

# MEAD\_PRO\_1\_Boat-Design

机器人学院的MEAD 项目--小船项目分享



fig 1. 心动号

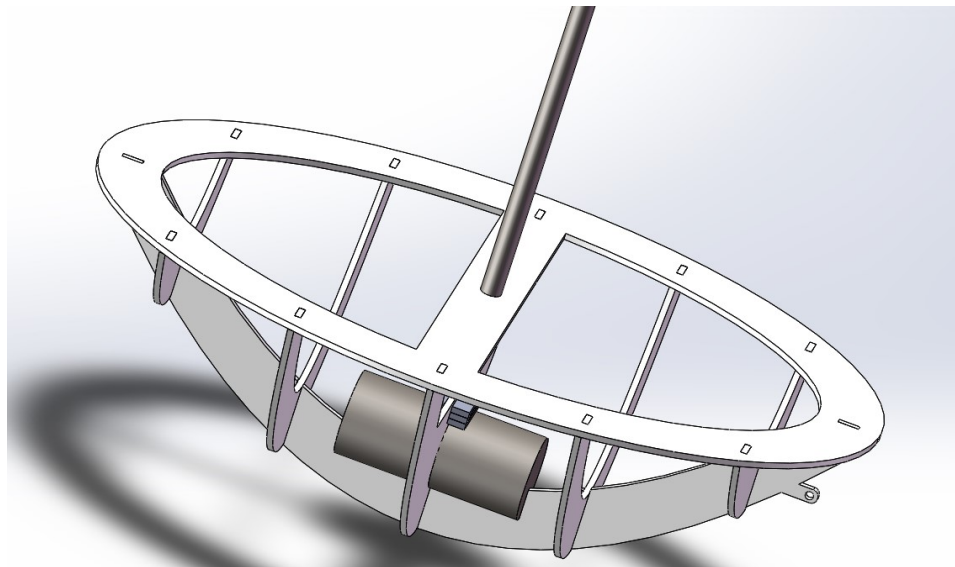


fig 2. 小船solidwords三维模型图

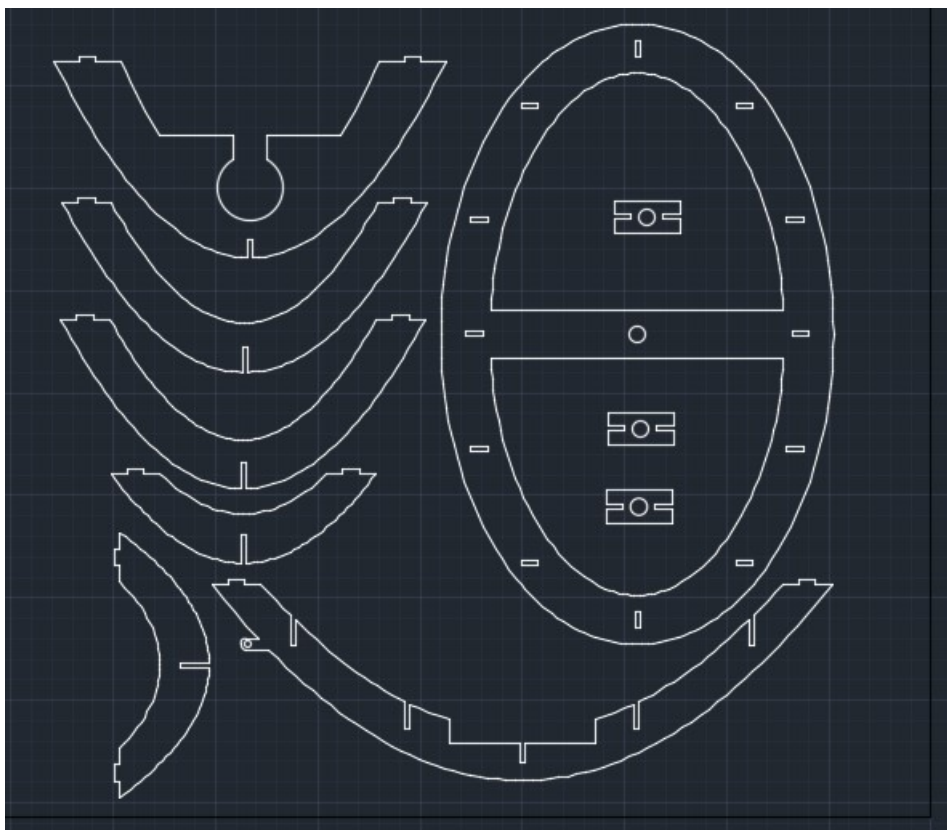


fig 3. 小船骨架设计cad二维工程图

## 一、MADE项目任务书-- 船只设计项目

Welcome to the MADE project!!! Here, MADE stands for Mathematical Analysis and Design for Engineering. This is a project-based course, which aims at improving the participants' understanding of mathematics knowledge and engineering analysis. MADE should be able to help the students to develop a thinking mode of applying theoretical analysis and quantitative calculation, and truly understand the role of mathematics in engineering projects.

欢迎来到MADE项目课程。在这里，MADE代表着“用于工程的数学分析和设计”。MADE项目力求以实际应用的案例加深参与者对数学知识与分析方法的理解，并逐步建立在工程问题中采用理论分析进行定量计算的思维模式，真正掌握在实际的工程设计中应用数学知识的方法。

MADE course is supposed to be challenging, comprehensive, and integrate knowledge of various subjects. But please be assured that the task is feasible, and we look forward to seeing you confidently say, "Yes, I MADE it!!"

MADE课程在设计时，就力求做到具有挑战性，全面性，并整合各种科目的知识。但请放心，这项任务是可行的。我们期待看到你自信地说：“Yes, I MADE it! ”

### MADE Project 1: Boat Design

此项目要求你设计一艘船，并满足一定的设计要求。要达到这些要求，你必须要完成制作、测试、研究和计算等多项工作。我们希望通过这项课程中对设计与分析等不同方面的练习，你可以在未来更有信心的面对各项技术工作。

要完成这个项目，你需要各类工作，制作各类零件，并完成你的设计工作。最后，你要展示你的作品，并通过答辩。

**项目对你的预期：**

1. 你应该对船舶设计过程进行背景研究。为此你可能需要在互联网上花费相当多的时间。我们建议你整理出一个造船业的术语列表，并且要确保自己不仅理解造船业中的why，还要了解其中的how。这本身是一个巨大的话题。因此，你可能不会成为专家，但应该熟悉关键的思路。你需要理解的术语包括但不限于：倾斜heel，流线trim，船宽beam，稳定消失角AVS，水下表面积，浮力，位移等
2. 你应该做一些估算，以指导和验证你更详细的设计和分析工作。任何你做出的决定，你都应该能够通过一个快速的计算或论证进行支撑。这个计算或论证至少能够表明你的决定在正确的范围内。不要忘记在正式开始建造你的船模之前检查你的最终设计。设计方案是否准确？它看起来是否稳定？
3. 您应该进行详细的分析以支持您的设计选择，并验证您的测量结果。您应该依靠计算支持你的设计方案。我们要超越猜测和检查的方式，需要使用图表，研究不同选项等。
4. 你要建造一艘船，并将其性能与你的理论分析预测的性能进行比较。

### 我们期望你能制造出：

1. 首先，您需要提供一艘船模，并满足下面指定的设计要求。在项目的最后一天，把这艘船带到课堂上。请注意，在此之前绝对不允许对你的船模进行测试
2. 你需要提供可用于分析给定船舶设计的代码。代码规范细节在文件后续中有说明。
3. 您需要提供一份设计报告，通过计算和测量来对你所做的设计选择进行总结和证明。
4. 最后，您需要提供一份修改后的设计报告以及一封给老师的反馈信，说明在答辩以后，为响应教师建议所做的修改。

### 最后要达成的目标

1. 我们将集体做船的测试。想象一个产品展示日
2. 你的团队将与教师一起坐下来审核您的设计报告。教师将为您提供有关如何改进设计报告的具体反馈等。您将有三天时间修改报告以回应这些建议，并在一页信总结相关的改变。

### 船只的设计要求

您将使用激光切割的硬质板框架设计和制造船只，并且利用所提供的材料构件外壳。

### 制造要求

1. 你只能使用一块**600mmX450mm**的一块硬质板；
2. 必须使用公式驱动的CAD模型创建船只，
3. 船必须接受最小质量为700，最大质量为1000克的货物。在将货物固定在船上之前，应该预先接受检查和批准。
4. 船必须是不含**舳龙骨**的单体船设计（即不得使用外延龙骨板或双船体）
5. 船必须包括桅杆。桅杆将是一个0.5米长，直径**10mm**的铝棒。桅杆的整个长度必须垂直延伸在船底之上。（不得延伸到船底之外）
6. 应将孔眼按照所需的拖曳点连接到船体上，以便进行速度测试。

### 性能要求

请记住，在最后一次挑战之前**不得**进行测试。您应该能够根据计算，知道您的船是否符合以下的各项要求。

1. 当船满载时，必须能够漂浮起来；
2. 当船满载漂浮时，船的甲板应平行于水面；

3. 满载船的消失稳定角 (AVS) 应该是135度, 允许有 $\pm 10$ 度误差;
4. 船应具有至少0.2 N-m的最大恢复力矩;
5. 船体应尽可能利于快速行进。这一点将使用拉力测试来确定: 通过连接在螺旋孔眼处的水平线施加0.1牛顿的恒定力来进行。

### 专业性要求

1. 船模的外观应该很专业;
2. 应该用你们的队名适当装饰你的船模;
3. 制造的船应与报告中的船模设计相同。也就是说, 不允许测试前临时修改!!

### 代码

你要创建一段程序代码, 用于计算给定船舶设计的重要参数。本节内容概述了对代码的要求。请注意, 这些要求的编写方式意在引导你逐步增加各项内容。

你的代码应该包含以下内容,

1. 船体形状的数学函数表示。可以使用符号数学或代码来完成, 这会创建一组离散的点, 来根据函数形式定义曲面。如果您正在进行二维近似, 那么您应该能够在答辩中说明此近似的有效性, 包括在计算中如何考虑第三个维度;
2. 船体形状的可视化, 以及来自所有三个方向 (纵向, 横向和吃水线) 的切面的显示
3. 计算给定载荷时的位移, 和对于给定载荷和船体倾角的相应吃水线;
4. 为你的船体设计计算质心和浮心, 以及这些位置如何随着船体倾角的变化而变化;
5. 在特定负载配置下, 你的船体设计方案中, 绘制复原力矩作为船体倾斜角函数的曲线图。你应该检查这些结果, 确保它们与计算出的质心和浮心位置保持互相吻合。

## 二、我完成了什么

根据小船设计要求 (见小船设计项目任务书文件)

- 1、求出小船底部曲面方程及船高
- 2、求出龙骨方程、截面方程及甲板方程
- 3、求出重心及小船向x轴倾斜135° (船体封闭) 时的浮心及复原力矩
- 4、求出吃水线
- 5、画数量关系图
  - 5.1画出重物质量与吃水线关系的曲线图
  - 5.2画出船长、宽、高分别与复原力矩关系的曲线图
  - 5.3 画出重物质量与重心关系的曲线图 (曲线图的纵横坐标表示重心坐标, 曲线上的点的大小表示质量)

## 三、解决方案概要

针对如何使用一块600mm x500mm的木板制造一艘在承载一定质量的重物的情况下能够平稳的漂浮起来切具有稳定消失角(AVS)的方案进行了研究。通过数学曲面公式来简单的表示船体的曲面, 通过曲面积分来计算船体体积、吃水线性、船体的浮心和重心, 确定浮心、重心之后计算出倾斜一定角度时的复原力矩。通过使倾斜一定角度时船体重心在浮力方向和船体中心线的交点

上来确定AVS(135°)。

以小船最低点为坐标原点，垂直垂直向上为Z轴，船头至船尾的连线为Y轴建立直角坐标系以方程为船体底部曲面方程，最终确定A=8.33，B=3.33，计算得船长length为0.379m，宽width为0.240m高height为0.120m，桅杆重心(0,0,0.292)，重物重心(0,0,0.042)，船体重心为(0,0,0.080)。

#### 四、详细解答过程请看项目报告书，找不到自己想要的请留言 (by a new issue)

### RESULT

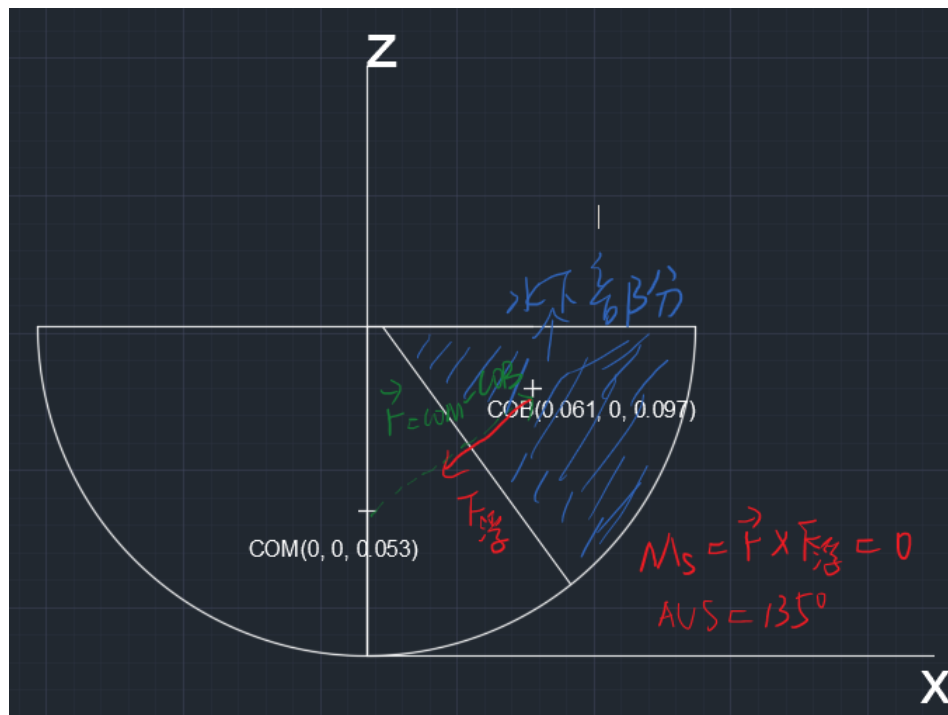


图3 船体倾斜135°复原力矩图

已知 $COM(0, 0, z_m)$ ,  $COB(x_b, 0, z_b)$

浮力 $F_{\text{浮}} = \langle \tan\theta, 0, -1 \rangle \lambda$ , 其中 $\lambda = \frac{G_{\text{all}}}{\tan^2\theta + 1}$

复原力臂 $r = COM - COB = \langle 0, 0, z_m - z_b \rangle$

复原力矩 $M_s = r \times F_{\text{浮}} = 0$

### 4.吃水线

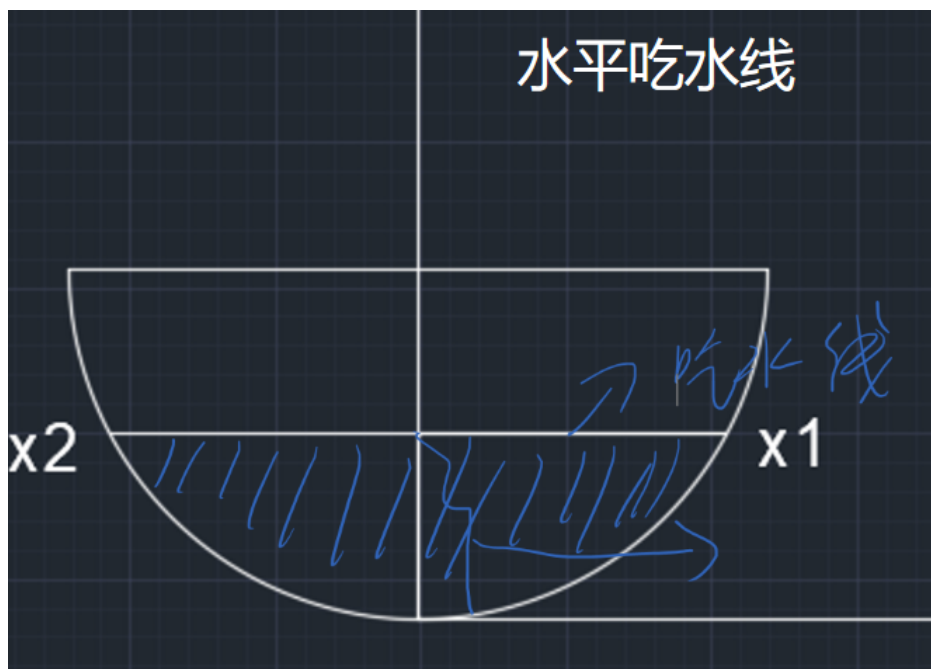


图4 水平吃水线

已知船体总重量为 $m_{all}$ ，有 $m_{all} = \rho g_{\text{水}} v_{\text{排}}$

吃水线方程为 $z = h$

有

$$v_{\text{排}} = \iiint_E dV \quad E = \{(x, y, z) | x_{Mid} \leq x \leq width, y_0 \leq y \leq 0, 0 \leq z \leq z_0\} \quad (4)$$

$$v_{\text{排}} = \int_{x_{Mid}}^{x_1} \int_0^{y_0} \int_{Ax^2+Bx^2}^h x dz dy dx \quad (5)$$

## 5.关系图

