



清华大学第二十四届结构设计大赛组委会文件

组字〔2018〕001号

清华大学第二十四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。本次大赛要求选手在实地调研基础上，对现状环境进行梳理，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，希望选手将形式、功能的设计与结构设计相结合，实现建筑方案与结构方案的协调。

在经济全球化和城市化运动的影响下，我国城市复兴和建设更新的进程日益加剧；同时，随着国家文化政策的转变及人们生活水平精神文明素养的提高提升，各地涌现出文化热形式多样的文化热潮。剧场作为国家文化业和服务业的组成部分和城市文化的表征，也迎来前所未有的建设高峰。但这种大规模的剧场建设并不是计划经济时期传统设计、建造模式的简单延续，而是应代之以新的剧场面貌和类型，同时剧场设计也发生了更新演变。与此对应，市场化经营环境使得剧场在大踏步前进和大规模建设中，既面临计划时期过去建设中的固有的问题，也承担着探索新建大剧院模式的任务。目前，如剧场面临的单一化更替，剧场定位与市场相脱离，剧场“建得起，用不起”现象，剧场资源的孤立封闭，剧场的经营业态单一倾向，剧场的专业化和多功能选择矛盾，剧场的“重空间，轻经营”现象，剧场的“形式大于功能”现象，剧场与城市复兴的脱节等问题，都亟待解决。这些问题都需要剧场真实面对，而且需要从设计的根源上加以消化解决，加之以着眼未来的探索与创新，从而使整个演艺市场得以完善运转满足甚至引领未来的需求。

清华大学第二十四届结构设计大赛以此为背景，要求选手在北京工人体育馆东门入口南侧设计综合性城市音乐厅。选手需同时完成建筑方案和结构方案，要求建筑设计能充分激发城市周边绿地的活力，创造有意义的社区空间，同时要求结构设计可靠经济。选手将在设计过程中体验建筑与结构的协调，充分体验学科交叉的魅力，培养同学们的团队协作与创新设计意识，为未来学习、科研和工作打下扎实的基础。

二、赛题概述

1. 建筑方案

为了更好地满足居民精神文化需求，发掘城市潜在空间，激发城市活力，创造更适宜的人居环境，现拟在北京工人体育馆东入口南侧建设综合性音乐厅，服务周围居民。本次设计要求在充分考虑现有环境的基础上，发现地段现状存在的问题，并提出有针对性的解决方案。参赛者需按设计要求，完成建筑设计方案。

2. 结构方案

选手需要根据实际建筑设计方案，按照比例抽象出结构方案，并制作出比赛结构，然后进行结构加载试验。结构加载采用水平荷载、挑台荷载和集中竖向荷载方式，各构件与连接节点采用组委会提供的桐木和 502 胶水制作。

三、建筑方案要求

1. 设计要求

- 1) 选址：北京朝阳区工人体育馆东入口南侧，地段信息见图 1，建筑总面积为 8000 至 20000 平方米。
- 2) 功能区需求：

功能区	需求
主音乐厅	包括舞台和 1000 座以上座位； 舞台、坐席类型自定； 内部需带有悬挑看台 ¹
剧场	包括舞台和 400 座以上座位； 舞台、坐席类型自定
排练室	2 间，每间面积不小于 100m ²
琴房	5 间，每间约 10m ²
办公室	5 间，每间约 20m ²
会议室	3 间，每间约 30m ²
门厅	数量、面积自定
辅助功能	按需求设置的走道、后台、售卖区、展览区、 休息区、卫生间、盥洗室、更衣室等；室外 设置停车空间、集散空地等。面积自定。

¹ 音乐厅内应避免视线遮挡。
注：鉴于剧场功能的复杂性，本次赛题建筑部分可适当淡化功能要求，赛题更强调剧场对环境的应对以及对新型模式的探讨。

表 3.1

- 3) 定期可以将部分空间开放为社区的公共活动空间；
- 4) 鼓励发掘场地优势、设计实用的新型场馆形式，全时段服务更多人群；

2. 用地说明：

建设用地示意图见图 1、2，选手需根据周围环境及交通情况自行规划场地利用。

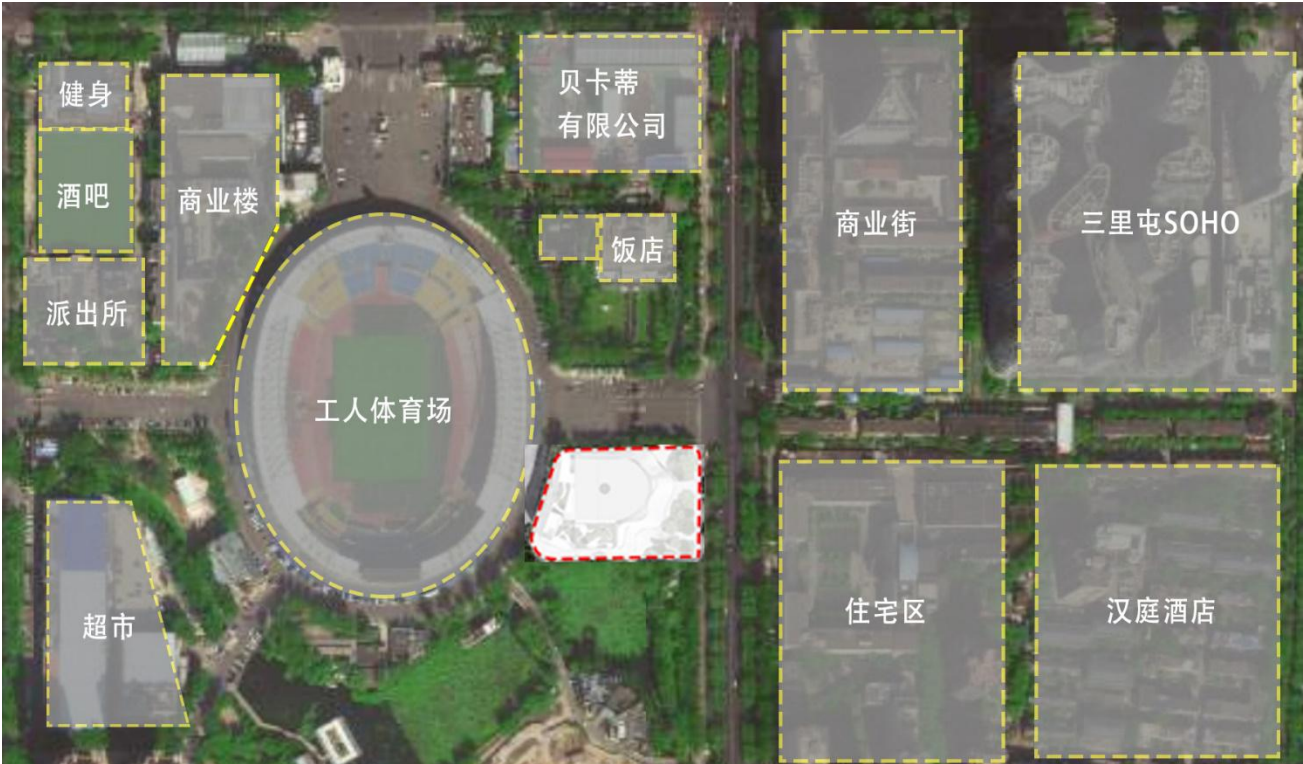


图 3.1 场地环境示意图

3. 成果要求

- 1) 专业组：

图纸	数量（张）
结构设计说明图	1
平面图 1:500 ²	1~2
立面图 1:500	1~2
总平面图 1:1000	1~2
剖面图 1:500	1~2
透视图	不限

² 建筑平面图可作简化表达，以突出概念为主。

分析图	不限
-----	----

表 3.2

2) 新生组和外系组:

提交建筑设计说明和必要的图纸(电子版),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。

四、结构方案要求

1. 结构方案与建筑方案匹配:

选手需根据建筑设计方案按照比例抽象出具体的结构方案,且结构方案和建筑方案应该满足下述要求,示例见图 4.1 和图 4.2。

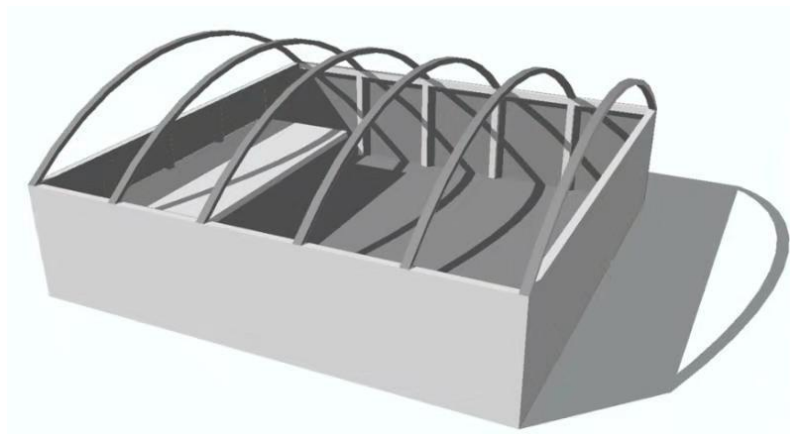


图 4.1 建筑方案设计示意图

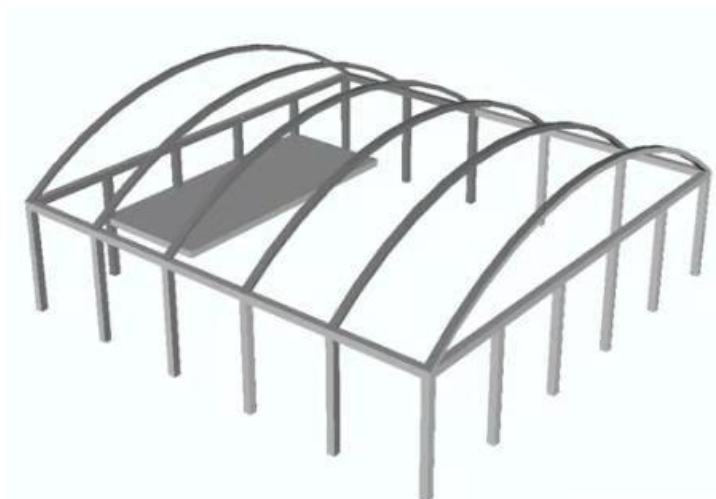


图 4.2 抽象出的结构方案示意图

建筑方案与结构方案的匹配度将作为评分的一部分,由现场评委评定,不合格者将被取消比赛资格。结构方案中的构件尺寸缩小后可以与真实结构方案有差异,由选手根据实际结构加载的荷载条件自行确定,

但选手不得改变结构形式（包括构件形状）。

注：结构模型要求（4.2 节）部分所列的不需要匹配的部分不影响该得分。

2. 结构模型要求：

几种典型的平面示例如下，实线部分为净空区域投影，虚线为建筑外轮廓：

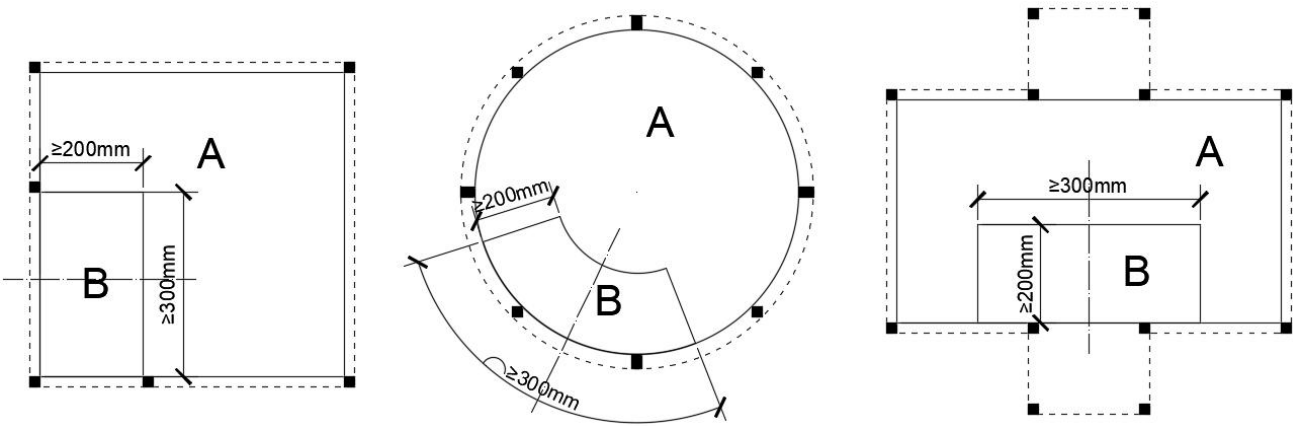


图 4.3 结构平面尺寸示例

- 1) 结构净空分为两个区域，A 与 B 的并集应在水平面上为平面凸图形，且面积不小于 4800cm^2
- 2) A 区域为大空间区域，在该区域内，从加载台面往上 300mm 不得存在任何构件。
- 3) B 区域为挑台区域，挑台由外侧悬挑伸入，主体形状与建筑方案契合。B 区域看台下，从加载台面往上 200mm 不得存在任何构件，从 B 区域看台上侧任意一点出发，竖直向上 100mm 内不得存在任何构件。为保证看台实际使用效果，AB 区域交界处同样满足 B 区域的净空限制。
- 4) 净空要求的空间内不得设置任何支撑结构（建筑内部必要的分隔结构，只要不作为受力结构，均可以正常设置并在建筑方案中绘出，但不得在结构中设置）

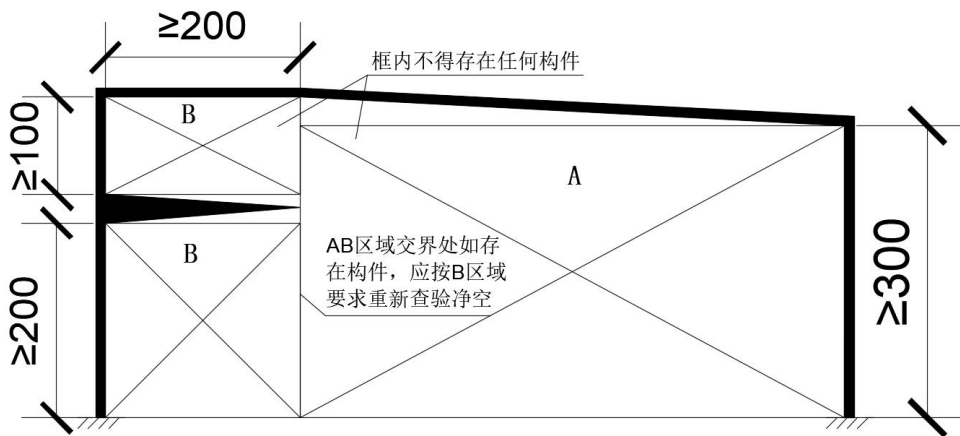


图 4.4 结构截面尺寸示例

- 5) 选手需提前选定一侧以承受水平荷载（详见加载要求），看台不得布置在承受水平荷载的一侧。
- 6) 挑台水平投影的形状应存在沿短边方向的对称轴，挑台外边缘任意位置悬挑的长度不得小于 200mm，挑

台长度不得小于 300mm（若挑台形状不规则，以外侧边缘长度记），挑台面积不得小于 600cm^2

- 7) 加载台台面尺寸为 $1200\text{mm} \times 1200\text{mm}$ ，选手从建筑方案中抽象出来的结构应能够使用自攻螺丝固定在加载台内，并覆盖位于台中心半径 $R=250\text{mm}$ 上的圆形区域（详见加载要求），结构屋面或其他部分的延伸、悬挑等结构可以超出加载台，但不得与加载台有接触。

3. 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。

2) 新生组和外系组：

- 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。

4. 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，即结构构件材料为桐木、通用性 502 胶，材料价目表如下表所示：

材料		规格（mm ² ）	单价（元）
桐木	杆	5*6*1000	0.5
		3*5*1000	0.5
		2*4*1000	0.5
		2*2*1000	0.5
	板	1*55*1000	2.0
通用性 502 胶		瓶	2.0

表 5.1

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. 材性试验报告将在开幕式后一周内提供，并鼓励选手根据需要做更多的试验。

4. 选手自备制作工具。

六、模型加载要求

（一）加载仪器说明

1. 加载设备主要由加载台、自攻螺丝、高强尼龙绳、滑轮组、砝码盘和砝码组成。

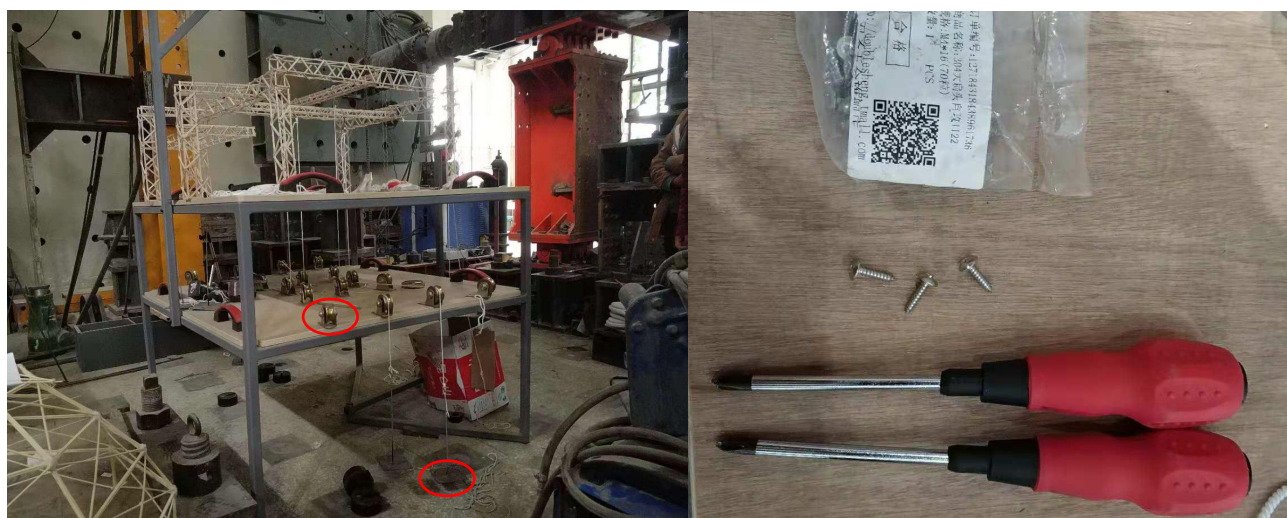


图 6.1 加载设备

2. 加载台采用可拆卸式台面，在决赛时可实现轮换，结构与台面间采用自攻螺丝固定。

3. 加载台面尺寸如图所示，选手的结构应能够使用自攻螺丝固定在加载台内，并覆盖位于台中心半径 $R=250\text{ mm}$ 上的圆形孔洞区域。

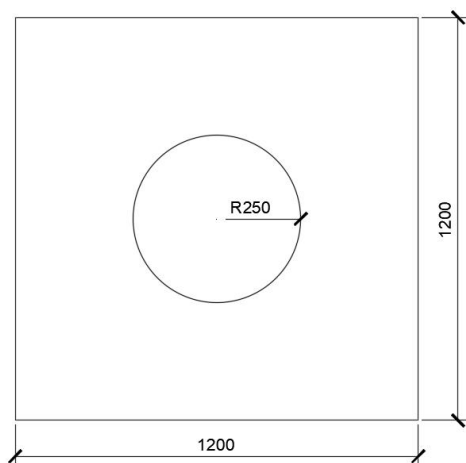


图 6.2 台面尺寸示意图

(二) 荷载施加方式概述

本次大赛荷载分为三个部分，分别记为竖直荷载、水平荷载和挑台荷载。

1. 竖直荷载

在加载台下层中心半径 $R=150\text{ mm}$ 的圆上设置 4 个加载点（位置确定如下图所示），加载点正上方应存在结构构件。在加载开始前，在加载点正上方对应位置固定绳套。（尼龙绳仅可用于加载，不得用于其他部位，尼龙绳质量不计入结构质量）通过铁钩、尼龙绳及砝码托，将砝码荷载传递至绳套处，对结构施加竖直向下的荷载。加载过程中，尼龙绳保持竖直，结构上的绑绳不得出现超过 10mm 的滑移。选手在制作结构时，应标注加载位置并在两侧分别绘制 10 mm 误差线。

初赛时的竖直荷载为 16kg ，由四个加载点平均分担。

决赛时规定第一级竖直荷载最低为 16kg ，采用分级加载的方式进行，由选手自行决定两级荷载的数值。荷载以 4kg 为单位，由四个加载点平均分配，第二级荷载需大于第一级荷载。

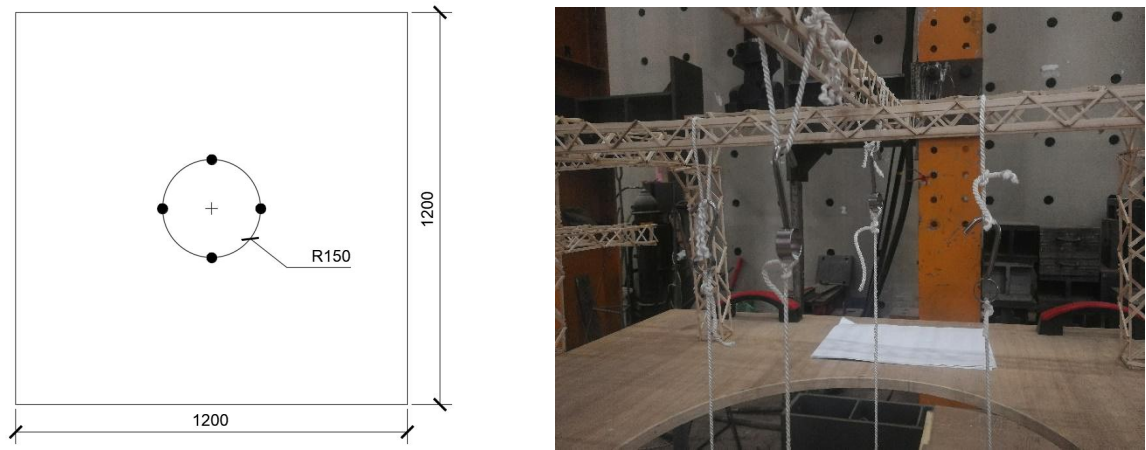


图 6.3 集中荷载位置及传力方式

2. 水平荷载

与竖直荷载相似，通过铁钩、尼龙绳及砝码托，将砝码荷载传递至绳套处，对结构施加水平方向的荷载。加载过程中，尼龙绳保持水平，绳套不得出现超过 10mm 的滑移。选手在制作结构时，应标注加载位置并在两侧分别绘制 10mm 误差线。加载点高度不小于 300mm ，不大于 500mm 。加载点在水平面上的位置位于结构在该侧的中点，若形状不规则，取平行于加载台边的投影线³中点。

³ 投影线：将结构水平投影向施加水平荷载一侧的加载台边缘线投影所得的线段。在水平荷载平面内，过线段中点向结构方向引垂直于投影线的射线，与结构交于的第一点即为水平荷载加载点。

初赛时水平荷载为 4kg，方向垂直于加载台边；决赛时水平荷载为 6kg，方向与选手选定的投影线成一定夹角，加载位置固定如图所示。

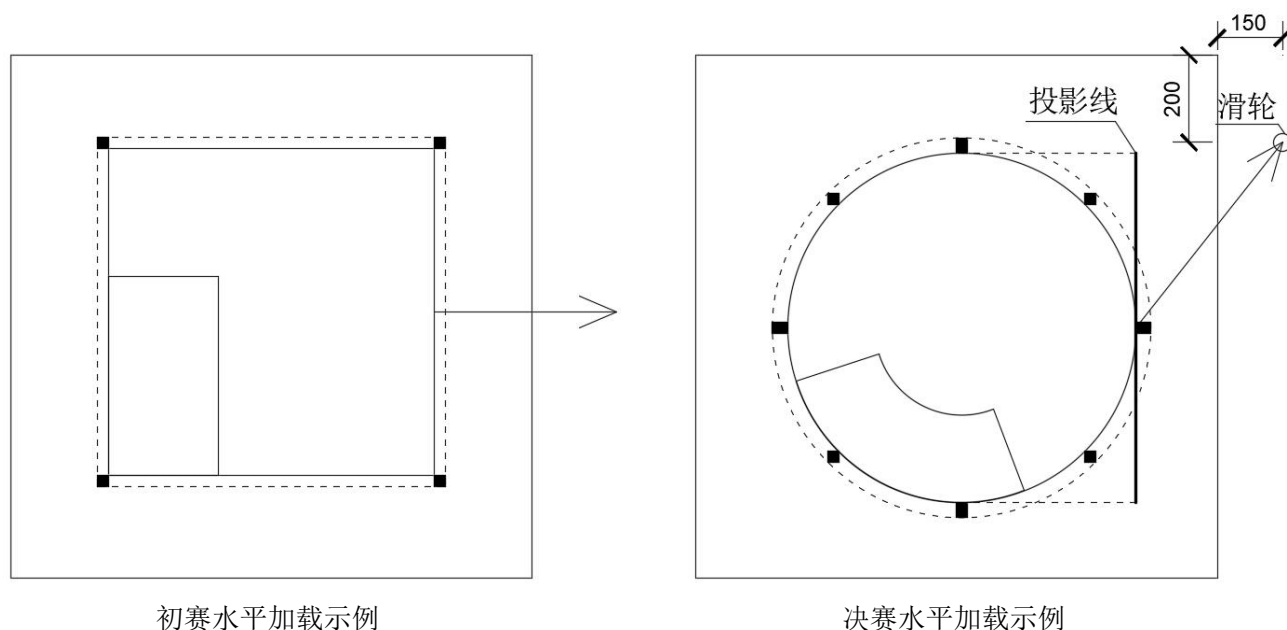


图 6.3



图 6.4 决赛水平加载

3. 挑台荷载

挑台荷载直接由砝码施加，选手制作挑台时，应考虑可以放置四摞直径 100mm 的圆盘形砝码。施加荷载时，四摞砝码应按照正方形布置居中放置。加载后，如裁判组一致认为砝码放置位置不合适，裁判有权要求选手将砝码放在重新指定的位置。

初赛时挑台荷载为 4kg（分为四摞），决赛时挑台荷载为 6kg（分为四摞），分布方式如图。

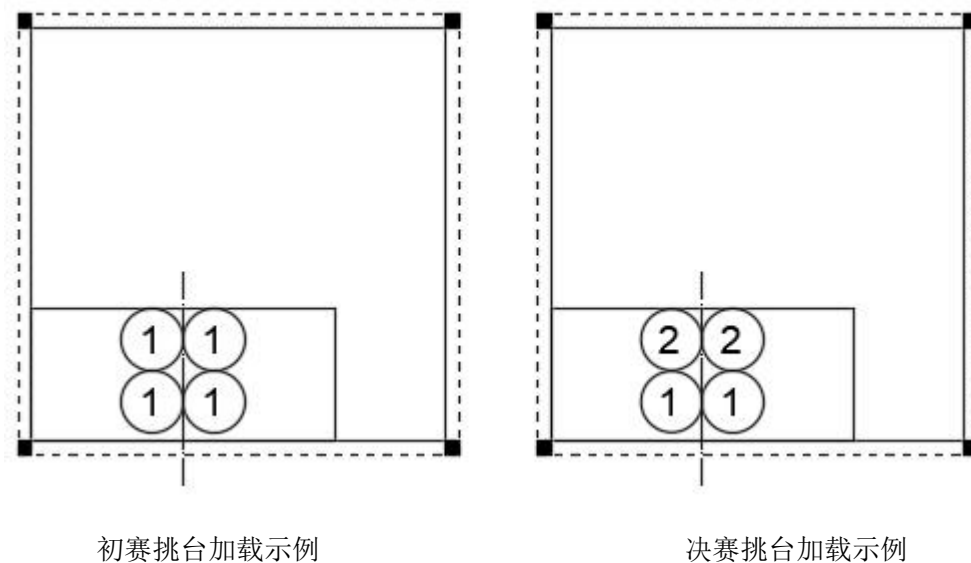


图 6.5

(三) 加载说明

1. 初赛时，规定竖直加载质量为 16kg，水平加载质量为 4kg，挑台加载质量为 4kg，加载完成后持荷 20s，20s 后结构未破坏则通过加载，即可参与初赛排名。
2. 挑台荷载砝码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。
3. 模型在加载仪器上的安装固定只能使用组委会提供的自攻螺丝，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，选手除了放置砝码的必要措施外，不得以其他任何方式接触结构的任何部位。
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。

(四) 决赛加载步骤

1. 在准备区，电子秤定模型自重，电子称精度为 0.1g。选手登记需要自攻螺丝数目并配发螺丝，螺丝按照 1g/ 颗计入结构自重。
2. 参赛队将模型安装在承台板上，承台板为 1200 mm（长）×1200 mm（宽）的生态木板，中部开设了可通过加载尼龙绳的孔洞（孔洞半径 250 mm）。安装时模型与承台板之间采用自攻螺钉连接，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。与此同时，选手在五个加载点绑定绳套。安装时间不得超过 15 分钟，每超过 1 分钟总分扣去 1 分，扣分累加。
3. 上台前选手提交比赛结构（已固定于承台板），工作人员现场测量模型尺寸、绳套位置及误差线是否符合要求。

4. 参赛队将安装好模型的承台板抬至加载台支架上，用 G 型木工夹夹住底板和加载台。将加载绳末端的钩子钩到各加载点绳套上，每个砝码托及加载绳的质量之和约为每套 500g（不计入成绩），调节水平加载板的位置，确保所有尼龙绳大致水平或竖直，如裁判检查不合格，不得进行加载。
5. 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 3 分钟以内。评委提问及参赛队员回答，时间控制在 2 分钟以内。
加载过程：荷载施加按以下步骤进行，总的加载时间不超过 5min：
 - （1）第一级竖直荷载：选手示意加载开始后计时开始，选手将砝码放置到四个砝码托内，直到达到第一级荷载
 - （2）挑台荷载：选手将 6kg 砝码放置到挑台指定位置。
 - （3）水平荷载：选手将 6kg 砝码放置入水平荷载砝码托，完成后选手可示意工作人员检查判定（步骤 1~3 顺序可由选手自行决定）。
 - （4）开始计时，同时身体离开模型，持荷 20s。若结构失效，则结束加载，结构承载质量记为 0kg；若结构未失效，则第一级加载成功，计时暂停，记录第一级竖直荷载，准备第二级加载；第二级加载：在第一级加载成功后，可选择是否进行第二次加载，若放弃加载，则最终加载成绩为第一级加载质量。若继续加载，计时继续，继续放置砝码至砝码托，直至第二级加载质量，选手可示意工作人员开始计时，同时身体离开模型，持荷 20s，若结构失效，则最终成绩为第一级加载成绩，若结构未失效，则最终成绩为第二级加载成绩。
6. 加载超时说明：第一级加载的持荷时间算入总的加载过程中（5min），第二级加载的持荷时间不计入总时间，因此选手需在 5min 内放置完第二级加载的砝码。若第一级加载超时（超过 5min），**每超时 10s 惩罚自重质量 10g**，超时秒数的个位不足 10s 按 10s 记，同时不得进行第二级加载。若第二级加载超时，即在 5min 内未加载到上报的第二级加载质量，则视作第二级加载失效，只记录第一级加载成绩。
7. 加载结束后卸除承台板，同时下一组进入加载区域。

（五）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，如柱脚无法完全放置在加载台内等情况，详情参照四、结构方案要求；
2. 模型因设计原因，导致砝码无法正常放置在挑台上或绳套位置偏差过大；
3. 因模型的部件障碍、变形过大、整体翘起或模型发生破坏等原因，使得砝码无法稳定放置、尼龙绳无法保持竖直；

4. 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；
5. 模型加载过程中砝码滑落触地。
6. 加载过程中竖向挠度过大，模型屋面中心最小净高小于 250 mm。
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。由于赛题难免考虑不周，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、新生组、外系组定义

- 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. 新生组：完全由清华大学 2018 级本科生组成的队伍。
- c. 外系组：完全由除土木和建筑之外专业本科生组成的队伍。

（注：同时满足新生组和外系组要求的队伍可自由选择参赛组别）

2. 参赛人员必须为清华大学本科生或其他受邀参赛人员，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。
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. 初赛后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，先由组委会称量各组结构的质量，由重到轻确定各组决赛加载顺序，出现结构失效的情况则淘汰出赛。所以选手加载完成后根据评委打分结果计算综合成绩。具体计算方式见评分细则。
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，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若干次预加载环节，请选手踊跃参加。

9. 新生组和外系组进入决赛组数将根据报名人数确定，初赛结束后公布。
10. 新生组和外系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

$$C = 0.4 \times C_1 + 0.6 \times C_2$$

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（新生组和外系组提供建筑设计说明）进行打分，满分为 100 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

对于通过初赛荷载的结构模型，选手结构模型质量为 w_i ，结构模型质量集合为 $\{w_i\}$ ，建筑方案评分集合为 $\{C_{1i}\}$ ，则选手的结构模型得分为

$$C_2 = \min(\{C_{1i}\}) + \frac{(\max(\{C_{1i}\}) - \min(\{C_{1i}\})) \times (\max(\{w_i\}) - w_i)}{\max(\{w_i\}) - \min(\{w_i\})}$$

未通过加载的选手直接失去决赛资格。

备注：新生组和外系组模型质量集合 $\{w_i\}$ 和建筑方案评分集合 $\{C_{1i}\}$ 只包含本组内结构的数据，算法相同。

新生组和外系组进入决赛组数根据报名人数确定，初赛结束后公布。对所有组别，初赛成绩对决赛成绩无影响。

（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 ，加载表现得分 S_4 和附加分 S_5 四部分组成，其中加载表现评分从荷载等级和承载效率两个方面进行评定。

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5$$

1. 建筑方案得分 S_1

建筑方案得分满分为 40 分，由现场评委根据选手提交的建筑方案进行评分（新生组和外系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 。

2. 结构方案得分 S_2

结构方案得分满分为 5 分，由现场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，新生组和外系组提供结构设计说明给老师评分），以平均分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 。对于新生组和外系组，此部分直接以满分计入成绩。

4. 加载表现得分 S_4

加载得分 S_4 满分为 45 分，从结构配重等级和承载效率两个方面进行评定，计算公式如下：

$$S_4 = 45 \times (\beta_1 S_{load} \times \beta_2 S_{weight})$$

（1）配重等级评分 S_{load}

各参赛组在决赛中放置竖直荷载最小为 16kg，所加荷载质量越大，加载成功后得到的分数越高。失效结构不参与评分。

结构荷载等级得分 S_{load} 按下式进行计算：

$$S_{load} = 1 - \frac{L_{max} - L}{L_{max} - L_{min}} \times 40\%$$

其中， L 表示该参赛组的竖直荷载质量， L_{min} 表示在所有通过加载的参赛队中所加最小的竖直荷载质量， L_{max} 表示在所有通过加载的参赛队中所加最大的竖直荷载质量。

（2）结构自重评分 S_{weight}

各参赛组的结构自重 G 将在拼装前进行称重，精确到 0.1g，承载效率评分 S_{weight} 按下式进行计算：

$$S_{weight} = 1 - \frac{g - g_{min}}{g_{max} - g_{min}} \times 60\%$$

其中， g 表示该参赛组的结构自重， g_{min} 表示在所有通过加载的参赛队中最小的自重， g_{max} 表示在所有通过加载的参赛队中最大的自重。

（3）系数 β_1 与 β_2 的确定

决赛系数将根据所有通过初赛的专业组选手的实际情况进行设置。记 V_{load} 为决赛准备阶段各入围专业组选手提交的配重质量等级的初步计算得分 S_{load} 的变异系数， V_{weight} 为所有入围决赛的专业组选手的承载效率评分 S_{weight} 的变异系数，决赛系数 β_1 与 β_2 按下式确定：

$$\begin{cases} \beta_1 + \beta_2 = 1 \\ \beta_1/\beta_2 = V_{load}/V_{weight} \end{cases}$$

但， β_1 与 β_2 ，若大于 0.6，取 0.6；若小于 0.4，取 0.4。

新生组和外系组不另外计算系数，决赛系数与专业组相同。

附：变异系数的计算方法提供如下：

$$V_{\text{weight}} = \frac{S_{\text{weight}}}{\bar{x}_{\text{weight}}}$$

其中，

$$\bar{x}_{\text{weight}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{\text{weight},i}$$

$$S_{\text{weight}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (S_{\text{weight},i} - \bar{x}_{\text{weight}})^2}$$

式中，n 表示通过初赛的专业组选手小组数量， $S_{\text{weight},i}$ 表示第 i 小组的拼装时间分项得分 S_{weight} 。 V_{load} 的计算方法相同，不再赘述。

5. 附加分 S_5

附加分 S_5 满分为 5 分，考虑选手的建筑方案与结构方案的契合度，由评委老师直接打分，并在去掉一个最高分和一个最低分后取平均分作为最终得分。

注：若选手附加分得分低于 2.5 分，则其作品判定为不合格，最终成绩无效。