

鑽粒的制造工艺与技術性能

一、鑽粒的制造工艺

(一) 生鉄鑽粒

目前使用的生鉄鑽粒，是用具有下列成份的生鉄制成的：

碳	0.3~3.5%
錳	0.4~0.7%
矽	1.5~2.0%
磷	不大于 0.8%
硫	不大于0.12%

鑽粒的澆鑄，是按照图 1 所示之制造程序用專門的設備來進行的。

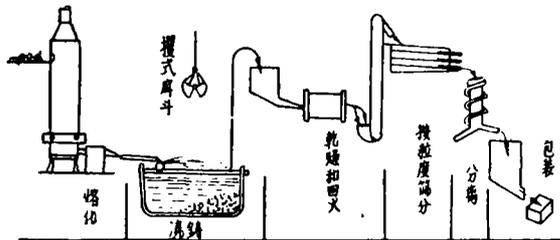


图 1 生鉄鑽粒制造程序

为了保持鉄水成份的均匀，清除其熔渣，一般多采用带有前爐裝置的普通化鉄爐熔生鉄。鉄水由爐里出来后即澆注到鑽粒鑄造器上。鑽粒鑄造器是一个直徑为 350~400 公厘，轉速为 120~140 轉/分的空心滾筒。滾筒的裝置位置，应使大部份筒身出落于水面之上，(以增大鉄水在澆鑄时的奔騰空間——譯者)，其下部可不断受水浸湿。当呈細柱的鉄水澆到滾筒表面上时，便被奔騰成細滴拋向空間，因为圓球形，隨即落入水內定形。鑽粒由槽內撈出后要進行烘乾与回火处理，而后，送入振動篩按粒度分类，將不符合工业尺寸和形状要求的鑽粒分离出去。經分篩后的各种规格鑽粒便可送入螺旋分离器。在这里，它可把中空的、夾渣的和有气孔的鑽粒分离出来。选好的鑽粒便可进行試驗和包裝。

在鑽探上使用的生鉄鑽粒，有表 1 所列几种规格。

質地优良的生鉄鑽粒，必須呈圓球形状，表面純洁而不帶气孔、裂隙和尾巴。錘击时破碎至多不过 3

生鉄鑽粒规格

表 1

容許直徑 (公厘)	鑽粒編号			
	2.0	2.5	3.0	4.0
	1.75~2.24	2.25~2.74	2.75~3.43	3.5~4.5

~ 4 瓣；表面硬度应达到 Rc58~60。

經驗証明：由于在鑽粒尺寸与夾渣、裂隙、气孔以及其他缺陷的数量之間存在着一定的关系，所以生鉄鑽粒的极限破碎强度就与其直徑成比例（一次方的，而不是二次方的）。图 2 为优质生鉄鑽粒的极限破碎强度与直徑关系的变化曲線。

銹蝕会严重地減低

鑽粒的鑽进性能，因此，在制造或包裝鑽粒时，必須采取措施，防止貯存和运输中发生氧化。有的工厂为了防止鑽粒氧化，在澆鑄时向冷却池內加入重鉻酸鉀

($K_2Cr_2O_7$) 和氢氧化鉀 (KOH)；而有的工厂則在包裝之前，在鑽粒上涂沫廢机油。包裝鑽粒的箱子要用質地良好的紙張加以襯垫，以隔絕空气的影响。

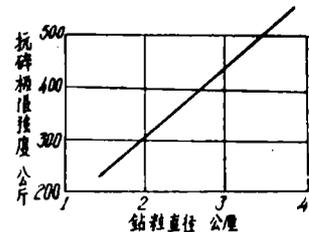


图 2 生鉄鑽粒极限抗碎强度

(二) 鋼粒

截至目前为止，在澆鑄鋼鑽粒工作方面，仍未获得較为令人滿意的效果，所以鋼粒只是用鋼絲來切割。按照原材料形状的不同，加工出的鋼粒有方块形 (图 3)，等長圓柱形 (图 4) 和圓球形 (图 5)。

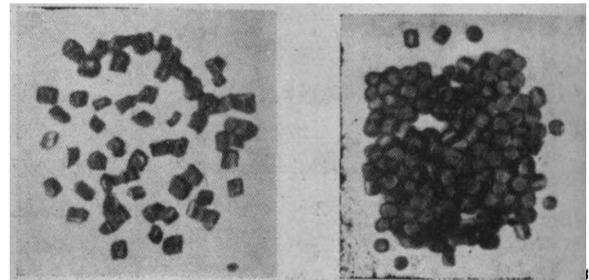


图 3 方块鋼粒

图 4 等長圓柱鋼粒

研究証明，圓球形鑽粒的鑽进性能最好，圓柱形

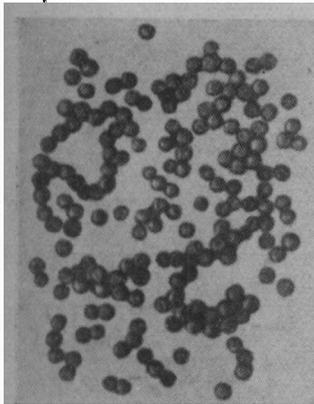


图 5 圆球形钢粒
(鋼和彈簧鋼等)。

的次之，立方块形的最差。就制造上来看，圆柱形钢粒最简单而且成本也最低，所以目前使用这种钢粒也较为广泛。

制造钢粒可用任何一种在热处理后具有硬度、韧性(抗碎强度)和抗磨性很高的钢料(50、60和70的结构钢，工具

为了使钢粒的成本不致过高，可利用旧钢丝绳和生产钢绳时产生的废钢丝绳等制造。图6为切制钢粒的工序图。图7是一种构造简单而效率很大的电动钢丝绳钢粒切割机。它的组成部份为：电动机(1)，用靠背轮(2)与装有工作盘(3)的轴联接在一起，工作盘上按有BK15合金制的切刀(11)和长度控制器(4)。长度控制器是一个由BK15合金制的薄片，藉助垫片和螺钉而装置在切刀下，使钢丝绳伸出长度等于钢粒的直径尺寸。工作盘的对面装着一个导模(5)，它是由淬火后的工具钢制成，上面有几个孔，可供钢丝绳通过。钢绳的运送，是藉助两个轆子(6)来进行，轆子是由另一专用马达(9)通过皮带和减速蜗桿

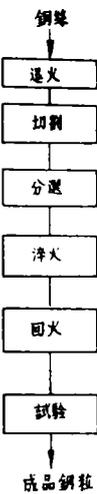


图 6 碎块钢粒制造工艺图

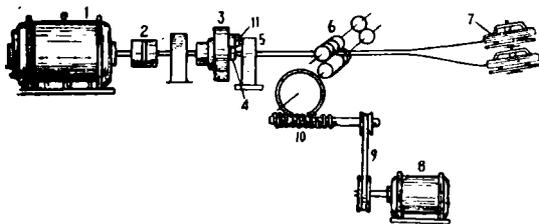


图 7 电动钢丝绳钢粒切割机

(10)来带动的。钢绳可盘绕在一个自由转动的线架(7)上。

导模的装置应使钢绳自导模中出来端部至切刀迴轉中心的移动长度等于2~3公厘，如此，当切刀旋轉时便会把它切下来。

以2800切次/分的切削速度来切削直径在2~3.6公厘的钢丝绳钢粒时，主马达的功率约须5.8瓩，傳送鋼絲專用馬达为0.8瓩。在这种情况下，切制机的生产

效率将根据所切钢绳直径确定为15~25公斤/小时。

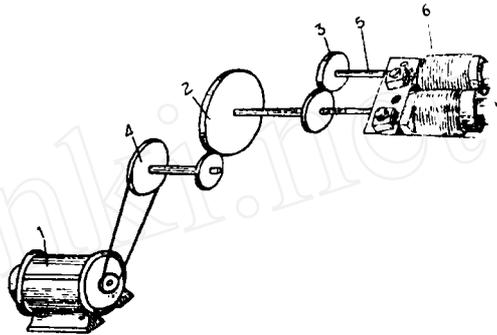


图 8 旧钢丝绳钢粒切割机

图8是一种利用旧钢丝绳切制钢粒的机器示意图，它的组成部份为：马达(1)通过皮带轮(4)带动两对齿轮(2)和(3)。在两根相对迴轉的工作轴(5)的端部，固定有一对用淬火钢制成的切割轆刀(6)。在开始加工钢丝绳时，先要退火，而后切割成5~10公尺长的段节，并拆成单股，整直，送入机器切割。切割时还须把它截成50~60公厘长的小节，然后放到轆刀之间，这时便被轆刀咬住切成碎小的圆柱体，依此，一节节地来进行切割。

轆刀的厚度(刀刃间距——譯著)应较钢绳直径小0.1公厘，这样，所切得圆柱钢粒的长度将等于它的直径。若机器的马达功率为3.5瓩，轆刀轉数为30~35轉/分，而且用手工操作时，则这种机器在每一机械工作小时内可切制1.8~2公厘直径的钢粒15~18公斤。

由于旧钢丝绳的钢绳尺寸可能不一，加上切割时放在轆刀间的位置不准确，所以切割出的钢粒，有的长度便会增大，因而，钢粒切割之后，还须过筛分类。

钢粒的淬火与回火温度以及淬火剂，是要按照制作钢粒所用的不同钢材品种来选择的，利用CT50, 60, 70, OBC(註1)牌号钢材，以及类似的钢材制作钢粒时，可应用废变压器油，太阳油(註2)或汽车用润滑油进行淬火，也可以用水淬火，但这必须准确的掌握加热温度。

图9是一种构造简单效果良好的钢粒热处理电爐。它的组成为：马达(3)用皮带(4)带动装有蜗壳式给料器(1)的迴轉管(2)。此迴轉管装置在橫伸于爐腔內的固定管(6)中，爐腔內裝有直径为4~5公厘的鎳鉻合金絲加热線圈(5)，在固定管上还连接着另一个小管(8)，加热好的钢粒经过此管便下落

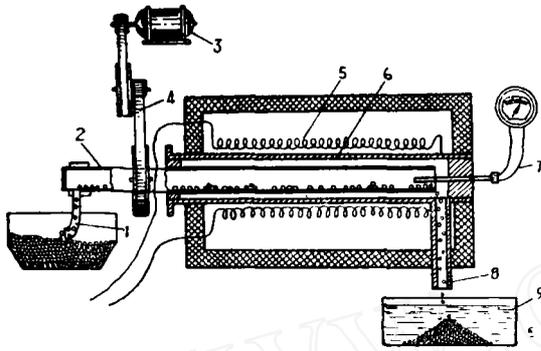


图 9 热处理炉

淬火池(9)内。为了掌握坩埚的加热温度,在坩埚上还按设有热电偶高温计(7)。坩埚的外壳为金属的,坩埚腔砌以耐火砖。廻轉管与固定管需用耐热钢制成。坩埚加热用的电流,可经具有调整间隔较广的强电流自耦互感器获得。

用这种功率为18瓩的电爐,每小时可淬火40公斤直径为3.2公厘的CT60鋼粒。鋼粒的回火温度須按照鋼材的品种,鋼粒的规格和回火时间确定,CT50,60,70与OBC鋼的鋼粒在油中进行回火时,可以获得很好的效果。为此在装设廻轉管坩埚时,应使廻轉管的一端恰好位于小管(8)的上方,当温度达到250~280°C时,经过廢机油浸湿了的鋼粒便从管内通过,在这种以油的沸点温度进行鋼粒回火,将会是很均匀的。

整个热处理工作,对于鋼粒的质量有很大的影响,因此,它的每一工序最好都自动化。并对鋼粒质量作精确的检验。

二、鑽粒的技术性能

(一) 鋼粒技术性能

好的鋼粒,必須符合下列基本要求:

- 1) 应具有均匀一致的形状和尺寸(圆柱形和球形鋼粒的均匀差不能大于20%)。
- 2) 表面清洁光滑,不得带有切削毛刺。
- 3) 应具有较高的硬度和韧性。

鋼粒的硬度应保持在Re48~58范围内。

鑑定鋼粒的质量,是将鋼粒夹在BK15硬質合金片間,在水压机上进行破碎,并以其在破碎时所能承受的最大压力作为衡量的标准。

鋼粒破碎时的响声不应是清脆的,而且破裂最好也不多于三瓣,选取20次破碎观察中的平均值作为它的临界强度(极限抗碎强度),鑽粒的試样应取自被

試驗的一批鋼粒中的各个不同部份。

凡在破碎試驗时出现有塑性变形的鋼粒,則可以看作是廢品。在一批鋼粒試驗中,若发现塑性变形的数量达20%,則該批鋼粒便应报廢。

图10所示为极限抗碎强度与60,70和OBC鋼制圆柱形鋼粒的尺寸关系曲线表。

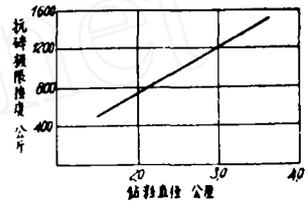


图 10 圆柱形鋼粒的极限抗碎强度。

影响鑽进速度,鑽粒和鑽头耗損的几个最基本要素:(1)鑽粒質量;(2)鑽头材質;(3)鑽头的压力;(4)廻轉速度;(5)鑽粒的尺寸和形状;(6)鑽头的唇厚和水口形状;(7)向孔底供給鑽粒的方法;(8)冲洗的速度;(9)被鑽岩层的性質;(10)鑽头直径。

質地优良的鋼粒在工作时,既不易发生裂變也不易产生塑性变形。如热处理不善,或加工时用的鋼材不合要求时便会发生塑性变形。鋼粒的脆性,一般是由于淬火之后的回火处理不当,或是由于制造时鋼粒内部产生有裂隙、烧損等疵病而造成的。

图11是经过不同热处理的60号鋼粒的鑽进速度变化曲线。曲线1代表经过完善热处理的鋼粒的鑽进特性;曲线2是代表只经过淬火而未經回火的鋼粒鑽进特性。

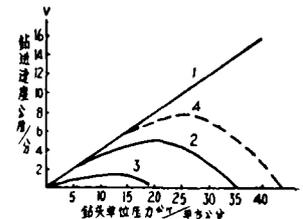


图 11 鋼粒的热处理对鑽进速度的影响

图11中表明了經740°C淬火,240°C回火的鋼粒的鑽进速度最低(曲线3)。这是因为它太軟的緣故,鑽粒軟的原因是由于淬火温度低或回火温度高而造成的。曲线4是经过适当的淬火和充分的回火的鋼粒。

鋼粒的磨損是在金屬疲劳产生破碎和研磨而发生的,在研磨作用下金屬便变成了粉末。

金屬疲劳能引起鋼粒破碎与表面脫皮现象。鋼粒磨損到最后,粒度即变小,这时很容易被冲洗液冲起,而失去磨料的作用。这样它們在孔内便不起剋取

註1. OBC号鋼絲是最适于制造鋼粒,它的化学成份为:碳:0.65~0.75;錳:0.30~0.60;矽:0.17~0.37;鎳:0.15;磷:0.10;硫磷不大于0.03

註2. 太阳油是一种輕工业潤滑油,它的性能为:粘度 ϑ 50—1.2~1.75;閃点—125;凝結温度—20

—譯者。

岩石的作用，而輕微的磨損着鑽具和鑽桿。鋼粒的磨損在時間上也是不均勻的。起初，當鑽粒還具有尖銳的稜角和稜面時，它本身的磨損是較快的，對鑽具的磨損亦甚為強烈；後來，隨著外形的變化，便變成了相當圓滑而易於滾動，於是鋼粒和鑽頭的磨損也就減低了。

軟質鋼粒的磨損是在塑性變形時由於金屬迅速疲勞而引起表面脫皮的情況下而發生的。這種鋼粒的粉末已經失掉了磨料的作用，並且很容易被帶入取粉管內。

脆性鋼粒粉末磨損最大，而且很難由孔內岩粉中排出。

(二) 生鐵鑽粒技術性能

生鐵鑽粒在工作時，是不斷地被壓碎成一種銳角錐狀和其他形狀的碎塊。圖 12 所示的是生鐵鑽粒在孔內一個壓碎階段的情形。

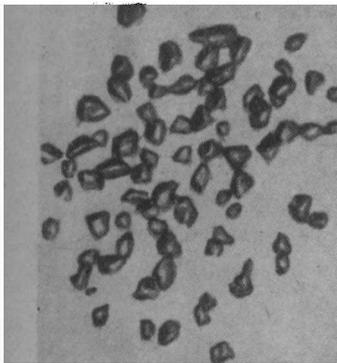


圖 12 工作的生鐵鑽粒

生鐵鑽粒也是藉助於擠壓和破碎來剝取岩石的。鑽粒在鑽頭底下滾動時靠着尖銳的稜角來進行破碎岩石。

同樣，各種不同質量的生鐵鑽粒，對質量的影響也較大，其因素為：生鐵的材質，鑽粒

熱處理的性質和鑽粒的狀態，以及內部存有的疵病。一般認為如將生鐵的含碳量減少到 2.95%，矽量減少到 1.0%，並減少磷的含量，則可提高鑽粒的韌性和鑽進性能。

在生鐵內增添銅、鎳、鉻成份，可以改善鑽粒的鑽進性能。鑽粒澆鑄出後，如果能於 220~250°C 溫度中回火一小時，這樣便可以減低 20~25% 的消耗量並提高 10~15% 的鑽進速度。

(三) 生鐵鑽粒、鋼粒及鑽頭三者之鑽進性能上的相互關係

為了確定生鐵鑽粒和鋼粒的工作特性，會對質地優良的生鐵鑽粒和鋼粒，在同一條件下以同樣的操作方法進行鑽進試驗。圖 13 所示為生鐵鑽粒(曲線 1)與鋼粒(曲線 2)的鑽進速度在時間上的變化曲線。表 2 中所列為鑽進速度、鑽粒與鑽頭消耗量及井底

岩粉數量的平均資料。從所述資料中可以看出在所有指標上，生鐵鑽粒的鑽進性能要低於鋼粒。

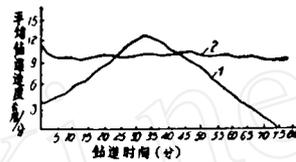


圖 13 生鐵鑽粒和鋼粒在回次鑽進中對鑽進速度的影響 (1)生鐵鑽粒 (2)鋼粒
在十級岩石中用生鐵鑽粒和鋼粒鑽進的試驗資料表 2

指 標	生鐵鑽粒	鋼 粒
平均鑽進速度，公厘/分	7.6	11
鑽粒消耗量，克/公分	10.5	12
鑽頭消耗量，克/公分	8.0	7.9
井底殘留岩粉高度，公分	8.6	2.5

只有當鑽粒與鑽頭發生咬合作用時鑽頭才能在井底推着鑽粒滾動。試驗證明，這種咬合作用是不能單靠摩擦來保證的，而尚須由鑽頭施加一定的負荷於鑽粒上。因為要有效地破碎岩石，鑽粒須具有較高的硬度和不太大的彈性變形，這樣它所需要的施加負荷只有靠鑽頭本身的變形來獲得，而這種變形可能是彈性的或塑性的，也可能是其他的。

如金屬經常發生塑性變形，則它的破壞較之在彈性變形時要快得多，因此，希望鑽頭能用具有高度彈性變形的金屬材料製成。

表 3 所列鑽進速度與鑽粒消耗量的資料充分証實了這種意見是正確的。

熱處理對鑽粒鑽頭鑽進特性的影響 表 3

指 標	CT 50 鋼材鑽頭		
	退火的	正火的	淬火的
鑽進速度，公厘/秒	8	10	3
鋼粒消耗量，克/公分	12	10	30
鑽頭消耗量，克/公分	5.2	4.3	1.2

表 3 是用經過不同熱處理的 50 號鋼材鑽頭在同一條件下鑽進試驗的結果。淬火後的金屬具有較高的硬度和較低的彈性變形，這樣，鑽頭就不會與鑽粒咬合，因此鑽頭的磨損較少，鑽進速度低，鑽粒消耗量大。

退過火的鑽頭，具有較大的塑性變形。磨損高，鑽進速度有一些降低。經過正火處理的鑽頭具有最好的鑽進性能。因為它較之退火鋼有很高的彈性變形；

較之淬火鋼又有較高的塑性形變。

表 4 是以各種不同鋼材的鑽粒鑽頭，用鋼粒在 X 級花崗閃長岩中以 300 轉/分的轉速和 20 公斤/平方公分的單位壓力鑽進時，所獲得的鑽進性能相對指標變化資料。

不同鋼材的鑽粒鑽頭的鑽進性能比較 表 4

鑽頭材質	鑽進速度	鑽粒消耗量	鑽頭消耗量	功率消耗
30號鋼	1.0	1.0	1.0	1.0
50號鋼	1.10	0.90	0.78	0.97
60號鋼	1.13	0.85	0.76	0.93
V7A鋼	1.45	0.85	0.74	1.05
III X 鋼	1.6	0.75	0.65	1.10

圖 14, 15, 16 所示資料表明了在不同壓力下鑽進時，鑽進速度、鋼粒與生鐵鑽粒的消耗量和鑽頭磨損的變化情形。

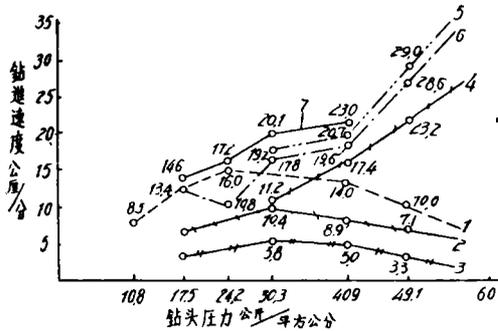


圖 14 壓力對鑽粒鑽進速度的影響 (比較值) :

用 No 4 生鐵鑽粒鑽進 :

- 1—普通鑽頭 (CT 3 鋼) ; 2—III X 鋼鑽頭 ;
- 3—V-7 鋼鑽頭。

用 No 4 淬火鋼滾轉的 V7 鋼粒鑽進 :

- 4—普通鑽頭 (CT3) ; 5—III X 鋼鑽頭,
- 6—V-7 鋼鑽頭 ; 7—正方形鋼鑽頭。

從這些資料中可以看出用一般生鐵鑽粒鑽進時，單位壓力不應超過 25 公斤/平方公分；用鋼粒鑽進時單位壓力要高於 50 公斤/平方公分才為合理。以優質鋼材製成的鑽頭，只有使用鋼粒鑽進才會在所有指標上取得良好的鑽進性能。如用生鐵鑽粒鑽進，則只能使鑽頭和鑽粒造成過大消耗。

圖 17 所示為不同壓力下鑽進 X 級岩石時，鋼粒鑽進性能相對指標的變化情況。有關生鐵鑽粒的這方面資料參看圖 18。生鐵鑽粒在鑽進時，其應力超出了它的抗碎強度範圍，因此，就會很快地破裂。因為在破裂狀態下的鑽粒具有較高的摩擦性，所以隨着轉數的

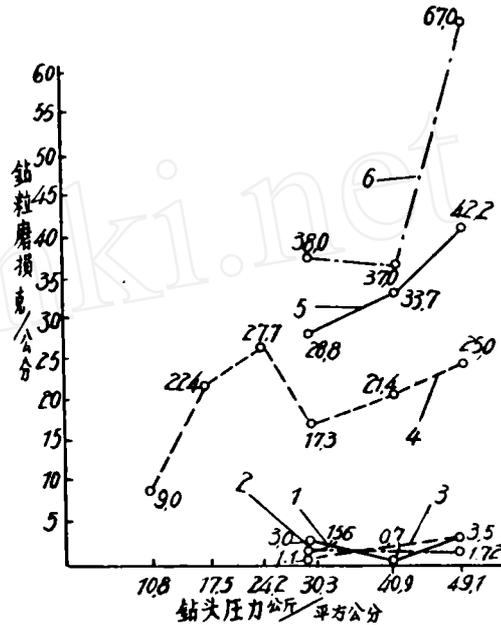


圖 15 壓力對鑽粒消耗的影響 (比較值) :

用 No 4 滾轉的 V-7 鋼粒鑽進 :

- 1—普通鑽頭 (CT-3) ; 2—III X 鋼鑽頭 ;
- 3—V-7 鋼鑽頭。

用 No 4 生鐵鑽粒鑽進 :

- 4—V-7 鋼鑽頭 ; 5—III X 鋼鑽頭 ; 6—普通鑽頭 (CT3)。

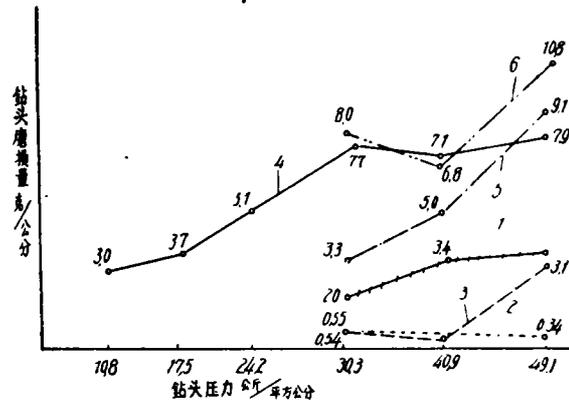


圖 16 鑽粒鑽進時的壓力對鑽頭磨損的影響。

鑽進是在 $n=281$ 轉/分的情況下進行的。

- 鋼粒 : 1—CT20 鋼鑽頭 ; 2—III X 鋼鑽頭 ;
- 3—V-7 鋼鑽頭。

生鐵鑽粒 : 4—CT20 鋼鑽頭 ;

- 5—III X 鋼鑽頭 ; 6—V-7 鋼鑽頭。

增加，鑽粒的消耗量和鑽頭的磨損一般也都要增加。鑽粒在外環狀空間 (鑽頭外圍與孔壁間的空間——譯者) 是處在一種懸浮的狀態中，在這種情況下，較重的和較大的鑽粒便沉落在孔底，而較小的卻被排擠到上面。沉到孔底的大鑽粒由於受鑽頭壓力而破碎，然

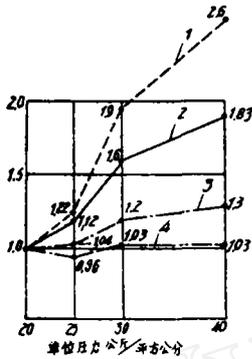


图 17 单位压力对钢粒钻进性能的影响(比较值), 钻进是在X级岩石中, n=300 转/分, 钻头 75/56 公厘, 钢粒为 3 公厘: 1—井底功率变化; 2—钻进速度变化; 3—钻头磨损变化; 4—钢粒消耗变化(比较数字)。

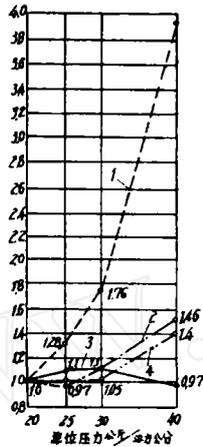


图 18 单位压力对生铁颗粒钻进性能的影响, 钻进是在X级岩石中, n=300 转/分, 钻头 75/56 公厘, 生铁颗粒为 3.4 公厘: 1—井底功率变化; 2—钢粒消耗变化; 3—钻进速度变化; 4—钻头磨损变化。

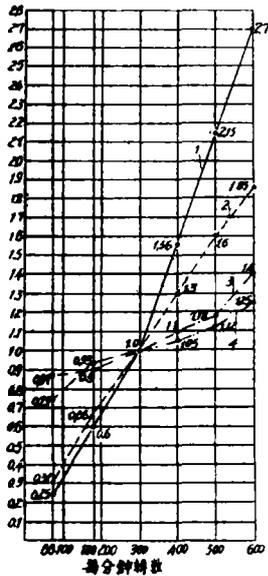


图 19 转数对生铁颗粒钻进参数的影响(比较值) 在X级岩石中钻进, 钻头 90/70 公厘, 生铁颗粒 4 公厘, 单位压力 20 公斤/平方公分。 1—井底功率消耗变化; 2—钻进速度变化; 3—钢粒消耗变化; 4—钻头磨损变化。

后, 这些破碎了的钢粒又被另一些较重的钢粒排挤出来。钢粒就是这样在孔内不断地按粒度大小而进行分

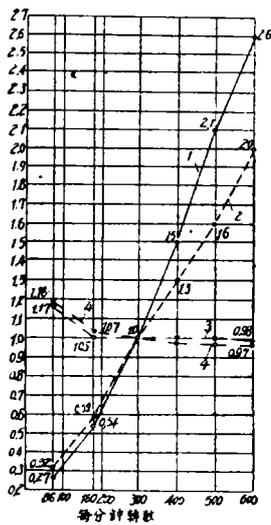


图 20 转数对钢粒钻进参数的影响(比较值) 在X级岩石中钻进, 钻头 90/70 和 75/56 公厘, 钢粒 3 公厘, 单位压力 20 公斤/平方公分。 1—井底功率消耗变化; 2—钻进速度变化; 3—钢粒消耗变化; 4—钻头磨损变化。

离的。这种分离过程, 生铁钢粒进行的较为强烈, 而钢粒则较差。这是因为钢粒在孔底不会压碎和磨损较慢的缘故。所以, 随着转数的增加, 不论是用生铁钢粒还是用钢粒, 钻进速度几乎都按比例地增加。但是, 钢粒和钻头的单位有效工作消耗量却有着不同的变化, 用生铁钢粒时消耗量会增大, 而用钢粒时却在一定程度上会减少其消耗量。

图 19 是关于生铁钢粒在X级花岗岩岩中用 30 号钢钻头在各种不同转数下钻进时的钻进速度、钢粒、钻头和功率的消耗的比较情况。图 20 是钢粒的比较情况。

钢粒的形状和规格, 对于钻进指标有很大的影响。棱角状(不便于滚动的)的钢粒, 不仅促进了钻头的磨损, 而且工作效力也很差。生铁钢粒在工作中是具有着棱角形状, 但对这种钢粒来说, 原始形状是不会起很重大作用的。

鉴于钢粒在钻进中, 其原有形状变化较慢, 所以原始形状将会对钻进有显著的影响。另一方面, 钢粒的形状对它的制造工艺也是有影响的。表 5 所列, 是不同形状钢粒在同一条件下钻进花岗岩岩的试验资料。同时表内还表示了用现代生产方法制造的钢粒的單位重量相对价值的资料。从表中可以看出, 目前在应用上最合理而又最经济的应该是圆柱形一类的钢粒。

钢粒形状对钻进指标的影响 表 5

钢粒形状	钻进速度 公厘/秒	钢粒 消耗量 克/公厘	钻头的 消耗量 克/公厘	钢粒的 价值比 值 %
圆柱形钢粒	8.9	21	18	100
方块形钢粒	8.8	24	22	120
球形钢粒	6.9	19	14	250

刘亚夫 摘译自 Бурение Колонковых Минных скважин: И. А. остроушко 廉介民 校

躍進捷報

本刊訊: 在全国大跃进的声中, 各地区地质勘探工作的跃进捷报频频传来。云南有色局云锡勘探队馬拉格分队 304 机, 三月份創造了月进 825.36 公尺, 台月效率 801 公尺的該局最高记录。对此, 云南有色局已予通电表扬。