

417397

85 km

金刚石钻进及其试验

研究译文集

(一)

地质出版社

金刚石钻进及其试验研究译文集

(一)

耿瑞伦 等译

屠厚泽 审校

地质出版社

金剛石鑽進及其試驗研究譯文集

(一)

金剛石鑽進及其試驗研究譯文集

(一)

耿瑞倫 等譯

屠厚澤 審校

*

地質部書刊編輯室編輯

責任編輯 李順昌 勵美恒

地質出版社出版

(北京西四)

地質印刷廠印刷

(北京安德路47號)

新華書店北京發行所發行·各地新華書店經售

*

開本：787×1092¹/₁₆·印張：8⁷/₈·字數：209,000

1981年7月北京第一版·1981年7月北京第一次印刷

印數1—1,980冊·定價1.50元

統一書號：15038·新653

前 言

《金刚石钻进及其试验研究译文集》分(一)(二)两分册,译文集收集了美、英、西德、苏联等国最近几年来有关金刚石钻进及其试验研究方面的成果,内容包括:从金刚石钻进岩石可钻性的划分、岩石破碎过程、钻头结构和钻进规程对钻进效率的影响等直到金刚石钻进的特种工艺——金刚石钻进的定向钻进、金刚石钻进的安全问题,以及金刚石复合体研究的新成就等。内容比较广泛和丰富,对我国从事这方面工作的科学工作者和实际工作者都有可借鉴之处。

《金刚石钻进及其试验研究译文集(一)》的内容主要侧重于金刚石钻进岩石可钻性划分的实验和理论研究;表镶和孕镶金刚石钻头的结构如粒度、浓度、排列形式等对钻进效率的影响;以及金刚石钻进的能耗、金刚石钻头的寿命、金刚石消耗定额的制定等方面的研究成果。该分册由耿瑞伦同志等译,全书除“金刚石钻头钻岩时的研究”一文由殷俊良同志审校外,其余均由屠厚泽同志审校。

目 录

- 一、金刚石钻进过程特性 耿瑞伦译 (1)
- 二、金刚石钻头钻进混凝土时设备和钻头的参数对钻进的影响
..... 陶绍勤译 (18)
- 三、预测岩石可钻性的目的与可能性 张德俊译 (30)
- 四、金刚石钻进可钻性的研究 白继胜译 (35)
- 五、矿山与建筑用金刚石钻头之结构与作用 耿瑞伦译 (47)
- 六、金刚石在钻头上的排列对钻进指标的影响 刘士迈译 (53)
- 七、金刚石钻进时确定岩石可钻性的方法 隋宗俊译 (57)
- 八、钻头工作能力与提高金刚石浓度的关系 张德俊译 (66)
- 九、金刚石钻头的寿命和性能 汪鸣午译 (69)
- 十、钻头用金刚石强度的研究 张德俊译 (79)
- 十一、孕镶金刚石钻头合理型式的选择 汤风林译 (83)
- 十二、孕镶金刚石钻头破碎岩石时切削刃吃入岩石的深度和数量
..... 张德俊译 (88)
- 十三、通过实验室和野外试验验证金刚石钻进方式 汪鸣午译 (95)
- 十四、金刚石钻头钻岩时的研究 陶绍勤译 (111)
- 十五、常见岩石特征及采用钻头之金刚石粒度 耿瑞伦译 (120)
- 十六、金刚石消耗定额的制定方法 汤风林译 (126)
- 十七、采用可溶油的金钢石钻进试验 汪鸣午译 (129)

4 3 3 2 2 1 1 1 (P)

金 刚 石 钻 进 过 程 特 性

〔英〕 K. 斯宾克

2.5
0.8
76.0
1.6
77.6

一、引 言

金属矿物和煤田钻探目的是为了钻取岩心进行地质研究。从经济观点着眼,应根据具体环境与可能,尽量采用小直径金刚石钻进。在一定范围内,其它硬质材料如硬质合金等也用于取心钻头。

世界每年用金刚石钻进作为地质勘探重要手段寻找的矿物价值以数亿英镑计,钻探进尺以若干百万英尺计,但对金刚石钻进过程的知识并不完善。可以确信,通过上述知识的增进,即稍稍降低单位进尺成本,对整个来说就会降低很多费用。如今钻探水平尽管经常达到高的标准,但还不完善,技术上还可进一步改进。如改善困难条件下的岩心采取率,其价值就不是能用金钱来估价的。

近代著名钻探专家 Maurer, W. C. 曾指出,尽管每年钻进达百万英尺,但对所包括的基本的钻进机理并没有很好理解。本文为弥补这种状态,从现代物理和岩石力学以及岩石破碎的研究所产生的假说和所进行的实验的概念出发,用实验所得出的许多图象清楚地说明钻进过程,并提出了金刚石钻进的实用操作方法。使其既经济,且在技术上优于现用若干方法。

二、现代金刚石钻进方法

目前金刚石钻进由两个因素控制。一是地表钻机动力,通常是用柴油机,在一定扭矩范围内通过钻柱给予钻头以一定转速;二是通过机械或液压给进给予钻头以一定给进速度。近年来钻机已经改进,能随着工作环境调整和给予钻头以一定钻压。这种重要而有意义的改进将详述如后。

以往著作很少论及不同直径钻头转速和线速度之变化的作用。为避免由于钻头大小而引起的变化,最好是考虑钻头的线速度。两家钻头制造商(Craelius, Van Moppes)曾推荐线速度为2.5米/秒,这数值接近现在实际情况。世界石油杂志曾谈到石油钻井金刚石钻进极限线速度为7.7米/秒,但是没有给出根据。这数值远超过目前一系列试验值。

早在1948年南非有作者曾注意到线速度的意义。某钻探熟练工在煤田和铬矿钻探采用较高线速度取得良好效果。据观察,假使钻进是一系列岩石破碎过程所构成,则较高的转速在单位时间内将产生更多的破碎过程,钻速亦将增高。

这里要研究的是两种给进方式。一是螺旋给进。在这种给进情况下钻头进尺速度与转

速成比例，即钻头每转一周，钻头向下给进某一小的固定值。这种给进方式会产生两个极端。一是给进速度低于最佳钻头压力值，钻头对岩石就很少进尺。一是给进速度超过最佳钻头压力值，设备就会产生某些故障。在此种钻机采用摩擦离合器来防止钻压超载。第二种给进方法是目前用的液压给进，这种给进系统不能保证维持钻头恒压钻进，其压力选择和钻进效果全靠钻工掌握得好坏。至今很少出版和推荐采用的压力数据。例如在英国从事大量金刚石钻进工作的Cumming，并未推荐钻压和线速度指标。

三、岩石破碎之能比耗

所有岩石钻进过程，连同岩石的压碎、磨削和锯割，都可以认为是岩石的破碎过程，也就是将岩体变成岩屑的过程。在形成钻孔中，钻头必须将岩石破碎成细的岩粉而后由冲洗液携出孔外。从此观点看，钻进是另一种粉碎过程，是通过裂隙的发展使固体块状岩石转变成岩屑，当裂隙交叉或达到自由面时，使岩屑变成岩粉。这种岩石破碎过程所需能量长期来进行了研究，可是迄今其结果常是含糊的，甚至研究的方法还不很明确。

一世纪前有人作过有趣的推断，认为与岩石破碎过程有关的能量与产生岩粉的新的表面积成比例，然而这是一种逻辑的臆断。不少学者认为这是一种朴素的概念，并且作了大量工作企图建立更确切的概念。例如有人论述岩石破碎能量与岩石破碎体积(或重量)成比例，这就是所谓的 Bond 第三理论。更简略地说，就是将岩石破碎任意大小的粒度之总有效功与所形成颗粒直径之平方根成反比。还有人指出许多假说和理论是基于脆性破裂，但很多人注意到岩石有明显的塑性，并且得到后来的实验结果有力的支持。因此，所有上述理论都不算完善。

产生岩石新的表面过程所需的有用能量大大小于总的能量消耗。其余能量则消耗到其它各个方面。如果我们能够知道或者能发现其消耗的途径，就能减少消耗在各种过程上的能量，从而将能改进整个效果。

为了研究消耗在岩石破碎各种过程中的能量，必须减小破碎到一般粒度。无论破碎过程中产生的岩屑粒度，其单位体积破碎之能量，称为能比耗(或比能)。这个能比耗与钻机类型、钻头类型、钻头磨损状态、钻头压力、钻头线速度、岩石类型、冲洗液类型和流速、孔深等因素有关。这些因素变化，能比耗随之变化。应知采用不同试验方法甚至不同的钻进过程都可以对比能比耗。可以认为低的能比耗要较高的能比耗更好或更有成效。

在采用实验钻机的情况下，能判定试验系统各部分机械的和电的能量损耗比率，减去这些消耗就能得出钻头上的能量损耗。用在机械上的能耗是与岩石破碎过程无关的。因此，就可以计算出两种能比耗来，即总的能比耗和实际钻进过程净的能比耗(单位体积功)。

四、岩石破碎过程(或破裂的发展)

现今岩石和矿物破碎过程(或破裂的发展)概念论述不一。即使假定岩石是脆性体，亦很难用数学处理。许多作者提到塑性对岩石破碎能量消耗的重要性。即使十分脆性的岩石如蓝宝石，在一定条件下也具有塑性性质。塑性破碎功将包括岩石破碎时的滑动、搓

捻、展延、位移等。在多晶体岩石中会产生断裂变形，并吸收更多能量。

如果塑性破碎功确实在钻进能量中占有很明显的一部分，那么我们感兴趣的是将这部分压缩到某一程度。因为塑性变形功里包涵着时间因素。减少有利于塑性破碎功发生的时间，将使岩石性质更具有脆性。这一简单结论和近代岩石破碎过程的概念相吻。于是增加应变速度，整个能量消耗中用于塑性变形功将减少。用钻探术语来说，用高的钻头线速度将获得最好的结果。

到目前，许多作者对金刚石钻进研究中指出，钻头上的金刚石必须钻入岩石或在岩石表面造成永久性的刻痕，如同切石锯片一样，每粒金刚石在岩石要实现克入，其克入力必须大于岩石颗粒之压碎强度。许多作者都认为在岩石表面形成永久性的刻痕是钻进过程的最基本要素，否则钻进将不能实现。几乎所有作者都提到在低的钻头压力下金刚石出现抛光并且再也不能进尺。利用永久性刻痕形成过程的钻进被称作研磨 (abrasion)。在此过程中一部分岩石被破碎而分离，而另一部分岩石呈塑性位移而未分离，就被称作犁入 (ploughing) 作用。不过还有另一种被称为在钻场不出现的破碎发展过程，即当岩石表面被移动的浑圆形压头弹性压入时，在压模后面的岩石产生张力，如果垂直载荷超过极限时，即形成局部锥形破碎圈。这一载荷值远小于在研磨破碎过程中产生永久刻痕所需载荷。这说明在低的钻头压力下仍可钻进。尽管目前流行的是在低的钻压下钻头或金刚石呈抛光 (polishing) 的概念。

在另一方面，如果岩石具有某种塑性特征，由于塑性功某些特种破碎发展在裂隙的尖端终止时，则塑性破碎功也是重要的。这表示裂隙在形成后未必再闭合和所谓表面活性剂的“Rehbinder”效应并非真实。

五、实验目的、设备、金刚石钻头和岩样

(一) 实验目的

以上述及之概念促使进行一系列实验，并试图回答下列问题：

(1) 钻进时岩石是否存在值得重视的塑性特征；

(2) 如果具有塑性特征，能否通过增加变形速度，即在实际钻进中增加钻头线速度来减少和消除塑性变形功；

(3) 如果钻压低于产生永久性刻痕所需压力时，钻头是否还能钻进岩石。

以下将介绍所用试验设备、操作方法、所得结果和结论。

(二) 试验设备

试验用图 1 所示实验室设备，包括用 250 瓦三相电机作动力之台式钻床、12.7 毫米卡盘、用水龙头向钻头供水循环。用塔轮调整的钻头转速为每秒 7.9、17、33.1、50、71 转。钻机有透明护罩，下部有水箱。通过 200 毫米直径手轮和 8.5 毫米不锈钢绳

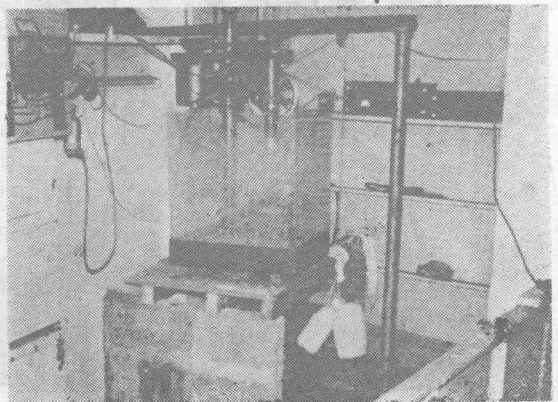


图 1 试验用设备外观

悬重对钻头实现恒压钻进。在转轴顶部有测记实际转速的微形转数表。动力用 440 伏三相电源，配标准功率表。研究重要内容之一是测量此设备的功率消耗。这就可以算出用于破碎岩石那部分功所占的比值。

(三) 金刚石钻头

试验用粒度 100/120 目孕镶金刚石钻头。这是因为人们早就知道镶有粗粒金刚石的钻头切削能力会逐渐降低，经常变钝而不能再行切削，尽管这时很多金刚石的重量还和原来的差不多。这样会使所进行的试验得不到有意义的结果。采用孕镶钻头其胎体可适时磨损，新的金刚石不断出刃，并保持钻头之磨削能力。必要时使钻头锐化的最好方法是在高研磨性岩石（如图 6，绿色板岩）上作浅孔钻进。这种岩石含棱角火山玻璃质颗粒，颗粒间胶结很弱，当颗粒从岩体分离下来后超高速研磨作用，对钻头胎体进行有效磨损作用。钻头水口宽 2 毫米、深 3~5 毫米。随着钻头的磨损应及时加深水口，保证冲洗液更有效地冷却钻头。

(四) 试验用岩样

试验用岩样均为未风化和无裂隙的建筑用的并加工成规则岩块，并经仔细挑选的均质岩石，以便于重复试验，并防止岩石本身对试验结果之影响。

六、试验方法和试验结果讨论

(一) 试验方法

岩样卡紧在钻床工作台上（图 2），使钻头紧贴岩面而后固定。试验时通过塔轮调整转速，通过钢丝绳端悬重对钻头适当加压，用顶部转数表记录转速、用功率表记录功率消耗，并用水龙头向钻头供水。当钻头接触岩样时转数表和计数器即开始累计。为校正钻头

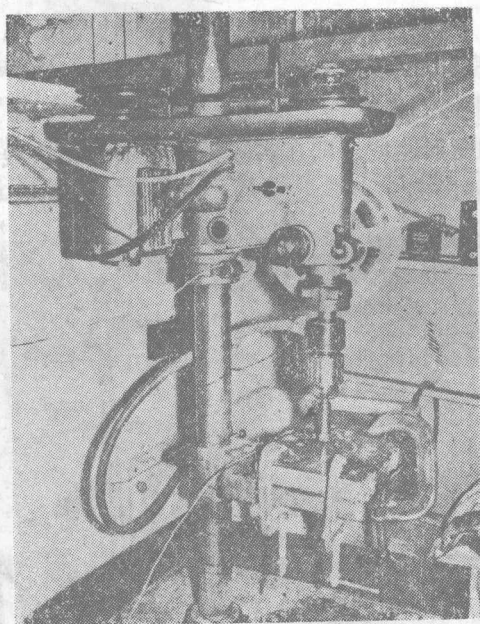


图 2 岩样在钻机上固定

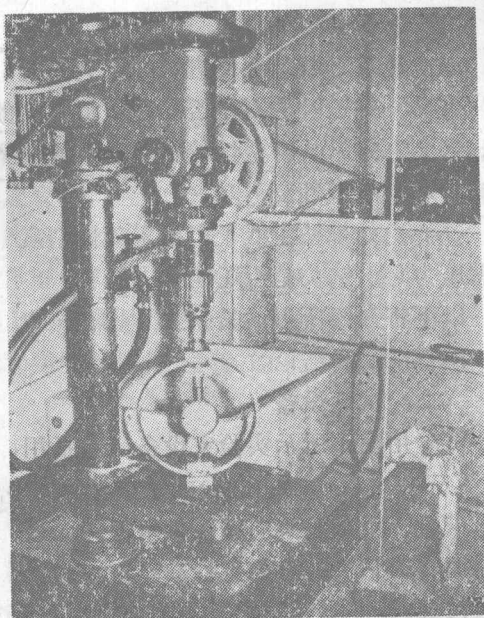


图 3 用测环测量钻头压力

压力，用图3所示的装在卡头与工作台之间的测环校正钻头实际压力。校正时将钻头卸去，安上测环即可。

如果试验钻进正常，则一直平稳地钻透岩样，此时马达和转数表即停止工作，读记能量消耗、试验时间、钻头转数和钻进深度。

(二) 试验结果讨论

在多数情况下结合每一组岩石类型、钻头压力和线速度都进行一定数量的钻进试验。从这些结果中选出最佳的（最低的）净能比耗（net specific energy），并作出图解。所采取之基础是最佳净能比耗（或译为净单位体积功）已经在试验中获得，它很接近最优条件。

所研究的每一种岩石都得出相应的钻头线速度的净单位体积功和进尺速率图解。图中每条线都表示在一定钻头压力时试验结果。用符号“×”表示净单位体积功。可以确信，如果岩石是完全脆性的，其单位体积功将不随线速度改变而变化，而对于所用每一钻头压力所作的图形呈一直线。

图解中用符号“。”和其连线表示钻速，这种表示方法能够很快校核是否当线速度增加时，钻速呈大比例或小比例增加。由于试验设备动力不大，线速度和钻压均受到限制。钻头压力表示与钻头底唇面积有关的压力，而未表明每颗金刚石之载荷。

以下将讨论各种岩石之试验结果，附有岩相照片和岩性简单描述。

“Romano Granito”石灰岩

此种石灰岩（图4）质不纯，含化石，由块度10毫米方解石构成。胶结物部分为粘土，部分为方解石，以及少量（0.1%）石英。正由于含有石英，钻头得以自锐。

钻进试验时当钻压达到3290千牛/米²，随线速度增加单位体积功耗明显增加（图5）。当用1650千牛/米²钻压时，则随线速度之增加单位体积功稍有改进而后稍有增加。最有成效的是用1019千牛/米²钻压时，单位体积功耗随线速度增加一直下降，且开始时下降更明显，随后平缓下降；压力进一步降到494千牛/米²时，单位体积功耗明显增大，仅作一个测点。

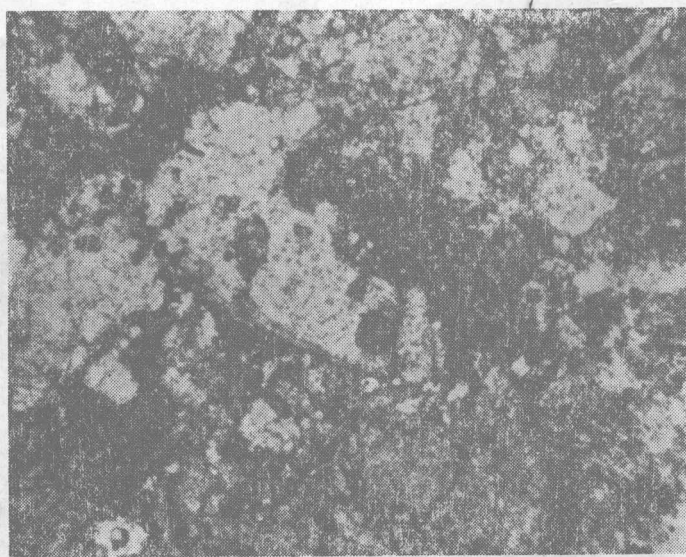


图4 Romano Granito石灰岩×32

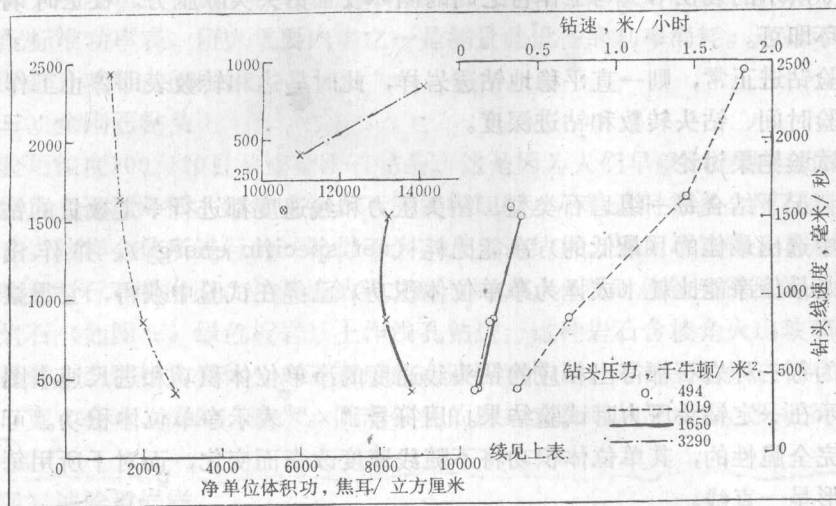


图 5 “Romano Granito” 石灰岩单位体积功耗和钻速与钻头线速度之关系

对钻进速度而言，在两个高的钻头压力之间没有什么差别。而钻进这种岩石最优的钻压是在 1019 千牛/米²，其钻速在整个线速度范围内近似呈直线关系。而当钻压为 494 千牛/米²时，伴随单位体积功的增大其钻速明显下降。试验清楚表明在此情况下最优钻压必须接近 1019kn/m²，即使在此压力下，单位体积功曲线仍显示时间因素，岩石仍有塑性变形。当压力较大，单位体积功随线速度增加而增加，设想在这样的压力下较多的能量损耗转化为热使岩石产生较多的塑性变形。

“Kirkstone” 绿色板岩

此种板岩属火山系的碎屑物，被描述为凝灰质，板状解理不发育。岩相（图 6）显示有棱角状火山玻璃质角砾及少量含绿泥石安山岩角砾。并含 0.5 毫米粒度方解石斑点，伴随的透明矿物可能为磁铁矿。

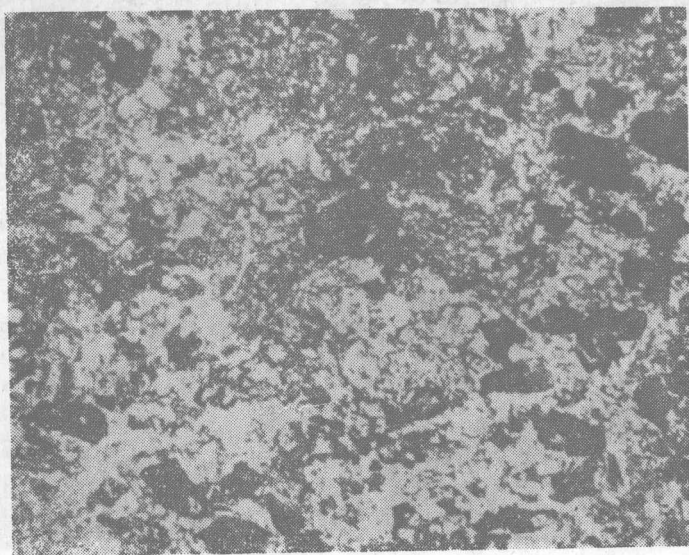


图 6 “Kirkstone” 绿色板岩 × 13

用前述四种钻压钻进这种岩石在所有实验中单位体积功都明显甚低(图7)。

当用3290千牛/米²钻压时,单位体积功随线速度增大而下降。而钻压为1650千牛/米²时其单位体积功耗开始增加线速度时几乎不变,当线速度增加很高时才有所增加。用低一些的接近最佳值的钻压1019千牛/米²时,其单位体积功从开始的中等值随着使用的线速度增到最高时平缓地下降。在最低494千牛/米²钻压时;在低的线速度下钻速很慢。当试图用最高线速度时引起了动力超载。显然此压力低于最佳值。很难得到结果并绘于图解。

用最高钻压时之钻速和最佳钻压时钻速相似,而用中等钻压1650千牛/米²时钻速即下降。这一现象在其它岩石亦然。

曾在属于真正脆性的玻璃上作试验钻进,含有大量火山玻璃晶质的岩石比其它试验过的岩石更具有明显脆性。这一现象当用1019千牛/米²钻压时得到证明。在该钻压下单位体积功在所有线速度下几乎呈常数。但随着线速度增加单位体积破碎功小量的稳定地下降,这可证实在钻进过程有不能忽略的小的塑性功,当裂隙停止扩展时,在裂隙的尖端至少要消耗部分塑性功。

“Carrara”大理岩

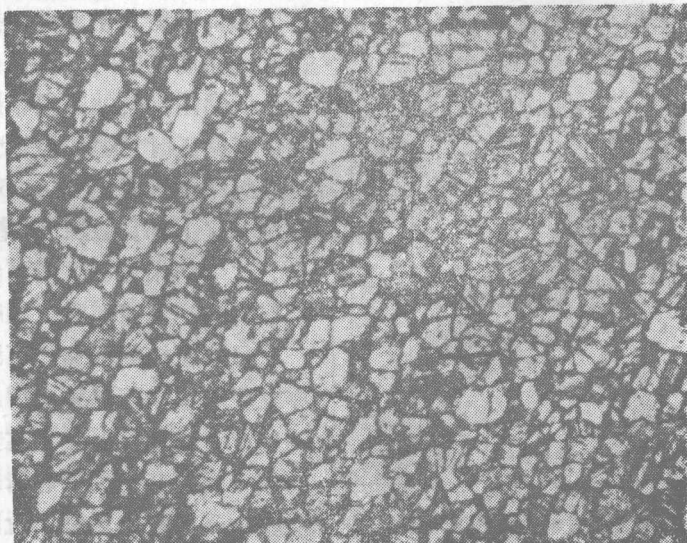


图 8 “Carrara”大理岩×13

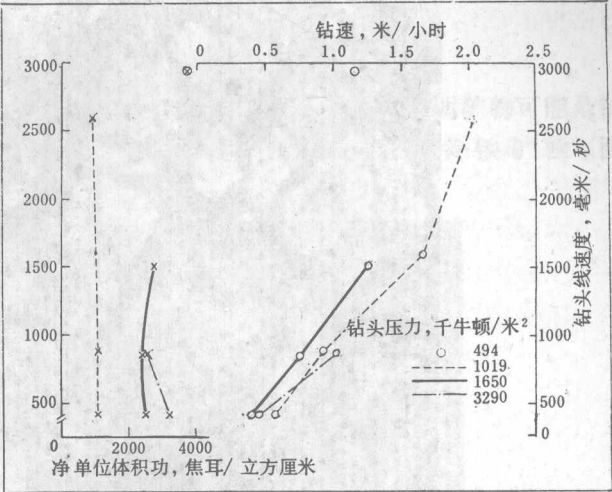


图 7 “Kirkstone”绿色板岩净单位体积功和钻速与钻头线速度之关系

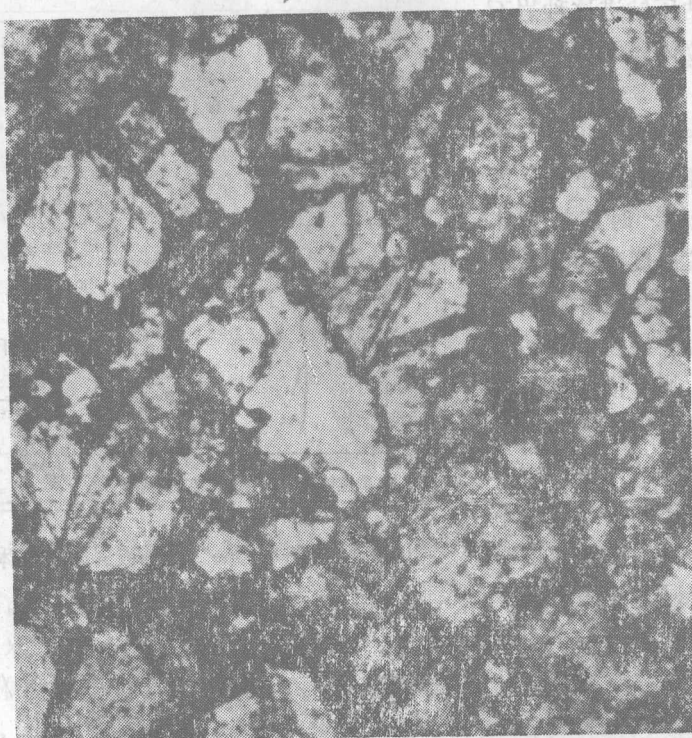


图 9 “Carrara” 大理岩 $\times 53$

此种白色雕刻用大理岩由均粒方解石晶粒构成。其显微结构见图 8 和 9。由于方解石之塑性使这种变质岩不存在层理。

用最高钻压 3290 千牛/米²时单位体积功随线速度增加而增加 (图 10)。在 1650 千牛/米² 钻压时则随线速度增加其单位体积功略有下降。

在 1019 千牛/米² 时, 当线速度最低时其单位体积功要大大低于线速度最高时, 在开始增加线速度时单位体积功有下降, 进一步增加线速度单位体积功便上升, 并且趋势很快,

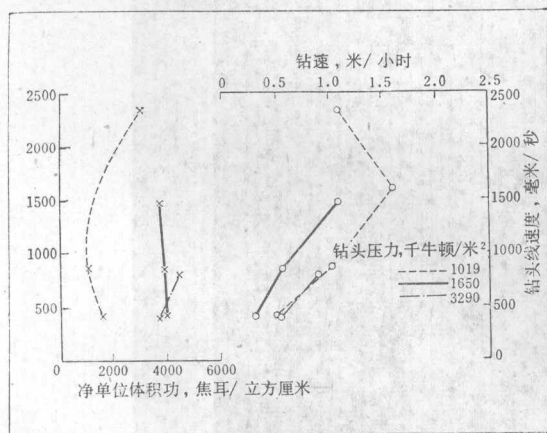


图 10 “Carrara” 大理岩单位体积功和钻速与钻头线速度之关系

在低线速度范围时, 不论用最高钻压还是用最低钻压, 其钻速很相近, 在低线速度用中等钻压时钻速明显较低。当用低钻压时继续增加线速度到 1595 毫米/秒时, 其钻速一直上升。超过 1595 毫米/秒后显著下降。这一结果更加说明当线速度增加到一定限度时, 钻速即降低。

虽然在较高线速度下试验其它岩石时亦发现单位体积功稍有恶化, 甚至用最佳钻压亦有这种情况。从这里所得到的异常的效果说明其它因素起着作用。这在别的实验中还没有出现过。此时观察钻头唇面, 发现钻头已被磨钝, 金刚石从胎体有

脱粒现象，并在凹坑中填有白色岩粉。这种作用设想为在岩石表面发生熔化并产生严重糊钻。在其它文章中发表的用润滑剂的试验亦证明了这一点。

“Larvikite” 钠长岩

这是一种粗粒深成岩，主要成分为歪长石，含少量棕闪石，一种不透明矿物可能是钛铁矿，附属有榍石，还出现有橄榄石和黑云母。在岩样的抛光面上可看到黄铁矿粒（图 11）。

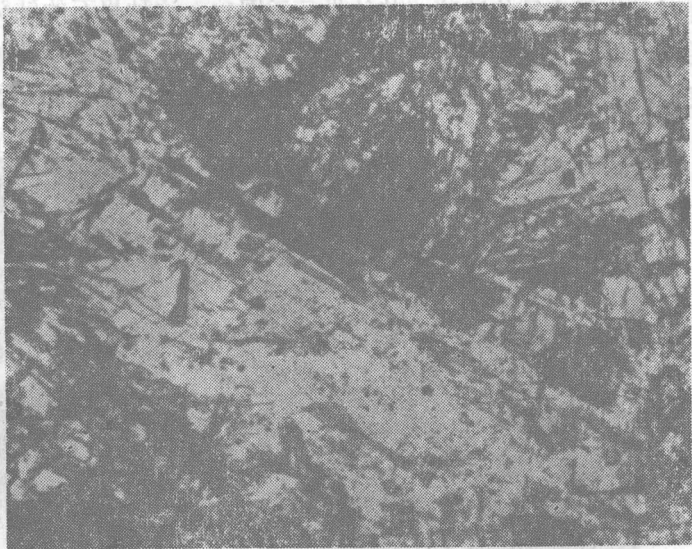


图 11 “Larvikite” 钠长岩
× 14

试验用岩样系建筑用石材。其成分中大量长石无疑是钻进特性的主要因素。有人作过有意义的探讨：由于像歪长石之类的长石属于固溶体（solid solution）而很难破碎，其正长石实际的表面能量远远超过理论计算值。对长石来说有可能通过钻进实验发现其具有某些与破裂扩展有关的特殊性能。长石莫氏硬度标为 6，所须钻压远大于硬度标为 3 的方解石。

在钻压为 4850 千牛/米² 时单位体积功随线速度增大而增加（图 12）。假定这个值高于最优钻压，因而用 3290 千牛/米² 作实验时，单位体积功明显比高钻压时下降，在速度刚开始增加时，单位体积功几乎是稳定的，随后稍有增加。虽在低钻压时得到的钻速变化几乎呈线性延伸，而两种不同钻压下之钻速相差很小。试图用 1650 千牛/米² 钻压钻进这种岩石而失败了，甚至钻进几毫米后钻头很快打滑。这就是

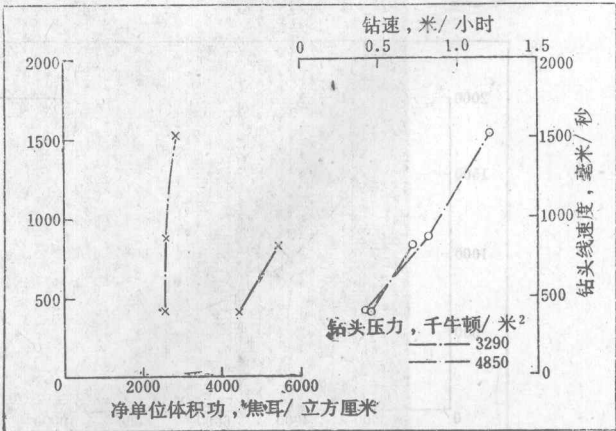


图 12 “Larvikite” 钠长岩单位体积功和钻速与钻头线速度之关系

钻压必须接近实际的最低钻压3290千牛/米²的值，在没有自由石英成分时，即使用较高压力钻头也需要经常重新自锐。

“Indian Grey” 花岗片麻岩

这种粗粒变质岩（图13）属含主要成分石英的花岗片麻岩，含两种长石，由近似钠钙长石的斜长石和钾微斜长石交互组成，并含少量黑云母和绿泥石。由图13可以看出石英颗粒间结合坚固。

对此种岩石只作了少量的试验，其结果示于图14。这种岩石的钻头自锐性良好，所得结果十分接近最佳值。试验用钻压为 4850 千 牛/米²，在最低线速度时单位体积破碎功较高，钻进速度低。当线速度增加一倍，其单位体积功几乎减半，而钻速增至五倍。继而线

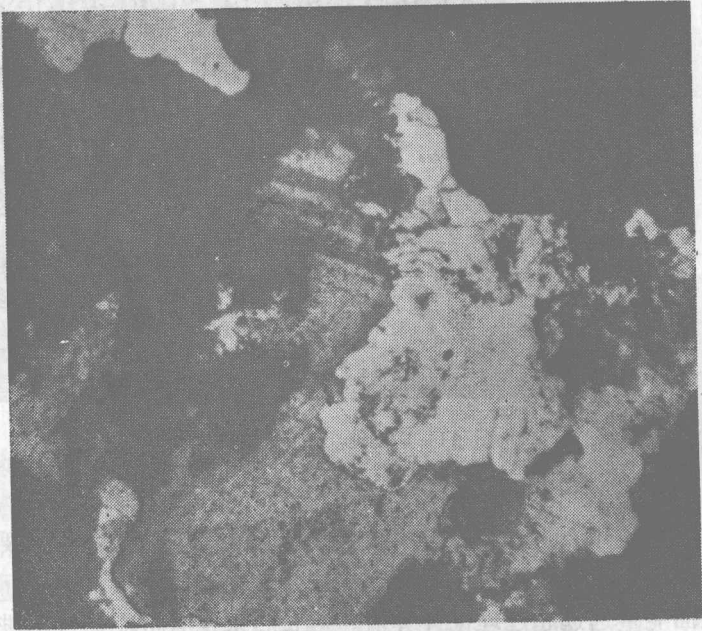


图 13 “Indian Grey” 花岗片麻岩

× 40

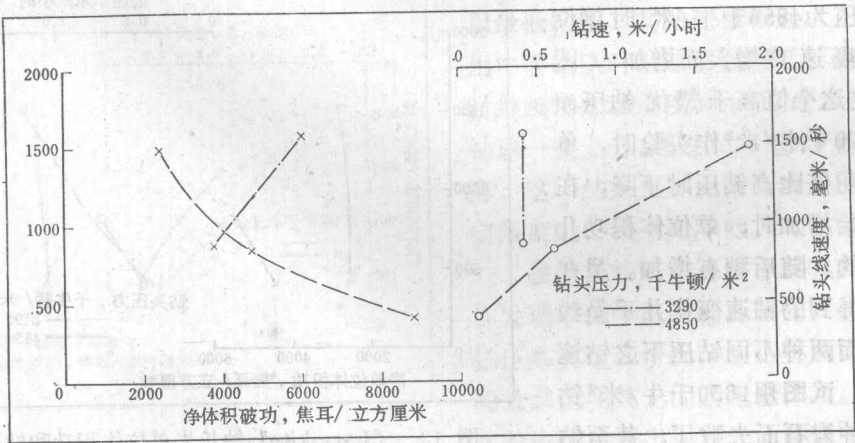


图 14 “Indian Grey” 花岗片麻岩净单位体积破碎功和钻速与钻头线速度之关系

速度再增加到第二次所试验的一倍不到一些，单位体积功仍减半，但钻速增加三倍。

在整个试验中所得到的单位体积功曲线，都是有时间因素的，因此必须认为这种岩石在钻进时具有明显的塑性。

在此岩石中含有大量石英表明这种矿物性质是此种岩石钻进性能的重要因素。有人认为石英相当坚固，在破裂极限以前呈弹性而不显示塑性。但亦有认为此说不确切。通过锯切0.24毫米石英薄片认为石英具有上述两种特性。

当钻头压力为3290千牛/米²时，随着线速度增加其单位体积功剧增，但钻速并不增加。在此钻压下用最低线速度时，其单位体积功比用相应的线速度和较大钻压时有所下降，这表明在后一情况下，尚未达到可能低的单位体积功。试验所用两种钻压中的较高钻压明显地最接近最优钻压值。

“York stone” 中粒砂岩

如图15系中粒砂岩，可能属下石炭系，主要含有次棱角状石英颗粒，其余含有两种长石和云母。岩石呈多孔状，在薄片上可见到由于矿物颗粒脱离所造成之孔穴，并为其它物质所充填。

用这种岩石作的所有试验得到的单位体积功均不高（图16）。在钻压3290千牛/米²时，随线速度增加单位体积功亦增加。而在1650千牛/米²时所得的结果几乎不变，在1019千牛/米²时开始随线速度增长而增长，而后几乎稳定不变。在所有的这些压力值试验时，其单位体积功十分接近。当用低钻压494千牛/米²时开始略有降低，而后又略有升高，由于这个波动值很小，这个压力被认为是接近最佳压力，因为其所测的单位体积功比所有高钻压时要低的多。

用最低钻压钻进时其钻速曲线开始时斜度较缓，而后急剧增大，所得钻速超过所有试

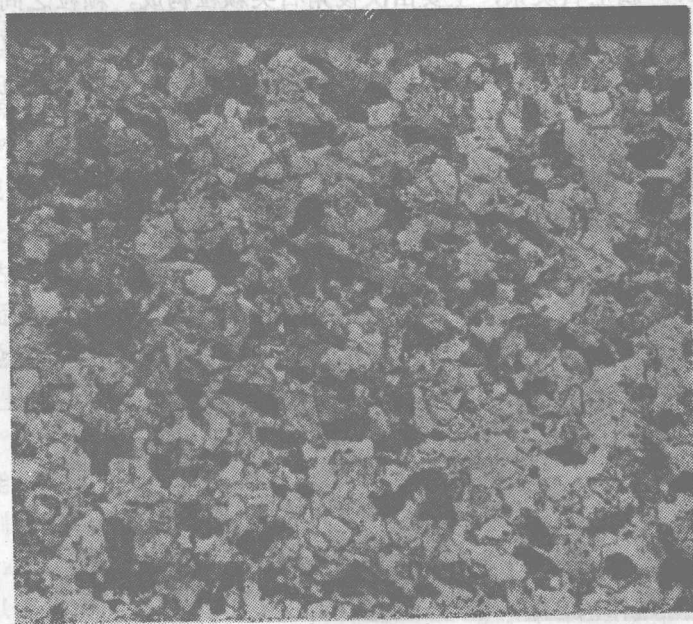


图 15 “York stone” 中粒砂岩

× 30

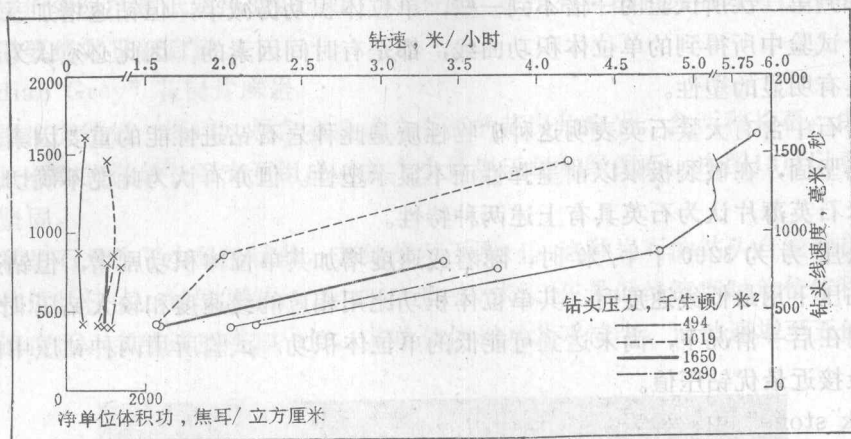


图 16 “York stone” 中粒砂岩净单位体积功和钻速与钻头线速度之关系

验结果。在一次试验用了最高线速度，但因由于技术故障没有完全的记录，得到一个 7.4 米/小时的钻速，当重复试验时为画在图中的 5.9 米/小时。在这样的压力和线速度下最佳单位体积功比图示的低。这说明在用最高的线速度时，净单位体积功的升高情况可能是不存在的。

在这种岩石得到高钻速，看来表示其存在其它岩石所不具备起显著作用的因素。这种岩石并非强度低和软，如同大理岩一样其单向抗压强度幅度大。这种特有因素设想是由于岩石多孔性，由于孔隙可能产生早期破裂。当破裂扩展时可能通过岩石基体并很快到达自由面而迅速产生崩离。

“Pennant” 粗砂岩

这种岩石（图17）属上石炭系，主要由次棱角石英颗粒构成，颗粒之间胶结不紧，含少量斜长石，其成分为钠长石、钠钙长石。偶而含大块云母，常伴随锆石粒以及石英岩的细粒，在细粒基质亦有云母出现，但比上述砂岩孔隙明显较少，而在单向抗压强度试验

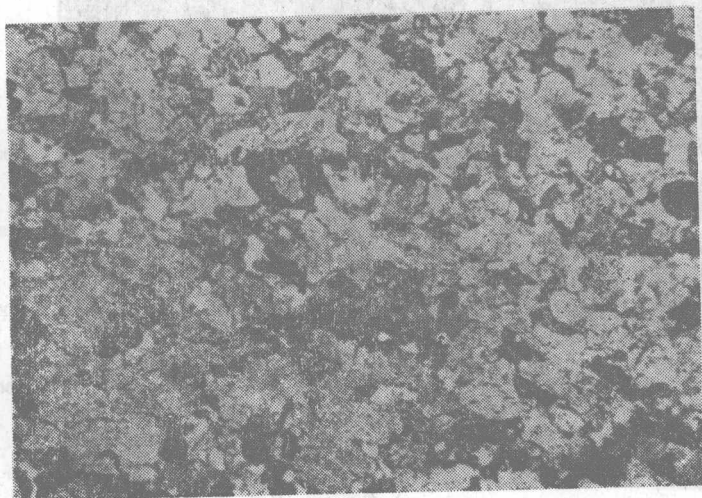


图 17 “Pennant” 粗砂岩

× 28