

深孔 PDC 扩孔钻头研究及计算机辅助设计

王三牛, 牛庆磊, 史兵言, 贾 炜

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘 要:介绍了深孔 PDC 扩孔钻头设计方法,参考了全面钻进 PDC 钻头设计理论,进行了冠部轮廓设计及等切削布齿理论研究,借助 CAD/CAM/CAE 一体化三维软件 Pro/ENGINEER 完成 PDC 扩孔钻头三维建模,参数化设计提高了 PDC 布齿的准确性,PDC 扩孔钻头可应用到各种扩孔施工,应用前景十分广阔。

关键词:PDC 扩孔钻头;布齿;计算机辅助设计;切削齿角度;螺旋线

中图分类号:P634.4⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2014)08-0001-08

PDC Reaming Drill Bit Research and Computer-aided Design for Deep Hole/WANG San-niu, NIU Qing-lei, SHI Bing-yan, JIA Wei (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: This paper describes the design of PDC reaming drill bit for deep hole. With the reference to full face drilling PDC drill bit design theory, the theoretical researches on the design of crown profile and equal-cutting volume theory are made; using three-dimensional software integrated with Pro/ENGINEER CAD/CAM/CAE ion, the PDC reaming drill bit 3D modeling is completed. The parametric design improves the accuracy of PDC bit cutter placing, and PDC reaming drill bit can be applied in all kinds of reaming construction with very broad application prospects.

Key words: PDC reaming drill bit; cutter placing; CAD; cutter angle; helix model

0 引言

PDC 钻头经历了近 50 年的发展,现已在石油天然气钻井中广泛使用,随着 PDC 耐磨性、耐冲击性能的提升,PDC 钻头配合孔底动力钻具应用到定向井、造斜井施工当中,随着地质及煤田地质行业对 PDC 钻头的认识,开发出了地质 PDC 取心钻头和煤田钻探用的 PDC 钻头。PDC 钻头是以切削齿对地层进行切削来破碎岩石的,相比于牙轮冲击、刨削的破岩方式,钻进效率明显提高,另外 PDC 钻头结构上没有运动部件和密封件,不易出现孔内事故,在软~中硬地层中使用寿命远高于牙轮钻头。

我国深孔科学钻探和地质找矿勘探比较常用的技术方法就是小钻取心大钻扩眼成井,这是解决深孔钻探复杂地层施工的有效工艺方法,既能提高钻进效率又能节约钻井成本。常规导向扩孔钻头(图 1)是采用牙轮掌子与中心导向体焊接组成,在受到扩孔直径限制情况下,很难选择牙轮掌子,选用大规格牙轮掌子布置不开,选择小规格牙轮掌子寿命无法保证。因此,我们考虑在现有导向扩孔钻头结构基础上,选用 PDC 作为切削具,结合石油钻探全面

钻进 PDC 钻头设计方法,利用计算机三维设计软件 PRO/e,实现 PDC 扩孔钻头参数化计算机辅助设计,研制新一代深孔 PDC 扩孔钻头。

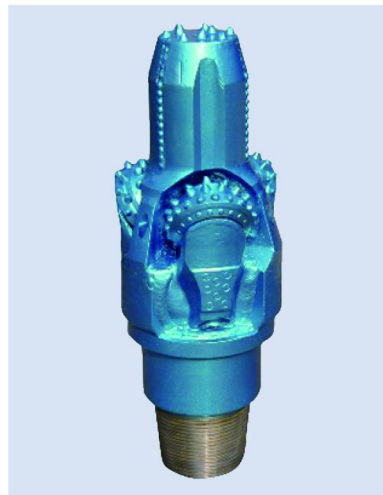


图 1 牙轮扩孔钻头

1 深孔 PDC 导向扩孔钻头结构设计

PDC 导向扩孔钻头按结构上分为分体式和整体式 2 种结构。分体式结构(图 2)刀翼通过连接销

收稿日期:2014-06-09;修回日期:2014-08-11

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“深孔扩孔钻进技术应用研究”(12120113017400)

作者简介:王三牛(1957-),男(汉族),山西新绛人,中国地质科学院勘探技术研究所大口径钻头与钻具研制中心生产技术部部长、教授级高级工程师,探矿工程专业,从事各种钻头、钻具及钻探工艺的研究工作,河北省廊坊市金光道 77 号,ksztzx@vip.sina.com;牛庆磊(1988-),男(汉族),黑龙江萝北人,中国地质科学院勘探技术研究所助理工程师,勘查技术与工程专业,从事深孔扩孔钻进技术研究工作,469294278@qq.com。

固定在中心体上,刀翼可拆卸,一方面降低了大口径扩孔钻头用料及机加工成本,另一方面当刀翼磨损或需变更扩孔直径时,可通过更换相应规格扩孔刀翼实现,经济性好。但由于分体式结构零部件较多的特点,结构相对复杂,锁紧机构失效后,存在销子及刀翼脱落风险。整体式结构(见图3),刀翼与导向中心体一体成型,导向直径与刀翼外径变化较大,整体通过数控加工完成,用料较多且机加工量较大,加工成本高。整体式扩孔钻头优点是整体性好,没有活动部件及易损件,孔内事故率低。对比2种钻头结构特点,分体式导向扩孔钻头适用于浅孔或者非开挖导向扩孔钻进,对于深孔及复杂地层扩孔钻进优选整体式扩孔钻头,以保证孔内安全及钻头使用寿命。

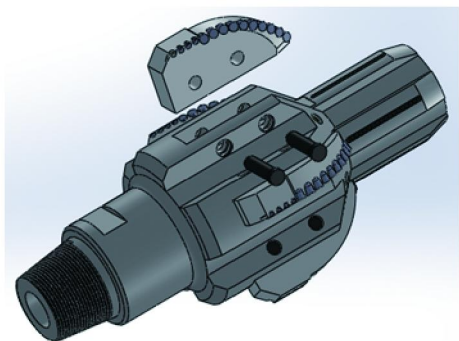


图2 分体式扩孔钻头

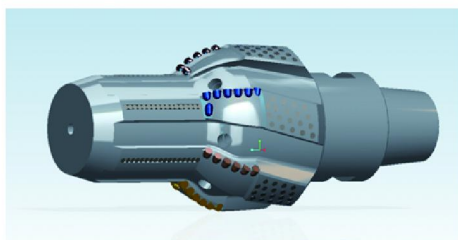


图3 整体式扩孔钻头

2 深孔 PDC 扩孔钻头设计基本方法

PDC 扩孔钻头(图4)从结构上分为导向部分、刀翼、拧卸部分及连接螺纹。导向部分和刀翼上设有联通的水槽,冠部刀翼之间设有硬质合金喷嘴,钻头钢体中心有中心通孔,冲洗液通过中心通孔进入喷嘴流道及导向流道,从喷嘴喷出,冲洗液携带岩粉通过水槽上返。刀翼按形状分为直刀翼及螺旋形刀翼,分体式扩孔刀翼一般采用直刀翼方便加工,整体式扩孔钻头一般采用螺旋形刀翼,有利于岩屑上返及切削齿冷却。刀翼上布置有 PDC 齿,PDC 齿又分为主切削齿及保径齿,PDC 齿布置方法是扩孔钻头设计关键,直接影响到钻头切削效果,因此本文重点

是对 PDC 布齿方法进行研究。围绕 PDC 布齿进行钻头体冠部设计、径向布齿设计、周向布齿设计、切削齿角度设计及水力结构设计。PDC 扩孔钻头设计一般过程见图5。

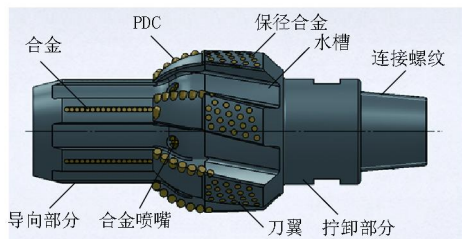


图4 整体式 PDC 扩孔钻头结构

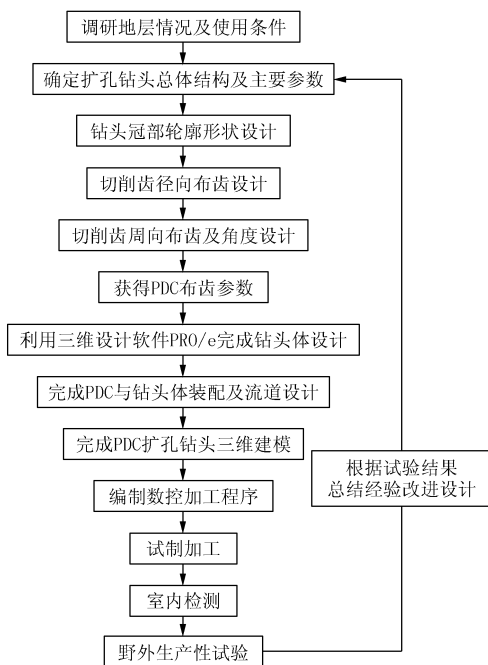


图5 PDC 扩孔钻头一般设计方法

2.1 冠部剖面形状设计

参考全面钻进 PDC 钻头设计理论,由于 PDC 导向扩孔钻头中心是导向部分,没有内锥,冠部剖面主要包括冠顶、肩部、外锥及保径(如图6所示)。PDC 钻头常用的剖面形状有单圆弧、双锥、双圆弧、抛物线、圆弧抛物线、球形、平顶圆弧、平顶抛物线等类型,PDC扩孔钻头可采用抛物线及双圆弧形冠部。

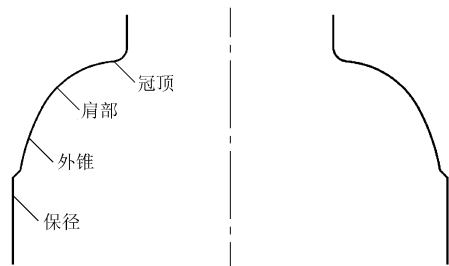


图6 扩孔钻头冠部剖面图

按照冠部轮廓高度分为短、中、高 3 种类型。PDC 钻头冠部形状的确定应遵循以下原则:

(1) 冠部形状有助于实现钻头设计,如按等切削布齿时,冠部形状应尽可能的保证钻头上每一颗 PDC 具有大致相等的切削体积;

(2) 切削齿在冠部容易布置,有足够的布齿空间,保证相邻切削齿不互相干涉;

(3) 冠部形状易于加工。

PDC 钻头布齿方法包括等距布齿、等切削布齿、等磨损布齿及等功率布齿等。现阶段 PDC 钻头布齿设计对磨损及切削齿切削功率的研究还不够透彻,每个齿的切削受到多种因素的影响,无法准确得出具体每个齿的绝对磨损量或者切削功率,大部分计算方法都是简化的相对计算。本文 PDC 导向扩孔钻头采用等切削布齿原则设计,下面给出冠部轮廓线理论方程式。

如图 7 所示,设钻头第 i 颗齿中心在半径 r_i 处,安装角为 γ_i ,在冠部曲线上占有的曲线长度为 Δl_i ;第 j 颗齿中心在半径 r_j 处,安装角为 γ_j ,在冠部曲线上占有的曲线长度为 Δl_j ,钻头每转进尺为 δ ,则根据等切削的原则应有:

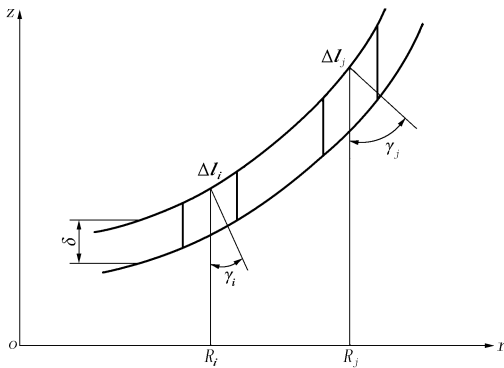


图 7 等切削布齿原理图

$$2\pi r_i \delta \cos \gamma_i \Delta l_i = 2\pi r_j \delta \cos \gamma_j \Delta l_j \quad (1)$$

扩孔钻头上选取一个基准点作为参考,取钻头冠顶为参考基准 r_0 ,分 2 类情况考虑。

(1) $r \geq r_0$ 时,轮廓线为抛物线,轮廓曲线方程计算方法如下:

设 $r_i = r_0$, $\gamma_i = 0$, $\Delta l_i = \Delta l_0$,则将式(1)写成通式为:

$$\cos \gamma = r_0 \Delta l_0 / (r \Delta l) \quad (2)$$

根据式(2)可以得出冠部曲线在 r 处的斜率:

$$\frac{dz}{dr} = \tan \gamma = \sqrt{\left(\frac{l}{\cos \gamma}\right)^2 - 1} = \sqrt{\left(\frac{r \Delta l}{r_0 \Delta l_0}\right)^2 - 1} \quad (3)$$

对式(3)积分得:

$$z = \int \sqrt{\left(\frac{r \Delta l}{r_0 \Delta l_0}\right)^2 - 1} dr + c \quad (4)$$

一般情况,切削齿沿冠部曲线均匀布齿,即布齿系数 $\Delta l / \Delta l_0 = 1$,则(4)式变为:

$$z = \int \sqrt{\left(\frac{r}{r_0}\right)^2 - 1} dr + c \quad (r \geq r_0)$$

积分得冠部理论曲线方程:

$$z = \frac{r}{2r_0} \sqrt{r^2 - r_0^2} - \frac{r_0}{2} \ln \left(\frac{r + \sqrt{r^2 - r_0^2}}{r_0} \right) + c \quad (r \geq r_0) \quad (5)$$

根据式(5)做出的曲线为类抛物线形,但不是抛物线。

(2) $r_d < r < r_0$ (r_d 为导向直径)时,轮廓选用直线,直线方程为:

$$z = c \quad (6)$$

这样就得出了导向扩孔钻头刀翼冠部轮廓方程,方程中包含了一个重要参数 r_0 ,只有确定了 r_0 才能够得出理论冠部曲线的形状。一般情况下,钻头所钻地层越硬, r_0 越大,冠部外锥长度越短;反之, r_0 越小,冠部外锥长度越长。为此,定义一个“钻头综合系数 f_R ”, f_R 与 r_0 的关系为:

$$r_0 = (D/2) f_R \quad (7)$$

式中: D ——钻头直径。

从式(7)可以看出, f_R 数值越大,表示钻头适应地层越硬, f_R 数值越小,表示钻头适应地层越软, f_R 一般可取 0.2 ~ 0.8。

我们以 $\varnothing 156 \sim 311$ mm PDC 扩孔钻头为例,主切削齿选用 $\varnothing 15.88$ mm PDC,保径齿选用 $\varnothing 13.44$ mm PDC,钻头每转进尺 2 mm,针对深孔地层较硬特点 f_R 取 0.5, $D = 311.2$ mm,根据式(7)得出 $r_0 = 77.8$ mm。将 r_0 代入式(5)得出冠部理论曲线方程,为方便加工,用圆弧对冠部曲线进行拟合,理论曲线外锥角过大,不利于钻头外锥段修整孔壁,同时也会造成单齿受力过大,容易出现憋钻现象,造成切削齿冲击破坏。一般我们选择外锥角 10° 左右,最终得出了冠部轮廓曲线,如图 8 所示。

2.2 PDC 扩孔钻头布齿设计

2.2.1 切削齿基本几何学参数

PDC 切削齿在钻头体上布置包含 2 个要素,即切削齿中心的空间位置和切削齿工作平面方向。

(1) 切削齿在钻头体上位置参数包括:①切削齿中心到钻头轴线的距离 R_c ;②切削齿中心到钻头轴向基准面高度 H_c ;③切削齿中心与钻头轴线所成平面与钻头半径基准平面所成角度 θ 。

以上 3 个参数由钻头结构确定,其中 R_c 和 H_c 由

(4) 切削齿基本坐标系: 再将 $O_2X_3Y_3Z_3$ 坐标系中的 O_2Y_3 轴和 O_2Z_3 轴按照齿前角 φ 绕 O_2X_3 轴旋转 φ 角度, 即得到切削齿基本坐标系 $O_2X_4Y_4Z_4$ (X_4 与 X_3 相同)。该坐标系的 $O_2X_4Z_4$ 平面就是切削齿工作平面, O_2Y_4 为切削齿轴线或者称为切削齿工作平面法线。

2.2.3 PDC 扩孔钻头径向布齿设计

切削齿径向布齿就是沿着钻头冠部轮廓线布列切削齿, 按照一定布齿原则, 如等切削布齿, 使每片切削齿切削体积相同, 计算出切削齿中心到钻头轴线半径 R_c , 即可确定轴向位置高度 H_c 和装配角 γ 三个空间位置参数, 从而得出钻头径向布齿图, 保证井底完全覆盖的同时实现等切削。PDC 扩孔钻头径向布齿一般方法:

(1) 确定钻头刀翼数量 n , 主切削齿半径 r ;

(2) 根据钻头冠部轮廓线, 确定齿中心所在轮廓线, 齿中心轮廓线为冠部轮廓线的等距线, 二者之间的距离取决于切削齿出露高度 h_c , 如图 10 所示;

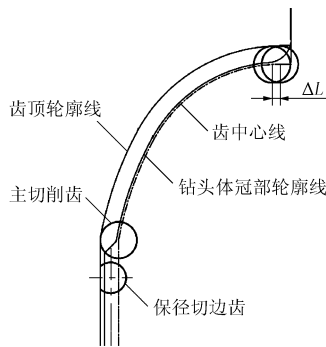


图 10 齿径向布齿示意图

(3) 根据地层情况确定布齿密度, 计算主切削齿数量, 根据等切削原则, 计算各个切削齿径向位置 R_c , 从而得出轴向高度 H_c 和装配角 γ 数值。

切削齿数量 N 计算方法, 采用齿中心线求法: 切削齿中心线是钻头体轮廓线的等距线, 间距 h_c 等于切削齿半径 r 减去切削齿出露高度 e , 切削齿中心线弧长 L_c 定义一个“布齿密度系数 f_d ”:

$$f_d = 2r / \Delta l \quad (8)$$

式中: r ——切削齿半径; Δl ——冠顶处切削齿间距。

初步采用等距离布齿, 这样就就有 $\Delta l = L_c / N$, 式(8)可变为:

$$f_d \approx 2N / L_c \quad (9)$$

$$N = f_d L_c / (2r) \quad (10)$$

从式中可以看出 f_d 越大, 布齿数量越多, 反之, 布齿数量越少。计算出主切削齿数量 N 后, 首先按等距离布齿原理沿钻头中心线均匀布齿, 这样就得出等距布齿图, 要实现等切削就需要调整刀翼上的

布齿间距, 设单个切削齿切削面积为 S_i , 切削齿距钻头轴线距离 x_i , 则有切削体积:

$$v = 2\pi x_i S_i \quad (11)$$

通过式(11)可以看出越靠近钻头中心, 切削体积越小, 距离越远切削体积越大。要实现等切削布齿, 靠近中心部切削齿布齿间距大, 向外齿间距逐渐减小, 形成内疏外密布齿。由于切削齿切削体积不仅受齿间距的影响, 还受到切削齿角度影响, 要实现每片切削齿切削体积完全相同十分困难, 计算结果也未必准确, 笔者认为只需要计算出各个切削齿相对破岩体积(忽略切削齿角度影响), 找出破碎体积最大的点, 一般位于钻头的肩部位置, 将附近切削齿破岩体积求和得出平均值, 然后调整这一局部齿间距, 使局部切削体积相同, 改善局部磨损严重的问题, 进而延长使用寿命。虽然这样中心处及外锥处切削齿切削体积较少, 但不会影响钻头寿命, 这种方法是简单有效的。

利用三维制图软件 PRO/e 计算切削齿切削体积, 首先在二维布齿平面上按等距布齿沿中心线均匀布置, 然后设定钻头每转进尺 δ , 这样每片切削齿每旋转一周轴向运动了 δ , 已知每片切削齿出露圆弧大小便很容易求出这段圆弧切削面积, 再经过旋转即得到破岩体积, 利用 PRO/e 测量体积工具可测量出切削体积(图 11)。汇总切削体积得出切削体积表, 找出破岩最大体积区域, 求和计算平均值, 调整该区域布齿间距, 确定每个齿旋转半径 R_c , 结合中心轮廓线, 确定轴向高度 H_c 及装配角 γ 。

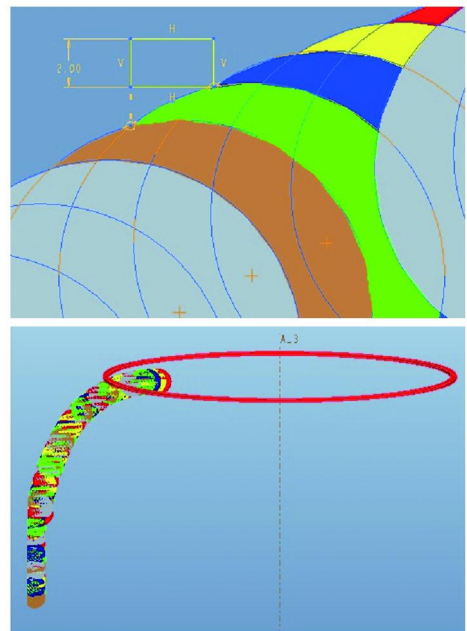


图 11 切削齿破岩体积计算过程

以 $\varnothing 156 \sim 311$ mm PDC 扩孔钻头为例,中心线弧长 $L_c = 116.8$ mm,采用 6 刀翼,布齿密度系数 f_d 取 5,通过式(9)可得出齿数 N 取 37,首先按等距布齿,齿间距 $\Delta L = 3.4$ mm。通过 PRO/e 完成布齿图,计算等距布齿切削体积,优化后得出最终布齿表(见表 1)。

表 1 $\varnothing 156 \sim 311$ mm PDC 扩孔钻头布齿

编号	R_c	H_c	装配角 γ /($^\circ$)	优化前切削 体积/ mm^3	优化后切削 体积/ mm^3
1	74.71	142.06	0	3052.53	3052.53
2	77.80	142.06	0	3387.57	3387.57
3	81.2	141.97	3.14	3915.93	3915.93
4	84.59	141.69	6.28	4080.22	4080.22
5	87.96	141.22	9.42	4229.00	4181.09
6	91.22	140.59	12.48	4360.21	4388.52
7	94.64	139.73	15.75	4471.93	4600
8	97.94	138.70	18.94	4562.38	4600
9	101.12	137.51	22.07	4629.92	4600
10	104.20	136.17	25.17	4673.1	4600
11	107.17	134.67	28.25	4690.66	4600
12	110.07	133.01	31.33	4681.57	4600
13	112.88	131.19	34.42	4645.02	4600
14	115.62	129.20	37.55	4580.45	4600
15	118.29	127.03	40.73	4487.54	4600
16	120.91	124.64	44.00	4366.25	4449.28
17	123.25	122.25	47.09	4216.78	4173.79
18	125.50	119.70	50.23	4039.62	4039.62
19	127.60	117.03	53.37	3835.51	3835.51
20	129.56	114.25	56.51	3605.45	3605.45
21	131.35	111.36	59.65	3344.05	3344.05
22	133.00	108.38	62.20	2999.17	2999.17
23	134.55	105.36	63.53	2837.09	2837.09
24	136.03	102.3	64.84	2733.20	2733.20
25	137.44	99.20	65.00	2625.57	2625.57
26	138.78	96.08	65.00	2519.27	2519.27
27	140.06	92.93	65.00	2408.00	2408.00
28	141.26	89.75	65.00	2292.01	2292.01
29	142.39	86.54	65.00	2171.50	2171.50
30	143.46	83.31	65.00	2046.73	2046.73
31	144.45	80.06	65.00	1917.94	1917.94
32	145.37	76.79	65.00	1785.37	1785.37
33	146.22	73.50	65.00	1649.30	1649.30
34	147.00	70.19	65.00	1507.28	1507.28
35	147.66	66.85	65.00	1293.22	1293.22
36	147.66	63.45	65.00		
37	147.66	60.05	65.00		

2.2.4 PDC 扩孔钻头周向布齿设计

PDC 扩孔钻头周向布齿就是要确定切削齿在钻头圆柱坐标系($O_1R_1\theta_1H_1$)中心点的周向角 θ 。切削齿周向角与钻头刀翼形状有关系,PDC 扩孔钻头刀翼形状分为直刀翼(图 12)和螺旋形刀翼(图 13),直刀翼一般用于分体式扩孔钻头上,螺旋形刀

翼用于整体是扩孔钻头。直刀翼各个刀翼上切削齿周向角与刀翼周向角相同,螺旋形刀翼切削齿周向角由内向外随螺旋线逐渐变大。本文着重介绍螺旋形刀翼周向布齿方法,采用等距螺旋线作为 PDC 扩孔钻头布齿基准,完成钻头周向布齿。

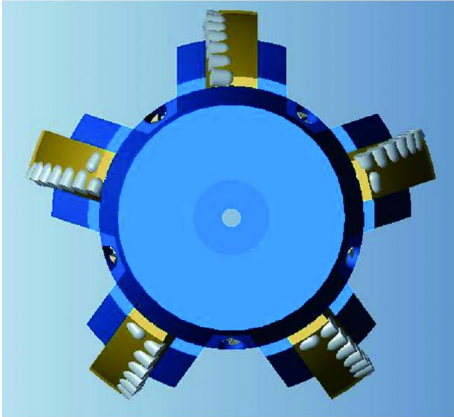


图 12 直刀翼

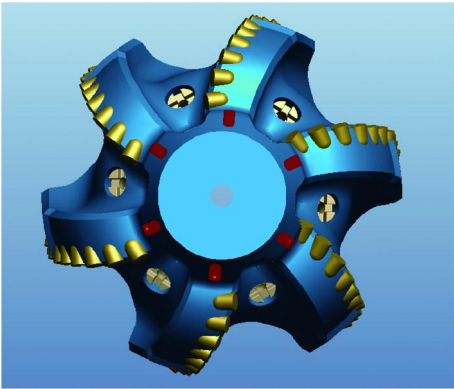


图 13 螺旋形刀翼

在钻头圆柱坐标系中,切削齿中心点位置坐标 $O_i(r_i,\theta_i,z_i)$ 可用下式描述:

$$r_i = r(\theta_i) \tag{12}$$

$$z_i = z(r_i) \tag{13}$$

式中: z_i ——切削齿中心轴向高度即 H_c 。

钻头冠部轮廓确定后, r_i 和 z_i 也就确定了。下面就是要确定 θ_i 与 r_i 的关系。

螺旋线形刀翼就是刀翼在径向投影为等距螺旋线(即阿基米德螺旋线),螺旋线方程为:

$$r_i = a(\theta_0 + \theta_i) \tag{14}$$

式中: a ——螺旋线形状参数,改变 a 值便可改变螺旋线形状; θ_0 ——螺旋线位置参数,改变 θ_0 便可以改变螺旋线起始位置,如图 14 所示。

依然以 $\varnothing 156 \sim 311$ mm PDC 扩孔钻头为例,上节已经确定了切削齿径向位置 R_c 及轴向高度 H_c ,即

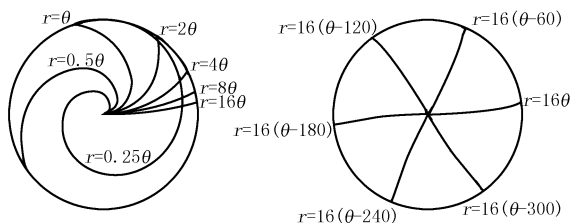


图 14 等距螺旋线

r_i 及 z_i 。钻头采用六刀翼,即为 6 条等距螺旋线,螺旋线方程为 $r = -4(\theta_i - \theta_0)$, 其中 $\theta_0 = 0^\circ, 60^\circ, 120^\circ, 180^\circ, 240^\circ, 300^\circ$ 。以钻头中心为圆心, r_i 为半径画圆,圆与螺旋线交点即为切削齿中心定位点,与中心连线可测出切削齿周向角 θ_i (如图 15),沿 6 个刀翼依次布齿,汇总得出周向布齿表。

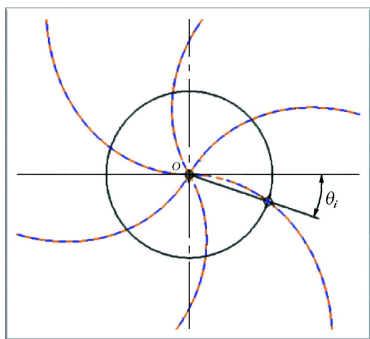


图 15 PDC 扩孔钻头周向布齿

2.3 切削齿工作角度设计

根据钻头冠部轮廓已经确定了切削齿装配角 γ ,只要再确定切削齿侧转角 β 及齿前角 φ 即能够完成切削齿的定位。

切削齿侧转角 β 主要作用是使切削齿在切削过程中产生侧向推力,使岩屑向钻头外缘移动,以利于排除岩屑,减小泥包现象。根据实验研究及以往经验,随着水力清理效果的提高,切削齿的侧转对 PDC 钻头的工作性能没有积极作用。因此,PDC 扩孔钻头设计当中,直线形刀翼侧转角取零;螺旋型刀翼扩孔钻头,切削齿侧转角沿螺旋线在 $5^\circ \sim 7^\circ$ 之间变化,由内向外逐渐增大。

切削齿齿前角 φ (又称为后倾角)是 PDC 钻头设计的一个重要参数,齿前角的大小直接影响到 PDC 钻头的破岩效果及使用寿命。从图 16 可以看出,小齿前角攻击性较强,同时也会加剧 PDC 的磨损,大齿前角攻击性弱、耐用性好,这就需要平衡考虑钻头的攻击性与钻头寿命之间的关系,地层较软时选用小齿前角,提高攻击性同时保证钻头寿命,地层较硬时,相应的增大前倾角,牺牲一定钻进速度,保证钻头寿命,提高钻头经济性。一般来说,软地层

采用 $10^\circ \sim 15^\circ$ 齿前角为宜,中到中硬地层用 $15^\circ \sim 20^\circ$ 齿前角为宜,保径 PDC 取 $20^\circ \sim 25^\circ$ 为宜。

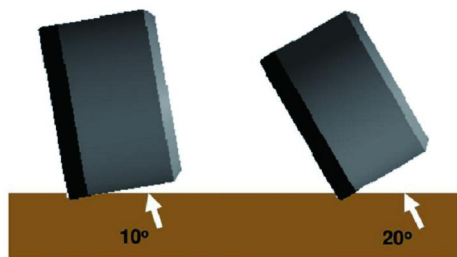


图 16 切削齿齿前角

3 PDC 扩孔钻头三维模型建立

利用三维设计软件 PRO/e,完成钻头体及切削齿造型设计,再结合布齿参数表,完成切削齿的装配,最后完成水力学设计及保径设计,钻头体上安装喷嘴、切出水路及布置保径合金,这样就完成了 PDC 扩孔钻头装配模型,具体过程如图 17 所示,通过 PRO/e 装配体合并继承工具在钻头钢体上切出齿穴,最终得到钻头钢体模型图如图 18 所示。

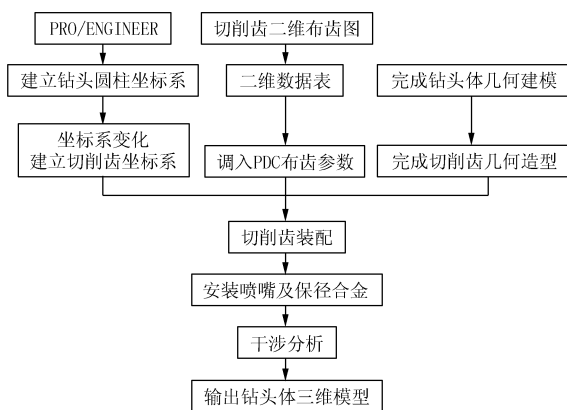


图 17 PDC 扩孔钻头三维模型建立过程

4 钻头加工试制

钻头钢体模型设计完成后,利用 PRO/e 自带的 CAM(计算机辅助制造)功能模块,再结合具体数控机床和工艺要求进行修改和添加得到 CNC 系统能够接受的数控加工程序,在数控加工中心上完成钻头体加工。整个加工过程告别了传统的加工图纸,钻头钢体粗车热处理后,在数控加工中心上一次装卡成型,具有加工精度高、加工周期短的特点,如图 19 所示。然后进行钻头钢体碳化钨喷涂硬化、PDC 焊接、保径硬质合金焊接及喷嘴安装等工序,本文不再赘述。

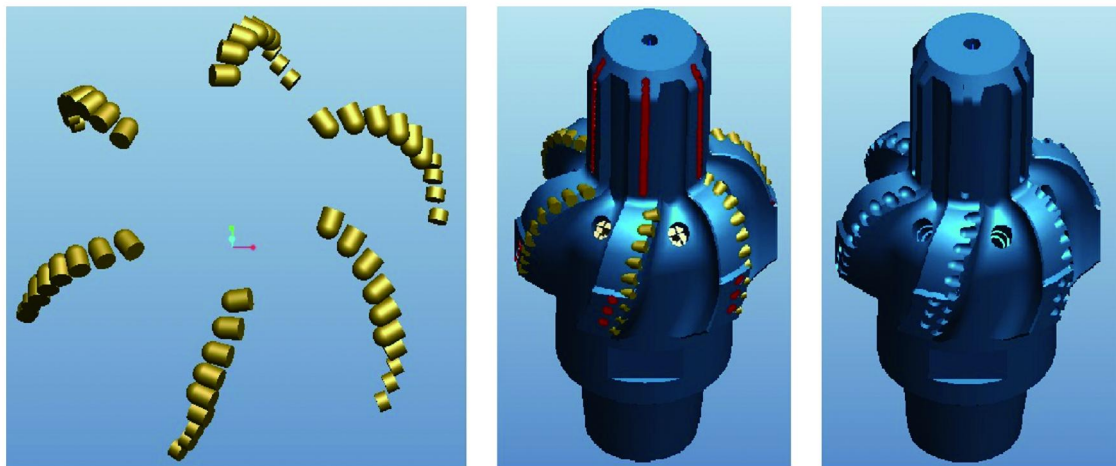


图 18 PDC 扩孔钻头钢体模型



图 19 钻头钢体数控加工过程

5 结语

本文借鉴石油全面钻进 PDC 钻头设计经验,结合深孔硬岩扩孔钻进特点,研究了一套深孔 PDC 扩

孔钻头设计方法。该技术成果可广泛应用到非开挖、煤矿通风孔、送料孔、瓦斯抽采孔及深孔科学钻探孔当中,提高钻进效率、节约钻井成本,市场前景广阔。

参考文献:

- [1] 刘建风,胥建华. PDC 钻头布齿的计算机辅助设计[J]. 煤田地质与勘探, 2003, 31(3): 62-64.
- [2] 翟应虎,王克雄,蔡镜仑. PDC 钻头的螺旋线布齿方法[J]. 石油大学学报(自然科学版), 1995, 19(2): 25-29.
- [3] 石志明,杨迎新. 基于 PRO/e 的 PDC 钻头三维参数化布齿设计[J]. 河南石油, 2006, 20(3): 50-52.
- [4] 李树盛,蔡镜仑,马德坤. PDC 钻头冠部设计的原理与方法[J]. 石油机械, 1998, 26(3): 1-3.
- [5] 魏学成. 非均质地层复合 PDC 钻头的研制[D]. 上海: 上海交通大学, 2004.
- [6] 孔栋梁. 底砾岩地层 PDC 钻头损坏机理及钻头优化设计研究[D]. 山东东营: 中国石油大学(华东), 2011.
- [7] 杨庆理. 复杂地层 PDC 钻头个性化设计及应用研究[D]. 山东东营: 中国石油大学(华东), 2007.

我国陆上超深水平油气井在塔中完钻

《中国矿业报》消息(2014-08-19) 由川西钻探公司川庆 70601 队承钻的塔中超深水平井 ZG13-3H 井,日前安全钻至井深 7849 m,创造了我国陆上最深水平井完钻新纪录。

ZG13-3H 井是塔里木油田部署在塔中北斜坡 40 号构造带上的一口开发超深水平井。根据塔中区块钻井作业过程高井控风险和大型交叉作业的特点,川庆 70601 队强化工艺安全分析,提前编制超深水平井的作业技术规程和安全预案。

针对塔中石炭系、志留系等非目的层可钻性差、常规机械钻速慢,以及目的层埋藏深、温度高、普通定向工具易频繁失效等技术难点,川庆 70601 队采用塔中区块成熟的塔标Ⅲ

井身结构,借鉴现有水平井轨迹优化技术,优化超深水平井井眼轨迹,降低井眼曲率,增加复合钻进井段比例,全面提高了平均机械钻速,成功钻达 1489.31 m 的水平位移和 1137.37 m 水平段进尺。

在应用常规钻井技术的基础上,川庆 70601 队依据塔中区块储层伽马特征,对比邻井资料,提前优选和匹配最佳井下动力设备与钻头选型,推广应用随钻伽马导向技术和控压钻井技术,以保证储层钻遇率和保护油气层为导向,提高纯钻时效和机械钻速。其中,单支 PDC 钻头以 219 h 的纯钻时效和 11.63 m/h 的最快机械钻速,钻获进尺 2547 m。目的层钻遇油气显示 42 层,控压钻进 1410.74 m,为塔中年 400 万 t 产能建设又增添一口高产气井。