

高层建筑物垂直度测量方法探讨

李 艳

(河海大学水利水电工程学院 南京 210098)

摘要 在分析高层建筑物竖向垂直度监测的常用方法的基础上,着重讨论一种快速、简便且精度高的竖向垂直度监测的方法,并应用于工程实例。通过实践验证,采用这种方法进行垂直度监测精度很高,误差小于 $\pm 5 \text{ mm}$ 、远小于规范规定的 $\pm 20 \text{ mm}$ 限差要求。

关键词 竖向垂直度 安全监测 垂准仪 高层建筑物

高层建筑物安全监测的主要工作有两个方面,一方面是建筑物的基础沉降观测;另一方面是建筑物的竖向垂直度监测。前者主要是采用周期观测的方法,定期测定建筑物在不同重力荷载的作用下,其基础各变形观测点的沉降情况,及时发现对建筑物不利的下沉现象,以便采取适当可行的措施,保证建筑物的安全运营(这已普遍受到重视,并作为施工单位竣工验收的必备条件);后者则是为了保证建筑物各层轴线位置的一致及设备安装(如电梯、外玻璃幕墙)的要求,所进行的竖向控制测量。根据 JGJ₃-91《钢筋混凝土高层建筑物结构与施工规定》,建筑物竖向误差在本层内不得超过 $\pm 5 \text{ mm}$,全楼的累积误差不得超过 $\pm 20 \text{ mm}$ ^[1]。因此,对于高层建筑物而言,在建筑施工过程中如何控制其竖向垂直度,更是值得人们探讨的课题。实践表明,采用改装后的 Ni007 自动安平水准仪进行竖向垂直度观测,这种方法对于施工场地狭小、周围楼宇较多的建筑物竖向垂直度观测,是一种可行、快速、简便的方法。

1 高层建筑物竖向垂直度监测常用方法

高层建筑物竖向垂直度监测主要是解决

层轴线精确向上引测的问题。常用方法有经纬仪引桩投测法、激光铅垂仪和铅垂坐标法三种。

1.1 经纬仪引桩投测法

经纬仪引桩投测法的基本原理,就是在轴线控制桩上用经纬仪盘左盘右取平均法向上投测轴线点。如图 1 和图 2,基础施工完成后,用经纬仪安置在 4 个轴线控制桩上将③轴和Ⅲ轴精确地投测在塔楼底部并标定 a, a' 和 b, b' ,随着建筑物的不断升高,用盘左盘右取平均法向上投测到每层楼面上,并取中点 o 作为该层中心轴线的投影点。这种方法的优点是简便,仪器设备简单,但要求建筑物的场地较宽阔,视野大且附近有高楼及在阴天或无风天气下进行。

1.2 激光铅垂仪投测法

利用激光铅垂仪进行建筑物轴线自下向上的投测,是一种精度较高、速度快的方法。其基本原理是利用该仪器发射的铅直激光束的投射光斑,在基准点上向上逐层投点,从而确定各层的轴线点位。这种方法的优点同样也是方便、快捷,对施工场地没有特殊的要求。但预留孔洞的大小在施工中不易掌握,其位置尺寸小了不利于投测,大了则对仪器

作者简介:李艳,女,讲师,从事工程测量和计算机应用研究,曾发表《精密水准仪 i 角误差检验方法及精度比较》等论文。

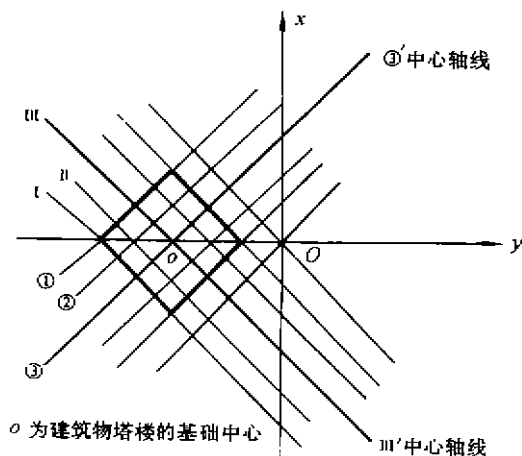


图1 基础轴线控制桩布置示意图

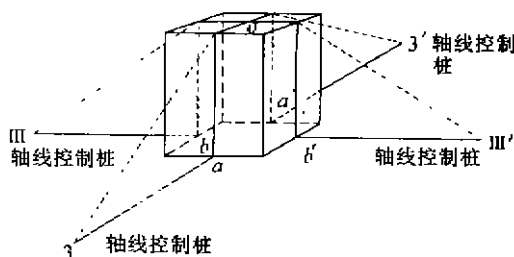


图2 塔楼轴线投测示意图

和人员不安全。

1.3 铅直坐标法

铅直坐标法^[2]测定竖向垂直度是一种新的方法。它是根据如果竖向投测点位正确,轴线放样位置无误,则各层楼面的轴线交点与底层轴线交点的坐标值应该一致的原理,在激光铅垂仪投点的基础上,再用全站仪测出每层轴线交点的坐标值,即可快速而又精确地检查出施工轴线的放样精度,达到控制高层建筑物竖向垂直度的目的。这种方法的显著优点是精度高,克服了仅用激光铅垂仪投点时无法检核的缺点。但要求仪器设备装配较高。

2 用 Ni007 水准仪监测竖向垂直度

2.1 Ni007 自动安平水准仪改装成垂准仪

在 Ni007 补偿式自动安平水准仪^[3]整平后,视准轴在补偿器的作用下,始终保持铅垂。物镜经五棱镜折射成水平视线,其置平

精度可达 $\pm 0.1''$,即直立的视准轴几乎是一条铅垂线,故只需要打开顶盖,拆除五棱镜便成了垂准仪。由于仪器的竖轴与视准轴不同轴,因此,在顶部可加块光楔平移视线,使两轴相差较小,避免视准轴绕竖轴转动时形成一个半径较大的圆形,观测时采用 120° 三个横丝位置各标定出一条直线,其交点或示误小三角形的内切圆圆心即为垂线点。

2.2 精度分析

利用该垂准仪进行投测垂线点,其误差主要来自仪器对中误差、仪器本身残余误差、照准误差、标定误差和外界因素影响带来的误差,其计算公式为

$$m_{\text{垂线点}} = \sqrt{m_{\text{中}}^2 + m_{\text{仪}}^2 + m_{\text{照}}^2 + m_{\text{标}}^2 + m_{\text{外}}^2} \quad (1)$$

式中 $m_{\text{中}}$ 为垂准仪仪器对中误差,采用校正后配套对中杆进行对中,其误差 $m_{\text{中}} \leq \pm 0.5 \text{ mm}$; $m_{\text{仪}}$ 为仪器残余误差,经反复校正可使 $m_{\text{仪}} \leq \pm 0.25 \text{ mm}$; $m_{\text{照}}$ 为照准误差,当投测高度取 40 m ,仪器放大倍数取 30 时, $m_{\text{照}} = \pm 0.39 \text{ mm}$; $m_{\text{标}}$ 为标定误差, $m_{\text{标}} \approx \pm 0.7 \text{ mm}$; $m_{\text{外}}$ 为外界因素影响误差,一般取 $m_{\text{外}} \approx \pm 0.2 \text{ mm}$ 。

由式(1)计算得 $m_{\text{垂线点}} \approx \pm 1 \text{ mm}$ 。

2.3 应用实例

南京市某高层建筑主楼 32 层,裙楼 5 层,地处市中心繁华地带,高楼一面面临城区主要交通干道,四周无较高楼宇。为了对大楼进行竖向垂直度监测,根据此楼宇的特点,在最大荷载的中心筒上设置了 3 个监测点 Z_1, Z_2, Z_3 ,及在主墙面上设置了 10 个监测点(由于施工困难,这 10 个监测点未用垂准仪投测,在此不加以讨论),从底层原基点 Z_1, Z_2, Z_3 直接用改装后的 Ni007 垂准仪投测各垂线点到每层的工作面上,然后用检定后的钢尺校核各垂线点之间的距离,要求误差小于 3 mm ,并以远处、高处明显建筑物作为外控方向标,用 T_2 经纬仪进行角度校核各垂线点的方向偏差,要求误差小于 $30''$ (图 3)。

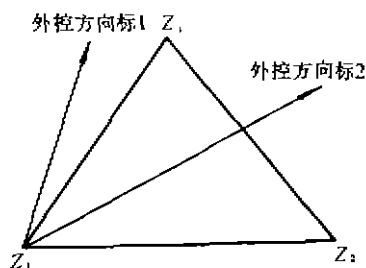


图3 中心筒监测点布设示意图

用第5层至顶层各层检测结果,并按距离中误差和垂线点位置中误差推算公式

$$m_{\text{边}} = \sqrt{[\Delta\Delta]/n} \quad (2)$$

$$m_{\text{点}} = m_{\text{边}} / \sqrt{2} \quad (3)$$

分别计算距离中误差和垂线点位置中误差,结果见表1。

表1 距离中误差和垂线点位置中误差计算结果

层次	检核距离误差			$m_{\text{边}}/\text{mm}$	$m_{\text{点}}/\text{mm}$	说明
	Z_1Z_2	Z_1Z_3	Z_2Z_3			
5	-1	0	+1	0.82	0.58	①
6	+2	-1	0	1.29	0.91	①
7	0	-2	+1	1.29	0.91	①
8	-1	0	-1	0.82	0.58	①
9	+1	-1	-1	1.00	0.71	①
10	-1	-1	0	0.82	0.58	①
11	-1	0	0	0.58	0.41	①
12	—	-1	+1	0.82	0.58	①
13	—	0	—	0	0	①
设备	+1	+1	0	0.82	0.58	②
14	0	-2	0	1.15	0.82	②
15	-1	-1	0	0.82	0.58	②
16	-1	-2	-1	1.41	1.00	②
17	0	0	0	0	0	②
18	+1	-1	+1	1.00	0.71	②
19	0	-2	0	1.15	0.82	②
20	0	-2	0	1.15	0.82	②
21	-1	-3	-1	1.91	1.35	②
22	-1	-3	-2	2.16	1.53	②
23	-3	-3	-1	2.51	1.78	②
24	+2	0	0	1.15	0.82	②
25	+1	-1	—	1.00	0.71	②
26	0	+1	+1	0.82	0.58	②
27	+2	0	+1	1.29	0.91	②
28	+2	-1	+2	1.73	1.22	③
29	+2	0	+1	1.29	0.91	③
30	+1	+1	0	0.82	0.58	③
31	+2	—	—	—	—	③
32	+1	+2	+1	1.41	1.00	③
顶	0	-1	+2	1.29	0.91	③

注:①从底层设点;②从8层设点;③从25层设点。

从表1中看出,垂线投测点中误差 $m_{\text{点}}$

最大为 $\pm 1.78 \text{ mm}$, 最小为 0, 平均值为 $\pm 0.82 \text{ mm}$, 证明投测精度很高。大楼封顶后,又进行了大楼挠度监测,分别对第7,12,13,14,16,24,25层7个施工监测时的原垂线点进行观测,发现最大偏差为 4.5 mm , 最小偏差小于 1 mm , 且原垂线点均偏南,说明有其它原因(挠度、沉陷)影响。同样亦证明了垂线点精度很高。

3 结 语

利用改装后的 Ni007 自动安平水准仪作为高层建筑物竖向垂直度监测的垂准仪,较好地解决了施工场地狭窄的情况下建筑物安全监测(竖向垂直度)问题,其方法简便、快捷。对于如何充分利用现有仪器设备进行多项工程测量工作,这也是一种有益的尝试。经实例验证,该方法具有精度高,不受施工场地限制等优点,适用于各种建筑物的竖向垂直度监测。另外,在具体实施时应注意下列两点:

a. Z_1, Z_2, Z_3 三个中心筒上的监测点在进行投测垂线点时,需关注每层的预留孔洞,孔口尺寸 $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ 为宜。但必须确保底层基点与每层通视,这在施工中有时不易保证(预留孔洞被封死或错位)。解决这个问题的关键是与施工单位密切配合,使其明白这项工作的重要性。

b. 由于采用 120° 三个横丝观测位置来确定垂线点,故对投测工作面光线有一定的要求,光线太弱会影响投测垂线点的精度和工作效率,在操作时尽可能选择在较好的观测条件下进行。

参考文献

- 1 胡世德. 高层建筑施工. 北京: 中国建筑工业出版社, 1991
- 2 刘全仁等. 金鹰国际商城大厦竖向控制的方法. 江苏测绘, 1997(1): 16 ~ 19
- 3 李以赫等. 自动安平水准仪的原理和检修. 北京: 测绘出版社, 1985

(收稿日期: 1997-09-01 编辑: 许宇鹏)