

“思源杯”华北水利水电大学第七届大学生结构模型设计竞赛赛题

大跨度拱结构模型制作与测试

一、赛题背景

本届结构模型设计竞赛赛题以大跨度拱结构为背景，旨在使参赛者通过结构模型的设计、制作和加载，掌握此类结构的空间受力特点，探讨优化结构受力的途径和方法，加深对工程结构的感性认识，进一步理解和掌握工程结构的受力、构造及设计等相关知识，并为 2021 年度的河南省结构竞赛选拔队员。

二、模型的制作材料

参赛者需在限定的材料用量条件下，完成结构模型的制作。限定的材料用量为：

1、竹皮：0.5mm 厚 2 张，0.35mm 厚 2 张，0.2mm 厚 2 张。

2、粘结材料：502 胶 7 瓶，热熔胶棒 4 根。

三、模型的制作工具

参赛者只允许使用限定的模型制作工具。限定的模型制作工具为：

热熔胶枪一支，三角板两套(35 厘米，45 度及 30 度)，钢直尺两个(1.0 米长)，剪刀三把，美工刀三把，砂纸 8 张(粗、细各 4 张)，铅笔 3 支，橡皮 3 个，镊子 3 支。

四、模型的尺寸控制

1、底板：结构模型用热熔胶固定于模型底板上，底板长度、宽度和厚度分别为 1000mm、800mm 和 15mm。底板用螺栓固定于加载平台上。底板的四角距板边 40mm 处留设有四个螺栓固定孔，模型底板通过螺栓与加载平台连接。参赛队不得对底板进行任何形式的加工处理。否则，一经查实，取消参赛资格。

2、模型大小：模型尺寸见图 1 所示，要求模型的任意横截面在半径 240mm~300mm 的两个半圆形成的半个圆管壁内。半圆半径允许误差为 $\pm 5\text{mm}$ 。模型内部能自由穿过半径为 235mm 的半圆柱体，模型上方能自由穿过半径为 305mm 的曲面。

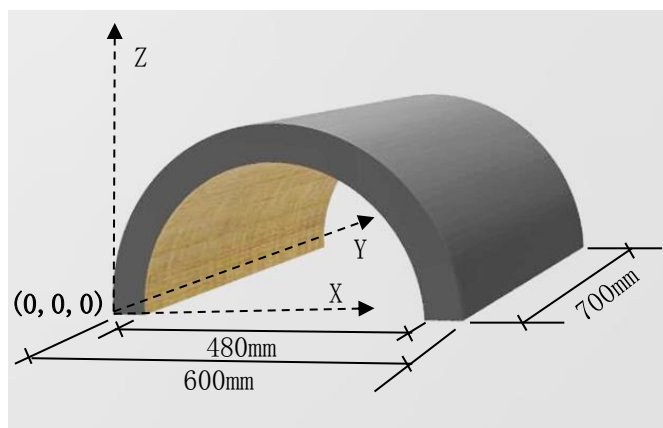


图 1 模型尺寸定义

3、加载点位置：一级加载点的坐标为：J1(300mm, 100mm, 240mm)，J2(300mm, 350mm,

240mm), J3(300mm, 600mm, 240mm)。二级加载板挂点坐标为: G1(300mm, 0mm, 300mm), G2(60mm_{mm}, 0mm, 120mm)、G3(540mm, 0mm, 120mm)和 G4(300mm, 700mm, 300mm), G5(60mm, 700mm, 120mm), G6(540mm, 700mm, 120mm)。三级加载点加载坐标为: F1(300mm, 250mm, 300mm), F2(300mm, 450mm, 300mm)。误差在各个坐标方向不得大于 5mm。

五、加载设备

加载设备由学院提供, 加载支架和加载台焊为一体, 见图 2 所示。图中竖向尺寸均为加载台面至支架的上表面。称重前参赛选手自行在一、二级加载点上系全部绳环。

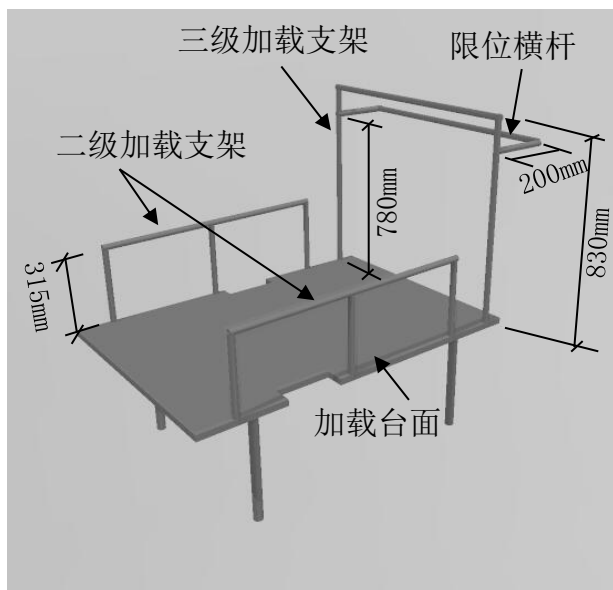


图 2 加载支架和加载台一体图

选手在模型制作完成后, 自行在模型两个横端面标记 A、B 面。模型加载前进行抽签, 抽中 A 面撞击 A 面, 抽中 B 面撞击 B 面。固定模型时将撞击面正对二级加载支架安装。

1、一级加载: 3 个一级加载点上分别悬挂 3kg 的重物。悬挂重物后的绳长不得大于 30mm, 加载过程中悬挂的重物不得接触底板。重物悬挂完毕后, 持续计时 30s, 一级加载结束, 马上进入二级加载。一级加载示意图如图 3 所示。

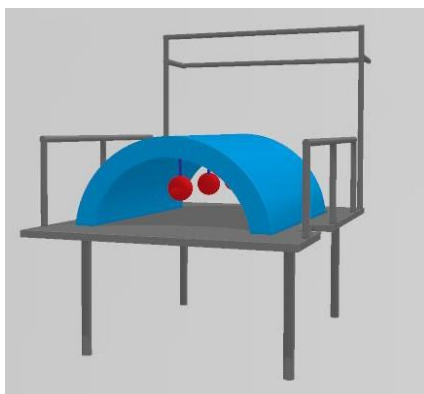


图 3 一级加载示意图

2、二级加载：二级加载时，一级不卸载。在模型的 G1-G3 加载点和 G4-G6 加载点上同时悬挂尺寸为 520mm×280mm (长×高)，质量约为 5kg 的钢板。钢板上设置 3 个挂钩，L 形挂钩水平和竖向长度均为 20mm。二级加载支架的横梁上设置套环，套环与刚性直杆刚接，直杆的另一端焊接 2.1kg 的钢球，转动中心到钢球底部距离为 680mm。将刚性直杆拉至限位横杆，松手后使钢球撞击钢板，撞击完成后持续计时 10s，二级加载结束。二级加载和钢板示意图分别见图 4、图 5 所示。

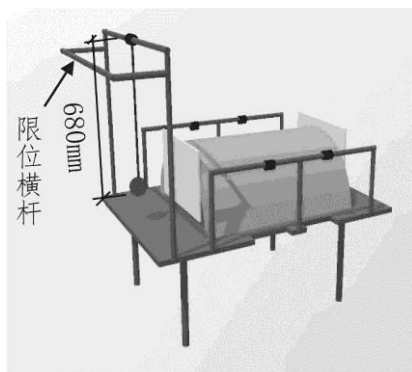


图 4 二级加载示意图

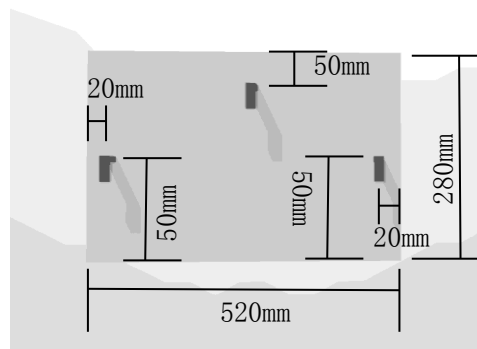


图 5 加载钢板示意图

3、三级加载：三级加载时，一、二级不卸载。参赛选手分别在 F1、F2 加载点上系绳环，加载后该绳环长度不超过 30mm，加载绳由牵引绳、主绳和副绳组成，副绳比主绳长 300mm，如图 6 所示。每根加载绳的牵引绳一端系于绳环上，另一端悬挂 3kg 的重物，两根牵引绳分别垂直地搭在两侧的三级加载支架上。悬挂重物稳定 10s 后，10s 内先后剪断两根加载绳的主绳，让悬挂重物的重量转移由副绳承受，再持续计时 30s，三级加载结束。三级加载示意图如图 7 所示。

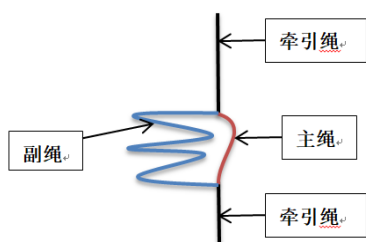


图 6 加载绳示意图



图 7 三级加载示意图

六、模型制作、安装、加载程序及规定

1、模型的制作材料只能使用竹皮纸，构件内部和构件之间的连接只能使用 502 胶，模型与底板连接只能使用热熔胶。模型质量包括模型构件、绳环和粘结材料的质量，不含底板的质量。模型质量(M)为参赛队提交的与底板连接完好的模型总质量减去底板的质量。

2、模型加载前，由裁判人员对模型进行尺寸和位置检查，模型超出规定轮廓、加载点的初始悬挂位置不符合规定者，视为无效模型，不得进入加载环节。模型出现下列情况，视为本级加载未通过，不得进入下一级加载。

- (1)加载过程中，构件、节点发生破坏。
- (2)加载过程中，模型倒塌。
- (3)加载过程中，加载板或重物掉落。
- (4)加载过程中，模型与底板局部或整体脱离。

3、竞赛程序

(1)模型制作：参赛队领取制作材料，在规定的时间内独立完成模型的制作。

(2)模型提交：由裁判人员对模型进行检查，符合要求者获得加载资格，并对模型进行称重。

(3)模型固定：参赛队须在规定时间内(限时 2 分钟)，自行将模型安装在指定的加载装置上，由裁判人员对模型进行检查，符合要求者方可进入加载环节。

(4)参赛队的模型介绍和评委答辩：参赛队员应先对模型设计、制作等情况进行简要介绍(限时 5 分钟)，然后回答评委的提问。

(5)模型加载：由参赛队员自行准备荷载的悬挂，准备完毕后举手示意并开始加载。每级加载结束后，由裁判人员进行模型检查，加载通过者方可进入下级加载。一、二级加载结束后，模型出现构件局部破坏、开裂、拉条断裂等视为加载失败。

4、参赛队总成绩的计分方法

总分为 100 分，计分项和每项的满分值如下：

- (1)模型的设计方案、制作过程等介绍：10 分。
- (2)模型制作质量及创新性：10 分。
- (3)回答评委提问及答辩情况：5 分。
- (4)加载成绩：共 75 分。

第一级加载：第 i 个参赛队成绩为 $20M_{\min-1}/M_i$ ， M_i 为通过一级加载的第 i 个参赛队的模型质量， $M_{\min-1}$ 为通过第一级加载的所有参赛队的模型质量的最小值。

第二级加载：第 j 个参赛队成绩为 $25M_{\min-2}/M_j$ ， M_j 为通过二级加载的第 j 个参赛队的模型质量， $M_{\min-2}$ 为通过第二级加载的所有参赛队的模型质量的最小值。

第三级加载：第 k 个参赛队成绩为 $30M_{\min-3}/M_k$ ， M_k 为通过三级加载的第 k 个参赛队的模型质量， $M_{\min-3}$ 为通过第三级加载的所有参赛队的模型质量的最小值。