附件：结构设计竞赛细则

附件1：浙江大学第二十二届大学生结构设计竞赛题目

**《不等跨双车道拉索桥结构设计与模型制作》**

**1.竞赛模型**

（1）模型结构形式限定为拉索桥（即以拉索为主要承重构件的预应力桥梁结构体系），如斜拉桥、悬索桥等，具体索塔形式和拉索布置方式不限，但桥梁模型须体现拉索作为主要承重构件。

（2）模型桥长为600+1000=1600mm（两边墩支座中心线间距离），主跨1000mm（误差在+15mm内），次跨600mm（误差在+15mm内），桥面宽为250mm（误差在5mm内），桥面基准面以上控制在600mm范围内，桥面基准面以下控制在300mm范围内，桥梁的索塔投影面在1600mm\*400mm范围内，在两边墩支座处需设置横梁，横梁长300mm（误差在+30mm内）。主墩和2个边墩支座的支承面标高详见图1，其平面尺寸分别为300mm\*300mm和30mm\*30mm范围内。

（3）桥面上铺设由组委会统一提供的两个分开的车道桥面板，每个桥面板宽100mm，中心线相距120mm（即桥面板内侧边缘线间留有20mm间隙）。桥面基准面以上两条车道（牵引线）中轴线方向须分别确保净空200mm（高）\*100mm（宽）范围内不能有任何杆件。主墩支承面标高以上200mm范围内须确保通航净空，详见图1立面图。小车行驶的行车面（即桥面板上）应在桥面基准面之上20mm范围内，且桥面纵坡和横坡均限制在3%范围内。

（4）模型边界约束中，主墩底部须与统一提供的底板在支承面范围内刚性连接，边墩上的横梁端部直接放置在边支座支承面上，边支座支承面外侧有L形挡片，高20mm。

（5）模型须满足上述尺寸要求，确保在桥面基准面上行驶的小车的牵引线保持水平，让小车可以顺利通行。



图1 模型尺寸范围示意图（标高单位：m；其他单位：mm）

**2.加载系统**

加载系统包括模型承台及1块底板、2块车道桥面板、2辆移动小车、9块砝码、1个重锤和1个配套弹簧，三维轴测示意图见图2。

**（1）模型承台和底板：**根据模型尺寸和加载要求，提供模型承台（配有小车自动同步牵引装置）和一块竹底板，底板尺寸为400\*400\*15mm，底板和承台通过四个角落的卡扣连接。承台尺寸如图3所示。

**（2）车道桥面板：**提供2块车道桥面板，每块桥面板自重约1.15kg。桥面板是由分节段的钢片和纸胶带粘在一起；桥面板上设有两个障碍物，位于主跨和次跨跨中，其中一块桥面板上障碍物的上坡方向从主跨指向次跨（桥面板1），另一块反向（桥面板2），使得两辆相向移动小车在行驶中产生竖向振动荷载。桥面板厚度在1mm左右，其他尺寸如图4所示。

**（3）移动小车、砝码和牵引装置：**提供2辆移动小车，每辆重约0.60kg，尺寸如图5所示，车体底面距离桥面为25mm。提供9个标准圆柱体加载砝码，每个砝码直径90mm，高度20mm，每块重量约1kg。

**（4）重锤和弹簧装置**：提供1个2kg的重锤和1根配套的弹簧，弹簧劲度系数约为8N/cm，该装置悬挂在专家指定位置。在弹簧下方的挂钩和卡扣之间绑扎两根细绳，分别为50mm和150mm，其中50mm的绳子（细绳1）在加载中需要剪断，剪断后重锤自由下落，由150mm的绳子（细绳2）拉住，重锤和弹簧共同作用，模拟风力作用下引起桥梁结构的竖向振动，产生桥梁的结构“颤振”。为防止弹簧多次振动，参数发生改变，弹簧、卡扣和细绳不重复使用，由主办方统一提供，重锤重复使用。如图6所示。

|  |
| --- |
| ed920e0ab76e6a5c51372231b8403ef |
| 图2 加载装置三维轴测示意图（单位：mm） |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| （a）立面图 | （b）平面图 | （c）竹底板 |
| 图3 设备尺寸图（单位：mm） | | |

|  |
| --- |
|  |
| 图4 桥面板示意图（单位：mm） |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a）立面图 | （b）平面图 |
| 图5 小车尺寸图（单位：mm） | |

|  |
| --- |
|  |
| 图6 重锤和弹簧装置 |

**3.模型制作要求以及材料和工具**

模型制作时间为9小时。模型结构的所有构件、连接部件均采用给定材料手工制作完成。材料、竹底板和制作工具由竞赛主办方统一提供（可自带小型电子秤一台，现场不提供电源）。统一提供的竹底板、材料和制作工具：

（1）竹底板1块，其显著位置标注自重，各参赛队不得对底板进行任何使重量改变的操作，如挖空、削皮、洒水等，否则视为违规。

（2）集成竹杆材，规格和力学指标见表1和表2。

（3）502胶水（30g装）8瓶，用于结构构件之间的粘结。

（4）棉蜡线3卷（1卷68m，54.8g），单股直径约1.1mm，单股抗拉承载力约68N，弹性模量约18.5MPa，棉蜡线用于模型制作。

（5）制作工具：尺子、简单刀具、砂纸、剪刀、手套、橡皮、笔、纸、护目镜。

表1 竹杆材规格及用量

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **竹材规格** | | **竹材名称** | **用量** |
| 竹杆件 | 930mm×6mm×1.0mm | 集成竹材 | 30根 |
| 930mm×2mm×2.0 mm | 集成竹材 | 30根 |
| 930mm×3mm×3.0mm | 集成竹材 | 30根 |

表2 竹杆材力学指标（参考值）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **密度** | **顺纹抗拉强度** | **抗压强度** | **弹性模量** |
| 0.8 g/cm3 | 60 MPa | 30 MPa | 6 GPa |

随身物品在入口处寄存，模型制作和加载期间，不允许携带除图纸外的任何模型制作物品入场。参赛队可自带设计详图图纸一张（图纸大小不得超过普通A2图纸规格）

**4.加载测试**

**（1）加载前准备**

参赛选手根据规定时间，完成模型的制作，制作结束后对模型整体称重，并核查模型是否满足要求。出现以下情况之一者，判定该模型为不合格，不予加载，参赛模型加载项成绩为零：

①模型整体尺寸不符合要求，超出误差限值，包括桥长、宽度和高度；

②索塔底部尺寸不符合要求，超出索塔支承面范围；

③桥面纵坡和横坡不符合要求；

④桥面上的净空不符合要求，小车无法正常通行，桥面下的净空不符合要求，触碰规避区。

绑扎绳套和模型称重：模型制作完成后，由参赛选手在主跨跨中（相距最近的边墩支座中心线500mm，下同）的桥面上边缘两侧（非桥面板）各绑扎一个圆形绳套，绳套直径在20mm范围内，绳套重计入模型重量中。先称重底板，标明底板重量，再将模型主墩底部与底板通过胶水刚性连接后整体称重，两者重量差值即为模型净重量。

专家指定偏载侧：由专家指定模型横向一侧作为风荷载和汽车荷载的偏载侧（以下简称偏载侧），用马克笔在底板上标出。

加载前，由一名参赛队员介绍作品构思，时间控制在1分钟内，然后回答专家提问。参赛队陈述和评委提问两个环节与模型安装同时进行，然后依次进行两次加载过程。

**（2）加载方法**

加载过程包括如下两个阶段。

**①第一阶段**

首先由参赛选手按要求将桥面板1放在偏载侧，桥面板2放置在另一侧，将两辆小车分别停在偏载侧的车道主跨跨中和次跨跨中（相距最近的边墩支座中心线300mm），两车轮轴间中心分别与主跨跨中及次跨跨中对齐，规定主跨跨中小车上放置4块砝码，次跨小车上放置2块砝码。再将重锤和弹簧装置悬挂在偏载侧主跨跨中桥面上边缘的绳套上。一级加载准备好后由参赛队员剪断细绳1（见图6），弹簧振动时间不少于10s。

第一阶段的M1=11.5kg，包括小车、桥面板和重锤的重量。

**②第二阶段**

一级加载通过后选手可自行选择是否进行第二级加载。

保持第一阶加载中的重锤和弹簧不动。将两辆小车分别移到两个车道的桥面板端部，两车头相向，规定两辆小车上的砝码数量=1：2，由参赛选手选择1+2块或2+4块或3+6块砝码组合中之一，并将配重大的小车放置在偏载侧。二级加载中由参赛选手先按要求摆放好小车初始位置，确定好砝码等级，再启动小车，两辆小车在电机和同步带的牵引下，自动、相向、同步的匀速通过桥梁，小车行驶时间控制在20s左右。

第二阶段的M2=8.5kg或11.5kg或14.5kg，包括小车、桥面板和重锤的重量。

**（3）评判标准**

每一阶段加载完成后，当模型达到加载时间后，不出现如下的失效情况，则判定该次加载成功，成绩有效。如果出现以下情况，则判定结构失效，终止加载，且本阶段加载成绩为零：

①模型坍塌；

②小车侧翻；

③砝码掉落；

④桥梁严重变形导致车辆不能通行；

⑤竞赛评委认定模型加载失效的其他情况。

**5.评分规则**

根据理论方案、结构设计与制作、陈述与答辩、模型加载试验等4个方面进行评分，总分为100分（**不能体现拉索作为主要承重构件的桥梁模型总分由专家组讨论减5-20分**）。凡不符合竞赛要求或参赛过程中有违规行为的将不再进行加载试验。

（1）理论方案（5分）

理论方案根据结构设计与理论分析的完整性、合理性、创新性评分。

（2）结构设计与制作（10分）

①结构合理性和结构及造型创新性（5分）

②模型制作质量与美观性（5分）

（3）陈述与答辩（5分）

①由参赛队员简要介绍作品构思，时间控制在1分钟内。

②现场回答专家的提问。

（4）模型加载试验（80分）

①各参赛队模型（i）在各加载阶段的承载能力m1、m2，按式（1）计算：

|  |  |
| --- | --- |
| ； | （1） |

M1—本队模型第一级加载成功的配重，M1=11.5kg；

M2—本队模型第二级的加载成功的配重，M2=8.5kg或11.5kg或14.5kg；

M—本队模型的自重（单位：kg）。

②模型加载得分Ci，按式（2）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （2） |

—第一级加载时，所有参赛队模型加载成功的最大值；

—第二级加载时，所有参赛队模型加载成功的最大值。

**关于浙江省第二十届大学生结构设计竞赛题目的补充说明**

1. 比赛提供的模型制作材料中增加竹皮，竹皮规格和数量如下表1所示。

表1 竹皮规格及用量

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **竹材规格** | | **竹材名称** | **标准质量（g）** | **数量** |
| **竹皮** | 1250mm×430mm×0.20 mm | 集成竹片（单层） | 85 | 1张 |
| 1250mm×430mm×0.35 mm | 集成竹片（双层） | 150 | 1张 |
| 1250mm×430mm×0.50 mm | 集成竹片（双层） | 210 | 1张 |

1. 设备平台中边支座支承面标高增至1.030m，主墩支承面增至0.715m，如下图1所示。



图1 模型尺寸范围及设备立面示意图（标高单位：m；其他单位：mm）

1. 为防止小车行驶中桥面板滑动，需绑定桥面板端部，但只绑定小车起始位置的一端，如下图2所示。



图2 绑定桥面板上小车起始位置的一端

1. 原通知中“1.竞赛模型，桥面纵坡和横坡均限制在3%范围内”的桥梁纵坡和横坡是指模型的桥面铺上桥面板（附带障碍物）后的坡度。
2. 原通知中“2.加载系统，（4）重锤和弹簧装置，弹簧劲度系数约为8N/cm”，经最终调试，选定的弹簧劲度系数实测约为1.2N/cm。
3. 原通知中“4.加载测试，（1）加载前准备，绳套直径在20mm范围内”修改为“圆形绳套拉直后长100mm~120mm”，以防止弹簧触碰到桥梁模型的主梁。

浙江省大学生结构设计竞赛秘书处

2022.02.21

附件2：**浙江大学第二十二届大学生结构设计竞赛理论方案模板**

**浙江大学第二十二届大学生**

**结构设计竞赛**

不等跨双车道拉索桥结构模型设计与制作

方案设计及理论分析

**（模型名称）**

**学院或专业 ：**

**队 长：**

**联 系 方 式：**

**队 员：**

**浙江大学大学生结构设计竞赛组委会**

**2022年2月**

目录

[1 结构选型 13](#_Toc521411321)

[1.1 方案构思 13](#_Toc521411322)

[1.2 不同选型对比 13](#_Toc521411323)

[2 结构建模及主要参数 14](#_Toc521411324)

[2.1 \*\*软件名称\*\*结构模型 14](#_Toc521411325)

[2.2 结构分析中的主要参数 14](#_Toc521411326)

[3 受荷分析 15](#_Toc521411327)

[3.1 内力分析 15](#_Toc521411328)

[3.2 变形分析 -](#_Toc521411329)15-

[3.3 承载力分析 15](#_Toc521411330)

[3.4 小结 15](#_Toc521411331)

[4 节点构造 16](#_Toc521411332)

[5 模型尺寸图 17](#_Toc521411333)

1 结构选型（楷体三号）

* 1. 方案构思（楷体四号）

本赛题\*\*\*\*\*，因此，我们从\*\*\*\*\*等方面对结构方案进行构思。（正文字体字号为小四，中文字体宋体，英文字体Time New Romans，1.5倍行距）

1. **\*\*\*\***
2. **\*\*\*\*\*\*。**
3. **\*\*\*\***
4. **\*\*\*\*\*\*\*** 
   1. 不同选型对比

\*\*\*\*\*\*。

1. **选型1**

\*\*\*\*\*\*\*\*\*

1. **选型2**

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

表1-1中列出了\*\*\*\*\*

表1-1. \*\*\*\*\*\*（所有图表须有编号，表名及表内字体为五号，字体中英文类型同正文，表格格式为三线表，参考 <https://baike.baidu.com/item/三线表>）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 选型1 | 选型2 | 选型3 |
| 优点 | \*\*\* | \*\*\* | \*\*\* |
| 缺点 | \*\*\* | \*\*\* | \*\*\* |

总结：综合对比:\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*，最终确定的方案效果图及模型实物图\*\*\*所示：

|  |
| --- |
| (a) 模型效果图 |
| (b) 模型实物图 |

图1-1. \*\*\*\*\*\*（图名字体为五号，字体中英文类型同正文）

2 结构建模及主要参数

本结构采用\*\*\*进行结构建模及分析。

2.1 \*\*软件名称\*\*结构模型

利用有限元分析软件\*\*\*\*建立了结构的分析模型，如图2-1所示。（建议采用无边框的表格进行图形的排版）。

|  |  |
| --- | --- |
| (a)结构分析模型三维轴测图 | (b)结构分析模型平面图 |
| (c)结构分析模型立面图 | (d)结构分析模型??图 |

图2-1. \*\*\*\*\*\*

2.2 结构分析中的主要参数

在\*\*\*分析软件中，进行了如下的定义。

材料部分：竹皮的弹性模量设置为\*\*\* N/mm2 ，抗拉强度设为\*\*\*MPa。（需注意物理量及单位的撰写格式，物理量符号、物理常量、变量符号用斜体，计量单位等符号均用正体。）

几何信息部分：各构件截面及尺寸按实际输入。其中杆件\*\*\*采用了\*\*\*\*截面尺寸，\*\*\*\*。

荷载模式部分：根据本次结构大赛中的要求进行，第一级荷载为\*\*\*\*，第二级荷载为\*\*\*\*。在软件\*\*\*\*中，采用了\*\*\*\*设置。

结构支座部分：在\*\*\*\*施加了\*\*\*\*约束。

3 受荷分析

3.1 内力分析

1. **第一级荷载**

\*\*\*\*\*\*\*\*\*

经过分析，其内力情况如\*\*所示：

|  |
| --- |
| (a)轴力图 (b)弯矩图 |

图3-1. \*\*\*\*\*\*

由内力分析结果可以得知：\*\*\*\*\*\*\*\*

1. **第二级荷载**

\*\*\*\*\*\*\*\*\*

经过分析，其内力情况如\*\*所示：

|  |
| --- |
| (a)轴力图 (b)弯矩图 |

图3-2. \*\*\*\*\*\*

由内力分析结果可以得知：\*\*\*\*\*\*\*\*

3.2 变形分析

1. **第一级荷载**

\*\*\*\*\*\*\*\*\*

经过分析，其变形情况如\*\*所示：

|  |
| --- |
|  |

图3-4. \*\*\*\*\*\*变形图

由变形分析结果可以得知：\*\*\*\*\*\*\*\*

1. **第二级荷载**

\*\*\*\*\*\*\*\*\*

经过分析，其变形情况如\*\*所示：

|  |
| --- |
|  |

图3-5. \*\*\*\*\*\*\*变形图

由变形分析结果可以得知：\*\*\*\*\*\*\*\*

3.3 承载力分析

根据竹材强度\*\*\*，经过计算，其主要杆件的应力如表\*\*\*\*所示。

表3-1. \*\*\*\*\*\*

|  |  |
| --- | --- |
| 构件编号 | 杆件应力(MPa) |
|  |  |

3.4 小结

综合\*\*\*\*分析，可以得到\*\*\*\*\*\*\*\*

4 节点构造

节点部位是模型制作的一个关键，表4-1中列出了本模型各种节点的说明及图例。

表4-1. \*\*\*\*\*\*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 节点位置 | 说明 | 图例 |
| \*\*节点 | \*\*\*\* |  |
| \*\*节点 | \* |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| 柱脚节点 | \*\*\*\* |  |

5 模型尺寸图

|  |
| --- |
| (a) 模型俯视图 |
| (b)模型左视图 |
| (c)模型前视图 |

图5-1 \*\*\*\*

表5-1 主要构件详图

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | L1 | L2 | L3 | L4 |
| 截面形状 |  |  |  |  |
| 尺寸 | \*\*×\*\*×\*\*mm | \*\*×\*\*×\*\*mm | \*\*×\*\*×\*\*mm | \*\*×\*\*×\*\*mm |
| 数量 | 1 | 1 | 3 | \*\* |