

地基与基础

(试用本)

一九八九年八月

目 录

绪言	(1)
一、地基与基础的基本概念	(1)
二、历史的简单回顾	(2)
三、本学科的重要性与学习方法。	(3)
第一章 建筑场地的工程地质条件概述	(5)
第一节 地质作用与地质年代	(5)
一、地质作用的概念	(5)
二、地质年代的划分	(5)
第二节 岩石的成因类型与特征	(7)
一、岩石的定义	(7)
二、岩石的成因类型	(7)
三、岩石的结构和构造	(8)
四、岩石的风化作用	(8)
第三节 地质构造及其与工程的关系	(9)
一、褶皱构造	(10)
二、断裂构造	(10)
三、地震	(11)
第四节 第四纪沉积物及其工程特性	(12)
一、残积物	(12)
二、坡积物	(13)
三、洪积物	(14)
四、河流冲积物	(14)
五、湖沼沉积物	(17)
六、风积物	(17)
七、我国第四纪沉积层分区	(18)
第五节 地下水	(19)
一、地下水的埋藏条件	(19)
二、土的渗透性	(21)
三、地下水的侵蚀性	(24)
第二章 土的物理性质及工程分类	(25)
第一节 土的组成	(25)
一、土的固体颗粒	(25)

二、土中的水	(29)
三、土中气体	(30)
四、土的结构和构造	(30)
第二节 土的三相比例指标	(32)
一、直接测定的指标	(33)
二、换算指标	(34)
三、指标间换算	(36)
第三节 土的物理状态指标	(39)
一、砂土的密实状态	(39)
二、粘性土的稠度	(41)
第四节 地基土的工程分类	(43)
一、碎石土分类	(44)
二、砂土分类	(45)
三、粉土	(45)
四、粘性土分类	(45)
五、人工填土分类	(45)

第三章 地基土的应力与变形 (47)

第一节 概述	(47)
第二节 土的自重应力	(48)
第三节 基底压力	(48)
一、中心荷载作用下的基底压力	(49)
二、偏心荷载作用下的基底压力	(49)
三、基底附加压力	(50)
第四节 地基中附加应力	(50)
一、竖向集中荷载作用下的地基附加应力—布辛尼斯克解	(51)
二、矩形荷载作用下的地基附加应力	(52)
三、均布圆形荷载作用下的地基附加应力	(57)
四、条形荷载作用下的地基附加应力	(57)
五、非均质和各向异性地基中的附加应力	(60)
第五节 土的压缩性	(63)
一、基本概念	(63)
二、侧限压缩试验及压缩性指标	(63)
三、土的变形模量	(65)
第六节 地基最终沉降量的计算	(67)
一、弹性力学计算公式	(68)
二、分层总和法	(69)
三、规范推荐的方法	(70)
四、应力历史对粘性土变形的影响	(81)
第七节 地基变形与时间的关系	(33)

一、饱和粘性土的一维固结理论·····	(83)
二、地基土的固结度·····	(85)
三、经验公式·····	(89)
第四章 土的抗剪强度与土压力·····	(91)
第一节 土的抗剪强度·····	(91)
一、直剪试验与库伦定律·····	(91)
二、抗剪强度指标及影响因素·····	(92)
第二节 土的强度理论 (极限平衡条件) ·····	(93)
一、土中某点应力状态·····	(93)
二、极限平衡条件·····	(94)
三、三轴剪切试验·····	(96)
四、无侧限抗压强度试验·····	(97)
第三节 不同排水条件下土的剪切试验方法·····	(98)
一、土的抗剪强度的总应力和有效应力法·····	(98)
二、不同排水条件试验方法·····	(98)
三、三轴试验试样中的应力路径·····	(100)
第四节 抗剪强度的原位测试方法·····	(102)
一、十字板剪切试验·····	(102)
二、原位直剪试验·····	(103)
三、一次性剪切试验·····	(103)
第五节 土压力与墙的位移关系·····	(104)
一、静止土压力·····	(104)
二、主动土压力·····	(105)
三、被动土压力·····	(105)
第六节 郎金土压力理论·····	(105)
一、基本概念·····	(105)
二、主动土压力·····	(106)
三、被动土压力·····	(108)
第七节 库伦土压力理论·····	(109)
一、主动土压力·····	(109)
二、被动土压力·····	(111)
三、库伦公式在应用中的几个问题·····	(112)
第八节 特殊情况的土压力计算·····	(112)
一、填土面上有均布荷载作用·····	(112)
二、填土为分层土·····	(113)
第九节 楔体试算法求土压力·····	(115)
第五章 地基承载力·····	(117)
第一节 概述·····	(117)

一、地基变形三阶段及地基的界限压力	(117)
二、地基破坏的三种模式	(118)
第二节 按塑性变形区发展范围确定地基承载力	(119)
一、地基的临塑压力 p_{cr}	(119)
二、塑性压力 $p_{1/4}$ ($p_{1/3}$)	(121)
第三节 地基极限承载力	(122)
一、浅基础极限承载力公式	(123)
二、深基础的极限承载力公式	(128)
第四节 地基承载力设计值的确定	(130)
一、按载荷试验确定	(131)
二、按理论公式计算	(133)
三、按“地基规范”表格确定	(136)
四、用其它原位测试方法及经验方法确定地基承载力	(141)
五、岩石地基承载力	(142)
六、地震区地基承载力的计算	(143)

第六章 工程地质勘察 (145)

第一节 工程地质勘察工作概要	(145)
一、勘察工作的基本任务	(145)
二、常见几种地貌单元	(146)
三、场地地质条件与勘察工作的关系	(147)
第二节 工程地质勘探方法	(147)
一、工程地质测绘与调查	(147)
二、掘探	(148)
三、钻探	(148)
四、触探	(149)
五、室内试验工作	(150)
六、原位测试	(150)
第三节 建筑场地的勘察内容	(151)
一、选择场址勘察	(151)
二、初步勘察	(151)
三、详细勘察	(152)
四、施工勘察和使用监测	(152)
第四节 工程地质勘察报告	(152)
一、勘察报告书的基本内容	(153)
二、勘察报告实例	(153)

第七章 浅基础设计 (158)

第一节 一般设计原则	(158)
一、对地基基础设计的基本要求	(158)

二、浅基础的设计步骤框图·····	(159)
第二节 浅基础的类型 ·····	(160)
一、刚性基础·····	(160)
二、钢筋混凝土基础·····	(160)
第三节 基础埋置深度的选择 ·····	(163)
一、影响基础埋深选择的因素·····	(163)
二、冻土地基基础的埋深·····	(165)
第四节 基础底面和剖面尺寸的确定 ·····	(167)
一、按持力层地基承载力计算基础底面尺寸·····	(167)
二、软弱下卧层强度验算·····	(172)
三、地基的变形验算·····	(175)
四、稳定性计算·····	(178)
五、刚性基础设计·····	(179)
第五节 梁、板式基础的实用计算法 ·····	(180)
一、基底反力简化计算方法·····	(180)
二、基础内力计算·····	(181)
三、柱下条形基础的构造要求·····	(190)
四、梁板基础的构造要求·····	(191)
第六节 减轻不均匀沉降危害的措施 ·····	(191)
一、地基、基础和上部结构共同工作的概念·····	(191)
二、建筑设计措施·····	(193)
三、结构措施·····	(197)
四、施工和使用方面的措施·····	(198)
第八章 桩基础及其他深基础 ·····	(199)
第一节 概述 ·····	(199)
第二节 桩的类型 ·····	(200)
一、按桩的受力方式分类·····	(200)
二、按桩的施工方法分类·····	(201)
第三节 单桩承载力的确定 ·····	(204)
一、单桩轴向承载力的确定·····	(204)
二、水平承载力的确定·····	(209)
第四节 群桩承载力的计算 ·····	(213)
一、群桩效应·····	(213)
二、群桩的承载力和变形验算·····	(216)
三、群桩中各桩受力验算·····	(218)
第五节 桩基础设计 ·····	(220)
一、桩基础设计步骤·····	(220)
二、例题·····	(226)
第六节 沉井和地下连续墙简介 ·····	(230)

一、沉井基础·····	(230)
二、地下连续墙·····	(232)
第九章 软弱土地基处理·····	(235)
第一节 软土的特性·····	(235)
一、软土的基本性能·····	(236)
二、软土的变形特性·····	(236)
三、软土的强度·····	(237)
第二节 碾压与夯实·····	(238)
一、重锤夯实法·····	(238)
二、强夯法·····	(239)
三、机械碾压法·····	(240)
四、振动压实法·····	(242)
第三节 换土法·····	(242)
一、换土垫层·····	(242)
二、加筋土·····	(244)
第四节 深层挤密法·····	(245)
一、挤密砂桩·····	(245)
二、振冲桩·····	(246)
三、复合地基的计算·····	(247)
第五节 排水法·····	(248)
一、电渗排水·····	(248)
二、砂井排水·····	(248)
第六节 化学加固法·····	(251)
一、高压旋喷法·····	(251)
二、深层搅拌法·····	(252)
三、硅化法·····	(252)
第十章 山区地基·····	(254)
第一节 山区地基的特点·····	(254)
第二节 岩石地基·····	(255)
一、影响岩石地基工程性质的主要因素·····	(255)
二、岩石地基承载力·····	(257)
三、岩石地基上的基础型式·····	(257)
四、锚桩计算·····	(258)
第三节 岩土混合地基·····	(259)
一、概述·····	(259)
二、岩土混合地基直接利用的条件·····	(260)
三、岩土混合地基的处理方法·····	(262)
第四节 岩溶与土洞·····	(263)

一、岩溶地基·····	(264)
二、土洞·····	(268)
第五节 泥石流 ·····	(270)
一、泥石流的形成条件·····	(270)
二、泥石流的防治·····	(271)
第六节 红粘土地基 ·····	(272)
一、红粘土的成因·····	(272)
二、红粘土的性质·····	(272)
三、红粘土地基的评价·····	(275)
第七节 膨胀土地基 ·····	(276)
一、概述·····	(276)
二、膨胀土的胀缩性质·····	(277)
三、膨胀土的判别和膨胀土地基评价·····	(278)
四、膨胀土地基的设计计算·····	(280)
五、膨胀土地基的处理措施·····	(281)
第十一章 边坡工程 ·····	(285)
第一节 概述 ·····	(285)
第二节 边坡稳定分析 ·····	(286)
一、库尔曼法·····	(286)
二、摩擦圆法和稳定因素及其应用·····	(287)
三、条分法·····	(292)
(一) 圆弧滑动面条分法·····	(292)
(二) 不平衡力传递法·····	(296)
第三节 挡土墙 ·····	(298)
一、重力式挡土墙·····	(299)
二、悬臂式和扶壁式挡土墙·····	(304)
三、锚杆挡土墙·····	(304)
四、加筋土挡土墙·····	(305)
第四节 滑坡 ·····	(305)
一、滑坡的形态特征及分类·····	(305)
二、滑坡形成的地质条件及影响因素·····	(306)
三、滑坡的预防措施·····	(308)
四、滑坡的整治·····	(308)
第五节 崩塌 ·····	(314)
一、崩塌的形成条件·····	(314)
二、崩塌的防治·····	(315)
第十二章 基础工程数值分析简介 ·····	(316)
第一节 概述 ·····	(316)

第二节 地基上梁板分析的地基模型	(316)
一、文克尔地基模型.....	(317)
二、半空间地基模型.....	(317)
三、压缩层地基模型.....	(318)
第三节 地基上梁的有限差分法解	(318)
一、差分方程组的建立.....	(318)
二、差分方程组的解.....	(320)
第四节 地基上梁的有限单元法解	(321)
一、计算图式及单元分析.....	(321)
二、整体分析.....	(322)
第五节 地基上板的数值分析	(325)
一、有限差分法.....	(325)
二、有限元法.....	(328)
第六节 单桩工作性状分析	(329)
一、单桩轴向荷载传递分析.....	(329)
二、波动方程在桩的性状分析中应用.....	(331)

绪 论

一、地基与基础的基本概念

地球上的所有建筑物，无论是高楼大厦还是棚屋茅舍，均以地球为依托，其所有荷载最后均由地球来承担。凡是因建筑物荷载作用而产生应力和变形的岩体或土体，统称为地基。而基础则为安全和可靠地将建筑物荷载传递给地基的地下结构部份，是建筑物地上结构的延续，称为基础工程。

地基在多数情况下，是直接利用天然形成的（岩）土体，即直接利用地球表壳的表层来承力。地球是自然产物。地球表面的岩土性质极其复杂，因岩土的性质与其形成过程、物质组成成份、气候条件及环境因素有关，这些形成条件目前尚不能在试验室条件下模拟出来，也还不能用一种数学模式表现出来。为解决建筑工程中的有关问题，必须凭借工程地质学的原理和方法，来充分了解地层的成因和构造，分析岩土的工程特性，研究场地的不良地质现象和水文地质条件，提供设计计算用的必要参数。

建筑物的建造，使地壳表层岩土的应力状态发生了变化，这就要求用土力学的原理计算地基的变形和强度稳定性。对于大多数建筑物来说，只要选择适当的基础型式，对地基进行认真的计算，天然的地层不需任何处理便可作为建筑物的地基，这种地基称为天然地基。但是某些地层，由于强度太低或压缩性太大，不足以承受建筑物的荷载，从而需采取种种处理措施，使其强度提高或降低压缩性，使地层适应建筑物荷载的需要，这种经过处理后的地基称为人工地基。

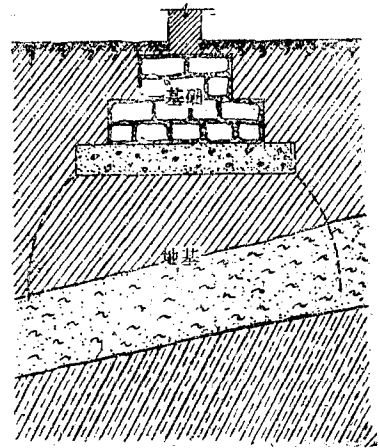


图1 地基与基础示意图

下部基础是建筑结构的一部份，它的任务是将上部结构的荷载妥善地传递给地基，并保证上部结构必要的安全可靠。基础工程的型式较多，但概括起来可分为两大类，即浅基础和深基础。一般认为：当基础埋置深度大于5.0米时，称为深基础，因为基础埋置深度超过一定深度后，基础侧壁与土层间相互作用，不应忽略；此时基础的施工也常需采取某些特殊的措施，如沉井、沉箱、打桩等。浅基础的埋置深度一般小于5.0米，基础的施工也只需开挖坑及排水等普通施工工艺，不需特殊的施工方法。

地基基础作为一门学科，重点研究地基与基础工程间的有关问题。建筑物的地基、基础及上部结构三大部份，各自功能不同，研究方法各异，但三者却是彼此联系、相互制约、共同工作的整体，研究时不应将其单独割裂。但是目前要将该三部份完全统一地进行设计和计算，还有相当的困难，还只能进行单独的计算，综合分析，统一采取相应的

措施。事实证明,在处理地基基础有关问题时,考虑到与上部结构共同工作,将对地基基础问题的处理有所补益。众所周知,基础不均匀沉降将在上部结构上产生附加应力;若反过来说,如上部结构有较大的安全储备,则可能忍受由于基础发生不均匀沉降而产生的附加应力,从而补偿了地基基础的不足。因此考虑地基基础与上部结构共同工作,在结构设计中至关重要。

二、历史的简单回顾

人类从事建筑事业,已有数千年的历史,在这漫长的历史长河中,人类不断地探索地基基础新工艺。我国是世界文明古国,远古先民在史前的建筑活动中,便已创造了自己的地基基础工艺。根据考古发掘,我国西安市半坡村新石器时代遗址和殷墟遗址中,都发现有“土台”和“石础”的基础型式。我国历代修建的无数建筑物,均出色地体现了地基基础方面的高超技艺。举世文明的万里长城和南北大运河,蜿蜒千万里,成功地穿越各种地质条件的广阔领域。宏伟壮丽的宫殿庙宇,要依靠精心设计和建造的基础工程,才能逾千百年而完好地留存至今。遍布全国各地的巍巍宝塔,由于奠基牢固,才能经历多次强震和台风考验而安然无恙。隋朝石匠李春建造的赵州桥(公元605~616年间),桥台砌置于密实的粗砂层上,历时一千三百多年而完好无损,经验算基底压力竟达500~600KPa,较我国现行地基基础设计规范取值还高。北宋木匠喻浩于公元898年建造开封寺木塔时,预见到塔基土质不均匀而可能产生的不均匀沉降,施工时有意地使塔身向西北方向倾斜,以便在风力和自重作用下自动扶正,取得了良好的效果。这些科学的作法,完全符合现代土力学的基本原理。我国在利用木桩作基础方面,也由来已久。隋朝的建造的郑州超化寺,是在淤泥地基中打入木桩而形成的塔基;杭州湾五代时期的大海塘工程也采用了木桩和石承台。我国劳动人民无数的地基基础实践经验,充分地体现在能工巧匠们的高超技艺上。但由于我国长期的封建统治,受到当时生产力发展水平的约束,使在地基基础方面不能发展成一门独立的学科。

作为本学科理论基础的“土力学”,其开端始于十八世纪的欧洲。当时欧洲兴起了工业革命,随着资本主义工业化的发展,为满足向外扩展市场的需要,对交通运输、工业房屋、军事设施提出了越来越高的要求,建筑结构更趋复杂,荷载量也逐渐增大,迫使人们去研究有关土力学的基本理论,以适应日益发展的生产力的需要。1773年法国C·A·库伦(Coulomb)为解决挡土墙上的土压力问题,发表了著名的砂土抗剪强度公式,提出了计算挡土墙上土压力的滑楔理论。九十多年后,英国W·J·M·朗肯(Rankine, 1869)又从强度理论方面提出了与库伦理论的结果相同,且能适用于粘性土中的又一种土压力理论。此外,法国J·布辛奈斯克(Boussinesq, 1885)得出了半无限弹性体在竖向集中力作用下的应力和变形的理论解;瑞典W·费兰纽斯(Fellenius, 1922)为解决铁路塌方问题提出了土坡稳定分析解。这一系列课题的解答,为“地基基础”形成一门独立学科奠定了初步的理论基础。

经过一个多世纪的长期酝酿,许多学者通过不懈地努力,继承前人研究成果的同时,不断地总结、提高与发展,为地基基础学科的完善作出了重大贡献。1925年美国K·太沙基(Terzaghi)归纳并发展了已往的成就,发表了著名的《土力学》一书,接着又于1929年发表了《工程地质学》,这些比较系统完整的科学著作的出版,标志着本

学科作为一门独立学科的出现。本学科虽较土木工程中的其它学科起步较晚，但发展较快，特别从五十年代起，新的科技成就渗入了地基基础学科领域，在解决测试技术自动化现代化的同时，人们对岩土的性质有了更深的认识，地基基础学科更出现了令人瞩目的发展。

在土力学理论方面，我国学者的某些成就在国际上有较大的影响。例如早在五十年代，陈宗基教授对土流变学和粘土结构的研究；黄文熙教授关于砂土振动液化的研究及考虑土侧向变形的地基变形计算方法的提出，都对现代土力学的发展作出了重大的贡献。近十多年来，由于电算技术的普遍应用，我国在土力学的研究中，把变形和强度问题统一起来加以考虑已取得一定成果，现在应用于土力学分析的非线性模型，已有二十多种，国内已开始对其中的某些计算模型应用于实际问题的分析中，并对其可靠性和适用条件进行系统研究。我国还对各种基础的结构性能 and 设计方法，进行了不少的研究和改进，根据我国的国情发展了各种新的基础结构型式。在利用波动方程解来计算桩基础的承载力方面，我国学者的研究工作，已进入世界先进水平的行列。此外，我国在湿陷性黄土地基、软土地基、山区地基、膨胀土地基、红粘土地基、冻土地基等区域性地基方面，通过长期的专门研究和认真的实践，已基本掌握了这些地基的工程特性，创造了一整套行之有效的勘察、设计、地基处理等方法，并制订了自己的设计施工技术规范。

三、本学科的重要性与学习方法

地基基础工程是一切建筑物赖以存在的根本，它又常隐蔽于地下，因此它的工程质量直接关系着建筑物的安危。客观的事实说明：在建筑物的失败事例中，地基基础问题所占比例极大，而且地基基础事故一旦发生，进行补救也相当困难，地基基础工程需要的费用，占建筑物总投资额的比例也是惊人的，一般约占总投资额的10~20%甚至更多。地基基础在建筑工程中的重要性，是显而易见的。

国际上不少有名的地基基础工程失败事例，应引以为训。加拿大的特朗斯康谷仓（Transcona Grain Elevator）建于1931年，当时由于不了解深部有软土存在，建成后初次贮存谷物时，谷仓西侧突然陷入土中8.8米，东侧下沉1.5米，整体倾斜了 $26^{\circ}53'$ ；经核算基底层平均压力为320 Kpa，超过了地基的极限承载力。这是地基发生强度破坏，和建筑物丧失稳定性的典型例子，幸好该谷仓的整体刚度较强，仓身没有破坏，用强大千斤顶矫正仍可使用。著名的意大利比萨斜塔，建于1173年，塔高58米，共八层，自重144MN；当年修建至第二层（高24米）时，便发现有不均匀沉降；近几年来，每年塔身倾角增加10秒、下沉量增加300毫米；到现在塔身总下沉量已达3米，塔顶水平偏移为5.3米；若不进行地基加固处理，则该塔难以保存。墨西哥城的国家剧院，是下沉量过大的例子，该剧院建造在火山灰沉积的湖相盆地，土层异常松软，剧院投入使用后下沉了约一个楼层，以致剧院入口不得不低于地面。由于地基基础处理不当而导致建筑

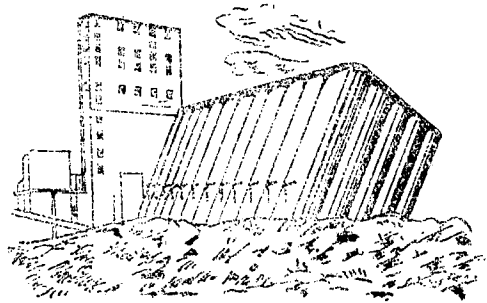


图2 加拿大特朗斯康谷仓

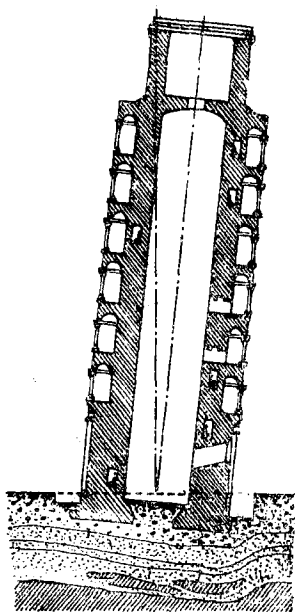


图3 比萨斜塔

失败的例子，不胜枚举。

成功地处理地基基础的例子也很多。五十年代建成的武汉长江大桥，其基础工程的设计，主要依靠自己力量，成功地采用了“管柱基础”，从而解决了地质条件复杂、长江水深流急、桥梁荷载量大、施工季节短等困难，成功地架设了长江第一桥。中国革命历史博物馆场地位于旧护城河的河床上，河床淤泥强度太低，通过研究，采用化学加固处理地基，解决了工期短、质量要求高等问题。鞍钢十号高炉，建立在厚薄不均的压缩性土层上，考虑到产生不均匀沉降的必然性，建造时使高炉有意地向土层薄的一侧倾斜，建成后高炉恰好恢复到直立的位置，保证了生产、节约了投资。类似成功的事例还有很多，只要严格遵循基本建设程序，在勘察、设计和施工各个环节严格把关，地基基础事故是可避免的。

“地基基础”是一门综合性较强的学科，课程内容比较广泛，它涉及到工程地质学、土力学、结构工程和施工技术 etc 等学科领域。工程地质学的基本知识，对地基基础问题的处理，是至关重要的。学习中必须牢固掌握土中应力、变形、强度和稳定等土力学的基本原理，结合有关建筑结构和施工技术的理论与知识，来分析和解决地基基础问题。

土力学的主要研究对象是土，土是一种由固态、液态和气态物质组成的三相松散体系，它不同于一般的如弹性体、塑性体、流体或粘滞体等各种连续体，而具有更复杂的物理力学性质。土是一种自然物质，其性质又受环境条件如气候、地形、成因、地下水等等的影响，以致现有的土力学理论还难以完全模拟和概括天然土层在荷载作用下的力学性状全貌。所以土力学虽是指导地基基础工程实践的理论基础，又不能单纯依赖理论计算，正确的方法是强调理论与实践相结合，即在按照土力学基本理论计算的基础上，对土力学未能概括和模拟的某些条件进行经验修正，这就要求建筑工程工作者随时注意收集和积累有关经验，以便对计算结果进行修正。我国地基基础设计规范，收集和整理了全国各地的建筑经验，规范中提出的有关修正值，对一般的地基基础工程的设计和处理，可以采用。但是我国幅员广大地域辽阔，自然地理条件各异、土质不一，规范不能全部概括，必须吸取各地的成功经验，在地基基础的设计、处理和施工中予以借鉴。

第一章 建筑物场地的工程地质 条件概述

建筑场地的工程地质条件直接影响着建筑物的安危。过去由于建筑工程工作者不重视对场地工程地质条件的研究，或研究不充分从而处理不当，致使许多建筑工程发生毁灭性的破坏，或者采用过大的安全系数而导致严重的浪费。正确的工作方法是：建筑工作者在进行建筑物的设计和施工的全部过程中，都必须认真研究工程地质勘察报告，根据建筑物的特点和场地的工程地质条件，采取积极而恰如其份的措施，扬长避短，才能使建筑物安全存在，又能获得较好的经济效益。

第一节 地质作用与地质年代

一、地质作用的概念

我国很早就有“沧海桑田”之说，很形象地阐明了地壳运动的概念。地壳是地球的外表部份，它的成份、构造以及其外表形态，均在不断地运动、变化和发展。促使地壳发生运动的动力及其过程和后果，统称为地质作用。

地质作用的能源共有两大类：一类是来自地球内部的能量，如重力及放射性元素蜕变能量引起的地质现象，称为内力地质作用，内力作用主要表现为地壳的升降、岩层的褶曲与断裂、岩浆的活动、变质作用以及地震等。另一类是来自地球外部的能量，这种能量主要来自太阳能，由于太阳能引起地球表面的风、霜、雨雪，进而导致飓风、流水、冰川和生物活动，造成地壳表面岩石的风化、剥蚀、搬运、沉积以及固结成岩等作用称为外力地质作用。

内力地质作用和外力地质作用是彼此独立而又互相依存、互相联系、同时进行的。如重庆市地区在内力地质作用下，地壳缓慢地上升；而在外力地质作用下，岩石不断风化、剥蚀，使地壳不断地受到侵蚀和切割，地表形态不断地变化着。我国近代（新生代）地壳运动的特点是以上升为主，上升地区约占陆地面积的80%，运动的幅度是西部大于东部。内力地质作用较强烈地区，地震现象较频繁。

二、地质年代的划分

地质年代与常用的人文年代在概念上是不相同的。地质年代是指地壳的发展历史、地壳运动、沉积环境及生物演变所相应的时间段落。地球形成到现在，大约经历了50～60亿人文年代的历史。在这漫长的历史时期内，地壳在内、外力地质作用下，经历了一系列复杂的演变过程，这些演变过程均以古生物化石或放射性元素“记录”在地层内。古生物学家常用古生物化石来确定地层的相对年龄；而地球物理学家则利用地层中的放射

性元素如铀、钍来确定地层的绝对年龄；地质工作者则常利用古生物学家或地球物理学家确定的地层地质年代，用“层位对比法”来确定地质年代，如在甲地的某一地层已被确定为某一地质年代，另在乙地发现有一地层与甲地地层的岩性及层位相同，即可确认该地层也属于某一地质年代。

利用放射性元素的蜕变来确定地层的地质年代，是一种比较精确的方法。但是由于放射性元素较化石难得，因此地质年代的划分在国际上仍以化石为标准，从而地质年代主要根据生物的演变和地壳运动等重大变化来划分。地质年代最大的时间为代，代内分

地 质 年 代 划 分 表

表1—1

代	纪	世	距今 年龄 (亿年)	主要地壳 运 动	名称来源及生物特征
新 生 代 (K _z)	第四纪(Q)	全新世(Q ₄)	0.02	喜马拉雅期	最早地层系统(魏尔纳)第四阶段。 地球发育为现代地形。 人类出现和急剧发展。
		更新世 { 晚(Q ₃) 中(Q ₂) 早(Q ₁)			
		上新世(N ₂)			
	第三纪(R)	中新世(N ₁)	0.70	燕山期	最早地层系统(魏尔纳)第三阶段 哺乳动物及鸟类急剧发展。
		渐新世(E ₃)			
		始新世(E ₂)			
中 生 代 (M _z)	白垩纪(K)	古新世(E ₁)	1.4	燕山期	指白垩上 大爬虫灭亡,胎生哺乳动物出现。
		晚白垩世(K ₂)			
	侏罗纪(J)	早白垩世(K ₁)	1.85	印支期	法国与瑞士边界的侏罗山。 恐龙极盛,鸟类出现。
		晚侏罗世(J ₃)			
	三迭纪(T)	中侏罗世(J ₂)	2.30	印支期	德国三迭层次明显,上下为陆相, 中为海相。 恐龙开始发育,哺乳类动物出现。
		早侏罗世(J ₁)			
古 生 代 (P _z)	二迭纪(P)	晚三迭世(T ₃)	2.60	华力西期	德国二叠层次明显,上为海相,下 为陆相。 两栖动物繁盛,爬虫开始。
		中三迭世(T ₂)			
	石炭纪(C)	早三迭世(T ₁)	3.30	华力西期	产石炭(煤) 植物繁盛,纺锤虫、石燕、长身贝 繁殖。
		晚石炭世(C ₃)			
	泥盆纪(D)	中石炭世(C ₂)	3.80	加里东期	英国西南的泥盆州。 鱼类繁盛,两栖类开始,陆生植物 发展。
		早石炭世(C ₁)			
元 古 代 (P _c)	志留纪(S)	晚泥盆世(D ₃)	4.40	加里东期	英国南部威尔斯古代民族名, 珊瑚、笔石发育,陆地生物出现
		中泥盆世(D ₂)			
	奥陶纪(O)	早泥盆世(D ₁)	5.20	加里东期	英国北部威尔斯古代民族名。 三叶虫、腕足类、笔石极盛。
		晚奥陶世(O ₃)			
	寒武纪(Є)	中奥陶世(O ₂)	6.20	加里东期	英国威尔斯古称寒武。 三叶虫极盛。
		早奥陶世(O ₁)			
太 古 代 (Ar)	震旦纪(Z)	晚寒武世(Є ₃)	17.00	蓟 县	指中国。 低级藻类出现,生物开始。
		中寒武世(Є ₂)			
		早寒武世(Є ₁)			
太 古 代 (Ar)	五台纪	晚震旦世(Z ₃)	25.00	吕 梁	山西五台山滹沱河
		中震旦世(Z ₂)			
		早震旦世(Z ₁)			
太 古 代 (Ar)	泰山纪		35.00	五台、泰山	山西五台山
					山东泰山

纪、纪内分世、世内分期；犹如人文年代中的年、月、日、时。每一地质年代时间单位内形成的地层，也相应地划分为界、系、统、阶。我国地质年代的划分见表1—1，其中代、纪、世为国际统一的地质年代名称。

第二节 岩石的成因类型与特征

一、岩石的定义

岩石是一种或多种矿物的集合体，地质学按此定义将土也包括在内。从工程的角度出发，岩与土的性质迥异，因此工程界经常将岩石定义为：颗粒间牢固联结，呈整体或具有构造遗迹的矿物集合体。

矿物是在地壳中天然形成的自然元素或其化合物，它具有一定的化学成份和物理性质。在自然界中已被发现的矿物约有三千多种，而组成岩石的矿物则比较少，最主要的只有十几种，如长石、石英、云母、方解石等等。按矿物形成的条件，可分为原生矿物和次生矿物。由地壳内部的岩浆冷凝而成的矿物，称为原生矿物，如长石、石英、云母、辉石、角闪石等。由原生矿物经风化作用后生成的矿物称为次生矿物，如长石风化后生成的高岭石、辉石或角闪石风化后生成的绿泥石、水溶液中析出的方解石等等。

二、岩石的成因类型

岩石按其成因共分为三大类：岩浆岩（火成岩）、沉积岩和变质岩，现分述如下：

1、**岩浆岩，又名火成岩**。是地球内部深处高温高压的熔融岩浆，在它上覆地壳压力失去平衡时，由高压区向低压区运动，沿着地壳薄弱地带侵入地壳或喷出地面，喷出强烈的地带称为火山。岩浆侵入地壳后，热量逐渐散失，最后冷凝成岩浆岩。岩浆喷出地表后冷凝形成的岩石称喷出岩，这种岩石冷凝时因与地面空气接触，压力低、冷却快，其矿物多来不及结晶，因而难以观察到矿物的晶体，这种岩石如玄武岩、流纹岩、火山弹等。岩浆在地壳内部由于热量散失而冷凝形成的岩石称侵入岩；侵入岩又分深成和浅成两种，深成岩形成时处于地壳的下部，受到上覆岩石的保护，因而冷凝时压力较大冷却慢，矿物质有良好的结晶环境，矿物结晶较明显，如花岗岩、正长岩等。浅成岩则介于喷出岩与深成岩之间，多为斑晶，如花岗斑岩、正长斑岩等。

2、**沉积岩**。出露于地表的各种岩体，经风化剥蚀而成为碎屑或水溶性物质，再经风、流水、冰川等的搬运、沉积、固化等成岩过程形成的岩石，称为沉积岩。沉积岩按其组成成份又可分为碎屑沉积岩（如砾岩、砂岩）、粘土岩（如页岩、泥岩）、化学和生物化学沉积岩（如石灰岩）三类。沉积岩在地球表面的分布最广，约占地球表面的70%以上，是建筑物地基常遇到的岩石。沉积岩多呈层状分布，是沉积岩的明显特征；每层岩石的上下界面称为层面；两层面之间的岩体称为岩层。

3、**变质岩**。地壳中已成的各种岩石，在高温、高压及某些活泼的化学物质作用下，使原来岩石的性质发生变化，形成一种具有新特性的岩石，称为变质岩。岩石的这种变质过程称为变质作用，岩石的变质作用是在固态的条件下进行的，因此变质岩还保留有

变质前母岩的某些特征，如砂岩变质成石英岩、泥岩变质成板岩、石灰岩变质成大理岩、岩浆岩变质成片麻岩等等。

三、岩石的结构和构造

不同类型的岩石，由于其生成时的地质环境和地质条件不同，具有不同矿物成份外，而产生各种不同的结构和构造方式。岩石的结构和构造，也是岩石的主要特征。

（一） 岩石的结构

结构是指各组成部份的搭配和排列情况。岩石结构是专指岩石中矿物颗粒的大小、形状、结晶程度及其内部结合的特征。岩石的主要结构型式有下列几种类型：

1、**晶质结构**。是岩浆岩特有的结构类型，按岩石中矿物结晶的程度又可区分为：显晶结构（深成岩）、斑晶结构（浅成岩）、隐晶结构（喷出岩）等类型。

2、**碎屑结构**。为沉积岩特有的结构类型，是由各种粗细颗粒胶结而成。其胶结物常见的有：硅质、钙质、铁质、泥质（粘土质）等类型。

3、**变晶结构**。是变质岩中常见的结构型式，大多数变质岩的形成都有重结晶的过程，因此几乎都含有结晶颗粒，其结构常与岩浆岩的晶质结构相似，故在命名上加“变晶”一词。

（二） 岩石的构造

构造是指各组成部份的排列、组织及其相互关系。岩石的构造是专指岩石中矿物颗粒的排列及填充的方式，及其外貌形态。常见的岩石构造类型有下列几种：

1、**块状构造**。岩石中的矿物晶粒（颗粒）分布均匀，无定向排列的构造型式。如岩浆岩中的花岗岩、沉积岩中的石灰岩、变质岩中的大理岩，均属这种构造类型。

2、**流纹构造**。矿物按岩浆流动的方向定向排列成条带状的构造型式，如流纹岩（岩浆岩）。

3、**层理构造**。是沉积岩的固有特征。是由于沉积岩在形成过程中，在不同时期或不同条件下，先后沉积的物质在颗粒大小、形状、物质成份排列形成有显著差异的成层现象。

4、**片理构造**。是变质岩所独具的特征。变质岩在形成过程中，大量的片状矿物如云母、绿泥石等均按垂直于压力作用方向进行平行排列，形成片理构造。

四、岩石的风化作用

岩石的风化是以太阳能为动力，在大气、水以及生物活动影响下，发生物理和化学的变化，致使岩体崩解、剥落、破碎，变成松散的碎屑性物质，这种作用过程称为风化作用。风化后的岩石改变了原有的物理力学性能，使强度大大降低，直接影响作为建筑