

鑄造用砂

許鎮宇編著



機械工業出版社

鑄 造 用 砂

許 鎮 宇 編 著



機 械 工 業 出 版 社

1953

出 版 者 的 話

鑄造用砂的選擇和處理在近代化的鑄工廠中也是一項重要的工作。本書就是討論有關控制鑄造用砂的性質的各項問題，並附有各種試驗記錄及圖表以供參考；不過，這些記錄和圖表只是用來表示鑄砂性質變化的規律，不能以其中具體數字作為控制的根據。本書可供現場技術人員及工科學生的參考。

編著者：許鎮宇 文字編輯：季培鎰 責任校對：唐佩卿

1952年11月發排 1953年3月付印 1953年3月初版
書號 0136-0-49 31×43¹/₂₅ 51印刷頁 1—5,500冊 定價 6,400元(乙)
機械工業出版社(北京盛甲廠17號)出版 中國圖書發行公司總經售

目 次

一	總論	1
二	鑄砂的性質和成因	5
1	鑄造用砂的性質	5
2	砂及黏土的形成與選擇	9
三	鑄砂試驗	14
1	採集樣砂的方法	14
2	樣砂的處理	16
3	含水量的測定法	17
4	黏土含量的測定法	19
5	均細性的測定法	21
6	透氣率的測定法	32
7	強度的測定法	41
8	韌性的測定法	45
9	黏土黏結性的測定法	46
10	砂心性質的測定法	46
11	燒結點的測定法	52
四	鑄砂控制	55
1	影響可塑性的因素	55
2	影響強度的因素	60
3	影響透氣率的因素	64
4	型砂控制	68
五	鑄砂處理	76
1	鑄砂處理機械	76
2	鑄砂處理系統	90
	中外文名詞對照表	97

— 總 論

現在的鑄造方法基本上可以分爲三個類型：(1)砂型鑄造、(2)硬模鑄造、(3)壓模鑄造。簡單的說，砂型鑄造是將金屬液注入砂製的模子內使凝固成一定的形狀；硬模鑄造是將金屬液注入金屬製的模子內使凝固成一定的形狀；壓模鑄造是將金屬液用壓力擠入金屬製的模子內使凝固成一定的形狀。用硬模及壓模所鑄出的物品比用砂型所鑄出的尺寸要準確些，而且表面也比較光滑。但是金屬模子不能耐高的溫度，所以只適用於熔點比較低的有色金屬而不適用於熔點高的黑色金屬。現今我們所常見的鋅合金鑄件其絕大部分是用壓模鑄成的；一小部分的鋁合金鑄件是用硬模或壓模鑄成的；在機械製造工業中佔據最大數量的生鐵鑄件、麻鐵鑄件、鋼鑄件、銅鑄件及大部分的鋁合金鑄件則是用砂型鑄成的。所以砂型鑄造可以說是最重要的一種鑄造方法。

本書中所研究的對象就是製造砂型及砂心所用的各種砂子，這種砂子通稱爲‘鑄砂’。鑄砂的適當與否是決定鑄件品質的一個重要因素，經驗告訴我們：沒有性質適當的鑄砂絕不可能產生良好的鑄件。所以鑄砂的選用、配合和處理是每一個鑄工廠都不應該忽略的事。

近幾十年來很多種的機械製造工業都向大量生產的方向發展。我們對於大量生產的鑄件有兩個基本要求：(1)品質好，所謂品質包括鑄件的機械性質及準確程度，(2)性質劃一。只有在性質劃一的條件下，我們才能夠將大量的鑄件用最經濟的切削速度來加工。例如我們要加工某一種汽車上用的灰生鐵鑄件，規定的鑄件硬度是布氏硬度 180，強度是 1750 公斤/公分^2 ，最經濟的切削速度是 35 公尺/分 ；但是在鑄造過程中由於控制的不適當，使 20% 鑄件的硬度升高到布氏硬度 250，強度升高到 2500 公斤/公分^2 。按普通的觀點來看，增加強度及硬度是品質提高的表現，應該是我們所歡迎的。但是硬度增加則切削速度必須降低，在大量生產方法中不允許我們將每一只鑄件預先加以試驗而採用各種不

同的切削速度，唯一的辦法是將全部鑄件的切削速度降低，以遷就這一小部分硬度高的鑄件，結果在工時上受到很大損失。譬如切削速度降低到25公尺/分，則工時損失是 $\frac{35-25}{35} = 28.5\%$ 。

既然鑄件的劃一性如此重要，所以在近代化的鑄工廠裏凡是能影響鑄件性質的各因素一律要嚴格的加以控制，鑄造用砂既然是重要因素之一，當然也不能例外。本書中所要討論的是：鑄造用砂應當具有什麼性質？用什麼方法去測定這些性質？有那些因素能影響這些性質？怎樣控制及發揮這些性質？關於這些方面的研究工作只是在最近三十年內才開始的，雖然不够完全，可是根據現有的成就已促使了整個的鑄造工業走向了新的生產途徑。

在未進入系統的研究之前，下列幾個常見到的名詞必須先解釋清楚。

1 濕砂型 濕砂型是用濕砂所做的鑄型，在澆鑄之前並未用任何方法除去砂中所含的水分，所以在澆鑄時型砂中的水分除去因自然蒸發損失一小部分外，大體上和造型時的水分相等。濕砂型有下列幾種優點：

(1) 因為砂型不需要烘乾，一做好立刻就可以進行澆鑄，在時間上不受損失，並且可以省去烘烤設備及燃料消耗，這些都可以降低鑄件的成本。

(2) 濕砂型的強度小，金屬液注入砂型由於冷卻作用而發生收縮時，可以很容易的將砂型壓碎，換句話說，鑄件在收縮時受不到很大的阻礙力，所以可以避免產生‘熱裂’的缺陷。

(3) 在澆鑄的時候，砂型裏的一部分水分遇熱化為水蒸氣，吸收了很大的熱量，使型砂的溫度下降。型砂裏的黏土經過高溫作用要失去其黏結性，溫度下降則黏結性損失得少些，可以延長型砂使用的壽命。

由於上述三種原因，使得濕砂型成為最經濟的一種砂型，大多數的中小型鑄件(包括用機械大量生產的鑄件)都是用濕砂型鑄成的。

2 乾砂型 先用濕砂造型，但在澆鑄之前用烘爐(溫度 $200 \sim 300^{\circ}\text{C}$)或其他方法除去砂中的自由水分，所以在澆鑄時除去從空氣中吸收的

少量水分外，型砂中可以說沒有自由水分存在，這種砂型稱為乾砂型。乾砂型有下列兩個優點：

(1) 乾砂型比濕砂型的强度高，當澆鑄巨大鑄件的時候，砂型裏要注入大量的金屬液，因為其强度高，所以型面被金屬液沖毀的可能性要小些。

(2) 因為型砂裏沒有自由水分存在，所以在澆鑄時產生的水蒸氣比用濕砂型時少得多，因此在鑄件內部造成氣穴、氣眼的可能性也隨着減少。

乾砂型多用來澆鑄大的鑄件，它比濕砂型可靠，但成本也較高。

3 表面乾燥的砂型 砂型的表面用木柴、噴燈或其他方法烤乾，其他不和金屬液接觸的地方則仍保留其潮濕狀態，這種砂型稱為表面乾燥的砂型。

4 爛砂型 用含很多黏土的稀砂漿塗佈在磚砌的型壁上所製成的砂型稱為爛砂型。製造爛砂型多利用刮板而不用鑄模，並且要在徹底烘乾之後才進行澆鑄。爛砂型的強度很高，能承受巨大的壓力，用於鑄造巨大的鑄件。

5 組成型 組成型是用豆粒大小的石英顆粒或是燒結了的黏土顆粒摻入大量的耐火土所製成的砂型，有時也摻入些普通的天然砂。組成型具有極高的強度和抵抗沖毀的能力，適用於極巨大的鑄件。組成型的表面常塗佈一層耐火塗料，必須徹底乾燥才能進行澆鑄。

6 油砂 油砂是用純淨的天然砂摻合上乾性油（如亞麻仁油、桐油、棉子油等）及其他的有機類黏結劑（如糊精、麵粉、紙漿液等）配製而成，主要用以製造砂心。

7 砂砂 含砂石（ SiO_2 ）量極高含黏土及其他雜質量很低的砂子稱為砂砂。砂砂的耐火性很高，但黏結性則很低。

8 洗蓀砂 經過洗蓀除去了黏土的砂子，稱為洗蓀砂。

9 面砂及背砂 為適應鑄件的特殊需要，常將與金屬液接觸的一層型面用特別配合的型砂來製造，稱為面砂或面層砂。其他不和金屬液接觸的部分可以用普通的砂來充填，稱為背砂。

4
10 型砂及心砂 型砂及心砂是兩個相對的名詞，造砂型所用的砂稱為型砂；造砂心所用的砂稱為心砂。

11 天然黏結砂及合成砂 型砂及心砂必須具有相當的黏結性才能塑製成一定的形狀。天然黏結砂是利用砂裏天然含有的黏土做為黏結劑，不再加入其他的黏結物質；合成砂是在砂砂或洗滌砂裏摻入適當數量的黏土或有機類的黏結劑，使它獲得所需要的黏結性及其他性質。

二 鑄砂的性質和成因

1 鑄造用砂的性質

本章所述的鑄砂性質只限於能影響鑄件品質和成本的各種性質，主要的有耐火性、可塑性、透氣性、黏結性、均細性及耐用性六種。

1 耐火性 鑄砂必須具有耐火性，這理由是淺而易見的；如果鑄砂不能耐火，則高溫度的金屬液注入砂型之後型砂本身就要熔化或軟化，根本不可能使金屬液凝成預定的形狀。不過這是指的極端的情況而言，在一般的澆鑄情況下即使型砂的耐火性很差也只有貼近鑄件的一部分砂要熔化，至於全部熔化而使鑄件變形的現象是不會發生的。

天然砂的主要成分是矽石 (SiO_2) 和礬土 (Al_2O_3)。矽石的熔點是 1710°C ，礬土的熔點是 2050°C ，全是耐火性很高的物質。除去矽石和礬土以外，天然砂裏還含有鈣、鈉、鉀、鎂、鐵等金屬的氧化物或碳酸鹽，這些種物質在高溫度時和矽石化合成爲一種玻璃狀的物質，使鑄砂的熔點大大的降低。鑄砂的耐火性就決定於這些物質含量的多少；含量少則耐火性高，含量多則耐火性低。‘砂砂’裏只含有少量的黏土，其中絕大部分（常在 95% 以上）是矽石，所以耐火性很高而被稱爲耐火砂，它的軟化點常在 1650°C 以上。至於一般天然砂的軟化點大約在 $1270\sim 1400^\circ\text{C}$ 之間。

如果鑄砂的耐火性太差同時金屬液的溫度很高或是鑄件的體積太大，則貼近鑄件的一層鑄砂常被熔化而黏附在鑄件上，使鑄件的清理工作發生困難，這種缺陷稱爲‘鑄砂熔化’，常發生在鋼鑄件及巨大的生鐵鑄件上。

2 可塑性 物體能够很容易的被塑製成一定形狀的性質稱爲可塑性，對於鑄砂來說就是能很容易的被製成砂型或砂心的性質，這種性質當然是鑄砂必須具備的。

按以上的說法，可塑性的定義是含混而不明確的，不能用科學的方法加以測定。不過在鑄工界大家都認為下列兩種性質和可塑性有密切的關係：

1)流動性 流動性好的鑄砂在搗砂時可省些氣力，也更容易製出鬆緊一致的砂型或砂心。

2)韌性 使用韌性較高的鑄砂在提去木模或提去砂心盒時不容易將砂型或砂心碰壞，所以減少了製造的困難。

根據以上兩點認識，我們可以用鑄砂的流動性及韌性來表示其可塑性。

純粹的砂石顆粒並不具可塑性，可塑性的獲得主要由於其中的黏土或其他黏結劑。乾燥的黏土也沒有可塑性，要想使黏土獲得可塑性必須加入適量的水。簡括的說：鑄砂的可塑性決定於黏土（或黏結劑）的種類、黏土的含量及水分的多少。

3 透氣性 鑄砂中的各砂粒間存有很多的大小不等的空隙，氣體可以由這些空隙中通過，這種性質稱為透氣性。透氣性是非常重要的性質，因為金屬液注入砂型以後砂型裏要產生大量的氣體，這些氣體必須能很快地通過砂型而逸散到大氣之中。這些氣體的來源如下：

- (1)濕砂裏的自由水分遇熱變為大量水蒸氣；
- (2)原來存在於砂粒間的空氣，遇熱後增大了體積；
- (3)黏土裏的分子水，遇熱被驅逐出變為水蒸氣；
- (4)砂裏的有機物質遇熱所產生的氣體；
- (5)面層砂中的煤粉遇熱所產生的氣體；
- (6)型穴中的空氣；
- (7)溶解於金屬液裏的氣體。

如果鑄砂的透氣性太低，不能夠使這些氣體很快的散出，這積累的氣體就會在砂型裏造成相當大的壓力，等到氣體壓力超過金屬液的壓力時，這些氣體就要選擇一條阻力小的路線而由金屬液裏流過。如果這時金屬液仍具很高的流動性，氣體由於浮力還會昇到液面外來；但如果金屬液的溫度已接近凝固而變得稠黏，或是鑄件的外皮已經凝固了，這些氣

泡就無法浮出，結果在鑄件內部造成了許多空穴。大的空穴稱為‘氣穴’，小而分散的空穴稱為‘氣眼’。氣穴和氣眼都會降低鑄件的強度，使鑄件不能保持壓密（在高壓時發生滲漏現象），並且減損外表的美觀，對於鑄件的品質是十分有害的。有時因鑄砂的透氣性太低，這大量氣體所建立的壓力能將砂型爆破，使附近的工作人員受到傷害。

由於大量的氣體從金屬液裏通過，常常造成了金屬液的沸騰現象。‘沸騰’作用增加了金屬液的冲刷力，很可能將某一部分的砂型冲壞，使得鑄件上產生不應該有的凸起物，這種缺陷稱為‘冲砂’。冲落的砂子的密度比金屬液低，全浮積在鑄件的上表面，等到將鑄件施以清理工作而把這些砂子除去以後，鑄件表面上即顯露出一個個的凹穴，這種缺陷稱為‘砂眼’。冲砂和砂眼常是相伴發生的。

鑄砂的透氣性決定於砂粒的大小、砂粒的形狀、砂粒的均勻程度、黏土及水分的多少，在不減損其他性質的範圍之內透氣性是愈高愈好。為了幫助砂型或砂心透氣，我們常用通針扎上些通氣孔。

4 黏結性 製好的砂型或砂心必須具有適當的黏結性在澆鑄時才能避免被金屬液所冲毀，黏結性的大小一般均用鑄砂的強度來表示。澆小的鑄件時，砂型裏只注入少量的金屬液，它的冲刷力不大，所以砂型的強度無需很高；澆大的鑄件時，砂型裏要注入大量的金屬液，砂型的強度必須提高才可防止冲壞。一般型砂的乾態強度（烘去自由水分後的強度）比濕態強度高出很多，因此大的鑄件多是用乾砂型來鑄造。

砂心由於其形狀複雜，必須具有很高的強度才能經得起搬運和提放，並且當金屬液注入砂型之後，砂心常要受到很大的浮力，所以必須具有足夠的強度以防止折斷。一般說來，砂心的強度常為砂型的十倍以上。

5 均細性 為了使鑄件表面光滑，鑄砂的顆粒必須均勻細緻，這種性質稱為均細性。濕砂型比乾砂型對於均細性的要求更嚴格，因為乾砂型的表面常刷上一層塗料如石墨粉漿、矽石粉漿等，所以型面即使粗糙些還可以用塗料遮掩；濕砂型的表面則僅僅撒上一層石墨粉，砂型的側壁常是裸露的，如果砂粒糙粗就會使鑄件表面也變得粗糙。

鑄砂顆粒如果太粗大，則鑄件表面上常常嵌入些砂粒，這種缺陷稱為‘透砂’，透砂的原因可以這樣解釋：因為砂粒粗大，各砂粒間有很大的空隙，金屬液可以流進這空隙裏去，等到金屬液凝固就將砂粒嵌抱在鑄件上。嵌上的砂粒很難於清除，不但破壞了鑄件外觀，並在加工時使刀具受到損傷。

均細性和透氣性是兩種互相抵觸的性質；砂粒細則均細性高而透氣性低，砂粒粗則透氣性高而均細性低；在選擇鑄砂時這兩種性質要同時照顧，不應有所偏重。一般說來，小鑄件在澆鑄時產生的氣體少，可以用顆粒較細的鑄砂，大的鑄件則必須用顆粒較粗的鑄砂。

6 耐用性 鑄砂經過多次使用而其性質很少改變的，稱為具有‘耐用性’，耐用性的好壞並不能影響鑄件的品質，但是可以影響鑄件的成本。如果鑄砂的耐用性很差就必須時常摻入些新砂以替換一部分舊砂，這無疑的要將成本提高了。

鑄砂為什麼不能永遠使用？這原因可以分下列兩點來說明：

(1) 型砂的黏結性和可塑性主要依靠砂中的黏土，任何種類的黏土裏都含有一定量的分子水，所謂分子水就是存在於黏土分子裏的水分，這和存在於黏土顆粒間的‘自由水分’是有區別的，黏土必須具有這兩種水分才能獲得黏結性和可塑性。自由水分在平常溫度會由蒸發而損失，失去自由水分的黏土變得堅硬而無可塑性，可是如再加入適量的水分，可塑性仍可恢復。至於分子水則必須加以高溫（ $450\sim 700^{\circ}\text{C}$ ）才能把它由黏土分子裏驅出，一旦驅出黏土就變成磚似的物質，不再具有光澤和可塑性，即使再加入水分也不會進到分子裏去，換句話說，就是永遠喪失了可塑性。在澆鑄時，貼近鑄件的型砂（或心砂）必因高溫而失去分子水，所以鑄砂使用日久其黏結性和可塑性就逐漸失去，必須摻入新砂或黏土以資補償。巨大的鑄件常要在砂型裏維持紅熱狀態至數日之久，對於鑄砂的黏結性和可塑性的破壞是很嚴重的。

(2) 由於自然原因，砂粒上常有些小的裂紋，在澆鑄時砂粒的溫度驟然升高常要在裂紋處分裂，所以澆鑄的次數愈多砂裏的碎粒也愈多，結果降低了它的透氣性而產生氣穴、氣眼等缺陷。

砂粒愈圓愈不容易分裂，因此圓砂粒比多角形的砂粒更耐用些。

2 砂及黏土的形成與選擇

1 砂粒及黏土的成因 砂粒及黏土是由火成岩風化所生成。花崗岩及某些與其有連帶關係的岩石經過風化作用即逐漸解體，其中較易溶解的成分被水溶解而去，最後其中所有的鈉鹽與鉀鹽均將消失，所餘下的是水化狀態的礬土 (Al_2O_3) 和矽石 (SiO_2)，這就是我們所稱爲的黏土。至於花崗石中的石英（結晶狀態的矽石）是一種安定的物質，雖然風化作用也能使它分裂成爲碎顆粒，但其化學性質却不改變，這構成了砂中的主要成分，砂粒。

風化作用有‘機械性的’與‘化學性的’兩方面。機械性的風化作用包括水或冰河的冲刷、大氣溫度的改變、日晒、風吹、冰凍等，均可使大塊的岩石碎裂，年深日久則變爲細小的顆粒。化學性的風化作用則包括水、二氧化碳、植物酸及其他有機酸類的侵蝕。花崗石中的長石或其他的矽酸礦物，由於長年侵蝕可全部水化或部分水化而變爲黏土。岩石中的氧化鐵，經過水化作用也可變爲極微小的褐色顆粒，具有很高的黏結性，稱爲膠體氧化鐵或水化褐鐵礦，鑄砂的外表所以成爲黃色或褐色即因有水化褐鐵礦被覆之故。

母岩解體所生成的砂粒及黏土如果仍留居於原地，則稱爲‘殘餘礦藏’；如果被流水、冰河或風力所攜帶，最後沉積於河底、湖底、砂漠、或海濱的，則稱爲‘搬運礦藏’。由於砂粒和黏土顆粒大小不等，常分別沉積在不同的地帶。

2 黏土的性質及分類 真正的黏土顆粒是細小的片狀晶體，稱爲‘黏土礦物’，晶體的直徑約在 $1\sim 10\mu$ ($1\mu = 0.001$ 公厘) 之間。如用高倍的顯微鏡觀察可看出片狀晶體如同紙片似的雜亂重疊着。除去片狀晶體之外，黏土裏常含有石英、長石、黃鐵礦等的碎顆粒，這些顆粒的形狀則是圓形或菱形，對於黏土的黏結性及耐火性來說，是有害的雜質。

黏土裏常含有或多或少的氧化鐵，有的未經水化，有的則已完全水化成爲水化褐鐵礦。水化褐鐵礦的顆粒極細，結晶成片狀，並且具有很

高的黏結性。含有水化褐鐵礦的黏土，根據含有量的多少而呈黃色或褐色；含有未水化的氧化鐵的黏土則呈紅色或橙色。

假如我們有一只放大率極高的顯微鏡，將黏土的片狀晶體加以觀測，則將發現這些晶體並不是矽石、礬土及水三者的異形混合物，而是由鋁、矽、氧及氫-氧等原子按照一定的格式排列而成。黏土的性質就由這排列的格式（也稱為結構）及各原子的比例來決定。

黏土的性質與其化學成分的關係常不如與其結構的關係來得密切，例如藉化學分析得知其中含有一定量的 SiO_2 ，但其中獨立成為石英的佔有多少，與鹽基類化合物成為矽酸鹽的又有多少，則仍然不知，所以它的性質也無從估計。

很多種黏土都具有吸收能力，如使鈉鹽的水溶液通過某種黏土，則一部分鈉鹽要被黏土吸收，而黏土的性質也將有所改變。黏土的另一種特性稱為‘鹽基對換性’，就是黏土中的某種鹽基離子，可以和黏土外的其他鹽基離子互相對換。例如上例中用鈉鹽處理過的黏土如再用鈣鹽的水溶液處理，則一部分鈉要被鈣所替換，而黏土的性質又發生變化。具有鹽基對換性的黏土，根據不同的處理方法可得到不同的性質。

黏土按其用途分類則有：瓷土、球土、漂土、耐火土等，如按其結構分類則有：高嶺土、次生雲母黏土及微晶黏土三大類。

1) 高嶺土 這一類黏土中包括有瓷土、耐火土及球土等，都具有很高的耐火性，軟化點一般的都在 1700°C 以上。高嶺土的乾燥收縮率很小，其黏結性則由於結構關係而有很大的差別。黏結性強的如球土及耐火土可用以配製鋼鑄件造型用的合成砂，或是配製砂心塗料及砂型塗料。瓷土在鑄造工業中沒有使用價值。

2) 次生雲母黏土 這一類黏土由於產地不同在成分上有很大的差別，製磚用的黏土就屬於此類，但是其中常含有大量的細粒石英和膠體氧化鐵。次生雲母黏土的耐火性很低，黏結性隨產地而不等，只能用於製造有色合金鑄件用的型砂。

3) 微晶黏土 這類黏土是由火山灰風化而成，顆粒極細，直徑大都在 1μ 以下，在水內可懸浮成膠體狀態，所以也叫膠體黏土。微晶黏土類

主要包括有漂土(孚勒氏土)及膨潤土兩種，漂土尚未廣泛的用於鑄造工業，膨潤土則已成為最重要、最優良的造型黏土。

膨潤土也叫做漿土、白土或木積土，是白色或灰白色的堅硬土質，使用之前須先乾燥再磨成粉。膨潤土的吸水能力、強度、可塑性、鹽基對換性在一切黏土中均居第一位，但耐火性較差，軟化點約在 $1300\sim 1450^{\circ}\text{C}$ 之間。

膨潤土根據其鹽基對換性可分為甲乙兩型。甲型膨潤土可替入的鹽基主要的是鈉，乙型可替入的鹽基主要的是鈣。甲型膨潤土遇水後的膨脹率最高，含水90%的土漿，由於本身重量剛剛能流過1.27公分($1/2$ 吋)的管子。它的主要用途是配製鋼鑄件造型用的合成砂。

乙型膨潤土的濕態強度約與甲型的相等，但乾態強度及高溫強度則較低，它的主要用途是配製生鐵鑄件及有色合金鑄件造型用的合成砂。

膨潤土的化學成分普通均在下列範圍之內：

砂石(SiO_2)	60~70%
礬土(Al_2O_3)	14~20%
氧化鐵(Fe_2O_3)	1~6%
氧化鈣(CaO)	0.5~3%
氧化鎂(MgO)	1~4%
氧化鈉(Na_2O)	0.3~5%

我國的膨潤土產地主要有下列幾處：福建連城上吳坑，浙江諸暨，察哈爾宣化深井堡，吉林蛟河煤田，吉林穆林梨樹溝煤田。

3 砂的化學成分 花崗岩是石英、雲母、長石三種礦物的混合岩石，石英就是結晶的二氧化矽，性質很安定，風化作用只是使它的顆粒變細，但不能改變它的化學性質。雲母是矽酸鋁鉀的水化物，常含有少量的鐵及鎂，性質也很安定，風化作用也不能改變它的化學性質。長石則是比較不安定的礦物，經過長期的風化，其中的礬土和砂石變成了黏土，其餘的鈉、鉀、鎂、鈣的氧化物或是被水溶解而去，或是殘留在黏土之內。小的長石顆粒也常被流水所攜帶與石英顆粒一同沉積。

由上所述可知砂（包括砂粒及黏土）裏通常均含有石英、黏土、長石、雲母、鐵礦等礦物質，如按它的化學成分來分則包括有：砂石、礬土、

和鈉、鉀、鎂、鈣、鐵等金屬的氧化物或鹽類，矽石和礬土是鑄砂的主要成分，其他均算做雜質。雜質在高溫時與矽石、礬土化合成為一種易熔的物質，叫做熔渣，使得鑄砂的熔點大大的降低。鑄砂中所含雜質愈少，其耐火性愈高，也更適合鑄造之用。鑄鋼用砂中的雜質總量不應超過2%，至於鑄鐵工廠及有色合金鑄造廠所用的型砂的成分約在下列範圍之內：矽石80~90%，礬土4~9%，鉀、鈉的化合物<3%，鈣、鎂的化合物<3%，氧化鐵2~4%。

矽石含量在90%以上的砂子稱為矽砂，由於其耐火性高，也叫做耐火砂。矽砂的主要用途是用來配製合成砂和配製砂心混合料，因為所含的黏土少，缺乏黏結性與可塑性，直接用來造型是不適宜的。最高品級的天然矽砂含矽石量可達到95%以上，若稍加洗滌除去其中少量的黏土，則可達到98%。矽石含有量愈高砂子的顏色愈近於無色透明，所謂‘銀砂’就是指的這類砂子。

人造矽砂是將石英岩加以焙燒、壓碎所製成，並通過篩分法以得到均一的粒度。人造矽砂的純度更高，多數都用於鑄鋼工廠。人造矽砂因為要經過多種的加工手續，所以價格比天然矽砂昂貴。

4 天然砂的分類 天然砂在地球上的分佈非常廣泛，並且常常是大量集積在一起，構成了各種式樣的砂床。按砂床的成因和所在的地區可分為下列五種：(1)河砂，(2)湖砂，(3)灘砂或海砂，(4)風積砂，(5)殘餘砂。

沉積在河岸或河底的砂子稱為河砂。河砂的顆粒比較均勻，成分則比較不純，黏土含量一般的說都比較少。例如東北的渾河砂、石河砂、鞍山河砂及華北的清河砂、盧溝橋砂等均屬於此類。

沉積在湖濱或湖底的砂子稱為湖砂，我國幾個大工業城市附近尚未發現有合用的湖砂。海灘砂是沉積在海濱或海底的砂子，顆粒比較勻細，黏土較少，並含有雲母、長石、貝殼等雜質，華北常用的北戴河砂就屬於此類。風積砂多產生在大陸內地，顆粒細而大小均勻，常含有較多的黏土及雜質。

殘餘砂是留於原地尚未被流水、風力所攜帶至他處的砂子，顆粒比

較均勻，黏土含量則由於風化程度和地質構造的不同而有很大差別，一般所說的‘山砂’就屬於此類。

5 鑄砂的選擇 優良的鑄砂必須顆粒均勻，粒狀是圓形，含有適量的黏土，並且雜質愈少愈好，天然砂能完全合於這要求的非常稀少。近數十年來由於鑄造工業的發展，對於優良鑄砂的需要也日加迫切，天然砂既不能滿足要求，因此促使了合成砂的研究、使用和推廣。但合成砂的價格比較昂貴，如果有合用的天然黏結砂可資採用，仍是以用天然黏結砂為宜。

鑄砂的性質必須與鑄件的性質相配合，熔點高的金屬，如鑄鋼，必須使用耐火性及透氣性均高的鑄砂；熔點低的金屬，如鋁合金，則可使用耐火性及透氣性比較低的鑄砂。同時鑄件的大小也是選擇鑄砂時的決定因素，同樣的合金，大鑄件要用耐火性、透氣性、強度均較高的鑄砂，小鑄件則可用三種性質均較低的鑄砂。

為某一類鑄件選擇一種合用的鑄砂時，下列幾種試驗是非常重要的：

- (1) 測定鑄砂的粒度、粒度分佈及粒狀。
- (2) 測定黏土含量。
- (3) 測定強度及透氣率。

粒度、粒度分佈及粒狀是決定鑄砂性質的重要因素。鑄砂的粒度分佈(均勻性)必須均勻，大小顆粒不應相差過多；粒狀(砂粒形狀)則應為圓形或半菱形，菱角太尖銳的不適合鑄造之用。至於粒度(顆粒粗細)要由鑄件的材料及大小來決定，一般鑄砂的平均顆粒直徑約在 0.15~0.50公厘的範圍之內。

根據黏土含量的多少，可預測出某種鑄砂是否能直接用來製造砂型；含黏土少則缺乏強度與可塑性，含黏土多又要降低其透氣率，能直接供造型之用的天然黏結砂其黏土含量約在 5~15% 的範圍之內。