

麦克阿瑟河铀矿

麦克阿瑟河铀矿开采方法选择的主要判定标准是铀矿体的品位,其 U_3O_8 的总储量为 188660 t, 平均品位为 15%。这些富矿体需采用遥控法进行开采。矿石将必须用键湖矿在地表贮放的极低品位的专用废石来进行配矿, 将其品位贫化至 4% U_3O_8 。此法是用贫化矿石的方法开采高品位铀矿的几个案例之一。这些工作完成之后, 键湖矿现有的水冶设施也要进行简单的改造, 以进一步消除贮放于地表的专用废石所带来的不利影响。

这个很富的铀矿体位于加拿大萨斯喀彻温北部富铀的阿萨巴斯卡盆地。

利用地下钻孔数据, 通过可行性研究表明, 如果每年采 8164.8 t 的 U_3O_8 , 采矿能力即为 125 t/d, 这种小产量开采要考虑高效的生产工艺工程控制。除了必须的遥控采矿之外, 选择采矿方法时的另外两个关键问题则是矿带内和矿带周围的地层条件, 是否存在或缺少地下水。矿带中的巷道也要求稳固, 以便减少作业时的困难。

通常建成一项铀工程约需 10~15 年, 而且是耗资巨大的工程。估计将在麦克阿瑟河需投资 4.5 亿加元。1997 年夏天, 此项工程开始进行建设, 将在 1999 年开始生产。以开采当年的主要价格计算, 麦克阿瑟河矿石所含价值约 4600 美元/t。

该矿体是于 1988 年在地表钻探时发现的, 1993 年开始主井掘进, 1994 年 8 月开始在 530 m 深度上进行地下开拓, 1995 年 7 月在地下钻探工程完工之后开始着手可行性初步研究。在同年 12 月, 加拿大采矿与能源公司 (Cameco) 提交了一份环境报告, 可以说这份报告是针对一项铀工程所涉及问题最广泛

的报告书之一。在 1997 年 2 月底, 一个负责检查萨斯喀彻温铀矿开采的小组提出建议, 该工程应由联邦和省政府批准, 同年 5 月下达了批准书, 8 月 22 日, 最后的正式批准书下达。

该矿体距地表 500~600 m, 靠近一条大断层 (P2), 该断层向东北延伸超过 10 km, 而铀矿带经查明仅为 1 km 长。发现的矿体靠近一处地质不整合体, 在不整合体内, 地质年代较新的砂岩覆盖着地质年代较老的泥质基岩。

通过地下钻探确定下来的矿体根据其与大断层的相对位置被分成 4 个不同的矿带。主泥质矿带或称 Pod[#]2, 约 100 m 长、20 m 厚、平均 60 m 高, 是 1995 年度加拿大最大的发现之一。地下钻探工程期间圈定的 30 多万吨矿石内含有 68040 t U_3O_8 , 该矿带铀矿储量与 Cameco 公司开采了 15 年的键湖铀矿储量相近。泥质矿带是首选的开采目标, 矿石 U_3O_8 的平均开采品位预计可达 15%~20%。1995 年 Cameco 公司发现了另一个优质矿带, 称作 Pod[#]1, 其矿石量约 8 万 t, 品位 20%, 含有 U_3O_8 约 15876t。

除了这些高品位矿带之外, 还有靠近泥质矿带的石英岩矿带, 其品位较低, U_3O_8 仅为 1%~2%, 这个矿带还没有进行详细的钻探工作。同时, 在沿 P2 断层也发现了矿石, 被细分为 P2 前部矿石和 P2 断层矿石。地表钻探的钻孔很稀, 因此 Cameco 公司认为其它铀矿带的发现前景可观。将所有增加的储量均算入 188660t 的估计储量之中, U_3O_8 平均品位 15%, 竖井南侧占 85%, 北侧占 15%。

矿山设计重点将放在控制辐射上,通过复式通风系统来控制氡的析出。保证工作区域内新鲜的初始风流,而辅助排风系统则将污风从污染源排出,在整个采矿和处理阶段通风系统遍布所有作业点。采用屏蔽、距离和时间的原则来对 γ 射线进行控制,同时采用厚壁钢管、厚壁容器、混凝土和一些铅板来作为防辐射材料。由于相对开采产量小、设备的作业时间短,因此设备的使用寿命就长。

工作场地和人员的监测将放在检测工人潜在的辐射危害程度上。此种监测有助于保证辐射水平处于安全范围并使之维持在最低的水平。将采用大量的辐射监测方法。

定期采集气样来对全部工作点进行评价。配有像红—黄—绿交通信号灯一样的连续测氡仪将提示工人在某个工作区内的氡水平。工人们将佩带热释光个人剂量仪来测量整个工作时间的个人受辐射的剂量,而那些在危险不断增加的辐射区内工作的人员将佩带直接读数剂量仪,这种仪器可以提供每天的辐射读数。

Cameco公司在辐射防护方面保持了一项杰出的纪录,这项纪录是该公司作为世界上两座正在开采的最大的高品位铀矿山即铀湖铀矿和免湖铀矿的经营者和大半资产拥有者创造的。

麦克阿瑟河采用的辐射计算机模拟设备证明在工作期间内工人们受到的辐射总剂量比推荐的极限剂量低 $1/4$ 。

天井采矿

天井钻机是生产的主要设备。首先在矿体上下盘开拓平巷,整个回采工作将在围岩中进行,从而使工人们避免接触高品位的矿石。接着用天井钻机从上盘平巷向下盘平巷钻直径300 mm的垂直超前孔,超前孔的深度在35~120 m之间。

一旦超前孔完工,就用扩孔器从围岩向矿体进行扩孔。天井的直径为2.4~3 m,其

深度在20~110 m之间,每口天井的矿石产量在150~1100 t之间,可产出 U_3O_8 13.6~226.8 t。扩孔采掘出来的碎矿石均落入天井的底部。

这些高品位的碎矿将进入溜井,所产生的粉尘将采用水喷淋器和粉尘涤气器加以清除。溜井由刚性导管直接与二级排风系统相连接,从而形成了对 γ 射线的屏蔽。

每口天井采场一经完工,钻孔将要用低强度混凝土进行填孔,填孔是从上部平巷通过超前孔进行的,放入超前孔的通气软管在装填混凝土时会把气体排出来并送到矿山的排风系统。

根据深度和直径的不同,每口天井将用7~12天进行钻孔和填孔,然而在矿体内的钻孔时间只需用1~5天,其余时间则用于超前孔的钻进、围岩扩孔及堵孔。

通过搭接天井工艺,95%的矿石可以采出。充填天井工作要在搭接天井开采前的21天完成。这意味着将要开采大量的充填料和废石,估计其开采量可达采矿量的25%。

在矿体内预计用一台天井钻机钻井便可满足一个工班的日常生产需求,这是按钻进速度至少为8 m/d、回采率为50 t/h的日采矿量125 t进行计算的。一台天井钻机年采矿石量约为15000t,约2721.6 t U_3O_8 。矿体一般布置4个采场,可以在任何时候同时进行开采,这样便可以对日常的生产地点加以选择。每年麦克阿瑟河铀矿将使用4台天井钻机钻出80口天井。

天井钻进可采用两种常规方法,用于需要的地点。在钻进溜井时,在底部平巷操作人员的遥控下,扩孔钻头自下而上进入矿体进行作业。在远处的溜井采场炮眼只能从上部水平钻至溜井。这些孔装药之后爆破将矿石爆入溜井。

地下处理工艺

矿石在每口天井底部的矿石溜井内集

中,然后经由一台安装在溜井下部的辊碎机,通过另外一个钻孔进入圆锥破碎机,通过那里的一个缓冲仓,矿石将进入磨矿循环系统,矿石磨碎后,矿浆在泵出地表前将被浓缩。

控制室是为从遥控工作地点来对大范围内的处理工艺和条件变化进行监测而建的。连续测氡仪将不断地把采集的数据传回控制室,因此可以对作业条件的变化进行鉴别。另外,控制室还具有开启、停止或更改某些处理设备的功能,从而无需操作人员介入。

摆放在某些关键处理设备上的电视摄像机将为控制室工作人员提供直观的反馈结果。矿山还将建立无线电通讯系统。

键湖水冶厂

在地表,矿浆将被进一步浓缩,然后装入运输容器之中,装满之后,容器的外壳将在装车前进行清洗,运输卡车将矿浆运至键湖水冶厂的运距为 80 km。Cameco 公司正在沿现有的服务于键湖的狭长的动力线架设地带修建一条全天候的运输道路。

每天平均需要 8 台卡车往返于麦克阿瑟河铀矿和键湖水冶厂之间,每台卡车一次装载 4 个钢制容器,每个容器可以装载 5.5 t 矿浆。容器是用钢支架加钢板制成的,既坚固又耐用,同时还可屏蔽辐射。容器符合许多项设计标准,其中包括加拿大运输部和加拿大原子能控制局制定的标准。容器均将在远距离遥控装卸,当然干净的空容器例外。用水清洗卡车,容器或者是循环使用,或者是在放入自然环境前加以处理。

键湖水冶厂目前年产 U_3O_8 6350.4 t,其生产能力预计可达 8164.8 t/a。键湖水冶厂将经破碎和磨细的专用废石(键湖矿低品位矿石)加入到矿浆中来进行贫化处理,获得约 U_3O_8 4%的混合平均品位。这样将会降低在水冶过程中产生的辐射,同时也消除了由目前存放在地表的专用废石所带来的非常不利的影响。

键湖水冶厂的试验工作表明,这种混合水冶给料能够适应经稍加改进的水冶循环系统。键湖水冶厂负责接纳矿石的车间将对矿石容器、车辆和容器清洗、空容器的贮存、矿浆的贮存以及将矿浆泵至混料区的工作进行遥控管理。

键湖水冶厂 2/3 的产权归 Cameco 公司所有,另 1/3 归 Uranerz 公司所有。麦克阿瑟河铀矿的 56%产权归 Cameco 公司所有,28%归 Uranerz 公司所有,另 16%归 Cogema 公司所有。

Supaflo 型尾砂浓缩机

尾砂是由逆流倾注洗涤循环、矿料中和以及镭的清除三个铀处理作业过程构成。混合的尾砂采用石灰来调节 pH 值,然后将尾砂浆注入 Supaflo 高压浓缩机内。因为考虑到浓缩机底流粘度大的特性,因此选用了具有非常高扭矩的额定液压驱动装置(DBS-SH-60-20-4),最大扭矩 1.6 MNm。采用 Flocmiser Feadwell 自动给水装置,给料的稀释是成功的。

设备启动之后,立即便可明显地看到絮凝混合尾砂对“环形”结构非常敏感。结合其它一些控制和机械方面的因素,浓缩机在早期启动阶段将会发生一些问题。在这个阶段由于超絮凝和控制难度大曾两次导致浓缩机的堵塞,这两次事故证明了以全力旋转泥浆床而无损坏时的传动和机械装置的强度。

通过 Cameco 公司和奥托昆普(Outokumpu)公司全体人员的共同努力,已经解决了刚启动时产生的超絮凝和控制方面的问题,并相应地制定了浓缩机操作人员的作业程序。这些程序的主要目的就是避免“环形”结构的产生,将絮凝量维持在规定的限值以内,保证底流密度不超过设计的作业范围。

增加的平衡轴承是为了防止由“环形”结构引起的不平衡载荷,杜绝任何“环形”结构的形成。对絮凝剂分布器也作了小改进,减小

了通往料仓的给料管的尺寸。对带有倾斜面的机械装置要进行频繁的升/降循环(1小时1次),以防止固体物料在斜面上堆积。

从1996年3月起,Supaflo型高压浓缩机在工作时再也没有出现故障,在以10 g/t添加絮凝剂的情况下,已逐步取得了底流密度超过35%~40%的目标。

尾砂的排放

水冶厂的尾砂将排放到键湖铀矿已经废弃的代尔门露天采矿场内。

尾砂将用4 km长的管道排入代尔门露天矿坑。现有的管道放置在一条用混凝土预制的管沟内,并按一定间距布置了尾砂池。一特殊系统对流速和尾砂池进行监测,在发生问题时便启动报警装置。目前的尾砂处理系统采用的是与1985年以来在免湖铀矿成功使用的环绕渗滤法相近似的设计。

键湖铀矿的尾砂均排放到在废弃露天矿坑

内。尾砂中所含的水份会渗入到露天矿坑的底部,并汇集于此。用水泵将水泵送至水冶厂循环使用。当水排出后便可进行尾砂的压实工作。像免湖尾砂系统一样,代尔门露天矿也有地下水流入尾砂池,因此需要用尾砂池处理设备从选择的阻力最小的方面开一条通道,使地下水从尾砂外流过,使水不能在压实的尾砂内通过。

计算机模拟和试验均证实潜在水下的尾砂密度与地表堆放的尾砂密度相当。建议采用水下贮放尾砂的方法,其具有消除空气中放射性粉尘危害和降低氡析出的优点。这种方法还可以防止永久层的形成,因此可以进一步促进年度的尾砂处理和固化工作,从而减少退役工作所需的时间。 ◀

摘译自《Mining Magazine》, October 1997, 29~35

(周永杰译 王海峰校)

· 信息窗 ·

新型多用途液压碎石机

长沙矿山研究院开发的USG和USD系列液压碎石机是一种新型多用途冲击破碎设备,主要用于大块矿岩的二次破碎,路面与建筑物拆毁破碎以及冶炼厂炉口清渣等,它不但适用于矿山,而且在钢厂、冶炼厂、水电站、铁道、军工、航空等部门的各种破碎作业也很适用。尤其在工程建设施工的拆毁作业中,碎石机能实现人工无法完成的工作。

液压碎石机分为固定式和移动式。固定式是将液压碎石器安装在固定式承载装置的支臂上。移动式则是将液压碎石器及其液压控制系统安装在全液压反铲上。按液压碎石器的结构,现已开发有USG和USD两个系列的产品,冲击能300~3000J,每分钟冲击次数由几十次到上千次。

USG系列液压碎石器是采用液压(或后腔采用压缩氮气)驱动活塞,直接撞击凿杆传递能量,每分钟冲击次数可达数百次,能量损失小,效率高,结构简单,维修方便。USD系列液压碎石器则采用液垫传递冲击能量,活塞冲击速度高,机件应力低,体积小,重量轻,噪音低,振动小,为国内首创,经专家鉴定认为:主要性能参数达到国外同类机型的先进水平。

近期该院还开发出一种大型导轨式落锤碎石机。该机通过油缸、皮带传动,液压控制换向,是一种结构简单实用,工作安全可靠,使用维护方便,寿命长,效率高的二次破碎设备,其重型系列,最适于极硬、特大块矿岩的二次破碎。