

# 首钢五号高炉热风炉倾斜监测

魏春生<sup>1</sup> 王安伟<sup>2</sup> 罗红莲<sup>1</sup> 赵颖鸿<sup>3</sup>

(1.中勘冶金勘察设计研究院有限责任公司 河北·保定 071069

2.舟山市普陀区教育局基建科 浙江·舟山 316100 3.北京爱地地质勘察基础工程公司 北京市 100043)

**提要** 首钢5<sup>#</sup>高炉三座热风炉产生倾斜后,采用倾斜及沉降相结合的方法进行了一年监测,按期通报监测数据,使厂方及时掌握倾斜发展情况,确保高炉服役期间的安全。

**关键词** 变形测量 建筑物的倾斜观测 沉降观测

## Inclination Monitoring of Hot Blast Stove of No.5 Blast Furnace at Shoudu Iron & Steel Co.

Wei Chunsheng<sup>1</sup> Wang Anwei<sup>2</sup> Luo Honglian<sup>1</sup> Zhao Yinghong<sup>3</sup>

(1. Zhongkan Metallurgical Investigation Design & Research Institute Co. Ltd

2. Department of Capital Construction of Education Bureau, Putuo District of Zhoushan

3. Beijing Aidi Geological Investigation Foundation Engineering Corporation)

**Abstract** After appearing inclination of hot blast stove of No.5 blast furnace at Shoudu Iron & Steel Co., it takes a year to monitor using the combined method of inclination and settlement observation. The monitoring data are notified on time that enables the management to grasp the inclination development, and guarantees safety in production of hot blast stove.

**Keywords** deformation surveying; inclination observation of building; settlement observation

### 1 引言

首钢5<sup>#</sup>高炉及其配套服务的热风炉,均是建国后50年代修建的。在冶炼厂准备整体搬迁时,发现一字排开的三座热风炉倾斜了。既要安全生产,又不大修,更不会重建,为准确掌握退役前变化情况,提出对热风炉进行倾斜观测。

一般建筑物变形的原因有:自然条件及其变化。主要指建筑物地基的工程地质、水文地质、土壤的物理性质、大气温度等。由于建筑物基础各部位的地质条件不相同,使其稳定性不能处处一致,产生不均匀沉降,从而导致倾斜。再由于温度、地下水的季节性和周期性变化,引起建筑物呈现规律性变形。还有建筑物本身荷载、结构、使用中的动荷载、振动、风力等引起的附加荷载因素产生的变形。另外,勘测、设计、施工及运营使用不合理,亦可能引起建筑物变形。

5<sup>#</sup>高炉的三座热风炉基础是钢筋混凝土整体灌注,经过了漫长岁月,基础已有裂纹,三座热风炉产生不同程度的倾斜。时间久远、基础老化等各种因素兼而有之。故而观测方案拟采用平面、沉降观

测双重进行,综合评价。

### 2 倾斜观测

常规作法是在互相垂直方向上用边缘切线取中法交会变形体取得倾斜数据。

5<sup>#</sup>高炉三座热风炉为圆柱形、钢结构,高37.7m、直径8.1m、炉间距1.4m成南北向一字排列,无法建立互相垂直的两个观测站进行倾斜观测,故采用单向边缘切线取中后测定中线点的坐标归算中心坐标的方法。

#### 2.1 控制网的建立

监测体只有三座热风炉,成南北方向一字排列,长度约30m。为满足监测要求,在热风炉西侧,运碴铁路外约30m处,选定一条与三座热风炉轴线近似平行的基线,埋设了三个基线点,作为倾斜观测的基准点。如图1。

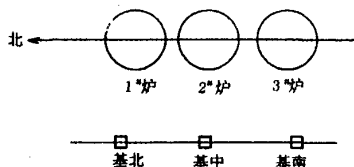


图1 基线点布置示意

作者简介:魏春生(1954-),男,高级工程师,从事测量专业。

收稿日期:2006-10-20

基北、基南与基中在与热风炉轴线基本平行的同一条直线上,长度 36m。角度采用内、外角观测,短边角度误差对坐标影响较小。用测角中误差 5"、测距标称精度  $3\text{mm} + 2 \times 10^{-6}$  全站仪往返观测,单程二次照准,一次照准三次读数取中数。

假定基中与基南的方位角为  $0^\circ$ ,基南坐标  $X = 100\text{m}$ 、 $Y = 100\text{m}$ ,求得三点坐标。

2.2 变形体的倾斜观测

热风炉观测环境恶劣,作业条件很差,场地狭窄,管线纵横交错,热气、滴水,噪音不断,还有火车穿行。特别是热风炉体的高温,人无法靠近,要在炉体上设置标志是不可能的。

2.2.1 观测点的确定

由于炉体在高温工作过程中并非标准的几何体,且柱体周边又有若干附属物,使最高与最低点对称边缘处不易寻到。

选定热风炉顶中排气阀为炉最高点的中心点。最低点也就是基础高度面上炉中心点。用炉体尽可能低处的边缘切线取中线点位,进行高度、半径改化,求得炉体基础高度的中心坐标。

每次均以首次观测的高度测定基础中心高度,校核基础位置的变化。

2.2.2 变形测量

选用日本拓普康 GPT 3005 型免棱镜全站仪观测。在基北点可直接观测三座热风炉三个排气阀。测定高炉炉顶排气阀,在基北点设站,用极坐标法测之。角度观测内外角,边长两次照准,每次照准三次读数取均值。

基础中心点只能在炉体最低处边缘切线中线上固定高度位置用免棱镜测定距离加上炉体半径,按极坐标法求出炉体基础中心坐标。

GPT 3005 型免棱镜全站仪,一测回测角中误差 5",测距标称精度  $3\text{mm} + 2 \times 10^{-6}$ ,可满足《工程测量规范》变形测量水平位移变形点的点位中误差的精度要求。

基准点至观测点边长均小于 100m,观测点为钢板表面,漫反射条件较好,重复观测,测距变动均等于小于 2mm。

2.3 倾斜变化

图 2 为变形体 8 次观测顶部偏移量位置图。将其整理后列于表 1。

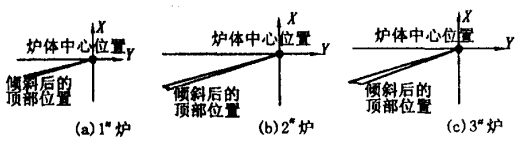


图 2 三座热风炉倾斜方向偏移位置示意

表 1 热风炉顶部偏移量统计

项目内容	1# 炉	2# 炉	3# 炉
首次观测倾斜量/mm	459	767	686
首次观测倾斜方向角/(°)	255	253°	250
后 7 次平均值倾斜量/mm	462	780	739
后 7 次平均值方向角/(°)	255	253	252
后 7 次平均值倾斜角/(° ' ")	0 42 08	1 11 07	1 07 23
8 次观测值变动范围/mm	20	43	90
平均值与首次间偏差/mm	+ 3	+ 13	+ 53

1) 三座热风炉倾斜方向的方位在  $250^\circ \sim 255^\circ$  间,有一致的倾斜方向。

2) 三座热风炉继续沿着原倾斜方向倾斜。1# 炉增加 3mm,2# 炉增加 13mm,3# 炉增加 53mm。3# 炉 2# 炉 1# 炉,呈扇形倾斜增加量;

3) 三座热风炉中 2# 炉倾斜最大  $1^\circ 11' 07''$ ,1# 炉倾斜最小  $0^\circ 42' 08''$ ,3# 炉倾斜为  $1^\circ 07' 23''$ 。

3 沉降观测

由于垂直位移观测的精度高于水平位移观测的精度,在直接进行倾斜观测的同时进行沉降观测,进一步了解热风炉基础的沉降变化及倾斜情况。

3.1 水准基点的建立

因穿越热风炉比较困难,为方便沉降观测,在三座热风炉的东西两侧分别布设两组水准基点,每组三个点。两组点之间不联测,分别假设高程。

西侧的水准基点与基线点平高共用。东侧三个水准基点选距热风炉远近适当、观测方便(指一站测到观测点)、无振动、稳固建筑物基础上。

基准点的观测使用 koni 007 自动安平水准仪,2m 因瓦水准尺,往返测。三点环形点间均为一站,按站平差。假定其中一点高程推算其余二点,获得本组水准点高程。

3.2 沉降点的观测

3.2.1 沉降观测点的布设

每座热风炉上布设 4 个沉降观测点,按  $90^\circ$  间隔设点,见图 3。用 7cm 长角钢焊到炉体最低处,角钢外端焊有不锈钢观测点。因很少有人靠近炉体,未设保护罩。

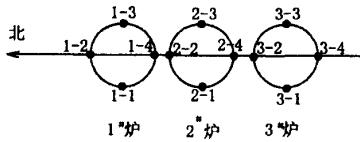


图3 沉降观测点布设

表2 5<sup>#</sup>高炉三座热风炉沉降观测累积沉降量统计

点号	2004-03-18 ~04-01 (二次)	2004-04-01 ~04-15 (三次)	2004-04-15 ~04-29 (四次)	2004-04-29 ~05-27 (五次)	2004-05-27 ~06-27 (六次)	2004-06-27 ~07-24 (七次)	2004-07-24 ~08-28 (八次)	点号布设 方向位置
1-1	-0.14	-1.44	-0.28	-0.97	-0.98	-1.14	-0.85	西
1-2	-1.21	-0.46	0	-0.20	-0.14	-0.15	+0.49	北
1-3	-0.48	+0.71	+1.18	+1.73	+0.61	+2.99	+2.01	东
1-4	-0.19	+0.63	+0.72	+0.81	+0.41	+0.24	+1.59	南
2-1	-0.08	-0.22	+0.10	-1.19	-0.05	-0.49	-0.01	西
2-2	-0.76	+0.47	+1.54	+1.86	+1.74	+0.51	+1.26	北
2-3	-2.06	+1.26	+4.44	+4.00	+3.79	+0.87	+1.84	东
2-4	-0.54	-0.50	+0.61	+0.80	+0.43	+0.26	+1.25	南
3-1	-0.13	+0.83	+0.82	+0.81	+0.43	+0.69	+0.55	西
3-2	+0.24	+0.11	+0.32	+0.25	+0.14	+0.92	+1.75	北
3-3	+0.03	+0.41	+1.80	+0.58	+0.95	+3.71	+4.20	东
3-4	+0.16	-0.36	+0.63	+0.05	-0.24	+0.61	+2.48	南

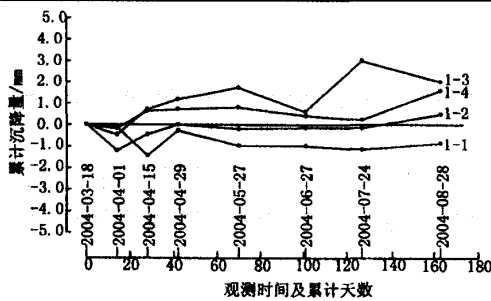
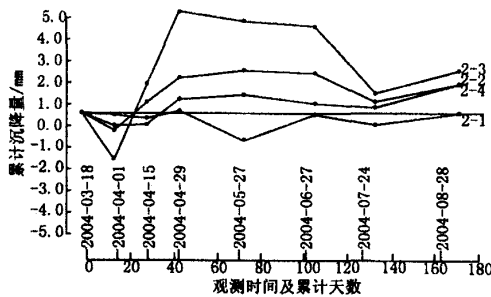
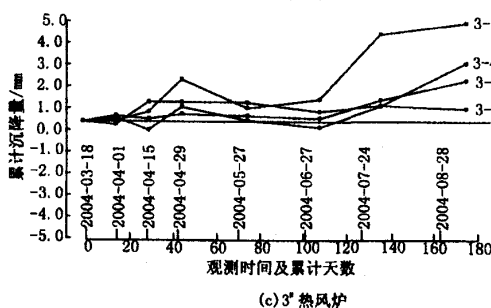
(a) 1<sup>#</sup>热风炉(b) 2<sup>#</sup>热风炉(c) 3<sup>#</sup>热风炉

图4 热风炉沉降观测点时间与沉降量关系曲线

### 3.2.2 沉降点的观测

沉降点的观测亦使用 koni 007 自动安平水准仪, 2m 长因瓦水准尺。因基准点与观测点间均为一站测得, 往返测与双摆站属同一性质, 本次多采用双摆站测定, 整个观测过程, 分别用两组基准点为起算, 观测的沉降点不能混淆。观测成果见表 2。

按表 2 数据绘制成图 4。分别为三座热风炉 4 个观测点的沉降曲线。

沉降观测无法了解热风炉原有的倾斜量。图 4 显示三座热风炉的三组曲线基本属于平行走向, 相对稳定, 而倾斜略有增大。

## 4 结论

1) 在不具备正常倾斜观测的条件下, 采用免棱镜求中心坐标, 归算被监测物体的倾斜是一种数据可靠、手段简捷的方法。

2) 用于倾斜观测的基线不要求与国家标准一致。如 50m 钢尺的名义长度同检定的标准长度可相差 20mm; 测距仪标称误差 3~5mm。以 100m 基线长度为例, 同标准长度差 3~40mm, 对倾斜观测只差 4/1 万 ~ 3/10 万的比例误差。

3) 在某种情况下, 可将被观测点分组进行观测, 每组独立建立基准网(不少于 3 个点)作为观测基准点。只要在观测期间不发生混组, 各组间的观测方法、使用仪器、路线、人员不变, 均可达到满意的沉降观测结果。

4) 当倾斜观测无明显趋势时, 可采用数次观测值的平均值, 称之为重心值, 与首次观测值比较, 来确定变形体在观测期间的倾斜方向和倾斜量是较为可行的。