

医用电离室介绍与新型应用

单晓晖¹ 赵明宇² 王姝³ 迟戈¹

1 辽宁省药械审评与监测中心 (沈阳 110003)

2 沈阳东软医疗系统有限公司 (沈阳 110179)

3 辽宁省食品药品监督管理局行政服务中心 (沈阳 110003)

文章编号: 1006-6586(2016)04-0045-05 中图分类号: R814.4 文献标识码: A

内容摘要: 电离室作为医用 DR 系统中自动曝光控制环节的核心部件, 如今在 DR 诊断中已得到了广泛的应用。本文主要从电离室的机制及构造等作以详尽的介绍, 并针对新型复式电离室进行了脉冲群及图像测试。测试结果表明, 新型复式电离室性能可靠, 具有很好的抗干扰性, 可以较好地满足临床摄影要求, 具有较好的实用价值。

关键词: 电离室 放大器 屏蔽

收稿日期:
2015-11-14

作者简介:
单晓晖, 硕士研究生, 工程师

The Introduction of Clinical Ionization Chamber and New Model Application

SHAN Xiao-hui¹ ZHAO Ming-yu² WANG Shu³ CHI Ge¹

1 Liaoning Centre for Drug and Medical Device Evaluation and Monitoring (Shenyang 110003)

2. Shenyang Neusoft Medical System Co.Ltd (Shenyang 110179)

3 Administrative Service Center, Liaoning Food and Drug Administrative (Shenyang 110003)

Abstract: The ionization chamber as the core part of the automatic exposure control in the medical DR system has been widely used in DR diagnosis nowadays. The paper mainly introduces the mechanism and structure of the ionization chamber, the fast transient pulse and quality of the image were tested in the new double three-field ionization chamber. The test results show that is reliable and it has good interference immunity, and it can meet the clinical requirements well and it has good practical value.

Key words: ionization chamber, amplifier shielding

DOI:10.15971/j.cnki.cmdi.2016.04.012

1. 电离室工作原理

电离室是自动曝光控制 (Automatic Exposure Control) 的核心部件, 电离室的理论基础是电离效应, 当电离室受到 X 射线照射时, X 射线与气体中的分子作用, 产生由一个电子和一个正离子组成的离子对。这些离子向周围区域自由扩散, 扩散过程中, 电子和正离子可以复合重新形成中

性分子。但是, 若在构成气体探测器的收集极和高压极上加直流的极化电压 V , 形成电场, 那么电子和正离子就会分别被拉向正负两极, 并被收集, 在外电路形成输出电流信号。随着极化电压 V 逐渐增加, 电离室的工作状态就会从复合区、饱和区、正比区、有限正比区、盖革区 (G-M 区)

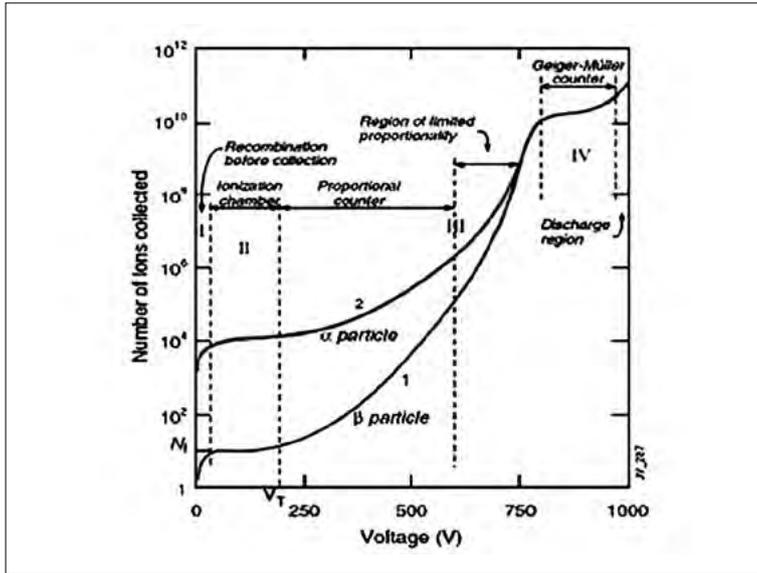


图 1. 收集离子对数与外加电压的关系

一直变化到连续放电区。

所谓电离室即工作在饱和区的气体探测器，即图 1 中第 II 段，直流电压较低，电离产生的离子对在漂移过程中不再发生次级电离现象，故没有气体放大作用，因而饱和区又称电离室区。

其中离子对数目代表了入射离子的能量信息，也即电离室被照射的 X 射线剂量信息，在系统中我们希望复合现象发生概率越小越好。在电离室内，如果选择了适当的极化电压，复合效应便可忽略，也没有碰撞放大产生，此时可认为射线产生的初始离子对 NO 恰好全部被收集，形成电离电流。该电离电流正比于离子对数量，因而正比于 X 射线强度。

2. 电离室基本结构介绍

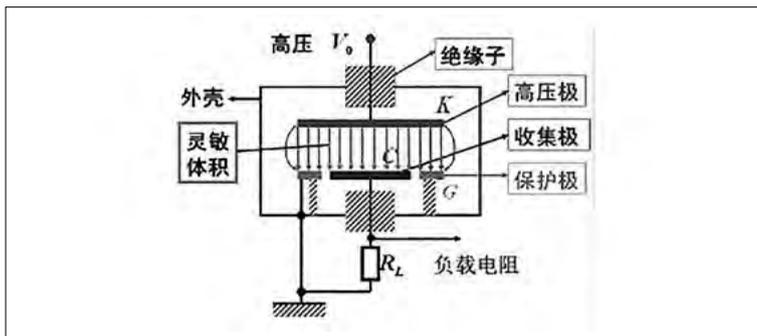


图 2 电离室基本结构

电离室主要由收集极和高压极组成，收集极和高压极之间是气体，一般以一个大气压左右的空气为灵敏体积，该部分可以与外界完全连通，也可以处于封闭状态。其周围是由导电的空气等效材料或组织等效材料构成的电极，中心是收集电极，两极间加一定的极化电压形成电场。为了使收集到的电离离子全部形成电离电流，减少漏电损失，在收集极和高压极之间需要增加保护极详见图 2。

3. 电离室收集效率

由于正、负离子的复合，电离室所产生的离子不能完全到达收集极，根据 Boag 理论^[1]，电离室的收集效率为：

$$f = \frac{1}{1 + \xi^2 / 6} \quad (1)$$

其中： $\xi = md^2q^{1/2} / V$ ， d 为电离室的电极间距， cm ； V 为极间电压， V ； q 为单位时间内空气电离密度， $cm^{-3}s^{-1}$ ； m 为空气温度，气压修正因子（对于干燥空气， m 的经验值为 36.7 ± 2.2 ）。

可以看出，电离室的收集效率随电极间距的

减小而增大，若电极间距确定后，增大收集电压可以提高收集效率，但电压不能超过气体电离饱和区限制，而且电压过高也会增加对电源的要求。一般电离室的间距在 5~10mm 左右，大于 200V 的极化电压便可以使电离室收集效率达 99% 以上。

作为 AEC 用电离室，应满足以下特殊要求：

(1) 电离室自身对 X 线吸收要小，由于电离室置于病人与暗盒（或平板探测器）之间，这部分被电离室吸收的 X 线对成像无贡献，而病人所接受的 X 线剂量又要因此相应提高，因此要求电

离室选用部件应选用轻质低密度材料, 包括电极引出导线, 以减少对 X 线的吸收。

(2) 电离室的厚度要尽量薄, 由于电离室置于被照物体与暗盒(或平板探测器)之间, 增大了 X 线球管焦点与胶片之间距离, 容易造成几何模

糊度增大, 因此为了解决此问题, 提出了新型复式结构电离室, 详见第四部分介绍。

(3) 电离室的阴极面积要大于最大胶片尺寸(或成像尺寸), 从而保证电离室边缘不会在胶片上形成影像。

4. 电离室新型应用

电离室的输出信号极易受高压旋转阳极信号及继电线圈等信号产生的电磁干扰影响, 这是因为电离电流 i 非常微弱, 很小的电磁干扰都会使电离室输出的信噪比明显降低。为使电离室工作稳定及可靠, 必须采取屏蔽措施, 同时为了解决电离室厚度以及灵敏度之间的矛盾, 因而提出以下复式电离室方案^[2]。

复式电离室主要由 2 个阴极、1 个共用阳极、2 个空气室(电离区)以及保护外壳所构成, 共用阳极夹在 2 个阴极之间, 形成复式结构, 其间加以 240V 收集电压, 其余空间均用轻质低密度高绝缘物质填充, 电离室结构示意图详见图 3。

与普通的单层电离室相比, 此设计将空气室一分为二, 在相同有效探测体积的前提下, 使电极间距减小了 1/2, 这样既不增加传感器的总厚度, 又有效提高了检测灵敏度和信号强度, 较好地解决了探测灵敏度与信号强度, 以及收集效率之间的矛盾。而且小的电极间距配以大面积平行板结构, 使电场分布更为均匀, 减小了畸变, 有效消除了边缘效应的影响, 更为重要的是这种结构的电离室两阴极可以接地, 直接提供电磁屏蔽。如果采用单层结构的电离室, 中心阳极直接靠近电离室壁, 和前者相比虽然有效间距增大, 电离室响应时间提高, 但是中心阳极无电磁屏蔽, 由于电离室的输出电流非常微弱, 电磁干扰会窜入中心阳极从而降低电离室输出的信噪比。

图 4 中的阳极(即探测野区域)为 3 野形式, 上部 2 野连接, 构成双野检测, 主要用于胸部正位, 骨盆摄影等; 下部单野, 可用于心脏, 胸部侧位, 胸椎腰椎等。探测野及引出导线均在高绝缘轻质

薄膜上用导电介质喷涂而成, 有较好的屏蔽效果。

由公式 1 可知, 增大极间电压 V 可以提高电离室的电荷收集效率, 但电压过高会增大对电源的要求。参照新开英秀^[3]的研究并多次实验结果, 将其值确定为 240V。

电离室的输出电流信号非常微弱, 需要用电压/电流转换积分电路实现, 所需积分电阻及放

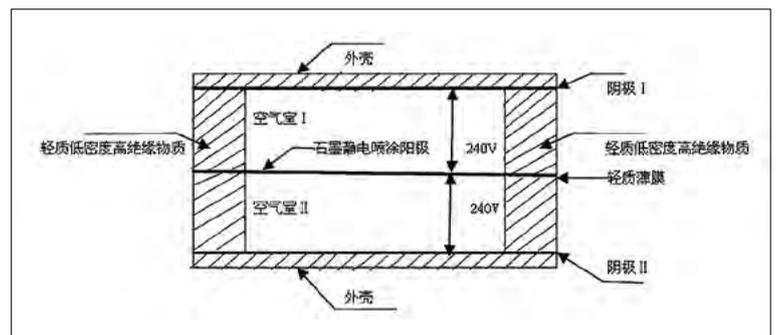


图 3 复式 3 野电离室结构示意图 (纵切面图)

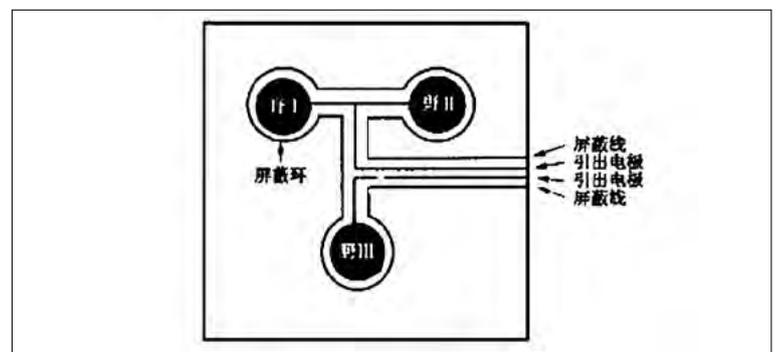


图 4 电离室野平面示意图

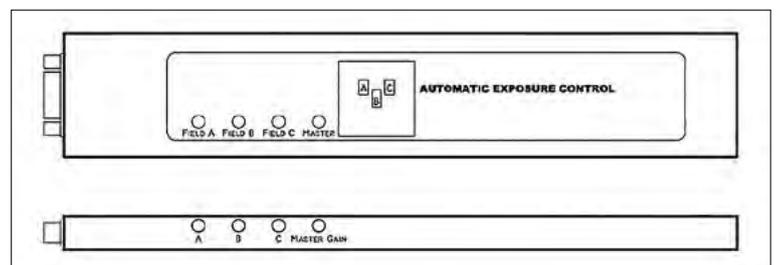


图 5. 电离室放大盒正面及侧面图

大电阻阻值要较高，并且需要选用防潮型玻璃封装精密电阻，优质积分电容以及高速高输入阻抗运算放大器实现，此部分可以用放大盒完成，内含积分及放大电路，放大盒与电离室可以是分离形式，也可以为集成式，图 5 为某产品电离室的放大盒形式。

放大盒一般含电离室各野增益电位器调节及主增益电位器调节功能，如图 5 所示：Field A（左场），Field B（中场），Field C（右场）及 Master（主增益），可以通过调节对应电位器进行相应信号增益调节。

5. 实验结果

采用新型电离室实验，设置 SID 为 1 米，负载选择 5cm 水膜，保证水膜完全覆盖电离室及平

板最大有效面积，设置曝光条：55kV/25mA/大焦点，实际曝光反馈结果：137.6mS/3.5mAs，见图 6。

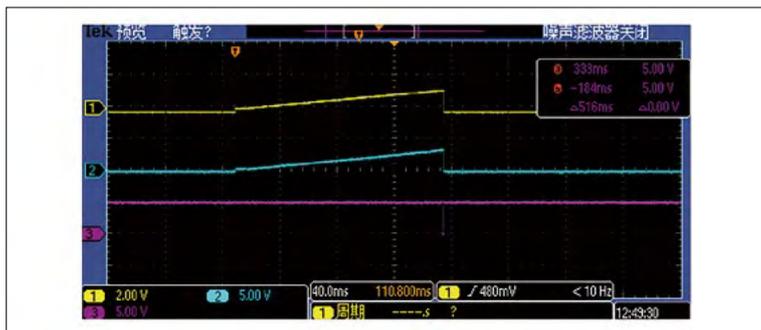


图 6. AEC 曝光波形

其中，CH1（黄色）波形为：电离室反馈放大后电压波形；CH2（蓝色）波形为：高压 AEC 板放大后电压波形；CH3（紫色）波形为：AEC_STOP 曝光截止信号波形。

在电离室放大盒反馈线缆上叠加 100kHz/1kV 瞬变脉冲，同样曝光条件，反馈结果：137.5mS /3.5mAs，曝光波形见图 7。

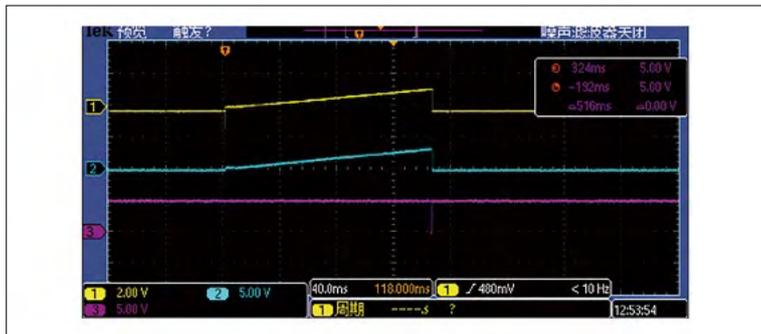


图 7. 叠加瞬变干扰后 AEC 曝光波形

可见，增加瞬变脉冲群干扰未对电离室 AEC 效果产生影响，同样曝光条件重复 5 次，曝光结果基本一致。

曝光后平板采集图象见图 8。

灰度结果见图 9。

各点分别对应图象以下测试区域灰度：左上角，右上角，中心，左下角及右下角，图像比较均匀，各测试点灰度符合理想灰度范围要求。

同样测试环境下，其他瞬变脉冲群条件，

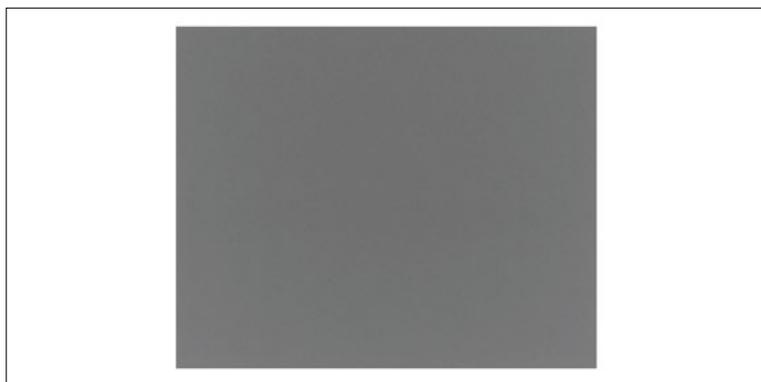


图 8. 叠加脉冲群时 AEC 曝光图像

	Area	Mean	Min	Max
1	825.846	625.719	600	650
2	755.562	623.702	595	648
3	1359.456	636.426	615	660
4	965.491	613.407	588	637
5	1161.086	614.761	588	639

图 9. 各测试点灰度值结果

AEC 曝光时波形及图像灰度未受影响, 包括: 100 kHz/-1kV、5kHz/1kV、5kHz/-1kV、100kHz/2kV、100kHz/-2kV、5kHz/2kV、5kHz/-2kV, 新型电离室具有很好的抗干扰性。

综上所述, 新型电离室性能可靠, 具有很好的抗干扰性, 可以较好地满足临床摄影要求, 具有较好的实用价值。

参考文献

- [1] Boag JW. Radiation dosimetry. Vol 2. New York: Academia Press, 1966. 112171.
- [2] 王先运, 刘世民, 王鹏程, 等. 新型电离室的设计与应用研究 [J]. 中华放射学杂志, 2001, 第 6 期.
- [3] 新开英秀, 江副正辅, 重谷 升, 他. 患者被曝线量计として开发した二重电极型电离箱の特性评价. 日放技会誌, 1994, 50:15652-1572.

(上接第 42 页)

选择合理的介入途径^[5]。由于一些肿瘤存在多血管供血的情况, 并没有完全栓塞, 如果不在介入治疗之前进行 16 层螺旋 CT 血管成像, 很容易出现漏栓。16 层螺旋 CT 血管成像能够将三级以上的细小血管清晰的显示出来, 根据 DSA 检查发现, 16 层螺旋 CT 血管成像对肿瘤血管走行和来源的显示完全符合 DSA, 具有较大的准确性^[6]。16 层螺旋 CT 血管成像技术还具有三维重建功能, 也就是在观察血管走行时能够选取多个角度, 而 DSA 则只能进行二维观察。本次研究中的 2 例患者通过 16 层螺旋 CT 血管成像检测肝部固有动脉闭塞, 主要是由于多次栓塞治疗造成的, 肋间动脉对肿瘤进行供血, 然而使用 DSA 造影却没有发现这一情况。为了谨慎起见, 没有对这 2 例患者进行经肝动脉肝癌栓塞治疗, 以免患者的脊髓受到脊髓栓塞的破坏。

在介入手术中要选择合适的导管, 此时可以借助 16 层螺旋 CT 血管成像对血管走行的显示。在本次实验中发现, 有 12 例患者腹腔动脉三级分支以前的单处弯曲角度小于 90 度的部位为两处或两处以上, 2 例患者的弯曲角度在 75 度以下。这就需要使用轴微导管来进行介入治疗。其他患者则使用 4F 导管进行介入治疗。轴微导管的价格比较昂贵, 对于大部分没有出现上述两种情况的患者而言, 在介入治疗之前先进行 16 层螺旋 CT 血管成像, 能够帮助患者节约手术费用。对于需要使用轴微导管的患者, 医生也可以以 16 层螺旋 CT 血管成像的结果为依据, 与患者进行沟通, 避免医患矛盾。

综上所述, 16 层 CT 螺旋血管成像在肝癌介入治疗中有着非常重要的指导意义, 应该先对患者进行腹腔动脉多层螺旋 CT 血管成像, 然后再进行肝癌介入手术, 能够提高手术的效果。

参考文献

- [1] 刘永保, 郭利军, 陈希斌. 多层螺旋 CT 后处理重建技术对于肋骨骨折的临床应用 [J]. 齐齐哈尔医学报, 2011, 32(17):2812.
- [2] 张红军, 常树勋, 张向锋. 64 层螺旋 CT 在肋骨骨折诊断中的应用价值 [J]. 中国现代医药杂志, 2012, 14 (6): 65-67.
- [3] 段建航, 席德彦, 朱坤. 16 层螺旋 CT 后处理技术诊断隐匿性骨折的应用价值 [J]. 实用医学影像杂志, 2011, 12(5): 303-304.
- [4] 曾文兵. 128 层螺旋 CT 全脑灌注诊断脑肿瘤的应用研究 [J]. 临床肿瘤学杂志, 2010, 8(15):740.
- [5] 关文华, 陈殿森, 李志军, 等. 肾癌患侧肾动脉变异及其对根治性肾切除术影响的 MDCTA 评价 [J]. 放射学实践, 2012, 27(3):313-316.
- [6] 吴岩, 唐朝朋, 周文泉, 等. 计算机断层扫描血管成像在后腹腔镜肾癌根治术中的应用 [J]. 医学研究生学报, 2012, 25(12):1277-1280.