

3.3

区段叠加法作静定结构的 M 图

基本信息

教学主题	区段叠加法作静定结构的 M 图	课时安排	1 课时(45 分钟)
所在章节	第3章 静定梁与静定刚梁/第1节 单跨静定梁		

【教学目标】

❖ 知识目标

深度理解利用叠加原理作单跨静定梁的弯矩图的原理；掌握叠加原理作单跨静定梁的弯矩图的步骤；熟练掌握单跨静定梁在简单荷载(1个集中力、满跨均布荷载、1个集力偶)作用下的弯矩图。

❖ 能力目标

通过学习、课堂讨论等活动，学生应能深刻理解区段叠加法作弯矩图的原理；理解区段叠加法不仅适用于简支梁，也适用于简支梁、其他单跨梁、刚架等结构上的任何一段，培养将复杂问题分解成几个简单问题来处理的思维能力，或将未知问题转化为已知问题来求解的能力。通过归纳和总结，学生应能理解区段叠加法作弯矩图的步骤，培养抽象概括能力。通过习题练习，学生应能从本质上理解区段叠加法作弯矩图的思路，学会使用区段叠加法作弯矩图，提高综合运用所学知识和技能解决问题的水平。

❖ 素质目标

用沪苏通长江公铁大桥导入知识点。沪苏通长江公铁大桥的建设规模、建设成就，刷新了多项世界纪录和中国桥梁建设纪录，培养学生的民族自豪感和家国情怀；通过学习，端正学习态度，所谓“积思顿释”，思考得多了，练习得多了，自然就明白了其中的力学原理、奥妙，由此培养学生养成勤于思考、多动手的良好学习习惯。使学生多关注学科发展和桥梁建设动态。培养学生作为工程技术人员严谨、规范意识。

【教学重点与难点】

❖ 教学重点

- (1) 区段叠加法作静定结构弯矩图的原理。
- (2) 区段叠加法作静定结构弯矩图的步骤。

❖ 教学难点

- (1) 区段叠加法作弯矩图的步骤。
- (2) 利用弯矩图作单跨静定梁的剪力图。

【教学思路与方法】

❖ 内容分析

叠加原理是土木工程结构分析计算的重要方法,可以说叠加原理的身影无处不在。从结构力学课程的学习角度来说,基于叠加原理的区段叠加法是灵活作静定结构和超静定结构 M 图的重要方法,贯穿于结构力学课程的始终。“身小能量大”,掌握好叠加原理,能够高效地、方便地作出结构的 M 图。

要理解叠加原理不难,难的是如何在解题过程中灵活应用。若能够由此及彼,合理运用,则会给计算带来意想不到的效果。

❖ 教学设计整体思路

内容回顾(单跨静定梁内力计算的截面法) → 新课导入(提出问题:桥梁结构产生内力的原因是什么?如何计算这些原因产生的内力?) → 新课展开(叠加原理、区段叠加法作弯矩图等) → 总结(归纳所学知识) → 拓展延伸(理论联系实际,实际结构承受的荷载) → 课后作业(进一步思考所学知识) → 下节内容+预习要求。

❖ 主要教学方法

思考互动法,多媒体辅助讲授法,设疑启发法,练习法,对比分析法,课堂讨论法,归纳总结法。

【教具】

电脑、投影仪、多媒体课件、板书、教鞭、动画视频。

教 学 过 程

◆ 内容回顾

单跨静定梁内力计算的截面法如图 3.31 所示。

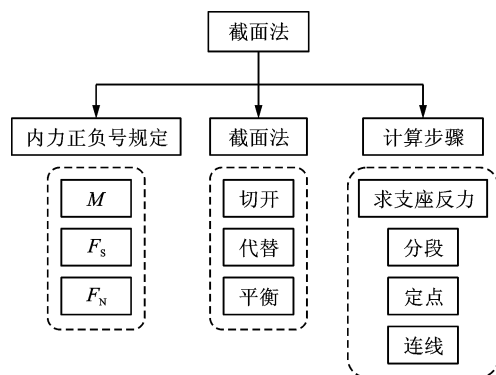


图 3.31 单跨静定梁内力计算的截面法

复习巩固
温故知新
引出下文

回顾法、思考互动: 师生一起回顾上节课的主要内容, 教师边提问学生边思考, 理清基本概念, 巩固学习内容。

◆ 作业完成情况总结分析

作业评析:

- (1) 总结作业整体情况;
- (2) 分析作业中普遍存在的问题;
- (3) 对作业中的难点进行讲解。

上节课课后思考题:

- (1) 对上节课课后思考题学生网上讨论结果进行分析总结;
- (2) 对学生学习中的难点进行讲解讨论。

◆ 课堂导入

以实际结构——沪苏通长江公路铁路大桥为例(见图 3.32)。



图 3.32 沪苏通长江公路铁路大桥

【提出问题】桥梁结构产生内力的原因是什么? 如何计算这些原因所产生的内力?

产生的原因有结构自重、风荷载、汽车荷载、铁路荷载、地基沉降等。

【总结】这些原因同时作用在结构上不方便计算, 可单独计算后求和, 由此引出叠加原理。

◆ 课程展开

一、叠加原理

由多个荷载所产生的内力和位移等于单个荷载所产生的内力和位移之和。

【思考】叠加原理的适用条件是什么? 是不是任何条件下均可采用叠加原理? 实际结构能否采用叠加原理?

作业点拨
思政育人

★ 课程思政

树立严谨、规范、规矩意识, 让学生明确作图要规范、作业整体要规范、步骤要完整。弯矩图、剪力图与原图是完全对应的, 因为内力图的基线即代表了原结构梁的杆长; 作为工程技术人员, 必须具有严谨的科学态度, 同时树立规矩意识。

结合工程 分析现状
提出问题 思政育人

思考互动、设问法: 结构产生内力的原因是什么? 如何计算这些原因所产生的内力?
【师生互动】2020年7月通车的沪苏通长江公路铁路大桥, 其工程规模大, 施工难度大, 创造了世界桥梁和中国桥梁建设的多个之最。

★ 课程思政

培养学生爱国主义精神, 感受强大祖国的桥梁建设水平, 培育家国情怀。目前的所学知识还不能解决沪苏通长江公路铁路大桥的内力计算, 可先从简单结构着手。

本节课就是利用叠加原理作单跨梁的弯矩图。事实上, 叠加原理不仅可以用于静定单跨梁, 刚架、超静定梁、刚架均可采用叠加原理作 M 图, 叠加原理在结构力学上应用广泛。

学习新知
启发思考

适用条件：线弹性结构。
小变形结构，变形量 $\ll$ 原始尺寸。

二、区段叠加法作弯矩图(重点、难点)

算例 1：如何作如图 3.33 所示结构的 M 图？

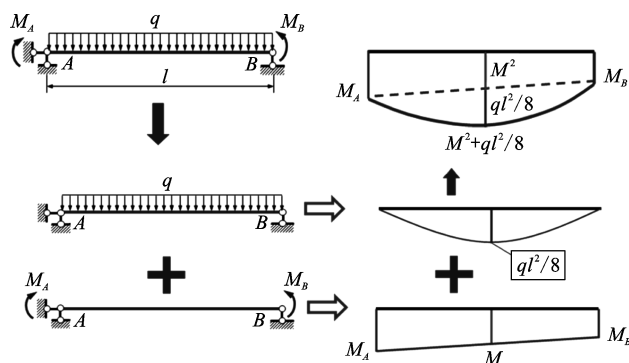


图 3.33 算例 1 图

【课堂讨论】两个弯矩图如何叠加？是图形的拼合吗？

总结：(1) 叠加的是关键截面的竖标；(2) 均布荷载作用下主要叠加跨中截面的竖标。

例 1：试用区段叠加法作图 3.34 所示结构的弯矩图。

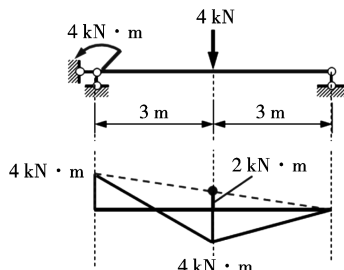


图 3.34 例 1 图

【思考】集中荷载作用下如何叠加弯矩图？

总结：叠加集中力作用点截面的竖标。

算例 2：如图 3.35 所示。

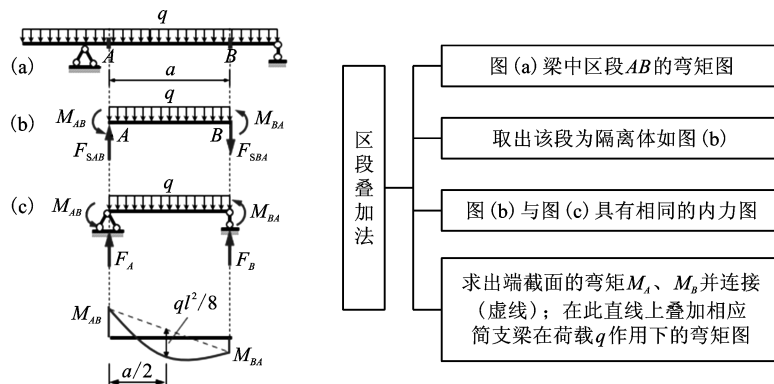


图 3.35 算例 2 图

讲授法、设疑启发法：叠加原理在前修课程中已涉及，这里重点讲叠加原理的适用条件，其应与实际结构结合。请大家思考：叠加原理的适用条件是什么？

【启发】实际结构，比如教学楼、桥梁结构能否采用叠加原理？同学们应明白叠加原理在实际结构中的应用。

以简支梁为例说明叠加原理作 M 图的方法，这里简支梁在单个荷载作用下的 M 图，以及具体叠加过程需要用板书的形式呈现。学生要理解叠加的过程和叠加的方法，特别是在实际操作中也就是作结构的 M 图时应该如何具体操作。

思考探究 小组合作
沟通表达 总结归纳

课堂讨论：请同学们分组讨论两个弯矩的叠加是如何叠加的？是弯矩图拼合吗？教师可巡视、查看同学们讨论的情况，及时发现问题，解决同学们的疑问。

归纳总结法：通过学习讨论，归纳总结叠加的是竖标：(1) 均布荷载作用下叠加跨中截面；(2) 集中力作用下叠加集中力作用点截面竖标。

通过分析 AB 段弯矩图的作法, 引出区段叠加法。强调, 结构上任一区段 AB , 可等效成一简支梁, 因而可由简支梁简单弯矩图形的叠加来得出结构上任一区段的弯矩图形。

区段叠加法的具体表述:

- (1) 梁或刚架上任一直杆段, 其两端弯矩用截面法计算出来;
- (2) 在基线上标出;
- (3) 连成虚线;
- (4) 以此虚线为基线叠加上相应简支梁荷载作用下的 M 图。

三、单跨静定梁基本弯矩图

单跨静定梁基本弯矩图如图 3.36 所示。

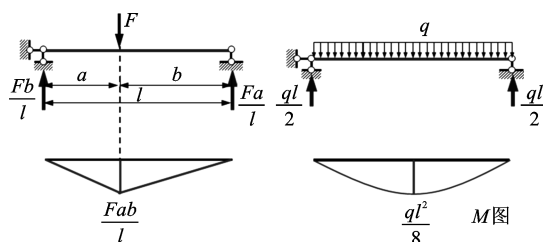


图 3.36 单跨静定梁基本弯矩图

例 2: 试作图 3.37 所示单跨静梁的弯矩图。

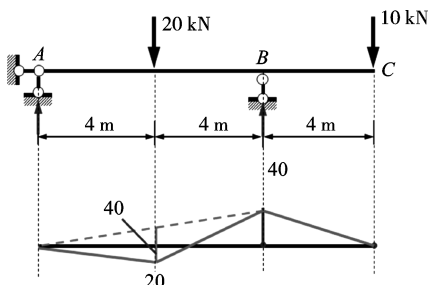


图 3.37 例 2 图

四、利用弯矩图作剪力图(难点)

根据弯矩和剪力的微分关系, 由弯矩图作剪力图。

- (1) 由 $\frac{dM}{dx} = F_s$ 求剪力的数值;

(2) 弯矩图从基线顺时针转, 剪力为正值; 弯矩图从基线逆时针转, 剪力为负值。

【思考】材料力学上学习过利用剪力图求解弯矩图, 那么请同学们思考如何由弯矩图作剪力图? 两种方法之间的关系和联系?

学习新知 逻辑思维
思政育人 启发思考

讲授法、设疑启发法: 以算例 2 的讲解引出区段叠加法; AB 段的受力为什么能等效为简支梁?

【设疑启发】(b) 图中隔离体的受力与 (c) 图中简支梁的受力完全相同。推广到直梁上任一直杆段均可等效为一简支梁。

讲清楚区段叠加法的适用范围, 不仅适用于简支梁, 也可适用于梁或刚架的任一直杆段。

★ 课程思政

勤学、多思, 端正学习态度。区段叠加法在结构力学中的应用非常广泛, 作结构的 M 图基本都会用到区段叠加法。同学们要多练习, 深刻理解做题原理、步骤。同学们要端正学习态度, 所谓“积思顿悟”, 思考得多了, 练习得多了, 自然就明白了其中的力学原理、奥妙。要培养学生养成勤于思考、多动手的良好学习习惯, 同时培养学生将复杂问题分解为简单问题来进行求解的思维能力。

实战练兵
掌握技巧

先练后讲法: 根据前面的学习同学们可先作结构的 M 图, 重点讲解 AB 段叠加过程。

例 3: 试作图 3.38 所示单跨静梁的剪力图。

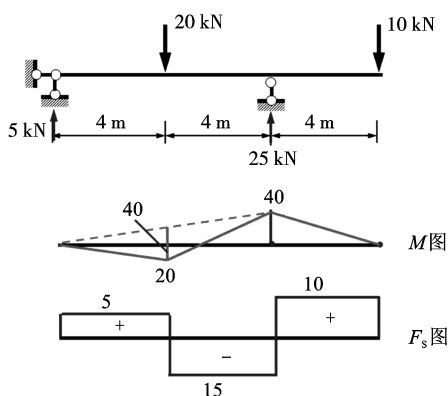


图 3.38 例 3 图

例 4: 试作图 3.39 所示单跨静梁的弯矩图和剪力图。

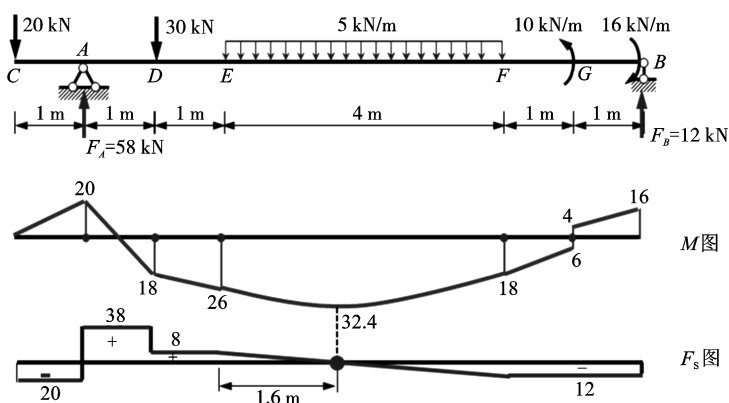


图 3.39 例 4 图

总结

区段叠加法总结如图 3.40 所示。

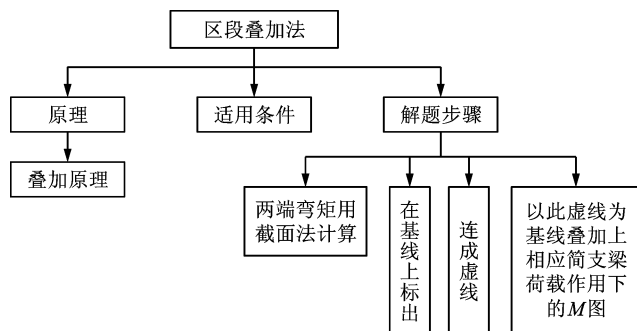


图 3.40 区段叠加法总结

拓展延伸

(1) 我们上课教室所在的教学楼在进行结构设计时应该考虑哪些形式

学习新知 启发思考

实战练兵 动手动脑

讲授法、对比分析法: 材料力学上学习过利用剪力图求解弯矩图, 那么请同学们思考如何由弯矩图作剪力图?

【对比分析】材料力学上是先作剪力图, 根据剪力图的面积求截面弯矩, 从而画出弯矩图。结构力学上是先作弯矩图, 根据弯矩和剪力之间的微分关系, 直接求弯矩图的斜率即可求得剪力作出剪力图。那么结构力学上为什么一定要先作弯矩图呢?

【启发思考】因为梁是受弯为主的构件, 一般情况下只需考虑弯曲变形而不需考虑剪切变形, 所以很多时候只作弯矩图, 而不需要作剪力图。那么两种方法之间的关系和联系是什么? 就是一个求积分一个求导。

练习法、先练后讲法: 通过例 3 和例 4 的练习深刻理解和掌握区段叠加法作弯矩图。

例 4 中, 注意如果利用区段叠加法作弯矩图, 需要利用截面法求解哪些截面弯矩即可? A、E、F、B 截面求出, 用三次区段叠加即可作出弯矩图。但有些时候是否用区段叠加, 视具体情况而定, 哪种求解方便就用哪种。

归纳总结

梳理知识

消化巩固

的荷载?

(2) 请查阅资料,了解沪苏通长江公路铁路大桥的建设规模、设计参数、建设成果。

课后作业

【作业】教材 P94: 3-7(a、c、e、h)。

【思考题】

(1) 叠加原理的适用范围是什么? 实际结构内力计算能否使用叠加原理?

(2) 如图 3.41 所示, 多个荷载作用在结构上如何采用叠加原理?

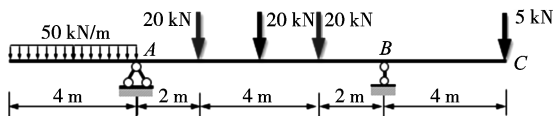


图 3.41 (2) 题图

下节内容+预习要求

【下节内容】

多跨静定梁的内力计算+课堂练习(理论课): (1) 多跨静定梁的受力特点; (2) 多跨静定梁的计算方式, 与单跨梁的计算的差别。

【预习要求】

(1) 预习时间: 30~40 分钟; (2) 完成下节内容的微视频学习; (3) 完成教材 2.5 节内容的学习; (4) 阅读相关参考资料; (5) 做好预习笔记, 包括自己的看法和体会, 记录不懂和有疑问的地方。

课余教学

- ◆ “学银在线”教学平台资料和微视频学习;
- ◆ “学银在线”教学平台学习在线测试;
- ◆ 教学平台互动讨论、交流;
- ◆ 在线学习答疑;
- ◆ 图书馆数字资源。

板书设计

【固定板书】

固定板书如图 3.42 所示。

丰富知识

拓展能力

思政育人

课后拓展: 理论联系实际, 教学楼设计时考虑哪些形式荷载?

★ 课程思政

了解桥梁建设动态, 关注学科发展。

思考探究

逻辑思维

掌握知识

通过作业题, 掌握区段叠加法的解题过程, 理解用区段叠加法作弯矩图的本质特征。

思考知识之间的紧密关系, 培养学生主动学习、主动探究的学习能力。

自主学习

养成习惯

学而时习

教育的目的是养成自己学习自己研究, 用自己的头脑来想、用自己的眼睛来看、用自己的手来做的能力。

3-1 单跨静定梁

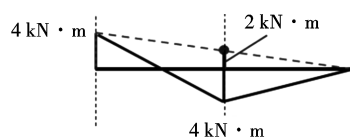
- 一、叠加原理
- 二、区段叠加法作弯矩图
- 三、单跨静定梁基本弯矩图
- 四、利用弯矩图作剪力图

图 3.42 固定板书

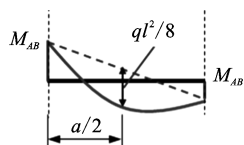
【机动板书】

机动板书如图 3.43 所示。

例 1:



算例 2:



例 3:

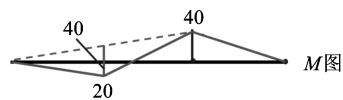


图 3.43 机动板书