



西南交通大学

土木工程学院

2022 年 “西南交通土木工程设计有限公司杯”

土木科技月

铁道工程组

2022 年土木科技月竞赛委员会

2022 年 3 月

1、选题背景

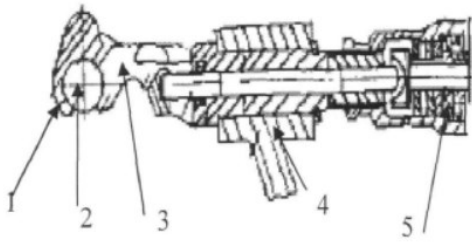
我国拥有世界最大的旅游市场，旅游业已成为保持经济持续增长，实现“中国梦”的重要支柱。作为现代旅游业和滑雪运动基础装备的客运索道，已纳入国家鼓励类产业目录。但是，我国现有客运索道的数量和质量与我国“旅游大国”的称号不相适应，与世界许多发达国家相比尚存在很大差距。



图 1 西岭雪山索道

客运索道作为载人运输工具，保证乘客安全是设计首要原则。随着客运索道向大运量、高速度发展，在设计上必须充分考虑设备安全可靠。

在架空索道中,抱索器是客车与钢丝绳的连接装置,它的结构虽小,但它却关系着游客人身安全、关系着索道的运行速度和客运量,它的结构性能也直接影响到索道的自动化水平。目前,抱索器的型式主要有固定式和脱挂式两大类。



1. 固定式外钳口 2. 运载钢丝绳 3. 活动内钳口 4. 吊臂 5. 碟形弹簧

图 1.1 单线固定式抱索器

图 2 固定式抱索器

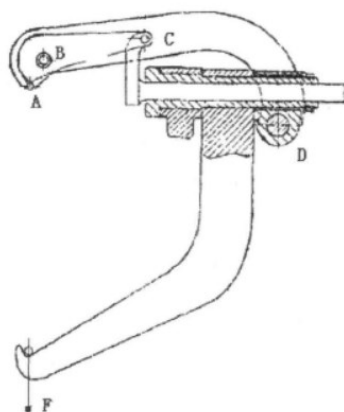


图 1.2 四连杆重力脱挂式抱索器

图 3 脱挂式抱索器

早期的索道基本上采用固定式抱索器,固定式抱索器是将吊厢直接与钢丝绳连接,长期夹紧在牵引索上的某一固定点上,俗称“接头”,这种抱索器结构设计技术简单、制造容易,使用安全可靠,在循环式旅游、滑雪的索道中得到广泛的应用。在诸多索道中,随着近年来经济建设和旅游事业快速发展,单线脱挂式客运索道逐渐成为国内外客运索道发展的主流,这种索道技术含量最高、设计难度最大。对脱挂式抱索器这一关键构件的研究更加投入,市场上逐渐出现了几十种脱挂式抱索器。脱挂抱索器作为单线循环脱挂式索道中客车与牵引钢丝绳的重要连接构件,其技术性能直接决定了整条索道的技术发展水平,研究开发出新一代脱挂抱索器及其配套装置已成为我国索道设计研究的一个亟待解决的技术课题,对我国索道旅游业的发展具有极其重要的意义。

因此,随着我国旅游业和滑雪运动的进一步发展,将会对客运索道提出更高的技术要求,同时,索道技术发展,其应用范围也将逐步扩大到交通运输等领域。故本赛题定点考核“在恒定牵引动力作用下索道结构的承载能力及稳定性”。



图 4 各类抱索器

2、竞赛模型

本次制作模型为索道结构整体模型，包括索缆、承载塔、滑轮以及抱索器等，要求模型比例合理。模型的构造形式不限，选手均可根据计算结果自由选定承载塔的构造形式、滑轮的布置方式以及抱索器的结构形式，模型制作应具有一定的强度、刚度和稳定性，能够支撑结构自重及加载小车的荷载，以及在加载过程中不产生较大的振动。选手可根据具体设计选择承载塔与滑轮以及抱索器和索缆的连接形式。模型加载系统和测量系统由承办方提供，整个模型设置以采用最少的材料承载最大的荷载并保持加载小车的稳定性为目标。

3、模型要求

3.1 模型几何形式要求

模型整体长度为 2000mm，主从动轮与承载塔以及承载塔之间的间距均为 500mm，共计四跨；模型整体宽度为 800mm，索缆横向间距为 500mm；选手需根据要求制作三座承载塔，其中两座边塔高度 800mm，中间承载塔高度 500mm，误差不超过 5mm。

具体承载塔结构、抱索器结构以及滑轮布置形式可由参赛选手自由创新，满足加载小车运行要求即可。加载过程中必须保证主体结构不发生破坏、倾覆以及较大的变形，否则视为加载失败。

选手现场将承载塔安装到砂箱中，需保证索缆在连接加载小车后有足够的通行净空，即需保证小车横向不触碰砂箱边壁且底部不触碰堆砂，至少留有 250mm

的净空高度。

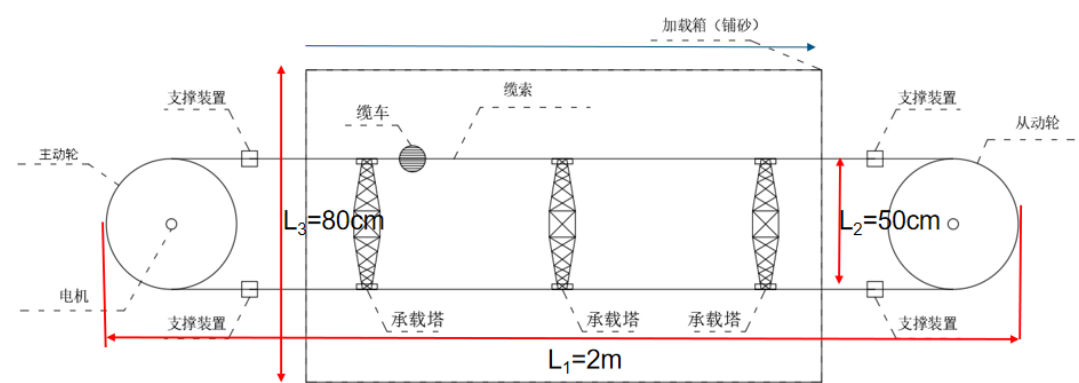


图 5 加载系统平面图

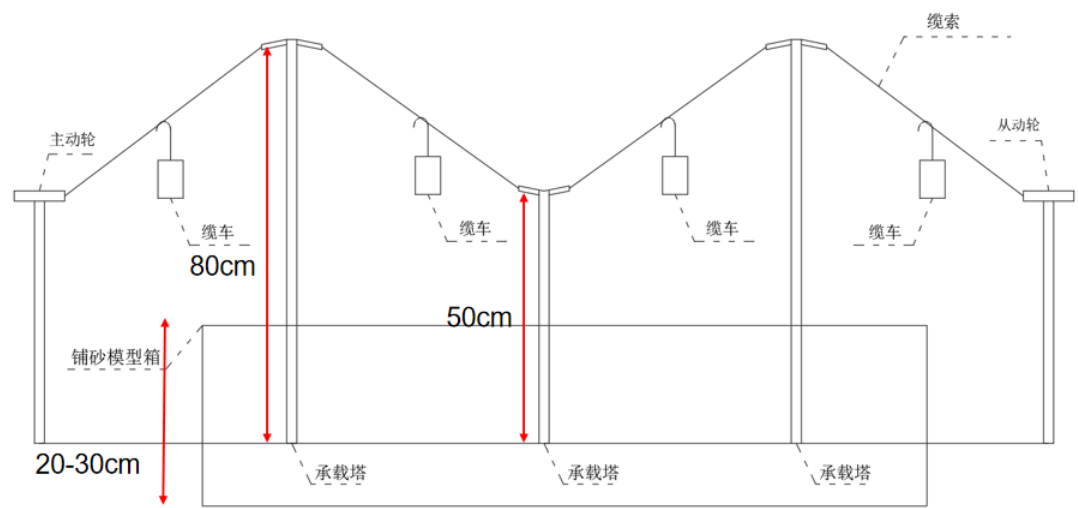


图 6 加载系统立面图

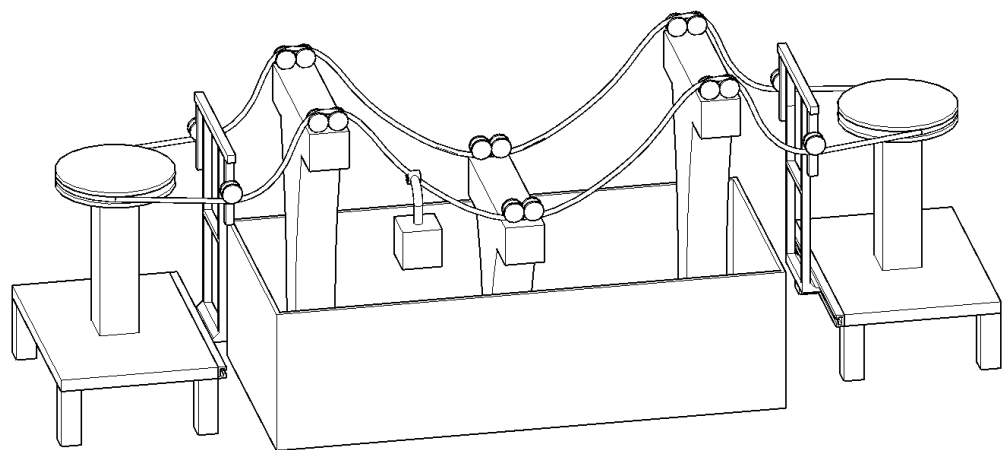


图 7 加载系统三维模型

3.2 模型制作要求

组委会将统一提供 PVC 板（可借助电吹风热弯后塑形）、环形钢绞线、滑轮

若干、滑轮中轴若干、铁钩等材料，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，具体加工、制作工具请选手自备。

4、加载设备介绍

加载装置如下图所示。加载台上设置空心支柱用以支承主从动轮，内部空间用于连接电机牵引主动轮旋转并带动索缆转动。主从动轮直径 400mm，轴心高度 600mm，导向轮轴心距主从动轮轴心约 300mm。加载台前侧安装加载架，用以支承索缆导向轮，控制索缆横向间距为 500mm，加载架位置可横向调节，导向轮高度可调节。

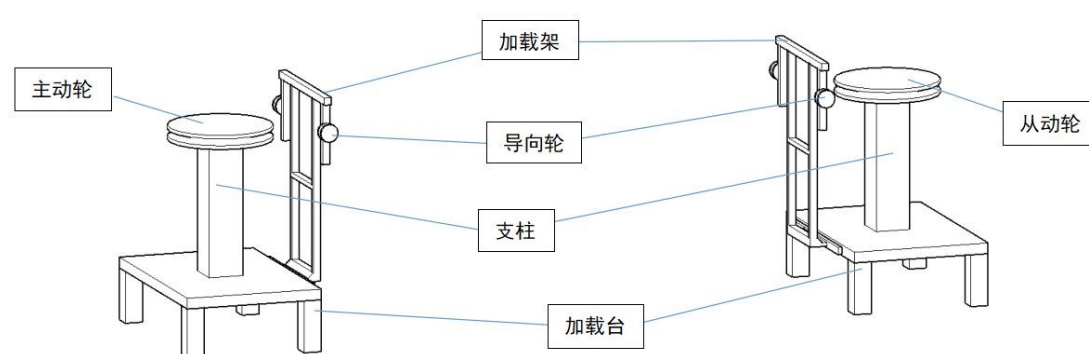


图 8 加载装置

5、加载方法与失效评判

6、加载前由工作人员校验各组选手参赛作品制作是否满足要求，检验内容：作品材料、结构尺寸、净空尺寸。一次加载前（提交模型时）测定参赛作品高度，对于满足高度要求及净空要求的结构，可进行加载测试。

7、一次加载，由选手将承载塔按间距要求安置在砂箱中，并将索缆架设在承载塔及加载装置上，连接索缆、抱索器与加载小车。由电机牵引主动轮运行，带动索缆与加载小车匀速通过模型。

8、小车移动过程中由工作人员操作仪器采集加速度信息以及塔身位移是否超限（取模型放置时的位置为基准点）。

9、有以下情况即判定为加载失败：

10、模型主要构件出现明显失稳或连接破坏；

11、模型局部构造发生破坏且影响加载过程顺利进行（索缆脱落、打滑、滑轮连接失效、抱索器在通过滑轮时卡死等）；

12、模型结构发生破坏或倾覆而不能继续承担荷载；

13、承载塔顶部倾斜超限，通过激光发射器限位（上下浮动不超过 20mm）。

若比赛过程中出现争议情况，以评委专家现场评判为准。

14、选手根据模型现场加载效果，选择增加小车挂载重量进行加载，共三次机会。加载方式与一次加载相同，失效判定与一次加载相同。

15、模型材料及制作工具

1. PVC 板：厚度 2mm，用于制作结构构件；
2. 环形钢绞线，单根长度 5.9-6.2m，直径 2mm；
3. 胶面滑轮若干（配有连接轴），槽宽 6mm，槽深 5mm，外径 25mm，孔径 3mm；
4. 铁钩，用于连接抱索器与加载小车连杆；
5. AB 胶，用于模型构件的连接；
6. 制作工具自备。

16、模型现场安装、加载及测试步骤

7.1 赛前准备

- （1）校检模型尺寸及结构是否符合组委会规定的安装要求；
- （2）竞赛模型由参与者在赛事组发放材料的限定范围内制作，制作完成后带入现场试验；
- （3）准备和提交答辩 PPT 和计算书。

7.2 加载、测试步骤及理论答辩

- （1）理论答辩，PPT 形式展示、介绍方案，时间：5 分钟；
- （2）三塔整体称重、抱索器称重；
- （3）三塔模型安装到试验箱中，并由选手自己填砂；
- （4）安装钢绞线并绷紧，绷紧时应通过调整从动轮位置来使钢绞线张力处于一个范围之内；
- （5）为三个塔分别安装两个激光发射器，对滑轮进行上下 1cm 限位，用于观测塔身变形；
- （6）进行一次加载，由选手将承载塔按间距要求安置在砂箱中，并将索缆架设在承载塔及加载装置上，连接索缆、抱索器与加载小车。由电机牵引主动轮运行，带动索缆与加载小车匀速通过模型，加载成功则进入下一项；

(7) 选手自选每组砝码重量，将砝码放入挂篮中，启动电机（每组的出发点应尽量相同），加载开始。每组共三次加载机会，取最后一次加载的加速度、砝码质量用于分数计算。三次加载完毕后进行下一组模型测试。

前 5 步总时间不能超过 20 分钟，一旦达到 20 分钟，则立刻开始加载。且安装完毕后应由工作人员检查第 5 步。

17、评分标准

8.1 总分构成

结构评分按总分 100 分计算，其中包括：

- (1) 计算书 15%（共 15 分）
- (2) 模型美观性 15%（共 15 分）
- (3) 现场答辩表现 10%（共 10 分）
- (4) 模型加载效果 60%（共 60 分）

包括：

①抱索器：重量 10%，每组得分=（所有组当中最小重量/本组实测重量）×6（6 分）

②承载塔：重量 10%，每组得分=（所有组当中最小重量/本组实测重量）×6（6 分）

③加载：80%

(i) 砝码质量分数约 40%，每组得分=（本组实测重量/所有组当中最大重量）×20（20 分）

(ii) 加速度分数约 60%，
$$N = \frac{\gamma_{\max} - \gamma_i}{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}} \times 28 \quad (28 \text{ 分})$$

$\gamma_{\max}$ ：所有组中最大加速度

γ_i ：本组加速度

$\gamma_{\min}$ ：所有组中最小加速度

8.2 评分细则

(1) 计算书（共 15 分）

① 计算书的完整及规范性（10 分）

② 图文表达的清晰性（5 分）

注：要求包括设计依据、模型结构构成，模型总图及各构件详图。

(2) 模型美观性 (共 15 分)

(3) 现场答辩表现 (共 10 分)

① 现场陈述 (5 分)

② 现场答辩 (5 分)

(4) 模型加载效果 (共 60 分)

包括：

①抱索器：重量 10%，每组得分=（所有组当中最小重量/本组实测重量）×6
(共 6 分)

②承载塔：重量 10%，每组得分=（所有组当中最小重量/本组实测重量）×6
(共 6 分)

③加载：80%

(i) 砝码质量分数约 40%，每组得分=（本组实测重量/所有组当中最大重量）×20 (共 20 分)

(ii) 加速度分数约 60%， $N = \frac{\gamma_{\max} - \gamma_i}{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}} \times 28$ (共 28 分)

$\gamma_{\max}$ ：所有组中最大加速度

γ_i ：本组加速度

$\gamma_{\min}$ ：所有组中最小加速度

(5) 失效判定

①模型破坏、倾覆即为加载失败，不进行后续加载，取前一次加载成绩进行计算；

②滑轮出现明显打滑，无法绕轨道一圈即为加载失败，不进行后续加载，取前一次加载成绩进行计算；

③模型倾斜从而挡住激光发射器发射的限位激光即为失败，不进行后续加载，取前一次加载成绩进行计算。

8.3 奖项设置

一等奖 获奖面 5%

二等奖 获奖面 10%

三等奖 获奖面 20%

最佳造型奖 1 项

9、参赛选手所需提交的资料

参赛选手需要在报名签到时向组委会提交计算书及设计图和答辩 PPT(计算书格式为 2003 版 Word 文档和一式十份的纸质版本, PPT 为 2003 版 PowerPoint 演示文稿), 计算书需在封面处注明参赛队伍名称, 参赛队员姓名, 参赛队伍学校名。文件夹以 XXX 学校-XXX 组命名(例: 西南交通大学-建筑工程组)内附上上述文件。

10、附则

- 1.本竞赛规则中若出现叙述不一致之处, 请咨询竞赛组委会。
- 2.本竞赛细则最终解释权归竞赛组委会。

2022 年土木科技月竞赛组委会

2022 年 3 月