



GIS技术在长江扬中河段护岸抛石 效果分析中的应用

李明益

(中交天航港湾建设工程有限公司, 天津 300450)

摘要: 在长江扬中河段护岸抛石管理工作中, 通常采用 Hypack 提取断面对抛石效果进行检测, 但因受概率性事件影响, 该方法的统计结果并不唯一, 易产生纠纷。针对该方法的缺陷, 结合现场施工数据和实际需要, 提出采用 GIS (地理信息系统) 技术对抛石效果进行分析的方法。通过对比 Hypack 和 GIS 技术的分析结果, 论证 GIS 技术在反映真实地形及在计算施工区沉降量、流失量、补抛量及展示三维效果等方面的优势, 为优化施工工艺、弥补施工缺陷、降低施工成本提供技术支持。

关键词: 护岸抛石; GIS; 效果分析

中图分类号: U 617.8

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)06-0007-05

Application of GIS in analyzing effect of riprap revetment in Yangzhong part of the Yangtze River

LI Ming-yi

(CCCC Tianhang Harbor Engineering Co., Ltd., Tianjin 300450, China)

Abstract: In the management of the Yangtze River (Yangzhong part) riprap revetment, the effect of riprap revetment is detected by extracting profile lines through Hypack, but the statistical result of this method is affected by the probability, which is not unique, and will lead to disputes. For the drawbacks of Hypack, combing the construction data and actual demand, GIS (Geographic Information System) is put forward to analyze the effect of riprapping. Comparing the analysis results of Hypack and GIS, we demonstrate the superiority of GIS in reflecting the real terrain, calculating the settlement, loss and supplement amount, and showing the 3D effects, which provides a technical support for improving the construction technology, making up for the construction failure, and reducing the construction cost.

Keywords: riprap revetment; GIS; effect analysis

长江南京以下 12.5 m 深水航道二期工程 II 标段施工区位于镇江扬中河段, 护岸段总长达 18 km, 设计总抛石量约 85 万 m³。护岸抛石生产线多, 作业面广, 抛石量大, 工期安排也较为紧张。该项目作为全国重点水运项目, 对抛石质量要求高, 验收标准也较为严格, 因此做好水下抛石效果的分析显得尤为重要^[1]。

目前, 抛石后水下成型效果的检测主要通过 Hypack 水文综合测量软件对测点和断面进行统计

分析。该检测方法方便快捷, 可以直接生成验收标准要求的断面图形, 但因受测点和断面数量的限制, 施工区的增厚情况只能以分散的点、线来呈现, 不能直观表现出整个施工平面区域的增厚情况, 不利于过程控制、补抛区域的定位及工艺上的改进。为此, 本文提出通过 GIS (Geographic Information System) 技术根据水深扫测数据对整个施工区的增厚分布情况进行统计分析, 将合格区域、补抛区域等关键数据以平面形式直观表现出来。

收稿日期: 2015-12-21

作者简介: 李明益 (1987—), 男, 硕士, 助理工程师, 从事航道整治的技术研究。

1 GIS 技术

GIS 是一种可以对现实世界的现状诸如周围环境、生态、矿产等数据属性进行采集存储、分析显示的技术系统,其空间分析功能已在测绘、水利、交通等领域得到了广泛应用^[2]。常见的 GIS 软件有 ArcGIS、MapInfo、GeoMedia、Supermap 等。

本文采用的是美国环境系统研究所 (RSRI) 开发的 ArcGIS Desktop。ArcGIS Desktop 由 3 个用户桌面组件组成,即:兼具制图、分析、编辑功能的 ArcMap、用于创建、存储数据的 ArcCatalog 和数据分析处理的 ArcToolbox。本文以 10 月 5 日研究区抛石前后的测量数据为基础,以 Hypack 处理结果为比较对象,阐述 GIS 在水下抛石测量数据分析中的应用。

2 研究区概况

落成洲左汊左岸上段施工区位于三江营淮河入江口,总长 1 200 m,其中前 300 m 为本段的典型施工区,该施工区水深 -11 ~ -22 m,流速 0.04 ~ 1.00 m/s,主要结构形式为抛石防崩层(护宽 16 m,厚 1.25 m)。施工区的平面位置及断面形式如图 1 和图 2 所示。

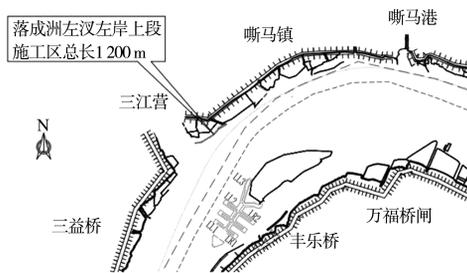


图 1 施工区平面

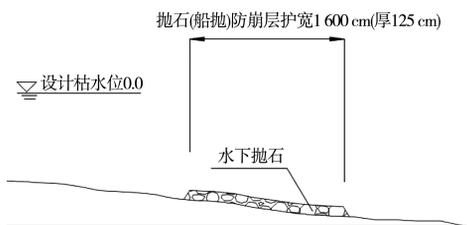


图 2 抛石防崩层断面结构形式

研究区数据来源于该典型施工段,选取 10 月 5 日抛石前后的多波束水深测量数据进行对比。由于典型施工段采用网格法进行水下抛石施工,当

日共计完成 12 个连续网格的施工(网格大小为 4 m×10 m),故研究区的范围参考该网格范围进行划分。另外,考虑到块石抛投过程中不可预知的水流作用影响,为力求数据的准确性,选取比抛石区稍大的范围作为研究区进行分析。研究区范围如图 3 所示。

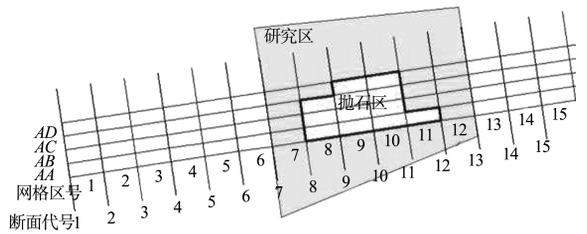


图 3 研究区范围

3 基于 Hypack 和 ArcGIS 的数据处理对比分析

施工区抛石完成前后,需要利用多波束测深系统对抛石区进行水深扫测。为尽量精确反映真实地形,同时兼顾数据处理的工作量,在此选择 1 m×1 m 的测点分布图(图 4),每个点都带有坐标和高程属性,其对应的部分坐标数据如表 1 所示。平面坐标采用北京 1954 坐标系,高斯克-吕格投影,中央子午线 120°E;高程基准采用 1985 国家基准高程。

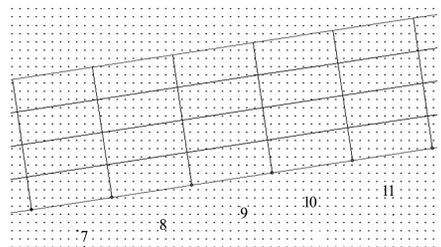


图 4 测点间距为 1 m×1 m 的水深测点分布

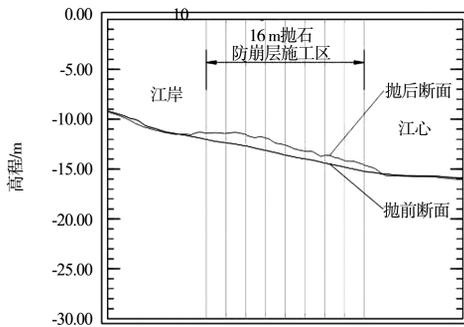
表 1 水深测点图对应的部分坐标数据 m

X	Y	Z
472 223.5	3 576 105	-16.22
472 222.5	3 576 106	-16.14
472 223.5	3 576 106	-16.13
472 221.5	3 576 107	-16.18
472 222.5	3 576 107	-16.12
472 223.5	3 576 107	-16.17
472 221.5	3 576 108	-16.20
472 222.5	3 576 108	-16.15
...

3.1 Hypack 水深数据处理原理及抛石效果分析

Hypack 水文综合测量软件对测点数据分析的思路为：对抛石前后的多波束或单波束水深扫描数据进行处理，得到能反映出河底断面高程的断面曲线。根据水运工程质量检验标准^[3-4]要求，对断面线上等距离的测点增厚情况进行统计分析，根据设计标准参数得到某检验批的测点和断面增厚值合格率以判断该检验批是否达到设计要求（注：根据水运工程质量检验标准要求，“在一般工况区，测点增厚值 $\geq 75\%$ 设计增厚值，合格点数 $\geq 70\%$ ；断面平均增厚值 $\geq 70\%$ 设计增厚值，合格断面数 $\geq 70\%$ ”即为合格）。其具体技术路线为：提取水深数据为特定高程文件(.xyz)并加载到 Hypack 数据文件列表→根据断面线绘制测线文件(.lnw)→高程点数据转化为 TIN 高程模型→加载高程文件和测线文件→输出索引文件(.log)→将索引文件加载入横切断面工具中→调整合适参数并输出断面文件→在 CAD 中对断面曲线进行增厚值统计。

经 Hypack 生成的部分断面如图 5 所示。



注：江岸处存在淤泥质土，少量滚落至施工区外石料导致部分区域下陷，高程降低。

图 5 Hypack 生成的 10 号断面

该区域增厚情况见表 2。

可知，10 月 5 日施工区的测点合格率为 44.44%，断面合格率为 33.33%。

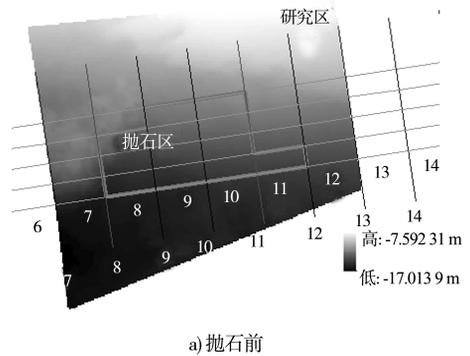
3.2 ArcGIS 水深数据处理原理及抛石效果分析

ArcGIS 对测点数据处理的思路与 Hypack 相近。不同点在于：对高程数据进行 TIN 模型转化后，不需加载断面测线，直接以整个施工区平面为分析对象，将平面细分为数以万计的微小单元，

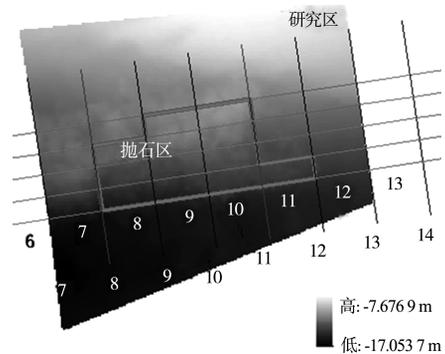
采用 ArcToolbox 中的统计筛选工具进行处理，得到任意区间的增厚分布图。转化后的研究区高程栅格数据如图 6 所示。

表 2 施工区测点及断面增厚数据

项目	增厚值/m			合格率/%	
	断面 8	断面 9	断面 10		
江岸→ 江心	1	0.21	0.53	0.89	
	2	0.27	0.85	0.93	
	3	0.99	0.90	1.16	
	4	0.89	1.20	1.26	
	5	0.97	0.94	1.01	
	6	1.06	1.13	0.76	
	7	0.95	0.96	0.77	
	8	1.20	0.50	0.75	
	9	0.37	0.25	0.65	
断面平均 增厚值/m	0.77	0.81	0.91		
测点 合格率	75%设计值 (0.94)	5	4	3	44.44
	70%设计值 (0.88)	0	0	1	33.33



a) 抛石前



b) 抛石后

图 6 抛石前、后的研究区水深分布栅格

利用 ArcMap 空间分析工具集 (spatial analyst tools) 中的栅格计算器 (raster calculator) 将抛石区

水深栅格进行相减得到每个栅格的增厚量，调整栅格属性中栅格的分类值，将抛石区分为满足设计要求的区域($\geq 75\%$ 设计值)和不满足设计要求的区域。通过栅格计算器编写条件函数，将合格区域 value 值设为 1，不合格的为 0，则当天的抛石合格区域的分布情况见图 7。

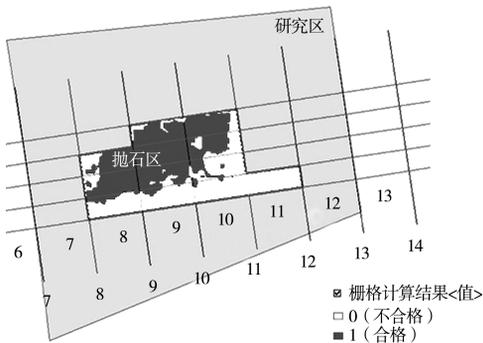


图 7 满足设计要求区域分布

将满足要求和未满足要求的栅格数分别进行统计，由栅格属性知栅格大小为 $0.263\ 557\ 5\ \text{m} \times 0.263\ 557\ 5\ \text{m}$ ，增厚值满足要求的抛石区面积为 $244.925\ \text{m}^2$ ，合格率为 51.03% 。不合格的区域即为需要下步进行补抛的区域。

3.3 ArcGIS 在抛石效果分析中的优势

1) 真实反映施工区增厚情况。

从 3.1 和 3.2 节两种分析方法可以看出，Hypack 的分析结果仅仅是特定断面上的增厚情况，并不能显示整个施工区的增厚情况。另外，断面的选取存在一定的随机性，现将断面线偏移 2 m 之后，对断面上的测点增厚值再进行统计，结果见表 3。

可知，将断面线偏移后，10月5日施工区的测点合格率为 33.33% 、断面合格率为 33.33% 。可见，合格率的大小会受到断面线选取位置的影响。

而 ArcGIS 技术的分析方法，因去除了断面线选择位置的随机事件影响，其结果具有唯一性。更重要的是 ArcGIS 的分析结果反映了整个施工区的增厚情况，由 Hypack 分散的点、线分析结果扩展到整个面的分析结果。

表 3 偏移后施工区测点及断面情况

项目	增厚值/m			合格率/ %	
	断面 8	断面 9	断面 10		
江岸→ 江心	1	0.21	0.53	0.63	
	2	0.57	0.55	0.93	
	3	1.10	0.90	1.16	
	4	0.99	1.20	1.26	
	5	0.87	0.94	1.01	
	6	1.03	1.13	0.76	
	7	0.83	0.84	0.77	
	8	0.74	0.50	0.65	
	9	0.48	0.25	0.75	
断面平均 增厚值/m		0.76	0.76	0.88	
测点 合格数	75%设计值 (0.94)	3	3	3	33.33
	70%设计值 (0.88)	0	0	1	33.33

2) 准确分析施工区沉降、流失与补抛量。

因施工区往往有沉降情况出现，实际的抛石量并不与增厚量对等，另外施工工艺失误也会导致石料落在施工区之外而引起石料的流失。通过 ArcGIS 空间分析工具，可以计算出抛后施工区的增厚量，结合水上石料的水上方量可以推算出施工区的沉降、流失与补抛量，为优化施工工艺和指导下一抛区的施工提供数据支持。

抛石区的增厚量可以通过“cut and fill”工具将抛石前后的研究区高程栅格加载进去，通过抛前后研究区总体积的差值得到研究区的净增厚总量，该增厚量的值以栅格形式表示，其增厚量分布结果如图 8 所示。

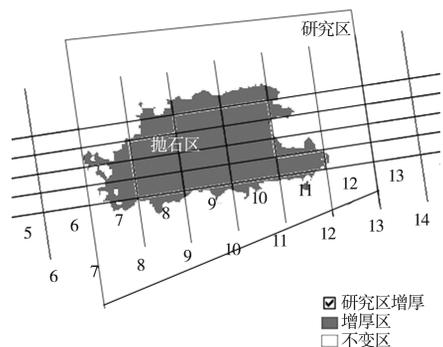


图 8 研究区增厚范围分布

对增厚量栅格属性表进行统计计算得，抛石后抛区增厚总量为 $477.18\ \text{m}^3$ 。由现场统计数据

知，该船石料的水上量方数量为 601 m³，可知研究区的抛石沉降量为 123.82 m³，沉降百分比为 20.6%。再对施工区进行单独分析，即可得到抛石区的净增厚度（图 9）。

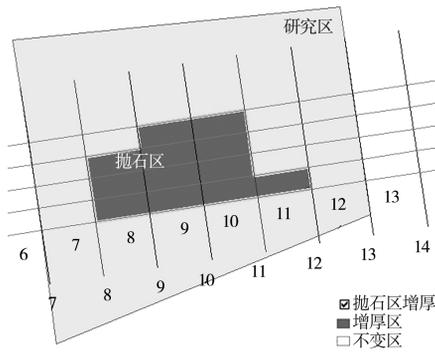


图 9 抛石区增厚范围分布

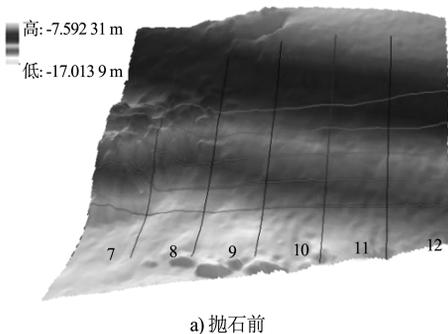
对图 9 的栅格属性表进行统计后得抛石区的净增厚度为 377.58 m³，落在当日抛石施工网格之外的量为 99.60 m³，因施工工艺失误导致的石料流失率为 16.6%。

当日施工区(12 个网格)的设计总量为 600 m³，根据水运工程质量验收标准规定，且考虑到该区域的沉降与流失量，则该抛石区的补抛量为 115.27 m³。

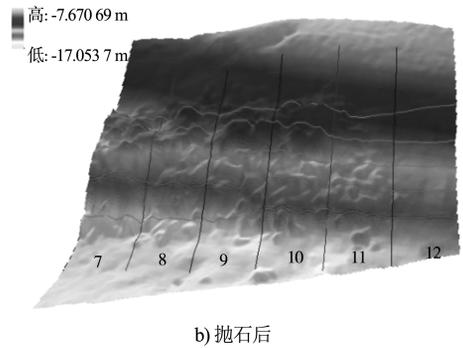
3) 合理表达施工区三维地形。

ArcGIS 中的 ArcScene 模块可以根据高程栅格将施工区地形以三维效果表达出来，为施工区的抛石效果提供了更直接的表现形式。

在抛石完成后，将抛石前后的水深栅格数据加载入 ArcScene 中，将抛石后的浮动在抛石后的施工区栅格上，场景单位以 Z 轴方向 2 倍夸张，并创建山体阴影和平滑处理。然后加载施工区网格图，将其分别浮动在抛石前后的水深栅格图上，单位设置要保持与两个栅格图层属性一致。设置完成的视图如图 10 所示。



a) 抛石前



b) 抛石后

图 10 ArcScene 中抛石前、后施工区的三维地形

4 结语

1) GIS 技术从整个施工区平面出发，能够完整反映施工区抛石效果，结果具有唯一性，避免了因统计结果不一致产生的纠纷。

2) GIS 技术能够根据水上方量和施工区增厚量计算出任意区域的补抛量，针对施工缺陷区域，重新划分网格确定工程量，可以避免重复性抛石，有效降低施工成本。

3) GIS 技术的三维分析模块能够根据三维地形数据，直观显示抛石前、后的施工区地形，为实现三维数字化施工和动态监控提供了良好平台。

4) 护岸水下抛石的检验标准原理是对离散点、线合格率进行统计，其结论仍然带有随机性。如果能根据 GIS 技术的检测原理，制定相应的验收标准，则其结论将更为公正合理。

参考文献：

[1] 曹民雄, 应翰海, 钱明霞. 长江南京以下 12.5 m 深水航道建设一期工程的主要技术问题与研究成果[J]. 水运工程, 2015(2): 26-35.

[2] 汤国安, 杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 2006.

[3] JTS 257—2008 水运工程质量检验标准[S].

[4] DB 32/T 2334. 2—2013 水利工程施工质量检验与评定规范[S].

(本文编辑 郭雪珍)