

难钻进地层金刚石钻头的现状和发展趋势

蔡家品, 贾美玲, 沈立娜, 欧阳志勇, 阮海龙, 张建元, 赵尔信
(北京探矿工程研究所, 北京 100083)

摘要:近年来,针对坚硬致密地层、坚硬强研磨性地层以及坚硬致密泥岩地层这3类地质勘探的难钻进地层,开展了金刚石钻头相关的研究与攻关,取得了重大进步。针对坚硬致密地层,通过在胎体中添加稀土和自锐材料、低压钻头结构设计,在可钻性小于11级的坚硬致密“打滑”地层中,钻进速度可达1.5~2.0 m/h,钻头寿命达30~300 m;针对坚硬研磨性地层,通过超高金刚石工作层和优化的水力结构设计,超细预合金化粉末以及超耐磨胎体性能,使机械钻速同比提高20%~70%,钻头寿命同比提高1.4~10倍;针对坚硬致密泥岩地层,对尖齿复合片和巴拉斯钻头进行了深入的研究,钻进效率提高了50%左右。在油气田深井硬岩钻探领域,NR826系列金刚石孕镶钻头配合螺杆钻具同比牙轮钻头,机械钻速提高18%~85%,钻头寿命提高5~8倍。此外,我国在海洋深水钻探复合片钻头方面的研究也取得了长足的进步。

关键词:金刚石钻头;地质钻探;油气井钻探;金刚石复合片钻头;孕镶金刚石钻头;海洋深水钻探

中图分类号:P634.4⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2017)02-0067-07

Present Situation of Diamond Bit Used in Difficult Drilling Formations and the Development Trend/CAI Jia-pin, JIA Mei-ling, SHEN Li-na, OUYANG Zhi-yong, RUAN Hai-long, ZHANG Jian-yuan, ZHAO Er-xin (Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)

Abstract: Great progress has been made in the research and efforts on diamond bits used in hard and compact, strong abrasive and mudstone formations. In hard and compact formation, by adding rare earth and self-sharpening materials in bit matrix and with low pressure bit structure design, the drilling speed can be up to 1.5-2.0m/h in hard and compact slipping formation with drillability less than grade 11 and the bit service life reaches 30-300m; in hard and abrasive formation, with the ultra high diamond working layer and optimized hydraulic structure design, ultra-fine pre-alloyed powder and ultra wear-resistant matrix performance, the POP and bit service life are increased by 20%-70% and 1.4-10 times respectively; in hard and compact mudstone formation, by the study on sharp-teeth PDC bit and Baras bit, the drilling efficiency is increased by about 50%. For deep hard rock drilling in oil and gas field, compared with cone bit, NR826 series of impregnated diamond bit is used with screw drill, the ROP and bit service life are increased by 18%-85% and 5-8 times respectively. In addition, good progress has also been made in the research on PDC bit for offshore deep drilling in China.

Key words: diamond bit; geological drilling; oil and gas well drilling; diamond compact bit; impregnated diamond bit; offshore deep drilling

0 引言

我国地质钻探、油气井钻探、海洋深水钻探及科学钻探等众多领域,皆需要大量的金刚石钻头,钻探的成本与钻头的钻进效率和寿命密切相关,金刚石钻头是钻探提速尤其是难钻进地层的关键因素之一,创新研究新型高效钻头的结构、性能、制造工艺是迫切需要的。近年来,随着能源矿产勘探开发和科学研究对金刚石钻头的需求,金刚石钻头在品种、结构和性能上都有了较大的发展,较好地满足了上述领域的工作需要,某些方面钻头性能达国际一流

水平,打破国外技术垄断,同时也存在需进一步提高改进的方面。本文对近年来钻头的发展进行了总结,主要针对地质、油井及海洋钻探领域难钻进地层归纳了一些效果突出的钻头品种,并提出金刚石钻头要紧跟材料科学发展步伐,提出并研制新材料,不断研究新技术、新工艺,走创新和领跑世界先进水平的道路^[1,9-13]。

1 地质钻探金刚石钻头的研究进展

国内地质钻探金刚石钻头主要为聚晶金刚石复

收稿日期:2016-05-11;修回日期:2016-07-20

作者简介:蔡家品,男,汉族,1967年生,金刚石钻头研发中心主任,教授级高级工程师,探矿工程专业,从事金刚石钻头和取心工具的研发工作,北京市海淀区学院路29号探工楼207室,caijp@bjiee.com.cn。

合片钻头和孕镶金刚石钻头,这2种钻头基本可以满足大多数地质钻探岩层的快速钻进需求。然而长期以来,国内外地质钻探在坚硬致密地层、坚硬强研磨性地层以及坚硬致密泥岩地层存在钻探效率低的技术难题。经过近些年的研究,三大技术难题基本解决,但尚有提升的空间,例如致密石英岩、燧石岩等,钻进效率仍较低、寿命较短。

1.1 坚硬致密“打滑”地层用钻头的研究

针对国内外钻探界长期存在的技术难题之一——坚硬致密地层的钻进效率低,甚至打滑的问题,相关单位技术人员、学者等投入了大量的人力和物力,近几年通过创新型研究,取得了显著的效果。

1.1.1 坚硬致密地层的特点

(1)岩石的造岩矿物硬度大。石英含量高,其岩石压入硬度可达 5000 MPa,个别甚至可达 7000 MPa。

(2)抗压强度高。造岩矿物颗粒细致,粒度多为 0.01 ~ 0.2 mm,硅质胶结,结构致密,颗粒间结合力大,整体强度高,单轴抗压强度可达 150 MPa 或更高,在金刚石的尖角被磨损形成一个极小的光滑平面时,就产生打滑现象。

(3)研磨性弱。由于金刚石克取岩石困难破碎方式属表面疲劳磨损,未能有效产生体积破碎,产生的岩粉颗粒细,对钻头胎体的磨蚀轻微,钻头上金刚石难以出刃,也易发生钻头与地层之间打滑不进尺。

1.1.2 坚硬致密“打滑”地层用钻头的研究

1.1.2.1 常用的解决钻头打滑的方法存在的问题

为了让金刚石钻头出刃,目前解决钻头打滑问题的方法及存在的问题如下:

(1)软胎体钻头法:胎体软且不耐磨,钻头寿命低;

(2)人工投砂研磨法:随意性大,研磨时间不好掌握导致钻头加快磨损,降低钻头寿命;

(3)异形唇面结构钻头:异形唇面磨平后效率迅速降低,优势不再存在;

(4)弱包镶金刚石钻头:对金刚石采用弱包镶工艺导致金刚石容易脱落,超前磨损胎体,虽提高了钻进时效,但同样降低了钻头寿命;

(5)主辅磨料钻头^[1]:即在钻进过程中,辅磨料破碎或脱落,在钻头唇面形成许多凹坑,增大钻进比压,从而有利于快速钻进。这种方法具有一定效果,但由于辅磨料是实体添加,在实际钻进过程中并不

能如理想全部脱落形成微坑,大多挤压破碎后仍留在胎体凹坑内部,影响钻头的出刃效果。另一方面,辅磨料非球形,加入胎体中后会产生较大的应力集中,降低胎体整体的强度,但确实起到了一定的效果。

1.1.2.2 针对坚硬致密“打滑”地层进行的研究

(1)胎体中添加稀土材料的研究^[2]。在钻头胎体中添加不同比例的稀土 La,发现可提高胎体烧结后的抗弯强度、抗冲击韧性等力学性能,改善了胎体材料的均匀度,提高了金属胎体对金刚石的把持力。添加适量稀土 La 以后,胎体表面硬度低、抗冲击能力强,金刚石易于出刃,且不易脱落,有利于金刚石的快速切削和长工作寿命。

(2)低压钻头的结构设计。设计减少钻头唇面与岩石的接触面积的低压钻头,在同样的钻压下,提高单位面积上的比压,即增加了金刚石压入岩石的深度,形成相对大的体积破碎(相对于岩石表面的疲劳破碎)。此类型钻头有齿轮形钻头及宽水口齿形钻头。

(3)胎体中自锐材料的合理添加^[3-4]。主要通过2种方式进行胎体自锐化处理。对于8~10级硬的地层,通过SYS自锐材料的添加,在胎体内部预制磨损“微坑”,从而改善金刚石钻头的自锐效果;对于10~12级的坚硬地层,通过引入一定比例应力集中系数最小的圆孔孔隙结构,增加了胎体工作面的粗糙度,从而提高钻进效率。研制的自锐钻头如图1所示。

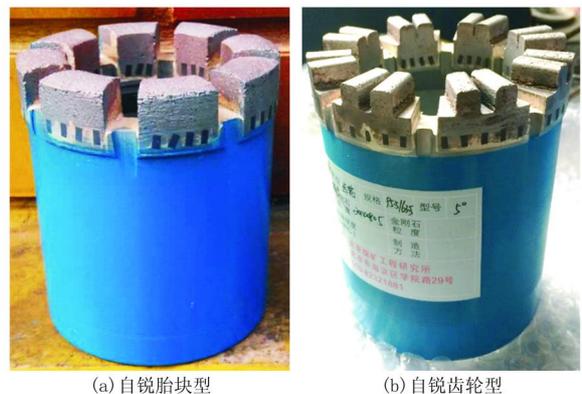


图1 坚硬致密“打滑”地层自锐胎块钻头

1.1.3 坚硬致密“打滑”地层钻头典型应用效果

表1是近年来一些矿区钻遇坚硬致密“打滑”地层的钻头现场试验数据。

表 1 坚硬致密“打滑”地层钻头现场应用效果汇总表

示范地点	钻头规格	地层岩性	平均时效/m	进尺/m	研 制 单 位	使用效果
山西省灵丘县上石矾金多金属矿普查	N	角闪石英片岩、石英变粒岩,可钻性 6~8 级	0.50	12.25	河北某厂家 20 度钻头	较差
			0.59	17.50	河北某厂家 15 度钻头	较差
			0.65	10.50	河北某厂家 10 度钻头	较差
			1.81	321.80	北京探工所 R1-SYS	好
青海格尔木夏日哈木地区 ZK2407 地质详查井	H	中细粒碱长花岗岩、云英岩化斑状花岗岩,可钻性 8~11 级	0.20	4	贵州某厂家 5 度钻头	打滑
			0.40	6	北京探工所 R1-SY15	打滑
			0.50	6	北京探工所 R1-SY10	打滑
			2.50	10	北京探工所 R1-SY5 齿轮	较好
河南舞阳舞钢市博冲村铁矿区	N	细粒石英砂岩、含部分角闪片麻岩,可钻性 9~10 级	0.60	12	河北某厂家	差
			1.80	30	北京探工所 R1-16WG	好
			0.50	3	国内某厂家	差
			1.60	11	河北某厂家	一般
河北张家口崇礼多金属矿区	N	硅化夹安山质凝灰岩、硅化安山岩,可钻性 9~11 级	1.60	65	北京探工所 R1-16WG	好
			0.1		国内某些厂家	较差
			0.35	1.50	北京探工所自锐 S 型	较差
			0.60	22.30	北京探工所自锐 T 型	较好
云南西双版纳勐腊县曼木树隧道	N	石英岩,可钻性 12 级	0.05		国内某些厂家	较差
			0.45	11	北京探工所自锐 S 型	较好
			0.55	13	北京探工所 R6 自出刃胎块钻头	较好
			0.55	13	北京探工所 R6 自出刃胎块钻头	较好

由表 1 可以看出,对于可钻性 8 级及以下致密“打滑”地层,机械钻速可达 1.5~2.0 m/h,钻头寿命最高可超过 300 m;对于 9~11 级地层,机械钻速亦可达 1.5~2.0 m/h,寿命 30~70 m;而对于可钻性 12 级的致密石英岩,机械钻速仅能达到 0.5~0.6 m/h,钻头寿命很难超过 30 m,对于可钻性 12 级的燧石岩地层,钻头寿命甚至难以超过 3 m。这类少数地层可称为是世界性的难题,也是我国“十三五”应攻关的关键技术问题。

1.2 坚硬强研磨性地层用钻头的研究

该类地层是国内外钻探界长期存在的另一技术难题,钻进效率较高但钻头寿命很短,一般小于 10 m,一个 2000 m 深的钻孔将消耗 200 个钻头,而且花费大量的钱去钻更换钻头的费用,大幅度提高钻探成本,增加工人的体力劳动。

1.2.1 坚硬强研磨地层的特点

(1) 岩石中造岩矿物石英、长石含量高,岩石硬度较大;

(2) 岩石中造岩矿物颗粒较粗,胶结物为钙质或泥质;

(3) 岩石抗压强度中等在 130~160 MPa;

(4) 岩石可钻性为 8~10 级。

在上述岩石钻进中,钻头上的金刚石能压入岩石,并形成较大的岩粉颗粒,表现出较强的研磨性,

对钻头胎体磨蚀严重,相应金刚石脱落较快,钻头工作寿命较短。

1.2.2 坚硬强研磨性地层钻头的研究

无论是完整坚硬强研磨性地层,还是中硬—坚硬破碎地层,通常对钻头胎体磨损十分严重,即使采用硬胎体钻头,寿命有时也不足 20 m。然而由于地层研磨性强,金刚石出刃状态良好,因此钻头的时效较高,通常可达 4~5 m。针对这种地层,主要解决胎体过快磨损的问题。

对于强研磨性地层,主要从以下几方面进行了研究。

(1) 超高金刚石工作层设计,金刚石层高 18~20 mm,保证钻头使用寿命;

(2) 优化的水力结构设计保证金刚石钻头的冷却和排屑效果,设计了双水口及交替水口钻头;

(3) 超细预合金化粉末,大幅度降低烧结温度,保护了金刚石原始的强度和硬度,从而提高金刚石的切削能力;

(4) 超耐磨胎体性能,保证钻头更多的作业时间。目前国内市场有我所的双水口金刚石钻头、R10 型高耐磨钻头(见图 2),唐山金石的高硬度金刚石钻头等等。

1.2.3 坚硬强研磨性地层或硬脆碎地层典型应用实例



(a) 双水口钻头

(b) 交替水口钻头

图2 强研磨性地层用钻头

表2 坚硬强研磨地层钻头现场应用效果汇总表

示范地点	钻头规格	地层岩性	平均时效/m	进尺/m	研制单位	使用效果
广西扶绥罗维矿区 ZK41603	N	破碎、极破碎变质粉砂岩、砂卡岩化泥岩、压碎变质泥岩,可钻性7~9级	4.42	135.35	河北某厂家 JSC320-1	较好
			3.94	136.10	广西某厂家桂林-2	较好
			3.96	191.00	北京探工所 20140101-1	好
			2.78	21.10	安徽某厂家 140808-5	一般
云南大理东部马厂箐-宝丰寺地区内铜铝金多金属矿	N	粗粒片麻岩,可钻性8~10级	2.5	10	国内某些厂家	较差
			3.1	110	北京探工所 R10 型高耐磨钻头	较好
山东莱州前陈金矿区	N	较破碎—破碎钾长花岗岩、花岗质碎裂岩,可钻性7~11级	1.6	55	国内某些厂家	较好
			2.3	83	北京探工所 R10 型高耐磨	较好
山东招远栾家河金矿勘探区	N	较破碎绢英岩化花岗岩、花岗质碎裂岩,可钻性7~11级	1.2	39.4	唐山某厂家	一般
			1.0	33.1	河北某厂家	一般
			2.0	85.6	北京探工所 R10 型高耐磨钻头	较好

这种坚硬强研磨性地层,国内钻头已经基本能够解决钻进技术难点,随着今后钻头技术的不断创新,有望将钻头寿命提至200 m。

1.3 致密弹塑性泥岩地层钻头的研究

该类地层硬度不算高,但钻进效率极低,一般仅为0.3~0.4 m/h,现场钻探工人形象地称为“橡皮层”,其弹塑性吸收压入的深度,克取岩石的深度极小,形成岩粉颗粒很细,极易吸附在钻头上形成泥包,使钻头难以进尺,这是第三大钻探技术难题。

1.3.1 致密弹塑性泥岩地层的特点

(1) 泥岩中除含蒙脱石以外,还含有大量的石英成分(一般有40%~60%);

(2) 泥岩组成的成分中,颗粒特细,大多以200目粒度为主,由于该种地层具有一定层理和硬度,且颗粒细小甚至粉质,研磨性小;

(3) 泥岩结构致密,密度大,地层弹塑性强,切削齿难以切入或压入形成体积破碎,压入深度小。

1.3.2 致密弹塑性泥岩钻头的研究

针对这类地层,我所做了大量的研究,曾针对不同可钻性级别研制过肋骨复合片钻头、尖齿复合片

表2是某些矿区完整坚硬强研磨性地层的钻头使用情况。

由表2可以看出,钻进这类岩层,机械钻速普遍较高,就这几个矿区而言,我所R10型高耐磨钻头表现优异,其机械钻速同比提高20%~70%,寿命同比提高1.4~10倍。此外,该钻头在山东乳山实施的“2000米地质岩心钻探关键技术与设备”项目配套试验中,钻进中粗粒花岗岩,单只最高进尺115 m,安徽省霍邱周集铁矿区深部勘查项目钻进9~10级的片麻岩地层,最高寿命达123 m。可见,针对

钻头以及巴拉斯金刚石钻头^[5-6]。目前煤田勘探中应用最普遍的主要是尖齿复合片钻头和巴拉斯金刚石钻头,其中,尖齿复合片钻头主要进行了以下几方面的研究:

(1) 三高(高耐磨、高冲击韧性、高热稳定性)尖齿复合片的研究;

(2) 尖齿复合片在钻头上的交错排列;

(3) 尖齿复合片的碎岩机理研究等。

尖齿复合片以锋利的尖刃切削泥岩,不同于金刚石以压入方式破碎泥岩,因此,切削效果显著,我们称这种方式为犁削。其钻进效果不仅优于金刚石的压入破碎,同时也优于牙轮钻头的碾压破碎。图3为尖齿复合片钻头实物图片。

1.3.3 致密弹塑性泥岩地层钻头典型应用实例

表3是钻进弹塑性泥岩地层不同矿区的统计数据。

由表3可知,采用尖齿复合片钻头大幅度提高了铀矿和煤炭钻探效率,特别是弹塑性致密泥岩的钻探效率,提高效率50%左右,大幅度加快了我国国民经济发展急需的铀矿资源勘探的速度。



(a) 细牙尖齿复合片钻头

(b) 尖齿复合片钻头

图3 尖齿复合片取心钻头

表3 致密泥岩或类似地层钻头适用情况

试验地点	地层岩性	钻头类型	平均时效/m	平均寿命/m	同比钻速提高	同比寿命提高	使用效果
甘肃庆阳县瓦斜乡河水溪煤矿	致密泥岩、粘土质粉砂岩	尖齿 PDC	3.70	300~400	3~5倍	76%	好
河北邯郸胡峪 GC01 煤矿	泥岩、细砂岩	尖齿 PDC	3.50	300~400	3~5倍	80%	好
巴音戈壁盆地塔木素 BZK32-32	较软弹塑性致密泥岩	双环尖齿 PDC	2.60	180	73%	80%	好
中国石化新疆煤制天然气外输管道(新粤浙管道)长江隧道穿越工程地质勘查孔	塑性板岩	尖齿 PDC	2.20	60~70	50%	20%	较好
青海省海北州默勒-热水普查 ZK21-5	弹塑性泥岩	尖齿 PDC 钻头	1.75	260	50%	30%	较好
河北张家口至内蒙古赤峰峰矿区	弹塑性泥岩	尖齿 PDC 钻头	3.10	210	50%	1~4倍	好



图4 巴拉斯取心钻头

在坚硬致密“打滑”地层中尚需研究石英含量 > 90% 的岩层所用的钻头,力争在“十三五”继续努力,争取在这方面领跑世界先进水平。

2 油气井钻探金刚石钻头的现状

目前油气井钻探金刚石钻头已经能做到按地层选择钻头,一般在软岩层中选用复合片钻头,在软一中硬地层中用复合片钻头和牙轮钻头,在硬地层中选用镶齿的牙轮钻头,例如 J77 和 J99 型号的牙轮钻头,但真正钻遇到硬砂砾岩、硅化白云岩、花岗岩时,牙轮钻头亦无能为力。国内外都在攻克此类地层的技术难关,并已取得良好的效果。

2.1 油气井钻探硬地层的特点

然而,当弹塑性泥岩地层中的石英含量达到 30%~50% 时,尖齿复合片钻头容易发生崩齿现象从而导致寿命降低。此时,宜选用巴拉斯钻头(如图4所示)。由于这种钻头三角聚晶是镶嵌在孕镶基体内部的,其前后均有基体包镶,相对于裸露的复合片工作状态而言,不易发生崩裂,具有更高的抗冲击寿命^[6]。

1.4 地质钻探金刚石钻头的现状及趋势

综上所述,地质钻探中所钻遇的世界性的三大技术难题已基本解决,钻头水平已达到国际先进水平,

在川东北自流井底部珍珠冲含砾地层、高研磨性须家河地层,川西高研磨性须家河地层,高石梯区块和磨溪区块的沧浪铺地层,准噶尔盆地哈山山前构造玄武岩地层,玉东区块开派兹雷克组玄武岩地层以及松辽盆地梨树断陷中央构造带营城组砂泥岩地层,这些区块的地层特点为:(1)石英含量高研磨性强;(2)地层中含砂砾石成分;(3)常遇到火成岩硬地层;(4)随着井深增加在上部压力作用下,地层愈加致密,可钻性变差^[7,14-15]。

2.2 油气井硬地层钻头的研究

2.2.1 二次镶齿式金刚石钻头 NR826M 系列钻头的研究

针对油气田硬地层的钻进特点,我所技术人员从以下几方面进行了研究:(1)胎体预合金粉的研制,使胎体粉末中包孕了构成合金粉末的各种金属元素,胎体合金化程度高;(2)采用了微米级的粉末,并且粉末颗粒呈开口结构,使粉末具有较高的烧结活性,烧结温度较低,较好的保护了金刚石的强度(3)优化钻头结构及水路设计;(4)金刚石粒度选用 25~30 目,浓度适当增高,金刚石工作层高度增高,以提高钻头的工作寿命;(5)采用表、孕镶混合布置的结构;(6)钻头中心位置安放有高耐磨和高抗冲击韧性的复合片,以防钻头中心过早形成 O 形圈,

形成钻头早期磨损^[7,14-15]。研制的 NR826M 系列孕镶金刚石钻头如图 5 所示。

2.2.2 柱状孕镶金刚石钻头的研制

国内也有厂家研制了柱状孕镶金刚石钻头主要用于油气井中硬的、研磨性地层,例如砂砾石地层。钻头制造过程:首先制造柱状金刚石烧结体,然后将烧结体用中温焊接于钻头的母体上,可依据地层进行调节。其钻头结构和配方都有一定发展,但效果一般,现场应用很少(图 6)。



图 5 NR826M 系列孕镶金刚石钻头



图 6 油气井用柱状孕镶金刚石钻头

2.3 硬地层油井钻头的典型应用效果

针对上述地区的地层特性和钻探提速要求,钻头进行了现场应用。涡轮+孕镶金刚石钻头和螺杆+孕镶金刚石钻头的钻进工艺方法有效解决了自流井组、须家河组等研磨性强、可钻性差的地层的钻进

难题。

以四川元坝气田元陆 702 井为例,该井位难钻进地层主要为自流井组珍珠冲段,细砂岩、泥岩,井深 4180~4245.7 m,使用国产牙轮钻进效率为 0.33 m/h,进尺为 7.32 m,而使用 NR826M 金刚石镶块钻头,钻进效率为 0.61 m/h,钻头寿命为 65.7 m,钻进效率提高 85%,钻头寿命提高了 8 倍,其效果极其显著。钻头使用前、后的对比见图 7。



图 7 NR826M 钻头入井前后照片

此外,该系列钻头在松辽盆地金 3 井砂砾岩钻进,钻进时效 1.02 m,钻头寿命 261.88 m,较国产牙轮钻头,钻进效率提高 44%,钻头进尺提高了 5.5 倍。NR826M 系列孕镶钻头在国内其他井位的使用效果见表 4。

表 4 部分 NR826M 系列油井硬地层钻头使用情况

井号	钻头直径/mm	井段/m	总进尺/m	时效/m	地层	备注
元坝 102-1	314	4275~4421	146	0.74	珍珠冲-须五	转盘+中速螺杆
		4701.12~4767.48	66.36	0.62	须家河二段	
元坝 12-1	314	4066.71~4258.03	191.32	0.92	珍珠冲-须五	转盘+中速螺杆
元坝 102-3H	314	4671.24~4854.50	183.26	1.29	须二-须一	转盘+高速螺杆
磨溪 18 井	215	4726.77~4854.02	127.25	0.98	沧浪铺地层	转盘+中速螺杆
金龙 102 井	215	3150~3179.47,3186.57~3270	112.9	3.28	石炭系-C	涡轮(钻头还有 80%新度)
金龙 103 井			98.6	2.53		
鸭深 1 井	241	3557~3877.5	320.5	1.35	须四-须三	转盘+高速螺杆

综上所述,针对油气勘探中的火成岩、高研磨性砂岩及砂砾岩等难钻进硬地层,采用常规的牙轮钻头、复合片钻头皆难以顺利钻进,而采用我所研制的新型镶齿式金刚石孕镶钻头钻进效率提高 18%~85%,钻头寿命提高 5~8 倍,其综合性能达到国际一流水平,性价比高,已成为国内硬地层钻探提速的首选。上述金刚石钻头技术的突破,打破了国外技

术垄断,大幅度提高了钻进效率,缩短了钻探施工周期,降低了钻探成本。

2.4 国内外油气井钻探现状及发展趋势

除上述钻头外,近几年国外针对油气井钻探的难钻进地层研制了多种新型金刚石钻头,结构新颖、设计合理、思路正确,可以借鉴为国内油气田钻探难钻进地层所用。

2.4.1 复合片与牙轮组合钻头(图 8)



图 8 牙轮与复合片组合式钻头

众所周知,牙轮钻头主要以牙齿对岩石的冲击、压碎作用和剪切作用来破碎岩石。硬和极硬地层主要依靠牙齿的冲击、压碎作用来破碎;极软和软地层主要是靠牙齿的剪切作用,中硬地层靠两种作用同时破碎地层,复合片钻头主要是刮削破碎岩石。复合片与牙轮组合钻头,正好将冲击、剪切、压碎和刮削作用结合在一起,充分发挥两种切削具的作用,达到组合式钻头高效长寿的目的。

该组合式钻头的特点:(1)在软硬互层地层中提供更快的机械钻速;(2)与传统牙轮钻头相比,钻进过程更加平稳;(3)在定向钻进过程中侧向切削力强及更好控制工具面,定向能力强;(4)在难钻进地层中,能减小钻头的扭矩^[8]。

2.4.2 复合片钻头中心带滚动牙轮钻头的组合式钻头(图 9)



图 9 中心滚动的复合片钻头

在油气井钻探中,经常出现复合片钻头中心部位提前磨损,导致整体复合片钻头失效,减少了钻头的工作寿命,同时也影响钻探效率。现设计的复合片钻头中心部位安置双牙轮,用牙轮滚动方式,取代了钻头中心旋转速度为零的死点,有效达到中心部位与其他部位同步磨损的机理^[8]。

3 海洋深水钻探用新型抗热耐磨长寿命钻头(图 10)



图 10 海洋深水用抗热耐磨钻头

2012-2015年,中海油服公司在南海油田水深 200~1390 m 海底以下钻进沉积层和基岩,井深从 100~300 多米,取出不扰动样品,实现海上一个钻头、一个回次一个孔的圆满效果^[16]。

该钻头采用隔水底喷式圆弧唇面切削结构,既保证了钻头具有较高的进尺效率,同时又保证了样品尤其是软泥样品的原状性。所采用的复合片是经过二次涂覆处理,在表面喷涂一层隔热耐磨涂层,进一步增强了钻头的耐磨性、耐热性,使得这种新型抗热耐磨长寿命钻头在钻进海底沉积岩和中硬基岩时,现场应用效果优异。

4 结语

针对难钻进地层用金刚石钻头的研究,取得了如下成果。

(1)针对坚硬致密地层,通过在胎体中添加稀土和自锐材料、低压钻头结构设计,在可钻性小于 11 级的坚硬致密“打滑”地层中,钻进速度可达 1.5~2.0 m/h,钻头寿命达 30~300 m。

(2)针对坚硬研磨性地层,通过超高金刚石工作层和优化的水力结构设计,超细预合金化粉末以及超耐磨胎体性能,使机械钻速同比提高 20%~70%,钻头寿命同比提高 1.4~10 倍。

(3)针对坚硬致密泥岩地层,对尖齿复合片和巴拉斯钻头进行了深入的研究,钻进效率提高了 50% 左右。

(4)在油气田深井硬岩钻探领域, NR826 系列金刚石孕镶钻头配合螺杆钻具同比牙轮钻头,机械

(下转第 91 页)

最大限度适应了复杂的地理环境,为基坑变形控制创造有利条件。采用“大坑套小坑”、中间预留土施工,是控制地铁车站和盾构隧道变形安全的可行性施工部署。分区阶梯式开挖,有效减少了开挖时大面积卸载对基坑周围应力产生的影响,促使工程主体施工与基坑开挖施工能正常同步交叉进行。

(2) 基坑变形重点部位和薄弱环节进行加固,提高了土体的抗剪强度和刚度,减少了墙后土体压力及滑动力矩,提高了围护体系的整体稳定性,是控制基坑变形的重要措施。

(3) 基坑开挖过程中,保证坑内井点降水的正常进行和坑外正常水位的控制,尽量减少基坑底的暴露时间,尽快浇筑垫层和底板混凝土,对加快土体固结、降低土体应力松弛、保护坑底土体不受施工扰动,减少土体有效应力的变化,起到了较好的控制作用。

(4) 根据不同的工况,采取分段、平行、流水相结合的施工组织方式,特殊薄弱作业面投入大量人员及机械设备进行突击抢工作业,施工过程中严密进行实时动态监测指导施工,并根据监测结果及时调整施工部署,是复杂工况下深基坑施工技术的必要措施。

深基坑工程在复杂环境及工况影响下,涉及领域广、施工难度大,施工技术及措施的采用根据各地不同的环境、地质及水文条件有明显的差异性。本

工程根据工程特点,因地制宜,采取了切合实际的施工技术方案及措施,符合安全可靠、经济合理、方便施工的原则。根据围护体系及周边环境的各项监测结果,在施工过程中各项监测均在预期可控范围之内,表明本工程针对复杂的工况及周边不利环境因素影响下,采取的施工方法和技术方案措施是合理、有效、成功的。确保了地铁的正常运行和周边河流管线及建筑的安全,创造了良好的社会和经济效益。

参考文献:

- [1] 董建忠,黄飞. 复杂环境条件下深基坑支护方案设计研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(12):34-38.
 - [2] 关兵明. 复杂工况下深基坑工程施工技术探讨[J]. 中华民居,2012,(6).
 - [3] 杨春,赵慎中,宋珺. 近地铁结构地连墙施工技术可行性分析与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(6):56-58.
 - [4] 杜魁,余小国,岳丽娜,等. 武汉钰龙金融广场超深基坑工程设计方案选型[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(12):28-33.
 - [5] GB 50497—2009,建筑基坑工程监测技术规范[S].
 - [6] 黄华辉. 基于复杂工况下深基坑工程施工与监测技术的应用[J]. 城市建筑,2013,(2).
 - [7] 梁宁,张洪欣,黄全海. 复杂条件深基坑止水帷幕墙施工技术的探索[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(6):66-70.
 - [8] 唐拥兵. 复杂工况下深基坑工程施工技术研究[J]. 建筑施工,2010,(3).
 - [9] 王建华,吴厚信,周宏益,等. 紧邻地铁基坑支护工程设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(11):71-75.
-
- (上接第73页)
- 钻速提高18%~85%,钻头寿命提高5~8倍。
- (5) 新型抗热耐磨长寿命钻头,实现了海上深水钻探300 m 井深内“一孔一回次一钻头”的良好效果。
- 参考文献:**
- [1] 张绍和,杨凯华. 主辅磨料双切削作用金刚石钻头研究[J]. 地质与勘探,2001,37(5):88-90.
 - [2] 沈立娜,阮海龙,吴海霞,等. 稀土 La 添加量对预合金铁基胎体性能的影响[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(4):69-71.
 - [3] 沈立娜,阮海龙,李春,等. 坚硬致密“打滑”地层新型自锐金刚石钻头的研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(11):57-59.
 - [4] 沈立娜,郭长江,等. 新型自出刃多孔胎体孕镶金刚石钻头的研究[C]//中国地质学会探矿工程专业委员会. 第十八届全国探矿工程技术学术交流会论文集. 北京:地质出版社,2015.
 - [5] 陈云龙,秦志坤,王志刚,等. 致密泥岩用新型巴拉斯钻头的的设计与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(12):63-65.
 - [6] 阮海龙,沈立娜,李春,等. 弹塑性致密泥岩用新型尖齿 PDC 钻头的研制与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(12):80-83.
 - [7] 蔡家品,贾美玲,史强. 元坝地区新型金刚石钻头的研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(11):70-72.
 - [8] 左汝强. 国际油气井钻头进展概述(一)——Kymera 组合式(Hybrid)钻头系列[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(1):4-6.
 - [9] 刘广志,等. 金刚石钻探手册[M]. 北京:地质出版社,1991.
 - [10] 王达. 深孔岩心钻探的技术关键[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1):1-4.
 - [11] 赵尔信. 金刚石钻头与扩孔器[M]. 北京:地质出版社,1982.
 - [12] 张金昌,等. 地质岩心钻探关键技术与装备论文集[M]. 北京:地质出版社,2012.
 - [13] 贾美玲,欧阳志勇,马秀民,等. 深孔钻探金刚石钻头技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(12):71-73.
 - [14] 梁涛,赵义. 金3井混镶金刚石钻头的设计与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(2):45-47.
 - [15] 梁涛,等. 珍珠冲地层用金刚石钻头的研制与应用[C]//中国地质学会探矿工程专业委员会. 第十八届全国探矿工程技术学术交流会论文集. 北京:地质出版社,2015.
 - [16] 赵尔信. 3000m 深海钻进钻头设计取样试验研究[C]//中国超硬材料与制品50周年精选文集. 浙江杭州:浙江大学出版社,2014.