

· 工程测量 ·



GPS控制测量外业数据质量检核软件及其开发

黎学宇, 林吉兆, 贾登科

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州510230)

摘要: 我国测量规范对GPS测量外业数据质量检验对象是三维坐标分量, 而大多用户使用的平差软件(TBC)的检验对象则是水平分量和垂直分量。如何以三维坐标分量方式统计环闭合差并区分同步环及异步环是应用TBC软件必须解决的问题, 目前国内尚未发现针对TBC三分量闭合差计算的商业软件。结合港珠澳大桥珠澳口岸人工岛GPS控制网工程实践, 给出编制GPS外业观测质量检核软件可行的方法。

关键词: 外业数据质量检核; TBC; 三维坐标分量; 同步环; 异步环

中图分类号: P 228.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)07-0118-04

Checking of field data quality in GPS control survey and software development

LI Xue-yu, LIN Ji-zhao, JIA Deng-ke

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: According to the relevant GPS codes of our country, the method of loop closure checking is used to calculate 3D coordinate components separately. While in Trimble Business Center (TBC) software, the method of loop closure checking is to calculate the horizontal and vertical components separately. How to calculate the loop closure with 3D coordinate component mode and how to distinguish simultaneous loop and independent loop is an important issue for implementing the required Code under TBC software. The paper is to discuss how to design the GPS field data quality program to solve the problem.

Key words: field data quality check; TBC; 3D coordinate component; simultaneous loop; independent loop

Trimble Business Center (TBC) 是美国Trimble公司最新推出的用于测绘工程的综合软件, 在我国有着广泛的应用。但由于TBC软件只能显示在水平方向和垂直方向上的闭合差, 无法按GBT 18314—2009《全球定位系统(GPS)测量规范》^[1] (简称规范)的要求以三维坐标分量方式进行同步闭合环和独立闭合环闭合差检验。笔者结合港珠澳大桥珠澳口岸人工岛GPS控制网工程实践开发了GPS闭合差计算程序, 实现了采用TBC的输出成果进行三分量闭合差统计及重复基线检核。

1 程序开发思路

我国GPS规范对闭合环的检核是通过三维坐

标分量进行的。理论上绕闭合环一周各基线向量坐标的代数和应为零^[4], 即

$$\begin{cases} W_x = \sum \Delta X \\ W_y = \sum \Delta Y \\ W_z = \sum \Delta Z \end{cases} \quad (1)$$

基线解向量信息是完成后续处理的基础, 要计算环闭合差及其限差, 最终需要 ΔX , ΔY , ΔZ 这3个原始数据, 而在Trimble数据交换文件及矢量列表报告中存储着这样的信息。

Trimble数据交换文件内容分[General]、[Stations]、[Keyed In Coordinates]、[Observed Coordinates]和[GPS]等几个部分, 需要的基线数据在[GPS]部分, 其一行的格式如下:

收稿日期: 2013-05-06

作者简介: 黎学宇(1977—), 男, 工程师, 主要从事水运工程测量工作。

Vector=1:?:L9:L5:-237.6683:381.5101:-986.7190:.00000016:-.00000014:-.00000008:.00000039:.00000016:.00000018:1.355:1.566:Postprocessed:85.4:.005:1.508:04 07 2011:23 50 41.0:05 07 2011:01 04 01.0:E:Static or fast static:Static or fast static:Fixed:L1。

用冒号分割, 第1~5项为起点、终点和 ΔX , ΔY , ΔZ ; 第20~23项为观测起始日期、起始时间, 观测终止日期、终止时间。

TBC报告中的矢量列表文件(html格式)包含了矢量ID、起始点ID、终点ID、解类型、开始时间、停止时间、持续时间、水平精度、垂直精度、椭球距离、 ΔX , ΔY , ΔZ 等信息。

矢量列表文件保存基线矢量ID信息, 统计闭合差可以更好结合TBC平差报告进行分析, 但是不能处理旧版本的TGO软件闭合差; Trimble数据交换文件适应性更广, 可以对TGO等软件进行闭合差统计, 但是没有基线矢量ID, 两种格式文件各有优点。程序使用Visual Basic 6.0进行编制, 为了提高程序的适应性及实用性, Trimble数据交换文件及矢量列表报告均可以作为源数据进行GPS外业数据质量检核。

采用Line Input函数按行顺序读取数据交换文件中的“[GPS]”部分内容, 可以提取出每条基线向量的信息。对于矢量列表文件(html格式), 需要调用ADODB.Stream读取文本文件。注意到矢量列表文件的基线向量信息是表格数据, 因此读取文件后使用Split函数分割” </td>”并结合Mid函数将可以得到基线向量的信息, 并储存在自定义的结构数组中。

2 程序设计

TBC闭合差计算程序主要包含基线提取、重复基线统计、同步环统计、异步环统计等模块, 程序编写流程见图1。

2.1 重复基线提取检核

重复基线的提取在已经提取的基线基础上进行。由于基线向量是有方向性的, 两点之间的基线, 起点不同或观测时间不同, 基线也就不同。

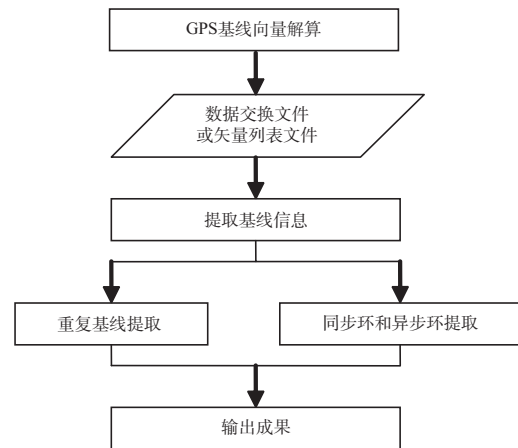


图1 TBC闭合差计算程序流程

所以在基线数据中提取重复基线不仅仅是寻找起点和终点一样的基线, 还需要提取起点等于另一条基线终点且终点等于另一条基线起点的基线。

在实际算法实现时采用两次循环, 判断两基线起点终点是否一样即可。提取出重复基线后, 利用基线坐标三分量计算各基线长度, 对2个不同观测时段的基线进行较差的计算^[3]。

对于重复边的检核, 规范规定: 复测基线的长度较差应满足以下公式:

$$d_s \leq 2\sqrt{2}\delta \quad (2)$$

式中: δ 表示基线测量中误差。

根据检验标准, 依据相应的精度要求进行检核。输出重复基线检查报告, 报告内容包括各重复基线的长度较差、限差、距离等, 并区分合格与不合格基线做一定的统计及显示, 见表1。

表1 重复基线统计

解文件	日期	基线长	DX	DY	DZ
B1	2009-07-11	832.050	766.818	235.024	221.507
B2	2009-07-11	832.048	766.815	235.027	221.506

注: 从点为ZQ1, 到点为ZQ2, 平均边长=832.049, 较差=0.002允许差=0.029, 评定结果为合格。

2.2 闭合环的提取及计算

基线提取出来后开始构建闭合环, 因为GPS需统计的闭合环的边数一般为3~4(图2, 3)边, 下面只说明3~4边的判断方法^[2]。

选一点A, 根据A提取从同一点出发的两条基线AB和AC, 相当于先确定闭合环的两条相邻边, 再可依下面的方法寻找闭合环余下的边。

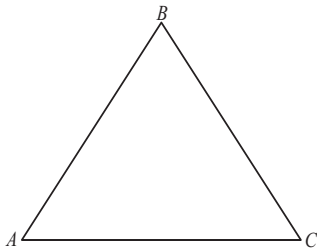


图2 三边环

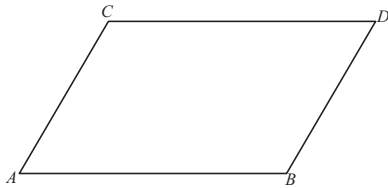
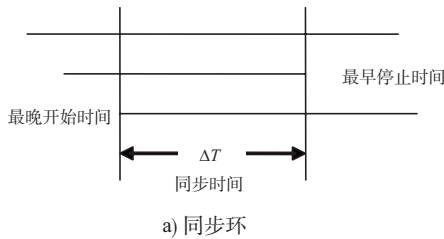


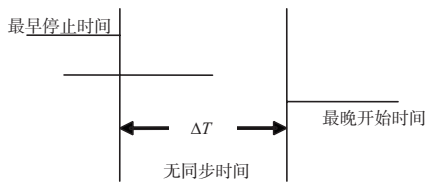
图3 四边环

1) 三边闭合环的判断。如图2，如果提取的两条基线的另一端B和C共线，则可构成三边闭合环。确定共线的方法很简单，只需查找与B点对应的基线，如果有一基线的端点为C，则B和C共线。

四边闭合环的判断。如图3，在B和C对应的基线中各取一条(CD和BD)进行比较，如果这两条基线的另一端点为同一点且点名不为A，则可认为构成了四边闭合环。



a) 同步环



b) 异步环

图4 同步环与异步环判断

由于每条基线向量是有方向的，编程时需要考虑组成闭合环基线的方向，以确定基线三分量 ΔX , ΔY , ΔZ 的正负号，正确计算出闭合环的三分量闭合差。需要使用多重循环结构，分多种条件编写程序代码，构建闭合环要做到不重复、不遗漏。

构建闭合环后需要区分同步环与异步环。同步环与异步环是根据环中各基线是否存在同步观测时间来判断，这就需要各基线的开始时间与停止时间。以3节点组成的三角形环为例，根据闭合环中3条基线的各自观测时间，寻找出最晚开始时间与最早停止时间，用最早停止时间减去最晚开始时间得到同步观测时间 ΔT ，当 $\Delta T > 0$ ，且其绝对值大于某一给定的阈值 ΔT （如40 min）时，则可认定由该3条基线组成的三角形为同步环，反之，则为异步环^[3]，原理如图4所示。

区分同步环与异步环后，即可计算各环闭合差的限差。

规范^[1]规定：独立闭合环或附合路线坐标闭合差 W_s 和各坐标分量闭合差（ W_x, W_y, W_z ）应满足以下公式：

$$\begin{cases} W_x \leq 3\sqrt{n\delta} \\ W_y \leq 3\sqrt{n\delta} \\ W_z \leq 3\sqrt{n\delta} \\ W_s \leq 3\sqrt{3n\delta} \end{cases} \quad (3)$$

$$W_s = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad (4)$$

式中： n 为闭合环边数； δ 表示基线测量中误差。三边同步环坐标分量闭合差（ W_x, W_y, W_z ）应满足以下公式：

$$\begin{cases} W_x \leq \frac{\sqrt{3}}{5}\delta \\ W_y \leq \frac{\sqrt{3}}{5}\delta \\ W_z \leq \frac{\sqrt{3}}{5}\delta \end{cases} \quad (5)$$

在程序设计中，使用VB调用EXCEL实现成果报表的输出，对每个闭合环显示环路点名、环长、平均边长、三分量闭合差及其限差、全长闭合差及其限差，并判断闭合环是否合格，直观明了（表2）。

3 软件在港珠澳大桥勘察的应用

为了验证程序的正确性，应用闭合差计算程序对港珠澳大桥珠澳口岸人工岛控制网进行处理与分析。

项目组采用Trimble R7 / R8双频GPS接收机以GZA04和GZA05作为起算点，GZA06为校核点，在珠澳口岸人工岛周边区域布设GPS控制网

表2 同步环、异步环统计

同步异步	环路	解文件	环长	平均边长	项	闭合差	允许	PPM	结果
同步环	ZQ3	B1 B18 B3	3 807.132	1 269.044	W_x	-0.003	0.005	0.83	合格
	ZQ1				W_y	0.000			
	GZA06				W_z	0.001			
	ZQ3				W_s	0.003			
异步环	GZA06	B39 B24 B26	9 368.537	3 122.846	W_x	0.006	0.136	1.16	合格
	GZA05				W_y	-0.009			
	ZQ2				W_z	-0.001			
	GZA06				W_s	0.011			

(图4), 该网内基线共34条, 重复观测边11条。

TBC的环闭合差报告只能显示在水平方向和垂直方向上的闭合差, 无法以三维坐标分量方式进行同步闭合环和独立闭合环闭合差检验, 很难判断GPS外业数据是否达到规范要求。

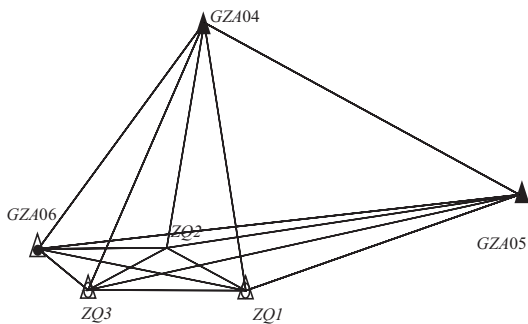


图5 GPS控制网示意图

用TBC软件处理网中基线, 输出“Trimble数据交换文件 (*.asc) 和“矢量列表报告”, 分别导入到闭合差计算程序中进行处理, 对GPS网进行重复基线检验、同步环与异步环判断及闭合差计算, 共构成242个闭合环(以3个节点统计), 其中同步环34个, 异步环208个, 结果以电子表格的形式输出, 检验结果见表1, 2。抽取部分闭合环手动计算, 计算结果与本程序计算结果完全相符, 表3为不同软件计算结果比较。

表3 不同软件计算结果比较

软件名称	同步环个数	异步环个数	全长闭合差与手动计算值比较
TBC软件	242 (未分同步/异步环)		
GPS闭合差计算程序	34	208	符合

4 结语

闭合差计算程序基于TBC软件已有的输出成果进行有关计算, 确保计算数据的准确性; 解决了TBC软件不能对重复基线依据规范的检验; 解决了TBC软件不能区分同步环和异步环并按环的三维坐标分量进行闭合差统计的问题。

通过多个项目的GPS控制网平差数据进行检核, 计算结果完全符合要求, 取得良好的使用效果。

参考文献:

- [1] GB/T 18314—2009 全球定位系统(GPS)测量规范[S].
- [2] 罗贤茂, 陈军胜. 在TGO中实现以三维坐标分量方式统计环闭合差[J]. 四川测绘, 2007(1):41-43.
- [3] 白铁勇. TGO辅助程序设计[D]. 四川: 成都理工大学, 2010.
- [4] 周忠谟, 易杰军, 周琪. GPS 卫星测量原理与应用[M]. 北京: 测绘出版社, 1997.

(本文编辑 武亚庆)