

铀矿开采损失贫化管理

王开华 著

原子能出版社

前 言

我国加入了世界贸易组织后，对于核工业来说，天然铀和低浓缩铀价格如何与国际市场价格接轨，是急需研究解决的问题之一。目前，我国天然铀和低浓缩铀市场价格高于国际市场价格，其主要原因是我国核工业生产企业的综合成本较高。我国铀产品的定价一直是按照后期处理厂向前期厂矿逐级收购的价格而确定的。由于这一定价模式，若前期矿石开采和选矿成本高，后期处理厂成本就会相应加大，铀产品的销售价格也就较高。若前期产品成本低，就为后期成本的降低和铀产品销售价格的下降创造了有利条件。对铀矿山来讲，要想降低产品成本，就要设法降低铀矿开采中的损失率和贫化率，因为这两项指标是影响产品成本高低的重要指标。据 20 世纪 80 年代中期的统计，我国铀矿山开采的平均损失率为 4.44 %，虽然比国内有色金属和其他金属矿开采的损失率低，但与西欧、北美的铀矿山相比，还有差距。而我国铀矿山平均贫化率高达 24.9 %，也就是说，在铀矿山生产中，废石混入率达到开采总量的 $\frac{1}{4}$ ，我国有色金属系统同期的贫化率为 16 %，西欧和北美一些铀矿山的贫化率仅为 10 % 左右，我国铀矿山如此高的贫化率，不能不引起我们的重视。我国大部分铀矿地质条件复杂，从客观上讲会造成一定的损失、贫化，但如果我们进一步增强市场观念，改变经营机制，强化技术、生产、组织管理，降低损失率和贫化率还是大有潜力的。

本书共分六章，介绍在铀矿开采中降低损失率、贫化率

的重要意义；损失率、贫化率的计算方法；分析了铀矿开采损失率，尤其是贫化率居高的原因；提出了降低损失率、贫化率的技术措施，试图为铀矿开采企业提高铀资源利用率，减少损失贫化，降低开采成本，提高企业效益，降低铀产品的价格，减轻国家财政支出介绍一些方法。

在本书写作过程中，承蒙原中国核工业总公司矿冶局副局长总工程师、研究员级高级采矿工程师李开文先生的指导，对原中国核工业情报所研究员级高级工程师李盈安先生和中国核工业总公司所属铀矿山的高级地质工程师黄允明先生的审校，以及高级工程师查小东先生的打印和校对，在此一并致谢。

由于作者水平有限，书中错误之处，敬请读者指正。

王开华

2002年3月于北京

目 录

第一章 研究铀矿开采降低损失率和贫化率的意义·····	(1)
第一节 降低损失率的意义·····	(4)
第二节 降低贫化率的意义·····	(7)
第二章 铀矿开采设计损失率、贫化率的选取数据·····	(11)
第一节 设计损失率的选取和实际损失率的计算·····	(11)
一、设计损失率的选取·····	(11)
二、实际损失率的计算·····	(13)
第二节 设计贫化率和实际贫化率的计算·····	(15)
一、设计贫化率的计算·····	(15)
二、实际贫化率的计算·····	(18)
第三章 造成铀矿石损失和贫化的基本原因·····	(22)
第一节 造成铀矿石损失的基本原因·····	(23)
一、设计损失·····	(24)
二、开采损失·····	(26)
三、其他损失·····	(28)
第二节 造成铀矿石贫化的基本原因·····	(29)
一、不良地质条件下产生的贫化·····	(29)
二、掘进工作中产生的贫化·····	(30)
三、回采工作造成的贫化·····	(31)
第四章 减少铀矿石损失的综合治理措施·····	(33)
第一节 在采场设计中减少铀矿石损失应考虑的因素·····	(35)
一、选择铀矿石损失最小化的采矿方法和相关措施·····	(36)

二、减少保安矿柱的设计损失	(39)
三、减少采场顶柱、底柱、间柱等其他矿柱的设计 损失	(40)
四、减少不良地质条件下的设计损失	(42)
第二节 在掘进过程中减少铀矿石损失的措施	(53)
一、每班掘进前物探工要到掌子面圈定矿体范围	(53)
二、对掘进掌子面的矿体实行分掘分运	(53)
三、注意对护顶层矿石的回收	(54)
第三节 在回采工作面减少铀矿石损失的主要措施	(55)
一、放射性物探仪要定期检查	(55)
二、减少回采中爆破的损失	(56)
三、对缓倾斜不规则的薄矿体实行局部回采	(57)
四、减少采场内盲矿体的损失	(59)
五、减少采场边缘铀矿石的损失	(62)
第四节 减少其他方面铀矿石损失的措施	(64)
一、防止充填料中混入铀矿石	(64)
二、注意处理遗留在采场内的铀矿石	(64)
三、注意对“启封后的火区”铀矿粉的回收	(65)
四、注意对“启封后的水区”矿渣的回收	(65)
五、注意对表外铀矿石堆的管理	(65)
六、减少运输过程中的铀矿石损失	(66)
第五节 改革传统的开采模式，推广溶浸采矿新工艺， 提高铀资源利用率	(67)
一、采用原地浸出工艺，提高资源回收率	(68)
二、采用堆浸工艺，提高资源利用率	(70)

三、采用原地爆破浸出工艺,减少矿石损失	(70)
第五章 降低贫化率的综合治理措施	(72)
第一节 减少片帮冒顶造成的贫化	(72)
一、光爆锚喷支护可减少铀矿石贫化	(72)
二、加强回采中的顶板管理可减少铀矿石贫化 ..	(81)
第二节 在回采过程中减少混采,强化分采分运 ..	(85)
一、严格按分采分运的程序作业	(86)
二、针对矿体赋存形态划分分采与混采作业面 ..	(87)
三、改变留矿法的底部结构,架设废石溜井,减少 废石混入矿石堆	(90)
四、采用高进路低采幅回采缓倾斜极薄矿体	(92)
第三节 加强可避免贫化工作的管理	(93)
一、在充填过程中防止充填料混入矿石堆	(94)
二、不该混采的地段严禁混采	(95)
三、严禁开采废石配成矿石而有意增大贫化量 ..	(95)
四、防止喷射混凝土的回弹物装入铀矿石车辆 ..	(95)
第六章 制定损失贫化组织管理办法	(97)
第一节 设立损失贫化组织管理机构	(98)
一、成立“损失贫化管理领导小组”	(98)
二、设立“损失贫化管理办公室”	(98)
第二节 组织管理机构的主要任务	(99)
一、“领导小组”的主要任务	(99)
二、“管理办”的主要任务	(105)
参阅资料:国营×××矿损失贫化管理规定	(109)

第一章 研究铀矿开采降低损失率和贫化率的意义

随着世界科学技术的迅猛发展，从 20 世纪开始，世界上一些国家对埋藏在地下的铀资源进行开发和利用。地下铀资源经过开采、提取、转化、浓缩，最终加工制作成元件，为军用及和平利用服务。在当今世界，一些国家的铀资源已经发展成为军用和国民经济建设重要的物质基础。

中国铀资源的开发，从 20 世纪中叶开始。新中国刚成立时，我国想专心恢复经济，重建家园，医治多年战争的创伤，但帝国主义一面对我国实行经济封锁，一面挑起朝鲜、印度支那战争和入侵台湾海峡，并扬言要对中国使用核武器，实施核打击。为了制止帝国主义的核威胁和核讹诈，保卫祖国安全，维护世界和平以及赶上世界核工业科学技术的发展，我国开始研究开发地下铀资源。经过 10 年左右时间对铀资源的研究、开发、利用，我国于 1964 年 10 月 16 日成功爆炸了第一颗原子弹，1967 年 6 月 17 日又成功爆炸了第一颗氢弹，1971 年 9 月核潜艇试航成功。在如此短的时间内，两弹一艇研制成功，大大鼓舞了全国人民的志气，打击了帝国主义的嚣张气焰。

中国尽管拥有了核武器，但早在第一颗原子弹爆炸成功之时，中国政府就郑重地向全世界庄严宣布，中国在任何时候，任何情况下，都不会首先使用核武器。并且一贯主张全面禁止和彻底销毁核武器。

中国开发利用铀资源不单纯为了军事上的防卫，而是军

民结合，在用于军事防卫的同时，广泛用于国民经济建设，为民造福。我国经过几十年的研究开发，核能技术已广泛用于民用方面。比如，我国大力发展核电事业，把核电作为中国核工业新发展的主攻方向和战略目标。又如，生产和应用同位素，将同位素广泛应用于工农业、医学、环境、资源科研等多种领域，初步形成了一个包括同位素及其制品、核仪器仪表、辐射加工、核农学和核医学等的新兴高技术产业。特别是在农业方面，应用辐照及其他技术相结合培育出 400 多种农作物新品种，位居世界之首；在医学方面，全国每年接受放射免疫检测和人体诊治约 2 000 万人次，放射性同位素外照射、内照射以及加速器辐射已成为治疗恶性肿瘤的一种有效和常用的手段。

开发利用铀资源无论是对于我国国防安全还是对经济建设都起着十分重要的作用。但是，铀资源是有限的，如何充分合理利用铀矿产资源，最大限度地回收地下铀资源是十分重要的课题。充分合理利用铀资源需研究的问题很多，作者将着重介绍铀矿石损失和贫化的管理问题。在铀矿山开采中，铀矿石的损失率和贫化率是铀矿床开采中两项重要的技术经济指标，铀矿石损失率、贫化率的高低反映着对已开发矿山铀资源的回收程度，也反映着铀矿山企业管理水平和经济效益。铀矿山矿石损失率低，说明在开采过程中，丢失的矿石少，回收的铀资源多，经济效益好；贫化率低，说明少采了废石，降低了采矿成本，同时也为选矿、冶炼和后期处理成本的下降提供了有利条件。国家统计局已将各类矿山的损失率、贫化率这两项指标列入了国家统计报表。因此，为了提高经济效益和保护矿产资源，就必须千方百计地降低矿石的损失率和贫化率。据对全国近 200 座冶金统配矿山的

估算, 若将矿石损失率、贫化率在现有的基础上分别下降 5 %, 则每年少采矿石 700 万吨, 多回收金属量 5 万 ~ 6 万吨。铀是稀有贵重金属, 其价值昂贵不同于一般金属。在勘探或是矿山生产过程中, 鉴别铀矿石都是使用先进的物探仪器, 能精确的区分矿石和围石, 因此, 只要矿山工作者思想上重视, 管理上到位, 开采中的废石和围岩内孤立的巢窝矿体都能圈定出来, 铀矿的损失率和贫化率肯定能降低。

新中国成立以后, 铀矿山从无到有, 从小规模到一定的规模, 走过了 40 多年自力更生、艰苦奋斗的历程。50 年代中期, 我国铀矿山起步时制定的工业指标, 多数是参考前苏联的标准设计的, 损失率和贫化率指标也不例外。当时, 将所有铀矿山的边界品位定为 0.03 %, 工业品位定为 0.05 %, 以后又在生产中, 结合各类矿山的地质条件、矿山开采技术条件、含矿品位情况作了相应的调整。为了最大限度地回收地下铀资源, 一般矿山, 边界品位定在 0.02 %, 工业品位仍定在 0.05 %。铀矿山开采初期, 由于形势的需要和早、快、多拿产品任务的需要, 在生产过程中, 对损失率、贫化率这两项重要的技术经济指标的要求不是十分严格, 一些矿山造成了不应有的损失、贫化, 加大了矿山的生产成本。进入 70 年代末期, 我国改革开放政策出台以后, 铀矿战线工作者经过大量的测算和实践, 在对边界品位和工业品位调整的同时, 开始注重铀矿石损失率和贫化率的降低, 有关部门和矿山制定了一些技术、管理措施, 铀矿石损失率和贫化率逐年降低, 矿山生产成本也有所下降, 但下降的力度和深度有待加强。我国铀矿山贫化率与西方和东欧先进国家的矿山相比, 还存在差距。从客观上讲, 我国铀矿床由于地质成因原因, 薄矿体居多, 大多数矿山的矿石品位较低, 而且矿体

形态复杂，矿化不均匀，含矿不连续，含矿系数低，盲矿体多，造成一些损失、贫化，但是针对各种地质条件改进开采工艺，研究制定一些切实可行的技术措施和管理措施，继续降低损失率、贫化率，最大限度地回收铀资源，实现铀价格的下降，尽快与国际铀市场价格接轨是能够做得到的。

第一节 降低损失率的意义

所谓矿山开采中的矿石损失，就是在铀矿山工业矿量中，一部分被采出利用，另一部分未被采出或采出后又被丢失，不能利用而造成的矿石损失。

前面提到，铀是世界上一种稀有贵重金属，它的存在价值不同于一般金属、非金属等有关地下资源。我国铀矿山开采的边界品位定为 0.02 %，这种低品位的开采回收，足以说明铀金属之珍贵。我国 33 座金属矿床地下开采统计资料表明，运用各种采矿方法开采的平均损失率为 13 % ~ 14 %（选自于《金矿山设计参考资料》上册 425 页表 4-4-48），原冶金九大露天矿山统计资料表明，矿山设计平均损失率为 7.0 %，实际为 5.7 %。对我国 × × 座铀矿山资料进行统计，1975 年至 1986 年平均损失率为 4.44 %，我们将相应数据制成统计表及曲线图（铀矿山实际损失率统计表，见表 1-1-1，铀矿山实际损失率曲线图，见图 1-1-1），从图表中可以看出，铀矿山的平均损失率大大低于冶金矿山。需要说明的是，由于矿物成分含金量不同，鉴别矿物质成分的手段和付出的代价也不一样，一般金属矿物，现场靠肉眼鉴别，而铀矿开采，从勘探、开拓、补勘、采准到生产探矿、回采等各个阶段、各个工序均采用物理探矿，尤其在回采中，每

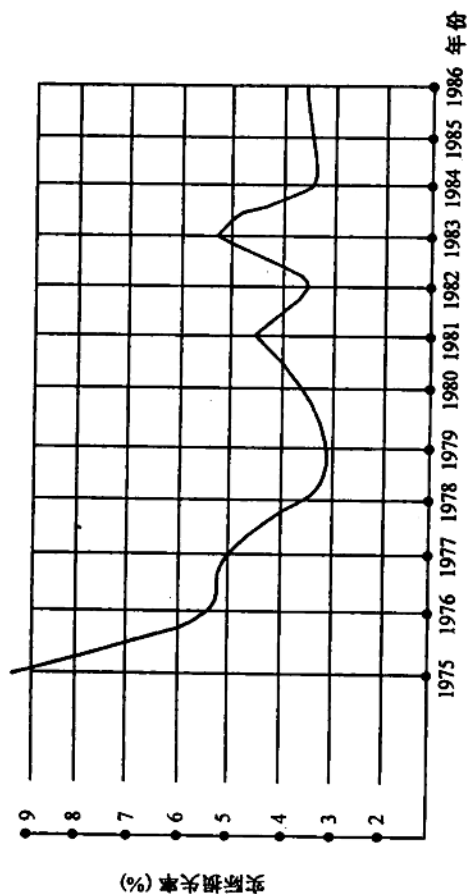


图 1-1-1 轴矿山实际损失率曲线图

表 1-1-1 轴矿山实际损失率统计表

年 份	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	平均
实际损失率(%)	9.03	5.4	5.15	3.43	3.07	3.62	4.65	3.48	5.28	3.28	3.44	3.41	4.44

班配有物探工跟班测量，现场圈定工作面矿体与围岩的界限，圈定打眼的面积和深度，一般说，精度较高，矿石损失少，因此，铀矿开采的损失率应该大大低于一般金属矿床。当前，我国铀矿山开采平均损失率大大低于冶金矿山，并不说明我国对铀矿石开采损失已控制得很好。如果将我国铀矿山平均损失率与西方和东欧先进的铀矿相比，我国的铀矿石损失率偏高 2 % 左右，所以，在现有的基础上，降低铀矿石的损失率是可能的，也是应该的，降低铀矿石的损失率是摆在我们铀矿山采矿工作者面前的重要课题。在铀矿山开采中，矿石损失量的大小，反映出矿山开拓、采准、回采的设计是否合理，工艺、设备是否先进；反映着矿山企业的技术管理、组织管理、经营管理、生产管理、财务管理、信息管理等是否到位。矿山损失率低，说明最大限度地回收了地下铀资源，达到了开采的目的，反之就没有达到目的。

矿床开采，前期花掉了大量勘探费用。有些矿体，地表露头部分够勘探价值，进入深部探矿后，又无开采价值，前期勘探等于作了无用功，白花费了资金，但这种无用功还是要做。每一个大型矿床的发现，都是随着勘探网度的加密，钻孔深度的延伸而发掘的，只是不可能勘探一个成一个，勘探一个有开采价值的矿床，包含着成功和不成功的风险。在生产期间，矿床从基建到生产，从开拓到回采，直到矿石被选矿厂收购，均要投入资金。到了回采，可以说是到了收获的“黄金季节”。如果在回采时由于种种原因，造成不应有的损失，等于是到嘴边的肥肉又丢了，而且这种损失是无法挽回的，我们要尽量避免。

一个大、中型矿床，如果是煤矿，丢了 100 t 煤不值几个钱；如果是铁矿，丢了 100 t 吨铁也没有什么了不起；但

如果是铀矿丢了 10 t 就损失惨重。对于铀金属来讲,除经济因素外,还应该从我国拥有核能源的角度来认识。当今世界,中国之所以在国际上能成为有重要影响的大国,其中重要原因之一就是中国早在六七十年代就有了两弹一艇。我们生产铀,最大限度地回收地下铀资源直接关系到我国的国际地位。最大限度地回收铀资源,很重要的一条就是必须在铀矿山开采中,尽量减少铀矿石损失,最大限度地降低损失率,为国家多提供铀金属。因此,我们采铀工作者把降低损失率作为重点课题研究是应尽的义务,责无旁贷。我们不能把铀矿床开采的损失率和一般金属矿床的损失率等同起来,不要认为现在铀矿开采的矿石损失率已经大大低于一般金属矿床的矿石损失率就万事大吉了。我们应该朝国际先进铀矿山开采损失率指标看齐,从各个设计、生产环节的技术管理和生产管理上下功夫,寻求进一步降低损失率的具体措施。

第二节 降低贫化率的意义

所谓铀矿山开采中的贫化,就是在铀矿开采中,由于废石(含表外矿石)和其他废料混入矿石里,造成出矿品位降低和金属流失,造成采矿、运输过程中人力、物力的浪费,从而使成本提高,效益降低。

国内 23 座金属矿床的地下开采统计资料表明,运用各类各种采矿方法开采的平均贫化率为 16 % 左右(选自《冶金矿山设计参考资料》上册 425 页表 4-4-48),原冶金部九大露天矿开采统计资料表明,矿山贫化率平均设计为 7.5 %,实际贫化率为 6.2 %。对我国 $\times \times$ 座铀矿山资料进行统计,1975 年至 1986 年的平均贫化率为 24.29 %,我们将相

应数据制成统计表及曲线图，铀矿山实际贫化率统计表，见表 1-2-1，铀矿山实际贫化率曲线图，见图 1-2-1，从图表中可以看出，我国铀矿山矿石贫化率比国内金属矿床地下开采的矿石贫化率高出 8 % 左右，这不能不引起我们采铀工作者的高度警惕。矿石贫化率高带来很多弊病：一是直接造成矿山经济损失。贫化率高，说明混入铀矿石里的废石和其他废物多，造成开采工程量增大，拖长工期，消耗更多的人力、物力，矿山成本增大，效益减少。二是造成资源流失。本来一些低品位的矿石可以回收，但由于混入过多的废石和废物，就不够出矿品位了。三是不仅影响了开采矿山的经济效益，而且给选矿厂、水冶厂带来经济损失，因为铀矿里混入过多的废石和废物，增大了选矿厂工作的难度，同时由于矿量的混合增大，也提高了选矿和冶炼成本。对于选矿厂和水冶厂来说，矿石品位愈高，加工量愈小，矿石质量愈好，成本愈低；矿石品位愈低，加工量愈大，矿石质量愈差，成本愈高。四是导致我国铀价格居高不下的因素之一。我国铀价格的确定，是根据采、选、冶直到精加工等各个环节的成本消耗，从后半部到前半部逐级收购而形成的。矿山开采是最基础的工程，把不住这一道质量关，势必对后半部加工造成负面经济影响。从图 1-2-1 中可直接看出，虽然从 1975 年到 1985 年的贫化率有逐年下降的趋势，几乎接近了我国金属矿 16 % 的贫化率，但 1986 以后又有上升的趋势。80 年代末，针对有关铀矿山的地质条件，在开采工艺上，采用地浸、原地爆破浸出、堆浸一些新工艺，贫化率又开始不断下降。西方与东欧一些先进的铀矿山，贫化率一般控制在 10 % 以下。我国铀矿山要想将贫化率控制在 10 % 以下，确实还要付出努力。铀矿山贫化率高，在一定程度上说

明矿山技术管理、组织管理、生产管理等综合水平还比较低。要想大幅度降低贫化率，必须使现有铀矿山的综合管理水平迈上一个新台阶。

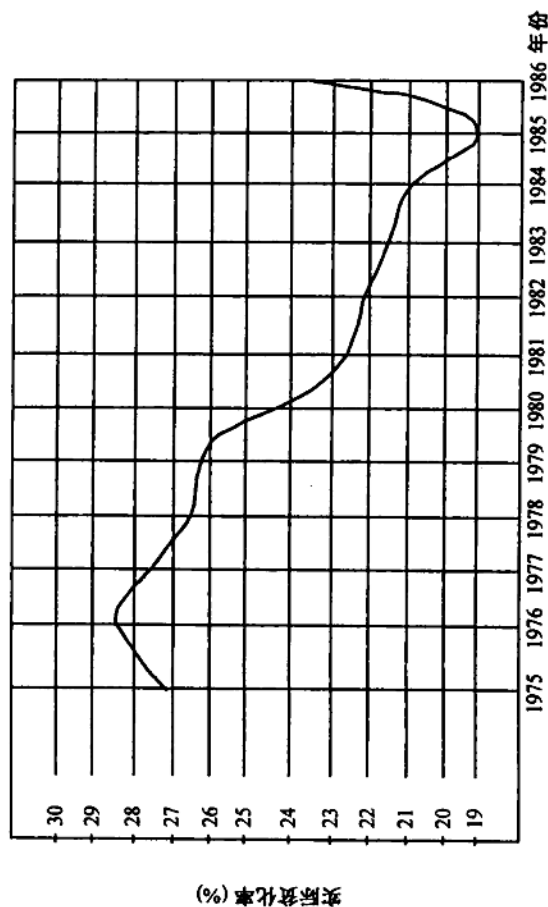


图 1-2-1 铀矿山实际贫化率曲线图

表 1-2-1 铀矿山实际贫化率统计表

年 份	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	平均
实际损失率(%)	9.03	5.4	5.15	3.43	3.07	3.62	4.65	3.48	5.28	3.28	3.44	3.41	4.44

第二章 铀矿开采设计损失率、 贫化率的选取数据

目前,我国铀矿山设计损失率、贫化率的选取数据,各矿山主要是参考同类型矿山的经验数据选取,定性的多,定量的少,一般参考同类型矿床地质条件、矿体赋存状态、产状构造、矿体厚度大小、含矿连续情况,矿体和围岩的稳固程度,选用采矿方法的类型,采掘工艺的先进程度,安全条件,管理水平,经济效益等综合因素考虑。很多铀矿山在这方面作了大量的研究工作,期望对各种不同类型的矿床从理论上研究出公式化的定量数据,但从目前状况看,现阶段还难以实现。作者收集了一些铀矿山的经验数据,可供选取参考。

第一节 设计损失率的选取和实际损失率的计算

一、设计损失率的选取

铀矿开采设计损失率的选取,从理论上讲可以通过对铀矿石损失的细分类,寻找出细分类子项的比例,再将各子项之和相加,得出与矿床总储量之比,以求出矿床开采的设计损失率,但是,各子项不确定因素太多,动态变化很大,所以用公式化的形式确定铀矿开采的设计损失率现阶段还处于