

控制测量课程设计教学中的软件应用方法

徐卓揆^{1,2}

(1. 长沙理工大学 交通运输工程学院 湖南 长沙 410004; 2. 长沙理工大学 土木工程专业实验教学中心 湖南 长沙 410004)

The Application of Softwares in Teaching of Control Surveying Curriculum Design

XU Zhuokui

摘要: 讨论如何在控制测量(大地测量学基础)课程设计中合理使用软件教学,提出一种适当运用计算机软件的教学方法。实践证明,该方法能在将理论讲解透彻的前提下,高效地完成教学任务,具有一定的借鉴意义。

关键词: 控制测量; 大地测量学基础; 课程设计; 教研教改; Matlab

一、引言

控制测量(大地测量学基础)课程设计是测绘教学环节中的重要一环,它涉及高等数学、线性代数、矩阵论等基础课和数字测图(普通测量学)、测量平差、控制测量学(大地测量学基础)等专业课。该课程设计内容多且计算复杂,给该设计的教学带来了很大困难。目前各高校本课程课时一般为一周,课时的限制使得在教学中不能讲解过多的公式,也不能要求学生手算或编程完成大量的计算内容。因此对于大多数学生而言,该课程设计学习难度大,学习兴趣难以调动。但如果因为难度大而仅仅采用商业软件完成课程教学,则往往会由于商用软件涉及一些商业机密,导致学生不明白其中原理,达不到教学目的。因此,为了提高教学效率,保证教学目的,并使教学内容尽量与工程实践相统一,应采用合适的计算机教学方法。

二、利用 Matlab 进行理论教学

Matlab 计算能力强大,尤其是矩阵计算,省时直观,适用于理论教学过程中展示计算实例,用以讲解理论公式的计算过程。在讲解控制网模拟法精度评估过程中,由于 Matlab 软件可同步展现中间计算结果,因此可在讲解完理论公式后,以实例辅助理解计算的理论模型和过程。讲解模拟法精度评估过程如图 1 所示。

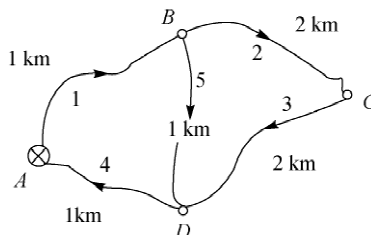


图 1 某四等水准观测方案示意图

1. 所用平差理论

选定 B、C、D 点高程 X_1 、 X_2 、 X_3 作为参数,误差方程为

$$V = B\hat{X} - l$$

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= \hat{X}_1 - H_A - L_1 \\ v_2 &= -\hat{X}_1 + \hat{X}_2 - L_2 \\ v_3 &= -\hat{X}_2 + \hat{X}_3 - L_3 \\ v_4 &= -\hat{X}_3 + H_A - L_4 \\ v_5 &= -\hat{X}_1 + \hat{X}_3 - L_5 \end{aligned} \right\}$$

法方程为

$$B^T P B \hat{X} - B^T P l = 0$$

其解为

$$\hat{X} = (B^T P B)^{-1} B^T P l$$

为评定精度,需计算单位权中误差

$$\sigma_0 = \pm \sqrt{\frac{V^T P V}{r}} \quad (r=2)$$

求得的高程值的中误差可由平差参数 X 的协方差阵表示

收稿日期: 2010-12-28

基金项目: 长沙理工大学教研教改项目(CN1104); 2008 年度国家级实验教学示范中心建设项目

作者简介: 徐卓揆(1979—),男,湖南宁乡人,博士生,主要研究方向为地理信息系统与测量工程。

$$D_{XX} = \sigma_0^2 Q_{XX} = \sigma_0^2 (B^T P B)^{-1}$$

2. 基于先验误差的预计算过程

Q_{XX} 与观测值无关, 只与该控制网的网形有关, 如图 1 中取每千米观测高差为单位权观测, 即按 $P_i = 1/S_i$ 定权, 单位权中误差为每千米高差的中误差, 按《国家三、四等水准测量规范》(GB12898—91) 中四等水准网每千米高差偶然中误差不超过 ± 5 mm 取值。因此如果按四等要求进行外业, 可以认为此例中单位权中误差 $\sigma_0 = \pm 5$ mm。在 Matlab 中输入

```
P = diag( [1/1 1/2 1/2 1/1 1/1] )
B = [1 0 0; -1 1 0; 0 -1 1; 0 0 -1; -1 0 1]
D = sig^2 * inv( B * P * B )
```

程序可分步输入 逐步显示中间成果 计算结果为

$$D_{XX} = \begin{bmatrix} 16.0714 & 12.5000 & 8.9286 \\ 12.5000 & 37.5000 & 12.5000 \\ 8.9286 & 12.5000 & 16.0714 \end{bmatrix}$$

故图 1 方案的四等网按规范实施后有

$$m_{H_B} = m_{H_D} = \pm 4.01 \text{ mm} \quad m_{H_C} = \pm 6.12 \text{ mm}.$$

3. 基于模拟观测数据的预计算过程

假设 A、B、C、D 点高程, 假设观测值序列为 L , 进行精度评定, 具体说明如下。

(1) 假设各点高程

假设各点高程为 $H = [0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5]^T$, 点间高差为 $h = [1 \ 1 \ 1 \ 2 \ -3]^T$ 。

(2) 加入模拟误差

为模拟观测过程, 可对 h 加入模拟误差。

1) 产生随机序列符合 $N(0, 1)$ 的正态分布序列以模拟偶然误差产生的可能性; 考虑到在水准测量中偶然误差产生与测段长度 S_i 有关系, 因此令 $\varepsilon_i = S_i \cdot \varepsilon'_i$, 将 ε' 修改为 ε (也可令 $\varepsilon_i = \sqrt{S_i} \cdot \varepsilon'_i$)。

2) 取单位权观测值为每千米高差观测值, 单位权中误差为每千米高差中误差, 并取 $\sigma_0 = \pm 0.005$ m, 定义模拟误差项 $\Delta = \sigma_0 \cdot \varepsilon$ 。

3) 定义模拟观测值 $L = h + \Delta$ 。

(3) 对模拟观测值进行平差

由于得到了模拟观测值, 则该测量方案的精度即可按一般平差问题求解 D_{XX} , 完成精度预估。

对应的在 Matlab 中输入

```
H = [0 1 2 3]'; h = [1 1 1 -3 2]'; s = [1 2 2 1 1]';
v = diag( randn(5) ) * s;
v = v * 0.005;
L = h + v;
x = inv( B * P * B ) * B * P * L;
V = B * x - L;
sig = sqrt( V * P * V / 2 ) * 1000;
```

$$D = \text{sig}^2 * \text{inv}(B * P * B)$$

计算结果为(此处结果不唯一)

$$D_{XX} = \begin{bmatrix} 6.0292 & 4.6894 & 3.3496 \\ 4.6894 & 14.0681 & 4.6894 \\ 3.3496 & 4.6894 & 6.0292 \end{bmatrix}$$

故图 1 方案的四等网按规范实施后有

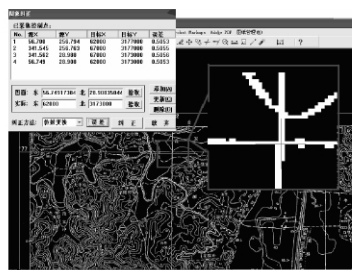
$$m_{H_B} = m_{H_D} = \pm 2.46 \text{ mm} \quad m_{H_C} = \pm 3.75 \text{ mm}.$$

根据两种不同的计算过程, 可引导学生思考计算结果差异产生的原因, 进而说明前者估值保守、后者估值具有概率意义的特点。

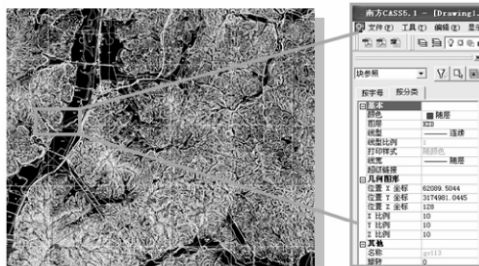
三、利用 CASS 进行方案设计和观测量量取

传统的控制设计是在小比例尺地图纸上进行的, 这样做不便于反复修改, 同时设计完成后不便于量算模拟观测量进行精度估算, 采用 CASS 可避免这些缺点。具体做法:

- 1) 教师可将设计区域小比例尺地形图扫描成 TIFF 图片。
- 2) 将设计背景图导入 CASS 中, 并进行纠正: CASS→工具→光栅图像→插入图像。
- 3) 进行图像纠正: CASS→工具→光栅图像→图像纠正, 选择图上有坐标的若干点进行坐标变换, 使得图像具有平面坐标, 如图 2(a) 所示。
- 4) 在 CASS 里进行方案设计, 由于图像已具有平面坐标, 可直接用鼠标从图上量取模拟观测量, 如图 2(b) 所示。



(a) 图像纠正



(b) 方案设计与模拟观测量量取

图 2 利用 CASS 进行图上设计与模拟观测量的量取

四、利用多种软件进行精度论证

控制测量课程设计中一般需要完成高程控制和平面控制, 工作内容较多且复杂, 如果要求学生在完成方案设计后, 以手工计算或在 Matlab 中编程完成全部的精度论证和评估工作在时间上不允许。因此在前文中使用 Matlab 完成理论讲解后, 可使用商用软件完成模拟观测控制网的精度论证计算工作。下文简要介绍目前常见的商用软件。

如采用先验误差模拟法, 可使用《控制网设计与优化程序》电算, 如图 3 所示。

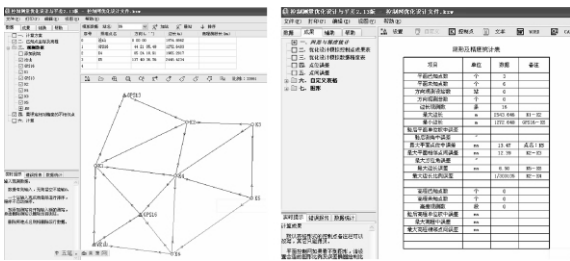


图 3 控制网设计与优化程序

如采用模拟观测法, 可使用《科傻(Coswin)》系统电算, 该软件还能模拟非同等级观测条件下的各种网形的精度预估, 如图 4 所示。

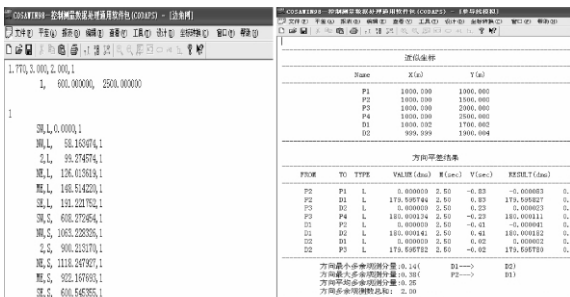


图 4 科傻(Coswin)系统程序

如果不具备上述软件, 也可采用 Matlab 软件产生随机误差模拟观测值, 然后使用其他一般平差软件进行常规平差计算得到预估精度指标, 但操作时间比上述软件稍长。

五、结束语

随着计算机技术的发展, 测量数据处理在很大程度上已经依靠软件来完成。在控制测量课程设计教学上, 为了在时间紧、内容多的情况下高效、高质地完成教学任务, 必须引入软件辅助教学。但为了避免使用商业软件使学生只懂输入和输出, 软件在教学中的应用应当注意“度”。本文使用 Matlab 这一数学工具全过程演示了精度预估的理论过程, 同时采用了商业软件来完成最终设计方案计算, 其成果可供平差和其他相关教学活动借鉴。

参考文献:

- [1] 聂桂根. Matlab 在测量数据处理中的应用[J]. 测绘通报, 2001(2): 39-40.
- [2] 覃辉. 数学工具软件对测量平差教学改革的启示[J]. 测绘工程, 2002(3): 57-61.
- [3] 白征东. Matlab 在测量平差教学中的应用[J]. 测绘通报, 2009(11): 73-76.
- [4] 孔祥元, 郭际明, 刘宗泉. 大地测量学基础[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2008.
- [5] 何仁斌. Matlab 6 工程计算及应用[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2001.

《超高阶重力位模型确定的理论与方法》出版

[本刊讯] 由王正涛、党亚民、晁定波所编著的《超高阶重力位模型确定的理论与方法》一书, 已于 2011 年 12 月由测绘出版社出版。

该书阐述了构建地球重力场模型的基础理论, 评述了这一领域的近代发展。主要内容包括: 多种重力数据源的精化方法和技术, 介绍了重力观测技术及其新发展, 以及观测数据向下延拓和内插推估等新的精化算法和技术; 多种数据源的融合处理技术, 介绍了全球多源实测重力数据和卫星测高、卫星重力观测数据以及空白区填充重力数据的获取和融合技术; 超高阶重力位模型解算的相关理论和算法, 介绍和评述了现有各种数值解算方法, 重点介绍了并行算法在重力位模型解算中的应用; 地球重力位模型的各种检验方法和技术。

该书系统和翔实地给出了确定超高阶地球重力位模型的数据准备和实用计算模型及其计算方法, 可作为相关地学学科研究人员和高等院校研究生的教学科研参考书。

该书为 16 开本, 定价 39.00 元。

(本刊编辑部)

