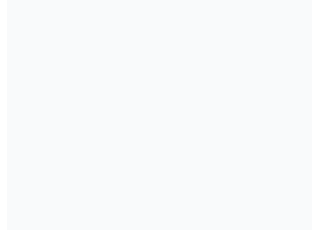


阴极射线 [编辑]

阴极射线（cathode ray），在真空中观察到的电子流。德国物理学家尤利乌斯·普吕克和约翰·威廉·希托尔夫于1869年首次观察到它们，1876年被尤金·戈尔茨坦·凯瑟琳命名为阴极射线。1897年，英国物理学家汤姆森证明阴极射线是由一种以前未知的带负电荷的粒子组成的，这种粒子后来被命名为电子。



电子管中的阴极射线束在亥姆霍兹线圈产生的磁场作用下弯成圆形。阴极射线通常是不可见的；在这个演示管中留下了足够的剩余气体，当快速移动的电子撞击气体原子时，气体原子就会发光。

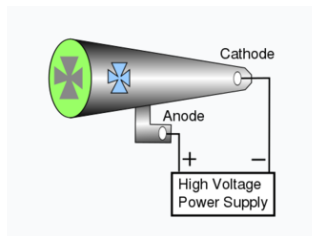
目录 [编辑]

1 基本概念	2.3 电子的发现	4.1 冷阴极X射线管研制
1.1 描述	2.4 真空管	4.2 不同粒径废阴极射线管玻璃砂对混凝土的影响
1.2 克鲁克斯管	3 性能	5 参考文献
2 历史	3.1 传播方式	
2.1 气体放电管	3.2 阴极射线与阴阳极关系	
2.2 阴极线	4 阴极射线管的应用	

1 基本概念 [编辑]

1.1 描述

阴极射线之所以如此命名，是因为它们是由真空管中的负电极即阴极发出的。要将电子释放到电子管中，首先必须将它们从阴极的原子中分离出来。在早期的冷阴极真空管中，称为克鲁克斯管(Crookes tubes)，这是通过在阳极和阴极之间使用数千伏的高电位来电离管中残留的气体原子来实现的。正离子被电场加速向阴极移动，当它们与阴极碰撞时，它们将电子从阴极表面撞出；这些就是阴极射线。现代真空管使用热离子发射，其中阴极由细金属丝制成，通过单独的电流加热。随着灯丝随机热运动的增加，电子从灯丝表面撞入真空管中。



连接到高压电源的克鲁克斯管

由于电子带有负电荷，它们被负极排斥，并被正极吸引。它们在空管中直线行进。电极之间施加的电压将这些低质量粒子加速到高速。阴极射线是不可见的，但是它们的存在最初是在早期的真空管中被发现的，当它们撞击管

版本记录

暂无

的玻璃壁时，激发了玻璃的原子并使它们发光，这种光叫做荧光。研究人员注意到，放在阴极前面的管子里的物体会在发光的管壁上投下阴影，他们就意识到一定有什么东西从阴极沿直线行进。当电子到达阳极后，它们通过阳极线到达电源并返回阴极，所以阴极射线携带着电流通过管子。

通过真空管的阴极射线束中的电流可以通过阴极和阳极之间的金属丝网(栅极)来控制，在该丝网上施加一个小的负电压。电线的电场使一些电子偏转，阻止它们到达阳极。通过阳极的电流取决于电网上的电压。因此，电网上的小电压可以用来控制阳极上的大的多的电压。这是真空管用来放大电信号的原理。三极管真空管在1907年到1914年间发展起来，是第一个可以放大的电子设备，并且仍然在一些应用中使用，例如无线电发射机。高速的阴极射线束也可以被施加电压的管子中的附加金属板产生的电场或线圈(电磁体)产生的磁场控制和操纵。它们被用于电视、电脑显示器和电子显微镜中的阴极射线管。

1.2 克鲁克斯管

- 克鲁克斯管。阴极(负极)在右边。阳极(正极)位于管的底部。



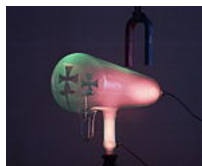
克鲁克斯管

- 阴极射线从电子管后部的阴极射向玻璃前部，通过荧光使其发出绿光。管子里的金属十字架投射出阴影，显示出沿直线传播的光线。



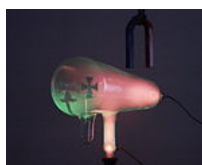
克鲁克斯管

- 磁铁通过管子的颈部产生水平磁场，使光线向上弯曲，所以十字的阴影更高。



克鲁克斯管

- 当磁铁被反转时，它会使光线向下弯曲，所以阴影会更低。这种粉红色的辉光是由阴极射线撞击管中残留的气体原子而产生的。



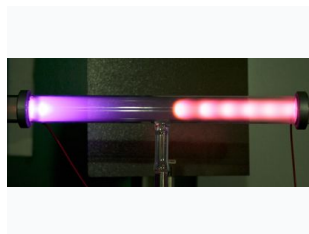
克鲁克斯管

2 历史 [编辑]

在奥托·冯·格里克于1654年发明真空泵后，物理学家们开始试验让高压电流通过稀薄的空气。1705年，人们注意到静电发生器火花通过低压空气传播的距离比通过大气压空气传播的距离长。

2.1 气体放电管

1838年，迈克尔·法拉第(Michael Faraday)在已经部分抽真空的玻璃管的两端的两个金属电极之间施加了高电压，并注意到一个奇怪的光弧，其起点在阴极(正极)，终点在阳极(负极)。[1] 1857年，德国物理学家和玻璃吹制者海因里希·盖斯勒用改进的泵吸出了更多的空气，压力约为 10^{-3} 大气压，他发现管子里充满了辉光，而不是电弧。由感应线圈产生的施加在管的两个电极之间的电压在几千伏到100千伏之间。这些被称为盖斯勒管，类似于今天的霓虹灯。



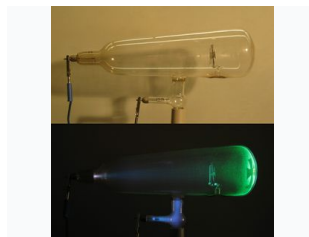
由电流引起的低压管中的辉光放电。

对这些效应的解释是高压加速了自由电子和自然存在于管子空气中的带电原子(离子)。在低压下，气体原子之间有足够的空间，电子可以加速到足够高的速度，当它们撞击一个原子时，会把电子从原子上撞下来，产生更多的正离子和自由电子，进而在链式反应中产生更多的离子和电子，这就是所谓的辉光放电。正离子被吸引到阴极，当它们撞击阴极时，更多的电子被从阴极中撞出来，这些电子被吸引到阳极。因此电离空气是导电的，电流流过管子。

盖斯勒管中有足够的空气，电子在与原子碰撞前只能移动很小的距离。这些电子管中的电子以缓慢的扩散过程移动，并且从未加速，所以这些电子管不产生阴极射线。相反，当电子撞击气体原子时，它们产生了彩色辉光放电(就像在现代霓虹灯中)，将轨道电子激发到更高的能量水平。电子以光的形式释放这种能量。这个过程叫做荧光。

2.2 阴极线

到19世纪70年代，英国物理学家威廉·克鲁克斯和其他人能够将管子抽至低于 10^{-6} 大气压的较低压力，这种管被称为克鲁克斯管。法拉第是第一个注意到阴极前面没有发光的黑暗空间的人。这被称为“阴极黑暗空间”、“法拉第黑暗空间”或“克鲁克斯黑暗空间”。克鲁克斯发现，随着他从管子中抽出更多的空气，法拉第黑暗空间沿着管子从阴极向阳极扩散，直到管子完全变暗。但是在管子的阳极(正)端，管子本身的玻璃开始发光。



克鲁克斯管。阴极射线从阴极(左)沿直线传播，并击中电子管的右壁，使其发出荧光。

正在发生的是，随着更多的空气从管子中被抽出，当正离子撞击阴极时，电子被撞出阴极，在撞击气体原子之前，平均而言，电子可以行进得更远。当管子变黑时，大部分电子可以直线从管子的阴极行进到阳极，并且不会发生碰撞。在没有障碍物的情况下，这些低质量粒子被电极之间的电压加速到高速。这些是阴极射线。

当它们到达管子的阳极端时，它们行进得非常快，以至于尽管它们被阳极吸引，但它们经常飞过阳极并撞击管子的后壁。当它们撞击玻璃壁上的原子时，它们将轨道电子激发到更高的能级。当电子回到原来的能级时，它们以光的形式释放能量，能量的释放会导致玻璃发出绿色或蓝色的荧光。后来，研究人员用硫化锌等荧光化学物质粉刷了内后壁，以使光亮更加明显。

阴极射线本身是不可见的，但是这种偶然的荧光让研究人员注意到阴极前面的管子中的物体，比如阳极和在发光

的后壁上投射出锋利的阴影。1869年，德国物理学家约翰·赫梯夫第一次意识到，一定有什么东西从阴极直线运动来投射阴影。尤金·戈尔茨坦将它们命名为阴极射线(德国凯瑟琳)。

2.3 电子的发现

此时，原子是已知的最小粒子，并被认为是不可分割的。而什么携带电流是一个谜。在19世纪的最后四分之一，克鲁克斯管被用来做了许多历史性的实验来确定什么是阴极射线。有两种理论。克鲁克斯和阿瑟·舒斯特认为它们是“辐射物质”的粒子，即带电原子。德国科学家埃拉哈德·威德曼、海因里希·赫兹和戈尔茨坦认为它们是“以太波”，是电磁辐射的一种新形式，与通过管子传输电流的物质是分开的。

这场争论在1897年得到了解决，当时汤姆逊测量了阴极射线的质量，显示它们是由粒子构成的，但比最轻的氢原子轻1800倍左右。因此，它们不是原子，而是一种新粒子，是第一个被发现的亚原子粒子，他最初称之为“微粒”，但后来根据乔治·约翰斯顿·斯通尼1874年提出的粒子命名为电子。他还表明它们与光电和放射性物质释放的粒子是相同的。^[2]人们很快认识到它们是在金属线中携带电流的粒子，同时也是携带原子的负电荷。

汤姆森因此获得了1906年诺贝尔物理学奖。菲利普·勒纳德也对阴极射线理论做出了巨大贡献，他因对阴极射线及其性质的研究而获得了1905年的诺贝尔物理学奖。

2.4 真空管

克鲁克斯管中使用气体电离(或冷阴极)产生阴极射线的方法是不可靠的，因为它取决于管中剩余空气的压力。随着时间的推移，空气会被管壁吸收，工作就会停止。

赫托尔夫和戈尔茨坦研究了一种更可靠和可控的产生阴极射线的方法，托马斯·爱迪生于1880年重新发现了这种方法。由金属丝制成的阴极被流过它的单独电流加热到发红，通过一个叫做热离子发射的过程将电子释放到管中。约翰·安布罗斯·弗莱明于1904年发明了第一个真正的电子真空管，它使用了热阴极技术，取代了克鲁克斯管。这些管子不需要气体来工作，所以它们被抽真空到一个较低的压力，大约是 10^{-9} 个大气压(10^{-4} 帕)。克鲁克斯管中使用的产生阴极射线的电离方法目前只在一些特殊的气体放电管中使用，如克里管。

1906年，德·福雷斯特发现金属线网格上的小电压可以控制通过真空管的阴极射线束中的大得多的电流。他的发明被称为三极管，是第一个可以放大电信号的装置，并且革新了电气技术，创造了新的电子领域。真空管使收音机、电视广播、雷达、有声电影、录音和长途电话服务成为可能，并且是消费电子设备的基础，直到20世纪60年代，晶体管结束了真空管时代。

阴极射线现在通常被称为电子束。在这些早期电子管中开创的操纵电子束的技术在真空管的设计中得到了实际应用，特别是费迪南·布朗(Ferdinand Braun)在1897年发明的阴极射线管(CRT)，该管被用于电视机和示波器。今天，电子束被用于复杂的设备，如电子显微镜、电子束光刻和粒子加速器。

3 性能 [编辑]

3.1 传播方式

像波一样，阴极射线直线传播，当被物体阻挡时会产生阴影。欧内斯特·卢瑟福证明了射线可以穿过薄金属箔，这

却是粒子应该有的行为。当试图把它归类为波或粒子时，这些相互冲突的性质引起了质疑。克鲁克斯坚持认为这是一个粒子，而赫兹坚持认为这是一个波。当汤姆森用电场来偏转光线时，争论就解决了。这证明了电子束是由粒子组成的，因为科学家知道用电场偏转电磁波是不可能的。这些也会产生机械效应、荧光等。

路易斯·德布罗意后来(1924年)在他的博士论文中指出，电子实际上很像光子，因为它们既作为波又作为粒子，就像爱因斯坦首先对光所解释的那样。1927年，戴维孙和革末用晶格直接证明了阴极射线的波状行为^[3]。

3.2 阴极射线与阴阳极关系

阴极射线有两个性质，一是垂直于阴极，二是带有负电，并且总是从阴极出发，终点与阳极无关。阴极射线从低压气体放电管阴极发出的电子在电场加速下形成的电子流。阴极可以是冷的也可以是热的，电子通过外加电场的场致发射、残存气体中正离子的轰击或热电子发射过程从阴极射出。

4 阴极射线管的应用 [\[编辑\]](#)

搜科学领域专业百科词条

创建

展开。中国原子能科学研究院唐丽华教授团队通过设计一款新的X射线管结构并采用一套新的X射线管制备工艺开展了冷阴极X射线管研制工作。其采用乙炔为碳源气,用化学气相沉积法,制备出超顺排碳纳米管阵列;然后将其作为电子源,研制了一种基于超顺排碳纳米管技术的冷阴极X射线管,并对其进行了性能测试。从绘制的I-V特性曲线分析,当栅极电压为2373 V时,得到最大发射电流为5.0 mA;使用小孔成像法测得的X射线焦点尺寸为0.6 mm×1.6 mm。在阳极高压130 kV以下,研制的X射线管工作稳定。此研究为研制脉冲X射线源以及静态CT安检系统奠定了基础^[4]。



制备好的X射线管实物图

4.2 不同粒径废阴极射线管玻璃砂对混凝土的影响

为了研究不同粒径废阴极射线管玻璃(Cathode Ray Tube,简称:CRT)玻璃砂对混凝土性能的影响,南华大学石建军教授团队采用四种最大粒径CRT废玻璃砂取代25%的河砂,同时掺入20%粉煤灰作为矿物掺合料配制成防辐射混凝土,并开展了混凝土相关性能的研究。结果表明:CRT废玻璃砂增大了混凝土的坍落度、表观密度,使得碱骨料反应膨胀率增大,混凝土抗压强度减小,混凝土屏蔽性能增强。随着最大粒径的减小,混凝土的坍落度、表观密度减小,立方体抗压强度先增大后减小,当最大粒径为2.36 mm时,立方体抗压强度达到最大值,碱骨料反应膨胀率减小,混凝土的防辐射效果有所增强^[5]。

参考文献

- [1] ^ Michael Faraday (1838) "VIII. Experimental researches in electricity. — Thirteenth series.," Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 128 : 125–168..
- [2] ^ Thomson, J. J. (August 1901). "On bodies smaller than atoms". The Popular Science Monthly. Bonnier Corp.: 323–335. Retrieved 2009–06–21..
- [3] ^ 郭奕玲, 沈慧君. 物理学史. 清华大学出版社, 2005:.
- [4] ^ 唐利华, 张国光, 周段亮, 柳鹏, 姜开利. [基于超顺排碳纳米管技术的冷阴极X射线管研制](#). 核技术, 2020, 74–79. [2020–06–10]
- [5] ^ 石建军, 廖校, 张志恒, 杨晓峰, 凌颜, 王灿, 王言曦. [不同粒径废阴极射线管玻璃砂对混凝土性能的影响试验](#). 硅酸盐通报, 2019, 1191–1195. [2020–06–10]

阅读 6685

知识·传播·科普