

基础力学课程教学设计浅析

南京航空航天大学 李晨 孙伟 唐静静 刘荣梅

摘要: 高质量的教学设计是高质量课程的重要保证。以基础力学课程为背景,从主观修养和客观技巧两个方面探讨了教学设计中需要注意的关键问题,指出了教学设计中教师主观修养的重要作用和影响,并详尽阐述了教学内容选择和教学内容组织在客观技巧上容易被忽视的问题以及一些误区。

关键词: 基础力学; 教学设计; 主观修养; 教学内容选择; 教学内容组织

凡事皆有法,教学亦是如此。学富五车之人,未必就能成为好教师。要将自己所学所知清晰地表达出来并且让别人容易接受,的确需要教师在教学过程中不断探索更好的教学设计方法^[1]。基础力学是力学体系的奠基石,其基本概念和研究方法对后续力学课程和实际工程问题都具有重要意义,课程本身课时长、概念杂、方法多,而且在高校中一般都是学生人数众多的大班教学,因此以基础力学课程为背景来探讨有效的教学设计方法更具有挑战性和重大意义。

近年来关于基础力学教学的探讨主要集中在教学方法改革方面。刘德军等^[2]开展了目标导向教育的材料力学教学改革,将巷道支护技术中的工程实例与材料力学相应知识点相结合。袁圆^[3]探索了基于慕课平台、腾讯会议等进行线上、线下混合教学模

式。杨庆生等^[4]构建了新形势下“有核心无边界”的知识体系和课程结构,提出了“三用”教学理念和“三实”教学原则。叶红玲等^[5]通过构建“1+4+N”的课堂教学体系,结合学生的高阶思维能力培养和课程目标的高阶性设计思路,分析了课程高阶性建设的实施路径和策略。孔德清^[6]指出课程改革的努力方向是转变教学理念,加快地方院校理论力学教学内容的调整,改进教学方法。

有关基础力学课程教学设计方面的讨论相对较少。乔燕等^[7]从激发学生学习兴趣、提高自主学习的能动性、恰当使用各种教学手段、善于利用身边的力学问题、注重运用类比法分析等方面讨论了一些具体的教学设计方法。崔智丽^[8]从要用学生这把尺子量标准、要在说理融情上求实效和要在细枝末节上下功夫三个方面阐述了基础

力学课程的教学设计思想。教学设计质量决定课程的教学质量，在高质量课程的基础上进行教学方法改革才更有价值和意义。而教学设计中的确还存在许多需要深入探讨的问题亟待解决。

教学设计的实施者是教师，教学设计相对独立，但却不能完全与实施者割裂而存在。教学设计直接体现了教师对所教内容的认知水平以及理解和分析问题的逻辑思维方式。同时，每位教师独有的表达方式和不同的课堂掌控能力都会对教学设计产生一定程度的影响。因此探讨教学设计不仅应考虑客观技巧，更应重视教师主观修养带来的影响。

本文从主观修养和客观技巧两个方面探讨教学设计中需要注意的关键问题，指出教学设计中教师的主观修养的重要作用和影响，并详尽阐述了教学内容选择和教学内容组织在客观技巧上容易被忽视的问题以及一些误区。

1 教学设计的主观修养

教学设计之于教师，好比刀之于武人，只有得心应手才能发挥最佳的效果。试想屠龙宝刀入贩夫走卒之手，只能暴殄天物罢了。只有人刀合一，共同修炼，才能不断精进。因此，要改善教学设计，应从以下方面入手。

第一，教学设计应该与教师的认知水平和掌控能力相匹配。教学设计只有与其设计者、实施者完美统一，

才能发挥教学设计的最佳效果。如果是刚上课一两年的新教师，一开始常常是直接采用其他老教师的教案和课件，这时更多的是通过听课来模仿其他老教师的讲课方式，还没有自身特点。模仿老教师的过程中你会发现，使用同样的课件、同样的教学设计，甚至举同样的例子，老教师讲得云淡风轻、生动有趣，新教师却讲得一塌糊涂、满堂尴尬。这就是因为模仿到了“形”，却没有会到“意”。此时，新教师应将教学设计中自己理解不到位的例题或案例去掉，而适当加入自己能够驾驭的内容。教学也需要学习，需要过程，不可能一蹴而就。

第二，教学设计应该随着教师自身的发展而处于不断的动态更新中。随着教师自身认知水平和能力的提高，教学设计应不断更新。教师上课四、五年后，对知识的理解逐步深入，此时如果想要提高讲课水平，就必须按自己的逻辑对课件进行局部修改，更多体现自己对问题的理解。对于讲课十年以上的教师就可以对课件进行颠覆性的修改，体现自己对课程整体结构和思路的完整把握，甚至可以寻找完全不同的、甚至更好的内容组织方式。每讲完一遍都要进行修改，每次修改都是一次进步。清华大学的范钦珊教授八十岁高龄还在给本科生上课，每次上课前都会对课件进行大幅度、甚至颠覆性的改动，引入很多创新的思想和方法。每一次听范教授

讲课，不论学生还是教师，都会有很多新的感悟。

第三，教师应注重自身专业水平的提升才能从根本上改善教学设计。教师是教学设计的创造者，教师才是教学设计的灵魂所在，只有切实提高教师自身的专业水平才能真正意义上地改进教学设计。提升教师专业水平的途径有很多，例如，可以通过教学与科研相结合，深挖教学内容的工程和科学价值；还可以通过做大量的、有挑战性的题目，加深教师对教学内容的理解；通过阅读和对比大量的国内外相关教材和资料，通过学习其他教师的讲课视频同样也可以迅速提升教师的专业认知。

2 教学设计的客观技巧

就客观影响因素而言，教学设计中首先要考虑的是教学内容的选择和组织。必须选取新颖的、合适的内容，然后进行恰当的、精彩的组织，才能形成优良的教学设计，两者相辅相成，缺一不可。下面探讨教学设计中可以遵循的一些基本原则以及可以避免的误区。

2.1 教学内容选择

“巧妇难为无米之炊”。选择恰当的教学内容是实现好的教学设计的第一步。

2.1.1 与时俱进

基础力学与工程实际密切相关，是社会和科学技术高速发展的重要保证，因此更需要适应高速发展对基础

力学课程提出的更高要求。基础力学课程必须保证课程内容始终立于工程和科研的前沿，时刻跟上时代的步伐，才能培养出适应社会需求并且能够促进社会发展的力学人才。

课程的素材必须与时俱进。例如碰撞问题中采用的航天器交会对接的例子，从2011年“天宫一号”与“神舟八号”的无人对接，到2012年与“神舟九号”的载人对接，再到2016年“天宫二号”与“神舟十一号”对接，以及2017年与“天舟一号”货运飞船的对接。随着社会的发展，案例图片和相关内容也不断更新，让学生在学习知识的同时也能感受到祖国不断发展壮大的自豪感和使命感。

课程讲述的内容和方法必须与时俱进。材料力学中画内力图是很重要的内容。传统的方法是采用截面法，根据平衡求内力。清华大学的范钦珊教授提出了采用力系等效法求内力^[9]，如图1所示，直接应用力系等效的概念就能快速准确地求出指定截面的内力，而不需要列平衡方程。这方法大大简化了内力图的求解过程，一经引入课堂就很快被学生接受并得到一致认可。

2.1.2 因材施教

应根据学生的“材”来选择合适的教学内容。

第一，需要掌握学生的相关知识基础。例如，有的学生高中没有学过物理，即便学过大学物理，但力学基

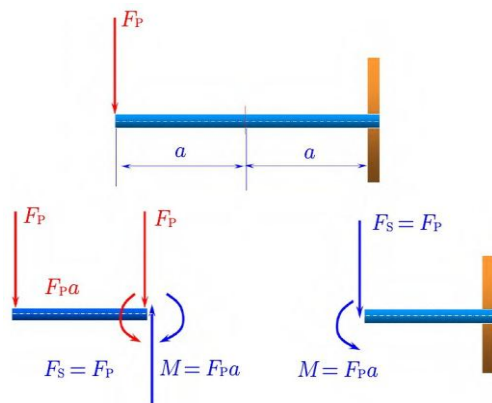


图 1 力系等效法求指定截面内力

基础还是相对薄弱。另外，有些民族特招生的力学基础也相对薄弱。如果遇到与之前基础相关的内容时，需要对这些学生提供相关资料，让他们能够提前复习和巩固相关知识，利于后续学习。再例如，理论力学中有相当部分内容与大学物理是相互重叠的，教师应熟悉大学物理和理论力学讲授侧重点的不同，帮助学生领会理论力学在处理刚体和刚体系统问题时所体现出的理论和方法上的优越性。

第二，要掌握学生的学习能力和学习意愿。针对不同水平的学生应选择不同的教学内容。培优班和普通班的学生不仅在整体学习能力显著不同，在学习意愿上也差别很大。培优班学生学习能力强，而且非常愿意投入时间和精力去挑战有难度的问题，并且更乐于接受较大比例的自学，喜欢按自己的节奏来学习。因此对培优班，课程内容可以更针对重点和难点，题目也可以更有难度、有挑战。而普通班学生不愿意自学，也难以完成较大比例的自学。如果自学效果很差，

那么课堂上的重点和难点就等同于“听天书”了。因此对于普通班学生，课程内容中对于基本内容也需要多加引导和练习，题目的设置应略高于平均水平即可，让学生们踮踮脚就能够得着，他们才能更有学习的动力。另外，题目的设置还应尽量有铺垫和过渡，难度逐步提高，普通班的学生会更容易接受。

2.1.3 有的放矢

教学内容的选择应该做到“有的放矢”。

第一，从学生需求出发。教师应该尽力了解学生的专业背景，以及该专业后续课程中、甚至于工作中可能遇到的基础力学问题。基础力学教师应与专业教师保持交流和沟通，不断更新教学内容，如例题、习题，使之与专业紧密相关。学生觉得学的内容更贴近实际，学起来也会更有主观能动性。例如对于机械专业，应多加入与机械传动、机械强度分析等内容，而针对土木专业，则应多引入建筑、桥梁等分析问题，针对飞机设计专业，则应多涉及飞机结构强度问题。

第二，从课程特点出发。基础力学课程是整个力学的基础，其中涉及的基本概念、分析力学问题的研究思想和研究方法对后续所有力学课程都有着重要意义，因此讲授基础力学课程除了应抓住基本概念外，更应教会学生分析、研究问题的思想和方法，而不应仅仅是公式和结论。

例如，推导纯弯曲正应力公式时必须抓住三个要点：一，阐明分析思想和分析方法。首先应指出仅根据弯矩来求横截面任意点的正应力是超静定问题，而从实验出发、观察变形就是为了获得应变分布规律，从而获得应力分布规律，减少未知量个数从而获得应力公式。学生掌握了分析思路才能了解到超静定问题的求解实际贯穿了整个材料力学，占有非常重要的地位。二，阐明提出平面假设的思想。实验中仅能观察到表面变形，而内部不清楚，因此根据表面变形对内部变形提出合理假设，然后再通过实际应用或更精确的理论加以验证，如弹性力学。这种“大胆假设、小心求证”的思想是科学研究中经常采用的。三，指出公式的适用范围来自于推导公式使用的各类限制条件。请学生通过理解推导过程来掌握公式的适用范围。

2.2 教学内容组织

教学内容组织是教学设计的重中之重，不仅要符合学生的认知规律，更要能帮助学生高效地掌握所学内容。下面探讨教学内容组织中需要注意的几点问题。

2.2.1 点线结合，脉络分明

基础力学课程知识点多且杂，因此帮助学生形成系统的知识体系是教学内容组织的首要任务。

第一，建立不同层次下的树形结构，形成课程整体知识框架。首先，建立课程层次的树形结构。在课程绪

论时需明确课程内容设置，同时各章引言时均需明确本章在课程知识结构中所处的位置。如图 2 是以刘鸿文《材料力学》^[10]为例的课程树形图，课程整体先静后动，以静问题为动问题的基础，在静问题中着重解决强度、刚度和稳定性，而强度和刚度问题从基本变形开始，落脚在组合变形。其次，各章引言时还需要说明本章中各节内容设置，同时在各节引言时需明确本节在本章知识结构中所处的位置。最后，每节课伊始一定要交代本节课的知识结构和知识点之间的相互关系。这样通过建立三个层次的树形结构全方位构建课程的知识体系，便于学生总结和归纳知识点，更好地掌握全部内容。

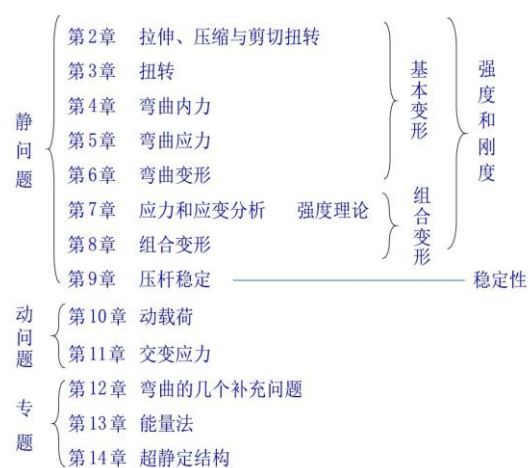


图 2 材料力学课程树形图

第二，整合琐碎概念，构建结构完整的知识点。首先，整合琐碎概念。基础力学的基本概念很零散、很琐碎，讲授时应适当整合，帮助学生找到相互关系，形成较大的知识点。例如材料力学中外力、内力是两个独立但很

容易混淆的概念，可以将它们归为一个知识点——外力、内力以及相互关系，让学生通过理解相互关系而更好地区分两个概念。再如应力、应变两个概念，学生理解的难点不在于概念本身，而是难以建立起应力和相应应变的对应关系，因此可以整合为知识点——应力、应变以及相互关系。其次，构建结构完整的知识点。每个知识点都由引入、分析、结论、应用及拓展等五部分组成，这样才能将一个知识点讲全、讲透。讲课时，应以知识点为基本单位，由若干知识点构成完整的一节课。毕竟知识结构只是丝线，而知识点才是丝线上闪闪发光的珍珠。

第三，注意知识点之间的对比。除了树形结构外，还要注意知识点之间的纵向、横向对比，使知识点之间形成牢固的网络结构，更利于形成完整的知识体系。例如，分析圆轴扭转切应力时，就应将分析思路与轴向拉伸或压缩时正应力的分析思路进行横向对比，分析相同和不同之处。再如，分析闭口薄壁扭转问题时就应注意与开口薄壁扭转问题进行纵向对比，不仅对比分析方法、基本假设，还要对比分析的结论，加深学生对闭口薄壁和开口薄壁在工程实际中不同功用的理解。

第四，注意公式推导的思路和结构。公式推导最忌讳直奔主题，因为学生不知道公式推导的目的和方向，

本身兴趣就不高，再遇到复杂的推导过程，很容易就放弃了。因此，推导公式一定要先跟学生明确公式推导的目的和思路，然后再引入具体的推导，注意将特别复杂的部分尽量拆开来，单独推导。

例如，拉格朗日第二类方程推导时先整理思路，如图 3 所示。图中很明确地指出，动力学普遍方程到拉氏方程的变换仅仅是将矢径虚位移转换为广义坐标虚位移，同时定义了与广义坐标虚位移相对应的广义主动力和广义惯性力，即得到了拉氏第二类方程。当思路理清后，再单独推导广义主动力的具体计算以及广义惯性力的动能表达形式。采用这种方法推导拉氏方程后，学生再也不会听不懂了。

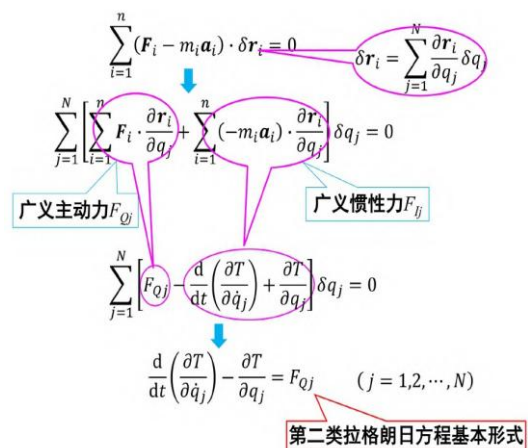


图 3 拉氏第二类方程推导思路

2.2.2 适时适度，点到即止

第一，恰当引入。知识点的引入一方面是为了说明学习知识点的意义，但更重要的一方面其实是为了激发学生们研究知识点、学习相关知识的兴趣，因此知识点的引入首先要能

提出问题，引起学生的思考，从而产生探索原因和深入学习的动力，其次要贴近学生，能够引起学生的共鸣。

以压杆稳定问题为例，常见的引入方式是列举一些工程中存在细长压杆的实例，例如塔吊这类桁架结构中的细长压杆，重型工程机械中的液压杆等等。但此时的学生对压杆稳定还一无所知，不了解结构中有细长压杆究竟意味着什么，和前面杆件的压缩强度究竟有何不同，因此这种引入仅仅告知学生学习的意义，却不能激发学生的兴趣。最好是能从一个有趣的现象提出问题来引入。例如，大家喝饮料时需用吸管戳穿杯子上薄膜，那么是否注意到一个现象：手捏着吸管上端往杯子上插，往往管子会弯折，插不穿薄膜，而手捏得位置靠近下端时，吸管不易弯折，更容易插穿薄膜。这是为什么呢？这个例子和学生生活贴近，而且简单有趣，学生很容易陷入思考。同时，这个例子也引入了细长压杆易失稳，而短粗压杆不易失稳的概念，直接提出了首先讨论细长压杆失稳的原因。一些比较前沿的例子虽然也能引起思考，例如高铁的轨道中存在的压杆失稳问题，但是因为其原理比较复杂，不适合作为问题引入，而更适合放在压杆稳定问题讲完后作为工程实例的拓展，让学生们自己利用已学知识去分析一下其中存在的问题。

第二，适时拓展。知识点中引入、

分析、结论、应用等四部分相对比较基础，而拓展部分常常需要对知识点更为深入的理解。因此讲解知识点不宜将五个部分一次全部讲完，否则学生在前面四部分基本都可以跟得上，但到了拓展部分就会一脸茫然。这是因为学生对知识的理解和消化需要时间和更多的练习加以辅助，拓展太快会导致学生理解不了，也就失去了拓展的意义。例如切应力互等定理中有个容易混淆的拓展点，即切应力互等只是针对一个点，而不适用于有限长度。一个很好的例子就是横力弯曲时，横截面上有剪力则应该有切应力，但上下自由表面上却没有切应力。请学生自己解释这个乍看与切应力互等定理相矛盾的现象有助于对切应力互等定理的理解。但这个例子放在这里，学生大部分反应不过来，因为对切应力互等理解还不深入。可以将知识点的拓展部分放在本章内容的结尾，等学生将本章所有知识点融会贯通后再提出深层次的拓展，对大部分学生来讲更易于接受。

第三，讲解适度。知识点是否讲得越透彻越好？以推导畸变能密度表达式为例，如图 4 所示，复杂应力状态下的应变能(图 4(a))可以拆分为体积应变能(图 4(b))和畸变能(图 4(c))的叠加，但此处的叠加是有条件的，即图 4(b)和图 4(c)两种应力状态下的力在彼此的变形上不做功。这个原因如果不讲，学生会误以为应变能是可

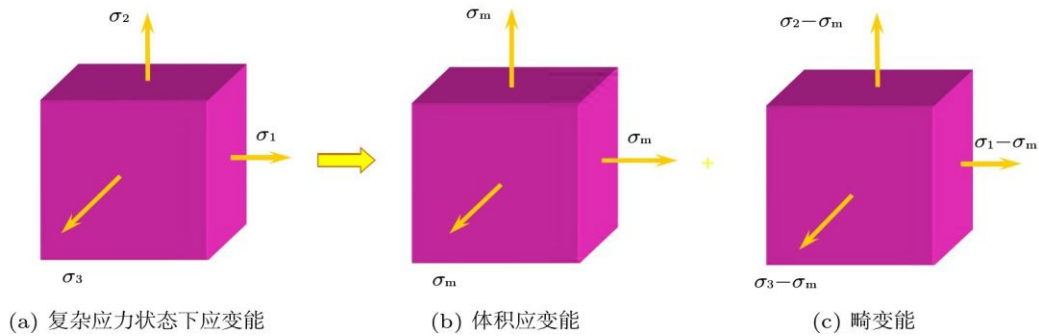


图 4 复杂应力状态下应变能

以叠加的；如果解释但却不够透彻会使大部分学生如坠迷雾；如果解释透彻需要不少时间，而且此内容并非重点内容，花费的课时与效果不相称。处理此类问题时必须把握好度，点到即止。首先明确应变能叠加是有条件的，其次用简洁准确的语言讲明具体条件，但不做详细解释，最后对于更深层次的内容可以留给学生作为课后思考。考虑到少数学有余力的同学，可以提供参考文献和参考书籍名目，甚至可以提供相关的“微课”视频供学生课外学习。

2.2.3 源于教材，高于教材

课程一般都有配套教材，而教师在课堂教学时一般也遵循教材的体系，这样便于学生将课堂教学与教材相对应，也便于利用教材预习和复习。但是教材只是一种参考，一种依据，而课堂的教学设计不应被教材所限制。

课堂教学时应集教材的百家之长。每门课程的教材都有很多种，每种教材也都有自己的体系、侧重点和

特色，教材的百家争鸣对于课程教学正是大有裨益的。虽然课程会根据自己的教学大纲选择一本最契合的教材作为指定教材，但是教学时应该多参考其他的教材，针对每个知识点，寻找最佳的教学设计。很多时候，一个知识点就可能吸取不同教材的精华所在。例如，刘鸿文《材料力学》中，轴向拉伸和压缩、扭转和弯曲各章都有内力图的画法，针对每种基本变形分开讲内力图概念更清楚，但是画内力图的方法是相似的，从这方面又感觉有些重复，因此也可以参考范钦珊《材料力学》中将轴力图、扭矩图和弯矩图集合在内力图一章中去讲，因为方法类似，会大大减少课时，同时可以让学生对比三种内力图的异同，加深理解。两种教学设计各有所长，还需通盘考量。

课堂教学时应针对教材做适当调整。教材是用于阅读的，从内容结构上力求逻辑的清晰和完整。而课堂教学设计应以知识点为基本单元，要求重点突出，对于某些内容可以适当删

减。例如，刘鸿文《材料力学》中为了提出切应力互等定理，专门推导了薄壁圆筒扭转，这个推导过程和后面圆轴扭转相似度极高，而且薄壁圆筒其实就是一般圆轴的一个特例，因此可以放在圆轴扭转后面作为一个特例，既节省了课时，也避免了重复。而切应力互等定理可以直接针对纯剪切应力状态提出。

3 小 结

高质量的教学设计应从教师的主观修养入手，需注意三个方面：第一，教学设计应该与教师的认知水平和掌控能力相匹配；第二，教学设计应该随着教师自身的发展而处于不断的动态更新中；第三，教师应注重自身专业水平的提升才能从根本上改善教学设计。

高质量的教学设计应在客观技巧方面加强，分别从教学内容选择和教学内容组织两方面着手。教学内容选择应做到与时俱进、因材施教和有的放矢。教学内容组织应注意点线结合、脉络分明，适时适度、点到即止，源于教材、高于教材。

学无止境，教亦无止境。教学设计的探索只有更好，没有最好。

参考文献:

- [1] 钟启泉. 教学方法：概念的诠释. 教育研究, 2017(1): 95-105
- [2] 刘德军, 左建平, 周宏伟等. OBE理念下的材料力学教学方法改革与实践. 力学与实践, 2021, 43(1): 112-119
- [3] 袁圆. 材料力学课程的线上线下教学模式探索. 安庆师范大学学报(自然科学版), 2020, 26(3): 96-101
- [4] 杨庆生, 叶红玲, 刘夏. 基础力学课程体系改革的顶层设计、综合措施与宏观实践. 高教学刊, 2020(13): 109-113
- [5] 叶红玲, 杨庆生, 刘赵淼等. 理论力学课程教学高阶性建设的探索与实践. 力学与实践, 2020, 42(4): 489-494
- [6] 孔德清. 理论力学课程的教学改革探索. 大学教育, 2016(11): 157-158
- [7] 乔燕, 孙传智. 材料力学课程教学方法探索. 大学教育, 2016(8): 163-164
- [8] 崔智丽. 关于讲好新时代基础力学课的几点思考. 赤峰学院学报(自然科学版), 2019, 35(2): 142-145
- [9] 殷亚俊, 范钦珊. 材料力学, 第3版. 北京: 高等教育出版社, 2019
- [10] 刘鸿文. 材料力学, 第6版. 北京: 高等教育出版社, 2017

(来源: 2022年第1期《力学与实践》)