

医用 X 射线装置环境辐射监测的问题研究

周峰, 刘长军, 向元益, 陆建峰, 杨阳, 王欣刚

(浙江省辐射环境监测站, 国家环境保护辐射环境监测重点实验室, 浙江 杭州 310012)

摘要:介绍了诊断用 X 线机和治疗用 X 射线装置的基本结构和原理;综合比较了国内辐射监测工作中几种常用 X- γ 辐射测量仪的性能;给出两种常用类型探测器在脉冲场中的测量结果;列举了 FH40G+FHZ672E-10 型便携式 X- γ 剂量率仪在医院射线装置周围环境辐射监测中的应用。根据实际测量结果,推断使用适宜于测量稳定天然辐射场的仪器进行脉冲瞬变场的测量,很可能导致测量数据偏低,造成个人剂量被低估。因此,实际监测过程,在强化以剂量监测为主的基础上,应当充分考虑测量仪器的响应时间、选型匹配等因素,以保证所得数据的合理性与可靠性。

关键词:医用 X 射线装置;辐射监测;X- γ 辐射测量仪;剂量

中图分类号:R144

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2016)03-03

STUDY ON THE PROBLEM OF ENVIRONMENTAL RADIATION MONITORING IN MEDICAL X RAY APPARATUS

ZHOU Feng, LIU Chang-jun, XIANG Yuan-yi, LU Jian-feng, YANG Yang, WANG Xin-gang
(*Zhe Jiang province environmental radiation monitoring center, State Environmental Protection
Key Laboratory of environmental radiation monitoring, Hangzhou 310012, China*)

Abstract: It introduced the basic structure and principle of the diagnostic X-ray machine and the X ray device for treating; A comprehensive comparison of the performance of several common X- γ radiation measuring instrument which usually used for the radiation monitoring work in the domestic; The measurement results of two common types of detectors in the pulsed field are given; Examples of application of FH40G+FHZ672E-10 portable X- γ dose rate instrument in medical exposure monitoring. According to the test results, the instrument which is used for measuring stability of natural radiation field measures pulse transient field is likely to lead to the measurement data is low and Individual dose undervalued. Therefore, In order to ensure the rationality and reliability of data, the actual monitoring must base on strengthening the dose monitoring and also should consider factors such as response time, selection and matching of measuring instruments.

Key words: Medical X-ray device; radiation monitoring; X- γ dose rate instrument; dose.

医疗照射是人工辐射源的最主要来源,全球
年人均受到的诊断照射剂量为 0.4 mSv^[1]。在涉及

医疗照射的各项实践中,应用最多的是 X 射线诊
断学。国家颁布的相关法规和标准均对医用 X 射
线诊断和治疗装置的辐射防护和监测问题提出了
明确要求^[2-3]。目前,医用射线装置的环境验收及每
年的定期监测中都包含了设备周围环境的辐射监

收稿日期:2015-09-24

作者简介:周峰(1982~),男,汉族,河北省玉田县,现工作于
浙江省辐射环境监测站、国家环境保护辐射环境监测重点实
验室,工程师,研究生,研究方向:辐射监测。

测。然而,这些数据多数是采用适宜于测量稳定天然辐射场的仪器获得的,而射线装置产生的辐射场是脉冲瞬变场或高能场。实验证明,这种测量方法往往导致测量数据偏低,造成个人剂量的低估。因此,在对医用 X 射线装置的辐射监测中,选择与辐射场性质匹配的测量仪器显得尤为重要,这直接决定了所得数据是否可靠和合理。本文将就射线装置外围辐射环境监测中存在的问题展开讨论。

1 医用 X 射线机装置

一般而言,射线装置是指 X 线机、加速器、中子发生器以及含放射源的装置。按照使用用途可将其分为医用射线装置和非医用射线装置。医用 X 射线装置是将电能转变为 X 射线能的一套换能装置,它能根据实际需求产生“量”与“质”可随意调节的 X 射线束,达到临床检查或治疗的目的。

1.1 诊断用 X 线机

诊断用 X 线机是利用 X 线透过人体形成的各种影像,对疾病进行诊断的设备。诊断用 X 光机又分两种:一种为透视用 X 光机,一种为摄影用 X 光机。透视用 X 光机可以长时间连续出束,其连续出束时产生的辐射场可以近似为连续稳定辐射场。而摄影用 X 光机不能连续出束,只能在很短的时间出束,其产生的为脉冲辐射场。

脉冲辐射场的特点之一是核辐射是以脉冲形式,同时出现大量粒子,探测器测量时输出信号是大量粒子作用结果所形成的一个脉冲信号,瞬发剂量高、脉冲宽度窄。第二个特点是脉冲持续时间短,测量对象不重复出现。由于脉冲辐射场的这些特点,决定了脉冲辐射场的测量方法与常规的稳定辐射场的测量方法存在着不同。

1.2 治疗用 X 射线装置——电子直线加速器

医用直线加速器是产生高能电子束的装置,为远距离放射性治疗机。当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射,即 X 射线,其最大能量为电子束的最大能量。因此,医用电子直线加速器既可利用电子束对患者病灶进行照射,也可利用 X 射线束对患者病灶进行照射,杀伤肿瘤细胞。

在加速器工作时,高能电子束(大于 10MeV)与靶物质相互作用而产生的韧致辐射,与空气等物质作用形成放射性核,而会发生光核反应,放出

中子,中子的产生方式主要按 $N-14(\gamma, n)N-13$ 反应式进行,包括加速器设备的结构材料活化,治疗室内的各种设备、器械和治疗室内的空气活化等。由于医用加速器产生的最大 X 射线能量比较高,在能量大于 10 MeV 时还应考虑活化产生的中子对周围环境的影响。所以在实际监测过程中需要区别对待,同时兼顾。

2 医用射线装置辐射测量仪器的性能比较

国内监测机构配置的几种常用 X- γ 辐射测量仪性能比较见表 1,图 1-图 3 给出了几种典型仪器的能响曲线。

表 1 测量仪器的性能比较

仪器型号	探测器类型	能量响应范围	剂量率范围
451P	加压电离室	25keV~1.3MeV	10nSv/h~500mSv/h
OD-01Hx	空气等效电离室	6keV~15MeV	1 μ Sv/h~2Sv/h
RSS-131	高气压电离室	60keV~10MeV	10nGy/h~100mGy/h
KS-2100	塑料闪烁体	23keV~7MeV	10nSv/h~0.1mSv/h
Automess 6150AD	有机闪烁体	23keV~7MeV	50nSv/h~0.1mSv/h
FH40G+	正比计数管	48keV~3MeV	10nSv/h~0.1mSv/h
FHZ672E-10	塑料闪烁体	48keV~3MeV	10nGy/h~0.1mGy/h
BH 3103A	NaI	36keV~3MeV	10nGy/h~0.1mGy/h
RadEyeG	能量补偿型 G-M 管	45keV~1.3MeV	50nGy/h~100mGy/h
PM1621	能量补偿型 G-M 管	10keV~20MeV	10nSv/h~200mGy/h
GR-135	NaI 宽量程 G-M 管	0.02MeV~3MeV	10nSv/h~100mSv/h
SAM940	Nal(Tl)/LaBr 探测器	LaBr: 18keV~3MeV	10nSv/h~100mSv/h

由上表可以看出大多数的探测器的能量探测范围都等于或低于 7 MeV,所以在测量高能辐射场时应注意选择合适能量范围的仪器,并对仪器在高能段进行检定。仪器选择不合适会使大多数

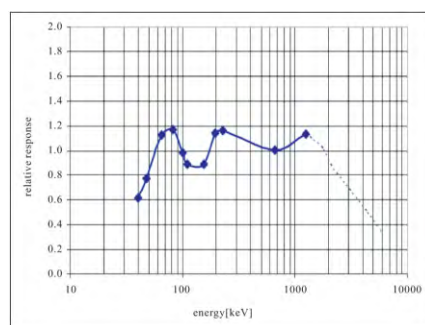


图 1 FH40G+FHZ672E-10 能响曲线

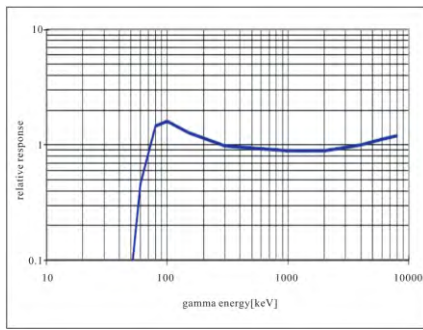


图 2 RSS-131 能响曲线

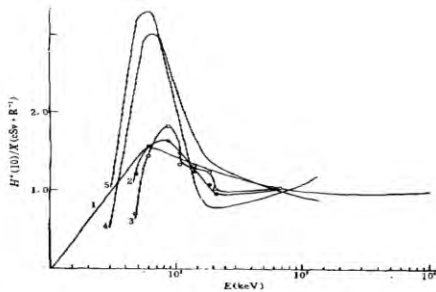


图 3 G-M 计数管能响曲线

高能射线不能完全沉积在探测器里，导致高能射线测量结果不准确。

以上类型的探测器都是在稳定场中适用的仪器，它们在脉冲瞬变场中的剂量响应是不同的，可以大致归类为以下两种类型：

2.1 电流电离室类型的探测器由于其测剂量率的响应时间为几秒~几十秒。脉冲辐射场曝光时间越短，仪器的测量读数与真值偏离越大^[4]。

2.2 以脉冲计数作为记录方式的探测器，除了存在响应时间的问题以外，其内部计数器还存在分辨时间问题，在脉冲瞬变场测量中由于其瞬发剂量高，同时出现大量粒子，导致计数器严重漏计数。

3 两种常用类型探测器在脉冲场中的测量结果

现阶段环境 X/γ 剂量率监测中应用比较多的两种仪器：FH40G+FHZ672E-10（脉冲计数型）和 451P（电流电离室型）。

表 2 FH40G+FHZ672E-10 和 451P 在脉冲场中的测量结果

点位名称	剂量率最大值 (nSv/h)	
	FH40G+FHZ672E-10	451P
X 曝光室内东侧	167	3000
X 曝光室内西侧	147	700
X 曝光室内正对 X 光机出束方向	211	50000
X 曝光室内背对 X 光机出束方向	194	9000

上述两台仪器在脉冲辐射场中（普通 X 光机电压 90 kV，管电流 125 mA，曝光时间为 5-10 ms 工况下）。测量的结果见表 2。

由上表结果可以看出：

1FH40G+FHZ672E-10 在脉冲场中对射线的探测不敏感，剂量率值几乎没什么变化。451P 虽然在脉冲辐射场中有一定的剂量率数值变化，但由于其仪器本身响应时间需要几秒钟，可知 451P 的测量结果也是远低于实际剂量率值^[4]。

4 实例分析

本节引用对某医院职业工作人员长时间工作的场所及受射线装置影响较大的点位获取的现场测量数据，包括医生操作位、出入门、射线装置外墙及顶部用房等。

监测方式：现场监测，当射线装置处于关机状态下，每个监测点读取 10 个测量值为一组，取其平均值为最终测量值；当射线装置处于工作状态时，每个监测点取其最大值。

监测仪器：FH40G+FHZ672E-10 型便携式 X-γ 剂量率仪。

普通 X 光机在管电压 140 kV，管电流 800 mA 工况下，拍片室 X-γ 剂量率监测结果具体见表 3。

表 3 拍片室 X-γ 剂量率监测结果

点位编号	测量点位描述	监测结果 (nGy/h)	
		关机	曝光
▲1	医生操作位	132±2	135
		107±2	112
▲2	观察窗前 5cm 处	125±2	128
		123±2	125
▲3	医生出入门前 30cm 处	134±2	135
		134±1	138
▲4	病人出入门前 30cm 处	131±2	134
		110±2	119
▲5	拍片室楼下一楼食堂内	134±2	135
		134±1	138
▲6	拍片室房顶三楼手术室内	131±2	134
		110±2	119
▲7	机房西墙外 30cm 处	134±2	135
		134±1	138
▲8	机房东墙外 30cm 处	131±2	134
		110±2	119

由监测结果可知，普通 X 光机在管电压 140 kV，管电流 800 mA 工况下，机房周围环境 X 射线吸收剂量率未见升高，均在关机状态各测点剂量

(下转第 53 页)

2.1 试剂配制对空白值的影响

按照 HJ/T535-2009 中给出的酒石酸钾钠配置方法:称取 50 g 酒石酸钾钠溶于水,加热煮沸以除去氨,冷却定容至 100 ml。本方法并未明确指出加热煮沸的具体程度,本人根据多次实验发现,如果在配置此试剂的过程中,刚刚煮沸就停止加热的话,会导致氨氮空白值偏高,如果加热的过程延长至蒸发掉所配试剂 20% 左右或者沸腾 8 分钟左右,然后冷却定容,用此试剂所做空白值低并可以达到标准要求。

2.2 保存条件对空白值的影响

温度的影响:将配制好的酒石酸钾钠一部分贮存在室温中,一部分储存在冰箱内,放置一段时间后,氨氮空白值检测结果如下:

	实验室日常温度	保存于冰箱的吸光值	保存于室温的吸光值
第一组	8-12 度	0.022	0.021
		0.022	0.022
第二组	10-15 度	0.023	0.023
		0.022	0.023
第三组	15-25 度	0.026	0.026
		0.026	0.25
第四组	27-32 度	0.024	0.028
		0.023	0.028
第五组	30-41 度	0.021	0.045
		0.022	0.046
第六组	30-38 度	0.023	0.038
		0.023	0.036

比对发现,在实验室温度低于 30 度时,用存于室温和冰箱里的两种试剂所做空白吸光度值基本一致,均在 0.030 以下,能够满足实验要求。但是在炎热的夏季,实验室温度超过 30 度时,两种存放条件所做空白值有一定的差异,放室温的明显偏高,不满足实验要求。

光照的影响:将配置好的酒石酸钾钠一部分贮存在棕色玻璃瓶,一部分储存在白色玻璃瓶内,

(上接第 59 页)

率水平波动范围内。且通过计算可知在正常工作情况下,辐射工作人员和公众所受的附加年有效剂量均远低于相应的辐射剂量管理限值,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求,表明从事这些工作的辐射工作人员和公众成员基本不会受到额外的辐射剂量照射,所接受的附加年有效剂量可忽略不计。

并在室温中放置了 20 天,通过实验比对结果如下:

	实验室日常温度	白色瓶的空白吸光度	棕色瓶的空白吸光度
第一组	15-20 度	0.035	0.026
		0.036	0.026
第二组	30-35 度	0.042	0.033
		0.043	0.032
第三组	30-41 度	0.045	0.033
		0.044	0.034
第四组	28-38 度	0.045	0.033
		0.046	0.033

由此可见,酒石酸钾钠在室温中如果受到阳光照射,无论温度高低均会对空白值产生一定的影响,温度高时产生的影响更大。

3 小结

空白试验值反应了测试仪器的噪声,试剂中的杂质、环境及操作过程中的玷污等因素对样品测定产生的综合影响,直接关系到测定结果的最终准确性,空白试验值低,数据离散程度小,分析结果的精度高。通过以上数据,可以总结得到,在做氨氮检测分析时,酒石酸钾钠的配制和保存均对空白值有一定的影响。配制试剂时一定要将酒石酸钾钠进行煮沸,并沸腾一定时间,使酒石酸钾钠中的氨全部除尽;在保存酒石酸钾钠时,如果实验室的温度超过 30 度,则需将试剂存于冰箱,或者存放在棕色玻璃瓶中,但是存放时间不宜超过一个月,如果温度在 30 度以下,但存放地点长时间有阳光照射,则需将其保存在棕色玻璃瓶中。

参考文献

- [1] HJ535-2009 水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法;
- [2] 水和废水监测分析方法.中国环境科学出版社.第四版.增补版.2004.

但表 3 监测结果显示的在曝光状态与关机状态所测得剂量率水平未有明显变化也有可能是因为实验中采用的 X- γ 剂量率仪比较适合测量稳定天然辐射场,而射线装置产生的辐射场却是脉冲瞬变场或高能场,这种由仪器选型上的不匹配所导致的监测数据偏小。最终可能导致环境监测

(下转第 56 页)

区塌陷 (图 3)。大柳塔煤矿采空区面积约 2 800 hm²,通过遥感解译采空塌陷面积 1 192.52 hm²,解译的采空塌陷区域均位于大柳塔矿东南部,盖沙黄土出露的区域,而在沙土覆盖区域,塌陷引发的地面变形与波状起伏沙丘原始地貌不易区分,无法解译塌陷区位置。

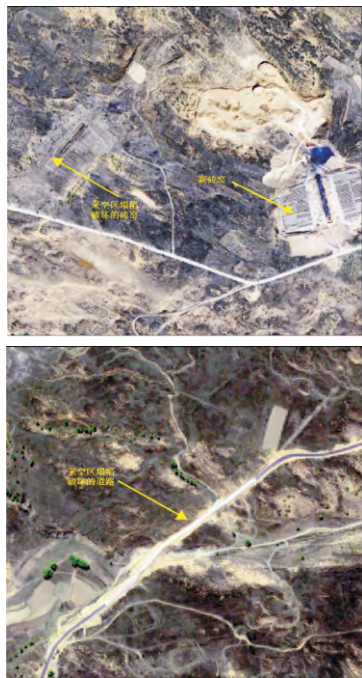


图 3 采空区塌陷间接解译标志遥感影像

榆家梁煤矿位于黄土丘陵沟壑区,梁多峁少,梁宽 100-200 m 不等,以 10-20 度角向两侧沟谷倾斜,沟边缘线以下沟坡陡峻,梁峁两侧沟谷切割深度不等,切沟、冲沟发育,多呈树枝状分布。在沟边缘线以下易发生黄土崩塌滑坡,原有的沟谷纹理被破坏,与自然条件下形成的黄土崩塌、滑坡不同,影像上未见明显的滑体或崩积物,这是由于顶板整体垮落,导致坡体同时具有垂直向下和向临

空面水平滑动的趋势,兼具了崩塌和滑坡的特征,且导致黄土体破碎;在沟缘线以上,梁峁分布有塌陷坑、槽及裂缝,裂缝一般与地表等高线平行。榆家梁煤矿采空区面积约 2 300 hm²,通过遥感解译采空塌陷面积 2 520.44 hm²,塌陷面积约是采空区面积的 1.1 倍,采空区基本全部塌陷。

5 结语

神府矿区采空区塌陷较为严重,应用高分辨率遥感影像能对采空区塌陷进行有效的监测,可以作为地质灾害详查的一项重要的技术手段。

黄土丘陵地貌具有良好的解译效果,且崩滑、地裂缝等地质灾害分布规律具有群发性、区域性等特点,使得同一矿区的某一时间段灾害集中出现,风沙草滩地貌,黄土出露区域解译效果较好,风积沙覆盖区域遥感影像解译效果不佳。

遥感解译结果表明,机械化综采引发的采空区塌陷面积巨大,破坏最为严重;房柱式开采由于其采空区面积小,塌陷面积较小,但是神府矿区小煤窑众多,房柱式采煤方法发生采空区地面塌陷灾害也相当普遍。

参考文献

[1] 杜培军. 高分辨率卫星遥感的发展及其在矿山的应用 [J]. 煤, 2000,10(1):5-7.
 [2] 王晓红,聂洪峰,等. 不同遥感数据源在矿山开发状况及环境调查中的应用[J]. 国土资源遥感,2006,(2): 69-71.
 [3] 赵祥,刘素红,王安建,等. 基于卫星遥感数据的江西德兴铜矿开采环境影响动态监测分析[J]. 中国环境监测,2005,21(2):68-73.
 [4] 张敦虎,卢中正,强建华,等. 地面塌陷特征及其遥感识别方法研究[J]. 地质灾害与环境保护,2009,20(3):8-12.
 [5] 徐友宁,李智佩等. 生态环境脆弱区煤炭资源开发诱发的环境地质问题—以陕西省神木县大柳塔煤矿区为例[J]. 地质通报,2008,27(8): 1344-1350.
 [6] 徐友宁何芳,武自生等. 神东矿区开采沉陷及塌陷指数预测[J]. 中国煤,2005,31(12):37-40.

(上接第 53 页)

数据不能正确地反映出射线装置周围剂量率是否达到标准的要求,给从事相关工作的人员造成受照剂量超标的风险。

5 结论与建议

针对目前在医用 X 射线装置周围环境辐射监测中存在的一些实际问题,建议从以下几方面加以考虑和解决:

射线装置正常工作时产生的脉冲场,曝光时

间一般在几毫秒到几十毫秒之间,因此要选用响应时间在此范围的仪器进行测量,否则得到的是偏低的测量数据,给出的剂量评估也是不可靠的,就满足不了辐射防护监测应有的要求。监测机构需要在仪器配备选型上选择功能适用的测量设备,以免在技术咨询工作中给出不可信的结论。

医用电子加速器产生的辐射场既有高能 X 射线,也产生伴随中子发射的感生放射性存在,在

(下转第 40 页)

%,出水富氧后排入河道。该设施具有处理效果较好,占地面积小,日常管理简单和无能耗等特点。无动力处理工艺采用厌氧消化法,工艺流程如图 1 所示。

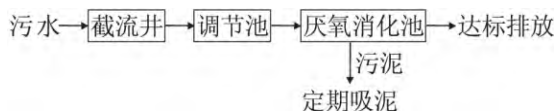


图 1 无动力处理设施工艺流程

3.2 微动力处理设施

设施主要处理构筑物由截流井、调节池、厌氧池和好氧池组成。其中,截流井型式根据地势差异采用自流或提升方式;调节池兼具沉淀和回流污泥收集功能;厌氧池和好氧池内装有不同规格高分子生物填料,适宜不同环境下的微生物生长。各构筑物间通过管道或升流式廊道连通。污水经过厌氧处理,先将难降解有机污染物通过厌氧和兼性微生物转化为小分子有机物,然后进入好氧池进一步分解。该处理设施工艺流程简单,具有处理效果好,出水水质好,抗冲击能力强和运行管理简单等特点。微动力采用“厌氧为主+好氧为辅”处理工艺,好氧处理采用同步生物氧化法(SBOT),工艺流程如图 2 所示。

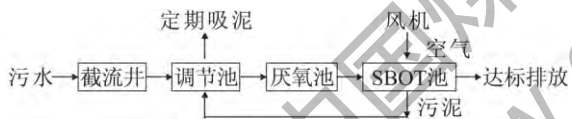


图 2 微动力处理设施工艺流程

4 工程效果分析

河道“污水零直排”工程的实施,消除了晴天污水直排河道的现象,解决了排污口对河道水质的影响问题。污水就地处理设施自 2015 年 12 月以来运行良好,处理水量和出水水质达到了设计要求。其中十甲河、北塘河和永久河就地处理设施的进出水水质检测数据平均值如表 1 所列。

出水水质优于“杭州市河道晴天排污现象消除验收标准”中要求的《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)的二级标准,达到了

GB18918-2002 的一级 B 标准。

表 1 河道进出水水质

河道	类别	悬浮物	氨氮	总磷	COD
十甲河	进水	84	19	4.8	166
	出水	16	2.5	1.4	25
北塘河	进水	125	28	4.7	252
	出水	15	4.6	1.5	32
永久河	进水	92	35	2.5	120
	出水	9	3.2	1.2	12

对于就地处理设施管理与维护,尤其是微动力就地处理设施,涉及工艺、电气和自控等多专业系统,尽管运行上实现了无人值守,但仍需落实巡视检查制度,加强专业化管理维护。在操作层面中,可由专业公司指导管理,市场方委托维护的运行方式进行。

5 结语

为改善水环境质量,对十甲河、北塘河和永久河等 15 条河道进行“污水零直排”整治工程,实现消除区域内河道晴天排污现象,是非常必要的。对于有污水的排放口实行了源头截污并入市政污水管网,对于不具备市政截污条件的,就地建设污水处理设施,污水经处理后排入河道。

工程运行效果表明,污水就地处理设施的出水水质达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)的一级 B 标准,消除了河道晴天排污现象。

参考文献

- [1] 刘鸿志,单保庆,张文强,等. 一个水污染严重省的成功治水战略探析——浙江省“五水共治”的成效与今后推进建议[J]. 环境保护科学,2015,41(3):48-52.
- [2] 宋剑萍. 对乡镇河道综合治理工程中截污设计的探索[J]. 上海水务,2008,24(2):34-37.
- [3] 毛威敏. 城市中小河道截污主要方式和工程实例[J]. 中国市政工程,2009,143(6):45-46.
- [4] 王阳,石玉敏. 分散式污水处理技术研究进展[J]. 环境工程技术学报,2015,5(2):168-174.
- [5] 兰虹,郭运功,谢冰,等. 上海新农村建设中生活污水污染现状及处理对策[J]. 环境科学与管理,2008,33(1):5-8.

(上接第 56 页)

实际监测过程中需要区别对待,同时兼顾。不同类型探测器对 X-γ 射线的能量响应曲线有很大差异,在高能和低能部分存在过响应或响应不足的问题(用 Cs-137 源归一)。多数探测器能量测量范

围在 10 MeV 以下,即使探头本身能较好响应十几兆电子伏的射线,由于获得在 10 MeV 以上单能稳定辐射场较为困难,在此条件下仪器刻度也

(下转第 22 页)

流速为 0.48 mm/s。水量增大到 6 000 m³/d 时,澄清池流速为 0.72 mm/s, 满足澄清池流速<1 mm/s 的规范要求。

3.3 工程应用

根据以上试验得出的最佳投药量应用于工程后,澄清池澄清效果良好,澄清池出水水质如表 2 所示。滤池反冲洗周期恢复正常,出水水质稳定达到《煤炭工业污染物排放标准》。

表 2 矿井水澄清后水质

水质指标	pH	COD(mg/L)	浊度(NTU)
上清液	8.46	20.4	9.35

4 结论

通过试验得出,该矿矿井水处理的最佳药剂组合为聚合氯化铝(PAC)+非离子型聚丙烯酰胺(NPAM),最佳投药量分别为聚合氯化铝(PAC):

(上接第 64 页)

- [16]黄秀华,孙郁莉.气相色谱法测定水中酚类化合物[J].中国给水排水,2000,16(3):52-53.
- [17]包志成,赵倩雪,蒋挺大.气相色谱法测定水中的酚类[J].环境化学,1984,3(3):66-70
- [18]戴志强.气相色谱法测定水中苯系物[M]科学之友,2012:59-60.
- [19]李欣欣,梁学凯,冯国栋,等.水中苯系物的测定方法[J].现代仪器,2007,1,14-18
- [20]郑雪英.苯系物测定方法的研究[J].山西化工,2003,23(2):35-37.
- [21]顾福权,徐红娟,柳展飞,等.气相色谱法测定水中 6 种挥发性脂肪酸含量[J].能源环境保护,2014,28(3):62-64.
- [22]刘建华,郭洪光,刘艳君.气相色谱法测定工业废水中厌氧反应中的挥发性脂肪酸[J].长春师范学院学报(自然科学版),2005,24(3):42-43.
- [23]冯琳.顶空固相微萃取-气相色谱法测定废水中挥发性脂肪酸[J].理化检验-化学分册,2011,47(1):86-89

(上接第 40 页)

变得不太容易,国内目前还没有机构能提供类似技术服务。因此测量医用电子加速器产生的辐射场,除了做到选型对口外,还要在仪器出厂前委托国外检定机构进行刻度。

热释光(TLD)片虽然不能实时显示辐射剂量率,但不存在时间常数问题,其能量覆盖范围也能做到很大,并且在脉冲辐射场中也不存在漏计数问题,在没有合适的仪器的情况下可以使用热释光片来解决脉冲场和高能场^[5]的剂量监测问题。因此对于职业工作人员的剂量评估来说,强化以剂量监测为主,尽量采用物美价廉的热释光片是一个很好的选择。

针对脉冲辐射场和高能辐射场的特点,有必

80 mg/L,聚丙烯酰胺(NPAM):0.4 mg/L。调整药剂及投加量后,澄清池澄清效果良好,滤池反冲洗周期恢复正常,出水水质稳定达到《煤炭工业污染物排放标准》。

参考文献

- [1]何绪文,贾建丽.矿井水处理及资源化的理论与实践[M].北京:煤炭工业出版社,2009:38-59.
- [2]谭金生,黄昌凤,郭中权.高悬浮物高矿化度矿井水处理工艺及工程实践[J].能源环境保护,2013,27(3):30-32.
- [3]杨静,李福勤,邵立南,等.矿井水中悬浮物特征及其净化关键技术[J].辽宁工程技术大学学报,2008,27(3):458-460.
- [4]李福勤,李硕,何绪文,等.煤矿矿井水处理工程问题及对策[J].中国给水排水,2012,28(2):18-20.
- [5]何绪文,李福勤.煤矿矿井水处理新技术及发展趋势[J].煤炭科学技术,2010,38(11):17-21.
- [6]牛明礼,单绍磊,刘佳.超磁分离净化技术在矿井水井下处理站中的应用[J].能源环境保护,2013,27(3):33-35.
- [7]李培云,李爱民,许晓丽,等.超磁分离技术在矿井水处理中的应用[J].给水排水,2015,41(4):55-57.
- [24]祝本琼,陈浩,李胜清.基于轻质萃取剂的溶剂去乳化分散液-液微萃取-气相色谱法测定水样中多环芳烃[J].色谱,2012,30(2):201-206
- [25]郑海涛,刘菲,刘永刚.固相萃取-气相色谱法测定水中多环芳烃[J].矿岩测试,2004,23(2):148-152.
- [26]董洁,李凡,谢克昌.煤转化过程中多环芳烃排放的研究现状[J].现代化工,2009,29(1):344-346
- [27]王新雄,成秀娟,徐伟松,等.农产品农药残留检测技术的研究进展[J].广西农业科学,2008,39(5):700-703
- [28]张玉忠,郑领英,高从增.液体分离膜技术及应用[M].北京:化学工业出版社,2004.
- [29]徐宝才,岳承德,花日茂.超临界流体萃取技术在农药残留分析上的应用[J].安徽农业大学学报,1999,26(2):162-166.
- [30]唐小苏,刘艳,曾佩,等.气相色谱前处理的新技术及进展[J].江西化工,2013,1:15-18

要分别开发一套严谨的测量方法或合格的测量仪器,使测得的剂量率范围和剂量数据是合理和准确的,避免个人剂量被低估。

参考文献

- [1]United Nations Scientific Committee. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly[R]. Vol II:Sources of radiation exposure. 2000:8.
- [2]中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.医用 X 射线诊断放射防护要求[S]. 2013:8.
- [3]中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S]. 2002:35.
- [4]周海伟,杜国生.两种电离室剂量仪响应时间的实验研究[J].中国放射医学与防护杂志,2009,29(6):627-629.
- [5]潘清,胡和平,陈浩等.9MeV 电子直线加速器 X 射线测量[J].强激光与粒子束,2004,16(6):805-808.