

礦產普查勘探叢書

耐火黏土

奧根斯基著

地質出版社

---

礦產普查勘探叢書

耐 火 黏 土

奧根斯基著

地 質 出 版 社

---

本書是蘇聯地質部全蘇礦物原料研究所主編的“產地在普查勘探時的評價叢書”(Оценка месторождений при поисках и разведках)中的第十三册“耐火黏土”(Вып. 13 Огнеупорные глины)。作者奧根斯基(И. М. Огинский)，蘇聯國立地質書籍出版社 Гостгеоллиздат 1953年出版。本叢書的編輯委員有：布里塔耶夫(М. Д. Бритаев)、格拉西莫夫斯基(В. И. Горасимовский)、葉爾碩夫(А. Д. Ершов)、康士坦丁諾夫(М. М. Константинов)、薩阿克揚(П. С. Саакян)、斯米爾諾夫(В. И. Смирнов)、索洛維耶夫(Д. В. Соловьев)、切爾諾斯維托夫(Ю. Л. Черносивтов)。總編輯：薩阿克揚(П. С. Саакян)。本册編輯：梅林科夫(Б. Я. Моренков)。本書由地質部編譯室譯出，鞍山鋼鐵公司黑色冶金設計公司作了部分審校。

礦產普查勘探叢書第二號

書號0038 **耐火黏土** 84千字

著者	奧根斯基
譯者	中央地質部編譯室
出版者	地質出版社
	北京安定門外六鋪炕
經售者	新華書店
印刷者	北京市印刷一廠

印數(京) 1—5000册 一九四五年二月北京第一版  
定價 7500元 一九四五年二月第一次印刷

## 原 序

本書是工作方法叢書之一，所謂工作方法係指評價最主要礦產產地所積累起來的經驗的系統化。本叢書編輯的目的是專供地質工作者在初次遇到評價新資料問題之用。

地質工作者評價礦產產地時，其內容包括確定礦產的質量、儲量及勘探和開採的條件。隨礦床研究程度的不同評價可分為：

(1) 遠景評價，即確定產地作為普查和勘探工作對象的價值；(2) 工業評價，此種評價是在勘探工作的成果上進行，並須給開採和原料加工的企業提供設計資料。

在設計過程中還須做一些必要的經濟計算。計算用的原始地質資料，應當在勘探時獲得。因此本叢書所涉及的經濟知識，僅僅作為設計時的一種方針，不能認為是決定性的意見。

由於自然現象千差萬別，礦床特性各不相同，無從提供一套現成的評價方法。因此，方法問題是本書的主要內容。所引用的例子是我們祖國豐富的實際工作中解決這些問題的有效辦法。

“礦產普查勘探叢書”共分19冊：10冊是金屬礦物原料，9冊是非金屬礦物原料。

由於所涉及的問題過於複雜，和以工作方法為主的材料範圍十分廣泛，因此個別的缺點和錯誤在所難免。希望讀者能把書中所存在的缺點，隨時通知我們，以便再版時有可能予以更正。

# 目 錄

## 第一章 總論

- 黏土的定義和它的礦物岩石特性·····(1)
- 未加工製造的黏土及煅燒後黏土的物理性質·····(14)
- 研究耐火黏土質量的方法·····(18)
- 耐火黏土的應用及其製品的用途·····(24)
- 生產黏土耐火製品的技術操作過程簡述·····(32)
- 製造耐火製品對耐火黏土的技術要求·····(37)
- 釉陶及瓷器製品·····(43)
- 耐火黏土開採法簡述·····(45)

## 第二章 黏土的分類和成因類型簡述

- 黏土的分類·····(48)
- 黏土的成因類型簡述·····(52)

## 第三章 各地質時代生成的耐火黏土礦床

- 石炭紀礦床·····(57)
- 侏羅紀礦床·····(61)
- 白堊紀礦床·····(62)
- 第三紀礦床·····(64)
- 第四紀礦床·····(67)

## 第四章 耐火黏土礦床的工業類型

- 第一類：具有層狀和巨透鏡狀產狀的礦床·····(69)
- 第二類：具有小透鏡體和不規則形狀礦體的礦床·····(74)

## 第五章 普查工作中對耐火黏土礦床的研究和評價

踏勘普查工作·····	(76)
普查勘探工作·····	(79)
耐火黏土的取樣試驗及其性質確定·····	(81)
根據普查和普查勘探對儲量的估計及報告內容·····	(83)

## 第六章 詳細勘探後對耐火黏土礦床的工業評價

礦床勘探工作的性質·····	(85)
勘探方法：鑽探和山地工作·····	(87)
取樣·····	(90)
選擇樣品以進行半工廠式試驗·····	(95)
樣品的記錄·····	(96)
勘探工作中對耐火黏土質量的研究·····	(98)
儲量的計算和定性·····	(101)
耐火黏土礦床工業評價重要的因素·····	(107)

## 參考文獻

# 第一章 總 論

## 黏土的定義和它的礦物岩石特性

黏土乃是「土狀的礦物質，或者按照岩石的名詞稱為碎屑岩石，與水相拌，能形成可塑性的膠團，乾時能保持其已有的形狀，而經過煅燒後，即具有岩石般的堅硬性」（澤米亞欽斯基〔П. А. Земятченский〕）。

按照黏土的物質成分來說，黏土乃是各種不同礦物以各種不同的數量比例所形成的混合物；黏土內有部分礦物具有很好的可塑性，但是，另外的一部分是完全沒有塑性的；澤米亞欽斯基認為真正黏土質點的直徑是小於0.005毫米的。

上面所說的黏土的定義，目前在陶器工業和耐火材料工業中專家們廣泛地採用着。

研究黏土時，要是僅根據它的物理性質來看的話，那麼所有微粒散漫的礦物集體，不管成分如何，只要具有可塑性，乾後能保持其已有的形狀，且在煅燒後能獲得岩石般的堅硬性者，實際上均應列入黏土類。

但是黏土還有另一個定義——維爾納得斯基（В. И. Вернадский）、金茲堡（И. И. Гинзбург）、列文孫—列星格（Ф. Ю. Левинсон-Лессинг）、費爾斯曼（А.Е.Ферсман）等人僅將主要是由高嶺石類的含水矽酸鋁所組成之微粒散漫狀岩石列入黏土類。

雖然按照澤米亞欽斯基的黏土定義是能很明確地反映出更多的黏土的物理性質，但是，該定義並不能把各種無可塑性的、堅硬

蘇 聯 各 耐 火 黏 土 產 地 的 礦 物 成 分 表 1

產 地 名 稱	黏 土		物 質		雜 質		該 礦 床 中 有 代 表 性 的 伴 生 礦 物
	高 嶺 石	水 白 雲 母	水 雲 母	含 水 氧 化 鋁	石 英	長 石	
察 索 夫 - 雅 爾 (Часов-Ярское)	○	▲			○		
拉 特 寧 (Латинское)	▲		●		○	○	褐 鐵 礦、黃 鐵 礦、石 膏、炭 質 雜 質、金 紅 石、電 氣 石
蘇 沃 羅 夫 (Суворовское)	▲				○	○	黃 鐵 礦、金 屬 礦 物、炭 質 雜 質、金 紅 石、鎢 英 石
波 羅 維 奇 - 留 良 亨 (Боровичско-Любытинское)	▲				○	○	麥 鐵 礦、赤 鐵 礦、黃 鐵 礦、金 紅 石、鎢 英 石、電 氣 石
布 斯 庫 爾 (Бускульское)	▲	▲			○	○	黃 鐵 礦、褐 鐵 礦、磁 酸 鹽 雜 質、藍 晶 石、電 氣 石、鎢 英 石、金 紅 石
拜 羅 伊 茨 - 拜 諾 夫 (Трошко Байновское)	▲				■	●	

▲——主要成分      ○——含量不多  
 ●——次要成分      ■——含量不多，但有些地方其含量佔次要地位



的以及類似岩石的黏土變種（硬質(сухаристые)黏土、頁岩、燧石黏土(Флинткль)等)列入黏土類。

因此，個別學者對澤米亞欽斯基的定義加以補充，或擬出更較廣泛的黏土定義。例如，雅可甫列夫(П. Н. Яковлев)認為“黏土”在化學及礦物的成分上是多種多樣的微細碎屑狀岩石，其主要物質是由泥土岩質、細砂岩質的組份所形成，不管其中有什麼雜質，而黏土在自然界中，或是成一種鬆軟的“漿糊”狀，或是形成一種變質“似石”的狀態而產出。

維庫洛娃(М. Ф. Видулова)認為，只有帶有可塑性的、細粒散漫狀的岩石應稱為黏土，在這種意義下的黏土是泥土岩的類似物。至於類似岩石的黏土，維庫洛娃則主張稱之為硬泥土岩(склеропелит)以及與此意義相同之泥土岩(аргиллит)。

在本書中談到的是在成分和性質上特殊的黏土，名為“耐火”黏土。耐火黏土之區別於其他許多黏土者，在於它所含之高嶺土或水白雲母—高嶺土的成分佔優勢，以及熔融溫度之不低于 $1580^{\circ}\text{C}$ 。

含有黏土成分的礦物中，包括有：黏土物質(глинистая субстанция)、伴生礦物和雜質。所謂黏土物質，就是由直徑小於0.005毫米之質點所組成之黏土的基本物質。

耐火黏土中的黏土物質，一般是由高嶺土類的礦物，以及較不常見之多水高嶺土(галлуазит)和水雲母(гидрослюды)組成(表1)。

由於黏土物質中所含礦物種類之多少，可以區別為單礦物黏土和多礦物黏土。單礦物的耐火黏土分為：高嶺土黏土、水白雲母黏土、多水高嶺土黏土等；而由高嶺土和水白雲母所組成之多礦物的耐火黏土，在自然界中較為少見。

黏土物質中的礦物可包括以下各類型：

(1) 高嶺土類，(2) 多水高嶺土類，(3) 微晶高嶺土(монт-мориллонит)類，(4) 水雲母類。

### 高嶺土類

屬於高嶺土類的礦物有：高嶺土、迪凱石(диккит)和眞珠陶土(накрит)。

**高嶺土** ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )。這種礦物大部分是白色，有時也有淡黃色、紅色、灰色以及其他淡顏色。它有着土狀的構造，或有時形成薄鱗片狀的和緻密狀的集合體。硬度=2.5，比重=2.58—2.60，單斜晶系。在薄片下可看到假六方之鱗片或葉片形狀，劈開完善(001)，在交叉的尼科爾鏡下，高嶺土呈現出稍弱之重曲折(0.005—0.007)。

曲折率： $N_g=1.560-1.570$ ； $N_m=1.559-1.569$ ； $N_p=1.553-1.563$ 。消光角由 $1^\circ 30'$ 到 $3^\circ 30'$ ，負光性。

高嶺土在加熱試驗下，它的性質改變如下：

1. 在 $500-580^\circ$ 之溫度下起吸熱變化分離出結合水。
2. 在 $950-1000^\circ$ 之溫度下，高嶺土起放熱變化解成游離的氧化鋁和氧化矽，以及生成 $\gamma$ -氧化鋁。
3. 在 $1230-1280^\circ$ 之溫度下起放熱變化，游離的氧化鋁和氧化矽形成新的礦物—莫來石(муллит)，成分是 $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ 。

高嶺土是由於酸性物質中的各種鋁矽酸鹽，在地表風化的條件下形成的。

**迪凱石**這礦物的化學成分很近似高嶺土，用肉眼觀察，也相似於高嶺土。在薄片下研究，有着微細結晶的片狀集合體。屈折率： $N_g=1.566-1.567$ ； $N_m=1.561-1.565$ ； $N_p=1.560-1.562$ 。消光角= $15-20^\circ$ ，正光性。

迪凱石大部生於熱液礦床中作為脈石，或在各種岩石的空隙中作為充填物。

**眞珠陶土。**化學性質近似高嶺土和迪凱石。肉眼觀察無色、透明、很像有珍珠光澤的白云母。曲折率： $N_g = 1.563 - 1.566$ ； $N_m = 1.562 - 1.563$ ； $N_p = 1.557 - 1.560$ ；消光角 =  $10 - 13^\circ$ 。通常是負光性，正光性的較少。為熱液礦物。

高嶺土類的礦物，主要能由它的 X 光譜，或脫水曲線，很精確的鑑別開來。後者如圖 1 所示。

其次，最近似高嶺土的所謂水白雲母（монотермит）（ $0.2R_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 1.5H_2O + 5aq$ ），也正是別良金（Д.С.Белякин）和庫馬寧（К.Т.Куманин），在察索夫—雅爾（часов—ярский）耐火黏土中，所敘述到的特殊礦物。其主要的特點是具有特殊的可塑性，以及包含着大量的鉀，並且  $K_2O : Al_2O_3$  成一比較固定的比例（大概是 1:12）。

水白雲母在顯微鏡下像高嶺土，但具有較強的重曲折  $N_g - N_p = 0.02 - 0.03$ 。折光率： $N_{cp} = 1.55 - 1.57$ 。消光角是直角，或近似於直角。

水白雲母加熱在  $110 - 150^\circ$  下，呈現出不大的吸熱效應，而分出吸濕水來；之後，在  $550 - 600^\circ$  之內第二個吸熱效應是與化合水

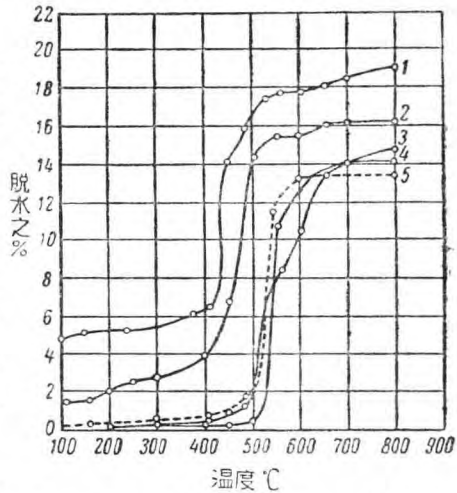


圖 1. 多水高嶺土、眞珠陶土、迪凱石和高嶺土等的脫水曲線圖  
(羅斯(Росс)、凱爾(Керр)合作, 1934)  
1.3—多水高嶺土； 5—眞珠陶土；  
4—迪凱石； 5—高嶺土

的分出有關，而第三個效應是在 950—1000°時，一種很弱的放熱效應。

彼得羅夫(В.П.Петров)認為水白雲母是一種瀉湖礦床的標準礦物，這種瀉湖富於有機物質和鹽類。

### 多水高嶺土

屬於該類的有：多水高嶺土( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )、偏多水高嶺土( $(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ )和含鐵多水高嶺土( $(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + n\text{H}_2\text{O}$ )。

由於所含之混合物不同，多水高嶺土的顏色，有白色、灰色、甚至褐色；具有臘狀光澤；在顯微鏡下很顯然地可以看出，它是由薄而無色的細鱗片集合體所組成。光性均質。

當6%和是大於6%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 為 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 所代替時，則多水高嶺土為含鐵多水高嶺土。

### 微晶高嶺土類

這一類的礦物是在構造上與高嶺土不同的。這類礦物的晶格具有沿着C軸擴展的能力。因此在層狀包裝(слоистые пакеты)間的距離是從9.6到21Å間不定，含水由6%增到30%，除上述一些特性外，在這一類中，如同沸石和人造泡沸石一樣，具有交換鹽基的能力。

微晶高嶺土的實驗式是 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 。在微晶高嶺土中的鋁，部分是被鐵和氧化鐵所代替。礦物呈淡黃色或玫瑰色。在顯微鏡下顯示出一種很小的無色葉片狀、鱗片狀或纖維狀的集合體，並具有高的重曲折。

由於溫度不定，重曲折也變化不定。受濕標本的曲折率是： $N_g = 1.52$ ； $N_p = 1.49$ ，乾標本的 $N_m = 1.554$ 。

微晶高嶺土往往是噴屑、火山灰以及其他的火山噴出物風化後

造成。

拜來石(бейделлит) $n(\text{Mg, Ca})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 爲緻密臘狀黏土質，顏色是白色、灰色、淡黃色或淡綠色。在顯微鏡下觀察爲纖維狀、小鱗片狀和板狀。非均質光性。曲折率： $N_g=1.527$ ， $N_D=1.484$ 或再高些，這要依所含化學成分而定。

在黏土之微晶高嶺土中，Al是經常全部或部分被Fe代替。因此有了主要是由大半土壤和褐色易熔的黏土所組成的各種含鐵微晶高嶺土。含鋁微晶高嶺土，主要是由脫色土（如矽藻土、斑脫黏土、弗洛里金(флоридин)等）所組成。而微晶高嶺土不在耐火黏土中。

### 水 雲 母 類

很多雲母—高嶺土的中間礦物屬於此類，是由各種雲母被水分解形成的。目前將水雲母的礦物分爲雲泰（иллит）布拉馬里特、(браммалит)、絹雲母、哥里麥爾頓（глиммертон）和部分的列維列里特(леверьерит)等等。

### 雜 質 及 伴 生 礦 物

礦物雜質是一種摻雜的物質。這些雜質以大小不等的顆粒大量存在着，影響到黏土的質量，往往限制了黏土在許多製造方面應用的可能性。礦物雜質是與黏土同一時期生成，或是在黏土礦物已經生成之後所發生的作用有關的次生礦物。但其中有些礦物雜質，也有原生的，也有次生的，像氧化鐵就是個例子。

雜質中最多的有以下幾種礦物：

1. 石 英——在整個黏土中呈疏散砂粒狀，或形成不同厚度之夾層和透鏡體。從技術觀點來看的話，那麼石英主要是削弱黏土質的可塑性，以及它的乾燥、收縮和黏結力的一種惰性的雜質。

2. 氫氧化鐵——黏土中的褐鐵礦、含水赤鐵礦和含水針鐵礦

等，都呈細脈狀、泉華狀、土壤的和石礫的包含體狀，以及鱗狀、沿裂隙面分佈的樹枝石狀，同樣也有細粒散漫狀的。

3. 硫化鐵——黃鐵礦和白鐵礦，經常是大小不等的結晶和結核，成爲微細分散的狀態。這些礦物，形成具有淡綠色的黏土被殼。硫化鐵常常在碳質黏土中。

無論是氫氧化鐵，或是硫化物，都是染料物質，由於這類物質的熔融和染斑，在黏土產品中起破壞作用，在陶磁和細磁的生產事業中是特別有害的。

4. 球鐵礦在黏土中，組成球形或扁圓形的平板狀結核，這結核有時很大（直徑可達到0.50—1.0米），有時也作很小的結晶狀或鱗狀。這些礦物同樣能造成產品上的熔疤，使產品失掉價值。

5. 碳酸鈣和碳酸鎂。方解石在黏土中經常組成各種的結核和瘤，也有時呈一種星散狀態。尾散分佈在耐火黏土中的方解石，造成了以下各種壞影響：降低了耐火黏土的耐火度、增大了燒成收縮，以及降低了荷重軟化點。

在含碳酸鹽的黏土中，對產品的物理機械性質引起不良影響。在焙燒黏土時，方解石形成CaO，以後倘與水相化合時則得出Ca(OH)<sub>2</sub>，並增大了體積，便引起產品的裂紋現象。耐火黏土中方解石包含物是不常見的。

6. 石膏在黏土中爲雜質，而在耐火黏土中是很少有的。所見到的形狀有片狀結晶、纖維體狀（如透明石膏）以及星散狀態。

7. 有機物質在黏土中常遇到，並且常常是由植物生成。茲將蘇聯某些耐火黏土礦床的礦物成分列於表1。

一些黑色的碳質黏土分佈很廣。這些黏土包含着煤及炭黑的夾層和無數的包裹物。黏土中有時包含着沒起大變化的木質，或僅是零

散地產在某一地層中，或者分解成爲泥炭狀的物質，很均勻地分佈在黏土內。但是當焙燒黏土時，煤和炭黑的包裹物在 $600^{\circ}$ 時，很容易燒盡。至於泥炭狀的殘餘物之燃燒完，需要達到 $900^{\circ}$ ，因而結果獲得多孔性的磚塊（черепок），減少了產品的體重，降低了產品的機械強度。

伴生礦物有電氣石、銻英石、金紅石、藍晶石、磁鐵礦、石榴石、榭石、海綠石、鈦鐵礦、黃玉、赤鐵礦以及長石、角閃石、輝石、雲母等。這些伴生礦物在黏土中經常是粗粒分散地存在着，在數量上不超過千分之幾，因此黏土的質量和它們的關係不大。

在黏土中我們看到多樣顏色，這主要是與包含之雜質有關，這些雜質是鐵、錳的化合物和有機物質。含雜質不多的上等耐火黏土爲白色或灰淡黃色。

根據氧化物的形式和它的集中程度，氧化鐵使得黏土具有玫瑰色、紅色和褐色；低鐵氧化物使得黏土爲淡藍色和淡綠色；氧化錳使得黏土帶有淡褐色；有機物則使黏土爲淡黃色、灰色、黑色，但也有成玫瑰色。

很少量的有機物質就會使黏土具有各種顏色，如果染色的物質是吸附在黏土質點的表面上，那麼顏色之變化更顯得強烈些。

當有一些染色雜質存在時，顏色便要依某些主要雜質爲轉移；但有時個別染色的氧化物完全不表現出來，例如，同時存在着氧化鐵和大量的有機物質時，可以看到這個現象。在這樣的情況下，黏土被有機質染爲暗灰色或黑色，而氧化鐵的顏色則不顯了。因此被有機質染成暗色的黏土，按其外形，是很難區別它的質量的。

乾後的黏土，顏色是淺的，可是在焙燒的情形下，由於有機物質之燒完，鐵的低氧化物轉變爲高氧化物和氧化鐵的水合物脫水作

用等原因，因此燃燒過黏土的顏色是經常改變得很厲害。例如灰色或黑色的黏土，焙燒後就成爲白色或乳酪色（有機物質燃燒完的結果）。綠色的黏土，由於低鐵氧化物轉變成高氧化物因而成爲紅色等。

氧化鈦和鐵的化合物同時存在時，使得黏土在焙燒後成爲灰色，但有時也帶有紫色。

自然狀態下的顏色和染色的強度，在很多的情況下是可以用來判斷黏土的技術性，及其在各種生產上使用的可能性。如櫻桃紅的或是淡黃色的顏色是由於黏土中所含的氧化鐵高，這就指示出黏土的易熔性，同時，黑色炭黑狀的顏色，在大多數的情況下，所可能獲得的產品是帶有空隙的磚塊。

所以，按照黏土的顏色往往能預先估計出它的質量；當進行勘探或調查工作時，也需要精確地描繪出黏土的顏色。不管是潮濕黏土，或是乾燥黏土，顏色都要記上。

耐火黏土的化學成分中之各種組份的含量，甚至在同一礦床的各別層間，變化也是很大的。

氧化物在耐火黏土中，主要的有 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ ，而這些氧化物，在數量上最好區別的是在高嶺土礦物中，其中含量是有一定數值的（ $\text{SiO}_2$ ——46.3； $\text{Al}_2\text{O}_3$ ——39.8； $\text{H}_2\text{O}$ ——13.9%）。

在大部分的黏土中， $\text{SiO}_2$ 的數量上的變化是很大的，因此除與 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 有關的氧化矽外， $\text{SiO}_2$ 經常以石英砂的自由狀態存在着，有時也成一種與水化合的（ $\text{SiO}_2$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ ）或者膠體的狀態存在着。

在各種含水矽酸鋁中所包含之氧化鋁，基本上是有利於耐火黏土的形成。

於某些情況下，例如特羅依茨—拜諾夫（троицко—байновский）



的黏土，拉特寧 (латнинский) 的黏土以及波羅維奇 (боровичский) 的乾黏土變種等，其  $Al_2O_3$  的含量超過了在高嶺土中的理論含量 (39.8%)。這是由於在黏土中存在着氧化鋁的水化合物，或如普通所說的“游離的”氧化鋁。氧化鋁的含量增高了黏土的耐火度。

黏土在耐火工業中按照  $Al_2O_3$  的含量，而分為半酸性的黏土 (含  $Al_2O_3$  在 30% 以下) 和鹽基性黏土 (含  $Al_2O_3$  大於 30%)。

在耐火黏土中還含有為量不多的： $TiO_2$ 、 $Fe_2O_3$ 、 $FeO$ 、 $CaO$ 、 $MgO$ 、 $MnO$ 、 $Na_2O$ 、 $K_2O$ 、 $CO_2$ 、 $SO_3$  以及有機質等。

蘇聯某些產地之耐火黏土的化學成分列於表 2。

耐火黏土絕大部分顆粒小於 0.001 毫米，這是它粒度成分 (гранулярный состав) 的主要特徵，這些細小的顆粒經常稱為黏土要素 (глинистая субстанция) 或“黏土物質”。

澤米亞欽斯基將直徑小於 0.005 毫米的質點，列為黏土物質，但某些作者也有將自 0.01 毫米以下的質點列為黏土物質的。

很多的蘇聯地質學家，按照顆粒成分的大小，將 50% 以上是小於 0.01 毫米的質點所組成之岩石，列入黏土類，並且分為淤泥質 (илистый) 質點 (顆粒大小為 0.01—0.001 毫米) 和所謂黏土質質點或凝膠 (гель) 等的質點 (顆粒小於 0.001 毫米)。

較好的耐火黏土，0.001 毫米的顆粒佔 60—80%，有時可能全為這樣大小的質點。

由於黏土的許多物理性質是與顆粒成分有關，因此在進行顆粒分析 (гранулометрический анализ) 時，必須細分。

一般是依下列顆粒的百分含量確定：

> 0.25 毫米      0.01—0.005

聯蘇各耐火黏土

黏土種類和產地名稱	地質時代	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
蘇沃羅夫 頭等(прима)黏土 普通巴列夫卡 (Баловка рядовая)	石 炭 紀	45.40 51.00	36.85 30.00
留貝亭 (Любытинское [Рэпице]) 乾燥的 層狀的 拉特寧 ЛТ1 別爾金 (Белкинское)	石 炭 紀   白 堊 紀 白 堊 紀	42.55—49.81 38.57—55.97 46.56 55.54	23.81—40.41 29.59—57.42 36.67 29.65
所有層沒分級 庫林斯克 (Курьинское)	白 堊 紀	40.07—68.36	21.43—39.43
所有層沒分級 較好品級 特羅依茨-拜諾夫 所有層沒分級 察索夫-雅爾 最優品級 新瑞士 (Ново-Швейцарское)	白 堊 紀  白 堊 紀 古 第 三 紀 古 第 三 紀	43.24—66.24 47.05 43.75—70.19 51.51—53.05	30.65—38.03 56.13 19.64—36.83 51.55—33.57
所有層沒分級		46.80—70.08	31.56—40.16

0.25—0.05 0.005—0.001

0.05—0.01 &lt;0.001毫米

蘇聯某些耐火黏土產地的顆粒成分列於表3。

必須指出，黏土中的某些礦物，其顆粒大小常常固定。例如：

產地的化學成分 (%)

表 2

TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	燒 失 量
1.80	1.50	0.43	0.53	0.14	14.10
2.00	3.60	0.80	0.43	0.75	11.20
—	1.28—7.01	—	—	—	—
—	2.32—8.50	—	—	—	—
2.87	0.66	0.88	0.05	0.04	—
2.51	1.31	1.05	0.42	—	11.45
—	0.50—7.63	0.13—1.36	0.02—1.98	—	6.63—24.25
0.95—2.41	1.04—8.63	0.09—0.87	微量—0.42	—	8.29—13.88
1.71	1.40	0.56	0.33	—	13.89
0.97—2.23	0.96—2.38	0.34—1.06	0.10—0.57	0.58—3.62	6.88—17.20
1.05—1.56	0.70—1.05	0.32—0.17	0.49—0.61	0.06—0.98	8.03—8.71
—	0.81—2.04	0.25—0.65	0.30—1.00	—	5.56—11.23

黏土礦物的顆粒 < 0.005 毫米;

氧化鋁與氧化鐵的水合物的顆粒 < 0.001 毫米;

有機質的顆粒則 < 0.0001 毫米。

蘇聯耐火黏土的粒度成分

表 3

產地名稱 與黏土種類	地質 時代	黏土粒度成分 (%)					
		>0.53 毫米	0.25— 0.05毫米	0.25— 0.01毫米	0.01— 0.005 毫米	0.005— 0.001 毫米	<0.001 毫米
蘇沃羅夫	石炭紀	0.30—1.41		0.35— 1.17	97.43—99.65		
別爾金 (最好品級)	白堊紀	0.05	3.91— 7.46	7.44— 8.46	84.05—88.15		
特羅依茨—拜諾夫	白堊紀	1.1—36.75		0.36— 15.5	7.60— 33.07	5.10— 17.08	33.90— 75.80
庫林	白堊紀	0.15—37.35		0.17— 6.54	68.44—99.56		
拉特寧	白堊紀	—	0.34	0.15	99.48		
察索夫—雅雷	第三紀	0.70		0.43	8.99	30.15	69.78

### 未加工製造的黏土及煨燒後的黏土的物理性質

爲了明瞭耐火黏土在製造陶器成品過程中的特點及對這些成品作品質的估價，那麼就必須知道未加工製造的黏土和煨燒後的黏土的物理性質。

未加工製造的黏土的下列幾種物理性質，在製陶工業中起着極大的作用，即：可塑性、黏結力、含水程度和空氣收縮。

#### 黏土的可塑性和黏結力

由於黏土具有一種可塑性，因而在機械的外力作用下，能改變它的形狀而不破壞其緻密性，並在外力取消後，依然能保持它的變形。

可塑性是黏土的特殊性質及可貴的特點之一，由於黏土具有這些特性便可用來製造各種樣式的陶器製品。

黏土的塑性程度，是決定於黏土的分散性，其中電解質的存在、分散相(фаза)和分散介質的相互關係，以及礦物成分和膠質存

在等條件。這些性質變化無常，所以它的可塑性就極不固定，不同的黏土顯示出不同的可塑性。例如大家知道的，非同一礦床而化學成分相同的黏土，常具有不同程度的可塑性。

按照可塑性的程度黏土可分為：(1)在水中變軟的可塑性黏土；(2)在水中僅僅部分地變軟的半可塑性黏土；(3)在水中完全不變的非可塑性黏土；屬於非可塑性的黏土有：“硬質”(сухарь)、“矽瘤”(кремневка)、“燧石黏土”(флинтклей)等。

用人工加熱法（當加熱到高於400°時，可塑性即消失），或者加入一些各種非可塑性的物質，很易使黏土的可塑性減至所理想的限度。但要增高黏土的可塑性是很困難的，但將黏土暴露在一年甚至一年以上，或者加入一些電解液，則在一定的程度內黏土的可塑性仍然可以增高。

利用可塑性黏土的黏結力，往往把可塑性的黏土用來黏結一些非可塑性的物質；黏結力即是可塑性黏土膠結另外一種物質的質點並在乾後硬化的能力。有些黏土具有很大的黏結力，相反的，也有黏結力小的，甚至像“硬質黏土”(сухаристые глины)便完全沒有黏結力。

### 抱水率及空氣收縮率

當黏土的含水量是使黏土具有標準工作堅度，適於塑造而不粘手時，則這時的含水量稱為抱水率(вода затворения)。

用耐火黏土製成的成品，在露天暴曬下，它的體積能夠縮小，當乾燥時在物理作用的影響下，它的新塑型的物品的長度變化稱空氣收縮率(воздушная усадка)。收縮率的範圍一般在1.5—10%以內，達到13%的則少見。根據收縮率的標誌，可以大致地判斷原來原料的可塑性程度。因為黏土的可塑性愈大，則它的空氣收縮率

也就愈大。

### 煨燒後黏土的物理性質

判斷耐火黏土被煨燒的狀態及由它所製成的成品的質量，是根據煨燒時的收縮率、燒結性和耐火度、煨燒物的吸水性和孔隙度、溫度急變抵抗性和抗渣性（шлакоустойчивость），以及用不同的溫度煨燒時這些物品所顯示的外形等來決定的。

用耐火黏土製成的成品，當煨燒時體積首先發生變化。在空氣中已乾的物品，當煨燒時，所發生的物理、化學作用，可使物品的長度發生變化，這種變化叫作燒成收縮率（огневая усадка）。對不同礦床的黏土來說，燒成收縮率的變動範圍很廣，有時在一個礦床內，特別是對於那些不同岩石成分的黏土，其變動範圍也是很大。根據許多資料的確定，特別蘇聯各黏土礦床的收縮率，當溫度為 $1200^{\circ}$ 時變動範圍在 $7.5—20.5\%$ 之間。當溫度為 $1300^{\circ}$ 時，可達到 $23.4\%$ 。根據黏土的空氣收縮率和燒成收縮率可判斷黏土的均勻程度和它的一些不變特性，並可進行控制黏土的燒結溫度和開始變形時的溫度。

黏土試樣具有最大的密度亦即最小孔隙度時的溫度叫作燒結溫度。

燒結溫度一般定為在煨燒過程中當試樣的吸水率等於 $2\%$ 時的溫度。而燒結範圍（интервал спекания）是指試樣開始燒結和試樣開始變形的溫度之間的間隔。

試樣燒結的主要標誌是：（1）形成緻密塊；（2）顏色顯著地改變並呈現開始玻璃化時的淡色光澤；（3）氣孔率顯著降低。

在煨燒期中，當溫度高於試樣的燒結溫度時，則燒結的試樣，再也不能產生燒成收縮。黏土的燒結過程，是確定該黏土適於製造何

種陶器成品的主要標誌之一。

燒成物品的孔隙度，顯示了由於煅燒時的溫度不同而引起的黏土性質的不同變化。因此按孔隙度的標誌可確定黏土的燒結溫度，即是使磚塊變得緊密而基本上不透水的溫度。

被煅燒後的試樣的孔隙度可區分為兩種形式：(1)真正孔隙度，即是全部孔隙的總體積與成品的總體積的百分比；(2)假孔隙度，即是彼此連接而又與外界空氣相通的孔隙的總體積與製品的總體積的百分比。

由於直接確定真正孔隙度是很複雜的，因此在目前常限於確定假孔隙度。

黏土抵抗高溫作用而不變軟的特性叫作耐火度(огнеупорность)。用這種黏土製成的標準三稜截面錐形的試樣，當在某一溫度時因本身的重力影響而發生了變形，以致試樣的頂部接觸到了耐火板(огнеупорная подставка)，則這個使試樣變形的溫度就是黏土耐火度的標誌。

耐火度高於  $1580^{\circ}$  的黏土，屬於耐火黏土。

黏土的耐火度是取決於黏土的化學成分、礦物成分和包含的雜質等。

利用黏土來製造某些種耐火製品，除了依據黏土的耐火度外，還應根據由它製成煅燒後的試樣在荷重下抵抗高溫的性質。因此，由於溫度和壓力的作用而發生製品的變形時的溫度，需要加以確定。

耐火製品的溫度急變抵抗性和抗渣性，對某些耐火製品來說是非常重要的和基本的性質。前者是成品抵抗溫度急劇變化時的能力，後者是在高溫下抵抗礦渣的破壞作用的能力。

根據在不同溫度下燒成物品的外形，可判斷該黏土的許多特性及它適於製造何種陶器成品。例如，白色的和沒有水泡的坯就為磁器——細磁工業所需要。有顏色磚塊坯亦如有水泡一樣，對於製造某些耐火製品是沒有關係的，但有熔疤的存在則是不良的。

乾燥後或煅燒後的試樣的變形，說明這種黏土有很高的可塑性。因此為了彌補這個缺陷，經常是加入一些非可塑性的混合物如砂或熟料(шамот)（煅燒過的黏土）。

試樣若存有大的裂隙，這可能與黏土的化學成分及黏土所處的物理狀態有關。這些裂隙是當黏土極度收縮時，溫度突然很快上昇而發生的。有時看到的製品的變形，即與表面玻璃化同時發生的面的部分變化及角的熔化等，這說明了煅燒時的溫度是過高了。

最後，根據煅燒後的黏土試樣的斷口特性，可以判斷黏土原來的質量，並在某種程度上還可判斷被煅燒過的試樣的機械強度。這些斷口的特性是：

1. 緻密而微粒的斷口，說明原來的黏土的可塑性和煅燒後的試樣的機械強度都很高；
2. 鬆散而粗粒的斷口，表明了黏土是黏結力不大的砂質黏土，並說明了被煅燒後的試樣的機械強度是不大的。
3. 帶有空洞和顏色不均勻的斷口並不是黏土質量所引起的，而是由於黏土的加工不好所致。

### 研究耐火黏土質量的方法

在勘探每一種的黏土時，應當全面研究並恰如其當地確定其質量特徵。

在野外辨別黏土是否適於製造耐火製品時，一般大致是根據黏



土的外表特徵，而這些最主要的特徵有：顏色、可塑性程度、細砂和鐵質包含物的含量等。因此耐火黏土經常是白色、淡黃色及灰色，而含有大量有機質的黑色黏土，也常是耐火黏土。反之，含氧化鐵百分數高的紅色和褐色黏土，不能耐火。

灰色、白色、淡黃色等並含有砂質的黏土是種半酸性的耐火黏土。

用濃度10—15%的鹽酸溶液與黏土作用，若起泡則可確定黏土中有碳酸鹽存在，並且需要注意：耐火黏土中包含的碳酸鹽不多，所以進行的反應不易見到。

澎土岩微晶高嶺土（易熔化的）黏土與高嶺土質的耐火黏土，由於它們顆粒分散情形相同，顏色相似（白色和灰白色），因此二者常易相混。

但是用下面的方法高嶺土的黏土與澎土岩的黏土是容易被區別開的：把要考察的黏土小塊，置於有水的碟子或玻璃杯內，等到這小塊的形狀變化了，然後進行觀察。黏土是高嶺土質時，容易散開而形成圓錐體。而澎土岩的黏土當被水浸濕時便膨脹，而且在長時間內能保持原來的形狀，只是外層變鬆軟了。

在實驗室內研究耐火黏土時，採用以下的各種方法：

### 黏土化學成分的確定

確定黏土的化學成分是根據國家標準（ГОСТ）2642—44 號“耐火材料和耐火製品的化學分析法”中所指示的化學分析法來進行。

對大多數的黏土樣品進行簡略的化學分析，測定以下的成分： $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 及燒失量。僅對部分的樣品（參閱第六章中“勘探工作中對耐火黏土質量的研究”）進行全分析，得出成分是

$\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{SO}_3$  和鹼類，以及燒失量。

### 黏土粒度成分的確定

確定黏土的粒度有精確度不一的各種方法。用一套篩子有次序地過篩是最簡單的方法，這僅適合於粗顆粒的黏土，稱之為過篩分析法。而較複雜的同時也是較精確的方法是流水洗滌(отмучивание)法。在靜液中，不同大小的質點以各種速度下降的沉積法、移液法或移動黏土浮懸物法，這是在一定深度和一定時間內以移液管移液的方法；此外還有離心法(центрифугирование)。

我國分析耐火黏土的顆粒成分，當黏土的質點大於0.01時用沙巴寧(Сабанин)法，質點由0.01到0.005時，按照羅賓遜(Робинзон)法。因此，黏土的粒度成分是按綜合方法進行分析，稱為沙巴寧—羅賓遜法。

### 黏土礦物成分的確定

確定黏土的礦物成分要拿薄片或粉末在偏光顯微鏡下鑑定。至於詳細研究黏土物質的礦物成分要用合理的化學分析，浸液常數的確定、差熱分析、脫水曲線的比較分析、X光分析、膠板分析(хромографический анализ)以及電子顯微鏡等一系列的分析。

### 黏土製陶試驗

根據黏土在工業上的應用情形，要確定耐火黏土的：(1)可塑性，(2)黏結力，(3)抱水率，(4)空氣收縮率，燒成收縮率，總收縮率，(5)燒結溫度和耐火度，(6)在各種溫度下煅燒後的製品的物理化學性質及其外形，(7)在壓力下的變形情形，(8)溫度急變抵抗性，(9)抗渣性等各種性能。

**可塑性。**確定黏土的可塑性有很多方法，其中最常見的有澤米亞欽斯基的直接確定法和阿傑別爾格(Аттерберг)的直接確定法。

頭一個方法主要是確定應力和物體的應變力。確定可塑性程度，是用該黏土作好的 4.6 厘米長(直徑)的黏土球作試驗的。這個球放在兩片板中進行壓縮，壓到黏土球呈現裂隙為止。以下面公式計算可塑性程度：

$$K = (a - b)P$$

$a$  = 試驗前球的直徑；

$b$  = 壓縮後球的高；

$P$  = 板上所加重量。

根據澤米亞欽斯基法確定的黏土可塑性程度，可塑性低的黏土為 2.0—3.0，而可塑性高的黏土到 7.2。

阿傑別爾格法在於確定黏土“可塑性數”。可塑性數是為求得可塑性上下限，所用適當水量的差數。

為求得“可塑性數”必須有以下假設：設  $w_1$  為可塑性上限， $w_2$  為可塑性下限，由此得出可塑性數為  $w = w_1 - w_2$ 。

確定可塑性上限：拿重 10 克的乾燥黏土樣品，放在磁碗內，加少量水。黏土與水混合，用薄片將表面夷平，而後將樣品分切成兩部分，裂隙上寬 2 毫米，下寬 0.5 毫米，後用手心在碗底拍三下。假設在拍第三下後，黏土物體的兩半在距底高 1 毫米內合併一起，便認為是達到這樣上限。隨後烘乾到 105°，確定水的數量，並計算與乾燥物質比例的含水百分數 ( $w_1$ )。

關於從混有水的黏土中確定可塑性的下限，要先作直徑大約為 2 厘米的小球樣品，並加以滾輾，直到細條(штыр)開始分裂為止。而後將所有的細條小片收集在小玻璃杯內進行濕度的確定，這濕度是以烤乾黏土物質所求出的百分數表示 ( $w_2$ )。

對可塑性上限的確定，某些實驗室用奧霍琴(ОХОТИН)儀，這就

可不必用手輕擊磁碗，而把碗三次下落代替之，下落時用專門安置好的指向標(пруть)。

可塑性小的黏土其“可塑性數”不超過10，中等可塑性的黏土是20，可塑性高的黏土20—30。

研究黏結力，是以黏土作好的模型試驗瞬時抗壓力、抗張力或抗破裂的能力而確定。而這個黏土模型是用砂子瘠化到一定比例並加以乾燥後進行試驗。

抱水率是按照以下的方法來進行確定的：空氣乾燥黏土在900孔/平方厘米的篩子中過篩成粉末，用水浸濕，並很好地混合。水應逐漸加入料內使得到適合於正常工作的水份，之後由物體取出幾小塊，約重50克，稱重量後烘乾，再稱其重量。前後重量的差數即表示抱水的數量，用乾燥黏土的重量除其差數的百分比表示之。

空氣收縮率，黏土的空氣收縮率，或稱爲乾燥收縮率，是用作好的黏土小塊，在一定距離劃好記號，之後將黏土小塊，置於空氣中晾乾，再於乾燥箱內以 $110^{\circ}$ 的溫度烘乾。乾燥過程前後，黏土方塊土的記號間的距離差數，即是線的空氣收縮，而這空氣收縮率是以與原先長度的百分比表示之。

關於確定燒成收縮率的大小，應用同樣的黏土，也同樣要晾。要量在乾燥後與燒成後記號間的距離。所以計算燒成收縮率與計算空氣收縮率的方法相似。

全收縮率或總收縮率是成型好的、未曾乾燥的試樣的大小，與該試樣燒成後的大小的百分比。

燒結溫度。爲了確定黏土的燒結溫度，把黏土試樣用不同的溫度加熱，一般開始的溫度是 $900-950^{\circ}$ ，或再高些，每間隔 $50-100^{\circ}$ ，最後達到 $1400^{\circ}$ 的最高溫度。

然後對這些黏土試樣進行吸水率和孔隙率的試驗。當黏土試樣的吸水率燒至少於2—5%時，那麼該黏土試樣的被燒時的溫度，便是該黏土的燒結度。

所謂吸水率乃是黏土試樣的孔隙所吸收的水重與該物在溫度110°下烘乾時體重的百分比。

根據通用標準(ОСТ ВКС 5539)，當確定燒結性時，坯的吸水率定為5%以下，而實際上許多工廠是以2%為界限的。

確定黏土的耐火度，也就是確定黏土在高溫的穩定性，是按照國家標準(ГОСТ 4069—48)進行的。要作三稜切面的半截角錐形的黏土試樣，高3.0厘米，下底每邊長0.8厘米，上底每邊長0.2厘米，而後以它與標準成分的類似柱體測溫錐的耐火度相比較，因為這測溫錐的耐火度是已知的了。

測溫錐用人工配好的混合物製造，而後以64個號碼編成爲一套，其中每一個均各具有與其適合的一定軟化(размягчение)溫度。

耐火度的試驗可用以下的方法：試驗的黏土模型角錐體與幾個測溫錐一道放置在爐中，漸升高溫度，隨着觀察角錐體的狀態。此時，當試驗的黏土角錐體與標準的測溫錐同時彎下時，則把黏土的耐火度記上標準角錐的號碼；但當角錐體在兩個規定好的測溫錐彎下時間之間彎下時，則黏土的耐火度將相臨二號碼表示之，如ПК 173—175。

在實驗室中，除作上述的一些試驗外，還要定煨燒黏土試樣的外形特徵，確定它的強度，即是瞬時抗壓力和抗扭力，同時按照需要標準，對那些耐火製品進行試驗；例如，製品在高溫下的受壓變形，抗熱性以及抗渣性等等的確定。

在高溫下受壓變形是根據國家標準(ГОСТ 4070—48)的規定去

做，而抗渣性是按照重工業部的通用標準 (ОСТ НКТП 3270) 所定標準去做。

確定溫度急變抵抗性有各種方法。其中用得最廣的一個方法是試驗室的黏土試樣加熱後急劇冷卻，如此重複試驗，到試樣裂開或失去一定的百分重量為止。最後依據固定的熱變化數，估計耐火製品的溫度急變抵抗性。

用於磁器細磁生產事業中的耐火黏土，它的耐火度是根據統一樣品而確定的，而主要要注意到煅燒後坯的顏色（素白）。

在上述各種實驗之後，詳細勘查的結束時期，要進行半工廠性質 (полузаводское) 的各種試驗。有可能被選取開採的黏土層中各種岩石樣品，都要進行這些實驗。試驗這些樣品，要和在實驗室所進行的一系列試驗一樣，但是所需要的黏土試樣要和工廠的出品一般大小。

此外，當進行半工廠試驗時，要編製生產操作過程圖表，如生料 (сырая масса) 成分的選擇 (記錄資料)，原料的碾磨，選擇成型方法，規定原料乾燥期限和選擇乾燥方法，以及燒成制度等等。

### 耐火黏土的應用及其製品的用途

耐火黏土主要是用在耐火材料的生產事業中。此外，成分最好的耐火黏土，是包含染料氧化物不多的，因而在煅燒後是白色、無色 (燒白的 (беложгущийся)) 的坯，便可作為製造細磁和瓷器原料之一。

### 耐火材料

耐火材料是指耐火度在  $1580^{\circ}$  或高於這個溫度的材料。根據耐火黏土本來的原料，及其中氧化鋁含量的多少，並根據國家標準

(ГОСТ 4385—48) 的規定，將黏土作成的耐火製品分以下幾類：

1. **黏土磚類**(шамотные)是由耐火黏土和熟料的混合物組成，含 $Al_2O_3$ 自30%到45%。依照耐火度，這類成品可分為三級：A級—耐火度在 $1730^\circ$ 以上，B級— $1670^\circ$ 以上，B級— $1580^\circ$ 以上。

2. **半酸性類**(полукислые)， $SiO_2$ 含量大於65%， $Al_2O_3$ 小於30%。這類製品可再分為：

1. 石英高嶺土類，是由原生高嶺土和微量熟料或微量石英組成。後者可無。耐火度在 $1710^\circ$ 以上。

2. 石英黏土類。由含石英砂的耐火黏土或由黏土與石英岩製成，蘇聯所有耐火磚的生產，一半以上用在黑色冶金業和機器製造業方面，以其使用的數量來說，是佔首要地位的。

耐火磚使用在其他工業上所佔的數量很少，最主要的是用作蒸汽鍋爐的襯磚，用於有色冶金業、化學工業、石油製煉廠、玻璃和磁器工業以及水泥和石灰工廠等等方面。

黏土製成的耐火磚，在黑色冶金業中，主要的是用作化鐵爐的襯磚，熔礦爐和克奧伯式爐（熱風爐）(каупер)的襯磚以及用在生產鑄鋼磚上。

黏土磚或是半酸性的磚，均用作化鐵爐的襯磚。因為化鐵爐的襯磚要經受 $1450^\circ$ 溫度並會遭受到礦渣和生鐵的侵蝕，按照國家標準(ГОСТ 3272—46)的要求，磚的耐火度應是不下於 $1670^\circ$ ，而孔隙性不超過22%。據文獻所載，用於化鐵爐要以半酸性磚效果最好。

作熔礦爐的襯磚要用質量好的黏土磚。熔礦爐(домна)中的最高溫度是在爐缸(горн)中，該處礦渣的溫度是 $1520-1550^\circ$ ，生鐵的溫度 $1470-1550^\circ$ 。鼓風嘴處的溫度達 $1700^\circ$ ，爐腹區溫度為 $1400^\circ$ 。因而，這些地方的磚應具備最大的耐火度。至於熔鐵高爐的爐

表 4

國家現行標準及技術條件對耐火製品的要求

製品名稱、國家標準 及技術條件的區分	化學成分 %		耐火度 °C (以上)	時 際 抗 壓 力 (kg/cm <sup>2</sup> )	孔隙度 (%)	對製品質量的其他要求
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				
黏土製品 (ГОСТ 590—41)						
A 級	不少於50	— —	1750	80—100 <sup>1)</sup>	—	(1400°)時殘存收縮 (пополне- тельная усадка) 不大於 0.7— 1.0%
B 級	不少於50	— —	1670	80—100	—	(1550°)時殘存收縮不大於0.7— 1.0%
B 級	不少於50	— —	1680	80—100	—	(1350°)時殘存收縮不大於0.7— 1.0%
半酸性的耐火製品 (ГОСТ 4875—49)						
A 級	少於50	不少於65	1740	100	37	(1400°)時殘存收縮不大於0.5%
B 級	少於50	不少於65	1670	150	50	(1550°)時殘存收縮不大於0.5%
B 級	少於50	不少於65	1610	100	不規定	(1350°)時殘存收縮不大於1.0%
用於高爐磚的耐火 製品 (ГОСТ 1598— 47)						
I 級	不少於58	— —	1750	500	31	當 (1400°) 時在重載下開始變 形。(1550°) 時殘存收縮平均為 0.3%



II 級	不少於55	—	不大於3	1710	175	37	當(1280°)時在重載下開始變形。(1350°)時殘存收縮平均值0.5%
用於克奧伯式爐磚磚 黏土的和半酸性的耐火 製品(ГОСТ 1599 —43)							
I 級	不規定定額	—	—	1710	125	—	製品不依兼溫度的等級在重載 2kg/cm <sup>2</sup> 下(1350°)時開始變形。
黏土製品	不少於28	—	—	1690	125	50 <sup>②</sup>	(1350°)時殘存收縮0.4—0.5% 熱的穩定性8—10(теплоустойчив)
半酸性製品							
II 級	不規定定額	—	—	1650	125	28 <sup>②</sup>	
黏土製品	不少於24	—	—	1650	125	28 <sup>②</sup>	
半酸性製品							
用於化鐵爐襯磚的黏 土的半酸性的耐火製 品(ГОСТ 3373—46)							
黏土製品	不少於50	—	—	1670	125	23	在1400°殘存收縮不大於0.5%
半酸性製品	不少於30	不少於65	—	1670	125	23	在1400°殘存收縮不大於0.5%

① 根據品位。

② 根據克奧伯式爐的某一部分的應用而不同。

製品名稱、國家標準 及技術條件的分	化學成分		耐火度 (°C以上)	瞬時 抗壓 力 (kg/cm <sup>2</sup> )	孔隙度 (%)	對製品質量的其他要求
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				
用於鑄鋼盛鑄桶襯磚 的耐火製品(ГОСТ 5341—50)	—	—	1690	350	19	黏土製成品的殘存收縮在 1400° 時不大於0.5%
南方工廠的許多黏土 製品	不少於34	—	1710	350	21	
中央和東方的工廠許 多黏土製品	不少於36	—	—	—	—	一切製品殘存收縮在1550°時不大 於0.5%
用於耐火管子和注鋼 的耐火製品 (ГОСТ 4978—49)	不少於52	—	1690	—	18—24	
南方工廠的黏土袖磚	—	—	1650	—	17—25	18—23 <sup>1)</sup> 不大於 21 <sup>2)</sup>
漏斗、鑄鋼圓筒磚,流 鋼湯黏土磚和流鋼尾 磚	不少於30	—	—	—	—	
用於鑄鋼盛鑄桶的袖 磚塞頭磚和水口磚 (ГОСТ 5500—50)	—	—	1690	—	—	一般用的黏土塞頭和 水口磚

黏土石墨質製品 <sup>⑤</sup> 用於玻璃(槽)爐的 黏土耐火製品(ОСТ НКТП 6306/269) 爐壁和底座的襯(брусья)	不少於50  不少於50	—  —	④ 不大於3  ④ 不大於3	1670  1670	135  135	不大於27 (塞頭磚和 水口磚)	23—35  38
A 級  B 級	不少於50  不少於50	—  —	④ 不大於3  ④ 不大於3	1670  1670	135  135	不大於27 (塞頭磚和 水口磚)	23—35  38

- ① 用於塞頭磚。
- ② 用於水口磚。
- ③ 含鐵量不少於20%。
- ④ 根據品級而不同。

腰和爐腹所使用的磚，同樣應有抗渣性，及具備最小的孔隙性，磚的機械強度，到處都應很高的，因為在豎式爐中：磚易受爐料的研磨作用，於爐腹處易受爐料和生鐵下降時的研磨作用，在爐缸中則受爐中材料的靜水壓力及整塊焦炭下降的磨擦作用。對熔鐵爐的襯磚在質量上的要求，國家標準（ГОСТ 1598—74）已有所規定。

克奧伯式爐的爐襯所使用的磚，無論是黏土磚或是半酸性的磚均可。這要取決於克奧伯式爐某處對磚的需要不同而定。至於豎式爐和弧形爐頂處，溫度燃燒最不固定，因此磚的質量應該是好的，並要具備好的溫度急變抵抗性（國家標準 ГОСТ 1599—42）。

鑄鋼磚主要是由黏土物質所製成。但築砌鑄鋼盛鋼桶的襯磚以及生產流鋼製品時則採用半酸性的製品。適合於通用標準(ОСТ)的鑄鋼磚有各種類型。

黏土的製品，同樣是用在冶金工業上安裝加熱爐的爐底、爐襯壁和弧形爐頂，並且耐火度到  $1750^{\circ}$  的輕磚(легковесный кирпич)也被用於爐襯壁和弧形爐頂。輕的耐火磚有由耐火材料總局(Главвогнеупор)規定技術條件(ТУ № 7)。

黏土物質，在玻璃工業上可製作托樑(брусья)和玻璃熔罐，托樑是用作爐槽的襯磚，這些耐火製品稱為重要的玻璃供料。

按照重工業部通用標準(ОСТ НКТП 6306/269)的技術條件，玻璃托樑所含  $Al_2O_3 + TiO_2$  不少於 30%， $Fe_2O_3$  不大 2%，耐火度不低於  $1670^{\circ}$ 。除此而外，由於玻璃供料的特殊條件，即是遭受玻璃侵蝕，因而這些製品應該是具有玻璃的穩定性，即是說要有足夠緻密性和不滲透性，以及必須具有均一性質的磚塊，不包含粗粒的

熟料。對於這些熟料磚塊的要求，是要使它在玻璃的生產過程中不發生所謂“石化”（камень）的現象，也就是這些成品在被玻璃溶解時，是不應使玻璃中留下熟料的顆粒。因此玻璃供料應是耐火的、玻璃穩定性的、以及應具有高的溫度急變抵抗性和機械強度。

石灰和水泥的爐的襯磚，以及旋轉爐的某些（低溫）部分，是採用具有孔隙度小和耐火度高的黏土磚。並且爲了這些目的，使用的磚，還必須具有大的抗磨強度。

在化學工業上，黏土磚用於硫化礦爐，可從中獲得  $\text{SO}_2$ ，並可用於反射爐，從其中產生  $\text{CS}_2$  和某些其他物質。

使用在化學工業上耐火磚，是沒有甚麼條件的。但因爲硫化礦爐的溫度不超過  $1000^\circ$ ，所以在這兒應該認爲是可以使用B級和B級的孔隙度小的黏土磚。

用作汽油裂化（крекинг）的燃燒室的筒形爐，其內是以黏土磚砌上的。黏土磚的技術條件，沒有規定，但根據烏克蘭耐火材料研究所的資料，是可以使用耐火度不低於  $1670^\circ$  的製成品的，孔隙度不大於28%，並且要具有較大抗熱性。

作爲蒸汽鍋爐的煙道及火箱的襯磚所使用的黏土磚，通用標準（ОСТ）同樣是沒有規定，但認爲在火箱內是有礦渣和高溫的劇烈侵蝕作用的，要是所供給的燃料是木柴和泥炭，那麼火箱內的溫度是不會超過  $1300^\circ$ ，如是磚的耐火度界限是  $1580-1710^\circ$ ，至於石油和炭粉火箱的襯磚要求耐火度增到  $1750^\circ$ ，因爲灶內襯磚的溫度是到達  $1350-1400^\circ$  了。

黏土的製品如同半酸性的製品一樣，有着一般的標準（根據國家標準 ГОСТ 390—41 和 ГОСТ 4873—49），除去這些標準而外，

如同上述的一樣，有着許多另外的標準以及各種部門的技術條件，其中對個別類型的成品質量上的要求是有所規定的，這要決定於它們的用途不同而定。

表 4 所刊載的便是現行國家標準和現行技術條件對耐火製品的要求。

### 生產黏土耐火製品的技術操作過程簡述

純黏土作成的製品具有強烈的乾燥性和收縮性，並在乾燥和煨燒時發生顯著的變形。爲了避免這種現象，可預先用煨燒過的黏土——熟料來使黏土瘠化。因此，在耐火材料的生產中，大部分耐火黏土是用來製取熟料。除此之外，耐火黏土可用爲各種特殊的黏土製品及半酸性的耐火製品之黏料。

普通熟料大約是在溫度  $1200^{\circ}$ — $1350^{\circ}$  之下煨燒耐火黏土所獲得，或經過簡單粉碎的耐火磚的廢品。當黏土特別煨燒成熟料時，黏土以一種構成團礦(брикет)的形式或是一種自然的形狀(不同大小的一團一塊)投入爐內。關於煨燒熟料可能用的各種窰計有：豎窰、戈夫曼斯基(гофманские)窰等等。

黏土在煨燒的過程中，首先失去吸濕水，而後失去化合水，最後發生化學的再組合作用(перегруппировка)，成爲氧化(酸化)黏土，——燒結作用。由於煨燒的結果，黏土的許多性質劇烈地改變着，如它的體重的增大、及變成非塑性的，類似岩石的，和失去黏結力等等。

黏土和熟料所製成的耐火製品，幾乎是不收縮的，但同時機械的強度，抗渣性及這些製品的一系列其他性質往往是不够高的。所以在某些情況下，用熟料生產耐火製品時，要提高化學穩定性及機

械強度，就把黏土僅煅燒到 500—800°。由於這樣煅燒的結果所得到的熟料名為輕燒熟料（низкоожженный шамот）。由輕燒熟料製成的耐火製品，所具有的機械強度，較一般的熟料（在 1200—1350° 溫度下煅燒過的）要大好幾倍。而其孔隙性也相對地大約縮小一半。

但是，當煅燒輕燒熟料製品時，會發生很大的收縮，而引起裂隙和彎曲的產生，於是在黏土製品生產中，它的使用完全受到限制。它僅適用於乾式成型法，那麼收縮率便不超過 4%；要是濕式成型，製品的收縮率可達 10%，那麼在這種情況下，輕燒熟料便不能用到生產事業中去。

由於煅燒所得到的熟料，進一步加以破碎和粉碎。破碎是在破碎機上進行，將熟料主要是破碎成 10—60 毫米的碎屑。粉碎可採用球磨機、碾子或軋輥式破碎機，這些均可使得熟料磨碎到所要求的大小的粒度，一般是 2—3 毫米或小些。

粉狀熟料加入到原料的混合物內。在正常的用來可塑成型的黏土磚料中，熟料的含量是 40—60%。

煅燒熟料，既可用可塑性的耐火黏土，又用可塑性小或甚至沒有塑性的耐火黏土。這樣在波羅維奇（Боровичскоэ）產地開採的所有半“可塑”（сухаристый）黏土，可全部被用作燒製熟料。

代替熟料磨化（отошение）耐火黏土，可利用燧石黏土（флинт-клей）——類似岩石的耐火黏土，不須要煅燒，因它們在加熱下收縮極小。在料的成分中它們的數量佔 80%。

可塑性的耐火黏土，在黏土料中，可供膠結熟料顆粒之用，送入工廠的可塑性耐火黏土大都是大塊形式，並且一般約具有 20% 的濕度。這樣的黏土是不能直接用於生產的，須得預先加工製造——破

碎、乾燥、隨後進行粉碎，因為只有碾碎到比熟料的顆粒較小些，黏土才能够充滿在熟料的顆粒中間，並產生均勻而有膠結作用的物料。

因此在工廠中要首先用破碎機的齒輪破碎黏土，之後再乾燥。採用的乾燥辦法，是天然乾燥，或用人工在乾燥筒內乾燥。乾燥過的黏土，放在打泥機（дезинтегратор）或球磨機中進行研磨，而後以特殊的篩子過篩，以便配製耐火泥料。

以各種成分配製的耐火泥料，進行的方法是以重量的配合（дозировка）方法，或容積的配合方法。所有那些乾燥的碾磨過的材料成分，按照料的百分比進行測量或過稱之後。就混合這些成分並用3—20%的水浸濕而獲得可塑性的料。加入水的數量是決定於成型採用的方式（乾的方式或可塑性的方式）。

為了使浸濕料均勻，須在攪拌機中或碾子中加以精密混合。攪拌機系統的選擇是決定於料的可塑性、料的均勻程度以及製造的成品。漿葉的攪拌機最簡單，同時也經常是作為可塑性的料攪拌用，在製造許多黏土製品時，是按照濕式壓製法進行的。

混合過的料經浸濕和緊壓（料經過碾泥機）後，就用它來成型耐火製品。

製品的成型是用人工或機械。

人工成型多使用在有着複雜形狀及重要意義的成品式樣上，例如：熔玻璃罐、磁舟（подочки фурко〔玻璃供料〕）及其他等等。現在多數成品的成型是按照可塑性的（濕的）或乾式壓製的機械方法進行的，而鑄造或搗打（трамбование）的方法很少用到。

當以可塑性的方法來成型製品時，以含水15—25%的料送入擠泥機中擠壓，並且製成所需的形狀。經過擠泥機使料成一連續的條



帶狀再以切斷器切成塊——“磚料坯”(валюшка)，這乃是半成品，而仍須再壓(допрессовка)，再壓用手工或機器進行。

乾式成型(或稱半乾)法應用較廣，由於該法所使用的料整個含水量僅是 6—9%，因此其製品的乾燥收縮(усушка)和收縮率不大(1—3%)。與可塑性的方法比較起來，這個收縮率大約要小三倍為其三分之一。除此之外，以乾法所作的成品有着很好的溫度急變抵抗性。

當以鑄造的方法來成型時，30%的水放入乾燥料內，水中含 0.2—0.3% 的蘇打、水玻璃或任何另外的電解質，因此料成為液體流動狀態，便有可能作各種形狀的鑄造。

在燒製做成的耐火製品之前須要乾燥。因為否則在燒製時水分很快排去，就使得製品分裂和破壞。製品在室內或隧道乾燥設備中逐漸地乾燥到濕度大約 5%。乾燥製品必需時間的規定，是以特殊的技術試驗來確定的，要看黏土對乾燥的靈敏度來決定。

由於製品乾燥的結果，便發生製品的收縮率(乾燥收縮率)；製品的體積有些縮小。收縮率也可以用加入瘠化材料的方法而降低，並且收縮率的大小是直接與所用的瘠化物(отоши)的數量成比例。

燒製乾燥的製品，這是在生產耐火製品技術過程的最後階段。在各種不同系統的定期的或不斷工作的窯中進行煨燒。目前運用最廣的乃是不斷工作的窯爐——格子窯或隧道窯。

燒製的過程可分為三個主要時期：(1)溫度升高時期，(2)燒製溫度結束時的保溫(видержка)時期，(3)冷卻時期。

在溫度升高時期，溫度是在 180—200° 之間，在乾燥後，先出來的是抱水(вода затворения)，以及吸濕水。溫度繼續升高在 200—900° 之間，黏土物質的脫水作用(дегидратация)，便發生

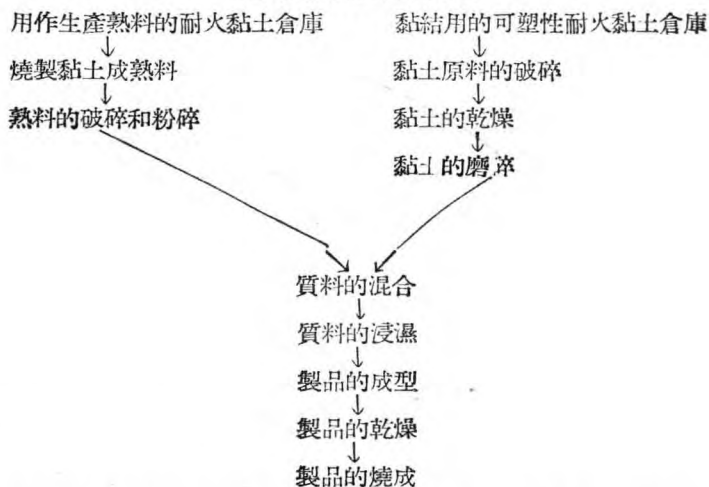
了，之後，分出了化學上的結合水，碳酸鹽和硫酸鹽分解，及鐵的氧化物和有機物質的燒燼。在900—1400°之間，看到物質的逐漸溶解和重結晶，並組成新的礦物。黏土中含的氧化鈣、鎂及鐵加入反應，產生再生高嶺土。在該溫度下便發生燒結，即是說生成新的物質，具有新的物理機械性質及新的化學的性質，造成所謂磚塊，這磚塊主要是由莫來石和白矽石以及玻璃質相(фаза)所組成。磚塊孔隙較少，機械強度也較大，比上述各煅燒溫度下的產物都強。

在第二個煅燒時期，製品保溫是在煅燒的最後溫度下進行的，爲了要使物質的重結晶經過一個很完善的過程。

最後，在第三個時期，冷却製品應當是在製品不破裂的條件下進行。

生產黏土製品的一般過程如下所表示：

#### 黏土製品的生產程序表



生產半酸性的製品大部分是使用砂質的(半酸性的)耐火黏土。假使黏土含砂量較少，那麼增加砂或碾碎的石英岩。生產半酸性的

耐火製品和生產黏土製品比較起來，實質上差別是在於技術上的生產過程不同。

### 製造耐火製品對耐火黏土的技術要求

耐火黏土沒有一般的國家標準和技術條件。技術條件僅在幾個大的黏土產地業經製定，都是適於每個產地的特殊情況的。

當勘探有技術條件的黏土產地中新地段時，評價黏土的質量，要按照現有的技術標準進行。在勘探新的產地，為得預先估計耐火黏土的質量和適合製造何種耐火製品時，要使用現行國家標準對於製成品的技術條件。但是，最後判斷黏土適合製何種製品，僅是在實行加工試驗之後和獲得製成產品的一系列試樣之後才可，這套試樣是應按國家標準或技術條件作過研究的。

同時要有工廠和實驗室的實踐基礎，但也須估計到製成品的技術條件，當決定黏土的可能用途時，應注意到：耐火製品的質量往往是決定所使用黏土化學成分。上面已說到黏土的化學成分，而這兒所論到的僅是個別的氧化物和雜質對製品質量的影響。

黏土中具有“游離”的氧化鋁，則提高了黏土的耐火度。黏土質的礦物使黏土具有可塑性。

含  $\text{Al}_2\text{O}_3$  在30%以上的黏土，用作製造主要黏土製品。含  $\text{Al}_2\text{O}_3$  較少的黏土僅生產半酸性製品。

游離的二氧化矽在黏土中呈為砂，起瘠化作用，因此減少黏土的可塑性、乾燥收縮、收縮率及黏結力。與此相反，二氧化矽在膠體狀態下提高了黏土的可塑性。對半酸性的製品說來， $\text{SiO}_2$  的總含量允許大於65%。

耐火黏土中  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、鹼質、 $\text{SO}_3$  及有

機質的含量，在工業的利用上，僅允許含量不大，因為它們對製品的質量起着有些有害的影響。至於  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  及鹼質等，常能分出，名為“熔劑” [плавни]，能引起黏土耐火度降低。對玻璃供料 (стеклоприпас) 來說，這些物質在黏土中的一般含量不能大於 5% (其中  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  不能大於 2%)。除此之外，鐵的高氧化物和低氧化物引起磚塊呈現黃色和褐色斑點，及降低製品的抗渣性。

含  $\text{FeO}$  及  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  不超過 3.5—4.5% 的耐火黏土，可應用於耐火磚製造工業。

黏土中的  $\text{TiO}_2$  與金紅石的存在有關，在煅燒時染色在磚塊上。當該氧化物超過 1% 時，磚塊的染色便已顯示出來，如存在的  $\text{TiO}_2$  是 2% 或超過 2% 時，則引起熔度降低。但在耐火黏土中有這樣大的數量的  $\text{TiO}_2$  極為少見。

耐火黏土中的  $\text{CaO}$  和  $\text{MgO}$  的含量不超過 1%，因為碳酸鹽的包含物，正如上述，在耐火黏土中少見；在分散狀態下， $\text{CaO}$  的存在降低了耐火度，因此，當這些氧化物大量存在時，黏土便將不能耐火了。

黏土中具有大量有機物質時，則限制了生產輕質耐火磚應用範圍的可能性。

有機物質的存在表現在燒失量高，有時達 30% 或再多些。

黏土在煅燒或乾燥時的性質和狀態與黏土的顆粒及礦物成分也有很大關係。

黏土的可塑性和黏結力，決定了它作為膠結料應用的可能性。為此目的，僅高可塑性的黏土和可塑性黏土適宜。

黏土的燒結溫度是有着最大意義的，燒結溫度低於  $1250^\circ$  的黏

土是屬於燒結黏土類，適於製造需要抗渣性及機械強度大的製品。足夠密緻的磚塊，只能用高燒結性的黏土在高溫的條件下燒製而得。因此這樣的黏土用作生產能經得起劇烈溫度變化的製品。

當評價黏土質量時，黏土的燒結溫度和耐火度間之間隔的意義不小，因為在陶器爐內燒製耐火製品時，爐子的垂直截面，溫度是不一樣的，爐子的上層和下層，溫度相差很大，因此必須在超過黏土的燒結溫度下進行燒製。

如上所述現行的耐火黏土的技術條件，是為每一黏土產地分別製定的，表現在該產地內各種黏土的質量方面。在這些條件的絕對大多數中，提出了對化學成分  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的含量關係的要求，及燒失量，以及對黏土耐火度的要求。

按照這些質量上的特徵，黏土可按標號區分，根據  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的含量有時分為 I，II 兩級。

為了識別主要消費方面對黏土技術要求的某些指標，以及為了識別對黏土的質量特徵適用的名詞，我們引用標準製定部 (OCT BKC 5539) 關於陶器工業的黏土原料分類。

在這個分類中，黏土原料分為高嶺土、黏土、硬質黏土 (сырьевая глина)、頁岩黏土及黏土質頁岩，並且按其最重要特徵區分為以下各類：

#### I、按照氧化鋁的含量(換算成煨燒過的物質的分類)：

類別名稱及其代號	$\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量 (%)
高基性的 (a)	大於 40
基性的 (б)	30—40
半酸性的 (в)	15—30
酸性的 (г)	15 以下

Ⅰ、按照耐火度、坯的性質、吸水率及燒結溫度和熔融溫度間的間隔大小的分類

類別名稱及其定義	類別符號	亞類名稱及其定義	亞類代號
耐火類：耐火度在 1580° 以上在氧化焰中燒製所得的磚塊顏色由白色到黃褐色。適於製造瓷器和釉陶的燒後變白色的耐火黏土同樣列於這一類	O	(1) 在 1410° 以下不燒結，磚塊吸水率大於 5%	OK 或 ФК
		(3) 在 1350—1410° 間燒結，磚塊吸水率大於 5%	OP 或 ФП
難熔類：耐火性的範圍是 1350—1580°	Ф	(5) 在 1350° 以下燒結，當磚塊吸水率小於 5%	OC 或 ФС
		(1) 不燒結，在溫度低於熔融溫度 350° 時燒製的磚塊的吸水率大於 5%	ТП
易熔類：耐火度低於 1350°	П	(2) 燒結，在溫度低於熔融溫度 350° 時燒製的磚塊的吸水率小於 5%	ТС
		1. 使磚塊染成暗色的黏土	
		(1) 不燒結，在低於熔融溫度 150° 時燒製的磚塊吸水率大於 5%	ЛП
		(3) 燒結，在低於熔融溫度 150° 時燒製的磚塊的吸水率小於 5%	ЛС
		(5) 珫礫質，在 1180° 以下熔融成玻璃	ЛГ
		2. 使磚塊具有淡顏色的黏土	
		石灰質，在溫度接近於熔融溫度進行燒製後的磚塊仍為多孔性的	ЛИ

## III、按照黏結力分類：

類 別 名 稱	類 別 圖 例	附加的砂重(%)
黏結性類	Я	大於 50
可塑類	Ч	30—50
不黏結(тощие)類	Щ	30 以下
石狀黏土類(硬質黏土[сухарь]及頁岩)	М	不能組成膠團

## IV、按照黏土中所存在的天然雜質及磚塊中所存的“水泡”和熔疤分類：

品級名稱	黏土含雜質的程度及坯性質	黏土品級的標誌
最 高 級	無雜質磚塊顏色均勻	B
第 一 級	有不影響製品的耐火度的少量天然微小雜質。磚塊顏色 勻稱，具有微小水泡	I
第 二 級	有影響製品質量的少量天然微小雜質。磚塊含有均勻的 分散水泡及個別的熔疤(不大於3毫米)	II

下面的表 5 引證了黑色冶金部的耐火材料總局 (Главогнеупор) 對一些黏土產地所確立的耐火黏土技術條件，新瑞士除外，它是由瓷器-釉陶工業總局所確定的技術條件，對生產玻璃供料的產地黏土的利用是適合的。

大多數開採的黏土產地的黏土號碼標在代號中，頭一個地方標上礦床名字的第一個或第一、二個子音字母(如ЛТ-拉特寧(Латинская)，Ч-察索夫-雅爾(Часов-Ярская))，之後以羅馬數字 I、II、III 表示黏土品級的標誌。零(0)表示黏土的最高品級。

假使黏土是半酸性的，則品級標誌的後面標上 ПК；要是碳質的，則標上 У。例如 II 級品位的拉特寧黏土要是又是半酸性的，則以 ЛТ II ПК 表示之。

假使遇到的是乾黏土(сухарные)及可塑性的黏土產地，則

品級標誌後面所標的特定字母爲：II—可塑性的，C—乾黏土的等等。

蘇聯各個黏土產地的耐火黏土的技術條件

表 5

產地名稱	黏土標號	被煨燒物質的含量(%)			耐火度 (°C以上)	熔劑雜質 (%以下)
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiO <sub>2</sub> (%以上)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%以下)	燒失量 (%以下)		
別爾金斯克	BI	39	2.5	16	1730	
	BI	35	3.0	14	1690	
	BI	30	3.5	15	1670	
	BI PK	25	沒有定額	13	1670	
	BY	25	3.5	35	1670	
特羅依茨-拜諾夫	TI	39	2.5	15	1730	
	TI	35	3.0	14	1690	
	TI	30	3.5	14	1670	
	TI PK	25	沒有定額	13	1670	
	TI PK	18	沒有定額	10	1580	
	碳質的	25	3.5	35	1670	
布斯庫爾	特 號	30	—	—	1710	
	I 級	29	—	—	1690	
	II 級	27	—	—	1670	1
	III 級	沒有定額	—	—	1630	4
斯摩里諾 西皇格 拉佐夫	I 級	33	2.0	14	1730	3
	II 級	30	2.5	13	1690	6
	III 級	27	3.0	沒有定額	1670	8
沃古爾斯克 Во- гульское		37	3.0	—	1710	
阿赫美羅夫 (Ахмеровское)	I 級	30	3.0	—	1650	4.7
	II 級	26	3.5	—	1600	5.5
	III 級	23	沒有定額	—	1550	7.0
拉特寧	ЛТ I	39	1.5	18	1730	
	ЛТ II	35	2.0	20	1690	
	ЛТ III	30	2.5	20	1670	
	ЛТ I PK	24	沒有定額	14	1670	
	ЛТ II PK	18	沒有定額	13	1670	



察索夫—雅爾	ЛТ III ПК	13	沒有定額	10	1580
	ЛТ I У	37	2.5	55	1670
	ЛТ II У	30	沒有定額	35	1670
	ЛТ III У	20	沒有定額	25	1580
	ЧО	35	1.3	—	1710
	Ч I	34	1.6	—	1690
	Ч II	33	2.3	—	1670
	Ч III	30	3.0	—	1630
	Ч I ПК	23	沒有定額	—	1580
	Ч II ПК	15	沒有定額	—	1580
新瑞士	A I 級	35	1.3	—	1730
	A II 級	35	2.0	—	1710
	B I 級	29	1.3	—	1650
	B II 級	29	2.0	—	1650

### 釉陶及瓷器製品

釉陶 (фаянсовые) 及瓷器 (фарфоровые) 的製品是精細的陶器製品，具有白色或稍許帶有顏色的坯 (черепок) 的製成品。釉陶的坯具有孔隙，瓷器中的坯是膠結狀的及半透明的。

這些製品應用於藝術、裝飾、經濟及衛生等方面。

用作釉陶及瓷器的原料是高嶺土、燒後變白的耐火黏土、石英或石英砂及長石等的混合物。

釉陶的成分是由 30—45% 耐火黏土所組成，瓷器中的耐火黏土佔 9% 到 23% 或再少點。

磁器、釉陶製品的生產技術過程，在手冊“陶器原料”中已敘述到，因此在這裏僅是簡短地談談主要情況。

由磁器—釉陶料製成各種製品，再在溫度 1100—1300° 下熔燒製成釉陶，在溫度 1250—1400° 下燒成磁器。

燒製的製品保有原先的形狀，是堅硬的和響亮的坯，吸水率在

10—12% 者用作釉陶，5% 以下用作瓷器。高嶺土的脫水產物、銳角的石英顆粒及少量的玻璃質構成釉陶坯(фаянсовый черепок)。

在瓷器的坯中可以看到莫來石( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) 的類似甌狀集合體，沒溶化的部分石英及鹼性的鋁矽酸鹽玻璃。

在瓷器-釉陶的生產業中，使用可塑性的耐火黏土，是因為有用黏結性加入物的必要性。該加入物是可塑性小的及沒有可塑性的成分——高嶺土、石英、長石所組成的瓷料之黏結性附加物。由於較好品級的耐火黏土也包含了染色的氧化物，雖然數量不大，可是顯著地降低了瓷坯的白色。因此它們放入在原料中的數量最好儘可能地少。

磁器-釉陶生產中所採用的黏土是沒有技術條件的。但據所知道的，黏土應首先是具有較大黏結力的高度可塑性黏土，而這黏結力應當保證在加入黏土數量很少時便能獲得可塑性的瓷料。

黏土在化學成分上應該是最純的，含有少量的染色氧化物( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ )，而影響到坯的白色。白色是按照在  $1350^\circ$  時熔燒的坯而確定的。黃鐵礦、菱鎂礦及其他的混合物，在坯中生成熔疤及水泡，所以黏土中是不容許這些東西存在的。

作為家庭用釉陶及瓷器的黏土，在實際上規定含  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  不應大於 1%， $\text{TiO}_2$  不應大於 1.0—1.25%；因為  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含量較多則得出淡黃色的坯， $\text{TiO}_2$  含量多則為灰色或黃色的坯。但對藝術的生產品，以及隔電瓷來說，對黏土中  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含量的要求要更高些。藝術的瓷器需要異常潔白的，因此黏土中  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的最大含量不應超過 0.8%， $\text{TiO}_2$  應是 0.8—1.1%。

電機工程上的瓷器，坯的顏色沒有作用。但是這兒最重大的因素是瓷器對於電擊(электропробой) 抵抗力及電阻(электросопр-

тивление), 當 Fe 的含量增大時, 電擊抵抗力及電阻會劇烈降低, 因此用作電機工程上的瓷器, 在黏土中  $Fe_2O_3$  的最大允許含量, 認為是 0.1%。

生產瓷器-釉陶所使用的黏土, 除去一定的化學成分外, 應該在燒結溫度和熔融溫度間具有大約 300° 的間隔。

所有這些要求察索夫-雅爾黏土產地高品位的水白雲母黏土都能適合。黏土產出的白色坯, 由於含有大量的鹼質, 當溫度大約在 1000° 時便發生燒結。因此, 這些有成效的黏土便被蘇聯的很多瓷器-釉陶工廠所使用。

應用這些黏土, 在瓷器物質的成分中是許可減少長石的數量的。

耐火黏土同樣可用作製造燒鉢 (капсель), 這是種橢圓形或長方形的箱子, 在裏面進行燒製瓷器製品時, 可以免於被塵埃及氣體所染污, 並且可保持原來的形狀。

製造燒鉢用的黏土所含的氧化鐵應當有限 (不超過 2%), 並不包含黃鐵礦、菱鐵礦及其他鐵質礦物, 以及減低燒鉢的溫度急變抵抗性的石英顆粒等等的包裹體。再者用以製造燒製釉陶用燒鉢的黏土, 應具有 1610° 以上的耐火度, 用以製造燒製磁器用燒鉢的, 應具有 1670° 以上的耐火度, 此外還要可塑性高及黏結力強, 以便製得可塑性的燒鉢料。

用作燒鉢的黏土, 燒成後所獲得坯的機械堅固性, 應該能經受住大的擠壓和扭曲應力。

### 耐火黏土開採法簡述

根據耐火黏土的產出深度, 進行露天或是地下開採。但很少有地下開採的。

在以下諸地如：波羅維奇區（Боровичский）、沃龍涅什（Воронежская）省的拉特寧的一部分、烏克蘭的皮亞吉哈特（Пятихатский）、格魯吉亞的什羅興（Шрошинский）以及烏拉爾的某些耐火黏土，全是地下開採（用礦井及平窿），除此之外，在下莫斯科盆地採煤時順便開採的煤層中間的黏土有時也用這方法。

露天開採的好處之一是可能由礦中最充分地和最合理地取得黏土。而在地下開採時，往往有大部分有用礦層留於內部，而不能開採，特別是厚層，更是如此。這是因為掌子面的最大高度是2米，因此必然遺有殘柱。

當含水層就在有用礦層的底板中時，在開採時為得防止水，所留下的預防礦柱完全必要的。應當注意的是在許多黏土產地中，品級好的耐火黏土，經常是產在黏土層的上部或下部，那麼當地下開採時，頂板不穩定並且漏水時，最有價值的開採層便遺於其中了。

在選擇開採方法時同樣要考慮到：耐火黏土大部須要運用選擇開採，即採掘並區分成標號和品級。而區分在地下開採時是最困難的。因此，在開採耐火黏土礦床時，特別是當存在有價值的黏土品級時（例如在察索夫—雅爾、拉特寧、特羅依茨—拜諾夫等黏土產地中），可以有很厚的剝土層，可以為開採層厚度的8—10倍。

露天開採的準備工作有：含水（сбводненность）時，要研究地區的排水問題，即利用水溝以排洩的方法使得地下水疏乾，在有樹木的地區，要砍去樹林、拔去樹根。

取消覆蓋層大都用蒸汽採掘機，但運出到廢石堆（отвал）中是用小車或可移動的輸送機。廢石堆是設置在採石場的已採處，或附近溝底。人工開採，代價很高，僅使用在小的開採範圍內，全年不

會超過幾千立方米的產區。

當設計開採工作時，開礦梯段數力求作到最少限度。因為蒸汽探掘機及修築拖運的道路必須在每個探礦梯段中建立，要是梯段數增多則引起投資的增大，於是在最後也使得每噸黏土成本提高。

根據黏土的質量均勻程度及其產狀條件，進行開採用：蒸汽探掘機、機械鐵鏟、及挖泥機器，較少用人工採。

近年有些礦床利用旋轉蒸汽探掘機，這可以單獨開採層厚15—20厘米（或再厚些）的個別黏土夾層。

## 第二章 黏土的分類和成因類型簡述

### 黏 土 的 分 類

各種稱爲“黏土”的岩石，因爲它們的成因、礦物的和化學的成分、以及物理的和製陶工業上的性質都是各種各樣的，因而根據黏土的這些不同特徵和性質，提出了各種不同的分類法。根據地質-礦物原則的分類法，對地質學家、礦物學家及岩石學家來說是很感興趣的。這種分類不適合於製陶工業，因爲它只與黏土的成因和礦物的類型有關係，而對黏土的質量和作爲製造成品應用的可能性涉及很少。反之，對製陶工業最有用的分類法，是根據黏土的性質及其呈現的質量特徵的分類法。

這種能充分顧及黏土的地質礦物性質及它們的質量，而根據這些性質和質量便可判斷黏土能製造各種成品的有利程度的分類法，到現在還沒有。所以致力於普查和勘探黏土的地質工作者們，也就是把黏土當作礦產來研究的地質工作者們，必須善於估計礦產的經濟價值，因而也就必須知道黏土的各種分類法。

前面已經談過“陶器工業中的黏土原料的分類”(ОСТ ВКС 55 39)，在這分類中，由名稱就可以明白黏土被認爲是陶器工業中製造各種成品的原料。所以這是根據黏土質量標誌的分類法。這些分類的基本原則已如上述。

因爲這種分類法是根據黏土質量標誌而製定的各種分類的綜合，所以我們這裏不必再引用其他的相似原則的各種分類。

根據黏土礦物成分的分類，是基於某種礦物在黏土物質中佔

優勢，因此就可分為單礦物黏土和多礦物黏土。

單礦物的黏土可分成：高嶺土的、水白雲母的、微晶高嶺土的、多水高嶺土的、水雲母的、水鋁石的（diasporовые）、和三水鋁土礦的（гидрагиллитовые）黏土。在大多數情況下，耐火黏土是高嶺土的，有時是水白雲母的，例如在察索夫—雅爾的黏土中佔優勢的礦物是水白雲母（монотермит）和不常見的水鋁石礦的（ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）或三水鋁土礦的（ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）。在特羅依茨-拜諾夫黏土產地的某些地區的黏土，顯然是三水鋁土礦的。微晶高嶺土的黏土常常不是耐火黏土。屬於這一類的有膨土岩（бентонит）、阿斯卡岩（асканит）、古姆布林（гумбрин）和各種脫色黏土。

多礦物的黏土，根據包含於其中的，並且又表現到黏土外形佔優勢的雜質，可分成：碳質的（углистые）、瀝青質的（битуминозные）、石灰質的（известковистые）、鐵質的（железистые）、砂質的（песчанистые）等等。多礦物的黏土，常常不採用礦物成分的分類，即不根據它們的礦物特徵而根據它們在工業上的應用，分成：磚用的（кирпичные）、磚塊用的（черепичные）、水泥熟料用的（кликерные）、陶土用的、塑型用的、適於製造水泥用的等等。

澤米亞欽斯基在自己的分類法中將黏土分為單礦物的和多礦物的，更進一步他又依據各種出產標誌及化學成分的不同再進行分類。一般說來，作者認為應用黏土的礦物成分和粒度成分的分類是正確的，因為整個黏土的性質都與它們有關係。在一些根據黏土生成條件的分類中應當指出的是金茲堡（И. И. Гинзбург）、萊斯（Г. Райс）等人的分類。在這些分類中黏土被分成：原生的（金茲堡稱為原地的，萊斯稱為殘餘的），即是在母岩破壞後遺留在原地生成的，和次生的（金茲堡稱為外來的）。從外來的黏土中金

茲堡又分出了受變質的黏土。在上述的黏土主要成因類型中，次生黏土，又根據黏土物質的堆積和轉運的不同條件、礦物成分、以及母岩成分及其變化過程和變質作用的過程，再進行詳細的區分。

在1940年維庫洛娃 (М. Ф. Викулова) 提出黏土的成因分類，根據成因分成兩種型式：殘積的和沉積的。然後從這些型式中根據堆積的條件又分成組。各組又各分成在變質作用下變化了的和未經變化的。

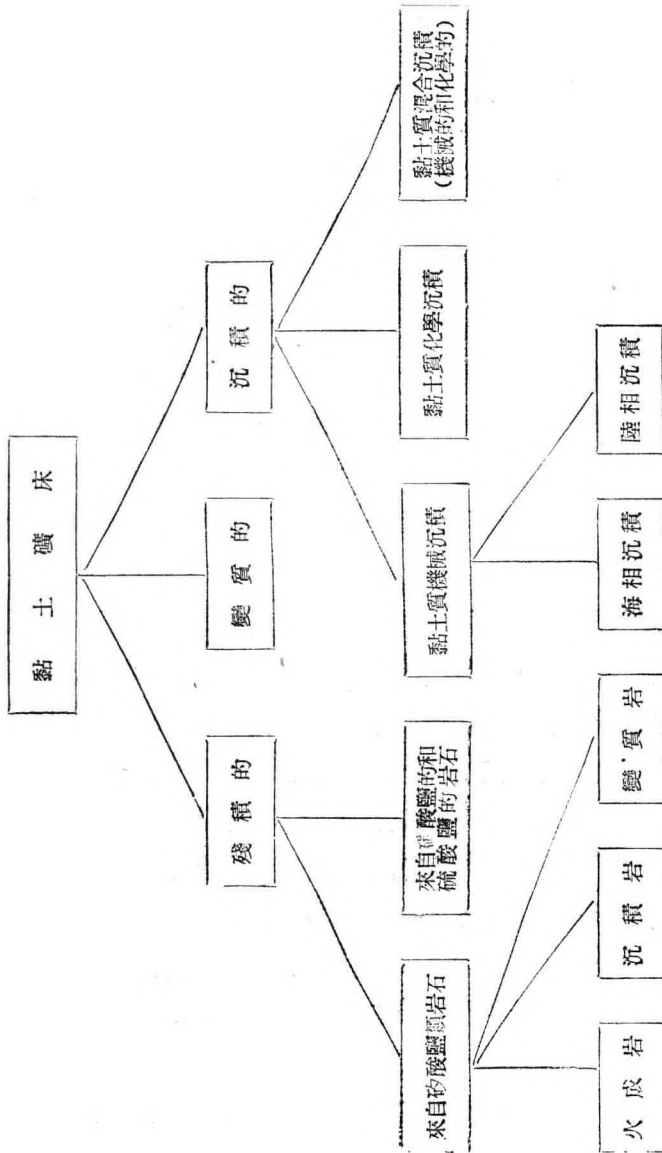
再繼續劃分是根據黏土的物質成分，即是它們的礦物和顆粒成分，以及結構、構造等等。最後從這種方法區分的黏土類型中又根據它們的性質和應用範圍分出了製陶類型。

這種分類法是很有意義而且極其全面的，對地質學家和對製陶工業者都很滿意，因為這種分類法既表現了黏土的物質成分和黏土堆積的地質條件之間的關係，又表現了物質成分與黏土的性質之間的關係。

應該認為，這種分類法的缺點，僅僅是在構成分類的時候必須具備廣泛的研究材料，而這些材料正如維庫洛娃本人所指出的一樣，到現在還沒有一個礦床具備。但是最近正在對耐火黏土礦床作格外充分的研究，所以毫無疑義的在不久的將來這種按物質堆積的分類將會廣泛地被採用。

目前可以先介紹梅林科夫 (Б. Я. Меренков) 在 (ВИМС) 手冊‘黏土’中提出的一種很完整的分類 (參考文獻 18)。今列於第51頁中。表中分黏土成各種成因類型，其他的類似的分類法中也採用這種分法；但在梅林科夫的分類表中，對於黏土的成因原則，和其他的類似的分類比較起來要明確和有次序些。





## 黏土的成因類型簡述

按照上面所介紹分類法中的次序，分別加以敘述黏土的成因類型。

根據這個分類，首先把黏土分成三種類型：殘積的、沉積的和變質的。

### 殘積黏土（原生的）

殘積黏土或叫作原生的或殘餘的黏土，這種黏土是由各種矽酸鹽類岩石（火成的、變質的、沉積的），或沉積的碳酸鹽類岩石和硫酸鹽類岩石，經過物理化學的分解後而形成的。這些岩石的物理化學的分解是發生在與地面水、潛水、海水、以及比較很不常見的熱水起作用的時候。在風化過程中常常形成可塑性很小的黏土，這種黏土叫作高嶺土。

殘積黏土常常是由矽酸鹽類的火成岩風化後形成，同時與“古代的風化地殼”有關係，這種風化過的地殼在蘇聯泥盆紀、中生代和第三紀地層中可以見到。這種類型的礦床形狀好似斗蓬，並佔有很大面積，厚度達幾十米甚至幾百米。屬於這種類型的有：高嶺土，有的是由酸性岩石——花崗岩、長英岩、偉晶花崗岩所形成，有的是由基性岩石——輝長岩、輝綠岩、鈣鈉斜長岩（лабрадорит）所形成的。由酸性岩石——石英粗面岩、流紋岩、火山凝灰岩風化後而形成的微晶高嶺土質黏土，以及由超基性岩石——純橄欖岩、橄欖岩、輝石岩風化後而形成的拜來石（бейделитовые）和綠高嶺石質黏土，也屬於這一類。

某些沉積岩或變質岩，當受破壞時，它們的礦物成分能夠產出黏土礦物，那麼由這種沉積岩或變質岩的風化作用而形成的黏土亦屬

於殘積黏土類型。屬於這類岩石的沉積岩是頁岩、長石砂岩和一些其他的岩石，屬於這類岩石的變質岩是片麻岩、雲母片岩、千枚岩等等。由泥質頁岩所生成的，大半都是多礦物的易熔黏土，難熔的黏土比較少見，有時也有高嶺土。

由泥質頁岩風化後生成的黏土常常可以看到。如在諾沃西比爾斯克(Новосибирская)地區著名的礦床有：耶夫新(Фвсинское)、捷列帕諾夫、(Черепановское)、白土(Белая глина)等等。在烏拉爾已知的有涅維揚斯克(Невьянское)高嶺土礦床，它是由雲母片岩風化後而形成的。

最後，由於潛水與碳酸鹽類或硫酸鹽類的沉積岩作用的結果而形成的黏土亦屬殘積黏土。這種黏土在文獻中叫做“淋蝕殘餘黏土”(остаточные глины выщелачивания)，它們是由泥灰質石灰岩、白雲岩、泥灰岩、石膏和無水石膏所生成的。實際上，也就是這些岩石的不溶的殘餘物，當岩石中的碳酸鹽和硫酸鹽溶解轉運以後，它們殘留下來而形成的。所以在大多數情況下，這種黏土礦床與喀斯特有關係，往往充填在喀斯特洞穴中的物質就是黏土。至於這種成層黏土，它們形成的條件和厚度變化無常，而它們的質量，無論在化學成分方面或製陶性質方面，大都是很低而不均勻。

應當指出，由矽酸鹽類岩石風化而形成的殘積黏土，其特點在於具有這些岩石殘留的遺跡構造：而由沉積生成的矽酸鹽類岩石，經過分解而生成的黏土，則以由於滾圓作用所形成的砂粒組為特徵。

在烏克蘭、烏拉爾、和西伯利亞西部地區，由矽酸鹽類岩石形成的殘積黏土極其發達，在烏克蘭右岸地區和沿亞速海地塊(Приазовский массив)，花崗岩、片麻岩、輝長岩、輝綠岩、長石砂岩、片岩發生了高嶺土化，所以這裏的殘積黏土是高嶺土。

在烏拉爾，由於岩石性質極其不同，因此在這裏能看見它們風化後所形成的各種各樣的不同礦物成分的黏土。

在西伯利亞西部的薩拉伊爾(Салаир)、克拉斯諾亞爾(Красноярский)及其他地方，均有古代的風化地殼。這裏生成殘積黏土的岩石，除了是火成岩之外，還有泥盆紀頁岩和石炭紀頁岩。

此外在風化地殼發達的地區——哈薩克斯坦，遠東沿海地帶和中央亞細亞，亦發現殘積礦床。

從上面敘述的各種殘積黏土礦床類型中，可見殘積黏土礦床常常是高嶺土或黏土，而且大部分質量是較低的(易熔的或難熔的)，真正的耐火黏土是較罕見的，而且沒有形成大的礦層。此外這類黏土礦床在產狀上和質量上都不均勻一致。所以這類礦床幾乎不能用作耐火材料，僅當缺乏沉積(次生)礦床時，地方工廠往往用來製造不重要的製品和哲爾斯基(Гжельский)型的難熔的磚類。

### 沉積(次生的)黏土

沉積的或所謂“次生的”黏土礦床，是由殘積礦床(原生的)物質被風化後重新沉積而形成的，它們可分為：黏土質機械沉積、黏土質化學沉積和黏土質混合沉積。其中以黏土質機械沉積礦床利用最廣，它又分為海相沉積的和陸相沉積的。海相沉積黏土由於形成時的環境多種多樣，如像海濱沉積和深海沉積。所以無論在產狀上或質量上都是十分不同的。海濱黏土是在河口、港口、海灣等地區形成的。

這些黏土的產狀是依它們形成時的環境而定。如海濱黏土常常形成層狀和似層狀的礦體，厚度不大。而深海黏土則作厚度很大的層狀產出，分佈面積很廣。

海相黏土中常常含有大量的有機物遺骸，因而使黏土呈現暗灰色和黑色，

在海相沉積物中沒有發現耐火黏土，而這些沉積物大部分是易熔黏土及很不常見的難熔黏土。前者被廣泛地用來製作磚類和製造波特蘭水泥，後者常被開採用來製造梅特拉赫板(метлахская плитка) (作鋪地用——譯者)，如像烏克蘭境內尼科拉耶夫卡(Николаевка)和尼啓佛羅夫卡(Никифоровка)等地的侏羅紀黏土。

海相沉積中缺乏耐火黏土的原因，可以以泥質懸浮物在海水中沉積的特殊情況來說明，因在海水中有電解質存在，而這種電解質有使懸浮物較快地凝固成粗粒質點的作用。

陸相黏土礦床是非常多種多樣的，它們可分為：(1)堆積的，(2)沖積的，(3)冰川的(漂礫的或冰碛的、間冰碛的)，(4)湖成沖積的，(5)覆蓋的——屬於這類的有各種成因的黏土，如冰水的、殘積堆積的、沖積的，(6)瀉湖的。

從上所述，除了瀉湖礦床和一些沖積礦床以外，其他礦床的黏土都是無固定化學成分的多礦物黏土，並含有各種雜質，這些黏土都屬於易熔黏土，可用來製造水泥和粗糙陶器。

瀉湖黏土礦床對於製造耐火材料有很大意義。這類礦床在大多數情況下，儲量很大(數百萬噸)，產狀比較均勻，黏土質量高，厚度自數米至10米或更大。而這種黏土是以層狀體或大透鏡體產出。面積普及數十或數百公頃。

屬於這類型的礦床是巨大的、質量高的耐火黏土礦床例如：烏克蘭的察索夫—雅爾(Часов-Ярское)礦床、新瑞士(Ново-Швейцарское)礦床、沃龍涅什州的拉特寧(Латинское)礦床、莫斯科盆地礦床、烏拉爾的特羅伊茨—拜諾夫(Троицко-Байновское)礦床、庫林(Курьинское)礦床、布斯庫爾(Бускульское)礦床等等。

同時應當指出，在瀉湖類型的礦床中，有的整個礦床或其部分

的黏土層產狀極不穩定，這表現為黏土層的突然沉沒（深達數十米），地層的狹縮及地層的揉皺（*перемятость*）等等。這些產狀的複雜性與耐火黏土的成因無關，而是由於後來的作用如：地殼運動、喀斯特或土壤下滑等所引起的。

這種不均勻的複雜產狀的礦床，在東烏拉爾也曾發現。在特羅伊茨-拜諾夫礦床的很多礦區近幾年來經過勘探以後，證明了也是這類型的礦床。

瀉湖中形成的黏土是單礦物黏土，而且一般都是高嶺土的，很少有水白雲母的。根據礦床中黏土的化學成分，這類礦床多半是基性的；至於半酸性的佔次要的意義。有時在地層的某些部分  $Al_2O_3$  的含量超過40%，甚至達65%，這種情形在特羅伊茨-拜諾夫礦床中的一些地區就可以見到。而  $Al_2O_3$  的含量增高的原因是由於黏土中含有水鋁礦的原故。

黏土質化學沉積礦床，一般都是在含煤地層中分佈極廣的非可塑的黏土；在含煤地層中可以很顯明地看見沉積物的岩相沿垂直方向多次更換的循環過程。岩相的變化從礫岩、砂岩一直遞變到細粒分散的和碳質的岩石，以至遞變到海相成因的碳酸鹽類岩石。隨後，岩相的變化又與上述的方向相反。

沉積物堆積的循環性由於該地區的地殼運動所引起的。

### 變 質 的 黏 土

變質的耐火黏土礦床中，其耐火黏土是一種泥質沉積物在動力或靜水壓力下變得緊結了。這樣的礦床非常罕見，因而也很少用這種黏土來製造耐火磚。

### 第三章 各地質時代生成的耐火黏土礦床

分析黏土的成因類型，很顯明地可以看出耐火黏土的生成，首先必須要有合宜的物質存在，這種物質經過轉移。其次是這些物質轉移沉積的環境，不僅不能引起物質的不純，相反的要能促進從這些物質中淘汰去下列雜質：鐵、鹼金屬和鹼土金屬的含水氧化物。

因此，黏土中所含染色組份（Fe, Ti），由於腐植質酸的淘汰作用，結果使得一些礦床中的黏土，例如：察索夫—雅爾礦床包含很小的鐵氧化物。這種黏土，品級高時可用製造瓷器的原料。

沉積（次生的）的耐火黏土常常與煤同時產出，並包含煤和炭黑的夾層，而且在大多數的情況下，還具有植物遺跡和褐煤夾層，這些指示了黏土是在還原性媒介物的沼澤中沉積的。

常常可以證明：耐火黏土礦床的形成與風化地殼的黏土質產物的再度沖刷和沉澱有關係，例如在烏拉爾的白堊紀黏土是下侏羅紀的風化產物，在烏克蘭的第三紀黏土是中生代晚期的風化產物。同樣可推測在莫斯科盆地西北部生成耐火黏土的物質是泥盆紀的風化地殼。但在很多情況下要確定這種關係是不可能的。譬如礦床的礦層是由曾經轉移而沉澱的黏土再重新轉移沉澱而形成的，這就無法確定上述關係。

僅僅在某些地質時代，才有利於耐火黏土形成的條件，在蘇聯領土內的是石炭紀、侏羅紀、白堊紀和第三紀。

#### 石炭紀礦床

石炭紀的黏土礦床與煤層有關。它們被發現在莫斯科盆地，頓

巴斯的一些地區，庫茲巴斯，以及哈薩克共和國。莫斯科盆地的石炭紀耐火黏土礦床曾被詳細研究過，這裏的下石炭紀含煤層中有可塑性的和乾(сухарные)黏土。在盆地的各個地區發現到耐火黏土；它們是佔有數十平方公里面積的大湖的沉積物。

莫斯科盆地的耐火黏土礦床有很大的工業意義，它是蘇聯中部地區耐火工業的主要原料基地。這些礦床中最大的是在莫斯科盆地西北部的波羅維奇-留貝亭(Боровичско-Любытинские)礦床和盆地南部的蘇沃羅夫(Суворовское)(土拉省)。

波羅維奇-留貝亭礦床的耐火黏土產在下石炭紀含煤的砂泥質地層中。馬里亞夫金(С. Ф. Малявкин)將這含煤砂泥質地層分為如下四層：

I. 底部砂質層，包含黏土凸鏡體。

II. 乾質層，它的特徵是具有硬質(сухаристый)的黏土。這種黏土逐漸遞變成砂質的變種和砂粒。

III. 礫質泥質層，由可塑性黏土、煤及砂所組成。

IV. 頂部層，以雲母質砂粒為主。

在有些地方，含煤地層被中石炭紀的沉積物所掩蓋，而大部分的礦床被冰川黏土和壤土所掩蓋。

這些礦床的耐火黏土可分為：

(一) “硬質”(сухарь)和“高矽”(кремневка)—非可塑性的類似岩石的黏土。

(二) “半硬質”(полусухрь)—可塑性不大的黏土。

(三) “軟質”(мыленка)—可塑性的黏土。

第二河間(Междуречье II)礦床位於波羅維奇城(г. Боровичи)附近，根據它的產狀足夠作為波羅維奇-留貝亭類礦床的典型，因



此可介紹如下：

耐火黏土作大凸鏡狀產出，厚度1.10—4.56米，平均厚度2.29米，距地表深度43—46米。黏土的頂板是炭質黏土，多色黏土及流砂。

“硬質”黏土是礦床的主要黏土，以礦物成分來說它們是高嶺土質的黏土。而這種黏土中常含水鋁礦雜質，因此  $Al_2O_3$  的含量很高。

黏土的耐火度是1710—1770°。根據國家標準(ГОСТ 390—41)，這種黏土適於製造A級和B級的耐火磚。

位於盆地南部的蘇沃羅夫的耐火黏土礦床，分佈在莫斯科-庫爾斯克鐵路的茲布羅多沃(Збродово)車站附近。

耐火黏土產在含煤層的下部，它可分為“煤層上的”(надугольный)黏土和煤層下的(подугольный)黏土。前者一般是低級耐火的以及難熔的，而後者是能耐火的或高級耐火的。煤層上的黏土作凸鏡狀產出，而煤層下的黏土產狀較穩定並常常形成似層狀礦層。煤層上的黏土可分為：灰色黏土、砂質黏土及黑色可塑黏土。而煤層下的黏土則可分為近乎白色至暗灰色的各種不同程度可塑性的黏土。黏土中有時包含炭黑和黃鐵礦。煤層下的黏土距地表深度是4.3—31.5米，厚度自0.17至3.50米不等，耐火度自1600至1770°，燒結性1170—1300°。

耐火度最高的變種，因可塑性不大，只可當作熟料(шамот)用來製造適當用途的耐火物。但也有耐火度為1740°的可塑性黏土，可作為可塑性的配料利用。

在這個礦床中也發現了半酸性砂質黏土和礫質黏土(圖2)。

關於其他盆地的耐火黏土研究得不多。

在頓巴斯境內和斯大林省，在中石炭和上石炭紀的含礦頁岩中，於煤層之間發現有各種耐火黏土。它們的巨大礦床已被勘探的，是在斯大林鐵路的耶列諾夫卡(Еленовка)和克拉斯諾果羅夫卡(Красногоровка)車站附近，此地黏土厚度很大，可達20—30米或較大。

在庫茲涅茨盆地，從巴拉洪(балахонская)系的泥質沉積物中發現與原地煤層有關係的，類似燧石的泥板岩(аргиллит)。

在哈薩克共和國距阿克莫林斯克(Акмолинск)城200公里的地方也發現燧石(флинт-клей)類型的耐火黏土。這就是薩雷-阿德爾(Сары-Адырское)礦床，是由下石炭紀煤系所組成，葉果羅夫(А. И. Егоров)將這煤系分為底部—上多內昔(верхнетурнейская)層和上部維憲(визейская)層。燧石黏土即產於維憲層中；產燧石

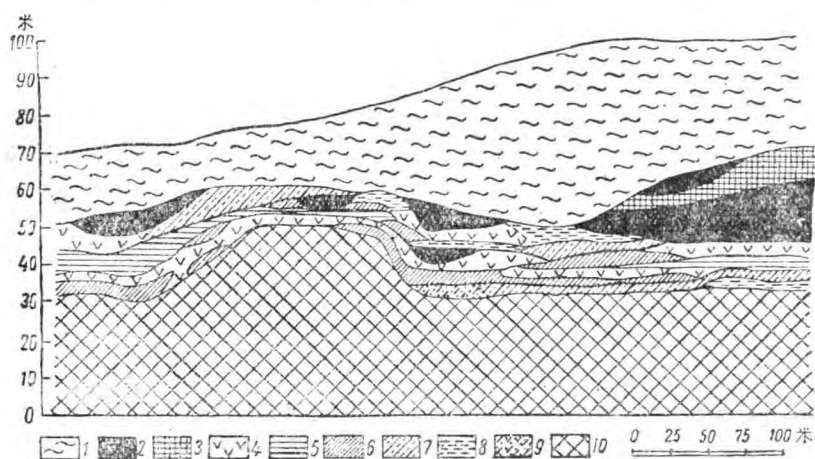


圖2 蘇沃羅夫礦床區耐火黏土地質剖面圖

- 1—覆蓋層； 2—煤；黏土； 3—“荳蔻花”(чорнуха)， 4—“巴列夫卡”(баловка)， 5—“頭等黏土”(прима)， 6—“普通巴列夫卡”(баловка рядовая) 7—“砂質巴列夫卡”(баловка песчаная) 8—“炭質巴列夫卡”(баловка углистая) 9—“細砂”； 10—下伏生根岩

黏土的地層是由煤層的交互層、炭質頁岩和燧石黏土厚度自數厘米至20厘米的夾層所組成。在燧石黏土中， $Al_2O_3$ 的含量達35%， $Fe_2O_3$ 的含量總共只有0.29%。耐火度1700—1730°。根據葉果羅夫的材料，顯然這類岩石在傑尼茲—科爾仁庫爾（Тениз-Корженкульский）和卡拉岡達（Карагандинский）盆地分佈很廣。

### 侏羅紀礦床

侏羅紀的耐火黏土礦床，對耐火工業來說，它的意義不大，因為這個時代的礦床多半是低級耐火材料難熔的黏土。

侏羅紀的礦床，在蘇聯各個地區都有發現。最好的礦床之一是克拉斯諾果爾斯克（Красногорское）礦床，位於沿庫班（Кубань）河兩岸克拉斯諾果爾斯克車站之北5公里處。耐火黏土以十分均勻的層狀產於巴特（Бат）砂泥質地層中。顏色多種多樣，厚度4.5米。

黏土分為高品位的、低品位（砂質）的和中品位的，第一種中 $Al_2O_3$ 的含量一般超過31%，而第二種自7.5%至21.3%。黏土是高嶺土質的，在高度分散（высокодисперсная）的變種中有中等的可塑性，在砂質的變種中有小的可塑性。砂質的變種一般是低級耐火材料或者難於熔融的，而高度分散變種的耐火度在1710—1760°之間，適於製造A級和B級的黏土磚。

在距離啓斯洛沃德斯克（Кисловодск）24公里的地方有類似上述礦床的烏奇克肯礦床（Учкекенское）。

最大的侏羅紀耐火黏土礦床是在格魯吉亞的什羅申斯克（Шрошинское）礦床；這個礦是在用水平坑道開採。

在吉爾吉斯共和國，侏羅紀的耐火黏土礦床，分佈在塔什干鐵路啓集爾-啓亞（Кизил-Кия）車站附近。礦床中的耐火黏土包含

$\text{Al}_2\text{O}_3$ 自 26.88%至29.53%， $\text{Fe}_2\text{O}_3$  1.75—2.45%和燒失量 16.0—21.53%。耐火度1670—1730°。可用來製造黏土磚。

在卡拉岡達煤礦地區（哈薩克共和國），耐火黏土產在下侏羅紀的礫岩、砂岩和黏土的沉積物中。黏土平均厚度大約5米。按礦物成分說，黏土是高嶺土質的。砂質的種類含 $\text{Al}_2\text{O}_3$  12.17—16.31%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0.47—0.78%，細粒分散的(тонкодисперсный)種類含  $\text{Al}_2\text{O}_3$  20.03—21.54%， $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0.35—0.92%。熔融溫度1580—1730°。

許多著名的侏羅紀耐火黏土礦床是在伊爾庫茨克省東西伯利亞鐵路波洛文（Половин）車站地區，它們是：特羅什科夫（Трошковское）礦床、烏茲科魯格（Узколугское）礦床、土魯諾夫（Туруновское）礦床、科爾皮興（Корпихинское）礦床和莫果伊（Могойское）礦床。其中特羅什科夫礦床曾作過詳細的研究。礦床中的耐火黏土作迅速尖滅的凸鏡體產出，這種凸鏡體常常厚度很大。

按礦物成分說，黏土是多水高嶺土質的和高嶺土質的。它們有各種各樣的顏色：淡灰色、淡藍灰色的、褐色的、黑色的等等，其中最常見的是含黃鐵礦的淡藍灰色黏土。這些黏土中 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量自23.93%至32.97%不等， $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0.62—2.79%，耐火度不超過1710°。

## 白 堊 紀 礦 床

沃龍涅什（Воронеж）省和烏拉爾東坡是白堊紀耐火黏土礦床分佈的主要地區。這些礦床無論按黏土質量或黏土儲量來說都有非常重要的工業意義。

在沃龍涅什省傑維察（Девича）河和維都加（Ведуга）河下游拉特納亞（Латная）車站附近，有自古以來著名的拉特寧（Латнинское）

耐火黏土礦床。

在新納拉河 (Синара) 之北和烏拉爾東坡，白堊紀礦床分佈很廣。這裏的含礦陸相砂泥質地層，厚度極不一致，上覆地層是海相沉積物的上白堊紀海綠石砂粒，下伏地層是侏羅紀頁岩和砂岩以及古生代的石灰岩或塊狀結晶岩石。

包含耐火黏土的砂泥質地層是由沖積的砂粒、礫石、雜色黏土、“白色黏土”(белик)及其他岩石所組成。它屬於陸相沉積，是在植物繁茂的氣候溫暖濕潤的地帶所形成的。

有些礦床或礦區如特羅伊茨-拜諾夫礦床和庫林 (Курьинское) 礦床產狀變動強烈，這些變動的特性還沒有作過足夠的研究，而認為它們是與地殼運動或下伏古生代石灰岩地層中的喀斯特有關係。無論地殼運動或喀斯特作用都有可能引起礦層的變動。由於這種變動增加了開採的困難。在坑道中，有一種來自下伏石灰岩中的喀斯特裂隙水，有崩流出來的可能性，這對於礦床中某些地區的開採技術條件也是不利的。對於這種地區的開採工作常常被限制於一定的層位，即高於石灰岩數米的層面。按質量來說，黏土是多種多樣的；可塑性和非可塑性的變種，及高礬土（大致是一水鋁土礦或三水鋁土礦的黏土）。個別的黏土變種，是由於包含有各種鐵質雜質而顯出極端不純。

特羅伊茨-拜諾夫和別爾金 (Белкинское) 是烏拉爾東坡的白堊紀礦床中最大的礦床。

特羅伊茨-拜諾夫礦床距波格丹諾維奇 (Богданович) 車站 10—15 公里。礦區分為幾個部分：梅日尼科夫 (Межниковский)，波爾德涅夫斯克 (Полдневский) 等等。

耐火黏土層的厚度變化範圍很大，從不到 1 米到 20—30 米不

等，覆蓋層的厚度自3米至40米（圖3）。

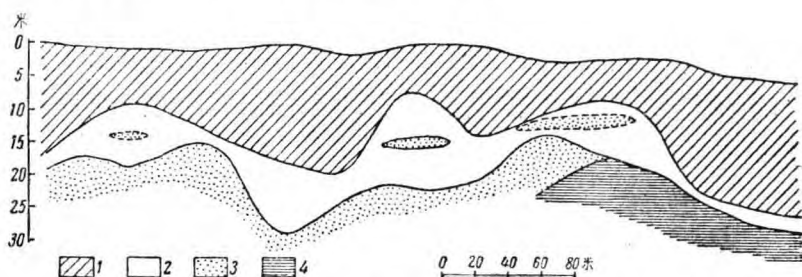


圖3：特羅伊茨-拜諾夫礦床岩層剖面  
1—覆蓋層；2—耐火黏土；3—砂；4—雜色黏土

按黏土的礦物成分來說，是高嶺土質的，其中包含有不定量的砂粒、黃鐵礦和球狀菱鐵礦的雜質。在這礦床中，也有高礬土的，大部分是低鐵質的變種，也有砂質而往往鐵化強烈的變種。

特羅伊茨-拜諾夫礦床的黏土可用來製造耐火黏土磚（шамотный кирпич）和 ОСТ 7729 規定的A級和B級的異形製品。而礬土質較高的黏土可用來作冶金上用的重要的磚。

### 第三紀礦床

從第三紀的沉積物分佈地區中，我們選出烏克蘭和烏拉爾東坡作為耐火黏土礦床分佈的兩個主要地區。

許多這類的礦床，無論在儲量上或質量上都有非常大的工業意義。由於這類礦床蘊藏豐富，所以它們在蘇聯的耐火原料礦床中佔有首要地位。

在烏克蘭，耐火黏土作凸鏡狀或層狀產在波爾塔夫（полтавский）統的白色石英砂層中。克留什尼科夫（М. Н. Ключников）依據它們的成分和形成的不同分為兩類：第一類是分佈在結晶地帶

的黏土礦床，這類黏土一般是高嶺土質的，可塑性不大，含 $Al_2O_3$ 到38%及百分比不大的鹼質。第二類是分佈在頓巴斯西北部從南頓涅茨鐵路的德魯日科夫卡車站（Дружковк）到阿爾傑莫夫斯克（Артемовск）城地帶的黏土礦床。這類型的黏土叫作察索夫-雅爾（часов-ярское），是水白雲母質的，它的可塑性高，含 $Al_2O_3$ 低，而含鹼質多。

屬於高嶺土質類型的黏土礦區有：沃爾諾瓦哈—波洛基地區（район Волноваха-Пологи）的弗拉第米爾（Владимирское），布拉果達特年（Благодатненское）等等，查波洛什—巴夫洛格勒（Запорожье Павлоград）地區斯大林斯克鐵路的維什涅維茨（Вишневецкий）附近和拉茲多拉車站（ст. Раздоры）附近，皮亞吉哈特卡-克里沃羅格（Пятихатка-Кривой Рог）地區的皮亞吉哈特（Пятихатское），薩克薩甘（Саксаганское）等等和基洛夫格勒（Кировоград）地區的基洛夫格勒（Кировоградское），伊萬諾沃—伯拉果達特年（Иваново-Благодатненское）等。

屬於察索夫-雅爾類型的礦區有：察索夫-雅爾，維羅留波夫（Веролюбовское），阿爾傑莫夫（Артемовское），新瑞士（Ново-Швейцарское），和新萊斯（Ново-Райское）等地區。

上述的高嶺土質類型的黏土礦床中，最大的是分佈在斯大林斯克鐵路皮亞吉哈特卡車站附近的皮亞吉哈特礦床。黏土作大凸鏡體產出，有灰、黑、暗灰色等，質量不均勻，質量較好的變種產在層的中部。在有些地區含氧化鐵很高。

從察索夫—雅爾類型的礦床中，應當指出察索夫—雅爾礦床。這裏的耐火黏土作寬闊的凸鏡形產在舊第三紀的波爾塔夫砂層中。耐火黏土層的厚度自0.5米至10.0米。礦體的外形，由於現代山谷

的侵蝕作用而被強烈地切割，黏土層的產狀重複着下伏岩石的起伏狀態。在下伏地層為各種鬆軟的三疊紀沉積物的地方，發現地層有急劇的沉沒現象，反之在黏土的下伏地層為具有平坦的表面的白堊紀和侏羅紀岩層的地方，黏土地層是水平的。

在察索夫-雅爾礦床的黏土層中，分為若干比較規則的層次：

1. 上層是稱為“砂質魚石”（песчаный балык）的砂質黏土層，在開採中沒有被利用而把它當作頂板。

2. 從灰色到紫紅色的稱為“泥質魚石”（глинистый балык）的黏土層，砂質少於上述砂質層，這層因為含氧化鐵很多，所以也沒有被利用。

3. 灰色有可塑性的黏土層，含少許鐵質礦物，按質量來說是十分不均勻的。

在與第四層交界的地方如同往後各層的接觸處一樣出現有“條帶”（пояски）——炭質黏土的狹窄間層。

4. 灰色或暗灰色的質量極不均勻的黏土層，有的地方是高品級的黏土，而有的地方是低品級的黏土甚至部分地遞變成廢石。

這層的黏土中間夾含砂層。

5. 白色或淺灰色的和可塑性大的黏土層，屬於最高品級的黏土。

6. 質量最均勻的暗灰色黏土層，具有大的可塑性和高的質量。

其下是暗灰色耐火黏土，這種黏土向下逐漸轉變成下伏的砂層。

烏拉爾東坡的第三紀黏土礦床，從北面的布羅多科爾馬克（Бродоколмак）一直到南面的奧爾斯克（Орск）城作帶狀延展。這裏分佈的礦區有：克魯格洛夫（Кругловское）、西涅格拉佐夫（Синеглазовское）、下烏維爾（Нижне-Увельское）、布斯庫爾（Бускульское）及其他地區。



這些礦區的耐火黏土作凸鏡體及似層狀產在掩蓋着舊第三紀泥灰土(опока)的砂泥質陸相地層中。在烏拉爾東坡這個時代的最大礦床之一是布斯庫爾(圖4)。它分佈在南烏拉爾鐵路布斯庫爾車站的附近。耐火黏土產在始新紀的砂層和泥灰土之上,產在厚10米的漸新紀砂泥質地層中。

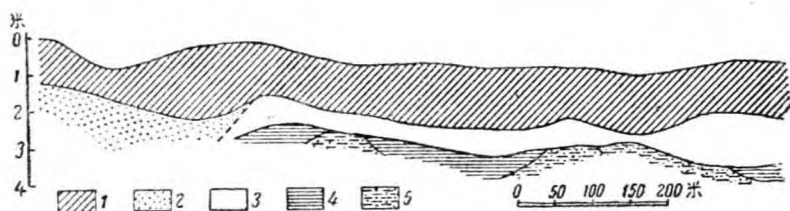


圖4. 布斯庫爾礦床岩層剖面

1—覆蓋層； 2—砂； 3—耐火黏土； 4—砂質雲母質黏土； 5—含水砂

耐火黏土中的似層狀礦體的構造,因地層被強烈沖蝕而變得複雜了,這種沖蝕作用使得它的厚度變化極大甚至有的地方完全沒有了。層厚可達4.5米,平均厚度1.2米。這種黏土中根據它們的顏色和砂質、鐵質的存在與否而可分為五種變種。

按礦物成分來說,這種黏土屬於高嶺土質的和水白雲母質的。而且可塑性很高,在這點上並不比察索夫-雅爾的最高品級的黏土差,但含鐵質較多。耐火度在1670—1730°範圍之間。

#### 第四紀礦床

應當指出,在主要為沖積的第四紀的沉積物中,有時也能夠發現小型的耐火黏土礦床,如在烏克蘭共和國的西北部地區。

這類的礦床能夠在高嶺土礦床的附近發現,因為它們的形成與高嶺土的破壞有關係。

## 第四章 耐火黏土礦床的工業類型

礦體的大小、形狀和黏土的產狀、質量等對耐火黏土礦床的經濟評價常常有決定性的意義。所有這些評價的基本因素應當作為礦床工業類型分類的基礎。

以下是黏土礦床工業類型的分類，這種分類法對地質勘探來說是極其適用的。

1. 具有層狀和巨透鏡狀的礦床，它們又可分為兩個亞類：

(1) 產狀沒有變動的礦床；

(2) 由地殼運動、喀斯特、土壤下滑等等變動所引起的耐火黏土的產狀極其複雜的礦床。

2. 作小透鏡體和不規則形體產出的礦床。

上述耐火黏土礦床的工業類型，表明了各種地質開採技術的條件，從而可決定開採方法和開採規模，更依黏土的儲量和質量的關係可確定礦床的遠景。

同時，所分工業類型的每一類中，都包括着一些一定成因類型的礦床。

但是，應當注意到：在所分之每一工業類型中的礦床各具有不同均勻程度的黏土；例如屬於第一類型第1亞類的蘇沃羅夫礦床中，質量極不均勻；而拉特寧礦床中，無論黏土層的質量或形狀都較均勻。因為礦床的黏土質量極不均勻時，則產狀也較複雜，那麼利用確定礦床產狀，用的坑道來作取樣試驗，往往就完全足以獲得黏土的質量特性。在很多的勘探的實際經驗中，證明了當開採時獲得的各種標號的黏土的平均成分，常常接近於勘探時所確定的平均成

分。

在第五章和第六章內所指示鑽孔 (разведочная выработка) 間的距離是估計到了每一類型的礦床中黏土的產狀和質量的不均勻性。

### 第一類 具有層狀和巨透鏡狀的礦床

在瀉湖或湖中沉積的 (次生的) 礦床屬於具有層狀或巨透鏡狀的礦床。

這類型的礦床多半是儲量大、黏土的質量很高，因此有很大的工業意義。

#### 第一亞類 產狀沒有變動的礦床

我們把拉特寧礦床作為第一亞類的例子。

拉特寧礦床位於沃龍涅什 (Воронеж) 城西 25 公里處，在頓河支流的傑維察河與維都加河流系之間。在這裏進行了多次的地質勘探工作以後，選定了一些地區，這些地區大多數得名於它們的毗連的峽谷 (лог)，如沿傑維察河右岸的奧爾洛夫-蘇爾科夫 (Орловско-Сурковский)，和中部採石場；左岸的斯特列里茨 (Стрелицкий)，比留克-巴克切耶夫 (Бирюк-Бакчевский)，哥列米亞琴 (Гремяченский)，沃爾霍諾夫 (Волхоновский) 和啓爾皮奇 (Кирпичный)；沿維都加河的恩多維申 (Ендовищенский)，蘇霍洛日 (Сухоложский)，石谷 (Каменный)，普里貝特科沃 (Прибыtkовo)，和科集谷 (Козий лог)。

這些地區的大部分為黑色冶金工業部耐火器材局所開採，而其中一個地區為建築材料工業部陶器工程局所開採。開採這種黏土有用露天採石場的，也有用平窿的。

該礦床的地質構造如下：可能是侏羅紀的暗色雲母質的含石膏

的黏土層和砂層，產在上泥盆紀的黏土和石灰岩的侵蝕面上。侏羅紀地層的厚度不超過14.5米。

此層之上是下白堊紀的砂質泥質沉積層，耐火黏土礦體即產於其中。在這些沉積層中，根據已發現的植物群可知該底部的砂層屬於亞普第-巴列姆 (апт-баррем)，而上部的黏土和砂層屬於亞普第-高傑里夫 (апт-готерив)。這地層被亞爾俾世 (альб) 的海綠石砂系所覆蓋，砂系是謝諾曼 (сеноманский) 期砂層，含有燐塊岩和土侖 (турон) 期白色的粉筆白堊。而原生沉積層被第三紀晚期的砂泥質層所掩蓋。

包含耐火黏土的下白堊紀岩層。自下而上可分為如下幾個層位：

1. 粗粒的石英砂和礫石層，厚度自5米至17米，平均厚8米。砂層以白色為主，具有特殊的斜層理，這種層理說明砂層是短時急流的沉積物。有些地方粗粒砂層固結成了堅硬的砂岩。

2. 為耐火黏土底層的淺灰色細粒砂層，厚1—4米，有的地方沒有該層。

3. 耐火黏土層，這層很均勻，通常只有一層。除了遭到後來的侵蝕沖刷的地區外，該層在礦床地區普遍分佈。

耐火黏土多半作層狀礦層產出，分佈的面積達200—300公頃，但亦發現有不規則的凸鏡狀的體積很小的礦體。耐火黏土的厚度從不到1米至13米不等。厚度變化最大的地區經常是在現代的或古代的谷地斜坡及礦床面積大的部分。而在比較接近分水嶺的地帶，黏土的厚度則較均勻，常在2.5—4.0米之間（圖5）。

該層沉積物在有的地方表現出岩相的變化，即耐火黏土沿走向遞變成爲細粒泥質砂層。耐火黏土層中的砂質夾層僅在個別地區可以見到。

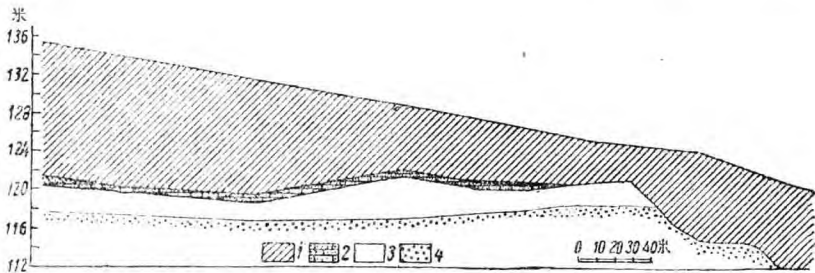


圖5. 拉特寧礦床沃爾霍諾夫礦區，岩層剖面（羅芭諾娃〔Н. Ф. Лобанова〕作）

1—覆蓋層； 2—砂屑和石英岩狀砂岩； 3—耐火黏土； 4—砂層

4. 黏土上系（надглиняная свита）的泥質細粒砂層，常包含大量炭質，厚1—2米。砂層中往往充滿着水而成爲流砂。

5. 白色細粒砂層和石英岩狀砂岩，厚度沒超過7米。

6. 包含耐火黏土的下白堊紀岩層最上部是鐵質砂層，厚度從不到1米至5米不等。

有用黏土層的厚度與白堊紀和第三紀晚期覆蓋層的厚度之比。一般在1:5—1:8之間。

按礦物成分說，拉特寧礦床的黏土是高嶺土質的，但最近幾年來在沃爾霍諾夫礦區也發現了水雲母質的黏土。黏土中包含的雜質有石英、有機質和鐵的氧化物。包含的附屬礦物有白雲母、金紅石和極不常見的長石、黑雲母、綠泥石、鋯英石、電氣石等等。

在化學成分上，黏土是多種多樣的，有鹽基性的也有半酸性的，但以鹽基性的最多。各種氧化物的含量變化範圍如下： $\text{SiO}_2$  自33%至80%； $\text{Al}_2\text{O}_3$  自12%至38%； $\text{Fe}_2\text{O}_3$  自0.5%至2.5%； $\text{TiO}_2$  自0.3%至2.5%（到2.5%情況較少）；鹼質1—1.5%； $\text{CaO}$  自0.5%至0.6%； $\text{MgO}$  自0.02%至1.5%；燒失量（п.п.п.）14%或多點。

很大部分都屬於高可塑性的黏土。以燒結溫度來說，黏土的主要部分是高燒結物質（ $1350^{\circ}$  以上），但氧化鋁較高的種類（ $Al_2O_3$  高於34%）則在  $1250^{\circ}$  時就可燒結。耐火度經常在 1710。以上甚至達  $1750^{\circ}$ 。因為絕大部分的黏土燒後都是白色的，能製幾乎完全無氣泡與熔疤的無色坯，所以這種黏土除了用來製造重要的耐火物以外，還可以應用於磁器-釉陶工業中。

### 第二亞類 經後來的作用曾受變動的礦床

產狀極其複雜的礦床都屬於這一類，到現時這類礦床僅在烏拉爾東坡發現到。

這種複雜的產狀是由於次生所作用引起，如地殼運動，耐火黏土的下伏地層中形成喀斯特，土壤下滑等等。

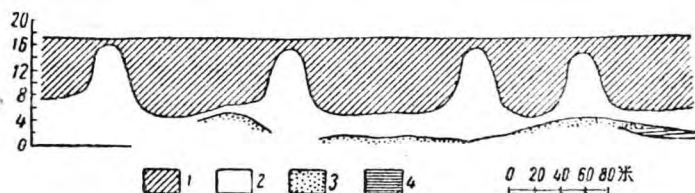


圖 6. 特羅伊茨-拜諾夫礦床岩層剖面圖  
 (克拉奇科夫斯卡婭 [Е. Ф. Крачковская] 與李亞贊諾娃 [С. Д. Рязанова] 合作)

1—覆蓋層； 2—耐火黏土； 3—砂層； 4—雜色黏土

這類礦床的產狀極不均勻，由於地層的“揉皺”，耐火黏土層的質量也無恆定性；雖然如此，但在個別在產狀上能進行開探的地區，這類礦床的黏土無論在儲量上或質量上仍然有大的工業意義。

上述的烏拉爾東坡的特羅伊茨-拜諾夫礦床中產狀變動的地區可作為一個例子。

這個地區的特徵是有用黏土層作“峯” (гребень) 狀產出，如剖

面圖(圖6)。黏土“峯”往往伸展達數十米或數百米(圖7)，寬度為5—10米，在邊緣部分筆直地沉沒到上覆砂泥質層之下，並過渡到峯間地區。

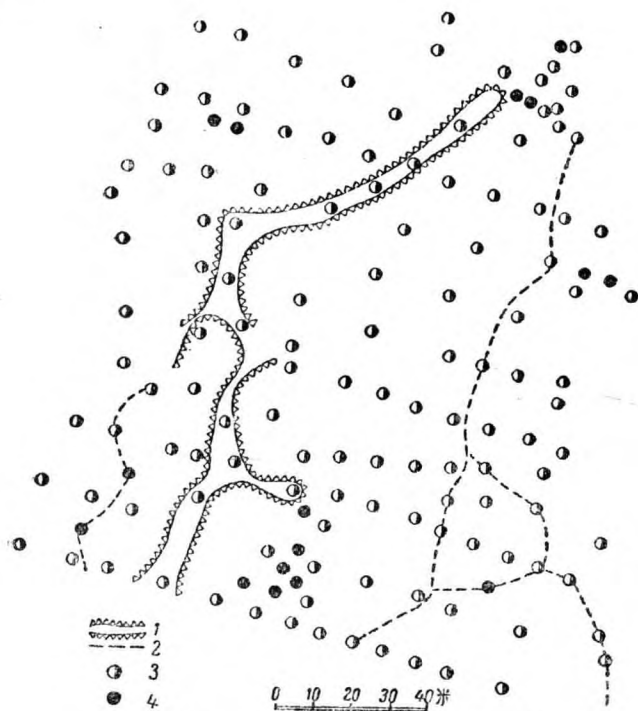


圖7. 特羅伊茨—拜諾夫礦床，耐火黏土“峯”

分佈略圖(柯拉爾科夫斯基與爾雅查諾娃合作)

1—露於採石場的耐火黏土“峯”範圍； 2—勘探出的耐火黏土“峯”中軸； 3—鑽入黏土中的鑽孔； 4—鑽於覆蓋中的鑽孔

這樣產出的黏土，厚度極不均勻，在“峯”間區的覆蓋層，多半厚度特別大，往往達到30—40米，因而使得這部分的開採無利可圖。

產在峯頂的黏土因為這裏覆蓋層的厚度特別薄，多半是開採的對象，可用露天法進行開採。圖8是位於黏土峯頂的露天採礦場的

開採面之一。該處黏土產狀極不穩定，質量很不固定，因此需要進行詳細的分類。

同時，應當指出：在這種產狀變動的地帶，甚至於只是在覆蓋層厚度允許開採的地區，耐火黏土的總儲量都是相當大的。

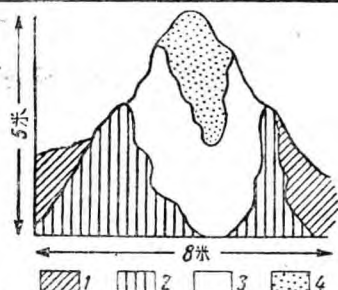


圖8. 特羅伊茨-拜諾夫礦床，在耐火黏土“峯”中的採石場開採面  
1—煤層； 2—炭質耐火黏土； 3—主要黏土I、II、III級； 4—砂層

## 第二類 具有小透鏡體和不規則形狀礦體的礦床

這類型的礦床在成因上是屬於殘積的和沖積的沉積物。

這種礦床的耐火黏土層的產狀是極其多種多樣的，有面積自一公頃至數公頃的小的透鏡體，也有礦窠及袋狀礦(карман)等等。沖積礦床有時在平面圖上成一狹長的蜿蜒的條帶狀，這說明了它們是與古代的河谷同時生成的。

這些礦床中耐火黏土的厚度，如覆蓋層的厚度一樣的變化無常。耐火黏土的儲量一般不太大，通常不超過十萬噸。黏土的質量除少數以外幾乎都是低級的，其特點在於黏土的耐火度低及黏土中含有大量難熔的黏土變種。

因此，雖然這類型的礦床在蘇聯分佈甚廣，但它們在工業上的意義很小，而且極少被耐火工業所應用，但可作為地方性小工廠的原料基地。

在西伯利亞西部的加夫里洛夫(Гавриловское)殘積黏土的礦床和烏克蘭的沖積黏土礦床可作為這類型的例子。

加夫里洛夫礦床位於薩拉伊爾(Салаирский)礦山附近，被地



方工廠所開採。礦床是一些耐火黏土礦窠所組成，這些礦窠產在於寒武紀石灰岩中的狹窄漏斗狀陷穴中。

在28公頃的面積內進行勘探工作後，就發現有八個耐火黏土礦窠。這黏土層中根據黏土的顏色和所含的雜質可分為數種：白色純淨黏土，白色砂質黏土及因含有鐵氧化物而呈現雜色的黏土。

黏土的化學成分極不均勻，各種組份含量變化如下： $\text{SiO}_2$  自40.3%至70.7%； $\text{Al}_2\text{O}_3$  自18.7%至40.6%； $\text{Fe}_2\text{O}_3$  自0.2%至5.2%； $\text{CaO}$  自微量至2.7%； $\text{MgO}$  1.5%以下；鹼質2.6%，燒失量4.8%至13.5%。耐火度自1250至1710—1730°。

舍別托夫卡（Шепетовка）車站地區的礦床可以作為沖積礦床的例子，分佈在茨維托赫（Цветох）河、赫米列夫卡（Хмелевка）河、朋友（Дружная）河諸河流域之間。這裏耐火黏土礦床的產狀是長長的各個透鏡體，面積在2—3公頃以下，但往往不到一公頃（圖9）。

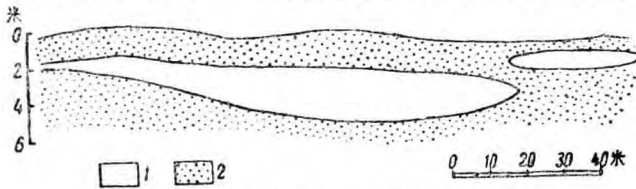


圖9. 耐火黏土沖積礦床剖面略圖  
1—耐火黏土；2—砂層

這些礦床的黏土是由於原生的高嶺土礦床的剝蝕，沖積層中的泥質物質在河灣處沉澱的結果而形成的。

耐火黏土透鏡體的儲量並不大，但黏土質量却相當高，如斯拉烏特（Славутское）礦床中黏土的耐火度達1710—1760°； $\text{Al}_2\text{O}_3$  的含量自22.9%至35.3%； $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的含量自0.5%至3.6%。

有些礦區為地方工廠所開採，利用這種黏土來製造玻璃供料（стеклоприпас）及磁器-釉陶工業中的燒鉢（капсель）。

## 第五章 普查工作中對耐火黏土礦 床的研究和評價

耐火黏土不是到處都有，而它們的礦床層通常只產在個別的地區並生在一定地層的陸相沉積中。

### 踏勘普查工作

踏勘普查工作是在預料可能有耐火黏土存在的地區進行野外研究的開始階段，其目的是要在組成該地區的岩石中發現耐火黏土和大致確定它們的產狀，以及查明最有利於佈置普查勘探的地段。

在普查工作中的任務應當指出如下：

1. 必須說明該黏土應用的範圍，並指明製陶器用或製耐火品用的種類；
2. 對黏土的質量要求；
3. 最低限度的儲量；
4. 進行開採工作的方式和方法（露天採石場、平窿、豎井）；
5. 耐火黏土層的最小可採厚度（當露天工作時及地下工作時）；
6. 覆蓋層厚度與耐火黏土厚度之容許比例及覆蓋層的容許絕對厚度；
7. 距現有鐵道和水路交通綫的距離。

地質工作者接受這個任務以後，應編製普查工作計劃。編製計劃是以研究該地區已有的各種地質材料為基礎，如各種文獻、收藏的材料、以及各種不同機構的普查和探勘各種礦產的報告（特別是有關黏土和煤的，往往也涉及到耐火黏土）和探水的鑽孔剖面圖。

在研究這些材料的時候，應特別注意陸相沉積的沙泥質地層和含煤地層，很仔細地研究它們的岩石成分，並將這些地層的分佈標出在地質岩石圖上，根據這個便可擬定調查的路綫和點。普查工作階段應當使用比例尺五萬分之一的圖，僅在萬不得已時才使用十萬分之一的或廿萬分之一的。

當研究分佈在該區的陸相沉積的岩石成分時，地質工作者應根據地質材料，標出大致認為適宜製造耐火成品的黏土層來。因此當該區有含各種顏色的泥質沉積物的煤系地層存在時，則應分出各個有希望的黏土層來，如：煤層上部的、煤層中間的、煤層下部的。灰色黏土是最好，有彩色黏土不好。

紅色黏土常含很多氧化鐵，因而不適宜製造耐火材料。

要想大概地判斷黏土對於製造在任務中所規定物品的可能性，除了根據它的顏色以外，還需要注意它的可塑性、含砂程度以及黏土中各種包含物的含量。

根據肉眼觀察，標出有耐火材料的黏土層以後，地質工作者應確定它所生的層位，以及它在該區大體的分佈；然後估計如任務中所指出的對採礦技術條件的要求（覆蓋層厚度和有用黏土層厚度）及交通綫的距離，並擬定進行野外工作的地段。

野外工作最先要在距鐵道或水路交通最近的地段進行。應當注意礦床距鐵道或水路交通距離，一般不應當超過10公里，只在特殊情況下，如當附近地帶缺乏耐火黏土或當有質量高、儲量大的黏土礦床存在時，那末距離可以遠些。

野外踏勘普查工作開始是研究該區已有的開採過的坑道，如正在開採的或暫時停閉的露天採石場、豎井、平窿等。不僅應研究耐火黏土的坑道，而且還要研究其他礦產，例如煤的坑道，因為煤常常

與耐火黏土在一起。在研究工作中，這些坑道需要加以素描，並仔細記載岩石剖面圖，如果發現有耐火黏土存在時，而根據剖面圖和肉眼觀察的標誌，判定可能為耐火材料時，那麼就則應作取樣試驗。

作完該區的礦山研究之後，地質工作者應開始作路線調查。作路線調查時，應當注意到僅為耐火的黏土所固有的特殊找礦標誌是沒有的；所以只好靠泥質岩石的共同標誌，這些標誌是：（1）所調查的地區割切不劇，沼澤發達。（2）沿谷地斜坡、窪地斜坡和河岸斜坡泉水的存在。因為這些標誌只能指示有一般泥質沉積物的存在，而且在大多數地區裡它們的存在又往往是非常顯著，因此在這種地區就有掘鑿勘探坑道的必要。這時也不要忘記一般在普查各種礦產時運用的憑經驗的方法——地方居民的識別法。在作路線調查的時期中，沿河岸、窪地斜坡和谷地斜坡、對所有的天然露頭和人工的露頭的研究，對於黏土礦床的普查工作有重要的意義。如果沒有自然露頭——斜坡被掩蓋或斜坡滑陷，那麼為了獲得切面或顯明切面就要進行打掃斜坡，進行淺井探或鑽探。

如果露頭，露天採石場或坑窪是因土壤滑陷而被阻塞，並在這露天採石場或坑窪內的黏土過去或現在為當地居民因自己需要而挖掘使用，那末為了作黏土的取樣試驗和確定黏土的真正的厚度，就應當在露頭附近幾米的地方開掘鑽孔或淺井。清除黏土露頭常常比開掘淺井或打鑽需要更多的時間。

調查路線的密度及在普查工作階段進行的勘探坑道的數量，是依許多自然的因素而定，這些因素中最重要的是：該區的地質構造、耐火黏土的產狀、調查地區的地形、該區的露頭、以及該區內露天採石場或豎井、平窿的存在情況。

如當該區露頭不好（這種情形比較少）而又沒有露天採石場和豎

井存在，這時期的工作，只好進行大面積的岩石測量。作大面積岩石測量必須要有比例尺大的圖（不小於十萬分之一），並且主要的是藉助於鑽探而很少用淺井或圓井。爲了不作機械的工作和不浪費無益的鑽探，因此在這種情況下必須很好地知曉該區的地質構造以及耐火黏土與一定地層同生成的特性。

在普查工作開始階段。有時不顧及工業上對一定厚度的覆蓋層要求的限制。

如果知道在該區的石灰岩層之下可能遇見耐火黏土，則在鑽孔還沒穿透石灰岩，沒達到耐火黏土而僅僅是因爲在15米深後（覆蓋層的允許厚度）還沒有發現耐火黏土，就貿然停止繼續鑽進，是錯誤的。

當完成當地地質剖面圖和知道了耐火黏土產生在剖面中一定高度和一定位置以後，就佈置下一批爲了查明具有對於工業開採有利的產狀地區的坑道。

在這個工作時期內 1 平方公里內總共佈置 2—3 個鑽孔。

進行普查鑽探，是依耐火黏土產出的深度和岩石的成分而規定該用何種鑽具。最常用的套管的直徑是 60 厘米和 89 厘米。鑽頭採用蛇形鑽和杓形鑽。

在普查工作中確定了：（1）耐火黏土的產狀和厚度、化學成分，顆粒成分以及耐火度等；（2）覆蓋層的厚度及其岩石成分。

最後在結論中指出作爲佈置勘探中的最有前途的地區。

## 普 查 勘 探 工 作

普查勘探工作的目的在於獲得耐火黏土礦床的大致特性，如耐火黏土的質量和用來製造某種成品的可能性，以及它們的儲量和產

狀等。因而這些工作進行的結果，應當確定該礦床是否適合於上述工業的技術要求。

因此，這階段的工作，可以對礦床作大致的地質探礦的技術評價；根據這個評價，可以決定對該礦床或是應當放棄進行工作，或是應轉到下階段的詳探工作。

在普查勘探工作時期，照例應當沿一定的直線佈置鑽孔。至於選擇直線的方向，對於獲得該區耐火黏土礦床遠景的正確評價，是極其重要的和有決定性的因素之一。若普查勘探工作是在已勘探或開採部分的附近地區，即是已經確定耐火黏土的存在，而且普及面大的地方進行時，則選擇這些線的方向是相當簡單的。若普查勘探工作是根據普查階段中的個別鑽孔而進行時，則選擇這些勘探綫的方向是比較複雜的。在這種情況下，鑽孔綫應從初期工作階段曾發現耐火黏土的地方開始。當選擇勘探綫的方向時，是遵循着：該區的一般地質構造、耐火黏土在某些特定層位的岩層中生成的情況、發現耐火黏土的露頭高度、地形和產狀等。

因此，若黏土礦層在分水嶺處埋藏深，分佈寬闊並穩定，則首先順着河谷岸邊的斜坡確定普查勘探的主要線的方向是最恰當的。在這樣勘探綫的分佈之下，就能指出對於開採最有利的探礦技術條件的地段。

如果在斜坡地帶有古代剝蝕作用的殘跡存在時，則需要增加一些垂直於河谷的橫綫。沿所有橫綫的鑽孔間的距離視斜坡的陡峭不同而定。沿增加的橫綫的鑽孔，是先從斜坡下部向分水嶺的順序進行的。

若在地質圖中，產耐火黏土的地層成狹窄長條狀時，則勘探綫沿橫的方向進行。

在普查勘探工作時期，確定鑽孔間的距離（確定）是依很多因素而定，其中主要的是：礦床類型、礦床大小、礦床的厚度以及地形等。對於層狀礦體或大透鏡體的耐火黏土，其鑽孔間的距離可以採取200—400米。但若能意料在礦床中有由於次生作用引起的複雜的產狀存在時，則這距離應大大減縮而不超過100米。

在普查勘探工作時期，對於具有小的透鏡體、礦巢、礦株狀的礦床，鑽孔間的距離多半是100米，有時為150—200米。在所有的情况下，鑽孔都應穿過耐火黏土的有用層並達下伏岩石中。

在普查勘探工作時期，以及在繼續詳探工作中，對於常常與耐火黏土礦體有關係的砂泥質地層的岩石的研究，有特別重要的意義。這種研究之所以特別重要，在於包含耐火黏土礦體的砂泥質地層可能屬於不同的時代，而在它們中幾乎經常找不到古生物化石。同時由於岩相變化劇烈，這種地層中的個別層的對比（параллелизация）是極困難的。此外，對於該耐火黏土的一定岩石變種來說，它的質量和它的標號，常常是穩定的。因此，進行對耐火黏土礦床的一切研究，都要充分弄清它的岩石特性。

在預探階段，地質工作者應當指明礦床的水文條件的特徵，因為進行詳探工作或以後開採礦床適合與否有時僅依礦床的水文條件而定。

在普查勘探工作時期，為要獲得礦床的水文地質的特徵，必須確定：（1）含水層的數目及它們的深度；（2）每層的概略流量；（3）潛水的可能供水區域。

### 耐火黏土的取樣及其性質確定

在踏勘工作及地質普查工作中，進行取樣試驗的目的是確定黏

土的化學成分和粒度 (гранулярный) 成分，以及它們的製陶性質。

獲得這些分析和試驗結果以後，地質工作者就能夠判斷他們所研究的地層中耐火黏土的質量，以及判斷它適宜於製造何種耐火品。

因此，在這個工作階段需要選擇三種類型的樣品；(1)作為化學分析的；(2)作為粒度分析的；(3)作為試驗室的簡單製陶試驗的。

凡在鑽孔或勘探巷道中所見到的黏土的所有岩石變種的各層樣品，都必須加以這樣全面的研究。如果所研究的黏土層，用肉眼觀察比較均勻類似，則可分這地層為若干段，每段厚0.5—1.0米；再由每一段採取三種類型的樣品。決不可在一個鑽孔或勘探巷道的地方只研究例如黏土的化學成分，而在另一個鑽孔或勘探巷道的地方只研究黏土的耐火度及其他另外的性質，因為這樣不能得到關於黏土性質的全面概念。但是應當指出，如果普查勘探工作的目的是在研究該區已知礦床的新的地段，而這礦床中黏土的製陶類型業已確定及開採它的技術條件亦已製定，那麼取樣研究僅僅是看它是否符合於這些已知的條件就够了。

耐火黏土的取樣是在已開採的坑道或勘探坑道中進行，並且就在曾經鑽探過的地方也要沿鑽孔進行取樣。從天然露頭中取樣以前，必須預先地進行打掃乾淨，因為露出地面的黏土往往在某種程度內是污濁的。一切適合於礦山技術上的標誌（覆蓋層厚度與有用層厚度之比，及覆蓋層和有用層的絕對厚度的）勘探坑道以及正在進行的或停廢的開採坑道，都需要加以取樣。

現時在坑道內作耐火黏土的取樣只採用一種方法——刻槽法，使用這種方法可以獲得耐火黏土層的全部厚度中最恰當的平均質



量。從鑽孔中取樣必須要從每一次提鑽長度（забурка）中提取，然後才按肉眼觀察的標誌視黏土的均勻程度而加以合併。如在耐火黏土層中有煤華夾層、砂夾層等等所謂脈石（пустой）的夾層存在，只有當它們的厚度小於3—5厘米時，才包括入於樣品中。

取樣技術及樣品的編錄（документация）將在下一章詳細勘探中詳述。

### 根據普查和普查勘探對儲量的估計及報告內容

在踏勘普查工作中所查明的耐火黏土的儲量，通常定為C<sub>2</sub>級。由於普查勘探工作進行的結果，在應用五分之一或一萬分之一比例尺的地形圖時，則儲量應當為C<sub>1</sub>級，僅在很少情況下，對於層狀和大透鏡狀的礦體，在有二分之一比例尺的地形底圖的情況下，儲量可能屬於B級。

在踏勘普查工作和普查勘探的報告中，地質工作者應闡明耐火黏土礦體的形態及其礦山技術條件：覆蓋層與有用黏土層厚度之比、含水性、耐火黏土的質量和儲量。

在這報告中應當作一結論，結出按照供給工業需要而作的該耐火黏土礦床的大致評價，以及在該區內可能發現耐火黏土新礦體的可能性的評價。如果地質工作者認為該區值得繼續作普查工作，而已查明的部分又值得詳細勘探，那麼在結論中就必須指出這些工作的方針和大概的工作量。

但應注意，地質找礦工作即使有良好的結果時，仍然不可能最後判斷礦床的工業意義，而僅僅是打下了下階段工作的基礎。

## 第六章 詳細勘探後對耐火黏土 礦床的工業評價

詳細地研究耐火黏土礦床是要達到以下目的：

- (1) 確定礦床的形態、大小及成因；
- (2) 查明有用黏土層的產狀、構造、以及黏土層中各種岩石變種的空間的分佈；
- (3) 獲得黏土中各種岩石變種的全部的質量特性；
- (4) 確定耐火黏土A<sub>2</sub>級和B級的儲量，並闡明黏土的各個標號和品級的產出率百分比；
- (5) 研究礦床的水文地質條件；
- (6) 獲得關於礦床的礦山開採知識；
- (7) 全部的工業評價。

初步勘探工作的目的是要查明最適於探礦技術條件的地段；進行時用較稀的勘探網。預探工作結束後，在已選定的部分，鑽探需要逐漸加密，勘探工作轉入詳探階段。

只有具備經過充分研究的勘探設計，並且如78頁所示普查任務那樣明確地規定了勘探任務，才可以正確地進行勘探工作並切實解決山地工作設計中所存在的問題。

有時由於必要的工作任務沒有而作了多餘的工作，這可以指出拉特寧礦床中在1946年勘探的一個地段為例子。在這些工作時期，在地層的侵蝕尖滅帶沿坑道作了取樣試驗並進行了全化學分析和製陶試驗，可是這裏的黏土厚度總共只有0.20—0.65米，因此在這種情況下黏土沒有工業意義。

當具有適當任務並對勘探指出了耐火黏土層的最小厚度時，則地質工作者不致犯類似的錯誤。

### 礦床勘探工作的性質

當勘探耐火黏土礦床時，往往不研究層狀礦體的體積，因為研究它的輪廓界綫需要大量的工作，這是不適宜的。照例，在勘探黏土時期，只圈定最有利於採礦技術條件的地區。

勘探網的密度主要視礦床的類型，在大多數情況下，視要求查明黏土質量的程度如何而定。對化學成分的要求愈高，鑽孔網的密度應當愈大。

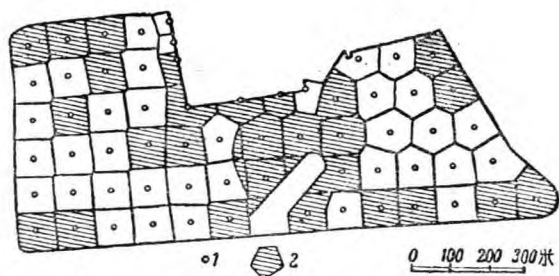


圖 10. 儲量計算略圖（根據黑色冶金部烏克蘭地質聯合公司資料）  
1—鑽孔；2—由於對黏土質量要求的改變，再次計算黏土儲量時除外的塊段

圖 10 是烏克蘭的第三紀黏土礦床之一的儲量計算略圖，在勘探開始階段，採取 100 米的勘探網；這時所有的塊段都作為有工業意義的  $A_2$  級來計算儲量。但在以後，由於勘探黏土的技術條件改變，這種改變在於  $Fe_2O_3$  含量可允許的範圍減低至 1%，因此在第二次換算時許多塊段就除外了。同時從表中可以看出，100 米的鑽探網，要定  $A_2$  級的儲量是不夠的，還需要加密到 50 米。

下面所介紹的勘探網的密度是依礦床的工業類型而定的。既然

在勘探耐火黏土時期，所有鑽孔都作了取樣試驗（第一類的第二亞類礦床除外）那麼所說的鑽探網也就是取樣網了。

層狀礦體或大透鏡狀礦體，並常常在很大面積內呈顯均勻的第一類第一亞類的礦床，應當用50—100米見方的勘探網，但常常採取100米的鑽探網勘探。只有當礦床的地形極不平坦，以及爲了照顧有些地方被沖毀的耐火黏土層時，或當黏土的質量極其複雜時，這就可採取比100米較密的勘探網。

有時在同一個礦床的各個部分，需要採用不同的勘探網，拉特寧礦床可爲一例。在某些有用層的頂板原生岩石（如砂岩）保留的部分，就無需顧慮到耐火黏土層被沖毀與否，而可直接採取較稀的鑽探網。在耐火黏土直接產於第四紀岩石下面的地區，應採用較密的勘探網，因爲在這樣的地區，黏土層有部分或全部破壞的可能。

第一類第二亞類礦床是顯示產狀變化極其無常的礦床，如覆蓋層厚度、黏土有用層厚度以及質量多樣性等各方面變化無常的，應當用很密的鑽孔網勘探。而且對於這類型的礦床，除了應用作爲取樣試驗的鑽孔外，還要應用專門的鑽孔來確定黏土的產狀。至於鑽孔的直徑則僅視覆蓋層的岩石成分而定，常常不大於89毫米。

勘探這類型礦床，開始是採用100米的鑽探網，鑽孔作棋盤狀佈置，然後再沿一些縱綫或橫綫上採取15—20米的距離佈置鑽孔，進行勘探。只有在發現產狀最好的個別地段，和在找到這些地段分佈的某些規律以後，並且在可能範圍內確定黏土產狀變動的原因，才能進行這些地段的圈定。

用爲取樣的鑽孔間的距離，應當是20米至40米，而作爲研究產量而增加的鑽孔相互間的距離，應當是10—15米。

上述鑽孔間的距離，對於這類型礦床的勘探程度，只能相當於B級。企圖勘探至A<sub>2</sub>級是不妥當的，因為要勘探到A<sub>2</sub>級，還須要增加大量鑽孔，至於這類型礦床中黏土的產狀和質量，是要在礦床的開採過程中進行開採勘探時才能確定。

當勘探的耐火黏土礦床是透鏡狀和礦巢產狀的第二類型礦床（常常與次生高嶺土礦體有關）時，則各個鑽孔之間的距離是25—50米。

選擇鑽孔間的距離，如像佈置鑽探網一樣，主要是依礦體的形狀而定。如當黏土作長條狀產出，長1公里米寬75米時，則鑽孔應當按5×50米的網進行，而沿橫穿礦體的寬的方向，採取25米的距離。

在礦床中所遇見各種岩石，其質量鑑定的準確或精確與否，取決於應用取樣試驗法的正確性如何，以及進行製陶試驗和分析的完備程度而定。全蘇礦產儲量委員會（BK3）的實際工作，證明了大多數被認為無用的報告，正是由於進行取樣試驗法的錯誤，或是對黏土的研究不夠全面的緣故。

由於對黏土的個別岩石變種的質量鑑定不夠精確，這就會使得對它們在工業上應用的可能性作出不正確的評價，及選擇了不正確的勘探系統。若黏土的每一岩石變種各具有特有的質量時，則黏土應當選擇開採，反之當黏土的各種岩石變種的質量是一致時，則可以進行全部開採。

耐火黏土礦床水文地質條件的研究，多半是地質詳探工作階段專門研究的對象。

### 勘探方法：鑽探和山地工作

在進行耐火黏土的勘探工作時，選擇勘探方法主要是依下列因

素：

- (1) 覆蓋層的產狀，特別是它的厚度；
- (2) 覆蓋層的岩石成分；
- (3) 礦床形態特徵及其地形；
- (4) 水文地質條件。

現時進行耐火黏土的勘探工作，幾乎全用手動迴轉鑽，很少用岩心鑽。這是由於耐火黏土往往都產在10米以下，而頂板岩石又經常含水而疏鬆。在這種情況下，應用坑道是較複雜的，較困難的和較貴重的勘探方法。

鑽孔的直徑，通常是依取樣試驗的目的和需要樣品的重量而定。若取樣僅作為化學分析和粒度分析用時，則鑽孔的直徑可以取小些，因為作這樣的分析並不需要大量的黏土；若樣品需要進行製陶試驗時，則鑽孔的直徑（黏土具有同樣的厚度時）應取大些，因為這時需要較多的黏土。為了穿過黏土有用層，經常應用尖端直徑自74到108毫米的鑽孔進行勘探。若耐火黏土的厚度不大時，可採用直徑較大的鑽。有時選擇鑽孔的直徑時必須估計到覆蓋層的岩石成分，因為如覆蓋層中具有巨大的碎屑物質——卵石、碎石等等，這就不能使用直徑小的鑽。

最後，應當指出：在不常有的情況下，為了要確定覆蓋層的厚度時，必須增加有套管的鑽孔，套管直徑為60毫米。應用這種鑽孔是為了查明耐火黏土層產狀的強烈破碎情形，及其用25米網都沒有查明的突然往深處沉沒的現象。當然，這種鑽孔並不是為了取樣試驗的目的，因此只進行到有用黏土層的頂板，

當從鑽孔中取出樣品時，為了避免混入雜質，必須作到下面幾點：

- (1) 用套管護孔；
- (2) 將套管管袖(баишмак)下到頂板處；
- (3) 在有用黏土層中封蓋砂層、含水層和透鏡體。

當應用手動迴轉鑽時，鑽頭常常利用螺旋鑽（蛇形鑽），而很少利用掘鑿速度小的杓形鑽。鑽頭的螺距大大地影響到掘鑿的生產率。至於螺距的選擇依黏土的密緻性和可塑性而定。因之當掘鑿可塑性黏土時，多半用短螺距的鑽頭，而可塑性小的黏土多半用長螺距的穿岩機。

岩心鑽採用時較少，只有在黏土埋藏較深，用地下豎井或平窿坑道開探，如在莫斯科盆地和其他地區的一些礦床，或者在耐火黏土層頂板是堅固的岩石如拉特寧礦床等才用。

當勘探耐火黏土時應採用山地坑道比採用鑽探要少。因為山地坑道多半是用來檢查鑽探或採取樣品作中間工廠的試驗之用。為此目的就用淺井或圓井。

有用層產狀破碎的礦床，若地形宜於用平窿開掘時則用平窿，因為我們沿平窿觀察研究，可以得到關於耐火黏土層的結構、形態的寶貴材料，以及黏土沿厚度和走向質量的變化。當勘探新的礦床時，若根據耐火黏土的產狀，不能用平窿開掘，則採用淺井和石門開掘。

在勘探耐火黏土時往往不採用槽探，因為黏土礦床埋藏深度在3米以內適宜槽探的情形並不多。如果有這種情形，那麼在大多數情況下，由於有水流入，槽探也是較困難的，因為黏土是一種不透水岩石。

對於正在開探的礦床的採石場、豎井、平窿，在勘探工作中應當取樣試驗，並作最大限度的研究。必須詳細素描和記述，因為作

礦床的結論和礦床的評價多半是依據最可靠的、能表明耐火黏土層蘊藏的確切輪廓的坑道材料。

## 取 樣

在勘探工作中，作耐火黏土質量的研究，應採取各種用途的樣品——化學和粒度的分析，以及實驗室的製陶試驗。此外往往採集樣品作技術性的中間工廠試驗。

只有當正確的仔細的作取樣，才能獲得完全可靠的耐火黏土的質量特性，這種質量特性是作為礦床估價的最重要的因素之一。所以應當特別集中注意力於樣品選取的工作上。

在取樣以前必須明白：勘探工作應當確定礦床中各類黏土的質量特性，和表明選擇開探的可能性。

在詳細勘探階段，如果知道了耐火黏土的大致質量特性，則取樣方法的選擇比在普查階段要簡單得多。

往往每一類黏土（按岩性劃分）也就相當於一定的標號和品級，所以取樣可按各類黏土來分別進行。

在用肉眼觀察是相同性質的黏土層中，如果沿垂直方向未發現質量上有任何規律性的變化，則採集樣品應將每 1.0—1.5 米作為一段。反之如果發現有規律性，則應減到每 0.5 米作為一段。

在耐火黏土層中的疏鬆岩石夾層如砂、炭黑等等，當取樣試驗時，照例應當除外；因為在以後開探礦床過程中，全把它們作為無用的廢石。只有礦床中許多的砂粒層，厚數厘米並與耐火黏土作間互層時，這種砂層才包括在選樣的範圍內。

至於開探的礦床取樣，必須從正在開探的坑道（採石場、豎井等等）中獲得耐火黏土的質量特性。並且如記錄一樣，說明礦山管



層工作中有關各種標號和品級的黏土在開採黏土總量中的百分獲取率附加於勘探資料之內。

從坑道中採取樣品，刻槽取樣法是坑道中耐火黏土取樣法的最可靠和最正確的方法。在坑道中不用揀塊法採取樣品，因為這種方法不能得到個別層或整個層的平均的準確質量特性。

在淺井或圓井、採石場、平窿和其他坑道中選擇樣品以前，應對污穢的掌子和坑壁進行清掃整理，然後才記述露出的斷面，繪製耐火黏土層的層次。詳細地記述顏色，可塑性、砂粒（在黏土層中作夾層、透鏡狀或均勻地分佈產出）形成包裹物或泉華的鐵質礦物、斑點、各種細脈、碳酸鹽包裹物等等。僅對黏土的有用層作如此的記述，並已經確定有用層的均勻程度，其中有無各種岩石變種、每層厚度等等，才能進行刻槽，還需要預先解決如何進行採樣的問題。下面舉出幾個採樣的例子。

在圖11中可以看出，耐火黏土層中，根據四層不同的岩石特徵很容易被分開，因而每一層有其特有的質量特性，所以用刻槽法選出各層平均的樣品№1—4，便分別代表了所有黏土類型的特性。

在圖12中可以看出耐火黏土層產在砂層的中間，黏土層向頂部和底部逐漸富集砂，只要用手觸摸就可感覺到。這種情形亦用刻槽法在地層中選出三種樣品：№1、上部砂質層，№2、用手觸摸含砂量不顯部分，№3、底部砂質層。根據這些樣品可見黏土的質量特性是各種各樣的。

如果黏土層是十分均勻的黏土，僅僅個別層中含有大量的鐵質包裹物等等，則仍用類似的方法取樣。這種情形取樣品如同圖12中所指示，即在地層中沿純淨層和含鐵質包裹物層分別進行刻槽。

在圖13中根據顏色分耐火黏土層成5層，因而這個法亦如圖11

的分法一樣。但是另外一種情況，即在普查階段或如在探石場中初步取樣試驗時，所分成的岩石類型的分類在質量上相互沒有區別業經確定。因此在這種情形下進行各層取樣試驗是沒有意義的，佈置刻槽是沿層分為若干段，每段 1.0—1.5 米。如果各層的取樣間隔接近於 1.0—1.5 米厚時，那麼在取樣時刻層與他層相聯為一，終是不應當的。

如圖 13，量合理的取樣法如下：按灰淡黃色和淡灰色的黏土類型，前者厚 0.90 米，後者厚 1.20 米，便分別採取樣品；至於它們下面的三類黏土——玫瑰色的、淡黃色的和淡灰色的，三層總厚 1.5 米，便可共選一種樣品。但是這種不同岩石類型的綜合取樣很少被採用，只有在過去研究完全證明黏土質量相同的一定條件下才可應用。

對於以下的例子也應當研究：耐火黏土層厚 3.5 米，外表看來完全是均勻的黏土，因此其中不同岩石種類就不能分辨。關於這種地層應當如何進行取樣呢？

在詳細勘探開始階段，選取樣品必須用刻槽法，分成若干段，

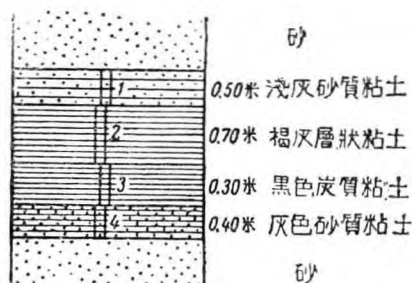


圖 11. 當黏土各種岩石種類分層取樣時，刻槽的佈置  
1, 3, 5, 4—刻槽樣品

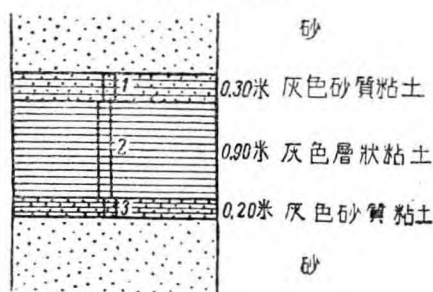


圖 12. 當黏土各種岩石種類取樣時，刻槽的佈置 1, 3, 5—刻槽樣品  
(以上二圖中“層狀”均應作“可塑”)

每段取 0.5 米，依次取樣。這樣可以了解地層各個部分的黏土質量，至於這種外表看來完全相同的黏土具有各種特性，有時只能經過實驗室研究才可確定。

如果將這些樣品試驗結果，確定了不同特性的黏土產在地層的不同部分，例如地層底部和上部是酸性的，而中部是基性的，同時根據一些鑽孔這個規律都是不變的，那麼以後的選擇樣品應當取 0.5 米的間隔。

如果研究結果，證明在地層各個部分沒有黏土質量變化的規律性，則往下的選擇間隔應增到 2—3 倍，即每隔 1.0—1.5 米選一樣品。

上面引用的例子表明了為要確定耐火黏土質量及其岩石種類的關係，地質工作者在勘探耐火黏土時，應盡量用這種方法選擇樣品。

當選擇樣品時，刻槽的大小，依黏土的質量需作何種分析和試驗，以及取樣層的厚度或分段的大小而定。

當刻槽斷面為  $0.20 \times 0.10$  米時，總長 1 米的刻槽樣品大致重 40 公斤。作為實驗室製陶試驗用的樣品應重 20—25 公斤，作為粒度試驗用的樣品應重約 1 公斤，而作為化學試驗用的樣品不多於 0.5 公斤。根據此點，在耐火黏土的實際勘探中，最常採用的刻槽是依層

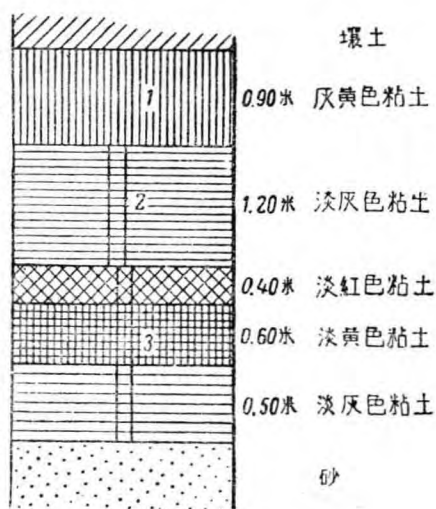


圖 13. 分層取樣和分段取樣刻槽的分佈  
1、3—依黏土的岩石種類的刻槽樣品；  
3—分段的刻槽樣品

厚或分段厚度之不同而定的，寬0.10—0.20米，深0.05到0.15米。

刻槽是用垂直於層的兩條平行綫來固定，然後依上述深度掘鑿。樣品採下後為具有四面或三面的稜柱形塊子。

在淺井中的刻槽應沿相對的兩壁進行，而圓井中的刻槽則應在直徑的兩端分別進行。

在可塑性黏土中切取刻槽樣品，必需應用特別的“斷切器”（резка）是一種短的鐵棒，一端是被展寬擊平和磨銳的。如果沒有“斷切器”，可用小刀，但這很不方便，同時需要消費很多的時間。對於堅硬的硬質黏土，則用斧頭進行刻槽掘鑿。

把選取好了的樣品收入墊下的防雨布或箱子中。

選好樣品以後，為了避免混亂應立即拿出整理。作為實驗室製陶試驗用的樣品應作好標籤並包裝入箱內。作為化學分析和粒度分析用的黏土，應預先晾乾，並碾細成1—3毫米大小的質點，再攪合成為均勻的成分。此後縮減樣品，到最後重約2.0公斤；一半寄送作實驗室分析，而另外的部分保存在地質勘探機構中。各種樣品應分別包裝入布製的袋中，在袋上用化學鉛筆標明名字、坑道號數和樣品號數。同樣用標籤標明礦床的資料和礦床的名字，再把這標籤捲到紙內放在箱子裏。

為了製成一套標準的標本，能包括礦床中所有的各種岩石種類的黏土，因此在坑道中選擇的樣品應具有正方體的形狀其大小為15×15×15厘米，或平行六面體。這些標準的標本可供相互比較，並且當按鑽孔描述黏土時這些標本給以很大的幫助。

從鑽孔中採取樣品。從鑽孔中採取黏土樣品應遵循以下方法：為了要能獲得可靠成分和足夠重量的樣品，則所採用鑽頭的直徑最好不小於108毫米。當進行鑽探時，隨鑽過之後，應採用方法預防

黏土礦體被覆蓋層和有時存在於耐火黏土層中的鬆軟岩石所弄髒，所以必須用套管護着孔壁直達耐火黏土層頂板；但如果在黏土層中有砂質的、炭黑的及其他鬆軟的夾層時，則套管必須穿過包含這些夾層的黏土層。每次提鑽長度不應大於15—20厘米，如果被取樣的黏土是均勻的，那末每次提鑽長度可以增大到到30厘米。在蛇形鑽或杓形鑽內的黏土，應當用木製鏟、鐵鏟或小刀清除乾淨，然後從鑽頭取下放入窩形箱內，註上適當標籤。至於個別提鑽長度中的黏土樣品，應根據岩石特徵或採取段放在一起，正如上面在坑道中採取樣品時所敘述的一樣；作為室內研究的合併樣品應如上所述攪勻，減到應有重量，並包裝之。

### 選擇樣品以進行半工廠式試驗

在地質勘探過程中，如果用該礦床的黏土來生產的技術過程還沒有工業基礎，因而欲知道在工廠條件下製得的成品的質量是不可能的，那麼便可進行選擇黏土樣品作半工廠式試驗。假如勘探曾被開採過的新礦區時，則不作半工廠式試驗，同時也不需要在此礦區內選擇樣品。

作為半工廠式試驗用的黏土樣品，其重量應在兩噸以上，在試驗中要製造一整批與實物同樣大小成品。

採取這種樣品只能在各種坑道中進行（淺井、圓井、採石場、平窿等等）。只有在已經確定了各類型黏土的全部質量特徵時，才能開始進行取樣。

在已經進行取樣試驗的鑽孔中，根據鑽孔有了實驗室研究的結果，已確定各類型耐火黏土的標號和品級，那麼這樣的鑽孔應優先進行坑道，以便採取半工廠用的樣品。在發現大量各種標號的黏

土地區，而且在該區內根據有利的礦山技術條件，可以擬定最先開探，則這樣的地區應當被選出。

作為選擇半工廠用的樣品的淺井和圓井，確定其斷面時，應估計擬作取樣試驗的各層的最小厚度。因 1 立方米的黏土等於 1.8 噸，所以選擇作為半工廠式試驗的黏土需要 1.1 立方米。因而，如果取樣層的最小厚度是 0.5 米，則坑道的斷面必須是 2.2 平方米。

由坑道內取出的每種岩石類型的黏土，應分別放置在預先準備好的，清掃過的台上或防雨布上，然後包裝入箱。如樣品超過二噸，則用普通方法縮減。

對於樣品的寄出不建議裝運(навал)，因為這樣會把黏土弄髒。

### 樣 品 的 紀 錄

從勘探坑道或開探坑道中選取的耐火黏土樣品，應記錄在專門的記錄簿中，記錄簿內應包括下面幾項：

1. 選擇樣品的時間；
2. 樣品的號數；
3. 礦床的名稱，礦區名稱、坑道名稱及號數；
4. 取樣試驗的間隔；
5. 取樣試驗的厚度；
6. 樣品的重量（公斤）；
7. 樣品的用途（化學分析的，簡單分析或全分析的、製陶試驗的、粒度分析的，半工廠的等等）；
8. 樣品的簡要描述；
9. 黏土的岩石種類及預定的標號和品級；

10. 分析和試驗樣品的實驗室的名稱和時間；

11. 試驗的簡要結果。

在第八項關於樣品的極簡要描述是根據肉眼的標誌（顏色，可塑性，包裹物及其他雜質）。

在第九項關於黏土的預定標號和品級是根據肉眼確定：在勘探已開採過的礦床的新地區時，礦床的標號和品級曾經確定過，那麼在進行預測它的標號和品級就迅速而容易了。對於新的礦床，在這項只表明岩石的類型。

假如礦床勘探已經完畢，礦床存有技術條件，那麼，在第十一項內，獲得分析和試驗結果後，便表明了黏土的標號和品級。

對於新的礦床和已知的但其黏土沒有技術條件的礦床，則在這項內註明  $Al_2O_3$ 、 $Fe_2O_3$ 、 $SiO_2$  及燒失量，以及一些主要的製陶特性——熔融溫度，燒結性，磚塊的熔疤和磚塊的顏色。

這樣寫成的樣品記錄簿，可以十分容易而簡單地確定由肉眼所觀察的這些黏土的特性能夠正確到什麼程度。在這記錄簿中，關於各種類型的黏土的質量特性是容易區別的；因此往後可以正確分礦床黏土為若干標號和品級。

除記錄樣品在記錄簿內以外，直到礦床的地質勘探工作整個階段結束之前，有時在很長的時期內還需在採集箱內保存着複分樣品（дублетный фонд）。

如果必要作補充分析和試驗時，則常常應用這些複分樣品。

樣品袋應當放入採集箱內。每一樣品都寫上標籤，而這些標籤不是寫在紙上而是寫在膠板上。只有當樣品已經事先烘乾了時，則寫在紙上的標籤才可以放入。

在標籤上應當寫明：（1）標本的號數；（2）礦床及地段的名

稱；(3)坑道的形勢和種類；(4)取樣深度(從多少米到多少米)；(5)日期和簽名。

當採取為半工廠式試驗用的樣品時應當編製一關於取樣的冊子。在這冊子內應註明：(1)樣品的號數；(2)礦床的名稱和取樣礦區的名稱，以及進行取樣組織機構的名稱；(3)取樣日期和取樣時主要成員；(4)取樣的坑道種類和號數；(5)取樣深度(從多少米到多少米)；(6)樣品的簡要描述；(7)取出樣品的重量；(8)取樣的目的。

參加選樣的主要成員應在冊子上簽名，簽名人數不少於三人。

如果礦床是在開採着，則取樣應在地質工作者的領導下和該採石場或礦山的技術人員一起進行。

### 勘探工作中對耐火黏土質量的研究

到現時為止，在野外條件下，對於坑道中採出的耐火黏土，只能作詳細的肉眼觀察的描述。

肉眼觀察較好的描述有特別重要的意義，因為在分析和製陶試驗以後，從這種描述中有依肉眼觀察的黏土特性而決定黏土質量的可能。描述時應在黏土濕潤狀態下進行，(指出乾燥狀態的顏色)。說明黏土顏色的均勻程度或斑點程度，包裹物和其他雜質，及其在黏土中分佈情況(個別結核體和夾層)。

在描述中必須指出黏土大致可塑性。

進行分析和實驗室試驗，是要確定黏土的顆粒，化學、礦物成分以及黏土的製陶性質。因為顆粒成分在同一耐火黏土的岩石種類裏是十分均勻的，所以確定顆粒成分僅在部分勘探坑道進行就行了(圖14)。



依所用取樣法之不同，每種岩石種類的樣品或各段的樣品都進行研究，但必須沿某些坑道對所有有用黏土層的粒度成分特性搞清。依顆粒成分的均勻程度之不同，研究粒度成分只要在礦床中的打到耐火黏土有用層的坑道的10—20%中進行即可。

從所有坑道中取出的全部樣品作黏土化學成分的研究。如果勘探工作是在已開探的新礦區進行，而黏土的技術條件業已確定，則所有樣品只作簡單的化學

分析來測定已在技術條件中表明的組份，這些組份一般是  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ 、 $\text{FeO}_3$  以及燒失量。假如詳探工作是初次在礦床中進行，並且關於該礦床的黏土還沒有技術條件，那麼在多數勘探坑道中採取的樣品，就要經過簡要的化學分析，確定  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  以及燒失量。而對於其餘勘探坑道的樣品，應作全化學分析，以確定  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CuO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{SO}_3$ 、鹼質和燒失量。作全化學分析，應當用曾經作過顆粒分析的該樣品，只根據黏土每一岩石類型的2—3個標本，就可確定礦物成分。

實驗室製陶試驗的規模和性質，如同化學分析的條件一樣，即看是在已調查的礦區，對於黏土的技術條件是否業已確定。如果有了這些條件，則根據所有坑道中的樣品，只進行黏土耐火度的確定，而不需要甚麼製陶試驗。根據化學成分和耐火度為基礎，地質工作

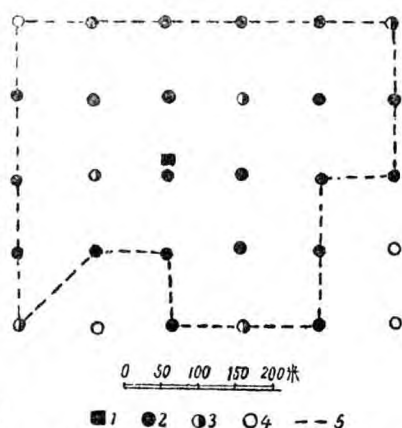


圖 14. 詳探階段中取樣坑道分佈圖

- 1—作半工廠式試驗選樣淺井；  
2—作簡要化學分析製陶試驗選樣鑽孔；  
3—作全化學，粒度分析及製陶試驗選樣鑽孔；  
4—沒見到耐火黏土的鑽孔；  
5—儲量計算邊界

者可進一步研究耐火黏土的標號。

當勘探工作，若在還沒有進行製陶類型研究的新礦區進行時，就需要大規模的試驗。從所有坑道中所取樣品，都要按研究耐火材料的全蘇研究院（列寧格勒）所定規格進行製陶試驗。這個規格如下：對於調查中的所有樣品都要作詳細的肉眼觀察的記述，又根據這些記述按岩石的特性（岩性指標）分成若干組。然後進行大規模的製陶試驗，是每一樣品形成在溫度在 $1250-1350^{\circ}$ 下焙燒的塊子（плитка），焙燒以後再進行肉眼觀察的記述，可見由於各種黏土的質量不同（水泡、熔疤、裂隙、坯色等），而具有各種特性吸水率（製陶指標）。此外在這些碎塊中確定了空氣收縮率與燒成收縮率、吸水率（водопоглощение）。然後從製陶類型黏土樣品的每一組中，選擇某些樣品（依均勻程度如何來規定數量）作為實驗室的簡單製陶實驗，選擇一個或兩個樣品作全的製陶實驗。在簡單的實驗中除了上述以外，還應確定黏土的耐火度及燒結性。

全製陶實驗說明黏土的工業意義，其內容是：黏土的乾燥率和收縮率，在各種不同溫度下焙燒的標本的吸水率，燒結溫度，製成品的機械強度和體重，製成品的透氣率，各種溫度下的殘存收縮率，荷重變形等等。

近些年來在研究黏土的實際工作中，根據全蘇礦產儲量委員會指導所要求的化學分析和確定耐火度，對於75—80%的樣品都採用大量的製陶試驗來代替。這種情形可適於曾經研究過的礦床黏土，以及從礦床中選出的黏土的岩石種類質量變化不大時。

根據實驗室的製陶試驗和化學分析，可確定具有已知的化學成分和製陶性質的礦床中黏土的標號和品級，而且擬定出對於所研究礦區中黏土的技術條件的計劃。

在作實驗室製陶試驗的同時，應用少量的標本作半工廠式的試驗（每一黏土的岩石種類取1—2個樣品）。在半工廠式試驗中對於樣品的研究，如同作全的實驗室研究一樣，但製出的樣品要和工廠的成品一般大小。由這些試驗的結果製出生產耐火材料的技術過程方案。由於半工廠式試驗的結果，所得到的耐火成品，需要按照國家標準的要求來加以檢查。

由於試驗結果所確定的黏土標號和品級都表明在柱狀圖和剖面圖內，並註有所研究樣品的相當號數。如果在相鄰的坑道中，各種標號的黏土可以對比，則可編製地質剖面圖，分出各種標號的耐火黏土來。

現在全蘇礦物原料研究所(ВИМС) 造成一種活動爐，可以在野外確定黏土的耐火度。這就減輕了地質工作者的工作，因為用這種方法，在勘探過程中可以即時獲得有用黏土層的耐火度。知道了耐火度，如果在必要的情況下，地質工作者可以改變勘探工作的方向，或修改某些採樣方法等等。

### 儲量計算和定性

儲量計算乃是室內整理地質勘探資料及研究耐火黏土質量上的成果的最後一個階段。

儲量計算的選擇方法，主要是根據礦床類型，耐火黏土有用層的質量和產狀，以及勘探工作的詳細程度和勘探坑道的分佈情況。

多角形法(或稱波爾得列夫(Болдырев)法，或“最近地區法”)，乃是計算耐火黏土 A<sub>2</sub> 級及 B 級儲量最常用的方法。

這個方法常被採用以計算個別標號黏土的儲量。按照這個方法

構成的計算黏土儲量的平面圖，常被採用作為品級圖。

但是它們僅是極密的勘探網才能極粗略地表示出各種不同的性質黏土在空間上的分佈。

當勘探坑道網是規則正方形時，則儲量計算可採用算術平均法，所得出的結果並不差。

若坑道在面積上分佈不均時，這個方法依然可採用，但是整個面積應分作個別塊段來計算，這個別塊段在坑道間具有較均勻的距離，並且產狀均勻。

用等值線法來計算耐火黏土的儲量極為少見，該法僅適用在產狀極不規則，而在短距離之內變化很大的礦床，例如，在特羅伊茨克-拜諾夫礦床的個別地段的峯狀黏土，就使用這種方法。在這樣的情況下使用此法，只有具備密集的勘探網（15—20米）的條件下，才能得出確實的結果。

應當指出：儲量計算的平面圖在有足夠數量坑道的條件下，繪製平面圖中具有相等厚度的等值線，這是有意義的，這能表現黏土礦床的形狀，同時表現地下儲量的分佈和位置。

不應該忽視了運用平行垂直切面法來計算儲量，因為它對設計機構是極有利的。

至於建議運用三角形的方法是是不可能的，因為按照黏土標號來計算儲量時，多角形法較方便，但當確定總儲量時是利用算術平均法，該法最簡單，並且所得出的結果也不錯。

在普查地區計算黏土儲量，當勘探網稀疏時，只利用算術平均法。

當應用任何的方法來計算耐火黏土的總儲量時，不合格的夾層是包括在內的。除此之外，按照通過耐火黏土層所掘進（鑽進）

的坑道進尺，來統計各種標號黏土及不合規格的黏土產出的百分數。

A<sub>2</sub> 級儲量計算邊界，是沿極邊的正坑道劃定，即是說在這樣的坑道內，用作計算儲量的黏土厚度最低限度不小於開採厚度；覆蓋層及無用的夾層厚度不超過勘探工作中所規定的厚度，而根據質量，黏土要合乎技術要求。

計算級A<sub>2</sub> 及B級儲量的平面圖，應該用1:1,000—1:2,000的比例尺繪製。而C<sub>1</sub> 級用1:10,000 的比例尺，至於C<sub>2</sub> 級則任何比例尺都可。

在計算儲量時的所有劃出地段，及按覆蓋層和有用層厚度所分的各帶等等，都應該在平面圖中精確劃出。在每個用以計算儲量的坑道附近，表明各種標號的黏土厚度，覆蓋層厚度及有用層中的無用夾層厚度。

在計算黏土儲量的範圍內，進行計算覆蓋層體積及產在有用層中的無用夾層的體積。

爲了闡明儲量計算，除平面圖外，還要繪製地質剖面。後者在詳探地區，在具有1:0,000 或1:2,000 比例尺的條件下繪製，水平比例尺同前，垂直比例尺是1:100或1:200。

在剖面圖中應該繪出：黏土標號，不合規格的黏土，有用層中的無用夾層，計算各級儲量的範圍、潛水面、以及（在必要時）有用層底板的防水保護層（водопредохранительный целик）。

圖15便是繪有各級儲量邊界、黏土品級及標號的地質剖面圖的例子。

按照耐火黏土儲量的條件，可列於某級，今將條件敘述於下：這些條件是根據1941年全蘇礦產儲量委員會出版的對耐火黏土礦床

所採用的儲量分類指南，近年來由於豐富的經驗僅對它有某些改正。

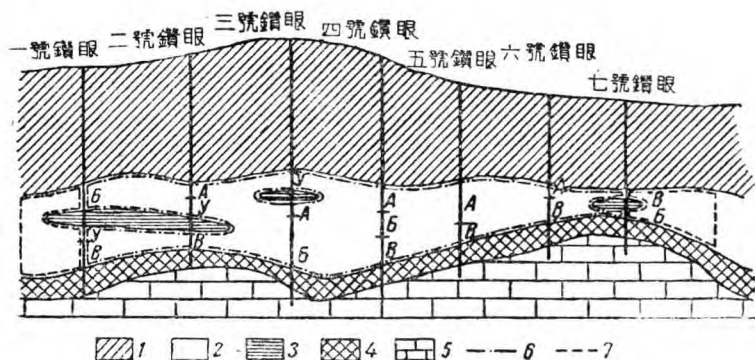


圖 15. 附有儲量計算邊界及表明標號的黏土礦床剖面

- 1—覆蓋層；2—黏土有用層；3—炭黑；4—保護層；5—含受壓水石灰岩；  
6— $A_2$ 級計算儲量邊界；7—B級計算儲量邊界；A、B、V—黏土標號

應當認為：在這些條件下所提出的勘探網密度，是基於二十五年來，勘探耐火黏土各種類型礦床的經驗所得出的平均的適合的密度。應當注意：在實際問題中在有根據時可以不按照指南的要求而應用較稀或較密的勘探坑道網。

### $A_1$ 級

計算  $A_1$  級的儲量是根據開發勘探的資料，在這兒不加以敘述。

### $A_2$ 級

$A_2$  級的儲量是在詳細勘探結果確定的，並且是供給技術設計開採之用，及用作建設投資的主要基礎。

屬於  $A_2$  級耐火黏土儲量的主要條件，有以下的幾項：

1. 地形測量應該用 1:1,000—1:2,000 的比例尺，繪製等高線距為一米的平面圖；
2. 黏土取樣勘探坑道的距離，在第一類第一亞類中為 50—100

米，在第二亞類中自25米到50米<sup>①</sup>；

3. 所有坑道黏土的化學成分都要研究；

4. 礦物及粒度成分，應按有代表性樣品進行研究；

5. 若黏土應用於耐火工業，確定耐火度時，應在所有坑道進行，若黏土應用於磁器及釉陶，則確定坯之變白性，應在所有坑道進行；

6. 實驗室的全製陶試驗，必須把每一黏土岩石種類的一系列樣品進行試驗；

7. 加工試驗，是在半工廠條件下，對儲量計算內的所有的黏土種類進行，但作好的成品則是按照現行通用標準試驗；

8. 黏土的岩石分類，應與質量上的標誌相符合；

9. 所有計算於儲量內的黏土，質量上必須都符合於技術條件；

10. 應該確定不同標號的黏土儲量，對所有有用層總儲量的百分比；

11. 精確確定有用層頂板及底板的高度；

12. 應計算覆蓋層及產在有用層中的無用夾層的體積；

13. 覆蓋層和無用夾層厚度與黏土厚度之比，以及作為開探所允許的最低限度的黏土厚度，在計算儲量面積內，應該是在任務所指定的範圍之內；

14. 若礦床含水時，研究水文地質條件的程度，必須足以作排水工程的設計；

15. 耐火黏土儲量，在詳細勘探區域範圍內屬於A<sub>2</sub>級，其邊界是按有着正標誌的坑道界限劃定的。

---

<sup>①</sup>第一類第二亞類礦床常不規定計算A<sub>2</sub>級儲量，因為不宜於用最密的坑道網。應當認為B級是該類礦床最高的勘探程度。

## B 級

計算 B 級儲量，乃是作為編製設計工作之用，以及是投資詳細勘探工作的根據。

當黏土質量或勘探地區水文地質條件研究得不够精確時，黏土質量經常是列於 B 級。

屬於該級儲量的耐火黏土的主要條件有以下幾項：

1. 地形測量應以 1:2000 的比例尺進行；
2. 在黏土層中取樣的勘探坑道間的距離，在第一類第一亞類礦床中，應當是 100—200 米，第一類第二亞類是 20—40 米，第二類是 50—100 米；
3. 為了研究黏土的質量，必須按照耐火黏土中的所有坑道進行確定化學成分，耐火度或磚塊的白色程度（依所勘探黏土的用途而定）；除此之外，還得將代表性樣品作粒度分析，但不進行在半工廠式條件下試驗黏土；
4. 若勘探地區含水時，應該預先獲得一些初步水文地質的資料，概略認識礦床中地下水可能的流量；
5. 簡略確定黏土岩層的頂板和底板的高度；
6. A<sub>2</sub> 級的第 8、9、12、13 條所敘述的要求，對計算本級儲量，依然有用
7. 假使外推帶經過地形測量時，那麼 B 級儲量同樣可以在計算 A<sub>2</sub> 級儲量範圍之外的外推帶中計算，外推帶的寬度不應超過 A<sub>2</sub> 級範圍內坑道間距離之半。

## C<sub>1</sub> 級

普查及預探工作的結果，確定出 C<sub>1</sub> 級儲量。這是投資於地質勘探工作及工業遠景計劃的基礎。



屬於C<sub>1</sub>級的黏土儲量是在下列條件下計算的：

1. 地形測量應該是儀器控制的或半儀器控制的，比例是在 1:10 000 以下；
2. 取樣的勘探坑道間的距離，第一類第一亞類的礦床是 200—400 米，第一類第二亞類是 40—100 米，而第二類是 100—200 米；
3. 黏土的化學和粒度成分，以及它的製陶性質（依簡製陶試驗），應預先按照某些坑道加以研究；
4. 黏土用途及黏土加工，可簡略確定；
5. 礦床的水文地質條件主要是靠在該區作一般研究的資料；
6. C<sub>1</sub>級儲量可以在高級儲量地區以外的外推帶中計算，在每一個別情況下，所允許的外推的範圍，主要是建立在礦層在厚度和質量標誌上的穩定程度而定。

### C<sub>2</sub> 級

C<sub>2</sub>級儲量是供國民經濟計劃之用，及地質勘探工作計劃之用。

屬於該級的黏土的儲量，主要是根據普通地質資料及黏土樣品的個別研究而計算的。

任何比例尺的地形底圖，以及用半儀器及目力所測出的平面圖，可供給計算C<sub>2</sub>級儲量用。

黏土分佈面積及其厚度均係大略確定。

### 耐火黏土礦床工業評價重要的因素

耐火黏土與磚用黏土相反，不能屬於大量應用廣泛分佈的礦物原料，因為對它性質上的要求是很嚴格，同時它的礦床於自然界中也比較少見。蘇聯的某些地區暫時沒有自己的耐火黏土基地，這些地區的使用者不得已而使用外來的原料。在另外的一些地區有着相

當大的耐火黏土礦床，而耐火黏土具有比較高的耐火度，它們的特點是可塑性礦或熔解間隔小。在這樣的情況下，使用者爲了獲得耐火材料，不得不從另外一地點輸送附加材料來。

所有這些特點使得耐火黏土具有分佈不廣泛的礦物原料性質，具有合格 (квалифицированный) 的礦物原料性質，使耐火黏土在國民經濟意義上接近了合格的非金屬：高嶺土、滑石、石墨、螢石等等。

在評價礦床時，地質學家應全面精確地考慮到耐火黏土在工業上的用途。特別是應該留意到耐火黏土用在工業上質量上的鑑定。同時他也應該全面精確地去研究使用者在技術上的要求，特別要更好地熟悉耐火製成品的生產過程，往往要考慮用以另外的成分加入到爐料中用以“校正”該黏土質量的可能性。只有這樣深入地去估計耐火黏土原料基地，才能得到良好結果。

在普查的時候，地質學家主要的是應該確定進一步研究礦床及在礦床中首先佈置勘探工作的必要性和目的性。根據事實的資料，他應權威地指出耗費國家資金在這種研究上是否有意義及意義究有多大。在詳細勘探的時候，地質學家所負的使命更大。直接參與礦床的地質研究，熟悉礦床的所有情況，所以他作爲見聞廣博的人，應該收集及批判地估計所有那些對於確定適當級的儲量和對於設計企業所必需的因素。地質學家們親自從事研究地質和經濟因素，加工因素則部分親自研究，部分根據它的任務由相當的研究機構從事研究。

蘇聯地質學者，在估計礦床時，應該盡可能地確定所有表示該礦床國民經濟價值的重要因素。這些因素的總和及其研究的詳細程度，在所有情況下，應足以使地質學者能精確地以所有的主要指標來表示所研究礦床在國民經濟上的意義。

一般將評價的因素分成三類：礦山技術、工業技術及經濟。每一類分別研究如下：

**礦山技術**包括礦床產狀、儲量及勘探條件。這些曾在上面已詳細地敘述到，因此在這兒對它們不擬多談。這些因素都應查明到極精密的程度，因為進行勘探工作的地質學者，在這些問題上是極其內行的。礦床類型，黏土產狀，頂板岩與底板岩的岩石成分及其堅固性、覆蓋層及有用層的厚度，存在於有用層中的外來雜質和夾層以及礦床的水文地質條件等等都提供了開採系統的選擇（露天開採，地下開採或兩者間的綜合開採）、剝土工作的性質（掘土機的或人工的），由產狀及含水層所決定的開採的最大允許深度。以及在不利的水文地質條件下所採取的必要抽水或引水措施等等。其中最重要的因素之一乃是決定開採的可能規模和期限的礦床儲量，這要考慮到使主要使用者能得到原料上的保證。

地質和水文地質的因素，常起着決定性的作用，不僅是研究個別的礦山技術問題，而且為了查明開採礦床在一般經濟上是否合理。這些因素配合着質量上的和經濟上的指標，對開採的成本、需要投資的範圍、以及將來企業的工作期限都有所影響。這樣，如果根據產狀開採礦床需要大量的基本費用，其實儲量僅能維持2—3年，黏土的價值就會劇烈增高，礦床的開採可能是不合算的。在另一方面，礦床儲量不大但具有良好的礦山技術指標，也是最有價值的，特別是當附近沒有儲量較大的礦床時就更顯得寶貴。

**工業技術因素**象徵着礦產的質量，關於這點在上面評價耐火黏土時曾敘述到它們的特殊意義。

對黏土質量上的要求是不同的，是根據要求的標準而定。由耐火黏土所製成的成品種類至為複雜，每一個成品應該是適應一定的

條件。地質學家從事普查及勘探黏土礦床時，應該熟悉定購人對黏土或黏土成品所提出的一些技術要求，耐火黏土缺少標準的技術條件時，將使得地質學家在這方面的任務發生了困難。但是，當地質學家很好地掌握了每種耐火成品的技術要求時，那他利用加工技術試驗的資料，便能很快地對黏土原料的有利程度有所判斷。

被地質學家所選擇的樣品交試驗室作加工試驗時，地質學家只是表述定貨人對耐火材料所提的要求。而在試驗室方面應該將那些爐料（шихты）的配方（рецептура）交給地質學家，爐料的配方應適於該項工作，同時應考慮到爐料的可能和合理的配合。

實際上有這種情形，就是地質學家以及按照他的任務工作的技術實驗室研究黏土，僅站在為了一定消費者需要的觀點，對黏土的性質和質量缺少全盤的評價。歸根結底，這樣的質量研究法，往往使得須要過一些時間來重新調查礦床和採取新的樣品，以致地質學家的勞動和大量的國家經費白白的花費在這上面。

為得避免這些，於是在評價每個耐火黏土礦床時，為了說明原料的一般適合性，就必須找出它的下列特徵：1. 主要組分和熔劑的化學成分；2. 礦物成分；3. 顆粒成分；4. 熔融溫度及燒結溫度；5. 可塑性；6. 顏色（目視顏色，對白色要求出百分率）；7. 被大包含體及夾層所摻雜的程度（засоренность）；8. 所有主要製陶性質。

當黏土被有害的雜質（例如黃鐵礦）所大量摻雜時，那麼便發生了原料富選的問題。然而，不得不指出：直到現時為止耐火黏土，無論在我國或在外國照例沒有富選，在很好的情況下，使與砂子分開，採用澄清法（отмучивание）。但是富選黏土對於沒有够標準的耐火黏土的地區，及非常需要的地區，起着極重要的作用，例如在伏爾加河流域，就缺少優質的耐火黏土礦床，因此對那些

難熔的黏土如何使其質量提高，以便增加耐火度的問題，在目前已毫無疑義是個現實的問題了。由於這個緣故，地質學家在這個區域工作時，應當向工程技術人員提出有關黏土加工製造方法來提高黏土質量的問題。

**經濟因素**，製成產品的單位成本乃是對礦床作工業評價時主要的經濟指標。所有有決定性的地質因素的影響，礦山技術因素以經濟因素的影響，都由貨幣具體表現於其上。這些因素都象徵着礦床的工業價值。產狀、儲量大小、礦山工作系統、開採規模、機械化的程度，基本投資的範圍及工廠的工作期限等，都多少影響到成本。統計所有這些因素時，地質學家就易於確定那些在礦床合理的開採過程中可能達到的成本的大概數字。作為原始數字及為了比較，地質學家可以應用開採礦床的實際指標。計算就地採礦的黏土成本，可以按照以下的簡單公式來進行；

$$C = \frac{Bn + A}{k}$$

式中  $B$  —— 剝土1噸的費用；

$n$  —— 覆蓋層的厚度與有用層之厚度（包括無用岩石的夾層）之比；

$A$  —— 開採1噸黏土的費用（包括分選）；

$k$  —— 在開採時商品黏土的產出係數（計算到消耗）。

假使黏土必須富選，那麼公式中根據富選增加消費的指數。

$$C_1 = \frac{C + O\delta}{k_1}$$

式中  $C_1$  —— 1噸的富選黏土價值；

$C$  —— 1噸的非富選黏土價值；

$0\sigma$ ——富選1噸黏土的费用；

$K_1$ ——商品的產出係數。

爲了開採礦床，投資的多少是第二個主要經濟指標。但是地質學家在預先評價礦床時不可能對將來的企業給以精確的投資數字。在這方面他沒有掌握必要的資料，因爲這些資料僅在企業設計過程中才能查明。但同時，他可能針對這些問題發表一般的見解，估計開採條件、開採規模、在建築住宅上的主要消費、以及改善運輸交通等等。必須注意：在露天開採的情況下，當直接用於生產上的花費主要限於設備上時，那麼設備的範圍，一般不會達到大的數字，甚至在企業規模很大的時候。多的經費只是在礦床位於人烟稀少的及遠的地區的時才是必需的。在這樣的情況下，需要建築住宅區，自來水、發電廠、汽車路、鐵路的支線等。於是主要費用的大部分用到這上邊來。

說明這些因素就落到地質學家的肩上。不能確定費用的實在數目，但他應在自己的報告書中，指明費用對哪些用途是必要的。

第三個最重要的經濟因素，一方面是鐵路距礦床的遠近，另一方面是礦床與主要消費者的距離。雖然如上所述，耐火黏土不能認爲是地方性的原料，因爲够條件的黏土礦床在自然界是少見的，也不是在所有地方都有；但當需要很多噸數的黏土運到較遠的距離時，須得加以慎重處理。

現在還有些工廠取得耐火黏土和製成的黏土磚是從 2000 公里以外運來。當然，這樣的距離在任何情況下不能認爲是正常的。防止這樣遠的運輸，乃是地質學家從事調查新的耐火黏土礦床的迫切任務。爲了理解運輸所給予耐火黏土採辦的成本上決定性意義，只要看一看鐵路運輸的成本就足够了。按照蘇聯鐵道部運輸彙報的報導

(1945年出版)，一噸黏土的運輸成本為以下的數值：250—300公里為6個盧布，500公里9個盧布，800公里19個盧布，1400公里35個盧布。裝卸費每一噸還得加4個盧布。要是汽車運輸還要貴些；平均每一噸/公里須不少於一個盧布。

但是，除去這些方面以外，不遠數千里來運輸黏土，從全國的觀點來看也是不容許的，因為這使鐵路運輸增大負擔，而有損於其他裝載。

## 參 考 文 獻

1. Будников П. П. Керамическая технология, ч. I, ОНТИ, 1937.

布德尼科夫: 製陶工程。

2. Варсонофьева В. А. Месторождения каолиновых глин в Периской губ. Материалы комитета по изучению ест.-произв. сил АН СССР, 1927.

華爾索諾菲耶娃: 別爾穆省高嶺黏土質礦床。

3. Дудоров, Матвеев М. А., Сэнтюрин Г. Г. Общий курс технологии силикатов. Государственное издательство по строительным материалам. Москва, 1949.

杜多羅夫等: 矽酸鹽類工程普通教程。

4. Земятченский П. А. Глины СССР. ч. I, АН, 1935.

澤米亞欽斯基: 蘇聯黏土。

5. Земятченский П. А. О классификации глинистых материалов. Огнеупоры, III—IV, № 2, 1940.

澤米亞欽斯基; 黏土礦床分類。

6. Инструкция по применению классификации запасов твердых полезных ископаемых, вып. III. Неметаллические ископаемые. Госгеолыздат, Москва, 1942.

固體礦產儲量分類應用指南第三冊: 非金屬礦產。

7. Ключников М. Н. и др. Материалы к изучению глин и каолинов УССР как огнеупорного сырья. Сборник статей под ред. Ключникова М. Н. и Лысенко Ф. О.



克留什尼科夫等：烏克蘭共和國黏土和高嶺土耐火材料研究。

8. Материалы к методологии поисков и разведок полезных ископаемых. Георазведиздат, 1932.

礦床各種普查和勘探方法的材料。

9. Меренков Б. Я. и Муратов М. В. Курс нерудных месторождений. Госгеолиздат, 1942.

梅林科夫等：非金屬礦床教程。

10. Неметаллические ископаемые СССР, т. IV. Глины и каолин. 1941.

蘇聯非金屬礦床。

11. Огнеупоры. Справочник огнеупорной промышленности, т. I. Сырье. 1937.

耐火材料。

12. Пазилев И. Д. Огнеупорно-тугоплавкие глины Ивановской, Московской и Западной обл. Бюлл. ком. по яехн. усоверш. ИТР, № 7, 1934.

巴集洛夫：伊萬諾夫省、莫斯科省和西方省的難熔耐火黏土。

13. Петров В. П. Геолого-минералогические исследования уральских белых глин и некоторые выводы по минералогии и генезису глин вообще. Труды Инст. геол. наук, вып. 95. Петрографическая серия (№ 29), АН СССР, 1948.

彼得羅夫：烏拉爾白色黏土的地質礦物研究及關於黏土礦物和成因的幾點結論。

14. Райс Г. Глины, их залегание, свойства и применение. Госхимтехиздат, 1932.

萊斯：黏土及其產狀、性質和用途。

15. Родионов А. Н. Месторождения высокосортных огнеупорных глин в окрестностях ст. Суворово, Тула-Лихвинской ж. д. Изв. Моск. геол. треста вып. 3—4, 1935.

羅吉奧諾夫：土拉—李赫爾斯克鐵路蘇沃羅夫站附近的高級耐火黏土礦床。

16. Смирнов Н. Н. Тугоплавкие и огнеупорные глины района ст. Заколпье. Каз. ж. д. Ученые записки, вып. 142. Изд. МГУ, 1949.

斯米爾諾夫：哈薩克鐵路查科爾皮耶站地區的難熔黏土和耐火黏土。

17. Татаринев П. М., Малявкин С. Ф., Гейслер А. Н. Курс нерудных месторождений. ОНТИ, 1935.

塔塔林諾夫等，非金屬礦床教程。

18. Требования промышленности к качеству минерального сырья (справочник для геологов), вып. 54. Глины. Госгеолиздат, 1948.

工業礦物原料叢書第54冊：黏土。

19. Требования промышленности к качеству минерального сырья (справочник для геологов), вып. 64. Керамическое сырье Госгеолиздат, 1948.

工業礦物原料叢書第64冊：製陶原料。

20. Федосеев А. Д. Зенькович В. А. Глины СССР, ч. II, Месторождения. АН, 1937.

費道謝耶夫等：蘇聯黏土。

定價：