

密集厂区高耸圆筒构筑物倾斜观测

中国船舶工业总公司勘察研究院 樊永杰

【提要】 本文结合工程实际情况，就在密集厂区内对高耸圆筒构筑物倾斜的施测方法和精度作了探讨和分析。

【Abstract】 The researches and analyses to the surveying method and its accuracy for the declination of the Towering Cylinder Structure in the Crowded Factories Area were carried out with engineering practices.

一、概况

某化工厂二座蒸馏塔因年久失修，基础较差，塔身倾斜严重。为了解其倾斜情况和纠偏效果，我们根据现场条件对塔进行了倾斜测量。

二蒸馏塔是东西向排列的，间隔约2.5m。东塔高约33.7m直径为1.2m；西塔高约35.4m，直径为0.9m。塔身用厚约15cm的保温材料保护着，塔底内温度达180℃左右，塔顶内温度也达100℃左右。

塔身自地面起升高3m左右有一块直径较大的楼板，二塔的南面约2m处有一幢三层楼的厂房，西面1m处是围墙，北面1.5m处是三个罐状构筑物，东面1.5m处是一座低塔，所以蒸馏塔如此高，周围建筑物密集，对组织施测工作带来了相当困难。用一般施测圆形构筑物中心坐标方法，现场没有这个条件。

二、方案设计与精度估算

(一) 方案设计

由于一座蒸馏塔自下而上需测较多的塔中心坐标，塔底中心坐标可根据地面设立二个控制点。用前方交会法来测定，再向上由于以上原因无法测到，须用通过经纬仪在望远镜上按装直角棱镜，把控制点位垂直向上投影，形成一条通过控制点中心的垂线。再在各观测的面上找出控制点的投影点位，用测边前方交会法测定各塔中心坐标。并以塔底和塔顶坐标差求算塔的偏倾量和偏斜方向。

1. 施测控制网的建立：

为便于纠正，假定厂房西北角为坐标原点 O （即 $x=0, y=0$ ），厂房西墙为 x 轴，北墙为 y 轴（见图1）。

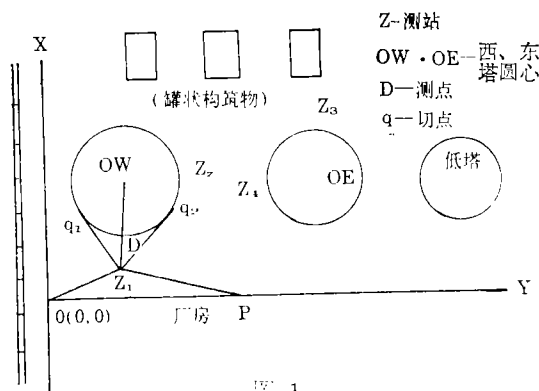


图 1

因受场地限制（塔身外楼板伸长约2m），拟采用WILD T₂配90°直角棱镜设站观测。图1中， z_1, z_2 为观测西塔的测站， z_3, z_4 为观测东塔的测站。每塔的二测站与塔心联系拟布设成直角状，以便更好反映塔的倾斜。

2. 测点布设及观测

(1) 由于塔身倾斜严重，因此为更能反映塔身的倾斜现状，拟沿塔身每升高2m测出塔中心坐标一点。

(2) 观测方法（以西塔为例）

在测站 Z_1 上设站，将对中杆的尖端点置于测点 D 附近（目估）另一端移动至经纬仪十字丝中心，这时可从此点（十字丝中心点）连二条直线（或用皮尺）与塔相切，记下二切点 q_1, q_2 位置，且用钢尺量取 $\widehat{q_1 q_2}$ 之圆

弧长度（量至cm），取它的半距即得测点D的正确位置（用钢凿凿至塔身钢壁）。再把对中杆尖端置于塔身钢壁上，置平，用垂直棱镜读取各测点至测站的水平距离。

用同样方法在测站Z₂上设站观测，可获得另一组观测数据。

3. 倾斜计算

(1) 测站坐标计算

在测站Z₁、Z₂上依次设站。用T₂经纬仪测角、钢尺量距，建立测站与厂房的关系，据此可计算出各测站的坐标。

(2) 塔心坐标计算

见图2。根据余弦定理

$$\cos A = \frac{(R + L_1)^2 \times S_0^2 - (R + L_2)^2}{2 \times (R + L_1) \times S_0}$$

可算得A、B值。再接前方交会公式：

$$X_{O_{\text{塔}}} = \frac{(X_{Z_2} - X_{Z_1}) \cdot \text{ctg} A + (Y_{Z_2} - Y_{Z_1})}{\text{ctg} A + \text{ctg} B} + X_{Z_1}$$

$$Y_{O_{\text{塔}}} = \frac{(Y_{Z_2} - Y_{Z_1}) \cdot \text{ctg} A - (X_{Z_2} - X_{Z_1})}{\text{ctg} A + \text{ctg} B} + Y_{Z_1}$$

计算出各塔心坐标。

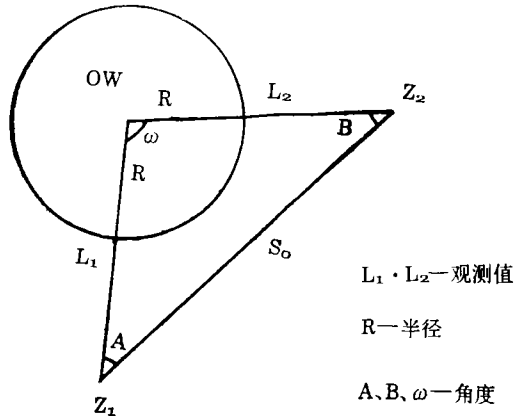


图 2

(3) 根据各塔心坐标可算出塔顶相对于塔底的倾斜值。

$$\Delta S = \sqrt{(X_1 - X_0)^2 + (Y_1 - Y_0)^2}$$

(二) 精度估算

根据方案设计，影响测点点位精度m的因素主要有以下几项：

1. 测站对点误差：m_站 ≈ ± 1 mm
2. 经纬仪指标差：X ≈ 30″，H = 35m，

$$m_{\Delta S} = \frac{H \cdot X}{206265} = \pm 5 \text{ mm}$$

3. 测点定位误差：按切点位置误差 ± 20mm估算，则测点定位误差

$$m_D = \pm 12.7 \text{ mm} \left(\frac{20}{2\pi R} \times R \right) = \pm 12.7 \text{ mm}$$

4. 读数误差：m_读 = ± 2mm
5. 对中杆置平误差：m_平 = ± 2mm

$$\text{即 } m = \sqrt{1^2 + 5^2 + 12.7^2 + 2^2 + 2^2 + 4^2} = \pm 14 \text{ mm}$$

不顾及起始点误差：

$$M_{O_{\text{塔}}} = \pm \sqrt{2} m / \sin \omega = \pm 20 \text{ mm}$$

三、组织实施与精度评定

(一) 现场组织实施主要依据设计的方案进行，但受现场条件限制，西东塔测站的设置实际为101°与96°。为提高观测精度，在对中杆上装置了水平气泡，并在观测前检测了经纬仪的指标差（X = 15″）。由此算得观测精度：

$$m = \pm \sqrt{1^2 + 2.5^2 + 12.7^2 + 2^2 + 1^2} = \pm 13 \text{ mm}$$

塔心观测精度：m_{O_塔} = ± √2 m / sin ω = 19mm

(二) 二塔的倾斜成果见下表：

西 塔			东 塔		
	塔 底	塔 顶		塔 底	塔 顶
X (m)	+3.94	+3.61	X (m)	+3.81	+3.50
Y (m)	+0.95	+0.92	Y (m)	+3.98	+3.92
偏量(cm)	33.2		偏量(cm)	31.6	
偏 向	厂房南向偏西 5°12'		偏 向	厂房南向偏西 10°57'	

四、结束语

在具体工程施测中。由于塔外保护层的厚度不很均匀，故切点q₁、q₂的定位可能误差大一些。但这种施测方法在建筑物较密集厂区内不失为一种好方法。