



港口工程技术规范中四脚锥体三视图的修正*

董胜, 李晨阳

(中国海洋大学工程学院, 山东 青岛 266100)

摘要: 基于计算机辅助设计软件 Solidworks, 利用 JTS 154-1—2011《防波堤设计与施工规范》提供的四脚锥体的部分尺寸数据, 对四脚锥体进行了三维模型的构建, 并导出了其三视图, 发现了规范中四脚锥体三视图存在的问题, 并进行修正。

关键词: 防波堤; 规范; 四脚锥体; Solidworks

中图分类号: U 656.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)06-0106-04

Revision on three orthographic views of tetrapod in technical code for port engineering

DONG Sheng, LI Chen-yang

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

Abstract: A 3D model of tetrapod armor unit is set up based on the given data in *Code of Design and Construction of Breakwaters*(JTS 154-1—2011) with computer aid design software Solidworks. Three orthographic views are exported to find some existent mistakes. The revised version is given for the design and construction of the port engineering.

Keywords: breakwater; code; tetrapod; Solidworks

防波堤是防御波浪、泥沙、冰凌等入侵港池, 为港池提供安全稳定作业环境的水中建筑物。一般可按结构形式的不同将防波堤分为重型防波堤和轻型防波堤两类: 重型防波堤是传统和常用的形式, 包括斜坡堤、直墙堤、混成堤等; 轻型防波堤是近数十年发展起来的新型防波堤类型, 包括透空堤、浮堤、喷气堤等^[1]。JTS 154-1—2011《防波堤设计与施工规范》^[2] (简称《规范》) 是水运工程建设领域中防波堤建设施工的强制性行业标准, 自 2012 年 1 月 1 日起施行。《规范》是港口工程中重要的设计准则和参考依据, 是结合国内港口工程特点和发展需要制订的国家标准, 对港口工程建设中防波堤的工程设计具有重要的指导作用。《规范》经历了 JTJ 218—1987《防波堤规范》和《防波堤设计与施工规范》等版本,

不断总结和吸收国内外防波堤工程的设计、科研和施工经验, 不断补充与修改, 以完善自身体系。事实上, 这种补充和修改也必然是不会停止的, 新的方法、手段和技术的融入是对《规范》作为防波堤工程权威准则地位的巩固, 也是对防波堤工程发展变化与时俱进的不断补充。

1 斜坡堤与四脚锥体

在各种形式的防波堤结构中, 斜坡堤是一种主要的防波堤结构形式, 它适用于水深不太大、地基较软弱的海区。其优点在于: 波浪传播至近岸与斜坡堤相遇发生变形破碎的过程中, 波能消散, 堤前反射波小; 对地基沉降不敏感, 对地基承载力要求低; 结构简单, 施工难度不大; 后期维护容易, 费用低廉。缺点则主要表现在材料用

收稿日期: 2016-01-16

*基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51279186)

作者简介: 董胜(1968—), 男, 博士, 教授, 从事海岸及海洋工程研究。

量大且堤内不能直接兼作码头^[3]。为了达到较好的堤前消波效果, 工程中堤外坡常用天然大块石、人工混凝土方块或异形块体护面, 防止波浪淘刷。《规范》提供了四脚锥体等 4 类常用的护面块体。杨运泽^[4]统计整理了国内外使用过的 128 种护面块体并按形状和构造将其分为杆件组式、空心式和实心式 3 种。薛瑞龙等^[5]对国外常用的几类护面块体进行了比较详细的介绍, 国内常用的护面块体多为在国外护面块体基础上改进而来。

四脚锥体是由法国人于 20 世纪 50 年代提出后来普及到全世界的, 其发展演变史可追溯到二战时期的军事防御工事。四脚锥体是以正四面体形心到其各顶点连线为轴线的四个圆柱或圆台的结合体。

如图 1 所示, 设正四面体 $ABCD$ 边长为 l , 即 $AB=AC=AD=BC=BD=CD=l$, O 为其形心。延长 AO 至平面 BCD , 交该平面于点 F , 连接 BF 、 CF 和 DF , BF 延长线可交 CD 于重点 E 。由上述条件即可求得形心 O 到正四面体 $ABCD$ 任意两顶点连线间夹角约为 109.47° , 下文简单证明之。

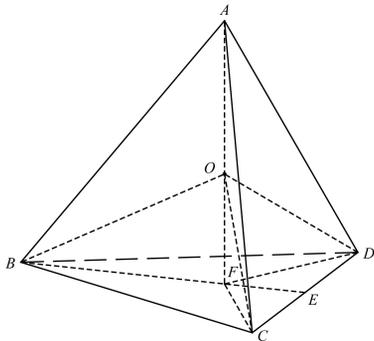


图 1 正四面体

由已知条件可求得 $BE = \frac{\sqrt{3}}{2}l$, $BF = \frac{2}{3}BE = \frac{\sqrt{3}}{3}l$,

故在 $\text{Rt}\triangle ABF$ 中有 $AF = \sqrt{AB^2 - BF^2} = \frac{\sqrt{6}}{3}l$ 。

在 $\text{Rt}\triangle OBF$ 中, $BF^2 + OF^2 = OB^2$, 可求得 $OB = OA = \frac{\sqrt{6}}{4}l$ 。在 $\triangle OAB$ 中, 由余弦定理有 $AB^2 = OA^2 + OB^2 - 2|OA||OB|\cos\angle AOB$, 可得

$$\angle AOB = \arccos\left(\frac{OB^2 + OC^2 - AB^2}{2|OA||OB|}\right) \quad (1)$$

计算得: $\angle AOB \approx 109.47^\circ$ 。

同理可得: $\angle AOC = \angle AOD = \angle BOC = \angle BOD = \angle COD \approx 109.47^\circ$ 。证毕。

所以四脚锥体是一个任意两脚轴线间夹角为 109.47° 的 4 个圆台或圆柱的结合体。另外在正四面体 $ABCD$ 中, OB 、 OC 、 OD 在平面 BCD 上的投影, 即线段 BF 、 CF 和 DF 互成 120° 夹角。

2 计算机辅助设计(CAD)软件

随着计算机技术的普及, 特别是各类专业制图软件的研发和推广, 工程设计人员的设计工作逐渐从纸笔制图转为计算机制图, 设计理念也逐步从二维平面设计向三维立体设计过度。GB/T 14692—2008《技术制图 投影法》^[6](简称《投影法》)中明确取消了“以正投影法为主, 以轴测投影法和透视投影法为辅”的提法, 也在一定程度上说明了三维设计软件在工程设计中正扮演着越来越重要的角色。

作为出色的计算机辅助设计软件, Solidworks 以其优越的性能在三维建模领域占有一定的市场。SolidWorks 软件原属于成立于 1993 年 Solidworks 公司, 后于 1997 年被法国 Dassault Systèmes 公司收购。它是世界上第一个基于 Windows 开发的三维 CAD 系统, 是全球装机量最大、最好用的 CAD 软件。

Solidworks 是第 3 代 CAD 软件。其建模的一般过程为: 绘制草图—生成实体—进行装配—导出工程图。

3 四脚锥体三维模型的建立

Solidworks 提供了利用标准 AutoCAD 三视图文件完成三维模型的绘制的接口^[7], 但操作难度大, 不易实现。本文利用《规范》提供的部分尺寸在 Solidworks 中建立三维模型, 简便快速, 易于操作。

这里需要说明的是, 《投影法》中对以第一角画法绘制的基本视图的标准配置位置一律不标注视图名称, 如《规范》中的各护面块体三视图均未标注视图名称, 即为视图的标准配置位置。

结合《规范》提供的四脚锥体侧视图中部分

尺寸(1.045a、1.550a、1.580a 和 2.120a)即可确定出四脚锥体 4 个圆台母线的倾角及高度。通过这些数据便可在 Solidworks 中进行四脚锥体三维模型的构建。由于四脚锥体结构相对复杂,需要借助众多参考基准面来实现三维模型的构建;适当使用构造线可以帮助设计人员快速准确地建立模型。另外,通过添加参考基准面的方式在一个单独的 Solidworks 零件文件中建立四脚锥体模型要比分别建立 4 个圆台零件文件再进行装配更加容易实现,且由前者得到的三维模型导出的工程图在后期平面图形编辑时的工作量更少。

在 Solidworks 建立四脚锥体三维模型基本可分为以下几步:

1) 在上视基准面 T (代号,下同)中建立 3 条互成 120° 夹角的构造线 $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$,并新建垂直于上视基准面 T 且分别过 3 条构造线的 3 个参考基准面 $P1$ 、 $P2$ 、 $P3$ 。

2) 在参考基准面 $P1$ 、 $P2$ 、 $P3$ 中再分别添加构造线 $L4$ 、 $L5$ 、 $L6$ 并使其通过原点 O 且与前述 3 个参考基准面 $P1$ 、 $P2$ 、 $P3$ 的交线 $L0$ 成 109.47° 的夹角(图 2)。

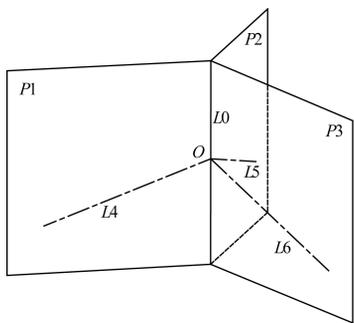


图 2 参考基准面与构造线

3) 新建分别垂直于构造线 $L4$ 、 $L5$ 、 $L6$ 且过原点 O 的 3 个参考基准面 $P4$ 、 $P5$ 、 $P6$,基准面 $P4$ 、 $P5$ 、 $P6$ 、 T 共同构成了四脚锥体 4 个圆台的底面所在平面, $L0$ 、 $L4$ 、 $L5$ 、 $L6$ 即为四圆台轴线。

4) 分别在基准面 $P4$ 、 $P5$ 、 $P6$ 、 T 中绘制圆台底面圆草图,选择特征选项卡中的“拉伸凸台/基体”操作并打开“拔模开/关”结合圆台母线高度和倾角依次拉伸 4 个圆台,即可得到四脚锥体的基本模型(图 3)。

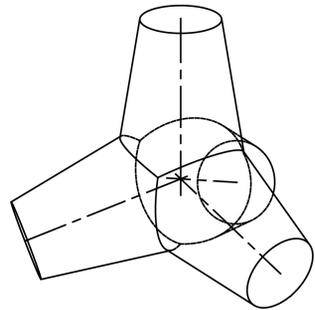


图 3 四脚锥体零件

5) 结合《规范》中四脚锥体三视图,在各圆台顶部添加一个母线倾角 45° 、高度 $0.13a$ 的小圆台即可得到完整的四脚锥体三维模型(图 4),这一过程同样需要借助参考基准面来实现。

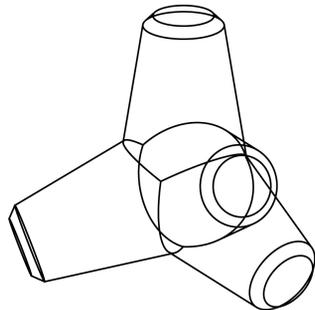
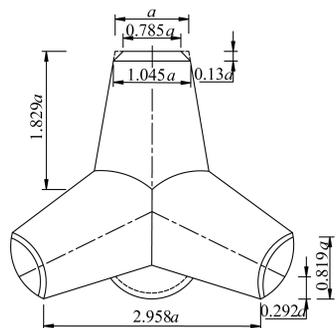


图 4 四脚锥体的左右二等角轴测图

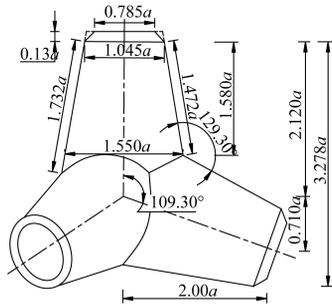
6) 绘制完成的四脚锥体三维模型可通过“从零件制作工程图”操作得到三维模型对应的各种视图,选取正、侧、俯 3 种视图并另存为“.DWG”文件供 AutoCAD 编辑。

4 对《规范》中四脚锥体的修正

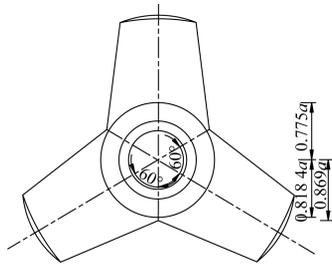
通过比较《规范》提供的四脚锥体三视图与利用 CAD 软件重建三维模型导出的三视图(图 5)可发现《规范》中存在如下问题:



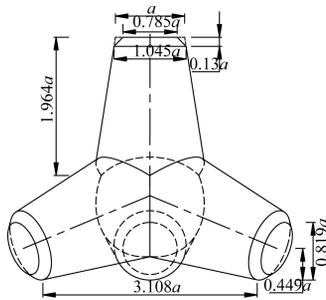
a) 《规范》正视图



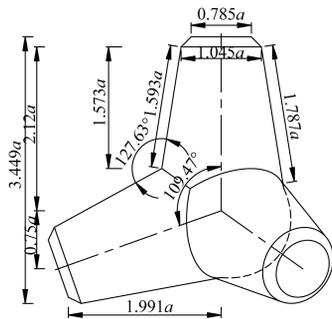
b) 《规范》侧视图



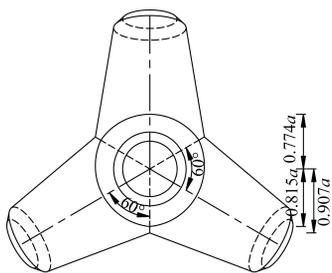
c) 《规范》俯视图



d) CAD正视图



e) CAD侧视图



f) CAD俯视图

图 5 四脚锥体三视图对比

1) 由四脚锥体 4 个圆台轴线间夹角错误而导致的其他相关尺寸标注错误;

2) 正、侧、俯三视图中虚线的标注缺失或标注不完整;

3) 侧视图的视图方向错误, 不宜为从右向左;

4) 侧视图上部圆台母线的尺寸标注 ($1.472a$ 和 $1.580a$) 中长度和高度标注错误 (图中高度大于长度);

5) 俯视图中上部圆台与下部 3 个圆台的相贯线错误, 应为 3 段不同心圆弧;

6) 各视图中大圆台顶部及小圆台的画法均存在一定的错误。

5 结论

本文基于 Solidworks 软件建立了防波堤规范中四脚锥体的三维模型, 通过对比发现并修正了《规范》中四脚锥体的部分图形和尺寸, 是 CAD 软件在防波堤护面块体设计中的一次应用, 对防波堤规范有一定的完善作用, 对其他护面块体的研究有一定的借鉴意义, 对 CAD 软件在港口工程设计中的应用有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 薛鸿超. 海岸及近海工程[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003: 222-232.
- [2] JTS 154-1—2011 防波堤设计与施工规范[S].
- [3] 王元战. 港口与海岸水工建筑物[M]. 北京: 人民交通出版社, 2013: 275-280.
- [4] 杨运泽. 混凝土异形护面块体的现状及展望[J]. 港工技术, 1996(2): 24-33.
- [5] 薛瑞龙, 王福强, 王玉平. 海外常用护面块体选型及设计[J]. 中国港湾建设, 2014(12): 42-46.
- [6] GB/T 14692—2008 技术制图 投影法[S].
- [7] 冯安平. 基于 AutoCAD 二维工程图装配的 Solidworks 三维建模应用[J]. 装备制造技术, 2013(12): 90-91.

(本文编辑 武亚庆)