## **试题2 附合水准路线平差计算**

命题人： 李英冰

## 一、评分规则

|  |  |
| --- | --- |
| **评测内容** | **评分细则及标准** |
| 程序正确性  （30分） | 2.2测站数据计算（7分） |
| 2.3测站超限检查（2分） |
| 3.1水准路线闭合高差计算（2分） |
| 3.2高差改正数计算（5分） |
| 4.1采用伴随矩阵法求逆（3分） |
| 4.2矩阵相乘（1分） |
| 4.3矩阵转置（1分） |
| 5.1建立误差方程（3分） |
| 5.2间接平差（4分） |
| 5.3计算改正后的坐标（2分） |
| 程序完整与规范性  （15分） | 数据读取正确（4分） |
| 计算报告显示与保存功能齐全（4分） |
| 程序结构完整（主要是函数与类结构）设计清晰（3分） |
| 注释规范（2分） |
| 类、函数和变量命名规范（2分） |
| 程序优化性  （15分） | 人机交互界面设计（5分） |
| 图形绘制并保存（8分） |
| 容错性、鲁棒性好（2分） |
| 开发文档  （10分） | 程序功能简介（2分） |
| 算法设计与流程图 （2分） |
| 主要函数和变量说明（2分） |
| 主要程序运行界面（2分） |
| 使用说明（2分） |
| 完成时间（30分） | （其中分别表示表示第一组，第组和最后一组提交的时间） |

## 二、算法实现

#### **水准测量的基本原理**

水准测量是使用水准仪和水准尺，根据水平视线测定两点之间的高差，从而由已知点推求未知点的高程。如图1所示，已知A点的高程为，A点与B点的高差测量值是，于是B点的高程为：



其中A点称为后视点，a为后视读数，B为前视点，b为前视读数。



图1 水准测量原理示意图

当两点之间的距离较远或者高差较大时，仅仅一次测量无法获得它们的高差，这时需要加设若干个临时的立尺点，作为传递高程的过渡点，即转点，基本测量方法为：（1）将水准尺立于已知高程的水准点上作为后视，安置水准仪和前视点。圆水准气泡粗平，瞄准后视尺，精平，读数。旋转望远镜瞄准前视尺，精平，读数。记录并计算高差。(2) 后尺和测站向前移动，前尺不动并转为第二测站的后尺，原后尺变为前尺，同第一站的方法一样继续向前观测。

#### **数据记录与测站检查**

##### 2.1 水准测量数据记录

对于利用数字水准仪测量的数据，可以采用表1所示记录手簿进行检核，表中（1）至（4）是后视-前视读数，分别为后距、后视中丝、前距、前距中丝读数，（5）至（8）是前视-后视读数，分别为前距、前距中丝、后距、后视中丝读数。

表1水准测量的观测记录与数据检查手簿

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测站编号 | 后视点名 | 后距1 | 后距2 |  | 后视中丝1 | 后视中丝2 | 后视中丝差 |  |
|  | 前视点名 | 前距1 | 前距2 | 距离差d | 前视中丝1 | 前视中丝2 | 前视中丝差 |  |
|  | 后-前 | 距离差1 | 距离差2 | Σd | 高差1 | 高差2 | 中丝差 | 高差 |
|  |  | （1） | （7） |  | （2） | （8） | (10) |  |
|  |  | （3） | （5） | （14） | （4） | （6） | (9) |  |
|  |  | （12） | （13） | （15） | (16) | (17） | (11) | (18) |
| 1 | P24 | 106.4965 | 106.4982 |  | 0.8187 | 0.8175 | 0.0012 |  |
|  | 转点1 | 103.7130 | 103.7138 | 2.7840 | 1.0776 | 1.0759 | 0.0017 |  |
|  | 后-前 | 2.7835 | 2.7844 | 2.7840 | -0.2589 | -0.2584 | -0.0005 | -0.2587 |

**说明：采用数字水准仪测量时，无需进行上丝和下丝读数，与传统的三（四）等水准测量观测手簿有所不同。**

##### 2.2测站数据计算

对每一站的测量结果需要进行检验，只有当检验通过之后，才能进行下一站的测量。在表1中第(9)至(18)是计算数据。

表中(9)至(11)是高差部分，其中(9)是前视标尺的黑红面读数(或两次读数)之差，(10)是后视标尺的黑红面读数(或两次读数)之差，(11)是黑红面所测的高差，计算方法为：

(9)=(4)-(6)

(10)=(2)-(8)

(11)=(10)-(9)

表中(12)至(15)是视距部分，其中(12)是后视距离之差，(13)是前视距离之差，(14)是前后视距差，(15)为前后视距累计差，计算公式为：

(12)=(1)-(3)

(13)=(7)-(5)

(14)=[(12)+(13)]/2

(15)=本站的(14)+前站的(15)

表(16)为黑面所得到的高差，(17)是红面所得到的高差，(18)是本站高差，计算公式为：

(16)=(2)-(4)

(17)=(8)-(6)

(18)=[(16)+(17)]/2

**说明：（1）在计算报告中输出如表1所示的水准测量记录与计算成果；（2）将上述内容在表格中显示。**

##### 2.3测站超限检查

如果有观测限差超限，在本站检查发现后需要立即重测。若迁站后才发现，则应该从水准点或间歇点起，重新观测。三、四等水准测量作业限差如表2所示。

表2 三、四水准测量作业限差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 等级 | 三等 | 四等 |
| 仪器类型 | S3 | S3 |
| 标准视线长度（m） | 65 | 80 |
| 后前视距差（m） | 3.0 | 5.0 |
| 后前视距差累计（m） | 6.0 | 10.0 |
| 黑红面读数差（mm） | 2.0 | 3.0 |
| 黑红面所测高差之差（mm） | 3.0 | 5.0 |
| 监测间歇点高程之差（mm） | 3.0 | 5.0 |

**说明：对每站进行限差检查，与表2中四等****作业限差进行比较，在计算报告中给是否超限的说明。**

#### **附合水准路线的近似平差计算公式**

##### 3.1水准路线闭合高差计算

附合水准路线是水准测量中的常用方法，如图2所示。图中A、B高程分别为，测量得到高差依次为，，,相应的距离为，，。



图2 附合水准路线示意图

计算水准路线的高程闭合差，即：



**说明：在计算报告中输出高程闭合差，****小数点后保留3位数值。**

##### 3.2高差改正数计算

计算各段高差改正数



计算各测段观测高差的平差值 和待定点高程平差值 ，即：

 (4)

**说明：（1）在计算报告中输出各测段观测高差改正数 和距离 ，小数点后保留3位数值；（2）在计算报告中输出待定点的高差平差值** **，****小数点后保留3位数值。**

#### **矩阵运算**

设是 的矩阵，其定义如下所示：

 （5）

##### 4.1采用伴随矩阵法求逆

A的逆矩阵计算公式：

（15）

其中 为A的伴随矩阵，，其中为余子式，计算公式

 （16）



**说明：对数据文件中的A矩阵，进行求逆，将计算结果在计算报告中输出，小数点后保留3位数值。**

##### 4.2矩阵相乘

设 是一个 矩阵， 是一个 矩阵，矩阵 与矩阵 的乘积是一个的矩阵，其中

 （9）

**说明：对数据文件中的A矩阵和B矩阵，进行相乘运算，将计算结果在计算报告中输出，小数点后保留3位数值。**

##### 4.3矩阵转置

设 是一个 的矩阵， A的转置为的矩阵 。

**说明：对数据文件中的A矩阵，进行转置运算，将计算结果在计算报告中输出，小数点后保留3位数值。**

#### 附合水准路线的间接平差

使用近似平差后的高程值作为近似高程坐标，得到2.2中的（18）关于以未知点的高程作为参数的方程，然后建立误差方程，计算法方程，进行间接平差。

##### 5.1建立误差方程

针对本题的水准路线，建立误差方程

 （10）

其中X矩阵为

其中 为高差 的改正数， 为第i个点高程平差值，为第i个点的高程近似值。

**说明：在计算报告中输出 矩阵，小数点后保留6位数值。**

##### 5.2间接平差

取10km为单位权观测，即按  定权，得到观测值的权阵

P= （11）

组成法方程

 （12）

得到最小二乘解

 （13）

**说明：在计算报告中输出  这3个矩阵，小数点后保留6位数值。**

##### 5.3计算改正后的高程

根据5.2的计算结果计算改正后的高程

**说明：在计算报告中输出改正后的高程，小数点后保留3位数值。**

## 三、数据文件读取和计算报告输出

#### **1.数据文件读取**

编程读取“正式数据.txt”文件 ，数据内容如表3所示。

表3 数据内容

|  |
| --- |
| P96,248.197  P47,246.980    P96,-1,59.1975,0.6581,59.1216,0.8432,59.1195,0.8416,59.1958,0.6564  -1,-1,59.2505,0.6596,59.1746,0.8251,59.1726,0.8235,59.2488,0.6580  -1,Q08,59.3032,0.6611,59.2273,0.8072,59.2253,0.8057,59.3016,0.6595  Q08,-1,59.3554,0.6625,59.2795,0.7899,59.2776,0.7885,59.3539,0.6610  -1,-1,59.4070,0.6639,59.3311,0.7734,59.3293,0.7720,59.4055,0.6624  -1,-1,59.4579,0.6651,59.3820,0.7577,59.3802,0.7564,59.4565,0.6638  -1,B42,59.5079,0.6664,59.4320,0.7430,59.4303,0.7418,59.5066,0.6651  B42,-1,59.5570,0.6675,59.4811,0.7295,59.4794,0.7284,59.5557,0.6662  -1,-1,59.6050,0.6685,59.5291,0.7174,59.5274,0.7163,59.6037,0.6673  -1,-1,59.6517,0.6694,59.5758,0.7067,59.5743,0.7056,59.6506,0.6682  -1,A44,59.6973,0.6701,59.6214,0.6975,59.6198,0.6965,59.6961,0.6690  A44,-1,59.7414,0.6707,59.6655,0.6900,59.6640,0.6890,59.7403,0.6697  -1,-1,59.7841,0.6712,59.7082,0.6842,59.7068,0.6832,59.7831,0.6702  -1,-1,59.8254,0.6715,59.7495,0.6801,59.7481,0.6792,59.8243,0.6705  -1,B78,59.8652,0.6717,59.7893,0.6779,59.7879,0.6770,59.8641,0.6707  B78,-1,59.9035,0.6718,59.8276,0.6775,59.8261,0.6766,59.9024,0.6707  -1,-1,59.9402,0.6716,59.8643,0.6790,59.8629,0.6780,59.9392,0.6706  -1,-1,59.9755,0.6714,59.8996,0.6823,59.8981,0.6813,59.9744,0.6703  -1,P47,60.0093,0.6709,59.9334,0.6873,59.9319,0.6863,60.0082,0.6699  1，3  3，4  1，3，2  2，4，5 |

数据格式说明如表4所示。

表4 数据格式说明

|  |
| --- |
| 点名，已知高程  点名，已知高程  起点，终点，后视距离，后视中丝读数，前视距离，前视中丝读数，前视距离，前视中丝读数，后视距离，后视中丝读数（当点名为-1时表示转点）  矩阵A（用于矩阵求逆和转置的测试）  矩阵B（用于矩阵乘积测试） |

#### **2.计算报告的显示与保存**

说明：（1）将相关统计信息、计算报告在用户界面中显示，在《开发文档》给出1张相关截图；（2）保存为文本文件（\*.txt），并计算结果的全部内容插入到《开发文档》中。

## 四、程序优化

#### **1. 人机交互界面设计与实现**

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

#### **2. 图形绘制、并保存**

##### 2.1 图形绘制

要求：（1）以到第一个基准点的距离为X坐标，高程作为Y坐标；（2）在《开发文档》中，给出1张用图形显示界面的截图。

##### 2.2 图形文件保存

要求：（1）将“图形绘制”的图形保存为DXF格式的文件；（2）在《开发文档》中，给出1张用CAD打开的保存图形文件的界面。

## 五、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。