

文章编号:1001-4179(2013)20-0017-04

跨河水准测量电子记录与计算程序的开发应用

张辛,赵海,李志鹏,任宏旭

(长江勘测规划设计研究院 测量公司,湖北 武汉 430010)

摘要:在跨河水准测量中,运用经纬仪倾角法测量具有跨距大、精度高的特点,因而使用较多,但该方法存在较繁琐的内外业数据计算和处理工作,并需要实时反馈限差情况。为解决此问题,在微软移动智能设备的操作系统下,开发出经纬仪倾角法跨河水准测量电子记录与自动计算程序。该程序在相关工程项目中进行了试用,其实际应用的可行性与计算的正确性得到较好验证。

关键词:跨河水准测量;经纬仪倾角法;C#语言;移动智能设备;数据库

中图分类号:TP391 文献标志码:A

跨河水准测量作为高程传递的一种特殊方法,在国家大型水利水电建设及大型桥梁施工等项目中应用较为广泛,特别是在长江流域、沿海经济发达地区更为普遍。跨河水准测量的主要方法有光学测微法、水准仪倾斜螺旋法、经纬仪倾角法、测距三角高程法和GPS测量法等。光学测微法只适用于距离500 m以下的跨河水准测量,水准仪倾斜螺旋法主要用于1 000 m以下跨距的水准测量,另3种测量方法的最大跨距则可达3 500 m^[1-3]。行业内以经纬仪倾角法的使用较多,如在葛洲坝水利枢纽、隔河岩水利枢纽、万安水利枢纽、三峡水利枢纽、南水北调中线穿黄工程、舟山大陆连岛工程、江阴大桥、南京三桥、苏通大桥等大型工程中都使用该方法,取得了高质量的高程控制成果。

然而在使用经纬仪倾角法时,通常的测量视线长度长,观测的测回数多,导致内外业数据计算繁琐且处理工作量大。并且高精度观测对测回限差要求高,需要实时计算限差情况,确认观测成果准确性。针对上述情况,此前虽有PC-E500等计算器上的观测记录程序,但计算器界面不够友好,程序与数据保密性较差,数据处理能力较弱,通信能力有限,并面临停产换代的形势。而以windows风格为主的移动智能设备体积小、界面友好、操作简单、数据处理能力强、通信便捷^[2]。因此,本文对在微软移动智能设备的操作系统

下开发的,经纬仪倾角法跨河水准测量自动计算与记录程序进行介绍,供业内同行参考借鉴。

1 经纬仪倾角理论方法简介

经纬仪倾角法的基本原理是,用经纬仪观测垂直角,间接求出视线水平时中丝在远、近水准标尺上的读数,二者之差就是远、近立尺点间的高差^[4]。

观测近尺时(如图1所示),使望远镜中丝照准与水平视线最邻近的水准标尺基本分划的分划线 a 处,此时的垂直角为 α ,则相当于水平视线在近尺上的读数 b ,表达式为

$$b = a_1 - x = a_1 - \frac{\alpha_1}{\rho}d \quad (1)$$

式中, a_1 为望远镜中丝照准水准标尺上基本分划的分划线注记读数; d 为仪器至水准标尺的距离; α_1 为倾斜视线的垂直角,用经纬仪的垂直度盘测定; ρ 为常数,单位为角秒。

对远尺观测时,则照准安置在水准标尺上的觇板,用于此法的觇板只需两条标志线。如图2所示,使觇板的两标志线对称于经纬仪望远镜的水平视线,并将觇板固定在水准标尺上。将望远镜中丝分别照准两条标志线,则相当于水平视线在远尺上的读数 A ,表达式为

收稿日期:2013-06-24

基金项目:湖北省博士后创新岗位基金资助项目

作者简介:张辛,男,工程师,博士后,研究方向为大地测量与测量工程。E-mail:zsimba@163.com

$$A = a_2 + x = a_2 + \frac{\alpha_2}{\alpha_2 + \beta_2} l \quad (2)$$

式中, a_2 为觇板的下标志线在水准标尺上的读数, 可按觇板指标线求得; α_2, β_2 为照准觇板标志时倾斜视线的垂直角, 用经纬仪的垂直度盘测定; l 为觇板两标志线之间的距离, 可用一级线纹米尺预先精确测定。

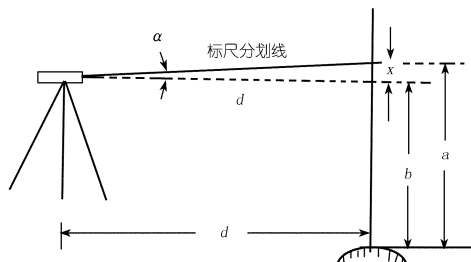


图 1 近尺观测示意

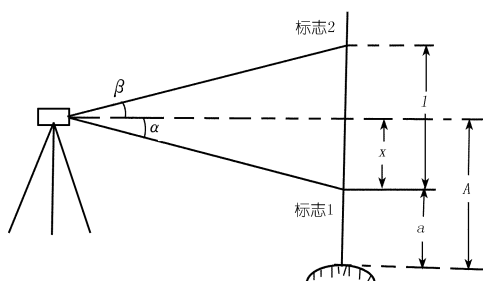


图 2 远尺观测示意

计算结果时, 各观测位置的跨河高差 h 与高差中误差 M_h 的计算公式分别如 (3)、(4) 两式, 其中, n 为各观测位置的测回数。

$$h = b - A = \left(a_1 - \frac{\alpha_1}{\rho} d \right) - \left(a_2 + \frac{\alpha_2}{\alpha_2 + \beta_2} l \right) \quad (3)$$

$$M_h = \sqrt{\frac{\sum (h - \bar{h})^2}{n(n-1)}} \quad (4)$$

2 软件系统开发

2.1 运行环境与编程语言

该程序是在 Microsoft Visual Studio 2008 软件平台上, 使用面向对象的 C# 语言进行编制的。在嵌入式智能设备操作系统的编程中, 最初阶段主要是通过 EVC, 使用 C 或 C++ 等语言开发。在 WinCE6.0 之后, .Net 环境下智能设备开发的便利性使许多程序员转向使用 C# 进行智能设备开发^[5]。其中, .Net 是微软的新一代技术平台, 能构建应用于互联网分布式的应用系统, 这些系统是标准的、互通的、稳定的、高性能的和适应变化的。而 Microsoft Visual Studio 2008 是微软发布的 .Net 系列开发工具之一, 与主流 windows7 系统使用的 3.5 版本的 .Net 框架相对应, 并且它是支持智能设备开发的最完善的软件平台。

软件开发使用的 C# 语言则是由 C 和 C++ 衍生出来的面向对象的编程语言, 它在继承 C 和 C++ 强大功能的同时去掉了一些复杂特性 (如宏、模版、指针和多重继承), 并综合了 VB 简单的可视化操作和 C++ 的高运行效率, 以其强大的操作能力、优雅的语法风格、创新的语言特性和便捷的面向组件编程的支持, 成为 .Net 开发的首选语言。在嵌入式智能设备编程中, 为了发送通知、传递数据, 对象间的通信是一个重要问题。在 .Net 环境下, 使用 C# 语言能更便捷地采用事件机制进行通信处理。

2.2 程序功能简介

该程序是依照《国家一、二等水准测量规范》(GB/T12897-2006) 的要求, 根据经纬仪倾角法的理论方法逐步编写的。程序分为在智能设备上运行的数据采集端程序与电脑上运行的计算总结程序, 其中, 智能设备上的程序又包括测前准备、近尺观测记录、远尺观测记录、结果调阅 4 个模块。

(1) 测前准备模块。程序运行时, 只有先点击并填写测前准备模块后, 才能激活后续的程序模块。测前准备模块包括测区名称、观测年号与远尺观测组数的输入, 以及取数方法与水准标志刻划间距的选择。其中, 取数方法可选择中数法或和数法, 而水准标志刻划间距则包括 1 cm 与 0.5 cm 两种选项。

(2) 近尺观测记录模块。点击进入近尺观测记录模块时, 首先弹出的是“近尺参数设置”窗体, 用以填写测站信息, 包括测站、观测日期、经纬仪型号、标尺编号、观测者、记录者; 填写近尺相关数据, 包括近尺照准标志分划读数、本岸近尺距离; 并填写自然条件信息, 包括天气、温度与风力。

上述信息填写完备后, 才能点击进入“近尺观测”窗体。该窗体内主要填写盘左与盘右的上、下边缘读数, 每个读数读 2 次, 相应需要填写 8 套数据, 然后点击计算按钮, 程序会自动计算垂直角、指标差与近尺观测结果, 并进行超限与否的提示。

(3) 远尺观测记录模块。点击进入远尺观测记录模块时, 首先弹出的也是“远尺参数设置”窗体, 用以填写测站信息、远尺标志读数与自然条件信息, 然后点击进入“远尺观测”窗体。在此窗体中, 会根据用户设置的组数情况自动计数, 一个窗体可以完整地填写一组数据的盘左、盘右上下标志读数共 16 套数据, 并计算出相应的垂直角与指标差。

针对结果情况, 用户可自主决定是否记录数据。当数据库中的记录已达到了设定的组数时, 测回记录结束时会自动弹出“远尺观测结果显示”窗, 用以显示本测回的垂直角与指标差的平均值、最大互差, 以及远

尺观测结果。

(4) 结果调阅模块。当上述的三个模块均处于激活状态时,结果调阅模块才会被激活。用户在“结果调阅”窗体中选择要调阅的测区名称、要调阅的测回号,窗体就能显示相应的近尺观测结果“ b ”、远尺观测结果“ A ”,以及测回结果“ $b - A$ ”。

(5) 计算总结程序。外业记录工作结束后,可将移动智能设备中的观测结果传输到台式或便携电脑中,并用计算总结程序输出为规范的数据成果。智能设备中存储生成的移动数据库文件为特定的. sdf 格式,用户无法任意修改。运行计算总结程序直接读取数据库文件后,有“输出观测记录表”、“输出结果记录表”与“输出中误差表”3 种功能选项,用户可以点击相应按钮直接生成结果文件。数据的输出与生成都是在全封闭的程序环境中进行,从而保证了数据结果的安全性与有效性。

3 关键技术

3.1 移动数据库的高效使用

该软件涉及较大数据量的记录与计算,并且要考虑智能设备与台式 PC 机的数据连接,因此首先要选择合适的数据库类型,满足数据的高效使用。目前在 PC 机上常用的数据库产品包括 Microsoft SQL Server、Microsoft Access、Oracle、Visual FoxPro 等。而在微软的移动智能设备中,由于内部嵌入了 SQL CE 的数据库引擎,因此,该软件的编制过程选用了 SQL SERVER Mobile Compact Editor 3.5 版本的移动数据库。SQL SERVER Mobile 移动数据库平台隶属于 Microsoft SQL Server 这种关系型数据库管理系统,它能以很小的内存开销提供所需的关系数据库功能,并具有可靠的数据查询、存储与连接功能。

由于智能设备不支持常用的 OLEDB 连接方式,只能使用 SQLSERVER . Net 的连接方式。因此,在软件中需要增加 System. data. sqlserverCe 的引用,并在需要连接的类中也增加 using System. data. SqlServerCe 的命名空间。此外,在数据库链接类名、命令类名及记录集类名中都需要使用包含 Ce 的类。进一步地,该程序需要将 Windows 应用程序窗体中编辑的数据发回数据库进行更新。针对上述需求,程序使用了 TableAdapter 类。它能提供应用程序和数据库之间的通信,其方法包括 Fill、Update、Insert、GetData、ClearBeforeFill 等,可以充分满足编程中的数据填写、数据更新、数据添加等各项功能。

3.2 超限遍历与重测判断

在经纬仪倾角法跨河水准测量中,有多重的限差

要求。如,近尺与远尺观测时都要求盘左或盘右同一边缘 2 次照准读数差应不大于 $3''$;远尺观测时同一标志线 4 次照准读数之差不得大于 $3''$;远尺多组观测后,各组算出的上、下标志线的倾角 α 或 β 的组间互差不应大于 $4''$ 等。并且,因相关规范对外业观测有对岸同步与时段上的严格要求,因此该软件在外业记录时需实时地计算与反馈限差的满足情况。

读数限差的反馈较为简单,只需在完成数据输入并点击计算按键时激活互差检查程序块,程序块将遍历所有的读数差值。若互差超限则报警,若无超限则进入计算程序块。而在远尺多组观测中,组间互差的反馈机制就相对复杂。首先,观测的组数较多,当跨河视线长度达到 1 000 m 以上时,半测回的组数均要求 8 组。程序需对 8 组观测值分别求取垂直倾角,再两两间计算互差,若以人工方式完成,计算量大。在该程序中有比较地优化选择了嵌套式的循环语句,不仅加快了计算过程,且能筛选出个别观测质量较差的组予以重测。但是,当存在多个观测质量较差的组时,正确判断优先重测的组号就直接影响着观测效率,在前期的 E500 计算程序中,往往是对最先出现互差超限的组号报警重测,并且,即使有多个组超限也只有一个组报警。而该程序优化选择了数组标记的方式,当程序判断出第 x 组与其它组的互差超限时,则在代表第 x 组的数组上累加标记。当所有组的遍历完成后,通过统计数组标记,把超限最多的组的编号(可能是多个)存于一个新数组中,然后报警输出。该方法为外业观测人员高效地完成超限重测工作提供了便利。

4 工程应用实例

该程序在 2012 年丹江口库区的水准移测工程中使用,其中,丹江二桥的跨河视线长度为 640 m,丹江老虎胆的跨河视线长度为 692 m;两处的远尺观测组数均为 6 组,双边都观测了 24 测回。该软件与原 E500 软件分别在两处进行了同步观测记录与计算对比。

在外业观测记录中,两个软件实时反映的垂直角与指标差数值一致。但在远尺的观测中,当有多组观测的互差超限时,两个程序的报警方式不同,该程序能更优化地选择出超限最多的组号,如前第 3.2 节所述。在使用 PC 机的计算总结程序时,两套程序的结果基本一致,但有个别数值在 0.01 mm 位上有差别。后经检验发现,E500 程序在进位方式上没有采用标准的“奇进偶不进”方式,因此造成了相应差别^[6]。例如,丹江二桥第一位置第 9 测回的 h_1 为 $-0.393\ 21\ \text{m}$, h_2 为 $0.339\ 12\ \text{m}$,相应的测回高差中数在该程序中应为

-0.366 16 m;而在 E500 程序中则为 -0.36 617 m。最终得到的测量高差与中误差见表 1、表 2。其中,丹江二桥测量中运用两种程序得到的结果完全一致。而在丹江老虎胆的测量结果中,绝大部分结果也一致,仅在第二位置的高差中数上有 0.01 mm 的差别,用该程序计算得到中数为 0.257 78 m,而用 E500 程序计算得到的为 0.257 79 m。经核检,该差别是因“奇进偶不进”的取舍方式不同造成的。通过工程实际使用,验证了程序使用的可行性与计算的正确性,并在测算功能的细节方面,也有更好地提升。

表 1 丹江二桥测量高差与中误差

第一位置		第二位置	
高差中数	高差中数中误差	高差中数	高差中数中误差
$h'_{\text{中数}} = -0.36660\text{m}$	$Mh' = \pm 0.34\text{mm}$	$h''_{\text{中数}} = -0.36466\text{m}$	$Mh'' = \pm 0.50\text{mm}$
总体高差中数 $H = -0.36563\text{m}$		总体高差中数中误差 $M_H = \pm 0.30\text{mm}$	

表 2 丹江老虎胆测量高差与中误差

第一位置		第二位置	
高差中数	高差中数中误差	高差中数	高差中数中误差
$h'_{\text{中数}} = -0.25820\text{m}$	$Mh' = \pm 0.26\text{mm}$	$h''_{\text{中数}} = -0.25778\text{m}$	$Mh'' = \pm 0.31\text{mm}$
总体高差中数 $H = -0.25799\text{m}$		总体高差中数中误差 $M_H = \pm 0.20\text{mm}$	

5 结 语

跨河水准 Windows Mobile - PC 全系统软件开发

Development and application of electronic recording and automatic calculation program for river - crossing leveling

ZHANG Xin, ZHAO Hai, LI Zhipeng, REN Hongxu

(Survey Company, Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan 430010, China)

Abstract: River - crossing leveling is widely used in the construction of large - type water conservancy and hydropower project, bridge project etc, in which, theodolite angle method is the most popular due to its larger measuring span and high accuracy. But indoor and outdoor data processing work by this method is complicated and timely feedback of measuring tolerance is needed. For solving this problem, electronic recording and automatic calculation program for river - crossing leveling by theodolite angle method under operating system of Microsoft mobile intelligent devices was developed. The developed program was used in some project and its feasibility and calculation accuracy were verified.

Key words: river - crossing leveling; theodolite angle method; C# language; mobile intelligent devices; database

工程是在原 E500 软件的基础上进行平台转换与功能升级后,在 Microsoft Visual Studio 2008 软件平台上使用面向对象的 C#语言编制的。最终程序分为移动智能设备上运行的数据采集端程序与 PC 机上运行的计算总结程序。软件在丹江口库区的水准移测工程的现场中进行了实地应用,同时与其它程序进行了比对,均取得了较好效果。总体而言,跨河水准观测成果的电子化记录与自动化计算是相关测量方法向内外业一体化发展的关键,它有利于测量工作的规范化、标准化和科学化进程。

参考文献:

- [1] 肖学年,姬恒炼,葛志成,等. 国家一、二等水准测量规范[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [2] 李双平,裴灼炎,严建国. 水准观测电子化记录程序开发与应用[J]. 人民长江,2002,33(6):51-53.
- [3] 赵风雷,张潇,杨林松,等. GPS 跨河水准在南水北调穿黄工程中的应用研究[J]. 长江工程职业技术学院学报,2011,28(3):5-7.
- [4] 吴新强. 经纬仪倾角法在杭州江东大桥过江水准测量中的应用研究[J]. 测绘与空间地理信息,2012,35(2):205-206.
- [5] 吴政,陈喜春,熊修波. C#智能设备编程时基于消息和事件实现的对象间通信[J]. 工业控制计算机,2012,25(5):39-40.
- [6] 周正道. Excel 在水准测量计算中的应用[J]. 人民长江,2010,41(24):35-37.

(编辑:赵凤超)

水 是 生 命 之 源 生 产 之 要 生 态 之 基