

建筑沉降观测数据处理

黄育华¹, 倪宏宇²

(1. 广东省水利水电第三工程局, 广东 东莞 523710 2. 江苏省无锡市测绘院有限责任公司, 江苏 无锡 214031)

摘要: 简述了建筑沉降观测的方法和水准测量数据结构, 分析了建筑沉降数据处理的难点, 针对难点提出用关系数据库表结构来处理沉降观测数据的方法, 并以实例说明了该方法数据处理的效果。

关键词: 沉降观测; 数据处理; 数据库

中图分类号: TU196

文献标志码: B

文章编号: 1672-4623 (2008) 02-0117-03



Method for Settlement Observation Data Processing

HUANG Yuhua¹, NI Hongyu²

(1. Guangdong No.3 Water Conservancy and Hydro-electric Engineering Board, Dongguan 523710, China;

2. Wuxi Institute of Surveying and Mapping, Wuxi 214031, China)

Abstract: This paper described briefly the method of settlement observation and data structure of leveling and analyzed the difficulties of Settlement data processing, proposed the method for dealing with the observational settlement data with relational database table structure in view of difficulties, gave an example to show the results.

Key words: settlement observation; data processing; database

高层建筑的沉降变形情况如何, 直接关系到建筑物的安全使用。建筑沉降观测的目的不仅是为保证建筑物的正常使用和安全, 还为以后的勘察设计及施工提供可靠的资料及相应的沉降参数, 同时也为今后建筑物的结构和地基基础合理设计积累资料^[1]。

建筑沉降观测数据处理的基本方法是根据观测周期和相邻位置构建沉降变形数据的时间和空间序列的变化, 反映沉降过程。沉降观测的数据变化往往非常小, 相邻序列观测数据的变化可能会接近甚至小于观测仪器的分辨率。由于影响观测的外界因素很多而且难于控制, 在观测数据有限的情况下很难构造合适的数学模型。有些数学模型对有限的观测数据符合很好, 但是当数据量持续增加时会得出错误的预测信息^[2]。

建筑沉降观测数据处理的主要困难在数据累积和数据及时更新。有的沉降观测过程可能要长达几十年甚至几百年。沉降观测过程中所产生的原始观测手簿、计算评定成果和统计汇总资料会随时间推移迅速累积, 工程单位普遍做法是保留最近几期观测计算成果, 将前期观测计算成果滚动删除, 这样容易造成沉降数据序列不完整, 难以反映整个沉降变化过程。另外沉降观测随施工情况变化而数据序列频繁变化, 对于种类

繁多、数量庞大的沉降数据资料, 如果数据处理机制不完善, 就很难及时向建设监理单位反映沉降变化情况。

1 建筑沉降观测的方法及水准测量数据结构

建筑沉降观测需要在复杂多变、恶劣的施工环境中进行, 精度要求很高, 时间要求也非常紧迫。工程界和学术界已经开始使用摄影测量、卫星定位、激光扫描和合成孔径雷达技术进行变形观测的研究, 而传统水准测量方法具有观测精度高、成果可靠性强、操作方法简易、数据处理方法完善和观测成本低等优势, 依然是高精度高程信息获取的主要方法^[3]。尤其是建筑沉降观测一般局限在一个较小的范围内, 目前多数工程单位建筑沉降观测采用水准闭合线路法, 通过水准环线闭合差检验观测精度及成果可靠性。建筑沉降水准测量一般视线较短、测站数多且闭合条件较多, 因而采用每测站高差中误差来衡量水准网精度, 这与大范围水准网采用每 km 高差中误差来衡量水准网精度不同。对于测段长度不过几百 m、环线长度最长不超过几 km 的建筑变形水准网, 可以认为在线路往返不符值和环线闭合差都主要反映偶然误差影响。

水准测量是一种成熟的测量方法, 《国家一、二等

水准测量规范》(以下简称《规范》)对水准测量的观测方式、观测条件、测站设置、观测顺序和方法以及观测中应遵循的事项有严格的规定,水准观测手簿用表格形式可以清晰记录水准观测的各个环节。沉降水准测量要求将工作基点和观测点布设为闭合环、结点网或符合路线形式。水准点(工作基点和观测点)是水准网最基本的结构单位,测段是两相邻点间水准测线,水准路线是基准点间水准测线。闭合环和附合线路的闭合差要求是保证精度和可靠性的检核条件。

2004年捷克工业大学的 Doc. Ing. Ales Cepek 发表研究论文,讨论了四种电子水准仪(leica, sokkia, topcon, zeiss)工作机理和数据文件存储结构,并公布了电子水准仪记录文件转换成XML文件程序的源代码^[4]。水准测量数据结构模型为树结构,测量数据目录下分水准线路和限差两个子目录。水准线路由点构成,点分为水准点和转站点,水准点下面的元素包括点号、坐标,转站点下面的观测,根据精度需要划分等级,有两次和四次观测。高程观测值文件的结构如下:

```
{ 已知点点号, 已知点高程值
  ...
  { 测段起点, 终点, 高差, 距离, 测段测站数, 精度号
    ...[ ...]
```

该文件的内容分为两部分,第一部分为高程控制网的已知数据,它包括已知高程点点号及其高程值;第二部分为高程控制网的观测数据,它包括测段的起点号、终点号、测段高差、测段距离、测段测站数和精度号。有了高程观测值文件,可以在程序里重现水准网的拓扑结构,通过最短路径算法构建闭合环。这种文件编排法省略了水准线路构成,与以往水准观测文件的编排相比较是一项较大的改进。

2 建筑沉降数据处理的主要困难

建筑沉降数据处理的主要困难有四点:第一沉降现象本身复杂;第二沉降资料累积量大;第三沉降数据序列变更频繁;第四数据质量评定难度大。

在数据分析方面,沉降观测主要目的是反映沉降现象和沉降趋势,但沉降现象自身复杂,影响沉降量和沉降观测的因素很多而且难于控制,找出沉降变化的规律和趋势非常困难。沉降数据分析是工程界和学术界研究得比较多,也是意见比较难以统一的问题^[5]。

从资料管理考虑,沉降观测应及时提供符合《规范》要求的观测手簿、计算成果和统计汇总资料。随着建筑设计和施工工艺变革,建筑群的复杂程度越来越高,沉降观测的工作量越来越大,对观测方法和提交成果的技术要求也越来越高,观测资料会逐次累积

并随时间推移迅速增加。如果没有一套合理的资料管理体系,很难及时将更新资料向工程监理部门反馈。

为保证建筑施工及建筑本身安全需要长期、不间断地对监测对象实施观测。但施测现场环境复杂,很难长期保证观测方法、工作基准点、观测点和观测条件不发生变化,这些情况变化必然在沉降数据序列中体现出来,这样的数据序列频繁变更将会给数据处理带来非常大的工作量,有时候人力难以完成。

《建筑物变形测量规程》(JGJ/T 8 - 97 以下简称《规程》)对建筑沉降测量的等级及其精度要求进行了规定,但实际工作中,现场评定数据稳定性和灵敏度有一定困难,《规程》对这两项指标只有指导性意见没有明确的计算公式,计算这两项指标要求施工现场工程技术人员能熟练地使用数理统计软件,多数工程单位还不具备这样的条件。

3 建筑沉降数据处理的核心技术

面对沉降数据处理的困难,可考虑用关系数据库表结构来管理沉降观测数据。使用数据库来管理沉降观测数据有三个优点:第一数据文件安全性好;第二便于大型工程项目管理和权限设置;第三表达数据质量指标直观、明确。

从文件安全角度考虑,ASCII码原始观测数据文件可编辑,不能避免对原始观测数据文件的误操作和恶意更改,通过数据库表只读属性设置可以实现把原始观测数据与使用者隔离。

从大型工程项目管理和权限设置考虑,在多人协作的沉降观测项目中,需要并发控制和权限设置,针对不同关注重心使用不同视图表现数据,对此,可以这样设计数据库软件:直接读取电子水准仪和记录手簿数据文件,在视图里查看并编辑属性,以表格和纯文本的方式输出原始观测数据、平差结果和精度。

从检查数据质量方面考虑,《规程》各项技术要求都有相应计算公式和限差指标,在数据库表里可以设计技术指标及限差对照列,这样比程序输出结果更直观,更具比较效果。

目前,大型工程项目沉降观测数据处理,解决方案较多采用结合测量仪器开发的系统。中小项目沉降观测工作中,平差计算较多地使用商业软件,而对于观测数据管理、分析及最后报告生成,各单位工作流程差异很大:有的使用手工制作报表;有的使用电子表格软件制作;有的直接在数据库上操作;有的用Visual Basic等编程语言作开发平台,结合数据库管理数据,按系统架构完成。国内在沉降观测方案与系统

设计方面，主要发展方向是观测方案的综合设计和系统的数据管理与综合处理。

数据处理工作包括：编写沉降观测记录表、沉降量一览表；检查沉降观测数据质量；绘制沉降展开图、沉降曲线及预测残差图；决定沉降观测的周期与结束时间；分析沉降趋势有无异常情况。检查数据质量和分析沉降趋势的工作一般要在数理统计软件上做。本文使用 Excel 作为数据预处理的软件，使用该软件对沉降观测手簿进行整理，并对沉降量作初步分析，同时绘出沉降曲线图。为了能在 Excel 进行数据处理，我们对建设单位使用的《建设工程沉降观测记录表》略作变动，使得 Excel 表格中的数据可以通过数据链接、数据转换、或直接使用复制粘贴等方法导入数据库。

4 应用举例

无锡市华光大厦、珠宝城商厦建筑群项目建于无锡市中心商务区中山路与人民路交叉口西南处，华光大厦结构层数 39 层、建筑高度 140 m、建筑面积 52 000 km²；珠宝城商厦紧邻华光大厦东侧，结构层数 8 层、地下室 1 层、建筑面积 54 000 km²。珠宝城商厦 1993 年 5 月开始施工，1994 年 12 月封顶；华光大厦 1994 年初开始施工，1995 年 12 月封顶。华光、珠宝城建筑群周围高楼林立，交通繁忙，地质条件复杂，测区范围本身存在地面沉陷现象，项目建设施工周期较长，经历多个雨季和寒暑节气，建筑封顶后长期处于沉降活跃中，为此对该建筑群进行了长达 5 年的建筑沉降监测。其中对珠宝城商厦共进行了 31 次沉降观测；对华光大厦共进行了 41 次沉降观测。

华光、珠宝城建筑群沉降观测使用 Ni007 自动安平水准仪、钢瓦水准尺按二等水准要求进行观测。沉降观测采用水准闭合线路法，水准线路布设成 2 个闭合环。水准观测视距一般不超过 20 m，视线高度大于 0.8 m，架站时仪器前后距离大致相等。观测读数取至 0.05 mm，高差中数取至 0.01 mm。施工至正负零时进行首次观测，以后每升高 1 ~ 2 层进行一次沉降观测，大楼封顶后观测周期适当放长。施测现场检核环线闭合差，闭合差限差取 (n 为测站数)。在华光大厦南面、西面布设了 3 个工作基点，华光大厦沉降观测点布设在 4 个角点承重柱上，珠宝城商厦在各主要角点承重柱上共布设 7 个沉降观测点，2 个大厦的沉降观测采用同一工作基准。

华光大厦、珠宝城商厦建筑沉降数据预处理采用 Excel 软件，数据质量分析、沉降趋势预测采用 SYSTAT 公司的 Table Curve 2D v5.01 软件，数据模型采用时序系

列回归模型，回归函数为双曲函数。根据环闭合差计算每测站高差中数中误差 $m_{w\text{ 华光大厦}} = \pm 0.13\text{ mm}$ 、 $m_{w\text{ 珠宝城商厦}} = \pm 0.16\text{ mm}$ ，符合技术设计要求。回归分析复相关系数 $R^2=0.997$ 、回归标准差=1.161 3、F 检验=2 755.153，数据分析具有较高的置信度（见图 1）。

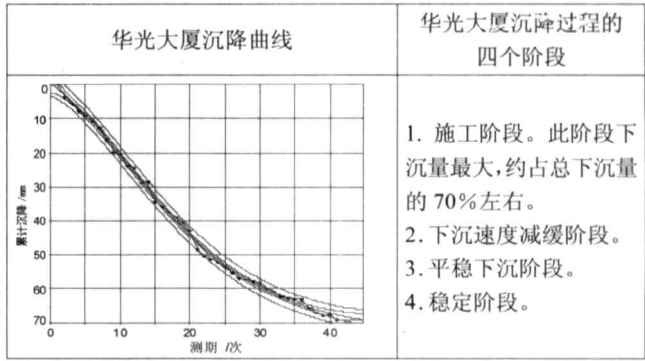


图 1 建筑沉降趋势分析

通过沉降数据分析发现华光大厦沉降现象起始于基础施工前后，沉降量随荷载增加而增大，大厦封顶前后沉降量增加很快，并有明显滞后现象，沉降保持了相当长的一段时间。当大厦内部设备安装结束荷载不再增加，反映出大厦处于沉降后期，逐渐趋于稳定。珠宝城商厦观测到第 10 期后，开始出现较明显不均匀沉降，靠近华光大厦的 3 个点的沉降量大于靠近中山路的 4 个点的沉降量。自第 12 期开始，沉降数据显示靠近华光大厦的 3 个点的下沉，靠近中山路的 4 个点上升现象，珠宝城商厦有向华光大厦倾斜的趋势，倾斜长达 3 年 8 个月，后逐步趋缓。根据珠宝城商厦不均匀沉降情况，对其基础深度 2 倍，半径 50 m 左右邻近建筑都进行了监测。沉降趋势最大预测残差出现在第 15 期，分析原因为第 14 ~ 15 期跨春节前后，施工进度不均匀，与递推出的结果有较大出入。其他几个较大的预测残差，第 16、19、20 期的情况也类似。分析认为在影响沉降的因素（如荷载、积水等）有明显变化时，靠自相关的递推得出的结论会与实际有较大出入，但总的置信度仍是很高的，同时随着数据量的增加，预测质量逐渐提高。

5 结 语

沉降观测是一项重复性、延续性工作。单次观测结构相对简单，多次观测构成序列数据，可以有效地反映沉降变化规律。基于数据库技术开发集成的沉降信息系统可实现沉降观测资料的计算机存贮、管理、统计、查询、分析以及数据可视化，是方便有效地管理、统计、预测、分析沉降数据的有效途径。应该说明的是，沉降机理复杂，沉降受多种因素的影响，对沉降的预测预报应区别不同的情况选择预测预报的方法。运

GIS 专业中地图学教学方法的研究



江 畅¹, 苏高华²

(1. 南京邮电大学 通信与信息工程学院, 江苏 南京 210003 ;

2. 中国地质大学(北京) 地球科学与资源学院, 北京 100083)

摘 要: 结合 GIS 专业的特点, 探讨了地图学课程在 GIS 专业课程体系中的作用, 并就传统教学方法存在的问题, 通过定位教学方法、引进大型作业环节和开设具有本校特点的实验课内容的研究, 提出根据学校特点开展地图学课程教学的方法, 培养学生的自主学习能力, 提高课程教学效果。

关键词: 地图学; 教学方法; GIS

中图分类号: P28

文献标志码: B

文章编号: 1672-4623 (2008) 02-0120-03

Teaching Methods for Cartography in GIS

JIANG Chang¹, SU Gaohua²

(1. College of Communication and Information Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China ;

2. School of the Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083 ,China)

Abstract: Combining the traits of GIS specialty, the cartography course's function in the curriculum of GIS and the traditional methods of teaching cartography were discussed in the paper. According the mains problems existing in traditional methods of teaching cartography, the teaching methods of cartography according the characteristic of school characters were proposed to develop the students' independent learning and to improve teaching effect, which were by the location of teaching method, the introduction of large homework link and setting up the experimental courses that have characteristic of school.

Key words: cartography ; teaching method ; GIS

地理信息系统是一门融地球科学、计算机技术、地图学、测绘科学、遥感、应用数学于一身的综合和集成的信息技术。我国的地理信息系统高等教育发展迅速, 自 20 世纪 80 年代中期以来, 一些高校陆续开设了以地理学、测绘学或计算机科学为背景的 GIS 专

业。由于依托的学科不同, 各高校 GIS 专业课程体系存在差异, 就地图学课程而言, 缺乏地学专业背景的工科院校的 GIS 专业, 往往受学科定位、师资力量、学时等方面因素影响, 在课程的设置方面显得薄弱。如何依托有限的条件加强地图学课程教育, 体现各校专

收稿日期: 2007-08-01

用时间序列分析法, 主要考虑观测数据自身规律性的东西。可以较准确地预测数据变化趋势, 并对沉降做出科学合理的解释, 但在沉降量较小的情况下应注意对观测误差的剔除。

参考文献

- [1] 崔晓东, 兰孝奇. 建筑沉降规律的综合时序分析[J]. 现代测绘, 2004(1): 34-36
- [2] 黄声享. 变形监测数据处理[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003
- [3] Chrzanowski A, Ding X L, Roberts G, et al. Goals and Achievements of fig Working Group WG6.1- Deformation Measurements and Analysis [R] Nomicos Conference Centre Santorini

(Thera) Island, Goals and achievements of FIG Working Group WG6.1, Greece. 11th FIG Symposium on Deformation Measurements, 2003, 25(2)

- [4] Čepek A. Analýza Vstupních Formátů Digitálních Nivelel Ních Pístrojů[D]. FIG Working Week WG2.0, České Vysoké Uení Technické PRAHA Fakulta Stavební Obor Geodézie a Kartografie
- [5] Tóth G. 3rd IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering and 12th FIG Symposium on Deformation Measurements Meeting Report[EB/OL]. IAG NewsLetter, July 2006. 2007-10-12

第一作者简介: 黄育华, 测量工程师, 从事多年工程测量及水利水电工程建设。