

► 清华大学土木工程系列教材

土力学

第2版

Soil Mechanics
Second Edition

李广信 张丙印 于玉贞 编著

LI Guangxin ZHANG Bingyin YU Yuzhen

清华大学出版社

内 容 简 介

本书系统地阐述了土的基本特性、土力学的基本原理;重点介绍了土体中的渗流及土体的变形与稳定的分析方法,以及它们在工程实践中的应用;为适应本学科近年来的发展,也适当介绍了一些新的内容与发展。

全书分为9章,包括土的物理性质与工程分类,土的渗透性与渗流问题,土体中的应力计算与有效应力原理,土的变形计算与固结理论,土的抗剪强度及其理论,土压力理论,土坡稳定的分析方法,地基承载力及土的动力特性。本书突出了基本概念与分析方法,其中书后的附录可供教学与自学时参考。

本书可作为高等学校土木工程、水利工程等专业的教材,也可作为大专院校相关专业的参考书以及岩土工程技术人员的技术参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121993

图书在版编目(CIP)数据

土力学/李广信,张丙印,于玉贞编著. --2版. --北京:清华大学出版社,2013

清华大学土木工程系列教材

ISBN 978-7-302-33176-6

I. ①土… II. ①李… ②张… ③于… III. ①土力学—高等学校—教材 IV. ①TU43

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第159112号

责任编辑:秦娜

封面设计:陈国熙

责任校对:王淑云

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:23.75 字 数:573千字

版 次:1994年4月第1版 2013年10月第2版 印 次:2013年10月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:45.00元

产品编号:052118-01

第 1 版前言

地壳岩石经过强烈风化后所产生的碎散矿物集合体称为土。它包括颗粒间互不联结,完全松散的无黏性土;也包括颗粒间虽有联结,但联结强度远小于颗粒本身强度的黏性土。土的最主要特性是它的碎散性和三相组成,这是它在变形、强度等力学性质上都与连续固体介质有根本不同的内在原因。所以,仅靠材料力学、弹性力学和塑性力学尚不能描述土体在受力后所表现的性状及由此所引起的工程问题。土力学就是利用上述力学的基本知识辅以描述碎散体特性(压缩性、渗透性、粒间的接触强度特性等)的理论所建立的一门学科,是岩土工程中的基础学科和基本理论部分,用以研究土的渗流、应力变形、强度和稳定性,以及与其有关的工程问题。

本书是根据清华大学“水利水电工程”和“建筑结构工程”专业所用的“土力学”课程教学大纲,结合作者多年教学经验所编写的一本教材。内容共分为 9 章,其中第 4 章由陈仲颐编写,第 1、5、7、8、9 章由周景星编写,第 2、3、6 章由王洪瑾编写。全书由周景星统校。

在编写过程中,土力学基础工程教研组濮家骝教授和李广信教授提出了不少宝贵意见,彭芝平同学对全书例题进行了仔细的校对,其他师生也给予了很多支持和帮助,在此谨向他们表示衷心的感谢。

限于作者水平,书中定有欠妥甚至错误之处,敬请读者批评指正。

陈仲颐 周景星 王洪瑾

1992 年 12 月

第 2 版前言

由陈仲颐、周景星和王洪瑾编写的《土力学》教材第 1 版出版于 1994 年,在当时和直到今天,都是国内本科土力学教材中内容最丰富的版本之一。这些老一辈教授们学风严谨,知识渊博,有着长期、丰富的教学经验,在编写过程中他们投入了很大的精力,反复研读国内外的有关教材和专著,力求概念准确,表述清楚,精益求精,这是目前我们很难做到的。它主要是针对当时学制 5 年的清华大学生源优秀的土木与水利等专业的本科生编写的,近 20 年一直是本校的本科教材。国内也有不少院校使用它作为教材或者参考书,很多工程技术人员在工作中和继续学习中也使用它。这本教材为传播和普及土力学基本知识,为培养岩土工程专业人才做出了很大贡献。也是我校土力学学科值得珍视和继承的一份宝贵的财富。抛开本校原来的教材,动辄变成一本新人编写的新教材的作法,既不利于保留本单位的学科传统,也难以界定有关内容的归属。

目前各大学本科学制都统一为 4 年,而且随着现代知识增长,尤其是信息类科学技术迅速发展,本科学生的课程数量和教学环节不断增加,土力学的教学课时有所减少。另一方面,岩土工程的学科领域及学科重点有所变化,由原来的单纯的工程建设向环境、灾害、生态和资源等方面扩展,许多对社会和人类发展有重大影响的大尺度岩土工程课题呼唤大岩土的形成,作为岩土工程重要方面的土力学也不可能不受其影响。近 20 年来,在土力学的科学研究和工程实践中也有不少新的发展,有关规范不断更新,某些原来属于阳春白雪的知识也逐渐普及而出现在本科教材之中。针对这些情况,这本《土力学》教材的改版就势在必行了。

首先,由于我们已经出版了研究生教材《高等土力学》,原来教材中一些属于提高性质的内容,如与《高等土力学》重复,就不再涉及;为了适应目前课时,突出土力学的基本概念和基本要求,将一些更深层次的内容与正文分开放在附录中,以备教师、学生与读者自学和查阅时参考。也增加了一些已经逐渐普及的新成果和新技术。随着计算机应用的普及,压缩了原版中一些系数的图表。

此版的第 1、3、6、7、8 章由李广信改编,第 2、5 章由张丙印改编,

第4、9章由于玉贞改编,全书由李广信统校。在改版编写过程中,陈仲颐先生、周景星和王洪瑾老教授给予了密切的关注和热心的指导;张建民、胡黎明、张建红、陈轮、介玉新和张嘎老师都提出了宝贵的意见并参与了审阅、董威信、陈涛同学在试做例题、习题中做出了很大贡献,在此一并表示感谢。

土力学是一门很难精准的学科,其基本概念、原理和方法也还存在有待深入和明确的空间。编者自知水平有限,不妥甚至谬误之处敬请批评指正。

编者

2013年5月

目录

绪论	1
第1章 土的物理性质和工程分类	4
1.1 土的形成	4
1.1.1 土的搬运和沉积	4
1.1.2 风化作用和土的主要特点	5
1.2 土的三相组成	6
1.2.1 固体颗粒	6
1.2.2 土中水	15
1.2.3 土中气体	17
1.3 土的物理状态	18
1.3.1 土的三相组成的比例关系	18
1.3.2 土的物理状态指标	23
1.4 土的结构	28
1.4.1 粗粒土的结构	28
1.4.2 细粒土的结构	29
1.4.3 反映细粒土结构特性的两种性质	30
1.5 土的工程分类	31
1.5.1 土的工程分类依据	32
1.5.2 水利部《土工试验规程》(SL 237—1999)分类法	32
1.5.3 《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011) 分类法	36
1.5.4 细粒土的活性指数	38
1.6 土的压实性	39
1.6.1 细粒土的压实性	39
1.6.2 粗粒土的压实性	42
习题	43
第2章 土的渗透性和渗流问题	46
2.1 概述	46
2.2 土体的渗透性	47
2.2.1 土体的渗透定律——达西定律	47

2.2.2	渗透系数的测定和影响因素	53
2.2.3	层状地基的等效渗透系数	58
2.3	二维渗流与流网	60
2.3.1	平面渗流的控制方程	60
2.3.2	流网的绘制及应用	63
2.4	渗透力和渗透变形	68
2.4.1	渗透力和临界水力坡降	68
2.4.2	土的渗透变形(或称渗透稳定)	73
	习题	78
第3章	土体中的应力计算	82
3.1	概述	82
3.2	有效应力原理	85
3.2.1	饱和土中的两种应力	85
3.2.2	有效应力原理要点	86
3.3	地基的自重应力计算	87
3.3.1	地基中自重应力计算的基本方法	87
3.3.2	静水与自重应力计算	88
3.3.3	竖直稳定渗透下自重应力计算	89
3.4	基底压力计算	93
3.4.1	基底压力的分布规律	94
3.4.2	基底压力的简化计算	96
3.5	地基中的附加应力计算	98
3.5.1	集中荷载作用下的附加应力计算	98
3.5.2	矩形面积上各种分布荷载作用下的附加应力计算	101
3.5.3	条形面积上各种分布荷载作用下的附加应力计算	108
3.5.4	圆形面积竖直均布荷载作用时中心点下的附加应力计算	116
3.5.5	影响土中附加应力分布的因素	116
3.6	超静孔隙水压力与孔隙水压力系数	119
3.6.1	静孔隙水压力与超静孔隙水压力	119
3.6.2	孔隙水压力系数	121
3.6.3	孔隙水压力系数的讨论	123
	习题	124
第4章	土的变形特性和地基沉降计算	127
4.1	土的变形特性试验方法	127
4.1.1	侧限压缩试验	127
4.1.2	常规三轴压缩试验	130
4.1.3	土的变形特点和本构模型	133
4.2	土的一维压缩性指标	135

4.2.1	压缩曲线及压缩性指标	135
4.2.2	先期固结压力	136
4.2.3	原位压缩曲线和原位再压缩曲线	139
4.3	地基沉降量计算	141
4.3.1	一维压缩基本课题	142
4.3.2	沉降计算分层总和法	143
4.3.3	关于地基沉降计算的讨论	151
4.4	饱和土体渗流固结理论	153
4.4.1	太沙基一维渗流固结理论	153
4.4.2	关于渗流固结理论的研究进展	162
	习题	164
第 5 章	土的抗剪强度	168
5.1	概述	168
5.2	土的抗剪强度理论	169
5.2.1	直剪试验与库仑公式	169
5.2.2	土的抗剪强度机理	171
5.2.3	莫尔-库仑强度理论	172
5.3	土的抗剪强度的测定试验	180
5.3.1	直剪试验	180
5.3.2	三轴剪切试验	183
5.3.3	无侧限压缩试验	187
5.3.4	十字板剪切试验	187
5.4	应力路径和破坏主应力线	190
5.4.1	应力路径及表示方法	190
5.4.2	强度包线与破坏主应力线	192
5.4.3	总应力路径与有效应力路径	193
5.5	土的抗剪强度指标	198
5.5.1	总应力强度指标和有效应力强度指标	198
5.5.2	三轴试验强度指标	200
5.5.3	直剪试验强度指标	206
5.5.4	残余抗剪强度指标	208
5.5.5	土的强度指标的工程应用	209
	习题	213
第 6 章	挡土结构物上的土压力	217
6.1	概述	217
6.1.1	挡土结构类型对土压力分布的影响	218
6.1.2	墙体位移与土压力类型	219
6.2	静止土压力计算	221

6.2.1	静止土压力 p_0	221
6.2.2	静止土压力分布及总土压力	222
6.2.3	关于静止土压力系数 K_0	222
6.3	朗肯土压力理论	223
6.3.1	基本原理	223
6.3.2	朗肯土压力计算	224
6.4	库仑土压力理论	228
6.4.1	方法要点	228
6.4.2	数解法	230
6.4.3	图解法	233
6.5	朗肯理论与库仑理论的比较	235
6.5.1	分析方法的异同	235
6.5.2	适用范围	236
6.5.3	计算误差	239
6.6	几种常见情况的主动土压力计算	242
6.6.1	成层土的土压力	242
6.6.2	墙后填土中有地下水	243
6.6.3	填土表面有荷载作用	244
6.6.4	墙背形状有变化的情况	247
6.6.5	墙后滑动面受限	248
6.6.6	加筋挡土墙	248
6.6.7	地震主动土压力计算	250
6.6.8	填土性质指标与填土材料的选择	252
	习题	253
第7章	土坡稳定分析	255
7.1	概述	255
7.2	无黏性土坡的稳定分析	257
7.2.1	均质干坡和水下坡	257
7.2.2	有渗透水流的均质土坡	258
7.2.3	非线性抗剪强度的影响	260
7.2.4	部分浸水土坡	261
7.3	黏性土坡的稳定分析	262
7.3.1	整体圆弧滑动法	262
7.3.2	条分法的基本概念	263
7.3.3	瑞典条分法	264
7.3.4	毕肖甫法	265
7.3.5	简布法	266
7.3.6	有限元法	269

7.3.7	最危险滑动面的确定方法和容许安全系数	273
7.3.8	边坡稳定分析图解法	275
7.4	边坡稳定分析的总应力法和有效应力法	276
7.4.1	基本概念	276
7.4.2	稳定渗流期土坡稳定分析	278
7.4.3	施工期的边坡稳定分析	284
7.5	天然土体的边坡稳定问题	286
7.5.1	裂隙硬黏土的边坡稳定	286
7.5.2	软土地基上土坡的稳定分析	287
	习题	289
第8章	地基承载力	291
8.1	概述	291
8.2	地基的失稳形式和过程	292
8.2.1	临塑荷载 p_{cr} 和极限承载力 p_u	292
8.2.2	竖直荷载下地基的破坏形式	292
8.3	地基的极限承载力	293
8.3.1	无重介质地基的极限承载力—— 普朗德(Prandtl L 1920)-瑞斯纳(Reissner H 1924)公式	294
8.3.2	基础下形成刚性核时地基的极限承载力—— 太沙基公式	298
8.3.3	考虑基底以上土体抗剪强度时地基的极限承载力—— 梅耶霍夫公式(Meyerhof G G 1951)	302
8.3.4	汉森(Hansen J B)极限承载力公式	304
8.3.5	地基承载力机理及其公式的一般形式	305
8.4	地基的容许承载力	307
8.4.1	地基容许承载力的概念	307
8.4.2	按控制地基中极限平衡区(塑性区)发展范围的方法确定地基的容许承载力	307
8.4.3	按《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)确定地基承载力	310
	习题	314
第9章	土的动力特性	316
9.1	动荷载	316
9.2	土的动强度	319
9.2.1	冲击荷载作用下土的动强度	319
9.2.2	周期荷载作用下土的动强度	321
9.2.3	不规则荷载作用下土的动强度	326
9.3	土的振动液化	328
9.3.1	液化的基本概念	328

9.3.2	振动孔隙水压力的发展	329
9.3.3	影响土液化的主要因素	330
9.3.4	土单元体的液化可能性判别	332
9.4	土的动应力-应变关系和阻尼特性	332
9.4.1	土的动应力-应变关系	332
9.4.2	土的阻尼特性	334
	习题	338
附录 I	布辛内斯克半无限空间弹性体表面上竖向集中力作用的 附加应力与位移解	340
附录 II	求附加应力的感应图法	342
附录 III	有黏聚力和地面均布荷载的库仑主动土压力系数公式	344
附录 IV	无限斜面土坡的朗肯土压力计算	345
附录 V	埋管与地下工程的土压力	348
附录 VI	地震期边坡稳定分析	353
附录 VII	极限平衡理论与用特征线法求解无重介质地基的极限承载力	356
	参考文献	365

绪论

在学习了一些经典力学之后,面前的这本《土力学》教材向你展示了一门新的力学课程及一种新的学习与研究的对象。在进一步深入接触以后,你会感到这门力学有些奇特和陌生,甚至怀疑它作为一门力学的合法性,以前就有学生判定土力学是一门“伪科学”。

土是人们十分熟悉的东西:普天之下,莫非王土。在路边工地抓起一把砂石料,可见松散的砂石颗粒,所谓“一盘散沙”就是指这种东西。挖起一小块湿润的黏土,发现它可切可塑;待其变干变硬之后,可以用手捻成粉末,在显微镜下可以见到片状的颗粒。从而可知所有土都是由碎散的颗粒组成的,颗粒间有明显的孔隙。

在寸草不生的沙漠,砂土是干燥的;在芳草萋萋的绿地,土是湿润的;在苇浦猎猎的湿地,土可能是饱和的泥炭。因而土可以是无水、含水或饱水的,孔隙中未充水的部分是气体。可见,土可以有固体颗粒、土中水和气体这三相。

土是自然中岩石风化后的产物,提起土,每个人的头脑中可能会出现完全不同的景象:戈壁滩“一川碎石大如斗,随风满地石乱走”是土;沙漠中“平沙莽莽黄入天”是土;沃野里“锄禾日当午,汗滴禾下土”是土;江南的春燕“衔泥巢君屋”的淤泥也是土。作为大自然的产物,土真是千姿百态,气象万千,很难界定一种“标准土”或者抽象的土,这远非以前我们将固体抽象为质点、刚体或者连续弹性介质那么简单。其种类之繁多,性质之复杂及其对环境影响之敏感成为这门力学难以掌握的主要原因。

土是碎散的、三相的和天然的。由于其碎散性,颗粒间没有联结或只有很弱的联结,所以土强度主要是颗粒间摩擦产生的抗剪强度;碎散的颗粒会在压力下相互移动与靠近,占很大比例的孔隙会缩小,孔隙中的水与气会排出,因而土的压缩变形主要源于孔隙的减少,因而其体应变可以是很大的;土中水可在势差作用下流动,土中水的运动是地球水循环的重要一环,与人类的生活息息相关,但也与很多自然灾害与工程事故密切相关。所以与土有关的工程问题基本可归因于土的强度、土的变形和土中水的渗流。

上海闵行区某高楼于2009年建成后只来得及向周围匆匆张望了一眼,就前扑倒地而亡,如图1所示。图2是2000年发生在西藏易贡的大

滑坡,滑坡体高差 3330m,总方量近 3 亿 m^3 。它截断易贡河,形成坝高 290m,库容 15 亿 m^3 的堰塞湖。这些惊心动魄的事故与灾害皆源于土的强度问题。



图 1 上海闵行高楼的扑倒



图 2 西藏的易贡大滑坡

图 3 是台湾高雄地铁施工造成的房屋沉陷,图 4 为我国东北地区由于冻胀变形造成的房屋开裂。由于过量开采地下水而造成的大面积地面沉降就更为壮观,如上海地区的沉降面积达 1000km^2 ,中心最大沉降量 2.6m,江苏苏州、无锡、常熟一带沉降面积达 5700km^2 ,最大沉降量 2.8m,华北平原沉降超过 2.0m 的地区有 930km^2 。大面积地面沉降加上海平面上升,在沿海地区可能引起长远的、毁灭性的后果。可见土的变形问题也是极为严重的问题。



图 3 台湾高雄地铁施工造成的楼房沉陷



图 4 我国东北地区由于冻胀造成的房屋开裂

1998 年长江洪水期间,发生了数千处险情和几次大溃堤;1993 年青海省的沟后水库大坝溃决,造成数百人死亡,原因是大坝漏水,坝料被冲刷;浸润线过高,坝体丧失稳定(图 5)。这都是由于渗流和渗透破坏引起的灾难。

土是人类最老的朋友,万物生发于土,归藏于土。人们在广袤深厚的大地上耕耘营造,生息繁衍。在与自然的抗争中,土也是人类最古老的武器:大禹治水“兴人徒以傅土”,也就是依靠土方工程。在与土打交道的长期实践中,人们积累了有关土的丰富知识和经验。但



图5 青海省沟后水库大坝的溃决

是土力学作为一门学科却远不是那么古老。大家公认它始于1925年太沙基(Terzaghi K)发表了关于土力学的第一本专著之时。此前的几千年来人类的知识和经验基本还处于感性阶段,土的有效应力原理和单向渗流固结理论是土力学标志性的理论,标志着土力学作为一门独立学科的诞生。

土是自然的产物,“道法自然”,我们也应在自然中熟悉土、掌握土和应用土。在童年时期玩砂、玩泥,挖坑堆土,是认识土的重要环节;土工试验也是土力学学习的基础。基于土的性质复杂性,作为天然材料的不确定性和对环境的高度敏感性,在土力学中,我们只能根据不同的问题和要求对土做不同的理想化和假设,不能期望我们能够像其他力学一样,可以通过严密的理论和精确的计算和准确地解决土工问题。

随着试验、测试、计算工具和工程技术的发展,在总结近年来空前规模的岩土工程实践的基础上,土力学已经有很大的进展。将土力学基本概念和原理应用于工程实践,在此基础上发展和创新,是土力学学科前进的必由之路。

土的物理性质和工程分类

1.1 土的形成

在土木工程中,土是指岩石风化后形成的碎散的、覆盖于地表的、由矿物颗粒和岩石碎屑组成的堆积体。地球表面的岩石在大气中经受长期的风化作用而破碎后,形成形状不同,大小不一的颗粒,这些颗粒受各种自然力的作用,在各种不同的自然环境下堆积下来,就形成通常所说的土。堆积下来的土,在很长的地质年代中发生复杂的物理化学变化,逐渐压密、岩化,最终又形成岩石,就是沉积岩。因此,在自然界中,岩石不断风化破碎形成土,而土也会不断压密、岩化变成岩石。这一循环过程重复地进行着。

工程上遇到的大多数土都是在第四纪地质历史时期内所形成的。第四纪地质年代的土又可划分为更新世和全新世两类,如表 1-1 所列。其中第四纪全新世中晚期沉积的土,亦即在人类文化期以来所沉积的土称为新近代沉积土,一般为欠固结土,强度较低。

表 1-1 土的生成年代

纪(或系)	世(或统)		年代(距今)
第四纪(Q)	全新世(Q ₄)	Q ₄ ³ (晚期)	<0.25 万年
		Q ₄ ² (中期)	0.75~0.25 万年
		Q ₄ ¹ (早期)	1.3~0.75 万年
	更新世(Q ₃)	晚更新世(Q ₃)	12.8~1.3 万年
		中更新世(Q ₂)	71~12.8 万年
		早更新世(Q ₁)	距今 71 万年以前

1.1.1 土的搬运和沉积

第四纪土,由于其搬运和堆积方式的不同,又可分为残积土和运积土两大类。残积土是指母岩表层经风化作用破碎成为岩屑或细小矿物颗粒后,未经搬运,残留在原地的堆积物。它的特征是颗粒粗细不均、表面粗糙、多

棱角、无层理。运积土是指风化所形成的土颗粒,受自然力的作用,搬运到远近不同的地点所沉积的堆积物。其特点是颗粒经过滚动和相互摩擦,颗粒因摩擦作用而变圆滑,具有一定的浑圆度。在沉积过程中因受水流等自然力的分选作用而形成颗粒粗细不同的层次,粗颗粒下沉快,细颗粒下沉慢,在流速快的水中,只能沉积粗颗粒;而在流速缓慢的静水中,会沉积细颗粒。这样就形成不同粗细的土层。根据搬运的动力不同,运积土又可分为如下几类:

(1) 坡积土——残积土受重力和短期性水流(如雨水和雪水)的作用,被挟带到山坡或坡脚处聚积起来的堆积物。堆积体内土粒粗细不均,性质也很不均匀。

(2) 洪积土——残积土和坡积土受洪水冲刷,挟带到山麓处沉积的堆积物。具有一定的分选性,搬运距离近的沉积颗粒较粗,力学性质较好;距离远的则颗粒较细,力学性质较差。

(3) 冲积土——由江、河水流搬运所形成的沉积物。分布在山谷、河谷和冲积平原上的土都属于冲积土。这类土由于经过较长距离的搬运,浑圆度和分选性都更为明显,常形成砂层和黏性土层交迭的地层。

(4) 湖泊沼泽沉积土——在极为缓慢水流或静水条件下沉积形成的堆积物。这种土的特征,除了含有细小的颗粒外,常伴有不同含量的由生物化学作用所形成的有机物的存在,成为具有特殊性质的淤泥、淤泥质土或泥炭土,其工程性质一般都较差。

(5) 海相沉积土——由水流挟带到大海沉积起来的堆积物,其颗粒细,表层土质松软,工程性质较差。

(6) 冰碛土——由冰川或冰水挟带搬运所形成的堆积物,颗粒粗细变化也较大,土质也不均匀。

(7) 风积土——干旱地区岩层的风化碎屑或第四纪松散土,经风力搬运形成的堆积物,其颗粒均匀,往往堆积层很厚而不具层理。我国西北的黄土就是典型的风积土。

1.1.2 风化作用和土的主要特点

岩石和土中的粗颗粒在自然界会不断风化。风化过程包括物理风化、化学风化和生物风化,它们经常是同时进行而且是互相促进,从而加剧了发展的进程。

物理风化是指岩石和土的粗颗粒受机械破坏及各种气候因素的影响,如温度的昼夜变化和季节变化,降水、风、裂隙中水的冻融等原因,导致体积胀缩而发生裂缝并加剧裂缝的发展;在运动过程中因碰撞和摩擦而破碎;由于剥蚀卸载而应力释放;裂隙中由于盐分结晶而发生盐胀,都会产生裂隙或是节理张开,于是岩体逐渐变成碎块和细小的颗粒,粗的粒径可以 m 计,细的粒径可以在 0.05mm 以下,但它们的矿物成分仍与原来的母岩相同,称为原生矿物。所以物理风化后的土是颗粒大小的变化,是量变,但是这种量变的结果使原来的大块岩体和岩块的孔隙增加,变成了碎散的颗粒。其性质也发生很大的变化。

化学风化是指母岩表面和土中的岩屑颗粒受环境因素的作用而改变其矿物的化学成分,形成新的矿物,也称次生矿物。环境因素如水、空气以及溶解在水中的氧气和二氧化碳等。化学风化常见的反应如下:

(1) 水解作用——指矿物成分被分解,并与水进行化学成分的交流,形成新的矿物。例如正长石经过水解作用后,形成高岭石。