

ICS 73. 100. 30

CCS D 81

DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0053—2021

代替 DZ/T 0053—93

液动冲击回转钻进技术规程

Technical specification for hydraulic percussive rotary drilling

2021-02-04 发布

2021-05-01 实施

中华人民共和国自然资源部 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 适用条件	3
5 液动冲击器	3
5.1 类型与型号	3
5.2 钻孔口径匹配	4
5.3 一般要求	5
6 钻进设备和附属装置	6
6.1 钻进设备和附属装置选择	6
6.2 钻进设备和附属装置使用要求	6
7 金刚石液动冲击回转取芯钻进	6
7.1 钻头和扩孔器选择	6
7.2 钻进参数	7
7.3 操作要求	8
8 硬质合金液动冲击回转取芯钻进	10
8.1 钻头选择	10
8.2 钻进参数	11
8.3 操作要求	11
9 液动冲击回转全面钻进	12
9.1 钻头选择	12
9.2 钻进参数	12
9.3 操作要求	13
10 冲洗液	13
10.1 冲洗液的选用	13
10.2 冲洗液的净化	13
10.3 护壁堵漏	14
11 液动冲击器故障及孔内事故处理	14
11.1 常见液动冲击器故障和处理方法	14
11.2 孔内事故预防和处理	15
附录 A (资料性) 液动冲击回转钻进相关计算公式	16
附录 B (资料性) 液动冲击器型号及技术参数	19
参考文献	22

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 DZ/T 0053—93《液动冲击回转钻探技术规程》。与 DZ/T 0053—93 相比，除编辑性修改外，主要技术内容变化如下：

- a) 增加了规范性引用文件(见 2)；
- b) 增加了术语和定义(见 3)；
- c) 补充了绳索取芯液动冲击回转钻进技术参数(见 7.2、7.3)；
- d) 增加了液动冲击回转全面钻进技术有关内容(见 9)；
- e) 增加了液动冲击器故障排除有关内容(见 11.1)；
- f) 增加了资料性附录 A、附录 B。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会(SAC/TC 93)归口。

本文件起草单位：中国地质科学院勘探技术研究所、吉林大学、山东省第三地质矿产勘查院、河南省深部探矿工程技术研究中心、福建省第八地质大队。

本文件主要起草人：刘秀美、王跃伟、殷琨、苏长寿、孙建华、杨泽英、陈师逊、张永勤、卢予北、李小洋、傅丛群。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1993 年首次发布为 DZ/T 0053—93；
- 本次为第一次修订。

液动冲击回转钻进技术规程

1 范围

本文件规定了液动冲击回转钻进技术的适用条件、液动冲击器、钻进设备和附属装置、金刚石和硬质合金液动冲击回转取芯钻进、液动冲击回转全面钻进、冲洗液、液动冲击器故障及孔内事故处理方面的技术要求。

本文件适用于地质岩芯钻探、水文水井地质钻探、科学钻探及其他钻探工程领域的液动冲击回转钻进。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 16950 地质岩心钻探钻具

GB/T 22512.2 石油天然气工业 旋转钻井设备 第2部分：旋转台肩式螺纹连接的加工与测量

DZ/T 0148 水文水井地质钻探规程

DZ/T 0227 地质岩心钻探规程

DZ/T 0260 地热钻探技术规程

DZ/T 0277 地质岩心钻探金刚石钻头

DZ/T 0278 地质岩心钻探金刚石扩孔器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

液动冲击回转钻进 hydro-percussive rotary drilling

回转钻进的同时，利用液动冲击器施加的周期性冲击载荷辅助碎岩的钻进方法。

3.2

液动冲击器 hydro-percussive tool

液动潜孔锤 hydrodynamic DTH hammer

以冲洗液驱动冲锤往复运动产生轴向冲击作用的装置。

3.3

正作用液动冲击器 positive acting hydro-percussive tool

冲洗液推动冲锤下行冲击，弹簧使冲锤上行复位的液动冲击器。

3.4

反作用液动冲击器 counter acting hydro—percussive tool
冲洗液推动冲锤上行,弹簧推动冲锤下行冲击的液动冲击器。

3.5

双作用液动冲击器 double acting hydro—percussive tool
冲锤上行和下行冲击均由冲洗液推动的液动冲击器。

3.6

射流式液动冲击器 fluidic type hydro—percussive tool
采用双稳射流元件控制冲洗液换向,推动冲锤往复运动的液动冲击器。

3.7

射吸式液动冲击器 jet vacuum type hydro—percussive tool
利用高压射流卷吸和水击作用,推动冲锤往复运动的液动冲击器。

3.8

贯通式液动冲击器 hollow—through hydro—percussive tool
具有中空通道的液动冲击器。

3.9

冲锤 hammer
由活塞和重锤组成的冲击部件。

3.10

冲击功 impact work
冲锤冲击铁砧时所能做的功。

3.11

冲击末速度 impact velocity
冲锤冲击铁砧时的瞬时速度。

3.12

冲击频率 impact frequency
单位时间内冲锤冲击铁砧的次数。

3.13

阀程 valve stroke
阀由上限位到下限位的距离。

3.14

锤程 hammer stroke

冲锤由上限位到下限位的距离。

3.15

冲锤自由行程 free travel of hammer

冲击过程中冲锤和阀脱开后,冲锤继续向下运动的距离。

3.16

背压 back pressure

液动冲击器排出口处冲洗液的压力。

4 适用条件

4.1 金刚石液动冲击回转钻进适用于可钻性级别 4~12 级岩层。硬质合金液动冲击回转钻进适用于可钻性级别 4~7 级岩层。

4.2 液动冲击回转钻进以取芯钻进为主,也可全面钻进,钻孔口径范围一般为 48 mm~311 mm。

4.3 液动冲击回转钻进适用钻孔深度主要取决于泥浆泵额定工作压力及钻柱的耐压和密封性能。

4.4 液动冲击回转钻进宜使用人造孕镶金刚石钻头和硬质合金钻头,以及专门设计的金刚石复合片钻头和表镶金刚石钻头。

4.5 钻入下列地层,宜采用液动冲击回转钻进工艺:

- a) 岩芯堵塞现象较严重,回次进尺短,机械钻速低的较破碎地层;
- b) 坚硬、致密和研磨性弱的“打滑”地层;
- c) 部分强研磨性地层;
- d) 易发生钻孔弯曲的地层。

4.6 遇下列情况,不宜采用液动冲击回转钻进:

- a) 地层自然造浆,冲洗液黏度高、流变性差,导致泵压过高;
- b) 局部孔段地层不稳定,孔壁坍塌严重,尚未采取护壁措施;
- c) 易发生岩芯冲蚀的松软和水敏地层,岩芯采取质量达不到要求;
- d) 冲洗液含砂量过高,且无有效的净化措施;
- e) 冲洗液中添加了惰性堵漏材料、漂珠等尺寸较大的固相颗粒。

4.7 在特深孔条件下,或应用大冲击功、高能量的液动冲击器时,宜进行专门的钻具强度和碎岩效果计算。液动冲击回转钻进相关计算公式参见附录 A。

5 液动冲击器

5.1 类型与型号

5.1.1 类型

依据工作原理或结构特点,液动冲击器主要类型见表 1。

表 1 液动冲击器类型

类型	推荐代号	型号示例
正作用液动冲击器	YZ	YZ-73-1
反作用液动冲击器	YF	YF-89
双作用液动冲击器	YS	YS-108
射流式液动冲击器	YSL	YSL-178
射吸式液动冲击器	YSX	YSX-95
贯通式液动冲击器	YGT	YGT-89/44

5.1.2 型号表示

液动冲击器规格以冲击器外径表示,绳索取芯液动冲击器规格以钻头外径表示,贯通式液动冲击器规格以冲击器外径/贯通孔直径表示。具体表示方法如下:

S	Y	类型	—	规格	—	产品升级编号
绳索取芯	液动	以大写字母表示		数字表示,单位为毫米(mm)		数字表示
Z	—	正作用;				
F	—	反作用;				
S	—	双作用;				
SL	—	射流式;				
SX	—	射吸式;				
GT	—	贯通式。				

示例:SYSL-76-1 76 mm 射流式绳索取芯液动冲击器,经过第一轮改进升级。

5.2 钻孔口径匹配

5.2.1 不同规格的液动冲击器主要技术参数及与钻孔口径匹配见表 2。常见液动冲击器型号及技术参数参见附录 B。

表 2 液动冲击器主要技术参数及与钻孔口径匹配

液动冲击器规格	液动冲击器外径 mm	钻孔口径 mm	冲击频率 Hz	冲击功 J	工作泵量 L/min	工作压降 MPa
43	43	48~50	20~45	10~20	50~80	0.5~2.0
54	54	60~65	20~45	10~50	60~90	0.5~2.0
73	73	76~85	20~45	15~70	90~150	0.8~3.0
89	89	96~105	20~40	20~90	120~190	1.0~3.0
98	98	110~122	20~40	30~120	250~320	1.5~4.0
108	108	122~135	15~25	100~180	300~400	1.5~4.5
130	130	150~165	15~25	120~250	350~550	2.0~5.0
146	146	175~216	15~25	150~300	600~1 000	2.0~5.0
178	178	216~252	10~25	200~400	900~1 800	2.0~5.0
203	203	252~278	10~25	250~400	1 000~2 000	2.0~5.0
250	250	278~311	10~25	300~450	1 500~2 500	2.0~5.0
273	273	311~358	10~25	350~600	2 000~3 000	2.0~5.0

5.2.2 绳索取芯液动冲击器主要技术参数及与钻孔口径匹配见表3。

表3 绳索取芯液动冲击器主要技术参数及与钻孔口径匹配

绳索取芯液动冲击器规格	配用绳索取芯钻具	配用液动冲击器规格	钻具外径 mm	钻孔口径 mm	冲击频率 Hz	冲击功 J	工作泵量 L/min	工作压降 MPa
60	B-BC	43	56	60	20~45	10~20	50~80	0.5~2.0
76	B-NC	54	73	76	20~45	10~50	60~90	0.5~2.0
96	B-HC	73	89	96	20~45	15~70	90~150	0.8~3.0
122	B-PC	89	114	122	20~40	20~90	120~190	1.0~3.0
150	B-SC	108	140	150	15~25	100~180	300~400	1.5~4.5

5.3 一般要求

5.3.1 液动冲击器的上下接头螺纹优先采用GB/T 16950和GB/T 22512.2规定的标准,推荐选用的螺纹规格见表4。

表4 液动冲击器上下接头螺纹规格

液动冲击器规格 mm	上螺纹	下螺纹
54	R-BG 接头螺纹	R-BG 接头螺纹
73~89	R-50L 接头螺纹	R-50L 接头螺纹
98~108	NC31	2 $\frac{1}{8}$ REG
130~146	NC38	3 $\frac{1}{2}$ REG
178~203	NC50	4 $\frac{1}{2}$ REG
250~273	NC70	6 $\frac{1}{8}$ REG

5.3.2 液动冲击器应具有防空打功能,冲击器提离孔底时,冲击停止。

5.3.3 液动冲击器应具有适用不同钻孔角度的能力。

5.3.4 液动冲击器应具有较宽的泵量、泵压范围,以满足各种钻进工艺要求。

5.3.5 液动冲击器主要易损件工作寿命应符合表5规定。

表5 液动冲击器易损件工作寿命

钻进应用领域	冲洗液基本指标	易损件寿命 h
小口径取芯钻进	苏式漏斗黏度 ≤ 30 s,含砂量 $\leq 0.2\%$	≥ 80
大直径全面钻进	马氏漏斗黏度 ≤ 60 s,含砂量 $\leq 0.5\%$	≥ 60

注:易损件主要指液动冲击器活塞、缸套以及承受冲击的部件。

5.3.6 液动冲击器工作性能应稳定、良好,冲击功和冲击频率易于调整;各部件运动灵活,不得有阻卡现象。

5.3.7 液动冲击器应结构简单,运动部件较少且更换方便。

6 钻进设备和附属装置

6.1 钻进设备和附属装置选择

6.1.1 钻机选择

6.1.1.1 钻机应满足钻探工程的各项要求,并能适应钻进方法的变换。

6.1.1.2 应选择具备较宽扭矩和转速范围、稳定性好的钻机。

6.1.2 泥浆泵选择

6.1.2.1 应根据钻孔口径、钻孔深度、液动冲击器类型及钻进工艺要求等选择泥浆泵。

6.1.2.2 应选择泵压较高、泵量可调的泥浆泵。地质岩芯钻探常用泥浆泵的额定泵压为 4 MPa~15 MPa。

6.1.3 附属装置选择

6.1.3.1 配用芯轴通孔直径大、转动灵活、密封性好、耐高压、维修方便的水龙头。

6.1.3.2 高压胶管应根据孔深和液动冲击器工作压降选择,一般地质岩芯钻探高压胶管的额定工作压力应选 10 MPa 以上,内径不小于 25 mm。

6.1.3.3 应选择耐高压的专用接头连接高压胶管。

6.1.3.4 泥浆泵与高压胶管间宜安装稳压罐,其额定压力不低于 15 MPa,容积不小于 0.02 m³~0.05 m³。

6.1.3.5 泥浆泵和稳压罐应配备性能稳定的抗震压力表。

6.1.3.6 泥浆泵吸水管末端应配用密网式莲蓬头。

6.1.3.7 宜配备泥浆搅拌机和泥浆固控设备。

6.2 钻进设备和附属装置使用要求

6.2.1 车载钻机安装时,前后底梁的千斤顶支座应支承在坚硬地面或基枕木上。

6.2.2 开钻前应严格检查地面管汇系统及连接钻具的密封性。

6.2.3 应设置胶管防缠绕装置。钻进时,不允许人工扶持水龙头及胶管。

6.2.4 钻进设备工作时应随时检查零部件紧固情况,防止震动松脱。

6.2.5 水龙头应经常注入润滑脂,若发生泄漏,需及时更换密封件。

6.2.6 管路配置时,应尽量减少泥浆泵输出端至液动冲击器顶部之间管路的沿程压力损失。

7 金刚石液动冲击回转取芯钻进

7.1 钻头和扩孔器选择

7.1.1 金刚石液动冲击回转取芯钻进包括提钻取芯金刚石冲击回转钻进和绳索取芯金刚石冲击回转钻进,宜采用孕镶金刚石钻头和扩孔器。

7.1.2 金刚石钻头和扩孔器的规格、性能及金刚石品级应符合 GB/T 16950、DZ/T 0277、DZ/T 0278 的规定。

- 7.1.3 根据岩石可钻性及孔内条件,依据 DZ/T 0227 合理选择金刚石钻头和扩孔器,并参考以下原则:
- 在硬、坚硬、可钻性级别高、裂隙和破碎岩层中钻进,应选择高目数(细粒度)的孕镶金刚石钻头和扩孔器;
 - 在中硬以下、可钻性级别低和均质、完整岩石中钻进,应选择低目数(粗粒度)的孕镶金刚石钻头和扩孔器;
 - 在研磨性强的岩石中钻进时,应选择较硬胎体的孕镶金刚石钻头和扩孔器;
 - 在研磨性弱的岩石中钻进时,应选择较软胎体的孕镶金刚石钻头和扩孔器。
- 7.1.4 金刚石钻头胎体的耐磨性、抗冲蚀性、冲击韧性等应满足液动冲击回转钻进要求。
- 7.1.5 钻头胎体的金刚石浓度一般控制在 75%~100%之间。
- 7.1.6 人造孕镶金刚石钻头的金刚石粒度以 40 目~60 目为宜。
- 7.1.7 宜选择具有内、外径补强的金刚石钻头。
- 7.1.8 宜选择水口、水槽数量较多,过水断面面积较大的钻头。
- 7.1.9 扩孔器外径应比钻头外径大 0.3 mm ~0.5 mm,坚硬完整地层采用下限数值。
- 7.1.10 钻头与卡簧之间应合理匹配,卡簧自由内径应比钻头内径小 0.3 mm ~0.5 mm。现场应配备 2 种~3 种尺寸的卡簧,内径相差 0.2 mm ~0.3 mm。

7.2 钻进参数

7.2.1 钻压

- 7.2.1.1 应根据岩石可钻性、完整程度和钻孔口径等选择钻压,一般略低于金刚石回转钻进的钻压。在硬、坚硬岩层中钻进,应适当增加钻压;在破碎、裂隙和非均质岩层中钻进,应适当降低钻压。增加或降低幅度一般不超过 25%。
- 7.2.1.2 钻孔弯曲、超径时,应适当降低钻压。
- 7.2.1.3 金刚石液动冲击回转取芯钻进推荐钻压见表 6。

表 6 金刚石液动冲击回转取芯钻进推荐钻压

单位为千牛[顿]

钻孔口径	提钻取芯金刚石冲击回转钻进	绳索取芯金刚石冲击回转钻进
A	4~7	—
B	4~8	6~8
N	5.5~10.5	8~12
H	7.5~14.0	12~15
P	11~16	15~18
S	13~18	21~24

7.2.2 转速

- 7.2.2.1 金刚石液动冲击回转取芯钻进的转速宜略低于金刚石回转钻进的转速,一般在其范围中下限,液动冲击器冲击频率较高时,可取上限。
- 7.2.2.2 在硬、坚硬完整岩层中钻进时,宜采用较高转速;在破碎、裂隙发育、软硬不均岩层中钻进时,应适当降低转速。
- 7.2.2.3 钻孔较深、孔斜较严重、超径情况下或钻进强研磨性破碎岩层时,应适当降低转速。

7.2.2.4 金刚石液动冲击回转取芯钻进推荐转速见表 7。

表 7 金刚石液动冲击回转取芯钻进推荐转速

单位为转每分[钟]

钻孔口径	提钻取芯金刚石冲击回转钻进	绳索取芯金刚石冲击回转钻进
A	600~1 000	—
B	480~800	480~800
N	380~620	380~620
H	300~500	300~500
P	240~400	240~400
S	200~320	200~320

7.2.3 泵量

7.2.3.1 应根据岩石可钻性、完整程度、钻进速度、钻孔口径及液动冲击器类型等选择泵量，一般比金刚石回转钻进泵量高 20%。

7.2.3.2 可钻性级别高的岩层钻进时，宜采用较高泵量；破碎地层钻进时，宜采用较低泵量，以减轻对岩芯的冲蚀。

7.2.3.3 金刚石液动冲击回转取芯钻进推荐泵量见表 8。

表 8 金刚石液动冲击回转取芯钻进推荐泵量

单位为升每分[钟]

钻孔口径	提钻取芯金刚石冲击回转钻进	绳索取芯金刚石冲击回转钻进
A	40~60	—
B	60~90	40~70
N	80~120	60~90
H	120~200	90~120
P	240~400	120~150
S	350~600	250~300

7.3 操作要求

7.3.1 液动冲击器组装

7.3.1.1 按照说明书进行组装，测量和调整结构参数。

7.3.1.2 下孔前应进行检查，保证各运动部件灵活，不得有阻卡现象。

7.3.2 孔口试验

7.3.2.1 以下情况应进行孔口试验：

- a) 绳索取芯钻进，每次下钻前；
- b) 提钻取芯钻进，液动冲击器工作超过 20 h 时；

c) 液动冲击器经搁置重新使用时。

7.3.2.2 试验时缓慢提高泵量,液动冲击器启动并以低频小冲击功工作,频率随泵量提高而增大,至工作正常。如不正常,应将液动冲击器卸下重新检查、调整。

7.3.2.3 液动冲击器正常工作后应将钻具上提、下放数次,测试其防空打功能。

7.3.2.4 依据孔内情况和钻进需要,调整液动冲击器的冲击频率和冲击功等参数,并做好现场记录。

7.3.3 下钻

7.3.3.1 液动冲击器螺纹应连接紧密,无松脱和泄漏。

7.3.3.2 下钻遇阻时,应上下活动钻具;无效时,应小泵量循环,缓慢扫孔通过,不得强蹶钻具。

7.3.3.3 根据孔内情况,下钻至距孔底一定距离时开泵循环,待孔口有冲洗液返出、泵压正常和稳定后,缓慢回转并下放钻具。

7.3.4 钻进

7.3.4.1 钻进前 0.5 m 时,钻压宜为正常钻进钻压的 2/3,并观察泵压、钻速变化。

7.3.4.2 观察泵压和扭矩变化,适当调整钻压和转速,保持适当的钻速。

7.3.4.3 泵压应比金刚石回转钻进时高 0.5 MPa ~2.5 MPa。

7.3.4.4 应保持冲洗液性能指标、泵量稳定,保证液动冲击器连续稳定工作。

7.3.4.5 中硬以上或研磨性较强的地层钻进时,如钻速变慢应逐渐加大钻压,最大钻压不宜超过正常值的 130%,同时观察钻速变化。如增加钻压后钻速仍较慢,可适当提高泵量,最大泵量不宜超过正常值的 120%。

7.3.4.6 泵压持续波动且超过正常值 2 MPa~3 MPa 时,应立即提钻检查。

7.3.4.7 应使用卡簧卡取岩芯,不允许投放卡料。

7.3.4.8 每回次钻进结束时应先冲孔再提钻,确保孔内清洁。

7.3.4.9 应根据钻孔口径、孔深、岩石可钻性及完整程度等合理选择岩芯管长度。推荐岩芯管长度见表 9。

表 9 液动冲击回转取芯钻进推荐岩芯管长度

单位为米

钻进方法	岩石可钻性 级别	钻孔口径					
		A	B	N	H	P	S
提钻取芯金刚石 冲击回转钻进	4~5	2.5~3.0	3.0	3.5~4.5	4.5	5.0~6.0	6.0
	6~9	2.0~2.5	2.5~3.0	3.0~4.5	3.0~4.5	4.5	5.0~6.0
	10~12	2.0	2.0~2.5	2.5~3.0	3.0	3.0~4.5	4.5
绳索取芯金刚石 冲击回转钻进	4~5	—	3.5	3.5~4.0	3.5~4.5	4.0~5.5	5.0~6.0
	6~9	—	2.5~3.0	3.0	3.0~3.5	3.0~4.0	3.0~4.0
	10~12	—	2.0~2.5	2.5~3.0	3.0	3.0	3.0

7.3.4.10 绳索取芯金刚石冲击回转钻进还应做到:

- 绳索取芯液动冲击器与常规绳索取芯钻具匹配,无阻卡现象;
- 内管总成不随外管总成一起下钻;
- 泵送内管总成时,泵压明显升高且液动冲击器启动后再钻进;

d) 打捞内管总成前充分循环。

7.3.5 钻具维护保养

7.3.5.1 每次回次后应对液动冲击器进行检查和保养,并及时调整结构参数。

7.3.5.2 钻具提出孔口后,应检查变形、磨损和失效情况,必要时立即更换。

7.3.5.3 清洗各部件,将螺纹和配合部分擦拭干净,涂润滑脂或其他防锈剂,重新组装。

7.3.5.4 拆装液动冲击器时,应使用多触点式自由钳,避免钻具及零件变形,螺纹部位应涂螺纹润滑脂并拧紧。

7.3.5.5 液动冲击器停用后,各零部件应清洗、晾干、涂油,并装箱保存。

8 硬质合金液动冲击回转取芯钻进

8.1 钻头选择

8.1.1 应根据钻孔口径及所钻岩层选择钻头类型及其切削具的类型、数量、出刃大小、镶焊角度及出刃角。

8.1.2 较软岩层且使用高冲击频率、低冲击功的冲击器钻进时,宜选用硬度较高、大颗粒的硬质合金。

8.1.3 较硬岩层且使用低冲击频率、高冲击功的冲击器钻进时,宜选用高强度、高韧性、小颗粒的硬质合金。

8.1.4 常用的硬质合金牌号及性能见表 10。

表 10 硬质合金牌号及性能

硬质合金牌号	密度 g/cm ³	洛氏硬度 HRA	抗弯强度 MPa	冲击韧性 J/cm ²	备注
YG6X	14.60~15.00	≥91.0	≥1 400	≥2.00	
YG6T	14.50~15.00	≥91.5	1 760~1 800	≥3.00	含碳化钽
YA1C	14.40~15.00	≥92.0	≥1 400	—	含少量碳化钽
YG10X	—	≥90.0	≥1 800	≥2.94	
YG8	14.50~14.90	≥89.0	≥1 500	≥2.45	
YG4C	14.90~15.20	≥89.5	≥1 450	—	
YG5C	—	≥89.1	≥1 888	—	
YG7C	—	≥88.4	≥1 925	—	
YG8C	14.75~14.80	≥88.0	≥1 750	≥3.43	
YG11C	14.00~14.10	≥86.5	≥2 100	≥3.72	
YG5B	—	≥89.0	≥1 739	—	
YG15	13.90~14.10	≥89.0	≥2 000	≥3.92	

8.1.5 钻头壁厚和钻头钢体长度应比普通回转钻进合金钻头大,在满足岩矿芯采取率要求时,一般钻头壁厚为 10 mm~14 mm,钢体长度为 140 mm。

8.1.6 钻头的内外出刃应对称、平整,镶焊应牢固、耐冲击。

8.1.7 液动冲击回转取芯钻进常用硬质合金钻头主要技术参数见表 11。

表 11 液动冲击回转取芯钻进常用硬质合金钻头主要技术参数

合金 粒数 粒	水口 数量	钻头出刃 mm		硬质合金特征			备注
		底出刃	内外出刃	形状	刃角 (°)	负前角 (°)	
6	6	3~4	2~3	八角柱状	95	30	合金非标准尺寸
8	8			八角柱状	95	30	
6~8	6~8			圆柱状	110	55	合金标准尺寸
4	4			楔形片	110	66	合金标准尺寸
4	4			针状合金块	—	—	自磨出刃
6	6			圆柱状	95	30	标准尺寸

8.1.8 钻头刃齿磨钝、钻速下降时,可修磨刃齿后继续使用。

8.1.9 普通大八角合金钻头适用于可钻性 4~6 级的中硬岩石,内出刃一般为 2.0 mm~2.5 mm,外出刃为 3.0 mm~3.5 mm,底出刃为 4 mm~5 mm,刃角为 90°~100°,并根据岩石软硬而定,岩石越硬,刃角越大。

8.1.10 大八角肋骨合金钻头,利用贴焊肋骨片的办法加大过水断面,内出刃为 1 mm,底出刃为 5 mm~6 mm,刃角为 90°~100°,肋骨片厚度一般为 3 mm。

8.2 钻进参数

8.2.1 硬质合金冲击回转取芯钻进技术参数见表 12。

表 12 硬质合金冲击回转取芯钻进技术参数

岩石可钻性级别	单位钻压 ^a kN/cm	转速 r/min	泵量 L/min
4~6	0.7~1.0	40~80 ^b , 80~300 ^c	>80
7	0.9~1.4	150~300	>80

^a钻头直径单位长度钻压。
^b柱状硬质合金钻头转速。
^c针状硬质合金钻头转速。

8.2.2 应根据岩性、冲击频率、单次冲击功、钻孔直径、合金镶焊形式等合理选择转速。

8.2.3 破碎、研磨性强的岩层,转速应适当降低。

8.3 操作要求

8.3.1 同一公称口径硬质合金钻头应按直径从大到小依次分组排列、排队使用,钻头过度磨损或崩刃不得下孔。

8.3.2 卡簧内径一般比钻头内径小 0.3 mm~0.8 mm(硬岩层取小值,软岩层取大值),使卡簧对岩芯有足够的抱紧力,确保岩芯卡取牢固。

8.3.3 认真检查钻杆和粗径钻具螺纹,若发现严重磨损或有微裂纹应立即更换。

- 8.3.4 应平稳升降,若中途遇阻,可转动钻杆或上下窜动;若无效,可泵送冲洗液使液动冲击器冲击振动解卡。
- 8.3.5 下钻至孔底遇脱落岩芯时,可轻轻窜动钻具套住岩芯;若无效,可泵送冲洗液使液动冲击器工作;仍无效,可回转钻具冲击,但应轻压慢转勤提动。
- 8.3.6 提下钻时,钻具应用提引器挂牢,避免造成孔内事故。
- 8.3.7 升降钻具时,如出现钻杆脱扣或跑钻,用原钻杆对上后,应及时提钻检查液动冲击器,不得继续钻进。
- 8.3.8 钻具提至地表后,应轻放钻具,以免碰坏钻头合金。
- 8.3.9 应先将钻头与卡簧卸掉再退取岩芯;不得高挂钻具用锤猛敲,以防损坏钻具及使岩芯层次颠倒。
- 8.3.10 启动液动冲击器时,应缓慢增大泥浆泵泵量,以防损坏泵零件及高压胶管等。
- 8.3.11 钻进时操作人员应密切关注泥浆泵压力表的变化情况。
- 8.3.12 钻进中,不应上下提动钻具。
- 8.3.13 若泵压突然升高,且液动冲击器不工作,可能是钻具或液动冲击器发生堵塞;如液动冲击器仍然工作,压力也升高,可能是排屑不畅,应及时提钻处理。
- 8.3.14 若泵压突然下降,可能是钻具折断,应及时提钻处理。

9 液动冲击回转全面钻进

9.1 钻头选择

- 9.1.1 可钻性 6 级及以上地层,应优先选用具有滑动轴承的耐冲击牙轮钻头。
- 9.1.2 可钻性 6 级以下的塑性均质地层,应优先选用耐冲击金刚石复合片钻头。
- 9.1.3 可钻性 6 级以上的脆性地层,若使用高压高能液动冲击器钻进,应选用硬质合金球齿钻头。

9.2 钻进参数

泵量选择应兼顾液动冲击器工作所需泵量和岩屑上返所需流速要求,泵压不超过泥浆泵额定压力的上限值。牙轮钻头、金刚石复合片钻头和硬质合金球齿钻头全面钻进技术参数见表 13、表 14 和表 15。

表 13 牙轮钻头全面钻进技术参数

岩层等级	岩层类型	齿形	单位钻压 kN/cm	转速 r/min
中硬	石灰岩、大理岩、流纹岩等	锥球齿	3~6	60~100
硬	玄武岩、花岗岩、角岩、辉绿岩、辉长岩等	球形齿	3~6	60~100
坚硬	石英岩、榴辉岩、片麻岩等	球形齿	4~7	50~80

表 14 金刚石复合片钻头全面钻进技术参数

岩层等级	岩层类型	冠部形状	单位钻压 kN/cm	转速 r/min
中等抗压强度非均质夹层的软地层	泥岩、灰岩、硬石膏岩、钙质的砂岩、页岩	胎体刀翼式、抛物线头型、超深宽水槽	2~4	80~300
中等抗压强度和含研磨性夹层的硬地层	灰岩、硬石膏岩、白云岩、砂岩、页岩	胎体刀翼式、抛物线头型、超深宽水槽	2~5	60~240

表 15 硬质合金球齿钻头全面钻进技术参数

岩层等级	岩层类型	硬质合金齿型	单位钻压 kN/cm	转速 r/min
中等抗压强度非均质夹层的软地层	泥岩、石灰岩、硬石膏岩、钙质砂岩、页岩	锥球齿、球形齿	0.6~0.7	40~80
中等抗压强度和含研磨性夹层的 中硬地层	石灰岩、硬石膏岩、白云岩、砂岩、页岩	子弹头、球形齿	0.7~0.8	30~60
高抗压强度的硬及致密地层	钙质页岩、硅质砂岩、粉砂岩、石灰岩	球形齿	0.8~0.9	20~50

9.3 操作要求

9.3.1 液动冲击器使用前,应仔细检查;如现场条件具备,宜进行探伤检查。

9.3.2 各处螺纹应涂螺纹润滑脂。

9.3.3 液动冲击器每次入孔前,应进行孔口试验。

9.3.4 液动冲击器与牙轮钻头、金刚石复合片钻头配合使用时,钻头喷嘴当量直径应大于液动冲击器内喷嘴处最小直径;与硬质合金球齿钻头配合使用时,钻头水眼当量直径应大于液动冲击器内喷嘴处最小直径的40%以上。

9.3.5 液动冲击器与牙轮钻头配合使用时,应密切关注井下牙轮钻头的工作情况,谨防牙轮轴承断裂。

9.3.6 液动冲击器与金刚石复合片钻头配合使用时,冲击功不宜过大,以防复合片碎裂。

9.3.7 液动冲击器与硬质合金球齿钻头配合使用时,应严格控制回转转速,且冲击功选取上限值;钻头应按直径大小排列,并由大到小依次使用。

9.3.8 液动冲击器上下螺纹连接时应达到规定的上扣扭矩,可根据现场条件使用B型钳或液气大钳拧卸,严防松扣。

10 冲洗液

10.1 冲洗液的选用

10.1.1 应根据地层情况确定冲洗液性能参数,确保冲洗液的润滑和流变性能良好。

10.1.2 冲洗液密度通常控制在 $1.00\text{ g/cm}^3\sim 1.25\text{ g/cm}^3$ 之间;地质岩芯钻进时,含砂量小于或等于0.2%,漏斗黏度(苏式)小于或等于30s,大直径全面钻进时,含砂量小于或等于0.5%,漏斗黏度(马氏)小于或等于60s。

10.1.3 需提高冲洗液密度时,可加入200目以细的重晶石、石灰石粉等。

10.1.4 不应选用含有固体润滑球、喷射钻砂粒、堵漏剂等颗粒状惰性材料的冲洗液。

10.1.5 冲洗液的配制、性能检测和维护按DZ/T 0227相关规定执行。

10.2 冲洗液的净化

10.2.1 孔内返回的冲洗液应进行净化处理。可根据施工现场条件选择配备振动筛、旋流除砂器、离心机等固控设备。

10.2.2 可在冲洗液中加入絮凝剂,使固相颗粒聚结沉淀,净化冲洗液。利用絮凝剂净化冲洗液时,应按

要求设置完善的沉淀系统,并及时捞取沉淀物。

10.2.3 未使用净化设备的机台,应采用自然沉淀法净化冲洗液。循环槽长度不应短于 15 m,内宽 220 mm~250 mm,高 200 mm,坡度 1/100~1/80;循环槽中每隔 1.5 m~2.0 m 应安设 100 mm 高挡板,并安放至槽底。

10.2.4 泥浆池、沉淀池上应有遮雨设施,避免雨水流入;防止冲洗场地的水、棉纱、树枝等异物进入池中。

10.3 护壁堵漏

10.3.1 发生冲洗液漏失,应根据现场情况采取必要的堵漏措施;若条件允许,可顶漏钻进。

10.3.2 采取随钻堵漏工艺,不应带液动冲击器向孔内灌注堵漏剂、水泥浆液和惰性材料等。

10.3.3 钻遇严重坍塌及难以封堵的严重漏失地层(溶洞、暗河等)时,应采用套管封隔。

11 液动冲击器故障及孔内事故处理

11.1 常见液动冲击器故障和处理方法

常见液动冲击器故障和处理方法见表 16。

表 16 常见液动冲击器故障和处理方法

常见故障	可能原因	处理方法
液动冲击器不启动, 泵压较高	冲洗液管路或液动冲击器内异物堵塞	清除堵塞异物
	冲锤上下活塞副的配合过紧	修配、更换配合零件
	卡簧座与钻头内台阶间隙过小	调整到合理值
	液动冲击器自由行程不合适	调整到合理值
液动冲击器不启动, 泵压较低	漏装密封配合零件	拆开检查,重新装配
	冲洗液管路出现漏失或泵量过小	检查泥浆循环管路或加大泥浆泵排量
	下钻未到底或内管总成未下放到位	打捞重新投放;提钻检查,更换钻杆或接头
液动冲击器冲击无力, 工作不稳定,时打时停	密封磨损过度	更换密封件
	泥浆泵排量不足	加大泥浆泵排量
	上阀通孔内有异物	清理异物
	冲锤有阻卡	修配、更换配合零件
	砧子端面起振槽被磨平	修整起振槽
	自由行程过小	调整到合理值
	弹卡钳磨损严重,内管总成在外管中定位失效	提钻检查,更换弹卡钳
泵压突然降低,液动 冲击器停止工作	孔内(井下)钻具折断	停钻并处理事故
	弹卡钳、弹卡挡头失效,钻进时内管上移	更换相关零件

11.2 孔内事故预防和处理

- 11.2.1 应对深孔钻进用钻具进行强度校核,满足使用要求。
- 11.2.2 钻具发生卡阻时,最大上拉力不应超过孔内钻柱薄弱处抗拉能力的 80%。
- 11.2.3 深孔钻进时,应定期对液动冲击器下接头等关键部位进行探伤检查。长期使用或强力起拔后的钻杆、液动冲击器接头、外管等应及时探伤检查,并按照规定报废或降级使用。
- 11.2.4 在钻孔全漏失、泵压无显示的顶漏钻进情况下,使用液动冲击器有利于判别孔内工况,预防烧钻事故。
- 11.2.5 液动冲击器停止工作,或时动时停,应立即提钻检查。
- 11.2.6 孔内事故预防与处理的其他规定按照 DZ/T 0227、DZ/T 0148、DZ/T 0260 的规定执行。

附录 A

(资料性)

液动冲击回转钻进相关计算公式

表 A.1 给出了液动冲击回转钻进相关计算公式。

表 A.1 液动冲击回转钻进相关计算公式

参数	符号	单位	公式
水击波波速	c	m/s	$c = \frac{1435}{\sqrt{1 + \frac{K}{E} \cdot \frac{d_i}{\delta}}}$ <p>式中： δ ——管壁厚度,单位为米(m); d_i ——管道圆形断面直径,单位为米(m); K ——水的体积弹性模量,单位为帕[斯卡](Pa); E ——管材的弹性模量,单位为帕[斯卡](Pa); 1435 —— $\sqrt{\frac{K}{\rho_1}}$,单位为米每秒(m/s); ρ_1 ——水的密度,单位为千克每立方米(kg/m³)</p>
水击波相长	T_τ	s	$T_\tau = \frac{2l}{c}$ <p>式中： l ——管路长度,单位为米(m); c ——水击波波速,单位为米每秒(m/s)</p>
水击压强	Δp	m (水柱高度)	$\Delta p = \frac{c}{g} \cdot v$ <p>式中： v ——液体平均速度,单位为米每秒(m/s); g ——重力加速度,单位为米每平方秒(m/s²); c ——水击波波速,单位为米每秒(m/s)</p>
消耗动能	ω	J	$\omega = -\frac{C_1}{2}(l_2^2 - l_1^2)$ <p>式中： C_1 ——弹簧刚度,单位为牛[顿]每米(N/m); l_2 ——弹簧末变形,单位为米(m); l_1 ——弹簧初变形,单位为米(m)</p>

表 A.1 液动冲击回转钻进相关计算公式(续)

参数	符号	单位	公式
冲击总冲量	I	$N \cdot s$	$I = (1+k) \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} v_1$ <p>式中: k ——材料恢复系数; m_1 ——冲击部分质量,单位为千克(kg); m_2 ——被冲击部分质量,单位为千克(kg); v_1 ——冲击末速度,单位为米每秒(m/s)</p>
冲击频率	f	Hz	$f = \frac{1}{T}$ <p>式中: T ——活塞及冲锤系统工作循环时间,单位为秒(s)</p>
最大应力	σ	MPa	$\sigma = \frac{1}{1+r} \cdot \frac{E}{c} v_1$ <p>式中: v_1 ——冲击末速度,单位为米每秒(m/s); E ——材料弹性模量,单位为兆帕[斯卡](MPa); c ——钢中音速,单位为米每秒(m/s); r ——被冲击部分与冲击部分断面积比值</p>
传递给岩石的最大能量	W	J	$W = \frac{S \cdot c_1 \cdot T_1 \cdot \sigma_{\max}^2}{E}$ <p>式中: S ——被冲击部分断面积,单位为平方米(m^2); c_1 ——应力波在被冲击部分中的传播速度,单位为米每秒(m/s); T_1 ——应力波在被冲击部分中传播周期,单位为秒(s), $T_1 = 2L/c_1$; L ——冲击体长度,单位为米(m); σ_{\max} ——被冲击部分的最大应力,单位为帕[斯卡](Pa); E ——材料弹性模量,单位为帕[斯卡](Pa)</p>
撞击力	F	N	$F = m \cdot v_1 \cdot e \frac{m}{M}$ <p>式中: v_1 ——冲击末速度,单位为米每秒(m/s); M ——冲锤质量,单位为千克(kg); t ——冲击时间,单位为秒(s); m ——$\rho a S$; ρ ——管材密度,单位为千克每立方米(kg/m^3); a ——纵波速度,单位为米每秒(m/s); S ——管材截面积,单位为平方米(m^2)</p>

表 A.1 液动冲击回转钻进相关计算公式(续)

参数	符号	单位	公式
单次冲击功	A	J	$A = \frac{1}{2} m_1 v_1^2$ 式中: m_1 ——冲锤及活塞系统质量,单位为千克(kg); v_1 ——冲击末速度,单位为米每秒(m/s)
冲击功有效传递效率	η	—	$\eta = \frac{m_1 + k^2 m_2}{m_1 + m_2}$ 式中: m_1 ——冲锤及活塞系统质量,单位为千克(kg); m_2 ——下部钻具质量,单位为千克(kg); k ——材料恢复系数
冲击器功率	N	W	$N = A \cdot f$ 式中: A ——单次冲击功,单位为焦[耳](J); f ——冲击频率,单位为赫[兹](Hz)
冲击器效率	η'	—	$\eta' = \frac{N}{Q \cdot p_0}$ 式中: N ——冲击器功率,单位为瓦[特](W); Q ——冲击器平均流量,单位为立方米每秒(m ³ /s); p_0 ——冲击器平均压降,单位为帕[斯卡](Pa)

附录 B

(资料性)

液动冲击器型号及技术参数

表 B.1 给出了常见液动冲击器型号及技术参数。

表 B.1 常见液动冲击器型号及技术参数

型 号	外径 mm	全长 mm	总质量 kg	冲锤质量 kg	锤程 mm	泵量 L/min	压降 MPa	冲击功 J	冲击频率 Hz
YZX54	54	863	12	3.5	15~25	60~90	0.5~2.0	10~50	25~45
YZX73	73	1 000	25	5.5	20~25	90~150	0.8~3.0	15~70	20~45
YZX89	89	1 000	35	7.0	20~30	120~190	1.0~3.0	20~90	20~40
YZX98	98	1 600	72	15.0	30~40	250~320	1.5~4.0	80~120	20~40
YZX108	108	1 800	99	27.0	40~50	300~400	1.5~4.5	100~180	10~25
YZX130	130	1 950	160	35.0	40~50	350~550	2.0~5.0	120~250	7~15
YZX178	178	2 880	410	68.0	30~60	900~1 800	2.0~5.0	200~400	7~15
ZF-56	54	1 500	20	6.4	12	80~100	2.0	6~15	25~42
ZG-56	54	1 500	18	4.2	9~10	40~80	1.2~3.0	1~15	30~50
TK-56A	56	1 672	25	6.0	12~29	55~120	1.1~1.7	6~20	20~25
TK-73A	73	1 602	35	9.0	12~29	60~180	1.1~3.0	6~50	38~50
YZ-54II	54	2 062	27	10.0	11~16	70~125	1.0~2.0	5~14	16~32
YZ-73	73	1 300	30	9.0	12~16	60~140	0.7~1.7	7~40	25~52
GY-54	54	2 310	22	7.0	10~12	60~100	1.8~2.4	5~15	15~40
MT-Z-89	89	1 230	40	11.5	11~19	120~200	0.5~1.5	10~30	20~35
YS-74	74	1 200	32	8.0	6~11	50~120	0.5~2.5	5~40	25~50
YS-108	108	1 200	64	19.0	28	80~200	0.5~2.5	20~120	15~25
YQ-150	150	1 320	140	33.0	35	250~600	1.0~2.5	100~150	10~20
YQ-178	170	1 490	210	50.0	35	450~750	1.5~3.5	120~200	10~20
Yf-50	50	2 000	21	6.5	20	70~110	1.0~2.0	10~15	15~25
SH-54	54	1 265	15	4.5	7~10	50~90	1.0~4.0	5~17	13~30
SC-54	54	1 500	30	3.0~6.0	6~12	60~90	2.0~2.5	5~20	30~40
SC-75	75	1 800	50	15.0~30.0	15~30	120~200	1.5~2.0	40~80	15~25
SC-89	89	1 480	60	15.0~30.0	10~30	180~250	1.5~2.0	50~100	14~25
KSC-102	102	2 110	80	20.0~50.0	20~80	200~300	2.0~2.5	60~120	15~25

表 B.1 常见液动冲击器型号及技术参数(续)

型 号	外径 mm	全长 mm	总质量 kg	冲锤质量 kg	锤程 mm	泵量 L/min	压降 MPa	冲击功 J	冲击频率 Hz
KSC-127	127	2 290	90	40.0~60.0	10~80	350~500	2.0~3.0	100~200	15~26
SC-150	150	1 850	150	50.0~60.0	30~50	450~600	2.0~2.5	100~200	10~25
YSC-178	178	2 290	350	40.0~60.0	20~80	550~800	2.5~3.0	150~250	15~25
YSC-203	203	3 150	500	50.0~100.0	15~100	1 000~2 000	2.0~3.0	250~400	15~30
SC-250	250	3 200	650	150.0~200.0	20~100	1 500~2 500	2.0~3.0	300~450	15~25
SX56	54	1 150	18	6.0	6~11	80~140	1.0~2.0	5~20	25~50
SX75	66	1 240	22	8.0	8~13	100~200	1.0~3.5	15~30	20~40
SX110	76	1 460	34	13.0	10~21	200~350	1.0~3.5	20~60	20~30

表 B.2 给出了绳索取芯液动冲击器型号及技术参数。

表 B.2 绳索取芯液动冲击器型号及技术参数

型 号	配套钻具	外径 mm	钻头外径 mm	泵量 L/min	压降 MPa	冲击功 J	冲击频率 Hz
SYZX59	S59	56	59.0	50~80	0.5~2.0	10~20	30~45
SYZX75	S75	73	75.5	60~90	0.5~2.0	10~50	25~40
SYZX96	S96	89	95.5	90~120	0.8~3.0	15~70	20~40
SYZX122	S122	114	122.0	120~190	1.0~3.0	20~90	15~30
SYZX137	S137	131	137.0	250~300	1.5~4.0	80~120	20~40
SYZX150	S150	140	150.0	300~400	1.5~4.0	80~120	20~40
SZ56C	S56	54	56.0	40~80	1.0~1.5	5~10	30~40
SZ59C	S59	58	59.5	50~100	1.0~2.0	5~10	30~40
SZ75C	S75	73	75.0	70~120	1.5~2.5	5~14	20~35
SZ91C	S91	88	91.0	70~140	0.7~1.8	8~40	15~40
SS56C	S56	54	56.0	50~100	0.5~2.0	5~10	30~40
SS59C	S59	58	59.5	50~100	0.5~2.0	5~10	30~40
SS75C	S75	73	75.0	60~100	1.0~4.0	3~18	25~50
SS91C	S91	88	91.0	60~100	0.6~4.0	5~50	25~50
TK-60S	S-60	58	60.0	60~90	1.1~1.7	5~10	38~42
TK-75S	S-75	73	75.0	60~120	1.0~1.9	6~18	38~50
TK-91S	S-91	89	91.0	70~140	1.0~1.8	7~20	40~53
SZG-59	S59	58	60.0	60~80	1.5~2.5	5~12	38~50
SYSC-95	S95	91	95.0	60~140	0.4~2.0	6~52	25~50

表 B.3 给出了贯通式液动冲击器型号及技术参数。

表 B.3 贯通式液动冲击器型号及技术参数

型 号	外径 mm	中心孔直径 mm	泵量 L/min	压降 MPa	冲击功 J	冲击频率 Hz
YGQ-75/40	75	40	150~350	0.5~4.0	5~30	11~16
YGQ-89/44	89	44	200~400	0.5~4.0	10~60	10~15
YGQ-200/60	200	60	300~600	0.8~5.0	30~100	10~14
YGQ-273/114	273	114	2 100~3 300	2.5~5.0	120~200	8~15

参 考 文 献

- [1] 李世忠. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社, 1992
 - [2] 刘广志. 金刚石钻探手册[M]. 北京:地质出版社, 1991
 - [3] 汤凤林,等. 岩心钻探学[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1997
 - [4] 王达,何远信,等. 地质钻探手册[M]. 长沙:中南大学出版社有限责任公司, 2014
-