

基于知识树构建问题链的教学研究

——以课程“工程力学”为例

褚芸萱, 李 洁, 张亚晨

空军勤务学院, 江苏 徐州

收稿日期: 2026年1月22日; 录用日期: 2026年2月21日; 发布日期: 2026年2月27日

摘 要

针对目前工程力学课程教学中存在的内容碎片化、理论知识抽象、课程学时大幅减少、学生应用能力不强、教学模式单一等问题, 本文提出了一种基于知识树构建问题链的教学模式, 首先基于课程主线构建知识树, 然后围绕知识树中的某一核心知识节点, 遵循着该节点在知识树中的逻辑关系构建了层层递进的问题链。在工程力学课程教学实践中, 按照导入、探究、深化、迁移、总结五个环节设置了问题链, 引导学生自主完成了知识的理解与内化, 进而实现了教学模式创新。

关键词

工程力学, 知识树, 问题链, 教学模式

A Study on Question-Chain-Based Teaching through Knowledge Tree Construction

—A Case Study of the Course “Engineering Mechanics”

Yunxuan Chu, Jie Li, Yachen Zhang

Air Force Logistics University, Xuzhou Jiangsu

Received: January 22, 2026; accepted: February 21, 2026; published: February 27, 2026

Abstract

In view of the current issues in the teaching of Engineering Mechanics, such as fragmented content, abstract theoretical knowledge, significantly reduced class hours, weak application abilities among students, and a single teaching model, this paper proposes a teaching approach based on constructing question chain through a knowledge tree. First, a knowledge tree is built around the main thread of

the course. Then, focusing on a core knowledge node within the knowledge tree, a progressively layered question chain is constructed in accordance with the logical relationships of that node within the tree. In the teaching practice of Engineering Mechanics, the question chain is designed according to five stages: introduction, exploration, deepening, transfer, and summary. This approach guides students to independently achieve understanding and internalization of the knowledge, thereby realizing innovation in the teaching model.

Keywords

Engineering Mechanics, Knowledge Tree, Question Chain, Teaching Model

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

工程力学是高等院校工程类专业的重要基础课程，在工科高等教育体系中占据着承上启下、不可或缺的核心基础地位，是众多专业核心课程的先修课和理论基础。新工科背景下，工程力学作为工程教育体系的关键基础课程，旨在培养学生能够运用力学理论知识解决工程实践问题，同时逐步形成自主创新能力和高阶思维素养[1]。然而，由于工程力学课程各章节内容孤立化、碎片化，课程基础理论知识抽象晦涩，加之高校课程教学总学时的大幅度减少，尤其是高职类院校，导致学生对基本理论的理解肤浅、混乱，理论与实践结合应用能力不强。同时目前工程力学课堂普遍存在“满堂灌”现象，教师侧重单项知识的传递，课堂提问往往随意浅显，缺乏层次性和递进性，难以引发学生深度思考，无法有效培养学生形成高阶性思维和创新批判意识。

基于以上教学难点和痛点，本文计划采用基于知识树构建问题链的方法来探究解决《工程力学》课程教学中存在的问题。首先尝试构建知识树，然后基于知识树构建出层层递进、环环相扣的一个个知识点问题，最后知识点问题有机组合形成问题链。这种教学方法能够充分发挥教师的主导作用及学生的主体作用，让学生在一个个问题的解决过程中完成知识的理解、内化与应用，培养学生的独立思考能力和实践问题解决能力。

2. 基于课程主线构建知识树[2]

知识树是用树状结构来表示内容与内容之间内在逻辑关系的思维导图，常被用于管理各种知识数据资源[3]。知识树是由各个节点组成的层级式机构，其中根节点是某一知识领域的顶层概念，它可能是在现实中没有对应实质类别属性的虚拟概念，知识树具有唯一的根节点；子节点表示某个目标知识点的手段或细化，对应具有具体类别属性的某种实体或群体；叶子节点则是实体对应的具体显性知识，它是没有子节点的知识节点；树上的边则表示子节点与父节点之间的从属关系。从任意一个知识节点到它可抵达的末端叶子节点所构成的序列即为该节点的知识链。知识树被广泛应用于各个科目的课堂教学实践中，李良、李喜英(2020)在进行《数据恢复技术》课程资源建设的实践过程中，得出基于知识树的资源整合是一种资源建设的有效方法[4]。樊春燕(2019)从学生、老师以及教学内容三个角度出发[5]，论述了知识树教学法在高中思想政治课中的重要性。

知识树的构建需要教师对课程知识体系有全面的把握和深刻的认识，对课程的研究内容和方法有丰富的经验和独特的见解。本文以华中科技大学出版的《工程力学》为参照，通过对课程知识体系的分类

对比和梳理研究,根据知识树的结构框架思维图,沿着“外力-内力”的课程逻辑主线,构建出了“工程力学”课程知识树如图1所示。工程力学主要包括静力学和材料力学两大模块内容,重点探究解决了物体在平衡状态下的外部受力情况以及在外力作用下杆件内部力的大小和分布情况,以此判别杆件能否满足强度要求以及可能产生的变形。静力学主要解决物体在现实状态中受到哪些力作用以及处于物体平衡状态时未知力的大小应如何求解。物体受力分析时需要在理解刚体、力、力矩、力偶基本概念基础上,结合六种约束类型,遵循着静力学基本公理,即可绘制出相应的受力分析图,对应着知识树中受力分析知识节点下的三个子节点和最后一层的叶节点。受力分析是物体平衡计算的前提,物体平衡计算分为平面汇交力系、平面平行力系和平面任意力系三种情况,即对应着“物体平衡条件”节点下的子节点和叶节点。静力学解决了外力问题,材料力学旨在解决在外力作用下杆件内部响应情况,即杆件的内力分布情况,材料力学在一定的基本假设条件下将杆件变形划分为四种基本变形形式(轴向拉压、剪切挤压、扭转、弯曲),重点研究四种基本变形下内力、应力、强度和刚度的计算方法,相应的计算公式也就是材料力学知识链下的末端叶节点。

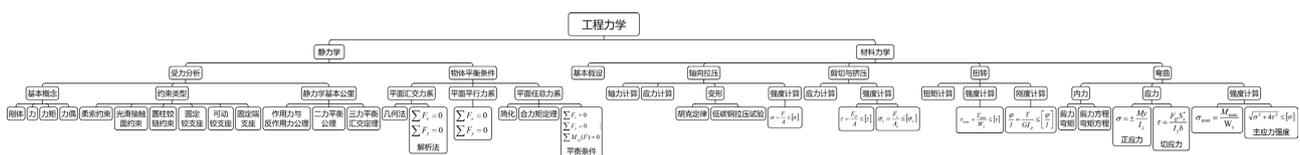


Figure 1. Knowledge tree
图1. 知识树

课程知识树的构建可让学生在学习之初整体感知课程知识体系框架结构,在章节学习前让学生初步感知各个知识点在课程知识系统中的地位和作用,同时还可驱动学生在课程知识学习之后自主动态丰富扩充知识树,完成知识体系的重塑和内化。

3. 基于知识树构建问题链

问题链[6]是围绕核心问题,依据一定逻辑与认知规律设计的一组相互关联的问题集合。王后雄[7](2011)认为问题链是教师为了达到某些教育目标,从而提出了一系列有针对性,多层次和相互关联的教学问题,这些问题考虑了学生现有的知识和经验以及教科书的内容。程波[8](2010)认为,“问题链”是指根据专题的具体范围,参考知识的内在逻辑而设计的问题集,是有规律有内在联系的多个问题的串联,对于学生的独立思考能力和拓展能力的提升有着一定的帮助作用。李艳[9](2002)指出,问题教育是以教育内容为基础,教师在问题解决过程中创造问题情境,培养学生的好奇心和创造力。基于知识树构建问题链,是以构建的课程知识树为框架,围绕树状结构中的各层级知识点设计针对性问题,并依据知识点间的内在逻辑关联(如从属、递进、因果等),将分散的知识节点转化为具有层次梯度的问题序列,最终形成一条条逻辑连贯、层层深入且紧密关联的问题链。同时问题链的设计需双维协同:既要精准对接教学内容的育人功能与知识传递需求,又要契合学生认知发展的阶段性特征,需要深度遵循建构主义理论[10],精准锚定最近发展区理论[11]里“跳一跳够得着”的学习进阶区间,实现教学供给与认知需求的动态平衡。

问题链的构建是以知识树为结构基础,精准定位其中的核心节点(即知识体系中的关键枢纽与教学重点),并围绕这些关键节点系统设计具有认知层级的递进式问题序列。下面以“受力分析”这一核心知识节点所形成的知识树为基础构建问题链,如图2所示。

在讲解“受力分析”这一模块时,首先创设一问题情境:让学生思考如何对房顶的横梁进行受力分析。为解决这一问题,首先需要知道力应如何表示以及可能形成的作用效果,由此引出问题1:在做受力

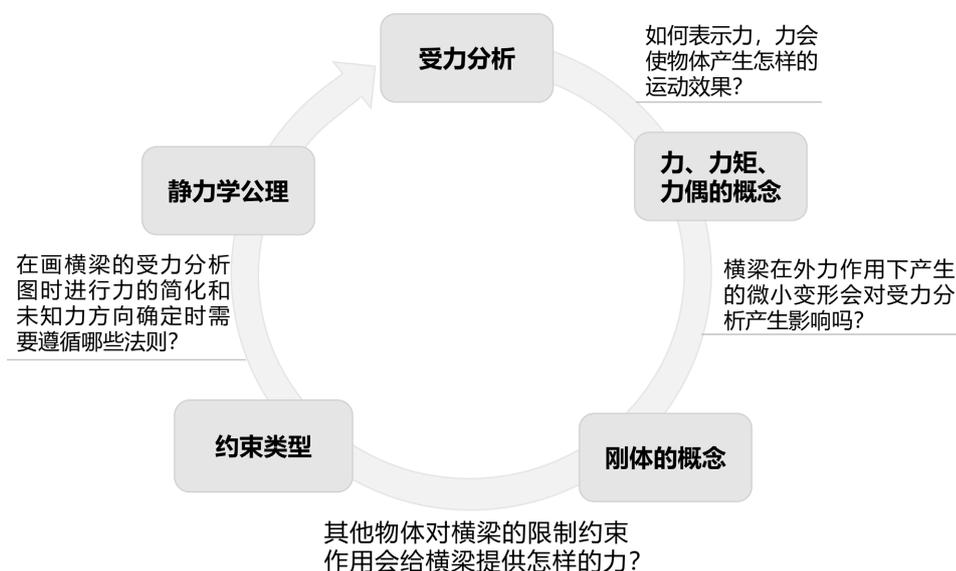


Figure 2. Question chain
图 2. 问题链

分析图时应如何表示力, 力会使物体产生怎样的运动效果(对应知识树中力、力矩、力偶的基本概念)。同时在对横梁受力分析时需要进行抽象简化, 由此引出问题 2: 横梁在外力作用下外形可能会发生微小的变形, 那这边微小变形会对受力分析产生影响吗(对应知识树中刚体的概念)。解决完横梁的简化、力的表示和运动效果之后, 发现横梁并非是悬空放置, 横梁还会受到其他物体的限制约束, 由此引出问题 3: 其他物体对横梁的限制约束作用会给横梁提供怎样的力(对应着各种约束类型及其相应的约束反力画法)。分析完横梁上受到的所有力之后, 错综复杂的力需要进一步简化或确定一些未知力的方向, 但在进行简化和确定未知力方向时需要遵循一定的法则, 由此引出问题 4: 在画横梁的受力分析图时进行力的简化和未知力方向确定时需要遵循哪些法则(对应着静力学三大公理: 作用力与反作用力公理、二力平衡公理、三力平衡汇交定理)。

基于课程知识树中“受力分析”这一核心节点及其子节点、叶节点的层级结构, 设计出了一组逻辑连贯的问题链——通过四个环环相扣、逐层深入的问题引导学生依次学习相关知识点, 在问题分析与解决的过程中, 自然串联起“受力分析”下的各个知识分支, 同步实现知识体系的系统化建构与分析能力的梯度提升。

按照同样的方法与思路, 基于课程知识树各核心节点的知识脉络, 针对每个节点创设匹配的问题情境, 按认知逻辑将其拆解为环环相扣的阶梯式问题序列(即小型问题链)。通过整合这些聚焦不同知识模块的问题链, 实现知识树向问题链的转化, 引导学生逐链解决问题过程中自然完成知识体系的建构与内化。

4. 以问题链教学为核心的课堂教学实践

问题链教学模式在具体实施过程中通常包括导入、探究、深化、迁移和总结五个阶段: 首先, 以具有启发性的问题或具体、真实的问题情境作为切入点, 激发学生的认知冲突或探究兴趣, 引导学生明确当前学习需求, 并据此锚定教学目标; 接着以层层递进的问题链引导学生通过自主学习探究和合作研讨的方式完成解决问题, 同时问题链的难度设置需立足学生已有的知识基础背景, 结合课程知识树中知识节点的逻辑关系逐级增加问题深度; 第三步抛出批判性与拓展性问题, 促进学生深入思考与思维碰撞; 随后设计真实情境的应用性问题, 推动知识向实际能力的迁移; 最后通过总结性问题帮助学生回顾过程、

提炼方法,实现思维升华与学习能力的整体提升。

下面分别以静力学中“平面一般力系的平衡条件”和“杆件拉伸压缩时的强度计算”为例,以问题链教学为核心进行教学设计。如表 1 所示,“平面一般力系的平衡条件”设计思路如下:首先通过回顾上节课所学知识“平面汇交力系的平衡条件和平衡方程”来为本节课做铺垫,接着以工程实践中刚架结构的受力情况导入课堂,引导学生思考平面一般力系的平衡问题,进而激发学生的学习兴趣;在课堂探究和深化环节,着重突出“以学为主体,以教为主导”的教学理念,以五个逐层递进的问题组成知识问题链,组织学生以分组合作研讨的方式自主完成问题链的探究;接着在迁移环节,为提高学生的应用能力,让学生利用本节课所学知识求解实践问题;最后在总结环节,以总结式问题链[12]引导学生自行归纳梳理本节课的知识树,完成知识内化与提升。

Table 1. Teaching design for the equilibrium conditions of general plane force systems

表 1.平面一般力系平衡条件教学设计

环节	教学者活动	学习者活动	目的意图
导入	课前回顾提问: 1. 平面汇交力系的平衡条件(几何条件、解析条件) 2. 平面汇交力系的平衡方程	结合课程知识树回顾上节课的知识要点。	为本节课“平面一般力系平衡条件”的讲解做好知识铺垫。
	1. 问题情境设置:如何求解平面一般力系中未知力的大小(以工程实践中用到的刚架结构为例说明) 2. 问题解决的思路引导,向学生提问(不需学生现场做出回答): (1) 平面一般力系问题的研究能否转化为平面汇交力系来研究? (2) 如果转化为平面汇交力系问题研究的话,需要做哪些准备工作? 3. 借此明确本节课的教学目标。	通过问题情境尝试思考平面一般力系平衡问题的解决方式,结合知识树大致明确本节课的学习内容。	引导学生尝试利用已有知识去思考解决新问题,从而确定本节课的教学目标。
探究	1. 问题 1:平面一般力系转化为平面汇交力系时首先需要进行力的平移,那如何才能使一个力平移到某一点时而不改变力的作用效果? 2. 组织学生自主学习探究力的平移定理,并合作讨论问题 1 的解决办法。(提示:增加一个平衡力系或者借助实物演示) 3. 问题 2:利用力的平移定理,探究平面一般力系简化后的最终结果。(提示:主矢和主矩等于 0 或不等于 0 的情况) 4. 组织学生分组讨论问题 2,并小组汇报讨论结果。 5. 问题 3:当平面一般力系处于平衡状态时,简化后的结果应满足怎样的条件? 6. 问题 4:结合平面汇交力系的平衡方程,判断平面一般力系的平衡方程应是怎样的? 7. 组织学生自主思考回答问题。	学生合作探究当不改变力的作用效果时,力平移到某点时需要的附加条件。 学生头脑风暴,共同探讨平面一般力系简化后可能出现的结果。	让学生自主理解掌握力的平移定理。 让学生能够利用力的平移定理进行平面一般力系的简化。
深化	问题 5:能否根据平面一般力系平衡方程类推出平面平行力系的平衡方程?	根据平行力系的特点得出平面平行力系平衡方程表达式	深化学生对平面一般力系平衡方程的理解。
迁移	求解刚架结构中的未知力。	利用本节课所学知识求解未知力。	加强学生对所学知识的应用能力。
总结	问题 6:平面一般力系如何简化,简化后的结果是什么,达到平衡的条件是什么,平衡时满足的平衡方程是怎样的?	学生自主梳理出本节课的知识树。	引导学生完成知识内化与能力提升。

如表 2 所示,“杆件拉伸压缩时的强度计算”设计思路如下:首先通过回顾上节课所学知识“轴向拉压杆的受力特点和应力计算方式”来为本节课做铺垫,接着以工程实践中悬臂吊车斜拉壁杆发生断裂这一实例现象导入课堂,引导学生思考防止杆件发生断裂需要满足的条件,进而确定本节课的教学目标;在课堂探究和深化环节,以层层递进的问题链引导学生思考强度条件计算公式如何建立以及如何应用强度条件进行强度校核计算;在迁移环节,为提高学生的应用能力,让学生拓展强度条件的其他应用场景;最后在总结环节,同样以总结式问题链引导学生自行归纳梳理本节课的知识树,完成知识内化与提升。

Table 2. Strength calculation of members under tension and compression

表 2.杆件拉伸压缩时的强度计算

环节	教学者活动	学习者活动	目的意图
导入	课前回顾提问: 1. 轴向拉压杆具有怎样的受力特点 2. 杆件在拉伸压缩时的应力如何计算? 1. 问题情境设置:在一次机场道面抢修工作中,工人用悬臂吊车起吊重物时,因重物过重,导致悬臂吊车的斜拉杆发生了断裂,问斜拉杆为什么会发生断裂? 问题分解: (1) 悬臂吊车起吊重物时,斜拉杆的受力情况是怎样的? (2) 斜拉杆的断裂是否属于强度失效现象? 2. 借此明确本节课的教学目标。	结合课程知识树回顾上节课的知识要点。 通过问题情境尝试思考悬臂吊车斜拉杆断裂的原理,结合知识树大致明确本节课的学习内容。	为本节课“杆件拉伸压缩时强度计算”的讲解做好知识铺垫。 引导学生尝试利用已有知识去思考解决新问题,从而确定本节课的教学目标。
探究	1. 问题 1: 强度条件不等号左边的最大工作应力如何计算?(提示:轴向拉压杆在正常工作时横截面上的工作应力如何计算) 2. 引导学生利用前面所学知识解决问题。 3. 问题 2: 强度条件不等号右边的是否有对应的应力限制? 问题 3: 根据强度失效的概念,结合塑性/脆性材料的拉伸应力应变曲线图,判别材料的极限应力应由哪个指标表示? 4. 组织学生分组讨论问题 2 和问题 3。 5. 问题 4: 能否将材料的极限应力直接作为强度条件不等号右边的工作应力限值? 6. 组织学员小组讨论,并阐述对应的理由。(提示:从更加安全的角度思考问题)	学生自主思考最大工作应力的计算方法。 学生头脑风暴,借助材料力学性能章节的内容解决材料的极限应力应该由哪个指标表示的问题。 学生小组讨论合作探讨许用应力的取值,从而确定强度条件计算公式。	提升学生的知识迁移能力。 确定极限应力 确定许用应力的概念和物理意义。
深化	7. 问题 5: 如何利用强度条件进行强度校核计算?组织学员自由讨论,让学员自主得出强度条件计算公式。 8. 结合悬臂吊车斜拉壁杆实例进行强度校核计算	利用强度条件计算公式对悬臂吊车进行强度校核计算。	深化学生对强度条件计算公式的理解。
迁移	9. 问题 6: 强度条件计算公式除了进行强度校核之外,还有哪些应用?(组织学生合作探讨)	学生合作探讨思考强度条件的应用	加强学生对所学知识的应用能力。
总结	问题 7: 强度条件计算表达式是怎样的?计算表达式中每个字符表达的都是什么意思?许用应力、极限应力、工作应力有何异同?	学生自主梳理出本节课的知识树。	引导学生完成知识内化与能力提升。

5. 结语

经过三轮的实践与调查,以问题链教学为核心的教学模式得到了学生的广泛认可,学生的上课抬头

率与课堂有效参与度也显著提高,通过后期的期末测评发现学生的测评成绩相较往常也有大幅度提升。基于知识树构建问题链的教学模式可充分发挥教师的主导作用以及学生的主体作用,是促进学生理解和掌握知识、培养学生高阶思维以及推动学生实现预期目标的一种有效手段。

基于知识树构建问题链的教学模型构建了“知识结构化-问题序列化-学习自主化”的三维联动机制,填补了知识组织与问题设计脱节的理论空白,为抽象工科课程的教学提供了可操作的理论框架,将“结构化知识”与“梯度问题”作为认知负荷调控的双重工具,丰富了认知负荷优化的实践路径。同时融合了支架式教学与探究式学习的核心优势,将静态的知识框架(知识树)与动态的探究路径(问题链)有机结合,完善了“支架-探究”一体化的教学理论。该教学模型不同于仅依赖支架式教学的“框架引导”或探究式学习的“问题驱动”,本模型以知识树为“骨架”、问题链为“脉络”,实现了“知识组织”与“学习驱动”的深度耦合,既解决了工科知识碎片化的问题,又避免了探究式学习的无序性。

尽管基于知识树构建问题链的教学模式成效显著,但其在实践推广中仍有优化空间。首先,需提升问题链设计的动态精准性,通过结合智能诊断工具动态评估学生认知水平,使问题难度更贴合个体“最近发展区”,实现个性化教学供给;其次还需强化问题链与真实工程背景的关联,在问题链的源头,积极引入更具时代性的前沿工程案例,使问题背景更具现实吸引力和探索价值,从而激发学生更深层的求知欲。如此才可进一步推动工程力学教学从“知识传递”向“素养培育”转型,为新工科背景下创新人才的培养提供实践范本。

参考文献

- [1] 王世斌,顾雨竹,鄢海霞.面向2035的新工科人才核心素养结构研究[J].高等工程教育研究,2020(4):54-60.
- [2] 郭煜,马利敏.基于课程主线的“知识树”教学法的研究与实践——以课程“工程热力学”为例[J].教育教学论坛,2020(6):163-164.
- [3] 陈铭.基于虚拟现实技术的知识树构建及研究[D]:[硕士学位论文].西安:西安工程大学,2021:14-16.
- [4] 李良,李喜英,李向伟.基于知识树的翻转课堂资源建设——以《数据恢复技术》课程为例[J].齐齐哈尔师范高等专科学校学报,2020(4):122-124.
- [5] 樊春燕.“知识树”教学法在高中思想政治课教学中的运用研究[D]:[硕士学位论文].昆明:云南师范大学,2019.
- [6] 吴晓琼.基于深度学习的问题链教学模式在高中化学教学中的应用[D]:[硕士学位论文].重庆:西南大学,2024:31-32.
- [7] 王后雄,王世存.新时期高师“化学教学论”的学科定位与发展取向[J].内蒙古师范大学学报(教育科学版),2011,24(3):1-4.
- [8] 程波.设计问题串 构建高效课堂[J].中学化学教学参考,2010(11):15-16.
- [9] 李艳.改善教学方法 提高数学教学效果[J].唐山高等专科学校学报,2002(3):47-48+58.
- [10] Jonassen, D., Davidson, M., Collins, M., Campbell, J. and Haag, B.B. (1995) Constructivism and Computer-Mediated Communication in Distance Education. *American Journal of Distance Education*, 9, 7-26. <https://doi.org/10.1080/08923649509526885>
- [11] [苏]维果茨基.最近发展区的理论:教学过程中的儿童智慧发展[M].土井捷三,神谷容司,译.天津:三学出版有限公司,2003:18,19,207.
- [12] 王后雄.“问题链”的类型及教学功能——以化学教学为例[J].教育科学研究,2010(5):50-54.