

金属矿床地质与勘查译丛

第14辑 Drillex'87

——1987年国际钻探会及钻探设备展览会论文集



中国有色金属工业总公司矿产地质研究院

桂林·1987

编 译 者 序

1987年国际钻探会议及钻探设备展览会 (87'Drillex) 于4月7日至10日在英国伦敦举行。本届会议及展览会由矿冶学会 (IMM) 及英国钻探协会 (B.D.A.) 共同主办。有23个国家和地区的85名代表参加。我院邱振元高级工程师和中南工业大学赖海辉教授代表我国出席了会议。

本届会议共交流论文20余篇, 其中会议上宣读19篇。论文内容丰富、新颖, 涉及面宽, 包括有钻探在矿山、城市建设, 水井工业中应用的最新情况, 金刚石钻头的研究与设计, 顶部冲锤钻进、导斜钻进、自动定向钻进等先进的钻探工艺以及新型钻机及新型钻探监测仪表的研究与试验等内容。我室同中南工业大学的同志翻译了会议论文集, 并由邱振元同志撰写了“1987年国际钻探设备展览会介绍”, 合编为“金属矿床地质与勘查译丛”第14辑, 奉献给钻探界的同行们。由于编译者语言及专业知识水平有限, 缺点错误在所难免, 请读者谅解并指正。

中国有色金属工业总公司
矿产地质研究院勘探技术研究室

1987.9.

87' drillex专辑目录

1. 西澳大利亚Blendevalle地区钻探实例..... R.P.Campbell (1)
2. 金刚石岩芯钻探中钻头的性能及磨损特征.....
..... V.B.Cassapi, D.Ambrose, M.D.Waller (5)
3. 约旦Shid'ya磷酸盐矿的钻探工程和地下水研究.....
..... A.N.Charalambous, D.I.Hindle (20)
4. 使用Syndax 3 聚晶金刚石进行取芯钻探..... I.E.Clark, C.R.Shafto (33)
5. 用切槽法确定金刚石钻进中岩石的可钻性..... 费寿林、陈玉田、张景芳、王连印 (44)
6. 中国新的金刚石钻进技术..... 何宜章 (50)
7. 英国露天煤矿利用钻探进行地下勘察..... D.B.Hughes, D.A.Blythe (55)
8. 用液压顶部冲锤式履带凿岩机改进凿岩性能..... Pekka Hytti (60)
9. 无楔导斜钻进..... P.Kaspersen, A.Oden (67)
10. 中国矿山潜孔凿岩技术的新进展..... 赖海辉、曹一南 (74)
11. 钻探技术中的新概念: 用计算机辅助操作的DBH 1500型钻机.....
..... M.Leroy, S.Vandervorst (79)
12. 西德煤矿使用自动定向钻进系统的现场经验..... V.Mertens (84)
13. 回转取芯钻具的标准化..... Richard O.Morris (90)
14. 微处理器钻机监测仪的研制及其性能..... J.Peck, M.J.Scoble (96)
15. 对勘探英格兰西南部工业粘土所采用的钻探技术的对比分析.....
..... W.J.Powell, A.Vincent (107)
16. 地质勘探用孕镶金刚石取芯钻头参数设计的研究..... P.Rulisek, A.Balcar (114)
17. 用顶部冲击锤技术钻深孔—它在热仓库建造中的应用潜力 Hakan Schunnesson (121)
18. 岩石和钻孔结构对冲击钻孔偏斜影响的现场研究..... Thomson Sinkala (131)
19. 岩芯钻探业的萧条与复兴..... W.W.Svendsen (147)
20. 应用坑内导斜钻进降低深部采矿投资风险.....
..... M.G.Thorne C.A.Jackson J.K.Bawder I.P.J.Soper (151)
21. 用于水基钻进泥浆的新型加重剂—对某些意大利矿物原料的研究..... G.Verga (166)
22. 带高频冲击器的绳索取芯钻进..... 袁公昱 (170)
23. 1987年国际钻井设备展览会介绍..... 邱振元 (174)

西澳大利亚州Blendevale地区钻探实例

R. P. Campbell

澳大利亚，维多利亚州Camberwell

Broken Hill Proprietary有限公司

提 要

澳大利亚的勘探施工常常地处边远地区，其气候或者炎热和干燥或者非常寒冷和潮湿。本文介绍了在西澳大利亚的炎热和季风地带实施的一个钻探工程。并介绍与澳大利亚边远地区工作有关的工作条件和后勤问题。也将提供钻探作业和有关问题方面的统计资料。

该施工区域位于西澳大利亚州东北方向的Kimberley地区。这是一个离最近的机场——Derby机场约有325公里的偏远地区。Derby机场有飞往该地区首府Perth的喷气式客机。直线飞行到Perth约需3小时（二小时四十五分）。

离工地大约30公里处有一名叫Fitzroy Crossing的小镇。在那里有飞往Derby机场的轻型客机。但是，这项服务并没有大量利用，因为人们更喜欢驱车到Derby机场，将车辆留给乘机来的人。这样，来工地的人就能驾驶任何一部汽车回工地。因为地质工作者，野外工作人员、钻工等经常出外度假，所以，人们穿梭般地来往于Derby与工地之间。

这个地区的潮湿季节通常从12月份开始持续到3月份。在这个期间，钻进设备几乎不可能工作。所以，所有的设备都存放在工地，由留在工地的负责人照管。

地 质 情 况

（摘引自1986年Murphy G.C.等人著“西澳大利亚州Pillara Kimberley Blendevale碳酸盐基质铅锌矿床”。第13届CMMI会议文集，卷2）。

在泥盆纪年代（大约三亿八千万年前），石灰岩礁复合体就沿较古老的Kimberley地块的南部边缘浅滩和近海岛屿周围形成了。与今日澳大利亚东北近海的Great Barrier礁的形成相似。Blendevale区域的铅锌勘探工作在这个礁复合体范围内进行。在南面，在一层薄沙层（荒芜的沙丘）下是Canning盆地，目前正在勘探石油。矿脉的断层作用和破碎使浓金属溶液从Canning盆地转移到石炭岩中的储油构造带中。

钻 探 情 况

在1972年和1973年Trend产业有限公司采用了冲击回转钻进方法施工。在1974~1975年间，公司与澳大利亚Shell合伙继续开展此项工作。尽管一个钻孔穿过了含有6.3%的锌和4.3%的铅28米厚矿层，但邻孔却不能重现这一结果。并且，总的讲来，钻探结果还是令人失望的。1976年Broken Hill Proprietary公司接管联合企业。Neil Campbell博士，以前在Cominco公司任职，现在是私人顾问，在Mississippi流域矿床的勘探中被聘为专家。为了勘探Blendevale区域，基于他在北美的经验，采用了具有战略意义的网格钻探法。约两年后利用这项技术发现了一个矿体。该矿体现已探明的地质储量为2亿吨。其中含锌8.3%，含铅2.5%

0.017%。1976年，Broken Hill Proprietary公司完成了第一个钻进计划，总计取心钻进约1180米。

由于地质勘探行业的典型的周期性繁荣，紧接着的一段时间（1977/78），钻探承包商钻机严重缺少。由于这个因素以及确信在竞争的基础上能组织完成公司内部的钻探业务，Broken Hill Proprietary公司决定购买一台“长年38”型岩心钻机。钻机被安装在一个液压千斤顶支撑的平台上，装在国际ACCO 8 × 4 Bogie矿车上。该矿车也可携带大部分孔底钻进设备。如果必要的话，当钻机安装好后，矿车折叠起来就成为一辆水罐车。Broken Hill Proprietary公司配备的钻机和公司以外的承包商的钻机共同完成了1979—1980年钻探任务。那时该公司已拥有了一部长年44钻机。长年44组装起来后，其外形完全象“长年38”型钻机。购买长年44钻机以待钻进较深的孔。到1984年/1985年，Broken Hill Proprietary公司拥有的钻机数已增加到2台44型，2台38型钻机，设备齐全。从此，用不着再雇承包商了。

让技术较高的钻探工人固定在室外作业的钻探岗位一直是个难题。尤其是在钻探业高度雇佣的年代里。因而，在1979~1980年，Broken Hill Proprietary公司在既能鼓励钻工留下来继续工作，又能保持尽可能高的生产率方面考虑用各种方式奖励钻探工人。

象所确认的那样，对公司和钻探工人二方面而言，Broken Hill Proprietary已成为一个非常令人满意的整体。Broken Hill Proprietary招那些被选中的钻探工作为公司内部承包人员。那时，由Broken Hill Proprietary公司提供钻机、卡车、所有孔内设备和泥浆、燃料等消耗品的合同在澳大利亚是少有的。

钻工为了能利用澳大利亚的征税制度，有必要创建他们自己的公司。由钻工提供劳动力，本人的车辆、标准手用工具箱和小型的供水泵，这是很容易办到。因为公司不再负责钻工的工资、假期、人身保险、工人的补助、人头税、所得税或野外假，所以成本降到最低。野外假是一个除年度假以外追加的假期，是为了酬报在遥远和恶劣的环境下工作的全体工作人员。野外假通常是在野外工作8周，在Perth度9天假。

原来与公司内部承包人员签订的合同是9.25澳元/米。搬迁钻机，下套管，灌水泥等非生产工作按16.50澳元/小时付费。在后来的合同中，公司对于钻进倾角小于75°的任何钻孔，每米每度增加5分钱（2.5便士）。通常，考虑到劳务费，保险金，旅费的增加和通货膨胀，上述价格1985~1986增加到11.00澳元/米。非生产工作价格已上涨到18.5澳元/小时。

由于签订了恰当的合同，很快就明显看出Broken Hill Proprietary公司的决择是正确的。下列的统计数字可以看到这一点。

还在1986年5月底时，我们的年度预算就完成了。在Blendevalle区域钻进累计进尺163083米，共钻进413个孔，平均孔深395米，其中最浅孔稍浅于100米。最深孔达953米。总的平均取心钻进效率是每个班（11小时）的班进尺45.6米，其中包括搬迁、下套管，处理事故，定孔位，拌泥浆等工作。从开始拆卸到安装好钻进设备的平均搬迁时间是4.5小时。

公司以外的承包商一直在该区域采用全液压力头式钻机钻进。其生产率比Broken Hill Proprietary公司用常规设备钻进略有降低。但这并不能说明任何问题。可能是因为Broken Hill Proprietary公司内部的承包人员更了解孔内条件的缘故。

寻找一个比Blendevalle更有利于提高钻探生产率区域是非常困难的。澳大利亚许多地区的钻探记录证明了事实确实如此。

一些钻进记录包括在一个10小时的班内取出152米岩心，一个NQ的钻头寿命达1383米。

从开孔至终孔，在6个班内就钻完了一个深600米NQ规格的孔。使用的钻机是“长年38”型钻机。

一个既不搬迁又无事故的典型的4小时班，能取心钻进60米到80米，不过每班进尺超过100米，但还是相当普遍。最好的台月效为2200米。

当采用平均成本为0.83澳元/米的表镶金刚石钻头试验时，已不只一次取得了满意的结果，我们用孕镶金刚石钻头也做了一些小小的试验工作，取得了更满意的结果。

我们的取心钻头基本上由一个制造厂家提供，设计有6个阶梯，4个水口，用硬质合金保径，镶有17~18克拉AAA级金刚石，每克拉55~60颗。这种钻头的平均寿命是425米。

当从地表面开始就钻进石灰岩地层时，没有孔斜问题。探明大多数钻孔钻到底偏离垂直方向 1° ~ 2° 。以类似的钻孔结构所钻的斜孔也与原设计的钻孔非常相符。在46个斜孔中，有17个孔与设计相符，6个孔上漂，23个孔下溜。没有一个孔孔偏离圈定矿体大于 4° 。33个钻孔偏斜不超过 1° ，而有13个钻孔偏斜 1° ~ 4° 。

在1982年底，钻孔设置在离开名叫黑土平原的区域里的石灰岩露头。这里，覆盖层为钙质粉砂岩，其厚度由几米变化到640米。地质上对粉砂岩根本没有兴趣，因而允许裸眼钻进，尤其是每班取心进尺仅有30米时。试用了牙轮钻头钻进，但对钻孔冲刷严重，且钻速太低、钻头成本高。

由澳大利亚Triefus公司制作的聚晶金刚石复合体刮刀钻头是使用的第二种钻头。尽管当时在澳大利亚有关这种钻头的应用经验几乎一点没有，但还是迅速建了促使钻速迅速提高和孔壁扰动最小的钻进规程。在这个试验中，钻进规程是转速190转/分，钻杆自重钻进。

因为陡峭成层的粉砂岩能引起严重孔斜问题，所以裸孔钻进的机械钻速被限制在每班100米内。确实在使用这种钻头的头几天内，钻孔偏离垂直方向 5° ~ 15° 。这个钻进阶段的主要问题是使用HQ钻杆与复合体钻头配套，使得钻具柔性太大。然而，我们一旦标绘出粉砂岩断面，就发现只要将钻机以与预测倾斜角相反的角度安装即可达到垂直钻孔的目的。这样就节省了下楔子纠斜或用戴纳钻具钻进的许多时间。

在经济上，复合体钻头取得了巨大的成功，切削岩石效果极佳。不要紧紧盯着每米的实际成本，因为钻进2000多米钻头还可继续用。因此，可以满有把握地说，平均每米成本根本不会超过0.30澳元。

开始用聚合物冲洗液钻进粉砂岩。后来，使用泥浆取代，因泥浆易于搅拌。一旦钻至石灰岩，通常冲洗液不能上返，因而改用清水钻完下面的孔段。这里要提示一下，因为冲洗液不能循环，所以，在这个工程中，从来不用润滑油冲洗钻孔。

在勘探Blendevalle区域的前后，我们勘探了附近的其它区域。到目前为止，这些区域已经取心钻进了52000多米。到1986年5月底，所有区域加在一起的累计取心进尺为215000米。

后 勤 情 况

一个象Blendevalle这样的地方呈现出多种变化，因而使后勤工作也多样化。设在Pillara的大本营距西澳大利亚的首府Perth大约有1740公里。除泥浆，燃料，水泥外，其余物资均可从那里得到。很明显，一个综合备件库必须储存有钻机、钻具、水泵等的备件。在该工程施工期间，都是这样做的。事实上，遇到任何事故都没有造成过分时间耽搁。

重型货物用汽车从Perth运来，每周二次。急用备件由空运到Derby，然后再用我们自己

的汽车运到大本营。

维修总是应予以最优先考虑的。通常，在钻探季节结束后，才花相当多的时间和钱彻底检修钻机和钻具。在下个钻探季节期间，事故时间只占1%~2%，可见这样安排收效是非常显著的。事实上，在1984/1985年期间的钻探季节，用四台钻机钻进41000米，没有因钻机出故障而浪费一个班的时间。

在这样干燥的地区钻进，水的供应也是一个主要的问题。在Blende vale区域钻进，因为钻机总是靠近旧钻孔或营地供水站，所以，水的供应根本不成问题。用车运送水或用泵抽水，距离不到2公里。但是，在边沿地区，情况就不同。通常，这里的水必须用车运来。距离很远（来回2个小时）。

在1985~1986年的十二周时间内，两台长年38型钻机和一台轻便的长年28型钻机都用一台直升飞机吊运进行钻探施工。在这期间，为了用泵从最近的供水站抽水，安装了长达13公里的（Poly）管道。由规格从76毫米至37毫米多台单极泵通过直径为50毫米至30毫米（Poly）管道分段泵到钻机现场。

当然，还存在一些问题。这主要是因为石灰岩上面拖拉管道引起的。石灰岩能划破（Poly）管道，管道承受的背压引起管子爆裂。对这类事故，由于有野外工作人员的巡视，不致于浪费多少时间。

成 本

Broken Hill Proprietary公司勘探部的钻探部门相当于内部承包队。因此，必须以每米成本为基础，对需要他们的任何部门提供钻探服务。报价必须包括诸如修理、孔底设备、搬迁时间、支付内部承包人员及钻机运行的全部费用。根据过去的的数据，内部合同工程的每米费用能与外部合同的费用作个比较。所以，为了确保初始费用，必须要有明显的经济效益。

公司勘探部的钻探部门承担这种工程索价每米25.00澳元。扣除主要仪器设备费用800,000澳元，对215,000米这样一个工程节约245万澳元。

用几个有趣的数字补充说明一下前面的摘要。

在1986—1987年，在原来工作区，Broken Hill Proprietary公司搬到了另一工地，并创造了一个新纪录。每班进尺179.20米。这是一个由直升飞机协助搬迁的钻探工程。在一天内，四部钻机（三部开两班）岩芯进尺超过1000米。最后要说的是，1986年5月份，4套设备仍在直升飞机协助下工作，进尺达8,220米。

罗大生 译

莫时雄 校

金刚石岩芯钻探中钻头的性能及磨损特征

V.B.Cassapi、D.Ambrose、M.D.Waller

University of Nottingham, Nottingham, England

导 言

这篇文章详述了两个按一种新思想设计的孕镶金刚石岩芯钻头的一系列室内钻进试验。

此试验用于确定在所控制的钻进条件下钻头的磨损特征，并且尝试确定与工具磨损和钻速相应的最优钻进参数。

这两个岩心钻头在本文中记为A和B，其技术参数如下：

- A：金刚石粒度 D427 40/50
金刚石品级 SDA 100
金刚石浓度 40
胎体成份 70 % W + 30 % Cu
- B：金刚石粒度 D427 40/50
金刚石品级 SDA 100
金刚石浓度 45
胎体成份 70 % W + 30 % Cu

除了钻进试验外，对岩样进行薄片分析和有关的若干物理试验，并试图找出这些试验结果与钻头磨损特征的关系。

钻 进 试 验 程 序

钻进试验是在两种不同的岩石上进行的取芯钻进。

- a) Swedish花岗岩
- b) 粗粒砂岩

试验是在严格的控制条件下和在专门配备的微机的精密监控下进行的。

钻头在Swedish花岗岩中的每次试验前，都在砂岩中予磨，以确保有足够的金刚石出露量。

最初的钻进参数是根据制造厂商手册中的推荐值及作者自己的经验来预定的。受监控的钻进参数是：

- a) 钻头压力 公斤；
- b) 转速 转/分；
- c) 水流量 升/分；
- d) 扭矩 牛顿米；
- e) 钻速 毫米/分。

岩 石 的 物 理 性 质

物理性质试验是在岩样上进行的，并详述了以下几个：

- a) 单轴抗压强度
- b) 间接抗拉强度
- c) 岩石硬度指数

表1 岩石物理性质一览表

岩石类型	“Swedish”花岗岩	粗粒砂岩
单轴抗压强度 (MPa)	217.1	32.7
间接抗拉强度 (MPa)		2.5
肖氏硬度试验指数	91.4	39.0
N.C.B锥形压头试验指数	8.6	3.6
Cerchar试验指数	3.9	3.6

表2 矿物含量表 (岩石: Swedish花岗岩)

矿物	百分含量	莫氏硬度
石英 SiO_2	12 %	7
斜长石 $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8) - \text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$	15 %	6 - 6 $\frac{1}{2}$
白云母 $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	1 %	2 - 2 $\frac{1}{2}$
正长石 $(\text{KNa})\text{AlSi}_3\text{O}_8$	62 %	6 - 5 $\frac{1}{2}$
微斜长石 KAlSi_3O_8	6 %	6 - 6 $\frac{1}{2}$
黑云母 $\text{K}(\text{MgFe})_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	3 %	2 $\frac{1}{2}$ - 3
磷灰石 $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$	< 1 %	5
榍石 CaTiSiO_5	< 1 %	5
锆石 ZrSiO_4	< 1 %	7.5

表3 矿物含量表 (岩石: 粗粒砂岩)

矿物	百分含量	莫氏硬度
石英 SiO_2	60	7
长石		
斜长石 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	2	6 - 6.5
正长石 $(\text{KNa})\text{AlSi}_3\text{O}_8$	8	
微斜长石 KAlSi_3O_8	1.5	
条纹长石和微纹长石 $(\text{KNa})\text{AlSi}_3\text{O}_8$	1.5	
蚀变长石	1.5	
云母 $\text{KAl}_2(\text{OH})_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})$	1	2.25
粘土 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{Si} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	10	2.3
岩石碎屑	1	

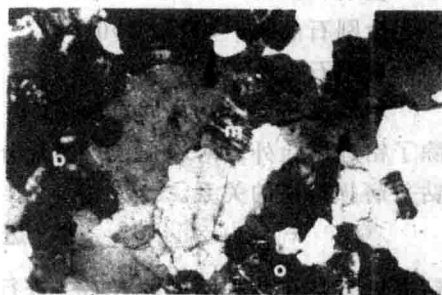


图1 Swedish花岗岩显微照片



图2 粗粒砂岩显微照片

d) 岩石研磨性指数

e) 岩石学分析

表1列出了两种岩石的物理性质, 经薄片显微分析得到的矿物成份及其含量列于表2和表3。图1和图2是Swedish花岗岩和粗粒砂岩的薄片的显微照片。

应特别提到岩石硬度是采用两种普通的硬度试验方法来测定的, 即肖氏硬度和N.C.B锥形压头试验。岩石研磨性是采用Cerchar岩石研磨性指数试验测定的。物理强度性质是在常规实验室压力试验机上测定的。

所用的钻进参数和钻头性能

岩芯钻头“A”

用于Swedish花岗岩时采用下列钻进参数：

线速度 180 米/分；

钻头压力 270 公斤

水流量 10 升/分

此钻头的平均磨损速率是每米钻深磨损0.3毫米，钻头寿命17.03米，平均钻速96毫米/分。

岩芯钻头“B”

该钻头在Swedish花岗岩中钻进的最优参数如下：

转速 1500转/分；

钻头压力 303 公斤；

水流量 11升/分。

两个钻头都先在粗粒砂岩上予磨，以保证每次试验前都有足够锐利的金刚石出露。可是当钻头“A”在Swedish花岗岩中很快就达到了一个可接受的工作状态时，钻头“B”却未达到这种状态。此时发现在Swedish花岗岩中的钻头“B”的工作状态并不令人满意，而且改变钻进参数也没有明显地改进这种状况。因此在粗粒砂岩中最初的大多数试验工作受到监控，而且发现下列钻进参数可产生最优的结果：

转速 1500转/分；

钻头压力 237 公斤；

水流量 11升/分。

采用这些参数获得了最佳效果：

钻速 260毫米/分

磨损速率 0.090毫米/每米进尺

接着在粗粒砂岩中试验，直到自然磨圆的轮廓出现为止。此时继续在Swedish花岗岩中试验。

试 验 步 骤

每个岩芯钻头的试验程序包括一系列单个钻进回次。在每次试验中每隔一定的进尺，精确地测量每个钻头扇形块的磨损量。

试验包括主要参数不变的恒参数试验（如钻头A）和变参数试验（如钻头B）。这样通过分析由这些单次试验获得的结果，可以估计实际采用的钻进参数下的总进尺时的磨损量。

取芯钻头和钻头磨损测量

用于这些试验的两个钻头出厂数据，前面已提到过。每个钻头都由4个单独的多晶金刚石孕镶扇形块组成。这些扇形块被焊在一个分开加工的钢体上。扇形块的底层面是平的。试验开始前最初测量值在高度上有较小的波动（0-0.3毫米），同心度也有误差（0-0.4毫米）。测量扇形块同心度的方法是把钢体精确地安装在普通车床的卡盘上。用手缓慢旋转卡盘，用千分表测量其偏离度。

通过用一个专门配置的计算机控制的轮廓测量器，从钻头内侧向外侧进行测量，可以给

出几次不连续的钻进后的钻头轮廓形状的总变化。轮廓测量器能够从先前的测量值减去现在的测量值，计算和记录下磨损体积及轮廓形状的变化。

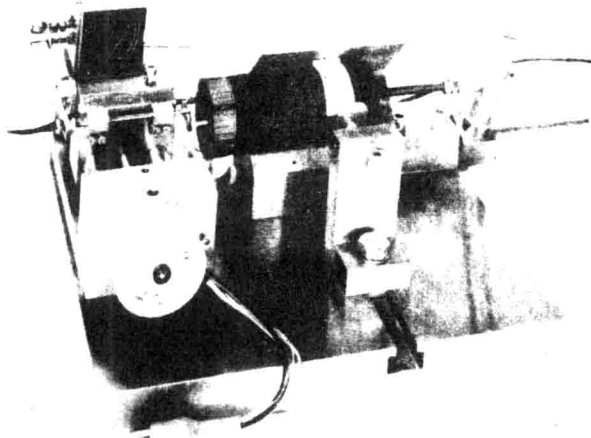


图 3 外形测量装置

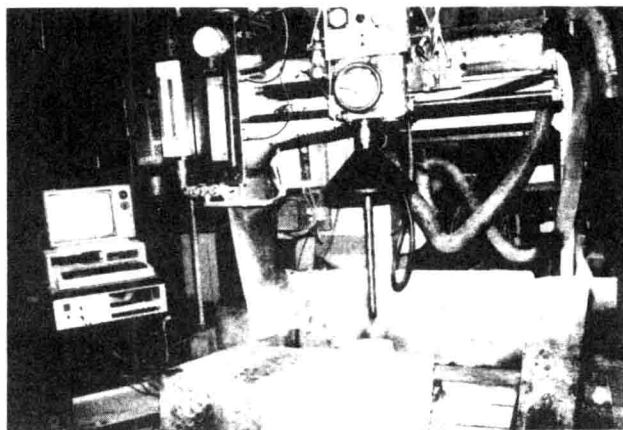


图 4

岩 心 钻 机

试验所用的钻机示于图 4。用于监控钻机的各种测量装置的输出量的微型机也示于图中。钻机是一个经过改装的Kitchen & Wade摇臂钻床，可用于取芯钻进。改装后在立轴上加了一个恒定加压装置，代替原来的齿轮给进系统。加了一个0~200转/分的无级调速系统，以及许多专门用于减少振动的机构。除了这些改装外，还包括合适的指示仪表，用于予置和保持基本钻进参数：

- | | |
|-------------|---------|
| a) 钻压 | b) 转速 |
| c) 流量（水或空气） | d) 电流 |
| e) 电压 | f) 吃入深度 |

这些改装在其它文章中有更详细的叙述。

监 测 系 统

试验中所要测量的重要参数归结为以下几个:

- | | |
|----------|-------|
| 1) 流量和泵压 | 2) 扭矩 |
| 3) 转速 | 4) 压力 |
| 5) 进尺和钻速 | 6) 磨损 |

能进行以上测量的监测系统主要由一个连有各种信号调节器及相应传感器的微型计算机组成。下面几段着重概述上述参数的测量技术。

流量

流经旋转接头的压缩空气或水的流量由阀来调节, 转子流量计的指示范围: 用水时为 5 ~ 25 升/分、用空气时为 20 ~ 150 升/分。曾考虑过用涡轮流量计, 但它不能用于双组分冲洗介质。一个单孔板和压差传感器即能满足两种介质的量程要求范围。在接在水接头上的直径为 25 毫米的供水管的直管部分安了一个 12.5 毫米的普通微调阀, 变化范围 0 ~ 500 Pa 的压差是用半导体压力传感器测量的。利用水银和油减震器以克服传感器与水的相容性。传感器采用 24 伏直流电供电, 产生 0.7 ~ 10.7 伏的输出电压, 该输出信号接入测试系统。

转速

钻机马达已经配有一个速度传感器并作为速度控制系统的一部分。速度传感器的输出进行分接。用电位分压器进行定标, 并用低通滤波器消除转换器的噪音, 然后将信号接入测试系统。

扭矩

曾考虑过几种直接和间接地测量扭矩的方法。包括测量工作上的阻力、回转切削力和测量齿轮上的分力。最后采用的方法是通过测量输入马达的功率和马达转速来求得扭矩。

主轴扭矩 (T) 由下式求得:

$$T = \frac{W_s}{2\pi n}$$

转速 (n) 是一测量参数, 而主轴功率 (Ws) 是从下式算出:

$$W_s = W_{in} - W_{loss}$$

Win 是输入马达的功率, 而电机损失功率 (Wloss) 是马达转速 (n) 和电流 (Ia) 的函数, 两者都是测量值。功率损失可由下式算出:

$$W_{loss} = K_1 I_a^2 + K_2 n^2$$

这里 K₁ 和 K₂ 是机械常数

由于单相可控硅整流器产生的电流电压波形为非正弦波, 测量电机输入功率比较复杂。为了能测定功率, 对电压和电流波形进行采样、放大和积分。通过电阻分压器和差动输入缓冲寄存器采集电压。电流采样是用霍尔效应装置。此装置接入连接电机电枢的导线回路中。然后对两个信号进行定标, 并用回路集成放大器放大。将输出值进行积分, 以得到电机输入功率, 把电压和电流波形都换算成有效值, 并把直流信号输入测量装置。也常用动圈式仪表直接读取电压和电流值。

钻头压力

钻头轴向压力可以直接装在钻机立轴上的气缸上测得。为了测量和记录钻头压力, 气缸上设置了一个带有稳压电源的压力传感器。传感器是采用 24 伏直流电源供电, 输出电压信号

0.7 ~ 10.7伏, 还配置了可直接读数的压力表。知道气缸面积和所加的气压后就能简单地计算出所加的钻压。与钻压相比, 摩擦阻力很小。

钻进进尺

评价了多种测量钻头线位移的技术, 包括: 线位移电位计、线位移光栅、线位移电感和电容传感器、旋转电位计和带有活动转换器的编码器。对于所要求的行程长度 (300毫米), 线性可变差动变换器 (LVDT) 的测量结果按所花代价及其精度和分辨率来讲最好。这个装置装在气缸上, 其电路接到测试系统上。

钻头磨损测量装置

钻头磨损测量装置是利用马达通过丝杆来带动外形测量装置。扫过金刚石取芯钻头唇部表面, 并沿侧面往下测量。

外形高度

需要外形高度传感器来测量钻头唇部的断面形状, 以及测量钻头各个回次的磨损高度。为此, 传感器需要有10毫米的量程及 ± 0.05 毫米的分辨率。再次选用了LVDT系统。为了使这种装置的活动顶针能在唇部表面自由移动, 加了一个电磁线圈活动装置。

马达驱动

对于丝杆传动, 采用了一个增量为7.5度的步进电机。所需要的最小的横向增量是0.02毫米。这可通过使用1.0毫米齿距的丝杆来达到, 采用了一个积分式马达驱动回路, 其步进方向取自测试微机。

电子硬件

这一工作的最终目标就是要建立一个闭环控制系统。用于控制独立的钻进参数, 以使钻速和钻头磨损最优化。因此希望电子硬件能够满足这种要求。要求监测系统接受来自各种传感器的输出信号。对数据进行处理并提供临界参数指示值。对于钻头磨损测试装置, 其分度马达需要控制输出。同样要求此系统连续记录所有的原始数据为继之进行的分析用。

初期就决定采用以微型机为主的系统来完成以上功能。曾考虑过许多系统, 主要根据技术要求、成本和以前的经验。最后选用了Acorn-BBC B型微机, 这直接限制了处理速度和存贮量。尽管它对程序员有更高的要求, 但证明这种机器完全胜任对它提出的各种要求

接口硬件

为了避免采用BBC微机名声不好的内模拟量输入方式, 在BBC微机的1 MHz总线上加了一个八通道的八位模/数转换器。总线上还接了一个四通道的12位的数/模转换器, 向X-Y绘图仪提供模拟信号和为后面的钻机控制提供反馈控制信号。

所有传感器信号要标定, 使用专门设计的放大器以满足A/D转换器0~10伏输入电压的要求。来自测钻进深度的LVDT系统的信号, 标定到0~1.8伏并接到BBC系统的12位转换器上。

此通道上的读数最初受到过量噪音的影响, 最后经硬件和软件调整清除掉。磨损测量装置的马达控制反馈信号是从BBCs微机系统的并行接口上输出的。

接口电路是按欧州电路板标准设计的。电路板、电源等等都放入一个柜内。

计算机硬件

测试系统所有的BBC微机有32 K内存、400 K软盘和黑白监视器。野外钻进时, 要求计算机更结实。改成另一种不同的计算机不会带来任何大的技术困难。

软件

分别研制了钻机程序和磨损测试装置的程序。两者共用一个数据包。这些程序设计水平很高,能容易修改。它似就象一份菜单,使用者可以决定以何种方式收集数据和显示那些信息。试验开机时,要求操作者输入一些关于钻头的基本数据。其中一部分数据提供给监视程序。并列于最后的试验报告中。

钻机软件

在程序的控制下,使用者选择显示通道和显示范围。最多可用三个通道同时以连续图表形式显示。各个通道的瞬态值都可以数据的形式显示。所有数据都可自动记录在磁盘中,并按事件或数据分类存贮以节省磁盘容量。在磁盘达到满容量时发出警告信号,暂停试验,重新装上新盘。试验中,操作者只需按一个指示此钻进回次的开始和结束的键。

钻头磨损测试装置软件

试验开始时就设置磨损测试装置软件的工作模式。此间要求输入的数据是:扇形胎块数目、每个扇形块的测量点数目和钻头尺寸。试验中要求操作者把钻头调整到夹具所要求的位置上。然后按一个键,测量开始。当测量结束时就发出音响报警。根据记录的数据,可以绘出钻头使用的各个阶段钻头扇形块外形磨损图形。这些图描述了磨损速率和钻头外形的变化。此程序同样可以计算平均高度、内外径的损耗和总的唇部体积磨损。

此设备已被用来研究孕镶金刚石钻头在两种不同岩石中的钻进性能。两个钻头的试验结果证实此测试系统令人满意,显示出的特性令人鼓舞。而且显示出一个能很好地用于本身的自动最佳化控制技术的模式。制订合适的控制模式是诺订汉大学钻进工艺研究的下一个目标。

物理性质试验

钻进试验所用岩石的物理性质中值得考虑的是那些与强度、硬度、研磨性有关的性质。虽然在通常野外钻进中还有许多别的与岩石性质有关的因素需要考虑。

用于测定天然岩石的物理强度参数的方法都有文献可查。这里不必作详细描述。可是,虽然有许多测定岩石的硬度和研磨性的试验,但目前却没有能够用来预测各种目的和情况下岩石研磨趋势的单指数试验方法。这里扼要介绍笔者所采用的方法。

肖氏硬度计

此仪器由一个垂直管子组成,管中一个顶端镶有金刚石的重锤,可从一个固定予置的高度上自由下落到经专门加工的岩样表面上。岩石硬度可由落锤的回弹高度确定。此高度值由安装在仪器顶部的一个表盘记录下来。已证明此仪器用于测定岩石硬度是很有价值的实验工具,并且发现它与单轴抗压强度有很好的相关性。

图5是肖氏硬度计、标定块和岩样的照片。

肖氏硬度和单轴抗压强度的相关性可由下式表示:

$$Y = 2.12X - 1.58$$

这里 Y = 单轴抗压强度 MPa

X = 肖氏硬度指数值

肖氏硬度和单轴抗压强度的相关性可用图6说明。

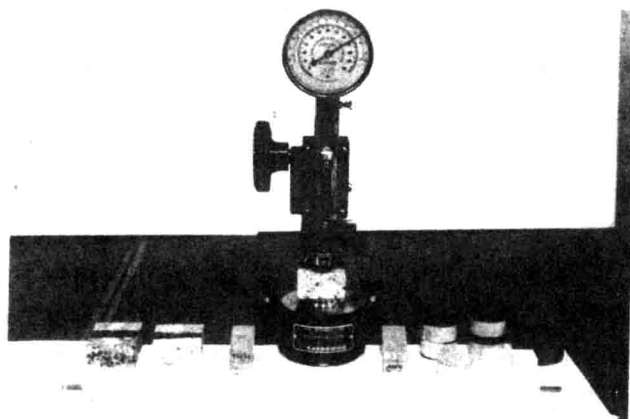


图 5

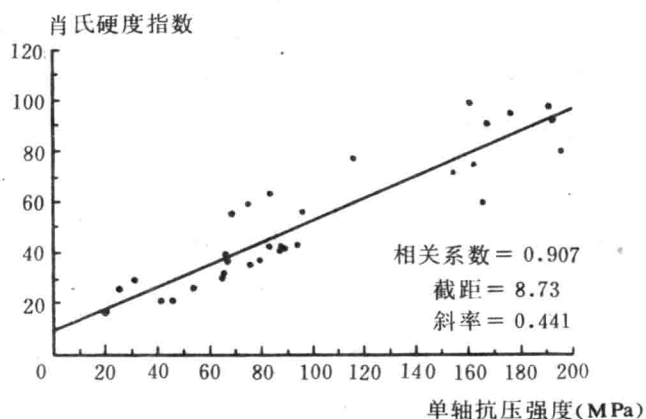


图 6

英国国家煤炭部 (NCB) 锥形压头硬度计

NCB锥形压头是Bretby的采矿研究和发展部（目前是NCB的技术服务处）设计的岩石硬度测定装置。此装置由一个带有弹簧钢片的钢框架组成。弹簧钢片固定在仪器的水平轴上，千分表安在框架的一侧的中部，它的顶针与弹簧片接触。这样弹簧片的任何偏移都能被觉察并精确测量出来。框架的另一侧装有一个其轴中镶入一块硬质合金锥头的测微表。它测量的是锥头压入深度加上弹簧的偏距。弹簧片用一已知力进行标定，例如偏移0.635毫米等于40牛顿力。这正是加在标准锥型压头测硬度指数时的力。其间关系可用下式表示：

$$I = D/P$$

这里 I = 锥形压头硬度指数

D = 弹簧片偏距，毫米

P = 锥头压入深度，毫米

测定时只需把加工好的岩样放入锥头和弹簧片之间，测量40牛顿标准压力下的压入深度。此时千分表上读数是0.635毫米的偏距，则从总的测微计读数减去此读数即得到压入深度。

这两种测量方法在其它文章中都有更详细的叙述。图7为NCB锥形压头硬度计、试样和

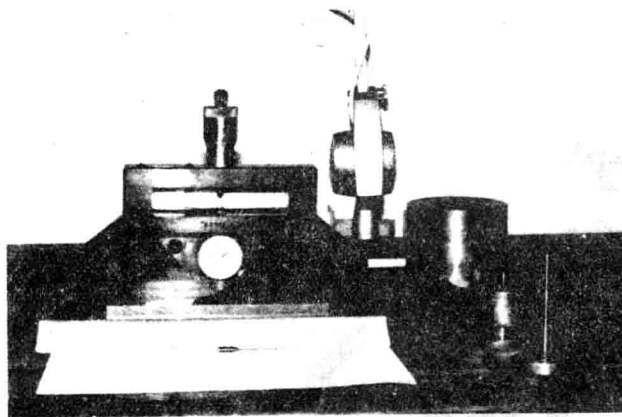


图 7

标准法码的照片。

正如肖氏硬度一样，在单轴抗压强度和NCB锥形压头硬度指数之间也有良好的相关性，可用下式表示：

$$Y = 26.25 X - 3.57$$

这里：Y = 单轴抗压强度，MPa

X = NCB锥形压头硬度指数

NCB锥形压头硬度指数和单轴抗压强度之间的相关性示于图 8。

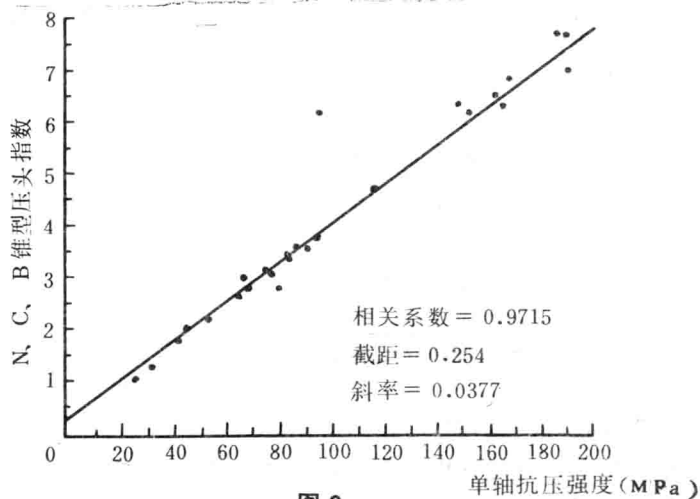


图 8

岩石研磨性指数

这次的岩心钻头试验中，采用了 Cerchar 研磨性指数来测定所用岩石的研磨性。这种测试方法广泛用于法国煤田开采工业上并为各种掘进机械制造厂商所采用。这种测试法就是用一个尖锐钢针在 7 公斤载荷下，在经专门加工过的岩样面上划 10 毫米距离的刻痕。岩石研磨性通过用移动式显微镜精确测量总的磨损平面来测定。研磨性单位按如下规定：0.1 毫米磨损面等于研磨性指数 1.0。例如 0.4 毫米的磨损面等于 Cerchar 研磨性指数 4.0，并且可看作是高研磨性岩石。

图9为Cerchar研磨性指数测定设备。表四给出了一些岩石的典型Cerchar指数。

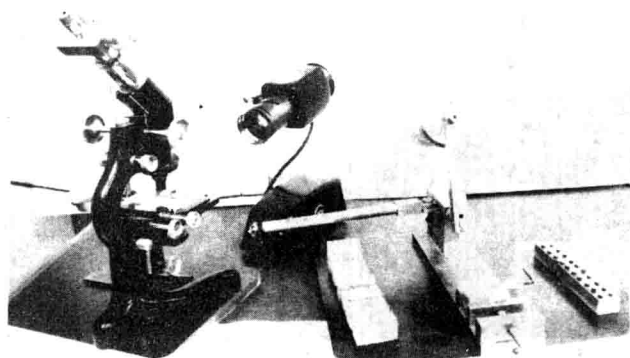


图9

表4

分类	Cerchar指数	岩石类型
极高研磨性	74.5	角闪岩、片麻岩、伟晶岩、粗砂岩、花岗岩
高研磨性	4.25~4.5	闪岩、花岗岩
一般研磨性	4.0~4.25	花岗岩、片麻岩、Darley Dale 砂岩
中上研磨性	3.5~4.0	Silty 砂岩
中等研磨性	2.5~3.5	粗玄岩、加利弗利亚花岗岩、片麻岩
低研磨性	1.2~2.5	Portland 砂岩
极低研磨性	<1.2	灰岩

岩相分析 (Swedish 花岗岩)

对Swedish花岗岩薄片进行了岩相分析，以测定矿物成分、性质、颗粒大小和形状。

这种岩石可定名为“细晶花岗岩”，有局部蚀变，包括黑云母蚀变为绿泥石、正长石蚀变为云母。沿解理面可见所有的斜长石完全蚀变为白云母，虽然还有大约1%的晶体是未蚀变的。岩石有良好的结晶性、等角性，某些正长石晶体达到8毫米，这是最大的。

所用的岩样是完整的，没有可见的风化、破裂及裂隙的迹象。矿物成分及其含量列于表2。岩石薄片显微照片示于图1。

岩相分析 (粗粒砂岩)

所用的岩样石英和长石的粒度达2-3毫米，而且肉眼很容易看见。

岩样薄片，一些长石蚀变为绢云母或高岭石。岩石颗粒容易分选。形状从亚角形到亚圆形。胶结材料为石英和粘土的混合物。但是石英的形成似乎有两种不同的成因即沉积作用和变质作用。

矿物成份及其含量列于表3，而薄片的照片示于图2。

钻进试验结果 (岩芯钻头“A”)

当钻进Swedish花岗岩时，这种岩心钻头的钻进参数是根据制造厂商手册上的推荐值以及在以前的各种实验室取芯钻进研究中孕镶岩心钻头的实际使用经验来确定的。

在达到某一明显容许的切削条件以前，钻进参数仅仅需要轻微调整。如水流量从15升/分减小到11升/分，钻头压力270公斤时，钻机转速从1625转/分减小到1500转/分。

这些钻进参数保证最优的吃入深度，与此相应的是钻速不可避免地不断下降。文中表5列出了平均磨损值和所计算的磨损特征。图11、11和12以图线形式给出了岩芯钻头外环、中部、内环的磨损特征。表5列出了钻头上三个不同位置上的有关数据。并把三个位置上的磨损与累积钻进深度的关系绘在图14中。除了这些试验工作外，还考虑了钻头磨损与冲洗水路断面的关系，并为保持足够的冲洗断面而定期修磨了冲洗水路。由于钻速不可避免地下降，经常须要将钻头重新锐化。方法是在弱研磨性砂岩中钻进，在达到满意的锐利条件以前，可能要钻进0.5米深。但应注意测量磨损必须在每次钻头磨锐之前进行。