

提高铁砂钻进效率的途径

Н. И. 柳比莫夫 著

地质出版社

提高鉄砂鉆进效率的途径

Н. И. 柳比莫夫 著

崔福魁、单基源 译

地质出版社

1960·北京

Н. И. ЛЮБИМОВ

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУРЕНИЯ ЧУГУННОЙ ДРОБЬЮ

本書是苏联专家 Н. И. 柳比莫夫应地質部勘探技术研究所的同志們的邀請所写的报告。内容主要討論鉄砂的鑽进性能及与鉄砂鑽进有关的各种因素, 其中包括鉄砂成分、机械性質和热处理规范的关系。在鉄砂鑽进方面提出了新的論点, 例如投砂数量根据岩石硬度和机械强度来确定; 在采用不同直径鑽头鑽进时鑽头底唇面积每一平方厘米上的鑽粒都应该相同, 因而投砂数量应该随鑽头底唇面积的增大而增多等理論。

本書出版将会对提高鑽粒鑽进的理論水平和提高在硬岩层的鑽进效率有很大作用。适于鑽探工程技术人员和研究人員閱讀。

提高鉄砂鑽进效率的途径

著者	Н. И. 柳比莫夫
譯者	嵇福魁、单基源
出版者	地質出版社
	北京西四羊市大街地質部內
	北京市書刊出版業營業許可証出字第0560号
发行者	新华書店科技发行所
經售者	各地新华書店
印刷者	地質出版社印刷厂
	北京安定門外六鋪炕40号

印数(京)1—2200册	1960年3月北京第1版
开本850×1168 ¹ / ₃₂	1960年3月第1次印刷
字数36,000	印张 1 ³ / ₈
定价(10)	0.25元

前 言

本报告是应中华人民共和国地质部勘探技术研究所同志们的要求而编写的。

报告内容主要讨论铁砂的钻进性能及与铁砂钻进有关的各种因素，其中包括铁砂成分、机械性质和热处理规范的关系。

报告中列举了实验室和生产研究铁砂钻进性能的结果和数据，并根据部分研究结果把铁砂与切制钢粒的钻进性能作了对比和分析。

报告用很大篇幅论述了铁砂钻进的科学研究任务。这部分着重阐述钻头底唇单位面积的钻粒数量的作用，合理的投砂方法和提高钻粒钻进效率的方法。

报告主要是根据报告人和前勘探技术研究室的 В.И. 莫洛左夫、В. И. 奥尔洛夫、Б.В. 姆尔扎柯夫、Ю.Л. 格里戈利耶夫等同志在全苏矿物原料研究所进行的钻粒钻进实验结果编写而成。

目 录

前言.....	(3)
一、概述.....	(5)
二、鉄砂的机械强度及其質量要求.....	(5)
三、鑽粒的鑽进性能(实验室資料).....	(10)
四、孔底单位鑽粒数量的作用.....	(15)
五、按生产試驗結果所确定的鉄砂鑽进性能.....	(18)
六、鑽粒鑽进的預期結果及今后的研究任务.....	(23)
七、結語.....	(31)
附录：关于鈣粒鈣进几个問題的研究.....	(37)
参考文献.....	(43)

一、概 述

鑽粒鑽進主要用于鑽進硬度大和機械強度高的岩石。決定鑽粒鑽進性能的主要因素是鑽粒的抗压強度。抗压強度越大，鑽粒就越耐磨損。近二、三年來，已組織工廠正式生產切制鋼粒，對提高鐵砂質量和澆鑄鋼砂也進行了很多工作。

現在廣泛的進行着鐵砂和切制鋼粒鑽進性能的比較試驗，結果證明，切制鋼粒的技術優點很多。這些優點在鑽進硬度高和強度大的岩石時，更明顯的表現出來。因此，廣泛採用切制鋼粒已是不久將來的事情了。但是鐵砂的有效應用範圍，仍然很廣。因為在鑽探工作中Ⅶ—Ⅹ級可鑽性的岩石所佔比例很大，在這些岩石鑽進特別當轉數和單位壓力增加時，優質鐵砂的效果十分良好。目前，鑽粒有幾種：

1. 鐵砂；

2. 工廠生產的切制鋼粒和個別鑽探隊、勘探大隊及地質局小批生產的切制鋼粒；

3. 烏克蘭金屬科學研究所（УНИЧМ）的實驗室少量澆鑄的鋼砂。

斯達洛克爾工廠進行鑄造鋼砂工業性生產的第一階段已在1956年10月底結束了。每晝夜鋼粒的平均產量為4噸。根據已有資料，此種鑽粒較烏克蘭金屬科學研究所試制的鑽粒質量略差。

二、鐵砂的機械強度及其質量要求

現在生產的鐵砂的強度是不足的，因此，它容易破碎和磨損，特別是在鑽進硬岩石時，每1米的鐵砂消耗量很大，同時還降低效率。近年來，生產鐵砂的工廠進行了大量的研究工作，以便查明控制產品質量的各種因素。從這些研究工作中可以看出，決定鐵砂鑽進性能的主要因素是鐵砂的抗压強度。抗压強度越

高，鉄砂就越耐磨損。

鑽粒的机械强度首先决定于鑽粒的化学成分和热处理规范。

1. 化学成分

显然，减少鑄鉄中的有害成分（碳、硫、磷），将会提高鑽粒質量。表 1 中的比較数据可作为例証^①。

表 1

鉄砂的化学成分 (%)	不同规格的砂粒极限抗压强度 (公斤)			
	2.0	3.0	3.5	4.0
第十次試驗				
C—2.91; Si—1.12; Mn—	280—	500—	650—	850-1000—
0.5; S与P不超过0.07;	300	550	700	900-1100
第十二次試驗				
C—2.97; Si—1.35; Mn—	260	450—	600—	800-950—
0.92; S与P不超过0.07	300	550	650	850-1000

从表中可以看出，第十和十二次試驗的鑽粒的机械强度很高。其极限抗压强度大大的超过斯达洛斯克工厂所制鉄砂的技术条件要求。这首先是由于鉄砂含有比技术条件要求还少的有害成分。所以很明显，对于鉄砂化学成分的要求，特别是减少碳与磷的含量，必需随着鉄砂質量不断提高的要求而改变。

2. 鑽粒的热处理

用正确的热处理规范处理鑽粒，能提高鑽粒的机械强度和鑽进性能。表 2 的数据可做为实例^②。

由表 2 所列数据即可得知，在 200°C 的温度下回火 1 小时的鉄砂具有最高的抗压强度和优良的鑽进性能。

表中所列关于鑽粒化学成分和热处理规范的影响资料，再一

①表1列举出在北高加索矿山冶金研究所（СКГМИ）的試驗数据，工作負責人
为И. А. 奧斯特洛烏斯柯。

②北高加索矿山冶金研究所的数据。

表 2

热 处 理 性 質	暫 行 标 准 公斤/每粒	机 械 速 度	
		絕 对 毫米/分鐘	相 对 %
鑽进凝灰岩			
不經热处理的普通鑽粒	284.6	23.5	100
在200°C溫度下經過1 小时回火的鑽粒	396.5	38.6	166
在200°C时經過2小时 回火的鑽粒	328.6	37.7	162
在300°C时經過1小时 回火的鑽粒	302.1	35.7	154
在300°C时經過2小时 回火的鑽粒	274.5	29.5	126

次指明提高鑽粒質量，特別是提高鑽粒机械强度的途径。这个鑽粒質量的評定标准是最可靠的，因为在进行鑽粒的抗压試驗时，便可查明所試鑽粒整体的有效应力。用这种方法試驗时，可以表明鑽粒的全部質量，其中包括作为物理机械性質基础的金属构造。

因此，完全沒有必要采用精确測定鑽粒鑽进性能的其他方法（劳氏、肖氏等方法），这些方法的有效变形只在小体积和表面上发生，而此体积和表面表現不出整个鑽粒的物理性質。

3. 对鉄砂質量的要求

众所周知，在坚硬和极硬岩石中，早已采用鑽粒代替金剛石鑽进勘探鑽孔。这种岩石有花崗岩、石英岩、碧玉鉄質岩、角岩等类似的岩石。这些岩石的硬度（研磨硬度）在400~500至1500~1800之間^①，而机械强度（抗剪）为300~500公斤/平方厘米以上。显然，这些岩石只能用优質鑽粒有效地鑽进。

据此，必要审查某些工厂根据使用者的需要現在采用的鉄砂化学成分，特別是必須：

①单位——1/厘米。

- (1) 碳的含量减少到2.9~3.1%;
- (2) 硫的含量减少到0.08%;
- (3) 磷的含量减少到0.15~0.20%。

这些要求是有根据的,按工厂本身的数据(见表3)改进各个品种鑽粒的化学成分就说明了这一点。还必须提高对鑽粒机械强度的要求。

3号鑽粒在硬合金片中间的极限抗压强度是每顆鑽粒 450~500公斤,而4号鑽粒是550~600公斤/每粒。若换算成某些工厂所采用的硬度为45~50(按 R_c)的6号鋼制成的淬火鋼片間的暫行标准时,則3号鑽粒約为650~700公斤/每粒,4号鑽粒为800~900公斤/每粒。这些要求也是现实的。改进各个品种的鉄砂質量规格数据还说明了这一点(见表3)。如果生产鑽粒的技术条件与工业鉄砂的技术条件分別規定,則改善鑽粒質量的問題便容易解决了。

表3

制造鑽粒的工厂名称	按現行技术条件制造的3—4毫米的鑽粒		試制(改进)的3—4	
	暫行标准 公斤/每粒	化学成分(%) C, Si, Mn, S, P	暫行标准 公斤/每粒	化学成分(%) C, Si, Mn, S, P
旧奧斯克尔	450~500	3~35, 0.42, 0.7 0.8, 1.52, 0.12	650~700	3.05, 0.67, 0.26, 2.02, 0.08
穆格卡尔	与上 大致相同	3~35, 0.42, 0.7 0.8, 1.52, 0.12	直径4毫米的鑽粒 約为800	2.8, 1.0-0.7以下, 0.5 3.2-1.5, 100.1'-0.25
什格洛夫	"	3~35, 0.42, 0.7 0.8, 1.52, 0.12	"	3.07, 1.681-100.15 0.18-0.27

鑽粒不仅在規格上与工业鉄砂不同(現在的情况就是这样),就是在化学成分和物理机械性質上也不一样。很明显,工业鉄砂主要用在两个方面:第一是清除金属的氧化皮和粗糙面;第二是密結金属(冷加工)。近来,为了金属的冷作硬化开始采用由0.5~1.2毫米的鋼絲制成的切制鋼粒(莫斯科里哈切夫工厂),

这就比过去所使用的鉄砂消耗量减少到 $\frac{1}{30} \sim \frac{1}{50}$ 。所以,現在

工业鉄砂主要用途是清除金属的氧化皮，这里要求鉄砂要有稜角和象研磨材料一样高的硬度，而不一定要有高的抗压机械强度。而对于鑽粒來說，机械强度則是評定产品質量的主要因素，并且在制造鑽粒时必须考虑这一点。

鑽粒質量的提高取决于鑽粒成分中有害成分的减少，这在制造鑽粒的現行技术条件中已經表現出来，但是遺憾的是尚沒有一定的形式。

鑽粒的机械抗压强度的試驗必須在硬質合金片間（BK-15）进行，而不是象現有情况那样，在鋼片間进行。鋼片（甚至于淬火的）沒有足够的硬度，压在中間的鑽粒在其表面上刻印出痕迹，它說明，在鋼片上发生了塑性变形。結果，鑽粒的抗压机械强度便增高了，因为，用来压碎鑽粒的一部分作用力变成使鋼片夹持鑽粒的表面致密化的作用力。表4中所列数据可以做为实例。

表4

鑽粒型号名称	在各种薄片之間的鑽粒极限抗压强度(公斤/每粒) 按 成 分 和 硬 度		
	6号鋼(未經淬火)按布氏硬度为188	布氏硬度为526按洛氏硬度为53~54的6号鋼(淬火)	按洛氏硬度約为80的合金片(BK-15)
什格洛夫工厂直径为2.2~2.5毫米的铁砂(合金化的)	335 很多鑽粒压入	245	213
旧奥斯科尔工厂的4号鉄砂(改良的)	在压力达3000时压入	792	588
捷格卡尔工厂的4号鉄砂(改良的)	“	802	484

从表上可以看出，鋼片（包括淬火的鋼片）将严重地歪曲鑽粒的机械强度的真实概念。一般說鋼片抬高了鑽粒的机械强度，同时需要指出，采用鋼片剪压鑽粒的某些規程的主要缺点也就在这里。

三、鑽粒的鑽進性能 (實驗室資料)^①

為了確定各種鑽粒的合理應用範圍，在全蘇礦物原料研究所鑽探室進行了切制鋼粒和普通與優質鐵砂鑽進性能的比較試驗。試驗是在鑽進輝長岩、大理岩和紹克森石英岩 (шкшинский кварцит) 時進行的。茲將其岩石的物理機械性質列於表 4a。

表 4a

岩石名稱	岩樣編號	研磨硬度 (Hнст)	抗剪機械 強度 (Kск)	W 值 ^②	N 值 ^③	岩石等級
輝長岩	0939	436	291	1264	38.0	Ⅷ
大理岩	0108	764	257	1986	43.0	K
石英岩	076	1351	313	4188	61.0	X

用不同轉數和壓力時的鑽進輝長岩花崗岩和紹克森石英岩的結果和鑽進指標列於表 5—7。

從表 5 中可以看出，當 120~188 轉/分鐘和單位壓力為 15~30 公斤/平方厘米及 470 轉/分鐘和壓力為 15 公斤/平方厘米時，鐵砂的鑽進速度不低於切制鋼粒。鐵砂鑽進時採用較大的轉數是不恰當的，因為在這樣條件下鑽進速度是不高的。

使用切制鋼粒時，提高轉數和單位壓力是必要的條件，因為在快速鑽進規範的條件下鋼粒的鑽進性能表現得最明顯。

當機械強度在 188 轉/分鐘和單位壓力 30 公斤/平方厘米時，鐵砂（其中包括改善質量的鐵砂）可以比較有效地鑽進此種岩石。在這樣的規範下，鑽進速度與切制鋼粒的進尺指標有些近似。在其餘的情況下，切制鋼粒的優越性就很明顯了（見表 6）。

① 有 В. И. 莫洛佐夫參加完成研究數據。

② $W = H_{\text{нст}} \cdot K$ ，式中 W —— 影響可鑽性的岩石硬度與強度總值； K —— 破碎時岩石的機械強度係數，於 0.01 $K_{\text{ск}}$ 。

③ N —— 擺動次數 —— 按划刺和停擺法的岩石硬度。

鑽進輝長岩的結果

表 5

每分鐘的轉數，圓周速度（米／分鐘）											
120/26				188/47				470/115			
鑽頭底唇每一平方厘米上的單位壓力（公斤）											
15 30 45			15 30 45			15 30 45			15 30 45		
鋼粒鑽進速度（毫米／分鐘）											
3 0 5.2 6.1			6.2-7.7 15.5			8.3 18.5 31.5					
普通鐵砂的鑽進速度（毫米／分鐘）											
2.7 4.8 5.7			8.0 8.0 9.4			3.9 3.7 2.5					
改良鐵砂的鑽進速度（合金化）（毫米／分鐘）											
2.1 4.4 3.7			5.3 9.4 3.5			7.3 7.1 6.8					
改良滲鉻鑽粒的鑽進速度（毫米／分鐘）											
3.3 4.6 5.1			4.1 9.2 4.8			4.5 9.4 4.8					

鑽進花崗岩的結果

表 6

每分鐘轉數，圓周速度（米／分鐘）											
120/26				188/47							
單位壓力（公斤／每平方厘米）											
15 30 45				15 30 45							
鋼粒的鑽進速度（毫米／分鐘）											
3.0	5.7	8.5			4.9	8.0	11.6				
普通鐵砂的鑽進速度（毫米／分鐘）											
1.6	4.3	2.5			3.3	3.3	2.5				
改良鐵砂（合金化）的鑽進速度（毫米／分鐘）											
1.6	3.5	1.7			1.8	4.4	3.8				
改良滲鉻鐵砂的鑽進速度（毫米／分鐘）											
2.9	2.8	5.4			4.0	5.0	6.3				

用鐵砂鑽進這些岩石的速度比切制鋼粒為低，使用鐵砂鑽進石英岩類岩石的合理鑽進規範是轉數約為180轉/分鐘（圓周速度約為47米/分）。單位壓力約為15米/平方厘米（表7）。

根據所列鋼粒和鐵砂比較試驗結果，確定了鑽進不同物理機械性質岩石的各種鑽粒的大致應用範圍（見圖1）。

鑽進給克森石英岩的結果

表 7

每分鐘的轉數，圓周速度（米/分鐘）			
120/26		188/47	
鑽頭底層每平方厘米的單位壓力（公斤）			
15 30		15 30	
鋼粒的鑽進速度（毫米/分鐘）			
1.7 3.5		2.0 6.7	
普通鑽粒的鑽進速度（毫米/分鐘）			
0.6 2.7		0.8 1.6	
含合化的鑽粒鑽進速度（毫米/分鐘）			
0.9 1.2		1.0 1.2	
滲鉻鑽粒的鑽進速度（毫米/分鐘）			
1.6 2.3		1.0 1.2	

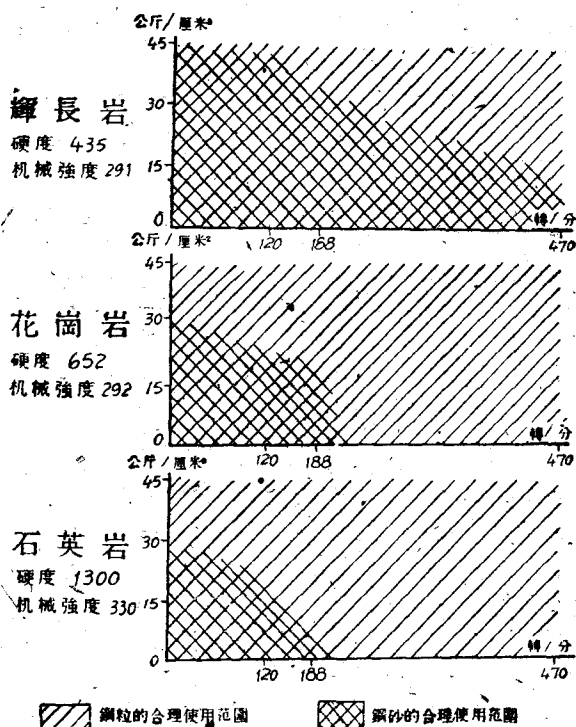


圖1. 鋼粒與鐵砂的應用範圍

从图表上可以看出，鑽进硬度約为 500 的輝长岩类岩石时，鉄砂的应用范围最广。用優質鉄砂鑽进这些岩石时，可以得到高的指标。鑽进更硬的岩石时这种鉄砂的鑽进性能已經不够了。因此必須进一步研究关于鉄砂質量的改进問題。

对于硬度約为 700 的花崗岩类岩石，鉄砂的应用范围便大大縮小。鑽进硬度极大(1300)的花崗岩时，应用鉄砂实际上是不合理的。但是，在沒有切制鋼粒的时候，使用鉄砂以慢轉(約为 120 轉/分鐘)和单位压力为 15~30 公斤/平方厘米鑽进这些岩石还是可以的。

用 OBC 鋼絲制造的切制鋼粒可以有效地鑽进最坚硬和坚固的岩石，并且可以采用快轉和大压力。在相同的鑽进規範(188 轉/分鐘，单位压力 15 公斤/平方厘米) 条件下鑽进輝长岩与花崗岩的数据列举如表 8，以便研究不同硬度和强度的岩石对鑽粒和鑽头耗損的影响，同时考虑鑽进此种岩石所剩余的各种粒度的鑽粒。

表 8

岩	石
硬度为 435 的輝长岩	硬度为 625 的花崗岩
投	砂 (公斤)
0.6	0.8
鑽	进 (米)
0.212	0.160
鑽进速度 (毫米/分鐘)	
5.8	1.8
鑽粒的单位耗量 (公斤/米) 鑽头的单位耗損 (厘米/米)	
1.2/1.41	2.9/3.8
粗粒砂量 (克)	
274	79
細粒砂量 (克)	
102	96

自表 8 中可見到，鑽進較堅硬的岩石時進尺速度較小，而鑽粒和鑽頭的消耗較大。這里在使用過的剩餘鑽粒中粗粒鉄砂的數量比①可以很好的說明這一問題。鑽進堅硬岩石—花崗岩時，粗粒鉄砂較少，從而鑽進速度也低。鑽進輝長岩時情況就不同了。這種岩石較軟，抗碎強度較差，因此在使用過的剩餘鉄砂中，能夠更有效地鑽進的粗粒較多，因而不能不影響到鑽進結果。

鑽進指標在很大程度上是決定於轉數和壓力的合理配合。表 9 中所列的花崗岩鑽進結果就是這方面的例證。

表 9

鑽 進 規 范		鑽 進 指 標			
轉 數 (轉/分鐘)	單 位 壓 力 (公斤/平方厘米)	投砂 (公斤)	進尺 (米)	鑽進速度 (毫米/分鐘)	單位消耗量 鑽粒鑽頭與 (厘米 米) (公斤/米) (厘米/米)
120	45	0.9	0.16	1.7	4.5 9.3
188	39	0.9	0.15	124.4	4.5 4.5
470	15	0.9	0.16	16.7	2.6 1.9
470	30	0.9	0.54	7.3	2.4 2.6

自表中可見，慢轉（120）和大壓力（45）是最不好的，因為此時鑽進速度低，鑽粒消耗量大。當轉數為188轉/分鐘，壓力為30公斤/平方厘米時，進尺速度較高，而消耗砂量也大。轉數較高（470）和單位壓力為15~30公斤/平方厘米②時鑽進效果較好。有必要指出當轉數低，壓力大時，在使用過的剩餘鑽粒中。粗粒較少，細粒和砂較多。當轉數和壓力配合的較為妥善時，粗粒鑽粒和細粒鑽粒較多，砂粉相應少些（見表10）。

實驗室研究結果說明，最優鑽進規範決定於所研究岩石的物理機械性質和鑽粒的抗压強度。這首先就駁倒了某些研究人員關

①粗粒砂為1.7毫米以上，細粒砂為1.7—0.8毫米，砂粉小於0.8毫米。

②於470轉/分鐘時的花崗岩鑽進數據是預計的，必須進行校正。

表10

鑽 进 規 范		鑽进速度 (毫米/分鐘)	鑽 进 数 量 (克)		
轉数 (轉/分鐘)	单位压力 (公斤/平方厘米)		粗粒 (1.7毫米以上) 細粒 1.7~0.8毫米 砂粉 (小于0.8毫米, 即被帶出 鑽孔的)		
120	45	1.7	106	219	575
188	30	4.4	105	435	540
470	15	6.7	194	478	228
470	30	7.3	124	581	295

于鑽粒粘进最优规范不取决于岩石硬度和强度的不符合实际的意見。根据这种情况进一步改善鑽粒質量 (其中包括鋼粒) 就成了我們的任务, 以便鑽进最坚硬和坚固的岩石时, 采用更高的轉数和单位压力。所获得的数据說明, 完整鑽粒和粗粒鑽粒更为有效。

四、孔底單位鑽粒数量的作用

全苏矿物原料研究所进行的硬合金鑽进規律性的研究証明, 如果層部单位面积的合金数量和每顆切削具上的单位压力相同, 鑽头速度的增加促使机械进尺速度的增加^①。在实验室内, 用不同直径的鑽头鑽进花崗岩和紹克森石英岩, 借以研究鑽头底層面积每平方厘米的鑽粒数量的作用的試驗証明, 鑽粒鑽进时也有同样的規律性, 但在鑽粒鑽进时是用孔底的鑽粒代替硬質合金。

鑽进揚切夫矿区花崗岩的試驗 (摩擦硬度 $H_{\text{нст.}}$ 698, 破碎机械强度 $K_{\text{ск}}$ 313, W_{2185} ^②), 采用的轉数是188轉/分鐘, 单位压力为30公斤/平方厘米, 鑽进口径为75.92和110毫米。所投鑽粒的份量是按照鑽头底層面积每1平方厘米50和100克确定

①探矿与护矿 (1954年第6期)。

② $W = H_{\text{нст.}} \cdot K = 0.01 K_{\text{ск}}$ 的系数。

的^①。孔深为150~200毫米。鑽进結果列于表11。

表11

鑽头底唇 每1平方 厘米頂投 砂量(克)	不同直径鑽头的鑽进指标					
	75		91		110	
	鑽进速度 (毫米/分鐘)	小时消耗量 (克)	鑽进速度	小时消耗量 (克)	鑽进速度	小时消耗量 (克)
100	5.4	725	7.0	280 ?	11.2	3350
50	4.2	283	6.3	1160	9.5	1370

从表11和图2可以看出，鑽头直径增加时，鑽进速度也增加，这就是圆周速度改变的结果。在鑽头底唇每1平方厘米投砂100克或投砂50克时都証明了这一点。

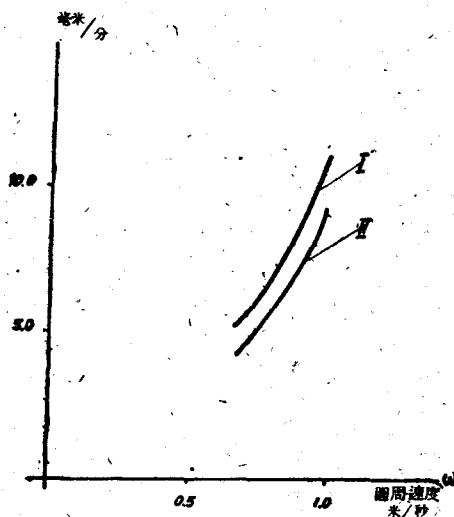


图2. 鑽进速度与单位投砂量和鑽头回轉圆周速度的关系

- 1—鑽头底唇每1平方厘米投砂100克；
2—鑽头底唇每1平方厘米投砂50克

至于耗砂量与鑽头直径的关系尚未完全确定。这个问题可在再一次用直径91和110毫米的鑽头試驗鑽进花崗岩时，較彻底地解决。这些試驗的結果列于表12。这个試驗鑽进的岩石是花崗岩（研磨硬度为966，机械抗剪强度为205公斤/平方厘米，W—1980，采用188轉

①确定鑽头底部每平方厘米的鑽粒数量时，意味着它不仅处于鑽头底部，而且还在冲洗液的影响下在孔底附近处于悬浮状态。