

武昌造船厂老滑道水平位移监测实录

王 敏 人

(中国船舶工业总公司勘察研究院 上海 200062)

【提要】 本文主要介绍造船厂老滑道水平位移监测的部分实录, 根据工程的需要和环境条件, 采取相应的技术方法, 有一定实用性, 供同行参考。

【Abstract】 The histories of the horizontal displacement monitoring for the old slide of the shipyard are mainly introduced in this paper. It has some practicability that the technique method should be adopted based on the requirements and environmental conditions of engineering.

1 概况

武昌造船厂老滑道始建于1950年, 全长374.635m(水平投影); 滑道纵断面呈圆弧形, 其半径为14317.495m。滑道东首是过船台及横移区; 西端入长江; 北侧30~60m是防汛墙。老滑道设计带重量为100t, 因生产发展需要, 现已增加至2500t, 且年久失修, 变形极为严重。为满足生产发展要求, 在南侧与老滑道中心轴线平行24m处拟建新滑道。为在新建滑道施工期间, 能及时反映老滑道的变形程度, 确保老滑道的安全, 维护船厂的正常生产, 为此在新建滑道的施工期间对老滑道作变形跟踪监测, 控制施工开挖速率和程序, 具有指导及预控意义。

老滑道的变形监测分垂直位移及水平位移二项。本文谨对在“变形监测工程平面控

制网”下对老滑道的水平位移监测的施测方法, 以及计算公式加以叙述。

2 水平位移监测内容

本监测工作与现场施工配合均在长江枯水期进行。从施工现场的工作考虑, 仅对老滑道0+80~0+240断面(陆上部分)进行监测。

(1) 对老滑道的四根钢轨作水平位移监测。

(2) 对老滑道的南侧抗滑结构, 横梁及老滑道北侧马道边坡进行水平位移监测。

以上两项水平位移监测0+80~0+240每间隔20m设一断面, 每断面设7个监测点, 即四根钢轨各一个; 抗滑结构的承台板上滑道横梁上以及马道边坡各设置一个(详见图1)。

幕菜单操作, 汉字显示, 即使不太熟悉的人员经过摸索也会很快熟练。在Windows下运行的软件使得菜单窗口更易作到灵活、方便。

2.5 图形编辑功能是否完善, 成果输出形式是否完美。计算机将采集的数据生成地形图后, 一般均需人工对其再编辑, 如个别地形的修改、加注记及图廓整饰等等。这部分工作的方便与否也决定了整个系统的工作效率。地形测量的成果不仅是图形, 还需数据成果表(如控制点成果表、控制点分部及各

类竣工资料等), 这部分将影响到整个系统的完整性。

除了以上归纳的评价一数字成图系统的几个方面, 还应考虑其它许多因素, 如加密状况、运算速度、成图质量、价格及其研制单位的信誉等等。最后再提的就是不论对待哪套系统, 应分析他是否据有再发展的可能性及其自我完善能力大小, 能随着新仪器、新技术的发展而发展其系统功能的软件才具有强大的生命力。

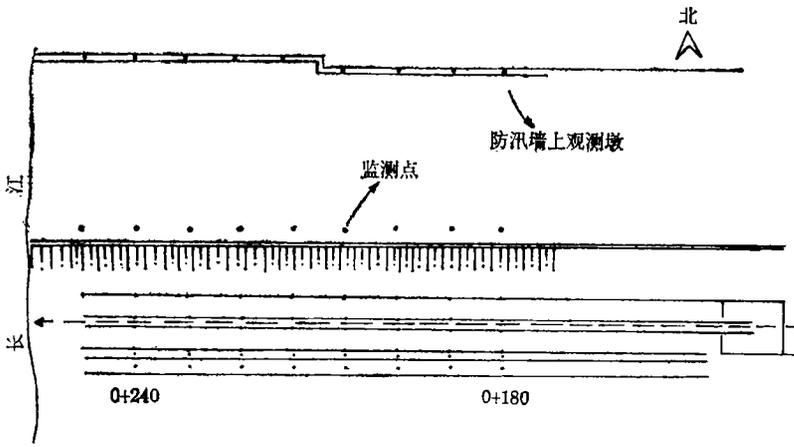


图 1 观测墩及监测站示意图

3 正倒镜投点法设测站对老滑道的四根钢轨进行水平位移监测

老滑道有四根钢轨组成。由北至南的编号分别为轨 I、轨 II、轨 III、轨 IV。中心轴线与南北两组钢轨的理论轨距分别为 0.115 m、3.300 m。即中心轴线离轨 II、轨 III 均为 0.115 m；离轨 I、轨 IV 均为 3.300 m。各断面轨面上都钻有小孔，嵌入铜条作为标志。

老滑道西端入长江，不能设置测站。东端过船台及横移区，受施工现场的制约及生产干扰。若采用基准线的准直线法，很难判定设立测站的稳定性，且离监测点较远精度难以保证。本工程利用老滑道的中心轴线的原点——汉阳基准点，该原点的钢标保存完好，以及横移区东有一钢筋混凝土建筑房檐下有一方向标志清晰可辨。因此有了该条基准线——（滑道的中心轴线），对于老滑道的四根钢轨进行水平位移监测是用“正倒镜投点法”确定测站（不设固定测站），以视准线法读数，配合钢钢尺丈量进行施测求其四根钢轨的水平位移量。

3.1 设测站

以 WILD T₂ 经纬仪初定于 O 点（轨 I 轨 III 之间）如图 2，盘左（正镜）照准 A 点（汉阳基准点），盘右倒镜后由于视准轴等的误差影响十字丝交点不通过 B 点（房檐下方向标志）而落到 B₁ 点，然后用盘右（倒镜）

再次照准 A 点，倒镜后十字丝仍未通过 B 而落到 B₂ 点，若 O 点位于正确的 AB 直线上则 B₁、B₂ 的中心必然与 B 点重合，如 B₁、B₂ 的中点位于 B' 处则将仪器移动

$$OO' = \frac{d}{L} BB', \text{ 见图 3,}$$

反复上述所叙将仪器精确地归化到 AB 的连线上，仪器按置后即视准

汉阳方向（A 点）进行视准线法读数。

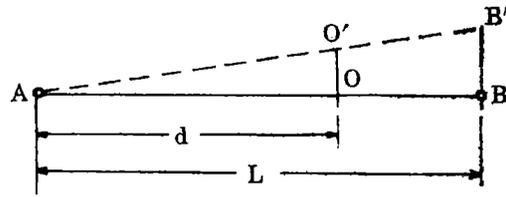


图 2

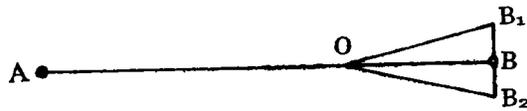


图 3

3.2 视准线读数

以刻划至毫米的 50 cm 直尺轨 II 对零，经纬仪视准汉阳方向后固定度盘望远镜读取 50^cm 直尺上的刻划，估读至 0.5 mm；倒镜亦然，取其均值为 S₂。然后 50 cm 直尺轨 III 对零照上述方法正、倒镜二次读数取平均值为 S₃。（S₂、S₃ 即为视准线方向——中心轴线至轨 II、轨 III 的间距）。

3.3 钢钢尺丈量

以 12 m 钢钢尺贴轨面丈量。轨 I 对零，轨 II、轨 III、轨 IV 相对于轨 I 的距离分别为 d₂、d₃、d₄。

3.4 四根钢轨的水平位移计算

每一断面计算时只要把 d₂、d₃、d₄、S₂、S₃ 5 个参数（变量）及 0.115 m、3.300 m 两个

常量代入公式则该断面的每根钢轨的偏离值即可求得。

令：轨道向视准线南侧偏离为正；向视准线北侧偏移为负。

$$\text{令： } \Delta = \frac{d_2 + d_3 + S_2 - S_3}{2}$$

则：

$$L_{\text{轨I}} = 3.300 - \Delta$$

$$L_{\text{轨II}} = d_2 - \Delta + 0.115$$

$$L_{\text{轨III}} = d_3 - \Delta - 0.115$$

$$L_{\text{轨IV}} = d_4 - \Delta - 3.300$$

本次的偏离值同上次的偏离值之差则为本次所测的位移量

$\Delta L = L - L'$ ，式中 ΔL 为本次所求得的位移量， L = 本次偏离值， L' = 上次偏离值。

本次的偏离值同初值比较求其之差的累计位移量：

$\Sigma \Delta L = L - L_0$ ，式中 $\Sigma \Delta L$ 为累计位移量， L_0 = 初值， L = 本次偏离值。

3.5 误差分析及精度估算

3.5.1 架置仪器的误差

由于前后视的照准目标均为固定觇标，为此起始误差及目标偏心的影响可以略去，

则架置仪器的误差 $m_{\text{架}} = \pm \frac{d \cdot (L - d)}{d + (L - d)} \cdot \frac{\Delta r''}{\rho''}$

式中 $d = 1800\text{m}$ ， $L = 2000\text{m}$ ， $\Delta r = 2''$ ， $\rho'' = 206265$

$$\text{则 } m_{\text{架}} = \pm \frac{1800 \cdot (2000 - 1800)}{1800 + (2000 - 1800)} \cdot \frac{2}{206265} \\ = \pm 1.75\text{mm}$$

3.5.2 视准线法经纬仪读数误差

$$m_{\text{架}} = \pm \frac{60''}{V} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\rho''} \cdot d \quad \text{式中 } V = \text{经纬}$$

仪放大倍率为30倍； $\rho'' = 206265$ ， $d = 50\text{m}$ 即仪器至监测点的距离。

$$\text{则 } m_{\text{架}} = \pm \frac{60''}{30} \cdot \frac{\sqrt{2}}{206265} \cdot 50 = \pm 0.69\text{mm}$$

3.5.3 50cm直尺两次对点误差

$$m_{\text{架}} = \pm \sqrt{0.2^2 + 0.2^2} = \pm 0.28\text{mm}$$

3.5.4 钢钢尺丈量误差

$$m_{\text{量}} = \pm \sqrt{0.2^2 + 0.2^2 + 0.2^2} \\ = \pm 0.35\text{mm}$$

3.3.5 中误差的估算

$$m = \pm \sqrt{m_{\text{架}}^2 + m_{\text{读}}^2 + m_{\text{尺}}^2 + m_{\text{量}}^2} \\ = \pm \sqrt{1.75^2 + 0.68^2 + 0.28^2 + 0.35^2} \\ = \pm 1.93\text{mm}$$

4 红外差距法对老滑道的南侧抗滑结构、老滑道横梁、老滑道北侧马道边坡进行水平位移监测

4.1 监测点及观测墩的埋设

从 $0 + 80 \sim 0 + 240$ 间隔 20m 一断面与四根钢轨的监测点平行设置三个监测点，为减少对点误差，各监测点均以膨胀螺栓及混凝土加固埋设 WILD 基座螺栓，便于 WILD 的基座、棱镜直接拧上。观测墩设置在监测点连线的北侧防汛墙上，由于受现场条件制约，观测墩离最近的监测点约 $30 \sim 60\text{m}$ 。各观测墩都以角钢为材料呈金字塔形并设有基座螺栓。

4.2 以红外差距法进行施测

置 WILD T₂ 经纬仪于观测墩上，分别对该断面的三个监测点上的棱镜进行正倒镜一测回的垂直角测定，以 WILD DI2002 红外测距仪二测回进行边长测定。

4.3 计算公式

根据测距仪所测得距离，并经各项改正后求得本次施测的各点的边长（水平距离） S 。

$$\Delta S = S - S', \quad \Sigma \Delta S = S - S_0。$$

式中 ΔS 为本次位移量， S 为本次边长值， S' 为上次边长值， S_0 为初值， $\Sigma \Delta S$ = 累计偏移值。

4.4 误差分析及精度估算

4.4.1 因测站、监测点有强制对中装置，故对中误差可略去。由于防汛墙至棱镜距离短，垂直角较大，垂直角观测误差：

$$m_{\text{量}} = \pm S \cdot \sin \alpha \cdot \frac{\delta}{\rho''}, \quad \text{式中 } S = 30\text{m}, \\ \alpha = 30^\circ, \quad \delta = 2'', \quad \rho'' = 206265。$$

则 $m_{\text{真}} = \pm 30.1/2 \cdot 2/206265 = \pm 0.15\text{mm}$ 。

4.4.2 WILD DI2002测距仪的标称精度为 $1\text{mm} + 1\text{PPm}$ ，则测距仪误差：

$$m_s = \pm \sqrt{1^2 + 1^2} = \pm 1.41\text{mm}$$

4.4.3 测边精度

$$m = \pm \sqrt{m_{\text{真}}^2 + m_s^2} = \pm \sqrt{0.15^2 + 1.41^2} = 1.42\text{mm}$$

5 结束语

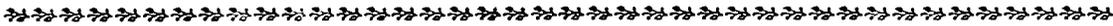
上述两种对老滑道的水平位移监测的施测方法进行两年的工作实践，感到操作比较方便，而实际观测精度均较高。正倒镜投点架设仪器，若操作熟练后几次归化即可精确地定在基准线的连线上。视准线的读数受望远镜放大倍率所限，在读50cm直尺的刻划时为确保施测精度距离必须加以控制。正倒镜投点确定测站，以视准线法直读，配合钢

钢尺丈量，该施测方法对于不易确定稳定点的监测现场及同时又平行有一组监测点且工作量较大，提交中间成果的周期较短的变形监测可作参考。

WILD DI2002红外测距仪稳定可靠，且精度较高，该类型的测距仪作“红外差距法”对建（构）筑物进行水平位移监测，每次循环最好定时，即每次在同一时间进行施测以保证施测精度及数据的可靠性。

本工程的观测墩均与“变形监测工程首级控制网——大地四边形进行联测。首级平面控制网的布设，数理统计后的拟稳平差及观测墩联测的平差修正参数本文不赘述了。

由于水平所限，错误及不足之处请提宝贵意见。



●消息一则●

中国航空工业勘察设计研究院 “基础工程新技术研究所”正式成立

“基础工程新技术研究所”在中国航空工业勘察设计研究院各级领导及国内外同仁的支持下正式成立了。其宗旨在于利用现代科学手段发掘和完善岩土工程有关理论，提高岩土工程设计、施工的安全性和经济性，降低岩土工程师的劳动强度。

该所目前设有理论研究部、技术开发部和工程部。具有较先进的设备及高层次的岩土工程人才。主要业务范围：

- (1) 岩土工程新理论的探索及现有理论的完善；
- (2) 岩土工程新技术、新工艺开发；
- (3) 各种岩土工程的设计、施工及监理；
- (4) 软、硬件开发：目前已开发出“护坡桩整体优化设计软件（2.1版）”，

可用于参数优选、各种形式的护坡桩设计、各种稳定验算及稳定性监测；

- (5) 降水工程新工艺及水源地、矿泉水、热水资源开发；
- (6) 环境岩土工程新技术开发；
- (7) 地质灾害治理、监测与预报新技术开发；
- (8) 组织岩土工程的各类学术交流活动。

本所竭诚希望与国内外同行建立更为广泛的联系，进行业务合作。

联系电话：(01) 2565559

联系人：秦四清、宋应文

联系地址：北京2411信箱基础工程新技术研究所（100086）