

世界科学技术新成就

从飞机、导弹说到 生产过程的自动化

钱 学 森

科学普及出版社

本書提要

这本小冊子生动地告訴我們：飞机經過怎样的改造，才接近声音；又克服了什么困难，才能比声音跑得更快；以及飞机为什么需要發展成为自动控制的導彈。它也告訴我們：怎样給火箭裝上眼睛，能够自动找到目标；自动化工厂、机关、圖書館、为什么可以几乎不要人管理，而能够准确地进行工作。

本書是介紹世界科学技术新成就的一套小冊子中的一种。

总号：393

从飞机導彈說到生产过程自动化

著 者： 錢 学 森

出版者： 科 学 普 及 出 版 社

(北京市西便門外蘇家溝)

北京市書刊出版業登記證出字第015号

發行者： 新 华 書

印刷者： 北 京 市 印 刷

(北京市西便門南大街乙)

开本：31×43毫米

印張：

1956年9月第1版

字數：

1956年9月第1次印刷

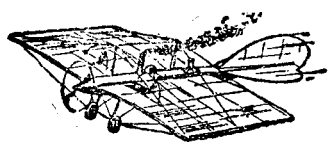
印數：

統一書号：15051·2

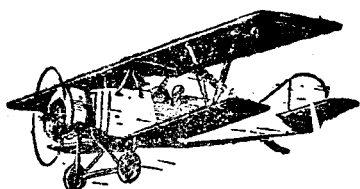
定 价(7)1角

飞机的發展过程

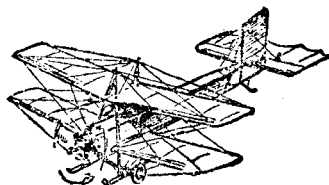
飞机的迅速发展只不过五十年的历史。我們知道：飞机所以能飞，是靠翅膀，有翅膀才有升力。翅膀面积大、飞行速度高，升力就大，但是飞机所受的阻力也就加大，所需要的动力也就增加，这样飞行的速度就有了限制。也因为同样的原故，翅膀有一定面积的飞机不能飞得太慢，飞得太慢了升力就不够，就要从空中跌落。所以飞机有一个最大速度，也还有一个最低速度。飞机初發明的时候，因为动力小，它的最大速度很小，和最低速度差不多一样大。因此，能飞十尺高，二三十尺远，就算是很大成功。飞机是在这样很簡陋很困难情形下开始的。以后逐步加以改进，这种改进有几个方面：一个是在空气动力方面，改进翅膀形状，增加升力，一面又要减少阻力。减少阻力的办法是使外露的部分簡單和流綫型化。早年，飞机有兩層翅膀，再早有三層、四層的，支架也很多。現在不同了，飞机只有一个翅膀。这些發展都尽量改进飞机的外形，减少阻力，提高空气动力的效率。另一方面是把飞机做得更结实，改良它的材料和結構。早年，飞机是木結構，包上布噴上漆。初步的改进是在第一次世界大战以后，用鋼架代替了木架；但仍包布噴漆。后来不用包布噴漆了，用鋼架千層板。直到1930年以后才有了更进一步的改进，开始制全金屬飞机。用的金屬是鋁合



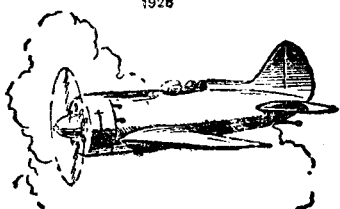
1884



1928



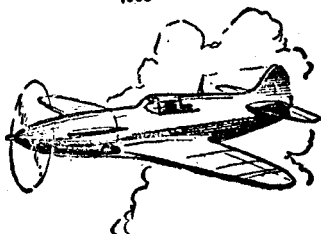
1910



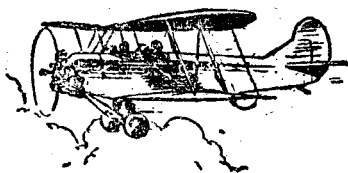
1935



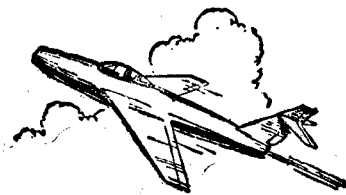
1913



1941



1914-1916



1950

圖 1

飞机形狀的改變——从第一架飞机(莫扎伊斯基設計)到現在的噴气式飞机。

金，在工程學上叫硬鋁。(圖 1)

所有這些改進的目的都是使飛機能飛得更快，但是一個基本問題仍然沒有解決，那就是推進力量的問題。這個問題的重要性是早就被航空家所注意了。怎樣衡量推進的力量呢？那可以從每產生一匹馬力的動力需要多少重量的機器來衡量。因為減輕重量和飛行效率的關係很大。輪船上的蒸汽機，發一匹馬力，就要有二十多公斤重。對飛機來說，這樣就太重了。早年曾有人考慮在飛機上用蒸汽機，但那太重，不行。後來用內燃機，經過很大改進，發一匹馬力還要五公斤重。直到1930年以後，作到發一匹馬力只要半公斤了。到這時旅客機速度達每小時300公里，軍用歼滅機達每小時400公里，而在三十年代世界飛行速度競賽的冠軍飛機的速度達每小時600公里。到1939年，德國的一架空軍飛機得了錦標，速度每小時700多公里，（那些飛機不帶客貨，才能達到這速度）。在這個時期里，航空界流傳一句話，飛機速度到了頂點了，超過700多公里再向前發展就難了。因為再要快，就要接近聲速了，也就是要達到每小時1,000公里，而愈接近聲速，阻力就愈大，要化很大動力去推進飛機。裝上內燃機的飛機，用活塞帶螺旋槳，從整個機組重量來說，每發一匹馬力就要一公斤，也就是說在一定重量的限度內，動力不夠大，不可能使飛機接近聲速，因此那時的航空工程師說，聲速好像一堵牆，飛機不能超過這聲速的牆。那時代可以說是航空技術的黑暗時代。但就在那個時候，空氣動力學家早已算出機翼在超聲速下所受的力；他們也已經在實驗室得出這方面的資料。那是把飛機模型放在風洞里（風洞就是一個大管子，用鼓風機吹風，風的速度就由鼓風機來控

制。这样就把飞机与風的关系倒过来，飞机不动，風动，而空气对飞机的作用，和飞机动、風不动时是一样的。)在模型支架上可以測量出飞机各部分所受的力。可以說超声飞机所受的力的問題，理論上和实验上都已經有了答案，問題就是沒有能發生巨大推力的、輕的机器。这是二次大战前的航空界的情况。

噴气式飞机

在二次大战里，航空动力方面有了很大改变，創造了噴气式推进机。噴气式推进机和活塞帶螺旋槳的有什么不同呢？在基本原則上它們是一样的，都是把气体向后推，飞机就向前进。这个科学原理就跟用槳划船一样，槳把水向后推，槳受到反作用，就帶动着船向前去。螺旋槳把空气向后推，空气把飞机向前推。不同的是噴气式推进机所推后的那股气流通过內部机件，而螺旋槳所推后的空气不經過內部。噴气式飞机把空气从机头吸入机身，經過空气压缩机把空气压力提高。(圖2)空气压缩机的作用和离心式的水泵一样，但比水泵轉得快，水泵每分鐘几百轉，压缩机每分鐘約7,000轉以上。被压缩的空气，通到燃燒箱，使噴进的煤油燃燒，温度更高，用这样高温高压的气体，吹动了渦輪，所产生的动能，正好能轉动空气压缩机；所以渦輪的动能在机件內部就消耗掉了。但通过渦輪后的空气，温度压力还相当高，就在尾管中膨胀，从尾管中噴出去的气体速度很高。所以对总的推进系統來說，进气慢，出气快，就等于把空气朝后推，因此空气就把飞机向前推。这是用空气压缩机的噴气式飞机，也就是渦輪式噴气推进机。还有一

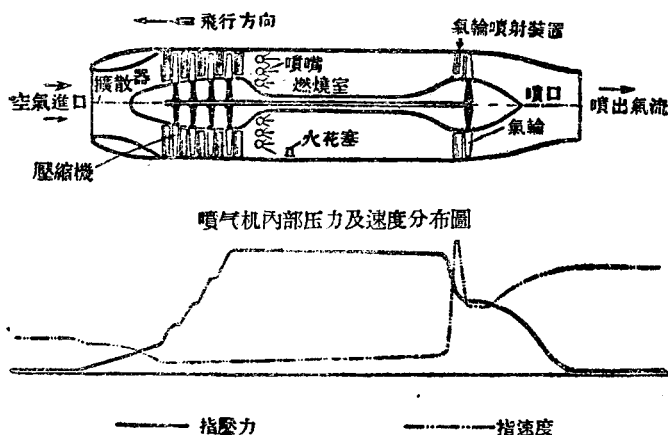
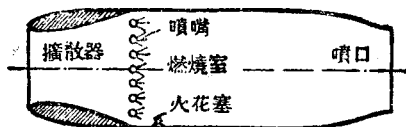


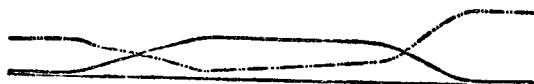
圖 2 軸向壓縮機式渦輪噴氣式發動機簡圖：
圖下曲綫表示發動機內部燃氣的壓力、速度的變化情形。

種噴氣推進機是不要空氣壓縮機和渦輪的。我們可以用下面一個比擬來理解它：假如一個船在水里走，水沖激船頭，水位迎着船頭向上升，船頭的壓力就增大，這就是說流體的速度的改變，會改變壓力，流速小，壓力就大。空氣流動時也有同樣情況。這種噴氣推進機的整個機器就是一條開口管子，進口比較小，隨後管子就粗了，飛機從機頭吸進空氣後（圖 3），進入管子比較粗的部分，空氣就流的慢，壓力就增高，然後噴入油料，燃燒加熱，再從出口噴出，噴出去速度比吸入速度大，因此也能推動飛機，這就叫作沖壓式噴氣推進機。此外也還有不用吸入空氣的噴氣式推進機，它自己帶了液體氧和燃料，可以在機器中燃燒，得到高溫高壓的氣體，再噴出去，這就是火箭。德國的 V-2 火箭就帶了酒精和液體氧。

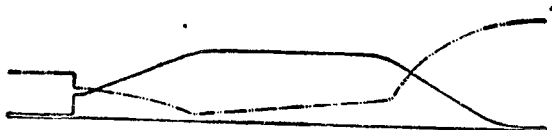
低声速飞行的噴气机的形狀



噴气机內部压力及速度分布圖



超声速飞行的噴气机的形狀



——指壓力

——指速度

噴气机內部压力及速度分布圖

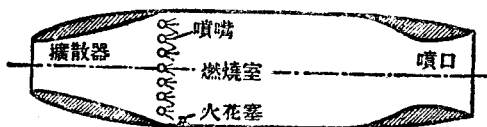


圖 3 冲压式空气噴气式發動机簡圖：
圖下曲綫所示系發動机內部燃气的压力、速度的变化情形。

噴气推进机和活塞式比較起来，机件比較簡單，也比較輕。早期的渦輪噴气式推进机，就可以作到每一馬力半公斤重，現在作到 1/10 公斤，而活塞式一馬力就要一公斤，这就是說同重量的机器，噴气式的比活塞式的力量大 10 倍。因此就解决了活塞式不能解决的加大动力問題。飞机速度也可以大大地提

高了。二次大战中叶开始試驗噴气式飞机，末期方出現了軍用噴气式飞机，以后几年發展很快，最早期的噴气推进机的推力只有 500 公斤，現在已到 10,000 公斤，而歼灭机的速度，到現在已經比声速高，每小时 1,500 公里左右，比二次世界大战前每小时 700 公里的最快飞速，增加一倍多，这是很大的进步。現在实验和試造的飞机已达每小时 2,000 公里。轟炸机还没有达到声速，可是設計中的轟炸机要超过音速。

这是五十多年来飞机的發展的情况。

从另一面来看，軍用的噴气机的速度越过了声速，也就显示出它內在的矛盾，产生了消灭它自己的条件。原因是这样的：歼灭机的速度到了每小时 1,500 公里，人能否受得住呢？人对速度本身没有什么反应，例如地球繞太陽轉的速度远比声音的速度快得多，可是在地球上的人类却毫無感觉，但人們对加速度的反应却很大。歼灭机跑得很快，轉弯就得轉大弯，如果轉小弯，就会腦中失血，暈眩，看不見东西；下冲加速太快，也会腦冲血、暈眩，看不見东西。速度再加快就轉不过弯来，歼灭机就失去了作用。另外因为飞机太快了，人腦反应就跟不上，两个飞机对着飞，还来不及瞄准就过去了。無法瞄准，就無法打仗，这样的飞机就沒有战斗的效能。在轟炸机方面，高速度所需要的动力很大，因此燃料的消耗也很大，10,000 公斤推进力的噴气推进机的用油量，一秒鐘就要几公斤，因此超声速轟炸机跑 3,000 公里，投了彈，再飞回来，来回 6,000 公里，燃油量就大成問題。苏联旅客机 ТУ 104，飞行航程最远 4,000 公里，速度每小时 800 多公里，还低于声速。轟炸机想跑得更快，又帶上炸彈和人員，就不能飞远，否則就要中途加油

了。軍用噴氣飛機，發展到現在只不過十多年，已經發現了這些困難。有人甚至於說現在的歼滅機是最后一代了，而轟炸機也只不过再有一代。這句話雖然未免言之過甚，但也有它一面的道理：問題的關鍵都在於駕駛人，對歼滅機來說，如果沒有駕駛人就可以不考慮加速度的極限，飛行速度再快些也不會有問題。對轟炸機來講，沒有人就不需要飛個來回，單程就可以了，燃料問題也就減輕一半。那麼沒有駕駛人員的飛機是什麼呢？那就是導彈。因此我們也可以肯定地說：戰鬥用的軍用飛機終究是要被導彈所代替的，只不過是時間遲早的問題。到那個時候，飛機在軍事應用上就只是一個運輸工具了——自然是一個很重要的運輸工具！

導彈和它的自動控制

導彈上沒有人，這就要用自動控制。現在世界各國都在用很大的力氣發展導彈，導彈上犯不着用渦輪式推進機，因為渦輪式機件複雜成本高，導彈只用一次，到達目標後，一炸了事，不必考慮機器的經久耐用，所以不如用沖壓式噴氣機或火箭來推進。後面兩種在性能上也有分別，沖壓式需要空氣，如飛得太高，高空的空氣稀薄，就不能吸入足夠的空氣，所以沖壓式噴氣機不能到達真正高空。在高空就要用火箭。因為火箭自己帶有氧氣，就不怕高空空氣少。也就因為它除燃料外還需要消耗氧氣，所以它每單位拉力所需要的燃料重也就比較大，因此在導彈上我們也該尽可能地用沖壓式噴氣機。這說明了導彈和飛機在動力設備上有所不同。

導彈有好幾種，它可以根据從什麼地方放出和到達什麼目

标来分类。有的導彈在空中放，有的在地上放；有的是打空中的目标，有的是打地上目标。因此共分四种，就是：从空中到空中；从空中到地面；从地面到空中；从地面到地面。空中到空中的是歼灭机使用的武器，飞机速度高了，槍炮打不准，用歼灭机帶導彈在远处放，再用自动控制設備讓導彈自动去找目标，就可以补救現在槍炮的缺点。从空中到地面或海面的一类中，有一种比較簡單的可控制的導彈，这种導彈等于一架小飞机，它無人駕駛，但彈頭有电视，可把地面情况傳到另一架飞机或地面上的控制站。控制站根据情况，再發出信号控制導彈的飞行。从地面到空中是防空導彈（見封二圖4）。因为高射炮只能打到一万多公尺，而噴气机可飞达一万八千公尺以上，以后还可能达到二万多公尺，因此高射炮就打不着它，要靠防空導彈来打。从地面到地面的導彈（見封二圖5、6、7、8，見11頁圖9，10），其中远射程的就是所謂洲际武器，是一个很大的火箭，也就像炮彈一样無翅膀完全靠速度大来达到距离远的目标。最近苏共第二十次代表大会中朱可夫的發言提到它。它实在就是兩或三节接力式的火箭，一个大火箭頂着小火箭，大火箭先放，获得一定速度以后，扔掉大火箭，点上小火箭，使它得到更快的速度。这样射程就可以达到六千公里，甚至一万公里，速度达到声速的15或20倍。比这类洲际武器小一些的是單节火箭，是和V-2火箭同一类型的，它們的射程小些，約有六百到八百公里。

这类火箭有什么好处呢？和轟炸机来比，它比較灵活，不需要飞行場，因为它可以从地面垂直起飞，达到相应速度以后轉向目标，只要用一个卡車帶一塊大鉄板，把鉄板在地上一鋪，就能放。在任何地点都可以放，速度也比轟炸机高，难防御。

它的主要問題是怎樣才打得準確，如果一個就能打到目標，那麼它的價錢雖高，但全面計算起來還是便宜。所以在導彈的整個的發展中，主要問題是準確，空氣動力學和推進部份的問題，大致都已解決，困難的是自動控制部份。初步估計，要發展火箭導彈，20 %力量投到空氣動力學、材料強度、推進方面，80 %投到控制方面。怎樣來控制呢？首先是使導彈長上眼睛，自己能找目標。這件事說起來像封神榜西遊記上的故事，其實也並不神秘，主要是利用目標的特點來找目標。例如飛機發出的聲音很響，飛機後面又噴氣發熱，而大鋼鐵工業都要冒煙發熱。這都是它們的特點。所以我們只要在彈頭上安裝了對聲音和熱特別敏感的儀器，當導彈到達目標附近時，便向聲音最響或最熱的地方前進。或者我們也可以在彈頭上安裝了雷達來探測。但是我們要注意到：正像人的目力是有限度的，有眼睛的導彈彈頭也不可能從離目標太遠的地方來找尋目標，因此要把這導彈先引到目標的附近，然後才可利用它的彈頭來自動找目標，這中間需要一個引導它到目標附近的控制系統。防空用導彈的控制系統，就要利用測敵機位置的雷達。雷達放出的無線電波，跟着敵機走（圖11），然後使用對電波特別敏感的導彈沿着無線電波打上去，這樣導彈就一定能碰上敵機。

用雷達測飛機或導彈的位置，同時還要作快速計算，方才能及時作出適當的控制決定；這就要電子計算機，用人的計算是不夠快的。所以導彈的腦筋是電子計算機，它是整個控制系統中的中心環節。現在我們就來講講電子計算機。

人們一般用十進位計算，電子計算機用的是開關，或開或關只有兩個可能性，並沒有十個可能性，所以電子計算機用的

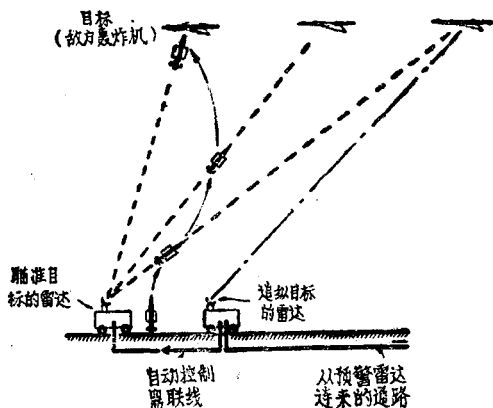


圖 11 防空飞彈控制系统示意图。

是二进位，零是 0，一是 1，到了二就要进一位，写作 10，到四就要进二位写作 100。由此可见引用了二进位，我们就把计算过程变为电路的开关过程，这也是数字式计算机的原则（见 11 页图 12, 12 页图 13）。计算的快慢就看开关跳得多快多慢，用电子去开关，只要百万分之一秒就行了。

所以电子的数字计算机是现在最快而又很准确的计算机。此外还有一种电子计算机是模拟式的，它不靠数字的运算，它的原理是利用一定电路系统和所要计算现象之间的相似性，也就是拿电的系统来模拟自然现象。一般来说，模拟计算机比数字计算机简单，但没有数字计算机的准确度（见 12 页图 14、15）。当然从附图中我们看到的计算机都不能说是小巧的，要把它们装到导弹中去是不可能的，它们只可以留在地面上作为控制系统中的一部份。如果要把电子计算机装到导弹里面去，作为弹身内控制系统的一部份，我们首先就必须把它“专业化”，只作

一件事(控制計算)，不要它万能，作通用計算；这样的計算机就可以簡單一些。但是只專業化还不够，我們还要小型化和超小型化，竭力縮小体积，从相当于一个櫃子的大小縮到一个盒子的大小。这不是一件容易的事。所以光能作通用計算机还不能解决導彈問題，我們还要进一步制造出超小型的專業計算机。

我們在上面所說的自动控制系统是依靠雷达定位裝置的。雷达發出的电波是直綫前进的，如果敌机很远，在地平面下，你就看不到它，所以現在的洲际武器控制系统就不能用电波控制，而用天文系統控制，導彈上帶着天象台，自动記憶系統，某时观测太陽在何方，經過計算机的記憶和計算系統，查对自己所在的正确位置，然后通过自动控制系統的活动，校正飞行方向。導彈跑得很快，又要帶这样一批东西，天文观测系統还需要平穩而不受震动，这就难設計了。但好处也大，因为它可以不受別人的干扰，只受天体的控制。用这种控制方法的洲际火箭的速度快，不能用电干扰的方法使它失去效力。因此，要防御它就要用另一种導彈。也就是我們最后还要用導彈来打導彈。但这种導彈的准确度比現在要求的高得多，需要更高一級的科学技术水平。这是一个尚待解決的問題。

我們在前面約略地講过了航空發展的历史，而尤其着重于軍用航空技术的問題。当然我們知道民用航空的發展也是很快的，它是現代人們所不可缺的交通运输工具。它的优点是速度高，因此可以节省很多的时间。拿它和火車比：我国铁路行車速度一般不过每小时七十公里，而噴气式旅客机像TY104就有每小时八百公里到一千公里的速度，約为火車的十倍。所以飞机的發展已經对人类文化作出了很大的貢獻。現在火箭導彈的

研究成果,也可以应用到交通运输上去,把交通速度再提高十多倍,比火车的速度快一百多倍!这一个可能性可以这样来说明;我们在前面讲过洲际火箭,它的射程有 6,000 公里,它的最高速度在每小时 15,000 公里以上。因为最大速度是在接近地面时出现的,这样的火箭落地的速度是很大很大的。我们如果在火

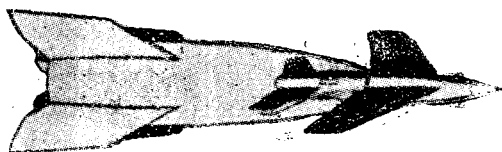


圖 17 V-2火箭改装后,用一个更大的火箭推送到高空,就能达到更远的目标。火箭组共重约100吨,航程4,500公里。

箭机身上装上一对翅膀(見12頁圖16及本頁圖17),当火箭从高空回到地面的时候,空气的密度增加了,翅膀就生出升力使火箭飘起滑翔,速度也逐渐因阻力而减小,最后着落地面。这样加上了一段滑翔过程,火箭就可以达到更远的距离。据计算,航程可以因此增加两倍,也就是18,000公里。其实因为地球的半径只不过6,500公里,地球上最远的距离也不过20,000公里,用了这种有翅膀的火箭差不多可以“一口气”从地球上的一点飞到任何其他一点。不但如此,因为这种远程火箭的起飞重量的大约80%是燃料,燃料烧完之后是很轻的,一装上了翅膀,就像一架飞机,因此它的着陆速度是和飞机的着陆速度不相上下的。这类有翼的火箭也可以坐人,用它作为交通工具;这样从北京到莫斯科只要三、四十分钟,当它实现的时候,交通运输可以说进入一个新阶段了。

自然,导弹的发展是依靠了自动控制技术在过去的20年的

进展。像前面所說。自动控制技术对导彈是非常重要的，导彈的發展也就把自动控制技术推到更高的水平。这就必然地会影响工業生产方法。

自动控制在工業中的应用

我們知道現在一般用車床生产的方法是：先要人看藍圖、裝料，夾刀具然后开始切削，人在其中只起了翻譯的作用，是把藍圖翻成机器的动作，讓刀具按照需要去切削。其实这些工作并不一定要人去作，可以用电子計算机和自动控制系统来代替人。工程师不必画藍圖，把自己所設計的东西，記錄在卡片上或录音帶里，再把卡片和音帶安置車床上去，卡片或音帶的信号一出来，自动計算和控制系统就指揮机器完全自动地进行工作（見封三圖18）。此外，在一台机器完成几个加工步驟后，往往要把半成品送到另外的机器再上加工，这也可以自动化。把机器連起来，裝上自动运输帶，自动搬运、安裝工件，自动調換車刀，自动完成全部加工过程，一台机器坏了就自动換上备用的机器，走另一条路綫：这就是通常所說的自动化。但还需要工程师或車間主任来照管机器的运行。現在，需要車間主任做的工作也可以用机器来代替了。用現在的計算机除能做数字計算外，还能作邏輯計算，也就是能有条有理地从几个可能性中选出最好的決定。机器操作的情况，用自动記錄仪反映到計算上（見封三圖19、20），經過邏輯計算，再去指揮机器。按照这个發展方向，不但体力劳动逐漸可以代替掉，一般变化不大的日常管理工作，也可讓机器来作，由电子計算机和自动控制系统来操縱。这就是無人工厂。这就达到了最高級

的自动化。

不但在工厂里是如此，在机关里我們也可以利用自动控制系统处理日常例行的事。像我們的有些圖書館，書多，管理入少，往往書一进去就找不到了。而管理圖書、档案的工作，一般比較簡單，其中有体力劳动和非創造性的腦力劳动，这也可以用机器代替。有的圖書館已經用压缩空气傳遞書了，可是还需要人去找書，把書从書架上送到輸送書的机器上去。將來，只要你把書摆在一定地方，有一定序列；然后編上一定號碼，放进电子計算机的記憶系統里，人們借書时，先找到卡片，打書号，到記憶系統就翻譯成書的位置，然后就自动送書。这就利用自动控制和記憶系統代替了圖書管理員。

人事管理局也可以按人編號，把人事記錄放在录音帶上，需用时一按號碼，就自动通話傳來，并自动把記錄打出。其他的管理和記錄工作中，像管理原材料和成品的倉庫，公文档案，銀行，帳目等等，这一切都可以利用記憶系統和計算系統来代替了。这就是自动化了的管理和办公机关。

最后必須講一講机械化和自动化這兩個名詞內容的區別。我們如果把人类生产方法的整个演化过程分析一下，最早的生产方法是完全靠人們自己的体力，主要的是兩只手。再进一步，人們創造了工具，最初用石器，后来引用金屬。但这还是手工業，生产过程中所用的动力也还是靠人們自己的体力。从十八世紀开始，工業革命到来了，机械的动力代替了体力，动力加强了，动力集中了，使生产方法起了飞躍的变化，开始了生产机械化过程。从那时起，我們不断地用机械代替人力，不断地把主要工序机械化了，我們用了各式各样的車床、鑽床、