

西南交通大学

土木工程学院

2026 年土木科技月系列活动

桥梁 承重 组 赛 题

2026 年土木科技月竞赛委员会

2026 年 3 月

一、命题背景：

装配式桥梁因受力状态简单明确、加工制造标准化和工厂化、运输和施工简便高效、维护管养成本低、环境亲和力高等特点，近年来受到了越来越多的关注。

同时，由于桥梁设计和建造的升级，以及大众审美水平的提升，桥梁美学的地位也日渐凸显。尤其是在城市、景区等重点位置，桥梁一般都应具备景观功能。

据此，本赛题以城市某地装配式桥梁为背景，要求设计和制作出能同时满足装配化的要求以及桥梁美学的要求桥梁模型。

二、竞赛模型：

竞赛模型为一座可承担一定荷载的单跨拱桥结构，对于中承式拱桥可制作一个主跨和两个边跨。不可制作为其他类型桥梁，否则取消比赛资格。

只能采用软质 PVC 塑料板、桐木条和 PVC 塑料管制作。模型加载系统和测量系统由承办方提供。

三、模型要求

3.1 制作材料

组委会将统一提供 PVC 塑料板（可借助电吹风热弯后塑形）、PVC 塑料管、桐木条和塑料螺钉螺母四种材料，各参赛队设计、制作模型仅限于使用以上材料，且允许对所给材料进行适当加工、组合。但 PVC 塑料管的单根长度不能超过 20cm，否则取消比赛资格。

模型制作过程中不得使用任何形式的粘接剂，如胶水等。对于连接用的节点构造，可采用 3D 打印的方式制作，但尺寸不可超过 2cm × 2cm × 2cm 的立方体空间。

3.2 模型重量

结构模型的总重量（含拼装时用的临时结构）不超过 3000 克，超过者不能参加比赛。

3.3 模型尺寸和制作要求

主梁和桥面必须保持连续。模型的纵桥向长度要求在区间[1490, 1510] mm 范围内, 横桥向宽度要求在[200, 250] mm 范围内, 模型具体长度尺寸由参赛队伍自行拟定。桥面纵坡控制在 3.0%以内 (否则无法牵引小车, 等同于失去比赛资格), 并保持桥面连续。不符合要求的模型直接取消比赛资格。

桥梁模型由可以现场拼装的若干节段组成, 每段可由主梁、拱上立柱(吊杆)和主拱构成, 也可以由其中的一个或两个构成。每个拼装节段最大尺寸不大于 30cm。主拱端部必须做成一个竖直面, 否则无法对拱脚进行约束。

模型的所有构件应在赛前备好, 并在交验模型时先校验各个构件是否满足最大尺寸的要求, 然后每个队仅能指派 2 名选手在现场将构件拼装为一个整体模型, 裁判员记录拼装时间并由参赛队员确认。

模型拼装完成后, 各个构件需要保持紧密, 且在搬运过程中不得散落。对于组装完成在搬运过程中发生散落的模型, 组委会只提供一次修理模型的机会。

3.4 模型桥面

(1) 桥面铺设材料可以为 PVC 塑料板或 PVC 塑料管或两者的组合。例如 PVC 管可对剖充当桥面板的 U 肋。

(2) 模型需设置较为平整, 并具有一定刚度和强度的桥面构造, 能够用于移动小车加载。若加载时桥面塌陷导致小车无法行进, 或桥面发生破坏, 算为加载失败。

(3) 模型桥面以上须保证不小于宽 200mm×高 200mm 的桥面通行净空(关于净空的概念详见《公路桥涵设计通用规范 JTGD60-2015》), 以用于移动小车加载。

3.5 支座情况

请参赛者认真解读实验平台加载设备附图, 仔细考虑支座情况(图 1)。整个结构模型要求单跨拱桥结构, 实验平台共设置 4 个支座。上方两个支座位于主梁两端, 可提供竖向、横向和纵向约束, 支座水平间距最小为 1490mm。2 个拱脚支座均可为模型主拱提供竖向、横向和纵

向约束以及转角约束。梁端支座高度是固定的，但两个拱脚支座可根据需要调整高度及纵向位置。

3.6 吊点与测点

模型必须按要求的尺寸和位置、在结构模型桥面系平面内、提供悬挂集中荷载的吊点和进行位移测试的测点。悬挂吊点必须位于跨中和两个 $1/4$ 跨位置、结构模型中轴线上。在提交模型时，吊点和测点需选手以吊环形式提前做好，并按要求固定于桥面下方，各点缠绕圈数不得多于 5 圈，否则限期整改。吊环采用尼龙线制作（组委会发放，仅限于制作吊环使用），以便于悬挂砝码（注意吊点处的局部加强，否则在加载过程中发生吊点损坏也算作模型加载失败）；每个测试断面须布置两个位移测点，两个测点须关于桥轴线左右对称，且二者距离不小于 200mm（图 2）。需要注意的是，吊环和桥面距离 $25\text{cm} \pm 3\text{cm}$ ，以便挠度测试仪能够测出桥梁挠度数据。

3.7 设计说明书

进入决赛的参赛作品，必须提供详细的设计说明书。

3.8 加载

为确保公平，比赛时所有模型的加载都需按最不利的情况进行，即小车并行加载时需要停留在刚度最小位置（由评审老师选定）。

四、参赛要求：

(1) 参赛者应为我校全日制在校本科生。每支参赛队由 3 名学生组成。

(2) 每位参赛者只允许参加本竞赛题目的一支参赛队，各参赛队应独立设计、制作。

(3) 每支参赛队只能提交一份作品，并给作品命名。

(4) 各参赛队必须在规定时间内和地点参加竞赛活动，迟到或缺席者视作自动弃权。竞赛期间不得任意换人，若有参赛队员因特殊原因退出，则视为自动退赛。

五、加载方式及过程

5.1 初赛和决赛加载

竞赛分为初赛和决赛。初赛只按下述预载及第一次加载流程（参见表 1）进行加载；决赛按下述预载、第一次加载及二次加载流程（参见表 1、表 2）进行完整加载。

5.2 预载及第一次加载

(1) 预载前首先须校验各参赛作品制作（包括材料、结构尺寸、净空尺寸等）是否满足竞赛规定的限制要求。

(2) 预载前须测定参赛作品总重量 G （单位：g），并校验 G 数值是否满足竞赛规定的限制要求（不超过 3000g）。对于满足重量要求和制作要求的结构，方可进行荷载加载试验及位移测试。

(3) 移动荷载加载前，须在每个加载点各悬挂 2kg 的砝码作为基准荷载，并在桥面铺设总重量 4kg 的钢带作为均布荷载，并以此作为位移测试的变形基准点。

(4) 若在挂砝码的过程中，发生绳子断裂破坏，或者构件局部断裂破坏，导致砝码跌落，组委会仅允许一次现场修理机会。

(5) 第一次加载时的移动小车荷载加载方式为：两辆自重各为 3kg 的移动小车，分别从模型两端牵引相向而行，匀速通过整个模型。

(6) 移动小车通过整个模型的时间约为 30 秒，由工作人员牵引。

(7) 小车移动过程中由工作人员操作仪器自动采集模型 6 个位移测点的位移值（在基准荷载下的位移为 0 位移、测量因移动荷载而引起的位移增量）。

(8) 计算各模型的预载荷重比 $\beta_i = P/G$ ，其中 P 取为 4kgf。

(9) 对加载成功的作品按预载荷重比大小进行初步排名。

5.3 二次加载

(1) 二次加载方案分为三个步骤进行。第一步为集中力加载工况，第二步为移动荷载加载工况，第三步为振动冲击荷载加载工况。参赛作品须按表 2 所示的加载流程进行试验，每通过一个工况的测定和校验后

方可进行下一工况的加载试验。

(2) 各加载步骤和荷载工况的内容及成绩评定方法详见表 2。

(3) 位移测定在第二步的荷载工况下进行，按表 2 说明进行测定。所测位移数值为：以集中荷载加载后的状态为基准，由移动小车加载所引起的结构竖向挠度增量的最大绝对值。位移校验时其最大绝对值大于 15mm 者在分数计算时为负分，若超过 25mm，即视为加载失败。变形过大，导致加载小车无法正常牵引过桥，也视为加载失败。

六、加载失效评判

预载及第一次加载后，若结构发生较大变形，跨中或两端的静力变形量超过 25mm，算作结构失效。但此静力变形仅作为失效与否判据，不参与评分。若结构在超过此静力变形后未破坏，可继续参赛，但预载及第一次加载结果不计入最终成绩。

6.1 预载及第一次加载试验失败的判定

在整个加载过程中，发生以下情形之一者，即视为加载失败，退出加载试验：

- (1) 模型主要构件出现明显失稳或连接破坏；
- (2) 模型局部构造发生破坏且影响加载过程顺利进行；
- (3) 模型结构发生破坏而不能继续承担荷载；
- (4) 位移测点在进行位移测定的工况下的最大竖向位移超过规定限值（25mm）；

(5) 若在小车加载过程中，发生绳子断裂破坏，或者构件局部断裂破坏，导致砝码跌落，则认定为加载失败。

6.2 二次加载试验失败的判定

在整个加载过程中，发生以下情形之一者，将视为加载失败，退出加载试验：

- (1) 模型主要构件出现明显失稳或连接破坏；
- (2) 模型局部构造发生破坏且影响加载过程顺利进行（桥面破坏，或因塌陷导致小车无法以轮子滚动的方式正常通行，而是以底部贴着桥

面滑行);

(3) 模型结构发生破坏而不能继续承担荷载;

(4) 位移测点在进行位移测定的工况下的最大竖向位移超过规定限值 (25mm);

(5) 若在小车加载过程中, 发生绳子断裂破坏, 或者构件局部断裂破坏, 导致砝码跌落, 则认定为加载失败。

七、模型材料及制作工具

软质 PVC 塑料板: 厚度 2mm, 用于制作结构构件。力学性能参考值: 弹性模量 1.5~15MPa, 抗拉强度 30MPa。

塑料螺钉螺母: 用于模型结构构件之间的连接, 直径 4mm, 长度 12mm。

PVC 塑料管: 外直径 8mm, 壁厚 1mm。

桐木条: 4mm × 4mm, 方形截面, 或直径 4mm 圆形截面。

制作工具: 美工刀、钢尺、砂纸、锉刀、改锥、小型锯子、与 4mm 螺母螺杆配套的螺丝刀和扳手。

以上所有材料可以进行二次加工, 连接节点可 3D 打印 (空间尺寸不超过 2cm × 2cm × 2cm 立方体)。注意: ① 本次比赛不可使用任何类型的粘胶作为构件之间的连接。② 组装后的结构构件最大尺寸不超过 30cm。

八、模型现场安装、加载及测试步骤

8.1 赛前准备

检查模型是否满足赛题要求; 是否满足安装要求。

安装要求: 交模型时, 首先校验单个构件尺寸是否大于 30cm, 采用 3D 打印的连接件是否超过 2cm × 2cm × 2cm 立方体, 然后每队指派 2 名队员, 将各个构件现场拼装成一个整体, 裁判记录拼装时间并由队员确认, 方才可提交模型, 且模型应可搬运而不散架 (现场拼装散架的模型仅提供一次修理机会)。

模型拼装处可以使用卯榫连接, 或塑料螺钉螺母连接, 禁止使用胶

水。

拼装过程中，组委会提供临时拱脚约束，一次拼装一个构件，拼装好的结构需要自稳定（否则算失败，可修改一次模型），可用临时措施支撑拼装中的结构，但临时措施所用材料计入总重。

8.2 加载及测试步骤

详见表 1 和表 2

九、评分标准：

9.1 总分构成

评分按结构总分 100 分 + 拼装总分 20 分计算，结构总分其中包括：

- (1) 说明书（含设计图）：10 分；
- (2) 模型制作水平：35 分；
- (3) 加载表现评分：55 分。

拼装总分 20 分，按照以下公式计算：

拼装成绩 $R = 20 \times t_{\min} / t$ ，其中 t 为单个模型的拼装时间， $t_{\min}$ 为最小拼装时间，单位秒，精确到小数点后 2 位。

注：① 初赛时仅考虑结构分的第三项得分和拼装得分，只按上述预载及第一次加载流程进行加载，通过者按加载得分与拼装得分之和排序；② 决赛时需要考虑全部四项得分，且需要进行二次加载。

9.2 评分细则

A. 说明书（含设计图）得分 S （共 10 分，初赛时不计入此项。）

(1) 计算内容（共 5 分）

包括力学模型的建立、荷载及最不利加载工况的确定、计算结果合理性、承载力验算、变形验算。以上每项 1 分。

(2) 图文表达的清晰性、规范性（共 5 分）

包括文字是否通顺流畅、图表是否清晰、格式是否规范（详细要求参见《西南交通大学本科毕业设计（论文）撰写规范》2022 版中关于格

式的规定)、是否符合学术道德规范、是否注明小组成员分工。以上每项 1 分。

B. 模型制作水平得分 F (共 35 分)

(1) 结构的美观性 (共 15 分)

结构造型是否优美、涂装是否美观、色彩搭配是否协调。以上每项 5 分。

(2) 模型制作工艺 (共 15 分)

制作粗糙, 得 5 分; 制作一般, 得 10 分; 制作精美, 得 15 分。

制作粗糙者, 如直接把 PVC 材料切割成粗糙的板或条, 简单拼装后的作品。制作精美者, 如桁架梁的精美雕刻, 或桁架杆件单独制作, 有节点板等细节构造的作品。

C. 加载表现评分 M (共 55 分)

(1) 加载试验成绩总分 55 分, 其中位移成绩 15 分、静载成绩 30 分、动载成绩 10 分。

(2) 位移成绩 M_1 最高为 15 分, 其计算方法如下:

$$M_1 = K_1 \times 15 \quad (1)$$

其中, 位移成绩系数 K_1 按下式计算:

$$K_1 = \frac{15 - \delta}{15} \geq -\frac{2}{3} \quad (2)$$

其中 δ 为在二次加载的第二步加载过程中, 以集中力加载变形后的状态为基准, 由移动小车加载所引起的结构竖向挠度增量的最大绝对值。

(3) 静载成绩 M_2 最高为 30 分, 其计算方法如下:

$$M_2 = K_2 \times 30 \quad (3)$$

其中, 静载系数 K_2 按下式计算:

$$K_2 = \frac{\beta_i}{\beta_{\max}} \quad (4)$$

上式中, β_i 表示第 i 个模型的静载“荷重比”, 即静载集中力加载值与模

型重量之比, 即 $\beta_i = P/G$; $\beta_{\max}$ 为所有进入决赛的作品中的最大静载荷重比。

(4) 动载成绩 M_3 最高为 10 分 (初赛不计此项成绩), 其计算方法如下:

$$M_3 = K_3 \times 10 \quad (5)$$

其中, 动载成绩系数 K_3 取值为: 通过动载加载工况者 $K_3 = 1$, 否则 $K_3 = 0$ 。

(5) 加载试验成绩 M 即为位移成绩、静载成绩、动载成绩之和:

$$M = M_1 + M_2 + M_3 = K_1 \times 15 + K_2 \times 30 + K_3 \times 10 \quad (6)$$

(6) 总成绩 $T = S + F + M + R$

决赛时, 结构评分分项中第 A-B 项内容均在加载前评毕, 第 C 项内容在决赛加载试验现场评定。模型尺寸及材料使用不符合设计制作要求者, 不得进入加载试验阶段。

在参赛过程中有其他违规现象者将直接淘汰, 不进入比赛评分阶段。以上 A~C 各项得分相加为结构总得分。

十、参赛选手所需提交的资料:

提供模型即可, 但进入决赛的参赛选手还需要向组委会提交设计说明书和答辩 PPT。

设计说明书文本格式参见《西南交通大学本科毕业设计 (论文) 撰写规范》2022 版, 采用 A4 纸打印一式十份于规定时间内提交至竞赛组委会, 逾期作自动弃权处理。说明书需在封面处注明参赛队伍名称、参赛队员姓名与学号。

设计说明书电子版应为 Word 2007 及以上版本, PPT 为 2007 版及以上版本的 PowerPoint 演示文稿, 纳入以 BXX 组命名的文件夹中。每组参赛队必须同时以外存设备 (U 盘等) 提交作品说明书和演示文稿, 于规定时间内提交至竞赛组委会, 逾期作自动弃权处理。

十一、预赛与决赛

(1) 当报名参赛队伍超过 6 支时, 应设置预赛, 最终保证参与决赛的队伍不超过 6 支。

(2) 预赛时只按上述预载流程进行加载，通过加载的队伍按加载得分与拼装得分之和排序，以决定进入决赛的队伍名单。

(3) 各决赛队伍均应按上述预载及二次加载流程进行加载，并按说明书得分、模型制作水平得分、完整的加载得分及拼装得分计算总成绩，并以此评定最终名次。

十二、附则

12.1 本竞赛规则中若有叙述不一致之处，请咨询竞赛组委会。

12.2 本竞赛细则解释权归竞赛组委会。

附录 1：加载设备及加载位置

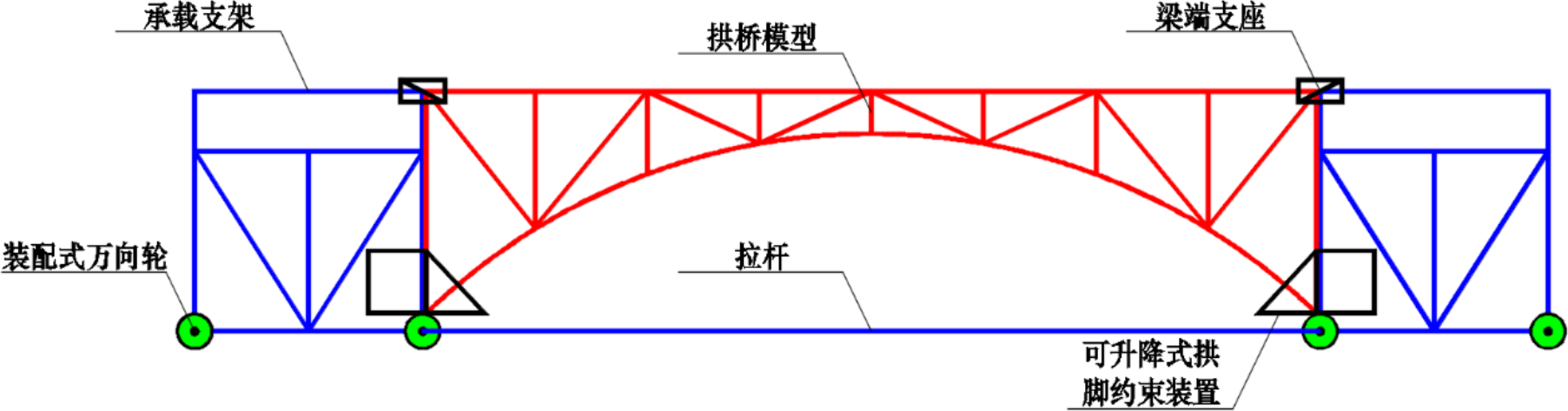


图 1 加载设备示意图

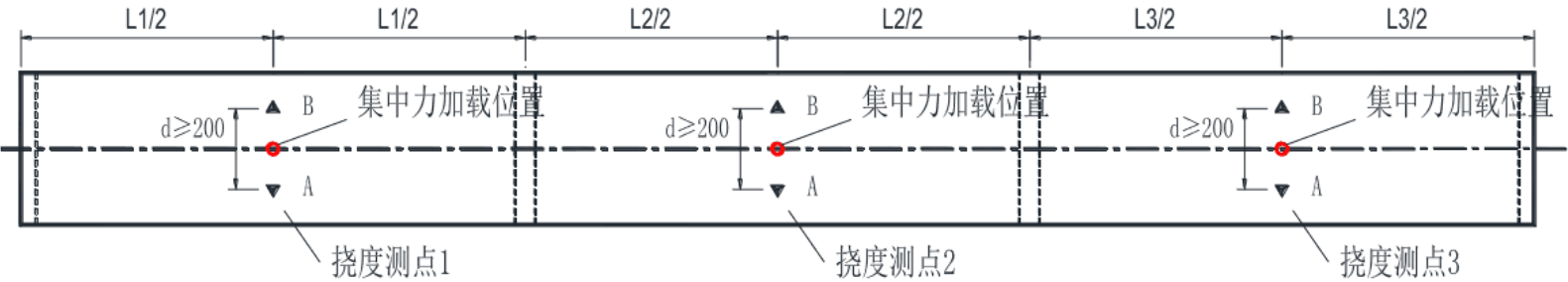


图 2 集中力加载位置

附录 2：加载流程表格

表 1 模型预载及第一次加载说明及评定系数

加载目的及工况		加载说明	测定和校验内容	成绩评定系数 K_i			
目的	工况			加载失败		加载通过	
加载稳定模型	预载集中荷载加载	◆ 按要求摆放结构模型、调试位移测试仪器。 ◆ 将集中力布置于各跨跨中吊点处，详见图 2。 ◆ 集中力大小为单点 2kgf（用 2kg 的基准砝码施加）。 ◆ 均布力为整体 4kgf（用 4kg 钢带施加）。 ◆ 此步骤主要是起稳定模型的作用，便于位移数值测量，提高其精确度。	➤ 校验结构是否出现整体、构件、局部破坏或结构失稳。 ➤ 出现上述情况者视为该工况加载失败。 ➤ 预载后，若结构发生较大变形，跨中或两端的静变形量超过 2.5cm，算作结构失效。 ➤ 该步骤下测试的静变形仅作为失效与否判据，不参与评分。 ➤ 若结构未破坏，可继续参赛，但不计算成绩。	位移	$K_1 = 0$	位移	$K_1 = 0$
				静载	$K_2 = 0$	静载	$K_2 = 0$
				动载	$K_3 = 0$	动载	$K_3 = 0$

位移测试	第一次移动荷载加载	◆ 两工作人员分别牵引一辆移动小车，由双车道同时匀速相向移动，通过模型。 ◆ 移动小车长约 10cm，小车质量 3 kg。 ◆ 当小车行驶至各跨跨中时，须停止 5 秒，然后前进。 ◆ 小车通过整个模型的时间限定在 1 分钟之内。 ◆ 选取整个加载过程中各位移测点的最大绝对值作为模型竖向位移 δ（单位 mm）。	➤ 校验结构是否出现整体、构件、局部破坏或结构失稳。 ➤ 出现上述情况者视为该工况加载失败。 ➤ 校验整个加载过程中模型位移值是否超限。 ➤ 变形过大导致小车无法正常通行视为失败。 ➤ 桥面板变形过大导致小车无法通行或桥面破损视为加载失败。	位移	$K_1 = 0$	位移	$K_1 = 0$
				静载	$K_2 = 0$	静载	由 4kgf 计算 K_2
				动载	$K_3 = 0$	动载	$K_3 = 0$
备注	成绩评定系数 K_i 的计算详见第 9.2 小节。						

表 2 模型二次加载说明及评定系数

加载目的及工况		加载说明	测定和校验内容	成绩评定系数 K_i			
目的	工况			加载失败		加载通过	
加载稳定模型	集中力增载	◆ 将各吊点的集中力荷载增加至 3kg。 ◆ 单点集中力荷载由基准荷载 2kg 和附加荷载 1kg 构成。其中，基准荷载 2kg 砝码由一根可自由变形的弹簧悬挂在吊点上，附加荷载 1kg 砝码由一根尼龙线悬挂在基准荷载下方。	➤ 校验结构是否出现整体、构件、局部破坏或结构失稳。 ➤ 出现上述情况者视为该工况加载失败。 ➤ 该步骤不进行位移校验。	位移	$K_1 = 0$	位移	$K_1 = 0$
				静载	$K_2 = 0$	静载	$K_2 = 0$
				动力	$K_3 = 0$	动载	$K_3 = 0$
位移及承载能力测试	移动荷载加载	◆ 用两辆相同的移动小车串连后形成总重为 6kg 的一个车辆组，由工作人员从一个车道牵引匀速行驶至刚度较弱跨的跨中，停止前进。 ◆ 具体车道及刚度较弱跨的选	➤ 校验结构是否出现整体、构件、局部破坏或结构失稳。 ➤ 出现上述情况者视为该工况加载失败。 ➤ 校验整个加载过程中模型位移值是否超限。	位移	$K_1 = 0$	位移	K_1
				静载	$K_2 = 0$	静载	由 6kgf 计算 K_2
				动力	$K_3 = 0$	动载	$K_3 = 0$

		择由现场评委根据模型加载情况指定。					
承载能力测试	振动和冲击	◆ 保持上一步荷载工况。 ◆ 自由下放一个位于固定高度的篮球，让篮球自由撞击模型桥墩顶部（可由现场工作人员根据情况进行调整），如此反复撞击桥墩顶部，直到停止撞击。 ◆ 任模型发生自由振动，或破坏，或侧倾。	➤ 校验结构是否出现整体、构件、局部破坏或结构失稳。 ➤ 若模型整体倾倒，或垮塌，或砝码掉落，则视为该工况加载失败。 ➤ 若模型未损坏，或仅出现局部损伤或破坏，且小车仍可正常通行，则视为加载成功。 ➤ 该步骤不进行位移校验	位移	$K_1 = 0$	位移	K_1
				静载	$K_2 = 0$	静载	由 6kgf 计算 K_2
				动力	$K_3 = 0$	动载	$K_3 = 1$
备注	① 二次加载前不允许对模型的安装进行调整；② 成绩评定系数 K_i 的计算详见第 9.2 小节。						