

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_密级\_\_\_\_

学号: 19920081152946

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

平地机工作装置混联机构设计关键技术

Key Technologies of Grader Hybrid Mechanism  
Working Device Design

潘 勇 军

指导教师姓名: 侯 亮 教授

专 业 名 称: 机械设计及理论

论文提交日期: 2011 年 6 月

论文答辩时间: 2011 年 6 月

学位授予日期: 2011 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2011 年 6 月

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):

2011 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）：

2011 年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 摘要

近年来,随着我国建筑与机械行业的快速发展,工程机械产品出现了井喷式的销量增长,工程机械相关技术与国外差距也在不停缩短。然而平地机作为工程机械中相对复杂的一个分支,对它的研究却很少,尤其是对于平地机工作装置动力学分析与研究这部分,缺乏系统的理论研究与分析方法。为了丰富这个领域的研究内容,同时也是为了给平地机工作装置的设计提供更多的理论支持和设计方法,本文提出了平地机工作装置系统动力学研究与面向机构优化的二次开发系统设计方法。

把平地机工作装置作为一个模块,首先解析了它的具体结构并在此基础上对该空间机构进行了分析与综合。通过空间机构学的理论与方法,最终确认该机构是由一个少自由度并联机构和一个平面组合机构形成的空间复杂混联机构,基于螺旋理论以及空间机构解析法,证实了这个少自由度并联机构是一个 3-UPS/S 并联机构。结合样机的物理试验,对该机构的位置正解进行了分析与验证,试验结果表明了该方法的有效性与合理性。

在机构分析的基础上,基于系统动力学分析软件 ADAMS,建立了平地机工作装置系统运动学与动力学虚拟样机模型。对工作装置的各项运动学参数进行了设计验证与分析,比如油缸的最大行程,铲刀的最大入地深度,工作包络区间等等。对工作装置各项动力学参数进行了分析与研究,比如工作装置系统各构件在恶劣工况下的受力曲线图以及最大载荷。结合分析得到的各构件最大载荷,基于专业有限元分析软件 Hyperworks,对各构件建立了有限元分析模型,进行了结构强度校核,并根据工程实际,对相关部件进行了结构优化。考虑到铲刀经常受到冲击载荷,对铲刀同时也进行了动态冲击响应分析仿真,并在此基础上绘制了该铲刀的抗冲击特征曲线图,从而指导用户合理使用平地机,也为工程师的创新、优化设计提供参考。

为了避免优化过程中的重复建模问题,提高整个系统的优化效率,本文最后提出了一种工作装置二次开发系统设计方法,实现了工作装置空间机构的参数化驱动。首先,建立了该二次开发系统的总体框架图,依此,创建了基于 UG/Open API 的用户自定义界面,编写了基于 UG/Open Grip 的工作装置系统参数化语言程序,通过 Visual C++应用程序框架,用户自定义界面与参数化语言程序建立了

联系，也同时实现了人机交互操作。该二次开发系统同时也为企业设计人员提供了工作装置快速设计方法。

结合某企业的平地机工作装置设计实例，并依据物理试验结果，验证了该系统动力学研究方法和二次开发系统设计方法的有效性和合理性，该设计分析方法不仅缩短了平地机新产品的开发周期，减少了新产品的开发成本和交货时间，而且很大程度上提高了产品的设计质量，制造的可行性以及使用的耐久性，丰富了产品族的多样性。对于以小批量制造，用户定制为主要特点的平地机行业，这种设计分析方法的应用显得尤为重要。

**关键词：**平地机；工作装置；并联机构；动力学；二次开发；ADAMS

本工作主要是基于参加的福建省区域重大科技专项：**高性能平地机研究与开发**，项目编号：**2009H4015**。



## ABSTRACT

In the recent years, because of the rapid development of buildings and machinery industries in China, the sales of construction machinery products advanced significantly, the gap of related technologies in construction machinery between at home with abroad had been increasingly narrowing. However, grader, which is one of the most complicated branches in construction machinery, had been researched rarely, furthermore, there lacked system theory research and analysis method towards dynamics analysis of grader working device. In order to enrich the research contents of this research direction, as well as to provide more theory supports and design methods for engineers who are engaged in grader working device design, A dynamics research method and a secondary development system design method has been proposed.

Taking grader working device as a module, the detailed structure and mechanism was analyzed. Its mechanism was confirmed to contain a lower-mobility parallel mechanisms and a combination planar mechanism based on the theory of spatial mechanism. This lower-mobility parallel mechanism was confirmed to be a 3-UPS/S parallel mechanism. A further experiment in the local was performed subsequently, its results showed that experiment data was basically same with computer simulation data, and the maximum error was less than 3% which accorded with the precision requirement on working device; according to this experiment, the validity of such an analysis method is proved and concluded.

A virtual prototyping of grader working device was built to make kinematics and dynamics analysis based on system dynamic analysis software, i.e. ADAMS<sup>TM</sup>. All kinds of kinematics parameters of working device, such as cylinder stroke, maximum depth of insertion, range of work envelope, could be analyzed and verified. Afterward, some dynamics parameters of working device were analyzed and researched, such as force curve and maximum loads of all components in the worst working condition. Combining the analysis results above, all components' finite-element analysis models were set up based on finite-element analysis software, i.e. Hyperworks<sup>TM</sup>. Structure

strength checks and optimizations were carried out subsequently according to the practical work conditions. Because cracks on grader blade were often occurred in the process of impact, base on this background, a method to analyze and simulate the shock resistance of blade is preliminarily proposed. The finite element models under kinds of impact accelerations were analyzed and simulated, the characteristic curve on shock resistance of blade is drawn at last. It indicates that the blade can bear the impact acceleration with almost  $10\text{m/s}^2$ , which could provide reference for optimization design and engineering test, also could guide customers to use grader properly.

In order to solve the problem of repeating modeling and improve the product optimization efficiency, a second development system of working device is proposed. Parametric driving process about grader working device is realized in term of spatial mechanism. At first, an overall design framework of this second development system was established, then customized user interface was completed based on UG/Open API and parametric programs for this working device system were compiled based on UG/Open Grip subsequently. The connections among customized user interface, parametric programs and human-computer interaction were realized by using Visual C++, an integrated second development system design of working device was eventually completed based on UG platform. This second development system could not only provide engineers with a rapid design method to decrease new product development cycle and cost, but solve the problem of repeating modeling during analysis and optimization as well.

Combining the example of grader working device design and local tests, system dynamics research and secondary development system of grader working device are verified and confirmed to be effective. This method could not only decrease the new product development cycle, but also shorten the new product development cost and lead-time. Furthermore, this method could extremely improve the product quality and assure wide varieties, other key factors such as product shape, manufacturability, and durability that affect the profitability of manufactured products could be optimized quickly. It is quite critical for grader industries, which has the characteristics of small

scale and customization, to apply this method.

**Key words:** Grader; Working device; Parallel mechanism; Dynamics; Secondary development; ADAMS

**This thesis is supported by major science and technology project of Fujian province, China. (No: 2009H4015)**

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 目 录

<b>第一章</b>	<b>绪论</b> .....	<b>1</b>
1.1	引言 .....	1
1.2	平地机工作装置的研究现状与分析 .....	2
1.2.1	工程机械工作装置研究现状及进展 .....	2
1.2.2	平地机工作装置国内外研究现状 .....	3
1.2.3	平地机工作装置研究课题的提出和研究意义 .....	3
1.3	本文的主要研究内容 .....	4
<b>第二章</b>	<b>平地机工作装置空间机构的抽象与分析</b> .....	<b>6</b>
2.1	平地机工作装置结构分析 .....	6
2.2	平地机工作装置机构抽象 .....	7
2.3	平地机工作装置机构分解分析 .....	8
2.3.1	基于作业方式的平地机工作装置机构分解分析 .....	8
2.3.2	基于螺旋理论的平地机机构自由度分析 .....	9
2.4	平地机工作装置位置正解分析 .....	10
2.5	仿真分析与实例验证 .....	11
2.6	平地机工作装置机构设计讨论 .....	14
2.7	本章小结 .....	14
<b>第三章</b>	<b>平地机工作装置运动学分析与验证</b> .....	<b>15</b>
3.1	系统运动学、动力学分析方法介绍 .....	15
3.2	平地机工作装置虚拟样机模型的建立 .....	16
3.3	平地机工作装置运动学仿真 .....	17
3.3.1	刮土直/侧移作业方式运动学分析 .....	17
3.3.2	刀角铲土侧移作业方式运动学分析 .....	18
3.3.3	机外刮土作业方式运动学分析 .....	20
3.4	运动过程中构件干涉检查 .....	20
3.5	本章小结 .....	21
<b>第四章</b>	<b>平地机工作装置静、动力学分析</b> .....	<b>22</b>

4.1	平地机工作装置牵引架动力学分析 .....	23
4.2	平地机工作装置连杆叉动力学分析 .....	25
4.3	平地机工作装置摆架总成动力学分析 .....	26
4.4	本章小结 .....	28
<b>第五章</b>	<b>平地机工作装置强度校核与结构优化 .....</b>	<b>29</b>
5.1	牵引架强度校核与结构优化 .....	29
5.1.1	基于 Hypermesh 的牵引架强度校核 .....	29
5.1.2	工作装置牵引架结构优化 .....	33
5.2	连杆叉强度校核与结构优化 .....	33
5.2.1	基于 Hypermesh 的连杆叉强度校核 .....	33
5.2.2	工作装置连杆叉结构优化 .....	35
5.3	摆架总成强度校核与结构拓扑优化 .....	35
5.3.1	基于 Hypermesh 的摆架总成强度校核 .....	35
5.3.2	基于 optistruct 的摆架总成结构拓扑优化 .....	37
5.4	铲刀受冲击的动态响应仿真分析 .....	39
5.4.1	铲刀受动态冲击的强度校核 .....	39
5.4.2	铲刀抗冲击特征曲线的绘制 .....	42
5.5	平地机工作装置回转圈动力学分析与研究 .....	43
5.5.1	平地机工作装置回转圈创新设计 .....	44
5.5.2	工作装置回转圈系统动力学分析 .....	45
5.5.3	工作装置回转圈结构强度校核 .....	46
5.6	工作装置前机架强度校核与结构拓扑优化 .....	48
5.6.1	基于 Hypermesh 的前机架强度校核 .....	48
5.6.2	基于 optistruct 的前机架结构拓扑优化 .....	49
5.7	本章小结 .....	51
<b>第六章</b>	<b>面向机构优化的二次开发系统设计 .....</b>	<b>53</b>
6.1	工作装置二次开发系统设计的目标 .....	53
6.2	工作装置二次开发系统输入分析 .....	53
6.2.1	平地机工作装置装配结构尺寸分析 .....	53

6.2.2	平地机工作装置装配结构尺寸链分析.....	54
<b>6.3</b>	<b>工作装置二次开发系统技术与实现 .....</b>	<b>55</b>
6.3.1	系统总体设计和自定义界面设计 .....	55
6.3.2	基于 UG/Open Grip 的工作装置系统参数化程序设计 .....	57
6.3.3	基于 VC++ 的应用程序框架设计 .....	59
6.3.4	工作装置二次开发系统的运行 .....	61
<b>6.4</b>	<b>用户操作流程 .....</b>	<b>61</b>
6.4.1	启动 UG 应用程序（第一步） .....	61
6.4.2	选取自定义菜单下的子菜单（第二步） .....	62
6.4.3	输入驱动参数，生成工作装置系统参数化模型（第三步） .....	63
6.4.4	保存所生成的模型数据（第四步） .....	65
<b>6.5</b>	<b>本章小结 .....</b>	<b>66</b>
<b>第七章</b>	<b>结论与展望 .....</b>	<b>67</b>
7.1	结论 .....	67
7.2	展望 .....	67
	<b>参考文献 .....</b>	<b>69</b>
	<b>附表.....</b>	<b>74</b>
	<b>致 谢.....</b>	<b>78</b>
	<b>攻读学位期间所取得的相关科研成果 .....</b>	<b>79</b>

厦门大学博硕士学位论文摘要库



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts 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](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库