

高等学校試用教科书

工程地质与地基基础

建筑工程部“工程地质和地基基础”教材选編小組选編

(学校內部用书)



中国工业出版社

高等学~~校~~用~~教材~~书



工程地质与地基基础

“工程地质与地基基础”教材选编小组选编

学校内部用书

中国工业出版社

本书是根据中央关于教材建设工作的指示及选编教材原则，在重庆建筑工程学院、西安冶金学院、哈尔滨建筑工程学院、天津大学、同济大学、清华大学、华南工学院、上海业余土建学院等院校的工程地质、土力学和地基基础教材的基础上，参考了有关书籍选编而成。

本书是将工程地质、土力学和地基基础合在一起编排的，内容包括工程地质、土力学、地基基础等方面；可作为高等院校建筑结构与施工专业（工业与民用建筑专业）工程地质与地基基础课程的试用教科书。

本书是由建筑工程部委托天津大学召集的工程地质与地基基础教材选编小组集体选编而成。参加选编工作的有：肖执中（重庆建筑工程学院），张迪民、程显尧（西安冶金学院），施奈（哈尔滨建筑工程学院），范恩猷、吴家珣、顾晓鲁（天津大学）等同志。

本书内容结合中国具体情况，理论联系实际，基本上反映了国内外的成就。对本书的意见和建议请函寄北京中国工业出版社。

工程地质与地基基础

“工程地质与地基基础”教材选编小组选编

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $29^{5/8}$ ·插页1·字数703,000

1961年7月北京第一版·1961年7月北京第一次印刷

印数0001—2,533·定价（10-6）3.50元

统一书号：15165·730（建工-89）

目 录

緒 論	8	(二) 海洋的地质作用及海相沉积层	64
(一) 本課程的任务	8	(三) 海岸稳定性的评价	66
(二) 地基和基础在建筑工程中的 重要性	9	§ 1-9 冰川的地质作用及冰碛层	67
(三) 地基基础的发展簡史及我国在 这方面的成就	9	(一) 冰川的地质作用	67
(四) 本課程特点及学习要求	14	(二) 冰碛层的特征	68
第一章 岩石及地质作用 的基本知識	15	(三) 冰碛层的工程地质评价	68
§ 1-1 地球的构造及地史概念	15	§ 1-10 风的地质作用及风积层	69
(一) 地球的构造	15	(一) 风的地质作用及风积层	69
(二) 地球历史概述	16	(二) 风砂对工程建筑、国民經济的影响 及其危害的防止	70
§ 1-2 岩石的組成物质——造岩矿物	20	§ 1-11 我国第四紀沉积层的分区	70
(一) 造岩矿物的定义	20	第二章 土的类型及其特征	72
(二) 造岩矿物的物理性质	20	§ 2-1 土的成因	72
(三) 造岩矿物的分类	22	(一) 成土过程	72
(四) 造岩矿物的特征及鑑定法	24	(二) 土的结构和构造	74
§ 1-3 岩石的类型及其特征	24	§ 2-2 土的組成	76
(一) 岩石的定义	24	(一) 土的固体顆粒	76
(二) 岩石的分类及其特征	24	(二) 土中的水	77
(三) 岩石的工程地质研究	36	(三) 土中的气体	79
§ 1-4 地质构造及与工程的关系	40	§ 2-3 土的物理性质指标	79
(一) 褶皱及与工程的关系	41	(一) 土的容重、比重、含水量	80
(二) 节理及裂隙的工程地质评价	44	(二) 土的孔隙率、孔隙比、饱和度	81
(三) 断层及其不良地质条件	47	(三) 土的物理性质指标間的关系	81
(四) 整合及不整合	49	§ 2-4 砂类土的特征	82
§ 1-5 岩石的风化作用及殘积层	49	(一) 砂类土的密实度	82
(一) 岩石风化作用的类型	49	(二) 砂类土的粒徑級配	83
(二) 岩石的风化分带和防止风化 的措施	51	(三) 土的毛細作用	84
(三) 岩石风化的产物——殘积层	53	§ 2-5 粘性土的特征	85
§ 1-6 地表流水的地质作用及坡积层、 洪积层、冲积层	54	(一) 胶体对土的性质影响	85
(一) 地表暂时流水的地质作用 及坡积层、洪积层	54	(二) 土的粘性	87
(二) 河流的地质作用及冲积层	56	(三) 表示粘性土特征的指标	88
§ 1-7 湖泊的地质作用及湖沼沉积层	61	(四) 粘性土的活动性指数	90
(一) 湖泊的地质作用及湖相沉积层	61	§ 2-6 水对土性的影响	91
(二) 沼泽及沼泽沉积层	62	(一) 膨胀、收缩和崩解	91
§ 1-8 海洋的地质作用及海相沉积层	61	(二) 土的压实和最优含水量	92
(一) 海洋区域的划分	61	(三) 粘性土的触变現象	93
		(四) 土的冻脹	93
		§ 2-7 岩石和土的工程分类	95
		第三章 地下水	97
		§ 3-1 地下水的形成	97
		(一) 渗透作用	97

(二) 凝結作用	97	(四) 圓形均布荷載	140
§ 3-2 地下水的分類	93	(五) 環形均布荷載	141
(一) 土壤水	93	§ 4-6 土中應力的實驗資料	142
(二) 潛水	93	§ 4-7 非均質地基中的應力分布	144
(三) 層間水	102	(一) 剛性岩層的影響	144
§ 3-3 地下水的物理性質和化學成分	103	(二) 雙層地基	146
(一) 地下水的物理性質	104	第五章 建築物基礎沉降的計算	147
(二) 地下水的化學成分	104	§ 5-1 概說	147
§ 3-4 地下水侵蝕性的評價	105	§ 5-2 外荷作用下地基變形的三階段	147
(一) 碳酸侵蝕	105	§ 5-3 土的壓縮性	149
(二) 硫酸侵蝕	107	(一) 壓縮曲綫	149
(三) 鎂的侵蝕	103	(二) 飽和土的滲透固結作用——壓力 作用下飽和土的骨架和 孔隙水的分擔作用	151
§ 3-5 地下水的動態	109	(三) 土的彈性變形和殘留變形	152
(一) 地下水動態的概念	109	(四) 荷載試驗	153
(二) 地下水動態因素對水位 變化的影響	109	(五) 土的側壓力系數和泊松比	154
§ 3-6 地下水的運動規律	111	(六) 土的變形模量	155
§ 3-7 地下水的湧水量計算	115	§ 5-4 計算基礎沉降的分層總和法	156
(一) 坑井的湧水量	115	(一) 無側向膨脹條件下計算土層 壓縮量的公式	156
(二) 排水渠的湧水量	118	(二) 按分層總和法計算基礎的 沉降量	158
(三) 基坑的湧水量	120	(三) 受壓層的概念	159
§ 3-8 動水力和流砂現象	120	(四) 鄰近荷載對基礎沉降的影響	161
第四章 土中應力	122	(五) 簡單討論	161
§ 4-1 概說	122	(六) 基礎沉降量的簡化計算法	161
§ 4-2 土中的自重應力與附加應力	122	§ 5-5 計算基礎沉降的彈性理論公式	163
§ 4-3 基礎底面承壓力分布	123	(一) 地基表面沉降公式	163
(一) 基礎底面承壓力分布的規律	123	(二) 地基表面沉降公式推導的概念	164
(二) 基礎底面壓力的計算圖形	124	(三) 簡單討論	167
§ 4-4 土中應力分布的平面問題	125	§ 5-6 計算基礎沉降的葉果羅夫方法	168
(一) 平面問題的弗拉曼解	125	(一) 計算方法	168
(二) 均布条形荷載	127	(二) 公式推導的概念	170
(三) 三角形分布的条形荷載	131	(三) 簡單討論	172
(四) 梯形分布的条形荷載	131	§ 5-7 基礎沉降隨時間變化的計算 (固結理論)	173
(五) 拋物綫形分布的条形荷載	132	(一) 單向固結的滲壓微分方程 及其解答	173
(六) 作用於地基表面上的 水平綫荷載	133	(二) 固結度	176
(七) 作用於地基表面上的均布 水平荷載	133	(三) 成層地基上建築物沉降與 時間的關係	180
§ 4-5 土中應力分布的空間問題	134	§ 5-8 地基變形計算中存在的問題	181
(一) 集中荷載的布西奈斯克解	134		
(二) 矩形均布荷載	135		
(三) 矩形基礎下按三角形 分布的荷載	139		

(一) 应力和变形間的关系	181	的工程地质勘察	227
(二) 地基变形計算的精确度問題	182	(四) 不分設計阶段的一次工程地质勘察	227
(三) 关于单向固結理論的問題	183	§ 8-3 工程地质勘察中的地质測繪	227
第六章 土体的极限平衡	185	§ 8-4 工程地质勘察中的勘探和試驗工作	228
§ 6-1 土的抗剪强度及极限平衡条件	185	(一) 勘探	228
(一) 土的抗剪强度	185	(二) 钻探	228
(二) 土的强度理論——极限平衡概念	187	(三) 地球物理勘探	230
(三) 土的抗剪强度的測定方法	191	(四) 触探	233
§ 6-2 地基的临塑荷载及极限荷载	193	(五) 其他簡易钻探方法	234
(一) 临塑荷载的求解及塑性变形区范围的确定	193	(六) 取样	235
(二) 极限荷载	198	(七) 手搖钻钻进工作举例	236
第七章 边坡稳定及土压力	203	(八) 試驗工作	237
§ 7-1 边坡的运动及防治	203	§ 8-5 工程地质勘察資料的整理	238
(一) 崩塌	203	(一) 工程地质图	238
(二) 塌方	203	(二) 工程地质图的繪制	241
(三) 滑坡	204	(三) 工程地质勘察报告書	244
(四) 滑动力的計算	208	§ 8-6 勘察資料的分析	249
(五) 流石流泥	209	(一) 地质图的閱讀	249
§ 7-2 均匀土边坡稳定的实用計算法	209	(二) 勘察資料的分析	251
(一) 条分法	209	第九章 天然地基上淺基础的設計与計算	255
(二) 洛巴索夫图解法	211	§ 9-1 概說	255
§ 7-3 土压力	211	§ 9-2 地基按极限状态設計的原則	256
(一) 概說	211	(一) 地基設計的极限状态	256
(二) 庫倫土压力理論	213	(二) 地基变形的极限值	258
(三) 庫尔曼图解法	216	(三) 为满足极限状态条件应采取的措施	261
(四) 朗金土压力理論	218	§ 9-3 基础的材料和构造类型	261
(五) 关于土压力問題的簡單討論	220	(一) 基础材料	261
§ 7-4 板桩所受土压力的計算	220	(二) 基础的构造类型	262
§ 7-5 支撐所受土压力的計算	222	(三) 基础依照材料的受力情况及計算方法的分类	267
(一) 橫板的計算	222	§ 9-4 基础埋置深度的选择	267
(二) 豎梁的計算	222	(一) 場地的地质和水文地质条件	268
(三) 橫撐柱的計算	223	(二) 作用在基础上荷载的性质和大小	268
第八章 工程地质勘察	224	(三) 房屋和結構物的构造类型及用途	268
§ 8-1 工程地质勘察的目的和任务	224	(四) 地基土冻脹的可能性	268
§ 8-2 工业与民用建筑物場地的工程地质勘察	224	§ 9-5 地基許可承载力确定	270
(一) 工业与民用建筑物初步設計阶段的工程地质勘察	224	(一) 一般的方法	270
(二) 工业与民用建筑物技术設計阶段的工程地质勘察	225	(二) 应用苏联天然地基設計规范 (ННТУ 127—55) 規定的計算强度	271
(三) 工业与民用建筑物施工圖編制阶段			

(三) 关于应用规范的补充	274
§ 9-6 浅基础的计算	275
(一) 作用在基础上的荷载	275
(二) 中心荷载作用下的基础计算	276
(三) 偏心荷载作用下的基础计算	278
(四) 下卧层的补充校核	279
(五) 地基的变形校核	279
(六) 基础的构造细节	280
(七) 对于滑动和倾复稳定性的校核	281
§ 9-7 特种结构物基础的设计	283
(一) 输电塔架基础	283
(二) 烟囱及水塔基础	284
§ 9-8 弹性地基	286
(一) 概说	286
(二) 初始参数法	288
(三) 初始参数法的例题	293
(四) 热摩奇金法	298
(五) 热摩奇金法的例题	305
(六) 刚性基础底面承压(接触应力)的计算	310
§ 9-9 箱形基础的设计	312
(一) 概说	312
(二) 箱形基础的简化计算	313
§ 9-10 地基基础和上部结构共同工作问题	315
(一) 概说	315
(二) 墙的极限变形和地基平均沉降极限值	316
(三) 上部结构刚度及其与地基的共同工作	318
(四) 上部结构(构架式)与地基的共同工作问题	319
(五) 提高建筑物刚度对不均匀沉降调整所起的作用	319
第十章 天然地基及浅基础的施工	322
§ 10-1 地下水位以上天然地基的修筑	322
(一) 基础定位	322
(二) 基坑(基槽)的开挖	323
(三) 边坡的支撑	323
(四) 基底土的处理	325
(五) 基础的砌筑及回填	326
§ 10-2 地下水位以下天然地基的修筑	326

(一) 敞坑排水	326
(二) 板桩围护	326
§ 10-3 饱和土中的特殊施工方法	328
(一) 人工降低地下水位	329
(二) 饱和土的人工冻结	331
(三) 沥青灌注法	333

第十一章 人工地基

§ 11-1 概说	334
§ 11-2 换土法(垫层法)	334
§ 11-3 机械压实法	336
(一) 表面压实法	337
(二) 深层压实法	337
§ 11-4 水泥灌浆法	340
§ 11-5 硅化加固法	341
§ 11-6 电动化学加固法	344
(一) 电动硅化法	345
(二) 电动铝化法	346
§ 11-7 各种地基加固方法的比较	346

第十二章 桩基

§ 12-1 概说	348
§ 12-2 桩的类型	349
(一) 预制桩	350
(二) 就地灌注桩	352
§ 12-3 单桩工作原理及单桩承载力的确定	354
(一) 单桩工作原理	354
(二) 单桩承载力的确定	355
(三) 打桩过程中的一些现象	363
§ 12-4 群桩工作原理及群桩承载力的确定	364
(一) 群桩工作原理	364
(二) 群桩的计算方法	366
(三) 桩基内每根桩所受作用力的决定	367
§ 12-5 桩基的设计及计算	369
(一) 桩基设计的步骤	369
(二) 桩基的设计及计算	369

第十三章 深基础

§ 13-1 沉井	375
(一) 沉井的概念和适用条件	373
(二) 沉井的类型	374
(三) 沉井的构造	375
(四) 沉井的施工	377

(五) 沉井的設計	379	(二) 地震波及其对建筑物的影响	423
§ 13-2 沉箱	387	(三) 地震烈度	425
(一) 沉箱的概念	387	(四) 小区域地震烈度的确定	428
(二) 沉箱的构造	388	(五) 地震与工程建筑物的关系	431
(三) 关于沉箱保安規則的知識	389	§ 15-2 喀斯特	432
§ 12-3 管柱	390	(一) 喀斯特及其形成条件	432
(一) 管柱基础的概念	390	(二) 中国喀斯特地区	433
(二) 管柱基础的构造	391	(三) 喀斯特地基的評價及处理措施	433
(三) 管柱基础的施工步驟	391	§ 15-3 黃土地基	434
(四) 管柱施工的特点	392	(一) 黃土的成因及其特性	434
第十四章 动力机械基础	394	(二) 黃土的湿陷性及工程分級	435
§ 14-1 概說	394	(三) 黃土地基及基础的設計	437
§ 14-2 振动对地基的影响及土的 弹性系数	395	(四) 黃土地基的工程措施及人工处理	441
(一) 振动对土的內摩擦系数的影响	395	§ 15-4 淤泥地基	443
(二) 土的振动压密	396	(一) 概說	443
(三) 振动作用下地基的承载力	397	(二) 淤泥的特性	443
(四) 土的弹性系数的确定	397	(三) 淤泥地基計算	444
§ 14-3 实体式机械基础的振动原理	401	(四) 在淤泥地基上修建建筑物的方法	445
(一) 基本假設	401	§ 15-5 冻土地基	446
(二) 基础的垂直振动	402	(一) 概說	446
(三) 基础的水平振动和轉振动	403	(二) 冻土及融化中的土的物理性质	448
§ 14-4 曲柄連杆机械基础的設計和 振动計算	407	(三) 冻土及融化中的土的强度及 变形性质	450
(一) 基础的設計和构造原則	407	(四) 多年冻土上修建基础的方法	452
(二) 曲柄連杆机械基础的振动計算	408	(五) 防止基础隆起的措施	453
§ 14-5 錘基础的設計和計算	409	(六) 季节冻土区的地基基础問題	457
(一) 錘基础的設計和构造	409	§ 15-6 填土地基	458
(二) 錘基础的計算	410	(一) 杂填土地基	459
§ 14-6 防止机械基础振动影响的 减振措施	414	(二) 人工填土	459
(一) 振波在土中的傳播	414	第十六章 有关地基基础方案的 几个問題	460
(二) 机械基础振动对建筑物的影响	415	§ 16-1 工程地质条件在建筑場地 选择中的意义	460
(三) 曲柄連杆机械基础振动对建筑物 的影响	415	§ 16-2 建筑物地基基础方案选择中的 几个問題	461
(四) 錘基础振动对建筑物的影响	415	(一) 一般原則	461
§ 14-7 构架式机械基础的构造 和振动計算	417	(二) 成层地基的考虑	463
(一) 构架式机械基础的一般构造	417	(三) 不均匀沉降的考虑	465
(二) 构架式基础的計算	418	(四) 施工条件的考虑	469
第十五章 地震、喀斯特及区域性地基	421	§ 16-3 实例——苏联列宁格勒斯大林大街 的一座公共建筑物	470
§ 15-1 地震	421	結束語	473
(一) 地震的概念	421	参考书目	476

緒 論

(一) 本課程的任务

万丈高楼从地起，一切工程建筑物都是支承在地层上的。直接支承建筑物重量的地层称为“地基”。如果天然的地基不足以承受建筑物的重量而经过了人工加固的地基，则称为人工地基。

建筑物在地下或水下直接与地基相接触的部分称为“基础”，其作用在于把建筑物的重量傳布到地基中去（图 1）。有时候基础与建筑物之間沒有明显的界限而难以严格区分，象路堤、土坝等；有时候基础也兼有別的作用，如作为地下室、地下建筑物的一部分。

要保證建筑物的安全和正常使用，必須要有牢固的地基和基础。对建筑結構与施工（即工业与民用建筑）专业來說，本課程的任务就是从地基基础角度来保證建筑物的安全可靠和正常使用。

地基基础学科就是以建筑物基础与地基之間的問題作为研究对象，研究地基、基础与其上部結構共同工作时，保證地基、基础的强度、稳定以及使其不致有不許可变形等問題的科学。地基基础学科的直接任务是进行建筑物地基和基础的設計和施工，

也即决定基础的埋置深度，地基的承载能力，基础的尺寸，基础工程的施工方法；以及在必要时进行地基的人工加固所应采取的措施。

要保證地基的稳固可靠，还必须結合地基所处的地质条件来研究。地基基础学科是与地质学密切联系的。簡要地說，地质学是研究地球的科学，其研究对象是整个地球，而以地壳为主。它研究地壳的成分和性质，地壳的运动和变形以及地壳的发展过程等。至于研究与工程建筑有关的地质問題的科学，則称为工程地质学。工程地质学是地质学的一个分支，是研究修建各种工程建筑物的地质条件和建筑物对自然地质条件所产生的影响，并研究在各种地质条件下采取适当的措施以保證建筑物的稳定和正常使用的科学。工程地质学的直接任务是对建筑物的工程地质条件作出评价；預測对建筑物地基有不良影响的自然地质現象和工程地质現象；提出相应的工程地质措施。工程地质学的主要研究对象是岩石，其中也包括疏松的岩石——土。

地基是由土和岩石构成的。研究土的工程性质及其受力后的工作情况的科学称作土力学。土力学的任务是研究土的物理性质、应力、变形、强度、稳定以及擋土結構上的土压力等問題。土力学是一門理論性学科，为正确解决地基基础問題提供計算理論根据。

这样，我們可以清楚地看到，对于建筑結構与施工专业來說，学习本課程的目的是为了修建建筑物的地基和基础，而要很好解决地基基础問題必須同时学习工程地质学和工力学。因此，本門学科包括工程地质，土力学和地基基础三个主要組成部分。

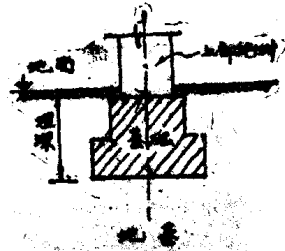


图 1 地基基础示意

（二）地基和基础在建筑工程中的重要性

在工程建設中，無論是規劃、勘察、設計、施工和使用，都會遇到許多有關工程地質和地基基礎方面的問題。地基基礎工程的造價、工期和工作量等在建築工程中占着很大的比重。通常基礎工程的造價占建築總造價的10—20%。這就一般工程而言，如果需要进行地基加固，或地下工程較多較複雜，則其比重就會更大。基礎工程總是在地下甚至在水下進行施工，所以一般比較複雜，技術要求較高，處理不當往往成為施工中重大的困難。統計資料表明：大部分的工程事故總是在某種程度上與地基基礎問題有關。建築物因地基基礎方面的勘察、設計、施工或使用不當常招致建築物的損壞甚至倒塌。為了使同學們更明確地了解地基基礎的重要性，下面分別通過實例來說明：

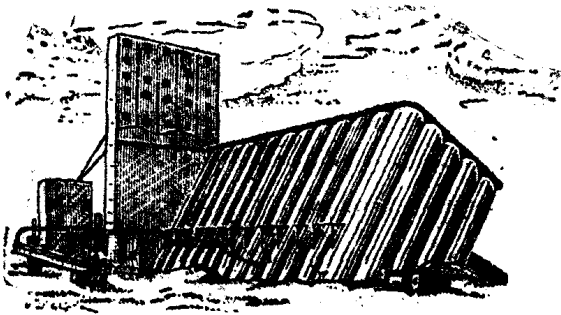


圖 2 特朗斯康谷倉事故

西班牙蒙特·哈水庫修在喀斯特地區，水庫中的水通過石灰岩的裂隙和溶洞漏走，結果使高達72米的大壩聳立於干涸的河谷中。加拿大特朗斯康谷倉，由於不了解深層有軟土層的存在，建成後不久即發生傾斜，一側陷入土中8.8米，傾斜近 27° （圖2）。墨西哥城的國家劇院建造在火山灰沉積的湖盆里的異常鬆軟的土層上，負責設計的美國工程師採用了鋼結構

和厚重的鋼筋混凝土牆及基礎；該劇院下沉了約有一層樓，以致戲院入口不得不低於地面。

以上只是些明顯的事故，還有許多是看不出來的浪費（如採用加大安全係數，不必要的加大基礎埋深等，也都帶來了很大的浪費）。

成功地處理地基基礎問題的例子，如武漢長江大橋首次採用的管柱基礎，解決了長江水深流急、荷載大、施工季節短等等困難，為基礎工程打開了新的一頁。首都人民大會堂的地基採用了先進的按變形設計的方法。中國革命歷史博物館的地基遇到了舊護城河的河床，部分地區採用了電化學加固處理，解決了施工期限短，質量要求高等問題。鞍鋼十號高爐的地基為可壓縮性土層，但其下面為傾斜的基岩，地基範圍內可壓縮土層的厚薄不等，按一般設計需要打樁。但由於按變形設計，考慮到高爐可能產生的不均勻下沉，修建時故意使高爐向土層薄的一側傾斜，建成後高爐恰好恢復垂直，保證了生產，節省了投資。這些範例不僅是多快好省地完成了建設任務，而且也推動了科學技術前進，同時還具有重大的政治意義。

（三）地基基礎的發展簡史及我國在這方面的成就

科學技術的發展是為社會生產力的發展所決定和制約的，是建立在人類同自然界作鬥爭的實踐經驗的基礎之上的。本學科正是適應着工程建設的需要，並在有關學科相應發展的推動下，逐步形成為專門的學科，特別在最近更有了巨大的發展。

從遠古開始人類在同自然作鬥爭中就已經建造了各種建築物，而有了建築物也就出現了地基問題，不過以前建築物的重量畢竟較小，對地基和基礎的要求不高，且有較多的可能選擇堅實的地基來建造重大的建築物，因而地基基礎問題並不突出，而這門學科的發展也

就十分緩慢。虽然从許多遺留至今的古代建筑中說明人类早已积累了这方面的經驗和知識，但还不足以形成独立的学科。随着社会生产力的发展，近代建筑物不仅重量大，而且結構复杂，对地基基础不断提出新的要求，从而促使了这门学科的建立、发展和成长。

在叙述发展簡史中，我們將提到一些著名的学者，他們根据当时科学技术水平总结了劳动人民的实践，推进了这门学科向前发展。下面我們分国外情况及我国成就两部分来談。

(1) 国外情况

十九世紀中叶由于資本主义的迅速发展，引起了許多巨大工程的修建，如苏伊士运河、西伯利亚铁路等。为了保証綫路的稳定，吸引了一些地质学家参加工作。在解决实际工程問題中，地质学家不仅要描述現象，并力求說明現象，提出工程措施。这些工作就成为工程地质学科的初步萌芽。

土力学中个别問題的研究，則早在十八世紀就已开始。

1773年法国庫侖 (Coulomb) 为了解决擋土墙上作用的土压力問題，从使墙上反力为最大时的滑动平面所构成的土楔体，处于极限平衡的假設出发，定出了墙上的土压力，发表了著名的土压力理論和土的抗剪强度公式，对以后土力学的創立打下了最初的基础。十九世紀五十年代俄国軍事工程师 Г. Е. 帕烏凱尔 (Паукер) 在修建克朗斯塔要塞时为了确定基础的合理埋設深度，从基础底面下的土不致被压力挤出这一要求出发，提出了决定基础埋深的公式。1857年英国人朗金 (Rankine) 也得到了类似的公式。

在基础工程方面，十九世紀末和二十世紀初，更是結合着生产的发展在技术上取得了很大的进展。除了对历史悠久的桩基的設計和施工做了显著的改进以外，开始采用沉箱、人工冻结及深层降低地下水位的方法来修建深基础。1841年法国工程师特列賽 (Triger) 首先应用沉箱来开凿含水层中的矿井；而后俄国人又用来建造桥墩。

应当指出，在这个时期由于工业建设和水利交通事业的蓬勃发展，要求解决地基基础工程方面不断出現且日益复杂的技术問題。因而不仅基础工程的技术水平有了很大提高，在有关土和地基的基本理論的研究上也有了相应的发展。1920年法国人普朗特 (Prandtl) 求得了极限平衡状态时的数学方程式，为进一步研究地基的极限平衡問題提供了有力的工具。瑞典人費兰紐斯 (Fellenius) 在总结了大量的铁路坍方事故的教訓之后，于1922年提出了分析土坡稳定的条分法。

土力学作为一门比較成熟的計算理論性学科，建立起比較完整的主要观点和計算原理还只有三四十年的時間。1925年K. 太沙基 (Terzaghi) 著作了“建筑土力学”，其中論述了一系列的土的物理力学性质，特别是土的压缩性問題。这本书在当时影响很广，对土力学的形成起过一定的作用。但是正象苏联学者所指出的，这本书中由于受了资产阶级的机械論观点的影响，因而有許多錯誤的理論和不确切的地方。

苏联十月社会主义革命以后，在蓬勃发展的社会主义建设的推动下，工程地质、土力学、地基基础才真正建立起来并得到了迅速的发展。建造新的城鎮，大型的厂矿，宏偉的水工建筑和铁路桥梁建筑，面积与荷载都十分巨大的民用建筑和动力机械基础等，对地基基础工程提出了新的要求，要求加强对工程地质学和土力学的进一步的研究。在地质人員与工程建筑人員的共同努力下，由于苏联社会主义建设的需要，在二十年代末，工程地质学在苏联形成为一門独立的科学。而無論在西欧或美国，虽然早在二十年代初就感觉到設

計建築物應全面考慮地質條件，但工程地質學始終未被重視，沒有得到應有的發展。

蘇聯在近代土力學和地基基礎學科的創立和發展上，作出了獨特的貢獻。蘇聯學者提出並解決了許多十分重要的課題。

在土力學理論研究方面，1931年Н·М·格爾謝凡諾夫（Герсезанов）發表了“土體動力學”，首先提出了關於飽和土體在荷載作用下的變形理論，對於土力學的發展有重要意義。飽和土的變形理論通過В·А·弗洛林（Флорин）和Д·Е·波列興（Польшин）等人的研究而得到了進一步的發展。在散體極限平衡理論方面，В·В·索科洛夫斯基（Соколовский）在有關地基、土坡和擋土牆的穩定分析上獲得了謹嚴的數學解答並制定了數值積分法。

蘇聯對於土的分類，是世界上最能反映土的特性，適合於工程上應用的分類法。

由於蘇聯社會制度的優越性，組織了大規模的對建築物沉降的觀測工作。根據觀測結果和對地基基礎的多方面研究，蘇聯已經採用了按極限狀態來設計地基基礎的先進方法，並且按這一原則編制了設計規範，既完善地反映了地基基礎間的实际作用情況，又充分利用了地基的承載能力。此外，還制定了工業與民用建築、鐵路、橋涵等部門及動力基礎、黃土、凍土等的規範和技術規程，而且正在編制地區性的設計規範，這就更能適合各種具體情況，充分挖掘地基潛力。

蘇聯在動力基礎、濕陷性黃土、多年凍土、淤泥及不均勻壓縮性土上修建建築物的研究，都走在世界的最先列。在基礎施工方法上有着許多新的成就。蘇聯比任何國家更廣泛地採用了工業化裝配式基礎。從關懷工人健康出發，蘇聯在沉箱工程上，首先採用了水力機械化的不需要人工挖土的自動下沉方法。在振動法施工、土的加固及各種機械化施工等方面也都取得了很大的成績。

蘇聯在地基基礎學科方面是在世界上居於領先地位的，蘇聯人民有着蘇聯共產黨的領導和辯證唯物主義思想的指導，有優越的社會主義制度的保證，在大規模經濟建設的推動下，正在把地基基礎有關學科推向新的高峯。

在資本主義國家里，近四十多年來本學科的發展是畸形的。某些和壟斷資本利益有關的技術雖獲得了一定的發展，而被認為“無利可圖”的工作便被長期擱置。某些和軍事建築工程有關的地基基礎問題被熱衷地研究着，而某些經濟落後的地區，雖然大批的耕地被沖毀，土壤需要改善，却因為無利可圖而無人過問。在理論研究方面，近年來也因而陷於停滯狀態。

（2）我國成就

我國是一個文明古國，幾千年來勤勞智慧的祖先為我們留下了豐富的遺產。我們能夠列舉無數事實來說明我國古代人民在工程建設上的偉大成就，而每一項成就無不涉及到工程地質和地基基礎問題。根據文獻記載和遺留至今的建築物足以證明我國人民在地基基礎上有着卓越的貢獻。

遠在兩千多年前在四川等地就流傳着開鑿鹽井的泥漿鉆探法。在勘探上我國首先應用觸探。利用錐探檢查堤壩質量的方法，屢經改革沿用至今。西北黃土地區大量的窖洞證明當地居民早已掌握了黃土的特性。大量的古籍說明了我國古代學者對許多地質現象和理論知識早就有了記載和研究。

始自春秋戰國修成於秦朝的萬里長城，以及在隋朝連通的南北大運河，其工程之大，所經地域之廣，延伸之長，自然地理及地質條件之複雜幾至無可比擬，然經千百載而屹立至

今，成为世界工程的奇迹，充分说明了我国人民具有正确处理工程地质和地基基础问题的丰富经验和能力。

在建筑工程方面（包括基础工程在内），我国古代劳动人民的创造是举世闻名的，如河南安阳出土的殷墟遗物，证明了当时堂室就有了土台石础和铜础。许多宏伟的古建筑，如故宫、天坛以及遍布各地的寺庙、佛塔，虽然表现为封建时代的宫殿及宗教建筑，但都是劳动人民的伟大创造，显示出了地基基础的建造技术已经达到了相当的水平。特别是作为高层建筑的古塔，荷载大而不许可有倾斜和过量的沉降，象在唐朝时重建的西安大雁塔高达64米，虽经多次地震而至今依然完好，足见地基基础处理的高度水平。

由于生产发展的需要，我国历史上著名的工程极多。在开发水利、修筑运河、海塘、桥梁等方面都有显著的成就。如我国的夯土技术无论在筑堤坝、修城墙、筑台基等方面都早有研究并积累了丰富的经验；而在采用灰土之后又得到了进一步的发展。五代时在软土上修建的杭州大海塘，采用桩基和石承台，这一经常遭受海浪冲击的堤岸一直保存到至今。著名的桥梁建筑，如隋代修的赵州桥，辽代修的芦沟桥，宋代修的采用蜗胶筏形基础的洛阳桥，历经千百年而完好至今，这些都充分地反映了我国古代在地基基础方面的相当卓越的技术水平。

但是我国古代劳动人民在实践中所取得的丰富经验，历代相传的优良技术，由于受封建生产方式的束缚，没有可能形成系统的学科。特别是近百年来，由于受帝国主义、封建主义和官僚资本主义的三重压迫，我国经济极为落后，科学技术不可能得到应有的发展，地基基础学科也就停滞不前。

解放前的旧中国，根本谈不上什么重大的工程建设，在技术上又完全依赖于资本主义国家，工程地质和地基基础问题根本不受重视。当时全国从事地质工作的人员寥寥可数，而其中搞工程地质的就只有几个人，调查过几个坝址和几条铁路、公路。几乎没有任何配合地基基础用的钻探设备，而土工试验室就只有规模非常小的三个。基础工程几乎全靠人工施工，稍大的工程就由外商承包。

人民的智慧只是在今天才发出了更灿烂的光辉。解放以来，由于党的正确领导，我国进行了大规模的经济建设，在学习苏联的基础上结合我国的实际，工程地质土力学和地基基础获得了飞速的发展。

我国解放十二年来，在党的领导下经过了三年经济恢复时期，第一个五年计划和第二个五年计划的三年大跃进，不仅使全国在工农业的发展上出现了史无前例的空前繁荣局面，也带动了一切学科的迅速跃进。具体到本门学科，大量人材的培养，专门的勘测、试验、设计、施工和研究队伍的建立与壮大，全是解放以后出现的。

解放初期，与建立队伍同时，展开了学习苏联先进建设经验的热潮，逐步掌握了完整的先进技术和建立了对人民财产负责的工作方法与制度。在工作上强调了没有调查研究就不能设计，没有设计就不能施工的科学工作方法。在制度上采取了严格的经济核算制度，精打细算，厉行节约。过去从资本主义国家输入的滥打桩基、滥用钢筋混凝土基础的作法被扬弃了。不问地基纵深情况，过去的情形和将来发展，唯从决定承载力来进行设计的作法也被科学的，有深入勘探资料 and 正确设计方法的作法所代替。十二年来，特别是三年的大跃进以来，本门学科的技术不断革新，生产率不断提高。在党的社会主义建设总路线光辉照耀下，破除迷信，解放思想，创造发明层出不穷，建设成就前无伦比。现就下列的

几个方面扼要的介绍一下。

在工程地质勘察与試驗方面，从钻探取样进行室内試驗的作法起，已发展到与电探法、地震法、放射性同位素法等相结合，使大面积的勘探能够快速进行，并可获得较精确的地层分布情况和地层性质的数据。十二年来对重点建設区域所积累的大量勘探資料，也使有些地区編制出了地质分区图，节约了勘探的工作量。

对区域性地质（如黄土、淤泥、冻土、喀斯特等）的研究，已从成因和发展上掌握了某些地区的特点，制定了相应的地基基础处理方法并积累了相当的經驗。

在地基基础的設計理論方面已从过去的仅凭片面地决定的地基承载力进行設計的情况，发展到采用深入調查所获得的数据，有足够理論根据，能充分发挥地基潛力的設計方法。运用土力学变形計算理論，按变形設計地基基础的方法已在一些重大建筑物上使用。如东北有一厂房修建在沼泽地区，由于采用了按变形設計的方法，节省了原拟投在加固地基上的資金200万元，并縮短了工期。

几年来各地进行的大量的建筑物沉降观测与分析，为确定建筑物的許可变形值积累了資料。仅北京一地对天然地基的許可承载力便可比原规范再增25%，大大节省了投在地基基础方面的資金。目前許多地方都在修訂适于本地区情况、能發揮地基潛力的天然地基规范。

在土力学基本理論方面，我国对土的流变性质的研究受到世界上的重視，虽然目前流变学还不能正式运用到地基基础設計上，但这一研究方向是值得注意的。此外对在建筑物作用下土体的固結理論和沉降計算也有相当的发展。这方面工作的特色是理論研究和現場大型試驗密切結合。不少的水閘和路堤被用作研究的对象，积累了丰富的現場观测和現場土性試驗的資料，它們与理論推算互相佐証，并为进一步发展理論建立了基础。

有关土的动力性质、土的极限平衡理論和土中应力分布的研究在我国也有相当的开展。例如对鍛錘振动的調查研究便是全国規模的，并已获得若干有指导性的結論。

在地基处理方面，各种人工加固的方法如砂垫层、砂桩、各种热、电、化学加固方法，在全国得到了应用和推广。北京革命历史博物館下的部分地基加固就采用了先进的电化学加固法加固的。我国傳統的灰土和石灰桩也得到了整理和提高。許多地区已利用灰土作为基础，进一步节约了建筑材料并降低造价。

在基础工程方面由于施工装备有重点的机械化和新技术的采用，也已有了若干独特的发展。由苏联专家指导，我国工程技术人员通力协作的武汉大桥管柱基础，是世界上首創的新基础形式与施工方法。它汇总了大型冲击钻探，振動打桩，高压冲洗钻孔及水下灌注混凝土等技术的特色，形成了管柱基础新技术。目前管徑已达5.8米，振動打桩能力已达250—400吨，并在水坝、矿井等建筑工程开始推广。

沉箱工程方面某一工程采用了高26.5米，埋入水下約19米，平面面积达805平方米的沉箱，仅46天便完成下沉工作，节约造价100多万元。水力机械化施工法也已采用。

我国打桩工程的規模也很大，桩的类型是多种多样的。象預应力空心管桩、加翼桩、預应力抽芯桩、爆扩桩等都已成功地应用到建設上去。就地灌注多次扩大混凝土桩更取得了很好的效果。

由于党的英明領導，社会主义制度的无比优越性，大規模經濟建設的推动作用以及劳动人民的偉大創造，我国在地基基础事业上，已經取得了巨大的成就。讓我們在三面紅旗的

光輝照耀下，鼓足更大的革命干劲，為建設我們強大的祖國、為把我國地基基礎學科推向新的高峯而努力。

(四) 本課程特點及學習要求

“岩土”是自然的產物，特別是土的性質是複雜而多變的，不同類的土的性質固然不同，同一類的土也隨着季節、溫度、濕度、地下水及其他條件的影響而有很大的性質上的差別。“岩土”作為構成地基的材料時，還存在着另一特點，即“基土”不可能按照設計者的願望象使用其他建築材料那樣可以選擇，通常只能按照天然狀態的岩土直接使用，而且還必須考慮到建築物使用期間可能產生的變化。一旦建築場地確定，不論岩土的性質如何，地基就沒有選擇的余地。當然有時也可以進行地基的人工處理，但往往費用高昂，效果及使用範圍有限。地基的這種特點，要求在修建地基基礎時應當遵循下面的步驟：

1. 進行建築場地的工程地質勘察及土工試驗；提出報告書，說明地基的地質條件和性質，並對其作出評價。
2. 進行地基基礎設計和計算，必要時提出相應的工程地質措施，確定經濟合理的設計方案。
3. 進行基礎工程的施工，必要時尚應在建築物使用期間採取適當的地基保護措施。

本課程的內容是相當廣泛的，涉及到地質學及工程地質學知識、土力學理論、地基基礎的設計施工等等。但由於本門學科還比較年輕，有許多問題還不成熟，因而同學在學習時，應當着重掌握基本概念，結合具體情況應用本課程中所講述的基本原理與方法來解決實際問題。

對建築結構與施工專業的同學學習本課程的要求是：

1. 系統地掌握工程地質的基礎知識，能使用和分析地質資料，應用工程地質學的知識，發現建築工程中的地質問題，並在通常情況下能提出相應的工程地質措施，對中小型工程能夠進行一般的工程地質勘察。
2. 掌握土力學的基本理論，了解基土的工程性質，並能針對基土性質處理建築工程中的地基基礎問題。
3. 能根據建築物的要求和地質條件選擇建築物的地基基礎方案，進行地基基礎的設計計算，對特殊的地基基礎問題有一般的系統的了解，能提出原則措施。
4. 在一般不太複雜的條件下，能解決基礎工程施工中遇到的地基基礎問題。

在解決地基基礎問題時，要牢牢記住“具體問題具體分析”，一切從實際出發，把岩土的性質和工程地質、地基基礎知識密切聯繫起來，去解決實際生產問題。

第一章 岩石及地质作用的基本知識

§1-1 地球的构造及地史概念

(一) 地球的构造

地球是两极略較赤道为扁平的橢球体。它的赤道半徑为6378.3公里,两极半徑为6356.9公里,即二者差約21公里。地球表面高低不平,陆地上最高处为8.88公里,水下最深海淵深达10公里。地球的表面面积为 51×10^7 平方公里,其中海洋占70.8%,陆地占29.2%。地球的平均密度为5.5。

根据現代科学的观测和推断,从地球的周边到地球的中心,是由一些在化学成分、密度、压力以及溫度方面不同的圈层所构成,它具有同心圓狀的圈层构造(图1-1)。这些圈层自外至內有大气圈、水圈、生物圈及地球体,地球体又包括:外圈、中間圈及地核。

1. 大气圈: 大气圈就是包围着地球的气层,它是連續不断的,其厚度超过1,300公里。此圈分为三层: ①对流层: 高达10.5公里; 对流层范围内空气密度与溫度有規律的随高度增加而降低。主要成分为氮及氧,其余为少量的惰性气体、水蒸汽及二氧化碳。②对流层以上为同溫层,高度达80公里,不含水蒸汽,密度很小,溫度很低。③同溫层以上为电离层,高度在1,300公里以上。

大气圈对地壳起强烈的地质作用。空气中的氧、二氧化碳和水蒸汽以及气温气流等都是破坏岩石的重要因素。此外,对流层中的气流流动,引起自然界中水的循环。

2. 水圈: 水圈包括海洋、河流、湖泊及地下水等。

水圈以物理的和化学的方式破坏岩石,同时再把破坏了的岩石碎屑搬运至低洼处沉积,造成新的岩石。

3. 生物圈: 生物圈是地壳表层上的生物活动地带。对地壳的地质现象的发生发展有着重要的意义。

4. 地球体: 地球体由不同的圈层构成,其詳細情况見表1-1。

由表1-1可以看出,地球的密度、溫度和压力是随深度的增加而逐漸升高和增大的,其中以密度和压力为最显著。

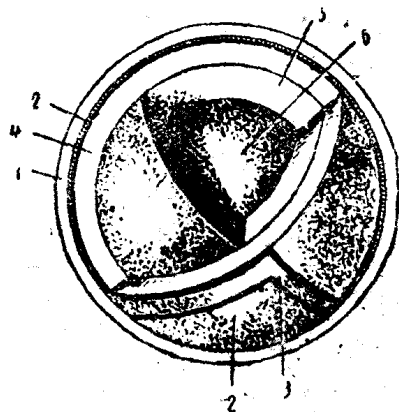


图 1-1 地球的构造

1—大气圈; 2、3—岩石圈; 4—重圈; 5—中間圈(核心层); 6—地球核心

表 1-1 地球体的构造

名 称 性 质	外 圈			中 間 圈	地 核
	岩 石 圈		重 圈		
	地壳(硅鋁层)	硅 鎂 层			
主要成份	硅、鋁等元素	硅、鎂	硅、鎂、鉄	鎂、鉄、鎂及硅	鉄、鎳
厚度(公里)	20	100	1100	1700	3470
平均密度	2.7	2.7—3.3	3.3—4	5—6	9—11
温 度(°C)	最高1100随深度增加	1500	1200—1500	1500—2000	3000—4000
压力(大气压)	1—3000	2万	50万	60—150万	>300万
状 态	固体岩石	深度40—50公里内为 固体岩石以下为岩浆	熔融岩浆为主	物质呈塑性状态	固体状态
备 注	以花崗岩代表	以玄武岩代表	以橄欖岩代表	—	—

这里必須指出, 岩石圈, 特别是地壳, 是各种地质作用进行的場所, 而一切工程建筑物都建筑在地壳上, 故岩石圈是地质学、工程地质学及水文地质学研究的主要对象。

岩石圈的上部, 称为地壳, 它是建筑物的地基, 也是建筑原料来源地, 常是工程建筑人員研究的对象。

地壳是由各种化学元素所組成, 其中对地壳組成起主要作用的元素仅有下列九种(根据 F·W·克拉克的資料, 以重量百分比計): 这九种元素共占98%以上, 其余化学元素的总和只占地壳的1.5%左右。

氧	46.71	硅	27.69
鋁	8.07	鉄	5.06
鈣	3.65	鎂	2.08
鈉	2.75	鉀	2.58
氫	0.14		

在我們能够观测到的岩石圈的上部, 这些化学元素的化合物及各种独立的元素組成了一定的化学成分和物理性质的均质体, 这就是我們通常所称的矿物。

在地壳中矿物的分布很不均衡, 常以一种或多种在一起組成矿物的集合体, 这就是岩石。所以矿物是岩石的組成部分, 而矿物及岩石又是組成地壳的物质。

矿物不仅組成各种岩石, 且对岩石的工程性质亦极有关。因此要选择良好的建筑石料及建筑地基, 須先对矿物有所了解, 使能达到研究岩石而为工程服务的目的。故地壳的組成成分——矿物及岩石是我們首先要研究的对象。

(二) 地球历史概述

(1) 地壳运动的概念

从工程地质观点来评价某一地区的建筑条件, 必須闡明下列問題:

1. 岩层的完整性;
2. 各个岩层在平面內的延伸性(分布)以及在不同深度的埋藏条件;
3. 地壳运动的影响。

只有在初步明确了地壳运动的前提下, 才能达到上述目的。