对大直径液动冲击回转钻进 技术开发的认识和建议

王建华

在过去的十多年里,液动冲击回转钻进技术在小口径岩心钻探方面获得了较广泛的应用。实践证明,该项技术可以克服金刚石钻头“打滑”现象,提高钻进效率,减缓钻孔弯曲,节约管材,降低钻探生产成本。目前,小直径高频液动冲击回转钻进技术臻于成熟,大直径液动冲击器开始在基岩水文水井、矿山通风孔钻进施工中应用。研究分析大直径液动冲击回转钻进方法的技术特点,提出对相关设备、工艺的适应性要求,完成大直径液动冲击器的结构改善及性能优化,无疑将会推动该技术的全面发展和普及应用。

1 大直径液动冲击回转钻进的特殊性

(1)小直径液动冲击器一般属高频低功值型,通常配用金刚石或硬质合金取心钻头钻进,其功效有4个方面:第一,冲击器的高频冲击振动以及大泵量脉动液流改变了钻头破碎岩石及排粉条件,提高了机械钻速,相应亦可延长钻头使用寿命;第二,冲击器正常工作状况下的冲击振动具有减轻岩心堵塞的作用,能够增加钻进回次长度;第三,液动冲击回转钻进采用的小钻压、低转速及其较高钻速,能够抑制因地层因素产生的钻孔弯曲;第四,当泥浆泵输出功率较大,钻具冲击能量传递效率较高时,在部分脆性岩石中硬质合金钻头及大粒度金刚石钻头能够产生冲击碎岩(体积破碎)效果。

大直径液动冲击回转钻进则一般很少使用金刚石取心钻头,而以硬质合金取心钻

头为主,亦有采用牙轮钻头、硬质合金钻头进行全面破碎钻进。在大直径全面钻进钻孔采用冲击回转钻进,前述的冲击器高频振动减轻岩心堵塞的功效将无效应,而其主要功效则是通过大直径液动冲击器的有效冲击作用使岩石产生体积破碎,提高机械钻速。因此,大直径液动冲击器不可照搬移植小直径液动冲击器的“高频低功”特性指标,而应保证相对于钻头单位刃长或孔底单位破碎面积而言的高冲击能量。即使在大直径取心钻进中,由于粗径钻具质量大,应力波能量传递效率低,冲击器亦应设计具有较大的冲击能量。换言之,大直径液动冲击器功频参数设计应接近同孔径用气动潜孔锤的性能参数。

(2)无论是与气动潜孔锤相比,还是与小直径液动冲击回转钻进相比,大直径液动冲击器的工作条件更为恶劣。大直径钻孔通常采用的泥浆质量、性能(如泥浆自净化能力、流变特性、润滑特性、固相成分及含量等)远不及小口径钻孔应用的低固相泥浆,同时钻孔内冲洗液上返流速低、携带岩粉能力差、孔底不清洁。因此,大直径液动冲击器必须具有更高的工作可靠性和稳定性,内部零件应具有较好的抗磨蚀特性。

(3)大直径液动冲击器内腔岩粉回灌可能性明显大于小直径液动冲击器。因此,大直径液动冲击器防岩粉回灌机构的设置是完全必要的,而小直径液动冲击器多不设置该装置。

(4)大直径冲击回转钻进钻柱回转速度

低,同时钻头与冲击器本体外径相差较大,冲击器的外径问题不及小口径金刚石冲击回转钻进突出。但是,大直径液动冲击器拆卸解体十分困难,因而大直径液动冲击器应在具有可靠的整体强度的前提下保证拆卸方便、省力,结构参数易于调整。

2 现行设备、工艺方法的适应性分析

大直径液动冲击回转钻进技术的推广普及主要取决于两个方面:第一,该项技术的经济效益;第二,现行设备、工艺方法、人员素质对该项技术的适应性。生产实践已经证明,大直径液动冲击回转钻进技术的经济效益是明显的。这里仅选择性地对现行设备、工艺方法的适应性加以分析。

(1)目前地矿部门大排量往复式泥浆泵已形成 BW600、BW850、BW1200 系列产品。现阶段大直径液动冲击器应主要按照上述泥浆泵的能力设计。从这一角度可以讲,现有大排量往复式泥浆泵基本能够适应冲击回转钻进的需要。但同时也有必要对往复式泥浆泵提出更严格的要求,应该努力提高往复式泥浆泵产品质量,延长活塞与缸套的密封寿命,配备安全可靠的压力表。大排量往复式泥浆泵宜单独配置动力机,以便于调整流量和压力参数,避免往复式泥浆泵与钻机的相互干扰。BW 系列大排量往复式泥浆泵为双缸双作用型,冲洗液液流脉动大,

有必要在泵的输出管路上专门安装一个大容积的稳压罐。

(2)为保证大直径液动冲击器工作稳定性和可靠性,延长内部零件寿命,应对大直径钻孔冲洗介质提出更高的要求。大直径液动冲击器最适宜采用清水或无固相冲洗液。而低密度泡沫泥浆对冲击器输出参数有一定影响。当采用泥浆时,其固相含量应不大于 6%,含砂量低于 1%。机台现场冲洗液循环系统必须符合钻进规程要求。当泥浆自身净化能力很差时,应当配置泥浆除砂器等净化设备。

(3)大直径钻孔一般使用 $\varnothing 60(2\frac{3}{8}\text{in}) \times 7.1$ 、 $73(2\frac{7}{8}\text{in}) \times 9.2$ 、 $89(3\frac{1}{2}\text{in}) \times 9.4$ 、 $114(4\frac{1}{2}\text{in}) \times 8.6$ mm 四种规格的钻杆,相应锁接头最小通孔直径分别为 44、54、68、95 mm。根据计算可知,钻杆与孔壁间环状空间的上返液流沿程阻力损失远小于钻杆内液流沿程阻力损失,同时钻杆锁接头内孔变径处局部阻力损失亦远小于钻杆内液流沿程阻力损失。因此,大直径液动冲击回转钻进可根据钻杆内液流沿程压力损失选择钻杆规格,一般钻杆内冲洗液液流沿程压力损失不应超过往复泵额定输出压力的 25%~30%。各种规格的钻杆内部液流沿程压力损失(计算值)见表 1。现行钻杆锁接头磨损或变形后密封性变差,冲洗液泄漏量大,现场应采取缠线、加垫“O”形橡胶圈等密封措施。

表 1 钻杆内部液流沿程压力损失数据

单位:MPa

钻杆规格 /mm	$\varnothing 60 \times 7.1$				$\varnothing 73 \times 9.2$					$\varnothing 89 \times 9.4$					$\varnothing 114 \times 8.6$		
	400	600	850	1000	400	600	850	1000	1200	400	600	850	1000	1200	850	1000	1200
排量/ $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$	400	600	850	1000	400	600	850	1000	1200	400	600	850	1000	1200	850	1000	1200
50	0.25	0.57	1.14	1.57	0.10	0.23	0.47	0.64	0.93	0.03	0.06	0.12	0.17	0.25	0.02	0.03	0.04
100	0.50	1.13	2.27	3.15	0.21	0.46	0.93	1.29	1.85	0.05	0.12	0.25	0.34	0.49	0.04	0.06	0.09
200	1.01	2.27	4.55	6.29	0.41	0.93	1.86	2.57	3.73	0.11	0.25	0.49	0.68	0.98	0.09	0.12	0.18
300	1.51	3.40	6.82	9.44	0.62	1.39	2.79	3.86	5.55	0.16	0.37	0.74	1.02	1.47	0.13	0.18	0.27
500	2.52	5.67	11.37	15.74	1.03	2.32	4.65	6.43	9.26	0.27	0.61	1.23	1.70	2.45	0.22	0.31	0.44
1000	5.04	1.33	22.74	31.47	2.06	4.63	9.29	12.66	18.51	0.55	1.23	2.46	3.41	4.91	0.44	0.62	0.89

备 注

钻孔直径应 > 152 mm

钻孔直径应 > 223 mm

3 对大直径液动冲击器研究的建议

(1)液动冲击器可以有阀式正作用、阀式反作用、阀式双作用、无阀式反作用、无阀式双作用等多种型式,任何一种型式都有自己的优势,哪一种型式更适用于大直径液动冲击器意见不一。因此,大直径液动冲击器研究应该跨越小直径液动冲击器多型式共存的发展阶段,积以往小直径液动冲击器研究之经验,直接进入研究开发高性能复合式产品阶段。复合式结构将成为今后大直径液动冲击器的研究方向。

(2)大直径液动冲击器的研究重点首先应该是提高冲击器单次冲击能量及能量输出和传递效率。提高冲击能量的关键是通过合理的结构或机构保证充分发生、利用“水击”效果,减轻、消弱“水垫”的有害影响。与液动冲击器输出性能相关的可变因素很多,诸如阀室内腔容积、上接头通孔直径、冲锤的长度、撞击副的形状、活塞直径及内通孔直径、弹簧的刚度和预压量、阀和锤的质量、摩擦阻力、液体泄漏量等。因此,大直径液动冲击器的研究设计不能单纯采用类比放大小直径液动冲击器方法。应当加强技术基础研究,指导科研设计,积极采用 CAD 方法优化冲击器性能。

(3)小直径液动冲击器系列与小口径管材系列即钻孔直径系列相对应,其系列直径为 43、54、73、89 mm。大直径液动冲击器系列化原则不应因袭小直径冲击器,其系列不

宜根据钻孔直径或大直径岩心钻探管材系列对应确立。大直径液动冲击器应根据现有大排量往复泵的能力(系列)设计主要技术参数,并依此形成大直径液动冲击器系列。该系列本体外径应根据冲击器结构和钻进工艺需要决定,在达到钻进所需的功频指标及适应大排量往复泵的输出参数的前提下,冲击器本体直径应小型化。本体直径小型化的冲击器阀室内腔容积小,水击效果强,对于冲击能量的传递亦无不利影响。其经济性及实用性是非常明显的,技术上也是合理的。根据 GB9808—9812—88 规定,在 149~311 mm 钻孔直径范围内,钻头直径系列有 149(5 $\frac{7}{8}$ in)、173(6 $\frac{3}{4}$ in)、200(7 $\frac{7}{8}$ in)、223(8 $\frac{3}{4}$ in)、251(9 $\frac{7}{8}$ in)、280(11 in)、311(12 $\frac{1}{4}$ in) mm,对应的岩心管规格(外径×壁厚)为 140(5 $\frac{1}{2}$ in)×7.7、168(6 $\frac{5}{8}$ in)×8.9、194(7 $\frac{5}{8}$ in)×8.3、219(8 $\frac{5}{8}$ in)×8.9、245(9 $\frac{5}{8}$ in)×8.9、273(10 $\frac{3}{4}$ in)×8.9、289(11 $\frac{3}{4}$ in)×9.5 mm。目前地矿部门大排量往复式泥浆泵系列产品的主要性能参数见表 2。依据大排量往复式泥浆泵能力对应设计三级大直径液动冲击器即可基本适应前述钻孔系列钻进需要,也就是说,大直径液动冲击器产品的主系列可定为 3 种规格,且系列最大本体直径不应超过 250 mm。为满足较小直径钻孔大泵量钻进的特殊要求,可在主系列的基础上派生出 3 个加长型品种(减小本体直径而性能基本不变)。

表 2 地矿部门大排量往复式泥浆泵性能

型号	缸径 /mm	冲程 /mm	冲次 /次·min ⁻¹	排量 /L·min ⁻¹	压力 /MPa	输入转速 /r·min ⁻¹	输入功率 /kW	进水管内径 /mm(in)	排水管内径 /mm(in)
BW600/30-1	90,110,130	180	80	340,520,730	5.0,4.0,3.0	350	38	102(4)	63(2 $\frac{1}{2}$)
BW850	150	180	82.58	850,600	2.0,3.0	470	40	127(5)	63.5(2 $\frac{3}{4}$)
BW1200	170	200	76.51	1200,800	2.5,4.0	500	75	152.4(6)	88.9(3 $\frac{1}{2}$)
BW1200	150,130,110,85	250	71	1200,900,630,360	3.2,4.4,6.2,11.0	385	75	152(6)	75(3)

(4)大直径液动冲击器在结构设计中还应解决以下实用化问题:①设计可靠的防止岩粉回灌机构。大直径钻孔内冲洗液上返

流速低,携带排除岩屑能力差,孔底岩屑残留多,下钻过程中防回灌机构可避免岩粉回

(下转第 114 页)

求高效率的同时,更应注重提高其应用质量,更好地解决生产中的疑难问题。

(2)今后地质勘探的变化趋势是有些地区钻孔越来越深,取心难度越来越大,这就更能显示绳索取心钻进的优越性,因此建议有关部门增加经费,组织科研、生产单位的有关人员积极推广绳索取心技术,把已有的科研成果尽快地转化为生产力。

(3)研制具有合金钢螺纹接头的铝合金轻型钻杆,满足日益增长的深孔钻探要求。

(4)进一步提高绳索取心技术配套水平,研制和完善具有排绳机构和单独驱动的绳索取心绞车、适合不同钻孔角度的孔口液压夹持器、具有施加预扭矩功能的拧管机等。

(5)研制坑道钻绳索取心冲击回转钻

具,解决水平孔及上斜孔钻进中钻进压力不足、钻孔偏斜问题。

(6)对操作工艺作更深入的、定量的研究,并将研究成果推广到实际生产中,加强生产管理,提高操作者技术素质。

4 参考文献

- [1] 张春波,刘峰.中国绳索取心钻探技术现状及展望.探矿工程,1996,(4).
- [2] 孙建华,刘志方.积极采用先进技术,提高地矿部门钻探生产水平.探矿工程,1996,(6).
- [3] 吴樟华.回顾冶金地质钻探的发展和今后的展望.地质与勘探,1997,(1).
- [4] 刘广志.特种钻探工艺学.中国地质大学出版社,1992.
- [5] 崔金海.河床砂卵石层绳索取心钻进工艺.探矿工程,1997,(3).

(上接第 109 页)

灌卡塞或磨蚀冲击器内部零件。②消除“空打”现象。“空打”是指冲击器在钻孔内未接触孔底而处于悬吊状况下,送入冲洗液时仍产生有效冲击。“空打”现象属孔内事故隐患,并且不利于正常钻进前的全泵量冲孔排粉。③大直径液动冲击器应消除运动副上的“积砂死区”,减少密封副、弹簧等易损零件,从设计和制造工艺两方面着手,延长零件的使用寿命。④大直径液动冲击器质量大,承受的回转扭矩亦很大,螺纹副拆卸十分困难。同时大直径液动冲击器应用的工作介质较差,易出现零部件磨损、阻卡现象,拆检是经常性的。从设计角度降低大直径冲击器螺纹副的拆卸扭矩是非常必要的。降低螺纹副拆卸力矩的措施有:选择传动效

率较高的螺纹齿型;提高螺纹尺寸加工精度;降低螺纹表面粗糙度;理化处理螺纹表面;采用不同锥度公差的锥度螺纹等。

4 结语

完成大直径液动冲击器结构完善及性能优化,大幅度提高单次冲击能量输出是今后大直径液动冲击回转钻进技术研究的重点。同时建议应当提高现有大排量往复泵产品的设计输出压力,以满足大直径中深钻孔液动冲击回转钻进的需要。大直径冲击回转钻进使用的钻头、取心钻具等尚未完全配套,钻进工艺、规程还有待探索。认真做好这些工作,将会有助于大直径液动冲击回转钻进技术的成熟和普及应用。