

苏联高等学校教学用书

土质学

上册

(增订第三版)

B. A. 普里克朗斯基 著

地质出版社

土 質 学

上 册

(增 訂 第 三 版)

B. A. 普里克朗斯基著

苏联高等教育部审定作为地質勘探学院教学用書

地 質 出 版 社

1959·北 京

В. А. Приклонский
ГРУНТОВЕДЕНИЕ

Часть I

издание 3-е

Переработанное и дополненное
Госгеонтехиздат Москва 1955

本書是苏联最近出版的“土質学”增訂第三版。在第二版出版以后，由于苏联的大規模工程建設，土質学这門科学又得到了很大的发展，这本书，就是根据第二版出版后的五年中所获得的实际資料和研究資料重新編写成的。

本書由張介濤同志翻譯。

土 質 学 上 册 (增訂第三版)

著 者	В. А. 普里克蘭斯基
譯 者	張 介 濤
出 版 者	地 質 出 版 社
	北京宣武門外永光寺西街3号
	北京市書刊出版業營業許可證出字第050号
发 行 者	新 華 書 店
印 刷 者	地 質 出 版 社 印 刷 厂
	北京安外六鋪炕40号

印数(京) 1—3,300册	1959年7月北京第1版
开本 $31'' \times 43''^{1/25}$	1959年7月第1次印刷
字数340,000	印张 $16^{2/5}$
定价(10)2.10元	

目 录

第三版序言	9
緒論 土質学及其发展簡史	11
§1. 土質学的对象及其任务	11
§2. 把岩石作为土研究时所出現的一些錯誤	16
§3. 土質学发展簡史	17
§4. 最主要的土質学文献	20

第 一 篇

在工程地質学中研究岩石的一般原則

第一章 造岩作用的工程地質意义	23
§1. 基本概念	23
§2. 火成岩	23
§3. 沉积岩	24
§4. 变质岩	26
第二章 岩石风化作用的工程地質意义	27
§1. 基本概念	27
§2. 物理风化	28
§3. 化学风化	28
§4. 风化作用的阶段性	30
§5. 风化壳的工程地質評定	31
§6. 岩石的人工露头的风化作用	35
§7. 有关风化作用的几点最主要的結論	36
第三章 岩石的年代和自然环境对岩石工程地質評定的意义	37
§1. 岩石的年代	37
§2. 气候条件	38
§3. 地貌环境	39
§4. 水文地質条件	39
第四章 岩石的成分、状态和工程地質性質的指标	40
§1. 在岩石与建筑物相互作用时决定岩石性状的岩石特征和性質的概述	40
§2. 岩石的基本組成部分	41

§3. 岩石成分、状态和其它工程地质性质的指标	42
§4. 关于指标测定法和采样法的概述	45
第五章 岩石的工程地质分类	46
§1. 概述	46
§2. 土的现代工程地质分类	48
第六章 为工程地质目的研究岩石的一般方法	55

第 二 篇

在建筑物的作用下决定着岩石性状的岩石特征和岩石性质

第七章 岩层的产状和构造的工程地质意义	62
§1. 岩层的产状	62
§2. 岩层的构造	65
第八章 岩石的结构和结构连接的工程地质意义	70
§1. 岩石结构的定义	70
§2. 在未胶结的碎屑岩和砂质岩中颗粒的排列	70
§3. 粘土质岩的颗粒排列及其相互关系	72
§4. 岩石的结构连接	74
§5. 岩石自然状态的破坏对岩石的强度及对其它工程地质性质影响的 数量评定	76
第九章 岩石的矿物成分	76
§1. 岩石矿物成分的工程地质意义	76
§2. 原生矿物对岩石工程地质性质的影响	77
§3. 粘土矿物对岩石的工程地质性质的影响	82
§4. 单盐对岩石的工程地质性质的影响	99
§5. 有机杂质对岩石工程地质性质的影响	105
§6. 在工程地质学中研究岩石矿物成分的方法	108
第十章 岩石的粒度成分	114
§1. 一般概念	114
§2. 关于粒度分析法的概念	115
§3. 根据粒度成分而作的岩石和粒组内分类	120
§4. 机械分析资料在工程地质学中的实际应用	124
§5. 粒度分析结果的图表整理	125
§6. 颗粒的形状	130
第十一章 岩石中的水及其工程地质意义	132
§1. 概论	132
§2. 在岩石中水的种类和形状	132

§ 3. 岩石中結合水的分类	136
§ 4. 矿物成分水	137
§ 5. 关于双电层和扩散层的概念	138
§ 6. 矿物表面上的結合水	143
§ 7. 强結合水或吸着水	146
§ 8. 矿物表面上的弱結合水	150
§ 9. 岩石中水的毛細管状态	155
§ 10. 自由水	162
§ 11. 岩石的完全水容度	164
第十二章 岩石中的气体組份及其工程地質意义	164
§ 1. 概論	164
§ 2. 在工程地質評定中岩石气体組份的意义	166
§ 3. 岩石的透空气性和透气性	170
第十三章 岩石的重量	172
§ 1. 概論	172
§ 2. 岩石的比重	172
§ 3. 格架的容重	175
§ 4. 岩石的实际容重	177
§ 5. 水下岩石的容重	179
§ 6. 烘干岩石的容重	180
第十四章 岩石的湿度	180
§ 1. 岩石的天然湿度	180
§ 2. 岩石的相对湿度	183
§ 3. 根据湿度而进行的砂的分类	184
第十五章 岩石的多孔性、孔隨度和裂隨性	184
§ 1. 概論	184
§ 2. 岩石的孔隨度的表示法	187
§ 3. 坚硬岩石的孔隨度	191
§ 4. 松散碎屑沉积的多孔性和孔隨度	193
§ 5. 砂的压密度和密度	195
§ 6. 粘土質岩的孔隨度和显微孔隨度	197
§ 7. 黄土和黄土状岩石的孔隨度	201
§ 8. 粘土沉积的压密程度	202
§ 9. 岩石的海綿状多孔性和多洞性	210
§ 10. 几个实际的結論	211
§ 11. 岩石的裂隨性	212

第十六章 岩石的热学性質	215
§ 1. 概述	215
§ 2. 岩石的导热性和热容量	215
第十七章 粘土質岩的膠体性質	218
§ 1. 概述	218
§ 2. 粘土質岩的电动現象	218
§ 3. 风化产物的某些胶体顆粒的构造	220
§ 4. 风化产物的两性性質	223
§ 5. 从工程地質观点来看风化产物的两性意义	226
§ 6. 粘土質岩的吸收現象	226
§ 7. 离子置換	230
§ 8. 土壤及粘土質岩的置換中离子成分	237
§ 9. 置換中离子成分对粘土質岩工程地質性質的影响	239
§ 10. 凝結現象和岩石中团聚体之形成	242
§ 11. 粘土質岩的触变現象	249
第十八章 粘土質岩的稠度形狀和塑性	254
§ 1. 概述	254
§ 2. 粘土質岩的稠度形狀和标准湿度	254
§ 3. 粘土質岩的塑性指数及决定塑性的因素	258
§ 4. 稠度形狀与岩石力学性質之关系	263
§ 5. 測定标准湿度之方法	264
§ 6. 塑限和塑性指数的实际应用	267
§ 7. 塑性測定結果的图表整理. 專門指标	269
第十九章 岩石的水理性質	274
§ 1. 岩石的可溶性	274
§ 2. 粘土質岩的膨胀	279
§ 3. 岩石的崩解和軟化性	282
§ 4. 岩石的吸水率、飽水度和耐塞性	289
§ 5. 粘土質岩的收縮	291
§ 6. 岩石的透水性	292
§ 7. 毛細管性	308
§ 8. 給水度	305
第二十章 坚硬岩石的力学性質	306
§ 1. 概述	306
§ 2. 力学强度	306
§ 3. 硬度	309

§ 4. 堅實性.....	311
第二十一章 未膠結砂質岩的力學性質.....	311
§ 1. 概述.....	311
§ 2. 砂的壓縮作用.....	313
§ 3. 砂的側壓力。推力系數.....	314
§ 4. 在建築物的荷重作用下砂的變形.....	315
§ 5. 未膠結砂質岩的抗剪強度。內摩擦系數和內摩擦角.....	316
§ 6. 影響砂粒內摩擦角的因素.....	319
§ 7. 在剪切過程中砂的變形。臨界孔隙度.....	321
§ 8. 測定砂粒內摩擦角的方法.....	323
§ 9. 測定砂粒的臨界孔隙度的方法.....	325
§ 10. 砂粒的突然稀釋。流砂.....	327
§ 11. 砂的天然斜坡角.....	328
§ 12. 在振動的影響下砂粒性質的變化.....	329
第二十二章 粘土質岩的力學性質.....	332
§ 1. 概述.....	332
§ 2. 粘土質岩的強度屬性.....	333
§ 3. 粘土質岩的抗破壞強度.....	341
§ 4. 粘土質岩的壓縮作用.....	344
§ 5. 壓縮試驗的方法及其結果的整理.....	349
§ 6. 關於粘土質岩的固結的概念.....	363
§ 7. 在建築物的荷重下粘土質岩的壓縮.....	367
§ 8. 粘土質岩的抗剪強度.....	368
§ 9. 測定粘土質岩抗剪強度的方法.....	371
§ 10. 粘土性質在振動作用影響下的變化.....	375

第 三 篇

土的工程改良原則

第二十三章 岩石性質改良概述 火成岩、變質岩和堅硬沉積岩性質的 改變.....	377
§ 1. 概述.....	377
§ 2. 水泥灌漿法.....	378
§ 3. 粘土灌漿法.....	380
§ 4. 瀝青灌漿法.....	381
第二十四章 未膠結的碎屑岩和砂質岩性質的改變.....	383

§ 1. 概述.....	383
§ 2. 冷壓青泥漿法.....	383
§ 3. 砂化法.....	384
§ 4. 冻结法.....	386
§ 5. 振動壓密.....	387
第二十五章 粘土質岩性質的改變.....	388
§ 1. 概述.....	388
§ 2. 電力排水, 電力壓密和電力加固.....	389
§ 3. 物理-化學法.....	392
第二十六章 濕陷性黃土狀岩石性質的改變.....	393
§ 1. 概述.....	393
§ 2. 砂化法.....	394
§ 3. 以物理-機械法改變黃土類岩石的性質.....	395
参考文献	
附录	
1. 供野外大量鑑定的最簡單的分類指標.....	403
2. 供野外試驗室大量鑑定用的分類指標.....	405
3. 間接計算指標.....	408
4. 直接計算指標.....	409

第三版序言

本書二版出版以後的五年內，土質學象所有的蘇聯科學一樣，由於我國大規模的工程建設，得到了迅速的發展。對高等院校水文地質系的土質學教程大綱也做了適當的修改並加以補充。所有這些情況也就提出了重新改編並補充本書的要求。但是，在工程地質中，蘇聯土質學所特有的，以廣泛的地質科學為基礎來研究岩石和評定岩石的基本態度，仍如以前一樣，沒有改變。

本版書中的緒論，業已重新編寫，在緒論中闡述了土質學的对象和任務及其發展概況。第一篇和第二篇完全是重新編寫的，並加以重大的補充。其中，第一篇中的為工程地質目的研究岩石的一般問題，均被刪掉。在第二篇中，則以工程地質觀點來研討岩石的成分和性質以及說明其特徵的岩石指標。說明並評定岩石力學性質的各章，比第二版中所佔的篇幅更多了。但是它們仍如以前一樣，並不能代替土力學教程，而只不過是土力學的緒論而已。

作者在解釋粘土質岩的性質和性狀時，盡量反映膠體化學，特別是流動學（реология）中的現代概念。

最近幾年，由於科學院士П. А. 列賓傑爾及其同志們的辛勤勞動，膠體化學在研究膠體體系的組織-力學性質方面取得了極大的成就。但是由於詳細的敘述這極其豐富的概念而過分地增加教科書的篇幅還是不恰當的，因為這些概念在膠體化學教程中還要敘述。

第三篇補充得極少，其中是研究土的工程改良問題。仍與以前一樣，本篇的目的僅在於給讀者們簡略地介紹這些最重要措施的一般原則，雖然最近幾年蘇聯專家們在這方面已經取得了極其重大的成就。詳細的研究改良方法和所用的設備就必定過分地增加本書的篇幅，而

这样做是不符合土質学教程大綱的要求的。

新的，由苏联部長會議建筑事业国家委员会所批准的，各部和各主管机关所必需执行的“建筑标准和規程”于1955年7月1日开始生效。

从这一天起，供設計机构和建筑机构所用的工程地質資料以及在岩石的名詞和岩性的图例方面均应按着本标准和規程第二冊的規定来編写。

本書是在“建筑标准和規程”公布之前付印的，因此所采用的图例与工程地質实际中所采用的图例略有差別。

作者尽量地考虑了对第二版所提的全部意見，并使本書适合于向苏联科学和苏联教科書籍所提出的新的更高的要求。但是，作者認為本書不妥之处在所难免。因此，作者將感激地接受来自各方面的意見，以便使本書更臻于完善。

作者向本書提出許多宝贵意見的Б.В.捷利亞金，И.В.波波夫，Ф.В.科特洛夫，Г.В.佐洛塔列夫和В.Д.洛姆塔捷以及校閱本文的Н.В.罗津諾夫深致謝忱。

請把所有的意見和希望寄給下列地址：Госгеолтехиздат(Москва, Пыжевский пер., д. 7)，кафедры инженерной геологии Московского геолого-разведочного института им.С.Орджоникидзе(Москва, Моховая ул., 11, корп. «Ж»)или Лаборатории гидрогеологических проблем им. Ф. П. Саваренского Академии наук СССР (Москва, Старомонетный пер., д. 35)。

緒 論

土質学及其发展簡史

§ 1. 土質学的对象及其任务

土質学是工程地質学的最重要的一部分。苏联工程地質学奠基者 Ф. П. 薩瓦連斯基院士对工程地質学的内容和任务曾下过如下的定义 (1937年):

“工程地質学是地質学的一部分，它討論把地質学应用到建筑事业上的問題”。“工程地質学的任务就是要研究地質作用和岩石的物理-技术性質，因为它们决定着建筑条件和为保証天然土体的稳定性而采用的工程地質措施的方向”。

以后，随着实际資料的积累，在苏联的工程地質学中又出現了新的，第三个部分——区域工程地質学，其任务就是从工程地質方面来研究和評定苏联的領域。

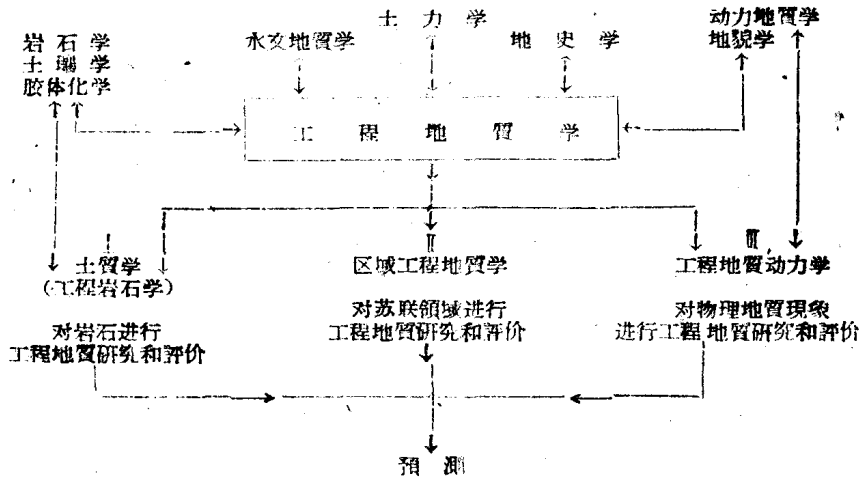
关于工程地質学的划分及与其它科学的关系，如表1所示。致于工程地質学的詳細的内容、任务和发展史，則在工程地質学教程中 (Ф. П. 薩瓦連斯基著，1939; И. В. 波波夫著，1951) 研究。現在我們仅对表1中的某些基本概念加以分別的研究。

工程地質現象，根据 Г. Н. 卡明斯基 (1936) 的意見認為，由于人类修建房屋，坝、桥樑等工程活动影响了自然环境，如岩石，水文地質条件等等，而引起的地質現象即叫做工程地質現象。

工程地質措施，凡以改变自然环境——岩石的性質和物理地質作用的特点的方法来保証建筑物的稳定性和持久性所采用的一些措施，即叫做工程地質措施。工程建筑措施和工程地質措施的目的是一样的，不同之点就是工程建筑措施是以选择一个对该地質环境最合理的建筑結構的方法来达到这一目的。

表 1

工程地质学的划分及与其它科学的关系简图



工程地质现象，结合设计建筑物的要求评价地质环境并提出工程措施的基本方法

土质学的对象就是对岩石进行工程地质研究和评定。所谓工程地质研究的涵义，就是研究那些在建筑物的作用下，决定着岩石性状的岩石性质。这些性质也可以叫做工程地质性质。其中最主要的就是岩石的力学强度。土质学在研究岩石的强度和其它的工程地质性质的时候，并不是静止地，而是要考虑到在自然和人为因素的影响下这些性质的变化情况。

土质学最重要的理论任务就是研究在造岩过程中形成岩石的强度和其它工程地质性质的作用和这些性质的属性。

土质学的实际任务如下：

(1) 在我们所要研究的地段内，划分具有同一的或近似的工程地质性质的岩石类型和岩石种类；

(2) 确定所划分出的岩石类型和岩石种类在本地段内的分布情况；

(3) 获得岩石强度和其它工程地質性質的数量特征并結合設計建筑物的要求改造这些性質和强度;

(4) 推測这些岩石性質在設計建筑物的作用下可能發生的变化;

(5) 与建筑工程师共同評定这种变化对設計建筑物的危險性;

(6) 提出改良岩石性質的方法, 以保証最合理地进行施工, 保証建筑物的稳定性和持久性。

很明显, 这种研究和評定岩石的态度, 是与把岩石当做矿物来研究和評定时, 所抱的态度有着基本区别的。

远自彼得一世起 (B.B. 达尼列夫斯基, 俄罗斯技术, 1948), 在工程实践中便把岩石叫做土 (Грунт), 而土質学便是由此而得名。以后土这个名詞又扩大了, 它不但包括所有的岩石, 而且也包括在建筑物作用范围以内的土壤, 在最近几年, 这个名詞在工程建筑实践中已根深蒂固, 并为工程地質学所采用。

在工程实践中, 主要是把做为建筑材料的松散岩石叫做土。在工程地質学中, 我們是这样来理解土的, 即对所有的天然产狀的岩石, 只要以工程地質观点, 并同时考虑它們的自然环境来加以研究时, 即叫做土。

应当指出, 在文献中“土”这个名詞也有其它的意义。例如, 成因土壤学的奠基者 B.B. 多庫恰耶夫即把成壤作用所达不到的, 土壤层以下的岩石叫做土。以后, 在自然历史上, 对土这个名詞应用得就更加广泛了, 而把包括土壤在內的风化壳岩石也理解成土层 (M.M. 費拉托夫, 1936)。但是, 用“土”或“土层”来代替已有的“风化壳岩石”和“土壤”这些名詞并不恰当, 因为, 如果要这样来理解土的时候, 那么研究土的土質学, 便远远超出了它的范围, 而不自觉地代替了沉积岩石学和岩石学。

不同的建筑物以不同的方式影响着自然环境并引起不同的工程地質現象。由于建筑物的类型和所要产生的工程地質現象之不同, 就必

在各种条件中所产生的工程地质现象

表 2

工程种类	垂直分带及其特征	人为作用对自然环境的根本影响	典型的工程地质现象	有待于研究的最主要的岩石性质
道路、机场、建筑等等	深度1—2公尺。一般为孔隙中含有空气的包气带。湿度变化无常。季节性的和昼夜性的温差很大。研究对象主要是土壤	破坏岩石的热动态和水的动态。由于动力作用的结果，岩石可能从偏于下向两侧挤出	在结冰和融冻时，路基发生变形，道路翻浆。出现车辙	冻胀能力。抗压入强度（有侧膨胀）粘着性。塑性。潮解性。毛细性。透水性
工业建筑，民用建筑，水工建筑，铁路建筑	深度2公尺以上，有时达10—20公尺。经常为活跃的风化带和水的交替带；向下，湿度的季节变化消失。湿度是变化的或者是固定的。研究的对象是风化的岩石，主要是沉积岩，其中尤以松散岩为主	基础的繁重。挖掘基坑破坏水文地质动态，而且这种破坏程度有时很大。破坏热动态（仅对永久冻土区有实际意义）	岩石压缩（沉降，下沉）。斜坡变形（倒石堆，滑坡，崩塌）。改变潜水的动态（降低或提高水位，降低或增大流速，改变其化学成分），岩石的溶滤	抗压强度（无侧膨胀）。抗剪强度（抗剪切强度）。抗压碎强度。透水性。抗水性。风化性。热学性质（在永久冻土区）
开凿隧道，地下铁道，开采矿床	其深度照例很大，达数十、数百公尺。经常为饱和带。压力很大。具有常温而且经常是高温。研究的对象是各种岩石，但常以坚硬的岩石为主	局部载荷，并松动整个的岩体。破坏水文地质动态，气动态和热动态	山岩压力，山岩射击，坑道膨胀。地表位移。地下水动态的改变（地下水涌入坑道。气体的逸出。斜坡的变形）	一般的产状，破坏性，裂隙性。抗拉强度。抗压强度。透水性。透气的性质。提高压力时的塑性

須研究和評定岩石的各种性質（表2）。

根据最主要的几种工程，我們可以把工程地質現象分为三組。而每一組現象又多半产生在地壳的一定的深度內。随着深度的增加，在地表（特别是在土壤层中）中表現得很明显的工程地質現象的气候分帶性，便要逐漸消失，因此，在对岩石編写工程地質研究綱要的时候，务須考虑到建筑物的类型和結構。

在現代土質学中，除普通土質学外，尚划分出区域土質学和土質改良学。

普通土質学研究岩石的强度和其它工程地質性質的属性，研究在造岩过程中，形成强度的条件，造岩作用的因素，特别是岩石与天然水溶液的相互作用。天然水对岩石强度和其它性質的形成作用有着强烈而复杂的影响，因此，在土質学中要特別着重研究它。在普通土質学当中，粘土質岩的膠体性質也佔有很大的篇幅，因为这些性質对粘土質岩在建筑物作用下所产生的性狀有着很大的意义。因此，普通土質学与膠体化学有着密切的关系。

区域土質学的目的，就是在苏联領域內，而首先是在大型工程区域內，对某些基本的岩石成因类型和地层杂岩体提出工程地質特点和工程地質評价。

土質改良学的目的，就是結合着設計建筑物的要求，来研究改变土石性質的方法。

因为土質学的研究对象是岩石和土壤，所以土質学首先是与岩石学，而更主要的是与沉积岩石学发生关系（表1）。土質学为达到本身的要求而采用着岩石学上的有关岩石成因，成分和性質等資料，但这些資料亦有其独特的特征。

土質学与土壤学也有着密切的关系，它利用着土壤学中研究松散土石的許多方法并使得这些方法与本身的目的相适应。此外，当把土壤作为土石来研究的时候（主要是在道路工程和机場工程中），土質学也采用着土壤学的資料。

土質学同样也采用着研究在建筑物的作用下，岩石应力和应变分佈問題的土力学的資料，以及地史学，动力地質学，水文地質学和膠体化学的資料。在动力地質学一篇中，对土質学最有意义的就是岩石的风化作用，因为这种风化作用常常是改变岩石强度和其它重要工程地質性質的（如透水性）基本方式。

§ 2. 把岩石作为土研究时所出现的一些錯誤

土質学是作为一門自然-历史地質科学发展起来的，在与土質学的发展同时，在本世紀20年代，一門特殊的力学，也就是我們所熟习的土力学产生了，并得到了迅速的发展。土力学的任务，就是以数学的研究方法，来研究在工程措施的作用下，塑性粘土質岩和松散砂岩的应力和应变。

作为一門数学科学来講，土力学將不可避免地以抽象的模型代替实际的土（岩石），而以图表来代替土中所产生的作用。在土力学发展的初期，粘土質岩被認為是化学性不活潑的細小鳞片的聚积，而砂質岩則是較粗的球粒聚积。这些岩石之間的所有差別仅归結到顆粒的形狀和顆粒大小的差別上。至于矿物成分則不加过問。岩石与水溶液的相互作用，認為与水在玻璃毛細管中的性狀相似。

粘土質岩的粘結性仅以水和空气接触面上的表面張力来解釋。而关于毛細压力則認為是由于岩石孔隙中的弯液面而发展的，并根据这种概念編制了粘土岩粘結性的毛細理論。粘土質岩的可壓縮性仅以粘土粒的彈性来解釋，并把这种岩石叫做“粘結”土或具有彈性格架的土石，而岩石的不可壓縮性或薄弱的可壓縮性則以坚硬球狀顆粒的性質来解釋，并把这种岩石叫做“非粘結”土或具有剛性格架的土。

而在粘土岩和土壤中，于高度发育的水溶液和矿物的接触面上，表現得极其明显的化学作用和膠体化学作用則被忽視了。土的性質被認為是固定不变的，并由此出現了土“恒定”的概念，也就是土性質指标是固定不变的概念。土力学中这些抽象的概念，在国外，特别是在