

# 巨型圆筒式瓦斯罐倾斜纠偏

朱明温 文日海 王长科

(中国兵器工业北方勘察设计研究院, 石家庄 050021)

**【摘要】** 建筑物纠偏是近几年岩土工程热点技术之一。通过峰峰矿务局薛村矿巨型圆筒式瓦斯罐倾斜纠偏成功实例,介绍了射水掏土-浸水-托换综合纠偏的原理、设计、施工、监测等技术。

**【关键词】** 基础倾斜;纠偏设计;射水掏土

**【Abstract】** The technique to rectify a deviation of buliding is one of the popular techniques for geotechnical engineering in the recent years. This paper introduces a sucessful example from its principle, design, construction and monitoring

**【Key words】** deviation of foundation; design to rectify a deviation; cutting soil by spout water

## 0 引言

峰峰矿务局薛村矿巨型瓦斯罐为封闭圆筒式薄壁钢结构,高约 24 m,直径约 22 m。基础形式采用现浇矩形钢筋混凝土环形基础,宽 0.9 m,埋深 1.60 m,建成于 1988 年 9 月。自建成后从上部水槽发现有不均匀沉降,在施工验收时最大沉降量为 90 mm,在使用过程中发现不均匀沉降在加剧,到 1996 年 4 月,最大沉降差为 162 mm,严重影响其正常使用。

## 1 纠偏勘察

### 1.1 地基

建筑场地位于沟洼地带,阶地明显。通过纠偏勘察发现卵石层分布极不均匀,多为薄层,厚度 0.30~0.60 m,局部缺失。但在东面进气管附近卵石厚度达 2.10 m 以上。地基土物理力学性质见表 1。地基剖面见图 2。

### 1.2 基础

基础是钢筋混凝土环形基础,宽 0.9 m,

天然地面以下埋深 1.6 m,环形基础之下是用 M5 水泥砂浆砌成的 C30 毛石,堆砌厚度不均,东北侧毛石基础厚度为 0.7 m,西南侧毛石厚度为 3.3 m。

表 1 地基土分布及其工程性质

指标 土层	层厚 h/m	w/%	e	$\alpha_{1-2}$ /(MPa <sup>-1</sup> )	$\delta_s$	$f_k$ /kPa
素填土①	4.00	21.1	0.73	0.28		115
黄土状粉 质粘土②	2.80 2.10	20.6 21.5	0.82 0.70	0.12 0.30	0.009 0.001	160 140
卵石②-1	0.40 0.70					250 250
粉质粘土③	$\frac{2.80}{2.10}$	20.6 20.6	0.82 0.65	0.15 0.17		160 160

注:表中数据,为:  $\frac{2.80}{2.10}$  东北侧数据  
西南侧数据

**作者简介:**朱明温,1963年生,男,工程地质与岩土工程专业高级工程师。1984年毕业于华北水利水电学院地质系,从事岩土工程勘察、地基处理等专业技术工作。现任北方勘察设计研究院院长。

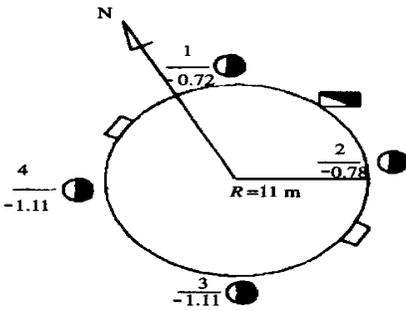


图1 勘探点平面图

### 1.3 上部结构

瓦斯罐是一个圆筒式薄壁钢结构,属柔性结构,中间瓦斯气罐漂浮在盛水的钢罐中,最大荷重 7 076 kN(见图 3)。1996 年 4 月 19 日发现水罐水位距罐顶平面(斜平面)距离不等,最大差值为 162 mm。罐壁最大倾斜度为 0.736%。

### 1.4 地下水

勘察范围内未见地下水。西南角发现散水板开裂,排水管漏水严重,将地基土浸湿。

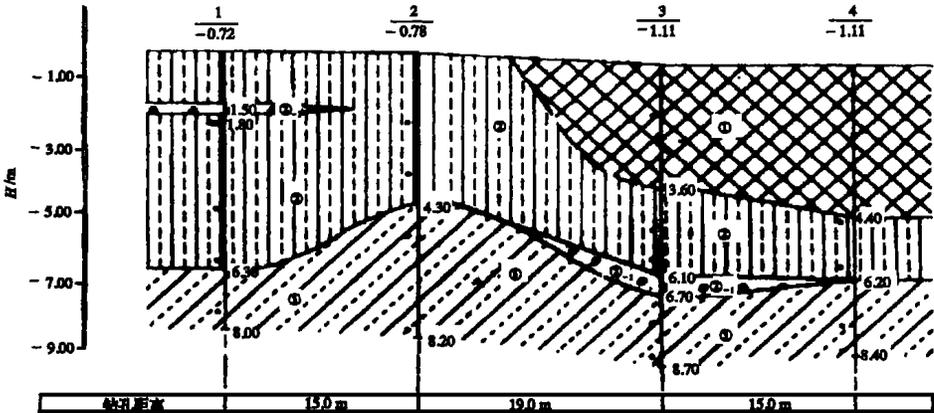


图2 地基剖面图

## 2 倾斜原因

从勘察资料看,东北侧粉质粘土多呈硬塑状态,压缩模量大,加权平均值为 15.0 MPa,而该侧毛石基础砌置较薄,基础重量轻。该侧基底压力  $p = 167 \text{ kPa}$ , 计算最终沉降量  $S = 5.2 \text{ mm}$ 。西南侧粉质粘土呈可塑状态,压缩模量小,加权平均值为 5.6 MPa,当时施工时曾出现橡皮土。毛石砌置厚度大,基础重量大。基底压力  $p = 232 \text{ kPa}$ , 计算最终沉降量  $S = 44.3 \text{ mm}$ 。地基不均匀变形是造成罐体倾斜的主要原因。

## 3 纠偏设计

通过分析比较,决定采用射水掏土-浸水

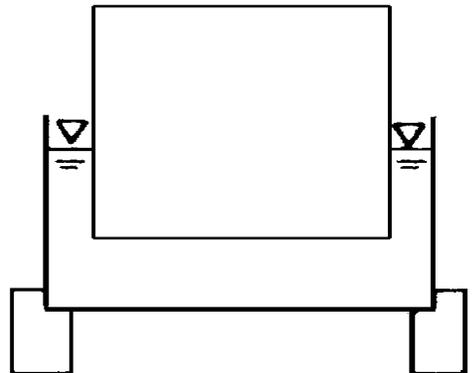


图3 瓦斯罐结构图

一托换综合纠偏法进行纠偏。

### 3.1 西南侧扩底墩托换

采用 12 个扩底墩对西南侧进行托换。持力层选用粉质粘土<sup>③</sup>。墩身采用 C20 混凝土,扩大头为 1.0 m×1.20 m。墩身截面尺寸为 1.0 m×1.0 m,墩高 2.0 m。设计成西南半圆环基础荷载的 2/3 由墩承担。

$$\text{罐体重} + \text{水重} + \text{配重} + \text{基础重} = 7\,076 \text{ kN}$$

$$\text{墩底压力 } p = 7\,076 \times 1/2 \times 2/3 \div (12 \times 1.0 \times 1.2) = 164, \text{ kPa}$$

$$\text{基底地基承载力设计值 } f = f_k +$$

$$\eta_d \gamma_0 (d - 0.5) = 160 + 1.6 \times 19 \times$$

$$(1.6 + 2.0 - 0.5) = 254, \text{ kPa}$$

满足  $p < f$  要求。

### 3.2 东北侧掏土促沉

从基底掏出一定量方的基土,给构筑物回倾提供空间,或者是通过空间的置换达到纠偏的目的。

掏土方量估计:

$$V = \frac{1}{2} \cdot \Delta S_{\max} \cdot F \quad (1)$$

式中:  $V$  —— 需掏出土方量,  $\text{m}^3$ ;

$\Delta S_{\max}$  —— 基础边缘需要的纠偏沉降量,  $\text{m}$ ;

$F$  —— 基础底面积,  $\text{m}^2$ 。

根据工程特点决定选择掏土纠偏,为了预防罐体回倾不均匀,采用浸水使地基土软化,控制沉降速率在 5 mm/d 之内,不损坏罐体结构。

现场共布设 6 个工作竖井,在基础以下 1 m 内用 6 cm 直径洛阳铲水平射水掏土,掏土方量按式(1)估算,水平深度达罐体直径的 2/3 以上,掏土孔呈放射网状均匀分布。控制沉降速率在 5 mm/d 以内,对罐体变形进行监测。

## 4 纠偏施工

### 4.1 变形观测

埋设基准点,在罐体周边均匀布设 20 个

观测点,用以观测施工期竖向变形。

### 4.2 混凝土墩施工

①在贴近墩位的基础前面,开挖一个长×宽为 1.0 m×1.5 m 导坑,挖至原有基础底面以下 1.50 m 处;再将导坑横向扩展到直接的基础下面,并继续在基础下面挖到设计标高。

②采用现浇砼浇筑,在离原有基础底面 8 cm 处,停止浇注,养护一天后,再用 M10 早强水泥砂浆在填塞位置充分掏实回填,成为密实的充填层。

③导坑用 2:8 灰土回填夯实。

### 4.3 掏土浸水施工

①开挖工作竖井 6 个,直径为 1.80 m,紧贴基础外侧,井深到基础垫层以下 2.0 m,井壁用砖和水泥砂浆砌筑,在基础垫层下 1.0 m 之内预留射水掏土孔。

②从沉降少的一端开始,向两侧分期分批掏土,用直径为 6 cm 洛阳铲呈放射状射水掏土,水平方向延伸到基础内 14.0 m,适时进行浸水。一般控制沉降速率在 5 mm/d 以内。

③由于 1、5、6 掏土竖井内原基础以下 2.0 m 内均为卵石层,进行水平射水掏土后,掏土水平深度未到 3.0 m,即遇卵石受阻,通过变换掏土位置有所改善,但仍无法达到水平 14 m,沉降不明显。在 6 个竖井内浸水后,土体软化,掏土水平深度大多数达到 14 m,且沉降速率比较理想。

④当开始清孔两遍后,东北侧每天沉降一般为 3.5 mm 左右,最大一天沉降达 7 mm,虽然如此,但离纠偏结果尚远,为此根据当时罐体各点沉降量及沉降差,决定仍继续浸水,并进行清孔。纠偏施工详见图 4。

## 5 纠偏成果

(1)经过射水掏土、清孔及浸水,沉降速率发展较快,至罐体各方向沉降差达 ±10 mm 左右,决定封孔回填,采用 3:7 灰土回填夯实。

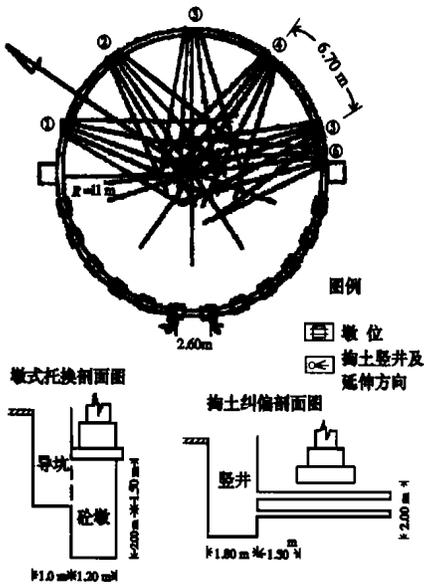


图4 纠偏施工图

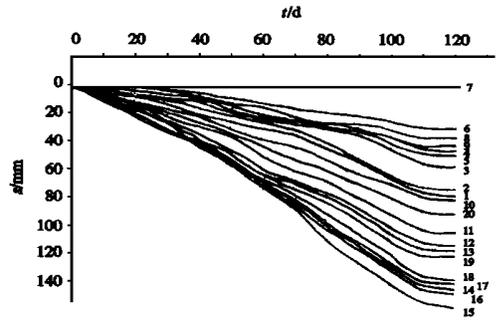


图5 各观测点沉降曲线

### 6 结束语

(1) 掏土纠偏是在倾斜建筑物基础沉降较小的部位采取措施,把基础下地基土一定土方量掏掉,使基础下地基土的有效负荷载面积减小,地基附加应力增加,使土侧向挤到掏土孔中,迫使基础沉降。

(2) 掏土法在软土地层效果显著,在可塑~硬塑土层中仍可使用,但需采用射水掏土,并适当浸水,使土体软化,加速纠偏进程。

(3) 为了加快纠偏速度,在沉降较小的部位尽可能增加堆载;本工程采用罐体蓄满水,以增加荷载,从而取得良好效果。

(4) 为了控制后期沉降,地基土层浸水量应适度,同时应将掏土孔封掉,以免矫枉过正。常用封孔材料有灰土、砂浆等,本工程采用3:7灰土回填夯实。

(5) 掏土纠偏何时结束施工、何时封孔,需要慎重,这主要取决于地层条件、沉降速率及对后期沉降发展的估计,是很关键的决策。

### 参 考 文 献

1 林宗元主编·岩土工程治理手册·沈阳:辽宁科学技术出版社,1993

收稿日期:1999-01-05

(2) 纠偏竣工后各观测点的沉降差,见表2和图5。

表2 各观测点的沉降差

沉降差 测点号	纠偏前 $\Delta\delta/\text{mm}$	施工结束 $\Delta\delta/\text{mm}$	结束后35天 $\Delta\delta/\text{mm}$
8-7	31	1	1
4-7	54	9	9
20-7	96	7	7
15-7	162	8	8
11-7	110	7	7

注:表中 $\Delta\delta$ -两点间沉降差。

(3) 罐体纠偏后,气罐进气,送气及罐体运行正常,满足正常使用要求。

(4) 纠偏结束,经过运行35天后,对罐体进行观测,其结果仍与竣工时一样,表明罐体沉降基本稳定。