

GaoYa
FangDian
Yu
YanShi
XiTong



高压放电与 演示系统

● 肖如泉 王诗雪 王黎明 阳然 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

013023692

TM8
20

高压放电与 演示系统

© 肖如泉 王诗雪 王黎明 阳然 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



北航

C1630584

内 容 提 要

本书是介绍高压技术中气体放电的基础理论和放电演示的书籍，内容包括：高压放电的基础理论，高压放电的演示，产生高压放电的电源装置，高电压技术中的安全等；在附录中还收录了球隙放电电压表。

本书图文并茂，趣味性和可读性强，可供科普知识爱好者和科普工作者阅读，也可供电气技术人员参考。

图书在版编目（C I P）数据

高压放电与演示系统 / 肖如泉等编著. — 北京：
中国水利水电出版社，2012. 12
ISBN 978-7-5170-0487-5

I. ①高… II. ①肖… III. ①高电压—放电—基本知识 IV. ①TM8

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第311979号

书 名	高压放电与演示系统
作 者	肖如泉 王诗雪 王黎明 阳然 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 8.25印张 202千字 2插页
版 次	2012年12月第1版 2012年12月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	38.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

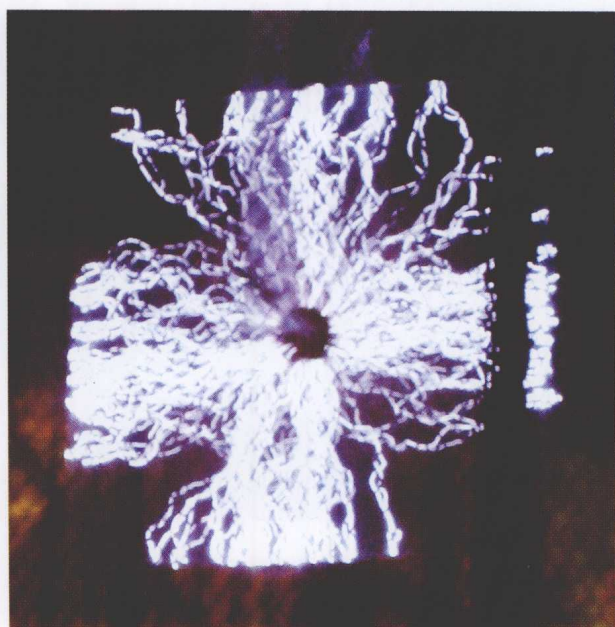
版权所有·侵权必究



清华大学二校门



法拉第笼放电



沿面放电



中国科学技术馆



中国科学技术馆高频高压放电演示



中国科学技术馆雷电放电演示

前言

20 世纪末以来，我国的经济得到了空前的发展。在科教兴国的战略指导下，我国的科技教育事业日新月异，同时人们已经意识到，由于资源的有限性决定了竞争是不可避免的，而所有的竞争归根结底是人才的竞争，所以必须大力发展教育事业，提高教育水平。培养有理论水平，有一定的实践经验，有经济、法律常识等复合型人才给高等教育人才培养提出了新的挑战。现阶段国内有许多的大学都在争取成为世界一流大学，为国家培养世界一流人才努力奋斗。

科普教育是教育事业的一个重要的组成部分，为其发展，我国投入了大量的人力和物力。除在北京建立了“中国科学技术馆”外，还相继在许多城市也建立了科技馆、博物馆。回顾历史，早在 20 世纪 50 年代，我国领导人周恩来等就规划过筹建科技馆的事宜，但直到 20 世纪 80 年代，在邓小平同志的关怀下，中国科技馆才真正开始筹建，到 1988 年 9 月开馆，邓小平同志亲自为科技馆题写了馆名。后来又建了中国科技馆的二期工程，于 2000 年 4 月展出。江泽民同志还为中国科技馆书写了“弘扬科学精神，普及科学知识，传播科学思想和科学方法。”的题词，由于我国科技馆又有了进一步发展，在 2009 年，中国科技馆又建设三期工程的新馆，使我国科学普及教育事业发展到了一个新的阶段。中国科技馆的三期工程所展示的内容更加的丰富，很多展品都是世界一流的，使参观者真正受到了科学的熏陶，科技馆事业为我国的科普教育做出很大的贡献。

在这些科技馆中高压放电演示项目成为了巨大的亮点，演示项目所用的高电压技术在能源、电力、医疗器械、环境保护等国民经济中起着非常重要的作用，在国民经济迅速发展的今天，高电压技术的重要性就显得更加突出，尤其是电力技术。由于高电压的传输，大都是利用空气作为绝缘介质，也就是大部分是利用架空线作为输电线，所以空气中的放电现象是电力工作者必须要不断地进行研究的课题。

当你站在静电发生器的绝缘台上时，几十万伏的高电位，将使你的头发竖立在你的头顶上，当你钻进法拉第笼里时，无论笼外的电火花如何强烈，

即使你的手挨着笼壁，对着放电火花，也可以安然无恙。演示时参观者被表演的效果深深震撼，但对高压放电的原理，高电压的产生以及高电压在国民经济中的作用等思考得不多。在观察高压放电现象时，人们往往也记不住播放的放电原理的录音，而参观后又很想对高压放电的原理、高压放电在电力工程中的作用有所了解。为此，我们特编写此书，一方面想通过它宣讲高压放电的科学普及知识，另一方面也想为从事高电压的科技工作者提供有用的资料参考。

在编写中，作者参考了2004年出版的《高压放电原理与演示》一书。在本书的编写中，北京市天润中电高压电子有限公司及清华大学高电压技术研究所对本书的出版给予了大力支持，中国科技馆的陈杰处长也为本书提供了许多的资料，在此一并表示衷心的感谢。作者还收集了其他的高压放电表演项目的资料，也收集了与表演有关的其他高压放电的素材。同时还参考了大量的电压技术图书，容知识性、趣味性和可读性于一体，使本书内容更丰富翔实。由于作者的水平有限，书中如有不足之处，敬请专家读者批评指正。

作者

2012年春

目 录

前言

绪论	1
第一章 高压放电的基础理论	3
第一节 均匀电场中的放电	4
一、巴申 (Paschen) 定律	4
二、汤逊 (J. S. Townsend) 理论	5
三、流柱理论	8
四、均匀电场与稍不均匀电场的击穿电压	9
第二节 不均匀电场中的放电	9
一、不均匀电场放电的几种形式	10
二、直流电压下的放电与极性效应	11
三、交流高电压下的放电	15
四、交流电压下沿固体介质表面的放电 (沿面放电)	16
五、雷电冲击电压下的放电	19
第二章 高压放电的演示	33
第一节 交流高压放电的演示	36
一、沿固体介质表面放电的演示 (简称沿面放电)	36
二、“雅各布电梯”放电的演示	38
三、高压绝缘子在淋雨状态下高压放电的演示	41
四、高压绝缘子在脏污状态下高压放电的演示	43
五、辉光放电 (glow discharge) 的演示	47
第二节 直流高压放电的演示	49
一、高压静电发生器的演示	49
二、极性效应的演示	53
三、稍不均匀电场放电的演示	56
第三节 雷电放电的演示	57
一、雷电击向房屋的演示	57
二、有避雷针和用法拉第笼的雷电演示	58
三、雷电放电时, 电极形式效应的演示	58

四、主动避雷的演示	59
五、避雷器以及低压过电压保护器	60
六、冲击电压下污水处理的演示	62
第四节 法拉第笼的演示	67
一、法拉第笼简介	67
二、球形法拉第笼的演示	67
三、六角柱形法拉第笼的演示	68
四、法拉第笼演示的电源	69
五、法拉第笼在高科技中的应用	69
第五节 高频高压的放电（特斯拉放电）演示	71
一、高频高压空气间隙的放电	71
二、“人体放电”的演示	72
三、“圆盘”放电的演示	73
第六节 高压静电除尘的演示	75
一、高压静电除尘简介	75
二、电除尘器原理	76
三、静电除尘的演示	77
第七节 跳环和磁悬浮铝盘的演示	78
一、跳环的演示	78
二、悬浮铝盘的演示	79
第八节 其他高电压演示	79
第三章 产生高压放电的电源装置	81
第一节 交流高压的获得	81
一、常用的调压器—试验变压器法	81
二、串联谐振电路法获得交流高压	84
第二节 直流高压的获得	86
一、半波整流电路	86
二、多种整流电路	92
三、高压串级直流发生器	93
四、提高频率的串级发生器电路	95
第三节 雷电高压的产生	95
一、人工雷电—冲击电压发生器	95
二、国内外雷电装置介绍	98
第四节 高频高压的产生（特斯拉发电机）	102
第五节 接地系统的设计	105
一、垂直接地体的设计计算	106
二、水平接地体的设计计算	107

第四章 高电压技术中的安全..... 109

第一节 人身安全和安全电压 109

第二节 安全距离和接地 111

第三节 高电压演示与高电压试验的安全 113

一、设有遮栏设备 113

二、一定的安全距离 113

三、有效的联锁 114

四、良好的接地系统 114

五、有效的消防设备 114

六、高压试验时具体的安全措施和注意事项 115

七、高压试验的其他安全事项 116

八、高压试验常用的安全用具 116

附录 球隙放电电压表..... 119

参考文献 123

绪 论

从本书的前言中，读者已读到了高电压技术在科学技术馆中的重要性，并且高电压技术在电力工业中起着更加重要的作用。在当今电气化、自动化和信息化的时代，假若没有电能的话，电灯不亮了，机器不转了，计算机也启动不了。一切都不好办了，只能回到原始的时代，这是不可想象的。

电能从哪里来？只能由发电厂发电以后，将电压升高，由高压输电线输送到目的地，然后再将电压降下来，降至日常能用的电压如 220V、380V 来使用。很显然，高电压技术是不能缺少的，否则，电能就输送不到用户了。我们可以通过图 0-1 来说明。

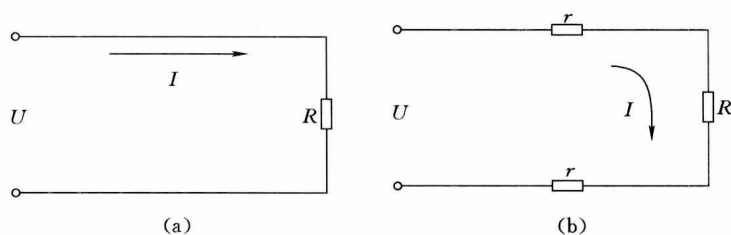


图 0-1 输电线路示意图
(a) 输电线路；(b) 等值电路
 R —负载电阻； r —导线电阻

图 0-1 中有一发电机，其容量为 100kVA，当输电电压为 500V 时，线路电流将达到 200A，而线路上有大约 2Ω 的电阻（导线电阻），很显然，线路上将会消耗掉 400V 的电压，而用户只有 100V 的电压了，这样大部分电压在线路上损耗掉了，用户只得到很少的能量。为了要把电能正常输送给用户，必须减小线路压降，其方法之一就是提高输电电压。假若将电压提高到 10000V (10kV) 的话，那情况就不一样了，同样输送 100kVA 的容量，线路电流就会大大减小，约 10A，而线路的压降却只有 20V，大部分的电压将加在用户上，这样用户也就会得到大部分的能量。这说明了：若要将电能正常地输送给用户，输送的能量越大，距离越远，输电的电压将越高。

从表 0-1 中也可看到，额定电压、输电距离与传输功率的关系，当额定电压为 6~10kV 时，输电功率约为 100~2000kW，输电距离约为 4~20km；当输电距离达到 100~600km、输电的功率为 100~1000MW 时，其输电电压将达到 220~330kV 了，否则，电能将传不到用户，而要损失在线路上。我国目前的输电电压还不止 330kV，运行的最高电压已达 1000kV，这已经是世界上最高的输电电压了。

表 0-1 额定电压、输电距离与
 传输功率的关系

额定线电压 (kV)	传 输 功 率 (kW)	输 电 距 离 (km)
6	100~1200	4~15
10	200~2000	6~20
35	2000~10000	20~50
110	10000~50000	50~150
220	100000~500000	100~300
330	200000~1000000	200~600

内部过电压的情况下也要能正常地运行。

为了提高广大观众对高压放电的基础知识的了解和各种放电的现象和原理的知识，本书做了较细致的介绍。

第一章高压放电的基础理论。其中包括均匀电场的放电，巴申定律，汤逊理论。流注理论等。不均匀电场的放电；沿固体介质表面的放电以及雷电的放电等。第二章介绍各种电压下的高压放电的演示，其中包括交流高压放电，沿面放电，雅各布天梯的放电，辉光放电等直流高压的放电演示，高压静电发生器的演示，极性效应等。雷电放电的演示，雷电击向房屋的演示，主动避雷的演示，避雷器和低压防雷过电压的介绍等法拉第笼的介绍；特斯拉放电演示，静电除尘的演示以及跳环和悬浮铝盘的演示等。另外，为了从事科普教育的同志们对高压放电和产生各种高压的电源装置有所了解。本书在第三章还介绍了各种获得高压电源的方法。基本原理，重要元器件的选择等，如直流高压，交流高压，雷电冲击，高频高压等。最后一章还介绍了从事高电压工作的安全问题。

由作者主编，2004 年出版的《高压放电原理与演示》一书，由于时间已过去八九年，科技馆事业有了很大的发展应增添许多新的内容，为了适应新的形势，特将书更名为《高压放电与演示系统》。本书不但提供了读者有关高压放电的基础理论，还介绍了各种高压放电的演示系统。产生高压电源的方法和为什么要注意安全问题。当然本书的宗旨是为广大读者普及高压放电的科学知识，但作者水平有限，若有不妥之处敬请广大的读者提出宝贵的意见。

由于我国的水力资源、煤、石油以及核能等大部分都储藏在西部，要想将西部的这些能源用于我国的建设事业，必须将它们转换成电能方能被人们利用；又由于我国地域辽阔，要将转换的电能传出去，就一定要将电压提高，所以高电压技术是必不可少的。

在几十公里，几百公里的距离的高压输电线上，大多采用空气作为绝缘介质。所以研究在大气情况下的放电现象是电力工作者必须研究的课题。不仅在正常的工作电压下要安全可靠地运行，而且在有雷电过电压，

第一章 高压放电的基础理论

随着科学技术的发展,高电压技术也在不断发展。在 19 世纪末、20 世纪初,那时才刚刚发明了发电机,还未涉及如何输电的问题。随着科学技术的发展,输电的容量越来越大,输电的距离越来越远,所以,高电压技术就慢慢地发展起来了。目前,高电压技术的应用越来越广泛,尤其在电力工业,可以说没有高电压技术就谈不上电力工业。而且,高电压技术在其他领域也得到了广泛的应用。由于高电压技术的发展,高电压技术的理论也越来越趋于完善,对于各种电介质的击穿理论,人们作了很多的研究。所谓击穿,对气体而言就是放电现象,当然还有液体的击穿、固体的击穿等。所以,形成了许多的放电的理论,如气体中的放电理论,液体中的放电理论、固体中的放电理论等。由于组成电气绝缘不可能由单一的一种气体、液体、固体的绝缘材料组成,所以,在考虑多种绝缘材料组合体时,应综合考虑各种材料的特点。

在高压放电的理论中,气体放电的理论是其他理论的基础,因为,气体对于电力工业来说应用非常广泛,如应用最广的高压输电中。目前,几乎所有的输电线都是利用空气绝缘,不管是电压不高的 10kV 的电压(当然在城市里常用电力电缆),还是电压很高的 500kV 的电压,都是利用空气绝缘。在用空气作绝缘时,绝缘距离应该取多少比较合适?若距离取得比较小,这是很不安全的,不但会引起高压线路之间放电,而且还可能引起高压对人体的放电。若绝缘距离取得比较大,输电线路将占很大的面积,要占用很多的良田,并且,建立一条线路所需的费用将会增加很多,这样投资将会增加,这也是需要认真考虑的。另外,在高压输电时电压高了,高电压将会有什么放电现象?这些现象对人、对输电有什么好处或不利之处?这些放电现象将会遵循什么规律?这些问题可能都是人们感兴趣的问题。所以,本书将对气体放电的理论作较多的叙述。

气体放电理论的研究,首先就是从均匀电场开始的。在 20 世纪初,人们对气体放电没有什么认识,并且,当时人们所用的电压也比较低,所以研究的对象就是间隙距离较小的均匀电场。由于没有形成气体放电的完整理论,所以,还有人认为气体放电好像圣火一样。直到后来,英国的科学家汤逊提出碰撞电离的理论,才基本上解决了气体放电的基本规律,形成了汤逊理论。下面就对气体放电的基础理论作一些简单介绍。

第一节 均匀电场中的放电

一、巴申 (Paschen) 定律

早在 19 世纪末, 科学家巴申就对气体放电进行了大量的实验研究, 并对均匀电场中的气体放电做出了放电电压与放电距离和气体相对密度的乘积的关系曲线, 即: $U = f(\delta, d)$, 如图 1-1 所示。

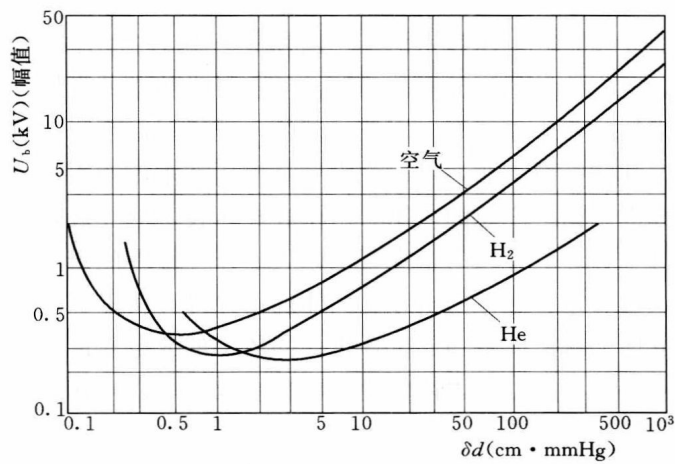


图 1-1 放电电压与放电距离、气体相对密度乘积的关系曲线

下面对公式中的符号和含义作一说明。所谓均匀电场, 就是在电场中, 各处电场强度均相等的电场, 如: 两个平行板电极的电场 (当然还要考虑边缘效应)、球-球电极的电场 (当两球之间的距离小于球径的四分之一时)、两同轴圆柱 (在间隙距离小于圆柱的直径时) 的电场等, 电极形状如图 1-2 所示。巴申是用两平行板的电极进行实验的。

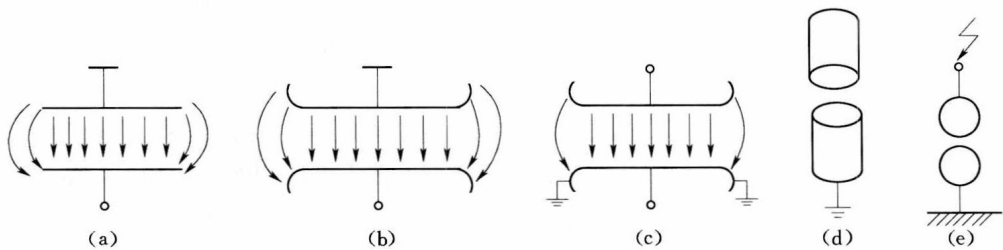


图 1-2 电极形状示意图

- (a) 一般平行板电极; (b) 改善边缘平行板电极; (c) 带屏蔽平行板电极;
(d) 两同轴圆柱电极; (e) 球-球电极

所谓放电电压, 就是在电场作用下, 使空气间隙击穿的电压 (U , kV); 放电距离

(d , cm), 即两个极板之间的距离; 所谓气体相对密度 (δ), 就是实验时空气的大气压力 (P)、环境温度 (就是实验时的大气压力 P 与实验时空气的绝对温度 K 的比值) 和其在标准大气条件 (标准大气压力 $P_0=0.1013\text{MPa}$, 与标准绝对温度 $T_0=293\text{K}$ 的比值) 之比, 称之为气体相对密度, 即: $\delta = (P/T) \times (T_0/P_0)$, 又可写成 $\delta = (T_0/P_0) \times (P/T)$ 。

由于大气压力的单位有多种表示方式, 有用 Pa 表示的, 有用 mmHg 表示的, 也有用 mba 表示的, 又由于 $K=T_0/P_0$ 是一常数, 当用不同的方式表示时, $K=T_0/P_0$ 值也是不一样的, 即: $\delta=KP/T$ 。

当大气压力的单位为 Pa 时, $K=0.0029$, 即 $\delta=0.0029P/T$;

当大气压力的单位为 mmHg 时, $K=0.386$, 即 $\delta=0.386P/T$;

当大气压力的单位为 mba 时, $K=0.289$, 即 $\delta=0.289P/T$ 。

d 为间隙距离。从巴申所作的实验曲线可看出, 当间隙距离 (d) 与相对密度 (δ) 的乘积 (δd) 较大时, 气体的击穿电压随 (δd) 的增大而增加, 当间隙距离 (d) 与相对密度 (δ) 的乘积 (δd) 减小到一定时, 气体的击穿电压将随 (δd) 的减小也增加, 很显然, 科学家巴申在进行试验时, 当间隙距离小到一定程度时, 就将试品的环境条件 (δ) 改变一下, 将其抽成真空, 这样, 击穿电压就增加了。

巴申进行的科学实验对当时的高电压技术有很大的意义, 所以人们称之为巴申定律, 但巴申并没有从理论上解释气体放电的本质, 所以后来, 由英国科学家汤逊很好解释了气体放电的本质问题, 即汤逊理论。

二、汤逊 (J. S. Townsend) 理论

科学家巴申做出了气体放电的实验曲线, 对高电压技术的发展起了很大的作用, 但如何从理论上解释气体放电的本质? 英国物理学家汤逊 (Townsend) 在实验的基础上, 从理论上解释了气体放电现象的本质, 并用公式表达了放电电压与放电距离 (d) 和气体相对密度 (δ) 的乘积 (δd) 的关系曲线, 即 $U=f(\delta, d)$ 。具体的公式为:

$$U = \frac{BPd}{\ln \left[\frac{APd}{\ln \left(1 + \frac{1}{\gamma} \right)} \right]}, \quad \text{即 } U = f(P, d)$$

式中: P 为间隙所处的大气压力; d 为间隙距离; γ 为一个正离子撞击阴极表面逸出的电子数; A 为取决于气体分子体积的比例系数; B 为与气体分子结构有关, 与气体体积有关的常数。

又由于在进行试验时, 气体的温度可认为不变, 所以, 击穿电压的公式可写成:

$$U = f(\delta, d)$$

式中: $\delta=K \frac{P}{T}$, K 为常数。

汤逊理论从本质上解释了气体放电的原理: 气体为什么能放电? 气体放电与什么因素有关?

在很早以前,有人认为气体放电是一种圣火,带有迷信的色彩。很显然,这是很不科学的。而实际上,是因为电极间有许多电荷存在。在正常的状态下,电极间的气体分子或原子基本上是呈中性的,即算有一些少数的电子,但由于电子数很少,另外也没有电场的作用,所以,气体不会放电。

在足够强的电场作用下,电极间的中性分子将被电离,所谓电离,就是中性分子的外层电子将脱离分子的束缚,沿电场的相反方向运动,这样在电场中就有带电粒子存在,也就是说,脱离了中性分子束缚的电子将带负电,而失去了电子的原中性分子也将变成带有正电的正离子,也有获得了电子的中性分子,则变成了带负电的负离子。

要使气体分子电离一般可以有以下几种情况。

(1) 碰撞电离。带有负电的电子在电场作用下,将以很快的速度去撞击另外的中性分子,从而又可以得到很多的电子和正、负离子,并且电子数将越来越多,犹如山崩地裂一般,因而人们称之为电子崩。当电子的密度达到一定时,电场中的电离将达到自持的状态,这时气体间隙就击穿了。产生电子崩的示意图如图 1-3 所示。

一般人们把由于电子崩产生的电离称之为碰撞电离。汤逊理论认为:碰撞电离是产生电离的主要因素。

所谓自持放电的状态,就是当电场中不需要继续升高电压而能保持气体间隙的放电的状态,这种状态可从气体放电时的伏安特性的图(见图 1-4)中可看出,当气体间隙刚加上电压时,气体间隙将有很小的电流流过,大约为微安级的电流,继续升高电压时,通过气体间隙的电流将基本是常数,若再继续升高电压,一直达到图 1-4 曲线上的 B 点时,通过气体间隙的电流会突然增加,这时气体间隙将完全丧失绝缘能力,而成为了自持放电的状态了。

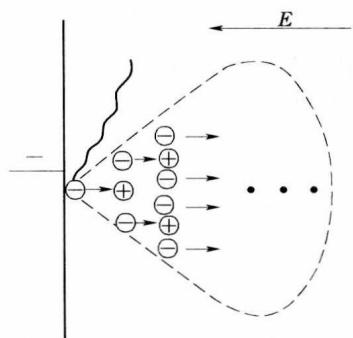


图 1-3 产生电子崩的示意图

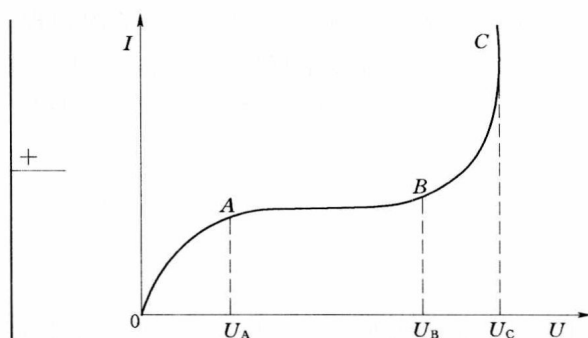


图 1-4 气体间隙放电时的伏安特性曲线

(2) 光电离。所谓光电离,就是由于光的照射而产生电子和正、负离子,尤其是波长非常短的短波的照射,更容易产生光电离。

(3) 热电离。热电离就是由于分子的热运动而产生的电离,这种电离实际也就是碰撞电离和光电离共同作用的结果。因为当气体温度上升时,气体分子运动加剧,所以碰撞电离也会加剧;另外,温度升高了,热辐射能量增大,因此也产生光电离。

(4) 表面电离。电场中电离的产生还与电极材料有关,也就是说,在电场作用下,正离子也将撞击阴极表面,从而使阴极表面逸出电子。当然,不同的电极材料,其逸出的电

子数是不一样的,此种电离称之为表面电离。表面电离在实际中应用得很广泛,如:在电子工业中,常常利用金属表面的电子发射来达到整流放大的目的,这就是电子管的基本原理。

在各种因素产生电子、离子时,同时也在进行着复合的过程,也就是说,同时也在进行着消电离。消电离的形式有以下几种。

(1) 复合。所谓复合,就是异号电荷质点相遇,发生电荷的传递、中和而还原成中性质点的过程,一般说来,正、负离子复合较为容易,浓度越大,复合数也越多。

(2) 扩散。带电质点从浓度较大的区域转移到浓度较小的区域,从而使带电质点在空间各点的浓度趋于均匀。

(3) 电极间带电粒子在不断的消失。带电质点在电极处的消失,一方面是电子进入阴极;另一方面是正离子运动到阴极附近,与阴极逸出的电子结合而成为中性质点。

以上所述就是,使已经电离了的电子、离子又恢复到原来中性的状态的几种形式。

汤逊理论经过对电场中带电质点的分析,并进而用数学的形式对气体放电作了细致的描述,并用公式表示了击穿电压与间隙距离和气体相对密度的乘积的关系。综上所述,汤逊理论的要点有以下三点。

(1) 气体放电主要是由碰撞电离所引起的。在电场作用下,电极间带电质点(电子)将沿着电场方向去撞击不带电的分子,当气体分子被撞击以后,将放出电子,又去撞击不带电的分子,撞击的结果,电子数将按指数增加,像山崩一样,称为电子崩,称之为 α 过程。

(2) 在气体放电的过程中,还会产生正离子,但正离子产生碰撞电离的可能性很小,因为正离子质量比电子大得多,可以认为,正离子碰撞电离可以忽略,人们称之为 β 过程。但正离子将撞击阴极,而从阴极极板释放出电子,人们称之为 γ 过程。

(3) 关于发生气体放电,必须是在自持放电的情况,所谓自持放电,可以从气体放电的电流与电压的关系曲线中看出,见图 1-4,当施加电压在 C 点以前,通过电路的电流很小,这时的电流要靠外电离的因素(天然辐射或人工光源,例紫外线)来维持,这种放电称之为非自持放电;当施加电压达到 C 点时,气体中发生了强烈的电离,电流剧增,放电的过程只靠电场可以自行维持,不需外界电离因素了,因此, C 点以后的放电称之为自持放电。

汤逊理论从理论上解释气体放电的基本过程,但只适用于 δd 较小的情况,对 δd 较大的情况,就不适用了。具体的实用范围,对空气来说,一般认为,在 $\delta d < 0.26\text{cm}$ 范围内,汤逊理论比较符合实际。

20 世纪初,英国科学家汤逊根据大量的实验数据,提出了比较系统的气体放电的理论,阐述了放电中的过程,并在一系列假设的前提下,提出了放电电压与气体间隙距离和相对密度的乘积 $\{U=f(\delta d)\}$ 的计算公式。实验表明,汤逊虽然只是对 δd 较小时的放电比较实用,但其中描述的基本过程具有普遍意义。

随着科学技术的发展,工作电压也在不断地提高,空气放电的距离也加大了,汤逊理论的适用性就显得有些局限了。所以,从实际出发,科学家又对气体放电的情况做了进一步的研究,因此,就产生了流柱理论。