



基于 Civil 3D 的防波堤扩建工程 过渡段设计方案优化

马 震¹, 葛晓丹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:很多港口扩建中, 其防波堤堤头波况较为恶劣, 新老防波堤之间的过渡衔接较为复杂, 设计难度大, 相应的施工偏差大, 施工质量更加难以保证。基于国外某工程, 通过采用垫层倒滤的设计原理, 优化出一种护面块石拆除量最小的设计施工方案。同时结合 Civil 3D 的三维建模和二维出图的功能, 给出一种应对各种复杂界面过渡的三维设计方法。结果表明, 通过运用 BIM 三维技术和倒滤设计原理, 能够清晰准确地完成新老防波堤的设计, 同时三维模型为施工提供了准确可行的参考。

关键词:防波堤扩建; 过渡段; Civil 3D; 优化方案

中图分类号: U 656.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)02-0121-05

Optimization design for transition section of breakwater extension project based on Civil 3D

MA Zhen¹, GE Xiao-dan²

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

Abstract: For the extension project of many port projects, the wave condition of the breakwater head is relatively bad and the transition and connection between old and new breakwater are complex. The design is difficult and the construction quality is more difficult to guarantee. Based on a foreign project, we optimize a design scheme with the minimum amount of removal armor blocks according to the design principle of cushion inverted filter. Combining with Civil 3D software's function of the 3D model and 2D drawing, we propose a 3D design method to deal with the transition of various complex interfaces. The results show that the design of new and old breakwaters can be clearly and accurately completed by BIM 3D technology and an inverted filter design principle. Meanwhile, the 3D model provides an accurate and feasible reference for construction.

Keywords: breakwater extension; transition section; Civil 3D; optimum proposal

对港口工程进行扩建时, 随着港口规模沿着岸线扩展, 外围防波堤的掩护能力应提升, 需要在原有防波堤的基础上进行扩建。由于扩建防波堤的堤心和垫层结构的级配相对原有堤头护面结构较小, 根据 *The Rock Manual*^[1] 可知: 难以在原有堤头护面结构的基础上直接进行扩建。常规的防波堤扩建工程需要拆除原防波堤堤头护面结构, 在原有防波堤的垫层和堤心结构的基础上进行相关结构施工^[2]。

通常防波堤的堤头段波况比较恶劣^[3], 当堤头护面结构为较大的人工块石时, 其拆除难度较大^[4], 且直线段与圆弧段之间的断面连接较复杂, 传统二维设计无法准确绘制接触段的断面和平面图。本文基于国外某工程, 根据护面垫层的倒滤原理, 通过对水下未拆除扭王字块进行垫层倒滤覆盖, 设计出一种护面块石拆除量最小的优化方案。同时结合 Civil 3D 的三维建模和二维出图的功能^[5], 给出一种应对各种复杂界面过渡的三维设计辅助方法和二

绘出图方法, 为类似工程设计提供参考。

1 工程概况

本工程位于非洲, 一期工程包含 1 个 4 万吨级的多用途泊位和 1 个 5 万吨级的集装箱泊位, 一期泊位总长度 615.5 m; 二期扩建工程包含 1 个 7 万吨级和 1 个 10 万吨级的集装箱泊位, 二期泊位总长度 715.5 m。一期防波堤总长为 1 355 m, 为抛石斜坡堤结构形式。由于一期防波堤对于二期泊位的掩护能力有限, 需要在一期防波堤的基础上扩建 675 m, 码头总平面布置见图 1。

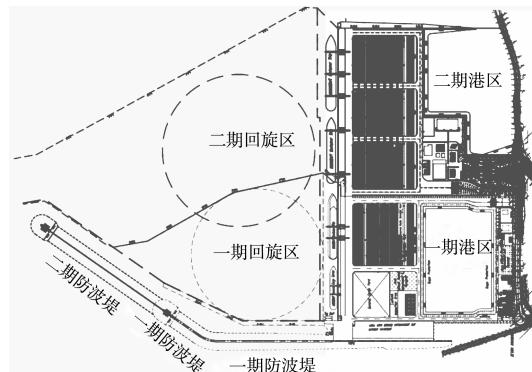


图 1 码头总平面布置

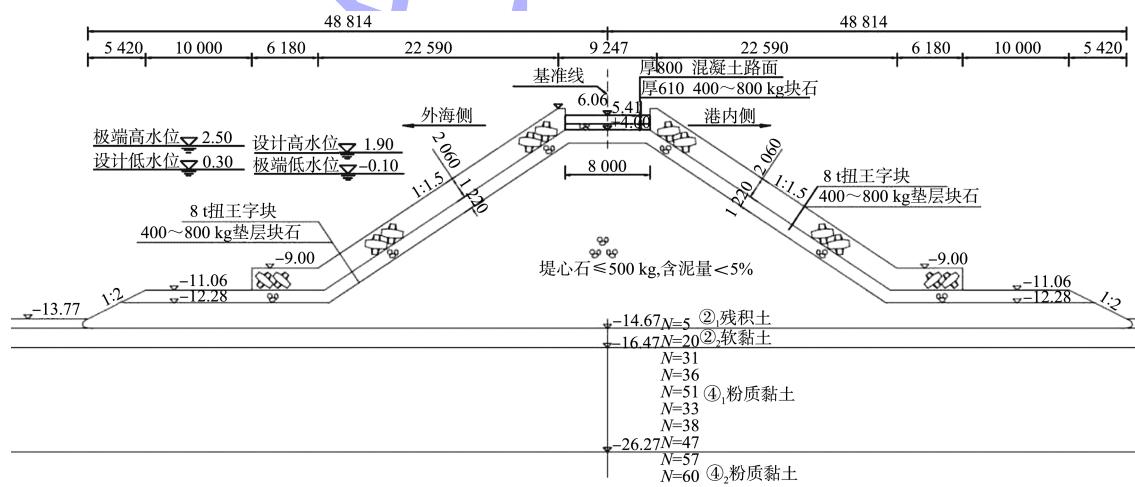


图 2 一期堤头断面 (尺寸: mm; 高程: m。下同)

二期防波堤同样采用抛石斜坡堤结构, 堤身防波堤护面结构采用 5 t 扭王字块; 港内侧的垫层块石结构为 300~500 kg 块石。外海侧考虑到波浪较大, 垫层块石采用 400~800 kg 块石; 堤心结构采用 0~500 kg 块石(含泥量小于 5%); 堤顶铺设一层

设计使用水位采用 50 a 的重现期进行结构设计, 其中设计高水位为 1.9 m, 设计低水位为 0.3 m, 极端高水位为 2.5 m, 极端低水位为 -0.1 m。

本工程的波浪主浪向为南向至西南向, 设计波浪要素见表 1。

表 1 设计波浪条件

重现期/a	有效波高 H_s/m	谱峰周期 T_p/s
5	1.50	15.7
10	1.73	16.2
50	2.26	17.2
100	2.48	17.6

2 防波堤扩建过渡段方案及优化

2.1 一期和二期防波堤方案

一期防波堤采用抛石斜坡堤的方式, 堤头防波堤护面结构采用 8 t 扭王字块, 垫层结构采用 2 层 400~800 kg 的块石, 堤心结构采用 0~500 kg 的块石(含泥量小于 5%); 堤顶铺设一层 800 mm 厚的混凝土现浇路面, 路面下方铺设一层厚度 610 mm 的 400~800 kg 块石, 堤顶路面高程为 5.41 m; 护面坡底顶高程为 -9.00 m, 坡底平台高程为 -11.06 m, 见图 2。

900 mm 厚的混凝土现浇路面, 路面下方铺设一层厚度 610 mm 的 400~800 kg 块石, 堤顶路面高程为 5.51 m; 港内侧的护面坡底顶高程为 -6.00 m, 坡底平台高程为 -7.76 m。外海侧的护面坡底顶高程为 -9.0 m, 坡底平台高程为 -10.76 m, 见图 3。

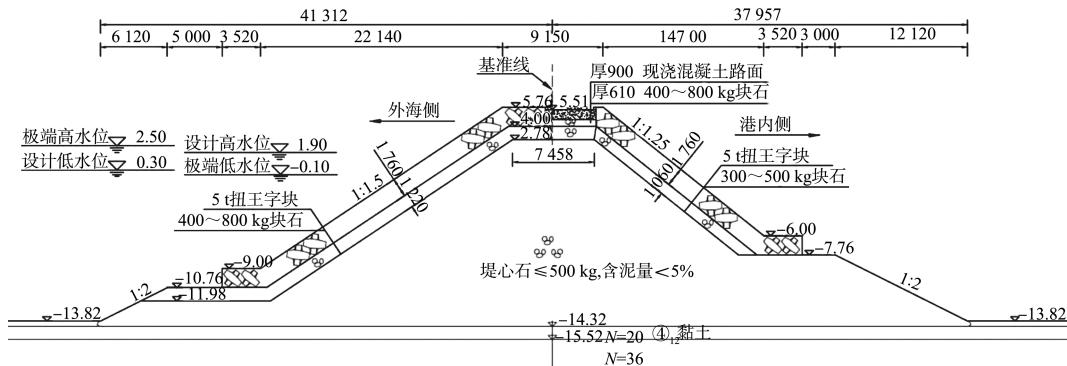


图3 二期堤身断面

2.2 一期和二期防波堤衔接过渡原方案

考虑到一期防波堤堤头段的护面结构为8t扭王字块,二期防波堤的堤心结构为0~500kg块石结构,由于两者的级配差别较大,无法使两个结构层之间达到良好的结合效果。因此,原方案将一期防波堤堤头的部分护面块石拆除,在堤头垫

层块石的基础上堆填二期防波堤。由于一期堤头断面和二期堤身断面的断面形式略有偏差,传统的二维的设计方法难以准确地进行过渡段的设计。本工程运用Civil 3D的三维建模功能建立过渡段三维模型,通过三维模型绘制平面和断面图,主要的建模设计过程见图4。

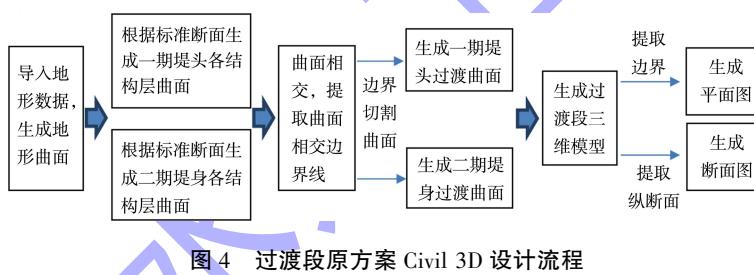


图4 过渡段原方案 Civil 3D 设计流程

根据以上Civil 3D建模流程,得出过渡段三维模型,见图5。根据三维模型完善后的过渡段平面

图见图6。

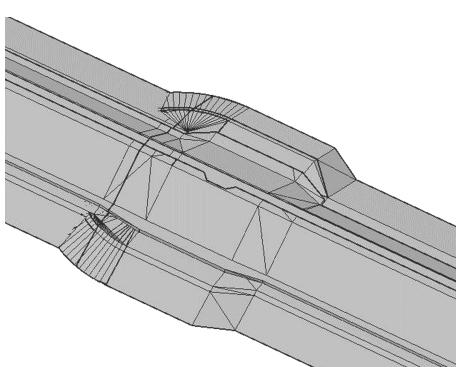


图5 过渡段原方案三维模型

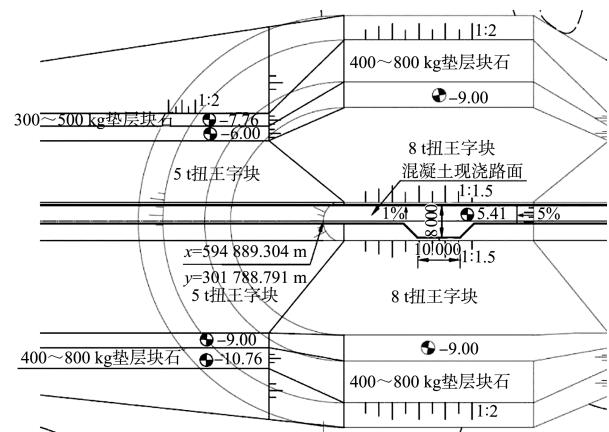


图6 原方案过渡段平面图

2.3 一期和二期防波堤衔接过渡优化方案

2.3.1 优化方案

由于波况恶劣，现场进行一期堤头 8 t 扭王字块拆除较为困难，潜水员深水拆除安全隐患较大。针对这一情况，优化方案仅对 -4 m 高程以上的局

部扭王字块进行拆除。根据倒滤的原理，为了防止二期堤心块石无法与水下未拆除的 8 t 扭王字块充分结合，对 -4 m 高程以下未拆除的 8 t 扭王字块上覆盖一层最小厚度 1.5 m 的 $400\sim800\text{ kg}$ 的倒滤块石平台过渡，见图 7。

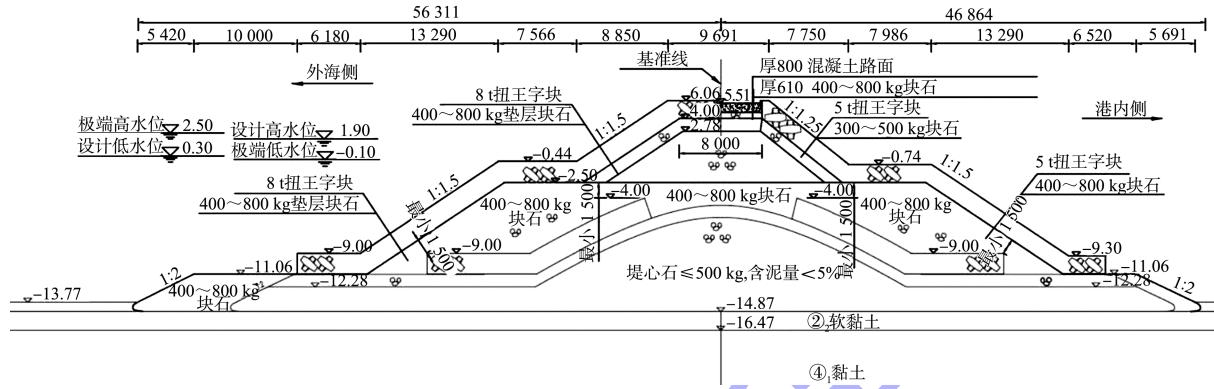


图 7 一期扭王字块优化拆除方案

2.3.2 优化方案三维建模

针对这种较为复杂的多界面设计，采用 Civil 3D 进行三维建模，在三维模型的辅助下精确绘制

过渡段断面及平面图，主要的建模设计流程见图 8，三维模型见图 9。

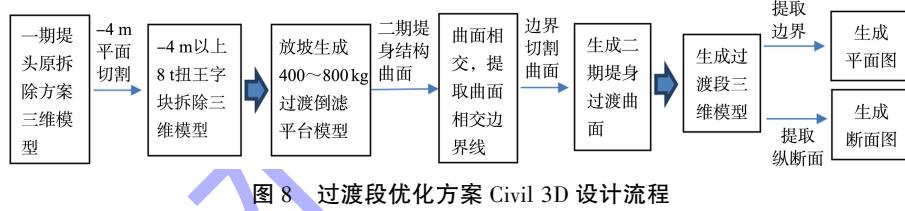
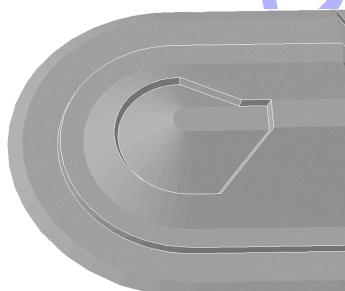
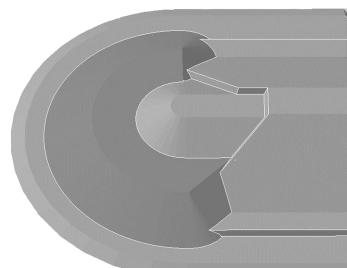


图 8 过渡段优化方案 Civil 3D 设计流程



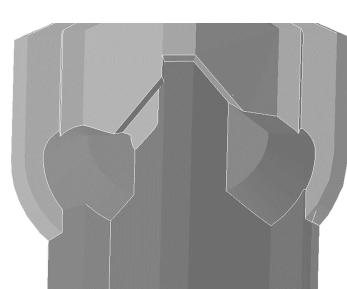
a) 拆除的优化方案



b) $400\sim800\text{ kg}$ 块石过渡平台堆填



c) 二期堤心结构堆填



d) 二期垫层结构堆填

图 9 过渡段优化方案三维图

由于新方案的交界面较为复杂, 平面图和扭王字块拆除图基于三维模型以及提取的相应轮廓

进行绘制, 过渡段的断面图在三维模型横断面的基础上进行设计完善, 见图 10。

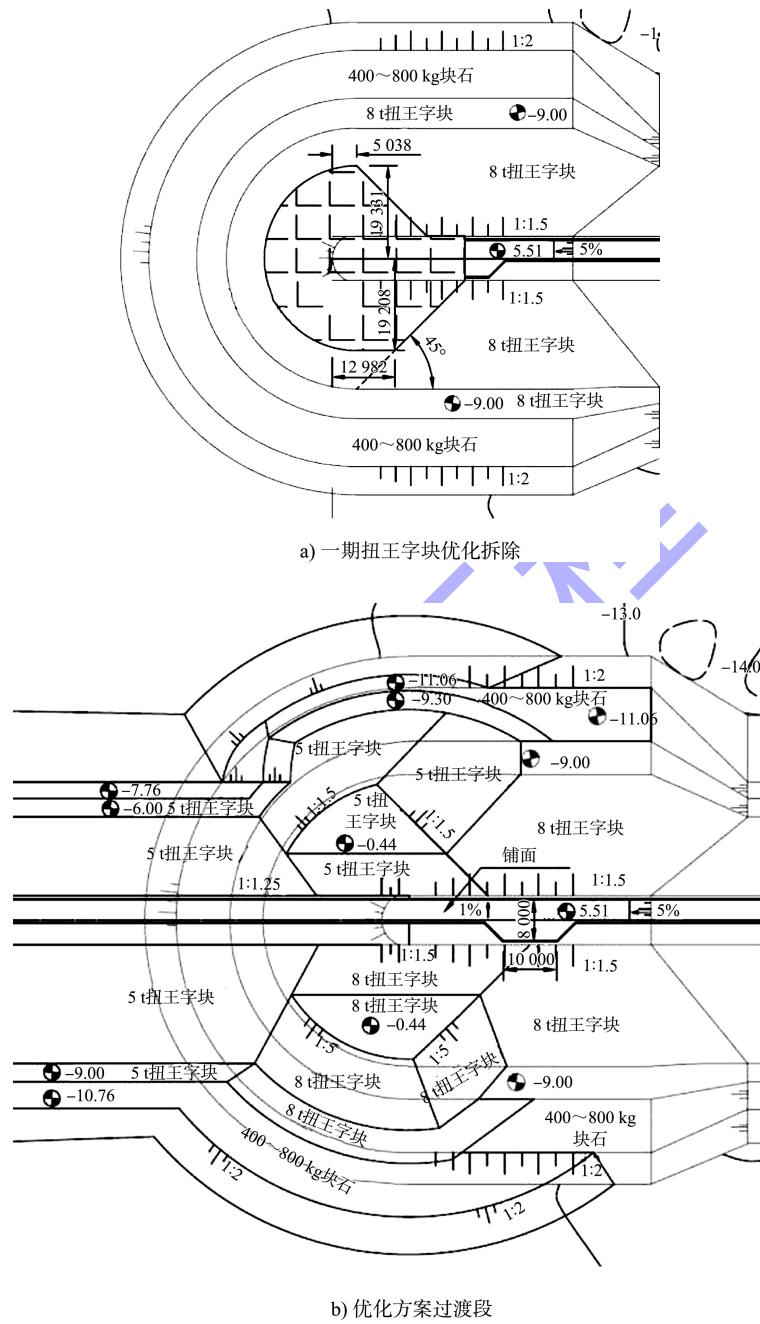


图 10 优化方案平面图

3 结语

1) 常规的防波堤扩建方案需要拆除原防波堤堤头的护面结构, 对于波浪状况较为恶劣的防波堤扩建工程, 防波堤堤头的护面块体的拆除难度较大, 安全隐患极高。本文基于护面结构倒滤的原理, 提出一种只拆除浅水和水上部分护面块体的设计方

案, 水下未拆除的扭王字块采用护面垫层块石倒滤覆盖, 从而使扩建防波堤的堤心和原堤头水下未拆除扭王字块之间形成倒滤作用, 最大程度地减少了堤头护面块体的拆除工作量, 极大降低了施工风险, 为类似工程项目提供宝贵的设计和施工经验。

(下转第 149 页)