

# 机械加工先进工艺窍门 与新技术应用图示例解及常用 技术资料速查手册

◎ 主 编 孟繁智



# 机械加工先进工艺窍门与 新技术应用图示例解及 常用技术资料速查手册

主编:孟繁智

——卷 三——

本套图书是《机械加工先进工艺窍门与新技术应用图示例解及常用技术资料速查手册》(电子版)的配套指南



黑龙江文化电子音像出版社

### 第三节 基于 BTA 刀具的喷吸钻加工技术

#### 一、双管喷吸钻加工

双管喷吸钻加工技术的正式名称为 Ejector Drilling(喷吸钻削)。为有别于 DF 系统的单管喷吸钻削,在我国称之为双管喷吸(射)钻加工技术。

#### (一)双管喷吸钻的供油和排屑机理

双管喷吸钻与 BTA 钻同为单边刃自导向式内排屑深孔钻。它与 BTA 钻的基本区别在于供油排屑方式不同,从而带来了钻杆、辅具、机床液压系统等方面的差异。

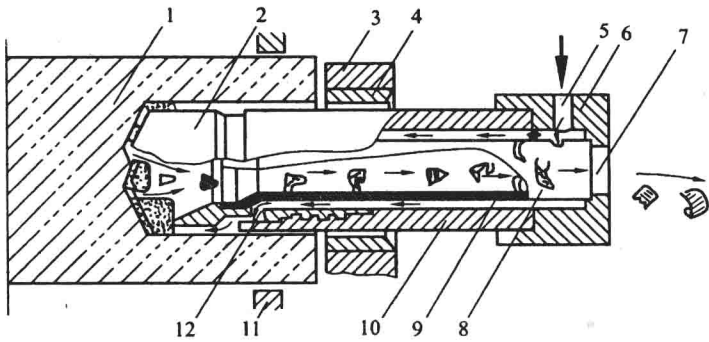


图 7-8-52 双管喷吸钻加工示意图

- 1-工件;2-钻头;3-钻套支架;4-钻套;5-进油口;  
6-钻杆连接器;7-切屑及切削液出口;8-月牙形喷口;  
9-内管;10-钻杆(外管);11-工件中心架;12-通油孔

双管喷吸钻的工作机理见图 7-8-52。钻头 2 的外部结构与 BTA 钻仅有微小差别(双管喷吸钻头部与大制口之间有一组 6 个沿周向分布的通油孔,而 BTA 钻没有)。在钻头的内腔设置一根薄壁的内管 9,其内壁为排屑通道。当钻头与钻杆(外管)10 以方牙螺纹连接后,内外管之间形成一个供切削液压入的环形通道,向钻头方向供油。大约 2/3 的切削液通过 6 个通油孔口和钻杆前端的环状间隙喷向切削刃部,携带切屑穿过整个内管向后排出。另有约 1/3 的切削液,在高压下进入内管后部两排(共 6 个,在圆周方向互相错开,均匀分布)向后倾斜 30°的喷射槽(俗称月牙槽)8。由于喷射槽的横截面呈 30°圆锥形,切削液通道由大变小,流速则由低变高,在内管形成锥状射流。由伯努里方程有

$$P_{01} = P + \rho v^2$$

- 式中  $P_{01}$ ——流体喷射前的总压力;  
 $P$ ——流体喷射后的静压;  
 $\rho$ ——射流密度;  
 $v$ ——射流速度。

可见,射流速度头增加,将使喷射口静压下降,从而在内管后部产生一个低压区。此低压区使排屑通道前后的压力差加大,相当于对钻头喉部的切屑和切削液施加了一个抽吸力,

促使切削液携带切屑加快通过排屑通道向外排出。

内管的设置及所产生的抽吸作用,相对于 BTA 深孔加工技术而言,所产生的附加效果如下:

①射流的抽吸作用使内排屑深孔钻的排屑状况得到明显改善(特别当钻头直径较小时)。

②对于同样的钻头直径,双管喷吸钻所需要的油压和流量仅为 BTA 钻的 1/2 左右,从而减轻了对机床密封的要求。

③由于供油通道不再是钻杆外壁与已加工孔壁之间的环状空间,而是内外管之间的环状封闭空腔,所以不再需要像 BTA 钻床那样严格密封,省去了结构复杂的输油器。钻头切入一方的工件端部也不需要与导向套接触和密封。这样一来,双管喷吸钻就摆脱了专用的深孔钻床,可以在多种卧式或立式机床上(经过必要但不复杂的改装)采用。由于专用深孔机床初置费高于吨位相同的一般切削机床,所以常常成为一般企业(特别是中小企业)采用深孔加工技术的重要障碍。机床初置费的节约(包括购置一台专用于双管喷吸钻加工的深孔钻床,其价格明显低于同吨位的 BTA 钻床)无疑是双管喷吸钻的一个主要优势。

④由于省去了输油器而代之以纵向尺寸较短的钻套支架,当钻孔深度为定值时,钻杆的悬伸长度将有所减短,从而使钻杆总扭转变形量得以降低。

但与此同时,双管喷吸钻也有一些重要的缺点:

①由于在内管上加工出喷射口的办法所产生的抽吸力有限,通常当工件孔深超过 1 000 mm 时,抽吸作用并不明显。因此无论钻孔直径大小,钻孔深度均限制在 1000 mm 左右而不能用于深度更大的孔。否则,将会出现下列情况:一方面,因前油路压力流量小,使推动切屑入出屑口的动量不及 BTA 钻,另一方面由于抽吸力过小,不足以补偿前者的不足。结果,排屑效果反而不如 BTA 钻。

双管喷吸钻的这一重要缺陷,成为它无法取代 BTA 实体钻的主要原因。

②由于内管的设置,使双管喷吸钻的排屑通道直径小于 BTA 钻,当钻头直径过小时更容易发生堵屑。因此,双管喷吸钻的最小可钻孔直径反而略大于 BTA 钻。SANDVIK 公司产品目录中,双管喷吸钻的最小供货直径为  $\phi 18.4$  mm,而 BTA 钻为  $\phi 15.6$  mm。

③双管喷吸钻的供油通道是钻杆内壁和内管外壁之间的空隙。与 BTA 钻相比,它失去了切削液对钻杆振动所产生的阻尼作用,因此要求特别注意避免钻杆产生扭转。一般采取的措施是,在钻杆支承架部位设置兼有支承作用的振动阻尼装置。其次是当发现刀杆振动时及时降低进给量和切削速度。

④双管喷吸钻用于机床的投资成本虽少,但机床的生产通用性也随之受到局限。除了不适于加工长深孔外,也不适用于多品种小批量深孔零件的加工。双管喷吸钻(钻头加内外管)的刀具成本高于 BTA 钻,进口价格昂贵,交货周期长,国内无专业化商品供货系统而用户厂家难于自行制造,这些都是限制双管喷吸钻在中小企业中广泛应用的因素。

⑤双管喷吸钻由于无输油器,也不要求工件与钻套之间密封,为了使钻头开始切入工件时正确对正位置且避免切削液外溅,必须在工件上预钻钻头引导孔。当使用钻套时,引导孔可以短些。此时,引导孔的直径稍小于钻头直径的下限。如果不使用钻套,引导孔应适当长些(此时引导孔的直径应稍大于钻头直径)。钻孔前,应先在工件中心架上调整引导孔的位置,使引导孔与钻头同轴,才能开始加工。

双管喷吸钻可用于实体材料钻孔和扩孔,而不用于套料。用于扩孔的双管喷吸式扩钻,其规格与 BTA 钻相同,只不过比 BTA 钻多出 6 个出油孔并加配一根相应尺寸的内管而已。由于扩孔时的切屑排出量少于实体钻,排屑通道面积虽由于内管的设置而有所减少,但并无碍于排屑。

双管喷吸钻的加工方式与其他深孔钻相同,当用于刀具旋转方式时,需要一台刀杆旋转式连接器夹持钻杆。刀杆旋转式连接器的价格要比刀杆非旋转式连接器贵得多,因此,通常只用于工件固定的较大批量加工。旋转式连接器还可以按加工中心的接口方式设计成快换式夹刀模块,列入加工中心的刀库,在加工中心上使用。

### (二)双管喷吸钻及其钻杆设计

双管喷吸钻切削部分的设计方法,与 BTA 钻基本一致。二者的主要区别在于钻头体和钻杆。 $\phi 18.4 \sim \phi 65 \text{ mm}$  的钻头采取焊接刀片, $\phi 165 \sim \phi 180 \text{ mm}$  的采取机夹可转位刀片结构,见图 7-8-53。

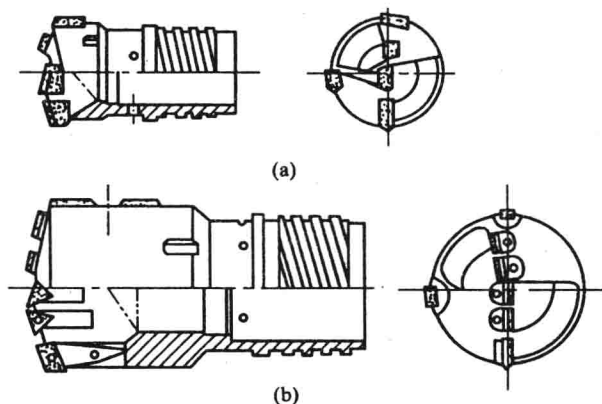


图 7-8-53 双管喷吸钻

需强调指出的是,在用户根据钻孔直径自行设计钻头和钻杆时,为了取得最佳的供油排屑效果和尽可能提高钻杆刚度,当然要针对特定的工件孔径进行“一对一”设计。然而对于专业化深孔刀具制造厂来说,则必须从整个产品系列和生产系统的全局出发,在保证产品基本功能要求的前提下,简化产品尺寸规格数量。深孔刀具的突出特点是工艺复杂、生产环节多,而且尺寸规格繁多、每批产量小。所以,对钻头直径实行尺寸分段以减小刀体规格和钻杆尺寸规格,对刀具的专业化生产供货、缩短交货期、降低成本都是十分必要的。例如,焊接刀片喷吸钻钻头的订货尺寸是以每相差  $0.01 \text{ mm}$  为一个规格, $\phi 18.40 \sim \phi 65.00 \text{ mm}$  将有 4661 个规格;机夹钻头由  $\phi 65.00 \sim \phi 180.00 \text{ mm}$  有 11501 个规格,钻杆的总尺寸规格数将达 16162 个之多。按照 SANDVIK 的尺寸分段标准,焊接钻头有 35 个段,机夹钻头为 30 个段,钻杆总尺寸规格数简化为 26 种。

这样一来,从专业化刀具制造公司购得的钻头和刀杆,必然以牺牲某些钻孔功能作为代价。例如, $\phi 18.40 \sim \phi 20.00 \text{ mm}$ , $\phi 20.01 \sim \phi 21.80 \text{ mm}$  为两种刀具尺寸规格,这两种规格共用一种规格的钻杆。如果钻杆按  $\phi 20.00 \text{ mm}$  设计,则对于  $\phi 18.40 \text{ mm}$  的钻头会显得供油通道面积偏小,而对于  $\phi 21.80 \text{ mm}$  的钻头就显得排屑通道面积偏小。因此,由企业自行设计制造和从专业厂家订货,二者的情况是不同的。这里只讨论非规范化设计,即最优化设计问

题。

以下是双管喷吸钻的设计要点。

### 1. 钻头直径( $D$ )

钻头直径公称尺寸取为孔下限尺寸加孔公差带的  $2/3$ , 钻头制造公差按  $h_4$  标准, 或对  $\phi 65$  mm 以下的钻头取  $D_{-0.005}^0$ , 对  $\phi 65$  mm 以上取  $D_{-0.01}^0$ 。钻头与钻杆的尺寸标记见图 7-8-54。

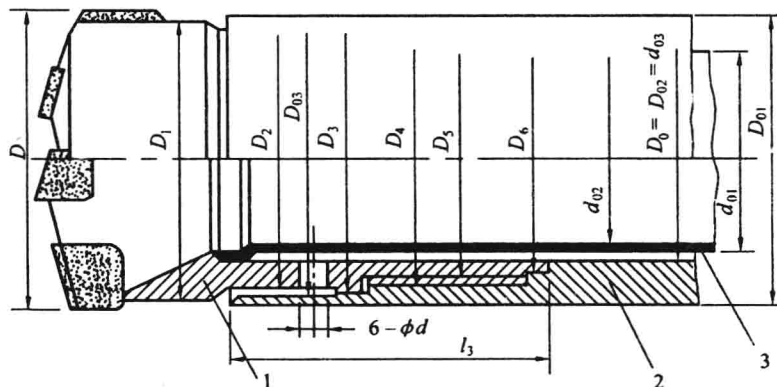


图 7-8-54 钻头与钻杆尺寸示意

1-钻头;2-钻杆;3-内管

### 2. 钻头体外径( $D_1$ )

切削液流向切削刃部时,需穿过宽度为  $(D - D_1)1/2$  的环形通道,因而  $D_1$  取值的大小对供油的效果有直接影响。具体确定的原则是:切削液在钻头头部与已加工孔壁之间的通油面积应与内外管之间的通油面积持平,或略小于二管之间的通油面积。据此原则,取  $D_1 = (0.93 \sim 0.95)D$  较适当。

### 3. 钻杆外径 $D_{01}$

钻杆外径因已不再具有供油通道作用,只要能避免在加工过程中被加工工件孔壁擦伤,其尺寸越大越好。这有利于保证钻杆有足够的刚度,同时又为内管、供油通道和排屑通道的设计留有尽可能充分的空间。

参照枪钻,取  $D_{01} = 0.98D$ 。

### 4. 钻杆内径 $D_{02}$

确定  $D_{02}$  的基本原则是:既保证钻杆有足够的刚度,又能为供油、排屑通道留下较充分的面积。参照 BTA 钻,取  $D_{02} = 0.7D$ ,使钻杆刚度与 BTA 钻基本相等。

### 5. 内管外径 $d_{01}$ 的计算

根据生产实践经验,内外管之间的单边通油间隙  $(D_{02} - d_{01})/2$  对于较小钻头直径不应小于 1 mm。之后,随钻头直径增大,可按钻头直径增大量的  $1/10$  加大  $d_{01}$  值,即

$D = 18.40 \sim 40.00$  mm 时,  $d_{01} = D_{02} - 2$ ;

$D = 40.01 \sim 65.00$  mm 时,  $d_{01} = D_{02} - 3$ ;

$D > 65.00$  mm 时,  $d_{01} = D_{02} - (\frac{D}{10} - 3)$ 。

### 6. 内管外径 $d_{01}$ 的确定

内管不承受切削力和转矩,其左端焊在钻头体内腔中,右端定位在连接器内腔的定位孔中。工作时,在径向受到切削液的微小压力差和排屑通道中流过的切屑和切削液重力。为了尽可能扩大排屑通道面积,通道采用强度较高的薄壁无缝管做内管。

因国产热轧无缝钢管的最小壁厚为 2.5 mm,厚度过大。因此只能选用冷拔无缝钢管。根据 GB 8162—87 所列规格,可确定:

$D < 40 \text{ mm}$  时,  $t = 0.5 \text{ mm}$ ;

$D = 40 \sim 85 \text{ mm}$  时,  $t = 1 \text{ mm}$ ;

$D > 85 \text{ mm}$  时,  $t = 1.5 \text{ mm}$ 。

此外,按上述程序求得的  $d_{01}$  值,必须按规范化的尺寸规格进行校核和修正。例如,GB 8162—87 规定有  $\phi 57$ 、 $\phi 60$ 、 $\phi 63$  的外径规格,如算得的  $d_{01}$  为  $\phi 58$ ,应就近修正为  $\phi 57$ ;如算得  $d_{01}$  为  $\phi 61.5$ ,应修正为 60。

### 7. 内管与钻头直径结合部直径 $d_{03}$

内管与钻头内腔定位台的配合,有两种不同方案。图 7-8-55(a)为内管前端扩口式,用于  $\phi 65 \text{ mm}$  以下的焊接刀片喷吸钻;图(b)为不扩口式,用于  $\phi 65 \text{ mm}$  以上的机夹可转位刀片钻头。

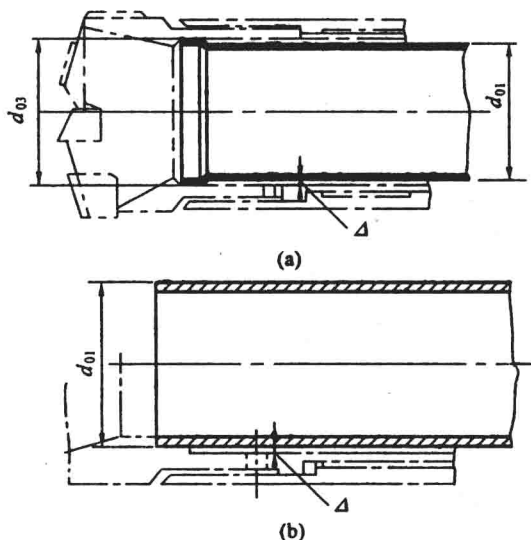


图 7-8-55 内管前端与钻头体的配合

采用扩口式的内管,其扩口部分的外径尺寸  $d_{03}$  比  $d_{01}$  大出 2~3mm(钻头直径小时,取小值)。不扩口内管则直接以其外径  $d_{01}$  与钻头内腔定位台相配合。这种结构上的具体差异只不过是保证通油间隙而做的结构安排,与钻头的功能无关。

### 8. 钻杆与钻头结合部有关尺寸参数(图 7-8-56)

大制口直径  $D_3$ (即前定心圆柱面):取  $D_3 = 0.9D$ ,以保证钻杆在该处的壁厚为

$$(0.98D - 0.9D)/2 = 0.04D$$

前供油孔直径  $d$ :6 个供油孔的面积之和,应与内外管之间通油截面基本相等,即

$$6(\pi d^2/4) = \pi(D_{0.2}^2 - d_{01}^2)/4$$

因此

$$d = \sqrt{(D_{0.2}^2 - d_{01}^2)/6}$$

钻头颈部直径  $D_2 - D_2$  与  $D_3$  之间是切削液流出前供油孔后,通向切削刃部的通油间隙,其面积应等于或稍小于内外管的流道截面积,由此得

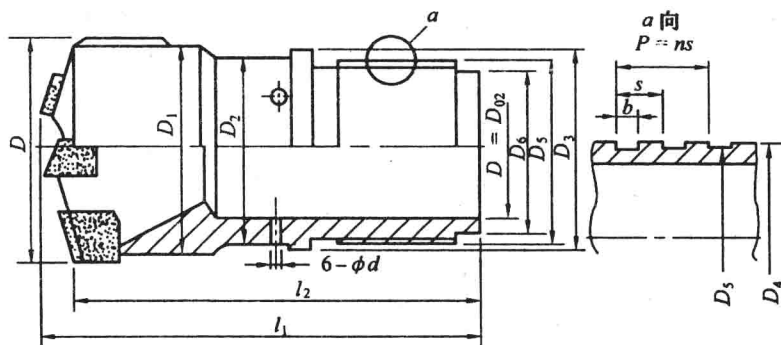


图 7-8-56 枪杆与钻头结合部尺寸参数示意

$$D_3^2 - D_2^2 \leq D_{02}^2 - d_{01}^2$$

故

$$D_2 \geq \sqrt{D_3^2 - D_{02}^2 - d_{01}^2}$$

其他尺寸参数还有:方牙螺纹大径  $D_4$ 、小径  $D_5$ 、螺纹头数  $n$ 、导程  $p$ 、小制口  $D_6$  等。由于  $D_3$  和  $D_{02}$ (等于钻头内径  $D_0$ )均已求出,所以可参照 BTA 钻相关的计算方法予以确定。在所有径向尺寸确定后,还应对连接部分的强度进行演算,必要时还要对有关尺寸进行调整。

### 9. 钻杆长度 $L$ 和 $L'$

前已述及,双管喷吸钻通常只用于加工长为 1 000 mm 左右的短工件而不论孔径的大小。因此,双管喷吸钻通常只用较短的钻杆。SANDVIK 公司将钻杆长度定为 400、630 和 1 070 mm 三种规格。如自行设计制造,可参照下列经验公式

$$l/\text{mm} = l_{\text{孔}} + l_{\text{套}} + (80 \sim 120)$$

式中  $l_{\text{孔}}$ ——工件孔深(mm);

$l_{\text{套}}$ ——钻套长度(mm)。

留量 80 ~ 120 mm 中,已包括了钻杆夹持部分的长度、钻头对孔的超出量、工件末端与钻套之间的间隙(1mm 左右)及钻杆后端留量。

内管长度比钻杆长度多 30 mm,以满足连接器定位的需要。

### 10. 负压喷射槽的设计

负压喷射槽又称“月牙槽”或“鱼鳞槽”,用以在内管中产生负压抽吸作用,是双管喷吸钻的关键部位。

影响负压抽吸效果的主要因素是:喷射槽对内管轴线倾斜角  $\theta$ ;喷射槽宽度  $s$ ;喷射槽总面积;喷射槽在内管纵向长度的位置。这些参数应与钻头直径、切削液压力和流量、切削液粘度相匹配,才能取得最佳抽屑效果。

由于双管喷吸钻结构设计中所受到的约束条件太多(例如内外管之间的间隙即切削液通道宽度、内管厚度、内管直径即排屑通道直径面积等),很难通过实验方法取得最佳的参数匹配,因此,对负压喷射槽各参数的设计仅限于采用经验方法。图 7-8-57 为喷射槽的示意图。



(1) 喷射槽倾角  $\theta$

$\theta$  值越小, 负压抽屑效应也越大。但由于受工艺上的限制, 一般取  $\theta = 30^\circ$ 。

(2) 喷射槽宽度  $s$

受供油通道间隙(1~7.5 mm)和内管壁厚(0.5~1.5 mm)很薄这些先天条件的约束, 喷射槽的宽度( $s$ )值不可能太大(否则将难以形成射流)。一般  $s$  取值为 0.2~0.4 mm( $D$  大时, 取大值)。

(3) 喷射槽长度和数目

喷射流应当环绕内管内壁 360° 形成一个锥形射流面, 但又不造成内管在切削液的高压下产生过大变形或断裂。通常采取的办法是: 将喷射槽(椭圆曲线之长径区段), 沿直径分为两列, 每列 3 个槽, 间隔 120° 排布, 每槽占有圆心角 60°, 两列之间的距离应尽可能靠近(一般取 5~10 mm), 见图 7-8-57。

由此可得喷射槽的总面积  $S$  为

$$S/\text{mm} = 6 \times \pi d_{01} / 6 \times s = \pi d_{01} s$$

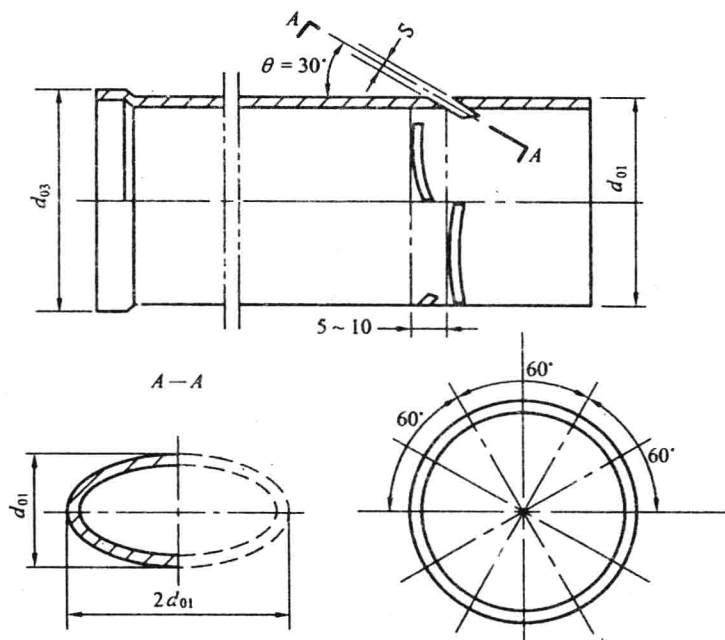


图 7-8-57 喷射槽示意图

(4) 喷射槽的位置

喷射槽的位置通常设置在距内管末端 20~30 mm 处。但当所加工孔的相对长径比较大时, 将喷射槽前移至内管前半段, 可取得更好的抽屑效果。有些国外实验结果甚至表明, 将喷射槽设在紧靠钻头出屑口喉部的位置, 效果最好。

双管喷吸钻、钻杆及内管主要参数的经验设计公式及数据列于表 7-8-14。表中各代号的意义同图 7-8-54、8-55 和 8-56。

表 7-8-14 双管喷吸钻钻头、钻杆及内管主要参数取值

序号	代号	参数名称	取值/mm	备注
1	$D$	钻头公称直径	$D = (D_{\text{孔}})_{\min} + 2\delta/3$	$D_{\text{孔}}$ —孔公称直径, $\delta$ ——孔公差带
2	$D_1$	钻头体外径	$D_1 = (0.93 \sim 0.95) D$	
3	$D_0$	钻头体内径	$D_0 = 0.7 D$	
4	$D_{01}$	钻杆外径	$D_{01} = 0.98 D$	
5	$D_{02}$	钻杆内径	$D_{02} = 0.7 D$	$D_{02} = D_0$
6	$\Delta$	内外管间 通油间隙	$D = 18.4 \sim 40$ 时, $\Delta = 1$ ; $D = 40.01 \sim 65$ 时, $\Delta = 1.5$ ; $D > 65$ 时, $\Delta = D/10 - 3$	
7	$d_{01}$	内管外径	$d_{01} = D_{02} - 2\Delta$	
8	$t$	内管壁厚	$D < 40$ 时, $t = 0.5$ ; $D = 40 \sim 85$ 时, $t = 1$ ; $D > 85$ 时, $t = 1.5$	
9	$d_{02}$	内管内径	$d_{02} = d_{01} - 2t$	按冷拔无缝管标准取整
10	$d_{03}$	内管扩口部分外	$D \leq 65$ 时, $d_{03} = D_{02}$	$D > 65$ 时, $d_{03} = d_{01}$
11	$n$	钻头颈部 通油孔数目	$n = 6$	
12	$d$	通油孔直径	$d \geq \sqrt{(D_{02}^2 - d_{01}^2)}/6$	
13	$D_3$	钻头大制口直径	$D_3 = 0.9 D$	
14	$D_2$	钻头颈部外径 (反压间隙小径)	$D_2 \geq \sqrt{D_3^2 - D_{02}^2 + d_{01}^2}$	

### (三) 双管喷吸钻的商品尺寸规格

双管喷吸钻技术虽然降低了对机床的要求,但相应付出的代价是使刀具系统更复杂,使用户对刀具系统专业化的依赖程度更大,而且同一直径分段之内的刀具,其排屑、抽屑和刚度等功能指标常常不处于最佳状态,见表 7-8-15。

表 7-8-15 焊接刀片双管喷吸钻及刀杆尺寸规格  
(SANDVIK/COROMANT 公司)

分段号	钻头直径 $D$ / mm	钻头标志尺寸 /mm				钻杆及内管标志尺寸			
		$D_3$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$D_{01}$	$D_0$	$d_{03}$	$d_{01}$
1	18.40 ~ 19.20 19.21 ~ 20.00	16	50.0	47.1 47.0	27.5	18	12	12	10

分段号	钻头直径 $D$ / mm	钻头标志尺寸 /mm				钻杆及内管标志尺寸			
		$D_3$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$D_{01}$	$D_0$	$d_{03}$	$d_{01}$
2	20.01 ~ 20.90 20.91 ~ 21.80	18	56.0	52.9 52.7	30	19.5	14	14	12
3	21.81 ~ 22.90 22.91 ~ 24.10	19.5	56.0	52.8 52.6	30	21.5	15	15	13
4	24.11 ~ 25.20 25.21 ~ 26.40	21	57.5	54.0	30	23.5	16	16	14
5	26.41 ~ 27.50 27.51 ~ 28.70	23.5	60.5	56.8	33	26	18	18	16
6	28.71 ~ 29.80 29.81 ~ 31.00	25.5	63.5	59.5 59.3	33	28	20	20	18
7	31.01 ~ 32.10 32.11 ~ 33.30	28	63.5	59.4 59.1	33	30.5	22	22	20
8	33.31 ~ 34.80 34.81 ~ 36.20	30	70.5	66.0 65.9	40	33	24	24	22
9	36.21 ~ 37.30 37.31 ~ 38.40 38.41 ~ 39.60	33	73.5	68.7 68.5 68.3	40	35.5	26	26	24
10	39.61 ~ 40.60 40.61 ~ 41.80 41.81 ~ 43.00	36	73.5	68.2 68.0 67.8	40	39	29	29	27
11	43.01 ~ 44.30 44.31 ~ 45.60 45.61 ~ 47.00	39	75.0	69.5 69.3 69.1	40	42.5	32	32	30
12	47.01 ~ 48.50 48.51 ~ 50.10 50.11 ~ 51.70	43	79.0	72.8 72.7 72.5	44	46.5	35	35	32
13	51.71 ~ 53.20 53.21 ~ 54.70 54.71 ~ 56.20	47	82.0	75.2 75.5 75.2	44	51	39	39	36
14	56.21 ~ 58.40 58.41 ~ 60.60 60.61 ~ 62.80 62.81 ~ 65.00	51	84.0	77.2 76.6 76.8 76.5	44	55.5	43	43	40

表 7-8-15 为 SANDVIK 公司焊接式双管喷吸钻及钻杆、内管尺寸规格。表 7-8-16

及 7-8-17 分别为机夹式双管喷吸钻、内外管的尺寸规格(提示:表 7-8-16 中  $\phi 65 \sim \phi 185\text{mm}$  机夹钻头未进行尺寸分段),可供参考。

焊接式双管喷吸钻刀片硬质合金材料的选择和断屑台的参数设计与 BTA 基本相同。

表 7-8-16 机夹可转位式双管喷吸钻尺寸规格  
(SANDVIK/COROMANT 公司)

分段号	钻头直径 $D/\text{mm}$	标志尺寸/ mm		中心齿 数目	中间齿 数目	边齿 数目	备注
		$l_1$	$D_3$				
1	65.00	125	51	全部均为 1 件(机夹 块)	1	全部均为 1 件(机夹 块)	1)* 为英制尺 寸规格 2)所有钻头的 导向条均用 2 件(机夹块) 3)不在表列范 围的钻头可提 出特殊订货
2	65.00	160	52				
3	* 69.85	160	58				
	70.00 * 71.45						
4	75.00	160	63				
	* 76.20						
5	80.00	190	70				
	* 82.55 85.00						
6	* 98.90	190	77				
	90.00						
	95.00						
	* 95.25						
7	100.00	195	89				
	* 101.60						
	105.00						
	* 107.95						
8	* 114.30	220	101				
	115.00						
	120.00						
	* 120.65						
9	125.00 130.00	225	113				
10	140.00	230	125	2 或 1			
11	150.00	240	137	1 或 2 或 3			
12	160.00	250	149	4 或 1			
	170.00						
13	180.00	260	161				

表 7-8-17 机夹可转位双管喷吸钻钻杆及内管的尺寸规格(SANDVIK 公司)

分段号	钻头直径 $D$ / mm	钻杆标志尺寸/mm				内管标志尺寸 /mm
		$D_3$	$D_{01}$	$D_0$	$l_3$	
1	65.0~66.9	52	56	43	75	40
2	67.0~72.9	58	62	48	75	44
3	73.0~79.9	63	68	53	75	48
4	80.0~86.9	70	75	59	97	54
5	87.0~99.9	77	82	66	97	60
6	100.0~111.9	89	94	78	97	70
7	112.0~123.9	101	106	90	118	80
8	124.0~135.9	113	118	92	118	80
9	136.0~147.9	125	130	104	118	95
10	148.0~159.9	137	142	116	139	100
11	160.0~171.9	149	154	128	139	120
12	172.0~183.9	161	166	140	139	130

(四) 双管喷吸钻连接器

双管喷吸钻的连接器具有输油、抽屑和夹持钻杆三种功能。当采用钻头旋转加工方式时,连接器还要承担将主轴的转矩传给钻头钻杆的功能。因此,连接器是双管喷吸钻必不可

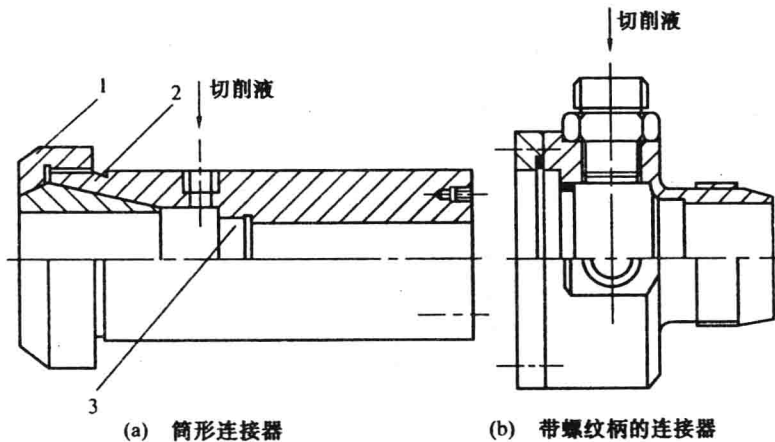


图 7-8-58 钻头不旋转的双管喷吸钻连接器

1-夹紧螺母;2-弹簧夹头;3-定位台

少的关键配套装置。连接器的结构分为两类:用于钻头不转的连接器和用于钻头旋转的连接器。前一类见图 7-8-58,其功能和外形都与 BTA 钻的筒式输油器很相似,有油孔接头与输油管相接。其前端为夹紧螺母 1 和可以更换的弹簧夹头 2,用以对钻杆夹紧并实现自动定心。筒体的内腔有一个供内管末端定位密封之用的定位台 3。用于  $\phi 65\text{mm}$  以上大直径钻头的连接器,也可以设计成如图 7-8-58(b)所示带螺母的短粗形结构。这两种连接器

都需要安装在进给刀座上并加以固定,其末端与排屑橡胶管对接。

钻头旋转式连接器的构造较复杂,见图 7-8-59。其内部结构与前一种连接器类似,二者的差别在于:

①钻头旋转式连接器要将机床主轴的转矩和功率传向钻头,因此有一个与机床主轴配合的柄部(莫氏锥柄,ISO 标准锥柄,法兰连接盘等)。

②在主轴带连接器钻杆旋转的同时,须有一个不旋转的外壳,以资形成进油通道和排屑出口的密封。

图 7-8-59(a)为带锥柄的旋转型连接器,其中带莫氏锥的用于  $\phi 18.4 \sim \phi 65.00$  mm 的喷吸钻,带 ISO 锥柄的用于  $\phi 65.00 \sim \phi 183.90$  mm 的喷吸钻。图 7-8-59(b)为法兰盘安装的连接器的构造,可用于各种钻头直径。每种不同柄部的连接器,又按可加工孔径范围分为若干尺寸规格。

使用旋转型连接器时,应注意将连接器外壳牢靠地固紧在机床主轴外部适当的不旋转部位上,并接上供油及排屑管件。

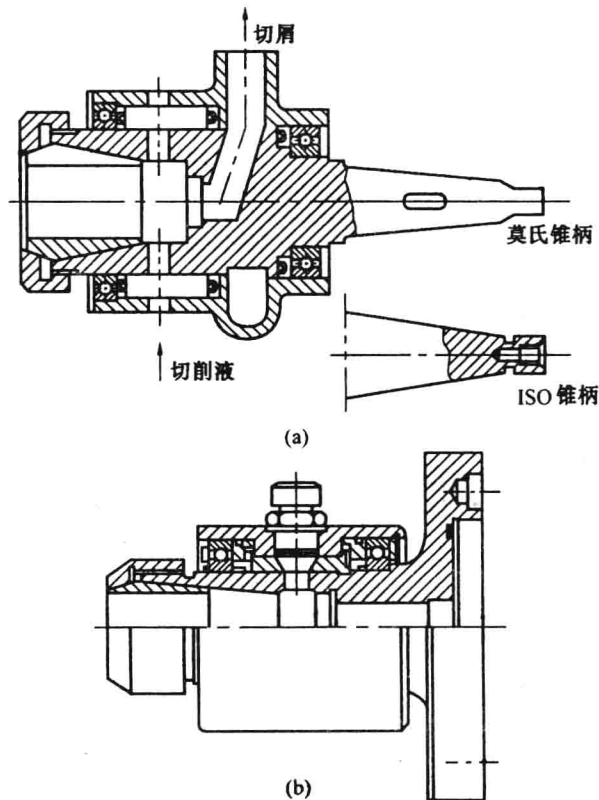


图 7-8-59 钻头旋转式双管喷吸钻连接器

### (五) 双管喷吸钻的切削用量选择

双管喷吸钻的切削用量选择原则与 BTA 钻基本相同,即首先根据被加工的材质确定刀片硬质合金牌号,然后结合钻头直径选定进给量( $f$ )值。然后,根据机床功率、油箱容积等条件决定切削速度( $v$ )。考虑到双管喷吸钻具有抽屑功能,而且所钻孔的长径比不大等有利

因素,在使用表 7-8-7 和 7-8-8 选择切削速度时,可以比 BTA 钻取值大一些。但在采用双管喷吸钻进行扩孔时,仍采用与 BTA 钻相同的切削用量。

(六) 双管喷吸钻加工的净功率、进给力和转矩

图 7-8-60 ~ 图 7-8-62 分别为双管喷吸钻的净功率、进给力、转矩的参考用线图。由于工件材质、钻头磨损状态和机床因素等的差异,这些线图仅供工程技术人员进行工程估算时参考。

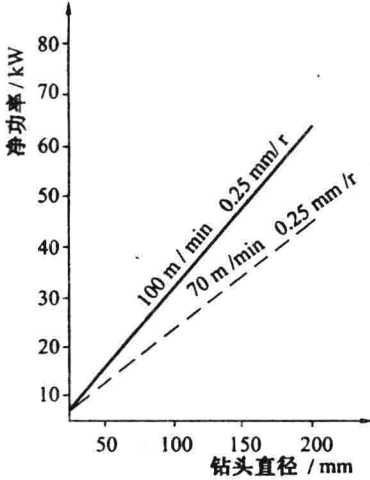


图 7-8-60 双管喷吸钻的净功率

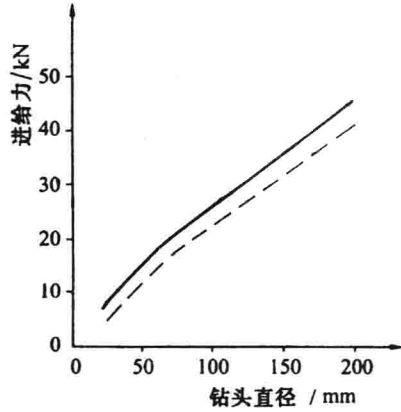


图 7-8-61 双管喷吸钻的进给力

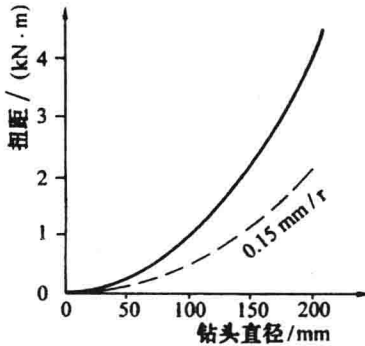


图 7-8-62 双管喷吸钻的转矩

(七) 双管喷吸钻的切削液流量和油压

由于负压抽吸作用的良性影响,双管喷吸钻的切削液流量和油压明显低于 BTA 钻。图 7-8-63 和图 7-8-64 分别为其流量和压力曲线(平均值)。

(八) 双管喷吸钻的改进

内排屑深孔钻的首要矛盾是能否顺畅排出切屑。双管喷吸钻将射流产生负压效应的机理引用于排屑通道,通过改善排屑效果进一步简化了机床,提高了钻孔效率,这无疑是内排屑深孔钻的一个重大进步。但由于双管喷吸钻的设计理论和方法尚不成熟,在结构和工艺上又受到多种因素的制约,致使这种技术的应用效果缺乏稳定性,在通用性和经济性方面也

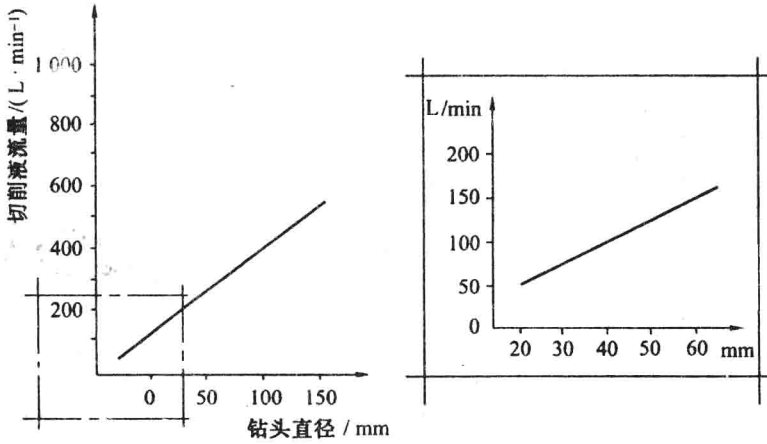


图 7-8-63 双管喷吸钻切削液流量

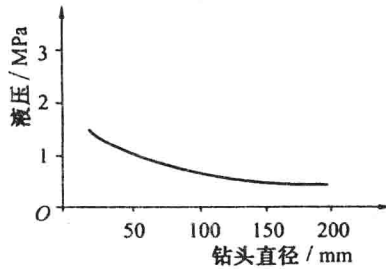


图 7-8-64 双管喷吸钻的切削液压力

不理想。具体来说,双管喷吸钻存在以下问题。

### 1. 结构方面的矛盾

为了保持钻杆有足够的刚度,不希望钻杆的壁厚太薄,但由于增加了一根内管,在有限空间(由钻头直径形成的圆面积)中,只能通过增大钻杆内径才能为供油、排屑通道留下更充分的截面面积。这是一对难以消除的矛盾。

从排屑的角度讲,希望内管内径越大越好,但排屑面积的加大将直接导致供油通道面积减小。其后果是:流向切削刃的油压降会增大,而前油路如果供油不足,易导致切屑在钻头出屑口喉部被堵塞。这是第二对矛盾。

内管的存在,使钻杆内径的可利用空间减少约 1/4,因此希望内管越薄越好,但从内管的受力(切削液对内管外壁的压力,切屑和切削液对内管的重力,由于设置喷射槽对内管强度造成的削弱等)和喷射槽的要求(喷射槽宽度越大,射流的动量和负压抽力越大。但必须相应地增加内管壁厚,否则难以形成有效的喷流)而言,内管的壁厚应尽可能大一些。此为第三对矛盾。

### 2. 工艺方面的矛盾

从选取钻杆、内管坯料(热轧和冷拔无缝钢管)方面考虑,所受到的约束是:标准无缝钢管的尺寸参数(外径×壁厚)是规范化的,而从追求双管喷吸钻最佳设计效果的角度而言,希望无缝管的外径和壁厚尺寸分段越小越好,但二者事实上无法达到统一。如果不采用标准无缝钢管,而采取从实心料开始,针对每一种钻头尺寸进行配套的钻杆和内管进行单件制造



的途径,不但会导致生产成本大幅度增加,而且会使双管喷吸钻的专业化生产和普及应用十分困难。

以上种种现实矛盾,不仅造成现用喷吸钻装备产品在功能和加工效果上的差异和不稳定性,而且对喷吸钻的优化设计、实验研究和推广也形成了巨大障碍。这也许就是双管喷吸钻问世以来将近半个世纪中很少产生技术突破的症结。

20世纪末,曾出现一批为改进双管喷吸钻现存弊端而提出的改进措施和革新结构。今选取其中有代表性的实例介绍如下。

图7-8-65为一种前通油孔面积可调式双管喷吸钻,最早由芜湖液压件厂协助上海重型机床厂研制,用于在改装的车床上钻 $\phi 40\text{mm}$ 孔。其中图7-8-65(a)为刀具配置全貌,(b)为钻头颈部的纵向喷油孔,(c)为内管尾端喷射槽示意。

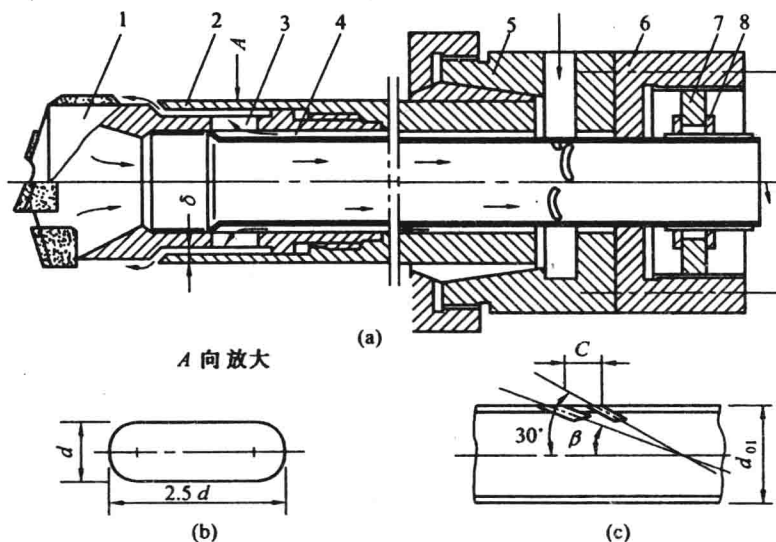


图7-8-65 前通油孔面积可调式双管喷吸钻示意图

1-钻头;2-钻杆;3-长通油孔;4-内管;

5-连接器;6-螺套;7-调节螺圈;8-紧螺母

这种双管喷吸钻的特点是:

①将钻头颈部(即钻头体之后,大制口之前)适当延长,并将颈部6个通油孔如图7-8-65(b)沿轴向铣(或用电火花加工)成长约 $2.5d$ 的长槽孔,与此相应,将内管前端的扩径部分(图7-8-55(a)中的 $d_{03}$ )和钻头内腔的定位面(即图7-8-56中的钻头内径 $D_0$ )都相应加长(图7-8-65(a))。当内管左端与钻头内腔定位台顶紧时,6个长槽对内外管之间的切削液通道全部开放,此时钻头颈部的通油量处于最大值。当内管向右移动时,长槽孔通油面积逐渐减小,通油量也相应减少。在加工前进行调试时,通过调整内管的轴向位置,可以取得前供油通道与后端喷吸效应的理想匹配,即获得最佳的喷吸效果。

②6个通油孔按一般程序求出其直径 $d$ ,并将 $d$ 作为槽的宽度。钻头颈部的通油间隙 $(D_{02} - D_2)/2$ 也按一般设计程序确定。

③对于内管前端扩大部分的外圆柱面 $d_{03}$ ,可以沿轴线方向与钻头内径 $D_0$ 平移,以调节通油面积。调节的方法是:在连接器5的后端加设一个具有内螺纹的螺套6(此螺套与连