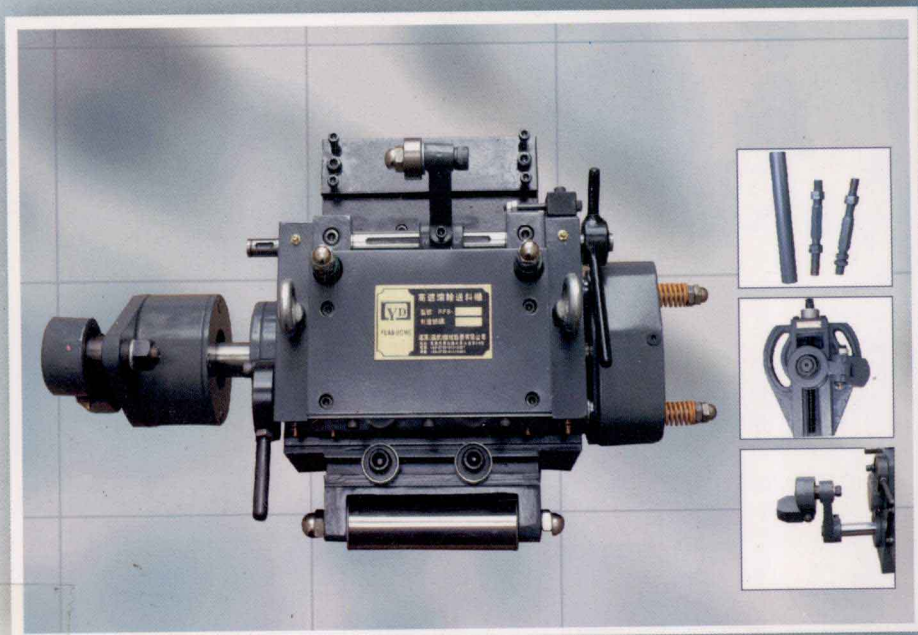


高等学校十二五规划教材·实验技能类

机械基础实验

——机械设计基础实验分册

主编 刘杰



西北工业大学出版社

机械基础实验

——机械设计基础实验分册

主 编 刘 杰

编 者 刘 杰 毕经存 杨创战

白永浩 王 康

主 审 王佑君

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是以教育部对普通高等学校机械设计基础课程教学基本要求为依据,结合教学经验进行编写的。全书内容共分四章,第一章为绪论;第二章为基础性实验,共包括六个实验项目;第三章为综合性、设计性实验,共包括六个实验项目;第四章为机构改进及创意组合设计实验。书中涵盖了机械设计基础实验课程的主要实验项目,并针对目前各高等学校主要使用的仪器设备进行了讲解。

本书主要作为“机械设计基础实验”课程教材,也可作为函授和自考辅导用书或供相关专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础实验. 机械设计基础实验分册/刘杰主编. —西安:西北工业大学出版社,2010.8
ISBN978-7-5612-2879-1

I. ①机… II ①刘… III. ①机械学—实验—高等学校—教材②机械设计—实验—高等学校—教材 IV. ①TH11—33②TH122—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 158477 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电话:(029)88493844 88491757

网址:www.nwpu.com

印刷者:陕西百花印务有限责任公司

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:8.375

字数:198千字

版次:2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷

定价:16.00元

前 言

机械基础实验包括工程力学实验、机械设计基础实验和公差与材料实验三个部分。本书为机械设计基础实验分册,由绪论,基础性实验,综合性、设计性实验,机构改进及创意组合设计实验等构成。绪论部分介绍了本书主要内容、教学目标和教学要求。基础性实验介绍了六个实验项目,包括机构测绘实验、齿轮范成原理实验、回转体动平衡实验、齿轮传动效率测试实验、带传动实验、液体动压轴承实验。综合性、设计性实验介绍了六个实验项目,包括渐开线直齿圆柱齿轮参数测定实验、曲柄滑块、导杆、凸轮机构组合实验、单螺栓及螺栓组连接实验、轴系结构设计实验、机械传动创意组合与性能分析实验、减速器的拆装实验。机构改进及创意组合设计实验主要介绍如何在实验室条件下进行机械创新设计实践,为学有余力的学员进行机械创新设计实践提供条件。

编者在编写本书中,既考虑到了基本教学需要,也考虑到了创新实践要求;既立足于学员的基本动手能力和实践能力的培养,也为学有余力的学员提供创新实践条件,以实现复合型、创新型人才培养目标。

本书编写分工:刘杰编写第一章、第二章实验 6、第三章和第四章,杨创战编写第二章实验 1 和实验 5,白永浩编写第二章实验 2 和实验 3,王康编写第二章实验 4,毕经存参与相关软件的调试工作。全书由刘杰任主编并负责统稿,王佑君教授审定。

由于编者水平有限,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2009 年 9 月

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 机械设计基础实验的内涵及意义	(1)
1.2 机械设计基础实验课程的体系和内容	(1)
1.3 机械设计基础实验课程的要求	(3)
第二章 基础性实验	(4)
实验 1 机构测绘实验	(4)
实验 2 齿轮范成原理实验	(6)
实验 3 回转体动平衡实验	(10)
实验 4 齿轮传动效率测试实验	(19)
实验 5 带传动实验	(28)
实验 6 液体动压轴承实验	(35)
第三章 综合性、设计性实验	(49)
实验 7 渐开线直齿圆柱齿轮参数测定实验	(49)
实验 8 曲柄滑块、导杆、凸轮机构组合实验	(54)
实验 9 单螺栓及螺栓组连接实验	(65)
实验 10 轴系结构设计实验	(83)
实验 11 机械传动创意组合与性能分析实验	(90)
实验 12 减速器的拆装实验	(97)
第四章 机构改进及创意组合设计实验	(104)
参考文献	(127)

第一章 绪 论

1.1 机械设计基础实验的内涵及意义

实验一般多指科学实验,是按照一定的目的,运用相关的仪器设备,在人为控制条件下,模拟自然现象,研究、认识自然界事物的本质和规律。实验是纯化、简化、强化和再现科学研究对象,延缓或加速自然过程,为理论概括准备充分可靠的客观依据,可以超越现实生产所及的范围,缩短认识周期。纵观机械发展史,人类从使用原始工具到原始机械、古代机械、近代机械乃至今天的智能机器人、宇航飞机等现代机械,都历经了科学实验的探索和验证。随着科学技术的发展,科学实验的广度和深度不断拓展,科学实验具有越来越重要的作用,成为自然科学理论的直接基础。许多伟大的发现、发明和突破性理论都是来自科学实验的。据文献统计,自1901年以来诺贝尔物理奖的奖项中,有72%以上是授予实验项目的。机械设计基础课程实践性很强,实验工作对理论性较强、实践素质和能力要求更高的机械工程专业的学员来说,其重要性就不言而喻了。

科学实验是理论的源泉、科学的基础、发明的沃土、创新人才的基地,是将新思想、新设想、新信息转化为新技术、新产品的孵化室,甚至是高科技转化为市场的中试基地。大专院校的绝大多数科研成果和高科技产品均是在实验室里诞生的。科学实验是探索未知、推动科学发展的强大武器,对持续发展经济、增强综合国力具有重要意义。

1.2 机械设计基础实验课程的体系和内容

实验教学是理工科教学中重要的组成部分,它不仅是学员获得知识的重要途径,而且对培养学员的实际工作能力、科学研究能力和创新能力具有十分重要的作用,对实现知识、能力、素质并重的培养目标起着关键作用。

新的机械设计基础实验课程体系,改变了实验仅作为理论课程教学的附属,课程成绩不能反映学员的实验能力和水平,学员不重视实验的状况。从培养学员动手能力和基本实践能力入手,到实现学员创新能力和综合设计能力培养为目标,以机械设计基础实验方法自身的系统为主线,按实验自身体系独立设置课程,成绩单独考核和记分。实验内容由“单一型”“局部型”向“综合型”“整体型”拓展;实验方法由“演示型”“验证型”向“参与型”“开发型”拓展;实验手段向计算机辅助测试拓展。重视实验教学与科研、生产等工程实践问题相结合,将实验分为基本实验、综合性和设计性实验、机构创新设计实验三个部分,必做实验与选做实验结合并行。机械创新设计实验,结合学院科技创新活动进行,可由学员自由申请,立项进行,立足实验教学,但不仅仅满足于实验项目的教学任务,突破实验教学空间,增加了实验内容和选题的柔性与开放性,发展学员个性,充分发挥学员的创新潜能,为学有余力的学员提供更好的锻炼机会和发展空间。

1. 基础性实验

(1) 机构测绘实验。通过参观陈列室,使学员了解各种机械、机构的基本结构、工作原理、特点、功能及应用;了解各种机械零、部件的结构及应用实例;增强学员对机构与机器的感性认识。通过以上实践,使学员掌握从实际机械中绘制出机构运动简图的原则、方法和技巧,加深对机构组成及其结构分析的理解。

(2) 齿轮范成实验。齿轮机构是各种机构中应用最为广泛的一种机构,它可以用来传递空间任意两轴间的运动和动力。齿轮齿廓成形原理是理解与掌握齿轮工作原理的基础,通过此次实验掌握展成法加工渐开线齿廓的原理;了解变位后对轮齿尺寸产生的影响;了解齿轮的根切现象及采用变位修正来避免根切的方法。

(3) 回转体动平衡实验。以实际转子,例如曲轴、真空泵轴、电动机轴等实际需要进行动平衡的构件为实验对象,完成构件的静、动态平衡实验,使学员了解动不平衡的危害及进行动平衡的重要性,掌握静平衡、动平衡的方法。

(4) 齿轮传动效率测试实验。通过测定齿轮传动效率,了解封闭式功率流测定机械传动效率的原理,同时了解齿轮传动效率测试实验台的设计原理、实验方法和数据采集与处理方法。

(5) 带传动性能实验。通过带传动性能实验验证带传动的弹性滑动和打滑现象,加深对带传动工作原理的理解。掌握带传动效率测试方法,同时了解计算机控制实验台的构建及数据采集和数据处理方法。

(6) 液体动压轴承实验。通过实验观察径向滑动轴承液体动压润滑油膜的形成过程和现象;观察载荷和转速改变时的油膜压力的变化情况;观察径向滑动轴承油膜的轴向压力分布情况;测定和绘制滑动轴承径向油膜压力曲线,求解轴承的承载能力;了解径向滑动轴承的摩擦因数 f 的测量方法和摩擦特性曲线 λ 的绘制方法。

2. 综合性、设计性实验

(1) 平面连杆机构、凸轮机构组合实验。该实验是利用标准实验台架提供的平面连杆机构、凸轮机构搭接组成各种不同的机构,实现不同的运动方式,并完成各种机构运动学及动力学的测试分析。通过该实验使学员加深对机构组成原理的理解,培养学员机构设计的创新意识、综合设计能力及动手能力。

(2) 齿轮参数测定实验。齿轮参数测定的内容包括运动精度、传动平稳性、接触精度、齿侧间隙等。通过该实验掌握用常用量具测定渐开线直齿圆柱齿轮基本参数的方法;加深理解齿轮各参数之间的相互关系和渐开线的性质,与工程实践相结合,达到学以致用目的。

(3) 螺栓组连接实验。通过测定单螺栓受载、螺栓组受载后单个螺栓的受载情况,深化受载情况的变化和连接结合面的变化对螺栓组设计的影响,使学员能根据不同情况设计螺栓组。该实验既涉及机械设计基础课程螺栓部分的知识,也涉及电测原理。

(4) 轴系结构设计实验。通过实验深入了解认识轴系部件的结构形式,熟悉零件的结构形状、工艺要求和作用;了解轴系部件的组装、固定、调整、润滑与密封的方法,以建立轴系结构的感性认识并巩固轴系结构设计理论知识。

(5) 机械传动系统性能综合测试与分析实验。机械传动系统可由多种机械传动方式组成,各种传动方式的传动效率对整个机械装置的传动效率有着重要的影响。本实验通过让学员自主设计机械传动装置,构建机械传动系统,实现让学员进行动手设计的目的,同时通过测定转速和转矩来计算传动系统效率,帮助学员理解和掌握机械传动效率的通用测试方法。通过本

实验,还能帮助学员比较各种传动形式之间传动效率的差异。

(6)减速器的拆装实验。通过对减速器的拆装与观察,了解减速器的整体结构、功能及设计布局;通过减速器的结构分析,了解其如何满足功能要求,强度、刚度要求,工艺(加工与装配)要求及润滑与密封要求等。通过对减速器中某轴系部件的拆装与分析,了解轴上零件的定位方式、轴系与箱体的定位方式、轴承及其间隙调整方法、密封方式等;观察与分析轴的工艺结构。通过对不同类型减速器的分析比较,加深对机械零、部件结构设计的感性认识,为机械零、部件设计打下基础。

3. 机构创新设计实验

利用机构创新实验台提供的基本零、部件,自主设计搭接机构。通过该项实验,加深学员对机构组成原理的认识,进一步了解机构组成及其运动特性。培养学员运用实验方法研究分析机械的初步能力;用实验方法构思、验证、确定机械运动方案的初步能力;用电动机等电气元件和汽缸、电磁阀、调速阀及压缩机等气动元件组装动力源,对机构进行驱动和控制的初步能力;提高工程实践动手能力、创新思维及综合设计的能力。

1.3 机械设计基础实验课程的要求

通过机械设计基础实验课程的学习和实验实践,要求学员做到以下几点。

(1)充分认识科学实验的内涵和重要意义。

(2)了解和熟悉机械设计基础实验常用的实验装置和仪器,掌握实验原理、实验方法、测试技术、数据采集、误差分析及处理方法。

(3)严格按科学规律从事实验工作,遵守实验操作规程,求实求是,不粗心大意、主观臆断,更不允许弄虚作假。

(4)在实验过程中认真观察实验现象,不忽视和放过“异常”现象,敢于存疑、探求、创新,对实验结果和实验中观察到的一些现象作出自己的解释和分析,树立实验能验证理论,也能发展和创造理论的观点。

(5)重视实验报告的撰写。实验报告是展示和保存实验成果的依据,同时也是实验教学中对学员分析综合、抽象概括、判断推理能力及语言、文字、曲线图表、数理计算等表达能力的综合实践训练。

实验报告有实验实践报告和实验技术报告两种类型。

实验实践报告以掌握实验技能和实验方法、验证某一理论等为主,一般包括实验名称、实验目的、实验原理、实验装置、实验步骤、数据处理、实验结果、分析与结论、回答问题和附录等。

实验技术报告是针对某一项目所进行的实验研究或论证,往往包含有新的探索或创造性成果。技术报告的格式与实验目的和内容有关,一般包括标题、摘要、前言、正文(包括实验原理、实验设备、实验过程、实验结果和讨论)、结论、致谢、附录及参考文献。其中,结论不是罗列实验研究的结果,而是根据实验结果经过分析判断和推理而形成的主要论点,它反映出事物的本质和事物的内在有机联系。

实验报告的文字应该简洁易懂,对于所作结论应明确指出其适用范围或局限性。如果实验在某一方面取得了新成果或有新发现,则应作为重点详细阐述。实验报告也可以写经验和教训,为后续的实验者提供借鉴,避免重复或走弯路。

第二章 基础性实验

本章主要介绍机械设计基础实验课程所涉及的六个基础性实验:机构测绘实验、齿轮范成原理实验、回转体动平衡实验、齿轮传动效率测试实验、带传动实验和液体动压轴承实验。通过这部分实验内容,使学员进一步深入理解相关理论知识,加强学员对理论知识具体工程应用的理解和掌握,培养学员的动手能力和初步实践能力,重在认识各种典型机构、常用传动和通用零件,掌握各种机构与各种传动方式的原理、性能和具体应用,掌握机械设计基础课程的基本理论知识。

实验 1 机构测绘实验

【实验目的】

(1)通过对典型机构的分析,了解主动件和从动件的运动形式,主动件与从动件之间的运动传递和变换方式,机构组成及其类型,机构中构件的数目和构件间所组成运动副的数目、类型、相对位置等。

(2)掌握从实际机构中绘制机构运动简图的原则、方法和技巧。

(3)针对实物机构,熟练掌握其自由度的计算。

(4)验证机构具有确定运动的条件。

(5)加深对机构组成及其结构分析的理解。

【实验仪器及设备】

(1)若干个机构模型。

(2)自备三角尺、圆规、铅笔、稿纸等。

【实验原理】

由于机构的运动仅与机构中构件的数目和构件所组成运动副的数目、类型、相对位置有关,因此,当绘制机构运动简图时,可以忽略构件的形状和运动副的具体构造,而用一些简略的符号来代表构件和运动副,并按一定的比例表示各运动副的相对位置,以此表示机构的运动特征。

区分各运动副元素是准确查找各运动副的关键,也是准确绘制机构运动简图的关键所在。要注意把握运动副要素的特点,例如,回转副是两个构件以圆柱面相连接,两个构件之间作相对回转运动;移动副是两个构件以平面相连接,两个构件之间作相对移动。只有通过多看机构、多看实例才能从中很好地把握运动副元素的特点,从而准确地分析运动副及机构工作的方式。找到运动副之后,然后再找构件的尺寸。这一步的关键点是要准确确定运动副元素,例如回转中心、移动导路中心线、高副的接触点等。

【实验方法】

(1)当测绘时使被测绘的机构缓慢地运动,从原动件开始仔细观察机构的运动,分清各个

运动单元,从而确定组成机构的构件数目。

(2)根据相互连接的两构件间的接触情况及相对运动的特点,确定各个运动副的类型。

(3)在草稿纸上,徒手按规定的符号及构件的连接顺序,从原动件开始,逐步画出机构运动简图的草图。用数字 1,2,3,⋯分别标注各构件,用字母 A,B,C,⋯分别标注各运动副。

(4)仔细测量与机构运动有关的尺寸,即转动副间的中心距和移动副某点导路的方位线等,选定原动件的位置,并按下式选择一定的长度比例画出正式的机构运动简图。

$$\mu_l = \frac{\text{实际长度(m)}}{\text{图上长度(mm)}}$$

【实验步骤】

1. 机构分析

(1)当测绘时使测绘的机构缓慢地运动,从原动件开始仔细观察机构运动,分清各运动单元,确定原动件、机架、传动部件和执行部件,从而确定组成机构的构件数目和运动副数目。

(2)根据连接构件间的接触情况及相对运动的性质,确定各个运动副的种类。

(3)要选择最能表现机构特征的平面作为视图平面。

(4)在稿纸上,徒手按规定的符号及构件的连接次序逐步画出机构运动简图的草图。然后用数字 1,2,3,⋯分别标出各构件,用 A,B,C,⋯ 分别标出各运动副。

(5)仔细测量机构各运动尺寸(例如转动副间的中心距、移动副导路的位置),对于高副则应仔细测出高副的轮廓曲线及其位置,然后以适当的比例绘制出机构运动简图。

2. 绘制机构运动简图的步骤

(1)搞清机构的实际构造、动作原理和运动情况。

(2)沿运动传递路线,逐一分析每两个构件之间相对运动的性质,确定运动副的类型和数目。

(3)恰当选择视图平面,通常选择机构中多数构件的运动平面为运动简图的视图平面,以便标注运动副。

(4)选择恰当的作图比例。

(5)确定各运动副的相对位置,用各运动副的代表符号、常用机构运动简图符号和简单线条,绘制机构运动简图。

(6)在原动件上标注出箭头,以表示其运动方向。

3. 计算自由度

机构的自由度计算为

$$F = 3n - (2P_L + P_H)$$

注意:正确判别机构中存在的虚约束、局部自由度和复合铰链。

【实验报告】

(1)构件分析。

(2)运动副数目。

(3)绘制机构运动简图。

(4)计算自由度。

(5)判断能否成为机构。

【分析与思考】

(1)通过本实验,阐述机构运动简图的内涵。机构运动简图应准确反映实际机构中的哪些项目?

(2)当绘制机构运动简图时,原动件的位置为什么可以任意选择?这会不会影响简图的正确性?

(3)机构自由度的计算对测绘机构运动简图有何帮助?机构具有确定运动的条件是什么?

(4)对所测绘的机构能否进行改进?试设计新的机构运动简图。

实验 2 齿轮范成原理实验

【实验目的】

(1)掌握展成法加工渐开线齿廓的原理。

(2)了解变位后对轮齿尺寸产生的影响。

(3)了解齿轮的根切现象及采用变位修正来避免根切的方法。

【实验仪器及设备】

(1)齿轮展成仪。

(2)自备工具:钢直尺、圆规、剪刀、铅笔、三角板、绘图纸。

【实验原理】

齿轮机构是各种机构中应用最为广泛的一种机构。它可以用来传递空间任意两轴间的运动和动力,并具有传动平稳、准确可靠、传动效率高、使用寿命长等特点。

齿轮机构的应用广泛,种类繁多,其中,渐开线直齿圆柱齿轮是齿轮机构中应用最广、最简单、最基本的一种类型。渐开线直齿圆柱齿轮的齿廓形成过程如图 2.2.1 所示。

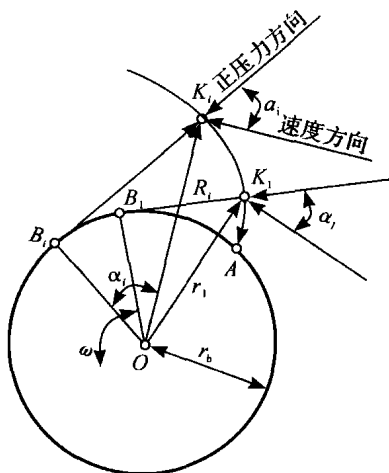


图 2.2.1 渐开线直齿圆柱齿轮齿廓的形成原理图

在齿轮实际加工中,看不到轮齿齿廓渐开线的形成过程。本实验通过齿轮范成仪来实现轮坯与刀具之间的相对运动,并用铅笔将刀具相对轮坯的各个位置记录在图纸上,这样就能清楚地观察到渐开线齿廓的展成过程。

齿轮展成仪所用的刀具模型为齿条插刀,仪器构造如图 2.2.2 所示。绘图纸做成圆形轮坯,用压环 10 固定在托盘 1 上,托盘可绕固定轴转动。代表齿条刀具的齿条 5 通过螺钉 7 固定在刀架 8 上,刀架安装在滑架 3 上的径向导槽内,旋转螺旋 6,可使刀架带着齿条刀具相对于托盘中心作径向移动。因此,齿条刀具 5 既可以随滑架 3 作水平移动,又可以随刀架一起作径向移动。滑架 3 与托盘 1 之间采用齿轮齿条啮合传动,保证轮坯分度圆与滑架基准刻线作纯滚动,当齿条刀具 5 的分度线与基准刻线对齐时,能展成标准齿轮齿廓。调节齿条刀具相对齿坯中心的径向位置,可以展成变位齿轮齿廓。

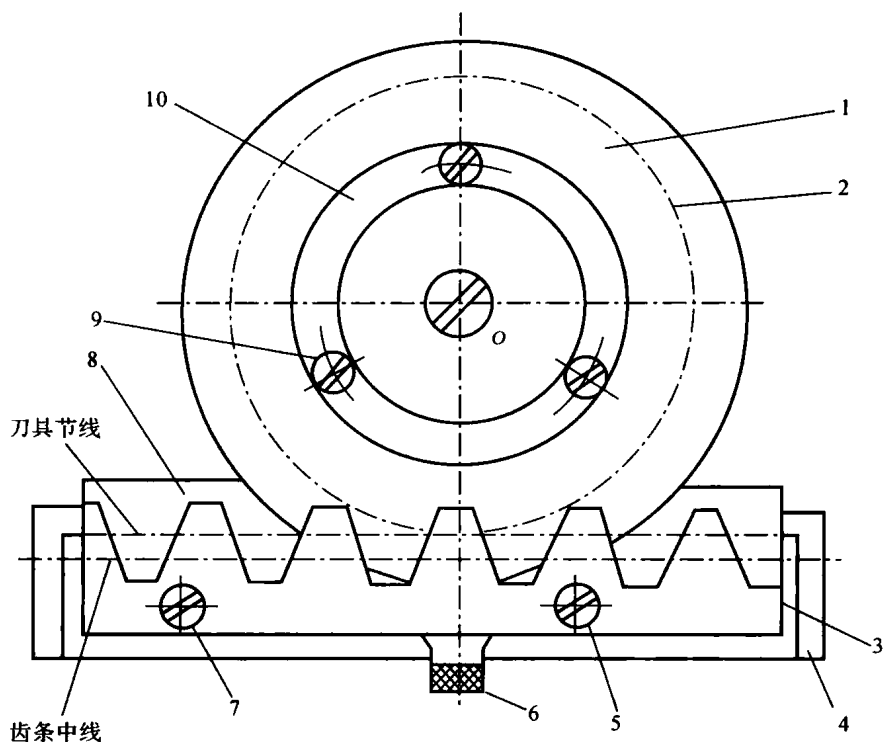


图 2.2.2 齿轮展成仪结构示意图

1—托盘； 2—轮坯分度圆； 3—滑架； 4—支座； 5—齿条(刀具)；

6—调节螺旋； 7,9—螺钉； 8—刀架； 10—压环

【实验内容及要求】

(1) 将范成仪的齿条刀调至零位,即加工标准齿轮的位置,测量齿轮毛坯的分度圆直径 d ,并由齿条刀模数 m 算出待加工齿轮的齿数 z 。判定此范成仪在加工标准齿轮时是否会发生根

切,若有根切,可由下式求出不根切的最小变位系数。

$$x_{\min} = (17 - z) / 17$$

(2)根据待加工齿轮的已知参数,利用公式分别计算标准齿轮和变位齿轮的以下几何尺寸:

分度圆直径	$d = mz$
齿顶圆直径	$d_a = m(z + 2h_a^* + 2x)$
齿根圆直径	$d_f = m(z - 2h_a^* - 2c^* + 2x)$
基圆直径	$d_b = mz \cos\alpha$

(3)将圆形图纸划分为两个象限,分别表示待加工的标准齿轮和变位齿轮,并在其上画出相应的分度圆、齿顶圆、齿根圆和基圆。

(4)用螺母将圆形图纸固定在托板上,调整其周向位置,使齿条刀移动范围恰好与图纸上标准齿轮的半个象限对应,并将齿条刀铅垂位置调整至零位。

(5)将齿条刀推至一端,用削尖的铅笔画出该位置时齿条刀在图纸上的投影线,然后将齿条刀渐次向另一端移动一很小的距离,再用铅笔画出齿条刀的投影线,直至齿条刀移至另一端为止,这些稠密投影线的包络线就是被切齿轮的渐开线齿廓。此时画出的为渐开线标准齿轮的齿廓形状。

(6)调整齿条刀的铅垂位置,使其移动一变位系数 x_m ,重复上述过程,在圆形图纸变位齿轮的象限内范成出变位齿轮的齿廓形状。

(7)比较标准齿轮与变位齿的齿形,填写实验报告如表 2.2.1 所示。

【注意事项】

(1)本实验最好选用模数较大($m \geq 15\text{mm}$)而分度圆较小的展成仪,使齿数 $z \leq 10$,以便在展成标准齿轮齿廓时能观察到较为明显的根切现象。

(2)代表轮坯的纸片应有一定厚度(用 70g 以上),纸面应平整无明显翘曲,以防在实验过程中顶在齿条 5 的齿顶部。为了节约实验时间与纸片,亦可将标准齿轮与变位齿轮的轮坯以直径为界面画在同一纸上。

(3)当轮坯纸片安装在托盘 1 上时应固定可靠,在实验过程中不得随意松开或重新固定,否则可能导致实验失败。

(4)在实验内容及要求(5)中,应自始至终将滑架从一个极根位沿一个方向逐渐推动直到画出所需的全部齿廓,不得来回推动,以免展成仪啮合间隙影响实验结果的精确性。

【分析与思考】

(1)当用范成法加工渐开线齿轮时,什么情况下会发生根切?若要避免根切可采取什么措施?

(2)在什么情况下,渐开线齿轮的齿高不能保持标准全齿高,需要略作削减?

(3)产生根切现象的原因是什么?如何避免根切现象产生?

(4)齿廓曲线是否全是渐开线?

(5)变位后齿轮的哪些尺寸不变?轮齿尺寸将发生什么变化?

(6)比较标准齿轮与变位齿轮的齿形,填写实验报告如表 2.2.1 所示。

表 2.2.1 渐开线齿廓范成

原始数据		模数 m mm	压力角 α	齿顶高系数 h_a^*	顶隙系数 c^*	齿数 z
	齿条刀					
	被加工齿轮					
被加工齿轮尺寸	项 目		标准齿轮		变位齿轮	
	变位系数 x					
	分度圆直径 d					
	齿顶圆直径 d_a					
	齿根圆直径 d_f					
	基圆直径 d_b					
	齿距 p					
	齿厚 s					
	齿槽宽 e					
	齿全高 h					
	齿顶高 h_a					
	齿根高 h_f					
	是否根切					
齿廓图	(附原图纸)					

实验 3 回转体动平衡实验

【实验目的】

- (1) 巩固和验证刚性回转体动平衡理论和方法。
- (2) 掌握动平衡实验台的工作原理和方法。
- (3) 掌握平衡精度的基本概念。

【实验仪器及设备】

- (1) 导轨式静平衡架(见图 2.3.1)、回转构件(盘形砂轮)、水平仪、平衡块、螺丝刀、卡尺。
- (2) DPH— I 型智能动平衡机、实验转子、平衡重块(磁性)、天平。

【实验原理】

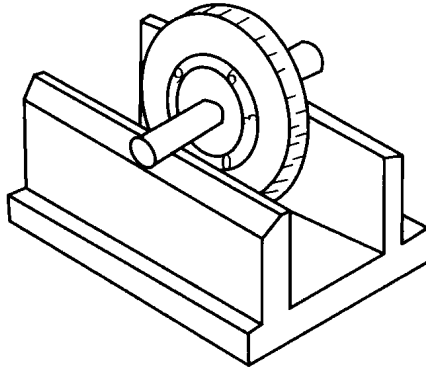


图 2.3.1 导轨式静平衡架

静平衡架一般为导轨式,如图 2.3.1 所示。当对刚性转子进行静平衡实验时,首先用水平仪将静平衡架调整至水平位置。再将实验用回转构件放在静平衡架上,使其自由滚动,待其静止后(此时重心处于低位置),在轴线上加一适当的平衡质量(用平衡块),重复上述动作,直至回转构件在任意位置都能保持静止不再滚动为止。用卡尺量出平衡块至回转轴心的距离 r 。取下平衡块用天平称量其质量 m ,则 m 与 r 的乘积 mr 即为该构件达到静平衡时所需加的质径积。

DPH— I 型智能动平衡机是一种创新的基于虚拟测试技术的智能化动平衡实验系统,能在一个硬支撑的机架上不经调整即可实现硬支撑动平衡的 A, B, C 尺寸法解算和软支撑的影响系数法解算,既可进行动平衡校正,亦可进行静平衡校正。本系统利用高精度的压电晶体传感器进行测量,采用先进的计算机虚拟测试技术、数字信号处理技术和小信号提取方法,达到智能化检测目的。本系统不但能得出实验结果,而且通过动态实时检测曲线了解实验的过程,通过人机对话的方式生动、形象地完成检测过程,非常适用于教学动平衡实验。

1. 转子动平衡工作

转子动平衡检测,一般用于轴向宽度 B 与直径 D 的比值大于 0.2 的转子(小于 0.2 的转子适用于静平衡)。当进行转子动平衡检测时,必须同时考虑其惯性力和惯性力偶的平衡,即 $P_i = 0, M_i = 0$ 。如图 2.3.2 所示,设一回转构件的偏心质量 Q_1 及 Q_2 分别位于平面 1 和平面 2 内, r_1 及 r_2 为其回转半径。当回转体以等角速度回转时,它们将产生离心惯性力 P_1 及 P_2 ,形

成一空间力系。

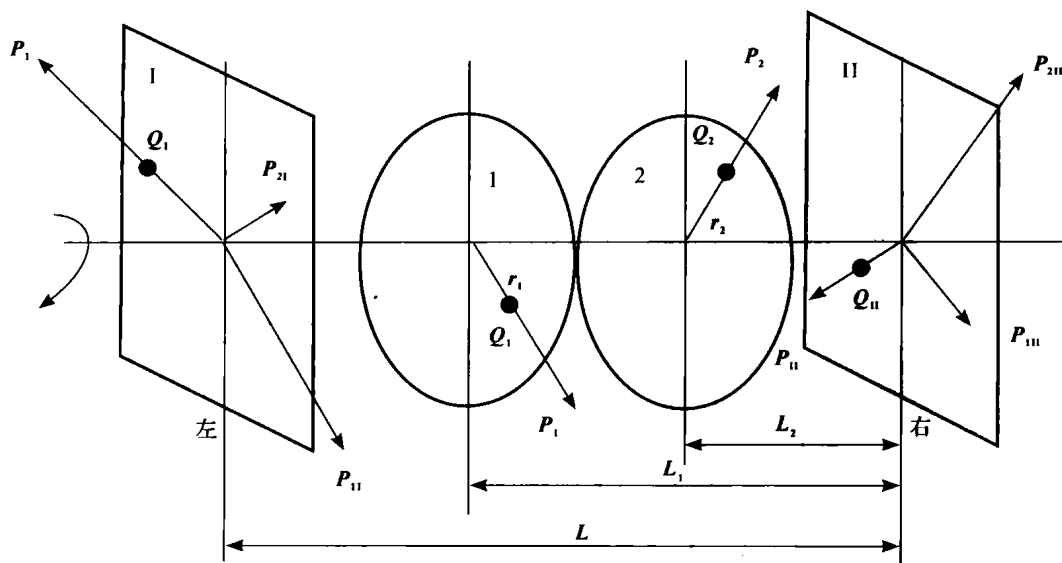


图 2.3.2 动平衡原理图

由理论力学可知,一个力可以分解为与它平行的两个分力,因此可以根据该回转体的结构,选定两个平衡基面 I 和 II 作为安装配重的平面。将上述离心惯性力分别分解到平面 I 和 II 内,即将力 P_1, P_2 分解为 P_{1I} 及 P_{2I} (在平面 I 内), P_{1II} 及 P_{2II} (在平面 II 内)。这样就可以把空间力系的平衡问题转化为两个平面汇交力系的平衡问题了。显然,只要在平面 I 和 II 内各加入一个合适的质量 Q_I 和 Q_{II} ,使两平面内的惯性力之和均等于零,构件也就平衡了。

2. 转子动平衡实验系统组成

DPH—I 型智能动平衡机结构如图 2.3.3 所示。测试系统如图 2.3.4 所示,由计算机、数据采集系统、高灵敏度有源压电力传感器和光电相位传感器等组成。当被测转子在部件上被拖动旋转时,由于转子的中心惯性主轴与其旋转轴线存在偏移而产生不平衡离心力,迫使支撑作强迫振动。安装在左、右两个硬支撑机架上的两个有源压电力传感器,感受此力而发生机电能量转换,产生两路包含有不平衡信息的电信号输出到数据采集装置的两个信号输入端;与此同时,安装在转子上方的光电相位传感器产生与转子旋转同频同相的参考信号,通过数据采集器输入到计算机。

计算机通过采集器采集此三路信号,由虚拟仪器进行前置处理、跟踪滤波、幅度调整、相关处理、FFT 变换、校正面之间的分离解算、最小二乘加权处理等,最终算出左、右两面的不平衡量(g)、校正角($^{\circ}$),以及实测转速(r/min)。

3. 主要技术性能与参数

(1) 主要技术性能。

- 1) 虚拟智能化测试,仪器界面。
- 2) 硬支撑动平衡采用 A, B, C 尺寸解算,永久定标具有六种支撑方式。
- 3) 运行状态实时提示。
- 4) 具有剩余不平衡量允差设置功能,自动提示合格。

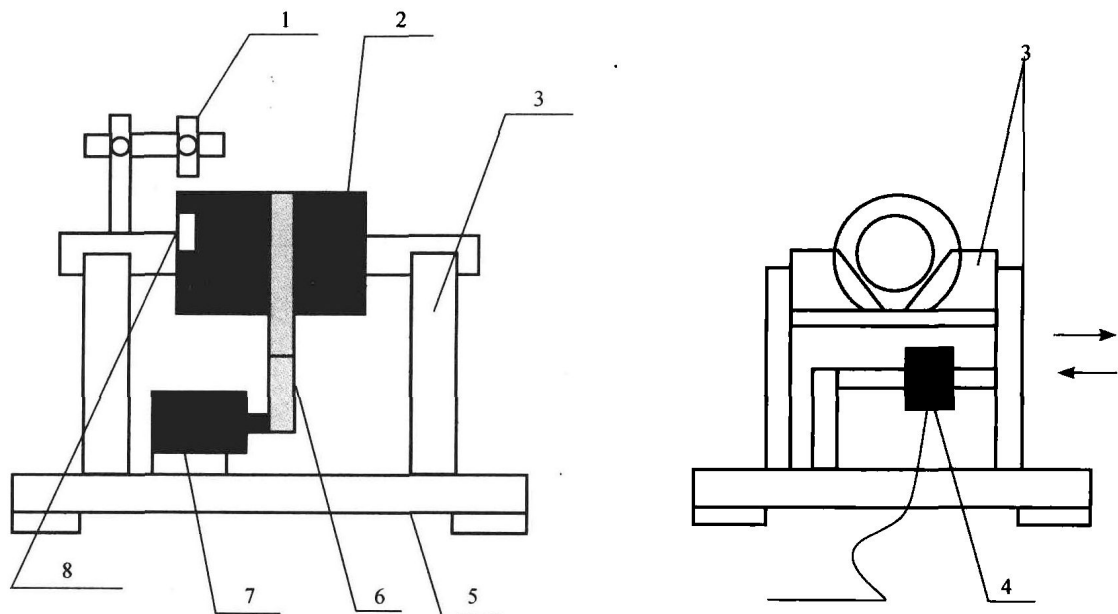


图 2.3.3 DPH—I 型智能动平衡机结构图

1—光电相位传感器； 2—被试转子； 3—硬支撑摆架组件； 4—压电力传感器；
5—减振底座； 6—传动带； 7—电动机； 8—零位标志

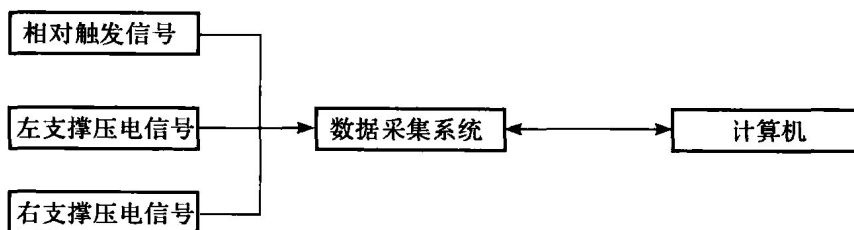


图 2.3.4 DPH—I 型智能动平衡机测试系统图

(2) 主要技术参数。

- 1) 工件质量范围: 0.1~5kg。
- 2) 工件最大外径: $\phi 260\text{mm}$ 。
- 3) 两支撑间距离: 50~400mm。
- 4) 支撑轴径范围: $\phi 3\sim 30\text{mm}$ 。
- 5) 带传动处轴径范围: $\phi 25\sim \phi 80\text{mm}$ 。
- 6) 电动机功率: 0.12kW:。
- 7) 平衡转速约 1 200, 2 500r/min: 两挡。
- 8) 最小可达残余不平衡量小于 $0.3\text{ g}\cdot\text{mm/kg}$ 。
- 9) 一次减低率: $\geq 90\%$ 。
- 10) 测量时间: 最长 3s。

4. 软件运行环境及主要软件界面操作介绍(见图 2.3.5)

(1) 系统运行环境要求。在 CPU 为 586 以上计算机, 32MB 内存, 彩色显示器, Win98/