

工業礦物與岩石

上 冊

穆 德 主 編

地質出版社

127
A
1



工業礦物與岩石

上冊

穆德主編

10487

地質出版社

1955•北京

本書原名 Industrial Minerals and Rocks (燃料除外)，由美國工業礦物叢書委員會根據1937年版本修訂而成。本版(第二版)主編爲穆德(Seeley Wentlsmith Mudd)。1949年在紐約出版。內容包括礦物的化學組成、特性、產狀、成因、礦床分佈(以美國爲主)、生產與消費、普查與勘探、開採方法、加工製造(包括冶煉、選礦)、試驗與定種、銷售與用途等項。本書主要特徵指出各種礦物祇要在適當情況下都可加以利用。適合地質工作者、工業學校、工廠及礦山的技術人員參考之用。

原書共五十一章，分三冊出版，本書是上冊，由地質出版社劉作茹、陳伯羣、龔素玉等翻譯，並由中國科學院地質研究所郭承基審校。原書中參考書目錄未譯，各章中有一小部分經編譯者節譯或刪去。

書號1113 工業礦物與岩石(上冊) 350千字

著 者 穆 德
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零五號

發 行 者 新 華 書 店
印 刷 者 北 京 市 印 刷 一 廠

北京西便門南大街乙一號

印數(京)1—4500 一九五五年三月北京第一版

定價(8)4.84元 一九五五年三月第一次印刷

開本31''×43'' $\frac{1}{16}$

目 錄

第一章	研磨料	5
第二章	石棉	68
第三章	含銀礦物	92
第四章	鋁土礦	110
第五章	膨土岩	133
第六章	漂白黏土	142
第七章	硼砂和硼酸鹽類	155
第八章	水泥原料	166
第九章	白堊和白堊粉	190
第十章	鉻鐵礦	201
第十一章	黏土	212
第十二章	碎石	251
第十三章	矽藻土	309
第十四章	石材	325
第十五章	長石	359
第十六章	次要礦物肥料	392
第十七章	螢石和冰晶石	399
第十八章	顆粒狀的礦物原料	417

第一章 研 磨 料

拉杜 (Raymond B. Ladoo) 作

研磨料包括天然的和人造的物質，是用來研碎、磨光、磋平、擦淨、除垢，或通常以摩擦的方法，清除物品上的固體物質的，但有時也用衝擊的方法（如噴砂法）。這裏不包括研磨工具——如車床、銼，或一些用以填充孔隙的擦光劑如油臘之類在內。

有些洗滌劑和清潔劑，它的作用主要是屬於化學性質而不是物理性質的，則略而不述。然而有些化學作用的擦光劑和清潔劑也可能含有固體研磨料，如許多金屬的擦光劑等。

概 論

決定是否可以作為研磨料的最重要的物理性質是硬度、韌度（或脆性）、顆粒的形狀及大小、劈開或斷口的特性、純度和一致性等。製造由顆粒膠結而成的研磨工具，如研磨輪等時，需要一種額外的要素，即在高溫下的穩定性和顆粒表面的黏着性。成本的高低和效力的大小更是重要的經濟因素。

沒有一種單一的特性是能夠適合各方面的用途的。極端的硬度和韌度在某些用途上是需要的，如鑽頭上的金剛石。在其他的用途方面最重要的因素是硬度和在應用時有緩慢破裂的性質，以及使磨鈍的顆粒能產生新的利刃——例如用來做研磨紙的石榴石，既不需要高度劈開性或脆性的顆粒，也不需要韌性極強的顆粒。另外在某些用途上，大的硬度是不適合的，如牙粉和擦玻璃的肥皂裏面所用的研磨料。為了在各種重要的應用方面能發揮最大效能，各種研磨材料是很少可以完全相互替換使用的，例如石英和石榴石兩種細砂都能用來製造研磨紙，但

這兩種紙在應用上並不能互相代替。

總的來說，高級研磨料的選擇，視單位價值的材料所起作用的性質和數量而定。人造研磨料最初的價格可能比天然的研磨料貴得多，但人造的研磨料比天然的研磨料可做出更多和更好的成果，且時間方面較為經濟，所以它的實際的價值還是便宜的。在這一基礎上，金屬研磨方面，人造的研磨料已經大部分代替了天然的研磨料。

分 類

研磨料一般地可分為天然的和人造的兩大類。前者包括所有可做研磨用途的岩石和礦物，除了需要加以壓碎、製型或膠結成適用的形狀以外是沒有其他的化學或物理的變化的。製造的或人工的研磨料是由金屬或礦物原料經過加熱或化學處理製造而成的。

下面是一個最重要的研磨料的分類表，是按研磨料的天然類型和在工業上應用的形式而分類的。

研 磨 料 的 分 類

天然的研磨料

超級硬度（莫氏硬度計，7級以上）

金剛石 硬度—10

剛玉粉 硬度7—9

剛 玉 硬度—9

石榴石 硬度6.5—7.5

中級硬度（硬度為5.5—7）

砂質研磨料

細砂質磨石

燧石

砂岩

玉髓

石英

矽砂

燧石岩

石英岩

其他的岩石和礦物

泥質灰岩

花崗岩

浮石和浮石岩

玄武岩

雲母片岩

石英礫岩

長石

低級硬度（硬度在 5.5 以下）

磷灰石

白雲岩

粉砂

方解石

氧化鐵

滑石

白堊

石灰岩

矽藻石

黏土

砂質石灰岩

白堊粉

矽藻土

砂質頁岩

人造的研磨料

碳化硼

玻璃

碳化矽

碳酸鈣（沉澱的）

氧化鐵

碳化鉬

磷酸鈣

烟墨

氧化錫

氧化鈣

石灰

碳化鈦

氧化鉻

氧化鎂（沉澱的）

碳化鎢

黏土（燒硬的）

二氧化錳

矽酸鋁

熔過的氧化鋁

方鎂石（人造的）

金屬的研磨料包括鋼毛、鋼砂、帶稜角的鋼砂、黃銅毛和銅毛。

瓷塊：用來做磨機的襯裏和做研磨球。

研磨料製品的類型

1. 鬆散的砂粒狀及粉末狀研磨料。
2. 由顆粒膠鑄成輪盤，塊狀或其他特殊形式的研磨器材。
3. 砂皮式的研磨料；砂粒膠着在紙上和布上。
4. 用油或水將粉砂混和成糊狀的研磨材料。
5. 用油，膠或蠟膠結粉砂成塊狀或棒狀的研磨材料。
6. 天然石料製成的砥石、礪石、鑲石、磨石等的研磨材料。
7. 天然岩石製成的磨刀石，如：油石、砥石、鐮刀石、剃刀石等。
8. 用天然岩石製成的研磨和擦光的石料，如：輪船甲板的磨石和浮石擦洗塊。

9. 用天然石料製成碾碎機襯裏的石塊。
10. 碾碎機中所用的天然的或人造的礫石。

在大多數的用途中人造物可以代替天然物，人造物一般的最初價格較高，但效用也較大。可是也不完全如此，例如研磨紙和研磨布現在還找不到滿意的人造品來代替石榴石。有一些研磨料，它們的用途是逐漸減少的——例如鑲石——製造它的代替品在經濟上還不是很顯著地合算，但是對於廉價商品如噴砂器用的砂我們却有鋼砂和碳化砂砂來代替。

大多數天然研磨料的用途是逐漸減少和被人造研磨料所代替的，但這對礦產工業來講，並不完全是一種損失，因為實際上所有的人造研磨料都是由礦物原料製造而成的。

硬度和研磨價值

礦物硬度或“摩擦”硬度，如莫氏硬度計所表明的，是研磨材料評價的重要性質，但已如前述，這僅是幾種主要的性質中的一種。純淨的結晶的鐵鋁石榴石，硬度約為 7.5，但當晶體被原始斷口面所截斷或含有黃鐵礦的包裹體時，它的近似的硬度或有用硬度就大大地降低。砂岩中石英粒的硬度是 7，但膠結顆粒的作用可能很微弱，以致不值得用來做商業上的研磨料。在人造研磨輪和研磨石料中，黏結物的硬度、強度和特性是和研磨砂粒的硬度完全有同等的重要性的。因此總括地講，鬆散的研磨砂粉它的顆粒的硬度，不論是“摩擦硬度”和韌度都是必須予以考慮的。對於天然的和人造的膠結的研磨料來說，膠結物的特性是第三種要素，它是很重要的。

研磨硬度的問題，由於所用的測定硬度的方法是粗略的和所表示的只是相對值，而成了很複雜的問題。莫氏硬度計是不適當的，因其測定方法很粗略，並且每度之間的差別也不一致；如在 6 度和 7 度之間的差別，就比 9 度和 10 度之間的差別小得多。對於這方面的缺點

是想過很多方法來補救的。李奇微(Ridgway)、巴拉德(Ballard)和貝利(Briley)建議將莫氏硬度計的範圍擴大以便包括人造的物質的硬度在內。柯奴撲(Knoop)、皮特(Peters)和伊莫生(Emerson)發明了一種金剛石鋸磨法(diamond indentation)來測定硬度，對於多種物質都重新測定其硬度，並對金剛石及其以下的廣大硬度範圍內的各種不同的硬度都給出一個確定的數值。

表 1 是說明一些較硬物質間各種硬度值的比較表。

礦物和人造物的硬度表

表 1

莫氏硬度計	李奇微，巴拉德，貝利擴大的莫氏硬度計	柯奴撲、皮特，伊莫生金剛石鋸磨法的等級
正長石，6	正長石或方鎂石，6	熔融過的石英，475
石英，7	玻璃質的純淨氧化矽(熔融過的石英)，7	
黃玉，8	石英，鉻鉻合金，8	
	黃玉，9	
	石榴石，10	熔融過的氧化鋁，1635 碳化矽，2000 碳化硼(模製的)，2230
	熔融過的二氧化鋯，碳化鋁，11	
青玉，9	熔融過的氧化鋁，碳化鎢，12	
	碳化矽，13	
	碳化硼，14	
金剛石 10	金剛石，15	

研磨物品的種類

前面已提到了研磨材料製品的一般分類，這裏再詳細地論述它們的特性，將以礦物的種類為主，討論天然的研磨料。許多研磨料是由各種天然的和人造的物質做成的，並且利用它們還可做成更重要的種種製品。研磨料的用途和使用範圍十分廣泛，需要巨大的篇幅才能全面論述其有關部分的可能，這裏只能列舉一些較重要的用途而已。

研磨用的硬砂

硬砂是由多種物質造成的，可以當作顆粒來使用或膠結成別種研磨物品。因此硬砂不僅在本身來講是很重要的，同時也是製造其他形式的研磨工具和材料的基本材料：如研磨輪、研磨紙、研磨工具、擦光劑、清潔劑及研磨泥等。

在噴砂方面除去用砂砂以外也使用其它的天然的礦物碎砂，如剛玉、石榴石、燧石、砂質岩以及一些人造物品如熔融過的氧化鋁、碳化矽、和鋼砂。在這種用途上，硬度、韌度、顆粒形狀、顆粒大小、均勻性和比重等物理性質都是極重要的。實際上所有的用途都需要7或7以上的硬度。顆粒要有韌性，這樣在衝擊之下才不致即時粉碎。在某些用途中需要圓的顆粒，而在另外的方面尖稜形的則比較合適。顆粒大小的均勻性和其他的物理性質也常常是需要的。比重越大，對於大小相等的顆粒來說衝擊力就越大。每種用途都有其特殊的要求條件。

一般來講，任何礦物或人造的物質，如果能產生大小均勻的顆粒而硬度、韌度和緻密度都最低也和石英砂一樣的話，那麼就有供噴砂器使用的可能。

噴砂器的普通用處是：清掃石材和水泥建築、金屬鑄造品，研磨油漆前的擦光面，和刻蝕玻璃及塑膠物。

比較粗的硬砂可用來鋸石料，磨玻璃板，磨石面（石英砂、石榴石、剛玉、剛玉粉、氧化鋁、碳化矽）。

顆粒較小一些的細砂可用來磨透鏡，粗磨建築石料、玻璃板、寶石和裝飾用石（石英砂、石榴石、剛玉、剛玉粉、氧化鋁、碳化矽）。

顆粒極小的細粉可以用來擦光及擦亮所有各種類型的玻璃、石材、金屬、塑膠物和木器（鐵丹實砂、氧化錫、氧化鉻、氧化鈾、砂質石灰岩、浮石、矽藻土、矽藻石、燧石粉、黏土、白堊粉）。

在玻璃、瓷器、寶石和類似的物質上面鑽小孔的一種方法就是用一條黃銅管，上邊鑲上金剛石、剛玉、剛玉粉、氧化鋁、碳化矽或碳化硼粉，鑽孔時用水、油或油膏作煤液。鑲金剛石的鑽頭也可供這種用途。

長石粉、漂白土和其他物質可用作油光的地板的防滑粉劑。

膠結的研磨料

大小均勻的硬砂可以膠結，壓製或模鑄成多種不同的膠結的研磨物品，如研磨輪。本來這些產品的原料是剛玉或剛玉粉，但自採用電爐法製造研磨材料如氧化鋁和碳化矽以後，天然研磨料的應用便顯著地減少了，雖然在特殊應用方面還是需要的。膠結的研磨料有五火類，這是依照膠結的形式和製造的方法而分的：（1）玻璃質或陶磁器型，用長石和黏土膠結並在磁窖內燒製而成；（2）矽質研磨輪，膠結物是矽酸鈉；（3）樹脂輪，以硬的合成樹脂膠合而成；（4）橡皮或彈性輪，其膠結物是硬橡皮；（5）蟲膠輪等。所有的研磨輪都完全或可能是由上述天然的或人造的四種材料中的一種造成的。特殊的研磨輪是由金剛石粉做成的。用石榴石在低溫下膠結而成的研磨輪在某些方面也曾經一度應用過。

碳化硼顆粒的膠結方法的問題仍未得到解決。

研磨物的種類和膠結物的選擇要看研磨輪的用途而定。通常用於各方面的研磨輪一般的都是玻璃化的膠合形式的。

砂輪的製造除去大小和形狀的不同外，至少還有如下的五種不同的物理性質：（1）研磨料顆粒的種類（氧化鋁、碳化矽、剛玉、剛玉粉、金剛石等）；（2）顆粒（研磨料顆粒的大小，為8至600號篩孔）；（3）等級（膠結的強度，18至20級）；（4）結構（顆粒的間隔為10至12）；（5）膠結方式（如玻璃化等五種）。

所有這些不同的因素再結合無數的規格或特殊要求的大小、形狀、

以及長軸直徑等，研磨輪在商業上的複雜性是很明顯的了。

除研磨輪以外，膠結的研磨材料，也製成塊狀、磚狀和條狀，作磨刀石或擦光石，如油石、鑷刀石、剃刀石、圓柱磨石。弧形的和分節的研磨材料也有製造，可結合成大研磨輪製成紙漿磨，或是適當地安裝起來用以磨光筒形物體的內部和外部。

表面具有硬砂的長方形磚在建築房屋方面，用於地板和樓梯的防滑材。

含有硬砂粉的軟橡皮和硬橡皮同其他類似的軟研磨輪、研磨棒和其他的形式，是用於擦光軟質金屬品的。

砂皮式的研磨料

砂皮式的研磨料是由顆粒度相同的硬砂膠結在紙或布的面上而成的。原來“砂紙”或者就是膠上一層天然的砂粒而成的，但現在是用碾碎的石英來製造矽質型紙的，因為它的顆粒的稜角更為鋒利。碾碎的玻璃以前是用來做“玻璃”紙面的，現在已不用了。目前在這方面使用的主要研磨料是碾碎的石英、石榴石、氧化鋁和碳化矽。現在絕大多數的“剛玉粉”布是由碳化矽或氧化鋁塗在布上而製成的。在美國“燧石”紙是用碾碎的石英膠結成的；但在歐洲是用真正的燧石的。

所有天然的和人造的研磨料的粒度是由分級的壓碎和精密的篩選操作製成的。在碾碎時一般都是用濕碾法，以免碾的過細（因為太細時用處很少）。在每兩組輾碎機之間裝一個篩，產物都在分類器中洗過以除去塵泥，然後乾燥，通過磁性分離器除去含鐵的礦物，再在篩中精密地篩分大小。如此精細的篩分主要是防止各級裏混入較粗的顆粒。細粉是用水的漂浮和沉積來分離的。

在初期，或多或少是隨便以顆粒的大小而分級的，但不幸，石榴石、燧石和金剛砂的等級均不相同。人造研磨材料是以篩布的篩孔號數來決定級數，此和標準檢驗篩的篩孔大致差不多，但並不完全相等。漸

漸地做石榴石和“燧石”紙的級數便包括了新舊兩種。表 2 根據泰樂 (Tyler) 的篩目說明不同級的大小之間的關係。

研磨料的大小等級

表 2

現代篩孔號數	舊石榴石細度	燧石細度	剛玉粉細度
400			
320			
280	8/0		
240	7/0 ^a	5/0	
220	6/0	4/0	
		3/0	
180	5/0		3/0
150	4/0	2/0	2/0
120	3/0		1/0
		1/0	
100	2/0		
		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
80	1/0		1
		1	
60	$\frac{1}{2}$		$1\frac{1}{2}$
50	1	$1\frac{1}{2}$	2
		2	$2\frac{1}{2}$
40	$1\frac{1}{2}$		
		$2\frac{1}{2}$	
36	2		3
30	$2\frac{1}{2}$	3	
24	3	$3\frac{1}{2}$	
	$3\frac{1}{2}$ ^b		

a. 大約為泰樂篩 220 號篩孔

b. 大約為泰樂篩 20 號篩孔

做塗外層的研磨物品時動物膠或合成的樹脂都能做它的黏結物。背面用紙或布都可以。

石榴石和“燧石”紙和布大多數是廣泛地用來摩擦木料、皮革、

硬橡皮、塑膠物、毛氈和摩擦掉金屬上的油漆彩色。外層塗有碳化矽和氧化鋁的研磨物品主要用於金屬的製造工業方面。

在本章後邊講石榴石的部分中，對於塗外層的研磨物品有詳細的敘述。

製造肥皂、清潔劑和擦光劑的顆粒和粉末

在製造肥皂，清潔劑和擦光劑中所用到的多種不同的材料，其中大多數是自然物，但也有些是人造物質。

在洗手肥皂中有長石、浮石和浮石粉、砂、磨碎了的石英、矽藻石、矽藻土、黏土和莠草粉。在選擇材料時雖然有些製造者不無過分的要求，但價值低廉是首要的條件。清潔劑在商業上的成功主要看它的宣傳和銷路，在實質上優越於商業上的競爭品尚屬其次，但是要製造一種確實優良的產品時，研磨料本身也是很重要的因素。家庭用的去垢粉中不應含有石英或與石英硬度相等或更硬的礦物，因為玻璃和琉璃的硬度差不多都是 6 或比 6 更小，它會被任何硬度相等的或硬度更大的物質所擦傷。研磨料不應含有碳酸鈣、硫酸鈣、或其它易起反應的石灰化合物，因為石灰同多數的肥皂起反應形成不溶解的物質，而這些物質是極不易從玻璃面或琉璃面上除掉的。

通用於這方面的礦物或岩石，最理想的是硬度在 3 至 5 之間，產量豐富，容易開採的礦床，而且接近鐵路運輸和適當的靠近重要市場。原料需要一致的結構和物理性質，並且須不含硬度比 6 更大的雜質和像石灰化合物一類容易起反應的雜質。

這類研磨原料的粒度，根據製造品性質的要求而定。粒度大小的範圍包括由風選的和用水漂選的極為微細的粉末，（比通過 325 號篩孔的粉末還要細的多）到 100 號篩孔的，在洗物用的粗肥皂中甚至用更粗一些的。

工業的金剛石

在寶石章中將詳細地講述金剛石，這裏只概述它在研磨上的用途。

工業金剛石的最大產地，至今仍以比屬剛果爲首，而黃金海岸，塞拉·勒窩內 (Sierra Leone)，安哥拉和南菲聯邦等地次之。巴西曾一度爲重要產地，在 1945 年只生產了全世界金剛石總產量的 2%。在戰爭期中應用量最大的期間 (1944)，美國進口 12,614,507 克拉 (carats) 的工業金剛石，價值 22,861,401 美元。

工業的金剛石有三種類型：(1) 圓粒金剛石，顏色不好，有裂隙或破碎的小塊，不適於作寶石；(2) 黑金剛石，是一種由許多很小的金剛石結晶合成的集合體，硬度極大，韌性最強；(3) 紅鑽石，這是一種極硬且堅的金剛石球狀結晶，從同一的中心向四週放射。黑色金剛石僅產自巴西的巴伊阿；紅鑽石主要是來自巴西，有一少部分來自南非洲。圓粒金剛石則所有金剛石產地均有出產。

工業的金剛石在現代工業中已是一種重要和必要的礦產之一。金剛石鑽以前只用於鑽探金屬礦床，而現在則廣泛地用於鑽探非金屬礦床，勘探地質構造、壩基、房基及重機械廠基，探測大的三合土建築物的內部情況如水壩，探測廢礦，在特殊情況下炸除建築和其他方面。

工業的金剛石在所有各種工業中都是極重要的，特別是在機械化生產的操作中的高速和精密的研磨及切削工作中。

一些最重要的用途是：金剛石鑽頭用於鑽探岩層或混凝土；抽製金屬線所用的金剛石沖模；帶金剛石尖的工具，用來矯正研磨輪和在硬橡皮，纖維質的材料，硬的塑膠物等上進行削切或穿孔；做鋸切石料、玻璃、石英、金屬等用的帶金剛石齒的鋸及包含有環形物的鋸。做研磨和割切用的研磨輪，輪中的工作面是由金剛石粉、樹脂、金屬

物或陶器膠結而成的。帶金剛石尖的工具用來割切玻璃和雕刻寶石；金剛石粉用來割切寶石。只有金剛石的工具能有效地將高速工具的銅、膠結的碳化物和其他極硬而強韌的合金切成各種形狀，而金剛石尖的工具主要是用來迅速地和精確地把研磨料製形和矯正以及修整研磨輪。機械化的生產如果沒有工業的金剛石是不會成功的。

剛玉和剛玉粉

剛玉是一種天然的鋁的氧化物，為已知的僅次於金剛石的最硬的礦物。而透明的變種如紅寶石和藍寶石在古代僅用作雕刻寶石的研磨料。將剛玉的顆粒用於工業方面也只是近百年來的事。然而一種由剛玉和氧化鐵以及其他物質的天然混合物的剛玉粉，用它來做商業上的研磨料已有幾百年的歷史了。

當由電爐法造的人造研磨料，碳化矽和熔融過的氧化鋁，開始成為廉價的商品時，就逐漸地代替了天然剛玉和剛玉粉的地位。這些天然礦物的重要性降落到現在只在特殊情況下製造特殊物品時，小量地在應用。然而在製造用來加工重的鐵和鋼的鑄條，或鍛塊及磨製光學鏡片的凸凹不平的研磨方面，剛玉一直繼續保持着它比人造的研磨料優越的地位。由於這些特殊用途的需要，就必然要獎勵採用各種可能的方法來生產剛玉。

繼續地發現和改進人造研磨料的製造，可能在最近的將來，似乎就會沒有人再使用天然研磨料了。

那時剛玉和剛玉粉的經歷大部分會成為歷史性的了。同時大部分要從本章的範圍中除外的。

化 學 組 成

剛玉，在理論上說是純氧化鋁的結晶 (Al_2O_3)，含有 52.9% 的