

表4-3 IADC 牙轮钻头分类标准

	地 层	系 列	类 型	轴承/保径							附加特征
				标准 滚柱 轴承 ①	气冷 滚柱 轴承 ②	保径 滚柱 轴承 ③	密封滚 柱轴承 ④	保径密 封滚柱 轴承 ⑤	密封滑 动轴承 ⑥	保径密 封滑动 轴 承 ⑦	
钢 齿 钻 头	软地层具 低抗压强 度和高可 钻性	1	1	S3SJ			SS33S	SS33SG	S33SF	S33SGF	A. 空气钻井
			2								B. 特殊的轴承 密封
			3								C. 中心喷嘴
			4								D. 井斜控制
	中--中硬 地层具高 抗压强度	2	1	M4NJ			M44N	M44NG		M44NGF	E. 加长喷嘴
			2								G. 保径体
			3								H. 水平/导向应 用
			4								J. 喷射造斜
	硬质半研 磨和研磨 性地层	3	1	H7			H77		H77F		L. 牙掌镶块
			2								M. 马达应用
			3								S. 标准钢齿模 式
			4								T. 双牙轮钻头
镶 齿 钻 头	软地层具 低抗压强 度和高可 钻性	4	1								W. 增强切削结 构
			2							S81F	X. 楔形镶齿占 主要地位
			3					S82		S82F	Y. 锥形镶齿
			4								Z. 其它形状镶 齿
	软--中地 层具低抗 压强度	5	1					SS84		S84F	
			2								
			3					S86		S86F	
			4								
	中硬地层 具高抗压 强度	6	1					M84		M84FA	
			2								
			3							M89F	
			4								
	硬质半研 磨和研磨 性地层	7	1								
			2								
			3							H87F	
			4								
	特别硬和 研磨性地 层	8	1								
			2								
			3								
			4							H100F	

表4-3中各项的意义如下:

(1) 第一位编码——切削结构系列(1~8)

八种分类或系列数字代表着一般的钻头所适用的地层特征。系列1~3指的是钢齿(或铣齿)钻头, 4~8代表的是镶齿(碳化钨硬质合金齿)钻头。不论是钢齿钻头还是镶齿钻头, 随着系列数字的增大, 其所代表的地层硬度与研磨性也相应增加。

(2) 第二位编码——切削类型(1~4)

每种切削结构系列又可分为四个“类型”或硬度级别。类型1指的是专为某一系列中最软的地层而设计的钻头, 类型4则代表这一系列中最硬的地层。

(3) 第三位编码——轴承与保径(1~7)

轴承和保径设计分为七种, 详细内容参照表4-3中“轴承/保径”这一项。第八和第九种设计是为将来备用的, 此表中未予列出。

(4) 第四位编码——附加特征

共用十六个字母来分别代表钻头设计的“附加特征”。它包括一些特殊的切削结构、轴承、水力分布方式和钻头体保径等方面的结构特征。有时在一个钻头的设计中同时具有好几种“附加特征”, 在IADC的编码中, 则只把最重要的一项表示出来。

表4-3中切削结构的系列号和类型的排列是自上而下增大的, 而轴承/保径的分类号是从左向右增加的。因而, 编码“111”表示的是钢齿钻头, 具有标准的非密封滚动轴承和适用于钻最软地层的切削结构。象休斯工具公司的“R1”型钻头和瑞德公司的“Y11”型钻头都属于这个编码; 而“847”这一代码所表示的是镶齿钻头, 带密封滑动轴承和保径设计, 适合于钻非常硬的研磨性地层。

## 2. 牙轮钻头的附加特征

大量的牙轮钻头所具有的设计特征并没有在IADC编码的前三位中体现出来。这些特征可以影响钻头的制造成本和实际应用结果, 因而也是十分重要的。IADC编码中的第四位便是专指钻头设计的这些“附加特征”的。这个编码是用字母表示的, 例如: 124E——指的是适用于钻软地层、密封滚柱轴承的钢齿钻头, “E”则指的是钻头带加长喷嘴; 437X——指的是钻软地层的、带保径齿的密封滑动轴承的镶齿钻头, “X”是指齿的形状为楔形齿。各个“附加特征”编码的意义如下:

A——空气钻井。特指以空气作钻井液时所使用的钻头。

B——特殊的轴承密封。密封结构具有特殊的优点, 像具备承受高转速的能力等等。

C——中心喷嘴。中心喷嘴可为钻头提供更均匀的流量和水力能量的分配。几乎所有的加长喷嘴钻头都有中心喷嘴, 以改善钻头齿的清洗条件, 即尽量把全部的水力能量集中作用于井底, 减少能量的损失。

D——井斜控制。对切削齿结构的特殊设计可以减小井斜角。

E——加长喷嘴。加长喷嘴主要用于软地层钻头及直径大于241.3mm以上的钻头上, 以改进井

底钻屑的清除。小型钻头的加长喷嘴不包括在“E”所代表的钻头设计特征内。

G——保径/钻头体保护。焊在钻头裙部的碳化钨层(表面硬化层)或碳化钨镶齿可对用于地热和定向钻井等特殊条件下的轴承密封和钻头体起保护作用。

H——水平井/导向井应用。专为水平井和导向钻井的应用而设计的钻头。

J——喷射造斜。当地层过于松软而易被流体冲蚀时,喷射造斜钻头(如图4-19)被用于控制井眼轨迹的变化。这种钻头通常具有两个标准喷嘴和一个大尺寸喷嘴,并能按设计的方向钻出井眼轨迹。

L——牙掌镶块。牙掌镶块(如图4-20)是用于钻头体上的、带碳化钨镶齿的钢块,它起着保护钻头牙掌的作用。这些钢块很接近钻头规径的直径。

M——马达应用。为井下马达配套使用所设计的钻头。

S——标准的钢齿(或铣齿)模式。

T——双牙轮钻头。双牙轮钻头(见图4-21)用得很少,但有时也用这种钻头来控制井斜和机械钻速。

W——强化切削结构。

X——楔形镶齿。

Y——锥形镶齿。

Z——其它形状的镶齿。

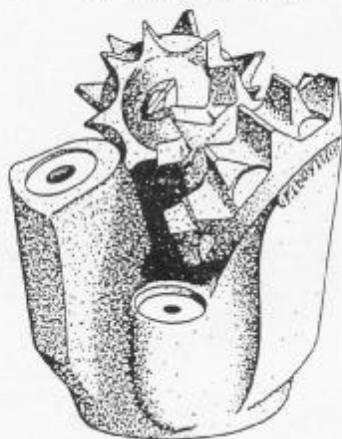


图4-19 喷射造斜钻头



图4-20 牙掌镶块

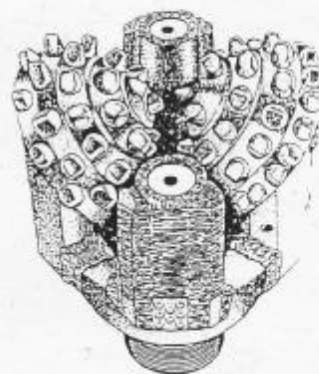


图4-21 双牙轮钻头

需要说明的是,有些厂家所生产的牙轮钻头,其型号最后往往有一个字母。这个字母的意义与IADC编码中附加特征的各个字母所表示的意义是不同的。如休斯工具公司的各种钻头型号的最后字母有“A”、“C”、“H”、“R”、“S”等,它们所表示的是不同切削齿的齿形特征及特殊用途的代号。这几个字母的具体含义如下:

A——空气钻井用钻头。这一代号的意义与IADC附加特征中的“A”所表示的意义相同。

C——圆锥形合金齿,适用于更硬一级的地层。如J33C比J33更适合于钻更硬的地层。

H——钻头齿的数量有所增加,适合于硬一些的地层,如J33适用于中软地层,而J33H则能用

于中软但带硬夹层或有研磨性岩石的地层。

R——楔形镶齿，适用于较软的地层。

S——标准勺形齿，如ATJ11型钻头是用偏顶勺形齿，而ATJ11S则采用标准勺形齿，这两种齿适用的地层大体相同。

### 3. 国产牙轮钻头的编码

我国制造的牙轮钻头(不包括像江汉·休斯钻头厂等合资、合作钻头厂的产品)，其分类编码自成体系，沿用已久，与IADC的牙轮钻头分类方法有所不同。按照三牙轮钻头的结构特征，国产三牙轮钻头分成两大类，共八个系列。其系列代号和型式代号分别见表4-4和表4-5。

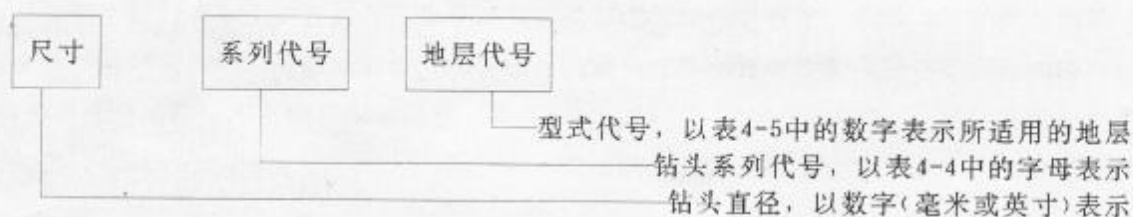
表4-4 国产三牙轮钻头系列代号

类别	系 列 名 称		代 号
	全 称	简 称	
铣齿钻头	普通三牙轮钻头	普通钻头	Y
	喷射式三牙轮钻头	喷射式钻头	P
	滚动密封轴承喷射式三牙轮钻头	密封钻头	MP
	滚动密封轴承保径喷射式三牙轮钻头	密封保径钻头	MPB
	滑动密封轴承喷射式三牙轮钻头	滑动轴承钻头	HP
	滑动密封轴承保径喷射式三牙轮钻头	滑动保径钻头	HPB
镶齿钻头	镶硬质合金齿滚动密封轴承喷射式三牙轮钻头	镶齿密封钻头	XMP
	镶硬质合金齿滑动密封轴承喷射式三牙轮钻头	镶齿滑动轴承钻头	XHP

表4-5 国产三牙轮钻头型式代号

地层级别		极软	软	中 软	中	中 硬	硬	极 硬
型	型式代号	1	2	3	4	5	6	7
式	原代号	JR	R	ZR	Z	ZY	Y	JY
适用地层		泥岩 石膏岩 盐岩 白垩岩 石灰岩		中软页岩 硬石膏岩 中软石灰岩 中软砂岩	硬页岩 灰岩 中软灰岩 中软砂岩	石英砂岩 硬白云岩 硬石灰岩 大理石		燧石岩 花岗岩 玄武岩 黄铁矿
钻头体颜色		乳白	黄	淡蓝	灰	墨绿	红	褐

国产三牙轮钻头型号的表示方法及意义如下：



例如：用于软地层的直径为311mm(或12<sup>3</sup>/<sub>4</sub>in)的喷射式三牙轮钻头，其型号可表示为：

311×P2或12<sup>3</sup>/<sub>4</sub>×P2

表4-15 IADC天然金刚石钻头分类表

地层级别	系列号		钻头设计特征								
			阶梯形 1	长 2 锥	短 3 锥	非 4 锥	井下马达 5	侧 6 钻	油基泥浆 7	引心钻头 8	其 他 9
软	D1	0		Rockut I	Rockut 27		Rockut11				
		1	MD-18				MT128P				
		2		MD-38	MD-34		MT18P	MD-43ST	MD-38		
		3	MD-503	MD-341	MD-315						
		4	MD-197		MD-262						
中 软	D2	0		Rockut I	Rockut 26		Rockut I		Rockut26		
		1									
		2	MD-196	MD-261	MD-262		MT-51P	MD-43ST			
		3		MD-311	MD-34		MD-262		MD-38		
		4									
中	D3	0		Rockut II	Rockut 26		Rockut26		Rockut26		
		1									
		2		MD-261	MD-331		MT-51P	MD-411ST	MD-262		
		3		MD-311			MD-262				MD-28
		4					MD-311				
中 硬	D4	0									
		1							MD-331		
		2			MD-331		MT-54P	MD-411ST			MD-28
		3					MD-311				
		4			MD-262	MD-41	MD-262				
硬	D5	0									
		1									
		2				MD-41	MT54P	MD-411ST		MD-37	
		3				MD-24				MD-23	
		4			MD-210	MD-240					

(2) 第三位代码表示的是钻头设计特征, 共分九个类型:

“0” 指人造金刚石钻头, 表4-15中未列出;

“1” 表示阶梯形;

“2” 表示长锥;

“3” 表示短锥;

“4”表示非锥；

“5”指用于配合井下马达而设计的钻头；

“6”指侧钻钻头；

“7”指专用于油基钻井液的钻头；

“8”指引心钻头；

“9”指其他具有特殊设计特征的钻头。

(3)表4-16中，第一、二位代码所表示的含义和全面钻进金刚石钻头的相同，也是与地层硬度相关的金刚石颗粒的大小。

表4-16 金刚石取心钻头分类表

地层 级别	系列号		钻头设计特征		
			常规取心筒 ①	面泄式 ②	其他 ③
软	D7	0	JC-2	JC-3	
		1			
		2	C-22		C-35
		3		C-18	C-28
		4			
中	D8	0			
		1	C-22		
		2	C-20	C-18	C-25
		3	C-201		C-28
		4			
硬	D9	0			
		1			
		2	C-23		C-28
		3	C-24		
		4	C-40		



后各个部位的磨损特征和钻头停止使用的原因, IADC在新的钻头磨损定级方法中规定, 对钻头的磨损定级要用八位数来描述。这种方法适用于所有类型的牙轮钻头和金刚石钻头, 是一种比较先进和科学的评价钻头磨损情况的方法, 其详细的内容见表4-20及说明。

表4-20 IADC钻头磨损定级表

切削齿结构				轴承/密封	直径	备 注	
内排齿 (1)	外排齿 (0)	磨损特征 (D)	位 置 (L)	轴承/密封 (B)	规径 (G)	其他磨损 (O)	起钻原因 (R)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
<p>(1)内排齿: 指所有的从钻头中心到<math>\frac{2}{3}</math>半径范围内的齿。</p> <p>(2)外排齿: 指距离钻头中心线<math>\frac{2}{3}</math>半径以外的切削齿。</p> <p>第(1)和第(2)栏, 用数字0.....8呈线性描述切削齿的磨损状况, 具体如下:</p> <p>钢齿钻头</p> <p>计算因磨损或损坏失掉的齿的高度:</p> <p>0——无磨损或断齿, 即为新齿;</p> <p>8——全部齿磨损或断完。</p> <p>镶齿钻头</p> <p>测量出因磨损掉齿或断齿的齿的数量:</p> <p>0——无磨损、掉齿或断齿, 即新齿;</p> <p>8——全部镶齿磨损、掉齿或断完。</p> <p>金刚石钻头</p> <p>对脱落、磨损或折断的切削刃的测量:</p> <p>0——无脱落、磨损或折断的切削刃;</p> <p>8——全部切削刃脱落、磨损或折断完。</p> <p>(3)磨损特征: (仅用于与编码相关的切削结构)。</p> <p>•BC——牙轮破裂                      掉喷嘴——LN</p> <p>BF——联结失效                      掉齿/刃——LT</p> <p>BT——切削齿/刃断裂              偏心磨损——OC</p> <p>BU——钻头泥包                      钻头缩径——PB</p> <p>•CC——牙轮有裂痕              喷嘴/流道堵塞——PN</p> <p>•CD——牙轮卡死                      规径磨圆——RG</p> <p>•CI——牙轮打架                      磨出环形槽——RO</p> <p>CR——钻头“取心”              钻头可再用——RR</p> <p>CT——切削齿/刃碎裂              掌尖损坏——SD</p> <p>ER——冲蚀                              自锐磨损——SS</p> <p>FC——齿顶磨平                      齿间磨损——TR</p> <p>HC——热裂纹                              冲刷——WO</p> <p>JD——碎屑损坏              牙齿/切削刃磨损——WT</p> <p>•LC——掉牙轮                      无磨损特征——NO</p>				<p>(4)位置:                      金刚石切削刃</p> <p>牙轮                              内锥——C</p> <p>N——顶部齿圈              冠部/鼻部——N</p> <p>M——中间齿圈              外锥——T</p> <p>G——规径齿圈              肩部——S</p> <p>                                        规径——G</p> <p>A——全部齿圈              所有部位——A</p> <p>(5)轴承/密封</p> <p>不密封轴承</p> <p>呈线性预测轴承寿命(0——轴承未用, 8——全部寿命用完或无剩余寿命)。</p> <p>密封轴承</p> <p>E——密封有效</p> <p>F——密封失效</p> <p>N——不能定级</p> <p>X——金刚石钻头(无轴承)</p> <p>(6)规径: (以1 in或25.4mm的分数值表示)</p> <p>1——规径无磨损</p> <p><math>\frac{1}{16}</math>——规径磨损<math>\frac{1}{16}</math>in(1.6mm)</p> <p><math>\frac{2}{16}</math>——规径磨损<math>\frac{1}{8}</math>in(3.2mm)</p> <p><math>\frac{4}{16}</math>——规径磨损<math>\frac{1}{4}</math>in(6.4mm)</p> <p>(7)其他磨损特征: (参考第(3)栏的代码)</p> <p>(8)起钻或终止钻进的原因:</p> <p>BHA——更换钻具组合              留在井眼中——LIH</p> <p>CM——处理钻井液                      电测——LOG</p> <p>CP——钻达取心位置                      泵压变化——PP</p> <p>DMF——井下马达故障                      钻速太慢——PR</p> <p>DP——钻具堵塞                      钻机(平台)修理——RIG</p> <p>DSF——钻柱故障                      到设计(下套管)井深——TD</p> <p>DST——中途测试                              扭矩过大——TQ</p> <p>DTF——井下工具故障                      钻柱脱扣(扭断)——TW</p> <p>FM——地层变化                              气候影响——WC</p> <p>HP——井眼问题                              钻柱刺漏——WO</p> <p>HR——到钻头预期寿命</p>			
*可在位置(4)上反映出牙轮号。							

表4-20内各栏的具体含义如下:

1. 内排切削齿(1): 指从钻头中心至 $\frac{2}{3}$ 半径范围内的切削齿;
2. 外排切削齿(0): 指距离钻头中心线 $\frac{2}{3}$ 半径以外的切削齿(包括保径齿), 即接触井壁部分的切削齿。

内、外排齿的磨损都是以0、1、2、……8等9位数字来表示的。

对钢齿牙轮钻头, 表示的是牙齿磨损或损坏的高度:

0——无磨损或损坏, 即新钻头;

1——牙齿磨损了 $\frac{1}{8}$ 的高度;

……

8——牙齿全部磨损完。

钢齿磨损高度的分级如图

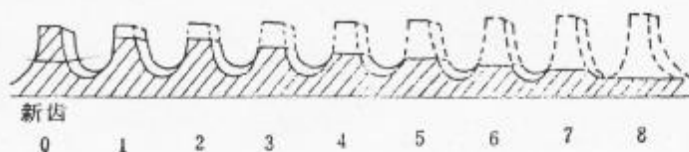


图4-45 钢齿钻头牙齿磨损分级

4-45所示。

对镶齿牙轮钻头, 表示的是齿的磨损、脱落或损坏的数量:

0——牙齿无脱落、磨损或损坏, 即新钻头;

1——有 $\frac{1}{8}$ 的牙齿脱落, 磨损或损坏了;

……

8——全部的牙齿都脱落、磨损或损坏。

对金刚石或PDC钻头, 齿的磨损表示的是天然金刚石颗粒或聚晶金刚石切削刃掉落、磨损或损坏的数量:

0——无金刚石或切削刃被磨损、损坏或脱落。

1——有 $\frac{1}{8}$ 的金刚石或切削刃被磨损、损坏或脱落。

……

8——所有的金刚石或切削刃被磨损、损坏或脱落。

3. 磨损特征(D): 只适用于和编码相关的切削结构, 以两个字母的代号来表示。

\*BC——牙轮破裂

掉喷嘴——LN

BF——联结失效(专指金刚石钻头)

掉齿或切削刃——LT

BT——切削齿或刃断裂

偏心磨损——OC

BU——钻头泥包

钻头缩径——PB

\*CC——牙轮有裂痕

喷嘴或流道堵塞——PN

\*CD——牙轮卡死

规径磨圆(磨缩)——RG

\*CI——牙轮打架(中心线中叉)

磨出环形槽——RO

CR——钻头“取心”(中间磨凹)

钻头可再用——RR

CT——牙齿碎裂

掌尖损坏——SD

ER——冲蚀

自锐磨损——SS



FC——齿顶磨平	齿间磨损——TR
HC——热裂纹	冲刷——WO
JD——碎屑损坏	牙齿或切削刃磨损——WT
•LC——掉牙轮	无任何磨损特征——NO

注：带“•”号的可以在位置(4)上反映出牙轮号(•)

4. 磨损位置(L)：用字母或数字符号表示出磨损特征所在的钻头表面位置。

牙轮钻头	金刚石(包括人造金刚石)钻头
N——顶部齿圈	C——内锥
M——中间齿圈	N——冠顶(鼻部)
G——规径齿圈	T——外锥
	S——肩部
	G——规径
A——全部齿圈	A——所有部位

金刚石钻头(包括人造金刚石钻头)的表面位置划分如图4-46所示。

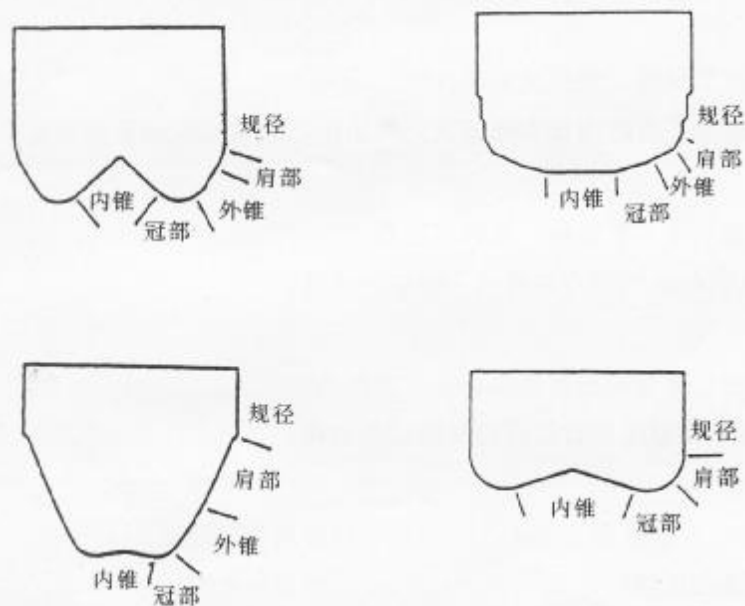


图4-46 金刚石钻头工作部位

5. 轴承/密封(B)：

不密封轴承：按线性分布规律预测轴承的寿命。

0——表示轴承未曾使用，是新的；

8——表示轴承的寿命已全部用完。

密封轴承：

E——密封有效

F——密封失效

N——不能定级(指轴承的磨损状况难以确定)

X——指无轴承的钻头(如金刚石钻头)

6. 规径(G): 规径的磨损以25.4mm(1in)的分数形式表示。

I——规径无磨损

$1/16$ ——规径磨掉1.6mm( $1/16$ in)

$2/16$ ——规径磨掉3.2mm( $1/8$ in)

$4/16$ ——规径磨损6.4mm( $1/4$ in)

.....

对于三牙轮钻头, 规径磨损值的测量应遵循“ $2/3$ 规则”, 以测得较准确的数据。所谓的“ $2/3$ 规则”, 如图4-47所示, 是用钻头量规接触两个牙轮的最外缘点, 测量出第三个牙轮的最外缘点与钻头量规的最小距离, 以这个距离值乘以 $2/3$ , 换算成1.6mm( $1/16$ in)的单位, 即为规径的磨损减小值。

7. 其他磨损特征(O): 参考第3位代码, 也可以描述钻头切削结构之外的其他部位的磨损特征。

8. 起钻或停止钻进的原因(R): 以2个或3个字母作为代码表示起钻的原因。具体如下:

BHA——更换钻具组合

留在井眼中——\*LIH

CM——处理钻井液

电测——LOG

CP——钻达取心位置

泵压变化——PP

DMF——井下马达故障

钻速太慢——PR

DP——钻具堵塞

钻机(平台)修理——RIG

DSF——钻柱故障

钻达设计(下套管)井深——TD

DST——中途测试

扭矩过大——TQ

DTF——井下工具故障

钻柱脱扣(扭断)——TW

FM——地层变化

气候影响——WC

HP——井眼问题

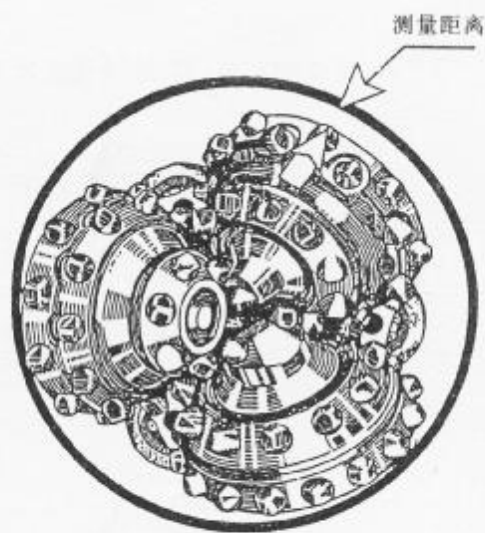
钻柱刺漏——WO

HR——到钻头的预期寿命

注: “LIH”是附加的, 指钻头留在井眼中。

## 二. 钻头磨损特征分析

为了更好地理解各种钻头磨损特征的意义, 以下对钻头(以牙轮钻头为主)的磨损特征逐一进行分析。这些磨损特征都是钻头工作时常常遇到的问题, 这里也仅仅是列举了各种可能的原因和



规径磨损值 =  $\frac{2}{3} \times$  测量距离

图4-47  $2/3$ 规则与规径磨损值的测量