

水动力模型在规划河道护岸工程中的应用研究

——以南昌高铁东站规划河网水系为例

刘颖婧

(上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司, 上海 200125)

摘要: 规划河道堤顶高程及河道断面尺寸等关键要素的合理与否对护岸工程能否充分保障区域防洪排涝的安全至关重要。新形势下对于规划河道护岸工程的设计提出了更高的要求, 传统水力计算方法已难以满足工程实际需求。本文以南昌高铁东站规划河网水系为例, 采用 Delft 3D Flexible Mesh 水动力数学模型进行规划河网水系的水力计算, 并利用模型分析工程实施后的效果, 对于合理确定区域内规划河道的设计方案具有重要作用和意义。

关键词: 水动力模型; 护岸工程; 规划河网水系; 水力计算

中图分类号: U61 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 11-0101-03

城市化的快速发展使得城市的排涝能力受到制约与限制^[1], 全球气候变暖的趋势也促使暴雨洪水事件频繁发生^[2], 这些不利因素的加剧都对河道护岸工程的设计提出了更高的要求。护岸工程的规划设计中有若干与河道防洪排涝安全密切相关的关键性要素, 如规划河道断面尺寸、规划堤顶高程等^[3]。这些要素值的合理与否对于河道在工程建成后运行使用期间是否能够满足区域的防洪排涝要求至关重要。

河道水力计算与水文计算分析是护岸工程水工结

构设计的关键环节^[4-5], 对于护岸工程规划河道断面尺寸及堤顶高程的确定有着重要影响, 直接关系到生态护岸工程的防洪、生态与经济效益^[6]。传统计算方法已经较难满足工程设计的实际要求。数值模拟技术则具有成本低, 效率高, 可综合考虑水体、水工建筑物、考虑多种设计工况及设计条件的优势, 能够将工程范围内涉水的各项工程同时考虑进来, 帮助设计人员系统全面地了解工程区域河网水系的各项特征要素, 为工程项目设计的高效性与准确性提供更大的支持。因此, 建立工程区

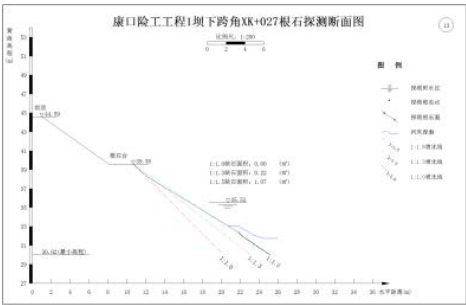


图 7 在 CAD 中重构的根石探测断面图

4 结语

(1) 浅剖仪作为声呐技术的一种应用设备, 以其纵向分辨率高, 且具有一定的穿透性, 在大坝水下构筑物完整性(缺陷、裂缝、冲刷状态等)检测、江河堤防隐蔽工程(护岸抛石、铰链沉排、模袋砼、岸坡冲刷等)检测等方面有良好的运用前景, 其检测效率和效果均好于水下摄像及人工探摸。

(2) 水下构筑物有因其独特的形态或环境, 在使用浅剖仪检测的准确程度与合理的布置测线及灵活地运

行 GPS 定位有密切的关系, 但 GPS 数据量庞大, 甚至专门为此进行软件编程控制, 这可能成为今后一个需要更加深入研究方向。

(3) 在工程生产应用中, 各种水下构筑物的物性形态与浅剖仪的原始反射灰度(或波形)图的对应特征是判定的关键, 是拓宽浅剖仪在水利水电行业中应用的基础。

参考文献:

[1] 李晓磊. 水下电视在水下建筑物故障检测中的应用[J]. 水利规划与设计, 2014, 02: 68-69.

[2] 张晏方, 邓勇, 毕文煊等. 水下隐蔽工程检测技术在长江航道整治工程中的应用[J]. 水运工程, 2012, 471(10): 143-147.

[3] 张宪君等. 山西省天桥水电站泄洪闸护坦段及其延长部位检测报告[R]. 郑州: 黄河勘测规划设计有限公司, 2012.

[4] 李晓磊, 张宪君等. 东阿黄河河务局水下根石探测报告[R]. 郑州: 黄河勘测规划设计有限公司, 2014.

域的河网水系水动力数学模型对工程建设后区域河湖的流场及水位情况进行模拟、预演和研究是非常有必要的，对于合理确定区域内规划河道的设计方案具有重要作用和意义。

1 工程概况

南昌高铁东站作为未来南昌的城市核心区域，区位优势重要，人员密集，暴雨条件下排涝压力巨大，其现状河道规模亟待提升。南昌东站片区水系规划总体布局框架为“一湖、三河、多渠”。其中，“一湖”指的是水镜湖；“三河”指的是东站河、天祥河、谢埠河；“多渠”指的是总干渠、六干渠、四干渠、连通渠、昌东三路渠。根据规划，在上述河网水系中，总干渠、六干渠、四干渠、连通渠为灌溉渠，属于高水系统，其余规划河道则属于低水系统。

本工程中天祥河、谢埠河是高铁东站新区的排涝主通道，目前，高铁东站新区主要市政路网正在加紧建设中，区内沿线地块现状没有明渠或湖泊等较大容积的系统的调蓄水系，本工程水系作为区域的主要排水通道，若不同步建设，雨季下暴雨时，雨水势必在地面漫流，积水、内涝严重。随着高铁新区开发广度和深度的不断加大，解决这一问题日益成为一个迫切的要求。因此，须以河道水力计算为基础^[1]，对工程区域进行规划河网水系河道整治护岸工程的合理设计，筑牢护岸以提升区域的防洪排涝能力。

本文以南昌高铁东站规划河网水系为例，研究水动力模型 Delft 3D Flexible Mesh 在规划河网水系河道整治护岸工程中的应用。



图1 南昌高铁东站规划河网水系示意图

2 模型建立

2.1.1 护岸工程方案设计

生态护岸就是将植物等环境友好的自然材料引入其中，在维护岸坡足够强度的同时，能保持良好生态环境的护岸型式^[7-8]，本护岸工程河道断面型式为复合梯形断面，采用生态性较好的“仿木桩挡墙或浆砌石挡墙+植草缓坡”的结构形式，该形式抗冲刷性好且生态性景观性较好，挡墙后可设置观景步道，以达到亲水乐水的效果。

挡墙前设置水生植物种植平台，配置陆域及水生植物种植后营造水岸联动，融合共生的生态景观湿地效果，断面形式如下图所示。

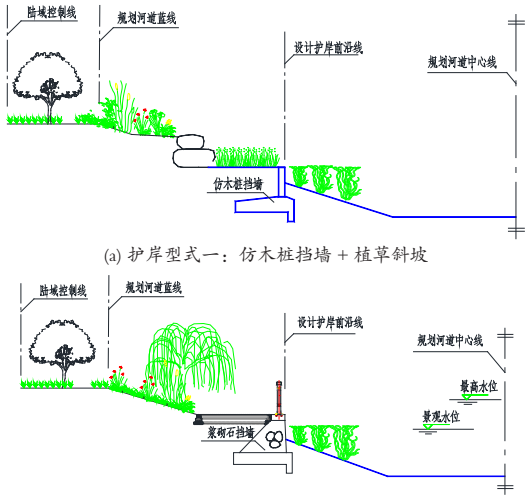


图2 护岸工程断面设计方案示意图

2.1.2 模型边界条件及基本参数设置

本模型为二维数学模型，考虑垂向平均，采用大地坐标，85 高程，投影系为北京 54 坐标系。

模型投影中央经度为 117° E，考虑科氏力的作用，模型纬度为 28.15° N。

入流边界为 50 年一遇设计暴雨工况下的流量控制，出流边界为 50 年一遇设计暴雨工况下的水位控制。

河床糙率（曼宁系数表示）根据过往相关工程项目经验设为 0.023。

计算时间步长为 30s，结果输出时间步长为 1h。

3 模型计算结果分析研究

工程区域分为高水系统与低水系统，低水系统在 50 年一遇暴雨工况下是允许淹没其两侧绿廊承担泄洪任务的，因此对于低水系统而言，堤顶高程可以低于

50 年一遇的设计洪水位；而高水系统则是由区域内多条灌溉渠所组成，河道两岸后方是广阔的农田，若被洪水淹没，会产生较大的损失，因而对于高水系统而言，河道整治工程设计的远期目标是希望河道护岸的堤顶高程能够保证灌溉渠两侧农田在 50 年一遇设计洪水位的条件下不被淹没，即高水系统河道护岸工程的堤顶高程要高于 50 年一遇的设计洪水位。

对高水系统内各规划河道在 50 年一遇暴雨工况下的水位数值模拟结果进行整理分析，如表 1 所示。

表 1 高水系统各规划河道最高水位计算成果汇总表

观测点	数模水位 (m)	上位规划最高水位 (m)
总干渠起点	21.36	21.00
总干渠中段	21.32	20.90
总干渠终点	21.23	20.75
六干渠起点	20.95	20.65
六干渠终点	20.64	-
四干渠	20.78	20.61
连通渠	19.77	19.50

由上表可知，在 50 年一遇设计暴雨工况下，工程区域内各高水系统规划河道的水位模拟结果均较上位规划最高水位有 15~40cm 左右的提高，说明在 50 年一遇暴雨情况下，高水系统各规划河道内的水位雍高现象十分严重。将模型计算水位结果与目前设计护岸工程方案中高水系统各规划河道的设计堤顶高程进行对比分析，如表 2 所示。

表 2 50 年一遇设计暴雨工况下高水系统各规划河道最高水位与设计堤顶高程对比表

河道名	数模水位 (m)	堤顶高程 (m)
总干渠起点	21.36	21.35
总干渠中段	21.32	21.25
总干渠终点	21.23	21.20
六干渠起点	20.95	21.15
六干渠终点	20.64	20.95
四干渠	20.78	21.01
连通渠	19.77	19.80

由上表可知，在 50 年一遇设计暴雨的工况下总干渠河道的水位值要高于水工结构设计方案中总干渠的设计堤顶高程，对河道的防洪安全存在不利影响。为解决上述问题，结合数模结果建议对总干渠的堤顶高程在现状设计方案的基础上再做一定的加高处理，使得上述河道在遭遇 50 年一遇设计暴雨时的河道水体不会溢出河道外，以保证防洪安全。

4 结论

本文以南昌高铁东站规划河网水系为例，采用

Delft 3D Flexible Mesh 水动力数学模型，将工程地块的河网水系规划河道地形依据上位规划给出的规划河道控制要素及规划河道设计单位给出的规划河道护岸断面方案及高程方案在模型中进行细致构造，通过建立水动力模型进行规划河网水系的水力计算，并利用模型分析工程实施后的效果，发现在 50 年一遇设计暴雨的工况下总干渠河道的水位值要高于水工结构设计方案中总干渠的设计堤顶高程，对河道的防洪安全将存在不利影响，计算结果为进一步优化河道护岸工程的设计方案提供了依据，对于合理确定区域内规划河道的设计方案具有重要作用和意义。

参考文献：

[1] 祝启富, 何亮奕, 金丽萍. 城市化对防洪排涝的影响 [J]. 河南水利与南水北调, 2019(3):2.

[2] 于革, 郭娅, 廖梦娜. 气候变暖下太湖极端洪水的归因探讨 [J]. 湖泊科学, 2013, 25(5):10.

[3] 李永光. 堤防工程防洪安全评价研究 [J]. 地下水, 2020, 42(2):3.

[4] 杨光. 黑水河河道治理水面线计算及护岸工程设计 [J]. 水科学与工程, 2020, 3(5):4.

[5] 都兴伟. 方家河洪水计算及河道治理工程设计 [J]. 水利科学与寒区工程, 2020, 3(5):4.

[6] MIKE11 模型在山区中小河流生态护岸工程中的应用研究——以浏阳市南川河为例.

[7] 王一航, 张金凤, 张娜, 等. 生态护岸在水利工程中的研究及应用进展 [J]. 水道港口, 2020, 41(2):9.

[8] 樊志红. 浅析水利工程建设中生态护岸设计 [J]. 地下水, 2018, 40(01):111-112.

