

# 湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划 项目 申 报 表

项目名称：基于汽车人机工程学的优化 FSC 车架设计				
学校名称	长沙理工大学			
学生姓名	学 号	专 业	性 别	入 学 年 份
王培淋	201569030106	车辆工程	男	2015
彭峰	201552030213	测控技术与仪器	男	2015
何南奇	201569030221	车辆工程	男	2015
曾奕桢	201548030130	材料成型及控制	男	2015
指导教师	胡林	职称	副教授	
项目所属一级学科	机械工程	项目科类(理科/文科)	理科	
<p>学生曾经参与科研的情况</p> <p>王培淋：2016 年学院科技立项《坡口机的设计及制造》 2017 学校挑战杯《方程式赛车关键零部件的创新性设计》</p> <p>何南奇：2017 学校大创《FSAE 空气动力学套件的设计、分析与制作》 2016 年学院科技立项《FSAE 空气动力学套件的优化分析制作》</p> <p>曾奕桢：2017 学校大创《FSAE 空气动力学套件的设计、分析与制作》</p>				
<p>指导教师承担科研课题情况</p> <p>[1]主持，国家自然科学基金面上项目《车辆动力学特性和路口交通信号影响下的车辆动态路径规划研究》，项目编号：51475048，2015-2018</p> <p>[2]主持，湖南省自然科学基金面上项目《车辆动力学及驾驶人行为影响下的车辆路径规划研究》，项目编号：2015JJ2001，2015-2017</p> <p>[3]主持，教育部留学回国人员科研启动基金《基于路口交通信号延时的动态路径规划研究》，项目编号：教外司留【2012】1707，2013-2015</p>				

[4]主持，中国汽车技术研究中心北京工作部（北京卡达克科技中心）横向课题  
《中国交通事故深入研究前期数据库开发》， 2013-2016

[5]主持，中国汽车技术研究中心北京工作部（北京卡达克科技中心）横向课题  
《交通事故中 AEB 系统有效性数据库开发研究》， 2014-2015

项目研究和实验的目的、内容和要解决的主要问题

### 研究目的：

本项目是在汽车人机工程学基础上，通过对人、机具、环境之间相互关系规律的研究，优化 FSC 车架的设计。采用实测法，测量研究人的形体与环境之间的关系，采用模拟仿真法，对人-车-环境进行计算机模拟仿真。最后，结合有限元分析、拓扑优化，设计完成车架。这些研究将为优化 FSC 车架及其他组件设计提供重要的参考。

具体的预期实验目标为：

- 1、设计 FSC 人机实验方案，制作实验所用的测量工具；
- 2、实验获得人机参数、分析数据提出车架优化方案，建立仿真模型；
- 3、以仿真模型为参考，根据 FSC 大赛规则，设计出 FSC 车架。

### 内容：

#### 1、基于汽车人机工程学设计并完成 FSC 人机实验

本项目将从人体特性（人体形态特征参数、人的感知特性以及人在劳动中的心理特征等）、人机系统入手，运用人体测量学、生物力学理论知识进行分析，结合已有的汽车人机试验方法，设计出合理的 FSC 人机工程实验方案。具体实验内容包括：

##### （1）实验所用的测量工具的开发

目的及功能确定	明确人和工具全系统的目的及为实现此目的而确定的功能
人和工具功能分配	比较人和工具的各自能力，确定全系统的功能分配
模型记录	记录全系统逻辑、图形、表格、数学等模型

分析

测量人体的特征，分析处理数据，进而做出全系统的特性分析

设计及改进

分析和实验结果，确定工具的最佳设计方案，进行实验改进

### (2) 确定实验数据的参考标准

以我国的国家标准 GB/T10000-1988 《中国成年人人体尺寸》（按照人机工程学的要求提供的基本数据）为参考，结合现有汽车人机工程学测量标准，制定本实验获得数据的标准要求。

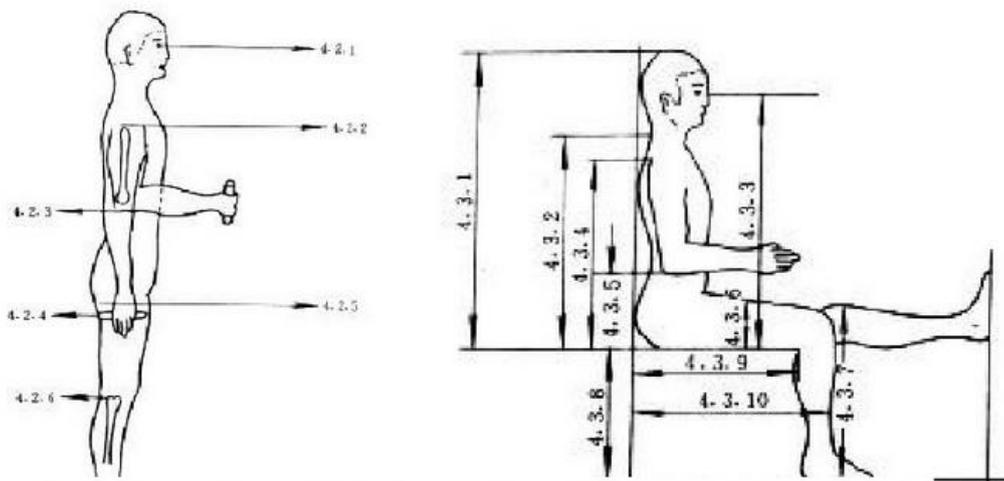


图 1 国家标准 GB/T10000-1988 《中国成年人人体尺寸》静态示意图

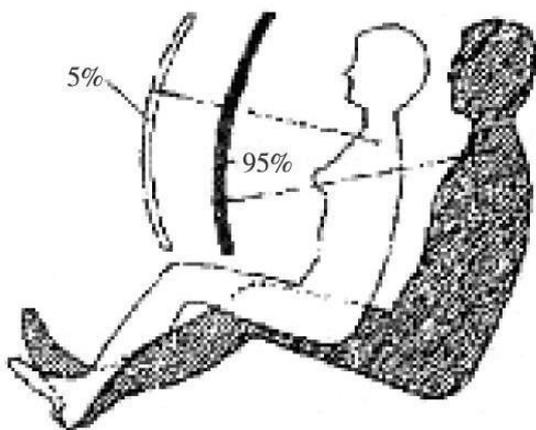


图 2 操纵件的手脚伸及性

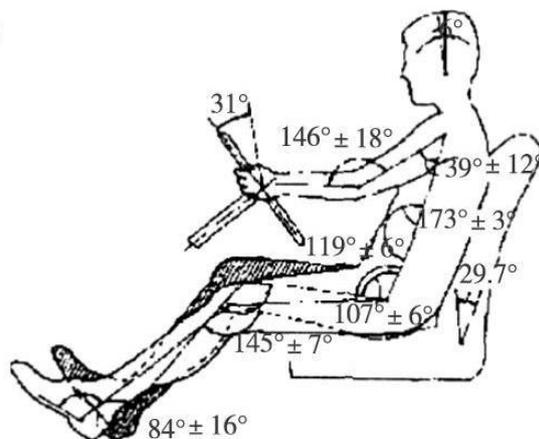


图 3 驾驶者的舒适性

### (3) 根据实验方案完成实验，获得实验数据

## 2、实验数据的分析及仿真模型的建立

基于实验数据，分析出人在最舒适、操作最佳条件下的人机参数（包括：驾驶姿势、座椅结构、踏板及方向盘的距离和角度等）。测量统计所有车手人体参数，取其平均值，作为人体模型的基本参数。

运用 UG 软件，对其三维人体模型及汽车设计工具进行二次开发。借鉴国内外以往设计经验，基于实验数据，将参数导入 UG 人体模型工具中，得到与实际人体基本相同的模型，并且实现人体在三维空间的旋转、弯曲与伸展、内收与外展运动。结合 UG 汽车设计工具，对人-车-环境进行仿真，获得视野、座椅曲线、手可触及区等数据。

### 3、研究 FSC 车架设计优化方案

基于实验数据结果和仿真分析结果，根据大赛规则和本赛季赛车总布置要求，讨论车架的设计优化方案。优化方向包括：车架的主环和前环的高度、宽度、倾角；座椅的高度、宽度、靠背弧度；赛车踏板位置、角度；方向盘高度、具体位置等。

在优化方案确立后，搭建简易的物理模型来检验优化方案的可靠性，进一步改进优化方案。

### 4、设计完成 FSC 车架

在以上数据的前提下，设计完成 FSC 赛车的车架、座椅等。将车架模型导入 ANSYS 软件中，对其进行力学、动力学分析。具体包括：结构强度分析；满载时的弯曲、扭转、制动及高速过弯工况下的分析；模态分析。对分析结果进行研究，进一步改进车架设计，提高车架的扭转刚度，且实现轻量化。

## 主要问题：

### 1、实验测量工具制作问题

由于人体特征参数繁多、FSC 赛车与乘用车的差别，采用传统的人机工具开发方法难以设计本实验测量工具。如何在保证测量工具科学准确性情况下，减少工具开发的周期、减少开发成本？如何调试测量工具保证其可操作性？如何提高工具的使用效率？

### 2、参数的标准化问题

由于本实验参考的标准是普通乘用车人机参数标准，外加规则“满足 95%男

性人体特征”的要求，此乘用车参数标准难以满足本项目目的。确立一套针对于 FSC 的人机工程参数标准是一个需要解决的关键问题。

### 3、计算机软件分析与实际的差别

本项目运用 MATLAB 仿真、ANSYS 有限元分析等计算机软件，当使用这些软件进行数据分析时，其数据结果与实际情况存在不可避免的误差。如何减少计算机软件分析与实际数据的误差，是将理论与实践结合的关键。

## 国内外研究现状和发展动态

### 国内研究现状：

随着汽车的普及和车速的提高，人们越来越注重车辆的安全性和舒适性，以人为本的设计理念使得人机工程学在汽车设计中的作用日益明显。能否很好的结合人机工程学进行汽车设计，成为现代汽车企业成功研发新车型的关键。

我国的汽车人机工程学是 20 世纪 80 年代初期开始发展起来。各项人机工程学的技术标准正在陆续制定。现在已经制定了《人体测量方法》、《中国成年人人体尺寸》等国家标准，但还没有形成一套完整的汽车设计和法规校核的标准规范。在汽车产品开发过程中，大多数主机厂仍然参考美国的 SAE 标准。

总的来说，目前国内的研究只能用于特定的环境，扩展性和移植性较差。

### 国外研究现状：

国外的人机工程学已经有多年的发展历史。随着对人、机器、环境的进一步认识，以及对人体潜力和局限的研究，人机工程的应用逐步走向了实用阶段，特别是在航天飞行器安全设计、汽车设计、家居环境设计、办公室空间设计等方面，人机工程已经成为了设计是否成功的决定因素。

国外的汽车车身人机工程设计经历了利用实物型二维人体模板、计算机环境中的二维人体模板的阶段，在车身设计三维系统的应用日益普及的背景下，为了实现车身设计各学科的协同化和并行化,国外的汽车企业、高校和科研机构纷纷独立或联合进行了用于汽车人机工程设计的数字化人体建模系统的理论研究。

### 国内外发展动态：

现代人机系统中，作业人员是在特定环境中操作和管理复杂系统和各种数字化设备，当人在这种环境中工作时，既要靠眼睛来观察环境，又要靠细致的注视

来完成精确的控制动作，通过人机工程技术分析，就可知道人在操作时如何分配注意力、体力，同时了解仪表、屏幕以及外视景如何设计和合理分配才能获得最好的人机交互，既减轻操作人员的工作负荷又避免出错，切实提高人机工效。这对于计算机系统、自动化控制、交通运输、工业设计、军事领域以及社会系统中重大事变的应急指挥和组织系统、复杂工业系统中的故障快速处理、系统重构与修复、复杂环境中仿人机器人的设计与制造等问题的解决都有着重要的参考价值。

目前，国外在二维人体模板向三维数字化人体模型转变过程中，取得了很大的进展，并且应用到汽车、航空等广泛领域中。在国内，对很多汽车公司来说，如何更好的将汽车人机工程设计和评价集成到汽车产品开发环境之中是当前需要解决的问题。

本项目学生有关的研究积累和已取得的成绩

目前为止，本项目成员已阅读了相关文献，对整个项目所涉及的知识有了初步的学习了解。在与其他高校学生交流过程中，共同探讨了本项目的相关细节，总结先前的实验经验，用于自身项目的研究。

在软件应用方面，本组成员已经初步掌握了计算机模拟仿真软件（MATLAB）、有限元分析软件（ANSYS）、三维建模软件（UG）等基础操作，为本项目的研究奠定了基础。

利用课余时间，我们做了初步的人机测量工具模型，并且完成了初步的人机实验如图 4 所示，得到了如图 5 所示的部分人体参数。



图 4 人机测量工具模型

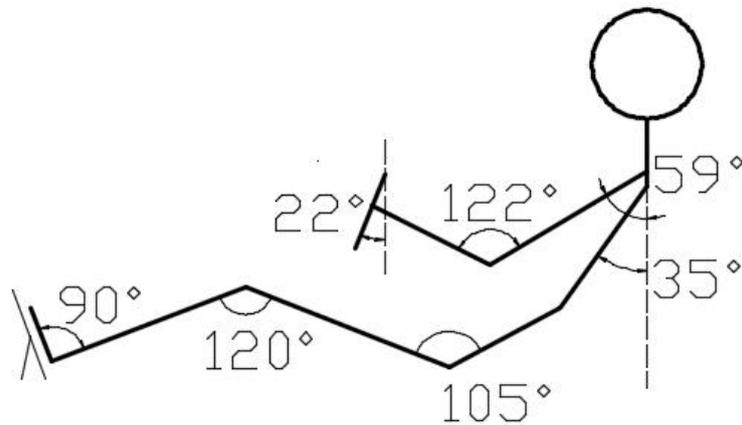


图5 部分人体参数

#### 项目的创新点和特色:

本项目涉及计算机工程、车辆工程、人体测量学、生物力学、心理学等多学科交叉研究领域,在计算机仿真人体模型和人-车系统中考虑 FSC 车架优化设计的研究属大学生高新技术范围,本项目是 FSC 赛车设计研究领域的进一步发展。在国内大学生中,对这个领域的研究处于起步阶段,本项目的研究成果可为 FSC 人机工程学奠定理论基础和提供有效的研究方法和工具。

#### 创新之处在于:

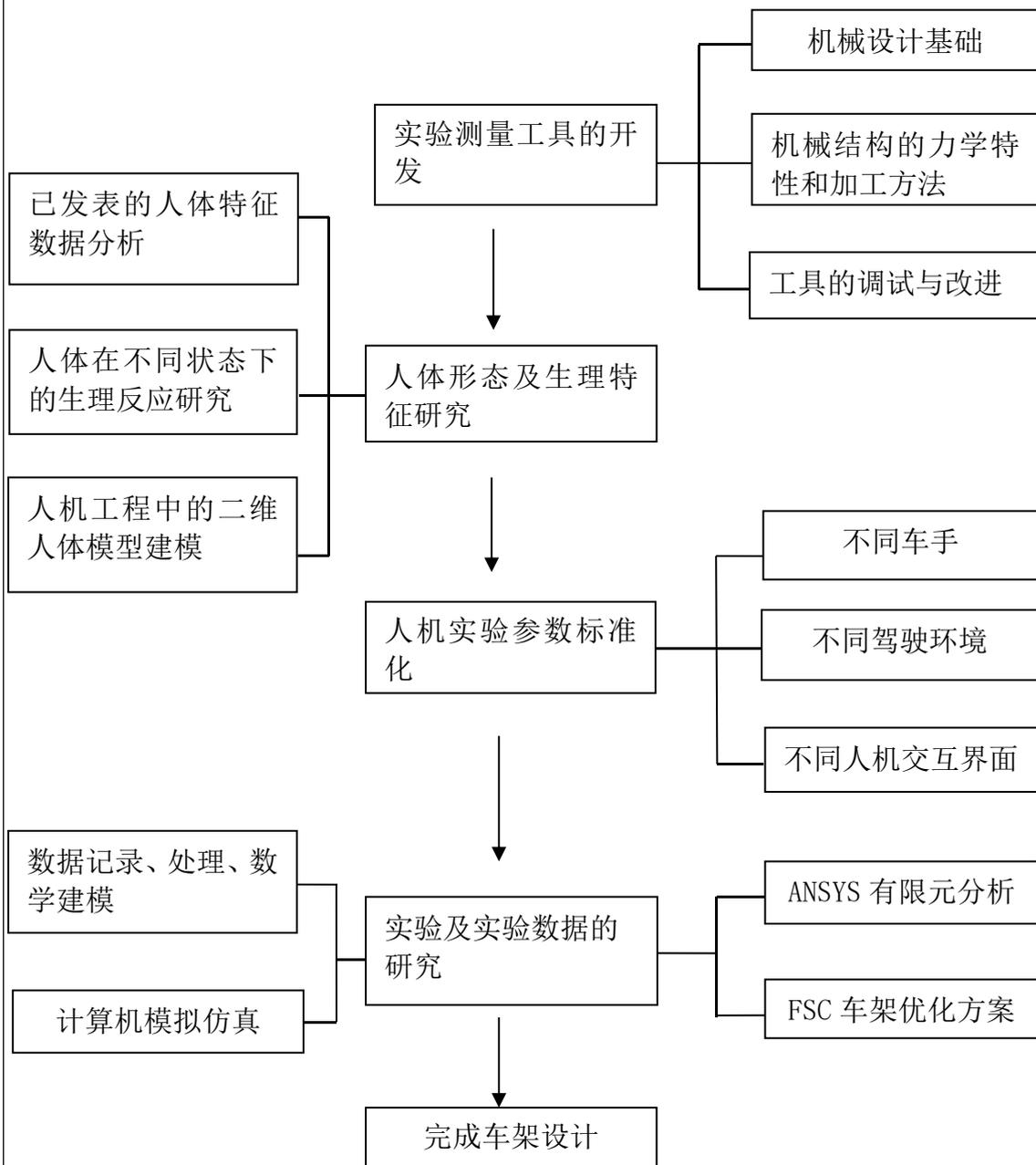
##### 1、研究方法的创新

将传统测量工具开发的过程进行创新,优化开发过程提高效率。采用计算机模拟仿真和有限元分析方法探索 FSC 车架优化方案是解决车架结构优化和赛车整体布置问题的有效途径。

##### 2、分析工具的创新

人-机-环境系统的差别,导致赛车整体设计有欠缺,影响到车手实际操作和生理反应(心理、肌肉疲劳等)。本项目基于实验数据,进行人-车-环境的模拟仿真,探究 FSC 赛车人机交互界面的设计。运用 CAD 及 CAE 软件,可为设计提供优化数据。

## 项目的技术路线及预期成果



## 年度目标和工作内容

### 1、2017年5月至2017年6月

进一步阅读相关文献，查找相关资料，对已发表的人机工程实验进行分析总结，探讨车辆不同设计目标、不同驾驶环境、不同人机界面对人机实验的影响。总结讨论内容，筹划设计实验测量工具的开发，确定制造方案。

### 2、2017年7月至2017年10月

运用UG软件画出测量工具的模型，加工制造出测量工具，进行调试改进。

### 3、2017 年 11 月至 2018 年 3 月

使用测量工具完成人机实验，记录数据。将所得数据进行分析，探讨 FSC 赛车的人机参数，确定本赛季赛车的人机参数范围。根据分析后所得数据，运用计算机软件进行模拟仿真，借此确定本赛季赛车结构及人机交互界面的初步设计方案。

### 4、2018 年 4 月至 2018 年 5 月

根据大赛规则，将已确定的初步方案进行改进，确定车架结构设计。在设计的同时，不断地运用有限元分析软件进行动态分析，不断完善车架结构设计，直至车架设计最终完成。

指导教师意见

签字:

日期: