

在肺泡上皮和肺泡气体之间有一无细胞层，它是肺泡同吸入沉积物最早发生接触的，其化学构成和物理学性状对肺泡内沉积物质的存留和转移行径有重大影响。

肺泡内pH与动脉血pH值大体相同。

对沉积于肺泡的多价金属化合物（如镭系元素），应注意其载体浓度的效果。

在核燃料设施中，因为气溶胶与核作用

因素结合，在化学物理性状上会有很差异，因此，提高对吸入物质多变性的生物学行径的予告能力是非常必需的。对沉积于肺泡中的物质的存留和转移规律的研究，在活体和非活体两方面都仍然是很迫切需要的。

(Kanapilly GM: Health Physics  
32 (2): 89~100 (英文) 黄国华节译 李章校)

## 关于露天开采铀矿的放射性照射

关于露天开采铀矿中放射性照射的经验在当前的文献中是少见的问题。大多数是关于地下开采铀矿的危害因素的报导。仅在联邦辐射委员会报告(FRC 68)中有一篇关于铀矿开采中 $\gamma$ 射线照射的评论，其中说到：

“在国内铀矿中外 $\gamma$ 射线强度很少超过2.5毫伦/小时，平均强度只是此值的分数。但是在采矿中偶然遇到高品位的矿洞（含5%或更多的 $U_3O_8$ ），人员受的外照射水平是需要限制的。在靠近破碎矿石的地方 $\beta$ 射线强度比 $\gamma$ 强度高10倍，但是在采矿的条件下作为外照射的危害是不重要的。”

这个报告，初步的放射性监测资料、矿体分析和对采矿工人的工作模式调查都说明必需有某种形式的放射性监测。我们决定监测采矿人员一年中的照射量，以确定以后需要还是停止进一步的监测。选择的监测项目包括对 $\beta$ - $\gamma$ 射线照射的胶片剂量徽章；氦及其子体在空气中浓度的测定；人和设备污染的鉴别；有关含铀矿尘照射的空气采样；关于铀摄入后尿的生物检验。这篇报导总结了此监测工作头6个月所获得的资料。

### 采矿操作的描述

从位于老湖床中的一个露天矿坑开采铀矿，它是在矿区中心地带剥去复盖层而形成

的。此坑横跨几百米，现在低于平均地平面约10~30米。主岩是富有金属沉积的硅质粘土，它是被矿浆下沉或上升而破坏和改变所形成的。典型矿石的分析结果是： $U_3O_8$  0.44%， $UO_2$  0.05%，Th 0.01%，而有些小块 $U_3O_8$ 超过5%。

采矿队每天雇用约52名操作人员和技工。采矿队的工作每天两班制，一班十一小时，每周七天。典型的工作时间表是工作七天，休息七天，每年工作1771小时。在所有时间内平均约有21个工人身在坑场内或参予运输操作。

同时在几个工作面进行开采。工作面高25呎（约8米）。坑的倾斜限于45度。将矿石运输到距矿坑约2公里的地方，按等级堆积在碎矿厂附近。将废石拉到矿场附近的岩石处理区。复盖层亦从矿内运走贮存起来。开采结束后，这些堆放物再运回采掘地点，以恢复矿区生态学特点。

矿区维修人员不是经常进入坑中的，只有在给设备和加燃料和排除机械故障时才进入。常规的维修是在远离采坑和矿石储料堆的地方进行的。

### 测量方法

$\gamma$ 射线的监测通过两条途径完成。用 $\beta$ -

γ监测仪进行地区放射性监测，探测器离坑的地面或工作面3呎。人员的监测用标准的胶片佩章完成。此胶片佩章监测期是8周，最小的剂量报告通常为20毫雷姆。

用双滤膜法测定氦及其子体的浓度。人和设备的α射线污染用连接着闪烁探测器的射线仪测定。用一个经标定的Th-230源作仪器的校正。铀气溶胶的空气采样是利用总尘测量的微孔预重盒和手提采样泵来完成的。用萤光计按标准的化学技术进行铀的分析。矿区生产人员生物样品中铀的检验所用分析技术的灵敏度是1微克/升。

这个研究结果是根据1975年4月至1975年10月的6个月矿坑观察资料总结的；人员的剂量从1975年7月至1976年2月；每月采样测定氦及其子体以及定期进行气溶胶中铀浓度的测量。

铀在体内沉积量的测定于1975年9月和10月采样的基础上以后定期采集。进入矿区连续操作约8个月后才开始做生物学检验。

4月至10月对在矿坑里工作的设备和在4月至翌年2月对在工厂维修的设备进行污染测定。

## 结 果

测定了采坑和矿石储料堆的不同地点表面的γ射线剂量。对工人工作模式，最大可

能照射和设备所提供的防护，在计算所受的可能剂量当量时，都作了估算。

早期的监测看出在坑中工作的车辆污染是十分重要的。这种污染容易从采矿区延伸到住宅区。因此采矿人员必须经常清洗车辆，搞好人员卫生，不准携带采矿设备进入住宅区。最近的监测得出车辆的α射线污染水平平均值低于20计数/分。由于开始了清扫，且车辆上所有的污染都可以除去。所以住宅中便很少或没有记录到α射线的污染。

由氦、氦子体和铀气溶胶所形成的空气中的放射性物质，在这段时间中不成为一个问题。坑中氦的浓度估计少于10微微居里/升，氦子体浓度一般低于0.3工作水平，平均浓度是0.06工作水平。测得空气中铀的最大浓度是1.7微克/米<sup>3</sup>。

## 采矿操作者的放射性照射

对γ射线外照射及铀在体内沉积二者都进行了监测。用胶片佩章监测γ射线的外照射，用测定铀在尿中的排泄作为铀摄入量的监测。由于采矿操作人员正常换班，于1975年7月至1976年2月在82名采矿人员中仅有47人有完整的剂量记录。47人按工作性质划分为7个工作组，其实际照射量和按照放射性监测数据估算的结果皆列入表2中。表1为估算所用的参数

表1 供剂量估算用的参数

职业组	照射时间 (小时)		最大可能照射率 (毫伦/小时)		防护因数	剂量当量 (毫雷姆/小时)
	坑	储料堆	坑	储料堆		
一般领工员	600	100	0.4	0.5	0.9	66±61
排班员	600	200	0.15	0.5	0.9	171±80
矿石控制	200	100	0.3	0.5	—	99±66
采矿设备	1900	100	0.3	0.5	0.5	160±46
采矿车辆	800	200	0.3	0.5	0.5	170±52
矿设备维修	500	—	0.3	—	—	150±40
粉碎等	400	—	0.3	—	—	120±32

表2 年剂量当量(毫雷姆)

	估算值	测量值
一般领工员	66±61	70±35 (S. D.)
排班员	171±80	140±30
矿石控制	99±66	86±20
采矿设备	160±46	116±40
采矿车辆	170±52	146±66
矿设备维修	150±40	数据不足
粉碎等	120±32	160±80

考虑到估算用参数的波动性，可以认为对各职业组的估算和测定的剂量当量二者是很一致的。

从列于表3中铀排泄数据估算，发现在设备和衣服受到较大污染的同时，进入采矿操作者体内的铀量却是很少的，仅占最大容许体负荷(MPBB)的较低份额或相当于肾脏毒性限度(3微克/克肾)的低估算

百分比值。这一结果并不意外，因为有两个原因：首先，所说的进入体内的物质很少量是以气溶胶形式经肺吸收，余下来的是通过肠道摄入，但其吸收率低于1%。其次，一旦发现了污染，管理人员及工人在工作中则尽量减少对含铀粉尘的暴露，这就减少摄入的机会。

表3 铀的体内沉积

职业组	铀平均浓度 (微克/升)	最大容许 体负荷的%*	肾脏毒性 限度的% <sup>+</sup>
一般领工员	3.5±0.7	8%	11%
排班员	2.0±1.7	5%	6%
矿石控制	2.2±1.7	6%	7%
采矿设备	1.7±1.1	4%	5%
采矿车辆	1.9±1.1	5%	6%
粉碎等	2.5±1.1	6%	8%
采矿技工	1.8±1.4	5%	5%

\* 假定暴露于W级尘埃(译者注：以周为单位计算清除率的中等阻留的尘埃级别) 200天。

+ 3微克/克肾或排泄约40微克/天。

### 结 论

从此研究结果可以看出，在露天坑开采铀中β和γ射线的照射、铀尘和表面污染的危害大致与地下开采所遇到的相同。在危害

性上的主要差异是关于氡及其子体的问题减小了。从对矿坑的放射性监测可以成功地估算外照射剂量，若估算的年剂量达不到1.25雷姆，则不需应用胶片剂量仪。人和设备的

污染在露天坑中是重要的。用适当的措施消除装备车辆及其坐位的尘埃和污物，再配合搞好人员卫生，就能够防止铀的摄入。

在露天坑开采中氡及其子体的照射是可

以忽略的。

[Miller HT: Health Phys 3 2

(6): 523~527, 1977 (英文)

苏龙能摘译 张景源校 吴德昌审校]

## 油田开采中应用氡的辐射情况和辐射安全措施

油田开采时应用氡的氧化物——氡水作为油田注水的指示剂。由于氡水实际上不被岩石所吸附、便宜、放射毒性很低又不产生外照射，因而研究范围在不断扩大。为此，应对此项工作的辐射情况和辐射安全措施加以研究。

把指示剂注入所要研究的油层有二种方法。一种是把装有氡氧化物的细颈瓶用专门装置送入钻井内轧碎，另一种是把氡配成示踪溶液后注入钻井。有人指出，注入10~100立方米示踪溶液可以得到最佳的加压水流图。为了使注入的示踪液体具有均匀的比放射性，可以用IIA-320型水泥车或类似的机器来配制这种液体。IIA-320型水泥车的工作容器每只为3立方米。用远距离工具把装有高浓度氡水的细颈瓶浸入容器内水中，在25~30厘米以下的深度轧碎。每一细颈瓶的氡活性为1~5居里。配制好的示踪液体沿“加压”管道压入油层。示踪溶液的配制需要一人，因为要注入10~100立方米溶液，所以配制工作要重复许多次。

远距离工具在轧碎细颈瓶时会受到污染，含氡的细颈瓶在埋藏前应连同远距离工具一起在水泥车的容器内用大量水冲洗去污。为确保注入的示踪溶液经钻井和泵压缩机管道流入油层，再注入水10~15立方米，此水先灌满水泥车容器，之后沿所有“加压”管道流过，这样就同时进行去污。水泥车容器内残存的清洗水用液体闪烁计数器测得的氡的比放射性不超过 $1 \times 10^{-6}$ 居里/

升，即低于最大容许浓度。

注入氡水时可能发生事故的情况有，从包装中取出氡细颈瓶并把它安放到远距离工具上时操作不慎，“加压”管道密闭性遭到破坏，以及加压速度超过了钻井的容许能力。此外，当钻杆柱的密闭性或水泥套环的完整性遭到破坏时示踪溶液有可能向柱外流而污染上含水层。

在指示剂沿油层流动的阶段，工作人员就不接触氡。此时唯一的潜在危险是经过稀释而活性减弱的示踪溶液流入生活用水水体的可能性，但是发生这种情况的机率极微，因为储油层通常位于地下500~1500米深层，其上又有不透水岩层与上边的水层隔开。

在从观察钻井和开采钻井取的示踪水样的阶段，由于经过油层的过滤和稀释（注入氡的钻井与开采钻井之间距离为300~500米），水中氡浓度已降低达 $10^{-7}$ ~ $10^{-8}$ 居里/升。所取500毫升水样的总放射性很低，因此样品制备和测量工作没有辐射危险。

决定辐射危险性的主要因素不是注入氡的总活性，而是氡在注入水中的浓度。由计算和实际调查得知，指示剂沿油层流动可以稀释 $10^6$ 倍，而注入用的地表水中天然氡的浓度为 $n \cdot 10^{-10}$ 居里/升，因此注入氡的浓度至少应为 $10^{-3}$ 居里/升。

氡单次进入机体后头10天内的照射剂量约为总剂量的50%。单次进入人体内1微居里氡可导致 $10^{-4}$ 雷姆。这样对于从事 $10^{-3}$ 居里/升氡溶液的人员来说，如果每周受到