

# 基于 SolidWorks 的海堤护面块体结构图修正

王浩霖, 李晨阳, 董 胜\*

(中国海洋大学 工程学院, 山东 青岛 266100)

**摘 要:**海堤迎浪侧坡面一般采用人工块体防护,人工块体的种类很多,形状非常复杂,从而给块体结构图的绘制造成很大的困难。基于 Solidworks 绘图原理,对《海堤工程设计规范》(GB/T 51015—2014)中提供的常用护面块体进行了三维模型的重新构建。借助 Solidworks,依据规范中提供的护面块体的类型和尺寸,阐述了建立其结构的三维模型并导出工程图的详细过程。通过对比分析,修正了现行规范中常用护面块体的工程图在形状绘制及尺寸标注方面存在的问题。此方法对精确绘制其他护面块体的工程图具有一定的指导意义,同时对海岸工程中其他结构工程图的绘制具有一定的参考价值。

**关键词:**海堤;规范;护面块体;工程图;SolidWorks

**中图分类号:**P753

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-3682(2017)03-0030-07

**doi:**10.3969/j.issn.1002-3682.2017.03.004

海堤是为了防御海潮和风浪的侵袭、降低其带来的危害,在河口、海岸地区修筑的一种专门用来挡水的建筑物。海堤按照其断面的结构型式可以分为斜坡堤和陡墙堤,由两者结合的混成堤在工程中也得到较为广泛的应用<sup>[1]</sup>。斜坡堤以其结构简单,波浪反射小,整体稳定性高以及对地基适用情况较好等优点在工程中得到广泛应用。由于斜坡堤堤身一般用当地土料填筑,且受到较强的波浪、水流作用,因此需要在斜坡堤的迎浪面采用人工护面以保障堤身安全。在《海堤工程设计规范》<sup>[2]</sup>(GB/T 51015—2014,以下简称《规范》)中介绍了块石、混凝土栅栏板及预制混凝土异型块体等结构型式。董国华<sup>[3]</sup>通过分析福建省海堤安全状况的统计数据及工程实例,论证了海堤护坡破坏的特征及原因,并提出了相应的工程措施;毛昶熙等<sup>[4]</sup>通过分析护坡块体的局部稳定性给出了块体稳定性计算公式,并经过试验验证和与常用公式的对比说明了公式的可靠性;张闰生<sup>[5]</sup>介绍了几种常见的护坡型式以及异型块体等新型护坡的应用;吴伟民<sup>[6]</sup>通过对实例的分析,阐述了在不同海况下海堤外护坡在设计方面需要注意的问题。

《规范》对海岸工程建设中海堤的设计具有重要的指导作用。但是在研究过程中,发现《规范》中提供的护面块体的工程图存在一些问题。因此,本文基于计算机辅助设计软件 SolidWorks 对《规范》中提供的栅栏板等护面结构进行了重新绘制,并在此基础上绘制了螺母块体<sup>[7]</sup>、Xbloc<sup>[8]</sup>及四棒体<sup>[9]</sup>等护面结构。

## 1 SolidWorks 绘图简介

随着计算机技术的发展,各种制图软件得到了有效的推广,为工程设计与施工提供了极大的便利。SolidWorks 是世界上第一个基于 Windows 开发的三维 CAD 系统,具有功能强大、操作简单和易学易用等特点。其作为专业的三维 CAD 建模软件已经在工程领域得到了广泛应用,诸如 ANSYS, ABAQUS 等有限元软件,也为 SolidWorks 提供了应用接口。朱金权<sup>[10]</sup>系统地介绍了 SolidWorks 软件的常用模块,并描述了其在有限元分析中的应用;周基等<sup>[11]</sup>以隧道工程为例,利用 SolidWorks 建立有限元仿真的复杂模型,并

**收稿日期:**2017-04-05

**资助项目:**中央高校基本科研业务费专项——新型透空式海岸建筑物设计理论(201564003)

**作者简介:**王浩霖(1992-),男,硕士研究生,主要从事海岸工程及其与海洋环境的相互作用方面研究. E-mail: wanghaolin1062@163.com

\* **通讯作者:**董 胜(1968-),男,教授,博士,博士生导师,主要从事海洋环境及其与结构相互作用方面研究. E-mail: dongsh@ouc.edu.cn

(李 燕 编辑)

通过有限元软件分析的结果证明了 SolidWorks 应用于有限元仿真分析是可行的;王丽娜<sup>[12]</sup>以水工结构中的检修闸门为例,详细介绍了 SolidWorks 软件的特点及运用过程。因此,本文基于 SolidWorks 软件对《规范》中的护面块体进行绘制和修改是可行的。

SolidWorks 是第三代 CAD 建模软件,包含 3 大基本功能:零件设计、装配体设计和工程图生成。其建模的一般过程为:绘制草图—生成实体(—零件装配)—导出工程图。绘制草图时首先需要选择基准面, SolidWorks 中默认的基准面分别是前视(后视)、上视(下视)和右视(左视),有时对于一些结构较为复杂的模型的绘制还需要通过添加参考基准面来实现。然后通过对草图进行拉伸、旋转、切除等特征操作完成对象的三维实体建模。对于复杂的结构,需要将其分解为几部分绘制,最后通过装配获得所需模型。

在工程设计与施工过程中,除了需要运用三维模型对结构进行直观表达外,还需要工程图即三视图来表示结构的细部特征。除特殊声明外,三视图均指正、左、俯三视图。本文以《规范》中提供的四脚空心方块为例阐述利用 SolidWorks 软件构建三维模型并获取工程图的详细过程。

## 2 三维模型的建立

三维建模的首要任务是获取结构的形状、尺寸等信息。利用《规范》中提供的四脚空心方块的三视图可以获得其详细的尺寸数据。由于《规范》中的尺寸多是以小数表示,为了绘图方便,可以通过给定  $L$  的值来减少其小数位数,如  $L$  取 100 或 1 000。在创建模型时适当的使用构造线及参考基准面可以快速准确地完成建模过程。另外,在使用 SolidWorks 建立三维模型时应尽可能在一个单独的零件中完成,而不是通过装配得到。虽然两者创建的三维模型在外观上没有丝毫差别,但是由装配得到的实体往往容易产生冗余的线段,且块体之间的相贯性得不到充分的表现,对工程图的生成及处理带来不便。

利用 SolidWorks 构建四脚空心方块的详细过程如下:

步骤 1:构建四脚空心方块的中间部分。按照《规范》提供的其俯视图,在上视基准面以原点为中心绘制多边形及边长为  $0.24L$  的正方形,然后通过“特征”中的“拉伸凸台/基体”选项使该图形在每个方向上各拉伸  $0.14L$ ,得到如图 1a 所示的空心多边实体模型;

步骤 2:创建四脚空心方块的脚。在图 1a 所示实体顶面的 4 个角处绘制边长为  $0.28L$  的正方形,然后对这 4 个正方形拉伸  $0.2L$ ;同理,对实体的底面进行同样操作后,得到如图 1b 所示的模型;

步骤 3:选择实体的某一侧面创建参考基准面并建立草图,在此平面实体的每个脚处绘制直角边分别为  $0.04L \times 0.04L$  与  $0.2L \times 0.09L$  的三角形,然后通过“切除拉伸”对实体进行削角处理,得到如图 1c 所示的模型;

步骤 4:选择与步骤 3 中所选侧面垂直的一侧面建立基准面,按照步骤 3 对实体进行切除拉伸,得到如图 1d 所示的模型,即四脚空心方块的最终实体模型。

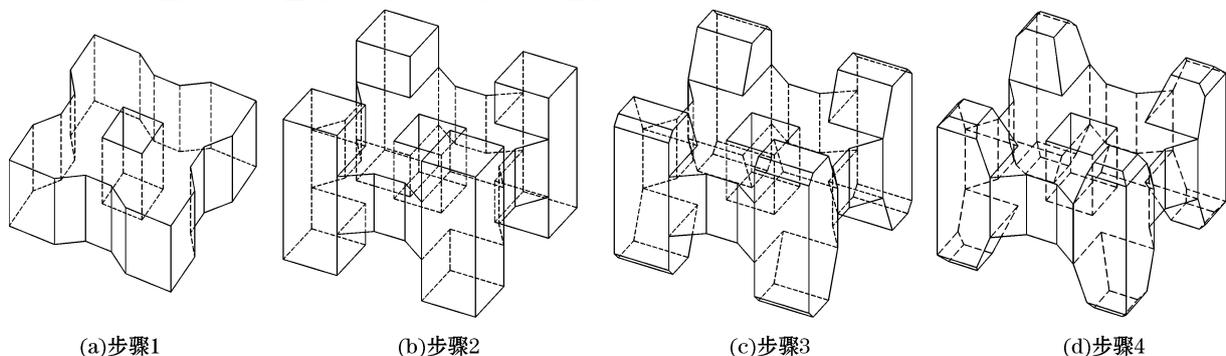
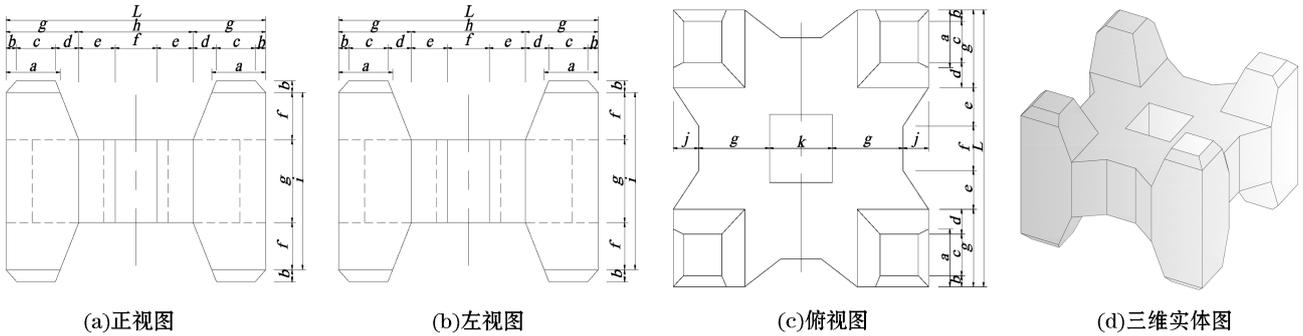


图 1 四脚空心方块三维建模图解

Fig.1 The 3D modeling diagram of the four-leg hollow square block

工程中结构的设计图纸多以三视图来表示, SolidWorks 可以通过“文件”菜单下的“从零件制作工程图”导出所需的各种视图。为了在 AutoCAD 中对视图进行尺寸标注等后期处理, 需要将文件另存为“.DWG”格式。四脚空心方块的工程图如图 2 所示。

通过与《规范》提供的三视图相比较, 可以看出《规范》中主视图的尺寸标注存在问题, 尺寸  $a = 0.208L$ , 而不是《规范》中的  $0.2125L$ , 而且《规范》中未给出模型的左视图。通过 SolidWorks 对模型重建后, 块体的表达更为完整, 说明此方法适用于护面块体三维模型的构建及工程图的展示。



注:  $a = 0.208L$ ,  $b = 0.04L$ ,  $c = 0.15L$ ,  $d = 0.09L$ ,  $e = 0.14L$ ,  $f = 0.16L$ ,  $g = 0.28L$ ,  $h = 0.44L$ ,  $i = 0.6L$ ,  $j = 0.1L$ ,  $k = 0.24L$

图 2 四脚空心方块工程图

Fig.2 The engineering drawing of the four-leg hollow square block

### 3 《规范》中护面结构的重新构建

《规范》中提供的护面结构主要包括栅栏板以及四脚空心方块、扭工字块和扭王字块等异型块体。根据《规范》提供的三视图, 由 SolidWorks 重新建立的护面结构三维模型及工程图如图 3~图 5 所示。

#### 1) 栅栏板

《规范》中只提供了栅栏板的主视图及侧向剖面图, 工程图的表示不够完整; 而且剖面图中栅栏板的长度尺寸  $a_0$  与细部尺寸  $a_1 \sim a_4$  表示的框格数并不相对应。

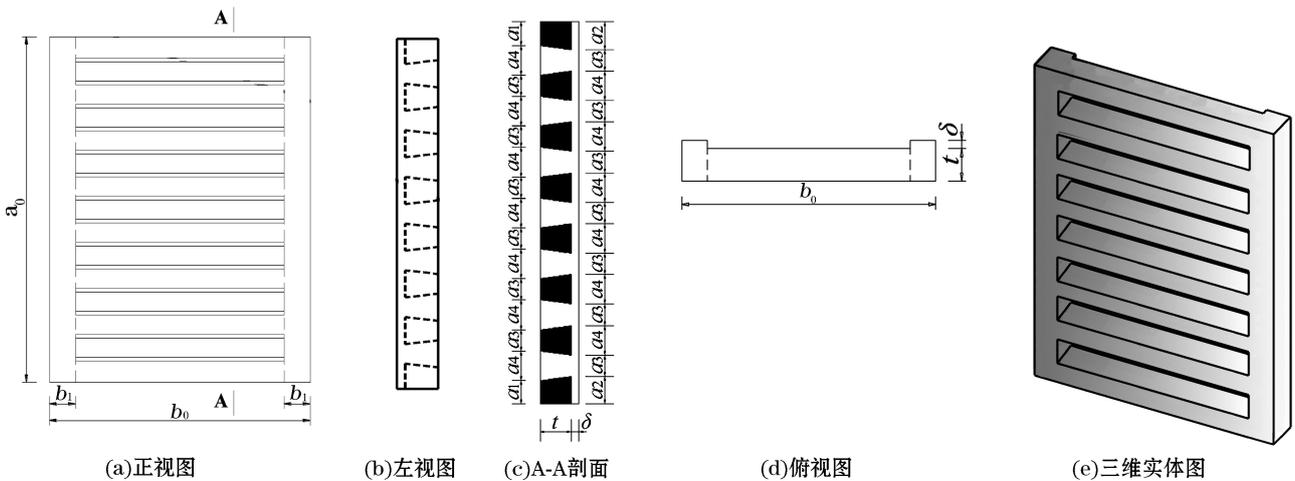


图 3 栅栏板三维模型及工程图

Fig.3 The 3D model and engineering drawing of the fence plate



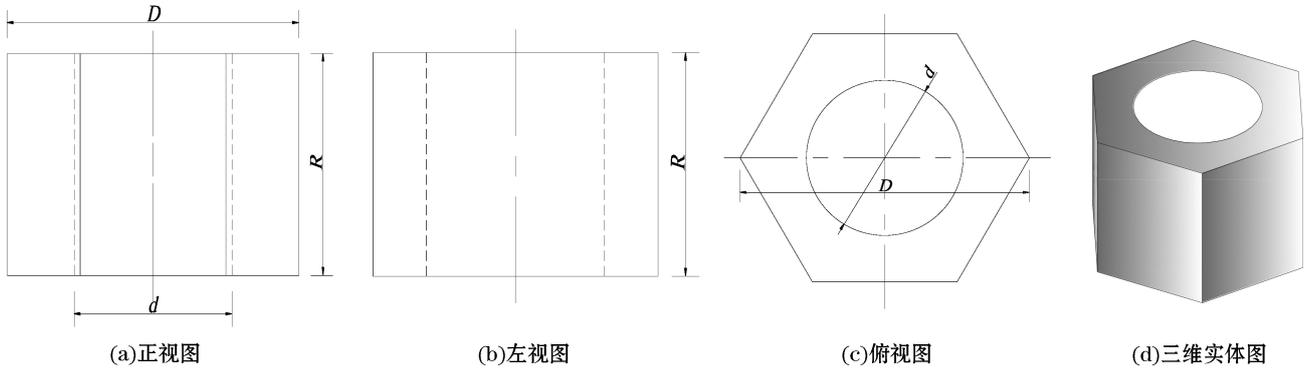


图 6 螺母块体三维模型及工程图

Fig.6 The 3D model and engineering drawing of the nut block

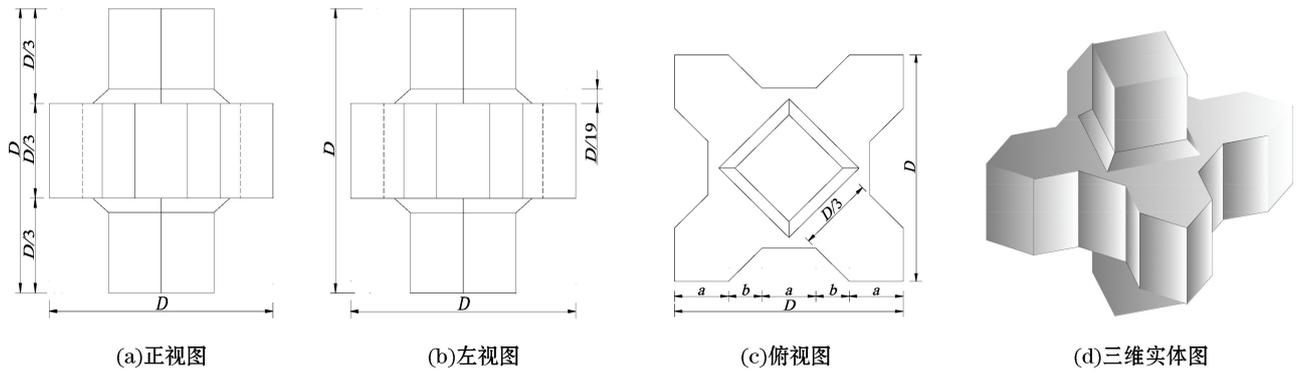


图 7 Xbloc 三维模型及工程图

Fig.7 The 3D model and engineering drawing of the Xbloc

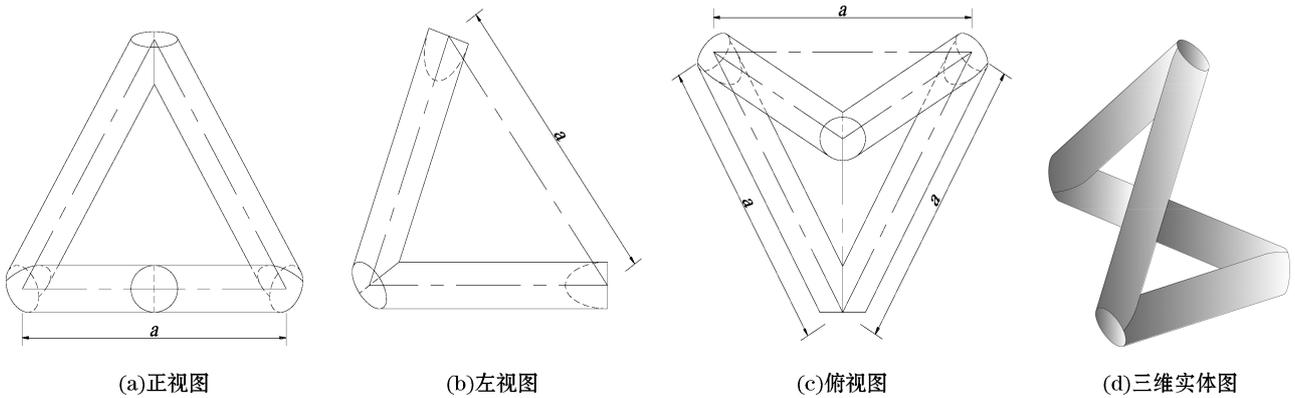


图 8 四棒体三维模型及工程图

Fig.8 The 3D model and engineering drawing of the four rod body

## 5 结 语

通过对斜坡堤常用护坡块体的深入研究,发现《海堤工程设计规范》(GB/T 51015—2014)在描述一些块体的形状或尺寸时存在一定的偏差。基于 SolidWorks 软件,我们对《规范》中的常用护面块体进行了三维模型的重新构建,并以四脚空心方块为例详细阐述了 SolidWorks 的建模过程,修正了形状尺寸图,并给出了三维立体图,使其表达更为准确、完整。通过对螺母块体、Xbloc 及四棒体等护坡结构的绘制,说明了 SolidWorks 软件对于海岸工程中其他种类护面块体的精确绘制具有一定的应用价值。

### 参考文献(References):

- [1] XUE H C. Coastal and offshore engineering[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2003:161-169. 薛鸿超. 海岸及近海工程[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003:161-169.
- [2] The Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Code for design of sea dike project: GB/T 51015—2014[S]. Beijing: China Planning Press, 2014. 中华人民共和国水利部. 海堤工程设计规范: GB/T 51015—2014[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
- [3] DONG G H. Damage situation and treatment measures of seawall revetment in Fujian[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 1992, 23(10): 56-60. 董国华. 福建省海堤护坡破坏情况及处理措施[J]. 水利水电技术, 1992, 23(10): 56-60.
- [4] MAO C X, DUAN X B, MAO P Y, et al. Analysis on stability of revetment block in sea dyke[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2000, 31(8): 32-38. 毛昶熙, 段祥宝, 毛佩郁, 等. 海堤护坡块体的稳定性分析[J]. 水利学报, 2000, 31(8): 32-38.
- [5] ZHANG M S. The type and application of design of seawall revetment[C]//Chinese Hydraulic Engineering Society. Chinese Hydraulic Engineering Society Reclamation Development Committee 2004 Academic Annual Conference Proceedings. Beijing: China Water & Power Press, 2004:146-149. 张闽生. 海堤护坡设计的型式及应用[C]//中国水利学会. 中国水利学会围涂开发专委会 2004 学术年会论文集. 北京: 中国水利水电出版社, 2004:146-149.
- [6] WU W M. Type selection and structure design of seawall revetment[J]. Small Hydro Power, 2013(2): 36-39. 吴伟民. 海堤外护坡的型式选择与结构设计[J]. 小水电, 2013(2): 36-39.
- [7] SUN J S, ZAHNG J. Prospect of research into nut armour units[J]. Coastal Engineering, 1985, 4(2): 109-119. 孙精石, 张吉. 螺母块体研究的展望[J]. 海岸工程, 1985, 4(2): 109-119.
- [8] BAKKER P B, KLABBERS M, REEDJIK J S. Introduction of the Xbloc® breakwater armour unit[J]. Terra et Aqua, 2004(94): 3-11.
- [9] YANG Y Z. Situation and development of special shaped concrete armor blocks[J]. Port Engineering Technology, 1996, 33(2): 24-33. 杨运泽. 混凝土异形护面块体的现状及展望[J]. 港工技术, 1996, 33(2): 24-33.
- [10] ZHU J Q. The application and research of SolidWorks software in mechanical design[J]. New Technology & New Process, 2009(2): 41-44. 朱金权. SolidWorks 软件在机械设计中的应用与研究[J]. 新技术新工艺, 2009(2): 41-44.
- [11] ZHOU J, RUI Y Q, TAN Y. Finite element simulation analysis of engineering based on Solidworks modeling technology[J]. Journal of China & Foreign Highway, 2010, 30(6): 187-189. 周基, 芮勇勤, 谭勇. 基于 Solidworks 建模技术的工程有限元仿真分析[J]. 中外公路, 2010, 30(6): 187-189.
- [12] WANG L N. The application of SolidWorks software in the hydraulic metal structure[J]. Water Sciences and Engineering Technology, 2015(3): 55-58. 王丽娜. SolidWorks 软件在水工金属结构中的应用[J]. 水科学与工程, 2015(3): 55-58.

## Modification of Structural Drawing of the Armor Blocks of Sea Dike Based on SolidWorks

WANG Hao-lin, LI Chen-yang, DONG Sheng

*(College of Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)*

**Abstract:** The wave-side slope surface of the sea dike is commonly protected by using artificial blocks. These blocks have various types and are very complex in shape, making the plotting of the structure diagram of the blocks difficult. In this paper, the armor blocks of the sea dike that are commonly used and have also been stipulated in the Code for Design of Sea Dike Project (GB/T 51015—2014) are reconstructed to a 3D model based on the SolidWorks drawing principle. With the aid of SolidWorks and on the basis of the type and size of the armor blocks introduced in the Code, the 3D model used for reconstructing the structure of the armor blocks is illustrated and the detailed process for deriving the engineering drawing is described. By comparing and analyzing, problems about the shape drawing and dimensioning occurring in the engineering drawing of the armor blocks commonly used and stipulated in the Code are corrected. This approach has some guiding significance for accurately plotting the engineering drawings of other armor blocks, and also has certain reference value for plotting engineering drawings of other structures of the coastal engineering.

**Key words:** sea dike; code; armor block; engineering drawing; SolidWorks

**Received:** April 5, 2017