

# 江苏沙洲电厂一期工程循环泵房施工阶段沉降监测

侯永新<sup>1</sup>, 闻卫东<sup>2</sup>, 王书寅<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>江苏张家港沙洲电力有限公司, 江苏 张家港 215624; <sup>2</sup>长江水利委员会长江口水利水文资源勘测局, 江苏 太仓 215431)

**摘要** 江苏沙洲电厂一期工程循环泵房沉井位于天然软地基上, 特殊的施工工艺和负载过程必将导致建筑物的沉降并可能危机泵房的安全。为解决监测中的核心问题——沉降幅度及各监测点沉降的一致性, 监测中提出了针对性的实施方案和数据处理技术, 通过长期监测, 成功的给出泵房不同时期的沉降变化规律, 确保了泵房施工和负载工程的顺利完成。

**关键词** 沉降监测 水准测量 数字式水准仪 负载

**中图分类号:** TU198 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-4097(2005)05-0023-03

## 1 工程概况

江苏沙洲电厂为火力发电站, 一期装机容量为 $2 \times 600$  MW, 厂址属长江三角洲冲击平原, 地形平坦, 地面标高 2.20 m 左右(1956 年黄海高程)。

一期循环水泵房布置在长江防洪堤内, 距离防洪堤约 30 m, 底质为沙土层结构, 相对比较松软。泵房地下结构为整体钢筋混凝土箱型结构(43.5 m  $\times$  28.5 m)。根据泵房区域的地质条件及泵房埋置较深, 且距长江防洪大堤距离较近, 地下水位较高的特点, 因此泵房地下结构采用沉井施工方案, 沉井进水管兼作引水管顶管工作井。由于在松软的地质结构上进行大吨位的建筑物施工, 建筑物的沉降监测变得势在必行。

## 2 沉降监测网的建立

根据沙洲电厂工程部及上海隧道股份有限公司提供的现场地质情况、监测位置及监测周期要求, 在距循环泵房约 80 m 处布设一对工作水准基点(TB01、TB02, 见图 1), 该处位于生活区, 远离施工

回填区, 观测期间无整平、开挖, 符合工作水准点选址和埋设的基本要求。

工作水准基点的埋设采用长 1.5 m, 直径 22 mm 螺纹钢打入原状土层中, 在其地面下挖 40 cm  $\times$  40 cm  $\times$  30 cm 浇筑混凝土。工作水准基点由 TB01 和 TB02 组成。因监测工作要求时间紧, 6 月 3 日埋设, 6 月 5 日启用。泵房监测点基本位于建筑物的四个角点, 且距离地平面约 1.5 m, 基本位于同一水平面, 监测点由四个点组成, 分别是 1#、2#、7# 和 8#。

在监测期间, 各高程监测点需采用厂区假设高程系高程。厂区假设高程系的起算点为 SGD2, 高程 3.640 m。

沉降监测按照两步来实施, 首先需在厂区建立工作基点网, 该网由 SGD2 和两个水准工作基点(TB01、TB02)组成, 观测按照一等水准测量规范要求执行, 水准路线为闭合路线 SGD2  $\leftrightarrow$  TB01  $\leftrightarrow$  TB02  $\leftrightarrow$  SGD2。

由于水准工作基点建立的时间比较短, 为防止其发生沉降变化, 除首期(6 月 5 日)进行上述水准路线联测外, 定期还对工作基点进行了 6 次复测。

获得了工作水准基点后, 便可对建筑物沉降监测点网进行施测。沉降监测网的测量采用一级沉降监测标准、单程双站的观测方式来执行。为了确保测量精度, 整个观测路线采用符合水准路线, 即 TB01—1#—2#—7#—8#—TB02。路线的闭合差需符合二级沉降监测的精度要求。

## 3 沉降监测网的施测

监测工作分三个工作段完成。第一工作段是设备加载以前厂房的沉降监测。该工作在 6 月 5 日到 7 月 8 日间(25 个工作日)完成, 6 月 5 日为首次观测, 当日进行了两次测量, 以后每天观测一次。

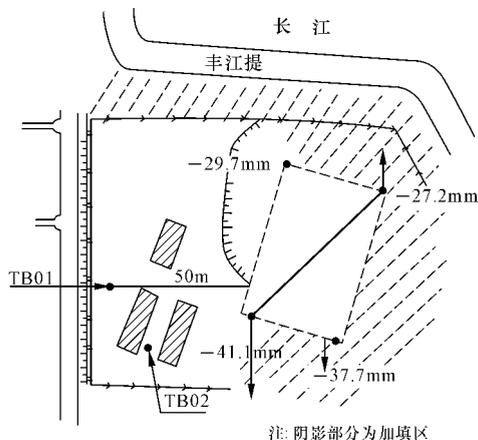


图 1 工作水准点、观测点分布

第二工作段是设备加载和卸载期间厂房的沉降监测。该工作在7月8日到7月27日间(20个工作日)完成,除特殊情况外,基本上为每日早晚两次监测。第三阶段是卸载完成后循环泵房的稳定性监测。该工作在7月28日到8月5日间(7个工作日)完成,基本上为每日一次测量。

## 4 数据处理及成果分析

### 4.1 数据处理

内业数据处理前,核对和复查全部外业观测成果和起算数据,验算各项限差,确认全部符合规定要求后,进行高差计算。按照《规范》、《规程》和《方案》要求,预处理所得高差加入尺长改正、温度改正、闭合差改正后,再进行平差计算。

根据数据处理后各期的监测点高程,可以绘制各个监测点沉降  $s$  与时间  $t$ 、沉降速度  $v$  与时间  $t$  的关系曲线图(即  $v-t-s$  图)。从关系曲线结果可以看

出,各个监测点均呈现沉降趋势,每个监测点沉降量和沉降速度吻合。

衡量建筑物沉降安全性能的另一指标是建筑物负载  $p$  与时间的曲线关系。循环泵房荷载变化过程自7月8日到7月26日,此间的加载和卸载时间和载荷量见表1。则这4个监测点的  $p-t-s$  曲线为图2。

表1 循环泵房负载情况

日期	变载开始	变载结束	水深(m)	载荷(吨)	说明
7月8日	9:40	14:30	3	3 000	加载
7月9日	12:20	18:20	6	6 000	加载
7月10日	8:50	13:30	8	8 000	加载
7月23日	15:00		8	8 000	
7月24日		16:00	-4	4 000	减载
7月25日		16:00	-7.2	800	减载
7月26日		14:00	-9.2	0	减载

备注:1 m水深约等于1 000t 43.5 m \* 28.5 m=1 000 m<sup>2</sup>

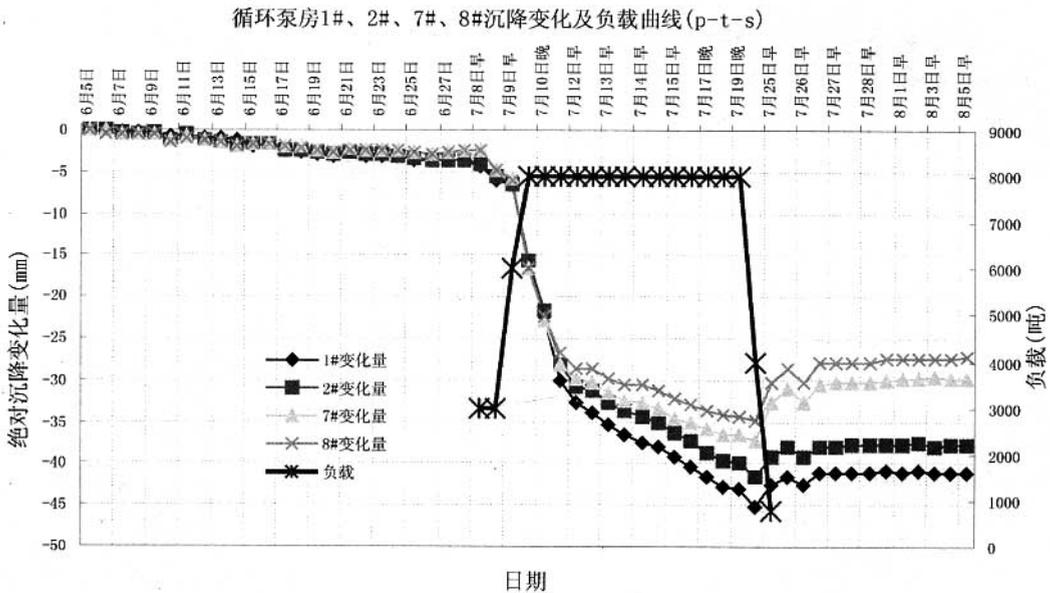


图2 监测点1#、2#、7#和8#的  $p-t-s$  曲线图

从各点的  $v-t-s$  和  $p-t-s$  曲线可以看出:

(1) 加载前,本监测区域整体存在沉降(见表1)。在整个观测期间,四个沉降监测点整体成沉降趋势。其中,6月5日到6月17日期间,四个监测点的沉降变化基本一致;6月17日到7月7日,1、2监测点沉降变化一致,7、8监测点沉降变化一致,但1、2沉降变化较7、8比较显著(最大差值达0.7 mm),且随着时间的增加,这两组沉降监测点的分群现象加剧。

1、2和7、8的分群现象表明建筑物地基正逐渐倾斜,且这种倾斜正慢慢呈现增大趋势。从沉降变化趋势和幅度来看,循环泵房的地基沉降在之前随着时间的增加而增加,与时间大体上呈线形关系。

(2) 7月8日到7月26日期间,因循环泵房内进行安装负载和载荷实验,沉降变化进一步加剧,1#点的沉降达到了-41.1 mm,2#点的沉降达到了-37.7 mm,7#点的沉降达到了-29.7 mm,8#点的沉降达到了-27.2 mm。其中1#点的沉降幅度最大,8#点的沉降幅度最小,两点最大沉降变化差值已经达到了13.9 mm。

7月8日早到9日早,循环泵房整体沉降还比较平缓,随着负荷的增加,监测点的沉降变化量和沉降变化速度不断加剧,尤其在9日早到11日晚,平均日沉降量达到了约8 mm,其中7月10日达到了最大值12 mm/日。后随着负载的稳定,沉降变

化速度逐渐减缓。加之7月24日到7月26日的减载,整体沉降速度进一步减缓。

(3) 除减负后回弹造成个别观测段的波动外,各个监测点在此期间沉降变化幅度以及日沉降变化速度基本一致,监测点的  $v-t-s$  曲线和  $p-t-s$  曲线非常吻合,这一方面证明了监测成果的正确性,也多方面证明了建筑物的实际沉降情况。

7月26日减负完成以后,循环泵房迅速回升,7月27日以后,沉降变化趋于稳定,各个监测点的日沉降量小于0.4 mm。

#### 4.2 监测精度及其分析

由于工作基点网和沉降监测网分别采用闭合和符合水准路线,因而存在闭合差。工作基点网的一等水准测量共进行了7次,每次施测所得水准网的精度见表2,均远小于《规范》中的要求。每期沉降监测水准环线闭合差统的最大值(绝对值)为1.16 mm,最小0.02 mm,均值0.28 mm,均小于《规程》和《方案》允许限差的1/2。

表2 循环泵房工作基点一等水准精度指标统计表

测量日期	往返闭合差 (mm)		每 Km 测量偶然中 误差(mm)	
	实测	允许	实测	允许
6月5日	0.12	1.62	0.06	
6月14日	0.05	1.61	0.03	
6月26日	-0.62	1.51	0.31	
7月8日	0.20	1.50	0.12	0.45
7月15日	-0.20	1.50	0.12	
7月25日	0.28	1.50	0.15	
8月4日	-0.12	1.50	0.07	

每测站所测高差中数中误差  $m_w$  (mm) 计算公式如下:

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

其中:  $w_i$  为水准环线闭合差(mm);  $N$  为水准环数;  $n$  为各环线的平均测站数。

由此计算所得各期工作基点网测量每测站高差中数中误差见表2,各期监测网每测站所测高差中数中误差最大值仅为0.22 mm,约为允许限差(0.50 mm)的一般。

### 5 监测采用的技术以及问题的处理

#### 5.1 监测方案

沉降监测《规程》中定义了一级和二级监测标准,这些标准以测站为参数计算闭合差限差和每公里测站单位权中误差并且允许采用单程双站观测方式,该标准在泵房的沉降监测中存在两个问题,

其一,当测站比较少时,若采用一级监测标准,则导致单站测量中误差限差标准过高(高于一等水准测量限差标准),而当测站比较多时,单站测量中误差限差标准却非常宽松(远低于二等限差要求);其二,单程双站的观测方式一方面难以在具体工作中实施,且限差的检核条件比较少,易造成水准监测网观测精度的降低。为此,提出了如下的沉降监测网观测方式:采用单程双站观测方式;水准路线采用闭合或符合路线。

这种观测方式有三个观测精度检核措施,即单站上两次观测较差检核、整个路线上两次观测高差检核和闭合差检核,从而确保了各个监测点的观测精度;另外,由于顾及了实际的观测环境和条件,变更后的作业方式不但确保了观测精度,且大大简化了作业流程,改善了工作效率。

#### 5.2 监测初期工作基点不稳定问题的解决

由于任务紧,工作水准点在建立不久便开始了监测,因而在6月观测期间,工作水准点存在着沉降,最大沉降幅度为2.9 mm,而到了7月中旬,工作基点基本稳定。为了给每日的水准监测网平差提供一个准确的起算高程和真实的反映实际的监测点沉降变化,对起算点 TB01 和 TB02 的监测成果进行了线性内插处理(这种与时间的线性沉降变化关系表现在整个监测区域,参见图2和3),其中 TB01 的内插结果见图4。

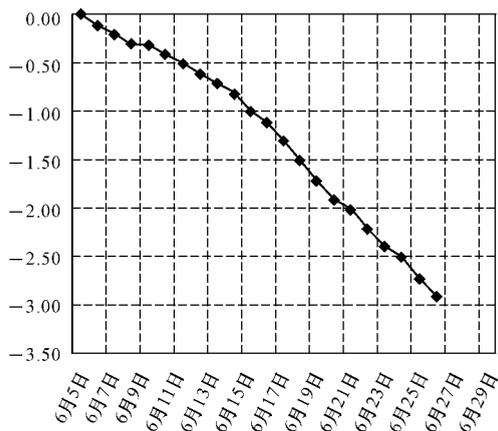


图3 TB01 每天沉降变化曲线

以 TB01 每天内插所得高程为起算高程,结合每天预处理后的沉降监测网点间高差,进行沉降监测网平差,获得各期监测点高程。6月26日以后工作基点同厂区高程系的起算点为 SGD2 的联测结果表明,工作基点已经非常稳定,故在后期的监测中减少了工作基点同起算水准点的联测。利用稳定后的 TB01 高程作为循环泵房沉降监测网的起算点,获得后续各期的监测点高程。(下转第33页)

于根据测区范围及地籍管理数据库范围的大小进行界址点代码的简化和扩展;便于按地籍子区、地籍区整理界址点坐标成果表;便于按行政区划进行土地面积计算和统计;便于进行分类土地面积计算和统计。

参考文献

1 国家测绘局. 地籍测绘规范(CH 5002—94)[S]. 北京:

中国林业出版社,1995.

2 国家测绘局. 地籍图图式(CH 5003—94)[S]. 北京:中国林业出版社,1995.

3 林增杰,严星,等. 地籍管理[M]. 北京:中国人民大学出版社,2001.

4 南方测绘仪器有限公司. 数字化地形地籍成图系统CASS6.0用户手册[CP]. 广州,2004.

## Analysis and Improvement of Boundary Mark Serial in Cadastral Surveying and Mapping

Ma Wenming, Bian Zhengfu

(<sup>1</sup> Department of Surveying and Geo-Informatics, Pingdingshan Institute of technology, Pingdingshan 467001;

<sup>2</sup> Institute of Land Resources, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008)

**Abstract** On the basis of the analysis to boundary mark serial in Specifications of Cadastral Surveying and Mapping, This paper Puts forward the improvement of boundary mark serial. The new method of boundary mark serial is suitable for modern digital cadastral surveying and mapping, and the establishment of cadastral database or cadastral management information system. On the other hand, it is fitting together with the national administrative area. There are some characteristics such as skimpiness, identified easily, expanding easily and application in brief.

**Key words** Land surveying and mapping, Boundary mark serial, Improvement

(上接第 25 页)

### 6 结论和建议

在历时 61 天监测中,整个循环泵房各监测点的沉降变化不一致问题一直随着时间的增加而加剧。7 月 8 日到 7 月 26 日间的负载实验进一步加剧了这种沉降的不一致性。7# 和 8# 点的绝对沉降变化相对较小且一致,1# 和 2# 绝对沉降变化相对较大且一致。这两组点的绝对沉降变化差值已经达到了约 14 mm,可确定循环泵房呈现南沉北

升的倾斜态势。从目前的观测数据来看,这种态势基本稳定(日变化量小于 0.4 mm/日),但随着时间的变化,倾斜趋势是否会进一步加剧,还有待于观测验证。

参考文献

1 孔祥元,郭际明,刘宗权. 大地测量学基础[M]. 武汉:武汉大学出版社,2002,7.

## The Subside Monitoring of Pumping Room in Circulation Pumping Room Construct Phase of Jiangsu Shazhou Electric Power Plant Primary Project

Hou Yongxin<sup>1</sup>, Wen Weidong<sup>2</sup>, Wang Shuyin<sup>2</sup>,

(<sup>1</sup> Shazhou Electric Power Co., Ltd of Jiangsu Zhangjiagang, Zhang Jiagang 215624;

<sup>2</sup> Yangtse Water Resources Commission, Yangtse Estuarine Hydrographic and Water Resources Reconnaissance Bureau Taicang Jiangsu 215431)

**Abstract** Circulation pumping room well of Shazhou Electric power plant primary project establishes on soft ground foundation, especial construction technique and load process will lead to building subsidence, it may conjuncture the safety of pumping room. In order to solve the key problem of monitoring — the coherency of subsidence scope and the subsidence in every monitoring point. In monitoring the author put forward the implement scheme and data processing technique, present successfully subsidence rules at pumping room vary phase through long-term monitoring, and insure the pumping room and load project complete trouble-free.

**Key words** Subsidence monitoring leveling digital level load