

钻探论文选集

联合国地区间矿产工业 钻探学术讨论会论文选集

1982年8月15—27日

加拿大 安大略 萨德博瑞 多伦多

刘广志 主编

郭文芝 耿俊峰 等译

地 资 出 版 社

钻 探 论 文 选 集

联合国地区间矿产工业
钻探学术讨论会论文选集

1982年 8 月 15—27 日

加 拿 大 安 大 略 萨 德 博 瑞 多 伦 多

刘广志 主编

郭文芝 耿俊峰 等译

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑 冯士安

*

地 资 出 版 社 出 版

(北京西四)

地资出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本：787×1092 1/4 印张：9 1/8 字数：213,000
1984年 4 月北京第一版 • 1984年 4 月北京第一次印刷

印数：1—5,080册 定价：1.40元

统一书号，15038 新·1003

前 言

联合国技术合作促进发展署在加拿大能源、矿山与资源局和加拿大金刚石钻探协会的协助下，于一九八二年八月十五日至廿八日在加拿大著名镍矿城萨德伯里市举行了“联合国地区间矿产工业钻探学术讨论会”。

来自亚太、北美、南美、非洲、北欧五个地区的三十个国家约八十名代表参加。联合国技术合作促进发展署派能源与自然资源司负责人主持了这次讨论会。这次钻探学术讨论会是迄今为止联合国召开的最大规模的、内容最丰富的一次盛会。

大会的主要目的是通过学术交流，提高各国从事钻探工作的工程师们以熟悉现代化钻探设备、钻探新方法、新工艺；为与会者提供参观与学习加拿大钻探最新成就的机会。

我国地质矿产部派刘广志同志参加了这次讨论会。

大会共收到论文四十余篇，在大会上宣读了三十三篇。涉及到金刚石钻探、人造孕镶金刚石钻头制造工艺学、深孔钻探与深孔防斜、用纳维螺杆钻打定向孔与数字测斜仪、反循环钻探、空心杆螺旋钻探、砂矿钻探、聚合物冲洗液、岩心钻探设备新发展与设备选择等各个领域。

为了使我国钻探工作者早日得到这些论著，我们选择了其中二十一篇，组织一些同志进行了翻译，统一由刘广志同志作了审校。由于时间紧迫，译校人员水平有限，谬误之处敬请读者批评指正。

参加编译本论文选集的工作人员如下：

主编：刘广志

翻译人员：郭文芝、耿俊峰、李常茂、雷恒仁、张学民、胡耿寰

编 者

一九八三年元旦

目 录

联合国地区间矿产工业钻探学术讨论会综述	刘广志(1)
联合国在矿产开发与钻探领域中的各项活动	[联合国] A · 阿拉加潘(29)
金刚石钻探的发展趋势	[美] 鲁迪 · 莫尔克伍德(37)
用于钻探工程的新型金刚石制品	[美] R · R · 伯吉斯(43)
金刚石与金刚石钻头的新发展	[瑞典] E · 维克曼(50)
现代钻头工艺学和钻探计划	[美] S · D · 斯蒂沃特、 J · K · 斯密特(56)
钻探工艺、设备及其使用范围	[美] A · P · 维克伦德(65)
选择地面金刚石岩心钻机时应考虑的诸因素	[美] C · 马罗萨卡(71)
金刚石岩心钻探的机械化	[瑞典] A · P · 维克曼(79)
深孔钻探	[加] J · R · 萨维奇(84)
深孔钻探中的孔斜问题	[加] B · 汤普森(88)
利用反循环钻探法采取矿样	[加] T · 欧文(91)
用纳维螺杆钻进行定向钻探	[美] M · 斯坦博格(94)
数字测斜仪	[美] G · G · 奥尔森、 C · 洛维特(100)
空心杆螺旋钻的起源和现代应用	[美] R · A · 狄肯森(105)
循环介质	[美] A · P · 维克伦德(111)
岩心钻探用抑制性钻井液	[加] 鲍勃 · 威波尔(117)
用测井方法评价聚合物冲洗液 1330 对井眼的实际影响	[加] 唐 · 爱德华兹(119)
砂矿钻探方法及其钻探设备	[荷兰] I · R · 阿德勒斯(122)
金刚石钻探培训计划的制订	[加] G · G · 瓦泰尼尤克(133)
印度矿产钻探趋势和发展概况	[印] S · M · 雷(137)

联合国地区间矿产工业钻探学术讨论会综述

刘 广志

一、国际钻探学术讨论会概况

联合国技术合作促进发展署 (UNDTCD) 在加拿大政府的能源、矿山与资源局(EMR) 和加拿大金刚石钻探协会 (CDDA) 的协助下, 于1982年 8月15日至28日召开了“联合国地区间矿产工业钻探学术讨论会”。

学术讨论会在加拿大东部安大略省萨德伯里 (Sudbury) 市举行。该市是世界著名的大镍矿和国际镍矿公司 (INCO) 所在地。

来自北美、南美、北欧、亚太、非洲五个地区三十个国家约八十名从事矿产钻探的工程技术人员或主管钻探的负责人参加。加拿大、美国、瑞典、荷兰一些著名的钻探公司, 如长年、波伊尔、斯密特, 阿特拉斯-科普科、克芮留斯、阿马克斯、通用电气、康拉德等公司都分别派了1~3名代表参加了大会。加拿大金刚石钻探学会1982年主席拉尔森 (Noble H. Larsen) 和秘书长荷兰德 (David Holland) 亲自参加了大会并做了学术报告。

联合国技术合作促进发展署的自然资源与能源司代理司长阿拉加潘博士主持了大会, 钻探专家吉·诺因和地质专家格鲁施基 (W. O. Gluschke) 自始至终参加了大会。

大会的目的是通过学术交流, 使来自各国从事矿产钻探的高级工程师和经理, 熟悉现代钻探设备、钻探新方法新工艺。并紧密围绕这一目的组织一些活动。大会为代表们提供了参观和学习加拿大在钻探工艺和操作技术方面最新成就的机会。

这次钻探学术讨论会是联合国迄今为止召开的规模最大、学术报告内容最丰富的一次盛会。

联合国自然资源与能源司代司长阿拉加潘博士在开幕式上做了题为《联合国在矿产开发与钻探领域中的各种活动》的报告。

大会共收到论文四十多篇, 因时间关系在大会上宣读了三十三篇, 分以下八个专题进行交流:

专题1. 矿产勘探的需求与选择适当的工艺与设备。包括钻探设备、金刚石钻探发展趋势、深孔钻探等四篇论文。

专题2. 金刚石钻头及其选择与应用。包括人造金刚石、钻头制造工艺学及其新发展等三篇论文。

专题3. 特殊钻探工艺——砂矿与潜孔锤。包括砂矿勘探工艺与设备、空气冲洗取软矿心、声钻、反循环钻探等四篇论文。

专题4. 空间钻探、测斜、下楔子及深孔钻探。包括深孔孔斜、用纳维钻打定向孔、数

字测斜仪等四篇。

8月20日刘广志同志在会上作了题为《中国古代钻探简史与当前地质岩心钻探的发展》的报告，并放映了幻灯片。我国古代钻探技术成就引起到会代表们的浓厚兴趣，并要求重放这部分幻灯片，对我国现时钻探工作的发展表示赞许。

专题5.水泥固井技术、钻探泥浆与添加剂。包括“方都”快干水泥、泥浆添加剂、矿产钻探泥浆、聚合物泥浆等五篇论文。

专题6.矿产金刚石钻探。包括加拿大现代钻探技术、培训计划、以及马达加斯加代表宣读的论文共三篇。

专题7.安全与其他。包括矿山安全技术、直升飞机支援、空心管螺旋钻、岩心钻探起下钻机械化与钻机机械化问题五篇论文。

专题8.测井、计算机应用于储量估算。包括加拿大测井与对比、测井工作、矿床储量估算等三篇论文。

由于代表们来自世界各地，大会准备了效果极好、质量极高的同声翻译的人员和设备，由九人组成的翻译人员对科学技术知识了解甚广，分别译成英语、法语和西班牙语。

会议期间参观了加拿大长年、波伊尔、斯密特三家公司的四个制造厂，两个地面施工现场，和两个坑道钻探工作面。其中有一台钻机是属希斯·舍伍德公司的超深井岩心钻（钻深能力4600米）的施工工地。当时孔深已达2080多米。这台钻机设计先进、工人技术熟练，每班3人，全机10人，平均班进尺15~18米，最高可达30~40米/班，积累了一套深孔钻探、防斜、补斜取心、打定向孔的丰富经验。整个参观过程也是一次交流经验、交换意见以及询问了解一些会议以外的有关问题的机会，收获不少。

宣读论文时，普遍采用了彩色幻灯片，既节约时间，印象深刻，效果又好。有的报告则完全拍成一部完整的彩色影片，影片放映时的解说词就是宣读的论文，效果更好，方法更现代化。缺点是论文中不另附图纸，所以使聆听者无法在会后按图细读论文，同时由于速度快，笔记不易记全。

参观过程中把代表们分为由同声译员陪同分成说英语、法语和西班牙语的三个组，以解决语言互通问题，参观效果不错。

会议的安排是灵活多样的，学术报告与参观交错进行。每篇论文宣读后允许代表们提出问题，宣读者作答复，有的问题进行了深入的讨论或答辩，甚至在午饭时的饭桌上也交流经验，进行讨论。学术气氛浓厚，并建立了同行间的友谊。

最后，由加拿大政府负责矿业的国务部长朱迪·埃若拉举行宴会，招待各国代表。8月27日全体代表乘汽车转往多伦多，中途参观了波伊尔钻探公司的工厂和斯密特公司的另一家工厂后，在多伦多市宣告结束。

会议达到了预期的目的。有以下几点感受：

(1) 加拿大是一个钻探工作现代化的国家，拥有十多家钻探公司的制造厂和承包商，产品行销全世界，能承担小至28毫米，大至9米直径钻孔的施工任务。用超深尺岩心钻机施工4000米以内深孔，钻探石油、天然气和固体矿产，世界驰名，有丰富的制造设备和钻探工艺方面的经验。

(2) 在孕镶金刚石钻头工艺学与高温高压合成金刚石工艺学方面，美、加、瑞典处于领先地位。

(3) 在钻探设备设计指导思想方面，他们提出在全液压钻机设计中不应片面追求一切全液压化，而应保留一些必要的机械传动机构，这在我们今后的钻机设计工作中应该参考。

(4) 金刚石钻探和绳索取心钻探仍在继续深入发展和不断改进，应用领域日益扩大。人造金刚石将逐渐替代天然金刚石；人造金刚石切削具品种日增。孕镶钻头已成为“广谱”钻头，将逐步代替表镶钻头，前景已日渐明朗。

(5) 新的钻探工艺——定向钻探、反循环钻探、砂矿钻探技术与设备日新月异。

(6) 电算技术已广泛应用于钻孔测斜和参数监测等方面。

(7) 新产品开发周期短，产品横向向派生品种、多功能方向发展；纵向向系列化、标准化方向发展。以市场和用户需要为准绳，情报灵通，改革动作快。

总之，这次讨论会开得比较成功，对我国今后钻探技术工艺的发展将会起到一定的促进作用。

二、关于岩心钻探设备的一些新动向

学术讨论会期间，参观了加拿大长年、波伊尔、J·K·斯密特三家公司的钻探设备制造厂和希斯-舍伍德钻探承包公司的超深岩心钻机施工现场、斯密特公司的施工现场以及坑道钻探的两个工地。

瑞典阿特拉斯-科普科（克芮留斯）公司也在会上介绍了他们的新型钻机的情况。

通过这些参观活动，我们看到了从地面取样钻机（钻深能力5米）到超深岩心钻机（钻深能力4,573米，即15,000英尺）的各种新型钻探设备。

有关钻探设备的论文有五篇，即：

- (1) 钻探施工设备及其局限性；
- (2) 金刚石钻探发展趋向；
- (3) 选择岩心钻机的诸因素；
- (4) 深孔钻探的应用；
- (5) 岩心钻机的机械化。

从这些参观活动与学术交流中，我们了解了美国、加拿大、瑞典岩心钻机的一些发展新动向，概括起来有下列各点：

- (1) 用多种车辆装备和考虑直升飞机迁装。

除了取样钻和坑道钻以外，几乎各种钻机都分别装载在不同吨位的卡车、半拖挂车或拖拉机上。落地式的钻机仍有使用，但已为数不多。据一些工厂负责人讲，用户定货时也要求把钻机装在指定型号的车辆上，即使只要一两台，他们也负责改装。我们参观长年公司承包钻探任务的仓库时，看到长年“44”、“38”、“34”型钻机也都是装载在卡车上，这就大大减少了搬迁和安装的时间。

装载车子化自然与他们的公路网发达有直接关系，但也不尽然。例如，我们曾看到，他们在密林深处施工也配备一台前面带铲斗的推土机（履带式或轮胎式），铲斗的前缘带一横排钢齿。这种推土机在现场的作用很大：它可以顶倒现场附近的小树（腰径200毫米左右），为钻机迁装修出一条便道；清理施工地盘；运搬钻机部件；搬运大量管材与工具；运送岩心等等。用它还可以拖运值班小房等大型物件，这样就省去许多“人背肩挑”

既费力气又费时间的工作量。

他们把钻机设计中的解体性能直接同直升飞机的吊装能力联系起来，一般部件（或组件重量不超过200公斤，最重不超过500公斤。解体重量越大，用的直升飞机就大，运费就高。

有一篇文章专门介绍直升飞机为钻探服务。据称加拿大有150家直升飞机出租公司，拥有19,000架直升飞机。由于北美森林覆盖面积大，所以为钻探服务是他们的主要任务之一。直升飞机可以运送工人上下班；补给管材部件；救护和搬迁；安装钻探设备。钻探装备或大部件运到现场上空之后，飞机并不落地，由空中吊车协助地面工人安装好之后即飞离现场。

（2）钻机的多功能与多用性。

他们所面临的挑战——指用户对钻机性能的多种不同的要求，迫使他们重视新型钻机，特别是深尺钻机要具有多功能与多用性。

多功能指钻机能打：矿产岩心钻探；水井钻探（包括地热钻探）；建筑工程钻探；超深尺岩心钻机除了打金属矿、地质孔、构造孔以外还能探石油、天然气。

多用途指钻机能采用：麻花（螺旋）钻头钻进；全序列土壤取样钻探；矿产岩心钻探；孔底动力机钻探；泥浆与空气洗孔（另配空压机）。

（3）长行程与加宽调速调压幅度。

为适应钻机的多功能，增高纯钻时间，新型钻机普遍加长了给进行程，达1~1.7米，甚至2米以上。同时为适应金刚石、矽合金、刮刀、牙轮等不同类型钻头给进压力的需要，都适当加宽了回转调速幅度和油缸调压幅度。当然，采用液压马达驱动，实现无级变速，是加宽调速幅度的重要有利措施之一。

（4）全液压与液压（油马达）驱动。

六、七十年代，一提到“全液压”钻机，就自然而然地想到动力头，这种概念似乎是以动力头代替传统回转器就算是“全液化”了。当然这种动力头式钻机目前仍然有，而且还有其特点与优越性，但通过近些年来液压系统（泵、马达、管路及其配件）的改进与发展；钻机的设计与实践，“全液压”已经有了新的概念。

①全液压=液压驱动+机械传动。他们把这种方式叫做液压岩心钻机设计的保护性（保守性）进展。换言之在全液压钻机设计中要保留一部分机械传动的优点不应一味追求全液化。我认为这是设计指导思想上的一个大转变。例如希斯-舍伍德公司的HSS-150型超深岩心钻，它的回转器设计就可以说明这一问题。油马达顶端带动一个三角皮带轮，然后以3:1, 1.8:1的轮径比在井口一端装另一个三角皮带轮，轮下端装一液压卡盘，这个皮带轮与液压卡盘就构成了回转器。两皮带轮之间用一种特制传动皮带传递动力。皮带外层为平皮带，内层为五条并排三角皮带，两者并排与外层平皮带模压成一体，宽约100余毫米。

这种传输方式显然是一种“软性传输”，其优点是不言而喻的。

②液压（油马达）驱动。钻机的回转器、主绞车、绳索取心绞车、泥浆泵、拧管机（钳）等分别由独立的油马达驱动。柴油机上分装两台油泵，向这几台油马达供油。他们认为这类钻机有四大优点：实现无级变速；实现“软性”传动；转动平稳；实现直观扭矩。

所谓“直观扭矩”，也可译作“可视扭矩”，就是在集中控制台上设三个扭矩表（回转器、绳索取心绞车、主绞车），钻工在三种不同工作情况下，都能通过扭矩表，随时监

视孔内扭矩变化，以确保安全。

当然，不管那种概念与叫法，钻机部件实现液压驱动，其关键都在于油泵、油马达、油压系统（管路与管配件）的可靠性与各自的寿命。据我了解，加拿大各厂以至瑞典制造的钻机用的油泵、马达、系统都是外购件，而且几乎都是来自美国有名的厂家 Model 25 型，SUNDSTRAND 厂的产品。

(5) 单独的集中控制台

液压驱动钻机均设有单独的集中控制台，将各组阀、各种仪表均布置在控制台面上，因而使指重表、转速表、泥浆泵压力表、油压表、油温表和回转器、主绞车与绳索取心绞车扭矩等均远离原机，用管路引伸到控制台上来，这样做的最大优点是仪表离开了各自的“震源”，既保持其各自的精度，又延长仪表的寿命。

三、金刚石岩心钻探的发展趋势

这方面的论文有 4 篇：

《金刚石钻探的发展趋势》 R·莫尔克伍德（长年公司）；

《钻探工业用的金刚石新制品》 R·R·伯吉斯（美国通用电气公司）；

《现代钻头工艺学和钻探计划》 S·D·斯蒂沃特（J·K·斯密特公司）；

《金刚石与金刚石钻头的新发展》 E·维克曼（克芮留斯公司）。

（一）金刚石钻探扩展了应用领域

近年来金刚石钻探应用领域日益扩展；

1. 石油、天然气钻探，特别是海洋深井勘探；
2. 固体矿产钻探；
3. 建筑工程（包括施工工程）钻探；
4. 深部物探异常区验证钻探。

而且钻孔数量、深孔超深孔和大口径钻孔增多。其他方面的发展为金刚石钻探的扩大应用提供了条件：

1. 研制了新型、性能优良的钻探设备。高转速、更坚固的钻机增多，从而为金刚石钻头采用更高转速提供了条件。

2. 泥浆泵的改进，取得更良好的使用效果，保证孔内冲洗水力学的需要，进而开创了钻头获取更高生产效率的途径。

3. 新的钻探工艺的发展，迫切需要增加钻头新产品。

4. 现代金刚石钻头制造工艺学和高温高压金刚石合成工艺学的发展，出现了新型、优质切削具，引起钻头设计的革新，以取得钻头生产效率的进一步突破。

5. 金刚石钻头价格必须削减下来。

据美国统计，1980年用于各种钻探的钻头与扩孔器共 700 万个 花费 6.5 亿美元。金刚石钻头尽管只占总耗量的 3% 以内，但费用却约占 15%。这是由于金刚石钻头比硬合金制作的钻头，或用合金钢制的牙轮钻头的价格贵得多。然而若对其作深入的分析，这类钻头适用范围广，可以钻进中硬~极硬的岩石，钻头进尺高、每米钻头费用低，这些技术经济效果却是常规钻头无法与之相媲美的。因此，世界各工业国对金刚石和金刚石钻头，仍在

竞相争逐地加以研究。

(二) 当前金刚石与钻头的发展趋势

1. 人造金刚石使用比率显著增长。

据长年公司告知，人造金刚石钻头已占**48.5%**；

2. 孕镶金刚石钻头有逐渐代替表镶金刚石钻头的情势；

3. 人造金刚石切削具新品种增多，促进钻头品种增加，适应范围日益广泛，并充分发挥各种品级人造金刚石的潜力；

4. 钻头加工工艺学与高温高压合成金刚石工艺学已基本形成。从而使：

(1) 新型超硬材料的研制有新进展。

(2) 在金刚石制造工艺中，已可生产工业用可裁切的金刚石磨料；已能控制金刚石结晶特性，可为特殊用途而设计金刚石的新产品。

(三) 促使人造金刚石孕镶钻头迅速发展的诸因素

过去十五年，天然表镶金刚石钻头曾占据着主要市场，但由于以下诸原因，人造孕镶钻头获得迅速发展：

1. 用于表镶钻头的优良级金刚石不断涨价。

2. 人造金刚石产量、品种增多，价格降低，每克拉**4~6**元。据通用电气公司宣称，自**1957**年第一次出售人造金刚石以来，至今已销售出数吨。

3. 人造金刚石在晶形、粒度、硬度、强度上有明显的一致性，而且无明显劈开面；供应可以连续不断，许多厂商宁愿用它替代天然金刚石。

过去长时期以来，一些厂商不重视孕镶钻头，用回收的旧料和碎料制造孕镶钻头，钻进效果不好，影响了它的声誉。

4. 人造孕镶钻头已成为一种“广谱”钻头。在唇面造型、胎体硬度、浓度、粒度等指标方面，以及对岩石物理机械性质的适应性与针对性方面，逐渐为人们所掌握，从而使设计与制造技术大大改进。这个进步表明孕镶钻头能有效钻进从中硬~硬~极硬以及破碎、裂隙、层状交互的岩层等。目前，已能设计在整个钻头寿命中保持钻速等效、等速的钻头。

在操作使用中，钻进参数选择适当，对个别金刚石造成潜在的损伤现象，同表镶钻头比较，并不明显，然而根据经验倒是应该随时监视与控制钻进速度，以延长钻头寿命。

5. 使用的转速范围广而更快，充分发挥孕镶钻头潜力有了保证，目前在低于**500**转/分情况下，对某些岩层也能取得满意的效果。

人造孕镶钻头的改善与进步，一言以蔽之，使它有了明显的经济吸引力，因而近五年来被用户越来越广泛地采用。

(四) 人造孕镶钻头与天然表镶钻头对比试验举例

例一、美国北部野外试验

电液钻机，**1,500~2,000**转/分，硬而坚韧的奥陶纪灰岩，**BQ**钻头。

天然表镶钻头：钻头寿命**20**米 变化于**6~30**米间

人造孕镶钻头：钻头寿命**65**米 变化于**25~110**米间

后者比天然表镶钻头费用降低**50%**，班进尺**20~30**米。

例二、美国南部野外试验

动力头钻机，900~1000转/分，极硬花岗岩，NX钻头。

天然表镶钻头：钻头寿命9米（初速20厘米/分，终速3厘米/分）

人造孕镶钻头：钻头寿命60米（全寿命可保持15厘米/分 钻头还可用）钻头费用降低15%。

四、人造金刚石发展近况及其前景

世界上研制人造金刚石及其制品的有两个著名的公司，即：美国的通用电气公司和美国的德·比尔斯公司。这两家公司的人造金刚石，几乎占领着国际市场，在品种、质量、价格上相互竞争，争夺市场。它们是国外各钻头制造厂原料的主要供应者。

（一）通用电气公司研究人造金刚石的年表

通用电气公司原来是生产工业和民用电气产品的。二次世界大战后，即着手研制人造合成金刚石，当时的出发点是为了解决飞机等高精尖仪表的宝石轴承的。

1949~1954年 经5年的深入研究在2,000°C以上的温度、7,000公斤/厘米²压力下，制成纯金刚石，经过各种测试证明在各种性能方面是金刚石，而不是金刚石的代用品。这是在合成工艺上的一次突破。

1955年正式宣布在实验室内用压机生产出人造合成金刚石（Man-made Synthetic Diamond）。

1957年开始工业性生产，并出售了第一批人造金刚石产品。至今，据说已销售了数吨。

1963年研制出MBS系列人造金刚石，并生产出另一种超研磨性材料（BORAZON CBN）。“BORAZON”是商品名（硼拉松），“CBN”是成份，即立方氮化硼。

1964年建立特殊材料部，研制各种超硬超耐磨性材料。

1969年以来，据宣称每隔半年研制出一种新产品。

1970年宣布研制出宝石级的金刚石，原生尺寸达1克拉，经裁切后可达1/3~1/5克拉。颜色一般为透明淡黄色或淡黄绿色。颜色已能用渗入晶体中的金属杂质成份不同而加以控制。

1973年研制出康帕克斯（Compax），是一种紧固聚晶（Compacted Polycrystalline Diamond）与硬合金衬片的复合片，曾试用于作取心钻头，效果不太好。现在用于加工金属、陶瓷以及作拉丝模。

1976年宣布经3年研究，制出斯踰它帕克斯（Stratapax），是另一种新型复合片。经多年试验，已用于制造油井钻头、取心钻头等。

1976~1982年据称：为生产工业用可裁切的磨料，已能在制造工艺中控制人造金刚石特性，可以按特殊用途设计制造人造金刚石产品。目前销售500种不同品级、不同尺寸、不同结构的人造金刚石制品。

（二）用于钻探工程的三大人造金刚石产品

1. 钻探用人造工业金刚石单晶

通用电气公司钻探金刚石单晶分MSD和MBS两大品种 其中MBS已形成系列，按相对强度高低分为MBS-750、MBS-70、MBS和MBS-710四个品级（图1）。热稳定性MSD达1,200°C；MBS-750为1100°C，其它三种（MBS-70、MBS、MBS-710）均为730°C。

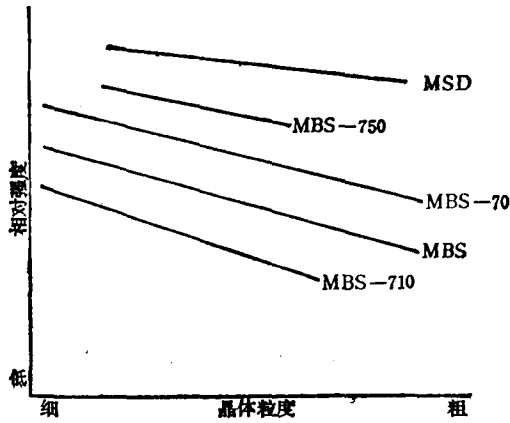


图1 美国通用电气公司人造金刚石强度示意图

司都用 46 目以粗的人造金刚石。

通用电气公司人造金刚石产品牌号、粒度见表 1。

美国通用电气公司人造金刚石牌号类别表

表 1

网目	MSD	MBS-750	MBS-70	MBS	MBS-710
20/30			○	○	
25/30	○				
25/35			○		
30/35	○		○		○
30/40	○	○	○	○	○
35/40	○		○	○	○
35/45			○	○	
40/45	○		○	○	
40/50	○	○	○	○	○
45/50	○		○	○	
45/60			○	○	
50/60	○	○	○	○	○
50/70			○	○	
60/70			○	○	○
60/80			○	○	○
70/80			○	○	○

该公司钻探用金刚石产品相对强度见图 1。从图中显示：

晶体越大，相对强度越低。

②MSD 级的相对强度最高，晶体粗细对这种品级的强度影响较小，不很明显。

③MSD 级和 MBS 系列各级产品，其冲击强度相差较小。

2. (Stratapax) 复合片

是用一定目数和重量的人造金刚石掺合到一些多晶人造金刚石中，经高温高压烧结成聚晶片 (0.5 毫米厚)，同时将聚晶片附着在硬合金衬片上形成一体故称复合片。(注：按 Stratapax 一字含义为层压紧固片的意思)。生产此复合材料的整个工艺循环是在高

MSD 金刚石强度最高，价格最贵，最大粒度可达 25~30 目，多用作轴承和砂轮修磨等，不用或很少用于做钻头。

MBS 系列金刚石用于镶制孕镶钻头 (表 1)，其中以 MBS-70 用得最多可能是由于它的质量适当、种类多、价格低的缘故。有三种晶形，不同网目，每克拉约 4~6 美元。结晶成块状，韧性、强度好，个别颗粒在钻进中可承受极高的压力。

孕镶钻头用的金刚石粒度比我国用的普遍都粗 (网目低)。例如：克利斯坦森公司用 50 目以粗的；斯密特公司和长年公

温高压下进行，所以这是人造金刚石工艺学的新进展。另一说法是：烧结成的聚晶体与硬合金衬片是在氩气保护下，用高频感应器加热粘合在一起的。

人造金刚石比天然金刚石有较高的抗磨损性，硬合金片有很好的机械强度和高的抗冲击性，作为背衬片，使两者的优点相结合，成为一种新切削具，其特点见表2。

表 2

	相对抗磨因数	压入法硬度 (公斤/厘米 ²)
复合片	200~300	5000~6300
天然金刚石	96~245	8000~12000
C-2硬合金片	2	1800~2200

复合片与常规钻头比较其关键效益：

钻头全寿命中切削具能自始至终保持锐利，抗磨钝作用明显，钻速较快。

金刚石有极高的抗研磨性，加之硬合金片的机械强度高，故钻头寿命长，每米钻头费用低。有的说钻软到中硬岩层，钻头寿命比牙轮钻头高10倍。

切削刃保持自锐性。

钻压小，因此比牙轮钻头、金刚石钻头有较好的防斜效果。

钻进原理

仅消耗非常小的能量进行剪切碎岩；代替压碎 (**Crushing**) 与压裂 (**fracturing**) 作用；人造金刚石不断裸露、不断自锐，充分发挥聚晶层的作用。

用途：**90%**用于镶制油井三、四翼刮刀钻头、煤田取心钻头、以及爆破孔、水井钻头。逐步代替硬合金钻头。还可用于岩石抗压强度在**1500**公斤/厘米²的中硬~硬岩，过去须用潜孔锤钻进。

目前已用于钻探石油、盐类、磷酸盐、碳酸岩、砂岩、煤、石膏等岩矿层。

试用效果良好，在直径**35~110**毫米刮刀钻头，复合片钻头比硬合金嵌齿钻头寿命高数十倍。钻硬而研磨性砂岩，常规刮刀钻头**11**米/个 复合片刮刀钻头平均寿命达**584**米/个；钻速提高**25%**。

美国试钻于达科达砂岩，钻进**600**米，取心直径**76**毫米，岩石致密，具高研磨性，过去用天然表镶钻头被抛光，钻头寿命仅**30**米/个。复合片钻头在同样情况下，钻头寿命达**210~300**米/个。承包商承认钻速比天然表镶钻头高**4~5**倍 比硬合金钻头高**10**倍。岩心完整，品质优良。

在荷兰钻进**350**个回次，**387**米，钻速**6.7**米/时，(牙轮钻头钻速仅**2.74**米/时) 钻头进尺为**70**米，已完全为钻探岩盐、石膏岩层的标准钻头。

在美国丹佛城试验取心钻进，钻头由桑地亚实验室设计，每次取心**2.7**米，共**1516**米。与金刚石取心钻头比较：钻头进尺前者为**158**米/个；复合片钻头为**112**米/个。但其钻速高达**3.3**米/时；金刚石钻头仅**0.6**米/时。成本低，采取率达到**95%**。

3. 五面体人造金刚石聚晶压块 (Geoset)

是高温高压合成工艺学的一种最新产品。自**1981**年开始销售，仅仅两年，目前评价它的潜力，尚为时过早。但该公司拟用这种聚晶压块镶制表镶钻头，钻进软到中硬岩层。

五面体聚晶压块的两端断面为等边三角形，每边长约 8 毫米，其他三个面为矩形，边长约 15 毫米，是一种“金刚石 + 金刚石”的聚晶体。

由于人造金刚石无自然劈开面，不会使金刚石产生微裂纹（Microfracture），从而使聚晶压块设计强度较高，能防止被剪切掉落和磨钝。

钻头凭剪切与破碎作用钻进岩石，在全寿命中成自由切削（free-cutting）状态。金刚石无抛光现象，均匀磨损。试验对比资料见表 3。

表 3

钻头类型	平均寿命（米/个）	平均钻速（厘米/分）
五面体压块钻头	73	30.2
表镶钻头	60	18.0
孕镶钻头	92	21.6

在一些坝基钻探 20 米深，46 毫米孔（混凝土 8 米、砂岩 12 米），压块钻头比孕镶钻头寿命高 2~3 倍。

优点：

充分利用人造金刚石（特别是细料、粉料）的潜力。

将广泛使用以逐步代表镶金刚石钻头。

内部显微结构是一种高强度“金刚石 + 金刚石”的晶体

质量均衡，无固有的薄弱劈开面，无被抛光倾向，均匀地磨损。

目前欲评价其全部潜在效果还为时过早。还急待：

改进钻头设计，短时期内发展新品种钻头。

选择适当钻进方法和工艺。

（三）对人造金刚石质量的检验

通用电气公司特殊材料都设有理化实验室，配备有电子探针、电子显微镜、X 荧光光谱仪，大型金相显微镜，金刚石颗粒检测仪等，均由电子计算机控制，荧光屏显示。并配备粒度筛分机，双筒显微镜（检查晶体内部显微裂纹），冲击强度试验仪，相对强度试验仪，以及热稳定性检测仪等等。

（四）对金刚石钻探今后的展望

他们认为金刚石和钻头制造厂与用户应该努力解决以下几方面的问题：

1. 在岩石切削力学（注：原文如此），提高钻头切削效率领域中求得进一步发展。

2. 天然表镶钻头的应用将逐步减少，人造孕镶钻头将增多。镶嵌复合片和压块的钻头将得到发展。鉴于钻探应用领域日益扩大，钻头制造厂将为提高钻速，降低成本不断作出贡献。

3. 由于计算机、钻探设备、孔底监测器具的进步，钻探工艺将会更加先进，应注意和研究这方面的变革与改进。

（五）超硬材料硼拉松

硼拉松是立方氮化硼制成一种超抗研磨性材料。是高温高压工艺制成的。做磨石（油石）、擦光、抛光之用。分为 I 型、II 型、CBN500、CBN510 型四个品种，分别用于加工金属、陶瓷、电镀制品。

比金刚石硬度低一半，比氧化铝高数倍。研磨铁及铁合金制品性能好，而金刚石研磨剂不适用。

另有一种 BZN 复合片 是用 CBN 结晶与硬合金片制成，作成刀头以加工铁金属、合金、冷却铸铁等。

以上制品均没用在钻探钻头上。

五、关于钻头制造工艺学

在这次学术会议上，不同的论文作者都提到人造孕镶金刚石钻头制造工艺学问题，虽然没有给它下个明显的含义，但从论文内容中也可以综合概括为以下各点：

（一）钻头的主要参数已实现标准化

钻头规格统一执行 DCDMA 标准。钻头唇面造型已形成型谱系列。胎体硬度按岩石的研磨性、完整度和硬度也自成系列，分为软（RC20以下）、中硬（RC20~30）、硬（RC30~40）、极硬（RC40~50）四个级别，中硬为常用胎体。钻头水口数量规格也实行标准化。普遍可以按岩样的物理机械性质设计加工钻头。

（二）钻头加工工艺实行规范化

从选料（胎体金属与金刚石）、分选、拌料、定向、装模、烧结、修饰，到回收，整个工艺过程实现规范化。各个厂家尽管有些差异，但实现规范化这一点是一致的。便于实行质量监督，保证钻头质量的稳定性。

（三）钻头质量检验制度化

检查内容：

胎体端面摆动度，胎体内外径与丝扣的不同心度；

② 胎体内外径偏差；

胎体硬度；

外观。

（四）注意新产品开发与基础研究

钻头制造厂普遍注意钻头新产品的开发。金刚石制造厂则通过高精尖仪器设备，提高金刚石质量、增大粒度、改善内部微观结构、开发新型镶嵌体和高强度材料的基础理论与实践的研究。

（五）设计制造恒钻速人造金刚石钻头

恒钻速的含义是，在一个钻头的全使用寿命中，其平均钻速能保持均衡不变。

1. 粒度

天然金刚石以 spc（粒/克拉）表示，15~150spc 为常用尺寸。人造孕镶金刚石以目表示，16~20 至 50~60 目（另说 70~2,000spc）。

2. 钻头部位不同，金刚石形状、大小、品级也不同。

切削面（face stone）——高级或中级；

内外刃（保径 gauge stone）——优级或高级（天然金刚石）；

侧刃直刃 straight face stone 又叫抖动刃 kickers）——用中或较粗粒金刚石与硬合金碎块（或矩形小柱）补强。

因此，人造孕镶钻头是不同品级、不同目数金刚石的混镶钻头。

3. 按岩石硬度选择金刚石品级。岩石硬度与金刚石品级关系见表4。

表 4

硬 级	极 硬	硬	中 硬	中 软	软
品 级	优	优 或 高	高 或 中	中 或 低	低
粒/克拉	120/170 80/120	80/120	80/120 60/80	40/60	15/40

注：粒度指表镶钻头

4. 按研磨性选择胎体硬度。在岩石研磨性硬度、钻压已作考察的前提下，胎体磨损速率必须与金刚石磨损速率相协调。胎体设计是为了磨损，但又不得磨损太快，否则孔径变小，岩心变粗，所以加镶保径刃。岩石研磨性与胎体硬度关系见表5。

表 5

	极高研磨性	高 研 磨 性	研 磨 性	中~无研磨性	无 研 磨 性
胎 体 硬 度	极硬 (Rc40~50)	硬 (Rc30~40)	中硬 (Rc20~30)	软 (Rc20以下)	很软 (Rc10)
代 表 颜 色	红	绿	金	黄	桔

5. 镶保护性嵌入体。嵌入体为矩形断面的硬合金小柱，镶嵌在内外刃部；水口的前进刃或尾刃处。但嵌入位置不得影响金刚石的切削作用。

6. 保护钢体。

在钻头外侧，靠近胎体上部的钢体易损伤，可以镀硬铬或镶嵌硬合金小柱补强。

7. 金刚石浓度要适当。

从原理上讲，金刚石浓度越高，钻头寿命越长，但须与其他因素保持平衡，特别是钻机的功率。因为浓度越高，每粒金刚石的钻压越小，所以要求钻机有足够的功率，保证适当钻压与转速以补偿所要提高的扭矩，否则钻速骤降，唇面被抛光。

(六) 应注意的操作要领

1. 孕镶金刚石钻头钻进过程是：胎体磨损→裸刃（→钻进）→刃钝→刃落→胎体磨损的循环过程。为保持恒钻速，常用盲目增大钻压的办法提高（或恢复）一定的钻速。这样可能造成：

超过胎体包镶力，使金刚石脱落；

钻压达到部分或全部金刚石晶体破坏程度时，产生碎块，将金刚石从切削面上刮走，极端情况下使钻头唇面拉成沟槽。

2. 避免盲目追求进尺，严格控制机械钻速。

(七) 几种效果良好的孕镶钻头

1. 尖环槽式孕镶绳索取心钻头

尖环槽式是当前风行国外的一种效果十分良好的孕镶钻头，几个大厂家都生产。

这种钻头是一种平底带二道或三道“V”形环槽的人造金刚石孕镶钻头。用以钻进中

硬~硬，研磨性岩层。配绳索取心钻具使用。深孔有用七、八道环槽的。

钻头唇面与孔底有较大的接触面积，尖端创造自由面，切削岩屑颗粒较粗。

金刚石浓度较高，胎体为特硬级（RC50~55），侧刃用硬合金粒与天然金刚石作重型加固。环槽尖端的金刚石粒度较粗，下到孔底立即进尺。

效果：钻速较高，寿命较长，胎体均匀磨损，振动小稳定性好，防斜效果好。所需钻压较低。

2. 一阶梯式尖环槽式孕镶绳索取心钻头

为钻进韧性、硬岩层而设计的。下端导向部有一道环槽，阶梯扩孔部有2~3道尖环槽。导向部用以创造自由面，扩孔部用于钻出全尺寸钻孔。是在硬岩层代替阶梯式表镶钻头的绳索取心钻头。

3. 经济孕镶钻头与扩孔器

经济孕镶钻头是一种套管鞋钻头，接在套管柱下端，经济而快速地钻穿复杂复盖层到达基岩，如砂层、砾石或大漂石。在这种情况下，其出色的设计可保持内外刃有良好的保径效果。

金刚石和经过挑选的一定大小的硬合金细粒，用浸渍法混镶在胎体内，具有优良的包镶特性，使磨料可全部用完为止。同时用多水口以充分冲洗。可用很短时间取得较高钻速。

经济扩孔器在非固结、极高研磨性、复盖层中保持足口径。

同样用浸渍法制作。由多块扩孔片组成，以便在360°范围内都能与孔壁接触，减少震动、增加切削与冲走岩粉作用。扩孔器体外嵌入一些韧性硬金属小条，保护钢体不致损伤。

六、深孔钻探

涉及深孔、超深孔钻探的论文有以下几篇：

《深孔钻探实践》希斯与舍伍德公司的J·隆维奇

《深孔钻探的钻孔弯曲》国际镍公司B·汤普森

《用纳维钻施工定向孔》波伊尔兄弟公司M·斯坦博格

《一种数字定向测斜仪》奥尔技术协会有限公司C·洛维特

会议期间专门安排了一天参观了希斯-舍伍德钻探公司的深孔施工现场，并同该机机长、工程师在现场交流了经验，收获不小。

希斯-舍伍德钻探公司建于1951年，其前身为希斯-舍伍德有限公司，目前是“挑战者”世界服务有限公司的一个分部，从属于透平资源公司集团。它是一家金刚石钻探公司，专门承包1500米以外的深孔钻探，并制造钻探装备。目前除金刚石钻探外，还从事反循环钻探和潜孔锤钻探。

过去二十年间该公司承包了北美地区“1,500~3,000米(5,000~10,000英尺)金刚石取心钻探深孔90%的施工任务，并承包过南美洲玻利维亚、巴西、巴拿马、智利，亚洲的巴基斯坦、新西兰、非洲的利比里亚、肯尼亚和南非的钻探工程。

(一) 主要深孔记录