

# 2024 年安徽省大学生测绘技能大赛

## 测绘程序设计比赛

### 一、比赛要求

1. 比赛形式：参赛小组由 1 人组成，每人配置 1 台电脑。
  2. 编程环境与编程语言：考试软件为 Visual studio 2017。编程语言限制为 Basic、C/C++、C#，不允许使用二次开发平台（如 Matlab、AutoCAD、ArcGIS 等）。
  3. 报告编写软件：WPS Office 或 Microsoft Office
  4. 比赛软件：2024 程序设计比赛考生端，如图 1 所示。
- 比赛开始时，下载《试题册》；比赛时间为 4 小时，考试过程全程运行考生客户端；考试结束后，关闭考生客户端。

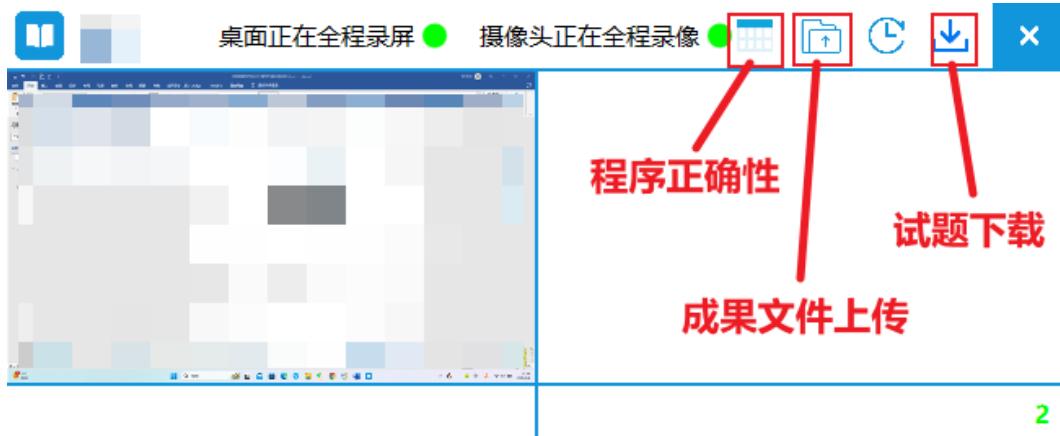


图 1 考生客户端

### 二、程序设计成果及要求

1. 成果一：程序正确性

在考生端“程序正确性”界面，根据试题要求填写计算结果。该成果用于程序正确性评分，提交方式如图 2 所示。



图 2 程序正确性提交方式

## 2、成果二：报告文档.pdf

报告文档内容模板见附件 1，提交方法见图 3。

## 3、成果三：源码文件.rar

将源码文件、可执行文件、计算结果等内容，压缩为一个文件，  
文件名称：源码文件.rar。提交方法见图 3。

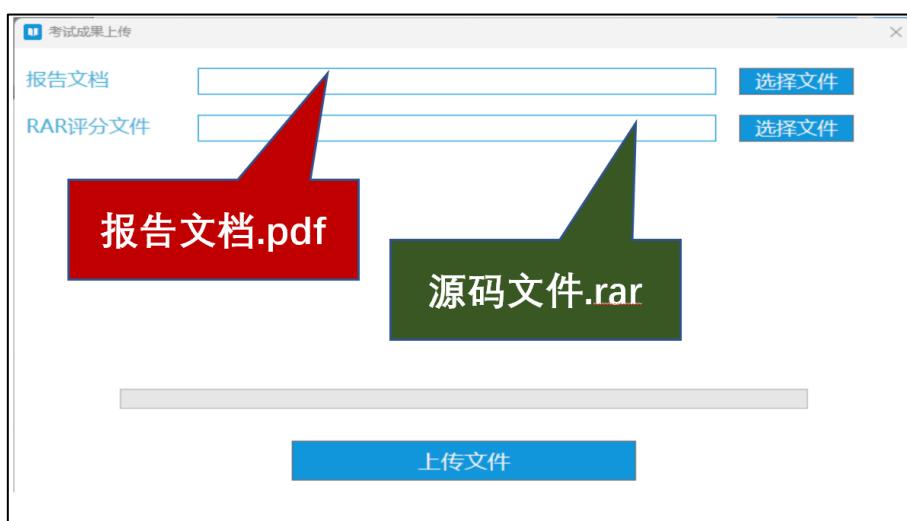


图 3 成果文件提交

4. **计算成果要求：**在成果的任何地方都不得出现参赛编号、学校信息或参赛队员信息。

### **三、无效成果认定**

有以下任何情况之一，成果将被认定为无效：

1. 比赛过程中浏览了历史项目文件、或者平时训练成果文件；
2. 比赛过程中进行了浏览互联网、微信和QQ等与考试过程无关软件，接打电话等操作。

## 附件 1：报告文档模板

### 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）

## 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 60 分，程序规范性和优化性成绩 20 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（60 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（20 分）

评测内容	评分细则说明
程序优化性 (10 分)	人机交互界面设计良好 (4 分)
	容错性、鲁棒性好 (3 分)
	计算成果规范 (3 分)
程序规范性 (10 分)	程序设计合理 (3 分)
	类结构、函数设计清晰 (3 分)
	注释规范 (2 分)
	类、函数和变量命名规范 (2 分)

## 试题册：大地线长度计算

大地线（Geodesic Lines）是指地球椭球面上两点间的最短程曲线。大地线上各点的主法线与该点的曲面法线重合。

如图 1 所示，在椭球面上的两点  $P_1$  和  $P_2$ ，其中  $P_1$  的纬度和经度值为  $B_1$  和  $L_1$ ， $P_2$  的纬度和经度值为  $B_2$  和  $L_2$ ，请根据两点坐标，计算两点间的大地线长度  $S$ 。在计算大地线长度时，需要计算起点大地方位角  $A_1$  和经差  $\lambda$ 。因此，主要任务为：

已知：大地线起点  $P_1$  的大地坐标  $(B_1, L_1)$ 、终点  $P_2$  的大地坐标  $(B_2, L_2)$   
计算：大地线长度  $S$ 。

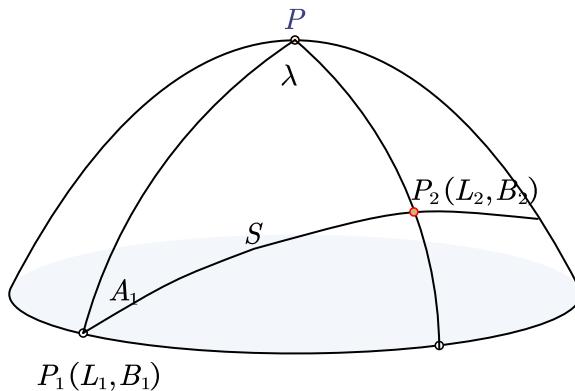


图 1 大地线示意图

### 一、数据文件读取

编程读取“data.txt”文件，数据内容和相应的说明如表 1 所示。数据由两部分组成，分别为椭球参数和反算数据。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 数据的内容示例(仅供参考，可用于检验程序正确性)

数据内容	数据说明
6378137,298.257222	椭球长半轴,扁率倒数(CGCS2000)
P1,31.23315,121.45376,P2,31.31134,120.54107 .....	(第 1 条大地线) 起点名称,纬度 $B_1$ ,经度 $L_1$ ,终点名称,纬度 $B_2$ ,经度 $L_2$
【程序正确性】	给出“椭球长半轴,扁率倒数,扁率”数据

## 二、程序算法

### 1. 辅助量计算

#### 1.1 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：

$$b = a(1-f) \quad (1)$$

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】** 给出“椭球短半轴，第一偏心率的平方，第二偏心率的平方”。

#### 1.2 辅助计算

根据起点 P1 的大地坐标  $(B_1, L_1)$ 、终点 P2 的大地坐标  $(B_2, L_2)$ ，计算相关辅助量。

提示：在计算时，需要将度分秒转化为弧度。

$$\begin{cases} u_1 = \text{atan}\left(\sqrt{1-e^2} \tan B_1\right) \\ u_2 = \text{atan}\left(\sqrt{1-e^2} \tan B_2\right) \end{cases} \quad (4)$$

$$l = L_2 - L_1 \quad (5)$$

$$\begin{cases} a_1 = \sin u_1 \sin u_2 \\ a_2 = \cos u_1 \cos u_2 \\ b_1 = \cos u_1 \sin u_2 \\ b_2 = \sin u_1 \cos u_2 \end{cases} \quad (6)$$

**【程序正确性】** 给出第 1 条大地线辅助计算结果。

## 2. 计算起点大地方位角

用逐次趋近法同时计算起点大地方位角  $A_l$  和经差  $\lambda = l + \delta$

第一次趋近时，取  $\delta = 0$ ， $A_l$  计算公式如下：

$$\begin{cases} p = \cos u_2 \sin \lambda \\ q = b_1 - b_2 \cos \lambda \\ A_l = \text{atan} (p/q) \end{cases} \quad (7)$$

p 符号	+	+	-	-
q 符号	+	-	-	+
$A_l =$	$ A_l $	$180^\circ -  A_l $	$180^\circ +  A_l $	$360^\circ -  A_l $

若  $A_l < 0$ ,  $A_l = A_l + 360^\circ$ ; 若  $A_l > 360^\circ$ ,  $A_l = A_l - 360^\circ$ 。

$$\begin{cases} \sin \sigma = p \sin A_l + q \cos A_l \\ \cos \sigma = a_1 + a_2 \cos \lambda \\ \sigma = \text{atan} (\sin \sigma, \cos \sigma) \end{cases} \quad (8)$$

$\cos \sigma$ 符号	+	-
$\sigma =$	$ \sigma $	$180^\circ -  \sigma $

其中， $|A_l|$ 、 $|\sigma|$  是第一象限角。

$$\begin{cases} \sin A_0 = \cos u_1 \sin A_l \\ \sigma_1 = \text{atan} \left( \frac{\tan(u_1)}{\cos(A_l)} \right) \\ \delta = (\alpha \sigma + \beta \cos(2\sigma_1 + \sigma) \sin(\sigma) + \gamma \sin(2\sigma) \cos(4\sigma_1 + 2\sigma)) \sin A_0 \end{cases} \quad (9)$$

其中  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  按照下式计算。

$$\begin{cases} \alpha = \left( \frac{e^2}{2} + \frac{e^4}{8} + \frac{e^6}{16} \right) - \left( \frac{e^4}{16} + \frac{e^6}{16} \right) \cos^2 A_0 + \left( \frac{3e^6}{128} \right) \cos^4 A_0 \\ \beta = \left( \frac{e^4}{16} + \frac{e^6}{16} \right) \cos^2 A_0 - \left( \frac{e^6}{32} \right) \cos^4 A_0 \\ \gamma = \left( \frac{e^6}{256} \right) \cos^4 A_0 \end{cases} \quad (10)$$

用求得的  $\delta$  计算  $\lambda_1 = l + \delta$ ，依此，按上述步骤重新计算得  $\delta_2$ ，再用  $\delta_2$  计算  $\lambda_2$ ，仿此一直迭代，直到最后两次  $\delta$  相同或差值小于给定的允许值（编程时取  $1.0 \times 10^{-10}$ ）。 $\lambda$ 、 $A_1$ 、 $\sigma$  及  $\sin A_0$  均采用最后一次计算的结果。

**【程序正确性】** 给出第 1 条大地线的相关计算结果。

### 3. 计算大地线长度 S

$$\begin{cases} \sigma_1 = \text{atan} \left( \frac{\tan(u_1)}{\cos(A_1)} \right) \\ x_s = C \sin(2\sigma) \cos(4\sigma_1 + 2\sigma) \\ S = \frac{\sigma - B \sin(\sigma) \cos(2\sigma_1 + \sigma) - x_s}{A} \end{cases} \quad (11)$$

其中  $A$ 、 $B$ 、 $C$  按照下式计算。

$$\cos^2 A_0 = 1 - \sin^2 A_0, \quad k^2 = e'^2 \cos^2 A_0$$

$$\begin{cases} A = \left( 1 - \frac{k^2}{4} + \frac{7k^4}{64} - \frac{15k^6}{256} \right) / b \\ B = \left( \frac{k^2}{4} - \frac{k^4}{8} + \frac{37k^6}{512} \right) \\ C = \left( \frac{k^4}{128} - \frac{k^6}{128} \right) \end{cases} \quad (12)$$

按以上步骤计算第一条大地线后，依次计算其他大地线的长度并输出。

**【程序正确性】** 给出大地线的相关计算结果。

### 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“1.1 椭球基本参数”；
- 序号 7 至 13：对应于“1.2 辅助计算”；
- 序号 14 至 20：对应于“2. 计算起点大地方位角”；
- 序号 21 至 29：对应于“3. 计算大地线长度 S”；

序号	说明	输出格式要求
1	椭球长半轴 a	6378137 (保留整数位)
2	扁率倒数 $1/f$	*.*** (保留 3 位小数)
3	扁率 f	*.***** (保留 8 位小数)
4	椭球短半轴 b	6356752.314 (保留 3 位小数)
5	第一偏心率平方 $e^2$	*.***** (保留 8 位小数)
6	第二偏心率平方 $e'^2$	*.***** (保留 8 位小数)
7	第 1 条大地线 $u_1$	0.54640305 (保留 8 位小数)
8	第 1 条大地线 $u_2$	*.***** (保留 8 位小数)
9	第 1 条大地线经差 $I$ (弧度)	*.***** (保留 8 位小数)
10	第 1 条大地线 $a_1$	*.***** (保留 8 位小数)
11	第 1 条大地线 $a_2$	*.***** (保留 8 位小数)
12	第 1 条大地线 $b_1$	*.***** (保留 8 位小数)
13	第 1 条大地线 $b_2$	*.***** (保留 8 位小数)
14	第 1 条大地线系数 $\alpha$	0.00335199 (保留 8 位小数)
15	第 1 条大地线系数 $\beta$	*.***** (保留 8 位小数)
16	第 1 条大地线系数 $\gamma$	*.***** (保留 8 位小数)
17	第 1 条大地线 $A_1$ (弧度)	*.***** (保留 8 位小数)
18	第 1 条大地线 $\lambda$	*.***** (保留 8 位小数)
19	第 1 条大地线 $\sigma$	*.***** (保留 8 位小数)
20	第 1 条大地线 $\sin A_0$	*.***** (保留 8 位小数)
21	第 1 条大地线系数 $A$	0.00000016 (保留 8 位小数)
22	第 1 条大地线系数 $B$	*.***** (保留 8 位小数)
23	第 1 条大地线系数 $C$	*.***** (保留 8 位小数)
24	第 1 条大地线 $\sigma_1$	*.***** (保留 8 位小数)

25	第 1 条大地线长 S	*.*** (保留 3 位小数)
26	第 2 条大地线长 $S_2$	*.*** (保留 3 位小数)
27	第 3 条大地线长 $S_3$	*.*** (保留 3 位小数)
28	第 4 条大地线长 $S_4$	*.*** (保留 3 位小数)
29	第 5 条大地线长 $S_5$	*.*** (保留 3 位小数)

## 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, 6378137
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)；