

提高天然铀经济效益的途径

曹鼎阶

(南华大学 老年科协,湖南 衡阳 421001)

[摘要] 文章分析了影响天然铀生产经济效益因素,阐述了提高天然铀经济效益的途径:加强铀资源勘查工作提供更多的低成本铀矿资源,加强溶浸采铀新技术在生产中的应用,提高在全局天然铀生产中的比重;建设一批新型铀矿山,扩大天然铀生产规模,创新适宜我国铀矿及采冶特点的可移动式水冶处理装置,形成溶浸和水冶处理合理布局,合理选择开采边界品位指标、堆浸入浸指标和铀矿石中伴生金属的回收。

[关键词] 天然铀; 经济效益; 铀资源; 溶浸采铀

[中图分类号] TL212 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-0755(2013)04-0001-05

半个多世纪以来,世界核能工业快速发展,对天然铀的需求日增。同时,世界上低成本铀矿资源也日益减少。我国改革开放以来,核电发展从无到有,由少到多,已成为我国能源行业中不可缺少的组成部分,天然铀的生产管理体制为政府独资,从能源条件、生产规模和生产效率与世界上先进的产铀国家比较还有差距,如何提高天然铀生产的经济效益,适应核能发展的需求,提高在国际市场中的竞争力,仍是当今天然铀生产企业面临的重要课题。

一 影响天然铀生产经济效益的因素简析

在阐述如何提高天然铀经济效益之前,首先将影响天然铀生产经济效益因素做一分析,简述如下:

(一)铀矿床禀赋地质特征,是影响采冶经济效益的主要因素

1、铀矿床品位高低是影响采冶经济效益的重要因素

通常处理一吨铀矿石,在同样的采冶条件下,高品位铀矿石要比低品位铀矿石所获得的天然铀产品多1~3倍,吨金属成本也低得多。

2、铀矿体埋藏的深度

许多埋藏较浅的矿床,适宜露天开采,而露天开采成本要比井下开采成本低。

3、铀矿体规模大小和分布

通常矿体赋存部位集中,且矿体规模较大的铀矿床的探矿费用和坑道掘进费用要比矿体规模小而

分散的铀矿床低得多。

4、铀矿床开采技术条件

铀矿床开采技术条件复杂的矿床经济效益相对较差,如矿床富含地下水,因而要增加排水费用;矿床岩层不稳固,易冒顶、塌方,其加固的费用也要列入采矿成本。

5、铀矿石成分复杂程度

铀矿石成分简单,含碳酸盐矿物少,在矿石堆浸中适宜酸法浸出,采用酸法浸出成本要比碱法浸出低得多。矿石中富含泥质,在溶浸采铀中要比矿石成分简单的铀矿石浸出率低得多。

(二)铀矿开采方式也是影响采冶经济效益的重要因素

1、开采方式

生产天然铀的企业,经过多年的技术改革与创新,早已应用溶浸采铀技术(包括原地浸出、原地破碎浸出和堆浸采铀)生产天然铀产品,取代了常规开采铀矿石,再运至水冶厂处理后生产天然铀产品。其优越性要比常规生产好得多。一般而言,地浸采铀比常规开采降低生产成本44.45%,堆浸采铀生产成本比常规开采成本降低34%^[1]。

2、矿床开拓方式

前面已述,矿体埋藏浅,适宜露天开采,其采矿成本低于井下开采成本。例如:江西某铀矿露天开采场,工效为地下开采工效的8倍以上。开采矿成本是地下开采的36%^[2]。

[收稿日期] 2013-06-16

[基金项目] 南华大学老年科协管理和资金资助

[作者简介] 曹鼎阶,男,山东汶上人,南华大学老年科协、原核工业第六研究所高级工程师。

(三)铀矿石加工工艺也是影响采冶经济效益的因素之一

铀矿石因水冶工艺不同,可分为酸性矿石和碱性矿石,若用酸法浸出要比碱法浸出其成本低得多。

(四)采矿方法也是影响采冶经济效益因素之一

由于矿床地质条件限制,地下开采中有75%采用充填法,技术装备差,劳动生产率低,采矿成本高^[1]。

(五)矿山和水冶厂设置也会影响采冶经济效益

某些矿山所采出的矿石未能就地处理,矿石跨省区长距离运输,运矿费高直接影响到企业的经济效益。

二 提高天然铀经济效益的途径

(一)溶浸采铀是提高天然铀生产经济效益的重要途径

1、原地浸出采铀技术发展优势

溶浸采铀技术发展很快,美国、前苏联、加拿大和法国等国家,早已应用溶浸技术采铀。我国经过多年的研究和试验,于20世纪80年代在云南某铀矿床应用地浸技术采铀获得成功,并应用于生产。之后,某砂岩型铀矿床应用地浸技术采铀也获成功,并取得了良好的经济效益,形成了规模化的生产,技术经济指标达到较好水平,铀浸出率达75%,浸出液处理回收率95%,酸耗62t/tu。地浸采铀与常规采铀相比,地浸采铀工艺节省基建投资1/3~1/2,降低生产成本44.45%,建设周期缩短50%以上^[2]。其生产天然铀产品所占的比重也逐年提升。潜在的低品位铀矿资源得到了利用,降低了天然铀产品成本。并且,在生产中无废石和矿渣排放,减少了对自然环境的污染。在矿业界可称为生产节约型和环境友好型的绿色天然铀生产技术。具有很强的发展优势,溶浸采铀代替常规采铀方式,是提高天然铀产品经济效益的重要途径。

2、潜在铀矿资源的利用,包含了较强的经济性

赋存在我国侏罗纪地层中的某砂岩型铀矿床,在20世纪60年代初期,地勘部门已完成了详查工作(相当于铀矿床初勘阶段),该铀矿床经钻探探查,矿床矿层薄、品位低,没有再进行详细勘探。作为一种潜在铀资源,长期没有开发。20世纪80年代后,经矿冶部门组织有关单位对该矿床进行了地浸采铀条件试验,经过试验性生产和建设,现已成了我国知名的先进地浸采铀矿山。这一事例说明:由

于采铀生产方式的变化,潜在铀资源能变为可开发利用的铀资源,多年的“呆矿”复活,这对提高我国天然铀生产经济性具有重要意义^[1]。

3、原地浸出采铀和常规采冶比较有许多优势

矿山建设阶段:

(1)常规采冶建设项目多:包括矿山、选矿厂和水冶厂,而地浸采铀将采冶融为一体。

(2)常规采冶建设投资大。例如某地浸采铀矿山,基建投资是常规开采的1/3~1/2。

(3)常规采冶建设工程量大。

(4)常规采冶建设周期长。

矿山生产时期:

(1)常规开采以井巷为主,地浸采铀以钻孔为主。

(2)常规开采工艺多而复杂,包括凿岩、爆破、出矿等,而地浸采铀钻孔抽注工艺简单。

(3)常规开采矿井需要通风防尘系统,而地浸则无。

(4)常规矿井需要耗能量大的运输提升系统,地浸采铀则无此项工艺。

(5)地浸采铀具有作业条件好、生产人员少、产品成本低的优势,而常规采冶则无这种优势。

(二)提供更多的低成本铀矿资源是提高天然铀经济效益的物质基础

铀矿资源是溶浸采铀(指地浸、堆浸和原地破碎工艺采铀)的物质基础,为了提高天然铀生产的经济效益,扩大生产规模,提升地浸采铀在采铀中的比重,必须占有更多的铀矿资源,尤其是低成本的铀矿资源更为重要。我国发现有众多铀矿床,有不同的地质类型,其中花岗岩型铀矿床占已发现的39%,砂岩型铀矿床占21%,火山岩型铀矿床占20%,碳硅泥岩型占15%,其他类型的铀矿床占5%^[3]。根据铀矿床所禀赋的地质特征和溶浸采铀的特点,现简要分析如下:

1、加强我国砂岩型铀矿床地质研究和勘察,提供更多的适宜地浸采铀的铀矿资源

我国砂岩型铀矿床是已勘探查明的四大地质类型之一,其储量占21%,是适宜采用地浸采铀技术的矿床,是从事低成本地浸采铀的重要生产基地。我国西北地区是适宜地浸采铀的含铀砂岩型铀矿床的重要赋存区,铀资源占西北地区铀资源总量的40%以上^[2]。在西北、华北等地区,如新疆的伊犁盆地、准葛尔盆地,陕甘宁盆地、塔里木盆地、二连盆地、下辽河盆地等广泛分布着中、新生代陆相沉积地层,这均是寻找可浸性砂岩型铀矿床的重要部位,必

须加强投资和勘察研究工作,为铀矿冶工业提供更多的地浸采铀基地^[4]。

2、加强大而富的坚硬铀矿床勘察力度

前述我国已勘察的四大类型铀矿床中,除占21%的适宜地浸采铀的矿床之外,其他有79%的铀矿床如花岗岩型、火山岩型和碳硅泥岩型铀矿床,可应用堆浸法采铀获得天然铀产品。根据前述对铀矿床禀赋特征对采冶产品经济效益的影响分析,要特别注重大而富铀矿床的研究和勘察,为堆浸取铀提供更多的铀矿资源。

3、重视与国外合作或独立勘探和采冶国外铀资源

国外铀资源勘探与采冶为加快我国天然铀的生产,降低天然铀的成本,展现了广阔的前景。例如:澳大利亚、加拿大的高品位、大储量的元古生代不整合型铀矿床,又如:哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦的陆相大型砂岩型铀矿床,南非、加拿大的古砾岩型规模大,埋藏浅的铀矿床应引起我国地勘部门的重视。加强与国外合作或独立勘探和采冶会增加我国铀资源量。

(三)加强溶浸采铀技术管理和创新是提高天然铀经济效益的重要平台

1、加强溶浸采铀矿床的地质研究和试验工作

溶浸采铀地质研究和条件试验工作是一项重要的基础工作。其工作成果,在决定地浸采铀工艺、铀资源的回收率和降低溶浸采铀成本中具有重要意义。

2、地浸采铀中应注意的问题

(1)首先要查明适宜地浸采铀的矿床地质特征,例如:矿床的埋藏深度、矿体的品位和厚度,含水层的原始水位……。

(2)合理选择抽注钻孔的间距。

(3)强化浸出剂的使用研究。

(4)合理选择浸出液的提升方式。

(5)努力提高浸出液的处理水平。

(6)拓宽地球物理探矿综合测井技术在地浸采铀中的应用范围。

(7)以最低生产成本为标准来确定合理的生产规模。

(8)扩大微生物浸出的应用范围等。

(9)地下水污染防治技术^[1,4,5]。

3、提高堆浸技术水平

(1)根据矿山附近地形、地物和当地气象资料建设堆浸场地。

(2)选择适宜的筑堆高度和筑堆方式,防止矿

石受压而降低浸出率。

(3)合理确定入堆矿石的粒度,降低矿石破碎成本。

(4)按照铀矿石水冶特性选择适宜的浸出方法,降低酸耗或碱耗,提高浸出率。

(5)改进堆浸场中浸出剂的喷淋方式,提高浸出率。

(6)地下原地破碎浸出中根据矿体倾角和厚度,合理布置喷淋设施。

(7)强化堆浸工艺技术管理、缩短入堆矿石堆、卸周期。

(8)碳酸岩型铀减法堆浸技术应用研究。

(9)改进浸出液后处理工艺,降低生产成本等^[6]。

4、拓展原地爆破浸出采铀应用范围

原地爆破浸出采铀是一种新型的铀矿资源开发技术,其采铀工艺过程是:在铀矿体自然埋藏条件下,进行原地爆破落矿、筑堆,对矿堆进行布液浸出,有选择性的从铀矿石中浸出铀金属,通过集液措施将浸出的含铀溶液收集起来,用管道输送到地表处理,获得铀产品。

某铀矿山101矿床30号矿体进行万吨试验和生产说明:能耗降低70%,化工原材料降低60%,成本降低60-65%,80%的矿石留在井下,减少了地表污染,保护矿山环境,而优越于常规采铀。这一采铀技术应用范围应得到拓展,提高采冶经济效益。

拓展原地爆破浸出采铀工艺应用范围:

(1)老矿区内的矿柱和残矿的回收;

(2)分散、孤立的小型铀矿点的开发;

(3)老矿山深部矿体的开采;

(4)原地爆破浸出采铀和堆浸采铀相结合的方式,建立新型采铀矿山等^[1,2,7]。

(四)建设新矿井,扩大天然铀生产规模

提高天然铀经济效益,扩大生产规模,必须建设一批新的铀矿井。为此,要做好矿井建设选点前的论证工作,择优选择要坚持我国固体矿产资源/储量分类的原则,注重抓好以下几点:

1、择优选择勘探程度较高的铀矿床。

勘探程度较高的铀矿床,其矿床高级储量所占比重高,在新矿井建设投资和生产中的风险较小。

2、选择经济性的铀矿床应为首位。

3、要对地质类型进行分析,宜选择花岗岩型和火山岩型铀矿床优先开发建设。

我国已发现的铀矿床可综合为四大类型,从中要注重优先开发建设花岗岩型和火山岩型铀矿床,

应是最佳选择。这是因为:

(1)花岗岩型和火山岩型铀矿床具有储量赋存优势。这两种类型铀矿床占已发现的铀矿储量59%,其中花岗岩型占35%。

(2)花岗岩型和火山岩型铀矿床,开采技术条件好,采矿成本相对较低。

(3)矿石成分简单,多为酸性矿石,堆浸采铀中浸出率高、回收率高、生产成本低。某矿经试验获知:该类型铀矿石堆浸取铀金属回收率大于84%,并且适宜酸法浸出,其成本下降30%^[3]。

(五)挖掘矿山生产潜力,提高铀矿开采经济效益

1、降低矿石开采损失率和贫化率

可供堆浸采铀的矿石,首先应用常规的采矿方式把矿石采出,然后进入堆浸场进行堆浸工作。因此,在矿石开采中要注重技术管理,各专业协调配合,努力降低矿石在开采中的损失率和贫化率,提高出坑入堆品位,这是提高采矿经济效益的重要措施。

2、加强矿山勘探工作

加强生产矿山地质勘探专业技术工作,加大探矿资金投入,提高探矿地质效果,找寻更多的铀矿资源,提升矿井生产规模,延长铀矿井服务年限,这对提高矿山经济效益起着重要的支撑作用。

(六)合理选择工业指标

1、合理选择开采边界品位

开采边界品位是铀矿开采中执行的工业指标之一。长期以来是,根据“3·5”指标的要求来圈定铀矿体,计算储量和指导开采。

20世纪80年代前,为了国防建设的需要,在铀矿开采中尽量把后备储量(即凡 $\geq 0.03\%$ 的铀矿石)要探清采尽,这对充分利用铀矿资源在当时曾起到积极的作用。在80年代以后,为适应我国社会主义市场经济需要,要注重经济效益又要合理利用铀矿资源的原则来确定铀矿床开采边界品位。例如:某露天开采铀矿,开采边界品位由0.03%提高到0.04%,矿石量减少17%,金属量减少4.1%,外供品位由0.123%提高到0.142%。由于减少了外供低品位矿石,提高了外供品位,采冶成本降低了13.8%,显示出较好的经济效益^[8]。

(七)注重矿山和水冶厂合理布局

铀矿山和水冶厂的布局有三种类型:(1)距矿山较远的区域性水冶厂。(2)在矿山附近就矿建设水冶厂。(3)移动式水冶装置。第一种类型矿山距水冶厂相距较远,以往矿山生产的铀矿石,运至水冶厂需要跨省区上千里长距离运输,矿石运输费昂贵,

生产成本高,这显然是不经济的。

现在,矿冶系统经过多年的技术革新和创新,除砂岩型铀矿床,采用原地浸出采铀外,其他生产坚硬矿石的矿山已形成堆浸采铀的生产线。铀矿石不再外运至水冶厂,而是就矿山附近设置堆浸场和水冶厂生产天然铀产品。

由于天然铀产品生产方式的转变,并且考虑到我国铀矿资源多具有中小型规模的特点,今后水冶厂的建设,宜采用流动型的水冶装置,其优点是建厂速度快,投资少,设备可移动作业,特别对勘探程度低,储量变化大的中、小型规模的铀矿床,更具有建厂风险小、经济性好、使用方便的特点。

(八)注重综合利用铀矿床中的伴生金属

从主要开采资源中综合回收共生和伴生资源,已为各国矿业界所重视。我国已勘察的铀矿资源中,赋有许多共生和伴生金属,如银、钼、铯、钒等20多种有用资源,其中,钼、银等金属已达到国家规定的综合回收标准。综合利用共生和伴生有用资源已在《中华人民共和国资源法》中做了明确的规定。因此,在铀矿开采、选矿和冶炼中回收有用资源不但具有社会效益,也是提高天然铀综合效益的重要途径^[9]。

(九)提高无轨开采在铀矿采掘中机械化水平

据某铀矿大茶园矿井,生产中说明,无轨采掘要比常规开采有许多优越性:(1)采矿成本降低33.5%,(2)掘进成本降低11.3%^[2]。

(十)加强管理为提高天然铀生产经济效益服务

1、做好铀矿资源评价,为铀矿冶发展制定科学规划。

2、做好专业队伍建设,努力培养技术人才。

3、扩大对外技术交流,引进新技术。

4、改进矿冶生产工艺,积极创新采冶技术。

5、积极推广计算机在铀矿山溶浸采铀中的应用,提高自动化管理水平。

三 结语

展望未来,溶浸采铀(原地浸出、原地破碎浸出和堆浸)是提高天然铀经济效益的重要途径,这就要加强铀资源的勘查工作,提供更多的低成本的铀矿资源,这是提高天然铀经济效益的物质基础。要加强溶浸采铀新技术研究和试验工作,应用新技术改进溶浸采铀工艺。要提高企业科技管理水平,降低经营成本,提高在国际市场的竞争力。

[参考文献]

- [1] 李开文. 中国铀矿开采技术特点与发展水平[J]. 中国矿业, 2002(1): 23-27.
- [2] 李开文. 论我国铀资源发展潜力及天然铀工艺技术的发展水平[J]. 金属矿山, 2009(增): 13-23.
- [3] 曹鼎阶. 注重花岗岩型火山岩型铀矿床的开发[G]//中国地质学会. 中国特色矿山地质学成就和展望论文集. 2009(8): 129-131.
- [4] 阙为民, 等. 我国地浸采铀研究现状与发展[J]. 铀矿冶, 2005(3): 113-117.
- [5] 王海峰, 等. 原地浸出采铀技术与实践[M]. 北京: 原子能出版社, 1998: 164-170.
- [6] 曾毅君, 等. 中国铀矿冶生产技术创新综述[J]. 铀矿冶, 2003(1): 24-28.
- [7] 全爱国. 原地爆破浸出采铀的工艺技术研究及应用前景[J]. 铀矿冶, 1998(1): 1-5.
- [8] 曹鼎阶, 等. 我国露天开采铀矿边界品位的研究[R]. 科技研究报告, 1987.
- [9] 李普洲. 我国铀资源综合利用的前景[J]. 铀矿冶, 1987.

Approaches to Improve the Economic Benefits of Natural Uranium

CAO Ding-jie

(University of South China, Hengyang 421001, China)

Abstract: This article analyzes the factors of influencing the economic benefits of natural uranium production, and presents the ways of improving the economic benefits of natural uranium. It is necessary to strengthen the exploration of uranium resources to provide more low-cost uranium resources, enhance the application of new technology of leaching of uranium in the production, increase the proportion of global production of natural uranium, build a number of new uranium mines, expand the scale of natural uranium production, innovate the mobile uranium hydrometallurgy treatment device suitable for uranium mining and metallurgical characteristics of China, form rational distribution rules of leaching and hydrometallurgy treatment, reasonably exploit cutoff grade indicators, indicators of the heap leaching and recycle the useful associated metals in the uranium ore.

Key words: natural uranium; economic benefits; uranium resources; leaching of uranium

党的十八大与中国的政治发展

杨光斌、舒卫方在《行政论坛》2013年第1期撰文认为,党的十八大将会对中国政治发展产生重要影响,建设“公正社会”将是未来中国政治发展的基本方向。要理解中国政治的基本走向,前提性问题是看问题的“角度”,或者说是影响中国政治的最基础性变量——党的团结,历史遗产,政策议程,决策者集团。这些“角度”,有利于我们对中国政治的走向有一个基本判断:未来5年的中国政治应该是常态的,渐进的,并且具有高度的连续性。“公正社会”不仅是小康社会在理论上的自然延续和现实社会的最大需求,也是“社会主义”价值体系的应有之义。实现“公正社会”的政策工具首先是民生政治,这是实现公正社会的最直接路径。“权力不受制约”直接危害着公正社会,因此必须以法治(宪政)来约束权力。法治不但包括宪法政治,还包括合理的政府管理体制即大部门制以及相关的分权。这样,在“公正社会”的执政理念下,民生、法治和大部门制应该是必不可少的政策选择。所以,支撑“公正社会”的基本点将是不会间断的社会权利建设、以法治为核心的制度建设和重新激发社会能量的再分权改革。这些任务的达成将为中国的民主政治建设夯实基础。