

# 附件 1：报告文档模板

## 封面

（自行设计，不得出现学校、姓名信息，蓝色字体提交前应删去，下同）

## 目录

（正文中应插入页码）

## 一、程序优化性说明

- 1. 用户交互界面说明（建议 200 字以内，给出主要用户交互界面图）
- 2. 程序运行过程说明（建议 200 字以内，给出程序运行过程截图）
- 3. 程序运行结果（给出程序运行结果）

## 二、程序规范性说明

- 1. 程序功能与结构设计说明（建议 500 字以内）
- 2. 核心算法源码（给出主要算法的源码）

（1）关键函数汇总

序号	类名(若有)	函数名	输入参数	输出参数	主要功能描述
1（示例）	CoordTrans	XYZ2BLH	X、Y、Z	B、L、H	空间直角坐标转大地坐标

（2）关键源码展示

## 三、程序完整源代码

（编译器自动生成的框架性代码无须给出）

## 附件 2：评分说明

测绘程序设计比赛满分 100 分，其中比赛用时成绩 20 分，程序正确性成绩 40 分，程序规范性和优化性成绩 40 分。比赛用时成绩和程序正确性成绩由计算机自动评分，程序规范性和优化性由专家团队评分。

### 1. 程序正确性评分（40 分）

根据《试题册》要求，编程完成相关算法，根据“程序正确性”给分点要求，将相关计算结果填写考生端“程序正确性”界面，并提交。

本项内容用于检验算法的正确性，该项成绩由计算机自动评阅。

### 2. 比赛用时评分（20 分）

比赛用时成绩总分为 20 分，记为  $S_0$ 。第  $i$  组参赛选手提交的时间设为  $T_i$ ，其本项成绩得分  $S_i$  的计算公式为：

$$S_i = \left( 1 - \frac{T_i - T_1}{T_n - T_1} \times 40\% \right) \times S_0$$

式中： $T_1$  是第一组“程序正确性成绩  $\geq 30$  分”参赛队伍的比赛时间。 $T_n$  是在规定时间内最后一组参赛队伍的比赛时间。由该公式可知：第一组的时间得分为 20 分， $T_n$  组的时间分为 12 分。

特殊情况说明：（1）第一组之前提交的参赛选手，本项成绩为 15 分；（2）比赛用时超过比赛规定时间 15 分钟以内，本项成绩为 7 分；（3）比赛用时超过比赛规定时间 15 分钟以上，取消比赛资格。

### 3. 专家评分（40 分）

评测内容	评分细则说明
程序优化性（20 分）	人机交互界面设计良好（6 分）
	容错性、鲁棒性好（4 分）
	计算成果规范（4 分）
	可执行文件可流畅运行（6 分）
程序规范性（20 分）	程序设计合理（6 分）
	类结构、函数设计清晰（6 分）
	注释规范（4 分）
	类、函数和变量命名规范（4 分）

# 试题：大地主题正算

## 一、数据文件读取

编程读取“正式数据.txt”，数据内容和相应的说明如表 1 所示。数据由两部分组成，分别为椭球参数和正算数据。其中涉及的角度格式为 dd.mmsss，dd 表示度，mm 表示分，sss 表示秒（ss.s''）。

表 1 样例数据的内容和格式说明

数据内容	数据说明
6378245, 298.3	椭球长半轴 a, 扁率倒数 1/f
P1, 29.16593, 73.04254, P2, 240.46099, 69636.245	起点名称, 纬度 B <sub>i</sub> , 经度 L <sub>i</sub> , 终点名称, 大地方位角 A <sub>i</sub> , 大地线长度 S
P3, 31.26478, 74.14237, P4, 45.37571, 134509.993	
P5, 36.19463, 74.40565, P6, 237.51122, 347354.006	
P7, 32.41227, 73.32466, P8, 205.59344, 150229.306	

【程序正确性】给出“椭球长半轴, 扁率倒数、扁率”数值。

## 二、程序算法

椭球面点的大地经度 L、大地纬度 B, 两点间的大地线长度 S 及其正、反大地方位角 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>, 统称为大地元素, 如图 1 所示。如果知道某些大地元素推求另外一些大地元素, 这样的计算就叫做大地主题解算。本试题利用白塞尔法进行大地主题正算。

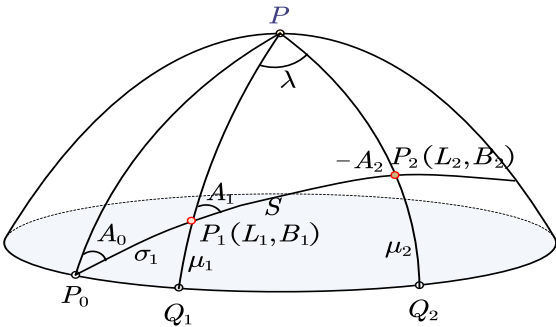


图 1 大地元素

### 1. 椭球基本参数

a 为椭球长半轴，椭球扁率 f，椭球短半轴(b)为：

$$b = a(1 - f) \tag{1}$$

椭球第一偏心率的平方为：

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} \quad (2)$$

椭球第二偏心率的平方为：

$$e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2} = \frac{e^2}{1 - e^2} \quad (3)$$

【程序正确性】编程计算椭球参数，结果保留 6 位小数。给出  $b, e^2, e'^2$  计算结果。

## 2. 利用白塞尔法进行大地主题正算

已知：大地线起点 P1 的纬度  $B_1$ ，经度  $L_1$ ，大地方位角  $A_1$ ，起点 P1 到终点 P2 的大地线长度  $S$ ；

计算：大地线终点 P2 的纬度  $B_2$ ，经度  $L_2$  及大地方位角  $A_2$ 。

### 2.1 计算起点的归化纬度

$$\begin{cases} W_1 = \sqrt{1 - e^2 \sin^2 B_1} \\ \sin u_1 = \frac{\sin B_1 \sqrt{1 - e^2}}{W_1} \\ \cos u_1 = \frac{\cos B_1}{W_1} \end{cases} \quad (4)$$

【程序正确性】计算第 3 条 (P5-P6) 大地线的  $W_1, \sin u_1, \cos u_1$ ，结果保留 3 位小数。

### 2.2 计算辅助函数值

$$\begin{cases} \sin A_0 = \cos u_1 \sin A_1 \\ \cot \sigma_1 = \frac{\cos u_1 \cos A_1}{\sin u_1} \\ \sigma_1 = \tan^{-1} \frac{1}{\cot \sigma_1} \end{cases} \quad (5)$$

【程序正确性】上式中  $\tan^{-1}$  使用 Atan 函数求解，角度以弧度为单位，计算结果保留 6 位小数。给出第 3 条大地线的  $\sin A_0, \cot \sigma_1, \sigma_1$  计算结果。

2.3 辅助计算：计算系数  $A, B, C$  及  $\alpha, \beta, \gamma$  的值

$$\begin{cases} \cos^2 A_0 = 1 - \sin^2 A_0 \\ k^2 = e'^2 \cos^2 A_0 \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} A = \left(1 - \frac{k^2}{4} + \frac{7k^4}{64} - \frac{15k^6}{256}\right)/b \\ B = \left(\frac{k^2}{4} - \frac{k^4}{8} + \frac{37k^6}{512}\right) \\ C = \left(\frac{k^4}{128} - \frac{k^6}{128}\right) \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{cases} \alpha = \left(\frac{e^2}{2} + \frac{e^4}{8} + \frac{e^6}{16}\right) - \left(\frac{e^4}{16} + \frac{e^6}{16}\right) \cos^2 A_0 + \left(\frac{3e^6}{128}\right) \cos^4 A_0 \\ \beta = \left(\frac{e^4}{16} + \frac{e^6}{16}\right) \cos^2 A_0 - \left(\frac{e^6}{32}\right) \cos^4 A_0 \\ \gamma = \left(\frac{e^6}{256}\right) \cos^4 A_0 \end{cases} \quad (8)$$

【程序正确性】结果保留 8 位小数，计算第 3 条大地线系数  $A, B, C, \alpha, \beta, \gamma$ 。

## 2.4 计算球面长度

取初始值  $\sigma = AS$ ，然后带入下式进行迭代计算：

$$\sigma = AS + B \sin(\sigma) \cos(2\sigma_1 + \sigma) + C \sin(2\sigma) \cos(4\sigma_1 + 2\sigma) \quad (9)$$

两次差值小于  $1.0 \times 10^{-10}$  时停止迭代计算。

【程序正确性】结果保留 6 位小数，给出将第 3 条大地线球面长度  $\sigma$  计算结果。

## 2.5 计算经度差改正数

$$\begin{aligned} \lambda - L &= \delta \\ &= \left\{ \alpha \sigma + \beta \sin(\sigma) \cos(2\sigma_1 + \sigma) + \gamma \sin(2\sigma) \cos(4\sigma_1 + 2\sigma) \right\} \sin A_0 \end{aligned} \quad (10)$$

【程序正确性】结果保留 8 位小数。给出第 3 条大地线经差改正数  $\delta$  计算结果。（已经填写的数据仅供参考）

## 2.6 计算终点大地坐标及坐标方位角

$$\begin{cases} \sin u_2 = \sin u_1 \cos \sigma + \cos u_1 \cos A_1 \sin \sigma \\ B_2 = \text{atan} \left( \frac{\sin u_2}{\sqrt{1-e^2} \sqrt{1-\sin^2 u_2}} \right) \\ \lambda = \text{atan} \left( \frac{\sin A_1 \sin \sigma}{\cos u_1 \cos \sigma - \sin u_1 \sin \sigma \cos A_1} \right) \end{cases} \quad (11)$$

$\sin A_1$ 符号	+	+	-	-
$\tan \lambda$ 符号	+	-	-	+
$\lambda =$	$ \lambda $	$180^\circ -  \lambda $	$- \lambda $	$ \lambda  - 180^\circ$

$$\begin{cases} L_2 = L_1 + \lambda - \delta \\ A_2 = \text{atan} \left( \frac{\cos u_1 \sin A_1}{\cos u_1 \cos \sigma \cos A_1 - \sin u_1 \sin \sigma} \right) \end{cases} \quad (12)$$

$\sin A_1$ 符号	-	-	+	+
$\tan A_2$ 符号	+	-	+	-
$A_2 =$	$ A_2 $	$180^\circ -  A_2 $	$180^\circ +  A_2 $	$360^\circ -  A_2 $

其中， $|\lambda|$ 、 $|A_2|$ 是其第一象限角。若  $A_2 < 0$ ， $A_2 = A_2 + 360^\circ$ ；若  $A_2 > 360^\circ$ ， $A_2 = A_2 - 360^\circ$ 。

【程序正确性】 计算第 3 条大地线  $B_2, L_2, A_2$  结果，计算结果保留 6 位小数。输出格式为 dd.mmssss，其中 dd 表示度 (dd°)，mm 表示分 (mm′)，ssss 表示秒 (ss.ss″)。

## 三、程序正确性和计算结果输出

### 1. 程序正确性

根据读取的数据文件，编程完成相关算法，按照格式要求输出结果，如下表所示。并将计算结果填写到“考生客户端”对应的“程序正确性”表格中。(已经填写的数据仅供参考)

其中：

序号 1 至 3：对应于“一、读取数据文件”；

序号 4 至 6：对应于“1. 椭球基本参数”；

序号 7 至 9：对应于“2.1 计算起点的归化纬度”；

序号 10 至 12：对应于 “2.2 计算辅助函数值”；  
 序号 13 至 18：对应于 “2.3 辅助计算”；  
 序号 19：对应于 “2.4 计算球面长度”；  
 序号 20：对应于 “2.5 计算经度差改正数”；  
 序号 21 至 23：对应于 “2.6 计算终点大地坐标及坐标方位角”。

序号	说明	输出格式要求
1	椭球长半轴 a	6378245.000
2	扁率倒数 1/f	298.300
3	扁率 f	*,***** (保留 6 位小数)
4	椭球短半轴 b	*,***** (保留 6 位小数)
5	第一偏心率平方 $e^2$	*,***** (保留 6 位小数)
6	第二偏心率平方 $e'^2$	*,***** (保留 6 位小数)
7	第 3 条大地线的 $W_1$	*,*** (保留 3 位小数)
8	第 3 条大地线的 $\sin u_1$	*,*** (保留 3 位小数)
9	第 3 条大地线的 $\cos u_1$	*,*** (保留 3 位小数)
10	第 3 条大地线 $\sin A_0$	*,***** (保留 6 位小数)
11	第 3 条大地线 $\cot \sigma_1$	*,***** (保留 6 位小数)
12	第 3 条大地线 $\sigma_1$	-0.942832
13	第 3 条大地线系数 A	*,***** (保留 6 位小数)
14	第 3 条大地线系数 B	*,***** (保留 6 位小数)
15	第 3 条大地线系数 C	*,***** (保留 6 位小数)
16	第 3 条大地线系数 $\alpha$	*,***** (保留 6 位小数)
17	第 3 条大地线系数 $\beta$	*,***** (保留 6 位小数)
18	第 3 条大地线系数 $\gamma$	*,***** (保留 6 位小数)
19	第 3 条大地线的球面长度 $\sigma$	*,***** (保留 6 位小数)
20	第 3 条大地线经差改正数	-0.00012488
21	第 3 条大地线终点纬度 $B_2$	*,*****
22	第 3 条大地线终点经度 $L_2$	*,*****
23	第 3 条大地线终点坐标方位角 $A_2$	*,*****

## 2. 计算结果输出

将上表结果，编程保存在 “**result.txt**” 文件中。文件格式如下：

序号,说明,计算结果 1, 椭球长半轴 a, 6378245.000 2, ..... .....
--

## 四、用户界面设计

### 1. 交互界面设计与实现要求

- (1) 包括菜单、工具栏、表格等功能。
- (2) 要求功能正确、可正常运行，布局合理、直观美观、人性化。

### 2. 计算报告的显示与保存

- (1) 将相关统计信息、计算报告在用户界面中显示；
- (2) 保存为文本文件 (\*.txt)。