

第 42 章 纵横断面计算

(作者：孙佳伟、李英冰，主题分类：工程测量)

根据给定道路中心线上已知的 N 个关键点和散点数据，绘制 1 条纵断面， $N-1$ 条横断面，并计算断面面积。如图 42.1 所示， K_0, K_1, K_2 是道路中心线上的 3 个关键点，过这 3 个点构建纵断面。 M_0 是 K_0, K_1 的中心点， M_1 是 K_1, K_2 的中心点，分别过 M_0 和 M_1 点绘制横断面。

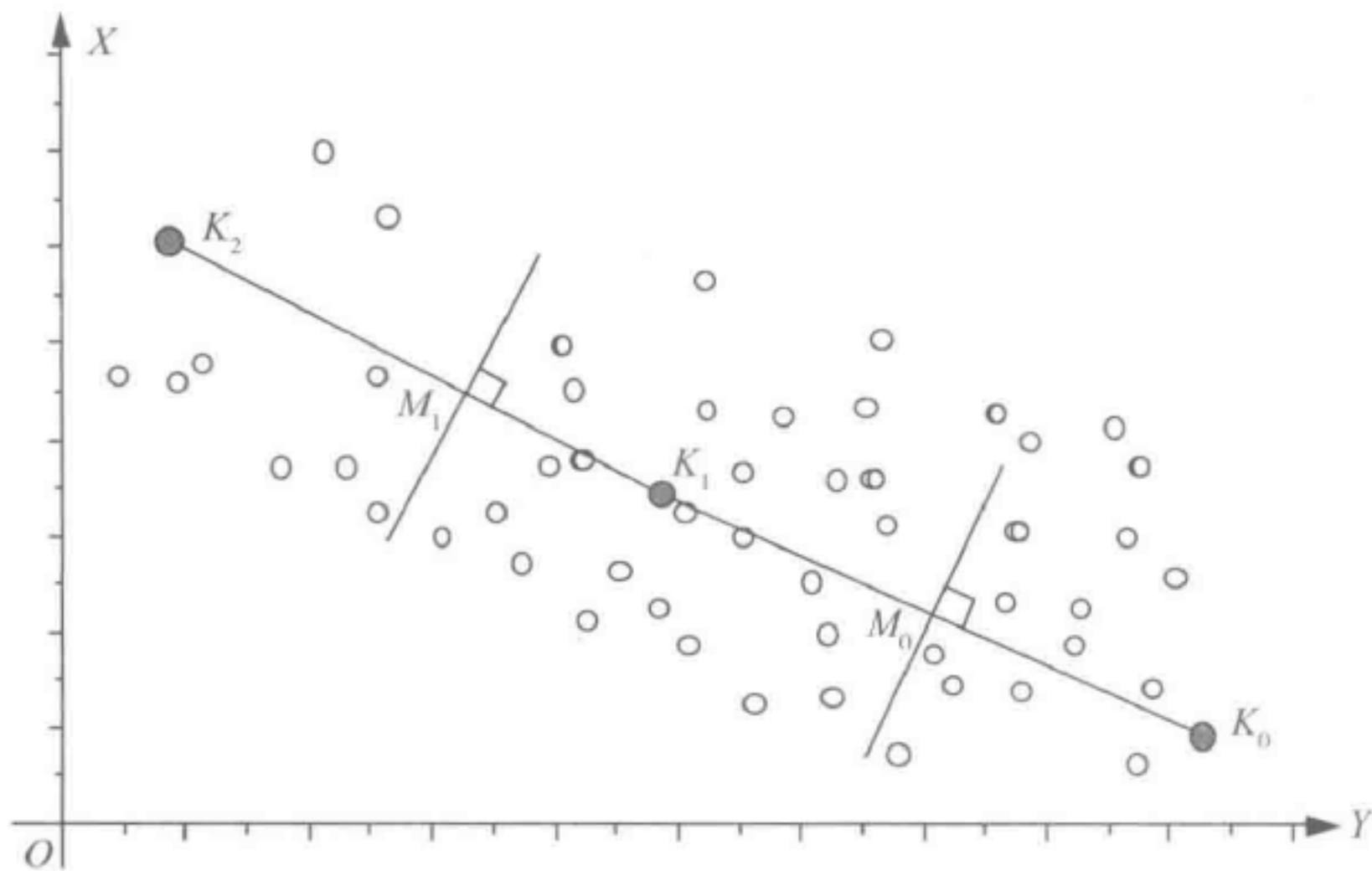


图 42.1 纵横断面示意图

一、基本算法

1. 坐标方位角计算

已知两点 $A(x_A, y_A), B(x_B, y_B)$ ，计算 A, B 的坐标方位角 α_{AB} ，具体计算公式见《三、进阶篇》“第 26 章 交会法定位计算”的公式(26-2)。

说明：利用输入文件中的 A, B 两点，计算坐标方位角，在计算报告中输出，输出格式为 $dd^\circ mm' ss. ssss''$ ，其中 dd 表示度(dd°)， mm 表示分(mm')， $ss. ssss$ 表示秒($ss. ssss''$)

2. 内插点 P 的高程值的计算方法

采用反距离加权法求内插点 P 的高程, 计算方法为:

(1) 以点 $P(x, y)$ 为圆心, 寻找最近的 n 个离散点 $Q_i(x_i, y_i)$, 形成点集 Q (在计算过程中 n 取 5);

(2) 计算 P 到 Q 中每一已知点 Q_i 的距离 d_i , 计算公式为:

$$d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \quad (42-1)$$

(3) 计算 P 点的内插高程:

设 $Q_i(x_i, y_i)$ 的高程为 h_i , P 点高程 h 的插值为:

$$h = \frac{\sum_{i=1}^n (h_i/d_i)}{\sum_{i=1}^n (1/d_i)} \quad (42-2)$$

说明: 以 K_i 为内插点, 计算最近 5 个点的点号、距离, 以及内插高程, 将结果输出到计算报告里, 小数点后保留 3 位数值。

3. 断面面积的计算

已知梯形两点 P_i, P_{i+1} 两点间的平面投影距离为 ΔL_i , 基准高程为 h_0 。

点 P_i, P_{i+1} 的高程分别为 h_i, h_{i+1} , 如图 42.2 所示, 则该梯形的面积为:

$$S_i = \frac{(h_i + h_{i+1} - 2h_0)}{2} \Delta L_i \quad (42-3)$$

将断面的所有梯形进行累加得到最后的总面积:

$$S = \sum S_i \quad (42-4)$$

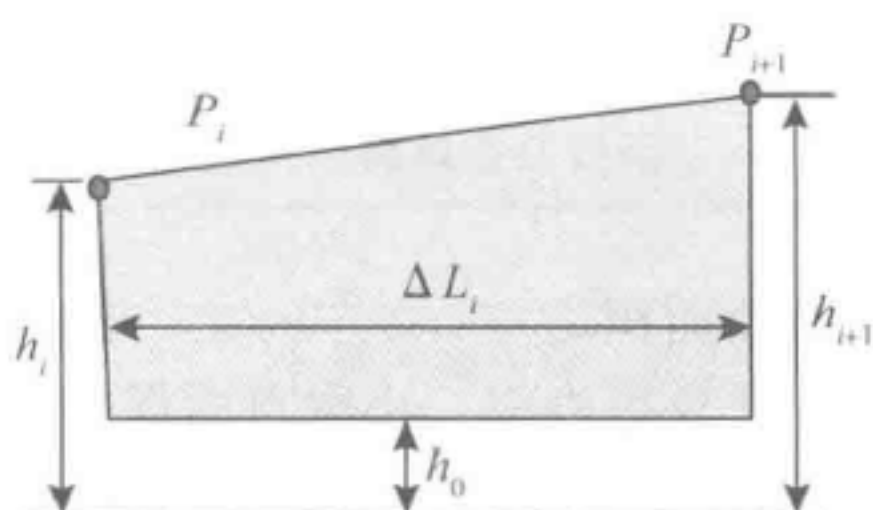


图 42.2 梯形面积示意图

说明: 以 K_0, K_1 为梯形的两个端点 (不考虑中间内插点), 计算其梯形面积, 将结果输出到计算报告中, 小数点后保留 3 位数值。

二、道路纵断面计算

以道路中心线上的 $n+1$ 个关键点 K_0, K_1, \dots, K_n , 形成道路的纵断面。

1. 计算纵断面的长度

已知 $K_i(x_i, y_i)$, $K_{i+1}(x_{i+1}, y_{i+1})$, 可以计算它们之间的距离, 公式为:

$$D_i = \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} \quad (42-5)$$

纵断面的总长度为 $D = \sum_{i=0}^1 D_i$ 。

说明: 在计算报告中输出纵断面的总长度, 小数点后保留 3 位数值。

2. 计算内插点的平面坐标

在纵断面上, 从起点 K_0 开始, 每隔 Δ 内插一点, 记为 P_i , 形成纵断面上的内插点序列 P 。

当插值点 P_i 在 K_0, K_1 直线上, 则 P_i 点的坐标为

$$\begin{cases} x_i = x_0 + L_i \cos(\alpha_{01}) \\ y_i = y_0 + L_i \sin(\alpha_{01}) \end{cases} \quad (42-6)$$

其中, α_{01} 为 $K_0(x_0, y_0)$, $K_1(x_1, y_1)$ 的方位角, L_i 是待插值点 P_i 距点 K_0 的平面投影距离。

当插值点在 K_j 和 K_{j+1} 直线上, 则 P_i 点的坐标为

$$\begin{cases} x_i = x_j + (L_i - D_0) \cos(\alpha_{j, j+1}) \\ y_i = y_j + (L_i - D_0) \sin(\alpha_{j, j+1}) \end{cases} \quad (42-7)$$

其中, α_{12} 为 $K_j K_{j+1}$ 的坐标方位角, L_i 是待插值 P_i 点和 K_0 点之间沿中心线的平面投影距离, D_0 是 K_j 和 K_0 之间沿中心线的平面投影距离。

根据内插点的平面坐标, 依据公式(42-2)计算其高程。

说明: (1) 内插距离按照 $\Delta = 10\text{m}$, 纵断面中包含 K_0, K_1, \dots, K_n 等关键点; (2) 所有内插点的坐标、高程输出到计算报告, 小数点后保留 3 位数值; (3) 以到 K_0 点的距离为 X 坐标, 高程为 Y 坐标, 在用户界面中绘制纵断面图形。

3. 计算纵断面面积

根据公式(42-4), 计算纵断面面积。

说明: 将纵断面面积输出到计算报告中, 小数点后保留 3 位数值。

三、道路横断面计算

1. 计算横断面中心点

取 K_i, K_{i+1} 的中心点 $M_i(x_{M_i}, y_{M_i})$, 计算公式为:

$$x_{M_i} = \frac{x_i + x_{i+1}}{2}, y_{M_i} = \frac{y_i + y_{i+1}}{2} \quad (42-8)$$

说明: 在计算报告中输出所有横断面中心点的坐标, 小数点后保留 3 位数值。

2. 计算横断面插值的平面坐标和高程

过横断面中间点 M_i ，分别向直线 K_0, \dots, K_n 作垂直线，两边各延伸 25 米，得到 n 条横断面。

过 M 点的横断面的坐标方位角为 α_{M_i} ，计算公式为：

$$\alpha_{M_i} = \alpha_{i, i+1} + 90^\circ$$

(42-9)

过 M 点横断面的内插点 P_i 的平面坐标为：

$$\begin{cases} x_j = x_{M_i} + j\Delta\cos(\alpha_M) \\ y_j = y_{M_i} + j\Delta\sin(\alpha_M) \end{cases} \quad (j = -5, \dots, 5)$$

(42-10)

根据内插点的平面坐标，依据公式(42-2)计算其高程。

说明：(1)内插距离按照 $\Delta=5\text{m}$ ，所有内插点的坐标、高程输出到计算报告，小数点后保留 3 位数值；(2)在报告中输出每个内插点最近 5 个点的点号；(3)以横断面内插点的里程为 X 坐标，高程为 Y 坐标，在用户界面中绘制横断面图形，小数点后保留 3 位数值。

3. 计算横断面面积

根据公式(42-4)，计算横断面面积。

说明：在计算报告中输出横断面面积，小数点后保留 3 位数值。

四、数据文件读取和计算报告输出

1. 数据文件的读取

编程读取“data.txt”文件。数据内容和格式见表 42-2，将“点名， X 分量， Y 分量，高程 H ”等数据读入。（注意关键点数目 $N\geq 3$ ）

表 42-2 数据内容和格式说明

数据内容	格式说明
H0, 10.000	参考面高程，高程值
K0, K1, K2	点名 1，点名 2，点名 3(三点为道路中心线上点，相应坐标见后面数据主体)
A, 4562.028, 3354.823	测试点名(A, B), $X(\text{m})$, $Y(\text{m})$
B, 4527.910, 3358.913	
K0, 4574.012, 3358.300, 12.922	点名, $X(\text{m})$, $Y(\text{m})$, $H(\text{m})$
P01, 4570.355, 3382.210, 10.558	
P02, 4571.827, 3372.090, 10.619	
P03, 4570.907, 3362.574, 10.771	
P04, 4569.494, 3355.660, 14.233	
P05, 4556.682, 3361.789, 16.660	
.....	

2. 计算报告的保存

要求：(1)将计算报告保存为文本文件(*.txt)；(2)在开发文档中，给出1张用附件中“记事本”打开的计算报告文档截图。

五、程序优化与开发文档撰写

1. 用户界面

人机交互界面设计与实现要求：包括菜单(包括5项以上功能)等功能，要求功能正确，可正常运行，布局合理、美观大方、人性化。

2. 开发文档

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。

六、参考源程序

在“<https://github.com/ybli/bookcode/tree/master/Part3-ch09>”目录下给出源程序，源程序用 Visual Basic 语言编写。

图 42.3 是参考用户界面，有基本计算(数据文件读入/坐标方位角计算)、内插点高程值计算(反距离加权法/断面面积计算)、道路纵断面计算(纵断面长度计算/内插点平面坐标计算)、道路横断面计算(横断面中心点计算/横断面插值点的平面坐标和高程计算)、帮助、退出等信息；图 42.4 是计算报告显示计算结果截图。

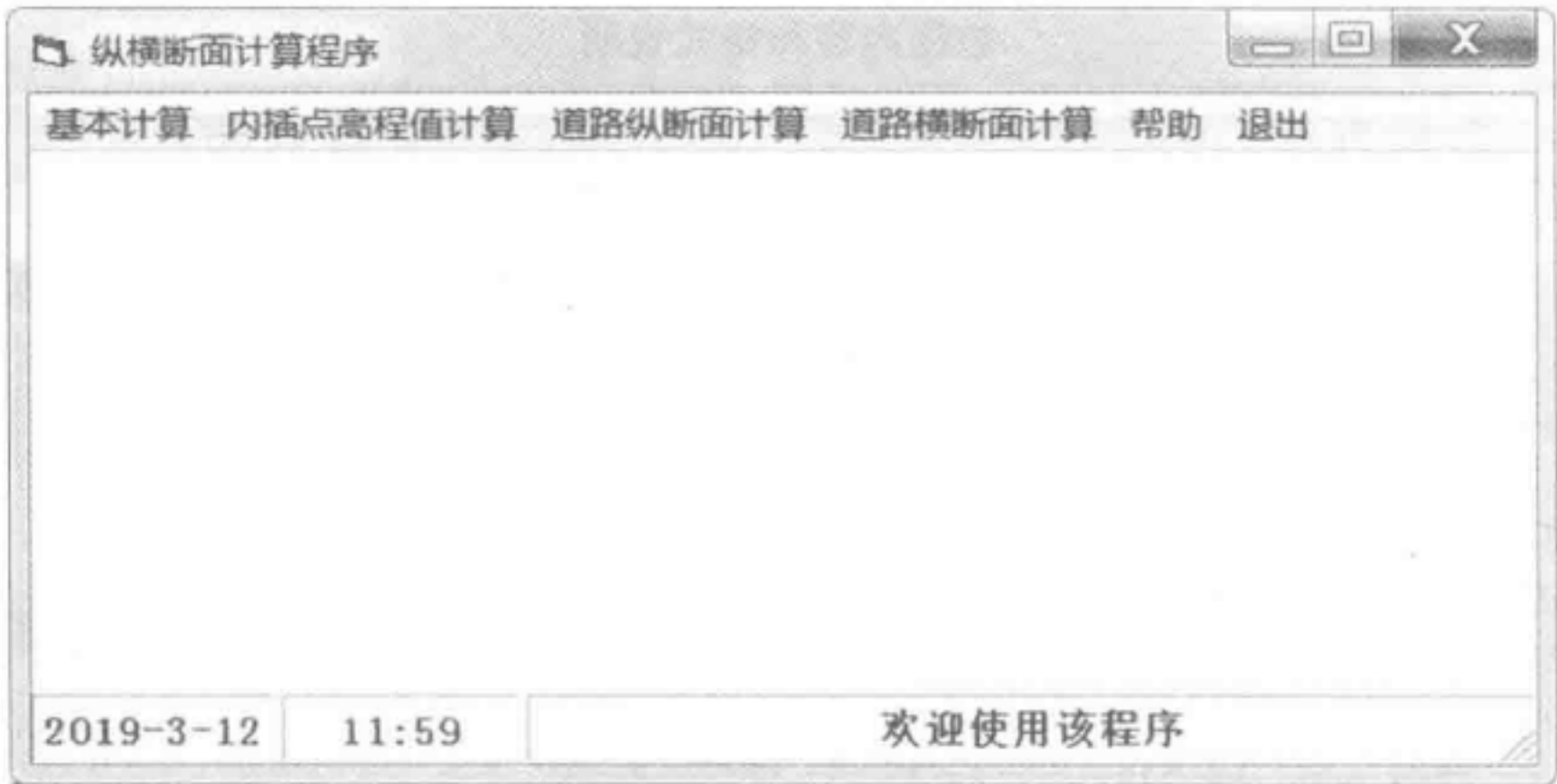


图 42.3 参考用户界面

以M1为中间点内插的平面坐标和高程.txt - 记事本

文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

以M1为中间点的横断面面积为:255.609876699244

点名	X坐标(m)	Y坐标(m)	H坐标(m)
1-M	4518.726	3396.023	17.810
2-M	4521.416	3400.237	15.739
3-M	4524.107	3404.452	15.022
4-M	4526.797	3408.666	14.613
5-M	4529.488	3412.881	14.470
6-M	4516.036	3391.809	17.826
7-M	4499.893	3366.522	14.419
8-M	4497.202	3362.308	14.362
9-M	4494.512	3358.093	14.325
10-M	4491.821	3353.879	14.300
11-M	4489.131	3349.664	14.282

图 42.4 计算报告