



# 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



2019年TI 杯全国大学生电子设计竞赛（A 题）

# 电动小车动态无线充电系统

浙江大学 潘再平

2019.10.26

## ● 竞赛题目

# 电动小车动态无线充电系统（A 题）

## 【本科组】

### 一、任务

设计并制作一个无线充电电动小车及无线充电系统，电动小车可采用成品车改制，全车重量不小于 250 g，外形尺寸不大于 30cm×26cm，圆形无线充电装置发射线圈外径不大于 20cm。无线充电装置的接收线圈安装在小车底盘上，仅采用超级电容（法拉电容）作为小车储能、充电元件。如图 1 所示，在平板上布置直径为 70cm 的黑色圆形行驶引导线（线宽 $\leq 2$ cm），均匀分布在圆形引导线上的 A、B、C、D 点（直径为 4cm 的黑色圆点）上分别安装无线充电装置的发射线圈。无线充电系统由 1 台 5V 的直流稳压电源供电，输出电流不大于 1A。

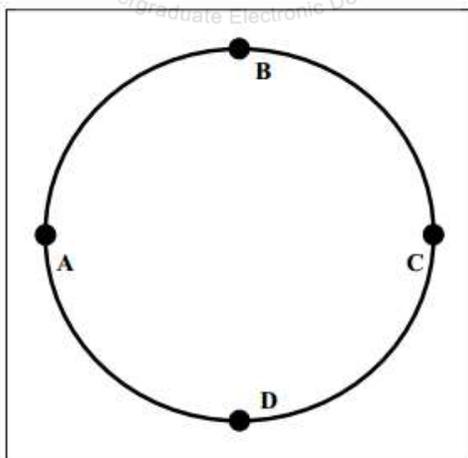


图 1 电动小车行驶区域示意图

## 二、要求

### 1. 基本要求

- (1) 小车能通过声或光显示是否处在充电状态。
- (2) 小车放置在 A 点，接通电源充电，60 秒时断开电源，小车检测到发射线圈停止工作自行起动，沿引导线行驶至 B 点并自动停车。
- (3) 小车放置在 A 点，接通电源充电，60 秒时断开电源，小车检测到发射线圈停止工作自行起动，沿引导线行驶直至停车（行驶期间，4 个发射线圈均不工作），测量小车行驶距离  $L_1$ ， $L_1$  越大越好。

### 2. 发挥部分

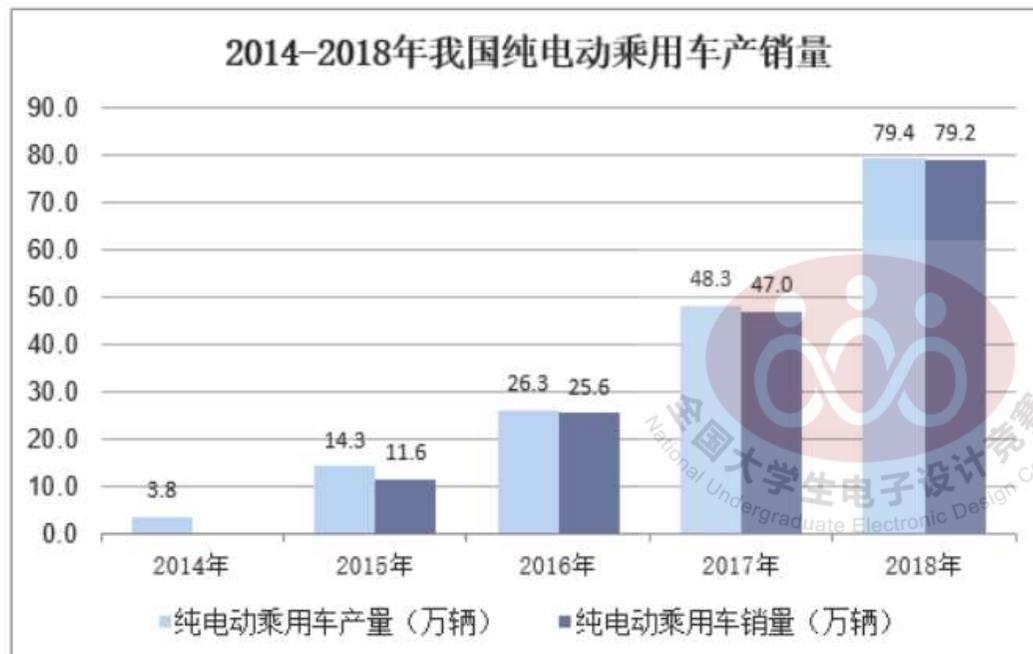
- (1) 小车放置在 A 点，接通电源充电并开始计时；60 秒时，小车自行起动（小车超过 60 秒起动按超时时间扣分），沿引导线单向不停顿行驶直至停车（沿途由 4 个发射线圈轮流动态充电）；180 秒时，如小车仍在行驶，则断开电源，直至停车。测量小车行驶距离  $L_2$ ，计算  $L=L_2-L_1$ ， $L$  越大越好。
- (2) 在发挥部分（1）测试中，测量直流稳压电源在小车开始充电到停驶时间段内输出的电能  $W$ ，计算  $K=L_2/W$ ， $K$  越大越好。
- (3) 其他。

### 三、说明

- (1) 本题所有控制器必须使用 TI 公司处理器。
- (2) 小车行驶区域可采用表面平整的三夹板等自行搭建，4 个发射线圈可放置在板背面，发射线圈的圆心应分别与 A、B、C、D 圆点的圆心同心。
- (3) 作品采用的处理器、小车全车重量、外形尺寸、发射线圈最大外形尺寸及安装位置不满足题目要求的作品不予测试。
- (4) 每次测试前，要求对小车的储能元件进行完全放电，从而确保测试时小车无预先额外储能。
- (5) 题中距离  $L$  的单位为 cm，电能  $W$  的单位为 Wh。
- (6) 测试小车行驶距离时，统一以与引导线相交的小车最后端为测量点。
- (7) 基本要求 (2) 测试中，小车停车后，其投影任一点与 B 点相交即认为到达 B 点。
- (8) 在测试小车行驶距离时，如小车偏离引导线（即小车投影不与引导线相交），则以该驶离点为该行驶距离的结束测试点。

## ● 题目背景

### (1) 电动汽车的发展



2018年全球电动车销量达到200万辆，维持40%左右增长。



预计2025年全球电动车销量有望达到1900万辆。

## (2) 全电与混动

2018年中国纯电动汽车销量占新能源汽车比重近80%。

## (3) 充电方式

有线充电

静态无线充电

动态无线充电



### (3) 动态充电的问题

- 1) 充电效率低
- 2) 输出功率不稳定
- 3) 线圈铺设成本高
- 4) 无线充电技术标准需统一
- 5) 电磁环境安全性问题



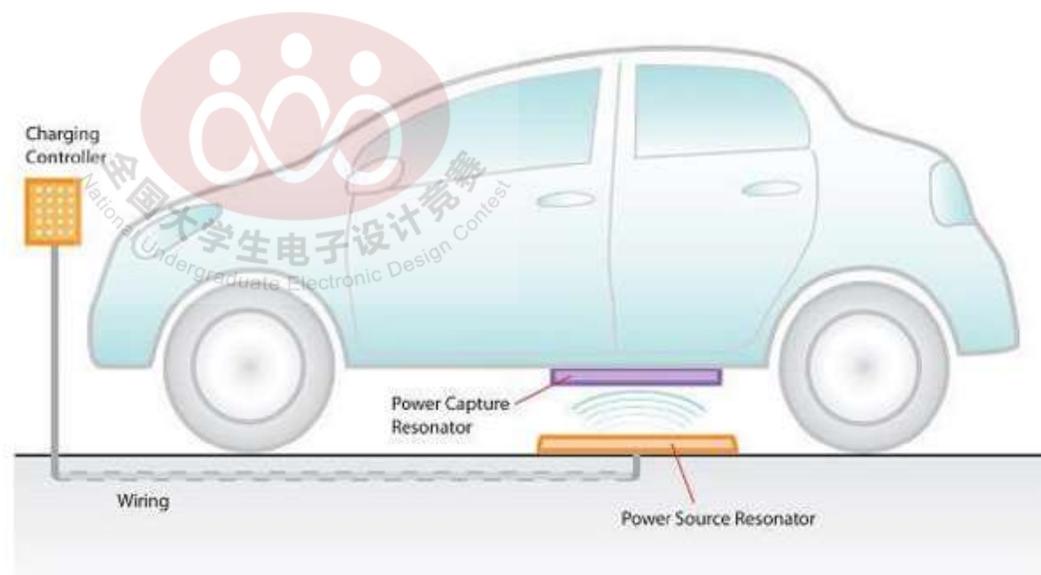
## (4) 无线充电类型

电磁感应式（类似变压器）

磁耦合谐振式

无线电波式

电场耦合式

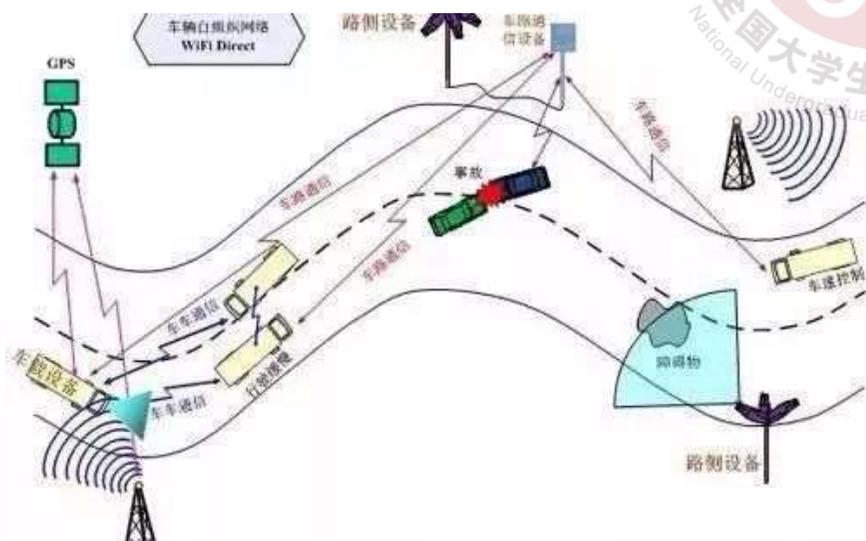


## (5) 动态无线充电

必要性和可行性

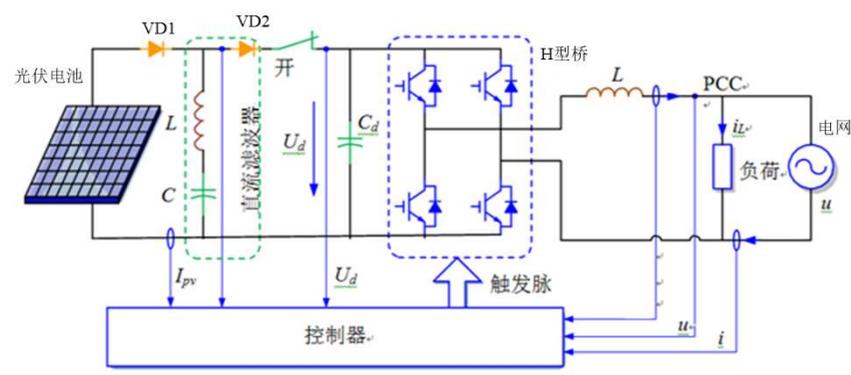
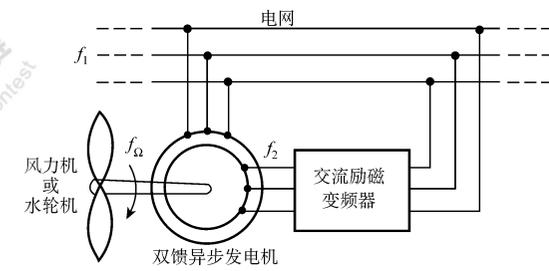
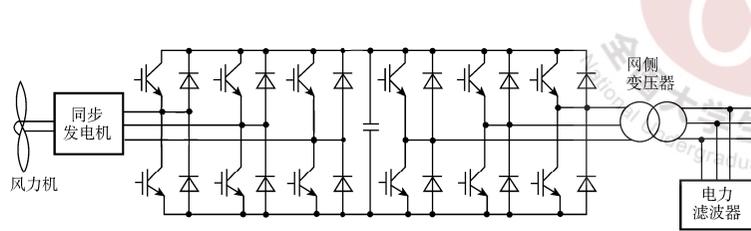
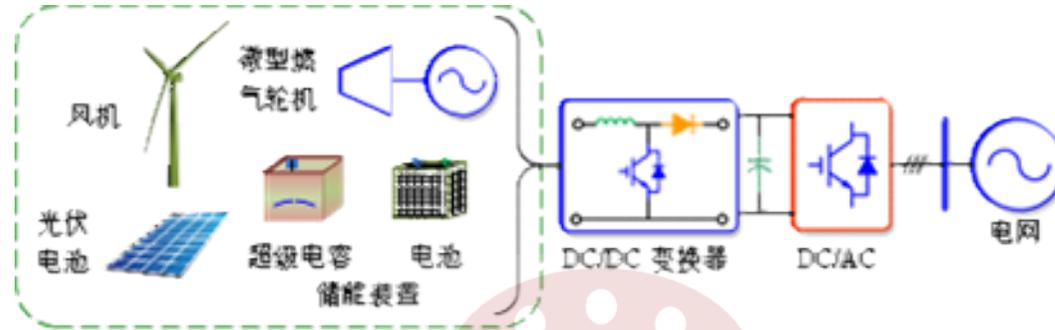
### 杭州-宁波“超级高速”：

全长161公里；构建车联网系统，支持自动驾驶；远期结合无线充电技术，实现边行车边无线充电。



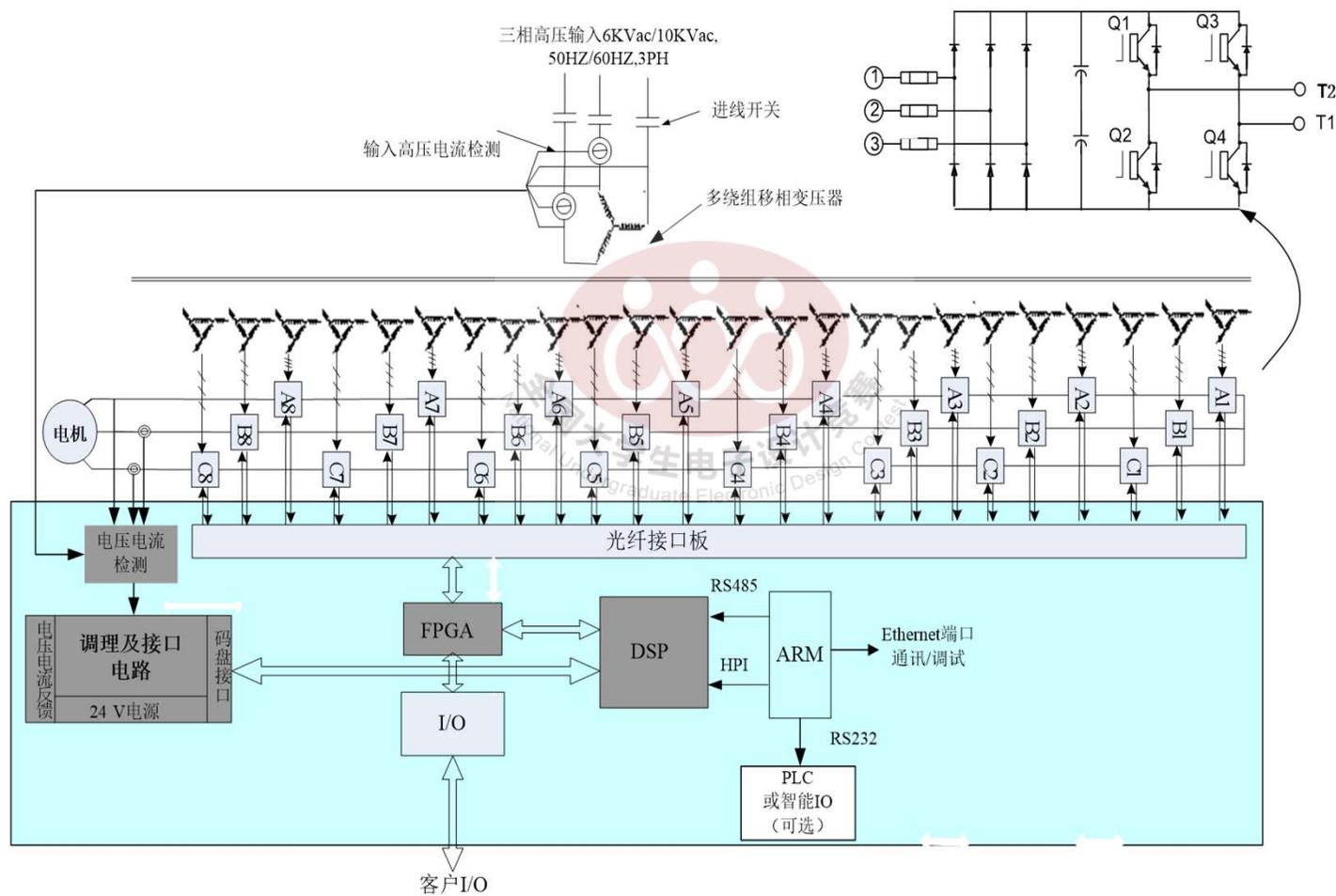
● 2019年4月合肥会议

(1) 微电网 (新能源发电)

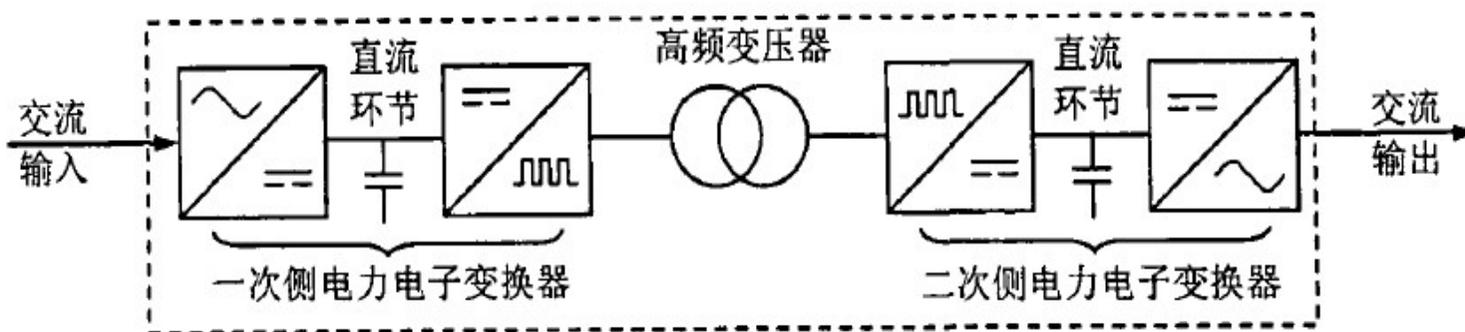
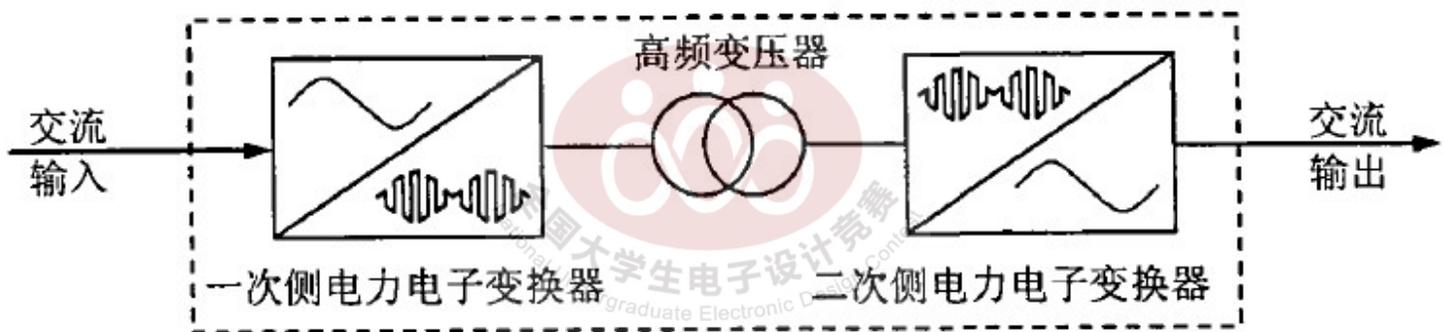


## (2) 高压变频器

### 单元串联多电平PWM电压源型逆变器

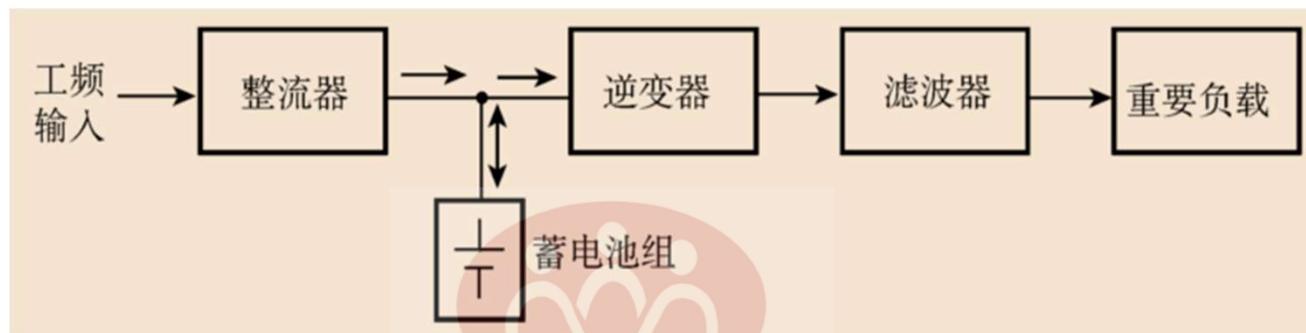


### (3) 电力电子变压器

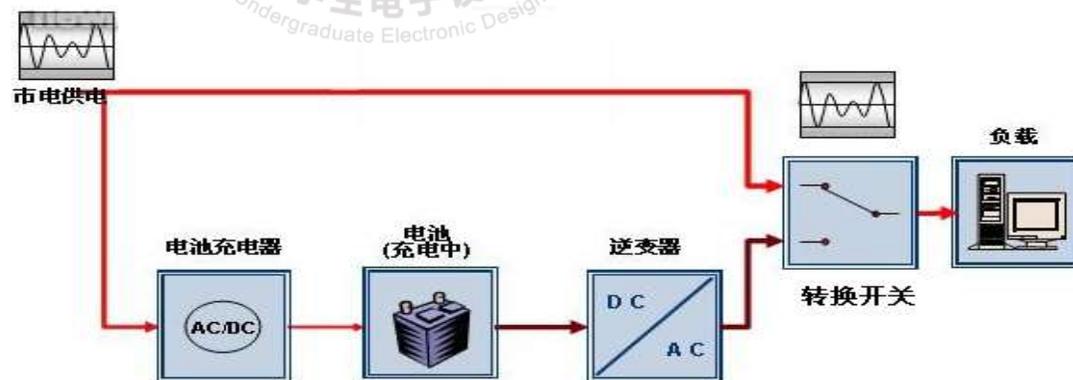


## (4) 不间断电源 (UPS)

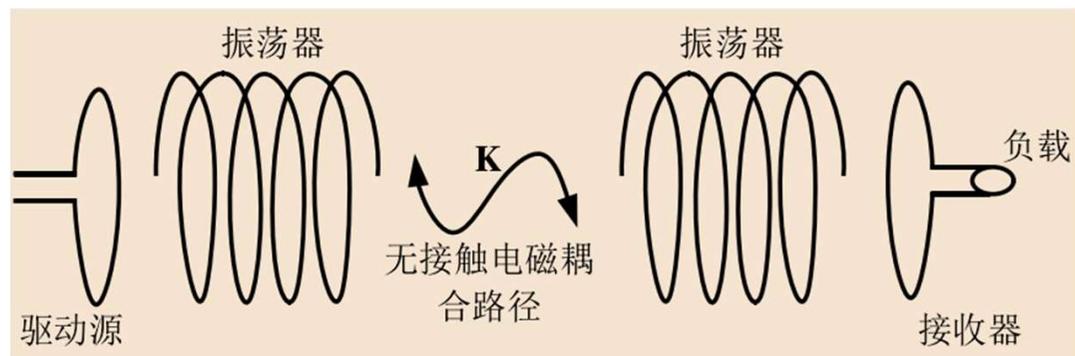
### 在线式



### 后备式

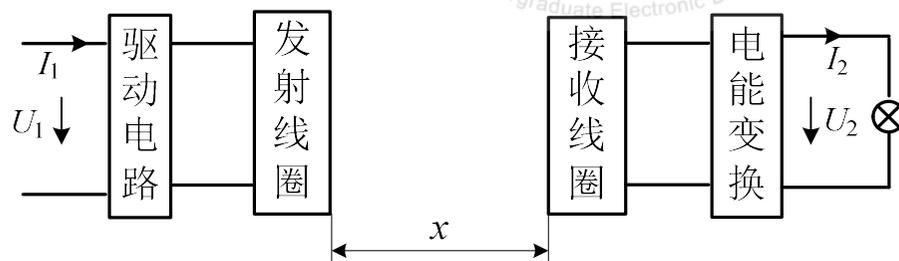


## (5) 无线电能传输



### 2014年联赛：无线电能传输装置

设计并制作一个磁耦合谐振式无线电能传输装置，其结构框图如下图所示所示。



效率与距离

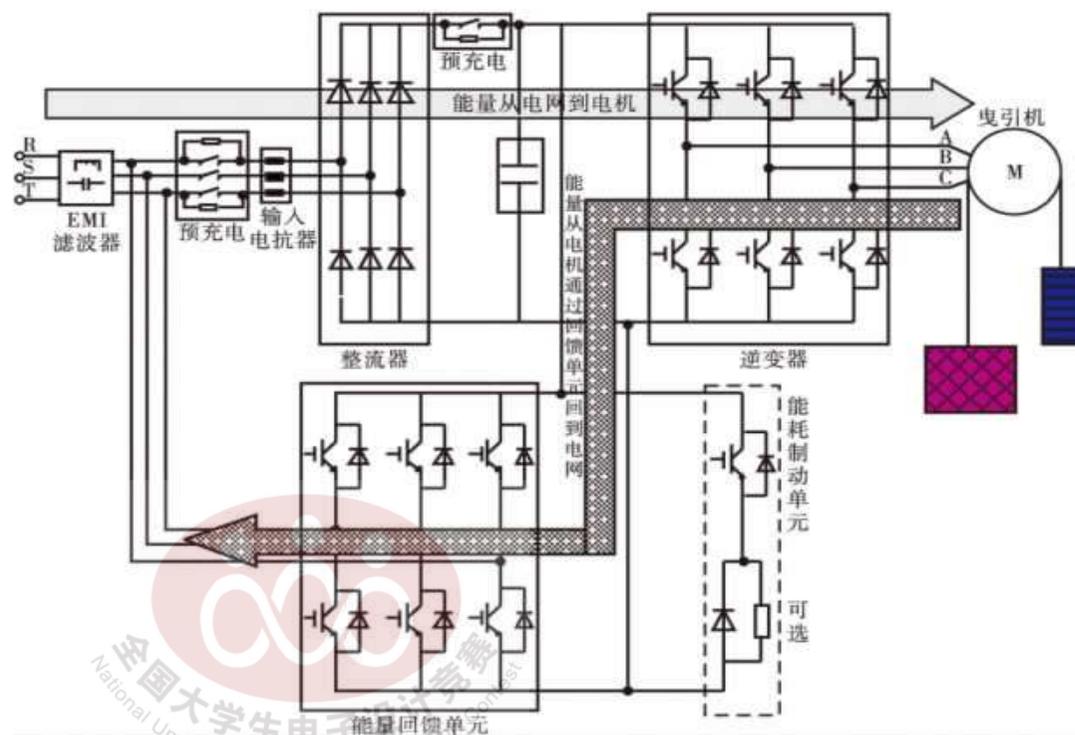
### 2018年联赛：无线充电电动小车

移动充电（电动汽车等）

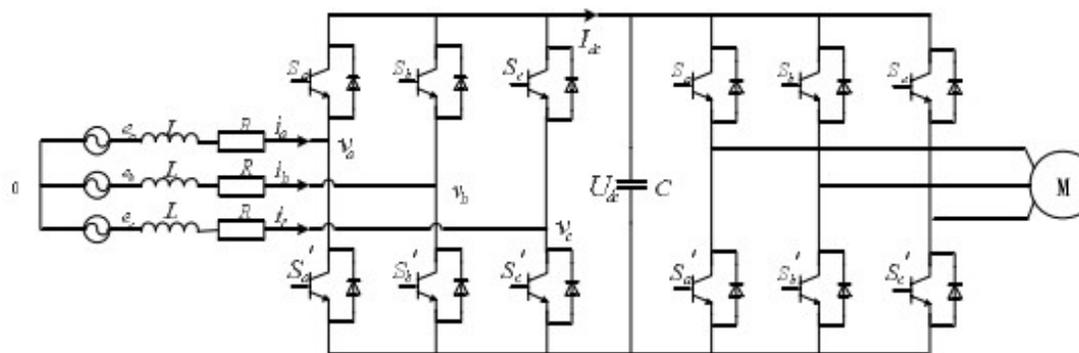
## (6) 能量回馈

### ● 双向变流器

电梯能量回馈

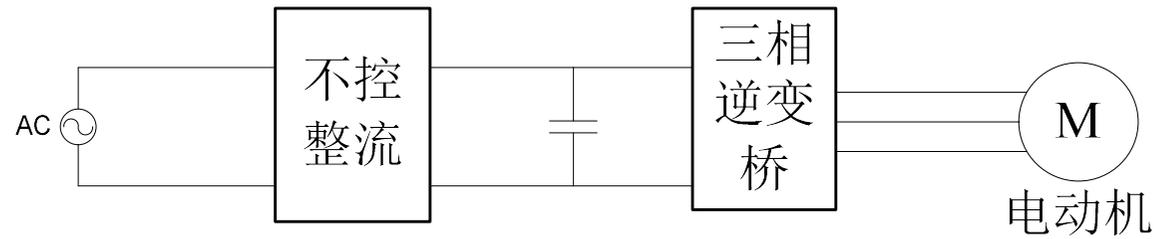


双PWM

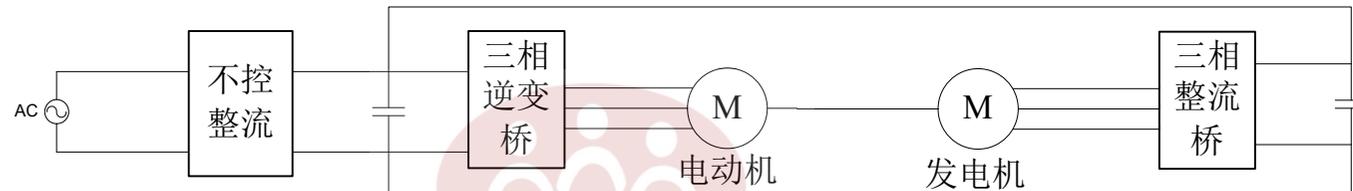


# ● 变流器负载试验

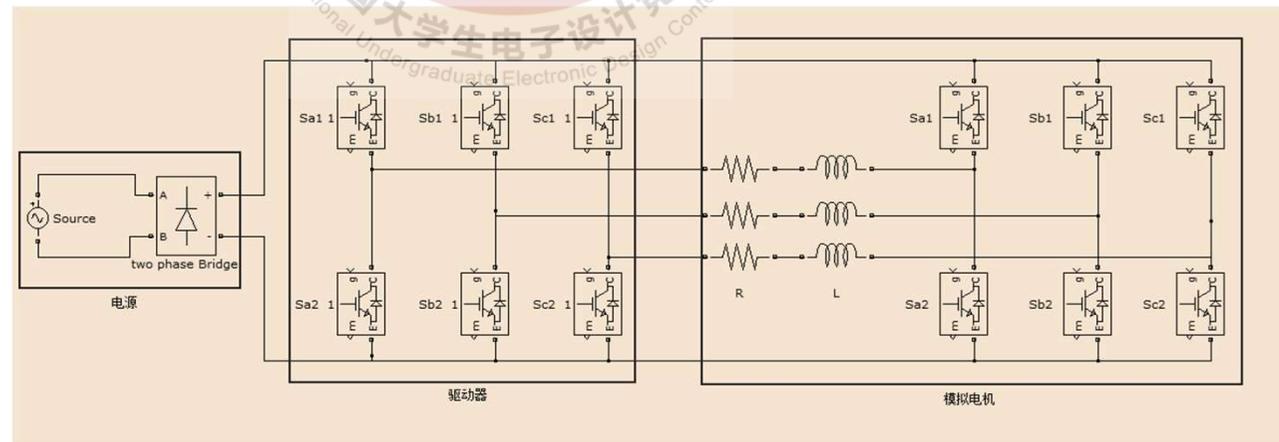
耗能



回馈1

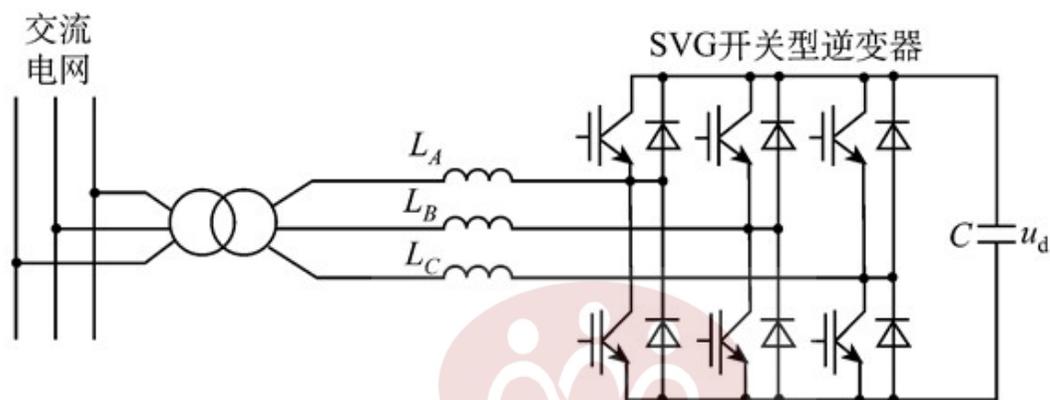


回馈2

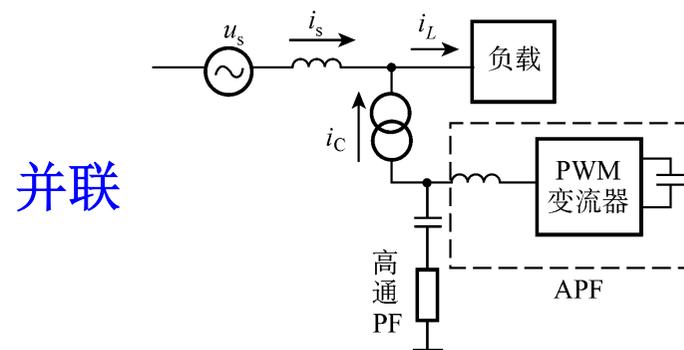
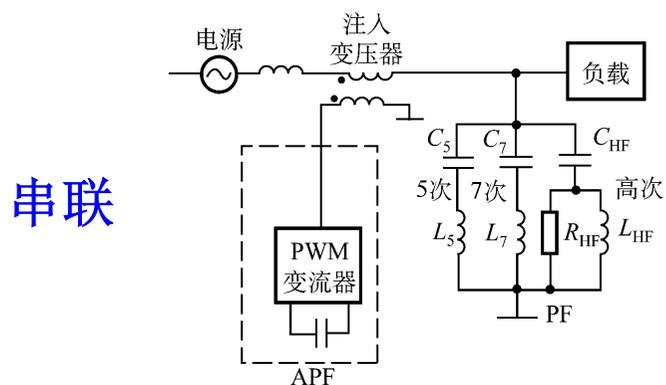


## (7) 电力系统中的应用

### 静止无功发生器 (SVG)



### 有源电力滤波器 (APF)



## ● 命题思路

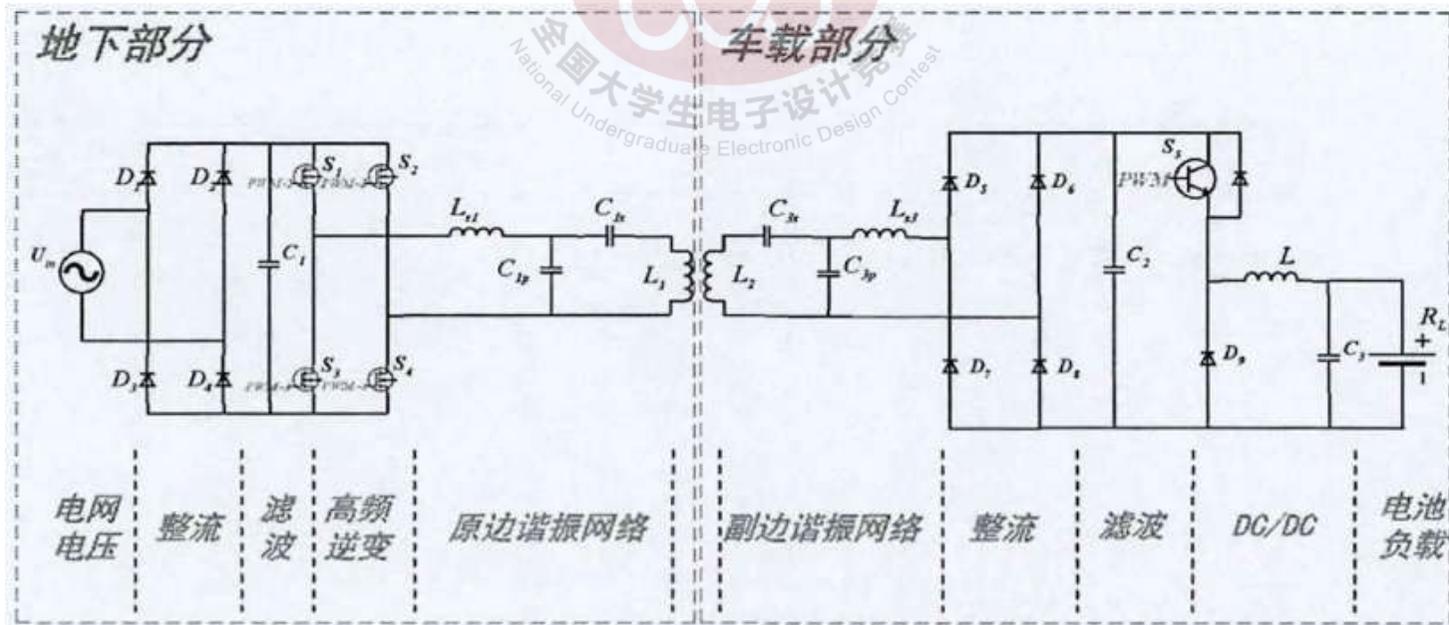
### (1) 电力电子技术的应用

发射线圈：DC-AC

“纯”电力电子技术题目？

接收线圈：AC-DC、DC-DC

电容充放电：双向DC-DC    动态充电：DC-DC并联

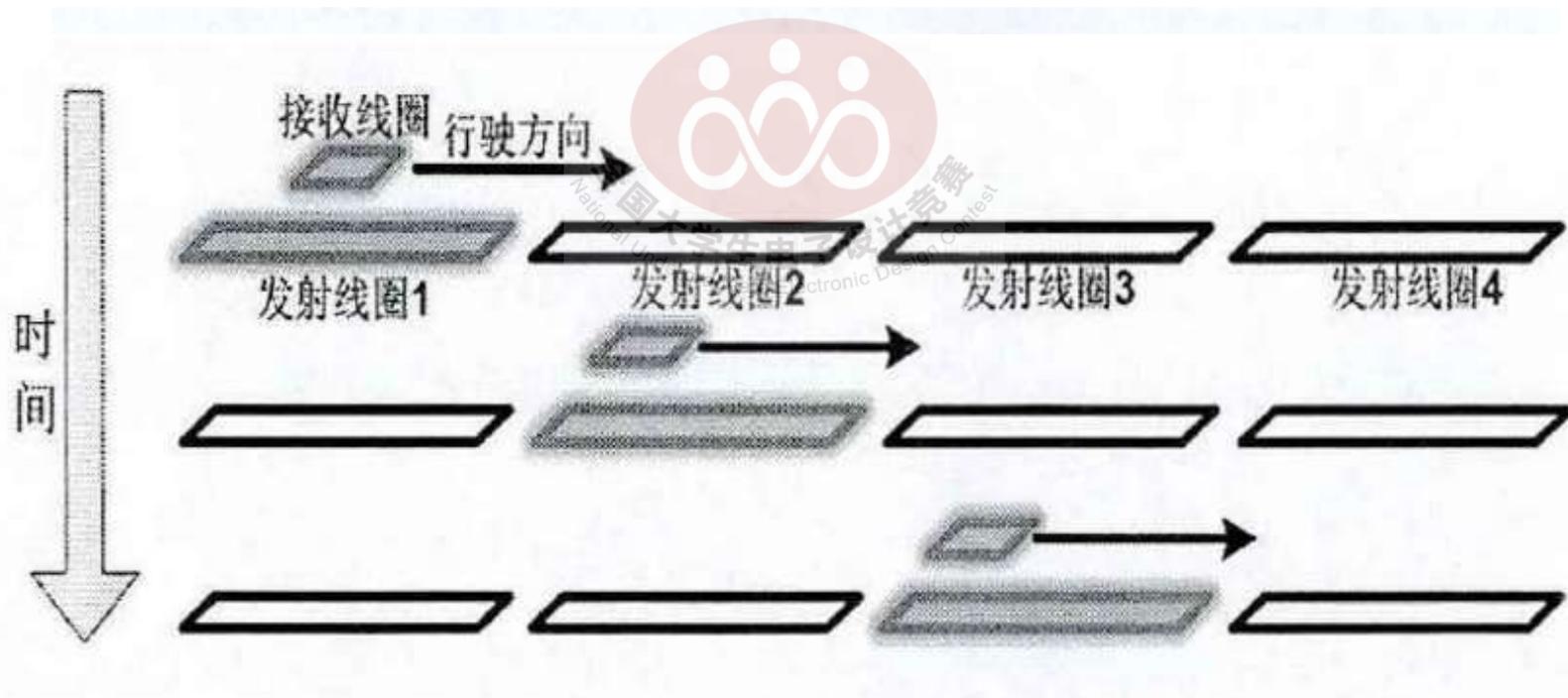


## (2) 电动车

车体、驱动系统：成品改造

沿引导线行驶：循迹、差速

## (3) 动态充电



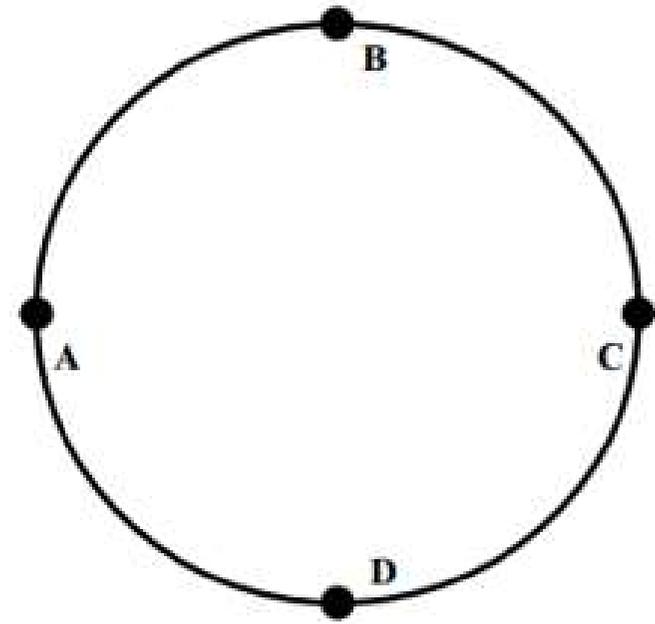
## (4) 限制条件

圆形引导线

电源限定 (1A、5V)

有限时间 (60s)

储能器件 (超级电容) 容量限制



## ● 题目解析

### (1) 基本要求 (1) (5分)

充电状态显示

### (2) 基本要求 (2) (25分)

A点充电，断电起动，B点停车

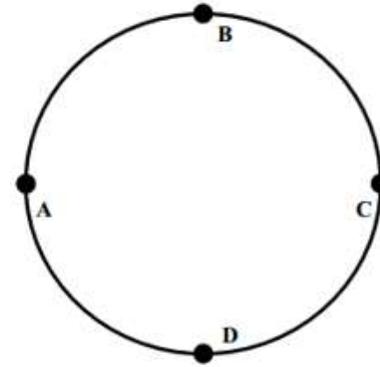
### (3) 基本要求 (3) (20分)

A点充电，断电起动，绕圈行驶（沿引导线）

考核点：

行驶距离  $L_1$ （双向DC-DC、充放电效率）

自动行驶（循迹）



#### (4) 发挥部分 (1) (25分)

A点充电，定时起动，绕圈行驶，动态充电，到时断电

考核点：

距离增量  $L_2$  (动态充电、DC-DC并联)

#### (5) 发挥部分 (2) (20分)

A点充电，定时起动，绕圈行驶，动态充电，到时断电

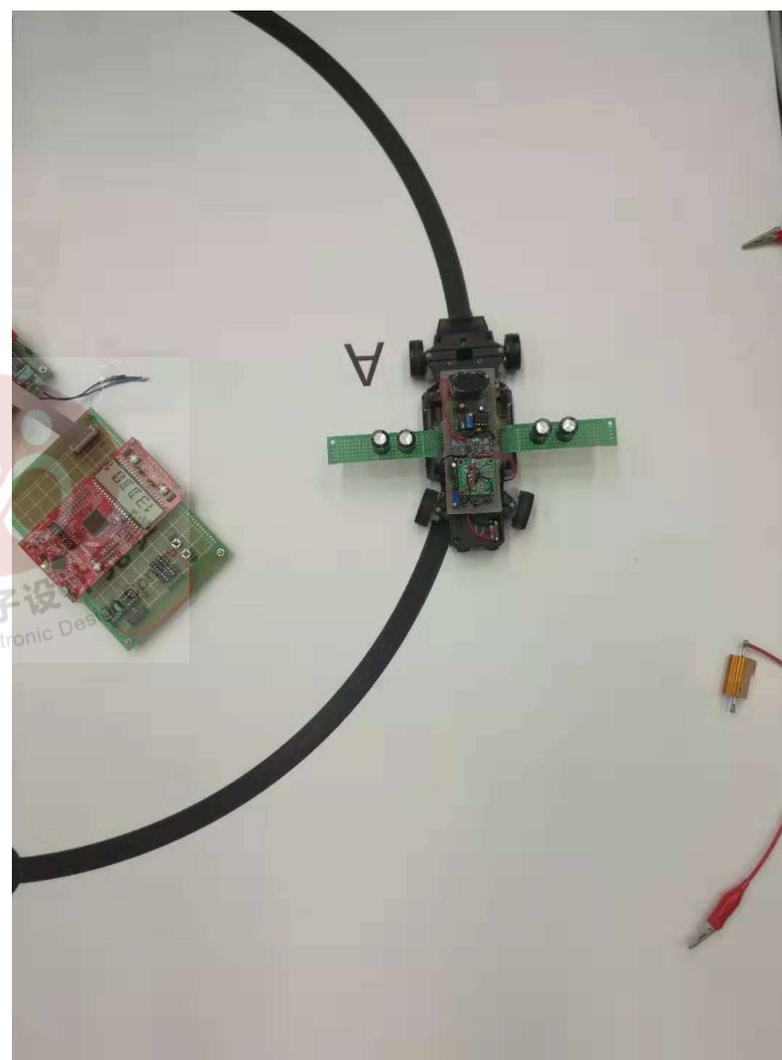
考核点：

耗能  $W$  (充放电效率、电机驱动系统)

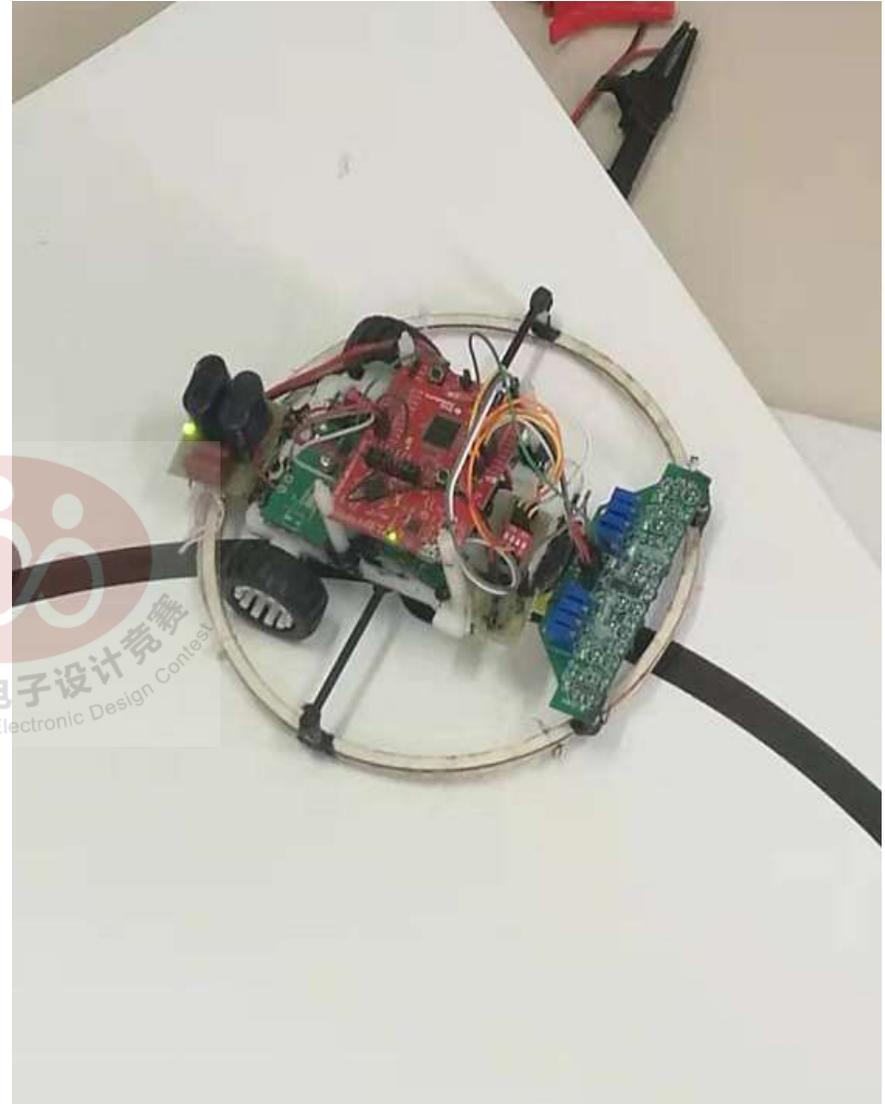
能效系数  $K=L_2/W$  (综合性指标)

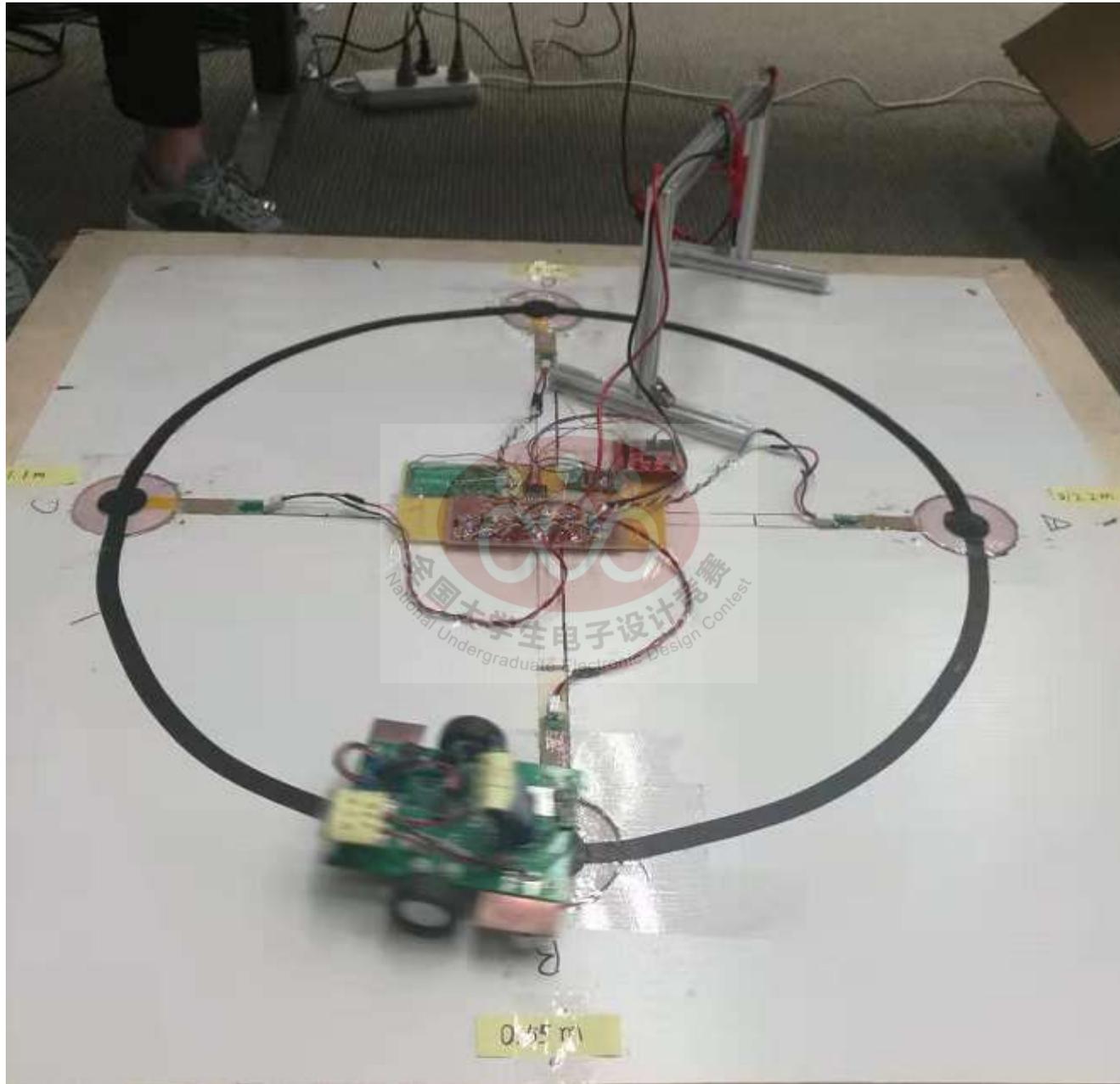
#### (6) 其他 (5分)

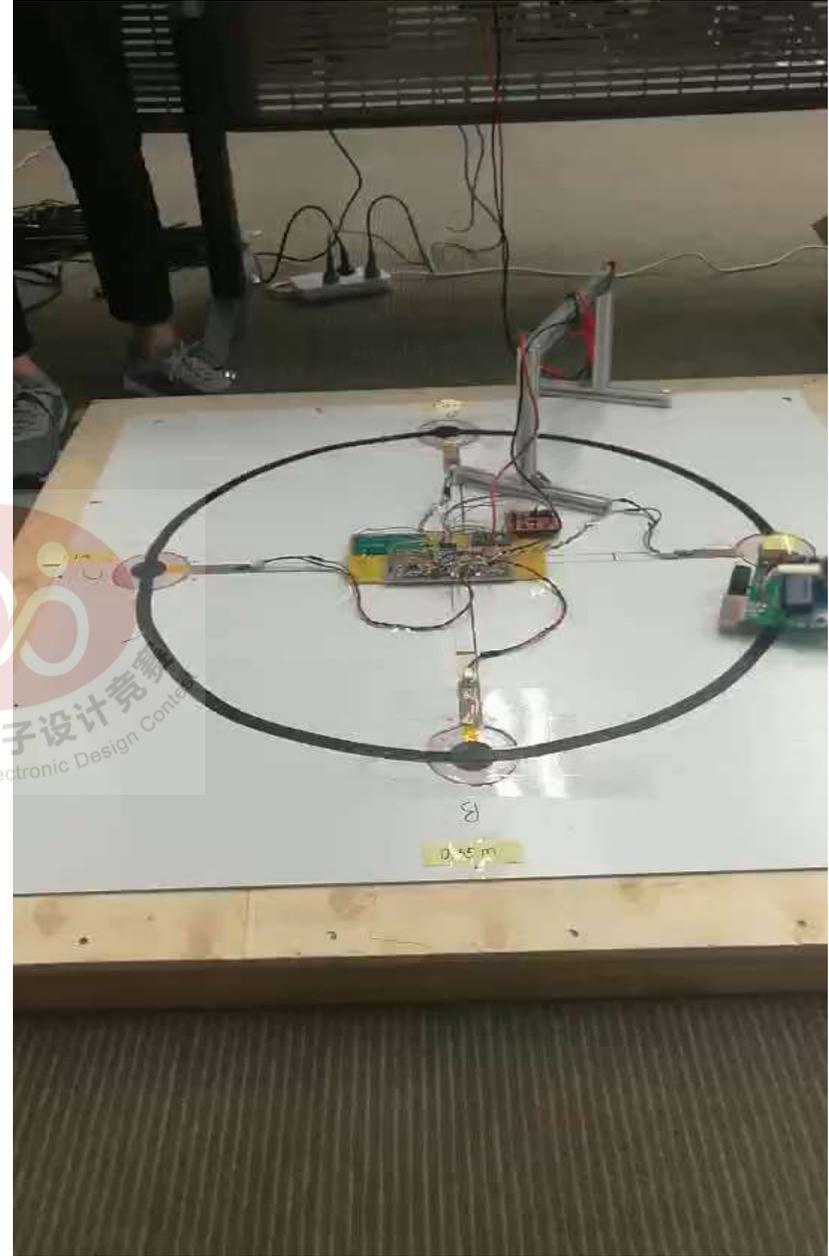
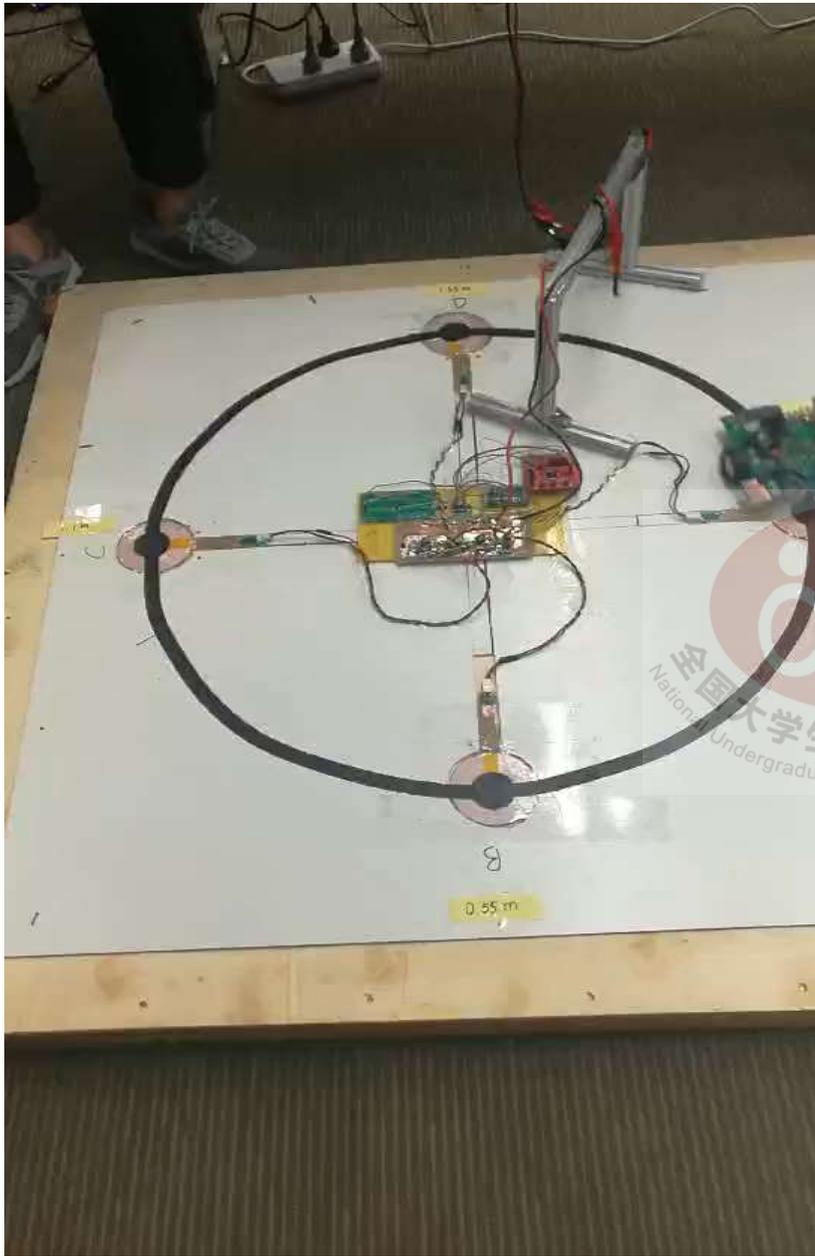
## ● 赛场点滴











## ● 评奖信息

### 2019年A题：电动小车动态无线充电系统

● 参评全国奖队数：192

可获奖：154

全国一等奖指标：46

实评：25 ?

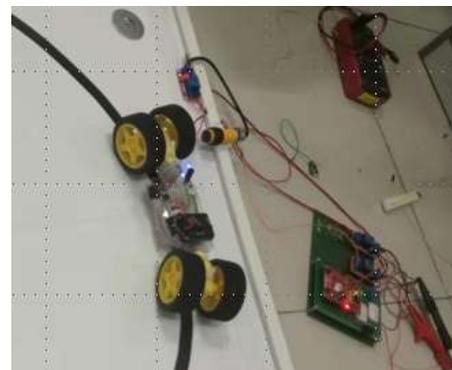
全国二等奖指标：108

实评：125

复测未得分：6队 转向不可调：16队

● 综合测评：0 ~ 28分

综合测评 < 5分：35队



谢谢!

