

# 同濟大學

## 工程硕士学位论文选题报告 及论文工作计划

课题名称 功率分流式混合动力系统离合器滑摩  
起动发动机控制策略研究

学 号 XXXXX

姓 名 XXXXX

专业领域 车辆工程

所在院、系 汽车学院

校内导师

校外导师

选题时间 2017 年 11 月 12 日

同济大学研究生院

2017年 11月 12日

## 一、立论依据

### 课题来源、选题依据和背景情况、课题研究目的、工程应用价值

#### ◇ 课题来源

本课题来自于企业的混合动力变速器开发项目。

#### ◇ 选题依据和背景情况

当前，全球汽车工业正面临着金融危机和能源环境问题的巨大挑战。发展新能源汽车，实现汽车动力系统的新能源化，推动传统汽车产业的战略转型，在国际上已经形成广泛共识。在这种形势下，美国、日本、欧洲等发达国家和地区，不约而同地将新能源为代表的低碳产业作为国家战略选择，都希望通过新能源产业与传统汽车产业的结合，破解汽车工业能源环境制约，培育新型战略性新兴产业，提升产业核心竞争力，发展低碳经济，实现新一轮经济增长。在太阳能、电能等替代能源真正进入实用阶段之前，混合动力汽车因其低油耗、低排放的优势越来越受到人们的关注。

混合动力汽车具有油、电发动机的互补工作模式，具有省油、节能的优势。同时，混合动力系统在同等条件下相对于汽油车和柴油车来说，汽车尾气排放少，从而减少对空气的污染。因此，混合动力汽车具有环保、污染小的优点。

目前，从驱动形式上划分，混合动力汽车可分为串联式混合动力汽车、并联式混合动力电动汽车、混联式混合动力汽车混合动力汽车三大类。

串联式混合动力汽车是由发动机、发电机和驱动电动机三大动力总成组成，发动机、发电机和驱动电动机采用“串联”的方式组成驱动系统。串联式混合动力汽车用发动机—发电机组均衡发电，电能供应驱动电动机或动力电池组，使串联式混合动力汽车的行驶里程得到延长。

并联式混合动力电动汽车是由发动机、电动/发电机或驱动电动机两大动力总成组成，发动机、电动/发电机或驱动电动机采用“并联”的方式组成驱动系统。并联式混合动力电动汽车的驱动力组合有发动机轴动力组合式、动力组合器动力组合式和驱动轮动力组合式三种不同的组合模式。

混联式混合动力电动汽车是上述两种混合动力汽车的结构特点组成的，是由发动机、电动/发电机和驱动电动机三大动力总成组成。并联式混合动力电动汽车的驱动力组合有动力组合器动力组合式和驱动轮动力组合式两种组合模式。混联式混合动力电动汽车兼有串联式混合动力汽车和并联式混合动力电动汽车的优点，可以组合成更多种形式的混合驱动的驱动模式。

混联式混合动力汽车中发动机/电机动力混合程度深，为了达到更好的燃油经济性，在各种复杂工况尤其是城市工况中，发动机起停更为频繁，发动机起停的平

顺性决定了在城市工况这种特定工况中驾乘人员对于驾乘舒适的感受，在汽车行业大发展汽车逐渐普及的今天显得尤为重要。

笔者所在企业目前正在开发以某 SUV 车型为载体的插电式混合动力汽车项目，采用 1.5 升缸内直喷废气涡轮增压发动机搭载第二代功率分流式混合动力传动系统（China Hybrid System, CHS）以及 12kW\*h 锂电池。发动机的输出功率既可以通过传动系统传递到输出轴，也可以通过动力传动系统带动电机发电给动力电池充电。与传统车相比，能实现 35% 以上的节油。

混合动力汽车一大优势是可以根据工况选择工作模式（EV 模式或 HEV 模式），以实现高效节油。比如，在停车、起步、低车速小负载等发动机低效工况切换到 EV 模式，在高车速大扭矩等发动机高效工况切换到 HEV 模式。然而，EV 与 HEV 之间的模式切换即发动机起动熄火可能带来用户预期之外的抖动（因为模式切换时用户可能并无操作），不利于舒适性；且发动机起动为保证起动可靠性，发动机管理系统中设置起动加浓的策略，在频繁起停的城市工况中，不利于节能减排。为此，在第二代 CHS 混合动力系统中增加两个离合器，一个离合器将发动机与行星架连接（C0），一个离合器将发动机与大太阳轮连接（C1）；本文拟以 C1 为研究对象，针对起停工况中通过离合器滑摩策略实现从发动机起动到扭矩平滑接入传动系的过程，并且混合动力系统中电机能力远大于发动机起动马达，可以将发动机拖转到较高转速稳定转速，降低起动工况转速爬升过程对于发动机本体的依赖，减少了非经济油耗区的喷油量，从而达到降低油耗的目的。

论文基于混联式混合动力汽车，探讨离合器滑摩起动发动机过程控制策略，以改善 EV 到 HEV 模式切换过程的舒适性及发动机起停过程中的经济性。

#### ◇ 课题研究目的

混合动力汽车不仅动力强劲，而且由于驱动电机的助力，可以优化发动机的工作点，使发动机在各种工况下处于经济工作区以降低油耗。混合动力从汽车是在驾驶员对整车动力性、经济性和国家排放与油耗法规要求的驱动下，以及电机和电池技术水平提高的前提下发展起来的，但是在大力推广过程中仍然存在一些问题，其中最主要的问题是成本因素。由于增加了电机、电池等硬件，产品价格大幅提高，通过优化软件控制策略来降低对硬件的要求甚至取消部分硬件是一种有效的方法。

本课题针对某型混合动力变速箱离合器起动发动机问题开展研究。建立发动机-混合动力变速箱参数化模型，研究离合器起动发动机平顺性、经济性的动力学特性。通过不同工况下实车试验，对发动机起动情况，车辆抖动情况，燃油消耗量进行分析，锁定影响离合器起动发动机平顺性、经济性的重要因素，针对性制定优化方案，达到离合器起动发动机的平顺性目标及经济性目标。

#### ◇ 工程应用价值

本课题通过实车试验，完成对离合器控制策略进行验证，检验离合器起动发动机的可行性，为混合动力汽车起动方式开辟了新的路线。

建立详细的发动机-混合动力变速箱动力学模型，通过实验与仿真的对比，验证了动力学模型在离合器起动发动机研究中的实际应用效果，其大大降低了混合动力变速箱的开发成本；通过对离合器控制策略、发动机控制策略的优化，有效降低了起动抖动问题，提高了燃油经济性，对提升混合动力汽车的整体水平有着重要的意义。

## 二、文献综述

### 国内外研究现状、发展动态

同济大学张立军等[1]研究了发动机的冷起动性能,发现气缸压力的波动频率与噪声和振动加速度的频率相差很大,得出了发动机起动时的振动可能与拖转电机的转矩波动及发动机曲轴活塞连杆机构的摩擦冲击有关的结论。

姜娇龙等[2]基于 ISG 混合动力汽车分析了发动机快速启动瞬态过程,建立了仿真模型,研究了不同参数对发动机起动性能的影响。

清华大学的戴一凡等[3]研究了单电机双离合的并联式混合动力系统,提出了对电机转速进行 PID 调节,通过电机转矩的控制来平衡发动机的转矩波动。

童毅[4]提出了由转速管理策略和动态协调控制算法组成的面向动态协调问题的控制算法体系结构。在转速管理策略之上,提出了“发动机转矩开环+发动机转矩估计+电机转矩补偿”的动态协调控制算法,解决了单轴并联式混合动力汽车的动态协调问题。

重庆大学的李红朋等[5-6]建立了混合动力汽车的发动机动力学模型,推导了发动机在起动情况下的各运行阻力矩的计算公式,并以计算的发动机阻力矩为输入对起动性能进行了仿真。

杨阳等[7-9]提出了混合动力汽车的限力矩离合器油压的模糊控制策略,通过协调电机扭矩与整车需求扭矩、限力矩离合器传递扭矩以及发动机扭矩的关系来改善发动机起动舒适性。

吉林大学冀尔聪[10]对一种并联式混合动力客车模式切换过程进行了研究。将并联式混合动力汽车模式切换分为驱动模式之间的切换,制动模式之间的切换、驱动与制动模式之间的切换。针对模式切换过程中转矩波动的问题,提出了基于电机辅助的协调控制策略,改善了模式切换过程中动力传递的平顺性。

王印束[11]等对双离合器式混合动力传动系统模式切换品质进行了研究。通过合理控制发动机和电机的转矩变化率来改善模式切换过程中转矩波动情况,并对典型模式切换过程进行仿真研究,仿真结果表明该控制策略能够有效改善模式切换过程的平顺性。

湖南大学闫晓磊[12]等以一种基于行星齿轮机构的 HEV 传动系统为研究对象,降二次型最优控制算法运用到 HEV 动力切换过程中,以整车纵向冲击度和离合器滑摩功为控制目标,实现了 HEV 动力平顺切换,同时减小了离合器结合过程中的冲击和振动,降低了离合器的滑摩发热。

武汉理工大学杜常清、颜伏伍等[13-14]对并联式混合动力系统模式切换过程的

控制进行研究,提出了基于神经网络的发动机转矩估计模型,通过试验证明在发动机油门开度变化率不高的情况下能够达到较高的估计精度。对于并联式混合动力模式切换协调控制问题,提出了基于模型预测的电机调速鼻环控制策略,有效减小了模式切换过程中系统的输出转矩和转速的波动。

湖南大学张军等[15]对基于 CVT 的混合动力电动汽车,利用发动机的伪目标转速和伪输出转速计算出电机转矩,很好的实现了纯电动工况到发动机工况的平顺过渡。

丰田的 Takayoshi Yoshioka 等[16-18]与 Ford 的 Ming L. Kuang 等[19]分别研究发现发动机起动时的抖动主要由缸内压力、以及发动机由负到正的扭矩突变有关,提出通过推迟进气门关闭时机来改善缸内压力的不良影响,提出通过推迟发动机的点火提前角以及调节发动机起动时的喷油量来减小发动机扭矩突变的振幅,并提出了改善发动机悬置来减轻传递到输出轴的扭矩波动。

M. Canova 等 [20] 针对装备 BSG(belted starter /alternator) 的 1.9 L 高压共轨柴油机混合动力系统,建立怠速起停动力学模型,分析其高频扭矩和转速波动;根据动力学模型设计了二阶前馈控制器对发动机进行闭环控制,以降低发动机起动和怠速时的波动。

本田的 Tatsuhiko YONE 等[21]提出了一种硬件减振的方法,应用在本田讴歌 RL 上。他们开发了一种“主动控制发动机悬置系统”,该悬置系统由柱塞、线圈等组成,在发动机起动时,控制器通过控制线圈来改变柱塞在悬置系统内部的位置,从而抵消发动机起动时的扭矩波动。

美国俄亥俄州立大学 kerem koprebasi 等[22-25]将混合动力汽车的模式切换视为混杂系统的切换控制问题,将混合动力汽车的工作模式划分为不同子域并设计了相应的控制器,进行了从纯电动切换至混合动力模式的仿真分析,通过实验证明了基于混杂系统的切换控制能有效减小模式切换过程对车辆的冲击。

R. beck 等[26]对一种双电机单离合器器的并联式混合动力汽车从纯电动切换至混合动力模式过程的平稳过渡问题进行了研究,建立了并联式混合动力系统动力学模型,针对该模式切换过程提出了模型预测控制的方法。仿真结果表明该控制方法能有效保证模式切换过程的平稳过渡。

Sangioon Kim 等[27]针对一种并联式混合动力系统,为了提高 EV/HEV 之间模式切换性能,提出了三种离合器结合压力控制方法,制定了模式切换过程中的协调控制规则,根据仿真结果确定了在不同驱动条件下的最优离合器压力控制方法。

Anthony Smith, Yongsheng He 等对单抽并联式混合动力汽车纯电动行进中起动发动机进行了研究。提出了电机转速与离合器恒定压力控制相结合的闭环控制策

略，通过台架试验证明了控制策略的有效性。

以上文献中的多以针对特定混合动力结构特点而制定模式切换控制策略，国内研究目前集中在基础技术以及串联/并联型混合动力系统上，对混联式混合动力系统的研究较少；国外方面，丰田针对 THS 系统进行了较全面的研究，总结了造成发动机起动抖动的两个主因以及对应的解决方案。本文研究一种全新的混合动力系统结构，存在多种模式之间的切换，其中将 EV 模式切换到 HEV 模式的模式切换与发动机起动有机揉合到一起，有必要进行针对性研究。

#### 参考文献：

- [1] 张立军, 叶荫, 余卓平. 混合动力汽车用发动机起动振动与噪声特性初步研究[J]. 汽车技术, 2009, 3(1): 28-31.
- [2] 姜娇龙, 赵治国. 混合动力发动机快速起动过程模拟与分析[J]. 机械与电子, 2013, 5(1): 31-35.
- [3] 戴一凡, 罗禹贡, 李克强, 任勇, 周安健, 段志辉, 严钦山[J]. 单电机强混合动力电动车辆的动态协调控制. 汽车工程, 2011, 33 (12): 1007-1012.
- [4] 童毅, 欧阳明高, 张俊智, 并联式混合动力汽车控制算法的实时仿真研究[J]. 机械工程学报, 2003, 39 (10) :156-161.
- [5] 李红朋, 秦大同, 杨阳, 徐佳曙. 汽车发动机起动过程的动力学仿真[J]. 重庆大学学报 (自然科学版), 2005, 28 (6): 4-8.
- [6] 李红朋. 基于 HEV 发动机起动性能的 ISG 转矩控制与仿真研究. 2005
- [7] 杨阳, 李小强, 苏岭, 黄剑峰. 重度混合动力汽车工作模式切换策略[J]. 中国公路学报, 2014, 27 (6): 109-126.
- [8] 杨阳, 黄剑峰, 秦大同, 苏岭. 双离合式混合动力汽车模式切换控制策略[J]. 汽车工程, 2013, 35 (8): 723-730.
- [9] 黄剑峰. 重度混合动力轿车模式切换扭矩协调控制策略.
- [10] 王庆年, 冀尔聪, 王伟华, 并联式混合动力汽车模式切换过程的协调控制[J], 吉林大学学报:工学版 2008.1 (38) :1-6.
- [11] 王印束, 双离合式混合动力传动系统模式切换品质仿真研究[D], 长春: 吉林大学, 2009
- [12] 闫晓磊, 钟勇, 钟志华. HEV 系统平顺性切换最优控制研究[J]. 汽车工程, 2008.30(4):28-30

- [13]杜常清, 车用并联混合动力系统瞬态过程控制技术研究[D].武汉: 武汉理工大学, 2009.
- [14]杜常清, 颜伏伍, 李劲松等.发动机性能测试及转矩控制原型建立方法研究[J].内燃机工程, 2010, 1 (31): 60-64.
- [15]张军, 周云山, 黄伟等.四驱混合动力汽车模式切换平顺性研究[J].湖南大学学报, 2011.38 (8) :24-27.
- [16] Takayoshi Y,Hiroshi S.Noise and Vibration Reduction Technology in Hybrid Vehicle Development. SAE 2001-01-1415 .
- [17] 駒田匡史, ハイブリッド車の振動騒音現象とその低減技術, 日本機械学会誌, 2007, 110 (1064) :545
- [18] Jun Kokaji, Masashi Komada, Masayuki Takei, Masaya Takeda. Mechanism of Low Frequency Idling Vibration in Rear-Wheel Drive Hybrid Vehicle Equipped with THS II. 2015-01-2255.
- [19] Ming L. Kuang. An Investigation of Engine Start-Stop NVH in A Power Split Powertrain Hybrid Electric Vehicle. SAE 2006-01-1500.
- [20] Canova M, Guezennec Y, Yurkovich S. On the control of engine start /stop dynamics in a hybrid electric vehicle [ J ]. Journal of Dynamic Systems , Measurement, and Control-Transactions of the ASME, 2009, 131( 6) : 1-12.
- [21] Tatsuhiro YONE, Hideyuki OKAMOTO, Takashi YAMAGUCHI, Shinotaro FURUI, Hirotoomi NEMOTO. Development of Active Control Engine Mount System for Reduction of Resonance Vibration at Engine Restart[J]. Honda R&D Technical Review, 2014,12(26):132-136.
- [22]Kerem Koprubasi. Modeling and control of a hybrid-electric vehicle for drivability and fuel economy improvements[D].Ohio state University,Ohio,USA,2008.
- [23]K.Koprubasi,E.R.Westervelt,and G.Rizzoni.Toward the Systematic Design of Controllers for Smooth Hybrid Electric Vehicle Mode Changes[C]. Processings of the American control Conference. 2007.
- [24]K.Koprubasi, E. R. Westervelt, G. Rizzoni,et al. Experimental Validation of a Model for Control of Drivability in a Hybrid Electric Vehicle [C]. Proceedings of the International Mechanical Engineering Congress and Exposition. 2007.
- [25]P.Pisu, K.Koprubasi, and G. Rizzoni, Energy Management and Driveability Control Problems for Hybrid Electric Vehicles[C], Processdings of the IEEE International



Conference on Decision and Control /European Control Conference, 2005.

[26]R.Beck , et al. Model Predictive Control of a Parallel Hybrid Vehicle Drivetrain[C]. Proceedings of the 44th IEEE Conference on Decision and Control, and the European Control Conference 2005 Seville ,Spain,December 12-15,2005:2670-2675.

[27]SangJoon Kim, Joonyoung Park. Transient Control Strategy of Hybrid Electric Vehicle during Mode Change. SAE paper. 2009-01-0228.2009

[28]Anthony Smith,Norman Bucknor,Hong Yang.etl Controls Development for Clutch-Assited Engine Starts in a Parallel Hybrid Electric Vehicle[C]SAE:2011-01-0870

[29]Yongsheng He,Norman K, Bucknor, Anthony L.Smith. Modeling and Drivability Assessment of a single-motor Strong Hybrid at Engine Start[C]SAE:2010-01-1440.

### 三、研究内容

#### 1. 主要研究内容及关键技术

##### ◇ 主要研究内容

本文基于 CHS 第二代混合动力变速箱，主要针对混联式混合动力汽车的发动机起动过程，研究离合器滑摩起动发动机的控制策略，改善发动机起动的平顺性和经济性，同时通过实车试验验证取消起动马达的可行性。

(1) 设计离合器滑摩起动算法、离合器控制算法、整车扭矩协调最优算法并构建控制算法模型

(2) 构建 CHS 第二代系统及整车的物理模型，集成控制算法模型与物理模型，开展离线仿真，并根据仿真结果迭代优化控制算法。

(3) 制定实车验证方案，对第二步的得到的控制算法进行实车验证，客观数据分析，客观评价离合器滑摩起动控制算法的有效性，并根据实际结果迭代优化控制算法。

##### ◇ 拟研究的关键技术

(1) 离合器滑摩起动控制。发动机起动时，当离合器主动端转速到达目标转速后，控制离合器滑摩拖转发动机；发动机到达预定转速后进行喷油点火动作；发动机转速逐渐上升，与离合器主动端转速差较小时，控制离合器完全结合，完成起动。

(2) 离合器控制。根据滑摩起动过程阶段不同，对离合器施加不同的油压，达到精确控制各个阶段离合器传递扭矩的目的。

(3) 整车扭矩协调最优控制。拟采用最优控制算法，协调 CHS 系统的小太阳轮（E1 轴）、大太阳轮（E2 轴）在外齿圈（输出轴）施加的扭矩，在发动机起动之后，随着发动机扭矩的增加相应地减小 E2 电机扭矩输出，保证输出轴扭矩平滑变化。

(4) 发动机管理系统标定。通过标定发动机起动工况喷油 MAP，减稀发动机起动加浓，减小起动过程中的喷油量，达到减小爆燃扭矩突变降低起动过程中的发动机的抖动并降低油耗的目的。

## 2. 拟采取的研究方法、技术路线、实施方案及可行性分析

### ◇ 拟采取的研究方法

(1) 归纳总结：查阅大量发动机起动控制的文献，对既有研究成果进行归纳总结，并借鉴相关文献中的方法，结合本文实际进行算法和控制策略创新，为本文的研究工作奠定理论基础。

(2) 建模仿真：采用理论与试验的建模方法搭建发动机起动仿真模型；设计发动机起动过程的扭矩协调以及离合器控制算法并在离线仿真模型中进行验证。

(3) 试验验证：通过使用加速度传感器测量行车过程中发动机起动时输出轴的振动以及座椅、悬置等关键位置的振动，对算法的有效性开展验证。

### ◇ 技术路线及实施方案

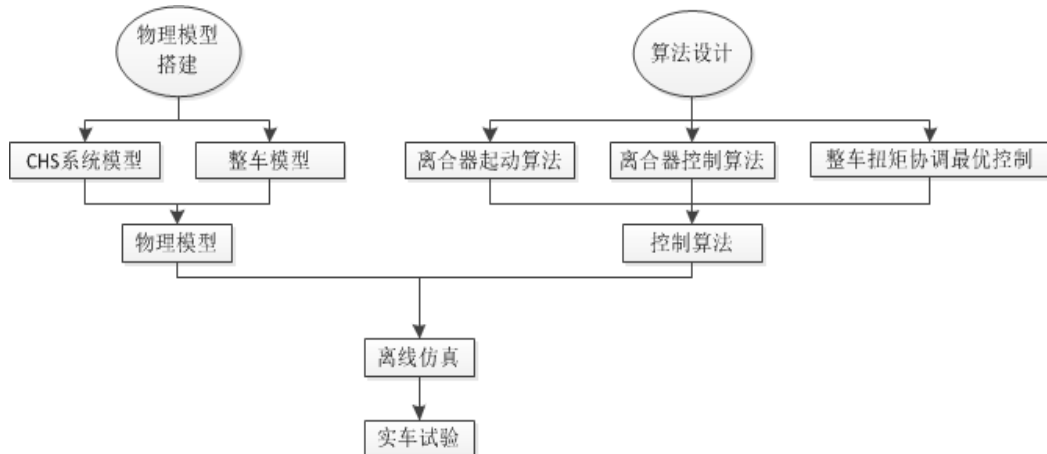


图 2 技术路线图

(1) 算法设计及实现。完成整车扭矩协调最优控制算法设计；完成离合器控制算法设计；完成离合器滑摩起动控制算法设计。使用 Simulink/Stateflow 构建控制算法模型。

(2) 物理模型搭建。使用 Simulink 及 AMESim 搭建 CHS 第二代系统及发动机、电机、电池的物理模型。

(3) 离线仿真。在 Simulink 环境集成控制算法模型以及物理模型，开展离线仿真，验证各控制算法，并根据结果迭代优化控制算法。

(4) 实车试验。将 Simulink 算法模型转化为 Targetlink 模型并生成 C 代码，编译连接 C 代码生成 HEX 文件，烧写到 HCU 硬件。完成 HCU 初步调试并开展 EMS 的优化标定工作。使用加速度传感器实测发动机起动时在悬置、座椅、方向盘等位置的抖动，以此客观评价算法有效性并根据评价结果迭代优化算法。

## ◇ 可行性分析

国内外学者已经在混合动力系统发动机起动方面取得了丰硕的成果,在充分消化吸收前人果实的基础上,结合 CHS 第二代混合动力系统的时机情况,开发出效果更优秀的混联式混合动力系统发动机起动策略。

笔者所在学校在汽车传动系统包括电子控制基础技术研究方面积累大量的经验;笔者导师在本领域研究经验丰富,技术预见及把控能力强,能对本课题提供全面的指导;笔者所在企业在混合动力系统开发,发动机控制系统匹配标定,电机控制系统匹配标定,电池系统匹配标定方面有着丰富的项目经验和应用技术积累;

笔者所在学校和企业将为本文实施方案提供详实的理论基础、软件基础、硬件基础等研究基础。

综上所述:拥有丰富的理论基础及项目应用经验,软件资源、硬件资源、资金充足,可以认为该论文课题可行。

### 3. 预期目标

本课题针对 CHS 第二代混合动力系统,开展建模仿真及控制算法优化研究,预期目标如下:

- (1) 完成离合器滑摩起动发动机控制算法设计;
- (2) 完成离合器控制算法设计;
- (3) 完成起动工况整车扭矩协调最优控制算法设计;
- (4) 完成发动机管理系统优化标定;
- (5) 完成发动机起动工况整车抖动客观评价。

#### 四、研究基础

##### 1. 所需工程技术、研究条件

###### ◇ 硬件条件

搭载目标混合动力系统的试验车在试验道路试验；

离合器/液压阀板试验台架；

加速度传感器等数采设备。

###### ◇ 软件条件

笔者所在学校及企业所具备的 MATLAB/Simulink、Targetlink、AMESim、INCA、CANoe 等工具将为该项目的算法模型搭建、算法仿真、代码生成、软件调试及标定提供软件基础。

##### 2. 所需经费，包含经费来源、开支预算（工程设备、材料须填写名称、规格、数量）

工程设备、材料	数量	价格/万元
笔记本电脑	1	0.6
加速度传感器	3	2
实验车	1	13
数据采集设备	1	5
实验辅助设备	1	1
书籍资料购买，打印复印	1	0.06
离合器/液压台架费用	1	5

工程试验设备由企业提供，相关费用来自项目开发预算。

## 五、工作计划

序号	阶段及内容	工作量估计 (时数)		起讫日期	阶段成果形式
1	前期调研阶段 文献搜集与整理	180		2017.7-2017.8	文献综述
2	论文开题报告	70		2017.9	论文课题
3	详细设计阶段 可行性分析	80		2017.10	开题报告
4	离合器滑摩起动控制策略 开发	200		2017.11-2017.12	控制软件
5	离合器控制算法设计	160		2017.12-2018.3	控制算法
6	扭矩协调最优控制算法设计	320		2018.3-2016.7	控制算法
7	论文中期考核	160		2018.7-2018.9	中期考核表
8	验证及迭代优化阶段 离线仿真	240		2018.9-2018.10	控制软件
9	EMS 优化标定	160		2018.10-2018.11	标定数据
10	HCU 精标定及迭代优化	320		2018.11-2019.1	标定数据 试验数据
11	客观评价	160		2019.1-2019.2	评价报告
12	项目总结阶段 论文定稿 项目总结与论文答辩	80		2019.2	研究生学位论文
		40		2019.3	
		合计	2170		

### 同济大学工程硕士学位论文选题报告评分表

评审项目	权重	评分标准		得分 (百分制)
一、选题依据 (A)	30%	80-100分	直接来源于生产实际或具有明确具体的工程背景，研究内容有较好的实际应用价值	
		60-80分	一定程度上来源于生产实际或具有一定的工程背景，研究内容有一定的实际应用价值	
		60分以下	脱离生产实际，无实际应用价值	
二、理论基础和专门知识 (B)	20%	80-100分	较好的掌握本专业的基础理论和系统的专门知识	
		60-80分	基本掌握基础理论和专门知识	
		60分以下	未能掌握基础理论和专门知识	
三、选题难度及先进性 (C)	30%	80-100分	研究课题具有较高的技术难度、先进性和工作量，充分体现出综合运用科学理论、技术、方法和手段解决工程实际问题的能力	
		60-80分	研究课题具有一定的技术难度、先进性和工作量	
		60分以下	研究课题不符合本领域的发展方向，先进性不明显，难度不大	
四、文字表达 (D)	10%	80-100分	条理清晰，分析严谨，文笔流畅	
		60-80分	条理较好，层次分明，文笔较流畅	
		60分以下	写作能力较差	
五、口头报告 (E)	10%	80-100分	思路清晰、逻辑性强、表述清楚	
		60-80分	基本概念清晰、层次分明、表述较清楚	
		60分以下	表述较差	
总分	总分=0.3A+0.2B+0.3C+0.1D+0.1E			

备注：评审专家只对五项指标每一项的最后一栏内打分（百分制），不必计算总分。

#### 评审小组组成：

组成	姓名	职称	单位	签字
导师			同济大学	
成员			同济大学	
			同济大学	
			同济大学	
			同济大学	

注：此评分表作为工程硕士研究生课程成绩单必备的材料之一

年 月 日

六、评审意见

导师（或导师组）对本课题的评价

导师签名\_\_\_\_\_

年 月 日

评审小组的审查结论

组长\_\_\_\_\_ 组员\_\_\_\_\_

年 月 日

工程领域领导小组意见

负责人签名\_\_\_\_\_

年 月 日