

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2024.04.017

欢迎按以下格式引用:朱海清,刘章军,徐丰.基于学习迁移理论的结构力学课程双语教学设计[J].高等建筑教育,2024,33(4):138-146.

基于学习迁移理论的结构力学课程 双语教学设计

朱海清,刘章军,徐丰

(武汉工程大学 土木工程与建筑学院,湖北 武汉 430074)

摘要:面向国家建设交通强国的发展目标,交通事业对人才的国际化能力提出了更高要求。推广结构力学双语教学是高等教育培养高水平国际化交通人才的有力措施。首先,概述了华中地区某高校土木工程专业开展结构力学双语教学的可行性;其次,基于学习迁移理论介绍了英语能力和专业基础能力的横向迁移和纵向迁移;再次,分析了结构力学课程内部知识点的纵向迁移;最后,以“叠加法作弯矩图”为例,说明了结构力学双语教学的设计。实践证明:通过采用结构力学双语教学,提高了学生的学习效率,提升了学生专业能力方面的国际化水平。

关键词:双语教学;结构力学;学习迁移;弯矩图

中图分类号:G642.0

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2024)04-0138-09

《交通强国建设纲要》(下文简称《纲要》)^[1]是我国中长期交通事业发展的重要指导,我国交通建设任务发展的近期目标为从2021年到2035年,基本建成交通强国;长期目标为到21世纪中叶,全面建成人民满意、保障有力、世界前列的交通强国。《纲要》指明既要发展造福全国人民的交通事业,又要发展面向全球、互利共赢的交通事业。土木工程专业高度服务于交通事业^[2],在交通基础设施建设日益国际化的今天,对土木工程技术人才的国际化水平提出了更高要求。结构力学课程是土木工程专业的专业基础课程,根据学生的英语水平开展双语教学,甚至逐步过渡到全英语教学是高等教育积极响应行业发展的具体措施之一。

工科专业的力学课程是现代工程技术与课程研究的经典理论源泉。研究表明,传统力学教学过程中存在内容陈旧、内容泛而不精、教师单向灌输现象多、学生探索精神不足等现象^[3-6]。尤其,学生普遍认为结构力学是一门综合性强、实操多、教学方式传统的课程^[7],学习难度非常大,迫切需要教师与时俱进地更新教学内容,多样化地组织教学设计,持续地进行课程目标达成评价和改进研究。实践证明,双语教学在材料力学的教学过程中,不仅能够顺利实施,而且获得了良好的教学效

修回日期:2022-01-22

基金项目:国家自然科学基金青年项目(52208021)

作者简介:朱海清(1988—),女,武汉工程大学土木工程与建筑学院副教授,博士,主要从事力学与桥梁结构研究,(E-mail)hqzhu@wit.edu.cn。

果,这为其他力学课程双语教学提供了参考^[4]。然而,市面上可供选择的力学类双语教材,基本都是全英语教材。其理论深度和广度不仅满足学生培养要求,而且有助于提高学生英语学术论文写作能力。学习难度较大,适合英语水平较高的学生使用。针对学生英语水平参差不齐的现象,教师需要对结构力学课程双语教学进行专门的教学设计。学习迁移理论是非常重要的教学设计理论之一,已有实践证明,运用学习迁移规律可有效提升力学相关课程的学习效果^[8-10];因此,运用学习迁移理论,合理进行教学设计是获得良好结构力学双语教学效果的有力保障。

一、结构力学双语教学的可行性研究

以武汉工程大学土木工程专业为例,说明开展结构力学双语教学的可行性。武汉工程大学地处华中地区,生源主要来自湖北省及周边省份,少数学生来自西部地区,极少数学生来自东部及沿海地区。学生在大学之前形成的英语水平属于中等,在英语听、说方面相对逊色。高校对大一、大二学生开设大学英语、学术英语、人文英语等必修或选修课程,促使学生掌握基本的听说读写技能,能够借助工具完成阅读和翻译,为学术交流打下基础。调查显示,2019—2021年,土木工程专业大二学生大学英语课程平均分分别为71.57、69.46、70.24,英语四级通过率分别为41%、39%、44%,说明土木工程专业的学生经过前3学期的学习,初步形成了服务专业领域发展,有一定国际化意识,能进行有限的跨文化交流的英语能力。

结构力学课程通常在第4学期开设,先修课程有高等数学、线性代数、理论力学和材料力学等,后续课程有结构设计原理、钢结构、桥梁工程和结构抗震等。课程的主要内容是在前置课程的基础上进一步掌握平面杆系结构的基本概念、基本原理和基本方法,并通过大量的公式、图表,计算分析平面杆系结构的强度、刚度和稳定性。结构力学的课程性质和教学内容决定了其能力获得的逻辑步骤:(1)根据题目归纳亟待解决的问题;(2)依据原理写出解题思路;(3)依据方法写出计算过程;(4)分析结果并得到有效结论。整个过程中,语言文字主要出现在题目、必要公式间的连接和结论部分;因此,英语教学的介入不会大幅度加深课程学习的难度,不会使学生产生畏难情绪。

结构力学双语教学属于范例教学模式,教师讲授“范例”,学生学习范例,并依照范例练习,最终达到举一反三的目的;因此,教师很容易按照传统教学框架设计教学内容。然而,双语教学属于互动式教学模式,需要教师与学生大量互动。这对教师的英语能力提出了较高要求,教学时应设计相应的对话、阅读和写作环节,增加互动,以提升学生课堂参与度。

二、学习迁移理论

(一) 学习迁移的概念和类别

《论语》中孔子道“举一隅不以三隅反,则不复也”,意思是强调学习迁移的作用。学习迁移是指在一种情境中获得的技能、知识或形成的态度对另一种情境中技能、知识的获得或态度的形成的影响,实质上是一种学习对另一种学习的影响^[11]。

长期以来,教育心理学家从不同的角度对学习迁移形成了共同要素说、经验类化说、关系转换说和学习定势说等理论,这些理论对教学具有非常重要的指导价值。共同要素说认为,旧学习之所以能对新学习产生影响,是因为两者之间有共同要素。两者共同元素越多,学习迁移发生的可能性越大,相互影响的效果越明显。然而,只有共同要素,不足以确保学习迁移一定出现。比如:认识很多文字但不一定能完全理解文字的意思;阅读能力很好的学生,能取得优良的语文成绩,却无法理解数学题目的逻辑关系,甚至不能从数学题目的文字描述中抽象出题目的意图。经验类化说认为,

学习迁移产生的关键是新旧学习之间存在共同原理,该学说强调知识的获得是学生对一般原理的理解和掌握,而不像共同元素说执行的教學方法是用一系列作业形成学生的条件反射。关系转换说认为,新知识不会主动或自动从旧知识中产生,必须是学习者发现了两种知识之间存在的关系才能发生学习迁移,肯定了共同要素是产生迁移的前提,并且把共同要素的意义扩展到原理、经验和情感等更深层次的关系。此外,先前学习向同等难度的后继学习迁移称为横向迁移,先前学习向更深难度的后继学习迁移称为纵向迁移。正确掌握学习迁移理论,能够帮助教师合理设计教学过程和内容,大幅提升教学效果。

(二) 英语能力与面向国际化的业务能力之间的学习迁移

以英语能力和面向国际化的业务能力的学习迁移来说,学习的发展规律和相互关系如图1所示。首先,无论是英语能力还是业务能力,能力的获得都要经历纵向迁移,即学习从简单到复杂、从局部到整体的发展过程;其次,获得面向国际化的业务能力过程中,每一个环节都应有对应英语要素的支撑,即学习的横向迁移。

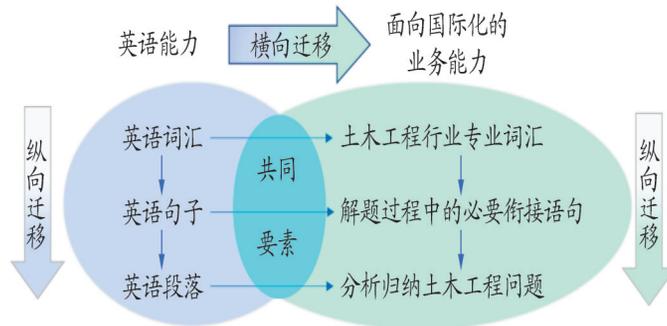


图1 英语能力和面向国际化的业务能力之间的学习迁移

(三) 结构力学知识体系的学习迁移

1. 外部迁移

以获得土木工程专业的业务能力来说,核心课程之间有着紧密的联系,是学习的纵向迁移,如图2所示。用知识点“杆件受弯”举例说明,材料力学教授了简支梁在外荷载作用下的弯矩图作法,结构力学教授了利用弯矩图计算简支梁某截面位移的方法,结构设计原理则讲授利用弯矩和变形验算钢筋混凝土梁是否满足承载力要求的方法。显然,三门课程都涉及弯矩,但对于弯矩及相关知识的应用逐步加深。

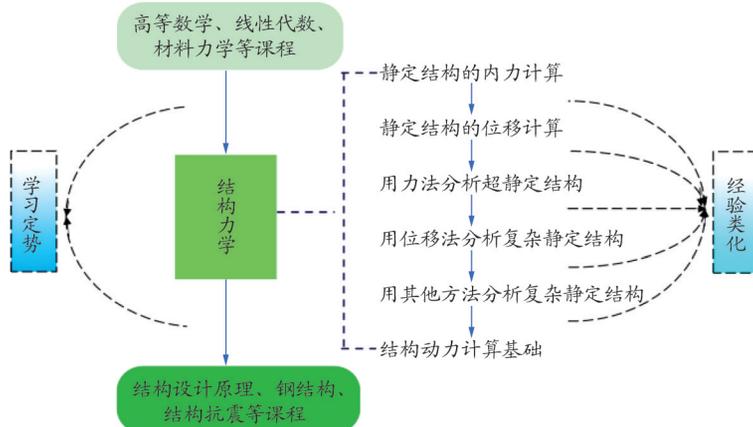


图2 土木工程专业核心课程之间的学习迁移

2. 内部迁移

结构力学课程内部各知识点具有非常明显的纵向迁移特点,图2的左部分内容抽象地列举了结构力学基本教程的知识点。根据问卷调查和试卷分析发现,学生对复杂结构力学问题无法分析的关键是没有掌握结构力学基本原理,学生对简单结构力学问题错误解答的关键是没有正确画出弯矩图。对此,以弯矩图及相关知识来说明结构力学各项知识点的内在关系。

(1)内力分析。结构力学全面讲授了常见基本结构(包括简支梁、多跨梁、刚架、桁架、拱和组合结构等)的内力分析。如图3(a)和图3(b)给出了静定简支梁在均布荷载和集中荷载作用下的弯矩图。

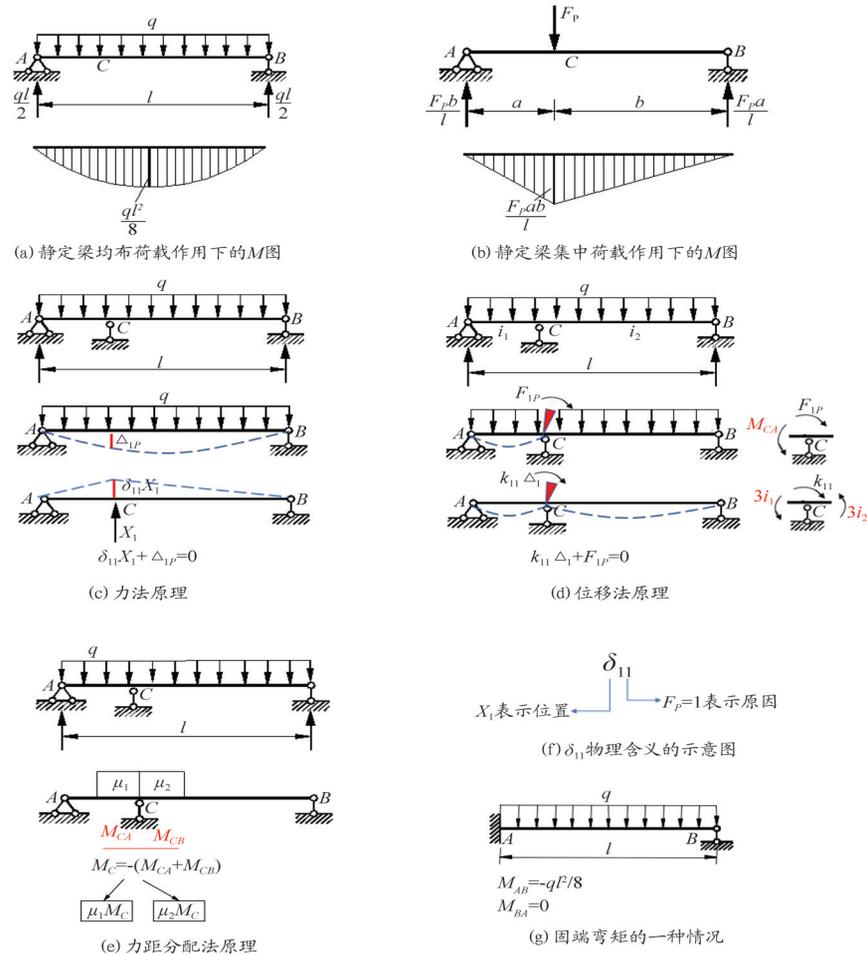


图3 结构力学的基本原理(示例)

(2)结构位移计算。结构位移计算的一般公式是基于虚功原理使用单位荷载法推导。如果只考虑弯矩的影响,外力作用下某截面的位移计算公式如公式1所示。

$$\Delta = \sum \int \frac{\bar{M} M_p}{EI} ds \quad (1)$$

其中, \bar{M} 为结构在虚拟单位荷载作用下产生的弯矩, M_p 为结构在实际荷载作用下产生的弯矩。如需要计算图3(a)中均布荷载作用下C截面的竖向位移,只需令图3(b)中 $F_p = 1$ 作弯矩图,然后按照公式1进行分段积分计算。为方便初学者计算,可使用图乘法代替公式1的积分,这里不再赘述图乘法的演算过程,其原理实际是对积分公式进行展开运算,但从物理意义上看,公式展开后刚好

是面积与竖距的乘积。

(3)力法分析超静定结构。将图3(a)的结构增加1个多余约束变为图3(c),结构由静定变为超静定,无法使用平衡方程直接求出图3(c)所示结构的内力,可使用力法、位移法、力矩分配法或其他方法求解。力法的基本原理是将多余约束替换成多余未知力,原多余约束处在外荷载和多余未知力分别作用下产生的位移记作 Δ_{1P} 、 $\delta_{11}X_1$,由于原结构在该处的真实位移为0,因此写出力法方程如公式2所示。

$$\delta_{11}X_1 + \Delta_{1P} = 0 \quad (2)$$

其中, δ_{11} 为单位荷载作用下结构产生的位移,其值可根据虚功原理或直接使用公式1计算得到。很多初学者不理解 δ_{11} 的物理意义,导致力法乃至后续知识点无法掌握。 δ_{11} 实际指 $F_P = 1$ 这个原因在 X_1 这个位置处产生的位移,如图3(f)所示。同理, Δ_{1P} 可理解为在外荷载 P 作用下 X_1 位置处产生的位移,其计算方法又回到结构位移计算的知识点。因此,求解方程2得到多余约束力的值,超静定结构的内力分析便迎刃而解。

(4)位移法分析上述结构。位移法的基本原理是增加多余约束(初学者可理解为夹子),夹子的第一个作用是:在夹子中施加 F_{1P} 这个力,阻止原结构在外荷载作用下的互相干扰,各杆件只发生自己的变形;夹子的第二个作用是:在夹子中施加 $k_{11}\Delta_1$ 这个力,使得杆件互相干扰的变形(这个变形值即 Δ_1)重新出现。由于真实结构没有夹子,即夹子中的力为0,因此写出位移法方程如公式3所示。

$$k_{11}\Delta_1 + F_{1P} = 0 \quad (3)$$

其中, k_{11} 为结构产生单位位移所需要的力,即产生 $\Delta_1=1$ 这个原因在 Δ_1 这个位置处需要施加的力。 F_{1P} 可理解为外荷载 P 这个原因在 Δ_1 这个位置处产生的力。 k_{11} 、 F_{1P} 的计算可根据图3(d)的右部分,取结点C的隔离体列平衡方程计算。这里红色的杆端弯矩值根据教材查表所得。教材中列出常规超静定杆件各种荷载工况的杆端力,如图3(g)所示。教材中给出的杆端弯矩值实际上是将该超静定结构按照力法分析,得到杆端力,这里不再赘述表中各种超静定杆件的杆端力求法。

(5)力矩分配法分析上述结构。力矩分配法的基本原理是计算出结点处的多余弯矩,将多余弯矩按照分配系数分配给结点处的杆件近端,杆件近端再按照传递系数将弯矩传递给杆件远端。这里不再赘述分配系数和传递系数的求法,可直接查找教材相关章节。这里重在说明本节知识点与前文知识点的联系,比如结点处多余弯矩 M_C 的求法,如图3(e)所示,必须先求出红色的杆端弯矩值,才能求出 M_C 。红色的杆端弯矩值是根据教材查表所得,这里 M_{CA} 、 M_{CB} 的值可查图3(g)得到。

(6)矩阵位移法分析上述结构。矩阵位移法是进阶的位移法,其基本原理与位移法相同,但需要先形成整体刚度矩阵和等效结点荷载,再求解矩阵形式的位移法方程,得到杆端位移列向量,然后根据杆端位移求出杆端力,继而作出内力图。

(7)结构动力计算基础。固有频率 ω 是结构特性之一,只与结构的材料和尺寸有关,可用公式4计算上述结构的固有频率 ω 。

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{1}{m\delta}} = \sqrt{\frac{g}{W\delta}} = \sqrt{\frac{g}{\Delta_{st}}} \quad (4)$$

其中, m 为结构质点的质量; k 的物理意义是结构发生单位位移所需要的力; δ 的物理意义是单位力作用下结构产生的位移; g 的物理意义是重力加速度; W 的物理意义是质点的重量; Δ_{st} 的物理意义是质点在重力作用下产生的最大静位移。计算简支梁的自振频率时,将梁的自重看成是跨中质点,如图4(a)所示。根据 δ 的物理意义作出图4(b),此时结构在外荷载 $F_P=1$ 作用下的弯矩图如图4(b)所示,结构在虚力 $\bar{F}=1$ 作用下的弯矩图如图4(c)所示,利用图乘法即可求出 δ 。根据 k 的物理意义作

出图4(d),此时结构在外荷载 k 作用下的位移 $\Delta=1$,取质点为隔离体如图4(e)所示,利用平衡方程可求出 k (隔离体杆端剪力可根据杆端弯矩求出,这里的杆端弯矩又可根据位移法查表得到)。图4只给出了单自由度结构的求解方法,针对复杂结构体系,其求解原理一样,需要注意的是复杂结构体系多个质点各自运动的相互影响。 δ 、 k 的物理意义不是在结构动力计算章节出现的新知识,力法基本方程、位移法基本方程中已经出现了这些符号的身影,初学者不理解方程中各项系数的物理意义,就很难根据结构特性选择合适的方法进行结构分析。

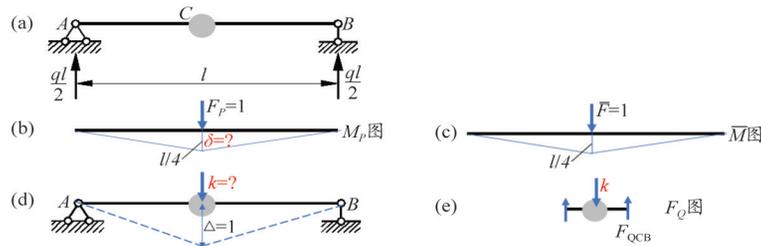


图4 结构自振频率的计算(示例)

综上所述,结构力学课程各章节内容联系紧密,教师在教学过程中应反复强调共同要素、共同原理或相似原理,通过设计相应的教学环节帮助学生在新旧知识的学习中产生积极的学习迁移。

三、结构力学双语教学设计示例

结构力学基本内容如图2所示,知识点之间联系紧密,这种关系不是并列关系,而是逐步递进、层层深入的关系。绘制弯矩图是结构力学非常重要的知识点,所有后续知识点都建立在能够正确绘制结构弯矩图的基础之上,弯矩图可谓结构力学知识体系“大楼”的“地基”。以静定刚架内力分析的教学设计为例,说明基于学习迁移理论的结构力学课程双语教学设计。

(一) 关键要素的中英文表达

学习新知识之前,通过表1复习和学习结构内力分析中的专业词汇。

表1 结构内力分析中使用的专业词汇

英文	中文	英文	中文
Reaction	约束反力	Positive direction	正方向
Internal force diagram	内力图	Negative direction	反方向
Distributed force	均布力	Clockwise	顺时针
Concentrated force	集中力	Anticlockwise	逆时针
Axial force	轴力	statically determinate structure	静定结构
Shear force	剪力	Superposition method	叠加法
Bending moment	弯矩	Parabola	抛物线
Free body	隔离体	Equilibrium equation	平衡方程

(二) 叠加法原理

叠加法的原理是弹性限度内直杆在多个荷载共同作用下的内力和变形,等于直杆在各个荷载单独作用下的内力和变形之和。可用图5所示任意梁段AB弯矩图的做法举例加以说明。

(三) 给出问题

Problem: Calculate the reactions and construct moment diagram of the frame shown in Fig. 6a.

Analysis: The frame shown in Fig.6a is a statically determinate structure, the reactions and internal

forces can be calculated by the equilibrium equations of the free body.

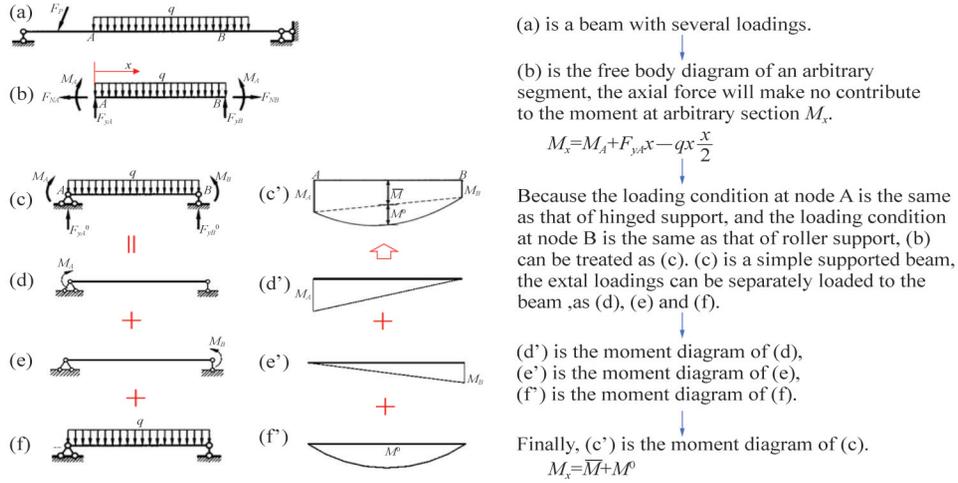


图5 叠加法作弯矩图

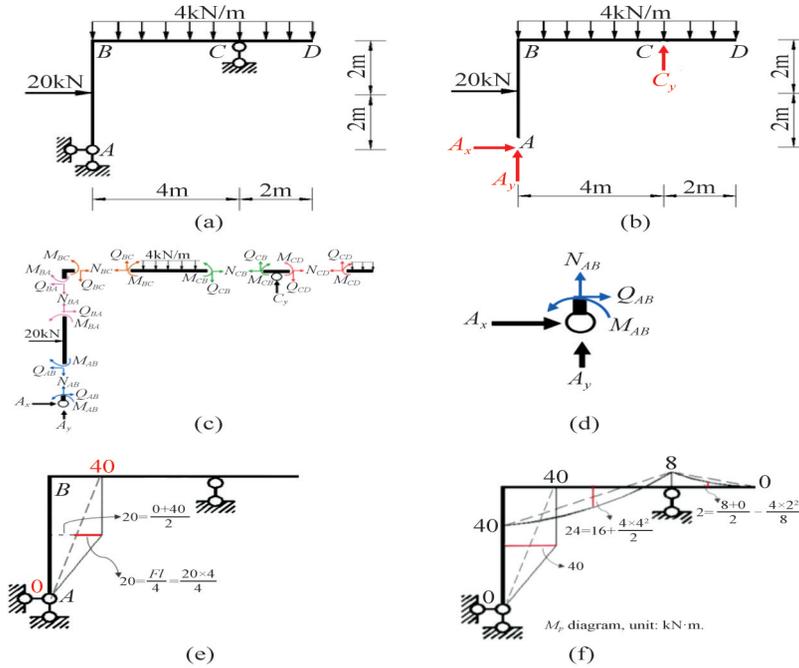


图6 叠加法作刚架弯矩图

(四) 英语讲述解决问题的方法和过程

Solution 1:

(1) Applying the equilibrium equations of entire structure to find the reactions. The free body of entire structure is shown as Fig. 6b, the reactions can be calculated by Eqs. 5-7. The negative sign means the direction of the force is opposite to the previously supposed direction.

$$\sum M_A = 0, \quad 20 \times 2 + 4 \times (4 + 2) \times \frac{4 + 2}{2} - C_y \times 4 = 0, \quad C_y = 28\text{kN}(\uparrow) \quad (5)$$

$$\sum Y = 0, \quad A_y + C_y - 4 \times (4 + 2) = 0, \quad A_y = -4\text{kN}(\downarrow) \quad (6)$$

$$\sum X = 0, \quad A_x + 20 = 0, \quad A_x = -20\text{kN}(\leftarrow) \quad (7)$$

(2) Disassembling the frame into segments, and drawing free body diagram of each segment, shown

as Fig. 6c. Here, it is important to follow the disciplines when the Method of Section is used: firstly, there are three internal forces (N , Q , M) at each beam section, it is better to suppose the sign of the internal force is positive; secondly, the internal forces at left section and right section are in the same value but in different directions; thirdly, there is no moment at hinged connection, hinged support, and free end. The above disciplines are presented in Fig. 6c with colorful arrows.

(3) Applying the equilibrium equations of each segment to find the moment at section ends. Taking node A as an example, Fig. 6d gives the free body diagram of node A , it is easy to obtain:

$$\Sigma X = 0, \quad A_x + Q_{AB} = 0, \quad Q_{AB} = 20\text{kN}(\rightarrow) \quad (8)$$

$$\Sigma Y = 0, \quad A_y + N_{AB} = 0, \quad N_{AB} = -4\text{kN}(\downarrow) \quad (9)$$

$$\Sigma M_A = 0, \quad 0 + M_{AB} = 0, \quad M_{AB} = 0 \quad (10)$$

Hence, the internal forces at section ends of other segments can be calculated in the same way, some moment values of key sections are listed below:

$$M_{AB} = 0;$$

$$M_{BA} = 40\text{kN} \cdot \text{m}, \text{ the right side of local BA is in tension};$$

$$M_{BC} = 40\text{kN} \cdot \text{m}, \text{ the down side of local BC is in tension};$$

$$M_{CB} = -8\text{kN} \cdot \text{m}, \text{ the up side of local CB is in tension};$$

$$M_{CD} = -8\text{kN} \cdot \text{m}, \text{ the up side of local CD is in tension};$$

$$M_{DC} = 0.$$

(4) Constructing moment diagram by Superposition Method. Firstly, mark the values at the section ends, shown as red characters of segment AB in Fig. 6e. Secondly, use a dash line to connect the adjacent marks. Thirdly, if there is a concentrated force loads on the segment, a triangle will superpose to the dash line; if there is a distributed force loads on the segment, a parabola will superpose to the dash line; if there is no other force loads on the segment, replace the dash line with a solid line.

Finally, after applying Superposition Method to all the segments, the moment diagram has been completed, which is shown in Fig. 6f.

(五) 设计讨论环节

Discussion: Can you construct the moment diagram without calculating the reactions?

Reminder: The sequence of segments to be analyzed will influence the efforts you paid to analyze the segments. In the above solution, node A is in the first order to be analyzed. According to the equilibrium conditions of node A , it needs to find the reactions ahead, and then the internal forces can be calculated. How would it be if segment CD is in the first order to be analyzed?

Solution 2:

(1) Applying the equilibrium equations to segment CD . It is easy to obtain:

$$\Sigma X = 0, \quad N_{CD} + 0 = 0, \quad N_{CD} = 0 \quad (11)$$

$$\Sigma Y = 0, \quad Q_{CD} - 4 \times 2 = 0, \quad Q_{CD} = 8\text{kN}(\uparrow) \quad (12)$$

$$\Sigma M_C = 0, \quad M_{CD} + 4 \times 2 \times 1 = 0, \quad M_{CD} = -8\text{kN} \cdot \text{m}, \text{ upside is in tension.} \quad (13)$$

(2) Applying the equilibrium equations to the other segments, node C is in the second order, and segment BC , node B , segment AB are in sequence one after another. Finally, the moment diagram can be constructed by Superposition Method.

(六) 总结解题思路,并合理设计练习

上述解题过程1是分析结构内力的基本方法,解题思路归纳为:先求支反力,再取隔离体,用好

叠加法,弯矩轻松画。结构力学非常注重培养学生的分析能力,根据结构的约束和荷载情况,合理设计选取隔离体的顺序,能让解题事半功倍。例如上述解题过程2,更换了隔离体的计算顺序,减小了计算量。这种解题的“顿悟”来源于勤做练习和总结。课后,教师应设计“有趣”的练习,用1道题3种不同解法,代替1种解法做3道题,学生从精做中充分掌握基本原理,尽情发挥创造性,以获得更好的教学效果。

四、结语

结构力学课程是土木工程专业比较重要的专业基础课。面对“基建全球化”“人才国际化”等新机遇和新挑战,土木工程专业的教学应进一步适应行业发展需求,以培养具有良好英语能力的专业人才为目标。本文基于学习迁移理论,阐明了结构力学开展双语教学的可行性,厘清了结构力学前后知识点的联系,并以“叠加法作弯矩图”为例,说明了双语教学的设计思路,以实现土木工程专业国际化教学模式探索,以期在不提高学习难度的前提下达到结构力学的双语教学目标,为教师教学提供建议和参考。

参考文献:

- [1] 中共中央 国务院印发《交通强国建设纲要》[EB/OL]. (2019-09-19) [2022-10-19]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2019/content_5437132.htm.
- [2] 陈春阳,王卫东,何旭辉,等. 面向“一带一路”的铁路工程国际化教育研究与实践[J]. 高等建筑教育, 2021, 30(4): 01-06.
- [3] 王达谕,陈朝晖. 面向工程教育认证的结构力学课程混合式教学设计[J]. 高等建筑教育, 2020, 29(1): 110-118.
- [4] 梁小燕,祝瑛,毛军. 材料力学课程双语教学的实践与探索[J]. 高等建筑教育, 2014, 23(1): 91-93.
- [5] 马新玲. 以《力学设计与操作》课程为例,浅谈力学创新实践型教学[J]. 力学季刊, 2021, 42(2): 405-412.
- [6] 叶华文,唐继舜,何畏. 基于极限状态设计的钢结构设计原理双语教学模式研究[J]. 高等建筑教育, 2015, 24(5): 98-102.
- [7] 王焕定,陈再现. 开设试验结构力学课程的设想[J]. 力学与实践, 2017, 39(2): 196-198.
- [8] 谭羽非. 运用迁移规律进行《工程热力学》教学改革的实践[J]. 黑龙江高教研究, 2002(6): 61-62.
- [9] 朱维伟,冯国建,杜俊,等. 材料力学课程中内力求解的改进设正法及其教学实践[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2019, 44(6): 127-131.
- [10] 张伟伟,田锦邦. 弹性力学的三段式教学方法[J]. 力学与实践, 2017, 39(2): 191-195.
- [11] 潘晓良,郑莹,白连立,等. 高等教育心理学[M]. 武汉:长江出版社, 2014.

Bilingual instructional design for structural mechanics based on learning transfer theory

ZHU Haiqing, LIU Zhangjun, XU Feng

(School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, P. R. China)

Abstract: Encountering with the developing goals of building a strong transportation country, the transportation industry has put forward higher requirements for the internationalization ability of talents. Promoting bilingual instruction in structural mechanics is a powerful measure for cultivating high-level international transportation talents. In this paper, firstly, the feasibility of bilingual instruction in structural mechanics in civil engineering major of a university in central China is outlined. Secondly, the horizontal and vertical transfer between English competences and professional skills are analyzed based on the learning transfer theory. Thirdly, the vertical transfer of knowledge points in structural mechanics are studied. Finally, taking moment diagram drawn with superposition method as an example, the bilingual instructional design of structural mechanics is implemented. Practice shows that bilingual teaching in structural mechanics may be a useful attempt to develop the learning efficiency and internationalization ability of students.

Key words: bilingual instruction; structural mechanics; learning transfer, moment diagram

(责任编辑 梁远华)