

面向2000年,开拓探矿工程高技术领域

刘广志

(地质矿产部)



作者简介 1947年毕业于西北工学院,任玉门油矿钻井部技术员。1949年至今,先后在地质部担任过钻探队队长,探矿工程公司的工程师、主任工程师、副总工程师、总工程师。现任部地质成果评审委员会副主任委员,长春地质学院和武汉地质学院探工系兼职教授。

《地质与勘探》杂志创刊以来,已经走过了三十年的里程,其所以经久不衰,而且越办越兴旺,充分显示了她的生命力和对地质勘探事业做出的重大贡献。值此《地质与勘探》三十年大庆之际,在表示热烈祝贺之余,撰成此文,以表受益之情。

以信息革命为主要内容的新技术革命浪潮,正在席卷整个技术世界。每一门应用技术科学都无例外地经受着高技术发展的冲击,进行着新陈代谢。高技术之所以有如此巨大的活力,是由于它立足于最新科学成就之上,具有创新性、智力性、带动性、战略性、时效性和风险性。探矿工程技术也和其他应用科学一样,正在高技术的影响下而不断进步。传统的探矿工艺技术,正在被一些新技术工艺和尖端技术所代替。到1990~2000年,世界将进入一个高技术发展的新时期。不难预料,整个探矿工程技术也将发生更深刻的变化。所以,加强技术信息工作,密切注视高技术发展的趋势及其与探矿技术间的联系,主动地迎接高技术发展对本行业的挑战,是关系到我国探矿工程技术和地质工作现代化的重大问题。

探矿工程高技术将涉及到微电子、机器人、声技术、能源、材料、海洋开发、新工艺等领域。要随时研究和把握这些技术领域的发展情况。

全世界正处在以信息革命为主要内容的新时期。探矿工程也必须开拓高技术才能适应2000年的新挑战。根据国内外探矿工程发展趋势,本文提出了微电子技术、电子计算机、机器人与钻(坑)探模拟器、声技术与现代海上定位、能源、材料工程、勘探与开发海洋矿产资源、人造金刚石合成新工艺、全新型钻头与碎岩技术、孔底发动机、第四代全液压钻机、新型钻井液、超深井钻探、小断面全巷道掘进机等领域的高技术,供我国探矿同行们讨论、参考。

应用微电子技术与电子计算机

由于探矿工程的主要开凿对象是构造复杂、性质多变的地壳,故钻(掘)进工艺参数的规律性很难把握。长期以来,由于缺少现代高技术,探矿工作者一直局限在必然王国里。在实践中,大多采用人工统计和分析的方法收集与处理大量数据,至今尚不能摆脱凭经验打钻(掘进)的落后状态;在科学研究与理论探索方面,多依赖于朴实的生产经验总结,缺乏更高阶段的理论概括,多数分析论证是定性的,定量者很少。有的研究工作即使开展了理论研究,但多以传统的数学、力学为基础,缺少更准确、迅速的现代优选手段。

要解决上述问题,就必须广泛采用微电子技术与电子计算机。从目前情况来看,这方面是具备了一定条件的。据报道,我国微电子计算机的装机量平均每年增长率达120%,目前全国已装机达130万台。但将其用于探矿工程技术,除了武汉地质学院的九参数钻进试验台和武汉地质学院北京研究生部的微机自控实验台外,全国还为数不多。根据现有的认识,把微电子技术和电子计算机运用到钻探施工,应包括以下几个环节:

1. 钻探参数的采集系统 ①孔底、地面传感器

与信号调整组件；②孔底至地面、地面至微机的讯号监测与连机系统；③地面微处理机（信息接收、解译、显示、反馈、记录系统等）。

2.建立“专家系统” 模拟专家经验，对施工操作编制程序，实行机旁指导，协助实时监督钻进工艺的全过程。在机台上可作为机长、班长的助手。

3.最优化钻探 参数采集系统采集的大量信息，通过微机进行处理，拟定一套钻速最快、质量最好、成本最低的最优化钻探方案。

4.计算机辅助钻（掘）进工作 把“钻机—监测系统—微机”连为一体，对信息进行采集、处理、反馈，使钻机得到最优的参数指令，实现计算机辅助钻（掘）进。

5.其他应用领域 利用微机设计机械、仪器、工具、钻孔、坑道、泥浆与水泥材料配比等，编制各种软件包等。

研制探矿机器人与钻（坑）探模拟器

机器人（ROBOT）是借助于各种编制程序工作的一种专门装置，并可成为再编程序的多功能操纵机。它是一种用微电子技术装备起来的机械手，也可叫做自动控制机。机器人分为体力劳动的工业机器人和有一定智能的脑力劳动机器人。机器人参与探矿工作，已不是遥远的事情了。预计到1990~2000年，将有一批机器人参加以下两方面的探矿工作：

1.陆上工作 用机器人承担高温、高寒、有毒、有害、放射性矿物钻探、坑道掘进、坑道钻探等作业，充当火灾监督员、仓库保管员等。

2.水下工作 在水下钻探工作中，取代人的工作，如踏勘海床、平整海底、装置水下井口与器具、起拔水下绳索取心钻具、协助钻具重返水下井口、开展水下打眼爆破等。

另外，应用微电子技术已能模拟人的视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉等功能，从而设计出多种模拟器，用以辅助教学培训工作。如钻探、坑探模拟器，可用于钻（掘）进新学员的教学实习；探矿机器测试模拟器，有助于改变传统性能的测试方法，缩短研制周期。

推广声技术与现代海上定位法

声学是物理学的一个分支，近40年来得到了迅猛

发展，已从近代物理学中分衍出一个独立的学科。当前，它在以下几方面为探矿工程技术所重视：

1.将声纳装置用于江河湖海的地质钻探船舶的定位、水深和孔深测量、海床孔位的扫描、钻具重返钻孔等；

2.用多普勒效应、雷达、人造卫星进行水上钻探船定位；

3.将声技术用于岩体稳定性研究，岩石分级测定和破碎岩石等。

能源技术对探矿技术的影响

到2000年，国外预测核能与太阳能的利用将有较大发展。美国目前核发电量仅占总发电量的10%，预计2000年将达到40%；日本现有核电厂32座，至1993年将发展到52座，2000年核发电量将占总发电量的40%。核发电将取代石油发电，而与水力发电和以煤为燃料的火力发电，以及地热发电并行不悖。另外，科学家正在全力研究太阳能向地面的输送技术。我国的水电、火电、核电业已在迅速发展。总之，利用廉价电力驱动大部分钻探、坑探动力设备的前景是广阔的。用电力驱动钻探设备，必将引起探矿设备与技术的深刻变化。例如：推广使用电—液控制和交流调速电机；采用电动泥浆设备固控、电动拧管机、电动工作台、无人值守供水站、电动摆管机、电动机车，实现凿、装、运、通、排设备的电力化；使工作现场的噪音从100~120分贝，降到80~60分贝，有效地改善劳动条件。

加速运用新材料

近年来，材料工程（材料科学）正在源源不断地为探矿技术提供更多的有价值的新材料

1.精密陶瓷 几千年来，人类一直是用陶瓷材料来制做生活用品。陶瓷已成为人类文明各时期的历史见证。近年来，由于微破碎、超微破碎技术的进步，已能把陶土材料粉碎成几微米、甚至几十分之一微米，并借助于高分子粘合剂粘合和添加剂的改性处理，压制烧结成精密陶瓷。这种陶瓷具有很高的机械强度、抗热性和抗冲击性，用作切削具可代替硬质合金。用精密陶瓷制造内燃机，其重量只有金属内燃机的1/4~1/5，散热系数高，机械强度高，噪音低。

预计到1990年,这种新型内燃机将可问世。无疑它将为探矿设备轻便化提供条件。

2.轻合金钻杆 钻杆是地质钻探中用量最大、搬运困难的材料。所以,长期以来人们一直在寻求更轻便的管材。六十年代初期,美国首先研制成功铝合金石油管材,瑞典研制出铝合金地质管材。七十年代中期,我国第一批铝合金地质钻杆进行了下井试验。美国与台湾铝业公司合作,研制出石油铝合金钻杆。到八十年代,铝合金钻杆得到了较大发展,在材质上形成了钛镁铝合金和镁铝铝合金两大类型,其规格种类和使用范围各国又有所不同。

(1) 苏联的轻合金钻杆:苏联的地质铝合金钻杆系列产品有: $\varnothing 24$ 、 $\varnothing 34$ 、 $\varnothing 42$ 、 $\varnothing 54$ 、 $\varnothing 68$ 毫米,分别将其用于地下坑道钻探和地表钻探,并于1981年后开始批量生产。苏联的超深井钻探主要用钛合金钻杆。在井深12300米时,仅用了2000米钢钻杆作为钻铤,其他均为铝钻杆。

(2) 瑞典的轻合金钻杆 七十年代后,瑞典生产的 $\varnothing 33$ 、 $\varnothing 43$ 、 $\varnothing 53$ 毫米镁铝铝合金钻杆已形成系列。近几年,还研制出E, A, B三级绳索取心钻杆。

(3) 美国的轻合金钻杆:美国研制出API—P型石油铝合金钻杆,其外径分别为4英寸(100毫米)、4 1/2英寸(114毫米)。

(4) 加拿大的轻合金钻杆 用加拿大舍伍德公司研制的HNQ与NBQ铝合金绳索取心钻杆,完成了4030米的超深钻孔。

通过分析国外轻合金钻杆技术动向,针对我国地质钻孔逐步加深,双壁钻杆已开始应用,以及绳索取心法施工超深井作业量增加的实际情况,有必要研究或引进轻合金地质管材的制做技术。

3.奇迹纤维 具有长链结构的碳纤维、玻璃纤维、聚酯纤维等,是一种可构成人的心脏、动物骨骼的特殊材料。这些纤维构成的“肌肉”,具有很强的生命力。这些特性愈来愈被工业界所重视。把这种纤维经过编织、层压成型,制成板材或其他型材,具有很高的强度、韧性、抗热性、耐磨性、耐腐蚀性。用它们制造的钻(坑)探机件、井管、滤水管可代替大量的钢铁铸件,比传统材料的性能要好得多。用它制做的挠性钻杆,将是钻进大角度定向孔和水平孔的优质钻具。

4.高性能树脂钻(坑)探设备,多是工作条件较严苛的机械装置,其各零部件的联接,大部分采用螺钉、铆钉和焊接来实现的。随着高性能树脂的发展,各类联接结构,都有可能被粘结牢固、工艺简单的高性能树脂所代替。例如:现用钻头的钹焊工艺,也会由此而发生改变。

5.复合材料 在钻(坑)探设备上,有相当大的一部分零件是板材与铸件。它们影响着设备性能的提高。当前,有一种引人注目的复合材料——玻璃钢,它具有强度高、韧性好、吸振性好、重量轻、能降低噪音等性能。用它取代钻(坑)探设备上的笨重板材、铸件,以及其他零件,是很有前途的。

6.基因工程材料 科学家正试图把人类或动植物遗传工程中的某些优良遗传因子,移到金属结构中去,使金属结构不但具有机械功能,而且具有一定的智能,如用这种材料制造钻探机件和工具(如摆管机),就可能像人的胳膊那么灵活。

勘探开发海洋固体矿产资源

海洋底部蕴藏着非常丰富的固体矿产资源,其品位、纯度、分选性都极佳,分布也十分广泛。如:

在水深10~40米的范围内有滨海砂矿;

在水深2000~6000米的范围内有锰结核;

在水深2000~4000米的范围内有重金属矿泥。

七十年代初,美、日、英、法、苏等国,就对海洋固体矿产资源开展了地质、海洋钻探、深海取样与资源评价工作,并开始试采。对海洋固体矿产资源的开发,已出现了竞争的局面。

开发海洋固体矿产资源,是一项带战略性的工作。我国地质科学工作者,对此也极为关注。通过前一阶段的努力,目前已初步具备了勘探海洋固体矿产的设备与手段。今后应进一步作好如下几方面的工作:

1.用好、并完善现有的技术装备:

水深10~100米的小型钻探船;

水深10~30米的小型钻探平台;

水深30~300米的沉浸式海底岩心钻机;

水深100~2500米的柔杆钻探设备;

水深1000~6000米的深海取样器与设备。

2.研制适于水深100~150米的新型钻探船,并装备钻探、取心取样、分析化验、物性测试、卫星导航

定位、雷达等现代设施。

3. 继续研制开发深水柔杆钻探设备与配套设施。

4. 研制多种深海取样器。

5. 研制海底固体矿物的真空抽汲与气举采矿设备。

大力开发新型超硬材料

最近几年,人工合成金刚石技术取得了突破性的进展。日本无机材料研究的,于1984年宣布,在1/3个大气压下,用“等离子化学气相析出法”制造出金刚石。南非迪比尔斯合成金刚石研究室,研究成功高密度、无裂纹、热稳定性好的多晶金刚石。苏联高温高压物理研究所,在石墨和氮化硼基础上合成出大块多晶金刚石。据介绍,其合成压力在50000公斤/厘米²以上。这种金刚石的寿命为天然金刚石的1.5~2倍。

目前,我国在常压、高中温合成金刚石工艺方面,仍属空白,应急起直追。

此外,人工合成非氧化物系列的超硬材料(新陶瓷),如氮化硅、碳化硅、氮化硼等的开发也值得重视,它们被称为超越金属功能极限的“王牌”超硬材料。由于这种材料具有高韧性、高耐磨性和耐高温等一系列特性,国外已用于制造切削具、高温夹具、密封件如轴承等。在这方面,我们应加快步伐,缩小与世界先进水平的差距。

开发全新型钻头与碎岩技术

1. 聚晶金刚石复合片(PDC)钻头 PDC钻

头是用复合片切削刃剪切破碎岩石的。这种切削刃,是把耐磨的聚晶金刚石和有高冲击韧性的硬质合金片,经压合而成的一种复合片。国外的研究试验表明,这种钻头有以下特点:

①它是一种微刮刀钻头,以剪切、切削方式破碎岩石,而不是以轧碎(Crushing)或研磨(Grinding)方式碎岩,故简称为剪切钻头。

②它在软到中硬岩层(1~6级)中,可获得较高的钻进效率和较长的钻头寿命(据报道,国外石油钻头寿命达900米/只,国内地质取心钻头寿命达200米/只),故被誉为进攻式钻头(Aggressive Bit)。

③钻头有良好的自锐性。

④它是一种用途广泛、尺寸规格多样的“广谱”

钻头。有直径46~122.6毫米的一般岩心钻头,直径35~110毫米的炮眼钻头;直径100~200毫米的无岩心钻头;直径50~150毫米的煤层排放钻头;直径100~160毫米的冻结孔钻头;以及直径112~246毫米的石油钻头。另外,还利用PDC片的热稳定性较好的特点,制造出地热钻头。

⑤这种钻头在高转速、低扭矩下使用效果更佳,适于配合孔底动力机(螺杆钻、涡轮钻)使用,从而为孔底动力机的发展带来生机。

⑥制作PDC片的基础原料是人造金刚石粉料,这就为人造金刚石粉料找到了新用途。

2. 混合型钻头 迄今为止,在钻头制做上一直局限于一种钻头只用一种磨料的作法。例如:用细中粒金刚石作孕镶钻头;用粗粒金刚石作表镶钻头;用球齿硬合金作球齿钻头。从而限制了钻头性能的发展。如果用两种以上的磨料混合镶制钻头,则会显示出其用场多、钻速快、适应性广的特点,既可钻软硬交互层、断裂带,又可用于特种地层(如石棉、石膏、滑石、萤石等矿层)的取心钻进。

混合型钻头类型的发展方向是:

①孕镶与表镶混合型钻头:孕镶层多镶制在阶梯钻头的底唇部,表镶部分镶在扩孔阶梯的唇部。

②机械碎岩与水力喷射碎岩相结合的钻头。

③冲击与回转相结合的钻头和冲击器。

④金刚石、复合片、球齿混镶的钻头。

孔底动力机与配套技术

孔底动力机(正排量马达、涡轮钻、液动冲击器和气动潜孔锤)具有能量集中孔底,钻杆不回转或少回转的优点,在垂直孔、定向孔及一些特殊地层的钻孔中,更能发挥它的特殊功能,是一项颇受重视的新技术工艺。当前,我国在发展井底动力机方面,应侧重以下几个环节。

1. 改进正排量马达(PDM)、涡轮钻有关零件(定子、转子、轴承)的质量,延长其使用寿命,使其高于200小时,并与PDC钻头配套,以扩大使用范围。

2. 研制低速大扭矩正排量马达。

3. 研究孔底可控角度的弯接头和MWD测量仪与惯性导航系统,以及微机连机使用技术。

4. 在地质钻探与水并钻探中,因地制宜地大力推

广液动冲击器和气动潜孔锤。

第四代全液钻机的发展趋向

要求采用新材料、新工艺,具有分体式、长行程、多功能、全液压无级变速等特点;还要求对气动或液动冲击钻进方法和正反循环钻进法的互相更换有方便性;对钻进参数的控制实现电脑化。

研制新型钻井液

随着现代钻探工艺技术的发展,对钻探洗井液性能提出了越来越高的要求。对新型钻井液的要求是:配制简单、用料节省、功能多样、无污染,在钻进中能保持裸眼的稳定和近于清水的钻速,并为测井创造良好的条件。为此,应重视以下几方面的开发:①精制的低粘增效膨土粉和多功能原料;②复合型多功能处理剂;③配套的轻便固控净化设备等。

开展超深井钻探科学研究

超深井钻探是深部地质学研究的重要手段,是反映一个国家综合工业水平的标志之一,也是一个国家在钻探基础理论、钻进工艺、钻探装备等多方面研究成果的综合体现。因此,国外十分重视超深井钻探的科学研究工作。

苏联由地质部牵头,组织了97个部门参加超深井钻探工作,“十·五”期间取得了198项有关钻探成果。C P-3号超深井,1986年初已达到12300米的深度,居世界领先地位。

美国由国家科学基金会、地质调查局、能源部组织了23所大学和一批钻探公司,组织了“地壳深部观测与采样组织”,并制订了1962~1995年的“科学钻井计划”,预计从1986年起,用5~10年的时间,进行29口超深井(10670~15240米)钻探工作。

在我国,开展超深井钻探工作是有条件的。应该进行统一规划与组织,动员探矿工程科研力量,开展国内超深井钻探的基础理论、钻进工具、钻进方法与工艺、钻井液等项目的科研攻关,加快我国超深井钻探研究的步伐,缩短与国外的差距。

坑道掘进机

坑道掘进是矿业开发和各种地下工程施工不可缺少的手段。长期以来,这项工作一直没有彻底摆脱工作条件差,掘进速度慢,成本高的落后状态。因此,加快掘进作业机械化的步伐是十分必要的。而开发小断面坑道一次成巷联合掘进机和小断面天井、盲井掘进机,又将是改变现行掘进状况的有效步骤。

Open up the Advanced Technical Fields for the Development of Drilling Engineering to Rise to the Challenge of 2000's

Liu Guangzhi

(Ministry of Geology and Mineral Resources)

Abstract

The world has now entered a new epoch of informational revolution. A development of advanced technology in drilling engineering must be opened up to meet the new challenge of 2000's. In the light of current trend of the development of drilling technology both at home and abroad, advanced technology in following fields worth careful consideration are proposed in this paper. They are: micro-electronics, computer, robot and simulator, acoustics and positioning techniques (at sea), new energy sources, material engineering, new techniques for prospecting solid mineral resources on sea floor, new process for synthetic diamond manufacturing, entirely new techniques for bit manufacturing and new method for rock fragmentation, down-hole motor, all hydraulic driven core drilling rigs of the 4th generation, new drilling fluids, superdeep hole drilling techniques and small scale tunneling machine.