

喀麦隆克里比深水港二期排水规划中 Civil 3D 的运用

李 洋¹, 汤子扬², 樊亮亮²

(1. 中国港湾工程有限责任公司, 北京 100027; 2. 中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

摘要: 随着“一带一路”倡议的不断推进, 中国企业在非洲国家大量建设港口、公路和工业园区等基础设施。随着项目的推进, 项目所在地附近的排水情况需要不断变更, 排水规划尤为重要。结合 Civil 3D 软件的地形分析、汇流分析和汇流区域边界分析模块, 给出一套分析大区域排水以及进行大区域排水规划的设计方法。结合喀麦隆克里比港区二期周边的排水规划设计, 介绍该方法的运用, 为其他大型项目的整体区域排水规划设计提供了重要的设计方法参考。

关键词: 区域排水设计; Civil 3D; 地形分析; 汇流分析; 汇流区域边界分析

中图分类号: U 65; TP 311.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)01-0202-05

Application of Civil 3D in the second phase drainage planning of Kribi deepwater port in Cameroon

LI Yang¹, TANG Zi-yang², FAN Liang-liang²

(1. China Harbor Engineering Co., Ltd., Beijing 100027, China; 2. CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: With the deepening of the Belt and Road Initiative, a lot of Chinese companies undertake construction projects in Africa, such as port, highway and industrial park. With the development of the project, the drainage near the project site needs to be constantly changed and the drainage planning near the project site is particularly important. Based on the Civil 3D terrain analysis module, confluence analysis module and confluence region boundary analysis module, this paper presents a design method for analyzing the large-area drainage and planning of large-area drainage. Based on Kribi Deep Sea Port Project, this paper expounds the application of this method, which provides reference for the whole area design planning for other large projects.

Keywords: regional drainage design; Civil 3D; terrain analysis; confluence analysis; confluence region boundary analysis

随着“一带一路”倡议的不断推进, 中国企业在非洲国家大量建设港口、公路和工业园区等基础设施。对于大部分非洲国家, 项目所在地的区域都是较为原始的河流状态, 区域的整体规划难以一步到位, 这使得分阶段的规划建设难以一开始统筹考虑区域排水问题, 所以项目所在地周边的排水设计须根据项目的推进而随时进行规划变更。而港区的选址主要取决于水深、波浪掩护

等条件, 港区周边的排水则较难提前规划。随着项目的不断扩展建设, 如何较好地规划好港区周边的排水问题, 成为很多非洲国家大型工程项目的关键问题。

近年来, BIM 技术不断取代传统笨拙的设计方法, 使工程设计不断优化^[1-2]。本文基于喀麦隆克里比深水港二期项目的区域排水规划设计, 结合运用 Civil 3D 软件结合地形分析模块和汇流分析

收稿日期: 2020-04-24

作者简介: 李洋(1985—), 男, 工程师, 从事港口、公路、桥梁等土木工程施工总承包和项目管理。

模块, 创新型地给出一套分析大区域排水以及进行大区域排水规划的设计方法, 进行多套排水方案的规划对比^[3-5], 最后得出一套工程造价低并且切实有效的排水规划方案, 为其他大型项目的整体区域排水规划设计提供了重要的设计方法参考。

1 项目概况

喀麦隆克里比深水港一、二期平面布置见图 1。已建一期工程的港址处有一条主干流汇集于此, 排水流量较大(图 2); 同时, 一期港区、周边道路以及原地面的高程普遍较低, 水量较大时难以引流排水; 基于港区周边的现状, 建造一期港区时, 一期港区后方的水流临时通过一期的预留水域引入到一期港区的右侧海域(图 3)。由于二期港区即将在一期港区的右侧建设, 一期预留水域即将回填, 如何解决一期港区后方主干流的排水问题成为关键问题。

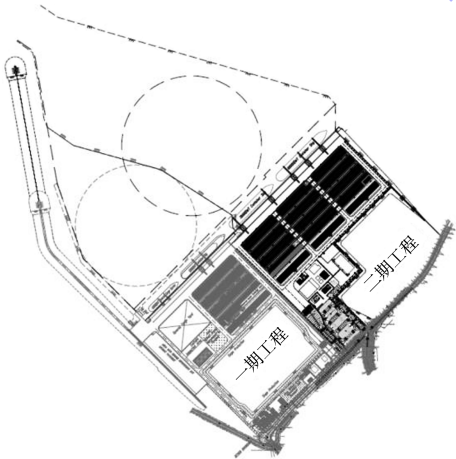


图 1 喀麦隆克里比深水港平面布置

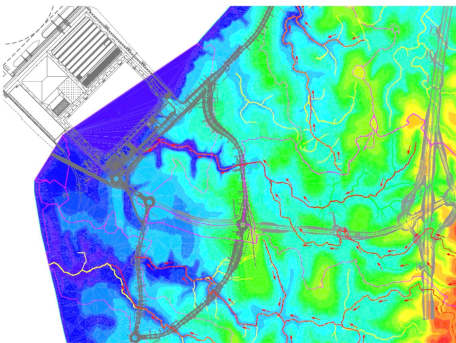


图 2 港区周边排水现状

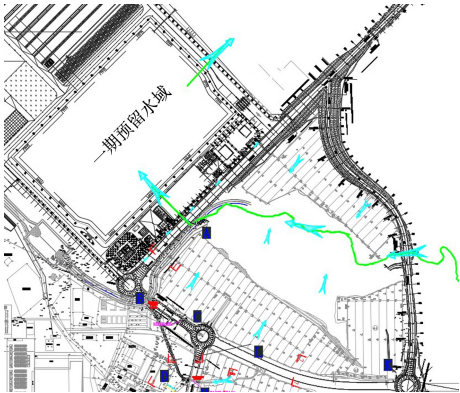


图 3 一期港区临时排水

2 设计方案

2.1 港区周边地形及排水分析

2.1.1 港区地形

Civil 3D 软件拥有强大的地形分析能力^[6], 其可以通过颜色差异表达整个地形的分布情况, 对于区域的排水设计具有非常有利的条件。首先, 对地形采用默认的地形云图分析, 软件按照均匀的高差分配色差和深度的渐变(图 4)。其次, 基于初始的色调分布, 结合规划区域的高程区间, 对排水规划区域的高程差适当加密, 从而得出精度足够大的高程云图(图 5)。

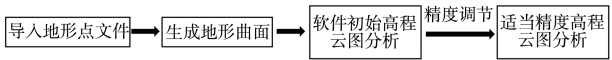


图 4 基于 BIM 的地形云图分析过程

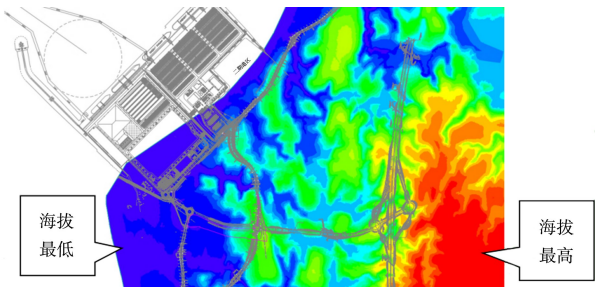


图 5 港区周边地形分析云图

2.1.2 港区周边汇流

基于 Civil 3D 软件的“跌水”和“汇流区”的功能, 对整个区域的自然水流情况进行汇流分析。

“跌水”功能是根据局部的地形高程数据, 绘制局部水流的汇集曲线。由于软件本身的“跌水”功能无法自动生成有效的汇集曲线, 须结合高程

云图，将各局部的汇流曲线连起来绘制成整个区域的水流汇流脉络图(图 6)。

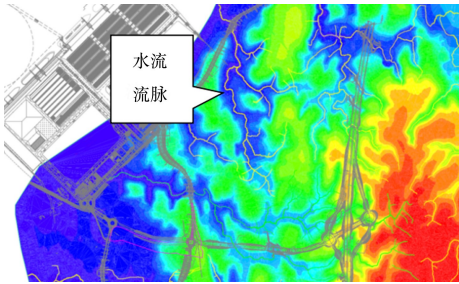


图 6 港区周边汇流脉络图

“汇流区”的功能是根据地形高程数据，对局部的地形高峰进行分析。由于软件本身的“汇流区”功能无法自动生成有效的流域区域边界，须结合高程云图，将各局部地形高峰线连接起来，分析出整个区域的流域划分情况(图 7)。各流域的汇流排水基本相互独立，通过各流域区块的面积推算各汇流区的排水量。

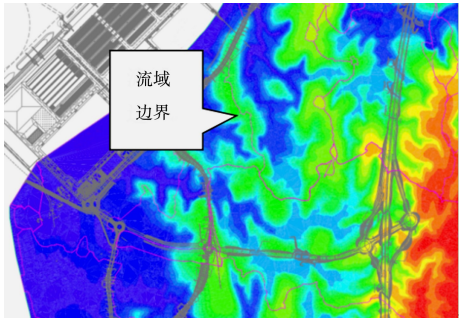
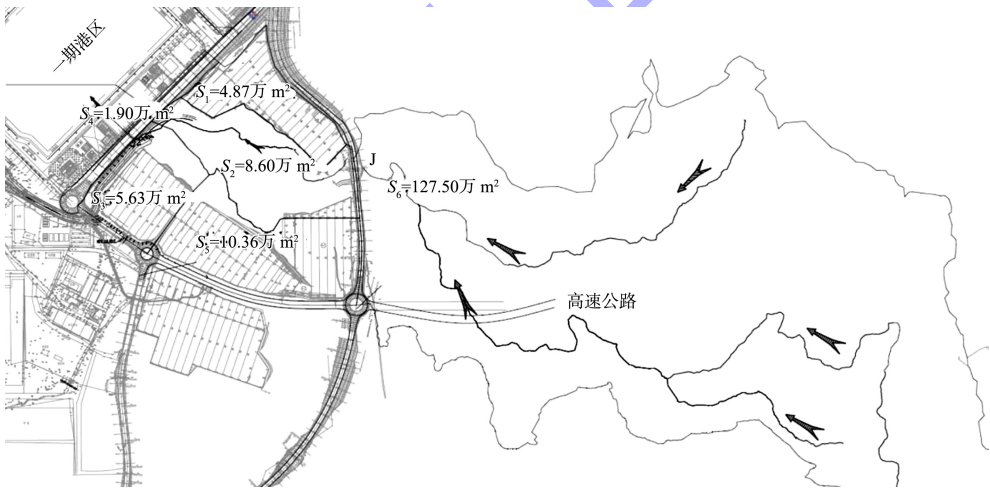


图 7 港区周边流域图

2.1.3 港区周边排水

根据分析结果可以得出，一期港区后方的排水量主要来自图 8 中的区域 S1~S6，其中各区域面积分别为 $S_1=4.87$ 万 m^2 ， $S_2=8.60$ 万 m^2 ， $S_3=5.63$ 万 m^2 ， $S_4=1.90$ 万 m^2 ， $S_5=10.36$ 万 m^2 ， $S_6=127.50$ 万 m^2 ，总流量高达 14 m^3/s ，短期整个区域水流通过一期港区内的临时排水区域排至外海(图 8)。



注：箭头显示为当前自然水流流向。

图 8 港区周边排水情况

2.2 排水规划方案的设计

由于一期港区及周边的道路高程较低，港区后方道路边沟的排水能力有限。为了有效缓解一期港区的排水压力，根据上下分流和引流的思路，对比分析 3 套排水规划方案。

2.2.1 排水设计原理

采用规范 GB 50014—2006《室外排水设计规范》中的雨水量计算区域的雨水设计流量：

$$Q_s = q\psi F \tag{1}$$

式中： Q_s 为雨水设计流量(L/s)； q 为设计暴雨强度 [$L/(s \cdot \text{万 } m^2)$]； ψ 为径流系数； F 为汇水面积(万 m^2)。

该项目的水力计算按照规范 GB 50014—2006《室外排水设计规范》进行设计：

$$Q = Av \tag{2}$$

式中： Q 为设计流量(m^3/s)； A 为水流有效断面面积(m^2)； v 为流速(m/s)。

2.2.2 规划方案 1

基于下游分流的设计思路, 拟将本条主干水流引流到附近的主干道中。因为, 方案 1 拟将 J 点的主要洪流通过 J-K-L-H 的线路引流到 D-E-G 的主流

中去, 其主要分担上游区域 S_6 (面积 127.50 万 m^2) 的排水量, 水量大小为 $10.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 。下游区域 $S_1 \sim S_5$ (总面积 31.36 万 m^2), 主要通过 A-B-C-D 引流到 D-E-G 的主流中去, 水量大小为 $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (图 9)。

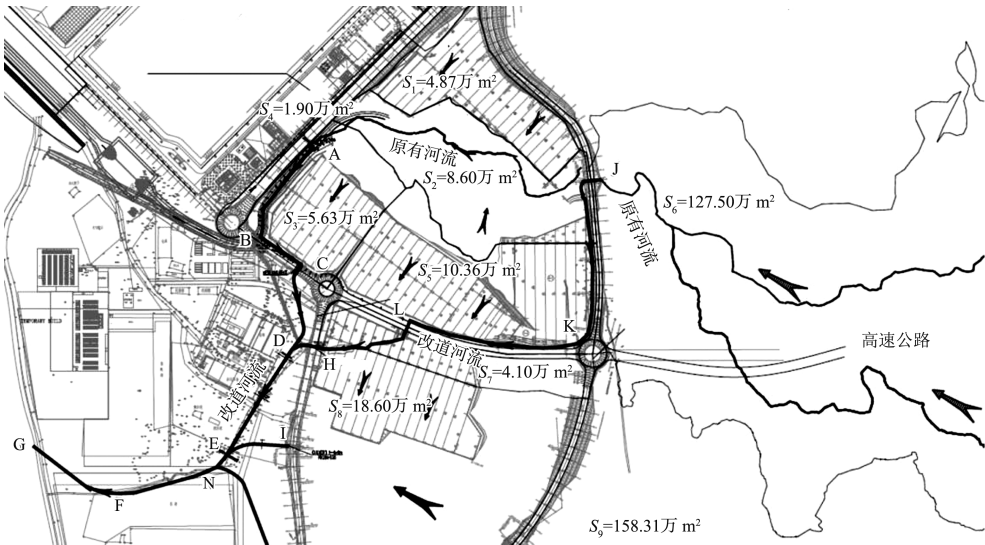


图 9 方案 1 规划平面布置

优点: 由于 G 点距离港区距离较远, 其出海口不会出现泥沙回淤的情况, 可以顺利将上游引流过来的水流顺利的排出; 另外, 由于上游的主要干流被分流, 一期港区路边沟只需要完成后方局部小区域的排水引流, 可以缓解港区排水的压力。

缺点: 由于 J-K-L-H 路径区域高程较高, 该条分流的主排水沟的开挖深度较大, 界面尺寸过

大, 开挖量和边坡防护的量都较大。

2.2.3 规划方案 2

基于方案 1 的分流优点以及 J-K-L-H 主排水沟工程量较大的缺点, 方案 2 提出一种上游部分分流的设计方案(图 10)。经过上游分流后, J-K-L-H 的流量由方案 1 的 $10.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 减小到 $1.97 \text{ m}^3/\text{s}$, 很大程度上缩减了 J-K-L-H 的排水沟断面尺寸和工程量。

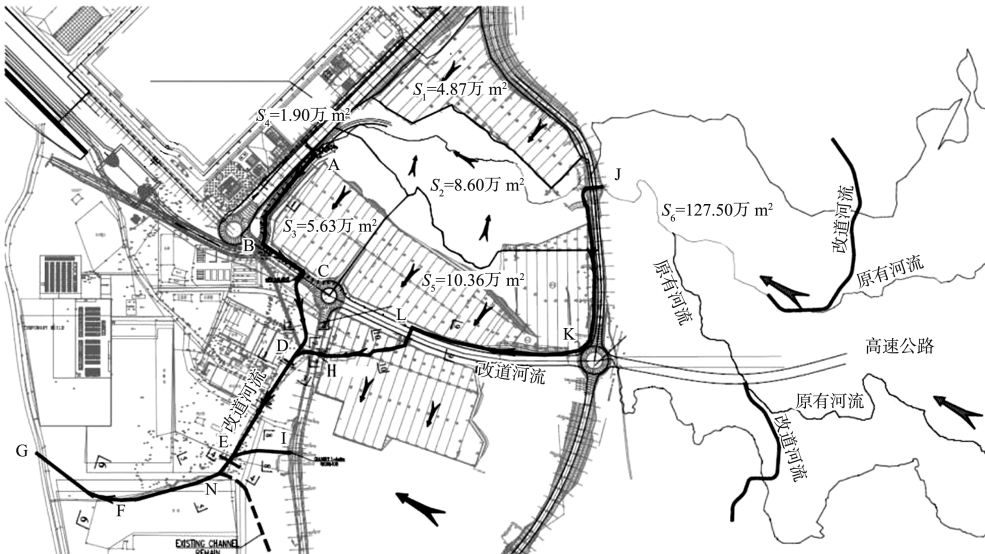


图 10 方案 2 规划平面布置

优点：将上游的大部分水流分流，从而使得下游的水流较小，下游的主排水沟的结构尺寸和开挖量可以大大减小；上游引流排水沟区域是原始的森林地貌，该区域的引流排水沟也无需进行防护，从而大大节省了项目成本。

缺点：由于上游和下游的分流排水沟均需要穿越高程较高的区域，整体开挖量依然较大。

2.2.4 规划方案 3

基于方案 1 和方案 2 的分流优点，同时考虑到方案 1 和方案 2 开挖量较大，边坡防护的工程量也比较大，方案 3 通过 M-N 将上游所有区域的水流分离，分流水量为 $10.5\text{ m}^3/\text{s}$ ，下游仅有 $3.5\text{ m}^3/\text{s}$ 的水量汇集(图 11)。

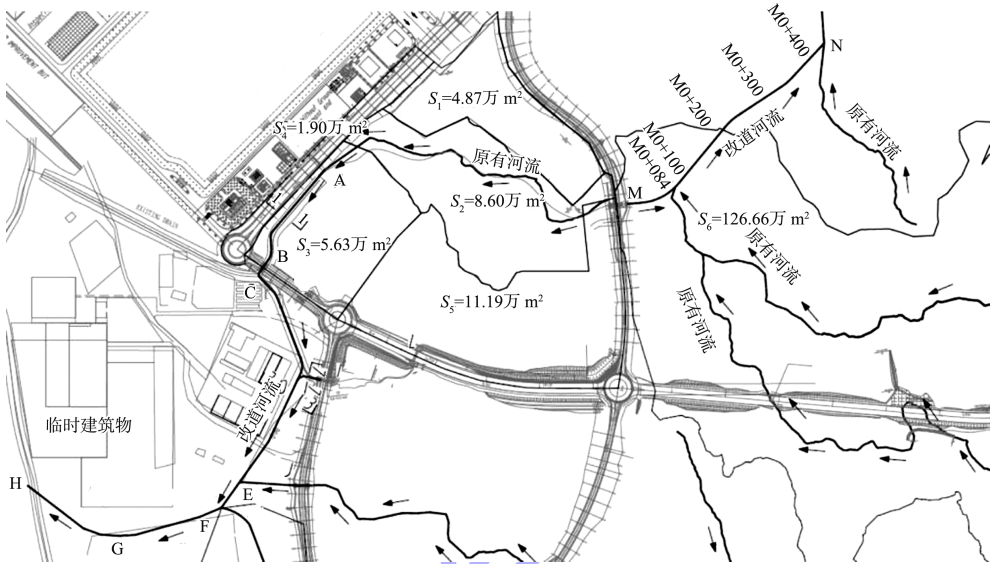


图 11 方案 3 规划平面布置

优点：该方案只需要短程穿过一个高程较高的区域，开挖量相对前 2 个方案有较大的优化；该条引流沟也是穿过森林，不需要进行边坡的防护，大大节约了防护的成本。该方案将上游的主干河流改

道，彻底解决了港区面临的短期被淹的风险。

2.2.5 方案对比

根据 3 个设计方案的统计结果，各方案的主要工程量对比见表 1。

表 1 3 个方案主要工程量对比

方案	混凝土/ m^3	钢筋/t	挖土量/ 万 m^3	填土量/ m^3	级配碎石/ m^3	浆砌块石/ m^3
1	579	138	29.236 7	4 688	5 505	16 839
2	2 732	531	26.336 7	45 769	7 865	14 795
3	511	118	19.293 2	6 971	1 876	10 237

通过对比可知，方案 2 较方案 1 的工程量、开挖量和浆砌块石的量均大大减少，但是混凝土量急剧增加；方案 3 对比方案 1 和方案 2，各方面的工程量都显著减少，从而有效降低项目成本。

3 结语

1)通过研究 Civil 3D 软件的三维地形功能，给出针对区域排水规划的分析方法。通过调整不

同区域的高程密度，获得足够精度的地形云图，为区域排水规划详细的地形地貌数据。同时，通过将地形云图和实地勘察情况相对比，证实此种地形分析的准确性和可靠性。

2)研究 Civil 3D 软件的“跌水”模块和“汇流区”模块，同时结合地形云图，对当前区域的自然排水状态进行准确的分析。