

生報

(第二分冊)

山东省医学科学研究所

一九八一年

目 录

铀矿开采冶炼中综合性卫生防护措施的研究.....	(1)
铀矿工人二十年健康状况随访观察.....	(9)
铀矿作业人员外周血淋巴细胞染色体畸变分析.....	(20)
铀矿作业人员细胞免疫功能测定.....	(24)
铀矿生产环境氡子体 α 潜能累积水平估算.....	(27)
铀矿污染厂房、厂址的最终安全处理.....	(31)
铀矿冶炼厂环境土壤污染水平调查.....	(35)
山东省某铀矿冶炼厂厂址选择及厂房设计卫生学评价.....	(39)
显性致死实验评价辐照白兰地酒致突变性.....	(43)
辐照白兰地酒对小白鼠的急性毒性实验.....	(53)
辐照白兰地酒对人体外周血姐妹染色单体交换率的影响.....	(57)
乌贼墨对急性放射病及造血干细胞的预防作用.....	(62)
猪胸腺素 5 组分对 600 伦照射小鼠血浆 CAM P 及 T 淋巴细胞的影响.....	(68)
猪胸腺素 5 组分对 900 伦照射小鼠抗放效果观察.....	(72)
育龄妇女 X 线透环时受照剂量的调查.....	(75)
中西医结合治疗放射性溃疡近期疗效观察.....	(80)
用铷 (^{86}Rb) 测定几种药物对小鼠心肌营养性血流量的影响.....	(85)
103 例正常人 ^{125}I —三碘甲状腺原氨酸 ($^{125}\text{I}-\text{T}_3$) 血浆结合比值 (树脂法) 测定.....	(89)
实验动物大白鼠血象正常值测定.....	(92)
中成药桃花散辐照灭菌的效果试验.....	(94)
中成药辐照灭菌试验.....	(98)
DB-1 型低本底测量装置的制作和应用.....	(100)
用 $\text{Ge}(\text{Li})$ γ 谱仪测定环境放射性污染方法的研究.....	(103)
^{60}Co — γ 片源照射量与剂量计算.....	(111)
萃取——重量法测定海带卤中的碘.....	(116)
济南地区重要水源碘含量的测定.....	(119)

钍矿开采冶炼中综合性卫生防护措施的研究

工 研 室

自1958年至1974年,某钍矿连续生产16年。为了治理“三废”,保护环境,加强卫生防护措施,保障工人与周围居民的安全,本室会同省防疫站和淄博市防疫站,对该矿、厂从厂址选择到停产后污染厂房、场地的最终处理进行了连续20年的污染监测,开展了综合性卫生防护措施的研究,其结果如下:

综合性卫生防护措施的研究

一、矿井采矿

该钍矿矿脉走行于石灰岩与铁矿床之间,具有含钍品位高,矿体薄,脉系断续与倾角度大等特点。因伴随铁矿开采(先采钍,后采铁),故采矿工作面不固定。又以自然通风为主,所以井下通风状况也不稳定。据此,我们进行了下述调查研究和采取了相应措施:

1、井下主要危害因素的调查分析:经历年一般劳动卫生(包括粉尘浓度、分散度、游离 SiO_2 含量与气温、气湿、风速等气象条件)和放射卫生(包括空气中长寿命 α 放射性、钍含量、氡及其子体浓度, α 、 β 表面污染与 β 、 γ 外照射水平)调查分析,在采矿工作面除粉尘浓度较高外,仍以放射性危害为主,其中又以氡及其子体浓度为高危害亦大。历年氡平均浓度除1970年外,均超过《放射防护规定》中坑道最高容许水平($1 \times 10^{10} \text{ci/L} = 1$ 艾曼)。采矿工作面的粉尘浓度随工作内容不同而变化。在风钻打眼时,粉尘浓度可超过国家容许标准1.3~1.7倍,而在机装、运搬矿石时,均在容许标准之下。游离 SiO_2 含量在4.84~15.26 mg/M^3 之间,平均为9.32 mg/M^3 。粉尘颗粒在5微米以下者占96.9%,10微米以上的颗粒极少,仅占3.1%。

2、矿井氡浓度消长规律的研究:采矿工作面的氡浓度以1967年最高,最高点达80艾曼,平均39.6艾曼,超过坑道最大容许浓度38.6倍。钍矿石爆破后立即测量可高达112艾曼。在采矿工作面空气中,一个工作日内(6小时)的氡浓度、长寿命 α 放射性以及钍含量均随工作内容不同和坑道内钍矿石堆积量多少而动态变化。当打眼开始后空气中氡浓度, α 放射性与钍含量逐渐升高,至放炮后20分钟达高峰,此后又逐渐下降,至矿石全部运出坑道后,方能降至正常(见图1)。当井下通风不好时,爆破钍矿石后

协作单位: 山东省卫生防疫站
淄博市卫生防疫站

二、铀水冶厂

铀水冶生产中主要分碎矿、球磨、浸取、压滤、化学沉淀和成品处理等工序，在整个生产过程中同样存有放射性与非放射性危害因素。历年调查结果表明，厂房空气中氡浓度以碎矿车间最高，压滤、球磨车间次之，1967年测量车间空气中氡浓度最高达73艾曼，平均浓度为33.3艾曼。超过《放射防护规定》放射性工作场所最高容许浓度，长寿命 α 放射性与铀含量均随碎矿时间长短，矿石积存量多少和通风好坏而变化。例如在碎矿开始时由于车间内堆满矿石，空气中氡浓度、长寿命 α 放射性与铀含量均较高，碎矿1小时，其长寿命 α 放射性与铀含量达高峰，此后随着矿石的减少随之下降，至全部矿石粉碎完毕而降至最低（见图3）。三者的浓度还随矿石含铀品位高低而变化。在浸取车间加氧化剂和化学沉淀车间进行重铀酸铵沉淀时，可产生氯、二氧化碳、二氧化硫、硫酸雾和氨等刺激性有害气体。据1963与1965年测量，在浸取搅拌桶旁，氯气浓度最高点（指操作工人呼吸带）可超过最大容许浓度近10倍，在化学沉淀桶旁，氨与硫酸雾浓度，分别超过最高容许浓度2倍多与近10倍。

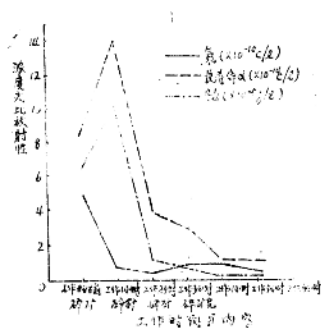


图3、碎矿车间一日内(6小时)氡浓度，长寿命 α 放射性与铀含量的动态变化

在正个水冶生产过程中普遍存在着跑、冒、滴、漏、溅、撒等现象，不仅严重污染厂房空气、设备，而且还污染工人暴露皮肤以及工作服、口罩等个人防护用品，加之卫生防护管理制度不严，而使污染扩散至生活区。由于铀的浸取与回收率低而产生大量高铀高放射性尾矿（日产约十吨，含铀量为0.3%左右）和废水（日产约20吨含铀量最高可达100mg/L），难以处理。加之管理不当，致使厂内、外环境（指厂外山沟土壤）均受到一定程度的污染。据此，我们与该厂工人、技术人员结合进行了下述主要研究和采取了相应的卫生防护措施。

1、改革生产工艺流程：我们分析了水冶生产的整个工艺流程，抓住铀的浸取与回收率低这个主要矛盾，通过近200次实验室（包括浸取、沉淀、废水循环利用、阴离子交换和废水净化等）实验和近十次车间生产实验，研究出适合该铀矿石特点与小型水冶厂应用的新工艺流程。使铀的浸取率由60%提高到95%以上；尾矿渣含铀量，由0.3%降低至0.02%左右；减少废水3~4倍，并使部分废水循环利用；处理了多年积存下来的高品位矿渣5308吨，回收金属铀4353公斤，价值220余万元；还彻底消除了使用旧流程时，车间存在的氯、氨等危害工人健康的刺激性气体。使用新工艺流程后，使车间生产率提高216.6%，成本降低26.62%，每年为国家多生产2000多公斤金属铀（见附件4）。

2、生产机械化、密闭化与管道化：为适应生产工艺处理技术水平的提高，改善生产环境的劳动条件和减少放射性表面沾染，逐步革新了生产设备。于1966年底，基本建立水冶生产机械化，密闭化和料浆输送管道化的自动生产线。消除了笨重的体力劳动和生产设备的跑、冒、滴、漏、溅、撒等现象，减少了工人体表的放射性污染。不仅使生产效率得到进一步提高，而且使劳动条件与卫生面貌随之得到根本的改善。

3、加强废水废物管理，严格卫生防护制度：通过工艺流程的改革，减少了废水量，并使部分废水循环利用，而部分不能利用的废水，经氧化钙沉淀与木炭吸附净化后，排入渗水池自然蒸发。将废弃尾矿渣（含铀量0.02%左右）分格存放于体积为 $27 \times 17 \times 5$ 立方米，由混凝土石块砌成的地窖内。每装满一格封一格，待生产结束后，将整个地窖用水泥固封，上覆净土作永久性处理。

此外，还对全厂职工（尤其是新工人）进行经常性放射卫生防护知识的宣传教育，制定卫生防护守则，严格“三区”卫生防护管理制度，加强卫生通过间使用、管理等（见附件7），做好经常性个人与环境的放射性污染监测。

放射性污染监测结果与分析

一、生产环境空气中氡与放射性气溶胶

历年监测结果表明，井下采矿工作面氡及其子体（包括长寿命 α 放射性子体）浓度均较厂房高，且均超过《放射防护规定》中坑道与一般放射性工作场所的最大容许浓度数倍至数十倍。而水冶厂内行政管理区和厂外下风向张、郭两村仅略高于对照点。据1968~1970年矿井下氡及其子体浓度测量结果计算，矿工每人每年肺组织平均接受氡及其子体照射为33.7雷姆，支气管为791.1雷姆（见附件9）。据历年氡浓度测量结果，考虑了有些影响因素后，经计算，井下矿工16年接受氡子体的累积照射水平仅有2W—UM（见附件8）。

尽管该矿井下氡浓度，氡的短寿命子体的累积水平也相当高，但自1967年以后，由于在井下采取了防尘降氡和防子体的综合性措施，因而氡及其子体浓度逐年降低（见表1）。

二、水冶厂内 α 、 β 放射性表面污染

1、墙壁、地面、设备与家俱：从水冶厂房、辅助车间和行政管理区房间（以下简称三区）内地面、墙壁、设备与家俱等表面污染历年测量结果看，以水冶厂房污染最重，辅助车间次之，管理区房间最轻。在厂房和辅助车间内，除地面、工作台个别点超过《放射防护规定》污染标准（3000 α 粒子/100 $\text{cm}^2 \cdot 2\pi$ ·分，30000 β 粒子/100 $\text{cm}^2 \cdot 2\pi$ ·分）外，其平均值均在标准以下。在行政管理区除个别点较高外，绝大部分点为本底或接近本底水平（见表2）。但自采取综合性卫生防护措施后，“三区”表面污染程度逐年降低。至1974年停产后，厂房与辅助房间内表面污染均未超过最大容许水平。但大部份设备、家俱超过在非放射性区内使用标准（允许污染水平的1/50）。1974年行政管理区测值较高，可能与停产后放松了管理和个别房间存放污染物品有关

表 1 1959~1974年生产环境空气中氡浓度 ($\times 10^{-10}$ ci/L)

时 间	矿 井 下			水 冶 车 间		
	范 围	均 值	超标倍数	范 围	均 值	超标倍数
1959	—	—	—	21.60~3.60	9.90	32.00
1960	8.42~0.90	3.6	2.6	10.50~1.32	3.49	10.63
1963	8.84~0.34	4.95	3.95	10.00~0.50	3.08	9.27
1964	15.13~0.03	2.24	1.24	—	—	—
1967	80.00~0.24	39.63	38.63	73.00~7.80	33.25	109.83
1968	56.00~0.12	8.02	7.02	1.30~0.08	0.46	0.53
1969	6.05~0.29	1.97	0.97	4.08~0.82	1.55	4.17
1970	1.56~0.03	0.55	—	—	—	—
1972	4.30~0.25	1.41	0.41	0.87~0.48	0.71	1.37
1974	—	—	—	0.61~0.30	0.42	0.40

注：放射性工作场所空气中氡²²²，最大容许浓度为 3×10^{-11} ci/L，矿井下氡²²²的最大容许浓度为 1×10^{-11} ci/L。

(见附件3)。

表 2 水冶厂三区*房内内表面 α 放射性污染 (粒子数/100cm²·2 π ·分)

年 份	生产辅助区房间			行政管理区房间		
	范 围	均 值	最大容许标准	范 围	均 值	最大容许标准
1967	3847.0~45.0	—	3000	787.0~本底	147.7	本底
1968	1126.7~4.7	186.0	"	245.0~本底	24.1	"
1969	346.6~本底	46.1	"	134.7~本底	4.8	"
1972	—	—	"	83.8~本底	15.2	"
1974	2355.0~本底	151.0	"	135.0~4.0	41.3	"

※1974年厂房内(刷洗后) α 表面污染，范围为1077~30，均值为991.90。

2、工作服、口罩等个人防护用品：1965年与65年前生产工人的内外工作服与口罩等个人防护用品，其 α 、 β 放射性污染均超过规定标准几倍、十几倍和几十倍，经洗涤后仍超过标准数倍。但自1965年以后污染水平逐年降低。至1974年停产时，外工作服经

洗涤后测量其平均值低于容许污染水平（见表3）。

三、水冶厂“三区”地面土壤

水冶厂内“三区”地面土壤（0~5 cm深）和厂界四周（10~100米范围）土壤中 β 、 α 放射性含量，历年监测结果说明，以生产厂房周围污染最重，辅助车间周围次之，行政管理区与厂界四周与对照相接近。各区自1965年后也显示逐年降低趋势。1974年停产

表3 生产工人外工作服 α 粒子污染（粒子数/100cm²·2 π ·分）

年 份	洗 涤 前			洗 涤 后		
	范 围	均 值	容许标准	范 围	均 值	容许标准
1965	5875 ~本底	1717.1	100	1391.4~本底	443.9	100
1968.3	3820.2~本底	709.4	100	1240.1~本底	281.0	100
1968.9	973.4~33.3	268.1	100	1080.0~6.7	208.1	100
1972	—	—		576.6~2.9	109.7	100
1974	—	—		477.4~本底	78.8	100

时与1980年最终处理时测量，除厂房与辅助车间大部份点超过《放射防护规定》中作为废物处理的水平（ $1 \times 10^{-7} \text{c/kg}$ ）外，行管区与厂界四周略高于对照（见表4）。此两次 α 放射性含量偏高，除与停产后放松了“三区”管理有关外，也与此两次扩大了采样范围有关。

表4 水冶厂内及厂周围土壤中 α 放射性含量（ $\times 10^{-7} \text{c/kg}$ ）

年份	水 冶 厂 房		辅 助 车 间		行 政 管 理 区		厂 界 四 周		对 照 （ 大 寨 ） * （ 金 岭 镇 ）
	范 围	均 值	范 围	均 值	范 围	均 值	范 围	均 值	
1965	234.9~46.93	134.66	23.81~4.61	11.16	1.97	1.97	0.78~0.68	0.73	0.75
1968	11.00	11.00	0.44	0.44	0.64	0.64	0.69~0.37	0.50	0.35
1969	3.74	3.74	0.43~0.23	0.33	0.23~0.20	0.22	0.29~0.21	0.25	0.24
1974	116.0~2.14	32.40	3.16~0.66	1.45	0.56~0.05	0.36	0.89~0.67	0.78	0.62
1980	155.0~0.65	21.88	9.32~0.21	1.59	0.21~0.50	0.85	1.41~0.32	0.77	0.32

※大寨——厂西约2,000米，金岭镇——厂东南约6,000米。

四、厂外山沟农田

水冶厂至郭、张村间山沟土壤中、 β 、 α 放射性含量，历年监测结果均见明显增高。1963年于厂北219米处 β 放射性含量明显增高，1965年于厂北360米处， α 放射性可见明显增高。这主要因为1965年前生产工艺处理水平低，废水量大，每到夏秋雨季，废水池经常水满外溢造成污染所致。自1966年以后，由于减少了废水并加强了管理，厂外山沟土壤污染程度亦有逐年降低趋势（见表5）。

表5 水冶厂北山沟土壤中 α 放射性含量（ $\times 10^{-7}\text{c/kg}$ ）

监测地点	1965	1968	1969	1974	1980
水冶厂房周围	134.66	11.00	3.74	32.40	21.88
废水池北1—3米	19.06	1.20	0.19	0.23	—
废水池北50米	22.82	—	0.32	6.45	—
废水池北120米	19.46	1.70	0.33	1.19	—
废水池北180米	23.91	—	0.25	0.74	—
废水池北360米	—	1.30	0.26	0.75	0.34
废水池北500米	9.29	0.54	0.18	0.99	0.57
废水池北700米	—	0.40	0.20	0.98	—
对照(大寨、金岭镇)	0.75	0.35	0.24	0.62	0.32

五、矿区水源

自铁、钼矿井下，每日排出水量约30,000吨，用于灌溉农田，除1963年直接取自钼矿坑道小井水中的 β 放射性含量高，超过对照水百余倍外，此后，历年矿井排出水中 α 、 β 放射性和钍镭含量均与对照水无明显区别。矿区自来水（水源为机井）与郭、张两村饮用井水中除个别年份，个别指标略高于对照值外，历年 α 、 β 放射性和钍、镭含量，均与对照相近。

六、农作物、青草与其他生物

除1967年，在厂内污染区和厂外山沟农田（后田厂方购买作防护监测区）种植的小麦、地瓜等粮食作物中， α 放射性和钍镭含量高于对照外（见表6），厂周围与郭、张两村其他农田种植的粮食，蔬菜中的含量均与对照值相近。

1974年厂内废水池中草鱼的含镭量较厂外乌河中的鲫鱼高26倍。在废水池周围的青蛙较厂外非污染区青蛙的含镭量高近2倍。在废水池周围污染土壤上生长的茅草及茅草根的 α 放射性与镭含量均高于对照样品数倍，十几倍乃至数十倍。从而说明钍、镭等放射性元素可以通过土壤转移到植物的各部份，其吸收转移规律为土壤>植物根>茎叶>果实，地下块茎高于地上种子。还说明浮游生物具有富集放射性核素的能力，且低级生

物较高级生物富集能力大。

表 6 1967年样品中 α 放射性($\times 10^{-10}\text{c/kg}$)镭($\times 10^{-12}\text{g/kg}$)和铀($\times 10^{-6}\text{g/kg}$)含量

样 品	厂 内 污 染 区			厂外山沟农田			对照(大寨)		
	α	镭	铀	α	镭	铀	α	镭	铀
麦 粒	9.50	1.43	4.0	7.40	12.5	7.80	1.50	5.66	3.92
麦 田 土 壤	—	424.0	166.0	—	6640.0	2350.0	—	751.0	166.0
地 瓜	6.50	1.15	4.15	2.40	4.06	43.50	2.20	0.93	1.89
地瓜田土壤	—	1060.0	415.0	—	1560.0	1310.0	—	827.0	249.0

水冶厂停产后的安全处理

该厂选址于矿区西侧的铁山北坡，东靠废石山，北、西两面为梯田延伸的平原。厂内分水冶厂房，辅助车间和行政管理三区，约占地50,000平方米。水冶厂房建在西南——东北向的一条小山沟中，厂房的上方为尾矿处理区，厂房的下方为废水处理区。因而污染最重的生产区被限制在这条山沟之中，生产辅助车间分布在山沟的西沿，行政管理区在厂内的西北侧（见附件5）。

1974年5月停产，对厂内三区与周围环境进行了全面的污染监测，确定了污染程度与范围，研究了暂时性的处理意见（见附件3）。1980年除对厂外环境土壤再次采样监测外，着重对厂内三区进行了 γ 辐射水平测量与地面土壤分层（表面，30cm，60cm，100cm和120cm五层）采样，测量分析其 α 放射性、铀、镭、钍等元素的含量，从而确定了污染深度（见附件2）。在此基础上提出了污染厂址的最终安全处理意见（处理方案见附件6）：

1、对废弃尾矿采用**窖藏固封法**：将6000余吨废弃尾矿渣贮藏于体积为 $27 \times 17 \times 5 \text{ m}^3$ ，四壁为石头混凝土砌成的地窖内，以钢筋混凝土封口，上面再覆盖1米厚的净土层。

2、对污染场地采用**深埋分层覆盖法**：先将污染最重的生产区地面土层（包括污染严重的厂房地面与墙皮等）与废弃生产设备移入山沟埋藏坑内，再将污染较轻的生产辅助区地面上层盖于其上，最后再覆盖一米以上的净土层。使经处理后的地面 γ 辐射水平与表层土壤中的 α 放射性以及铀、镭、钍含量达到与对照点相接近的水平。在埋藏尾矿渣与污染物的地方，做好地面与地下标志，并在当地市、区、公社三级政府存档备案。

按建厂选址时的预计十几年之后，该厂污染埋藏区将被高达几十米的废石山完全覆盖，以确保安全。对经处理达到卫生要求的地面，可重新利用。

附件：

- 1、铀矿工人二十年健康状况随访观察
- 2、铀矿水冶厂环境土壤污染水平调查
- 3、铀矿水冶厂放射性污染水平调查
- 4、铀矿废水废物的处理
- 5、铀矿水冶厂厂址选择及厂房设计卫生学评价
- 6、铀矿污染厂房、厂址的最终安全处理
- 7、铀矿卫生防护守则
- 8、铀矿生产环境中氡子体 α 潜能累积水平的估算
- 9、铀矿工人内照射剂量和健康状况的调查报告

执 笔： 宗西源

铀矿工人二十年健康状况随访观察

工 研 室

摘 要

本文对某铀矿工人二十年健康状况观察结果表明：

1、神衰等自觉症状发生率随工龄增长而增加。采矿工人呼吸道症状增加较明显。

2、铀矿作业人员的血压偏低，在脱离铀作业前未发现高血压病例。但在平均脱离8年后，高血压明显增加。

3、肝大检出率随工龄而增加，脱离铀作业后仍增高，最高达28%，远比同一铁矿工人肝大检出率10%为高。

4、细胞免疫功能明显下降。淋巴细胞转化率、T、B花环形成细胞百分数均明显低于正常对照组，二者有显著差异。

5、白细胞计数较建厂初期下降，但仍在正常范围。血色素、血小板计数基本正常。淋巴细胞相对数无明显增减。嗜酸细胞相对数有所下降。单核细胞（尤其是采矿组）明显增高，平均达9.55%。

6、淋巴细胞微核率、染色体畸变率均较正常对照增高。

7、尚未发现肺癌病例，但整个铁矿（铀矿与铁矿同时开采）近年来肺癌发病率有增高趋势，故辐射环境因素不能忽视。

该矿从属于某一中型铁矿，与铁矿同时开采。1958年开始进行铀矿开采与冶炼，初期为手工干式操作，后逐步改为半机械化、机械化、湿式作业。1974年生产任务结束。先后有职工150余名，工龄最短者不足半年，长者达16年，大部分在9年左右，主要工种有采矿与冶炼。

多年来定期对生产环境进行监测的结果表明，采矿与冶炼工人外照射日剂量分别相当于容许标准的1/10和2/100，其井下与厂房空气含铀量波动在 $1.04 \times 10^{-4} \sim 7.29 \times 10^{-6} \text{ g/M}^3$ 和 $2.60 \times 10^{-5} \sim 8.33 \times 10^{-7} \text{ g/M}^3$ ，大部分不超过放射性场所空气天然铀 0.02 mg/M^3 的标准。但氡气浓度较高，井下平均氡气浓度为 $32.0 \times 10^{-11} \text{ Ci/L}$ ，超过国家容许标准10倍，子体浓度为 $83.4 \times 10^{-11} \text{ Ci/L}$ 。氡及其子体造成肺与支气管组织年剂量约为33.65雷姆和791.1雷姆。肺部剂量超过国家规定最大容许剂量标准的一倍。支气管吸收剂量比肺部吸收剂量大23倍。这些内外照射综合作用对人体的近期与远期效应如何，是人们所关心的问题。为了保障工人健康，我们在加强井下、厂房通风，积极治理废水废物等综合性卫生防护措施的同时，从1960年至1980年定期对铀矿作业人员进行查体与随访观察。医学观察的内容包括内科、神经科、五官科与临床化验等，后者包括外周血象，二便常规、肝功、蛋白电泳等。对接触粉尘工人进行胸部摄片。为反映老工人的免疫功能，观察了淋巴细胞转化率与T、B淋巴细胞玫瑰花结形成率。此外还观察了部分老工人淋巴细胞微核和染色体。

为了便于比较，本文选择工龄在4年以上，平均9年，脱离铀作业8年的采矿工32名，冶炼工31名完整资料进行统计分析，并与建厂初期从事铀作业工龄不到一年的新工人进行对照。

现将二十年的健康状况观察资料做如下分析与评价。

一、主要症状发生率

详见表1。从表1看出，工龄为9年，尽管已脱离铀作业2年或8年，其头晕、头痛、乏力、失眠等神衰症状群均较就业当年明显增加，而脱离2年与8年相比，上述症状发生率无明显变化。从工种看，采矿者咳嗽、胸闷呼吸道症状发生率分别高达43.75%和31.25%，明显较冶炼工人12.9%为高，而这种增高可能与接触含铀粉尘以及井下氡及其子体对肺部造成长期照射的职业影响因素有关。Leonard J·Leach等(1)对天然 UO_2 尘五年吸入研究结果表明，铀主要积聚在肺和支气管淋巴结，共占体内铀的90%。它可引起纤维化改变。而井下氡浓度超过容许标准可能又是一个主要的原因。据估算，氡及其子体对肺与支气管造成年剂量可达到33.65和791.1雷姆。由于铀半衰期甚长，吸入后又不易排出，使局部受到长期照射，从而造成呼吸道症状具有顽固性与持续性。不过上述症状也要考虑随年龄的增长而增加以及单纯粉尘对呼吸道的作用，因为非放射性单位的黑钨铁矿工人这些症状的发生率亦比较高。至于腹痛发生率增高可能与铀矿作业饮食制度有关。一般8~9个小时才能进餐。饥饱不均，使胃、十二指肠溃疡和胃炎发病率明显增加。如1974年确诊胃、十二指肠溃疡占受检人员的12.2%。但上述这些症状

不同工种、工龄铀矿工人脱离铀作业后主要症状与体征发生率(%)

表 1

工 龄 (年)	工 种	头 晕	头 痛	头 乏	失 眠	记 忆 力 减 退	心 悸	胸 闷	咳 嗽	食 欲 减 退	恶 心	呕 吐	腹 痛	出 血 倾 向	肌 肉 关 节 痛	肝 大
10	采矿(27)	14.5	18.5	7.4	7.4	14.8	3.7	—	25.9	11	18.5	11	18.5	7.4	29.7	14.8
	冶炼(32)	16	6.25	3.1	12.5	9.4	3.1	3.1	12.5	6.2	6.3	—	8.4	—	21.9	6.2
		15.3	11.86	5	10.17	11.86	3.3	1.6	18.64	8.4	11.86	5	13.5	3.3	25.4	10.17
92	采矿(32)	28.1	15.6	40.6	15.6	6.3	3.1	15.6	12.5	15.6	6.25	3.1	17.45	—	34.4	18.75
	冶炼(31)	29	25.8	35.5	22.6	9.3	6.4	3.2	6.4	12.8	9.3	6.4	38.7	9.3	29	19.35
		28.5	20.7	38	19.1	7.8	4.75	9.4	9.45	14.2	7.77	4.75	38.07	4	30.7	19.05
98	采矿(32)	21	12.5	40	31.25	12.5	12.5	31.25	43.75	6.2	15.6	6.25	34.4	6.3	56.3	28.13
	冶炼(31)	22.58	35.5	35.5	35.5	16.1	25.8	12.9	12.9	16.1	9.3	3.2	41.9	12.9	32.2	22.58
		21.8	24	38.05	33.4	14.3	19.2	22.07	28.3	11.1	12.4	4.7	38.1	9.6	43.5	25.36

仍为矿工的常见病，多发病。由于放射损伤的症状缺乏特异性，加上易受主观因素影响，故需要全面评价，方能做出正确结论。

二、铀作业对心血管系统的影响

1974年我们曾统计分析不同工种、工龄血压变化⁽²⁾，结果表明，不管是采矿还是冶炼工人，血压均偏低，未发现高血压病例，这可能与氡气等职业照射有关。而脱离铀作业后，尤其是采矿工种，血压明显升高，详见表2。从表中可看出，采矿组工龄1

表2 不同工种、工龄铀矿工人脱离铀作业后血压变化

工龄 (年)	脱离 年限	采 矿		冶 炼	
		例 数	血压(mmHg)	例 数	血压(mmHg)
1	0	26	110/70	31	113/75
5	0	42	113/73	36	113/75
9	2	32	112/74	31	113/70
9	5	32	113/75	31	111/73
9	8	32	123/81	31	115/75

年、5年和9年近期脱离的，他们之间差别不大，而脱离8年者，平均血压第一年增加，收缩压增加13毫米汞柱，舒张压提高11毫米汞柱。1980年随访观察，发现高血压者有9例，占受检人员的13.4%。血压上升有如下三种可能性：1、脱离铀作业消除了影响血压降低的氡气等因素；2、可否认为是辐射促进早衰的表现，因从外观看，这部分工人尤其是采矿工人面貌与年龄不相称；3、需要考虑年龄增长对血压的影响。

到目前为止已确诊2例冠心病，心肌梗塞，其发生率与一般人群相比，无明显差异。

三、铀作业对肝肾的影响

15年动态观察表明，肝大的检出率随工龄增长而增加。而近二次随访观察，尤其最近一次随访观察，肝大检出率仍有增高的趋势（详见表3）。采矿与冶炼肝大分别增加到28%和22.58%，远比本铁矿工人肝大检出率10%⁺为高。这部分肝大工人多次进行肝功、蛋白电泳测定，除一例急性肝炎肝功异常外，其他均为正常。肝大患者多有右季肋区不适，肝局部触痛，质韧者为多。似乎存在职业影响因素。苏联安得列耶娃等人曾强调难溶性铀主要沉积在肝脏引起肝脏损伤。而Stevens等⁽³⁾用犬作6价铀的分布与滞留试验，发现肝脏当天只含铀注入量的1.1%，一年后减为1/10。认为不管是化学还是放射，肝可能不是铀中毒的紧要器官。铀沉积在肝脏之所以很少，由二个因素造成，其一由肾迅速排出；其二 UO_2^{2+} 对肝脏生物基团的亲和力较富含的碳酸根离子的亲和力为低。

Leonard等⁽¹⁾做不溶性天然 UO_2 尘吸入试验，同样发现肾、股骨、脾与肝铀含量比较低。刘及等⁽⁴⁾对某铀矿肝大病人作流行病学调查，认为肝大与工龄无关，而主要与病毒性肝炎的感染有关。看来目前尚难以完全用职业性因素来解释肝大检出率增高。

表3 不同工种、工龄铀矿工人脱离铀作业后肝大检出率※

工 龄 (年)	脱 离	采	矿		冶		炼
	年 限	例 数	肝 大	%	例 数	肝 大	%
1	0	27	4	14.8	32	2	6.25
5	0	46	8	17.4	37	2	5.4
9	2	32	6	18.75	31	6	19.25
9	5	32	6	18.75	31	4	12.9
9	8	32	9	28.13	31	7	22.58

不过是否由于天然铀通过各种途径促使局部组织对外界危害因子(物理、化学或生物)的损害敏感性增高,从而易于导致病理损伤或病毒性肝炎,还有今后进一步探讨。

大量国内外资料表明,可溶性天然铀主要危害器官是肾脏W·Stevens;给狗注射相当3 mg六价铀,注射当天测定狗肾含铀量是注射量的22%,而双侧肾重只有45.6克。实验证明,肾脏是铀的重要蓄积器官,并对铀反应最为敏感。有人认为尿中出现蛋白、管型、氨基氮/肌酸的比值等改变是铀所致肾脏损伤的最敏感指标,我们在建厂初期与后期对工人进行小便常规检查,结果未见异常,结合部分工人尿铀测定不高,说明在该矿生产条件下,可溶性铀进入体内尚少,不致造成肾实质的损害。

四、作业对免疫功能的影响

本文选择平均工龄9年,脱离铀作业8年的采矿与冶炼老工人48名,进行淋巴细胞转化率, E—玫瑰花结、Ea—玫瑰花结以及B—玫瑰花结形成率的观察,并与济南40名非放射性职工进行比较,方法详见铀矿作业人员细胞免疫功能测定(5)。其结果见表4。

表4 铀矿工人细胞免疫功能测定

指 标	对 照 组		观 察 组		t 测 验
	例数	平均值±标准差	例数	平均值±标准差	
淋转率(%)	40	58.81±5.78	48	44.7±12.32	p<0.001
Et—RFC(%)	40	69.18±7.99	47	60.59±11.19	p<0.001
Ea—RFC(%)	40	32.31±7.66	43	25.09±8.56	p<0.001
B—RFC(%)	40	11.73±2.23	46	10.52±2.74	p<0.05

上述结果表明,铀矿工人淋巴细胞转化率, Et、Ea和B花环形成细胞百分数均降低。与白求恩医科大学(6)对长期接触铀尘职工细胞免疫功能下降的报导相似,但本组铀矿工人血象动态观察并未见到淋巴细胞相对数减少,相反却有所增加,很难用淋巴细胞相对数减少加以解释。电离辐射不仅能引起T、B细胞的间期死亡,而且尚未杀死的细胞,也受到严重损伤,其代谢功能明显降低。体外实验证明T细胞只有当剂量大于

400拉特时才迅速下降。看来本矿工人内照射剂量达不到淋巴细胞致死效应所需的剂量。但有可能引起淋巴细胞的结构与功能改变。我们曾观察39名铀矿工人外周血象质变,发现双叶、双核、异型、切迹淋巴细胞分别超过建厂初期工人的1.8, 4.5, 23.6和1.8倍。而微核率与染色体畸变率均较对照组高。这似乎支持上述看法。从而使淋巴细胞转化率和T、B玫瑰花结形成率降低。由于细胞免疫功能和肺癌的发生、消退及多种疾病密切相关,因此对这部分工人应注意随访观察。

五、铀作业对外周血象的影响

表5、表6表明:工龄为9年脱离2年与8年者,不管是采矿还是冶炼工人,其白细胞计数平均水平均较建厂初期一年工龄为低,经统计处理有非常显著意义,而脱离5年者与第一年工龄相比无显著差异,但从总体看来还是在正常范围内波动。白细胞计数低于4500者虽有6名,占9.7%,但均在4000以上。目前多数学者认为正常值取4000~11000为合理。白细胞高于10000者不随工龄增加、脱离时间长短而消长,无规律可寻。

从白细胞分类看,淋巴细胞相对数>45%者,占比例较高,而且建厂初期就占22~38.7%,这种增高可能与地区有关,我们曾在该地区选择非放射性工作的铁矿工人和建筑工人作对照,结果其淋巴细胞相对数平均在40%以上。

嗜酸细胞相对数有所下降,而单核细胞的相对数却明显增高,最近一次随访,采矿组与冶炼组单核细胞相对数>8%者分别增加到15.16%和70.9%。单核细胞分别占分类的9.55~10.97%。采矿组与第一年对照差异显著。据报导(7),单核细胞相对数与绝对数增高已在长期小剂量照射的人类与实验动物观察到。在铀矿确实是和放射性水平相符合,但我们发现其增加是在平均脱离铀作业后8年才明显表现出来,这个问题是值得探讨的。

血红蛋白均在正常范围,不同工种、工龄与脱离前后无统计学意义,似乎说明小剂量照射对红系影响不大。

原书缺页