

兽医放射学

华南农学院畜牧兽医系兽医内科教研组编

1961.9.

第一篇 绪论

一 兽医放射学的定义

兽医放射学是研究应用放射能及放射性物质，诊断和治疗动物的疾病，从而保障和提高畜牧业生产的科学。它包括的范围很广，有X线学、放射理疗学、放射性同位素及其他放射性物质在畜牧兽医学上的应用等。每个分析包括的内容都很丰富，玩弄都是单独成为一科的。

X线学为放射学中最主要的部分，内容包含有X线的机械、物理、及X线的检查技术和X线的诊断学等，其中又以X线诊断占主要的地位。放射理疗学系指各种光疗、各种电疗和X线治疗等，这虽与按摩、水疗、电疗等，都同属于物理治疗，但因它系藉辐射能进行治疗，故列于放射学范围内。放射性同位素及其他放射性物质在兽医学上的应用，主要是研究人工放射性同位素的应用，如藉其不踪的原理，用于生理生化方面的研究，此外亦可应用于诊断和治疗方面，由于其历史较短，在兽医方面的资料还不多，是亟待研究的尖端技术之一。

二 各种放射能

X线：

为了十九世纪最后几年间的两个巨大发现之一，是迅速流行的电子碰到物质之处产生的一种新型辐射，它具有奇异的性质，可穿透许多不透明的物质，正如电子流一样可使许多物质发出荧光及使照相乳剂变黑，在医学、兽医学与技术上被广泛应用。

放射性和镭：

这是紧接着X线发现之后的另一巨大发现，由法国物理学家贝克勒耳(H. Becquerel)发现含铀的矿石具有与X线类似的放射能的放射现象，可使胶底感光和无气电离。不久以后，居里(Pierre Curie)和居里夫人(Marie S. Curie)发现铀的化合物与镭的化合物一样，可自行放出不可见的射线，并把这些性质称为放射性。随后又在含铀的沥青铀矿和铀钍云母的矿物中，发现有比铀还强烈得多的放射性，因此，他们推知其中除铀以外，必还有其他放射性更强到

的未知物质存在，经过他们艰苦的钻研，终于发现和提炼出一种新的元素名之为钷，钷的放射强度约为铀的200万倍。钷是天然的放射性物质，经常地在蜕变中，并放出 α 、 β 、 γ 三种不同的射线而成为另一种元素。它的半衰期为1590年。其中的 γ 射线具有与 α 射线相同的性质，但比普通的 α 射线短，穿透力极强，在医学上用于深层治疗。以后科学家们对放射性的研究获得了更多的知识，现在已知有四大放射系：

铀—钍系（起始元素 U^{238}_{92} ）

钍系（起始元素 Th^{232}_{90} ）

锕系（起始元素 U^{235}_{92} ）

釷系（起始元素 Pu^{241}_{94} ）

人工放射性物质：

约里奥、居里夫妇于1934年发现用 α 质轰击铝元素后，铝元素改变为放射性物质，可放射出中子和正电子。以后试验硼、铅、铀亦有同样的性质而被改变为放射性元素。这些改变后的元素的化学性质和原子序数与周期表中的同名元素完全一样，只是原子序改变和具有了放射性，故称之为人工放射性同位素。自1932年回旋加速器制造成功后，可以产生多种的放射性同位素。原子反应堆制成后，更大量生产，现在已发现的放射性同位素有数百种之多，几乎周期表中的每一个元素，都可得到其放射性同位素。根据放射性同位素的不同，可以放射正电子、 α 、 β 、 γ 等射线。利用其示踪的原理，可知道它在体内的吸收、分布、排泄以及对不同组织器官的选择性等，因而在生理、生化等方面可用以研究物质代谢、药物代谢，及临床诊断与治疗工作等。其中如放射性 ^{60}Co ，除放射 α 、 β 射线外，还放射穿透力极强的 γ 射线，可以代替贵重而稀有的具有天然放射性的铀进行治疗。

总而言之，各种放射线的本质不外是基本粒子辐射与电磁波辐射两类。属于基本粒子的如 α 粒子， β 粒子（电子）、中子、和质子（正电子）等。属于电磁波的如X射线、红外线、可见光、紫外线、 γ 射线等。

三、X线学简史

在十九世纪的最后几年间，在世界上曾有两个巨大的发现，这就是X射线和天然放射性。这两个巨大的发现，促进了很多科学部门的发展，它使人类得以窥知原子内部的秘密，从此打开了进入原子时代的大门，同时对化学的光谱分析，对晶体的研究，在机械工业中对金属及零件的研究都有重大的价值。在生物科学方面，同样产生了杰出的贡献。X射线的发现距今虽不过60多年的历史，在医学中按时间而论，尚属最年轻的一个分科，但是却给医学带来了巨大的革命。在兽医医学上真正的历史更短，但是亦给兽医学开辟了新纪元。

X射线是在1895年11月8日由德国的物理学教授氏（W. C. Roentgen）所发现。当时他在德国哥廷根大学物理研究所，以克鲁克斯氏阴极射线管研究阴极射线的特性，在暗室中当以高压电流通过阴极射线管时，发现放在管旁的涂有铂氰化钡的荧光板产生荧光，并且发现这种光线不仅可以透过黑纸和厚达二十页的书，更令人惊奇的是可以透过手掌而能在荧光板上显现出骨骼的影像。因此他确定了这是由于阴极射线管通过高压电流时产生的一种新的射线，当时因对这种新的射线还不了解，所以他称之为X射线。于同年12月28日，伦敦在哥廷根大学医学物理学会上读了一篇「论一种新的射线」的论文报告，把它公之于世，轰动了世界，后来为了纪念他的功绩，才又把X射线称为伦琴射线。

X射线发现后的次年，就立刻地被医学界利用作骨折和异物的诊断。在使用过程中，观察到病人及制造X射线机的工人的皮肤或深入组织，有受X射线伤害的迹象，不根据这个生物学作用而把它应用于治病，但由于对X射线的物理性质和生物效应还不了解，以致使患者和医生都遭受了X射线的伤害，后来再经过10年的过程，由于逐渐对其性质和作用判定得到了年，才初步掌握了X射线的作用。

在X射线加物理技术方面，也得到了巨大的发展，俄国的科学界在这方面亦起了重要的作用。如早在伦琴氏发现X射线以前的1885年，俄国物理学家卡门斯基（E. C. Каленский）就发现由阴极射线产生的射线可以照相，只不过没有把这一发现进一步研究和推广。X射线电发明后波夫夫（A. C. Попов）在X射线发现后仅三个月，也在俄国制成了一个X射线管，B. B. 哥利兹院士研究证明X射线是由阳极阴极电子撞击而产生的，物理学家П. Н. 列别杰夫1910年建议以钨或钨丝作阴极制造X射线管代替离子式X射线管。1931年才有电子式X射线管的制成。因此，后来近几十年中，由简陋的X射线机发展到有高度效能的精密的旋转阳极大型X射线机，使曝光的时间

由几十分钟缩短为几十分之一秒，治疗机的电压可高至几百万伏特。制造成功以半导体高压整流器代替高压汞整流管，将X线管的灯丝电流强度增强到原来灯丝电流强度的100倍，其他的X线器材亦有极大的进步。诊断方面由肤浅的简单的观察，发展到精确的病理解剖与病理生理的研究。治疗方面由X线和天然放射性的治疗发展到人工放射性同位素的应用，使放射学在医学中已成为一个独立的分科，并推广到在兽医学中的应用。

四、兽医放射学的发展简史

X线的发现及其在医学上的应用，迅速地引起兽医工作者的兴趣，对兽医放射学的发展起了启蒙的作用，在X线发现后仅3年(1898)X线检查即被应用到兽医学上来。最先在兽医学上应用X线的是德国的兽医学家特罗斯特(Tröster 1898)他以15—20分钟长的曝光时间，获得了第一张马个月令的马胎儿四肢X线照片。于同年6月号的兽医科学杂志上发表其应用X线检查马胎儿的报告。在同年8月号的兽医科学杂志上，爱别尔林(Eberlein)又发表了相类的报告。1899年俄国的兽医学家马利采夫(Малицев)也做了在马驹身上应用X线的实验，并将实验结果发表在兽医科学杂志资料上。以上就是兽医放射学历史的开始，但当时限于是医学内科学发展的开端，截取一个马胎儿的尸体，所需曝光时间竟长达15—20分钟，故即使是最乐观的人那时也失去X线将在兽医学上应用的信心。所以这个时期对X线学在兽医学上的实际应用有很长的距离的。

至1923年以后，兽医X线学才获得较大的发展。1923年乌克兰的兽医学家(Мартин Вейзер)总结了过去的经验，编写了兽医X线学指南，这是第一个兽医放射学的著作，并由此在兽医学中始创了兽医X线学这一新的学科。但是还未能很好解决兽医临床上的问题。至1926年，德国兽医X线学家亨克路斯(P. Henkles)发表了他的著作，说明X线对动物的骨折、脱臼、关节内炎症、肋骨炎等疾病的诊断和治疗上的意义，对兽医X线学起了很大的推动作用。此后，则相继有许多学者创造了动物的X线检查的方法，除了骨折和关节以外，还应用到乳腺炎、子宫炎和子宫积水、大胃结石等的诊断，扩大了X线在动物应用的范围。

二十世纪的四十年代起，才是兽医放射学有更大发展的时期。尤其是在社会主义国家的苏联，使这门科学获得了巨大的进步。苏联兽医放射学的光驱魏斯尼可夫（А. И. Вишн-Яков）的著作“兽医X线学基础”，在1931年问世以后，使兽医X线学进入了一个新的时期。至1940年，他更总结了国内外兽医X线诊断的经验，编著了一本兽医X线学，作为苏联第一所高等兽医学校的教科书。这本书不仅成为兽医放射学工作者的主要参考文献，而且还是苏联世界上少有的兽医X线学教材。在他的主持下，较广泛地研究了消化系统的外科疾病，为应用X线充气造影诊断马和牛疾病等一系列的课题，并培养了大批兽医X线的人才。此外，苏联的其他学者们，还做出了很大的贡献。如伏克金（Г. Г. Воккен）在动物X线解剖及消化系统形态学的研究，获得了很大的成就，阐明了不少胃部的发育及消化的规律。杜马耶夫（Г. В. Думрачев）进行了马肺叶疾病的诊断；魏尔列尔（А. А. Веллер）进行了马气管疾病及野兔外科疾病的X线诊断研究；沙拉勃林（И. Г. Шарзбрин）研究了马皮肤的诊断，以及研究了乳牛矿物质代谢测定法，创制了X线造影剂染料，准确地测定动物矿物质的营养情况。齐哈米洛夫（Н. Л. Тихомиров）研究了绵羊肺叶疾病的诊断及其在便携式X线机的检查方法。哈赫罗夫（А. Л. Хохлов）研究了各种动物的骨折及牛的营养疾病的诊断。此外，尚有安德烈耶夫（П. П. Андреев）、维特科夫（В. И. Витков）、卡普拉洛夫（А. А. Капранов）、雅古斯金（Н. Л. Якушкин）等。对牛、马、猪、羊等的X线诊断，都作了有价值的贡献。在苏联，目前正把这门科学的成果，广泛地应用到兽医工作上，不仅在很多兽医诊所里有大型的固定式X线设备，而且还制造了大批的适于兽医使用的携带式X线机，使这门科学更能深入到国营农场和集体农庄的畜群中应用，直接为畜牧业生产服务。但与此相反，在资本主义国家里，兽医X线设备亦有一定程度的应用，但多偏重在马、猪、羊等小动物上，严重地脱离生产，主要是为了腐朽的资产阶级享主义服务。

在兽医放射学中，除X线学外，对其他放射能的利用，各国近年来有了很大的发展，在这方面，主要是关于原子能的和平利用的研究。使放射能同医药，已直接应用到畜牧兽医工作上，用以研究动物的物质代谢、药物作用机制和促进畜产品的生产等方面。

五 我国兽医放射学的现况及其成就

X线的整个历史只不过60余年，在我国医学界的利用，已有40余年之久，但由于我国解放前长期处在封建主义和帝国主义的统治，和其他科学一样，医学放射学的发展亦受到了莫大的障碍，只有少数的高级的机构和少数的放射学工作者在艰苦地坚持工作。直到解放以后，由于党的领导，这门科学才蓬勃地发展起来。根据汪绍训氏的报告（1955），就1954年的统计，我国放射学所发表的文章，就差不多相当于过去27年的总和，无论质上和数量上都有很大的进步。可见解放以来，这门科学发展的一般，这些成就也不能不归功于放射学发展的基础，我国兽医放射学的进步，无论在技术方法和设备上，很大的程度还受到医学放射学的诱导和启发的。

我国的兽医放射学，在解放以前是一个完全的空白点。国民党反动统治的几十年间，兽医界未有过一台X线机和一个放射线工作人员。但是在解放后，伟大的党迅速地消灭了这个空白点，在兽医科学领域内，创立了这门科学。不仅逐步地把它应用于生产上和研究上，而且还列为高等兽医院校的正式课程，有些学校已正式地开设了这门课。

我国最先在动物应用X线的是陆军兽医，如在英属下的长春兽医大学及大的军马兽医院等，多装设有不同形式的X线机，並用于马四肢骨关节疾病的透视和摄片检查。此外，在北京、天津、军动物医院工作中，亦有过X线的应用。经过在国内一部分的兽医高等院校，亦装置了X线设备和开始了不同程度的应用。华南农学院在1957年向始建立了较完备的兽医X线室，並进行了对猪、牛、马、羊等动物支持系统的骨关节疾患，及呼吸与消化系统的疾患开展了研究，特别在对猪喘气病的X线诊断研究，获得了优异的成就，跃居了世界的先进水平，並把这一成果应用于养殖业大跃进中，创造了在农村及农场大面积应用X线诊断检查以预防猪喘气病的经验。为了推广这一成果，1958年已为广东省内及国内四十多个单位分别举办了猪喘气病X线诊断检查技术训练班，至今在国内多省均已，以至广泛推广应用，大大地促进了兽医X线学的发展。

为了放射学的发展，党又建立起X线工业，奠定了年年的物质基础。早在1953年，我国就成功地制成X线管，最先在上海建立现代化的X线工业，由国营精密仪器厂大批生产

200 mA 100 KV 的固定式X线机及25 mA 85 KV 的移动式X线机。南京电子管厂已成批地生产中型的和小型的X线管。特别是在大跃进以来的1958年以来，在北京、广州等很多城市都相继地建立了X线的工业，生产着不同型号的X线机。所有的X线器材如蓝光灯、铅玻璃、钨极、X线胶片等，都已经能自行大批生产，做到了X线机器材基本能够自给。此外，又由于党制订了十二年的科学发展规划，还有苏联的无私援助，我国现已建成了原子反应堆，并已正式移交生产，使我国进入了原子时代，从而也促进了原子科学和放射性物质在我国医学上的利用。

解放以来，我国兽医放射学的发展是迅速的，其前景是无限的美好和宽广。但这门科学还是初级阶段的，在机器设备、技术水平和技术人员的教育上还没有能符合我国社会主义建设的需要。因此，任务是很艰巨的。我们全体兽医工作者和专业的兽医放射工作者，必须百倍努力，在本门科学中贯彻党的社会主义总路线的精神，和百花齐放、百家争鸣的方针，争取我国的兽医放射学要迅速赶上世界的先进水平，更好地为畜牧业的跃进，为社会主义的建设服务。

六、兽医X线学的作用和任务

现代医学对X线的作用评价是极高的，认为X线的发现，对医学来说，是继显微镜之后的第二次巨大革命。没有X线，医学就不可能获得今天这样辉煌的成就。因为它能使我们观察到活着的机体各器官的自然位置、形态和运动，并能观察到许多器官组织的病理状态，重新建立了解剖学、生理学和病理学的概念，因而现代的医生如果不懂得X线学，就好像不知道解剖学一样也是不可想像。以上虽然只是说明X线对医学上的作用，但其基本精神对兽医学来说，也是完全适合的。由于X线的作用，能够客观地反映出各器官的不同时期的病理解剖变化和功能的异状，可以帮助准确地确立诊断或提高临床诊断的准确性，从而能够合理地对待预后作出判断和正确地制订治疗方案、检查药物或手术的治疗效果。同时，应用X线进行广泛的预防性检查和早期诊断，对疾病能及早处理对预防为主的方针还有重要的作用。此外，X线对研究解剖学、生理学、病理学和许多其他科学，都有很大的意义。X线的生物学效应，尚能应用于疾病的治疗。因之对我们现代的兽医工作者来说，是需要学习的一个新科学，对于专业的工作人员当然要求掌握理论和应用这

门科学，对于一般的兽医人员，也是一门不应缺少的知识。

放射学本系医学中最年轻的分科，而兽医X线学之年轻和薄弱，更可想而知，因之它的应用还远不如在医学上的广泛和重要。所以兽医X线学的任务，就是在以予防为主的方针指导下，早期确定诊断，防止疾病的严重化和传播，以提高防治的效果，保证畜牧业的发展和提高畜产品的生产率。为此，一方面要把已有的成果进一步推广应用到兽医工作上，同时继续大力研究动物新的检查方法和发现新病的诊断法，提高其诊断的准确性和扩大X线在兽医上应用的范围。

虽然有许多疾病有赖于X线的检查才能确诊，但亦有不少疾病X线完全不能作出诊断，或者只能提示，意见快给临床参考。因为X线诊断系根据有机体组织器官对X线的吸收率的变化而作出的，但有一部分疾病在X线通过中，却并不伴随组织器官对X线吸收率的改变或改变不明显，因而对某些疾病的诊断作用就无力。所以X线学在兽医学中的地位不能是孤立的，而是作为并体的重要部分之一，它与基础科学和临床科学是彼此密切配合，才能充分发挥X线学的作用。

七、兽医放射学与其他课程的关系

兽医放射学是一门临床的科学，它的对象就是活的牛马，但它又是各门临床课的共同基础，是直接为各门临床科学服务的，它在兽医学中是不能孤立的，与各科有着密切的有机联系，是并体的一个部分。但放射学本身亦需要一定的基础，它是建立在物理学、化学、解剖学、生理学、病理学等基础上，同时还必须懂得内科学、外科学、传染病学、寄生虫病学和产科学等各门临床科学，对各种不同科别的疾病要有相当的了解。例如，X线诊断的特质，是根据所得的阴影来进行的，而诊断的对象却包括各科的疾病，所以必须从一个整体上去找明病变的性质和作出诊断，除了要具备有关的基础以外，也就不能不具有相当的临床知识。所以兽医放射学除了具备如上述的基础科学，尤其是解剖生理和病理学外，同时还必须具备广泛和良好的临床科学基础。

第二篇 X线学

X线诊断的机械物理基础

第一章 X线机的构造原理

一 X线的产生

高速运动的电子流突然撞击着物体(阳极靶面)而受阻碍时,在撞击点上即产生能的转换。电子动能的大部分(99.8%)转变为热能,小部分(0.2%)转变为波长极短的电磁波,这种电磁波就是所谓X射线。因此,要产生X线,就需要有电子的束流,使电子高速运动的高电压和阻碍运动着的电子的阳极靶面等三个基本条件。

二 X线管

(一) X线管的概念

X线管是X线机中的主要部分,它本身是一个精密的高压真空管,X射线就是由此产生的。X射线管由阴极,阳极(对阴极)和玻璃管构成。旧式的X射线管为一个密封的管内含气体

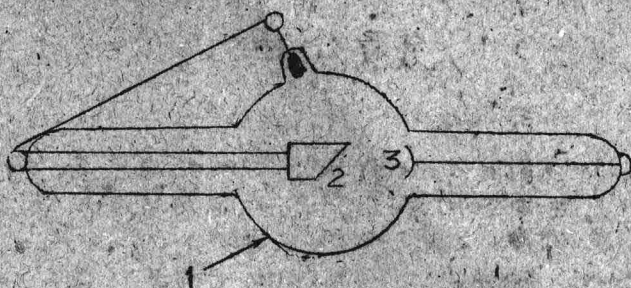


图1 含气X射线管

1 — 玻璃管; 2 — 阴极; 3 — 阳极

的管子，所以又称充气X射线管（图1）。当两端加以高电压时，管内的残余气体产生电离，电子受强电场的作用，而高速向阳极推进，这一股阴极射线撞击到阳极面上则产生X射线。但因X射线管中通过的电流大小与管内的气压有关，而这气压是难以控制的，因此X射线的质和量就无法调节，故这种X射线管现在已不采用，目前已被热阴极X射线管（图2）所代替。

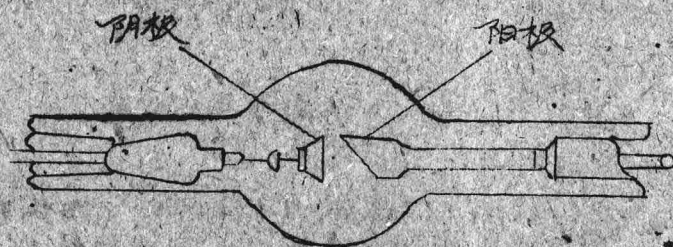


图2. 热阴极X射线管

这种管子与充气管有所不同，它是高度真空的，管内约等于 10^{-6} — 10^{-7} 毫米水柱气压。阴极为一钨制灯丝，当通电流使之灼热时散射出电子，这些电子受高压的作用，高速射向金属制成的阳极面而产生X射线。X射线的质量能力可随阳极的金属和电压的大小而定，阳极电位愈高，则电子运动愈速，X射线的质量能力就愈强。而X射线的量则由灯丝所放出的电子多少而定，灯丝的温度愈高所产生的X射线愈多。故此产生的X射线的质与量能够自由控制和调节。现代X射线管的种类虽然很多，但都是根据这些基本原理构成的。

（二）X线管的构造

（1）阴极：

为放射电子的源泉，同时也把电子集中射向阳极的反射面。阴极为钨制的灯丝，因为钨的熔点高，蒸发率低，加之它坚固价廉。若使用低压电流（8—10V）通过钨丝把它加热时，钨丝上的电子由于得到了足够的能量，则能逸出表面。金属的温度越高时，发射的能量越多，逸出的电子就越多，但寿命也会随之而缩短。图3为灯丝寿命与灯丝温度关系曲线，使用时应加注意。

一般灯丝都装置在钨钨合金的集射罩内，灯丝一端与罩相接，使灯丝所放射的电子因罩的排斥不散乱，而沿阳极的吸引方向集中射向阳极的一小块反射面上（焦点）。现代的X射线管多采用线焦点，即把灯丝做成一线形，再因阳极的角度关系，可使有效焦点面积缩小（图4），因而透视或摄影的影像清晰。焦点越小，影像越清晰，但焦点愈小，而X射线也越少，故为增进使用效果，有的装有两个灯丝，大的为大焦点灯丝，小的为小焦点灯丝，可以选择使用，称为双焦点X射线管。

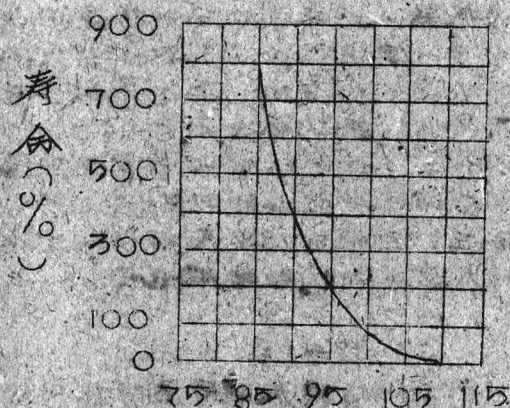


图3 灯丝加热与其寿命关系曲线

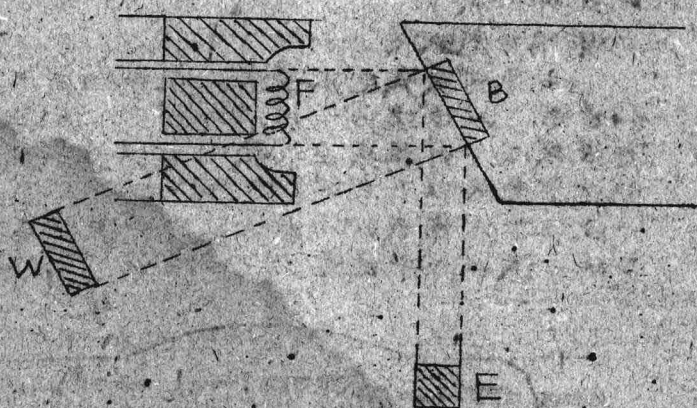


图4 灯丝与焦点投影

F — 灯丝
W — 实际焦点
B — 阳极反射面
E — 有效焦点

2. 阳极(对阴极)：

原用以承受电子的撞击而发生X射线的地方，普通的阳极为一铜柱，柱内制成斜面，斜面上贴有一块钨块。从阴极飞来的高速运动的电子撞向阳极反射面时，大部分动能转变

为热能，但由于使用的需要焦点又须要求甚小，大多的热能集中于小焦点上，以致阳极熔化蒸发而损坏，所以构成阳极的物质要求熔点高，原子序数及原子量要大，同时导热性大和不易蒸发。钨的熔点为 3400°C ，原子序数为74，原子量为184，故用以作为承受电子撞击的靶子，但钨的导热性不高，而铜的导热性却较钨大三倍，所以用铜制的管子支持钨制的靶面，因钨的熔点高则不易熔化，又因铜的导热性大，则产生的大量热能，能藉铜柱传导散去。

3. 玻璃管：

它的作用是支持着阴极和阳极，使两极间有一定的距离和绝缘力，在加上高压时不产生火花跳越，同时保持管内高度的真空。现在应用的玻璃管多为细长圆管状，不易能耐高温的原子量低的特殊玻璃质玻璃制成，玻璃壁须有足够的厚度，但为减少对放射线的吸收，在X射线的放射窗加以磨薄。

(三) X线管的分类：

1. 按用途的分类：

(1) 诊断用X射线管：

主要特点是电压较低，通常约在30—120千伏左右，而电流为1.5—500毫安，阴极与阳极距离较近，对焦点要求愈小愈好，一般的线焦点多在数平方毫米以下（有效焦点面积）亦有制出至 0.3×0.3 平方毫米的诊断管，为带有数百瓦至数百瓦至数千或数千瓦者。

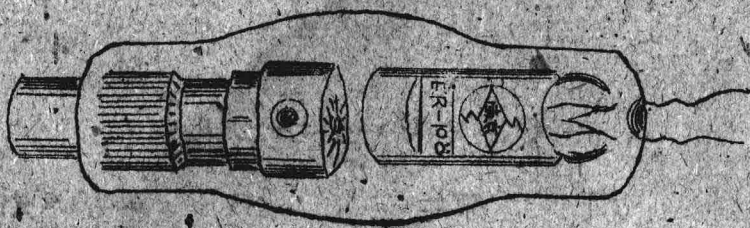


图5. 国产ER-100型诊断X线管

(2) 治疗用X射线管：

又分表层、中层及深了治疗之用，除超高压治疗

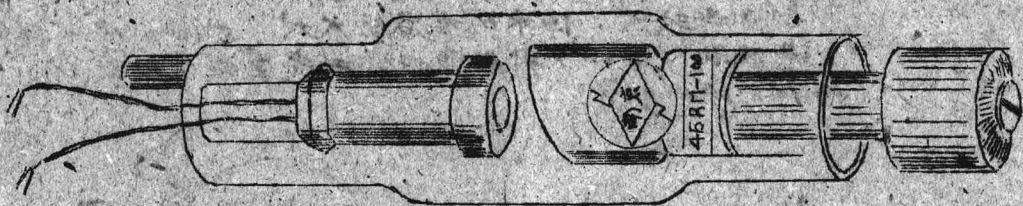


图6. 国产45DM-100型诊断X线管

管外，使用电压有200千伏及400千伏以下者，亦有150千伏以下的表面治疗管。治疗用X射线管因电压甚高，故外形较大，阴极与阳极距离较远，X射线出入口处装有各种金属的滤过板，剂量较大，使用的管电流较低，约为3毫安至数十毫安，适用于连续负荷。

2. 按散热方法的分类：

(1) 空气自冷式X线管：

这种X射线管是利用热的传导和辐射作用，先将阳极靶把焦点所产生的热传去，再利用末端的散热板把热散去。散热板多为扇叶式，用铝或紫铜板制成固定起来，因与空气接触面积较大故可将热散于空气中（图7）。此外，亦有强力风冷式者，用风吹以利散热，空气冷却式管适用于低电流长时间使用。

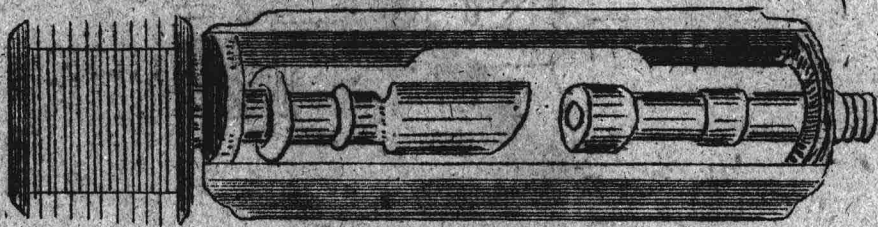


图7. 空气自冷式X线管

(2) 水冷式X射线管：

将阳极靶装成空心的圆筒，通至管外，外接一金

层球，称为水窗，注水入内。因水的导热力较高，所以散热率较大，但水的热容量不大，故瞬时照射受到一定限制。此种X射线管作小功率连续使用最适宜，但冷却须用软水。

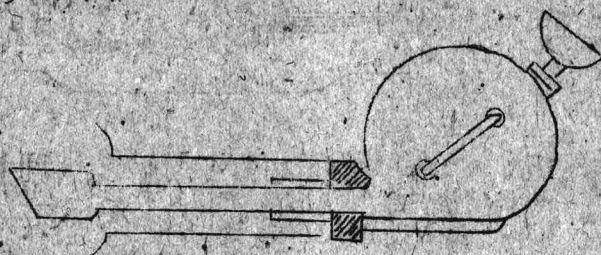


图8 水冷式X射线管

(3) 油冷式X射线管

是将X射线管置于绝缘油内，又分油浸与油循环两种。油的热容量大，短时间可吸收较大量的热，且

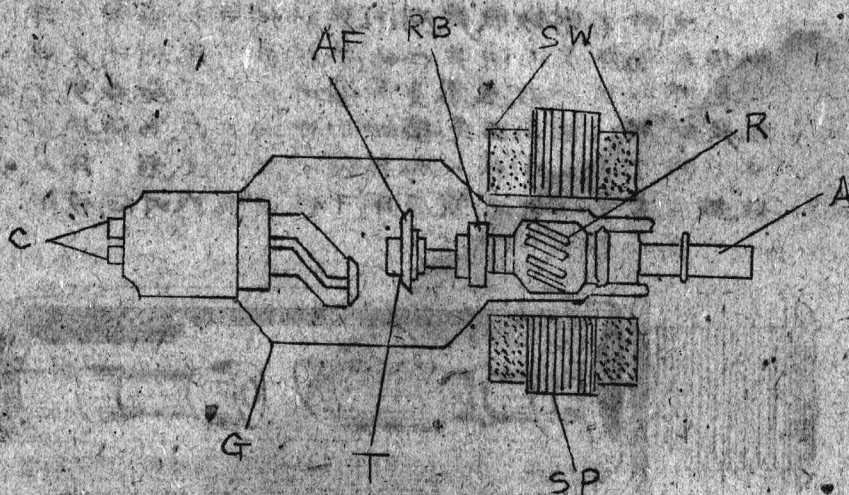


图9 旋转阳极式X射线管

- | | | |
|----------|----------------|-----------|
| A — 阳极柱 | AF — 阳极面 (15°) | C — 阴极端 |
| G — 散热壁 | R — 转动子 | RB — 轴承 |
| SP — 固定子 | SW — 固定子线圈 | T — 钨钨盘阳极 |

其绝缘力强，故今多采用，但油之散热率不大，故宜于大功率短时间使用，一般诊断X射线管多用此式，而不宜于低电压连续使用，因供不及空气冷却或水冷为佳，所以治疗机的X射线管多用油循环冷却法的，必用油浸式。

(4) 旋转阳极式X射线管：

其阳极为一圆盘形，使用时藉感应电动机的原理，阳极能高速转动（每分钟2700次以上）使电子的撞击点位于圆盘的几个环上，所产生的热分布于几个圆盘的边缘，较静止阳极的热量大为减少，故可使用很小的焦点和满负荷使用，但制造技术复杂，此种X射线管亦使用自冷式或油冷式装置。

二、高压发生装置

(一) 高压变压器的概念

X射线管必须有高压电把热阴极游离出来的电子推行，使其高速运动撞击阳极反射才有X射线产生，但城市所用的电流一般多为110至230伏特的交流电，这样低的电压是不能用于X射线机管的，故为了产生X射线必须把电压改变为理想的高度，为了达到这个目的，使用了高压变压器的装置。

变压器是一种利用电磁感应作用的能量变换的电气设备，输入的电能不能直接变为电能，再由电能变换为电能，当输入可变的电流为交流电时，变压器则能进行变压工作。变压器是利用两个相互独立，没有电的联系，线圈以进行电的变换，接于电源的线圈称为原线圈或初级线圈，而接于负载的线圈称为副线圈或次级线圈，两者依靠同一磁路感应产生不同的电压以完成变压的作用。原线圈副线圈与感应电压的关系如下式：

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

n_1 — 为原线圈匝数 n_2 — 为副线圈匝数
 E_1 — “ “ “ “ 电压 E_2 — “ “ “ “ 电压

故此高压变压器的原线圈与副线圈匝数之比很大，由1:250至1:1000不等。

(二) 高压变压器的构造

电子射线机所用的高压变压器是一种升压变压器。利用初级线圈上的低压电流通过磁芯作用，在次级线圈上产生所需的高压电动势。但由于电子射线机的特殊需要，如输出的电压高，电流小，通电时间比较长但负荷小，故射极管只需瞬时，但负荷功率甚大，故设计构造须注意这些特点，其构造如下述各点：

(1) 铁芯

为供初级与次级线圈围绕之用，高压变压器所用的铁芯多为C形或E形，以铜片叠成，当初级线圈接上交流电流后，铁芯上则产生一个与初级线路电流相同频率的磁通，通过次级线圈，依线圈匝数的不同而产生感应电动势。

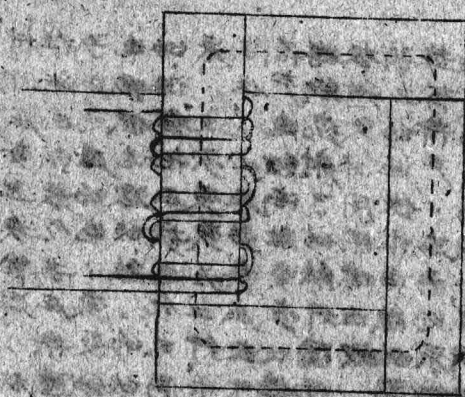


图10 C形铁芯结构

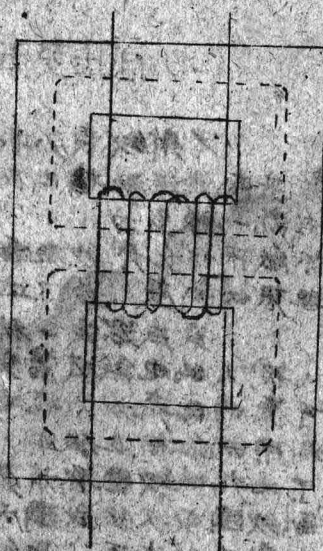


图11 E形铁芯结构

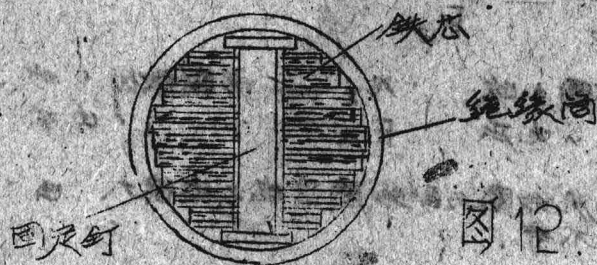


图12 铁芯截面的结构