

【论著】

油气田 $n-\gamma$ 密封源测井现场外照射剂量估算与防护探讨曹磊¹, 温亚男², 邓君¹, 武云云¹, 孙全富¹

中图分类号: R144 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2009)02-0142-02

【摘要】目的 为测井现场辐射防护最优化和控制职业危害提供建议。**方法** 分析测井流程, 考察工作中人员在辐射场中的分布和居留情况, 引入适当模型, 进行剂量估算。**结果** 估算的结果与个人剂量监测结果具有可比性。**结论** 现场操作过程中的三个环节应引起重视。根据估算结果, 从四个方面指导辐射防护最优化思路。

【关键词】 油(气)田 $n-\gamma$ 测井; 剂量估算; 外照射防护

Discussion on Dose Evaluation and Radiation Protection of External Exposure in the Processes of Oil and Gas Field $n-\gamma$ Logging. CAO Lei, WEN Ya-nan, DENG Jun, et al. *National Institute for Radiological Protection And Nuclear Safety Chinese Center For Disease Control And Prevention. Beijing 100088 China.*

【Abstract】Objective To optimize of radiation protection in oil and gas - field logging to control occupational disease. **Methods** By studying the processes well logging and investigating the variation workers' distribution in radiation field, a model was used to calculate the radiation dose. **Results** The calculation results could be compared with that of the individual monitoring. **Conclusion** The present study can be a reference for the practical design of radiation protection in oil and gas - field logging.

【Key words】 Oil and Gas - Field $n-\gamma$ Logging Dose Evaluation External Exposure Protection

油气田勘探测井装置使用的密封放射源主要是²⁴¹Am-Be 中子源和¹³⁷Cs γ 源。UNSCEAR(联合国原子辐射效应科学委员会)2000 年的报告书认为, 许多国家已确认测井是一种可能导致工作人员受到比其他工业应用更高剂量的辐射工业应用^[1]。笔者通过对测井现场手工装卸放射源的典型操作过程的分析, 估算有关工作人员接受的外照射剂量, 分析其辐射危害的水平并对该职业照射中的辐射防护问题进行探讨。

1 手工装卸放射源的典型操作过程

作者单位: 1 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所, 北京 100088; 2 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所
作者简介: 曹磊(1975-), 男, 甘肃兰州人, 助理研究员, 硕士, 现从事辐射防护与放射卫生工作。

1.1 操作流程 测井现场的典型操作流程如图 1 所示。

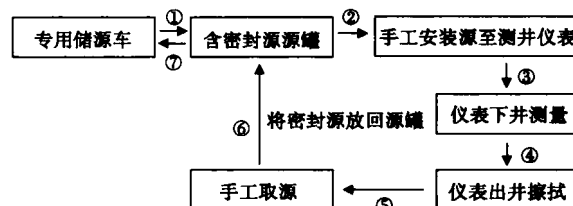


图 1 测井工艺流程

1.2 放射源及近距离操作放射源的基本情况 ¹³⁷Cs 源罐和²⁴¹Am-Be 源罐表面 5cm 和 1m 处的空气比释动能率控制值见表 1^[2]。

微波辐射和超重环境对机体的损伤是广泛和复杂的, 根据其强度和不同, 分别可使生物体致死、致伤、致残。长期接触低强度微波辐射, 如长期使用手机的青少年, 可出现疲劳、乏力、记忆力降低、耳鸣、嗜睡、视力下降等症状。以长白山特产资源林蛙油为主要成分的复方冲剂, 有抑制 TGF- β_2 mRNA 表达作用, 如果适量服用, 很可能具有防护微波辐射和超重环境对机体的损伤效应。当然, 这还需要进行广泛而深入的综合研究来证明。

参考文献:

- [1] Oshia M, Oshima H, Tateto M M. Hypergravity induces expression of cyclooxygenase - 2 in the vessels [J]. *Biochem biophy Res Commun*, 2005, 330(3): 928 - 933.
- [2] Szotti - Martelli L, Peccatoril M, Maggini V, et al. Individule responsiveness to induction of micronucleri in human lymphocytes after exposure in vitro to 1800 - MHZ microwave radiation [J]. *Mutat Res*, 2005, 582(12): 42 - 52.
- [3] Chandrasekaran NS, Nagarajan S. Microwave - assisted synthesis and anti - bacterial activity of some 2 - amino - aryl - 4 (2 - thienyl) pyrimidines [J]. *Farnaco*, 2005, 60(4): 279 - 282.

- [4] Clark DA, Coker R. Transforming growth factor - beta (TGF - beta) [J]. *Int J Biochem Cell Biol*, 1998, 30(3): 293.
- [5] Sun JR, Ye YM. Altered behaviour and expression of Fos in rats bron in hypergravity and their readaptation to the normal gravity [J]. *Sheng Li Xue Bao*, 2001, 53(1): 61 - 65.
- [6] 李春卉, 雷均涛, 潘文干, 等. 林蛙油保健品对超重辐射大鼠血清抑制羟自由基能力的研究 [J]. *吉林医药学院学报*, 2008, 29(5): 254 - 256.
- [7] 潘文干, 吕士杰, 曹慧玲, 等. 超重和低气压环境下动物微波辐射的实验方法研究 [J]. *吉林医药学院学报*, 2008, 29(2): 63 - 65.
- [8] 彭惠, 洪苏玲, 陶永贤, 等. 糖尿病仓鼠视网膜 p38MAPK 和 TGF β_2 的表达 [J]. *第三军医大学学报*, 2007, 29(8): 714 - 716.
- [9] Massague J, Chen YG. Controlling TGF - beta signal - ling [J]. *Genes Dev*, 2000, 14(6): 627 - 644.
- [10] Moustakas A, Souchelnyskiy S, Heldin C H. SMAD regulation in TGF - beta signal transduction [J]. *J Cell Sci*, 2001, 114(Pt 24): 4359 - 4369.

(收稿日期: 2008 - 10 - 22)

表 1 测井用放射源罐载源时源罐表面
5cm 和 1m 处的空气比释动能率控制值

| 密封源 | 中子注量率 $n/s \cdot cm^2 (Ci)$ / 活度 GBq (Ci) | 空气比释动能率 (mGy/h) | |
|-----------------|--|-----------------|------|
| | | 5 cm | 1 m |
| $^{241}Am - Be$ | $>200(5)$ | 2 | 0.1 |
| | $\leq 200(5)$ | 1 | 0.05 |
| ^{137}Cs | $>20(0.5)$ | 2 | 0.1 |
| | $\leq 20(0.5)$ | 1 | 0.05 |

根据实际调查,典型现场测井过程约 1h,使用 $7.4 \times 10^{10} Bq$ (2Ci) 或 $5.55 \times 10^{10} Bq$ (1.5Ci) 的 ^{137}Cs 源和 $7.4 \times 10^{11} Bq$ (20Ci) 的 $^{241}Am - Be$ 中子源。测井人员为 2 名男性工作人员,1 人操作,1 人监督。图 1 所示的各操作过程与受照剂量估算相关的典型操作时间和距离见表 2。

表 2 各操作过程的典型操作时间和距离

| 操作过程 | 操作人员与 源距离(m) | 监督人员与 源距离(m) | 操作时间 (s) | 典型操作 时间(s) |
|---------|-----------------------|-------------------|-------------|---------------|
| ①卸源罐 | 0.1a ¹⁾ | 1.5 ¹⁾ | 10~30 | 15 |
| ②安装源到仪表 | 1.52) | 3.0 | 10~40 | 20 |
| ③下井测量 | - | - | - | - |
| ④出井擦拭 | - | - | - | - |
| ⑤从仪表内取源 | 0.7~1.0 ³⁾ | 3.0 | 20~40 | 30 |
| ⑥放源回罐 | 1.5 ²⁾ | 3.0 | 20~40 | 30 |
| ⑦装源罐 | 0.1 ¹⁾ | 1.51) | 10~30 | 15 |

注:1)与源罐表面的距离;2)专用夹具长 100cm^[2];参考人手臂长 50cm^[3];3)从仪表内取源过程较复杂,考虑到仪表的桶体屏蔽以及工作人员身体条件和操作熟练程度的不同,估算中取近似等效条件为与裸源距离 0.9m 和操作时间 40s。

表 3 测井现场剂量估算结果

| 现场测井 | 源项 | 操作位置关 注点与源的 距离(cm) | 监督位置关 注点与源的 距离(cm) | 各流程情况下关注 点位置的空气比释 动能率(mGy/h) | 表述公式 | 密封源操作人员 剂量当量典型值 ($\mu Sv/次$) | 现场监督人员 剂量当量典型值 ($\mu Sv/次$) |
|---------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|---|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 装卸源罐① ⑦装卸过程 共用 60s | $^{241}Am - Be$ | 10 | 150 | $\dot{D}_1 = 0.5$ | $H_{ng} = 1.67 \times 10^{-2} \cdot \dot{D}_1 \cdot Q \cdot N$ | 16.6 | 0.1 |
| | ^{137}Cs | 10 | 150 | $\dot{D}_2 = 0.5$ | $H_{rg} = 1.67 \times 10^{-2} \cdot \dot{D}_2 \cdot Q \cdot N$ | 4.2 | ~0 |
| 裸源操作② ⑥共用时间 80s | $^{241}Am - Be$ | 150 ^[2] | 300 | $\dot{D}_3 = 0.03$ | $H_{nr} = 80 \cdot \varphi_{2-6n} \cdot d_H$ | 3.1 | ~0 |
| | ^{137}Cs | 150 ^[2] | 300 | $\dot{D}_4 = 2.51$ | $H_n = 80 \cdot \varphi_{2-6\gamma} \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right) \cdot E_\gamma$ | 27.9 | 6.9 |
| 安装源到仪 表过程⑤过 程用时 40s | $^{241}Am - Be$ | 90 ^[2] | 300 | $\dot{D}_{5-1} = 0.08$ | $H_{na} = 40 \cdot \varphi_{5n} \cdot d_H$ | 4.3 | 0.4 |
| | ^{137}Cs | 90 ^[2] | 300 | $\dot{D}_{5-2} = 6.97$ | $H_{\gamma a} = 40 \cdot \varphi_{5\gamma} \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right) \cdot E_\gamma$ | 38.8 | 3.5 |
| 总剂量 | - | - | - | - | $H_{入坎} = H_{ng} + H_{rg} + H_{nr} + H_{\gamma R} + H_{na} + H_{\gamma a}$ | 108.8 | 14.5 |

3.2.1 合理选择放射源 在满足获取足够测井探测信息的前提下,尽可能选用中子注量率低的中子放射源或活度低的 γ 放射源。

3.2.2 有效利用时间防护 在测井工作人员上岗前,加强模拟操作的培训,提高工作人员现场操作的熟练程度,尽可能地缩短在无屏蔽辐射场中滞留的时间。对没有达到预定操作时间要求的人员,不得上岗。

3.2.3 必须采用距离防护 点状辐射源的位置剂量率随距离的增加以平方反比的关系减弱,距源 100cm 的处位置剂量率约为距源 10cm 的处 1%。所以,应使用专用夹持工具,有效降低人体受照剂量。根据估算的结果,从仪表取放射源的过程⑤中,工作人员距离裸放射源最近,相应于该过程的辐射场变化也最明显。通常情况下,工作人员与放射源的距离减少 20cm,年剂量将增加 1mSv/a。

2 外照射剂量估算

剂量估算中 $^{137}Cs\gamma$ 源的活度取 $7.4 \times 10^{10} Bq$ (2Ci), $^{241}Am - Be$ 中子源 $74 \times 10^{11} Bq$ (20Ci)。根据 ICRU 推荐的吸收剂量指数方法,以直径为 30cm 的组织等效球作为模拟人体躯干模型进行剂量估算,则吸收剂量指数定义为以关注的参考点为中心,由密度为 $1g/cm^3$ 的软组织等效材料组成,直径为 30cm 球体内的最大吸收剂量^[3]。剂量估算的结果见表 3。

由估算结果看出,每人·次油气田 $n - \gamma$ 测井现场工作人员的受照剂量约为 0.11mSv/人次。根据调查,每名测井工作人员每年在现场操作的平均次数约为 20 次左右,因此,每名操作人员的年剂量当量典型值约为 2.2mSv/a,同等条件下,现场监督人员的年剂量当量典型值约为 0.22mSv/a。

3 结论和建议

3.1 结论 李俊雯等^[4]对在中子和 γ 辐射混合场中直接操作放射源以及进入测井放射性工作区内的工作人员的个人剂量进行了监测,并考虑到剂量估算中采用了源罐表面 5cm 和 1m 处的空气比释动能率控制值作为估算参考值,结果显示与测井过程密切相关的人员其人均年剂量当量约为 1.98mSv/a,与笔者估算典型值 2.2mSv/a 水平相近,说明估算的结果具有一定的代表意义。

由表 3 可以看出,工作人员在手工操作 ^{137}Cs 裸源、从仪表内取 ^{137}Cs 源和装卸 $^{241}Am - Be$ 源罐过程中的受照剂量分别约为总剂量的 38%、35% 和 15%,而该 3 项剂量之和约占总剂量的 90%。

3.2 建议 根据以上剂量估算和分析,应从以下 4 个方面对测井现场的职业照射加强防护。

3.2.4 辐射分区和警示标志 从辐射防护的角度出发,辐射分区不仅仅是对正常工作情况下工作人员外照射剂量水平的一种限制,同时也是对潜在照射进行合理控制的必要措施。

参考文献:

- [1] 联合国原子辐射效应科学委员会. 电离辐射源与效应 - 2000 年向联合国大会提交的报告及科学附件, 卷 I: 辐射源 [M]. 太原: 山西科学技术出版社, 2002.
- [2] GBZ142 - 2002, 油(气)田测井用密封型放射源卫生防护标准[S].
- [3] ICRU. Radiation Quantities and Units[R]. ICRU Report 33. 1980.
- [4] 李俊雯. 某石油企业职业辐射外照射个人剂量监测与评价[J]. 中国预防医学杂志, 2002, 3(4): 319 - 319.

(收稿日期: 2008 - 11 - 07)