

## 常用粮仓地坪沉降观测方法及精度分析

李本贤, 缪德都, 毛宁利, 薄怀志

(山东省鲁南地质工程勘察院, 山东 兖州 272100)

**摘要:**中央直属储备粮库是国家重要的基础设施, 为确保新建粮库储粮安全, 必须进行粮库新仓初始装粮压仓试验, 利用仓内地坪沉降观测数据对云梯升降法、悬尺法、倒尺法的精度进行分析, 得出倒尺法是仓内地坪沉降观测的最佳方法。

**关键词:**地坪沉降观测; 压舱试验; 云梯升降法; 悬尺法; 倒尺法; 精度分析

**中图分类号:** TU433; TB22

**文献标识码:** A

近年来, 随着国家粮食储备政策的调整, 中央直属储备粮库在全国各地相继建成。为保障新建粮库安全, 必须做好新仓初始装粮压仓工作<sup>①</sup>。在此过程中, 随着荷载的增加, 必然会引起一定程度的地坪下沉, 沉降多少, 是否均匀, 是否会引起建筑物的开裂、倾斜、变形等不良后果, 都是必须注意和解决的问题。

## 1 仓内地坪沉降观测点的设置

在新仓初始装粮压仓试验沉降观测中, 需要进行仓内地坪沉降观测。观测时装粮高度一般在 5.5~6.0 m 之间, 按常规方法设置的仓内地坪沉降观测点均埋在粮食下面, 无法直接观测, 必须使用特殊方法、借助辅助工具才能观测。在中央储备粮曹县直属库, 单县直属库, 巨野直属库、济宁直属库一、二期工程新仓初始装粮压仓试验沉降观测时, 将 35 mm × 35 mm 杉木条套在  $\Phi 60$  mm 的钢管内, 钢管长 6.5 m, 杉木条长 7.5 m, 将带有毫米分划的钢尺固定在杉木条顶端, 用膨胀螺丝把钢管固定在仓内地坪上, 使杉木条立在所设沉降观测点上(图 1)。这样既保证了观测尺的垂直度, 又保证观测尺不会因装粮而产生位移, 还避免了粮食对观测尺的挤压, 使观测尺能随沉降点下沉。

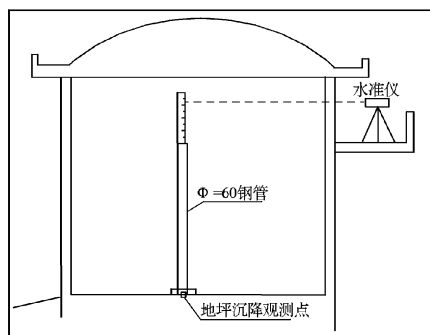


图 1 室内地坪沉降点布设示意图

## 2 观测方法及精度分析

每个粮库均设 3 个水准基点, 编号为  $BM_1$ ,  $BM_2$ ,  $BM_3$  以及若干工作基点  $S_1, S_2, \dots$ , 水准基点和工作基点之间采用一级水准观测, 工作基点和沉降观测点之间采用二级水准观测。一、二级水准使用徕卡 NA3003 电子自动安平水准仪和  $GPL_3$  钢瓦条码水准标尺观测。每次作业前, 均对仪器和标尺进行检校, 保证仪器、标尺性能稳定。粮仓仓内地坪沉降观测常用方法主要有 3 种。

### 2.1 云梯升降法

在曹县、单县直属库一期工程仓内地坪沉降观测中, 常规情况下需 4 站才能将高程传递到室内观测尺上。如果建造观测台, 每个粮仓需 2 个, 曹县直

\* 收稿日期: 2008-01-12; 修订日期: 2008-06-23; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 李本贤(1969-), 男, 山东嘉祥人, 工程师, 主要从事工程测量工作。

①国家粮食局, 中央直属储备粮库新仓初始装粮压仓的暂行规定, 1999年。

属库一期工程有12个粮仓,需24个观测台,费用较高。使用云梯升降法借助2台升降云梯将高程传递到室内观测尺上,通过计算高差,得出仓内地坪的沉降量。以曹县直属库一期工程为例,观测精度统计见表1。

表1 曹县直属库一期工程仓内地坪沉降观测精度统计

观测次数	路线名称	路线测站数(n)	W (mm)	W <sub>允</sub> (±mm)	w <sub>w</sub> /n
第一次	S4—S4	24	-3.1	4.9	0.400
	S3—S3	32	-2.8	5.7	0.245
第二次	S4—S4	24	+2.2	4.9	0.202
	S3—S3	32	+2.9	5.7	0.263
第三次	S4—S4	24	+1.8	4.9	0.135
	S3—S3	32	-1.6	5.7	0.080
第四次	S4—S4	24	+2.6	4.9	0.282
	S3—S3	32	-1.9	5.7	0.113
第五次	S4—S4	24	-2.1	4.9	0.167
	S3—S3	32	+1.9	5.7	0.113
第六次	S4—S4	24	-2.2	4.9	0.202
	S3—S3	32	-3.0	5.7	0.281
第七次	S4—S4	24	+2.7	4.9	0.304
	S3—S3	32	-2.7	5.7	0.228
第八次	S4—S4	24	+1.6	4.9	0.107
	S3—S3	32	+2.3	5.7	0.165

每测站水准观测高差中误差:  $m_w = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \frac{ww}{n} \right]} = \pm \sqrt{\frac{1}{16} \times 3.007} = \pm 0.42\text{mm}$

注:W为路线闭合差;W<sub>允</sub>为路线允许闭合差;N表示水准环数。

### 2.2 悬尺法

在巨野、济宁直属库一期工程粮仓仓内地坪沉降观测中采用悬尺法。悬尺法是在粮仓顶部外出房檐上做一固定支架,将7m的钢尺悬挂在支架上,在地面上观测钢尺的下端,在通风窗台上观测钢尺上端,以此来传递高程,计算仓内地坪的沉降量(图2)。以巨野直属库一期工程为例,观测精度统计见表2。

表2 巨野直属库一期工程仓内地坪沉降观测精度统计

观测次数	路线名称	路线测站数(n)	W (mm)	W <sub>允</sub> (±mm)	w <sub>w</sub> /n
第一次	S2—S2	30	+1.6	5.5	0.085
第二次	S2—S2	30	-1.5	5.5	0.075
第三次	S2—S2	30	-2.3	5.5	0.176
第四次	S2—S2	30	+2.4	5.5	0.192
第五次	S2—S2	30	+1.8	5.5	0.108
第六次	S2—S2	30	-1.9	5.5	0.120
第七次	S2—S2	30	+2.2	5.5	0.161
第八次	S2—S2	30	-2.4	5.5	0.192

每测站水准观测高差中误差:  $m_w = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \frac{ww}{n} \right]} = \pm \sqrt{\frac{1}{8} \times 1.109} = \pm 0.37\text{mm}$

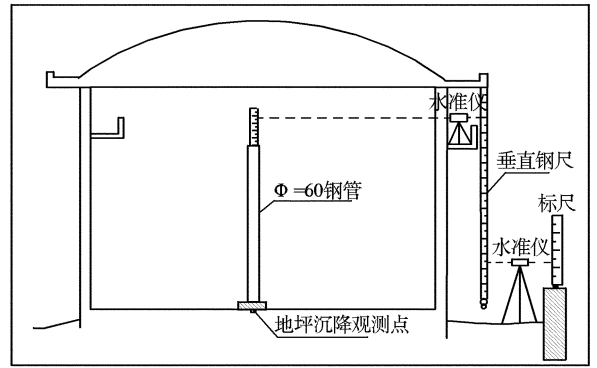


图2 悬尺观测法示意图

### 2.3 倒尺法

在曹县、单县、济宁直属库二期工程粮仓仓内地坪沉降观测中,采用倒尺法<sup>[1]</sup>。倒尺法是在粮仓外墙壁中间偏上位置打入Φ14mm的膨胀螺栓(A点),第一站后视标尺立在工作基点上,前视标尺倒立在A点下;第二站后视标尺正立在A点上,水准仪架在粮仓通风窗台上,直接观测立在仓内地坪上的沉降观测尺,将高程传递到仓内地坪沉降观测点上,从而计算出仓内地坪的沉降量(图3)。使用该方法进行沉降观测应在平差计算时加上膨胀螺栓的直径。以曹县直属库二期工程为例,观测精度统计见表3。

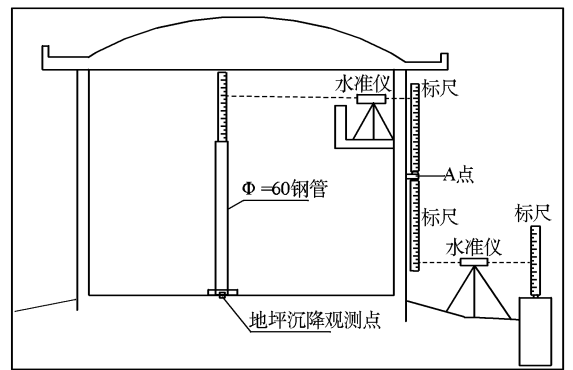


图3 倒尺观测法示意图

## 3 数据处理

沉降观测的数据处理和分析采用建筑物变形测量专用软件,只须将观测的数据输入计算机,即可自动形成沉降成果表、沉降曲线图等资料,结合测站高差中误差、建筑物重要部位的变形情况,装粮压仓后沉降量,综合分析压仓后建筑物的整体变形状况。

表3 曹县直属库二期工程仓内地坪沉降观测精度统计

观测次数	路线名称	路线测站数(n)	W (mm)	W允 (± mm)	w <sub>w</sub> /n
第一次	S3—S2	26	+0.5	5.1	0.013
第二次	S3—S2	26	-0.9	5.1	0.031
第三次	S3—S2	26	-2.1	5.1	0.170
第四次	S3—S2	26	+1.5	5.1	0.086
第五次	S3—S2	26	+0.1	5.1	0.001
第六次	S3—S2	26	+0.7	5.1	0.019
第七次	S3—S2	26	-0.5	5.1	0.013
第八次	S3—S2	26	-1.9	5.1	0.139

每测站水准观测高差中误差:  $m_w = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \frac{ww}{n} \right]} = \pm \sqrt{\frac{1}{8} \times 0.472} = \pm 0.24\text{mm}$

### 4 精度比较

建筑变形测量的等级及精度要求规定<sup>[2]</sup>, 二级水准测量观测点测站高差中误差为 ±0.50 mm。云梯升降法受云梯稳定性影响, 观测精度为 ±0.42 mm, 误差较大, 对粮仓仓内地坪沉降情况分析不利; 悬尺法精度为 ±0.37 mm, 比云梯升降法有所提高, 但由于悬挂钢尺受风力影响较大, 观测精度

仍然不高; 倒尺法观测精度为 ±0.24 mm, 小于 1/2 限差, 稳定性较好, 能够准确地反映粮仓仓内地坪的沉降情况, 便于对沉降变形进行推估预报。

### 5 结论

云梯升降法不但工作量大, 而且受升降云梯稳定性的影响, 观测精度接近限差; 悬尺法减少了工作量, 但悬挂钢尺受风力影响较大, 相对云梯升降法精度有所提高; 倒尺法具有工作量小, 受外界环境因素影响小的优点, 观测精度高, 稳定性好。

对单县、济宁直属库二期工程仓内地坪沉降观测精度进行统计, 单县直属库测站高差之误差为 ±0.21 mm, 济宁直属库为 ±0.19 mm, 已经接近 1/3 限差。可见倒尺法是新仓初始装粮压仓试验地坪沉降观测的最佳方法。

### 参考文献:

[1] 黄张裕, 袁峥, 于涛. 特殊情况下的建筑物沉降观测方法探讨 [J]. 勘察科学技术, 2007, (2): 31-33.  
 [2] JGJ/T8-97. 建筑变形测量规程[S].

## Brief Introduction to Common Granary Storage Floor Settlement Observation Methods and Precision Analysis

LI Ben-xian, MIAO De-du, Mao Ning-li, BO Huai-zhi

(Lunan Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Yanzhou 272100, China)

**Abstract:** Central affiliated grain reserve depot is important and basic national facility. In order to ensure the security of the newly built grain reserve depot, settlement observation should be done necessarily. The measures of the level ground settlement observation at the test-storehouse of the initial filling press storehouse in the newly storehouse of the grain reserve depot is introduced in this paper. Precision of the ladder lifting method, suspension-rule method and inverted-rule method are analyzed by using the observation datas. It is regarded that the inverted-rule method is the best in measuring the level ground settlement observation at the test-storehouse of the initial filling press storehouse in the newly storehouse of the grain reserve depot.

**Key words:** Settlement observation; ladder lifting method; suspension-rule method; inverted-rule method; precision analysis