

核料位计在炼油化工企业的应用及防护现状

苏爽, 马岩, 房师平, 李新鸾

中图分类号: X591 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2010)04-0468-02

【摘要】 目的 确保核技术应用中的辐射安全。方法 依据国家相关规定,介绍了核料位计的原理,并通过对国内三家大型炼油化工企业核料位计使用情况的调查和安装场所辐射水平的现场检测及接触人员个人剂量的监测,对核料位计在炼油化工企业的防护现状进行了分析,指出了存在的问题,并提出了防护建议。结论 应加强对核料经济的辐射安全管理,确保相关专业人员的身体健康。

【关键词】 炼油化工; 放射源; 料位计; 防护水平

1 核料位计的工作原理

射线透过介质后的强度与该介质的密度和厚度有关,它符合 Beer-Lambert 定律,当初始活度 I_0 的射线通过厚度为 δ 密度为 ρ 的物质后,其活度减弱至 I , 即:

$$I = I_0 e^{-\mu \rho \delta}$$

式中: I —射线透过介质后的活度; I_0 —在给定距离处无干扰介质时的初始射线活度; μ —吸收系数,与所测介质有关,对固定物质是常数; ρ —介质(通常指吸收物质)的密度; δ —介质的厚度。

核料位计是一种带有 γ 或中子放射源与核辐射探测器的仪表装置, γ —射线或中子射线在空气中呈直线传播,当射线遇到其他介质(液体或物料等吸收物质)时,由于射线与物质发生相互作用,部分射线被吸收或改变前进方向,这时到达辐射探测器的射线就减少了,核料位计就是根据探测器接收射线量的突变,指示出液体或物料在料仓内的情况^[2]。

2 炼油化工企业核料位计的应用、人员接触及防护

核料位计作为一种具有非接触式测量特点的料位测量系统,既能测量液位、泡沫面、两相界面、分层界面,也能测量固体料位,且具有设备安装简单、运行可靠、维护方便等特点,目前在炼油化工企业内重整、延迟焦化、聚丙烯等装置的料位监控方面广泛应用^[3]。笔者分别选取山东青岛、山东淄博、江苏南京三家国内具有代表性的大型炼油化工企业,对其核料位计应用情况进行了调查,并对其安装场所的辐射水平进行了现场检测,对其接触人员个人剂量监测数据进行了调查。

2.1 三家炼油化工企业核料位计的应用情况 三家炼油化工企业应用核料位计主要为 γ 和中子密封源,集中于重整、延迟焦化、聚丙烯三个装置使用。核料位计使用情况如表 1 所示。

三家炼油化工企业应用 γ 源核料位计核素均为 ^{137}Cs ,按其出厂活度划分属于 IV 类或 V 类放射源;应用的中子源核料位计核素均为 $^{241}\text{Am}/\text{Be}$,按其出厂活度划分属于 IV 类放射源。

2.2 人员接触电离辐射情况及危害 炼油化工企业电离辐射的人员接触情况较特殊,接触人数众多,但纳入放射工作人员管理的人员较少。接触人员分为主动接触和被动接触。主动接触:是指主要工作内容为放射源仪表检修、维护,在工作中主动接触电离辐射危害,年接触时间相对较短,但因需要近距离操作,接触剂量相对较大,接触频率不稳定(定期维护,故障时维修),主要涉及企业的部分仪表检修维修人员,主动接触人员较少(5~10人),企业将此类人员纳入放射工作人员管理,其

个体防护、健康监护、个人剂量监测等均执行有关放射工作人员标准;被动接触:是指主要工作为炼油化工装置巡检、操作,但在巡检、操作过程中被动接触电离辐射危害因素,年接触时间相对较长,但由于非近距离操作,接触剂量较小,接触频率稳定(巡检时间、频率固定),主要涉及存在核料位计装置的外操、管理人员,被动接触人员较多(一般的大型炼油化工企业依装置规模约为 100~200人),企业一般不将此类人员纳入放射工作人员管理。

表 1 三家炼油化工企业核料位计使用情况

企业	应用装置	核素名称	辐射类型	出 活度 (Bq)	数量 (台)
青岛某 炼化企业	连续重整	^{137}Cs	γ	7.40×10^7	9
				1.11×10^8	
	聚丙烯	^{137}Cs	γ	3.70×10^7	14
				2.96×10^9	
淄博某 炼化企业	延迟焦化	$^{241}\text{Am}/\text{Be}$	中子 伴生 γ	1.11×10^9	12
				6.57×10^7	
	连续重整	^{137}Cs	γ	4.13×10^8	13
				2.36×10^7	
聚丙烯	^{137}Cs	γ	2.25×10^9	15	
			2.25×10^9		
南京某 炼化企业	延迟焦化	$^{241}\text{Am}/\text{Be}$	中子 伴生 γ	1.85×10^9	10
				1.85×10^9	
	连续重整	^{137}Cs	γ	1.18×10^8	9
				3.17×10^8	
聚丙烯	^{137}Cs	γ	2.23×10^7	13	
			7.85×10^8		
延迟焦化	$^{241}\text{Am}/\text{Be}$	中子 伴生 γ	1.67×10^9	8	

三家炼油化工企业应用的核料位计主要为 IV 类或 V 类放射源,IV 类放射源为低危险源,基本不会对人造成永久性损伤,但对长时间、近距离接触这些放射源的人可能造成可恢复的临时性损伤;V 类放射源为极低危险源,不会对人造成永久性损伤^[4]。核料位计所应用的放射源均为密封型放射源,源外表由源容器包裹、屏蔽,且被照射的物料上不会残留放射性物质,因而在正常工作状态下,以上企业所应用的核料位计不会对装置工作人员、检维修人员造成放射性伤害,但事故状态下(如源容器损坏),可能对长时间、近距离接触的人员造成临时性放射性损害。

2.3 核料位计安装场所辐射水平检测与个人剂量监测

2.3.1 核料位计安装场所辐射水平检测 在核料位正常工作条件下,依据 GBZ125-2009^[5]所规定的布点原则,对上述三家企业所应用的所有核料位计防护性能进行了检测。检测结果

作者单位:中国石化青岛安全工程研究院,山东 青岛 266071

作者简介:苏爽(1981~),男,吉林省蛟河人,硕士,主治医师,从事放射卫生职业病危害评价与剂量监测工作。

如表 2 所示。

表 2 核料位计安装场所辐射水平检测结果

企业	应用装置	核料位计种类	距源容器表面 5 m ² 处	剂量产 (μ Gy/h) 100 cm
青岛某炼化企业	连续重整	γ 源	1 31	0 20
	聚丙烯	γ 源	1 20	0 30
	延迟焦化	中子源	5 07	1 77
淄博某炼化企业	连续重整	γ 源	2 89	0 75
	聚丙烯	γ 源	2 43	0 62
	延迟焦化	中子源	6 85	2 07
南京某炼化企业	连续重整	γ 源	2 08	0 62
	聚丙烯	γ 源	1 87	0 42
	延迟焦化	中子源	5 98	1 84

结果显示, 三家炼化企业核料位计安装场所辐射水平检测结果均符合 GBZ125-2009对放射源仪表外围辐射的剂量控制要求, 应用的核料位计是相对安全的, 但中子源核料位计安装场所辐射剂量水平相对较高。

2.3.2 个人剂量监测 三家企业中, 青岛某炼化企业、淄博某炼化企业分别对核料位计主动接触人员和被动接触人员进行了个人剂量监测, 南京某炼化企业只对核料位计主动接触人员进行了个人剂量监测。对近三年的监测结果进行了调查, 如表 3、表 4 所示。

表 3 主动接触人员个人剂量监测结果

年份	青岛某炼化企业		淄博某炼化企业		南京某炼化企业	
	监测人数	年有效剂量范围 (mSv)	监测人数	年有效剂量范围 (mSv)	监测人数	年有效剂量范围 (mSv)
2007			8	3.758~3.993	7	2.254~3.901
2008	5	2.125~3.764	8	3.521~3.757	7	2.014~3.487
2009	7	1.983~3.430	9	3.231~4.256	7	1.975~3.632

表 4 被动接触人员个人剂量监测结果

年份	青岛某炼化企业		淄博某炼化企业	
	监测人数	年有效剂量范围 (mSv)	监测人数	年有效剂量范围 (mSv)
2007			97	0.132~0.748
2008	108	0.348~1.220	109	0.145~0.757
2009	108	0.297~1.319	109	0.154~0.941

结果显示三家企业被监测的所有主动接触人员(放射工作人员)三年的个人剂量监测结果均远低于 GB18871-2002中规定的职业照射年有效剂量 20mSv的剂量限值要求^[6]; 两家企业被监测的被动接触人员(公众)个人剂量监测结果中, 青岛某炼化企业有部分人员超过 GB18871-2002中规定的公众照射年有效剂量 1 mSv的剂量限值要求^[6], 但小于主动接触人员的监测结果。

2.4 电离辐射防护现状

2.4.1 辐射防护管理及应急准备与响应 三家企业针对所应用的核料位计, 均建立了健全的辐射安全管理机构和各种辐射安全制度; 均建立了应急组织机构, 制定了“放射性事件应急预案”, 并定期组织相关人员对应急预案进行演练。

2.4.2 采取的电离辐射防护措施 三家企业均对安装核料位计的工作场所实行分区管理。青岛某炼化企业和南京某炼化企业均将各核料位计工作场所距源容器表面 1m²内的区域规定为限制区, 地面画有红色警示线, 和明显的电离辐射警示标识, 提示无关人员禁止进入限制区域; 淄博某炼化企业将各核

料位计工作场所距源容器表面 1m²内的区域规定为限制区并在限制区外围设置隔离护栏, 在护栏上设置电离辐射警示标识, 防止无关人员进入。

三家企业所应用的核料位计源容器均采用了可满足相应活度要求的电离辐射屏蔽材料, 以防止射线泄露引起潜在照射。其中青岛某炼化企业在所有核料位计外表均设置可开启的金属防护罩, 并对防护罩进行加锁, 由专人负责开启关闭。

三家企业均为主动接触人员配备了电离辐射防护服、防护手套、长柄钳、个人剂量报警仪等电离辐射个人防护用品, 在核料位计检修、维护时使用/佩戴, 但均未对被动接触人员配备电离辐射个人防护用品。

2.4.3 电离辐射防护存在的问题

(1)通过个人剂量监测结果可以看出, 部分被动接触人员年有效剂量超过剂量限值的要求, 主动接触人员年有效剂量虽明显大于被动接触人员, 但因其执行放射工作人员剂量限值要求, 高于被动接触人员的公众限值, 则符合剂量限值要求。如将被动接触人员纳入放射工作人员进行管理, 则全部被动接触人员个人剂量监测结果均能满足剂量限值要求, 但因放射工作人员管理相对较复杂、管理成本较大, 个人防护、健康监测、个人剂量监测、教育培训等都有专门的要求, 企业一般不将此类人员纳入放射工作人员进行管理。

(2)三家企业中淄博某炼化企业在各核料位计周围设置了隔离护栏, 通过个人剂量监测结果可以看出, 该企业被动接触人员个人剂量监测结果明显低于仅划定警示线, 未设置隔离护栏的青岛某炼化业被动接触人员的个人剂量监测结果。作者认为, 护栏的设置可以有效的主动控制装置外操、管理人员近距离接触工作中的核料位计, 从而减少了其接触剂量。

三家企业中只有青岛某炼化企业在所有核料位计外表设置了金属防护罩。炼化企业应用的核料位计均露天使用, 极易发生锈蚀、意外磕碰、放射源丢失等情况。

三家企业均未对被动接触人员配备电离辐射个人防护用品。虽然被动接触人员不需要近距离操作核料位计, 但很难保证事故状态下不发生照射情况。

(3)因焦炭塔对射线的穿透强度要求较高, 三家企业延迟焦化装置均采²⁴¹Am/²⁴¹Bq中子源核料位计监测焦炭塔料位。中子的质量与质子的质量大致相等, 而氢的原子核就是一个质子, 所以, 当中子射线打到氢的原子核上时, 它会把自身的大部分能量甚至是全部能量都交给氢的原子核, 使氢核变成反冲质子, 从而造成其它原子的激发或电离, 水是含氢物质, 而水是人体的重要成分, 占成年人体重 70%, 如果对中子射线防护不好, 它可以破坏人体中的水分子, 对人身会造成比 γ 射线更大的危害^[7], 致使其维护及防护成本均较高。国内目前已经有部分企业采用⁶⁰Co源核料位计监测焦炭塔料位, 效果较好^[8]。

3 石油化工企业应用核料位计电离辐射防护建议

(1)条件许可应将被动接触核料位计人员纳入放射工作人员进行管理, 以最大限度的保护接触电离辐射的劳动者。

(2)在核料位计周围相应位置设置隔离护栏, 主动隔离装置外操, 管理人员进入可能发生潜在照射的区域。

(3)在不影响核料位计正常运行的情况下可酌情考虑对核料位计设置可开启的金属防护罩, 并对防护罩进行加锁, 由专人负责开启关闭, 防止核料位计源容器发生锈蚀、意外磕碰及放射源丢失等情况。

(4)为各存在核料位计的装置班组配备一到两台便携式辐射剂量报警仪, 在外操、管理人员巡检时佩戴, 以有效控制事故状态下潜在照射的发生。

(5)炼化企业延迟焦化焦炭塔的料位监测最好使用⁶⁰Co源核料位计, 以尽量减少接触人员的电离辐射危害。

本文只对三家企业应用核料位计及防护情况进行了调查分析, 该三家企业均为目前国内生产规模较大, 应用核料位计较多的炼化企业, 具有一定的代表性, 国内其他应用核料

陀螺旋转式钴-60立体定向放射治疗装置放射防护效果评价

杨春勇, 王 进, 杜 翔

中图分类号: R146 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2010)04-0470-02

【摘要】 目的 对某医院陀螺旋转式钴-60立体定向放射治疗装置放射防护效果进行评价。方法 对陀螺刀机房放射防护、陀螺刀自身放射防护等进行现场测量。结果 对放射工作人员的年受照剂量进行估算, 并对该工作场所的放射防护效果进行评价。结论 该陀螺刀项目的总体屏蔽可行, 正常工作状况下放射工作人员接受的职业照射年剂量和公众接受的公众照射的年剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002规定的剂量限值。

【关键词】 陀螺刀; 放射防护; 效果评价

某医院放疗中心新安装一台由上海伽马星科技发展有限公司生产的 GMX-1型陀螺旋转式钴-60立体定向放射治疗装置(以下简称“陀螺刀”)。它采用伽玛射线几何聚焦、螺旋照射方式, 通过精确的三维坐标立体定向, 将经过规划的一定剂量伽玛射线集中照射于病灶预选靶点组织, 以达到治疗的效果。为了解该陀螺刀的主要技术指标是否符合国家相关标准的要求, 以及在治疗应用过程中是否对放射工作人员和周围公众产生有害的辐射影响, 笔者对该陀螺刀开展了性能质控和辐射安全性检测评价, 陀螺刀符合 γ 射线立体定向外科治疗系统多源聚焦原理, 属于 γ 刀类, 故其性能指标参考国家职业卫生标准《X γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》GBZ 168-2005。

1 材料和方法

1.1 GMX-1型陀螺刀的基本情况 该陀螺刀使用⁶⁰Co源, 总装源活度为 259.5TBq, 源到焦点距离为 535mm, 焦点剂量率大于等于 2Gy/m²·h, 共配有 4组大小不同的准直器, 等中心处射野直径分别为 4mm、12mm、30mm和 45mm。治疗头自转速率为 30r/min, 公转速度为 (360°±18°)/min。

1.2 治疗室情况 该陀螺刀机房治疗室面积 64m², 高 3.3m, 主防护墙厚 2.6m, 次防护墙厚 1.4m, 屋顶主防护墙厚 1.5m, 次防护墙厚 1.3m, 迷道内墙厚 0.16~1.2m, 迷道外墙厚 1.12~0.16m, 防护门上有 15mm的铅和 150mm厚的硼与石蜡。所有墙壁和屋顶均采用密度为 2.135g/cm³的钢筋混凝土。控制室位于主防护墙外, 与治疗室分开, 控制室和治疗室之间设有观察和对讲装置, 治疗室内通风换气 6次, 治疗室的防护门与加速器装有联锁装置。

1.3 检测仪器 德国 PIW 公司生产的 UNIDOSE型剂量仪、TW31006型电离室(0.015m²), 美国 VICTOREEN公司生产的 451B型低能 X γ 剂量率仪, 测量用直径 160mm有机玻璃球模

作者单位: 江苏省疾病预防控制中心, 江苏 南京 210009
作者简介: 杨春勇(1981-)男, 助理工程师, 从事放射防护工作。

(+电离室板), 检测仪器均经国家计量检定部门检定, 并在有效期范围内使用。

1.4 检测方法 依据国家放射卫生防护相关标准规定的方法进行验收检测与评价^[1-3]。

2 检测结果

2.1 焦点剂量率 选取了三个不同尺寸的准直器为测量条件, 检测结果见表 1。检测结果表明, 准直器尺寸为 12mm、30mm、45mm的情况下, 焦点剂量率均符合不小于 1.5Gy·m⁻²·h⁻¹的标准要求。

表 1 焦点剂量率

准直器尺寸 (mm)	检测结果 (Gy·m ⁻² ·h ⁻¹)	标准限值 (Gy·m ⁻² ·h ⁻¹)
12	2.7	≥ 2.5
30	3.0	
45	3.2	

焦点计划剂量与实测结果的相对偏差选取三种尺寸的准直器为测量条件, 检测结果见表 2。检测结果表明, 准直器尺寸为 12mm、30mm、45mm的情况下, 计划剂量与实测剂量的相对偏差最大为 4.2%, 符合初装钴源时相对偏差为 ±5%的标准要求。

表 2 焦点剂量率与实测剂量的相对偏差

准直器尺寸 (mm)	检测结果	标准限值
12	-3.3%	±5%
30	3.2%	
45	4.2%	

2.3 非治疗状态下设备周围的杂散辐射水平 非治疗状态下, 距设备外表面 5m、60cm处弧面上前、后、左、右、上等位置分别选取 4个测量点, 测量其空气比释动能率, 每个位置检测结果最大值见表 3。检测结果表明, 该设备非治疗状态下设备周围的杂散辐射水平符合标准要求。

位计的炼油化工企业亦可能存在共性的问题, 因此石油化工企业应用核料位计所致电离辐射的防护应引起高度重视, 以保护作业者的健康。

参考文献:

[1] 徐伟. 放射性料位计的使用及安全防护[J]. 医药工程设计杂志, 2004, 25(3): 37-39.
[2] 汤金星. γ 核料位计技术特点及使用情况[J]. 浙江电力, 1995, 14: 60-62.
[3] 汪莲, 王长军. 放射性 γ 射线料位计在石化行业中的典型

应用[J]. 工业控制计算机, 2003, 16(10): 17-18.
[4] 国务院令 第 449号, 放射性同位素与射线装置安全和防护条例[S].
[5] GBZ125-2009 含密封源仪表的放射卫生防护要求[S].
[6] GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].
[7] 高同泰, 高晓东. 放射性物质的安全管理[M]. 北京: 原子能出版社, 1985: 20-25.
[8] 杨敬. γ 射线料位计在焦炭塔的应用[J]. 炼油化工自动化, 1997, 6: 15-18.