

The World of Science Encyclopedia

牛頓

現代科技大百科

科學的未來——科學與社會



Newton

牛頓現代科技大百科 22 科學的未來

出版者 / 牛頓出版股份有限公司

負責人：高源清

原著作名稱 / Science and Society

原出版社 / Equinox (Oxford) Ltd.

譯者 / 葉彥伯

發行所 / 牛頓出版股份有限公司

地址 / 臺北市和平東路二段107巷25-1號一樓

電話：7061976 • 7061977 • 7059942 • 7062470

郵撥 / 1179402-3 牛頓出版股份有限公司

製版 / 詮盛彩色製版有限公司

印刷 / 仲一彩色印刷股份有限公司

單冊定價 / 新臺幣 750元

初版 / 1989年7月15日

出版登記證 / 局版臺業字第3139號

法律顧問 / 林樹旺律師

●版權所有・翻印必究●

本書如有缺頁、破損、裝訂錯誤，請寄回本社更換。

Printed in Taiwan, R.O.C. 1989

ISBN 957-627-000-6

ISBN 957-627-008-1

總編輯 / 劉君祖

科學主編 / 陳育仁

科學編輯 / 高孟忱・劉曼君・賴彩瑾・曾月卿

李傳楷

美術主編 / 洪家輝

美術編輯 / 陳素芬・傅華麗

封面企劃 / 陳融賢

The World of Science Encyclopedia

Science and Society

Author

Bernard Dixon

Editor

Bill MacKeith

Designers/Art Editors

Frankie Macmillan

Chris Munday

Niki Overy

Picture Researchers

Mary Fane

Alison Renney

Rose Taylor

Menna Williams

Design Consultant

John Ridgeway

Project Director

Lawrence Clarke

Contributing Editor

Dr Bernard Dixon

Principal Contributor

Professor A.J. Meadows

Advisors

Eugene Garfield

founder and president,

Institute for Scientific

Information, Philadelphia

Professor John Ziman

H.O. Wills

Professor of Physics,

University of Bristol

Other Contributors

Michael Allaby

Susan Blackmore

Paul Davies

Robin Holloway

Anthony Martin

Zhores Medvedev

John Newell

Artists

Alan Hollingbery

Kevin Maddison

Colin Salmon

Mick Saunders

David Smith

Del Tolton

Production

Joanna Turner

Clive Sparling

Index

Barbara James

John Baines

Media conversion

and typesetting

Peter MacDonald

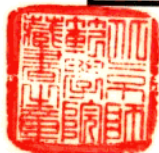
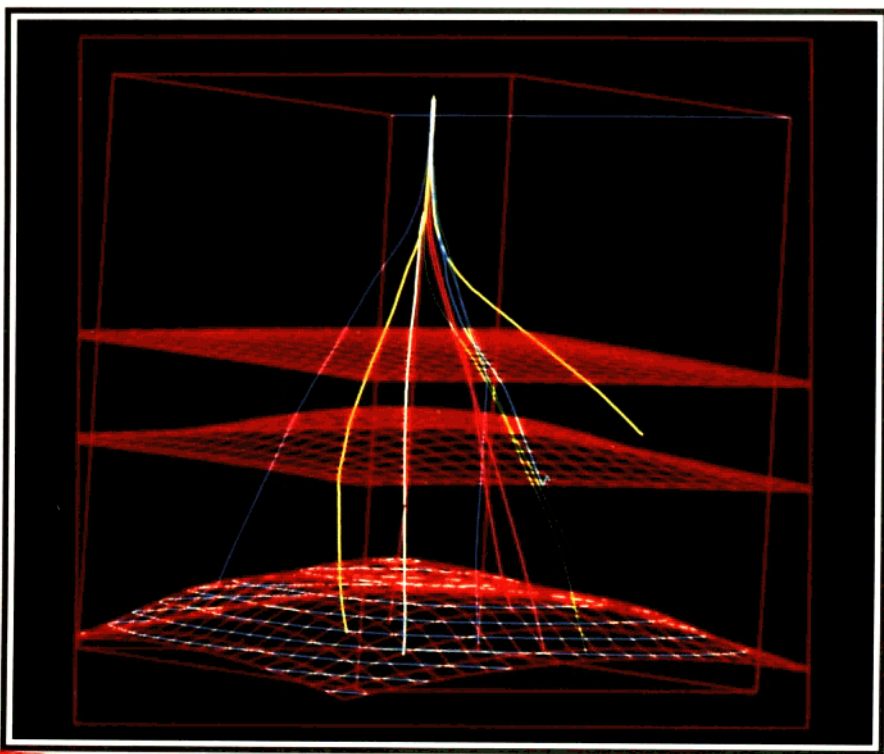
Ron Barrow

The World of Science Encyclopedia

牛頓

現代科技大百科

科學的未來



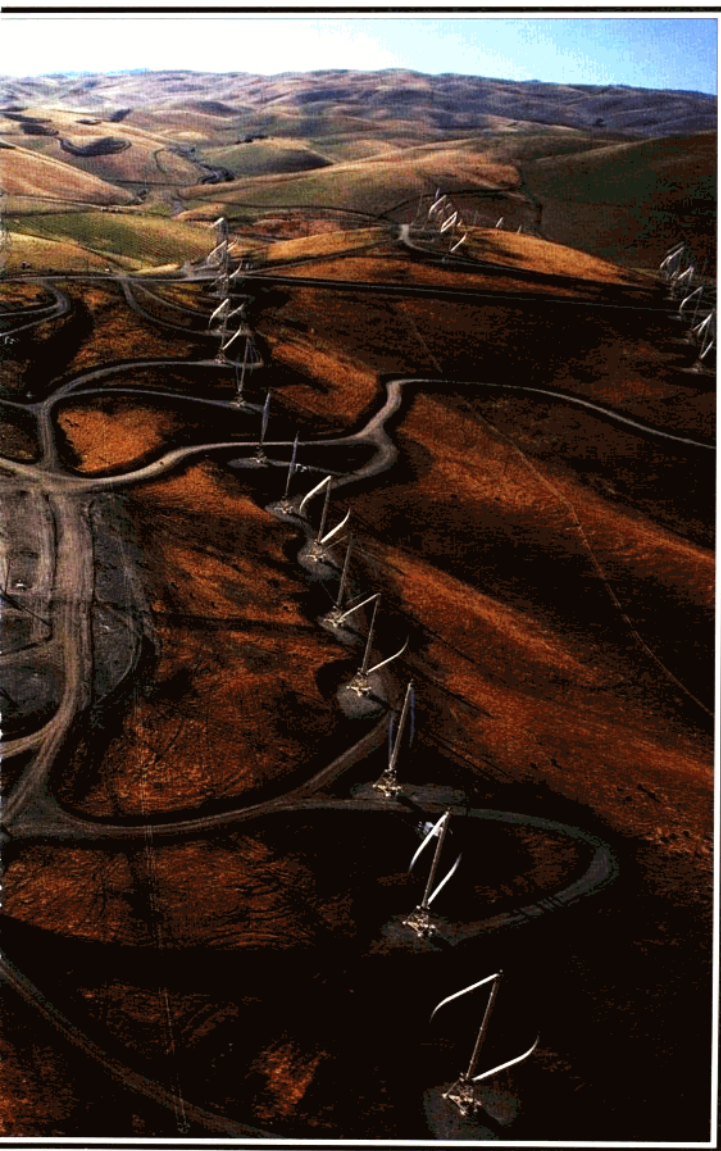
Rmj96/9/04
牛頓出版公司

1197015



21197015





目 錄

1	科學與社會的關係	5
2	大東家	21
3	科學與權威	41
4	核能與放射線	57
5	遺傳工程	65
6	科學的通俗化	77
7	全球的改變	93
8	未來學	109
語 彙		126
索 引		128



潘朶拉盒子上的科學研究？……社會對科學的牽制……
透視報導……新科技的反對者……避孕藥的發展和衝擊
……科學商店……科學對社會的衝擊……法律科學……
及其效力……火藥如何改變科學的進展……電視的神秘
故事……科學家和原子彈……藥物的生產

已經有太多太多雜誌上的文章和學術論文討論到「科學對社會的衝擊」。聯合國教科文組織(UNESCO, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)甚至拿它當作某本雜誌的標題。這些刊物不可避免地描繪出一項有關於產品、製造法和觀念持續的單向運動，這項運動從研究發展的領域流向世界的其他部分。不管是好是壞，科學的果實——從蒸汽機和工業革命的紡織機，第一次世界大戰的化學炸藥和第二次世界大戰的核子彈，到今天的微處理機和影響深遠的基因工程技術(genetic engineering)——被描繪成正以毫無徵兆的方式蒞臨社會，一個沒有防備因而必須努力以求回應的社會。

有些衝擊比較是屬於概念上的而不是實用上的，例如當以太陽為中心的太陽系圖像取代了地球中心說時，也隨之改變了我們對自己所處的宇宙位置的直覺了解；或是如達爾文的演化論逐漸動搖了人為上帝創造萬物之靈的觀念。大多數的衝擊是明顯而引人注意的——比如說盤尼西林的發明，便征服了許多以前無法治療而可能致命的傳染病。

有些應用科學的最後產物係得自於意外，如一九八四年十二月印度波帕化學工廠的爆炸事件(Bhopal chemical factory explosion)，或是一九八六年四月蘇聯車諾比(Chernobyl)的核能電廠事件。另外一些則造成特別的恐慌，因為剛開始沒有察覺，發現時已散布很廣了——如殺蟲劑(pesticides)對野生生物的殘害，卡森(Rachel Carson)女士在一九六二年所寫的一本暢銷書「寂靜的春天」(Silent Spring)中，首次突顯了這個問題。

認定科學，無論是純科學或應用科學，一直單向地對世界造成影響似乎是合理的，因為科學比起過去，確實對社會造成了更大的衝擊。高度集中，互相依賴，且正以昔日田園生活不能比擬的速度大步前進，已開發國家對科技變化的敏感度已非比尋常。

第三世界(Third World)國家也不能免於這些影響。第二次綠色革命聲言要使農民社羣免於饑荒或社會崩潰；而在偏遠的村落，人造衛星節目則播送教育啟蒙或宣傳顛覆的廣告；抗生素(antibiotics)的濫用治癒了駭人的疾病，但也產生了抗藥性，使萬能的藥物在未來減緩了效力。這些例證顯示出科學研究正像是潘朶拉的盒子，無論社會對它的產品歡迎或不歡迎，都不影響產品的製造和發展。然而，真實的世界比這還要複雜。科學確實在衝擊著社會，但社會也以各式各樣的方式影響著科學社羣和工業界。

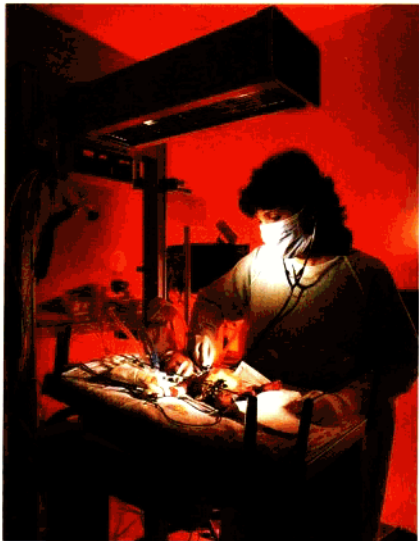
工業革命時期的拉代特運動

最先起於英國的工業革命改變了地理景觀和人們的生活。然而，一八一一到一八一三年間，許多稱為「拉代特」(Luddites)的團體活躍於英國，以暴力行動反對新科技。一羣可能由「拉得」(Ned Ludd)領導的紡織工人闖進諾丁漢郡和列斯特郡的紡織工廠，拆毀了被引進用以大量生產廉價長襪的設備。這股風潮傳到蘭開郡和約克郡，棉織工人攻擊裝有蒸汽紡織機的廠房，他們認為那些紡織機威脅到工人的就業。有些地方的運動則是由「剪毛手」(croppers)領導的。他們本是參與羊毛衣物製作的巧手，待遇優渥，但他們以力氣和智巧駕御的手工羊毛剪，卻漸漸被不需勞力的剪毛機取而代之。正如同小說家白朗特(Charlotte Brontë)在小說「謝萊」(Shirley)中所描述的，拆毀廠房的暴力活動愈演愈烈，最後在一次攻擊卡特賴特磨坊(Cartwright's mill)卻被擊退的戰役，和針對哈德斯菲爾「鎮暴委員會」的暗殺行動中，達到最高潮。



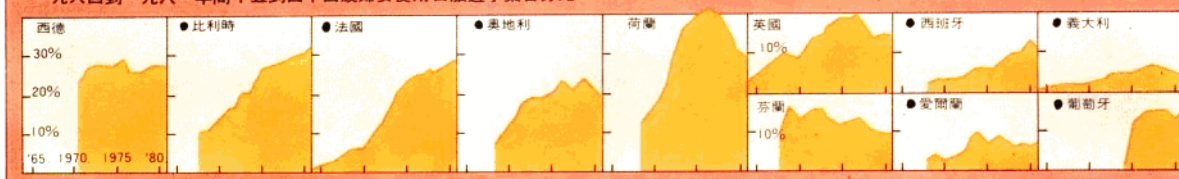
▲十九世紀早期的拉得漫畫。拉得也許是虛構的人物，後來以「拉得」(King Ludd)稱之。拆毀機器的拉代特份子通常蒙著臉在夜晚行動。

▼早產兒的照顧解救了在從前會死亡的無數嬰兒。它植基於許多先進的科技，從材料的科學到現代對於呼吸的了解。





一九六四到一九八一年間十五到四十四歲婦女使用口服避孕藥百分比



較大社羣的優先性

在那些攻擊實驗室從事動物實驗(animal experiments)的反對者身上，拉代特運動(Luddite sort, 15頁)重現了它的現代意義，這是大社羣會左右科技發展的方式裏最引人注目的一種。除此之外，研究基金的運用是另一個極為有力的影響管道（121頁），各社會和機構對投資對象的選擇深深地影響了不同學科的興衰榮枯，在某一時期的某些社羣，會宣布把資金用之於某一種研究而不用在另一種研究。

高能物理(high-energy physics)是個例子，它的研究要倚賴大型粒子加速器(accelerators)的建造和使用。一九八〇年代中期，英國發覺他們面臨了經濟上的困難，於是政府指定一個委員會，考慮是否繼續捐助歐洲共同原子核研究所(CERN, CONSEIL EUROPÉEN POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE)，那是設在瑞士日內瓦的次原子物理中心。英國國內對這方面的研究早已被削減，因此委員會下結論說，如果要維持歐洲共同原子核研究所的會員資格，會員國的會費必須重新協商。雖然這類「純」科學研究是國際性的，它的成果也用之於全世界，但這種發展明顯地會影響到科學發現的型態。例如在一九八六年，當英國更進一步的財政危機威脅到是否繼續留在歐洲共同原子核研究所時，粒子物理學家們就面臨了他們的國家將完全退出這個專業領域的處境。

▲就在平克斯(Gregory Pincus)有關口服避孕藥成功的歷史性聲明發表後十年內，已經有一千萬名婦女使用了口服避孕藥。一九五七年，在波多黎各有一次廣泛的調查：一九六〇年，英國也開始第一次的調查，發現到一九六四年為止，已有四萬四千個婦女使用口服避孕藥；而到一九六六年為止，美國服用口服避孕藥的婦女已超過五百萬。在不同國家影響藥物服用的因素(此處所指的服用人數，是用十五到四十四歲婦女經由購買方式使用避孕藥的最低百分比來表示)包括宗教和社會態度，以及有關避孕藥優點和副作用的資訊。



避孕藥的衝擊

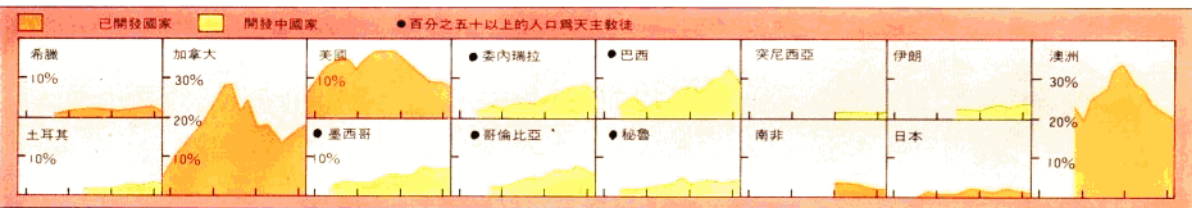
沒有那一種物質會像避孕藥一樣，甫一上市就這麼廣泛且迅速地為人所使用，或是引發這麼多的爭論。

羅馬天主教徒洛克博士(Dr John Rock)，是平克斯避孕藥工作小組的一員，從他的著作開始，羅馬教廷(Roman Catholic Church)就被「人工」避孕的道德問題所震撼，那是他們曾面臨過的幾個大麻煩之一。然而，避孕藥的使用已經對數以百萬計的人類生活造成極重要的影響，特別是在某些家庭和某些地區，當新生命的誕生不是愉悅的經驗而是昂貴的負擔時，它能使人們免於不必要受孕的恐懼。同樣地，避孕藥也被譴責，說它造成性行為標準的墮落——正如同早期的科技產物——亨利·福特大量生產的廉價汽車一般，人們宣稱它使年輕人的活動幽室唾手可得，因而在本世紀前幾十年的美國造成「雜交」現象的增加；也正如同盤尼西林(penicillin)的使用，減輕了對性病的恐懼。



▲桑格是口服避孕藥的精神先驅。

◀一九八二年在倫敦的威利爾廣場，教宗保祿二世受到羅馬天主教徒的歡呼。對天主教徒而言，口服避孕藥向教會的教誨提出了本世紀最大的道德挑戰。



避孕藥的發展

遊說團體和某些特殊人物，常在改變研究型態方面扮演十分重要的角色。比如說以避孕藥為例吧，它的發展和付諸實際用途，為全世界成千上萬的婦女們使用，其速度乃是獨一無二的。一九〇〇年代早期，生理學家已經發現，卵巢在調節女性性週期上擔任主要的角色；而在一九三〇年代，他們開始概略地了解到，激素(hormones，又稱「荷爾蒙」)負責控制這個過程。接著又發現到，若在兔子身上注射類固醇荷爾蒙「黃體激素」，可抑制排卵，但黃體激素似乎不可能在婦女身上發生相同的效用。此外，不管用那一種方法，類固醇(steroid)荷爾蒙的製造都非常昂貴。

然而，某些可廉價栽種的植物卻含有類固醇。這些物質也許能被轉變成有效控制人類生育的其他物質？美國化學家馬蘭克(Russell Marker)首先發展出這套化學技術。一九四三年，他把這套技術提供給墨西哥的一家廠商，就是後來的辛鐵克公司(Syntex Corporation)，一家經營生育控制業務的世界級大公司。據說馬蘭克當時攜帶二罐二公升重的黃體激素做為技術憑證——依那時的市價估計約值十六萬美元。不到一九五〇年，類固醇荷爾蒙以十年前百分之一的價格就可以買到了。

一位非科學家的關鍵角色

然而，還沒有人能做出具有避孕效果的口服類固醇。爾後，辛鐵克公司的化學家傑瑞西(Carl Djerassi)合成了一種口服有效的類固醇，做為防止習慣性流產的可能方法。這時候，一位本身並不是科學家的關鍵人物便是桑格(Margaret Sanger, 1883 ~ 1966)。她是美國生育控制的先驅，曾在一九一六年於美國布魯克林開設第一家家庭計畫講習班。一九五一年，她前往麻薩諸塞州的施魯柏利(Shrewsbury)城，與渥契斯基金會(Worcester Foundation)的平克斯博士會晤，企圖說服他將目前有關哺乳類生殖的研究，轉向供人類使用的口服避孕藥。最後，平克斯決定朝這個方向進行。一九五四年，他發表報告指出，許多和黃體激素有關的合成類固醇能抑制老鼠的排卵，其中之一的norethisterone（或稱norethindrone）證實用之於婦女也同樣有效。一九五五年，在東京舉行的第五次國際計畫生育會議上，平克斯描述了他首創的研究成果。偶發的「崩潰性出血」(breakthrough bleeding)是唯一可見的問題，但平克斯和同僚們使用含有其他物質的混合藥劑加以解決，而在一九五七年引進了這種藥劑。從那時起，市面上出現了許許多多修改過的處方，每一種都是以平克斯和他的工作小組的原始成果為基礎。

▼平克斯是生理學家，桑格在一九五一年與之會晤，並說服他進行化學避孕的研究。



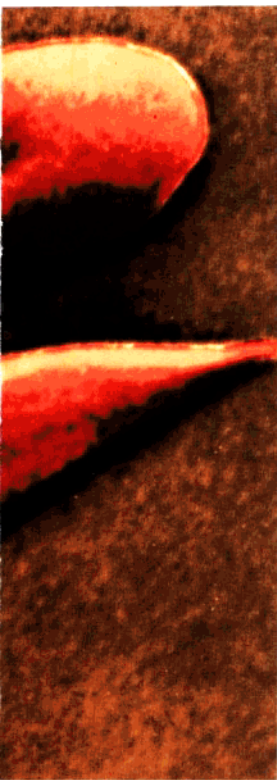


「科學商店」

荷蘭的大學開創了一種簡單而直接的方式，使科學的專門技術能為更大的社羣所用。他們推出「科學商店」(science shop)，提供一般民衆有關食品添加物、放射線危險等類似的主題，以及污染之類較為地區性問題的相關資訊。科學商店出現於一九六〇年代，正當荷蘭(和其他國家)的左翼學生和左派人士試圖把科學「激進化」之時。剛開始，商店的組織並不健全，工作人員也由業餘的志願者充任。之後，在一九七七年，阿姆斯特丹大學(University of Amsterdam)首先設立由專業工作人員經營的科學商店。今天，其他的歐洲國家正開始實驗類似的計畫，而荷蘭的所有大學都已設立了科學商店，配置二到七名支薪的工作人員。

科學商店業務裏的一個重要部分，是把顧客們常常說不清楚的需求轉譯成明確的、可以立刻解答或付諸研究的問題。他們希望顧客能把從商店得到的資訊加以利用——例如，當某項宣稱有職業危險的論調，正在工作場所舉行的工會活動中引起爭論時，商店提供的設備，範圍從文獻查詢(包括協助解釋研究報告裏出現的術語)到採樣和複雜的實驗分析操作一應俱全。





◀因應消費者的需求，不含添加物的蜜餞水果產量正逐漸增加。但大眾對或多或少有益健康的食物和飲料，其態度並不與其成分的科學分析結果一致。舉例而言，近幾年罐裝礦泉水的景氣看好，但是這些產品的標示和廣告常常吹噓一些產品裏所沒有的某些鹽類——即礦物質，從前這些礦物質成分被認為是有益健康的實質成分。

科學發展的轉向：社會的「牽制」

科學與社會的關係常用「推」（擴展）和「拉」（牽制）的互動方式來描述。有時候，研究的產品和觀念從實驗室的工柙向外面世界擴展，造成漣漪和迴響；有時候，當社會需求影響了科學家和科學機構時，會有從整個社羣來的牽制決定了他們的工作。

社會的「牽制」近幾十年來已顯著地增加，幾乎沒有那個科學家能孤立於外來壓力之外，過著修道院式的專業生活；然而，這在過去的時代卻是可能的。作用於科學事務的力量有兩種，分別是代表社會目的的外在力量——那驅使科學去探究、去玄想的固有邏輯和概念——是如此強制地推動科學前進，以致於超過我們在處理科學進步的果實所帶來的社會問題或應用問題兩方面的能力之外（◆16頁）。科學社羣內部的社會、政治和經濟壓力，也會加強這股優勢的衝力。

鐮刀型細胞貧血症的研究投資

另外一些時候，一知半解的大眾（或是代表他們的狂熱政客）會對科學家提出無法做到的不實際要求。一九七一年十二月，美國參議院對鐮刀型細胞貧血症（sickle-cell anemia）的提案正是一個典型的縮影。

鐮刀型細胞貧血症是一種嚴重的遺傳性疾病，患者的紅血球無法把氧適當地送到身體的組織。大約十分之一的美國黑人帶有單一的鐮刀型細胞基因。攜帶單一基因缺損的個人並不會罹患鐮刀型細胞貧血症，只有同時從父母雙方傳遺了基因缺損才會發病，並且將無可避免地縮短了病人的壽命。

出人意料之外地，這種疾病的研究一直受到忽略，直到一九七一年二月尼克森（Richard Nixon）總統才在年度衛生咨文裏宣布，撥出五百萬美金用之於此症的研究和治療。民主黨參議員不落人後地發動鼓吹，要增列更多的經費。不到十二月，他們已成功地說服參議院，表決通過在三年內撥款美金一億四千二百萬元，用於該疾病的研究、篩檢和治療。

就在這時，黑豹黨（Black Panthers，美國黑人的好戰組織）公開宣稱這種病是種族的「集體屠殺」，同時拳王阿里（Muhammad Ali）也發起一項篩檢計畫。黑人們開始對鐮刀型細胞貧血症研究和治療資金的短缺感到憤怒，卻忘了他們先前對「有別於白人同胞」那種狀況的敏感度。

然而，儘管大家認為鐮刀型細胞貧血症理應受到科學家更多的重視，然而這種剛出爐的社會判斷，卻不能立刻在研究活動方面獲得相應的配合。就在參議院的議案通過後不久，研究血液疾病的科學家在「科學」（Science）雜誌上撰文指出，雖然他們非常感謝這麼熱烈的支持，但是一時之間還不知道該怎麼去適當地應用這些基金，因為目前還沒有足夠的未經開發的概念「範例」可供新的研究計畫依循。此一事例即可凸顯出內在推力和外在拉力處在極度不平衡的狀態中。

◀由於患者的紅血球含有不正常的血紅素，無法正常地攜帶氧，並且紅血球細胞呈鐮刀型，故鐮刀型細胞貧血症因而得名。一九六〇年代晚期與一九七〇年代早期，美國的黑豹黨——圖中所示為法庭的示威活動——把這種疾病轉化成政治問題。他們辯稱，主要影響到黑人而非白人的鐮刀型細胞貧血症，一直是受到嚴重忽略的研究主題。結果，聯邦基金顯著地在增加——增加到科學家抗議他們有的錢比點子還多的程度。

法律科學

法庭裏科學家的專業證據

在法庭裏，尤其是美國，科學所扮演的角色範圍漸漸地增加，以解決社會上的爭執，而在這樣的法庭裏，必然地，法官和陪審團也被要求對科學證據的正反而兩面都能加以判斷。一九八二年二月二十七日，攝影家威廉斯(Wayne Williams)被宣判謀殺了凱特(Nathaniel Cater)和帕恩(Jimmy Ray Payne)，死者的屍體是在喬治亞州的亞特蘭大城發現的。雖然最後威廉的定罪已經審查確認了，本案卻還在爭論中——部分是因為它的定論全然依賴科學證據。

利用分光光度計(spectrophotometer)和數種高度精密的顯微鏡，科學家將死者身上的紡織纖維，和另外兩種分別採自被告臥房毛毯和雪佛蘭旅行車的纖維加以比較。在鑑定出屍體和臥房的纖維，都是來自喬治亞州道耳吞城(Dalton)的西點帕羅公司(West Point Pepperell Company)生產的一類型毛毯之後，他們主張，統計學上的可能性與這種一致性比較起來是太低了。

根據該公司分布網的分析，一名由原告請來的專家證人宣稱，在亞特蘭大地區，每七千七百九十二個家庭才有一個可能會有那種特殊品牌和顏色的毛毯。他隨後又補充一個數字：三千二百二十五分之一，那是他計算所有亞特蘭大地區的雪佛蘭旅行車上，鋪有與在死者身上發現的另一種纖維的毛毯的比例。幾乎全靠這些證據，陪審團接受了原告的辯稱，認為威廉一定在凱特和帕恩死前接觸過他們，而且是他殺害了他們。

威廉一案絕不是第一個引用科學證據的案件，但它象徵了法庭在利用或濫用專業證據方面正有迅速增強的趨勢。這股趨勢瀰漫在美國，以致於許多原告邀請指紋專家到證人席上說明，為什麼這類證據在某些特殊的案件裏無法取得。他們已經注意到，法官和陪審團都不可避免地想要聽聽科學的「證明」。

►現代的法律科學實驗室(laboratory)需要完善的設備，以處理包羅萬象的分析項目。掃描式電子顯微鏡、質譜儀(mass spectrometer)、電腦(computer)以及其他科技，都有助於法律科學家(forensic scientist)獲取迅速而正確的結果。



殺人案件的調查

►由於法律科學的測試技術變得更加廣泛和複雜，所需要的專家科別範圍也因此更多樣化。涵蓋廣大專業領域的科學家們，如今都受徵協助法律病理學家。微量成分分析連同證據的專業評估，能確定和量化種種可疑的情況。

- 鑑定屍體
- 尋找死因
- 追蹤兇手
- 嫌疑犯定罪

彈道學

從彈頭(子彈彈藥填塞的部分)的位置決定射程、方向和角度。

利用可疑武器射擊測試的結果，和子彈通過槍管時所造成的獨特溝痕型態加以比對，以確定所用的火器種類。

病理學

從死者和現場的證據做採樣分析，並將輪型、外科手術的證據，和醫療紀錄加以比對。

驗屍時注意屍體的位置和任何暗示死因的證據，如壓血和創傷；檢視組織以決定造成傷口的原因；視所需進行採樣分析；評估傷口，以決定開槍的距離、方向和角度(區別自殺和他殺)。

評估傷口決定武器的種類和火器的樣式。

從體溫、肌肉僵硬的程度和組織腐敗的情形決定死亡的時間。

分析化學

如果懷疑是蓄意縱火的話，可以加熱殘骸樣本，並藉由冒出來的煙分析殘餘的汽油或石蠟痕跡；若疑似砒中毒，則可測量死者毛髮樣本發出的放射線。

分析子彈彈藥或火藥裏的殘餘成分，以及油漆顏料、玻璃或纖維的樣本。

人類學

從骨骼評估決定年齡、性別、人種和死者的身材。

毒物學

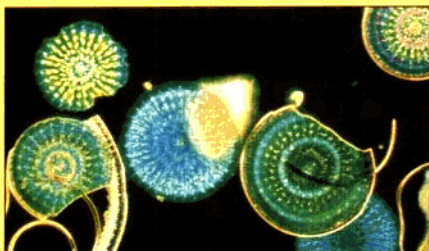
使用光譜學或氣體色層分析法的技術分析體液和組織，決定是否含有毒物、藥品或酒精。區分有毒的物質和屍體自然產生的代謝物(屍體腐敗時，樣本可由眼睛取得)。

毒藥在體內的分布圖可提供資訊，告訴我們從服毒或吸入毒藥到死亡相隔時間的長短。

植物學

區分溺死和死後落水（若腎臟、肝臟及骨髓處發現矽藻（diatom）的矽質組織，表示死者在水中時心臟仍在跳動）。

計算植物在受害者身體下方喪失葉綠素需要多少時間來決定死亡的時間。



▲人體組織發現矽藻表示溺水致死。

牙醫學

比對X光攝影與死者的牙醫所保存的病患紀錄，包括補牙和特殊的牙型，並可自牙齒鈣化的分析決定死者的年紀。

分析死者身上的咬痕，並與嫌疑犯比對。

血清學

從血液、血塊或其他液體，進行抗原反應分析，以確定死者血型。

對死者身上或附近發現的血液、精液或髮根進行分析，以決定嫌疑犯的生化特徵。所需的技術包括：放射免疫分析（用抗體去標示細胞上原有的同等標記）、電泳（依電荷將血液分子分離）或DNA「指紋」（從細胞核分離出DNA並加以分析，因為每個個體有其獨特的DNA結構）。

電腦科學

紀錄的整理——牙醫學、醫學及失蹤人口。
以類型識別來比對指紋；複雜的相片拼合技術；就車輛燃料和玻璃化學的化學分析結果，與記憶檔案裏的資料相比較。

筆跡和聲紋的分析辨認；血清學資料評估，以決定嫌疑犯涉案的可能性。

心理學／精神醫學

選取目擊者的回想中正確的部分；分析罪犯的一般行為模式。

協助詢問技術；判斷筆跡；分析嫌疑犯的人格。

科學證據的可信度

在一九二三年的美國弗萊案例（Frye v. United States）裏，范歐斯達爾（Josiah van Orsdel）法官拒絕使用某種早期的測謊技術（以血壓變化作為判斷標準），去證明被告辯護自己無辜的說詞屬實。他注意到已確立的技術與那些還在實驗階段的技術之間，很難有明確的劃分，於是規定：科學方法或理論在法律證據方面的可信度，要根據它是否「在它們所屬的特殊領域裏已充分地確立而被普遍接受」而定。

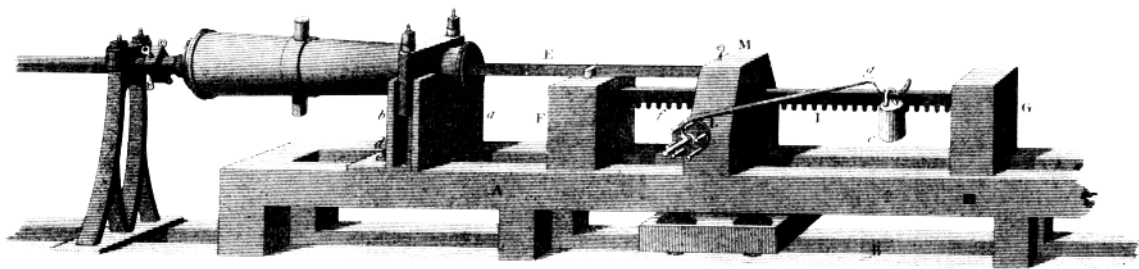
一九七〇年代，弗萊檢證法受到愈來愈多的挑戰，因為它明顯地排除了有用的證據來源，這些證據所依據的特殊技術和儀器設備，那時都還沒有普及於整個科學社羣——包括新型的路邊雷達，毛髮標本的離子顯微探測分析（ion microprobe analysis）和其他數種新穎的方法。無論如何，不到一九八〇年代中期，大約三分之一的州便已放棄了弗萊檢證法。

「科學證據」被仔細審查了嗎？

存在於「證據」與科學內在的、理性的而且謹慎的標準之間的衝突，已為加州大學戴維斯分校的法學教授艾溫克利（Edward Imwinkelried）所強調：「律師們把科學家找來，不僅要對這些見證人的證據提出批判，並且要對某一特定證據的可信度下結論……科學家的證據可以被還原成一套三段論法，其中將理論或技術當作大前提（若無法通過測謊器測試則表示受測者說謊），測試案件的資料為次前提（杜約翰無法通過測謊器測試），專家的意見為結論（杜約翰說謊）。推理過程的每一部分——大前提，次前提，和結論——按慣例都應受到法律嚴格的規定和限制。但在今天，就這些部分而言，規定和限制比起已往都鬆得多了。」

放寬限制的一個結果，是證人們常使用那些不能單獨成立的證據。例如，法律病理學家提出死者的死亡證據時，可能採用了毒物學家（toxicologist）和外科醫生的報告；而這些報告從來沒有讓陪審團過目，或是遞交法官審閱過。尤有甚者，根據艾溫克利的說法，「律師、法官和陪審團正在考量理論和技術的科學真相，他們可能會發現這些東西很陌生又令人困惑。」

聲紋（voiceprints）鑑定的歷史正足以說明這個問題。聲紋鑑定在一九六〇年代後期首度被引進美國法庭，以可見的聲音紀錄做為識別個人的方法，就同時用於定罪和開釋。雖然說話的方式可藉偽裝加以掩飾的事實已經相當明顯，但聲紋鑑定仍然被認可，因為它已被普遍地認定為有效的技術。幾乎沒有那個律師或法官，擁有足夠的知識來對受到普遍認定的科學技術提出質疑。今天，有許多專家認為科技仍被濫用。



▲►朗福特伯爵由觀察中得出，熱(heat)並非形而上的「東西」而是與功有關。這是一個非常重要的觀念。一七九八年，他在倫敦皇家學會(Royal Society)提出的「關於摩擦生熱緣由的實驗探究」(Experimental Inquiry Concerning the Source of Heat Excited by Friction)中，描述了他在觀察大砲(annon)鑽孔的一段時間中，見其產生大量的熱之後所得出的推論。雖然已經有無數的觀察者看到同樣的現象，朗福特卻進行實驗，以加熱時間的長短來測量使定量的水沸騰所需的熱，並證明兩者的量之間有相關性。這項成果對熱力學(thermodynamics)的誕生十分重要。



火藥改變了科學的方向

除了科學和社會之間的雙向交流外，科學和技術之間的交互作用，也遠比常常被提出的線性模型複雜得多。根據這個模型所示，基礎科學引導應用科學，而後者則導致進一步發展的成果，最後造成新的產品和方法。這些產品和方法更隨之刺激了公司、工業和國家的經濟成長。但在真實的世界裏，這個模型將全部瓦解，根本行不通。因為實際上是技術配合社會和商業的需要，刺激了基礎科學，正好和假設模型相反。這幾乎和基礎研究作為科技的溫牀一樣常見。

首先為英國生物學家伯諾(John Desmond Bernal, 1901~1971)所強調的一個重要例子，是火藥(gunpowder)和大砲的肇始。就所有在中世紀時被引進西方的發明而言，伯諾主張，火藥和大砲這兩種發明，是對政治、經濟和科學方面最具影響力的一項，可能也是對往後的人類歷史造成重大改變的一項。不管是起源於阿拉伯、拜占庭希臘或是中國，把硝酸鉀加到木炭之類的易燃物就可以引發爆炸的這種發明，的確擁有令人敬畏的潛力。

火藥和大砲一起造成了戰爭和革命，使「文明」的人類相對於想像中未開化的「土著」而言，占有絕對的優勢。「無論如何，最終在開創機械時代(Machine Age)的偉大影響力方面，那是火藥作用於科學的結果，而非作用於戰爭。」伯諾如此寫道，「火藥的製造、爆炸和炮彈從大砲轟然飛出等相關實際問題的解決，引導了新目標的尋找和新科學的誕生。」

化學的發展

只有在小心地操作鹽類的分離和純化後，才能成功地製造出硝酸鉀並可靠地產生爆炸。實驗家們必定在反覆的試驗過程與不斷的觀察中，從溶解和結晶的現象裏學到很多有關於爆炸的知識；而他們對於火藥爆炸的解釋，也刺激了關於爆炸「如何在沒有空氣的情況下發生」的玄想。為了要說明這種瞬間燃燒與他種燃燒之間的不同，便引發了認為硝酸含有所需的氧(基本上是正確的)的想法，認為硝酸含有所需的氧。之後接續不斷的努力就是以此觀念為基礎，藉以尋求動物體內的內在燃燒(更正確的說法應該是呼吸)的解釋。最後，經過四個世紀的實驗和爭論，同樣的概念導致普利斯特萊(Joseph Priestley)發現了氧(oxygen)。

蒸汽機和熱力學

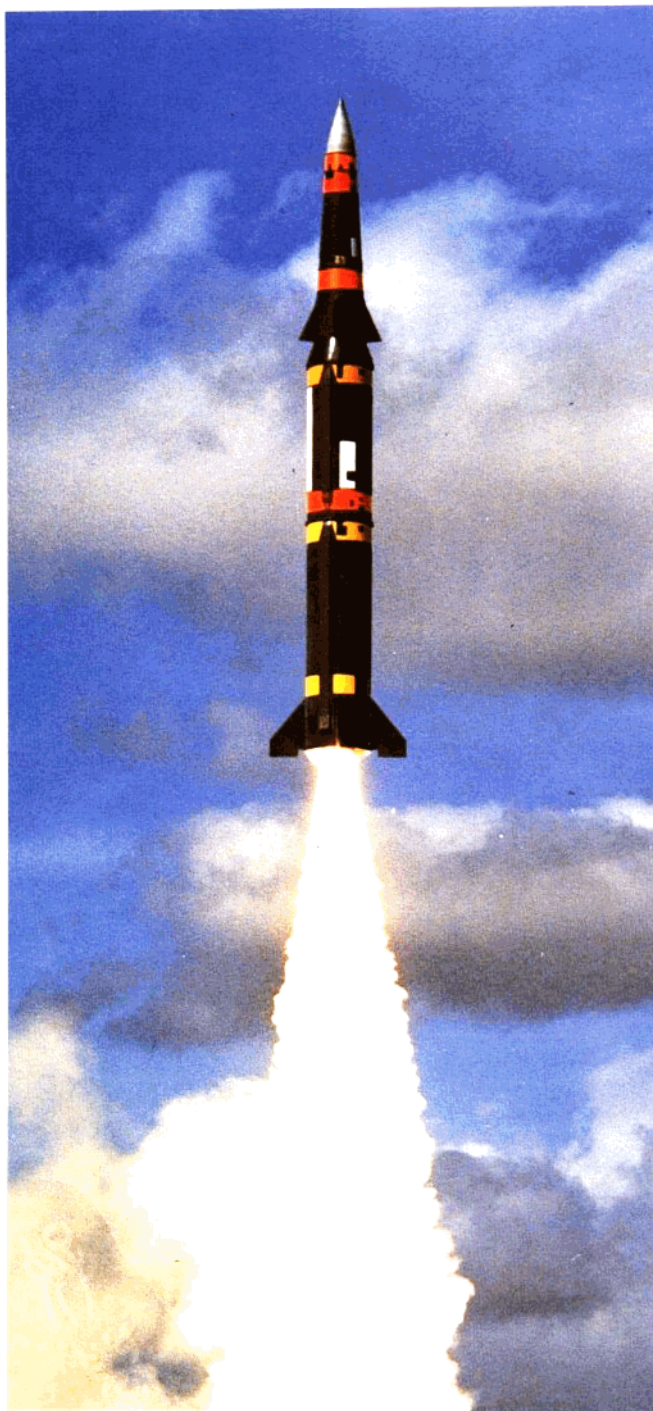
其他從這種有力而神奇的作戰方法裏脫穎而出的科學，乃是彈道學(ballistics)和動力學(dynamics)——兩者都起於為了解砲彈在空氣中的路徑所做的研究。但是把技術、科學和社會最緊密連接起來的發展，則屬大砲的製造和蒸汽機的出現。從大砲鑽孔技術裏發展出來的器械，後來被用以製造高標準的汽缸，使早期蒸汽機的效率得以改善，因為唯有準確鑽孔的汽缸，引擎的壓縮才足以產生有效的馬力。

爾後，因為對大砲鑽孔的觀察，引發了美國人朗福特伯爵(Count Rumford, 1753~1814)對有關機械功與熱之間關係理論的重大發現，而此一發現對其後的科學發展也造成相當大的影響。

朗福特在十八世紀末擔任巴伐利亞軍部大臣時，注意到在大砲鑽孔的作用過程中會產生大量的熱。在實驗中，他藉由時間的長短來測量使定量的水沸騰所需的熱。從實驗結果他推論說，所做的功和產生的熱量之間有一明確的關係——這是從形上學(metaphysics)領域跨入精確科學的重要一步。伯諾也主張，火藥和大砲在中世紀的肇始，對未來的一般科技產生了概念上的深遠影響：「爆炸的力量本身，和把砲彈從砲管推出的驅力，是一項有力的指標，指出實際利用自然力的可能性，尤其是火；這也是隱藏在蒸汽機發展背後的啟示。」



▲火藥之類實用上的發明，有助於化學——這門研究物質與其間交互作用的學問——的逐漸出現。英國人普里斯特萊(Joseph Priestley, 1733 ~ 1804)是有史以來最偉大的化學家之一，他發現了氧和其他許多種氣體，包括二氧化碳、氮、二氧化硫和硫化氫。他也發明了許多實驗室設備，包括至今仍在使用的集氣槽，如圖中的紀念勳章所示。



◀潘興二號(Pershing II)和其他飛彈(missiles)，是近幾年來東西限武談判的核心問題，看來似乎是技術成果的壯觀樣本——那種建立在基礎科學成長上的應用科學技術。但這說法只是部分為真而已。不管是製造飛彈、粒子加速器或是太空探測衛星，科學家都獲得知識上的副產品；而這些知識對基礎科學領域而言，也有直接的幫助。馬克思主義生物學家伯諾首先指出，火藥的肇始引發了數種不同科學的進步，包括從化學（為了生產品質可靠的硝石，必須要有較佳的結晶）到彈道學（必須描繪出飛彈的運動，不管是原始或現代的飛彈）。

拜爾德、電視和軍方

一九八六年，英國廣播公司(BBC, British Broadcasting Corporation)電視臺慶祝有史以來影響最為深遠的一項應用科學工程的五十周年紀念——電視(television)的發展及其後被引進成為公共事業的過程。那是一整個星期的追憶和回想，但對科技史感興趣的人們而言，其中有對於早期電視史更引人入勝的揭露。這項揭露係得自位於倫敦附近柯瑪鎮(Kew)的公共文件事務所(Public Records Office)准許發表的秘密文件，文件內容描述了半個世紀前發生的事情。

一九八六年以前，有關電視發展誰先誰後的爭論，分別集中在互相匹敵的兩個不同的系統。大部分的史家把這項榮譽歸之於蘇格蘭發明家拜爾德(John Logie Baird, 1888~1946)。他在一九二〇與一九三〇年代間，藉由周邊有三十個小孔的旋轉盤掃描實況，發展出一套傳送影像的方法。用這種方式產生的脈衝，攜帶著表示每一幕場景的訊息，而這些場景先前已被切割成三十個不同強度的光帶。播送到遠處的接收機之後，這些訊息在空氣裡重新被組合起來，並且在一與原轉盤同步旋轉的同型轉盤後方閃爍。

與之匹敵的另一套技術則是靠電子而不是電動機的傳動設備，去掃描和重組影像。利用陰極射線管(cathode ray tubes, 十九世紀發展出來的)，工程師知道怎樣去建造足以與現今所用比較的攝影機和接收機。因此，雖然拜爾德無庸置疑地是將簡單的影像越過空間傳送的第一人，但電子電視卻必定要勝過他那較為簡陋的方式。

▶一九二五年三月，拜爾德調整早期的電視發射機。它利用旋轉盤掃描每一幕場景，並把光轉化成一系列的訊號，再以接收機重新組合這些訊號，而產生原始場景的粗糙影像。這是一種把影像拆散重組的基本方法，相當於現在的無線電傳真，或是更簡單的報紙照相印刷技術。然而，它還是被電子掃描給比下去了。

▶對手一方的電視系統較拜爾德系統稍晚，是由一羣為美國RCA公司及英國EMI公司效力的工程師所發展出來的。它最重要的不同是依靠電子而非電動機來傳動設備，去掃描和重組畫面。此處，無線電EMI的發射機正在做事前測試，它將在戶外轉播一九三六年喬治六世的加冕典禮。

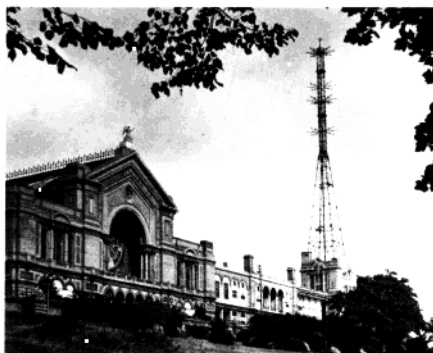
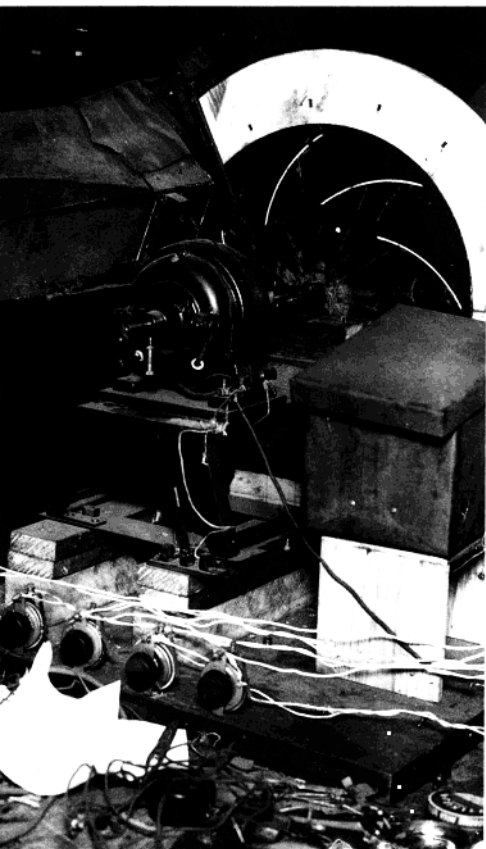
來自軍方的壓力

一九二〇年代早期，英國海軍和空軍已經注意到電視的潛力，並且密切關心著拜爾德的實驗。「在一封論及開始新發展階段的致海軍部函中，拜爾德公司表示，如果海軍部希望如此，他們甚至可以試圖制止將最新設備的細節公之於眾。」柯恩(Jeffrey Cohen)在「傾聽者」(Listener)雜誌上如此寫道：「這個企圖證明了電視開創者將他的發展成果優先用於軍事用途。果真如此的話，也許將延緩英國廣播公司引進電視傳播。」

海軍部和空軍部似乎相當鼓勵電視傳播的開始，因為那將有助於提高競爭和改善畫面。一九二九年一月所發生的事是這樣的：雖然英國廣播公司總裁雷斯爵士(Sir John Reith, 後來受封為貴族)，希望等到有品質較佳的影像出現時再播出，公司方面卻決定開始播放低解晰度的三十行畫面(30-line pictures)的機械系統電視節目。幾年之內，拜爾德已將電動機的速度加快，達到六十行和之後的一百二十行掃描。

在這同時，EMI已嘗試且放棄了旋轉盤，然後很快





▲▲ 最早期的RCA-EMI室內接收機，使用垂直裝設的陰極射線管，經過一面鏡子和透鏡的處理把畫面投射在水平的螢幕上。倫敦北方的亞歷山卓宮（Alexandra Palace，左圖），是世界上第一個定期播放電視節目的地方。這項服務開始於一九三六年，戰爭期間曾經中斷，其後又恢復了。直到西元一九八六年之前，先天上就處於劣勢的拜爾德系統仍要參加公共傳播競爭的原因，一直是個被密切保守的秘密。

地利用電子系統達到二百四十行的解晰度。在英國政府的贊助之下，他們開始了一個比較試驗，以決定何者應被用於公共傳播。一九三六年十一月二日，拜爾德和EMI開始輪流隔周播放節目。在此之前，EMI的設備已經進展到四百零五行掃描，然而拜爾德已經到達他的極限了。利用偉大的創造力，他設計出高達二百四十行的解晰度，但失敗的徵兆已顯現出來。持續不到三個月的試驗之後，政府下結論說電子電視「高不可測」地優於他那較為原始的競爭者。拜爾德氣數已盡，而現代的電視時代也已到來。

一九八六年，拜爾德一位尚在人世的同僚赫伯特（Ray Herbert），不再受制於那時立下的保密誓約，而能夠提供這故事中一條被遺漏的重要環結：為什麼註定失敗的拜爾德系統，仍試圖與EMI的電子系統奮力一搏？為了要達到二百四十行的掃描，這位蘇格蘭發明家必須建造一座相當龐大複雜，以致於無法移動的發射機。

這個問題，連同與EMI的四百零五行相競爭的需

要，促使他在運作過程裏引進一道中間步驟——電視化的每一幕場景不再直接被掃描和傳送，而是先聚焦在傳統的電影膠卷上，迅速處理（在此一分鐘更短的時間內）後，顯影後的膠卷再經掃描並將所得的脈衝傳送出去。赫伯特相信這道「膠卷中繼技術」——提供了圖像的永久影片紀錄，其速度遠比當時所知的其他技術更快——這引起軍事當局極大的興趣。他暗示，這一點解釋了為什麼拜爾德在他的對手和批評家認定他已走入死胡同之後，仍受到激勵而堅持機械掃描。

據說拜爾德在雷達（radar）的發展上也扮演了重要的角色。雷達的發展當歸功於與他共事的蘇格蘭老鄉，物理學家華生·瓦特爵士（Sir Robert Watson-Watt, 1892~1973）。在某個意義上，電視開創者的確可能在這領域裏有重要貢獻。甚至早在三十行傳播的時代，拜爾德就已經注意到飛機飛過時在螢幕上造成的干擾；多年以後，高解晰度電視的觀賞者對同一現象也很熟悉。拜爾德利用干擾的型式來決定飛機的大小和距離，並以這個怪念頭自娛。