

附件 5

# 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: 方程式赛车传动系统关键零部件可靠性设计与优化				
学校名称	长沙理工大学			
学生姓名	学 号	专 业	性 别	入 学 年 份
王坤	201521030107	机械设计制造及其自动化	男	2015.9
田竞红	201569030401	车辆工程	女	2015.9
武彬	201669030410	车辆工程	男	2016.9
周欢	201521030303	机械设计制造及其自动化	女	2015.9
汪科	201669030335	车辆工程	男	2016.9
指导教师	刘鑫	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	
学生曾经参与科研的情况 1. 所有成员均参与长沙理工大学学生科技项目, 包括: 《FSAE 离合操纵机构的设计与制造》 《FSAE 赛车半轴静扭强度分析及结构优化》 《FSAE 赛车传动系的设计、优化与制造》 2.所有成员均熟练使用 UG、ANSYS、Hypermesh 等相关软件的使用, 对本项目实施有一定的帮助。				

指导教师承担科研课题情况

**研究方向:**

复杂机械装备的不确定性分析与可靠性优化设计

**承担课程:**

《机械优化设计》、《现代汽车控制技术》、《汽车维修工程》等

**项目研究和实验的目的、内容和要解决的主要问题**

**一、研究目的**

1.对传动系统零部件进行分析与计算得到其疲劳寿命，在预期的允许范围内进行更换零部件，避免不必要的损失。

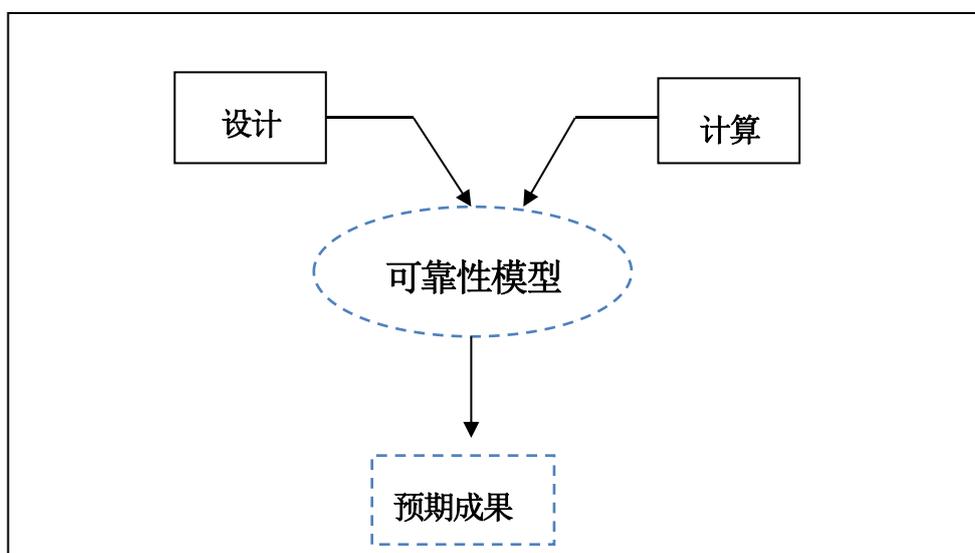
2.在得到零部件疲劳寿命的基础上，进一步提高零部件质量，对可靠性进行优化。

**二、研究内容**

传动系统的可靠性是衡量方程式赛车性能的一个重要指标，随着赛制的规范化和新技术的应用，对赛车的可靠性要求也日益提高。本项目从建立可靠性模型、进行疲劳分析、可靠性优化几方面着手。

**1.建立可靠性模型**

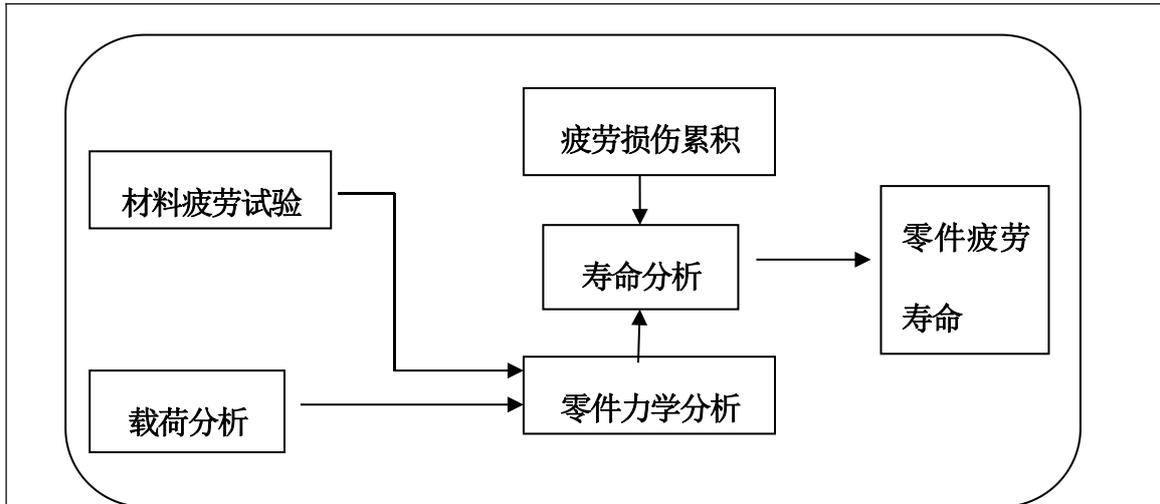
要提高传动系统的可靠性，必须先从设计上达到零部件的可靠性要求，然后在加工制造中加以保证，最终达到可靠性设计的要求。



**2. 进行疲劳分析**

一般而言，零件发生疲劳破坏时，应力水平往往低于材料本身的强度极限，但机械零件的破坏却是突然发生的，导致难以想象的事故。

限于目前水平和条件有限，但若只考虑静强度的分析方法，将无法模拟赛车在实际状态下承受交变载荷时的情况，因此，本项目以传动系统关键零部件为研究对象，运用CAE技术进行疲劳分析，预测疲劳寿命，最大程度接近实际过程。



### 3. 可靠性优化

为了设计的机械零件达到可靠性要求的同时，又是最优的设计结果，需要将两者结合起来，即可靠性优化设计。依据大赛赛事规则及赛车自身要求，在保证赛车传动系统强度和刚度的条件下，对关键零部件进行可靠性优化设计。

#### 三、解决的主要问题

- 1.对赛车传动系统关键零部件是否发生疲劳损伤不能采取有效的预防措施。
- 2.传动系统零部件可靠性比较低，需要备份更多的零部件，导致制造成本增加。

#### 国内外研究现状和发展动态

##### 研究意义

在 FSC（即中国大学生方程式汽车大赛）中，赛车的动力性能是取得佳绩的关键，而赛车传动系统的可靠性设计与优化的目的是提高零部件的可靠性，使赛车具有更好的动力性能。尤其是在耐久比赛中，对赛车传动系统可靠性的考验更为明显。以往一些针对传动系统的设计与优化，大多停留在理想阶段，并未对传动系统零部件的可靠性进行详细的分析，本项目将对赛车传动系统零部件的可靠性进行分析，并优化为最佳状态。

对于赛车来说，由于在设计、制造、加工、装配以及高速运动状态下等各种因素的影响，零部件可靠性一般会随着使用时间的增加而出现逐渐减弱的趋势，必然会导致整车性能的降低。因而，对于提高赛车传动系统的可靠性有重要的意义。

##### 国内外研究现状和发展动态

传动系统作为与发动机协同工作，保证赛车在各种路况下正常行驶的驱动力，传递动力给驱动车轮的重要系统之一，对赛车整体有着重要的影响。由于大链轮、半轴等传动系统关键零部件承受较大载荷，因此，对大链轮、半轴的疲劳可靠性研究有重要的意义。

##### 可靠性模型

一直以来都国内外众多学者对可靠性的研究均十分的重视，对车辆部件可靠性的研究主要集中在对载荷谱的研究上，因为载荷谱对于疲劳模拟仿真的分析有着重要的作用。可靠性研究发展至今已经历了较长的时间，目前在各行各业得到了广泛的应用，也已经

从定性分析发展到定量分析的研究阶段[1]。

### **疲劳分析研究**

目前一些汽车工业强国在疲劳方面倾注了大量的技术研究工作，疲劳理论不断发展与成熟，各种疲劳分析软件逐渐呈现出来，为汽车零部件设计提供了有力的支持。最先开发疲劳分析软件的属于 nCode 公司，该公司已形成了数据采集、数据分析、疲劳分析等过程的一整套方案[2]。

国外介入疲劳耐久性分析的研究较早，基于疲劳理论，围绕各种疲劳分析方法，在车辆、机械等方面的疲劳研究成果较多，列举如下：

Sridhar Srikantan 等人通过 MSC.Nastran 对卡车的结构进行应力的计算，然后在 MSC.Fatigue 中进行疲劳分析，获取的结果对后续的改进和优化有一定的指导意义。

Jaap Schijve 从材料的疲劳特性和各种载荷特性出发，基于疲劳理论，总结了变幅载荷作用下材料性能、裂纹扩展疲劳分析、高温疲劳、结构的抗疲劳设计等内容，对后续的疲劳分析工作，尤其在材料疲劳性能领域奠定了良好的基础[2]。

西南交通大学的金鼎昌、阳光武博士对架构进行了疲劳可靠性分析，提出了一套系统的疲劳分析方法，此外，另一博士提出了一套多体动力学与有限元分析相结合的疲劳分析方法[2]。

西南交通大学的金鼎昌、阳光武博士对架构进行了疲劳可靠性分析，提出了一套系统的疲劳分析方法，此外，另一博士提出了一套多体动力学与有限元分析相结合的疲劳分析方法[2]。

### **可靠性优化**

可靠性分析技术在机械设计领域中的应用已深入到结构设计、机械零部件的强度设计、选材和失效分析以及机械产品设计中，为机械结构可靠性分析与设计提供了理论基础[5]。

### **参考文献**

- [1] 庾奎. 基于随机有限元法的机械零部件静动态可靠性分析[D]. 重庆交通大学, 2015.
- [2] 吴道俊. 车辆疲劳耐久性分析、试验与优化关键技术研究[D]. 合肥工业大学, 2012.
- [3] 王彦伟, 罗继伟, 叶军, 陈立平. 基于有限元的疲劳分析方法及实践[J]. 机械设计与制造, 2008(01):22-24.
- [4] 蒋春明. 汽车机械式变速器变速传动机构可靠性优化设计[D]. 南京航空航天大学, 2007.
- [5] 聂超. 汽车零部件贝叶斯可靠性设计若干关键问题的研究[D]. 大连工业大学, 2011.

### 本项目学生有关的研究积累和已取得的成绩

所有成员均参加 2017 年中国大学生方程式汽车大赛，参与赛车传动系统的设计、加工、制造等各阶段。

在 2017 年中国大学生方程式汽车大赛中，我校赛车队取得成本答辩第十四名、燃油效率测试第六名、耐久性能测试第一名、获得 2017 年中国大学生方程式汽车大赛一等奖。

### 项目的创新点和特色

1. 利用 ANSYS 疲劳分析模块得到传动系统关键零部件的疲劳寿命；
2. 在不增加传动系统零部件质量的前提下，利用 HyperMesh OptiStruct 优化结构，提高零部件的可靠性。

### 项目的技术路线及预期成果



#### 1. 建立模型

大链轮、半轴等传动系统重要零部件承担着传递动力的重要任务，不仅要有一定的强度和刚度，还要满足良好的可靠性。当赛车在高速运动状态，半轴和大链轮在变载荷作用下会变形，发生疲劳累积，零部件极易产生疲劳破坏。

对此，根据发动机最大功率、最大扭矩、转速等数据确定大链轮参数，计算其受力情况，进行可靠性分析。

有效圆周力：

$$F_e = 1000P/v$$

压轴力：

$$F_p = K_{fp} F_e$$

式中 P 为最大功率，v 为平均链速，K<sub>fp</sub> 为压轴力系数。

## 2.疲劳分析

方程式赛车传动系统的半轴是传递扭矩给驱动轮的全浮式半轴，轴上所受扭转和弯曲应力分别为：

$$\tau_{\max} = T/W_p$$

$$\sigma_{\max} = M/W_t$$

对其进行疲劳强度校核时，需要对零件施加最危险工况下的受力，超过其许用应力证明零件失效。

载荷与疲劳的关系是采用 S-N 曲线来表示，而 S-N 曲线是通过对试件做疲劳测试得到的，由于条件限制，对零件进行疲劳分析采用的 S-N 曲线是在理论经验及查阅资料得出的。

在此基础上，利用 ANSYS 自带的疲劳分析模块，进行疲劳分析，得到预估的疲劳寿命。

## 3.仿真优化

在已知材料属性，边界条件的情况下，使用 ANSYS 软件作为仿真和优化的工具，定义材料属性，划分网格，确定约束条件，进行有限元分析。在满足强度和刚度的条件下，优化零部件结构，达到可靠性设计的目标。

## 二、预期成果

- 1.设计出所需要的传动系统，制造出实体样件装在整车上，并可得到传动系统关键零部件的预期寿命。
- 2.发表关于方程式赛车传动系统零部件可靠性设计研究的论文。

### 年度目标和工作内容（分年度写）

2018 年 3 月前，设计传动系统各部件；  
2018 年 8 月前，取回加工件，整车试装配；  
2018 年 9 月前，完成整车调试，调至最优状态；  
2018 年 10 月，参加比赛；  
2018 年 12 月前，完成相关资料的总结。

指导教师意见

签字：

日期：

注：本表栏空不够可另附纸张

