

T50R 型多波束在桥梁基础冲刷中的应用

夏开奇, 钟锐

(武汉长江航道救助打捞局, 湖北 武汉 430014)

摘要: 本文介绍了 T50R 型多波束的系统组成和工作原理, 以及其在桥梁基础冲刷检测中的应用。T50R 型多波束可以有效探测桥梁周围水下地形, 获得高精度的三维地形图, 并绘制出等深线图以及典型测线地貌图, 输出地形扫描成果和河床断面测量成果, 可结合 BIM 融合技术对数据二次处理展示三维地形。

关键词: T50R 型多波束; 桥梁检测; 基础冲刷

中图分类号: TV221

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2022) 07—0102—03

1 绪论

目前, 我国公路桥梁总数接近 80 万座, 其中大桥、特大桥将近 9 万座, 桥梁数目和规模均居世界之首。与此同时, 我国路网中步入维修期的在役桥梁日渐增多, 有超过 10 万座桥梁为危桥, 桥梁垮塌事故时有发生。这些跨江河桥梁, 由于水流冲刷作用, 常会造成桩基缩颈、河床冲刷等病害, 严重影响桥梁结构安全, 逐渐引起行业重视; 桥墩冲刷及其对桥梁安全运营的影响逐步成为桥梁检测和养护领域的研究热点和难点^[1]。多波束在航道整治工程地形扫描中效果良好, 本次探索性的将 T50R 型多波束运用在桥区地形扫描中, 研究其在桥梁基础冲刷中的应用效果。

2 T50R 型多波束测深系统的基本原理

2.1 工作原理

T50R 型多波束测深系统的工作原理是利用发射换能器阵列向海底发射宽扇区覆盖的声波, 利用接收换能器阵列对声波进行窄波束接收, 通过发射、接收扇区指向的正交性形成对海底地形的照射脚印, 对这些脚印进行恰当的处理, 一次探测就能给出与航向垂直的垂面内上百个甚至更多的海底被测点的水深值, 从而能够精确、快速地测出沿航线一定宽度内水下目标的大小、形状和高低变化, 比较可靠地描绘出海底地形的三维特征。多波束测深系统能够有效探测水下地形, 得到高精度的三维地形图。

T50R 型多波束探测系统是 Teledyne RESON 公司研发制造, RESON T50 是一款可高度集成的多波束测量系统, 安装方便、操作易用, 主要技术规格:

(1) 具备 CW 和 FM 调频功能;

(2) 工作频率 200 到 400kHz, 工作频率实时在线以 10kHz 为步阶可调;

(3) 量程分辨率: 1.25cm;

(4) 发射和接收波束角: 发射波束角 1.0°, 接收波束角 0.5°;

(5) RSP 甲板单元, 支持双探头工作, 用于支持时间同步、传感器接入、SUI 控制和数据存储等;

(6) 系统量程最大 575 米, 最小 1 米;

(7) 波束数目达到 256 个;

(8) 独立探头开角 165°, 双探头覆盖大于 17 倍水深。

2.2 系统组成

T50R 型多波束测深系统可以划分为甲板部分、水下部分, 主要包括惯导系统、RSP 机柜式甲板单元、水下换能器双探头、表面声速仪、数据采集工作站、数据后处理工作站及显示等配套设备, 如图 1。



图 1 多波束测深系统组成

T50R 型多波束探测系统相较于常规多波束的突出特点是双探头, 具有扫幅宽, 扫描效率高的特点。

3 T50R 型多波束扫描桥区地形实施流程

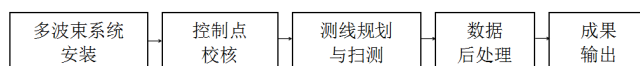


图 2 扫描流程图

3.1 多波束探测系统的安装

以检测船为多波束探测系统的载体, 安装多波束系统水下发射及接受换能器, 表面声速探头、固定罗经、三维运动传感器及 RTK 流动站, 各项安装须确保设备与船体摇晃一致。

3.2 定位坐标系的测量与转换

本次多波束探测系统作业采用了网络 RTK 技术提供定位参数, 将本次测量的过程中的控制坐标与采集坐标进行校核, 确保地形扫测精度。

3.3 船体各传感器相对位置的测量

船体坐标系定义船右舷方向为 X 轴正方向, 船头方向为 Y 轴正方向, 垂直向上为 Z 轴正方向。分别量取 RTK 天线、定位罗经天线、接受换能器相对于参考点 (三维运动传感器中心点) 的位置关系, 往返各量一次, 取其平均值。

3.4 多波束系统水下探测作业

在桥中线上下游各 100 米的测量船可到达范围内进行水下地形扫测, 相邻侧线覆盖重合范围不小于 20%, 测线布设如下图 3。

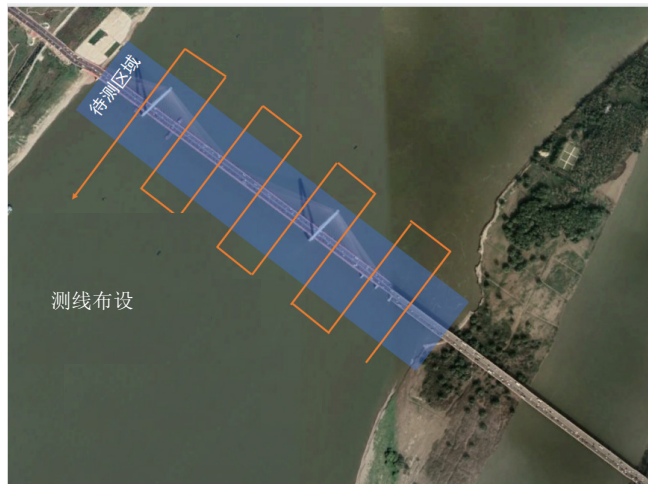


图 3 桥区扫测测线布设

为进一步提高水下探测成果的可靠度, 在作业过程中, 须根据现场条件适时进行声速剖面的测量, 且两相邻声速剖面采集时间间隔不应超过 6 小时。

3.5 数据处理

多波束内业数据处理采用 PDS2000 数据采集软件以及 CARIS HIPS and SIPS 实测数据后处理软件共同进行, 实测数据的处理主要包括: 实测数据的姿态校正处理、实测数据噪音干扰预处理、各条测线实测数据合并。完成数据合并后, 对得到的水深及位置进行精细处理,

其主要内容是对两条相邻测线重叠覆盖范围的噪音干扰逐一进行筛选, 删除, 以保留高精度的水深数据, 见图 4, 图中灰色阴影即为删除的噪音干扰, 最后, 绘制等深线图以及典型测线地貌图。

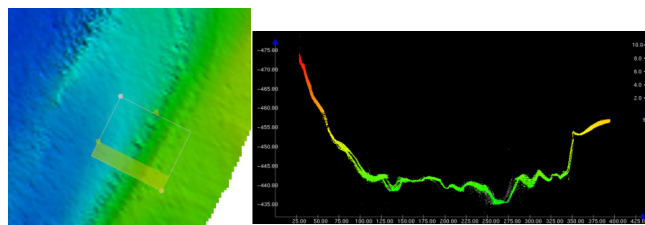


图 4 多波束实测数据典型剖面噪音干扰剔除示意图

3.6 成果输出

多波束测量及数据处理步骤完成后, 绘制出等深线图以及典型测线地貌图, 输出地形扫测成果和河床断面测量成果, 同时采用 BIM 融合技术对数据二次处理展示三维地形。

4 应用实例

4.1 检测区域概况

长江上某桥全桥长 3900m 左右, 桥宽 29.4m, 正桥 17 个桥墩基础, 主塔基础施工使用大直径双壁钢围堰, 在软硬不均的胶结砾石地基中成功地采用了直径 2.5m 深水钻孔桩 (嵌入岩层深达 27m) 的施工技术。该桥设计流量每日 5 万辆, 而现在日均交通流量已达 11 万辆, 最高峰达 14 万辆。对于促进长江经济带的经济繁荣, 加快经济发展, 具有极为重要的现实意义和深远意义。故需对桥梁水下结构进行专项检测, 以全面了解桥梁现状、保证桥梁结构安全, 本次主要对桥墩区域上下游各 25m 范围进行了扫测。

4.2 扫测数据分析

本次检测采用测量船搭载多波束探测系统对桥区上游 25 米下游 25 米进行水下地形全覆盖检测, 得到点云数据后, 进行噪点剔除, 坐标系转换, 模型修补等措施以后, 能得到较为直观的三维地形图, 并建立桥梁的三维模型, 以该模型为基础, 与三维点云数据融合 (图 5), 为完成水下综合探查成果综合分析提供依据。

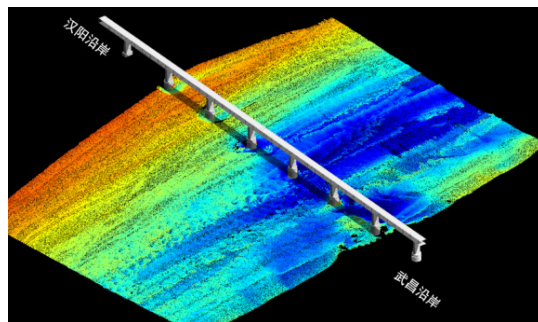


图 5 多波束扫测三维效果图

在获取地形点云数据之后，将三维电云模型使用处理软件 sufer 进行对该地形生成等值线图 6。

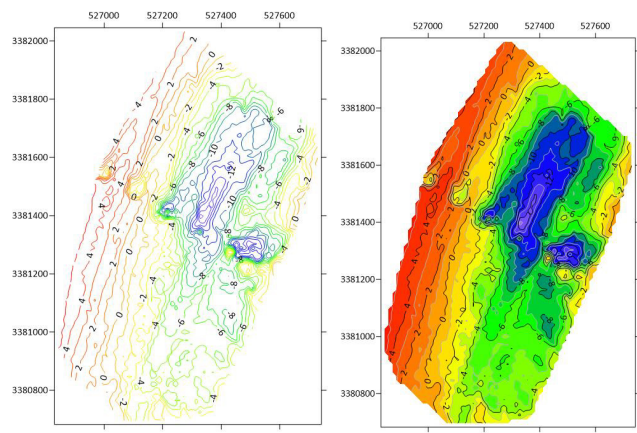


图 6 桥区地形等值线图

4.3 河床断面测量成果分析

获取多波束点云地形图后，通过截取不同断面的河床，可以得到河床断面图，根据《城市桥梁检测与评定技术规范》（CJJ/T 233-2015）第 5.2.4 条要求，在桥中轴线及桥梁上下游各 25m 位置测得断面数据并绘制断面图。

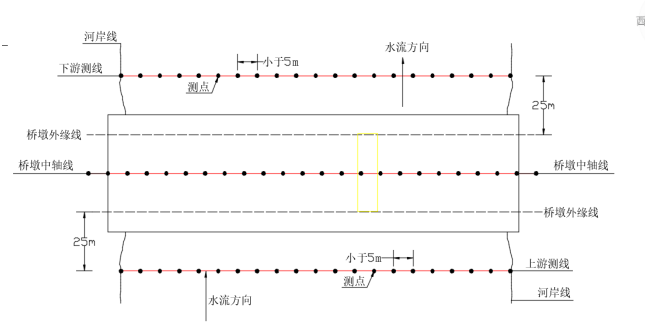


图 7 河床断面测点布置示意图

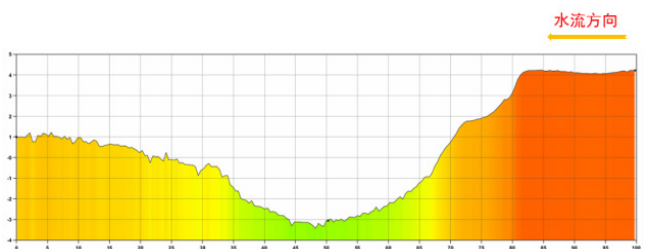


图 8 纵向河床测线分布图

通过断面图能够清晰的看到地形的起伏情况，及时发现冲刷和淤积区域，为后一步详细分析提供初步依据。

4.4 桥墩区域分析

重点对每个桥墩区域的地形进行渲染，对地形数据进行分析，可直观判断出有无冲刷及堆积区域，并可以对冲刷区域的尺寸以及深度进行量测分析，为后续桥梁

的维护提供数据支持。

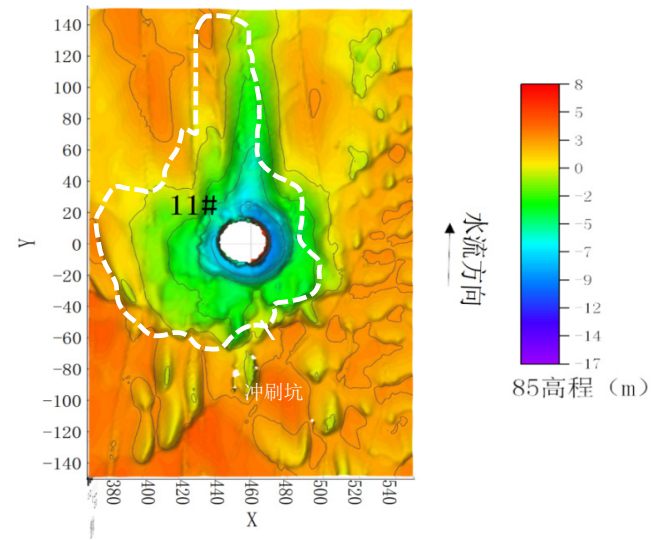


图 9 重点区域冲刷分析图

通过工程实例，研究发现 T50R 型多波束在桥梁基础冲刷检测中具有如下优势：① T50R 型多波束具有双探头，扫测效率高、精度高、分辨率高；②能得到较为直观的三维地形图，并建立桥梁的三维模型；③通过断面图能够清晰的看到地形的起伏情况，发现冲刷和淤积区域；④可以对重点区域冲刷或者淤积的尺寸以及深度进行量测分析。

5 结语

T50R 型多波束能够快速获取桥梁基础附近的水下地形地貌，获得高精度的三维地形图并绘制等深线图以及典型测线地貌图，输出地形扫测成果和河床断面测量成果，对重点区域可进行冲刷区域的尺寸以及深度进行量测分析，使桥梁维护更具有针对性和可操作性。

参考文献：

[1] 王晨，林杰. 基于多波束测试系统对桥梁水下基础、河床检测方法研究 [J]. 公路，2019(04).