

四川省第六届大学生结构设计竞赛赛题

岩土工程组

四川省第六届大学生结构设计竞赛组委会

四川农业大学土木工程学院

2020年1月3日

目 录

1 命题背景.....	1
2 赛题概述.....	2
3 模型总体情况.....	3
3.1 基本参数:	3
3.2. 挡土墙建造.....	4
3.3. 材料和工具.....	5
4 模型制作和安装要求.....	6
4.1 制作要求.....	6
4.2 安装要求.....	7
5 挡土墙加载及测试.....	8
5.1 堆载加载.....	8
5.2 冲击荷载加载（图示）.....	8
6 模型失效评判依据.....	9
7 评分标准.....	9
7.1 模型设计与制作质量.....	9
7.2 计算书.....	10
7.3 陈述与答辩.....	10
7.4 加载测试.....	10

考虑堆载和滚石影响下的边坡支护结构设计

1 命题背景

2008年汶川8.0级地震发生以来，我国接连发生多起地震，四川更是地震的重灾区，芦山（2013年）、康定（2014年）、九寨沟（2017年）、长宁（2019年）接连遭遇8度以上地震。斜坡上的土体或者岩体，受河流冲刷、地下水活动、雨水浸泡、地震及人工切坡等因素影响，在重力作用下沿着一定的软弱面或者软弱带，顺坡向下滑动形成滑坡。滑坡不仅给工农业生产造成巨大损失，如毁坏工厂农田，而且对人民生命财产造成巨大威胁，有的甚至毁灭整个城镇，如安县大光包滑坡、北川王家岩滑坡、北川中学新区滑坡等等，无不给人们带来巨大灾难。因此，合理治理滑坡具有重要的社会意义。

近年来我国地震频发，怎样合理考虑地震引起的各种不利因素对滑坡稳定性影响非常重要。滑坡治理方式众多，如坡率法、挡土墙、格梁锚索、桩板墙、抗滑桩等等。不同的工程地质条件有适合的治理措施，合理的治理措施能提高工程安全新和取得较好经济效益。工程建设中，设计人员应该根据滑坡岩（土）体特征，动态选择合适的坡度与支护结构类型以达到最优平衡，使之安全、经济合理。

本届省赛岩土组赛题以此为命题背景，要求选择最优的支护结构，并进行坡顶堆载和冲击动力荷载作用下的稳定性测试。



图1 人与自然关系图



图2 滑坡导致安全事故

2 赛题概述

根据边坡工程主要特点，本赛题拟设计一边坡工程支挡结构，坡顶考虑堆载和动力荷载作用。其中：模型箱、支挡结构材料、堆载及动力荷载装置等由组委会统一提供。每个参赛队需自行设计并制作支护结构，并进行静荷载及动力荷载加载测试（堆载采用铁块，动载通过铁球自由下落冲击模拟），边坡加载如图 3 所示。每个参赛队由 3 名本科全日制在校学生组成，若违反该规定将直接取消比赛资格。竞赛得分由模型设计与制作质量、计算书、陈述答辩及现场加载测试 4 部分组成，各部分所占分值及评分标准详见评分标准，最终根据这 4 部分的得分总和来确定各参赛队比赛名次和奖项。

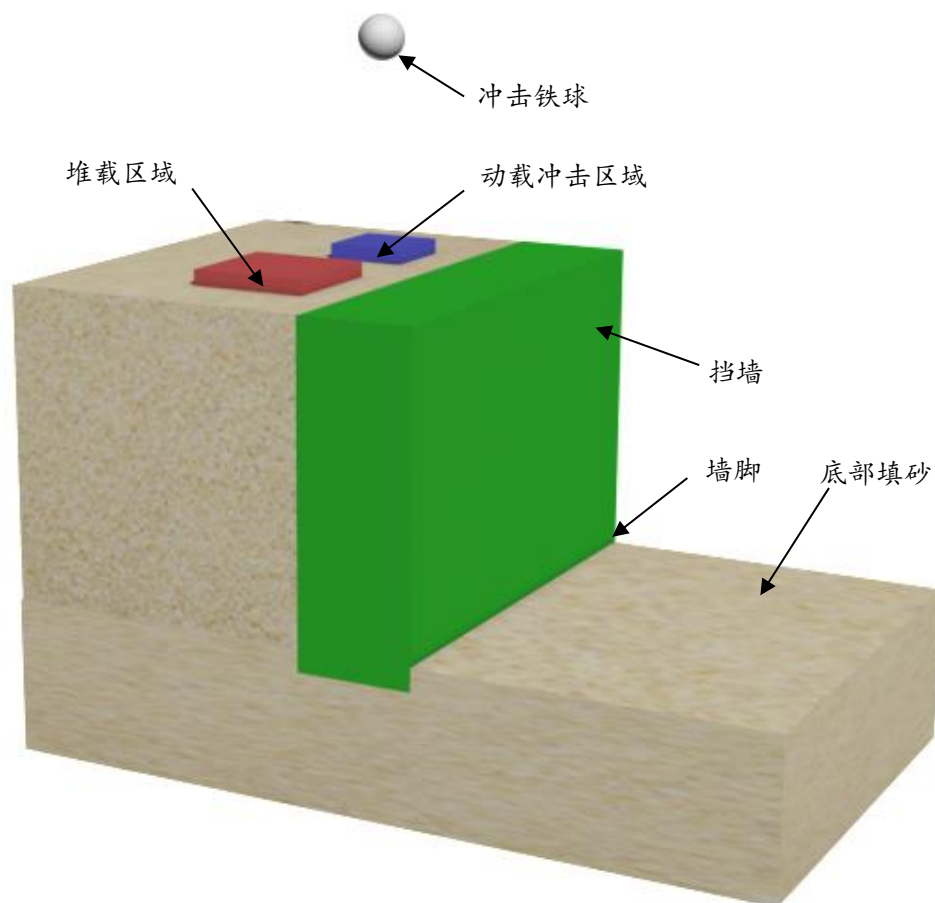


图 3 边坡加载示意图

3 模型总体情况

3.1 基本参数

(1) 模型箱：模型箱由厚度 3mm 钢板焊接而成，为避免模型箱加载过程中变形过大，箱体侧壁设置了 4 道方钢管水平框架以增加模型箱的侧向刚度。箱体净空尺寸为 1000mm×600mm×600mm (长×宽×高)，如图 4 所示。比赛时，挡土墙建造范围和填砂高度边界将会被标在模型箱上。



图 4 模型槽示意

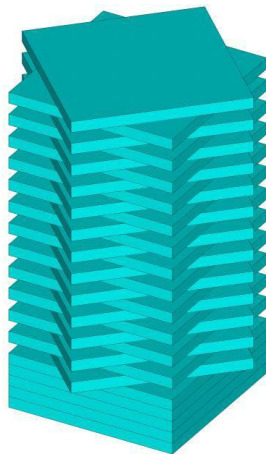


图 5 堆载钢板参考摆放方式

(2) 堆载：堆载统一采用钢板施加，钢板尺寸为 150mm*150mm*10mm，重量约为 1.67kg/块，堆载的安放位置详见图 5。堆放的钢板数自行确定，至少为 5 块，最多 30 块。

(3) 填充材料：模型箱内填充粒径 0.5mm~1.0mm 的中级砂，砂的参考内摩擦角为 38° ，内聚力为 0。购买链接如下：

<https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z09.2.0.0.4d102e8dYAIIdSR&id=557647927645&u=01rdrp39b520>

(4) 垫板：垫板采用 10cm×10cm，厚度 1cm 的 pp 塑料垫板。

(5) 动载铁球和支架：动载铁球总质量为 5kg，铁球上附有圆环，加载高度可以选择距填砂表面 20cm、50cm 和 80cm 中的一个高度进行冲击加载。

3.2. 挡土墙建造

(1) 挡土墙埋入底层砂 30mm，临空面高度 400mm，最大厚度 150mm，最大长度 600mm；

(2) 挡土墙型式不限；

(3) 建造范围如图 6 所示；仅在距临空面 150mm 范围内建造挡墙及支护结构，如有超出则判定为不合格；

(4) 不合格的挡墙结构要求重建，重建时间也被计入总的的时间；

(5) 挡土墙结构与模型箱侧壁和底部不能有任何粘合；

(6) 建造过程中不得在挡土墙临空面一侧有任何临时或永久支撑，也不允许用手等进行扶持；

(7) 不能给砂子加水；

(8) 墙体发生变形、位移以后，不得人工扶正纠偏。

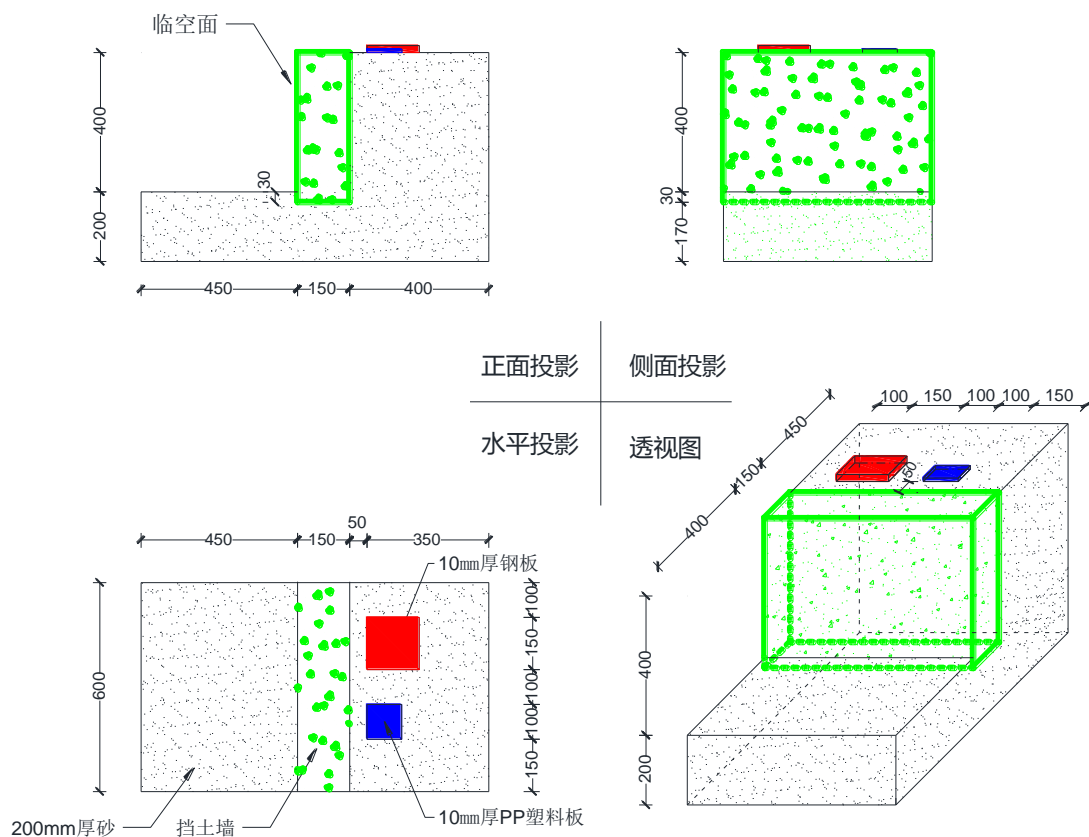


图 6 模型和挡墙示意

3.3. 材料和工具

用于模型制作的材料及工具由竞赛组委会统一提供，参赛队若使用非组委会提供的材料及工具，经查实，将取消参赛资格。

组委会提供的模型制作材料如下：

(1) 竹皮：比赛提供的竹材规格及数量见表 1，竹皮购买链接如下：

<https://item.taobao.com/item.htm?spm=a230r.1.14.150.b3ed293eOE0ELg&id=546356195411>

[&ns=1&abucket=1#detail](#)

(2) 502 胶水：6 瓶（规格 30ml），购买链接如下：

<https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z09.2.0.0.45842e8de3sPpG&id=54723473362>

[3&_u=q1_rdrp394858](#)

表 1 竹材规格及数量

竹材名称	竹材规格	数量	备注
本色侧压竹皮	1250*430*0.20mm	2	竹材力学性能参考值： 弹性模量 6GPa； 顺纹抗拉强度 60MPa； 抗压强度 30MPa； 密度 0.8g/cm ³
本色侧压竹皮	1250*430*0.35mm	2	
本色侧压竹皮	1250*430*0.50mm	2	

组委会提供的模型制作工具如下：美工刀（3 把）、1 米钢尺（1 把）、三角板（2 块）、砂纸（3 张）、锉刀（1 把）、剪刀（2 把）、镊子（2 把）、手套（3 副）、记号笔（2 支）、铅笔（1 支）、橡皮（1 块）、锯条（1 根）。

模型加载测试时，组委会提供两个铁簸箕用于填砂。购买链接如下：

[https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z09.2.0.0.796d2e8dZYsyJi&id=524032865041
&_u=51r drp391acc](https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z09.2.0.0.796d2e8dZYsyJi&id=524032865041&_u=51r drp391acc)

4 模型制作和安装要求

4.1 制作要求

（1）模型制作材料和工具事先统一摆放在各参赛组的模型制作台上，正式比赛前天晚上，每个参赛队选派一名队员到比赛现场检查各自的材料和工具是否齐全或损伤，如有问题，应立即向在场的工作人员提出问并进行补充或更换，确认无误后签字。正式比赛过程中，不得更换或增加模型制作材料；模型制作工具若在制作过程中损坏可以更换。

（2）模型制作时间为 8 小时。

（3）竹皮在厚度方向不得进行拆分。

（4）支护结构模型制作完成即可向现场工作人员申报模型，工作人员在参赛小组见证下检查模型是否满足要求，检查方法如下：

1) 支护结构模型净空尺寸检查——将模型放入内围尺寸为 600mm×150mm×430mm（长×宽×高）的木箱内部，将模型提起，二者能彼此分离，为合格模型。如模型放不进去或者不能彼此分离，为不合格模型。

2) 支护结构模型高度检查——由工作人员在模型上任意选取 4 个位置，用钢直尺测量模型高度，需均满足不小于 430mm 的条件，误差不超过-2mm。

为合格模型。否则，视为不合格模型。

对不合格模型，总分扣 10 分，同时给予 1 小时整改，如不能整改合格，视为模型不符合赛题要求，不予进行加载测试。如果符合要求，则对模型进行称重，并经参赛队员确认后在模型重量统计表上签字。称重完成后，参赛小组队员将模型摆放在规定位置，供评委对模型的设计与制作质量进行评分。

(5) 模型申报并完成模型几何尺寸检查和称重后，参赛小组离场，不得再次修改模型。

(6) 挡墙与模型箱两侧漏沙防止方法（建议，可自行设计）：由于制作的挡墙和模型都存在尺寸误差，建议挡墙长度略比模型箱宽度小，同时在模型箱两侧贴一定长度竹皮（防止漏沙，重量需计入结构总重量）。贴竹皮后支护结构可以超出模型箱宽度，由于竹皮较为柔软，不会影响支护结构放入木箱进行尺寸检查，同时，也可以防止挡墙两侧与模型箱接触不良而漏沙。

4.2 安装要求

(1) 每个参赛队的模型安装时间应不大于 20 分钟，超时将作扣分处理，每超时一分钟扣 1 分（如：超时 3 分 01 秒，按超时 4 分钟计算，以此类推），但总超时量不得大于 10 分钟，否则视为模型失效。模型箱底部在安装开始前先由参赛选手填入 170mm 厚的砂子，监察人员检查合格后方可进行下一步，底部填砂时间不计入安装时间。填砂时不得压实，填砂完成参赛选手举手示意开始安装，评委开始计时。

(2) 将支护结构模型安放在相应位置，在挡土墙前后两侧填砂。挡土墙前填砂 30mm（会提前画出填砂高度线），挡土墙后将砂填至模型箱顶部平齐（非填砂区不得再填入砂子）并将砂土表面整平。填砂时砂子不得翻越支护结构。整平完成举手示意停止计时。

(3) 模型安装过程中若出现漏沙不止现象，将视为模型失效，不予进行加载测试。

(4) 填砂时不得用手扶持支护结构，并且用铁簸箕填砂时，簸箕不得高于模型箱顶面。

(5) 填砂过程中不能用任何工具进行刮砂，当砂填至坡顶后可用直尺刮平，刮砂时直尺面需垂直。

(6) 模型安装完毕后，需在挡墙前放入外围尺寸为 590mm×440mm×430mm（长×宽×高）的木箱，能轻松放入和提出才合格，否则视为模型失效。

(7) 填砂完毕后，支护结构顶面低于模型箱 5mm 即为失效。

5 挡土墙加载及测试

5.1 堆载加载

(1) 加载测试前，各参赛队应申报自己的加载量（模型制作前各队需申报堆载及冲击荷载高度），即堆放的钢板数量与冲击荷载高度必须与计算书一致。先安放 pp 垫板，时间为 20 秒；加载每块钢板的时间为 10 秒。安放 pp 垫板和堆放钢板总时间超时将进行扣分处理，超时计算方法同 4.2 安装要求第（1）条。

(2) 整个加载过程由参赛选手自己进行，堆载数量确认无误后，开始计时，堆放钢板（至少堆放 5 块钢板）。底部的 5 块钢板不得错位摆放，避免堆载钢板下沉导致堆载面积增大，其他钢板可以错位摆放，如图 5 所示。

(3) 钢板堆放加载环节，若钢板倒塌或结构垮塌则视为模型失效，停止加载。钢板堆放完毕后，参赛选手举手示意停止计时。维持 1 分钟后，由工作人员检查是否出现漏沙不止现象。

(4) 在加载过程中，出现漏沙不止现象、堆载钢板倒塌、支护结构垮塌均视为模型失效。

(5) 堆载加载完后，由参赛队员自行在在挡墙前放入外围尺寸为 590mm×440mm×430mm（长×宽×高）的木箱，能轻松放入和提出才合格，否则视为模型加载失效。

5.2 冲击荷载加载

堆载成功的队伍可进行冲击荷载加载，加载高度只能申报 1 次，申报高度为 20cm、40cm、60cm、80cm，加载时间为 3 分钟，超时将进行扣分处理，超时计算方法同 4.2 安装要求第（1）条。加载过程由参赛选手自己进行，加载步骤为：

(1) 安放支架，支架上端横杆与 pp 垫板中心线平行。

(2) 将铁球提升至申报高度，通过剪断绳子让其自由下落（剪绳的过程不能有向任何一方向推绳子的动作），冲击 pp 垫板中心，如冲击位置偏离太大，将垫板冲击出挡墙后填砂区，视为失效。

(3) 在加载过程中，出现漏沙不止现象、堆载钢板倒塌、支护结构垮塌、均视为模型失效。

(4) 铁球落下后维持 1 分钟，需在挡墙前放入外围尺寸为 590mm×440mm×430mm（长×宽×高）的木箱，能轻松放入和提出才合格，否则视为模型失效。

加载结束后，每组队员将支护结构模型、钢板、垫板、铁球、全部取出并将模型箱内的砂全部铲出，取出支护结构时应尽量保证其完整性，以便赛后展示。

6 模型失效评判依据

- (1) 在 8 小时内未完成支护结构模型制作；
- (2) 制作模型所用的竹皮在厚度方向进行了拆分；
- (3) 不合格模型 1 小时整改时间内没整改合格；
- (4) 模型安装时间超过 30 分钟还未安装完成；
- (5) 模型安装或加载测试过程中出现漏沙不止现象（漏沙时间超过 30 秒）；
- (6) 模型加载过程中，堆载钢板倒塌或支护结构垮塌；
- (7) 钢板碰砂即判为倾倒破坏（底部 5 块钢板除外）；
- (8) 垫板冲击出填砂区；
- (9) 模型安装完或加载后，挡墙前无法放入外围尺寸为 590mm×440mm×430mm（长×宽×高）的木箱；
- (10) 其他违反竞赛规则的情况，可由评委组集体商议认定。

7 评分标准

竞赛得分由模型设计与制作质量（10 分）、计算书（10 分）、陈述与答辩（5 分）及加载测试（75 分）4 部分组成，竞赛满分 100 分。前 3 项得分均由评委打分，去掉 1 个最高分和 1 个最低分后，取平均值作为该项最终得分；第 4 项得分根据各队模型重量、堆载荷载和动力荷载冲击高度按公式①计算得到。

(1) 模型设计与制作质量

参赛队申报模型后，组委会统一组织评委对有效的模型进行评分，评分主要依据结构选型的合理性与创新型、模型制作质量及美观性。

(2) 计算书

计算书的内容不作统一规定，但均需在计算书中注明拟申报的堆载和冲击荷载。评分主要依据计算书格式是否规范、设计计算方法是否合理、计算结果是否可靠、对计算结果的分析是否正确等因素。

(3) 陈述与答辩

模型安装前，各参赛队选派一名队员通过 ppt 向评委介绍模型的设计理念、分析计算手段与结果、制作方法等，重点介绍模型的特色与创新之处，陈述时间 3 分钟，陈述完之后，由评委提问，提问和回答时间 2 分钟。

(4) 加载测试得分

各队的加载测试得分按下式计算。

$$F_i = \frac{40M_{Gmin}G_i}{M_iG_{max}} + \frac{35M_{Qmin}H_{Qi}}{M_iH_{Qmax}} - A_i - B_i - C_i$$

式中：

F_i —第 i 队得分；

M_i —第 i 队模型质量 (g)；

M_{Gmin} —静荷加载成功的全队中最轻模型质量 (g)；

M_{Qmin} —静荷、动荷同时加载成功的全队中最轻模型质量 (g)；

G_i —第 i 队成功加载的静荷载值；

G_{max} —全队中成功加载的静荷载最大值；

H_{Qi} —第 i 成功加载动荷载值对应的冲击高度 (cm)；

H_{Qmax} —全队中成功加载动荷载值对应的最大冲击高度 (cm)；

A_i —第 i 队模型安装超时扣分；

B_i —第 i 队模型堆载超时扣分；

C_i —第 i 队模型不合格扣分 10 分。