

煤田地质小口径钻探

(硬质合金钻进)

煤炭工业部地质局组织编写

煤炭工业出版社

煤田地质小口径钻探

(硬质合金钻进)

煤炭工业部地质局组织编写

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书系《煤田地质小口径钻探》小丛书的一个分册，主要介绍硬质合金钻进。内容包括：硬质合金的种类；煤田地质钻探硬质合金钻头的结构、类型及运用范围；典型硬质合金钻头图例；硬质合金钻进的技术操作等。

煤田地质小口径钻探

(硬质合金钻进)

煤炭工业部地质局组织编写

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/8}$ 印张 $1^{3/8}$

字数 31 千字 印数 1—4,800

1978年1月第1版 1978年1月第1次印刷

书号15035·2139 定价0.14元

目 录

一、煤田钻探常用硬质合金	(2)
(一) 对硬质合金的要求	(2)
(二) 硬质合金的种类和物理机械性能	(3)
(三) 硬质合金的几何形状	(4)
二、煤田钻探硬质合金钻头的结构类型及运用范围	(7)
(一) 钻头体	(7)
(二) 钻头的水口、水槽和水眼	(8)
(三) 钻头切削具数的确定	(9)
(四) 钻头切削具的出刃和排列形式	(10)
(五) 切削具的刃尖角及镶焊角	(12)
(六) 硬质合金钻头制作镶焊工艺	(14)
(七) 胎块针状合金自磨取心钻头制作工艺	(15)
三、典型硬质合金钻头图例	(17)
(一) 普通环状取心钻头	(17)
(二) 肋骨取心钻头	(20)
(三) 针状自磨取心钻头	(23)
(四) 无岩心钻头	(29)
四、硬质合金钻进的技术操作	(34)
(一) 钻进技术操作规程	(34)
(二) 钻进技术操作注意事项	(37)
(三) 普通硬质合金钻头、针状硬质合金钻头与金刚石钻头 综合分层钻进	(39)

硬质合金钻进，系指把不同几何形状和一定尺寸的硬质合金据钻进的要求固定在钻头体上，并在一定的钻进规程下破碎岩石而成钻孔的方法。

硬质合金钻进，一般适用于1~7级的各种沉积岩、变质岩和岩浆岩。其特点是钻进效率高，质量好，生产较安全，材料消耗少，成本低；钻探方法灵活，应用范围广，钻进操作简便，并可与金刚石互换分层使用钻进攻克硬岩。因此，硬质合金钻进在钻探工程中占有极重要地位，被广泛采用。目前全国煤田钻探进米绝大部分工程量是用硬质合金钻进完成的。

硬质合金钻进的基本任务是在优质低耗的前提下提高钻进效率，为此，必须注意研究有关的破碎岩石诸因素之间的相互关系，找出规律性以提高钻进效率。影响硬质合金钻进效率的主要因素有所钻岩石的物理机械性质；钻头的质量，即：合金的性质，钻头的结构，钻头与所钻岩石的适应性；钻进时的技术操作规程。

硬质合金钻进时，主要在轴向压力和回转力合力的作用下破碎岩石，但由于岩性的变化很大，在不同类型的岩层中作为硬质合金的切削具可能以不同的方式破碎岩石。在松软的岩层中切削具以切削方式破碎岩石，以近似螺旋线的运动轨迹钻向岩层；在具有脆性的较软岩层中，切削具以剪切方式破碎岩石；在中硬岩层中，切削具主要以压碎为主的方式破碎岩石。在中硬岩石中，岩石内不同的矿物颗粒硬度差别越大，沉积岩中胶结物的强度越低，岩石越是呈脆性，孔底表面越是不平整，破碎效率越高。据硬质合金破碎中硬岩石的原理，采用横断面小的针状或薄片型合金，有利于提高钻进效率。

必须及时清除孔底的岩石粉末，否则将被切削具重复破碎并填平孔底，增加切削具的磨损，降低单位接触面积上的压力，致使钻速下降。

硬质合金的钻进速度与轴向压力和回转速度有密切的关系。增加切削具的轴向压力和回转速度，将会增加切削具切入岩石的深度和切削岩石的速度，从而提高钻头的钻进速度。但是，过大的压力和转速，将使切削具承受过大的垂直载荷和水平载荷，致使切削具折断和碎裂。

切削具破碎岩石的同时，自身也在不断磨损。钻进时，应力求切削具在单位进尺的磨损小和钻头工作寿命长的条件下工作。为此，硬质合金钻进，为取得最好的钻进效果，应针对所钻岩石的性质，合理地选用硬质合金和确定钻头的结构以及采用适合的钻进规程（轴向压力，钻头转速和冲洗液量等）。

一、煤田钻探常用硬质合金

（一）对硬质合金的要求

硬质合金钻进，钻头切削具在很大的轴向压力和回转力的作用下破碎岩石，同时具有冲击、磨损及钻杆柱的扭转弹性冲击，纵向的弯曲振动作用等较复杂的受力状态，此状态在钻进非均质岩石时更为显著；还有钻头合金刀刃与岩石磨擦时产生较高温度。因此，镶在钻头上的硬质合金必须具有硬而耐磨，足够的抗弯强度和抗冲击韧性以及高温下不改变其机械性能（热硬性）的特性。煤田小口径钻探目前广泛使用的钨钴（WC—CO）类压结硬质合金，就具有这样较好的物理机械性能。

(二) 硬质合金的种类和物理机械性能

1. 压结硬质合金

煤田小口径钻进应用最多的是压结硬质合金，其主要成分是碳化钨——钴。碳化钨的颗粒用金属钴作胶结物，在高温高压（可达 1500 个大气压）下烧结成各种形状。国家牌号为“YG”，Y 表示碳化钨，G 表示钴，其后的数字表示钴的百分数。煤田钻探常用的有 YG₆，YG₈，YG_{4C}，YG_{6X} 等牌号；有的牌号在 YG 后面加有“C”或“X”字样，其中“C”代表粗颗粒合金，“X”代表细颗粒合金，粗颗粒合金和含钴量相同的一般合金比较，能提高强度，细颗粒合金和含钴量相同的一般合金比较能提高硬度，增加耐磨性。

硬质合金的主要物理性能是比重、硬度和抗弯强度等，此外，还有冲击韧性、耐磨性、抗压强度、切削寿命、矫顽磁力、抗热性、抗腐蚀性等。

煤田钻探实践表明，YG_{4C} 合金，具有良好的钻进性能，在 5～6 级或局部 7 级研磨性砂岩中，钻速比 YG₈ 合金高 12～42%，回次进尺延长 57.5%，合金单位进尺消耗量降低 59%；在 5～6 级研磨性较低的石灰岩中钻进比 YG₈ 合金提高 50.1%，回次进尺增长 23.3%；在软硬互层岩层中钻速提高 18%，回次进尺增长 23% 以上。特别在煤层顶板遇较硬岩层，为了保证采取率和控制煤层深度，采用这种合金更为适合。压结硬质合金的化学成分及物理机械性能如表 1。

此外，在钨钴合金中加入少量的碳化钛、碳化铌，可以改善合金的物理机械性能，含碳化铌的钨钴合金 Y_A，其硬度达到 HRA92°，抗弯强度为 140 公斤/毫米²。

表 1

牌 号	化学成分(%)		比 重 (克/厘米 ³)	抗弯强度 (公斤/毫米 ² , 不低于)	硬 度 (HRA) 不低于	热 硬 性	应用范围
	碳化钨	钴					
YG _{6C}	96	4	14.9~15.2	140	90.0	温度不 超 过 900℃ 不影响 切削能 力。	回转钻进 钻 头
YG ₆	94	6	14.6~15.0	135	88.5		"
YG _{8X}	94	6	14.8~15.0	135	91.0		"
YG ₈	92	8	14.4~14.8	145	88.0		"
YG _{8G}	92	8	14.35 ~14.8	170	87.5		"
YG ₁₁	89	11	14.0~14.4	170	87.0		冲击钻进和 凿岩钎头
YG ₁₅	85	15	13.9~14.1	175	86.0		"

2. 粉末状硬质合金

粉末状硬质合金是钨铬和钴的粉末状混合物,不形成,一般做钻头和扩孔器表面补强,补强厚度在2~3毫米,硬度达到HRA 75~82°。粉状硬质合金成分含钨量86.5%,钴10%,铬2.5%,1%的硅。

3. 铸造碳化钨

碳化钨在定压下制成不同粒状,放入钢管内铸成管状焊条,多用于钻头翼片铺焊和钻头补强,其硬度为HRA90~92°。铸造碳化钨成分含钨95~96%,含碳3.7~4.2%。

(三) 硬质合金的几何形状

钻探用硬质合金应具备以下条件:

- (1) 合金刃尖,接触面积小,便于切入岩石;
- (2) 有较高的强度和耐磨性(耐崩耐磨);
- (3) 具有适当的尺寸能与钻头体牢固焊接;

(4) 磨损后仍能具有一定的切削能力(自磨性)。

煤田小口径钻进用的压结硬质合金几何形状的选择, 主要根据岩石的性质, 破碎岩石方式, 钻头型式与结构而定。广泛使用的有方柱状, 八角柱状, 针状, 矩形薄片, 菱形薄片, 直角薄片等, 目前各队使用的主要是前三种。

方柱状合金多用于镶焊采煤钻头, 肋骨钻头, 三翼刮刀型无岩心钻头等, 适合3~5级均质研磨性较弱的岩层钻进, 如粉砂岩, 炭质泥岩, 砂质泥岩等。

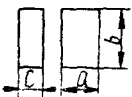
八角柱状合金, 由于柱面夹角大, 抗崩能力较强, 具有多面接触的刃尖角, 故切削阻力小, 易于破碎岩石, 多用于5~6级砂岩层及裂隙较多节理发育的岩层。

圆柱型针状合金没有刃尖角, 但由于其本身断面小, 在轴心压力下即能吃入岩石。目前小口径钻进多用于5~7级研磨性较高的中、细较硬砂岩或结晶的火成岩中。这种合金具有耐磨、时效高、保径增加回次进尺的优点。

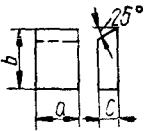
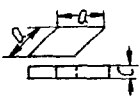
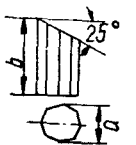
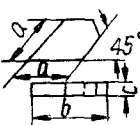
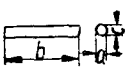
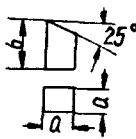
矩形、菱形、直角薄片合金主要用于2~4级软岩层, 在一部分炭质泥岩或塑性较强的泥岩中取心钻进, 可获得较高的钻效。

小口径常用钨钴硬质合金几何形状规格见表2。

表 2

型 号	名 称	几 何 形 状	尺寸(毫米)			每 块 重 (按YG ₈ 计)克	适 用 岩 层
			a	b	c		
K _{4.1.1}	矩 形 薄 片		3	15	1.5	1.0	1~4级软岩层及煤 系软岩层
K _{4.1.2}			6	20	4	6.9	
K _{4.1.4}			8	20	6	13.8	

续表

型 号	名 称	几 何 形 状	尺寸 (毫米)			每 块 重 (按YG ₈ 计)克	适 用 岩 层
			a	b	c		
K ₈₁₁ K ₈₁₂ K ₈₁₄ K ₈₁₈	直角薄片		5 7.5 8.5 10	7 10 10 14	3 3 3 4	1.4 3.0 6.8 7.6	1~4级软岩层, 煤系地层, 钻头里外口补强等
K ₈₂₁ K ₈₂₂	菱形薄片		8.5 12		3 4	4.4 12.9	2~4级软岩炭质泥岩等
K ₈₃₁ K ₈₃₂ K ₈₃₃ K ₈₃₄	八角柱状		5 7 7 10	10 10 15 16		2.3 3.0 7.3 17.5	4~6级中硬岩层及完整性较差的地层
K ₈₄₁ K ₈₄₂	斜角菱形薄片		8.5 12	17.5 24	3 4	3.6 10.2	2~4级软岩层
K ₈₆₁ K ₈₆₂	针状		2 2 2.5 3.5	20 15 15 15		0.9	5~7级研磨性岩层, 适合镶自磨式钻头
K ₈₇₁ K ₈₇₂ K ₈₇₃	方柱状		5 5 5	8 10 13	5 5 5	2.8 3.4 4.3	3~5级较硬地层

二、煤田钻探硬质合金钻头的 的结构类型及运用范围

不论取心或无岩心钻进，钻头的结构和选型是否合理，对钻进效率，钻头使用寿命都有直接影响。因此，要重视和认真搞好这方面的研制工作。硬质合金钻头的结构主要包括钻头的材质，口径、水口、水槽、水眼、合金类型、数量、出刃、排列形式和镶嵌角度等。

（一）钻头体

（1）取心钻头钻头体。环状取心空白钻头体选用具有一定硬度、耐磨、拉伸强度不低于40公斤/毫米²的无缝钢管和精铸钻头料车制，壁厚一般为7~8毫米。钻进砾岩，破碎层或适合针状合金镶焊钻进硬岩的需要，钻头壁可加厚10毫米。钻头高度应根据钻头直径、型式来选择，通常（丝扣部分除外）为45~120毫米，钻头体过长，易蹩水堵塞岩心。为卡取岩心，减少冲洗液阻力，钻头内壁上部车上锥度，直径58~78毫米小口径钻头锥度（ α ）为 $3^{\circ}25'$ ，如图1。钻头的螺纹与同心度的误差不得超过0.25毫米。

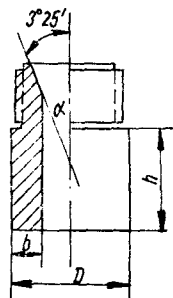


图1

（2）无岩心钻头体。无岩心钻头的钻头体用加厚的无缝钢管和精铸钻头料制作，翼片用D45、D50以上的碳素钢或铬钼钢板加工。

(二) 钻头的水口、水槽和水眼

硬质合金钻头的水口、水槽和水眼是为了保证冲洗液畅通，冷却钻头，排除岩粉之用。它的形状规格角度应根据岩石性质和钻头类型，合金粒（组、片）多少，冲洗液性质等因素确定。

取心钻头水口有三角形，弧形，矩形等。煤田钻探常用的水口形状有斜三角、弧形等，如图 2。水口位置应尽可能地接近合

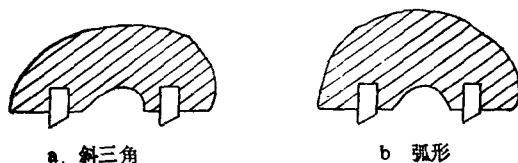


图 2 钻头水口

金的前棱，使冲洗液的流动靠近前棱，水口总面积一般应相等子钻杆接手水眼面积，水口宽为 15~10 毫米。若钻头外出刃较小，为了弥补环状面积不足，可在钻头体外部位位置开 1.5×8 毫米三角形或 2×4 毫米的矩形水槽，如图 3 所示。

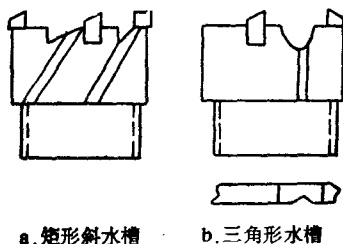


图 3 钻头外壁水槽

无心钻头在钻进时，孔底岩屑主要堆积在翼片刃部位的前方，因此要求水眼喷射的方向朝翼片前方，超前角 (γ) 一般为 $14\sim 18^\circ$ ，如图 4。为了保证从水眼射出的冲洗液既能冲射到钻头翼片中心部位，又能冲射

到钻头边缘（即靠近孔壁部分），须要有恰当的喷射角，即钻头中心线与水眼中心线之夹角 (α)。超前角和喷射角的具体数值

随钻头直径，水眼距翼片切削具的高度和洗孔条件等项变化。直径78毫米以下小口径钻头超前角一般在 $12^{\circ}\sim 16^{\circ}$ ，水眼中心线距翼片刃前方大约15~20毫米为适合。

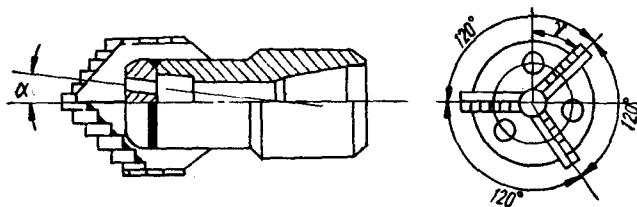


图4 γ —超前角； α —喷射角

无心钻头的水眼数和直径要依据岩石性质、钻头的型式和翼片数而确定。根据实践经验，钻进4级以内较软岩层，为了使通过水眼的冲洗液保持较高流速，产生一定水功率能，钻头水眼的总面积应适当小于钻杆接手截面积，一般采用钻杆接手截面积的五分之三到三分之二的数值。通常使用的三翼尖钻头水眼直径多为10~12毫米。四翼钻头水眼直径8~10毫米。而钻进6级以上硬岩层，水眼总面积可相等于钻杆接手截面积。

(三) 钻头切削具数的确定

钻头镶焊的切削具数主要以岩石性质，钻头直径，合金类型及可能加于钻头上的轴向压力而定。综合起来，要考虑到如下具体因素：

(1) 切削具之间的距离应有一定值，以保证进行体积破碎；

(2) 对研磨性的岩石，要适当增多合金数，以保证每个切削具的体积磨损量不致过大；

(3) 确定切削具数量时, 应考虑钻头体上所容许的水口数目, 以保证每个合金的完善冲洗和冷却;

(4) 钻头外围切削具数要 多于底、内圈, 以防止孔径变小;

(5) 在保证每块切削具所需压力的情况下, 在一定范围内, 增加合金数目就等于增加同时工作的切削量, 提高钻速。煤田钻探直径78毫米常用取心钻头切削具数目如表 3。

表 3

钻 头 类 型	切 削 具 数 目 (个)	钻 头 类 型	切 削 具 数 目 (个)
单 粒 钻 头	3~6	螺旋三肋骨钻头	9
单双粒钻头	6~9	刮刀钻头	12
密集式钻头	9~12	四齿针状钻头	$\phi 2$ 毫米, 一排16~24, 二排32~48
直三肋骨钻头	9	五齿针状钻头	$\phi 2$ 毫米, 一排20~30, 二排40~60

(四) 钻头切削具的出刃和排列形式

切削具在钻头上的出刃和排列形式主要根据岩石性质和切削具形状确定, 并应满足如下要求:

切削具排列要匀称, 使钻头工作平稳; 应使每颗切削具工作受力均匀, 磨损均匀; 合金之间有一定距离, 便于加工水口和修磨。

1. 切削具的出刃

钻进塑性大, 遇水膨胀等软岩层, 切削具切入岩石的深度大, 岩粉多。为了便于切削具切削岩石和及时排除孔底岩粉, 钻头的底、内、外出刃应大, 为了防止缩径, 挂泥包和岩心膨胀而造成的蹩泵现象, 应多用肋骨型钻头钻进。钻进中等硬岩层, 切削具切入岩石深度不大, 但承受的负荷较大, 其出刃应小些。对于易

折损切削具的裂隙，含砾石等岩层，出刃应更小。不同类型岩石钻头出刃参见表4。

表 4

岩 石 性 质	底出刃(毫米)	内出刃(毫米)	外出刃(毫米)
松软、塑性、微研磨性岩层	4 ~ 5	2 ~ 2.5	2 ~ 3
中硬、非完整岩层	2 ~ 4	1 ~ 2	1.5 ~ 2

钻头底出刃有两种排列形式，具有相同底出刃，其钻进的孔底断面如图5。这是常用的普通钻头底出刃排列形式。另一种是阶梯状底出刃，其钻进的孔底断面是阶梯状如图6的a、b、c、图。这种钻头有利于增加钻头工作的稳定性和破碎岩石的自由面，降低破碎岩石时的阻力，但钻头加工修磨较困难。

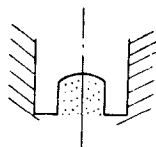


图 5 相平底出刃的孔底形状

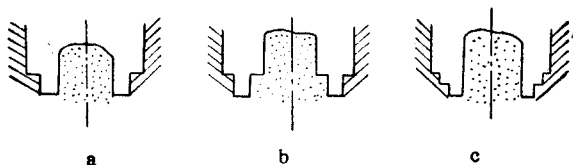
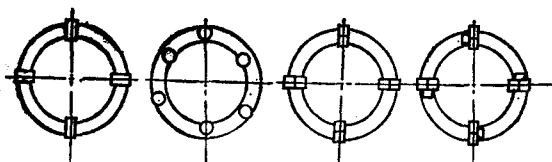


图 6 阶梯底出刃的孔底形状

2. 切削具的排列形式

为适应各种不同地层钻进的需要，合金在钻头上的排列形式很多，但归纳起来，大致有三种类型，即单环排列，双环多环排列及密集排列，如图7的a、b、c、d。单行排列每个切削具在一个环状平面宽度上切削，适用于较软岩层，因单环排列的每颗切

削具切削工作量大，切削具数目可相应减少，因而较适应于小直径的钻头。



a、单环排列 b、c、双环多环排列 d、密集排列

图 7 合金排列形式

双环，多环排列钻头上每块切削具只切削孔底环状宽度的一部分，用柱状切削具时，多用这种排列。它适应研磨性不大的稍硬和中等硬度的岩石，煤田钻探双环多环排列应用较多。

密集式排列，钻头上的切削具成组的镶焊，切削具的数目多适应研磨性岩石，硬岩或稍有裂隙的岩层。

(五) 切削具的刃尖角及镶焊角

钻头切削具的角度包括刃尖角(又叫磨锐角) β ，镶焊角 α (又叫切削角)，正前角 φ ，后角 θ ，如图 8。

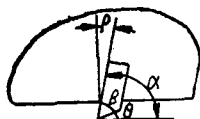


图 8 切削具各种角度

β —刃尖角； α —切削角；
 φ —前角； θ —后角

切削具角度的安排，应遵守下述原则：切削角 α 应使破碎岩石在最有利的条件下进行；刃尖角 β 要使切削具容易切入，并使切削具具有足够的强度和抗磨损作用；后角 θ 在回转时，

要减少切削具的接触面和与岩石的摩擦作用；前角 φ 使岩粉能顺利排出，并使其易于切入岩石。

刃尖角 β 小的切削具，有利于切入岩石，但很容易崩刃磨

损，一般在较软的均质岩石中钻进时，刃尖角 β 为 $45\sim 60^\circ$ ，在中硬岩层特别是非均质有裂隙的岩层中钻进时， β 角应增大到 $60\sim 80^\circ$ ，以提高切削具的强度和耐磨性。

镶焊角有三种形式，如图9a、b、c。

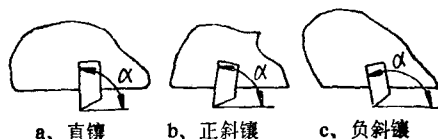


图9 切削具的镶焊形式

切削角 α 为 90° 叫直镶，小于 90° 叫正斜镶（又叫抢叉或正前角斜镶），大于 90° 叫负斜镶（又叫顺叉镶或负前角斜镶）。切削具在轴向压力和回转力的合力作用下切削岩石，按着合力方向，则以正斜镶形式有利于切入岩石和排除岩粉，它适用于较软的岩石，一般镶焊角 α 为 $75\sim 85^\circ$ ；在较硬的岩石中切削具的切入深度很少，而切削具的刃尖角磨钝后形成弧形，在这种情况下，直镶的切削具切入岩石要比斜镶有利。因此，在钻进中硬岩石，多用直镶形式。目前煤田小口径用的钻头，绝大部分用直镶，一部分采用正斜镶。负斜镶的切削具有磨损断面变化率小的特点，在较大轴心压力下，切削具不易崩刃和折断，它适合钻进具有研磨性的岩石，切削角 α 一般为 $100\sim 105^\circ$ （即负前角 $\varphi = 10\sim 15^\circ$ ）。不同岩性需要采用不同的刃尖角与镶焊角，可参照表5。

表5

岩 石 性 质	镶 焊 角 α	刃 尖 角 β
1~3级均质软岩石	$70\sim 75^\circ$	$45\sim 50^\circ$
4~6级均质中硬岩石	$75\sim 80^\circ$	$50\sim 70^\circ$
6~7级的均质坚硬岩石	$80\sim 85^\circ$	$70\sim 90^\circ$
非均质有裂隙的岩石	$90\sim 115^\circ$	$80\sim 90^\circ$