

英國电子工業概況

赴英參觀小組工作總結

(內部資料 注意保存)

中華人民共和國國家技術委員會編

1958.10

目 錄

序言	1
第一部份 英國電子工業的概況	2
一、組織和生產的特点	3
二、研究工作和技術交流	4
三、發展情況	8
第二部份 英國電子工業中較新的成就	10
一、新工藝和新工藝裝備	10
二、新零件和材料	12
三、通訊技術	18
四、廣播和音頻	21
五、導航和雷達設備	22
六、自動化	25
七、其他設備	28
八、小結和建議	30
附件一	34
附件二	36

序 言

1958年春天应英國一部份厂商的邀請，第一机械工業部和水利电力部派遣三位工程师赴英參觀四个工業展覽会：1.电机工程展覽会；2.物理仪器展覽会；3.无綫电原件展覽会；4.电子、自动化，仪器展覽会。由于准备時間倉促，前面兩個展覽会都錯過，只取得少量有关文件。在倫敦前后共57天主要活动是：參觀了四个規模較大的展覽会、工厂（其中和电子工業有关的33个）、研究所（其中有关电子的2个）、大学的試驗室（有关电子的一个）。此外还參觀了英國广播公司的播音室和电视广播室，和有关方面举行过座談会。

电子器件涉及的面太广，据了解英國在这方面还没有一个权威的組織：SIMA (Scientific Instrument Manufacturers' Association of Great Britain) 大英仪器制造者联合会偏重于仪器制造業；BEAMA (British Electrical and Allied Manufacturers' Association) 英國电气和有关制造業联合会偏重于电气方面；RECMA (Radio and Electronic Components Manufacturers' Association) 无綫电和电子原件制造業联合会只管原件制造。各个学会也有类似的情况。到目前为止，什么是电子学还没有完全統一的認識。“英國电子和通訊”期刊 (British Electronics Communication) 的編輯室正在匯編一本电子器件購置者手冊 (Electronics Buyers' Guide)，將在七月間出版，是一次把整个电子工業和研究工作集中分析处理的嘗試。虽然是一本商業性質的書，但从它的原稿上可以看出，它將給人一个英國电子工業較全面的概念。

第一部份 英國電子工業的概況

官 知 節

在第二次世界大戰期間，英國的無線電工業有較大的發展，戰後一方面由於繼續備戰，一方面由於其他工業和科學發展的要求，電子工業躍登英國五大主要工業之一的地位。根據他們公開的數字，現在的年產總值是二萬五千萬鎊（有的半官方數字是三萬萬鎊），雇員總數約150,000人，有關的廠約500個，其另件的生產現在已達到每天七百萬件，近年來的增長速度是每年20%。1957年的電子器材出口數量是6萬萬鎊，其中三百萬鎊進入美元市場（比56年增一倍），電子管56年出口二百五十萬鎊比54年多15%，這些數字都帶有商業宣傳性質，不全可靠。但是可以看出，到1957年為止，英國電子工業發展的速度相當快，民用產品以收音機、電唱機和電視機為例，前兩者已經達到穩定狀態，從1954年以來一直維持月產15萬架左右，1956年較低，1958年略見上漲。電視機增長較多，英國1936年開始建立電視廣播，1954年平均月產10萬3千架，1955年14萬7千，56年也低下來12萬1千，57年15萬5千，58年略上漲，現有電視機約8百萬架平均每7口人一架。計算機1957年仍有上漲的趨勢，在產總價值為3百萬鎊。工業控制比美國落后，1957年從事工業控制設備和電子測量儀器的都只各有二三十家。估計自動控制設備增長率將超過電視（1956年除外，電視的增長約每年25%）。他們估計以後10年工業控制設備的總產值將超過整個無線電工業的50%。1956—58年郵電方面通訊設備的投資將達3萬萬鎊，主要用于發展電話設備（郵政發展報告1955——Rerort on post office Development）。

一、組織和生產的特点：

1. 大小企業的特点和他們之間的关系，軍用和民用的关系。英國工厂一般分工較細，只要比較標準化的零件都由專業厂做，通訊机厂的變壓器也多半由別厂供应。但是他們也有大企業，大企業中有很多不同的工厂，這些厂本身还是專業的。拿PYE厂做例子，他有電視厂，儀器厂，X光厂，通訊机厂，半導體厂，收音机厂，晶体厂等，最高行政機構——董事会是資本家决策的地方，但每个厂仍然是獨立經營的。

大企業資本雄厚，可以進行較大規模的研究和試制工作，例如成套的自动控制系統，五彩電視等，但一般動作比較慢。小厂只能搞一些較小的項目，如設備的半導體化、新工藝的采用等，但搞得快，往往跑在大厂前面，不过質量有时靠不住。

軍用產品和民用產品的关系：几乎所有的厂都搞一部份軍用產品，生產成套設備的厂更明顯。較小的厂有时就生產一个大產品中的一部份。我們看到的厂很多就生產一套雷達設備中的一部份，或一套航空通訊設備中的一部份，而他所知道的也只是这一部份。這些都是政府訂貨。企業的研究機構也接受政府的研究題目。一个大的課題和一个大的任务往往是很多工業合作完成，例如Racal工程公司在搞为地空通訊節省改变波長的时间做研究工作，Mullard公司就在为空用小型电台做研究工作，在这种时候工業联合会就能起一定的作用。

2. 產量和品种

英國工厂是根据訂貨進行生產的，为了爭取訂貨，他們对客戶的服务精神較好，一般的習慣是負責安裝、教会操作人員以及一定时期的修理。因此，他們对自己的產品心中有数，同时对滿足客戶的特殊要求也比較重視。

一个新品种是否能投入生產，也靠訂貨，所以他們宣傳工作做

得很多。往往一个產品只要有人訂貨，就有可能通过小量生產進一步改善，成为一个成熟的產品。他們正在搞的小功率單包帶无綫電話就在这个階段中。

3. 生產設備和設備的利用情况

在參觀过的三十多个厂中有新建的厂，也有很老的老厂，老厂多半是机器陈旧、厂房破爛。新厂也很少見到全部新的机床，更沒有自动控制設備。但是，他們的机床空着不用的很少，对提高机床的效率、搞机械化勁头很大。电报电容器厂(T.C.C.)的一个老厂的經理親自掌握这一工作。这个厂是我們看到的最旧的一个厂，但是在自动送料，自动檢查，自动制壳等問題上，他們花了錢也花了工夫，厂房和設備虽老，也能提高生產率。他有一套自动做鋁壳的机床，每天生產4万只壳子。

二、研究工作和技術交流

1. 研究組織和力量

他們有几个主要的研究系統，一个是大專学校工科的研究室和實驗室，其中理論工作比較多，但与实际应用結合較好。例如帝國学院的电机系在研究信息論，并运用他的成果于壓縮頻帶，他們替新的半導体做測量，鑑定工作，研究半導体綫鍛。据說也有直接为某一企業的某一特殊課題做研究工作的，开支也由該企業負擔。

另一个系統是屬於科学工業研究部(DSIR-Department of Scientific and Industrial Research)的一些科学研究部門，这个部主要从事于促進和組織以实用为主的研究工作，除了農業和医学外，他几乎涉及所有部門。該部一共有十三个機構，包括一个无綫电研究所。最大的一个組織是國家物理研究所，該所有十一个部份，有一部份是專門研究电子学的(見附錄)。

最广泛的研究組織是企業本身的研究機構，据說因为他們經濟力量最强，所以重大的，尤其是有关工業生產的研究工作都在大企業

的研究所中進行。大企業有他本身的，和生產完全分開的，研究機構小的企業雖不能有獨立的研究機構，也總要有一部人專搞或兼搞新產品或改良產品。

雖然有這樣幾個系統的研究工作但他們之間還是有一定的連系。DSIR對所有的研究工作起一定的指導作用。

研究組織和力量的概況

1. D.S.I.R. 科學工業研究部本身系統——他有 13 個直屬研究單位其中和電子學關係比較大的：

無線電研究站 (Radio Research Station)

國家物理試驗室 (National physical laboratory) 其中控制和電子部份 (Control Mechanisms and Electronics Division) 和電子學較大。

2. 郵政總局 (General post office)

直屬單位中有一個專為通信技術和電視技術服務的研究單位。

郵電局研究站 (Post office Research Station) 工作人員約 1000 人

3. 供應部 (Ministry of Supply)

直屬單位中有兩個單位和電子學和電子器件關係較大：

皇家航空研究所 (Royal aircraft Establishment)

雷達研究所 (Radar Research Establishment)

這個部門在實際應用的尖端技術上 (包括設備和元件) 起不少作用

4. 企業聯合研究組織和學會等。

多半是一種組織和推動研究工作的組織，本身帶做具體研究工作的很少：

英國電氣研究聯合會 (British Electrical and Allied Industries Research Association)

英國電氣研究聯合會 (British Electrical Development

Association)

英國无綫电工程师学会 (British Institution of Radio Engineers)

英國錄音联合会(British Sound Recording Association)

电子学会 (Institution of Electronics)

大英无綫电学会 (Radio Society of Great Britain)

电视协会 (Television Society)

英國电气和有关制造者联合会 (British Electrical and Allied Manufacturers Association)

英國电子管制造者联合会(British Radio Valve Manufacturers Association)

无綫电工業会 (Radio Industry Council)

通信工程和制造者联合会 (Telecommunication Engineering and Manufacturing Association)

英國科学仪器研究协会 (British Scientific Instrument Research Association)

仪器技术学会 (Society of Instrument Technology)

英國工業测量和控制设备制造者联合会 (British Industrial Measuring and control Apparatus Manufacturing Association)

科学仪器制造者联合会 (Scientific Instrument Manufacturers Association)

5. 企業本身的研究組織:

这方面沒有完整的材料只能从一些公开的刊物中和談話中看到一些点滴情况如下:

6. 大学和工業技术学校

英國現有大学23所, 共71个学院 (33个是医学院) 有电机系的共20个学院。大部份电子、无綫电、自动控制等仍保留在电机系中。約150位教授領導这20个学院的有关电子学, 自动化的研究工

企業或研究所名稱	成熟人員	工作面積 (平方英尺)	每年投資 (英鎊)
联合电气工業 (Associated Electrical Industries, ltd) 和好几个厂协作研究	91	50,000	
Baldmin Instruments Co., ltd	3	3,000	
英國物理試驗室		5,000	5,000
British Thompson-Houston	150	85,000	
Cambridge Instruments ltd. (工業儀器)	6	10,000	
A.C.Cossor (儀器, 雷達)	66	40,000	
Dubilier Condenser Co., ltae (電容器)		5,000	
Edwards High Vacuum ltd (高真空)	03	15,000	60,000
Ericsson Telephones, ltd. (電話, 電子管, 半導體等)		60,000	200,000
Ferranti ltd (通訊電視, 計算機, 雷達, 半導體)	500		
Gearge Kent, ltd. (工業儀器)	30	14,000	50,000
Marconi Wirelesand Telegraph Co., ltd 通信, 雷達, 導航等	400		
Mullard ltd. (包括多處) 真空, 固態物理, 冶金, 半導體		150,000	
Ultra Electric. (飛機伺服設備, 絕緣電, 電視)		36,000	600,000

作。除电机系外几乎每个学院（医学院不在內）都有物理系，物理系的研究工作也有一大部份涉及电子学。

另外有71所工業技術学校，其中12所有單独的电机部門。

大学的有关电子学和无綫电方面的研究題目中：

固態物理学、信息論的理論和应用、頻帶壓縮、半導體器件、微波、磁性材料、自动控制的理論和系統和器件的研究，計算机、超声波的应用等占很大的份量。

和其它資本主义國家一样，英國在研究工作上互相保密，但是为了獲得市場，又不得不大事宣傳。宣傳的方式最普遍而有效的是开展覽会；另外是各种学会的例会和專題會議。此外，他們还進行買賣技術情报，或盜賣技術資料。这就是他們進行技術交流的几种办法。

三、發展情況

1. 建廠和擴建的情況

戰後在倫敦採取了郊外建廠的方針，在倫敦近郊發展了五六個新工業區，每一個區都有一群工廠和居住生活等的附屬建築和設備，如（Crawleg, Basildon, 等都是這種新工業區）有的企業全部在新区建立起來，也有一部份企業新区有擴建的廠房，倫敦區仍保留老廠房，新工業區的廠房和設備都是比較現代化的，是按照生產需要建築的，光綫，佈置，週圍環境都很好，和老廠房正好成強烈的對證。無綫電，電子工業多半集中在倫敦附近，有很多中小型的廠房是戰後才生長出來的，從他們建廠的地点來看可以證明這一點。

在我們參觀的三十三個廠中有 $\frac{2}{3}$ 在新工業區，21 個企業中有三個還在建新廠房。

除了倫敦近郊以外，電子工業比較集中的地方還有南安普敦（Southampton）、劍橋（Cambridge）、曼徹斯特附近的薩爾福特（Salford）等處。

2. 新技術的發展情況

為了爭取市場，他們往往在一個新的課題上，大家都去研究。例如最近在五彩電視，電視記錄，小型單邊帶機器，微波多路通信等，很多廠都在彼此保密、單獨進行。另一方面，他們的專利制度對新技術的推廣應用也起了阻撓作用。例如微分電容（Differential Capacitor）的機械——電的換能器（Transducer），因為專利別人不能用，結果別人又去搞另一種類似的微分電感（Differential Inductor）。又如半導體三極管的結構有很多種，各有優缺點，但不能取長補短，所以缺點都保留下來。

從選型和標準化來看，英國電子工業的技術發展落后於美國和德國。英國的許多產品型號上都可以看到“相當於美國那一型”的

附註，虽然如此，不能否認英國在質量的改進上还是下了功夫，不是單純的抄襲。

3. 技術力量的培养問題

英國企業中大部份技術人員都是企業自己培养出來的，但是技術人員（尤其是成熟的）数量不够。53年決定把帝國科學和技術學院擴充一倍，準備把技術學院擴展到6個大學那麼大，準備在十年內把科學和技術人材從每年10000人增加到20000人，以應工業每年增長4%的需要。

除大學之外企業人力的另一來源，是工業技術學校，還有從普通學校進入工業的人。就是從有實際技巧的人里去培养工程師和科學家。

根據他們的分析，工程人員数量少的原因有三：1. 教員難請；2. 女的被認為不合適當工程師；3. 英國大學對學生要求嚴，不僅要畢業而且要讀學位。此外，在英國從事科學技術工作的人，在物質待遇上不如搞經營管理的人，也是一個原因。

第二部份

英國電子工業中較新的成就

一、新工藝和新工藝裝備

1. 射綫處理工藝(Nucleonic irradiation process)

已經在一部份工業中實際應用，如塑料處理和絕緣漆處理，經過處理的絕緣材料能獲得原來沒有的屬性，如耐熱（漆包綫經過處理後耐熱在 250°C 以上）彈性等。英國電纜公司（BICC）就裝有這種設備，射綫是通過直綫加速器獲得的Mullard能供給這種設備。

2. 環氧樹脂(Epoxy Resin)和它的灌注， 膠合工藝

在無綫電，電子，電纜，變壓器，電動機……等工業中已經廣泛的採用，經過灌注的零件或綫路組件有良好的絕緣，耐潮、耐振，有高的準確性，可以代替密封，但更可靠，容易製造而且可以減少體積，用不同的填料可以獲得不同的性能，

除灌注外作為絕緣和保護還可以用不同的品種做，浸漬密封，結殼等工藝處理；本身可以做成不同的絕緣零件，和柱形管形材料；和不同的纖維如玻璃絲、紙、石棉雲母等，漿合成各種膠板；可以作為不同金屬或金屬及非金屬體之間的黏合劑（每平方英寸的剪切強度達數百公斤）加適當的填料Araldite甚至於可作為工具之用，如金屬片類材料的引伸模等。

目前英國用得較多的有三種牌號，一種是Acro Research Ltd生產的Araldite原來是瑞典Ciba公司的專利，品種較多，第二是

Shell公司出的Epikote和Epicure等，第三种是Scott和Bader公司出的Marco Resin，性質不大一样。

3. 代替矽鋼片的疊压鉄心 (Laminated Hake Iron Core)

原料是軟鉄实际上用的都是一些廢鉄料（工藝过程見附錄）先熔化驟冷变成小球，輾平加絕緣層后加黏合料加温压制而成。現在已經采用在电视机的輸出变压器聚焦鉄心和折射綫圈上用途还在擴大，Plessey零件有一整个車間在生產这种產品。

4. 高温变压器的導綫和結構

高温变压器的关键問題就在于導綫的絕緣層的耐热性能，現在Plessey厂已試制成功工作温度 250°C 的鉄心变压器， 500°C 的也接近成功（是和皇家雷达工作站——Royal Radar Establishment合作的）根本結構也改变了，導綫鍍銀用玻璃絕緣（glass insulated nickel-plated Copper Wire）層間用玻璃布絕緣，較詳細的介紹見供应部出版的展覽摘要（Summary of Exhibits）

5. 形狀复杂精確度高的凹形金屬件加工

展覽会上供应部展出兩種方法：1、冲挤法（Hobbing）把凸形工具按准确要求做好压進工作物后不再加工，鋁可以冷压，工具用18%鎢合金鋼焯火到罗氏62度；銅和黄銅則需要加热到約 800°C ，工具用8%的鎢合金焯火到罗氏47度，压冲后工作物即浸入水中。2、电成形法（Electroforming）和电鍍相似，先按照凹形零件（如波導管的零件）的形狀做成凸形模（Replica）模的材料可以用不銹鋼，腊或其他塑料，然后用电鍍的方法把金屬按要求堆積上去，最后把模子撤去或熔去。

皇家雷达研究所（Royal Radar Establishment）

6. 印刷电路的多种应用

除了用于代替接綫，插头，开关，电感，电容外，他們已經把印刷电路的技術应用到应变测量器，表面电加热器(飛机上去霜用的)即把金屬或金屬印到薄膜材料或橡膠材料上，可以按照需要变形。

Technograph Ltd掌握較多的技術

7. 人工培育晶体和制造晶体

人造晶体已經較普遍的采用，已經能生產的有各种紅寶石(Sapphire Al_2O_3)，鈦酸鋇(Barium Titanate)和控制頻率的电压晶体。

通用电气公司(G.E.C.)的Salford厂。

除上述数种外有一种新的螢光屏，噴上一層極薄的氧化鋁以后發光体不受电子束的損坏，長時間集中照射一点，不引起燒毀(E. M. I公司)。

晶体切割：如果工作物小，精度高的都采用內元割刀，刀片本身为一薄鋼片內元口上有一圈浸漬过金鋼鑽混合剂的刀緣，刀片本身可以在外元綑緊刀寬度可达0.5%以下能切0.1%厚的片子，Cathodean晶体厂，邮电部研究所和半導體制造厂全都采用。

高真空設備防止漏气已經不大用油类塗料而采用一种矽橡膠垫(Silicon Rubber)爱德華高真空厂。(Edwards High Vacuum)

細漆包綫的漆本身就是焊剂，对于細綫尤其是多股細綫的焊接方便(Selfflux wire—BICC.)

二、新零件和材料

(1) 电阻

1. 金屬膜电阻(Metal Film Resistor)

英國尚不能大量生產，只有少数厂有少量產品，如Welwyn和

Painton 等長期和加負荷穩定度在0.1%之內。Plessey 公司代理意大利產品，但即將自己生產。

2. 金屬氧化物電阻 (Metal Oxide Resistor)

Welwyn 廠能少量生產，尚在試制研究中，將在年內大量製造，價格較便宜，可工作在150°C環境中，溫度係數100ppm/°C。

3. 金屬膜玻璃絲電阻 (Metal Film Glass Fibre Resistor)。

可以在小體積中獲得高電阻，將金和白金合金噴在0.001英寸直徑的玻璃絲上再繞在瓷管上而成，已能少量生產。(雷達研究所)

4. 多轉準確繞綫電位器 (Helical potentiometer)

自動控制系統用得較多，Colvern 公司已能生產，有各種不同規格。

5. 真空高阻值電阻 Welwyn 做到 $10^{12}\Omega$ 噪音小於每伏3毫伏。長期和加負荷穩定度在2—5%之間。

此外尚有固體氧化物電阻 (Solid Oxide Res.) 矽化鉬電阻 (Molybdenum Disilicide Res.) 氧化膜電位帶，金屬膜電位帶等在試制，詳情見供應部“展覽品摘要”(Summary of Exhibits)。

(2) 電容

1. 鉍電容器，有鉍陽極電容器和鉍膜電容器兩種，前者在 Plessey 生產，後者在 T. C. C. 生產，鉍陽極電容已能做到 $750\mu\text{F}$ 3 V

2. 塑料薄膜電容器，現在用的有 Polysterene 和聚四氟乙烯 Polytetrafluoroethylene 兩種，前者工作溫度達150°C 已能生產 (T. C. C.) 後者還沒有看到產品。

3. 高介質瓷介疊層電容器 (High K Stacked Cap.)

用鈦酸鉍做介質，功率因素約190，能工作在150°C，高容量，

已能生產 (T. C. C.)

除此以外，還在搞鉍的小型和微小型 (1 μ f, 70V, 0.1吋，直徑 0.4 吋長) 電容，玻璃膜電容。詳見“展覽品摘要”研究室中正在試用各種類形的薄膜電容，Terylene 也在用。

(3) 半導體

半導體英國比較落后，在展覽會上看到新的不多，Mullard 在展覽會上表演新出品硫化鎘光敏電阻可以工作在 6 個毫安，1 瓦，靈敏度趕上光電倍增管，矽三極管也只有一家生產是有美國資本的 Shell Co. 在展覽會上另一家廠家把一只矽三極管擺在 140°C 的恆溫箱中工作，帝國工程學院電機系半導體研究所在進行飄移式 (Drift type) 的試制工作，可達到 200 兆週，面壘半導體管只有一家登廣告，據了解該廠還在籌備中 (Semi Conductor Ltd) 是 PYE 的一個子廠。

今年半導體三極管的生產量，據估計約 2 百萬 (美國 2 千 8 百萬)

幾個生產半導體的廠的生產水平大致如下：——

Mullard：是英國半導體管產量最高，使用最廣的一個廠，他們生產最多的一個品種是 OC71；最大的功率管是 OC16 (45°C 時能負載 14 瓦，兩只管推換能給出 10 瓦音頻功率)；最高頻率管是 OC14，截止頻率為 14 兆週，已出一種二極硅整流管 OA202，可以在 125°C 的環境中工作。

Newmarket：V30 型功率管 (25°C 時能負載 10 瓦) 最高頻率已做到 20 兆週。

Texas：和美國有直接關係的企業，已生產硅半導體管，小信號高頻四極管 (在試制中) 可達 30 兆週，功率管 25012, 25013 型允許極消耗 37.5 瓦 (Collector Dissipation) α 截止頻率為 5 兆週。工作溫度都允許到 150°C。

Semiconductor：面壘型三極管在美國飛歌公司的同型管專利

之下准备生產，工作頻率最高达60兆週（振盪頻率）

（4）电子管

1. 阴極示波管有几方面新的進展：英國電器公司电子管厂（E. E. C.）在試制一种直視儲存管（Direct viewing Storage Tube）利用一層分質薄膜，使用时先全部由电子陣冲击儲能，然后再由書寫电子束改变有信号处的电位使屏幕發亮，可以保留信号达4分鐘之久，4分鐘后无信号处也逐漸發亮，綫条較粗，將近1 m/m寬。記錄速度为每微秒一公分，儲存時間可以加長，但記錄速度將降低。

为了增加頻率范围，測量極短時間的瞬变現象二十世紀电子公司試制成一种行波管阴極管，它的最高工作頻率是3000兆周，聚焦能力是0.04厘米。

另一阴極管螢光屏，受电子射击少处顯示一种藍顏色，多射击处顯綠色，作为雷达顯示器則靜物为綠色移动目标因射击次数較少，顯藍色容易判別。（Ferranti）

帝國科學技術学院的电机系在研究一种扁的（沒有平常阴極管的电子槍管）阴極管电子束从后上面向下再折向前再向后打在屏上。比較容易成功的是Mullard在試制的一种最大偏折角为 120° 的阴極管。

2. 計数管、字碼管和（Dekatron and Digitron）

計数管是連系脈冲使十个電極依次發亮的冷阴極充气管，字碼管的發亮電極直接做成数字形狀，直接顯示需要的数字，計数管已經生產并使用于各种計数和計时的仪器上，字碼管也將投入生產。

3. 蒸汽冷却的功率管（Vapour Cooled Power Valves）

也是英國电气公司电子管厂的試制对象，利用蒸汽冷却只占很小的地方而可以獲得和水冷不相上下的結果，整个冷却系統是一个封閉回路，容易保持冷却剂的純潔度，由电子管取得热量化成蒸汽后在同一系統的冷却管中重新凝成水，板極要求特殊設計現在已有