

53-55

## CG 经济型滚刀钻头的研究及应用\*

TU 991.12

刘三意

(国土资源部勘探技术研究所·廊坊·065000)

TU 631

介绍了滚刀钻头的特点、破岩机理、分布规律以及钻进参数等因素对钻进效果的影响,并通过施工实例对目前滚刀钻头使用中所存在的主要问题进行了分析。

关键词 滚刀钻头 破岩机理 效果分析

钻头 水井工程



岩土工程

在大口径基岩和水井工程施工中,回转钻进破岩是目前国内外工程施工中最有效、经济和快捷的工艺方法。而回转钻进中常用的刀具主要是各种形式的滚刀钻头。破岩滚刀从结构形式上大致分为镶齿、

楔齿和盘型滚刀。镶齿滚刀主要用于硬岩钻进,因价格昂贵难以用于基桩工程和水井施工;在楔齿滚刀中,传统的楔齿主要采用喷涂、电焊 GW 合金、激光熔敷等方法进行强化刀齿表面处理,效果不甚理想;而盘型滚刀只是将刀齿作圆周状分布,其刀齿材料和处理方式同楔齿和滚齿大致相同,主要用于反井钻进和巷道掘进,价格较高。针对这种情况,我们开始研究 CG 经济型滚刀及滚刀钻头。CG 型滚刀的最大特点就是采用高强度、高硬度、高耐磨性的钢结硬质合金作为刀齿,合金密封,大大提高了滚刀钻头的可靠性和使用寿命,降低了产品成本。该型滚刀钻头在基岩中钻进最高寿命达 140 m,在中硬地层中钻进最高可达 0.5m,在硬地层中钻进最高钻进达到 0.3 m,充分显示了其在基岩钻进中的优势。这种经济型滚刀于 1993 年通过了地矿部部级鉴定。1995 年获国家级新产品证书,1996 年该型滚刀又获地质矿产部科技成果三等奖。

## 1 CG 型滚刀钻头的主要特点

(1)选用新研制的 TM 系列钢结硬质合金为刀齿,它有极好的耐磨性,良好的冲击韧性和可焊性。合金中的硬质点为 TiC,其显微硬度为 (HV)3200,而岩石中主要的磨蚀点为 SiO<sub>2</sub>,其显微硬度为 (HV)1130~1400,远小于 TiC 的显微硬度。

(2)选用高强度合金焊条为焊接材料,刀齿焊接强度可达 80 MPa~100 MPa,并在刀齿布置上采取措施,使焊缝尽量避免过早磨损。加工方便,修复容

易,成本较低。

(3)滚刀心部轴承的损坏是滚刀失效的主要原因。CG 型滚刀采用具有国际先进水平的合金密封环,其性能已达到国际先进水平。经室内试验和工地批量试验,在泥浆和砂石中工作 500 h~1000 h 后,仍能保证密封,提高了轴承的使用寿命。

(4)滚刀所用轴承选用标准向心推力轴承,因不需专门加工定做,成本低、易于更换。普通竖井用滚刀钻孔深、孔径大、钻压大,多用非标轴承或复合轴承,成本很高。

## 2 滚刀钻头的碎岩机理及滚刀分布规律

滚刀刀齿对岩石的破碎作用有 3 种,即压碎、冲击和剪切。压碎是刀齿在钻压的作用下对岩石的静力压碎作用,压碎作用的效果主要取决于钻压的大小和岩石的硬度;冲击是由于滚刀滚动时不同刀齿交替作用于岩石时而使滚刀轴心产生上下往复振动,从而对岩石产生冲击,冲击力的大小与滚刀的齿数、转速和钻压有关,它与齿数成反比,与转速和钻压成正比;剪切则是由于滚刀在岩石上滚动的同时,刀齿还有一定的滑移,从而对岩石进行剪切破碎,剪切作用则取决于滚刀的回转半径和主锥角,由于滚刀的主锥角是一定的,在钻头上有个纯滚动带,离纯滚动带的距离愈远,刀齿的滑移愈大、滑移速度愈快,剪切作用也就愈强。

同一个钻头上,回转半径不同,滚刀的破岩效率也不完全相同。根据岩石破碎机理可知,钻进软岩时,剪切破碎破岩效率高;钻进中硬岩石时,以冲击加剪切的方式破碎岩石效果最好;而钻进较硬岩石时,则应以冲击方式破岩为主。因此,要保证滚刀钻头达到最佳钻进效果,并使各部位滚刀基本达到均匀磨损,钻头上的滚刀布置应根据所钻岩石有软硬程度来调整。

本文 1998 年 10 月收到,王 梅编辑。

\* 地质行业科学技术基金资助项目。

一般来讲,破岩效率低而滚刀磨损快的区域,滚刀数量要适当增加。另外,由于不同回转半径上的滚刀的破岩效率不同,工作量也不一样,其磨损呈不均匀性。因此,应尽可能使不同回转半径上的滚刀工作量尽可能相同,以使整个钻头钻进平稳,磨损均匀。因此,在组焊滚刀钻头时应根据不同的地层、循环方式和钻机加压能力等调整滚刀位置,以使钻头在使用中发挥其时效高、寿命长的特点。

### 3 工艺参数对钻进效果的影响

影响钻进效果的因素有许多,除钻头本身的结构因素外,钻进参数也是影响钻进效果的关键因素。由于钻头上除纯滚动带上的滚刀是以压碎加冲击破岩以外,其余滚刀均以3种方式联合作用进行破岩。因此,大口径基岩钻进的一般原则是大钻压、低转速和大泵量。

钻进压力是影响钻进速度的重要因素,应随岩石的硬度增加而增加,以保证单位刃长上的静压力大于岩石的破碎强度,从而以体积破碎方式碎岩。钻进压力应以平均每把滚刀上的压力为10 kN~10 kN为宜。钻压过大会使滚刀内轴承过早损坏,合金刀齿崩刃。

回转速度是影响钻进效果的另一重要因素,理论上转速增大,钻速提高,但若越过规范范围,使最外圈滚刀自转速度过快,会影响滚刀寿命,同时由于刀齿冲击速度过快,造成刀齿崩刃或过早磨损。一般以钻头边刀刀刃最大线速度 $\leq 1.5$  m/s为宜。

泵量和循环方式对钻头寿命影响较大,泵量的大小直接影响孔内岩渣的排出速度,泵量太小会使孔内岩渣不能及时排出钻孔,造成孔底重复破碎,同时还将加速刀齿和钻头体的磨损,影响钻头寿命;但泵量过大易造成塌孔等事故。为保证孔底干净,提高钻进效率,应尽可能采用反循环钻进。泵量大小应保证钻杆内冲洗液上返速度达2 m/s~4 m/s。

### 4 钻头设计的要点

设计钻头时,除遵循一般基本原则以外,还必须考虑:①设计钻头时,保证钻头整体的重心在钻头的中心线上;②在底盘上布置滚刀时,一般每一回转半径上不少于2把滚刀,并随回转半径的增大,滚刀数逐渐增多,并保证每把滚刀的工作量基本相同;③钻头上设计有护筒和护块,护筒可起到导正作用,护筒内还可摆放配重;④钻头主要是靠滚刀上的合金以冲击加剪切的方式直接破碎岩石,孔底应尽量减少

岩渣,因此,钻头底盘上应设计有挡板和导流板,使孔底岩渣迅速排出,减少重复破碎;⑤在卵砾石地层钻进时,应选用高切削刃的滚刀作刀具。

### 5 使用效果及分析

实例1 1995年在江苏徐州烟厂工地,钻进地层为灰岩,其抗压强度最高达87.8 MPa,使用3个直径为1.1 m滚刀钻头,共施工钻孔70余个,每孔钻进基岩3 m左右,其中在基岩上部有前期施工留下的厚100 mm的钢筋混凝土板,其中钢筋直径16 mm,还有部分5 mm×50 mm的钢带和 $\phi 10$  mm的钢丝绳。始初采用普通刮刀钻头和牙轮钻头均无法通过该层,采用滚刀钻头后,因滚刀可将钢筋切断、斩碎,使其一部分随泥浆排出;另一部分则缠绕在滚刀刀座上被带出钻孔。在该工地,平均每个钻头寿命超过70 m,钻进钢筋混凝土板2.2 m以上。由于未能加压,仅靠钻头自重钻进,时效仅有0.2 m/s~0.3 m/s。

实例2 广东某工地,使用 $\phi 2.0$  m滚刀钻头在海上施工桥桩,地层为强风化、中风化至微风化花岗岩,开孔见基岩,孔深28 m,要求进入微风化花岗岩10 m,该钻头共施工钻孔5个,累计140 m,其中钻进微风化花岗岩50 m。钻头在中风化和微风化花岗岩中的平均时效分别为0.4 m和0.17 m。钻进时最大加压150 kN。

实例3 1994年在山东某工地,使用 $\phi 1.5$  m滚刀钻头1只钻进桥桩,孔深28 m~30 m,入基岩2 m。基岩上部有1 m~2 m的卵砾石层,共22个桩孔。用滚刀钻头从开孔一直钻进到基岩,加压仅30 kN,共钻进覆盖层600 m,钻进卵石层近40 m,钻进基岩45 m,在基岩中平均钻速达0.38 m/s。该工程完成后,此钻头仍能继续使用。

从以上3个工程施工实例中充分显示了滚刀钻头适应地层范围广、钻头寿命长、时效高的特点。在使用中普遍存在着一些问题,影响滚刀钻头优势的发挥:

(1)由于设备条件所限,钻进压力不够。在基岩钻进中,钻进压力的大小直接影响钻头的时效和寿命,如果钻进压力太小,滚刀的刀齿不能压裂岩石,将难以实现大体积破碎,影响钻头时效和寿命。同时,由于刀齿不能压入岩石,刀齿齿尖也会迅速被磨平,从而造成滚刀失效。

(2)钻进加压方式不对。在钻头上靠配重加压时,钻头的配重必须直接加在钻头上或与钻头相连

的钻杆上,不可在孔口加压或将钻杆体的重量加到钻头上,否则易发生断钻杆事故。有些单位施工时靠钻杆自重加压,甚至孔口加压,结果造成钻杆柱疲劳断裂,有时还造成孔斜。在使用滚刀钻头钻进时,要按要求配足配重,实现孔底加压,减压钻进。

(3)泵量及循环方式不合理。大口径施工中,应尽可能使用反循环,同时泵量也应适当加大。用正循环工艺在岩层和卵砾石层钻进时因泥浆从孔底中部向孔壁流动,加上离心力作用,使大部分较大颗粒的岩渣聚集在边刀、底盘、护筒和孔壁之间,如泥浆流速太低,则很难将其排出,使钻头在孔底重复破碎,造成边刀、护筒和底盘非正常磨损,尤其造成边刀过早失效,影响施工。这是目前钻头损坏的主要原因。通过几个工地的调查发现,采用反循环工艺,其岩渣尺寸大至50 mm~70 mm,小到5 mm~7 mm,而采用正循环时,其岩渣尺寸均在5 mm以下,由此可见采用正循环时孔底重复破碎的严重程度。

(4)边刀磨损严重。在钻进中,无论正循环还是反循环,在底盘以下靠近边刀座附近,由于过流断面突然增大,泥浆流速降低,使得边刀座附近聚集有大量岩渣,在钻头回转时对刀座产生磨损,如果钻速快,泵量小,磨损更加严重,甚至在滚刀还完好时边刀座外侧已严重磨损而无法继续使用。

对此,应减小边刀附近的过流断面,使岩渣无法停留,以保证边刀正常工作。为防止边刀座磨损,可在每把边刀的前部(沿回转方向)和靠近边刀座的底盘上加焊镶有合金的刮渣板,以减少岩渣对边刀座的磨损。为防止钻头的底盘和护筒过早磨损,造成孔内事故,一方面将底盘水口开大,另一方面,在护筒的圆周上由下至上顺着钻头回转的方向连续焊上几组导正块,既可导正,又有助于将孔内的岩渣导出,同时,在钻头上增加捞渣筒。除此之外,还应在

钻头上部安装导正器,以减小钻头在孔底的振动,从而减小边刀的磨损。

(5)孔内异物。在实际应用中,造成滚刀非正常磨损的另一主要原因之一是钻孔内掉有金属器具(如螺栓、扳手等),将滚刀和刀座之间的间隙塞住,造成滚刀偏磨失效。因此,施工中应保证孔底干净,无金属器具掉入钻孔。一旦发现孔底有异物,应立即打捞。在滚刀设计时,也应使滚刀和刀座之间的间隙增大,使稍小一些的金属器具无法卡住滚刀。

在滚刀钻头的应用中发现,在软岩中钻进时,钻头边缘部分的滚刀磨损较大。而在硬岩中钻进时,钻头中部的滚刀磨损较大。因此,在设计大口径滚刀钻头时,如果在不同回转半径上使用不同主锥角的滚刀,外圈滚刀主锥角应小些,内圈则应大些,滚刀钻头的时效和寿命还会进一步提高。

对于目前所存在的各种问题,在加工组焊钻头时应予以充分考虑。钻头体的结构、环状间隙的大小、滚刀的数量及布置、吸渣口的位置、大小及形状等,都应根据钻头的大小、岩石的软硬、施工所采用的循环方式、钻机的扭矩及转速等具体条件进行适当调整,使钻头上的滚刀在失效之前能保持较高的时效和寿命。

滚刀钻头现已广泛应用于地矿、冶金、煤炭、有色、建筑、电力、水利、铁路、公路、市政等部门的桩工程施工中,彻底改变了在基岩钻孔中手段落后的面貌。多年来,在软、中硬、硬岩和卵砾石层基桩孔钻进中,经过不断改进和推广,已使用直径0.8 m~2.0 m的钻头100多个,总产值达500余万元。滚刀钻头已经广泛应用于全国30多个省市,入岩总进尺山超过6000 m。CG型滚刀钻头因其使用效果好,综合造价低,刀具更换和修复方便,具有广泛的推广应用前景。

## DESIGNING OF THE CG HOB BORE BIT AND ITS APPLICATION

Liu Sanyi

The characteristics, rock-cutting mechanism, distribution regularities and drilling parameters of the hob bore bit are briefed. Based on the practical cases, the main problems present in the current use of the hob bore bit are analysed.

**Key words** hob bore bit, rock-cutting mechanism, analysis of effectiveness

### 第一作者简介:

刘三意 男,1963年生,高级工程师。1985年毕业于中国地质大学(武汉)探矿工程专业,1988年获长春地质学院工学硕士学位。现任国土资源部勘探技术研究所大口径钻头与钻具研制中心主任。主要从事基础工程施工设备及工艺器具的研究与开发。

通讯地址:河北省廊坊市金光道77号 国土资源部勘探技术研究所大口径钻头与钻具研制中心 邮

编:065000

