

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: 19920110154034

UDC _____

厦 门 大 学

博 士 学 位 论 文

基于作业谱分析与模式识别的工程车辆智能换挡技术研究与应用

Research and Application of Intelligent Shift Technology for Engineering Vehicle Based on Working Spectrum Analysis and Pattern Recognition

王少杰

指导教师姓名: 黄元庆 教授

侯 亮 教授

冯勇建 教授

专 业 名 称: 精密仪器及机械

论文提交日期: 2016 年 月

论文答辩时间: 2016 年 月

学位授予日期: 2016 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2016 年 月

基于作业谱分析与模式识别的工程车辆智能换挡技术研究与应用

王少杰

指导教师

黄元庆

侯亮

冯勇建

教授

厦门大学

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

随着我国经济的发展，工程车辆在国民经济、社会发展和国防安全等方面发挥着举足轻重的作用。工程车辆的智能换挡技术是工程车辆亟待研究和解决的核心技术，对于保障车辆的动力性的前提下提高经济性、提高作业效率和减轻驾驶员作业强度等方面都有重要的意义。本文以实现工程车辆的智能化为目的，在优先考虑工程车辆动力性基础上兼顾燃油经济性，开展基于作业谱特征提取与模式识别的工程车辆智能化换挡关键技术及应用研究，并通过调控柴油发动机功率模式实现节能降耗。

本文针对工程车辆自动换挡技术存在换挡参数多样、换挡控制目标不合理，提出多参数最优换挡控制目标理论，统一自动换挡控制规律的研究方向，将研究重点调整到换挡控制策略的研究，并开展仿人智能模糊控制策略的研究；针对自动换挡技术的研究仍处于台架试验阶段且研究遇到瓶颈等问题，提出了开展基于作业谱分析与模式识别的换挡技术研究，将自动换挡技术的研究建立在整机试验的基础上，使研究与实际应用相结合，突破了自动换挡技术研究的瓶颈；针对柴油发动机具有功率模式可调以及未来可能出现功率直接根据负载情况实时可调的新亮点，开展了基于作业谱的作业周期、作业阶段和作业工况的识别研究工作，并将作业工况的识别研究与自动换挡技术相结合，为未来智能换挡的研究提供了新的研究方向。

针对以上的研究问题及解决方案，本文以某企业 ZL50 轮式装载机为研究对象，设计与建立一套工程车辆作业谱采集方案与采集系统，并基于四种典型工况进行轮式装载机的作业谱采集；对采集到的作业谱进行数据处理，提出一种新的改进阈值函数的小波阈值法去噪，改进与优化小波的滤波效果，同时结合平滑滤波与小波滤波得到滤波效果更好的混合滤波法；提出作业谱有效作业段的概念与用作业难度度量作业工况的方案，实现作业谱数据的作业周期、作业阶段的自动识别及作业工况的识别与评价；设计与开发自动换挡控制器与性能验证平台，在性能验证平台上完成对自动换挡控制器的校验，并开展自动换挡控制器的台架试验与整机试验研究，成功地将换挡控制策略应用于整机试验。

本文研究工作对工程车辆自动换挡技术在整机上实现与应用具有重要的意义，同时推动自动换挡技术进入一个新的研究领域，打破传统的研究方法，与作业谱分析相结合开展研究，为实现工程车辆智能化自动控制走向应用奠定基础。

关键词：工程车辆；自动换挡；最优换挡控制目标；作业工况识别；作业谱

厦门大学博硕士论文摘要库

ABSTRACT

With the development of China's economy, engineering vehicles play an important role in the national economy, social development and national defense security. Intelligent shift technology is the key technology to study and solve of the engineering vehicle, it is of great significance to improve the economy, improve the efficiency of the operation and reduce the intensity of the driver's work. In this dissertation, with the main purpose of realizing the intelligence of engineering vehicles; on the basis of the priority consideration of the power characteristics of the engineering vehicle, the fuel economy is considered; the key technology and application research of engineering vehicle intelligent shift based on activity spectrum feature extraction and pattern recognition are studied; and regulating the power mode of diesel engine to achieve energy saving and consumption reduction.

In this dissertation, for the diversity of engineering vehicle automatic shift technology parameter shift, shift control target is not reasonable, we present the optimal shifting control goal theory based on multi parameter, unified the direction of automatic shift control, adjust the focus research to shift control strategy, and carry out the study of human simulated intelligent fuzzy control strategy. For the automatic shift technology research is still in the bench test stage and encountered bottlenecks and other issues proposed to carry out the shift control research based on operation spectral analysis and pattern recognition technology. We study the automatic shift technology established on the basis of whole vehicle experimental, combining the research and practical application, and to break the bottleneck of automatic shift technology research. For the highlights of diesel engine with power mode adjustable and its power can be adjusted directly according to the load situation real-time in the future, we carry out based on spectral assignment of operating cycle, phase of the working stage and working condition recognition and automatic shift technology combined, and provides a new research direction for the future research on intelligent shift.

According to the above research problem and solutions, we take the ZL50 wheel loader of a company as the research object, design and establishment of a set of engineering vehicles spectrum acquisition scheme and acquisition system, and carry out working spectrum acquisition for wheel loader, which based on four typical working conditions. We present a new improved threshold function of wavelet threshold method denoising, improvement and optimization of wavelet filtering effect, and design a mixed filtering combining with smoothing filtering and wavelet filtering. The concept of effective working segment of working spectrum and a scheme to measure the working condition by the difficulty of operation is proposed. The working cycle, working stage, and working condition of working spectrum is realized. Design and development of automatic gear shifting controller and performance verification platform, checking of the automatic gear shifting controller is completed on the performance verification platform, and carry out the automatic gear shifting controller bench test and engine test research, shift control strategy is applied to the whole test successfully.

In this dissertation, it has important implications for the research work of realization and application of automatic shift technology on the machine. It promotes the automatic shift technology into a new field of research, to break the traditional research methods, and do the research combining with working spectral analysis to lay the foundation for the realization of the application of intelligent automatic control of engineering vehicle.

Key words: Engineering vehicle; Automatic shift; optimal shift control target; Working condition identification; Working spectrum

摘 要.....	III
ABSTRACT	III
目 录	V
CONTENTS	XI
第一章 绪论	1
1.1 研究背景与研究意义	1
1.2 工程车辆自动变速技术的现状	2
1.2.1 工程车辆自动变速技术的应用现状.....	2
1.2.2 工程车辆自动换挡技术的研究现状.....	3
1.3 工程车辆自动换挡技术存在的问题	4
1.3.1 台架试验与整机试验存在差距.....	4
1.3.2 换挡规律的控制目标与实际不符.....	5
1.3.3 换挡参数的多样性提法限制研究的发展.....	6
1.3.4 缺乏整机作业谱数据采集与分析.....	6
1.4 本文的研究内容	6
1.5 本章小结	9
第二章 工程车辆智能换挡技术分析	10
2.1 工程车辆动力传动系统	10
2.1.1 工程车辆动力传动系统组成.....	10
2.1.2 工程车辆动力传动系统控制模型.....	11
2.2 柴油发动机能耗分析	11
2.3 工程车辆换挡参数分析	12
2.4 作业谱采集技术分析与设计	13
2.4.1 作业谱概述.....	13
2.4.2 作业谱测试方案设计.....	14
2.4.2.1 测试技术路线.....	14

2.4.2.2 测试工况确定	15
2.4.2.3 作业方式确定	17
2.4.2.4 测量参数确定	18
2.4.2.5 采样大小确定	19
2.4.3 作业谱测试系统设计	20
2.4.3.1 测试系统的建立	20
2.4.3.2 样机改装及传感器布置	22
2.4.4 作业谱测试实现	25
2.5 本章小结	26
第三章 工程车辆自动换挡控制策略研究	27
3.1 多参数最优换挡控制目标理论	27
3.1.1 换挡规律的分类	27
3.1.1.1 按控制参数分类	27
3.1.1.2 按控制目标分类	29
3.1.2 多参数最优换挡控制目标	30
3.1.3 多参数最优换挡控制目标分类	31
3.2 多参数最优换挡控制目标的方法研究	32
3.2.1 换挡策略的方法研究	32
3.2.1.1 换挡参数选择及用途分析	32
3.2.1.2 动力性换挡规律的确定方法	33
3.2.1.3 经济性换挡规律的确定方法	35
3.2.2 换挡策略的实现方法	36
3.3 多参数最优换挡控制目标的建模设计	38
3.3.1 仿人智能模糊控制参数分析	38
3.3.2 仿人智能模糊控制的实现	38
3.3.2.1 模糊控制策略的设计	39
3.3.2.2 仿人智能控制策略的设计	40
3.4 多参数最优换挡控制目标的仿真研究	41
3.4.1 仿真模型的构建	42

3.4.2 仿真分析与结果讨论.....	43
3.5 本章小结.....	45
第四章 工程车辆作业谱的滤波方法研究.....	46
4.1 数据标准化处理.....	46
4.1.1 Min-max 标准化.....	46
4.1.2 Log 函数转换.....	47
4.1.3 Atan 函数转换.....	47
4.1.4 Z-score 标准化.....	47
4.2 数据平滑滤波.....	48
4.2.1 单纯移动平均法.....	48
4.2.2 加权移动平均法.....	48
4.2.2.1 线性加权移动平滑.....	49
4.2.2.2 N 次加权移动平滑.....	51
4.3 一维离散信号小波滤波.....	53
4.3.1 小波分解与重构法去噪.....	53
4.3.2 小波阈值法去噪.....	54
4.3.2.1 小波阈值去噪算法原理.....	54
4.3.2.2 小波阈值的选取.....	55
4.3.2.3 阈值函数的选择.....	56
4.3.3 小波模极大值法去噪.....	57
4.4 滤波算法仿真研究.....	58
4.4.1 加载信号分析.....	58
4.4.2 评价准则确定.....	59
4.4.3 数据平滑滤波仿真.....	60
4.4.4 一维离散信号小波滤波仿真.....	63
4.4.4.1 小波分解层数对滤波效果的影响.....	63
4.4.4.2 小波基对滤波效果的影响.....	64
4.4.4.3 小波去噪方法对滤波效果的影响.....	66
4.5 平滑算法与改进的小波阈值去噪法相融合的滤波方法研究.....	68

4.5.1	平滑滤波与小波阈值法去噪的对比研究.....	68
4.5.2	改进的小波阈值法去噪.....	69
4.5.3	平滑算法与小波新阈值去噪法相融合的滤波方法.....	71
4.6	本章小结	73
第五章 工程车辆作业工况的模式识别研究		74
5.1	多传感器信息融合技术简介	74
5.1.1	多传感器信息融合概述.....	75
5.1.2	多传感器信息融合层次.....	76
5.1.3	多传感器信息融合方法.....	77
5.2	工程车辆作业谱的作业段分析	78
5.2.1	作业段的原始划分方法.....	78
5.2.2	有效作业段理论的提出.....	79
5.2.3	有效作业段的划分方法.....	82
5.3	工程车辆的作业周期识别	84
5.3.1	基于模糊逻辑的多传感器数据加权融合方法融合压力数据.....	85
5.3.1.1	传感器数据的模糊化处理.....	85
5.3.1.2	传感器数据的加权融合.....	87
5.3.2	基于模糊逻辑 C 均值聚类 (FCM) 算法划分作业周期.....	88
5.3.2.1	作业时间段的时间统计分析.....	88
5.3.2.2	基于 FCM 聚类算法的作业周期划分.....	90
5.4	工程车辆的作业阶段识别	95
5.4.1	基于迭代平滑滤波与极值搜索算法的重载运输作业段识别算法研究.....	95
5.4.1.1	寻找单一循环作业段内最大的极大值点.....	96
5.4.1.2	通过最大的极大值点 B 与各点的变化率确定重载运输作业段.....	97
5.4.2	基于迭代平滑滤波与极值搜索算法的铲掘与卸料作业段识别算法研究.....	98
5.4.3	有效作业段提取结果分析研究.....	101

5.4.4 有效作业段提取算法的适应性分析.....	103
5.5 工程车辆的作业工况识别.....	104
5.5.1 作业谱的特征信息分析.....	104
5.5.2 作业谱的特征提取.....	105
5.5.2.1 挖掘作业段的时间复杂度.....	105
5.5.2.2 挖掘作业段的压力复杂度.....	108
5.5.3 作业工况识别.....	111
5.5.3.1 作业谱特征值分析.....	111
5.5.3.2 作业谱特征值融合.....	112
5.5.3.3 基于雷达图的作业工况判断.....	112
5.6 本章小结.....	115
第六章 工程车辆换挡控制器设计与性能试验.....	116
6.1 控制系统的研究方案.....	116
6.1.1 控制系统研究的技术路线.....	116
6.1.2 控制系统的设计思想.....	117
6.1.2.1 多功能设计思想.....	118
6.1.2.2 可拓展设计思想.....	119
6.1.3 控制系统的功能设计.....	119
6.2 控制系统的硬件模块设计.....	121
6.2.1 主处理器选型.....	121
6.2.2 硬件模块设计.....	122
6.2.2.1 电源模块设计.....	122
6.2.2.2 脉冲量采集模块设计.....	123
6.2.2.3 模拟量采集模块设计.....	124
6.2.3 硬件抗干扰设计.....	125
6.3 控制系统的软件设计.....	126
6.3.1 软件设计方案.....	126
6.3.2 软件模块设计.....	127
6.3.2.1 手柄挡位检测模块.....	127

6.3.2.2 挡位执行模块	129
6.3.2.3 外送数据处理模块	130
6.3.3 软件抗干扰设计	131
6.3.3.1 数字滤波	131
6.3.3.2 冗余检验法	132
6.3.3.3 看门狗监视法	132
6.4 性能验证平台的设计	132
6.5 性能试验研究	134
6.5.1 基于台架试验的性能验证	134
6.5.2 基于整机试验的性能验证	136
6.5.2.1 自制换挡控制器换挡性能验证	136
6.5.2.2 自制换挡控制器换挡策略验证	137
6.6 本章小结	138
第七章 总结与展望	139
7.1 全文总结	139
7.2 工作展望	140
参考文献	142
附 录	149
攻读博士学位期间取得的科研成果	156
致 谢	157

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.