

doi:10.3969/j.issn.1001-358X.2016.04.016

# 齐云塔变形监测及数据分析

张中华

(洛阳市规划建筑设计研究院有限公司,河南 洛阳 471000)

**摘要:**文中通过变形观测分析,其结果能够为诊断建筑物受破坏情况提供原始资料,并非常精确地反映出建筑物受破坏的程度、范围,对齐云塔的维修和切实有效的治理提供较为可信的数据依据。

**关键词:** 变形监测; 数据处理; 形变分析

**中图分类号:** TB22      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1001-358X(2016)04-0060-03

## On deformation monitoring and statistical analysis of Qiyun Tower

Zhang Zhonghua

(Luoyang Research Institute of Architectural Design and Planning, Luoyang 471000, China)

**Abstract:** The paper explains that the deformation monitoring can provide original data which precisely shows the destruction of buildings. And then the reliable data basis is achieved for the effective maintenance and management of Qiyun Tower.

**Key words:** deformation monitoring; data processing; deformation analysis

变形监测是对被监测的对象或物体进行测量,以确定其空间位置及内部形态随时间的变化特征。现行规范规定:高层建筑物、高耸构筑物、重要古建筑物等均要进行变形监测,而随着测绘技术的迅猛发展,变形监测也越来越多的应用于古建筑物的维护中。本文结合变形监测在齐云塔中的应用进行分析讨论,并对相应的数据成功进行分析计算。

### 1 工程概况

洛阳白马寺位于洛阳市东郊,南临 310 国道,为国家重点文物保护单位。齐云塔位于白马寺东部,该塔始建于金大定十五年(1175 年),原名“释迦舍利塔”,又称“金方塔”、“白马寺塔”,座北朝南,由基座、塔身、塔刹三部分组成,为方形密檐式砖塔。塔边长 7.8 m,通高 35 m,塔身高 25 m,13 层。齐云塔由于年久失修,塔身、塔体损毁严重,加之塔基部分砖体酥碱,使塔身整体向西北倾斜。2008 年 8 月 16 日,该塔又遭雷电所击,西北角多层叠涩檐断裂、脱落,更使塔体岌岌可危。专家鉴定,该塔破坏程度应属最严重的一类,即 IV 类建筑。为此,洛阳市决定对该塔进行加固保护,工程将坚持不改变文物原状

的原则,尽可能恢复原有建筑的历史风貌。根据维修和保护的需要,白马寺决定对齐云塔进行变形观测,主要任务是对塔体垂直度、倾斜度和沉降变形情况进行观测,以便制定相关措施,为维修和保护提供技术依据。

### 2 齐云塔变形监测及数据分析

#### 2.1 观测方法

为了更直观的表达,利用树状图的形式对观测方法进行介绍(参见图 1)

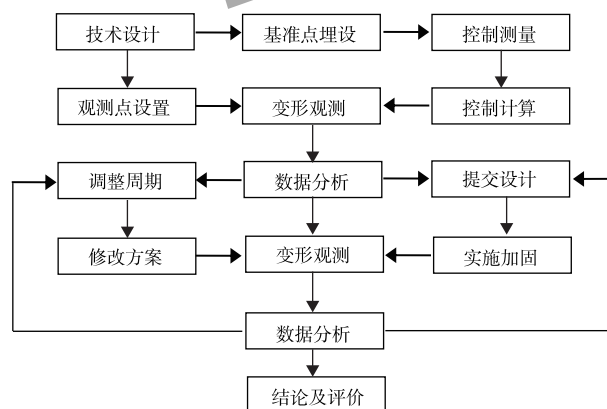


图 1 观测方法示意图

引用格式:张中华. 齐云塔变形监测及数据分析[J]. 矿山测量,2016,44(4):60-62.

## 2.2 数据分析

根据规范,平差计算应符合下列要求:

- (1) 应利用稳定的基准点作为起算点;
- (2) 应使用严密的平差方法和可靠的软件系统;
- (3) 应确保平差计算所用的观测数据、起算数据

准确无误;

(4) 应剔除含有粗差的观测数据;

(5) 应给出变形参数,并进行精度评定。

根据以上要求,平差计算采用专业软件在计算机上进行,按严密平差,以测站数或距离定权。内业计算时,观测计算成果的取值见表1。

表1 观测计算成果

级别	高差/mm	角度/"	边长/mm	坐标/mm	高程/mm	沉降量/mm	位移值/mm
二级	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

## 2.3 控制点稳定性检验

采用统计和比较方法对控制点进行稳定性检验。以2倍测量中误差为限差检验观测点的稳定性,大于2倍测量中误差定为不稳定。通过对观测数据进行分析,剔除观测误差对变形结果认定的影响。

(1) 基准点单独构网时,每次基准网复测后,根据复测数据与上次数据之间的差值,通过组合比较进行基准点稳定性分析判断。

(2) 基准点与观测点共同构网时,每期观测后,根据本期基准点数据与上次数据之间的差值,通过组合比较进行基准点稳定性分析判断。

(3) 基准点的稳定性也可以通过统计检验方法判断。

(4) 沉降观测过程中,当某期沉降变化出现异常时,应分析原因,排除观测本身错误后,及时对基准点稳定性进行检验。

## 2.4 位移观测数据处理

根据上部4个点的坐标推算出上部中心位置的坐标,同样利用下部4个点推算出下部中心位置的坐标;将每期上下中心点连线作为塔体中心线,与铅垂线比较,计算出塔体倾斜度以及倾斜方向;将上下中心点各期坐标位置进行比较,分别计算上下中心点的位移,并计算出垂直度。

## 2.5 沉降观测数据处理

### 2.5.1 观测结果的验算

每期观测后,在进行平差计算之前,应对观测结果进行必要的验算,主要是验证测站高差中数中误差符合规定的限差( $\leq \pm 0.5$  mm)要求。测站高差中数中误差计算采用以下方式:

(1) 按水准网环线或附合路线闭合差  $w_i$  计算测站高差中数中误差  $m_w$ :

$$m_w = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \frac{ww}{n} \right]}$$

式中: $N$  为水准环数; $n$  为各环的平均测站数。

(2) 按测段往返测高差不符值  $\Delta_i$  计算测站高差中数中误差  $m_\Delta$ :

$$m_\Delta = \pm \sqrt{\frac{1}{4N} \left[ \frac{\Delta\Delta}{n} \right]}$$

式中: $N$  为测段数; $n$  为各测段的平均测站数。

### 2.5.2 观测点变形分析

根据具体情况,可按照下面的方法和要求进行观测点变形分析:

(1) 观测点的沉降变化分析应基于以稳定的基准点作为起始点所作出的计算成果。

(2) 相邻两期观测点的沉降变化可通过比较观测点相邻两期的沉降量与最大测量误差(2倍中误差)来进行比较分析。当沉降量小于最大测量误差时,可认为该观测点在这2个观测周期内没有变动或变动不显著。

(3) 对多期沉降观测成果,当相邻周期变动小,但多期呈现出明显的变化趋势时,应视为有变动。

(4) 使用回归分析方法时,应以不少于10个周期的观测数据为依据,建立载荷或时间-沉降量的数学模型,绘制P-T-S曲线图。

(5) 根据各期观测数据和分析图表,对沉降变化情况综合分析并论述,对建筑物沉降变化情况进行评价。

白马寺齐去塔变形观测成果(参见图2)

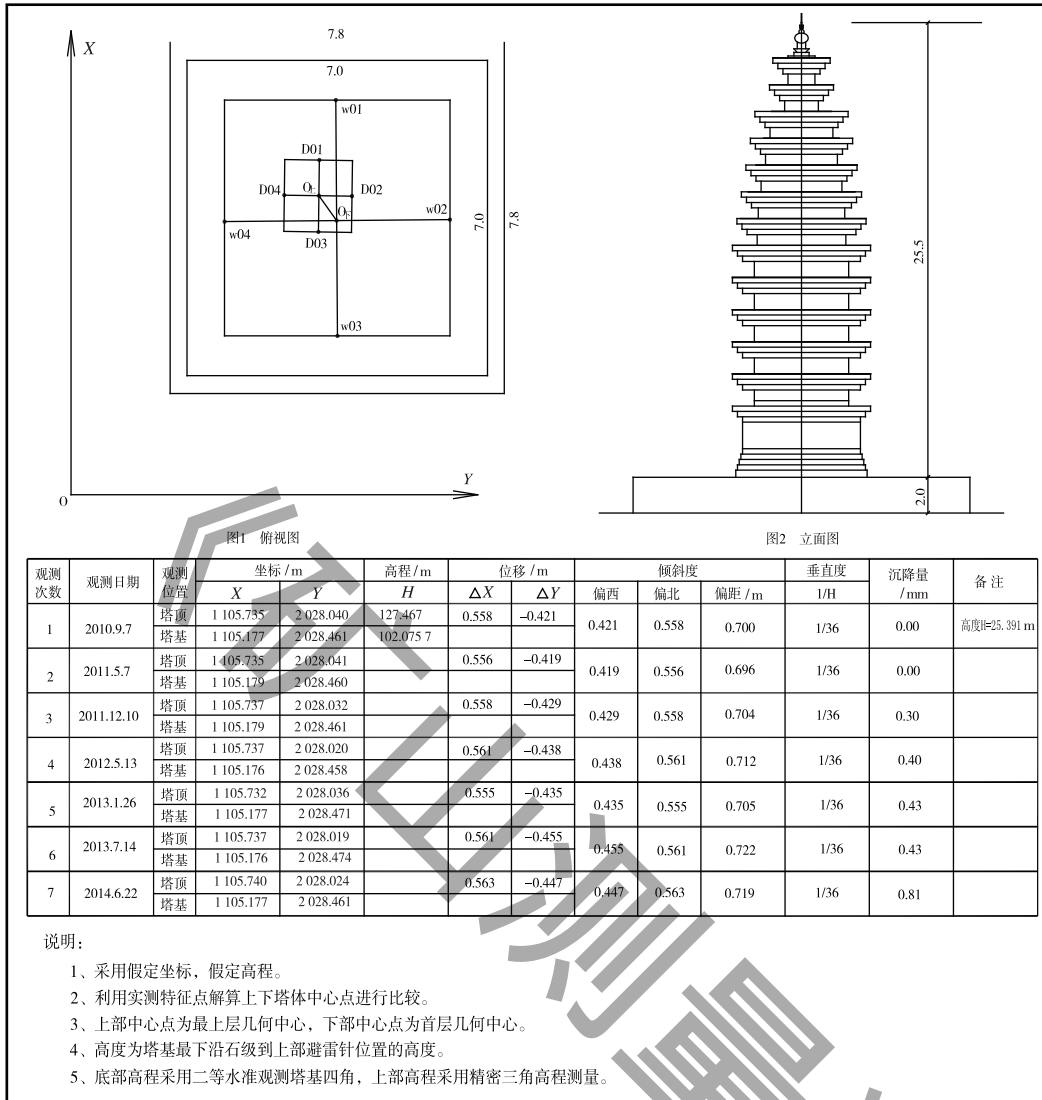


图 2 白马寺齐云塔变形观测成果图

3 结 论

经图 2 可以看出，洛阳市白马寺齐云塔在截至 2014 年 6 月 22 日最后一次观测后倾斜度为：偏西 0.447 m、偏北 0.563 m；偏移量为：0.719 m；垂直度为 1/36(1/m)；沉降量为 0.81 mm。

垂直度观测可以客观有效地检测出建筑物整体位移、倾斜情况，沉降观测可以客观有效地检测出建筑物沉降变形情况，二者结合可以详细地反映出建筑物的倾斜情况。

通过变形观测，能够为诊断建筑物受破坏情况提供原始资料，非常精确地反应出建筑物受破坏的程度、范围，对制定切实有效的治理手段提供较为可信的数据依据。

参考文献：

[1] 李聪,罗满建,潘元进,等.沉降观测技术在沪宁高铁中的应用[J].城市勘测,2011(5):129-130.  
 [2] 黄声享,尹晖,蒋征.变形监测数据处理[M].武汉:武汉大学出版社,2010.  
 [3] 张凤举,张华海,赵长胜,等.控制测量学[M].北京:煤炭工业出版社,1999.  
 [4] JGJ82007.建筑变形测量规范[S].

作者简介:张中华(1978-),男,工程师,硕士研究生,主要从事城市测量工作。

(收稿日期:2016-03-30)