储油罐的变位识别与罐容表标定

1陈凯飞，2刘羽飞，1张戴维

1计算机科学与技术学院，2物理学院

中国科学技术大学

安徽省合肥市金寨路96号

{ckf, lyf1987, Davy}@mail.ustc.edu.cn

摘 要

在日常使用过程中，储油罐由于地基变形等原因，导致原有罐容表失效，故需要重新进行标定。本题中，我们分别研究了变位对小椭圆储油罐与实际储油罐的影响，通过分别建立它们的模型，以重新标定罐容表。

对于小椭圆储油罐，由于其形状规则，故我们从储油罐的几何关系出发，利用微积分的知识建立未变位和倾斜变位的理想模型。然后对产生误差的因素进行分析并假设出误差公式，运用统计学的知识对误差公式进行了拟合，从而修正了模型。同时，对于题中提供的实验数据，我们使用进油数据去建模，使用出油数据去检验模型的好坏，即利用进油建立的模型的计算值与出油的数据进行比较，计算出误差的平均值和方差，未变位的情况分别为E(Δv)=0.233946412,var(Δv)=3.036990687；倾斜变位的情况分别为E(Δv)=-0.233946412,var(Δv)=21.97108166。证明了我们的模型的正确性和准确性。最后，我们根据我们建立的模型分析了倾斜变位对罐容表的影响，并制定了新的罐容表（见文中表格 1）。

对于实际储油罐，其形状依然规则，故我们仍然从储油罐几何关系出发，利用微积分的知识建立理论模型。但由于同时存在纵向倾斜与横向偏转，并且油罐两侧有弓形凸出，故理论模型较复杂，所以我们利用泰勒展开的近似来简化模型，以方便得出纵向倾斜角度与横向偏转角度的多元拟合公式并进行求解。我们使用第一次加油前的数据对α和β求解，并使用第一次加油后的数据，用多元拟合的方法，去检验模型的好坏。我们使用简化的模型求出α=2.93662°，β=6.17464°，并建立了罐体变位后的罐容表（见文中表格 2）。我们对这个简化模型进行检验的结果为α=2.91795°，β=7.81221°。

此外，我们尝试使用人工智能理论的“随机重新开始爬山法”[1]对实际储油罐的理论模型进行近似解的快速搜索，得出的结果为α很小（< 0.05°），β变化范围较大（1°～7°）。根据这两个方法的结果，我们认为纵向倾斜角α的值对模型的影响比横向偏转角β要大。

本实验中，我们实现数据计算的工具为Mathematica 6.0。

**关键词： 微积分 几何关系 泰勒展开 多元拟合 人工智能**

一、问题的提出

这是一个对加油站的地下储油罐的罐容表的修正的问题。

通常加油站都有地下储油罐，并且采用流量计和油位计来测量进/出油量与罐内油位高度等数据，通过预先标定的罐容表（即罐内油位高度与储油量的对应关系）进行实时计算，以得到罐内油位高度和储油量的变化情况。

但是许多储油罐罐体的位置都可能会发生纵向倾斜和横向偏转等变化，从而导致罐容表发生改变。所以需要修正变化后的罐容表。题中给出了一种典型的储油罐的数据，其主体为圆柱体，两端为球冠体。需要我们用数学建模方法研究解决储油罐的变位识别与罐容表标定的问题。这里提出两个问题：

**问题一：**

研究一种小椭圆型储油罐，分别对罐体无变位和倾斜角为α=4.10°的纵向变位两种情况做了实验并给出数据。需要建立数学模型研究该罐体变位后对罐容表的影响。

**问题二：**

在第一题的研究基础上，需对实际储油罐建立罐体变位后标定罐容表的数学模型，并分析检验模型的正确性与方法的可靠性。

二、问题的分析

2.1．问题一：小椭圆型储油罐罐体变位后对罐容表的影响

对于这个问题，需要对罐体未变位和倾斜变位后的情况都做分析，得出罐体变位后的罐容表，并且对比未变位和倾斜变位的差别，得出罐体变位对罐容表的影响。

未变体的罐体和倾斜变体的罐体（倾斜角为）内的液体都可以进行理论计算。理论计算结果加上假设的误差公式（分析罐内物体与罐体膨胀得出），与进油的数据对比，从误差中对假设的误差公式进行拟合，从而得出最终的模型。然后再用出油的数据对模型进行检验，验证模型的正确性。

当两个模型都建立出来以后，我们就可以研究罐体变位后对罐容表的影响，并给出罐体变位后油位高度间隔为1cm的罐容表标定值。

2.2．问题二：建立实际储油罐罐体变位后标定罐容表的数学模型

实际储油罐形状规则，可以从几何关系出发，利用微积分的知识建立理论模型。但由于同时存在的纵向倾斜与横向偏转导致理论模型较复杂，并且油罐两侧有弓形凸出，所以我们需要简化模型，以方便得出纵向倾斜角度与横向偏转角度的多元拟合公式并进行求解。我们使用第一次加油前的数据求出α和β，并使用第一次加油后的数据检验模型。最后我们利用这个模型建立罐体变位后的罐容表。

此外，我们还可以不简化模型，而尝试其他方法来解决这个问题。例如使用人工智能理论的“随机重新开始爬山法”[1]对理论模型进行近似解的快速搜索。

三、基本假设

（1）油浮子与油位探针之间无摩擦

（2）没有油时，油位探针测到的值为0

（3）内外空气压始终相等

四、定义符号说明

 油位探针显示的油的高度，单位

 对油罐内部油的体积的估计，即，单位

 实际测量的油罐内部油的体积，单位

 仅考虑油罐形状，不考虑其他干扰因素的油罐内部油的体积，单位

 理想的油罐内部油的体积与实际测量的体积的差，即，单位

五、模型的分析、建立、求解与检验

5.1．问题一：小椭圆型储油罐罐体变位后对罐容表的影响

5.1.1．罐体无变位的模型

5.1.1.1．模型的建立

对于罐体无变位的情况，由于无变位的小椭圆型储油罐的形状很规则（底面为椭圆的柱体），我们可以直接求出它内部油的体积的理想的表达式。

设椭圆方程为（推导过程的式子（公式编号前有星号\*）的长度单位为，体积单位为，后面相同）

 \*

油罐无变位时，由定积分可知：

 \*

解公式并变换单位，得出（给出结果的式子（公式编号前无星号\*）的长度单位为，体积单位为，后面相同）



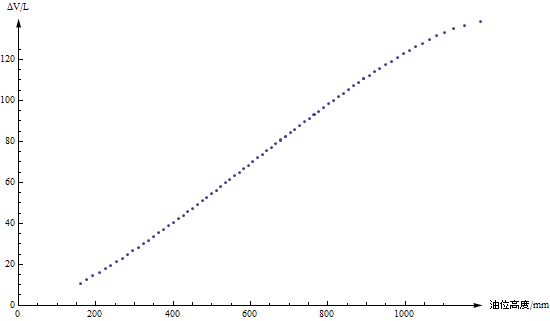
于是由的定义，有



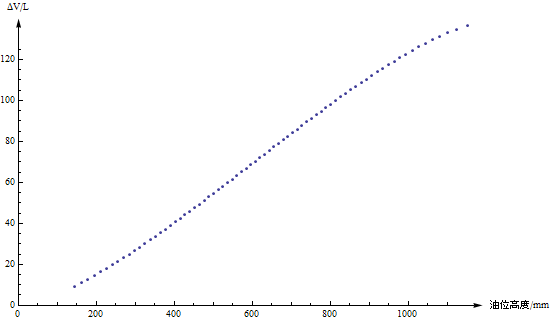
根据公式和文件“问题A附件1：实验采集数据表.xls”的数据,可以计算各个值时的值，从而对进行分析和确定。我们的设计是，用无变位进油的数据进行建模，然后用无变位出油的数据进行模型检验。

现在我们计算各个油位探针的读数时的值（进油和出油分开），结果见“附录 一 小椭圆型储油罐罐体无变位时在各个点的值”。根据结果，画出无变位进油和无变位出油的图分别如图表 1和图表 2。





图表 1小椭圆型储油罐无变位进油的曲线



图表 2小椭圆型储油罐无变位出油的曲线

然后考虑可能产生的因素。主要考虑油罐内油位探针，注油管，出油管等柱体导致的误差。由于柱体的体积随着线性增加，所以这些引起的误差是随着线性增加的。所以我们可以假设



对在无变位进油的数据上进行一元线性回归，即利用模型



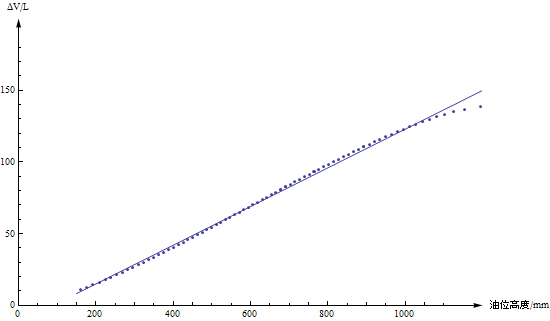
对进行拟合，其中为，得出结果：



相关系数为：



回归曲线如图表 3。



图表 3小椭圆型储油罐无变位进油一元线性回归曲线

于是根据公式，公式以及的定义，我们得出小椭圆型储油罐罐体无变位的模型:



这样，小椭圆型储油罐罐体无变位的模型（公式）就建立好了。下面我们要用无变位出油的数据来检验它。

5.1.1.2．模型的检验

根据上面求出的相关系数，我们可以看出拟合的结果是很不错的。这里我们进一步对模型进行检验。

下面我们用无变位出油的数据来检验小椭圆型储油罐罐体无变位的模型。利用公式计算无变位出油时各点的估计值，并与检测值相减，得出各点的误差，见“附录 二 小椭圆型储油罐罐体无变位的模型的误差表”。

根据上面的误差表，计算出的期望为



方差为



由这两个公式看出，的期望和方差都很小，所以从无变位进油数据建立的小椭圆型储油罐罐体无变位的模型也能很好的适用于无变位出油的情况。故该模型很科学、合理。

5.1.2.罐体倾斜变位的模型（倾斜角为）

5.1.2.1．模型的建立

对于罐体倾斜变位的情况，我们仍然可以直接求出它内部油的体积的理想的表达式。

当时，不确定。

当时，可以用微元法求出

 \*

当时，仍可以用微元法求。油面的面积为

 \*

可以推出

 \*

从而

 \*

当时，利用和第二部分类似的方法求出没有油的空间的体积，并用总体积减去它，得出

 \*

当时，不确定。

对上面的分析化简，变换单位，并做一些手动积分使得表达式更易于用软件计算，得出

①当时

不确定

②当时



③当时



④当时



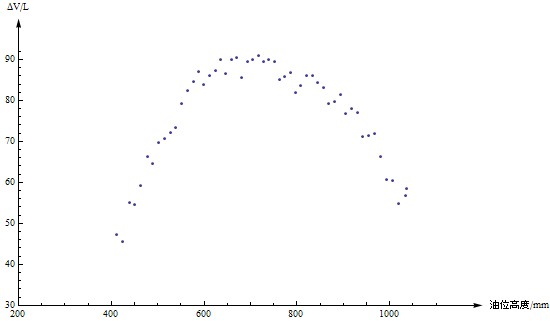
⑤当时

不确定

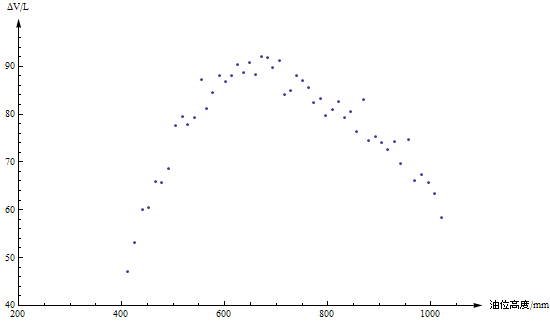
根据公式和文件“问题A附件1：实验采集数据表.xls”的数据,可以计算各个油位探针的度数时的值，从而对进行分析和确定。我们的设计是，用倾斜变位进油的数据进行建模，然后用倾斜变位出油的数据进行模型检验。

现在我们计算各个油位探针的读数时的值（进油和出油分开），结果见“附录 三 小椭圆型储油罐罐体倾斜变位时在各个点的值”。根据结果，画出倾斜变位进油和倾斜变位出油的图分别如图表 4和图表 5。





图表 4小椭圆型储油罐倾斜变位进油的曲线



图表 5小椭圆型储油罐倾斜变位出油的曲线

然后考虑可能的因素。主要考虑影响因素有如下两点：

①油罐内油位探针，注油管，出油管等柱体导致的误差

②油压对油罐形状的影响

其中，①引起的误差是随着线性增加的。②引起的误差在无变位的情况下，由于油罐是正放的，所以影响不大，但是倾斜变位时油的重量对低的一侧的力变大，将会使得油罐有稍微明显的膨胀，使得油量到达一定的量时，会补偿甚至超过①所带来的误差。根据以上分析，当油量较少时，的值随着的值增大而逐渐增大；而当油量到达一定程度时，②所产生的补偿将大于①所产生的误差，则的值随着的值增大而逐渐减小。综上所述，理论上的倾斜变位进油曲线是一个先增大后减小的曲线。这样我们可以用二次曲线来拟合。所以我们可以假设



对在倾斜变位进油的数据上进行二元线性回归，即利用模型



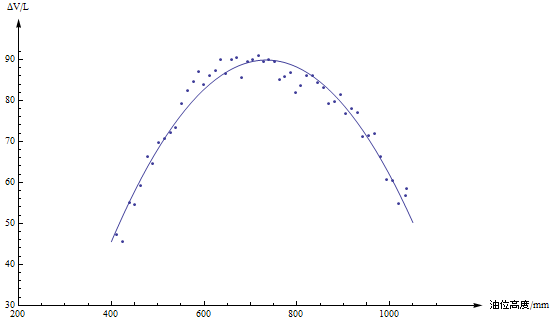
对进行拟合，其中，分别为，，得出结果：



相关系数为：



回归曲线如图表 6。



图表 6小椭圆型储油罐倾斜变位进油二元线性回归曲线

于是根据公式，公式以及的定义，我们得出小椭圆型储油罐罐体倾斜变位的模型:

①当时

不确定

②当时



③当时



④当时



⑤当时

不确定

这样，小椭圆型储油罐罐体倾斜变位的模型（即①②③④⑤）就建立好了。下面我们要用倾斜变位出油的数据来检验它。

5.1.1.2．模型的检验

下面我们用倾斜变位出油的数据来检验小椭圆型储油罐罐体倾斜变位的模型。利用公式，和，计算无变位出油时各点的估计值，并与检测值相减，得出各点的误差，见“附录 四 小椭圆型储油罐罐体倾斜变位的模型的误差表”。

根据上面的误差表，计算出的期望为



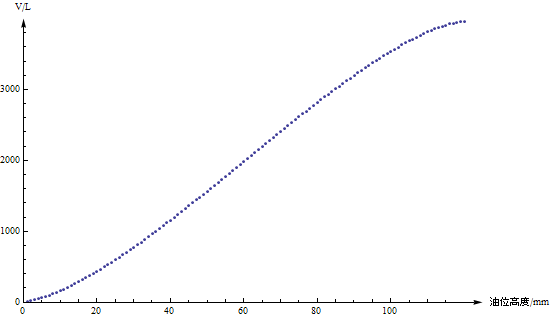
方差为



由此看出，的期望很小，但是方差不是很小，这可能是随机误差所致，或者是我们对油罐变形的数学模型分析得不够精细。但是这样的期望和方差也说明了从倾斜变位进油数据建立的小椭圆型储油罐罐体倾斜变位的模型能很好的适用于倾斜变位出油的模型。

5.1.3．罐体倾斜变位后对罐容表的影响（倾斜角为）

根据我们建立的模型，我们分别制定了小椭圆型储油罐无变位的罐容表和倾斜变位的罐容表，它们的点分布分别如图表 7和图表 8。



图表 7 小椭圆型储油罐无变位的罐容表曲线

观察曲线，并仔细分析两个罐容表的数据，我们认为罐体倾斜变位后对罐容表的影响有如下几点：

①误差增大，特别是罐容表两端的部分

②相同的高度油的容量变大，因为倾斜变位的一开始会有一部分油无法由油浮子测得。

5.1.4．罐体倾斜变位后的罐容表（倾斜角为）

根据5.1.2.中已经建立出的小椭圆型储油罐罐体倾斜变位的模型，我们可以定出小椭圆型储油罐罐体倾斜变位的罐容表。

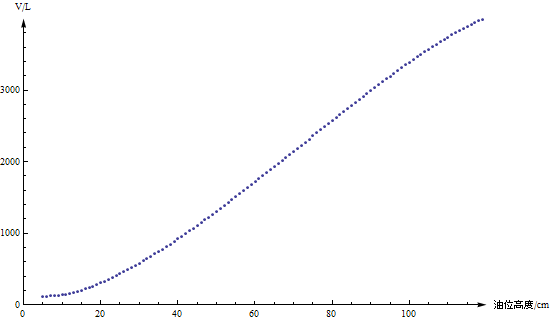
利用公式，和，我们对，分别计算的值，得出:

表格 1小椭圆型储油罐罐体倾斜变位(倾斜角为)后的罐容表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **h/cm** | **V/L** | **h/cm** | **V/L** | **h/cm** | **V/L** |
| 1 | *121.979* | 41 | 956.802 | 81 | 2615.97 |
| 2 | *118.997* | 42 | 993.897 | 82 | 2658.55 |
| 3 | *117.073* | 43 | 1031.39 | 83 | 2701 |
| 4 | *116.299* | 44 | 1069.27 | 84 | 2743.32 |
| 5 | 116.757 | 45 | 1107.52 | 85 | 2785.49 |
| 6 | 118.523 | 46 | 1146.12 | 86 | 2827.48 |
| 7 | 121.668 | 47 | 1185.06 | 87 | 2869.3 |
| 8 | 126.256 | 48 | 1224.33 | 88 | 2910.91 |
| 9 | 132.349 | 49 | 1263.9 | 89 | 2952.32 |
| 10 | 140.003 | 50 | 1303.77 | 90 | 2993.49 |
| 11 | 149.273 | 51 | 1343.92 | 91 | 3034.42 |
| 12 | 160.211 | 52 | 1384.34 | 92 | 3075.1 |
| 13 | 172.864 | 53 | 1425.02 | 93 | 3115.49 |
| 14 | 187.278 | 54 | 1465.93 | 94 | 3155.59 |
| 15 | 203.492 | 55 | 1507.08 | 95 | 3195.37 |
| 16 | 221.33 | 56 | 1548.44 | 96 | 3234.83 |
| 17 | 240.548 | 57 | 1590 | 97 | 3273.94 |
| 18 | 261.012 | 58 | 1631.76 | 98 | 3312.67 |
| 19 | 282.627 | 59 | 1673.69 | 99 | 3351.02 |
| 20 | 305.315 | 60 | 1715.78 | 100 | 3388.95 |
| 21 | 329.014 | 61 | 1758.03 | 101 | 3426.45 |
| 22 | 353.666 | 62 | 1800.42 | 102 | 3463.48 |
| 23 | 379.225 | 63 | 1842.94 | 103 | 3500.04 |
| 24 | 405.644 | 64 | 1885.57 | 104 | 3536.09 |
| 25 | 432.885 | 65 | 1928.3 | 105 | 3571.6 |
| 26 | 460.912 | 66 | 1971.12 | 106 | 3606.54 |
| 27 | 489.69 | 67 | 2014.03 | 107 | 3640.89 |
| 28 | 519.189 | 68 | 2056.99 | 108 | 3674.6 |
| 29 | 549.379 | 69 | 2100.02 | 109 | 3707.64 |
| 30 | 580.232 | 70 | 2143.08 | 110 | 3739.97 |
| 31 | 611.723 | 71 | 2186.17 | 111 | 3771.55 |
| 32 | 643.827 | 72 | 2229.28 | 112 | 3802.33 |
| 33 | 676.521 | 73 | 2272.4 | 113 | 3832.24 |
| 34 | 709.782 | 74 | 2315.51 | 114 | 3861.23 |
| 35 | 743.59 | 75 | 2358.59 | 115 | 3889.21 |
| 36 | 777.922 | 76 | 2401.65 | 116 | 3916.08 |
| 37 | 812.761 | 77 | 2444.65 | 117 | 3941.7 |
| 38 | 848.086 | 78 | 2487.6 | 118 | 3965.81 |
| 39 | 883.88 | 79 | 2530.48 | 119 | 3988.27 |
| 40 | 920.125 | 80 | 2573.27 |  |  |

从表格 1可以看出，当为1～4 cm时，的值由大变小，明显不符合实际情况，故视为无效数据，从罐容表中删去。原因是我们拟合所用的数据均在范围内，故在这个范围之外缺少数据，拟合会在这个范围外导致较大的误差。

根据修正过的罐容表，我们做出罐容表的曲线如图表 8。



图表 8小椭圆型储油罐罐体倾斜变位(倾斜角为)后的罐容表曲线

这样，我们就得出了小椭圆型储油罐罐体倾斜变位(倾斜角为)的罐容表。

5.2．问题二：建立实际储油罐罐体变位后标定罐容表的数学模型

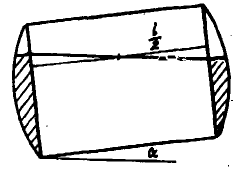
5.2.1．模型的建立

我们首先用数学方法推算该实际储油罐罐体变位后的理想油量。我们先做如下几个规定

 \*

 \*

 \*

首先，我们计算中间的圆柱部分（如

图表 9

图表 9）油的体积，与刚才计算椭圆柱

类似，只需修改一个参数，得到下面

的公式

 \*

再计算两侧弓形部分油的体积，由于弓形部分比较狭窄，故可以认为只考虑两侧阴影部分的体积，对其只需做个简单的修正。下面是近似的弓形部分的油的体积的零级近似

 \*

下面是对两个弓形的一级补偿

 \*

下面是对左弓形的二级补偿

 \*

下面是对右弓形的二级补偿

 \*

我们得出实际储油罐罐体变位后的理想的油的体积为



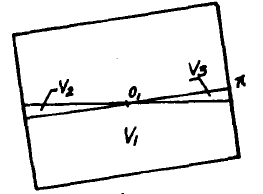
下面我们使用了两种方法对该模型进行处理。

**解决方法一：利用泰勒近似进行化简**

由于上面的部分积分十分复杂，且和角都是很小的量，故可以考虑对其做近似。首先将公式近似为

 \*

且可以不考虑对弓形的二级修正，对以上各个公式进行近似。



图表 10

现在考虑圆柱部分，不直接积分，按下面的步骤计算。过O1点作平面平面，则平面必与圆柱之两地底面相交，平面与油罐表面及油表面形成两部分体积，设其中有油部分的体积为，无油部分的体积为，并设平面下方与油罐之间的容积为，可得



其中，只需求出即可。由定积分知

 \*

令，并记，，则

 \*

由于是小量，所以可以做个泰勒近似。简记，于是

 \*

我们只保留到二阶小量，得到

 \*

对作近似

 \*

对弓形部分零级部分体积作近似

 \*

因为对任意关于的函数

 \*

故

 \*

对弓形部分一级补偿部分作近似

 \*

因为对任意关于的函数

 \*

故

 \*

将带成公式的被积表达式即可。

则

 \*

化简可以得到公式具有

 \*

其中，，，都是已知函数。通过“问题A附件2：实际采集数据表.xls”，可得

 \*

由此，对数据只需作一个



的三元拟合，可以对应得到，的值，由此可以求得，。

由公式带入，的值便可求得所需的罐容表。但是由于作近似的精度不够，且忽略了二级补偿的效果，所以导致误差较大。

我们求得的，的值分别为：





罐容表为。

表格 2 实际储油罐罐体变位后的罐容表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **h/cm** | **V/L** | **h/cm** | **V/L** | **h/cm** | **V/L** |
| 40 | 3250.75 | 130 | 24278. | 220 | 49016.3 |
| 50 | 4974.69 | 140 | 27065.3 | 230 | 51480.9 |
| 60 | 6906.83 | 150 | 29878.9 | 240 | 53829.5 |
| 70 | 9030.72 | 160 | 32703.4 | 250 | 56029.2 |
| 80 | 11306.7 | 170 | 35523.5 | 260 | 58074.1 |
| 90 | 13714.5 | 180 | 38323.8 | 270 | 59932.4 |
| 100 | 16233.8 | 190 | 41089.1 | 280 | 61573. |
| 110 | 18845.8 | 200 | 43803.6 | 290 | 62949.9 |
| 120 | 21532.8 | 210 | 46451.5 |  |  |

**解决方法二：利用人工智能理论的“随机重新开始爬山算法”[1]进行局部搜索**

由于我们需要定出，的值，使得我们的模型（公式）与显示的油量的数据差距最小。于是我们设这个差距是函数，则我们需要找到，的值使得



取最小值。

但是公式很难求出取最小值时，的值，因为为了求出，我们需要作难以接受的计算（大量的积分和统计），所以我们采用人工智能理论的“随机重新开始爬山算法”在平面上找到的最小值，同时对涉及到的积分操作采用数值计算方法理论的Simpson积分进行简化。

随机重新开始爬山算法描述如下：

Discrete Space Hill Climbing Algorithm

currentNode **=** startNode**;**

loop **do**

L **=** NEIGHBORS**(**currentNode**);**

nextEval **=** **-**INF**;**

nextNode **=** **NULL;**

**for** all x in L

**if** **(**EVAL**(**x**)** **>** nextEval**)**

nextNode **=** x**;**

nextEval **=** EVAL**(**x**);**

**if** nextEval **<=** EVAL**(**currentNode**)**

//Return current node since no better neighbors exist

**return** currentNode**;**

currentNode **=** nextNode**;**

我们实验这个方法所编写的程序源代码见“附录 五 计算α、β的随机重新开始爬山的C++代码”。计算的结果之一为：





多次运行该程序，发现的值一直都很小，而的值波动范围很大。这说明对模型的影响很小。

但是两种方法得到的、数值差距较大，原因可能是我们建立的模型不太准确，而且我们方法二与计算值对比的油量并非实际的油量，所以误差可能较大。

七、结果分析

7.1.问题一：小椭圆型储油罐罐体变位后对罐容表的影响

问题一的无变位的情况结果是计算出的期望为



方差为



这样小的期望和方差表示我们的模型是正确的和准确的。

问题一的倾斜变位的情况结果是计算出的期望为



方差为



这样小的期望表示我们的模型是正确的和准确的，并且我们的方差也是在可以接受的范围内，因为罐容表两端缺少数据，导致我们的模型在两端不是很准确。

7.2.问题二：建立实际储油罐罐体变位后标定罐容表的数学模型

问题二用“解决方法一：利用泰勒近似进行化简”得出的结果是：





用“解决方法二：利用人工智能理论的“随机重新开始爬山算法”[1]进行局部搜索”得出的结果是：

的值一直都很小（< 0.05°），而的值波动范围很大。这说明对模型的影响很小。

不过，这两种解决方法得到的、数值差距较大。这可能是因为我们建立的模型不太准确，或者是因为我们解决方法二中用来参考的油量并非实际的油量，所以误差可能较大。

八、模型推广

这样的模型可能可以推广到以下几个方向：

1. **飞机飞行中油箱的油量检测**

由于飞机飞行过程中，会经常有晃动，所以这样的模型对于飞机油箱的油量检测很有用。

1. **铅酸蓄电池剩余硫酸量检测**

由于硫酸具有腐蚀性，不适合打开存储罐测量，所以这样的模型可以适用于铅酸蓄电池的剩余硫酸量的检测。

九、模型的改进

对这个模型我们考虑可以做如下的改进：

1．对模型考虑更多的误差因素，例如油浮子和杆子之间的摩擦力等

2．对问题二中的模型做更加精确地近似

3．更多地利用问题二中实验数据之间的关系

参考文献：

1. Wikipedia，Hill climbing， http://en.wikipedia.org/wiki/Hill\_climbing， 2010年9月13日
2. 付昶林，倾斜油罐容量的计算，黑龙江八一农垦大学，第二期：43-52,1981
3. Mark M. Meerschaert, Mathematical Modeling, Beijing, China Machine Press, 2009
4. 徐全智 杨晋浩，数学建模，北京：高等教育出版社，2008
5. 中国科大高数教研室， 高等数学导论， 合肥：中国科大出版社， 2007
6. 陈希孺， 概率论与数理统计， 合肥：中国科大出版社， 2007

附录

附录 一 小椭圆型储油罐罐体无变位时在各个点的值

进油

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **h/mm** | **Ve/L** | **h/mm** | **Ve/L** | **h/mm** | **Ve/L** |
| 159.02 | 10.882590207 | 510.97 | 56.24250637 | 788.99 | 96.589324287 |
| 176.14 | 12.633033879 | 522.95 | 57.983610793 | 801.54 | 98.339278966 |
| 192.59 | 14.364943593 | 534.90 | 59.72974791 | 814.19 | 100.08830424 |
| 208.50 | 16.131765165 | 546.82 | 61.458866003 | 826.95 | 101.83685825 |
| 223.93 | 17.85188033 | 558.72 | 63.192875973 | 839.83 | 103.58150394 |
| 238.97 | 19.605765641 | 570.61 | 64.954317201 | 852.84 | 105.31442686 |
| 253.66 | 21.35203661 | 582.48 | 66.678973355 | 866.00 | 107.06198425 |
| 268.04 | 23.0810476 | 594.35 | 68.433548498 | 879.32 | 108.80443199 |
| 282.16 | 24.846755053 | 606.22 | 70.197768486 | 892.82 | 110.55363742 |
| 296.03 | 26.577657767 | 618.09 | 71.95137051 | 892.84 | 110.5497644 |
| 309.69 | 28.328823627 | 629.96 | 73.674079281 | 906.53 | 112.26938268 |
| 323.15 | 30.056110223 | 641.85 | 75.432590814 | 920.45 | 114.02737636 |
| 336.44 | 31.802334565 | 653.75 | 77.162684052 | 934.61 | 115.76434334 |
| 349.57 | 33.542276133 | 665.67 | 78.88688666 | 949.05 | 117.51527811 |
| 362.56 | 35.297114358 | 677.63 | 80.67033669 | 963.80 | 119.25719961 |
| 375.42 | 37.054790563 | 678.54 | 80.775095747 | 978.91 | 121.01061152 |
| 388.16 | 38.808096193 | 690.53 | 82.541013451 | 994.43 | 122.75974193 |
| 400.79 | 40.554139656 | 690.82 | 82.561178044 | 1010.43 | 124.50848632 |
| 413.32 | 42.293870969 | 702.85 | 84.335328883 | 1026.99 | 126.22806522 |
| 425.76 | 44.031655163 | 714.91 | 86.054850438 | 1044.25 | 127.98080301 |
| 438.12 | 45.774886949 | 727.03 | 87.823804002 | 1062.37 | 129.73930874 |
| 450.40 | 47.491407582 | 739.19 | 89.531126155 | 1081.59 | 131.47527427 |
| 462.62 | 49.235444852 | 751.42 | 91.277499235 | 1102.33 | 133.22851528 |
| 474.78 | 50.978905987 | 763.70 | 93.030081807 | 1125.32 | 134.95320535 |
| 486.89 | 52.737598575 | 764.16 | 93.109816227 | 1152.36 | 136.70376789 |
| 498.95 | 54.485988353 | 776.53 | 94.834519206 | 1193.49 | 138.4521278 |

出油

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **h/mm** | **Ve/L** | **h/mm** | **Ve/L** | **h/mm** | **Ve/L** |
| 1150.72 | 136.60795186 | 763.51 | 93.022890233 | 463.65 | 49.418850559 |
| 1123.99 | 134.85922053 | 751.21 | 91.261290689 | 451.43 | 47.652365592 |
| 1101.15 | 133.12659975 | 738.98 | 89.51026147 | 439.15 | 45.911221445 |
| 1080.51 | 131.38037249 | 726.81 | 87.75609493 | 426.80 | 44.182832239 |
| 1061.36 | 129.64778069 | 714.70 | 86.025961413 | 414.36 | 42.415484372 |
| 1043.29 | 127.88313082 | 702.64 | 84.303046267 | 401.84 | 40.684843764 |
| 1026.08 | 126.15700717 | 690.61 | 82.525895774 | 389.22 | 38.944586411 |
| 1009.54 | 124.39464122 | 678.63 | 80.804204709 | 376.49 | 37.193534867 |
| 993.57 | 122.65121724 | 666.68 | 79.074624771 | 363.64 | 35.4343288 |
| 978.08 | 120.92205023 | 654.75 | 77.315820992 | 350.67 | 33.713563434 |
| 962.99 | 119.16637384 | 642.84 | 75.549214805 | 337.55 | 31.963204541 |
| 948.26 | 117.43145164 | 630.96 | 73.839455445 | 324.27 | 30.201765485 |
| 933.84 | 115.69560155 | 619.08 | 72.076688362 | 310.82 | 28.454067487 |
| 919.69 | 113.94398631 | 607.21 | 70.324887604 | 297.18 | 26.714396105 |
| 905.78 | 112.17646874 | 595.35 | 68.604387345 | 283.33 | 24.987504675 |
| 892.10 | 110.45198451 | 583.48 | 66.848217918 | 269.24 | 23.253794944 |
| 878.61 | 108.70314108 | 571.61 | 65.120258441 | 254.88 | 21.510398128 |
| 865.30 | 106.96479599 | 559.72 | 63.353791055 | 240.21 | 19.739101875 |
| 852.15 | 105.22475564 | 547.82 | 61.613023847 | 225.21 | 18.016181931 |
| 839.14 | 103.46250183 | 535.90 | 59.875397118 | 209.81 | 16.2763036 |
| 826.27 | 101.73101725 | 523.95 | 58.11897155 | 193.94 | 14.503095355 |
| 813.52 | 99.998331342 | 511.97 | 56.36577295 | 177.54 | 12.771405208 |
| 800.87 | 98.226595412 | 499.96 | 54.638313675 | 160.48 | 11.018490297 |
| 788.33 | 96.497051077 | 487.90 | 52.873943312 | 142.62 | 9.2833341757 |
| 775.88 | 94.764862329 | 475.80 | 51.139979455 |  |  |

附录 二 小椭圆型储油罐罐体无变位的模型的误差表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **h/mm** | **ΔV/L** | **h/mm** | **ΔV/L** | **h/mm** | **ΔV/L** |
| 1150.72 | 6.6313499011 | 763.51 | -2.0309954029 | 463.65 | 1.1120348913 |
| 1123.99 | 4.7733221392 | 751.21 | -1.9290717588 | 451.43 | 1.2296385975 |
| 1101.15 | 3.4240731951 | 738.98 | -1.8282731297 | 439.15 | 1.3138055047 |
| 1080.51 | 2.3852833434 | 726.81 | -1.7162412 | 426.80 | 1.3757721614 |
| 1061.36 | 1.5339081895 | 714.70 | -1.6201463133 | 414.36 | 1.464553508 |
| 1043.29 | 0.86031874629 | 702.64 | -1.5245231468 | 401.84 | 1.5058329555 |
| 1026.08 | 0.26424547188 | 690.61 | -1.3706166436 | 389.22 | 1.5432358486 |
| 1009.54 | -0.2051804048 | 678.63 | -1.2654229186 | 376.49 | 1.5765903033 |
| 993.57 | -0.61663642636 | 666.68 | -1.1482923307 | 363.64 | 1.6019073202 |
| 978.08 | -0.97758159267 | 654.75 | -0.99923924231 | 350.67 | 1.572591676 |
| 962.99 | -1.2580441697 | 642.84 | -0.83968508484 | 337.55 | 1.5526296089 |
| 948.26 | -1.5106850632 | 630.96 | -0.73292976524 | 324.27 | 1.5221584248 |
| 933.84 | -1.7205688296 | 619.08 | -0.57316672168 | 310.82 | 1.4550075731 |
| 919.69 | -1.8782555354 | 607.21 | -0.42302067429 | 297.18 | 1.3541928347 |
| 905.78 | -1.9876559953 | 595.35 | -0.30282579533 | 283.33 | 1.2122622148 |
| 892.10 | -2.109055206 | 583.48 | -0.14831107836 | 269.24 | 1.0447659757 |
| 878.61 | -2.1804579517 | 571.61 | -0.022006310943 | 254.88 | 0.85052491192 |
| 865.30 | -2.2380710907 | 559.72 | 0.14010770479 | 240.21 | 0.64235405494 |
| 852.15 | -2.2723996946 | 547.82 | 0.27517221341 | 225.21 | 0.34127899877 |
| 839.14 | -2.2656242067 | 535.90 | 0.40439758237 | 209.81 | 0.0031891297726 |
| 826.27 | -2.2707273365 | 523.95 | 0.54837380042 | 193.94 | -0.36498933462 |
| 813.52 | -2.2584371822 | 511.97 | 0.68507506011 | 177.54 | -0.84620038828 |
| 800.87 | -2.1936037023 | 499.96 | 0.79198900474 | 160.48 | -1.3952424575 |
| 788.33 | -2.1561191867 | 487.90 | 0.9290673885 | 142.62 | -2.0699897157 |
| 775.88 | -2.1038462893 | 475.80 | 1.0303419449 |  |  |

附录 三 小椭圆型储油罐罐体倾斜变位时在各个点的值

进油

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **h/mm** | **Ve/L** | **h/mm** | **Ve/L** | **h/mm** | **Ve/L** |
| 411.29 | 47.19 | 635.58 | 90.01 | 844.47 | 84.49 |
| 423.45 | 45.47 | 646.28 | 86.48 | 856.29 | 83.13 |
| 438.33 | 55.19 | 658.59 | 89.97 | 867.60 | 79.34 |
| 450.54 | 54.67 | 670.22 | 90.5 | 880.06 | 79.84 |
| 463.90 | 59.29 | 680.63 | 85.72 | 892.92 | 81.48 |
| 477.74 | 66.34 | 693.03 | 89.54 | 904.34 | 76.91 |
| 489.37 | 64.63 | 704.67 | 90.01 | 917.34 | 78.1 |
| 502.56 | 69.82 | 716.45 | 91.01 | 929.90 | 76.99 |
| 514.69 | 70.81 | 727.66 | 89.44 | 941.42 | 71.32 |
| 526.84 | 72.23 | 739.39 | 90.02 | 954.60 | 71.39 |
| 538.88 | 73.35 | 750.90 | 89.51 | 968.09 | 71.88 |
| 551.96 | 79.14 | 761.55 | 85.17 | 980.14 | 66.29 |
| 564.40 | 82.42 | 773.43 | 85.93 | 992.41 | 60.82 |
| 576.56 | 84.67 | 785.39 | 86.83 | 1006.34 | 60.46 |
| 588.74 | 87.16 | 796.04 | 81.96 | 1019.07 | 54.93 |
| 599.56 | 83.89 | 808.27 | 83.55 | 1034.24 | 56.73 |
| 611.62 | 86.08 | 820.80 | 86.11 | 1035.36 | 58.49 |
| 623.44 | 87.32 | 832.80 | 86.14 |  |  |

出油

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **h/mm** | **Ve/L** | **h/mm** | **Ve/L** | **h/mm** | **Ve/L** |
| 1020.65 | 58.37 | 808.16 | 81.07 | 612.53 | 88.02 |
| 1007.73 | 63.35 | 796.00 | 79.78 | 600.69 | 86.77 |
| 994.32 | 65.67 | 785.04 | 83.33 | 589.40 | 87.99 |
| 980.96 | 67.28 | 773.07 | 82.38 | 577.00 | 84.55 |
| 967.10 | 66.19 | 762.09 | 85.47 | 564.58 | 81.18 |
| 956.01 | 74.69 | 750.81 | 87.11 | 554.33 | 87.27 |
| 941.54 | 69.77 | 739.42 | 88.14 | 540.76 | 79.35 |
| 929.69 | 74.17 | 727.09 | 84.97 | 528.65 | 77.89 |
| 916.44 | 72.57 | 715.32 | 84.11 | 517.19 | 79.41 |
| 904.14 | 74.11 | 705.43 | 91.29 | 504.87 | 77.56 |
| 891.90 | 75.4 | 693.52 | 89.66 | 490.78 | 68.62 |
| 879.23 | 74.48 | 682.50 | 91.83 | 478.06 | 65.78 |
| 868.99 | 82.98 | 671.02 | 91.97 | 465.97 | 65.91 |
| 855.13 | 76.36 | 658.68 | 88.35 | 452.40 | 60.37 |
| 844.02 | 80.62 | 647.74 | 90.81 | 439.98 | 59.97 |
| 831.64 | 79.31 | 635.76 | 88.78 | 425.83 | 53.1 |
| 820.47 | 82.72 | 624.61 | 90.39 | 411.73 | 47.05 |

附录 四 小椭圆型储油罐罐体倾斜变位的模型的误差表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **h/mm** | **ΔV/L** | **h/mm** | **ΔV/L** | **h/mm** | **ΔV/L** |
| 1020.65 | -1.132307208 | 808.16 | 6.6269272362 | 612.53 | -4.0082065186 |
| 1007.73 | -3.2356583157 | 796.00 | 8.574434608 | 600.69 | -3.957398942 |
| 994.32 | -2.7102220183 | 785.04 | 5.5163604256 | 589.40 | -6.4246583633 |
| 980.96 | -1.6275194511 | 773.07 | 6.8945471787 | 577.00 | -4.471279523 |
| 967.10 | 2.1060360373 | 762.09 | 4.0971820422 | 564.58 | -2.7127987239 |
| 956.01 | -4.3886933012 | 750.81 | 2.6580313794 | 554.33 | -10.22509602 |
| 941.54 | 3.0007670546 | 739.42 | 1.7282295398 | 540.76 | -4.3165292203 |
| 929.69 | 0.49915454531 | 727.09 | 4.8904740853 | 528.65 | -4.7751330908 |
| 916.44 | 4.0896631209 | 715.32 | 5.6303492614 | 517.19 | -8.2180956487 |
| 904.14 | 4.2725711618 | 705.43 | -1.73571546 | 504.87 | -8.5517866077 |
| 891.90 | 4.5777117989 | 693.52 | -0.43296005509 | 490.78 | -2.2570803131 |
| 879.23 | 7.0234716816 | 682.50 | -3.0061657688 | 478.06 | -1.9406847969 |
| 868.99 | -0.33662277068 | 671.02 | -3.668847273 | 465.97 | -4.5884968191 |
| 855.13 | 7.6935196091 | 658.68 | -0.72749181831 | 452.40 | -2.0128999691 |
| 844.02 | 4.4536300439 | 647.74 | -3.8903504478 | 439.98 | -4.4543573678 |
| 831.64 | 6.7847881591 | 635.76 | -2.7391407781 | 425.83 | -0.9710093334 |
| 820.47 | 4.1916059876 | 624.61 | -5.2695325451 | 411.73 | 1.5460164922 |

附录 五 计算α、β的随机重新开始爬山的C++代码

#include <iostream>

#include <fstream>

#include <cmath>

#include <cstdlib>

#include <ctime>

#define N 603

#define R 1.5

**using** **namespace** std**;**

double **\***h**;**

double **\***v**;**

double ma**;**

double mb**;**

inline double H**(**double h**,** double b**){**

double val**;**

val **=** **(**h**-**R**)\***cos**(**b**)+**R**;**

**return** val**;**

**}**

inline double y0**(**double h**,** double b**){**

double val**;**

val **=** H**(**h**,**b**)-**1.5**;**

**return** val**;**

**}**

double f1**(**double x**,** double h**,** double a**,** double b**){**

double val**;**

a **=** a**/**180**\***M\_PI**;**

b **=** b**/**180**\***M\_PI**;**

val **=** M\_PI**\***R**\***R**/**2

**+(**H**(**h**,**b**)-**R**-**x**\***tan**(**a**))\***sqrt**(**R**\***R**-(**H**(**h**,**b**)-**R**-**x**\***tan**(**a**))\*(**H**(**h**,**b**)-**R**-**x**\***tan**(**a**)))**

**+**R**\***R**\***asin**((**H**(**h**,**b**)-**R**-**x**\***tan**(**a**))/**R**);**

**return** val**;**

**}**

double f2**(**double x**,** double h**,** double a**,** double b**){**

double val**;**

a **=** a**/**180**\***M\_PI**;**

b **=** b**/**180**\***M\_PI**;**

val **=** 4**\*(-**0.625**/**2**\***sqrt**(**1.5**\***1.5**-(**1.5**-**x**)\*(**1.5**-**x**))**

**+(**1.625**\***1.625**-(**1.5**-**x**)\*(**1.5**-**x**))/**2**\*(**asin**(-**0.625**/**sqrt**(**1.625**\***1.625**-(**1.5**-**x**)\*(**1.5**-**x**)))+**M\_PI**/**2**));**

**return** val**;**

**}**

double f3**(**double x**,** double h**,** double a**,** double b**){**

double val**;**

a **=** a**/**180**\***M\_PI**;**

b **=** b**/**180**\***M\_PI**;**

val **=** 2**\*(-**0.625**/**2**\***sqrt**(**1.5**\***1.5**-(**1.5**-**x**)\*(**1.5**-**x**))**

**+(**1.625**\***1.625**-(**1.5**-**x**)\*(**1.5**-**x**))/**2**\*(**asin**(-**0.625**/**sqrt**(**1.625**\***1.625**-(**1.5**-**x**)\*(**1.5**-**x**)))+**M\_PI**/**2**));**

**return** val**;**

**}**

double f4**(**double x**,** double h**,** double a**,** double b**){**

double val**;**

a **=** a**/**180**\***M\_PI**;**

b **=** b**/**180**\***M\_PI**;**

val **=** 2**\*((-(**x**-**H**(**h**,**b**))/**2**/**tan**(**a**)+**1.375**/**2**)**

**\***sqrt**(**1.625**\***1.625**-(**1.5**-**x**)\*(**1.5**-**x**)-(**1.375**-(**x**-**H**(**h**,**b**))/**tan**(**a**))\*(**1.375**-(**x**-**H**(**h**,**b**))/**tan**(**a**)))**

**+(**1.625**\***1.625**-(**1.5**-**x**)\*(**1.5**-**x**))/**2

**\*(**asin**((**1.375**-(**x**-**H**(**h**,**b**))/**tan**(**a**))/**sqrt**(**1.625**\***1.625**-(**1.5**-**x**)\*(**1.5**-**x**)))+**M\_PI**/**2**));**

**return** val**;**

**}**

double f5**(**double x**,** double h**,** double a**,** double b**){**

double val**;**

a **=** a**/**180**\***M\_PI**;**

b **=** b**/**180**\***M\_PI**;**

val **=** **-**2**\*(((**x**-**H**(**h**,**b**))/**2**/**tan**(**a**)+**5.375**/**2**)**

**\***sqrt**(**1.625**\***1.625**-(**1.5**-**x**)\*(**1.5**-**x**)-(**5.375**+(**x**-**H**(**h**,**b**))/**tan**(**a**))\*(**5.375**+(**x**-**H**(**h**,**b**))/**tan**(**a**)))**

**+(**1.625**\***1.625**-(**1.5**-**x**)\*(**1.5**-**x**))/**2

**\*(**asin**((**5.375**+(**x**-**H**(**h**,**b**))/**tan**(**a**))/**sqrt**(**1.625**\***1.625**-(**1.5**-**x**)\*(**1.5**-**x**)))+**M\_PI**/**2**));**

**return** val**;**

**}**

double calc**(**double **(\***f**)(**double**,**double**,**double**,**double**),** double h**,** double a**,** double b**,** double low**,** double high**,** int cutNum**){**

double intvl **=** **(**high**-**low**)/**cutNum**;**

double **\***val **=** **new** double**[**cutNum**+**1**];**

double point **=** low**;**

**for(**int i**=**0**;** i**<=**cutNum**;** i**++){**

val**[**i**]** **=** f**(**point**,**h**,**a**,**b**);**

point **+=** intvl**;**

**}**

double area **=** 0**;**

**for(**int i**=**0**;** i**<**cutNum**;** i**++){**

area **+=** **(**val**[**i**]+**val**[**i**+**1**])\***intvl**/**2**;**

**}**

**delete** **[]**val**;**

**return** area**;**

**}**

void readh**(){**

ifstream i\_file**;**

i\_file**.**open**(**"./data/h.txt"**);**

**for(**int i**=**0**;** i**<**N**;** i**++){**

i\_file **>>** h**[**i**];**

h**[**i**]** **/=** 1000**;**

**}**

i\_file**.**close**();**

**}**

void readv**(){**

ifstream i\_file**;**

i\_file**.**open**(**"./data/v.txt"**);**

**for(**int i**=**0**;** i**<**N**;** i**++){**

i\_file **>>** v**[**i**];**

v**[**i**]** **/=** 1000**;**

**}**

i\_file**.**close**();**

**}**

double expectation**(**double **\***arr**,** int num**){**

double sum **=** 0**;**

**for(**int i**=**0**;** i**<**num**;** i**++){**

sum **+=** arr**[**i**];**

**}**

**return** sum**/**num**;**

**}**

double variance**(**double **\***arr**,** int num**){**

double e **=** expectation**(**arr**,** num**);**

double sum **=** 0**;**

**for(**int i**=**0**;** i**<**num**;** i**++){**

sum **+=** **(**arr**[**i**]-**e**)\*(**arr**[**i**]-**e**);**

**}**

**return** sum**/**num**;**

**}**

double target**(**double a**,** double b**){**

const int cutNum **=** 10**;**

double **\***diff **=** **new** double**[**N**];**

**for(**int i**=**0**;** i**<**N**;** i**++){**

double idealVal **=** calc**(**f1**,** h**[**i**],** a**,** b**,** **-**2**,** 6**,** cutNum**);**

**+** calc**(**f2**,** h**[**i**],** a**,** b**,** 0**,** H**(**h**[**i**],**b**),** cutNum**)**

**+** **(**calc**(**f3**,** h**[**i**],** a**,** b**,** H**(**h**[**i**],**b**),** H**(**h**[**i**],**b**)+**2**\***tan**(**a**),** cutNum**)**

**-**calc**(**f3**,** h**[**i**],** a**,** b**,** H**(**h**[**i**],**b**)-**6**\***tan**(**a**),** H**(**h**[**i**],**b**),** cutNum**))**

**+** calc**(**f4**,** h**[**i**],** a**,** b**,** H**(**h**[**i**],**b**)+**2**\***tan**(**a**),** H**(**h**[**i**],**b**)+(**1.375**+**sqrt**(**1.625**\***1.625**-**y0**(**h**[**i**],**b**)\***y0**(**h**[**i**],**b**)))\***tan**(**a**),** cutNum**)**

**+** calc**(**f5**,** h**[**i**],** a**,** b**,** H**(**h**[**i**],**b**)-(**5.375**+**sqrt**(**1.625**\***1.625**-**y0**(**h**[**i**],**b**)\***y0**(**h**[**i**],**b**)))\***tan**(**a**),** H**(**h**[**i**],**b**)-**6**\***tan**(**a**),** cutNum**);**

diff**[**i**]** **=** idealVal **-** v**[**i**];**

**}**

double e **=** expectation**(**diff**,** N**);**

//double v = variance(diff, N);

**delete** **[]**diff**;**

**return** abs**(**e**);**

**}**

bool climb**(**double **&**a**,** double **&**b**){**

const double intvl **=** 0.01**;**

double current **=** target**(**a**,** b**);**

double min **=** current**;**

double temp**;**

temp **=** target**(**a**+**intvl**,**b**);**

**if(**temp**<**min**){**

a **+=** intvl**;**

min **=** temp**;**

**}**

temp **=** target**(**a**+**intvl**,**b**+**intvl**);**

**if(**temp**<**min**){**

a **+=** intvl**;**

b **+=** intvl**;**

min **=** temp**;**

**}**

temp **=** target**(**a**,**b**+**intvl**);**

**if(**temp**<**min**){**

b **+=** intvl**;**

min **=** temp**;**

**}**

**if(**a**-**intvl **>=** 0**){**

temp **=** target**(**a**-**intvl**,**b**+**intvl**);**

**if(**temp**<**min**){**

a **-=** intvl**;**

b **+=** intvl**;**

min **=** temp**;**

**}**

**}**

**if(**a**-**intvl **>=** 0**){**

temp **=** target**(**a**-**intvl**,**b**);**

**if(**temp**<**min**){**

a **-=** intvl**;**

min **=** temp**;**

**}**

**}**

**if((**a**-**intvl **>=** 0**)** **&&** **(**b**-**intvl **>=** 0**)){**

temp **=** target**(**a**-**intvl**,**b**-**intvl**);**

**if(**temp**<**min**){**

a **-=** intvl**;**

b **-=** intvl**;**

min **=** temp**;**

**}**

**}**

**if(**b**-**intvl **>=** 0**){**

temp **=** target**(**a**,**b**-**intvl**);**

**if(**temp**<**min**){**

b **-=** intvl**;**

min **=** temp**;**

**}**

**}**

**if(**b**-**intvl **>=** 0**){**

temp **=** target**(**a**+**intvl**,**b**-**intvl**);**

**if(**temp**<**min**){**

a **+=** intvl**;**

b **-=** intvl**;**

min **=** temp**;**

**}**

**}**

**if(**min **==** current**){**

**return** **false;**

**}** **else** **{**

**return** **true;**

**}**

**}**

bool climbSearch**(){**

const int tryTime **=** 100000**;**

const double minVar **=** 4.03**;**

int iterTime **=** 0**;**

**while(**1**){**

iterTime**++;**

srand**(**time**(NULL));**

srand**(**rand**());**

double a **=** **((**double**)(**rand**()%**100000**))/**100000**\***5**;**

double b **=** **((**double**)(**rand**()%**100000**))/**100000**\***5**;**

**for(**int i**=**0**;** i**<**tryTime**;** i**++){**

double tgt **=** target**(**a**,** b**);**

cout**<<**"ʔ"**<<**iterTime**<<**":"**<<**i**<<**" Target"**<<**tgt**<<**" a:"**<<**a**<<**" b:"**<<**b**<<**endl**;**

**if(**isnan**(**tgt**)){**

**break;**

**}**

**if(**tgt**<**minVar**){**

ma **=** a**;**

mb **=** b**;**

**return** **true;**

**}** **else** **{**

**if(**climb**(**a**,** b**)** **==** **false){**

**break;**

**}**

**}**

**}**

**}**

**return** **false;**

**}**

int main**()** **{**

h **=** **new** double**[**N**];**

v **=** **new** double**[**N**];**

readh**();**

readv**();**

climbSearch**();**

cout **<<** "a:" **<<** ma **<<** endl**;**

cout **<<** "b:" **<<** mb **<<** endl**;**

**delete** **[]**h**;**

**delete** **[]**v**;**

**return** 0**;**

**}**