

清华大学第二十五届结构设计大赛赛题

一、命题背景

现代结构技术的发展为建筑设计提供了无限的可能，建筑设计也因此越来越呼唤结构的本源属性。本次清华大学结构设计大赛由清华大学土木工程系暨建设管理系与清华大学建筑学院合办，旨在促进两系同学进行学科知识交流，也为跨专业学习提供条件。本次大赛要求选手对项目当地环境尽可能地进行梳理，发现可以挑战结构性能的设计方向，实现用优良结构支持的空间和功能。同时，本次大赛极为注重建筑方案与结构方案的相互协调与统一，希望选手将形式、功能的设计与结构设计相结合，尽可能地实现建筑方案与结构方案的无缝对接。同时，本次大赛希望选手尽量满足工程需求并贴合实际工程情况，使得设计方案具备更强的可实施性。

在经济全球化与城市化进程加快的影响下，我国城市经济正逐步由单点化转向集群化，城市群从最初的京津冀、长三角、珠三角城市群到如今长江中游城市群、成渝城市群等新兴城市群与京津冀、长三角、珠三角城市群等老牌城市群共同存在，携手发展的局面。本次结构设计大赛聚焦京津冀城市群北戴河新区开发的海滨度假综合体——远洋蔚蓝海岸项目，要求选手对该项目中一块与儿童相关的娱乐休闲区域进行设计。选手须同时完成结构方案与建筑方案，要求综合考虑结构的舒适性、可靠性与建筑的美观性，并在最大程度上保证结构方案与建筑方案的统一性。同时要求设计方案经济实用，符合当地实际情况、实际工程需求与工程情况。选手将在设计过程中充分体验建筑与结构相结合的美妙与学科交叉的魅力，建立起团队协作的概念与责任意识，为未来的学习、科研与工作打下坚实的基础。

二、赛题概述

1.建筑方案

为了更好的服务京津冀城市群发展、推动北戴河新区建设与激发北戴河新区度假休闲产业新活力，现拟在北戴河新区建设远洋蔚蓝海岸项目。要求选手在充分考虑现有环境的基础上，就该项目中与儿童相关的一片区域进行具有创意性与可操作性的设计并完成一份完整的建筑设计方案。

选手需按照 1:40 的比例利用桐木等材料建造实体模型，并以此模型为依据进行部分建筑得分评定以及结构加载评定。

2. 结构方案

选手需要根据实际建筑方案，按照**相同的比例**抽象出结构方案并将建筑与结构方案展现在同一比赛模型上，然后进行建筑评分与加载试验。结构加载采用竖向荷载、风荷载和地震作用，同时比赛模型应包含必要的承重构件（如梁，柱等）及非承重构件（隔墙，窗等）。

三、建筑方案要求

1. 项目主题

本次结构设计大赛以“建筑与儿童教育”为主题，聚焦于“更健康的建筑、更生态的环境、更有效的功能、实现更好的教育”的同时，关注建筑、结构方案的匹配，并尽量贴合实际工程状况。

2. 基地条件

秦皇岛蔚蓝海岸的设计竞赛基地位于“艺术村落”内的“阳光草坪”区域，位于秦皇岛北戴河“蔚蓝海岸”项目地段内。“蔚蓝海岸（SEATOPIA）”是远洋集团的中高端休闲度假综合体项目（详见附件 1、2、3：整体项目简介、艺术村落简介、整体规划鸟瞰图）。项目选址位于住宅区内的一片草坪上，基地平坦，无明显高差。地下水位 1m，不具备建造地下室的条件。由于该项目的开发工作还未完成，故暂无建成环境照片可供参考（详见附件 4、5：基地规划图、基地鸟瞰照片）。

3. 功能分区

参与者需根据“建筑与儿童教育”的主题，在分析基地所处的不同的自然环境条件和社会文化条件的基础上，并对当下儿童教育的建筑需求进行实践调研，最终完成一个“儿童文化艺术中心”的设计。建筑规模在 500-700m²，其中包括：

表 3.1 建筑功能分区

功能区	需求
艺术展区	面积 100-150m ² 可设后勤出入口
艺术教室	2 间 每间面积 30-40m ² ，容纳 15-20 人
放映厅（演讲厅）	面积 60-80m ²
餐饮区	面积 30-40m ² 需开至少一面外窗
儿童游戏区（室内）	面积约 30m ²
其他符合儿童教育概念的空间	按需求设置， 体现儿童教育理念，面积自定
辅助功能	按需求设置的楼电梯、门厅、卫 生间等服务空间，面积自定

4. 设计要求

- 1) 满足防火和疏散要求,提倡无障碍设计(防火要求参考《建筑设计防火规范 GB50016-2014》;无障碍设计要求参考《无障碍设计规范》(GB50763-2012));
- 2) 建筑结构至少为三层,其中二层建筑面积不少于一层的 80%、三层建筑面积不少于二层的 80%,允许模型四层或更高,不设地下室(上述面积要求均不设上限,建筑面积计算标准参考《建筑工程建筑面积计算规范》(GB/T 50353-2013));
- 3) 建筑结构每层净高度不小于 4m(即模型每层净高度不小于 10cm),建筑结构模型的底面积不得超过振动台面积(40cm*60cm)。在制作模型时,选手需在每个房间制作一个尺寸为 7cm*7cm*7cm 的方盒,用来盛放竖向荷载。
- 4) 按照 1: 40 比例制作建筑模型,要求完整展现设计意图,不做家具、配景、地段;结构模型中应包含必要的承重构件(如梁,柱等)及非承重构件(幕墙、悬挑、楼梯、坡道、隔墙,窗等)。

注:模型中必须含有外墙、内墙,必须含有窗户洞口和门洞口等(不限制装饰风格),必须含有楼板,其余非承重构件由选手自行选择是否制作。

5. 成果要求

1) 专业组需提交 A1 横板图纸 2 张（电子版），要求包含但不限于以下内容：

表 3.2 专业组图纸要求

图纸	数量（张）
结构设计说明图	1
平面图 1：100	匹配建筑层数
立面图 1：100	2
总平面图 1：500	1
剖面图 1：100	不限
表现图	不限
分析图	不限

2) 兴趣组：

提交建筑设计说明和必要的图纸（电子版，比如平立剖面图），内容和形式不限。其中，建筑设计说明不超过 4000 字，且不超过 7 页 A4 纸。

注：除了必要的图纸之外，所有参赛选手需要提供最终的建筑结构实物模型。

6. 模型示意图

建筑结构模型可参考图 3.1。



图 3.1 建筑结构模型示意图

四、结构方案要求

1. 结构方案与建筑方案相匹配

选手需根据荷载条件对结构方案进行设计，并且应**与本组的建筑方案所契合**。

结构与建筑模型为一体，即该模型既作为结构模型进行加载，同时也作为建筑模型进行建筑设计评比。结构模型中应包含必要的承重构件（如梁，柱等）及非承重构件（隔墙，窗等）。

2. 成果要求

1) 专业组：

a. 结构设计计算书：结构设计计算书包括但不限于荷载分析、结构选型、计算简图、内力分析、承载能力估算。

b. 结构模型（实物）：要求模型制作符合设计制作要求，并与建筑方案和计算书一致。

注：全部由大二选手组成的专业组不需要提交结构设计计算书，只需提交结构方案设计说明，内容和形式不限，不设置字数和页数限制。

c. 结构平面布置图：需按照模型尺寸绘制结构平面图并标注，用以核查各房间面积及建筑面积是否符合要求，需提交 dwg 格式图纸。

2) 兴趣组：

a. 结构方案设计说明（电子版）：形式和内容不限，不超过 4000 字且不超过 7 页 A4 纸（封面除外）。

b. 结构模型（实物）：要求模型制作符合设计制作要求，并与建筑方案结构设计说明一致。

c. 结构平面布置图：需按照模型尺寸绘制结构平面图并标注，用以核查各房间面积及建筑面积是否符合要求，需提交 dwg 格式图纸。

3. 其他：

1) 各参赛队仅能提交一份作品，作品应力求创造性，结构合理，制作精巧。

2) 作品由各参赛队命名，作品名称必须健康向上，突出特点，经组委会批准后生效。

五、模型材料及工具

1. 本届大赛的模型材料为桐木、通用性 502 胶、u 胶，透明 PVC 片，选手只能采用上述材料搭建模型。组委会会提供制作模型中可能会用到的辅助材料，包括手套、塑料膜、砂纸，以便选手制作模型。辅助材料严禁用于模型构件。规格如下表所示：

表 5.1 材料规格表

材料		规格（mm ² ）
桐木	杆	5*6*1000
		3*5*1000
		2*4*1000
		2*2*1000
	板	1*55*1000
通用性 502 胶、u 胶		瓶
透明 PVC		200*300
手套		副
塑料膜		张
砂纸		张

2. 模型制作所用材料仅限于组委会所提供的材料，允许对所给材料进行正常的切割、使用 502 胶水进行粘连等加工操作，但加工后的材料不得改变力学性能（如：不得使用化学强化剂对木材进行强化）。如模型中采用任何非组委会提供的材料，一经查实，将取消参赛资格。
3. 透明 PVC 片可用于制作模型中的门、窗、墙等构件，**严禁**用于柱、梁、板、节点处。
4. 材性试验报告将在命题讲解时提供，并鼓励选手根据需要做更多的试验。

六、模型加载要求

1. 加载仪器说明

- 1) 加载设备主要由振动台、螺丝、压条、风机、位移计等组成；
- 2) 加载时，结构与振动台面间采用螺丝与压条固定，螺丝与压条尺寸见附图 1，加载台面尺寸见附图 2，选手的结构应能够使用螺丝固定在加载台内；
- 3) 风机尺寸见附图 3。

2. 荷载施加方式

本次大赛荷载分为三个部分，分别记为竖向荷载、风荷载和地震作用。其中，地震作用分为小震作用和大震作用两级。

1) 竖向荷载

荷载采用特定规格的钢丸，钢丸堆放示意图见附图 4。各组在制作模型时应预留出一个小孔，以便将钢丸倒入预置的方盒中，方盒尺寸要求见附图 5。在不同功能区需要放置不同质量的荷载，具体如下所示：

- 艺术展区：100-150m²，3kg；
- 艺术教室：每个 30-40m²，共 2 个，各 1kg；
- 放映厅（演讲厅）：60-80m²，2kg；
- 餐饮区：30-40m²，1.5kg；
- 儿童游戏区（室内）30m²，1kg；
- 其他符合儿童教育概念的空间，每有 20m²布置 0.5kg，不足 20m²的按 20m²计；
- 楼电梯，0.5kg，门厅不计，卫生间 0.5kg；

2) 风荷载

风荷载由风机提供，从模型侧面施加。风荷载可进行调节，当风机开至最大时开始计时，20s 内不出现超过 10mm 的侧移即为通过。风荷载施加的方向与振动台振动的方向一致。

3) 地震作用

在给定的地震波下进行震动加载，分为两级，即小震和大震。在小震作用下，结构不允许发生任何形式的损坏，包括非承重构件的掉落；在大震作用下，结构主要受力构件不应发生损坏，竖向荷载（即钢丸）不能掉落。

比赛中由振动台提供地震荷载，波形详见附图 6。

3. 加载说明

- 1) 加载分为四级，分别为竖向荷载、风荷载、小震作用、大震作用，且风与震不耦合。
- 2) 所有钢丸必须能全程放置在结构上，中途发生掉落或触地则视为本级加载失效，失效后不得进行后续加载。
- 3) 模型在加载仪器上的安装固定只能使用组委会提供的装备，不得自带装备固定。
- 4) 模型须保证在加载全过程中能够稳定地放置在加载仪器上，加载过程中，选手除了可以将

钢丸按要求正常放置指定位置上外，不得以其他任何方式接触结构和加载装置的任何部位。

5) 模型安装由选手完成，工作人员在选手允许的情况下可进行协助配合，工作人员不为安装过程中可能的结构损坏负责。

4. 决赛加载步骤

- 1) 在准备区，电子秤定模型自重，电子秤精度为 0.1g。选手登记需要螺丝数目并配发螺丝，螺丝按照 1g/颗计入结构自重。
- 2) 根据选手提交的结构平面布置图核查模型是否与设计一致。
- 3) 参赛队将模型安装在振动台上。安装时模型与振动台之间采用螺钉、压条连接，裁判校对螺丝数量；若安装时选手不慎破坏了模型结构，不得临时再做修补。安装时间不得超过 5min。
- 4) 队伍中其他选手在安装模型过程中开始答辩展示，时间控制在 3min 以内。评委提问及参赛队员回答，时间控制在 2min 以内。
- 5) 竖向荷载加载，选手示意加载开始后计时开始，选手将钢丸放置到正确的位置上，直到达到荷载要求，加载时间不得超过 5min。选手加载完毕后开始计时，持荷 20s 不失效即为通过。
- 6) 保证结构模型仍旧载有竖向荷载，风机启动，施加风荷载，当风机开至最大时开始计时，持荷 20s 侧移不超过 10mm 即为通过。
- 7) 关闭风机，启动振动台，施加地震作用。首先施加小震作用，地震波持续 20s，如无构件掉落、破坏即为通过，然后施加大震作用，地震波持续 20s，若结构主要受力构件不发生损坏，竖向荷载（即钢丸）不掉落，即为通过所有加载。
- 8) 加载结束后卸除结构模型，同时下一组进入加载区域。

5. 失效条件

凡出现下列情况之一者，即属模型失效：

- 1) 模型无法完成拼装或模型无法按照设计要求正确安装就位；
- 2) 模型因设计原因，导致钢丸无法正常放置在结构模型上；
- 3) 模型加载时发生严重破坏，如结构整体垮塌、倾覆，主要受力构件出现严重破坏等情况；
- 4) 模型加载过程中荷载滑落触地；
- 5) 风荷载作用下侧移超过 10mm；
- 6) 小震作用下出现构件掉落（包括门、窗、外墙等）；

7) 评审委员会认为失效的其它情况。

注：非主要受力构件破坏或者柱脚破坏，但结构没有整体垮塌、倾覆或竖向挠度超限等情况，均视为加载通过。选手在现场对于失效结果有异议，可以提出申诉，由评审委员会裁定，最终结果以评审委员会裁定为准。

七、竞赛规程及要求

1. 专业组、兴趣组定义

a. 专业组：队伍中包含一位或一位以上土木工程暨建设管理系或建筑学院大二年级或大二年级以上本科生。

b. 兴趣组：除了专业组以外的队伍，包括由清华大学 2019 级本科生组成的队伍、由除土木和建筑之外专业本科生组成的队伍等。

2. 参赛人员必须为清华大学本科生，每队人数最多 5 人，不设人数下限。其他人员可向组委会提出申请，获得批准后亦可参加比赛。

3. 参赛队伍需在规定时间内向组委会报名，逾期不接受补报名。

4. 每人只允许参加一个参赛队；各队独立设计、制作。各组作品不得相互抄袭和模仿，如果发现雷同作品，则由裁判团现场备案，并进行裁定，期间相关参赛队可以进行申诉，所有组进行完加载之后，由裁判团宣布是否对相关参赛队进行处罚（取消其参赛成绩）。

5. 初赛时，选手可自行选择时间地点，使用指定材料制作结构。选手需按时提交初赛建筑方案，并在初赛当天指定时间将结构带至通知的地点进行加载，初赛的净空检查和决赛流程相同。

6. 初赛按照加载表现和建筑方案综合成绩进行排名，专业组前 12 组参赛队获得决赛资格。决赛时，各组选手按照初赛加载得分排名的倒序，即由低到高的顺序出场。

7. 选手决赛参赛作品与初赛参赛作品须保持结构形式一致，且决赛作品相比初赛作品结构**质量增加不得超过 20g**，质量减轻不限，违规者取消参赛资格。

8. 仪器和设备不可避免的有一定的制作误差，请选手谅解并在制作中予以考虑。组委会将在初赛前组织预加载环节，请选手踊跃参加。

9. 兴趣组进入决赛组数将根据报名人数确定，报名后公布。

10. 兴趣组决赛提前于专业组进行，不参与现场答辩，优秀作品可受邀参与决赛场外展示和现场加载表演。

11. 如遇不可抗因素导致比赛无法顺利进行，由组委会和评审委员会协商给出解决方案。

12. 由于赛题疏漏等因素导致的问题，选手可进行上诉，由组委会和评审委员会裁定，最终以裁定结果为准。

八、评分细则

（一）初赛

初赛得分 C 由建筑方案评分 C_1 和加载表现得分 C_2 组成，其中

$$C = C_1 + C_2$$

1. 建筑方案评分 C_1

组委会将邀请建筑学院评委老师或研究生就选手所提交的建筑方案（专业组提供渲染图，兴趣组提交建筑设计说明）进行打分，评分标准为建筑设计概念，建筑模型质量，二者匹配程度，满分为45分。去掉一个最高分和一个最低分后，以平均分计为选手建筑方案评分 C_1 。

2. 加载表现得分 C_2

初赛施加荷载分为四级，分别为竖向荷载、风荷载、小震作用和大震作用，评分满分为55分，各级荷载满分所占比例为10：15：10：20。对于通过第 i 级荷载的结构模型，第 j 位选手结构模型质量为 $w_{i,j}$ ，所有通过该级荷载选手结构模型的最小质量为 $w_{i,min}$ ，则第 j 位选手的结构模型得分为

$$C_2 = 10 \times \frac{w_{1,min}}{w_{1,j}} + 15 \times \frac{w_{2,min}}{w_{2,j}} + 10 \times \frac{w_{3,min}}{w_{3,j}} + 20 \times \frac{w_{4,min}}{w_{4,j}}$$

备注：兴趣组不要求提交渲染图，要求必须有结构设计说明，平立剖图选作。

（二）决赛

决赛评分 S 由建筑方案得分 S_1 、结构方案得分 S_2 、现场展示得分 S_3 和加载表现得分 S_4 四部分组成，同时设置折减系数 β ，将扣分项以百分比的形式作用于该组的最终得分。

$$S = (S_1 + S_2 + S_3 + S_4) \times \beta$$

1. 建筑方案得分 S_1

建筑方案得分满分为45分，由现场评委根据选手提交的建筑方案和建筑结构模型进行评级（兴趣组提供建筑设计说明和必要图纸给老师评分），以平均分计为选手建筑方案评分 S_1 。

其中，建筑图纸的满分为 30 分，提前交由老师打分；建筑模型满分为 15 分，决赛现场交由老师打分。

2. 结构方案得分 S_2

结构方案得分满分为 5 分，由现场结构方向的评委根据选手提交的结构设计计算书进行打分（完全由大二选手组成的参赛队可使用结构设计说明代替计算书，兴趣组提供结构设计说明给老师评分），以平均分计为选手结构方案评分 S_2 。

3. 现场展示得分 S_3

所有专业组成员需要进行不超过 5 分钟的现场答辩。现场答辩得分满分为 5 分，由评委老师针对选手现场展示水平和回答问题水平直接给出综合得分。评审委员将在选手答辩后现场进行评分，并在去掉一个最高分和一个最低分后，以平均分计作为选手现场展示得分 S_3 。对于兴趣组，此部分直接以满分计入成绩。

4. 加载表现得分 S_4

加载表现得分 S_4 满分为 45 分，分别为竖向荷载、风荷载、小震作用和大震作用，各级荷载满分所占比例为 10：15：10：20。对于通过第 i 级荷载的结构模型，第 j 位选手结构模型质量为 $w_{i,j}$ ，所有通过该级荷载选手结构模型的最小质量为 $w_{i,min}$ ，则第 j 位选手的结构模型得分为

$$S_4 = \left(10 \times \frac{w_{1,min}}{w_{1,j}} + 15 \times \frac{w_{2,min}}{w_{2,j}} + 10 \times \frac{w_{3,min}}{w_{3,j}} + 20 \times \frac{w_{4,min}}{w_{4,j}} \right) \times \frac{45}{55}$$

（三）扣分项

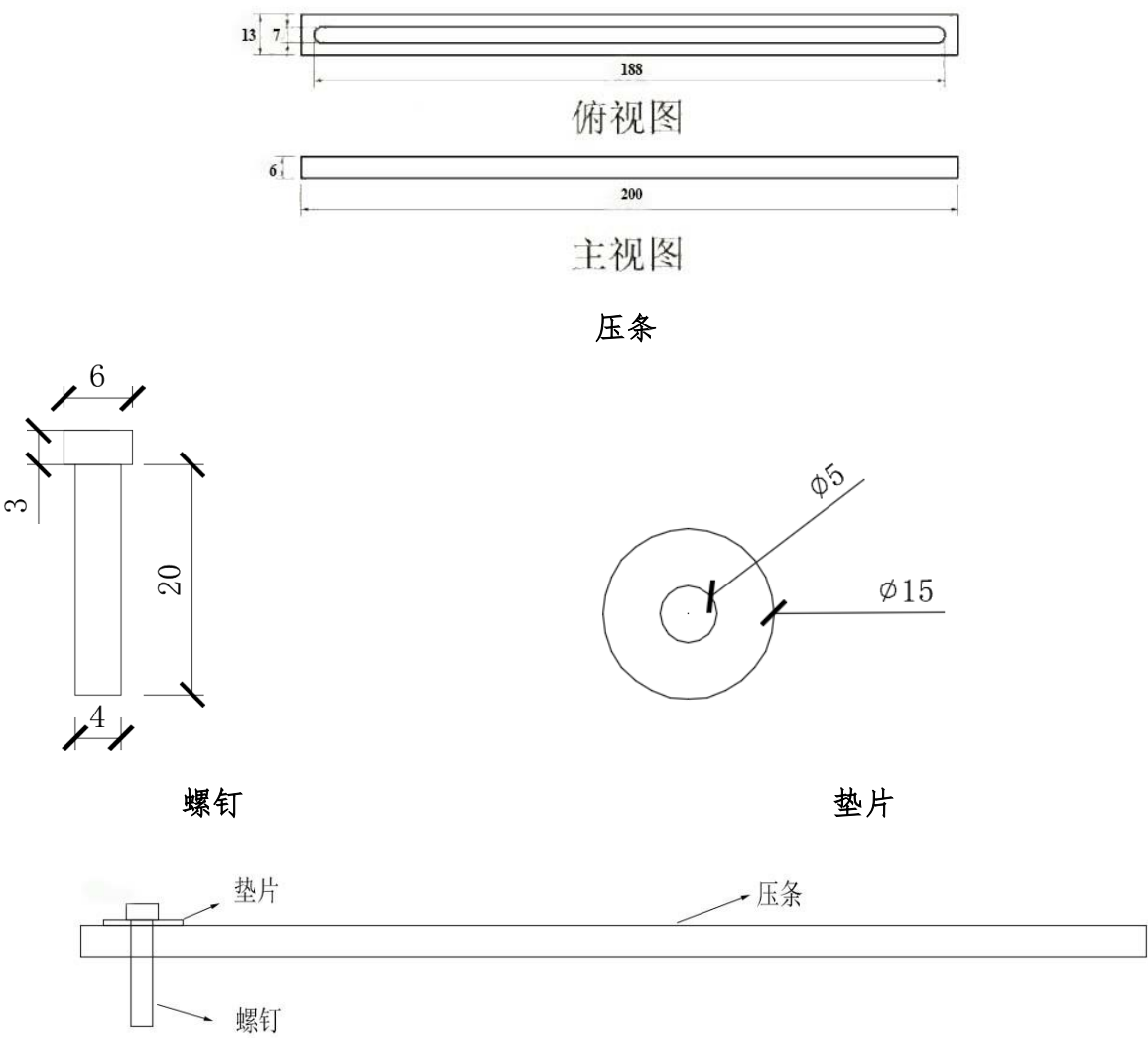
所有扣分项以百分比的折减系数的形式作用于选手所得总成绩，扣分项所占百分比可叠加，具体内容包括：

1. 材料提交超时扣分：材料提交包括赛程要求的所有电子版材料，每迟交 1h 扣分 0.2%，不足 1h 按 1h 计，最高累积到 5%；迟交两天之后赛事组委会拒绝接收相关材料；材料提交时间以邮件发送时间为准。

2. 安装超时扣分：把模型安装至加载台不得超过 5min，每超时 1min 扣分 0.5%，不足 1min 按 1min 计；
3. 加载超时扣分：参赛选手需要在现场将指定质量的荷载放置在相应位置上，加载时间不超过 8min，每超时 1min 扣分 0.5%，不足 1min 按 1min 计；
4. 建筑面积不足扣分：建筑面积低于 500m^2 时，每少 1m^2 扣分 1%，不足 1m^2 按 1m^2 计。建筑面积超过规定者不扣分。

附图（无特殊说明，所有尺寸单位 mm）

附图 1 螺丝与压条尺寸

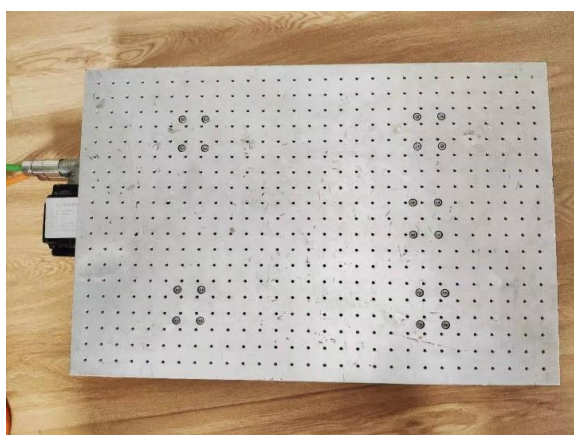
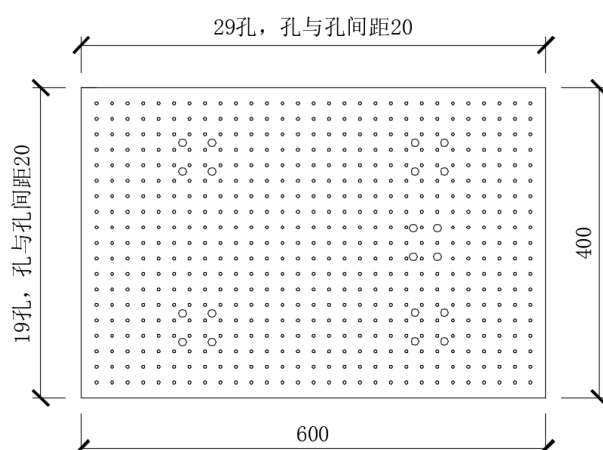


组装示意

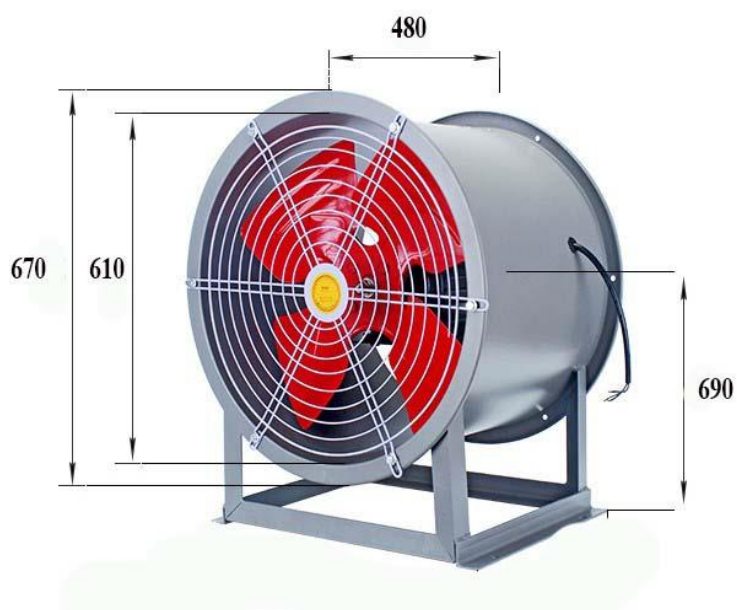


实物图

附图 2 加载台面尺寸



附图 3 风机尺寸



风机规格参数可见下表：

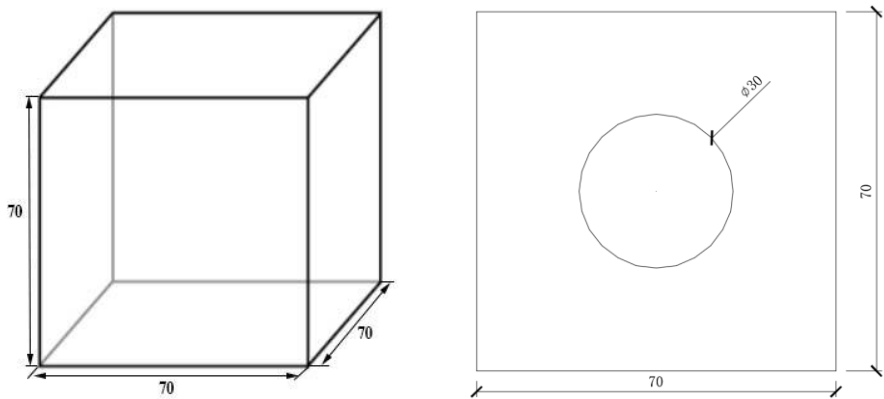
型号	SF6_4
功率(kw)	2.2
转速(r/min)	1450
风量(立方米/时)	18700
全压(pa)	300
噪音(Db/A)	80
D(内直径)(mm)	610
D1(外直径)(mm)	670
L(厚度)(mm)	480
H(支架高度)(mm)	690

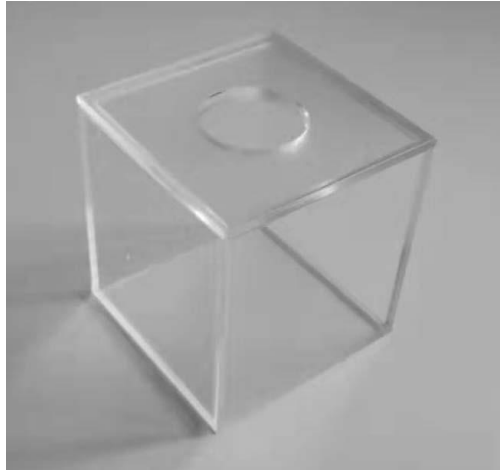
附图 4 钢丸堆放



钢丸堆放实物图

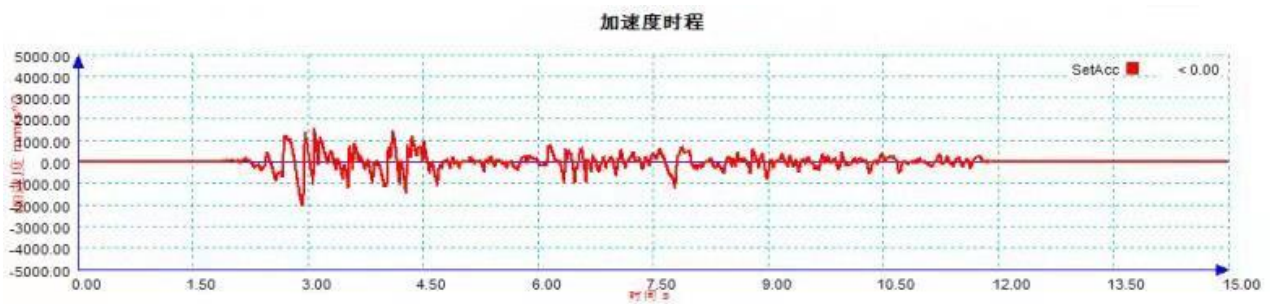
附图 5 方盒尺寸



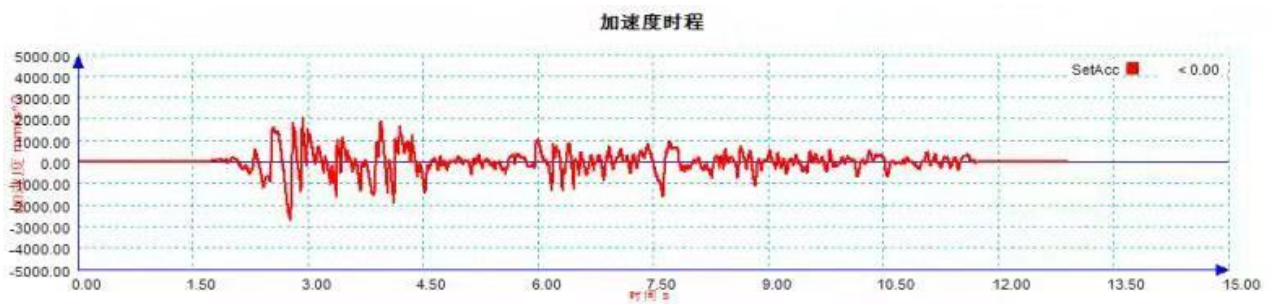


附图 6 地震波形

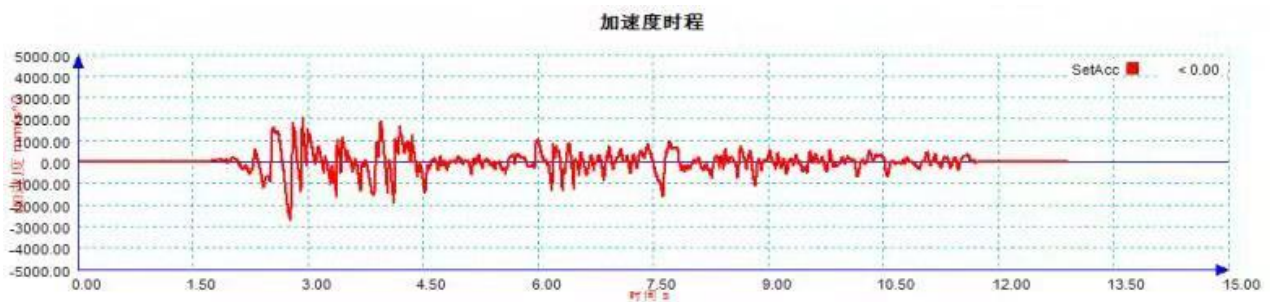
以下所有波形持时为 10s，加载时循环两次，总时长 20s。



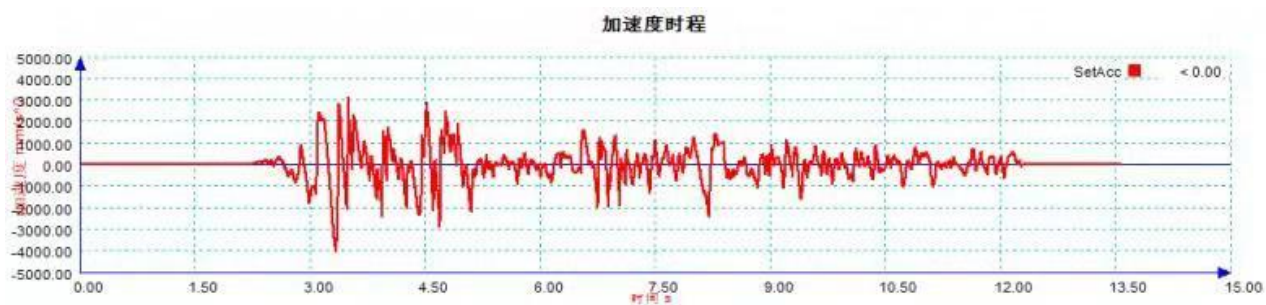
初赛小震波形（相比附件 6 中波形放大 6 倍）



初赛大震波形（相比附件 6 中波形放大 8 倍）



决赛小震波形（相比附件 6 中波形放大 8 倍）



决赛大震波形（相比附件 6 中波形放大 12 倍）