

医疗诊断可望改用小剂量 X 射线

朱 爱 民

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

X 射线的发现已有一百多年,但百年前那个实验的情景却鲜活地印在一代又一代人的脑海中.1895 年 11 月 8 日晚上,德国物理学家威尔姆·康拉德·伦琴在一间暗室中做紫外线辐射物理实验,他将所用的克鲁克斯管用黑纸包住,在离管子不远处放上一张涂有氰化钡铂的纸片当作屏幕.实验中,伦琴在纸屏上看见了发亮的荧光,他大感意外,因为那管子可是用黑纸包紧的,不可能透光啊.伦琴决定对这一怪异的现象进行研究,他将纸片的没涂氰化钡铂的一面转向克鲁克斯管,但纸屏仍然发光;再把纸屏移得更远些,荧光仍在;在纸屏和管子之间放上几样东西,奇怪的是这些东西仿佛都成了透明的了,那奇怪的光线都能穿过去;更有甚者,当手掌在管前移动时,屏幕上竟清晰地打出了手骨图象.至此,伦琴意识到这是“一种新的射线”.为了证实自己的发现,伦琴多次重复已做过的试验,并加以改进.1895 年 12 月 22 日,他终于成功地拍摄了一张伦琴夫人左手的照片,那照片上有清晰的骨骼图象,同时还留有一枚戒指的图象.12 月 28 日,伦琴向维尔茨堡物理医学学会递交了论文初稿,由于当时尚不了解这一射线的本质,他将其称为 X 射线.1896 年 1 月,全世界的报纸都刊登了伦琴的重大发现,并附上了那幅奇妙的手骨照片.这就是 X 射线发现的经过,它与许多新的发明和发现一样,既具偶然性,又带戏剧性.这一发现很快得到科学界的认同,许多科学家马上预计到 X 射线的重大实用价值.可以毫不夸张地说,X 射线的发现改变了科学的进程.

受到手骨照片的启发,医生们立即发现了 X 射线在医学诊断方面的应用价值.就在 X 射线发现的当年,牙科医生们就用它来拍摄病牙

的照片,与此同时,外科医生也很快意识到这种射线可以帮助他们检查骨折.因此我们完全可以说,X 射线带来了医学诊断史上的一大突破,它使医生们首次得以不通过外科手术就能看到人体内部的情形.

但是,X 射线也有其有害的一面.初期,由于不了解辐射对人体的危害,研究工作者和射线诊断操作人员常被射线灼伤或受伤.发明家爱迪生的一名助手在研究荧光 X 射线管时就受到射线的伤害,短期内造成头发脱落,皮肤溃烂,几年后就罹患癌症而死亡.据报道,到 1922 年,共有 169 名放射工作者因辐射伤害而死.在 X 射线医疗诊断和治疗中,辐射诊疗工作者和接受射线照射的病人也都有受到辐射损伤的危险,但病人所受的辐射危害需经较长时间才能看得出来.英国从 1956 年起对本国小儿癌症死亡情况进行调查.其后的 20 年他们共登记了 7000 多例死于癌症的儿童.将其中拍过 X 光胶片的患儿与对照组进行比较发现,高于自然发生的儿童癌症的死亡超过率为每百万人每 0.01 希沃特(1 雷姆)572 人,这个发癌率是相当高的,因此使人们认识到妊娠初期的放射检查对胎儿所造成的危害.联合国原子辐射效应科学委员会 1994 年也在一份报告中指出,高剂量的 X 射线会造成原发癌的增加,特别是甲状腺癌的增加.实践告诉我们,X 射线是危险的,必须谨慎对待.

那么,我们能用什么东西来替代 X 射线呢?在伦琴发现 X 射线 50 年后,出现了另外一些辐射技术.人们制造了一些带有放射性的物质,医生们将这些放射物引入人体,通过监测它所发出的辐射来观察它在人体内或某个特定的器官内的分布情况.用来记录这些图象的‘照相机’也与传统上使用的胶片不同,它们通常是由

碘化钠等闪烁材料做成的阵列,用来吸收光信号.为了使信号更加清晰,一般的方法是使用光电倍增管将微弱的光信号加以放大.但是,这一技术也像 X 射线一样,只能提供三维图象的两维投影,不能提供直接的深度信息,其精度也只有 0.5 厘米,不能满足许多放射学研究的需要.

1972 年,英国电器和公用事业公司的戈弗雷·霍斯费尔德作出了一个重大突破,解决了深度信息的问题.他发明的计算机辅助断层扫描仪(CT),将一个很窄的扇面 X 射线绕病人的身体旋转,并用一台弧状高压气体探测器来记录图象,X 射线会在探测器内产生小小的火花.根据这些信息,可以重建病人身体每个断层的二维图象.目前 CT 扫描仪已成为一种重要的诊断工具,可称得上是医学诊断战线的一门重炮.但通常的 X 射线检查,仍使用照相胶片来记录,它依然是第一线的诊断工具.

在医学应用方面,数字成象法开辟了新的路子,但在许多场合,胶片仍然是主要的记录媒体.后来,人们又用激光扫描仪或电视相机对胶片图象作数字化处理.但如采用光电二极管或光致发光屏就可免用胶片.这类技术很有前途,但目前尚未形成气候.

X 射线在生产和生活中的广泛应用,是纯科学研究生成丰富而实用的副产品的最为经典的范例.作为物理学家的伦琴可能从未想到要去寻找新的医学诊断工具.他所从事的研究的最初目的是纯基础物理学的,在物理学研究中他也很成功,并于 1901 年获得了有史以来的第一个诺贝尔物理奖.伦琴发现 X 射线是物理学的重大转折.

在获悉伦琴的发现之后,英国剑桥卡文迪许实验室的卢瑟福马上停止了正在进行的无线电电报方面的研究,转而研究 X 射线.20 世纪初,卢瑟福成为亚原子物理研究的领头人.他在 1911 年发现原子核,转而研究亚核物理和基本粒子物理.为了观察这些小碎片的行为,物理学家们用上了云雾室或气泡室.

人们用照相的方法将千百万条云雾室或气泡室的径迹记录下来.各大物理实验室都雇佣

了许多扫描员,对胶片进行仔细扫描,以期发现某种反常的迹象.这是一种相当累人的研究方法.60 年代中期,波兰出生的法国物理学家乔治·恰巴克开始寻找不用照相就能研究粒子径迹的方法.我们知道,当高能粒子通过气体时,会对气体进行电离,而在身后留下一串破碎的原子.如果加上高压,这些电离就会造成火花飞越,这就是所谓的‘火花室’,它是 60 年代初发展起来的又一种观察粒子径迹的方法.但恰巴克并不满足于火花室的成功,他坚信还可找到更为灵敏的方法来探测这些电离.

1908 年,卢瑟福和盖革研制了一种称为‘正比管’的高强度器件.当一个粒子通过这样的正比管时,它能从管内的气体上剥下电子.这些电子被吸向正极丝,在其身后产生更多的电子,这就是所谓的电子‘雪崩’.如果这种电子雪崩产生一个信号,就表明有一个粒子通过了.从原理上讲,这样的正比管做成的阵列可以用作粒子探测器,但由于它的直径只有几个厘米,是不能满足粒子探测的需要的.

1968 年,恰巴克提出了一个光辉的设想,使用几个毫米间隔的平行正极丝阵列,夹在两个阴极平面中间,这就是多丝正比室,简称 MWPC.当高能粒子穿过多丝正比室时,会产生电离电子,室内很强的电场能使电离电子更快地反应,并更匀速地运动,也可作更可靠更快速的读出.这种多丝正比室很快就成为粒子物理学研究中的常用探测器,并最终取代了气泡室.但是,恰巴克不满足于多丝正比室在物理研究中的巨大成功,因为他认定这种新探测器还可以有另外的用途.

如果有一个电离‘击中’离其最近的 MWPC 丝,这显示有一个粒子通过.但从一根丝上给出的这类信号只能提供一维信息.为了构建一幅完整的图象,物理学家们还必须了解这一电离击中发生在丝上的多远处.

在高能粒子物理研究中,这一工作是通过监测各层多丝正比室的方法来完成的,连续排放的各层灵敏丝是按交替的方向布置的,可以提供这一击中信息的 x 和 y 坐标.但低能粒子,

如由 X 射线产生的粒子,很难穿透一层以上的多丝室,因此人们必须采用别的一些方法来构建出一幅完整的图象。

将电子从原子上剥离后,原子核周围就会留下大量的正离子.这些正离子在电场中也会运动,但其运动方向正好与电子的运动方向相反.欧洲粒子研究中心的研究表明,这些由正离子产生的信号可以帮助人们确定这些电离粒子从何处通过.伯克利实验室的维克托·佩雷兹—门德斯率先提出了一种读出方法,从而开辟了 X 射线研究的新途径,但他的方法尚未达到医学诊断所需的灵敏度。

俄罗斯新西伯利亚布德克核研究所的仪器专家成功地将多丝正比室与古典的伦琴射线源联系起来,最终省却了照相胶片.他们设计的 X 射线照相机由一个指向 X 射线源的扇形丝阵列组成,留有一个 0.5 毫米的水平狭缝.为了减小视差,相机中的每根正极丝都指向 X 射线管的焦点.射线源、狭缝和相机作垂直运动,形成一次模型曝光.机械扫描约需 8 秒钟,但是每个水平断面的曝光只有 12 毫秒,病人的轻轻移动也不会严重影响成象的质量。

布德克所的第一台 X 射线照相机安装在莫斯科的妇幼保健中心.医生们用这台相机对 1500 名孕妇进行了检查,每个孕妇所受的剂量仅为 40 毫伦,只占普通 X 射线源的剂量 1700 毫伦的 2.35%! 根据对骨盆和婴儿头围的测量结果,医疗专家可以对孕妇顺产的可能性提出定量估计,从而在早期就能确定是否需要施行剖腹产术。

几年以前,伦敦大学学院的一组人对新西伯利亚的装置进行了大量的测试,测试结论说:这种数字方法在所有情况下都提供了更好的结果,只有一个例外,即对于直径小于 1 毫米的高对比度的物体的情形,此时它的电子学系统受到了正极丝间距方面的局限。

如果用胶片,宽范围的 X 射线辐射传输强度意味着一幅图象可能包含视觉感觉不到的信息.X 射线胸透‘看到’了脊柱和肺,但不同的 X 射线强度与胶片的性能不匹配,肺和脊柱的成

象通常要分开单独曝光。

虽然布德克所的 X 射线照相机比较复杂,但售价并不太高.其中不带 X 射线管和电源的机型售价为 10 万美元,带有三个独立辐射站的 X 射线机价格约为 25 万美元.俄罗斯的几家医院已经购买了这种 X 射线照相机.多丝正比室之父恰巴克对布德克所的这一设计表示出慈父般的兴趣,并已为巴黎的一家医院引进了一台。

新西伯利亚布德克所的这一装置具有明显的优越性,因为它在诊断时所用的 X 射线剂量极小.但这种新装置目前并没有被广泛看好,其原因在于大型 X 射线设备供应商受到目前国际上通用剂量法规的保护,因而并不觉得有放弃目前所用技术的必要,所以仍在经销老设备.但诺贝尔奖获得者恰巴克直言不讳地说:“我们至今仍对 1986 年契尔诺贝利放射病心有余悸,但是在巴黎的医院里,那些脊柱有问题或关节脱臼的儿童在两年中需接受上百次 X 射线检查,他们所受到的总辐射量比契尔诺贝利的儿童更多.但是病人们忍受了这一剂量,因为他们觉得它对自己有好处.其实在多数情况下,新西伯利亚的这种 X 射线装置只用十分之一的剂量就可完成这些检查。”

X 射线发现已经 100 多年了,它仍然是重要的医学诊断工具,而照相胶片也仍然是记录 X 射线成象的主要介质.但是,人们现在已经认识到 X 射线诊疗中的累积剂量对人体形成的危害.目前的电子学探测技术可以实现对 X 射线的数字化记录,因而具有很大的优越性.病人在检查时所承受的辐照剂量可以小到常规胶片照相的 1%,这样小的剂量仅与天然本底源相当,因此它所用的 X 射线剂量可称为有效的‘零剂量’.并且,医生们还可通过对这些数字信息的处理,从同一个记录数据中获得不同部位的图象,譬如胸部和脊柱的图象,使病人免受二次照射之害。

随着科学技术的不断发展和人类对辐射伤害的更全面、更深入的了解,新一代 X 射线诊疗设备定将问世,它们将逐步取代老装置,为诊疗工作者和病人带来更大的福音。