

# 中国大学生无人驾驶方程式大赛规则 (2022)

胡纪滨 主编译

中国汽车工程学会

# 中国大学生无人驾驶方程式大赛规则委员会

主 任：胡纪滨

副主任：（按姓氏笔画排序）

王剑锋	卢剑伟	陈 刚	杨世春
高 华	高振海	殷国栋	

委 员：（按姓氏笔画排序）

王金湘	张 帅	倪 俊	徐 彬
殷兴吉	黄 鹤		

秘 书：殷兴吉 倪 俊

# 2022 版序言

本版规则由中国大学生无人驾驶方程式大赛规则委员会（以下简称“规则委员会”）根据德国汽车工程学会大学生方程式大赛赛事规则，对本赛事规则进行编译撰写。本规则用于指导参加中国大学生无人驾驶方程式大赛的车队成员，使其了解制造无人驾驶方程式赛车及参加比赛的过程。大学生无人驾驶方程式大赛是一项非常具有意义的赛事，作为新型赛事，能够让更多不同专业，不同背景的人融入到比赛中，培养更加多方面的无人驾驶、智能网联等行业人才。大赛通过制造一辆无人驾驶赛车来培养及提高学生动手能力、创新能力及团队协作精神，同时还能够紧密结合汽车工业最先进的科学技术，让广大学生把最前沿的工程技术与课本知识有效地结合起来。

2022 年无人驾驶方程式大赛规则根据往年的比赛经验总结以及参赛车队的反馈，结合中国无人驾驶与智能网联行业发展趋势以及德国无人驾驶方程式赛事未来发展，对整体规则进行适当的调整。对电气系统、无人驾驶系统和相关安全设备进行了进一步地明确，较去年相比有赛车设计部分的重新要求；此外，规则不但结合德国赛的相关规则，还融入了更多的本土特色。

本规则共分八章。第一章介绍了管理规定，内容包括大赛宗旨、政策、参赛资格和注册；第二章介绍了通用技术规范，指对无人驾驶赛车与电动赛车通用的技术规范，内容涉及赛车的设计和制造的要求以及限制；第三章介绍了针对无人驾驶赛车的整车电气系统设计的整体规范；第四章介绍了无人驾驶赛车关于无人驾驶系统的基本要求，着重介绍了传感器，安全设备以及无人驾驶系统状态的规则要求和限制；第五章介绍了无人驾驶赛车技术检查的规定与要求；第六章介绍了静态项目规则，内容涉及赛车设计、无人驾驶系统设计等；第七章介绍了动态项目规则，包括直线加速测试、八字环绕测试、高速循迹追踪测试、操控性测试等；第八章补充了有关替代车架的规则要求。

此版本规则由中国汽车工程学会发布和版权拥有，本规则的解释和修改权属于规则委员会。本规则只限于本项赛事定义的活动范围内使用。本规则将根据赛事活动的开展，不断完善。

本规则为答题版，仅供 2022 赛季答题抢注车号使用，后期经大赛规则委员会讨论修改后通过，并由赛事组委会单位中国汽车工程学会颁布正式版。

参加本规则草案工作的主要成员如下：

主编译：胡纪滨

参编人员（排名不分先后）：殷兴吉，张帅，潘博，曾奕凯，高小栋。

感谢大赛裁判委员会代表陈刚老师为规则工作提供的诸多宝贵意见。

感谢所有参与规则讨论、对规则现存问题提出质疑、对规则修订提出建议的车队队员。

感谢国际汽车工程学会（SAE International）及所有参与编译撰写的人员。

编者  
2021 年 12 月

# 目 录

英文缩写对照表.....	3
2022 中国大学生无人驾驶方程式大赛规则简介.....	5
第一章 管理规定.....	7
1. 第一节 中国大学生无人驾驶方程式大赛宗旨.....	7
2. 第二节 2022 中国大学生无人驾驶方程式大赛概述.....	8
3. 第三节 中国大学生无人驾驶方程式大赛规则及主办方权限.....	8
4. 第四节 参赛者资格.....	9
5. 第五节 指导教师、电气系统安全员和安全责任人.....	10
6. 第六节 赛车合格性.....	12
7. 第七节 注册及参赛.....	13
8. 第八节 赛车文件、截止日期与处罚.....	13
9. 第九节 赛场行为规定.....	15
10. 第十节 抗议.....	19
11. 第十一节 关于中国大学生无人驾驶方程式大赛规则的问题.....	19
附录 S- SAE 技术标准.....	21
第二章 通用规则.....	23
1. 第一节 基本定义.....	23
2. 第二节 总体的设计要求.....	24
3. 第三节 驾驶员单元.....	27
4. 第四节 驾驶舱.....	39
5. 第五节 车手安全设备.....	43
6. 第六节 制动系统.....	47
7. 第七节 传动系统.....	48
8. 第八节 空气动力学装置.....	49
9. 第九节 高压气体与高压液体系统.....	51
10. 第十节 紧固件.....	51
11. 第十一节 电气系统.....	52
12. 第十二节 赛车标识.....	55
13. 第十三节 无线电信号收发器.....	56
14. 第十四节 赛车与驾驶员装备.....	58
第三章 电气系统规则.....	61
1. 第一节 定义.....	61
2. 第二节 电气传输.....	61
3. 第三节 总体要求.....	61
4. 第四节 驱动系统 (TS).....	62
5. 第五节 驱动系统能量储存.....	67
6. 第六节 安全回路系统.....	71
7. 第七节 充电.....	73
8. 第八节 电池箱手推车.....	73
9. 第九节 电气系统文件.....	74



第四章 无人驾驶系统规则.....	75
1. 第一节 赛车要求与约束.....	75
2. 第二节 无人驾驶系统（AS）.....	77
3. 第三节 紧急制动系统（EBS）.....	80
4. 第四节 传感器.....	81
第五章 技术检查.....	82
1. 第一节 通用基本要求.....	82
2. 第二节 预检.....	84
3. 第三节 电池箱检.....	84
4. 第四节 电检.....	85
5. 第五节 机械检.....	85
6. 第六节 无人驾驶系统检.....	85
7. 第七节 斜台测试.....	86
8. 第八节 赛车称重.....	86
9. 第九节 淋雨测试.....	86
10. 第十节 制动测试.....	86
11. 第十一节 紧急制动测试.....	87
12. 第十二节 赛后复检.....	88
第六章 静态项目规则.....	89
1. 第一节 赛车设计项目.....	89
2. 第二节 无人驾驶系统设计项目.....	91
附录 S-1 设计项目评分表.....	95
第七章 动态项目规则.....	96
1. 第一节 动态项目概述.....	96
2. 第二节 赛场行为准则.....	97
3. 第三节 驾驶/行驶准则.....	98
4. 第四节 天气条件.....	101
5. 第五节 八字环绕测试.....	102
6. 第六节 直线加速测试.....	103
7. 第七节 操控性测试（手动驾驶模式）.....	104
8. 第八节 高速循迹测试.....	106
9. 第九节 动态项目罚时.....	108
第八章 替代车架规则.....	109
1. 第一节 一般要求.....	109
2. 第二节 结构要求认证表（SRCF）.....	109
3. 第三节 定义.....	109
4. 第四节 结构要求.....	110
5. 第五节 一般分析要求.....	112
6. 第六节 侵入体防范.....	112
7. 第七节 不适用规则：底盘/车架.....	113
8. 第八节 不适用规则：蓄电池容器.....	114

## 英文缩写对照表

ADR	Autonomous Design Report	无人驾驶系统设计报告
AIP	Anti Intrusion Plate	防侵平板
AIR	Accumulator Isolation Relay	电池箱绝缘继电器
AMI	Autonomous Mission Indicator	无人驾驶系统任务指示（选择）器
AMS	Accumulator Management System	电池管理系统
APPS	Accelerator Pedal Position Sensor	油门踏板位置传感器
AS	Autonomous System	无人驾驶系统
ASF	Autonomous System Form	无人驾驶系统表格
ASMS	Autonomous System Master Switch	无人驾驶系统主开关
ASR	Autonomous System Responsible	无人驾驶系统安全负责人
ASSI	Autonomous System Status Indicator	无人驾驶系统状态指示灯
AV	Autonomous Vehicle	无人驾驶方程式赛车
BOTS	Brake Over-Travel Switch	制动超程开关
BSE	Brake System encoder	制动系统编码器
BSPD	Brake System Plausibility Device	制动系统可靠性设备
DNA	Did Not Attempt	未参赛
DNF	Did Not Finish	未完赛
DOO	Down or Out	扫桩
DQ	Disqualified	取消资格
DR	Design Report	设计报告
DSS	Design Spec Sheet	整车设计参数表
EBS	Emergency Brake System	紧急制动系统
ECU	Electronic Control Unit	电子控制单元
EI	Flexural Rigidity	弯曲刚度
ESF	Electrical System Form	电气系统表格
ESO	Electrical System Officer	电气安全员
EV	Electric Vehicle	纯电动方程式赛车
FSAC	Formula Student Autonomous China	中国大学生无人驾驶方程式大赛
FSEC	Formula Student Electric China	中国大学生纯电动方程式大赛
HV	High Voltage	高压
HVD	High Voltage Disconnect	高压断开
IA	Impact Attenuator	前端缓冲（防撞块）
IAD	Impact Attenuator Data	前端缓冲（防撞块）测试数据
IMD	Insulation Monitoring Device	绝缘检测设备
LV	Low Voltage	低压
LVMS	Low Voltage Master Switch	低压（控制）系统主开关
LVS	Low Voltage System	低压（控制）系统
OC	Off-course	脱离赛道
OEM	Original Equipment Manufacturer	原始设备制造商
PCB	Printed Circuit Board	印制电路板
R2D	Ready-to-drive	待驶状态
RES	Remote Emergency System	遥控急停系统
RMS	Root Mean Square	均方根
SCS	System Critical Signal	系统关键信号
SDC	Shutdown Circuit	安全回路
SE3D	Structural Equivalency 3D Model	结构等同性 3D 模型
SES	Structural Equivalency Spreadsheet	结构等同性表格
TS	Tractive System	驱动系统
TSAL	Tractive System Active Light	驱动系统激活指示灯（主环灯）
TSMP	Tractive System Measuring point	驱动系统测量点
TSMS	Tractive System Master Switch	驱动系统主开关

USS	Unsafe Stop	非安全（正常）停车
VSV	Vehicle Status Video	跑动视频

# 2022 中国大学生无人驾驶方程式大赛规则简介

大学生无人驾驶方程式大赛国际规则，通过前年的赛事总结与需求将进行相关调整与改动。2022 年中国无人驾驶方程式大赛规则仍坚持以自身赛事发展为主体并适当同步参照德国规则；涉及安全，对比德国规则而从严要求。此外，本规则中其他部分内容根据中国赛的具体情况作了重新调整与规定。

如有必要，规则委员会有权在任何年份对规则进行修改。此版本为 2022 年中国赛规则答题版 v1.0，针对赛事发展进行了编订。由于规则与技术不断发展，又面临诸多取舍，难免存在分歧与疏漏，欢迎各位同仁提出宝贵意见建议。

此外，本规则的电子版本插入了序号的超链接，以方便队员快速查阅。

**敬告** - 请注意，本简介中规则变动条目的总结和规则正文中规则变动部分的标注都只是善意的说明或提示，可能并未涵盖所有变动。大学生方程式的所有参赛车队及赛事参与者有责任仔细阅读规则，并严格遵从规则要求。请勿试图依据你所记得的部分规则来设计赛车。

下表列出了近两年部分规则变动中对赛车设计、车检、动静态项目执裁等影响较大的条目，以供参阅：

## 第一章

- |                       |                          |
|-----------------------|--------------------------|
| 4. 1. 1 更改参赛人员身份限制    | 9. 14. 2 改进表述            |
| 4. 2. 1 更改学生身份定义      | 9. 14. 3 改进表述            |
| 4. 3. 1 规定注册参赛时学会会员要求 | 9. 14. 4 改进表述            |
| 6. 8. 3 改进表述          | 9. 14. 7 改进表述            |
| 6. 8. 4 改进表述          | 9. 15. 3 改进表述            |
| 7. 3. 1 更改参赛车队数量限制    | 9. 15. 5 更正视为 TS 激活情况的说明 |

## 第二章

- |                   |                         |
|-------------------|-------------------------|
| 1. 1. 10 更新示意图    | 7. 3. 4 更改溢流装置温度要求      |
| 1. 3. 1 改进表述      | 11. 9. 2 增加 SCS 单点故障的说明 |
| 2. 1. 3 更新示意图     | 14. 2. 1 更改快速举升要求       |
| 7. 3. 3 更改溢流罐容量要求 |                         |

## 第三章

- |                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| 2. 2. 3 新增车轮不能反转要求         | 5. 3. 2 强调每个模组的质量限制      |
| 2. 3. 1 澄清油门制动踏板合理性逻辑      | 5. 4. 7 明确额定电压参数要求       |
| 3. 2. 4 明确额定电压参数要求         | 5. 4. 9 新增中文标识许可         |
| 4. 1. 2 明确额定电压参数要求         | 5. 5. 1 与前文统一用词          |
| 4. 1. 3 明确额定温度参数要求         | 5. 5. 2 改进表述             |
| 4. 3. 5 更正关于 PCB 三防胶的用词与表述 | 5. 6. 4 改进表述             |
| 4. 5. 2 明确额定电压参数要求         | 5. 6. 5 更正用词：最大分断电流      |
| 4. 5. 4 改进表述               | 5. 8. 3 改进关于温度传感器布置位置的表述 |
| 4. 5. 5 删除不可靠的选型方式         | 5. 8. 6 改进表述，更正错误        |
| 4. 5. 15 明确高压大电流路径中的焊接要求   | 6. 1. 1 细化安全回路的说明        |
| 4. 7. 6 增加身体保护电阻说明         | 6. 1. 3 改进位于高侧的表述        |
| 4. 8. 2 更改用词               | 6. 1. 5 进一步说明            |
| 4. 8. 5 改进表述               | 6. 2. 2 改进表述             |
| 4. 10. 2 细化 TS 激活状态定义      | 6. 3. 3 进一步解释 IMD 响应值设置  |
| 4. 10. 10 更新 TSAL 安全状态定义   | 6. 3. 5 删除 IMD 接地线断线检测要求 |
| 4. 10. 13 改进表述，细化要求        | 7. 1. 1 改进表述             |
| 4. 10. 14 进一步解释            | 7. 1. 8 改进表述             |
| 4. 11. 3 更正用词              | 9. 1. 2 增加关于 ESF 的处罚说明   |

## 第四章

- |                      |                            |
|----------------------|----------------------------|
| 1. 3. 2 增加并细化 RES 要求 | 1. 3. 5 允许手动模式可以短接 RES 继电器 |
|----------------------|----------------------------|

- 2.2.9 改进表述
- 2.3.3 细化要求
- 2.4 允许手动模式下执行器解耦

## 第五章

- 1.5.3 细化斜台测试要求
- 1.5.4 强调制动测试和紧急制动测试的顺序要求
- 3.2.1 进一步规定没有序列号或标准号的材料

## 第六章

- 2.5.3 增加视频保持原始录制状态的要求

## 第七章

- 3.5.3 删除绿旗指令
- 5.1 更新八字赛道示意图，定义赛道区域

- 2.5.5 改进表述
- 4.1.4 更改天线安装要求

的检查要求

- 4.2.1 进一步规定没有序列号或标准号的材料  
的检查要求
- 7.1.2 改进表述

- 2.6.1 更改 VSV 时长限制

- 5.1.3 更正八字锥桶数量说明
- 8.4.2 强调计分时长为总用时

# 第一章 管理规定

## 1. 第一节 中国大学生无人驾驶方程式大赛宗旨

### 1.1. 中国大学生无人驾驶方程式大赛宗旨

1.1.1. 中国大学生无人驾驶方程式大赛旨在由各大学车队的在校生构想、设计、制造、开发并完成一辆具有无人驾驶功能，并能够以无人驾驶模式完成对应动态赛事的纯电动方程式赛车并参加比赛。

1.1.2. 为了给予参赛车队最大的设计灵活性和自由度以表达其创造力和想象力，赛事对于赛车的整体设计只有很少的限制。参赛队所面临的挑战在于要制作出一辆能够顺利完成规则中所提及的所有条目的赛车。比赛本身给了参赛车队一个同来自各地大学的车队同场竞技的机会，以展示和证明队员的创造力和工程技术水平。

### 1.2. 赛车设计宗旨

1.2.1. 为了达到赛事宗旨，假定参赛车队在为一家设计公司设计、制造、测试并展示一辆目标市场为未来智能赛车或无人驾驶赛车的原型车或设计理念。

1.2.2. 赛车必须在加速、制动和操控性方面具有非常优异的表现，同时又必须具有足够的稳定性与安全性以顺利完成规则中提及的及比赛现场进行的所有项目。

1.2.3. 赛车必须适合从第 5 百分位的女性到第 95 百分位的男性车手驾驶，同时要满足中国大学生无人驾驶方程式大赛规则中的要求。  
其它附加的设计因素也需要予以考虑：美学、成本、人体工程学、可维护性、工艺性和可靠性。

1.2.4. 在完成赛车并进行测试后，设计团队应努力向有意生产/投资该赛车或相关设计想法的公司“销售”该设计。对于车队来说，其挑战在于开发一辆能最大程度满足中国 FSAC 赛车的设计目标且具有未来市场应用前景的样品车或相关技术。

1.2.5. 每辆赛车的设计都将与其它的赛车进行对比评价，以评定出最优秀的设计。

### 1.3. 良好的工程实践

1.3.1. 参赛赛车应按照良好的工程实践惯例进行设计和制造。

### 1.4. 测评内容

1.4.1. 参赛赛车将在一系列的静态和动态项目中进行测评，其中包括：技术检查（规则第五章）、赛车设计、无人驾驶系统设计（规则第六章）、单项性能测试和良好的无人驾驶稳定性（规则第七章）。

1.4.2. 动态项目通过计分来评定赛车的表现。每个动态项目都指定了性能等级下限，并在得分的计算公式中得以反映。

以下为各项分数：

静态项目	
赛车设计	150
无人驾驶系统设计	200
动态项目	
直线加速测试	100
8 字环绕测试	150
操控性测试（手动）	75
高速循迹测试	325
<b>总分</b>	<b>1000</b>

## 2. 第二节 2022 中国大学生无人驾驶方程式大赛概述

### 2.1. 官方注册

- 2.1.1. 中国大学生无人驾驶方程式大赛遵循官方注册的原则并接受中国任何大学的代表车队注册。注册费用为人民币 5000 元（或 800 美元）。每支车队参赛总注册队员人数（不包括指导教师）不得超过 20 人，注册指导老师人数不超过 2 人。各高校只允许派 1 支同类车队参加比赛；全面对境外车队开放，不限制国外车队数量。

### 2.2. 规则变动

- 2.2.1. 每一年中国大学生无人驾驶方程式大赛主办方将根据比赛的实际发展情况对规则进行相应变动，任何规则变动会在官方网站上公布。

### 2.3. 官方声明及赛事信息

- 2.3.1. 参赛车队须阅读由中国大学生无人驾驶方程式大赛组委会及规则委员会发布的公告，并且熟悉所有官方公告，包括由中国大学生无人驾驶方程式大赛规则委员会发布的赛事规则解释。

中国大学生无人驾驶方程式大赛官方网站：<http://www.formulastudent.com.cn>

中国汽车工程学会官网 <http://www.sae-china.org>

### 2.4. 官方语言

- 2.4.1. 中国大学生无人驾驶方程式大赛的官方语言为中文。官方规定使用中文进行文件递交、报告陈述及讨论。
- 2.4.2. 如果规则委员会同意，并报组委会批准，已提交申请参加中国大学生无人驾驶方程式大赛的国外车队及其成员可与指定的裁判和官员使用英语进行报告陈述及讨论，可以提交英文文件。

### 2.5. 赛事代码

- 2.5.1. 在以电子文档的方式递交各种文件和资料时，文件名都必须带有该赛事的代码，具体赛事代码为：  
中国大学生无人驾驶方程式大赛（Formula Student Autonomous China - FSAC）

## 3. 第三节 中国大学生无人驾驶方程式大赛规则及主办方权限

### 3.1. 规则权限

- 3.1.1. 中国大学生无人驾驶方程式大赛规则由中国大学生无人驾驶方程式大赛规则委员会负责制订及解释，并由中国大学生无人驾驶方程式大赛组委会公布和授权出版。
- 3.1.2. 中国大学生无人驾驶方程式大赛规则委员会、中国大学生无人驾驶方程式大赛组委会发布的官方公告同本规则具有相同的效力。如公告内容与规则冲突，则以本规则为准。
- 3.1.3. 如对于规则条款内容或目的不明确或有疑问的，可与中国大学生无人驾驶方程式大赛规则委员会秘书处联系。（参见官网）

### 3.2. 规则时效

- 3.2.1. 公布在中国大学生无人驾驶方程式大赛网站上的本年份版本的中国大学生无人驾驶方程式大赛规则为比赛的有效规则。
- 3.2.2. 大学生方程式可能会在赛季当中修改或更新规则。车队有责任遵守最新版本的规则。请车队经常检查赛事官网以确保自己使用的是最新版本的规则。

### 3.3. 规则遵守

- 3.3.1. 加入中国大学生无人驾驶方程式大赛的车队、车队成员、指导教师和大学其它相关个人必须同意遵守由中国大学生无人驾驶方程式大赛规则委员会和相关赛事组织者发布或宣布的规则和所有规则解释。

- 3.3.2. 任何由个人或团体制定的、有关比赛场地使用的规则或要求并且是被公示或以其他方式公开发布的，都将纳入 FSAC 的规则中以供参考。例如，所有比赛场地的免责要求、限速、停车场及其他设施的使用规则对所有参赛成员都适用。
- 3.3.3. 所有车队成员、指导教师、安全责任人和其他大学代表都必须配合和遵循赛事组织者、官员和裁判的指导。
- 3.3.4. 本规则作为赛事官方公布的唯一有效规则，适用于参加中国大学生无人驾驶方程式大赛的所有中国车队。对于国外车队来华参赛的，中国大学生无人驾驶方程式大赛遵从规则互认原则，即认同该车队所在国家大学生方程式所采用的规则版本。

#### 3.4. 规则理解

- 3.4.1. 所有车队、车队成员和指导教师必须阅读和理解所参加赛事的有效规则。

#### 3.5. 参加比赛

- 3.5.1. 从注册时间开始（组委会允许到达时间）直到赛事结束离开站点或提前退出，在现场的所有车队成员、指导教师、安全责任人和其他已登记大学的参赛代表将被视为“参赛”状态。

#### 3.6. 蓄谋犯规

- 3.6.1. 有触犯条款的企图就被认为是触犯条款本身，并将受到相应处罚（至少 25 分罚分，视情况情节最高将取消其队伍比赛资格）。
- 3.6.2. 如果对于规则的内容或意义有疑问，可以询问中国大学生无人驾驶方程式大赛规则委员会或相应赛事的组织者（见规则第一章第十一节）。

#### 3.7. 赛车控制权

- 3.7.1. 中国大学生无人驾驶方程式大赛和其它赛事组织者在赛事进行期间保留对任何登记在案的在场赛车进行控制，以及由组织者、官员和技术检查人员进行检查和测试的权力。

#### 3.8. 标题

- 3.8.1. 这些规则中的章节段落的标题仅供参考，仅为便于阅读，以段落中陈述的规则含义为准。

#### 3.9. 保留权限

- 3.9.1. 中国大学生无人驾驶方程式大赛和赛事组织者保留对任何赛事计划进行修订，以及在任何时候因赛事需要对赛事规则进行单方面解释和修改的权力。

### 4. 第四节 参赛者资格

#### 4.1. 资格限制

- 4.1.1. 为了确保中国大学生无人驾驶方程式大赛作为一项工程技术赛事而非纯粹的竞速赛，仅限在校学生参赛。

#### 4.2. 学生身份

- 4.2.1. 车队成员必须是高等教育院校（包括但不限于普通高校、职业高等院校）在校生，到比赛时毕业不超过 7 个月的应届毕业生仍具备参赛的资格。考虑到无人驾驶赛车的改造可行性及安全问题，每个车队研究生人数不做数量上的任何限制。以报名提交日学生身份为准。

注：由两个或两个以上大学组成的队伍被视为一支队伍。一个在这个队伍中任何一所大学的学生可以参加这支队伍参加的任意一场比赛。这些大学则将被视为一所由两个分校组成的大学且要求满足所有参赛条件（一辆车参加一个赛种，一个注册时段等等）。



4.2.2. 由两个或两个以上大学组成的队伍被视为一支队伍。一个在这个队伍中任何一所大学的学生可以参加这支队伍参加的任意一场比赛。这些大学则将被视为一所由两个分校组成的大学且要求满足所有参赛条件（一辆车参加一个赛种，一个注册时段等等）。

#### 4.3. 学会成员

4.3.1. 各个车队成员所属院校在注册比赛时需是中国汽车工程学会团体会员单位。

#### 4.4. 年龄

4.4.1. 车队成员必须年满 18 周岁。

#### 4.5. 驾照

4.5.1. 车队中负责驾驶赛车的队员，在比赛的任何时间内都必须持有有效的汽车驾驶执照。

#### 4.6. 免责条款

4.6.1. 所有在场的参赛者，包括学生、指导教师和志愿者都要求在现场注册时签署一份安全事故安全免责条款。

#### 4.7. 医疗保险

4.7.1. 个人医疗保险责任由参赛者本人承担。主办方将推荐保险营销单位，参赛者可自行决定是否投保。

#### 4.8. 中国赛事的个人注册条件 - 行动须知

4.8.1. 每位参赛者，包括指导老师，必须在赛事规定的提交的时间前注册，并填写中国大学生无人驾驶方程式大赛网站注册页面上的相关信息，包括：

- 医疗保险证明；
- 驾驶证；
- 紧急联系信息（联系人、关系（父母/监护人、配偶等）、电话号码）。

#### 4.9. 现场报名要求

4.9.1. 所有组员和指导老师需要现场报名。并带上：

- 身份证或政府颁发的驾照或者护照；
- 医保卡或者证明文件来现场报名。

## 5. 第五节 指导教师、电气系统安全员和安全责任人

### 5.1. 指导教师

5.1.1. 每支车队须有一位（或两位）由该校方任命的指导教师。指导教师须陪同车队参加比赛并会被赛事官方默认为其大学的官方代表。

5.1.2. 指导教师可以指导车队一些常规的工程技术和工程项目经营管理的理论。

5.1.3. 指导教师不能设计赛车的任何部分或直接参与文档编写和报告陈述。

5.1.4. 指导教师不能制造、装配零部件以及在准备、维护、测试、操作赛车的过程中提供任何帮助。

简单地说，指导教师不能设计、制造、修理赛车的任何部分。

### 5.2. 电气系统安全员（ESO）

5.2.1. 每支参赛队伍都必须指定至少一名电气系统安全员，负责比赛期间赛车的所有电气操作。

5.2.2. 安全员对比赛期间在车上的所有工作负责。

5.2.3. 安全员是车队唯一有权声明赛车电气方面安全的人，如此车队才可对各系统进行操作。

5.2.4. 安全员必须是车队的有效成员之一，因此其必须具有学生状态，见规则第一章 4.2。

- 5.2.5. 大赛期间，安全员应保持电话畅通。
- 5.2.6. 比赛期间，当需要对赛车进行操作或在赛场移动赛车时，安全员应紧跟赛车。
- 5.2.7. 若车队没有另一名非车手的安全员，则唯一的安全员不得担任车手。
- 5.2.8. 安全员须取得相应的资格。  
安全员须证明或取得对汽车高压系统进行操作的实际操作培训。安全员/安全责任人训练或培训的细节须通过“电气安全员/电气顾问”表格申报组委会以获得批准。
- 5.2.9. 当车队对赛车在高压下操作、电池箱操作以及其他电气系统操作时，车队至少一名 ESO 需要出现在操作区域，对操作进行指挥与指导。

### 5.3. 电气系统顾问

- 5.3.1. 电气系统顾问应由参赛队员提名，具有专业能力，并能对赛车上可能使用的电气和控制  
系统提出建议。如果满足以下条件，电气系统顾问可由车队指导老师担任。
- 5.3.2. 电气顾问必须在“电气专员/电气顾问”表格上提供有关其电气和/或电子控制工程经验  
的细节以获得赛会组织方批准。电气顾问可能是一名注册工程师或具有相同资质者。
- 5.3.3. 电气顾问必须对赛车上开发和采用的技术或其他涉及安全的关键系统具有足够的经验  
才能够对车队提出的电气、电控设计进行建议和指导。  
**备注：**可能需要一人以上来满足这一要求。
- 5.3.4. 电气顾问在指导车队时，应使任何相关工程方案的优点都能在最终实施以前得到讨论、  
质疑和通过。
- 5.3.5. 电气顾问应指导学生进行必要的培训以保证其能胜任将对赛车系统进行的工作。
- 5.3.6. 电气顾问必须审核电气系统表格签字以确认赛车在原则上采用了好的工程惯例。
- 5.3.7. 电气顾问必须保证车队与规则委员会讨论任何设计上的异常方面以减少被禁止参赛或  
为了通过车检而进行大幅修改的风险。

### 5.4. 无人驾驶系统负责人（ASR）

- 5.4.1. 每一个参赛队必须至少指定 1 名，至多 2 名无人驾驶系统负责人，负责人是车队唯一负  
责对无人驾驶系统进行操作（包括比赛与测试中的任何操作）的人。
- 5.4.2. 负责人是队中唯一被允许宣布无人驾驶系统安全的人，之后对于系统的任何操作才被允  
许，以及可以进行手动或无人驾驶模式下的操作。
- 5.4.3. 负责人必须是有效队员，这意味着必须是学生身份，见第一章 4.2。
- 5.4.4. 当赛车需要操作和移动时，负责人应紧跟赛车。
- 5.4.5. 负责人必须经过训练以有资格操作无人驾驶系统以及理解和处理相关问题与失效情况。  
赛事开始前会进行统一的培训和相关讲解，若未按照要求进行出席，组委会及有权取消  
车队无人驾驶系统负责人的资格。
- 5.4.6. 当车队对赛车无人驾驶系统进行操作时，车队至少一名 ASR 与至少一名 ESO 需要同时  
出现在操作区域，对操作进行指挥与指导。

## 6. 第六节 赛车合格性

### 6.1. 由学生研制完成

6.1.1. 参加中国大学生无人驾驶方程式大赛比赛的赛车必须由学生车队成员自行构思、设计、制造和维修，这些过程中不能有专业的机械工程师、汽车工程师、赛车手、机械师或相关的专业人员直接参与。

### 6.2. 信息来源

6.2.1. 学生车队可以利用任何有关汽车设计的文献或知识，以及任何出自专业人士或学术的信息，只要该信息发布的目的是供讨论研究的。

### 6.3. 专业协助

6.3.1. 专业人士不得做设计决策以及亲自制图，指导教师必须签署一份服从该约束的声明。

### 6.4. 学生制造

6.4.1. 中国大学生无人驾驶方程式大赛系列赛事的宗旨是向学生提供直接的、第一手经验。因此，只要可能，学生要完成所有的制造任务。

### 6.5. 基础车型

6.5.1. 参赛赛车必须是满足大学生电动方程式大赛（FSEC）技术规则的纯电动方程式赛车，进行无人化改造与设计。

### 6.6. 中国大学生无人驾驶方程式大赛参赛年 - 第一年参赛车

6.6.1. 为了区别第一年和多年的参赛车，一个“参赛年”包括了从赛车参加第一站比赛开始计算的大致 12 个月内举办的系列赛事中的任何比赛，如中国大学生无人驾驶方程式大赛、Formula Student Germany (Driverless)。比如说，一辆赛车首次参加的是 Formula Student Germany (Driverless) 比赛，那么它在下一届 Formula Student Germany (Driverless) 比赛开赛前都将被视为“第一年参赛车”。

**备注：**请各车队注意参赛车必须遵守所参加的各个赛事的有效规则。

### 6.7. 第一年参赛车 - 中国大学生无人驾驶方程式大赛赛事

6.7.1. 第一年参赛车可以参加中国大学生无人驾驶方程式大赛比赛。

6.7.2. 被视为“第一年参赛车”的赛车必须至少使用的是未进行过无人驾驶系统改造，并提供相关文件进行审核。

6.7.3. 如果对于参赛车的“第一年参赛车”资格有任何疑问，赛事组织者或裁判可以要求履行提交相应证据的义务。

### 6.8. 多年参赛车 - 中国大学生无人驾驶方程式大赛赛事

6.8.1. 在前一个 SAE 参赛年中比赛过的赛车如果与前年赛车相比在无人驾驶系统方案上有三处及以上重大改变才可以参加比赛。

6.8.2. 对于重新设计或信息不够充分的车队在设计评定项目将会受到扣分的处罚，详见规则第六章 1.11 与 2.12 “对于不够充分的再设计的扣分”。

6.8.3. 对于所有参赛的无人驾驶赛车，都必须完全符合最新版规则。

6.8.4. 允许提交之前已经被大赛组委会审核通过的文件（SES, IAD, ESF 等），但必须要符合参赛年的最新版规则。如果原文件内未包括赛车上新的无人化改造部分，那么必须重新修改文件再次提交。

## 7. 第七节 注册及参赛

### 7.1. 注册- 中国大学生无人驾驶方程式大赛赛事

7.1.1. 在中国举办的中国大学生无人驾驶方程式大赛比赛的注册必须在赛事管理系统上完成。

### 7.2. 一队一队 - 中国大学生无人驾驶方程式大赛赛事

7.2.1. 每所大学每次参加中国大学生无人驾驶方程式大赛的一项赛事只能注册一支车队。

7.2.2. 当同期同地比赛时，一名队员只能选择参加一支车队(车手除外，详见规则第七章 1.1.2)，不可重复报名；同样地，一辆赛车只允许参加一类比赛，不可共用。

### 7.3. 注册限制 - 中国大学生无人驾驶方程式大赛赛事

7.3.1. 注册参加 2022 中国大学生无人驾驶方程式大赛赛事的参赛车队数量限制为：2022 年中国大学生无人驾驶方程式大赛参赛车队不超过 25 支，超过限额的报名车队可列为候补车队。往届参赛队伍拥有替补优先权，如仍有空额则根据提交合格报名手续的先后顺序递补。境外参赛队伍数量不做限制。

### 7.4. 注册日期 - 中国大学生无人驾驶方程式大赛赛事

7.4.1. 中国大学生无人驾驶方程式大赛赛事的注册通道见赛事管理系统（中国汽车工程学会官网：<http://www.sae-china.org>）。注册单位均为学校，包括如下信息：大学名称、车队名、队长、指导教师、联系人及通信信息。

### 7.5. 注册费用

7.5.1. 中国站注册费用为 5000 元人民币（或 800 美元），费用必须在截止日期前汇给组织者，截止日期在相关赛事网站上会有详细说明。

7.5.2. 注册费用恕不退还。

### 7.6. 退赛

7.6.1. 注册车队如果发现无法出席比赛，需在赛前提前至少一个月的时间以文本方式通知组委会其正式退出。组委会联系邮箱为：[yxj@sae-china.org](mailto:yxj@sae-china.org)。

### 7.7. 赛车运输

7.7.1. 通过商业运输公司的赛车运输必须遵守运出和运入国的法律和条例。建议车队咨询其承运公司来确保他们的运输符合所有相关部门、海关、进出口以及航空运输要求。

7.7.2. 货物必须以运输的车队或者学校作为接收方，赛事组织者和赛事场地不可被列为接收方。

### 7.8. 现场注册

7.8.1. 所有车队成员和指导教师必须在赛事规定注册时间内立即完成现场注册手续。

### 7.9. 赛场秩序

7.9.1. 组委会有权对违反安全规则的行为主体（如车队/人员）进行处罚，如违反用电安全、用油安全、赛场内抽烟等行为。相关处罚标准见规则第一章与第七章相关内容。

## 8. 第八节 赛车文件、截止日期与处罚

### 8.1. 要求文档及表格

8.1.1. 以下用于支持赛车设计的文档必须在赛事官网上或赛事主办方以其他方式公布的行动期限前提交。

- 第一章第五节“电气系统安全员与电气系统指导教师表格” - 使用 [www.formulastudent.com.cn](http://www.formulastudent.com.cn) 网站上要求的表格。
- 第二章 3.6 “结构等同性表格/3D 模型”以及附件 - 使用 [www.formulastudent.com.cn](http://www.formulastudent.com.cn) 网站上要求的表格或第八章第二节“结构要求证明表”

- 使用 [www.formulastudent.com.cn](http://www.formulastudent.com.cn) 网站上要求的表格；  
备注 - 除非按照 AF 规则使用“结构要求证明表”，车队必须提交“结构等同性表格”。  
请按要求提交“结构要求证明表”或“结构等同性表格”但不需都提交。

- 第二章 3.18 “前端缓冲结构数据要求” - 使用 [www.formulastudent.com.cn](http://www.formulastudent.com.cn) 网站上要求的表格。
- 第三章 9.1 “电气系统表格” - 使用 [www.formulastudent.com.cn](http://www.formulastudent.com.cn) 网站上要求的表格。
- 第三章 9.2 “失效模式及影响分析” - 使用 [www.formulastudent.com.cn](http://www.formulastudent.com.cn) 网站上要求的表格。
- 第四章 2.7 “无人驾驶系统表格” - 使用 [www.formulastudent.com.cn](http://www.formulastudent.com.cn) 网站上要求的表格。
- 第六章 1.2 “设计报告” - 设计报告必须符合设计报告项目相关规则。
- 第六章 1.3 “设计参数表” - 使用 [www.formulastudent.com.cn](http://www.formulastudent.com.cn) 网站上要求的表格。
- 第六章 2.2 “无人驾驶系统设计报告” - 无人驾驶系统设计报告必须符合无人驾驶系统设计项目相关规则。
- 第六章 2.5 “无人驾驶跑动视频” - 文件必须符合无人驾驶跑动视频相关规则。

## 8.2. 截止日期

8.2.1. 无偿参与的裁判将对所有要求提交的文档进行评估，因此保证他们有足够的时间完成其工作非常重要。文档提交的截止日期没有例外并且延迟提交将导致扣分。请注意不同文档和提交物可能有不同的截止日期，具体参见赛事官网。

## 8.3. 提交地址和格式

8.3.1. 提交文档的程序以及各类文档需发送至的网站和/或地址会被公布在赛事官网上或由赛事主办方通过其他方式公布。大部分要求的文档必须按照某一由具体规则指定的格式或预制的表格提交。未能按适当的格式提交表格或以错误的文件名提交将被视为“未提交”。请仔细阅读赛事规则并跟进赛事官网。

8.3.2. 如果某一文档未正确提交，车队将不会收到通知。各车队将自己负责确认其文档已被正确上传并在截止日期以内。我们将不会发送电子邮件与车队确认。

## 8.4. 迟交处罚

8.4.1. 在最后期限提交文件或者提交文件非常不完整的将受到处罚，每天或不足 1 天将扣除 10 分，之后将标出处罚的极限及例外。此外，若提交文件遭组委会驳回修改，那么必须在规定的时间内提交修改后的文件。迟交修改后的文件也将受到处罚，每天或不足 1 天将扣除 10 分。若再次提交的文件继续遭到驳回，那么每次驳回车队将受到 10 分的处罚。

- 第一章第五节 电气系统安全员与指导教师表格 - 迟交两表格的处罚上限为 50 分。
- 第二章 3.6 结构等同性表格 (SES) 或 AF2 结构要求证明表 (SRCF) - 迟交两表格的处罚上限为 50 分。

然而，建议车队按照要求提交 SES/SRCF 而迟交文件将最后审核。迟交 SES/SRCF 的认可可能拖延赛车参加比赛。我们强烈建议尽早提交 SES/SRCF。

- 第二章 3.18 前端缓冲结构数据报告-迟交前端缓冲结构数据报告的处罚上限为 50 分。

- 第三章 9.1 “电气安全表 - 对于 ESF 延迟提交的处罚最高罚分 50 分。如果电气系统表在提交截止时间 10 天之后被组委会收到将被视为“未提交”则该车将不能进行车检且不被准许参赛。
  - 第三章 9.2 “失效模式和影响分析”(FMEA) —对于过期提交“失效模式和影响分析”的处罚最多不超过 50 分。如果“失效模式和影响分析”超过预定期限十天才被收到，将被视为“未提交”。赛车将不能进行车检且不准许参赛。
  - 第四章 2.6 “无人驾驶系统表” - 对于 ASF 延迟提交的处罚最高罚分 50 分。如果无人驾驶系统表在提交截止时间 10 天之后被组委会收到将被视为“未提交”则该车不能进行车检且不被准许参赛。
  - 第六章 1.8 延迟提交和未提交的处罚 - 设计报告和设计参数表共同组成了“设计文件”。设计设计文件延迟提交和全部未提交或者任何一份未提交将被处以每天扣 10 分的处罚直至扣完 100 分。如果设计文件在提交截止时间 10 天之后才被组委会收到将被认为是“未提交”并且该车队将无法参加设计报告环节，而且该车队在设计报告环节将得到 0 分。
  - 第六章 2.8 延迟提交和未提交的处罚 - 无人驾驶系统设计报告和无人驾驶跑动视频共同组成了“无人驾驶系统设计文件”。无人驾驶系统设计文件延迟提交和全部未提交或者任何一份未提交将被处以每天扣 10 分的处罚直至扣完 100 分。如果设计文件在提交截止时间 10 天之后才被组委会收到将被认为是“未提交”并且该车队将无法参加设计报告环节，而且该车队在设计报告该项目环节中 will 得到 0 分。
- 8.4.2. 超过截止日期 10 天后提交所需设计或技术文件的车队，将会被自动取消参赛资格。超过截止日期 9 天后仍未提交的车队，将会得到组委会通知“我们没有收到你们车队的文件，如果截止日期 10 天后仍未提交，则将取消车队的注册，并且不会退还任何费用”。此规则适用于每一轮所需文件的截止日期后。

## 9. 第九节 赛场行为规定

### 9.1. 官方指示

- 9.1.1. 若任一车队成员未能执行专门针对该车队或该名队员的官方指示或指令，车队将被处以 25 分的扣分。

**备注：**扣分可以针对车队任一成员。

### 9.2. 与官员争执

- 9.2.1. 与任何官员争执或不服从指示或指令将导致车队从比赛中被除名。车队所有成员将立即被驱逐出比赛场地。

### 9.3. 酒精与非法物品

- 9.3.1. 酒精、非法药物（毒品）、武器或是其它非法物品禁止在比赛期间带入比赛场地。此规则适用于整个比赛过程。
- 9.3.2. 任何车队成员违反此规则都将导致整个车队被驱逐出比赛。此规则适用于所有车队成员及车队指导顾问。
- 9.3.3. 任何吸毒或未成年人饮酒的行为都会被检举通报到当地有关部门。

### 9.4. 聚会

- 9.4.1. 任何可能造成混乱的聚会，无论其是否在比赛现场举行，都应被车队指导顾问阻止。

### 9.5. 垃圾清理

- 9.5.1. 对垃圾及碎屑的清理是车队的责任。车队的工作区应保持清洁。在最后一个比赛日，各

车队必须清理自己区域内的所有碎屑，保持一个清洁的装备区。

9.5.2. 在比赛结束离开现场时，要求车队必须带走自己所有的物品及垃圾。遗弃物品或未清扫装备区即离开车队将会被要求支付移除或清理费用。

#### 9.6. 禁止吸烟

9.6.1. 在任何比赛场地均禁止吸烟。

#### 9.7. 疑问解答

9.7.1. 任何在比赛过程中产生的疑问都将在赛会中心得到解答，其结论为最终的。

#### 9.8. 不在场弃权

9.8.1. 车队有责任在正确的时间出现在正确的地点。

9.8.2. 若车队在规定时间内未能出现并准备比赛意味着该车队对此项比赛的弃权。

9.8.3. 因车队不在场造成的损失组委会将不再提供补救机会。

#### 9.9. 队长会议 – 要求出席

9.9.1. 各车队队长，所有无人驾驶系统负责人（ASR）与参加某一项目所有的车手都要求出席会议。若某一队伍人员未按照规定的时间与地点参与会议，该队伍将被取消参赛资格。

#### 9.10. 私人车辆

9.10.1. 私人车辆及拖车必须停放在指定地点。只允许中国大学生无人驾驶方程式大赛比赛赛车进入赛道区域。

#### 9.11. 摩托车、自行车、轮滑等 – 禁止

9.11.1. 车队成员、观众携带摩托车、四轮车、自行车、踏板车、滑雪板、轮滑或是类似的载人设备至比赛场地的任何位置，包括装备区，都是禁止的。

#### 9.12. 带有驱动系统的搬运车、工具车等 – 禁止

9.12.1. 带有驱动系统的搬运车、工具车、轮胎搬运器或类似的机动设备不得在赛场任何位置使用，包括装备区。

#### 9.13. 赛场工作安全

9.13.1. 赛事官方对比赛以外的车辆不承担任何责任。

9.13.2. 团队在比赛前、比赛中以及比赛后，对于赛车的工作与操作都应按照常规安全规范流程进行。

9.13.3. 赛车禁止参加不适合该车类别的活动，如爬坡、拖拽等。

9.13.4. 任何测试与项目中，严令禁止“轮对轮”的竞争。

9.13.5. P 房内禁止进行任何产生垃圾或碎屑的操作，例如碳纤维等材料的切割。

9.13.6. 赛场区域进行任何工作，操作人员必须使用相关工作合适的个人防护设备，如护目镜、面罩、隔热手套、绝缘手套等。

9.13.7. 举升赛车时，必须使用能满足额定载荷的安全稳定装置进行支撑。

9.13.8. 以下列出的要求被认为是测试/操作环境符合安全性的最低要求，但满足这些不能保证在所有情况下的安全性：

- 手动驾驶下，驾驶员必须按照规定第二章 14.3 穿戴全套防护服；
- 工作中的 TSAL，IMD，AMS，ASSI，RES，EBS，APPS/制动踏板合理性检查；

- 符合规则的赛车底盘和完全安装的防撞块；
- 除非将测试/工作区域清楚地隔离划分，否则不得同时在同一场所停放或驾驶其他乘用车，卡车等；
- 禁止在能见度低的环境中进行跑动；
- 禁止以高于典型赛事速度的状态进行跑动；
- 禁止在驾驶员头部高度处可能有障碍物的区域内行驶；

9.13.9. 如果参赛团队有不安全驾驶行为或使赛事赞助商以及相关车队的声誉受损，赛事官方具有取消其参赛资格的权力。

#### 9.14. 赛车移动

9.14.1. 除了练习区和比赛赛道之外，赛车不得在任何其他地方驾驶。

9.14.2. 驱动系统主开关（TSMS）的可拆卸手柄或钥匙必须由 ESO 完全拆除并保存。必须使用 TSMS 的上牌挂锁功能，参见第三章 6.2.2。

9.14.3. 如果赛车未通过电气检查，则当赛车在比赛现场移动以及参加静态赛事时，必须断开高压电压连接（HVD），参见第三章 4.8。

9.14.4. 无人驾驶赛车在赛场移动时也必须关闭其无人驾驶系统（参见第四章 2.2 中的定义）。可拆卸手柄或无人系统主开关（ASMS）的钥匙必须完全拆除并由 ASR 保存。必须使用 ASMS 的上牌挂锁功能，参见第四章 2.2.9。

9.14.5. 赛车必须通过“推杆”以正常的步行速度推动，参见第二章 14.1，并且驾驶舱内的队员佩戴第二章 14.3 中定义的所需驾驶员设备，但头盔，手臂束缚带和助力设备除外。

9.14.6. 驾驶舱内的队员必须完全控制转向和制动。

9.14.7. 当推杆连接到赛车时，驱动系统必须保持关闭。

9.14.8. 每当赛车被推动时，带有翼的赛车需要两个队员分别在赛车的两侧行走。

#### 9.15. 驱动系统下工作

9.15.1. 除了电池箱之外，驱动系统（TS）有关的活动必须在维修区中进行，严格禁止在 P 房内进行一切激活 TS 的操作。

9.15.2. 要求至少一名 ESO 全程参与。

9.15.3. 对于未激活的驱动系统下工作，必须执行以下步骤：

- 必须使用阻隔带禁止未参与工作的任何人进入工作区。
- 必须关闭驱动系统主开关（TSMS）。
- 必须确保 TS 不能重新启动，至少对 TSMS 上牌挂锁。
- 必须检查零电位（TSMP 测量）。
- 必须设有/悬挂表明赛车电气安全性的标志，如图 1.1 所示。ESO 的名字必须在标志上注明。ESO 是唯一允许移除标志和障碍来解除隔离状态的人。





图 1.1: 赛车电气安全性标志

9.15.4. 在维修区中, 如果为了测试目的激活 TS 或在已激活 TS 的状态下进行测量, 则必须遵循以下步骤:

- 必须使用阻隔带禁止未参与工作的任何人进入工作区。
- 必须顶起赛车并拆下驱动轮。
- 一名队员必须准备随时按下急停开关。
- 必须仅在必要时激活 TS。
- 必须使用适当的绝缘工具和设备。
- 当部分 TS 暴露时, 所有参与的队员必须佩戴带侧护板的安全眼镜和合规的安全手套。
- 当 TS 处于激活状态时, 不允许对赛车进行其他任何工作。

9.15.5. 如果 TSAL 红灯闪烁或处于安全状态, TS 被视为激活。

9.15.6. 必须至少有一名不直接参与工作的队员在场, 以防止出现意外状况时, 有额外人员能够进行临时处理与协助。

#### 9.16. 无人驾驶系统下工作

9.16.1. 无人驾驶系统 (AS) 有关的活动必须在维修区中进行, 严格禁止在 P 房内进行一切激活 AS 的操作。

9.16.2. 要求至少一名 ESO 与 ASR 全程参与。

9.16.3. 严令禁止除 ASR 以外的任何人员持有或掌管 RES。

9.16.4. 在维修区中, 如果为了测试目的激活 AS 或在已激活 AS 的状态下进行测量, 则必须遵循以下步骤:

- 必须使用阻隔带禁止未参与工作的任何人进入工作区。
- 赛车进行相应动作下, 必须顶起赛车并拆下所有车轮。
- 一名队员必须准备随时按下急停开关。
- 必须仅在必要时激活 AS 与 TS。
- 必须使用适当的绝缘工具和设备。
- 当 TS/AS 处于激活状态时, 不允许对赛车进行其他任何工作。

9.16.5. AS 激活状态下, 必须至少有一名 ASR 不直接参与工作保持警惕状态持有 RES, 以防止出现意外状况时, 有能够进行紧急停止处理。

#### 9.17. 电池箱操作

9.17.1. 只允许在赛事指定区域内提供的工作场所打开或处理电池箱, 见第一章 9.15。

9.17.2. 所有相关操作都需要 ESO 在场。

9.17.3. 每当打开电池箱时, 必须将电池模组的维护插头全部分开, 参见第三章 5.4.4。

- 9.17.4. 必须使用适当的绝缘工具和设备。
- 9.17.5. 所有参与者必须佩戴带有侧护板的安全眼镜和合规的安全手套。
- 9.17.6. 必须至少有一名不直接参与工作的队员在场，以便可以在发生事故时提供帮助。
- 9.17.7. 只有完全断开连接的电池箱才允许在比赛现场周围移动电池单元和/或电池模组，且被移动的部分必须在完全封闭的电池箱内进行。
- 9.17.8. 附加的安全措施可以包含在官方后期发送的相关 ESO 认证考试材料中查看。

#### 9.18. 充电

- 9.18.1. 比赛现场将有一个单独的充电区域。只允许在这个区域为电池箱充电。
- 9.18.2. 必须将电池箱从赛车上拆下并放在电池箱手推车上，参见第三章 8.1，进行充电。
- 9.18.3. 第三章 5.3.8 中所要求的标签或类似于第三章 5.3.8 规定的附加标签在充电期间必须可见。
- 9.18.4. 充电区域不允许打磨，切削，钻孔等。
- 9.18.5. 在充电期间必须有至少一名了解充电流程的队员留下照看电池箱状态。

### 10. 第十节 抗议

#### 10.1. 抗议的基本内容与规定

- 10.1.1. 不容置疑，车队为赛车付出了很多，有权享有他们能获得的所有得分。我们也承认对于规则的理解、处罚的使用和规程的理解存在不同之处。赛事主办方会尽最大努力迅速而公平地复审所有问题并解决问题。
- 10.1.2. 复审要求 - 任何想要对规则、得分、裁判的决定或任何比赛的其它方面提出抗议的车队须将问题提交至中国大学生无人驾驶方程式大赛官方组织接受讨论，并在抗议归档之前提出可行的解决方案。
- 10.1.3. 抗议的理由 - 车队可抗议已对自身造成实际的、重大的伤害或对本队分数有实质性影响的任何规则释译、计分或官方行为（除非被特别排除在容许抗议范围之外的）。但车队不可以针对未造成车队实质性伤害的规则释译或行为进行抗议。
- 10.1.4. 抗议形式和罚分 - 抗议必须以书面形式提交给指定的赛事组织者或中国大学生无人驾驶方程式大赛官方组织。抗议队伍必须抵押其已得分值中的 25 分，作为抗议被驳回时的扣分。
- 10.1.5. 抗议的时间 - 抗议必须在所抗议的行为发生或涉及到抗议项目的分数公布后的半小时（30 分钟）内进行申诉。
- 10.1.6. 决定 - 官方对于任何抗议的决定都是最终的。
- 10.1.7. 举报属于一种抗议行为。

### 11. 第十一节 关于中国大学生无人驾驶方程式大赛规则的问题

#### 11.1. 问题公布

- 11.1.1. 在向 FSAC 规则委员会或赛事主办方提交问题的同时，意味着你和你的团队同意可以由 FSAC 官方将你的问题及官方回复予以公布。

## 11.2. 问题类型

11.2.1. 规则委员会将回答在赛事规则、常见问题中没有提到的问题或者需要新增的规则注释的问题。规则委员会将不回复已经在规则中提到的问题。比如，如果一条规则指定了一个零件的最小尺寸，那么对于是否可以使用更小的尺寸的问题，规则委员会将不予回答。

## 11.3. 常见的问题

11.3.1. 常见问题可关注中国大学生无人驾驶方程式大赛官网、官方微博和官方微信公众账号。

## 11.4. 问题提交格式

11.4.1. 所有的规则问题都必须包括：(1)提问学生的全名和电子邮件地址；(2)大学名称（不得使用缩写）；(3)有疑问的规则的代码。

11.4.2. 向规则委员会所提的问题有以下限制 (1)任何图片、图画或其它附件的大小不得超过 100kb；(2)任何问题连同附件的总大小不得超过 1Mb。

## 11.5. 回复时间

11.5.1. 一般在两周的时间内给与回复，规则委员会将尽可能迅速地对问题做出回答，但是对于存在新的争议的或非常复杂的问题，可能要多于两周时间。

11.5.2. 请不要重复提交问题。

## 11.6. 提交地址

11.6.1. 中国大学生无人驾驶方程式大赛组委会官网，规则委员会秘书处邮箱：  
yxj@sae-china.org。

# 附录 S- SAE 技术标准

下列所述所有的 SAE 技术标准，都在 SAE 技术标准论坛（TSB）网站上提供免费下载和使用。此论坛由大学生设计团队（Collegiate Design）搭建。在所有的工程领域，标准都是十分重要的，我们强烈建议您浏览这些文档，并熟悉它们的内容和用途。

下列技术文档包括两个部分：（1）在规则中确定的标准，（2）TSB 和其它规则委员会认为有价值的参考文档或在未来的规则中可能提到的内容。

包括在 CDS 规则中的 SAE 技术标准：

## SAE 越野车竞赛（Baja SAE）

- J586 - 总宽度小于 2032mm 的机动车用制动灯
- J759 - 灯光识别代码
- J994 - 倒车电子警报装置性能试验
- J1741 - 预备报警系统

## SAE 雪地车挑战赛（Clean Snowmobile Challenge）

- J192 - 雪地车外部噪声等级
- J1161 - 雪地运动车运行噪声测量规程

## 大学生方程式混合动力汽车大赛（Formula SAE Hybrid）

- J1318 - 允许的应急、保养和维修的赛车用气态放电报警灯
- J1673 - 汽车高压电线系统

## 大学生方程式汽车大赛（Formula SAE）

- SAE 4130 钢是参考的但没有特定的标准
- SAE 5 级螺栓是必须但没有特定的标准

## Supermileage

- J586 - 总宽度小于 2032mm 的机动车用制动灯

## 电气标准（Electric Standards）

用于补充的 SAE 技术标准

### 与 SAE 越野车竞赛（Baja SAE）相关的标准

- J98 - 通用工业机械人员防护
- J183 - 发动机油性能和发动机维修分类
- J306 - 汽车齿轮润滑剂黏度分级
- J429 - 外螺纹紧固件机械性能和材料要求
- J512 - 汽车管接头
- J517 - 液压软管
- J1166 - 非公路自驱式机械操作者工作循环噪声测量
- J1194 - 轮式农用拖拉机翻转防护结构（ROPS）
- J1362 - 非公路自走式工作机械操作者控制件及显示器的图形标志
- J1614 - 建筑、农业及非道路机械电线布置
- J1703 - 机动车制动液
- J2030 - 大功率电器连接标准
- J2402 - 道路赛车一指示器、控制器和信号装置的符号

### 与雪地车挑战赛（Clean Snowmobile Challenge）相关的标准

- J44 - 雪地车行车制动系统性能要求
- J45 - 雪地车制动系统试验规程

- J68 - 雪地车开关装置和部件试验
- J89 - 雪地车座椅动态缓冲性能标准
- J92 - 雪地车节气门控制系统
- J192 - 雪地车外部噪声等级
- J288 - 雪地车燃油箱
- J1161 - 雪地运动车运行噪声测量规程
- J1222 - 雪地运动车车速控制保险
- J1279 - 雪地运动车驱动结构
- J1282 - 雪地运动车制动结构
- J2567 - 雪地车静止状态下排气管噪音等级测量

#### **与大学生方程式汽车大赛（Formula SAE）相关的标准**

##### FSC001-2015 发动机油技术标准

- J183 - 发动机油性能和发动机维修分类
- J306 - 汽车齿轮润滑剂黏度分级
- J429 - 外螺纹紧固件机械性能和材料要求
- J452 - SAE 铸铝合金的一般信息—化学组成，机械和物理性能
- J512 - 汽车管接头
- J517 - 液压软管
- J637 - 汽车 V 型皮带传动
- J829 - 油箱加注口盖和盖保持器
- J1153 - 汽车制动器液力主缸试验规程
- J1154 - 汽车制动器液力主缸性能要求
- J1703 - 机动车制动液
- J2045 - 燃油管总成性能要求
- J2053 - 道路赛车制动主缸塑料储存罐

#### **与大学生方程式混合动力汽车大赛（Formula Hybrid）相关的标准**

- J1772 - SAE 电动汽车传导充电系统连接

#### **与所有 CDS 竞赛相关的标准**

- J1739 - 设计和制造装配过程中潜在失效模式及影响分析手册

## 第二章 通用规则

### 1. 第一节 基本定义

#### 1.1. 车架定义

- 1.1.1. 底盘/车架——是被设计用来支撑所有赛车的功能系统的结构总成，该部件可以是单个焊接结构，也可是复杂的焊接结构，或是复合材料与焊接结构的组合。
- 1.1.2. 车架单元——最短的未切割的、连续的单个管件或是等效结构。
- 1.1.3. 前隔板——车架主体结构前端的一个平面结构，其功能是保护车手双脚。
- 1.1.4. 前隔板支撑——自前隔板后方至防滚架前环的上顶部与前环底端的车架结构。
- 1.1.5. 前环——位于车手双腿之上，接近方向盘的防滚架。
- 1.1.6. 前环支撑——从前环向前到前隔板的结构。
- 1.1.7. 前端缓冲结构——位于前隔板前方的可变形的吸能装置。
- 1.1.8. 主环——位于车手旁边或是身后的一个防滚架。
- 1.1.9. 单体壳——一种由外部平板承受载荷的底盘结构。
- 1.1.10. 点对点三角结构——将车架结构投影到一个面上，在此平面内施加一个任意方向的载荷到任意节点，将只会导致车架管件受到拉伸力或是压缩力。也即“正确的三角结构”，见图 2.1。

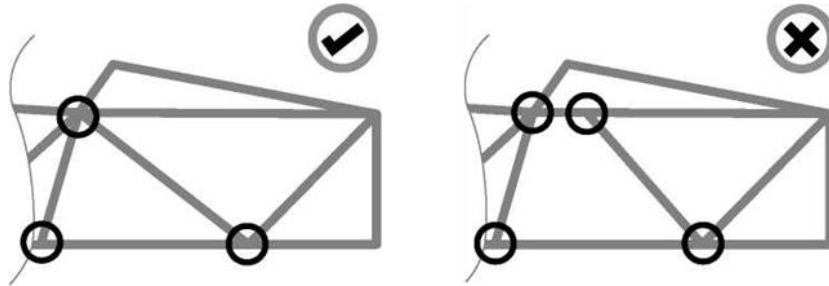


图 2.1: 车架单元的点对点三角结构（左侧正确、右侧错误）

- 1.1.11. 基本结构——基本结构包括以下车架部件：

- 主环
- 前环
- 防滚架斜撑及其支撑结构
- 侧边防撞结构
- 前隔板
- 前隔板支撑系统
- 所有的能将车手束缚系统的负荷传递到上述六种结构的车架单元

- 1.1.12. 防滚架——主环与前环都被归为防滚架。
- 1.1.13. 防滚架斜撑——从主、前环引出到主、前环斜撑支撑的结构。
- 1.1.14. 防滚架斜撑支撑——从主、前环支撑的末端引出到主、前环的结构。
- 1.1.15. 防滚保护包络区域——固定到符合第二章 3.2 或同等规定的最低规格的主要结构和任何

其他结构所构成的包络面。

1.1.16. 侧边防撞区域——从座舱底板上表面到座舱内部车架最低点往上 240mm 到 320mm，从前环到主环间的赛车侧面区域。

1.1.17. 表面包络——表面包络是由防滚架的顶部和四个轮胎的外边缘限定的表面。（见图 2.2）

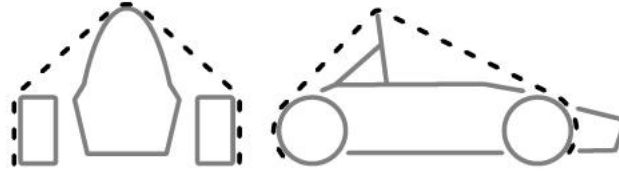


图 2.2: 表面包络区域示意图

## 1.2. 材料定义

1.2.1. 防火材料 - 符合以下标准之一的材料：

- UL94V-0 用于最小材料厚度
- FAR25.853(a)(1)(i)
- 通过赛事规定的耐火测试的防火材料（出示证明并提交相关文件）

除非车队出示等效性证明并且在比赛前得到赛事官方的批准，否则不接受等效标准。

## 1.3. 电气定义

1.3.1. 直接连接——两者连接的线路没有通过任何与其他元器件共用的 PCB，并且二者的连接中除了过流保护以外不再包括任何其他设备或功能模块，则认为两个设备或电路为直接连接。

## 2. 第二节 总体的设计要求

### 2.1. 赛车式样

2.1.1. 赛车必须按照良好的工程实践进行设计和制造。

2.1.2. 赛车必须车轮外露，单座和座舱敞开（方程式赛车式样），并且四个车轮不能在一条直线上。

2.1.3. 对“车轮外露”的定义 - 车轮外露即须满足以下要求（见图 2.3）：

- 从垂直车轮上方看，前后车轮上半部分（上半 180°）不允许被遮挡
- 从侧面看，前后车轮不允许被遮挡。
- 在转向轮指向正前方时，赛车的任何部分都不能进入排除区。从赛车侧面看，排除区长边界由车轮前后各 75mm 的竖直延伸的两条线组成，宽边界为从轮胎外侧平面到轮胎内侧平面。
- 必须同时符合本章第八节空气动力学装置的尺寸和要求。

**备注：**所有的检测都使用干胎。

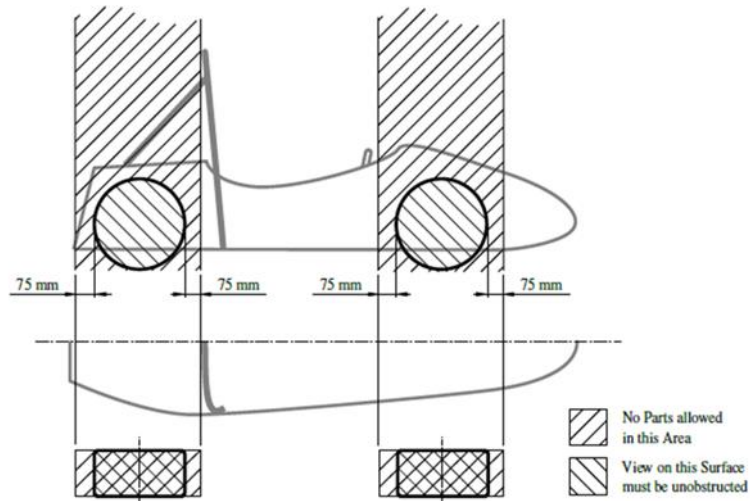


图 2.3: 车轮周围排除区

## 2.2. 车身

- 2.2.1. 除了驾驶舱必须开口以外，从赛车最前端到主环（或者防火墙）的这段空间里，不允许车身上有深入驾驶舱的开口。允许在前悬架的零件处有微小的开口。
- 2.2.2. 封闭式车架结构与车架和地面之间的结构必须在结构最低部分有足够的合适大小排水孔，以防止液体积聚。当结构中存在多个局部最低部分时，需要附加的孔。
- 2.2.3. 可能与行人接触的车身边缘必须具有至少 1mm 的圆角。车身前部所有可能触碰车外人员身体的边缘，如车鼻等，都必须为半径至少为 38mm（1.5 英寸）的圆角。该圆角的圆心角必须至少 45°（从正前方向顶部、底部和侧面等全部有影响的方向测量）。

## 2.3. 悬架

- 2.3.1. 赛车所有车轮必须安装有功能完善的、带有减震器的悬架。在有车手乘坐的情况下，轮胎的跳动行程至少为 50mm。
- 2.3.2. 赛车在有车手时，赛车除轮胎外的任何部分的最小静态离地间隙不得小于 30mm。
- 2.3.3. 在技术检查中，悬架的所有的安装点必须可以被呈示给裁判，无论是可以直接看到或是通过移除覆盖件来实现。

## 2.4. 轮辋

- 2.4.1. 赛车轮辋直径必须至少为 203.2mm（8 英寸）。
- 2.4.2. 任何只使用一个安装螺母的车轮安装系统必须配有防松装置，用来固定安装螺母。该装置必须能够同时防止螺母与车轮的松动。双螺母防松不符合该项规定。
- 2.4.3. 标准车轮螺栓必须是钢制的，经过了充分的工程设计。任何对这种螺栓的改造都需在技术检查中进行严格的审查。车队如果使用改造的标准车轮螺栓或定制设计车轮螺栓，需提供相关材料以证明该设计符合良好的工程实践。
- 2.4.4. 铝合金轮毂螺母可以被使用，但要求必须硬质氧化至未被腐蚀烧坏状态。

## 2.5. 轮胎

- 2.5.1. 赛车可以使用以下两种轮胎：
- 干胎——在技术检查时安装在赛车上的轮胎被定义为干胎。
  - 雨胎——雨胎可以是符合以下规定的任意尺寸和型号的有花纹或沟槽的轮胎：
    - 花纹或沟槽可以由轮胎生产商使用模具成型，或由轮胎生产商（或其指定的机



构)切割成型。任何使用刀具刻制的轮胎花纹或沟槽,必须有文件证明其符合本条规则的规定。

- 花纹或沟槽的深度至少 2.4mm。

2.5.2. 前轴或者后轴上的轮胎必须是相同制造商,同一尺寸和配方的轮胎。

2.5.3. 禁止使用暖胎器。

2.5.4. 由于一些驱动力增加剂的成分具有危险性(尤其对健康),赛前如需使用的,建议按照制造商推荐的步骤使用,但在静态项目比赛开始后或在比赛现场时不得采用任何提升轮胎附着力的方法。

## 2.6. 转向

2.6.1. 对于无人驾驶系统与赛车无人驾驶模式下,前轮允许使用线控转向或电控转向。赛车手动驾驶模式下,禁止采用线控或电控转向。

2.6.2. 方向盘必须与前轮机械连接。

2.6.3. 转向系统必须安装有效的转向限位块,以防止转向连杆结构反转(四杆机构在一个节点处发生反转)。限位块可安装在转向立柱或齿条上,并且必须防止轮辋及轮胎在转向行驶时接触悬架、车身或车架部件。在静止状态下必须能够进行转向操作。

2.6.4. 转向系统的自由行程不得超过 7°(在方向盘上测量)。

2.6.5. 方向盘必须通过快拆器安装在转向柱上,必须保证车手在正常驾驶坐姿并佩戴手套时可以操作快拆器。

2.6.6. 方向盘与前环的距离不得超过 250mm。该距离是沿赛车中心线、从前环后端到方向盘前端水平测量得到,方向盘处于任何位置均需满足该规则。

2.6.7. 方向盘轮廓必须为连续闭合的近圆形或近椭圆形。方向盘的外轮廓可以有一些部分趋向直线,但不可以有内凹的部分。禁止使用 H 形、8 型或外轮廓有开口的方向盘。

2.6.8. 方向盘在任何角度,其上端必须低于前环的上端。

2.6.9. 转向器必须与车架机械连接。

2.6.10. 连接方向盘和转向齿条的连接件必须通过机械连接,并且在技术检查中可见。不允许使用没有机械支撑的粘接方式,且该机械支撑必须被设计为能独立支撑转向系统功能的实现。

2.6.11. 允许后轮转向(可采用电控转向方式),但后轮的角位移需要被机械限位装置限制在最大 6 度范围内时。在技术检查中,车手必须坐在赛车中演示,并且车队必须提供设备证明转向的角度范围。

## 2.7. 轴距

2.7.1. 赛车的轴距至少为 1525mm。

## 2.8. 侧倾稳定

2.8.1. 赛车较小的轮距(前轮或后轮)必须不小于较大轮距的 75%。

2.8.2. 轮距与车重力中心必须联合起来以提供充足的侧倾稳定性。

2.8.3. 赛车须通过斜台测试(见规则第五章技术检查)以证明其具有足够的侧倾稳定性。测试时,赛车必须能够在侧向倾斜 60°(相当于承受 1.7G 的侧向加速度)时,不发生侧翻。

侧倾测试时，要求身高最高的车手以标准驾驶姿势进行。

### 3. 第三节 驾驶员单元

由于无人驾驶方程式赛车由原有电动方程式赛车改装设计，替代车架规则应用较少，因此对于使用原 FSEC 中第三章代替车架结构规则的相关说明移至本规则的第八章。

使用第八章规则，需要提交结构要求认证表（SRFC）以代替 SES。

车队若提交了 SRCF 则不需提交 SES 结构等同表格。

#### 3.1. 总体要求

3.1.1. 除其他要求外，赛车的结构必须包括：

- 两个带有支撑的防滚架
- 有支撑结构和缓冲结构的前隔板
- 侧边防撞结构

#### 3.2. 材料的最低要求

3.2.1. 表 2.1 展示了由钢管制成的一级结构构件的最低要求。

表 2.1：最低材料要求

部件或用途	外径×壁厚
主环和前环， 肩带安装杆	圆管 25.4mm×2.4mm 或圆管 25.0mm×2.50mm
侧边防撞结构，前隔板，防滚架斜撑， 安全带安装杆及其斜撑（不包括上述 部分） 电车：蓄电池保护结构-动力电池保护 结构	圆管 25.4mm×1.65mm 或圆管 25.0mm×1.75mm 或圆管 25.4mm×1.60mm 或方管 25.4mm×25.4mm×1.20mm 或方管 25.0mm×25.0mm×1.20mm
前隔板支撑，主环斜撑支撑 电车：传动系统部件	圆管 25.4mm×1.20mm 或圆管 25.0mm×1.5mm 或圆管 26.0mm×1.2mm

备注：以下情况是规则所允许的：

- 使用表格中规定的外径但壁厚更厚
- 使用表格中的规定的壁厚但外径更大
- 使用表格中规定尺寸（或更大）的方管代替圆管
- 允许管存在尺寸公差

3.2.2. 钢管必须由非合金碳钢制成，最大含量为 0.3% 碳，1.7% 锰和 0.6% 的任何其他元素。所有其他钢种被认为是替代材料，需要额外的测试和文件（见第二章 3.3）。

3.2.3. 除检查孔外，在任何一个普通管件上打孔，都要求提交 SES。每种不同材质和尺寸的管件只允许存在一个检查孔。

3.2.4. 当管件需要焊接加强时（如用于加强位于管件上的螺栓孔的焊接材料，或用于加强悬架安装切口的焊接材料），原管件应使用原有的冷轧强度计算，焊接加强材料应使用焊点材料强度计算。

3.2.5. 在 SES 中提交的用于计算钢材性能的最低标准不能低于以下值：

连续材料的非焊接强度计算：

杨氏模量(E) = 200 GPa (29,000 ksi)；

屈服强度(Sy) = 305 MPa (44.2 ksi)；

极限强度(Su) = 365 MPa (52.9 ksi)。

非连续材料焊接强度计算，例如焊接单体壳连接点或焊接钢管焊点：  
 屈服强度(Sy) = 180 MPa (26ksi)；  
 极限强度(Su) = 300 MPa (43.5 ksi)。

- 3.2.6. 所有小于 25.4 mm × 1.20mm 或最小面积惯性矩超过 6695mm<sup>4</sup> 的管件不考虑结构性，在评估对赛车结构的任何规则的符合性时可忽略这些管件。
- 3.2.7. 如果在基本结构（主环前环除外）中使用了弯管（或者是由不在一条直线上的多个管件组成），必须使用额外的管件与其相连作为支承。这些支撑管必须满足：
- 连接点必须是弯管上与其两端连线偏离最远的点。
  - 支撑管件必须与弯管有同样的直径和厚度。
  - 支撑管件另一端要必须连接在车架的节点。
  - 支撑管件与弯管平面的角度不能超过 30°。
- 3.2.8. 任何焊缝形状都不得以任何方式进行机械改变，例如研磨。

### 3.3. 替代材料

- 3.3.1. 替代材料可用于主要结构和动力电池保护结构的所有部件，但以下情况除外：
- 主环与主环斜撑必须是钢制的。
  - 前环必须是金属的。
  - 基本结构的任何焊接结构必须是钢。
  - 补充说明，前环可以是铝制焊接结构。
- 3.3.2. 如果在基本结构或动力电池保护结构中使用除钢管之外的任何其他材料，则需要进行物理测试以显示其相对于第二章 3.2 中钢的最小材料特性的等效性。
- 3.3.3. 如果使用第二章 3.2.2 定义的合金钢，车队必须在 SES 中展示测试和证明文档，以显示其结构等效性。这可能包括但不限于：
- 使用过的管材的收据和数据表
  - 有关焊接工艺和填充材料的文档
  - 关于热处理的文件
  - 表明在焊接条件下具有足够的强度和断裂伸长率的试验
- 3.3.4. 任何采用桁架结构加单体壳的底盘设计，都必须符合所有相关规定的要求，例如采用夹层平板的防撞结构必须符合规则第二章 3.4 和 3.5。

**备注：**允许使用管与平板相结合的办法来证明等同性。例如，对于一个依据规则 3.2 的管及一块薄板组成的侧面防撞结构，该薄板只需要等同于两个侧面防撞管。

- 3.3.5. 替代钢管的最小壁厚要求：

材料和用途	最小壁厚
钢管，用于：前环、主环、肩带安装杆	2.0mm(0.079 英寸)
钢管，用于：防滚架斜撑、主环斜撑支撑、前隔板和侧边防撞结构、前隔板支撑钢管、安全带固定杆(不包括上述部分)、高压蓄电池保护、高压驱动系统保护	1.2mm(0.047 英寸)

符合物理测试要求车队的最小壁厚要求：

材料和用途	最小壁厚
钢管, 用于: 前环、主环、肩带安装杆	1.6mm(0.065 英寸)
钢管, 用于: 防滚架斜撑、主环斜撑支撑、前隔板和侧边防撞结构、前隔板支撑钢管、安全带固定杆(不包括上述部分)、高压蓄电池保护、高压驱动系统保护	0.9mm(0.035 英寸)

**备注 1:** 所有的钢材必须同等处理——不允许合金钢管件的壁厚, 如 SAE4130, 比所用的低碳钢的壁厚更薄。

**备注 2:** 当采用了比第二章 3.2.1 中指定规格壁厚更薄的钢管, 为了保证 EI 相同, 外径必须增加。

**备注 3:** 为了保持相同的屈服强度和极限抗拉强度, 替代管件必须保持与第二章 3.2.1 中规定的规格有相同的横截面面积。

**备注 4:** 采用替代车架规则的队伍必须符合规则第二章 3.3。

3.3.6. 代表赛车基本结构连接方法的测试样件必须由车队自制, 并且通过拉力测试以确保连接强度与质量。

3.3.7. 测试样件必须用两个长 203mm, 中心线相距 38mm 的平行长管构造成“H”型。连接管必须垂直于平行管, 离一管顶端和另一管末端均 50mm。

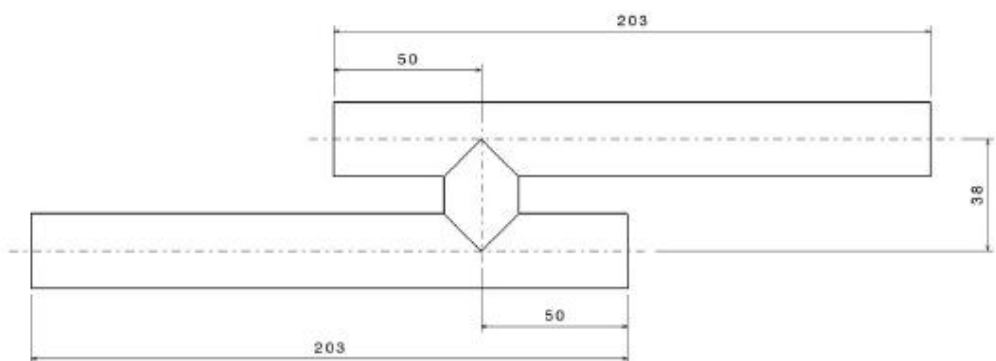


图 2.4: 测试样管示意图

3.3.8. 测试样件必须满足以下要求:

- 测试样件必须使用和构造底盘时相同的低碳钢或合金钢。
- 在赛车设计中每使用一种替换管件, 都要进行对替换管和基准管件进行测试和对比。
- 同等材料等效认可原则。如果替代管件是同一种材料, 那么只需对同一种尺寸进行测试。此原则可以推广到其他本规则允许的替换件测试及证明中。
- 每个接合处的两个样品都要制作并测试, 每个基准管两个样品, 每个替换管两个样品。**备注:** 这意味着测试时最少测试四个。
- 最小壁厚管必须是平行管之间的短垂直管。
- 为了安装至拉力试验机, 可以在测试样件的端部修改或添加材料。所有测试样件安装端的修改必须一致。
- 所有测试样件和真实赛车车架上的所有焊后热处理(如退火)必须一致。不允许改变焊缝形状(不能研磨)。

基准连接处	替换管连接处
-------	--------

英寸	标准	英寸	标准
1.0*0.095 至 1.0*0.047	25.4mm*2.4mm 至 25.4mm*1.2mm	1.0*0.095 至 1.375*0.035	25.4mm*2.4mm 至 34.9mm*0.9mm
1.0*0.063 至 1.0*0.047	25.4mm*1.6mm 至 25.4mm*1.2mm	1.0*0.063 至 1.375*0.035	25.4mm*1.6mm 至 34.9mm*0.9mm
1.0*0.047 至 1.0*0.047	25.4mm*1.2mm 至 25.4mm*1.2mm	1.0*0.047 至 1.375*0.035	25.4mm*1.2mm 至 34.9mm*0.9mm
1.0*0.047 至 1.0*0.047	25.4mm*1.2mm 至 25.4mm*1.2mm	1.375*0.035 至 1.375*0.035	34.9mm*0.9mm 至 34.9mm*0.9mm

3.3.9. 测试样件在拉力测试中必须测试到失效为止。在 SES 中必须提交所有样件的力与变形曲线进行审查。如果替换管测试样件的最小失效载荷在相应的基准管测试样件的 95% 以内，即认为通过物理测试要求。测试结果必须记录在 SES 或 SRCF。在比赛时测试样件必须能够提供给技术检查员。

3.3.10. 对于使用铝管，则需要满足下列要求：

- 最小壁厚：3mm 铝管
- 除非参赛车队有证据证明其车架已经经过适当的热处理和人工时效处理，否则必须在“已经焊接”的情况下考虑铝管结构的屈服强度。  
(参考：铝合金协会出版的最新版《铝焊接》，或由美国焊接协会主编的《焊接手册》第七版第四卷)
- 如果铝管在焊接后经过了热处理和时效处理来提高其焊接后的强度，车队必须出示充分的文件来说明整个处理过程，其中包括（但不限于）所用的热处理设备、采用的过程，以及装夹方法

3.3.11. 对于使用钛、镁管，则需要满足下列要求：

- 最小厚度：1.2mm 的钛管
- 最小厚度：3.0mm 的镁管
- 焊接过的钛、镁材料不允许使用于任何基本结构

3.3.12. 替代材料或管件尺寸的使用许可必须基于工程判断和车检组裁判长或其委任人的经验。

3.3.13. 如果替代材料或者管件尺寸在通过技术检查，比如 3.2.1 中所述材料拥有相同或更好的性能，则可被允许替代 3.2.1 表格中的“基准钢材料”。

#### 3.4. 复合材料

3.4.1. 如果在车架基本结构或动力电池保护结构中使用复合材料，该结构的抗弯刚度 (EI) 必须使用 SES 中的工具和公式计算。对于主环斜撑支撑，前环斜撑，前隔板支撑结构和肩带安装杆，可以考虑平板的实际几何形状和曲率。对于所有其他区域，EI 必须计算为平板对其中性轴的 EI。此平板必须具有与车架中使用的结构相同的组成成分。

3.4.2. 如果在车架基本结构或动力电池保护结构中使用复合材料，则 SES 必须包括：

- 材料类型
- 织物的重量
- 树脂类型
- 纤维方向
- 层数
- 芯层材料
- 铺层方式
- 三点弯曲试验和圆周剪切试验数据

3.4.3. 对于车架基本结构或动力电池保护结构中的任何层压材料，平行纤维的最大重量含量，相对于层压材料中所有纤维的重量，为 50%。在这种情况下，所有在 ±10° 方向上铺设的纤维都认为是平行的。

- 3.4.4. 无论在何处需要的垫板，垫板都必须由其所接触的结构完全支撑。
- 3.4.5. 准各向同性铺层定义为每个蒙皮在 $\pm 45^\circ$  或  $0^\circ / 90^\circ$  方向上相等分布的偏离方向层数不超过两层。

### 3.5. 层压板测试

- 3.5.1. 如果复合材料用于车架基本结构或动力电池保护结构的任何部分，则车队必须：
- 构建一个代表性的测试板件，其必须精确测量为  $275\text{mm} \times 500\text{mm}$ ，其具有与用作平板的车架基本结构的相应部分所使用的相同的设计，层压和制造方法。试验件边缘不可以有蒙皮来承受剪切应力，即边缘必须裸露（必须看到芯材）。
  - 在此测试板件上进行三点弯曲试验

来自这些测试的数据以及测试板件和测试装置的图片，其中两个支撑和负载施加器之间的尺寸是可见的，且必须包括在 SES 中。必须使用测试结果来得出所有层压板的 SES 配方中使用的强度和刚度特性。

- 3.5.2. 如果板件代表侧防撞结构，实验所得数据必须证明层压结构在屈曲模量、极限强度和耗散能方面与两根侧防结构钢管（第二章 3.2.1）等效。车队需要使用两根侧防撞基准钢管（SAE/AISI 1010）做一个等同性试验以说明测试结果可信，并得出一个基准管的能量吸收值。基准管件须做一个最小位移为 19mm 的测试。能量的吸收将通过力·位移的从初始位置到 19mm 的积分来计算。
- 3.5.3. 具有不同芯层厚度但具有相同结构的复合材料结构可以使用源自单个测试板件的材料特性。
- 3.5.4. 试验件必须呈现给技术检查裁判。
- 3.5.5. 实支撑跨距必须为 400mm。
- 3.5.6. 用于测试任何面板或管的负载施加器必须是金属的并且半径为 50mm。（图 2.5）
- 3.5.7. 载荷施加器必须悬挂在试件上以防止边缘载荷。
- 3.5.8. 负载施加器必须直接作用在测试件上，不得在之间添加其他材料。
- 3.5.9. 必须通过测量将一个直径为 25mm 的平冲头穿过一块复合材料层压板样件需要的拉力或压力以进行圆周剪切测试。该样件尺寸至少为  $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ ，并且在夹芯材料厚度和表层厚度方面与实际单体壳完全相同而且有相同的材料和铺层工艺。
- 备注：**冲头的边缘和固定装置的孔允许有半径不大于 1mm 的圆角。
- 3.5.10. 除允许留有一个直径 32mm 与冲头同心的区域外，样件的夹具必须支撑整个样板且不能夹紧。
- 3.5.11. 额外测试：
- 必须在每个正交方向上测试偏离准各向同性的层合板铺层。每个铺层需要两个弯曲和剪切测试样品。
  - 所有在最弱方向的材料属性必须至少为最强侧方向的材料属性的 50%。

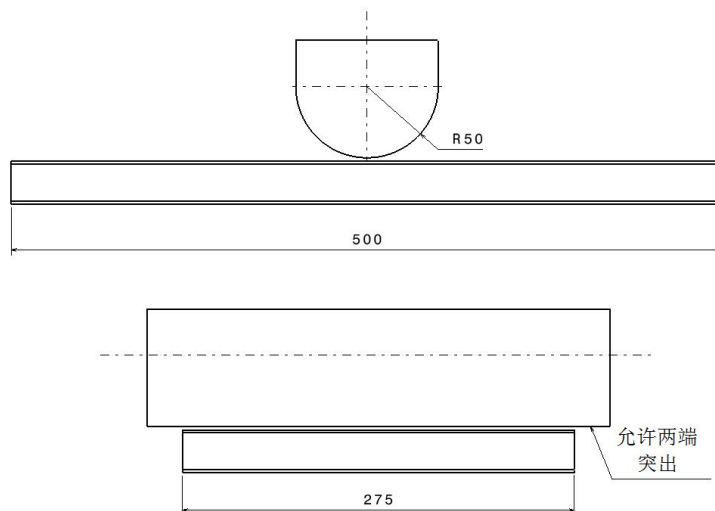


图 2.5: 三点弯曲试验

### 3.6. 结构相关文件

- 3.6.1. 所有车队须提交一份结构等同性表格（SES）和一份结构等同性 3D 模型（SE3D）。
- 3.6.2. 所有的等同性计算必须证明车队所使用的材料与 SAE/AISI 1010 中钢材的特性等同。
- 3.6.3. SES 电子表格模板可以从竞赛官网下载。
- 3.6.4. 结构等同性 3D 模型（SE3D）必须包含一个桁架结构/单体壳的 3D 模型，模型需要包含所有主体结构、动力电池保护结构与连接点细节、所有防滚架及防滚架斜撑机械连接点细节，并以 IGES 格式提交，文件小于 40MB。
- 3.6.5. 赛车必须根据结构等同性表格上所描述的材料和过程进行制造。
- 3.6.6. 车队必须打印审核通过的结构等同性表格，并携带至技术检查现场。

### 3.7. 防滚架

- 3.7.1. 必须使用点对点三角结构或等效连接方法将前环与主环牢固地连接到车架基本结构中。
- 3.7.2. 管件弯曲处的最小弯曲半径（从管件中心线处计量），必须至少是管件外径的三倍。弯曲处必须光滑连续，并且没有任何褶皱或壁面损坏。最小面积惯性矩必须在所有区域均满足（详见规则 3.2），包括制造管件的弯曲部分。
- 3.7.3. 主环与前环必须从车架一侧的最低处向上延伸，越过车架，再到达另一侧的车架最低处。
- 3.7.4. 主环与前环须通过可靠的机械结构和单体壳的最底端、最高点和中间部位连接，以达到结构等同性的要求。防滚架管的连接点距离基本结构最低部位的内表面不得超过 50mm。防滚架管与基本结构最低部位内表面的距离不得超过 30mm。
- 3.7.5. 焊接在防滚架上的连接法兰盘的材料必须是至少 2.0mm 厚的钢。

### 3.8. 主环

- 3.8.1. 主环必须由一根未切割的、连续的、截面形状封闭的钢管构成。
- 3.8.2. 从车的侧视图看，主环位于车架主体结构的安装点（连接上侧冲击管的安装点）以上的部分必须在与竖直方向上的倾斜角在  $10^\circ$  的范围以内。
- 3.8.3. 在赛车的侧视图看，主环上任何高于其与车架主结构连接点的弯折都必须用管件支撑到

主环斜撑的支撑结构上，同时该支撑管件必须满足与主环斜撑相同的要求。

- 3.8.4. 从车的侧视图看，主环位于上侧冲击构件连接点以下时可能会与赛车发生任意角度的倾斜，但角度必须保持在后倾  $10^{\circ}$  以内。

### 3.9. 前环

- 3.9.1. 前环必须由截面形状封闭的金属管件构成。
- 3.9.2. 若采用合适的点对点三角结构，允许前环由多段组合的管件制成。
- 3.9.3. 侧视图时，前环的任何一个部分与垂直方向所成的角度不得超过  $20^{\circ}$ 。
- 3.9.4. 允许完全将前环层压到单体壳内，完全层压意味着层压板必须用合适数量和顺序的铺层覆盖封装前环的整个圆周。等价于至少六个安装点，安装点需要满足第二章 3.16.1 中所示的等效性，并且展示在 SES 中。

### 3.10. 主环斜撑

- 3.10.1. 主环必须由两个在主环两侧并且向前或向后延伸的斜撑支撑。
- 3.10.2. 从侧视图上看，主环和主环斜撑禁止布置在过主环顶端垂线的同侧。
- 3.10.3. 主环斜撑和主环的连接点应尽量接近主环顶端，连接点低于主环顶端的距离不得超过 160mm。主环和主环斜撑所成夹角至少为  $30^{\circ}$ 。
- 3.10.4. 主环斜撑必须是直的。
- 3.10.5. 主环斜撑底端必须在赛车每边使用至少两个车架构件来支撑回到主环，上方构件和下方构件要采用合适的三角结构。上支撑构件必须连接到主环与上侧防撞构件的连接点上；下支撑构件必须连接到主环与下侧防撞构件的连接点上。
- 3.10.6. 如果有任何在车架基本结构包络面以外的部件，与主环斜撑连接，那么必须增加另外的斜撑来承受赛车发生翻车事故时主环斜撑上的弯曲载荷。

### 3.11. 前环斜撑

- 3.11.1. 前环必须由两个分别位于前环两侧的向前延伸的斜撑支撑，前环斜撑必须延伸至车手脚部之前（例如前隔板）。在赛车车架侧视方向，至少要有两根成一条直线的且没有任何弯曲的管。
- 3.11.2. 前环斜撑和前环的连接点应尽量接近前环顶端，连接点低于前环顶端的距离不得超过 50mm，见图 2.6。
- 3.11.3. 如果前环在垂直方向上向后倾斜超过了  $10^{\circ}$ ，在前环后方必须用另外的斜撑支撑。



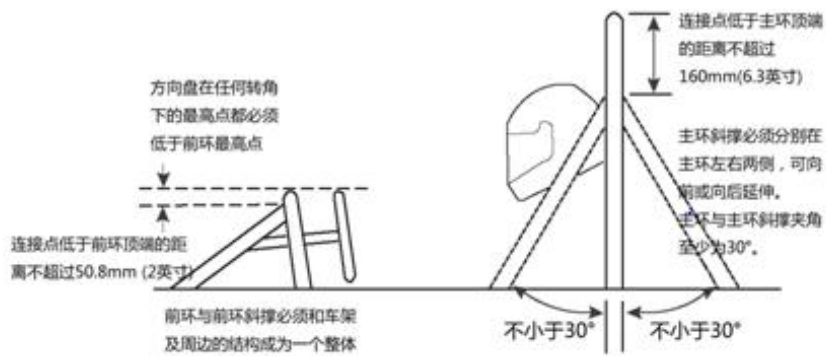


图 2.6: 前环支撑, 主环支撑和方向盘要求

### 3.12. 防滚架斜撑的机械连接

- 3.12.1. 斜撑两端的非永久性连接点必须使用双耳连接（见图 2.7, 2.8 所示）或是套管连接（见图 2.9 所示）。
- 3.12.2. 如果使用螺纹紧固件，它们被认为是关键紧固件，必须符合第二章 10.1。
- 3.12.3. 禁止使用粘合/盲螺母和螺栓。这些部分必须使用可拆卸螺栓和螺母。
- 3.12.4. 不允许使用杆端关节轴承。
- 3.12.5. 双耳连接必须包括一个封盖装置，见图 2.8。
- 3.12.6. 双耳连接的连接耳必须使用至少 4.5mm 厚的钢板制成，必须使用至少为公制 9.8 级 M10（3/8 英寸 SAE 8 级）的销或螺栓进行连接，且安装孔与销或螺栓必须为紧配合。
- 3.12.7. 套管连接的连接点两边的长度都至少为 38mm，并且必须和所连接管材为紧配合。套管的壁厚不能小于所连接管材的壁厚。且必须使用至少为公制 9.8 级 M6（1/4 英寸，SAE 8 级）的螺栓进行连接，安装孔与螺栓必须为紧配合。

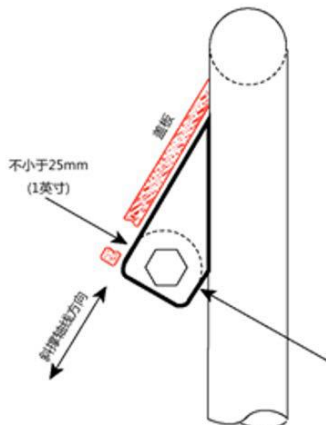


图 2.7: 双耳连接

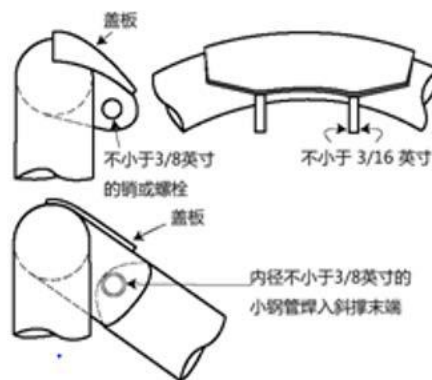


图 2.8: 双耳连接

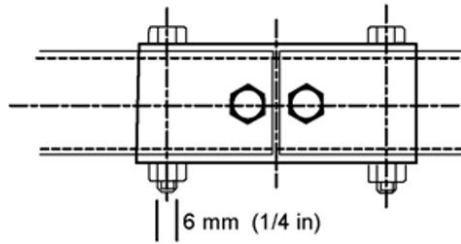


图 2.9: 套管连接

### 3.13. 前隔板

- 3.13.1. 用于前隔板的任何替代材料必须具有相当于 1.5mm 厚钢板的圆周剪切强度。
- 3.13.2. 如果前隔板按照“L”形截面建模计算时，前隔板关于竖向和横向中性轴的抗弯刚度必须等同于满足前隔板要求的钢管。这部分到前隔板的垂直长度最多 25mm（从前隔板的最后面的面算起）。

### 3.14. 前隔板支撑

- 3.14.1. 在赛车的每一侧，前隔板都必须使用至少 3 个车架单元来向后支撑到前环，一个位于顶部，一个位于底部，以及一个用来形成三角结构。
- 上支撑构件必须连接在距离前隔板顶端 50mm 范围内，连接到前环上距离上侧边防撞构件以上 100mm 或以下 50mm 的区域内。如果上支撑构件连接在高于上侧边防撞构件 100mm 的区域，那么需要合适的三角结构，把载荷转移到主环。
  - 下支撑构件必须连接前隔板的底部和前环的底部。
  - 斜撑必须在上、下支撑构件中形成正确的三角结构。
- 3.14.2. 如果前隔板支撑是复合材料，车队必须证明单体壳的抗弯刚度等效于其替代的六根基准钢管，结构等效性文件中不得将其计入复合材料的前环斜撑结构。
- 3.14.3. 前隔板支承的垂向抗弯刚度必须至少等效于一根其替代的基准钢管的抗弯刚度。
- 3.14.4. 在直径为 25mm 的单体壳前隔板支承的层压材料上必须能够承受至少 4kN 的周向剪切强度。这项能力必须通过在直径 25mm 的层压材料样件上加载所需的拉压力测试证明，并且将结果写入 SES。

### 3.15. 侧边防撞结构

- 3.15.1. 侧边防撞结构必须由车手（车手以正常驾驶姿势乘坐）两侧各至少 3 根管件构成，详见第二章 3.2，见图 2.10。
- 上部的侧边防撞杆必须和主环及前环相连接。当体重为 77kg 的车手以正常姿势乘坐时，该防撞杆在前环和主环间必须位于座舱内部车架的最低点往上 240mm 到 320mm 之间的区域内。
  - 底部的侧边防撞杆必须和主环底部以及前环底部相连接。
  - 对角侧边防撞杆必须连接主环前部和前环后部，以及上部和底部的侧边防撞杆，以形成点对点三角结构。

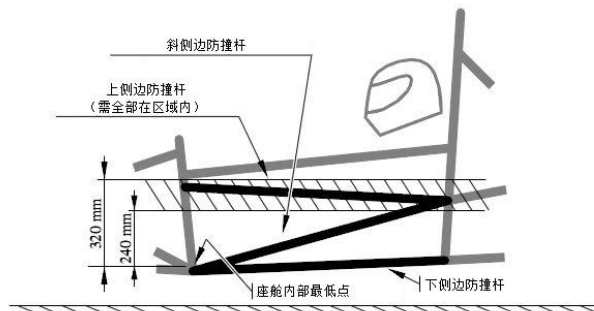


图 2.10: 侧防撞结构

- 3.15.2. 如果侧防撞结构是复合材料车架的一部分，则需要以下内容：
- 单体壳板材必须包裹赛车长度方向上主环与前环之间、竖直方向上从底盘最低点到底盘内部最低点往上 320mm 之间的区域，见图 2.11。
  - 垂直侧防撞栏区域的抗弯刚度 (EI) 须等效于两根基准钢管，同时水平底板的抗弯刚度(EI)须等效于一根基准钢管。
  - 在底盘最低点到底盘内部最低点往上 320mm 之间的垂直侧防撞栏区域的单体壳，其能量吸收值须等效于两根基准钢管。
  - 对于一个直径为 25mm 的区域来说，单体壳层压材料的周向剪切强度至少为 7.5kN。这必须通过拉伸或者压缩直径为 25mm 的层压材料样件的强度测试来测量，并且将结果写入 SES。

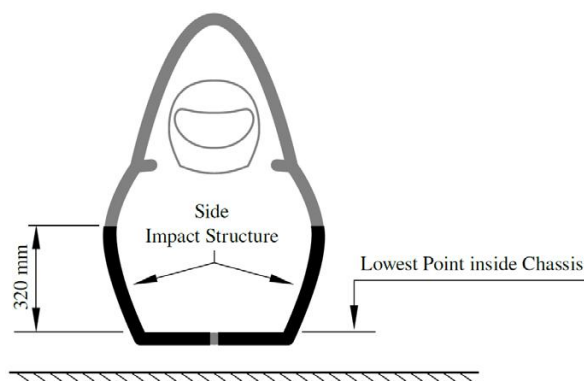


图 2.11: 单体壳侧防撞区域

### 3.16. 单体壳附件

- 3.16.1. 在任何方向，单体壳与其他主要结构之间的连接点必须能承载 30kN 载荷。
- 3.16.2. 层压材料、安装板、垫板和嵌入体必须有充分的剪切面积、焊接面积和强度，可以承受任何方向的 30kN 的载荷。从层压板周围剪切强度测试中得到的数据，必须用以证明已提供足够的剪切面积。
- 3.16.3. 每个连接点至少需要 2 个公制 8.8 级 M8 (5/16 英寸 SAE 5 级) 的螺栓固定，需要至少为 2mm 厚的钢垫板。
- 3.16.4. 如果固定螺栓在管件中心线上，那么前环斜撑、主环斜撑和主环斜撑支撑可只使用 1 个公制 8.8 级 M10 (3/8 英寸，等级 5) 的螺栓，见图 2.12。

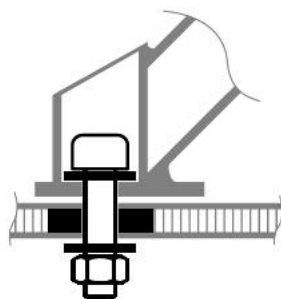


图 2.12: 固定螺栓在管件中心线上

- 3.16.5. 当在基本结构内使用螺栓连接时，不允许压碎层压芯材料。

### 3.17. 前端缓冲结构 (IA)

- 3.17.1. 每辆赛车必须安装 IA。

- 3.17.2. IA 必须满足：
- 安装在前隔板的前方；
  - 在前隔板之前 200mm 范围内，至少高 100mm，宽 200mm ；
  - 在发生撞击时无法穿透前隔板；
  - 安全地直接连接到防侵平板；
  - 不属于非结构性车身；
  - 前端需为封闭结构；
  - 不能比防侵平板更宽或更高。
- 3.17.3. 缓冲组件包括缓冲结构和防侵平板，防侵平板须厚度为 1.5mm 的钢板，或厚度为 4.0mm 的铝板，缓冲结构须连接在防侵平板上。
- 如果缓冲组件（包括缓冲结构和防侵平板）是通过螺栓连接至前隔板，那么必须和前隔板的外轮廓尺寸完全相同。
  - 如果缓冲组件是焊接在前隔板上的，那么它们必须越过各个方向上的前隔板管件的轴线。
  - 防侵平板不得超过前隔板的外边缘。
- 3.17.4. 复合材料防侵平板的强度可以通过层压材料试验、三点弯曲和圆周剪切的分析计算进行验证。复合层压材料必须按照规则第二章 3.19.2 和第二章 3.5 进行测试。这些测试必须至少证明：
- 防侵平板的三点弯曲分析必须表明其在 150mm 长度上的均布 120kN 静载下不会失效；
  - 圆周剪切分析必须表明其任意连接点都能抵抗任意方向的 20kN 力。
- 3.17.5. 如果 IA 组件与车架是一体的，即是焊接，焊缝可以是连续的或间断的。如果焊缝是间断的，那么焊缝/未焊接长度比至少为 1:1。每条焊缝长度都要大于 25mm(1 英寸)。
- 3.17.6. 如果 IA 组件与车架不是一体的，使用螺栓连接，则必须使用至少八个公制等级 8.8 的 M8 螺栓（5/16 英寸 SAE 5 级）将 IA 组件连接到前隔板上。IA 可以通过至少四个公制等级 8.8 的 M8 螺栓（5/16 英寸 SAE 5 级）连接到防侵平板。螺栓被认为是关键紧固件，必须符合第二章第十节，且每个螺栓连接点必须具有 15kN 的拉拔能力。
- 3.17.7. 如果 IA 组件之间采用结构型胶粘剂粘接，粘接剂必须适合用于两种粘接面类型。该粘接材料的适用性以及强度证明、粘接面的处理、该方式与规则第二章 3.17.6 里螺栓连接方式的等同性必须在车队的 IAD 提交文件中展示。
- 3.17.8. 缓冲结构和防侵平板以及防侵平板和前隔板的所有的连接方式都必须能在受到偏轴撞击下能提供适当的横向和垂直载荷传递路径。多块的泡沫缓冲结构必须使所有分块相连接以防止其滑移或产生平行四边形变形。
- 3.17.9. 对于单体壳结构前隔板，防侵平板与单体壳结构的连接方式必须写入车队提交的结构等同性报告（第二章 3.6）中，在报告中车队必须证明所采用的连接方式等同于上述第二章 3.17.5 规定的螺栓连接，且这些螺栓连接会在单体壳任何其他部分失效前失效。
- 3.17.10. 如果一支队伍采用标准 FSAE 缓冲结构，而且前隔板的外轮廓边缘在任何方向超出缓冲结构 25mm（即，前隔板外轮廓 406mm×355mm），那么前隔板必须有 25mm×1.5mm 的钢管或者经过第二章 3.2 中的等效管件制成的斜撑或交叉支撑。
- 3.17.11. 如果采用的标准缓冲结构没有遵守第二章 3.17.10 中的边缘超程限制，而又没有添加斜撑，那么车队必须进行物理测试来证明防侵平板永久变形不超过 25mm。

### 3.18. 前端缓冲结构数据要求

- 3.18.1. 无论是采用自主设计的缓冲结构或者标准的 FSAE 缓冲结构（官方认证的缓冲结构包括

FSAE 标准防撞块和北京固睿科技有限公司生产的 GRIP TECH™ CF-01 FSAE 专用标准防撞块), 所有的车队都必须按照缓冲结构数据模板, 上交一份缓冲结构数据报告。(模板可以在官网下载)。

### 3.19. 前端缓冲结构测试实验要求

3.19.1. 当前端缓冲结构安装在总重量为 300kg 的赛车上, 并以 7.0m/s 的初速度与刚性障碍物发生碰撞时, 必须满足以下要求:

- 整车的平均减速度不能超过 20g, 最大减速度不能超过 40g;
- 此情况下总吸收能量必须达到或超过 7350 焦耳;
- 选择使用 FSAE 标准的缓冲结构和相应的连接细节设计的车队, 不用在 IAD 报告中提交缓冲结构测试数据。但是 IAD 报告的其他部分仍需提交, 包括, 但不仅限于车队缓冲结构的照片, 来证明其符合网站上给出的设计标准。

**备注 1:** 以上是缓冲块的功能要求, 而不是实验要求。准静态实验是允许的。如何得到总吸收能量、平均减速度、最大减速度等数据的试验方法和计算过程必须包含在所提交的报告和附加说明中。

**备注 2:** 以下从测试中得出值的计算过程必须附在报告模板中: 能量吸收值, 平均减速度值和最高减速度值。

**备注 3:** 不使用标准缓冲结构时缓冲结构数据报告必须包括: a)测试数据证明缓冲结构组件符合功能要求。b)计算显示报告的吸收能量和减速量是如何得出的。c)测试方法的示意图。d)缓冲结构的照片, 在测试之前和之后用缓冲结构的高度注释。

3.19.2. 在缓冲结构测试中:

- 在缓冲结构测试过程中, 须使用与实车固定方式相同的方式将缓冲结构固定在防侵平板上。
- 防侵平板必须连接在一个具有代表性的结构上, 这一结构必须能代表车架在前隔板后至少 50mm 内的结构。当使用额外材料制作防侵平板时, 选取代表性结构的材料也必须与前隔板后至少 50mm 内的结构材料完全相同。
- 防侵平板与其后部的刚性平面必须至少有 50mm 的距离。
- 在碰撞后, 防侵平板的任何一部分的向后的塑性变形都不能超过 25mm。

3.19.3. 如果车队将缓冲结构直接连接到前隔板上 (通常是鼻头为结构性部件), 这会缩短载荷传递到防侵平板的路径, 那么需要做额外实验。实验必须证明防侵平板可以承受 120kN 的载荷 (300kg×40g), 加载装置应和缓冲结构的最小尺寸相匹配。

3.19.4. 在缓冲结构前面装有空气动力装置和/或环境感知传感器的赛车, 其缓冲结构装配和不可压碎物体的组合不得超过第二章 3.19.1 的峰值减速度。可以使用以下三种方法中的任何一种来证明设计不超过 120kN:

- IA 组件的物理测试, 包括 AIP 前面的任何附着的不可压碎物体。
- 将来自 IA 组件的物理测试的峰值力与用于安装不可压碎物体的失效载荷相结合, 从紧固剪切和/或连杆屈曲计算得出。
- 将“标准”IA 峰值载荷 95kN 与安装不可压碎物体的失效载荷相结合, 从紧固剪切和/或连杆屈曲计算得出。

3.19.5. 缓冲结构的动态测试 (如重锤台, 摆锤设施, 落塔等) 必须在专用的测试设备上完成。测试设备可以是大学拥有的, 但是必须是由专业人员或者大学教师监管的。车队不允许建造自己的动态测试设备。准静态测试可使用大学内的设备/设施进行准静态测试, 但建议车队做所有测试时须谨慎小心。

3.19.6. 当提交的数据为加速度数据时, 平均减速度必须基于原始实验数据计算。最大减速度能够基于原始实验数据评定。如果实验数据中最大减速度明显高于 40g, 则可使用下列两种滤波方式对原始实验数据进行处理: CFC (Channel Filter Class) 60 (100 Hz) 详见 SAE

Recommended Practice J211 “Instrumentation for Impact Test”，或 100Hz、3 阶低通巴特沃斯(Butterworth)滤波器（每 100Hz 衰减 3 分贝）。

### 3.20. 不可挤压的部件

3.20.1. 除了环境感知传感器，空气动力学装置及其安装架。在任何时刻与状态下（即使处于某种失效状态），所有基本结构内的不可挤压部件（如：踏板、电池、液压主缸、液压系统储液罐），距离缓冲结构防侵平板后表面不得小于 25mm。

3.20.2. 所有基本结构外的不可挤压部件，需满足下列要求之一：

- 证明缓冲结构和不可挤压的部件的组合不超过 3.19.1 中规定的峰值减速度
- 布置在一个假想的横向竖直平面（与赛车中轴线垂直）之后，这个假想平面在防侵平板前，且到防侵平板的距离等于缓冲结构碰撞挤压后的高度（赛车中轴线方向）

## 4. 第四节 驾驶舱

### 4.1. 驾驶舱开口

4.1.1. 为了保证驾驶舱的开口有足够的尺寸，图 2.13 所示的模板将被放入驾驶舱内来测试其开口的尺寸。模板须保持以水平姿态竖直地向下放入驾驶舱，直至通过上部侧边防撞杆的底部（或者直至单体壳驾驶舱底盘内部最低点往上 320mm 的高度）。模板的前后移动在测试中是允许的。

4.1.2. 在该项测试中，方向盘、转向柱、座椅和全部防护包裹物都可被拆除。防火墙不能移动也不能拆除。

### 4.2. 驾驶舱内部横截面

4.2.1. 图 2.14 所示的模板被放入驾驶舱内来测试其内部空间的横截面尺寸。模板将以竖直的姿态沿水平方向放入驾驶舱，直至到达距离踏板后端面（可调节的踏板必须位于车头最前端的位置，且踏板未被踩踏）之后 100mm(4 英寸)处的位置。

4.2.2. 该测试中，允许拆除的部件仅包括方向盘和“车手腿部保护”包裹物，并且该包裹物应能在车手在驾驶舱内的情况下不借助工具轻松被拆除。不得拆除座椅，不得拆除或移动防火墙。

4.2.3. 当驾驶员正常就座并且驾驶员的脚正在接触踏板时，驾驶员的脚和腿必须完全包含在基本结构内。在侧视图和前视图中，驾驶员的脚或腿的任何部分都不得在该结构的上方或外部出现。

4.2.4. 为了能够通过无人驾驶系统的驱动器，可以使用高度减少 50mm 的模板在一段 200mm 空间内代替原电动方程式赛车标准模板（见图 2.14 所示）（比较第二章 4.2.1）。

**备注：**仅在一段 200mm 空间内可以使用减少高度的模板，以保证车手的操作空间与驾驶舱内部安全。200mm 以外的空间需要符合原电动方程式标准模板与规定。

4.2.5. 第二章 4.2.4 和第二章 4.3.4 允许的额外空间只能被无人驾驶系统的转向、制动驱动器或执行器所使用，一旦拆除驱动器或执行器，原电动方程式赛车标准模板必须可以通过。

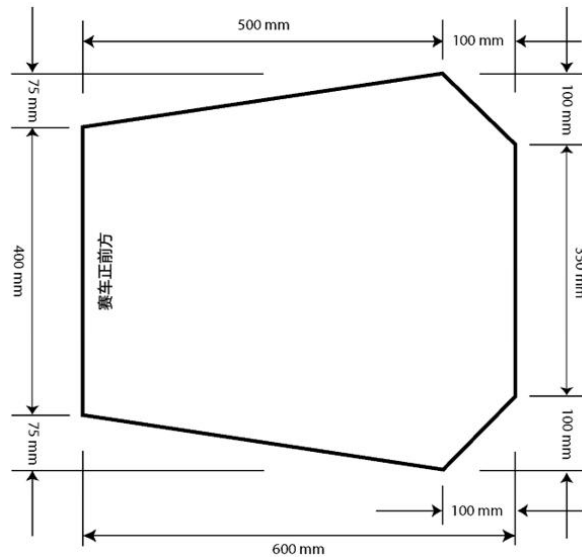


图 2.13: 驾驶舱开口检测板

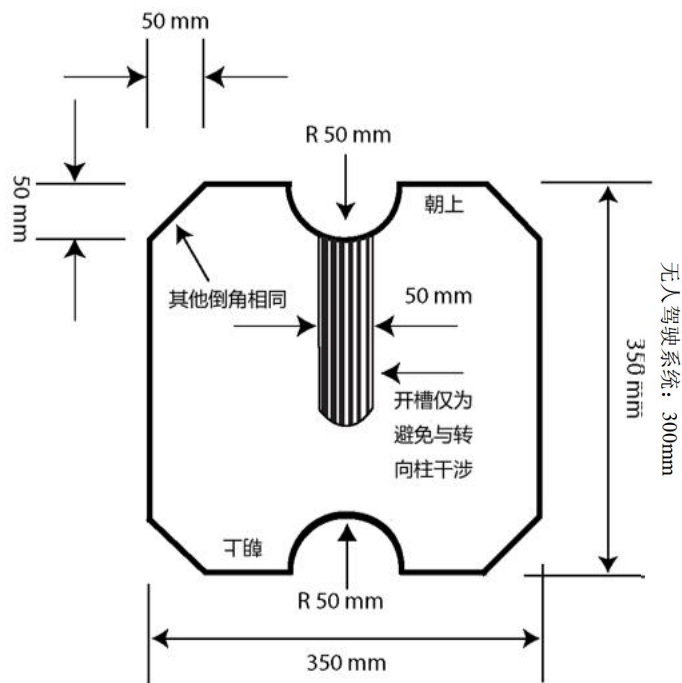


图 2.14: 驾驶舱截面检测板

#### 4.3. 男性第 95 百分位模板

4.3.1. 在正常乘坐并系好安全带的情况下，所有车手的头盔和男性第 95 百分位模板的头部必须符合下列要求，见图 2.15:

- 必须与前环顶端和主环顶端的连线有至少 50mm 的距离；
- 如果主环斜撑后置，主环顶端和主环斜撑底端的连线与头盔必须至少有 50mm 的距离；
- 如果主环斜撑前置，头盔向后方不可以超过主环后平面。

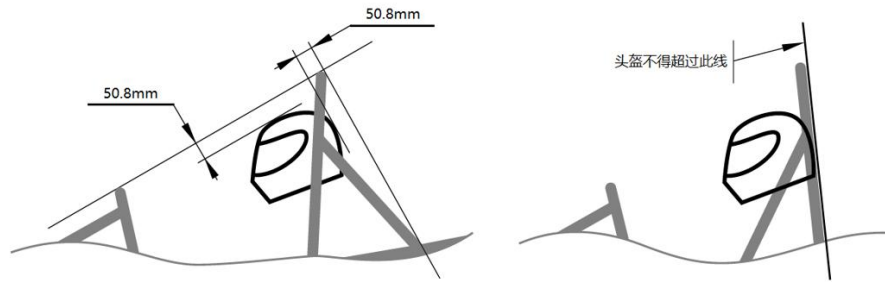


图 2.15: 最小头盔间隙

4.3.2. 男性第 95 百分位二维模板的尺寸如下：用直径为 200mm 的圆代表髋部和臀部；用直径为 200mm 的圆代表肩膀及颈部区域；用直径为 300mm 的圆代表佩戴有头盔的头部。

4.3.3. 用一条长为 490mm 的直线连接两个直径为 200mm 圆的圆心；用一条 280mm 的直线连接位于上方的直径为 200mm 和 300mm 的头部圆的圆心。

4.3.4. 男性第 95 百分位模板将按照如下方法放置，见图 2.16：

- 将座椅调整到最靠后的位置；
- 将踏板调整到最靠前的位置；
- 将底部直径为 200mm 的圆放置到座椅底部以使得该圆圆心到踏板最后端面的距离不少于 915mm；
- 若踏板前放置了无人驾驶系统的转向、制动等驱动器的情况下，允许这条规则的距离减少为 865mm，但当拆除无人驾驶系统驱动器时，则要满足这条规则原电动方程式赛车的标准（915mm）的描述；
- 将中部直径为 200mm 的圆，代表肩部，放置到椅背上；
- 将上部直径为 300mm 的圆放置在距离头枕不超过 25mm 的位置，即通常情况下车手头盔所处的位置。

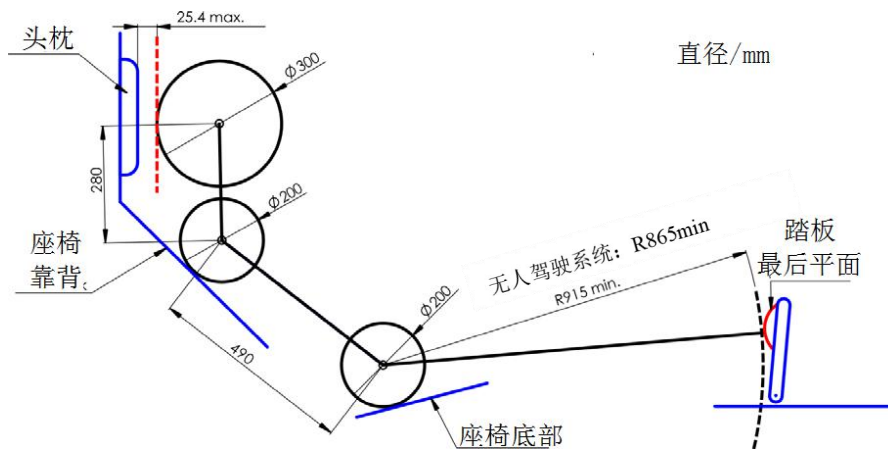


图 2.16: 男性第 95 百分位模板位置

#### 4.4. 其他侧管要求

4.4.1. 如果在车手旁边有防滚架斜撑或其他的车架管件，在车队任一车手的颈部高度位置，必须在车架上牢固地安装金属板或金属管，以防止车手的肩膀穿入到车架结构中而导致车架撞伤车手颈部。

#### 4.5. 非焊接车手安全带附件

4.5.1. 所有固定腰带以及肩带的螺栓，必须使用最小厚度为 2mm 的钢垫板且都必须至少为公制 8.8 级 M10 螺栓（3/8 英寸 SAE 5 级）或两个公制 8.8 级 M8 螺栓（5/16 英寸 SAE 5 级）。



- 4.5.2. 单体壳肩部和腿部安全带的连接点必须能承受至少 13kN 的载荷。单体壳反潜带连接点必须能承受至少 6.5kN 的载荷。
- 4.5.3. 如果腿部安全带和反潜带连接距离小于 100mm，则该点必须能承受 19.5kN 的载荷。
- 4.5.4. 腿部安全带和肩部安全带的连接点强度必须通过物理测试证明。测试需要将要求载荷加载到一个典型的连接点，可以是接头也可以是连接支架。必须满足以下要求：
- 支撑样本的夹具边缘到载荷点（施加载荷方向矢量确定的平面）的距离至少为 125mm；
  - 肩部安全带样本的宽度不能宽于等价于肩部安全带安装钢管的“吊耳高度”（参见 SES），“吊耳高度”是用来展示肩带安装杆等同性；
  - 有近无约束边缘的连接点的设计，在测试中可以不支撑该边缘。
  - 安全带荷载必须满足驾驶员安全带指定角度范围内的极端情况的测试。

#### 4.6. 车手座椅

- 4.6.1. 车手座椅的最低点必须不低于车架底部管件的下表面，或有满足侧边防撞结构（第二章 3.2）要求的纵置管件从座椅的最低点下通过。
- 4.6.2. 当车手坐在正常的驾驶位置时，必须采取适当的隔热措施，以确保车手不会接触到任何表面温度可能升至 60°C 以上的金属或者其他材料。此隔热材料可在座舱外部或与车手座椅、防火墙制成一体。隔热措施的设计必须能隔绝热源（如排气管、冷却水管）与车手可接触到的面板（如座椅、驾驶舱底板）之间的全部三种热传递方式（传导，对流和辐射）：
- a) 热传导隔离（二选一）：
    - i. 热源和面板没有直接接触；
    - ii. 热源与面板之间至少有 8mm 厚的耐热、隔热材料。
  - b) 热对流隔离：热源与接触面板之间至少 25mm 厚的空气层。
  - c) 热辐射隔离（二选一）：
    - i. 至少 0.4mm 厚的固体金属热屏蔽；
    - ii. 在前述第二章 4.6.2.a.ii 的基础上加上反射金属薄片或胶带。

#### 4.7. 驾驶舱底板

- 4.7.1. 驾驶舱底部必须装有由一个或多个平板构成的底板。其作用是隔开车手和路面，且防止路面的碎石、碎片进入车内。
- 4.7.2. 底板必须从前隔板区域延伸到防火墙。
- 4.7.3. 底板必须使用固体的不易碎的材料制成。
- 4.7.4. 如果底板使用多块板材拼接制成，则板材间的间隙不得超过 3mm。

#### 4.8. 防火墙

- 4.8.1. 赛车防火墙必须能隔开驾驶舱与润滑系统、液压油（液体）、可燃液体、低压电池以及驱动系统（TS，见第三章 1.1.1）。
- 4.8.2. 防火墙必须足够高或靠后来覆盖规则第二章 4.8.1 中所提到的所有部件，以使从最高车手头盔底部以上 100mm 的高度范围内，都不能直接看到冷却系统及润滑系统。
- 4.8.3. 防火墙必须是由刚性防火材料制成的非渗透性构件，参见第二章 1.2.1，且必须刚性地安装在赛车结构上。
- 4.8.4. 防火墙须完全密封而不能允许液体通过，尤其在驾驶舱两侧和底板。
- 4.8.5. 允许赛车的线束、拉索等穿过防火墙，但穿孔处必须使用护套密封。

- 4.8.6. 允许防火墙由多块板材拼接制成，但接缝处必须重叠至少 5mm 且必须密封。但要注意，任何密封材料都不一定能保证防火墙的结构完整性。
- 4.8.7. 驱动系统防火墙必须由两层构成并满足以下要求：
- 近驱动系统的一层必须由 0.5 至 0.7 毫米厚的铝制成，并且 TS 防火墙必须根据第三章 3.1 接地。
  - 第二层，即近车手的一层必须由绝缘、防火材料制成。该材料须符合第二章 1.2.1 中 UL94-V0、FAR25 以及相关规定。该层不能使用 CFRP 制成。
  - 第二层必须足够厚，能够防止 4mm 宽的螺丝刀以 250N 的力将它穿透。  
在技术检查中，必须提供驱动系统防火墙的样本。
- 4.8.8. 其他部分（除底盘）可能不会穿过防火墙，但必须确保绝缘。
- 4.8.9. 车架外的驱动系统部件，参见第三章 4.4.3，不需要防火墙。
- 4.8.10. 防火墙使用的任何密封件或粘合剂必须符合应用环境等级，车队需要在技术检查中携带相关材料进行说明。

#### 4.9. 易操作性

- 4.9.1. 赛车所有的操纵机构和控制开关必须能够在驾驶舱内操作。车手在操作时，其身体的任何部分（如手、胳膊或肘部）都不能伸出侧边防撞结构所在平面之外。

#### 4.10. 车手视野

- 4.10.1. 车手在驾驶时，其前方和侧方必须具有良好的视野。当车手以正常姿势乘坐时，他的视野范围至少为 200°（左右各 100°）。车手可通过扭头或后视镜达到该视野范围。
- 4.10.2. 如果必须使用后视镜才能满足第二章 4.10.1 的规定，那么后视镜必须在所有动态项目比赛中安装，且必需在所有动态项目比赛中都满足规则要求。

#### 4.11. 车手逃逸

- 4.11.1. 所有车手必须能够在 5 秒钟内从车的一边逃出赛车。车手以正常驾驶姿势坐入赛车，装备好整套安全装备，如第二章 14.3 所述，双手以正常驾驶方式握住方向盘，方向盘安装到位（在所有可能的转向位置），方可开始计算逃逸时间。当车手双脚完全着地时，逃逸时间的计时停止。

## 5. 第五节 车手安全设备

### 5.1. 定义

- 5.1.1. 5 点式安全带由两条 76mm 宽的腰带，两条宽约 76mm 的肩带，以及一条宽约 51mm 的反潜带组成。反潜带必须由同一个金属对金属的快速松开式插扣与所有的腰带及肩带连接。
- 5.1.2. 6 点式安全带由两条 50mm 宽的腰带，两条宽约 75mm 的肩带，以及两条宽约 50mm 的反潜带（腿带）组成。
- 5.1.3. 7 点式安全带与 6 点式安全带基本相同，不同之处是 7 点式安全带有三条反潜带。
- 5.1.4. “直立驾驶姿势”定义：座椅靠背与竖直方向所成夹角不超过 30 度。（通过第二章 4.3 中定义的第 95 百分位人体模型测定，坐姿参照第二章 4.3.4）。
- 5.1.5. “斜躺驾驶姿势”定义：座椅靠背与垂直方向所成夹角大于 30 度。（通过第二章 4.3 中定义的第 95 百分位人体模型测定，坐姿参照第二章 4.3.4）。

## 5.2. 安全带基本要求

5.2.1. 所有车手必须使用满足以下要求的 5 点、6 点或 7 点式安全带：

- 所有车手约束系统必须符合 SFI 规范 16.1, SFI 规范 16.5, FIA 规范 8853/98 或 FIA 规范 8853/2016;
- 安全带必须带有许用期限标签, 且不能超出许用期限;
- 所有带的材料必须有良好的状态;
- 腰带和肩带必须使用同一个“金属-金属”连接的快速松开式插扣;
- 为了方便不同体型的车手, 所有腰带必须包含倾斜固定调整扣(快速调整扣)。相比压拉式调整扣, 更推荐使用拉起式调整扣。
- 具有“斜躺驾驶姿势”的赛车必须使用一个 6 点或 7 点式的安全带并且其反潜带须具有倾斜固定调整扣(快速调整扣)或安装两套反潜带。
- 肩带必须为越肩式。两根肩带必须互相独立, 即 Y 型肩带不被允许。允许使用 H 型肩带。
- 肩带必须穿过一个“日”字型的调整扣, 其具体穿法必须依照制造商的说明。
- 当驾驶员使用头颈保护系统 HANS 设备时, 允许使用 FIA 认证的 50mm 宽肩带。

5.2.2. SFI 认证安全带在生产日期之后的第 5 年 12 月 31 日之后必须更换。FIA 认证安全带在标识年份(该日期通常为有效截止日期)的 12 月 31 日之后必须更换(注: FIA 认证安全带的有效日期通常为五年)。

5.2.3. 在比赛中的任何时候, 安全带都必须系紧。

## 5.3. 安全带的安装——基本要求

5.3.1. 腰带、肩带及反潜带必须安全可靠地安装在车架基本结构上, 用于安装安全带的结构必须满足第二章 3.2 的最低要求。

5.3.2. 安全带固定环必须满足:

- 最小横截面积为 60mm<sup>2</sup> 的钢材, 在任意位置受剪切力与拉应力都不会失效;
- 最小厚度为 1.6mm;
- 如果腰带和反潜带使用同一安装点, 最小横截面积为 90 mm<sup>2</sup> 的钢, 并在固定环的任意位置受剪切力与拉应力都不会失效;
- 固定支架与底盘的固定处, 必须使用两个公制 8.8 级 M8 螺栓或强度更高的螺栓;
- 单剪吊耳与车架焊接的地方, 吊耳必须是底部两侧都焊接到管子上。

**备注:** 推荐使用双剪安装方式。如果可行, 双剪的固定环和支架也应该是底部两侧都焊接到管子上两面焊接。

5.3.3. 肩带、腰带和腿部安全带不能穿过防火墙, 即所有安全带的连接点, 必须在防火墙的靠近驾驶员的一侧。

5.3.4. 安全带和单体壳的连接, 必须通过结构等同性表格第二章 3.6 得到审核批准。根据第二章 3.6 的要求, 座椅安全带和反潜安全带不得越过座椅侧面。当安全带或线束穿过座椅上的孔时, 座椅必须卷起或扣住, 以防止安全带断裂。

## 5.4. 腰带的安装

5.4.1. 腰带必须绕在车手腕骨以下的骨盆区域。

5.4.2. 腰带不能从座椅两侧绕过座椅, 而应从座椅底部两侧穿过座椅, 以最大化包裹车手的骨盆, 并继续沿着直线到达锚定点。

5.4.3. 当安全带穿过座椅的孔时, 座椅必须翻边或包边以防止安全带磨损。

5.4.4. 为了适应不同车手的体形, 从侧面看, 腰带必须使用带肩螺栓或环首螺栓安装, 以便能够自由旋转。

- 5.4.5. 对于“直立驾驶姿势”，从侧面看，腰带与水平线的夹角必须在  $45^\circ$  至  $65^\circ$  之间。
- 5.4.6. 对于“斜躺驾驶姿势”，从侧面看，腰带在与水平面呈  $60^\circ$  到  $80^\circ$  夹角。
- 5.4.7. 腰带中心线与坐垫的交点必须在靠背和坐垫的接缝前  $0$  至  $76\text{mm}$  的范围内处，见图 2.17。

## 5.5. 肩带

- 5.5.1. 肩带必须安装在车手后方满足基本结构要求的结构上。然而，在没有其他支承防止载荷传递到主环斜撑上的情况下，不允许将肩带安装在主环斜撑或其附属结构上。
- 5.5.2. 如果肩带被安装到一根非直管件上，该管件和车架的连接处必须使用三角结构加强（从侧面看），以防止该管件发生扭转。需要计算支持。分析方法：每个附件使用  $7\text{kN}$  载荷，并在第二章 5.5.5 中使用角度范围，计算出弯曲的肩带线束三角测量应力小于焊接屈服强度第二章 3.2.4 用于组合弯曲和剪切，并且不会在柱弯曲中失效。如果车队选择不执行强度分析，第二章 3.2.6 将适用。
- 5.5.3. SES 报告中需提交肩带安装杆的支撑管的强度证明。
- 5.5.4. 两条肩带的安装点必须相距  $178\text{mm}$  到  $229\text{mm}$  之间，从中心至中心进行测量。
- 5.5.5. 在车手肩部向后至安装点的范围内，肩带与水平线所成夹角，必须在高于水平线  $10^\circ$  到低于水平线  $20^\circ$  之间，见图 2.17。

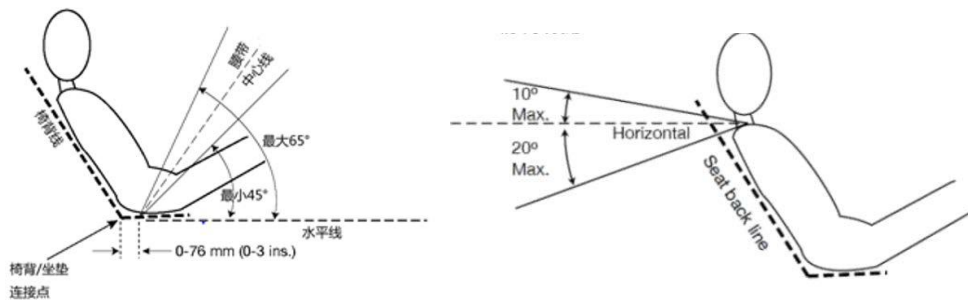


图 2.17: 腰带和肩带安装

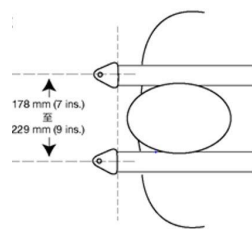


图 2.18: 肩带安装点

## 5.6. 反潜带安装

- 5.6.1. 五点式安全带的反潜带在安装时，安装点必须与车手胸部-腹股沟成一条直线，或者略向前倾斜（最多  $20^\circ$ ），如图 2.19。
  - 所有的反潜带被安装时，必须满足：当它们与安装点成一条直线到达以下结构之前，不与任何座椅孔或者其他中间结构接触；
    - i. 按照规则 5.6.1 的五点式安全带释放扣；
    - ii. 按照规则 5.6.2 中的六点式安全带接触车手的第一点。

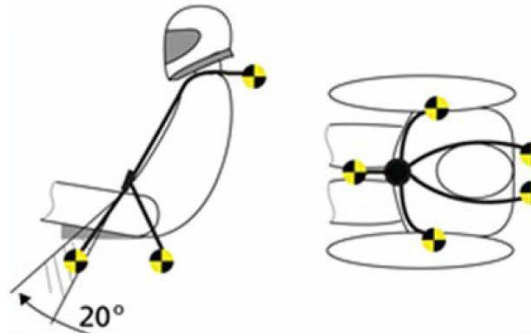
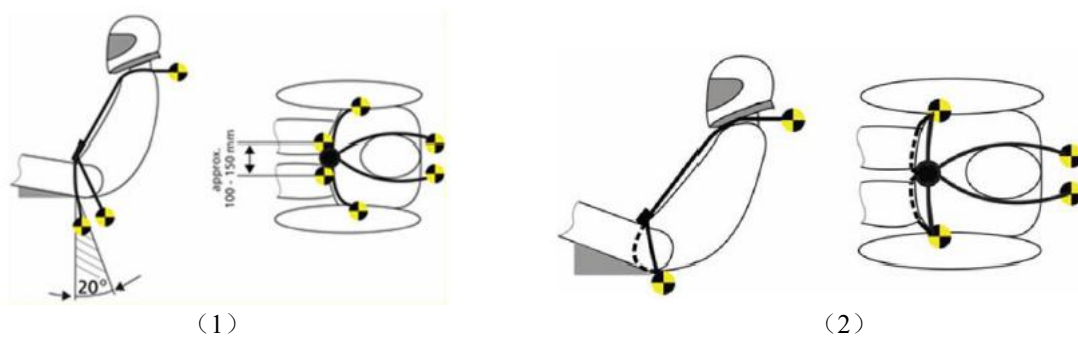


图 2.19: 五点式反潜带安装图

5.6.2. 六点式安全带的反潜带必须用以下两种方式中的一种固定：（图 2.20）

- 安全带从腹股沟垂直向下，或者与之向后夹角不超过 20°。固定端相距应该大约 100mm；
- 基本结构上的反潜带固定点与腰带固定点重合或接近时，车手坐在反潜带上，反潜带向上穿过腹股沟和插口相连。



(1)

(2)

图 2.20: 六点式反潜带的两种安装图

## 5.7. 头枕

5.7.1. 赛车必须装有头枕，以限制车手头部向后的运动。

5.7.2. 头枕必须满足以下要求：

- 从侧面看，头枕必须垂直或接近垂直；
- 采用最小厚度为 40mm 的能量吸收材料填充，符合 SFI 45.2 标准，或在 FIA 技术列表 No.17 中列为单座赛车的 B 型材料，比如 CONFORTM foam CF-42(pink) or CF-42M(pink) or CF-42AC(pink)。允许车队使用性能相等的材料，但必须进行试验测试或提供相关证明材料；
- 最小宽度为 150 毫米；
- 面积至少为 235cm<sup>2</sup>，至少有 17.5cm 的高度可调范围；或高度至少为 28cm；
- 头枕的位置要求如下：
  - 车手在正常坐姿下，头枕在非挤压状态下距离头盔后部不超过 25mm；
  - 头盔后部与头枕的接触点，离头枕的边缘不小于 50mm。

5.7.3. 头枕安装必须牢固，头枕与其安装点必须足以承受头枕表面任何一点上向后 900N 的力和轴向或垂向 300N 的力。

5.7.4. 如果头枕安装装置固定在主环斜撑上，则需要增加额外的管件，以防止主环斜撑承受来自头枕的弯矩。

## 5.8. 防滚架包裹物

5.8.1. 防滚架、防滚架斜撑、以及车架的任何可能接触到车手头盔的部分，都必须包裹一层至少 12mm 厚的包裹物，该包裹物要满足 SFI 45.1 或 FIA 8857-2001 的要求。

## 5.9. 车手腿部的保护

- 5.9.1. 为了避免驾驶舱内可运动的及尖锐的零部件伤及车手的腿部，在驾驶舱内部，距离踏板后端 100mm 的垂直平面至前环的范围内，所有可移动的悬架和转向零部件，以及其它有锐边的零部件，必须使用固体材料掩盖。可运动的零部件包括但不限于：弹簧、减震器，摇臂、横向稳定杆、转向驱动器、转向齿条和转向柱等速万向节。
- 5.9.2. 悬架及转向零部件的掩盖物必须可拆卸，以便于对其安装点进行检查。

## 6. 第六节 制动系统

### 6.1. 制动系统 – 基本要求

- 6.1.1. 赛车必须安装一套用来作用在四个轮胎上的液压制动系统，且必须由单一的控制来操作。
- 6.1.2. 制动系统必须有两套独立的液压制动回路，当某一条回路系统泄漏或失效时，另一条回路至少还可以保证有两个车轮可以维持有效的制动力。每个液压制动回路必须有其专用的储液罐（可以使用独立的储液罐，也可以使用厂家生产的内部被分隔开的储液罐）。
- 6.1.3. 安装有限滑差速器的车桥，可以仅在差速器单侧使用单个制动器。
- 6.1.4. 对于纯电动方程式赛车，线控制动是严格禁止的，即无人驾驶赛车手动模式下规则第二章 6.1.1 仍然适用。对于无人驾驶系统与赛车无人驾驶模式下，允许使用线控制动，详见规则第四章。
- 6.1.5. 禁止使用没有保护的塑料制动管路。
- 6.1.6. 制动系统必须被碎片护罩保护，以防传动系失效或小碰撞引起的碎片破坏制动系统，免受任何移动物体的接触以及免受任何可能产生的微小碰撞，详见规则第二章 7.4.2。
- 6.1.7. 从侧面看，安装在赛车簧上部分上的制动系统的任何部分都不可以低于车架或者单体壳的下表面。
- 6.1.8. 制动踏板与其安装点必须设计能承受 2000N 的力而不损坏制动系统和踏板机构。为验证制动踏板符合本要求，检测时需满足，任何裁判、以正常坐姿对踏板施加最大踩踏力，而踏板不被损坏。
- 6.1.9. 制动踏板必须由钢、铝铸造，或由钢、铝或钛材料及加工而成。
- 6.1.10. 踏板前 90% 的行程可以用来回收制动能量，而不驱动液压制动系统。剩下的制动踏板行程必须直接驱动液压制动系统，但是制动能量再生允许保持激活状态。

### 6.2. 制动超程开关（BOTS）

- 6.2.1. 赛车必须安装一个制动超程开关作为赛车安全回路中的一部分，详见规则第三章第六节。这个开关必须安装用来任何一个或两个制动回路失效的情况下，使制动踏板超出行程导致能够断开安全回路。该功能要在所有制动踏板与制动平衡杆可能的情况下仍然有效且不会损坏赛车任何部件。
- 6.2.2. 重复触发开关禁止闭合安全回路，并且开关必须设计在车手不能够复位的位置。
- 6.2.3. 制动超程开关必须是一个机械单刀单掷开关，通常被称为双位开关（推拉式或者拨动式）。见图 2.20。它也可以使用多个开关的串联组合。



图 2.20: 制动超程开关样例

### 6.3. 制动灯

6.3.1. 赛车必须安装一个制动灯来指示且仅指示以下状况：

- 液压制动系统驱动；
- 电制动系统驱动，详见规则第三章 2.2.2。

6.3.2. 制动灯必须符合下列要求：

- 带有黑色背景红色灯；
- 矩形、三角形或近乎圆形；
- 带有足够发光强度的至少  $15\text{cm}^2$  的均匀发光面积；
- 在非常强的日光下，在赛车后部依然能够清晰可见；
- 若制动灯的 LED 灯粒未装有散光器，则相邻灯粒间距不能超过 20mm；
- 如果使用一条 LED 灯，即灯粒单排线状排列，则最小长度为 150mm。

6.3.3. 赛车侧视方向上，制动灯方向必须垂直或近乎垂直地面，且安装在车轮中心线与驾驶员肩膀高度之间。赛车后视方向，制动灯必须安装在近乎赛车中轴线上。

## 7. 第七节 传动系统

### 7.1. 传动和驱动

7.1.1. 任何传动与驱动形式都允许使用。

7.1.2. 没有人在赛车内部且主开关处于 Off 状态时，赛车必须可以保证移动。

### 7.2. 冷却液限制

7.2.1. TS 部件只允许使用纯净水或油作为冷却液。

### 7.3. 系统密封要求

7.3.1. 任何冷却或润滑系统必须密封来防止泄漏。

7.3.2. 必须使用独立的溢流罐来贮存从驱动系统的冷却系统溢出的液体，每个罐子的容积必须至少为系统所含液体的 10% 或 0.9L，取较大值。

7.3.3. 任何含有其他液体润滑的其他系统（如差速器）的开口，必须安装溢流罐，溢流罐的容积至少为所含液体的 10% 或 100mL，取较大值。

7.3.4. 溢流罐、其安装件以及溢流管的材料必须能够永久性地承受至少  $120^\circ\text{C}$  的温度或该系统可能达到的最高温度，取较大值。

7.3.5. 溢流罐必须安装在防火墙以后，车手肩部高度以下。

7.3.6. 任何冷却系统的溢流罐出口端必须通过一段最小直径为 3mm 的溢流管由车架底部通向车外。

7.3.7. 使用纯水的冷却系统必须有刚性且刚性安装的隔热盖板，该盖板必须符合满足：

- 能持续承受至少  $100^\circ\text{C}$  以上的高温；

- 符合规则第二章 4.8.2 中的表述。

7.3.8. 任何含有水的系统的开口，必须安装溢流罐，溢流罐的容积至少为所含液体的 10%且至少 100mL，即取较大者。

#### 7.4. 驱动系统防护罩与保护

7.4.1. 任何润滑系统的最低点必须不低于主环最低点与润滑系统后方最低的车架或单体壳的连线。如润滑系统的任何部分低于这条连线，则必须被一个与底盘固连的结构所保护。

7.4.2. 暴露在外旋转的最终驱动系统部件，链传动以及带传动必须安装防护罩。防护罩与其安装点必须满足：

- 从主动链轮（带轮）到从动轮（带轮）覆盖链条或带；
- 开始和结束于链轮/皮带/带轮的最低处平行的位置；
- 由没有通孔的 2mm 的钢或 3mm 的 6061-T6 铝来制作。

7.4.3. 如果高速旋转的末端驱动系统部件（比如电机、链轮、齿轮、皮带轮等）具有原始设备制造商的外壳材料不符合规则第二章 7.4.2 的要求，即使外壳的厚度满足最小规定，也需使用防护罩。

7.4.4. 当电机壳绕着定子旋转或带有通孔，必须安装一个包裹电机的防护罩。这个防护罩必须至少 1mm 厚度，材料使用 6061-T6 铝或钢。

7.4.5. 链传动或带传动的防护罩中心必须在链或带的中心线上并在所有情况下保证平行于链或带（见图 2.21）。防护罩的最小宽度为至少是链或带宽度的 3 倍。不同材料的最小厚度要求为：

- 对于金属链或带：2mm 的钢；
- 对于非金属的链或带：3mm 的 6061-T6 铝。

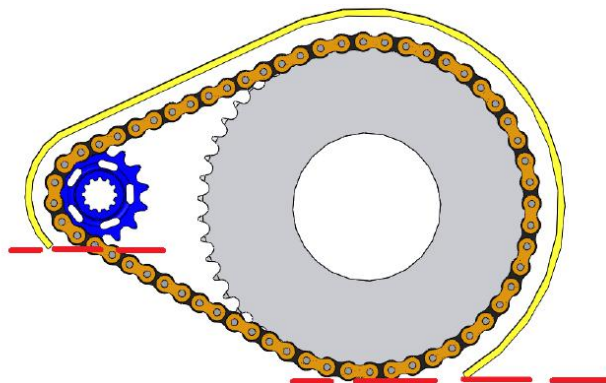


图 2.21：链轮保护罩

7.4.6. 所有安装防护罩的螺栓必须是公制 8.8 级 M6 或以上的螺栓。用于防护罩及保护装置安装的紧固件被视为属于关键紧固件并且必须遵照第二章 10.1 的相关规定。

## 8. 第八节 空气动力学装置

### 8.1. 空气动力学装置定义

8.1.1. 空气动力学装置是安装在赛车上来引导车边气流，从而增加下压力并/或降低阻力的特殊设计的结构。该结构的安装装置不属于空气动力学装置，除非它是有意被设计成具有上述功能。

### 8.2. 地面效应装置

8.2.1. 禁止使用有动力驱动的可以控制空气流动的装置，专为散热的风扇除外。禁止使用动力地面效应装置。



### 8.3. 空气动力学装置要求

#### 8.3.1. 高度要求

- 所有位于头枕支撑正面最后位置（若头枕可调，调至其最后位置）所在的竖直平面之前的空气动力学装置，不包括任何衬垫，离地高度不得超过 500mm。
- 所有在前轴以前和延伸至前轮轮胎最内点以外的所有空气动力学装置，离地高度不得超过 250mm。
- 所有位于头枕支撑正面最后位置（若头枕可调，调至其最后位置）所在的竖直平面以后的空气动力学装置，包括任何衬垫，离地高度不得超过 1.2m。

#### 8.3.2. 宽度要求

- 所有离地高度不超过 500mm 且位于前轴以后的空气动力学装置，禁止比前轮与后轮的最外点位于的可接触竖直平面更宽
- 所有离地高度高于 500mm 的空气动力学装置，禁止延伸至后轮最内点以外的部分。

#### 8.3.3. 长度要求

- 所有空气动力学装置禁止超出后轮最后部分 250mm 以后。
- 所有空气动力学装置禁止超出前轮最前部分 700mm 以前。

8.3.4. 上述所有要求必须能够在轮胎处于直行状态且在任何悬架调校状态下，以及车手在或不在赛车内部时，均可以满足。见图 2.22。

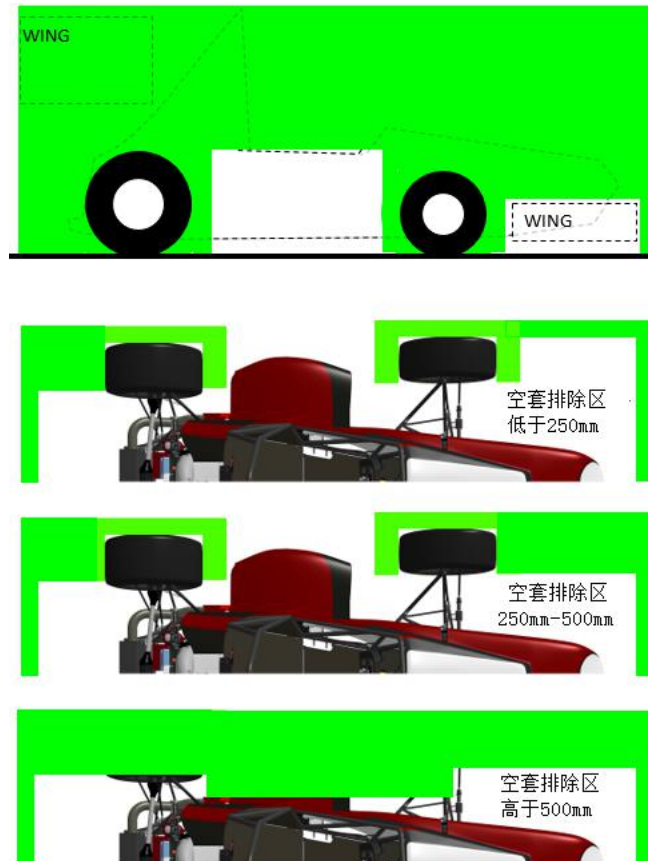


图 2.22：空套排除区

### 8.4. 空气动力学装置边缘的最小半径要求

8.4.1. 所有朝前的并且可能接触到行人的定风翼（包括翼片、端板、格尼襟翼及底板）的水平边缘的圆角半径不得小于 5mm，垂直边缘的圆角半径不得小于 3mm。3mm 和 5mm 的半径要求必须是由永久固定的部件通过特殊设计来实现的。

例如，使用割开的管子按进（空气动力学套件的）边缘，仅依靠摩擦力来固定，这不是一种良好的工程实践的处理方法。

## 8.5. 空气动力学装置的稳定性和强度

8.5.1. 所有空气动力学装置必须能够承受在最小面积 225cm<sup>2</sup> 上施加的 200N 的力并且在加载方向上变形不能超过 10mm。

8.5.2. 所有空气动力学装置必须能够承受在任意一点的任何方向上施加的 50N 的力并且变形不能超过 25mm。

**备注：**若赛道上赛车的空气动力学套件有肉眼可见的大幅度、失控的运动，裁判将出示黑旗示意该赛车中止比赛，直到所有问题得到妥善修复。

## 9. 第九节 高压气体与高压液体系统

### 9.1. 压缩气瓶及输气管

9.1.1. 赛车上任何使用压缩气体作为驱动介质的系统必须满足以下要求：

- 工作气体必须是不可燃的。
- 气瓶/气罐必须是：专门生产的；针对使用的压力情况所设计与制造的；由原产地国家的官方承认的测试机构颁发认证的，并且有合适的标签或者钢印。
- 调压阀必须直接安装在气瓶/气罐上。
- 必须保护气瓶/油箱和管路免受侧翻，任何方向的碰撞或旋转设备故障造成的损坏。
- 气瓶/油箱和压力调节器必须位于防滚保护包络面第二章 1.1.15 内，但不得位于驾驶舱内。气瓶/油箱必须牢固地安装在底盘上。
- 气瓶/油箱的轴线不得指向驾驶员。
- 气瓶/储罐必须与任何热源隔离。
- 气体管路和配件必须适合系统的最大工作压力。

### 9.2. 高压液压泵和管路

9.2.1. 任何压力不低于 300psi(2100kPa)的液力泵和液压管路必须使用至少 1mm 厚的钢板或铝板将高压油泵及液压管路与车手及所有车外人员隔开。制动管路除外，即制动管路不被视为高压液压管路。（**备注：**制动管路不归类为“液压泵线”）

## 10. 第十节 紧固件

### 10.1. 关键紧固件

10.1.1. 关键紧固件定义为主要结构中使用的螺栓，螺母和其他紧固件以及转向，制动，安全带，悬架系统和在相应规则中专门指定为关键紧固件的紧固件。

10.1.2. 所有螺纹关键紧固件必须至少直径达到 4mm 或者为规则中规定的直径，两者取最大值。

10.1.3. 所有螺纹关键紧固件必须达到或超过公制等级 8.8 或同等级。

10.1.4. 所有带螺纹的关键紧固件必须是六角螺栓（GB/T5783-2000，ISO 4017，ISO 4014）或内六角螺钉（GB/T70-2000，ISO 4762，DIN 7984，ISO 7379），包括它们的细牙螺纹。如果团队可以显示等效性，则允许使用替代紧固件。

10.1.5. 禁止在以下系统任何部位使用圆头帽、大柱头、沉头、平头、圆头螺栓或螺钉。内六角螺钉或螺栓是允许的。

- 车架基本结构连接点
- 缓冲结构连接点
- 安全带固定点
- 转向系统
- 制动系统
- 悬架系统

10.1.6. 只要满足第二章 10.2.3，螺栓的长度可以缩短。

10.1.7. 使用凸片或支架在主结构中的任何螺栓连接必须具有 1.5 或更大的边缘距离比“ $e/D$ ”。“ $D$ ”等于孔直径，“ $e$ ”等于从孔中心线到拉环或支架最近自由边缘的距离。将悬挂构件附接到主结构的任何突片都不需要满足该规则。（备注：用于将悬挂连接至基本结构的耳片不需要满足这一要求。）

## 10.2. 确保紧固件安全

10.2.1. 必须通过使用有效的锁定机构来防止所有关键紧固件的意外松动。

10.2.2. 以下方法被接受为有效锁紧机制：

1. 正确安装的保险钢丝；
2. 开口销；
3. 用于低温位置（80℃或更低）的尼龙锁紧螺母（GB/T889.1-2000，ISO 7040，ISO 10512，EN 1663 或同等产品）；
4. 普遍使用的扭矩锁紧螺母（DIN 980，ISO 7042，GB/T6184-2000 或同等产品，以及喷射器固定螺母或 K 型螺母）；
5. 锁紧片；
6. 带耳止动垫圈；

**备注：**基于预张紧或粘合剂的任何锁定机构都不被认为是主动锁紧机构。防松垫圈,尼龙放松螺栓和螺纹防松粘合剂如 Loctite®，不满足有效锁紧要求。

10.2.3. 至少有两圈完整的螺纹拧出防松螺母。

10.2.4. 所有悬架或转向部件的杆端关节轴承和向心关节轴承必须使用双剪型支架安装或使用外径大于轴承外圈内径的垫片/螺栓头的固定。

10.2.5. 可调节的、安装在杆件上的杆端关节轴承，必须使用锁紧螺母防松。

## 11. 第十一节 电气系统

### 11.1. 低压系统（LVS）

11.1.1. 低压系统（LVS）定义为每个不属于 TS 的电气部件，参见第三章 1.1.1。

11.1.2. LVS 中任何两个电气连接之间允许出现的最大电压为 60 VDC 或 25-VACRMS。

11.1.3. LVS 不得使用橙色接线或导管。

11.1.4. LVS 必须接地到车架。

### 11.2. 主开关

11.2.1. 主开关，参见第二章 11.3，第三章 6.2 和第四章 2.2，必须是机械旋转式的，并且带有红色的可移除的把手。把手必须至少 50 毫米宽并且只能在开关断开的位置移除。开关必须直接控制电流，也就是说禁止使用继电器或者逻辑电路间接控制。

11.2.2. 主开关必须位于赛车右侧，靠近主环，并且高度大约在 95 分位男性模型肩高处，如第二章 4.3 中所定义，并且在车旁容易地操作主开关。

主开关不能低于第二章 4.3 所提到的模板的中间圆心据地面高度的 0.8 倍。

11.2.3. 主开关的“ON”位置必须水平并且被标明。主开关的“OFF”位置也需要被标明。

11.2.4. 主开关必须牢固地安装在赛车上，不能够轻易地被移除，如不可以将主开关安装于可拆除的车体表面，并且在使用过程中不得拆卸维护。

11.2.5. 所有主开关必须相互邻近。

### 11.3. 低压系统主开关(LVMS)

- 11.3.1. 根据第二章 11.2, 低压系统主开关必须能完全切断低压系统的电源。
- 11.3.2. 低压系统主开关必须安装在直径 $\geq 35\text{mm}$  与背景颜色对比强烈的完全红色圆形区域的中心。
- 11.3.3. LVMS 必须用“LV”标记, 以及一个带红色闪电的白边蓝底三角形标识。

### 11.4. 急停开关

- 11.4.1. 赛车必须安装三个急停开关。
- 11.4.2. 每个急停开关必须是按键式或旋转式的机械型紧急开关, 按下开关即可断开安全回路, 参见第三章 6.1。
- 11.4.3. 在驾驶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 40mm。
- 11.4.4. 驾驶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 24mm。该急停开关必须能够让车手在系上安全带后也能方便地使用。该急停开关必须在方向盘旁边并且不被方向盘或任何其它部件所阻挡。
- 11.4.5. 每个急停开关附近都必须标记国际通用电气标识 (三角形白边蓝底的红色闪电标识)。
- 11.4.6. 急停开关必须牢固地安装在赛车上, 并且在此期间不得拆除维护。

### 11.5. 惯性开关

- 11.5.1. 惯性开关必须是安全回路的一部分, 以保证撞击可以断开上述回路。惯性开关必须保持故障状态直到手动复位。
- 11.5.2. 该设备必须能被全方位的峰值加速度所触发: 大于 50ms 的半正弦 8g 加速度测试和大于 30ms 的半正弦 13g 加速度测试 (“Sensata Resettable Crash Sensor” 满足以上要求)。
- 11.5.3. 惯性开关不得包含任何半导体元件。
- 11.5.4. 惯性开关必须能够被稳固地固定在车上。同时可以被拆下以通过摇晃的方式检查功能。

### 11.6. 制动系统可靠性装置 (BSPD)

- 11.6.1. 当用力制动 (车轮未抱死) 且输出到电机的功率 $\geq 5\text{kW}$  时, 独立的不可编程电路 BSPD 必须断开安全回路, 参见第三章 6.1。安全回路必须保持断开, 直到 LVMS 或 BSPD 的电源重置, 或者是冲突消失超过 10 秒, 则 BSPD 可自行复位。
- 11.6.2. 如果制动不可靠超过 500ms, 则必须断开安全回路。
- 11.6.3. BSPD 必须直接由 LVMS 供电, 见第二章 11.3。
- 11.6.4. 独立定义为: 电路板没有其他功能。接口数量不应超过必须的信号数量, 即电源、所需传感器和安全回路。电源和传感器信号在进入 BSPD 之前, 不得通过任何其他设备进行处理转接。
- 11.6.5. 为了检测用力制动条件, 必须使用制动系统压力传感器。阈值必须选择为不抱死车轮且制动压力 $\leq 30\text{bar}$ 。
- 11.6.6. 为了测量输出功率, 只能使用直流电路电流传感器。对于最高 TS 电压, 传感器检测阈

值必须选择 $\leq 5\text{kW}$ 。

- 11.6.7. 必须能够断开每根传感器信号线以进行技术检查。
- 11.6.8. 所有必要信号均为系统关键信号（SCS），见第二章 11.9。
- 11.6.9. 在电检中，车队必须通过发送适当的电流信号到不可编程电路来证明制动系统可靠性装置的功能，以便在踩下制动踏板时达到 $\leq 5\text{kW}$ 。除了任何市售的电流传感器之外，该测试必须证明完整制动系统可靠性装置的功能。
- 11.6.10. BSPD 包括所有必需的传感器，不得安装在电池箱内。

### 11.7. 低压电池

- 11.7.1. 低压电池是指赛车除驱动系统电池以外的所有电池。
- 11.7.2. 低压电池必须被牢固地固定在底盘上并位于防滚包络以内，见第二章 1.1.15。
- 11.7.3. 任何安装在驾驶舱内的含有电解液的电池必须放在绝缘的、防水的（根据 IPX7 或更高标准，GB 4208-2008 或 IEC60529）以及耐酸的、包住四周和底部的电池盒或与其类似的容器内。
- 11.7.4. 低压电池必须具有坚固的外壳。
- 11.7.5. 裸露电池正极必须妥善绝缘处理。
- 11.7.6. 低压电池必须有短路保护，其位置必须距离电池正极 100mm 内。
- 11.7.7. 任何除了磷酸铁锂电池以外的锂化学电池都必须满足下列要求：
  - 必须包括过流保护，确保电池的最大放电电流达到或低于规定值；
  - 必须具有阻燃外壳，参见第二章 1.2.1。
  - 必须至少监测 30% 的电芯温度，确保其低于规定的最大电池温度或  $60^{\circ}\text{C}$ （以较低者为准），否则断开电池输出。
  - 必须包括所有单体的电压保护，任何单体超出制造商数据表中的电压保护范围超过 500 毫秒时必须断开电池输出。
  - 必须能够显示所有电池电压和测量温度，通过信号连接到笔记本电脑显示数据。
  - 满足此要求所需的信号是 SCS，见第二章 11.9。

### 11.8. 加速踏板位置传感器（APPS）

- 11.8.1. 加速踏板位置传感器仅能被踏板驱动。
- 11.8.2. 踏板行程的定义是：完全放开时认为处于 0% 位置，完全按压时认为处于 100% 位置。
- 11.8.3. 踏板在释放时必须返回 0% 位置。踏板必须有挡块以防止超程或者损坏传感器。必须装有两根能够独立地使踏板返回 0% 位置的回位弹簧。加速踏板位置传感器自带的弹簧不被视为是回位弹簧。
- 11.8.4. 至少有两个独立的加速踏板位置传感器。独立被定义为不共享电源线和信号线。
- 11.8.5. 如果使用模拟传感器，它们必须具有不同且不相交的传递函数。根据第二章 11.8.9，这能保证当两个传感器信号线短路的时候，只有 0% 的踏板行程可能被认为是可靠的。
- 11.8.6. 加速踏板位置传感器信号是 SCS，见第二章 11.9。
- 11.8.7. 如果加速踏板位置传感器的信号出现不可靠信号（超出有效范围）超过 100ms：输向电机的动力必须被完全切断。不必完全关闭驱动系统，电机控制器切断电机的输出就被认

为是有效的。

- 11.8.8. 不可靠信号的定义是两个传感器的信号反馈的踏板行程差异超过 10%或根据第二章 11.9 的任何故障。
- 11.8.9. 如果使用了三个传感器，当三个加速踏板位置传感器的信号不可靠时，只要任意两个传感器的信号是可靠的，就可以被用来决定转矩命令而第三个传感器可以被忽略。
- 11.8.10. 每个加速踏板位置传感器都必须带有一个独立可切断的接插件以用来车检。或者在车检时能够提供能够独立切断每个传感器信号的接线线盒。
- 11.8.11. 完全放开的加速踏板必须能够使：轮上扭矩 $\leq 0\text{Nm}$ 。

## 11.9. 系统关键信号 (SCS)

- 11.9.1. 系统关键信号被定义为满足下列任意要求的电子信号：
  - 影响安全回路，参见第三章 6.1。
  - 影响输出扭矩。
  - 影响对应第三章 5.8.8，第三章 4.10 或第三章 6.3.7 指示器的信号。
  - 影响对应第四章 3.2.7 指示器的信号。
- 11.9.2. 以下任何 SCS 信号的单点故障必须导致所有连接系统的安全状态：
  - (a) 线束传输的信号失效：
    - 开路
    - 与地短路
  - (b) 线束传输的模拟量传感器信号故障：
    - 与供电正短路
  - (c) 用于编程逻辑的传感器信号故障：
    - 超程不可靠故障，比如角度传感器反馈了达到了一个机械上不可能达到的角度
  - (d) 无线或者线束传播的数字信号：
    - 数据损坏（比如，通过和校验检查）
    - 信息延迟或丢失（比如，通过传输超时检验检查）
- 11.9.3. 第二章 11.9.2.d 中提到的信息延迟的最大限度取决于该信息延迟对其连接的系统影响程度，且最大限度不能超过 500ms。
- 11.9.4. 一个信号可能满足上述的多种情况，比如线束传输的模拟信号就同时属于第二章 11.9.2.a, 第二章 11.9.2.b 和第二章 11.9.2.c 的适用范围。
- 11.9.5. 如果信号故障是可纠正的，比如有冗余的信号保护，赛车可以暂时不进入安全状态。
- 11.9.6. 安全状态被定义为如果如下信号出现问题就必须进入后续描述的状态：
  - 指示器：变化到指示自身故障或者相关系统报警的状态。
  - 低压电池：将低压电池与系统的连接断开。
  - 其他部分：断开安全回路并且断开 AIR。
- 11.9.7. 根据第二章 11.9.1 提到的需要能够进入安全状态的指示器都必须在低压主开关开启时点亮 1 到 3s 进行可视性检查。

## 12. 第十二节 赛车标识

### 12.1. 赛车号码

- 12.1.1. 赛车在进入比赛时，都会获得一个赛车号码。
- 12.1.2. 赛车号码需要在赛车前方和两侧共 3 个位置处标记
  - 高度：至少 150mm 高；

- 字体：必须使用实心字体（如无衬线字体）。禁止使用斜体、轮廓线、衬线字体、阴影或草体。
- 行程宽度和数字间距：至少 20mm。
- 颜色：只允许使用黑底白字或白底黑字，禁止使用其它颜色组合。
- 背景形状：数字的背景形状必须为下列的某一种形状：圆形、椭圆形、方型或矩形。数字边缘与背景边缘至少相距 25mm(1 英寸)。
- 清晰可见：赛车号码不可被赛车的任何零部件遮挡，如车轮、车身侧箱等。

12.1.3. 已报名参加中国大学生无人驾驶方程式大赛比赛的车队，可在中国大学生无人驾驶方程式大赛官方网站查询自己的参赛赛车号码。

**说明：**请使赛车号码易于观察，严禁置于近乎平行于地面的平面或曲面。以便于赛道上的裁判在赛车行驶时，能够快速识别赛车的赛车号码。

**例如：**



12.1.4. 在 FSAC 注册的无人驾驶车车号必须在之前加上与车号数字的字体和大小相同的大写字母“A”。如：A219。

## 12.2. 学校名称

12.2.1. 每辆车必须清楚地地在车两边、用高度至少 50mm 的中文标出学校名称或学校名称缩写(如果缩写很独特并被广泛接受)。标志应使用与字体成高对比度的颜色背景，并置于轻易可见位置。

12.2.2. 学校名称也可以使用非中文汉字，但必须同时标有中文版的学校名称，并置于最上方。

## 12.3. 计时设备

12.3.1. 所有赛车将获得比赛组织者提供的计时设备。

## 12.4. 中国汽车工程学会标志

12.4.1. 赛车前部或两侧明显位置必须标有中国 SAE 标志。中国 SAE 标识的贴纸将在比赛现场提供给车队。

## 12.5. 技术检查合格标签粘贴位置

12.5.1. 技术检查合格标签将粘贴在赛车上表面沿中心线处，留有至少 254mm 宽×203mm 高(10 英寸×8 英寸)的区域，且该区域不能被赛车其他零部件遮挡。

12.5.2. 参加多个 FSAE 比赛的赛车，必须为所有比赛留有足够的区域以粘贴技术检查合格标签。

# 13. 第十三节 无线电信号收发器

## 13.1. 无线电信号收发器——北美 FSAE 比赛

13.1.1. 在北美 FSAE 比赛中，无线电信号收发器将作为动态比赛计时系统的一部分。

13.1.2. 车队有责任为其赛车装有一个功能完善、安装正确、型号满足规定的无线电信号收发器。因为该无线电信号收发器用于比赛计时，所以未安装规定型号无线电信号收发器的赛车将不允许参加动态比赛。

车队需确保电动机的电子干扰不会停止收发机的运作。



图 2.23: 无线电信号收发器

### 13.2. 无线电信号收发器——中国大学生无人驾驶方程式大赛

13.2.1. 无线电信号收发器可以用来在中国大学生无人驾驶方程式大赛中计时、计分，无线电信号收发器由主办方提供。第二章 13.1 中提到的大学生无人驾驶方程式大赛专用无线电信号转发器，也许不能与参加其它赛事的系统兼容。车队应到各大赛网站上去了解进一步情况。

### 13.3. 无线电信号收发器的安装

13.3.1. 无线电信号收发器的安装要求如下：

- 方向——无线电信号收发器必须竖直安装，以便数字可以从正面读出。
- 位置——无线电信号收发器应放在车手右侧，前环前部。无线电信号收发器的离地高度不得高于600mm(24英寸)。
- 障碍物——无线电信号收发器底部的天线和地面之间必须是开放式、无阻碍。金属和碳纤维材料可能影响信号传送，而玻璃纤维和塑料一般不会影响信号传送。如果信号被金属或碳纤维材料阻隔，需在阻隔材料上留有一直径102mm(4英寸)的开口，无线电信号转发器直接与这个口相连安置，并且这个开口需用对信号无阻碍的材料遮盖。
- 保护——把无线电信号收发器安装在可以避开障碍物的地方。  
备注：具体安装方式会根据比赛的不同需要进行调整，车队需根据比赛现场对无线信号收发器的安装要求进行安装。

### 13.4. 无线电信号收发器基座的安装

13.4.1. 赛车车身前部外部指定区域必须留有无线计时模块的标准安装基座，该基座需确保两端固定计时模块的结构自身形状尺寸与相对位置与图示相同，以保证计时模块的正确安装。一种建议的基座如图 2.24:



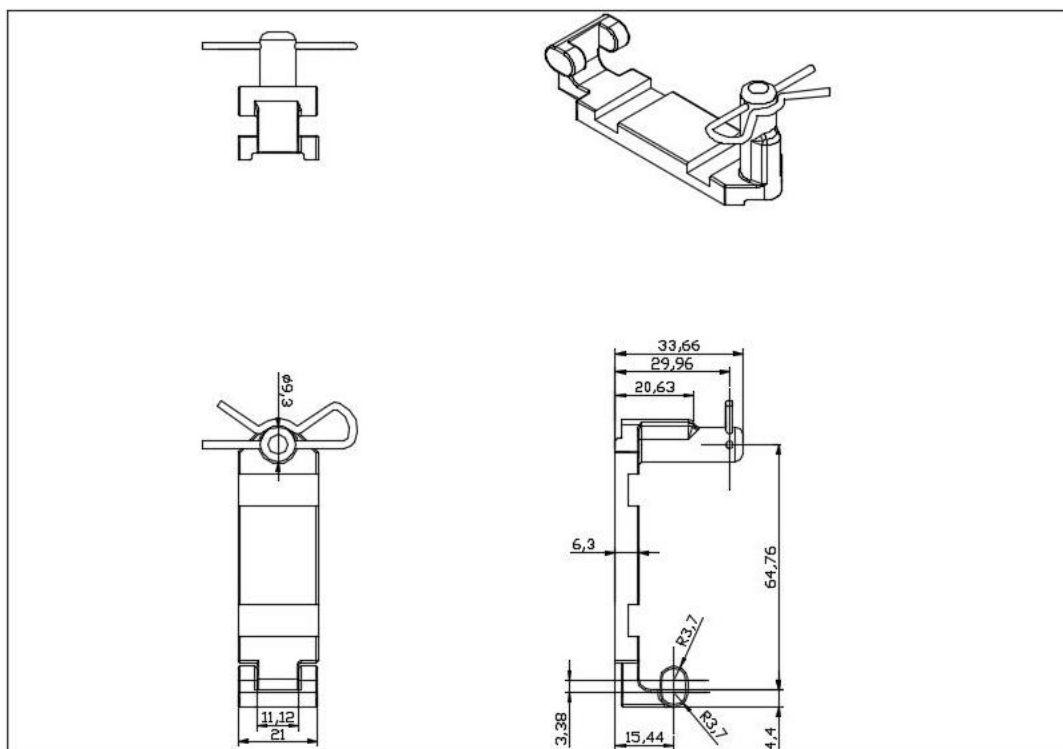


图 2.24: 无线计时模块安装基座

## 14. 第十四节 赛车与驾驶员装备

### 14.1. 推杆

- 14.1.1. 每个团队必须有一个可拆卸的设备（称为推杆）可以连接到赛车后部，允许两个人站立推拉赛车。
- 14.1.2. 推杆必须为红色。
- 14.1.3. 必须在技术检查期间提供推杆。
- 14.1.4. 推杆必须能够减慢和停止赛车的前进运动以及把它向后拉。
- 14.1.5. 经批准的灭火器，见第二章 14.4.1，必须安装在推杆以便能够快速使用。
- 14.1.6. 两幅高压绝缘手套和一个有两个 4 mm 额定值为 1000 V CAT III 或更高的香蕉插头的万用表必须安装在推车杆上。高压（HV）手套必须由机械或类似装置避免机械损坏，潮湿及阳光损伤。必须可以在不使用工具的情况下打开保护装置。

### 14.2. 快速举升器

- 14.2.1. 每个团队必须有一个可拆卸的装置（称为快速举升器），可以举升赛车，使所有车轮离地面至少 100mm，并且赛车得到充分支撑。
- 14.2.2. 用快速举升装置举升赛车一定要具有单人可操作性，并且不需要除了定位和操作举升装置以外的其他操作。
- 14.2.3. 在举升状态下，快速举升装置必须被安全锁定，并且不需要额外的人员或者重物。
- 14.2.4. 快速举升器必须为红色。
- 14.2.5. 技术检查期间必须出示快速举升器。

### 14.3. 驾驶员装备

- 14.3.1. 在驱动系统活动状态和动态赛事及完成动态赛和中止动态赛时，驾驶员在驾驶舱内必须随时都佩戴下面指定的设备。比赛期间，任何驾驶设备的拆除都会导致失去驾驶资格。
- 14.3.2. 合身的脸部封闭的头盔，符合以下认证之一并贴有标签：
- Snell K2005, K2010, K2015, M2005, M2010, M2015, SA2005, SA2010, SAH2010, SA2015, EA2016
  - SFI 31.1 / 2005,31.1 / 2010,31.1 / 2015,41.1 / 2005,41 / 2010,41.1 / 2015
  - FIA 8860-2004, FIA 8860-2010, FIA 8860-2018, FIA 8859-2015
- 半盔和越野头盔（没有集成护目镜的头盔）不被允许。所有在比赛中使用的头盔必须在技术检查时出示，过检得的头盔将被贴上标签。组委会有权在比赛结束前扣留所有未经批准的头盔。
- 14.3.3. 一个由第二章 14.3.10 中描述的防火材料制成的覆盖车手头部、头发、颈部的防火头套，或一个由防火材料制成头盔裙边。该防火头套适用于不同性别、不同头发长度的车手。
- 14.3.4. 防火车手服套装，至少由两层制成，覆盖身体颈部向下到脚踝和手腕。车手服必须通过以下其中一项认证标准并被标记：
- SFI 3-2A / 5（或更高级别）
  - FIA Standard 1986
  - FIA Standard 8856-2000
- 14.3.5. 耐火袜，由第二章 14.3.10 中定义的可接受的耐火材料制成覆盖车手的车手服和靴子或鞋子之间的裸露皮肤。
- 14.3.6. 耐火鞋，由第二章 14.3.10 中定义的可接受的耐火材料制成。该鞋子必须经过标准认证并标明如下：
- SFI 3.3
  - FIA 8856-2000
- 14.3.7. 耐火手套，由第二章 14.3.10 中定义的可接受的耐火材料制成。所有没有绝缘耐火材料隔层的皮革结构的手套或使用皮革手掌构造的防火手套是不允许的。
- 14.3.8. 无论赛车处于什么姿态，都要求车手佩戴有手臂束缚带并可以不借助外界帮助将其松开并逃出赛车。手臂束缚必须根据 SFI 标准 3.3 或等商业制造同物。
- 14.3.9. 第二章 14.3 中涵盖的所有车手装备：必须处于完好状态。具体来说，一定不能有任何撕裂，开缝，有明显磨损或磨损的区域或可能的污渍影响防火性能。
- 14.3.10. 就本节而言，部分（但不是全部）允许的耐火材料是：  
Carbon X, Indura, Nomex, Polybenzimidazole（俗称 PBI）和 Proban。
- 14.3.11. 由尼龙或任何其他合成材料制成的 T 恤，袜子或其他内衣是禁止穿着的。

### 14.4. 灭火器

- 14.4.1. 每个团队必须有至少两个消防剂容量为 0.9 千克的干化学/干粉灭火器。
- 14.4.2. 以下是可接受的最低评级：
- 美国，加拿大和巴西：10BC 或 1A 10BC
  - 欧洲：34B 或 5A 34B
  - 澳大利亚：20BE 或 1A 10BE
  - GB4351.1-2005
- 容量更大（数值更高）的灭火器是可以接受的。
- 14.4.3. 禁止使用水成膜泡沫（AFFF）灭火器。

14.4.4. 所有灭火器必须配备制造商安装的压力表。

14.4.5. 除技术检查外，必须在 P 房区域配备一个灭火器，第二个必须随同赛车移动。两个灭火器在技术检查时必须与赛车一起出现。

14.4.6. 手持式灭火器不得安装在赛车上或车内。

#### 14.5. 车载摄像机的安装

14.5.1. 视频/摄影摄像机的安装必须是安全可靠的设计：

- 所有摄像机安装必须经技术检查批准，且对其会粘贴封条、易碎贴。
- 不得使用与头盔一体式安装的摄影/摄像机，不得将摄影/摄像机安装在头盔上。
- 摄影/摄像设备的重量如果大于 0.25kg(9 oz)，则必须用两个不同方向的固定点安装。如果用绳带固定摄影摄像设备，则绳带的长度不能过长，以防止摄影摄像设备接触车手。用作无人驾驶赛车的输入传感器的摄像机免除此限制且必须改用第四章第四节。

# 第三章 电气系统规则

## 1. 第一节 定义

### 1.1. 驱动系统 (TS)

1.1.1. 驱动系统 (TS)：每一个电气连接至电机和电池箱的部分。

### 1.2. 电气

1.2.1. 电气隔离：如果满足以下所有条件，则两部分电路可称为电气隔离：

- 两部分间的电阻  $\geq 500 \Omega/V$ ，测量电压与赛车的驱动系统电压有关，取赛车驱动系统电压最大值或 250V 二者中较大值；
- 两个电路之间的耐压值高于赛车驱动系统电压最大值的三倍或 750V 二者中较大值。

## 2. 第二节 电气传输

### 2.1. 电机

2.1.1. 只允许使用电动机。

2.1.2. 电机安装必须遵循第二章第十节规则。

2.1.3. 电机外壳必须遵循第二章 7.4 规则。

2.1.4. 电机必须通过电机控制器和电池箱相连接。

### 2.2. 功率限制

2.2.1. 电池箱输出的最大功率不得超过 80kW。

2.2.2. 允许使用能量回收系统，且没有其他限制。

2.2.3. 车轮不能反转

### 2.3. 油门踏板传感器 (APPS) /制动踏板合理性检查

2.3.1. 当踩下制动踏板（参照第二章 11.6.5）并且 APPS（参照第二章 11.8）当前值  $\geq 25\%$  踏板行程或电机功率  $\geq 5kW$ （取二者较小值）的状态持续超过 500ms 时，电机目标转矩必须为 0Nm。

2.3.2. 无论是否松开制动踏板，电机转矩必须保持在 0Nm，直到 APPS 信号输出小于 5% 的信号开度。

## 3. 第三节 总体要求

### 3.1. 接地

3.1.1. 赛车满足任何以下条件之一的导电部件（例如由钢，（阳极氧化）铝，任何其他金属材料等制成的部件）必须满足对 LVS 地的电阻小于  $300m\Omega$ （在 1A 的电流下测量）：

- 与任何驱动系统零件距离小于 100mm 可能导电的部件
- 驾驶员安全带安装点
- 座椅安装点

3.1.2. 赛车上任何可能导电并且距驱动系统零件小于 100mm 的部件（例如完全被涂层包裹的金属零件、碳纤维部件等）对 LVS 地的电阻必须小于  $5\Omega$ 。

3.1.3. 车轮的旋转部分可以不接地。

### 3.2. 过流保护

- 3.2.1. 所有电气系统必须具有适当的过流保护。
- 3.2.2. 过流保护装置的额定持续电流值不得大于所保护的电气系统的额定持续电流值。例如线缆、母线等。即如果使用连接器的多个引脚并联承载电流，则每个引脚都必须有恰当的过流保护装置。
- 3.2.3. 所有过流保护装置的额定分断电流必须高于其保护的系统的理论短路电流。
- 3.2.4. 所有过流保护装置额定电压不小于其所保护的系统的最高电压。所有的器件参数仅以直流为准。
- 3.2.5. 驱动系统的过流保护装置不能使用可编程逻辑电路实现。未经改装的市售电机控制器的过流保护功能可以依赖于可编程逻辑。
- 3.2.6. 过流保护必须针对预期的环境温度范围进行设计，至少满足能在 0 到 85°C 之间使用。
- 3.2.7. 驱动系统中经过动力蓄电池的大电流电路必须采用熔断器作为其过流保护装置。

## 4. 第四节 驱动系统 (TS)

### 4.1. 总体要求

- 4.1.1. 在任意两个电气连接处的最大允许电压为 600V DC，电机控制器内部的低能量控制信号最大电压为 630V DC。
- 4.1.2. 所有驱动系统中的部件的额定电压都必须大于等于驱动系统最高电压。  
如第三章 4.3.5 中所定义的 PCB 的驱动系统一侧被认为是一个部件，也就是说此部分的每一个输入连接器和线缆的额定电压都必须大于等于驱动系统最大电压。
- 4.1.3. 所有驱动系统部件的额定温度都必须大于等于使用中可能出现的最高温度。

### 4.2. TS 系统外壳

- 4.2.1. 所有内含驱动系统部件的外壳（电机外壳除外）都要有根据“ISO 7010-W012”标准（黑色闪电在黄底三角形背景中）制作的合理尺寸的提示标签。若内部电压高于 60VDC 或 25VAC，则标签中还应包含“高压”或“High Voltage”等类似提示文字。

### 4.3. 驱动系统 (TS) 和低压系统 (LVS) 的隔离

- 4.3.1. 整个驱动系统和低压系统必须完全的电气隔离，参照第三章 1.2.1 和第五章 4.1.1。
- 4.3.2. 驱动系统 (TS) 和低压系统 (LVS) 电路必须物理隔离。除互锁连接外，它们不得通过同一个导线管或连接器。
- 4.3.3. 如果驱动系统和控制系统同时存在于一个壳体中，则它们之间必须用防潮绝缘屏障（UL 认证或同等的绝缘材料，其额定值为 150°C 或更高，如基于 Nomex 的电气绝缘材料）隔开或保持下述间距通过空气隔开，或通过表面隔开（和 UL1741 中的定义相似）：

电压	隔离 距离
U < 100V DC	10mm
100V DC < U < 200V DC	20mm
U > 200V DC	30mm

- 4.3.4. 可动部件或电缆必须完全约束保持间距。
- 4.3.5. 如果驱动系统和控制系统共存于同一个电路板，那么它们在板子上的区域必须被明确确定

义并表示的隔离区域隔开。此外，“TS”和“LV”区域要在 PCB 板上明确标示出。隔离区域的轮廓必须被明确表明。

所需间距如下表所示：

电压	表面部件	通过空气（板中开槽）	PCB 三防胶覆盖
0V DC-50V DC	1.6mm	1.6mm	1.0mm
50V DC-150V D	6.4mm	3.2mm	2.0mm
150V DC-300V DC	9.5mm	6.4mm	3.0mm
300V DC- 600V DC	12.7mm	9.5mm	4.0mm

PCB 三防胶是指在焊接完成后喷涂在 PCB 上，具有保护、防潮、绝缘等功能材料，阻焊层不被认为是有效绝缘。如果使用集成电路，例如与其相对的最大驱动系统电压匹配的但不满足所需间距的光耦合器，则它们仍然可以使用，且可不用给定的间隔。

- 4.3.6. 车队要准备好向裁判展示自制设备上的间距是否符合规定。对于无法目视的部件，完整焊接的备件必须被展示。
- 4.3.7. 所有与外部设备的连接，如驱动系统的元件与笔记本的连接，必须有电气隔离。参照第三章 1.2.1。

#### 4.4. 驱动系统零件定位

- 4.4.1. 除第三章 4.4.3 允许的情况外，所有驱动系统部件（包括电缆、电线等）都要在防滚保护范围之内，参见第二章 1.1.15。部件是指整个设备，例如完整的 HVD。
- 4.4.2. 所有离地间隙小于 350mm 的驱动部件必须根据第二章 1.1.16 结构防止侧面碰撞或后面碰撞。在前环前方的驱动系统线缆也可以由前隔板支撑结构保护。
- 4.4.3. 若满足以下条件，则可以使用轮毂电机：
  - 若驱动系统线路损坏，互锁电路可以断开安全回路（参照第三章第六节）；
  - 安全回路的断开必须早于驱动系统线路失效；
  - 驱动系统线束无论在哪里断开都不能触及到驾驶舱或驾驶员处；
  - 在翻滚保护（详见第二章 1.1.15）之外的线缆满足下方最小长度的定义；
  - 在侧防撞结构或前隔板之外的驱动系统线缆必须满足下方最小长度的定义；
  - 最小长度的定义为：从侧防撞结构或前隔板支撑结构到轮毂电机的最短距离加上线缆弯曲所需要的长度。
- 4.4.4. 在侧视及前视图中，任何驱动系统部件的投影都不能低于车架或单体壳的下表面。
- 4.4.5. 其它适用于 TS 电池箱的规则，见第三章 5.4。

#### 4.5. 驱动系统绝缘、接线和导线管

- 4.5.1. 驱动系统的所有部件，尤其是通电导线、触体等都要用绝缘材料或盖子隔离起来防止被接触。当驱动系统覆盖物安装好后，任何驱动系统连接点都将使用直径 6mm，长 100mm 的绝缘检测探针进行测试。
- 4.5.2. 必须使用适宜预期的环境温度和额定电压大于等于驱动系统最大电压的绝缘材料。不允许只使用绝缘胶带或者橡胶类涂料进行绝缘。
- 4.5.3. TS 线缆、连接器和绝缘材料的额定温度至少为 85℃。
- 4.5.4. 驱动系统部件和壳体需要防潮，以应对下雨和水坑，参见第五章第九节。
- 4.5.5. 电缆上要标出线规、额定温度及额定绝缘电压。电缆的参数可用印在电缆上的序列号或采用的标准来代替，但序列号或标准要明确表明电缆的特征参数，比如可用一个数据表列出电缆参数。

- 4.5.6. 所有驱动系统电线必须使用专业标准制造并配有合适尺寸的导体及接线端子，此外还需考虑足够的应力消除及防止振动松脱等。
- 4.5.7. 驱动系统电缆要被保护起来以防旋转或运动部件造成的损伤。
- 4.5.8. 所有处于电气外壳防护外的驱动系统电线必须满足下列要求：
- 用单独的橙色绝缘套管包裹或使用橙色的屏蔽电缆。套管必须牢固地固定在赛车上，但是不能和线缆固定在一起，至少在两端不能固定在一起。
  - 至少在两端牢固地固定，以使线缆能够承受 200N 的力并且线缆尾端不卷曲；
- 备注：**车身不被认为是满足此处要求的包裹物。
- 4.5.9. 所有屏蔽线的屏蔽层必须接地。
- 4.5.10. 所有不在外壳内的驱动系统连接器都必须有一个连接到安全回路中的互锁回路。不能仅为了不使用互锁回路而使用外壳。
- 4.5.11. 所有的驱动系统连接点都要设计地使得它们的电流路径通过期望的导体，如铜、铝等。不能用螺栓作为重要的导体。
- 4.5.12. 所有的驱动系统的电气连接点都不得包含可压缩的材料，如堆叠的塑料，也不允许再驱动系统电气连接点使用上述材料制成的紧固件。允许使用满足 FR-4 标准的玻纤板。
- 4.5.13. 所有驱动系统的大电流路径上的电气连接点（包括螺栓、螺母和其他紧固件）都必须使用能耐高温的主动锁紧机构防止意外松脱，参见第二章 10.2。
- 车规级产品，如逆变器可以豁免使用主动锁紧机构，但前提是完全满足产品使用手册中所要求的连接需求并且不能添加额外的主动锁紧机构。
- 4.5.14. 车队需要能够在车检中展示主动锁紧。对于不可目视的连接，必须提供合适的照片进行证明。
- 4.5.15. 高压大电流路径上的锡焊连接必须满足以下所有条件：
- 在 PCB 上焊接；
  - 连接的设备不是电池单体或线缆；
  - 设备有额外的机械结构防止松脱。

#### 4.6. 数据记录仪 – 能量计功能

- 4.6.1. 官方将提供经过校准的数据记录仪，并且必须在比赛期间使用。数据记录仪测量 TS 电压、TS 电流的相关数据。
- 4.6.2. 数据记录仪必须位于易于接近的位置，以便在在一辆比赛状态的赛车上 15 分钟内被安装、移出以及更换。
- 4.6.3. 数据记录仪禁止安装在电池箱内。
- 4.6.4. 所有用于驱动系统的电流都必须流经数据记录仪。数据记录仪必须安装在最负侧的电池箱隔离继电器和逆变器之间。
- 4.6.5. 电压检测线必须被直接连接（详见第二章 1.3.1）到最正侧的电池箱隔离继电器的靠近赛车一侧。
- 4.6.6. 数据记录仪必须由 LVMS 直接供电。
- 4.6.7. 所使用数据记录仪的详细信息将会公示于官方网站。

#### 4.7. 驱动系统测量点 (TSMP)

- 4.7.1. 要在主开关旁边安装两个驱动系统电压测量点，参见第三章 6.2。
- 4.7.2. 驱动系统测量点必须要连接至驱动系统中电容器的正极与负极上。即使 HVD 断开或电池箱被移除，TSMP 也必须连接至驱动系统中的电容器。
- 4.7.3. 驱动系统测量点应采用具有达到 CAT III-1000V 标准或更高标准的非黑色 4mm 电气专业绝缘插头。
- 4.7.4. 驱动系统测量点必须标记为“TS+”和“TS-”，且符号必须安装在橙色背景上。
- 4.7.5. 驱动系统测量点必须被不需要使用工具就能打开的绝缘壳体保护。外壳必须始终与赛车机械连接。
- 4.7.6. 每个驱动系统测量点都必须用根据下表用限流电阻保护起来，该电阻又被称为身体保护电阻。禁止用保险丝保护驱动系统测量点。电阻的额定功率的选择必须能够承受当两个驱动系统测量点短路时的电流。

最大驱动系统电压	电阻阻值
$U_{max} < 200V DC$	5k $\Omega$
200V DC $< U_{max} \leq 400V DC$	10k $\Omega$
400V DC $< U_{max} \leq 600V DC$	15k $\Omega$

- 4.7.7. TSMP 所需的所有电气连接，包括螺栓，螺母和其他紧固件，必须通过使用主动锁紧机构防止意外松动。
- 4.7.8. 在 TSMP 旁边必须安装一个 LVS 接地测量点。必须使用带绝缘保护外壳的 4mm 黑色香蕉插座连接到 LVS 地，并标记为 GND。

#### 4.8. 高压断开装置 (HVD)

- 4.8.1. 要保证能通过快速移除一个不受阻挡、可直接接触到的元件（熔断器或连接器）的方式来断开驱动系统电池的至少一极。移除 HVD 的过程不能包含移除任何车身部件。HVD（高压断开）必须离地 350mm 并站在车后容易见到。通过一个长把手、绳索或电线来远程开关 HVD 是不允许的。
- 4.8.2. 当赛车在比赛状态（完整装配）下，一个未经过训练的人必须能在 10s 内移除 HVD。
- 4.8.3. 即使移除 HVD，赛车也必须满足第三章 4.5，因此需要准备一个空接插件或者其他类似的装置来保证整体绝缘。空连接器在不用的时候必须能存放至推杆，参见第二章 14.1。
- 4.8.4. HVD 必须清楚的标记有 HVD 字样。
- 4.8.5. 必须能够徒手移除 HVD。一个辅助接触点/互锁应当在 HVD 被移除的时候断开安全回路，参见第三章 4.5.10。

#### 4.9. 放电电路

- 4.9.1. 如果为了满足第三章 6.1.5 需要使用放电回路，该回路必须能够永久地承受驱动系统最大电压。

在 15 秒内完成三次后续放电后，放电时间可能会超过第三章 6.1.5 中规定的放电时间。在停用放电电路一段合理时间之后其放电功能必须再次恢复正常。

- 4.9.2. 放电电路的接线方式必须在安全回路断开时处于接通状态。此外，放电回路必须在赛车失效状态下仍保持有效，这样当 HVD 断开或 TS 电池箱断开时，电路中间的电容器仍然



能通过放电电路放电。

4.9.3. 禁止在放电电路主电流路径使用熔断器。

#### 4.10. 驱动系统激活指示灯 (TSAL)

4.10.1. 赛车必须装有一个指示 TS 状态的 TSAL。TSAL 不得执行任何其他功能。允许在一个外壳中使用多个 LED 的 TSAL。

4.10.2. 当满足以下任何条件之一时，TS 被视为激活状态：

- 任意一个 AIR 闭合；
- 预充继电器（参见第三章 5.7.2）闭合；
- 电池箱外的电压超过 60V DC 或 25V AC RMS。

这意味着即使在 HVD 被移除的情况下，TSAL 也要能够检测所有直流母线电容器的电压。

4.10.3. 当满足以下所有条件是，TS 被视为关闭状态：

- 所有 AIR 断开；
- 预充继电器（参见第三章 5.7.2）断开；
- 电池箱外的电压不超过 60V DC 或 25V AC RMS。

这意味着即使在 HVD 被移除的情况下，TSAL 也要能够检测所有直流母线电容器的电压。

4.10.4. 所提到的继电器状态（闭合/断开）是实际的机械状态。机械状态可以与目标状态不同，即，如果继电器被卡住，检测机械状态的任何电路必须符合第三章 5.6.2。

4.10.5. TSAL 本身必须满足：

- 当且仅当 LVS 处于激活状态、TS 处于激活状态时为红色并连续闪烁，频率在 2 Hz 和 5 Hz 之间，参见第三章 4.10.2。
- 当且仅当 LVS 处于激活状态、TS 处于关闭状态时为绿色并常亮。

4.10.6. TSAL 必须：

- 位于主环最高点以下并且在翻滚保护内，参见第二章 1.1.15。安装点和安装结构也需要满足上述条件；
- 位于主环最高点以下 150mm 以内；
- 在任何情况下驾驶员头盔都无法接触到 TSAL。

4.10.7. TSAL 的整个发光表面必须清晰可见，

- 除了主环阻挡的小角度；
- 在距地面 1.6m 高处，据 TSAL 水平半径 3m 范围内；
- 在直接阳光照射下。

4.10.8. TSAL 和所需的电路必须是非可编程的。禁止使用编程控制。

4.10.9. 驾驶舱内应设置有即使在明亮的阳光下也很容易看到并且标有“TS off”绿色指示灯，如果 TS 关闭，则必须点亮该指示灯，参见第三章 4.10.3。

4.10.10. 根据第三章 4.10.9，影响 TSAL 和指示灯的信号是 SCS，见第二章 11.9。TSAL 的安全状态定义为 TSAL 不发光。TSAL 主动指示没有故障（连续绿色照明），因此不用点亮以进行可视性检查，参见第二章 11.9.7。

4.10.11. TSAL 电路必须设计为：当 TSAL 电路中出现单点故障时，TSAL 不会错误地将 TS 激活指示为 TS 关闭。单点故障指当系统中某部分失效时，整个系统会因此失效。

4.10.12. 当继电器的目标状态是开路时，检测第三章 4.10.2 和第三章 4.10.3 中提到的继电器状态的电路不需要检测断线。当系统中不存在电压时，电压检测电路不需要检测断线。

- 4.10.13. 除了要检测电池箱的驱动系统电压，对于电池箱外，应至少独立检测：
- 所有带有逆变器电容的容器，电容的电压
  - 电池箱内部的 AIR 的输出端的电压
- 如果二者或更多检测点有任何不可靠状态出现（例如，差值过大或远低于 TS 电压），无论此时 AIR 的状态是怎样，TSAL 都应进入安全状态。
- 4.10.14. 如果从赛车中取出电池箱，则必须使用一个装置，在逻辑上取代电池箱内的 TSAL 部件，以保证 TSAL 仍能正常工作。当该装置就位时，不能在机械上将电池箱与赛车连接。

#### 4.11. 激活驱动系统

- 4.11.1. 车手必须能在没有任何其他人帮助的情况下在座舱内激活或关闭驱动系统，参见第三章 4.10.2 和第三章 4.10.3。
- 4.11.2. ESO 必须可以使用位于 TSMS 附近的外部激活按钮激活 TS，参见第三章 4.10.2。
- 4.11.3. 通过第三章 6.1.2 中定义的任何部件闭合安全回路不得（重新）激活驱动系统。必须采取额外的操作激活驱动系统。
- 4.11.4. 无人驾驶系统不得有（重新）激活 TS 的能力。
- 4.11.5. 当电机能够对 APPS 的输入做出响应时赛车被视为进入待驶状态（R2D）。
- 4.11.6. 在驱动系统被激活后，车手需要做出额外的动作使赛车进入待驶状态。例如，按一个专用的启动按钮。进入待驶状态（R2D）只能通过在踩下制动踏板的同时进行所采取的额外的动作来完成。
- 4.11.7. 当安全回路断开时，必须立刻退出待驶状态模式。

#### 4.12. 启动鸣笛

- 4.12.1. 当赛车进入待驶状态时，赛车必须连续发出具有特征的声音，时长至少一秒钟，最多三秒钟。
- 4.12.2. 启动鸣笛的声音强度必须至少为 80 分贝，最大为 90 分贝，采用快速加权测量。声音强度会在一个没有遮挡的空地中，距离赛车 2m 距离进行测量。
- 4.12.3. 所使用的声音必须易于辨认，不得使用任何有冒犯性的声音，歌曲节选片段或动物声音。
- 4.12.4. 赛车不允许发出与启动鸣笛相似的其他声音。

## 5. 第五节 驱动系统能量储存

### 5.1. 定义

- 5.1.1. 单体：电池单体或者超级电容。
- 5.1.2. 单体能量：单体最大电压乘以标称容量。
- 5.1.3. 驱动系统能量存储装置（电池箱）：TS 作为一个整体使用的所有储存电能的单体的集合。
- 5.1.4. 驱动系统能量存储装置容器（电池箱箱体）：装有驱动系统能量存储装置的容器。
- 5.1.5. 驱动系统能量存储装置模组（电池模组 segment）：驱动系统能量存储装置子模块。

### 5.2. 允许使用的驱动系统单体

- 5.2.1. 除熔盐电池和热电池外，允许使用所有类型的电池。

5.2.2. 禁止使用燃料电池。

### 5.3. 驱动系统能量储存——总体要求

5.3.1. 存储驱动系统能量的所有电池必须封装在电池箱中。

5.3.2. 每个电池模块的最高电压不得超过 120V DC，最大能量为 6MJ (1.67kWh)，能量计算方法见第三章 5.1.2。每个电池模块的质量不超过 12kg。

5.3.3. 如需使用备用电池，则其尺寸、重量及类型要和赛车上所用电池相同。

5.3.4. 备用电池单体必须存放在防火且绝缘的容器。该容器需要按照第三章 5.3.8 的要求进行标记。

5.3.5. 备用电池箱与备用电池单体必须在电气技术检查中呈现。

5.3.6. 在电气技术检查中，必须能够实现电池箱开盖检查。

5.3.7. 每个电池箱必须可从赛车上拆卸，同时仍然符合规则要求而无需安装额外的部件。可以使用空连接器或类似物来恢复系统的隔离，参见第三章 4.5。

5.3.8. 车号，大学名称和电气安全员 (ESO) 电话号码必须在每个电池箱盖上以至少 25 毫米高的无衬线字体显示和书写。字符必须清晰可见，并置于高对比度背景下。

### 5.4. 驱动系统能量储存 - 电气配置

5.4.1. 如果电池箱体由导电材料制成，那么电池单体及电池组的正负极必须用额定值符合最大驱动系统电压的绝缘材料与电池箱内壁隔离。要多加注意（比如安装硬件）防止导体侵入电池箱将绝缘屏障刺穿。

5.4.2. 每个电池箱必须包含至少一个熔断器和至少两个 AIR，参见第三章 5.6 和第三章 3.2.7。

5.4.3. 除了不可或缺的器件外，电池箱中不得包含低压系统。例外包括电池箱隔离继电器 (AIR)，高压 DC/DC 转换器，电池管理系统 (AMS)，绝缘检测装置和冷却风扇。

5.4.4. 维护插头必须能够在电气上将所有电池模块（详见第三章 5.3.2）分离。维护插头必须能够将所有电池模块的正负极都进行分离，包括第一组和最后一组。

5.4.5. 在分离电池模块时，不能使用任何工具来移除维护插头。维护插头表面必须绝缘以防止产生其他电气连接。维护插头必须有主动锁紧功能，以防止插头无意间松动。维护插头必须设计为可以清楚直观地看到当前处于连接还是断开状态。不允许使用可以电控的开关。

5.4.6. 每个电池模块之间必须使用合适的刚性阻燃材料实现绝缘（参见第二章 1.2.1），要使用合适的材料放在电池组之间或电池组上方使其在电气上隔离，以防止内部电池组短路或维护过程中的零部件及工具的意外掉落导致产生电弧。

5.4.7. 任何电池箱所用的线，不论是控制系统还是驱动系统的一部分，其额定电压必须大于等于驱动系统最大电压。

5.4.8. 每个电池箱都必须有一个明显的指示器，可以是电压表或红色 LED 指示灯。指示灯要求在电池箱正负极的电池绝缘继电器输出端电压高于 60VDC 或驱动系统电压最大值的一半（取较低值）时发亮，且在强光下清晰可见。

5.4.9. 在将电池箱与赛车断开连接时，指示器必须仍然清晰可见。指示器必须清楚标明“电压指示器”或“Voltage Indicator”。

5.4.10. 指示器必须是没有软件控制的硬接线电子设备，由 TS 直接提供电源，即使电池箱与 LVS 断开连接或从赛车上拆下，指示器仍始终工作。

## 5.5. 驱动系统能量储存 - 机械配置

5.5.1. 所有电池箱必须位于主结构内或固定在主结构上的任何其他结构上，以满足侧边防撞区域的最小要求，见表 2.1，不高于侧边防撞区域的顶部，见第二章 1.1.16。

5.5.2. 必须通过与第二章 3.2 中定义的结构相当的结构来保护电池箱免受侧面或后面的碰撞。电池箱箱体不得是此防撞结构的一部分。

5.5.3. 所有电池箱箱体材料必须是阻燃的，见第二章 1.2.1。

5.5.4. 电池箱必须按照下述结构用钢片（板）或者铝片（板）造型：

- 电池箱底部必须采用至少 1.25mm 厚的钢或者 3.2mm 厚的铝。
- 电池箱外围垂直侧面（前、后、左、右）、内部隔板及电池箱盖必须采用至少 0.9mm 厚的钢或者 2.3mm 的铝。。

如果可以提供第二章 3.3 中要求的每种等同性证明材料则可以使用替代材料，如果可以提供第三章 5.5.5 中要求的每种证明材料则可以使用复合材料。必须在 SES 中提交文档。当使用替代材料时，在车检中必须提交测试样品。

5.5.5. 复合材料电池箱箱体必须满足以下要求：

- 从层压板圆周剪切强度试验和三点弯曲试验（见第二章 3.5）获得的数据应该能证明电池箱可以提供足够的强度。
- 每一个连接点需要用至少 2mm 厚的钢制支撑板。可以使用（符合最小材料等效要求）的等价替代材料。
- SES 中必须有相关的计算检验及物理实验的测试结果

5.5.6. 电池箱底板与侧板的连接方式必须为焊接、粘接和使用紧固件（一种或多种）。

5.5.7. 电池箱内部用来隔离成组电池的隔板高度必须至少为外围垂直面高度的 75%，且内部垂直隔板将电池箱箱体分成几部分，每部分的质量最大不得超过 12kg。

5.5.8. 电池模组（参见第三章 5.3.2）间必须用刚性、绝缘、防火的屏障隔开（参见第二章 1.2.1）。

5.5.9. 电池箱本身，电池箱到底盘的安装以及电池保持架必须能够承受以下加速度：

- 40g 纵向加速度（前/后）；
- 40g 水平加速度（左/右）；
- 20g 垂向加速度（上/下）。

计算和/或测试必须呈现在 SES 中。所有电池箱安装点必须符合第三章 5.5.13 的规则。由第三章 5.5.4 和第三章 5.5.5 中提到的材料制成的电池箱可能需要额外的加强才能满足此规则。

5.5.10. 电池单体极耳严禁承受机械负载。

5.5.11. 所有在电池箱内或安装电池箱所使用的紧固件必须满足规则第二章第 10 节。电池箱内部非结构件（例如 PCB 板的固定等）所使用的紧固件中，若紧固件是由电气非导电材料制成，则不用必须满足规则第二章第 10 节。另外，如果使用场景不符合第二章 10.1.2 所描述的场景，也可使用任意直径的紧固件。

5.5.12. AIR 和主熔断器（见第三章 3.2.7）必须使用绝缘防火等级达到 UL94-V0 的材料（参见第二章 1.2.1）与电池箱的其余部分分开。在这种情况下，空气不被认为是合适的绝缘材料。

- 5.5.13. 电池箱与车体主结构之间的固定支架必须使用至少 1.6mm 厚的钢或 4mm 厚的铝。支架上必须有角板以承受弯曲载荷。每个连接处（包括支撑板，固定板及内部嵌入物）在任何方向都必须能够承受 20kN 的力。
- 5.5.14. 电池箱内部以及外部只允许有为线束进出、通风设备、冷却或紧固件而打的孔。电池箱必须仍然满足其他规则，尤其是有关其结构要求的规则。电池箱外部的孔必须根据第三章 4.5 密封。
- 5.5.15. 每个电池箱都必须贴一个边长至少为 100mm 的三角形标签(符合 ISO 7010-W012 标准)。标签样式为黄底、黑色闪电，且必须有“Always Energized”的文字标识。除此之外，当电压高于 60V DC 或 25V AC 时标签还必须有“高压”或“High Voltage”的文字标识。
- 5.5.16. 任何可能排放爆炸性气体的电池箱必须具有通风系统，以防止排出的气体达到爆炸性浓度。
- 5.5.17. 任何完全密封的电池箱都必须设计压力释放阀门以防止电池箱内产生高气压。
- 5.5.18. 电池箱及其内部组成的设计必须记录在 SES 中，包括使用的材料，图纸，照片，紧固件位置，电池模组重量，单体和模组位置。
- 5.6. 电池箱绝缘继电器 (AIR)**
- 5.6.1. 每个电池箱内至少安装两个 AIR。
- 5.6.2. AIR 必须能断开电池箱的两极。如果 AIR 开路，电池箱外部不得出现 TS 电压，并且 AIR 的赛车侧必须与电池组侧电气隔离，参见第三章 1.2.1。
- 5.6.3. AIR 必须是“常开”型机械继电器。禁止使用固态式继电器。
- 5.6.4. AIR 不得含有水银。
- 5.6.5. 保护电池箱驱动系统电路的主熔断器其额定电流必须小于继电器的最大分断电流。
- 5.7. 预充电路**
- 5.7.1. 需要设计电路保证在闭合第二个电池箱绝缘继电器之前，中间回路电容的电压值达到了电池箱电压的 95%。因此中间回路电容的电压必须被测量。
- 5.7.2. 预充电路必须使用机械式常开继电器。所有预充电流必须经过此继电器。
- 5.8. 电池管理系统 (AMS/BMS)**
- 5.8.1. 每当低压系统激活或电池箱连接到充电器时，电池箱必须被电池管理系统监控。
- 5.8.2. AMS 必须持续监测：
- 每块电池单体的电压；
  - 驱动系统的电流；
  - 关键单体的温度；
  - 若所用电池为锂电池，则电池管理系统要监测至少 30% 的电池温度，并且被监测的电池要在电池箱内均匀分布。
- 5.8.3. 电池温度必须在各单体的负极来测量，并且传感器必须与负极直接相连或者离各自单体大电流连接排 10mm 以内的地方。如果一个温度传感器与多个单体电池满足上述布置位置要求，就可用该传感器监测多个电池。
- 5.8.4. 必须保证电池温度低于电池参数表中规定的温度范围和 60℃ 中较小的一个。

- 5.8.5. 如果关键电压、温度或者电流值达到了电池单体制造商数据表规定的阈值或者规则规定的阈值并持续以下时间，则 AMS 必须通过安全回路断开 TS。
- 电压和电流持续超限 500ms;
  - 温度持续超限 1s;
- 精确度和传感器噪声必须被考虑到阈值设定中。
- 5.8.6. 如果团队已经通过电气系统表格（ESF）中的计算证明电池管理系统电池电压测量输入接插件，温度测量输入接插件和分布式电池管理系统内部的低压接插件的额定电压可以低于最大 TS 电压，参见第三章第九节，则接插件的输入电压的额定值是合理选择。
- 5.8.7. 如果 AMS 断开了安全回路，那么，驾驶员座舱中明显标有“AMS”的指示灯就要点亮，该指示灯亮时应当为红色且在强光下依然清晰可见。指示灯必须保持点亮状态直至错误状态被手动重置，重置规则参见第三章 6.1.6。控制该指示灯的信号为 SCS，见第二章 11.9。
- 5.8.8. AMS 信号是 SCS，见第二章 11.9。
- 5.8.9. 如果电流传感器、温度传感器、电池单体电压采集线使用线缆连接，则必须能够在车检期间独立断开一处，以满足车辆技术检查要求。
- 5.8.10. AMS 必须能够根据第三章 5.8.2 读取和显示所有监测的值，可通过连接笔记本电脑或显示屏来观察和检验。

## 6. 第六节 安全回路系统

### 6.1. 安全回路

- 6.1.1. 安全回路直接承载驱动 AIR 线圈和预充回路的电流。
- 6.1.2. 安全回路的定义为：由一系列开关连接组成，其中包括两个主开关、三个急停按钮、制动超程开关（BOTS，参见第二章 6.2）、IMD 控制的开关、BMS 控制的开关、惯性开关（参见第二章 11.5）、BSPD 控制的开关（参见第二章 11.6）和所有所要求的互锁电路。

图 3.1 显示了安全回路的说明性原理图，不包括任何可能的互锁电路。

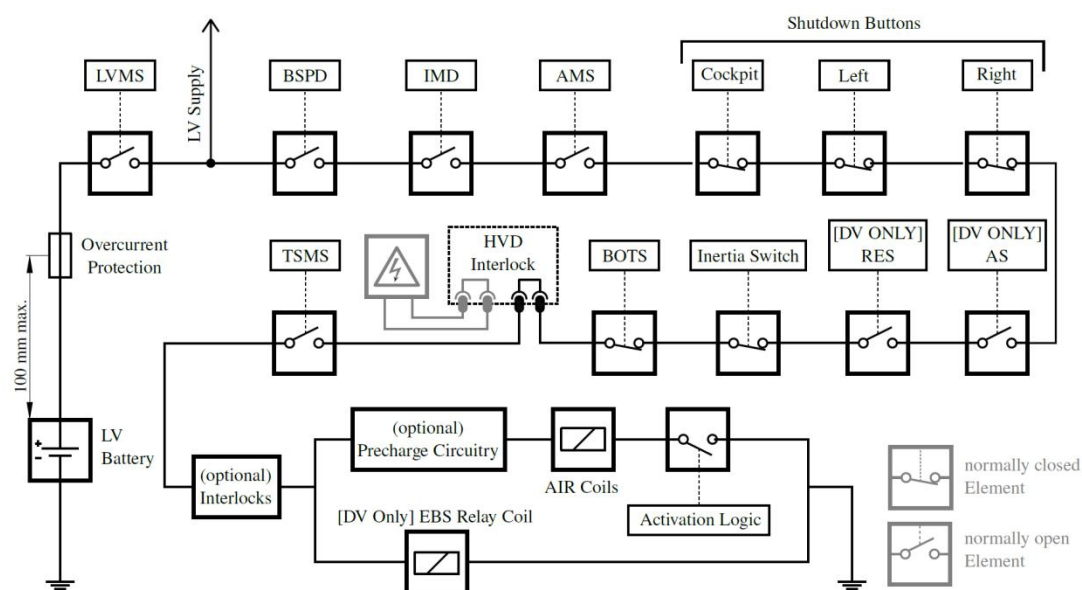


图 3.1：安全回路的说明性原理示意图

- 6.1.3. 第三章 6.1.2 中定义的安全回路的所有部分必须位于 AIR 线圈和预充继电器线圈的高侧（靠近电源正极）。
- 6.1.4. 除了预充电电路和互锁电路之外，驱动系统主开关（TSMS），见第三章 6.2，必须是 AIR 之前的最后一个开关。
- 6.1.5. 如果安全回路断开，则所有 AIR 必须断开以关闭 TS，并且 TS 中的电压必须在 5 秒内降至 60V DC 以下和 25V AC RMS 以下。所有电池箱的电流必须立刻停止。  
  
断开 AIR 的动作可以有  $\leq 250$  ms 的延迟以用来在 AIR 断开前向电机控制器发出降低电流的信号。AIR 的供电必须在达到 AIR 最低供电电压前迅速断开，以防止继电器粘连。
- 6.1.6. 如果安全回路由 AMS 或 IMD 断开，则断开的状态必须通过非可编程逻辑锁定，该逻辑只能由驾驶员以外的人员手动重置。
- 6.1.7. 所有安全回路的组成电路必须被设计为在低电平/断开连接的状态下断开安全回路。
- 6.1.8. 当 TSMS 和/或 LVMS 断开，且赛车接触地面时，赛车应易于推动或牵引。
- 6.1.9. 必须能够证明安全回路的所有功能都能正常工作，包括所有互锁。
- 6.1.10. 每个需要或能够断开安全回路的系统都必须有其不可编程的驱动电路来实现功能。各个驱动电路必须设计成能够承载关断电路电流，例如 AIR 的浪涌电流，这样发生故障时就不会出现电流流入安全回路的情况。
- 6.1.11. 急停按钮、BOTS、TSMS 和所有的互锁不能通过次级电路实现功能。（即必须直接串联在安全回路中）。
- 6.1.12. 所有影响安全回路的信号都是 SCS。（参见第二章 11.9）。

## 6.2. 驱动系统主开关(TSMS)

- 6.2.1. 规则第二章 11.2 中的 TSMS 必须是安全回路的一部分，详见规则第三章 6.1.2。
- 6.2.2. TSMS 必须满足“上牌挂锁”能力来防止驱动系统的意外激活。ESO 必须确保在赛车工作结束或 ESO 不在的任何时候 TSMS 都锁定在“Off”位置。
- 6.2.3. TSMS 必须被安装在一个直径大于等于 50mm 的完整橙色圆形区域内，并与背景具有高对比度。
- 6.2.4. TSMS 必须标记“TS”，并且带有“ISO 7010-W012”标准的符号（三角形黄色背景的黑色闪电标志）。

## 6.3. 绝缘监测装置 (IMD)

- 6.3.1. 所有赛车的高压系统中都必须安装一个绝缘检测装置。
- 6.3.2. IMD 必须是 Bender A-ISOMETER@iso-F1 IR155-3203 或-3204 或等效的车规级 IMD。其等效性可由裁判通过以下标准判别：抗振动性、工作温度范围、IP 等级、有效的直接输出、自检模块，并且不得由被监控的系统供电。
- 6.3.3. IMD 应设置为当绝缘电阻小于等于  $500\Omega/V$  时触发，其具体值与最大 TS 电压相关。例如：TS 最大电压为 400V，当绝缘电阻小于等于  $400V \times 500\Omega/V = 200k\Omega$  时，IMD 应触发。
- 6.3.4. IMD 必须连接在 AIR 的赛车侧。
- 6.3.5. 必须将一条 IMD 车身接地测量线连接到接地的电池箱箱体。另一条车身接地测量线必

须连接到主环。每个连接必须使用单独的且适配 TS 最大电压的连接器。

- 6.3.6. 在绝缘故障或 IMD 故障的情况下，IMD 必须断开安全回路。这必须通过非可编程逻辑完成。另请参阅第三章 6.1.6，了解绝缘故障后如何重新激活 TS。
- 6.3.7. 驾驶舱内应有标有“IMD”字样的红色指示灯，在强烈阳光照射下必须清晰可见。当 IMD 断开安全回路时，该指示灯亮起，直到错误状态被手动复位（参见第三章 6.1.6），指示灯才能熄灭。控制该指示灯的信号为 SCS，见第二章 11.9。

## 7. 第七节 充电

### 7.1. 充电总体要求

- 7.1.1. 只有在电气技术检查中通过检查并贴有易碎标签的充电器才被允许使用。充电机的所有连接处都要绝缘并覆盖住，不允许有露出的连接点。
- 7.1.2. 暴露的导电部件和电池箱箱体必须连接到保护地（PE）。
- 7.1.3. 所有购买的充电器必须通过认可的标准，例如 CE、3C。车队自制的充电器必须符合赛车 TS 的所有电气要求，例如：第三章 3.1，第三章 4.2 和第三章 4.3。
- 7.1.4. 高压充电线必须为橙色的。
- 7.1.5. 充电时，AMS 必须工作，并且必须能够在检测到故障时断开充电机。
- 7.1.6. 充电器必须包括一个推入式紧急停止按钮，其最小直径为 24 毫米，必须清楚标明。
- 7.1.7. 在充电时，绝缘检测装置必须正常工作且能够断开充电机。充电机或是电池箱里需要包含一个正常工作的绝缘检测装置。与第三章 6.3 中规定的不同的是，第二条车身接地测量线必须连接到充电器的外壳而不是主环。
- 7.1.8. 充电期间也应有第三章 6.3.7 中定义的 IMD 指示灯正常工作。
- 7.1.9. 充电器必须包括第三章 4.7 中描述的 TSMP。与第三章 4.7 规定不同的是，TSMP 必须连接到充电器的 TS 输出。

### 7.2. 充电安全回路

- 7.2.1. 充电时，安全回路需包含至少一个急停开关（参见第三章 7.1.6）、IMD 和 AMS。
- 7.2.2. 如果安全回路断开，则充电系统和安全回路必须保持断开状态，直到手动复位为止。
- 7.2.3. 充电安全回路系统必须符合第三章 6.1.1，第三章 6.1.5，第三章 6.1.7，第三章 6.1.9 和第三章 6.1.10。
- 7.2.4. 影响充电器安全回路的所有信号均为 SCS，见第二章 11.9。

## 8. 第八节 电池箱手推车

### 8.1. 电池箱手推车

- 8.1.1. 在赛场运输电池箱必须使用电池箱手推车。
- 8.1.2. 该手推车至少需要四个轮子。
- 8.1.3. 手推车必须具有始终制动的制动器，并且仅在有人推动手柄或类似物时才释放。
- 8.1.4. 制动器必须能够停止满载的手推车。



- 8.1.5. 手推车必须能够承载电池箱的重量。
- 8.1.6. 电池箱必须在运输过程中机械固定在手推车上。
- 8.1.7. 手推车必须能够保护电池箱免受正常使用手推车时产生振动和冲击的影响，例如使用充气轮胎等。
- 8.1.8. 电池箱放在手推车上时，电池箱体上的标签或根据第三章 5.3.8 所规定的附加标签都必须清晰可见。
- 8.1.9. 手推车满载时的总占地面积不得超过  $1200\text{mm} \times 800\text{mm}$ 。如果电池箱体大于所允许的占地面积，则比赛前裁判可能会额外批准。

## **9. 第九节 电气系统文件**

### **9.1. 电气系统表 (ESF)**

- 9.1.1. 赛事开始之前，所有车队必须提交整个电气系统表格（包含控制系统和驱动系统）的明确的结构文件。此文件叫做 ESF。
- 9.1.2. ESF 表格不通过的车队将被认为是没有准备好车检，组委会将有权对其车检资格和顺位进行组委会认为合适的处罚性处理。

### **9.2. 失效模式及影响分析表格 (FMEA)**

- 9.2.1. 在比赛之前，所有车队必须提交称为 FMEA（包含控制系统、驱动系统、无人驾驶线控系统以及紧急制动系统）的结构清晰的文档。

# 第四章 无人驾驶系统规则

## 1. 第一节 赛车要求与约束

### 1.1. 无线通讯

- 1.1.1. 禁止使用无线通讯来改变赛车参数、发送命令或者改变软件系统；我们允许从赛车单向地接收信息。在动态赛期间，无线通讯可能被限制，或者我们不保证能够提供良好可靠的无线连接环境。
- 1.1.2. 规则第四章 1.3 所提到的遥控急停系统（RES）不在此规则的限制中。
- 1.1.3. 允许使用（D）GPS，但是赛场不确保有良好的通讯环境与合适的地点来建立基站。

### 1.2. 数据记录仪 – 无人驾驶功能

- 1.2.1. 官方会提供一个在赛事中任何一辆无人驾驶车必须安装的标准数据记录仪。数据记录仪的进一步说明与软件/硬件接口在后续的官方网站通知中进行公布。
- 1.2.2. 数据记录仪的目的是为了了解并重现失效情况下时系统的状态。这里可能包括了一组规定的基本信号以及来监测 EBS 的赛车独立信号来确保赛车冗余性和失效检测，其后续相关产品说明与使用介绍将通过赛事官网的通知发送。

### 1.3. 遥控急停系统（RES）

- 1.3.1. 每个赛车必须安装一个在规定的 RES。这个系统有两个部分组成：遥控端和赛车模块。
- 1.3.2. RES 由每个车队自行购买或设计。
  - a) 不论队伍进行设计或购买，必须至少满足以下功能：
    - i. **断电触发功能** – 一旦在赛车无人驾驶状态下，RES 发生意外断电，赛车将自动触发规则本章 1.4 与第三章 6.1 中定义的无人驾驶赛车安全回路断开。
    - ii. **电量预警功能** – 当 RES 电量较低时，具有相对应的指示或提醒功能。
    - iii. **信号丢失保护功能** – 若赛车在行驶过程中，由于距离或干扰导致 RES 遥控端与接受端信号传输异常，则自动触发规则本章 1.4 与第三章 6.1 中定义的无人驾驶赛车安全回路断开。
    - iv. **信号主动抗干扰功能** – 赛车在运行状态下，若出现信号干扰或信号衰减现象则具有一定的抗干扰动作。例如，自动跳频，多频率可选择模式等。
  - b) 结构与电气设计上，至少满足以下要求：
    - i. 遥控端具有可佩戴或可持有机械结构，确保 ASR 对赛车检查与操作时能够完全持有并控制 RES 的可能。这可能会在车检中进行检查。
    - ii. 遥控端具有吸震、防撞与防水的设计，这可能会在车检与淋雨检查中进行测试。
    - iii. 遥控端必须具有工作状态指示系统来指明其状态，这可以是显示屏，也可以是指示灯，但要保证阳光下清晰可见。其中，必须要对系统工作（开/关）状态，电池电量状态（预警，如 a）中 ii 所述）进行设计，其他显示功能队伍根据设计可自行定义。
    - iv. 遥控端触发 RES 的急停按钮直径 $\geq 24\text{mm}$ ，且急停按钮与其他功能按钮或装置具有明显区别（尺寸/颜色/高度），与其他按钮/开关具有 $\geq 15\text{mm}$ 的高度或中心距差距，高度差和中心距差二者至少满足其一。所有装置/按钮必须标注清晰可见，易于理解的标识。
    - v. 遥控端与赛车模块必须独立封装，操作界面与接口界面具有清晰的标注进行指示。
    - vi. 赛车模块必须具有良好的连接与固定装置，刚性地与赛车连接。
    - vii. 赛车模块内必须具有继电器的设计，详见规则第四章 1.3.4。
    - viii. 赛车模块必须具备额外的接口以保证数据记录仪能够采集其数据，数据记录仪将在赛事官网通知中进行说明。

- c) 建议遥控端质量 $\leq 1.5\text{kg}$ ，尺寸 $\leq 200 \times 150 \times 100\text{mm}$ （长 $\times$ 高 $\times$ 宽），以方便 ASR 的操作和携带。
- d) 建议信号传输距离范围大于 800m，车队根据第七章动态赛事赛道情况自行确定并进行设计。

**备注：**以上设计要求仅代表最低标准，车队可根据安全性、使用便利性等进行多功能设计，但要在 ASF 与技术检查中清晰地解释。裁判将通过在技术检查中进行测试，将利用摇晃、淋雨、工作状态下拆除 RES 电源、屏蔽传输信号（金属外壳覆盖天线）以及连续重复触发 RES 等操作来判断其设备稳定性与设计安全性。

### 1.3.3. RES 具备两个功能：

- 当遥控急停按钮被按下去时，必须能够触发规则第四章 1.4 中描述的无人驾驶车安全回路；
- 赛道控制与赛车之间通讯情况：
  - 赛道控制可以发送给赛车“Go”信号
  - “Go”信号代替了赛事中的发车绿旗

### 1.3.4. RES 赛车模块必须通过其一个继电器与急停开关的串联直接整合进入赛车安全回路。直接意味着必须电路串联在安全回路中。

### 1.3.5. 在手动驾驶模式时，允许通过一个常闭继电器短接 RES 在安全回路中的继电器。这个继电器必须由 ASMS 直接控制。这个继电器必须是强制导向继电器或者有另一组镜像的常开触点，直接与由 ASMS 供电和提供信号的系统连接。

**备注：**即短接 RES 继电器的触点与给 AS 供电的触点由硬件保证不能同时闭合。

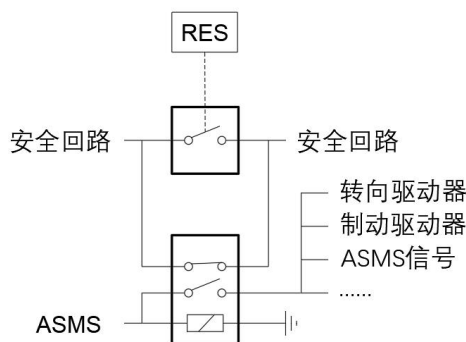


图 4.1 短接 RES 继电器示意图

### 1.3.6. 当赛车在无人驾驶模式下，一名 ASR 必须出现在赛道控制点来操作 RES 遥控端。（详见第一章 5.4 和第四章 1.3）

### 1.3.7. RES 天线必须在没有遮挡以及互相干扰（例如，其他天线）的合适安装点。

## 1.4. 安全回路（SDC）

### 1.4.1. 安全回路要求既要满足规则第三章第六节的规定，同时要符合本节对无人驾驶部分的要求。

### 1.4.2. 除满足第三章第六节规则要求以外，触发赛车安全回路必须有以下赛车响应动作：

- EBS（详见规则第四章 3.1）必须被激活；
- 当遥控急停按钮触发时，无人驾驶转向系统可以保持激活工作状态；

### 1.4.3. 如果安全回路被无人驾驶系统（AS）或 RES 断开，则必须能够有一个非可编程逻辑进行锁定，只能通过手动复位（这可以是赛车外部接近 ASMS 的按钮，或者通过 LVMS 重新供电来复位）。

### 1.4.4. 如果满足下列条件，安全回路才可以由无人驾驶系统来闭合：

- 手动驾驶模式：手动驾驶任务被选择，无人驾驶系统必须检查 EBS 是不可用状态并且 TS 依据规则第三章 4.11.1 和第三章 4.11.3 来激活；
- 无人驾驶模式：无人驾驶任务被选择，ASMS 闭合，EBS 处于“装备”状态并且 TS 通过规则第三章 4.11.2 来激活；

## 2. 第二节 无人驾驶系统（AS）

### 2.1. 信号

2.1.1. 任何无人驾驶系统（AS）信号必须为 SCS。

### 2.2. 无人驾驶系统主开关（ASMS）

2.2.1. 每辆无人赛车必须安装一个 ASMS，详见第二章 11.2。

2.2.2. ASMS 必须安装在一个直径 $\geq 50\text{mm}$ 完整的蓝色圆形区域中间，与背景必须有高对比度对比。

2.2.3. ASMS 必须标注“AS”。

2.2.4. 转向和制动驱动器的能源必须通过 LVMS 和 ASMS 闭合来提供。

2.2.5. 当 ASMS 处于“Off”状态时，下列条件必须满足：

- 没有转向、制动和动力驱动器通过无人驾驶要求进行动作；
- 传感器和处理单元可以保持可操作状态
- 赛车必须能够以规则第一章 9.13 中规定的方式进行移动
- 必须能够以正常的电车一样进行手动操作

2.2.6. 当有人在赛车内时，严禁将“ASMS”置于“On”状态。

2.2.7. ASMS 仅能通过一名 ASR 在得到官方允许后进行开关。

2.2.8. 在 ASMS 处于“On”状态下，赛车不能立刻开始进行跑动，并且制动必须保持闭合状态（“AS ready”状态，详见图 4.1），直到“Go”信号由 RES 发送（“AS driving”状态，见图 4.1）。

2.2.9. ASMS 必须有“上牌挂锁”能力来防止意外的 AS 激活。无论赛车在动态区外或者在手动驾驶模式下行驶，ASR 必须确保 ASMS 锁定在关闭的位置。

### 2.3. 转向驱动器

2.3.1. 转向系统驱动器（动作）仅允许发生在赛车处于待驶状态（R2D）状态。

2.3.2. 当赛车在紧急制动时，赛车保持运动行驶期间，转向系统可以仍保持激活状态。

2.3.3. 当关闭 ASMS 时，手动转向必须能够在没有手动操作步骤（例如，手动阀操作/连接/断开机械元件等）的情况下操作。

### 2.4. 执行器解耦

2.4.1. 不允许在动态赛中拆除任何无人驾驶系统的零部件。

2.4.2. 在手动驾驶模式下，满足以下所有条件时可以断开无人驾驶系统的执行器的连接：

- 断开连接不需要移除任何零部件；
- 用于断开连接的机械结构在任何情况下都不能阻碍手动驾驶；
- 用于断开连接的机械结构在连接和断开两种情况下，都必须牢固地固定。

## 2.5. 无人驾驶系统状态定义

2.5.1. AS 必须存在如图 4.1 中的状态和状态转换。

2.5.2. AS 禁止有其他的状态或者转换。

2.5.3. 必须检查在 AS 状态机转换时，是按照给定的编号步骤进行转换的（参见图 4.1），不得有状态机之外的其他转换路径。如果满足某一无人驾驶系统状态的所有条件，则赛车必须执行且仅执行转换至该状态的动作。直到转换完成前，ASSI 必须指示转换前的无人驾驶系统（初始）状态。

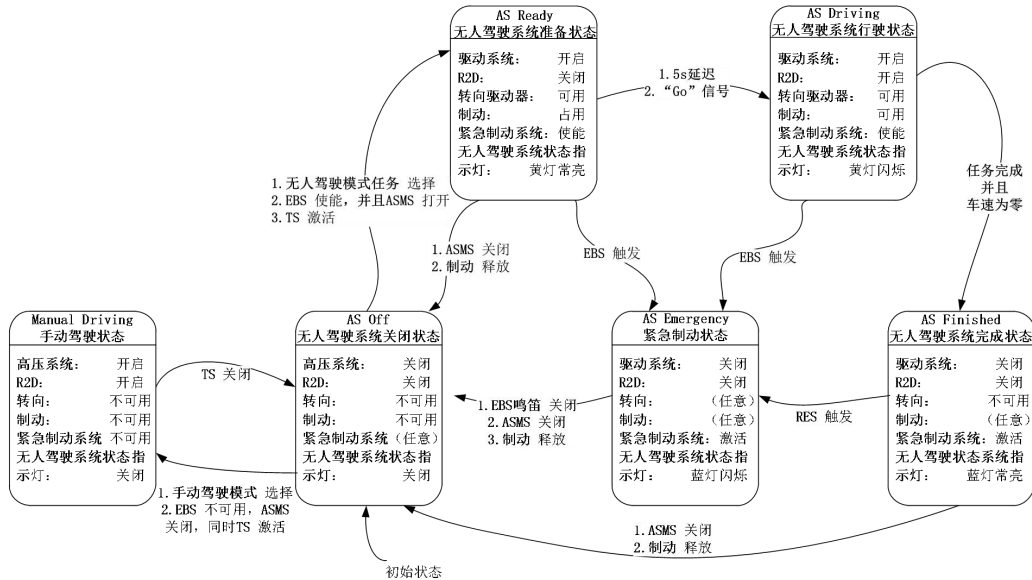


图 4.2 AS 状态机

2.5.4. 转向驱动器仅可以存在以下状态：

- “不可用 (unavailable)”：驱动器能量供应断开，可以手动转向操作
- “可用 (available)”：能量供应连接并听从 AS 的命令迅速响应，满足规则第四章 2.3.1 对于转向驱动器的状态转换，手动操作不被允许。（例如操作手动阀/连接或断开启机械元件）。

2.5.5. 赛车制动仅可以存在以下状态：

- “不可用 (unavailable)”：驱动器能源供应断开，可以手动制动操作
- “占用 (engaged)”：保证赛车在 15% 的坡度上不发生滚动
- “可用 (available)”：听从 AS 的命令迅速响应

对于制动驱动器的状态转换，手动操作不被允许。（例如，操作手动阀/连接或断开机械元件）。

2.5.6. EBS 仅可以存在以下状态：

- “不可用 (unavailable)”：驱动器断开系统/能量储存是不充能，不可能出现紧急制动操作
- “装备/使能 (armed)”：如果 SDC 断开或者 LVS 供应受到影响，将会立即触发一个紧急制动动作
- “激活 (activated)”：制动闭合并且 EBS 的电源被切断。制动仅可以进行后续手动操作后进行释放。

## 2.6. 无人驾驶系统状态指示灯 (ASSI)

2.6.1. 赛车必须包含三个 ASSI 来指示 AS 状态（详见规则第四章 2.4），具体对应关系如下表

所示。ASSI 不允许存在其他状态。

<b>AS OFF</b>	<b>AS READY</b>	<b>AS DRIVING</b>	<b>AS EMERGENCY</b>	<b>AS FINISHED</b>
关闭	黄色常亮	黄色闪烁	蓝色闪烁	蓝色常亮

- 2.6.2. ASSI 必须指示出规则 2.4 中定义的 AS 状态。
- 2.6.3. 在赛车两侧，车手驾驶舱后部分别要安装两个的 ASSI，在主环顶点 160mm 以下离地高 600mm 以上的区域。第三个 ASSI 必须安装在赛车后侧，赛车中心线上，近乎垂直的在主环顶点 160mm 以下制动灯 100mm 以上的区域内。
- 2.6.4. 每个 ASSI 必须有一个暗色的背景，并且有至少 15cm<sup>2</sup> 的矩形，三角形或近乎圆形的发光面积。ASSI 必须能够在非常明亮的阳光下清晰可见。当使用没有扩散器的多个 LED 灯，其间距不能够超过 20mm。如果使用单条的 LED 灯，最小长度为 150mm。要保证在赛车的任何位置任何角度至少有一个 ASSI 清晰可见。
- 2.6.5. “AS Emergency”状态必须通过一个具备下面参数的间歇性蜂鸣来指示：
- 间断频率：1Hz 到 5Hz
  - 占空比 50%
  - 声压级 80dBA~90dBA，快速加权测量
  - 在进入“AS Emergency”状态后持续时间 8s~10s
- 声音等级要求通过自由场麦克风对置于半径 2m 以内无阻挡的环境中的赛车进行测量。

## 2.7. 无人驾驶任务

- 2.7.1. AS 必须至少包含下列任务：
- 直线加速测试 (Acceleration)
  - 八字环绕测试 (Skidpad)
  - 高速循迹测试 (Trackdrive)
  - EBS 测试 (EBS Test)
  - 车检测测试 (Inspection)
  - 操控性测试 (手动驾驶模式) (Manual Driving)
- 2.7.2. 车检任务将被使用在技术检查中，赛车将被举升起，所有的轮胎被移除。
- 2.7.3. 车检任务定义：慢速旋转驱动系统并以正弦波形式驱动转向系统。在 25~30s 之后任务完成并切换至“AS Finish”。
- 2.7.4. 选择任务的操作必须通过无人驾驶系统任务指示器来指示 (AMI)。
- 2.7.5. AMI 必须能够容易阅读，它既可以是仪表盘的一部分也可以紧挨着 ASMS 来安装。如果使用电子墨水屏，必须清晰可见地展示任务更新状态。AMI 必须是 SCS！
- 2.7.6. AMI 将会在每一项动态赛事开始前被检查。

## 2.8. 无人驾驶系统表格 (ASF)

- 2.8.1. 在比赛期间，所有队伍必须提交一个他们整个 AS (包括 EBS 和转向系统) 清晰结构的文档，这个文档被叫为 ASF。
- 2.8.2. ASF 必须至少包含下列项目：
- 所有使用的传感器 (详见规则第四章第四节)
  - 整套 EBS 清晰结构的文档
  - 包含 EBS 监视器监督信号的 dbc 文件
  - 整套制动系统的结构清晰文档
  - 整套转向系统的结构清晰文档

2.8.3. ASF 文件模板从赛事官网 <http://www.formulastudent.com.cn> 上进行下载。

### 3. 第三节 紧急制动系统（EBS）

#### 3.1. 技术要求

- 3.1.1. 所有第二章第 6 节规则定义的制动系统要求仍然有效。
- 3.1.2. 赛车必须安装一个由 LVMS, ASMS, RES 提供电源的 EBS, 和一个安全回路供电的继电器（与 AIR 并联, 但是禁止使用延时继电器）。其结构如图 4.2 所示。

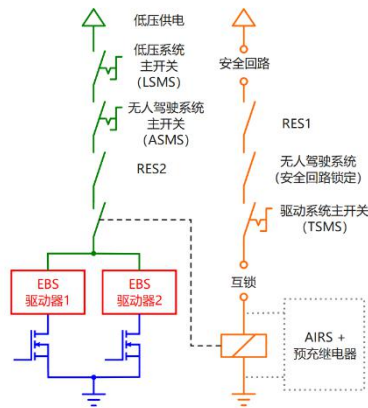


图 4.3 EBS 电气原理图

- 3.1.3. EBS 仅允许使用机械储能式的被动系统。EBS 电气能源的断开或损失必须直接导致紧急制动。（注意规则第二章 11.3.1!）
- 3.1.4. EBS 可以是制动液压系统的一部分。对于所有没有在规则第二章第 6 节中描述或规定的气动或者液压 EBS 驱动器，要遵循规则第二章第 9 节。
- 3.1.5. 当 EBS 是液压制动系统的一部分时，手动制动驱动器（制动踏板）在无人驾驶时可以断开。
- 3.1.6. 必须设计为一个裁判能够轻易释放 EBS 的系统。所有断开操作点必须相互紧邻，很容易地不需要使用任何工具/拆除任何车身部位/深入驾驶舱内部就可以接触到。他们必须可以在带着高压绝缘手套时进行操作。
- 3.1.7. 在 ASMS 附近需要清晰可见地附有一个图片/图形化的 EBS 释放点操作的描述。释放 EBS 必要的步骤必须在每一个释放点被清晰地标注（例如，图片并带有推/拉/按/旋转等箭头）。这个点必须被一个长度 100mm，宽 20mm 的红色箭头与前头上带有白色“EBS release”的文字标注。
- 3.1.8. 禁止在 EBS 的关键气路中使用任何快拆接头，并且任何使用同样能源储存设备并没有合适解耦的系统也禁止使用。

#### 3.2. 安全性功能

- 3.2.1. 由于 EBS 的安全关键特性的考虑，系统必须能够保持完整的功能性，也可以在任何一个失效模式下使赛车自动切换进入安全状态。
- 3.2.2. 安全状态是指赛车静止，制动占用以防止赛车移动并且安全回路断开。
- 3.2.3. 确保进入安全状态，赛车必须表现规则第四章 3.3 和第五章 11.1.3 中所描述的无人驾驶制动动作。

- 3.2.4. 在 AS 切换至“AS Ready”前，必须存在一个初始状态检查来保证 EBS 和它的冗余系统可以像期望的一样建立制动压力。
- 3.2.5. 驱动系统不被认为是制动系统。
- 3.2.6. 如果确保存在双向监测，行车制动可以认为是一套冗余系统。
- 3.2.7. 如果 EBS 检测到失效，驾驶舱内必须有个阳光下清晰可见，并带有“EBS”文字标注的红色指示灯亮起。

### 3.3. EBS 性能

- 3.3.1. 系统响应时间（从进入触发状态到进入减速的时间）不得超过 200ms。
- 3.3.2. 在干燥赛道情况下平均减速度要大于  $8\text{m/s}^2$ 。
- 3.3.3. 减速的同时，赛车必须要保持一个稳定的行驶状态（例如，没有意外的横摆移动）。这既可以通过控制（转向和制动控制是激活的）的减速实现，也可以通过四轮抱死来获得一个直线上的稳定制动。
- 3.3.4. 该系统的表现将在技术检查中被测试，详见第五章第六节。

## 4. 第四节 传感器

### 4.1. 安装

- 4.1.1. 所有的传感器必须牢固连接。对于所有的传感器安装，需遵循规则第二章 8.4.1。
- 4.1.2. 传感器不能够在任何情况下接触车手头盔。
- 4.1.3. 所有传感器必须安装在由主环最高点以及四轮外边缘定义的曲面内（见图 4.3）。
- 4.1.4. 专用天线可以从图 4.3 定义的包络面中伸出至多 150mm。对于在车手驾驶舱后部的传感器系统，允许超出包络面边界外的体积在其部件的 25% 以内。

**注：**天线不会针对其使用功能区分无人驾驶系统/非无人驾驶系统。也就是说，所有的安装天线将必须遵循上述规则要求。

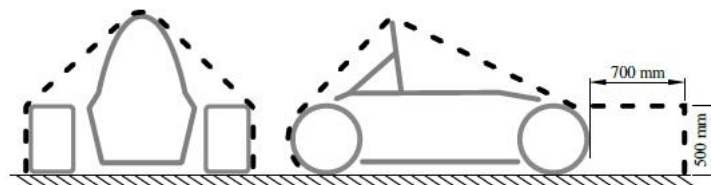


图 4.4 传感器安装位置

- 4.1.5. 另外，传感器可以安装在离地最高 500mm 以下，前轮前边缘向前 700mm 以内（见图 2）。传感器不能够超过前轴宽度范围（在轮毂的高度进行测量）。

### 4.2. 法律要求与工作安全性

- 4.2.1. 所有传感器必须满足比赛当地法律要求（例如，激光传感器的人眼防护等级，毫米波雷达的功率限制等等）。
- 4.2.2. 这必须通过提交对应传感器的参数表和 ASF 来证明。



# 第五章 技术检查

## 1. 第一节 通用基本要求

### 1.1. 技术检查内容

#### 1.1.1. 技术检查分为下列部分：

- 预检
- 电池箱检查
- 电气检查
- 机械检查
- 无人驾驶系统检查
- 斜台测试
- 赛车称重
- 淋雨测试
- 制动测试
- 紧急制动测试

1.1.2. 技术检查的目的是为了确定赛车是否满足中国大学生无人驾驶方程式大赛规则的要求和限制，以及整体上是是否与规则的意图相符。

1.1.3. 为解释和检查之便，触犯条款的意图即被认为是触犯条款本身。（详见规则第一章 3.6）

1.1.4. 技术检查为非计分项目。

### 1.2. 通用规则

1.2.1. 每辆赛车在参加任何动态赛项之前必须通过技术检查的所有部分。

1.2.2. 通过技术检查的赛车不意味着满足全部规则。

1.2.3. 技术检查表包含技术检查的所有检查项目，比赛期间将在赛事网站上提供（<http://www.formulastudent.com.cn>）。保证在赛事期间，技术检查表必须与赛车时刻在一起。

1.2.4. 裁判有权对技术检查表中未提到的项目进行检查以确保赛车完全符合规则要求。

1.2.5. 团队在赛车技术检查之前有责任确认赛车和必要的装备满足规则的要求与约束。

1.2.6. 赛车在技术检查中必须是准备比赛的状态。

1.2.7. 队伍违反不关键的安全规则，且队伍不能从中获益的情况，将不会影响该项赛事的队伍成绩但会给与队伍至少 20 分的罚分，具体数值由裁判根据现场状况决定。罚分将从团队的最终分数中扣除。

1.2.8. 技术检查表中的所有项目必须保证给裁判呈现清晰可见的状态，禁止在检查中使用相关设备来查看，例如放大镜、反光镜等。可以通过移除车身覆盖物等来展示内部结构。

1.2.9. 在比赛的时间内，队伍必须保证满足所有要求。

1.2.10. 在技术检查中，裁判有权要求车队增加附加的检测孔以检查底盘（材料）是否符合规则。

1.2.11. 裁判会在多个不同的通过检查部分上标记或张贴易碎贴。易碎贴被移除或任何损坏将认为未通过检查。

- 1.2.12. 一旦赛车通过检查，赛车任何需要修复的损坏部分将会认为未通过检查。在修复完成后重新提交技术检查表进行重新检查。

### 1.3. 技术检查贴纸

- 1.3.1. 赛事技术检查贴纸将被贴在赛车车头（鼻）的位置。
- 1.3.2. 如果赛车不再符合规则，裁判将认为赛车的技术检查失败，移除对应的检查贴纸并在技术检查表上对违反已通过的技术检查进行标注。

### 1.4. 检查负责人

- 1.4.1. 为了加速技术检查进程，团队必须指定一名队员作为检查负责人。对于电池箱检与电检，这个人必须是 ESO；对于无人驾驶系统检，这个人必须是 ESO 或 ASR。
- 1.4.2. 检查负责人必须是：
- 对赛车足够熟悉；
  - 可以展示/指明/解释赛车上所有技术检查表所提到的检查点的合理性
  - 当被要求时，能够执行裁判主动地观察的技术检查。
- 1.4.3. 检查负责人不能够执行要求的任何一条，或者赛车和一些必要的项目没有进入准备状态，技术检查将会停止并且队伍会被要求离开技术检查区。

### 1.5. 检查过程

- 1.5.1. 赛车检查由以下三部分组成：
- 1.5.2. 第一车检-无人驾驶系统、电气和机械检查
- 赛车必须在被允许参加机械检查前首先通过电气检查。在通过电气检查前，赛车只能在断开 HVD 的前提下，在赛场推动。参加任何静态项目都是如此。
  - 每辆车都要被检查，以确定其是否符合规则的要求。检查包括检查车手装备（第二章 14.3）以及测试车手逃生时间（第二章 4.11）。
  - 完成电气与机械检查后，需要进行无人驾驶系统检查。
  - 必须通过第一车检才能申请参加第二和第三车检。
- 1.5.3. 第二车检-斜台测试
- 每辆车都必须参加测试以确保其满足第五章 7.1 斜台测试的要求。
  - 必须通过第一和第二车检才能申请参加第三车检。
- 1.5.4. 第三车检-主开关、启动鸣笛，雨淋测试，制动测试和紧急制动系统测试
- 如果赛车通过启动鸣笛测试，即可参加雨淋测试，然后按规定的方式进行制动测试（规则第五章 10.1），通过制动测试后即可参加紧急制动系统测试（规则第五章 11.1）。

### 1.6. 调整与修改

- 1.6.1. 在技术检查之后，赛车只允许进行下列调整：
- 对带、链等张紧的调整；
  - 制动力分配的调整；
  - 驾驶员安全设备、头枕、座椅以及踏板的调整；
  - 为适应不同驾驶员身材而对头枕以及座椅辅助靠垫的替换；
  - 后视镜的调整；
  - 除弹簧、横向稳定杆摇臂以及垫片以外的部件，对悬架进行调整时不得更换；
  - 轮胎压力的调整；
  - 定风翼的角度调整，但其装配位置不可调整；
  - 有油液的替换；
  - 旧轮胎或刹车片的更换。更换的轮胎和刹车片必须与技术检查时显示并通过的，在材料，成分和尺寸上一致；
  - 干胎、雨胎的更换必须基于中国大学生无人驾驶方程式大赛规则第七章第四节中

- 规定的赛道状况；
- 低电压电池充电；
- 高压蓄电池充电；
- 软件、算法标定及数据的调试与更改；
- 环境感知传感器的角度调整，但不可更改安装位置。

## 2. 第二节 预检

### 2.1. 预检要求项目

2.1.1. 预检中必须携带并展示下列项目：

- 所有车手头盔；
- 所有车手装备和安全装备；
- 两个未使用且在使用日期内的灭火器；
- 一组四个带有轮辋的雨胎；
- 一组四个带有轮辋的干胎；

在预检中展示的轮胎类型/轮辋类型组合必须在整个赛事中保持一致。干胎的轮辋与雨胎的轮辋可以不同。

## 3. 第三节 电池箱检

### 3.1. 电池箱检基本要求

3.1.1. 当 AIRs、熔断器、预充/放电电路和维护螺栓的自锁机构清晰可见并在可接触检查的范围内，单体模组没有必要完全拆卸。

3.1.2. 充电机将会被检查并贴封条。

3.1.3. 拆装电池箱及其内部电路的一组基本工具会被检查。

### 3.2. 电池箱检要求项目

3.2.1. 电池箱检中必须携带并展示下列项目：

- 所有驱动系统电池箱；
- 电池箱手推车；
- 充电机；
- 基本工具，详见第五章 3.2.2；
- 拆装任何部件的工具；
- 属于驱动系统部分并安装在电池箱内部的自主设计 PCB 板的样例，详见规则第三章 4.3.6；
- 电池箱内部所有部件的参数表；
- 对于第二章 1.2.1 定义的材料，如果材料表面没有序列号或标准号，则需提供原始采购单及相关数据证明；
- 如果需要，打印规则的相关问题或疑问。

3.2.2. 下列完好无损的基本工具必须在检查中出示：

- 绝缘电缆剪；
  - 绝缘改锥；
  - 带有受保护探头尖端的万用表和两个 4mm 香蕉插头测试引线，额定电压为 1000V CAT III 或更高
  - 如果驱动系统中使用螺纹连接，必要的绝缘工具；
  - 防护面罩；
  - 至少两幅高压绝缘手套（未过期）；
  - 两张每块至少 1.0m<sup>2</sup> 的高压绝缘毯；
  - 所有可能操作或工作在驱动系统或者电池箱的队员，必须配备安全防护眼镜。
- 所有电气安全项目/工具额定电压必须大于驱动系统最大电压。

## 4. 第四节 电检

### 4.1. 电检基本要求

- 4.1.1. TS 与 LVS 接地之间的绝缘电阻会被测试。赛车最大 TS 电压小于等于 250V，则使用 250V 探测；赛车最大 TS 电压大于 250V，则用 500V 探测。

如果保证通过该项测试，测量的绝缘电阻值至少为最大 TS 电压 $\times 500 \Omega/V$ 。

- 4.1.2. IMD 将会通过在 TSMP 之间连接一个电阻进行测试，详见规则第三章 4.7 和 LVS 接地插接件，详见规则第三章 4.7.8。

如果 IMD 在 30s 内对于低于响应值（对应  $250 \Omega/V$ ）的 50% 的故障电阻能够关闭 TS，则测试通过。

### 4.2. 电检要求项目

- 4.2.1. 电检中必须携带并展示下列项目：

- 一名 ESO；
- 完整装配电池箱的赛车；
- 快速举升器与推杆；
- 属于驱动系统部分并在电池向外部的自主设计 PCB 板的样例，详见规则第三章 4.3.6；
- BSPD 检查所需要的工具，详见规则第二章 11.6.9；
- 所有在驱动系统中使用部件的参数表；
- 对于第二章 1.2.1 定义的材料，如果材料表面没有序列号或标准号，则需提供原始采购单及相关数据证明；
- 电检中需要拆装部件的必要工具；
- 如果需要，打印规则的相关问题或疑问。

## 5. 第五节 机械检

### 5.1. 机械检要求项目

- 5.1.1. 电检中必须携带并展示下列项目：

- 赛车要处于准备比赛的状态；
- 快速举升器和推杆；
- 队伍最高的车手；
- SES 表格的纸质打印文件；
- IAD 纸质打印文件以及相关证明材料；
- 如果需要，打印规则的相关问题或疑问；
- IAD 测试样块（使用标准“IA”队伍不需要出示）；
- 使用单体壳的队伍：层压试样；
- 使用合金钢的队伍：测试样料；
- 机械检中需要拆装部件的必要工具；

## 6. 第六节 无人驾驶系统检

### 6.1. 无人驾驶系统检目的

- 6.1.1. 无人驾驶赛车检查的目的是通过检查项目来证明：

- 所有使用的传感器，包括其安装位置、固定方式，都满足于规则要求；
- RES, ASMS, EBS, ASSI 和数据记录系统等均按照规定进行工作。

### 6.2. 无人驾驶检要求项目

- 6.2.1. 无人驾驶系统检中必须携带并展示下列项目：

- 一名 ASR；
- 一名 ESO；
- 赛车必须完全组装，准备比赛的状态包括数据记录仪（Data Logger），详见规则第三章 4.6；
- 所有环境感知传感器的参数表；

- 证明传感器符合当地法律法规的文件；
- RES 遥控端；
- 打印版 ASF；
- 无人驾驶系统检中需要拆装部件的必要工具；
- 如果需要，打印规则的相关问题或疑问；

## 7. 第七节 斜台测试

### 7.1. 斜台测试过程

- 7.1.1. 斜台测试在最高车手在正常的驾驶模式，安装并佩戴所有安全装备的情况下进行。
- 7.1.2. 所有液体必须添加至最高添加线。
- 7.1.3. 赛车必须在斜台上放置至最大倾斜  $60^\circ$ ，保证不能有任何液体泄漏，同时赛车所有轮胎必须接触地面。

## 8. 第八节 赛车称重

### 8.1. 赛车称重过程

- 8.1.1. 赛车所有部分必须在称重时保证完全准备比赛的状态。
- 8.1.2. 所有液体必须添加至最高添加线。

## 9. 第九节 淋雨测试

### 9.1. 淋雨测试基本要求

- 9.1.1. 赛车必须通过全部电检，详见规则第五章第四节，才允许进入淋雨测试。

### 9.2. 淋雨测试过程

- 9.2.1. 赛车必须在准备比赛的状态。淋雨测试中，所有为赛车防水的覆盖件或遮盖物必须在整个比赛中使用，不得去除或临时覆盖/遮挡。
- 9.2.2. 在淋雨测试时，驱动系统必须激活。
- 9.2.3. 赛车必须使用快速举升器举升离地，详见规则第二章 14.2，并移除所有驱动轮。
- 9.2.4. 赛车禁止在准备驾驶模式下，详见规则第三章 4.11。
- 9.2.5. 测试在没有车手的状态下进行。
- 9.2.6. 淋雨测试中的水会从赛车任何可能的方向喷洒，喷洒状态是模拟赛车在雨中的驾驶状态，而不是高压水柱的直接喷射。
- 9.2.7. 赛车将在水中喷淋 120s，随后停止喷淋静置 120s，如果 IMD 没有触发则测试通过。

## 10. 第十节 制动测试

### 10.1. 制动测试过程

- 10.1.1. 在加速行驶的赛道尽头时，赛车四轮同时抱死且在一条直线上稳定停止，裁判认为通过测试。
- 10.1.2. 在加速之后，驱动系统必须由车手关闭，同时车手仅可以通过机械制动发生制动动作。由于系统电压降低最多持续 5s，TSAL 在赛车完全停止后，短时间内才变为绿色被认为是可接受的。
- 10.1.3. 制动灯和 TSAL 可视性会被裁判检查来确保是否其可视性在外界环境观察下满足要求。

10.1.4. 启动鸣笛会被裁判检查来确保是否声音等级满足要求。

10.1.5. EBS 测试必须在第五章 10.1 中所有项目通过后来执行。

## 11.第十一节 紧急制动测试

### 11.1.紧急制动测试基本要求

11.1.1. EBS 将进行动态测试并必须能够如表现为规则第五章 11.1.3 中描述的动作。

11.1.2. EBS 测试赛道的锥桶摆放与直线加速测试类似。

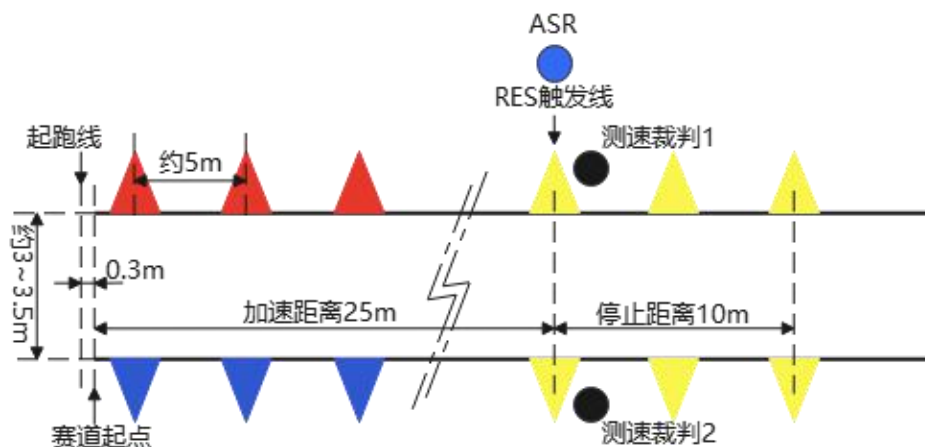


图 5.1 紧急制动测试赛道示意图

11.1.3. 当赛车减速时，必须保证是稳定的行驶过程（例如，不能出现不期望的横摆动作）。这既可以通过受控制的减速（转向与制动控制都处于激活状态），也可以通过四轮同时抱死来保证直线上的稳定制动。

11.1.4. 如果测试时赛道较为潮湿，安全停止距离将根据裁判对现场路面的摩擦力等级进行判断与测量。

### 11.2.紧急制动测试过程

11.2.1. 赛车置于测试赛道到起点线后 0.3m，一名 ESO 与一名 ASR 对赛车进行操作，赛车进入“无人驾驶准备”（AS Ready）状态，通过 AMI 选择驾驶任务，裁判对赛车状态进行检查与判断，满足规则第四章 2.4 中描述。

11.2.2. ASR 通过 RES 给出“Go”信号，赛车加速至赛道 25m 的标记锥桶处（图 5.1）按下 RES 急停按钮，赛车按照规则第五章 11.1.3 中的描述进行制动减速。赛道两侧站有测速裁判，通过手持测速仪对赛车进行测速，赛事使用测速仪如下图所示。



图 5.2 手持测速仪

11.2.3. 赛车完全停止后，裁判检查赛车状态进入“紧急制动”（Emergency）状态，并测量安全停止距离。测速仪加速 25m 时速度至少为 40km/h（两侧裁判取最大值为有效测速成绩）且赛车制动距离小于等于 10m，则测试通过。

## 12.第十二节 赛后复检

### 12.1.赛后复检过程

12.1.1. 裁判有权利在任何一项动态赛事期间或之后扣留任何赛车来检查是否满足规则要求。如果必要，赛车将会由裁判扣留直到队伍解释违反的规则项目。

12.1.2. 在高速循迹追踪测试赛事之后，赛车必须听从裁判安排停在指定区域以确保任何队员不会碰触赛车。

12.1.3. 在动态赛事之后，赛车必须仍完全符合规则要求。

12.1.4. 对于违反规则的情况，队伍会收到下列对应的罚分：

- A 类：对队伍没有益处的违反规则；
- B 类：队伍从违反规则中获得益处/优势（比如，空气动力学设备）

	直线加速	8 字环绕	高速循迹	操控性测试
A 类	0.3s	0.3s	30s	1s
B 类	1s	1s	2min	2min

罚分会计算在从队伍最后一次进入动态区以后的所有跑动成绩。

12.1.5. 违反安全性或设备性（例如，BOTS，安全肩带、离地间隙、液体泄漏等）的规则会导致在参与的跑动中取消资格（DQ）。

12.1.6. 在赛道上有赛车部件遗落的情况将判为该次跑动 DQ。

12.1.7. 对照技术检查称重（详见规则第五章 8.1）时，如果赛车重要变化超出 $\pm 5\text{kg}$  导致超出规定误差的每公斤受到 20 分的罚分。例如，重量差为 $\pm 6.2\text{kg}$  会惩罚 40 分。

12.1.8. 赛车必须可以进入待驶状态，详见规则第三章 4.11，在复检期间的任何测试都要满足能够进入该种状态。违反要求会直接取消资格（DQ）。

12.1.9. 在高速循迹追踪测试后并离开指定复检区域后，规则第三章 4.6 与第四章 1.2 中所描述的数据记录仪直接从赛车上拆除。

# 第六章 静态项目规则

## 1. 第一节 赛车设计项目

### 1.1. 赛车设计项目目的

- 1.1.1. 设置赛车设计项目的目的在于评估各队在设计赛车时在工程层面作出的努力以及从赛车性能和综合价值考虑其工程设计是否符合市场需求。
- 1.1.2. 能够最好地运用工程设计来达到设计目的——性价比高且性能出色的赛车，并且对设计理解最深刻的队伍将会在设计报告项目中取得优胜。

**说明：**必须提醒车队注意的是中国大学生无人驾驶方程式大赛是一个工程设计类的比赛，在赛车设计项目中，车队是根据其设计来被进行评估的。作为成品而被直接整合入设计之中的零件及系统是无法作为学生设计的部件而被评估的，而仅能看作是车队对该部件选择和运用的能力。例如，车队自行设计和制造的减震器将从减震器自身设计及在悬架系统中对该减震器的应用两个层面被进行评估。而直接使用购买而来的减震器的车队仅能从悬架系统部件的选用和应用这一个层面被进行评估。

- 1.1.3. 设计报告裁判可能也会查看之前提交的无人驾驶系统设计报告。在设计报告中展示的赛车应该反映出无人驾驶系统改装与优化的设计概念。

### 1.2. 设计报告（DR） - 提交要求

- 1.2.1. 设计报告 - 现场比赛开始前，裁判首先要进行设计预审。设计预审评判的最主要依据为所提交的设计报告。
- 1.2.2. 该报告不得超过 8 页，包括不超过 4 页的文本、3 页图纸（见第六章 1.4 赛车图纸）以及 1 页车队自定内容（照片、图表等）（可选）。
- 1.2.3. 该文件应包含赛车的简要描述，其中包括赛车设计目标，以及主要设计特点和理念的论述。同时，该报告中还应包括一份各种分析与测试技术细节的清单（有限元分析，驱动系统实验数据等）。对此分析的证据与支持数据应一并带至赛场，如裁判们要求，需提供给裁判进行评审。
- 1.2.4. 这些文件会被评入赛车设计项目分数。

**说明：**请将您的设计报告视为本队“赛车的简历”来看待。

### 1.3. 设计参数表（DSS） - 提交要求

- 1.3.1. 设计参数表——车队还需提交一份完整的中国大学生无人驾驶方程式大赛设计参数表。
- 1.3.2. 此中国大学生无人驾驶方程式大赛设计参数表的模板可在中国大学生无人驾驶方程式大赛官网上进行下载：<http://www.formulastudent.com.cn>。提交时请不要对该模板的格式进行任何变动。
- 1.3.3. 设计裁判们了解最终的设计改进及赛车改造可能会使提交的数据与最终的整车有轻微的差别。对于那些受调校影响的项目，建议车队提供预设的值域。
- 1.3.4. 设计报告与设计参数表虽相互关联，但两者应各自独立提交。为此要求须有两次独立的文件提交过程。

### 1.4. 赛车图纸

- 1.4.1. 设计报告应包含一份三视图，分别给出赛车的正视图、俯视图及侧视图。
- 1.4.2. 每张图纸应独立构成一页。图纸既可为手工绘制也可由计算机生成。图纸内应包含赛车



的主要尺寸，如车整体的长、宽、高，轴距，轮距等。

1.4.3. 照片应另行放置在可选页面中而不能被看作为图纸。

### 1.5. 设计报告及设计参数表格式

1.5.1. 设计报告需以 Adobe Acrobat® (\*.pdf 文件) 的格式进行提交。报告必须为单一文件(文本, 图纸及可选内容应全部包含)。

1.5.2. 设计报告文件必须按照以下格式命名:

赛车号码\_学校名称\_赛事代码\_DR.pdf (需使用中国大学生无人驾驶方程式大赛分配的赛车号码及完整的学校名称), 如:

A01\_中国大学\_FSAC\_DR.pdf

1.5.3. 设计参数表需以 Microsoft Excel® (\*.xls 文件) 的格式进行提交。设计参数表的格式不允许被更改。

1.5.4. 与设计报告相似, 设计参数表必须按照以下格式命名:

赛车号码\_学校名称\_specs.xls (需使用中国大学生无人驾驶方程式大赛分配的赛车号码及完整的学校名称), 如:

A01\_中国大学\_specs.xls

**警告 – 未严格按照以上要求提交的车队可能会失去赛车设计项目的评比资格。若车队提交的文件未能按照要求的格式或是未能正确命名, 它们将不会随其他文件提供给设计裁判, 其车队也将从该项目中被除名。**

### 1.6. 对于超出规定大小的设计报告

1.6.1. 如果某车队提交的设计报告中有超过 4 页的文本、超过 3 页的图纸或超过 1 页的可选页, 报告将只有其文本的前 4 页、图纸的前 3 页以及可选页的前 1 页得到裁判的审阅及评估。

**备注:** 若有封面及目录, 则封面及目录也将被视为文本页面。

### 1.7. 提交截止日期

1.7.1. 设计报告和设计参数表组成“设计文件”。设计文件需在官网上给出的截止日期前通过指定流程提交。该文件的提交需遵从各次比赛中官网上给出的指示。

1.7.2. 设计文件需各自以独立文件的形式提交。

1.7.3. 报告成功提交后, 车队将通过电子邮件或赛事网站收到确认信息。车队需准备一份该确认信息的打印件用以在比赛出现差错时作为已提交过报告的证据。

### 1.8. 迟交及未提交的扣分

1.8.1. 设计报告和设计参数表组成“设计文件”。迟交或者漏交全部或任一文件, 按每迟交一天扣 10 分处理, 最多扣 100 分。若全部或任一设计文件在截至日期超过 10 天后才收到, 则按“未提交”处理, 该车队将失去参加赛车设计项目的资格, 此项得分为零。

### 1.9. 不合格提交的扣分

1.9.1. 依照裁判判断, 提交设计报告及设计参数表被视为与规则第六章 1.2, 第六章 1.3 和第六章 1.4 不符的车队也将无法完成赛车设计项目, 不过可能会获得 5 分至 20 分的努力分值。

### 1.10. 赛车设计项目– 赛车状态

1.10.1. 赛车必须以整车成品的状态进行设计呈示, 例如: 完全装配, 已完成状态的和随时可行驶的状态。

1.10.2. 裁判在赛车设计项目中不会对现场任何他们认为处于未完成状态的赛车进行评估。

- 1.10.3. 由于处于未完成状态而被裁判拒绝评判的赛车将设计项目中得零（0）分。
- 1.10.4. 赛车可能会因为明显的准备不足而被给予一定的分数扣分，例如：明显的紧固零件的松动或遗失。

**备注：**未通过技术检查的赛车也可以在设计评判中进行呈示，即便最终调校及设置仍在进行中。

#### 1.11. 评判标准

- 1.11.1. 设计裁判将在车队的设计报告、设计参数表、问答环节以及赛车检查的基础上对其工程成果进行评估。具体评判标准详见附录 S-1 设计项目评分表。
- 1.11.2. 设计裁判将通过赛车检查来决定设计理念对于其应用性（与规则中提及的目标相关）是否充足及恰当。
- 1.11.3. 如果车队不能充分解释其赛车的工程制造细节，裁判将履行职责对其进行扣分。
- 1.11.4. 设计项目评分表-设计项目评分表可在官网下载。裁判建议所有车队完整阅读该评分表以及发布于该网站上的其他相关资料。

#### 1.12. 评判顺序

- 1.12.1. 赛车设计项目的实际形式可能会依大赛组织者的决定在不同比赛和不同年份之间发生变动，根据现场通知进行顺序参加。

#### 1.13. 评分

- 1.13.1. 该项目的得分范围为 0 分至 150 分，具体得分依裁判判断决定。会包含等级评定和现场评审。
- 1.13.2. 对于设计项目第一名的车队，裁判有权评定其得分低于 150 分。

#### 1.14. 支持性材料

- 1.14.1. 车队在进行设计项目时可携带任何他们认为可用来支持赛车呈示以及对他们的开发过程讨论有益的照片，图片，计划，图表，示例样件或其它材料。

## 2. 第二节 无人驾驶系统设计项目

### 2.1. 无人驾驶系统设计项目目的

- 2.1.1. 对于无人驾驶团队，评估关于赛车自动驾驶的能力与相关系统的开发流程成为这项赛事中的重要部分。因此，所有自动驾驶需要的系统将会被检查和询问；包括对于在无人驾驶系统中所使用全部软件或硬件的讨论。

### 2.2. 无人系统设计报告（ADR） – 提交要求

- 2.2.1. 无人驾驶系统设计报告- 在现场比赛开始前，裁判首先要进行设计预审。设计预审评判的最主要依据为所提交的设计报告。
- 2.2.2. 该报告不得超过 5 页，包括所有文本内容与图片内容。
- 2.2.3. 该文件应该包含无人驾驶系统的总述，并带有团队设计目标、想法的来源与总结。任何描述、解释或者亮点的设计特征、方案、方法或者主观的向裁判表达无人驾驶系统的价值和性能应该包括在团队的描述中。
- 2.2.4. 该报告中所提到任何信息的证明允许带到比赛中，并认为是有效的，根据要求可提交裁判进行审阅与查看。

- 2.2.5. 这些文件会被评入无人驾驶系统设计项目分数。  
**说明：**请将您的无人驾驶系统设计报告视为本队“无人驾驶系统的简历”来看待。

### 2.3. 无人驾驶系统设计报告格式

- 2.3.1. 无人驾驶系统设计报告不具体限定书写格式，推荐使用科技型论文书写方式。
- 2.3.2. 无人驾驶系统设计报告需以 Adobe Acrobat® (\*.pdf 文件) 的格式进行提交。报告必须为单一文件（文本，图纸及可选内容应全部包含）。
- 2.3.3. 设计报告文件必须按照以下格式命名：

赛车号码\_学校名称\_赛事代码\_ADR.pdf (需使用中国大学生无人驾驶方程式大赛分配的赛车号码及完整的学校名称)，如：

A01\_中国大学\_FSAC\_ADR.pdf

**警告 – 未严格按照以上要求提交的车队可能会失去赛车设计项目的评比资格。若车队提交的文件未能按照要求的格式或是未能正确命名，它们将不会随其他文件提供给设计裁判，其车队也将从该项目中被除名。**

### 2.4. 对于超出规定大小的设计报告

- 2.4.1. 如果某车队提交的设计报告中有超出 5 页的文件任何内容，裁判有权不进行任何评审与查阅。  
**备注：**若有封面及目录，则封面及目录也将被视为文本页面。

### 2.5. 无人驾驶跑动视频 (VSV) – 提交要求

- 2.5.1. 无人驾驶跑动视频 - 所有参赛车队必须要在赛前提交无人驾驶跑动视频，作为裁判初期对无人驾驶系统和表现的预估与判断。
- 2.5.2. 视频中项目必须遵循下列顺序进行展示：
- 静态放置
  - 360° 环绕赛车（镜头位置闭合）
  - 执行操作流程并进入无人驾驶准备状态（“AS Ready”）
  - 直线行驶，180°转弯，掉头
  - 直线行驶回到初始位置（或其同一水平线位置，即 U 型赛道满足要求）
  - 停车，静止放置
- 2.5.3. 视频必须满足下列的所有情况：
- 需要分窗格展示赛车行驶的第三视角，第一视角以及赛车环境感知与路径规划虚拟视角的三方面连续性视频。**注意！三个视角的视频必须保证时间同步。**
  - 视频内容必须清晰可见（赛车，视频分辨率以及帧率等）
  - 视频保持原始录制状态，不要进行参数改变（播放速度、遮挡、动画特效等）
  - 赛车不能够由车手驾驶，完全无人驾驶模式进行行驶
  - 赛车必须仅依靠本身动力系统进行行驶
  - 行驶在一个明确隔离或具有防护的区域内进行录制
  - 赛车必须是准备参赛的状态，包括车身
  - 主环灯与无人驾驶系统状态指示灯必须在视频中清晰可见
  - 启动鸣笛必须在视频中可清楚听见
  - 在跑动视频的最后，赛车必须通过紧急制动操作进行停车
- 2.5.4. 该文件会被评入无人驾驶系统设计项目分数。

### 2.6. 无人驾驶跑动视频提交格式

- 2.6.1. 视频总体长度不超过 60s。

2.6.2. 视频格式必须为常见的通用格式，例如，avi, mpg, mp4, wmv。

2.6.3. 无人驾驶跑动视频必须按照以下格式命名：

赛车号码\_学校名称\_赛事代码\_VSV（需使用中国大学生无人驾驶方程式大赛分配的赛车号码及完整的学校名称），如：

A01\_中国大学\_FSAC\_VSV

**警告 – 未严格按照以上要求提交的车队可能会失去赛车设计项目的评比资格。若车队提交的文件未能按照要求的格式或是未能正确命名，它们将不会随其他文件提供给设计裁判，其车队也将从该项目中被除名。**

## 2.7. 提交截止日期

2.7.1. 无人驾驶系统设计报告和跑动视频组成“无人驾驶系统设计文件”。无人驾驶系统设计文件需在官网上给出的截止日期前通过指定流程提交。该文件的提交需遵从各次比赛中官网上给出的指示。

2.7.2. 无人驾驶系统设计文件需各自以独立文件的形式提交。

2.7.3. 报告成功提交后，车队将通过电子邮件或赛事网站收到确认信息。车队需准备一份该确认信息的打印件用以在比赛出现差错时作为已提交过报告的证据。

## 2.8. 迟交及未提交的扣分

2.8.1. 无人驾驶系统设计报告和跑动视频组成“无人驾驶系统设计文件”。迟交或者漏交全部或任一文件，按每迟交一天扣 10 分处理，最多扣 100 分。若全部或任一文件在截至日期超过 10 天后才收到，则按“未提交”处理，该车队将失去参加无人驾驶系统设计项目的资格，此项得分为零。

## 2.9. 不合格提交的扣分

2.9.1. 依照裁判判断，提交无人驾驶系统设计报告和跑动视频被视为与规则第六章 2.2 和第六章 2.5 不符的车队也将无法完成无人驾驶系统设计项目，不过可能会获得 5 分至 20 分的努力分值。

## 2.10. 无人驾驶系统设计项目– 赛车状态

2.10.1. 该项目中赛车不要求出席答辩现场，可以携带赛车测试与比赛数据/视频/图片来证明赛车无人驾驶系统的功能工作状态和完整程度。

2.10.2. 由于处于未完成状态而被裁判拒绝评判的赛车子系统/算法将在无人驾驶系统设计项目对应部分评分中得零（0）分。

2.10.3. 赛车相关数据和证明可能会因为明显的准备不足而被给予一定的分数扣分，例如：明显的传感器或算法上的含糊不清或不匹配。

**备注：**未通过技术检查的赛车也可以在设计评判中进行呈现，即便最终调校及设置仍在进行中。

## 2.11. 答辩过程

2.11.1. 设计赛事由提交无人驾驶系统设计文件的审阅来开始，项目进行顺序听从赛事安排。

2.11.2. 团队需要展示仿真测试的数据与无人驾驶跑动视频，这些数据让裁判可以了解算法的运行。这里可能有来自动态赛车的视频和数据。根据这些数据，赛车的决策和动作将被讨论和研究。因此，软件和赛车的算法将被详细地进行调查和交流。

**备注：**该赛项中，数据记录仪相关数据和赛车表现将作为裁判询问的相关依据；也作为辅助答辩过程与评判赛车性能的证明材料。

### 2.12. 评判标准

- 2.12.1. 裁判将依据团队无人驾驶系统设计报告进行工程评估，对问题进行反馈和赛车的检查。具体评判标准详见附录 S-1 设计项目评分表。
- 2.12.2. 裁判将检查赛车来确定是否设计方案是与实际应用是一致吻合。
- 2.12.3. 如果团队不能够完全解释赛车的算法设计思路与实现性能以及相关无人化改装的设计，裁判将有权进行对应项目的扣分。

### 2.13. 评分

- 2.13.1. 该项目的得分范围为 0 分至 200 分，具体得分依裁判判断决定。
- 2.13.2. 对于无人驾驶系统设计项目第一名的车队，裁判有权评定其得分低于 200 分。

### 2.14. 支持性材料

- 2.14.1. 车队在进行无人驾驶系统设计项目时可携带任何他们认为可用来支持赛车呈示以及对他们的开发过程讨论有益的照片，图片，计划，图表，视频，示例样件或其它材料。

## 附录 S-1 设计项目评分表

项目	分数	总分
整车设计方案	25	150
赛车表现	35	
机械/结构设计	25	
传动系统	35	
低压电气/电子系统	10	
驾驶界面/无人驾驶驱动器	15	
设计报告	5	
硬件开发	15	200
软件开发	15	
路径规划	25	
定位与建图	25	
传感器数据融合	25	
安全性与可靠性	25	
赛车网络通讯/数据处理	15	
验证、仿真与测试	15	
无人驾驶系统设计报告	15	
跑动视频	10	
数据可视化/使用工具	15	

# 第七章 动态项目规则

## 1. 第一节 动态项目概述

### 1.1. 车手限制

- 1.1.1. 各车队至少要有一名车手，至多 3 名车手。以便完成无人驾驶赛车的技术检查相关项目、制动测试和手动驾驶模式下的测试项目。
- 1.1.2. 若不同类型赛事同场同期进行时，同校不同队伍的车手允许共用参与赛事，但同一车手不得参加不同类型赛事中同一动态项目的比赛。

**备注：**无人驾驶赛事中的操控性测试被视为油/电赛事中的高速避障赛项。

### 1.2. 动态区和动态区背心

- 1.2.1. 技术检查和所有动态赛项都在动态区域进行。
- 1.2.2. 每个团队都会分配四个动态区背心，并且必须在动态区域穿上。
- 1.2.3. 每次每个团队只有四名成员，包括驾驶员，可以进入动态区域。
- 1.2.4. 驾驶员坐在车内时不得穿动态区背心。驾驶员的背心不得附在赛车上。
- 1.2.5. 可以在该区域中使用的工具数量仅限于四个团队成员在一次进入动态区中可以安全携带的工具数量。技术检查中将依据裁判允许进行额外携带。
- 1.2.6. 动态区内除赛车程序调试与赛车数据查看以外，不得进行赛车任何部分的维修与整改工作。
- 1.2.7. 操控性测试中，电机可以按照官方的顺序和指示在分段队列中运行。

### 1.3. 动态赛项区域定义

- 1.3.1. 如图 7.1 所示，无人驾驶动态赛项区域所处的动态区将被严格划分为：赛项准备区、赛项排队区、赛项发车区以及赛道区域与缓冲区域。下面将给出各区域定义。
  - 赛项准备区：此区域车队队员允许进行对应赛项的准备工作。赛车参加赛项将率先进入该区域。
  - 赛项排队区：该区域完成赛车检录工作，进入等待比赛状态。不得对赛车进行任何改动/调试操作。
  - 赛项发车区：不同赛项赛道中所规定的起跑线前的区域，详见规则第七章。该区域位于赛道区域内。
  - 赛道区域与缓冲区域：动态赛项的对应赛道以及外部的缓冲安全保护区域。
- 1.3.2. 除赛道裁判、ASR 以外的任何人员不得进入赛道区域内。动态区其他队员在获得裁判的允许后，在指挥下可以进入指定区域进行操作。

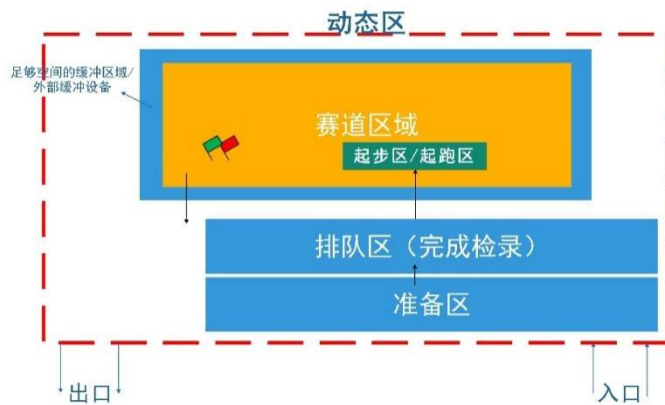


图 7.1: 动态赛区域划分示意图

#### 1.4. 赛项准备区

- 1.4.1. 区域内仅允许进行赛车程序调试与状态检查操作，赛车部件的维修与整改工作不得进行，若需要进行则必须退出动态区。
- 1.4.2. 区域内允许激活低压系统进行工作，其他任何系统禁止激活或启动。可以保持低压系统的激活状态进入排队区。
- 1.4.3. 赛车若不需要任何调试与准备工作可跳过该区域进入排队区。
- 1.4.4. 动态区中仅有该区域允许建立 GPS 基站，但不保证具有足够的空间和良好的环境。

#### 1.5. 赛项排队区

- 1.5.1. 进入区域裁判即对车进行检录工作，并完成赛车检录，准备比赛。
- 1.5.2. 进入区域后不得进行赛车的任何其他操作/调试，仅低压系统允许激活。
- 1.5.3. 此区域执行跑动优先权原则，即跑动次数少的车队具有优先发车的权利。
- 1.5.4. 赛项规定结束时间前进入该区域内的赛车，将保留跑动机会，完成跑动。

#### 1.6. 赛项发车区

- 1.6.1. 允许以低压系统激活状态进入该区域。
- 1.6.2. 赛车位于区域内进入待驶状态后，除 ASR 以外的人员立即返回赛项准备区进行等待。
- 1.6.3. 发车区操作规定详见规则第七章 3.10。

## 2. 第二节 赛场行为准则

### 2.1. 比赛目标 - 特别提醒

- 2.1.1. FSAC®是一项工程设计竞赛，它旨在展示赛车的性能展示而非突出比赛本身。在此我们讲求工程学伦理。公认的是，为了参加中国大学生无人驾驶方程式大赛赛事需要在实验室中付出上百小时的辛勤劳动。这项赛事也被公认为是一项旨在强调“工程教育体验”的赛事，然而它却常常与高风险比赛相混淆。随着比赛进入高潮，参赛者情绪会激动，争论也会出现。我们的官方人员都是经过训练的志愿者，他们将以最人性化的原则来公正、专业地解决这些问题。

### 2.2. 不符合体育精神的行为

- 2.2.1. 若出现任何不符合体育精神的行为，车队将受到官方的警告。若第二次出现不符合体育



精神的行为将导致车队被直接驱逐出比赛。

### 2.3. 赛车起动

2.3.1. 禁止推车启动。

2.3.2. 在任何动态项目中，一旦赛车被推到起点线，手动驾驶模式下，禁止使用任何辅助电池；无人驾驶模式下，禁止使用任何辅助设备（例如，笔记本电脑、额外的遥控装置或按钮等，RES 除外）。

### 2.4. 鞋类规定

2.4.1. 所有进入动态区域（该区域内赛车能够在其自身动力下移动）的人员必须穿着封闭脚面的鞋。

### 2.5. 电机运转要求

2.5.1. 只有在赛车通过技术检查的第一和第二部分（规则第五章 1.5）且同时满足下列条件时，电机才可以在装备区起动：

- A. 赛车处于稳固的支架上；
- B. 车轮至少离地 102mm(4 英寸)，或驱动车轮已被移除。

### 2.6. 发动赛车进行驾驶

2.6.1. 赛车只能在以下情形下依靠自身驱动系统行驶：(a)在比赛中，(b)在练习赛道上，(c)在制动测试和紧急制动测试中，或(d)其它经组织者授权特许的自行驾驶移动。

2.6.2. 其它任何赛车移动必须使用推杆（如第二章 14.1 中定义）以正常的步行速度推行。

2.6.3. 赛车未在比赛项目或练习的指定时间范围内驾驶，首次违反将扣罚 200 分，第二次违反将取消比赛资格。

### 2.7. 非赛场驾驶-禁止

2.7.1. 非赛场驾驶是被严格禁止的。车队若被发现在比赛期间在非赛场区域驾驶其赛车将被直接驱逐出比赛。

### 2.8. 练习赛道

2.8.1. 经大赛组织者同意，用于测试和调整赛车的练习赛道将会开放。练习区域是被严格控制的，只有在规定的练习时间中才能使用。

2.8.2. 在练习赛道之外的地点进行练习与测试是被严格禁止的。

2.8.3. 在规定赛事或规定练习以外驾驶赛车的队伍第一次将被处以 200 分的扣分，第二次违反将被取消比赛资格。

2.8.4. 使用练习赛道的赛车必须拥有所有部分的技术检查合格标签。

### 2.9. 反应意识

2.9.1. 车手必须随时保持良好的反应意识以准备应对赛道上可能发生的任何情况及事件。赛道工作人员及官方发出的旗帜信号及手势信号必须立即执行。

## 3. 第三节 驾驶/行驶准则

### 3.1. 赛旗

3.1.1. 在中国大学生无人驾驶方程式大赛中，操控性测试车手以及 ASR 需要熟练掌握以下对应赛事类别的挥旗信号。

### 3.2. 旗帜的作用

3.2.1. 旗帜信号是比赛的一种指令，不得提出任何异议，必须立即执行。

### 3.3. 旗帜的类型

#### 3.3.1. 比赛中有两种旗帜：指令旗和信号旗。

指令旗即为向参赛者发送指令的旗帜，参赛者必须执行且不得提出任何异议。  
相反的，信号旗不要求车手对信号做出反馈，但信号旗可以作为附加信息来帮助其发挥出最佳水平。

### 3.4. 手动驾驶模式下的指令旗

#### 3.4.1. 并非所有旗帜都会在每一站比赛中用到，此外一些稍有不同设计的旗帜有时也会出现。任何对于此旗帜列表的变动都会在车手大会上解释说明。

#### 3.4.2. 黑旗- 驶入受罚区接受裁判长或涉及到该事件的其他裁判的警告。对于此类事件可能会处以罚时。

#### 3.4.3. 黑旗/橙色圆点旗 - 驶入受罚区接受技术检查，赛车的某些细节需要近距离检查。

#### 3.4.4. 格子旗 - 车队赛程已完成。请在第一时间退出赛道。

#### 3.4.5. 绿旗 - 比赛开始，在起跑员的指引下进入赛道。 (备注：若赛车熄火，请重新点火并等待下一面绿旗，因为赛道入口可能已经关闭。)

#### 3.4.6. 红旗 - 即刻在赛道上安全停车。队员将赛车拖至赛道边以尽可能保持赛道畅通。服从赛道工作人员的指示。

#### 3.4.7. 黄旗(静置) - 前方危险，在旗帜信号站后方发生了某些事件，减速并准备好及时避让。除非在赛道工作人员的指引下，否则不准超车。

#### 3.4.8. 黄旗(挥动) - 前方极度危险，在旗帜信号站后方发生了某些事件，减速，极可能发生需紧急避让的情况，随时准备停车。除非在赛道工作人员的指引下，否则不准超车。

### 3.5. 无人驾驶模式下的指令旗

#### 3.5.1. 并非所有旗帜都会在每一项比赛中用到，此外一些稍有不同设计的旗帜有时也会出现。任何对于此旗帜列表的变动都会在车手大会上解释说明。

#### 3.5.2. 红旗 - 赛车处于赛项无人驾驶动作中时，ASR 必须立即无条件触发 RES；赛车处于无人驾驶系统完成状态 (AS Finish) 时，则取消该次跑动成绩，记为 DNF。

### 3.6. 发动赛车进行驾驶

#### 3.6.1. 在动态项目中，赛车必须保持其机械性能的完整性。

#### 3.6.2. 赛车不得逆向行驶。

#### 3.6.3. 赛车必须能够在没有外部辅助/电池的情况下启动和重新启动。

#### 3.6.4. 禁止用推动启动赛车。

#### 3.6.5. 赛车只能在动态比赛，练习赛道和制动测试期间依靠自身驱动系统行驶。

#### 3.6.6. 绝对禁止在场外驾驶。在比赛期间被发现在场外位置驾驶赛车的车队将被排除在比赛之外。

#### 3.6.7. 禁止在比赛之前和期间原地烧胎。

3.6.8. 当无人驾驶模式时，ASR 必须带 RES 出现在比赛控制中。此外，可以带一个单独的监控设备（笔记本电脑，平板电脑.....），但不允许使用相关设备辅助车辆启动或发车（没有复杂的天线结构或其他类似设备）。

### 3.7. 离地间隙

3.7.1. 扩散器或其他通过设计、制造或赛车运动产生的空气动力学装置与赛道表面的接触都是不允许的。若有违反则会被黑旗挥停。

### 3.8. 练习赛道

3.8.1. 用于测试和调整赛车的练习赛道将会开放(无人驾驶/手动驾驶)。

3.8.2. 使用练习赛道的赛车必须拥有所有部分的技术检查合格标签。

3.8.3. 在练习赛道之外的地点进行练习与测试是被严格禁止的。

### 3.9. 锥桶和标志

3.9.1. 所有动态赛事的标识锥桶具备下列特征：

- 所有赛道均使用锥桶进行标记；
- 赛道左侧边界标记为红色锥桶；
- 赛道右侧边界标记为蓝色锥桶；
- 赛道终点计时线后安全停车区标记为两侧黄色锥桶；
- 直线加速测试、紧急制动系统测试、高速循迹追踪测试赛道两侧不存在边界线；
- 8 字环绕赛道两侧存在白色边界线；
- 锥桶下方存在定位框线；
- 除规则中定义相关赛道参数外，同侧锥桶间最大距离为 5m；
- 在转角处，同侧锥桶间的距离会略有缩小，以提供更好的识别效果；
- 在可区分的距离范围及以外，赛道区域内可能会存在（堆叠的）备用锥桶；
- 赛道标识锥桶根据具体情况会进行间距与宽度调整（除规定以外部分），且不保证一一对应的状态。

3.9.2. 表 3.1 中展示了赛道中所使用的全部锥桶的基本形式与数据：

表 3.1 赛道标识锥桶信息表格

锥桶图片				
锥桶尺寸	20×20×30 (cm)	20×20×30 (cm)	20×20×30 (cm)	35×35×70 (cm)
锥桶颜色	红	黄	蓝	黄
反光带类型	一条/白色	一条/白色	一条/白色	两条/白色

3.9.3. 除锥桶上带有印着“蔚来汽车”、“汽车工程学会”等文字标志以及对应 logo 的反光带以外，所有的赛事使用锥桶上述一致。

### 3.10. 启动程序

3.10.1. 禁止额外的设备（如笔记本电脑、千斤顶、压力罐等）在发车区周围辅助启动赛车。

3.10.2. 如果赛车在上场 3 分钟后没有进入“无人驾驶系统准备”状态，队伍将被裁判带回到动态项目准备区，同时记为使用一次跑动机会，成绩 DNF。

3.10.3. 赛车只能以转向系统保持中位的状态放置在发车区前，等候发车。

3.10.4. 从项目准备区进入项目发车区的流程与区域内允许的操作，详见规则第七章第一节。

- 3.10.5. 紧急制动系统（EBS）需要在动态项目准备区进入“装备”状态。
- 3.10.6. 无人驾驶系统主开关（ASMS）只能在裁判的允许下，由 ASR 在发车区进行 AS 激活。
- 3.11. **赛车故障与遥控急停系统的使用**
- 3.11.1. 在动态赛事中因为任何原因电机停转或驱动系统失效会导致 DNF，因为无人驾驶模式下，赛车禁止重新启动引擎/驱动系统。
- 3.11.2. 无论什么原因导致赛车停止行驶，最多等待 30 秒的时间尝试重新行驶。如果赛车无法在 30 秒内重新行驶，裁判将要求操作遥控急停系统，本次成绩记为 DNF。
- 3.11.3. 当赛车处于无人驾驶模式下，ASR 需要在场并随时准备 RES 的操作。
- 3.11.4. 无人驾驶系统负责人或者裁判可以使用遥控急停系统停止赛车在以下任何一个情况：
  - 赛车失控（如开出赛道）。
  - 赛车机械或电路损坏。
  - 高速循迹测试中，第一圈的平均速度（完成第一圈后）低于 0.5m/s 或以后任何一圈的平均速度低于 2m/s。  
*注：该项是针对赛车设计标准的要求与赛项时长的控制，以保证参赛队伍在排队状态下具有公平的跑动机会与次数。裁判将根据赛项参赛队伍排队状况以及各队伍的实时表现进行 RES 触发判断。*
  - 确保赛道上的安全（如人或动物进入赛道）。在这种情况下队伍可以获得一次重新跑动的机会。
- 3.11.5. 如果赛车故障或者被遥控急停系统进行紧急制动，赛车将从赛道移出，并禁止重新进入赛道，分数记为 DNF（高速循迹测试中，因速度条件不满足而触发除外。分数规则详见规则第七章 8.4）。
- 3.11.6. 赛道外，车队队员可以进行对故障赛车进行排查。但该项工作只能在裁判指导与指示下进行执行。
- 3.12. **动态赛事跑动次数与成绩排名规则**
- 3.12.1. 无人驾驶类别的动态赛项不限制跑动次数，对应赛项相关要求详见本章规则 3.10.2, 5.2, 6.2 和 8.3。
- 3.12.2. 由于跑动次数的不限制，当出现赛项修正用时/成绩相同时，执行以下单项赛事排名计算原则：完成该相同用时/成绩所使用的跑动次数较小的队伍靠前排名；若完成该成绩的跑动次数仍然相同，则在比赛中先完成该次跑动次数的队伍排名靠前。
- 3.13. **动态赛事完成流程**
- 3.13.1. 赛车必须由一名无人驾驶系统负责人收回，得到裁判允许后，可进入 1-3 名车队队员进行协助。
- 4. 第四节 天气条件**
- 4.1. **操作条件**
- 4.1.1. 下面是被承认的驾驶路况：
  - 干
  - 潮湿
  - 湿
- 4.1.2. 操作条件由官方决定，随时可能改变。
- 4.1.3. 动态区域将突出显示当前操作条件。

## 4.2. 轮胎要求

4.2.1. 运行状况将决定赛车所用轮胎的种类如下：

- 干 - 赛车用干胎。
- 潮湿 - 赛车可以自行决定使用干胎或雨胎比赛。
- 湿 - 赛车必须使用雨胎。

4.2.2. 当运行状况是潮湿时，车队可自行决定何时将干胎换成雨胎或将雨胎换成干胎：  
在直线加速、8字环绕或高速循迹、操控性测试项目中的任何时间

4.2.3. 如果一个比赛的运行状况发生变化，那么大赛官方可以酌情调整性能得分的最低性能要求。

4.2.4. 在所有动态赛事期间，每种类型（干/湿）只能使用一组轮胎。本规则不包括制动测试、练习区和静态项目。

## 5. 第五节 八字环绕测试

### 5.1. 八字环绕测试布局图

5.1.1. 两个同心圆成八字形排列。见图 7.2。

5.1.2. 两个圆心之间距离为 18.25m。内圆直径为 15.25m，外圆直径为 21.25m。

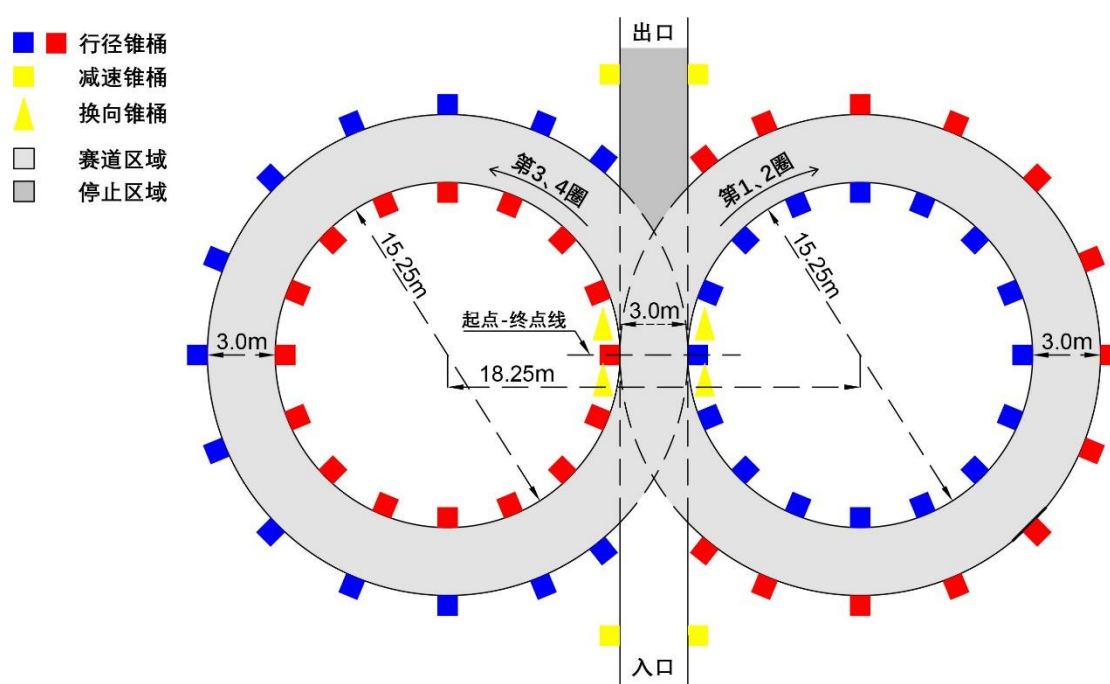
5.1.3. 在左右两圆内圈的内侧各布置有 16 个锥桶，外侧各布置有 13 个锥桶。如下图所示。

5.1.4. 两圆切点处使用黄色高锥桶作为切点处的标识。

5.1.5. 每个圆都会用粉笔在内圆之内和外圆之外做上记号，而不是在行驶通道一侧。

5.1.6. 赛道内外圈之间是一个 3 米的赛道。赛车出入于两圆相切的 3m 宽赛道。

5.1.7. 两圆心的连线定义为起点-终点线。从起点-终点线出发绕其中一个圆一周再回到起点-终点线，定义为一圈。



## 5.2. 八字环绕测试程序

- 5.2.1. 每支车队的跑动次数不做限制。
- 5.2.2. 发车顺序取决于车队到达时间顺序。首次测试的团队将获得优先权。
- 5.2.3. 发车位置-赛车的最前面部分在计时线前方 15 米处。
- 5.2.4. 启动-来自 RES 的 Go 信号用于指示开始。
- 5.2.5. 赛车将垂直驶入八字形中，并且绕右圆行驶一圈建立转向。接着的第二圈仍绕右圆，并计时。紧接着，赛车将驶入左圆进行第三圈。第四圈仍绕左圆并计时。完成第四圈后，赛车与进入时同向从交叉点处的出口离开赛道赛车必须在计时线后 25m 内停车并进入完成任务状态。

## 5.3. 八字环绕测试评分

- 5.3.1. 运行时间是左计时圈和右计时圈的平均时间加上平均后的惩罚。
- 5.3.2. 每队至少完成一次无 DNF 或 DQ 的比赛，得 30 分。
- 5.3.3. 如果一个团队的用时（包括处罚）低于  $T_{\max}$ ，则根据以下公式给出额外的分数：

$$8 \text{ 字环绕测试分数} = 120 \times \left( \frac{\left( \frac{T_{\max}}{T_{\text{team}}} \right)^2 - 1}{1.25} \right) + 30$$

$T_{\min}$  为（本届大赛中）最快赛车的修正后总用时

$T_{\max}$  为  $T_{\min}$  的 150%

$T_{\text{team}}$  为包括罚时在内的本车队左圈和右圈的最好平均成绩。

- 5.3.4. 等式右边第一项是表现分，第二项是完成分，即成功完赛的最低成绩。
- 5.3.5. 比赛中不会出现负分。即完赛的赛车即使每圈超过最快用时（ $T_{\min}$ ）的 150%，也会得到 30 分。

## 6. 第六节 直线加速测试

### 6.1. 直线加速赛道布局

- 6.1.1. 直线加速赛道从起点到终点的直线距离为 75 米（82 码），赛道宽度从路标锥桶内边缘计算为 3 米（9.8 英尺）。路标锥桶摆放的间隔为 5 米（16 英尺）。路标锥桶的位置将不会在赛道上做标记。见图 7.3。

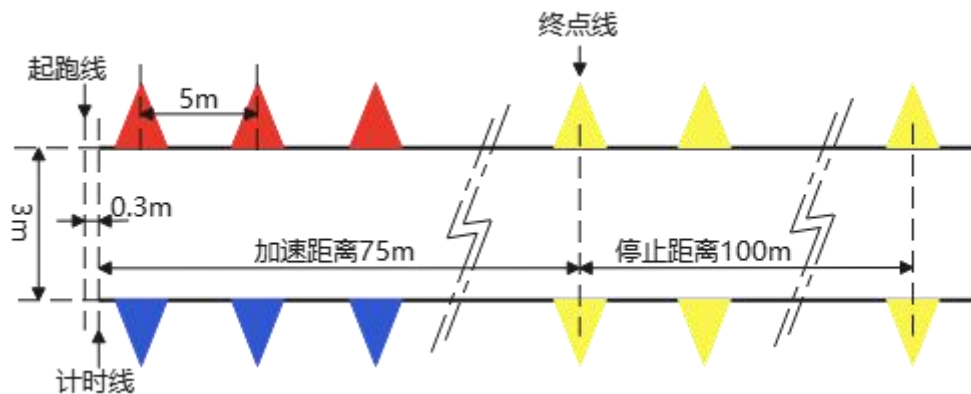


图 7.3: 直线赛道示意图

## 6.2. 直线加速测试程序

- 6.2.1. 每支车队的跑动次数不做限制。
- 6.2.2. 发车位置-赛车的最前面部分在起跑线后 0.30 m 处为起始位置。赛车将从静止开始加速。
- 6.2.3. 启动-来自 RES 的 Go 信号用于指示开始，计时仅在赛车穿过起始线后开始，在穿过终点线后停止。
- 6.2.4. 穿过终点线后，赛车必须在标记的出口车道内 100 m 内完全停止，并进入第四章 2.3 中所述的任务完成状态。
- 6.2.5. 发车顺序取决于车队到达时间顺序。首次测试的团队将获得优先权。

## 6.3. 直线加速测试评分

- 6.3.1. 每队至少完成一次无 DNF 或 DQ 的比赛，得 20 分。
- 6.3.2. 如果一个团队的用时（包括处罚）低于  $T_{\max}$ ，则根据以下公式给出额外的分数：

$$\text{直线加速测试分数} = 80 \times \frac{\left( \frac{T_{\max} - 1}{T_{\text{your}}} \right)}{\left( \frac{T_{\max} - 1}{T_{\min}} \right)} + 20$$

$T_{\min}$  为（本届大赛中）最快赛车的修正后总用时

$T_{\max}$  为  $T_{\min}$  的 150%

$T_{\text{your}}$  为包括罚时在内的本车队最快修正后总用时。

- 6.3.3. 在上面的等式中，右边第一项是表现分，第二项是完成分，即成功完赛的最低成绩。
- 6.3.4. 比赛中不会出现负分，即使  $T_{\text{your}}$  超过  $T_{\max}$  100%，完赛的赛车也会得到 20 分的完成分。

## 7. 第七节 操控性测试（手动驾驶模式）

### 7.1. 操控性测试目的

- 7.1.1. 操控性测试的目的是考验无人驾驶赛车在有人驾驶的情况下所具备的人机要求和赛车底盘及动力学性能的稳定性和动态响应速度。操控性测试赛道综合了加速、制动和转向等多种测试性能的特点。

**注：**该项赛事赛车进行参赛时，禁止拆除任何无人驾驶系统传感器及驱动器，这在发车

前裁判将对赛车进行检查。

同时，参加该项赛事的赛车必须满足中国大学生纯电动方程式大赛（FSEC）的全部规则：线控转向、线控制动等无人驾驶系统改装程序将在本项比赛中不被允许使用。

## 7.2. 操控性测试赛道布局

7.2.1. 操控性测试赛道布局是按照以下准则搭建的：

- 直道：两端为发夹弯的直道长度不超过 60 米（200 英尺），一端为大弯道的直道长度不超过 45 米（150 英尺）。
- 定半径弯：直径为 23 米（75 英尺）至 45 米（148 英尺）。
- 发夹弯：最小外径为 9 米（29.5 英尺）。
- 蛇形穿桩：交通锥标以 7.62 米（25）到 12.19 米（40 英尺）的间隔直线排列。
- 复合赛道：减速弯，连续弯，半径渐小弯等。赛道最小宽度为 3.5 米（11.5 英尺）。

7.2.2. 操控性测试赛道长度约为 0.8-1.2 公里，车手需完成规定的圈数（1 圈）。

7.2.3. 赛会组织方保留变更赛道长度的权力。

7.2.4. 主办单位有权不遵循规则第七章 7.2 中的指定参数，如果他们根据特定赛场条件认为这是合适的。

## 7.3. 操控性测试程序

7.3.1. 操控性测试共有两轮比赛，每场比赛由车队的车手驾驶。在天气和时间允许的情况下，每支车队将跑两轮，每轮仅跑动一圈，取最快圈速作为比赛成绩。

7.3.2. 发车顺序将取决于车队到达准备区的时间。

7.3.3. 两轮比赛不会依次而是同时进行。第一轮的车手将较第二轮的车手具有更高的优先权。车手可选择在完成第一轮后立即跑第二轮。

7.3.4. 发车时赛车的前轮必须距离起点线后 6 米。计时只会在赛车通过起点线后开始。

7.3.5. 赛会组织方将决定每场比赛赛道上的赛车数量，且保留因为天气和技术的原因而推迟比赛的权力。

7.3.6. 赛车在操控性测试中出现如逆向行驶等可能存在重大潜在安全隐患驾驶行为时，即可被判为 DNF；但赛车出现如“甩尾”或脱离赛道后“倒车”返回赛道等行为，在保证“赛道安全”的原则上，依据规则第七章第九节)判罚。

7.3.7. 发车前，裁判将有权进行无人驾驶系统设备的检查，以确保赛车装备所有无人驾驶系统设备完全安装。若发现无人驾驶系统装备不完整，即可取消车队的本项赛事资格，成绩判为 DQ。

其中，检查项目包括但不限于：

- a) 无人驾驶系统转向驱动器机械与电气安装状态；
- b) 无人驾驶系统制动驱动器机械与电气安装状态；
- c) 无人驾驶系统紧急制动系统（EBS）机械与电气安装状态；
- d) 无人驾驶系统主开关状态以及无人驾驶系统电气状态；
- e) 无人驾驶传感器安装状态；

7.3.8. 每位车手每次操控性测试有三次发车机会，绿旗扬起后 3s 内未接触起跑线视为发车失败，三次未发出将退出发车区，在该项目队尾重新排队发车。

7.3.9. 起跑线定义为车头前方大约 1 米处的一条线。



7.3.10. 操控性测试发车原则上按照第一轮与第二轮 3:1 的比例发车。

7.3.11. 当车手完成操控性测试时，裁判将有权立即对赛车以及无人驾驶系统进行复检，若不足电动方程式大赛（FSEC）和本节规则，将受到该项测试成绩为 DQ 的处罚。

#### 7.4. 操控性测试测试评分

7.4.1. 每队至少完成一次无 DNF 或 DQ 的比赛，得 5 分。

7.4.2. 如果一个团队的用时（包括处罚）低于  $T_{\max}$ ，则根据以下公式给出额外的分数：

$$\text{操控性测试测试分数} = 70 \times \frac{\left(\frac{T_{\max}}{T_{\text{your}}}\right) - 1}{\left(\frac{T_{\max}}{T_{\min}}\right) - 1} + 5$$

$T_{\min}$  为（本届大赛中）最快赛车的修正后总用时

$T_{\max}$  为  $T_{\min}$  的 145%

$T_{\text{your}}$  为包括罚时在内的本车队最快修正后总用时。

7.4.3. 在上面的等式中，右边第一项是表现分，第二项是完成分，即成功完赛的最低成绩。

7.4.4. 比赛中不会出现负分。但是，对于完成赛事本项目的赛车将会给予 5 分，即使  $T_{\text{your}}$  超过了最快用时的 145%（ $T_{\min}$ ）。

## 8. 第八节 高速循迹测试

### 8.1. 高速循迹测试目的

8.1.1. 高速循迹追踪测试的目的是考验无人驾驶赛车在路径规划和路径追踪算法上的稳定性与赛车动态的响应速度。赛车高速循迹追踪测试赛道综合了加速、制动和转向等多种测试性能的特点。

### 8.2. 高速循迹赛道布局

8.2.1. 高速循迹赛道布局是一个闭环赛道，符合以下标准：（见图 7.4）

- 直线：不超过 80m
- 定半径弯：直径最大 50m
- 发夹弯：最小外径 9m（弯折处）
- 复杂赛道：弯道、多圈、减小半径转弯等。
- 最小轨道宽度为 3m。

8.2.2. 一圈长度约 500m 左右，赛车必须完成规定的圈数（3 圈）。

8.2.3. 赛会组织方保留更改赛道长度的权力。

8.2.4. 主办单位有权不遵循规则第七章 8.2 中的指定参数，如果他们根据特定赛场条件认为这是合适的。

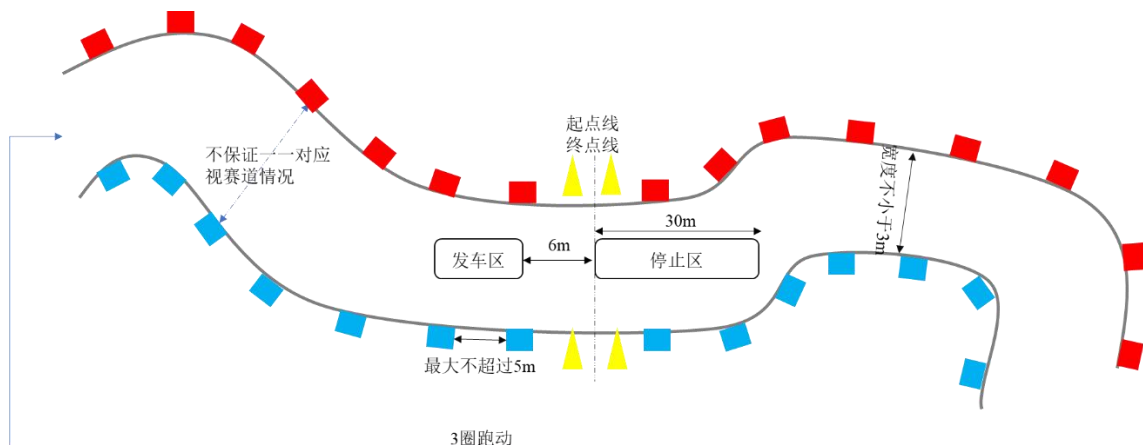


图 7.4: 高速循迹测试赛道示意图

### 8.3. 高速循迹测试程序

- 8.3.1. 发车顺序取决于车队到达时间顺序。首次测试的团队将获得优先权。
- 8.3.2. 每支队伍跑动次数不做限制，每次 3 圈。
- 8.3.3. 发车位置-发车时赛车的前轮必须距离起点线后 6 米。
- 8.3.4. 启动-来自 RES 的 Go 信号用于指示开始。赛车越过起跑线后开始计时。
- 8.3.5. 在完成比赛之后，赛车必须在赛道上的终点线后 30 米内完全停止，并进入任务完成状态。
- 8.3.6. 没有最后一圈的任何信号提示，赛车应该自主地计算圈数。

### 8.4. 高速循迹测试评分

- 8.4.1. 如果赛车有超过一次的比赛，那么取最高的循迹综合得分的比赛分数进行评分。
- 8.4.2. 高速循迹比赛的每一圈都是单独计时的。通过添加罚分时间来校正最终完成时间。最终完成时间为完成所有跑动圈数后的总用时。
- 8.4.3. 如果一个团队的校正用时（包括处罚）低于  $T_{max}$ ，并且无 DNF 或 DQ，则根据以下公式给出分数：

$$\text{高速循迹测试分数} = 215 \times \frac{(T_{max}/T_{your})^{-1}}{(T_{max}/T_{min})^{-1}} + 50 + 30 + 30$$

$T_{min}$  为（本届大赛中）最快赛车的修正后总用时

$T_{max}$  为  $T_{min}$  的 150%

$T_{your}$  为包括罚时在内的本车队最快修正后总用时。

- 8.4.4. 在上面的等式中，右边第一项是赛车完成该赛项后的最终赛道成绩表现分，后三项为单圈完成分，对于完成该项赛事的车队将会获得 110 分，即使  $T_{your}$  超过了最快用时（ $T_{min}$ ）的 150%。
- 8.4.5. 针对由于高速循迹测试中速度低于标准而被要求停止的车队，将获得已完成赛项圈数分数乘以其速度低于标准百分比的惩罚系数。具体计算公式如下：

$$\text{高速循迹测试分数} = \frac{v_{your}}{v_{ref}} \times [\text{points}_{your}]$$

$v_{ref}$  为规则中规定的最低平均车速标准

$v_{your}$  为本车队在赛道中实际完成的车速

$\text{points}_{your}$  为包括罚时在内的本车队修正后按照正常已完成赛项目分的分数（详见规则 8.4.3 与 8.4.4）

## 9. 第九节 动态项目罚时

### 9.1. 罚时概述

9.1.1. 对于因避免意外事故或被官方认定的其他原因，不会对惩罚进行评估。

9.1.2. 如果锥桶被撞倒或锥桶的整个底部位于在其不受干扰位置的锥桶标记区域外面，则认为锥桶翻倒或出界（DOO）。

9.1.3. 在比赛期间不会更换/重置倒下或出界的锥体。由于锥桶在赛道中或由于缺失锥桶导致的错误，将不会提供重新比赛机会。

9.1.4. 赛车每撞倒或撞掉一个交通锥标（包括起点线处终点线之后的交通锥标），将在车队的本轮计时中增加。

9.1.5. 脱离赛道（OC）

- 若四轮都离开赛道边界将被判定为脱离赛道，赛道边界由锥桶边缘标记或铺面边缘限定。当赛道上有多种边界指示时，以任意一点最窄的赛道作为判罚脱离赛道的标准。
- 在操控性测试中丢失给定的一个或多个锥桶被计为每次出现一个 OC。

9.1.6. 不安全停止（USS）被定义为不在指定区域内停止或不进入规则第四章 2.4 中描述的完成状态。

9.1.7. 动态赛惩罚措施汇总表：

	直线加速	八字环绕	操控性测试	高速循迹
<b>DOO</b>	2s	0.25	2s	2s
<b>OC</b>	DNF	DNF	20s	10s
<b>USS</b>	DNF	DNF	DNF	-50 分

9.1.8. DNF 则本次比赛记为 0 分。

9.1.9. DQ 则本次比赛记为 0 分。

9.1.10. 如果没有参加比赛，比赛分数记为 0 分。

9.1.11. 八字环绕比赛跑错圈数或跑错顺序，都将判为 DNF。

如果赛车熄火，并没有外力帮助的情况下不能重新发动，比赛被判为 DNF。

# 第八章 替代车架规则

**备注：**本章内容由于在中国大学生无人驾驶方程式大赛中，基于纯电动赛车改造的原因，使用几率较小，若涉及本章规则可对本规则内容进行相关补充，且与规则委进行沟通确认，以免造成设计要求不符。

**另，本章规则内的相关序号对应2020中国大学生电动方程式大赛（FSEC）规则的排序。**

## 1. 第一节 一般要求

### 1.1. 基本内容

1.1.1. 这些替代结构车架规则旨在为车队提供一种对现有规则的替代方法。这些替代规则的目的在于为单体壳的替代结构提供一个更简单的替代方案，并为空间桁架车架和单体壳提供更大的自由设计空间。其目的并非改变允许的结构，而是提供了另一种满足规则的结构要求。

**备注：**一些双重参考的替代车架，规则中使用通用国际单位。

1.1.2. 所有没有在第八章第七节和第八节“非适用规则”部分下列举出来的规则要求，都适用于这些替代规则要求。

1.1.3. 第八章规则目前还是一项进展中的工作。正因为如此，规则委员会和 SRCF 的检查员可以在任何时候修改和澄清这些规则，以保证达到他们制定这些规则的目的和解决任何可能出现的意外漏洞。

1.1.4. 这些规则将被推荐给曾有过设计、制造和比赛经验的车队。但使用该规则没有经验的限制。

1.1.5. 规则委员会将与使用替代车架规则的车队保持联系并帮助他们发展和制作车架文件并把这些文件反馈给规则委员会来完善第八章规则。

## 2. 第二节 结构要求认证表（SRCF）

### 2.1. 结构要求认证表（SRCF）

2.1.1. 因为在这份替代规则设置中没有基准钢材设计，车队必须证明车架设计能够满足结构功能性要求。  
当车队使用替代车架规则时，SRCF 取代了 SES，因此不需要提交 SES。

### 2.2. SRCF – 提交流程

2.2.1. 提交地址 – 需要提交 SRCF 的车队必须将 SRCF 提交给你所参加的比赛的官方人员，联系地址为中国赛组委会。

2.2.2. 截止日期和延迟提交惩罚 – 提交 SRCF 必须不晚于赛会规定的截止时间。车队若未能按时提交 SRCF，每迟交一天在总成绩中扣除 10 分，最高扣除 50 分。

## 3. 第三节 定义

3.1.1. 接下来的附加定义适用于所有规则文件，除了那些列在第二章 3.2 中的部分。

失效形式——拉伸，压缩，剪切和屈服极限载荷低于指定载荷。所有失效形式必须考虑每种载荷工况。

方向——使用图 8.1 的坐标系统和命名规则。

纵向(X)

横向(Y)

垂直(Z)



图 8.1

#### 4. 第四节 结构要求

##### 4.1. 主环、主环斜撑和主环斜撑支撑

4.1.1. 预加载荷： $F_x = 6.0 \text{ kN}$ 、 $F_y = 5.0 \text{ kN}$ 、 $F_z = -9.0 \text{ kN}$ 。

4.1.2. 应用点：主环顶端。

4.1.3. 边界条件：约束位移（ $x$ 、 $y$ 、 $z$ ），但对于主环与前环两侧底部节点的旋转不加以约束。

4.1.4. 最大允许挠度：25mm。

4.1.5. 任何一个结构部分不能出现失效。

##### 4.2. 前环

4.2.1. 预加载荷： $F_x = 6.0 \text{ kN}$ 、 $F_y = 5.0 \text{ kN}$ 、 $F_z = -9.0 \text{ kN}$ 。

4.2.2. 应用点：前环顶端。

4.2.3. 边界条件：约束位移（ $x$ 、 $y$ 、 $z$ ），但对于主环与前环两侧底部节点的旋转不加以约束。

4.2.4. 最大允许挠度：25mm。

4.2.5. 任何一个结构部分不能出现失效。

##### 4.3. 侧防撞结构

4.3.1. 预加载荷： $F_x = 0 \text{ kN}$ 、 $F_y = 7 \text{ kN}$ 、 $F_z = 0 \text{ kN}$ ，横向载荷方向是朝着车手的。

4.3.2. 应用点：从前环到主环之间的所有结构（同时也是被第三章 6.4（侵入体防护）要求的）。载荷可由碰撞区域传递至所有结构部分。在 Nasrtan 软件中，最好的实现方式是通过在圆心处用 RBE3（零刚度多点约束）建立非自由节点，在其余 5 英寸（127mm）半径内建立自由节点。大多数此类求解器也具有类似功能。此分析结果可能仅显示最恶劣的情况，但需要解释为什么选择这个点是最恶劣的。

4.3.3. 边界条件：约束位移（ $x$ 、 $y$ 、 $z$ ），但对于主环与前环两侧底部节点的旋转不加以约束。

4.3.4. 最大允许挠度：25mm。

4.3.5. 任何一个结构部分不能出现失效。

4.3.6. 动力电池侧边防撞结构需要使用规则第八章 4.3 来满足规则第三章 3.5.5。

4.3.7. 驱动系统侧边防撞结构（需要在规则第八章 4.3 使用 5.5kN 的力来代替原来 7kN 的力来满足规则第三章 4.2.2。

#### 4.4. 前隔板和前隔板支承

- 4.4.1. 预加载荷:  $F_x = 120\text{kN}$ 、 $F_y = 0\text{ kN}$ 、 $F_z = 0\text{ kN}$ 。
- 4.4.2. 应用点: 使用实际缓冲结构和前隔板之间的安装点。
- 4.4.3. 边界条件: 约束位移 ( $x$ 、 $y$ 、 $z$ ), 但对于主环与前环两侧底部节点和主环与安装肩部安全带的管件连接的地方的旋转不加以约束。单体壳需要使用主环底部两侧和主环和单体壳之间更高的两侧连接点。
- 4.4.4. 最大允许挠度:  $25\text{mm}$ 。
- 4.4.5. 任何一个结构部分不能出现失效。

#### 4.5. 肩部安全带连接

- 4.5.1. 预加载荷: 单体壳  $13\text{KN}$ , 或空间钢桁架  $7\text{KN}$ , 按规则第二章 5.4.5 中角度范围内的最坏情况, 加载于每个安全带连接点上。
- 4.5.2. 应用点: 同时使用两个连接点。
- 4.5.3. 边界条件: 约束位移 ( $x$ 、 $y$ 、 $z$ ), 但对于主环与前环两侧底部节点的旋转不加以约束。
- 4.5.4. 最大允许挠度:  $25\text{mm}$ 。
- 4.5.5. 任何一个结构部分不能出现失效。

#### 4.6. 安全带连接

- 4.6.1. 预加载荷:  $13\text{KN}$  的力按规则第二章 5.3.5 中角度范围内最坏的情况, 加载于每个腰带连接点。 $6.5\text{KN}$  的力按规则第二章 5.3.5 中角度范围内最坏的情况, 加载于每个反潜带连接点。如果腰带与反潜带共用同一连接点, 那么应按照规则第二章 5.3.5 中角度范围内最坏的情况, 施加  $19.5\text{KN}$  的力于每个连接点。
- 4.6.2. 应用点: 在同样的载荷下, 所有连接点同时使用。
- 4.6.3. 边界条件: 约束位移 ( $x$ 、 $y$ 、 $z$ ), 但对于主环与前环两侧底部节点的旋转不加以约束。
- 4.6.4. 最大允许挠度:  $25\text{mm}$ 。
- 4.6.5. 任何一个结构部分不能出现失效。

#### 4.7. 前隔板和前隔板支撑偏置

- 4.7.1. 预加载荷:  $F_x = 120\text{ kN}$ 、 $F_y = 10.5\text{ kN}$ 、 $F_z = 0\text{ kN}$ 。
- 4.7.2. 应用点: 在前隔板平面中心前方创建载荷应用点。载荷应用点需硬性连接到前隔板和缓冲结构的连接点。
- 4.7.3. 边界条件: 约束位移 ( $x$ 、 $y$ 、 $z$ ), 但对于主环与前环两侧底部节点和主环与安装肩部安全带的管件连接的地方的旋转不加以约束。单体壳需要使用主环两侧底部和主环与单体壳之间更高的两侧连接点。
- 4.7.4. 最大允许挠度:  $25\text{mm}$ 。
- 4.7.5. 任何一个结构部分不能出现失效。

#### 4.8. 电池箱

- 4.8.1. 在分析时, 电池箱结构的受力施加在模块或单体电池重心的位置。其受力大小为 (该模

块/单体的质量)乘以(规则要求的)加速度。

- 4.8.2. 对于将电池与驾驶员通过等效于侧边防撞结构隔开的电池箱分析时采用以下的加速度工况：
- 赛车纵向方向 20g (前后都需要)
  - 赛车侧向方向 20g (左右都需要)
  - 赛车垂直方向 20g (上下都需要)
- 4.8.3. 对于通过侧边防撞结构将驾驶员与电池箱分离的车架/单体壳结构，必须使用一个直径与电池箱的宽度或高度二者的最小值相等的碰撞检测圆来检测。
- 注：检测圆是用来定义侧边防撞结构允许的最大间隙以及是否能够有效分散侧边防撞力。
- 4.8.4. 第八章 4.8.3 只适用于处于电池箱与驾驶员之间的侧边防撞结构。
- 4.8.5. 对于未将电池与驾驶员通过等效于侧边防撞结构隔开的电池箱分析时采用以下的加速度工况：
- 赛车纵向方向 40g (前后都需要)
  - 赛车侧向方向 40g (左右都需要)
  - 赛车垂直方向 20g (上下都需要)
- 4.8.6. 边界条件：约束位移 (x, y, z)，但对于主环与前环两侧底部节点的旋转不加以约束。

## 5. 第五节 一般分析要求

### 5.1.1. 以下要求适用于提交结构认证流程

合格的分析实例必须采用所有与结构要求认证过程中近似的假设条件和模型。分析实例应包含但不限于对机械结构、网格尺寸以及网格质量的要求。

- 5.1.2. Ansys 或 Nastran 的电子版分析文件和支持文件必须与 SRCF 和《意向声明》一并提交。不强制使用 Nastran 软件来做分析，但要求是组委会审核分析所需要的格式。
- 5.1.3. 壁厚小于 1.25mm (0.049 英寸)的钢管 (或者规则第二章 3.5, 3.6, 3.7 中提到的被证明的等效管件)不包含在分析中。
- 5.1.4. 整体车架/单体壳模型的分析结果中可忽略管件上的孔。然而，对于单个受力元件来说，该受力元件必须划分为带有孔或者带有切口的壳体或实体的有限元模型进行仿真。管件的孔和切口周围不能出现失效。
- 5.1.5. 在节点上管件间的偏移量需详细分析，类似于 5.3，以实际的连接为模板，从整车模型中使用末端约束。必须使用壳单元或者固体单元模型。
- 5.1.6. 下列替代边界条件适用于所有结构要求。另一种方法是不包括节点约束而是使用惯性释放模板。在这种情况下，赛车的质量分配必须非常接近预期的实际质量分布。必须提供使用在模板中的能够支持质量分布的证据。必须使用一名体重 77kg 的车手和一辆最小质量 300kg 的赛车进行仿真，即使预期的赛车实际质量不同于该数值，也要按照该质量计算。

## 6. 第六节 侵入体防范

### 6.1. 基本要求

- 6.1.1. 因为侵入物体的形式在规则中没有明确指出，这份规则拟限制能侵入座舱的物体大小。
- 6.1.2. 检测板定义为直径为 254mm (10 英寸)的圆盘，其厚度没有要求，但是在车检时厚度一般在 2mm(0.080 英寸)左右。

- 6.1.3. 检测板不能侵入前隔板和主环之间的基本结构内。
- 6.1.4. 在试图将检测板通过车架上某个结构时，该结构必须至少有三个点接触这个检测板。这不是投影的要求，而是一个完整的三维要求。
- 6.1.5. 检测板检测—不能通过前隔板和主环之间的任何点—在侧面投影上处处和三个点接触，如图 8.2。

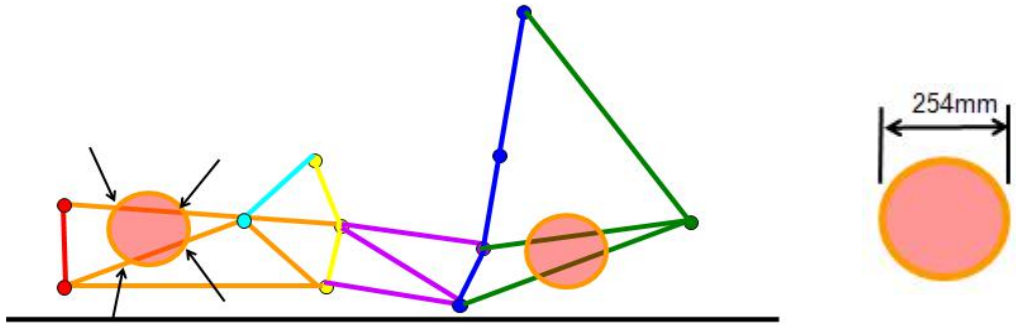


图 8.2

- 6.1.6. 检测板是一个三维立体的要求。它适用于结构的所有平面，包括正面、侧面、顶部、底部和后部，但是不包括第二章 4.1.1、所定义敞开的座舱。如果车手完全坐在主环的前方，那么将不需要检测主环后方。如果车手有部位或者全身位于主环后方，那么将检测主环斜撑末端之前的区域。完全处于地平面以上 350mm 的开口及间隙，不需经检测板检测。

## 7. 第七节 不适用规则：底盘/车架

- 7.1.1. 使用这份替代规则来设计车架时，以下规则将不适用。
- 7.1.2. 第二章 3.11.4，从车的侧视图看，主环位于车架主体结构安装点以上的部分必须在与竖直方向上的倾斜角在 10° 的范围以内。
- 7.1.3. 第二章 3.12.6，侧视图时，前环的任何一个部分与垂直方向所成的角度不得超过 20°。
- 7.1.4. 第二章 3.13.3，从侧视图看，主环和主环斜撑禁止布置在过主环顶端垂线的同侧。也就是说，若主环前倾，斜撑必须在主环之前，若主环后倾，斜撑必须在主环之后。
- 7.1.5. 第二章 3.13.4，主环斜撑和主环的连接点应尽量接近主环顶端，连接点低于主环顶端的距离不得超过 160mm(6.3 英寸)。主环和主环斜撑所成夹角至少为 30°。(见技术图样，图 2.6)
- 7.1.6. 第二章 3.13.6，主环斜撑必须安全地连接到车架上，并且能够成功地把所有来自主环的载荷传递到主体结构上。
- 7.1.7. 第二章 3.13.7 主环斜撑底端必须在赛车每边使用至少两个车架构件来支撑回到主环，上方构件和下方构件要采用合适的三角结构。
  - a. 上支撑构件必须连接到主环与上侧防撞构件的连接点上。
  - b. 下支撑构件必须连接到主环与下侧防撞构件的连接点上。
 备注：上述构件可以是满足规则第二章 3.5.5 的多根管或弯管。
- 7.1.8. 第二章 3.14.4，前环斜撑和前环的连接点应尽量接近前环顶端，连接点低于前环顶端的距离不得超过 50.8mm(2 英寸)。(见技术图样，图 2.6)
- 7.1.9. 第二章 3.14.5，如果前环向后倾斜与地面垂直面角度超过 10°，它必须加装后部的额外支



撑。这个支撑必须由第二章 3.3.1 中的材料构成。

- 7.1.10. 第二章 3.19.1, 前隔板必须安全可靠地整合在车架中。
- 7.1.11. 第二章 3.19.2, 在赛车的每一侧, 前隔板都必须使用至少 3 个车架单元来向后支撑到前环, 一个位于顶部 (与顶端距离不超过 50.8mm (2 英寸)), 一个在底部, 以及一个用来形成三角结构的斜撑。
- 7.1.12. 第二章 3.24.4, 若使用适当的角板或者三角结构, 可以使用多跟管件代替一根侧边防撞杆。
- 7.1.13. 第二章 3.32 单体壳前隔板支承。
- 7.1.14. 第二章 3.32.1 除了必须证明单体壳有足够的强度, 还必须证明单体壳的抗弯刚度等效于其替代的 6 根基准钢管。
- 7.1.15. 第二章 3.32.2 当根据第二章 3.29 单体壳抗弯刚度计算时, 前隔板支承的垂向抗弯刚度必须至少等效于 1 根其替代的基准钢管的抗弯刚度。
- 7.1.16. 第二章 3.33.1 在主环和前环之间, 座舱内部最低点往上 320mm 到单体壳底板的下底面之间的区域, 单体壳侧面的抗弯刚度 (EI) 必须等同于它所替代的 3 根标准钢管的抗弯刚度。
- 7.1.17. 第二章 3.33.2 当根据第二章 3.29 单体壳抗弯刚度计算时, 单体壳在座舱内部最低点往上 320mm 到单体壳底板的下底面之间的垂直侧防撞栏区域的抗弯刚度 (EI) 须等效于两根基准钢管, 同时水平底板的抗弯刚度(EI)须等效于一根基准钢管。
- 7.1.18. 第二章 3.33.3 在座舱内部最低点往上 320mm 到单体壳底板的下底面之间的垂直侧防撞栏区域的单体壳, 其能量吸收值须等效于两根基准钢管。等效能量吸收值的证明由第二章 3.30.2 和 3.30.3 的物理测试确定。
- 7.1.19. 第二章 3.37 单体壳前环和主环支承。
- 7.1.20. 第三章 3.4.4, 所有的电池箱都要用等同于 FSAC 规则第二章第三节 3.4 中定义的电池箱防护结构保护起来, 以防侧面或后部的碰撞, 保护结构要包含在 SES 中。
- 7.1.21. 第三章 4.2.2, 如果驱动系统部件安装在容易遭受后部或侧面 (离地距离小于 350mm) 碰撞而造成损伤的部位, 比如电机安装在赛车后部, 那么它们必须用外径至少 25.4mm、壁厚至少 1.25mm (或用见 FSAC 规则第二章 3.4 中的结构保护起来) 管件以完全三角形结构保护起来。

## **8. 第八节 不适用规则: 蓄电池容器**

- 8.1.1. 使用这份替代规则来设计蓄电池容器时, 以下规则将不适用。
- 8.1.2. 第三章 3.5.5, 蓄电池容器必须由钢板或铝板按以下结构组成.....