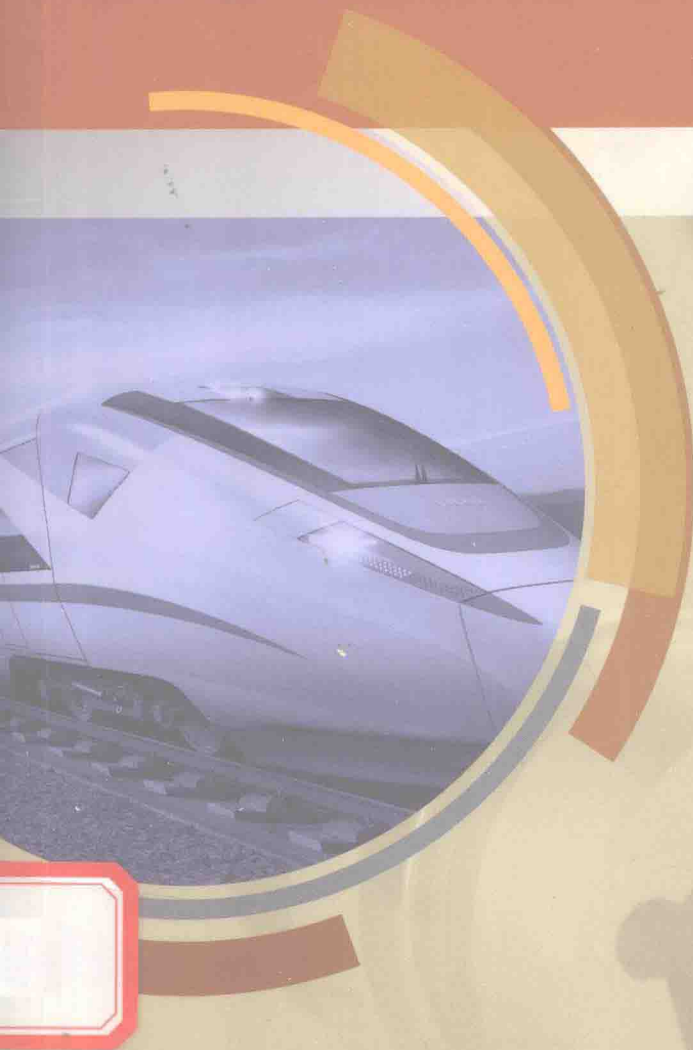




机械类 国家级实验教学示范中心系列规划教材

轨道车辆设计综合实践教程

金新灿 编著



科学出版社

机械类国家级实验教学示范中心系列规划教材

轨道车辆设计综合实践教程

金新灿 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书吸收了近年来新的设计方法及国际标准,较全面地介绍了现代轨道车辆结构设计实践的现代设计和常规设计方法,数据、图表、内容丰富,具有信息量大、标准新、取材广、设计结构多、实用性强等特点。

全书共7章,主要包括轨道车辆设计实践概述、车辆设计方案的拟定与构思、车辆主要零部件的设计计算、车辆运动学及运行性能的计算、车辆设计主要标准与规范等。结合作者多年的教学经验和研究成果,书中编入了多个设计实例。

本书可作为高等院校轨道车辆设计实践课程的教材,也可作为培训与继续教育用书,还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

轨道车辆设计综合实践教程/金新灿编著. —北京:科学出版社, 2016.1

机械类国家级实验教学示范中心系列规划教材

ISBN 978-7-03-047037-9

I. ①轨… II. ①金… III. ①轨道车辆—设计—教材 IV. ①U270.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第010915号

责任编辑:毛莹 张丽花 / 责任校对:桂伟利

责任印制:徐晓晨 / 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>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年1月第一版 开本:787×1092 1/16

2016年1月第一次印刷 印张:12 1/4

字数:290 000

定价:39.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

铁路是国家重要基础设施、国民经济大动脉和大众化交通工具。大规模发展具有运能大、安全舒适、全天候运输、环境友好和可持续性等优势的轨道交通运输,是在能源和环境约束下解决我国交通运输能力供给不足的矛盾,带动形成一大批高新技术和相关产业及制造业提升与发展的必由之路和必然选择。

轨道车辆设计是轨道交通运输装备的基础技术。科技成果要转化成为有竞争力的新产品,设计起着关键性作用。设计工作的质量和水平,直接关系到产品质量、性能和技术经济效益。特别是在轨道车辆产品创新方面,世界铁路工业发达国家都极为重视,不断研制出适应市场需求的轨道车辆产品。近年来,随着科学技术不断发展,计算机技术的大量应用、新的设计理念和设计方法、新型材料的大量使用等都极大地促进了轨道车辆设计和制造的发展与进步,从根本上改变了传统的设计、生产模式,对缩短产品设计周期、提高产品质量、增强企业的市场竞争力和创新能力都具有重要的作用。

本书是作者结合多年的教学经验和研究实践,参考相关书籍和教材编著的,力求体现轨道车辆设计实践的系统性、先进性、实用性和通用性。

全书共7章,第1章为绪论,详细介绍本课程的目的和性质,列举本课程的设计原则和方法,分析了轨道车辆设计制造与社会发展的关系;第2章主要介绍如何拟定轨道车辆的设计方案,包括司机室结构设计、车体结构设计、转向架结构设计、列车流线型外形和车端连接系统,对于车体结构和转向架的设计计算都补充实例进行说明;第3章介绍钢弹簧和空气弹簧的设计计算、减振器的结构设计和阻尼计算、轮对的设计原则和车轴疲劳强度计算方法,对轴箱的结构进行分析并介绍轴箱应力计算方法、橡胶弹簧的性能参数和设计计算,对于后三者列举实例,进行详细的分析计算;第4章基于轨道车辆运动学,对列车运行性能进行包括重量均衡、几何通过曲线等计算;第5章介绍模态分析理论和有限元模态分析方法,以车体与构架模态计算分析为例,给出模态分析标准和模态灵敏度分析;第6章介绍国内外相关的设计标准和材料的机械性能;第7章是实践设计案例,对前6章的理论设计知识进行补充说明,由理论到实践,旨在开拓学生思维、提高设计能力。

本书吸收近年来新的设计方法及国际标准,较全面地介绍现代轨道车辆结构设计实践的现代设计和常规设计方法,注重知识介绍的系统性和实用性,在相关章节结合作者多年的教学经验和研究成果,编入多个设计实例。轨道车辆设计是一门工程实践性很强的技术课,在学习本书的过程中,应结合有关章节进行设计实践,才能收到较好的效果。

由于作者水平有限,编写时间仓促,疏漏之处在所难免,敬请同行专家和广大读者批评指正。

作 者

2015年11月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 课程的目的和性质	1
1.2 现代设计方法与过程	2
1.3 现代车辆设计技术和基本过程	5
1.4 课程设计说明书的编写及格式	8
习题	10
第 2 章 轨道车辆设计方案的拟定	11
2.1 轨道车辆总体概念设计方案的构思	11
2.2 车体结构设计方案的构思	16
2.3 列车流线型外形设计方案的构思	20
2.4 司机室结构设计方案的构思	23
2.5 转向架总体设计的构思	31
2.6 车端连接装置系统方案的构思	37
习题	44
第 3 章 轨道车辆主要零部件的设计计算	45
3.1 钢弹簧参数的设计计算	45
3.2 橡胶弹簧的设计计算	52
3.3 空气弹簧的设计计算	59
3.4 液压式减振器的设计计算	62
3.5 轮轴结构强度的设计计算	68
3.6 轴箱结构强度的设计计算	76
习题	84
第 4 章 轨道车辆运动学及运行性能的计算	85
4.1 车辆重心位置及重量均衡计算	85
4.2 轮对及转向架蛇形运动学计算分析	87
4.3 车辆垂向振动的计算分析	90
4.4 车辆横向自由振动的计算分析	96
4.5 列车几何通过曲线的计算分析	98
习题	107
第 5 章 轨道车辆主要结构的模态分析	108
5.1 模态理论基础与方法	108
5.2 车体模态分析	111

5.3 转向架模态计算分析	120
习题	125
第 6 章 轨道车辆设计主要标准与规范	126
6.1 国内标准与规范	126
6.2 国际标准与规范 UIC 566 主要内容	134
6.3 欧洲及日本标准与规范	138
习题	148
第 7 章 实践设计题目实例	149
7.1 未来高速列车的“新概念设计”	149
7.2 高铁列车头部流线外形设计	151
7.3 200km/h 城际动车组中间车体结构设计	155
7.4 动车组转向架构架的设计计算	164
7.5 空气弹簧刚度参数的设计计算	169
7.6 轴箱结构的设计计算	171
7.7 列车通过几何曲线的校核设计计算	178
参考文献	189

第1章 绪 论

经济全球化、区域一体化的发展，国际产业大分工，能源、资源以及人员的流动，为现代交通运输提出新的挑战和难题。而轨道交通以其安全舒适、方便快捷、全天候运输、节能环保的绿色交通运输方式广受世界各国的欢迎。

轨道车辆工业担负着向轨道交通运输行业提供各种性能先进、绿色环保、使用安全可靠的技术装备的任务，所以在现代交通运输行业中是举足轻重的。市场竞争力的生命力在于产品的水平。任何科技成果要转变为有竞争力的产品，设计起着关键性的作用。轨道车辆设计是轨道车辆产品研制的第一道工序，设计工作的质量和水平直接关系到产品质量、性能、研制周期和技术经济效益。轨道车辆工业先进的企业和集团都十分重视产品设计，把设计作为产业的生命，要培养一流设计大师。

1.1 课程的目的和性质

轨道车辆设计综合实践是一门围绕轨道车辆设计系列课程教学要求且工程实践性较强的课程，是理论与实践紧密结合、培养工科学生轨道车辆设计能力实践的设计类课程。

课程内容主要涉及机械设计、车辆系统动力学、材料力学、弹性力学、有限元方法等基础知识。教学内容主要为：对车辆整体的设计进行介绍，包括轨道车辆总体设计、司机室结构设计、车体结构设计及车内布置方案的构思、转向架设计、车端连接系统方案的设计和列车流线型外形设计；对车辆的钢弹簧、橡胶弹簧、空气弹簧、减振器、轮轴和轴箱装置等主要零部件的设计计算进行介绍；介绍轨道车辆运动学及运动性能和常用主要结构的强度计算，在强度计算方面主要涉及车体和转向架，对模态进行详细的介绍；介绍轨道车辆设计主要标准与规范；在实践中对案例进行分析，将理论与实际结合。

1.1.1 课程目的

本课程旨在训练学生综合运用所学设计类基础知识的能力，培养学生使用现代设计分析方法对轨道车辆设计问题进行综合分析和评价；培养学生掌握轨道车辆设计的一般方法和规律，拓宽工程知识结构与设计综合应用，提高轨道车辆设计能力；巩固所学的轨道车辆设计及计算的基本方法和各种相关设计分析软件的使用，提高综合分析和解决实际轨道车辆结构设计问题的能力。

1.1.2 主要任务及与其他课程的关联

轨道车辆设计综合实践课程强调设计中总体设计能力的培养，将多学科内容整合为一个新的综合课程设计体系，将学生在机械设计系列课程中所学的有关运动和动力学分析、机械零部件设计理论、方法、结构及工艺设计等内容有机地结合，同时涉及车辆动力学中车辆振动特点、动力学模型，以及有限元方法中结构强度计算和力学分析。本课程对学生进行综合

设计实践训练,促使其更好地掌握各学科基础知识,更好地学以致用,使课程设计与实际的联系更为紧密。

1.1.3 设计中需要注意的几个问题

1. 循序渐进,逐步完善和提高

在设计过程中,应特别注意理论与实践的结合。设计者应充分认识到,设计过程是一项复杂的系统工程,要从机械系统整体需要考虑问题,成功的设计必须经过反复推敲和认真思考才能获得,设计过程不会是一帆风顺的,要注意循序渐进。设计和计算、绘图和修改、完善和提高,常需要交叉结合进行。

2. 巩固机械设计基本技能,注重设计能力的培养和训练

轨道车辆的设计内容繁多,而所有的设计内容都要求设计者将其明确无误地表达为图样或软件形式,并经过制造、装配方能成为产品。机构设计,强度、刚度计算和结构设计,图样表达是在设计中必备的知识和技能。学生应自觉加强理论联系工程实践,掌握认识、分析、解决问题的基本方法,提高设计能力。

3. 汲取传统经验,发挥主观能动性,勇于创新

轨道车辆设计综合实践教程中的实例多选自工程实际中的常见问题,设计中有很多前人的设计经验可供借鉴。学生在学习过程中应注意了解、学习和继承前人的经验,同时要充分发挥主观能动性、勇于创新,在设计实践中自觉培养创新能力,以及发现问题、分析问题和解决问题的能力。

4. 从整体着眼,提高综合设计素质

在设计过程中,应自觉加强自主设计意识,注意先总体设计,后零部件设计;先概要设计,后详细设计。遇到设计难点时,要从设计目标出发,在满足工作能力和工作环境要求的前提下,首先解决主要矛盾,逐渐化解其他矛盾;提倡使用成熟软件和计算机,提高运用现代设计手段的能力。

设计时,要正确处理传统设计与创新设计的关系,要注意合理选择精加工表面的位置和大小,优先选用标准化、系列化产品,力求做到技术先进、可靠安全、经济合理、使用维护方便。适当采用新技术、新工艺和新方法,以提高产品的技术经济性和市场竞争能力。

1.2 现代设计方法与过程

设计是为了满足人类与社会的功能要求,将预定的目标通过人们创造性思维,经过一系列规划、分析和决策,产生载有相应的文字数据、图形等信息的技术文件,以取得最为满意的社会和经济效益。

1.2.1 优秀设计师的主要素质及机械设计的几个阶段

1. 做一名优秀的设计师具备的主要素质

要想成为一名优秀的设计师,需要具备的主要素质如下。

(1) 创造潜能。具备极强的好奇心和兴趣,需要有细致的观察和深入的思考。

- (2) 各种相关的专业知识和经验。
- (3) 高远的志向, 不迷信权威。
- (4) 努力实践, 不怕艰苦。
- (5) 坚忍不拔的精神。
- (6) 不怕失败的性格。

2. 机械设计的几个阶段

人类的设计工作大致经历了以下几个阶段。

(1) 直觉设计阶段。凭直观感觉来设计制作工具和机械。凭直观感觉来设计制作工具和机械, 往往带有一定的盲目性。

(2) 经验设计阶段。依靠个人的才能和经验, 运用一些基本设计计算理论, 借助类比、模拟和试凑等设计方法进行设计。

(3) 半理论半经验设计阶段。加强了设计基础理论、各种专业机械产品设计机理以及关键零部件的设计研究, 使设计者能够充分利用数据、图表和手册等进行设计, 减少了设计的盲目性, 增加了合理性。

3. 传统设计方法

传统设计方法以经验总结为基础, 将力学和数学而形成的经验公式、图表、设计手册等作为依据, 通过经验公式、近似系数或类比方法进行设计, 现在大部分车辆工厂仍在采用。

利用设计者直接或间接的经验, 通过类比或经验公式来确定方案, 对于特别重要的设计或者计算工作量不太大的设计, 有时可以对拟定的几个方案计算比对, 按一定的标准选取, 最后绘图和整理设计说明书。

传统设计方法的特点如下。

(1) 偏重于经验的概括和总结, 可能会忽略一些非主要或者难解的因素, 因而造成设计结果的近似、不确切或者失误。

(2) 在信息处理、参量设计和选取、经验或状态的存储和调用方面, 都利用手工的解算和图纸的绘制。

(3) 对技术和经济、技术与美誉的良好统一方面有一定的差距。现在设计工作方面有车辆设计师、经济师和车辆美工设计师等多种单一类型的设计师。

(4) 有局限性: 设计者的经验决定方案的优势。

(5) 分析计算时, 由于受到计算工具、技术水平的限制, 进行简化(动态变为静态), 加入修正系数, 使得计算精度下降。设计工作时间较长, 效率低, 成本高。

1.2.2 现代机械设计方法

现代设计方法是在传统设计的基础上发展起来的, 它继承了传统设计的精华。由于设计方法学和创造方法学的迅速发展, 机械产品的设计工作发生了质的变化, 出现了一系列新兴的学科分支, 主要有: 优化设计、计算机辅助设计、可靠性设计、模块化设计、反求工程设计、系统化设计、并行设计、人机工程学设计等。

现代设计与传统设计相比, 有下列几个特征。

1. 系统性

现代设计把设计对象看作一个系统，同时考虑系统与外界的联系，用系统工程概念进行分析和综合，通过功能分析、系统综合等方法，力求系统整体最优，使人机之间的功能相互协调。

2. 创造性

现代设计强调创造能力开发和充分发挥人的创造性；重视原理方案的设计、开发和创新产品。只有创新才能有所发明。

但是，今天的科学技术已经高度发展，创新往往是在已有技术基础上的综合。有的新产品是根据别人的研究实验结果而设计的，有的是博采众长，加以巧妙地组合。

3. 综合性

现代设计在设计过程中，综合考虑、分析市场需求、设计、生产、管理、使用、销售各方面的因素；综合运用优化是利用系统工程、可靠性理论、价值工程、技术等学科的知识，探索多种解决设计问题的科学途径。

4. 程式性

现代设计研究设计的一般进程，包括一般设计战略和用于设计各个具体部分的战术方法。要求设计者从产品规划、方案设计、技术设计、施工设计到实验、试制，按步骤有计划地进行设计。

现代设计在设计指导思想、设计对象、设计方法和设计手段上都有着显著特点和先进性。

机械创新设计是现代机械设计的核心，机械系统运动方案设计的每一个环节，都包含创新设计的内容，都离不开创造性思维。

1.2.3 机械产品的设计过程

图 1-1 所示为一般机械产品的设计过程框图，主要包含概念设计阶段、总体方案阶段、结构设计阶段、工艺设计阶段和改进设计阶段。

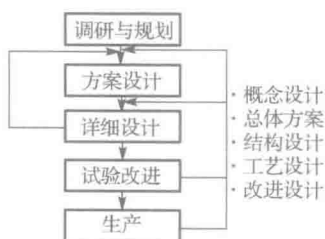


图 1-1 产品的设计过程

1.2.4 机械设计中常用的创新方法

1. 智力激励法

人的创造性思维特别是直觉思维在受激发情况下能得到较好发挥。一批人集合在一起，针对某个问题进行讨论时，由于各人知识、经验不同，观察问题的角度和分析问题的方法各异，提出的各种主意能互相启发，填补知识空隙，启发诱导出更多创造性思想，通过激励、智慧交流和集智达到创新的目的。

2. 提问追溯法

提问追溯法是有针对性地、系统地提出问题,在回答问题过程中,便可能产生各种解决问题的设想,使设计所需要的信息更充分、解法更完善。提问追溯法有奥斯本检核表法、希望点列举法、缺点列举法等。

3. 联想类推法

通过由此及彼的联想和异中求同、同中求异的类比,寻求各种创新解法。利用联想进行发明创新是一种常用而且十分有效的办法。许多发明者都善于联想,许多发明创新也得益于联想的妙用。类比联想由一事物或现象联想到与其有类似特点的其他事物或现象,从而找出创新解法。

4. 反向探求法

将人们通常思考问题的思路反转过来,从背逆常规的途径探寻新的解法,因此反向探求法亦称逆向思维法。例如,声音既然是振动,那么振动为什么不能复现原声呢?通过这样的反问,发明了留声机。

5. 系统分析法

对于技术系统,根据其组成所有影响其性能的全部参量,系统地依次分析搜索,以探索更多解决问题的途径。

6. 组合创新法

组合创新法是将现有技术和产品通过功能、原理、结构等方面的组合变化形成新的技术思想和新产品。组合法应用的技术单元一般是已经成熟和比较成熟的技术,不需要从头开始,因而可以最大限度地节约人力、物力和财力。组合创新的类型很多,常用的有性能组合、原理组合、功能组合、结构重组、模块组合等。

1.3 现代车辆设计技术和基本过程

1.3.1 现代车辆设计技术

现代车辆设计技术主要包括有限元分析、优化设计、系统工程方法、可靠性设计、反求工程、人机工程和计算机辅助设计等。下面逐一加以介绍。

1. 有限元分析

有限元分析是古典变分方法的一个分支,它直接把所需分析的结构离散化,使用最小位能原理或虚位移原理等力学基本原理,列出计算格式,用电子计算机求解。有限元法在结构离散化时可采用各种单元形式,以适应不同的问题,网络的加密也很方便,边界易贴合。有限元分析的算法无论对弹性和塑性问题均较成熟,对流体问题处理也有一定长处。

在轨道车辆设计中,有限元分析除应用于车体、转向架等结构外,还用来对各种零部件、组合结构等进行强度、刚度、热强度、振动模态、稳定性等计算分析。

有限元分析方法对设计安全合理的车辆结构、提高乘坐的舒适性、减少样车试验的数量、降低开发风险、缩短开发周期等均有重大影响,有限元分析现已成为新型车辆结构设计工作的规范计算分析方法。

2. 优化设计

无论是车体外形设计、总体设计,还是零部件设计,车辆设计人员总是力求从各种可行方案中选择最佳方案,这就是优化设计的基本任务。过去工程设计中尽管没有“优化”这一任务,但在实际设计过程中往往通过直觉判断、试验比较,对产品优胜劣汰。

随着科学技术的进步,实际工程问题可以通过数学模型来描述,并发展了最优化数值方法求解所确定的数学模型,这就为优化设计提供了数学工具。目前,有许多优化算法可供选用,其优劣随所解决问题的特征而异。

3. 系统工程方法

对于像车辆整体这样复杂的系统,无法简单地定义为一个最优化设计问题。这时,为了能在设计阶段进行较为准确的定性和定量分析,需要采用系统工程方法,其中主要内容为系统分析。

车辆的系统分析除研究车辆系统结构、系统行为外,还要研究车辆系统与线路和外界环境的相互作用问题。用系统分析的方法,可以预先研究系统结构及其相关性,可以通过建模和仿真进行模拟研究,所以它能在设计阶段之前处理问题,提高了设计开发过程的质量和效率。

4. 可靠性设计

可靠性理论是以产品的寿命特征作为主要研究对象的一门综合性科学。20 世纪 60 年代以来,可靠性研究由电子、航空、宇航、核能等尖端工业部门,扩展到进行大批量生产的轨道车辆工业部门,并取得了可喜成果。

当今,提高产品的可靠性已成为提高产品质量、增强竞争力的关键。因此,可靠性设计已成为车辆现代设计方法中的一项重要内容。

5. 反求工程

反求工程也称逆向工程、反向工程、反求设计,是指用一定的测量手段对实物或模型进行测量,根据测量数据通过三维几何建模方法重构实物计算机辅助设计模型的过程;是一个从样品生成产品数字化信息模型,并在此基础上进行产品设计开发及生产的全过程。

将反求工程用于车辆设计时,三坐标测量机是必不可少的重要设备。三坐标测量机又称三坐标测量仪或三次元,是指在一个六面体的空间范围内,能够进行几何形状、长度及圆周分度等测量并保全数据的仪器。

6. 人机工程

人机工程又称人体工程,是 20 世纪 50 年代前后迅速发展起来的一门新兴学科。它以工程设计中与人体有关的问题为研究对象,目的在于使设计更好地适应人体的各种要求,从而提高人机系统,即人同所操纵的机构在内的整个系统的工作效能。

人机工程涉及人体尺寸、心理学、心理生理学、运动生理学、生物工程和医学等许多复杂课题,属于跨学科的边缘科学领域。

7. 计算机辅助设计

在工业发达国家,20 世纪 70 年代就已用计算机辅助设计(CAD)技术进行车辆设计,并逐步发展和完善了自己的 CAD 系统。现在,CAD 系统除进行结构和性能的计算,分析并绘制出零部件的设计图样外,还越来越多地把方案初选、最优决策、规划布置、经验评估等包括进去,构成所谓的“智能化”CAD 系统。

在现代车辆开发工作中,就计算机辅助设计而言,其核心是以产品设计和绘图为主体的

CAD 系统、车辆性能和结构分析为主体的计算机辅助工程分析 (CAE) 系统、模型及其模具制造的计算机辅助制造 (CAM) 系统以及造型设计的计算机辅助造型 (CAS) 系统。

在许多国内外的大公司中,从整车到各大总成的开发工作现已全面使用了 CAX 技术,最具典型的是车体的开发工作,从概念设计阶段到模具制造的全过程都采用了串行和并行的混合开发过程,较全面地实现了 CAD/CAE/CAS/CAM 技术集成。

在车辆规划和布置设计中,使用 CAD 及相关的性能和参数优化设计软件去预测新车型的性能和确定设计参数、进行法规校核、提出最佳的设计图和方案图,合理地进行车辆布置,方便有效地进行系列化车型设计。

8. 虚拟现实技术

虚拟现实是一种全新的人机界面,它通过计算机构造出形象逼真的三维模型,从而生成一种具有三维视觉效果的特殊环境。该技术通过多种传感器和可视化设备,将视觉、听觉、触觉等作用于用户,使用户融入这种特殊的环境中去操作、控制环境,产生身临其境的感觉,从而实现特殊的设计目的。它具有多感知、沉浸感、交互性、想象性等特征。

虚拟现实技术不仅仅用于车型开发,还可以提供给车辆多方面的模拟数据:数字化制造及产品模拟、测试、制造等。利用虚拟现实技术还可以进行车辆碰撞试验,不必使用真实车辆便可显示出不同条件下的碰撞结果。

9. 神经网络方法

人工神经网络是一门活跃的边缘交叉学科,涉及生物、电子、计算机、数学和物理等诸多学科,它是根据生物神经系统的作用原理发展起来的,多个人工神经元互联组成大规模的分布式并行信息处理系统,用于模拟人类神经系统的信息处理机制,对复杂的问题进行有效的解决。

车辆工程中模糊、非线性、不确定系统都可以用神经网络理论加以解决。如基于模糊理论和人工神经网络融合技术的车辆振动系统的神经网络控制等。

1.3.2 现代车辆设计基本过程

现代车辆设计一般分为如下 4 个阶段。

- (1) 概念设计(项目策划)。
- (2) 详细方案设计。
- (3) 技术及施工设计阶段。
- (4) 产品试制、测试、试验和改进完善阶段。

1. 概念设计

1) 了解项目的性质,采取不同的设计策略

对于研究型(试验型)项目,可以采用许多新的技术,甚至可以做一些开创性的研究工作,成功和失败共存,作为技术跟踪和技术储备。

对于工程化(商品化)项目,主要应采用成熟、可靠的技术,进行集成,确保项目的成功率和产品的商品化。

2) 概念设计的主要工作内容

(1) 了解项目的详细信息,主要包括产品的规模,最大运行速度,内部设备、设施及其要求,维护要求,与相关结构的接口及参数,定员,所要遵守和满足的标准等。

(2) 技术查新, 了解国内外类似项目的进展情况和技术水平、知识产权的保护(专利)。

(3) 基本方案构建, 获得产品的基本信息和要求后, 制订项目设计规划书, 提出项目的技术路线和总体方案设想, 对其可行性、经济性、工艺性和技术合理性进行详细分析, 提出基本模式。

概念设计阶段应周全、详尽, 为产品的进一步设计奠定基础。

2. 详细方案设计

主要工作内容如下。

(1) 主要结构的选择和确定。根据概念设计确定的仿真、路线和模式, 设计详细的技术方案, 选择和确定主要结构。

(2) 主要尺寸和参数的确定, 虚拟样机设计。利用现有的计算和分析手段, 对基本方案的可行性进行分析, 对结构和参数进行优化研究, 提出主要技术参数、性能参数和基本尺寸。虚拟样机的设计主要包括运行性能(动力性能)、安全可靠(静强度、动强度和动应力分析等)的仿真分析。

(3) 完善方案设计。根据理论分析结果, 完善设计方案。提出方案设计审查文件。

(4) 大部件结构设计。根据理论分析结果, 完善设计方案, 提出方案设计审查文件。

(5) 修改和完善设计方案。根据有关专家和用户的意见和建议, 进行设计方案的修改和完善。

3. 技术及施工设计

主要工作包括如下内容。

(1) 性能预测和评估, 进一步对其运行品质、安全可靠、寿命进行预测和评估。

(2) 细部结构设计。

(3) 施工图设计。

(4) 工艺设计。

(5) 工艺文件制定和工装设计。

(6) 生产和试制准备。

4. 产品试制、测试、试验和改进完善阶段

(1) 产品试制。

(2) 尺寸、主要参数测试, 目的在于验证设计观念和具体细节满足设计要求。

(3) 出厂前调试。

(4) 技术审查。

(5) 运行考核和试验。

(6) 完善和改进设计, 根据测试、运行考核的进行, 也许需要对设计进行修改和完善, 确定最终的设计方案。

1.4 课程设计说明书的编写及格式

设计计算说明书作为产品设计的重要技术文件之一, 是图样设计的基础和理论依据, 也是进行设计审核的依据。因此, 编写设计计算说明书是设计工作的重要环节之一。

1.4.1 设计计算说明书的内容

设计计算说明书主要包括以下内容。

1. 前言

前言主要是对设计背景、设计目的和意义进行总体描述,让读者对说明书有一个总体了解。

2. 目录

目录应列出说明书中的各项内容标题及页次,包括设计任务书和附录。

3. 正文

正文主要为设计依据和过程,主要包括以下内容。

(1)设计任务书。一般应附设计目标、使用条件和主要设计参数。

(2)轨道车辆的总体方案设计。针对运动和动力要求,选择车体和转向架等类型,对其结构和性能进行分析,并针对多种方案的可行性进行比较,择优形成初步设计方案。主要内容有车体外形设计、车体材料选择、转向架类型、轴箱安装方式、制动类别等。

(3)主要零部件的设计计算。针对某一零部件,进行详细设计,根据各个零部件的强度、刚度、寿命和结构要求,确定其结构尺寸和材料、装配关系等。主要内容有钢弹簧参数的设计计算、空气弹簧的设计计算、轮轴结构强度的设计计算、液压式减振器及摩擦式减振器的设计计算和轴箱的设计计算等。

(4)其他需要说明的内容,包括运输、安装和使用维护要求,设计的优缺点和改进建议等。

4. 参考资料

将设计过程中用到的参考书、手册、样本等资料,按作者、出版时间、书名和出版单位顺序列出。

5. 附录

在设计过程中使用的非通用设计资料、图表、计算程序等。

1.4.2 设计计算说明书的要求和注意事项

设计计算说明书要求计算正确、论述清楚、文字精练、插图简明、书写工整。同时应注意下列事项。

(1)设计计算说明书应按内容顺序列出标题,做到层次清楚、重点突出。

(2)计算过程应列出计算公式,代入有关数据,写出计算结果,标明单位,并写出根据计算结果所得出的结论或说明。

(3)引用的计算公式或数据要注明来源,主要参数、尺寸、规格和计算结果可在右侧计算结果栏中列出。

(4)为清楚地说明计算内容,说明书中应附有必要的简图(如总体设计方案简图、弯矩图和转矩图等)。

(5)设计计算说明书要用钢笔或用计算机按规定格式写于16开专用纸上,按目录编、标页码,然后装订成册。

(6)说明书封面和书写格式可参考图1-2。

装订线	× × × × 设计计算说明书
	设计题目 _____
	_____ 院 (系) _____ 班
	设计者 _____
	指导教师 _____
	____ 年 ____ 月 ____ 日 (校 名) _____

图 1-2 说明书封面格式

习 题

1. 简述设计的定义。
2. 简述做一名优秀的设计师应具备的主要素质。应如何培养？
3. 简述机械产品的设计过程。
4. 说明现代车辆设计技术的主要内容。
5. 阐述现代车辆设计的基本过程。
6. 分析现代机械设计方法的主要特征。
7. 如何将机械设计的创新方法用于车辆设计中？

第2章 轨道车辆设计方案的拟定

现代轨道车辆结构设计一般分为概念设计阶段和详细设计阶段。概念设计阶段在整个轨道车辆设计过程中起着至关重要的作用。有关资料表明,在概念设计阶段结束时,全部轨道车辆设计过程成本的大约70%就已确定下来。可见,概念设计阶段所做的工作对后续工作有很大的影响。在概念设计阶段对车辆结构进行设计,将会更加准确地预测车辆结构,避免在详细设计阶段出现问题、造成设计缺陷,防止延长设计周期、加大开发成本。

2.1 轨道车辆总体概念设计方案的构思

在进行轨道车辆设计时,应根据设计任务书或建议书对全车进行总体方案的概念设计。总体方案概念设计的好坏直接决定了产品设计的成败,必须予以高度重视。方案概念设计应遵循结构简单、合理,性能先进,经济耐用,运行安全,便于使用、便于检修、利于制造,要积极采用和发展新技术、新工艺、新材料,尽量采用标准化设计,严格执行国家标准、专业标准和企业标准。还需根据实际情况和运行性能对轨道车辆的概念设计要素进行考虑。

车辆总体概念设计是一种带规划性质的设计,目的是使设计车辆能够满足设计技术任务书中提出的各项功能要求,以及通过相关措施或方法来协调设计中出现的各种矛盾和问题。从设计的内容上可以分为车辆总体概念设计及车辆零部件概念设计两大部分。

2.1.1 车辆总体设计原则和要求

为提供能满足市场需求的轨道交通车辆,需要对车辆进行纵向和横向的总体概念设计、规划等。

纵向总体概念设计是指理清车辆本身系统关系,保证系统不缺项,明确规定设计任务要实现的总体目标。横向总体概念设计是指要实现与其他系统之间的接口功能,保证其他系统的正常工作。

1. 总体设计的一般原则

车辆是铁路运输的基本工具,设计制造出更多更好的车辆以适应铁路运输的要求,是轨道车辆生产部门的重要任务。

总体设计应贯彻下述原则。

1) 具有合理的技术参数

主要包括车辆的几何尺寸、车辆的自重系数、比容系数、轴重、运行速度等。技术参数综合反映了所设计车辆的技术性能和指标。

2) 制造和使用方便

要易于生产制造,降低制造成本。同时方便乘客的乘用,有利于工作人员顺利地进行各项工作,司机室设计要求作业范围合适、操纵方便、实现合理,易于观察各种仪器、仪表和信号灯指示。同时尽可能提高产品的可靠性,努力降低维修的工作强度。