

以工程实践为导向的 工程力学教学改革——从需求到设计的融合路径研究

邓映香 王时彦 罗涛

江西应用科技学院, 江西 南昌 330100

摘要: 在工程领域中, 工程力学知识应用于工程实践至关重要。本文就此展开探讨, 先是强调需求分析与明确目标, 通过与相关方沟通, 将工程功能用途等模糊需求细化为可衡量指标, 确定关键性能目标。接着阐述建立合理力学模型, 需简化复杂结构并考虑多种工况与荷载组合。然后介绍选择合适分析方法, 涵盖理论计算及数值模拟辅助。最后指出实验验证与反馈优化不可或缺, 对比结果找偏差原因, 迭代优化促使设计趋近最优, 实现知识与实践融合。总之, 多环节配合才能达成从功能目标到符合力学原理的工程设计的转化, 提供应用思路。

关键词: 工程力学知识; 工程实践; 需求分析; 力学模型; 知识与实践融合

Teaching Reform in Engineering Mechanics Oriented Toward Engineering Practice: A Study on the Integrated Path from Needs to Design

Deng,Yingxiang Wang,Shiyan Luo,Tao

Jiangxi Institute of Applied Sciences And Technology, Nanchang, Jiangxi, 330100, China

Abstract: In the field of engineering, the application of engineering mechanics knowledge in practice is crucial. This paper explores this topic by first emphasizing needs analysis and goal clarification, transforming vague functional requirements into measurable indicators through stakeholder communication to define key performance objectives. It then discusses the establishment of reasonable mechanical models, requiring the simplification of complex structures while considering multiple working conditions and load combinations. Next, it introduces the selection of appropriate analytical methods, encompassing theoretical calculations and numerical simulations. Finally, it highlights the indispensability of experimental validation and iterative optimization, comparing results to identify deviations and refining designs to achieve convergence toward optimal solutions, thereby integrating knowledge with practice. In summary, coordinated efforts across multiple stages are essential to transform functional goals into engineering designs grounded in mechanical principles, offering practical insights.

Keywords: Engineering mechanics knowledge; Engineering practice; Needs analysis; Mechanical model; Integration of knowledge and practice

DOI: 10.62639/sspehe03.20250103

引言

在工程领域中, 工程力学知识应用于工程实践至关重要。针对理论知识与工程实践的结合, 大量的教师学者进行了丰富的研究并取得了优越的成果。刘建忠^[1] 专科工程力学教改应突出为专业服务刘建忠济南交通高等专科学校我校汽运专业于 1993 年被国家教委列为全国高等专科学校首批试点专业之后, 从九三级开始, 工程力学教学在以前改革的基础上进行了深入的改革, 明确了改革的重点是如何更好地适应专业需要。吕俊峰^[2] 在中国制造 2025 和智能制造新形势引领下, 高职《工程力学》课程改革更强调“宽基础, 强素质, 重实践, 求创新”的教改理念, 更加注重理工科学生工程意识和工程素质的培养。本文从引入模块分层法教改理念出发, 探讨模块分层法

在工程力学课程改革中的设计研究, 并给出模块分层法在高职工程力学中的实施建议。马晓玲^[3] 为实现高职教育的人才培养目标本着“以学生为主体, 以能力, 素质培养为中心”的职业教育宗旨, 对《工程力学》课程在高职教育中的教学内容体系, 教学方法和手段以及考核机制等方面提出了新的教改理念, 并在实践过程中得了较好的效果。张立勇^[4] 针对当代大学生的时代特征及学习环境发生的客观变化情况, 分析了当前应用型本科院校理论力学教学现状, 提出通过打通工程实际与力学模型环节的教学工程化方法, 结合以工程实际问题解决为目标的课堂竞赛, 优化教学内容和考评方式, 以实现理论力学教学的工程思维和能力培养, 提升教学效果。然而, 以工程实践为出发点, 从需求到设计的融合为路径, 对工程力学教改进行研究仍然缺乏创新。

(稿件编号: EHE-25-3-1003)

作者简介: 邓映香 (1985-), 性别: 男, 汉族, 江西抚州, 江西应用科技学院, 硕士研究生, 讲师, 研究方向: 岩土工程, 结构工程。王时彦 (1996-), 性别: 男, 汉族, 江西九江, 江西应用科技学院, 硕士研究生, 讲师, 研究方向: 工程材料, 结构工程。

罗涛 (1995-), 性别: 男, 汉族, 江西赣州, 江西应用科技学院, 硕士研究生, 无职称, 研究方向: 岩土工程。

基金项目: 2024 年江西应用科技学院教学改革研究校级课题: “数字化赋能下《工程力学》课程教学改革的研究与实践” (JXYKJG-24-39)。

一、需求分析与明确目标

(一) 深入理解功能和用途需求

工程力学服务于各类工程领域,像土木建筑、机械制造、航空航天等,各领域对力学知识运用有独特需求。在土木建筑中,设计高楼、桥梁时,需精确分析结构在静载、风载、地震力等作用下的应力、应变分布,确保结构安全稳定。这要求学生能依据不同建筑类型,准确建立力学模型,选择合适计算方法。当面对要实现的某种功能或用途时,如要设计一座能承载特定车流量且跨越一定宽度河流的桥梁时,首先得和相关方(如业主、使用单位、规划部门等)充分沟通,以明确具体要求。像桥梁需承载的最大车辆重量、预期使用年限、所在地区的气候条件(如强风、地震等影响因素)等,把这些相对模糊的“想得到的结果”细化为具体的、可衡量的指标,这其实就是在梳理出应用工程力学知识时的“边界条件”。在教学中,为实现功能和用途需求的融合,可引入实际工程案例。如讲解桁架结构力学分析时,以大型体育馆屋顶桁架为案例,让学生分析其不同工况下的受力特点,通过计算确定杆件内力与截面尺寸,体会力学知识在实际工程中的应用流程。

(二) 确定关键性能目标

根据功能用途进一步确定与力学相关的关键性能目标。从功能用途出发,与力及工程力学相关的关键性能目标主要涵盖结构稳定性、材料强度与刚度、动力学响应控制等方面。例如对于一个机械手臂的设计,除了要知道它需要抓取的最大重量(功能需求)外,还要确定其不同工作角度下的刚度要求(确保抓取和操作时的精度)、运动过程中的动态稳定性(避免振动过大影响工作效率和准确性)等,这些目标将引导后续工程力学原理的应用方向。

二、建立合理的力学模型

(一) 简化实际结构

工程实践中的对象往往很复杂,比如一栋大楼,它包含众多的梁柱、墙体、各种装饰及附属设施等。但运用工程力学时,要根据其受力特点进行简化。实际结构往往形状复杂,在工程力学分析中,需要将其简化为基本几何形状。例如,对于复杂的建筑框架结构,可以把梁柱简化为等直杆。像工业厂房中的格构式柱,虽然其截面形状复杂,但可以简化为具有等效截面特性的直杆来分析其轴向受力。实际结构的连接可能是焊接、螺栓连接等多种方式。在建立力学模型时,通常将连接简化为铰支座、固定支座或刚结点。例如,在分析桁架结构时,杆件之间的连接如果是光滑的铰连接,就可以将其简化为理想铰,忽略连接部位的摩擦力和微小变形。而对于框架结构的梁柱节点,根据其实际的抗弯和抗剪能力,可能简化为刚结点,即节点处各杆件的夹角在受力过程中保持不变。实际工程材料具有复杂的物

理和力学特性。在力学模型中,常将材料简化为均质、各向同性的材料。例如,对于钢筋混凝土结构,在分析其整体受力时,可将混凝土和钢筋组成的复合材料简化为具有等效弹性模量和强度的均质材料,以便于计算结构的内力和变形。

(二) 考虑多种工况与荷载组合

不同的工程结构在使用过程中会面临多种工况。以桥梁为例,需要考虑正常通行工况、强风工况、洪水工况等。在正常通行工况下,主要荷载是车辆荷载;强风工况下,风荷载成为主要因素;洪水工况则要考虑水流的冲击力和浮力。根据不同的设计规范和结构的重要性,需要对各种荷载进行组合。对于承载能力极限状态的设计,通常采用基本组合,如永久荷载(结构自重等)和可变荷载(活荷载、风荷载等)的组合。例如,在计算建筑结构的柱的承载力时,要考虑结构自重、楼面活荷载、风荷载或地震荷载等按一定的系数组合后的最不利情况。对于正常使用极限状态的设计,采用标准组合或频遇组合。如在分析建筑结构的变形是否满足要求时,采用标准组合来考虑荷载的长期作用对结构变形的影响,以保证结构在正常使用过程中的适用性。对于工程结构或部件,要设想它在实际使用中可能遇到的各种工况。以桥梁为例,要考虑正常通车时的车辆荷载(不同车型、不同位置分布等情况)、可能出现的超载情况、强风时的侧向力、温度变化引起的热胀冷缩产生的内力、地震发生时的惯性力等,然后按照规范和实际经验对这些荷载进行合理组合,以此作为力学模型分析的输入条件,来模拟结构在不同状态下的受力表现。

(三) 合理力学模型建立

根据简化后的结构和考虑的工况与荷载组合,选择合适的力学模型。对于静定结构,如静定桁架、静定梁,可以采用平衡方程来求解内力。例如,简单的三角形木屋架,通过节点法和截面法就可以建立平衡方程,求出各杆件的内力。对于超静定结构,如超静定框架、连续梁等,需要考虑结构的变形协调条件,采用力法、位移法或矩阵位移法等方法建立力学模型。以多层框架结构为例,使用位移法,以节点位移为基本未知量,根据结构的刚度方程和荷载条件来求解节点位移和杆件内力。在建立力学模型过程中,需要做出一些合理的假设。例如,假设结构在小变形范围内工作,这样可以忽略高阶小量,使计算简化。在建立完力学模型并求解后,需要对结果进行验证。可以通过与类似结构的试验数据对比,或者采用不同的计算方法进行交叉验证。如对一个新型桥梁结构的力学模型计算结果,可以与缩尺模型试验的结果进行对比,检查内力和变形计算的准确性。例如,可以把大楼简化为框架结构模型,将梁柱抽象简化为杆件,分析其在重力、风荷载、地震作用等外力下的受力情况,忽略那些对整体力学性能影响较小的细节部分,像一些非承重的隔断墙等,这样就把复杂的实际工程转化为能用工程力学理论分析的理想模型。

三、选择合适的分析方法

(一) 理论计算分析

1. 静力学理论计算

首先要明确研究对象, 将其从实际结构中隔离出来, 画出受力图。这需要考虑到所有作用在该对象上的外力, 包括主动力 (如重力、风荷载、设备荷载等) 和被动力 (如支座反力)。例如, 在分析一个简单的简支梁时, 主动力是梁上的均布荷载或集中荷载, 支座反力是梁与支座之间的相互作用力。根据力的性质和方向, 确定力的大小、作用点和作用线。对于分布荷载, 如均布荷载, 需要将其等效为集中力, 等效集中力的大小等于分布荷载的集度乘以分布长度, 作用点在分布长度的中点。对于平面力系, 应用静力学平衡方程 ($\sum F_x = 0$ 、 $\sum F_y = 0$ 和 $\sum M = 0$) 来求解未知力。以一个静定刚架为例, 通过对刚架的每个节点和部分进行受力分析, 列出平衡方程, 联立求解可以得到支座反力和杆件内力。在求解过程中, 要注意选择合适的坐标系, 通常使坐标轴与主要的力的方向一致, 这样可以简化计算。对于空间力系, 需要增加平衡方程 ($\sum M_z = 0$ 等) 来求解所有未知力。

2. 材料力学理论计算

根据胡克定律 ($\sigma = E\varepsilon$, 其中 σ 是应力, E 是弹性模量, ε 是应变), 在已知材料弹性模量和应变的情况下, 可以计算应力。例如, 在拉伸试验中, 测量出杆件的伸长量, 计算出应变, 再结合材料的弹性模量, 就可以得到杆件横截面上的正应力。对于复杂的受力状态, 如平面应力状态和空间应力状态, 要使用广义胡克定律。在平面应力状态下, 需要考虑正应力和剪应力对材料变形的综合影响, 通过相应的应力—应变关系公式来计算应变分量。为了判断结构是否会发生破坏, 需要应用强度理论。常用的强度理论有第一强度理论 (最大拉应力理论)、第二强度理论 (最大伸长线应变理论)、第三强度理论 (最大剪应力理论) 和第四强度理论 (形状改变比能理论)。以第三强度理论为例, 对于受扭和弯扭组合作用的轴, 计算危险截面上的最大剪应力和正应力, 然后根据第三强度理论的强度条件 ($\sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma]$, 其中 σ_1 和 σ_3 是主应力, $[\sigma]$ 是许用应力) 来判断轴是否满足强度要求。

3. 结构力学理论计算

力法是把超静定结构转化为静定结构来求解。先确定超静定次数, 解除多余约束并代以多余未知力。然后, 让基本结构 (解除多余约束后的静定结构) 在多余未知力和原有荷载共同作用下, 在多余约束处的位移符合原超静定结构在该位置的位移情况。位移法以结构的节点位移作为基本未知量。根据结构刚度特性, 建立位移法方程, 利用力—位移关系来求解结构的内力和位移。首先确定独立的节点位移作为基本未知量。接着分别计算单位节点位移引起的杆端力 (刚度系数) 和荷载引起的固定端杆端力。然后, 根据节点平衡条件建立位移法方程, 求解节点位移。最后, 根据杆端力与节点位移的关系计算各杆件内力。

依据建立好的力学模型和确定的荷载等条件, 运用工程力学中的静力学、材料力学、结构动力学等理论知识进行计算。例如通过静力学的平衡方程来求解结构的支座反力, 利用材料力学的强度理论 (如第三强度理论、第四强度理论等) 去校核构件的强度是否满足要求, 借助结构力学的方法 (如力法、位移法等) 分析超静定结构的内力和变形情况等, 通过精确的理论计算得出初步的设计参数和结构性能评估。

(二) 数值模拟分析辅助

对于复杂的几何形状、非线性材料特性或者复杂的荷载边界条件等情况, 单纯依靠理论计算可能难以准确求解, 这时可以采用有限元分析等数值模拟方法。比如分析汽车发动机内部复杂零部件在高温、高速运转时的应力应变分布, 通过建立有限元模型、输入材料属性参数、建立边界条件和荷载、划分网格, 利用专业软件 (如 ANSYS、ABAQUS 等) 进行模拟计算, 得到可视化的应力、应变、位移等结果, 帮助优化设计, 使工程力学原理更好地应用于解决实际复杂问题。

四、实验验证与反馈优化

(一) 原型或模型实验

在完成理论和数值模拟分析后, 要尽可能进行相关实验验证。对于大型结构如桥梁、高层建筑等, 可以先制作缩尺模型, 在实验室环境中模拟实际受力情况, 测量其关键部位的应力、应变等数据, 看是否与理论和数值模拟结果相符。像风洞试验可模拟桥梁在不同风速、风向作用下的气动特性, 验证其抗风设计是否合理; 对于一些机械产品, 可进行实际工况下的性能测试, 例如对新研发的起重机进行起吊不同重量货物时的稳定性和结构强度测试。

(二) 反馈优化设计

根据实验结果与理论、模拟结果对比分析, 如果存在偏差, 要查找原因, 可能是模型简化不合理、计算参数选取不准确或者忽略了某些实际因素等, 然后对设计方案进行优化调整, 再次运用工程力学知识进行分析和验证, 经过多次这样的迭代过程, 使工程实践中的设计不断趋近于满足实际功能和用途要求的最优方案, 从而实现工程力学知识与工程实践的有效融合。

总之, 将工程力学应用于工程实践需要从实际需求出发, 通过合理建模、恰当分析方法以及实验验证反馈等多环节紧密配合, 逐步实现从功能目标到具体符合力学原理的工程设计的转化。

参考文献:

- [1] 刘建忠. 专科工程力学教改应突出为专业服务 [J]. 高教发展与评估, 1996(1).
- [2] 吕俊峰, 张建荣, 罗国虎. 模块分层法在高职《工程力学》课程教改中的研究 [J]. 福建茶叶, 2020, 42(4): 2.
- [3] 马晓玲. 高职《工程力学》课程教学改革与实践 [J]. 中国科技纵横, 2010(19): 1.
- [4] 张立勇, 缙瑞宾, 申立泉, 等. 应用型本科院校《理论力学》工程化教改分析 [J]. 浙江水利水电专科学校学报, 2020, 032(004): 86-88.