# Surfer 软件在海洋倾倒区地形监测与管理中的应用

## ——以连云港倾倒区为例

徐　卓[1]　王　静[1]　刘　晴[1]　徐　敏[1]　陆培东[2]

(1.南京师范大学地理科学学院　南京　210093；2.南京水利科学研究院　南京　210049)

**摘　要**　针对海洋倾倒区地形测量频次高、数据多的特点，利用 Surfer 软件对连云港倾倒区多次地形测量数据进行处理、计算、分析，以了解不同时段内水动力影响下连云港倾倒区地形的冲淤变化过程和特点，根据 Surfer 软件的特点和倾倒区管理的现状，探讨 Surfer 软件在海洋倾倒区监测与管理中的应用。

**关键词**　海洋倾倒区管理；Surfer；地形恢复

倾倒区选化和跟踪监测一直是海洋环境管理的重要内容之一[1-4]，即使倾倒的泥沙自身不存在污染因子，但由于实施倾倒后泥沙覆盖于原海床之上，导致区域海洋环境发生骤变，主要表现为：(1)局部海床突然升高；(2)局部区域海洋生物数量的骤降[5-7]。因此，国外学者更多关注抛泥后倾倒区短期环境骤变、泥沙固化与长期水动力作用下该区域环境的恢复能力之间的平衡问题[1,4,7-10]，进而为倾倒区综合管理提供建议。

连云港海域原有南、北两个抛泥区，用以处理外航道开挖疏浚土的处理，2005 年在原南抛泥区的东侧上新增加了临时倾倒区[12]，三个抛泥区均用以接收外航道疏浚物及墟沟二期、三期码头工程疏浚泥沙。根据《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国海洋倾废管理条例》、《江苏省海洋环境保护条例》的规定，于 2007 年 7 月和 2008 年 1 月，分别在三个倾倒区实施了倾倒区海底地形监测。

地形监测的目的，可以归纳为：(1)倾倒区倾倒后地形是否具有恢复能力；(2)如果具有一定的恢复能力，恢复的速率和周期为多少；(3)倾倒泥沙堆积是否会出现固化现象，如果出现固化板结，固化的具体位置在哪里；(4)堆积的倾倒泥沙是否会出现在水动力作用下向相邻航道移动的趋势。这些成果的归纳和总结，能够为连云港倾倒区倾倒作业的科学管理提供一定的参考。

因此，需采取一定的技术手段来存储、处理、显示地形监测的成果，并能提供相应的计算数据(冲淤位置和深度、淤积体积和面积、冲淤厚度、剖面图、流失率等)，以供专家分析回答上述问题。在地形数字化的基础上，Surfer 软件能够迅速地提供三维地形图，便于决策分析[13]。相关的成果也能协助海洋部门对倾倒区的泥沙倾倒进行科学管理。

## 一、倾倒区概况

连云港倾倒区位于连云港外航道的两侧，倾倒泥沙主要为连云港基建工程疏浚物，主要为粘土质粉砂和粉砂质砂，中值粒径 0.004 3~0.088 mm。

波浪掀沙，潮流输沙，是连云港海域泥沙运动的主要特征。计算表明，倾倒区海域水动力条件能够将堆积的泥沙二次扬动。历史资料表明，连云港海域的水动力条件能够在一定时期内将倾倒后泥沙淤积的海域地形恢复到倾倒前[12]。由于控制连云港海域的潮汐为黄海旋转驻波，倾倒的泥沙和堆积泥沙掀扬产生的悬移质随潮流向四周扩散，对航道的影响较小[12]。

## 二、技术流程图

Surfer软件在海洋倾倒区监测与管理中的应用，主要技术流程如图 1 所示：

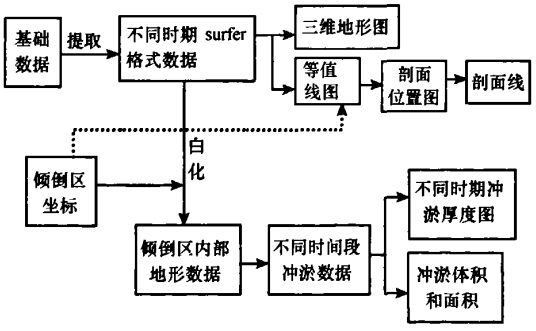


图 1　流程图

## 三、数据的处理、计算和成图

### 1.基础测量地形数据的处理和成图

本次监测提供了 2007 年 7 月和 2008 年 1 月所测的两个时期连云港三个倾倒区地形图（cad 格式，北京 54 坐标，连云港理论最低潮面，以下简称 2007 年图、2008 年图）以及 2005 年 7 月连云港三个倾倒区地形图扫描件（北京 54 坐标，连云港理论最低潮面，以下简称 2005 年图）。

根据倾倒区的顶点坐标，利用 MapInfo 软件将 2005 年图配准后，提取地形数据（经度坐标，$x$；纬度坐标，$y$；水深坐标，$z$）；同时直接从 2007 年、2008 年 cad 图中提取地形数据（$x,y,z$）。将数据分别导入 Surfer 中，按测量时间、倾倒区名称分别保存为 Surfer 格式的地形数据，且同一倾倒区不同时间地形格网的密度（行 × 列）相同。在此基础上，利用 Surfer 内置的等深线图和三维地形图生成程序，分别生成相应的地形图。由于三维地形的变率对于可视化效果的影响颇大，从而影响对海底地形的分析判断[15]。在生成三维地形图的过程中，需合理地调整三维地形的变率。

### 2.数据的白化

通过白化去除冗余数据。在将测量数据导入 Surfer 过程之中，Surfer 采用克里金插值（Kriging）将格网范围内未测量区域进行插值生成地形数据，而格网是由四个测量点中 $x,y$ 坐标最大的四个数据（$x_{min},x_{max};y_{min},y_{max}$）组合的四个坐标为顶点的矩形，因此在倾倒区外侧未测量区域也出现完全由插值计算得出的地形数据。白化的目的是把倾倒区外的由插值产生的数据去除，仅保留测量区内的地形数据。

### 3.冲淤体积及成图

（1）冲淤厚度的计算

同一区域不同时期地形数据格网密度一致（行 × 列），每个栅格上有相对的地形高程[15]。在此基础上，在同一网格进行前后两次不同时期地形高程的减运算，就可获得该时间段内的该区域冲淤厚度，并可生成相应的冲淤厚度图。冲淤厚度，以 0 为分界点，若某一网格数值大于 0，表示该点在此时间段内发生淤积；若该点数值小于 0，则说明该点这一时间段为冲刷。

（2）冲淤体积的计算

在 Surfer 中，能够自动根据冲淤厚度计算冲淤体积。其中，淤积的体积用正值表示；冲刷的

体积用负值表示，并生成相应的 Word 文档。根据不同时间段淤积与冲刷的量值可进行倾倒区泥沙流失率的计算和分析。

(3)剖面线

在等深线地形图倾倒区范围内，选取具有典型特征的区域，描绘地形剖面线。同一倾倒区不同时间的地形图采用相同的剖面线位置。分别提取剖面线上的地形数据，导入 Excel 中，生成同一地区不同时间的地形剖面变化图。

三维地形图和等深线图能够显示倾倒区的地形特征、泥沙淤积的深度、范围；冲淤厚度图及冲淤数据可以显示倾倒后地形恢复的状况，相关计算结果可以得出恢复的速度；地形剖面线能够指示倾倒区地形演变的趋势、泥沙固结的大致位置[16]。

## 四、讨论与思考

Surfer 软件三维地形图的可视化效果给予对倾倒区海底地形的直观效果，而量化的冲淤厚度、面积、体积充分给予倾倒管理数据支持。可见，Surfer 软件在海岸带泥沙倾倒区地形监测方面具有广泛的用途。倾倒区地形监测是一项长期工作，借助 Surfer 来处理数据、协助分析，能够起到事倍功半的效果。如何将 Surfer 的应用和海洋倾倒区长期管理结合，是值得思考的问题。

1.基础数据的统一

基础数据标准，如坐标系(包括中央经线、经度带、连云港理论最低潮面)等数据标准必须在历次测量中保持统一，保证以后每次监测分析无需通过复杂的计算换算成统一的标准后再进行分析。另外，例如，分层摄色的标准(以标识海域不同的深度及冲淤不同的幅度)、剖面线的坐标乃至三维模型的变率也必须统一。这样，以后每次监测都能够和以前的监测相衔接，便于统一比较和分析。海域管理部门在调用相关的数据时也不会出现混乱。

2.监测数据库的建立

倾倒区泥沙倾倒每年每月都不尽相同，而海域不同季节的动力场特征也有所差异，因此倾倒区海域的地形变率不定。因此，在对倾倒区进行每年一次监测的同时，有必要安排季节性监测，以获得不同季节倾倒区地形变化的特征。尤其是对于出现泥沙固化的区域，季节性监测更能够跟踪其发展变化的趋势。在进行倾倒管理时，根据水动力强弱的季节性特征，在水动力较强的季节，安排倾倒，而在水动力较弱的季节，减少倾倒，避免将后倾倒泥沙倾泻到出现固结的区域，导致更大程度的固化。将每次监测的数据建立单独的数据库，方便以后调用往年数据进行监测分析和管理工作的需要。

3.扩大测量范围

根据监测要求，目前实施的监测范围仅局限在倾倒区及倾倒区周边 200 m 内。这对航道与倾倒区的宏观管理是不够的。一方面，从北倾倒区三维地形图上可以看出，倾倒区泥沙的淤积已超过倾倒区的南侧边线，具体的淤积范围多大，从目前的测量数据中无法获得；另一方面，由于倾倒区距航道有一定距离，在疏浚泥沙和倾泻泥沙之间尚有空白。针对上述管理空白，如果在以后监测中将三片倾倒区及其相邻航道的海域适时一起测量，利用 Surfer 生成完整的三维水下地形图，有助于航道、倾倒区的宏观管理和倾倒区的合理作业。

4.提高精度

在白化后的倾倒区地形图上出现锯齿状边缘。该锯齿的出现与 Surfer 采用格网有关。提高格网的密度，能够提高边缘的平滑度[17]。由于除实测点外，倾倒区其他地形数据是通过克里格插值计算获得的，因此提高格网密度在增加插值点的同时导致大量冗余数据出现，影响冲淤体积、冲淤面积的计算。

5.与海岸 GIS 的结合

近年来,美国、荷兰等国家已经纷纷建立了一系列的海岸 GIS 系统,我国也已开始研究建立海岸 GIS 的理论,并有一定的成果[18-19]。局部海域泥沙倾倒区的基础地形数据,也可根据海岸带 GIS 数据库设立的基本数据标准,经过一定的转换,纳入 GIS 数据库中[20],以便不同级别海洋部门的宏观管理与微观控制的衔接。但是,由于海岸带 GIS 更多地关注海岸带的自然属性,对于工程对自然环境的巨大影响并未充分考虑。对于连云港这样的海岸受到海岸工程影响颇大的海域,在设计数据库的衔接时,将连云港整个港区作为一个子系统,而倾倒区作为其中的一部分整体纳入海岸 GIS 中不失为一个较好的选择。在进行工程应用时,能够直接调出连云港的基础数据;而工程对海岸环境的影响也通过数据接口将海岸 GIS 的对应数据进行更新。例如,DELFT-3D 在进行海岸工程计算的时候,就设计了与 ArcGIS 相衔接的数据接口。海岸带的自然数据能够引用,而计算结果也能替换相应的原有数据。保证了 GIS 系统能够反映工程后自然环境的影响。

## 五、小结

Surfer 强大的图形表现和计算能力,在短期内迅速将字符化的地形测量数据通过二维等深线图、三维地形图、冲淤厚度图和地形剖面图的形式表现出来,从而为专家分析、管理决策提供有力的参考。根据一定的标准,建立不同时期倾倒区地形数据库,可为倾倒区的可持续管理提供技术支撑,同时也提高了海域管理的效率。

## 参考文献


[1] M Powilleit, J Kleine, H Leuchs. Impacts of experimental dredged material disposal on a shallow,sublittoral macrofauna community in Mecklenburg Bay [J]. Marine Pollution Bulletin,2006,52:386-396.

[2] OSPAR. Guidelines for the management of dredged material [S]. Oslo and Paris commission, OSPAR secretariat, London, 1998.

[3] Van Dolah, R F, Calder D R, Knott, D M. Effects of dredging and open-water disposal on benthic macroinvertebrates in a South-Carolina Estuary [J]. Estuaries, 1984,7(1):28-27.

[4] J. Stronkhorst F Ariese.Environmental impact and recovery at two dumping sites for dredged material in the North Sea[J].Environmental Pollution,2003,124:17-31.

[5] Roberts R D, Forrest B M. Minimal impact from long-term dredge spoil disposal at a dispersive site in Tasman Bay, New Zealand [J]. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research,1999,33:623-633.

[6] Harvey M, Gauthier D, Munro J. Temporal changes in the composition and abundance of the macro-benthic invertebrate communities at dredged material disposal sites in the Ansea' Beaufils, Baiedes Chaleurs, Eastern Canada [J]. Marine Pollution Bulletin,1998,36(1):41-55.

[7] S Herrando-Perez. Initial Benthic Recovery Following Fly Ash Dumping Off the Northumberland Coast.M phil Thesis University of Newcastle upon Tyne, Newcastle upon Tyne, U K 1996.

[8] Cruz-Motta J J, Collins J. Impacts of dredged material disposal on a tropical soft-bottom benthic assemblage [J]. Marine PollutionBulletin,2004,48:270-280.

[9] R. Simonini a,*, I Ansalonia. Effects of long - term dumping of harbor-dredged material on macrozoobenthos at four disposal sites along the Emilia-Romagna coast (Northern Adriatic Sea, Italy) [J]. Marine Pollution Bulletin,2005,50:1 595-1 605.

[10] Bamber, R. N. Pozzolanic aggregates of fly ash in the sea[J]. Mar. Biol,1983,77:151-154.

[11] Norton M G. Colliery-waste and fly-ash dumping of the northeastern coast of England[A]. In: I W Duedaii, K R Kester, P K Park et al. Wastes in the Ocean[C]. Wiley-Interscience, New York,1985,4:423-448.

[12] 王长海,丁红,等. 连云港 15 万吨级航道扩建工程疏浚物海洋临时倾倒区选划报告[R].上海东海海

洋工程勘察设计研究所,2005.

[13] 王建,白世彪,陈晔. Surfer8 地理信息制图[M] .北京:中国地图出版社,2004.

[14] 徐卓,陆培东,等. "水道 - 沙洲"3D 可视化模型的构建及应用[J]. 水利水运工程学报,2008(2).

[15] 徐青. 地形三维可视化技术[M].北京:测绘出版社,2000.

[16] 徐敏,张益民,等. 连云港港海洋倾倒区海洋环境监测报告[R]. 南京师范大学, 2008.

[17] 胡鹏,游涟,等. 地图代数[M].武汉:武汉大学出版社. 2002.

[18] 苏振奋,杜云艳,等. 中国数字海洋构建基准与关键技术[J]. 地理信息科学,2006(8):12-15.

[19] 侯英姿,陈晓玲,等. 基于 GIS/RS 技术的海岸带环境管理信息系统研究[J]. 华中师范大学(自然科学版),2005,39(2):287-290.

[20] 贾建军,王义刚. 地理信息科学在海岸工程学科中的应用[J].水利水电科学进展,1999,19(4):13-16.