

利用构建不规则三角网（TIN）进行体积计算

不规则三角网（TIN）是由一系列不规则三角形组成的网络，本试题是通过读取一些列的数据文件，构建 TIN，进行体积计算。

一、数据文件读取

编程读取“TIN 数据.txt”文件。数据文件格式为“点名, x 分量, y 分量, h 分量”，数据内容如表 1 所示：

表 1 数据文件内容

P01, 3778.594, 2885.732, 9.468
P02, 3773.103, 2888.487, 9.533
P03, 3766.087, 2892.923, 9.669
P04, 3762.06, 2898.991, 9.996
P05, 3759.293, 2906.144, 10.081
P06, 3758.296, 2913.009, 10.138
P07, 3758.338, 2918.692, 10.244
P08, 3760.633, 2921.138, 10.982
P09, 3762.056, 2923.66, 10.599
P10, 3765.44, 2925.61, 10.079
P11, 3770.899, 2926.411, 10.235
P12, 3777.081, 2928.302, 10.034
P13, 3782.205, 2927.48, 9.804
P14, 3784.604, 2927.451, 9.804
P15, 3789.161, 2928.771, 9.612
P16, 3793.153, 2929.106, 9.612
P17, 3797.203, 2927.951, 9.975
P18, 3802.405, 2927.305, 9.353
P19, 3806.864, 2928.345, 9.614
P20, 3810.016, 2926.977, 9.309
P21, 3812.363, 2925.532, 9.903
P22, 3814.905, 2925.745, 9.86
P23, 3818.429, 2924.395, 10.966
P24, 3819.19, 2924.484, 11.384
P25, 3823.03, 2923.527, 11.157
P26, 3829.613, 2919.409, 11.293
P27, 3832.537, 2911.361, 10.912
P28, 3830.895, 2907.862, 10.217
P29, 3827.358, 2903.406, 10.59
P30, 3831.001, 2898.301, 9.079
P31, 3828.766, 2892.006, 9.044
P32, 3822.258, 2888.541, 9.095
P33, 3815.296, 2890.342, 9.343

P34, 3810.832, 2890.661, 9.29
P35, 3802.221, 2887.983, 9.124
P36, 3796.394, 2878.61, 9.47
P37, 3786.659, 2876.201, 9.78
P38, 3777.909, 2880.248, 9.524
P39, 3787.202, 2884.628, 11.792
P40, 3784.449, 2893.717, 16.808
P41, 3817.825, 2874.729, 9.767
P42, 3826.094, 2873.631, 10.234
P43, 3835.38, 2870.698, 10.19
P44, 3836.929, 2861.121, 10.257
P45, 3832.075, 2855.926, 9.759
P46, 3824.011, 2857.301, 9.985
P47, 3814.973, 2860.992, 9.714
P48, 3814.884, 2868.448, 9.482
P49, 3818.132, 2872.296, 9.613
P50, 3828.113, 2864.528, 14.402

二、算法实现

1. 编程实现不规则三角网的构建

1.1 生成初始矩形

查找平面坐标的最大值 x_{\max} 和 y_{\max} ，最小值 x_{\min} 和 y_{\min} ，并以 $P1(x_{\min}-1, y_{\min}-1)$ 、 $P2(x_{\min}-1, y_{\max}+1)$ 、 $P3(x_{\max}+1, y_{\max}+1)$ 和 $P4(x_{\max}+1, y_{\min}-1)$ 为顶点生成初始矩形。

1.2 生成初始三角网

连接 $P1$ 、 $P3$ ，由初始矩形得到2个初始三角形，并构成三角网，再把这两个三角形添加到三角形列表（或堆栈） $T1$ 中。

1.3 通过遍历离散点，生成平面三角网

（1）从离散点列表中取出一点作为待插点 P ；

（2）按顺序从 $T1$ 中取出一个三角形 ABC ，设其顶点为 $A(x_1, y_1)$ ， $B(x_2, y_2)$ ， $C(x_3, y_3)$ 并计算该三角形外接圆的圆心 $O(x_0, y_0)$ 及半径 r ，计算公式为：

$$\begin{cases} x_0 = \frac{(y_2 - y_1)(y_3^2 - y_1^2 + x_3^2 - x_1^2) - (y_3 - y_1)(y_2^2 - y_1^2 + x_2^2 - x_1^2)}{2(x_3 - x_1)(y_2 - y_1) - 2(x_2 - x_1)(y_3 - y_1)} \\ y_0 = \frac{(x_2 - x_1)(x_3^2 - x_1^2 + y_3^2 - y_1^2) - (x_3 - x_1)(x_2^2 - x_1^2 + y_2^2 - y_1^2)}{2(y_3 - y_1)(x_2 - x_1) - 2(y_2 - y_1)(x_3 - x_1)} \\ r = \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2} \end{cases} \quad (1)$$

判断 P 点是否在三角形 ABC 外接圆的内部，若是，将该三角形剪切到影响三角形列表 T2 中（即从 T1 移动到 T2）；

（3）重复第二步，直到 T1 中全部三角形遍历完毕；

（4）在 T2 的三角形中寻找所有公共边，并删除这些公共边，再将剩下的边加入到边列表 S 中，然后清空 T2；

（5）将 S 中的每条边的端点与 P 点连接，得到多个新的三角形，并将它们添加到三角形列表 T1 中；

（6）重复（1）-（5）步，直至所有离散点遍历完成。

1.4 构成不规则三角网

从 T1 中删除包含初始矩形顶点（P1、P2、P3、P4）的所有三角形。T1 中所有的三角形构成了不规则三角网。

要求：在报告中输出前 20 三角形，用顶点名表示表示三角形。

2. 利用不规则三角网进行体积计算

2.1 斜三棱锥的体积计算

设参考高程为 h_0 ，从 T1 中取一三角形 ABC，设其顶点为 $A(x_1, y_1, h_1)$ ， $B(x_2, y_2, h_2)$ ， $C(x_3, y_3, h_3)$ ；

计算三角形 ABC 的投影底面面积 S_i 和平均高程 \bar{h}_i ，计算公式为：

$$\begin{cases} S_i = \frac{|(x_2 - x_1)(y_3 - y_1) - (x_3 - x_1)(y_2 - y_1)|}{2} \\ \bar{h}_i = \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3} - h_0 \end{cases} \quad (2)$$

斜三棱柱的体积 V_i

$$V_i = S_i \bar{h}_i \quad (3)$$

2.2 计算所有斜三棱锥的体积

重复（2.1），计算 T1 所有斜三棱锥的 V_i ，将 V_i 由小到大的排序。

要求：在报告中输出 5 个体积最小的顶点和 5 个体积最大的顶点。

2.3 计算总体积

将所有 V_i 求和得到总体积 V 。

要求：（1）基准高程取 9.0m；（2）在报告中输出 V 值。

三、用户界面设计

1. 人机交互界面设计与实现

要求：（1）设计包括菜单、工具条、表格、图形（显示、放大、缩小）、文本等功能；（2）功能正确、可正常运行，布局合理、直观美观、人性化；（3）在《开发文档与报告》中，给出 1 至 2 张相关的界面截图。

2. 计算报告的显示与保存

要求：（1）将相关统计信息、计算报告在用户界面中显示，并保存为文本文件（*.txt）；（2）在开发文档与报告放 1 张有计算报告的显示界面的截图。

3. 图形绘制、并保存

3.1 图形绘制

要求：（1）绘制给出数据文件的平面点，并绘制三角网；（2）在开发文档与报告给出 1 张用图形显示界面的截图。

3.2 图形文件保存

要求：（1）编程实现“图形绘制”的图形保存为 DXF 格式的文件；（2）在开发文档与报告中，给出 1 张用 CAD 打开的保存图形文件的界面。

四、开发文档与报告

内容包括：（1）程序功能简介；（2）算法设计与流程图；（3）主要函数和变量说明；（4）主要程序运行界面；（5）使用说明。

五、参考答案

5.1 测试数据计算结果

-----基本信息-----

基准高程：9m

三角形个数：73

体积：7291.337

-----20个三角形说明-----

序号 三个顶点

1 P06 P07 P08

2 P09 P08 P10

3	P06	P05	P11
4	P08	P06	P11
5	P10	P08	P11
6	P12	P11	P13
7	P13	P12	P15
8	P14	P13	P15
9	P14	P15	P17
10	P15	P16	P17
11	P17	P16	P19
12	P18	P17	P19
13	P18	P19	P20
14	P18	P20	P21
15	P20	P19	P22
16	P21	P20	P22
17	P21	P22	P23
18	P23	P22	P24
19	P23	P24	P25
20	P25	P26	P28

-----体积最小的5个三棱柱体积-----

- 1: 0.535
- 2: 0.535
- 3: 0.670
- 4: 0.670
- 5: 1.402
- 6: 1.402

-----体积最大的5个三棱柱体积-----

- 1: 278.383
- 2: 327.032
- 3: 327.032
- 4: 349.943
- 5: 349.943

5.2 用户界面

图 1 是数据显示界面，显示点名、X 坐标、Y 坐标和高程等数据信息。图 2 是图形显示界面，显示散点图、以及所构成三角形。图 3 是计算报告界面，显示数据统计信息、前 20 个三角形说明、体积最小的 5 个三棱柱体积、体积最大的 5 个三棱柱体积等计算结果。

不规则三角格网体积计算				
文件(F) 计算(C) 查看(V) 帮助(H)				
新建 打开 Tin V 体积 保存 + 放大 - 缩小 基准高程： 9.0 帮助				
点名	X坐标	Y坐标	Z坐标	
P41	3817.825	2874.729	9.767	
P42	3826.094	2873.631	10.234	
P43	3835.38	2870.698	10.19	
P44	3836.929	2861.121	10.257	
P45	3832.075	2855.926	9.759	
P46	3824.011	2857.301	9.985	
P47	3814.973	2860.992	9.714	
P48	3814.884	2868.448	9.482	
P49	3818.132	2872.296	9.613	
P50	3828.113	2864.528	14.402	
*				

图 1 数据显示

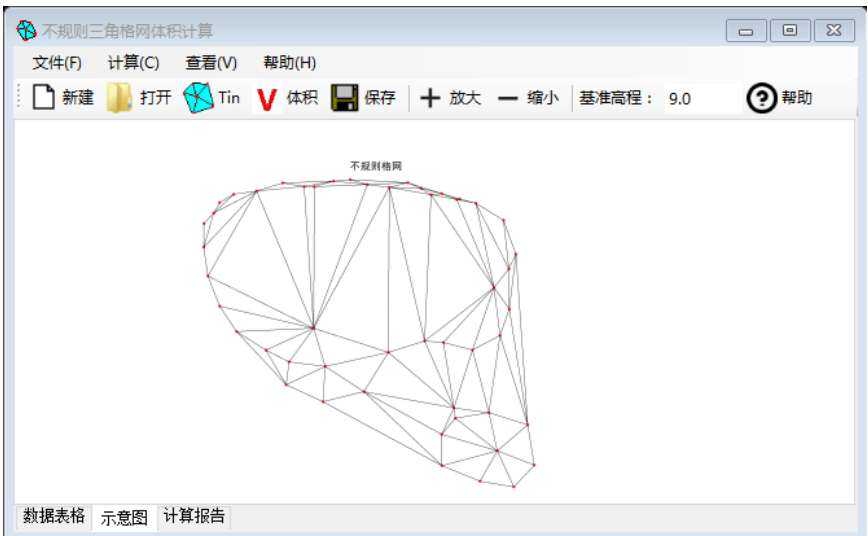


图 2 图形显示



图 3 计算报告