

第二届全国新能源汽车关键技术技能大赛 山东省选拔赛技术手册

汽车装调工 (新能源汽车轻量化技术)

省选拔赛组委会办公室
2020年8月

目 录

一、总体要求.....	1
二、车辆制作技术要求.....	7
(一) 一般设计要求.....	8
(二) 电池管理系统设计要求.....	8
(三) 电机及控制系统设计要求.....	10
(四) 整车控制系统设计要求.....	13
(五) 车架设计要求.....	19
(六) 行驶系统技术要求.....	24
(七) 转向系统技术要求.....	25
(八) 制动系统技术要求.....	25
(九) 座椅及安全带技术要求.....	26

请各参赛队认真阅读并理解本技术手册中的说明，并据此指导自己竞赛团队的竞赛准备过程，否则可能会面临成绩受到影响甚至无法顺利参赛的状况。

本技术手册中展示的结构示意图，仅供大家参考。

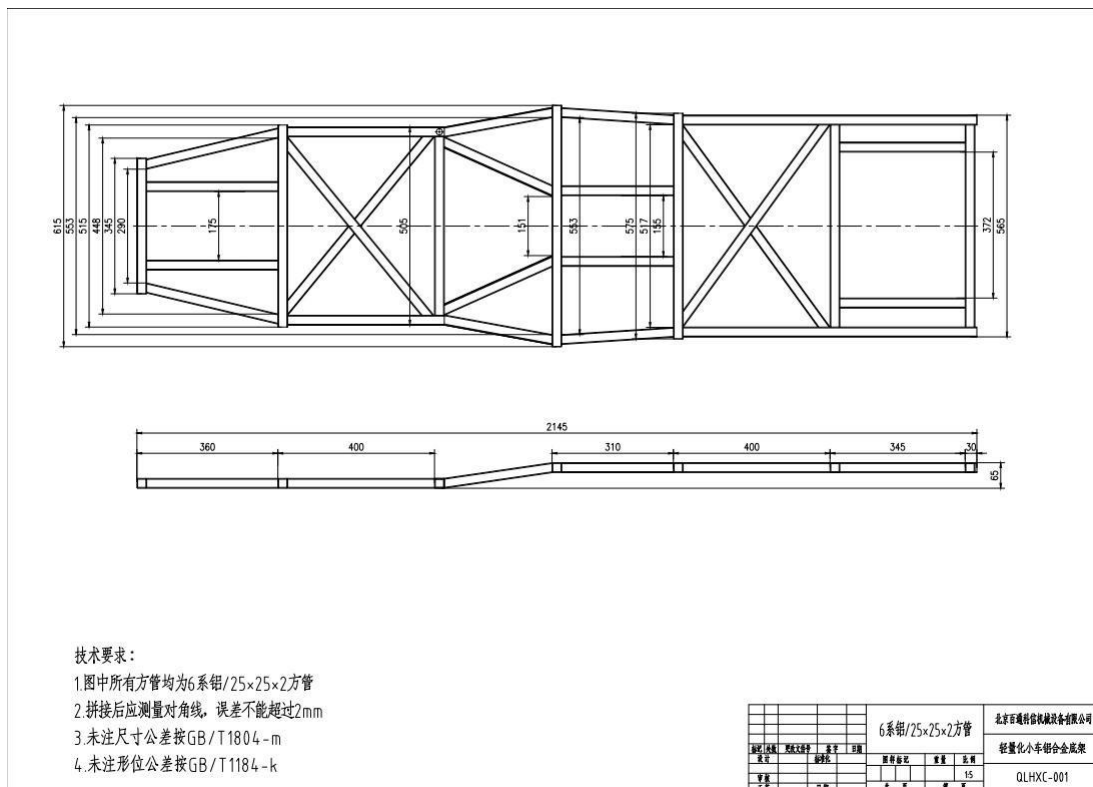
一、总体要求

本次竞赛由大赛合作企业提供驱动电机、动力电池及整车控制系统、安全带、轮胎的基础上，选手选择轻量化材料、利用轻量化制造工艺对铝合金、高强度钢或碳纤维进行加工，制作出防滚架、车身及覆盖件等部件；选择或制作具有轻量化意义的座椅、转向、制动、行驶、传动、电池防撞箱等部件，通过轻量化结构设计和加工，基于车架设计连接和固定件，安装各个总成或装置，最终制造出可以运行的场地汽车，利用技术方案展示、车辆装配与调试、车辆轻量化效果的测评来综合评判车辆的轻量化水平，以此检验选手的相关技能。

竞赛车辆必须由车队成员根据竞赛要求自行构思、设计、制造和调校，过程中不允许有专业工程师、专业公司等直接参与；如果竞赛车辆是经专业公司设计或制作的，将取消该车队参赛资格并予以及时通报；如果竞赛车辆是采用已公开设计方案制造的，将取消该车队参赛资格；在竞赛过程中，如果答辩环节无法表现选手对车辆的设计、制作和调校，现场制作环节无法进行基本的制作和装调，将可能被认定车辆属于他人设计或制作，将被取消比赛资格；给参赛队提供设计方案或协助制作的大赛合作企业将被上报；各参赛队应准备足够的证明自己亲手设计、制作、调校车辆的证明材料，以备裁判使用。

2020 年竞赛各参赛队应严格按照技术工作委员会提供的图纸和材料要求制作或采购标准底盘，不得有任何修改，具体尺寸及材质要求见图 1。

图 1 标准底盘框架基本参数



轻量化小车的主要部件要求参赛队严格按照技术平台中指定配置清单进行采购，不得进行改装、替换，详见表 1；部分部件由大赛合作企业提供可选范围，参赛队根据需要进行选择购置，详见表 2。

注意：为保证大赛选手进行轻量化设计的基础平台一致性，部分配件只能从大赛合作企业处选购，详见表 1 和表 2，其它厂家的配件在车检时可能会被认定为不合格；表 1 和表 2 中未列举的配件各参赛队可以自行购置，但需要满足竞赛技术要求。

表 1 技术平台中指定配置清单

序号	名称	主要技术参数
----	----	--------

1	电池及管理系统	<p>一、系统包括电池组、BMS 管理系统、主正继电器、主负继电器、预充继电器、预充电阻（金属）、15 芯航空插头（公母）、120A 保险带座、高压接头（动力电池端）、全维修开关、烟雾传感器，以及必要的辅件。</p> <p>二、动力电池总成参数</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 标称电压：60V 2. 额定电流：50A；峰值电流：80A 3. 额定功率：3kW；峰值功率：4.8KW 4. 电池容量：40Ah 5. 电池箱箱体的防水等级\geqIP67，箱体防火等级为 UL94V-0，耐高温 115℃的绝缘材料 6. 电池组装载维修开关与正负极继电器 7. 持续最大放电倍率不小于 2C 8. 瞬间最大放电倍率不小于 3C（不超过 5s） <p>三、电池单体参数</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 额定容量：20Ah 2. 额定电压：3.2V 3. 持续最大放电倍率：2-3C 4. 瞬间最大放电倍率：5C（不超过 5s） <p>四、BMS 参数</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 实时监测电池单体的电压，异常则停止工作 2. 实时监测电池单体的温度，异常则停止工作
---	---------	---

		<p>3. 实时监测电池箱内烟雾状态，并及时报警</p> <p>4. 实时显示 SOC 数值</p> <p>5. 绝缘阻值：正极与壳体绝缘阻值 $>500 \Omega / V$</p> <p>注意：具体制作技术要求见后文。</p>
2	电机及控制系统	<p>一、系统包括电机、电机控制器、50A 充电继电器、高压接头（控制器端）、16A 防水插座（五芯汽车专用充电接口）、外壳、DC-DC、不锈钢防水接头、外加工固定板、分流器、35P 插头、驱动电机高压插头、电机档位转换控制板、电流传感器、放电电阻（金属）、绝缘检测板，以及必要的辅件。</p> <p>二、电机</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 额定电压：60V 2. 额定功率：3kW 3. 额定转速：3000r/min；最高转速：4600r/min 4. 额定扭矩：9.5Nm 5. 额定电流：55A 6. 防护等级：IP54 <p>三、控制器</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 额定电压：60V 2. 最大电流：300A 3. 额定功率：3kW 4. 转换效率：98%

		<p>5. 冷却方式：自然冷却</p> <p>6. 与外界通讯方式：CAN</p> <p>7. 工作温度：-20~55℃</p> <p>8. 防护等级：IP65</p>
3		<p>一、主要配件包括低压保险盒、点火开关、12V 低压蓄电池、惯性开关、急停开关、高压应急开关（带钥匙）、低压应急开关（带钥匙）、电动喇叭、制动开关（油压）、换挡开关、油门踏板、烟雾指示灯、动力系统激活指示灯、绝缘指示灯、制动超程开关、全车线束、灯光组合开关、LED 转向灯总成、LED 前照</p>
	车辆控制系统	<p>灯总成、LED 制动灯总成、LED 倒车灯总成、LED 小灯总成、闪光继电器、记圈器、电量表（液晶霍尔库仑计，100A、60V）、数据显示屏、充电器外壳、充电器、急停开关、充电器控制板、继电器、充电线缆等；</p> <p>二、主要功能</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 车辆点火开关控制 2. 动力电池上、下电控制 3. 车辆行驶方向（前进、倒退）控制 4. 车辆速度和功率控制 5. CAN 总线数据通信控制 6. 车辆充电控制

		7. 车辆 DC-DC 变换器控制 8. 耗电量显示 9. 远程数据传输
4	标准底盘 框架	1. 用强度不低于 6063 无缝铝合金管件焊接而成 2. 尺寸、重量、结构符合技术工作委员会要求
5	轮胎	10 英寸，场地赛车专用
6	安全带	至少 5 点式安全带

表 2 技术平台可选配置清单

序号	名称	技术参数
1	行驶系统 部件	1. 轮辋和轮胎相匹配，并且前后一致 2. 提供纯钢、铝合金、碳纤维三种材质的轮辋供院校选择 3. 前后悬架均为不等长双横臂式
2	转向系统 部件	1. 转弯半径 ≤ 3 米 2. 提供骨架为纯钢、铝合金、碳纤维三种材质的方向盘供院校选择 3. 提供外壳为纯钢、铝合金、碳纤维三种材质的方向机供院校选择
3	制动系统 部件	1. 采用双主缸设计 2. 对置双活塞卡钳 3. 采用固定盘式制动
4	传动系统 部件	1. 提供壳体为纯钢、铝合金两种材质的、带差速器的减速器供院校选择

		2. 减速器采用单级减速，变速比不小于 12:1
5	座椅	提供赛车座椅、普通汽车座椅、碳纤维座椅供院校选择
6	防滚架材料	以 4130 为基准，主要构件用管材为 $\phi 25 \times 1.6$ ，次要构件管材为 $\phi 20 \times 1.2$ ； 提供 4130、SAPH440、DP980、CP780、TWIP780 型号的钢材供参赛队选择
7	碳纤维板	1. 厚度：1.5-3 毫米 2. 材料：预浸料 3. 弯曲载荷大于 12000N
8	千斤顶	赛车用千斤顶，可以快速举升车辆

竞赛现场不提供平台车辆，选手自带车辆到现场完成系列竞赛；自带个人安全防护装备；自带移动车辆和重型物件需要的推车和必要工具，见表 3，选手应准备好完成竞赛必要的工具设备，竞赛时技术工作委员会不负责提供或租借任何设备；

车辆上不得携带任何有关参赛队的信息，否则不得参赛，所有参赛车辆会粘贴由技术工作委员会印制的代号标识。

表 3 选手自带的仪器和设备

序号	名称
1	通用工具及自制工具等
2	赛车用千斤顶、马凳

二、车辆设计制作技术要求

（一）总体设计技术要求

1. 竞赛车辆必须能够承载一名身高180厘米、体重100kg的车手，并可以应对运行过程中可能出现的碰撞、翻滚；能够在包括凹坑、陡坡、石块、湿滑等道路上安全行驶。

2. 整车驱动电池输出（标称）电压不得超过直流 60V，控制系统工作电压为直流 12V；动力系统必须保证足够安全，要求与底盘及任何导电部件彻底绝缘隔离。

3. 本次竞赛要求采用统一的、由合作企业有偿提供的电池及管理系统。作为整车唯一的能量来源，要求整个电池箱对外输出的电压需符合直流 60V 的竞赛要求。

（二）电池管理系统设计要求

1、电池箱设计要求

（1）所有储存动力系统能量的电池都要做成电池组，并且要安全置于电池箱中，车检时方便进行检查。

（2）电池组之间或电池组上方要采用合适的材料使其与周围介质隔离，以防电池组之间短路或其它零部件及工具的掉落引起短路。

（3）必须在每个电池组外平面进行防护固定，防护结构要和电池箱体固定连接，以防止电池组出现碰撞、滚落。

（4）电池箱中至少安装有一个熔断器和两个电池绝缘继电器，两个继电器分别安装在电池箱的两个电极上，以彻底断开电池，该继电器必须为“常开”型；熔断器必须串联在整个电路中，其额定电流必须小于继电器的最大导通电流，电池绝缘继电器中不得含有水银。

（5）电池箱上必须安装一个维护插头，以便在整个电池箱内部

实现组间分离，要求分离后的每个电池组的最高电压不超过直流36V，

同时整个电池箱的正负极能够与外界系统彻底分离。

(6) 必须采用防火等级达到UL94-V0的绝缘防火材料，使继电器、主熔断器与电池箱安全隔离。注意：此处不能用空气作为隔离材料。

(7) 如果电池箱体由导电材料制成，则必须要求电池正负极必须用绝缘材料与电池箱内壁安全隔离，绝缘额定值一定要符合最大动力系统电压要求；电池箱的所有导电材料都要和控制系统接地做较低电阻连接，要求其压降不大于0.1V；电池箱体要有足够强度，防止外界物体将绝缘屏障刺穿。

(8) 电池箱必须采取固定式安装方式安装在防火墙后方位置、距离车架内缘平面75毫米以内的范围内；安装点至少为4个，并用螺栓有效固定，不允许采用无法拆卸的固定方式；安装电池箱时必须限制其所有6个自由度。

(9) 要求安装互锁线路，使得从电池箱断开动力系统线路连接器时能同时断开安全回路，进而断开所有电池绝缘继电器；要求在断开连接器时可不使用任何工具。

2. 电池管理系统BMS设计要求

(1) 车辆须配置电池管理系统BMS，以便对动力电池进行有效管理，确保电池使用安全；同时可以与其他系统进行CAN总线通讯，实时共享各种数据或信息，使车辆所有控制系统成为一个整体；能够实现SOC实时显示。

(2) 连接到BMS上的控制系统线路要和动力系统（高压）线路在电流上相互隔离。

(3) 如果BMS监测到电池电压或温度超过电池制造商提供的电池数据表中给出的范围，或者监测到电池箱内有烟雾产生，那BMS应断

开电池箱内的电池绝缘继电器以关闭动力系统，同时驾驶员座舱中标有“BMS”的LED指示灯应该点亮。

(4) 在电池充放电时，BMS要持续监测每个单体电池的电压，以保证其在规定的范围之内；同时还要持续监测每个单体电池的温度，以保证其低于电池参数表中规定的温度范围，同时满足低于60℃的要求，电池温度必须从各单体电池的负极端进行测量，并且传感器必须与负极直接相连或者离负极10毫米以内的地方。

(三) 电机及控制系统设计要求

本次竞赛要求合作企业向院校提供电机及其控制系统的所有硬件和软件，参赛队只是对电路进行必要的修改，对电机进行安装，对控制器进行定位，即可达到竞赛要求。

1. 本次竞赛要求合作企业为所有参赛队提供符合要求的电机。
2. 本次竞赛要求合作企业为所有参赛队提供符合要求的电机控制器。
3. 驱动电机必须通过键或其他正确方式和减速器良好连接，不得安装链轮或皮带轮。
4. 驱动电机一定要通过电机控制器和动力电池连接。禁止绕过控制系统直接将驱动电池和电机连接。
5. 所有动力系统连接点都必须能使电流顺畅通过，不能用螺栓作为重要的导体；连接点中不得包含可压缩的材料，如塑料；所有未接地的发热端子必须绝缘。
6. 动力系统电路的任何部分不得与车架或任何可能被队员或裁判接触到的导电表面相连。
7. 如果动力系统和控制系统同时安装在一个壳体中，则它们之间

必须保持10毫米的空气间隔。

8. 如果动力系统电路和控制系统电路共存于同一个电路板，那么它们在板上的区域必须明显隔开；此外动力系统和控制系统区域要在PCB板上明确标示出，其间距如表4所示：

表4 系统隔离标准

电压	通过表面隔离	通过空气隔离	通过覆盖物隔
0-50VDC	1.6毫米	1.6毫米	1毫米
50-150VDC	6.4毫米	3.2毫米	2毫米

9. 所有动力系统部件（包括电缆、导线等）都要在车架包裹范围内，以防碰撞或翻滚时损伤。

10. 动力系统的所有部件，尤其是通电导线、触体等都要用绝缘材料、盖子等隔离起来以防被接触到。

11. 动力系统的所有部件和箱体要做防水（雨水、水潭等）处理，验收时采用IP65的防护等级来进行“雨”中测试。

12. 所用绝缘材料必须适合周围环境温度，并且其最小额定温度不得小于90℃，禁止仅仅采用绝缘胶带或类似橡胶的漆来实现绝缘。

13. 动力系统中所用的电缆、接线端子及其它导体要采用合适的尺寸来满足动力系统持续电流需求，并且电缆上要标出线规、额定温度及额定绝缘电压。

注：确定适用于动力系统持续电流所需的导体尺寸时，可以考虑使用有效电流或平均电流以及参赛期间的最大电流持续时间等因素。

14. 所有的动力系统电缆要采用专业标准制作并配有合适尺寸的导体及接线端子，此外，还要考虑到足够的应力及振动时的松脱。

15. 电气防护壳外的所有动力系统电缆必须单独用橙色的绝缘导

线管包裹或者采用橙色的屏蔽电缆。导线管或屏蔽电缆必须至少固定两端，以使其能够承受200N的力而不损坏或卷曲，并且其布置要避开可能产生故障或损伤的地方。任何屏蔽电缆都要使屏蔽层接地。

16. 动力系统电缆须采用保护措施，以防旋转或运动部件造成的损伤。

17. 如果动力系统外部使用了非绝缘的散热片，则必须采用合适的方法与控制系统接地端相连。

18. 非动力系统导线不得采用橙色。

19. 内含动力系统部件的外壳（电机外壳除外）都要有合理尺寸的黄底红色或黑色闪电或者白底红色闪电标识的提示标签；如果外壳导电或可能导电，则必须用低阻材料与低压地相连。若内部电压高于36VDC，则标签中还应包含“高压”或类似提示文字。

20. 如果壳体材料导电或可能导电，则还应和控制系统接地端以较低电阻连接。

21. 电机控制系统一定要与车辆底盘进行良好接地。

22. 电机驱动（高压）系统和电机控制（低压）系统必须实现完全的电流隔离。

23. 电机控制（高压）系统必须能在其激活驱动（低压）系统前，由规定程序完成自身供电，当故障引起控制（低压）系统断开时，也必须先断开驱动（高压）系统。

24. 如果动力系统部件安装在容易遭受后部或侧面（离地距离小于350毫米）碰撞而造成损伤的部位，比如电机安装在竞赛车辆后部，则必须用外径至少25.4毫米、壁厚至少1.2毫米的管件以完全三角形结构保护起来。

(四) 整车控制系统设计要求

本次竞赛要求合作企业向院校提供整车控制系统的所有硬件和软件，参赛队只是对电路进行必要的修改，对元件进行安装或定位，即可达到竞赛要求。整车控制系统应具有以下功能：

1. 车辆点火开关控制
2. 动力电池上、下电控制
3. 车辆行驶方向（前进、倒退）控制
4. 车辆速度和功率控制
5. CAN总线数据通信控制
6. 车辆充电控制
7. 车辆DC-DC变换器控制

8. 整车控制系统的工作电压为12VDC，而动力电池的对外输出电压为60V，因此需要一个DC-DC变换器将动力电池的60V电压转换成12V低压并向12V电池充电。

9. 控制系统电池必须安全地固定在车架上。

10. 车辆上须安装点火开关、制动踏板、档位开关，只有当这些信号正常、且安全回路闭合时，才能使竞赛车辆进入待驶状态，即电机能对油门踏板输入信号做出响应的状态。

11. 系统中须安装一个预充电电路，该电路要能在第二个电池绝缘继电器闭合之前为中间回路预充电至当前电池电压90%以上。预充电电路由安全回路控制，如果断开安全回路，则预充电电路就无法为系统进行预充电。任何预充电电路必须由动力系统主开关来直接控制。

12. 系统中须安装一个放电电路，无论何时，只要安全回路断开，放电电路就应接通。此外，放电电路必须是自动防故障装置，使得即

便高压电路被断开，它也能为中间回路中的电容放电。放电回路需满足规则，即其要能承受最大放电电流至少15s。

13. 竞赛车辆上必须有一个动力系统激活指示灯，在动力系统激活的时候，该指示灯必须清晰可见。除此以外，动力系统激活指示灯不可以有任何其他的功能：

(1) 当符合以下任意一个条件时，即视为动力系统被激活：

- a. 有一个电池绝缘继电器是闭合的；
- b. 电池箱外的电压达到40VDC。

(2) 动力系统激活指示灯本身必须符合以下要求：

a. 必须由动力系统给出的电压通过硬件装置直接控制，而不能由软件控制；

- b. 必须为红色；
- c. 工作时必须以2~5Hz的频率持续闪烁；

(3) 动力系统激活指示灯的固定位置必须符合以下要求：

- a. 靠近防滚环后部构件上最高点的位置左侧（中间为制动灯）；
- b. 低于竞赛车辆防滚环后部构件最高点；
- c. 不低于防滚环后部构件最高点下方150毫米处；
- d. 不允许接触到车手的头盔；
- e. 不可与其他的灯相接近；
- f. 必须固定在主要构件上。

(4) 动力系统激活指示灯必须在以下条件下清晰可见：

a. 从水平方向各个角度，被防滚环后部构件挡住的小角度范围除外；

- b. 与地面垂直高度为1.6m，水平方向在以该指示灯为圆心，半径

为3m的范围内；

c. 在阳光直射下。

14. 当竞赛车辆进入待驶状态时必须发出警示声音，持续时间必须为1-3秒，响度必须至少80dBA（在竞赛车辆半径2m范围内由麦克风测量）。所用声音必须易于辨识，不许用动物叫声、歌曲节选或冒犯性响声。车辆不能发出与启动鸣笛声相似的声音。

15. 必须在竞赛车辆上电池箱和动力系统之间的总线上安装大赛技术工作委员会指定的能量计，所有的电池箱（无论串并）连接后必须通过该能量计后才能向所有动力系统供电。能量计必须置于易于获取处，使得技术工作委员会能在能耗测试赛后迅速下载所记录的数据。能量=电流*电压相对时间的积分值，注意能量回收过程中的能量应剔除。

16. 在控制系统中要设计安全回路，可以直接驱动电池绝缘继电器，安全回路至少包含两个主开关、三个急停开关、一个制动超程开关、一个绝缘监测装置、一个惯性开关、一个制动系统可靠性装置、若干互锁回路及BMS，以上所有控制必须串联。

(1) 如果安全回路断开，则动力系统必须通过断开所有的电池绝缘继电器来断开动力系统，并且动力系统电压要在5s内（时间安全回路断开后算起）降到40VDC以下。如果安全回路被BMS、绝缘监测或制动系统监测装置断开，则动力系统必须保持断开直至被车旁除车手外的人员手动重置。禁止遥控重置，也不可由动力系统的主动开关重置。

(2) 如果动力系统在竞赛车辆行驶时未被激活，则电机必须空转。

(3) 每辆车必须有两个主开关，一个控制系统主开关，一个动力系统主开关。

(4) 控制系统主开关必须能完全切断控制系统供能，并且必须直接作用，例如不能通过继电器或逻辑电路来控制。控制系统主开关必须置于竞赛车辆右侧、防滚环后部构件附近，与车手肩部等高，并且易于从车外操作。

(5) 动力系统主开关紧挨控制系统主开关布置，并且必须能断开安全回路。动力系统主开关必须直接作用，例如不能通过继电器或逻辑电路来控制，并且必须是电池绝缘继电器之前的最后一个开关。为防意外激活动力系统，动力系统主开关必须有“锁定/标定”功能。一旦执行对竞赛车辆的操作，安全责任人就必须确保动力系统主开关被锁止在“off”位置。

(6) 控制系统主开关和动力系统主开关必须为旋钮开关，配有红色、可移动钥匙。主开关必须固定，不能安装在可以活动的车身部件上。两个主开关必须清晰地标明“低压”或“高压”。采用黄底红色或黑色闪电标识、或者白底红色闪电标识的提示标签必须贴在动力系统主开关上。这两个开关的“ON”的位置必须在同一水平位置上，并要做相应的标记。

(7) 车上必须安装三个急停开关，按下其中任何一个急停开关，即可通过断开安全回路，将电池和动力系统分离开，每个急停开关都必须是按键式或旋转式紧急开关，推入开关即可断开安全回路，急停开关不能自动旋起、不能通过逻辑控制。在车手座舱后的车身两侧必须各安装一个急停开关，高度接近驾驶员头顶平面，这两个急停开关最小直径为40毫米。在尽可能贴近开关的地方须粘贴红色闪电标记。

座舱内的急停开关必须在车手处于任意坐姿时都容易接触到，其最小直径为24毫米。该急停开关必须能够让车手在发生紧急状况时轻易地使用。急停开关不可任意活动，不能安装在可活动的车身部件上。按下开关切断动力系统，拉起开关则动力系统复位。

(8) 竞赛车辆上须装有制动踏板超行程开关，作为紧急停车系统的一部分。当制动系统失效、引起制动踏板的行程超出正常范围时，该开关须能激活紧急停车系统。且该开关不能被车手重置。该开关必须为模拟电路元器件，不能通过可编程逻辑控制器、ECU或有相似功能的数字控制器来替代。制动超行程开关必须是一个机械单刀单掷开关。

(9) 每辆竞赛车辆的动力系统中都要安装一个绝缘监测装置。当发生绝缘故障或绝缘监测故障时，绝缘监测装置必须断开安全回路。绝缘监测的状态可通过在仪表盘上的一个红色的指示灯显示给驾驶员，即便在强烈的日光下也要清晰可见。该装置检测到绝缘故障或是自身故障时，指示灯必须亮起。

(10) 所有的竞赛车辆都必须装有惯性开关，一定要采用CE公认标准的可复位碰撞传感器或技术工作委员会认可的同等装置。惯性开关必须是安全回路的一部分，并且必须通过导线与急停开关串联，保证竞赛车辆发生碰撞时，安全回路被激活并且电池绝缘继电器被断开。惯性开关必须为锁定状态，直至手动重置。当竞赛车辆受到冲击而产生6g至11g减速度时，应触动惯性开关，使安全回路断开。车手可在座舱内重置该开关。

(11) 车检时要测量动力系统和控制系统接地端之间的绝缘电阻。

18. 所有的电气系统（低压和高压）都要安装合适的熔断器。

19. 合作企业需要为每个车辆配备专用的、符合要求的充电器。充电器的所有连接处都要绝缘并覆盖住，不允许有露出的连接点。充电器必须符合如CE之类公认标准。充电器的连接器必须包含一个互锁装置。除非充电器和电池箱正确连接，否则连接器的任意一端都不能有高压。高压充导线必须是橙色的。当充电时，BMS必须能正常工作并且在检测到错误的时候能够断开充电器。充电器需要和车辆控制系统实时进行通讯，以便有效的控制充电电流和电压。充电器必须包括一个最小直径为25毫米的推入式的急停开关，且必须有清楚的标记。

20. 合作企业应提交整个电气系统（包括控制系统和动力系统）的明确的结构文件，它必须涵盖所有电动部件的连接，包括电压水平、拓扑结构、竞赛车辆连线及电池箱结构。同时需要提交包含所有所用动力系统部件额定参数的数据表。

21. 竞赛车辆必须至少两个制动灯液压开关。两个制动灯开关采用串联方式，这样在其中一个制动液压回路没有工作或被切断时，制动灯将不会工作；竞赛车辆必须配备一个红色制动灯，在强光下清晰可见；制动灯安装在地面上方至少一米的位置；使发出的光线平行于地面，不得上翘任何角度。

22. 不论使用何种技术实现倒车，都要为竞赛车辆配备一个倒车灯，并且在倒车灯透镜上标注“R”，同时配备报警器，响度至少80dBA（在竞赛车辆半径2m范围内用麦克风测量），所用声音易于辨识，不许用动物叫声、歌曲节选或冒犯性响声。倒车灯必须安装在地面上方至少70厘米的高度；倒车报警器应当安装在地面上方至少70厘米高度，并且位于竞赛车辆尾部。

23. 必须为竞赛车辆安装车载仪表信息系统，为车手提供竞赛车

辆运行数据，包括竞赛车辆当前操作或性能信息。须作为事件记录，可以拷贝数据，如果可以话，也可以同时传送给大赛指挥中心。

（五）车架设计要求

1. 总体要求

车架采用下铝上钢结构；车架底部采用强度高于6063无缝铝合金管件焊接而成；防滚架部分采用钢管桁架式结构；以保证车架在车辆发生碰撞、翻车时能保护驾驶员的安全。

本次竞赛车辆架底部铝合金部分由合作企业统一为大家制作，各参赛队自制防滚架和各种连接件，连接件可以采用3D打印或外购方式进行，但须符合车辆正常使用与测试的相关强度、安全等要求。所有焊接加强材料的强度不得低于原管件的强度，且必须使用满焊，不得使用点焊。

2. 制作要求

（1）防滚架最高点距离地面的垂直距离不小于 1200 毫米（否决项）；

（2）驾驶员位置左右护栏中心线的最大宽度不小于 1000 毫米（否决项）；

（3）车辆最小离地间隙不得小于 150 毫米；

（4）驾驶员位置左右护栏的最高点距离驾驶舱底板上平面的垂直距离不小于 400 毫米，距离座椅上平面最低点的垂直距离不小于 300 毫米；驾驶员位置左右护栏中心线的最大宽度不小于 1000 毫米（否决项）；

（5）轮距不大于 1600 毫米，轴距不做具体要求。

（6）驾驶员头盔与防滚构成的外侧平面之间的最小距离为 200

毫米，与防滚架最高外缘水平面的最小距离为 180 毫米，距离防滚架最高构件与前部横梁的连线之间的垂直距离不得小于 100 毫米（否决项）。

（7）驾驶员肩部、躯干、臀部、大腿、膝盖、手臂、手肘、手与防滚架构成的内侧平面之间的最小距离为 100 毫米（否决项）。

（8）方向盘最高边缘距离防滚架最高构件与前部横梁的连线之间的垂直距离不得小于 50 毫米（否决项）。

（9）驾驶员身体、鞋以及衣服的任何部位都不得超过防滚架所包围住的空间范围。

（10）防滚架的水平轮廓尺寸不得小于底盘的大小。

（11）驱动和控制系统的任何部件不得超出车架结构件形成的（外缘）平面。

（12）防滚架都不能有危及驾驶员或竞赛车辆周围工作人员的裸露的锋利边缘，车身前部所有可能触碰车外人员身体的边缘，都必须为半径至少为 30 毫米的圆角。

（13）驾驶舱与驱动系统、控制系统、动力电池之间必须有一个防火墙，该防火墙必须覆盖后部防滚环的下部和上部横向横梁之间的全部区域，防火墙必须使用厚度至少为 0.50 毫米的金属板材；可以使用多块金属板材制造防火墙，但接缝之间不能有间隙，防火墙允许打孔，打孔处必须利用密封圈或金属罩等进行密封。

（14）驾驶舱必须装配车身面板，用于覆盖下端车架、边梁、侧防撞构件之间的区域；必须在驾驶舱的整个底部装配车身底板，保证使车手无法接触地面，并防止杂物进入驾驶舱；面板或底板之间的间隙不得大于 5 毫米，这些面板或底板可以采用钢板、铝合金板、碳纤

维等材料制成，以防止杂物和外界物体侵入驾驶舱；该面板或底板必须通过焊接、铆接、螺纹连接或粘接的方式牢固安装在车架上；面板的厚度不小于 1.0 毫米；底板的厚度不小于 2.0 毫米。

(15) 暴露在驾驶舱内的所有转向或悬挂连接都必须用金属材质防护罩覆盖，缝隙不得大于 6 毫米。车手的脚必须完全位于防滚架内，以防止脚或腿在驾驶过程或发生故障期间，与其他构件接触、碰撞或发生缠绕。

(16) 为限制车手头部向后运动，防火墙上必须牢固安装有一个头部约束装置。

(17) 顶部防滚架斜撑的连接点距离防滚架顶部的距离不得小于 180 毫米，顶部防滚架和水平地面呈垂直关系，斜撑与防滚架的夹角不小于 30° 。

(18) 允许在车辆的前部、后部、左右两侧安装吸能装置，吸能装置的材质和安装不做要求。

(19) 允许在车辆前后安装空气动力学装置，但需要满足以下要求：从俯视图上看，鼻翼不可以超出前轮轮胎前端 600 毫米，不可以比前轮轮胎外缘更宽；从俯视图上看，尾翼不可以超出后轮胎后端 500 毫米，不可以比后轮轮胎内侧更宽；鼻翼的横向部分距离地面的高度不超过 250 毫米；所有空气动力学装置的连接方式，都必须能保持足够的强度，以保证赛车在行驶时不会出现过度的震动或掉落。技术检查时，可能会对空气动力学装置施加必要的外力，以检验其安装强度。

(20) 管件加工要求

1) 防滚架两个支撑点之间直管或弯管的长度不得超过 65 毫米，

最好采用三角支撑，并注意和底盘之间的连接。提示：防滚架的测量值，都是以构件中心线之间的测量尺寸为准，除非另有提示。

2) 采用多段钢管焊接而成的防滚架构件，必须通过一个焊接套筒进行增强处理。按照一定角度连接的钢管，不需要做套筒增强处理。套管必须设计为紧密贴合在结构件钢管接缝的内部，不允许使用外部套管。套管必须延伸至结构件钢管接缝的两侧，套管长度至少是结构件钢管直径的两倍，并且至少与结构件钢管相同厚度的钢材制成。套筒焊接要有一个对接焊缝和四个玫瑰焊缝（每个管件上两个玫瑰焊缝，玫瑰焊缝的孔直径至少为 16 毫米）。焊缝的长度至少 101 毫米，以保证内侧套管的固定，焊缝长度包括对接焊缝和玫瑰焊缝，如图 2 所示。



图 2 直管连接方法

3) 如果采用法兰盘连接防滚架与底盘，则要求法兰的厚度至少是车架钢管厚度的两倍，牢固焊接到每个钢管顶端，法兰表面应垂直于车架钢管的轴线，法兰半径至少比车架钢管外径大 25 毫米；法兰最少加工三个等间距分布、最低直径为 8 毫米的螺栓孔，螺栓孔与法兰边缘之间的最低边缘距离是螺栓直径的两倍。

4) 如果需要在车架结构件上打孔安装紧固件，必须在钢管孔内焊接套管，套管设计必须与内孔紧密连接，套管两边必须高出钢管和焊缝，如图 3 所示。

(21) 在车架基本结构中心使用螺栓连接的耳片或支架，必须满足其边距比例 e/D 大于或等于2，其中 D 为孔的直径， e 为孔的中心线都最近的自由边缘的距离。

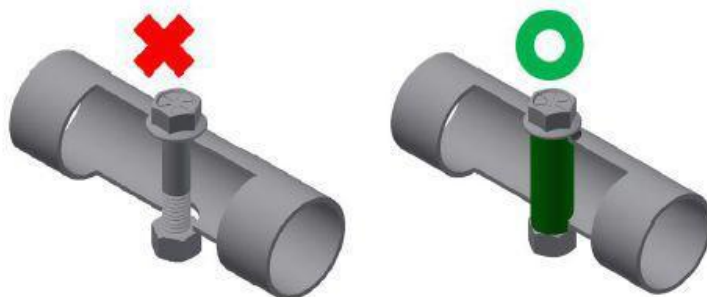


图3 套管连接方法

(22) 禁止在关键部位使用圆头帽螺钉、大柱头螺钉、平头螺栓螺钉、圆头螺栓螺钉。关键部位包括车手座舱结构和安全带固定点，但内六角螺钉或螺栓是允许的。

(23) 所有重要的螺栓和螺母，以及安装在转向、制动、安全带及悬架系统的螺栓和螺母，必须使用有效的锁紧机构，防止紧固件松脱。不能使用放松垫圈、尼龙垫圈或粘接剂，可以使用正确安装的保险钢丝、开口销、预制扭矩式螺母等。使用的螺纹紧固件在紧固时必须要有至少两圈螺纹露出，拧紧力矩应符合国标要求，不得使用无力矩标识的紧固件。



图4 前悬挂点结构示意图

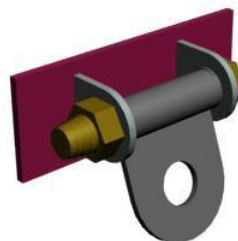


图5 后悬挂点结构示意图

(24) 每台竞赛车辆必须在前端和后端沿纵向中心线位置配备牵

引悬挂点，牵引悬挂点必须连接到竞赛车辆的主结构上，悬挂点必须足够坚固，以便作为竞赛车辆的一个垂直起吊点；当未被连接牵引绳时，一旦发生碰撞时，前后悬挂点不得出现贯穿驾驶舱的危险。

①前悬挂点要求

所有材料，最小直径25毫米，最小壁厚为1.6毫米，悬挂装置和车辆之间形成的空间的尺寸不小于200（横向）*50（纵向），如图4所示。

②后端悬挂板要求

悬挂板厚度4 - 10毫米；孔径25 - 30毫米；孔距离外圆边缘的间隙15 - 25毫米；孔距链接边缘的间隙19毫米 - 25毫米；链接到框架悬挂板的最小宽度76毫米，如图5所示。

（六）行驶系统技术要求

本次竞赛车辆行驶系统所有部件由合作企业统一提供，各参赛队自制连接件，和车架组装后保证车辆运行。

1. 悬架系统应能够承受冲击，不与转向系统干涉，材料采用不低于20#的碳素钢，直径不低于25毫米，厚度不低于1.2毫米。采用螺杆链接的方式与车架进行链接，链接螺栓等级不低于8.8级。车轮螺栓螺母需要自锁状态，螺杆外露不低于2圈螺纹，不高于5圈螺纹。

2. 所有车轮必须外露，即从俯视角度看，前后车轮的上半部分不得被任何物体遮挡；从侧视角度看，前后车轮的整体轮廓不得被任何物体遮挡；

3. 轮辋的尺寸为10英寸，要求前后轮辋须一致。

4. 制动卡钳与轮辋之间的间隙不低于5毫米。

5. 减速器与底盘（后桥）采用螺栓链接，减速器采用单级减速，

减速比不低于12.1。

6. 前、后悬架均采用不等长双横臂式悬架。

(七) 转向系统技术要求

本次竞赛车辆转向系统所有部件由合作企业统一提供，各参赛队自制连接件，和车架组装后保证车辆运行。

1. 转向系统稳定、灵敏可靠，禁止使用线控转向系统，方向盘必须与转向轮机械相连，并且与其它系统不发生干涉；允许后轮转向；

2. 转弯半径不大于3米，转向角在极限位置时应该有转向限位装置。

3. 转向柱与方向机需要可靠链接，须做防松处理。方向机应便于拆卸和维修。

4. 转向柱作为旋转件，需要采用固定件进行金属件包裹，防止身体与转向柱直接接触。

(八) 制动系统技术要求

本次竞赛车辆制动系统所有部件由合作企业统一提供，各参赛队自制连接件，和车架组装后保证车辆运行。

1. 脚制动

竞赛车辆必须配备作用在所有车轮上的液压制动系统，并通过一个单独脚踏板操作。该踏板必须通过一个刚性连接（不允许用拉线）直接推动制动主缸。制动系统必须能够在静态条件下、路面以及未铺设路面行驶速度情况下抱死并锁定所有四个车轮。

2. 独立制动回路

制动系统必须被分隔成为至少两个独立的液压回路，每个回路控制两个车轮，一旦系统内任何点发生泄漏或故障时，至少在另外两个

车轮上仍然能够维持有效制动力。每个液压回路都必须具有其自身的液体储存装置，通过单独储罐或者通过使用一种截流式储罐。

3. 制动位置

传动轴上的制动必须通过最终传动组件进行操作。允许通过万向节实现内部制动。禁止在中间传动轴上进行制动。

4. 制动方式

在满足“脚制动”的前提下，允许用手或脚进行单独制动。主制动必须能够用一只脚锁定所有四个车轮。若使用两个单独踏板锁定两个车轮；则踏板必须足够靠近以便使用一只脚锁定所有四个车轮。只要驾驶员有制动的动作，制动灯就必须点亮。

5. 制动管路

制动管路必须牢固安装，不得露在竞赛车辆底部（车架，摆臂、A形摆臂）等下方；确保制动管路不会摩擦任何锋利边缘；保证竞赛车辆悬架和转向有全方位的运动；禁止使用塑料管路。

（九）座椅及安全带技术要求

本次竞赛车辆座椅可以有合作企业统一提供，也可以自制；安全带均由合作企业统一提供，各参赛队自制连接件，和车架组装后保证车辆运行。

1. 需要至少五点式安全带系统

（1）所有车手都必须佩戴至少五点式安全带，其腰带和肩带的宽度必须为76毫米（±2毫米）。双腿之间必须佩戴第五个“反潜式”安全带，以防止腰带无法有效束缚车手向前移动；安全带必须进行有效安装；安全带要求采用快拆搭扣连接，不允许采用挂锁系统。

（2）安全带的材料都必须是尼龙或涤纶聚酯，并且处于全新或

完好状态。所有车手约束系统都必须满足SFI技术规范16.5/16.1，或者FIA技术规范8853/98要求。安全带必须标明生产日期或有效期，标明生产日期的安全带使用期限不超过三年。

(3) 手臂约束带必需处于整体良好状态，不可以出现磨损、切割擦伤或摩擦的迹象。该手臂约束带必需标注适当的日期标签，从竞赛当年1月1日起，年限不超过三年。提示：需要确保在手臂约束带上粘贴生产日期。时间清晰可见，不得有污损。

(4) 安全带的肩带必须是过肩式，只允许采用分离式肩带，不允许使用“Y”类型肩带；肩带安装组件不得高于每个驾驶员的肩部，但不低于每个驾驶员肩部以下 100 毫米的位置，并安装在防火墙的驾驶舱侧，通过防火墙进行保护；肩带约束力必须从安装位置直接传递至驾驶员肩部，不得被车辆或其设备的任何部分改变方向；肩带两侧安装点间距必须在 180 至 230 毫米之间；肩带必须围绕一个水平钢管组成环形；肩带沿其安装钢管的侧向运动必须受到约束。

(5) 安全带的腰带必须通过驾驶员骨盆区，不得包在驾驶员的肠道或腹部位置；在侧视图内，腰带必须与水平面呈 45 至 65 度的角度；腰带必须从驾驶员身上直接延伸到车架固定点上，不得被车辆及其设备的任何部件（包括座椅）所改变方向；腰带必须使用安全带所提供的薄片安装在车架的支架（耳片）上，禁止使用吊环螺栓连接腰带；腰带支架不得弯曲受力；腰带应具有长度调节的卡扣，以便正确配合不同身高的驾驶员。

(6) 反潜带必须安装在与座椅前沿的垂直平面内，可以安装至车架耳片上，或者包绕在一个车架构件周围；可以通过一个坚硬车架或者座椅构件对反潜带进行重新定向，经过重新定向的反潜带不得存

在大于 30 度的弯曲；起到重新定向作用的构件的边缘必须光滑平顺，防止安全带损伤。

(7) 用于固定安全带的耳片必须满足以下要求：

1) 腰带耳片和反潜带耳片必须采用双剪形耳片，耳片材料的厚度不得低于 2.3 毫米。

2) 耳片必须焊接至车架，并且每个耳片的焊接焊缝长度至少为 40 毫米。

3) 从安装孔边缘至外侧边缘之间，耳片必须具有至少 6.4 毫米材料宽度。

4) 安装耳片必须具备使腰带的安装薄片转动的铰链结构，但不得使螺栓的螺纹承受载荷，耳片不允许夹紧腰带安装薄片。

5) 耳片必须是刚性材质，被拉动时不得出现明显变形。

6) 6 点式和 7 点式安装组件必须满足制造商要求。

7) 除了用于腰带安装螺栓的孔以外，安全带的固定耳片上不允许承受其他剪切力。

8) 驾驶员约束系统内的所有紧固件均应当与薄片内的安装孔标称直径相匹配。例如，一个 10 毫米孔径的安全带固定耳片只能够使用一个 M10 的螺栓。

2. 座椅

以人的正常垂直坐姿设计，正直的座椅可以向后倾斜，一般是 90° 到 65° 之间。

座椅至少包括水平面和靠背面，确保车手能够完全坐在里面。座椅水平面与靠背的夹角应向外倾斜 65° 到 90°。为使车手乘坐更稳，座椅水平面的前缘通常高于后面的交点，座椅和靠背两侧可以增加横

向限制材料。

座椅在防滚架上的安装不得少于6个安装固定点，座椅底部至少有4个安装固定点，靠背至少有2个安装固定点，座椅底部平面和靠背的安装固定点一般应在座椅中心线为准纵向两侧对称安装，座椅靠背应靠近或紧贴后背防火墙。

若座椅采用碳纤维材质，要符合人体工程学，对受力集中的部位进行局部加强，座椅铺层采用强芯毡，减轻座椅重量，增加座椅刚度。

座椅底部支架承受的载荷应垂直均匀分布，用于安装座椅的支架最小厚度为2毫米，焊缝长度不少于40毫米，车手乘坐比赛时，任何座椅支架不得有明显的变形；在钢管上打孔安装固定座椅，都必须符合套管的要求；座椅安装的管件最低为次要结构件；允许使用悬挂座椅。

车手座椅的最低点，不得低于车架底部管件的上表面。