

任务命题文档

参赛项目

[温差]电动车

1、决赛场地及场景策划

- 1) 按照任务命题文档要求策划现场决赛场地（包括现场决赛的标志点、模拟长征情景标志点及权重等）

根据命题要求和长征历史情景，现场决赛时，要求温差电动车运行路线始于红军起点瑞金，一路历经 2、4、6、7、8、10、12、13、14、15 点后，胜利会师抵达延安，共设置 12 个标识点按顺序标记，其中“7 巧渡金沙江”、“12 过草地”为长征情景标记点，权重 $w=2$ 。路线圆心坐标见表 1。赛场以 11、14 连线为平行基准，12 点为中心，设置长 800mm，宽 250mm 的安全地形，安全地形外侧有宽 40mm 的模拟高山，如图 1-1 所示。

表 1-1 现场决赛标志点参考圆心坐标

| 序号 | 标志点 | 坐标 X(mm) | 坐标 Y(mm) |
|---------|----------|-----------|----------|
| 1 | 瑞金 | 5588 | 713 |
| 2 | 突破第三道封锁线 | 4463 | 375 |
| 4 | 强渡乌江 | 2263/2463 | 1200 |
| 6 | 四渡赤水 | 1700/1900 | 2025 |
| 7 (情景) | 巧渡金沙江 | 375 | 788 |
| 8 | 强渡大渡河 | 450 | 2213 |
| 10 | 爬雪山 | 375 | 2738 |
| 12 (情景) | 过草地 | 900 | 3938 |
| 13 | 激战腊子口 | 1275 | 4500 |
| 14 | 会宁大会师 | 1725 | 5250 |
| 15 | 吴起镇会议 | 2813 | 5625 |
| 16 | 延安 | 3188 | 5625 |

2) 给出现场初赛与现场决赛的场景不同点

根据决赛命题要求，较于初赛，标记点变化，将 3、5、9 替换为 4、6、8 三点，并增加 13、15 两个点，路线曲率增大，点数增加，体现现场决赛难度；4、6 两个点相较于原位置统一向左或向右在 X 方向上坐标变化 100mm，体现长征路途中的危险与不确定性；电动车在经过情景标记点“12 过草地”处时需要始终处于安全地形内，投影不能与模拟高山重合，模拟红军长征过草地时的真实情景。

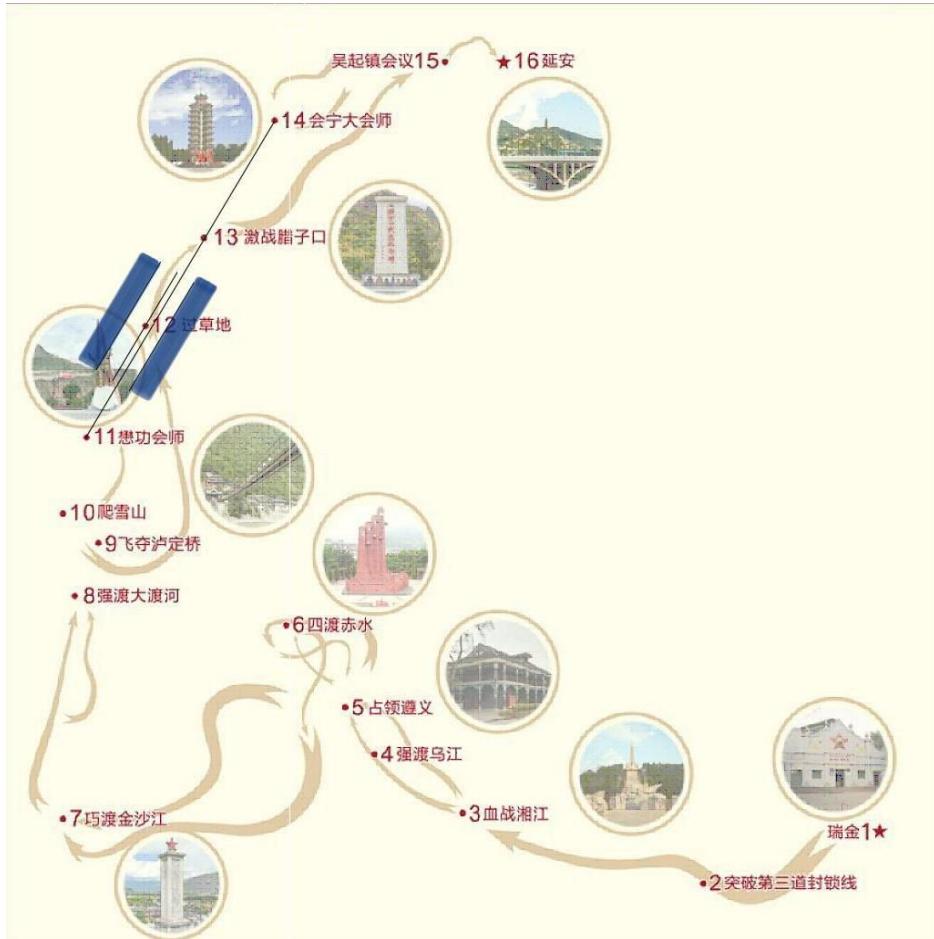


图 1-1 现场决赛运行场地示意图

2、现场决赛作品的主要转向传动零件、充电电路设计及说明

1) 设计主要转向传动零件，若没有重新设计给出充分理由

对小车及其运动进行简化建模如图 2-1 所示：

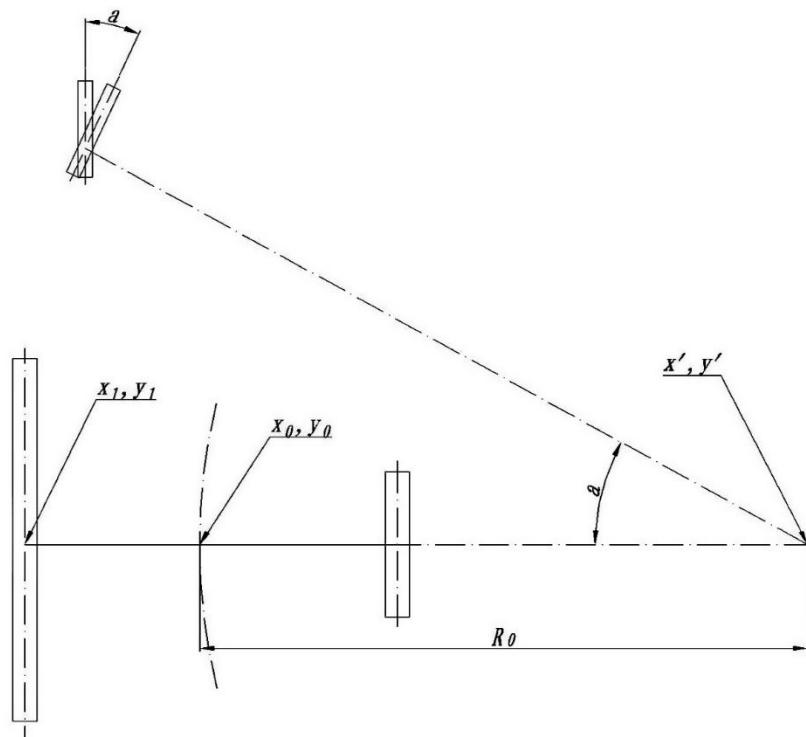


图 2-1 小车运动简化图

以小车前轮中心点为原点，主动轮轴为横轴建立直角坐标系，设主动轮中心坐标为 (x_1, y_1) ，传感器坐标为 (x_0, y_0) 。

设行驶过程中某一时刻 t 小车前轮转角为 a （左正右负），前轮轴与主动轮轴延长线交点即此时小车速度瞬心（设坐标为 (x', y') ）。对瞬心坐标有：

$$\begin{cases} x' = \frac{y_1}{\tan a} \\ y' = y_1 \end{cases}$$

设传感器距瞬心距离为 R_0 ，此时传感器做以瞬心为圆心， R_0 为半径的圆周运动。经过一极短时间 dt ，传感器行过一条曲率为 R_0 的短圆弧。将各个打卡点拟合为一条经过所有打卡点的传感器轨迹，对传感器行过的整个轨迹，使用大量短圆弧拼接代替， dt 足够小（插值点足够多）时即可逼近原轨迹。对示意图中情况 $(y_1=y_0)$ ，对轨迹上每一点有轨迹曲率半径 $\rho=R_0$ ，从而依照位移映射至瞬心位置和前轮转角。以上参数符合以下计算公式：

$$\rho = \sqrt{\left(x_0 - \frac{y_1}{\tan a}\right)^2 + (y_0 - y_1)^2}$$

前轮转向装置机构简图如图 2-2，任意前轮转角 a 对应滑块位置 x ，滑块由凸轮推动，小车直行对应 $x=0$ 对应凸轮轮径为基圆径与推杆之差处。前轮转角 a ，滑块位置 x ，转向偏距 c 符合以下计算公式：

$$\tan a = \frac{x}{c}$$

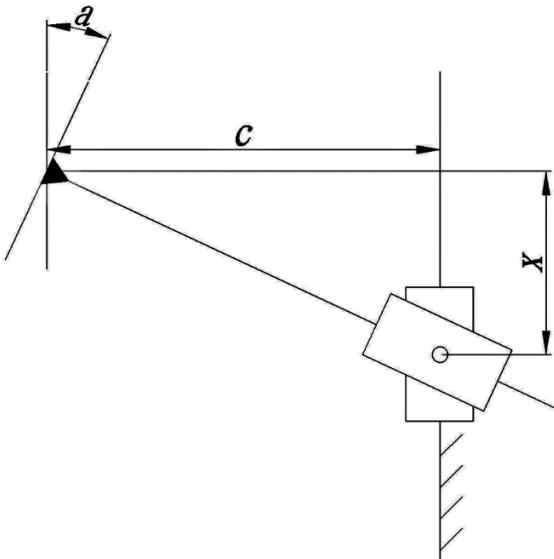


图 2-2 前轮转向装置机构简图

由 MATLAB 依据决赛要求拟合出最佳的小车行驶仿真轨迹，并通过上述公式反推出前轮转角，进而绘制出凸轮轨迹：

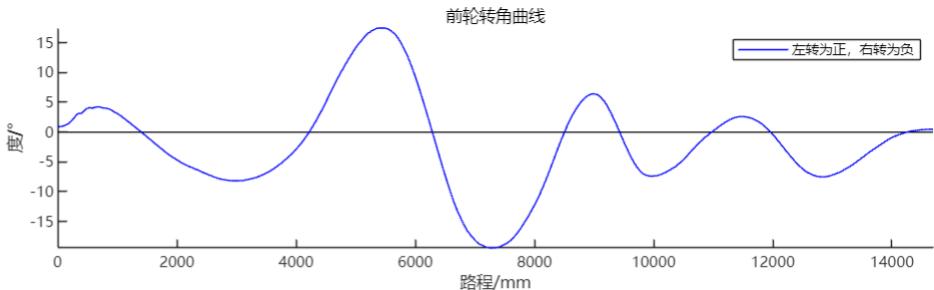


图 2-3 前轮转角曲线

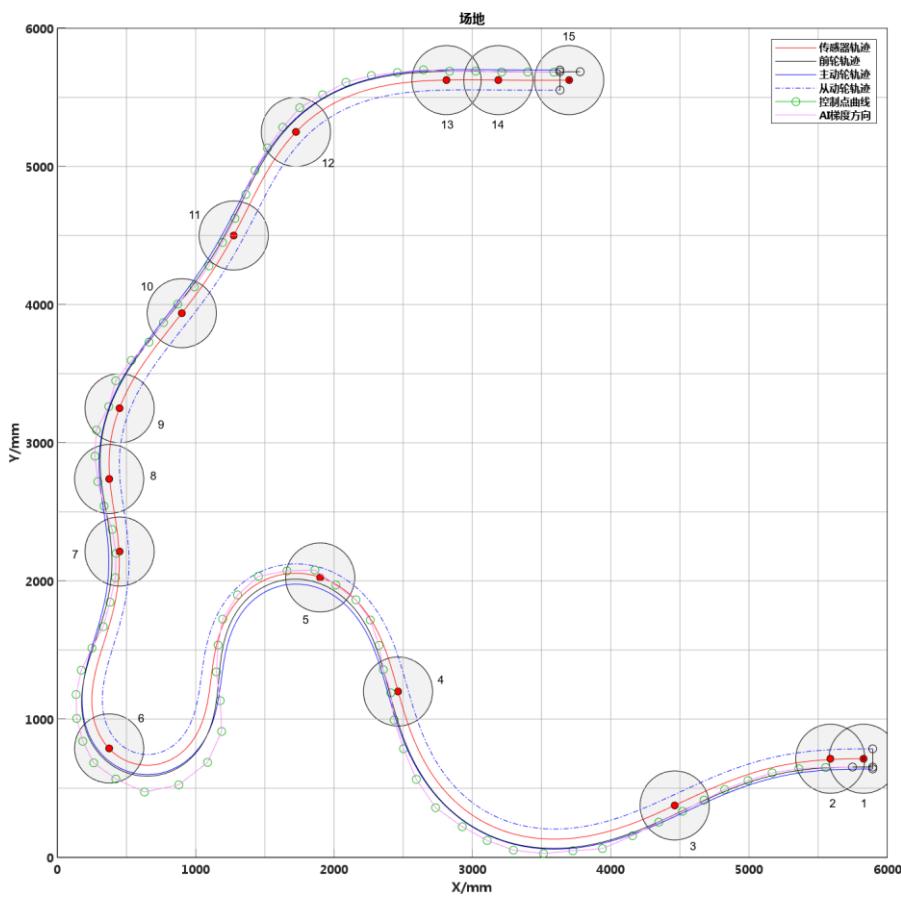


图 2-4 小车行驶仿真轨迹 (决赛)

根据图 2-3 可知，在决赛的行驶轨迹中，现有小车（转向偏距固定为 10mm）最大的所需左转角为 17 度，最大的所需右转角为 19 度，而在现有设计下，小车前轮最大可达转角为 ± 27 度，故无需重新设计转向机构。

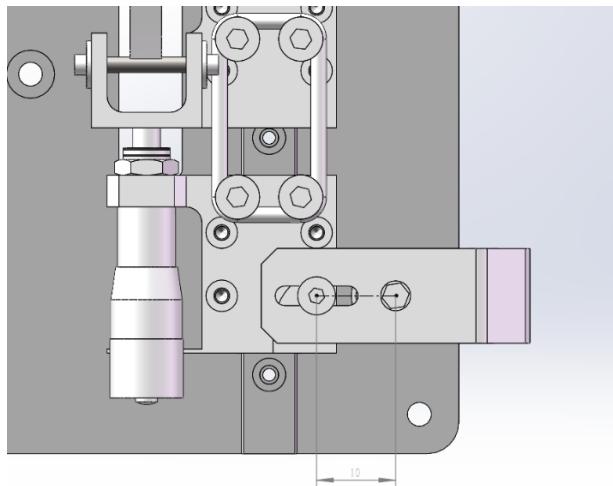


图 2-5 现有转向机构 (转向偏距为 10mm)

2) 给出所选太阳能板 (太阳能电动车) 或温差片模组 (温差电动车)，以及超级电容模组的规格参数，进行相应的充电模块设计，并给出所设计模块的性能

①温差片模组规格参数

本组选用的温差片模组经过理论分析和实际测试，冷热端温差在 80°C 时，开路电压为 4.58V，输出功率为 1.13W；提高到 160°C 左右，开路电压便可达 11.91V，输出功率最大为 5.24W。但其内阻会随温度升高，故需加强散热。

②超级电容模组规格参数

本组选择的超级电容模组由 3 节 2.7V/60F 的超级电容串联组成，最大充电电压为 7.95V，输出电压稳压在 7.4V 左右，最大输出电流为 2A。充电时，当任意单节电容电压超过 2.65V 时，则启动被动均衡防止过充；放电时，稳压电路使电容电量耗尽前始终稳定 7.4V 电压输出，为负载提供稳定供电。

③充电模块设计与性能分析

考虑温差片和超级电容模组规格参数，本组选用 CS5090EA 作为充电管理芯片，具有 5V 输入启动、内置升压和完善的充电机制，可满足充电模块的需求。围绕该芯片进行的滤波网络、电感选型和电源指示灯等有关设计可参考充电模块原理图。

该模块采用完整的 CC/CV 充电模式，有良好的充电性能。当电容电压低于 5.6V 时，系统先进行涓流充电。升至 5.6V 以上进入恒流阶段，芯片 ICHG 引脚外接 1kΩ 电阻以设定恒流充电电流约为 1A，在安全范围内保证了高效率。当模组电压接近 7.5V 时，切换至恒压模式，并在充电电流低于终止值后自动结束，避免过充风险。

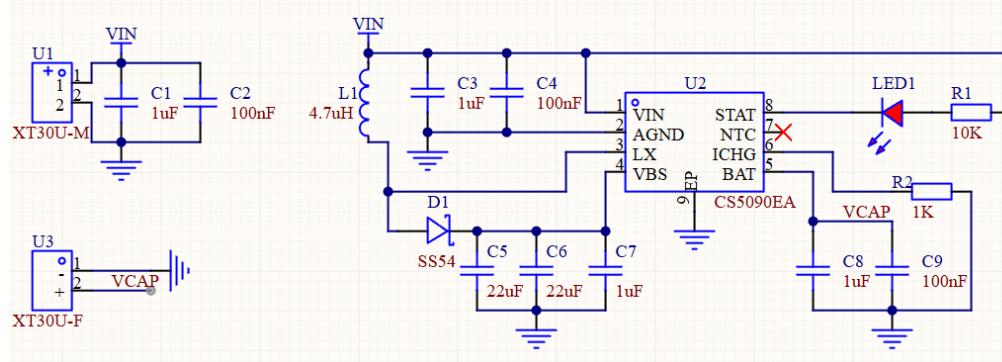


图 2-6 充电模块原理图

3) 对现场初赛与现场决赛中作品的主要转向传动零件或机构（如凸轮、齿轮等）进行对比分析，若没有区别需给出其没有区别充分理由

①传动机构设计

小车以齿轮作为传动件，其具体参数如下：

主动轮直径参数：

$$D=140\text{mm};$$

二级传动齿轮参数：

第一级： $i_1=144/24$ ； 第二级： $i_2= 168/24$

$$\text{总传动比： } i = i_1 \times i_2 = 42$$

根据图 2-4 仿真轨迹可知，决赛命题下小车的总行驶轨迹长度 S 约为 14690mm，而在当前传动比和主动轮的条件下，凸轮旋转一周可行驶距离为 18463mm，故无需更改传动机构。

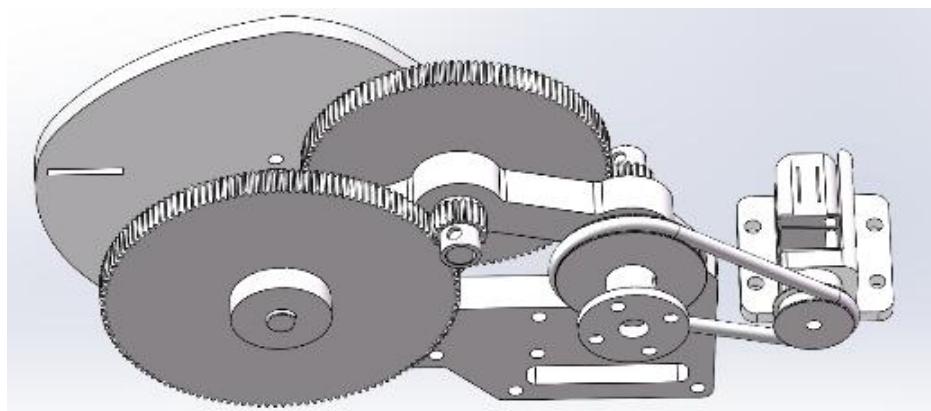


图 2-7 传动机构示意图

②转向机构设计

由 2- (1) 部分分析可知，决赛命题下小车所需最大前轮转角为向左 17 度，向右 19 度，而现有机构最大可达转角为±27 度，故转向机构没有区别。

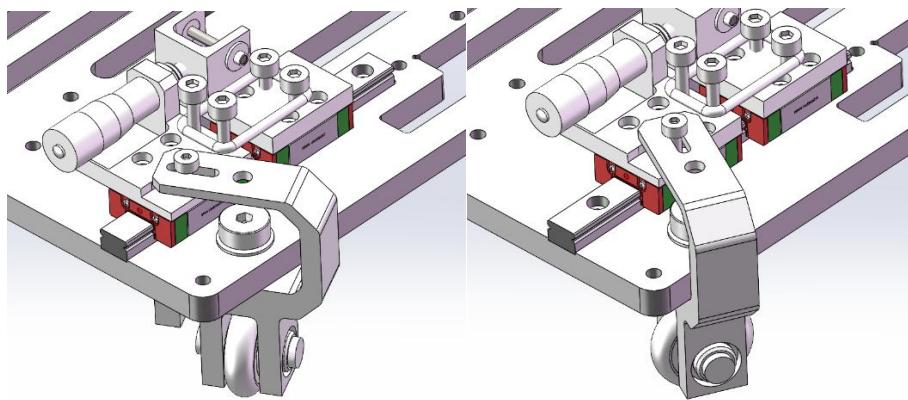


图 2-8 前轮最大可达转角示意图

③凸轮零件设计

决赛命题下小车的行驶轨迹和初赛相比具有较大改变，而小车的具体行驶轨迹有凸轮控制，故现场初赛与现场决赛中的凸轮零件有明显区别，如图 2-9 所示。

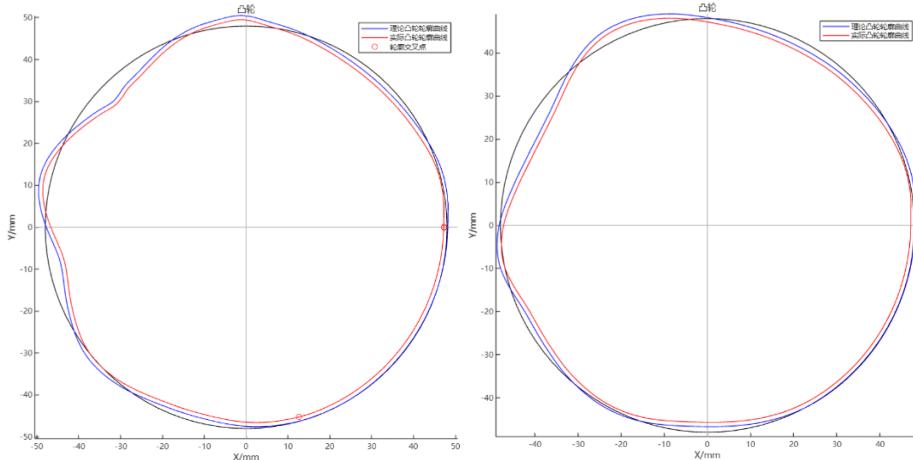


图 2-9 凸轮零件对比（左为初赛凸轮，右为决赛凸轮）

3、对作品的底盘、外壳可从重量、能耗、安全、变形、材料等指标给出轻量化结构设计结果及结果分析

①底盘轻量化设计

本温差小车的底盘主要采用了各功能机构模块化设计并统一组装于底板之上，故底盘轻量化设计主要考虑底板部分的结构减重。

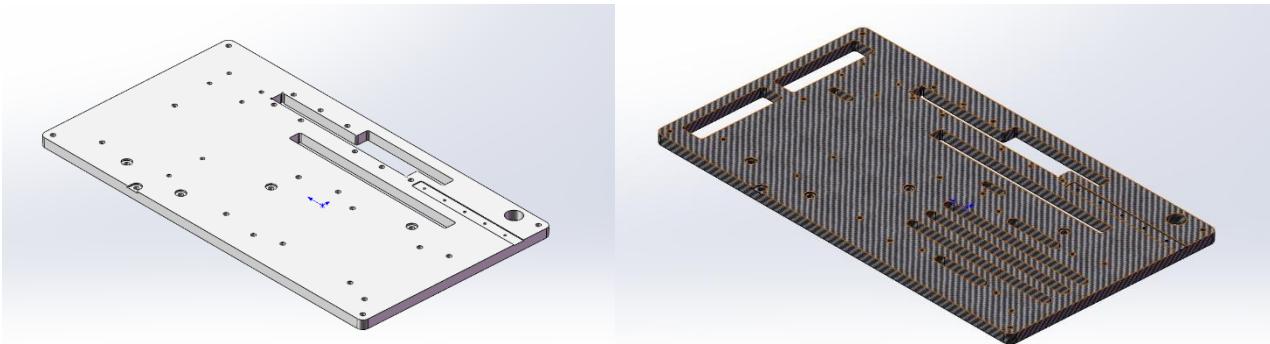


图 3-1 轻量化设计前后底板对比

为保证小车在实际行驶时的轨迹能与 MATLAB 计算出的理论轨迹尽可能高的吻合，故原计划采用 6061 铝合金为材料并进行 CNC 加工处理以得到满足结构强度和设计精度的底板。在轻量化设计分析后改选用碳纤维 T300 为材料进行 CNC 加工，同时在结构受力较小处开减重槽（孔），使之在满足刚性要求的前提下进一步降低小车重量，缩减行驶能耗。

原底板采用 6061 铝合金，材料密度 $2.70\text{g}/\text{cm}^3$ ，底板体积为 179.6cm^3 ，总质量约为 484.82g ；经过轻量化设计后的底板采用 T300 碳纤维，材料密度 $1.76\text{g}/\text{cm}^3$ ，底板体积 157.1cm^3 ，总质量约为 276.49g ，累计减重 42.9%。此外，T300 碳纤维的弹性模量约为 230GPa ，6061 铝合金的弹性模量为 68.9GPa ，这意味着在形同受力情况下，轻量化设计后的底板反而拥有更小的变形量。

②外壳轻量化设计

由于小车在运行过程中始终位于一个相对稳定且外界干扰较小的环境，即外壳无需考虑保护小车承受来自外界的冲击，故外壳设计主要考虑结构简单稳定，并尽可能的减重。

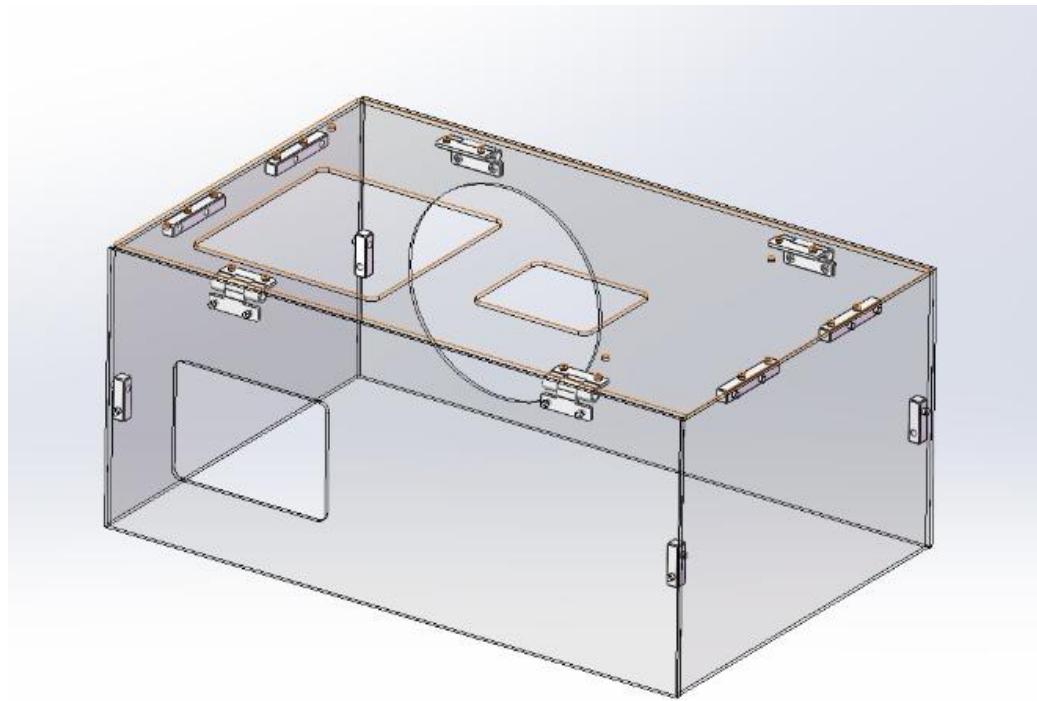


图 3-2 外壳结构示意图

此外壳主体采用 2mm 厚度的亚克力板，并通过铝合金六面连接件及塑料合页进行连接，同时在赛事规则范围内（不超过 20%）尽可能多的在外壳上挖减重孔，不但满足了轻量化的设计需求，使得外壳的整体质量达到约 397.2g ，大大的降低了小车的整体重量；同时方便进行拿取酒精灯，启动开关等一系列必要操作。

郑重提示：

- 1) 文档雷同（抄袭/被抄袭）达 30% 均视作弊，或修改各类标题或没有删除蓝色字或出现地名、单位名、队名、人名等或不应出现的*、/、★等任何标记或信息，文档分为 0 分，并对文档雷同的参赛作品在大赛现场进行审核。
- 2) 报告的标点符号、错别字、字体、字号、行距应符合撰写要求，以及标题、图、表和公式及引用等排版规范影响该报告成绩，且报告的排版规范分数不能高于报告的内容质量分数。