

图2 桥面车道示意图

2、赛程安排

2.1 运行方式

桥梁结构设计项目由初赛（简称：桥梁初赛）和决赛（简称：桥梁决赛）组成。

2.2 桥梁结构设计赛程

桥梁初赛由任务命题文档、桥梁现场初赛两个环节组成；桥梁决赛由现场实践与考评、桥梁现场决赛两个环节组成。桥梁初赛形成参赛队初赛成绩，取排名**前40%**的参赛队进入决赛，初赛成绩不带入决赛。各竞赛环节如表1所示。

表1 桥梁结构设计项目各环节

序号	环节	赛程	评分项目/赛程内容	分数
1	第一环节	初赛	任务命题文档	20
2	第二环节		现场初赛	80
说明：产生决赛名单并现场发布任务命题				
3	第三环节	决赛	现场实践与考评	30
4	第四环节		现场决赛	70

3、对运行环境的要求

3.1 桥梁模型要求

竞赛模型为桥梁模型，模型结构体系不限，可以是拱梁组合体系、梁和桁架组合、拱和桁架组合、悬索和梁组合等。体系可以是静定结构，也可以是超静定结构。

桥梁的类型不限，但必须保持主要承重构件和桥面为连续的，且桥面要求满铺复压竹皮便于铺设加载车道。要求桥洞需满足如图 1 所示的尺寸，即桥洞长度不少于 500mm、桥洞高度不少于 150mm。桥梁结构形式和桥洞形状自定。模型除与加载装置的支座、专用车道、两端下压板（提供竖直向下压力，长 250mm，宽 180mm，厚 2mm，由组委会统一提供）接触外，加载前不能与加载装置的其它部位接触。在垂直桥面中央的最下方结构上必须设置一个与主结构有足够连接刚度的竖向位移检测反光片，尺寸不小于 35mm×35mm 铝片。

加载平台、模型以及桥墩尺寸如图 1 所示。如参赛选手设计了桥面纵坡，则桥面纵坡坡度应控制在 3.0%以内（否则无法牵引小车，无法完成加载，等同于失去比赛资格），并保持桥面平顺、连续。不符合要求的模型直接取消比赛资格。若加载时桥面塌陷导致小车无法行进，或桥面发生破坏，则视为模型加载失败。

模型桥面以上须保证不小于宽 170mm×高 250mm 的桥面通行净空（为单一净空。关于净空的概念详见规范 JTG D60-2004 公路桥涵设计通用规范），以用于移动小车加载。两端支座间距为 820mm，两端设置下压板，如图 1 所示，为模型提供竖向约束，防止模型两头上翘，下压板伸出加载平台 50mm。两端支座高度和间距是固定的，模型只能支撑在两端支座上。

3.2 模型制作材料及工具

本色侧压双层复压竹皮：竹皮的力学性能参考指标为：单张竹皮厚度不大于 0.5mm，其力学性能参考值：弹性模量 $1.0 \times 10^4 \text{MPa}$ ，抗拉强度 60MPa。

决赛时，参赛队只能利用现场统一提供的本色侧压双层复压竹皮完成构件的设计和制作，竹皮尺寸为 1250mm×430×0.35mm。

胶结材料：使用 502 胶水完成桥梁模型的粘贴组装。决赛时，参赛队只能利用现场统一提供的 502 胶水完成桥梁模型的粘贴组装，只能利用现场统一提供的 3D 打印设备和材料完成 3D 打印桥梁节点的制作。

制作工具：自备（限尺子、简单刀具、砂纸、剪刀、手套、橡皮、笔、纸等）。

3.3 加载测试

加载时先在模型上满铺一条宽 180mm 的专用的车道（由竹条和编织布构成），车道尺寸如图 2 所示。再在车道上通过加载小车，小车整体自重 $400\text{g} \pm 5\text{g}$ ，具体尺寸如图 3 所示。

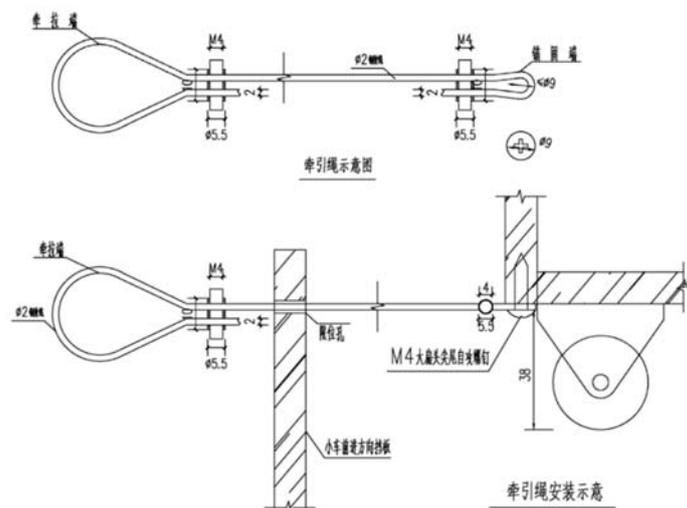
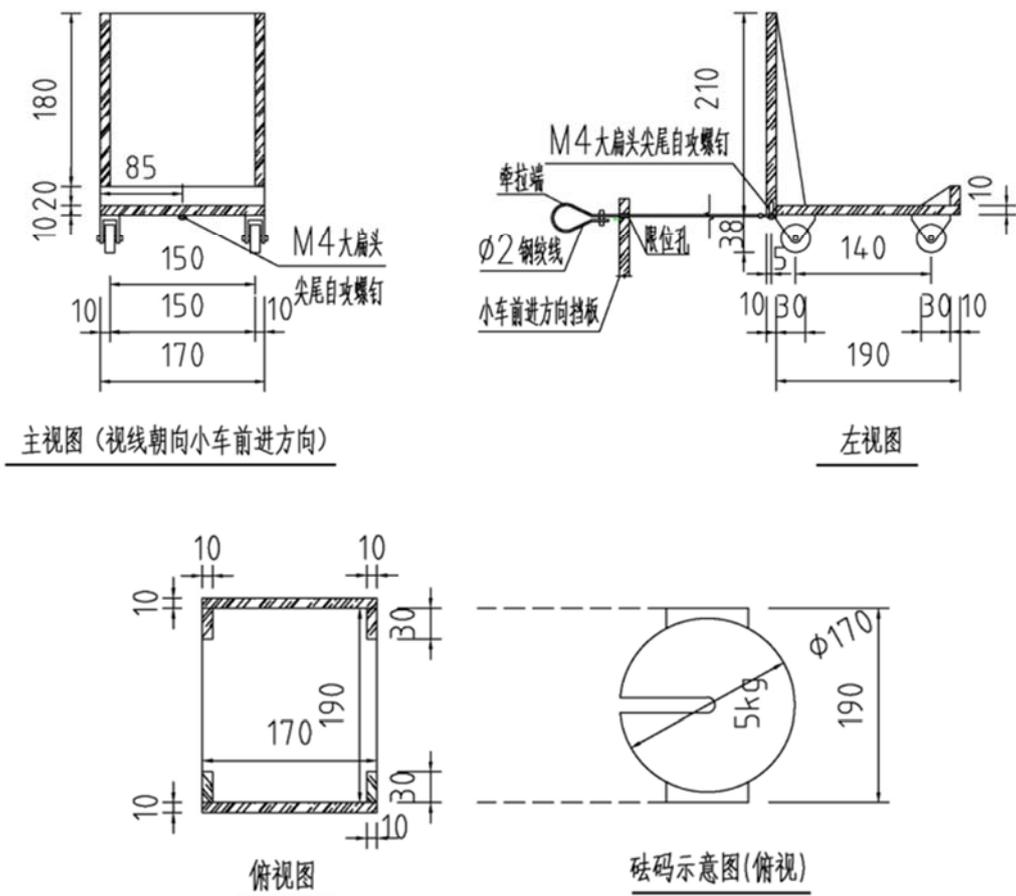


图 3 加载小车示意图

桥梁模型加载试验采用标准砝码铸铁砝码（包括 1kg、2kg 和 5kg）加载，模型加载分为一级加载和二级加载试验两部分，加载规则如下：

其中第一级加载小车的载重量为 5kg，第二级加载为自定义载重量，载重量在第一次加载的基础上，按照 2 kg 的倍数增加，且不大于 30kg。参赛前需预报自定义加载重量。

(1) 一级加载

参赛选手自行牵引小车从模型一端到达另一端，小车的载重量为 5kg。在小车行驶过程中，监测跨中挠度，不得超过 20mm。一级加载通过，选手可自行选择是否进行第二次加载。

（2）二级加载

第二级加载为自定义载重量，载重量在第一次加载的基础上，按照 2 kg 的倍数增加，且不大于 30kg。加载重量由选手自行选择，参赛前需预报自定义加载重量。

加载小车在桥面上行驶采用参赛队手工牵引方式进行。每次加载过程中，小车行驶至桥梁中央指定位置处必须停止 15 秒钟。小车停止的时间段内激光位移计测量桥梁模型中央测量面位移，记录 15 秒钟小车停止时间段内的最大位移值作为该次加载的桥梁模型跨中竖向位移，15 秒钟后继续行驶，顺利通过桥梁全程的认定为该次加载成功。最终计算成绩时，取最大一次加载重量计算。

每队只有一次加载机会，进行两级加载。根据各参赛队桥梁的荷重比以及加载时的最大位移计算现场初赛成绩。

加载过程中，如果出现下列任一情况，将视为加载失败，退出加载试验：

- 1) 桥梁模型跨中的最大竖向位移越过规定的限值（20mm）；
- 2) 因桥梁模型主要构件出现失稳、结构变形过大和破坏等本身原因。

3.4 竞赛社区提供的设备

竞赛社区将提供 220V 交流电，提供 3D 打印设备，统一提供本色侧压双层复压竹皮，竞赛所需的笔记本电脑、相关软硬件，以及安装调试制作工具等需由各参赛队自备。（自备工具限尺子、简单刀具、砂纸、剪刀、手套、橡皮、笔、纸等）。

4、桥梁结构设计赛项具体要求

4.1 桥梁初赛

4.1.1 任务命题文档

任务命题文档的内容应包括：设计说明书、方案图和计算书。设计说明书应包括对方案的构思、造型和结构体系及其他有特色方面的说明；方案图应包括结构整体布置图、主要构件详图和方案效果图；计算书应包括结构选型、计算简图、荷载分析、内力分析、承载能力估算，同时给出本队认为决赛的桥梁尺寸、引桥尺寸及结构等。

按设计说明书、方案图和计算书内容的完整性、正确性以及模型结构的构思、造型和结

构体系的合理性、实用性和创新性进行评价。

4.1.2 现场初赛

现场抽签决定各参赛队现场加载测试场地号，检测桥梁尺寸、称重、预报二级加载重量。加载测试按上一节加载测试要求进行。

要求参赛队对本队的桥梁模型在预留的测量面上粘贴反光片，反光片必须粘接牢固，比赛中反光片脱落由各参赛队自行负责。

桥梁模型安装至加载装置中（如图 1 所示）后，需进行测量面定位测试。若测量面超出中央位置范围（通过激光位移计定位测试，激光点不落在反光片上），则认定桥梁模型制作不合格，不能参加后续环节。

按照加载测试要求进行桥梁模型加载试验，由参赛队自行加载。加载小车在桥面上行驶采用参赛队手工牵引方式进行。每次加载过程中，小车行驶至桥梁中央指定位置处必须停止 15 秒钟。小车停止的时间段内激光位移计测量桥梁模型中央测量面位移，记录 15 秒钟小车停止时间段内的最大位移值作为该次加载的桥梁模型跨中竖向位移，15 秒钟后继续行驶，顺利通过桥梁全程的认定为该次加载成功。

以初赛总成绩排名选出参加决赛的参赛队，若出现参赛队总成绩相同，则按现场初赛成绩排序，分高者优先排序，如仍旧无法区分排序，则抽签决定。

4.2 桥梁决赛

由初赛选拔出前 40%的桥梁参赛队进入竞赛社区进行项目设计，按决赛的总成绩计算排名。

4.2.1 现场实践与考评

现场实践与考评在竞赛社区环境下进行。竞赛社区是完成所有参赛队现场实践能力及综合素质竞赛的信息化支撑平台。所有参赛队均以市场主体的角色进入竞赛社区，在规定时间内，借助竞赛社区提供的各类资源，根据决赛题目的要求，完成系统设计、材料采购、加工制造、制作调试、技术交易、公益服务、宣传报道等活动。竞赛社区采用虚拟货币体系对参赛队的技术能力、工程知识、诚信意识、协作意识等方面进行评价，给出该环节最终成绩。

要求参赛队采用现场统一提供的竹皮和 502 胶水，进行桥梁结构的设计与制作。制作工具自带。现场将提供工作台。参赛队自带拆装工具和调试工具等，有安全操作隐患的工具不能带入。

4.2.2 现场决赛

现场抽签决定各参赛队现场加载测试场地号，检测桥梁尺寸、称重、预报二级加载重量。加载测试按上一节加载测试要求进行。

桥梁模型安装至加载装置中（如图 1 所示）后，需进行测量面定位测试。若测量面超出中央位置范围（通过激光位移计定位测试，激光点不落在反光片上），则认定桥梁模型制作不合格，不能参加后续环节。

按照加载测试要求进行桥梁模型加载试验，由参赛队自行加载。加载小车在桥面上行驶采用参赛队手工牵引方式进行。每次加载过程中，小车行驶至桥梁中央指定位置处必须停止 15 秒钟。小车停止的时间段内激光位移计测量桥梁模型中央测量面位移，记录 15 秒钟小车停止时间段内的最大位移值作为该次加载的桥梁模型跨中竖向位移，15 秒钟后继续行驶，顺利通过桥梁全程的认定为该次加载成功。

以参赛队决赛的总成绩进行排名，若出现参赛队决赛总成绩相同，则按现场决赛成绩排序，分高者优先排序，如仍旧无法区分排序，则抽签决定。

5、桥梁结构设计赛项评分细则

5.1 桥梁初赛

桥梁初赛包括任务命题文档评审和现场初赛运行。

初赛成绩 $P1 = \text{文档成绩 } A1 + \text{现场初赛成绩 } C1$

5.1.1 任务命题文档分 A1

$A1 = 20 - \text{扣分}$

5.1.2 现场初赛运行分 C1

现场初赛运行时，每组在赛前有 2 分钟准备时间。按动作完成度计算各队成绩 C1。

$$C1 = 25 \times \frac{\alpha_{1i}}{\alpha_{1\max}} + 35 \times \frac{\alpha_{2i}}{\alpha_{2\max}} + 20 \times \left(1 - \frac{\Delta}{20}\right)$$

式中： α_{1i} 表示第*i*个模型的一级加载中的“荷重比”，即加载中小车内砝码最大值与模型重量之比； $\alpha_{1\max}$ 为所有参赛模型中一级加载最大荷重比； α_{2i} 表示第*i*个模型的二级加载中的“荷重比”，即加载中小车内砝码最大值与模型重量之比； $\alpha_{2\max}$ 为所有参赛模型中二级加载最大荷重比； Δ 为桥梁模型跨中的最大竖向位移，mm。

5.2 桥梁决赛

桥梁决赛包括现场实践与考评和现场决赛运行。

决赛成绩 $P2 = \text{现场实践与考评成绩 } A2 + \text{现场决赛成绩 } C2$

5.2.1 任务命题文档分 $A2$

$A2$ 满分 30 分，由竞赛社区系统计算得到。

5.2.2 现场决赛运行分 $C2$

现场决赛运行时，每组在赛前有 2 分钟准备时间。按动作完成度计算各队成绩 $C2$ 。

$$C2 = 20 \times \frac{\alpha_{1i}}{\alpha_{1\max}} + 30 \times \frac{\alpha_{2i}}{\alpha_{2\max}} + 20 \times \left(1 - \frac{\Delta}{20}\right)$$

式中： α_{1i} 表示第*i*个模型的一级加载中的“荷重比”，即加载中小车内砝码最大值与模型重量之比； $\alpha_{1\max}$ 为所有参赛模型中一级加载最大荷重比； α_{2i} 表示第*i*个模型的二级加载中的“荷重比”，即加载中小车内砝码最大值与模型重量之比； $\alpha_{2\max}$ 为所有参赛模型中二级加载最大荷重比； Δ 为桥梁模型跨中的最大竖向位移，mm。