



浙江省重点教材建设项目  
机械工程实践教学系列教材

# 机械设计竞赛与指导

应富强 顾大强 主编



科学出版社

浙江省重点教材建设项目  
机械工程实践教学系列教材

# 机械设计竞赛与指导

主编 应富强 顾大强

科学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书是在浙江省高等学校机械工程教学指导委员会支持下,结合编者多年的机械创新设计大赛指导工作实践经验,由浙江省大学生机械设计竞赛组委会组织编写的。全书共9章,内容包括:绪论,选题与解题,设计调研与信息获取,机械系统方案设计,机构应用与创新,机械结构设计,加工、装配及调试,作品的经济性评价,技术文件的编制。全书以机械创新设计大赛为主线,以设计实践训练为主导,将选题与解题、资料收集与整理、原理方案设计、结构设计、加工、装配、调试、设计后期工作等内容融为一体,提高学生对参与机械创新设计大赛的兴趣和信心,实用性强。

本书可供普通高等院校机械工程设计实践类课程教学使用,对参加课外科技竞赛的机械类学生及参赛学生的指导教师具有很高的参考价值,也可供相关工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械设计竞赛与指导/应富强,顾大强主编. —北京:科学出版社,2014.1  
(浙江省重点教材建设项目·机械工程实践教学系列教材)

ISBN 978-7-03-039496-5

I. ①机… II. ①应… ②顾… III. ①机械设计-高等学校-教学参考资料  
IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第315850号

责任编辑:毛莹 张丽花 / 责任校对:张小霞  
责任印制:闫磊 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市文林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2014年1月第一版 开本:720×1000 B5

2014年1月第一次印刷 印张:14

字数:293 000

定价:38.00元(含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换)

浙江省重点教材建设项目  
机械工程实践教学系列教材编写委员会

主 任 盛颂恩

副主任 潘晓弘 赵东福

委 员 (按姓名笔画排序)

方志梅 邓益民 朱喜林 张云电

竺志超 赵 云 胡如夫 姚文斌

徐向纮 赖尚丁 潘柏松 薛 伟

## 序

工程创新意识和工程实践能力是现代工程师必备的素质和能力。在中国面临产业转型升级、由制造业大国向制造业强国发展的当下,尤其需要加强未来工程师——工科大学生的创新精神和实践能力培养,因此深化高校人才培养中的实践教学改革已非常迫切。

但是,实践教学是当今中国大学教学改革中最难的领域之一。在教育理念上,我国高校精英教育时期的大学科学教育价值取向仍有广泛而深刻的影响,学术指挥棒过多地吸引了师生的精力和注意力。从实践教学本身分析,其改革不仅具有内在的系统性,还需要与人才培养模式和专业培养计划的改革相呼应,牵一发而动全身,使之难度较大。另一个瓶颈则是目前高校的学生规模越来越大,企业内在的管理要求越来越高,在校生下企业实践越来越困难。

目前,国内已有不少高校在工科专业的课程体系和实践教学等方面进行了改革,浙江省高校也开展了有益的探索并取得了一定的成效。为了总结凝炼工程实践教学改革的成果,引导和服务更多高校开展机械工程实践教学改革,进一步提高本科生创新与实践的能力,浙江省高等学校机械工程教学指导委员会在浙江省重点教材建设项目的资助下,组织编写了这套机械工程实践教学系列教材。

机械工程实践教学系列教材包括工程训练、实验教学、项目教学和设计竞赛四个方面。教材的编写倡导以学生为中心、教师为主导的教学模式,把传统的依附于理论的、分散的、被动的、相对封闭的实践教学模式转变为以学生自主为主、相对集成和开放的实践教学模式,融创新精神培养于其中。在认知型工程实践教学的基础上,给予学生更大的自主思维空间,相当比例的实践项目让学生自主选题、自主设计方案、自主完成项目,激发学生投入工程实践和创新活动的兴趣,从中掌握基本的工程实践与创新方法,在相对真实的工程实践环境中培养解决工程实际问题的能力。

出版这套系列教材,凝聚了编者的大量心血和改革勇气,同时也是一项探索性的工作,需要不断改进与完善。能够促进机械类专业本科学生的实践教学改革,便是我们出版这套系列教材的最大愿望。

浙江省高等学校机械工程教学指导委员会主任

盛颂恩

# 前 言

大学生机械创新设计大赛的目的在于引导高等学校在教学中注重培养大学生的创新设计能力、综合设计能力和团队协作精神;加强学生动手能力的培养和工程实践的训练,提高学生针对实际需求进行创新思维、机械设计和工艺制作等实际工作能力;促进校际交流,提高高等学校的机械设计水平,推动机械工程教学改革和创新教育;丰富和活跃校园学术氛围,吸引、鼓励广大学生踊跃参加各类课外科技活动,为优秀人才脱颖而出创造条件。

本书针对第一次为制作实物而着手设计、参与竞赛的大学生而写,初次设计的学生面临的问题往往是:积极性很高,不知如何着手设计;想法很多,能解决工程实际问题的少;从原理方案到实现具体结构方法欠缺;课堂知识在设计实践、工程实践中的综合应用能力不够;经济性问题的考虑不足及忽视后期工作等。为了指导学生做好机械创新设计,使其能够真正掌握机械设计的基本要求、内容、方法和步骤,本书根据机械创新设计大赛的要求,从完成设计与制造等实际工作的角度出发,以机械设计竞赛过程为主线,将选题与解题、资料收集与整理、原理方案设计、结构设计、加工、装配、调试、设计后期工作等融为一体。本书由浙江省大学生机械设计竞赛组委会组织编写,编写中结合了编者多年的机械创新设计大赛指导工作实践经验。因此,本书也能为参赛学生的指导教师和院校提供助益。此外,本书配套光盘提供了大量竞赛作品制作过程中常用的外购件资料,可供设计参考。

参加本书编写的人员有:浙江大学顾大强(第1章);浙江工业大学应富强(第2章);宁波工程学院易新华和宁波大学孙宝寿(第3章);嘉兴学院李思益(第4章);杭州电子科技大学张巨勇(第5章);浙江理工大学俞高红(第6章);浙江师范大学徐洪(第7章);嘉兴学院陈灿(第8章);浙江农林大学李映平(第9章);温州大学姜锐(光盘)。全书由应富强、顾大强主编,由浙江大学陈秀宁教授主审。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和欠妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者  
2013年7月

# 目 录

序		
前言		
第 1 章 绪论	1	
1.1 机械设计竞赛的目的、地位和作用	1	
1.2 机械设计的过程	2	
1.3 机械创新设计	3	
1.4 机械设计竞赛	4	
1.4.1 机械设计竞赛的教学理念	4	
1.4.2 机械设计竞赛的过程	5	
1.5 机械设计竞赛的评分	7	
参考文献	8	
第 2 章 选题与解题	9	
2.1 选题的重要性及意义	9	
2.2 选题的原则	10	
2.2.1 需要性原则	10	
2.2.2 科学性原则	11	
2.2.3 可行性原则	11	
2.2.4 创新性原则	12	
2.3 选题的过程、途径与方法	13	
2.3.1 选题的过程	13	
2.3.2 选题的途径与方法	14	
2.3.3 选题时应注意的几个问题	17	
2.4 设计的解题	17	
2.4.1 浙江省大学生机械设计竞赛题	18	
2.4.2 全国大学生机械创新设计大赛题	20	
第 3 章 设计调研与信息获取	23	
3.1 行业领域调研	23	
3.2 专利查询与检索	25	
3.2.1 中国专利查询	25	
3.2.2 德温特世界专利查询	26	
3.2.3 日本专利查询	27	
3.2.4 美国专利查询	27	
3.2.5 欧洲专利查询	29	
3.3 论文查询与检索	31	
3.4 中国资讯行数据库、中经网、互联网	33	
3.5 机械设计中常用标准件的选用及查询方法	33	
3.5.1 常用标准件的查询与选用	33	
3.5.2 外观设计参考	34	
3.5.3 机械设计大赛相关结构设计资料查询	34	
第 4 章 机械系统方案设计	36	
4.1 机械系统的组成	36	
4.2 机械系统的原理方案构思设计	39	
4.2.1 从需求到设计任务的提出	39	
4.2.2 机械功能及任务的分析与确定	40	
4.2.3 机械功能的实现方法	41	
4.3 机械系统的运动协调设计	45	
4.3.1 概述	45	
4.3.2 执行机构运动循环图设计	45	

4.3.3 执行机构运动循环的时 间同步化设计 .....	47	5.3 机构创新设计方法 .....	86
4.3.4 执行机构运动循环的空 间同步化设计 .....	48	5.3.1 机构组合设计 .....	87
4.4 机械系统的传动方案 设计 .....	50	5.3.2 机构演化与变异 .....	88
4.4.1 传动装置的功能和 类型 .....	50	5.3.3 再生运动链法 .....	91
4.4.2 机械传动系统的组成与 常用机械传动装置 .....	51	5.4 机构创新设计实例 .....	92
4.4.3 机械系统传动方案的 设计 .....	52	5.4.1 机械加法器间歇传递机 构的创新设计 .....	92
4.5 机械系统的总体设计 .....	55	5.4.2 灯泡装卸机械手爪机构 的创新设计 .....	94
4.5.1 总体结构方案设计的基本 要求、原则及设计步骤 .....	55	参考文献 .....	96
4.5.2 机械总体布局 .....	57	<b>第6章 机械结构设计</b> .....	97
4.6 机械系统设计实例 .....	59	6.1 运动副的结构设计 .....	98
4.6.1 扁三角汤圆成形机的 设计 .....	59	6.1.1 转动副的结构设计 .....	99
4.6.2 扁三山核桃破壳(裂口) 机的设计 .....	63	6.1.2 移动副的结构设计 .....	101
参考文献 .....	68	6.1.3 平面高副的结构 设计 .....	103
<b>第5章 机构应用与创新</b> .....	69	6.2 活动构件的结构设计 .....	104
5.1 基本机构及其运动 形态 .....	69	6.2.1 杆类构件的结构 设计 .....	105
5.1.1 连杆机构 .....	69	6.2.2 盘类构件的结构 设计 .....	106
5.1.2 齿轮机构 .....	70	6.2.3 轴类构件的结构 设计 .....	110
5.1.3 凸轮机构 .....	73	6.3 机架的结构设计 .....	114
5.1.4 螺旋机构 .....	74	6.4 机械结构创新设计 实例 .....	117
5.1.5 间歇运动机构 .....	76	6.4.1 过桥结构方案分析 .....	118
5.1.6 广义机构 .....	79	6.4.2 具体结构实例分析 .....	120
5.2 机械运动与机构选型 .....	81	参考文献 .....	123
5.2.1 机械运动与形态变换 .....	81	<b>第7章 加工、装配及调试</b> .....	124
5.2.2 机构选型 .....	81	7.1 常用量具 .....	124
5.2.3 机构选型设计实例(机器 人手爪机构的选型 设计) .....	83	7.1.1 游标卡尺 .....	124
		7.1.2 深度游标卡尺和高度游 标卡尺 .....	125
		7.1.3 外径千分尺 .....	126
		7.1.4 万能角度尺 .....	127
		7.2 常用的机加工方法 .....	129

7.2.1	车削加工	129	方法	175	
7.2.2	铣削加工	130	8.3.2	工艺方案分项经济效益 的分析	177
7.2.3	刨削加工	130	8.4	作品技术经济分析基本 方法概述	178
7.2.4	磨削加工	131	8.5	效益-费用分析法	179
7.2.5	数控加工	132	8.5.1	投资回收期	179
7.2.6	线切割加工	133	8.5.2	净现值法(NPV)	181
7.2.7	机床加工方法选用	134	8.5.3	内部收益率法(IRR)	182
7.3	常用钳工加工方法	138	8.5.4	投资收益率法(R)	184
7.3.1	锯割	138	8.6	评分法	185
7.3.2	锉削	140	8.7	不确定性分析	188
7.3.3	钻孔	144	8.7.1	不确定性分析概述	188
7.3.4	攻螺纹与套螺纹	148	8.7.2	盈亏平衡分析法	188
7.4	常用热处理方法	151	8.7.3	敏感性分析	190
7.4.1	退火	151	8.8	价值工程	191
7.4.2	正火	151	8.8.1	价值工程的产生与 发展	192
7.4.3	淬火	152	8.8.2	价值工程概述	192
7.4.4	回火	152	8.8.3	价值工程的分析 过程	193
7.4.5	表面热处理	152	参考文献	199	
7.4.6	表面喷丸强化	153	<b>第9章</b>	<b>技术文件的编制</b>	200
7.5	装配与调试	153	9.1	产品设计说明书编写	200
7.5.1	装配的工艺过程	153	9.1.1	项目调研	200
7.5.2	装配时零件的清理和 清洗	154	9.1.2	方案设计	200
7.5.3	常用装配方法	155	9.1.3	详细设计	201
7.6	典型机构制作	161	9.1.4	产品的运行效果与 分析	202
<b>第8章</b>	<b>作品的经济性评价</b>	164	9.1.5	技术经济评价	202
8.1	作品可靠性的经济 分析	164	9.2	图纸的绘制要求	202
8.2	作品的成本估算	166	9.3	产品使用说明书编制	204
8.2.1	初步设计阶段的粗略 估算	166	9.4	专利申请	205
8.2.2	设计工作完成后的成本 估算	166	9.5	竞赛答辩用PPT 制作	211
8.3	工艺方案设计的经济性 分析	175	参考文献	212	
8.3.1	工艺方案经济性分析的				

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 机械设计竞赛的目的、地位和作用

机械工业素有“工业的心脏”之称,它为工业、农业、交通运输业、国防等提供技术装备,是整个国民经济和国防现代化的物质技术基础,机器工业的发展水平及机械装备的自给能力是衡量国家经济发展水平与科学技术水平的标志。中国机械工业联合会和中国汽车工业协会联合发布的数据显示:2010 年机械工业增加值占全国 GDP 的比重已超过 9%;工业总产值从 2005 年的 4 万亿元增长到 2010 年的 14 万亿元,在全国工业中的比重从 16.6% 提高到 20.3%。2011 年年底,机械工业规模以上企业近 7.6 万家,职工 1700 多万人,总产值 16.9 万亿元,是全球机械制造第一大国。理工科高等院校是为工业领域培养杰出技术人才和技术管理人才的地方,机械工程类专业学生职业发展前景十分广阔。

我国机械产业的产业规模虽已居世界首位,但在创新能力、产业基础、产业结构和发展方式等方面,与发达国家相比还有相当差距。基础发展严重滞后,与快速发展的主机产品相比,机械工业基础零部件及优质专用材料、自控系统和测试仪器、数控机床和基础制造装备的发展明显滞后。如何满足行业未来技术发展需求,培养卓越的机械工程人才,是理工科高等院校面临的重要课题。

工程设计是一个创造性的决策过程,是运用科技知识和方法,将自然界中的物质、能量、信息创造成有利于人类的结构、装置、产品、系统或过程,工程设计几乎涉及人类活动的全部领域。工程设计的水平和能力是一个国家和地区工业创新能力和竞争能力的决定性因素之一。

设计技术在企业新产品开发过程中起着主导作用。国外的调查研究表明,产品设计的实际成本一般只占产品制造成本的一小部分。如图 1-1 所示,产品设计活动的成本仅占该产品制造成本的 5%(这个数字随行业和产品不同会有所不同,对大多数产品而言,设计成本是制造成本的一小部分);但设计质量对制造成本的影响却远远大于 5%,对一些行业而言,设计对制造成本的影响达到了 70%。设计决策直接决定了产品材料的选择、零部件的结构和工艺、产品的价格和销售服务。由图 1-1 还可看出,产品的大部分成本在设计过程中就已经确定,研究显示一个典型产品大约

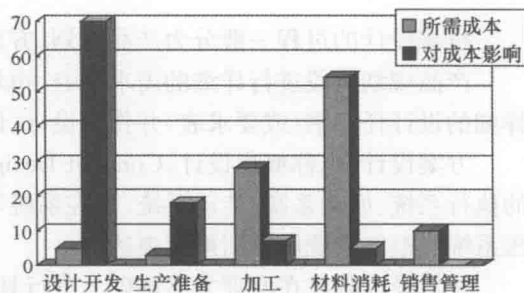


图 1-1 设计对产品成本的影响

75%的制造成本在概念设计阶段末期就已经确定,这就意味着此阶段之后做出的决定只能影响产品制造成本的25%。

设计技术对产品的质量也有很大的影响。对产品性能认识透彻、设计材料选择恰当、零件结构合理、工艺设计先进是保证产品高质量的重要前提。

“机械设计”是机械类各专业学生必修的一门技术基础课程。学生学习“机械设计”及相关课程,不仅应掌握已有的知识,更重要的是运用这些知识积极参与机械创新实践活动,这既是培养创新意识与才能、提高人才素质的需要,也为今后高质量地进行工业产品设计奠定了基础。

美国机械工程师协会(ASME)设计理论与方法委员会的创立者大卫·G·乌尔曼博士曾说:“学习设计的唯一途径是去做设计。”

对于机械类专业的大学生而言,机械设计竞赛是一种有效的设计实践教学形式。自1995年起,浙江大学机械工程学系在国内高校中率先尝试开展每年一届的本科生机械设计竞赛,浙江省和全国分别于2003年和2004年起开展了大学生机械设计竞赛,多年的实践表明,机械设计竞赛对培养学生的创新设计能力、激发学生学习机械学科的兴趣、营造良好的工程设计实践教学环境都有十分重要的作用。通过机械设计竞赛,学生不仅学到了许多课堂上、书本里难以学到的东西,真正地有了“书到用时方恨少”的感觉,对设计过程有了较全面的认识,而且提高了自身的设计与动手能力。

通过参加设计竞赛学生认识到:设计创新是集体智慧的结晶、协同合作的产物;在模型的设计过程中所遇到的困难,如缺少所需的资料和原材料、零配件买不到、经费不足,单凭个人的意志和精力是没法完成的,需要大家齐心协力。另外,学生也体会到:要做好一个设计,需要有综合应用各方面的知识的能力,必须注意自己能力的培养和在各种工程实践活动中不断地积累和总结经验,而参加各种创新设计活动就是一种行之有效的方法。

正如参赛学生所言:“参加机械设计竞赛,培养了我们团结合作与吃苦耐劳的精神;机械设计竞赛对我个人在知识的积累、能力的培养、素质的提高等方面均有很大的帮助,它是我人生经历中的一笔宝贵财富。”

## 1.2 机械设计的过程

机械设计的过程一般分为产品规划、方案设计、技术设计、施工图设计等四个阶段。

产品规划阶段进行详细的需求调查、市场预测,确定设计参数和约束条件,给出详细的设计任务书(或要求表)并作为设计、评价、决策的依据。

方案设计(也称概念设计,Concept Design)阶段确定产品的工作原理,并对产品的执行系统、原动系统、传动系统、测控系统等进行方案性设计,将有关机械机构、液压系统和电气系统用简图形式表达。

技术设计阶段在原理方案基础上进行具体结构化设计,选材料,定零件的构形和尺寸,进行各种必要的性能计算,最后画出部件的装配草图。为了提高产品的竞争

力,还需应用先进的设计理论和方法提高产品的价值(改善性能、降低成本),进行产品的系列设计,考虑人因工程原理提高产品的宜人性,利用工业设计原则对产品进行外观设计等,使产品既实用又适应市场商品化的需要。技术设计阶段往往要通过模型试验检验产品的功能原理和性能。

施工设计阶段进行零件设计和部件装配图的细节设计,完成全部生产图纸并编制设计说明书、工艺卡、使用说明书等技术文件。

正式投产前产品的试制将检验加工工艺和装配工艺,并进行较详细的成本核算,从而提出修改意见,进一步完善整个产品的设计。

在实际工程中,机械设计过程的完成涉及多学科的知识 and 能力。美国工程技术认证委员会(ABET)指出:工程设计是满足目标需求而创造某种系统、部件或方法的过程,是一个决策过程。在这个过程中,需要应用基础科学、工程科学来优化转换组合资源以实现特定的目标。设计过程的基本组成包括目标和标准的建立、合成、分析、构筑、测试和评估。工程设计课程的内容必须包括:学生创造力的开发、无标准答案问题的使用、现代设计理论和方法学、设计问题的表达和规范的说明、生产过程、并行工程设计、详细的系统描述,此外,经济因素、安全性、可靠性、美观、道德和社会影响等实际约束也应考虑。

### 1.3 机械创新设计

机械设计是一个创造过程,是一切机械新产品的育床,创新是设计的一个极为重要的原则,无论是完全创新的开发性设计,还是对产品作局部变更改进的适应性设计或变更现有产品的结构配置,亦或使之适应更多量和质的功能要求的变型设计,着眼点都应该放在“创新”上。当前科学技术发展非常迅猛,机械创新的内容和途径更加广阔,创新设计更具重大意义。创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。

根据设计的内容特点,机械创新设计可分为开发设计、变异设计和反求设计三种类型。

开发设计:针对新任务,提出新方案,完成从产品规划、原理方案、技术设计到施工设计的全过程。

变异设计:在已有产品的基础上,针对原有缺点或新的工作要求,从工作原理、机构、结构、参数、尺寸等方面进行一定变异,设计新产品以适应市场需要,提高竞争力。如在基本型产品的基础上,开发不同参数、尺寸或不同功能性能的变型系列产品就是变异设计的结果。

反求设计:针对已有的先进产品或设计,进行深入分析研究,探索掌握其关键技术,在消化、吸收的基础上,开发出同类型的创新产品。

在进行创新设计时还应注意以下几点。

(1) 创新离不开继承,任何一项标新立异的新设计总是在前人基础上的再创造

或再革新,只有把继承和创新很好地结合起来,才能卓有成效地达到开拓创新的目的。

(2) 创新设计不同于一般的再现性设计,创新设计是处理模糊问题的过程;在设计初始阶段,要广开思路,大胆设想,尽可能多地捕获多种可供选择的设计方案,在发散思考的基础上逐步收敛,向精确的目标迈进。

(3) 创新设计必须兼有独创性和实用性。创新设计必须具有独创性,设计者应追求与前人、众人不同的方案,打破一般思维的常规惯例,提出新功能、新原理、新机构、新材料,在求异和突破中体现创新;创新设计也必须具有实用性,发明创造成果只是一种潜在的财富,只有将它们转化为现实生产力或市场商品,才能真正为经济发展和社会进步服务。

(4) 多方案择优。创新设计从多方面、多角度、多层次寻求多种解决问题的途径,在多方案比较中求新、求异、择优。以发散性思维探求多种方案,再通过收敛评价取得最佳方案,这是创新设计方案的特点。

## 1.4 机械设计竞赛

大学生机械设计竞赛的目的:①培养大学生的机械创新设计意识、综合设计能力与团队协作精神;②加强学生动手能力的培养和工程实践的训练,提高学生针对实际需求进行机械设计和工艺制作的能力;③吸引、鼓励广大学生踊跃参加课外科技活动,促进校际交流,丰富和活跃校园学术氛围。

### 1.4.1 机械设计竞赛的教学理念

创新教育是教育的核心内容,对创新人才的培养起着重要作用。教学观念是进行创新教育的前提和先导。有什么样的教学观念,就有什么样的教学方式。因此,实施创新教育活动,需要做到教学观念更新,用先进的教学观念指导教学活动的开展。

(1) 体现以学生为中心的教育理念和组织方式。竞赛改变原有的以“教师、教材、课堂”为中心的教育教学方式,它充分体现了高等教育改革的时代新潮流、新的理念和新的方式方法。机械设计竞赛的组织与实施都应以学生的发展(包括知识、能力、个性、情感、创造性等)为出发点,要适应学生发展的需要;应充分尊重和发挥学生的主体地位和作用,使学生积极主动地参与竞赛活动,营造生动活泼、创造性的学习环境。

(2) 体现全面实施和提高大学生综合素质的特征,充分发挥学生的主观能动性、个性,挖掘学生的潜在能力,培养学生创新创业和敢于挑战的精神,提高学生的实践动手能力。突出对学生创新精神的培养,包括创新认识,即了解创新的目的和意义,有创新的认识等;创新情意,即喜欢创新、乐于创新,能以顽强的意志将创新活动进行到底。竞赛题目的难度应是“学生跳一跳才能摸到的目标”。

(3) 体现“研究型”本科教学的特点,使学生更早感知或接触学科研究,了解学科

的发展,提高学生的科研能力。提倡学生采用先进的手段和方法完成设计竞赛作品。

(4) 体现团队合作交流精神,打破原有传统相同专业组队参赛的方式,学校提倡学生跨学院和系、跨学科、跨专业组队参赛,实现团队的优势互补,达到共同提高的目的。

(5) 体现民主平等、开放式的竞赛理念。民主平等是创新教学的重要特征,也是实施创新教学的前提条件之一。在竞赛活动中,指导教师不再是活动的主宰,而是学生创新学习的引路人、疑难问题的解答人。指导教师也不再是评价设计结果的唯一权威,而是设计过程中的平等参与者、启发学生质疑问难的积极倡导者。对学生与众不同的疑问、见解及异想天开的设想,对学生挑战书本、挑战教师、挑战权威的勇气应表现出极大的耐心、宽容和尊重。

#### 1.4.2 机械设计竞赛的过程

参赛学生通常由 2~3 人组成设计团队参赛,可由同系学生组成团队参赛,也可跨系跨专业自由组队参赛。一般建议学生在学习“机械设计 I”课程后再参加机械设计竞赛。

一个完整的机械设计竞赛作品大约需要经历如下环节:确定设计目标,方案设计,草图、零件图、装配图绘制,制造、装配与调试,技术文件编制、答辩等。

##### 1. 确定设计目标

参赛学生在拿到竞赛题目后,首先应根据机械设计竞赛题目的要求,明确设计需求,在这个过程中,学生应广泛收集、阅读有关技术资料,了解所涉及的领域在国内外的发展状况,在查阅资料 and 进行需求的社会调研的基础上,综合考虑技术、经济性等因素、初步确定设计需求的技术参数,形成设计任务书。

##### 2. 方案设计

方案设计阶段是机械设计竞赛中一个十分重要的环节,必须给予高度重视,方案设计的结果对作品的质量起着决定性的作用。通常要求学生用 1 个月左右的时间完成方案设计。

方案设计的主要内容包括:功能原理方案构思与设计、执行系统的方案设计、原动机的选择、传动系统的方案设计、操纵及控制系统的方案设计、辅助系统的方案设计,以及各系统的协调设计、方案的评价与决策。方案设计的过程和结果应采用原理方案示意图、机械系统运动简图、运动循环图、电气原理图来表达,并撰写“总体方案设计说明书”。

在方案设计阶段,参赛学生还应注意将科学原理与创新智慧相结合,提出能实现给定功能的新原理方案,关注功能原理的创新。任何一种机械的创新开发都存在三种途径:①改革工作原理;②改进材料、结构和工艺性以提高技术性能;③增强辅助功能,使其适应使用者的不同需求。这三种途径对产品的市场竞争能力均具重要影响。当然,改革工作原理在实现时的难度通常比后两种要大得多,但其意义重大。实际

上,采用新工作原理的新机械不断涌现,而且由于新工艺、新材料的出现也在很大程度上促进了新工作原理的产生,例如,液晶材料的实用化促使钟表的工作原理发生了本质的变化。强调和重视工作原理创新,理解其深远意义。

在机械系统方案设计过程中,应遵守以下基本的原则。

需求原则:产品的功能来源于需求,满足市场需求是设计最基本的出发点。

效益原则:设计中必须关注和考虑效益,包括经济效益和社会效益。

继承和创新结合的原则:将前人的成果有分析地吸收采用,集中精力解决设计中的主要问题和构思创意创新。

简化和优化的原则:在确保产品功能和质量的前提下,应力求设计方案简单化,以降低成本;应用科学的标准和方法评价各种可行方案,择其最优。

广义和扩展的原则:机械系统设计不仅要应用机械专业的知识,而且应兼容吸取其他学科的有关内容。

遵循基本法规的原则:应熟悉设计中会涉及的一些基本法规,如相关标准、政策和法令,并在设计中贯彻执行。

### 3. 草图、零件图、装配图绘制

参赛队学生完成方案设计后,应与指导教师讨论,确认方案的可行性,在进行完善的基础上开始进行技术设计,主要包括:选取零件材料,确定零件的构形和尺寸,进行各种必要的分析、计算,并用工程图的形式表达结构设计的结果。

图纸是机械工程师的语言,学生应具备手绘零件草图、计算机绘制零件图、装配图的能力,图纸要求表达清楚、标注规范、符合国家或行业标准,能满足机械零件试制加工的要求。

在技术设计中,应优先考虑选用标准件和通用零部件来实现需要的功能,多采用标准件和通用零部件可减少设计的工作量,提高整机的可靠性,降低整机成本。

### 4. 制造、装配与调试

参赛学生应充分利用本校实验室已有的加工设备,完成零件的加工。在加工时应考虑不同设备、加工方法所能实现的零件的加工精度和加工成本。在装配与调试中,学生应注意将理论知识与实践经验相结合,分析解决装配、调试中出现的各种技术问题。

从草图、零件图、装配图设计到完成样机的加工制作、安装调试,此过程一般需要2~4个月的时间,由于大部分学生缺乏实际机械加工的经验,同时加工和调试中可能会存在返工,所以学生在时间安排上应留有余量。

### 5. 技术文件编制、答辩

目前的机械设计竞赛有校级机械设计竞赛、省级机械设计竞赛和全国机械设计竞赛。各级竞赛对参赛作品的提交都有具体的要求,参赛学生必须按要求提交作品。

通常需要提交的材料包括设计说明书、工程图纸、作品视频录像和实物样机或模型、作品介绍以及用于作品答辩的 PPT。

设计说明书是机械设计竞赛作品的主要技术文件,设计说明书一般包含以下几部分内容。

### 1) 设计目标

设计目标是指需求的功能描述,文字应简洁、准确、具体。

### 2) 目标的总体参数

机械系统总体参数是表明机械系统技术性能的主要指标。它包括性能参数和主要结构参数两方面,是总体设计和零部件设计的依据。总体参数主要有如下几个。

(1) 生产能力。机械的生产能力是指机械在单位时间内生产的产品数量。

(2) 运动参数。机械的运动参数是指机械执行构件的转速或移动速度及调速范围、位移、急回速比等。

(3) 动力参数。动力参数主要指机械中的工作载荷、阻力和动力源参数。动力参数是机械动力学计算、机械零部件工作能力计算及主要尺寸参数确定的依据。

(4) 尺寸参数。总体设计的尺寸参数主要是指影响机械性能的一些重要尺寸,如总体轮廓尺寸(总长、总宽、总高)、特征尺寸(加工范围、中心高度等)、主要运动部件的工作行程、表示主要部件相对位置尺寸及安装尺寸等。

在总体方案设计中,一般应先初步确定总体参数,据此进行各部分的方案设计,总体参数的确定和结构方案交叉反复进行,确定最终的总体参数。

### 3) 方案设计

方案设计应图文并茂,并且有方案评价方法和结论。

### 4) 技术设计

技术设计包括主要零部件的结构设计说明、通用零部件的选择及依据、关键零部件的校核计算等。

### 5) 样机的实物图片

样机调试的结果或使用效果,研制小结。

### 6) 参考文献

工程图纸:工程图纸包括装配图和所有自行加工的零件的零件图,装配图和零件图均需打印出来提交。图纸可作为设计说明书的附件,但不应插入设计说明书。

作品答辩的 PPT:在大多数情况下,答辩时间有限,且要按照事先安排的时间进入答辩环节,因此必须仔细计划时间,PPT 中可能需要的各种切换(如视频插入、动画)所需要的时间都应考虑在内。PPT 的内容应能清晰地回答:要解决的技术问题、如何解决、效果如何、特色或创新点。

## 1.5 机械设计竞赛的评分

竞赛的评分采用分阶段评审评分的方法,即“理论设计”评分和“原理样机演示阶

段”评分。

评审标准包括以下五方面：①设计方案的功能原理可行性；②在现有技术、时间、制作费用等条件下，该功能原理的可实施性；③设计构思的创新性、新颖性；④在现有技术、时间、制作费用等条件下，该创新性、新颖性的可实施性；⑤设计方案的综合评价。

### 参考文献

陈秀宁,顾大强. 2010. 机械设计. 杭州:浙江大学出版社.  
翁海珊. 2008. 机械原理与机械设计课程实践教学选题汇编. 北京:高等教育出版社.