

研究简讯

天文电子照相机

傅德谦 牛宝田 李来福 郭松茹

(中国科学院北京天文台)

电子照相机是一种高效能的天文微光图像探测器。过去50多年以来,国外一些天文台曾付出了巨大的努力,成功地研制出几种不同结构型式的实用化整机,并将其同望远镜及摄谱仪配合使用,分别在地面和空间条件下,对天文光度学和天文光谱学领域中众多类型的研究课题,从事观测研究,取得了许多极有科学价值的研究成果^[1]。本文将扼要描述我们从事的这类研究工作。

电子照相机的光电阴极,只能存在于高真空中,而用来直接记录电子图像的照相乳胶与之是不相容的。这一事实导致研制和使用电子照相机极大的技术复杂性。只有那些能够完全掌握了这些技术的天文台,才能使之成为一种强有力的天文探测工具。

CCD的出现及其在天文观测上的成功应用,以其更大的普用性在许多应用场合取代了电子照相机。但是,也提供了一种把两者有机地结合到一起、构成具有特殊功能的组合式探测器的新的可能性。例如,已经证明^[2],把远紫外电子照相机同电子轰击式CCD组合起来,可以构成一种轻便紧凑的供远紫外区空间天文探测用的高效率二维光子计数成像探测器系统。另外,从20届IAU大会的Commission 9提供的最新科学报告可知,迄今为止,同任何其他天文探测器相比,对于大而密集星场的巡天观测而言,电子照相方法仍占有独特的优势。

因此,我们认为,研制和使用电子照相机,对于发展我国的天文事业仍然具有积极的现实意义。特别是把这一技术方法同其他天文探测器(如CCD、Reticon及各类Vidicon等)结合起来以构成高效能组合式探测器的进一步开发研究,是大有可为的。

我们从60年代初开始酝酿筹划,并从1973年正式着手进行相应的研制工作。在完全立足于国内工作条件的情况下,我们对这项课题涉及的众多相当复杂的技术难题,坚持不懈地进行了全面的实验研究。工作之一是研制视场直径100毫米的大型电磁聚焦式电子照相机,所获结果已予发表^[3]。工作之二是研制视场直径50毫米的静电聚焦式电子照相机,其尺寸及重量都比前者小,以利於同中、小型望远镜配装使用。后者已在1986年全部完成并在北京天文台60厘米望远上进行安装、调试,多次进行了试验性天文观测。现将与此有关的工作情况,扼要描述如下。

我们的这种整机结构,类似于美国海军天文台的Kron型电子照相机^[4],也是可拆性的,并且也在主体部分设置一套用来防护光电阴极的闸板阀机构。与之不同的是,我们采用不锈钢材料制成整个管体,使之具有足够的机械强度而利于经受长途运输和操作使用上的牢靠性;还专门研制了具有更大容量的底片盒部件,以便每次使用能够获得更多的观测资料。

整机的具体结构示於图1。输入光学图像经由厚度4毫米的平面透光窗(1)和双凹球面透镜(2)的外表面,传递到其内表面的光电阴极(3)上,引起光电子发射。电极(4)、(5)和(6)组成的电子光学系统,把这些光电子聚焦成像,并使之加速地传递到安置在最佳像面的照相乳胶上,从而被直接记录下来。我们也采用平凹状的光学纤维面板代替(2),从而更好地实现光学图像的匹配传递。电极(4)和(5)分别支撑在内壁涂有半导体层的陶瓷管上,并经由高压接头(18)和(19)分别馈以负高压;电极(6)则直接安装到管体上,并一起接地。抽速2升/秒的小钛泵(7)用来保持主体部分的超高真空条件,长期维护光电阴极。部件(8)及(16)构成一套闸板阀,可把贮放在右侧小窝里的无氧铜阀片(直径50毫米、厚2.5毫米)(10),推至(16)下方的刀口处,并依靠拧紧六个外圈螺钉产生的压力使刀口下移,切压阀片,从而把主体部份可靠地密封起来。管内备有多个阀片供依次使用;已切压过者,被贮放到左侧小窝中。一个其顶部带有可开关盖板的底片盒(15),每次可装入20张以上的尺寸为 35×45 毫米²的底片(11)。每张底片单独安装到特制的金属框架内并一并叠放在(15)右侧,依靠其下部的弹簧装置,保证位于最上层的乳胶面,同电子光学系统的最佳像面重合。(15)可被插放到液氮冷阱(13)的内腔中,冷却照相乳胶,阻止其水汽的逸出。另一个冷阱(17),用来冷却光电阴极,降低其热发射而减小暗背景。

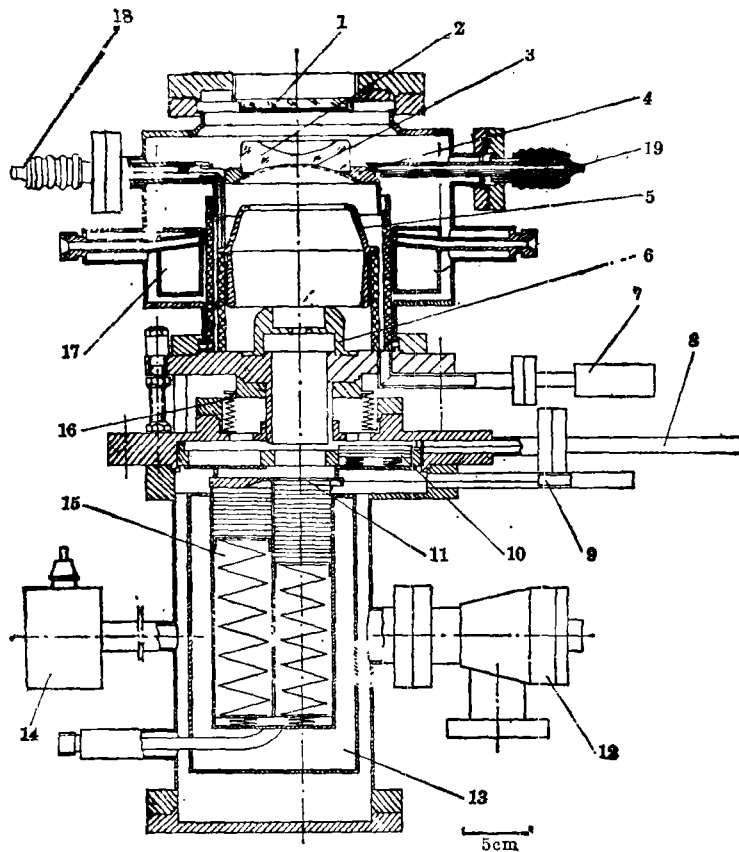
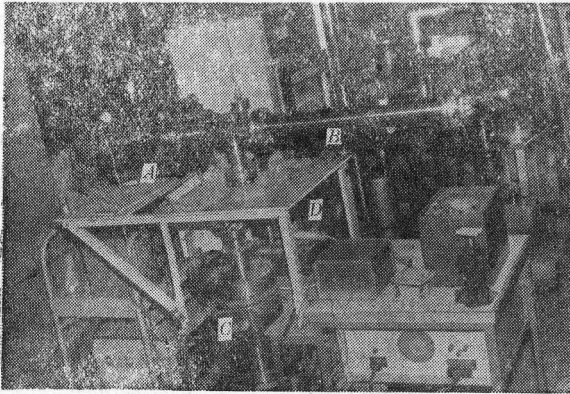


图1 静电聚焦电子照相机结构示意图

整机的所有固定连接处,均采用氩弧焊处理,所有可拆性部件,均采用压紧退火处理了的纯金或纯银丝垫圈的法兰盘,完成密封联接。整机的全部技术处理和操作应用有以下主要步骤:

1. 清洁处理所有零、部件,组装成主体部分,并将其同已安装在超高真空排气台(由抽速450升/秒的涡轮分子泵和抽速25升/秒的钛离子泵构成)上的专用蒸发器系统(其中有制备光电阴极的材料和使之移动的操作机构)的接口法兰密封联接起来,如图2所示。然后,在350°C温度下进行烘烤排气处理。再在适当低的温度下按照一套专门的制备程序,在管内形成半透明光电阴极。可按需要制备铯铯、双碱或三碱任一种光电阴极。其后,关闭(16),即可从排气台上卸下管体,并同已另行装配妥的底片盒部件密封联接在一起,从而构成整机。

2. 整机运至观测站,通过阀门(12),使底片盒部件同一个与上述类似的排气台相联接,并把其内部排气至超高真空。将(13)灌满液氮并启动另一个与(7)相同的小钛泵(14),保持底片盒内始终处在优于 10^{-8} 托的真空条件。关闭(12),即可把整机从排气台卸下,移至观测室并装到望远镜上,如图3所示。



A—照相机主体, B—蒸发器,
C—涡轮分子泵, D—钛离子泵

图2 安装在排气台上的电子照相机主体

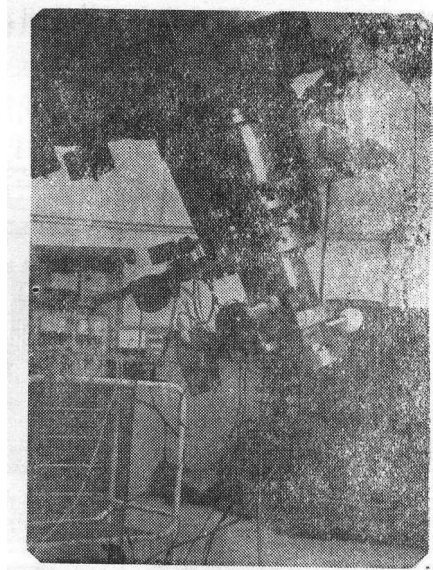


图3 安装在60厘米望远镜, f/15焦点的电子照相机

3. 把(17)灌满液氮,开启闸板阀,敞开电子像的传递道路。施加工作电压而正式进行观测。曝光时间由装在(1)前的快门控制,其间还设置有滤光片架,可供换用不同的滤光片。利用操作机构(8),可把已曝光的底片依次推至(15)左侧并贮存于此。

4. 待底片用完,移去工作电压,关闭闸板阀,吹出(13)内的多余液氮并把整机卸下,使底片盒部份自然恢复至室温。

5. 通过(12)使大气进入底片盒,并将其从整机卸下,取出底片进行显影处理。同时,装入新的底片并再次同管体组装成整机,重复以上操作步骤,准备下次观测。换装底片时也可补充新的阀片。

多次实践证明,采用上述方法能够在整个应用过程中,可靠地维护光电阴极。一旦发生

其灵敏度衰退, 则可利用全部原有构成零部件, 进行重复性的重新制备处理。

我们制造了三套同样的整机, 可以一并接到观测站的排气台上进行观测前的排气处理。每夜选用其一, 依次轮流使用, 保证连续性观测。

实际测量表明, 整机总重约40公斤, 总长为54厘米, 有效视场直径50毫米, 平均分辨率优于100线对/毫米, 电子光学放大率0.7, 畸变小于2%, 总的性能参数, 与国外同类探测器相当。

从以上的描述可知, 电子照相机的操作应用是相当麻烦的; 尽管可以采用PDS型显微密度计对所得到的资料进行处理, 还是又多了一层麻烦。当然, 以底片形式贮存天文信息, 也具有长期稳定的优点。今后, 我们将负责提供技术服务, 使更多的天文工作者也能进行电子照相观测。鉴于电子照相方法具有的优良探测性能, 这样做是值得的。在电子照相机中, 加速到30千伏的单个光电子, 能够在底片上形成一条可供测定的电子余迹。这是一切光子探测器所能达到的探测极限。目前, 我们实验室的洁净条件较差, 不能避免尘埃颗粒的污染, 总的工作电压暂被限制在20千伏。改善了相应的工作条件, 应能实现30千伏的工作状态。

采用装在60厘米望远镜上的电子照相机, 未加滤光片, 在20千伏下曝光1分钟, 可在III_a-J底片上记录到极限星等约为17的暗星。图4示出的是曝光3分钟的双星20Per的星场照片, 5.5等的主星在照片上的黑度未达饱和, 显示出电子照相的巨大动态范围。图5是曝光3分钟拍摄到的球状星团M3, 直到星团中心, 星像都是可分辨的。

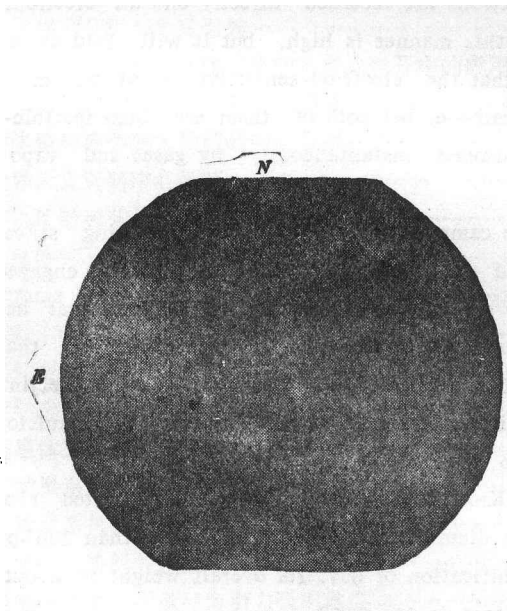


图4 双星20Per的电子照相

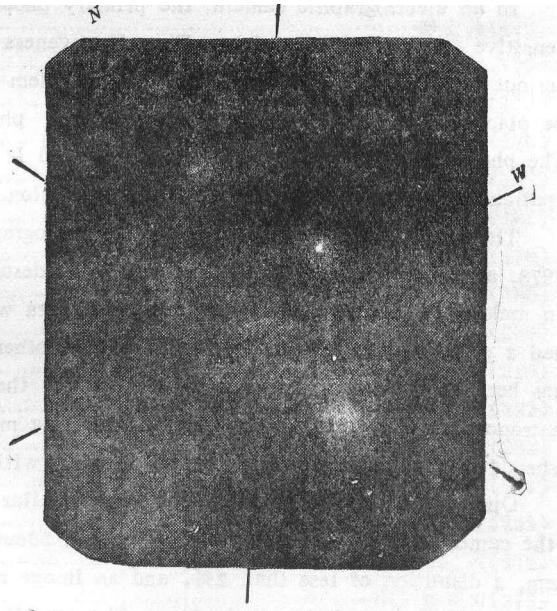


图5 球状星团M3的电子照相

应当指出, 上述技术复杂性都是由供地面观测用的电子照相机为保护光电阴极而引起的。供空间探测用的远紫外光电阴极, 允许曝露于干燥的空气, 其整机结构十分轻便而紧凑^[5], 完全是另一种面貌^[5]。因此, 在已有的技术基础上为适应我国发展空间天文的需要, 进一步研制远紫外电子照相机及其同其他探测器的组合式系统, 是下一步合乎逻辑的发展目标。

最后, 我们特别向在电子光学和光电阴极研究中提供有效合作的北京理工大学周立伟教授和王仲春同志, 向协助设计阴极透镜的上海天文台王兰娟同志, 表示深切的谢意。

参 考 文 献

- [1] Chincarini, G. L. et al. (eds), *Electrography and Astronomical Applications*, University of Texas, USA, (1974).
- [2] Fu Delian et al., *KEXUE TONGBAO*, 25 (1980), No. 7, p. 605.
- [3] Carruthers, G. R., in *Advances in Electronics and Electron Physics*, Vol. 64B (1985), p. 229.
- [4] Kron, G. E. et al., *ibid* [3], Vol. 28A (1969), p. 1.
- [5] Carruthers, G. R., *ibid* [3], Vol. 33B (1972), p. 881.

The Electrographic Camera for Astronomy

Fu Delian, Niu Baotian, Li Laifu, Guo Songru

(*Beijing Astronomical Observatory, Academia Sinica*)

Abstract

The electrographic camera is one of the most powerful modern detectors in astronomy. The electrographic cameras of various types were produced in the past several decades, and many excellent astronomical results were obtained with these cameras for ground-based and space applications.

In an electrographic camera, the primary photoelectrons are recorded directly on an electron sensitive photographic emulsion. The effectiveness in this manner is high, but it will lead to a serious technological difficulty. The basis problem is that the electron-sensitive emulsion must be placed in the same vacuum chamber as the photocathode, but both of them are incompatible. The photocathode is very active chemically and is poisoned instantaneously by gases and vapors (particularly water-vapor) given off by the emulsion.

The experimental work on developing electrographic cameras that we have been studying since 1973, at Beijing Astronomical Observatory, is described in this paper. One of them is engaged in making an electromagnetically focused camera with an effective diameter of 100mm, that has had a preliminary result to be published. The other one is an electrostatically focused camera that has been brought to success now and tested on the 60cm reflector, at Xinglong Station, Beijing Astronomical Observatory. The obtained limiting magnitude is about 17 on Kodak E_a -J emulsion when 1-minute exposure under 20 kV is used, with no filter.

Our electrostatically focused camera is similar to Kron camera. It has been demonstrated that the camera has an effective field of view of 50mm in diameter, a resolution of better than 100Lp/mm, a distortion of less than 2%, and an image magnification of 0.7. Its overall weight is about 40kg and the overall length is 54cm. The overall voltage is 20—30kV.

Lastly, as a further studying step, we mention the importance for space astronomy to develop far-ultraviolet electrographic camera or its combination with the other detectors (for example with CCD or vidicon).