,如上述过程便可找到点集  $H$  中所有凸壳上的点。再将凸集中的点按顺时针或逆时针依次连接起来,便可形成凸壳。如图 1 所示。

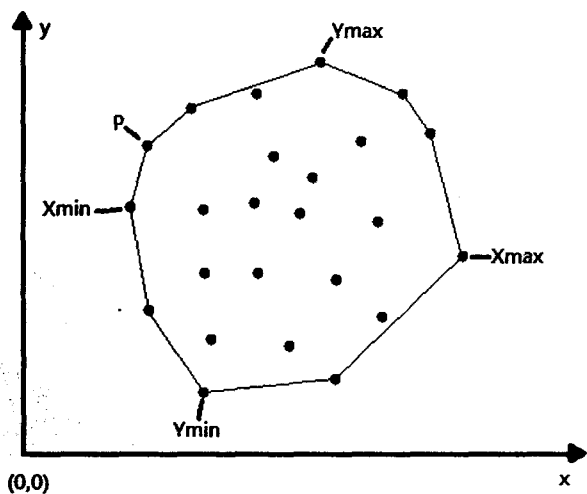


图 1 形成凸壳

### 1.2 B 样条曲线

根据找到的凸壳点集,要绘制一个光滑的、外凸的闭合曲线并将所有的点包括在内。这是自由曲线的设计问题,通常要根据已知的几何外形信息,利用代数差值、函数逼近理论、计算数学等工具,建立对应的数学模型,然后利用计算机处理,求得足够多的信息,并在交互界面上进行显示,继而通过人机对话来逐步逼近理想的设计模型,直到满足工程的精度要求为止<sup>[9]</sup>。

常用的自由曲线主要有:参数样条曲线、贝塞尔曲线、Hermite 曲线和 B 样条曲线等。参数曲线的形式是多种多样的,其中参数样条曲线较为实用。参数样条

曲线是由多项式曲线段连接而成的曲线,在每段的边界处都满足特定的连续条件。曲线次数的高低对曲线有很大影响,次数太高会导致计算过于复杂、存储信息量过大,而次数太低则会导致控制区域的灵活性降低、曲线在连接处不可导<sup>[10]</sup>。这里选取三次 B 样条曲线是由于三次 B 样条曲线不仅保持了贝塞尔曲线具有的直观性和凸包性,而且曲线更加接近特征多边形,曲线的阶次与顶点个数无关,因此更为方便灵活<sup>[11]</sup>。重要的是相邻两段的三次 B 样条曲线是自然连接好的,具有  $G^2$  连续,保证了曲线的光滑<sup>[12]</sup>。如图 2 所示。

但是三次 B 样条也并不是完美的,它不能将所有点包括在内,尤其是凸集上的点不易包括进来,即有丢点现象。解决的方法是在原来点集的外侧加入 8 个控制点,使得三次 B 样条曲线可以包括的原点集。若仍有丢点现象可利用将 8 个控制点进行人为控制的外扩来达到将所有点包括在三次 B 样条曲线之内。

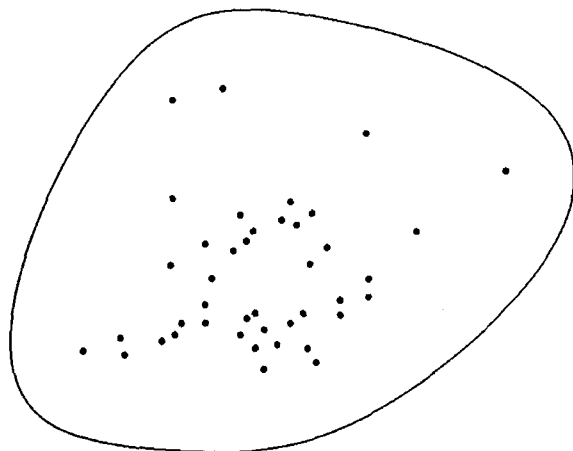


图 2 三次 B 样条曲线

### 1.3 含水性评价指数

地化录井系列中岩石热解分析是着重于评价岩样的含油性,核心是求取含油饱和度,而饱和烃气相色谱和轻烃分析技术引入到录井的直接原因都是为了评价含油岩样的含水性。特征参数建立的评价图版应该是含油储层或含油岩样的含水信息的综合反映。根据目标点在图版上的分布情况,可以很直观地判断该点的含水性,但是离开了图版则很难理解特征参数的意义。如果一个含油储层内有许多个样品点,每个点都需要一一查看图版才能判断含水性,这样不仅工作繁杂而且不易得出清晰的认识。这也是提出含水性评价指数惑念的初衷。

含水性评价指数是录井技术中的重要参数之一,该指数可以容易并且清晰地判断含油储层每个样品点的含水性。根据图版中样品点的属性和分布,将得到的光滑外凸闭合曲线手动用几条曲线划分若若干个属性区。一般来说可以分为三个区域,如图 3 所示。区域

A 为油层,区域 B 为油水同层,区域 C 为水层。若要进行细分可将区域 B 再细分为含水油层、油水同层、含水油层。

分区方法:将左边界和右边界的两条曲线分别赋值为 0 和 1。再按分出区域的个数将 1 等分并赋值给对应的分区曲线,利用内插法可以求得光滑闭合曲线内任意一点的数值,此数值介于 0 和 1 之间。如图 3 中,  $a$  曲线赋值为 0,  $d$  曲线赋值为 1。由于图版分了三个区域,所以  $b$  曲线赋值为  $1/3 = 0.33$ ,  $c$  曲线赋值为  $2/3 = 0.66$ 。其中某一点的数值要依据此点左右两侧的分区曲线的数值,利用内插法来计算此点的数值。所得的值即为评价某种属性的指数,实际上是确定样品点属于某种属性的可能性。

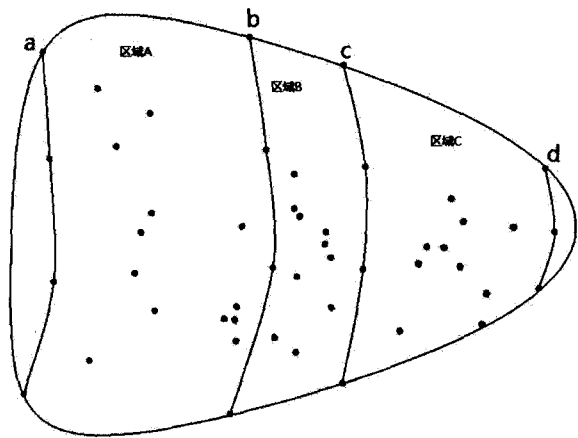


图3 划分属性区域

## 2 基于 C#语言实现

以 Microsoft 开发的 .NET Framework 3.5 作为 C# 语言的开发平台,开发 WinForm 应用程序,以实现计算含水性评价指数。

### 2.1 软件流程图

软件流程如图 4 所示。

### 2.2 实现凸壳算法

凸集中的点必须是按照顺时针或者逆时针顺序排列。若是没有顺序,那么在三次 B 样条曲线的绘制中不能够得到理想的外凸闭合曲线。实现凸壳算法的难点是如何连续寻找离直线最远的点,并依次加入凸集中。这里采用递归方法实现。

private void FarthestPoint (Point pa, Point pb, Point [] pc) //以 pa-pb 为方向,在其左侧找到离此直线最远的点 pm。

{ float mdis = 0;

float d = 0;

int pos = 0;

Point mp = pc[0]; //局部变量初始化。

for (int i = 0; i < pc.Length; i++) //对点集 pc 中所有的点进行遍历。

{ pos = Position(pa, pb, pc[i]); //计算 pc[i] 与 pa-pb 的相对位置。

d = Distance(pa, pb, pc[i]); //计算 pc[i] 到 pa-pb 的距离。

if (pos >= 0 && d >= mdis) {

mdis = d; //得到较大的距离。

mp = pc[i]; } //得到距离较大的点。

if (! (mp.Equals(pa) || mp.Equals(pb))) { //判断最大距离的点是否是两端的点。

FarthestPoint (pa, mp, pc); //递归调用此方法得到离 pa-mp 最远的点。

pl.AddToTail (mp); //将 mp 加入单项链表 pl 的尾部。

FarthestPoint (mp, pb, pc); //递归调用此方法得到离 mp-pb 最远的点。

pl.AddToTail (pb); } //将 mp 加入单项链表 pl 的尾部。

连续调用此方法可以按顺序得到凸集中的点。

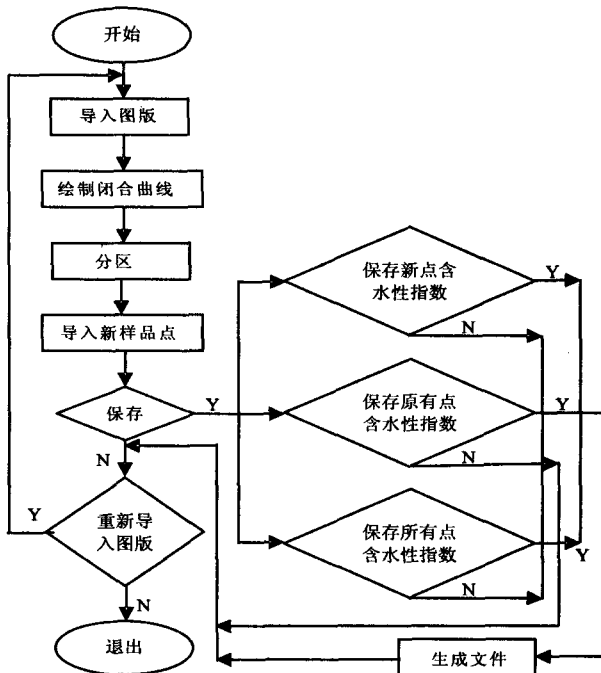


图4 软件设计流程图

### 2.3 C#实现三次 B 样条曲线

由于三次 B 样条曲线并不能将所有的点包括在内,所以这里在原有的点集中加入了 8 个控制点。在  $X_{min}$  的左上侧和左下侧,在  $X_{max}$  的右上侧和右下侧,在  $Y_{min}$  的左下侧和右下侧,在  $Y_{max}$  的左上侧和右上侧分别增加一个控制点。以便使得闭合曲线包含所有的原点集。由于某些图版的特殊性,可能有部分少量的点处在曲线内部离边界很近的地方,使得绘制

分区出现困难。这时可以将 8 个控制点相应地外扩,使得图版分区更易绘制,如图 5 所示。

```
public Point[] AddEightPoints(Point[] p){} //增加 8 个控制点。
```

```
public PointLink Outside(PointLink pl, double h){} //将点外扩。
```

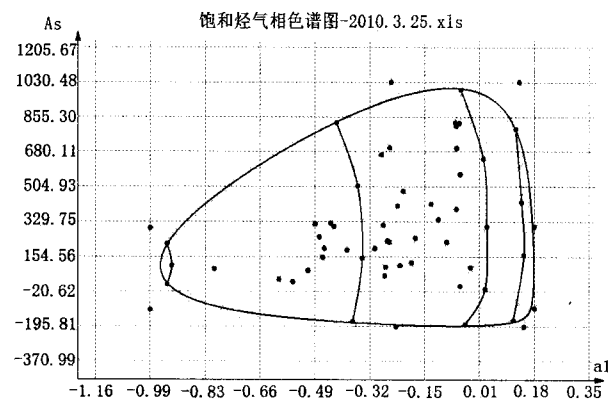


图 5 饱和烃气相色谱图版

## 2.4 C#计算含水性评价指数

在三次 B 样条闭合曲线和分区曲线都绘制完成之后,计算某点 p 的含水性指数时首先要判断该点在哪个区域,然后得到该点所在区域两侧分区曲线所赋的值。在 p 点左侧的分区曲线上找到两个点 pa 和 pb,使得  $pa.Y < p.Y < pb.Y$ 。同理找到 pc 和 pd 使得  $pc.Y < p.Y < pd.Y$ 。由 pa、pb、pc、pd 和 p 点在坐标系中的位置,根据内插法可以得到 p 点的含水性评价指数。

```
private double WaterProportion(Point pa, Point pb,
Point pc, Point pd, Point p, double d1, double d2){} //
d1, d2 为 p 点左右两端曲线的含水性指数。
```

```
double x1 = FunPoints.GetFunY(pa, pb, p.Y); //
在 pa-pb 所确定的直线上, p 点 Y 坐标所对应的 X 坐标值。
```

```
double x2 = FunPoints.GetFunY(pc, pd, p.Y); //
在 pc-pd 所确定的直线上, p 点 Y 坐标所对应的 X 坐标值。
```

```
return r = (d2 - d1) * (p.X - x1) / (x2 - x1) +
d1; } //返回含水性指数。
```

## 3 结束语

文中从实际问题出发,经过理论研究,开发基于 C#的应用软件。解决了目前录井分析技术中手动绘制饱和烃气相色谱图版并人为估测含水性评价指数的问题。实现含水性评价指数计算自动化,便于科研人员的使用,使得分析技术更加合理并且大大地提高了工作效率,节约人力物力,促进各项地化分析技术的进一步发展。

## 参考文献:

- [1] Mango F D. The light hydrocarbons in petroleum: a critical review[J]. Organic Geochemistry, 1997, 26(7-8): 417-440.
- [2] 韩 涛. 气象色谱资料在油水层解释评价中的应用方法研究[D]. 大庆: 大庆石油学院, 2007.
- [3] 刘 明, 耿长喜, 赵淑英. 饱和烃气相色谱信息处理方法及应用[J]. 科学技术与工程, 2009, 9(18): 5455-5459.
- [4] Chan T M. Optimal output-sensitive convex hull algorithms in two and three dimensions[J]. Discrete & Computational Geometry, 1996, 16(4): 361-368.
- [5] 张大远, 刘玉树. 基于栅格划分构建平面点集凸壳的算法研究[J]. 微机发展(现更名: 计算机技术与发展), 2004, 14(7): 106-108.
- [6] 周培德. 寻求平面上线段集的凸壳的算法[J]. 工程图学学报, 2003, 23(2): 116-119.
- [7] 金文华, 何 涛, 刘晓平, 等. 基于有序简单多边形的平面点集凸包快速求取算法[J]. 计算机学报, 1998, 21(6): 533-539.
- [8] Larkin B J. An ANSIC Program to Determine in Expected Linear Time the Vertices of the Convex Hull of a Set of Planar Points[J]. Computers & Geo-sciences, 1991, 17(3): 431-443.
- [9] 李朝晖. 三次 B 样条曲线特征多边形顶点的设计技巧[J]. 河北理工学院学报, 2000, 22(4): 60-63.
- [10] 祁伟丽, 秦新强. 基于 B 样条的平面轮廓重构闭合曲面算法[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(7): 112-115.
- [11] 冯仁忠, 王仁宏. 三次 B 样条曲线间 G2 连续条件[J]. 大连理工大学学报, 2003, 43(4): 407-411.
- [12] 宋丽平, 秦新强, 祁伟丽. C-B 样条曲线的形状修改[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(7): 122-125.

(上接第 204 页)

- [J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(8): 96-99.
- [6] 张为民, 唐剑峰, 罗治国, 等. 云计算深刻改变未来[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [7] 陈丹伟, 黄秀丽, 任勋益. 云计算及安全分析[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(2): 99-102.
- [8] 王 鹏, 黄华峰, 曹 珂. 云计算: 中国未来的 IT 战略[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010.
- [9] IBM 虚拟化与云计算小组. 虚拟化与云计算[M]. 北京: 电

- 子工业出版社, 2009.
- [10] 孙 梅, 赵 兵. 高校计算机学科网络教学资源平台建设的实践与研究[J]. 中国教育技术装备, 2009(21): 93-94.
- [11] 赵 艳, 程 蓓, 郑光辉, 等. 高校教学参考资源平台建设研究[J]. 现代图书情报技术, 2006(11): 26-28.
- [12] 周 岩, 余长营. 区域网络教育资源共建共享的实践探究[J]. 中国电化教育, 2009(12): 31-33.