



工業礦物原料叢書

石英砂

杜曼斯基著



地质出版社

工業礦物原料叢書

石英砂

杜曼斯基 著

地質出版社

1955•北京

本書係蘇聯地質部全蘇礦物原料研究所主編的“對礦物原料之質量方面的工業要求叢書”(Требования промышленно-сти к качеству минерального сырья)的第二冊“石英砂”(Выпуск 2, Песок кварцевый)(爲簡便起見,我們簡稱“工業礦物原料叢書”),係蘇聯杜曼斯基(А. Л. Туманский)著。蘇聯國立地質書籍出版社(Госгеоиздат)1946年出版。

本書由東北地質學院地勘系翻譯室譯出,由地質部編譯出版室吳偉校訂。

書號0151		工業礦物原料叢書 石 英 砂	第十八號 32千字
著 者	杜 曼 斯 基		
譯 者	東北地質學院地勘系翻譯室		
出 版 者	地 質 出 版 社 北京安定門外六鋪炕 北京市書刊出版業營業許可證出字第零貳零號		
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		
印數(京)	1—2,800冊	一九五五年五月北京第一版	
定價(8)	.24元	一九五五年五月第一次印刷	
開本	31"×43" 1/16	印張 1 1/8	

目 錄

原 序	4
1. 特徵、性質以及物質成分	5
2. 產砂地的類型	6
3. 砂的應用範圍及對它的質量要求	9
(а)玻璃生產	9
(б)可溶玻璃生產	17
(в)瓷業搪瓷業生產	17
(г)耐火磚生產	18
(д)建築用磚生產	19
(е)鑄造生產(鑄型砂)	19
(ж)波特蘭水泥生產	25
(з)矽酸鹽磚生產	26
(и)調合混凝土	27
(к)築路工程中作水泥混凝土襯面	28
(л)水泥試驗(標準砂)	29
(м)製造瀝青混合物	30
(н)屋頂防濕材料生產	30
(о)鐵道運輸上的機車砂箱	31
(п)用作研磨料	33
(р)濾水用砂	34
(с)用於路面基礎	34
(т)鐵道路渣	35
4. 砂的初次加工及選砂	37
5. 質量試驗	39
6. 若干重要的經濟資料	42
7. 對產砂地預先評價所需要的主要技術經濟資料	45
參考文獻	46
本書所參考的國定標準及規格	50

原 序

這套叢書的任務，是爲了幫助地質工作者對於礦物原料質量進行評價。針對這個任務，本叢書主要是敘述各個工業部門對本礦物原料及其加工產品所提出來的技術要求。

書中所列述的技術定額均附有說明及技術的根據，這就大大地便於了解各種指標的作用及意義。

本書對於地質學、礦物學、技術樣品的取樣、加工、選礦、經濟學以及野外試驗等問題，也都約略談到。

這樣，野外地質工作者就有可能從一本小冊子中來找到他們在勘探某種礦產時，有關工業評價上的許多極重要的實際問題的答案。

本叢書擬分冊出版，共分六十冊；其中有五十冊敘述最重要的礦產，其餘十冊是對於根據工業上不同的用途而分類的各種礦物原料的綜合性的敘述，例如磨料、填料、陶瓷原料、光學礦物等。

這樣的小冊子還是初次編印出版，無論在國內或國外的文獻中，都沒有類似的出版物。書中可能有遺漏、錯誤、含混及其他疏忽的地方。編輯部要求所有的讀者對於每一冊書都提出自己的批評和希望。我們將非常感謝，並在再版時很好地考慮這些意見。

本手冊是由蘇聯地質部委託全蘇礦物原料研究所編寫而成。

1. 特徵、性質以及物質成分

基本上由石英粒組成的未膠結的碎屑岩石稱為石英砂。根據主要顆粒的大小來說，這些未膠結的碎屑岩石屬於砂屑岩羣。顆粒大小的上下範圍沒有一般公認的規定，不同的作者劃定各個碎屑岩組之間的分界是不同的。

根據國立海洋學院（1930年）和莫斯科石油學院（1935年）沉積岩岩石學教研室所擬定的分類，顆粒大小從 0.1 到 1.0 公厘的物質稱為砂。根據地質圖研究所（1931年）所屬第四紀測量局擬定的分類，砂粒大小的上部範圍增至 2.0 公厘。在上述範圍中砂子通常可分為三個亞組：細粒砂——顆粒的大小由 0.1—0.25 公厘，中粒砂——由 0.25 到 0.50 公厘及粗粒砂——由 0.50——到 1 公厘。

應當指出，在砂的成分中往往遇到個別夾雜物，如比較大的碎塊（礫石），也有比較小的微粒——淤泥和細泥的微粒。

石英砂的工業定義通常與上述礦物岩石學上的定義相符合。只是在當作鑄型砂的鑄造工業上，“石英砂”這一術語却具有特殊的意義，就是含“黏土”（微粒小於 0.022 公厘）不超過 2% 的才叫做石英砂。含有由 2 到 50% “黏土”的石英砂稱為“泥質砂”。在工業上，“石英砂”往往以應用砂子的某種工業的名稱稱之；例如，在玻璃工業上，石英砂稱為“玻璃砂”等等。

除了石英是主要礦物之外，在石英砂中經常參雜有其他二氧化矽物質——燧石，有時尚有石髓和蛋白石。

石英砂中的雜質有泥質礦物、長石、雲母、鐵的氧化物

(褐鐵礦、赤鐵礦、磁鐵礦、鈦鐵礦)、海綠石、金紅石、有機物質以及石灰岩、頁岩和其他岩石的碎屑等。若干雜質是某一種成因類型的砂子所特有的。例如：長石顆粒常在第四紀的砂子裏。雲母通常在風成砂中。黃鐵礦的顆粒往往在褐煤、石煤和泥炭下面的砂子中。石膏在沙漠的砂中。根據所含主要雜質可分為石英-長石砂，石英-雲母砂等等。不同區域的砂子中往往含有典型的次生礦物，這些礦物的存在，主要取決於生成這些砂的岩石的成分。

在自然界各種砂子中，石英砂是分佈最廣的。

砂粒形狀是多種多樣的。一般分為圓的、半圓的和銳角的幾種。細粒砂通常很少是圓的，甚至呈稜角狀。中粒砂比較圓，粗粒砂圓度則比中粒砂差些。

顆粒的渾圓程度主要取決於砂子的成因。

按顆粒成分（篩分曲線）說，砂子是很多樣的。有的砂子具有大小相同的顆粒，當篩時，這些砂就停留在兩三個篩孔相近的篩上。但砂子更常是含有不同大小的顆粒，當篩時，它們是比較均勻地分佈在好幾個篩上。

2. 產砂地的類型

石英砂是含有石英的岩石經機械破碎和化學分解的產物。這種岩石有花崗岩、花崗片麻岩、片麻岩、砂岩、石英岩等。

根據形成方式，砂子分為如下類型：

(a) 殘積砂它是停留在岩石破碎的原地。殘積砂的特徵是顆粒呈銳角狀。通常含有半風化的長石和黏土。這些砂子與母岩相聯，並逐漸向母岩方面過渡，其分佈面積伸延很

長，且具有很大的厚度。砂的儲量通常是相當大的；在烏拉爾就有這種砂子的巨大礦床。在濱貝加爾（哈爾欽斯克產砂地）地方，有二氧化矽含量很高（96.8—98.92%）的砂子分佈着。

殘積砂主要用作鐵道覆砂。

(6) 冲積砂 它們受到流水的搬運和冲洗，沉積於流水或靜水處（河、湖）。

根據機械成分和礦物成分以及產狀，這些砂子是極其不同的。河砂顆粒或多或少是圓的，湖砂顆粒是銳角的。現代冲積砂的特徵是厚度不大，成分也不固定（顆粒大小和黏土含量有變化）——這些均由洪水的大小而決定的。然而在同一條河流的範圍內，每個產砂地（沙嘴或沙灘）都有一定類型的砂子。在同一產砂地年復一年地堆積着顆粒比鄰近產砂地所堆積的要大或小的砂子。古老的冲積砂的特點是厚度最大，而且均一。盧霍維茨（莫斯科省）有幾百萬噸儲量的這種類型產砂地；此處開採着上等鑄型砂（“石英砂”）和鋪道砂。在南烏拉爾有大量湖砂分佈。最大的產砂地可以舉出契利亞賓斯克附近的楚里洛夫產砂地，該處石英砂有幾百萬噸的儲量。這種砂也可作鑄型砂和覆道砂。古老冲積砂和湖砂是獲得粗粒鑄型砂（“石英砂”）的來源之一。

(B) 坡積砂是從山谷和河岸的斜坡上冲刷疏鬆物質而形成的。它們或為古代砂的坡積層，或是第四紀沉積的坡積層。其成分中反映出來源物質是不同的。這種砂子礦體的特徵是成分不定和儲量不大。

(r) 冰水砂按礦物成分來說是各種各樣的，其特徵是沉積產狀不定，顆粒成分和黏土含量變化很大。顆粒粗經滾圓，大小不一，在某些情況下可達礫石般大。除粗粒冰水砂

之外，又有含大量黏土雜質的、顆粒很細的砂，厚度往往很大。在本類型沉積層中，有很多好的鑄型砂（泥質砂）。列賓斯克（Репинское）產砂地（在科洛姆納 [Коломны] 附近）是本類砂的最大產地之一。唐波夫產砂地的砂似乎也屬於本類型，這種砂是頭等鑄型材料。

（е）風成砂是由於風的作用而形成的。在沙漠中風成砂稱為新月沙丘，靠近海岸的稱為沙丘（дюна）。此類砂是由顆粒大小經過風選擇的滾圓石英顆粒組成。顆粒的大小多半是從 0.1 到 0.25 公厘。在波列謝，白俄羅斯，伏爾加沿岸和中央工業區常開採這類砂以用於玻璃工業。

（ж）海相砂是在海岸部分（現代海和古代海，不同年代的海）沉積的。這種砂的特徵是具均一性，黏土含量甚少，氧化矽的含量很高和鐵的氧化物的含量不多。顆粒一般是滾圓的。這類砂子的空間分佈範圍很廣，其特點是厚度很大。應用於玻璃業、瓷業、搪瓷業和鑄造生產中（鑄型砂）的砂子，其最好的和最厚的產地都屬於這一種類型。這類砂子中有可用於玻璃業、瓷業與搪瓷業和鑄造生產中的柳別列茨（люберецкие）砂（侏羅紀）；可用於玻璃工業和鑄造生產中的恰索夫-雅爾（Часов-яр）砂（第三紀）；以及可作為鑄型砂的烏拉爾的基契金斯克（кичигинские）砂（第三紀）等。

（3）灰化砂 是由於灰化作用，在不同成因砂子層的上部地層中形成的。這種砂子位於黃土、泥炭田、沼澤之下。成單個的透鏡體和巢狀體分佈，厚度不大。在白俄羅斯社會主義蘇維埃共和國中央地區，主要用作玻璃砂。

石英砂在從志留紀到第四紀的沉積中均有發現。

3. 砂的應用範圍及對它的質量要求

石英砂是一種在不同的工業部門和建設部門廣泛應用的原料。

用於下列方面的砂子數量最多：(а)玻璃生產，(б)可溶玻璃生產，(в)瓷業糖瓷業生產，(г)耐火磚生產，(д)建築用磚生產，(е)鑄造生產（鑄型砂），(ж)波特蘭水泥生產，(з)矽酸鹽磚生產，(и)調合混凝土，(к)築路工程中作水泥混凝土覆面，(л)水泥試驗（標準砂），(м)製造瀝青混合物，(н)屋頂防濕材料生產，(о)鐵道運輸上的機車砂箱，(п)用作研磨料，(р)濾水用砂，(с)用於路面基礎，(т)鐵道路碴。

(а)玻璃生產 玻璃由石英物質、鹼質、石灰熔化製成。石英物質中多半用石英砂（有時用石英岩或燧石）。砂子加入到混合料中的數目為65—70%。在蘇聯對玻璃砂的要求沒有一定標準和人人遵守的技術規格。

僅有在1937年蘇聯科學院 ОНХ 技術化學小組所屬確定玻璃工業產品和原料的技術標準委員會通過的玻璃工業石英砂技術規格草案。這些技術規格列於草案第8和第9頁上。

工廠在採集砂子時，應以這種技術規格為準繩，但卻沒有被完全遵守，因為認為這些規格太嚴格了，特別是在目前採集的砂子要完全符合這些技術規格是有很大困難的。

瓦爾庫什採石場(карьер Валкуша)（該採石場受蘇聯建築材料人民委員部玻璃管理總局領導）的柳別列茨砂常用技術規格，僅規定鐵含量如下：

砂的品級	Fe_2O_3 含量（以%計）
00	達 0.02

0

達 0.06

1

達 0.09

玻璃工業石英砂技術規格草案 (根據化學成分規定)

砂子 號數	各號砂子製出產品的類型	含 量 %			
		SiO ₂ 不少於	Fe ₂ O ₃ 不多於	Cr ₂ O ₃	TiO ₂
I	光學玻璃 (光學儀器和鉛玻璃)	99.8	0.012	0.001	0.05
II	無鉛玻璃、器皿、香料小瓶、眼鏡、優質罐頭瓶、燈罩、電樞、礦坑用玻璃、照明器、玻璃磚、暖室玻璃、建築零件、藝術雕刻、服飾品、愛克司光玻璃、弗列涅爾玻璃、玻璃罩、前燈、積電器、反射器	99.3	0.025	0.001	0.10
III	鏡子、花紋玻璃、鑲嵌玻璃、真空管、愛克司光管、水銀燈、發生器燈炮、瓦斯燈	99.3	0.050	0.002	—
IV	普通窗玻璃、照相玻璃、優質板玻璃、鑲嵌玻璃	98.5	0.100	—	—
V	半白色藥用玻璃瓶、普通罐頭玻璃、燈泡、化學器皿、化學和物理儀器、醫用玻璃、高溫玻璃、特別堅固的耐熱玻璃	98.5	0.200	—	—
VI	半白色瓶子、家用淺色玻璃品、淺色化學瓶子、白熱燈泡、電池盒、電瓶、煤油燈頭、透化硬磚、化學過濾器	98.5	0.300	—	—

註 全部產品的17%——深色瓶子、蕃茄瓶、深色家用器皿、深色化學用大瓶子、玻璃管和玻璃模型、覆面磚、瓦、隔電器、機械零件、玻璃架、玻璃託、玻璃纖維、玻璃絲、泡沫玻璃等，係用未列入本表號數的砂製成。

玻璃工業用砂技術規格草案（根據顆粒成分製定）

砂 的 類 型	篩 孔 大 小	重量%
優質砂（多半在罐爐中熔燒）	± 0.589 公厘（38 篩孔）	0
	-0.589 ± 0.417 公厘（35 篩孔）	5
	± 0.104 公厘（150 篩孔）	5
普通砂（多半在罐爐中熔燒）	± 0.835 公厘（30 篩孔）	0
	-0.835 ± 0.589 公厘（28 篩孔）	5
	-0.104 公厘（150 篩孔）	5

當採集砂子時，這些技術規格不僅為玻璃工廠所採用，也為瓷業搪瓷業工廠所採用。

戰前科帖爾尼奇採石場柳別列茨玻璃砂由全蘇鑄造聚托萊斯(трест Союзформолитье)按技術規格發售，在該規格內確定了砂的粗粒和細粒，矽酸和氧化鐵的最大含量，由表 1 可知。

表 1

指 標	牌 號	
	“01”	“02”
顆 粒 結 構(%)		
砂礫（顆粒大小不超過 1 公厘）不大於	1	8
塵土（顆粒大小小於 0.1 公厘）不大於	5	8
化 學 成 分(%)		
二氧化矽 (SiO_2) 含量不小於	98.5	98
氧化鐵 (Fe_2O_3) 含量不大於	0.1	0.2

我國工廠所用的砂是很不均一的物質。為數不多的產砂地產有上等砂，最好的產砂地引於表 2。

表 2

產 地 名 稱	含 量 (以%計)		
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
薩布林 (Саблинское) (列寧格勒省) 札霍熱村, 十月鐵路波波夫卡 (Поповка) 車站	99.29至99.71	0.02至0.38	0.02至0.054
布德斯克 (Будское) (西部地區)	98.78至99.62	0.04至0.35	—
柳別列夫 (Люберское) (莫斯科省)	98.00至99.68	0.02至0.73	0 至 0.03
恰索夫-雅爾, “克魯格” 採石場 (烏克蘭蘇維埃社會主義共和國)	99.34	0.06	

多數產砂地含有相當多的不良物質。從表 3 的分析中可看出。

表 3

產 地 名 稱	含 量 以 % 計		
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
古西——赫魯斯塔爾 (伊凡諾夫省)	96.38至97.96	0.11至0.15	0 至 0.13
維里科德沃列 (伊凡諾夫省)	96.84至98.07	0.11至0.55	0.10至0.12
十月鐵路巴塔林諾車站 “勞動” 工廠 (列寧格勒省)	90.70	0.27	—
十月鐵路斯皮羅沃站 “紅旗” 工廠 (莫斯科省)	90.55	0.76	0.18

各國對玻璃砂的要求, 在頗大程度上取決於現有砂的質量。

此種標準以美國為最高, 因美國有許多大的優質砂產

地。

美國工廠對玻璃砂的要求如下（表4）。

表4

玻 璃 品 級	Fe_2O_3 含量（以%計）
光學玻璃	0.014—0.016
化學玻璃	0.02
白色瓶和器皿	0.03—0.04
鏡玻璃	0.05—0.15
但一般不超過	0.10
某些窗玻璃工廠用砂 Fe_2O_3 含量不超過	0.03

英國玻璃工廠用砂的技術規格如表5所示。

表5

砂 的 用 途	含 量 %	
	SiO_2 不小於	Fe_2O_3 不大於
普通白色瓶罐用淺色砂	98	0.15
白色玻璃瓶罐，壓製玻璃 化學玻璃、 科學玻璃、難熔玻璃、食器、裝飾 用玻璃、電燈泡和比較細緻的無色 與乳白玻璃用白色沖洗砂	98	0.05
鏡玻璃和板玻璃用白色沖洗砂	99	0.05
光學玻璃用砂	大於99	小於0.05

德國工廠用砂要求較不嚴格。

在外國，上等玻璃砂要經過淘洗和過篩。

美國、英國、德國最常用沖洗砂的分析結果如表6所示。

表 6

	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	$\frac{K_2O}{Na_2O}$	燒失量
美 國								
賓夕法尼亞玻璃砂公司	99.82	0.014	0.012	—	微量	微量		
伯克萊泉 (Berkeley Springs) (西弗吉尼亞)	99.88	0.006	0.094	—	0.011	0.011		
肯塔基替普·多普 (Kentucky Tip-Top)	99.14	0.02	0.23	—	0.21	0.08		0.52
英 國								
里恩 (Lynn) (淘洗兩次)	98.22	0.06	0.56	—	0.16	0.32		0.33
華恩 (Wael)	98.13	0.03	0.41	—	0.16	—	微量	0.28
德 國								
尼羅爾什登	99.89	0.003	0.01	0.03	—	—	0.01	0.04
霍埃波卡 (淘洗六次)	99.92	0.014	0.04	0.03	—	—	0.02	0.05

在所有上述技術規格中，除大量 SiO₂ 以外，鐵的含量也是對玻璃砂的主要要求，因鐵含量能決定某類砂適用於某類玻璃產品。鐵在砂子的組成中呈氧化鐵或氧化亞鐵而存在，是最有害的雜質。氧化亞鐵使玻璃着成綠色，氧化鐵使玻璃着成黃色。在熔燒玻璃時，爐中氣體大部分成還原狀態，因此使玻璃具有綠色。當鐵含量少的時候，可加入微量的過氧化錳、氧化鎳或硒等物質以除去綠色，這些物質能把玻璃補染成紅色或玫瑰色。當玻璃中氧化鐵的含量小於 0.1% 時，便能使玻璃完全不顯綠色。

然而由於某些顏色的增強，妨礙光線通過，玻璃就成為不大透明的了。所以含有氧化鐵超過 0.1% 的砂子，即使用

了褪色物質，甚至褪色後的物質完全不含鐵，也製不出好的無色玻璃。

如果製造玻璃允許有綠和黃的顏色，則可用含鐵量較多的砂子。至於鐵的最大含量為多少則根據具體情況而定。

玻璃砂中常見的其他雜質有：礬土，氧化鈣，鹼、鈦、鉻的氧化物和有機物質。黏土組分中的礬土，是砂中常有的雜質。經過實際觀察以及最近的研究證實，以礬土代替部分石灰，玻璃會具有許多良好性質的。所以在很多玻璃工廠中摻到玻璃中去的礬土用量要比過去多一些。普通瓶玻璃中礬土的含量有時達到10%。

氧化鈣同樣是石英砂中帶有的雜質，通常在好的砂中只佔千分之幾。這個數量上的氧化鈣，對玻璃並無壞的影響，因為並沒有超過普通玻璃配料組分所規定的標準。

如果砂中氧化鈣的含量大於0.5%而又不超過規定量，那麼最好使氧化鈣的含量固定，這樣，工廠便毋需每次來配料了。

在好的砂子中氧化鎂的含量常常少得使人忽略過去。

砂中也常有少量鹼質，因為在普通玻璃配料成分中也需要，所以這些鹼質並沒被人們注意。

鈦和鉻的氧化物是有害的雜質，因為它們能將玻璃染上顏色。

砂中有機物常為植物殘屑，其量一般是不多，因此也未規定其允許含量。對某些特種玻璃來說，它們是不受歡迎的。

顆粒大小對玻璃砂有重大的意義，因為顆粒的大小對熔燒玻璃的速度和均勻性有很大影響。顆粒必須盡可能是同等大小的，即不能太小也不能太大。當玻璃熔燒時砂粒的熔解

皆從其表面開始。顆粒越小，顆粒表面越大，所以小顆粒熔解得較快；當小顆粒體變成玻璃時，若較大的顆粒還沒來得及熔解，於是玻璃中就夾有“石質”。若砂粒過細，則也有缺點，即在玻璃中造成很難排出的小泡。此外，在匣爐中應用時，部分細砂會被氣流帶到蓄熱室和煙道裏去。所以，好的玻璃砂應含有最大量直徑為0.10—0.50公厘的砂粒。某些上等砂應含95%直徑為0.10—0.25公厘的顆粒。

但是，在這種情況下，如果砂子顆粒比技術規格所要求的為小，而這一產砂地又是工廠用砂的唯一來源時，就必須瞭解，這種砂要經過某些技術加工加以改變後才可以應用。美國工廠的經驗和蘇聯玻璃研究所研究證明，細砂是完全可能製成上等玻璃。玻璃研究所採用了90%能通過具有10,000篩孔/平方公分的篩子的馬格尼托戈爾斯克粉狀砂（粉石英），獲得了良好的結果：玻璃很容易燒成白熱狀態並能排除氣體（不產生小泡）。

由於砂粒形狀對玻璃的質量並不起顯著影響，因此砂粒形狀是沒有標準的。誠然，具稜角的砂有較大的表面，所以熔解得也比較快，但是，這種情況僅僅在熔燒初期、顆粒還沒有從表面融化時是有意義的，以後它們自己也成為圓粒了。

美國砂雖然是圓粒的，可是具有高的質量，因此美國工廠只要求砂的化學成分和顆粒大小適合規格。

當玻璃砂估價時，鐵的含量是重要的因素。但是，當決定某一產砂地的砂子是否適用這一問題時，就必須估計到該產砂地開採的全部技術經濟條件。如果按鐵的含量來說砂子不完全符合技術條件，但這個產砂地有很大的儲量，開採條件也方便（相當少量的覆土和礦產層厚度很大），產地位於