

# 第八届全国周培源大学生力学竞赛团体赛总结

高云峰 庄茁 殷雅俊  
清华大学航天航空学院 100084

## 一、基本情况

2011年8月17~19日,来自全国30所高校的150多名学生和30多名指导教师齐聚清华大学,参加第八届全国周培源大学生力学竞赛团体赛。周培源大学生力学竞赛由教育部高等学校力学教学指导委员会力学基础课程教学指导分委员会、中国力学学会和周培源基金会共同主办,《力学与实践》编委会承办,中国力学学会教育、科普工作委员会和清华大学协办。

全国周培源大学生力学竞赛团体赛着重在提高大学生的动手能力和创新能力,培养大学生的团队协作精神,激发大学生对力学的兴趣,发现力学拔尖人才,努力让力学竞赛成为校园文化的一部分。

本届竞赛的要求是:面对实际问题,团队成员相互协作、利用有关力学知识设计制作出有效的装置以实现特定的目标。共有4项比赛项目:2项以理论力学内容为主,2项以材料力学内容为主。组委会统一提供比赛中的所有材料,并统一提供基本工具,且允许各队自带工具箱和电钻。

比赛采用封闭形式,各队有独立的教室作为制作场地。选手不能携带手机、计算机进入制作场地。计算器和参考书籍不限制。在每个制作单元时间内,选手只能看到本单元的比赛题目。

参考了以往比赛中指导教师的建议,本次比赛采用积分赛制,各队均可以参加所有项目的比赛,最后根据所有参赛项目的成绩,确定名次。经过3天紧张、激烈的比赛,四川大学代表队获得了比赛的特等奖。

## 二、题目介绍

### 1 超载检测

某边远检查站得到线报:近期有卡车司机可能把贵重金属藏在木盒中过境。由于条件限制,不能开箱检查。在专业仪器运到之前,在这里实习的大学生提出:设计制作一个简单装置,当卡车开上装置时,根据装置的变形,判断木盒中是否藏有贵重金属。

为了验证这一设想是否可行,他们开始了模拟试验:用遥控小车代替卡车,用螺母代替贵重金属,用激光笔来放大装置的变形。

### 2 定时下落

某玩具厂商对一些技巧性强的玩具很感兴趣。他询问厂里新来的大学生,能否设计制作一

个装置，该装置的特点是：可以一直静止停留在立杆上；如果启动装置内部的“开关”后，装置就只能在立杆上停留指定的时间，然后自动滑落下来，刺向气球（见图1）。

这里的“开关”，是指某种力学现象或机制，不能使用火烧、腐蚀等非力学机制。

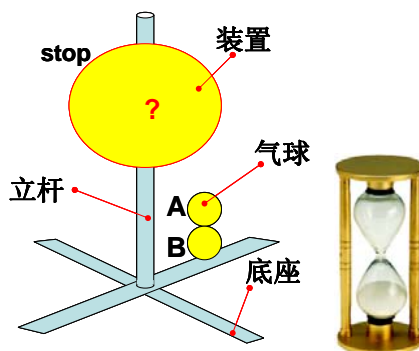


图1 定时下落示意图

### 3 纸桥过车

某纸厂为了宣传自己的纸张质量很好，提出了“纸桥过车”的设想，为了突出纸的特点，厂长给实习的大学生们提出了特别的要求：

仅仅利用 A4 纸（不需要其它材料），设计制作一座纸桥，可以让遥控汽车通过。注意桥本身全部由纸组成，是一个整体，桥身没有胶水、胶带、绵线等其它材料。桥的形状、宽度不限制，没有桥墩。纸张可以任意裁剪。

### 4 图形变换

一群大学生被分配到测绘局，领导为了锻炼他们，交给他们一个任务：设计制作一个机构，利用该机构，可以把原始图形在  $x$  方向放大一倍，在  $y$  方向收缩为原始图形的一半，见图 2。

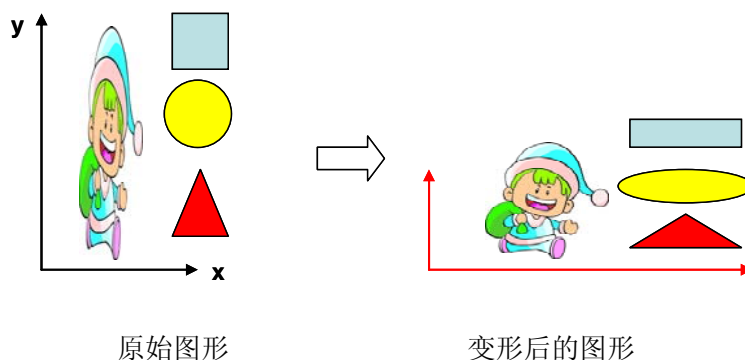


图2 图形变换示意图

该机构中放置两只笔，让其中一只笔沿着原始图形的外部边界运动，另一只笔画出变形后的图形。

每个题目都给出了具体的规则和评分标准。

## 三、赛题评述

本次比赛有几个特点，第一是设定了特定的情景：如假设一群学生去某地实习，碰到某个实际问题；或刚毕业的学生，面临领导交给的某项任务。第二是提供了足够的材料，让各队有多种选择的可能。本次比赛提供的材料十分丰富，其中遥控汽车既是比赛中的道具，又是奖品。第三是各比赛题目更强调的是创意，好的创意可以弥补制作中的精度不足和操作中失误等因素，而不太好的创意则会带来各种意想不到的麻烦。第四是每个题目都有一定的基础分，然后再根据比赛中的表现给出相应的分数。第五，评分标准是客观的，没有主观因素。在制定评分标准时，既有绝对分数（只与自己队的水平有关），也有相对分数（与比赛时的排名有关），这样复合的评分标准更能体现各队的水平。

本次比赛的不足之处是：忽略了遥控汽车的相互干扰，使得原计划同时举行的比赛，临时改变为只能一个队一个队的依次举行，导致没有时间完成第五项比赛。略带遗憾的是比赛场地稍微有些狭窄，不方便各队的指导教师观摩，老师们只好到上一层楼上观摩比赛。

下面简单分析各题的特点。

**1 超载检测**，是要利用材料的变形来确定遥控小车中载荷的重量。为了增加对抗性，采用抽签的方式两两分组，各队需要检测的载荷大小由对方来控制。根据评分的标准，载荷的大小是有讲究的：在某些值附近容易使对方丢分，在另一些值附近容易使对方得分。在紧张比赛的时候，如果注意到这一特点，也是给本队取得好成绩增加一点点筹码。

本题的关键是：如何准确地标定变形与载荷的关系。需要考虑的因素有：(a) 如何把变形尽可能放大，除了利用激光笔，是否还有什么其他的考虑？大部分队直接利用木条的变形，有两个队有自己的特色：一个队做了杠杆，把木条的微小变形进一步放大；另一个队把激光反射，对变形更敏感。(b) 变形与载荷是否是线性关系？这里要面对一些矛盾：变形小是线性关系，但是变形小不好测量；变形大好测量，但可能是非线性关系。(c) 是否要考虑遥控汽车左右轮变形不等的问题？是左右轮取平均值，还是分别测量？

总之选手要考虑多种因素，并想好应对之策，才可能取得好成绩。超载检测的比赛现场如图 3 所示。



图3 超载检测的比赛现场

本题满分是 120 分，比赛结果的最高分是 120 分，最低分只有 70 分。

**2 定时下落**，是让装置能在直杆上停留特定的时间，然后自己落下来。因此关键是要精确控制装置内的某种运动。其原理与上次竞赛中的“单向自锁”类似：在图 4 中，当圆环套在绳索中，设圆环与绳索在  $A$ 、 $B$  处接触， $C$  为两接触处摩擦角的交点。根据受力分析，很容易看出  $C$  点是装置平衡的临界点：只要装置的重心  $G$  在  $C$  点的右侧，装置就可以自锁平衡；装置的重心  $G$  在  $C$  点的左侧，装置就不能自锁而下滑，如图 4 所示。利用这一原理，开始时让杯子中注满水，重心在  $C$  点右侧；水流出来后重心在  $C$  点的左侧，就是可能的解答。具体比赛中可以利用水的流动，也可以利用钢珠的滚动。

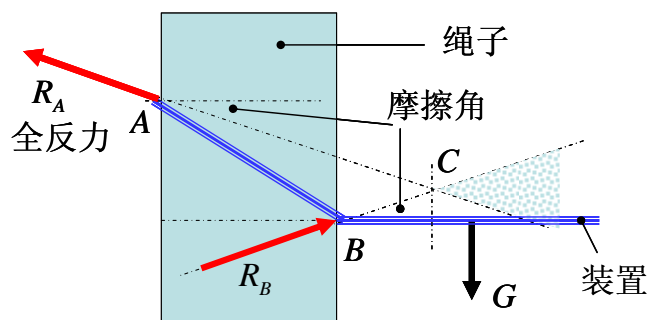


图4 装置保持静止的条件

需要根据时间控制水的流量，这个比较容易，其他像刺破气球的问题都很简单。但是本问题可能还需要一点经验：如果用橡皮筋绕在直杆上，由于橡皮筋的蠕变，时间不容易控制。某队就在这里吃了很大的亏，他们在这一单项比赛中得了最低分。图 5 为定时下落的比赛现场。



图 5 定时下落的比赛现场

本题满分是 120 分，最高分是 120 分，最低分只有 35 分。

**3 纸桥过车**，是让遥控汽车通过纸桥，注意没有任何胶水、胶带、绵线等材料。本题的关键是纸张如何连接。此外当然要考虑材料的效率。

大部分参赛队首先把纸卷成纸筒，然后把纸搓成细绳来绑纸筒。其实还有很多可能的方案：如在纸筒上用电钻打孔，再把更细的纸筒当作销子插进去；或者把纸筒的两头向内折，形成不会散开的套筒，再把稍微细点的套筒套进去。

比赛中，有的队只需要 100 多克（每张 A4 纸约 4~5 克）就可以完成任务（图 6），但是有的队需要 700 多克（图 7），由此可以看出各队的差距还是很大的。

本题满分是 80 分，最高分是 80 分，最低分只有 12 分（某队违规得 0 分）。

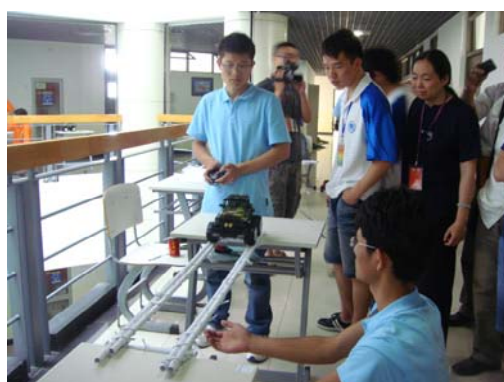


图 6 纸桥过车比赛现场之一



图 7 纸桥过车比赛现场之二

**4 图形变换**，是利用装置把原始图形转化为变形的图形。其实质是：装置中存在两点，若一点的坐标是  $(x, y)$ ，则另一点的坐标始终为  $(2x, 0.5y)$ 。这是运动学的问题，需要灵机一动的创意。

在一些理论力学的教科书或习题中，有这样的放大装置（图 8）：若 E 点的坐标是  $(x, y)$ ，

则 B 点的坐标为  $(2x, 2y)$ 。利用这一放大装置的原理，稍加改进，就可以实现题目的要求：图 9 中 B 点和 E 点是放大 2 倍的关系，E 点和 F 点也是放大 2 倍的关系，因此利用滑槽和套筒就可以让 G 点和 E 点符合要求。图 10 也是可能的一种装置，其中 S1~S5 均是相同的菱形，则 A 和 B 点符合要求。

当然具体制作时用薄木片做滑槽和套筒还需要一些小小的技巧。图 11 为选手们享受着图形变换的比赛。

本题满分是 80 分，最高分是 58 分，最低分只有 0 分（变形后的图形误差太大）。

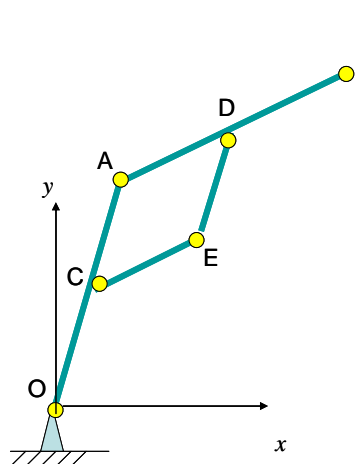


图 8 放大装置的原理图

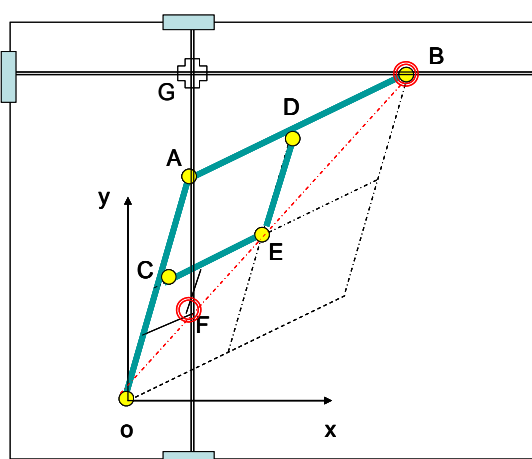


图 9 符合要求的装置示意图

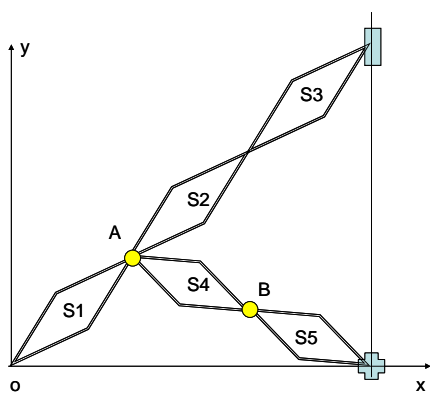


图 10 符合要求的另一种装置示意图

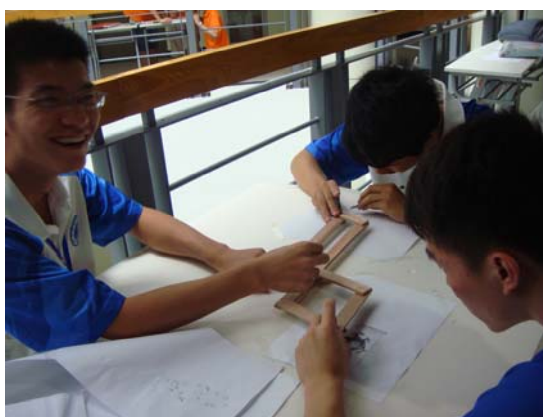


图 11 选手很享受图形变换的比赛

#### 四、总结

作为协办单位，清华大学教务处段远源处长和蒋子龙副处长非常支持赛事，为了办好赛事，教务处资助了部分经费，并提供了 30 多间教室作为比赛场地，清华大学航院组织了 10 多名教师和 40 多名志愿者为比赛提供服务。

在开幕式上，龙勉副理事长代表中国力学学会，蒋子龙副处长代表清华大学，武际可教授代表仲裁委员会分别致辞。在闭幕式上，武际可教授还应邀做了“周培源学术思想和贡献”的

报告，中国力学学会冯西桥秘书长做了总结讲话，仲裁委员会的徐秉业教授，《力学与实践》编委会和中国力学学会教育、科普工作委员会的朱克勤教授、蒋持平教授，北京力学学会副秘书长岑松教授等为获奖团队颁发了奖状。中国力学学会办公室刘俊丽和郭亮老师参与了具体的组织工作。

来自全国各高校的大学生们在比赛中享受竞争进取的快乐，感受团结合作的氛围，经受胜负结果的考验。比赛不是目的，而推动力学学科的发展，培养创新型人才是竞赛的宗旨。胜负是暂时的，热爱力学，享受力学，追求力学的精神永驻在参赛学生的心中，比赛难忘，友谊长存。