

教育部新世纪高等教育教学改革工程课题研究成果

机械工程实验教程

摇贾晓鸣摇李宗岩摇主摇编
摇常秀辉摇张立路摇副主编

北摇京

冶 金 工 业 出 版 社

圆 源

内 容 简 介

本书为适应高层次创新人才培养的需要,在教学改革研究和实践的基础上撰写而成。

书中系统地介绍了机械工程的基本实验技术和检测仪器,内容包括正交试验设计及数据处理、机械工程基础实验、专业实验。在实验类型方面,增加了设计型实验、综合型实验和创新型实验内容,各实验均附有思考题。

本书可作为高等学校的教材,也可供有关工程技术人员参考。

摇图书在版编目(CIP)数据

摇机械工程实验教程 魏晓鸣,李宗岩主编 鄠—北京:

冶金工业出版社, 2005.12

摇高等学校教学用书

摇陈晔苑(陈晔苑)编

摇 I 鄠机...摇 II 鄠①贾...摇②李...摇 III 鄠机械工程—
实验—教材摇 IV 鄠裁①魏

摇中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 045000 号

出版人摇曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 魏号,邮编 200000)

责任编辑摇方茹娟摇美术编辑摇王耀忠

责任校对摇符燕蓉摇李文彦摇责任印制摇李玉山

北京百善印刷厂印刷 冶金工业出版社发行 各地新华书店经销

2005 年 12 月第 1 版,2005 年 12 月第 1 次印刷

16 开 80 页 23 厘米 摇 16 厘米 印张 摇 16 厘米 千字 摇 16 厘米 页 16 厘米 册

16 厘米 元

冶金工业出版社发行部摇电话:(010)64904944摇传真:(010)64904944

冶金书店摇地址:北京东四西大街 魏号(200007)摇电话:(010)64904944

摇摇摇摇(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

高等教育教学改革实验教材 编委会

主任 张玉柱

副主任 李福进 李昌存 谭靖

委员 崔恩良 王志江 阚连合

梁英华 贾晓鸣 侯国强

艾立群 郭立稳 封孝信

邹继兴 富立 刘廷权

韩润春

序

21世纪是信息时代,是经济大发展的时期,时代要求培养更多的高素质、高能力、有开拓进取精神的创新型人才。高等院校培养这种新型人才,实验教学是不可或缺的重要手段。实验教学是培养学生能力的重要途径,不仅要使学生通过实验来掌握基本实验手段,更重要的是要使学生具备应用这些手段从事科学研究的独立工作能力。在实验教学中,仅仅传授实验技术是不够的,必须注重学生能力的培养,使学生在知识和能力方面得到全面发展。古人云:“授之以鱼,只供一饭之需;教人以渔,则终生受用无穷。”培养能力无异于给学生一把开启知识之门的钥匙,有了这把钥匙才能使他们在知识的海洋里泛舟冲浪。21世纪的高等教育要求彻底改变实验教学的地位。要想从根本上解决问题,应该根据培养能力的要求,建立实验教学的体系,打破实验教学依附于理论教学、为理论教学服务的传统观念,以全面培养学生综合素质,培养学生科学研究思维方法、开发应用工程技术的综合能力、创新思维和分析解决问题的能力为主线,构建与理论教学平行并存、相辅相成的实验教学的新体系。

按教育部新世纪高等教育教学改革工程的要求,我们组织教师编写了这套实验教材,力求立意新颖,框架结构、章节层次安排合理,重点、难点处理得当,符合教学规律。此外,还要求具有以下特点:一是处理好与理论课的关系,建立独立的实验教学体系;二是设计性、综合性和创新型实验占有相当比例,并大多自成章节;三是对实验理论和实验方法均有比较系统的论述,有利于学生整体科研素质的培养和提高;四是对实验中常用的仪器,尤其是新型仪器设备的原理、构造、操作规程有较详尽的介绍,且附有一些常用的国标、图表和数据,使学生既可以学习掌握查找文献、数据的方法,又可在今后的工作中将本书作为参考书使用。

系统地编写实验教材,我们才刚刚起步,书中不成熟、不完善之处在所难免。愿编者在以后的教学实践中,不断积累经验、不断完善,使教材更加丰满成熟;愿更多的教师和实验技术人员关心和参与实验教材的编写工作;愿实验教材的百花园中再添奇葩。

摇摇摇摇摇摇

摇摇摇摇河北理工大学校长

摇摇张 玉 柱

河北省高校实验室工作研究会副理事长

前 言

科学实验是人们认识客观世界的重要手段,它是揭示研究对象的物理本质和周围因素对研究对象影响的规律的具体方法。

实验教学是高等学校理工科教学中重要的组成部分,对机械工程专业更是如此。这是因为实验教学不仅仅是学生获得知识的重要途径,而且对培养学生的学风和素质、实际工作能力、科学研究能力和创新能力都具有十分重要的作用。

本书是作者收集了国内有关院校的大量资料,并结合河北理工大学实验教学的经验和改革成果编写而成的。机械工程实验由机械工程基础实验和专业实验组成,实验总学时为 160~180 学时,分几个学期开设,可供机械类专业、近机类专业和非机类专业选择使用。

本书主要内容有三大部分:①基础部分,包括实验设计、实验报告撰写、实验数据处理等方面的知识;②机械基础实验部分,包括工程材料、互换性与技术测量、机械测试技术、微机原理、机械原理、机械设计、液压传动等课程实验;③专业实验部分,包括机械制造技术、机电一体化、数控机床、人机工程学、创新设计等课程实验。实验包括基本型实验、综合型实验和创新型实验。通过机械工程实验教学,以培养和提高学生的科学实验能力和实验素质。

参加本书编写的作者有:贾晓鸣(第 1 章),陈琳(第 2 章),杜明华(第 3 章、第 4 章、第 5 章),常秀辉(第 6 章、第 7 章),张习加(第 8 章、第 9 章),李运红(第 10 章、第 11 章),李宗岩(第 12 章、第 13 章、第 14 章),张立路(第 15 章、第 16 章、第 17 章),王家金(第 18 章、第 19 章),

冯立艳(第 15 章)。贾晓鸣、李宗岩担任主编,常秀辉、张立路担任副主编,全书由陈冠国教授审稿。

在本书编写过程中,得到河北理工大学教务处的大力支持,邢荣舫为本书的编写做了大量工作,特此一并致谢。

由于作者水平所限,书中不妥之处请专家和读者给予批评指正。

作摇摇者

于河北理工大学

目 录

第 1 部分 实验设计与数据处理基础

1.1 实验设计基础与实验报告的撰写	1
1.1.1 概述	1
1.1.2 正交实验设计	2
1.1.3 回归设计	3
1.1.4 实验报告的撰写	4
1.2 实验数据处理基础	5
1.2.1 实验数据的分析检验	5
1.2.2 实验数据的表示方法与经验公式的建立	6
1.2.3 正交实验结果的极差与方差分析	7
1.2.4 数据处理的一般步骤及注意事项	8
1.2.5 一元线性回归分析	9

第 2 部分 机械工程基础实验 I

2.1 工程材料及热加工工艺基础实验	10
2.1.1 概述	10
2.1.2 铁碳合金显微组织分析	11
2.1.3 铸造应力的测定	12
2.1.4 焊接接头的组织和性能分析	13

第 二部分 机械工程基础实验 II

源 机械零件几何精度的测量与分析	缘
源 概述	缘
源 机械零件几何精度的基本概念	远
源 长度的测量	远
源 形状和位置误差的测量	远
源 螺纹测量	苑
源 表面粗糙度的测量	苑
缘 机械测试技术	缘
缘 概述	缘
缘 常用传感器性能及变换特性	缘
缘 滤波器特性测试	愿
缘 悬臂梁动态特性参数测试	缘
缘 信号的互相关与互谱分析	愿
缘 典型信号的数字分析	愿
缘 窗函数及其对频谱的影响	愿

第 三部分 机械工程基础实验 III

远 机械运动和动力参数的测试与分析	苑
远 概述	苑
远 机械原理展示开放实验	苑
远 机构运动简图的测绘实验	愿
远 回转构件的动平衡实验	愿
苑 机械性能和工作能力的测试与分析	苑
苑 概述	苑
苑 机械设计展示开放实验	苑
苑 带传动实验	缘
苑 齿轮传动效率的测定实验	愿

滚动轴承油膜压力分布及摩擦特性的测定实验	100
万向联轴器及链条传动回转不匀率的测定实验	101

第 4 部分 机械工程基础实验 IV

微型计算机原理及应用	102
概述	102
计算机基础知识及微机基本电路实验	103
汇编语言程序实验	104
Intel 80386 系列微机硬件电路	105
液压元件性能及系统分析实验	106
液阻特性实验	106
液压泵性能实验	107
节流调速回路性能实验	108
溢流阀静、动态性能实验	109
压力形成实验	110

第 5 部分 机械工程专业实验

机械制造技术基础	111
概述	111
普通车床的剖析	111
机床静刚度测定	112
测绘制作外圆车刀	113
切削变形的测定分析	114
主切削力 F_c 经验公式的建立	115
车刀的磨损与刀具寿命测定	116
数控车床结构分析及编程实验	117
机电一体化系统实验	118
概述	118

可编程控制器实验	源
步进电机实验	苑
机电一体化系统顺序控制实验	怨
线载再平台控制实验	圆
二阶系统特征参量对过渡过程的影响	猿
系统的校正	缘
人机工程学实验	愿
概述	愿
反应时间测定实验	愿
反应时、运动时实验	苑
曲线形成实验	员
环境噪声测量实验	圆
空间位置与记忆广度测试实验	远
速示反应实验	苑

第 苑部分 机械工程综合实验

机械工程综合实验	源
碳素钢的热处理及硬度测定综合实验	源
齿轮参数的综合测量	源
机械运动参数的测试综合实验	猿
减速器拆装测绘综合实验	怨
机械加工精度测量与分析综合实验	员
精密加工与精密测量综合实验	远
劳动强度与疲劳测试综合实验	怨

第 愿部分 机械创新设计实验

机械创新设计实验	猿
概述	猿
机床床头箱的拆装、测绘与反求设计创新实验	源

机械传动机构创新设计实验·····	10
机电一体化产品创新设计实验·····	11
轴系结构创新设计实验·····	12
人机工程创新设计实验·····	13
参考文献·····	14

第 1 部分

实验设计与数据处理基础

员

1 实验设计基础与实验报告的撰写

摇摇摇摇摇摇

科学实验是人们认识客观世界的重要手段。它是根据一定目的,运用仪器设备等手段,在人为控制的条件下,模拟自然现象以进行研究的方法,以认识自然界事物的本质和规律为目的和任务。实践表明,科学实验是理论的源泉、科学的基础、发明的沃土、创新人才的育床。

一般来说,科学实验可以分为两类,一类是揭示所研究对象物理本质的研究实验,另一类是考察周围因素对所研究对象影响规律的研究实验。

对于第一类揭示所研究对象物理本质的科学实验,我们着重考虑的是表示某些性质的物理量的测量方法。例如在对切削温度的定量研究中,首先要考虑的是切削温度的测量方法,选择测温装置和仪器等。要根据研究任务的具体要求来选定实验方案,不仅要考虑技术的先进性和可行性,同时要考虑经济性和现实可能性。这类实验方案的选择,主要应考虑实验方法能否说明要研究问题的实质,实验方法的精度的可靠程度,最后对能否使用这些实验结果和数据做出合理的研究结论。

对于第二类科学实验,主要研究周围因素对所研究对象的影响规律问题。这类实验的设计任务就是选择正确、实用而先进的实验方法,确定正确的实验方案,达到尽可能减少实验工作量,取得符合要求的正确实验结论的目的。由于正交实验设计可以用较少的实验次数,得出正确的实验结论,故常采用正交实验法来设计此类实验。

机械工程实验的内容包括上述两类实验,这两类实验又相互联系。例如,研究某条件下刀具磨损的性质,是机械磨损、粘结磨损还是扩散磨损,作定性研究应是第一类的研究实验。如研究后发现主要是扩散磨损,进一步研究扩散磨损的规律和各因素对它的影响,应属于第二类科学实验。如在研究过程中发现新因素对扩散磨损有较大影响,进一步研究这些问题的影响机理,又是第一类性质的研究实验了。随着研究工作的深入,研究实验的内容和性质将会发生变化,这在实验设计时应予以考虑。

实验涉及知识面极广,所采用的手段也是多样的。随着实验技术的提高,各种

现代化测试仪器和测试方法的应用,实验逐步从低级引向高级阶段,从静态观测转向动态观测,从宏观观测到微观观测,从定性观测到定量观测,从考虑一个因素对研究对象的影响发展到考察多因素的综合影响。

实验系统的容量是巨大的,研究对象的因素是众多的,事物之间的因果关系是复杂的。因此,我们需要一门技术来达到提高获得信息速度与实验结论正确性的目的。这门技术就是实验设计。

实验的目的是为了获得条件与结果之间规律性的认识。一个好的实验应包括三个组成部分:设计、实验、分析。首先要明确实验的目的,即追求的指标是什么,要考察的因素有哪些,以及他们的变化范围。第二步要根据实验目的,合理地制定实验方案,即进行实验设计,然后按设计好的方案实施实验。第三步对实验结果进行分析,确定所考察的因素哪些是主要的,哪些是次要的,从而确定最好的生产条件。

实验设计法是制定实验方案及分析实验结果的有力工具,它所要解决的问题是多因素条件实验,可在大量的可能影响实验结果(指标)的因素中找出主要因素和次要因素。特别是当一些指标之间互相影响时,应用实验设计法可以了解因素与指标之间的规律性,兼顾各指标,找出最合适的生产条件。

员圆 正交实验设计

员圆.员 有关术语和符号

员圆.员.员 实验指标

表示实验研究对象的指标称为实验指标。例如,要实验诸因素对切削力的影响,这时切削力的数值的大小即为实验指标。

员圆.员.圆 因素

对实验指标可能会产生影响的因素称为实验因素,因素用 员圆猿...表示,也可用 粤,月,悦...表示。例如,可能会影响切削力的因素背吃刀量 $葬$,进给量 $枣$,切削速度 $增$,刀具前角 $\gamma_{圆}$ 等就是实验因素。实验因素有时是在研究工作开始时就给定的,有时则需研究后才选定。

员圆.员.猿 水平

实验因素在实验中所选定的位级称为水平。例如,上述切削实验中各因素均选 猿个水平,背吃刀量 $葬_1, 葬_2, 葬_3$,进给量 $枣_1, 枣_2, 枣_3$,切削速度 $增_1, 增_2, 增_3$,前角 $\gamma_{圆_1}, \gamma_{圆_2}, \gamma_{圆_3}$ 。这项实验中共有 源个因素,每个因素都有 猿个水平,所以称为 猿水平 源因素实验,简记为 猿型实验。

水平的表示符号为 员圆猿...等,有时 圆水平符号采用 垣员 原员表示,猿水平符号采用 垣员圆,原员表示。

猿猿猿猿猿 实验设计方法的选择

一个科学的实验设计应做到以下两点:一是实验次数尽可能少;二是用较少次数的实验数据,做出有说服力的实验结论。

科学实验要解决的问题中,要求得到研究对象受诸因素影响的关系规律,有时还要在某特定条件下优选最佳方案。如果变化因素只有一个,需要进行实验的次数不多,实验设计比较简单。在有两个变化因素时,可采用全面实验法、双因素优选法或正交实验法,根据具体条件确定。在三因素或更多因素时,采用正交设计是实验设计的最佳方案。

猿猿猿猿猿 单因素实验

单因素实验的主要问题是水平数和各水平值应如何选取。可有下列不同情况:

(员) 当实验因素和所研究对象的关系是线性时,理论上只要有二个实验点即可将关系曲线(或数学表达式)求出。但是为提高实验结果的可靠性,消除偶然误差,实验点数(即水平数)应增加到猿~源个,并进行重复实验,各实验点的数据取平均值。

(圆) 当实验因素和所研究的影响关系呈驼峰形时,要优选最佳点位置,可采用圆园园园园法、分数法、对半法等单因素优选法。

(猿) 单因素实验时,为消除实验方法等的干扰,可采取分组实验法。例如,研究某因素对切削力的影响规律时,为消除测力仪的影响,用两台测力仪重复同一实验;为消除实验材料不一致(同一牌号)造成的干扰,采用分组进行实验。如何科学地设置区组,有一定的规律,但实际上这时考虑的变化因素已不是单因素了。

猿猿猿猿猿 双因素实验

当实验的水平数不多时,全面实验与正交实验区别不大。实验的水平数较多时,采用正交实验法有一定的优越性。

双实验时如需优选最佳方案,可有平行线法、交替法、调优法等;也可用正交实验法再用极差分析或方差分析来优选最佳方案。

猿猿猿猿猿 多因素实验

当实验的因素为猿个或超过猿个时,常采用正交实验设计法。

猿猿猿猿猿 正交实验设计法

猿猿猿猿猿 正交实验设计要解决的问题

正交实验法是在实验经验与理论分析的基础上,利用现成的格式化的“正交表”科学地选取实验样本,合理安排实验。它在很多的实验条件中选出代表性强的少数次条件,并通过少数次的实验,找出符合客观规律的实验结论或优选出好的方案。

通过正交实验设计及相应科学的实验结果的分析方法,可得到: