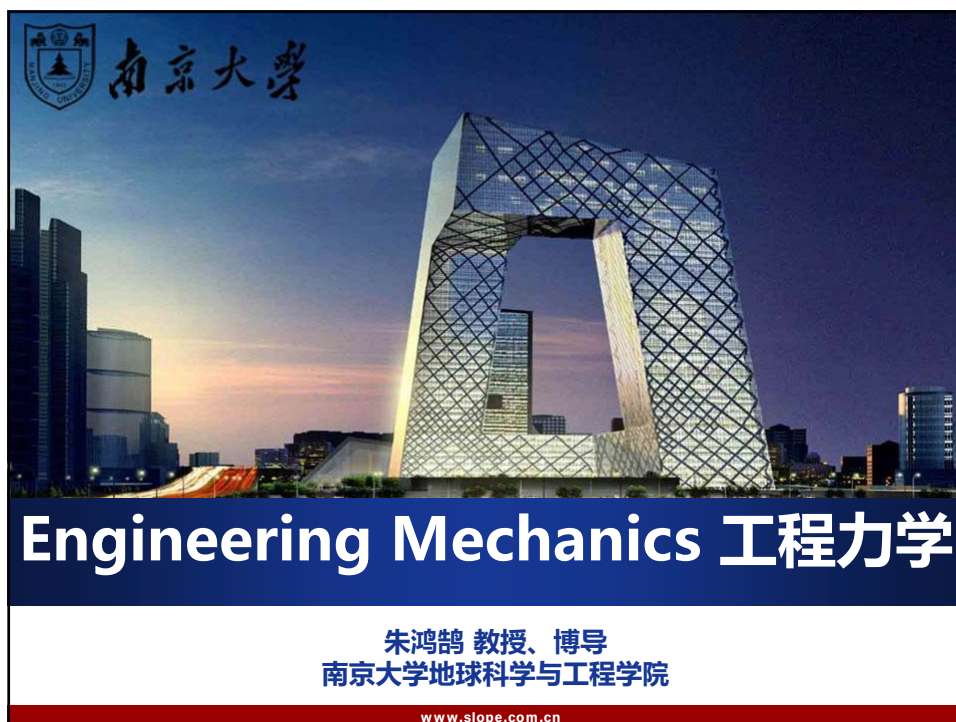




课程概论

www.slope.com.cn

花了200亿造的“大裤衩”，究竟突破了哪些建设难点？

大楼主体包括两座双向倾斜 6° 的塔楼、连接两个塔楼底层的裙楼和顶部标志性的悬臂结构。

一．悬臂——“扭曲”部位建造难度大



台长办公室



课程概论

www.slope.com.cn

- 高标号钢材——“冷热酸甜”都受得住，Q390D、Q460E
- 钢材焊接——强结点，弱构件
- 钢材总重达14万吨



NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

二、10万吨混凝土，连起来可绕地球5圈

本工程采用了超厚大体积混凝土作为基础筏板，平均厚度7m，最厚处达10.9m



NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

三、整体监测，全面把控

- 混凝土的精准配方：大体积混凝土的温度场、抗裂等问题
- “内外结合”，精准测量“对接”：边施工，边监测，边修正！



应当说，央视总部大楼并不是结构上最合理的建筑，其建筑难度和造价都是远高于普通建筑的。但是，用高超的建筑科技来完成一个看似不可能完成的建筑，这也是人类挑战自我的表现。这座舞动的钢铁巨兽已经成为了我们当代的建筑奇观，它身上所体现出的人类科技之光必将在历史的长河中闪闪发亮。



课程概论

www.slope.com.cn



17:36 刘诗雯，分别夺得男女单打冠军。 CCTV 20 南京大学



课程概论

www.slope.com.cn

授课教师情况

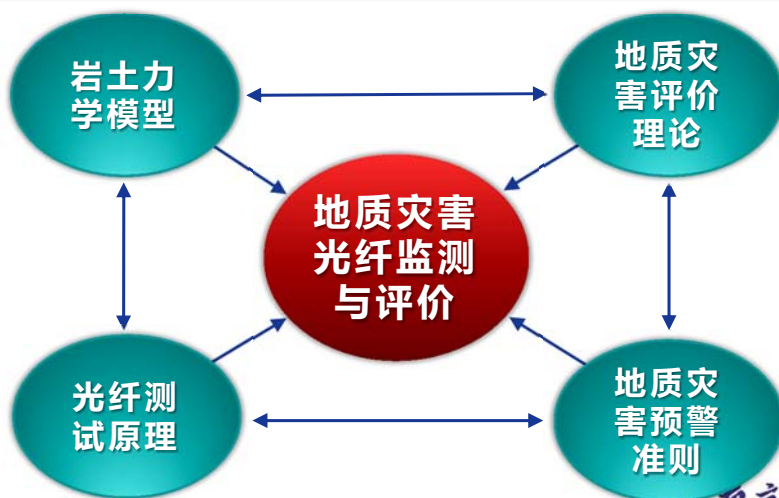
- ❖ 姓名：朱鸿鹄
 - ❖ 办公室：南京大学仙林校区朱共山楼362室
 - ❖ 电话：15895996665
 - ❖ E-mail：zhh@nju.edu.cn
 - ❖ 网站：www.slope.com.cn
-
- ❖ 1998 - 2002 浙江大学土木工程学系
 - ❖ 2002 - 2005 暨南大学力学与土木工程系
 - ❖ 2005 - 2010 香港理工大学土木及环境工程学系
 - ❖ 2010 - 现在 南京大学地质工程与信息技术系
 - ❖ 2014-2015 英国剑桥大学工程系



南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

研究方向



南京大学
NANJING UNIVERSITY

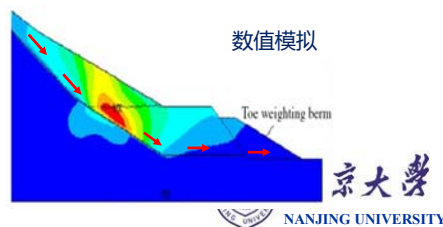
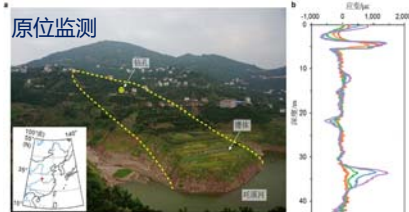
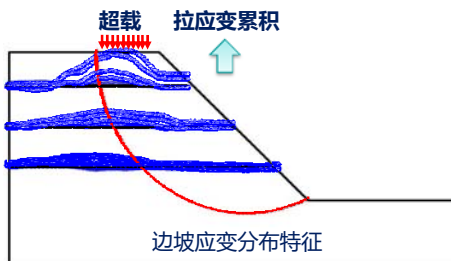
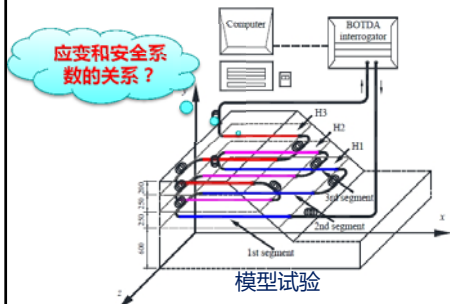
课程概论

www.slope.com.cn

研究方向1：滑坡监测预警及稳定性评价

$$K = a(\varepsilon_0 / \bar{\varepsilon}_{h \max})^b$$

应变和安全系数的关系？



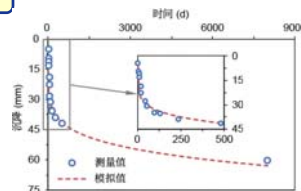
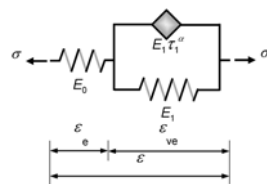
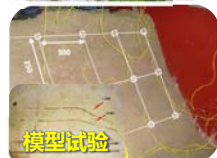
南京大学

NANJING UNIVERSITY

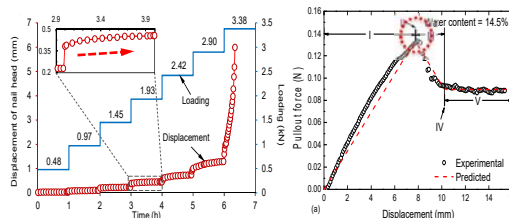
课程概论

www.slope.com.cn

研究方向2：软土地基变形预测及加筋技术研究



分数导数型土体流变模型



边坡柔性支护渐进性破坏

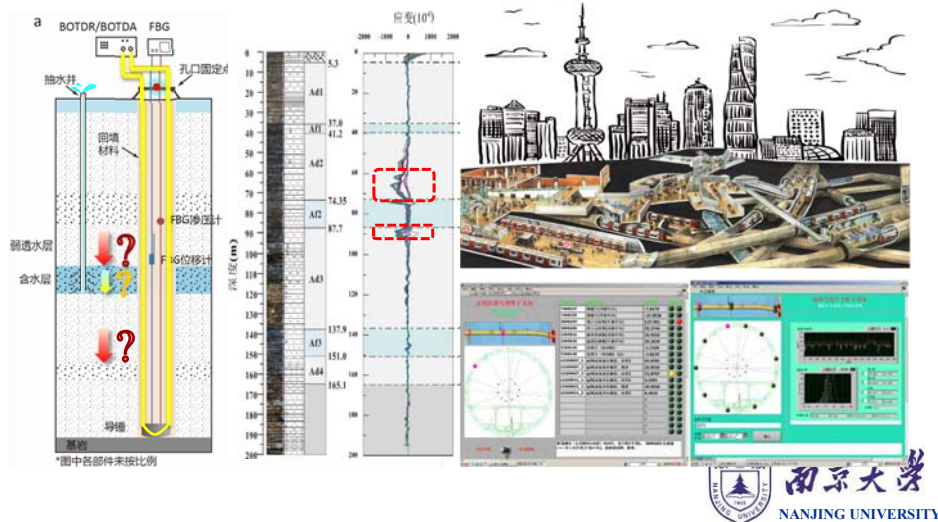
南京大学

NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

研究方向3：地下空间光纤感测系统开发及应用



课程概论

www.slope.com.cn

课程内容：

- | | |
|-------------|-----|
| ❖ 理论力学(静力学) | 30% |
| ❖ 材料力学 | 70% |

课程成绩计分：

- | | |
|------------------|-----|
| ❖ 平时成绩（出勤、作业、测验） | 20% |
| ❖ 期中考试 | 20% |
| ❖ 期末考试 | 60% |

课程概论

www.slope.com.cn

“科学是去发现已经存在的，而工程是要创造世界上从来没有的。”

——力学家冯卡门（美国加州理工教授，钱伟长、钱学森导师）



课程概论

www.slope.com.cn

- 工程力学与工程密切相关
- 工程力学的研究内容与分析模型
- 工程力学的分析方法

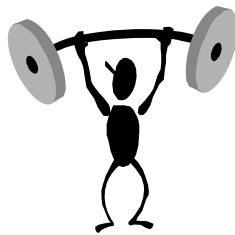


课程概论

www.slope.com.cn

0.1 工程力学与工程密切相关

力学是在社会实践的基础上逐步发展起来的一门**基础性学科**，它的发展与完善推动了科学技术和社会的进步。



课程概论

www.slope.com.cn

公认的三大力学：

- ❖ 理论力学(theoretical mechanics)：刚体、质点（系），又称牛顿力学
- ❖ 材料力学(mechanics of materials)：梁、柱.....
- ❖ 结构力学(structural mechanics)：杆件->结构(区别于机构)



课程概论

www.slope.com.cn

力学的其他分支：

- ❖ 弹性力学(elastic)、塑性力学(plastic)、黏弹塑性力学(visco-elastic-plastic)
- ❖ 流体力学(fluid)、固体力学(solid)、板壳力学(plate/shell)、爆炸力学(exploit)、断裂力学(fracture)、损伤力学(damage)、微观力学(micro-)
- ❖ 水力学(water)、岩土力学(rock/soil)、复合材料力学(composite material)...



南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

工程力学发展简史 (a little history)



南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

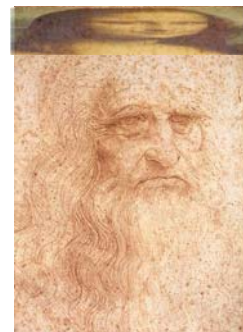
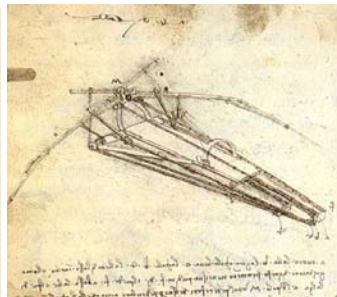
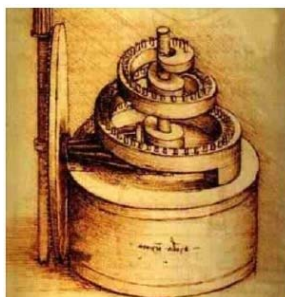
工程力学是一门历史非常悠久的学科，古埃及人、古希腊人、古罗马人在大量工程实践中，逐渐对力学知识有了初步的认识



课程概论

www.slope.com.cn

【意】Leonardo di ser Piero da Vinci (1452-1519)，欧洲文艺复兴时期的天才科学家、发明家、画家、雕刻家、建筑师、音乐家、数学家、作家、解剖学家、地质学家、植物学家.....



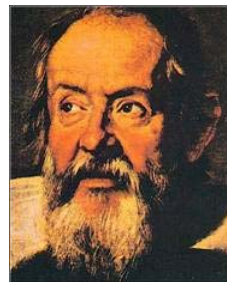
达芬奇笔记里的草图



课程概论

www.slope.com.cn

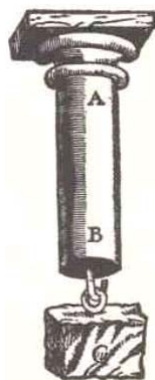
- ❖ 【波】哥白尼(Nicolas Copernic, 1473-1543)
《天体运行论》
- ❖ 【意】伽利略(Gallili Galileo, 1564-1642)
《关于托勒密和哥白尼两大世界观的对话》、《关于两门新科学的对话》



南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn



伽利略的拉伸试验

A、B、C哪个点最容易破坏？



南京大学
NANJING UNIVERSITY

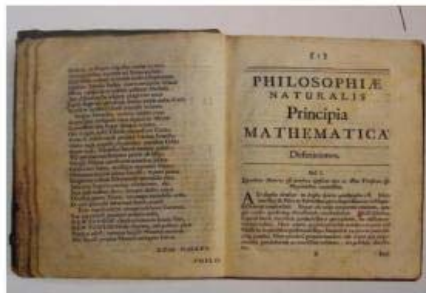
课程概论

www.slope.com.cn

❖ 【英】牛顿(Isaac Newton, 1643-1727) 《自然哲学的数学原理》-牛顿三大定律



牛顿力学经典著作《自然哲学的数学原理》

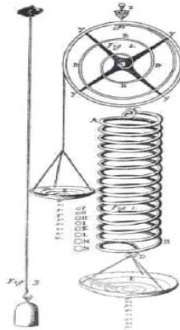


南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

【英】博物学家、发明家Robert Hooke (1635–1703)做了大量的实验，于1678年提出了**胡克定律**。



ut tensio sic vis

Hooke的弹簧试验

- 发现光的波动、万有引力，发明显微镜、望远镜
- 1666伦敦大火之后，成为建筑师
- 与英国皇家学会(RS)主席牛顿的争论



南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

大师耕耘 (1700-1880)

•1705年,【瑞士】Jacob Bernoulli (贝努利) 首先提出了**应力和应变**的原型概念。

$$\sigma = E\varepsilon$$



Jacob Bernoulli
1654-1705



Johann Bernoulli
1667-1748



Daniel Bernoulli
1700-1782

兄弟

父子

弹性梁、板的变形

虚功原理

杆的振动方程、流体力学

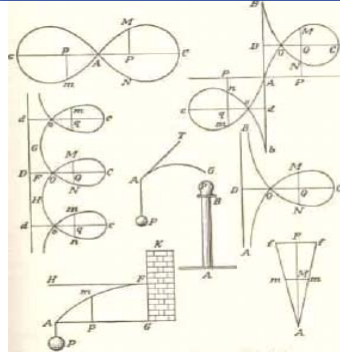
瑞士一个生产数学家和物理学家的家族, 先后产生过11个科学家

SITY

课程概论

www.slope.com.cn

瑞士数学家和力学家Leohard Euler (欧拉)、Danial Bernoulli (贝努利) 建立了梁的弯曲理论、屈曲理论。



1707-1783 瑞士数学家、力学家

杆变形后可能的模式 (纯数学推导)



南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

- ❖【法】达朗贝尔(d'Alembert)：《动力学》、达朗贝尔原理
- ❖【法】拉格朗日(Lagrange)：《分析力学》(1788年出版)



南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

- 【英】Thomas Young (1773 ~ 1829) 做了大量的实验，1807年提出和测定了材料的弹性模量（也称杨氏模量）
- 【法】Simon Denis Poisson (泊松，1781-1840) 研究了物体的横向变形，提出了泊松比的概念



南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

- 【法】Augustin-Louis Cauchy (柯西 , 1789-1857) 1828年提出完整的应力、应变概念，建立了平衡微分方程、几何方程和广义胡克定律。
- 【法】Saint-Venant (圣维南 , 1797-1886) 提出了弹性力学中著名的圣维南原理



大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn



埃菲尔铁塔上刻72位法国科学家、数学家和工程师的名字，包括拉格朗日、拉普拉斯、居维叶、拉瓦锡、安培、纳维、盖·吕萨克、柯西、菲涅尔、库仑、傅科、蒙日、泊松、傅立叶、拉梅、拉扎尔·卡诺等等

课程概论

www.slope.com.cn

【德】Gustov Robert Kirchhoff曾在海德堡大学和柏林大学任物理学教授，他发现了电学中的“**基尔霍夫定理**”，同时也对弹性力学，特别是**薄板理论**的研究作出重要贡献（1876年提出Kirchhoff薄板理论）。



德国物理学家
(1824-1887)



课程概论

www.slope.com.cn

体系形成 (1880-1950)

【德】工程师、Dresden大学教授莫尔Christian Otto Mohr 1910年在库伦早期研究的基础上提出了莫尔-库伦强度理论、应力圆理论

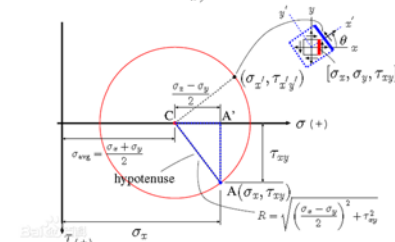


德国物理学家
(1835-1918)



$$\text{Mohr's Circle } (\sigma_{x'} - \sigma_{\text{avg}})^2 + \tau_{x'y'}^2 = R^2$$

a (σ, τ) plot for stresses on an arbitrary section
 $\sigma_{x'}$ — abscissa (横坐标), $\tau_{x'y'}$ — ordinate (纵坐标)



课程概论

www.slope.com.cn

【俄，美籍】 Stephen P. Timoshenko (铁木辛柯) 为德国哥廷根学派代表人物，对梁、板、壳等做了大量的研究，曾在密歇根大学和斯坦福大学任教，写了多本经典教材，是一位德高望重的弹性力学教育家。



铁木辛柯(1878-1972)



南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

工程力学进入更深入的发展时期是在1907年以后，非线性力学迅速地发展起来。冯·卡门提出了薄板的大挠度问题（解决战斗机结构问题）；之后和钱学森提出了薄壳的非线性稳定问题、空气动力学的“卡门-钱学森公式”。



Theodore von Kármán (1881-1963)

SCIENCE

Rockets Up & Down

When engineers for their imagination go in a properly professional manner—they are apt to think about rockets, whose task it is to shoot the sky. Last week at a Manhattan meeting of the American Society of Mechanical Engineers heard Professor Hans von Karman, Chinese-born rocket expert from Caltech, on the prospects in rocketing. Most of Dr. Karman's paper was technical, e.g., how to keep the walls of combustion chambers from melting. But his conclusion was clear and startling: present-day technology is capable of building a transcontinental rocket ship. Dr. Karman's rocket liner would be 78.5 ft. long and 3.66 ft. in diameter, with a



DR. HSIUNG-SHEN TSIEN
Los Angeles to Manhattan via rocket.

loaded weight of 96,300 lbs. It would have small wings and a ram-jet as well as a rocket motor. Its maximum speed, 3,140 m.p.h., would carry the ship 1,200 miles in an elliptical course outside the atmosphere. As it curved down toward the earth, it would meet the air again and turn into a ram-powered glider. Counting through the air for another 1,200 miles, it would land at 150 m.p.h.—not much more than the landing speed of many modern fighter craft. Duration of flight from Los Angeles to New York: one hour.

While hearing the piece of optimism, the A.S.M.E. also listened to the year's best technical paper by an undergraduate, a piece of rocket propulsion by George H. Lewis of the University of Connecticut. Engineer Lewis, who now works for Pratt & Whitney Aircraft Co., argued rather



课程概论

www.slope.com.cn

- 1950年以后，工程力学研究进入新的历史时期。中国科学家**钱伟长**、**钱学森**、**徐芝纶**等在工程力学的发展，特别是在中国的推广应用做出了重要贡献。



中国导弹之父
钱学森(1911-2009)



中国力学之父
钱伟长(1912-2010)



弹性力学教育家
徐芝纶(1911-1999)



课程概论

www.slope.com.cn

一些生活中的实例:

1.桥梁与建筑

2.机械手与机器人

3.车辆与飞机



课程概论

www.slope.com.cn

1. 桥梁与建筑

早期拱形结构建筑

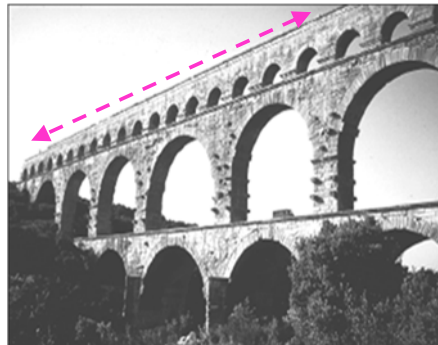
拱形建筑可充分利用砖石抗压性，提高承载能力



课程概论

www.slope.com.cn

Roman engineers made extensive use of the arch, often employing it in multiple tiers in coliseums, aqueducts, and bridges.

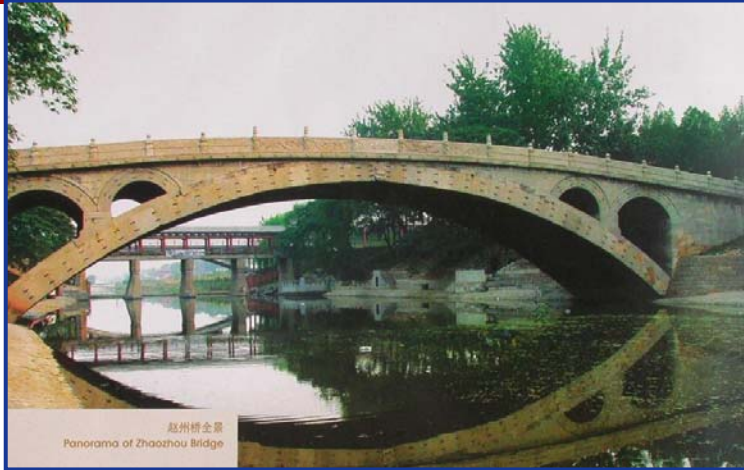


much longer clear spans than other types



课程概论

www.slope.com.cn



赵州桥全景
Panorama of Zhaozhou Bridge

赵州桥“敞肩拱”的运用,实为世界桥梁史上的首创,并有“世界桥梁鼻祖”的美誉。



NANJING UNIVERSITY

课程概论

www



现代拱桥与建筑结构



NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn



悬索结构



南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

早期筒体结构建筑



比萨斜塔

建于1173 - 1370年

早期建筑的特点：高度低，跨度小，承载能力低，材料为砖石和木材。



南京大学
NANJING UNIVERSITY

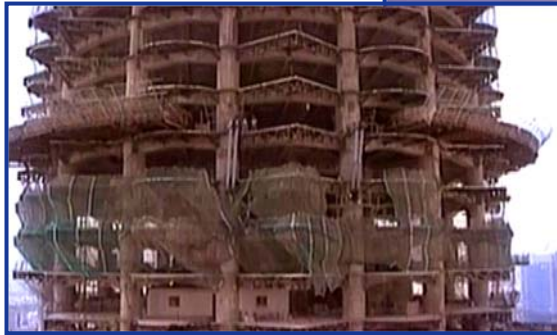
设计

www.slope.com.cn

现代筒体结构建筑



吉隆坡双塔大厦



高度：452米

材料：钢筋混凝土

建筑物高度增加, 会产生什么新问题？

南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn



上海金茂大厦

金茂大厦是具有中国传统风格的超高层建筑，由美国SOM设计事务所主设计。1998年8月建成。占地236万平方米，建筑面积 28.95万平方米。高420.5米，88层。

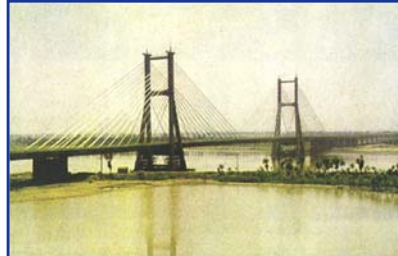
金茂大厦主楼1~52层为办公用房，53~87层为五星级宾馆，88层为观光层。大厦充分体现了中国传统文化与现代高科技相融合的特点，既是中国古老塔式建筑的延伸和发展，又是海派建筑风格在浦东的再现。

南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

现代大跨度桥梁



课程概论

www.slope.com.cn

桥梁跨度增大还会产生什么新问题？



课程概论

www.slope.com.cn

美国华盛顿州塔科马悬索桥



建造设计风速：

60m/s

破坏时风速：

19m/s

破坏过程被附近正在拍电影的好莱坞团队完整拍下，请见后面的视频

建于1940年，桥长853m

原因？ 共振！



南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

地震对建筑物的影响



**如何减小地震对
建筑物的影响？**



南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

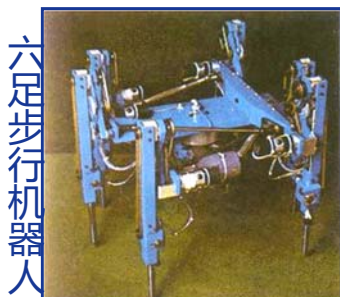
未来的建筑（迪拜）



课程概论

www.slope.com.cn

2.机械手与机器人



六足步行机器人



四足步行机器人

课程概论

www.slope.com.cn



从分析研究人体的行走到双足步行机器人的实现，体现了力学、自动控制和计算机等科学技术的综合应用。



南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

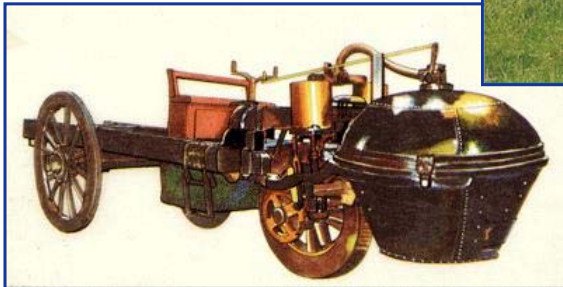


南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

3. 车辆与飞机



1769年研制的第一辆蒸汽动力车



早期的农用车辆

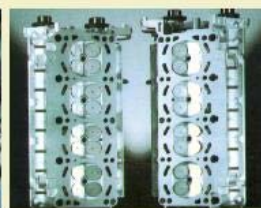


南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

要求: 舒适、安全、高速、便捷、环保



STY

课程概论

www.slope.com.cn

工程力学的学习目的

- 培养获取新知识的能力
- 培养提出（或发现）问题的能力
- 培养解决问题的能力
 - 建立模型的能力
 - 综合应用知识的能力
- 培养创新意识（新思想、新方法）
- 为后续课程打下必要的基础



课程概论

www.slope.com.cn

0.2工程力学的研究内容与分析模型

0.2.1 研究内容

- ❖ 工程力学包括理论力学中的“静力学”和材料力学两部分。
- ❖ 前者研究作用在物体上的力及其相互关系
- ❖ 后者研究外力作用下物体内部产生的力、变形及其分布，以及它们对于工程构件的影响



课程概论

www.slope.com.cn

理论力学分为：

- ❖ 1. **静力学 (Statics)** 研究刚体在力作用下处于平衡的规律
- ❖ 2. **动力学 (Dynamics)** 研究物体的运动变化及作用力之间的关系
- ❖ 3. **运动学 (Kinematics)** 研究物体运动的几何性质
- ❖ 理论延伸：振动理论、运动稳定性理论、陀螺仪理论、变质量体力学、刚体系统动力学、自动控制理论等，统称**一般力学**



课程概论

www.slope.com.cn

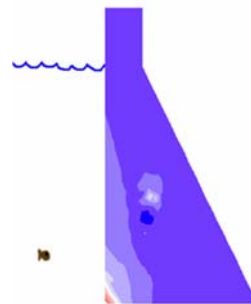
材料力学的任务

结构及岩土工程问题的基本要求1

① 强度要求 (strength)---不破坏

强度：构件抵抗破坏的能力。

对构件的强度要求：要求它在使用期间内不发生破坏（不断裂或永久变形不显著）。构件在外力的作用下必须有足够的强度才不致发生破坏。



课程概论

www.slope.com.cn

结构及岩土工程问题的基本要求2

② 刚度要求 (stiffness) ---- 变形小

刚度：构件抵抗变形的能力。

构件在外力作用下会产生变形，工程上对构件的变形大小有一定的限制量。

超过限制量，构件虽不一定破坏，但会影响正常工作。



南京大学
NANJING UNIVERSITY

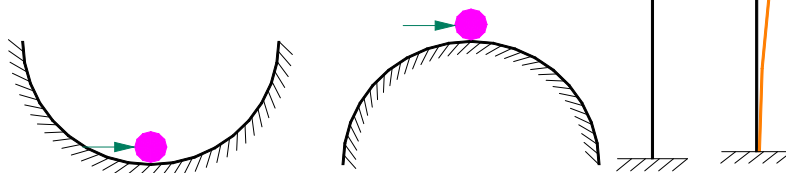
课程概论

www.slope.com.cn

结构及岩土工程问题的基本要求3

③ 稳定性要求 (stability)

稳定性：构件保持其原有平衡形式的能力。



南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

0.2.2 两种分析模型

刚体(rigid body)——在外界的任何作用下形状和大小都始终保持不变的物体。或者在力的作用下，任意两点间的距离保持不变的物体。

刚体是一种理想的力学模型。

一个物体能否视为刚体，不仅取决于变形/刚度的大小，而且和问题本身的要求有关。



与刚体相反的则为变形体(deformation body)



课程概论

www.slope.com.cn

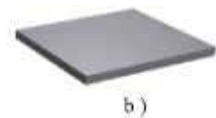
•工程构件——结构物或机器的各个组成部分

a) 块体(body)

b) 平板(plate)

c) 壳体(shell)

d,e) **杆件(bar)**——
直杆、曲杆



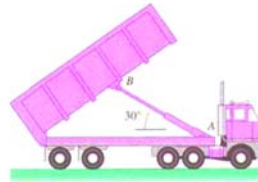
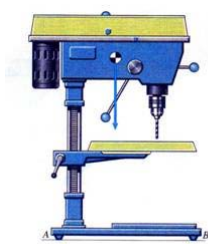
课程概论

www.slope.com.cn

0.3 工程力学的研究方法

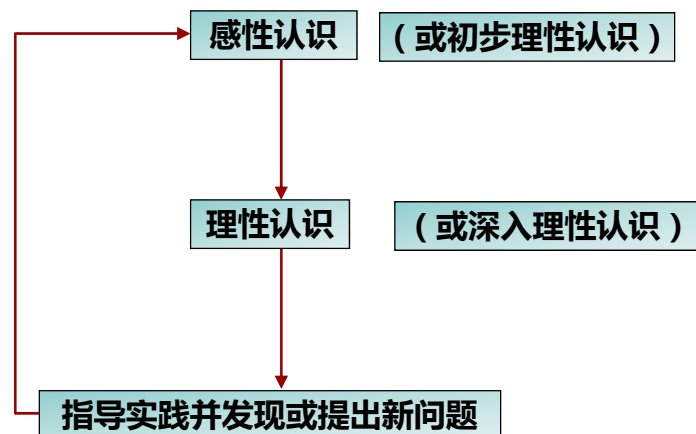
研究方法：

- ❖ 1. 观察生活，科学实验，归纳综合，总结规律
- ❖ 2. 抽象建模，推理演绎，建立体系
- ❖ 3. 实践检验，改造世界



课程概论

www.slope.com.cn



课程概论

www.slope.com.cn

主要研究途径

- ❖ 理论分析
 - 建立力学模型
 - 研究力学中的数学方法
 - 力学问题的定性分析与定量分析
- ❖ 实验分析
 - 检验模型、理论、方法、结果的正确性
- ❖ 模拟与仿真
 - 模拟和仿真系统的动力学过程
 - 揭示一些力学现象



南京大学
NANJING UNIVERSITY

课程概论

www.slope.com.cn

理论力学绪论教学片

(20min)



南京大学
NANJING UNIVERSITY



作业：无