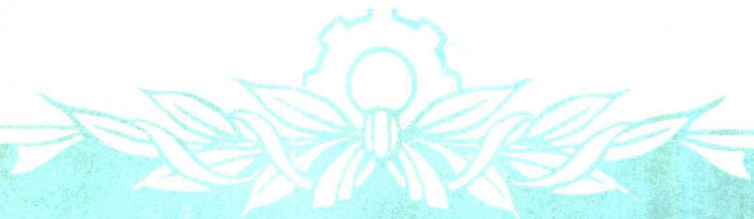


285785 LLL II

中等专业学校試用教科书

土力学地基与基础

安徽水利电力学院編



中国工业出版社

323
21

本书是在原来的中技教材“土力学”一书的基础上，根据新的教学大纲精神，经过全面的修订和改写而成的。

全书共分九章，着重介绍了土的物理力学性质的基本知识和地基勘察与处理方法。书中对于地基中的应力分布、地基承载量与稳定性以及土压力计算，则着重阐明了基本概念和计算方法。对于天然地基上浅基础的设计原理与基坑的开挖和排水等问题，也作了较详细的讲述。

本书可作水利水电系统中等专业学校水工建筑专业或其它有关专业的试用教科书，也可作为具有初、高中文化程度的水利水电部门的各级干部是自修课本。

土力学地基与基础

安徽水利电力学院编

*

中国工业出版社出版（北京修福园路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $7^{3/16}$ ·字数185,000

1961年9月北京第一版·1961年9月北京第一次印刷

印数0001—5,027·定价(9.4)0.84元

统一书号：15165·164（水电—30）

目 录

緒 論

- § 1 土力学、地基与基础的定义 4
- § 2 本学科的重要性 6
- § 3 本課程的任务 7
- § 4 本学科簡史及在我国发展的情况 10

第一章 土的物理性質 14

- § 5 土的成因及其沉积形式 14
- § 6 土的組成要素 15
- § 7 由土的三相間之比例量表明的土的物理性質指标 17
- § 8 土的三相比例特征值間的相互关系 21
- § 9 土的基本物理性質的測定 25
- § 10 土的粒度成分 27
- § 11 砂类土的相对紧密度 34
- § 12 粘性土的物理性質 36
- § 13 粘土类土的相对稠度 39
- § 14 填土的压实 41
- § 15 土的工程分类 45
- § 16 土的野外鉴别 51
- § 17 一些特殊类型的土 52

第二章 土的力学性質 57

- § 18 土的渗透性 57
- § 19 渗透水流的力学作用 62
- § 20 土的压缩性 65
- § 21 土的渗透固結 68
- § 22 土的抗剪强度 70

第三章 地基的工程地質勘探 84

- § 23 地基勘探方法 84
- § 24 钻探孔的布置及深度 90

§ 25	地基勘探資料的整理	92
第四章	地基中的应力分布及沉陷	95
§ 26	基础底面上的压力分布	95
§ 27	基础下地基內压应力分布	99
§ 28	基础底面以下土的自重压力分布的計算	108
§ 29	地基沉陷計算	110
§ 30	影响沉陷量的因素	120
§ 31	沉陷時間的計算	121
§ 32	沉陷觀測	123
§ 33	允許沉陷量及允許沉陷差	123
第五章	地基的承載量及其穩定性	128
§ 34	土的变形阶段及地基的几种临界荷載	128
§ 35	地基极限荷載及許可承載量的确定	130
§ 36	工地載重試驗	135
§ 37	按天然地基规范确定許可耐压力	137
§ 38	渗流对水工建筑物地基稳定的影响	139
§ 39	松砂地基的液化	141
第六章	土压力	145
§ 40	水工建筑中的擋土結構物	145
§ 41	土压力的概念	146
§ 42	兰京土压力理論	148
§ 43	庫倫土压力理論	154
§ 44	土压力的图解法	156
§ 45	麦依斯捷尔求解土压力的方法	158
§ 46	板桩的計算	161
第七章	天然地基上的浅基础	168
§ 47	天然地基上浅基础的种类	163
§ 48	基础砌置深度的决定	172
§ 49	中心載荷下刚性基础的計算	174
§ 50	复杂載荷情况下建筑物的稳定分析	177
§ 51	軟弱地基上的基础設計	182
第八章	基坑的开挖与排水	184

§ 52	天然地基上浅基础的施工	184
§ 53	基坑明渠排水	188
§ 54	人工降低地下水位	191
§ 55	人工冻结法	195
第九章	人工地基	197
§ 56	人工垫层	198
§ 57	砂桩加固法	201
§ 58	预压加固法	202
§ 59	挤淤法	205
§ 60	电渗排水	206
§ 61	砂类土的震动压实	206
§ 62	饱和松砂地基的深层爆炸振密	207
§ 63	灌浆法	209
§ 64	硅化固结	211
§ 65	桩基的作用	213
§ 66	桩的种类	215
§ 67	桩基承载量的确定	216
§ 68	桩基的布置	221
§ 69	大孔土的湿陷性及其处理	222
§ 70	钻孔填筑防渗帷幕	224
§ 71	软弱地基上水工建筑物地基与基础设计的一般原则	225

緒 論

§1. 土力学、地基与基础的定义

1-1. 土及土力学 工程上所称的土，通常是指岩石圈的外层正在經受风化的岩石及岩石风化的产物；包括岩石經物理风化后崩解成的碎块以及經化学风化后形成的細粒物质，粗至巨砾，細至粘土，統称为土。最靠近地面部分(一般在1.5~2.0米深以內)的土，除了經受上述风化作用外，并受到有机物的作用而形成宜于栽培作物的土层，称为土壤。

从工程的观点来看，土具有一种区别于岩石和其他材料的特性——散粒性。无论砾石、砂、粘土等，它們都不是連續的固体，而是由許多松散的固体顆粒所組成的物体，这些顆粒之間粘結的强度远較顆粒本身的强度为低，甚至沒有粘結性。由于土的散粒性，使土具有了一些为一般固体所沒有的属性——孔隙性、渗透性、压缩性、內摩擦等。同时由于土的顆粒很細，使得土粒与其周圍的水、气发生了一系列的物理、化学現象，这些現象影响着土的性质。对一些顆粒极細的土(如粘土)，这种影响特别显著，对土的上列性质起着重要的作用。

土在工程上应用极为广泛，許多建筑物(如土坝、土堤、路基)均是用土筑成的，更多的建筑物則是建造在土层上面，建筑物的重量是由土来承受的，在工程設計中，对土体或地基的可能下沉量，土坝最合理的边坡，在建筑物的荷重下地基能否保持稳定等等重要的問題，必須作出正确估計。在长期的工程实践中，产生了这门科学——土力学。土力学就是利用力学知識研究具有散粒性的土的一些特殊規律，并且把它应用到工程上去，解决上述一系列的工程問題。由于土是自然历史的产物，因而正确地研究土，必須联系到它的形成条件及形成的历史。所以土力学也与工程地质学及土质学有着紧密的联系。

1-2. 地基与基础的意义 任何建筑物都必须造在岩石或土上，承受建筑物重量的全部地层（岩石或土），叫做建筑物的地基。一般建筑物由两部分构成：在地面或水面以上部分称为上层结构；在地面或水面以下部分称为下层结构，也就是建筑物的基础。基础的作用就是把建筑物的重量和荷载传布到在它下面的地基上去。

图1a为一个柱子或墙在地下部分的一般布置，图1b为一个重力坝穿过复盖层造在岩石地基上面，图1c为一个土坝造在土基上面。注意在后两种情况下并不需要专门的基础，坝身与坝的基础部分实际成为一个整体。图1d为一个造在土质地基上的闸的基础，在这种情形下基础系由一钢筋混凝土或纯混凝土的底板构成。

一个建筑物的基础应该采用那种型式才合理，主要根据地基的性质和建筑物的荷载而定。如图1b的坝身虽重，但因系岩石地基，基础不须扩大。图1d中的水闸造在土质地基上，须将几个闸墩造在一个连续的底板上，如果土质更弱时，闸的基础可作成空箱型式，如图1e所示。

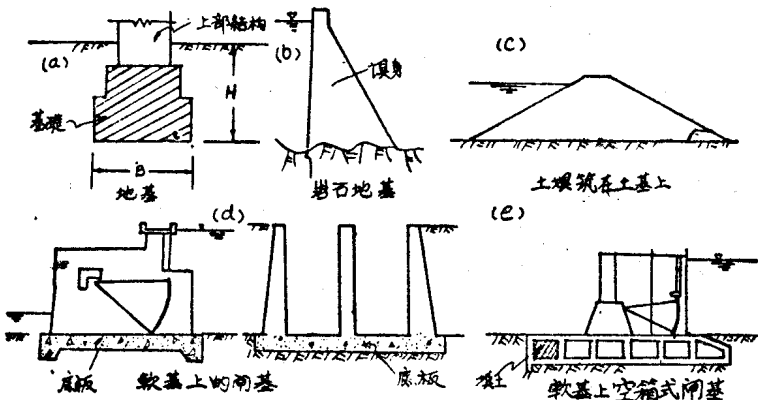


图1 地基与基础

土力学、地基与基础这门学科的研究对象，就是建筑物基础与建筑物地基之间的相互作用问题，主要研究保证建筑物安全与

正常运用所必要的基础尺寸、埋設深度等等，而基础本身的結構，則不属本学科范圍。

§2. 本学科的重要性

任何建筑物的地基与基础是否牢固与稳定，将直接影响上层結構的安全。在水工建筑物的設計与施工中也经常遇到土力学、地基与基础的問題，其主要的有下列一些問題：

1. 建筑物的整体稳定性問題：若建筑物加于地基的載荷过大，超过了地基的强度时，地基将被破坏而滑移，因此使建筑物整个地失去稳定，向一側傾复或滑动，如图2a所示。这时即使建筑物的个别构件非常坚固，仍难免严重的毀坏。这种性质的破坏，往往造成巨大的損失，而且很难于事后补救。因此必須在建筑物的設計与施工中考慮到地基的容許承載能力和可能引起稳定性减低的各种自然的和人为的因素。对于水工建筑物，由于它除了受垂直載荷外，一般都受有水平荷重，并且在水工建筑物的地基內常可能有渗流及上托力存在，这种因素对建筑物的稳定都是不利的。图2b系土坝的滑坡，按其实质也是属于土体稳定性破坏的情况。

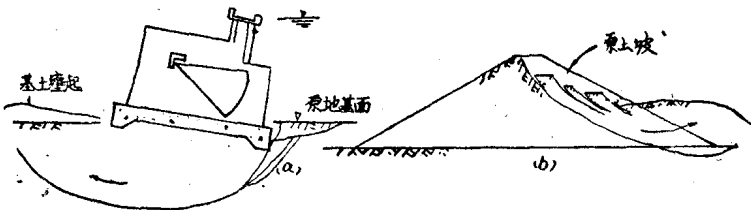


图2 地基及土体的滑动破坏

2. 建筑物的沉陷：地基承受建筑物重量之后，通常都要发生变形，因而引起建筑物的沉陷。造在土基上的建筑物的沉陷一般是难于避免，只要沉陷的数量不大，不致影响建筑物的安全与使用，还是可以的。但当地基土质极为软弱时，往往也可能达到很大的沉陷，甚至使建筑物各部位的沉陷很不均匀，这种过大的与

不均匀的沉陷，对建筑物的危害也很大。例如水閘因不均匀下沉而使底板裂毀；水电站因地基不均匀下沉而使水輪机的軸綫偏斜，从而加剧了主軸的磨耗。

3.地基的渗透破坏問題：閘(或坝)基下的渗流，不但造成上托力减低稳定性，并且渗流能将基土中細的顆粒挾帶出去，在长期的作用下，可以致使建筑物因潛蝕淘空而引起破坏。

4.土作为建筑材料的問題：土是自然界中分布极广的建筑材料，在水利工程中，河流的堤防大都用土填筑的，許多水庫均用土建筑土坝。土坝所用土料，一般都是就地取材，以求造价经济。所以不仅許多低坝采用土坝，而且在國內已有用土坝筑成高达60~70米的高坝；在建筑土坝的方法上，不仅有习用已久的碾压或夯打的方法，而且有用水中倒土使土密实的新的筑坝方法。土坝的土料如何选择，如何避免坝坡的坍塌(图2b)，土坝筑成后能否有效地拦蓄洪水等一系列問題，常是土力学中重要的課題。

5.在基础施工中的問題：在基础的施工及土方工程的施工中也經常遇到土力学問題。如基坑开挖时地下水的排除方法，土坝填筑时压实的理論与方法等，都需要土力学知識来解决。这些問題解决的好坏，将在很大程度上影响着施工期限，建筑費用和工程质量。

§3. 本課程的任务

既然在水工建筑中經常要遇到土力学、地基与基础問題，那末正确解决这些問題，将是本課程的主要任务。为了保証地基与基础的牢固与稳定，应该做好下列工作：

1.进行充分的工程地质勘察工作(包括钻探、取样、試驗等)，以收集足够的和符合实际的有关建筑基地的地质与水文地质資料，作为設計与施工时的依据。

由于土的性质极为多样，不同地区、不同地层、不同成因的土，往往具有极不相同的性质，因此在設計与施工之前，必須通过勘察与試驗以查明这些性质，并且給予评价。这一工作是使我

們能够認識客觀实际，使工程的設計与施工放在可靠的基础上。否則盲目施工，將給工程带来很多困难，甚至造成不可估計的損失与灾难。例如，某厂房剛建好不久就有一百多根柱子发生严重的下沉，有的沉了20厘米左右，使机器无法安装，造成很大損失。事后檢查，知道距地面1.7米以下有数米厚的軟粘土层，柱子的沉陷就是由于該軟粘土层受載荷后发生壓縮变形而引起的。可是事先沒有經過詳細的勘察，予以应有的注意。又如某些土堤也往往由于事先沒有充分估計到可能的沉陷，結果堤身过量下沉，洪水来时，漫过堤頂，造成損失，如果在設計时預先考虑，使土堤有充分的高度与寬度，則不致发生危害。

2. 根据土力学原理，采用正确的建筑物基础的設計方案，使能完全适应地基的性质，包括正确地确定基础的型式、尺寸以及它的埋設深度等等。例如在坚硬地基上可以采用較小的基础；在軟弱地基上則要采用較大的甚至特殊結構型式的基础；当軟土层下埋有坚实土层时，可以采用深置基础。但不論采用何种型式的基础，主要任务是使其能适应地基土壤的性质，以最經濟的方案达到穩定的要求。例如某水閘建于淤土地基上，本来淤土性质很差，但由于采用了板桩圍护、箱式基础等正确措施，成功地修成了。相反地另一水閘底板产生裂縫，原因是桩基設計不好，引起了不均匀的沉陷。

3. 选择正确的施工方法：良好的工程設計还須要有正确的施工方法来实现，例如在基坑开挖至接近基底时，应做好排水及基土保护的措施，使持力土层的天然結構不致因遭到扰动而降低强度。施工中防渗部分如果做的不够严密，将使以后引起渗透破坏等問題，影响建筑物的安全。

4. 对于工程性质很差的地基，可以根据土性质的客觀規律，采取适当的工程措施以改善其工程性质，使其轉变为适宜于建造的地基。很多水工建筑物須要造在河滩、海濱等地区，而这些地区的土质，往往因沉积的年代較新而极为松軟，壓縮性极高，因而对建筑是甚为不利的；但如能正确运用土力学知識，对軟土进

行处理，仍能使所造建筑物满足稳定的要求。例如某分水閘，地基为軟粘土，本来可能引起很大沉陷，但由于采用了予压加固的地基处理措施，使水閘的沉陷大为减少。再如苏联在1926~1933年修建的上斯維尔水电站，則更是利用土力学知識正确处理地基沉陷問題的卓越范例^①。同时正确而良好的地基处理与基础設計的方案，不但要保証建筑物的坚固与稳定，而且应该是最經濟与最合理的，否則由于对地基情况不了解而一味采用不必要的过分安全的設計，也将形成巨大的浪費。

辯証唯物主义哲学告訴我們：“人們要想得到工作的胜利即得到預想的結果，一定要使自己的思想合于客观外界的規律性，如果不合，就会在实践中失敗”^②。因此为了保証水工建筑物的安全与經濟，就应该通过勘查，充分了解地基情况，并据以作出能够符合于地基实际情况的地基与基础設計。同时，“馬克思主义的哲学认为十分重要的問題，不在于懂得了客观世界的規律性，因而能够解釋世界，而在于拿了这种对于客观規律性的認識去能动地改造世界”^③。地基处理的实质就是利用土的規律性去改造土的性质，为工程建設服务。由此可見，要正确解决水工建筑中的土力学、地基与基础問題，必須以辯証唯物主义的观点正确运用土力学的基本原理。水工建筑的实践也表明，对地基的勘查、处理与基础設計的工作量往往在工程建筑的全部工作中占有很大的比重，并且是有决定意义的一环。

为了更好地貫徹党的鼓足干劲、力爭上游、多快好省地建設社会主义的总路綫，我們应当正确地利用土力学知識，来为祖国社会主义建設事业服务。

本課程的教学任务有下列三点：（1）使学生了解“土”作为建筑材料及作为建筑物地基的基本物理及力学性质，并通过土力学試驗学会土的初步鉴定及勘探試驗的操作技术；（2）了解土体在

① 参看“一个偉大建設的开端”一书

② “毛泽东选集”第一卷第283頁。

③ “毛泽东选集”第一卷第291頁

承受載荷后的性能，掌握一般閘壩等水工建築物地基的沉陷及穩定計算；(3)了解基礎設計與施工的一般原理和軟弱地基的人工處理方法。

土的基本物理力學性質以及地基在受荷后的性能是本課程的重要部分，要使學生對土的性質及表明土性質的指標獲得明晰的概念，以便在工程建築中正確地利用土力學知識。

土是一種極複雜的物體，要了解地基土的性質必須通過試驗測定，因而要求同學們熟悉一些主要的土工試驗操作技術，以及在野外用眼與手初步鑑定土質的方法，熟悉各類土的主要工程性能，以達到理論緊密聯繫實際。

對地基與基礎的設計與施工，只涉及一般的設計原理與施工要點。基礎本身的結構設計及具體施工方法，將分別在建築結構、水工結構及建築施工課程中講述。軟弱地基的人工加固，在我國水利工程中已廣泛應用，本課程中亦將加以較詳細的敘述。但由於地基條件，各個工地各有其特殊性，因而處理方法亦應因地制宜，應使同學們從已有的工程實例中掌握利用土力學知識進行地基處理的一般原理。

§4. 本學科簡史及在我國發展的情況

土力學、地基與基礎的發展與其他一切科學技術一樣，是來源於生產實踐。人們通過建築實踐，逐漸認識了關於土的性質和累積了基礎工程的技术經驗，進而提高了系統的科學認識。

古代勞動人民在進行工程建築中，曾創造了不少牢固的基礎與改進地基的方法，但由於統治階級卑視勞動，使這些方法逐漸失傳。下面是本學科有文獻可考的历史。

我們的祖國在建築物的地基與基礎方面，有着許多光輝的創造。例如在山東龍山鎮城子崖發現築于夏代的古城，到現在還很堅固；在河南安陽發掘出來的殷代宮殿遺迹中發現房屋柱下做有土台及石礎。再如灰土地基（即在黃土中摻入適量石灰以吸收土中水分，加固基土），梅花樁基，深基法以及在地基內鋪碎石子以擴

散压力等經驗和創造，都具有一定的科学意义。这些方法，早为我国劳动人民所熟悉，最近我国工业及民用建筑部門还在推广这些經驗，为社会主义建設服务。許多保存到今天的古代建筑物，如战国及秦代的长城，唐代的佛塔禪寺，明清的北京故宫及天坛，都是雄偉壮丽的建筑物，其平面尺寸及高度都很大，由于这些建筑物都具有巩固的基础，才能流傳到今天。在水工建筑物方面，有名的大运河及联络湘、桂二水的灵渠(在今广西省兴安县)均开凿于紀元前五世紀，在这些工程中順利地解决了地基与基础的复杂問題。再如五代时修筑的杭州湾海塘工程，高大的石工岸壁，建造在軟土地基上，可見我国在当时已經具有相当高的基础工程技术。

在国外，对本学科的系統的研究，約在十八世紀末叶开始。1773年法人庫倫提出了土压力学說，1801年俄罗斯学者福斯对道路輪沟的生成进行了理論分析，1856年法国工程师达西发表了表示砂土渗透性的达西定律，1869年俄国学者B. 卡尔洛維奇出版了世界上第一本“地基与基础”教本，并且拟定了土的試驗方法。1879年开始对地基应力分析进行实验研究，提出了应用彈性理論研究地基应力分布。1885年法国人蒲西涅斯克发表了关于集中荷重下均质彈性半无限体内应力分布的理論公式。到廿世紀初期，随着工业交通事业的发展，基础工程的技术水平有了很大提高。1900年俄国工程师茲德罗日金开始采用沉箱建造深基础，1918年格尔謝凡諾夫发表了有名的打桩公式，1922年瑞典工程师提出了土坡稳定分析方法。1925年奥人泰查基发表了“土的結構力学”一书，他在这本著作中論述了若干土力学問題，但在土力学中一系列重要問題上陷于机械論的錯誤观点(例如把土的一些屬性看作純粹是由土粒的尺寸及形状不同所引起的)。

苏联在几个五年計划的年代里，进行了許多規模空前的建筑工程，在土力学与基础工程方面給苏联学者提出了一系列新的研究任务；并且，苏联学者在土力学的研究中，运用了辯証唯物主义的科学方法，例如按照事物普遍联系的規律，把土看作是在与

地表的水、气不断相互作用下而形成的产物，根据土粒与水份的共同作用，应用了物理化学的方法，对土进行了正确的研究，使得苏联在这門学科上有了卓越的成就，并远远超过了其他国家。例如H·M·格尔謝凡諾夫在其“土体动力学基础”一书中提出了飽水粘土地基变形理論；B·B·索柯洛夫斯基的散体极限平衡理論，为一系列的土体稳定分析理論提出了精确的解答。在对黄土类土及永冻土的研究方面，也有显著的成績。在基础工程方面，創造了管柱基础，硅化加固等新技术。总之，本学科与其他学科一样，苏联拥有世界上最先进的理論和技术，祖国建設要求我們努力学习苏联先进技术。

沒有現代的生产，就沒有現代的科学。近百年来半封建、半殖民地的旧中国，由于受到国内外反动派的压迫，生产停滞，科学技术也得不到应有的发展，并且依附于帝国主义国家。在国内缺少关于土及地基的研究机构，因而在施工方法上任何地基都盲目地使用桩基，曾給工程带来浪費与損失。解放后，在中国共产党的领导下，进行了大規模的經濟建設，土力学、地基与基础学科受到了党和国家的重視，在解决祖国社会主义建設中提出来的許多土力学地基与基础問題的同时提高了本学科的水平并且得到了苏联和其它社会主义国家的无私援助，因而获得了极为迅速的发展。首先，对于土的勘探試驗工作，在全国范围内已普遍开展，为工程建筑提供了足够的資料，1956年制定了統一的土工試驗操作規程，使土工試驗工作系统化、标准化，今后則將逐漸代替手工操作，不断向試驗机械化、自动化方向发展。其次，勘探方面对于采用不扰动土样以及飽水砂样等，也創造了各种取土器。各种地球物理勘探方法和利用放射性同位素的勘探技术，亦已开始采用。在土力学方面，几年来对土的变形与稳定性、砂土液化和彈性地基等方面的研究，取得了不少成果。在基础工程方面，由于学习了苏联經驗，在北京、上海有的建筑物采用了箱式基础。在水閘建筑上筏式基础与箱式基础在軟土地基上亦已广泛采用。由于这种方法不須打桩，因而大大縮短了工期，降低了造

价，并且保证了质量。在苏联专家的帮助下，武汉长江大桥的桥墩建筑，采用了世界上最先进的在深水中的施工方法——管柱法。这种新型的基础型式亦已在水工建筑上应用。在地基处理方面，软土地基的预压加固、砂垫层等处理方法，松砂地基的爆炸震密方法，硅化法处理流砂地基等新技术已经在水工建筑上应用，并且日益得到发展。大跃进以来轰轰烈烈的群众性水利化运动，对土力学提出了许多新的问题，也给土力学的发展创造了有利的条件。例如许多高水头土坝的修筑，水中倒土筑坝方法的采用以及过水土坝等新技术的应用，总结出了许多经验与理论。在水利化运动中，广大群众解放思想，创造了不少行之有效的方法，例如创造了土洋结合的，用砖井及竹管组成的井点系统，以克服流砂侵袭基坑，获得成功，使挖土工效提高很多。随着祖国社会主义建设事业的蓬勃发展、群众性的技术革新、技术革命运动的日益广泛和深入，在生产实践中必然会提出更多的土力学问题，这将推动本门学科不断地向前发展。

思考问题

1. 为什么要学“土力学、地基与基础”这门课程？它的重要性如何？
2. “地基”与“基础”的意义为何？它对建筑物的重要性？
3. 工程上所称“土”的意义如何？与你原来对土壤的理解有何不同？

第一章 土的物理性质

§5. 土的成因及其沉积形式

土是岩石风化的产物(火山灰除外), 岩石暴露在大气圈内, 受到风、霜、雨、雪的侵蚀, 温度的变化, 裂缝中积水成冰等原因, 使岩石崩解为碎块(物理风化), 其大小从巨石以至细砂, 这种碎屑可能是圆滑的或具棱角的不同形状, 由这些碎块再与水、二氧化碳、氧等接触以及生物的作用, 使它们的矿物成分发生变化, 使碎块变成更细的与母岩成分不同的物质(化学风化与生物风化), 由这些风化作用形成的松散岩石, 在工程上统称为土。

由于土在其形成过程中所受的风化营力不同, 土具有不同的沉积形式: 若岩石风化产物未经搬运、沉积在母岩原处者, 称为残余沉积。残余沉积土壤其颗粒多具棱角, 且由于粉碎程度不同而有不均匀的压缩性。风化的产物在流水、冰川、风力及其他营力作用下迁移了不同的距离, 在新的地点重新下沉。按营力不同土又可分为:

洪积沉积: 由山洪暴雨, 将岩石风化产物冲至山麓沉积而成。

冲积沉积: 由流水的流速减低所带土粒下沉而成, 由于淘选作用, 同一层内颗粒粗细比较接近, 形成明显的层次。

冰川沉积: 由冰川作用而产生, 没有淘选作用, 往往巨石与粘土同时沉积, 形成夹有巨石的粘土层。

风力沉积: 颗粒较细而均匀, 具有甚小的紧密度。

此外还有海底沉积(如海积砂, 海积粘土等), 湖泊沉积等。

从土的成因可以看出天然土是多种多样的, 其物理性质是极为复杂的, 不仅土粒的大小, 形状, 成分以及含水量不同土的性质即随之而异。而且土的形成过程, 所经的历史的不同也将导致天然土具有一定的结构。粗粒的沉积物(砂、砾等)常系简单的

粒状结构，而极细颗粒在水中沉降时，若下沉颗粒与已沉淀的颗粒接触处的粘聚力超过了颗粒本身重量，则将形成疏松的蜂窝状结构。如一些淤泥沉积即属之，因此我们很难找到二处完全相同的土，就是同一处，不同深度的土其性质也可能不同；我们要确知天然土的性质，据以进行建筑设计、首先要采取工程基址的土样进行试验，研究其物理力学性质，不能用其他地点的土的性质来代替。

§6. 土的组成要素

6-1. 土的三相 土是由固体的矿物颗粒、液体和气体三部分组成；固体的矿物颗粒构成土的骨架，其间布满孔隙，这些孔隙则被水和气体占据。土的这三个组成部分不是固定不变的，而是随着周围的条件如压力、温度的改变而变化着。根据土的各组成部分间的比例不同，土可以处于三种状态(见表1)

表 1

土 的 状 态	组成要素的数目	组 成 部 分
干 的	2	骨架+气体
湿 的	3	骨架+液体+气体
饱 和 的	2	骨架+液体

土的三个组成部分的性质以及它们之间量的比例关系和相互作用，决定着土的物理性质。例如土中固体部分的相对加大表示土的密实性增加；土中液体部分的增加，粘土可以从坚硬的固态转变成塑态和液态。再如由于固体颗粒与土中水的相互作用，使土表现出收缩、膨胀、粘性、塑性等物理性质。

6-2. 土中的固体颗粒 土中固体颗粒不仅粒径大小变化很大，而且其矿物成分也各不同。按土粒的矿物成分可分为二类：
(1)原生矿物，即母岩中原来已有的矿物，如长石、石英、角闪