

第十四届全国大学生结构设计竞赛分区赛暨
第十三届山东省大学生结构设计竞赛赛题

山东省大学生结构设计竞赛委员会秘书处

2020年2月

目 录

一、赛题背景.....	1
二、赛题设计指导思想.....	4
三、赛题总体说明.....	4
3.1 移动加载装置.....	5
3.2 模型安装平台.....	5
3.3 模型安装.....	6
3.4 测量系统.....	7
3.5 实验辅助系统.....	7
四、模型制作要求.....	7
4.1 结构形式.....	7
4.2 模型尺寸.....	7
4.3 模型重量.....	7
4.4 模型制作时间.....	7
五、模型材料及制作工具.....	7
5.1 竹材.....	7
5.2 粘结胶水.....	8
5.3 制作工具（允许自带）.....	8
5.4 配套学生用检测工具（共用）.....	8
六、模型安装及加载.....	9
6.1 模型称重.....	9
6.2 模型安装及赛前答辩.....	9
6.3 单点静载挠度测试.....	9
6.4 移动荷载承载力测试.....	9
七、评分项及评分标准.....	10
7.1 评分项及分值（总分 100 分）.....	10
7.2 评分标准.....	10
7.3 评分倾向性说明.....	11
7.4 其它需要说明的问题.....	11
附件 1：第十三届山东省大学生结构设计竞赛材料及装置信息.....	13
附件 2：主办单位介绍-烟台大学土木工程学院.....	16
附件 3：冠名单位介绍-飞龙建筑工程有限公司.....	17
附件 4：协办单位介绍-鲁东大学.....	18
附件 5：协办单位介绍-烟台新天地试验技术有限公司.....	19

无风撑桁架结构桥梁

一、赛题背景

桁架结构是桥梁结构中应用最为普遍的结构形式，尤其是在大型斜拉桥技术成熟以前，桁架桥以其计算简单、施工方案成熟、维护成本低等优势牢牢占据着主导地位，如著名的鸭绿江大桥、南京长江大桥、武汉第一长江大桥等均为桁架结构。对于需要较大承载力的大型斜拉桥、悬索桥中也经常采用桁式梁体，如矮寨特大悬索公路桥（图 1、图 2）、在建的沪通公路、铁路两用长江大桥（图 3、图 4）梁体结构都是桁架结构。



图 1 矮寨特大悬索公路桥

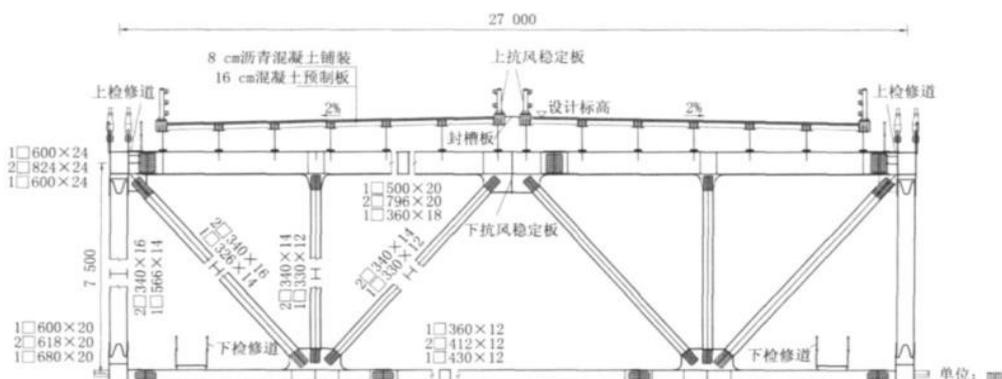


图 2 矮寨特大桥梁体桁架示意图



图 3 沪通长江大桥南侧斜拉部分效果图

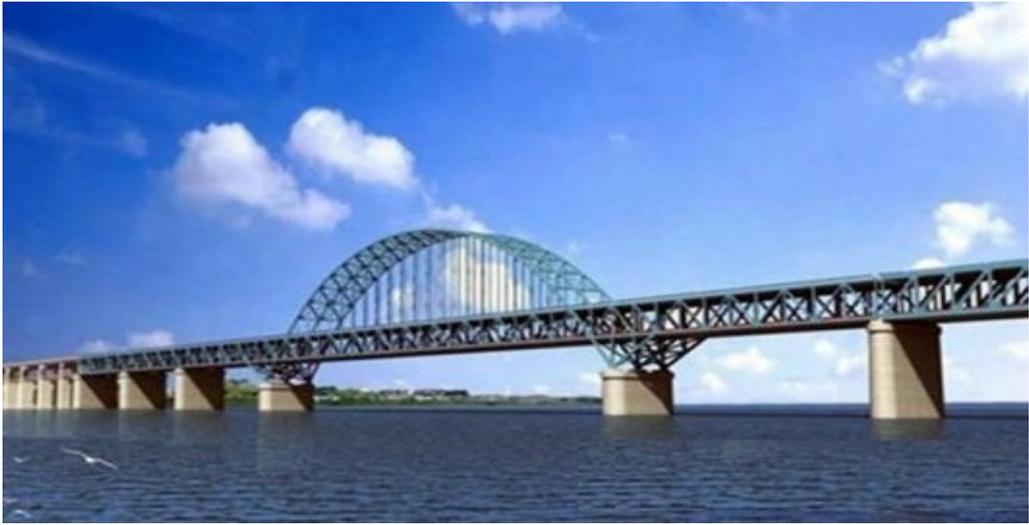


图 4 沪通长江大桥北侧拱形桥段示意图

桁架结构最大特点在于结构形式简单，容易实现较大跨度，但比较容易出现的问题就是结构的整体平面外失稳，尤其是对于顶部无风撑式桁架桥结构，如何防止桥梁主桁架侧向失稳就是重中之重的事了。图 5 所示为有风撑桁架桥，图 6 为无风撑桁架桥。



图 5 有风撑桁架桥



图 6 无风撑桁架桥

国内外桁架桥由失稳导致结构破坏的案例很多，有着深刻教训，如图 7 俄罗斯的克夫达无风撑桥，于 1875 年因上弦杆压杆失稳而引起全桥破坏，图 8 加拿大的魁北克桥于 1907 年在架设过程中由于悬臂端下弦杆的腹板翘曲而引起严重破坏事故。

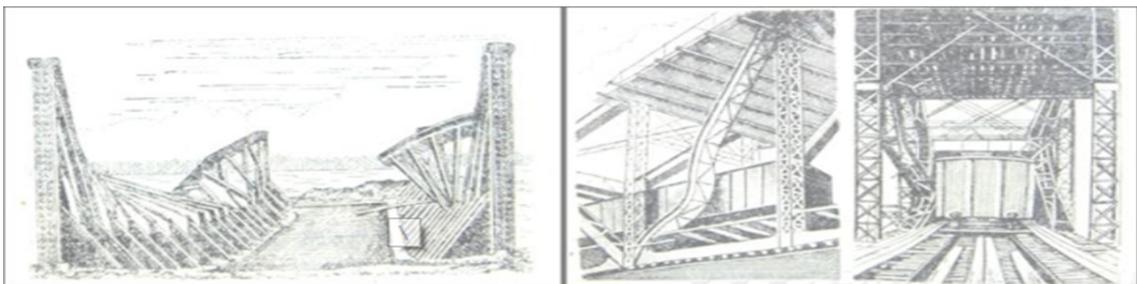


图 7 俄罗斯克夫达敞开式桥损坏图

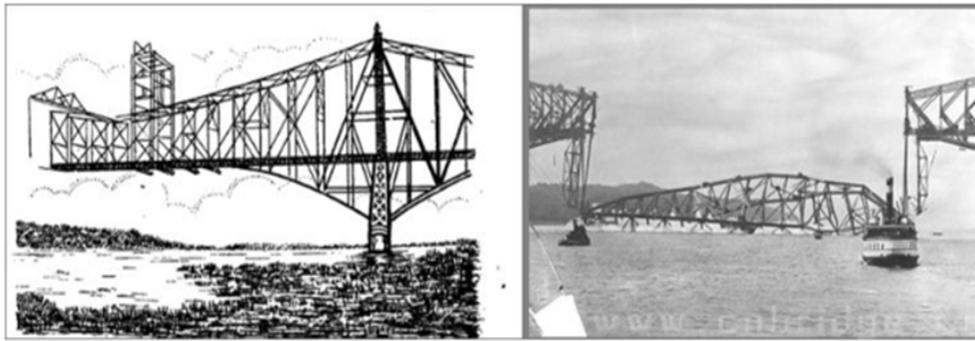


图 8 加拿大魁北大桥损坏图

胜备桥（图 9~图 11）是抗战时期滇缅公路漾濞县境内两座主要桥梁之一。该桥 1938 年建成，起初为 3 孔单跨 10 米的石台木面叠梁桥，1944 年改建成全长 64 米、净跨 36.4 米、桥面宽 5 米、载重 10 吨的单孔下承式钢架桥，顶部为开口式。20 世纪中期，因电站建设，桥址下移并改建，2017 年 7 月更换部分屈曲的杆件后，至今仍正常通车。



图 9 胜备桥整体照片



图 10 胜备桥主桁架防侧向失稳构造



图 11 胜备桥检修照片

一座简单的钢桁架桥，历经七十余载风雨仍能正常工作，想想现在有的特大桥，使用几年就进入维修状态，再对比看新中国成立后我国修建的第一座公铁两用的武汉长江大桥，桥龄超过 84 年历经飞机轰炸的丹东鸭绿江大桥，桥龄 113 年的云南红河州人字桥，我们在佩服当时工程技术、施工人员敬业的同时，更是佩服设计人员概念清晰、力求简洁、方便维护的设计理念。

有限元设计软件的普及为工程设计提供了极大的便利，但与此同时导致很多学生对结构基本概念、基本构造、施工工艺、耐久性设计等方面的重视程度不如从前。对结构的可能破坏形式、防治措施等更是了解甚少。

在此背景下，我们以此为题，既是感受前辈严谨、扎实的工作作风，更是要通过这个过程，检验学生对理论的掌握程度，尤其是对基本概念、构造、设计和施工准则的理解。同时也要敢于应用最新理论，对原设计进行优化，设计出每个人自己心中的“胜备桥”。

二、赛题设计指导思想

- 1、要求对研究对象基本概念清晰——内行（概念）意识；
- 2、要求具有基本的结构内力计算能力——专业（量化）意识；
- 3、引导学生使用先进软件进行结构分析、优化——专家（设计）意识；
- 4、鼓励积极进行实验研究、敢于创新的精神——创新（科研）意识；
- 5、提高学生在干中学、在干中提高的自主学习能力——自学意识；
- 6、树立百年大计、质量第一，通过合理规划节省材料，通过合理分工提高效率——质量意识、管理意识；
- 7、鼓励善于比赛、敢争第一的拼搏精神——竞赛意识。

三、赛题总体说明

赛题总体示意图如图 12、图 13 所示，包括移动加载装置、模型安装平台、结构模型、测量系统、实验辅助系统等。

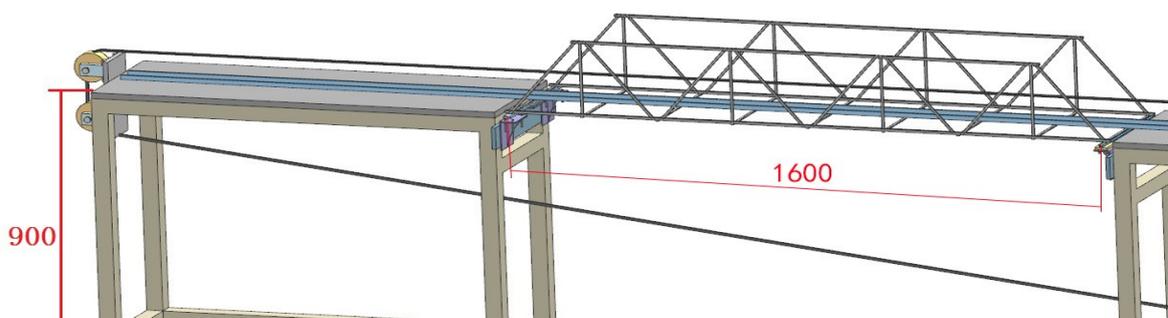


图 12 加载装置示意图

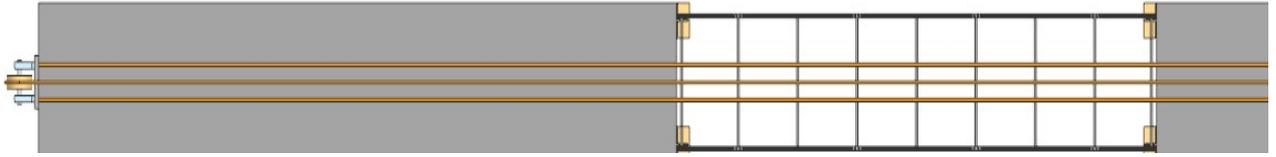


图 13 加载装置俯视图

3.1 移动加载装置

加载采用轮式移动小车加载的方式，如图 14 所示，采用双轮结构，轮距 100mm，加载车轮与轨道接触部分为齿轮形状，模数 2，齿数 100，分度圆直径 200mm，外圆直径 204mm。通过在两端安装圆盘形配重调整加载小车重量。采用动力装置牵引钢丝绳带动加载小车在加载轨道上运行，驱动装置的照片如图 15 所示。加载小车运行速度连续可调，可施加静载，也可施加移动荷载。移动加载时由于滚动轮为齿轮的原因，对轨道有一定的振动荷载。轨道由承办方统一制作，为多段简支梁，每段梁长 400mm，材质铝合金，截面尺寸 20*20mm，轨道总重量约 2kg。加载轨道和模型之间采用橡皮筋固定。

牵引机构的工作原理是钢丝绳缠绕在滚筒上，滚筒由伺服电机驱动，可正反转，可升降速，这样就可以实现小车的快速正反加载。由于设备费用较高，建议准备实验时采用学生手动牵引模拟实验或采用手动控制的牵引机构。

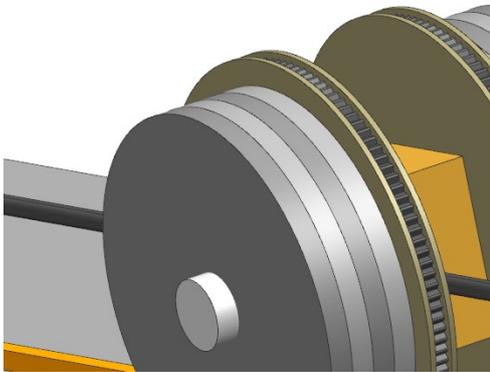


图 14 加载小车结构及尺寸图

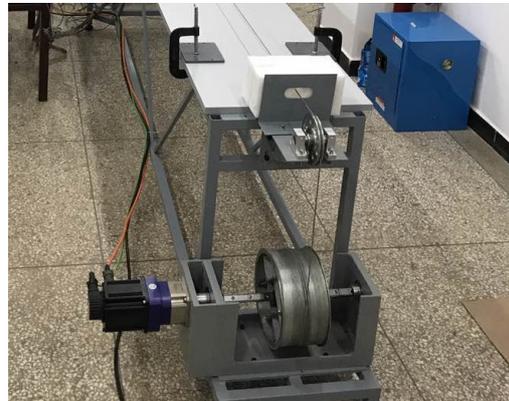


图 15 移动加载驱动装置

3.2 模型安装平台

模型安装平台模拟的是桥梁支墩，同时为移动加载设备提供支撑，平台安装模型的支座高度可调，最大调节距离 25mm，模型可偏移安装，以模拟桥梁过车时的对桥梁的偏载情况，模型安装平台如图 16 所示。



图 16 模型安装平台

3.3 模型安装

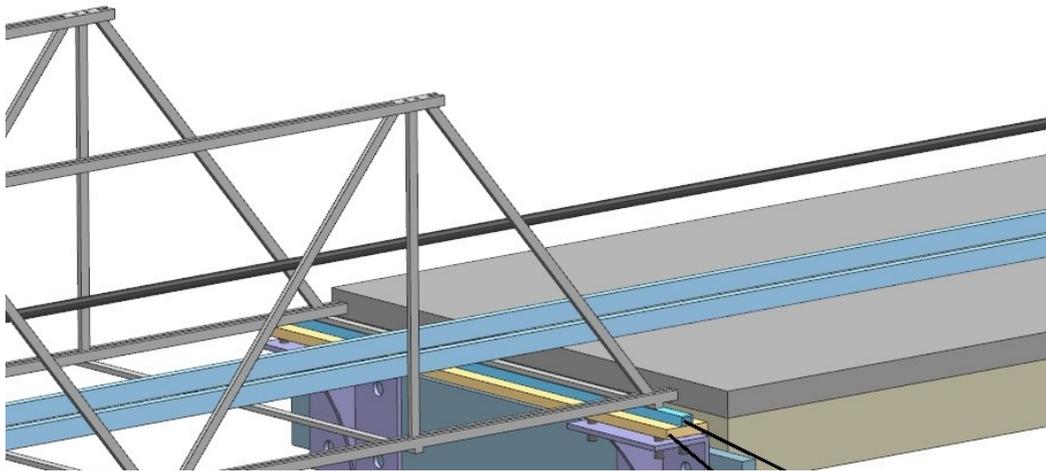


图 17 模型安装方式

模型两端通过 20mm*10mm 的铝合金垫梁和实验平台连接，垫梁上有橡皮筋过孔，20mm 间距均布，方便模型和垫梁连接。模型安装板用于安装垫梁，模型安装板设置沉孔，可通过多个螺钉定位、顶起来调整高度、平整度。安装时也可通过在铝合金垫梁上粘贴木质限位块对模型底部进行限位，限位块的高度不大于 10mm，且限位块和模型之间不得粘接。

3.4 测量系统

实验过程中需要测量桥梁模型的竖向变形、主桁架最大侧向变形，主要通过激光测量技术进行非接触式测量，测量精度可以达到 0.01mm。

3.5 实验辅助系统

主要由加载轨道、加载砝码等组成，此部分由承办方统一制作。

四、模型制作要求

4.1 结构形式

模型主体采用下承式桁架结构、桥面通行净宽范围内以上部分不允许设置任何横向连接构件。桁架结构形式不限、工艺需要简单，传力路径清晰，计算书中必须阐述结构体系设计、构件设计、节点构造设计的依据，选型准则，所有杆件、节点及连接部件均采用给定材料与胶水手工制作完成。

4.2 模型尺寸

模型为定尺模型，外形尺寸要求如图 18 所示，模型支座跨距 1600mm，主桁架最大高度不超过 500mm，支座外伸部分不大于 20mm，但需保证每 400mm 设置一道加载横梁，所有加载横梁包括端部加载横梁上表面必须在同一高度，以方便安装加载轨道梁，加载横梁顶部距主桁架梁底距离不得大于 20mm，加载横梁总高度不超过 50mm，除各自和主桁架连接部分之外，加载横梁在主桁架梁底以下部分相互之间不能再有任何连接。模型通车部分净宽不小于 300mm，桥总宽度不大于 500mm。

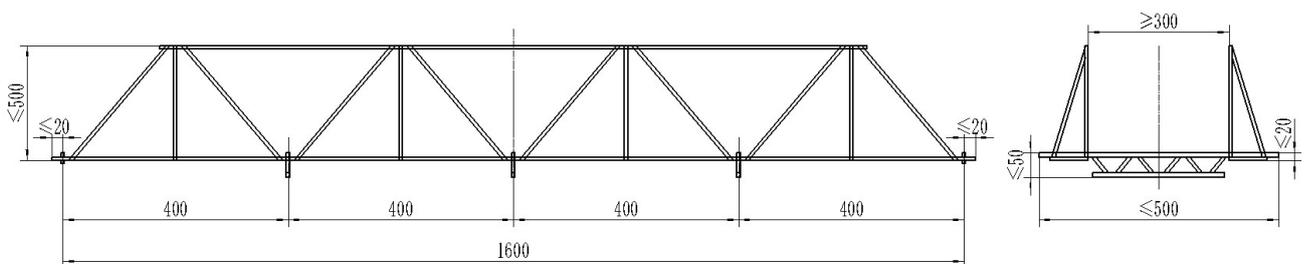


图 18 模型尺寸要求

4.3 模型重量

模型重量不宜超过 500g，模型重超过 500g 的不得参与一等奖评选，即其最好成绩为二等奖。垫梁、限位块的重量不计入模型重量。

4.4 模型制作时间

模型制作时间累计为 10 小时。

五、模型材料及制作工具

5.1 竹材

材料采用本色复压竹材，提供的竹材规格及数量如表 1 所示，竹材力学指标参考表 2。

表 1 竹材规格及用量

类型	规格 (mm)	质量 (g/片或支)	数量 (片/支)
竹片	1250×430×0.2 (单层)	80	2
	1250×430×0.35 (双层)	130	2
	1250×430×0.5 (双层)	175	1
竹条	900×2×3	4	10
	900×1×6	4	10
	900×3×6	12	10

注：1、确定提供的材料不够时，可申请增加材料用量，总质量不超过 100g，申请时需提交模型设计图纸，下料一览表。下料方案需要合理，下料一览表需给出材料利用率，材料利用率不得小于 80%。

2、所用竹条也可进行种类调换，按等重量进行，调换总重量不大于 50g。

3、所有申请增加与调换事宜需在比赛前材料发放之前申请，发现有质量问题材料更换需要在模型制作之前申请，比赛过程中不再受理相关事宜。

4、允许自带简易材料性能测试装置，用于材料性能、部件、模型性能测试，但需放到指定的实验区域内，设备总重量要求不大于 25kg，需要提前申请，评委会通过后方可安装使用。

表 2 竹材参考力学指标

密度	0.8g/cm ³
顺纹抗拉强度	60MPa
顺纹抗压强度	30MPa
弹性模量	6GPa

5.2 粘结胶水

粘结胶水采用 502 胶水，20 g/瓶，4 瓶。

5.3 制作工具（允许自带）

美工刀（1 把），1m 钢板尺（1 把），3m 卷尺（1 把），三角板（1 套），砂纸（4 张，粗砂、细砂各 2 张），锉刀（1 把）、剪刀（2 把）以及其它常用文具。

5.4 配套学生用检测工具（共用）

数显千分表（1 个），应变仪（1 台），500g 电子秤（1 个），荷载小车（1 个）。

六、模型安装及加载

6.1 模型称重

模型称重：安装前先对模型进行集中称重，记 M_1 （单位：g），并集中展示，称重后的模型比赛前不允许进行任何修补。

6.2 模型安装及赛前答辩

模型安装：参赛队将模型通过垫梁、模型安装板安装在安装平台上，按要求调整模型的位置，安装加载导轨，安装相应的测试仪器，安装时间 10 分钟，最多 15 分钟（超时有扣分，扣分准则见评分准则，下同）包括模型简单维修时间，维修的部位不超过 3 个部位（维修有扣分），只允许维修损坏的部件，不允许有新增加的结构，是否需要维修需要经过评委同意。维修导致的模型重量增加部分按 2 倍重量增加到模型重量中，赛后马上称量，维修中所替换的材料需与原结构选材一致，断裂构件的维修也可采用帮条或竹皮缠绕的方式。

赛前答辩：在安装模型的同时，参赛队派 1 名队员进行 3 分钟作品介绍（超时有扣分），然后回答专家提问，总时间控制在 5-10 分钟范围内，提问期间其它队员可以参与回答问题。主办方会提供播放 PPT 的条件，参赛队伍应在比赛之前，将 PPT 拷入主办方指定的电脑并自行确认 PPT 是否可以正常放映，凡因软件版本问题造成 PPT 无法正常展示的情况由参赛队伍自负。

6.3 单点静载挠度测试

静载采用一次性加载方式，砝码重量 10kg，加载时，小车从引桥移动到桥梁跨中位置，测量模型跨中挠度、主框架侧向偏移。除跨中挠度、主框架侧向偏移外其它需要测量证明计算精度的队伍需根据自己的计算结果提前声明需要测量的参量，并自行布置测量所需要的辅助措施，如位移测量需要的垫板，应变测量需要的应变片等。实验过程中主桁架底部跨中位置的侧向位移需小于 1.5mm，如超出，按未通过比赛处理。

比赛排序准则：根据模型重量进行排序，按照模型由重到轻的顺序进行，若遇到重量相同的情形，则由抽签确定顺序。

单点静载测试通过后，接着进行移动荷载测试。

6.4 移动荷载承载力测试

移动荷载最大承载力测试：控制加载小车做往复运动，初步确定运动速度为 0.5 米/秒，每级荷载往复运动 10 次，通过后再进行下一级，直至模型破坏或加载砝码达到 28kg 为止。通过的准则为移动加载过程中，判定模型跨中底部挠度变化量小于该级荷载首次加载挠度的 20%，且主桁架跨中部分底部、顶部的侧向位移均不小于 5mm，如超出按未通过比赛处理。测试时由评委任选一主桁架进行测量。

比赛分级准则：移动荷载大小由参赛选手自行确定（模型制作完成后，由举办方统计参赛选手移动荷载每级加载重量，加载测试时不可更改），可分三级进行，第一级不小于 8kg，级差不小于 2kg，需为 2kg 的整数倍。也可申请第四级，但若第四级加载不成功，则采用第二级成绩

作为比赛成绩。砝码由参赛队伍自行安装，每级荷载安装时间不大于 1 分钟（超时扣分）。

七、评分项及评分标准

7.1 评分项及分值（总分 100 分）

- 1) 计算书及设计说明 15 分；
- 2) 制作工艺、质量 5 分；
- 3) 现场表现 5 分；
- 4) 模型单点静载 35 分；
- 5) 模型移动荷载 30 分；
- 6) 计算准确度 5 分；
- 7) 比赛收获总结 5 分。

7.2 评分标准

7.2.1 计算书及设计说明 F_1 （10 分）

a.资料收集部分：满分 2 分。要求至少收集下列桥梁中的一座，从结构性质、制作工艺、历史背景、重要经历、对课程基本概念理解的启发等方面进行分析。胜备桥、矮寨大桥、鸭绿江大桥、南京长江大桥、武汉长江一桥、红河州人字桥、沪通长江大桥。

b. 整体选型、结构稳定性、制作工艺分析：满分 3 分。需分析出题意图、出题非限定条件说明、响应措施等。

c.实验测试、优化：满分 3 分。根据实验种类、取得的结果分级打分。

d.计算完整性、规范性：满分 2 分。需给出结构内力、挠度计算结果，依据计算过程完整性、正确性、文件编写规范性打分。要求至少需给出一最主要构件的计算过程。计算书需明确给出 10kg 荷载时主桁架最大挠度及测量的较危险截面的应力、应变。

7.2.2 制作工艺、质量 F_2 （5 分）

a.根据整体美观性、工艺实用性、模型制作精度进行打分。b.模型精度指模型在加载台安装后模型投影与规定的桥面模型投影相对的误差，外形尺寸、通车部分尺寸误差超过 5mm，支座跨距、加载横梁间距误差超过 3mm 此项得分为零。外形尺寸、通车部分尺寸误差超过 8mm，支座跨距、加载横梁间距误差超过 5mm 则取消比赛资格。

7.2.3 现场表现 F_3 （5 分）

a.赛前陈述 3 分。根据答辩资料准备、表达方式、表达效果、比赛过程心得等进行评价。

b.现场答辩 2 分。根据对问题的应答程度及反应能力进行评定。

7.2.4 模型单点静载 F_4 （35 分）

$$F_4 = \frac{M_{\min}}{M} \times \frac{f_{\min}}{f} \times 35$$

其中： M 是模型的重量， M_{\min} 为静载测试中加载至 10kg 且卸载成功的模型中质量的最小值，

f 是所考察模型加载过程中的最大挠度, f_{\min} 为静载测试中加载至 10kg 且卸载成功的模型中挠度的最小值。

7.2.5 模型移动荷载 F_5 (40 分)

$$F_5 = \frac{Q}{Q_{\max}} \times 40$$

其中: $Q = \frac{W}{M}$ 为模型的荷重比, W 是所考察模型能承受的最大移动荷载, M 是该模型的质量, Q_{\max} 为所有成功完成动态加载模型的最大荷重比, Q 为所考察模型的荷重比。

7.2.6 计算准确度 F_6 (5 分)

对比计算书中关键部位的应变、挠度与实验数据相比, 按误差大小进行打分。误差按 5%、10%、20%、50% 进行分类, 分别得 5、4、2、1 分。误差超过 50% 以上, 此项不得分。以静载测试的数据为准, 比赛时可以申请额外增加 2kg 荷载消除安装间隙, 测试前预加荷载产生的位移、应变清零。

7.2.7 比赛超时扣分

模型安装、模型介绍、加载砝码安装部分每超过 1 分钟扣一分, 最多扣 5 分, 超过 5 分取消测试资格。

7.3 评分倾向性说明

7.3.1 为体现实战精神, 鼓励多种学习方式, 确定模型单点静载和模型移动荷载的合计分数第一名的队伍至少获得一等奖第二名, 同时要求其它各项成绩达到及格水平以上。

7.3.2 鼓励资料收集、鼓励理论分析、鼓励实验验证、优化、鼓励拼搏精神, 相关项目均有相应的分值。实验验证部分包括设计相应的实验方案进行材料力学特性、节点特性测试、构件承载力测试等, 所进行的工作需要在计算书中做相应的说明。

7.4 其它需要说明的问题

7.4.1 允许自带制定工具、自带小型测试设备, 但均需按赛题要求提前申请 (详见 五 模型材料及制作工具)。

7.4.2 测试中位移测量的配套垫板统一提供, 模型计重前统一发放并粘贴好, 粘贴部位需要经过组委会确认, 称重时统一扣除。

7.4.3 由于制作误差原因导致不能完成加载测试的, 没有加载测试成绩。

7.4.4 为方便展示优势、评委评分, 要求在计算书中第一部分做自评打分表, 说明针对赛题评分标准的响应措施、自评分数。参考格式如下:

自评打分表：

序号	评审类别	评审分项	赛题要求 评分依据	分值	自评分数	响应措施	评委 打分
1	计算书 及设计 说明 F1	资料收集部分		2			
2		整体选型、结构稳定性、制作工艺分析		3			
3		实验测试、优化		3			
4		计算完整性、规范性		2			
5	制作工 艺、质量 F2	整体简洁大方、美观		2			
6		工艺实用		2			
7		制作精度		1			
8	现场表 现 F3	赛前陈述		3			
9		现场答辩		2			
10	模型单 点静载 F4			35			
11	模型移 动荷载 F5			40			
12	计算准 确度 F6			5			
	合计						

附件 1：第十三届山东省大学生结构设计竞赛材料及装置信息

1、竹材

厂家：杭州邦博科技有限公司

联系人：王军龙 手机：13082806354

地址：浙江省杭州市西湖区文一路 310 号中竹大厦国家林业局竹子研究开发中心

2、制作工具-五金店有售

502 胶水、美工刀（2 把），1m 钢板尺（1 把），3m 卷尺（1 把），三角板（1 套），砂纸（4 张，粗砂、细砂各 2 张），锉刀（1 把）、剪刀（1 把）以及其它常用文具。

3、加载装置

厂家：烟台新天地试验技术有限公司

联系人：张永 手机：13376456232

地址：山东省烟台市高新区联东 U 谷 A06 栋

网址：www.xtdsyj.com

加载部分：

序号	设备名称	规格	报价（元）
1	桥梁模型加载装置	手动牵引	5000
2	桥梁模型加载装置	绞盘牵引	10000
3	桥梁模型加载装置	电动牵引	25000
4	桥梁模型加载装置	伺服电动牵引	50000

测量部分：

序号	设备名称	规格	报价（元）
1	激光测距仪(电脑版)	含激光测距仪(电脑版) 1 套	1500
2	激光测距仪(单点版)	含激光测距仪(单点版) 3 个	600
3	激光测距仪(电脑版)+测量表架	含激光测距仪(电脑版)1 套+测量表架 2 个	2700
4	激光测距仪(单点版)+测量表架	含激光测距仪(单点版)3 个+测量表架 2 个	1800

加载部分技术参数:

序号	物品名称	规格/型号	技术参数	备注
1	引桥	1000×540×900mm	1) 实验功能: 用于模拟桥梁引桥, 用做小车加速及减速段。 2) 结构形式: 框架采用不锈钢管焊接结构, 顶面采用防火板材。 3) 主要技术参数: 整体尺寸: 1000×540×900mm。	
2	模型安装平台	540mm	1) 实验功能: 用于模拟桥梁支墩, 为移动加载设备提供支撑。 2) 结构形式: 平台安装模型的支座高度及位置均可调。 3) 主要技术参数: 长度 540mm。	
3	加载小车	Φ200×200mm	1) 实验功能: 用于模拟通过桥梁的车辆。 2) 结构形式: 采用轮式加载的方式, 车轮在轨道上运行, 并可方便与配重板连接。 3) 主要技术参数: 加载车轮外圆为齿轮形状, 模数 2, 齿数 100, 分度圆直径 200mm, 外圆直径 204mm, 轮距 100mm。滚动加载时对轨道有一定的振动荷载。	
4	桥加载梁	20×20mm×400mm	1) 实验功能: 提供小车运动的轨道。 2) 结构形式: 采用铝方制作, 模型节点处设置铰接轴。 3) 主要技术参数: 分段制作, 桥梁段尺寸 20×20mm×400mm。	
5	手动牵引装置	3kN	1) 实验功能: 使用手动滑轮牵引的方法模拟车辆在桥梁上运动; 2) 结构形式: 可安装在桥梁模型上, 沿铺设轨道直线运动; 3) 主要技术参数: 荷载 3kN;	四选一
6	绞盘牵引装置	3kN	1) 实验功能: 使用手动绞盘牵引的方法模拟车辆在桥梁上运动; 2) 结构形式: 可安装在桥梁模型上, 沿铺设轨道直线运动; 3) 主要技术参数: 荷载 3kN;	四选一
7	电动牵引装置	3kN	1) 实验功能: 使用电机牵引的方法模拟车辆在桥梁上运动; 2) 结构形式: 可安装在桥梁模型上, 沿铺设轨道直线运动; 3) 主要技术参数: 荷载 3kN;	四选一
8	伺服电动牵引装置	3kN	1) 实验功能: 使用伺服电机牵引的方法模拟车辆在桥梁上运动; 2) 结构形式: 可安装在桥梁模型上, 沿铺设轨道直线运动; 3) 主要技术参数: 荷载 3kN;	四选一

测量部分技术参数:

序号	物品名称	规格/型号	技术参数	备注
1	激光测距仪 (电脑版)	GC-LW-1	1) 实验功能: 用于竞赛挠度测量。可与电脑连接, 进行数据采集, 含 4 个激光测距仪, 可多套同步采集。 2) 主要技术参数: 光源: 635nm 红色激光; 测量范围: 0.03-80m; 测量精度: ±1.0mm; 单次测量时间: 0.05-1s; 软件显示实时数据。	
2	激光测距仪 (单点版)	GC-DC-1	1) 实验功能: 用于竞赛挠度测量。可进行单点语音报数。 2) 主要技术参数: 测量范围: 0.03-40m; 测量精度: ±1.5mm; 测量速度: 0.5-1s; 数据存储: 20 组。	
3	测量表架	1.4m	1) 实验功能: 激光测距仪承台。 2) 结构形式: 立柱托盘式 3) 技术参数: 高 1.4m 4) 技术特点: 托盘上下位置可调, 底座稳定性可调, 整体镀锌。	

加载部分分项报价：

序号	物品名称	规格/型号	单位	单价(元)	手动牵引方案数量	绞盘牵引方案数量	电动牵引方案数量	伺服牵引方案数量	备注
1	引桥	1000×540×900mm	个	700	2	2	2	2	
2	模型安装平台	540mm	个	600	2	2	2	2	
3	加载小车	φ200×200mm	个	800	1	1	1	1	
4	桥加载梁	20×20mm×400mm	支	400	2	2	2	2	
5	手动牵引装置	3kN	套	800	1	0	0	0	四选一
6	绞盘牵引装置	3kN	套	5800	0	1	0	0	四选一
7	电动牵引装置	3kN	套	20800	0	0	1	0	四选一
8	伺服电动牵引装置	3kN	套	45800	0	0	0	1	四选一
合计					5000	10000	25000	50000	

测量部分分项报价：

序号	物品名称	规格/型号	单位	单价(元)	测距仪(电脑版)	测距仪(单点版)	测距仪(电脑版)+测量表架	测距仪(单点版)+测量表架	备注
1	激光测距仪(电脑版)	GC-LW-1	套	1500	1		1		
2	激光测距仪(单点版)	GC-DC-1	个	200		3		3	
3	测量表架	1.4m	个	600			2	2	
合计					1500	600	2700	1800	

附件 2：主办单位介绍-烟台大学土木工程学院

烟台大学土木工程学院的前身为烟台大学建筑工程系，创建于 1984 年。建筑工程系的创建与发展得到了清华大学土木工程系的大力支持。清华大学土木工程系张铜生教授、郑金床教授先后任建筑工程系的前两届主任。陈肇元院士、过镇海教授、沈聚敏教授等著名专家都直接参与了建筑工程系的组建、规划与重点建设。经过这些著名专家的精心策划和悉心指导，通过土木工程学院全体师生三十多年的辛勤努力，土木工程学院不断发展壮大，教学与科研水平不断提高，已成为山东省土木工程专门人才培养的重要基地。

土木工程学院设有土木工程（设有建筑工程、道路和桥梁工程、岩土工程三个专业方向）、工程管理（设有项目管理和造价管理两个专业方向）和给排水科学与工程三个本科专业。2010 年获批了土木工程一级硕士点和建筑与土木工程（现为土木水利）专业硕士学位点，形成了从本科到研究生比较完善的人才培养体系，同时开展成人教育及在职研究生教育等人才培养工作。目前在校本科生、研究生 2000 余人。土木工程专业是烟台大学的特色和优势专业，拥有结构工程、岩土工程、道桥工程、测量工程、建筑材料等实验室以及力学中心、结构分析与设计中心、工程力学国家虚拟仿真中心等教学科研基地。同时设有土木工程研究所、岩土工程研究所、新型建材研究所、建筑工程司法鉴定中心、土木工程健康检测技术中心等科研与对外服务平台。土木工程专业现有专业教师 35 名，其中教授 9 名，具有博士学位的教师 32 名，另外有兼职院士 1 名，在国内外聘请兼职教授 9 名。人才培养、科学研究与服务社会的条件优良。

近几年来，土木工程学院在教学与科研上取得了可喜的成绩。承担了国家自然科学基金、省自然科学基金、省攻关计划项目等课题的研究，参与了国家科技支撑计划等重大课题的研究；获得了山东省教学成果一等奖，教育部优秀教材二等奖，山东省自然科学三等奖等一批较有影响的教学科研成果；出版专著与教材 20 余部，发表学术论文 500 余篇，获得国家专利多项；积极参与国家重大工程建设及地方经济建设，解决了一些重大工程的关键技术问题及大量实际工程的技术难题。

2014 年，在学校领导下，在全院教职工的努力下烟台大学土木工程学专业顺利通过了住建部土木工程专业高等教育专业评估，2017 年顺利通过土木工程专业评估（认证），合格有效期为 6 年，为土木工程学院的发展开创了新的发展阶段。土木工程专业 2019 年获批山东省一流本科专业。

附件 3：冠各单位介绍-烟台飞龙集团有限公司

烟台飞龙集团有限公司始建于 1984 年，于 2003 年成立集团企业。公司坚持“以房地产开发为龙头，以建筑、钢结构为骨干，以多种经营为优化，创建优质高效企业”的经营方针不断创新进取。

集团公司下设：房地产开发公司、建筑公司、钢结构公司、装饰公司、幕墙门窗公司、科技产业园公司、物业服务公司、贸易公司等十个子公司。集团公司具有房屋建筑总承包一级资质，钢结构工程、建筑幕墙、装饰装修工程专业承包一级资质；建筑幕墙、装饰装修工程设计甲级资质、轻型钢结构工程专项设计乙级资质。另有房地产开发、消防设施安装、机电工程安装、市政公用工程、GC 类压力管道安装等多项工程资质。

集团公司经济技术实力雄厚，注册资金 1.2 亿元，年产值 20 多亿元，年纳税 1.6 亿元，各类机械设备 2000 多台。职工 2000 余人，专业技术人员 400 多人，其中中高级职称 160 人，注册建造师 100 多人。集团公司年施工能力 100 万平方米以上，年开发面积 30 万平方米以上。企业重视技术创新、产品研发，设有山东省“一企一技术”研发中心、烟台市企业技术中心，是山东省的高新技术企业、烟台市装配式建筑产业基地单位。现已申请国家专利保护 35 项，是烟台市装配式山东省装配式建筑。于 2000 年先后通过了 ISO9001 质量管理体系、ISO14001 环境管理体系与 OHSAS18001 职业健康安全管理体系认证，实现了三证合一的标准体系管理，同时还是澳大利亚与新西兰 AS2047 国际标准认证企业。

多年来，公司秉承“靠质量赢市场，用诚信谋发展”的经营理念，开发铸造了金海岸花园、莱阳飞龙花园、伯爵山庄、天润大厦、河东新城、中润大厦、金滩花园、西轸新城等多项商住精品项目；承建了中科院（烟台）海岸带研究所专家公寓、烟台市人力资源市场大厦、烟台市人防指挥中心大厦、东岳汽车冲压车间扩建、泉清通信（烟台）创新大厦、烟台电信通讯大厦、烟台海防监控中心、万华工业园、隆泰大厦、烟台大学及山商学院学生公寓楼、艾迪精密办公楼及 2#-3#车间等众多重点工程建设，先后创省优良工程奖 60 多项，省“泰山杯”奖工程 25 项，具有丰富的施工经验和良好的企业信誉。

近年来，公司获得“全国守合同重信用企业”、“全国青年文明号”、“企业信用评价 AAA 级”、“中国工程建设贯彻实施建筑施工安全标准示范企业”、“全国优秀施工企业”、“山东省文明单位”、“山东省建筑系统先进集体”、“山东省文明诚信民营企业”、“山东省就业和社会保障先进单位”、“山东省百强民营企业”、“山东省消费者满意单位”、“山东省优秀企业公民奖”、“山东省民营企业公益之星”；连续多年获得“烟台市骨干明星企业”、“烟台市 AAA 级劳动关系和谐企业”、“烟台市优秀房地产开发企业”、“烟台市市长质量奖”、“烟台市企业管理奖”、“烟台市建筑骨干企业”、“烟台市捐资助学‘功德杯’奖先进单位”、烟台市见义勇为事业“爱心企业”等多项荣誉称号。

目前公司的业务范围已覆盖烟台、青岛、临沂、济南、东营等省内各市区，并承接了多项美国、日本、意大利、韩国、加拿大等外国投资企业的大型工程建设，具有丰富的施工经验和良好的企业信誉。门窗、钢结构等工业产品远销澳洲、美洲及东南亚各国。

飞龙集团将在社会各级领导和各界朋友的关心与支持下，团结协作，凝聚向心，不断提升企业的核心竞争力和创造力，为社会奉献更多的精品工程，继续创建优质高效企业集团！

附件 4：协办单位介绍-鲁东大学

鲁东大学土木工程学院成立于 2006 年 2 月，办学历史可追溯至 1978 年创办的原山东省交通学校道路与桥梁专业。2001 年 3 月，原山东省交通学校合并入原烟台师范学院，成立交通学院。2006 年烟台师范学院更名为鲁东大学，同年成立土木工程学院。

学院位于学校北区工科教学区，办公教学楼为北教 19 号楼，实验教学楼为北教 23 号楼。学院现有本科专业 4 个、建筑与土木工程专业硕士点 1 个、水利工程一级学科硕士点一个、“十二五”省级重点学科 1 个，为鲁东大学发展势头强劲、潜力较大、前景美好的工科院系之一。

学院现有教职工 71 人，其中专任教师 60 人，实验指导教师 3 人。专任教师中，海外特聘“泰山学者”教授 1 人、教授 4 人、副教授 13 人，具有博士学位者 36 人。学院拥有一支学历、学缘、年龄结构合理，大部分具有工程实践背景，思想过硬、业务精干、为人师表的师资队伍。多名教师具有交通部认定的实验工程师资格，“双师型”教师比例较高。学院还聘请了宋振骐、顾金才等 2 位两院院士为兼职教授或特聘教授，以及多家大型企业总裁或总工程师为学院兼职教授。

学院现有在校本科生、硕士研究生总计 1600 余名，生源来自全国 20 个省、市、自治区。现有函授生 300 多人。

学院设有土木工程、工程管理、港口航道与海岸工程、建筑学等 4 个本科专业，设有建筑与土木工程专业硕士点和水利工程一级学科硕士点，拥有港口、海岸及近海工程省级“十二五”重点学科。设有道桥工程、建筑工程、工程管理、港航工程等 4 个教学系，设有土木工程、结构工程、力学、港口航道与海岸工程等 4 个实验中心，设有港口海岸工程防灾减灾研究院和岩土工程与结构工程研究所。

2015 年，学院进行了整体搬迁。现有办公、教学楼一座，建筑面积 8412 平米，新建实验教学楼 1 座，建筑面积 12000 余平米。固定资产总价 5000 余万元，其中教学、科研实验设备总值 1500 余万元。新建的实验教学楼设有先进的港口航道与海岸工程和结构工程实验中心，优良的实验教学条件为教学、科研、人才培养提供了坚实的基础。

学院坚持以教学为中心，以学科建设为重点，以科研工作为先导，不断加强师资队伍建设和办学条件建设，重视对内对外交流和校企合作，积极探索人才培养新模式，强化育人质量，努力在人才培养、学科建设、科学研究、服务社会等方面办出水平、办出特色，不断提高学院在土木、建筑与水利行业等领域中的影响力，积极为相关行业培养优秀的专门技术人才和管理人才。

附件 5：协办单位介绍-烟台新天地试验技术有限公司

烟台新天地试验技术有限公司成立于 2004 年，以山东省重点实验室烟台大学结构工程实验室及烟台大学工程力学实验教学中心（首批国家级虚拟仿真实验教学中心）为实验基地，从事实验教学领域实验设备研制及试验技术研究。公司的创业宗旨为：“以人为本，以科技为先导，携手开创实验教学领域的新天地”。

目前烟台新天地主导产品有：1) 适合建设开放式材料力学实验室的多功能材料力学试验机、拉扭组合加载试验机、材料力学开放式创新实验平台、工程力学开放式创新平台等；2) 适合建设小型结构力学实验室的结构力学组合实验装置、电动伺服控制的模型振动台、移动荷载的桥梁模型等；3) 适合大型结构试验的多通道电液伺服加载试验系统、结构加载架等；4) 适合岩土类实验的岩土箱及其加载控制系统；5) 实验教具；6) 各类定制的实验设备。

“多功能材料力学试验机”、“拉扭组合加载试验机”是针对《材料力学》实验教学开发的新型试验设备，能够完成《材料力学》教学大纲规定的基本实验，它将传统的拉、压、弯、扭、剪等加载方式组合在一台试验机上完成。配备先进的数据采集分析及计算机辅助实验教学装置，在“《材料力学》实验开放式教学平台”的引导下，学生可独立完成实验操作。同时，结合现代实验教学需要，开发了一系列设计性、综合性实验，适合应用于开放式实验教学。拉扭组合加载试验机能进行拉扭组合加载实验，实验中拉、扭比例任意可调，可实现定扭矩拉伸实验、定拉力扭转实验，可方便得到复杂应力状态，用于进行材料强度理论适用性测试实验。目前有立式、卧式两个机型，立式机型以实验教学为主，卧式以扭转为主。

“材料力学开放式创新实验平台”主要用于进行应力分布测试实验、变形测试实验等，加载架采用安装底板结合移动框架加载的方式，可对台面上方任意点进行加载实验。可方便进行梁弯曲、弯扭组合、压杆稳定、长薄片线应变测试、弹性模量、偏心拉压等实验项目。核心设计思想是将传统单点验证升级为变量模型实验，所有实验均设置系列变量，方便学生建立基本概念，譬如：弯扭组合实验采用双臂加载模式，可实现任意比例弯扭组合加载，弯曲-弯扭-扭转。

“工程力学开放式实验平台”是针对材料力学、结构力学、结构动力学等课程的实验教学而开发的多功能实验教学平台，功能和材料力学开放式创新实验平台基本一样，不过更注重传感器工作原理、结构力学桁架类实验，提供了一个长度 3 米的更为开放的实验平台。

“结构力学组合实验装置”早期是为《结构力学》实验教学开发的组合式实验装置，能够

完成《结构力学》刚架、桁架、组合结构的基本实验。其核心技术是可模拟理想的铰结点、刚结点、半刚半铰结点力学特性的结点模型，可完成结构力学所有力法、位移法、影响线等实验，结束了结构力学因没有理想模型而不能开展实验课的历史，并参编配套教材《实验结构力学》。随着用户要求功能的不断增加，在不断完善加载及数据采集的方便性的前提下，通过丰富加载架的结构形式，提高承载力，开发了适合开展《钢筋混凝土》、《钢结构设计》、《结构动力学》、《材料力学》等相关实验教学课程的系列结构力学组合实验装置。

“YJS-HJ 系列模型振动平台”是针对小型模型振动演示、测试开发的实验教学设备，主要应用于模型的振型测试和模型地震波响应测试等。“YJS-HJ- I 型模型振动平台”采用伺服电机驱动滚珠丝杠的控制原理而开发的全电动伺服控制系统，“YJS-HJ- II 型模型振动平台”采用电磁激振器的形式。

“电液伺服多点加载试验系统”可实现对测试对象的多点协调同步加载，主要应用于结构静力、拟动力试验。同时结合现代教学的需要，配备了诸如试验过程视频与试验数据同步存储、网络同步传输、仪器通讯等多种基于网络技术开发的辅助功能，提高了设备的综合性能。

“结构加载架”是结构工程实验室与电液伺服多通道加载系统配套使用的辅助装置，一般与水平加载槽道、反力墙等配合使用，主要用于双向或多向加载的静力或动力实验。

“岩土箱模型箱”主要用于模拟不同工况下土体状态，包括用于研究桩及桩基础的静力实验的模型箱、用于研究桩及桩基础动力特性实验的层叠模型箱、用于研究隧道开挖土体反应的隧道模型箱、用于研究边坡效应、水土流失的边坡箱等。

“实验教具”主要作用是形象演示基本概念，包括承载机理（平衡原理）、变形趋势、破坏机理等。目前已开发了压杆稳定承载力影响因素演示教具、梁弯曲承载原理演示教具、梁侧向失稳演示教具等系列实验教具，所研制教具较传统教具的区别在于模型参数由单一模型逐步过渡到变量模型，并能不断丰富。

在明确实验目的在于服务理论教学的前提下，为了更好的进行多层次的实验教学，我们开发了开放式实验教学平台。平台汇总了以往的实验动画演示、以往实验视频、以往实验数据、工程破坏实例分析、虚拟仿真实验资源等，其中虚拟仿真部分可完成基于 3D 的实验过程操作仿真、基于 Excel 的实验影响因素数值仿真、基于有限元的实验影响因素数值仿真。与真实实验教学相结合，相互补充，不但适合不同层次的学生，而且可完成那些常规实验很难完成的系列变量实验。这样，就能搭好理论和实践的桥梁，学生对实验的重视程度得到提高，创新能力得

到培养。

公司已通过 ISO9001:2015 质量管理体系认证，申报了多项试验技术方面的专利。公司自主研发了系列实验控制、数据采集方面的软件，申报了相应的软件著作权并取得软件产品证书、软件企业证书，是国家认定的双软企业。2018 年通过国家级高新技术企业认定。

公司重视开展与高校之间的产学研合作。2014 年、2016 年分别于烟台大学、大连理工大学联合参加全国高校自制设备展，均获得一等奖。以我公司产品为主导的“结构力学实验平台”、“多层、多跨静动力钢结构模型实验平台”列入大连理工大学土木工程专业本科生创新研究开放基金计划，并顺利资助重庆大学、华南理工大学等优质创新项目。

2017 年起，响应教育部高教司推出“协同育人计划”，积极进行产学研结合推广，设立了课程体系改革、实验室建设、师资培训等项目，建立了和学校更为紧密的合作关系实现了合作共赢、共同进步的初衷。今后将不断总结经验的基础上，加大合作力度，欢迎老师关注并积极参与，以教学促进科研，以科研提升教学，良性循环，滚动发展，希望能为您的教学事业添砖加瓦。

公司重视学术会议、结构大赛等的参与与赞助，先后赞助多届国家级学术会议、结构大赛。可配合研制结构大赛所需加载、测试设备、评分系统等，此次山东省结构大赛所有加载测试设备均由我公司提供。

“成就他人，超越自己”是我们永恒的追求，愿我们成为最佳的合作伙伴，携手开创实验教学、试验研究的新天地。

烟台新天地试验技术有限公司

公司地址：山东省烟台市高新区火炬大道联东 U 谷 A06 栋

联系人：张永

电话：0535-6888250

手机：15315459131

邮箱：13356920078@126.com

烟台新天地：<http://www.xtdsyj.com/>

工程力学中心：<http://lxsy.ytu.edu.cn/>