

56.759  
3480

# 黃土与黃土狀亞粘土的 建筑性質

1662.11.1

Н.Я.捷尼索夫著

地质出版社

# 黃土与黃土狀亞粘土的建築性質

Н. Я. 捷尼索夫教授著

增訂第二版

1956·北京

Проф. Н. Я. Денисов  
СТРОИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ЛЁССА И ЛЁССОВИДНЫХ  
СУГЛИНКОВ

Государственное издательство литературы по  
строительству и архитектуре  
Москва—1953

本書詳盡地敘述了黃土狀亞粘土的基本概念，其在濕度增加時的變形，產生變形的原因及變形的性質、未達壓實的狀態及其形成的條件，人類活動及自然作用對其特殊結構的影響，在其分布區域進行工程地質調查的方法，其濕度增加時變形的定性與定量預測方法以及它在水利工程、工業與民用建築工程中的應用等。

本書供工程地質人員，水利工程、工業與民用建築工程及鐵道工程建築人員等應用。

全書由中國科學院土木建築研究所及重工業部有色冶金設計院王國城合譯。唐連江、左全農校。張可遷參加了部分校對工作。

黃土與黃土狀亞粘土的建築性質 120,000字

---

著者 Н. Я. 捷 尼 索 夫  
譯者 中國科學院土木建築研究所等  
出版者 地 質 出 版 社  
北京宣武門外永光寺西街3號  
北京市書刊出版業營業證出字第零伍零號  
發行者 新 華 書 店  
印刷者 地 質 印 刷 廠  
北京廣安門內教子胡同甲32號

---

編輯：左全農 技術編輯：吳學華 校對：洪梅玲  
印數(京)1—10,280册 一九五六年八月北京第一版  
定價(10)0.75元 一九五六年八月第一次印刷  
開本31'' × 43'' $\frac{1}{2}$  印張5 $\frac{1}{4}$

# 目 錄

## 緒 言

### 第一章 黃土與黃土狀亞粘土及其遇濕時的變形的概念

1. 黃土與黃土狀亞粘土的特征·····10
2. 黃土與黃土狀亞粘土濕度增加時變形的研究簡史·····19
3. 黃土與黃土狀亞粘土某些變形的敘述·····24
4. 利用黃土與黃土狀亞粘土製造建築材料·····31

### 第二章 黃土與黃土狀亞粘土的未達壓實狀態及其產生的條件

5. 黃土與黃土狀亞粘土在變形過程中的變化·····33
6. 加固粘聚力在黃土與黃土狀亞粘土的強度中的作用·····35
7. 粘土質沉積物(土)的相對密度·····37
8. 黃土與黃土狀亞粘土在其生成過程中未達壓實狀態的形成·····41
9. 黃土與黃土狀亞粘土的成分對產生未達壓實狀態可能性的影響·····46
10. 黃土與黃土狀亞粘土生成後產生未達壓

- 实的可能性.....50
11. 过压实的粘土質土的特性.....55

### 第三章 黄土与黄土狀亞粘土湿度增加时的变

#### 形性質

12. 沉陷与附加下沉的区别.....57
13. 黄土与黄土狀亞粘土湿度增加时对其变  
形值的影响.....58
14. 水在未飽水的黄土与黄土狀亞粘土中的  
擴散特性.....66
15. 黄土与黄土狀亞粘土在湿度增加时產生  
变形的原因及大孔隙在变形中的作用.....68
16. 黄土与黄土狀亞粘土遇湿时变形的延續性.....78
17. 地下水位上升的影响.....83
18. 黄土与黄土狀亞粘土的模型.....88

### 第四章 工程地質調查

19. 黄土与黄土狀亞粘土分布区工程地質調  
查的基本任务.....90
20. 野外調查.....91
21. 實驗室分析結果的应用.....98

### 第五章 黄土与黄土狀亞粘土未达压实程度的

#### 評定

22. 黄土与黄土狀亞粘土未达压实程度的資

- 料的意义 .....109
23. 实验室条件下未达压实程度的测定 .....111
24. 标准中介绍的相对压缩指标的缺点 .....114
25. 测定黄土与黄土状亚粘土未达压实程度的试验方法 .....116
26. 测定黄土与黄土状亚粘土未达压实程度时发生错误的根源 .....120
27. 可能沉降量与附加下沉量的计算 .....124
28. 黄土与黄土状亚粘土在建筑上的分类 .....128

## 第六章 利用黄土与黄土状亚粘土作为工业

### 及民用建筑物地基

29. 预防黄土与黄土状亚粘土层上建筑物附加下沉的措施的一般意义 .....134
30. 制止水进入黄土与黄土状亚粘土的措施 .....135
31. 黄土与黄土状亚粘土的加固与压实措施 .....140
32. 建筑物附加下沉量与其传导压力值的关系 .....146

## 第七章 黄土与黄土状亚粘土在水利工程

### 上的应用

33. 在黄土与黄土状亚粘土层上修建运河的一些特点 .....148
34. 浸湿作为各种水工建筑物地基的黄土与黄土状亚粘土的意义 .....154
35. 利用黄土与黄土状亚粘土作为土工建筑

物的建筑材料 .....	159
参考文献 .....	165

## 緒 言

黃土與黃土狀亞粘土<sup>①</sup>在蘇聯境內分布很廣。蘇聯歐洲之大部地區以及西西伯利亞，中亞細亞和南高加索均埋藏着不同厚度的黃土與黃土狀亞粘土。

遠在偉大的社會主義十月革命以前，黃土就成了地質學家的研究對象，並對它的生成問題給予了很大的注意。黃土也引起了一部分土壤學家的注意：研究黃土是怎樣轉變成為肥沃的土壤——黑土。在建築方面，南俄羅斯廣闊的草原尚未徹底研究過，所以作為建築物地基的黃土與黃土狀亞粘土的性質，建築家們還是不夠清楚的。

在實現社會主義的偉大建設計劃的時期，在第一個五年計劃年代里，曾開發了新的地區。在從前被認為落后的中亞細亞，在南高加索及北高加索，均已開始了新的、技術完備的灌溉工程。在這些地方，建築了規模巨大的工廠、大量的住宅及公用建築物。興建的建築物的規模大大的超過革命以前的規模。建築家們開始利用對他們來說是新的草原和沙漠地區，並在這裡接觸到第四紀復蓋層的特殊性質。在自然狀態下原是很穩定的黃土與黃土狀亞粘土，在建築過程中由於濕度的增加，變成了不穩固的了。灌溉渠及建造在它上面的建築物受到了變形，以致往往損壞。各種工業及民用建築物也發生了巨大的不平衡的下沉。

① суглинок 一字現譯名很多，過去一般習慣譯為砂質粘土，但與 песчаная глина(砂質粘土)相混，也有譯壩姆的，係由英文 loam 音譯，並不合理，實際上 су 是亞的意思，而 глинок 是粘土，故譯亞粘土這一名詞既能符合俄文原意，而且簡捷明了——校者。



在开始时，还未弄清黄土与黄土状亚粘土的强度遇湿剧变的原因。於是苏联專家們就毅然着手解决在黄土層上進行水利工程建筑，工業及民用建筑的問題。生活及實踐將一个極重大的任务擺在苏联科学的面前，而地質学家和建筑学家們就共同負起了这一任务，力求解决这些問題。

苏联在研究並利用黄土与黄土状亚粘土作为建筑物的地基，以及在其上开掘运河等方面是走在最前面的。在黄土性質的研究中，傑出的科学家、社会主义劳动英雄、斯大林獎金獲得者——奥布魯契夫院士有着卓越的貢獻。

同样应指出，在解决黄土与黄土状亚粘土上的建筑工程問題方面，B. B. 波雷諾夫，Л. С. 別尔格，К. И. 李西岑，И. П. 格拉西莫夫，E. A. 查馬林，B. C. 格沃茲捷夫，A. H. 索科洛夫斯基，M. M. 列謝特金以及其他研究者也起着很大的作用。H. M. 格尔謝万諾夫及 Ю. M. 阿別列夫由於从事黄土於層土的建筑工程措施的研究而獲得了斯大林獎金。

苏联科学院地質研究所，中亞細亞灌溉科学研究所，全苏建筑物地基研究所，烏克蘭地質局，亞速海黑海地質局及其他地質局，新契尔卡斯工業学院，南高加索建筑学院等都对黄土与黄土状亚粘土進行了廣泛的研究。

在苏联共產党第十九次代表大会關於發展苏联第五个五年計劃(1951—1955)的指示中，指示了偉大的建設綱領。在这五年期間，基本建設的規模，在工業方面較第四個五年計劃增加了1倍，在農業方面增加了1.1倍。

在实现这一偉大的綱領时建筑家們常常遇到黄土与黄土状亚粘土。它們廣泛分布在缺水地区，被用作为各种建筑物的地基，在其上建造运河；此外，亦廣泛作为建筑材料使用。

由於生成歷史及埋藏條件的影響，黃土的性質是極不一致的。除了有的在增加濕度時產生強烈變形外，還有的在濕度增加時却仍然是穩定的。如果及時地採用特別的措施，黃土層強度減低對建築物穩定性的影響是可以完全消除或減到最少的程度的。無須指出，這些措施決不是所有在黃土與黃土狀亞粘土上的建設所必需，因此正確估計這些土層的建築性質是具有極大的經濟意義的。如果要解決第十九次黨代表大會所提出的降低造價的任務，那末就必須挖掘潛在力量，充分而正確地利用黃土與黃土狀亞粘土的建築性質。

本書敘述了黃土與黃土狀亞粘土的變形性質；討論了估計這類土在濕度增加時的可能變形的辦法；說明了在建設時如何利用這些土的辦法，以及指出了尚未完全解決的一些問題。

本版較1951年出版的第一版有了重大的改動。書中增補了黃土與黃土狀亞粘土的分類，施工方法對評定黃土與黃土狀亞粘土的性質的意義，下沉現象的描述等。此外，着重地說明了建築物使之興建低濕度的黃土與黃土狀亞粘土產生未達壓實狀態的作用，以及這些土層的組合狀態的意義。

作者深深感謝奧布魯契夫院士對本版所提出的意見。

作者歡迎讀者們對本書提出批評，並請將意見寄往：

Москва, Третьяковский пр., д.1. Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре.

# 第一章 黄土与黄土狀亞粘土及其 遇湿时的变形的概念

## 1. 黄土与黄土狀亞粘土的特征

**成分及状态** 黄土是一种第四紀的無層次的土，按顆粒組成，它屬於粉狀亞粘土与亞砂土。成分中大多数是粉土顆粒，大於0.25公厘的砂土顆粒通常是沒有的，但常含有少量的粘土顆粒。

細砂及粉土顆粒基本上是以石英碎屑为主。除石英外，还遇見有：長石、云母，少量的石榴石、綠帘石以及其他礦物。粘土質礦物有：高嶺土，伊利石，蒙脫石等，但其含量很少。黄土中通常含有大量的碳酸鹽包裹体。

研成粉的黄土使人有粉末触觉。土路上的黄土在車輪的作用下常失去粘結性，变成可被風吹揚的粉土。由於粉土被風吹走，常常使路面嵌入岩層中，漸漸形成槽形断面。黄土質粉土与水混合即成粘泥，給通行造成了極大的困难。

黄土的特点是孔隙度很高，常达其总体積的46%—52%。

与黄土相类似，但在某种特征上又与黄土不同的土，分布得是很廣的。例如，外观上与黄土相类似的某些土，可能含有粗砂或礫石，而另外的一些土則可能含有極少量的碳酸鹽，或具有低的孔隙度。这类的土通常称为黄土狀土。必須指出，由於黄土与黄土狀亞粘土的区分沒有一定的标准，因而常使成分与性質相同的土得到了不同的名称。反之，成分与性質不同的土却得到相同的名称。别尔格[10]指出，在

标准黄土与黄土狀亞粘土之間沒有任何原則上的差別，它們是在不知不覺之中逐漸互變的。

黃土與黃土狀亞粘土的特征，是有很大的、用肉眼即能看到的孔隙，即所謂大孔隙。此種孔隙通常是柱狀的管子，它的產生系與植物的作用有關。大孔隙的直徑一般由 0.5 公厘到 2 公厘，也有時達到 5 公厘，或更大一些。但是不能認為“大孔性”是所有黃土狀土的特性。必須說明，許多黃土狀亞粘土都沒有大孔隙，有時在黃土中亦是這樣。最主要的，是這些土即使沒有大孔隙，但亦有很高的孔隙率。

本書把黃土與黃土狀亞粘土統稱為黃土類土，並把它們看做是粘土質土類的代表來加以研究。

在許多的著作中[ 5, 15, 32, 37, 38, 40, 52, 53, 56, 65 等]，都有關於黃土與黃土狀亞粘土的成分與性質的實驗室研究資料。

許多資料都說明，標準黃土（如捷爾斯克-庫馬草原上的）中粘土顆粒的含量一般不超過 12% 到 15%。在這種黃土中通常沒有大於 0.25 公厘的顆粒。

表 1 所示的，是基礎設計院克魯洛夫同志從烏克蘭某地得到的黃土成分資料，茲用來說明黃土與黃土狀亞粘土顆粒成分的特征。

該資料是由預先未經化學處理的試樣試驗而得的。按該資料，黃土中粉土顆粒（0.05—0.005 公厘）的平均加權含量為 65%，而在黃土狀亞粘土中，粉土顆粒含量為 57%。這些土的特点是粘土顆粒含量稍多一些，達 23—27%。

圖 1 是說明捷爾斯克-庫馬草原上黃土的孔隙度系數隨深度而變化的情況。下面繪了兩條曲綫以資比較：一個表示未沉陷過的黃土；另一個表示靠近水渠經過自行壓實（可能

黃土与黃土狀亞粘土的顆粒成分

表 1

粒 徑 (公厘)	顆 粒 含 量 (%)					
	黃 土			黃土狀亞粘土		
	由	到	平 均 加 权 值	由	到	平 均 加 权 值
0.5—0.05	6	21	12	8	24	16
0.05—0.01	42	67	53	32	58	46
0.01—0.005	6	17	12	6	19	11
0.005—0.001	8	21	16	7	25	17
<0.001	6	17	7	4	9	10

还未充分压实)的黃土。虽孔隙度系数是向兩方面擺动的,但仍能明顯地看出:土的密度系数随深度而有一定的增加,而且往深处,沉陷过的与未沉陷过的土的孔隙系数值是相似的。

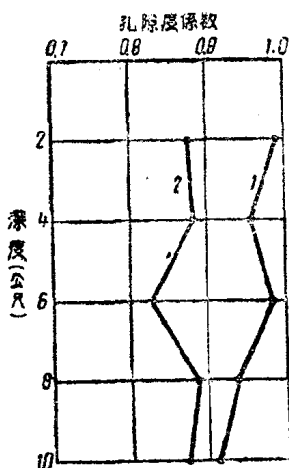


圖 1. 黃土的孔隙度系数因深度而变化的情况

1. 沉陷区外的浅井; 2. 水渠附近沉陷地区上的浅井

黃土的特征是液性下限与塑性指数都很小。如捷尔斯克-庫馬草原上的黃土的液性下限值一般不超过25—27%,塑性指数不超过1—5。烏克蘭黃土的这些数值都稍大一些:液性下限值为25%—30%,塑性指数为5—12。黃土狀亞粘土的液性下限值一般为25—38%,而塑性指数达10—15,或者更大些。

由於黃土分布区内气候干燥,

黃土的天然濕度一般均很小。例如，在捷爾斯克灌溉區內，在由 1 公尺到 14 公尺深度上，黃土的天然濕度平均值為 9.8%。在草原凹地範圍內，黃土濕度一般是比較大的。應當指出，黃土與黃土狀亞粘土的天然濕度隨深度增加得很慢。

根據野外淺井注水試驗，東部前高加索黃土的滲透系數值為 0.7—1.2 公尺/晝夜，而以同一種土樣在實驗室內測定所得的結果則為 0.15—0.70 公尺/晝夜。黃土狀亞粘土的滲透系數要小些。

由於結構上的特性，黃土與黃土狀亞粘土在垂直方向上的透水性一般比水平方向大得多。薩瓦連斯基[35]的試驗結果就証明了這一點。

A. H. 阿列克塞也夫在黃土試坑中作浸水試驗時，觀察到：水擴散到離基坑 10 公尺遠的地方的平均速度為 1.17 公尺/晝夜。在最初 4—5 晝夜內，水下滲 8 公尺，平均速度為 1.8 公尺/晝夜；在以後的 15 晝夜中，水下滲 4 公尺，速度較緩慢，為 0.26 公尺/晝夜。根據另外一份資料，7 公尺以內的平均滲透速度為 1.4 公尺/晝夜。

黃土與黃土狀亞粘土的特征，是其可壓實程度與濕度有密切的關係。圖 2 中的曲綫，說明捷爾斯克—庫馬草原上黃土的土樣在天然濕度下（曲綫 1）和水飽和狀態下（曲綫 2）的壓實情況。土樣系取自 4 公

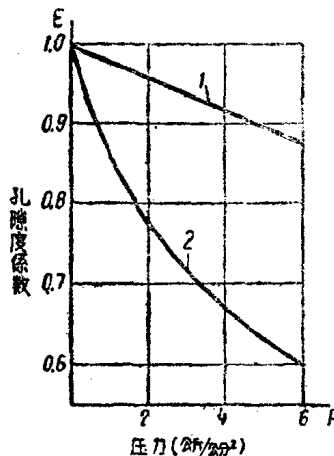


圖 2 黃土的壓實曲綫  
1—天然濕度下；2—飽和狀態下

尺深的地方，天然湿度为 8%。兩条压实曲綫相差很大，这就說明了水飽和的影响。由圖上看出，水飽和的黃土在 1 公斤/平方公分的压力下產生的压实(孔隙度系数 0.88)相当於具有天然湿度的黃土在 5.9 公斤/平方公分的压力下所產生的压实。可見，在这种情况下，湿度由天然状态增加到完全飽和时的效应与 4.9 公斤/平方公分压力相等。

在黃土与黃土狀亞粘土中，一般都含有水溶鹽类，但其数量变化很大。例如，在阿尔汗楚尔谷地上的沉陷性黃土中， $SO_4$  含量不超过重量的百分之零 点几；在小卡巴尔达灌溉地区的黃土中，鹽的含量达 2%；捷尔斯克-庫馬运河流域的黃土中，含有 0.5—0.6% 水溶鹽类。

黃土經過全化学成分分析，指明成分中大多数是二氧化矽，其含量达 70—90%；碳酸鈣含量达 10% 或更多一些，随着深度的增加，且因碳酸鈣(局部地)集聚为所謂“沙薑”，含量可以很大。

**黃土与黃土狀亞粘土的成因** 如所週知，岩石的成分，結構及性質是由其形成条件决定的。

許多文献都論及黃土与黃土狀亞粘土的成因問題。但是，在許多情况下研究者们往往都忽視了这一特点，如中亞細亞及东部前高加索黃土的天然湿度很小和浸湿时压实的可能性。只有奥布魯切夫的著作[60,62]例外。

黃土是由堆積起來的碎屑物質形成的。關於其堆積方式問題有許多的假說，其中最普遍的是：風成假說，坡積假說，冲積假說和冰川水成假說。

在土壤(殘積)假說中，沉積物的形成被看作是次要的。主要的注意力是放在各种沉積物，特别是水成沉積物变成黃土的作用过程。

關於物質如何堆積而后變成黃土的風成假說在蘇聯由於 П. А. 圖特科夫斯基的著作[79]得到了流傳。Г. Ф. 米爾琴科[45]，尤其是奧布魯契夫[59, 60, 61, 62]，為發展這一假說曾作了許多研究工作。奧布魯契夫認為：物理風化作用甚為劇烈的沙漠地區乃是大量微粒砂與粉土的發源地。在沙漠地區，風主要是從中部成離心狀態吹向沙漠邊緣，也就把細小的風化產物帶到邊緣。

在搬運過程中，較粗的顆粒先落下來，堆積成“流”砂。粉土顆粒被吹得較遠，——沙漠之外的植物區。搬運粉土顆粒的氣流在這裡受到異向風的干擾，便減低了速度，使粉土顆粒落到地面上來。沙漠區外的降雨也能促成細粒的降落。

落到沙漠周圍草原上的粉土粘附在植物的葉子與莖上，經風吹雨淋後，粉土便從植物上落到土壤表面上。這樣，按奧布魯契夫的見解，粉土便慢慢地堆積起來：一年約增長1—2公厘。在不變的條件下，經過數千年之久，即沉積成厚10—12公尺，有時達100公尺甚至更厚的黃土層。

奧布魯契夫認為在黃土形成過程中，風積粉土是一個主要的方法。同時也指出了植物、水及各種造壤作用在變粉土沉積物為黃土過程中所起的作用。

奧布魯契夫研究了烏克蘭的黃土，指出它是風成的，並且是由粉土組成的。這種黃土是以前沿冰川復蓋層南緣的沙漠的產物，此沙漠地帶以後隨着該黃土的形進而逐漸消失了。

歐洲東部黃土坡積成因的假說是 А. П. 巴甫洛夫提出來的。他把各種岩石的風化產物被雨水沿斜坡搬運下來所成的沉積物稱為坡積物。這種沉積物系靠近坡底堆積在斜坡上。巴甫洛夫認為中亞細亞黃土的成因與自山谷中流出流散於平



原的瞬时水流的作用有关。由这种水流沉積下來的称为洪積沉積物。

某些研究者認為，所有的黃土，其中包括烏克蘭的黃土，都是冲積而成的。有时認為黃土是由冰川岩泥聚集而成的。該岩泥是以前冰川融化时由水流从冰積中冲洗出來，而后沉積到廣闊而淺的盆地中。

Л.С.別尔格[10]称他提出的沉積物变成黃土的假說为黃土生成的土壤(殘積)假說。既然这个假說被它的拥护者屢次說明並傳播得很廣，因而对它需加以詳細地說明。

別尔格認為，在干燥的气候条件下，含多量碳酸鹽的各种細粒岩層由於受風化及造壤作用的影响即能生成黃土及黃土狀土。別尔格認為一定的情况下，各种各样的岩層均能轉變为黃土。而完全否認了黃土是風成的。他認為黃土的母岩主要是在冰期由於水冲刷了冰積石的結果而形成的；而母岩变成黃土是發生在間冰期以及冰后期的干燥时期。

必須指出：別尔格及其他黃土土壤假說的拥护者僅是籠統地說明了風化及造壤作用对黃土形成的影响。数十年以來，許多著作都引用了甘先(Ганссен)与格得罗依茨(Гедро-йц)的試驗作为証据。但切勿忘記，这些試驗並不能反映粉土沉積物变为黃土的天然过程。这个假說的拥护者沒能举出任何一种試驗証明黃土的高孔隙度及粘結是如何發生和保持下來的；沒能作成过任何試驗闡明在干燥的气候条件下風化的性質及風化的影响深度。

研究了黃土的一些特性(成分中直徑由0.01到0.05公厘的顆粒最多，孔隙度很高，無層次)，別尔格認為，这是在干燥气候情况下由於特殊的風化及造壤作用而引起的。为論証这些作用的影响，他引用了黃土形成过程中細粒在鈣离