

钻石—300型全液压坑内钻机的研究与试验

沈 荣 元

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院)



钻 探 技 术

为大力发展矿山坑内钻探技术,完成井下机械化配套工作,根据冶金工业部下达的重点科研项目,原冶金部地质研究所与武钢矿山部、武钢大冶铁矿,共同开展了钻石—300型全液压坑内钻机的研制工作。

前后进行了两轮设计与试验,经16个各种空间角度的钻孔、共计2500米的钻进生产考验,各种性能均达到设计要求,于1984年底通过技术鉴定。

长期以来,我国矿山坑内钻探技术发展缓慢,其重要原因之一是坑内钻机数量少,技术性能落后。六十年代进口的一批坑内钻机(如ГП-1型、X-4型等)均属四十年代的产品。目前,大部分矿山仍在用钻进能力小、机械化程度低的坑内钻机(如KD-100型),只适用于浅孔钻进(最大钻进能力为100米),与采矿工业的要求不相适应。冶金矿山井下坑道多以70米为一中段,若采用浅孔钻机,一次只能控制一个中段,不能充分发挥矿山井下地质工作的主动性,致使地质探矿工作落后于矿山生产。若要一次控制2~3个中段,坑内钻机的钻进能力就应达到150~300米。在没有坑内深孔钻机的情况下,许多矿山不得不用笨重的地表立轴钻机来代替坑内钻机,给坑下钻探工作带来许多不便。

1. 坑内采用钻塔升降钻具,必须开凿“钻窝”;
2. 采用旧式升降机提升钻具,不适应坑内各种倾角($0 \sim 360^\circ$)钻孔的要求,许多钻孔不能施工,即使勉强钻进,推进与拉出孔内钻具也有许多不便;
3. 施工仰孔时,安装极为困难;
4. 难以实现拧、卸钻杆机械化。

新研制的钻石—300型钻机,不仅在规格上填补了

我国金属矿山深孔坑道钻机的空白,而且在性能上也克服了旧机型的缺点。特别是采用坑内综合不提钻取心(绳索取心,水力反循环取心及单管长筒取心)钻进技术,使该钻机的钻进工艺性能有了新的特色,进一步提高了井下机械化程度和生产效率。

钻机特点与基本参数

(一) 钻机特点

1. 采用全液压传动,无级调速,依靠单缸链条倍速机构完成长行程给进;
2. 通过对移动式回转器及液压夹持器的液压联动控制,达到了较高度度的机械化;
3. 采用无塔提升,坑内施工不需另凿“钻窝”,可省去大量工程费用;
4. 在坑内能打 $0 \sim 360^\circ$ 各种不同角度的钻孔,水平孔和仰孔施工优越性更多;
5. 钻机体积小、重量轻、安装方便,操作简单、安全、省力,减少了操作人员。

(二) 钻机主要技术参数

1. 钻进深度 ($\varnothing 43$ 毫米钢钻杆)

向下垂直孔	300 米
水平孔	250 米
仰 孔	150 米
2. 开孔直径 $\varnothing 75$ 毫米
3. 终孔直径 $\varnothing 46$ 毫米
4. 钻孔倾角范围 $0 \sim 360^\circ$
5. 液马达型号 QXMS—E50
6. 回转器通孔直径 $\varnothing 61$ 毫米
7. 回转速度 $0 \sim 1500$ 转/分
8. 最大提升能力 2600公斤

9. 给进行程 850 毫米
10. 电动机功率 J O₃—180M, 22 千瓦

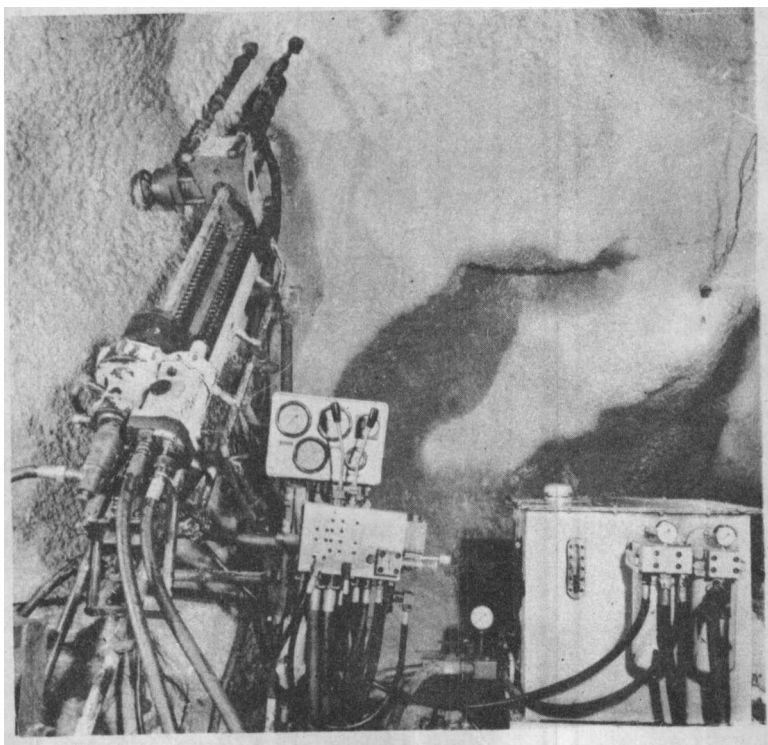
钻机结构

钻机由主机、动力装置和操纵部分组成, 其总体

结构如照片所示。

(一) 主机部分

1. 回转装置: 由液压卡盘、液马达和齿轮传动箱三位一体组成。



钻机现场工作全貌

也要防止因弹力过大, 造成卡—夹联动迟缓而失调。

液马达(QXMS—E 50 型)是回转装置(空心头与卡盘)的直接动力源, 在系统压力 200 公斤/厘米² 时, 输出最大扭矩为 24.56 公斤·米。

齿轮传动箱中, 采用间隙密封可解决高速回转下液压卡盘通油问题, 这是一种防压力油泄漏的非接触式密封, 其间隙值愈小愈好, 但实际上由于零件尺寸误差的影响, 该间隙值不易消除, 总会造成很少量泄漏, 但并不影响卡盘的夹持能力。

2. 给进机构: 由机架、油缸链条倍速装置及座架等组成。油缸固定在机架内, 活塞杆的前端与带有三个链轮的轭状梁相连, 拖板与前后链条相连, 组成一个封闭传动链。由于采用了给进与升降的合一机构,

液压卡盘是该钻机最重要的部件之一, 它的功能是传递扭矩带动钻具回转或拧、卸钻杆, 升降钻具和实现加、减压钻进, 因此, 卡盘卡瓦的动作十分频繁。因为全液压钻机具有动力源, 所以采用液压夹紧—弹簧复位的常开式结构, 在升降钻具和拧、卸钻杆时, 与常闭式夹持器相配合, 实现了卡—夹联动; 在钻进时, 与液马达相配合, 实现转—卡联动。与立轴式钻机常采用的弹簧夹紧—液压松开方式的卡盘相比, 具有体积小、结构简单的优点。

液压卡盘的使用效果, 除与橡胶套的寿命有关外, 胶套的结构和轴向压缩量对卡盘的性能也有直接影响。为保证卡盘的通孔尺寸, 卡瓦在弹簧的作用下要自动复位, 故弹簧的设计既要有足够的克服回油背压值的预弹力,

故解决了施工(水平孔和仰孔)中拉出或推进钻具的难题。

为缩短钻机与孔口的距离, 将夹持器的座架通过锚杆直接固定在掌子面上, 既缩短了钻杆的自由长度, 也减轻了钻进时的多余振动。钻机与掌子面连成一体的方式, 只限于围岩坚固的情况。试验证明, 这种安装方式不但简单, 而且所施工的钻孔角度经测斜均符合地质要求。

3. 钻杆夹持器: 由缸体、活塞、碟形弹簧及卡瓦等组成。采用液压松开、碟形弹簧直接夹紧钻杆的一种常闭式结构, 结构简单、紧凑, 使用安全、方便。实践证明, 在升降工序中它能平稳地支承 300 米长的 $\varnothing 47$ 规格绳索取心钻具; 能承受反扭矩, 在拧、卸钻

杆时一般不必另背管钳；其夹紧力的大小可通过调节杆任意选择；通过粗径钻具时，可以增大卡瓦之间的张开度。如还不能满足要求，则可将整个钻杆夹持器旋离孔口，倒置一侧。

在遇到突然的液压失灵或断电故障时，卡瓦会自动呈夹紧状态。通过向下垂直孔到83°仰孔的生产验证，从未发生过“跑钻”事故，被夹钻杆也未发生自动下滑现象。

(二) 动力装置

由电动机、轴向柱塞油泵(QXBS—E50)、油箱、冷却器、过滤器等组成。

由于坑内工作条件恶劣，油箱采取完全封闭式，在加油口装有过滤网和空气滤清器，以防岩尘进入。其容积为120升，是油泵每分钟排出油量的1.6倍。在它的侧面装有两个回油纸芯过滤器，其精度为 10μ 。

液压传动中油的冷却是一个重要的问题。由于坑内温度相对稳定，供水温度也变化不大，所以选用GC₁—1.7米³型水冷冷却器，利用冲洗泵的回水进行冷却，效果良好。在坑内温度为25~28℃、钻机进行两班制的连续作业时，油温可以保持在50~65℃。

(三) 操纵部分

由各种液压阀和仪表盘组成。

液压元件的布局采用集成方式，将各种阀（安全阀、回转阀、升降阀、卡夹阀、平衡调节阀等）都装在油路板内部或与油路板相连，结构紧凑、安装简便。在油路板下部还装有补油节流阀，适当调节油缸的油量，可防止回转器自重下滑；在卸管时，又能使回转器自动地稍稍后退，以避免钻杆丝扣受到剧烈的磨损。

仪表盘安装在操纵部分的上方，配备有各种测量仪表，如系统压力表、加压压力表，减压压力表、转速表、水泵压力表，以便掌握坑内工作情况。

液 压 系 统

钻机的液压系统属于单泵、多负荷、开式循环，采用变量油泵和变量液马达组成的容积调速系统。

(一) 主油路系统

系统内的安全阀用以保证系统的工作压力，最大压力为210公斤/厘米²。回转阀控制液马达正转或反转，在压力油进入液马达的同时，有一部分油通过单向阀进入液压卡盘，使卡瓦立即呈夹紧状态，构成回

转与卡盘夹紧联动。升降阀能控制进入油缸的油路，当压力油进入上缸或下缸时，迫使钻具升降或产生加、减压作用。卡夹阀实现卡盘，夹持器与升降相配合。提升时，在下缸进油的同时，另一部分油在卡夹阀作用下使卡盘呈夹紧状态，而夹持器则呈打开状态；“倒杆”时，卡盘因处于泄油状态而松开，夹持器则因常闭结构而夹紧。如此反复动作，即可完成提钻工序。

(二) 关于减压钻进问题

以往我国的大多数坑内钻机属于浅孔类型，其钻进能力在100米左右，在钻进过程中，全部处于加压钻进阶段，不需考虑减压钻进问题。近年来，国外中深孔坑内钻机（如泰美克—250型）由于采用 $\varnothing 43$ 毫米铝合金钻杆或薄壁钢钻杆，孔深超过250米也不需要减压钻进。

目前，我国大部分矿山仍采用 $\varnothing 42$ 毫米钢钻杆，在垂直孔深超过150米时就需考虑减压问题。该钻机的方案是采用平衡调节阀方式，依靠调节弹簧力使油缸下腔产生背压，以平衡一部分钻具重量，达到减压目的。生产试验表明，如果阀孔和阀心配合间隙较大，或泄漏量超过减压钻进时应排的油量，则背压无法建立起来；或者一旦背压调小，而孔底压力仍较大时，想立即调大背压值也是不可能的。为了弥补以上不足，可从主油路给油缸补油，补油量可通过节流阀任意调节。

(三) 关于单泵供油问题

全液压钻机的液压系统，一般包括主油泵系统和辅助油泵系统，即双泵系统。而该钻机采用单泵（即单泵系统）作动力源，其最大优点是使整个系统简单，又能满足浅孔坑内钻进的各项要求。但也存在如下不足：

1. 给进压力不能独立调节，在钻进过程中则受系统压力的限制。尤其是在较深的仰孔钻进时（因仰孔钻进除保证轴心压力外，还必须克服钻具重量及冲洗液对钻具的反推力），往往只能满足回转，而满足不了给进的要求。

2. 必须从回转部分分流一定油量用于加压给进。而在减压钻进时，却不需要分流，故造成能量损失和传动总效率偏低。

(四) 液压联动与无塔升降

钻机操作联动性是本机的主要优点之一。它不仅

减少了操作把手, 简化了操作手续, 实现了钻进、升降、拧卸钻杆高度机械化, 改善了工人劳动条件, 而且消除了非联动操作时各相关工序间的停顿, 缩短了辅助时间, 同时也保证了各道程序衔接无误, 减少了工作故障。

钻机操作联动性的关键在于液压系统的设计, 它比非联动方式的液压系统要精密复杂。但从宏观上看, 由于控制元件和手把数量减少, 使这部分装置显得更加轻巧灵活。液压联动的程度是衡量全液压钻机水平的重要指标之一。该钻机的联动性具有如下特点:

1. 联动程度较高。包括回转和升降钻具的卡一夹联动, 特别是钻杆的拧、卸实现了高度机械化, 从而解决了坑内各种角度钻孔的钻杆拧卸问题。

2. 卸钻杆丝扣时, 液马达先带动卡盘反转, 待其产生回转惯性后再抱紧, 并靠冲击力拧卸钻杆, 这样就可避免卡盘抱不紧钻杆而打滑。试验表明, 除丝扣特别紧的情况下, 一般都能顺利冲开丝扣, 进行拧卸。

3. 夹持器油路中装有截止阀, 它可以保持独立状态, 如打开夹持器再关上截止阀, 则卡盘和夹持器同时张开, 便于在水平孔、仰孔放置钻具。

试验情况及效果

生产试验工作在武钢大冶铁矿尖林山矿区和龙洞

矿区进行。矿区地质构造复杂, 褶皱、断裂和裂隙极为发育。如在闪长岩中钻进, 经常发生掉块、坍塌和漏水; 在大理岩中有时遇到溶洞和缝石团块, 极易使钻孔发生偏斜。

试验采用 $\varnothing 46$ 毫米口径综合不提钻取心钻具与 $\varnothing 37$ 、 $\varnothing 47$ 毫米双管取心钻具及相应的人造金刚石钻头。共施工各种不同角度 (0° 、 10° 、 25° 、 41° 、 90° 、仰 $3^\circ 41'$ 、仰 40° 、仰 42° 、仰 53° 、仰 83° 等) 的钻孔16个, 总进尺2500余米。总平均时效1.03米, 大理岩中平均时效为2.13米, 最高时效达9米; 闪长岩、夕卡岩中平均时效为0.87米, 最高时效达3.6米; 磁铁矿中平均时效为1.35米, 最高时效达3.96米。钻孔质量完全符合地质要求。

采用同样的金刚石钻进方法、不同类型钻机所获得的技术经济效果对比如下 (表1、2)。

上下钻所需时间对比 表1

钻机型号	立根长度 (米)	提升 方式	升降钻具所需时间(分)		操作人员 (个)
			提升70米	下降70米	
钻石—300	1.5	无塔 提升	6	7	2
KD—100	2.5~3	有塔 提升	25~30	20~25	3

钻 进 主 要 指 标 对 比 表2

孔 号	钻机型号	施 工 时 间	终孔深度 (米)	台月效率 (米)	纯钻率 (%)	停钻率 (%)	采取率 (%)	
							岩心	矿心
CK10—3	钻石—300	83.4.22~5.10	136.06	351.51	53.60	8.10	95.20	97.20
CK8—1	KD—100*	80.11.9~12.13	166.09	246.87	30.26	26.53	81.61	90.07

* 改型的KD—100型。

通过试验表明, 该钻机在坑内施工具有以下优越性:

1. 采用全液压传动, 机械化程度高。主机部分的内转与拧卸合一, 升降与给进合一, 卡盘与提引器合一, 减少了辅助时间, 纯钻时间有较大增加 (16个钻孔的平均纯钻率达45.22%), 同时还解决了拧卸不带卡槽钻杆的机械化问题, 这是立轴钻机无法比拟的。钻进倒杆时, 由夹持器承受钻杆柱的重量, 避免金刚石钻头承受超载负荷, 有利于延长钻头寿命。

2. 采用无塔升降钻具, 可不必开凿钻窝。每施工

一个钻孔能节省钻窝费5000~1000元, 同时还排除了许多不安全因素。

3. 钻机转速在0~1500转/分范围内可无级调速, 仪表齐全, 操作集中, 便于掌握孔内情况, 适合于金刚石高效率钻进。在施工的16个钻孔中, 最高台月效达553.30米, 平均台月效为377.86米。孔内事故少, 其平均孔故率仅占台时的2.08%。

4. 钻孔质量好。由于钻机性能稳定, 振动小, 有效地提高了岩、矿心采取率, 尤其是采用坑内综合不提钻取心技术后, 效果更为明显。由于卡盘和夹持器

对钻具的导向性好,能有效地防止钻孔弯曲,直孔平均孔斜率仅为 $13'/100\text{米}$;斜孔平均孔斜率为 $1^{\circ}8'/100\text{米}$ 。

结 语

钻石-300 型全液压坑内钻机的各项性能达到了国内先进水平,与国内其他类型坑内钻机相比,处于领先地位。目前正在组织批量生产,以满足当前矿山

对坑内钻探设备的迫切需求。

参加本专题工作的有武钢矿山部赵法卿、武钢大冶铁矿周开林等同志及我院冯汝琳、张杨、王智慧等同志。工作中得到我院张智远、章兼植、郑超、刘金柱、姚礼尹、刘雅琴等同志的指导和帮助,在此一并致谢。

用人造聚晶金刚石钻头配合

绳索取心钻具钻进软岩的试验

1984年湖南地矿局468队在隆回县箍脚底煤矿区,选用75毫米绳索取心钻具并配用相应的聚晶人造金刚石钻头,在三叠纪与二叠纪灰岩中进行深孔钻进,获得了较好的经济效果。

所钻岩层主要是三叠纪大冶灰岩,可钻性4~5级,节理发育,常呈碎片状,总厚度约750米;其次还有二叠纪上统长兴灰岩,为薄层及中厚层硅质灰岩类,局部有硅质岩、燧石层,节理发育,可钻性7~9级,总厚度约100米。

试验所用钻具,是苏州探矿工具厂生产的S75绳索取心钻具;配75毫米口径的人造聚晶金刚石钻头;所用钻机为XY-5型(立轴钻机),配用水泵是BWB-250型;选用工艺参数为:钻压800~1200公斤,转速为188~560转/分,泵量为90升/分。

部分试验效果列于下表。

通过两个钻头的试验,也可说明以下几个问题:

1. 金刚石钻探技术是一项先进技术,但具体使用时,仍然存在着合理选择的问题。如这次试验中,考虑到主要是软岩为主的地层,所以选用出刃较好的聚晶钻头;又考虑到深井钻进,地层节理发育,故选

择75毫米口径的绳索取心钻具,结果取得了较高的时效(见表),并明显地减少了提升钻具的次数(共钻进387个回次,仅提钻41次)。说明这种选配是合理的。

岩 层	70号钻头		71号钻头	
	进 尺* (米)	时 效 (米/小时)	进 尺* (米)	时 效 (米/小时)
大冶灰岩	424.37	2.12	161.25	1.97
长兴灰岩	14.71	0.37	6.1	0.16
合 计	439.08	1.86	167.35	1.89

* 平均提钻间隔22.11米,最大提钻间隔86.85米。

2. 从钻头的每米成本来看,聚晶钻头(φ75毫米),单价400元,平均每米费用0.88元,说明在中、软地层这种钻头可代替天然金刚石钻头使用。

3. 从试验资料看出,聚晶钻头遇到较硬的(7~9级)岩层时,时效偏低(在两种岩层中时效皆小于0.5米/小时),说明现用聚晶金刚石钻头仍有局限性。

(傅秉德 供稿)