

新工科建设背景下基于“任务驱动”教学法的土木工程专业结构设计原理课程教学探索

朱 艳, 张 方, 余志祥, 王振领

西南交通大学土木工程学院, 四川 成都

收稿日期: 2022年6月1日; 录用日期: 2022年6月28日; 发布日期: 2022年7月5日

摘 要

在教育部倡导“新工科”人才培养模式的背景下, 传统土木工程专业的基础课正面临改造与升级的挑战。本文以结构设计原理中《混凝土结构设计原理》和《钢结构设计原理》为课程建设的对象, 将“任务驱动”教学法应用于结构设计原理的教学中, 重点从任务的设计安排、课堂讨论、教师的引导与辅助支持等方面对结构设计原理课程的教学实践进行了探讨。通过将“任务驱动”教学法应用于设计原理课程的案例介绍, 建立结构设计原理课程之间的关联性, 进而实现整体视角下的课程建设。

关键词

“任务驱动”教学法, 土木工程, 专业基础课, 新工科

Teaching Exploration of Structural Design Principles Course of Civil Engineering Specialty Based on “Task Driven” Teaching Method under the Background of Establishment of Emerging Engineering Education

Yan Zhu, Fang Zhang, Zhixiang Yu, Zhenling Wang

School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan

Received: Jun. 1st, 2022; accepted: Jun. 28th, 2022; published: Jul. 5th, 2022

文章引用: 朱艳, 张方, 余志祥, 王振领. 新工科建设背景下基于“任务驱动”教学法的土木工程专业结构设计原理课程教学探索[J]. 教育进展, 2022, 12(7): 2216-2223. DOI: 10.12677/ae.2022.127336

Abstract

Under the background of the “emerging engineering education” talent training mode advocated by the ministry of education, the professional basic courses of traditional civil engineering specialty are facing the challenge of transformation and upgrading. Taking *Design Principle of Concrete Structure* and *Principle of Steel Structure Design* as the object of curricula construction, this paper applied the “task driven” teaching method to the teaching of courses of structural design principles, and focused on the teaching practice of structural design principles from the aspects of task design arrangement, classroom discussion, teachers’ guidance and auxiliary support. Through the case introduction of applying the “task driven” teaching method to the courses of design principle, the correlation between structural design principles courses is established, and then the curricula construction from the overall perspective is realized.

Keywords

“Task Driven” Teaching Method, Civil Engineering, Professional Basic Course, Emerging Engineering Education

Copyright © 2022 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

在第四次全球科技革命浪潮的背景下，教育部于 2017 年提出建设“新工科”人才培养模式的设想，经复旦共识[1]、天大行动[2]和北京指南[3]，促使高等工程教育的改革踏上了新征程。在“新工科”理念下，除需建设针对新产业的专业外，更重要的是亟需对传统工科专业进行改造。林健在《面向未来的中国新工科建设》[4]中认为新工科的“新”包含三方面涵义，即新兴、新型和新生。其中，“新型”指对传统学科从培养目标的转变以及培养模式的改革等方面进行转型、改造与升级。

2. 传统土木工程专业课程在“新工科”人才培养模式下所面临的挑战

2.1. 传统土木工程专业教学模式落后

我国传统土木工程专业从数学教学开始，经过力学知识的介绍，开始进入构件的设计，最后到整体结构的设计。这种培养模式看重的是知识讲授的完整性和系统性，但却忽略了拓宽学生的问题视野，学生难以将所学的知识应用于他们所遇到的问题中，这使他们很难具备解决重大或复杂工程问题的能力[5]。

结构设计原理课程属于传统土木工程专业的专业基础课，是学生在掌握主要力学知识后和进行整体结构设计前所必须学习的课程，主要包括《混凝土结构设计原理》和《钢结构设计原理》这两门课程。在第四次科技革命的浪潮下，如何使传统专业课程适应“新工科”的课程体系，极大程度地激发学生探索未知的热情，使其从被动接受到主动探索，从对单纯构件的局限认知扩展到形成结构体系的整体思维，是培育卓越工程科技人才必须解决的关键问题之一[6] [7] [8]。

2.2. 传统土木工程专业的“新工科”培养模式面临改造与升级

距离新工科建设理念提出至今仅仅 6 年时间，传统土木工程专业尚未形成既定的新工科人才培养模

式的改造与升级,短期内会导致培养出来的传统土木人难以满足社会对新型创新科技的需求。因此,探索土木工程专业新工科改造的有效培养模式是目前高校面临的重要挑战[9]。

3. 任务驱动法内涵

任务驱动法全称为“任务驱动语言教学法(Task Based Learning)”,以建构主义学习理论为理论基础,融合了合作学习理论、多元智能理论以及泛在学习理论等相关理论[10]。

这种教学方法主张将知识包含到具体的任务当中,通过任务的完成来实现知识和技能的传授。教师引导学生分析、讨论和分解任务,以此来确定任务主要涉及到的知识内容和知识类型,需要解决的问题有哪些,在设置好的任务情景中,通过自主学习或协作学习的形式,找到解决方法,完成任务,获取知识、实现意义建构[11]。任务驱动法提倡学生自主学习与教师引导相结合,旨在提高学生分析问题和解决问题的能力,契合了“新工科”人才培养模式[12][13]。

4. 基于“任务驱动”的结构设计原理课程建设策略

结构设计原理课程主要包括《混凝土结构设计原理》和《钢结构设计原理》这两门课程,一般作为独立的两门课程分别进行讲授。将“任务驱动”教学法应用于结构设计原理的教学中,通过系统地构造问题空间激发学生自主学习的积极性,拓宽专业视角,同时引导学生在自然环境和社会空间中观察问题和思考问题,建立结构设计原理课程之间的关联性,进而实现整体视角下的课程建设。

4.1. 任务的设计

《混凝土结构设计原理》教材大多依次从材料特性、轴心受力构件、受弯构件、受扭构件、偏心受力构件以及变形和裂缝计算这几个方面展开[14]。《钢结构设计原理》教材大多依次从材料特性、连接、轴心受力构件、受弯构件、拉弯和压弯构件这几个方面展开[15]。如果按照教材顺序依次讲授的话,学生难以从整体的视角去认识混凝土结构和钢结构这两类典型的材料结构。按照“任务驱动”进行结构设计原理课程建设时,可以某一种结构为课程背景,围绕该结构在设计中所面临的问题设计课程的任务。

例如,以厂房排架结构的设计为课程背景,首先给出该结构所处的环境、所受到的荷载、结构的跨度等资料。第1个任务可以安排学生分别以钢筋混凝土和钢这两种材料为讨论对象,对钢筋混凝土排架和钢排架的特点及适用范围进行分析,学生通过完成该任务对钢筋混凝土结构和钢结构这两类结构的特点在社会空间下有了深刻认识,激发起学生的学习兴趣,调动了大家对结构设计原理课程学习的积极性。第2个任务是初步拟定钢筋混凝土排架需要的混凝土标号及钢筋型号,初步拟定钢排架的钢材牌号,学生通过完成该任务掌握了钢筋混凝土和钢材的材料特性,并能进一步对钢筋混凝土排架和钢排架在材料特性上进行比较,初步建立结构设计原理课程之间的关联性。第3个任务是将排架结构所受到的荷载进行分类,并进行计算和荷载组合,旨在培养学生根据结构的类型查找相应的设计规范,学习规范条例并能加以应用的能力。接下来将排架结构分解成屋面梁、柱和基础这三个构件,其中基础可以在后期学习《土力学》中进行讨论,重点对屋面梁和柱这两类构件进行讨论。具体任务的布置围绕《混凝土结构设计原理》和《钢结构设计原理》课程中关于构件计算的内容展开,进一步建立结构设计原理课程间的关联性。表1列出了部分常用知识点和部分任务设计的方案。

4.2. 课堂讨论与教师引导

鼓励学生自行组建2~3人的学习小组,以小组的形式在课下对教师所设定的一系列任务进行拆解,完成思考问题和解决问题的过程,并在这一过程中培养团队合作意识。课堂上,教师围绕所设定的每一个任务开展课堂讨论,鼓励学生积极发言。

Table 1. Partial task scheduling table
表 1. 部分任务安排表

序号	任务	知识点
1	厂房排架结构方案初拟	钢筋混凝土结构和钢结构这两类结构的特性。
2	初步拟定钢筋混凝土排架需要的混凝土标号及钢筋型号； 初步拟定钢排架的钢材牌号	钢筋混凝土结构和钢结构的材料特性。
3	对排架结构所受到的荷载分类, 并进行计算和荷载组合	根据不同的结构查找相应的规范, 学习规范条例并能加以应用。
4	排架柱的承载力计算	钢筋混凝土轴心受压构件承载力的计算方法； 钢结构轴心受力构件强度和刚度的计算； 钢结构轴心受压构件强度和刚度的计算； 钢结构轴心受力构件整体稳定性的验算； 钢结构轴心受压构件局部稳定性的验算。
5	排架柱的截面设计	钢筋混凝土轴心受压构件配筋计算； 钢排架柱的截面设计； 焊缝设计。
6	屋面梁的承载力计算	钢筋混凝土梁受力全过程行为特征； 钢筋混凝土梁正截面承载力计算的基本假定及意义； 无腹筋梁斜裂缝出现后的应力状态及破坏形态； 影响抗剪能力的因素, 腹筋的作用及其对破坏形态的影响； 有腹筋梁斜截面抗剪承载力计算方法及其限制条件； 钢梁弹性设计与塑性设计理论在受弯构件中的应用； 钢梁强度、刚度的计算； 钢梁整体和局部稳定概念； 钢梁整体稳定和局部稳定的计算。
7	屋面梁的截面设计	钢筋混凝土梁矩形、T 型截面的配筋计算方法、适用条件及构造要求； 受弯构件钢筋的布置、纵筋的弯起及截断、纵筋的锚固等构造要求； 焊接工字梁的断面优化设计； 焊接梁的构造； 焊缝设计； 加劲肋和拼接设计。
8	考虑风荷载作用下的排架柱的设计	偏心受压构件破坏形态、特征及其条件, 不同长细比柱的破坏类型； 钢筋混凝土矩形、T 形、工形截面偏心受压构件的计算方法、适用条件及构造要求； 拉弯和压弯物件的概念, 极限状态的表现形式； 钢结构偏心受力构件设计理论的方法及相关公式的引入。
9	屋面梁的变形与裂缝	钢筋混凝土构件裂缝宽度及截面抗弯刚度的计算原理, 最大裂缝宽度及构件挠度的验算方法。

需要注意的是, 学生在课下完成教师布置的任务过程中所获得的知识点是零散的, 需要教师在课上引导学生去发现各个知识点间的内在联系, 解决学生完成任务过程中及课堂讨论中存在的共性问题, 从更深层次帮助学生厘清思路, 对任务中所包含的知识点有全面的理解。结构设计原理课程中尤其要重视钢筋混凝土结构和钢结构在不同构件中的分析思路, 学习重点, 找到二者的关联性, 从整体的视角把握结构设计的基本原理。

4.3. 教师在课下对学生的辅助支持

由于课程是以一系列的任务串联起来的,着重引导学生思考问题和解决问题的能力,教师在课上也着重是引导学生对任务中所包含的知识点做深入的理解和思考。因而教学内容不可能做到与教材完全一致,教师有必要在课下为学生提供各种教学资源方便他们自学。如电子书、慕课视频等。并且安排专门的课下答辩时间,平时可以通过QQ群或者微信群等工具在线及时回答学生的问题。

5. 设计原理课程引入“任务驱动”教学法的案例

本节以表1中的任务4和任务5为案例,具体介绍“任务驱动”法在设计原理课程建设中的应用。

5.1. 任务4

5.1.1. 任务拆分

任务4是排架柱的承载力计算,涉及到钢筋混凝土排架柱和钢排架柱的承载力计算这两个方面。所以在任务安排时也需要从这两个方面进行布置。任务4布置前,学生已经对排架柱所受到的荷载及其组合进行了计算,即完成了任务3。任务4主要是针对轴心压力作用下的排架柱进行承载力计算。

仅仅让学生去进行排架柱的承载力计算,任务过于宽泛,学生难以下手。所以,首先将该任务进行一系列的拆解。

在进行钢筋混凝土排架柱承载力计算的任务时,可以拆解为以下几个小任务:

- 1) 什么是轴心受力构件?排架柱在什么荷载作用下属于轴心受力构件;
- 2) 如何考虑中长柱与短柱的区别;
- 3) 轴心受压构件的受力破坏过程;
- 4) 为何要求轴心受压构件最小配筋率和最大配筋率;
- 5) 给定排架柱的截面形式,配筋数量,验算排架柱的承载力。

课下学生结合教材以及慕课视频并以学习小组的形式完成任务,并形成汇报PPT。课堂上教师首先组织2~3个学习小组进行汇报,然后针对大家的共性问题进行讲解。重点对轴心受压构件的破坏机理进行讲授。通过对比素混凝土轴心受压排架柱与钢筋混凝土轴心受压排架柱的破坏特征,引导学生去认识轴心受压构件中的钢筋的作用,尤其是箍筋的作用,进而引入普通箍筋柱和螺旋箍筋柱承载力的计算。

对于轴心受拉构件的受力破坏过程和承载力计算部分,可以留给学生结合已经录制好的慕课视频进行自学,并布置相关的习题以检查学生的自学效果,同时课下专门安排答疑时间以解决学生在自学过程中遇到的问题。

假定排架柱为实腹式截面,在进行钢排架柱承载力验算任务时,可以拆解为以下几个小任务:

- 1) 轴心受压构件的强度和刚度如何计算;
- 2) 实腹式轴压构件的破坏形式;
- 3) 实腹式轴压构件弯曲失稳下的临界力推导;
- 4) 什么时候需要考虑轴压构件的局部稳定性;
- 5) 假设钢排架柱的横截面形式为型钢截面,并给出截面参数,验算钢排架柱弯曲失稳的极限承载力;
- 6) 假设钢排架柱的截面形式为焊接组合截面,并给出截面参数,验算钢排架柱弯曲失稳的极限承载力,验算钢排架柱的局部稳定性;
- 7) 什么是焊接连接,焊接连接的特点是什么;
- 8) 焊缝的分类有哪些;
- 9) 焊缝的构造与计算公式的推导;

- 10) 假设钢排架柱的截面形式为焊接组合截面, 并给出截面参数和焊缝尺寸, 验算焊缝的强度;
- 11) 什么是焊接残余应力和焊接变形;
- 12) 钢排架柱可能出现哪几种焊接残余应力; 如何减少钢排架柱的焊接残余变形。

5.1.2. 课堂讨论与教师引导

以上拆解的 12 个任务包含钢结构轴心受压构件和焊缝连接两大部分的内容, 因而课堂讨论需要分成 5~6 次, 每次仅对其中的 2~3 个任务进行讨论, 鼓励每一位学生积极发言。讨论完毕后教师除了需要将讨论中大家出现的共性问题进行讲解, 最重要的是结合钢结构轴压构件的破坏形式指出轴压构件的关注重点是稳定问题。并扩展介绍承载能力极限状态和正常使用极限状态的概念。对于稳定承载力的公式推导, 学生通过自学大多都能掌握, 课堂讲授时教师需要重点介绍规范关于稳定承载力计算是如何规定的, 这些规定背后的机理是什么。

对于焊接组合截面的验算还涉及到另一大块内容, 钢结构的焊缝连接, 教师应结合钢排架柱说明连接的重要性, 对于焊缝计算部分, 教师可以针对钢排架柱中的焊缝为研讨对象, 结合这些焊缝的受力形式对焊缝的分类进行说明, 让学生对第(8)个小任务有更深入的理解。在此基础上结合钢排架柱的焊缝类型及受力, 对焊缝的计算公式进行总结。

螺栓连接作为另一种重要的连接形式, 内容也非常多, 教师可以将这部分作为课堂讲授部分, 并在课下以布置大作业的形式对学生进行考核。

格构式构件的轴心受压计算可以留给学生结合已经录制好的慕课视频进行自学, 引导学生去发现和思考格构式构件与实腹式构件在稳定计算时的关联性和区别, 并布置相关的作业来检查学生的自学效果, 同时课下专门安排答疑时间以解决学生在自学过程中遇到的问题。

钢筋混凝土排架柱和钢排架柱承载力计算的任务全部完成后, 布置学生完成以下任务:

钢筋混凝土排架柱和钢排架柱在承载力验算方面的侧重点分别是什么?

课堂上组织学生进行课堂讨论的时候, 引导学生从分析钢筋混凝土轴心受压构件与钢结构轴心受压构件的破坏机理出发, 思考如果承载力不足的话, 钢筋混凝土排架柱和钢排架柱会发生那些破坏形式, 并在课下提供相关的工程案例, 让学生能从整体的视角去掌握混凝土结构和钢结构这两类典型的材料结构在轴心压力作用下的承载力计算问题。

5.2. 任务 5

5.2.1. 任务拆分

任务 5 是排架柱的截面设计, 分为钢筋混凝土排架柱的截面设计与钢排架柱的截面设计这两大部分。钢筋混凝土排架柱的截面设计任务可以拆解为以下 3 个小任务:

- 1) 普通箍筋柱的构造要求;
- 2) 假定排架柱的高度、混凝土标号和钢筋类型, 设计普通箍筋排架柱的截面尺寸和配筋;
- 3) 如何能在保证正截面承载力的前提下减小排架柱的截面尺寸?

以上 3 个小任务是在任务 4 完成的基础上对任务 5 进行的拆解, 学生已经对钢筋混凝土轴心受压构件从受力机理和破坏形式上有了深刻的认识, 因此任务 5 实际是将轴心受压构件极限承载力公式的应用放在具体的问题空间中所设置的。课堂讨论时, 可以安排学生进行设计成果的汇报。教师在课堂总结的时候需要根据排架柱的高度引导学生重温短柱和中长柱的破坏形式, 指出设计过程中可能忽略的稳定系数, 增强学生们作为工程技术人员的使命感。在点评学生的作业时, 还需要让大家认识到设计资料完备性的必要性, 增强学生们的责任感。

钢排架柱的截面设计任务可以拆解为以下几个小任务:

- 1) 已知排架柱的高度, 选定其截面形式及制作方法;
- 2) 选择合适的钢材牌号;
- 3) 确定长细比时应注意哪些原则;
- 4) 截面轮廓尺寸如何确定;
- 5) 截面细部尺寸如何确定;
- 6) 截面尺寸确定后进行承载力验算, 如果承载力无法满足, 改如何修改设计, 从哪几个方面入手;
- 7) 如果选择的是焊接组合截面, 焊缝应该如何设计。

5.2.2. 教师引导及对学生的辅助支持

学生在进行分解任务 3) 时可能会感到无从下手, 另一方面, 如果分解任务 3) 没有顺利完成可能会导致计算出现返工。因此教师需要提供相关参考文献, 如根据每一种截面的稳定系数和截面面积之间的近似关系, 选择合适的长细比的方法[16]。课堂上点评作业时, 可以从验算是否符合规范要求、截面尺寸是否合理, 设计是否经济等方面进行点评, 从工程设计的角度让学生对钢排架柱的截面设计有更加深入的认识。尤其是对作业中出现返工的情况, 教师要引导大家从钢结构设计原理的视角去分析背后的原因, 讨论解决的途径, 并在课堂上带领大家对其中的一种解决途径进行尝试, 并鼓励学生在课下对其他的解决途径进行积极的尝试, 在此基础上选择最优的解决途径。经过“出现返工→分析原因→寻求解决途径→验证解决途径的适用性→论证最优途径”这一系列过程的引导, 使学生认识到设计原理课程的重要性和可操作性, 调动了他们学习的积极性, 同时培养了学生从对单纯构件的局限认知扩展到形成结构体系的整体思维能力。

6. 结语

将“任务驱动”法运用于结构设计原理课程建设中, 改变了传统的灌输式的教学模式, 通过系统地构造问题空间激发学生自主学习的积极性, 拓宽专业视角, 同时引导学生在自然环境和社会空间中观察问题和思考问题, 建立结构设计原理课程之间的关联性, 引导学生从对单纯构件的局限认知扩展到形成结构体系的整体思维, 契合了“新工科”人才培养模式。

基金项目

西南交通大学 2020 年本科教育教学研究与改革项目: 面向未来智慧土木的新工科学科融创研究与实践(项目编号: 20201003-09)。

参考文献

- [1] “新工科”建设复旦共识[J]. 复旦教育论坛, 2017, 15(2): 27-28.
- [2] “新工科”建设行动路线(“天大行动”)[J]. 高等工程教育研究, 2017(2): 24-25.
- [3] 新工科建设指南(“北京指南”)[J]. 高等工程教育研究, 2017(4): 20-21.
- [4] 林健. 面向未来的中国新工科建设[J]. 清华大学教育研究, 2017, 38(2): 26-35.
- [5] 李培根. 未来工程教育的几个重要视点[J]. 高等工程教育研究, 2019(2): 1-6.
- [6] 张雪, 齐永正, 曾文杰, 等. 面向新工科人才培养的土建类专业实践教学体系探索[J]. 高等建筑教育, 2021, 30(1): 124-129.
- [7] 杨冬. 从科学范式到工程范式: 高质量新工科人才培养的逻辑向度与行动路径[J]. 大学教育科学, 2022(1): 19-27.
- [8] 张东海, 高蓬辉, 黄建恩, 等. 新工科背景下多学科交叉融合的建环专业人才培养模式探索与实践[J]. 高等建筑教育, 2021, 30(1): 1-9.

-
- [9] 江学良, 杨慧, 王皓磊, 等. 传统工科专业教育的创新发展与实现路径——以中南林业科技大学土木工程专业人才培养为例[J]. 高等建筑教育, 2021, 30(2): 22-29.
- [10] 高汝寒. 任务驱动法在中职《电子技术基础》课程中的应用[D]: [硕士学位论文]. 湘潭: 湖南科技大学, 2020.
- [11] 李亚. 任务驱动法在《现代教育技术》实验课程中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中师范大学, 2011.
- [12] 李维维, 杨华山, 王晓斌, 等. “问题驱动”教学法在混凝土结构设计原理课程中的应用[J]. 教育教学论坛, 2019(20): 177-178.
- [13] 石晓娟. 任务驱动教学法在土木工程施工课程教学中的应用[J]. 高等建筑教育, 2015, 24(6): 113-116.
- [14] 李乔. 混凝土结构设计原理[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2013.
- [15] 唐继舜. 钢结构设计原理[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2021.
- [16] 姚谏, 夏志斌. 钢结构设计: 方法与例题[M]. 第2版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.