

高等学校试用教材

阴极发光地质学基础

中国地质大学出版社 宋志敏 编著

北京)

• 073035

高等学校试用教材

阴极发光地质学基础

S2109/09
宋志敏 编著

中国地质大学出版社

• (鄂) 新登字第 12 号 •

内 容 简 介

本书共分两篇,分别论述了阴极发光基础研究和阴极发光在地质上的应用,是作者根据几年来应用阴极发光技术的实践经验、并参考国内外有关专家、学者的研究成果编写而成的,内容丰富、资料翔实,可供地质、岩矿、古生物、石油、勘探、矿床等系和专业的研究生、本科生和专科生使用,也可供科研、生产部门的有关工作人员参考。

阴极发光地质学基础

宋志敏 编著

出 版 中国地质大学出版社 (武汉市·喻家山·邮政编码 430074)

责任编辑 赵颖弘 责任校对 熊华珍

印 刷 中国地质大学印刷厂

发 行 湖北省新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 12.375 附图 2 字数 320 千字

1993 年 2 月第 1 版 1993 年 2 月第 1 次印刷 印数 1—800 册

ISBN 7-5625-0736-8/P·257 定价 3.40 元

序

阴极发光作为一项应用技术大致经历了近百年的探索,19世纪80年代以来,主要用于医学、考古学、宝石学、材料科学等领域。在地质科学中的应用是从本世纪60年代才开始的,主要用于系统研究方解石、白云石、石英、长石、硅灰石等矿物的发光性、矿物的环带构造及其形成机理。1968年Sippel用它对砂岩中的石英砂、自生石英、石英次生加大、石英破裂与愈合等进行研究,进一步推动了阴极发光技术在地质上的应用。60年代中期以后,阴极发光技术在地质领域中的应用已开始从矿物学、沉积岩石学拓展到地层学、岩浆岩岩石学、变质岩岩石学和矿床学等方面。

我国应用阴极发光技术是从80年代初才开始的,1983年石油勘探开发科学研究院引进了第一台阴极发光仪,1986年中国地质大学(北京)大地构造研究室和石油研究室同时都引进了一台美国Nuclide公司生产的ELM-2E型阴极发光仪,用于从事教学和科研活动,并部分用于解决生产实践中的问题。

本书是作者根据几年来的实践经验,并参考了国内外有关专家、学者的研究成果,综合编著而成的。全书是从四个部分来论述的,第一部分详细介绍了国内外不同型号的阴极发光仪、样品制备方法与照相系统;第二部分简述了阴极发光的原理;第三部分详细叙述了主要和常用矿物的阴极发光特征,并附有近百种矿物阴极发光特征简表;第四部分全面阐述了阴极发光在地质上的应用,也是本书的重点。

在本书中,作者不仅全面介绍了国外阴极发光在矿物学、沉积岩石学、岩浆岩岩石学、地层学、古生物学、古地理学与矿床学研究等方面的应用,而且还根据自己的研究成果,介绍了应用阴极发光对同一沉积盆地的碳酸盐地层进行划分和对比,并区分不同构造带、不同沉积盆地的碳酸盐地层;再现被碳酸盐重结晶作用模糊了的化石形态和内部结构;分析不同构造单元的物源区的母岩成分;探讨内蒙白云鄂博含磷碳酸盐的成因;探讨Pb-Zn矿含矿岩系的成岩作用及其与成矿关系,并用以确定成矿期等方面的实例与方法。可供鉴定化石,确定地层时代,进行地层划分对比,探讨古构造、古水源,进行成岩成矿作用研究及找矿勘探参考。

本书是我国公开出版的第一本较完善的有关阴极发光的教材,并附有实习指导书,不仅对研究生及大学高年级学生的学习有参考价值,而且对科研人员也有一定参考意义,尤其对生产部门(油田的生产实践)具有现实意义。

物质不能脱离运动,运动也不能脱离物质,本书作者为岩相古地理及地层古生物专业工作者,重视物质成分研究,注意学科交叉渗透与理论联系实际,这是应予以充分肯定,并加以鼓励的,但希望作者能精益求精,不断改进所用方法,使其日臻完善,以便为有关学科作出更大贡献。

陈炎远
1992.12.5

前 言

阴极发光是一种表面物理现象,是由具有一定能量的电子轰击萤光物质表面,使电能转化为光辐射而产生的发光现象,故称为阴极发光。阴极发光作为一种新技术、新方法,已应用于很多研究领域,如宝石的研究和鉴定,考古学方面的研究,特别是陶瓷产品的鉴定,医学领域研究人类的骨骼、牙齿,材料学领域研究萤光、磷光、半导体材料以及人工合成产品的研究等。在地质学领域,从20世纪60年代开始,已对一些矿物的阴极发光特征及形成机理进行了研究,如对方解石、白云石、石英、长石、磷灰石等,尤其加深了对碳酸盐矿物及其碳酸盐胶结物发光环带的显示、石英不同类型的发光及石英次生加大的显示等方面的研究,并以矿物的不同阴极发光特征为基础,进而推动和扩展了阴极在地质领域中的应用。目前,阴极发光已作为一种先进手段应用于矿物学、岩石学,且在地层学、沉积学、构造地质学、地球化学、矿床学以及石油勘探等领域的应用,已显示出越来越多的优越性,并取得了明显的成效。

本书重点介绍阴极发光在地质学上的应用,对其阴极发光原理仅作一般简介,而对发光理论的深入探讨和研究,涉及到一系列高科技领域,已超出本书的范畴。

本书的编写主要根据作者几年来应用阴极发光技术的实践,并参考了国内外有关专家、学者的研究成果,包括有关专著、论文、测试结果等。尤其需要提出的是,石油勘探开发科学研究院实验中心应凤祥、王衍琦编写的《阴极发光显微镜资料汇编》,成都地质学院刘岫峰编写的《阴极发光矿物岩石学基础》,《第一届阴极发光技术交流会论文集》(一)、(二)等作者的研究成果(未正式出版)以及D. J. Marshall(1988)编著的《Cathodoluminescence of geological materials》,Zinkernagel(1978)的《Cathodoluminescence of quartz and its application to sandstone petrology》为本书的编写奠定了基础,并提供了可贵的资料。本书内部出版后(1991年5月),在进一步修改的过程中,地质出版社出版的王英华、张绍平、潘荣胜等著的《阴极发光技术在地质学中的应用》一书(1991年11月第一版),为本书的修改提供了宝贵资料。在此,谨向各位作者表示衷心地感谢。本书的编写得到了中国地质大学(北京)陈光远教授的大力支持,教务处领导、地矿系及大地构造室领导及同志们的关怀,特别是中心实验室潘道均教授对前三章(重点是第二章阴极发光原理部分)进行了审阅、全面修改和补充,作者向上述同志表示由衷的谢意。

本书的主要图件由中国地质大学(北京)绘图室清绘,部分素描图及插图由谢力协助完成,最后由中国地质大学(武汉)出版社绘图室统一修改,在此一并致谢。

本教材适用于地质、岩矿、古生物、石油、勘探、矿床等系和专业的研究生及本科高年级和有关专修科学生,对科研、生产部门也有一定的参考价值。

目 录

前 言	(VI)
-----------	------

第一篇 阴极发光基础研究

第一章 绪论	(1)
一、阴极发光研究简史	(1)
二、阴极发光仪简介	(3)
三、阴极发光样品制备	(11)
四、阴极发光显微照相	(12)
五、矿物阴极发光颜色和强度的描述	(13)
第二章 阴极发光基本原理	(16)
第一节 基本原理	(16)
第二节 受激辐射发光的条件	(17)
附录：固体发光的能带理论简介	(21)
第三章 常见矿物的阴极发光特征	(24)
第一节 石英	(24)
一、石英的阴极发光特征	(24)
二、影响石英阴极发光的因素	(24)
第二节 长石	(30)
一、长石的阴极发光特征	(30)
二、激活剂对长石阴极发光的影响	(31)
第三节 碳酸盐矿物	(43)
一、碳酸盐矿物的阴极发光特征	(43)
二、影响碳酸盐矿物发光的主要因素	(46)
第四节 其它矿物的阴极发光特征	(61)
一、磷灰石	(61)
二、萤石	(69)
三、白钨矿	(74)
四、硬石膏	(79)
五、闪锌矿	(80)
六、锡石	(80)
附表：矿物阴极发光综合简表	(82)

第二篇 阴极发光在地质上的应用

第四章 阴极发光在矿物学中的应用	(99)
一、鉴定矿物	(99)

二、研究晶体的生长方式和成因	(100)
三、研究矿物中的微量元素	(100)
四、研究矿物的成因	(100)
五、阴极发光对金刚石的研究	(100)
六、阴极发光对宝石的研究	(100)
第五章 阴极发光在沉积岩石学方面的应用	(101)
第一节 阴极发光对碎屑岩成岩作用的研究.....	(101)
一、胶结作用	(101)
二、交代作用	(108)
三、压实与压溶作用	(110)
四、阴极发光对碎屑岩成岩阶段的确定	(111)
第二节 阴极发光对碳酸盐岩成岩作用的研究.....	(113)
一、应用阴极发光研究胶结作用	(115)
二、应用阴极发光研究碳酸盐岩的交代作用	(118)
三、阴极发光研究压实作用	(121)
四、阴极发光研究压溶作用	(121)
五、阴极发光研究碳酸盐岩的重结晶作用	(121)
六、应用阴极发光研究碳酸盐岩成岩作用阶段和成岩环境	(122)
第六章 阴极发光对原岩组构的恢复	(124)
第一节 阴极发光对沉积岩原始结构构造的恢复.....	(124)
一、对碎屑岩原始结构的恢复	(124)
二、对碳酸盐岩原始结构的恢复	(125)
三、碳酸盐岩重结晶后原生沉积构造的再现	(128)
第二节 阴极发光下环带构造的研究.....	(128)
一、环带的形态特征	(129)
二、环带的生长顺序	(132)
三、研究环带构造的意义	(133)
四、发光环带与成岩环境分析	(136)
第七章 阴极发光在地层学中的应用	(138)
第一节 阴极发光在“胶结物地层学”中的应用.....	(138)
第二节 阴极发光微地层学.....	(139)
第三节 阴极发光在地层划分和对比中的应用.....	(142)
一、同一大地构造单元或同一沉积盆地中运用阴极发光手段进行地层划分和对比	(142)
二、不同构造带中地层的对比	(148)
三、构造复杂、缺乏化石的地区可应用阴极发光进行地层对比	(149)
第八章 阴极发光对沉积相古地理的研究	(151)
第一节 阴极发光对物源区的研究.....	(151)
一、根据石英的不同阴极发光类型确定母岩的性质.....	(151)
二、根据长石的发光特征进行物源区分析	(153)
三、根据重矿物的发光类型确定母岩区特征	(153)

四、应用岩屑确定母岩区有重要意义	(154)
第二节 阴极发光对沉积相及沉积环境的研究	(155)
一、根据阴极发光判定海相、陆相	(155)
二、阴极发光是分析沉积环境的辅助手段之一	(155)
三、阴极发光与沉积相之间的关系	(156)
第九章 阴极发光在找矿勘探方面的应用	(161)
第一节 阴极发光对油气储集岩的研究	(161)
一、应用阴极发光研究碎屑岩的储集层	(161)
二、应用阴极发光研究碳酸盐岩的储集层	(167)
第二节 阴极发光可作为勘探的一种手段	(170)
一、阴极发光生长环带在勘探中的应用	(170)
二、应用阴极发光对层控矿床的研究	(170)
第十章 阴极发光在其它方面的应用	(175)
第一节 应用阴极发光对碳酸岩成因的探讨	(175)
第二节 应用阴极发光对裂隙和脉的研究	(178)
第三节 阴极发光在变质岩中的应用	(178)
一、变质岩和花岗岩中主要矿物的阴极发光特征	(179)
二、阴极发光确定变质相	(179)
三、恢复原岩的结构构造	(180)
四、变质反应及后成合晶的研究	(181)
五、揭示副矿物环带、探讨其成因	(181)
六、构造形变的再现	(182)
七、变质岩中有机质残余的发现	(182)
第四节 阴极发光对花岗岩类岩石的研究	(182)
附录：实习指导书	(183)
前言	(183)
实习一 阴极发光仪	(183)
实习二 主要矿物阴极发光特征	(184)
实习三 阴极发光在地质上的应用（一）	(185)
实习四 阴极发光在地质上的应用（二）	(185)
实习五 课堂作业	(186)
主要参考文献	(187)
图版说明及图版	(189)

第一篇 阴极发光基础研究

第一章 绪 论

一、阴极发光研究简史

(一) 国外研究简况

国外对于发光现象的认识和研究大致可分以下几个阶段。

1. 对阴极发光现象的认识阶段

19 世纪中叶以前, 对发光现象, 人们仅停留在对发光现象的描述上, 而对发光机理, 还不能从理论上加以解释。如 1804 年炼金技师 Cascierolo 首先描述了重晶石的发光效应, 1745 年 Becari 首先区分了生物发光、摩擦发光、化学发光和光致发光, 1879 年 Crooks 发表了有关金刚石和红宝石等晶体受电子轰击后的发光现象。

2. 对阴极发光理论的探讨阶段

19 世纪下半叶, 尤其是 20 世纪 30—40 年代, 在科学技术发展的同时, 不少学者对阴极发光理论进行了探讨。如 1886 年 M. A. Bepheile 提出了阴极发光离子激活剂的发光概念, 1900 年 Planck 提出了能量子假说, 成功地解释了热辐射规律, 1905 年爱因斯坦提出了光子理论, 他认为光的频率越高, 光子的能量就越大, 从而成功地解释了光电效应规律; 1913 年 Bohr 提出了氢原子的量子理论, 对氢原子的发光进行了解释。特别是 20 世纪 30—40 年代发展起来的电子光学及电子光学技术, 它不仅研究了电子在电场和磁场中的运动规律, 而且利用了电磁场对电子的加速和聚焦能力制造了电子显微镜, 为矿物阴极发光研究奠定了基础, 并提供了电子枪附件。固体能带理论的建立, 使人们更深入地认识了晶体中的电子能量状态。在 20 世纪 50 年代, 有人用能带结构对晶体的发光现象作了解释。

3. 阴极发光研究的现代阶段

20 世纪 60 年代以来是阴极发光研究的现代阶段, 许多学者对阴极发光理论的研究更加深化, 对其技术方法和应用更加成熟。如 Medlin (1964)、Williams (1966) 等, 从量子力学、晶体场理论、配位场理论等观点出发, 阐述了发光原理, 这些理论中有关激活剂、猝灭剂、发光中心的概念, 对地质学方面的应用, 有很大指导意义。

4. 阴极发光装置的研制和发展阶段

随着科学技术的向前发展, 阴极发光装置也不断发展和完善。早在 1859 年, Crookes 发明了阴极射线管, 为矿物的阴极发光研究提供了基本装置。20 世纪 30—40 年代, 电子显微镜

的出现为矿物的阴极发光研究,提供了电子束器件(电子枪)。1965 年 Sippel 等人研制了用于沉积-岩相学研究的简单的电子发射装置,图 1-1 为 Sippel 设计的发光显微镜示意图。

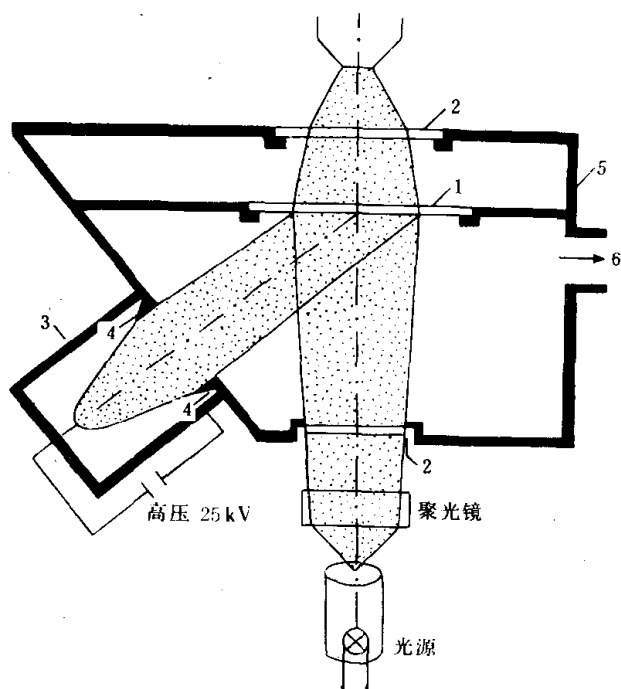


图 1-1 Sippel 设计的发光显微镜示意图
1. 薄片; 2. 观察孔; 3. 电子枪; 4. 电晕点;
5. 真空泵; 6. 至真空泵

该发光显微镜由三个部件组成:
1) 电子束发生器——电子枪, 阴极射线管, 由于能量小于 10^4eV 的电子在 1cm^3 的空气中会被吸收, 故阴极射线管必须抽成真空到压力低于 10^{-2}Pa ; 2) 抽真空的样品室; 3) 岩相显微镜。

该发光显微镜的优点在于, 它是一种比较简单、电压和电流密度以及真空都是易于控制的装置。1) 此装置可以装在岩相显微镜上; 2) 可以很容易地把发光现象与在透射常光和偏振光下见到的特点进行比较; 3) 可使用普通薄片; 4) 该装置所产生的阴极发光的面积比电子探针中产生的要大得多, 而且可以用更高的放大倍数进行观察 (高至 250 倍)。

后来以史密斯 (J. V. Smith) 等设想为基础, 由美国 Nuclide 公司生

产出了 ELM 型阴极发光显微镜 (图 1-2)。其优点在于: 1) 该装置可以很容易地安装在几乎所有的岩相显微镜上; 2) 所用的电子束可以聚焦, 也可以不聚焦; 3) 真空室的装卸很方便; 4) 放大倍数可以高至 200 倍, 装上隐蔽式凹窗口, 可放大到 600—800 倍; 5) 激发区的直径可在 0.5—50mm 之间变动。目前, 美国又生产了配置在阴极发光仪上的分光光度计和能谱仪, 可以测定矿物的元素成分。德国莱兹公司也生产了一种阴极发光仪。

(二) 国内研究简况

我国阴极发光的研究是从 80 年代才开始的。

1980 年邓华兴首先发表了《磷灰石的阴极射线发光研究》一文, 较系统地研究了磷灰石的发光现象及发光起因, 认为 Eu^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Sm^{3+} 、 Er^{3+} 、 Dy^{3+} 是造成磷灰石不同颜色和不同强度发光的原因。紧接着, 1981 年周玲棣、邓华兴又发表了《我国某些稀土矿床中方解石的阴极射线发光性质》一文, 研究了方解石阴极发光性质, 并探讨了其与成因的关系。邓华兴等的研究奠定了我国阴极发光的研究基础。1983 年李汉瑜发表了《关于石英的阴极发光特征及其在砂岩研究中的应用》, 详细地介绍了德国 Zinkernagel 的关于砂岩阴极发光的特征; 同年北京石油勘探开发研究院首先引进了美国 Nuclide 公司生产的 ELM-2B 型阴极发光仪, 主要从事石油储集层的研究, 除直接为生产服务外, 应凤祥、王衍琦等还进一步研究了“矿物的元素组成与阴极发光颜色” (1987, 内部交流)。1986 年中国地质大学 (北京) 大地构造室和石油研究室同时各引进了一台美国 Nuclide 公司生产的 ELM-2E 型阴极发光仪, 主要从事教学和科研, 并探讨了阴极发光在地质方面的一些应用。截止 1987 年, 我国已引进了 25 台阴极发光仪。

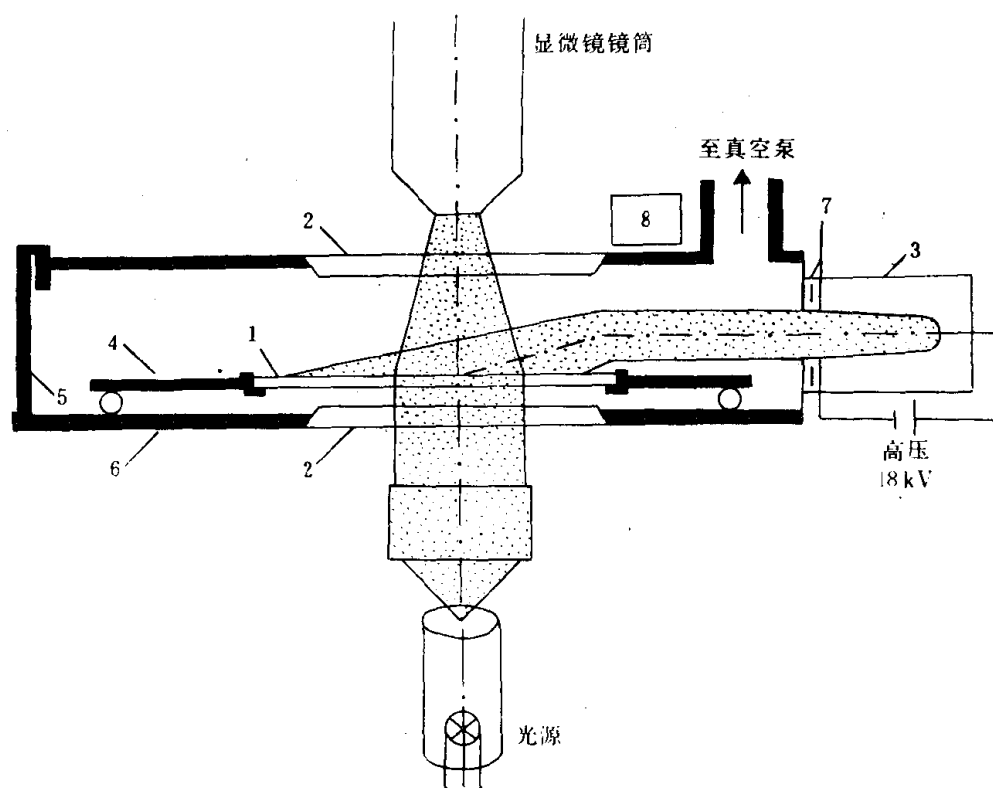


图 1-2 Nuclide 发光显微镜 (ELM-2B 型) 横断面示意图

(据 Marshall, 1982)

1. 薄片; 2. 观察孔; 3. 电子枪; 4. 带 X-Y 调节滑板的样品架; 5. 开关门; 6. 真空室; 7. 准直阳极; 8. 磁偏转器

1985 年成都地质学院刘岫峰、吴东川研制了我国第一台 III X I Y-3 型阴极发光仪,并通过了鉴定,已投产了几台,这是我国首次自己设计、研制的阴极发光仪,不仅填补了我国阴极发光研制史上的空白,标志着我国科学技术发展的新水平,而且具有经济效益,为我国节约了外汇资源。1987 年,北京燕山科学仪器开发公司研制并投产了几台 YF-2 型阴极发光仪。到目前为止,全国已有 30 余台阴极发光仪为教学、科研、生产服务,广泛用于石油、地质等领域。全国已陆续发表了一些阴极发光在地质上应用的文章,今后我国阴极发光技术将会有很大的发展前景。

二、阴极发光仪简介

阴极发光是一种发光形式,用来激发并产生这种光的仪器,称为阴极发光仪。将阴极发光仪安装在显微镜上,称为阴极发光显微镜。目前阴极发光仪有两大类:1) 阴极发光显微镜,将阴极发光仪直接安装在显微镜上,即成为阴极发光显微镜;2) 作为电子显微镜-电子探针附加功能的阴极发光附件,这类附件式阴极发光仪,由于电子束细、束流小,适于电镜上微细矿物颗粒的观察,而不能观察一般薄片中的矿物、岩石结构,且设备昂贵。

(一) 美国 ELM 型阴极发光显微镜简介

美国 ELM 型阴极发光显微镜主要由光学显微镜、电子枪、样品室、高压控制装置及真空系统组成(图 1-3、1-4、1-5)。

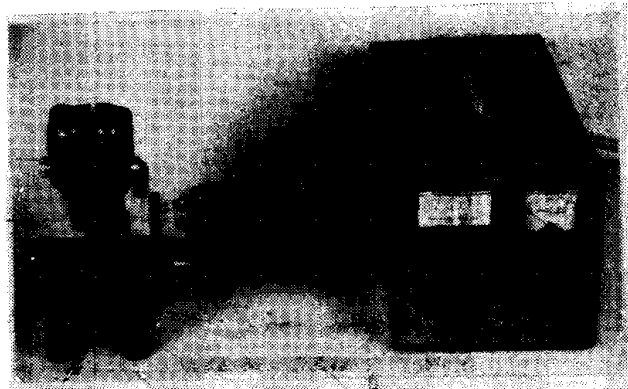
1. 光学显微镜

阴极发光仪可以安装在各种显微镜上,如偏光显微镜、实体显微镜、金相显微镜等,根据工作目的进行选择。光学显微镜可是单筒,也可为双筒,各有其优缺点。如单筒显微镜,可



单筒显微镜

图 1-3 美国 ELM 型单筒阴极发光显微镜外观
(据 Marshall, 1982)



双筒显微镜

图 1-4 美国 ELM 型双筒阴极发光显微镜外观
(据 Marshall, 1982)

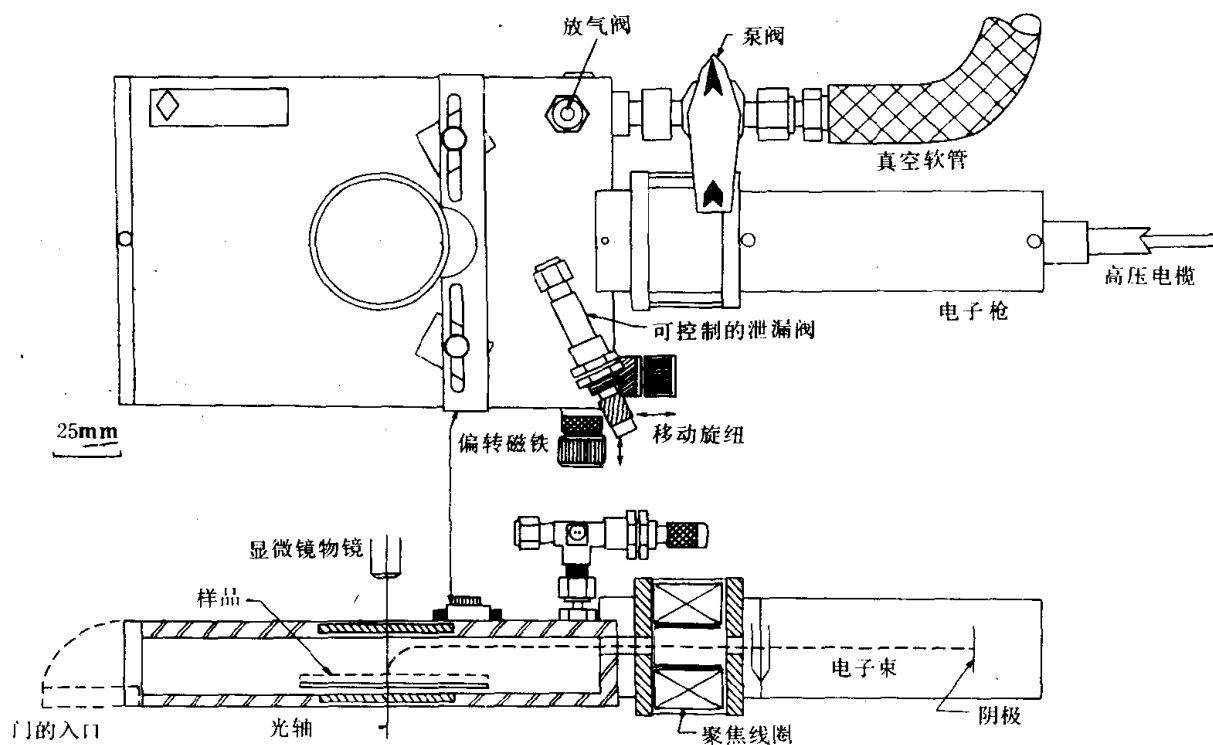


图 1-5 美国 ELM 型阴极发光仪结构图
(据 Marshall, 1982)

以减少阴极发光的色散，但工作时间长时，眼睛易疲劳，而双筒（或三筒——带照相设备）显微镜，眼睛不易疲劳，有照相设备，可随时照相，但三筒增加了阴极发光的色散，影响发光强度。不论采用哪种显微镜，对同一薄片，既可观察偏光特征，又可观察阴极发光特征。其显微镜的放大倍数可达 20—200 倍，但必需使用长焦距物镜，镜头要短，若样品室上安装了隐蔽式窗口，放大倍数可达 400—800 倍。

2. 电子枪

电子枪的作用是向样品室发射电子束激发样品，使样品发光。

电子枪可分热阴极式和冷阴极式两种：1) 热阴极式电子枪，阴极为钨丝，钨丝加热后发射电子，优点是加速电压高（可达 30kV），电子束能量大，激发力强，可使难以发光的矿物发光，缺点是体积较大，真空度高，真空系统复杂，一般不使用；2) 冷阴极式电子枪，利用气体放电的原理制成的电子枪称冷阴极式电子枪，气体可是空气、氦气或其他。冷阴极式电子枪主要由平面阴极（直径为 20mm）、圆形环状阳极片（外环直径为 16mm 和内环直径为 5mm）及隔离环组成（图 1-6）。阴极与阳极相互平行。冷阴极电子枪内的真空度一般低于 $1.333 \times 10^{-2} \text{Pa}$ 。冷阴极电子枪的基本工作原理是，在两个加有电位差的电极之间建立一个稳定的放电过程。为了形成放电，电极之间的气体应具有适当范围的压强。从冷阴极随机发射的电子（可能靠场发射或热电子发射而起动）使气体分子电离，所产生的正离子向阴极加速。正离子与阴极碰撞产生更多的电子，从而产生级联过程，使稳定放电得以形成。放电中主要包含向阳极运动的电子和向阳极运动的正离子，也可能有少量的负离子。电子通过阳极孔离开放电区域而投向靶子。

冷阴极电子枪产生的电子束流大小与阴极和阳极之间的距离，加速电压的高低及真空度有关（图 1-7）。图 1-7 表示了当阴极和阳极之间电压一定时，电流改变与真空度的关系。左边的曲线是当空气进入电子枪中，电流、电压和真空度的关系；右边的曲线是当氦气进入电子枪时，电流、电压和真空度的关系。为了调节束流大小，可调节真空阀的阀门或针阀的放气量，与机械泵抽速达到动态平衡状态，使电子枪内保持所需的真空度，从而调节电子束流的大小。

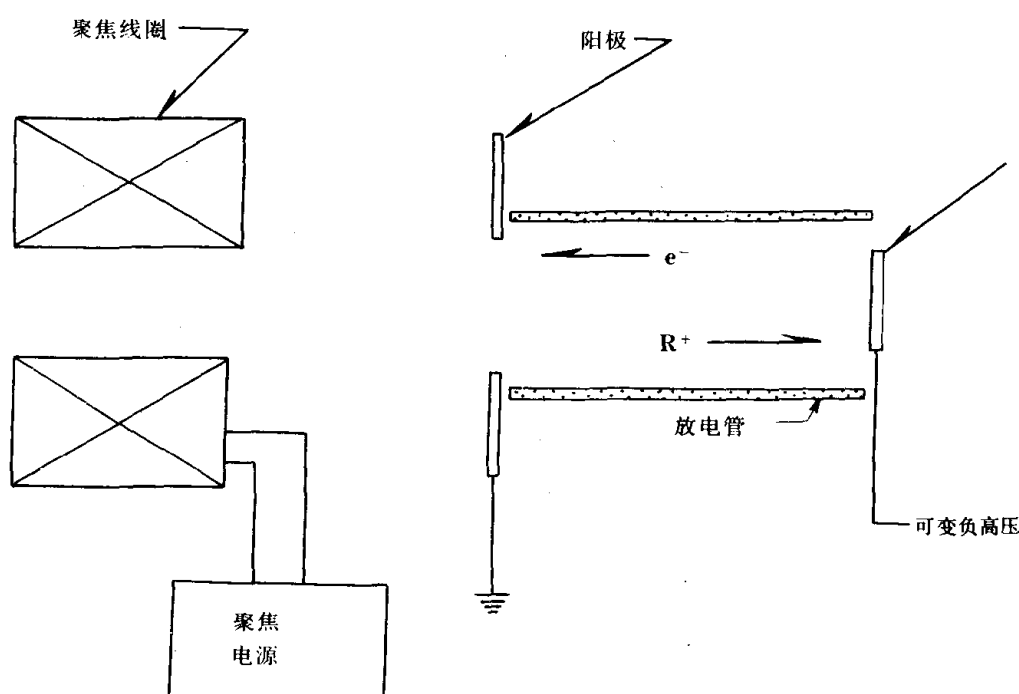


图 1-6 冷阴极式电子枪

（据 Marshall, 1982）

冷阴极电子枪的主要优点：1) 真空系统比较简单，只需要一台机械泵和一套真空控制系统；2) 电子枪结构简单，低真空；3) 操作及维护简单，比热阴极电子枪耐用；4) 价格便宜，维修费用低；5) 冷阴极电子枪既可产生电子，也可产生正离子，因此在样品室中会有足够的

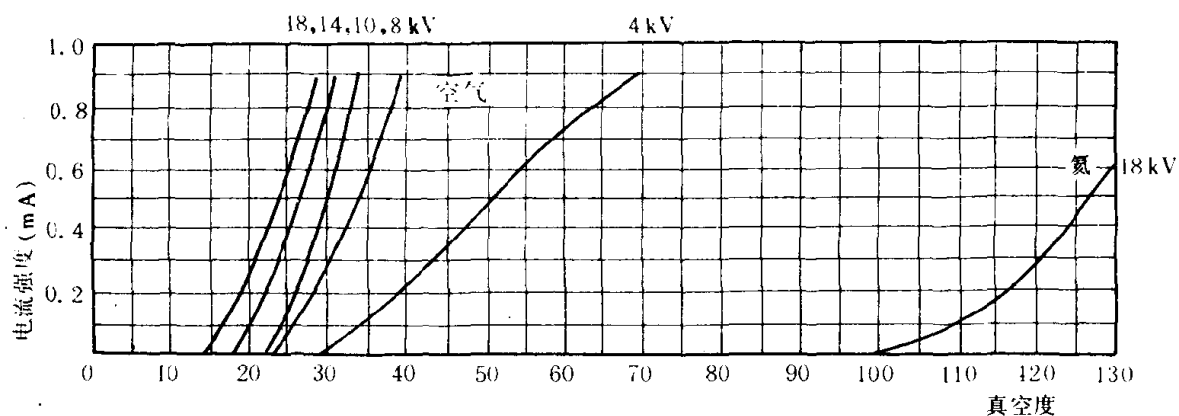


图 1-7 冷阴极式电子枪测试曲线
(据 Marshall, 1982)

正离子，它们可以中和样品表面电荷，故不需在样品表面再喷镀导电层，就可以直接观察绝缘样品。

电子枪与样品室之间水平连接（图 1-8），电子束可以水平方向进入样品室。通过一对磁铁产生磁场，电子束偏转一个角度折到样品上。当改变聚焦透镜的电流大小时，便可调节电子束斑的尺寸。

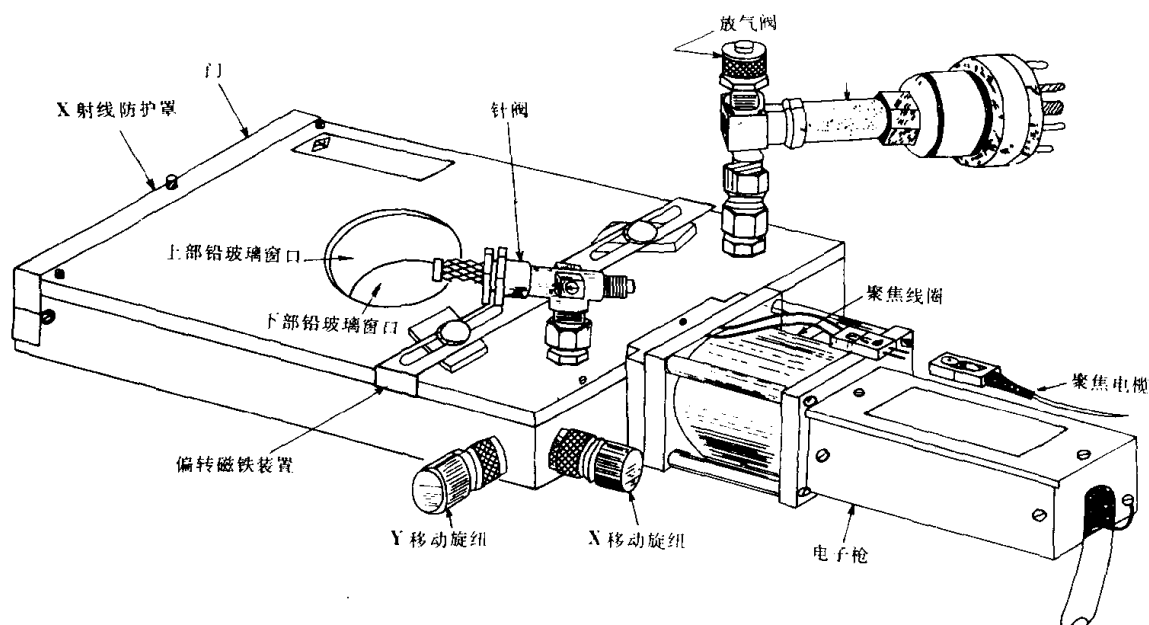


图 1-8 阴极发光样品室装置
(据 Marshall, 1982)

3. 样品室

样品室是放样品的地方，是组装在显微镜物台上的真空室，与显微镜物台以连接板相连，还连接了电子枪和真空系统。ELM-2E 型样品室外壳体积大小为 $18.5 \times 12.5 \times 6.5 \text{ cm}^3$ 。

样品室由下列部件组成 (图 1-8)。

(1) 样品室入口

样品室入口是位于样品室左侧的开关门，门可以自由打开，样品由此放入 (图 1-9)。当样品室处于真空状态时，开关门紧闭。样品室门框处有一密封垫，以防漏气，开关门上还具备 X 射线防护罩。样品室入口处尚有一地线，以备安全。

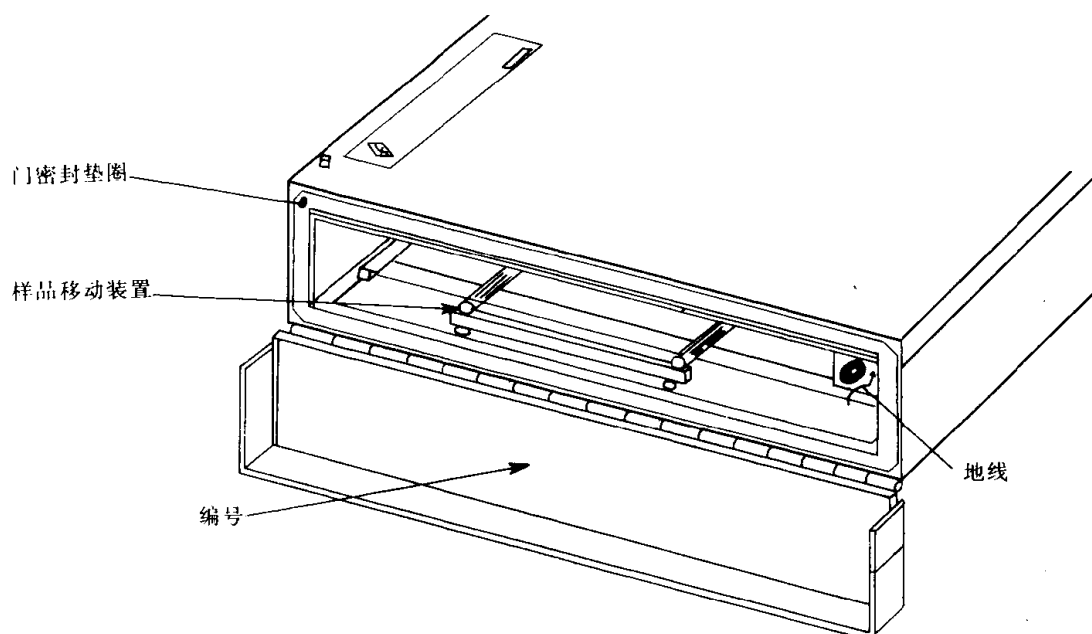


图 1-9 样品室入口

(据 Marshall, 1982)

(2) 铅玻璃窗口

铅玻璃窗口位于样品室的上部和下部。下部的铅玻璃平窗口直径 5cm，可使透射光源的光线透过，以便对薄片的偏光进行观察；上部铅玻璃窗口，可以观察样品的阴极发光特征、薄片移动位置以及电子束斑的大小和形状。根据工作要求、放大倍数的不同，上部铅玻璃窗口可有两种类型：1) 上铅玻璃平窗口 (图 1-10)，直径 5cm，显微镜可放大 20—40 倍；2) 隐蔽式凹窗口，上部铅玻璃平窗口可置换为隐蔽式凹窗口，其目的为了提高显微镜的放大倍数，其放大倍数可达 200—400 倍。凹窗口又有两种 (图 1-12、1-13)。一种凹度大，铅玻璃直径为 13mm，工作距离为 8mm；另一种凹度较小，铅玻璃直径为 31mm，工作距离为 14.7mm。

(3) 样品盘及推进器

样品盘是安装在样品室内部放置样品的托盘，它由样品室右下方 X-Y 两个方向的推进器所控制 (图 1-8)。X、Y 移动旋纽可带动样品室内部的样品盘，使其上、下、左、右移动，样品便可在物镜下通过，并在电子束的作用下产生阴极发光，它们的作用相当于显微镜机械台的作用。样品盘上可同时放置 50×25mm 薄片三片或 75×25mm 薄片两片。

(4) 偏转磁铁

偏转磁铁安装在样品室的上面，用来改变电子束方向和调节电子束斑形状和大小。但聚焦时，电子束斑直径不易小于 5mm (图 1-8)。

(5) 进气阀和针阀

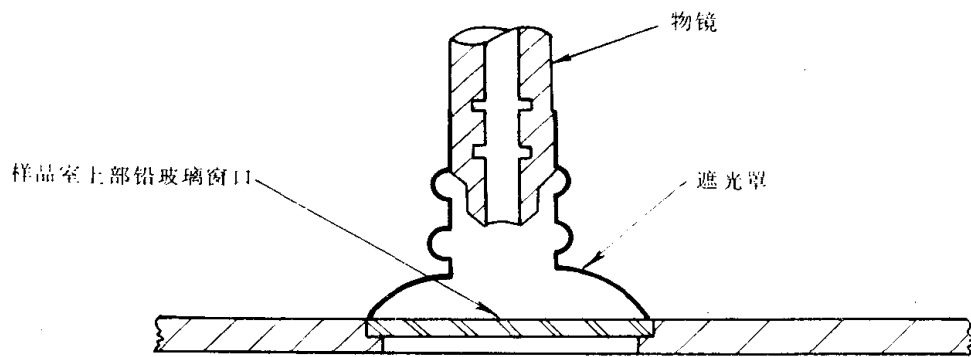


图 1-10 样品室上部铅玻璃平窗口
(据 Marshall, 1982)

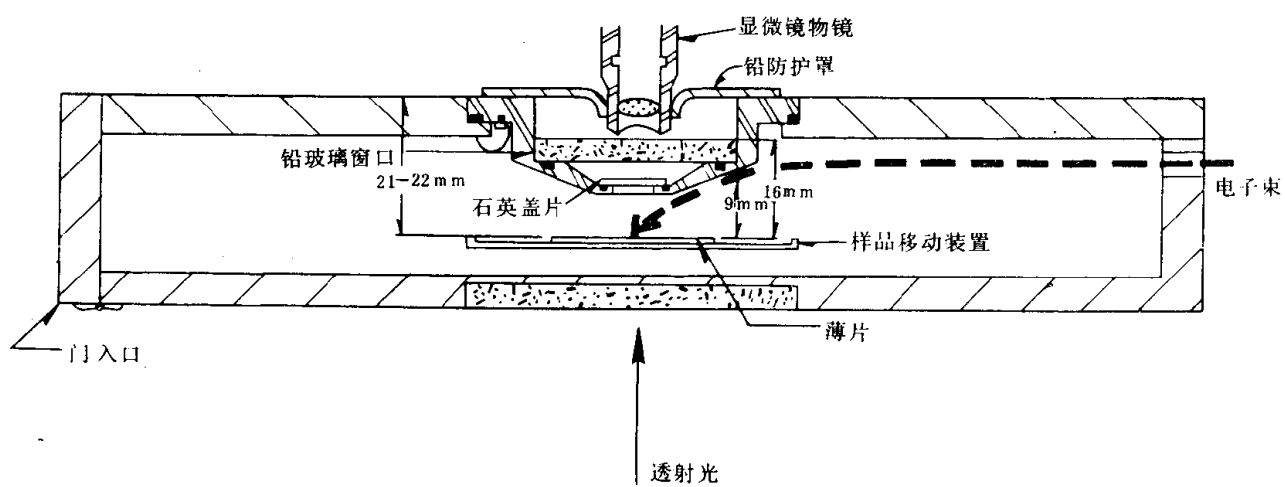


图 1-11 样品室上部隐蔽式凹窗口全貌
(据 Marshall, 1982)

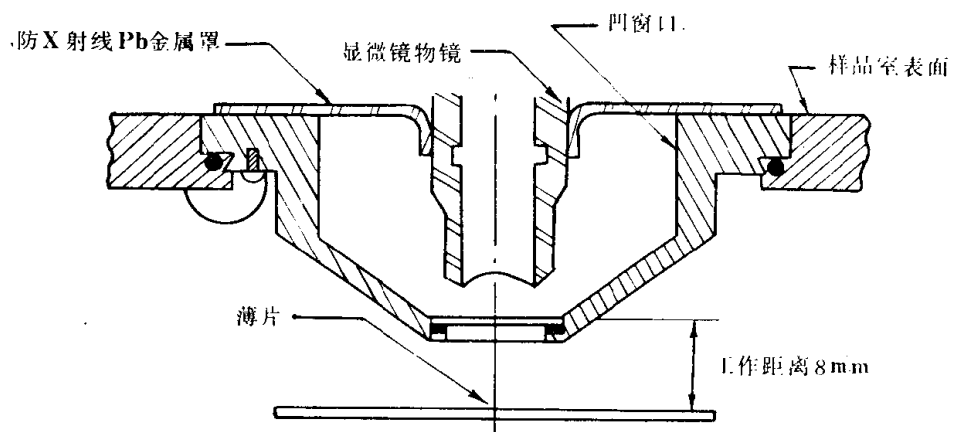


图 1-12 样品室上部隐蔽式凹窗口 (工作距离 8mm)
(据 Marshall, 1982)

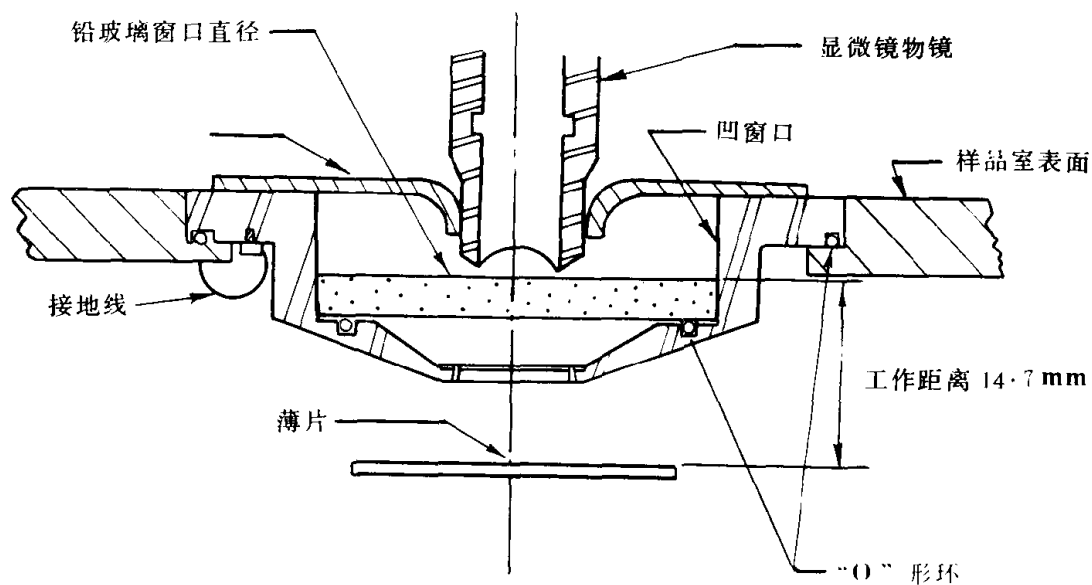


图 1-13 样品室上部隐蔽式凹窗口 (工作距离 14.7 mm)
(据 Marshall, 1982)

在样品室的右侧，安装了进气阀和针阀，为了维持辉光放电，使空气或其它一些如氦气类的气体进入样品室内，保持放电。

4. 高压控制系统

高压控制系统包括冷阴极电源、聚焦电路及真空监测指示 (图 1-14)。

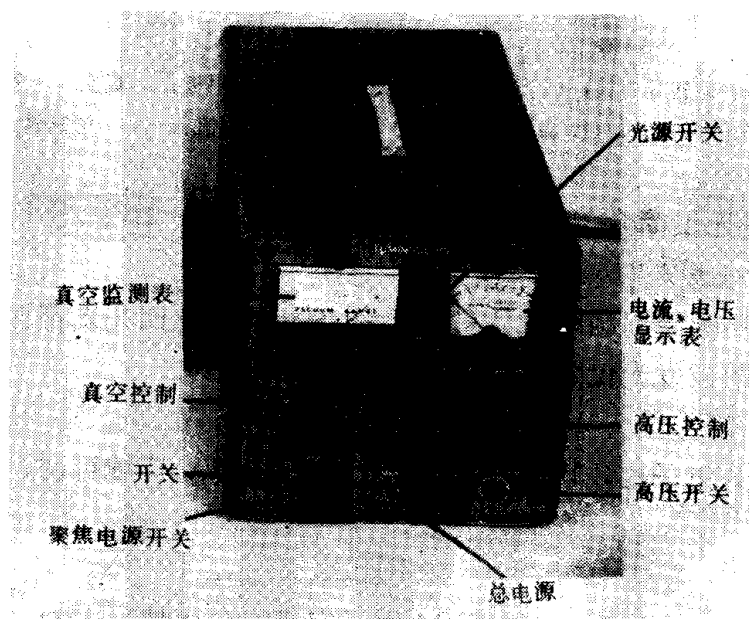


图 1-14 高压控制系统

(1) 冷阴极电源

控制系统提供了用于电子枪电源的电路，电路包括有开关、高压开关、电流和电压监测表，由控制旋钮来控制。

(2) 聚焦电源