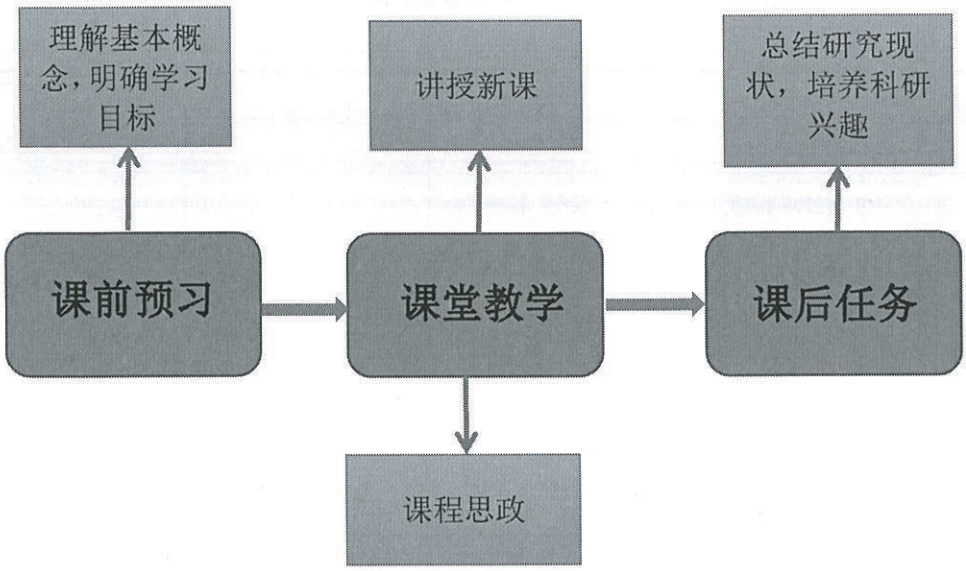
崔宏环

《土力学》教学设计

一、课程基本信息			
课程名称	土力学	**任课教师**	崔宏环、蒋希雁、胡建林、李瑞军、郭强
授课对象	土木工程、勘查技术与工程、道路桥梁与渡河工程、安全工程专业大三学生	**授课学时**	40
章节名称	第八章　土压力	**知识点**	土压力概念 土压力类型 朗肯土压力理论
二、学情分析			
学情分析	授课对象为大三的本科生，已经掌握了基本的力学知识。本节课的内容与土的极限平衡条件相关较大，在教学过程中需要重点进行知识回顾。		
三、教学内容设计			
教学内容	1.土压力概念 2.土压力类型 3.朗肯土压力理论		
教学目标	**1.知识目标** 理解土压力概念；掌握朗肯土压力计算方法。 **2.能力目标** 能够根据实际工程问题正确计算作用在支护结构上的土压力；具备解决复杂工程问题下的土压力相关问题的能力；具备针对土压力问题开展一定科学研究的基础。 **3.价值目标** 培养求真务实、探索创新的科学精神，社会责任与使命感，以及辩证看待事物的问题分析能力。		
重点难点	**1.教学重点：** 朗肯土压力计算		

	2.教学难点：土压力理论的工程应用
教学思路	
思政要素	1.执业规范 引入典型的基坑事故案例，给学生以警示，培养学生的社会责任感，使其能够自觉遵守工程职业道德和规范，履行相关责任，能够充分考虑土木工程实践对健康、安全、法律、环境、社会可持续发展的影响 2.四个自信 以实际工程案例说明我国重大工程中所采用的基坑支护技术，突出工程的特殊性、创新性，体现我国在基建方面的优势，培养学生的“四个自信”。 3.探索精神 以土压力的发展为线，介绍目前土压力研究进展，培养学生的科研思维与科研兴趣，引导学生在科研的道路上要勇于创新与探索。 4.辩证思维 以朗肯土压力理论的假设条件为素材，阐述该理论的适用范围以及其局限性。让学生理解该理论提出的时代背景，正确看待其局限性，任何事物的产生、发展都是和其所在的时代特征相关，我们要辩证的、发展的看待问题。

四、教学方法

线上自学	采用学堂在线、中国大学 MOOC 精品在线课为资源，培养学生的自学能力
课堂讲授	采用案例式、讨论式、启发式教学

五、教学过程设计

（一）课前预习

充分利用在线慕课学习资源进行课前预习。在线学习前设计好三个不同层次的问题引导学生思考，带着问题进行在线学习。

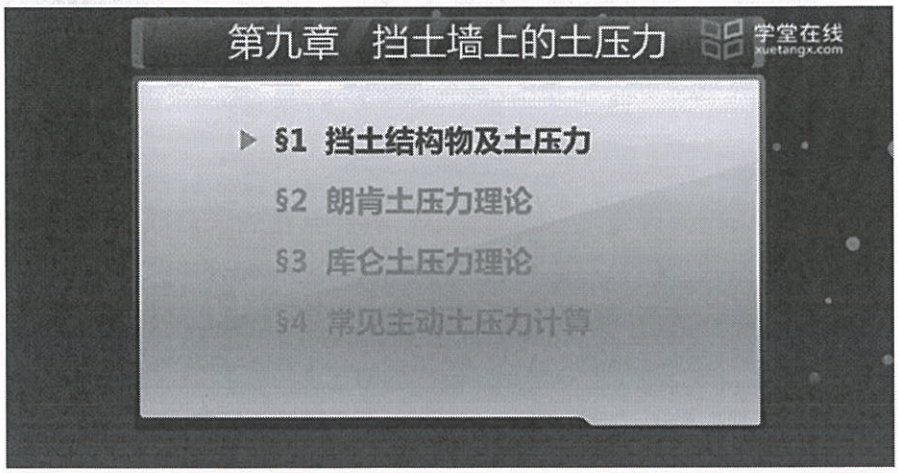


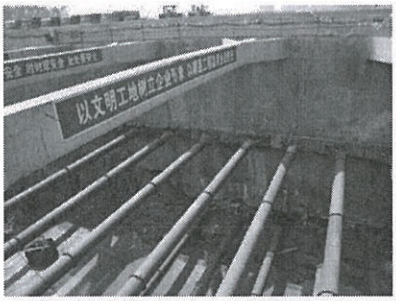
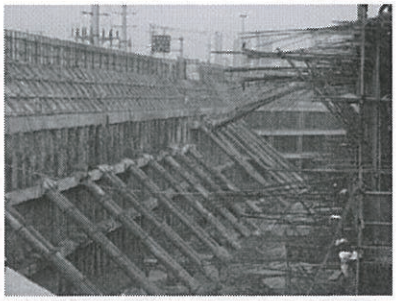
图 1　在线慕课学习资源

问题 1：什么是土压力，土压力类型有哪些？

问题 2：朗肯土压力的适用条件（假设条件）有哪些？为什么要有这些假设条件？这些假设条件对土压力的计算有什么影响？

问题 3：很多工程实测的土压力结果与采用朗肯土压力理论的计算结果相差较大，你觉得原因有哪些？

（二）课堂教学

教学过程	目标
1.课程导入（3 分钟） 挡土墙、基坑支护等在实际工程中十分常见，如何计算作用在支挡结构上的土压力关系到支护结构的设计，所以有必要学习作用在挡土结构上侧向土压力。	采用案例引入课程教学内容
  图 2　基坑支护工程实例 基坑支护工程事故属于危险性较大工程，在设计、事故、运营的过程中要慎之又慎，基坑支护工程事故往往会造成较大的财产损失和伤亡事故，我们要有遵守执业规范，质量严格把关，做一个合格的中国工程师。	**通过工程事故案例**

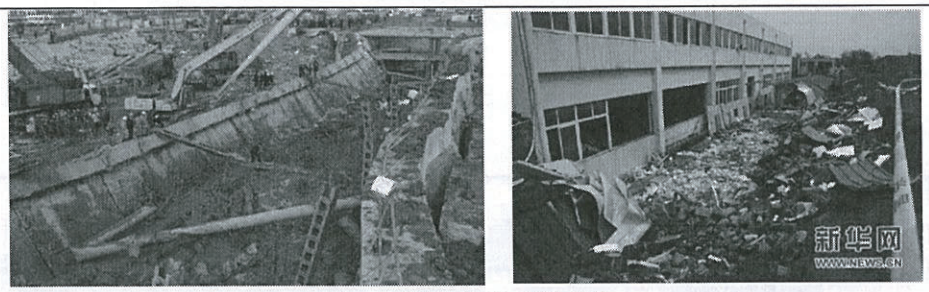


图 3　基坑支护工程事故

2.在线学习成果评估（2 分钟）

采用雨课堂进行随堂测试，检验学生的学习成效，以便及时调整教学设计。

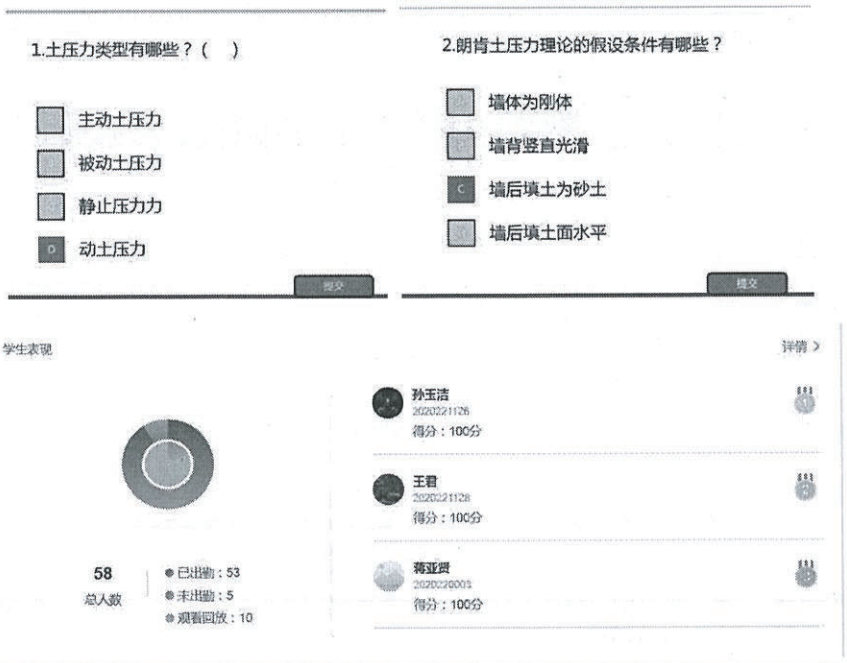


图 4　雨课堂随堂测试题目及学生表现

3.新课讲授（45 分钟）

图 5　课堂教学

1）基本概念

土压力通常是指土因自重对挡土结构物产生的侧向压力。土压力的大小、方向、分布规律和合力作用点等对于设计挡土结构物断面及验算其稳定性及其重要。

2）土压力类型

$$\begin{cases} \text{静止土压力}E_0 \Rightarrow \text{墙不动} \rightarrow \text{如地下室侧墙} \\ \text{主动土压力}E_a \Rightarrow \text{土推墙} \rightarrow \text{如一般的重力式挡土墙} \\ \text{被动土压力}E_p \Rightarrow \text{墙推土} \rightarrow \text{如桥墩} \end{cases}$$

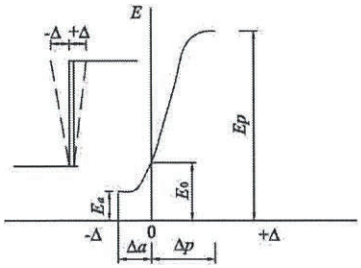


图 6 墙身位移和土压力的关系

a．静止土压力——挡土墙在土压力作用下不发生任何变形和位移（移动或转动）墙后填土处于弹性平衡状态，作用在挡土墙背的土压力。

b．主动土压力——挡土墙在土压力作用下离开土体向前位移时，土压力随之减少。当位移至一定数值时，墙后土体达到主动**极限平衡**状态。此时，作用在墙背的土压力称为主动土压力用 E_a 表示。

c．被动土压力——挡土墙在外力作用下向土体方向偏移至土体达到**极限平衡**状态时，作用在挡土墙上的土压力称为被动土压力，用 E_p 表示。

挡土墙计算属于平面应变问题，故在土压力计算中，均取一延米的计算宽度，土压力单位为 kN/m，而土压力强度则取 kPa。土压力的计算理论主要有古典的 W.J.M.朗肯（Rankine,1857）理论和 C.A.库伦（Coulomb,1773）理论。

【讨论】在基坑工程中计算支护结构的稳定性时，该如何选择土压力进行计算？

采用提问讨论的方式让学生理解土压力理论在实际工程中的运用

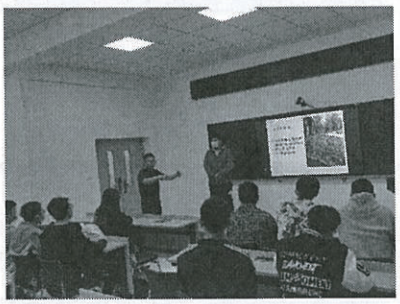


图 7 同学回答提问

3）朗肯土压力理论

朗肯理论原理——半空间土体处于极限平衡状态下的极限平衡关系。

朗肯理论前提（假设）$\left\{\begin{array}{l}\text{墙为刚体}\\\text{墙背垂直}\\\text{墙背光滑}\\\text{墙后填土水平}\end{array}\right\}$水平面与垂直面上的正应力为大小主应力。

【思考】为什么要进行这些假设？

提示：朗肯土压力理论是 1857 年由 Rankine 提出的，该理论的基础是半空间土体处于极限平衡状态下的极限平衡关系，做以上的假设是要保持水平面和竖直面为大小主应力面，这样才能采用该理论进行求解。这也正是朗肯土压力理论的局限性，但是要从该理论提出的背景看待其局限性。朗肯土压力理论被称为**经典土压力**理论，目前我国规范（基坑、边坡）中计算支挡结构稳定性仍然推荐采用朗肯土压力理论，一个 165 年前提出的理论，目前仍在规范中推荐使用，这就是它的生命力，这就是经典。目前国内外众多学者针对土压力问题开展研究，很对就是针对朗肯土压力理论中的假设条件进行研究，例如王成华教授发表在岩土工程学报上的论文就是考虑墙背粗糙的情况下的朗肯土压力理论研究，拓展了该理论的适用范围。**所以，我们要善于发现目前理论、工程实践中存在的问题，基于此开展研究。**

培养学生用辩证的眼光看待问题，，启发学生的科研思维

培养学生发现科研视角，激发科研兴趣

第30卷 增刊 岩 土 工 程 学 报 Vol.30 Supp.
2008年 10月 Chinese Journal of Geotechnical Engineering Oct., 2008

墙背粗糙的朗肯土压力理论研究

王成华[1]，刘庆晨[1]，李 波[2]
(1. 天津大学建筑工程学院，天津 300072；2. 天津市水利基建处，天津 300204)

摘 要：以经典的朗肯土压力理论为基础，考虑墙背摩擦的影响，利用墙后土体的莫尔－库仑准则、墙背与土体之间的接触面库仑定律，建立了能考虑填土成层、墙背粗糙的朗肯土压力理论。利用 FORTRAN 语言进行编程计算，将计算结果与传统的朗肯理论进行了对比分析，论证其科学性与适用性，研究其规律性。分析结果表明：利用本文理论计算出的主动土压力大于经典朗肯理论值，而被动土压力小于经典朗肯理论值。

关键词：朗肯土压力理论；极限平衡状态；墙背粗糙；成层性
中图分类号：TU432 **文献标识码**： **文章编号**：1000－4548(2008)S0－0129－05

作者简介：王成华(1959－)，男，天津人，教授，博士，主要从事土力学及岩土工程方面的研究。E-mail: chwang@tju.edu.cn。

$$\sigma_3=\sigma_1\tan^2(45^0-\frac{\varphi}{2})-2c\tan(45^0-\frac{\varphi}{2})$$

可得：

$$p_a=\sigma_3=\sigma_1\tan^2(45^0-\frac{\varphi}{2})-2c\tan(45^0-\frac{\varphi}{2})$$

令 $K_a=\tan^2(45^0-\frac{\varphi}{2})$，则有

粘性土主动土压力强度公式：$p_a=\gamma zK_a-2c\sqrt{K_a}$

无粘性土土压力强度公式：$p_a=\gamma zK_a$，因为 $c=0$，其分布如图 4 所示。

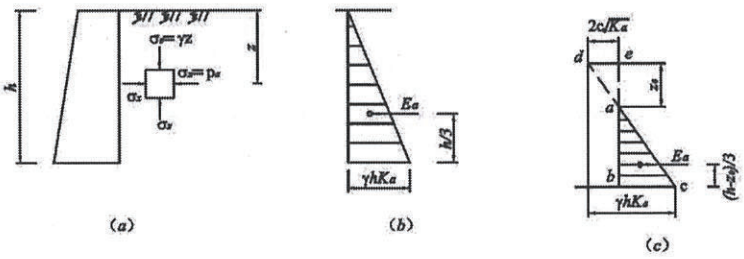


图 9 主动土压力强度分布图

利用土压力分布图可得主动土压力公式：

无粘性土：$E_a=\frac{1}{2}\gamma h^2K_a$，kN/m。——分布图面积，作用点：$h/3$

粘性土：$E_a=\frac{1}{2}(\gamma zK_a-2c\sqrt{K_a})(h-z_0)$，kN/m。——分布图面积，作用点：$(h-z_0)/3$，临界深度 $z_0=\frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}}$。

<table>
<tr>
<td></td>
<td>

B. 被动土压力：

由于出现被动土压力所相应的位移量相当大，以至于在许多结构设计中不容许采用由极限平衡条件导出的被动土压力计算公式。

粘性土：$p_p=\gamma z K_p+2c\sqrt{K_p}$，$K_p=\tan^2(45^0+\frac{\varphi}{2})$，$E_p=\frac{1}{2}\gamma h^2 K_p+2ch\sqrt{K_p}$

无粘性土：$p_p=\gamma z K_p$，$K_p=\tan^2(45^0+\frac{\varphi}{2})$，$E_p=\frac{1}{2}\gamma h^2 K_p$

【思考】朗肯土压力的假定对主动土压力和被动土压力的计算结果有什么影响呢？在实际工程中我们如何正确选择土压力类型并进行计算呢，例如对于一个基坑工程，如果周边环境比较宽松，对于变形没有要求，和周边有重要的建筑物需要进行保护，这两种情况下土压力的计算一样吗？

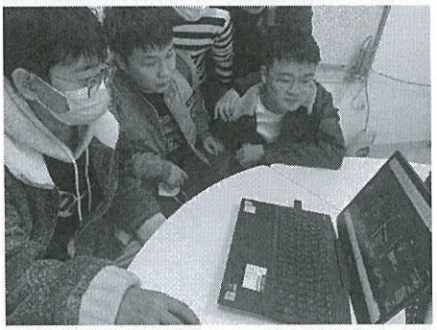
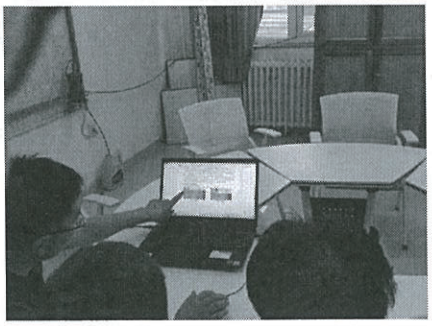
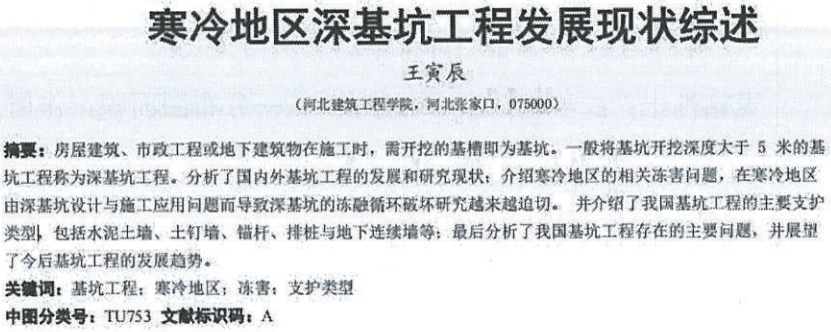



图 10　学生分组讨论研究

</td>
<td>**工程所处的环境不同需要具体问题具体分析**</td>
</tr>
<tr>
<td>（三）
课后作业</td>
<td>

土压力的研究一直是土力学乃至岩土工程问题中的一个研究重点，国内外众多学者对土压力问题展开了深入而且有意义的研究，请总结目前关于土压力的研究现状，按照时间、方法等进行归纳总结，如果你拟针对土压力问题开展学术研究，你觉得还可以从哪几个方面展开，可以采用什么样的方法进行研究。



寒冷地区深基坑工程发展现状综述

王寅辰

（河北建筑工程学院，河北张家口，075000）

摘要：房屋建筑、市政工程或地下建筑物在施工时，需开挖的基槽即为基坑。一般将基坑开挖深度大于 5 米的基坑工程称为深基坑工程。分析了国内外基坑工程的发展和研究现状；介绍寒冷地区的相关冻害问题，在寒冷地区由深基坑设计与施工应用问题而导致深基坑的冻融循环破坏研究越来越迫切。 并介绍了我国基坑工程的主要支护类型，包括水泥土墙、土钉墙、锚杆、排桩与地下连续墙等；最后分析了我国基坑工程存在的主要问题，并展望了今后基坑工程的发展趋势。

关键词：基坑工程；寒冷地区；冻害；支护类型

中图分类号：TU753 **文献标识码：**A

图 11　学生作业

</td>
</tr>
</table>

六、教学反思