

岩心钻探新技术新工艺

建材部技术情报标准研究所

一九七九年九月



目 录

概况	(1)
一、钻探磨料	(3)
1. 天然金刚石	(3)
2. 硬质合金	(3)
3. 人造金刚石	(3)
4. 新型超硬材料	(4)
二、金刚石钻头的制造	(4)
1. 低温电镀金刚石钻头的原理	(4)
2. 热压法制造金刚石钻头的原理	(4)
3. 无压浸渍法制造金刚石钻头的原理	(4)
4. 金刚石钻头破碎孔底岩石的理论	(5)
三、绳索取芯钻探技术	(5)
四、反循环连续取芯钻探技术	(6)
五、不提钻换钻头技术	(7)
六、无岩芯钻探配合综合测井技术	(7)
七、人工定向钻探技术	(8)
八、空气泡沫洗井钻进技术	(8)
九、孔底动力机钻探技术	(8)
十、深孔岩心钻探技术	(9)
十一、沉浸式海洋钻探设备与滨海岩心钻探	(9)
十二、特殊矿种取芯技术	(10)
十三、高分子聚合物在钻探工程方面的应用	(10)

十四、超早强水泥在岩心钻探中的初步应用.....	(11)
十五、电子计算技术的引用.....	(12)
十六、岩心钻机.....	(12)
十七、钻探设备搬迁机械化.....	(13)
附：主要参考资料目录.....	(14)

概 况

美国是世界上岩心钻探技术比较先进的国家之一，钻探工作量也很大。据1969年资料报道，固体矿产钻探总进尺为925万米，每年开动钻机台数约2400台，广泛采用以金刚石为主的钻进方法。从四十年代末期绳索取芯技术开始用于岩心钻探，现已大量使用。七十年代初期，又试验研究不提钻换钻头新技术。反循环连续取芯钻进技术已得到重点研究和发展。钻探技术经济指标达到了先进水平。钻探台月效率为600米左右。钻探工作量80%是采用金刚石钻进。钻探设备的机械化程度较高，一般每班2~3人操作，每天开动1~2个班，每班工作八小时，每月最多25个工作日，纯钻进时间达到50%以上。

苏联在岩心钻探方面也在大力推广小口径金刚石和硬质合金钻进以及无岩心钻进。1975年的岩心钻探工作量为1860万米（其中金刚石钻探进尺占27.5%，无岩心钻进进尺占25%）。台月效率为470米。苏联也在逐步推广绳索取芯钻进，1973年采用CCK-59型绳索取芯钻进共进尺5080米，平均孔深508米，平均岩石级别为8.5级，采取率达到100%，台月效率为787米，每米成本7.97卢布。1974年开始了液动冲击回转金刚石钻进试验，用ГВ-($\phi 76$ 毫米)和ГВ-6($\phi 59$ 毫米)冲击回转器，据称可以提高钻进效率20~30%。

澳大利亚、加拿大、西德、法国、比利时、瑞典等国以及南非等钻探技术水平略低于美国，但也有单项的最高记录。如加拿大、法国在绳索取芯钻进方面都取得了较高的台月效率，台月进尺达850米。

我国地质系统1976年钻探工作量为438.6万米，比美国六十年代末期相差1.1倍，比苏联1975年相差3.2倍。金刚石钻探1976年为钻探总工作量的10%，与美国相差很远，在普查勘探中，大口径钢粒钻进还是基本手段，效率低，质量差，工艺落后。我国地质系统岩心钻探平均台年进尺为1828米，比美国六十年代末期水平还差一倍多，比苏联1974年差1.3倍。平均台月进尺1973年（是近几年较高水平）为292米，不到美国1969年的50%。纯钻进时间约占20~30%，比美国低得多。钻进每米所需时间：美国1969年平均为0.6~0.75小时；苏联1975年为1.43小时；我国1973年平均为2.5小时，平均每钻进一米比美国多消耗2~3倍的时间。劳动组织：美国每台钻机配4~6人，每日工作1~2班，每班2~3人；我国每台钻机配22人，每日工作3班，每班5~6人，每月工作30天，人员配备上比美国多4倍多，比苏联多一倍。每个钻工平均年进尺：我国1976年仅为91米，比美国1969年差3.4倍，比苏联同期水平相差3.5~4倍。每米成本：我国1973年为41元，美国1972年绳索取芯钻进每米成本16.3~18.7美元。

中、美、苏几项主要钻探技术经济指标对比表

	美1969年	苏 (地质部) 1975年	中 (地质系统) 1976年	我国(地质系统) 与美国六十年代 末期(69年)相比	我国与苏联 1975年相比
年钻探工作量 (万米)	925(不包括油气普查勘探钻探)	1860 (岩心钻探)	438.6	差1.1倍	差3.2倍
金刚石钻探占 年总工作量的 百分率	80%	41% (71~75年平均)	10%	差7倍	差3倍
台年进尺(米)	3854	4202 (74年)	1828	差1.1倍	差1.28倍 (与74年比)
台月效率 (米/台月)	600	470	282 (73年)	差1.05倍	差0.7倍
纯钻时间(%)	30~60 (按孔深不同计)	40~50	20~30	差0.5~1倍	0.75~1倍
每米钻进时间 (小时/米)	0.6~0.75 (300~800米孔)	1.43	2.50	多2.30~3.16倍	多0.72倍
劳动组织	每台4~6人,每日工作1~2班,每班2~3人,每月最多工作25日。	每台11人,每日工作3班,每班2~3人,每月工作30日。	每台22人,每月工作3班,每班5~6人,每月工作30日。	每班工人多1~1.5倍,每台工人多3.75~4.5倍。	每班工人多1~1.3倍,每台工人多1倍。
每个钻工平均年 进尺(米/人年)	770	410	91	差7.4倍	差3.5~4.0倍
每米成本	18.3~18.7 美元/米	15.8卢布/米 (69年)	41元/米		

1970~1975年苏联地质部系统钻探工作量和主要技术经济指标

年 份	钻探 费用	钻探 工作量 (万米)	钻探 机组数	岩石平均硬度	钻孔平均深度	钻进台 月效率 (米/台月)	机械钻速 (米/小时)	每米钻进 时间消耗 (小时/米)	停钻和处理 事故所消耗 的时间
1970	占地质勘探总投资的25%	1630	4680	软岩钻进工作量为11.13%, 中硬岩石为34.87%, 硬和坚硬岩石为54.20%。	100米以内钻孔数占70%,	389	1.12	1.84	占钻探工作总时间的9.3%
1971		1640	4300		101~150米占7.1%,	385	1.17	1.75	
1972		1640	4250		151~300米占6.8%,	404	1.23	1.68	
1973		1680	4220		301~500米占3.8%,	427	1.30	1.59	
1974		1760	4126		501~650米占1.5%,	448	1.34	1.53	
1975		1860	4100		651~1200米占1.4%, 1201~1500米占0.3%, 1500米以上占0.1%。	470	1.43	1.43	

一、钻探磨料

国外钻探磨料主要是天然金刚石，其次是硬质合金，同时也开展了人造金刚石和新型超硬材料的研究。钢粒钻进已基本淘汰。日本从六十年代初期、罗马尼亚从1972年开始也已淘汰了钢粒钻进。苏联自1971至1975年钢粒钻进也逐步被金刚石钻进和硬质合金钻进所取代。

1. 天然金刚石

世界上天然金刚石总消耗量中有百分之十几用于地质岩心钻探。美国1969年用于钻探的年耗量达130万克拉。

表镶钻头所用金刚石粒度较粗，一般为25~80粒/克拉，孕镶钻头所用金刚石粒度较细，一般选用200~1000粒/克拉（相当于30~60目，直径近似尺寸为0.8~0.25毫米）。

钻头用天然金刚石的品级常划分为3~5级，分为5级的如美国长年公司分为“AAA”（特坚硬岩层用）、“AA”（坚硬岩层用）、“A”（中硬岩层用）、“C”（软至中硬岩层用）、“等外”（孕镶料）等5级。分为4级的：如澳大利亚长年公司分为“PRECIUM”（钻进坚硬岩层用）、“AAA”（钻进硬岩层用）、“AA”（一般取芯钻头用）、“A”（软岩层用）等4级。分为3级的：如西德克利斯頓森公司分为“PREMIUM”（硬和坚硬岩层）、“1”（中硬岩层）、“2”（软至中硬岩层）等3级。

对于低级天然金刚石必须经过加工优选后再用于地质钻头。如比利时迪阿蒙特尔特公司规定了5道工序：形状分选→机械分选→氧化处理→机械抛光→热处理。

2. 硬质合金

国外用硬质合金牌号主要是钨钴型。硬度为HRC88-92，抗弯强度在135~150公斤/厘米²。日本“利根”钻探公司采用含钴量为3~5%和5~7%，苏联广泛采用含钴量为6~8%。钨钴型硬质合金又分粗、细和一般粒度三种。当含钴量相同时，粗粒合金可提高强度，但硬度和耐磨性稍有下降，细粒合金能提高硬度，增加耐磨性，抗弯强度无显著降低。国外硬质合金型号比较齐全，有八角柱状、六方、四方和圆柱状，直径或宽度一般不大于5毫米，也有采用薄片状的。

3. 人造金刚石

岩心钻探常用人造金刚石有三种：

①高强度单晶金刚石（15000公斤/厘米²以上）；

②细粒或粉末金刚石聚晶体，可制作各种形状；

③人造金刚石压块，可根据需要制成各种规格形状。“压块”是由金刚石微粒或粉末与碳化钨粉混合压制烧结而成。

美国六十年代末期试制成功粉末人造金刚石压缩体，产品硬度接近天然金刚石，并比金刚石单晶更坚韧，更能抵抗开裂，可制成各种规格形状。

苏联是唯一大量使用人造金刚石作钻头的国家。采用120~140粒/克拉的单晶人造金刚石制成孕镶钻头，并以直径5毫米、高3毫米的一种人造金刚石聚晶体作侧刃补强。

美苏在七十年代初，大力研究和发展人造金刚石聚晶体，在冲击载荷下，具有极高的强度和耐磨性能。钻头进尺比单晶钻头高1~2倍。

我国近几年来，人造金刚石单晶、聚晶体均已研制成功，合成工艺具有一定水平，在合成聚晶体时掺入其它微量元素，如硼，可明显提高金刚石的耐磨性和强度。我国目前岩心钻探中主要采用单晶，聚晶体只用来补强侧刃，金刚石压块的研究尚未进行，属于空白。

4. 新型超硬材料

美国五十年代末期研制成立方氮化硼，其硬度接近人造金刚石，但在耐热性能上大大超过金刚石。立方氮化硼在机械加工中效果较好，用于地质钻头还须进一步研究。

我国近两年来已成功地合成立方氮化硼，正在进行钻进试验，并发现在合成立方氮化硼时，加入少量人造金刚石，制成复合材料，耐磨性有所提高。最近我国又研制出非晶态合金材料，比晶态合金强度高，值得在钻探中试用。

二、金刚石钻头的制造

国外金刚石钻头的制造方法在四十年代初期广泛采用冷压法，四十年代末期出现了热压法，到五十年代后期，热压法被广泛应用，六十年代中期出现了无压浸渍法，六十年代末期出现了低温电镀法，此法可以消除高温对金刚石性能的影响，提高金刚石的耐磨性。

美国制造钻头的厂商有86家，广泛采用热压法及无压法，七十年代初期研制成功低温电镀法。日本已将低温电镀法发展为自动化电镀，简化了电镀工艺，效率大大提高，而且金刚石均作直立状态，保证了金刚石最佳的切削性能。

我国已成功地用低温电镀法制造金刚石钻头和扩孔器，平均钻头进尺44米，扩孔器进尺100~150米，效果显著。此外，还开展了低温粘结金刚石钻头的研究。

1. 低温电镀金刚石钻头的原理

利用电镀的原理，采用镀镍的基本方法，沉积金属主要是镍，约占75%，钴约占25%。在一般室温条件下（镀液温度20~30℃），采用电镀法将金属均匀沉积在钢体上，同时也将金刚石细颗粒固结在镀层中，镀层按要求逐渐沉积加厚，即形成包裹金刚石的金属胎体。

2. 热压法制造金刚石钻头的原理

热压法是粉末冶金的一种方法，压制和烧结过程同时进行。组装于石墨模具中的胎体金属混合物和金刚石在烧结过程中，易熔金属熔化，将胎体结成一体，同时受压力作用而成型，并使胎体牢固地镶嵌住金刚石。此外，由于胎料金属与钢体的热分子交换使胎体与钢体牢固地焊接。加热的方法有电阻加热和感应加热两种。

3. 无压浸渍法制造金刚石钻头的原理

无压浸渍法也是粉末冶金的一种方法。系将定量的骨架粉末装入粘好金刚石的石墨组合模具内，放入钻头钢体，经适当敲震后使骨架粉末达到所需密度，然后装入定量的粘结金属。在烧结过程中达到烧结温度后，粘结金属熔化，靠毛细作用渗入骨架粉末中，使之形成一

种假合金。出炉空冷后即可达到要求的性能,使胎体良好地包裹金刚石,并与钻头钢体粘牢。

用烧结法制造的钻头,由于金刚石比较不耐热,烧结时易受热变质作用,金刚石硬度降低,胎体和含铁、镍等的合金钢体的耐热性、耐磨性亦降低,影响钻头质量。

4. 金刚石钻头破碎孔底岩石的理论

①表镶钻头破碎岩石:以剪切和切削作用为主,也有压碎和磨削作用。

②孕镶钻头破碎岩石:以磨削和研磨作用为主,也有压碎、压皱、剪切作用,但不可能是切削作用。

总的来说,金刚石钻头破碎孔底岩石是综合作用,而以一两种作用为主,当条件改变时,会以某种作用为主转化为另一种破碎方式为主。

三、绳索取芯钻探技术

绳索取芯钻探是一种不提钻取芯的钻进方法,最早用于石油与天然气钻进。绳索取芯钻进方法是使岩心进入专门的岩心管中,当岩心装满后,用钢绳携带打捞器从钻杆内把岩心管连同其中的岩心一起提到地面,不用提升钻杆。美国“长年”公司在1947年用于岩心钻探,随着金刚石钻进技术的发展,金刚石钻头寿命和钻头进尺大大提高,绳索取芯技术表现出很大的优越性。它大大减少了升降作业时间,增加纯钻进时间,从而大大提高台月效率,减少钻头起下钻时的碰撞损坏,减轻工人体力劳动。

美国、加拿大等国广泛采用绳索取芯钻探技术,美国占80~90%,加拿大占80%,日本约占50%。所使用的绳索取芯钻具都有完整的系列,岩心管、钻杆和钻头的尺寸规格都严格配套。系列化的制定和完善是岩心钻探中广泛采用这项技术的关键问题,反映该项技术成熟的程度和发展水平。

美国“长年”公司有10WL、Q(包括Q-3)和CQ三种系列。瑞典采用ST、ST₁和SK₁三个系列。Q系列绳索取芯钻具采用锥度1:30的梯形丝扣连接。直径55.6~88.9毫米,3扣/英寸;直径44.5毫米,4扣/英寸。丝扣在拧紧过程中自动对中。在拧紧状态,锥体上下两端间都接触顶紧,保证钻柱的刚度和密封性。连接强度大,拧卸方便,可节约拧卸时间50%。Q-3系列是在Q系列双管内加第三层薄壁半合管,能保持岩心原始状态。CQ系列钻杆采用焊接接头,可以有效地减小钻杆壁厚,钻杆重量比10WL和Q系列钻杆轻15~25%。

美国绳索取芯钻进深度一般在1200米以内,“长年”公司已研制钻进深度3600米的绳索取芯钻具。配用外径76毫米和101毫米钻头,岩心直径分别为42毫米和60毫米。纯钻进时间增加40%,每米成本比普通取芯法大幅度降低。

苏联也研制成CCK-76和CCK-59型两种绳索取芯钻具,钻进深度可达800和1200米。

我国已成功研制出S-56、YS-55和YS-45型绳索取芯钻具,钻孔口径56毫米和44毫米,钻进深度达850米。北京地质局101队研制成功BJ-S101型绳索取芯拧管机。1979年地质系统准备推广应用绳索取芯新技术,目前尚未形成系列,取芯质量尚不稳定。

美国绳索取芯钻进效率及成本

孔 深 (米)	每班进尺 (米)	台月进尺 (米)	每米成本 (美元)
300	15.8	790	18.3
600	12.8	640	18.7
900	10.2	510	22.0
1200	8.1	400	27.4

注：上表系1972年资料

绳索取芯配合不揭钻换钻头钻进效率及成本

孔 深 (米)	每班进尺 (米)	台月进尺 (米)	每米成本 (美元)
300	16.7~20	835~1000	15.6~14.3
600	14.0~16.2	695~810	17.5~16
900	11.4~13.2	570~660	20.4~18.6
1200	9.3~10.8	460~540	24.7~22.6

我国地质系统1978年绳索取芯钻进技术经济指标

钻孔号	绳索取芯进尺 (米)	台月效率 (米/台月)	小时效率 (米/小时)	回 次 数	平均回次进尺 (米)	打捞成功率 (%)	平均提钻间隔 (米)	时间利用率 (%)
1	335	1050	2.86	124	2.71	81	13.90	50
2	180	1196	1.62	79	2.30	93	25.80	63
3	275	705	2.05	133	2.07	83	12.00	48
4	178	938	2.45	78	2.28	82	12.70	55
5	501	680	1.76	238	2.20	85	14.30	53
6	487	650	1.80	231	2.15	77.5	9.40	50
7	374	915	2.27	168	2.23	87	17.00	57
8	563	606	2.10	263	2.10	84	13.00	41
9	630	685	1.74	276	2.28	84	14.30	54
10	299	964	2.65	123	2.43	79	11.50	54
11	405	750	1.88	187	2.17	77	9.00	55

注：上表资料来源系北京市地质局101队提供。

四、反循环连续取芯钻探技术

美国、荷兰等一些国家正在研究和发展反循环连续取芯钻探技术。在岩心钻探中采用这项技术，可以大大改善携带岩屑能力，减少岩芯堵塞现象，消除停钻提取岩芯的时间消耗。对于钻进不稳定地层尤其有利。目前这项钻探技术采用的钻柱结构有单层、双层和三层管三种。

单层管钻柱法是将冲洗液泵入井壁与管柱间的环状空间，经过钻头，携带岩屑和岩芯柱

沿管柱内孔返回地面。荷兰生产的钻机，在200米内的浅孔采用单层管钻柱法，由于高压冲洗液在环状空间易于发生漏失，其应用受到限制。

双层管钻柱法在美国、荷兰、英国、法国、西德都在重点研究和发展，是很有前景的方法。双层管钻柱法是在井壁与外管间的环状空间灌满静切力高、失水量小、能形成薄泥皮、具有高触变性的护孔重泥浆，这种泥浆是不循环的。循环冲洗是轻泥浆，沿内外管间隙泵入，从内管中心携带岩屑和岩芯柱返回地面。

美国采用双层管柱，外管直径114毫米，钻头直径120毫米，泥浆泵排量350升/分，能从内管中心送出直径50毫米、长75~150毫米的岩芯柱，可使用合金和金刚石钻头，钻进深度达900米，岩芯采取率100%。

三层管钻柱法在澳大利亚有深入的研究。外管直径为76.2毫米，中间管直径为57.2毫米，内管直径为38.1毫米。除中间管是丝扣连接外，内管和外管是平滑锥形连接。钻进过程中，冲洗液从中间管与内管间隙泵入，携带岩屑和岩心柱沿内管中心孔返回地面，另有专用泥浆从外管与中间管间隙泵入，而沿孔壁与外管的环状间隙上返地面，以保护不稳定岩层。

根据美国及其他各国研究和发展情况来看，这项钻探技术对钻进松软岩层、细粒砂岩、岩盐、石膏、铜钼矿层等，有明显的效果。

我国曾一度开展过这项钻探技术的研究，但未用于生产。

五、不提钻换钻头技术

在岩心钻探中采用不提钻换钻头技术，可以缩减起下钻时间，增加纯钻进时间，减少钻头在起下钻过程中损坏，提高效率。美国克利斯顿森公司从1972年开始研制从钻杆里取出和更换NX(外径74.8毫米)金刚石钻头，金刚石钻头分成三片或六片，连接在可拆式岩芯管内管下端。用钢丝绳把内管连同分解钻头一起从钻杆内下到孔底，钻头伸出外管后就进入工作状态，在内管下端连接牢固进行钻进。取出磨损钻头时，向上提100毫米，钻头片就可滑入钻杆内用钢丝绳把内管和钻头一起取出地面，更换钻头。据该公司分析：与普通绳索取芯钻进相比，不提钻换钻头钻进台月进尺增加5~23%，每米成本降低4~17.5%。美国一些公司正在研究这项钻进技术，认为在技术经济上有明显的发展前景。

六、无岩芯钻探配合综合测井技术

在地质普查勘探中，采用无岩芯钻进，配合物探测井和机械、观测仪器来划分地层，确定矿层的位置和厚度，确定矿石结构、成分和品位，发现盲矿体和研究钻孔的状况(如孔径、孔斜等问题)，是一个加快勘探速度的先进方法。美国在矿山勘探中已部分采用该技术。十多年来，苏联不断发展和应用无岩心钻探，其工作量在钻探总工作量中所占的比例：1965年为6.7%；1968年为12%；1970年为23%；1975年增加到25%。

目前金属矿物探测井主要方法有电测井、磁测井、电磁测井(井中无线电透视法)、放射性测井(主要是伽玛射线测井，中子活化法)等。机械、观测仪器测井方法有孔壁取芯器，岩粉录井，粗粒岩屑分析，冲洗液颜色观察，钻孔电视和孔内照相等。

我国五十年代末开展过无岩心钻探，后因测井工作跟不上而停顿。六十年代中期在兰石

棉矿钻探中，对孔内照相技术进行过生产试验，拍出了清晰的照片。近几年开展了钻孔电视工作，试制成功ZKS-1型钻孔电视，外径91~93毫米，在清水井中试用，图象清晰。

七、人工定向钻探技术

人工定向钻探技术在岩心钻探中是一项技术水平较高而又较重要的技术。由于地质因素造成钻孔严重弯曲，打乱了勘探网的密度，特别是在地形复杂的地区，选择钻探施工场地困难或搬迁钻探设备不方便时，采用人工定向钻探技术具有极重要的实际意义和经济意义。

定向钻进主要靠各种类型的偏斜器进行造斜和纠斜，改变钻孔的方向。据国内外资料统计，在定向钻进中成功地使用着几十种结构不同的偏斜工具。随着潜孔马达的迅速发展和不断完善，采用孔底动力机进行定向钻进使钻孔方向的控制变得更为容易和简单。美国、加拿大以及东南亚的一些国家广泛应用螺杆钻具进行定向钻进，能使钻孔平滑地弯曲，避免了“狗腿”卡钻，能较精确地控制钻进方向，纠斜也比较容易，钻杆不旋转，减少了功率消耗。日本1972年以来也开始在钻探中采用螺杆钻具。我国自行研制的小口径螺杆钻具已作了模拟试验，目前正在加快研制步伐。

八、空气泡沫洗井钻进技术

空气泡沫洗井钻进技术是以压缩空气、雾化清水、雾化泥浆、充气泥浆、粘性泡沫作为循环介质，进行钻进的方法。在干旱、半干旱地区，在裂隙发育、多洞穴多孔隙地层中，在涌水量小易糊钻的地层中，在含水层、非固结层、透水层、漏水层、涌水量较大的地层中进行钻探施工，采用上述不同介质，均已获得显著效果。如美国在孔径为150~175毫米的石灰岩干孔钻进中，用空气洗井，钻速达100~110呎/小时。近年来，各国都给予了很大重视，促进了空气洗井钻进工艺和设备的发展。

九、孔底动力机钻探技术

常用的孔底动力机有：液动冲击回转钻具、涡轮钻具和螺杆钻、电钻等。

冲击回转钻具已在苏美等国家逐步推广。苏联发展更快。破碎岩石主要靠冲击作用，效率高，回转只起辅助作用，大大降低了功率消耗和管材消耗。近年来，由于冲击器向小口径(76、59毫米)方向发展，已逐步应用于岩心钻探。苏联自1962年至1970年，液动冲击回转钻探总工作量有71万多米，最高年工作量达14万7千多米。1975年冲击回转钻探工作量占钻探总进尺的2.5%，约46万米。1976年为55万米。1980年计划增至160万米。目前，液动冲击回转钻具适于钻进600~800米深的4~10级岩层。

液动冲击器发展的趋势是提高冲击频率。国外冲击回转钻探多使用硬质合金钻头，近年来正试用金刚石钻头。苏联开展了金刚石液动冲击回转钻进方法的研究，据资料介绍，金刚石液动冲击回转钻进的机械钻速比普通金刚石回转钻进方法提高25~100%，回次进尺长度提高10~100%，而且当岩石愈硬时效果越显著。

我国从1958年开始研究液动冲击回转钻具，1971年以来在辽宁、江西、广东等省钻孔一

百多个，钻进三万多米。冲击器有两种类型：阀式和射流式。阀式冲击器：以高压水为动力，通过一定的机械构造，改变高压水的流向，在压差条件作用下，推动活塞进行上下往复运动，产生冲击。射流式冲击器：在冲击器中，用一个“双稳”射流元件控制活塞上下往复运动，产生冲击。

我国自行研制的孔底电钻，在试打煤矿竖井冻结孔的生产试验中，取得良好效果，已作初步鉴定。现正研制小口径电钻。

十、深孔岩心钻探技术

国外采用的深孔钻机品种较多。罗马尼亚的SG-1200型油压岩心钻机，钻进深度达1900米。苏联ВИТР-2000型油压岩心钻机、BA-2000转盘钻机，西德的HS-115型车装油压岩心钻机，比利时的DB-850型金刚石岩心钻机，瑞典的D-2000型金刚石岩心钻机，钻进深度均达2000米。南非(阿扎尼亚)勘探固体矿床最深的钻孔超过3000米。澳大利亚设计制造了F150C型金刚石油压岩心钻机，其最大深度为3340米。美国DH10型钻机目前是最深的岩心钻机，其最大孔深可达3500米。

国外打深孔用的钻机是机械传动、液压进给式钻机，而不是全液压式钻机，现场采用整体搬迁。由于钻具重，下降速度快且不平衡，为控制下降速度，抱闸常处于磨擦或半磨擦状态，因此抱闸和卷筒磨损很快，卷筒发热、发烧。为解决上述问题，在深孔钻机的升降机上都配有水冷装置或水刹车装置。日本利根公司TXL型钻机(3000米钻深)、日本矿研公司AD-1A(3000米钻深)、CR-2B型(2200米钻深)钻机均配有水冷装置和水刹车装置。水刹车装置就是在升降机卷筒上装上一个叶片泵轮，下钻时，泵轮的一端有齿轮可与升降机卷筒上的齿轮相咬合，一起旋转，这时泵轮将搅动壳体空腔内的水，而水给予泵轮以大小相等方向相反的阻力，此阻力传给卷筒，因而减慢了卷筒的转数，降低了下钻的速度，使钻具以匀速下降。下钻时升降机制动手把可完全松开，待提引器将到孔口时，开始刹住抱闸，可减少抱闸发热。用离心泵保持腔体内水的循环。

我国岩心钻机最大钻进深度1500米，正在研制2500米岩心钻机。由张家口探矿机械厂试制的JU-1500型钻机系采用机械传动和液压传动相结合的结构，配有水刹车。于1978年6月完成了生产试验。

为了提高深孔和超深孔钻进效率，采用绳索取芯技术是有效的措施之一。此外，采用热稳定性能好的高温冲洗液，应用抗腐蚀性的钢材和锯齿形丝扣连接的钻柱，以适应于超深度和高温的要求。

十一、沉没式海洋钻探设备与滨海岩心钻探

勘探大陆架海底固体矿产的沉没式海底钻探设备分为：潜水钻机和海底取芯器、海底取样器。美国、苏联、日本、西德和加拿大等有十七种海底钻机。其特点是钻机放到海底。钻机受船上遥控操作，使海底钻机实现回钻和加压给进。有的利用空气、油压的作用来钻取岩矿芯，钻进深度一般不超过50米。

近来，法国研究和发展了一系列海底钻探设备、取样器，适用于大陆架及深海洋底取

國內外岩心钻孔深度

国 别	最大孔深 (米)	终孔直径 (毫米)	施工天数 (天)	钻 机 类 型	年 份
南 非	5700	78			1965
日 本	2703	60	122	TXL-3000立轴油压钻机	1967
苏 联	2010	59	97	ЭНФ-1200立轴油压钻机	1973
中国地质系统	1803	56		JU-1500立轴油压钻机	1977~1978.
中国煤炭系统	1517	95		LMK-1500转盘钻机	1976
中国冶金系统	1203	47	91	北京-800快速小转盘钻机	1978

样,具有快速,操作简便等优点。用海底震动取芯器、海底取芯电钻、柔杆取芯钻具等,配合物探船、科学考察船、海洋钻探船进行一系列海底勘察、勘测工作,钻进深度6~300米,岩芯直径90~110毫米。深海柔杆取芯钻具,一次取芯只用8小时。

日本除采用七种管式取样器(振动式、回转式、人力式、重力式、冲击式、水力静压式、水力喷射式)和四种抓斗取样器(自动型、弹簧型、绳索型、LBVE-ARM型),进行海底取样外,还采用多种潜海岩心钻机,钻进深度最深可达200米。

为了加速勘探滨海矿产资源,国外除使用多种潜水钻探设备外,还采用滨海岩心钻探代替巨型钻探设备。日本在水深2000米以内,采用落底法、浮船法、半潜法进行滨海岩心钻探。

我国于1978年12月用146柔杆浅海电钻在浅海第一次试验成功。柔杆钻机之孔底动力机是一个潜孔电动钻具。其钻杆是用钢丝绳股、输电动力线及橡胶组成的柔杆,使钻杆、钢丝绳、输电动力线三为一体。其优点是:起下钻时免去了拧卸钻杆的工序,潜孔电钻随钻头下至孔底并直接带动钻头钻进,功率利用率大;提下钻时不中断冲洗液循环,对保护孔壁有利;柔杆易于传递孔底电力。

十二、特殊矿种取芯技术

我国对一些特殊矿种的取芯技术有独特的发展,创造了多种专用取芯工具。在取芯难度大、要求高的矿种(如高岭土、滑石、汞、磷、石棉、岩盐、芒硝、石墨等)提高了岩矿芯采取率和完整度,减轻了矿心污染、磨蚀和冲蚀,取芯效果很好。

石棉取芯工具:如压卡式单动双层岩心管钻具是一种有效的取芯工具,取芯时,使卡簧卡住岩矿芯,不易脱落。

滑石取芯工具:如水压活塞式岩心管钻具的胶质活塞可将矿芯与内管中的泥浆隔离,可提高矿芯的纯洁度。

石墨取芯工具:如双动双管钻具、无泵钻具、水压活塞式钻具等取芯效果都较好。

十三、高分子聚合物在钻探工程方面的应用

利用高分子聚合物进行护孔作业,加固孔壁,制造塑料管材与管件,喷涂钻探管材与管

件, 在提高钻探工程质量, 加快勘探速度等方面取得了显著效果。

在护孔堵漏技术方面: 在复杂岩层钻进中, 传统的灌浆剂可灌注的最小孔隙仅在 $0.1 \sim 1.0$ 毫米, 且固化时间长, 不易控制, 效果不明显。采用高分子聚合物灌浆剂有显著优点, 可灌注的最小孔隙为 $0.01 \sim 0.001$ 毫米, 且固化时间可人为控制, 不受地层和地下水成份和所含杂质的影响。因此, 国外非常重视灌浆剂的研究。美国现生产泥浆处理剂 200 余种, 常用的 58 种, 广泛采用的钻井液系统是:

1. 淡水——膨润土系非分散性的低固相泥浆, 借助于高分子有机电解质的作用, 活性粘土胶粒处于非分散状态, 而劣质粘土及岩粉则为高分子有机电解质所絮凝和聚沉而得到排除。其所用处理剂主要为絮凝剂。如聚丙烯酰胺(PAM), 部分水解聚丙烯酰胺(PHPA), 乙酸乙稀脂与马来酐的共聚物(VAMA)。

2. 淡水——膨润土——铬木素磺酸盐分散系统, 是用于深孔钻进的化学稀释的钻进液。

3. 油包水型乳化泥浆, 以油为连续相, 水为分散相, 用于对水敏感的页岩钻进。

美国生产的堵漏材料有二十几个品种, 其中广泛采用触变性水泥, 由早强水泥加微量化学处理剂制成, 可调节凝固时间, 停泵后迅速出现假塑期, 使用方便, 效果好。

在制造塑料管材与管件方面: 用高分子聚合物制造塑料管材与管件, 用于水井套管、滤水管、供水管、输油管、输气管等, 其优点是比钢材轻, 便于搬运, 内壁光滑, 导电导热系数低, 抗腐蚀性能强, 制造加工方便, 成本低。

在喷涂钻探管材与管件方面: 在金属钻杆、套管、滤水管和接头、接箍的内外表面喷涂一层塑料“ABS”树脂或聚乙烯、环氧树脂等, 可提高管材的耐磨性、抗腐蚀性, 改善流动性性能, 延长使用寿命。

此外, 高分子聚合物还可以用于采取松散酥碎的岩芯、砂样、土样; 制备钻探机械零件, 如泥浆泵活塞、螺杆泵定子、密封环、钻杆稳定器等。抗磨性能好, 成本低。也可制备地面设施(如塑料厂房等), 安装搬迁方便, 利于轻便化。

我国用丙凝、氧凝和各种树脂护孔堵漏、封孔止水, 也取得很好的效果。

国外用丙凝或其它树脂固结松散、酥碎地层, 可取出完整岩芯, 或向取出的岩芯管内灌注树脂, 保持岩芯的完整度, 且不影响岩芯中的无机化学成份, 是复杂地层取芯的一个新创举。

十四、超早强水泥在岩心钻探中的初步应用

水泥具有来源广, 价格便宜, 灌注工艺简单, 凝固后的水泥石强度高等优点。从近十年来岩心钻探复杂地层护壁堵漏中得到了广泛的应用。目前使用的水泥大量是普通水泥(400*或矿渣硅酸盐400*—500*), 还有少量的油井水泥。但是, 它们共同存在的缺点是强度低, 井内候凝时间过长, 这样就降低了钻探生产效率。由同济大学、上海海洋学院等共同研制成功的硫铝酸盐型超早强水泥, 具有快凝、快硬和早期强度增长快等特点。

护壁堵漏对水泥浆性能的要求: 水泥浆的可泵性能要好, 据生产实践表明, 水泥浆的流动度, 只有在大于12公分(最好在14公分)以上, 水泵才能顺利的抽送; 水泥浆的稠度至少应在40~60分钟之内保持流动度在12公分以上; 水泥石早期强度增长速度要快, 要求水泥浆灌入孔内后5~6小时内水泥石的抗压强度超过100公斤/厘米²; 水泥浆初凝后能立即终凝, 终凝后能迅速增长其强度; 水泥浆凝固后, 体积不能收缩过大, 最好具有微膨胀的性质。

能。

超早强水泥早强的基本原因是该种水泥熟料主要矿物是硫铝酸钙 ($4\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3$, 一简写为 $\text{C}_4\text{A}_3\text{S}$) 以及 $3(\text{C}_2\text{S} \cdot \text{CaSO}_4) \cdot \text{CaF}_2$, CaSO_4 , C_{12}A_7 和铁相, 在加水搅拌后, C_{12}A_7 立即生成水化铝酸钙和 $\text{Al}(\text{OH})_3$, 保证了超早强水泥的早期强度, 同时由于 C_{12}A_7 和 $\text{C}_4\text{A}_3\text{S}$ 水化过程中, 都析出 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体, 它们填充在水化硫铝酸钙的晶体骨架中构成比较致密的结构, 因而产生很高的强度。

超早强水泥快凝的基本原因是由于内部存在快凝矿物 C_{12}A_7 和游离的 CaO 。

超早强水泥通过生产试验证明是适宜于岩心钻探护壁堵漏的, 较普通水泥候凝时间缩短六倍多, 较油井水泥候凝时间也缩短四倍多, 大大提高了生产效率, 是一种有发展前途的胶结物。

十五、电子计算技术的引用

电子计算技术, 在美国已用于钻孔弯曲测量、钻进参数控制和固井等方面。汉弗莱公司生产的陀螺测斜仪可以把孔内测点的顶角、终点角和孔深信号输入电子计算机, 电子计算机能把这些数据换算成测点的空间坐标和方位角数值, 打字记录下来。同时用磁带记录储存起来。白劳德公司研制出一种装置由计算机辅助控制钻进工艺, 可以进行参数测量、报警、钻进和地质资料分析。在这台装置中, 用一台现场数字计算机, 可以监控钻压、转速、扭矩、钻速、泥浆比重、排量、温度、泵压等十几种参数。全部监控和计算的参数都用磁带或穿孔纸带记录, 并通过计算机分析岩石可钻性、钻头磨损状况、岩层压力、单位成本及其它因素, 选择最优条件, 控制钻进工艺过程。

十六、岩心钻机

国外岩心钻机的发展, 经历了三个阶段, 生产了三代钻机。即手把式钻机, 立轴式液压钻机和全液压钻机。目前手把钻机已被淘汰, 立轴式液压钻机占绝大多数, 全液压钻机在逐步发展推广。

目前, 瑞典、美国、加拿大、西德、英国、日本、澳大利亚等国生产的固体矿床、水文钻井和工程地质钻进用的钻机约有 600 种。国外钻机主要特点是: 具体工作目的和钻进条件相适应, 从而实现高度“专门化”; 产品系列化; 另件部件统一规格化。用于固体矿床勘探钻进主要采用下列类型的钻机: 立轴式地面钻机; 立轴式地下坑道钻机; 摩托钻和带移动式回转器的轻便钻机; 带移动式回转器的自行式和移动式钻机; 转盘钻机; 反循环大口径钻进的钻机, 钢绳冲击钻机和复合式钻机; 全液压钻机等。

美国生产各种类型钻机四十多个品种, 立轴式液压钻机仍占绝对多数, 转速高、变速范围大 (有 10 到 12 个速度), 适于金刚石钻进。少部分产品是全液压式的多用钻机, 实现了传动、变速、回转、给进、升降工序的液压化。配备多种仪表, 操纵手柄集中在一个控制台上。美国钻机另一个特点是: 装载方式多样化, 因地制宜地采用滑撬、卡车、拖车、各式拖拉机装载, 机动灵活, 便于整体迁装。瑞典、加拿大生产的液压、全液压钻机也具有上述特点, 而且自成系列。

我国1957年以后已能成批生产全套钻探设备，基本上完成了系列产品设计。目前大量使用的是立式液压钻机，还有部分手把钻机。全液压动力头式钻机正进行生产性试验。我国冶金系统地质勘探部门使用的转盘钻机已有系列产品。建材系统地质勘探部门正在设计试制全液压300米钻机以及进行半液压钻机的设计工作，对100米手把式钻机进行改造，以适应金刚石小口径钻进的需要。

国内外岩心钻探设备对比情况如下表。

岩 心 钻 探 设 备 情 况 对 比 表

	钻机类型及使用所占比例			钻塔结构	仪表配备	水 泵	动 力 机	装载方式
	手把式钻机	油压钻机	全液压钻机					
中 国	40%	60%	研试阶段	四角铁塔为主	不 齐 全	无变速往复泵	柴油机、电动机	单 一
美 国	0	95%	5%	桅杆为主	齐 全	多速变量往复泵为主	柴油、汽油、电动、风动	多 种
苏 联	0	100%	研试阶段	四脚钻塔为主，部分桅杆	较 齐 全	无变速往复泵为主	电动、柴油	较 多

十七、钻探设备搬迁机械化

国外钻探设备搬迁机械化正向整体化、现代化发展。美国各公司普遍采用一种型号钻机有多种装载方式，以适应不同交通条件地区的需要。钻进深度500米以上的钻机主要采用滑撬装载方式，还有用卡车装载、半拖车或农业用拖拉机装载方式。钻进深度在270米以内的钻机主要采用多种装载方式（卡车式、拖车式、半拖车式、农业拖拉机式、履带拖拉机式和滑撬式）。除整体搬迁外，大部分钻机采用部件拆装搬运。在交通困难地区如多山地区进行钻探，临时修公路运输钻机不经济，美国、英国、澳大利亚等一些工业发达国家采用直升飞机搬迁，即经济又方便。英国在非洲、亚洲曾设有专为地质勘探服务的直升飞机出租公司。

附：主要参考资料目录

- 1.《国外钻探工程发展情况》，国家地质总局探矿工程科学技术发展规划编制小组编，1978年；
- 2.《国内外钻探工程现状、水平和差距》，国家地质总局探矿工程科学技术发展规划编制小组编，1978年；
- 3.《关于深孔岩心钻探的一些情况和几点看法》，冶金工业部探矿司，1979年；
- 4.《液动冲击回转钻进方法》，第二机械工业部三局，1979年；
- 5.《国外金刚石钻头选编》，中国地质科学院情报所，1978年；
- 6.《地质勘探用金刚石钻头制造和使用的几点体会》，中国地质科学院勘探技术研究所，1977年；
- 7.《电镀钻头和扩孔器的加工与使用》，陕西省地质局综合研究队，1977年；
- 8.《岩心钻探专辑(第二辑)》，中南矿冶学院，1979年；
- 9.《小口径金刚石钻探》，河南省地质局第九地质队、长春地质学院，1975年；
- 10.《国外地质钻探设备》，中国地质科学院情报所，1975年；
- 11.《国外岩心钻探选编》，中国地质科学院情报所，1977年；
- 12.《148柔杆浅海钻机海上钻孔试验》，国家地质总局勘探技术研究所，1979年；
- 13.《特殊矿种钻进、取芯工艺技术报告集》，地质部探矿工程司，1984年；
- 14.《对绳索取芯钻进有关问题的几点看法》，北京市地质局101队，1979年；
- 15.建材部门小口径金刚石钻探现场会资料，1978年。

(本资料由陈芸编写)