



土木工程认识实习

岩土工程

土木工程学院

常志旺 博士



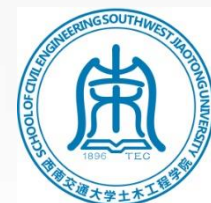
zhiwangchang@swjtu.edu.cn

Qq: 349581640



July 2020

求实扬华 · 自强不息





目 录

什么是岩土工程？

岩土工程做什么？

岩土工程在土木工程中的地位及特点

我校的岩土工程

前景和就业



什么是岩土工程？

岩土工程做什么？

岩土工程在土木工程中的地位及特点

我校的岩土工程

前景和就业



1. 什么是岩土工程？

岩土工程 Geotechnical Engineering 是一门研究 **岩石**、**土** 的物理、力学性质，以及岩土体及岩土工程结构力学行为、计算、设计、施工技术的学科。

2. 什么是岩石、土？

对 **土木工程** 来说，构成地壳的固体物质只有两类：岩石和土。



岩石

土

岩石和土的种类繁多，性质极其复杂！



3.为什么说**岩土工程**是门古老的技术，较新的学科？

与其他科学技术的发展过程相似，岩土工程经历了由直觉→经验→经验+技术→科学+技术+经验的发展过程。

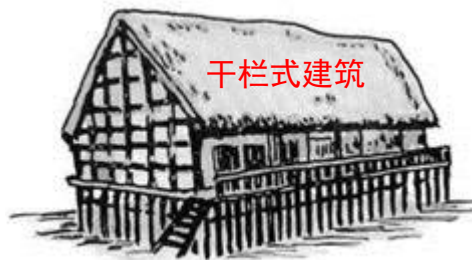
- 最早的岩土工程结构——洞穴（**地下结构**），天然形成，人类对其直接利用。此时人类尚未建造的意识或能力。



- 原始的岩土工程结构——河姆渡文化中干栏式建筑的桩基。



- 此时人类只具有非常低级、原始的建造能力。





- 掌握了较高的技术，能够建造较为复杂的结构。注意到这类结构能够屹立千年不倒，地基的选择同上部结构的建造同样重要。
- 如果**只有技术，没有学术**会是如何？

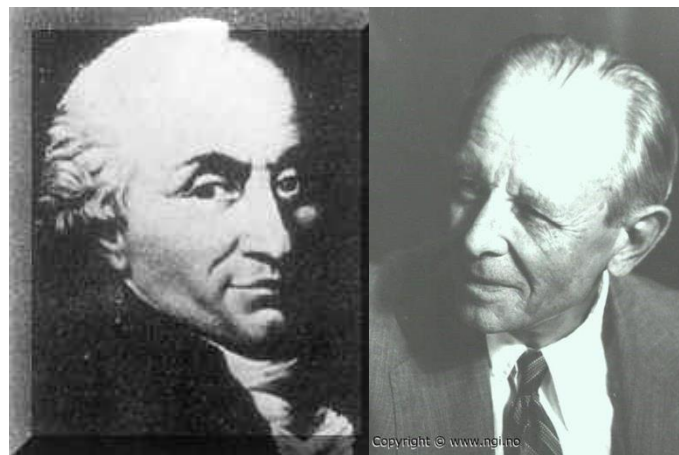


Transcona Grain Elevator
(1913)





• 土木工程与土的关系密切，当工程的规模和复杂性提高时，单纯的技术和经验已无法解决所有问题，由此促进了对土的力学性质及相关计算的研究，诞生了**土力学**（1925）。



Charles- Auguste de Coulomb
(1736~1806) 法国科学家

Karl Von Terzaghi
(1883~1963)

• 土力学的诞生，意味着土木工程中在涉及到**地基基础**等与土密切相关的问题时，不再只能依靠经验，而是可以在理论的指导下 进行定量的分析计算。





• 与土力学相比，岩石力学的诞生较晚，这是因为岩石的性质通常较土要好得多。岩石力学的出现，主要源于大型地下工程、水电工程中复杂的工程问题的需求。国际岩石力学学会（ISRM）在1962年由奥地利地质力学学会发起成立。



与土木工程中其他学科相比，岩土工程学科之所以出现的较晚，主要是因为早期的土木工程规模较小，形式有限，同时人们更注意直接使用的上部结构（如建筑、桥梁等）。随着工程规模的增大，复杂性、要求的提高，岩土工程的重要性就变得越来越突出。



- 今天的岩土工程
 - 发展迅猛
 - 内容丰富
 - 地位突出
 - 基础工程
 - 地基处理
 - 基坑工程
 - 滑坡治理与边坡工程
 - 路基支挡结构
 - 地下工程
 - 环境岩土工程

• 土木工程与岩土工程

国际： 土木工程 { 结构工程（房屋建筑、桥梁等）
岩土工程

国内： 土木工程分为桥梁、房建、岩土、地下等。

• 岩土工程与工程地质

岩土工程不是工程地质。工程地质的主要任务是对地层进行勘察，掌握土（岩）及水的分布情况，并通过试验提供土、岩的力学特性及参数。而岩土工程的主要任务，则是在此基础上设计（施工）相应的岩土结构，满足上部结构（或自身）在强度及变形方面的要求。



什么是岩土工程？

岩土工程做什么？

岩土工程在土木工程中的地位及特点

我校的岩土工程

前景和就业



岩土工程

从事土木工程
中一切与岩、
土有关的工作。

- 基础工程
- 地基处理
- 基坑工程
- 滑坡治理与边坡工程
- 路基支挡结构
- 地下工程
- 建筑纠偏及基础托换



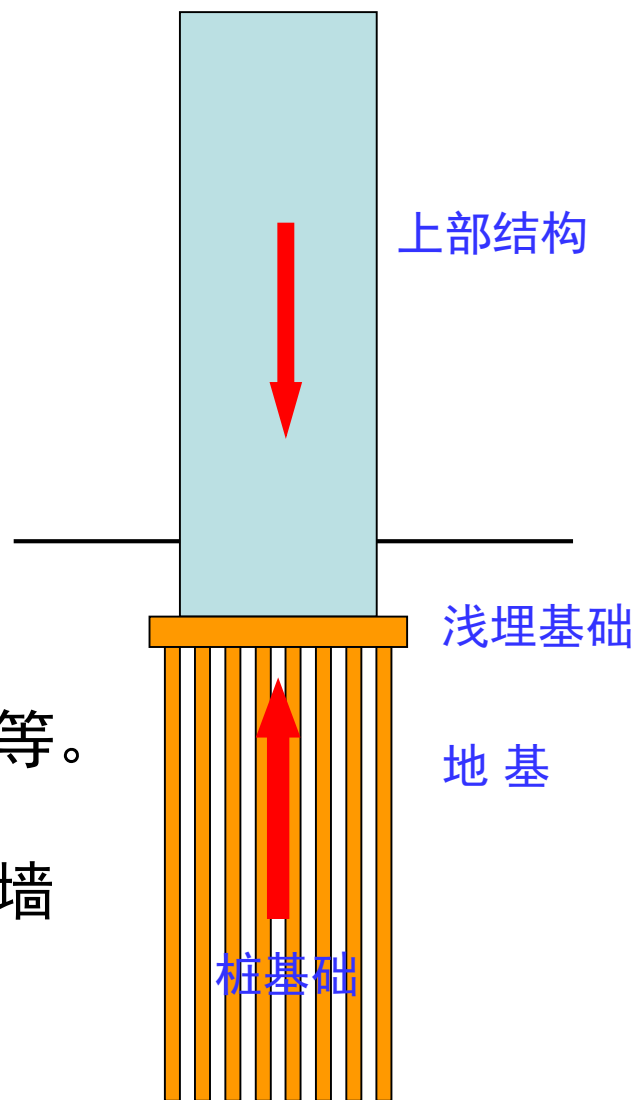
• 基础工程

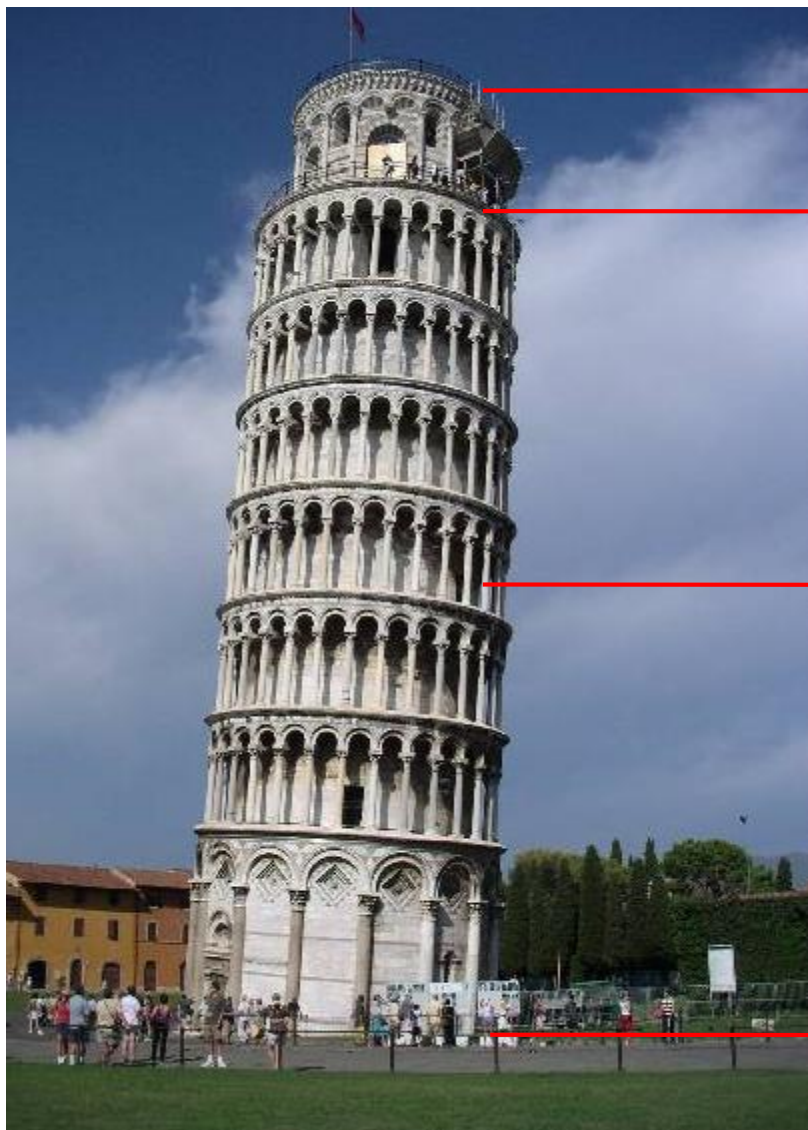
基础支撑上部结构，保证地基不发生破坏，不产生过大的变形。

• 基础类型

浅埋基础：筏板基础、箱形基础等。

深埋基础：桩、沉井、地下连续墙基础等。





1370

1360

1278

1272

1178

1173.9.8

8层55m, 直径(底部) 16m

偏离中心5.27m, 倾斜 5.5°

修建时间: 1173~1370

• 为什么会倾斜?

地基土层的问题!



1964年6月16日日本新瀉7.5级地震

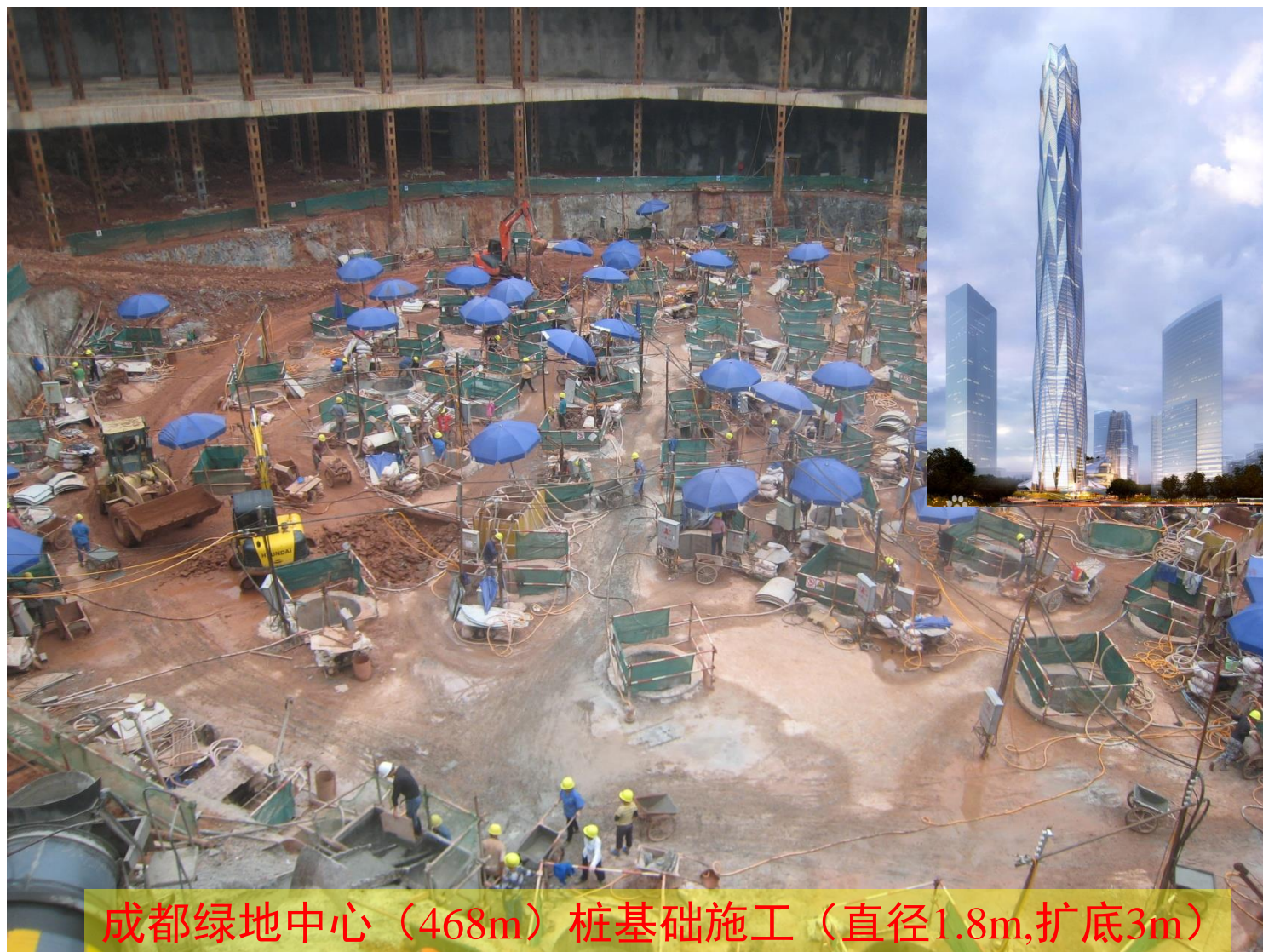


上海闵行区13层住宅楼（2009年6月27日）



地基基础破坏

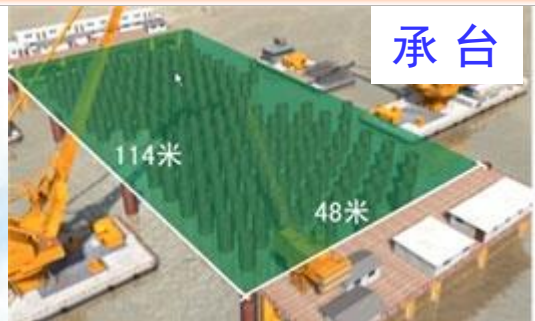




成都绿地中心（468m）桩基础施工（直径1.8m,扩底3m）



世界上规模最大、入土最深的桥梁桩基础。



主墩基础由131根长约120m、直径2.5m / 2.8m的钻孔灌注桩组成，承台长114m、宽48m，是迄今世界规模最大、入土最深的桥梁桩基础。



钢筋混凝土沉井——江阴长江公路大桥锚碇基础。

沉井平面长69m，宽51m，下沉深度为58m，相当于9个半篮球场大的20层高楼埋进地下。



世界最大的浮运沉井基础（沪通长江大桥）（86m×58m×115m）

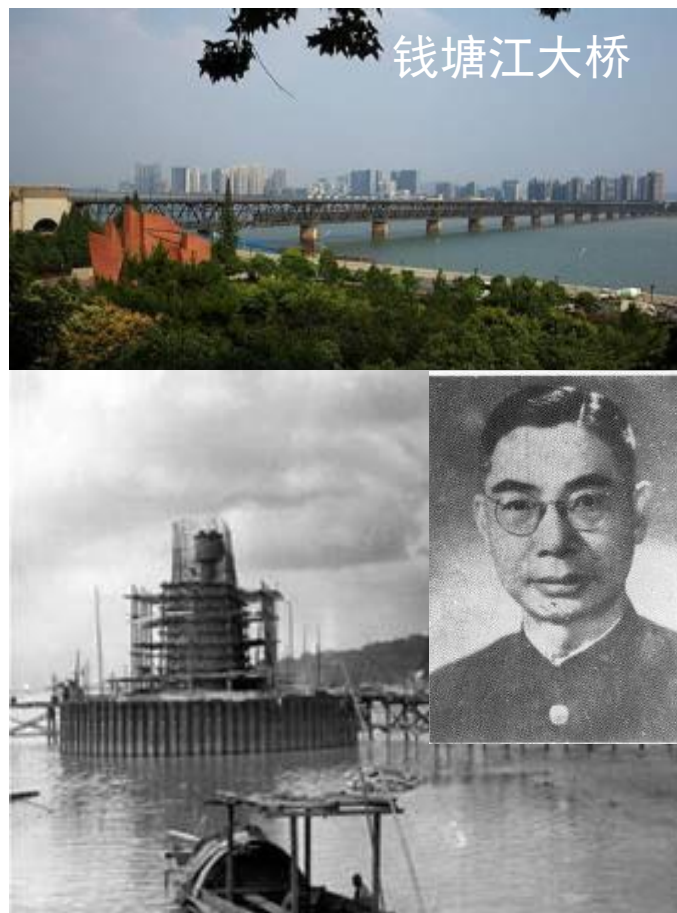




• 茅以升与钱塘江大桥修建中的岩土工程问题

在修建钱塘江大桥的过程中，所遇到的最大工程问题不是来自于上部结构，而是桩难以打入土中以及沉箱下沉时发生歪斜等这些岩土问题，这使得他对岩土问题十分重视。1939年在我校开设土力学讲座（国内最早），1957年主持成立全国土力学及基础工程学术委员会，并成为国际土协的团体会员。

茅以升土力学及基础工程大奖





擋土牆土壓力的兩個經典理論中的基本問題

茅以昇

(鐵道研究所)

提 要

本文從力學觀點對庫隆理論提出下列問題：(1) 在解算力學問題時，每個力有三個因素都該同時考慮，但庫隆對土楔滑動面上土反力的施力點竟置之不理，因而才能對擋土牆上土壓力的傾斜角作一硬性假定，使它等於牆和土間的摩擦角，然而施力點是不能不管的，因而土壓力的傾斜角是不能離開平衡條件而被隨意指定的。(2) 如果考慮了土反力的施力點，則土楔祇能在滑動面上，或在牆面上，有滑動的趨勢，而不能同時在兩個面上都有滑動的趨勢，因而庫隆的基本概念“滑動土楔”就站不住了。(3) 問題關鍵在滑動面的形狀：如要使土楔在滑動面和牆面上同時有滑動趨勢，則滑動面必須是曲形面，然而庫隆採用了平直形的滑動面。(4) 庫隆的土楔滑動面是從牆上最大的土壓力求出的（指主動壓力），這裏所謂“最大”是指適應各個滑動面的各個土壓力而言，但對適應牆在傾斜時土壓力應有的變化來說，這個最大土壓力却正是牆上極限壓力的最小值。一般工程書籍，以為這土壓力既名爲最大，就拿它來用作設計擋土牆的荷載，荷載如何能用最小的極限值呢？

本文對朗金理論中的下列問題作了一些解釋：(1) 朗金理論在擋土牆的位移問題上所受的限制，是和庫隆理論一樣的，費薩基教授曾就此問題認爲朗金理論是幻想，似乎是無根據的。(2) 有些工程書中認爲朗金理論是專爲垂直的牆面而用的，但還是不正確的，朗金理論，和庫隆理論一樣，是可以適用於仰伏的牆面的。(3) 這些工程書中又認朗金理論不適用於有摩擦力的牆面，但這同樣是不正確的，朗金理論不但完全可以適用於有摩擦力的牆面，而且還比庫隆理論更爲適用，因爲沒有庫隆理論中的矛盾。

* 1954 年 5 月 6 日收到。

關於“擋土牆土壓力的兩個經典理論中的基本問題”的討論(二)

吳炳焜

(唐山鐵道學院)

本學報第 1 卷第 3 期上茅以昇先生寫的那篇討論經典土壓力理論的論文，深入地研討了目今仍在廣泛地应用的土壓力計算法中許多問題，這無疑地對工程師們會有很大幫助。我想在這裏就這問題提出些不成系統的補充說明。

(1) 由極限狀態(或塑性平衡)來計算土壓力，自庫隆在一百七十多年前提出來後始終爲工程界所採用，以後雖然屢次有人提出不同的想法，但一般地講直到現在大家仍認爲由極限狀態計算土壓力是合理的，關於這點我不想在這裏再討論下去；我要說的是既然承認土壓力可由極限狀態計算，那末以現代土力學眼光看來就根本不存在所謂“兩個不同的學派”了。由庫隆開始的滑動土楔法和由朗金開始的應力分析法之不同恰與材料力學方法和彈性及塑性力學方法之間的不同相似。我們知道材料力學中用的是較簡單的切取一整塊脫體(或孤立體)作靜力平衡計算，而庫隆法也正如此。彈性及塑性力學是採用較高級的由物體內部任何點的應力和位移或極限平衡條件分析着手，然後設法解其微分方程的邊值問題；而推廣了的朗金方法，即現在稱爲極限平衡理論的，也正是這樣做的。沒有人會說材料力學和彈性及塑性力學的理論有什麼不同，因此，現在仍要繼續說到土壓力的所謂兩種不同理論只能說完全是歷史的原因了。

(2) 在極限平衡的理論未建立前，庫隆和朗金採用不同的方法來求土壓力是有他們的理由的。庫隆爲了要考慮牆面摩擦除土的內摩擦角 ϕ 外，又引進了一牆面摩擦角 δ ，因此他只得應用較簡單的滑動土塊分析法了。反之，朗金把牆面認爲僅係半無限土體中一切面，所以他可由應力分析得出單位土壓力，但因此就設法考慮到實際的邊界(即牆面)情況了。現代的極限平衡理論既是从應力分析着手，但又符合實際邊界情況^[1]，所以很難說它是庫隆法或朗金法。可以說若要計算極限狀態的土壓力，那末現在的極限平衡理論相當於土的塑性力學，而朗金只研究了半無限彈性體，庫隆却採用了簡化的材料力學方法而得了約略解。

(3) 但是並非極限平衡的微分方程建立以後就可順利地、精確地解決土壓力問題了。由於土是碎散的多相體，它的剪強度性質較複雜；即使是平面問題，解微分方程邊值問題的數學計算也非常繁複，應用上仍存在着困難。爲了簡化計算，在非粘結土(即土的剪強度只有內摩擦)的極限平衡理論中求土壓力(和解其他問題)時，仍常引入一假定：應力在用極坐標時僅和徑距 r 成正比例變化^[1]。由這樣的假定出發，經繁複的數學計算所得結果，就是現在所謂精

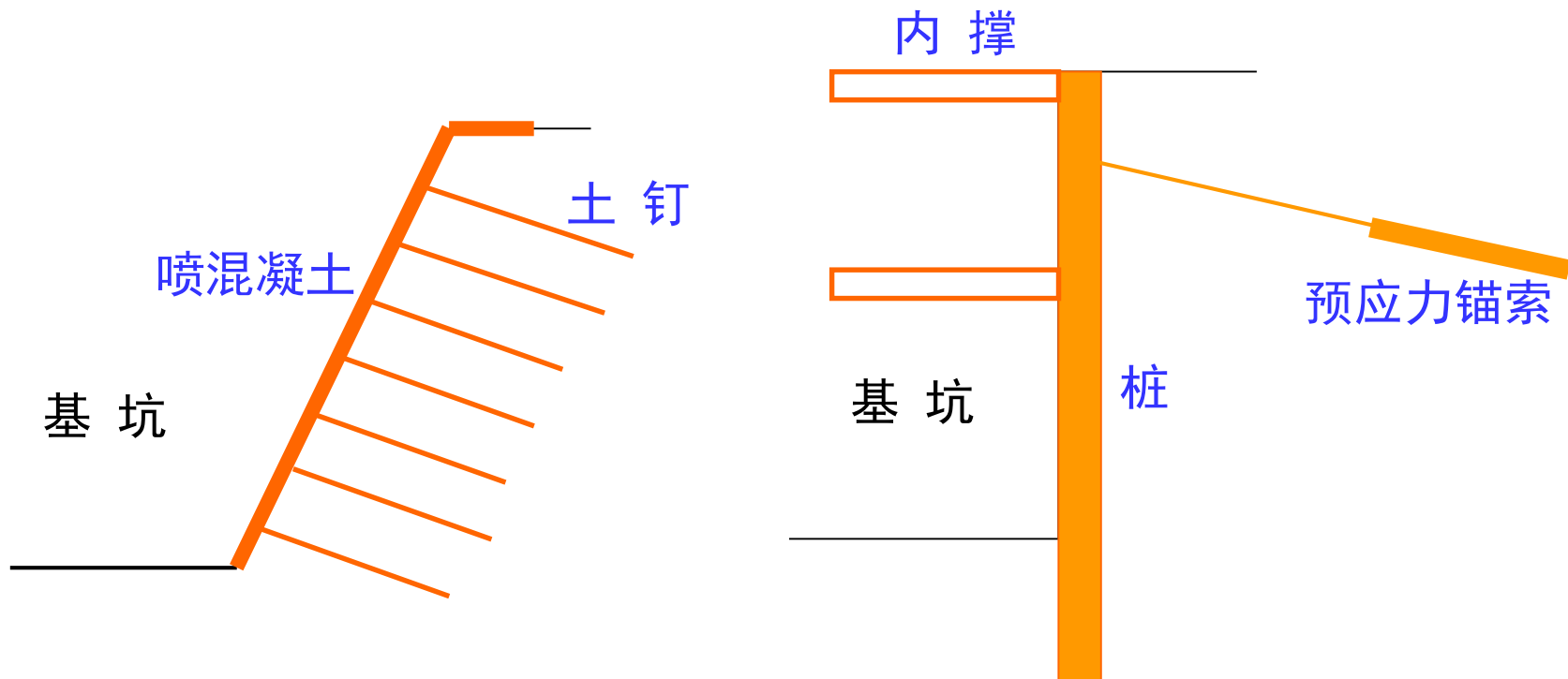
* 1955 年 5 月 28 日收到。審查人：茅以昇。

1) 見參考文獻 [1]，162 頁。



• 基坑工程

基坑开挖及支护是高层建筑、桥梁、地下铁道等工程中需解决的重要问题。





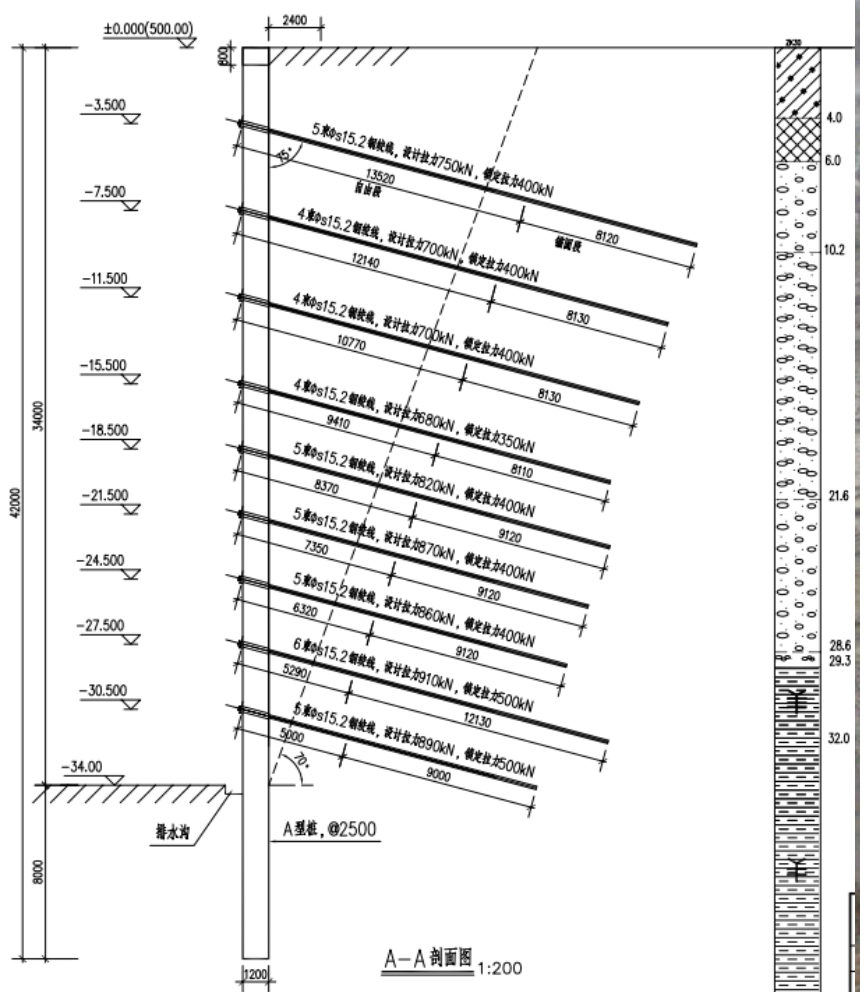
基坑支护结构，保证基坑不发生破坏

4层地下室





人工挖孔桩——成都国金中心基坑（深度34m）





排桩支护（地铁车站基坑，深度23m，人工挖孔桩+4道钢管内撑）

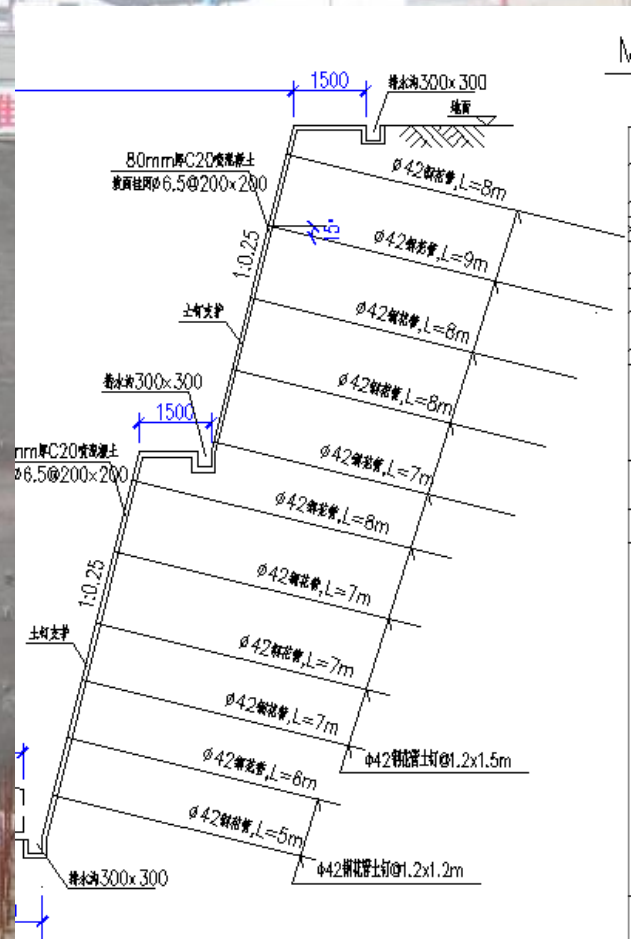




成都地铁2号线茶店子车站基坑



土钉支护





成都双流机场下穿隧道（成一绵一乐铁路）基坑

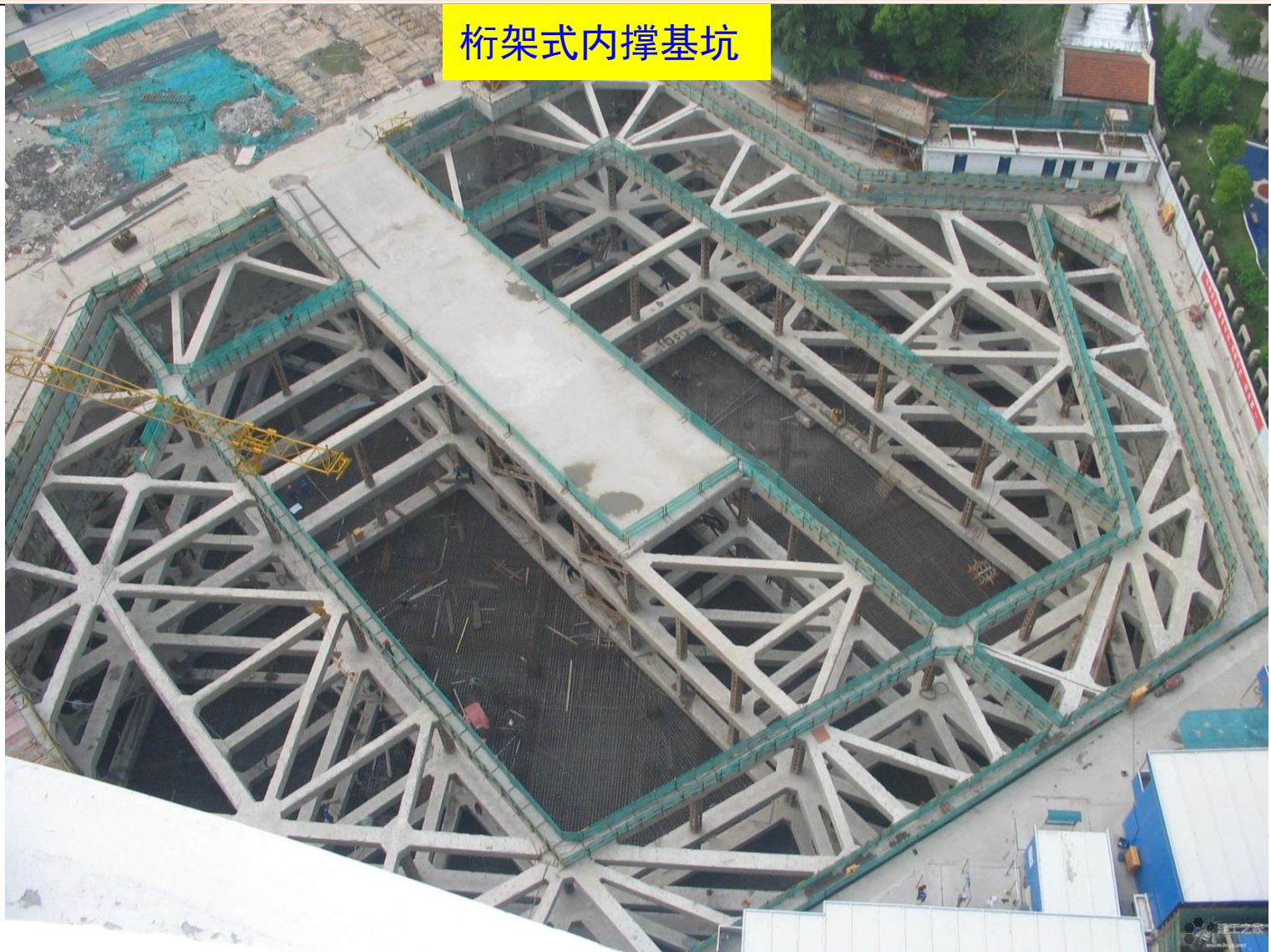


基坑

隧道衬砌施工



桁架式内撑基坑





成都市某膨胀土基坑失稳破坏



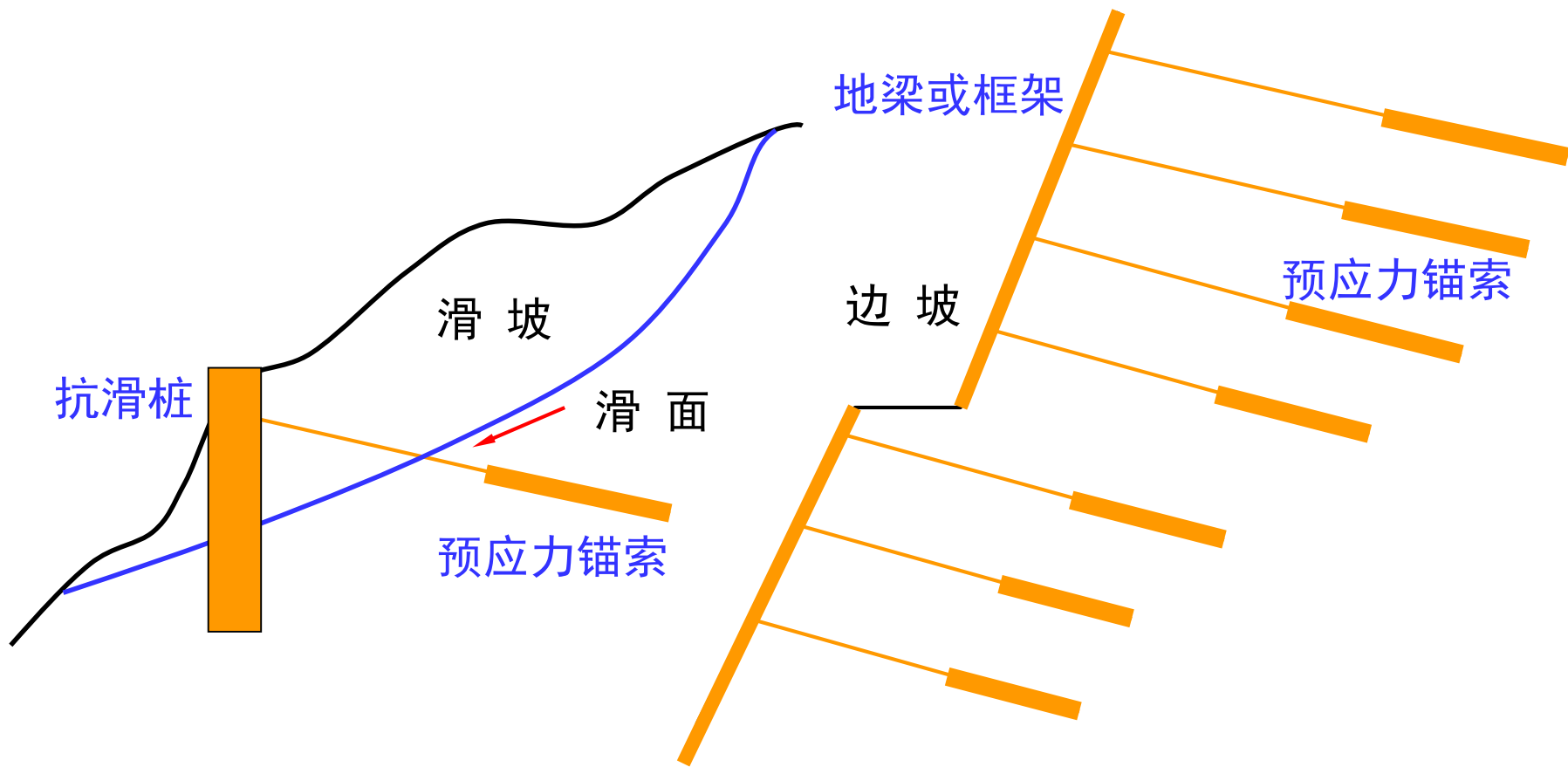


杭州地鐵車站基坑坍塌（2008年11月15日）



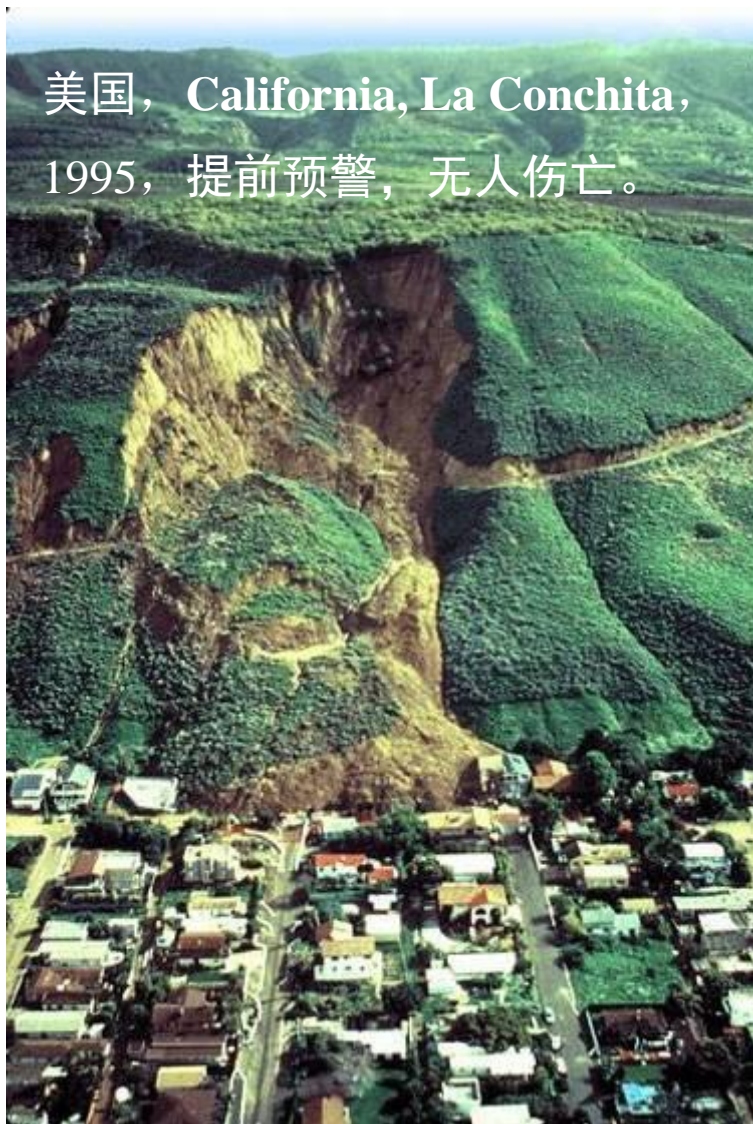


• 滑坡治理与边坡工程





美国, California, La Conchita,
1995, 提前预警, 无人伤亡。



1972年6月18日, 香港港宝珊道滑
坡, 67人丧生。





2010年3月10日,陕西榆林山体滑坡,27人遇难





2010年4月25日,台湾基隆, 滑坡造成高速公路中断。





攀枝花机场滑坡治理







国内近年来一些典型滑坡灾害实例

序号	滑坡名称	位置	体积(万 m ³)	发生时间	灾害	治理费用(万元)
1	八渡滑坡	南昆铁路	500	1997.7	破坏公路、渡口, 威胁铁路车站	9000
2	海石湾滑坡	兰州市	600	1995.8	威胁工业广场主、副井安全	3000
3	102 滑坡	川藏公路	500	1991.	中断交通、翻车 17 台	5000
4	K2730 滑坡	川藏公路	450	1997.8	破坏公路	6000
5	向家坡滑坡	重庆市	110	2004.7	中断高速公路	5000
6	张家坪滑坡	重庆市	900	2001.	威胁高速公路	3000
7	戒台寺滑坡	北京市	700	2004.	破坏千年古寺	5400



抗滑桩——治理滑坡的最常见的方式。



西昌卫星发射基地

预应力锚索框架





预应力锚索

预应力锚索





• 地基处理

通过各种工程手段改善地基的性质，提高地基的承受荷载和抵抗变形的能力。其方法和手段非常丰富。

- 压密、振密、挤密法
- 形成各类复合地基
- 各种形式的灌浆和压浆
- 排水固结法
- 各类加筋法





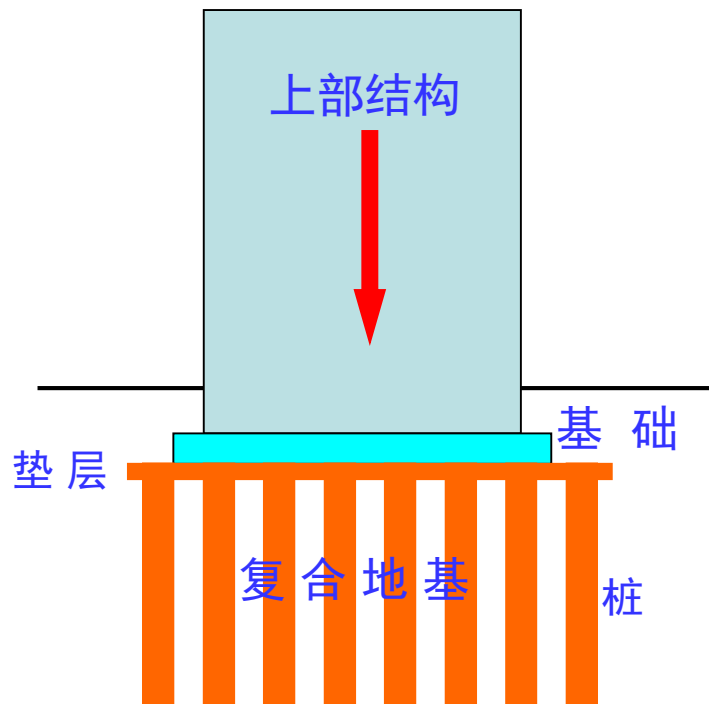
利用强大的机械能将地基夯密，广泛应用于公路及铁路地基、机场跑道、建筑地基等各类松软土及不良土地基的处理。



• 复合地基

在地基土层中形成不同类型的桩，桩与土形成复合地基，共同承担上部结构传下来的荷载。

- 碎石桩
- 水泥粉煤灰碎石（CFG）桩
- 水泥搅拌桩
- 高压旋喷桩





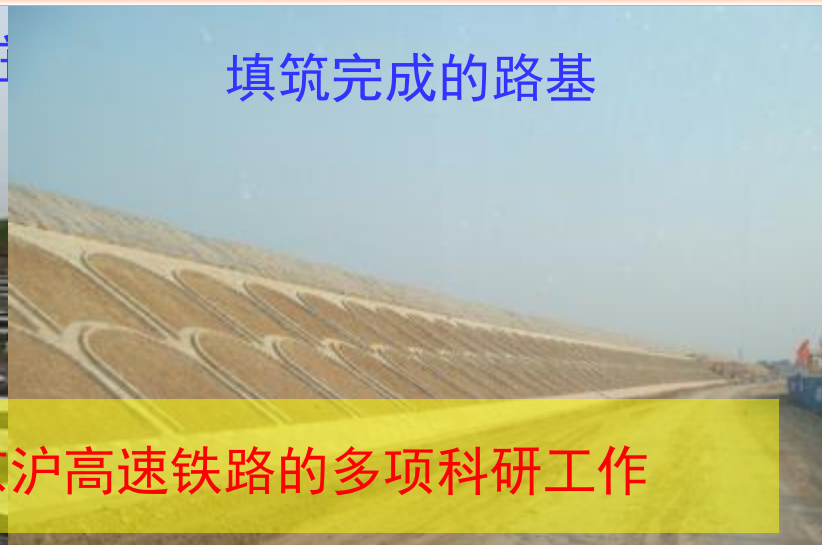
龙湖世纪城（45层）人工挖孔桩复合地基
（我校岩土工程系参加相应科研工作）



京沪高速铁路软土地基CFG桩



填筑完成的路基



我校岩土工程系参加了京沪高速铁路的多项科研工作

桩头

测试元件安装



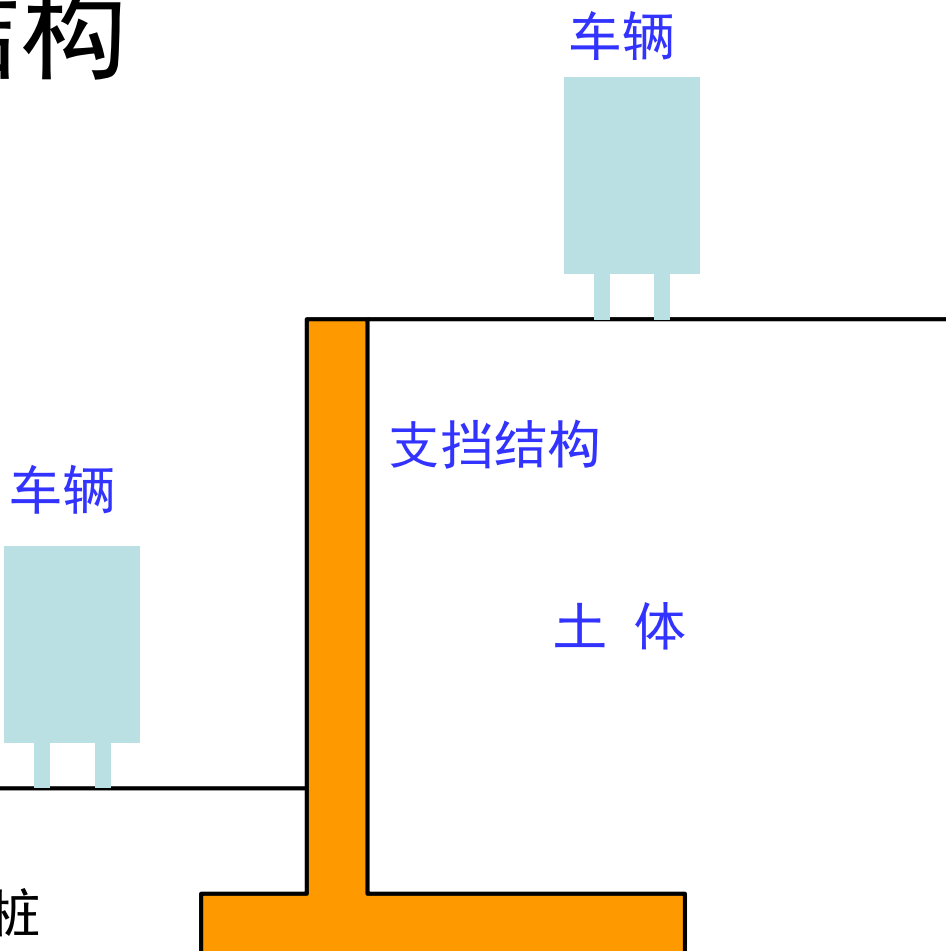
现场测试





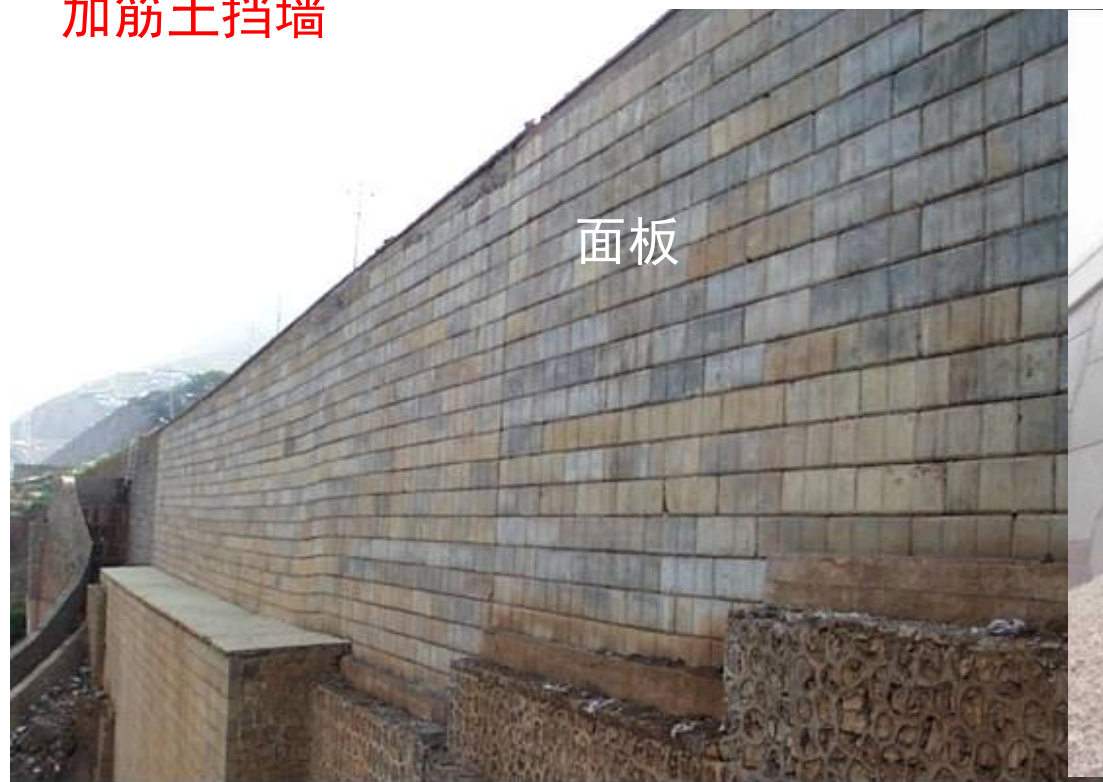
• 路基支挡结构

- 重力式挡墙
- 卸荷板式挡墙
- 悬臂与扶壁式挡墙
- 锚定板挡墙
- 锚杆挡墙
- 加筋土挡墙
- 锚拉式桩板挡墙
- 基础托梁挡墙
- 预应力锚索及锚索桩





加筋土挡墙





锚拉式桩板墙

锚杆

桩板



什么是岩土工程？

岩土工程做什么？

岩土工程在土木工程中的地位及特点

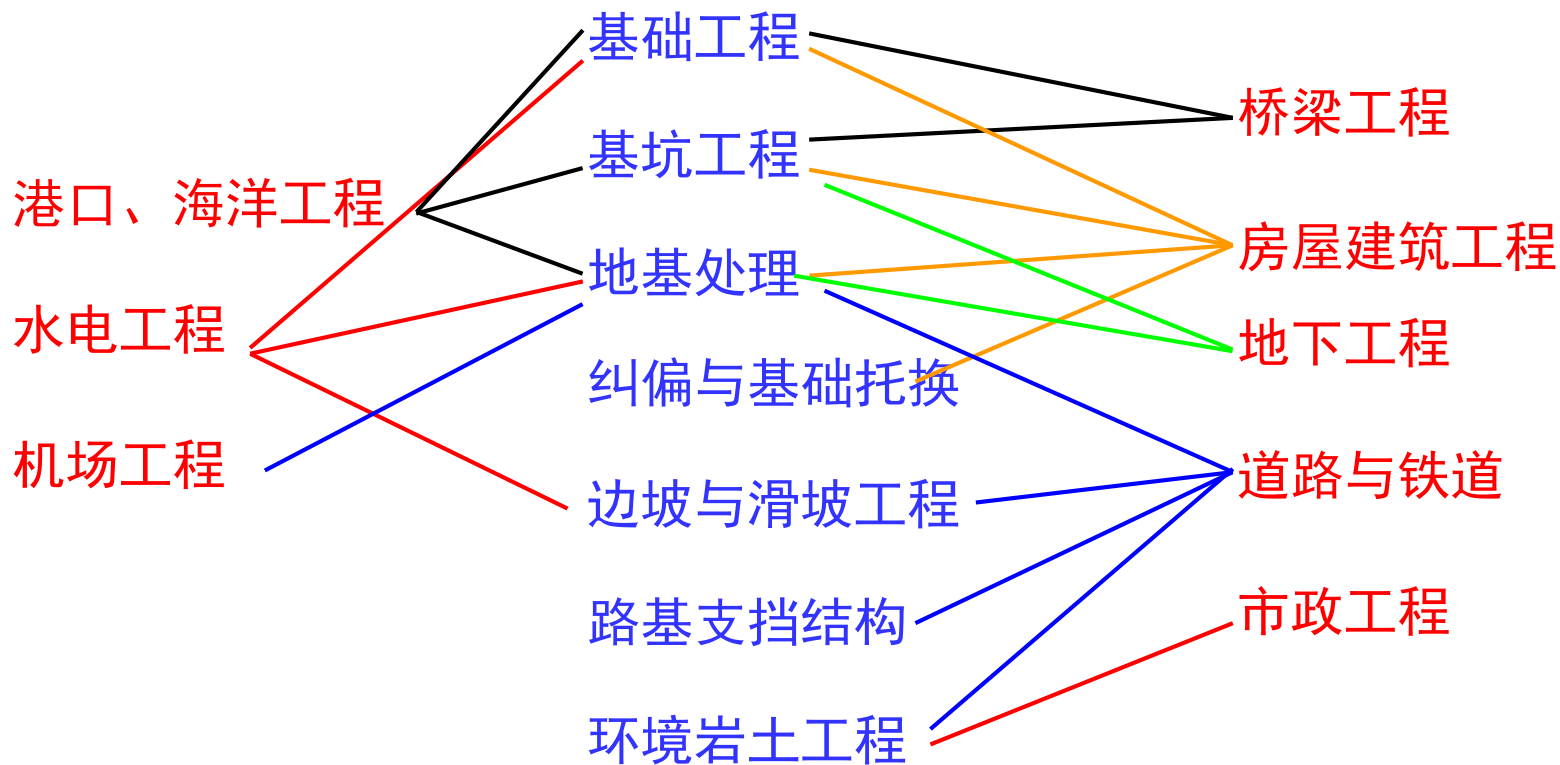
我校的岩土工程

前景和就业



• 岩土工程在土木工程中的地位

只要不是建于“空中”的结构，任何类型的土木工程都离不开岩土工程。





• 特点

1. 适用范围广，所有类型的土木工程都离不开。遍布建筑、铁路、公路、航空、水电、石油等行业。

2. 因岩、土的性质非常复杂，故岩土工程极具挑战性。

与上部结构相比，岩土结构的设计分析更为复杂，这是因为：上部结构所用的材料如钢材、混凝土是按需要由人类制造的，种类有限，对其工程特性的了解比较容易；岩、土是天然形成的，其种类要多得多，工程特性也复杂得多。

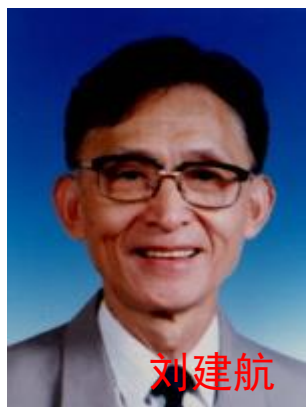
3. 由于全国各地的岩、土的类型及性质变化很大，故岩土工程地域性很强。

• 建议

无论选择哪个专业方向，都应适当地学一些与本方向相关的岩土工程课程，这对以后的工作肯定大有好处。



• 中国科学院、中国工程院中的部分岩土工程专家





- 中国科学院、中国工程院中的部分岩土工程专家（2015）





什么是岩土工程？

岩土工程做什么？

岩土工程在土木工程中的地位及特点

我校的岩土工程

前景和就业



- 我校的岩土工程专业

- 具有硕士、博士学位授予权
- 四川省重点学科
- 国家级重点学科（培育）

全国具有土木工程专业的学校有400多所，目前仅同济大学、浙江大学、清华大学、河海大学、中国矿业大学、四川大学、中南大学等学校的岩土工程专业为国家重点学科。



• 岩土工程系

职称	千人	教授	副教授	讲师
数量	1	8	13	4

博士生导师：7人。

包括多名从英国、德国、法国、日本、新西兰学成归来的教师。

国家“千人计划”特聘专家**赵兴权**教授，国际著名地震动理论模型——赵氏地震动衰减模型的提出者。





• 科研及获奖（近5年来）

科研项目：国家级、省部级及其它共计100多项。

获奖项目：国家科技进步二等奖2项，省部级科技进步奖12项。





第二届国际华人岩土工程师协会岩土与地震工程国际会议
2nd LACGE International Conference on Geotechnical and Earthquake Engineering

2013年10月25日—27日 中国·成都



2013年10月25日-27日由我系承办的第二届国际华人岩土工程师协会岩土与地震工程国际会议在成都召开，共有6位院士、300多名代表参加会议。



什么是岩土工程？

岩土工程做什么？

岩土工程在土木工程中的地位及特点

我校的岩土工程

前景和就业



岩土工程工作特点评价

	土木工程	岩土工程
荣誉感	★★★★	★★★★☆
发展前途	★★★★☆	★★★★★
就业面	★★★★	★★★★★☆
舒适度	★★★	★★★★
经济收入	★★★★☆	★★★★★
工作地点稳定性	★★★	★★★★★
个人创业	★★★	★★★★★



• 成都市的一些岩土工程单位

中国建筑西南勘察设计研究院

中铁二院

四川省公路规划勘察设计研究院

国电成都勘察设计研究院

四川省川建勘察设计院

中冶成都勘察研究总院

核工业西南勘察设计研究院

机械部第二勘察设计研究院（中节能建筑工程研究院）

} 岩土公司



• 注册岩土工程师

注册建筑师

注册结构工程师

注册岩土工程师

国家统一考核，认定。注册工程师负责制是设计工作以后必然采用的运行模式。



• 课后作业

- (1) 选取三个不同类型的岩土工程典型案例（1分）；
- (2) 对每个工程，说明其工程背景及工程概况：如果涉及工程事故，应简要分析说明其发生的原因；如果是成功的案例，应着重介绍其特色及技术的先进性（每个工程案例的分析各3分）。



谢谢!