

编号: (65) 100

内 部

出国参观考察报告

日本电子显微镜及有关领域专题报告

中國科學技術情報研究所

一九六五年十一月

说 明

我国有关部门曾派田巨生、王大年、黄兰友、曲仁俊、曹木泉、张立中、王仁全七位同志于1965年7月7日赴日本考察电子显微镜及其有关领域的发展情况及具体技术。在日本期间参观了日立制作所那珂工厂，日本电子株式会社，明石制作所，岛津制作所等工厂；还参观了名古屋大学，东北大学，早稻田大学，电气试验所等的研究单位，以及东京大学等若干个应用电子显微镜作研究工作的大学、工厂、医院、研究所。上述同志回国后，将他们在国外了解到的有关电子显微镜方面的情况整理成专题报告，现印发有关单位，供参考。

目 录

一、日本电子显微镜和其它电子光学仪器设备的生产情况	(1)
(一)日本几家电子显微镜制造工厂的情况.....	(1)
(二)电子显微镜生产厂房条件.....	(4)
(三)电子显微镜的设计思想.....	(6)
(四)对日本几家工厂主要电子显微镜产品的评价.....	(7)
二、研究题目及发展动态	(10)
(一)工厂的研究题目.....	(11)
(二)工厂以外研究部门的研究题目.....	(14)
(三)日本电子显微镜和其它电子光学设备的动态.....	(20)
三、设计与工艺	(27)
(一)电子枪结构与耐压问题.....	(27)
(二)双聚光镜.....	(33)
(三)样品室.....	(35)
(四)样品台及样品漂移问题.....	(36)
(五)透镜的电子光学设计.....	(39)
(六)磁路设计.....	(40)
(七)加工与检验.....	(48)
(八)防污染措施.....	(57)
(九)消象散器.....	(58)
(十)合轴问题.....	(58)
四、电源部份	(59)
(一)高压电源.....	(59)
(二)透镜电源.....	(61)
五、极限分辨本领拍摄和微栅制备	(63)
(一)极限分辨本领拍摄.....	(63)
(二)微栅制备.....	(66)
六、超高压电子显微镜	(68)
(一)日本超高压电子显微镜研究试制工作概况.....	(68)
(二)超高压的意义.....	(69)
(三)几种超高压电子显微镜试制产品.....	(71)
七、电子束加工机	(77)
八、微区分析	(81)
九、附件	(88)
(一)深見章教授谈日本电子显微镜发展情况.....	(88)
(二)小林惠之助教授谈电子显微镜.....	(91)
(三)东昇教授谈1965年2月在印度加尔各答召开的第二届亚洲、大洋洲地区电子显微镜学术会议的情况.....	(93)
(四)美国1964年召开的超高压电子显微镜讨论会报告题目目录.....	(94)

日本电子显微镜及有关领域专题报告

一、日本电子显微镜和其它电子光学仪器设备的生产情况

日本是一个电子显微镜事业比较发达的国家。根据京都大学化学研究所荒川正文博士1961年的统计资料，全国生产总台数为791台，其中589台分布在全国各个地区的各个部门，202台出口国外，分布的情况如图1所示。

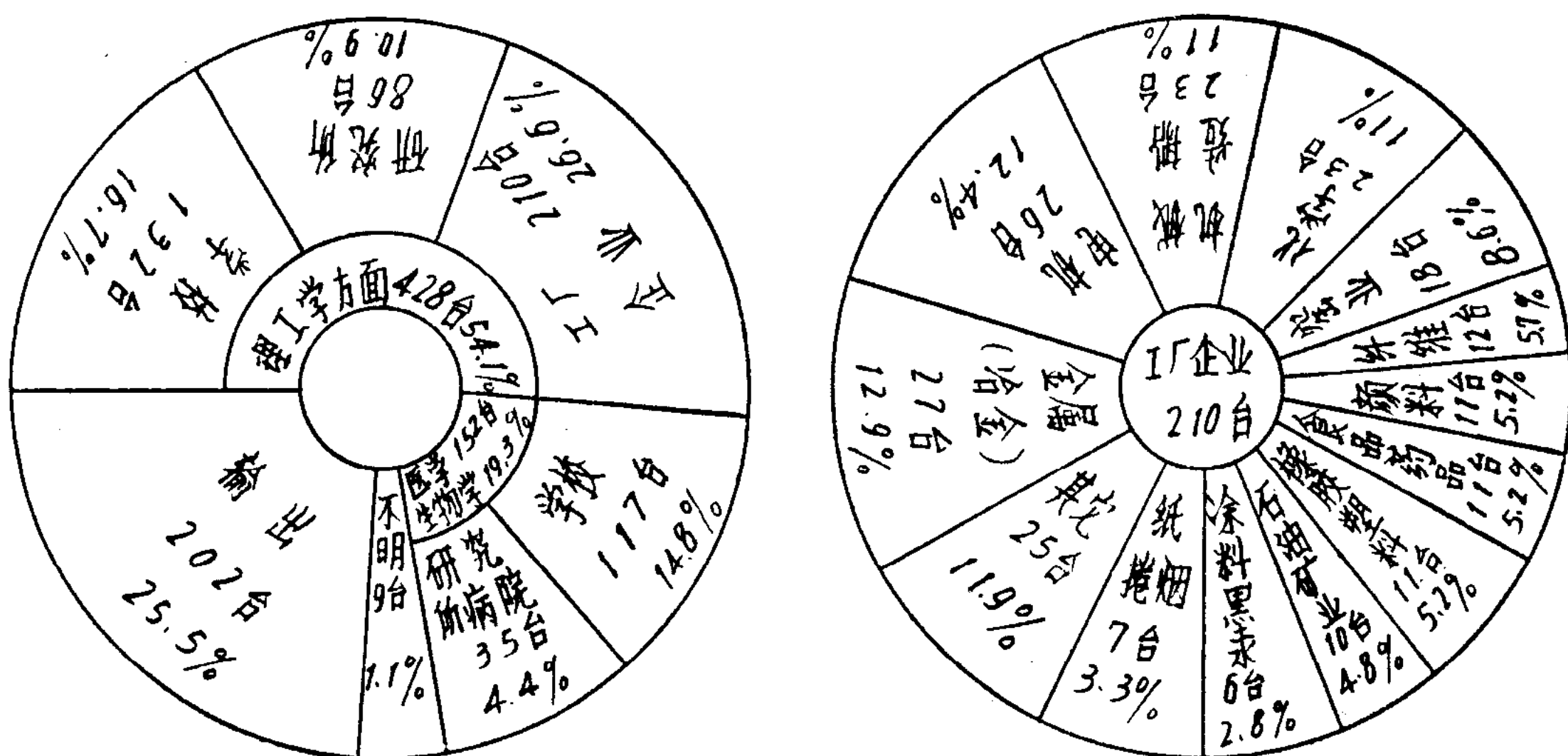


图1 日本产的电子显微镜分布情况

现在日本全国电子显微镜的总台数估计已达1000台左右。如京都大学、名古屋大学和东京大学等每一个大学（包括附属研究所）都有30~40台。据日本电子社长几户健二说，日本的高级中学已开始用电子显微镜作教学，还据说不久的将来还会普及到初中。

日本生产电子显微镜和其他电子光学仪器设备的工厂主要有：日立制作所、日本电子工厂、岛津制作所和明石制作所四家。日立、日本电子、岛津都有从事产品提高和新品种发展的研究部。几家工厂还都与一个或几个大学、研究所有固定的“协作”关系，进行新品种发展的研究。日本有好几家大学、研究所从事电子光学理论研究和实验工作。

由于重视了研究实验工作，日本电子显微镜技术的发展是比较快的。商业产品的水平有不断的提高，如日立的HU-11B，日本电子的JEM-7电子显微镜都具有较高的水平。新品种有较快的发展，如超高压电子显微镜已接近推广实用的阶段，其他新的电子光学仪器和设备也在不断增加和提高。

现在根据我们对这几家电子显微镜工厂所作的参观访问和从有关的大学、研究所了解到的有关日本电子显微镜和其他电子光学仪器设备的生产情况概述如下：

(一) 日本几家电子显微镜制造工厂的概况

1. 日立制作所

日立制作所是日本的一家综合性的垄断企业。电子显微镜和其它电子光学仪器的生产在

那珂工場进行。中央研究所也負責电子显微鏡和其它电子光学仪器的基础研究、新产品发展和調查工作。

那珂工場共有职工2000人。生产的产品主要有：电表繼电器、工业測量仪器和精密物理化学仪器。其中物理化学仪器占50%左右，包括利用电子或X射綫的分析仪器和利用光学的科学仪器。这些仪器中又以电子或X射綫的分析仪器为主。現在的重点产品有：

- (1) 电子显微鏡：大型透射式 HU-11B；中型永磁式 HS-7S；超高压 500 千伏（尚未成批生产）。
- (2) X 綫微区分析仪：XMA-4B。
- (3) 質量分析仪：单式复聚焦 RMU-6D。
- (4) 核磁共振譜仪：H-60，其分解能力在 1×10^{-8} 以上。

电子显微鏡的年产量在 200 台左右，一半以上出口国外。目前在日本国内約有日立电子显微鏡 400 多台。出口的主要对象为美国，到目前为止已有 300 多台。其次是欧洲地区，約为 120 余台。質量分析仪已生产 120 台，出口到美国、瑞士、西德、澳大利亚和加拿大等国。

电子显微鏡和其它物理化学仪器的生产，由同一个部管理。电子显微鏡的研究工作，除了在中央研究所进行基础研究、新品种发展和調查工作外，还有中央研究所設在那珂工場的分所与工場結合进行产品提高和附件发展方面的研究工作。如超高压电子显微鏡和 HU-11B 的象增强器的前一段研究工作主要在中央研究所进行，商品化和进一步改进提高工作就在那珂工場进行。

2. 日本电子株式会社

日本电子是一个专业性比較强的中型企业，設有昭島和三鷹两个制作所。整个公司有职工 1650 人，其中昭島制作所 1200 人，三鷹制作所 250 人，公司各部职工 200 人。职工中大学毕业 550 人，高中毕业 600 人。

昭島制作所生产的产品有电子显微鏡及其它电子光学仪器、磁气装置（如核磁共振、順磁共振装置等）和分析仪器三大类。这三大类仪器設有三个管理部。三鷹制作所生产的产品有电子束加工（熔鍊、焊接、蒸发等电子束工艺）設備、真空設備（如真空熔炉等）和高頻应用設備（高頻加热、高頻淬火、超声波发生器等）。三鷹制作所設有二个班（电子束和真空班，高頻班）和一个制造部。該所主要生产是电子束各种工艺設備。

昭島制作所現在生产的主要产品有：

- (1) 电子显微鏡：
 - 大型 JEM-7 (100-80-50 仟伏, 4.5Å, 600~250,000 倍)
 - 中型 JEM-T6S (60 仟伏, 15Å, 600~50,000 倍)
 - 小型 JEM-T (50 仟伏, 50Å, 2500~5000 倍)
 - 超小型 Superscope (30 仟伏, 摄影 1000, 1500, 2000 倍)
 - 超高压 JEM-150 (150-100-80 仟伏, 10Å, 600~200,000 倍)
- (2) X 綫微区分析仪 JXA-3
- (3) 双聚焦質譜計 JMS-OIU
- (4) 順磁共振仪 JES-3BX
- (5) 核磁共振仪 JNM-4H-100

日本电子显微鏡的年产量大中型約为 200 台（多数为大型），超小型約为 300 台。100 万伏的超高压电子显微鏡正在試制，明年春季可完成。

三鷹制作所現在生产的主要产品有：

(1) 电子束熔解炉 JEBM-03B (小型生产用, 20仟伏, 0~1.5安)

JEBM-01C (实验室用, 10仟伏, 0~1安)

(2) 电子束熔按装置 JEBW-2B (0~25仟伏, 0~30毫安)

(3) 电子束加工机 JEBD-2B (80仟伏, 0~300 μ A)

JEBD-3B (150仟伏, 1毫安)

(4) 高频加热真空熔炉 JVM 型多种规格

(5) 真空电弧熔炉 JVA 型多种规格

这些产品多数根据订货生产, 目前每年产量只有几台, 电子束加工机今年年底将出售第20台。

日本电子在公司下面设有一个研究部, 从事新产品的发展和提高工作。电子显微镜部门(包括X射线微区分析仪)、磁气装置部门和分析仪器部门各都设有研究室。

3. 明石制作所

明石制作所规模较小, 职工总数410人, 其中技术人员120名。资金94万日元。总厂设在东京, 在相模新建一个工场, 制造动平衡机和全部产品的机械加工。该所自己没有独立的研究部, 但也做少量的研究, 并与东京大学、东京工业大学、名古屋大学、早稻田大学等有关研究室有密切联系, 发展新的品种和改进产品质量。

明石制作所生产产品较杂, 主要有硬度试验机、疲劳试验机、振动计、加振机、地震计、动平衡试验机、电子显微镜、X射线微区分析仪、真空蒸发装置等。其中硬度计、振动试验机、小型加振机等为成批生产。

电子显微镜从1950年开始研究试制, 商业产品都属于中型。在1960年以前生产 TRS-50型, 在1960年以后发展 TRS-60型, 在1962年又在60型基础上试制成功 TRS-80型, 1963年才正式出售。电子显微镜目前生产能力每月5台左右, 实际产量根据定货确定(不到5台)。产值占全厂总产值的 $\frac{1}{4}$ 左右。电子显微镜总的生产台数为200多台, 其中在日本国内销113台, 出口国外100多台。

X射线微区分析仪从1959年开始试制, 已制造出售三台, 而4号机和5号机正在加工, 按订货生产。

4. 島津制作所

島津制作所是一个多品种的大型企业。生产的产品有科学器械、机械设备、放射线设备、测量仪器和航空机械设备等大类的数百种品种。全所职工5400多人, 分设四个工场。电子显微镜在京都三条工场, 属于科学器械事业部。

島津制作所研究试制电子显微镜的工作开始是比较早的。我们参观了几所大学的实验室, 看到有日本电子显微镜各个发展阶段, 特别是发展前期的島津电子显微镜样机, 但是见到的商业产品很少。现在生产的电子显微镜产品只有一种中型的 SMD-4F, 10 \AA , 50—70仟伏(100仟伏衍射), 产量很小。

島津制作所从事超高压电子显微镜的研究工作也是比较早的。他们与京都大学高分子化学教研室小林惠之助等教授合作, 在1952年就做出20万伏电子显微镜, 1957年又做出30万伏, 1963年做出 SMH-5A 型50万伏电子显微镜。现在他们正在进一步改进提高, 达到商品化。同时他们还在进行75万伏电子显微镜的设计试制。在其他电子光学仪器方面还在发展X射线微区分析仪。

电子显微镜和其它电子光学仪器的生产，在島津制作所所占的位置是比较次要的，技术力量也不强。

(二) 电子显微镜生产厂房条件

1. 厂房布置

日本四家生产电子显微镜的工厂，島津没有成批生产，明石产量也比较小，工厂是利用老厂房。日立制作所那珂工厂和日本电子昭島工厂是较新的建筑，电子显微镜产量较大，厂房建筑和车间布置都考虑到电子显微镜生产的特点。特别是昭島工厂专业性比较强，条件和布置更适应电子显微镜的生产。现在将这两个工厂厂房布置情况归纳如下：

工厂的厂址都在离城市较远而偏僻的地区，厂房一般是三层建筑，车间多采用大面积布置。机床的布置，特别是大的机床均在底层，以相同的机床组成机群。高精度机床另外装于空调室内。电器装配、部件装配、总装调试检验均采用连续生产方式，每批10~15台。

(1) 日本电子昭島工厂 (见图2)：

图2为日本电子昭島工厂的部件、装配及主机总装的平面布置示意图。这部分场地设在大厂房的第二层楼上。这是一间十分宽敞的大屋子，玻璃窗宽大光线充足。房间内没有间壁，主要靠过道、工作柜等划分为工作区域。房间内采用一般空调，工作场所比较清洁整齐。

高压油箱的清洁处理，以及灌油在一层楼专门房间里进行。主机装配完毕，用电梯运送到底层调试检验室进行总机调试检验。

日本电子的总装调试室可以容纳20几台显微镜同时调试。调试室房间无窗，采用日光灯照明，有大面积的空调系统。从我们看到的情况来说，调试室温度和湿度要求不是十分严格的，仅达到夏天降温，冬天采暖的目的。每台显微镜用黑色活动的幕布围成暗室。房间布置见图3所示。

JEM-150、JEM-7、JEM-T6S 发射式电子显微镜都在此车间调试检验。但是，在调试检

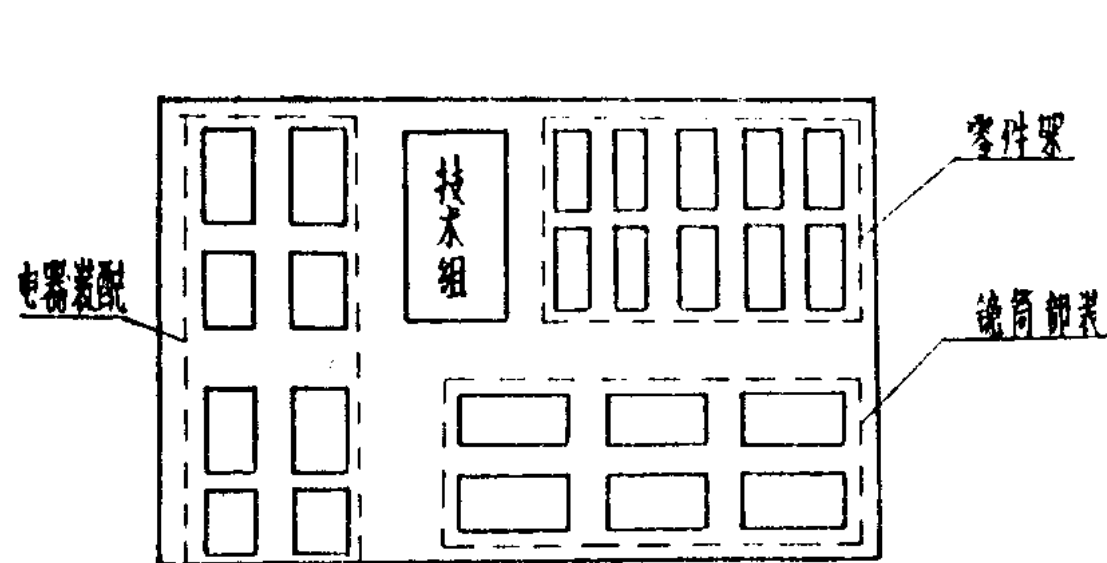


图2 日本电子装配室示意图

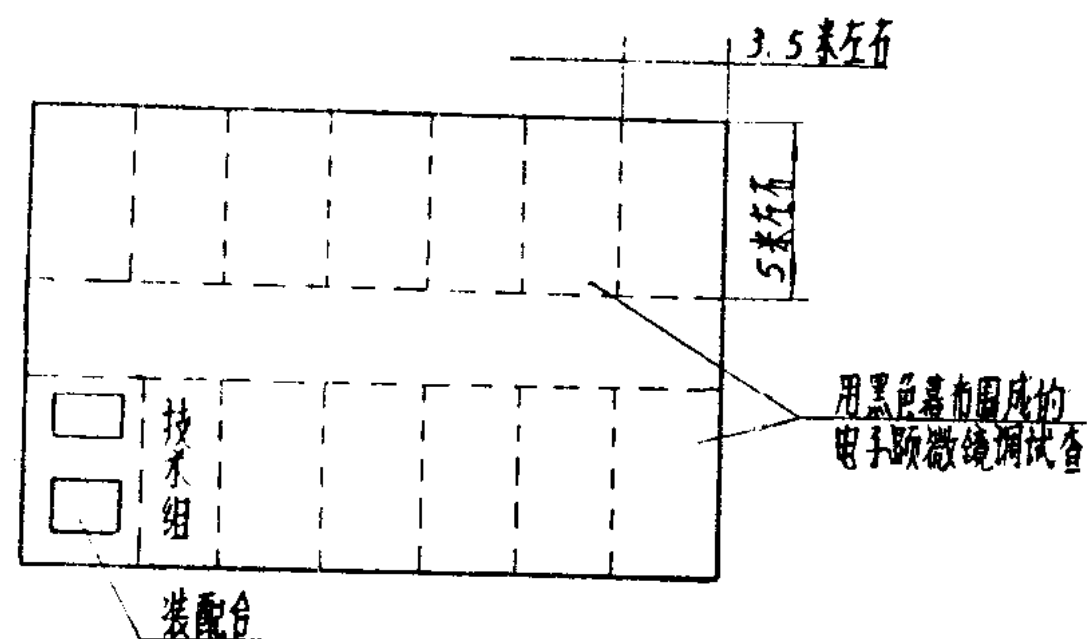


图3 日本电子调试室示意图

验中主要是调试 JEM-7 电子显微镜的，其它产品年产量是不大的。

(2) 日立制作所那珂工厂 (见图4)：

厂内用黑色活动幕布围成的暗室，并有独立的防震地基。除调试电子显微镜外，还有几台 X 光微区分析仪也在这个房间里调试。

这个工场分布在大楼的底层，地面采用有色的塑料贴面，有大面积空调系统。它与日本电子一样，对温度湿度要求不十分严格、清洁工作做得很好。

主机在活动工作台上敷好线，装好各种部件和联接真空接头，然后顺着导轨推到调试场地的独立基础上，进行总的调试检验。

高压油箱，电气部件在另外房间进行装配调试，合格后运送到总调室。

总机检验合格后，送到装箱工场装箱入库，然后发送到用户单位。

从日本电子和日立那珂工厂相互比较来看，我们认为日本电子昭岛工厂安排比较合理，而那珂工厂显得较乱一些，房间比较挤一些。

2. 防振措施

从参观使用单位的过程中了解到：使用日立高性能电子显微镜的单位，如在东京的金属

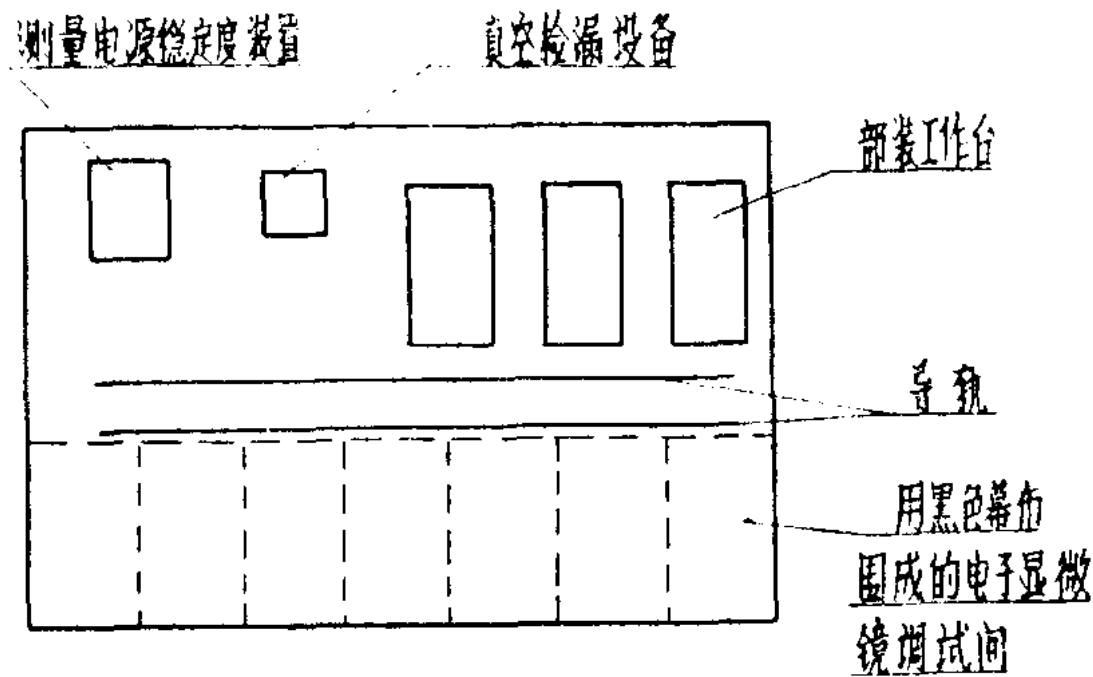


图4 日立那珂工厂装配调试室示意图

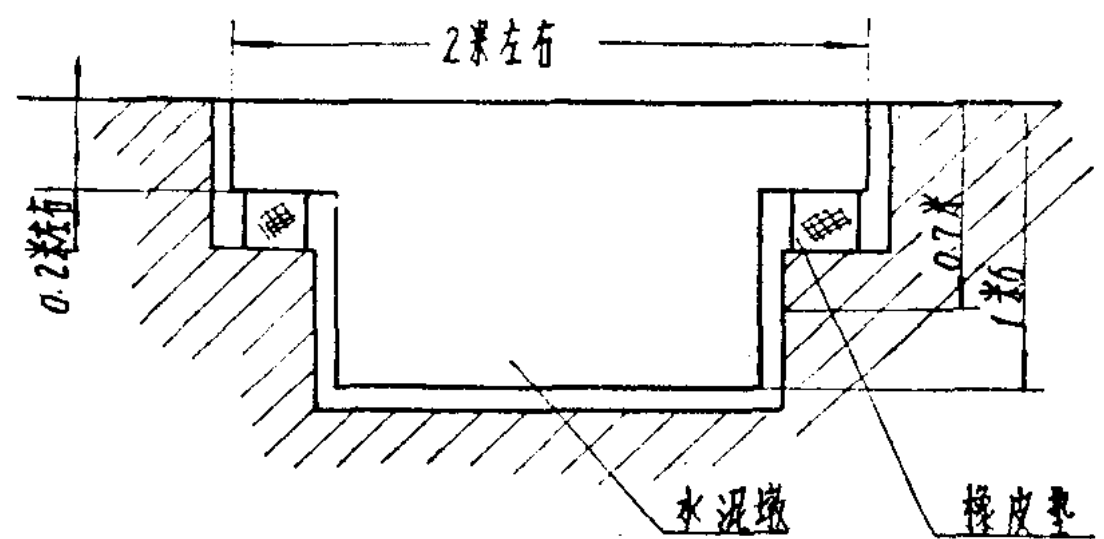


图5 金属材料研究所 HU-11 的防振地基

材料研究所有 HU-11，在仙台的东北大学金属材料研究所有 HU-10 和 HV-11A，电气试验所有 HU-11等，一般都是装在一楼有独立防震基础；而使用日本电子的高性能电子显微镜的单位，如在神户的川崎制钢厂研究所有 JEM-6A（是装在2楼的），在大阪的成人病医院有 JEM-6C（也装在2楼），京都大学化学研究所有 JEM-7（装在一楼），东京大学物性研究所的 JEM-150（装在2楼）等，一般都没有独立的防振基础，也没有反映仪器不正常的意见。在工厂内部，日立那珂工厂装调室和中央研究所高分辨本领研究室都有独立防振基础；在日本昭岛工厂，不论在总装调室或者拍高分辨本领的试验室（我们没看到）均无独立防振基础。可以看出由于仪器机械稳定性的不同，采取的防振措施也有不同要求。现将日立制作所和日本电子高性能电子显微镜所采取的防振措施说明如下：

(1) 日立制作所采取的防振方法（见图5）：

金属材料研究所日立产品 HU-11

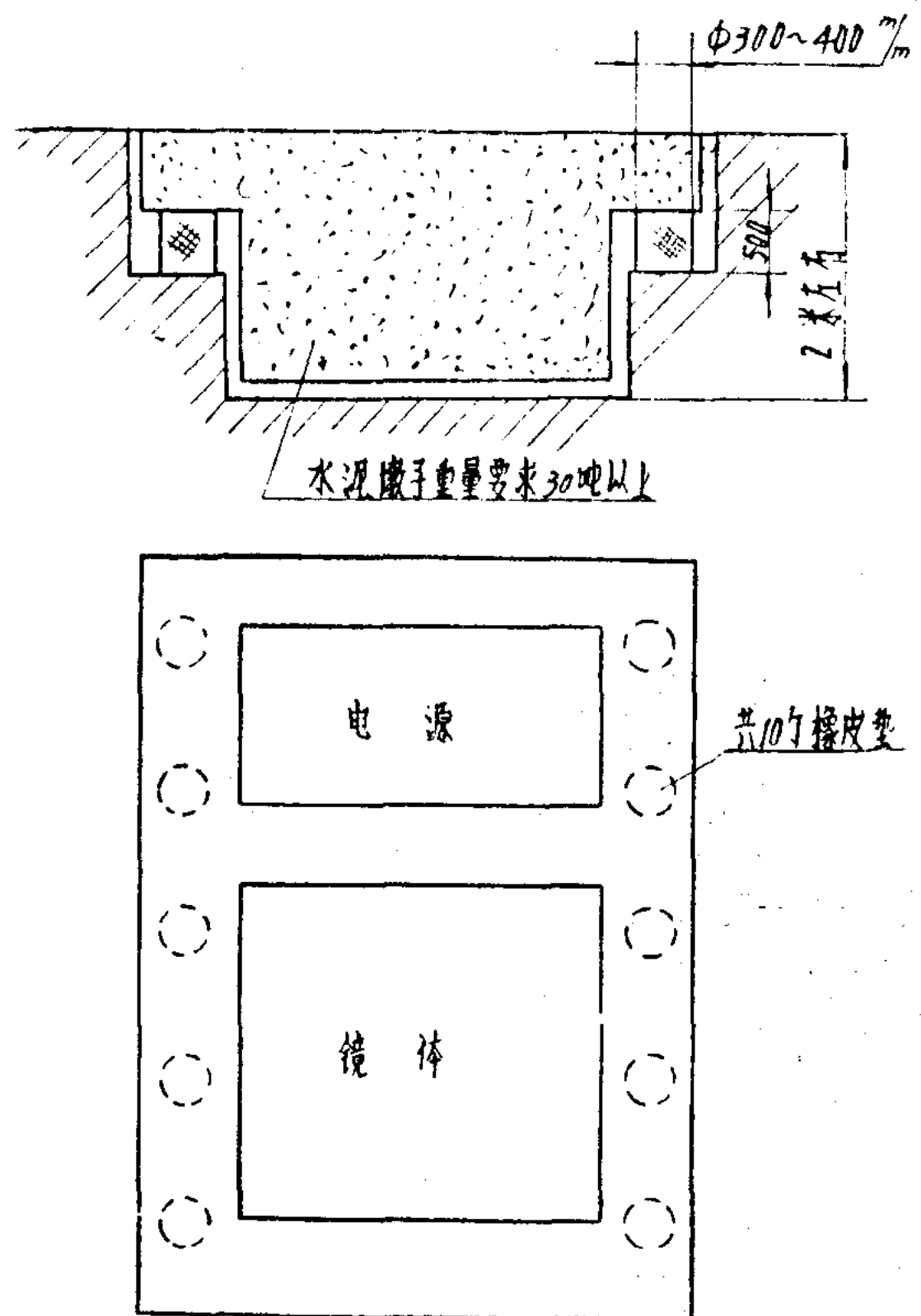


图6 日立中央研究所 HU-11B 的防振地基

电子显微镜的防震独立基础的结构如图 5 所示。钢筋水泥墩子成丁字形断面（1500×3000毫米）放在橡皮垫子上，两边对称各放 8 只橡皮垫和二个刚性垫块（刚性垫块可能是在橡皮垫偶然超载时作支承用的）。基础上仅安放仪器的主体，而电源和其它部分都放在基础以外。

日立中央研究所高分辨本领电子显微镜试验室 HU-11B 型的防震独立基础的结构基本上与金属材料研究所的相似。为了使独立基础更加稳定，丁字形墩子的重量约在 3 吨以上，两边各垫以防震橡皮 5 只。橡皮垫子直径为 300~400 毫米，在自由状态下的高度 500 毫米。根据计算这样的基础可以消除频率为 3 周以上的振动，实际没有测量过。

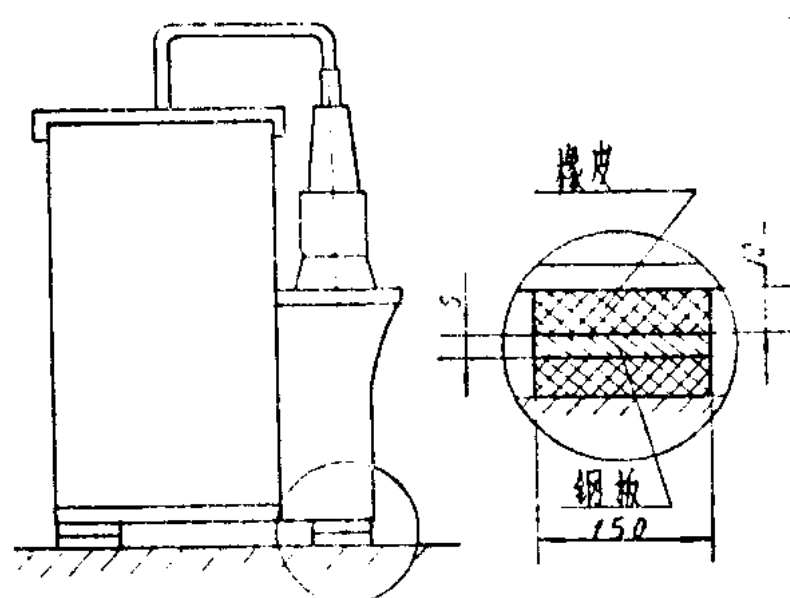


图 7 JEM 的防震垫

防振橡皮是很软的，我们在日立中央研究所，一个人站在防震基础上双脚略为一用力，可明显看到整个电子显微镜在摇动。防震橡皮结构示意图如图 6 所示。

防振橡皮是很软的，我们在日立中央研究所，一个人站在防震基础上双脚略为一用力，可明显看到整个电子显微镜在摇动。防震橡皮结构示意图如图 6 所示。

(2) 日本电子的防震措施：

JEM 的防震垫结构示意图如图 7 所示。

日本电子显微镜的防震，不论在使用单位或在该厂试验室内，均采用如图 7 所示的橡皮垫块型式，在主体下面平均放 10 块。图 7 所注的防震垫块的尺寸是目测估计的，与实际会有些出入。采用了这种简单的防震措施，使用单位能满意地拍摄好的照片。据说该厂试验室拍出 1.43Å 晶格条纹、3Å 的点分辨率照片也是在这样条件下拍摄的。岛津制作所采用类似日立的防震措施。

明石制造的 TRS-80、TRS-50 型电子显微镜一般不用防震装置。

(三) 电子显微镜的设计思想

日本几家电子显微镜制造工厂为了在互相竞争中扩大自己的销售市场，对各自的产品力求保持自己的特色。在我们参观访问期间他们分别给我们介绍了他们的设计思想。虽然他们所介绍的设计思想的内容是不全面的，如明石和日本电子主要是介绍了他们对高性能电子显微镜的设计思想。日立所介绍的内容还很不完整，但也可帮助我们了解他们这些产品的特点。

1. 明石制作所的设计思想

明石制作所的设计思想由理事、工学博士益田达之助介绍的。

仪器应有的分辨本领能够经常的很快的获得，是明石的主导思想。一方面要有高的分辨本领，另一方面还要有高的获得率。

明石以图 8 说明了他们的设计思想。通常一台极限为 5Å 分辨本领的电子显微镜，10Å 都不是经常能获得的，只有百分之几十的把握。而明石的 TRS-80（据介绍的人讲）电子显微镜虽然极限只是 10Å，但能经常的比较容易的获得。

他们认为电子显微镜的应用，特别是用在生物方面，一般的 10Å 就足够了。只是如何能够经常

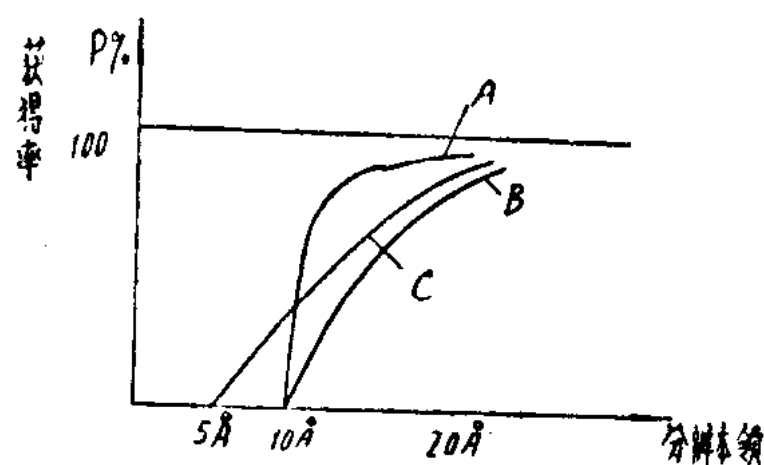


图 8 分辨本领获得率
A: 明石 TRS-80, B: 一般 10Å 的电子显微镜, C: 一般 5Å 的电子显微镜

穩定地達到 10\AA ，並且操作方便簡單，他們採取了這樣的具体措施：

(1) 整體設計成臥式，操作方便，即使个子矮一點的人也能很方便的使用；

(2) 光軸固定。光軸精度全靠機械加工來保證，不必在操作時作任何機械調整。唯一的光軸調整是用电磁偏轉器進行的。

明石的設計思想也是不少日本學者所主張的。

2. 日本电子的設計思想

日本电子的設計思想是研究部电子顯微鏡研究室付主任谷中隆志介紹的。

(1) 考慮用戶的要求。

(2) 考慮使用的價值：

① 使用的領域愈廣愈好；

② 操作力求方便可靠。

(3) 進一步擴大研究對象：

① 提高分辨本領（從提高加工精度，提高電壓穩定度和勵磁電流穩定度等措施來達到）；

② 提高加速電壓穿透厚的標本；

③ 附件品種多、精度高、質量好。

(4) 降低成本造價。

(5) 交貨期愈短愈好。

(6) 設計合理、穩定可靠、表面美觀、容易維修。

(7) 能配裝新的附件。

3. 日立制作所 HU-11B 的設計要點

日立制作所 HU-11B 的設計要點是由那珂工場理化學計劃部主任教師赤堀宏介紹的內容不完整，現簡略敘述如下：

(1) 應用象差理論；

(2) 考慮操作方便，盡量避免發生錯誤操作和減少使用人員的疲勞；

(3) 選用好的材料，改進透鏡設計，提高真空和電源穩定度等；

(4) 還可以作各種用途的附件。

(四) 對日本幾家工廠主要的電子顯微鏡產品的評價

日本有四家工廠同時生產電子顯微鏡，各家都力求使自己的產品具有高的水平，並保持一定的特色。總的來看我們從訪問一些用戶單位（大學及研究所）中了解的情況看來，他們一般對日本幾家工廠製造的電子顯微鏡商業產品都比較滿意，認為不差於世界最先進的產品。現在我們就這次參觀、交談和實際操作後所得到的印象，對幾項主要產品的情況作如下粗略的評述：

1. JEM-7 型高性能電子顯微鏡

日本电子生產的 JEM-7 型電子顯微鏡，比前一型號 JEM-6 有較大的改進。在機械穩定性上比日立 HU-11B 型高性能電子顯微鏡要好。這一點從它的結構上可以看出來，從操作上也可以觀察到。JEM-7 在廠內裝配調整和在使用單位安裝時，都不設防振基礎；HU-11 產品在廠內和使用單位都設有防振基礎。

JEM-7 的磁路設計是很特殊的。日本电子在這方面給我們做了詳細的介紹，說明他們在磁

路方面做了很多踏实细致的研究实验工作。从磁路的改善，带来了下面几个好处：

(1) 不论透镜是开着还是关闭，只要灯丝一点亮，肯定可以在萤光屏上见到电子束。这一点，一般是不容易做到的，它会对操作者带来很大的方便。

(2) 合轴简单精确。合轴是电子显微镜操作中需要熟练技术的一项工作。磁路改进以后，合轴就可以简单而精确，高分辨本领更可以保证。

(3) JEM-7 有一个很好的寻找视野的方法：关掉物镜，在萤光屏上可以获得几十个铜网孔的象，可以任意选定那一个孔作放大。如果磁路不好，物镜一开一关电子束就会偏离不见，用这样的方法寻找视野就办不到。

要获得高分辨本领，必须克服物镜线圈发热而引起样品的漂移。一般电子显微镜都采用水冷物镜外壳的办法，JEM-7 则用冷却线圈本身和线圈隔热的办法，使物镜保持室温。这方法是比较新的。

JEM-7 采用电磁消象散器，比机械消象散器操作方便得多。照明束采用电磁偏转代替机械调倾斜，这样增加了机械稳定性。

此外，反射式电子显微成象时不必换电子枪（日立是换整个照明系统的），用小象差电磁偏转，使用比较方便。

我们认为在同类型电子显微镜中，JEM-7 是一种较好的产品。

2. HU-11B 型高性能电子显微镜

日立制作所生产的电子显微镜在材料上有较多的研究，尤其是极靴材料。固有象散比其他电子显微镜极靴小，不用消象散器也可以获得较高的分辨本领。这种方法除了机械加工上的原因外，主要是用的材料比较好。

HU-11B 采用的防污染措施后结构是比较简单的。据介绍效果是比较好的，不象其他电子显微镜在用了防污染装置后会对仪器性能和操作带来影响。

HU-11B 的附件中较有意义的有 X 射线微区分析仪（除日立外，现在只有西门子有）及象增强器（除日立外只有英国 AEI 有）。象增强器对操作、观察、表演都带来很大的方便，是一个发展的方向，日本电子也在进行研究。日立的样品倾斜装置（金属研究必要的附件）有好几种，较特殊的是倾斜及同时加热的附件。大角度（30°）倾斜及马达传动的倾斜系统，可以用脚来操作。倾斜时象动不显著。

HU-11B 的拆卸比其他类似的仪器要简单。HU-11B 与 JEM-7 之间的很大差别是没有的，很大程度决定于用户具体需要及爱好。就主机来说，我们认为 JEM-7 比 HU-11B 在设计上更完善一些。而 HU-11B 比 JEM-7 在布局上更合理一些。

3. JEM-150 超高压电子显微镜

日本电子生产的 JEM-150 电子显微镜，没有听到厂家详细的介绍。我们从研究金属的用户那里了解到一些关于使用的情况。

东北大学金属材料研究所幸田教授认为 JEM-150 在金属研究方面比 JEM-6（他现在使用的）更合适，因为样品容易做好。用于 100 仟伏的样品制造要求高，报废率较大；150 仟伏时样品做差一些也能用。

东京大学工学部冶金部门有一台 JEM-150 电子显微镜，一位教授给我们介绍时说：100 仟伏与 150 仟伏从金属薄膜的厚度来说几乎没有什么差别，但 150 仟伏照象比较低一些的电压容易，也更清楚，对操作人员的熟练程度要求低一些。如果让同样熟练的人在两台仪器上照象，用 150 仟伏要比用 100 仟伏清楚得多。

我們在日本电子厂里曾花了几分鐘時間操作了一次 JEM-150 电子显微鏡，得到的印象是操作并不比100仟伏仪器复杂，不过設計与制造的完善性比 JEM-7 要差。

4. 明石制作所的产品

明石制作所生产两种电子显微鏡 TRS-50F(50 仟伏) 及 TRS-80 (80 仟伏)，一种 X 綫微区分析仪 Tronalyser TRA-25A。

(1) 明石制作所制造的 X 綫微区分析仪具有一定的特色，可以与第一水平的产品比較，同日立的产品比較，它給我們一个更好的印象。因为他們是按訂貨单个生产的，可以根据用戶要求做一些修改或增加一些新的內容。我們和他們的有关人員对几方面的問題作了座談，例如，如何保証电子束电流稳定？影响 X 綫譜仪分辨本領的因素及各因素在明石产品中起的作用和灵敏度問題等。还看了他們在 TRA-25A 上面的表演，都給我們留下了良好的印象。

(1) 明石的电子显微鏡設計思想較成功地表現在 TRS-50 上。这种电子显微鏡的确不需要什么熟練的操作技术，拆卸清洗非常簡單，排气速度很快。作为小型电子显微鏡，分辨本領也是很高的（优于 20\AA ）。在京都大学化学所水渡試驗室里我們看到一台 TRS-50 电子显微鏡，据說已用了10年，性能还是很稳定。

(3) 明石的 TRS-80 是在 TRS-50 的基础上发展出来的。設計思想与 TRS-50 一样，只是电压高一些，分辨本領也高一些(10\AA)。它的結構有一些特色，如清洗光栏可以在鏡筒里面加高溫很快清洗，不必取出来。但是經過我們自己在一台仪器上动手操作后，发现这台鏡子作为要求高一些的鏡子来講（如要求十几个 \AA 的研究工作）完善性是比较差的。例如样品移动时会跳动，透鏡材料有磁滯效应，調节象散器时，象移动得很厉害，使調节困难。总的来說，从我們試操作这台仪器来看，TRS-80 电子显微鏡还有一些需要改进的地方。

5. 超小型(Superscope)电子显微鏡

日本电子生产的超小型电子显微鏡，由于結構簡單，只有一个长焦距电子枪和二個成象透鏡，操作非常方便，只要有一个电源，不必有水源。这种仪器的价格比較便宜，約为5000美元。

据日本电子介紹，这种超小型电子显微鏡原来的目的是用于配合大型电子显微鏡选择样品，（我們在大阪成人病中心，曾經看到这种超小型电子显微鏡作大型电子显微鏡的預检查）或者是大学和研究单位用于培养人員，也可在工厂里用于产品檢驗。現在看来，直接用于某些研究題目也是有价值的。

深見章教授对这种仪器有較高的評价。他說这种教学用电子显微鏡刚出現时有人說价值不大，但是事实証明这样的电子显微鏡用途还是很广的，需要的地方比原来想象的要多得多。

据日本电子經理几戶健二說，現在日本的高中已开始用这种电子显微鏡作教学，将来还可能也在初中里用。从普及来說，結構簡單、操作方便、价格便宜确是一个重要的条件，超小型电子显微鏡在这方面有較大的前途。

6. 超高压电子显微鏡

日立制作所和島津制作所先后在30万伏的基础上发展了50万伏的电子显微鏡，在結構上都比原来的30万伏更接近商品化。他們产品的共同特点，也是比原来30万伏在結構上的主要改进之处，是电子枪加速部份都密封在充氟里昂气的槽子里，工作更加可靠。高压电源都采用 Cockcroft-walton 綫路，电阻反饋稳压，結構比原来30万伏电子显微鏡的都要簡單。从所达

到的指标来看，都能拍出 9.8\AA 或 9.2\AA 的晶格条纹。

島津制作所的一台50万伏电子显微镜在金属材料研究所已经试用了近两年，日立制作所的一台50万伏电子显微镜在东京大学物理研究所试用了半年多，二个单位应用了这种电子显微镜做了不少实验工作，已经能反映出它们的优点。

从结构上看，島津制作所的产品，高压发生部份有一单独充气密封槽，有利于更好屏蔽交流磁场和方便维修；日立制作所的产品，高压发生部份和加速管同装在一个充气的密封槽里，省掉一个高压槽，加速部份的密封槽的尺寸还比島津产品的小（日立为 $\phi 1.4$ 米 \times 高1.3米；島津为 $\phi 2$ 米 \times 高1.7米）。此外，島津产品采用变频机组输入720周电源；日立产品用电子管振荡器输入1.5千周电源。所以就总体结构而论，日立产品要比島津产品显得小巧和简单一些。

电子光学系统部份：島津产品的灯丝、加速极、二个聚光镜、中间和投影镜极靴都是机械调节的，操作比较麻烦；日立产品没有这些调节机构，操作比较简单。島津产品的加速部份和镜筒部份都是用装在屋顶上的吊车搬动的；日立产品的高压和加速部份的槽子固定在架子上，镜筒部份可以依靠装在架子上的滑车来搬动。

总的来说，两家的50万伏电子显微镜都还没有完全达到商品化，我们也没有详细考察它们的实际工作性能。但是，总的印象是就现在的样机来说，日立的产品在结构上比较成熟一些，也更接近商品化。

二、研究题目及发展动态

在这次考察过程中，除了参观访问制造电子光学仪器设备的工厂以外，还参观访问了几个研究单位，例如：（1）电气试验所；（2）东北大学计测研究所；（3）名古屋大学理学部及工学部；（4）早稻田大学等。对研究电子显微镜及微区分析仪方面的情况来说，访问是比较全面的。在电子束加工方面，还有几个重要单位没有去，如大阪大学的菅田教授(Sugada)和物理化学研究所的 Namba 等。

日本的电子显微镜和电子光学仪器设备方面的研究工作，交流与“协作”做得较好。工厂与研究单位在新产品发展方面，经常采取各种“协作”的方式，如研究单位的人作为工厂的顾问，工厂的技术人员到大学里面去做研究工作，工厂与研究单位共同从事某项新产品试制等。大学与大学之间有一个流动研究员的制度，即这个大学的研究人员到另一个大学去做半年或一年的研究工作。

工厂及研究单位正在进行的研究课题在一定的程度上代表着发展的动态，因此这里将把我们了解到的研究课题列出来，由此来看日本电子显微镜和其他电子光学设备的发展趋向。因为跟我们交谈的人会有遗漏，工厂也会对某些题目保密，因此列出的题目不一定全面。研究工作的结果给我们讲的大多数是已发表在公开文献中或是将要发表的内容，所以详细的具体做法除个别有意义的或是对我们直接有用的以外，我们都没有时间去深入了解，在此也不多写。这里只是从发展动态的角度看问题，来介绍这些研究题目。

(一)工厂的研究題目

1. 工厂开展研究工作的重要性

日立和日本电子这两家在日本制造电子显微镜比较出色的工厂，为了在国际和国内市场上去争夺地位，都化很大的力量开展研究工作。日立的研究工作分两处进行，新产品试制及较远的探索性工作在中央研究所进行，直接可以用于仪器提高的工作在那珂工厂的中央研究所分所进行，日本电子也设有研究部，在电子显微镜部门设有研究室，两家工厂把研究工作看为自己的命脉，拿日本电子的社长（最高领导）风户的话来说，日本电子有一个时期抓研究工作抓得不够吃了亏，现在这社长虽然很多部都要管，但是直接关心是研究部，他自己兼研究部长。

2. 日本电子昭岛工厂电子显微镜研究室

这个研究室（业务上属研究部领导）的主任是谁，我们没有了解，在业务上主要负责人是谷中隆志，1958年物理系毕业，约30岁。研究室的总人数约几十个人，大部份是大学生，主要设备是或新或旧的电子显微镜本身，研究题目的详细内容及结果由于保密关系回答得比较含糊。题目如下：

(1) 象散差的改进：

研究极靴象散与不同性质或不同成分的材料的关系。作法是将某一种材料做成一批（5个）极靴（以消除加工精度的影响），放入电子显微镜里去作象散测量。他们试验了很多材料，得出的结论是：在强的励磁之下象散主要来自加工，与材料的成份及颗粒度关系不大。材料中硅会产生磁性的各向异性，所以含量要小，不超过0.01%，相反碳的含量不一定是小才好，以0.1%—0.2%为最佳。

(2) 大角度无象差的偏转系统：

日本电子的大型显微镜有一个作反射成象的附件，在反射成象时，他们用一个双偏转器把照明束先向轴外偏出去，再从轴外向置于轴上的样品偏转，以前JEM-6的双偏转器象差较大，照明聚不小，使亮度受损失。这个研究课题是要按照英国 Mulvey 的思路，设计出小象差大角度的双偏转系统。利用 Mulvey 的思路，他们想出了30多种不同形状的偏转系统，通过实际试验后确定了一个最佳形状的磁极系统，其前一个偏转磁极与英国的相似，后面的磁极不同。据介绍偏转角度比英国的大，可达30°（英国为十几度），磁极的回路就借用样品室的壁（样品室材料现已改为铁），以减小漏磁（这做法据说已列为专利）。在第二偏转器与样品之间设有一个光栏以限制束的张角。光栏上面涂有荧光粉，可以通过窗口看到电子束。光栏可以以样品中心为中心转动。光栏孔的角度在外面可以读数，这个读数也代表电子束，物镜光轴所成的角度（电子束通过光栏孔），样品也可以相对于光轴转动，读数也可以从外面读出，两个角度读数之差就是电子束与样品面所成的角度。

(3) 电子枪：

据我们的记忆，他们是利用如图9所示的一个专门装置进行电子枪研究的。研究内容他们讲得很含糊，只说是研究电子枪机理的，如交叉点形成过程，空心束的来源。整个电子枪比实际尺寸放大了十倍（可能还不止），阴极是平面氧化物阴极，阳极是以铜网代替的。铜网的投影被一个电子透镜放大，在荧光屏上观察。他们想研究阴极面上的一点与阳极上的一点是否对应。

(4) 大幅度样品拉伸附件:

一般用于金属的拉伸附件只能拉伸几百个Å, 用于高分子材料如尼龙带就不适用。正在研究的是可以拉几个毫米的附件。

(5) 防污染装置:

日本电子的商品虽然有防污染装置, 但是还存在着缺点, 他们讲得很含糊, 大致是用了此装置, 目前会引起样品漂移, 得不到高分辨本领。

(6) 发射式电子显微镜:

日本电子与名古屋大学的榊米教授合作研制了一台发射式电子显微镜, 已做出了产品, 其物镜是静电式的浸没物镜, 发射是离子轰击式的。分辨本领据说已达500Å (静电浸没物镜的极限), 样品可以作加热处理。目前是研究如何提高分辨本领, 准备将来改用电磁式的浸没物镜, 以进一步提高分辨本领。

(7) 样品充气附件:

充气目的主要为研究样品的化学变化, 做法与一般前人 (如法国、苏联) 的做法相似。在样品上下加100Å小孔以通过电子束而阻碍气体跑入镜筒。小孔之间的间隙为0.3毫米, 足够放样品。样品架如图10所示。目前充气可达300毫米汞柱而仍然能获得较清楚的象。将来希望可以充气到一个大气压。

(8) 象增强器:

象增强管与Haine的做法一样, 管子是买来的半成品, 现在整个系统已经可以作为商品出售。显示部分用一般电视机改装。日本电视机标准是500条线, 他们做1000条线。增强管 (大概指靶面) 过去是12×9毫米², 现在改为20×18毫米², 我们参观时未看到表演, 也未得知他们目前的研究内容, 只看到工作还在进行。

(9) X-射线微区分析仪:

只知道有这方面的研究工作, 没有听到他们介绍内容。

(10) 扫描式电子显微镜:

仪器本身没有看到, 据说结构没有什么特殊的地方。日本电子的Kimoto博士介绍了此仪器应用于半导体的研究方面所获得的结果 (关于扫描式电子显微镜的优点, 在后面发展动态部分介绍)。

(11) 极限分辨本领的拍摄:

我们没有看到他们进行这项工作的地方和工作的情况。但在我们前后两次访问之间, 他们拍摄出了1.43Å的新纪录, 说明这项工作是在进行之中。

(12) 样品制作的研究:

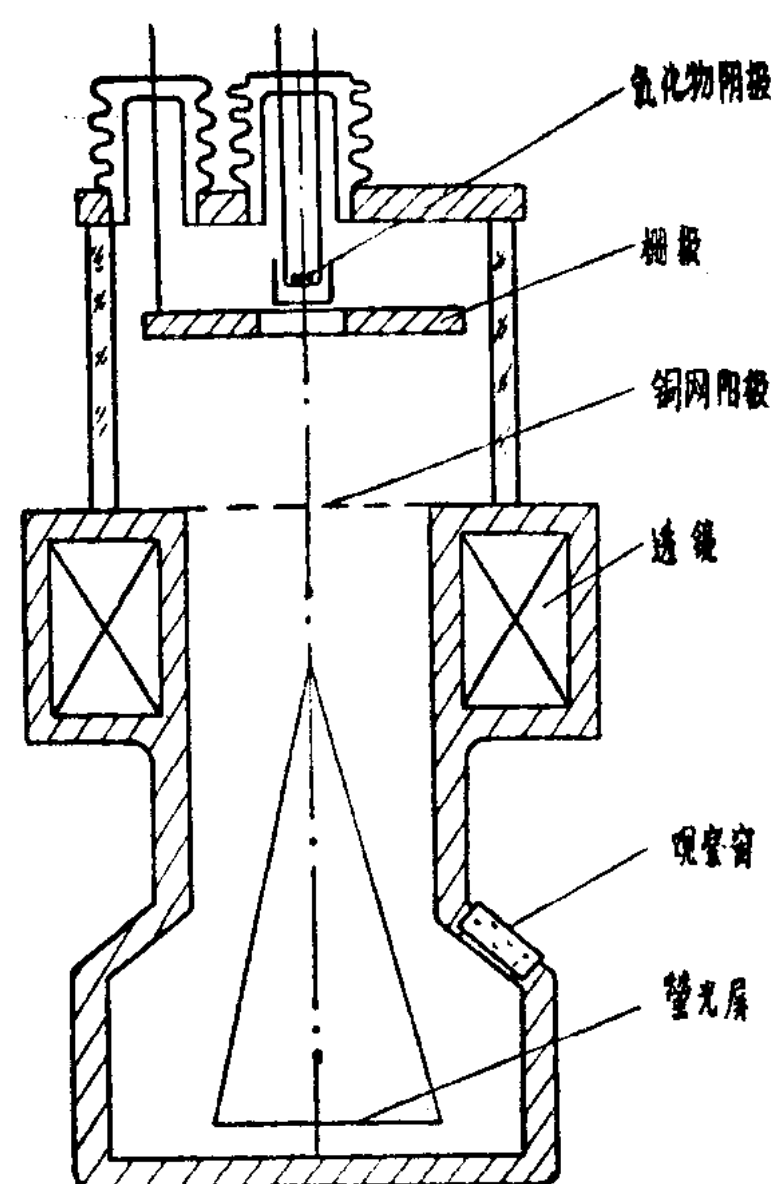


图9 电子枪试验装置

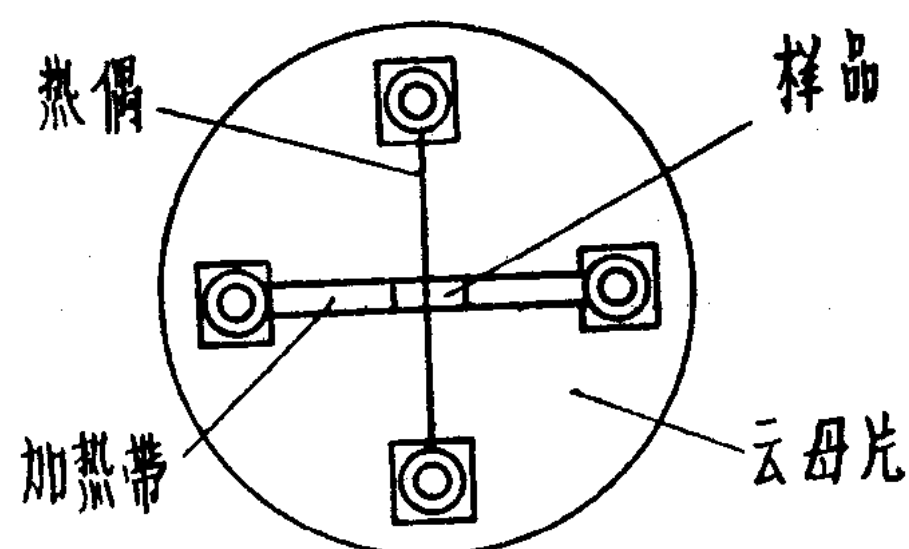


图10 充气室里的样品支架

他們未介紹內容。

(13) 服務部門：

此部門是研究部的一部分，是專為研究工作服務的，如修理、檢查儀器及製造特种电路等工作。

3. 日本电子三鷹工厂

三鷹工厂是日本电子專門試制生产电子束工艺設備的厂。因为这方面的設備及工艺还未定型，但发展很快，所以他們很大一部分力量是放在試制、改进及工艺研究方面，生产还是小量的。

4. 日立中央研究所

由于他們的保密关系，只讓我們參觀了有限的几个試驗室，給我們介紹的也都是文献中已发表了或是即将发表的内容，時間限制得很紧，他們介紹得非常簡單。这儿只能把他們的研究題目列一下，其中有一些也可能已經停了。

(1) 聚光鏡——物鏡单場透鏡：

单場透鏡是最近 Ruska 很提倡的一个方向，中央研究所在理論上也探討过這個問題，他們把这个題目作为长远性工作看待。

(2) 超高压电子显微鏡：

已完成了两台500KV超高压电子显微鏡的試制（見“六、超高压电子显微鏡”部分），以后交那珂工厂进一步完善結構，实现商品化和增加附件，中央研究所将进一步作提高电源稳定性和分辨本領等研究，并从解决电源开始，着手进行 750KV 电子显微鏡的研究。

(3) 普及式电子显微鏡：

目前日立生产 HS-7S 永磁式中型电鏡，他們准备把 Le Poole（去年在布拉格提出的小型透鏡）用于这种电子显微鏡。

(4) 象增强器：

日立的象增强器原理上与英国 AEI 的一样，已經制成商业产品，目前寿命为100小时。象增强管靶面受到强烈的电子轟击会有疲劳現象，如果轟击太强烈会被損坏。目前的实用增益是1千多倍，可以做到2000至3000倍，但不可靠。下一步准备把这个增益巩固下来，据木村說根据理論計算量子噪音所限制的极限，有益的增益是5000倍，这也是他們最終的目标。

目前还有这样一个缺点，即当增益大的时候余輝時間較长（样品移动时电视机上在老位置的象一时不消失）。观察起来很不方便，改进余輝時間必須牺牲增益，将来希望高增益短余輝能同时获得。

关于用这个設備来改进反差的問題，日立也做过試驗。結果是当样品本身反差較强的时候用象增强器能够进一步提高反差；可是对反差本来很弱的样品，則提高得极少。赤堀說他們电视技术工作组的人对这个問題的答复是：在后一种情况下要增加反差是十分困难的。

(5) X-綫微区分析仪：

那珂工厂的原先生說他們的仪器将向几个方向努力改进。其中，分析輕原素的問題，也在进行研究。在用非分光的方法上已有初步成果，用分光法的工作将来准备开展。在中央研究所我們看到他們正在研究一种4个光譜仪（同时分析4种原素）的快速分析仪（詳細內容見“八、微区分析”部分）。

(6) 扫描式电子显微鏡：

样机已試制成功，并交給中央研究所的半导体研究部門去应用了。

(7) 电子束工艺

中央研究所正在全面开展电子束加工焊接、蒸发、熔炼方面的设备和应用的研究工作。我們看到一台电子束加工机，从外表看来是高于 100KV 的。把加工机应用于固体組件的工作，他們已經开展了两年之久了。

(8) 速度分析仪及成象理論：

由渡边领导的这项工作是較有特色的。他用的分析仪是 Möllenstedt 式的靜电分析仪。仪器在結構方面，为了适合于高压应用，在耐压絕緣上作了一些改变，体积較大。整个分析仪的直径約有200多毫米，放在一台日立的电子显微鏡的投影鏡之上。利用扫描的方法，可以选定某一种速度的电子用于成象，用此方法来分析受弹性散射及非弹性散射的电子对成象的貢獻。配合速度分析試驗工作的还有 3 个理論工作者，他們專門計算电子在物体中的弹性及非弹性散射与电子干涉的結果。

(9) 极限分辨本領的拍摄：

探討电子显微鏡的实际极限分辨本領，在极限分辨率下象的反差問題及样品制作問題（見“五、极限分辨本領拍摄”部分）。

(10) 真空击穿的机理：

片桐曾提起过他們准备用質譜仪来分析击穿过程中哪些离子在起作用。

4. 日立那珂工厂

中央研究所在那珂工厂設有分所，对已投入生产的产品作較直接的改进工作，比如 500 千伏超高压电子显微鏡将移交这儿行进行簡化經濟化，这部分的保密程度似乎更严，連題目都沒有打听到，据說很大一部分力量是放在附件方面的。

5. 明石制作所

明石是个小厂，研究工作不多，也未詳細的問，零碎了解了一些。如电子枪耐压性能的提高，他們正在試用活性炭，放在靠近电子枪的真空管道里，吸收有机气体分子，据說有效，但較麻煩。

在 X-綫微区分析仪方面做几項研究工作。現在在准备試制扫描式电子显微鏡，并想用他作电子微区分析。明石在微区分析方面是与早稻田大学的市川教授合作的（見“八、微区分析”部分）。

6. 島津制作所

島津与京都大学小林教授在电子显微鏡上有一个合作的传统，开展工作不多，只有超高压电子显微鏡試制方面值得一談（見“六、超高压电子显微鏡”部分）。他們的中型电子显微鏡没有什么特点。X-綫微区分析仪是抄美国的，据說在美国的基础上做了一些改进，詳細情况不了解。

(二)工厂以外研究部門的研究題目

工厂以外的研究部門，在日本除个别的国立研究单位以外，多数都設在大学里。他們的研究題目由教授自己选择，研究經費有限。有些特殊研究項目如超高压电子显微鏡可以向政府（教育部）打报告請款。为了提倡某一事业（比如目前电子束加工等电子束工艺），有时政府拨一笔专款供研究此項技术使用，研究单位及工厂都可以領取。研究单位可以不还，但研究出来的专利归政府所有。工厂在試制成功投入生产后，要把錢归还給政府。一般來說，