

9.3

梁的合理强度设计

基本信息

教学主题	梁的合理强度设计	课时安排	1 课时(45 分钟)
所在章节	第 5 章 弯曲应力/5.6 梁的合理强度设计		

【教学目标】

❖ 知识目标

- (1) 能说出梁合理设计的理论依据和设计思路。
- (2) 能列出来提高梁强度的措施。

❖ 技能目标

能分析和合理设计工程中的梁结构。

❖ 思政目标

- (1) 要有民族自豪感和自信心, 热爱祖国。
- (2) 要有既安全又节约的工程素养。

【教学方法】

采用案例法和问题统领式教学法实施教学。

【教学重点与难点】

重点: 提高梁强度的措施。

难点: 等强度梁的设计。

【教学思路和方法设计】

❖ 内容分析

本节课是基于弯曲正应力强度和切应力强度计算的学习之后, 重点介绍提高梁强度的措施, 并从截面形状、等强度和合理受力三个方面提出相应的措施。为了加深学生的理解和提高理论应用能力, 理论与工程实例的结合是必要的教学途径。

❖ 学情分析

梁的合理设计其实是将理论知识应用到工程实例中的一个过渡。往往学生对于理论知识很容易掌握, 但面对工程实例时又无从下手, 因此, 本节课对于提高学生的应用能力非常重要。在讲解时一定要理论措施与工程实例相结合, 尽可能使其形象化、具体化。

❖ 教学思路

本节采用案例法和问题统领式教学法实施教学。以三个工程案例引出思考, 基于梁的弯曲强度理

论,引导学生想出提高梁弯曲强度的设计思路,列出具体措施。此时再回到开始的三个案例,学生将顺利解答。教学过程中,巧妙设疑,引出教学内容,创造积极、探索的教学环境。具体设计如下:

(1)引入汽车钢板弹簧、吊车改良和斗拱结构三个案例,引发学生思考其中的力学原理和改造措施,引出本节课的教学目标。

(2)以梁的弯曲强度条件为理论依据,引导学生想出梁的合理设计思路,并在问答中,将提高梁弯曲强度的措施一一列出。

(3)再回到开始的三个案例,学生已经利用本节课知识将案例中的疑问顺利解答,培养学生的应用能力。

(4)从我国古建筑斗拱结构中蕴含的力学原理,激发学生的民族自豪感和自信心,培养爱国情怀。

(5)整个梁的合理设计过程,都在告诉学生应该在保证安全的基础上,考虑经济性;培养学生的工程素养,完成思政目标。

(6)引导学生进行课堂总结,为帮助学生消化巩固和培养学生解决问题的能力,课后作业由课后习题和提高题组成。

教 学 过 程

◆ 课堂导入(3 分钟)

案例 1: 汽车钢板弹簧(见图 9.42)。



图 9.42 汽车钢板弹簧

【思考】讨论汽车钢板弹簧设计中的力学原理的体现。

案例 2: 吊车改良(见图 9.43)。

在成都 132 厂 11K 车间里,技术员和工人正面临着一个问题,如何用现有的起吊重量只有 5 t 的吊车吊起 10 t 的重物? 经过大家的认真思考和努力,改进了装置,成功吊起 10 t 的重物。

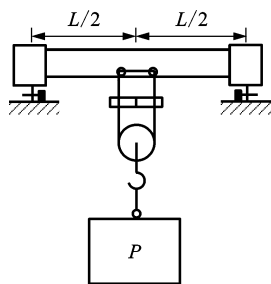


图 9.43 改进前的吊车

教学方法: 案例法、启发式教学法、设问法。

设计意图: 通过案例和思考题的抛出,引导学生开启思维,将理论知识应用到案例分析中;同时思考题的抛出也会激发学生的好奇心和求知欲。

【思考】请同学们想想他们是如何解决问题的？

案例 3：中国古代建筑的斗拱结构（见图 9.44）。

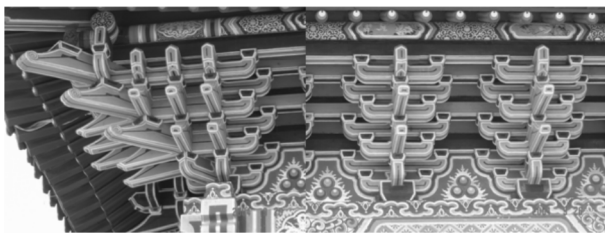


图 9.44 斗拱

【思考】从中国古建筑的斗拱结构，你悟出了哪些力学原理？

◆ 新课展开(3 分钟)

❖ 梁合理强度设计的理论依据与设计思路

(1) 理论依据。

梁的正应力强度条件：

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} = \frac{M_{\max} y_{\max}}{I_z} \leq [\sigma]$$

梁的切应力强度条件：

$$\tau_{\max} = \frac{F_S S_z^*}{I_z b} \leq [\tau]$$

(2) 设计思路。

【提出问题】如果构件中任何一点的应力超过材料的许用应力，构件会因不满足强度条件造成安全问题。那么如何降低最大工作应力，提高构件的承载能力呢？

【学生回答】

增大 W_z 、 I_z ；降低 $M_{\max}$ 。

◆ 知识深化(26 分钟)

❖ 提高梁强度的措施

(1) 梁的合理截面形状。

① 增大 W_z 、 I_z 。

【知识回顾】惯性矩的平行移轴公式。

【学生回答】

$$I_z = I_{zc} + y_c^2 A$$

教学方法：设问法。

设计意图：通过梁的强度条件，引导学生说出梁合理设计的设计思路，培养学生的创造性思维。

通过梁的合理设计，培养学生工程设计中保证既安全又节约的工程素养。

教学方法：案例法、设问法、对比法、启发式教学法。

【提出问题】为合理设计梁的横截面，应该采取什么措施呢？

【学生回答】

让材料远离中性轴：如工字梁、T形梁、槽形梁、箱形梁等。

为防止切应力破坏，腹板也不能太薄。

合理常见横截面的 W/A 值如图 9.45 所示。

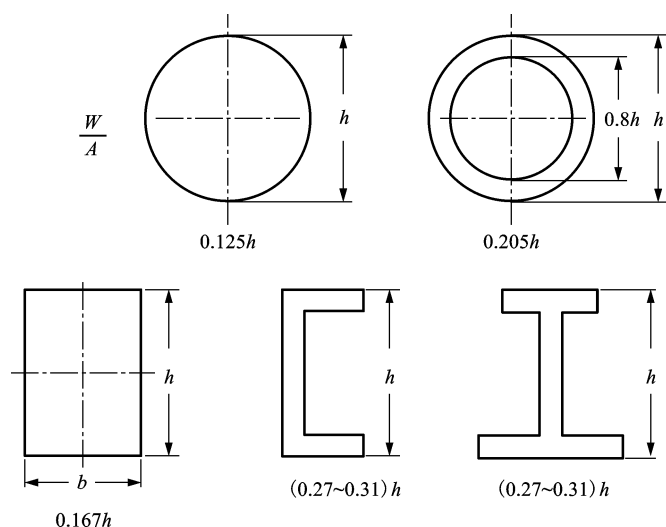


图 9.45 横截面的 W/A 值

【提出问题】 W/A 值越大越好，还是越小越好呢？

【学生回答】

比值越大，截面越经济合理。

【引出思政】作为一名工程师，在保证安全的前提下，也应考虑其经济性。

②充分利用材料的力学性质。

【提出问题】对于塑性材料，选用哪种截面合理？对称截面还是不对称截面？

【学生回答】

选用对称截面。

图 9.46 所示为对称截面。

设计意图：通过 W/A 比值的比较，让学生意识到在工程设计中安全与节约之间的联系。

设计意图：通过引导学生将前面所学的横截面形状进行类比分析，培养学生的归纳、总结的科学思维。

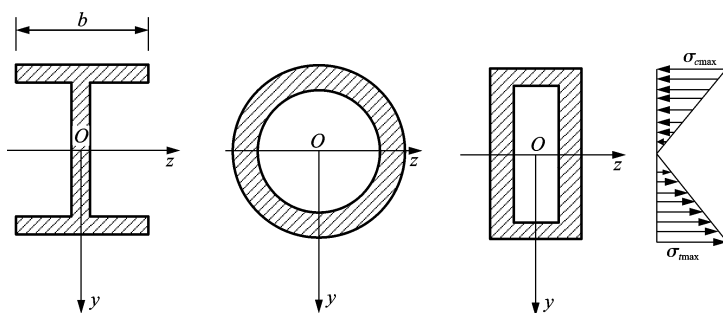


图 9.46 对称截面

【提出问题】对于脆性材料，选用哪种截面合理？如何进行最优设计？

【学生回答】

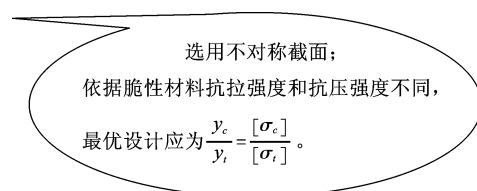


图 9.47 所示为不对称截面。

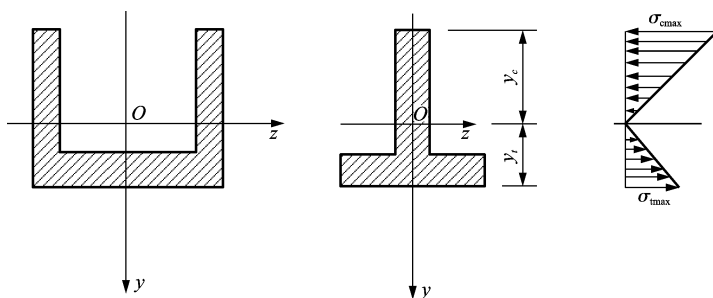


图 9.47 不对称截面

【知识应用】(雨课堂扫码答题)

从拉压强度考虑，图 9.48 所示为铸铁工字梁截面，跨中腹板钻一个孔，哪一个合理位置？

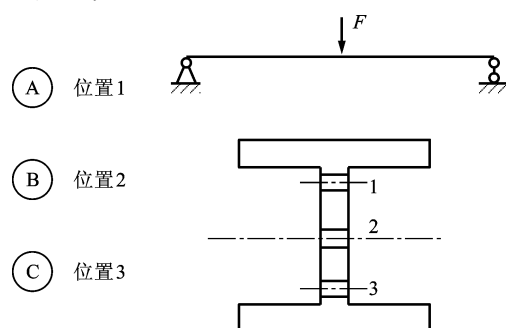


图 9.48

设计意图：对应知识点联系，了解学生的理解和掌握程度。

【讨论】图 9.49 为鸟类翅膀的骨骼及植物茎秆，试从弯曲强度的角度

探讨其合理性。

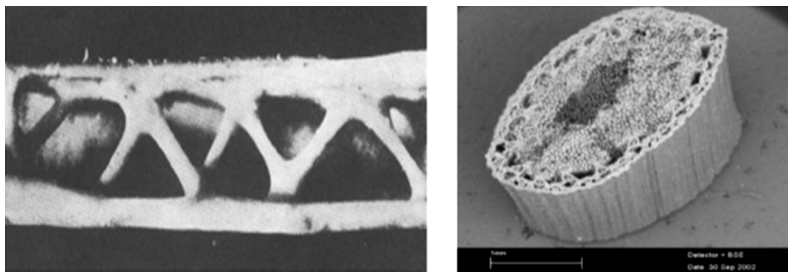


图 9.49 鸟类翅膀的骨骼和植物茎秆

【思考】对于整个梁而言，横截面上的内力不相等，应如何考虑？

【引出内容】根据梁的内力分布，当危险截面上的最大应力达到材料的许用应力时，其他截面上的应力小于许用应力，材料仍然有富裕；为了能够充分发挥材料的潜力，节省材料，减轻自重，把梁设计成变截面的。

【引出思政】作为一名工程师，应当具有保证既安全又节约的工程素养。

(2) 变截面梁与等强度梁。

设计思路：与内力分布匹配的变截面梁设计。

等强度梁：梁各截面上的最大正应力相等，并均达到材料的许用应力。

设计示意图如图 9.50 所示。

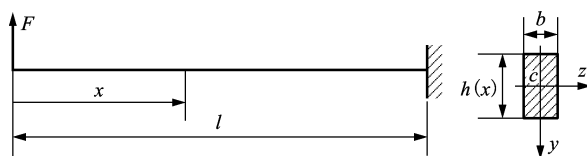


图 9.50 矩形截面悬臂梁设计示意图

【学生推导】请学生将矩形截面的悬臂梁设计为等强度梁。

依据正应力等强度条件：

$$\frac{M(x)}{W(x)} = [\sigma]$$

$$M(x) = Fx, W(x) = \frac{bh^2(x)}{6} \rightarrow h(x) = \sqrt{\frac{6Fx}{b[\sigma]}}$$

悬臂梁设计如图 9.51 所示。

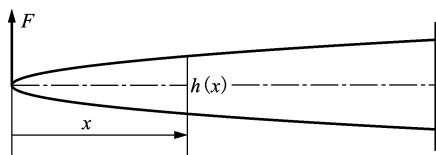


图 9.51 悬臂梁设计(一)

依据切应力等强度条件

$$\frac{3F_s(x)}{2bh(x)} = [\tau]$$

设计意图：通过对梁的整体优化，培养学生的发散思维和全面综合分析问题的能力。

培养学生在工程设计中保证既安全又节约的工程素养。

$$F_s(x) = F \rightarrow h(x) = \frac{3F}{2b[\tau]} = h_1$$

悬臂梁设计如图 9.52 所示。

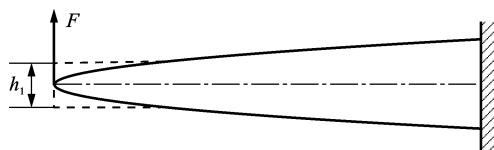


图 9.52 悬臂梁设计(二)

【应用案例】如图 9.53 至图 9.56 所示。



图 9.53 阶梯形梁



图 9.54 厂房梁

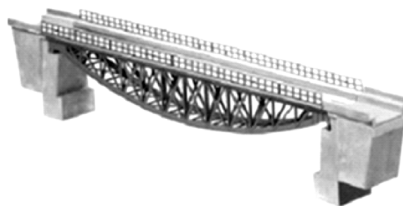
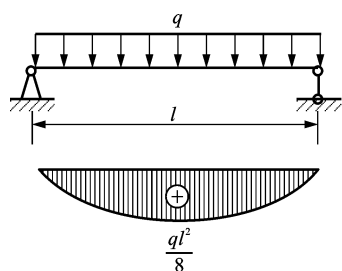


图 9.55 鱼腹梁

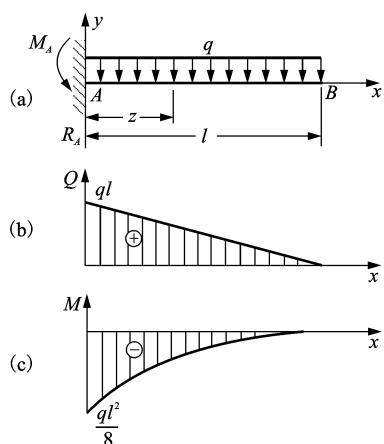


图 9.56 飞机机翼

设计意图: 通过列举工程实例应用, 强化知识的工程应用意识。

(3) 梁的合理受力。

设计思路: 降低 $M_{\max}$ 。

【提出问题】如何降低最大弯矩?

【学生回答】

从约束和载荷两方面设计。

①合理安排约束。

合理调整支座的位置来减小梁内的最大弯矩, 如图 9.57 所示。

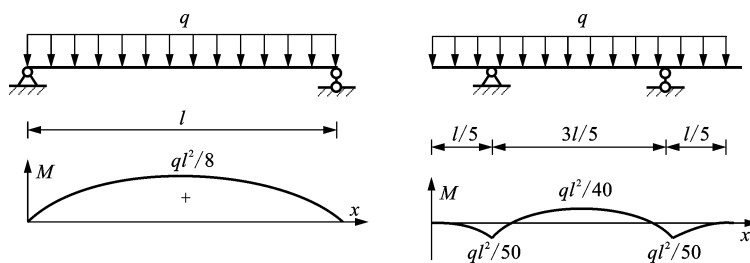


图 9.57 合理安排约束

【应用案例】油罐车和双杠(见图 9.58、图 9.59)。



图 9.58 油罐车



图 9.59 双杠

设计意图: 通过列举工程实例应用, 培养学生将理论知识应用到工程实例的意识。

②合理安排加载方式。

如图 9.60 所示。

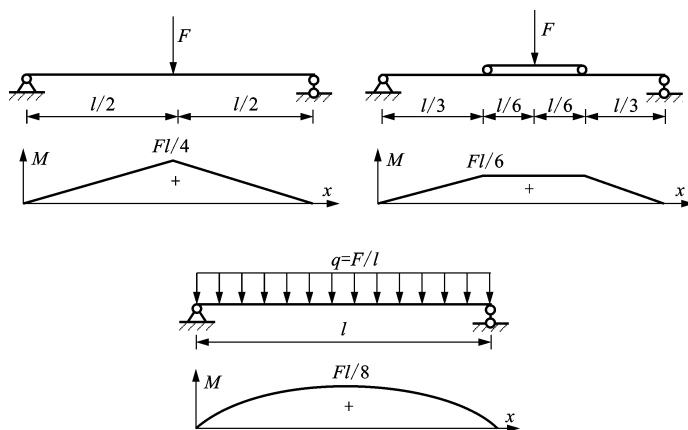


图 9.60 合理安排加载方式

通过三种等效载荷(合理相同)作用下梁的内力对比,说明增加附加梁可以有效降低梁内的最大弯矩,以及降低最大应力,间接提高梁的强度。

◆ 案例分析

案例 1 汽车钢板弹簧。

图 9.61 为汽车钢板弹簧设计。

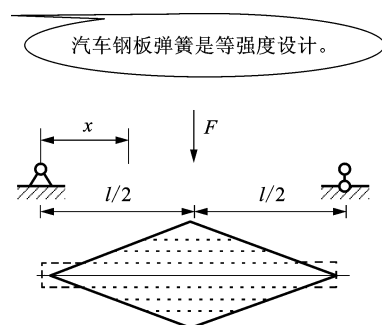


图 9.61 汽车钢板弹簧设计

【学生分析】讨论汽车钢板弹簧设计中体现了哪些力学原理。

注意:变宽度等强梁不方便工程应用,切成条后沿高度叠放。

案例 2 吊车改良。

图 9.62 为改进后的吊车。

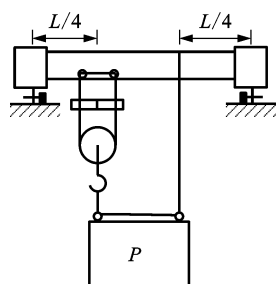


图 9.62 改进后的吊车

设计意图:通过对比的方式,直接地表达构造附加梁可以分散载荷,从而有效降低最大弯矩的效果,培养学生的研究性思维。

教学方法:案例法。

设计意图:通过 3 个案例的分析,学生将理论知识熟练应用于工程案例,培养学生的分析问题的能力 and 创新设计能力。

设计意图:通过古建筑斗拱结构中蕴含的力学原理,让学生从中深刻体会中国几千年的璀璨文明和中华文明的源远流长,激发学生的民族自豪感和文化自信心。

【学生分析】请同学们想想他们是如何解决问题的?

案例3 中国古代建筑的斗拱结构。

【学生分析】从中国古建筑的斗拱结构,你悟出了哪些力学原理?

斗拱结构将载荷分散化,减小了最大弯矩。

前沿科学

知识拓展

生物结构启发下的超材料设计及应用(见图9.63)。

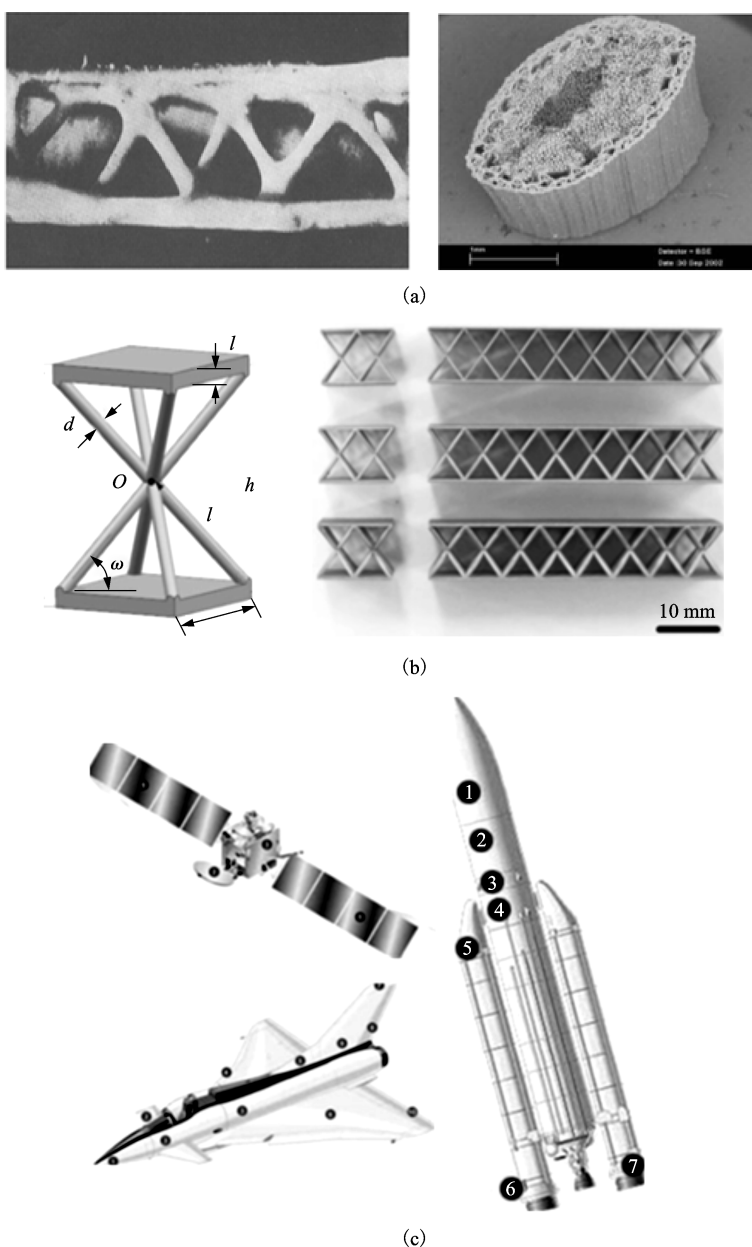


图 9.63 生物结构启发下的超材料设计及应用

教学方法: 案例法、启发式教学法

设计意图: 通过前沿科学研究介绍, 激发学生灵活运用知识, 培养学生的创新意识。

◆ 思政育人

(1) 要有民族自豪感和文化自信心, 热爱祖国。通过分析古代建筑中斗拱结构蕴含的力学原理, 从中深刻体会中国几千年的璀璨文明和中华文明的源远流长, 培养学生的民族自豪感、文化自信心和爱国情怀。

(2) 要有既安全又节约的工程素养。通过梁的合理设计, 其中横截面的合理利用、材料力学性能的合理利用, 以及等强度梁的设计理念, 给学生传播经济性的概念, 培养既安全又节约的工程素养。

◆ 归纳小结作业布置

(1) 小结: 请同学们列举提高梁强度的措施。

① 梁的合理截面形状。

a. 增大 W_z 、 I_z 。

b. 充分利用材料的力学性质。

② 变截面梁与等强度梁。

③ 梁的合理受力。

a. 合理安排约束。

b. 合理安排加载方式。

(2) 课后作业: 5.31、5.32、5.36(《材料力学》第6版, 刘鸿文主编)

(3) 课后提高题:

如图 9.64 所示, 宽为 4 m 的水沟上横跨一长 6 m 的木梁, 两个体重均为 81.6 kg 的同伴欲过此沟, 试给出过桥方案。已知, 梁横截面为矩形, 宽 $t=22.5$ cm, 高 $h=4$ cm, 木材弹性模量 $E=10$ GPa, 比例极限 $\sigma_p=20$ MPa, 屈服极限 $\sigma_s=30$ MPa, 许用应力 $[\sigma]=10$ MPa。

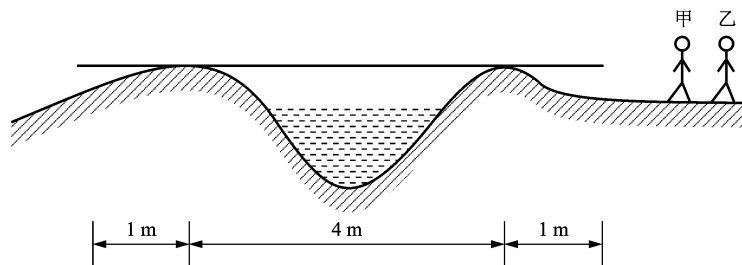


图 9.64 题目示意

总结梳理

消化巩固

知识拓展

理论与实践相结合

能力提升

▶ 板书设计

板书设计如图 9.65 所示。

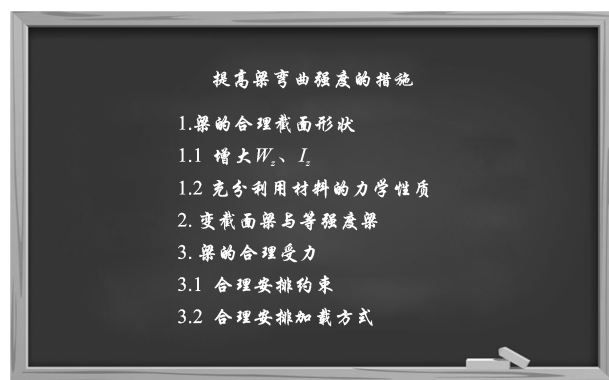


图 9.65 板书设计

教 学 反 思

本节课以三个案例引出思考,巧妙设疑,引出教学内容,创造积极、探索的教学环境。(1)通过案例提出思考,紧紧地抓住了学生的好奇心和求知欲,把学生带到课堂上来;(2)在梁合理设计的理论依据的基础上,引导学生想出梁的合理设计思路,充分发挥教师的主导作用和学生的主体作用;(3)将具体措施分成三点,在一问一答的师生互动中,一一列举;(4)回到开始的案例思考,让学生利用本节课所学的知识解开案例中的疑问。

课堂上通过提问、学生展示、雨课堂答题等多种互动形式,了解学生对知识点的掌握程度,步步跟进,效果较好。针对梁横截面的设计,拓展了仿生材料和复合材料的设计与应用的前沿科学研究,激发学生的观察力和创新想法。课后设立一道提高题目,可以加深学生对知识点的理解,加强学生对知识的应用能力。