

倒锤在水下测量中的应用

中国船舶工业总公司勘察研究院 李必军

【提要】 本文结合工程实际,就倒锤在水下定位中应用的方法及精度作了探讨和分析,得出了一些有价值的结论。

【Abstract】 The researches and analysis to the method and accuracy of the application of the handlead below water with engineering cases were carried out. And some valuable conclusions were obtained.

一、引言

对于陆上施工,待定点的三维坐标放样和定位方法很多,而且精度都可以比较高,不一而足。但对于某些水下施工,特别是定位精度要求较高的施工,如何确定看不见、摸不着的水下某待定点的三维坐标呢?现针对某船厂新建滑道(两条直线轨,轨距为6.5m,滑道全长391.5m,呈1:15的坡度)施工安装时,有240m是水下施工段,由30根预制井字梁逐根拼接而成(每根梁尺寸为8000mm×7300mm×2000mm,重78t)。为了保证滑道施工符合设计标准,选用了倒锤装置进行放样和定位,取得较好的结果,现作些分析和探讨。

二、倒锤装置介绍

在高精度的变形精测中,往往采用深埋入基岩以下的倒锤丝装置作为稳定的基准点。这种装置在静止时,倒锤丝上端的平面二维坐标始终等于倒锤丝下端的值,受外界环境影响很小。基于此,将这一装置引入到水下测量中来。考虑到工程实际情况,水下倒锤装置与陆上不同,结构形式如图1,它由卡脚、倒锤丝、保护管、浮托装置、钢架、水准尺、可调撑杆七部分构成。每根梁在入水前安装好倒锤装置(同一断面有两个倒锤,倒锤丝间距固定为6.5m)。随同梁一起吊装,安装好后,将该装置移到下一梁上,并随着水深加深倒锤装置。倒锤装置各部分功能如下:卡脚,将倒锤丝固定在钢轨中心上;保护管

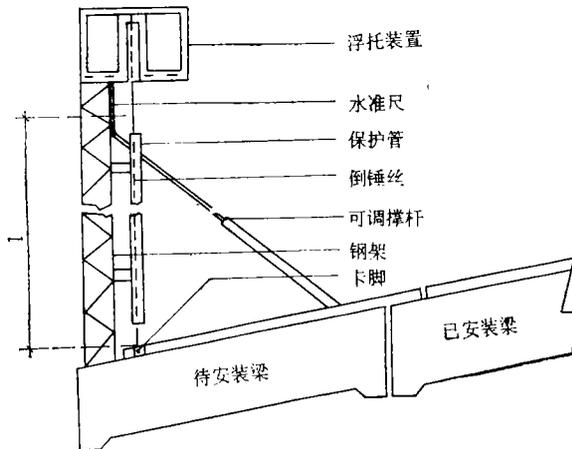


图 1

保持倒锤丝处在静水状态中;倒锤丝将钢轨中心投影到水面上;浮托装置由浮子与水箱构成,保证倒锤丝处在铅垂面内;水准尺绑在钢架上,供测标高读数;可调撑杆用于固定倒锤架,调节倒锤架与滑道梁的夹角,保证梁在1:15坡度时,倒锤架大致在竖直状态;钢架起固定倒锤作用,由于它是刚性结构,其高度作为高程计算的一个参数,故又称为硬尺。

三、实施方法

工程中,平面控制采用施工坐标系, x 轴为滑道中心线方向, y 轴为滑道起始端线;高程采用吴淞系统。安装前建立了四等平面控制网和精密水准网。

1. 平面位置测量方法

平面位置采用两台 T_2 经纬仪四测回方向交会。因测站采用强制对中的观测墩(分别设在滑道轴线及滑道两侧的岸上),测站

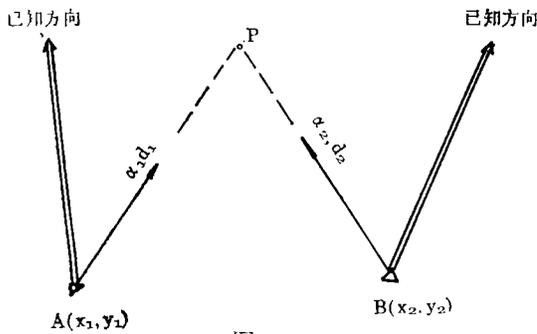


图 2

间相互不能作为后视点, 故测量方法采用图 2 方式, 其理论模型如下:

$$X_P = \frac{X_A \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 - X_B \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 - y_A + y_B}{\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2} \quad (1)$$

$$y_P = \frac{y_A \cdot \operatorname{ctg} \alpha_1 - y_B \cdot \operatorname{ctg} \alpha_2 - x_A + x_B}{\operatorname{ctg} \alpha_1 - \operatorname{ctg} \alpha_2} \quad (2)$$

为了应用计算和检验方便(1)、(2)式可作如下变动:

当 α_1 和 α_2 接近 0° 或 180° 时, 用(3)式计算:

$$\left. \begin{aligned} x_P &= \frac{x_A \operatorname{tg} \alpha_1 - x_B \operatorname{tg} \alpha_2 - y_A + y_B}{\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2} \\ y_P &= y_A + (x_P - x_A) \operatorname{tg} \alpha_1 \\ &= y_B + (x_P - x_B) \operatorname{tg} \alpha_2 \end{aligned} \right\} (3)$$

当 α_1 和 α_2 接近 90° 或 270° 时, 用(4)式计算:

$$\left. \begin{aligned} y_P &= \frac{y_A \operatorname{ctg} \alpha_1 - y_B \operatorname{ctg} \alpha_2 - x_A + x_B}{\operatorname{ctg} \alpha_1 - \operatorname{ctg} \alpha_2} \\ x_P &= x_A + (y_P - y_A) \operatorname{ctg} \alpha_1 \\ &= x_B + (y_P - y_B) \operatorname{ctg} \alpha_2 \end{aligned} \right\} (4)$$

(1)、(2)式中符号含义如图 2。 A 、 B 为测站, P 点为待定点, α 表示根据已知方向联测得到的方位角, d 表示测站待定点间距。

2. 高程测量方法

参照图 1, 每樨梁入水前, 精确测出倒锤丝末端处轨面至钢架(硬尺)上水准尺零

点高度。采用精密水准测量方式, 测量井字梁安装就位时, 钢架上水准尺读数。通过简单换算便可求出倒锤丝处轨面标高。

四、测量精度估算、评定

对于滑道, 主要是控制轴线和标高的测量精度, 下面就探讨一下这两项精度情况。

1. 轴线精度

对于图 2 的观测方法, 不考虑控制点误差情况下, 其单个交会点精度严密估算公式为:

$$m_r = \frac{m_a}{\rho \cdot S_{\alpha}} \cdot \sqrt{d_2^2 \cdot \sin^2 \alpha_1 + d_1^2 \cdot \sin^2 \alpha_2} \quad (5)$$

式中 $r = \alpha_1 \sim \alpha_2$, m_a 为方向观测中误差, $\rho = 206265$ 。在本工程中取 $m_a = \pm 2''$ 时, m_r 在 $0.8 \sim 2.5 \text{mm}$ 之间。

下面来分析一下实际测量精度。不考虑控制点误差情况下, 每樨梁的检测精度可用该樨梁两倒锤丝间距的测量误差 m_s 来表示。 m_s 在数字上约等于两倒锤丝交会间距与实际间距之差。由于这一间距矢量方向基本上平行 y 轴, 又顾及到同一断面两倒锤丝测量大致同精度, 故每根倒锤丝(即单个交会点)的横向测量误差公式

$$m_y = m_s / \sqrt{2} \quad (6)$$

根据这一方法, 结合工程实验数据, m_y 计算在 $0.2 \sim 3.5 \text{mm}$ 之间。大部分梁实测精度与估算一致。

2. 高程精度

影响待测点的高程误差的因素有: 基准点联测到场地水准点误差 m_1 , 场地水准点至倒锤架水准尺的测量误差 m_4 (约 $\pm 1 \text{mm}$)水准尺零点处至倒锤丝轨面处的高度测量误差 m_3 (反复测量后比较, 此误差约 $\pm 1.5 \text{mm}$)。每测站高差中误差为 $\pm 0.3 \text{mm}$, 根据工程实际情况, 按 8 站计算, $m_h = \pm 0.3 \times \sqrt{8} = \pm 0.9 \text{mm}$, 综合以上各项, 高程测量精度为:

(下转第 29 页)

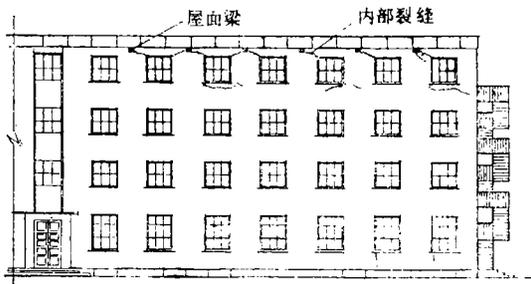


图 4 西立面开裂示意

2. 顶层没有较大的活荷载，其墙体的裂缝主要是由于屋盖结构的温度变化所引起的。由于南部屋盖的支承墙体较少，相对位移较大。屋面又是在冬季完工的，到了夏季受热产生膨胀变形，而砖和砼的胀缩性又不同，因此，在温度应力的作用下，当应力值超过混合砂浆的强度时，就造成了内、外墙体的开裂。而这种裂缝一般不会向下开裂，从实际情况来看正是如此。

3. 底层墙体裂缝主要发生在大开间的外墙窗台下，而走道内纵墙（C轴承重墙）没有开裂。这是什么原因造成的呢？北京市建筑设计研究院研究所的鉴定报告指出：“作为整幢房屋的结构布置不甚均匀，南北两端刚度差异较大，有明显的偏心。南北两部分纵横墙混合承重，受力不甚规则等。”正是由于设计存在着以上不足，造成纵横墙受力差异很大，使得在大开间处纵墙承受很大的

垂直作用力，导致地基因受力不均而产生不均匀变形，窗台下墙体也因沉降而受剪（受力关系如图5），容易在局部形成剪切破坏面（图5中的a、b），同时，设计在构造上又无措施，从而造成了部分窗下墙的开裂。这种裂缝一般发生在窗台的两边角，距窗台近处大，向远逐渐变小。该墙体开裂的特征充分证明了这一点。

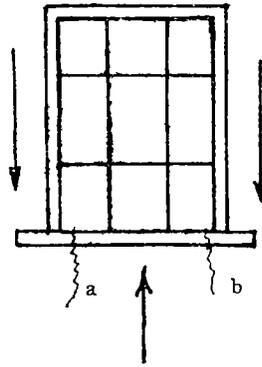


图 5 窗台受力关系

五、结论

综上所述，某宿舍楼墙体开裂主要是由于温度应力和结构布局不尽合理引起的。其裂缝虽然尚未构成危及安全的程度，但却使我们清楚地看到，不论是在哪些方面不慎，都有可能造成建筑物的开裂或破坏。因此，无论是勘察、设计还是施工，都应采取科学的态度，严格执行规范、规程，认真细致地做好工作，以避免类似事故的发生。

（上接第56页）

$$m_H = \pm \sqrt{m_i^2 + m_l^2 + m_k^2}$$

$$= \pm \sqrt{0.9^2 + 1.5^2 + 1^2} = \pm 2.0\text{mm}$$

(7)

五、结束语

1. 倒锤装置在本工程中起了极其重要的作用。从整个安装结果和测量精度来看，对具有条件安装倒锤装置的工程用于水下放样

和定位是可行的。

2. 根据本工程的实践经验，在倒锤装置稳定性较好的情况下，在水箱上架设棱镜，棱镜对中倒锤丝中心，利用测距仪测量，可以提高工作效率。

3. 建议在类似工程中，采用倒锤装置进行测量，并逐步完善这一方法。