

机井钻进用

VB-1型阶梯三翼刮刀钻头

西北农学院水利系 赵尔慧*

序 言

钻头是保证机井钻进成井质量高（直、圆、光）和快速的先锋。当前在农田机井建设中，所用的钻头多系鱼尾、三翼和牙轮钻头。这些钻头均存在一定缺点，不是成孔质量难于保证（因摆动易于偏孔），就是钻进效率低，使用寿命短，或易于产生故障等。

鉴于上述情况，我们与富平县水电局和咸阳地区水利机械修配厂协作，共同承担陕西省科委渭北地下水开发利用综合研究项目中关于钻头研制的课题。共设计四种方案，均在进行反复考核试验。其中VB-1型（包括VB-a型）已在富平、乾县、蒲城、礼泉等县的不同钻机和操作人员的试钻中，显示出了这种钻头的优越性，深受钻机试钻人员的欢迎。它的优点是：钻进效率高，成孔质量高，耐磨损，使用寿命长。

一、基本构造

VB-1型钻头的构造是比较简单的，它主要分为钻头体，喷流头和刀翼三部分，均采用45号中碳钢分别加工，再用电焊组装在一起（图1）。

钻头体主要用以镶嵌刀翼和联接钻杆。为了减小刀翼的扭层应力和有可能采用普通钢材，改其直径按180-200毫米设计。且按国产钻杆接头连接规范连接，并采用520或620丝扣（即5吋或6吋贯眼母接头）。再采用短节过度变径接头，使与普通钻杆或钻铤相连接。

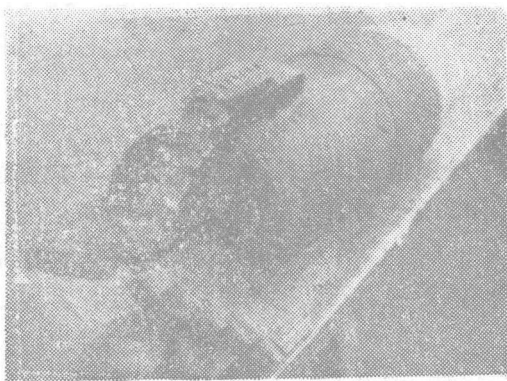


图1

喷流头，位于钻头体的下端。专门设置有供冲洗液喷射的水眼，为了减少冲洗液的涡

* 富平县水电局水工队的贺新民、赵升华、刘建华等同志；咸阳水利机械修配厂的郑祥林、严志学等同志，参加本课题协作试验，在此一并致谢。

旋水头损失和上升阻力,故将喷流头设计成半球形。水眼除每翼正面相距 35° 设一眼外,在中心还增加一眼,以防粘泥在刀翼之间粘接,并能直接冲向孔底,以松动岩层加快钻进。水眼还应具有一定的锥度,以加强冲洗液的喷射强度。故采用内径为 $\phi 20$ 毫米,外径为 $\phi 17$ 毫米。如暂无专用头,可制成 $\phi 18$ 毫米的园孔。

为了便于加工,喷流头应单独制作,然后与钻头体组装焊接成一个整体。

刀翼,共有三个,每个刀翼的刃部呈 $5\sim 7$ 级阶梯形刃齿,每级刃齿单独突出向前倾 75° 。刃齿之间尚有4毫米宽的水沟,以供冲洗液流通。刀翼是用30毫米的厚钢板制作,为了增强刃齿切削刃的强度和耐磨性,故在其刃端和侧缘部镶装以不同规格的钻探硬质合金。

二、技 术 特 点

我们综合分析了现有各种刮刀式钻头的优缺点,不论是二翼的鱼尾式,还是三翼式,其优点是构造简单,制作容易。但其主要缺点就是当遇到三级岩层就进尺过缓,工作不稳定易于产生偏孔,而且使用寿命短。又据渭北黄土高原的地质条件,上部主要是黄土、黄土类亚粘土、古土壤和钙质结核。下部有红色重亚粘土和钙质结核、亚砂土、以及粉细砂或粗砂砾石等。少数可遇石灰质基岩和砾卵石等。总之,大部分属于风积、沉积、坡积和冲洪积的粘塑性和松软性岩层,其可钻性多在三级以下。但钙质结核层较多(在200米内常可遇十数层),而且软硬差别较大,可钻性可达四级,个别也有达到五级的。这种钙质结核层是难以钻进的。故本钻头考虑到这种情况,又照顾到其它岩层,以充分发挥其作用。至于对砾卵石层,如为少数薄的夹层,放缓钻速便可钻通。唯对厚层者则不作为考虑对象。

另外,还考虑到机井钻机和农田机井建设广泛的群众性,因而本钻头具有如下的一些技术特点。

(一) 构 造 特 点

本钻头目前设计两种规格,其构造基本上是相同的,唯直径和刀翼略有出入。一种是直径为 $\phi 450$ 毫米者,主要考虑为300型钻机所配,每个刀翼上有七级相同的阶梯刃齿,暂定名为VB-1型(渭北——第一种)。另一种直径为 $\phi 300$ 毫米者,适宜150——200型小钻机配用,其刀翼为五级相同的阶梯刃齿,因其与前者基本类同,故暂定名为VB-1a型。

这种钻头的构造特点主要表现在刀翼上,大致为:

1、本钻头为了保证工作稳定,并兼有定向(或称定心)不易偏孔的作用。每级刃齿约为 $25\sim 30$ 毫米宽,30毫米高;使其构成整个钻头的钻进角度为 $110^\circ\sim 120^\circ$ [即 $\theta = 30^\circ\sim 35^\circ$ (图2)]。

2、考虑到当前在机井建设中所使用的各种旋转钻机,在钻进时的钻压,主要靠钻具的自重。而在大多数的情况下,又缺少钻铤,故钻具的自重常常是有限的。但钻头的钻进,不仅需要刃尖锋利坚固,还需要有足够的钻压。钻压在钻进时与岩层的关系如下式所

示:

$$p \geq SC$$

式中: p ——钻压(公斤),
即在钻具拉压中心点以下的重量;

S ——钻头刀刃与岩层的
接触面积(厘米²);

C ——岩层的硬度或抗压
入阻力(公斤/厘米²)。

从上式表明钻头的刀刃要切入岩层
时,所加以钻头刀刃上的钻压强
度,必须超过岩层的硬度或抗压入

阻力,钻压强度愈大切入岩层也就愈深,其破碎岩层的效率也就愈高,反之,不仅进尺慢、
效率低,且刀刃的磨损量也极大。

鉴于机井钻机不能随意加压的这种特点,为了充分利用既定钻压,而将其刀翼的刀刃
由水平状改为阶梯形。使其在钻进时,能自动调节钻压强度以适应各种可钻性的岩层。

如图2所示,当钻头在开始工作时,由于钻压集中,刀刃首先切入岩层的是中间最低
的第一级刀齿。在钻头被驱动运转的情况下,很快就可以在钻孔中心先钻一小孔,接着第
二级、第三级刀齿……都相继切入岩层逐步扩大钻孔而行钻进。在保证 $p > C_0$ 的情况下,

(此处 $p_0 = \frac{P}{S_0}$ 钻头全部刀刃工作时的钻压强度)即在松软岩层中工作时,钻头刀翼的全
部刀齿都在有效地工作。但当孔底岩层局部或全部变硬,即 $C_1 > C_0$, 或 $p_0 < C_0$ 时,钻
压就可自动调节集中于某一级或某几级,即由 p_0 变为 p_1 (此时 $p_1 > p_0$) 以有效钻进。只
有当 $p_0 < C_0$ 时,即调节至最后钻压强度仍小于岩层的抗压入强度时,钻头便失去钻进能
力,但这种岩层的可钻性,已超出本钻头的设计范围了。

3、为了加强刀翼的切削能力,其切削角 α 选用 75° , 刃尖角 β 选用 27° , 均较一般刮
刀钻头要小。但减小后,对松软岩层切削有利,而对较坚硬岩层,极易磨钝或崩刃。在采
用普通钢材的情况下,为了克服这一缺陷,我们在其刀翼刃齿部,镶装以各种型号的钻探
硬质合金。为了保护刀齿外侧和水沟被磨损,相应也要堆焊少量钨钢粉。

虽然硬质合金造价较高(每公斤50元左右),但用量很少,每个直径为 $\phi 300-400$ 毫
米的钻头,硬质合金的用量只不过 $1.2 \sim 1.7$ 公斤。试钻结果证明,这样把“钢用在刀刃
上”的效果是很好的。它不仅可避免刀翼整体采用优质合金结构钢,而且硬质合金的强度
和耐磨性均较优质合金结构钢要高的多,从而提高了刮刀式钻头对岩层可钻性的钻进级
别,并且大大延长了使用寿命。

4、刀翼在冲洗水眼(即喷流头)下的高度,采用120毫米,以充分发挥冲洗液的冲
射作用,同时,又不易被钻松的岩屑而堵塞。侧缘磨擦部分也采用高约120毫米,使既保
证钻孔的孔壁能保持光滑,又能尽量减小刀翼与孔壁的磨阻力。

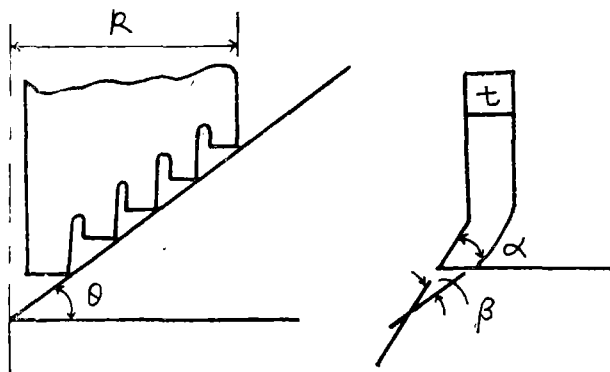


图2 刀翼示意图

“料105”（铜镍合金）等。这种钎料不仅流动性好，而且钎焊缝的抗剪强度也比较高（常温时在30公斤/毫米²以上），塑性优良且焊后不易脱焊。如暂缺这种钎料，可临时采用紫铜或黄铜丝代替，但易产生裂纹和脱焊等缺陷，故要认真进行和仔细检查。我们在试制过程中，作过对比，只要钎焊工艺按规定要求进行，采用黄铜丝作钎料，尚能基本上达到要求。

在选择熔剂时，应密切与钎料相适应。对于铜基硬钎料的熔剂，主要由硼化物组成。由于“料104”和“料105”钎料（包括铜丝）的熔点均较高（约900℃左右），故最好选用专门配制的铜焊粉或自制脱水硼砂。如未脱水的硼砂是不允许直接使用的。因为它在钎焊过程中，极易造成气孔等缺陷。

（5）对氧——乙炔火焰的要求。适于钎焊的火焰不能温度过高，因为过高易烧伤硬质合金。鉴于硬质合金的耐热性不允许超过1040℃，否则就会使其机械性能变质，从而失去切削能力。又按钎料和熔剂的特点，钎焊时宜保持950℃以下进行。如果温度过低，又会造成熔剂和钎料熔化不充分，使其流动性和湿润性能减弱，同样也就降低了钎焊质量。因此，一般宜采用大号枪头的还原焰（也称为碳化焰），因其温度较低易于掌握。且此种火焰中含有过剩的乙炔，故在钎焊时，能分解为碳和氢，可保护焊件和硬质合金不被氧化。但游离的碳和氢可渗入熔池会使焊缝的塑性降低，并产生气孔和裂纹，故又不能使用乙炔剩余过多的还原焰。

另外，在钎焊过程中，要时时注意火焰的变化状态，以及时加以调整。还要注意焰心与硬质合金之间最少应保持3—4毫米的距离，以防硬质合金被氧化。为了尽快地预热焊件和硬质合金，同时也能预热相邻部件，以及避免硬质合金过热，焊枪枪头的中心线与焊件面应保持150°—120°的倾角。

（6）焊件保温冷却或低温回火。焊件钎焊完毕后，应立即放于有石棉保温层的保温箱内，使其徐徐降温缓冷，以防产生变形、裂纹和内应力。保温时间一般应在8小时以上。如有条件，最好能将焊件放置于350°~380℃的电炉中进行低温回火6—8小时，则更能保证质量。

我们在试制时，上述两种条件均不具备，而将焊件置于有余火的红炉上，缓冷一夜，也可基本达到要求。但此法不易控制温度，要有人值班专门监视，故在正式生产时，不宜推广。

（7）钎焊操作工艺。因硬质合金的形状和钎焊位置的不同，其工艺也不相同。

甲、镶 焊

①将焊件夹持扶正，按设计图纸要求，将除污过的硬质合金粒放入相应的钻孔内，并使外露部分齐平。如合金粒容易放入钻孔内，便说明钻孔的配合间隙太大，如能用小铜锤轻轻击入，则表示符合紧配合的要求。

②预热。用外焰将钻孔周围和硬质合金循环加热至暗红色。

③在硬质合金顶端和周围撒上少许熔剂，再继续用外焰加热，至熔剂全部熔完。此时观察是否熔剂已将钻孔灌满，如未滿可再撒少许熔剂，再使熔完，一般有2—3次即可灌满。

④继续用外焰均匀加热(使焊件呈桔红色),即将钎料条或铜丝贴于硬质合金顶端,用外焰熔化并使沿硬质合金流入钻孔俟充满钻孔后(熔剂与钎料火色不同,以示区别),便可停止加热,此时第一粒硬质合金即为镶焊完毕,然后用同法焊第二粒第三粒……直至全部焊完。

乙、铺 焊

铺焊硬质合金要比镶焊难一些,但只要按下列规程操作,仍是可以满足要求的。

① 将铺焊的工件放置平稳,并使钎焊面水平。然后按设计图纸要求,将硬质合金似砌砖样铺于钎焊面上,同时应将一个刀羿应铺的合金一次全部铺齐。

② 预热,用外焰均匀加热最外侧一个刃齿和硬质合金周围至发暗红色。

③ 在硬质合金面上均匀撒上一层铜焊粉(或脱水硼砂)熔后应视润湿情况,再撒1~2层,一次撒的不要过多,务使烧熔后从硬合金的缝中流下,使所有焊面上都润湿到(只要熔剂能润湿到那里,钎料也随之可到)。

④ 继续用外焰加热至桔红色,即可将钎料片放于硬质合金上烧熔。或用黄铜丝在硬质合金的缝上,沿缝走动烧熔。如缝中钎料都灌平,即告焊竣。

⑤ 在钎焊过程中,如有某粒硬质合金错位,应乘热时用专门制的长把镊子扶正至原位。

⑥ 应注意在铺焊前一齿时,应使火焰有目的的预热下一齿。这样便可使铺焊时间缩短。还要注意一个刀羿非特殊情况,心须一次焊完,中间不要中断,以保证铺焊质量。

丙、钨钢粉堆焊

在铺焊硬质合金时,对不足整块的空隙处、水沟和刃齿外侧,应行堆焊钨钢粉。其操作方法如下:

① 在应堆焊的地方先行预热(待硬质合金铺焊完后,应立即进行,以减少预热时间),再撒熔剂使其烧熔,即将钨钢粉管子焊条头,对准堆焊处,用外焰烧熔后,此时右手持焊枪,左手持焊条,二者平行作横向波浪或螺旋式摆动,并逐步向前(左)移动。

② 堆焊钨钢粉的温度也不应过高,因为过高时,可使钨钢粉变质。据经验鉴定,堆焊层表面(已冷)颜色呈暗红色,表明温度合适,钨钢粉颗粒的棱角基本上未被熔化。如呈兰紫色,则表明温度过高。

③ 当一个刀羿硬质合金镶焊、铺焊和钨钢粉堆焊陆续顺序焊完后(不中断),应立即进行保温回火,以防变质。

三、使用的技术条件

VB—1型钻头和VB—1a型钻头,两者在结构形式上基本上是一样的,因此在使用时,其技术条件也大致相似。经试验证明,下列技术条件基本上是合适的,可促使钻头更好地发挥其效能。

1、钻 压

由前知钻压对钻头的钻进效率影响很大。在转速不变的情况下,在一定范围内,钻压

与钻速成正比。但对钻压的要求,随着岩石性质,钻头形状和直径,钻孔深度和钻孔类型等而有不同。机井钻机多借绞车刹把的给进速度以控制钻压,因此需要过细地掌握和操作刹把。

对于1—2级岩层,要求钻压较小,并注意返回泥浆的浓度情况,以均匀加压给进就行了。对三级岩层,钻压可适当增加至25~30公斤/直径·厘米。如遇4—5级岩层,则钻压应增至40—50公斤/直径·厘米。

2、转 速

转速对钻头的钻进效率影响也很大,对研磨性小的岩层,转速与钻速多成正比。反之,则应适当地减小一些。

本钻头适宜的圆周转速约为 $V=0.8-3.0$ 米/秒。即对不同直径的钻头,其转数为:

$$D_1 = 300 \text{ 毫米时} \quad n_1 = 50-190 \text{ 转/分钟}$$

$$D_2 = 450 \text{ 毫米时} \quad n_2 = 34-127 \text{ 转/分钟。}$$

这里要指出,如钻压不足,仅单纯增高转数,反而会肇致钻头加速磨损。

3、冲洗液量

针对渭北黄土高原的地质条件,因多属粘塑性岩层,应采用大泵量较为合适。初步宜采用每直径厘米10—15升/分钟,即当钻头直径为300毫米时,泵量宜为300—450升/分钟;而当钻头直径为400毫米时,泵量则应为450—675升/分钟。

钻压、转速、泵量三者是紧密相关和有机配合的。在松软岩层中,应采用“高速、大泵量配以适当的钻压”;而在较硬的岩层中,则应采用“高压、大泵量配以适当的转速”。

如果要鉴别钻头的性能,也必须将钻压、转速和泵量配合适当,才能将其性能充分发挥出来。

四、性 能 特 征

本钻头分别在富平水利机械修配厂和咸阳地区水利机械修配厂加工,仅在工艺上略有出入。当试制出样品后,在富平、蒲城、乾县和礼泉等县进行考核试钻。因均处于渭北黄土高原,地质条件基本相近。限于测试设备不全,仅就现有设备,测定本钻头的性能特征和现用各种钻头对照如附表所示。

从附表和试钻情况可以明显地表明下列情况:

1、试钻所用钻机和泥浆泵等,其设备均未能达到要求的技术条件。一般钻压都达不到额定要求。泥浆泵也达不到铭牌规定指标。而且150型钻机的转盘又不能调速,因而试钻情况就不能完全显示出该种钻头的性能特征。

2 尽管试钻条件不够理想,但是与现用各种钻头对照对比(在基本同样条件下),还是能表现出它的优点来。

① 工作稳定:这是本钻头设计的主要特点,经试钻基本证实了这一点。在试钻过程中一般均很平稳,即遇钙质结核也很少跳动,只要注意操作后车刹把,就很少出现偏乱现象,因而提高了成孔质量(直、圆、光)。这也是钻孔的最主要的要求。

② 钻进速度快,附表中我们只列举了部分比较完整的资料。直径为 $\phi 450$ 毫米的YB-1型钻头,其机械钻速不论最大、最小或平均,均较现用钻头要高,就以 $\phi 430$ 毫米的鱼尾钻头对照,尽管其直径要小20毫米;但VB-1型钻头的平均机械钻速仍约大57%。其最大和最小机械钻速也相应约大1~2.6倍。三羿和牙轮钻头的机械钻速虽只相差30%,但其直径只有 $\phi 290$ 毫米。

至于VB-1a型即直径为 $\phi 300$ 毫米者,其平均机械钻速可较直径为 $\phi 290$ 毫米的三羿和牙轮钻头高约60%。(但要注意三羿和牙轮钻头是用SPT——300型钻机钻进,如用150型钻机时,则应更大。)

③ 我们将其中一个VB-1a型钻头作破坏性试验,连续累积约1200米,发现外刃硬质合金略有磨损,仍可继续使用。表明其使用寿命可达1000~1500米,甚至还会超过。而且所有镶焊和铺焊的合金均未脱落一个,也证明手工氧气钎焊的质量是可靠的。

3、这种钻头对于钙质结核可以比较稳定地穿过,其机械钻速均在5米/时以上,而对亚砂土、亚粘土和各种砂层,其机械钻速均较快,一般可达20—30米/时,或更高。唯对弹塑性粘土,则较慢,但比一般钻头仍较高。

4、同一个VB-1a型,本设计用于150—200型轻型钻机的。但为了对比,曾改用SPJ—300型钻机试钻,其性能便不大一样(见附表中最下一栏)。其平均机械钻速约又提高30%。更突出者是最小钻速提高约1.5倍。这就充分说明了钻压、排量和转速对钻头钻进效率的重要性。也表明现用钻机很有必要向这三方面改进。

5、本钻头在试钻的情况下,均是一钻到底的,表明对黄土高原的岩层均是适应的。同时也未产生包钻和卡钻故障。只有个别情况,因泥浆调换不及时和泵压与排量较小,有出现堵塞部分冲洗水眼的情况。

VB-1型钻头虽显示出很多优点,但相对来说,制造工艺较复杂,试制阶段造价还略高一些,在结构上可能还存在不少缺点,这些都需要我们继续逐步改进。

VB-1型(包括VB-1a型)阶梯三翼刮刀钻头与其它常用钻头性能特征对照表

项目 直径 (毫米)	钻头 型号	孔 深 (米)	岩层 可钻性	钻 机 类 型	泥 浆 泵			钻杆 直径 (毫米)	转 盘 转 数 (转/分钟)	钻头机械钻速 (米/时)			备 注
					排 (升/分钟)	量 (公斤/厘米 ²)	压 (公斤/厘米 ²)			最大	最小	平均	
450	VB-1	213.26	I—Ⅲ	SP J—300	600		12	89	32—110	28.40	2.68	4.22	乾县杨洪公社
"	"	200.00	"	"	500		20	"	70—80	16.90	2.41	7.60	礼泉
"	"	152.69	"	"	600		12	"	32—110	31.60	5.17	9.50	富平刘集公社
"	"	150.36	"	"	"		"	"	"	15.39	1.56	6.21	
								综 合	平 均	23.07	2.96	6.88	
430	鱼 尾	238.17	I—Ⅲ	SP J—300	600		12	89	32—110	11.30	0.83	4.02	乾县大王公社
450	空 心	183.75	"	"	"		"	"	"	17.40	1.23	3.18	富平
290	三 翼	242.89	"	"	"		"	"	"	18.80	1.58	5.15	"
380	鱼 尾	185.92	"	"	"		"	"	"	18.75	1.85	5.35	"
290	牙 轮	189.00	"	"	"		"	"	"	18.15	1.37	5.28	"
300	VB-1a	130.70	I—Ⅲ	150型	138		50	76	83	31.40	1.60	5.40	富平王寨公社
"	"	151.80	"	"	"		"	"	"	32.40	2.63	6.43	富平刘集公社
"	"	153.00	"	"	"		"	"	"	23.97	1.88	17.23	"
"	"	109.68	"	"	"		"	"	"	25.50	1.37	4.27	蒲城
								综 合	平 均	28.30	1.87	8.33	
300	VB-1a	230.14	I—Ⅲ	SP J—300	600		12	89	32—110	45.00	4.57	10.43	乾县梁村公社 南原