

# 图像测量技术在水下大型构件高精度安装中的应用

## Application of image measurement technology in high-precision installation of large underwater components

崔立龙

Lilong Cui

中交第二航务工程局有限公司北京分公司 中国·北京 100013

Beijing Branch of CCCC Second Navigation Engineering Bureau Co., Ltd., Beijing, 100013, China

**摘要:** 图像测量技术在社会各个行业中得到了广泛的运用,但在国内工程领域的应用还未广泛推广。在水下大型构件安装方面,通过水下可视化测量系统替代传统的潜水员水下探摸的施工方式,从而很大程度的提高了工程质量,保证了施工人员的安全。

**Abstract:** Image measurement technology has been widely used in various industries in society, but its application in the domestic engineering field has not been widely promoted. In terms of the installation of large underwater components, the traditional underwater visualization measurement system is used to replace the traditional construction method of divers underwater exploration, which greatly improves the quality of the project and ensures the safety of the construction personnel.

**关键词:** 图像测量; 构件安装; 图像处理

**Keywords:** image measurement; component installation; image processing

**DOI:** 10.36012/etr.v2i11.2899

## 1 引言

码头工程、船坞滑道工程及桥梁工程等均涉及到水下构件安装。传统施工方法完全采用潜水员水下探摸的方式进行,已明显不能满足现代技术需求,随着施工技术的发展,落后的技术呈现的矛盾越显突出。落后的工艺造成了施工效率低下、人员操作安全风险大、构件安装精度很难达标、工程质量不易把控等。同时,在操作的过程中容易带来诸多意外,进而由于原始的落后的施工工艺,会明显加大工程的返修率,大大提高工程建设成本,并有可能造成巨大的经济损失。21世纪是海洋的世纪,同时也是以计算机和网络传输为代表的信息技术的世纪,只有不断更新的项目施工技术,才能改变水下构件安装工程这个影响整个工程领域快速发展短板现状。

水下大型构件安装过程中,受船舶性能、水流、潮汐、风

浪及测量定位工艺的影响,安装精度及进度很难有效控制。本文通过某码头工程在水下方块安装过程对图像测量技术进行试验,为水下安装工程应用新的测量技术提供了理论依据。

某码头工程采用了方块重力式结构,方块共分为四层,单层高度 3.5m,单块重量约 450 吨,方块全部采用素混凝土,设计强度等级 C30。

## 2 方块安装的工艺流程

### 2.1 船机设备

方块水下安装采用 500t 全回转起重船,起重船的主钩为双钩式,最大吊重为 500t,水面最大吊高约 27.5m,副钩的最大吊重为 75t,水面最大吊高 40.5m。移船绞车为 5 台,拉力为 150kN。配备抛锚艇一艘;2000t 方驳一艘;交通船 2 艘;方

**【作者简介】**崔立龙(1985~),男,河北衡水人,汉族,本科,工程师,从事工程施工管理和市场开发研究。

块运输船若干。

## 2.2 吊索具

根据方块尺寸和吊槽的不同位置,共制作专用吊架两套,吊架主梁采用 600mm \* 400mm 箱型梁。上部焊接 4 组钢制吊耳,用钢丝绳将起重船吊钩与钢框架连接;下部焊接 4 组钢制吊耳,连接吊带。

吊架上部吊耳与起重船吊钩采用 4 根钢丝绳四点连接,吊架用 4 根吊带与方块的吊具连接,吊带的单根工作长度为 27m,单根工作荷载为 2000kN,质量为 53.0kg/m。

## 2.3 测量定位原理

测量采用水下基准线定位配合水下成像技术法,在水下基床设置基准线,基准线与方块底部设计沿线的距离为一定值,控制方块安装的前沿精度,潜水员携带成像设备测量方块,水下控制距离在规范允许偏差范围内即可安装,安装完成后采用导杆测量法进行安装复核。

## 2.4 施工工艺流程

方驳运输方块至现场→水下基准线安装→起重船就位→吊索具安装→方块起吊下水→方块下放至距基床 20cm 左右→位置调节→下放安装就位→水下成像测量→导杆测量复核→安装下一块。

## 2.5 方块安装允许偏差

- 水面与施工准线偏差:±50mm;
- 相邻方块临水面错牙:±30mm;
- 相邻方块顶面高差:30mm;
- 最大缝宽:底层 50mm,其他层 70mm。

## 3 水下图像测量的意义与目的

图像测量技术<sup>[1][2][3]</sup>是近年来随着工程和科学需要在测量领域中发展起来的一种高性能测量技术。图像测量技术融合了光学、光电子学、计算机图形学、信息处理、计算机视觉、信息传输等现代科学技术,是一种以光学为基础的集成技术。该技术在运用过程中会涉及机械、通信、工程等诸多传统行业。光学图像作为图像测量技术信息传递的重要载体,运用视觉的原理和数字图像处理技术,将物体的成像图像进一步进行合理的分析研究,并提取出需要的测量因子。目前在许多领域都已经成功的运用了图像测量技术。

随着现代激光技术、精密计量光栅技术、计算机分析技术以及图像识别和微处理技术等方面在二十多年来的迅猛发展和在高精度测量领域的应用,进而演变出了一种独特的测量技术——图像测量技术。图像测量技术是以现代光学成像技术为基础,以计算机分析为手段,将光电子技术、激光技术、图像微处理技术等现代科学技术深度融合,组成光、

电、机、算和控制技术一体化的综合测量控制系统。作为一种新兴的非接触测量方法具有独特的优越性,它是通过把被测对象的光学图像作为检测和传递信息的载体,从图像中用计算机技术提取出有用的信息进而获取待测参数。光电摄像器件的快速发展和普及使图像测量技术成为趋势,特别是电荷耦合器件(CCD)技术的广泛应用,进一步推动了图像测量技术的快速发展。CCD 器件极大的改进了数字图像处理技术的应用范围。

虽然图像测量技术目前在各个行业已得到了广泛的应用和推广,但是在国内工程领域应用尚处于起步和验证阶段。相对于我国各行各业的蓬勃发展,工程领域自动化的应用短板极为突出。在水下安装的对准工程方面,国内的主要解决方案还是主要以潜水员水下探摸。在施工的时候,基本上靠潜水员水下盲测,这对于现代化的工程施工而言,已经很难达标了。

## 4 水下图像测量总体方案

### 4.1 系统简介

水下可视化测量系统使用高精度的电子原器件传感器、高分辨率水下摄像机获取码头方块水下安装数据,通过图像处理算法软件测量并计算方块安装偏差相关要素,进而使执行机构获取控制调节码头方块的几何参数以达到设计精度要求。

该系统主要包括主监控台、水下图像采集系统、水下传感器系统和电源及信号处理箱四个组成部分。

### 4.2 图像测量

水下测量成像,主要如图 1 所示的步骤进行。

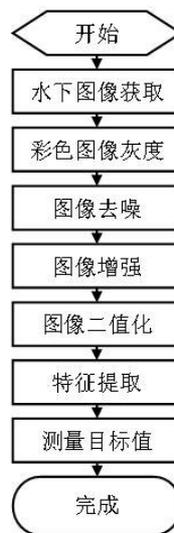


图 1 测量系统操作流程

在图 1 所示的方案中,没有列出关于设备调试、方块转

运等工作,主要列出了水下自动测量的部分。方案中图像处理的主要模块如下:

①实时图像水下采集模块,用来获取数据源。主要操作过程为将摄像机分别固定在吊运方块的工装架上和潜水员手持照射来完成。为了解决水域浑浊的问题,在摄像机上增加了聚光的处理。

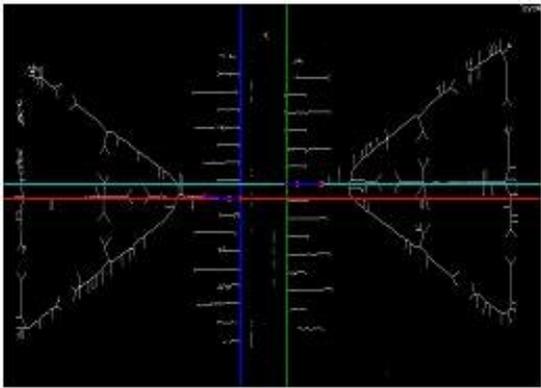
②图像预处理模块,用来完成将图像从 RGB 图像到二值图像的转化,即数据初步处理。主要工作涉及图像去噪,图像增强,RGB 图像的灰度化,图像二值化和二值图的旋转等操作。

③特征提取模块,勾勒出图像的特征,这是整个工作的核心。主要涉及图像精细化和霍夫变换提取直线。

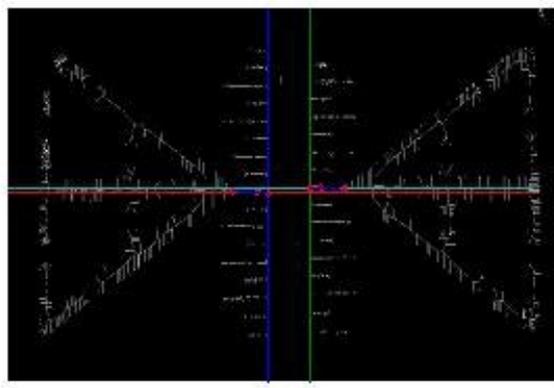
④信息输出模块,用来完成最后的信息输出,主要利用提取的特征计算出水下构件的对齐信息并且输出。

## 5 测量图像整理

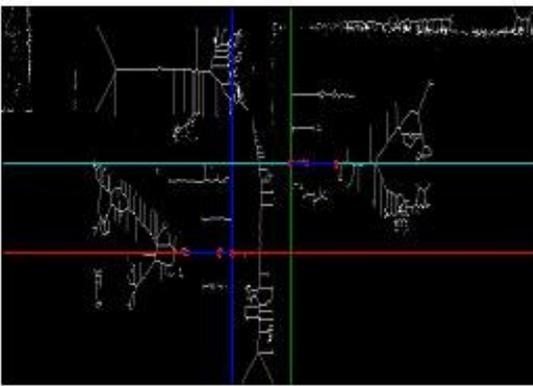
本试验设计了三类图像数据的测量,分别是临水面方块对齐数据,左右错开数据,上下左右都错开的测量数据。如图 2 部分试验结果数据。



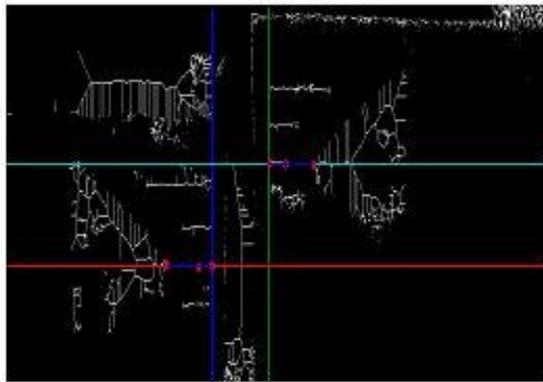
(a) 第6组正面实验结果



(b) 第8组正面实验结果



(c) 第11组侧面实验结果



(d) 第12组侧面实验结果

图 2 部分试验结果图像

如图 2 中,测量图像(a)的方块横向错位  $LR = 4\text{mm}$ ,间隙  $D = 10\text{mm}$ 、图像(b)的方块横向错位  $LR = 1.5\text{mm}$ ,轨道间隙  $D = 7.5\text{mm}$ 、图像(c)的方块高低差  $UD = 13.5\text{mm}$ ,轨道间隙  $D$

$= 8\text{mm}$ ,左右错开  $LR = 1\text{mm}$ 、图像(d)的方块高低差  $UD = 13.5\text{mm}$ ,轨道间隙  $D = 8\text{mm}$ ,横向错位  $LR = 6\text{mm}$ 。

表 1 测试图像的部分结果

方块间隙(mm)			横向错位(mm)			高低差(mm)			
实际值	测量值	误差	实际值	测量值	误差	实际值	测量值	误差	
11	11.293	0.293	10	10.173	0.173				
10	9.582	0.418	10	10.003	0.003				
10	11.283	1.283	11	11.027	0.027				
10	8.690	1.310				3.5	3.243	0.257	
10	9.871	0.129				3.5	3.590	0.090	
10	11.147	1.147				3.5	3.607	0.107	
10	8.771	1.229	3	3.091	0.091				
10	10.002	0.002	3	4.134	1.134				
10	10.776	0.776	3	4.156	1.156				
10	8.710	1.290				3.5	4.194	0.694	
10	11.254	1.254				3.5	5.000	1.500	
10	11.667	1.667				3.5	4.487	0.987	
8	6.364	1.636	3	3.182	0.182				
8	9.114	1.114	3	3.331	0.331				
8	9.332	1.332				3.5	4.000	0.500	
8	9.714	1.714				3.5	3.857	0.357	
8	9.328	1.328				3.5	4.118	0.618	
8	6.724	1.276	5	5.417	0.417				
8	9.120	1.120	5	5.883	0.883				
8	8.186	0.186	5	6.393	1.393				
平均误差		1.025				0.526			0.568

从结果中可以看出正负误差规律性不强,所列的结果均满足施工精度方面的要求。

## 6 结论

基于图像的高精度自动化测量,可以很大程度的提高施工质量,减少了工作人员水下工作,并且方便做出工程质量评估,降低了工程的施工安全风险。

## 参考文献

[1] Ge-Tang B, Hui Z, Wei T A O. Algorithm's Study on Automatic Focusing for Image Measurement Technology [J]. Journal of shanghai jiaotong university, 2005, 1: 029.

[2] Kanchanomai C, Yamamoto S, Miyashita Y, et al. Low cycle fatigue test for solders using non-contact digital image measurement system[J]. International Journal of Fatigue, 2002, 24(1): 57-67.

[3] Wu H B, Chen Y, Wu M Y, et al. 3d measurement technology by structured light using stripe-edge-based gray code[C]. Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2006, 48(1): 537.

[4] 田辉. 水下图像测量过程中构像信息的获取[D], 华南理工大学, 2005.

[5] 李海兰, 王霞, 金伟其, 等. 基于多帧水下距离选通图像的三维重构方法[J]. 光学学报, 2010 (12): 3464-3470.