

83-87 潜孔锤钻进在复杂地层中应用

p 634.5

蒋荣庆 殷琨 辜华良

(长春科技大学·长春·130026)

在潜孔锤的结构形式、钻具匹配、钻头类型、钻凿工艺等方面研究的基础上,对潜孔锤套管隔离护孔法钻进;贯通式潜孔锤用于复杂地层钻进;大直径潜孔锤在孤石、漂石地层中钻进等实际应用方法和效果作了简明介绍。

关键词 贯通式潜孔锤, 同步跟管, 复杂地层

潜孔锤钻进

所谓复杂地层是指因受成因、构造运动及风化作用和地下水作用等影响,使地层岩石节理、片理、裂隙发育;软硬互层、破碎、胶结性、稳定性、强度等极差,或是遇水膨胀。在这类地层中施工,一旦被钻孔钻穿后,其原来的相对稳定或平衡状态被破坏,使钻孔孔壁失去约束而产生不稳定。常见现象是孔壁坍塌、掉块、漏失、涌水、缩径、超径等。在上列地层中钻孔时孔壁不稳定产生护壁困难;地质岩心钻探时岩心被破碎、冲蚀、溶解,岩矿心采取又成为一个难题;在砂砾石层中含有孤石、漂石,风化层含有风化球、风化核,或岩石软硬不均,钻进时不仅效率低,而且很难按设计轨迹成孔,即防斜或提高钻速又成为一突出问题。

实践表明,空气潜孔锤钻进具有下列优点:

1)钻进效率高。它比钻探常用的水力冲击器效率高2~5倍;比金刚石回转钻进高3~10倍。提高效率原因是单次冲击功大,无液柱压力;排渣风速高,孔底干净,无二次破碎;改善了孔底碎岩条件;

2)配用的柱齿硬质合金钻头在坚硬破碎岩石中钻进,既有利于破岩,又比金刚石钻头寿命高;

3)钻进转速低,离心力小,钻具对孔壁的撞击机会小,又兼这种钻进方法是以高频对孔底冲击,减小了对破碎或倾斜地层产生孔斜的影响,从而可提高钻孔的垂直度,同时也可减少孔壁岩石坍塌;

4)钻进比回转钻进所需要钻压和扭矩要小得多,这样可减轻配套钻机设备重量和能力,为边坡抗滑加固钻进在高空排架上作业创造了有利施工条件;

5)钻进采用无液体循环干式作业,既不污染环境,又可防止边坡大岩块滑动。

其缺点:

1)由于动力介质和循环介质采用的是压缩空

气,对孔壁支挡平衡作用差,护壁十分不利;

2)钻进不能采用泥浆作循环介质,更无法用护壁处理剂及堵漏材料;

3)破碎岩石是一种动载冲击,钻头在岩石上冲击振动,更容易使孔壁或岩心产生振动破碎,给护壁和采心工作带来极为不利条件;

针对潜孔锤钻进上述缺点,多年来作者从潜孔锤结构形式、钻具匹配、钻头类型、钻凿工艺方法等方面进行了研究,使其适应在复杂地层中钻进。现就已应用的几种技术措施加以介绍。

1 套管隔离护孔法钻进

1.1 异步跟管钻进法(常规下套管方法)

先用潜孔锤破岩钻进,而后下套管隔离,再换用小一级钻具在套管内继续钻进。这是钻孔钻进常用的方法。施工时尽量提高钻速,快速通过破碎带,其目的是为了缩短外界因素(冲洗液浸泡)作用时间,使孔壁能在一定时间内保持稳定,这样即可赢得一部分时间,然后再下套管隔离护孔。

作者于1995年在广东某地进行工程勘察时,曾采用潜孔锤钻进。勘察港区系劈山填海建造,地层上部为抛填土石,中部为残留淤泥质土,下部为陆相沉积岩(图1)。针对港区地层主要是抛填石堆积

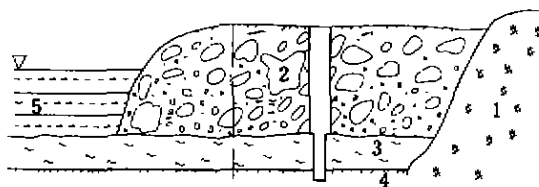


图1 盐田港工程勘察地质剖面图

1—花岗岩;2—含泥砂硬抛石;3—淤泥质土及淤泥;

4—亚砂土、亚粘土;5—海水

层,岩石破碎坚硬,采用GC-110型潜孔锤配备 $\varnothing 130$ mm钻头,裸眼钻进一径到底,穿过淤泥质土层

后,即下 $\varnothing 108$ mm 套管后进行清孔、取原状土并进行标贯试验。

钻进中出现的问题及对策:(1)钻进中经常会出现塌孔、掉块现象。故快速成孔,尽量一气呵成,避免多次提钻扫孔;(2)钻进深度达到海水面以下时,回填土、砂与海水混合生成泥包,糊在钻杆与钻孔环状间隙中,使工作风压升高,排气循环减弱或停止,导致潜孔锤工作效率下降甚至不工作,钻头磨损严重,使进尺缓慢和不进尺。钻进中出现这些现象后,向钻杆内灌注一定量泡沫剂(实际用洗衣粉代替)稀释泥包,即可排除故障,恢复正常工作。

施工表明:在堆积层采用潜孔锤钻进时效可达 15.6 m/h,最高达 21 m/h;潜孔锤柱齿钻头寿命可达 80 m/只。虽然港区抛石堆积层密实度较差,与海水相通,个别孔段存在空洞,但由于空气潜孔锤钻进是低密度介质,对孔壁压力小,钻进中避免了处理漏失所需时间和材料消耗;抛石堆积层虽软硬不均,但所有钻孔未发生孔斜超差;勘察孔虽然地层破碎、坍塌掉块,极不稳定,但由于潜孔锤钻进效率高,裸眼时间短,都能一径到底,只需下一层套管成孔,然后取样或做标贯试验,简化了钻孔结构。

1997 年 1 月~3 月,作者采用潜孔锤在吉林省松花江上游水下复杂地层中钻凿爆破孔,工程目的是将松花江底部卵砾石和基岩剥削至 5.5 m,形成江水自流到岸边储水池引水戽头和埋设输水管线基础。工程总长 192 m,宽度分别在 82 m~ 12 m,总孔数 845 个。由于江底面起伏不平,水深变化较大。地层自上至下为①夹有 25% ~ 30% 砂卵砾石层,粒径平均为 0.04 m~ 0.3 m,最大 1 m 以上;②风化玄武岩层,厚 0.5 m~ 0.8 m,裂隙发育、破碎;③较完整基岩,墨绿色隐晶质,可钻性达 8 级;④基岩中夹有 0.8 m~ 1.2 m 裂隙、含有气孔的破碎带;破碎带以下是坚硬的玄武岩地层(图 2)。

施工工艺方法:

1) 上部采用套管隔离护壁法

该工程采用 GC-100(或 W-150 型)潜孔锤用法兰与 $\varnothing 127$ mm 岩心管连接(图 3)。送风使潜孔锤冲击再加钻机加压,直接将岩心管打入卵砾石层,至不进尺为止;然后再开动钻机边回转边冲击,至岩心管稳固地坐在风化层基岩内。此时岩心管下部不再返风,江水中不见气泡;若遇到大卵砾石即岩心管未到基岩,这时将潜孔锤与岩心管法兰卸开,再将潜孔锤换成小一级的 WC-85 型潜孔锤(图 4),在 $\varnothing 127$ mm 岩心管内钻进,清除岩心并超前钻进,将大卵砾

石打碎后,继续进行取心钻进,直至岩心管坐在稳固基岩为止。将 $\varnothing 127$ mm 岩心管留在孔内作为套管。

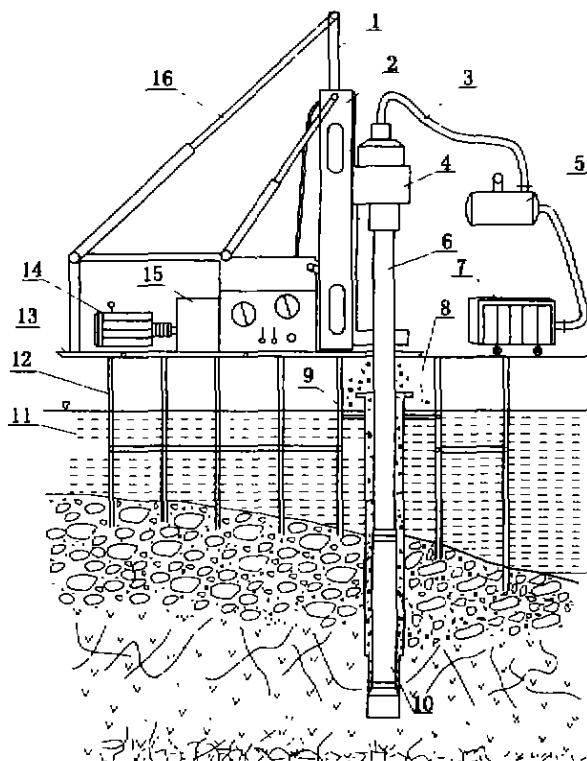


图 2 GC-100 型潜孔锤施工设备及地层分布图

1—副桅杆;2—主桅杆;3—送风胶管;4—动力头;5—储气罐;6—钻杆;7—空压机;8—套管;9—套管支撑架;10—潜孔锤;11—江水;12—平台架;13—钻机基架;14—动力;15—液压马达及操纵台;16—斜支撑拉手

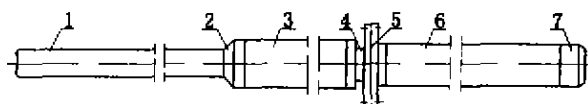


图 3 卵石钻进工具示意图

1— $\varnothing 73$ mm 钻杆;2—异径接头;3—W-150 冲击器;4—花键接头;5—法兰盘;6— $\varnothing 127$ mm 岩心管;7— $\varnothing 130$ mm 管靴

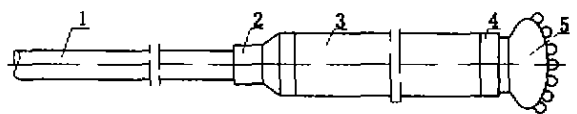


图 4 基岩钻进工具示意图

1— $\varnothing 73$ mm 钻杆;2—异径接头;3—WC-85 冲击器;4—花键接头;5— $\varnothing 100$ 球齿钻头

(2) 基岩地层钻进

套管固定后,采用 WC-85 型潜孔锤配 $\varnothing 110$ mm 柱齿钻头在套管内钻进,清除卵砾石层及岩心,操作时采用慢转、轻压、勤提动、大风量规程,以免岩屑过大,夹在冲击器和套管环状间隙内,造成卡钻事故,或带动套管拔起或破坏套管稳固性。

当冲击器超过套管底端面 0.3 m 后,采用快速

钻进。再遇地层破碎、裂隙、气孔发育时,由于地层内串气、漏失,上返流速降低,为排除岩屑,应勤提动钻具强吹排粉,保证正常钻进。

施工表明:气动潜孔锤钻进卵砾石层、坚硬破碎、裂隙发育地层,不仅钻进效率高,而且钻头寿命长,使用压气作为冲洗介质,解决了因气温低(-39°C)而管路冻结的问题。该项工程不仅总结出一套水下钻进经验。并取得了较好的经济和社会效益。

1.2 潜孔锤同步跟管钻进法

即潜孔锤一边钻进,套管一边随钻头下入孔内。跟进的套管具有稳定孔壁和保护孔口作用,而且钻进、排渣和护壁3个工序同时进行,使钻孔工作得以顺利进行。这是一种既发挥潜孔锤碎岩效率高的优点,又设法克服其护壁性能差而采取的一种工艺措施。目前已用于生产的有:瑞典的“ODEX”偏心扩孔法、德国的“土星”和“海王星”双回转钻进法、美国英格索兰公司的对心扩孔法。作者为解决香港马鞍山工程研制了单偏心式和双偏心式两种偏心扩孔钻头,其结构如图5,图6。

KD-560/520型及KS-560/520型两种偏心扩孔钻头结构简单,加工方便,经生产性试验表明,偏心扩孔钻头伸张及收缩动作可靠,使用寿命长。

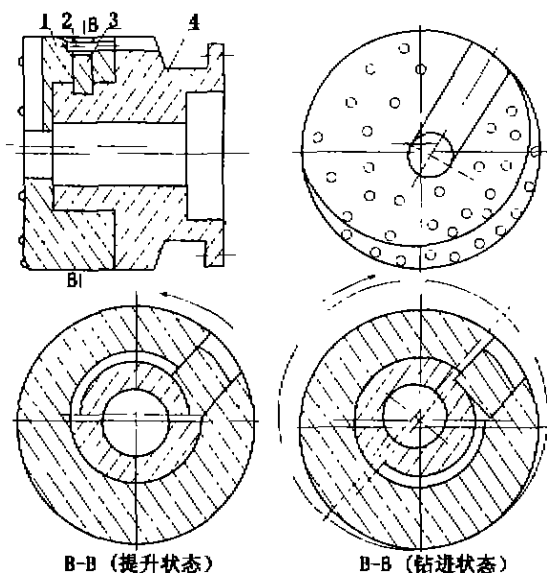


图5 单偏心扩孔钻头

1—切削齿底唇固定;2—销;3—挡块;4—钻头体

2 贯通式潜孔锤应用于复杂地层钻进

为了实现反循环连续取心(样)钻进,作者于80年代末研制了CQ-200/62、CQ-100/44型两种贯通式潜孔锤。反循环连续取心(样)贯通式潜孔锤钻

进是集潜孔锤钻进、反循环钻进、连续取心(样)钻进于一体,综合应用了多种先进钻进工艺。

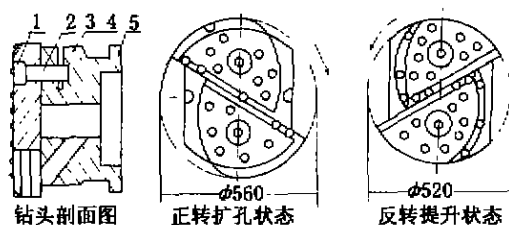


图6 双偏心扩钻头

1—切削齿板;2—销轴;3—定位销;4—挡圈;5—钻头体

贯通式潜孔锤反循环连续取心(样)钻进原理如图7。压气进入双通道水龙头,经主动钻杆及双壁钻杆到达潜孔锤,驱动活塞,产生高频冲击,钻具仍

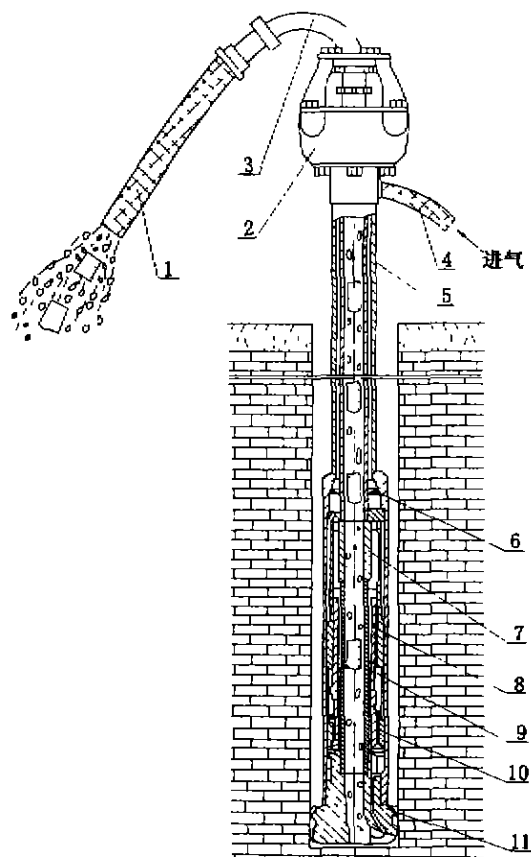


图7 贯通式气动潜孔锤反循环连续取心(样)钻进原理图

1—排心(样)管;2—双通道气水龙头;3—鹅颈弯管;4—进气胶管;5—双壁钻杆;6—逆止阀;7—心管;8—内缸;9—活塞;10—衬套;11—反循环专用钻头

由钻机带动回转,使钻头既有冲击又有回转作用破碎岩石。反循环专用柱齿钻头对孔底岩石呈环状破碎,从而产生柱状岩心。经过冲击器工作后的压气由钻头底喷排气孔喷出,吹洗孔底岩屑并冷却钻头,再由钻头唇部导流作用将气流引入钻头中心孔,然后通过双壁钻杆中心通道,携带岩心(样),输送到双通道气水龙头的中心孔,经鹅颈管、排心(样)管进入

岩心(样)采集器。

该钻进方法特点:主要是利用空气潜孔锤碎岩效率高,反循环系统冲洗液上返流速高,携带岩心(样)能力强,采用双壁钻杆既输送压气又兼有护壁作用,外环间隙无冲洗液介质及排出物的冲蚀,对孔壁扰动轻微,有效地把碎岩钻进和提取岩心(样)这两项原来分割的工作统一为连续作业系统,成为边钻进、边取心(样)、边洗井 3 种作业程序同时进行的钻探新工艺。

该成果已形成系列产品,其中 GQ-100/44 型潜孔锤经河南、宁夏、安徽等地矿局生产性试验,共进尺 2000 余 m,最大孔深 259.2 m,在坚硬破碎地层中平均时效 4.08 m/h,台月效率 1065.17 m,最大提钻间隔 86 m,与同矿区金刚石钻进相比,钻进效率提高 3 倍,台月效率提高 5~8 倍,成本降低 5~8 倍。

GQ-200/62 型贯通式潜孔锤主要用于水文水井钻探,经河南第一水文队使用,在可钻性 7 级灰岩地层时效达 9.16 m(仅配一台风量为 $10 \text{ m}^3/\text{min}$ 空压机),反循环取心率 100%,一个柱齿钻头进尺 104.5 m 基本无磨损。该钻具及钻进方法具有下列优点:

1)贯通式潜孔锤及双壁钻杆中空断面作为反循环通道,因断面小且直径不变,在有限供风量条件下可增大上返风速,提高排渣能力,避免孔底岩石重复破碎,从而可提高钻进效率及潜孔锤使用深度;

2)排渣效果不受钻孔孔径限制,因而可以一径成孔,改变了过去“小径打、大径扩”的工艺,从而简化施工程序,提高效率,缩短工期;

3)可与气举反循环钻进相结合,从而实现潜孔锤破岩、泥浆反循环护壁,可解决砂卵砾石、破碎坍塌地层、覆盖地层钻进孔壁不稳定的难题;

4)在破碎裂隙发育地层、漏失地层中由于反循环稳定可靠,不仅可保护孔壁,岩矿心采取率达 100%,而且块度大、质量好、判层正确及时;在钻进过程中不会出现孔内漏失或孔口不排渣不返风,避免孔内事故发生;

5)钻进过程即是洗井过程,不堵塞含水层,增大了水井出水水量;

6)钻进中孔口无任何返出物,无论干孔段、潮湿层或水下钻进,岩屑粉尘均由出渣管排出,不产生粉尘污染和井喷危害,改善了工作条件。

3 大直径潜孔锤在孤石、漂石地层中钻进

随机分布于淤泥质粘土、流砂等软层中未风化

的大孤石、漂石,由于岩性坚硬致密、表面光滑,可钻性达 9~10 级,单个直径 0.5 m~7 m 不等,是目前大直径工程井施工中一大难题。主要问题是岩石坚硬钻进效率极低,岩石表面光滑,钻头导正作用差,孔斜严重超差,孔内钻具与岩石摩擦导致钻杆折断和掉钻头事故(图 8)。

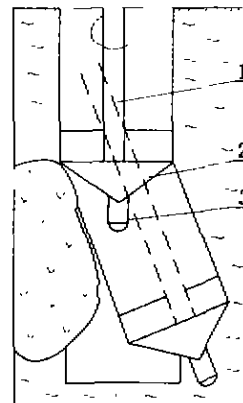


图 8 钻头沿岩面下滑

1—钻杆;2—笼式钻头;3—超前导向钻头

采用潜孔锤在该类地层中钻进时,如要获得理想效果,必须使破碎单位面积岩石上达到足够冲击功,因此随着井径增大,岩性变硬,必须增大耗风量,所匹配的空压机就得增多,为节省能耗和减少一次性投资。作者对潜孔锤与爆破方法相结合复合式钻井工艺进行了试验研究,钻进工艺过程有如下几种。

3.1 探孔预爆法

即在大井原位,用小直径风动潜孔锤钻凿小孔,既是补充详勘,探明岩性及孤石、漂石分布情况,如遇到大孤石、漂石又可作为装药爆破的炮眼,待大岩块炸碎后再用大直径潜孔锤直接钻井。钻进工艺过程见图 9。探孔预爆法,在原岩中进行预爆,装药量可大一些,爆破效果会更好,也不需顾忌孔壁的坍塌问题。此法在长江三峡水利枢纽工程一期围堰防渗墙施工中,共预爆 62 个孔,取得十分理想效果。

3.2 筒状钻头进行环槽破碎岩石+爆破+反循环排渣

钻进工艺为:潜孔锤用筒状钻头钻进,形成岩心再从钻杆中下入炸药包(砾石弹→炸碎炸裂岩心→再送风使潜孔锤工作由筒状钻头顶端冲碎岩心→再用泵吸反循环排屑)。这样反复钻进成孔,钻进工艺见图 10。

爆破方法很多,主要有打眼爆破及聚能爆破两种,经使用对比各存在如下优缺点:

1)打眼爆破法

即在钻孔钻进遇到大孤石、漂石时,再在岩块上

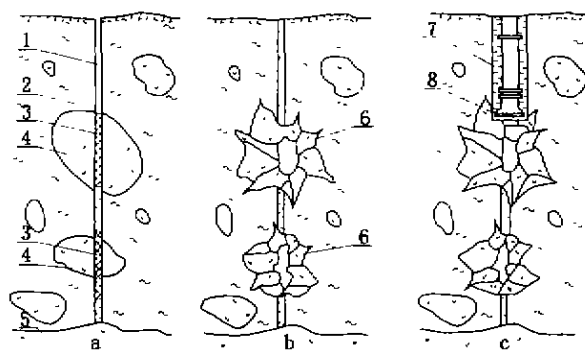


图9 探孔预爆法工艺过程示意图

1—小钻孔;2—松软地层;3—炸药包;4—大孤石、漂石;5—基岩;6—炸碎后的大孤石、漂石;7—大直径潜孔锤;8—潜孔锤钻头;a—预钻探孔并装药;b—炸碎后的大孤石、漂石;c—用大直径潜孔锤钻孔

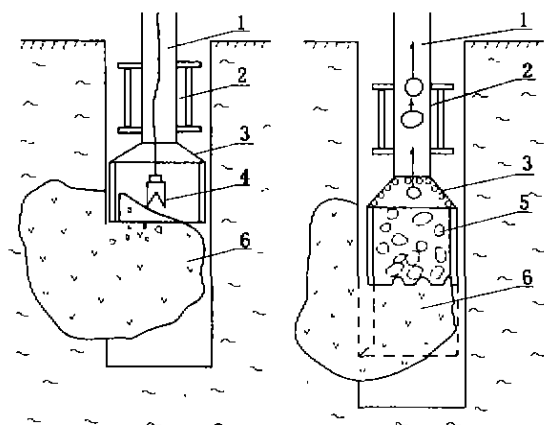


图10 沿孔冲击成岩心——爆破——排渣钻进工艺图

1—钻杆;2—FGC-15型贯通式潜孔锤;3—筒状钻头顶盖硬质合金;4—砾石弹;5—碎块;6—大漂石

钻一个或多个小孔,在小孔内装药爆破。这种方法对比探孔预爆法虽可节省钻进工作量,但是在孔内钻小孔必须先下小套管,同样会产生钻具偏斜,难于固定套管等问题。在实践中曾采用小口径金刚石钻头钻进,由于无法提高转速,结果不仅效率低,钻头寿命短,成本很高,而且实现上述钻小孔时,必须将孔中大直径潜孔锤钻具提出,增加了辅助时间。

DOWNHOLE HAMMER DRILLING IN COMPLEX FORMATION

Jiang Rongqing, Yin Kun, Gu Hualiang

On the basis of studying downhole drills' structure, bit type and drilling technology, such technology as casing drilling with downhole drills', hollow-through downhole drills in complex formation, large diameter downhole drill in isolated big pebble formation are presented in this paper.

Key words hollow-through downhole drill, casing drilling, complex formation

第一作者简介:

蒋荣庆 男,1932年生,现任长春科技大学勘探工程研究所所长、教授、博士生导师,国家级有突出贡献专家,曾任中国岩石力学和工程学会岩石破碎专业委员会、全国大口径工程井钻进技术协会副理事长。

通讯地址:吉林省长春市 长春科技大学探工系 邮政编码:130026



2) 聚能爆破法

利用药柱一端孔穴来提高局部破坏作用效应,称为聚能爆破。影响聚能爆破威力与下列因素有关:①炸药性能;②药柱下端药型罩的材料、形状、锥角、壁厚等;③炸高;④药柱包的壳体及几何形状。图11中(a)是药柱端部不带锥形孔穴的罩,爆炸产物沿近似垂直于药柱表面向四周飞散,作用于底面上的仅仅是从药柱一端飞散出的炸药物,约等于药柱端面面积,所以在底端只炸出一个很浅的凹坑。图11中(b)药柱药量虽然比(a)药包少,但由于在下端有一锥形孔,爆破后在底部炸出一个较深凹坑;图11中(c)是药柱下端锥形孔穴表面嵌装一个金属锥形衬套(又称药形罩),这种药包爆炸后在底部炸出一个更深的凹坑。实验表明:不同底部锥形罩破坏效果不同。大直径工程井在硬岩、孤石、漂石中采用潜孔锤及聚能爆破相结合复合式钻进工艺,既可提高钻进效率,又可克服大孤石、漂石中容易导致孔斜。是一种工艺简单,安全易行,节省能源,成本低的施工方法。

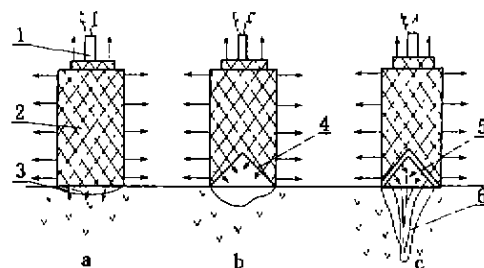


图11 不同药柱结构的爆破效果

1—雷管;2—药包;3—破碎穴;4—锥形罩;
5—金属锥形药形罩;6—爆破锥形孔

4 结论

随着潜孔锤结构形式、钻具匹配、钻头类型、以及多种钻进工艺方法的发展和完善。潜孔锤钻进将成为复杂地层钻进一项重要技术措施。