

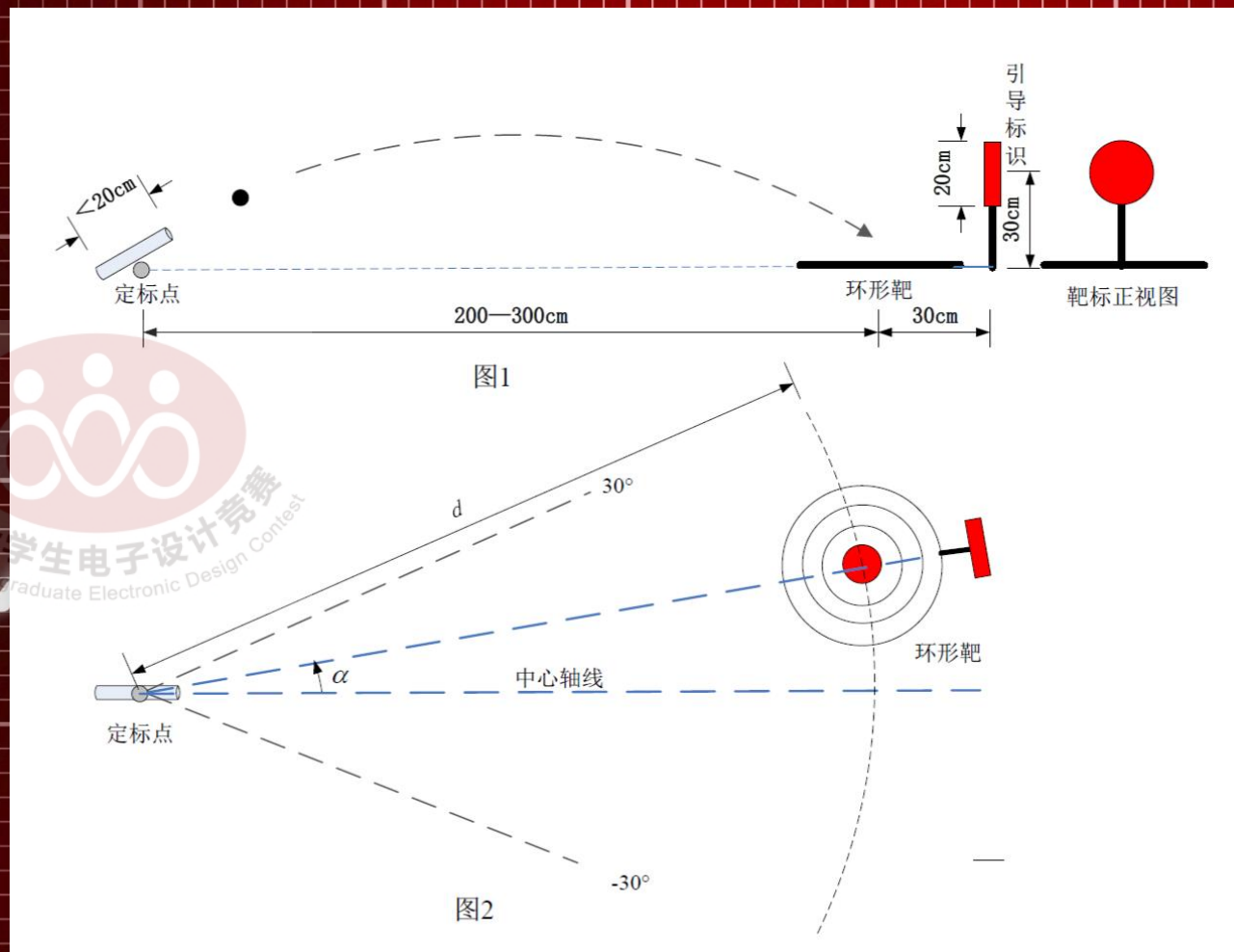


TI杯2019年全国大学生电子设计竞赛 赛题解析与技术交流研讨会

模拟电磁曲射炮(H题) 解析与交流

邓建国

西安交通大学



模拟电磁曲射炮解析与交流

- 一. 命题思考与题目设计
- 二. 原理、实现方案讨论
- 三. 完成情况介绍



一. 命题思考与题目设计

题目回顾:

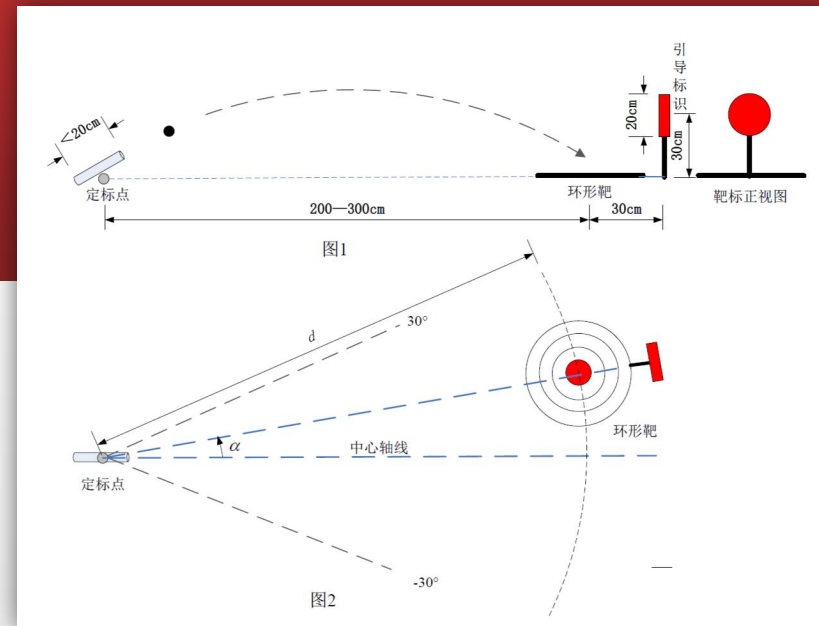
自行设计并制作一模拟电磁曲射炮（以下简称电磁炮），炮管水平方位及垂直仰角方向可调节，用电磁力将弹丸射出，击中目标环形靶（见图3），发射周期不得超过30秒。电磁炮由直流稳压电源供电，电磁炮系统内允许使用容性储能元件。

1. 基本要求

- (1) 电磁炮能够将弹丸射出炮口。
- (2) 环形靶放置在靶心距离定标点 $200\sim 300\text{cm}$ 间，且在中心轴线上的位置处，键盘输入距离 d 值，电磁炮将弹丸发射至该位置，距离偏差的绝对值不大于 50cm 。
- (3) 用键盘给电磁炮输入环形靶中心与定标点的距离 d 及与中心轴线的偏离角度 α ，一键启动后，电磁炮自动瞄准射击，按击中环形靶环数计分；若脱靶则不计分。

2. 发挥部分

- (1) 在指定范围内任意位置放置环形靶（有引导标识，参见说明2），一键启动后，电磁炮自动搜寻目标并炮击环形靶，按击中环形靶环数计分，完成时间 $\leq 30\text{s}$ 。
- (2) 环形靶与引导标识一同放置在距离定标点 $d=250\text{cm}$ 的弧线上（以靶心定位），引导标识处于最远位置。电磁炮放置在定标点，炮管水平方向与中轴线夹角 $\alpha=-30^\circ$ 、仰角 0° 。一键启动电磁炮，炮管在水平方向与中轴线夹角 α 从 -30° 至 30° 、再返回 -30° 做往复转动，在转动过程中（中途不得停顿）电磁炮自动搜寻目标并炮击环形靶，按击中环形靶环数计分，启动至击发完成时间 $\leq 10\text{s}$ 。



一. 命题思考与题目设计

1、命题思考

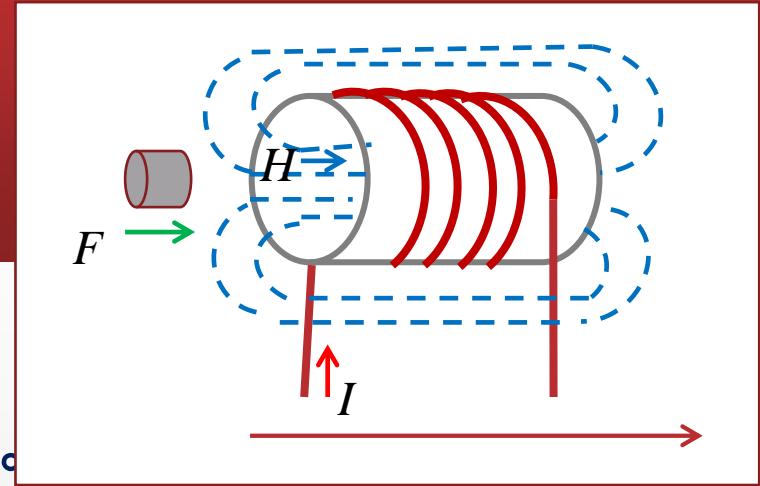
- 控制类题目：学过工科基础课，大多数电类、机类学生均可选。
- 覆盖技术面广：电磁学、电子测量、智能系统、视频处理、控制算法…。
- 难易度适当：机构、传感器、控制器、电路、算法、软件——容易实现、做好有难度。
- 测试与实验条件要求不高。中档以上的手机、沙盘、秒表、卷尺…。
- 与以往题目及已有产品有明显区别。

一、命题思考与题目设计

2、题目设计

- 炮管口径有要求，以避开已有产品。
- 水平靶曲线抛射，以与其它射击类作品区别，并避免追求大功率发射。降低了弹丸和炮管设计要求，提高了射准难度。
- 检测引导标识以确定目标，可以多种方案实现。
- 给出完成时间限制以考核控制算法。

二、原理、实现方案讨论



1、线圈炮原理

- 电磁炮（电炮）可分为两类：轨道炮、线圈炮。
- 线圈炮有：感应炮、磁阻炮、重接炮等几类。
- 感应炮炮弹带有线圈，炮筒线圈上施加变化电流，炮弹线圈上感应电流形成的磁场与炮筒磁场相互作用，形成推力将炮弹射出。其原理类似于感应式直线电机。
- 磁阻炮的铁磁材料（导磁率为 μ_0 的数千倍）弹丸在经过通电线圈时会使线圈内的磁阻减小，B增大使弹丸受力增大，向前推进弹丸。
- 重接炮在炮筒外设置多个线圈，控制各线圈的加电顺序，形成接续动作的磁场，利用其对弹丸的吸引力向前推进弹丸。

二、原理、实现方案讨论

本次题目可看作为单级重接炮，其原理为：

□ 磁性材料磁化后受到的磁场力为：

$$F = \int_{V_m} \mu_w M_m \frac{dH}{dx} dv$$

M_m : 磁化强度

H : 磁场强度

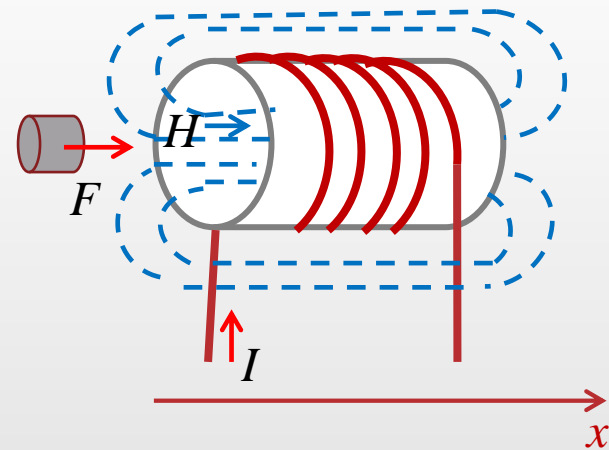
□ 弹丸向磁场强度大的方向移动。

□ 线圈中心处磁场强度最大，但其 $\frac{dH}{dx} = 0$ ， F 故 0 。

□ 过中点后， $\frac{dH}{dx} < 0$ 故受力方向变反，阻碍前行。

=>1) 开始要在线圈上加较大的电流，形成足够大的力使弹丸加速。

2) 弹丸到达线圈中点后应关断电流，减小反向的阻力。



二、原理、实现方案讨论

2、实现方案

1) 弹着点控制

- 方案一：高电源电压，控制加到线圈上的时间，在弹丸到线圈中点前关断，线圈上的电流经续流二极管释放。
- 方案二：电源升压对电容充电至高电压，接通线圈后放电，初始电流大，以后逐步减小，从而使弹丸正程加速快，积累能量大，后半程线圈电流小，阻力导致的能耗小，从而可射出。
- 弹丸速度控制方法
 - a, 控制电压：调整电源电压/调整电容充电时间。
 - b, 控制线圈加电时间。
- 速度、仰角控制参数可通过实验方法确定。

二、原理、实现方案讨论

2) 目标检测

□ 引导标识应当用摄像头+图像处理的方法捕获确定。

□ 测距

a、图像法：由圆形红色标识的图像尺寸估计距离。

b、激光测距。

c、超声波测距。

3) 电源

□ 直流稳压源供电

□ 开关电源模块供电

□ 电池供电



三、完成情况介绍

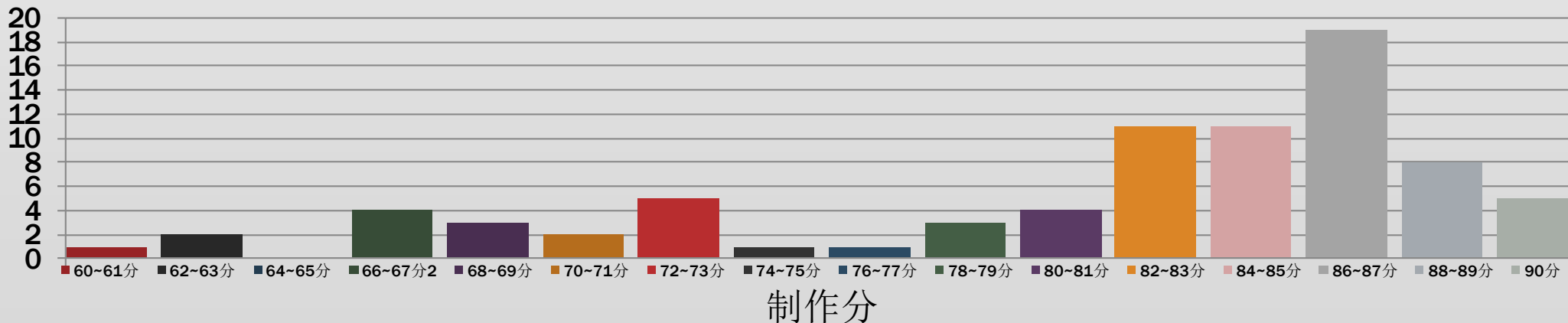
1、主流方案

- OpenMV摄像头+激光测距的方法捕获确定。
- OpenMV摄像头+图像处理方法捕获确定。
- OpenMV摄像头+超声波测距方法捕获确定。
- 激光雷达：定高激光扫描测距，以最近点为目标。
- 大多数采用升压电路给超级电容充电的方式提供发射能量。
- 基本上都是一次放电完的方式发射，很少有发射过程中控制关断。
- 钢球形弹丸 $>70\%$ ，钢柱形弹丸 $20\% \sim 30\%$ ，少量使用柱形磁铁弹丸。
弹丸直径 $5\text{mm} \sim 8\text{mm}$ 。
- 供电方式多样：DC，电池，自制电源。

三、完成情况介绍

2、成绩分布

- 本科总队数13823。
 - H题队数3564，选做比例25.8%。
 - H题上报国家队数 353。
 - H题全国复测队数86，复测制作部分得分情况如下图。
 - H题一等奖队数71，二等奖队数209。
- 注：全国复测队综合测评须过线。



三、完成情况介绍

2、成绩分布

- 专科总队数1678 。
- J题队数302，选做比例8.5% 。
- J题上报国家队数 27
- J题全国复测队数 7，复测制作部分得分最高88分，最低69分，5个队得分>80分。
- J题一等奖队数7，占比2.3%；二等奖队数15，占比5.0% 。

注：全国复测队综合测评须过线。

三、完成情况介绍

3、问题与思考

- 整体上看许多学校的学生在系统设计和制作上问题还是比较多。
 - 使用金属管做炮管、光照条件要求苛刻、精度控制失效等等。
 - 教与学两方面都有问题，教师针对电赛问题的解决方案储备不足，不掌握“行情”，学生物理概念不清，训练不充分，动手能力差。
 - 问题的根子还是在教师身上，每届竞赛下来把优秀作品的各种方案自己统统尝试一下，题目类型就那么几种，可能出现问题的点做多了就能总结出来，积累上几年应当就能拿下大部分设计制作问题。不动手做就永远不会做。

三、完成情况介绍

3、问题与思考

- 从成绩好的队来看，集成创新能力较强，模型化和理论分析能力不足。做作品靠“攒”，调指标靠“试”，发展后劲受限。水平高的学校应当努力跳出这种状况，强调物理概念与处理方法，提高学生的创新意识。
- 总体上报告撰写能力有问题，缺乏系统培养。理论分析不到位，关键问题不交代，设计合理性不讨论。

谢谢大家!

全国大学生电子设计竞赛
National Undergraduate Electronic Design Contest

