

# 口诀在高校力学基础课程 教学中的应用

吴林杰, 朱子旭\*, 吴 菁

海军工程大学基础部, 湖北 武汉

收稿日期: 2024年4月10日; 录用日期: 2024年5月8日; 发布日期: 2024年5月15日

## 摘 要

本文针对《理论力学》《材料力学》《工程力学》等高校力学基础课程编制了一套口诀, 解析了口诀的具体含义, 并从口诀的编制、传授、理解和运用四个层面探讨了口诀教学策略, 以供广大师生参考。

## 关键词

力学基础课程, 口诀, 高校

# The Application of Pithy Formula in the Teaching of Basic Mechanics Courses in Colleges and Universities

Linjie Wu, Zixu Zhu\*, Jing Wu

Department of Basic Courses, Naval University of Engineering, Wuhan Hubei

Received: Apr. 10<sup>th</sup>, 2024; accepted: May 8<sup>th</sup>, 2024; published: May 15<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

This paper compiles a set of pithy formulas for the basic courses of mechanics in colleges and universities, such as Theoretical Mechanics, Mechanics of Materials and Engineering Mechanics, and analyzes the specific meaning of the pithy formulas, and discusses the teaching strategies of the pithy formulas from the four levels of compilation, teaching, understanding and application of the formula, so as to provide reference for teachers and students.

\*通讯作者。

## Keywords

### Basic Courses of Mechanics, Pithy Formula, Colleges and Universities

Copyright © 2024 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

口诀教学法在初等教育中得到了广泛应用。例如,王正兵[1]在初中化学教学中利用口诀帮助学生轻松记忆、理解掌握、归纳总结、融会贯通相关知识。朱鹏飞[2]等研究发现口诀教学对高一学生氧化还原反应分析能力的形成和发展起到良好的即时效果和保持效果。近年来,随着高校教学改革的深入推进,越来越多的高校教师积极应用口诀教学法来提高教学效果。例如,赵婷[3]等编制了一些线性代数口诀,并应用在线性代数教学中。刘伯军[4]等在《高分子化学》课程中总结了一套开环聚合教学口诀。卢恩昌[5]等在《医学免疫学》课程教学中将学习重难点内容编制成口诀,并结合思维导图开展“思维导图+口诀法”教学实践。王东海[6]等在《海军仓储业务与管理》课程教学中应用口诀教学法提高课堂教学效果。

《理论力学》《材料力学》《工程力学》等高校力学基础课程具有理论性强、内容抽象、难以理解等特点,“教师难教、学生难学”问题突出。针对这一问题,一些高校教师已在力学基础课程教学中融入了“口诀教学法”。例如,针对《工程力学》课程,鲍四元[7]等对文献中关于静力学、运动学、梁内力图绘制方法和部分公式的口诀进行了汇总,并指出“力学教师在收集和编制整理口诀上大有可为”。为贯彻落实“学生中心、产出导向、持续改进”的教育教学理念,笔者在高校力学基础课程教学中积极融入“口诀教学法”,来提高学生的学习兴趣,帮助学生掌握课程内容,促进课程目标顺利达成。本文针对《理论力学》《材料力学》《工程力学》等高校力学基础课程编制了一套口诀,解析了口诀的具体含义,探讨了口诀教学策略,以供广大师生参考。

## 2. 高校力学基础课程配套口诀及解析

### 2.1. 物体系平衡问题

口诀:静力学,受力图,一体二力三注意。固定端,有力偶,外加一对正交力。先整体,后局部,每个对象三方程。

解析:利用静力学求解物体系平衡问题,可按“一体二力三注意”的步骤画出研究对象的受力图,“一体”指从物体系中选取一个分离体(即研究对象),“二力”指判断研究对象中有无二力杆,“三注意”指注意按约束类型画约束反力、注意作用力与反作用力的关系、注意整体与局部的一致性。对于固定端约束,其约束反力是一个力偶和一对正交力。对一般的物体系平衡问题,常要先取整体为研究对象,列平衡方程求出部分未知力;再取若干局部为研究对象,分别列平衡方程求出剩余未知力。针对每个研究对象最多可列3个独立的平衡方程。

### 2.2. 运动学问题

口诀:题目里,没质量,求 $v$ 求 $a$ 运动学。求速度,瞬心法,加速度用基点法。两物体,相对动,

合成定理求  $v$ 、 $a$ 。选动点，和动系， $v_r$  方向沿切线。若动系，定轴转，考虑科氏加速度； $2$  角速，乘  $v_r$ ， $v_r$  牵转九十度。

解析：若题目里没有给出运动物体的质量，待求量是速度  $v$  和加速度  $a$ ，则基本属于运动学问题。对一般的平面运动问题，常要利用瞬心法求未知速度，利用基点法求未知加速度。若运动机构中涉及两个物体的相对运动，则常要利用速度合成定理求未知速度，利用加速度合成定理求未知加速度。对于合成运动问题，选取动点和动系的重要原则是相对运动轨迹容易确定，相对速度  $v_r$  的方向沿相对运动轨迹的切线并与相对运动方向一致。若动系作定轴转动，则要考虑科氏加速度；当动系的角速度矢  $\vec{\omega}$  与动点的相对速度矢  $\vec{v}_r$  相互垂直时，科氏加速度的大小等于  $2\omega v_r$ ，将  $\vec{v}_r$  随  $\vec{\omega}$  转向旋转  $90^\circ$  即可确定科氏加速度的方向。

### 2.3. 动力学问题

口诀：题目里，有质量，求  $a$  求力动力学。要求  $a$ ，先求  $v$ ，动能定理首先用；求出  $a$ ，再求力，质量乘  $a$  等于力。

解析：若题目里给出了运动物体的质量，待求量是加速度  $a$  和未知力，则基本属于动力学问题。对一般的动力学问题，常要先用动能定理求出未知速度，再由速度对时间求导得未知加速度，最后根据动量定理求出未知力。

### 2.4. 拉压杆超静定问题

口诀：拉压杆，超静定，画出受力变形图。设轴力，拉为正，平衡方程先写出；伸长量，找关系，补充方程联立求。

解析：对一般的拉压杆超静定问题，首先要分析各拉压杆的受力和变形，并画出受力图和变形图。为求解方便，在受力图中不妨将轴力全部假设为拉力。根据受力图列写静力平衡方程，根据物理关系列写各拉压杆的伸长量公式，根据变形图建立变形协调补充方程，最后联立方程求解未知量。

### 2.5. 连接件强度问题

口诀：连接件，三强度，剪切、挤压和拉伸。各铆钉，力平摊，弄清剪切、挤压面。受拉处，比应力，危险截面才确定。

解析：对一般的连接件强度问题，常要考虑三种强度，即剪切强度、挤压强度和拉伸强度。在轴向受拉接头中，若各铆钉呈轴对称布置，则各铆钉平摊接头的拉力。应用剪切强度条件和挤压强度条件，一定要弄清剪切面积和挤压面积。至于接头受拉部位的拉伸强度，有时要通过比较不同横截面上的应力才能确定危险截面。

### 2.6. 圆轴强度和刚度问题

口诀：传动轴，咋校核？9549 算力偶；扭矩图，有突变，大小方向同力偶；求出  $\tau$ ，核强度，求出西塔核刚度。

解析：对只受到集中力偶矩作用的传动轴，怎么校核其强度和刚度呢？一般先用公式  $M_e = 9549 \frac{P}{n} (N \cdot m)$  计算轴的外力偶矩  $M_e$ ，式中，功率  $P$  以 kW 为单位，转速  $n$  以 r/min 为单位。然后，作轴的扭矩图，在外力偶矩作用处扭矩值有突变，突变的大小和方向与外力偶矩的大小和方向均相同。接着，根据扭矩图确定轴的危险截面及最大扭矩，计算轴的危险截面上的切应力  $\tau$  和单位长度扭转角  $\theta$ ，最后利用圆轴扭转的强度条件和刚度条件分别校核强度和刚度。

## 2.7. 梁的内力图绘制问题

口诀：剪力图，往右画，集中力偶无影响；集中力，看箭头，它上就上否则下；均布力，若朝下，一条直线斜向下。弯矩图，面积法，剪力面积相累加；遇力偶，有突变，力偶顺上否则下。

解析：梁的内力图包括剪力图和弯矩图。画梁的剪力图，以原点为起点往右画，集中力偶对梁的剪力图无影响。在集中力作用处，梁的剪力图不连续，若集中力箭头朝上则剪力图向上突变，否则向下突变，突变的大小等于集中力的大小。在朝下的均布载荷作用梁段，剪力图是一条逐渐下降的斜直线，下降的高度等于均布载荷的面积。采用面积法画梁的弯矩图，先根据载荷将梁分段并求出各梁段对应剪力图的面积，依次累加得到各梁段端点的弯矩值并对应画数据点，再根据弯矩与剪力的微分关系用直线或抛物线连接各数据点；尤其要注意的是，在集中力偶作用处，梁的弯矩图有突变，若集中力偶为顺时针方向则弯矩图向上突变，否则向下突变，突变的大小等于集中力偶的大小。

## 2.8. 弯扭组合变形实心轴的强度问题

口诀：实心轴，弯扭题，三强弯扭 1 比 1，平方和，开根号，除  $\pi d^3$  乘 32；按四强，啥不同？零点七五乘扭方。

解析：对直径为  $d$  的弯扭组合变形实心轴，设其危险截面处的弯矩值和扭矩值分别为  $M$  和  $T$ 。若用第三强度理论计算其强度，相当应力  $\sigma_{r3}$  的计算公式为  $\sigma_{r3} = \frac{32\sqrt{M^2 + T^2}}{\pi d^3}$ ；若用第四强度理论计算其强度，相当应力  $\sigma_{r4}$  的计算公式为  $\sigma_{r4} = \frac{32\sqrt{M^2 + 0.75T^2}}{\pi d^3}$ ，注意式中  $T^2$  的系数为 0.75。

## 3. 高校力学基础课程口诀教学策略

### 3.1. 口诀的编制要兼顾知识和韵律

针对高校力学基础课程编制口诀，必须对相关知识点有深入的理解和充分的研究，确保口诀内容的知识性。一要逻辑清晰，便于学习者理解口诀所蕴含的各知识点之间的逻辑关系。二要通俗易懂，可以结合实例解释抽象概念，尝试将不同章节的知识融入口诀，邀请专家或同行对口诀进行修改。三要与时俱进，要根据学习者的反馈适当修订口诀，随着教学改革的深入推进定期更新口诀。为了使口诀更加流畅、易于记忆，编制的口诀要具有一定的韵律。一要简洁明了，尽量使用短句，避免冗长和复杂的句子结构。二要节奏稳定，让每句口诀的句式和时长大致相等，读起来朗朗上口。三要层次分明，对于比较复杂的知识点可以分层次编制口诀，增强口诀的韵律感。值得注意的是，创编口诀要坚持“知识为主、韵律为辅”，不能为了追求口诀的韵律性而忽视口诀的知识性，否则就本末倒置了。

### 3.2. 口诀的传授要兼顾课堂和课外

与课程思政类似，教师在课堂上要将口诀“如盐化水”地融入课程。一要紧密结合课程内容，帮助学生理解口诀蕴含的关键概念、原理、公式或方法。二要配合视觉辅助工具，使用幻灯片、黑板或卡片等视觉辅助工具展示口诀，使课堂更加生动有趣。三要注重师生课堂互动，教师将学生分成小组，通过“口诀接龙”等形式，让学生在轻松愉快的氛围中记忆口诀。为了有效利用口诀提高学习效果，学生在课外仍需下一番功夫。一要经常复习记忆，定期自我测试口诀的记忆效果，检查自己对知识点的掌握程度。二要加强交流反馈，与同学分享自己学习口诀的收获和体会，遇到难记难用的口诀积极向教师反馈并尝试进行改编。三要注重学以致用，通过应用口诀解决实际问题，加深对知识点的理解，提高解决问题的能力。

### 3.3. 口诀的理解要兼顾表象和本质

笔者在高校力学基础课程教学中融入口诀,发现部分学生只是死记硬背口诀,不理解口诀的含义和用途,忽视口诀的重要细节或例外情况,在遇到稍有变化的问题时生搬硬套口诀。为了克服这些对口诀的理解停留在表象的问题,学生要深入理解口诀蕴含的本质含义。一要听取教师解读口诀,了解口诀的创编过程,理解口诀的深层含义和注意事项。二要联系实际理解口诀,将口诀与工程实例相联系,通过实际应用加深对口诀的理解。三要批判思维分析口诀,对口诀不能盲目接受,而是用批判思维对其有效性和适用性进行细致分析。

### 3.4. 口诀的运用要兼顾一般和特殊

本文编制的高校力学基础课程配套口诀具有较强的一般性。这套口诀专注于核心知识和重要方法,尽量用精炼的语句传达最重要的信息,给出了物体系平衡问题等 8 类典型问题的一般解决方案。然而,运用这套口诀解决实际力学问题时,要具体问题具体分析,考虑问题中的特殊性。一要分析问题特点,仔细分析问题的具体情况、限制条件和独特性,确定问题的关键要素和需要解决的主要难点。二要分步解决问题,将大问题分解成若干小问题,运用合适的口诀逐个解决小问题,促进大问题的解决。三要灵活运用口诀,如果发现某部分口诀不适用于当前问题,不能强行套用,而是寻找替代方法,并对这部分口诀进行适当地扩展或改编。

## 4. 结语

在《理论力学》《材料力学》《工程力学》等高校力学基础课程教学中融入“口诀教学法”,有三大优势:一是将重难点知识和问题解决方法编制成口诀,有利于学生学习专业知识;二是引导学生理解、运用和改编口诀,有利于学生发展综合能力;三是增强课程的知识趣味性、师生互动性和情感认同性,有利于学生提升学习效果。“口诀教学法”充分体现了“以学生为中心”的教学理念,能够提高学生的学习兴趣,帮助学生掌握课程内容,促进课程目标顺利达成,不仅在高校力学基础课程教学中大有可为,而且能够在其他课程教学中推广应用。

## 参考文献

- [1] 王正兵. 口诀辅助法在初中化学教学中的应用[J]. 化学教学, 2022(3): 52-56.
- [2] 朱鹏飞, 李林燊, 麦裕华. 口诀教学对高一学生氧化还原反应分析能力的影响[J]. 化学教育(中英文), 2021, 42(3): 25-30.
- [3] 赵婷, 陈玉珍. 口诀教学法在线性代数课堂中的应用[J]. 高师理科学刊, 2016, 36(11): 51-54.
- [4] 刘伯军, 付中禹, 张明耀, 张会轩. 《高分子化学》课程中开环聚合教学口诀及解析[J]. 高分子通报, 2021(4): 74-76.
- [5] 卢恩昌, 孙莉, 艾泽慧. “思维导图 + 口诀法”在《医学免疫学》课程中的应用[J]. 襄阳职业技术学院学报, 2022, 21(3): 79-81.
- [6] 王东海, 韩遯. 口诀教学法在《海军仓储业务与管理》课程教学中的运用[J]. 军事交通学院学报, 2020, 22(7): 79-82.
- [7] 鲍四元, 沈峰. 如何应用口诀提高“工程力学”课程的教学质量[J]. 科教导刊, 2019(2): 104-105.