


# 現代科學技術成就講演集

內部讀物



中共中央宣傳部辦公室編印

## 編 者 的 話

这本小册子收集了十篇有关世界科学技术新成就的文章，是根据一九五六年四月中共中央宣传部召开的省、市委宣传部、或文教部科学工作座谈会上，邀请中国科学家作的科学专题报告整理出来的。

书的目录是按当时讲演的次序排列的。

一九五六年七月

## 目 次

- 中国自然资源的考察研究.....施雅風( 1 )
- 地球物理学中的几个科学問題.....赵九章( 27 )
- 化学材料和燃料的新用途.....汪德熙( 71 )
- 半导体和它的应用.....黄 昆( 83 )
- 無綫电电子学的应用和新的發展.....陈芳允(102)
- 迅速發展中的医学.....吴阶平(131)
- 我国的动力問題.....錢偉長(136)
- 关于發展我国农業和畜牧業的問題.....戴松恩(145)
- 从飞机、导彈說到生产过程的自动化.....錢学森(159)
- 采矿、选矿和冶金方面的一些新成就和問題.....李 薰(177)

# 中国自然资源的考察研究

施雅風

## 社会主义建設与自然资源考察

我們偉大的祖国正在建設强大的工業，提高农作物收获量，修建鐵路，治理河流。日益扩大着的經濟建設的規模，要求充分地掌握和利用自然资源。我們要建設一个年产 100 万吨鋼鐵的工厂，最少要有含鉄 50% 的富鉄矿 1 亿吨或含鉄 30% 的貧鉄矿 1.5 亿吨。还要有相当的煉焦煤矿，还要錳矿、石灰石、耐火粘土等一系列资源来配合。当我们国家鋼鐵生产量达到数千万吨时，全国就要有这样的鋼鐵厂数十个，也就是要求在若干年内探明数十个大鉄矿、能够煉焦的煤矿及相应的錳矿、石灰石、耐火粘土等。我們要在西北、东北等地区开垦荒地，扩大作物栽培面积，就必须先期进行土壤、气候、地形、水源的調查，了解荒地利用改良的途径，然后整理土地，修建灌溉和排水溝渠，逐步地进行开垦。我們要治理長江、黄河、黑龙江等大河流，充分利用它們来为人民造福，就要組織几十門有关学科的力量，进行綜合研究，才能制定合适的治理方案。看一看苏联共产党第 20 次党代表大会所通过的苏联第六个五年計划中工業、農業生产指标，在 1960 年，苏联煤产量要达到 59,300 万吨，原油达到 13,500 万吨，生鉄为 5,300 万吨，鋼为 6,830 万吨，发电量为 3,200 亿度，化学肥料为 1,960 万

吨，木材为 26,400 万立方米，这說明了一个现代工业高度发达的国家，对自然资源提出了多么巨大的要求。社会主义生产方式保证着社会生产水平的不断高涨，因而我们对于自然资源的需要规模也就不断扩大。

和资本主义生产在地理上分布的极度不平衡状态与畸形发展现象相反，社会主义生产力分布的原则是：“使工业接近原料产地、燃料和动力资源以及消费地区。保证各个经济地区的经济的合理专业化和综合发展，力求更有效地利用它们的天然资源和劳动资源，以便提高社会劳动生产率。”（苏联共产党第 20 次代表大会关于 1956—1960 年苏联发展国民经济第六个五年计划的指示，人民出版社本 58 页）这条原则对自然资源的考察研究提出了更高的要求。对于我国来说，必须逐步改变过去工业畸形地集中于沿海地区和偏处一方的现象，而要使它平衡地分布全国。例如钢铁基地不能仅限于东北、内蒙与华中地区，而应该在西北与西南广大的新建地区也建立钢铁基地，为此就要求在西北和西南探索足够的铁矿和炼焦煤资源。每个地区，除了适合当地资源特点进行专业化外，还必须使有关经济部门协同综合发展。例如柴达木盆地发现了石油，除了发展采油、炼油一系列工业外，还必须发展农业和畜牧业来满足工业人口的粮食需要，发展铁路、公路，来满足石油与其他物资的运输需要；为了消除民族间因经济发展程度不同而产生的实际上的不平等，只有加速少数民族地区的经济建设，这又加重了少数民族地区的自然资源勘察的重要性。

在十月革命后不久（1918 年 4 月），列宁就提出了著名的科学技术工作计划草案，确定合理分布生产力的基本方针，

列宁写道：

“从原料底近便着眼，并从由原料加工到依次所有各阶段的半制品加工直到制成成品为止的过程中做到消耗最小劳动的可能性着眼，来合理地配置俄国工业。

“从最新最大的工业，特别是从托辣斯着眼，合理地合并和集中生产使之成为少数几个最大的企业。

“尽量保证现今的俄罗斯苏维埃共和国，能在原料和工业品的一切最主要的方面独立自给。

“要特别注意工业和运输业底电气化，要把电气运用到农业上去。利用次等燃料（泥煤、劣质煤），以最小的燃料采掘和运输费用来获得电能。

“水力和风动机的一般利用及其在农业上的利用。”（列宁斯大林论科学技术工作，中国科学院出版 249—250 页，1954）

在列宁所签署的 1918 年 4 月 12 日人民委员会的决定中，指令科学院研究苏联的自然资源，并着重指出：要把有系统地解决在国内正确地配置工业和最合理地运用其经济力量的问题，当作极其重要而迫切的任务。

根据列宁的指示，苏联科学院生产力研究委员会组织巨大的科学力量，集中了一批优秀的科学家，建立了许多大型考察队，进行各个地区的自然资源综合考察研究工作，确定这些地区的国民经济远景，并给以科学上的论证，因而在制定国民经济长远计划中起了极其重大的作用。例如苏联第六个五年计划中关于在东部西伯利亚开发安加拉河水力、来建设布拉茨克水电站（320 万千瓦）的计划，就是根据苏联科学院生产力研究委员会关于该地区综合考察的成果决定的。

我国在解放以前，半封建半殖民地社会制度束縛着地質、地理、土壤、生物、水力等研究自然資源科学部門的發展，因而对于广大地区的資源情况是很不清楚的。有些别有用心的人說：“中国地大人多而物不博”，把自然資源的情况描写得很暗淡，由此导致中国只能發展农业不能發展工业，永远处于西方工业国家附庸地位的荒謬結論。新中国建立以后，各部門的資源考察工作有着很大發展，証明我国資源蘊藏情况远比过去所了解的为丰富。例如鉄矿，过去認為中国只有10亿吨的儲量，按照苏联1960年計劃鋼鉄产量論，不过10年就要用光；据目前了解，仅仅鞍山、包头兩地的鉄矿儲量就远不只此数，华中、西南、西北等地区發現新鉄矿与扩大原有鉄矿儲量的消息，还不断报来，已經探明的我国鉄矿的蘊藏量許多倍于过去的估計。例如銅矿，解放前也被認為是貧乏的，而在解放以后，新發現了甘肅、山西等地的銅矿，这就不能說我国是缺銅的国家了。其他关于水力資源、可垦荒地等等，現在的計算数字都比解放以前大了很多。

我們在肯定建国以来自然資源考察所取得的巨大成績，并以乐观态度評价我国天然蘊藏丰富的同时，應該看到国家生产的猛烈發展，对于自然資源不断地提出新問題和新要求。例如在西北、华北的干旱和半干旱地区开垦荒地，提高农作物單位面积产量的一个最重要条件，就是保証水的供应，为此，就要迅速查明地下水的分布和儲量。为了發展原子能和平利用，就要寻找稀有元素矿物；为了在西北、西南建立鋼鉄工业，找到了鉄矿还不够，必須找到相应的煉焦煤礦。

我們还看到，各部門的資源考察与利用工作相当普遍地存

在着各搞一套互不配合的严重缺点。例如在查勘荒地上，如果农业部門只顧查勘可垦荒地，林业部門只顧查勘宜林荒地，兩者不相配合，不共同划定可垦地和宜林地的界限，其結果不是重复計算荒地，就是遺漏了一些荒地。自然界各种現象是互相制約互为条件的，比較重大的科学問題，大多不是一个部門所能独立解决的，例如，水土保持工作必須由水利、农业、林业三方面共同計劃，拟定分工配合的措施，而在拟定措施以前又需要应用地貌学、水文学、土壤学的知識，認清土壤侵蝕的各种类型、發生原因及其分布規律。国民經济各部門的發展，要求有計劃按比例进行，不能突出地孤立地进行某一项建設。如要建設工厂，就要考虑原料、燃料的来源，农业、交通运输業的配合，以及移民、城市建立等等問題。为着避免資源考察工作的片面性，減少不必要的浪费与重复，为着全面地、完整地解决問題、充分發揮各科学部門的力量，我們必須学习苏联生产力研究委员会的先进經驗，对于重大的資源考察与利用問題，組織各方面的科学力量协力进行。这方面，我国也已經有了若干成功范例。例如关于根治黄河水害和开发黄河水利的綜合规划，是由水利部、燃料工業部、地質部、农业部、交通部、中国科学院等許多單位的科学技术人員，在苏联專家組指导帮助下，进行复杂的綜合研究与分析工作而編制成功的。最近中国科学院組織的黄河中游水土保持綜合考察队，也很明显地表現了綜合工作的优越性。这个考察队中有第四紀地質、地貌、气候、水文、土壤、植物、农业、林业、水利工程等科学部門的專家參加，他們在山西西部工作中，全面考察了該地区的自然条件，划分了土壤侵蝕类型与区划，拟定了农、林、牧、水



利互相配合进行水土保持的方案。

综上所述，不論是苏联的經驗和中国的經驗，不論是从国民經济有計劃按比例發展的需要来看，还是从自然界彼此紧密联系而不孤立地解决其中某一个問題来看，重大的自然資源考察研究工作，十分需要由国家統一领导并以綜合研究的方式进行。

## 自然資源考察研究的六个方面

### 一、矿产資源的考察研究

丰富的矿产資源是国家順利实现工業化的重要条件。在中华人民共和国發展国民經济的第一个五年計劃中写道：“矿产資源的勘探和它的勘探速度，資源供应的保証程度，是合理地分布生产力、建立新工業基地、正确地規定工業建設計劃的先决条件。应该大大地加强地質工作，赶上工業建設的需要。”

目前矿产資源勘探在下列几方面存在着問題：

(1) 鋼鉄基地的矿物原料問題。我国已知鉄矿儲量可以满足目前暫时的需要。但我国是6亿人口的大国，要使全国人民每人平均用鉄量赶上世界先进工業国家的水平，已知鉄矿的儲量就显得不够。从地区平衡上看，已知的煤鉄資源分布情况也不能符合建立足够数量的鋼鉄基地的需要。在东北，鞍山鉄矿品位較低，矿石含鉄量在30%左右，要經過选矿过程，就不很經濟，因此，我們在东北要設法找到品位高的大鉄矿，来供应鞍山鋼鉄工業的需要。在华中，武汉鋼鉄企業所需要的煉焦煤問題，还没有彻底解决，在西北和西南，和鉄矿資源相适应的煤矿，还要繼續寻找。鋼鉄冶金所用的錳矿，已知儲量也不够

用。煉制合金鋼所必需的鉻、鎳、鈷，以及新興的鈦合金工業所必須的鈦，我國已知的資源都感不足。

(2)石油問題。石油是以前很少發現和目前仍感缺乏的資源。石油的產儲量還不能適應汽車、飛機、輪船等交通工具發展的需要，蘇聯已經確定在鐵路上用內燃機車代替蒸汽機車，但在我國，由於石油資源沒有得到保證，在最近的將來，還不能不保留效率較低的蒸汽機車。近年來，石油工業部和地質部進行了大規模的石油普查和勘探工作，甘肅酒泉盆地的油田有所擴大，最近在准噶爾盆地的克拉瑪依和柴達木盆地內，鑽探噴油，証實這兩個盆地是蘊藏豐富的大油區。此外，塔里木盆地、鄂爾多斯、四川、黔桂滇區、華北平原都有蘊藏石油的可能。目前石油資源勘探工作中的一個困難問題，是對於適合石油儲藏的儲油地層和構造類型（或石油圈閉類型）研究得不够，除開少數地區比較了解外，多數地區情況不明，因而石油地質學家不能有力地指導勘探。其次一個困難問題，是鑽探的速度比較遲緩。石油埋藏地下，必須經過鑽探，才能噴油，我國目前鑽探井的平均月進度只253米，而在世界先進國家，已達到600—1,000米，個別鑽井的深度超過了7,000米。因此，這些先進國家能夠很快地証實與確定地下石油分布情況，能夠很快地擴大開采量。我國石油資源勘探研究，必須努力解決上述二個困難問題。

(3)有色金屬資源問題。有色金屬主要是銅、鉛、鋅、鎳、鎢、汞、錫、鋁等，我國有若干種有色金屬的儲量與產量都居世界首位，如湖南的鎳、江西的鎢。但也有若干種有色金屬，如鉛礦與鋅礦，已知儲量還遠落后於需要；又如銅礦，近

年虽然找到几处新的銅矿，但比起国家日益增長的需要來說，銅矿仍感不足。因此，必須扩大有色金屬的勘探范围，找出更多更丰富的新矿来。有色金屬矿經常几种金屬共生，例如鉛、鋅、銀就是經常联系着共同产出的，必須經濟的合理的利用这种多金屬的矿体，避免只采一种主要金屬而拋棄另一种次要金屬等浪費国家資源的行为。

(4)放射性元素和稀有元素的勘探問題。世界已进入了原子能时代，在原子能革命的前夕，具有極大能量的鈾、鈾等放射性元素資源的重要性，已經提到空前未有的地位。鋳、鋇、銻、鋰、鉍等稀有元素，在冶金工業中也有它們的特殊用途。鍺是制造半导体的重要原料。我国这类元素的儲藏情况，从前向不注意，了解很少，甚或完全無知。我們應該急起直追，迅速开展这方面的資源勘探研究工作。

(5)磷、鉀、硼等肥料資源問題。鉀鹽和磷酸鹽是必不可少的重要的農業肥料，需用量很大。硼是輔助农肥又为工業与和平利用原子能的重要原料。我国磷矿在西南（云南、貴州、四川）地区有足够的儲藏，华东（江苏、安徽）也有若干磷矿，但西北、华北、东北及中南广大地区，尙未找到确定的矿床。我国鉀鹽矿，除四川自流井鹽滷中已証明含鉀外，还没有發現真正的鉀鹽矿床，中国西部众多的內陆湖是勘探鉀鹽的一个方向（柴达木盆地的內陆湖里已發現鉀鹽）。我国西藏一些內陆湖以产硼砂聞名，但資源蘊藏的确切情况，还不够了解。

矿产資源的勘探，主要依靠地質科学的發展。世界各工業先进国家，都拥有强大的地質队伍。苏联与美国的大学畢業的

地質學家，超過我國十多倍。蘇、美二國絕大部分地區經過地質測量，出版了各種不同比例尺的地質圖。蘇聯已完成全國百萬分之一的地質圖，和大部分地區二十萬分之一的地質圖；美國全國1吋：1哩的區域地質測量也接近完成。我國有廣大地區未經地質測量，完成百萬分之一的地質圖的區域，只佔全國五分之一面積。近年各國地質觀測方法，在各方面都有很大進展：例如應用地球物理方法勘探地下隱藏構造和礦體；發展地球化學來研究成礦過程和元素分布、擴散、轉移和富集的規律；使用放射性物質和同位素來研究地質構造的絕對年齡（利用碳<sup>14</sup>同位素來測定最新沉積年齡，已收到良好效果）；利用航空攝影照片來進行地質制圖；把航空方法和地球物理方法結合而形成航空磁力測量、航空重力測量和航空放射性測量，來高速度地進行普查工作。隨着鑽探技術的進步，對地殼深層構造的了解也有了發展，在豐富的地質觀測資料基礎上，大地構造和成礦規律的理論也日趨嚴整，因而深入的細密的地質研究就有可能根據礦產生成條件來預測礦產分布，指導勘探工作順利進行。我國目前地質觀測新方法和地質學理論工作，還遠落后於先進國家，必須以更大的努力發展地質科學，趕上世界先進水平。

## 二、水流資源的考察研究

廣義的水流資源，包括空中降下的雨雪，高山上的冰河，地面的江河與湖沼，地下的潛水，廣大的海洋等。雖然各種水流存在的形態不一樣，但通過蒸發、降水、流動等過程，彼此相通，循環不息，並大體上保持着平衡狀態。當我們控制和利用某一部分水流時，就必須考慮到這一部分水流和他部分水流的关系，要使它向有利的方向發展，防止它因平衡失調而產生

的不良影响。例如河水和地下水經常是互相補給、互相倚賴的：在地下水位高的地区，可以用开深溝排水的办法，降低地下水位；而關河筑壩，造成水庫，也使附近的地下水位提高。对于水流資源的利用，还要从国民經济的綜合發展角度着眼，治理江河，要同时考虑到防洪、灌溉、水力發電、航运、工業与城市給水等几方面的需要，选择最有利的途徑，而不能只管一面、不顧全局。

研究水流資源的科学基础是水文測驗，我們必須具有水位、流量、流速、含砂量、水化学成分等資料，才能具体进行分析比較。水文資料的搜集，一方面通过長期的固定的觀測站取得，一方面利用水文地理考察方法取得虽然是短期的但是更广泛的資料。我国目前只在大江大河（如黄河、淮河、長江、珠江等）設立了較多的水文站，进行定期的觀測試驗，积聚有較長期的水位变化記錄和年代不多的流量、含沙量記錄；关于小河流、地下水、冰川、海洋、湖沼的水文記錄却極其貧乏。目前除开地下水在个别地区已开展定时觀測与勘探以外，其他基本上还处于空白状态。因此，开展水文的地理考察，是十分急迫的任务。我国悠久的历史文献中关于水旱災情的記載，也可以比較研究，补現代水文記錄年代过短的缺憾。

大江、大河是我国最重要的水流資源，每年大約有2,000多立方公里的水量經過大江、大河流入海中，有9,000多公里的河道可通輪船，有20,000多公里河道可通民船，除开北方一部分河流外，大部分河流有終年不冻的优点。由于我国多山，河流的走向經常和山地交切，造成峡谷。因此水力資源很丰富，估計有5亿5千万瓩，水庫壩址的选择也很便利。对于

大江、大河的治理和開發，首先要測量地圖，進行綜合性的和專業的考察，搜集、整理自然條件、水文與水能、地質礦產、交通運輸、經濟情況等項資料；其次是編制流域規劃，確定水流利用的方針與流域內以水利為中心的國民經濟遠景規劃和第一期的工程計劃；再後是結合工程設計，進行各種專題研究和更精密的考察工作，例如關於灌溉區域的土壤調查、水庫區域的工程地質研究等。我國大江、大河的治理上有着若干突出的困難問題，需要科學家進行創造性地勞動，多方面的努力來解決。例如我國河流的含沙量一般地比歐美河流高，從華北黃土區流出的河流，泥沙尤其多。黃河每年平均輸沙量達13.8億噸，永定河上新建的官廳水庫1953—54兩年就淤了8,115萬公方。這樣大規模的淤積，極其嚴重地削弱了水庫作用。所以一方面要研究怎樣在上游進行水土保持，減少流入水庫的泥沙，另一方面研究掌握泥沙的運行規律，使泥沙儘可能不停積在水庫與灌溉渠道里，而停積在需要淤高的地區。又如，我國的攔河壩，因地勢關係，很多要築高壩，長江三峽高壩，可達200多米，其他河流也很多是幾十米到百餘米的高壩，而在蘇聯，因地勢平坦，設計高壩的經驗較少。再如，中國西南部地區有廣大的石灰岩區，喀斯特地貌非常發育，地下洞穴眾多，水很容易從洞中流失，因此要研究在這些地區築高壩，怎樣才能防止洞穴滲漏。我國珠江、長江、黃河、遼河和松花江等幾條大河之間，缺乏運河聯繫，航運不能互相溝通，黃河水量不足以供華北廣大地區發展灌溉、航運等事業的需要。要考慮從長江的支流漢水，引一部分水供給黃河，而漢水水源不足，又要考慮從嘉陵江引水接濟。開通這些溝通兩河之間的運河，

必須事先研究清楚运河沿綫的自然条件、水文計算、經濟效益、工程設計等复杂問題。

我国長江、淮河中下游以及云南、貴州某些地区，有許多淡水湖；西藏、青海、新疆、甘肅、內蒙古有許多咸水湖；全国各个地区都有或多或少的沼澤地。这些湖沼自动調节水流，起着天然水庫的作用，还可以繁殖鱼类和其他水生生物，还有一些湖出产很多鹽，供应附近數百里內居民食用（如山西运城鹽池、甘肅吉蘭泰鹽池等），都是很重要的資源。但我們对于湖沼的知識却非常貧乏，不但沒有固定的湖沼試驗站，甚至短期考察的最基本的記錄，如湖沼的面积、深度、鹽分、化学成分、溫度等都很少。1955年，某部門为了要找一個具有三、四十米深度的湖泊，由于缺乏适当資料，該單位專家几乎走遍全国去勘测。湖泊学与沼澤学在苏联都已發展为独立的綜合性的科学，而在我国基本上呈空白状态，應該及早把这个空白部門补足起来。

地下水是另一种寶貴的水流資源，要在华北、西北等半干旱、干旱地区發展灌溉，就必須在相当大程度上利用地下水。在采矿和工程建筑中，地下水的过多，成为令人头痛的問題。开溝排水、降低地下水位，可以改良鹽碱土；相反，灌溉不得其法，提高了地下水位，可以使土壤鹽漬化。因此，我們要發展地下水勘测研究工作，了解地下水位变化，地下水的流向、流速，地下水的矿化度，儲水層分布情况，从而掌握和利用它来为人民服务。因为地下水埋在地下，勘测地下水要比勘测地面水困难得多，而研究地下水的科学——水文地質学，在我国剛剛發展起来，还远不足以适应国家建設的需要。

我国陆地上还有一类水流資源，那就是高山上的冰雪。在

西北的河西走廊、天山和崑崙山麓，許多沃州農田的灌溉，主要是依賴高山上冰雪溶化后流下来的水。顯然，我們需要了解我國西部這些高山冰雪的分布和變化情況，才能正確地掌握水源。冰川學在這方面可起重要作用。我國在這方面的研究，基本上也是空白狀態。

我國海岸綫延長 11,000 多公里，有渤海、黃海、東海、南海四大海，深度在 200 米以內大陸邊上的淺海面積達 150 萬方公里，北方來的寒流、南方來的暖流在我國海岸上交匯，長江、黃河、珠江等眾多河流傾注了大量淡水，攜帶豐富的營養物質入海，提供漁業發展的有利條件。廣大的海洋又是國防前哨和航運通道，必須掌握海流分布、速度、鹽分、潮汐、海浪高低等等資料；進行海上水文氣象預報，來保證海上航行的安全；研究海岸水流的侵蝕和堆積作用，使海港建成以後，不致淤淺，也不致受到破壞。以上種種資料的取得，主要依靠海洋綜合調查工作的開展，所謂海洋綜合調查，就是在海洋調查船上，有物理海洋學家、海洋生物學家、海洋化學家、海岸與海底地貌學家、海洋氣象學家等互相配合、一道工作，對海岸作全面的了解。在海岸上、海島上還要設立許多固定觀測站，觀測海洋水文氣象。我國海洋科學基礎很差，一直沒有正規的海洋調查，研究海洋的人也很少。最近我國已注意到這種情況，準備採取重要措施，改變海洋科學的落後情況。不久以前，蘇聯、中國、朝鮮、越南四國關於漁業、海洋學、湖沼學合作協定的簽訂，一定會加速我國海洋科學工作的發展。

### 三、土地資源的考察研究



我国有接近 1,000 万方公里的广大土地。其中已开垦的农耕地约占 11%，生長着森林的占 8%，絕大部分土地是草地和荒地。在大片荒地中，究竟有多少适宜开垦，在什么样的条件下可以开垦？有多少适宜造林，栽培什么树木才合适？有多少适于种植牧草，应该种植什么样牧草？解答这许多问题，就要求詳細查清我国的土地资源。近几年来，我国已經組織了許多荒地勘测、土壤調查等工作，对于东北、华北、华南等若干地区的土地资源有了較精确的了解。但就整个国家來說，对土地资源情况还是很不清楚的。例如，我們还缺乏詳細而正确的土壤圖，土壤分类还没有統一的标准，而这些是估算土地总額、評价土地资源所必需的基本資料。

目前在我国土地资源研究工作中，最迫切的任务是对荒地进行綜合考察。根据最近的估計数字，我国可垦荒地約达 15 亿亩，相当于全国已耕地面积的 94%，这样大面积荒地的开发，將大大增加农产品收获量。为了配合工业、交通运输的发展，將增加若干农产基地。如果从全国荒地分布的多种自然条件考虑，荒地的开发，可以滿足国家对于多种多样农产品的需要。例如广东、广西、云南許多农地，可以栽培橡膠等特种热带作物，东北荒地的开发，可以大大增加粮食产量。西北与內蒙荒地的开发，可以解决当地粮食需要，扩大棉花、苧麻等经济作物的生产，并对畜牧飼料提供保証。

大面积荒地的長期存在，形成了該地区自然界中一个稳定的組成部分。开荒改变了这种稳定性，会使自然界产生一系列的变化，包括有利的变化和不利变化。如果对于这些情况不預先調查清楚，会使开荒失敗。例如华北、西北若干处荒

地，开垦以后，土壤鹽漬化加重，再行丢荒；内蒙草原栗鈣土区，因开荒而形成石礫荒地，甚至沙漠南移；山地开荒，破坏了植物被复，加重了水土流失。因此，开荒以前的綜合考察，要求全面正确地認識自然条件，估計开荒以后可能产生的不利变化，預先进行防治措施。参加荒地綜合考察的科学部門有土壤学、水文地質学、地植物学、地貌学、气候学等。經過調查考察、土地整理规划和土壤改良試驗等一系列科学工作，可以使开荒生产措施按照正确的途徑进行，不断地扩大生产。

黄河、淮河、長江、珠江等大河流域规划工作，和重要工業建設地区的区域规划工作，也迫切要求查明流域和区域的土地资源。因为灌溉和电力市場的规划設計，都要查明土地资源情况和农業發展的可能性。在区域规划工作中，工業用地和农業用地的比較选择，也必須具备关于土地资源的材料。

造林、發展畜牧業，也需要土地资源的資料。

因此，我們需要發展研究土地资源的一系列的科学。其中，土壤学占特別重要的地位。

#### 四、生物资源的考察研究

生物资源包括着植物与动物二方面，不論它們是陆上生長的，还是水中生長的。我国南部有許多热带特种生物资源，如橡膠、劍麻、香茅、木棉、咖啡、可可、椰子、紫膠、金雞納霜等。热带特种生物资源的發展，不仅为我国所必需，也关系到整个社会主义陣营的經濟与国防利益。由于我国广东、广西、云南等省不是在热带中心地区，而是在热带与温带之間的地区，因此，繁殖那些典型的热带經濟植物时，存在着許多困难。夏季从太平洋上吹来的狂暴台風，冬季从北方南下的凜冽

寒潮，会使那些刚繁殖的热带植物的嫩苗，受到致命的打击。为了避免和粮食争地，热带特种植物的经营，主要利用华南广泛分布的紅壤荒地，但是紅壤荒地的肥力比較低，因此，又必須解决提高土壤肥力的問題。为了扩大热带特种植物的栽培面积，必須系統地研究这些植物的生活習性和它們所适应的环境条件。例如在防寒这一点上，种在較北方而有地形屏障的橡膠树，比种在南方而缺乏隐蔽的橡膠树生長得好。现在除了海南島、广东西南部和云南一部分地区有較詳細的調查外，我們对于广大的华南热带地区，还缺乏全面的了解，因此，有必要扩大华南热带自然条件和生物资源的綜合考察，組織土壤学家、地植物学家、农业气象学家、植物生理学家、动物地理学家、地貌学和第四紀地質学家、自然地理学家一道工作。为着更深刻地了解生物群落和所在环境之間的物質循环，具体解决植物演变、土壤养分消長、微生物活动等問題，最好的办法是建立若干固定的生物地理研究站。

我国漁業的年产量达 300 万吨左右，是世界上水产高产量国家之一（仅次于日本、美国）。我国不但有丰富的魚类，还有多种多样的貝类、蝦蟹类、棘皮动物和藻类。浅海和淡水养殖业已有悠久的历史，以我国地位适中、海面广阔、河流与湖泊的数量众多的地理条件來說，我国水产数量还可以大大提高。这里首要的工作，就是进行海水和淡水生物资源及其环境条件的調查研究，包括这些生物的种类、数量、生态、洄游路綫及其变动規律等。这些基本資料是拟定生产计划和科学研究方面的根据，但目前最感缺乏。解放以后，我国水生生物研究机构，已对太湖和湖北省的許多中小湖泊及黃海、渤海の魚

类、貝类、蝦类、棘皮动物以及藻类，进行了調查研究，今后必須扩大和加强这方面的工作，有步驟地在全国范围进行。

我国东北和新疆阿尔泰山的森林，連接着橫貫欧亚大陆北部的泰加森林帶，森林中有許多贵重的御寒能力强的毛皮兽，如紫貂、灰鼠、河狸等。这方面的科学調查，最近稍有开展。由于我国缺乏狩獵法，沒有特定的禁獵区，居民濫捕毛皮兽，以致毛皮兽产量逐渐减少，例如目前东北小兴安嶺的灰鼠产量只有六、七年前的三分之一，必須引起注意，迅速地采取保护毛皮兽资源的措施。

我国草原，东北起自松辽平原，西南到喜馬拉雅山麓，連同散布在农業区的草山、草甸，估計占全国总面积五分之二，是取之不尽的天然飼料资源。駱駝、馬、牛、羊适口長鬚的草种，在各区都很多（如內蒙有五十余种），新疆伊宁一帶产馬著名，这和該地区生长的雀麦、鴨茅、苜蓿、車軸等优良牧草分不开的。东北內蒙的羊草、鵝冠草等可以飼养大量羊群。干草原中的芨芨草，則是产量很大的造紙纖維植物。目前，我們对于草原的了解还很不够，仅內蒙若干地区曾进行初查，甘青康藏若干地区做过踏勘，在絕大部分地区，我們对于不同类型植物群的特性、类型和分布規律，对于草原的利用价值、利用的方式和方法，草原自然灾害（旱、寒与鼠害、病虫害等）及其防治方法等，都缺乏研究。草原的經營管理，在苏联已發展成一門重要的科学，創立了草原改良的理論和措施，如实行飼料輪作制、建立飼料基地等，大大提高了草原生产率。例如苏联每公頃平均干草产量，在1932年为49公担，由于进行了改良管理的綜合性措施，若干地区的干草产量已提高到每公頃

90—100公担。草原学在我国还是个缺門，極需發展补足。

我国森林类型很多，有亞寒帶針叶林（大兴安嶺、阿尔泰山）、寒溫帶針叶和落叶闊叶混交林（小兴安嶺与長白山）、溫帶夏綠林（华北）、暖溫帶夏綠和常綠混交林（华中）、亞熱帶常綠林、熱帶亞熱帶季風雨林（华南）和高山針叶林（青康藏高原外圍）等。我国东南一半地区都可以生長森林。由于过去長期的严重破坏，現在森林面积只占全国8%，而且分布不均，集中在东北与西南。随着社会主义建設事業的迅速进展，国家对森林資源的要求愈来愈殷切。全国农业發展綱要規定12年内要綠化一切可能綠化的荒山荒地。过去几年已經进行了很多造林工作，但由于对树种特性和当地自然条件缺乏調查研究，造林效率不高，成活率一般只有40—60%，幼林生長不良。因此，迫切需要对林型划分、重要树种的分布和特性、造林地区的环境条件及造林技术，作深入的調查和試驗，特別对于沙荒、鹽碱地和瘠薄山地等造林困难地区，要通过調查試驗，規定正确的造林与营林措施。

### 五、区域生产力綜合考察

自然資源調查研究工作，除开按照上述門类分別进行外，还必須在某些特定地区进行区域生产力綜合考察。这些地区經常是經濟落后、資源情况不明的边远地区，或者是国家准备重点开发必須全面了解自然資源的地区。考察的目的在于确定該地区国民經济發展远景，考察的内容包括自然地理条件（地貌、气候、水文、土壤、动植物等）、地質、矿产、动力（主要是水力）、交通、經濟等，根据綜合考察的結果，制訂工业、农业、交通、移民等生产力合理配置方案。在專門的科学會議上

討論通过后，提請政府批准执行。

中国科学院从 1953 年起和有关部门联合組織了若干綜合考察队，較重要的有华南热帶地区綜合考察队（主要为了开发热帶生物资源）、黄河中游水土保持考察队、新疆綜合考察队等。而以最近組織的黑龙江綜合考察队的形态最为完整。黑龙江是我国第三大河，貫穿中、苏、蒙三国国境，下游平原广阔，但在雨季洪水經常为灾，上游流行山地，干支流蕴蓄着丰富的水力。黑龙江兩岸已發現多种金属矿，在黑龙江和松花江实行調节逕流和水能綜合利用后，可以减免水灾，利用巨大的水能發展我国东北地区和苏联远东地区的工业、农业，黑龙江东部沼澤地的开发利用，松辽平原上广大鹽碱土的土壤改良，也都获得了便利条件，而黑龙江、松花江、烏苏里江的航运也可大大發展。綜合考察队分五方面进行工作：（1）水能組，研究水文特性、水力资源，制定調节和利用逕流的方案。（2）自然条件組，研究气候、土壤、地貌、地植物、水利和土壤改良等条件，研究具有国民經济意义的土地、草地和森林，研究漁業。（3）地質和矿产资源組，研究有用矿藏以及建立工业的可能性。（4）航运組，研究航运現狀及其發展远景，研究运河的开通問題（烏苏里江和樺甸海峡間、松花江和辽河間）。（5）經济組，研究国民經济發展方案，包括水庫淹沒損失、供电能力和农业电气化問題等。每个方面都有若干專題，規定專題研究完成年限時間，再提出完整的科学报告和黑龙江流域綜合开发方案。

从長远来看，区域生产力的綜合考察工作，应该在西北干旱区域和西南西藏大高原进行。这些地区目前是地广人稀、生

产落后而又蕴藏着丰富资源的少数民族地区，特别需要全面地了解自然资源和社会经济状况，从而提出国民经济的综合发展方案，促进这些地区生产力的迅速提高。

我国西北部干旱地区，包括新疆、青海北部（主要为柴达木区）、甘肃西部及内蒙古自治区，占全国总面积三分之一以上。从十九世纪后半期至今，中外学者已在这个区域做过不少工作。解放以后，经过大规模的地质勘探，证明西北地区的矿产资源非常丰富，石油和金属矿的可能蕴藏量很大，本区还有大片可垦荒地，具有发展农业、畜牧业的巨大潜力。广大的平坦地面，提供铁路公路修建的便利条件，主要的困难在于这些地区的气候干燥，水源不丰，在已知的矿产富饶的地区，发展采矿业和冶金业，需要相应的农业配合，而工业和农业都要消耗大量水流。西北地广人稀，在交通上又产生不经济的长距离运输问题，所以必须对这个区域的自然资源和经济情况，进行全面的综合研究，拟定经济发展方案。由于西北干旱区域面积广大，各地自然条件和资源情况不一致，已有的调查研究材料也不均衡，因此，各区考察重点和应该解决的问题也有所不同。整个西北大体可以分为三个区域：（1）在新疆区，综合考察应该是工矿资源和农林牧资源并重；（2）在柴达木、祁连山及河西走廊地区，综合考察工作在最近数年内应该以考察矿产资源为主，辅以考察农牧资源，因为发展农业是为了满足工业的需要；（3）在内蒙古区，应该以考察农牧业资源为主，同时不忽略对工矿资源的研究。要求根据各个区域的考察成果，提出建立石油工业、冶金工业、煤炭工业的发展方案，提出建立灌溉系统、合理垦荒、粮棉增产、营建防护林及固沙林、

發展畜牧業和建立輕工業等方案，并結合交通運輸綫配置和勞動力配置而作規劃。

西藏高原在自然區域上，包括西藏地方和四川西部、雲南西北部、青海省大部地區，是世界最高的高原和山系，平均海拔達4,000米以上，突出的高度形成種種特殊的自然條件，如空氣較稀薄、太陽輻射特強、氣候較寒冷等。西藏高原在地質年代上又是比較年青的區域，在第三紀喜馬拉雅造山運動后才隆起而成為高原。目前上升運動仍很強烈，因此在地質、地貌上也有種種特點。過去對西藏地區的自然資源和自然條件只做過零星的小範圍的調查，還缺乏全面的了解。因此對西藏高原的綜合考察，還不易具體指明重點解決的問題所在，而須排定地區先後，有步驟地對大高原自然條件、礦產資源、農林牧情況、水利交通和社會經濟情況，進行全面調查，根據調查結果提出初步的開發方案。此外對西藏地區特殊的科學問題如高山冰川、高原寒漠（藏北地區）新構造運動、太陽觀測、氣候情況、生物演變等也需要觀測研究，對世界科學發展作出應有的貢獻。

## 六、自然區劃和經濟區劃

在進行上述的各種自然資源考察研究的同時，必須總結全國已有的自然和經濟資料，擬定自然區劃和經濟區劃方案，以適應國家在全國範圍內規劃工業、農業配置和擬訂技術政策的需要。

自然區劃選擇有經濟意義的自然資源和自然條件，研究它們的發生類型和分布規律，按照自然界本身的特點，把全國分為許多區域。自然區劃中的第一類是經濟綫界的某個組成部分



进行区划，如大地構造、矿产、第四紀地質、地貌、气候、水文、水文地質、土壤、植被、动物等的区划。按照自然本身的發生發展規律，进行区划的标准和分区数目都不一样，应用的方法也不同。例如矿产区划与工業关系密切，地貌、第四紀地質、水文地質等区划和工程建筑关系較多，气候、水文、土壤、植物、动物的区划則对农林牧業影响較大。自然区划中的第二类是綜合自然区划，把自然界中彼此制約、彼此影响的要素联系起来，就其共同表现的特征进行区划。这类共同表现的特征，就是所謂“自然景观”或者所謂“自然綜合体”。例如，华南地区在多雨炎热气候条件下所形成的水文、地貌、土壤、植物、动物都有它們独特的特征，和中国其他地区迥然不同，在这个地区的农林牧措施，就不能和其他地区一样。綜合自然区划常不包括矿产在內，因为矿产埋藏地下，形成于亿万年前，和目前地表的气候、水文、土壤、生物等沒有联系。而綜合自然区划只能限于彼此之間有紧密联系的自然成分，也就是說，只能限于地球表面气体、水、岩石圈、生物界等互相接触着的自然界。因此，綜合自然区划和农林牧关系最密切而和工業关系較疏。

自然区划把全国分为数十个以至数百个区，說明全国各个区域的自然資源和自然条件怎样，这就便利我們因地制宜，对各个区域的不同的自然資源采取不同的利用自然和改造自然的方式。然而仅仅考虑了自然資源而不考虑国民經济發展的需要、該地区国民經济的历史特点和目前狀況，并不能正确地计划工業、農業和交通运输業的配置，因此还必须进行經济区划。經济区划是在自然区划的基础上，对自然資源进行經济評

价，分析工業、農業、交通運輸業的分布情况和协作关系，研究民族、人口与历史条件，从国家計劃生产力配置着眼，把全国划分为若干經濟区，确定各个經濟区在全国范围内的專門化方向和本区域的綜合發展內容。苏联历次五年計劃中都有地区生产力配置一节，正說明經濟区划是国家長期計劃的一个有力工具。

經濟区划經常是綜合性的，因为国民經济各部門是密切联系不可分离的。經濟区划的界綫必須和行政区划的界綫求得一致，一个大經濟区可以包括几个省，但需要完整的省。在行政区十分不适合經濟發展要求的，應該考虑改变行政区，当然經濟区划也要尊重行政区的傳統行政習慣，尽量不要打破行政区划。農業区划是經濟区划中的一个特殊組成部分。因为農業（包括林業牧業）受自然条件影响深刻，地域性大，必須緊密地結合自然区划，首先研究各种农作物、森林和树种、草原、牧畜的生态特征和分布情况，从自然条件和農業生物特征上确定在什么地区最适宜于發展什么样農業，然后結合国民經济条件考虑具体需要，并核算經濟效果。自然区划、經濟区划与農業区划彼此可以平行地进行而互相联系。

自然区划和經濟区划的研究成果，通常記載在相同比例尺的区划地圖及有关的說明書內。資料愈丰富、研究愈透徹，区划地圖就愈細密，分的区就愈多，界綫就愈正确。因此自然区划和經濟区划在相当程度上有賴于考察資料是否丰富，随着考察工作的步步發展，区划研究也就步步深入。

自然区划和經濟区划是社会主义計劃經济的产物。苏联在革命成功后就注意到区划問題，成立了区划委员会由加里宁同

志領導，訂定計劃經濟區，以後屢次修訂，目前自然區劃和農業區劃研究是由蘇聯科學院生產力研究委員會主持進行，經濟區劃是由國家計劃委員會主持進行。在我國，自然區劃研究也是由科學院組織有關研究部門進行。

在區域生產力綜合考察自然區劃和經濟區劃的研究工作中，地理學具有特殊重要的地位，因為地理學是一門綜合性很強的科學。自然區劃工作有賴於研究自然景觀的自然地理學的發展，經濟區劃工作有賴於研究生產配置的經濟地理學的發展。在區域生產力的綜合考察工作中，地理學者最適宜擔任先鋒隊，先去作一般了解，發現問題，確定考察的方向。

### 解決自然資源考察研究的幾個問題

從上面所說自然資源考察研究的六個方面的內容，可見這項工作是何等的重要。但目前這項工作的發展，還遠不能滿足國家建設的需要。地廣人稀的西藏和西北地區固然缺乏調查，就是在東部人口稠密、科學工作做得較多的地區，也還有很多地方的資源情況沒有調查了解過。目前有若干困難，阻礙着自然資源考察研究工作的發展。因此，最後還要談談自然資源考察研究的幾個共同的困難問題，以及克服這個困難所應該採取的措施。

1. 迅速建立強有力的自然資源綜合考察領導機關，統籌領導重大的綜合考察工作。目前，各種專業的自然資源考察研究，多數由主管的生產部門領導進行。例如，礦產資源考察由地質部領導，荒地考察由農墾部領導等。但是由於綜合考察工作還缺乏一個強有力的領導機關，因而就難以展開由許多部門

參加的區域生產力綜合考察、自然區劃和經濟區劃以及配合遠景規劃（不是為了解決眼前困難）的各種考察研究。蘇聯因為有科學院生產力研究委員會，集中了一批水平高的專職科學家（有三、四百人），和計委遠景規劃配合，主動地有遠見地進行工作。這個委員會負責人中，有著名的科學家，也有生產部門（如地質部）負責代表參加，它在科學上的威望和組織上的地位，都便於組織科學院各研究所、高等學校、生產部門的科學技術人員參加工作，目前參加的有三、四千人。我們應該學習蘇聯，建立類似的委員會，這個委員會可以由中國科學院領導，如果中國科學院力量不夠，也可以由國務院直接領導。必須集中一批數量較少而質量較高的科學家作為基本力量，組織各方面科學技術人員參加，擴大綜合考察隊。委員會應有自己的行政編制、充分的考察裝備（如汽車、直升飛機、無線電台、汽艇）、分析和制圖設備。這樣，使綜合考察隊較長期鞏固下來，免得臨時工作了一段時間又要解散，因而資料和經驗都不易積累。

2. 擴大和改進考察人才的培養。自然資源考察工作必須踏實進行，需要人才的数量要和國家領土大小及自然條件的複雜成適當比例。我國幅員廣大，自然條件的複雜程度超過蘇聯，需要大量的考察人才。目前除開地質方面，我國已辦了幾處地質學院大量培養人才外，關於地理、氣象、水文、海洋、土壤、生物等的人才都培養得太少，特別是缺乏適合進行自然資源和自然條件考察的專業。例如我國到目前還沒有土壤地理、地植物、動物地理和地圖的專業，陸地水文、海洋學、氣候學、地貌學的專業也只個別學校才有。已設的專業對於野外考

察的訓練也不够，必須迅速改变这种落后于国家需要的状态，增設适合于自然資源考察研究的專業，并加强学生的野外工作訓練。

3. 加强測量制圖工作，迅速測繪全国基本地形圖。不論那一种自然資源的考察工作，都必須有正确而詳尽的地形圖。一方面，考察队依靠地形圖确定路綫、位置和周圍自然环境，便于工作；另一方面，考察队必須把他的考察成果，記載在地圖上。目前我国只有东部三分之一左右地区有較好的基本地形圖，而其余三分之二左右地区沒有可靠的地圖，这就給考察工作、特别是对西部地区的考察工作增加了極大困难。因此，我們要請国家測繪总局，統一組織全国的測量队伍，加速完成全国基本地圖測繪。加快的最好办法，是扩大进行航空攝影測量，航攝照片，在成圖之先，就可以供給考察队使用。其次，还應該加速全国一百万分之一地形圖的編制工作，这种圖是全国編輯一百万分之一地質圖、土壤圖、地植物圖以及其他自然和經濟地圖的底圖，对于国家經濟來說，也是比較适用的地圖。

上述三項困难問題解决后，將大大加速自然資源考察研究工作，促进我国社会主义建設的进行。

# 地球物理学中的几个科学問題

赵九章

地球物理学是运用物理学的原理和方法，来研究構成地球的三个主要部分：大地、海洋及大气的性質、形态及其中物理过程的一門学科。它包括的范围很广，白居易的詩句“上穷碧落下黄泉”，正可以用来形容地球物理学所研究的范围。就目前直接用仪器探测的范围來說：火箭探测，已进入了400公里的高空大气層；海洋調查，探测到10,800公尺深海；而在大陆上，最深的石油井鑽探，則已达到5,432公尺。所以总的說来，人类直接用仪器取得观测数据的地帶，从上到下，已超过了400公里。另一方面，利用無綫电波、声波、光波及地震波等間接方法，研究高層大气的状态、海水情况以及地球内部構造等，所达到的范围更为广阔深远。

对于發生于地球上自然現象的物理过程的总体研究，是广义的地球物理学的内容。但是，按照研究对象的不同，地球物理学还可以分为下列三个主要部分：

**1. 大地物理学** 是研究有关地球固体部分的性質、形状及其中發生的物理过程的学科。它的主要内容有：地震学、地磁学、重力学及地球内部構造等，其中地球物理探矿学是在应用方面的一个重要問題。

**2. 海洋学** 是探討有关海洋的性質、結構及其变化的物理过程的学科。其中包括海洋潮汐、波浪、洋流、海温及鹽度

分布；根据海水运动的规律，进行海洋水文气象预报，是海洋学上一个关键问题。它与国防、交通、海运、水产有密切的关系，也是海洋学中最急待解决的一个科学问题。

**3. 气象学或大气物理学** 是研究有关地球外层的空气，也就是研究地球大气的性质结构及其变化规律的学科。其中天气预报是关系人类生活及各种生产活动最密切的科学问题。

地球物理学各部门的研究，虽然很早就开始了，但是成长为一门学科尚不到一百年；而大规模地开展，还是近二三十年间的事。三十年代以前，地球物理学各部门都处于所谓“冷门”状态。有些部门的观测研究工作，例如地震、地磁、重力、气候等是由教堂内修士，为了消磨漫长岁月而附带进行的；有许多重要研究工作，完全限于学术机关之内，很少引起生产企业机关的注意。三十年代以后，情况大不相同了。由于地球物理学各个部门都和国防、经济建设的很多方面密切相关，因此，随着生产技术不断的革新和国防方面的需要，地球物理学各个部门，在近三十年内都有了很大的进展。例如：由于航空及农田水利事业的发展，正确的天气预告，成为保证海陆兵种活动和各种企业按计划完成任务所必须具备的条件。在各方面对于气象预告提出日益严格要求之下，促使气象学科向前发展。又如：工业发展和技术革新扩大了自然资源利用的范围，为了保证矿产数量和品种的不断增长的需要，必须大规模地进行地下资源的勘测。为此，除了运用地质学方法外，还必须广泛地利用地球物理学的新成就。发展各种新的探矿方法，以使用最少的人力物力，最快地获得可靠的矿产埋藏量。近代地球物理探矿学就是在这种客观需要之下成长起来的。

以上是我們舉出來的兩個最明顯的例子。其他如海洋學則由于結合國防及生物資源的開發，地震學則由于配合地震地帶工業基地的建設，也都是在客觀需要之下發展起來的。

由于時間關係，不可能把全部地球物理學科普遍地予以介紹，現在只就下列三方面問題，扼要地談談。這三方面的問題是：

- ①大氣物理學一些問題；
- ②地震災害及其抗禦；
- ③地球物理探礦。

## 氣象學——大氣物理學的一些科學問題

### 一、什麼是大氣

上面我們已經談到過天氣預報是氣象科學中的重要問題之一，而天氣變化就是大規模大氣狀態變化的總和，是產生于大氣中最重要物理過程。因此要了解天氣變化及其預報規律，就必須先認識一下什麼是大氣。

人類和地球表面上的生物，都不能脫離空氣而生存。地球表面可以說是空氣海洋的底部。我們把圍繞地球的一層空氣海洋叫做地球大氣。很久以前，人類就渴望着飛升到高空層內，揭露大氣的秘密了。中國有一句詩說，“欲窮千里目，更上一層樓”，但登高一望，所達到的高度究屬有限。因此等到氣球、飛機製造成功以後，人們在十八世紀末才能向更高的高空飛行，探索高空的秘密。在這些飛行中，俄羅斯科學院院士沙哈洛夫在1804年的飛行最為重要。因為他是第一次成功的攜帶儀器飛到2.5公里高空，不但取得了空氣樣品，觀測了羅盤針的動向



(高空地磁場),并研究了聲波的傳播。此後各國科學家和探險家,作了許多次的飛行,並且曾經達到更高的高空。但是由於設備不好,探空人員在高空因缺乏氧氣窒息而死的慘事不斷發生。1887年俄羅斯科學家 Д.И.門捷列夫乘氣球上升到3公里以上去觀測日食。由於高空氣溫低、風大和空氣稀薄,在氣球上操作是很困難的。他曾經建議:“為了改善在高空操作的條件,避免因空氣稀薄而喪失生命,進一步向更高的高空探測,觀測人員必須坐在嚴密封閉的艙內。”門捷列夫院士的建議,雖然為當時科學家所贊同,但是因為技術條件的關係,他的建議,一直到1932年才由比利時物理學家比加教授所實現。他為了探測宇宙綫,曾飛達16公里,為各國科學家所重視。到了1934年,蘇聯和美國都用氣球飛升到22公里的高空,進行了一系列的科學工作。但是不幸得很,蘇聯探空英雄巴凡爾、費德羅維奇等人都英勇地犧牲了,他們所達到的22公里的高度,一直還是人類用氣球探空所能達到的最高紀錄。

人們直接攜帶儀器來探測高空是花費很大的方法。為了避免生命犧牲,而且也為了能夠經常地探測高空大氣的秘密,1900年左右,科學家創造了各種自動探空儀,並利用風箏、自由氣球、飛機攜帶到高空測溫度、氣壓、風、濕度等。1900年法國氣象學家T.德保特就是從大量探空紀錄中,發現了平流層。但是這些方法,還是不很方便的。因為:首先必須等到儀器收回之後,才能推算出來高空的情況,這就要浪費不少時間;其次利用自由氣球探測高空,還常常落於荒山大海,儀器就收不回來,以致紀錄完全遺失。為了克服這些缺點,蘇聯科學家牟爾坦諾夫斯基于1930年1月在列寧格勒附近,施放了世

世界第一架無線電探空儀。氣球攜帶這種探空儀，在飛行中自動把它所記錄的氣溫、氣壓、濕度經由無線電信號，傳達到地面來。這樣便可以把探測到的高空大氣情況，及時為天氣預報員所利用，既節省了時間，又不會遺失記錄。從此以後，各國紛紛採用牟爾坦諾夫斯基的原理，製造不同類型的無線電探空儀，它們可達到的高度，一般已在20公里左右。最高紀錄曾達到40公里的高空。

再向上飛行，由於空氣已極度稀薄，氣球不能利用空氣浮力上升，所以必須採用其他辦法。人類最新的創造——火箭，又把大氣探測的高度大大地增高了。現在，裝備着儀器的火箭可以上升到400公里的高空；由於火箭的探測，人們對於高層大氣層的性質、組成及其物理化學狀態，已有了進一步的認識。

十九世紀末期，根據前一時期在低空中的探測和一般經驗，人們認為氣溫是向高處遞減的，這種溫度分布情況應當一直延伸到大氣上界。從前蘇東坡有句詞說“我欲乘風歸去，惟恐瓊樓玉宇，高處不勝寒”，表示我們祖先也有同樣的看法。所以1898年法國氣象學家T. 德保特利用自由氣球探測高處，曾經不止一次達到14公里高度，當他發現空氣溫度自11公里處開始不再向上遞減，而是保持不變或略為增高時，他還以為他所得的記錄不可靠。他還解釋這種誤差，可能是由於溫度表受到太陽照射而產生的。以後經過兩年多的觀測，從581次探空記錄的統計平均，才完全証實了這種溫度分布，是代表着大氣中的真正情況，不是儀器測量的誤差。從那時起，人們開始發現了平流層，從此將大氣分為對流層及平流層。在對流層

內，每升高1公里，溫度降減 $5-6^{\circ}\text{C}$ ；在平流層內溫度保持常值或向上略微升高。平流層與對流層之間有個過渡層，它的高度隨緯度和季節而變動，冬季低而夏季高，南北兩極低，而在赤道高，其情況如圖1所示。

三十年代以後，無線電探空已成為各國主要氣象台的經常工作，它們可達到的高度在第二次世界大戰以前，一般是在20公里左右，最近已可達到30公里高空。在30公里以上，除了

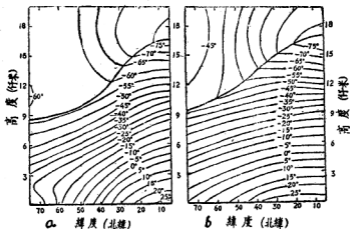


圖1 沿子午線垂直剖面上北半球平均溫度分布圖：細線代表等溫線，粗線代表過渡層，(a) 正月情況，(b) 七月情況。溫度單位是 $^{\circ}\text{C}$ 。

可用火箭直接測量氣溫外，一般還可用聲波的傳播，光線的散射，無線電的反射以及隕星等間接方法，來推測上空溫度的分布。根據這些觀測及計算結果，大氣中溫度的分布，可表示如圖2。

按照大氣中溫度的分布，大氣垂直的區分如下：

(1) 对流層 它是在大气的最下部，在温帶的厚度比較小，一般約有 10—12 公里，在赤道較厚，可以达到 16—17 公里。这一層所占的厚度虽然不大，但是它包含的空氣的質量却很大，約等于十分之八的大气总質量。

在对流層中，垂直的对流交換和湍流混合，非常激烈；由此而引起的湍流热量混合，是使这一層中的气温分布有向上遞減特性的一个主要原因。同时乱流交換也影响到对流層其他物理性質，如水气及塵埃質点在垂直方向上的分布，大气光学性質及水汽凝結等等。按灰塵、温度、云的經常形成几方面来

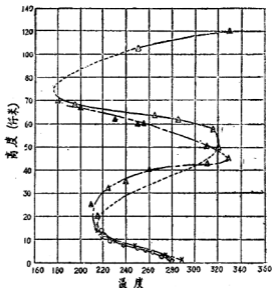


圖 2 大气中温度的垂直分布：  
 ▲▲是火箭探空的记录；○及×是气球探空记录。温度单位是绝对温度。

說，对流層与其上几層是有差别的。主要天气現象就發生在这一層中。

(2) 过渡層 是由对流層进入同温層的交界層，由于天气变化，对流層頂的升高或降低可达到1—2公里。在这里除了温度分布有突然变化外，風力在这里不但是最大，而且变化也是很显著的。

(3) 平流層 它由过渡層以上开始，到达80公里为止。在开始發現时，一般人称它为同温層，但在德保特發現同温層不久以后，就觉得这个名詞有了問題。因为过渡層以上，气温并不是保持常值的，他建議用平流層来代替同温層。当时他認為平流層的主要特征是它的稳定度大，由于湍流而产生的混合比較少，因此气流应当是沿着水平方向进行的。但是这种假設，根据現在的观测，对于整个平流層并不如此。此外，按照温度的分布，平流層又可以分为上中下三个部分：

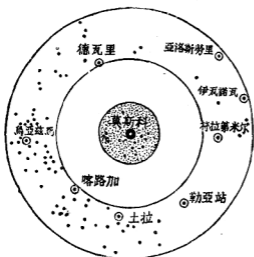


圖 3 声波的異常傳播（爆炸中心在莫斯科，圖上記的點子是听到爆炸的地方）。

下部包括由过渡層到30—35公里一層大气，其中温度是不变

(一) 平流層

的。這可以由輻射平衡理論來說明，即是在此區域內，輻射熱量的流入恒等於熱量的流出。

(二) 平流層中部或暖層：是由 30 公里到 60 公里一層，其中有強烈的逆溫特征，大氣溫度一直向上增加到  $75^{\circ}\text{C}$ 。在第一次世界大戰期間，曾注意到，有時能在很遠的距離聽到很強的大砲轟擊，而在比較近的距離反而聽不到。當時科學家已從理論推斷出在平流層中部可能有溫度向上增加的逆溫層存在，才能解釋這種聲波傳播的反常現象。此後人們又發現在平流層內從 10 公里到 50 公里層內有臭氧，其最大含量是在 22—25 公里高度。由於臭氧的存在，它對於太陽輻射中的紫外光綫（光波（圖 3）短於 3,000 埃\*）的吸收能力很強，以致這部分輻射，在臭氧層的上部，就被完全吸收而轉化為熱能，使這一層內的溫度向上增長，在 60 公里處為最高。

(三) 平流層上部或冷層：由 55 公里到 80 公里的一層內，溫度又向上降得很快。在 80 公里高空，溫度已減到  $-50^{\circ}\text{C}$ 。這種溫度分布是有利於對流及垂直混合的，因此，有時又稱這一層為上層對流層。

(4) 電離層 80 公里以上一直延伸到 1,000 公里左右的一層大氣，按其特有的電磁性質，被劃分為電離層。由於這一層大氣的存在，人們才能用短波無線電傳送信號到較遠的地區。這一層大氣的性質是在波波夫發明無線電以後，由赫維塞德等人所發現的。

---

\* 埃是長度單位，1 埃是萬萬分之一厘米。

## 二、怎样預告天气

陰晴寒暑，風云雨雪等天气变化，是多方面关連着人类生活活动和生产实践的自然現象。許多灾害性的天气，往往可以在很短時間內，造成極大的損害。因此，我們的祖先在注意天文現象的同时，很自然地也注意到气象問題。但是，一直到現在，气象科学还是一門很年輕的科学，24小时的天气預报，一般只能达到70—80%的准确率，2—3天以上的中、長期預告，則至今还没有可靠的办法。这和天文学，人們可以正确地預告日食月食和其他天象来比較，就相差得太远了。

劳动人民，在長期生活实践中，也能在各种天气現象之間确定了許多定性的經驗关系。各国农夫漁民流傳着历代傳下来的“天气諺語”，这些純經驗性的天气預报規則，应用起来虽然常有很好的效果，但是往往只能在某一地区或某一季节合用，而在其他時間或地区就不合用。例如：盛行于我国的“云行东，車馬通；云行西，馬沾泥；云行南，水滿潭；云行北，可收割”天气諺語，虽然在中国大部分地区是很适用的，但到印度或其他地方就不能用了。

自从十六世紀末年加里利發明温度表，十七世紀中托里拆利發明了气压表以来，各地都逐漸地建立了經常的气象观测，从观测資料的积累，找出了一些气压温度和天气变化的規則；例如一般來說气压低就天陰，气压高就天晴等，这些規則虽然在某些地区是合用的，而且有科学观察的根据，但仍沒有脱离經驗的范疇。可应用的地区有限，也沒說明气压与天气所以有这样关系的原因。

1854年克里米亞戰爭中，英法海軍聯合艦隊，在黑海上遭遇了風暴，幾乎全軍覆沒。事後法國國防部要求科學院拉費爾教授進行研究，看看是否可把各地氣象台的觀測綜合起來，尋找風暴成長及移動的線索，作為天氣預報的根據。拉費爾教授收集了各地氣象紀錄，繪制出天氣圖。根據研究，他認為如果事先有了這張天氣圖，那次風暴是完全可以預報的。因此他就建議政府廣設測候所，並經常繪制天氣圖。此後由於電報技術的發展，保證很快地傳達各地的氣象觀測，使天氣圖可以及時繪制，創造了研究天氣的條件，從而推動了天氣學的發展。十九世紀末到二十世紀初，由於航空事業的發展，為了保證飛行安全，促使了高空氣象觀測的發展，氣象學者得到了大量高空探測資料，發現了許多天氣變化的事實，引起了許多天氣理論問題，使我們從三度空間的觀點，來進行天氣發展的物理過程的研究。在二十年代以後，這些理論的研究，已有廣泛的發展，並在實際應用方面，起了很大的作用。

天氣圖有兩類：根據地面觀測材料所繪制的地面天氣圖及根據高空觀測所制成的高空天氣圖。近代天氣圖的內容頗為複雜，各地觀測的氣象要素如溫度、氣壓、風向、風速等都

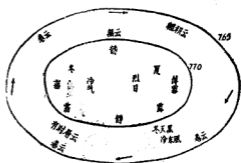


圖4 高氣壓(反氣旋)系統的天氣情況圖：  
橢圓線是等壓綫(單位是毫米水銀柱高)。



以种种不同的符号記于空白地圖上。然后，再根据这些記錄，繪制各种等值綫，例如連接气压或气温相等的地点的等压綫及等温綫等。通过这些等值綫，我們就很容易了解在水平方向气压或温度的分布。在高空天气圖上，我們通常作的是某一个等压面高度分布，及在此等压面上的气温分布。通过高空圖，我們可以了解高空的温度气压以及气流的分布。

过去天气預报的主要依据，是天气圖中气压分布。因此，气压形势与天气的关系也最为人所注意。高压系統与低压系統是最早發現的系統。我們在圖4和圖5中，分別介紹了兩種气压系統的天气概況。在圖4 高压系統中，一般的天气都比較好，它的中心气压最高，四圍的气压較低。它的气流的情况在北半球是：各地風向圍繞高压中心作順时鐘方向的旋轉，同时略偏向外。高压系統內温度分布比較均匀，气流下沉，風速迟緩或靜止。因此，高压系統內的空气有較長時間可适应下垫面特征，逐漸在大区内形成均匀的气团，并随着高压系統的气流向四週輻散出去。低压系統一般是坏天气形势（圖5），中心

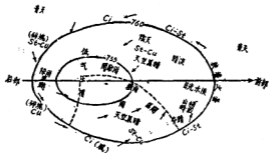


圖5 低气压（气旋）系統的天气情况圖：  
橢圓綫是等压綫（單位是毫米水銀柱高），虛綫表示鋒面。

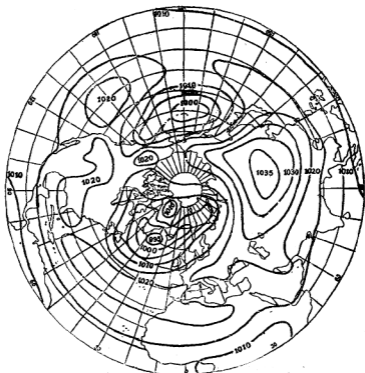


圖 6 冬季海平面上气压平均分布圖:等压綫的單位是毫巴

( $1000 \frac{\text{达因}}{\text{平方厘米}}$ , 等于  $\frac{4}{3}$  毫米水銀柱高)。

的气压最低。气流的分布在北半球是: 各地風向圍繞着低压中心作反时鐘方向的旋轉, 同时向低压中心流入。对于整个系統来講, 气温、湿度的分布是不均匀的。南部是温暖潮湿的气团, 在这种空气团中, 云形一般多为層狀云, 雨势和緩而持久; 在北部的氣团, 比較冷而干燥, 其中云形多为塊狀云, 雨

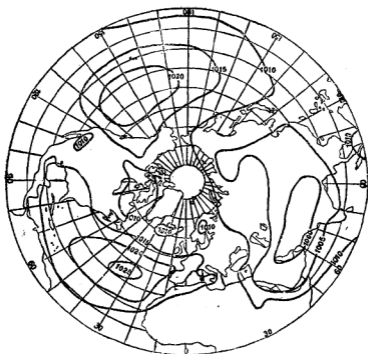


圖 7 夏季海平面上气压平均分布圖（單位同圖 6）。

勢猛但時間不久，即一般所謂陣雨或雷雨。在南北兩種不同氣團之間，有一顯著的不連續面存在。在這個不連續面上，不獨溫度、濕度、風向有急驟的變化，同時低氣壓系統的壞天氣，都在這個不連續面上產生。

以上所舉的兩個天氣系統的例子，是代表着一般的情形。但是，隨着一年中季節的變化，大氣的氣流運行也有了顯著的變化，天氣的發展、結構以及產生過程也有所不同。為了了解

大气环流在季节中的变化，我們必須从平均气压、气温圖入手。在北半球冬季平均气压圖上（圖6），冰島及阿留申群島是兩個低气压中心，西伯利亞及太平洋东部都是高压地区，西伯利亞的高压特別强大。到了7月（圖7），气压分布形势大不相同，太平洋及大西洋都成了强大的高压地区，而大陆上則都变为低压中心。从气温平均圖来看：在1月平均温度圖上（圖8），北半球大陆上气温一般都低，最低的地方在东部西伯利亞，海洋上比較温暖。从等温綫的趋势来看，西欧及美国东部，由于受海洋暖流的影响，等温綫向北弯曲，气温比較温暖；而大陆的东边則無此現象。在7月平均气温圖上（圖9），情形与1月正相反，大陆温度較高，海洋温度較低。温度最高的地方在非洲西北部，而大洋的东岸無論美国西部或欧非兩洲西部，都明确地显示出海洋調节温度的作用。

按上面所介紹，我們必須注意这一事实，即：冬季大陆的气温低于海洋而气压則較海洋高，夏季則正好相反，这种差别情况，在副热带地区更为显著。中国正好是处于副热带大陆之上，情形正是这样。由于冬夏气温及气压分布的不同，在我国地区冬夏兩季的風系也就不同。冬季風由大陆吹向海洋，以西北及东北風为主。夏季則風由海洋吹向大陆，以东南及西南風为主。这种由于海陆分布而产生的風系，就是普通所称的季候風。中国季風和水旱災的关系很大，夏季季風来自海洋，含着充分的水气，在北进的行程中，遇到还殘有在我国上空的冷气团，形成了不連續面（又称鋒面）。冷气团气温低、密度大，季風帶來的密度小的海洋热气团就沿着这种鋒面上升，由于体积膨脹变冷而凝結降雨。我国江淮平原初夏季节的梅雨，就是

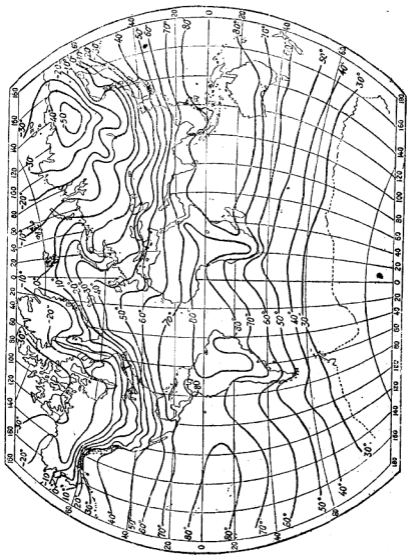


圖 8 1 月海平面上氣溫平均分布圖。等溫線的單位是 $^{\circ}\text{F}$ (華氏溫度)。

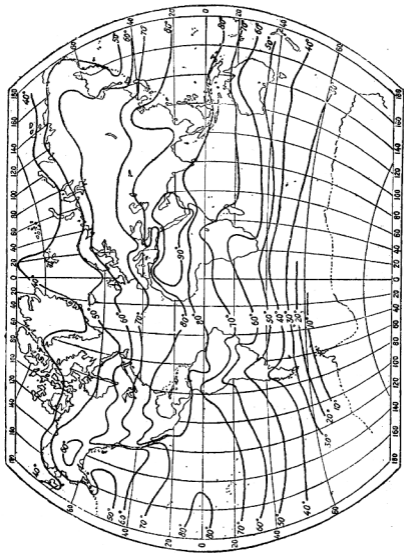


圖 9 7 月海平面上氣溫平均分布圖。等溫線的單位是°F(華氏溫度)。

在这种情况下产生的。但是夏季季風虽为水分的主要来源，如無冷空气阻碍它前进，并迫使它沿着鋒面上升，則虽有丰沛的水分也不可能凝結而下雨。所以雨量的多少，不仅要依赖于季風所挟带来的水气，同时也要依赖于北方冷空气活动。如果某一年中仅有强大的东南季風，而冷空气非常衰弱，則鋒面將远退于华北，此时江淮一带主旱，而华北主雨。如果冷空气活动較强，鋒面停留于华南，則北方主旱，南方主雨。如果两种气流势均力敌，鋒面在华中一带停滞不前，在鋒面上可能产生一系列的波动或低压中心，則江淮一带將發生大水。1931及1954兩年江淮一带都是在这种情况下产生大水的。圖 10 是 1954 年 7 月 12 日的天气圖：海洋暖气流与西北冷气流势均力敌相持于华中，鋒面静止于長江淮河一带。7 月份在这个鋒面上，出现了 9 个梅雨低气压，为正常年分的三倍，造成江淮百年以来所未有的大洪水。

除了上面所举出的一种危险性天气之外，我們再在下面举出两种危险天气：

台風：台風是东亚夏季的一种低气压系統，它产生于热带，所以又叫做热带气旋。它的源地一般認為是在北緯  $5^{\circ}$  到  $20^{\circ}$  和东經  $130^{\circ}$  到  $175^{\circ}$  这一地带以及中国南海。它形成后就逐渐变为渦漩。渦漩中心的气压降減很低，在它中心風力静止，晴空無云，称为台風的眼。在此中心的外部風势很大，速度可达每秒 30 米以上。同时雨量很大，在海上可以造成汹涌的波濤，一般船艦，遇到台風很容易沉沒。元世祖攻击日本，就在海上遇上了台風，全軍复沒的。因此在夏秋兩季內，台風是我国沿海一带主要的危险性天气。

台風产生以后，就要順着太平洋高压系統的气流运行，因此随着太平洋高压位置的南北移动，台風路綫也不相同。圖 11 是台風的路徑圖：一般說來，从 6 月中旬到 10 月下旬，台風路徑从圖 11 中的最南的路徑（1）轉变为 7、8 月中的最北的路徑（8），然后又从路徑（8）回变到路徑（1）。在 6 月初和 10 月底，太平洋高压的位置都比較偏南，台風始終在东風帶进行，所以它生成以后就一直向西，或向西北；在 7、8 月內，太平洋高压比較偏北，台風先在东南气流运行，到了东海北部再轉向于东北。根据台風的路徑圖，台風常常要登陸的。49 年 7 月台風在上海登陸，由于解放不久，警报措施尙未完善，沒有及时报出，曾引起了很大的損失。

圖 12 是 1953 年 8 月 16 日一次强大台風的天气圖。此时台風（A）已經登陸，中心在浙江金华。另外菲律宾洋面，又产生另一个小台風（B）。这次台風虽然很强（温州最大風速曾达每秒 30 米），但由于預报正确，党和政府把人民組織起来，及时采取了預防措施，所以沒有遭受很大的損失。

寒潮：另外一种危險性的天气是寒潮，它是北方寒冷气团侵襲我国的一种天气过程。自秋末到第二年春季，每月經常有二、三次寒潮爆發的可能。强烈的冷空气在它向南冲进中，有时会引起大范围冻災和風災，造成生命及物質的巨大損失。例如 1955 年东亚大陆上的一次强烈寒潮，可以作为一个突出的例子。在这次寒潮中，我国境內除东北地区以外，普遍發生了急驟的降温，并在大陆和沿海大范围地区中，帶來了持續很久的狂風，平均風速达每秒 16—20 米。由于事先未能及时預报出来，各地都沒有預防，更加重生命財產的損失。甘肅南部，



死羊数目占羊总数 16—18%，鹽池一地就死羊 35,000只；沿海漁船及內河航船沉沒及打坏的共 150 多只，死 200 余人；南京蔬菜冻死 40—60%。从圖13寒潮發生前一日的天气圖上看来，主要冷空气的前鋒尚在貝加尔湖西部和蒙古人民共和国的西北，三天以后，（圖14）冷空气已席卷全国，前鋒已入东海及南海；可見不但它的势力强大，它的南下速度也是非常之快的。

以上所講的三种天气形式，是危害性天气中几种主要类型。要进行天气預告，避免危害性天气的災害，就必须設立广泛的气象观测台、站網，进行精密的观测。解放后經過七年来的努力，我国气象台、站網已广泛地建立起来。通过天气預告的服务，危險天气警告的發布，我国气象工作已在国民經济上起了一定作用。几年来，在結合我国具体情况，创造性的学习苏联先进經驗中，已提高了短期預告的准确度，并建立了三天的中期天气預告。在第二次世界大战以后，由于高空观测網的發展，以物理数学的基础来进行天气学的研究已大为开展，并已得到不少新的成就，定性地运用到日常天气預报。但是天气預报学目前还在半經驗性的阶段，严正的理論基础尚有待于建立，数字推算天气的新技术还在开始阶段。因此，我們在日常天气預报工作中，不得不仍采取半經驗性的預告方法，不能达到更高的准确度。1955年2月中旬的大寒潮預报的失敗，就是一个显明的例子。由于預报失敗，生命财产損失很大。全国各台、站根据了經驗性天气預报方法的規則，广泛的进行了复查。在复查当中，虽然得出一些招致預告失敗的原因，但究竟是事后的看法，并不能因此得出确切的保証，以消除今后寒潮預报

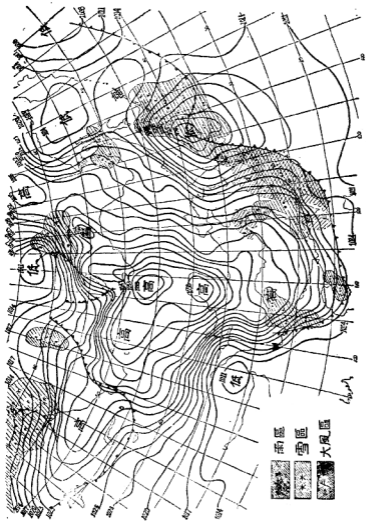


圖 14 臺灣發生后二日的天气圖。

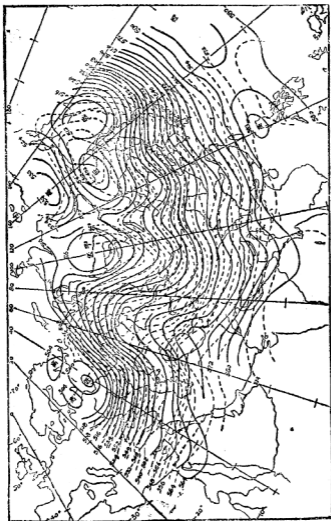


圖 15 (1) 1955 年 X 月臺灣前一日 15 Z 500 毫巴溫度場圖 (实况)。  
 (圖中實線是 500 毫巴等高線；虛線是 1,000—500 毫巴等厚度線。15 Z 是指國際時間  
 15 點鐘，比北京時間晚八小時)。

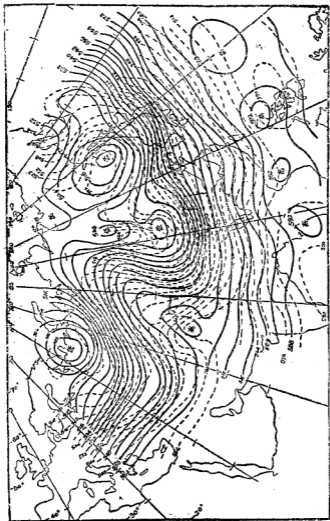


圖 15(2) 1955年×月寒潮第一日15Z500毫巴溫压場圖(实况)。

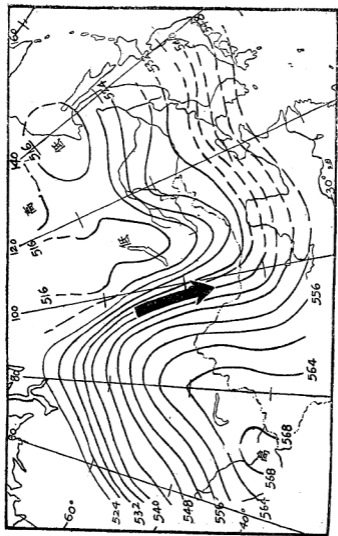


圖 16 1955年×月寒潮第一日 15Z500毫巴24小时預告圖。  
 (根据1955年×月寒潮前一日 15Z圖；圖中虛線是按照計算的變高圖  
 圖 5 (a) 外加的，圖中的箭頭指示寒流南下的路徑)。

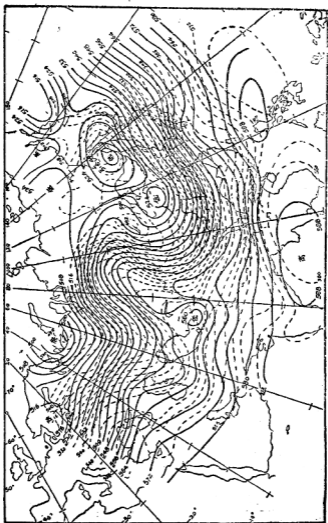


圖 17 1955年×月寒潮第二日15Z500毫巴溫压等圖(实况)。



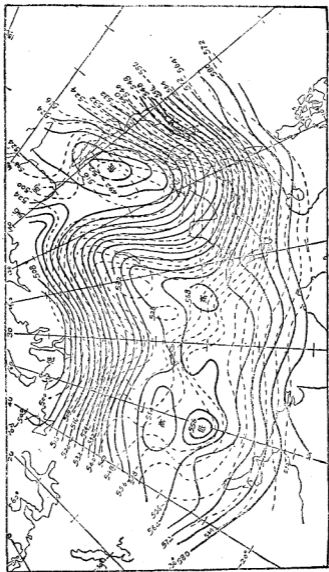


图 19 1955年×月寒潮第三日 157500毫巴温压场图 (实况)。



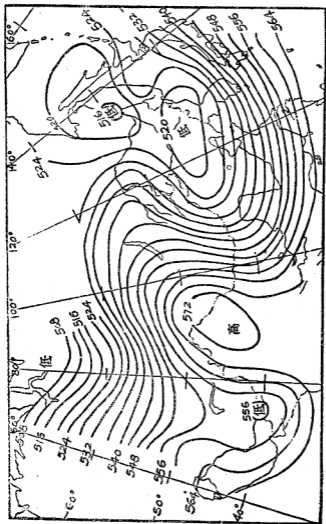


圖 20 1955年×月寒潮第三日 15Z500毫巴24小时預告圖。  
 (根據 1955年×月寒潮第二日 15圖；圖中突線是等高綫)。

再度失敗的可能。為了試驗由數理原則來預報天氣的能力，我們利用簡化的圖解方法，曾進行了一次試驗，其結果如圖15、16、17、18、19、20所示。這些圖是500毫巴等壓的形勢圖。實綫表示等高綫，即是在這些綫上500毫巴等壓面的高度是一樣的，它所代表的意義和地形圖上等高綫一樣。有些圖中還畫了些虛綫，這些綫是代表從地面到500毫巴等壓面間空氣的平均溫度。應當指出，這雖是第一次試驗數值天氣預告，但已顯示出這個方法是比較有發展前途的。從這次試驗中，不但推示出來的預報圖和實際情況極為相似，而特別重要的是，從寒潮第一日的預告圖上，用數值預告方法，已推算出東經 $100^{\circ}$ 到 $120^{\circ}$ 之間的低氣壓的發展，因而造成了低氣壓西邊由北到南的強大氣流，促使寒潮的爆發。而從前一天的天氣圖（15①），用現在經驗的預告方法是很难預告出第二天的天氣發展情況的（圖17）。如果我們再看一看這幾天的500毫巴\*等壓面高度變化（圖21、22、23、24、25、26中的等值綫是表示高度變化相等的綫。實綫是正變高，亦即等於高空氣壓增加。虛綫是負變高，亦即等於高空氣壓減低），拿計算的和實際的情況來比較，圖形非常相似。同時應當指出，在22圖上，變高預告圖中，已計算出從呼和浩特到貝加爾湖一帶的負變高區，這個負變高區的出現，我們就可推算出前面所說的東經 $100^{\circ}$ 到 $120^{\circ}$ 間低氣壓系統的加強和南下，即時預告出寒潮的爆發。

以上所介紹的只是一種簡化的數值預告方法，它的使用范

- 
- \* 毫巴是壓力的單位。每平方厘米的表面上受到1,000,000達因（合2市斤6兩）的垂直壓力叫1巴，1毫巴即是千分之一巴。1巴用作標準氣壓。500毫巴即0.5巴比海平面上壓力小得多，是高空中的氣壓。

圍有一定的限度。根据物理原理和利用数学工具来推算天气，30多年前英国瑞却森教授已有此理想。但是用数理方程来推算天气过程，非但繁杂而且计算数量也很大，要实现数值天气预报的理想，只有在近代高速度电子计算技术发明之后方为可能。因为要计算中国地区的24小时天气预报，就必须解算4,000个联立方程，这决不是人力所能及的。但对于电子计算机，以每秒能运算15,000次的速度，庞大的天气预报的计算工作，便不成为问题了。所以在近几年来苏联、美国、瑞典等国都已采用了电子计算机，进行天气预报工作。目前显然还没有到完善的地步，但是这是一个巨大的技术革新，从此我们便可以有希望把经验性的天气预报走向客观的定量的预报。

## 地震灾害及其防御

地震是破坏最惨酷的现象。它突如其来，一般不容易觉察前震或其他预感和迹象。大的地震，在极其短促的时间内，以排山倒海之势，向四处传播，可以引起山崩地裂，河涌泉涌，或者大量房屋破坏倒塌。如再加由于地震而起的火灾、海啸及河道阻塞而引起的水灾，则为祸更烈。整个城市或大片地区生命财产都遭到毁灭。

地球上发生地震的次数，每年可以达到100万次。但是可以感觉到的不过150,000次左右。其中的破坏性地震则为数更少，中国是一个地震比较多的国家，发生地震的地区既广，为害也很强烈。有关地震历史的记载，开始于公元前1184年，而公元前999年已有地震灾害的叙述。根据我国历史资料，三千多年以来，破坏性的地震不下800多次。至于有感觉而无破

坏的地震更是数以千計。中国科学院地球物理所地震組已把历史資料中比較明确的地震定出它的震中，画在地圖上(圖27)。由此，可以看出我国地震区分布是很寬广的。实际上，由于地震是一种地質現象，而地質年代与人类历史是不可能用同一尺度来衡量的。因此，对于人类来講，地震就成为一件罕見的事了。以北京为例，根据历史記載，北京曾遭受过八次很强烈的地震，但自1730年(雍正8年)以来，200多年內沒有遭受到地震破坏，人們就長期認為北京是一个不受地震威胁的地区了。

至于西北康藏边远地区，由于开发較迟，文物資料缺乏，历史上的地震記載远不如东部各省的多，但是实际上并不表示中国西部地震比东部少。这可以从1905年到1955年的由地震仪器資料测定的震中分布圖上明显地看出来(圖28)。从这个分布圖上值得注意的是西部地区的地震的数量远远超过东部地区，也就是說，西部地区的地震活动性远远高出东部。

在我国發生的大地震很多，我們举出几个特殊的例子来看它們对于生命財產的破坏情况。

1. 1920年甘肃六盤山海原大地震，是近代用地震仪器测定的地界最大地震之一。波及甘肃、陕西、山西、河北、河南、山东、湖北、安徽、四川、青海等省区。震中区海原一帶受害最烈，房屋几乎全毀，人民死伤达三分之二，全部死伤約計有20万人左右。

2. 1556年(明嘉靖34年)渭河河谷大地震。据史書所記，震中地区的华县、渭南一帶，“山川移易，道路改觀，屹然而起者成阜，坎然而下者成壑，倏然而涌者成泉，忽焉而裂

者成洞”，距震中百里左右的西安，当时情况也相当严重，按秦可大的地震記：“比明，見地裂橫豎如畫，人家房屋，大半傾坏，其墻壁有直立者亦十中之一二耳”。这次地震所波及的地区是相当大的，包括陝西、山西、河南、山东、安徽、湖北、甘肅等省区，人民死伤达83万以上，这可以說是我国有史以来死伤最大的一次地震。

3. 1668年（清康熙7年）山东鄒城一帶大地震。城墻倒塌过半，周圍百里，所有的房屋都被破坏，到处地裂，有的陷下成为深淵，有的呈现出阶梯，山崩崖裂，压死人民兩万余人。影响范围达300县，其中138县有破坏，連苏州都有天王殿倒塌的記載。

4. 1679年河北省三河、平谷一帶地震。城墻、庙宇、官署、民房以及其他建筑物皆被摧毁。影响共121县。其中40余县有破坏的記載。北京房屋倒塌及破坏者共計3万余間。北海白塔傾圮，故宮殿宇亦有损坏30多处的記載。

5. 解放以后，破坏性地震也有时發生，其中最大的如：1950年四川西部察偶附近大地震，印度境內曾遭受極大破坏。1951年云南省劍川地震，1954年甘肅省山丹及民勒县兩次地震。1955年四川、康定及云南、新疆等地都發生了破坏性的地震。

地震是一种地質現象，一般說来，可以分成三种：陷落地震、火山地震及構造地震。（1）陷落地震大都产生于石灰岩地区。石灰岩容易被水所溶解，在它的發育节理地带容易被水洗蝕而成溶洞。这种溶洞坍塌，便会引起地震。这种地震一般地都比較弱，發生的次数也很少。（2）火山地震是由于火山活动所引起的。世界上火山活动地区如意大利、日本、印度尼

西亞、墨西哥等地區，也同時都是地震頻繁地區。我國沒有活動的火山，僅解放後 1951 年新疆于闐曾發生火山爆發。火山

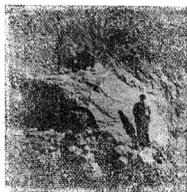


1. 水峽口二壩東山頂 1947 年地震花崗岩上裂口。

地震震源很淺，僅能對很近地區的房屋與人民發生危害，它的波及地區也有限，產生的次數也不多。(3)構造地震是和地殼運動有關，這是地震中最重要的一類，為數最多，占總數的 90% 以上。它們發生的主要原因，是在地殼下深層內發生錯動。地面上斷層很劇烈的地方，往往是地震發生的危險地區，

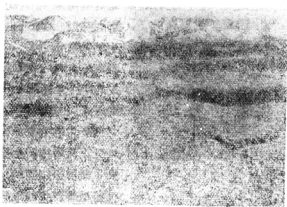
因為它們也是地殼運動的結果。新斷裂的產生或者沿着舊斷裂

的滑動，都是引起構造地震的原因。在這種地震發生時，常常隨着有新斷裂的產生或舊有斷層的錯動，例如 1906 年加里佛利亞州地震，沿着西部大斷層 306 米長的斷層面發生錯動。在水平方向的錯動，平均長 3 米，個別地方達 6—7 米，垂直方向達 1—2 米。1927 年甘肅武威地震，據甘肅水利局地震



2. 水峽口二壩河兩岸 1947 年地震塌下大石頭。

調查隊的報告，震中在黃羊河之西冬青項一帶，有羽狀斷裂地帶，一般都是北側下降3—5公尺，有的形成幾級斷崖或斷層階地。1954年甘肅山丹大地震，震中區的大裂縫延續20公里以



5. 1954年甘肅山丹地震震中區白泥窪地裂情況。



4. 1954年甘肅山丹地震震中白泥窪的大裂縫走向東北 $50^{\circ}$ ，照片中羅盤處為裂縫東側，下降1公尺。

上，整个山头皆被其横贯而过，發生深广的陷溝及錯动（見照片1、2、3、4）。

尽管我国地震分布这样广，为害如此重，但在过去，这一問題很少有人过問。只有在解放以后，为了保証社会主义工业建設和人民生命的安全，党和政府才向科学界拋出了这个問題。要了解中国地震的活动性，就必须先設立合理的地震台網，以取得地震观测資料。通过分析研究，測定中国地震震中的分布，掌握各地区地震活动的特征，以及各次地震的强度。研究地震时首先要有以下的观测数据：

①震源深度：地震發生的位置，一般都在地壳内部及它的下面，有时可达几百公里的深度。

②震中位置或震中区：即直接位于震源上边的地帶，那里的地震强度为最大。

③不同地点的地震烈度，以及由此而繪成的等震綫圖（即用等值綫把地震烈度相同地点連接起来的圖）。例如圖29就是1556年美中大地震的等震綫圖。

到目前为止，还没有用地震仪器來測定地震烈度的可靠方法。因此各国現在都采用一种定性的地震烈度表，來鑑定各地震烈度。这种烈度表是以自然及建筑的破坏程度，以及地震时人們的感觉得及表現的基础來制定的。烈度表一般都分为十二度。由于各国的自然情况、建筑类型、結構各不相同，外国的地震烈度表引用到中国就常常不适用。因此，根据我国現在破坏性地震調查以及历史記載來編制合乎国情的地震烈度表，是研究我国地震活动性并进而采取适当防震措施的基础。中国科学院根据解放后地震調查的材料并在苏联專家协助之下已編制



成中国的地震烈度表。有了这个标准，我們就可以依据我国丰富的历史材料和近代的地震調查資料，来正确地鑑定各处的地震烈度了。

在上面已經講过，地震是一种地質現象。因此，地球表面上地震的分布是有一定規律的。一般說来，地震發生应当在地質構造上最軟弱的地帶，特別在比較年輕的造山运动地帶。凡是有新的隆起或深凹相隣的地区都可能有地震。我国康藏边区、祁連山、賀蘭山、六盤山、秦嶺以及台灣东部，都是著名的地震地帶。因此，如何結合全国地質調查資料特别是新地質構造資料来研究地震区域分布，就特別显得重要了。因为仅仅根据历史地震材料或者近代破坏性地震調查材料来鑑定一个地区的地震烈度，只是就已經發生过的地震来断定这个地点的地震烈度，这不等于今后該地区可能發生的地震情况。因此近代的地震烈度区域划分圖，都是結合了地震發生的地質条件并綜合地質構造、历史地震和仪器地震等資料編制的。它一方面給我們了解地震危險的范圍，同时也帶有一些預測的性質。有了这种地震烈度区划圖，在规划全国工業基地时，一方面，可以尽量避免或选择烈度最小的地震区，来布置重大工矿地点。另一方面，即使工業区不得不选在地震区，我們知道了那个地区的地震烈度，也可以作出相应的防震措施，以避免地震时重大的生命与經濟損失，保証社会主义工業建設的安全。所以地震区域的研究，对于国民經济是有十分重要意义的。

地震虽然是人力無法阻止的一种自然現象，現在虽然还没有認識和掌握它發生的規律，但設法限制它們發生破坏作用的范圍，却是完全可能的。为了抗御地震的破坏力，减少地震的

危害，必須首先研究地震力對建築物的破壞作用，方能制訂最經濟而同時有最大抗震作用的建築設計和措施。其次在總的地震區域劃分圖中，位於高烈度的工業城市及巨大工程地點還要開展小區域地震烈度劃分研究。在進行這項工作中，應當根據當地土質、工程地質條件、地下水的情況、附近地震震中的分布以及當地地震振動的規律，對興工地區可以作出更詳細的地震烈度劃分。例如昆明是八度地震區，用小區域地震劃分方法，可以找出烈度較低、適宜建廠的地點。最後，還要根據各地震帶的調查研究，提出有關各地震區的防震規範，為各地震帶建築設計及選用材料的依據。中國在這方面的研究方才開始，根據科學院幾年來在各地區調查結果，已總結出一些勞動人民抗御地震的經驗，今後在蘇聯先進科學的基礎上，在祖國社會主義建設的實踐中，必能很迅速地把這門學科建立起來的。

### 地球物理探礦

以前探尋礦藏的方法是專靠地質觀察。但礦體往往僅有一小部分露出地面來，或者完全被復土或岩石所掩蓋，地質觀察因之常常不能是全面的，或竟完全是不可能的。這時就必須用物理探礦的方法來提供更多的資料。勘探工作的最後一步，是用鑽探來證實礦體的存在，並探明礦藏的儲量。有物理探礦的結果來協助地質的研究，則可更合理地布置鑽孔，節省時間和費用。物理探礦的內容簡略講來包括下列幾項：

1. 磁力法——指南針之所以能指示南北方向，是因為受了地球的磁場的吸引。倘若地面下藏有鐵礦或其他帶磁性的礦體，附近的地磁場就發生變化，這變化叫作磁力異常。假如異

常很强烈，指南针指的方向将发生眼睛能看出的偏差，但在—

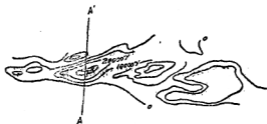


图 30 某铁矿地区的磁力异常平面图。

般的情况下，须用灵敏的仪器才能测量出来。把测得的磁力异常画在图上就可以推断地下是否有矿，并推想矿的倾斜和深度等。

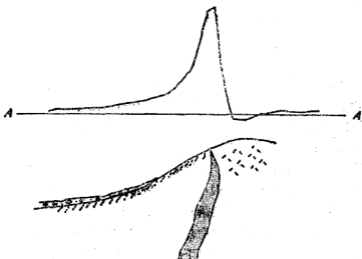


图 31 某铁矿地区的磁力异常平面剖面图。

磁力探矿法，在国内几个大铁矿的探测中曾发挥过作用，

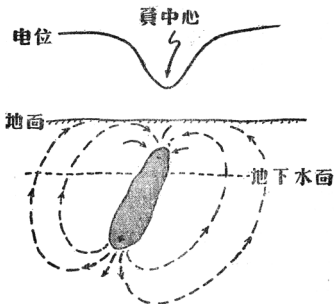


圖 32 自然电流探矿法示意图。

现在只举某铁矿的磁测结果为例（圖30）。在铁矿体西南廿多里的某地，地質队发现了一点品质很差的铁矿露头（圖中的X处），它是否值得鑽探，当时不能肯定。經磁力测量以后，发现磁力異常的范围比露头大很多，認為应该加以鑽探。从剖面圖（圖31）的研究，知道矿体主要部分是向南傾斜，只有露出的小部分是南北傾斜的。傾斜方向的正确判断使鑽孔能合理的布置。鑽探的結果証明这是該铁矿的主矿区外圍最大矿体之一。

2. 电力法——是利用矿体和岩石的电学性质的差别来找矿的。它里面花样很多，今只举两种如下：

甲、自然电流法——有些硫化矿物如黄铁矿（即硫化铁）受地下水的分解作用而产生微弱的电流。这电流从矿体的下端经过围岩流向矿体的顶端。我们在地面上测量这些电流的强弱和方向，找出电流所流向的“负中心”，那就是矿体所在的地方（图32）。

乙、等电位线法——在地面上打下两排铜棒或铁棒，各用电线联起来，把电流通入地内；如地下是均匀的，则电流流动的方向是平行的（图33），如地下有容易传电的矿体，则电流将向矿体集中，所以地面上电位相同的线（等位线）将显示出矿体的轮廓来（图34）。

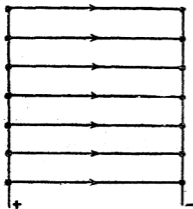


图 33 均匀地层的等电位线分布图。

等位线法，自然电流法，和金属量测量（下面将介绍这种探矿法——铂者）在中条山一带曾联合使用，并发现了许多以前未知的铜矿体。

3. 重力法——假如地面下有一块比围岩重的矿体或岩石，上面的地心吸力就要变强；如地内有比围岩轻的矿体（如煤或盐矿），上面的地心吸力就变弱。这些变化叫重力异常，用很灵敏的仪器能够测出来。在另一铁矿区，重力法曾配合磁力法使用，发现了

該区的西部矿体（圖35）。  
 在探寻存儲石油的構造时，  
 重力法也是常常使用的方法。  
 地層隆起的地方常常重力  
 变强（圖36）。

4. 地震法——夏天买西  
 瓜的时候，我們常用手拍拍  
 它，同时用耳朵听听瓜是否  
 熟了；用意是用手拍西瓜，  
 在瓜內产生一些声波，再用  
 耳朵来听声波傳播的情形，

以便判断瓜是不是熟的。物理探矿里的地震法就和这个很相

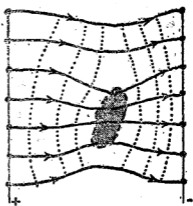


圖 34 有金屬矿体时的等电位綫分布圖。

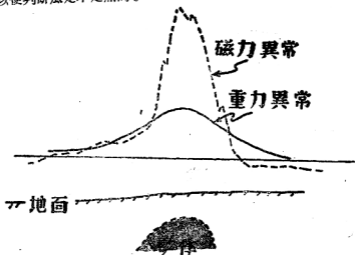


圖 35 某鉄矿区磁力及重力異常分布圖。

似。我們先在地下鑽一個孔，里面放些炸藥使他爆炸。地殼受到震動就產生一些波動叫作人造地震波。這些波向地下各處傳播，遇見了不同的岩層就被屈折或反射上來，我們在地面上可以用儀器把它們記錄下來。測定這些波一上一下所需的時間，就可以計算地下岩層的深度，由這深度的變化就能確定地下是否有儲油構造（圖37）。

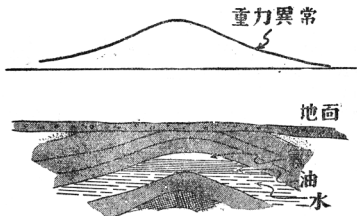


圖 36 用重力法探測儲油構造。

5. 放射性法——放射性礦物是原子能的原料。它們不斷地放出三種人眼看不見的輻射綫來，用儀器測量這些輻射綫的強度和分布的情況，就可找到這些礦物。

6. 金屬量測量——地下藏有金屬礦時，上面的土壤和植物中都含有少量的金屬。用化學分析或光譜分析的方法，圈定出金屬含量多少的範圍，就可以指示出礦體的位置。

7. 測井——把儀器送入鑽探石油、煤或金屬礦的鑽孔里

去，測一測井內不同深度的岩層的物理性質，借此可以了解地下的地質情況。有些很松軟的礦在鑽探時取不到什麼岩心，用測井的方法才能測知礦層的真實厚度。在鑽探石油時，泥漿往往把岩層的孔隙堵塞，使油流不出來，雖然地下有油，也不易察覺。用測井的方法可以把被堵塞了的含油層找到。

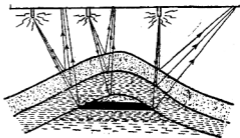


圖 37 用地震法探儲油構造。

#### 8. 航空探測

——我國有很大的面積還沒有作過地質調查。為了探尋更多的礦產資源，必須趕快在這些地區內作地質普查。物理探礦也要配合這種普查工作，甚至有時還須走在地質前面，為地質普查指出方向。現在可以把儀器掛在飛機上或安放在飛機里一面飛行一面作連續的航空磁力測量和航空放射性測量。在很短的時間內可以測探很大的面積。

物理探礦的應用範圍雖然日漸廣大，但它究竟還是個新興學科，還有許多存在的問題須研究和解決。國內有許多地方，用自然電流法曾測到了不少的負中心，但鑽探並沒有鑽到礦體。這些礦體是怎樣產生的，自然電流法在什麼情況之下才能肯定礦體是否存在等等，都是亟待研究的問題。在國內還有些地方因地下的礫石層使地震波受到散射，致地震法很難應用，這就使石油的探測受到了阻礙。如何克服這些困難也是必須研究的問題。磁力探礦法使用最早，遠在 1640 年就有人利用羅



盤針探尋過磁鐵礦，以後使用的儀器逐漸改進，到第二次世界大戰之後才出現了飽和式航空磁力儀，使磁力普查的速度大為提高。近一二年內又發明了原子旋進式的磁力儀，它的效能和飽和式磁力儀一樣，但是省掉了儀器定向的麻煩。現在在地震法和電力法中也有不少的新方向，有人正加以研究。為了使我們的物理探礦工作在祖國的資源勘探中發揮更大的作用，我們必須迅速展開物理探礦的研究工作。

# 化学材料和燃料的新用途

汪德熙

## 稀有和稀散元素的利用

世界上一切生物及非生物都是由 101 种元素组成的。其中已经在国民经济部门中大量应用的元素只占 30 多种，而属于稀有元素和分散元素范围的倒有 60 多种，就是说还有三分之二的元素，我们没有很好地加以利用，这当然是不应有的事，是很可惜的。近年来，由于某些稀有元素成为和平利用原子能、喷气式飞机、火箭和无线电电子学等新技术不可缺少的材料，因而使它们得到很快的发展。例如用作半导体的锗及其他一些稀有元素，已经开始比较大量的利用了。这些稀有元素从表面上看，数量很少，实际上并不完全这样。有个别元素确实很少，如铯，据地质学家估计，在地壳内，它的总含量只占黄金的五分之一，当然很少了。可是，也有很多的稀有元素，在地壳内的总含量并不少，如锗的总含量比银子多。如钛、铝、钒等三个元素都比铜多，钛比铜多 60 倍。可是它们的矿藏分布稀散，不集中：像锗就没有自己的矿，总是作为铝锌矿的副产物存在，或者从煤灰里提炼；像钛虽有自己的矿，但为数太少，含量又低。因此在过去稀有元素很难被发现，发现得也比较晚。并且由于提炼困难，成本较高，在工业上不能大量制造，也没有大量应用，一般也就不大熟悉了。甚至有許多科学家

也不大熟悉。过去，在工業大学里教化学时，遇到稀有元素，常跳过去不講。实际上，稀有元素非常有用。近年来，它們主要用在下列三方面：

(1)合金方面：其中包括航空、火箭、噴气机等所需要的一些新型合金，也包括一些特种鋼；

(2)半导体和新型仪器方面：如电子仪器所需的稀有元素；

(3)和平利用原子能方面：如原子能发电站的核子燃料和反应堆中的其他材料。

此外还有一些零星的用途。

現在举几个例子說明这些应用。

先講合金。現在發現凡是優質合金鋼，不論是高速切削鋼，或是不銹鋼，其中有一半品种要用鈮。假如需要能耐更高温度的合金鋼，就要加鈮、鋇。現在我国工業部門已提出关于鈮鋼、鋇鋼的规划，我們有必要利用这种能耐高温的合金鋼来創造新的动力設備。我們知道动力設備有兩種，有一种动力設備叫蒸汽渦輪，它是燃燒燃料制得的高温高压的水蒸汽，把这种水蒸汽噴到渦輪輪叶上，推动渦輪旋轉。另一种是燃气渦輪机，是把燃燒燃料所产生的气体直接送至輪叶上，这种新式动力設備对燃料的利用效率要高得多，是动力設備發展的新方向，可是它必須用耐高温的材料，如鈮、鋇鋼来做輪叶。再如平常鋼的合金在碰撞或摩擦时，会發生火花，如果在其中摻入稀有元素鈮，制成鈮鋼，就不会發火花，在火葯厂中使用鈮鋼合金，才較安全。我国拥有很多的稀土元素，可利用它們来改善許多合金的性質。如飞机上大量应用的鎂鋁合金，一般耐温不能超过

200°C，超过这个温度，它的性質就变化，现在发现利用我国蕴藏得很丰富的一种稀土金属加进去，可提高它的耐热度。稀有元素中的钛也是一种轻金属，纯钛或以它为主的合金，可耐300°—400°C高温，它本身轻，单位重量强度很大，比铝、镁大好几倍，它的合金的强度超过钢铁，所以是很有发展前途的航空材料。喷气式发动机因为有钛，可提高效率，它的压缩比可由原来的2.3提高到4.5，在理论上甚至可提高到10。飞机速度超过音速时，机翼因和空气摩擦得厉害，温度很高，必须用镁铝特殊合金，如再要提高速度，就必须用钛。现在苏联和美国都在大量研究，最近得到情报，苏联在这方面发展很快，最近报纸上报导苏联民用TY-104号飞机飞到伦敦，曾使英国人大吃一惊。在国防方面，如火箭、导弹（定向飞弹），因温度更高，要用特殊合金和特殊耐高温的材料，有些耐高温的材料就是稀有金属的碳化物、矽化物、硼化物或氧化物，例如很纯的氧化锆，可耐2,900度，比一般耐火材料高得多，在使用时，把金属粉末和氧化锆一起烧结，就可制出喷气机、火箭所用的器材。

关于半导体方面，除了前面提到的锗之外，最近发现镓和我国丰产元素铟也可以用作半导体仪器的材料。镓是提炼铅锌矿的副产，在地壳中的总含量并不少，比水银多，物理性能很像水银，在摄氏30度熔化为液体，摄氏2,000多度时沸腾，而水银到300度时就沸腾，所以镓的液态范围比水银广得多，用来制温度计，它的使用范围大大超过水银温度计，可用来测量更高的温度。测量温度上受到限制的原因，不是镓本身，而是装镓的管子，例如用石英做管子，只能受热到1,300度，因而

溫度計也只能量到1,300度。高純度的矽(即硅)也是很好的半導體。此外有些稀有金屬在電子儀器方面還有些特殊的用途。如鎳、鉬在真空管中是作燈絲的重要材料，它的熔點高，有良好的放射電子性能，可吸附管中氣體，使管內達到真正真空，提高真空管效能。它們在儀器方面的用途是多種多樣的，並且是很重要的，如用在工廠自動控制上，國防上的導向儀器上，在飛機上也用得很多，飛機借此可以飛得很高，夜晚也可飛行。

在和平利用原子能方面也用到很多稀有金屬。如用鈾、鈾作核子燃料。鈾放在鈾反應堆里，會變成鈾233，也是很好的核子原料。並且，鈾在地殼中的含量較鈾多，是很值得注意和研究的。另一方面在反應堆中還要利用兩種具有不同性能的材料：一種是不易吸收中子的；一種是喜歡吸收中子的。後者用來控制反應堆內中子數量，從而控制原子能反應速度，有不少稀有元素具有這種性質，目前最常用的是鎳，可是鉛、鈾(注：鈾是一種稀土金屬)都是比鎳更好的吸收中子材料，鉛的熔點高，鈾吸收中子能力特別強。在不吸收中子的材料中，有鎳，它可用作鈾棒外殼，可做得很薄而且很結實，能耐腐蝕，並經得起中子射擊而變性，傳熱也良好，便於鈾棒冷卻；另外有鈾，用來反射中子，在原子能和平利用上，希望反應堆體積愈小愈好，特別是在交通工具像潛水艇、火車上。可是反應堆小了，中子會飛出反應堆，因而不能產生原子能。有了反射殼，就可縮小反應堆的體積。現在發現把鈾或鈾氧化物薄薄一層放在混凝土外殼內層，反射性能就很好。

此外，稀有金屬還有許多特殊用途。像打火機中用的鈾和

鉄的合金，一碰就出火花，鈾就是稀土金屬中比較普通和比較大量應用的一種，它還可用於製造信號彈及其他方面。有一些稀有元素的化合物可作磨玻璃用，效率比氧化鉄高得多。另外還有些稀有元素是氣體，在各大城市所見的五顏六色的燈光（霓虹燈），就用到它們。現在不但在廣告上用，在冶金上也用到。如鈦必須在稀有氣體中進行提煉加工。稀有氣體在其他方面也有用。總之，稀有元素的發展前途非常廣闊，應當擴大它們的應用，並尋找這些資源。

我國已發現大量稀土金屬，其中含有鈾、釷和其他東西。別的国家用鈾比較多，而其他很多稀土元素還沒有大量應用，如鈦每克值 200 美金，比金子還貴，不可能大量應用。但在我國有稀土金屬礦藏，有可能制得便宜些，而大量利用起來。隨着這方面研究的發展，將來在我國還可能形成稀土金屬學派。眼前稀土金屬已有不少實際用途，將來還可能發現稀土金屬中一些新的用途。我國還有鈾鈦鐵礦，可提出鈾、鈦，據初步考慮，鈾、鈦方面問題不大。此外，在很多地方已發現有鈾，在內蒙古據說有綠柱石，這就是鈾礦。透明的綠柱石過去當寶石開采，向皇帝進貢，不透明的綠柱石大量地被遺留在當地，應該即刻加以注意。在新疆也有鈾，當地的綠柱石礦，有的比臂還粗，蘊藏量非常豐富。我們還必須要提煉銻，全國各地燒煤的地方應該就開始注意，如發生爐的煙灰要加以分析；煉焦時有一部分銻跑到氨水中，要想法收回；還應在鉛鋅礦的副產物中找銻，鋁鋅礦劑產物中還有銻、鋁，也應該保存起來。航空用的發動機軸承轉動很快，一般材料經不起它的潤滑油腐蝕，經不起摩擦，都必須鍍鋁，才耐酸、耐磨。有些稀有元素如鋁，

我国的藏量较大，但有些则较少，如钨、钼、镍等。我们就应当在这方面节省所缺乏的稀有元素，并注意寻找这些资源。这些问题初看似乎是地质学家的事，化学家为什么要参加呢？这是因为它们要制得很纯要求达到杂质少于千万分之一、百万分之一的纯度，像纯铁的炼制，要先用蒸馏方式，把它的氧化物提纯到5个9的纯度（即99.999%），然后再用熔化处理，这些都涉及许多化学、化工方面的工作。

## 耐火材料

耐火材料在冶金工业中非常重要。炼钢炉的大、中、小修，以及每炼完一炉钢后，都要用耐火材料来修补炉体。炼钢炉的效率可以从炼钢有效时间看出来，把修补时间除外，真正炼钢的时间叫炼钢有效时间。鞍钢在日本统治时期，只达70%，最近已接近90%，可是苏联已超过90%，我们还只及苏联1952年的水平。要提高炼钢有效时间，光靠工人的热情和组织工作是不够的，必须靠科学研究工作，研究出优良的耐火材料。鞍钢平炉炉顶过去用砂砖，炼了200炉，就要修一次。苏联及各资本主义国家等用铬镁砖，可炼600炉。现在根据有些科学家所查到的资料，知道苏联已发明用铝镁砖，按照实验室的研究结果，用这种砖可炼1,000炉。我国有丰富的铝镁资源，所以应研究铝镁砖的制造。铝镁砖是碱性耐火材料之一，用这些材料炼钢，不会被钢水浸蚀，不像酸性的砂砖，容易为钢水浸蚀。所以今后还要注意对碱性耐火材料的研究。

耐火材料的另一个重点，即新型耐高温材料。由于国防以及燃气轮机等方面的发展，由于各种操作过程的强化，如氧气

煉鋼，科學家需要尋找出新型的能耐更高溫度並能耐磨損的材料。一般耐火材料很少經得住2,000度以上的高熱，矽磚最差，到1,700度就熔化，但它可耐急冷急熱，鎳鎂磚達一千七八百度。現在我們希望找到一種新的耐火材料，燒到3,000度時既不會熔化，在急速冷下時又不損壞，以便在高熱的爐體冷下來時進行修補。蘇聯已發現普通金屬的純氧化物及稀有金屬的純氧化物可耐高熱，如氧化鈣可達2,000—3,000度、氧化鎂可達2,900度。另一種很好的耐高溫材料是碳化鎢，它也是硬質合金鋼，可用來製造一種開采石油用的渦輪鑽；和鋁燒結後，還可製成很好的工具鋼。碳化鎢是金屬性質的耐火材料，所以既耐高溫，又結實。這一類材料叫作陶瓷金屬（注：耐火材料中陶瓷成分多，叫金屬陶瓷；金屬成分多，叫陶瓷金屬）。理想的耐火材料就應兼有耐高溫和堅如金屬的特性，這也是我們的研究方向。

## 代 用 材 料\*

蘇聯的偉大的生物學家米丘林說：“我們不能等待大自然的恩賜，而應該向他奪取……。”科學家就是要完成這個任務。有很多天然材料是很好的，但是生產一發展，就不夠用了。所以必須利用各種資源豐富的材料來代替，而且往往代用品比天然的還好。例如，過去用天然靛藍、茜素紅作染料，後來在第一次世界大戰時，從煤焦油中製成合成染料靛藍，而且還製出許多鮮艷的染料。中蘇專家考慮到了棉花纖維的代用品問題，

---

\* 就是供應不足的、貴重的原材料和有色金屬的代用品。



棉纖維除用于紡織工業以外，電綫里也用，汽車輪胎上也用。實際上，電綫絕緣是可用玻璃纖維或高分子化合物等代替它的。像汽車輪胎的帘子布完全可用合成纖維或人造絲這一類材料，這種成品的質量比棉花纖維好，後者只能行駛3,000公里，而人造絲做的可達6,000公里。

動植物油的代用品也提出來了。動植物油，是目前供應不足的原料，它們一般用于製造肥皂和滑潤劑。可是肥皂就不必用動植物油，蘇聯把重油（高沸點的石油）氧化，製成脂肪酸，再加純鹼（它比燒鹼便宜），就可得到很好的肥皂。另外又用合成方法製取合成洗滌劑來代替肥皂。蘇共第二十次黨代表會已提出停止用油脂製肥皂。

酒精一般都以為要用糧食做，但蘇聯已基本不用，而我們還在用。其實可用廢木料及農業副產品，例如把稻草、谷糠等水解來生產酒精；或者使石油廢氣里的乙烯氣（它的分子有二個碳原子和二個氫原子）同水化合，也能成酒精。酒精是完全應該並且可以用合成方法或植物纖維水解的方法來生產的。

在機器製造方面用到大量金屬，現在也已有很多金屬用塑料來代替了。像軋鋼車間內軸承套，從前用比較耐磨的青銅，但是用了層合塑料（注：層合塑料是把帆布泡上一點高分子化合物，再一層層合起來，然後乾燥、加壓製成。）作的軸承套，壽命比青銅還長四倍。今後軋鋼工業可用它來代替部分金屬材料。汽車變速齒輪也可用層合塑料作成無聲齒輪。從前子彈引火要用銅，但銅貴，要經過很多道加工工序，如用塑料代替，加工容易，重量也輕，而且節省了貴重的銅。總之，我們應該從各方面想辦法，少用金屬，多用塑料來代替。

金鋼石在工業上用得很多，據說，它的工業用量約占世界上產量的一半，一般用于砂輪、抽絲設備上，在科學研究方面，細磨金屬樣品也必須用它。它的價值很高，訂購2公斤，要20多萬元。過去是用碳化矽代替它，現在已發現碳化硼更好，比合成的金鋼鑽頭硬。聽說，碳化鈹比碳化硼還硬，但它們的硬度仍都趕不上天然的金鋼石。

## 高 分 子 化 合 物

第一二次世界大戰之間發展了一些新的工業，這就是塑料、合成橡膠及合成纖維等工業。

因為一般塑料都有很好絕緣性，塑料被大量地使用在電工器材上。發電機用塑料后，絕緣體積可縮小許多，也便于修理，壽命也提高了。此外高壓輸電方面能用能抗高電壓的含矽塑料來代替太重的陶瓷；高頻率電訊中要用到能抵抗高頻率的聚苯乙烯塑料（現在的玻璃梳子、肥皂盒就是用它做的）作電訊器材。在飛機、汽車、拖拉機的制造上，用塑料制的零件，也不下一二百種，而且繼續在盡量用塑料代替金屬。因為塑料零件的性能比金屬還好，像汽車銅軸套的磨損程度要比塑料制品大十到二十倍。

目前，我國的天然橡膠資源是不充足的，而合成橡膠有許多性質優越于天然橡膠。例如，異丁烯橡膠最不透氣，可用作汽車、飛機的內胎；氫丁烯橡膠耐油性能特別好，航空工業的加油設備必須用它。並且，天然橡膠在使用方面有很多限制，它在零下三四十度時就變脆，而含矽橡膠可冷到零下一百度。同時合成橡膠也比天然橡膠能耐高溫，天然橡膠很少能耐熱到

一百度，可是含矽橡膠可熱到三百五十度。這種能耐低溫和高溫的橡膠是飛機上所必需的。

合成纖維可用來做輪胎、衣料等。有些合成纖維很結實，如尼龍做成的襪子，更漂亮也更結實，可以連穿十個月不壞。像一種叫“條龍”的合成纖維，可制降落傘。美帝所放的軍事偵察氣球殼子是用塑料做的，它的繩子就是人造纖維做的，比天然的牢得多，1毫米粗的纖維可以受100公斤重量！還有一種合成纖維做的釣魚絲，折光率和水一樣，魚在水中看不見它，就更容易上鉤。

最後談一下合成樹脂。它很像松香一類的樹脂，所以才有這個名稱。它的用途很多，例如可以用作離子交換劑，處理鍋爐用水時，要去掉硬水中的鈣、鎂等離子，使硬水變成軟水，過去是用泡沸石來處理，現在多用合成樹脂。此外它還有很多用途。像從反應堆中已用過的鈾棒中含有核子燃料鈾、鈾等，使它們和鈾分離的方法有很多，其中之一即離子交換法。稀有元素和稀土元素性質很相似，也要用離子交換法來分離。人造腎臟也要用離子交換材料，尿通過它時，雜質就被去掉。

上述種種都是高分子化合物，它們的產品在第二次世界大戰後大量出產着，蘇聯和美國的年產量都以幾百萬噸計，據蘇聯專家說，蘇聯化學中有三分之一的人直接或間接在研究高分子化合物。（注：高分子化合物是由幾千個相同的或不相同的分子連在一起的化合物，它的分子量至少上萬，以至幾十萬以上。）高分子化合物的研究方向之一，是研究它的組成、結構和性能之間的關係。這個研究成功了，我們就可以合成具有預先指定性能的材料，使它滿足國民經濟各個部門的需要。

## 燃料的綜合利用

十九世紀，俄國著名科學家門捷列夫說過，燒掉石油等于燒掉鈔票，他預計石油可作化學合成的原料。他的預見在過去二三十年已在蘇聯、美國等國家得到証實。所謂燃料是指煤、石油（包括油母頁岩）、天然氣體、石油工業和煉焦爐的副產氣體，以及用煤制成的煤氣等。現在許多國家的燃料主要用在動力方面，如熱電站、火車、飛機、輪船、拖拉機上，此外在冶金工業上用到焦炭來冶煉金屬，在工業及日常生活中用燃料來取暖。可是最近愈來愈感到把燃料用在化學合成方面的重要性，不容許再把它當燃料浪費掉。特別是重有機合成，它的基础就是煤、石油、天然氣、植物（廢木材、農村中的糠、稻草、高粱稈等副產品）。在蘇聯和美國已不把石油副產氣體當作燃料，而用它來制高級汽油、塑料、合成橡膠、合成纖維等。此外，煤在氣化後，可獲得合成氣體，製造合成氨（礦物肥料的基本原料），或制人造石油。另外煤還可制電石氣。在蘇聯已使煙煤得到充分利用。他們先把煙煤蒸餾，獲得焦油，來制人造石油，產生的煤氣則用于合成，剩下的焦炭或者作發電的燃料，或者制成煤氣。過去，無煙煤主要用作燃料，很少用于餾，現在也把它氣化，作供熱、合成或動力用。

我國無煙煤產量很大，但尚未很好利用，主要只用于生活上，而蘇聯已大量運用在工業上。我國也有很好的煉焦煤可制煤氣，但也未很好利用，甚至個別地方用它來燒鍋爐。我們習慣于使用好煤煉焦，實際上，煉焦用煤應研究用劣煤製造，優質煤最好是用來作化工原料。像合成橡膠、塑料等經濟意義很

大的产品都可用煤来制得。目前我国在重有机合成、高分子合成的资源情况上还是不够清楚的。

石油目前很缺，也要考虑从煤炼石油，不但得到各种油类，而且，副产气体很多，可以做合成之用。

此外，炼焦炉气也未利用，它和焦煤都可作合成用。

由于我国动力资源尚未大量开发，化工原料也尚缺少，更需要我们考虑怎样合理地利用燃料。随着水力发电的发展，原子能发电的广泛应用，动力上用煤量将愈来愈少，煤将可大部分用作化工原料。因此，我们首先要摸清家底：要把各地煤矿作好分类（过去这方面作得很差），给以估价，研究合理利用的办法；要决定液体燃料的发展前途，研究将来哪些动力机械要用液体燃料；要弄清哪些地方的天然气可开采，并大量开采起来，建立巨大的基本化学工业。

## 半导体和它的应用

黄 昆

对半导体的研究是一个新兴的科学技术部門。它在苏联和其他国家都受到很大的重視，因为它对于国民經济的許多方面，如电訊、电工、广播事業、生产自动化以及国防工業等，都有着非常广泛的用途；同时，半导体科学的發展，对于我們进一步了解物質的構造，也有很重要的意义。

在这里，讓我們首先認識一下什么叫做半导体。

在近代物理学中，我們按照傳电能力的强弱，把物体划分成为三类，那就是：导体、絕緣体和半导体。

在日常生活中，导体和絕緣体是我們所熟悉的，因为要利用电就需要这两种材料。利用电力的一个主要好处，就在于傳送能量容易，这就是說，能够在电綫里迅速地傳送能量。电綫就是导体做的。金屬的东西，例如，金、銀、銅、鉄、鋁等都是导体。电力的利用除了需要导体，也还需要絕緣体。絕緣体是差不多完全不傳电的物体，例如，瓷、橡皮、膠木等。只有利用絕緣体才能防止把电傳送到我們不需要的地方去，造成損失和危險。电綫杆上的瓷瓶，就是用来防止电流傳到地上去的絕緣体。

半导体是傳电能力介于导体和絕緣体中間的物体。由于导体和絕緣体的傳电能力相差在亿亿倍以上，所以在半导体这个名詞之下，包含着十分广泛的材料。虽然在元素中間絕大部分

是金屬导体，只有少数是半导体，但是，在我們周圍自然界中，大部分的矿石却都属于半导体的范围。所以半导体不是稀有的东西，只是人們不熟悉他們，如矽、鍺、硒几种元素都是很重要的半导体；在化合物中間很多硫化物和氧化物也都是有用的半导体，最普通而又直接可以利用的一种半导体，要算矿石收音机中的方鉛矿(硫化鉛)了。由于这些物体傳电也不好，絕緣也不好，所以在很長的时期中，並沒有像导体和絕緣体那样受到重視。然而半导体的科学技术發展到今天这样的重要，也还不是近三年、五年的事。因此，讓我們首先簡單地介紹一下半导体科学的發展过程。

### 半导体科学的發展

在1920年以前的几十年中，已經对半导体进行了一些研究工作，并且在个别的半导体上，發現过一些特殊的现象，但当时只有一个方面得到了利用，就是在矿石收音机里面所利用的矿石。我們知道，無論在無綫电通訊或是广播中，都是依靠無綫电波傳播訊号来的。但是，由于無綫电波振動得十分快，它不能在收音机中直接引起可以听見的声音或其他的机械振動，好像轉動得很快的輪子，就不能在我們的眼睛里引起清楚的映像一样。半导体矿石的效能，就是把变化太快的無綫电波轉变成最后可以帶动耳机或喇叭發出声音的电流。矿石所起的这种作用，在無綫电里就叫做檢波。

在無綫电技术發展的初期，用半导体来檢波很快地就被真空管所代替了。然而1930年的前后，半导体的另外两种比較广泛的应用又發展了起来。

其中的一种应用，就是利用半导体把交流电转变成为直流电。发电厂一般都供应交流电，就是发出来的电，在电线中不是总朝一个方向流，而是经常有规则地反复，时而正流，时而反流。应用交流电主要是为了发电和输送电力的经济和方便，但是在科学器械上和在生产上，有时都必须用直流电（就是只朝着一个方向流动的电），例如在化学工业方面，电解和电镀等，都需要大量的直流电。因此就需要有一种器件能把交流电转变成为直流电，这种器件叫做整流器。当时就发现了用半导体可以做成结构简单、使用方便的整流器。但是那时候制造出来的半导体的整流器，还只能用在电力比较小的情况下。

另外的一种应用便是把半导体制成光电池。在有些半导体的表面，如镀上一层薄薄透光的金属，再用光照到这层金属上，结果就发现它能够产生电流，好像一个电池一样。光照多久，电流就可以继续多久。像这样的一个东西，我们叫它做半导体光电池。平常照像时用来测定光照强弱的曝光表中，就装了一个半导体光电池。

在相当广泛地应用半导体整流器和半导体光电池的同时，近代物理学关于物质结构的理论有了很重大的发展，这样就对半导体进行了比以前更为系统的科学研究，并且逐渐地形成了对于半导体物理原理方面的初步基础。

第二次世界大战期间，为了发展雷达，好几个国家都进行了大量的研究工作，结果发现在雷达的检波问题中，依靠真空管不能得到很好的解决。问题的最后解决可以说又回到了初期矿石机里的矿石上面来了。但是，雷达所用的检波器究竟和初



期的矿石还是有着根本的差别。雷达中所用的半导体已经不是天然的矿石，而是用高度精密技术所做成的材料；在装置上也远远不是矿石检波器那样简单和粗糙的东西所能比拟了。同时在引用原理方面也有了根本性的发展。

在发展雷达检波器的过程中所进行的大量科学工作，不但使半导体科学大大地提高了一步，而且也吸引了更多的科学家从事于有关半导体的研究工作。

最近期间，半导体科学技术，又有了特别重大的发展。这发展可以说是从1948年开始的。在这一年中，有了一个很重要的发现，那就是利用很细小的一块半导体，适当地按上几个电接头，就能够代替基本类型的真空管（三极管）。这个发现在科学技术方面立即引起很大的注意。从那时候起直到目前，所有科学比较发展的国家，都以愈来愈大的科学技术力量投入半导体的研究。到现在，用半导体可以代替真空管的理想已经实现。不仅完全由半导体代替真空管的收音机能够大量生产，而且也完全采用半导体制造以前要用几千个真空管的电子计算机。在这时期中，半导体的理论，以及半导体在其他方面的实际利用，也都相应地有了很大的发展，特别是利用半导体发电的研究工作，更为半导体科学技术的发展展示出广阔的前景。

半导体是一个年青的科学技术部门，按照今天科学上的估计，半导体科学技术已有的发展，还仅仅是一个开始。

### 半导体的特点

现在从原理方面，简单地介绍一下半导体的特性。

金属导体所以有很好的导电能力，是靠着金属导体里面有

很多电子可以自由地来往运动。平常我們說有电通过电綫，或是說电綫中有了电流，实际上所指的，就是銅綫之中有很大数目的电子朝一边移动。所以，要使物体导电，首先就要物体中有这些能够自由往来的电子。

我們知道，平常的物体都是由原子結合成功的。每一个原子除去中間的原子核，就是周圍的一些电子。金屬导体的特点在于原子結合成为导体时，許多电子都不再束縛在一定的原子上，而能够相当自由地在各原子之間运动。这就是导体中电子能起导电作用的原因。

半导体和絕緣体就和导体不同。虽然每个原子也有很多电子，但是它們都束縛在这些原子上，不能自由离开，因此这些电子也不能起导电作用。

不过，在平常的情况下，半导体甚至絕緣体里面也不是完全没有自由电子的。因为物体里面的原子虽然有一定的位置，但并不是完全不动的，而是不断地在这位置附近很快地往复振动。物体有冷热的区别，就是因为原子有这样的运动。原子运动愈强，我們接触时就感觉愈热。所以原子的这种运动就称为热运动。半导体和絕緣体里面的电子虽然不能自动擺脫原子的束縛，但是由于热运动的刺激，就使有些原子中的电子释放出来而成为自由的电子。半导体和絕緣体中間的区别，就在于半导体中电子束縛得比較松，所以放出的自由电子較多，它們能够起一定的导电作用；而在絕緣体中，电子束縛得更牢固，热运动的刺激只放出很少的电子，它們导电的作用小到实际上可以忽略的程度。

半导体能够有多方面的利用，原因在于：一方面，自由电

子为数不算很多；另一方面，束縛在原子上面的电子，在受到刺激时还能比较容易地放出来轉变成自由电子。由于这两种原因，就形成了半导体的主要特点，这就是在外界的影响之下，它的电子数目容易改变，加以它原来的自由电子少，所以外界的影响能使它的性質具有显著的变化（譬如导电能力的变化）。許多半导体的重要性質都直接跟这一个特点有着密切的联系。

半导体的性質容易变化，也表现在所謂杂質的問題上。鍺是一种元素，它是在实际应用上非常重要的一种半导体。現在就用鍺作例子來說明这个問題。一块完全純淨的鍺，它里面就应当清一色地都是完全相同的鍺原子，如果里面攪了一些別的种类的原子，譬如銅原子，那么这銅原子就是杂質。这种杂質原子上的电子往往比半导体本身的电子容易釋放。因而常常有这样的情况，一个半导体只有很少的杂質，然而里面的自由电子大部分倒是从杂質原子放出来的。由于这种緣故，很少量的杂質对于一个半导体的性質，有着决定性的影响。

为什么特別要提出杂質的問題呢？因为它和实际利用半导体有很大的关系。杂質能影响半导体的性質，使我們能利用不同数量和不同性質的杂質，来得到有各种不同性質的半导体。实际上这是我們能够多方面利用半导体的一个重要条件。但是，在另一方面，在技术上杂質常常帶來不小的困难，半导体的利用常常要求高度精密的技术。举个例來說，要能作出代替真空管的半导体，就需要把杂質控制到千万分之一以下，也就是說平均在一千万个原子中，杂質原子不能超过一个。对于純度有这么高的要求，这是在过去科学工作中所沒有的；在一

般的工作中，杂质少于千分之一常常就认为是十分纯净的了。最近在半导体工作的进展中，一项具有重要实际意义的成就，就是创造了获得这种高纯度材料的技术。

## 半导体导电能力的变化

热和光都可以引起半导体导电能力的显著变化，这类变化是半导体一系列应用的根据。

既然半导体中的自由电子是由热运动的刺激所放出来的，那么温度提高，热运动加强，自由电子的数目就会增加，因之半导体导电能力也就会相应地提高。半导体导电能力随温度的变化是十分显著的。半导体温度改变几度，所引起半导体导电能力的变化，可以抵得上金属导体温度改变几百度的效果。

由于近代电学的测量技术十分精密，所以，利用上述的性质可以用来精确地测量温度。只要在半导体中通了电流，温度的改变就可以从电流的变化上用电表度量出来。用这样的办法测量温度比以前最精确的温度计还精确10倍以上。利用它可以查觉半公里以外人体所发生的热。

利用半导体做的温度计另有一个特点，就是可以做得十分细小，譬如用两根很细的白金丝中间夹一个百分之一厘米大小的半导体球就是一个温度计了。由于这种缘故，用半导体温度计能够解决过去科学上不能解决的问题。例如，测量很小的东西的温度，或是变化很快的温度。现在已经用半导体温度计来测量植物的叶子或茎上的温度，用来测量气流的温度，所有这些都是用普通温度计所办不到的。

此外，还由于利用半导体温度计是从电流的变化察出温度

的变化的，因此，可以讓电流沿着电綫傳出去，而造成远程控制的条件。

凡是利用半导体来反映温度变化的器件，我們統称之为热敏电阻。

除去直接度量温度以外，半导体热敏电阻还另有一个广泛和重要的应用领域。我們知道通过物体的电流的大小直接影响着它的温度，电流愈大就会把半导体燒得愈热；这样就把电流大小的变化和半导体傳电能力的变化联系起来。利用这个原理現在已經能够制成具有各种特殊电学性能的热敏电阻，用在电工、电訊、自动化机械各方面，这些半导体可以起各种自动調节和自动控制的作用。

用个最簡單的例子說明，設想在一个傳电系統里，我們不希望通过其中某一段甲的电流不超过一定的量，就可以在旁边加一个热敏电阻，使一部分进来的电流从它中間通过。如果进来的电流加大了，热敏电阻傳电能力加强，就可以使电流中更多的部分从热敏电阻中間通过。热敏电阻做得合适就可以保持通过甲的电流不超过一定值，多余的电流都从热敏电阻中間通过去。再說，热敏电阻的控制可以是定时的。因为燒热热敏电阻需要一段時間，就是說电流变化以后，热敏电阻要等一定時間后才改变导电的能力，按照制造的办法不同，可以使这段時間或長或短。試用最簡單的情形說明这种定时的控制：譬如說通电以后，可以使一个电鈴隔了一定的時間再發响。利用了这个定时的原理，就可以使一个傳电系統的調节作用按着一定的順序，自动地發生。

好像热的刺激一样，光的刺激也可以使半导体中的束縛电

子轉變成爲自由電子。這就是說，光照也可以提高半導體的導電能力。所以利用半導體也可以用電學的方法去度量光照的強弱。在半導體中通了電流，光照改變半導體的導電能力，也改變了電流；這電流的變化就可以由電流表度量出來。

利用半導體反映光的強弱的器件平常叫做光敏電阻。

半導體光敏電阻不但能察覺很微弱的光，可以度量眼睛看得見的光，而且利用各種半導體，還可以度量各種看不見的光，包括X光，紫外光，紅外光。因此借助了光敏電阻，我們可以看到眼睛不能看見的各種光，而且可以度量它們的強弱。

凡是熱的物體都不斷地放出紅外光來，因此利用了光敏電阻，在黑夜里就可以查覺相當遠的物體。例如，汽車、軍艦等由於用光敏電阻可以看到紅外光，這樣就可以利用紅外光傳遞訊號，和無線電相比，有避免被人截獲和干擾的好處。上面提到的兩種軍事用途都是很有價值的。

光敏電阻還可以用到各種各樣的機械自動化裝置上，基本的道理就是光照的影響通過光敏電阻轉爲電的變化，這種電的變化可以很方便地控制機器的操作；譬如，一道光照在光敏電阻上時，機器可以停止，光被截斷時就可以使機器開動。這個

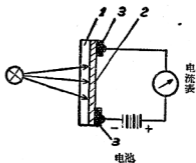


圖 1 光敏電阻示意圖：

1.玻璃板；2.半導體；3.金屬接頭。

办法用在机器的流水綫上，就使得各台机器自动地开动和停止操作。

除去热和光以外，放射性物質的射綫，無論是高速的粒子或是光子，也都能釋放半导体中的束縛电子。特别是由于所釋放的电子具有很大的速度，碰到其他的原子还能再放出束縛电子，所以一个高速的粒子进入半导体，就可以用这样的倍加的方式，很快地产生很多的自由电子。因此，还可以利用半导体来探测快速粒子，和度量粒子的数目。这是原子能科学技术中的一种新工具。

### 利用半导体發電

利用半导体供給电能的科学研究，虽还不很成熟，但是我們已看出这是一个具有重要意义的發展方向，特别是在苏联受到很大的重視。

我們知道，电力是一种能量，它不能無中生有，而必須取自四周的自然界。在火力發電中，我們首先由煤經過燃燒得到热能，然后再由热能轉变为电能。目前由热到电这一个轉变是靠了蒸汽鍋爐、透平机、發电机等構造相当复杂又很龐大的机器来完成的。但是在半导体里面，热能可以直接而簡單地轉变为电能。基本的道理是很簡單的，如把半导体某一部分燒热，那么这一部分自由电子的数目就要比其他部分更多，而且它們的运动也更强，其結果便是自由电子要从热的部分向其他部分散开，像前面所講过的，这样的电子移动就是电流。这里完全不需要复杂的机器部件就达到了由热轉变为电的目的。

目前虽然在利用半导体發電方面只能得到很小的电力，但

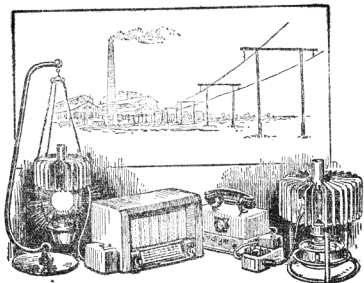


圖 2 帶有半导体散热器的煤油灯（圖左），用它的熱來產生電，可供一個直流收音機使用。另外也有用汽爐機的較大功率的發電機（圖右），它可供農場中無線電通訊使用。將來每個工廠的煙囪上，也可以應用同樣的原理，裝置自己的發電站。（上圖原載知識就是力量）

是也已經具有了实际的利用價值了。蘇聯在衛國戰爭期間，在游擊隊伍中曾用這種辦法得到通訊用的電能。目前蘇聯生產着一種熱電轉換器，供應一些還沒有電力的地方，這種轉換器加在煤油燈罩上可以供給收音機需用的電。還有一種發電能力較大的類型，可以用在酒精燈上供給拖拉機站無線電通訊的電。

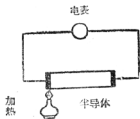


圖 3 熱電轉換示意圖。



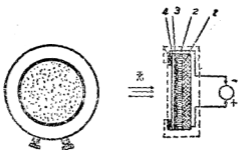


圖 4 光電池示意圖：

1. 金屬底板；2, 3. 兩種不同類型的半導體；4. 可透光的金屬薄膜。

今天已經利用的電力來源，除去燃料還有水力和原子能。其實，另外還存在一個很明顯的來源，那就是太陽能。這是一個很不小的能量來源，但是目前還沒有很有效的方法來利用。正午照在每平方米上的太陽光等於一瓦的電力，比一馬力還多。一家人的屋頂上所受的陽光比日常生活所需的電力大幾百倍，如果能夠將這些日光能變為動力很可以開動一台拖拉機。

用半導體可以使太陽能直接轉變為電能。事實上，前面講到的半導體光電池就有這樣的作用。太陽光照在光電池上，直接就產生出電流。現在一平方米上充足的陽光就可以產生 100 瓦的電，效率已經達到了 10%。要產生大量的電力，目前還相當困難，因為要接受足夠的陽光，是需要很大的和完整的半導體片，這在技術上和成本上都還存在着很大的問題。由於放射綫和光一樣能在半導體中產生自由電子，所以放射綫射在光電池上也能產生電流。這就是說利用半導體可以把原子能直接變

为电能。但是目前达到的效率还很低，特别是放射线还有着破坏半导体的作用，使实际解决用原子能发生电力的问题更为困难。



圖 5 用半导体鍺做成的整流器。这种整流器有液体冷却式(圖左)和空气冷却式(圖右)两种。

利用半导体大规模产生电力的确是一个很引人而且有重大意义的问题，但是按照现有的科学资料看来，对于它的实现的可能性要做出估计，还有待于进一步的探索和研究。

### 照明工业中的半导体

随着半导体产生电力的介绍以后，让我们来谈谈一个有关用电的问题。

在平常的电灯里面是利用电流把灯丝烧热使它发出光来。所用的电只有3—4%变成我们需要的的光，其他部分都是白白地浪费了。这样的发光办法是很不经济的。日光灯的发光完全

用了不同的原理。在日光灯的管子里，先由电能發生我們不能見的紫外綫，紫外綫打到管子上所塗的粉末上面，就被这粉末所吸收，同时粉末再放出可見光来供照明用。这种能把紫外光吸收而变成可見光的那些粉末就是半导体。今天的日光灯不但可以有我們需要的色調，而且效率比电灯高了3倍，換一句話說，節約了2/3的用电。

这个效率不能再提高多少了，这是因为半导体吸收紫外光放出可見光，从原理上講就要有很大的能量消耗。最近对于半导体的研究提出一种新的可能性，就是不再經過發生紫外綫的那一道手續，而直接利用电使半导体發出光来。目前对这一个可能性科学研究十分受到重視。估計这一方面的發展对于改进电视有着很重大的意义。

### 半导体整流器和电子管

关于半导体整流器的应用前面已經講到，算到現在差不多有了30年的历史，但是主要的应用都在电力很小的情况下。需用强大的直流电力的时候，过去大都是用直流發电机。

最近半导体整流器获得了很重大的發展。过去要做一个能供給几千瓦电能的半导体整流器要用几公斤的半导体和几十公斤的金屬，而同样电力的新型整流器所需要的半导体不到一克，所需要的金屬不过一公斤上下。兩相比較無論体积和重量都相差几十倍。由于效率的提高，新型的半导体整流器組合起来，已經可以用来供应大电力了。它的構造簡單，体积和重量很小，这些都是現在的直流發电机無从比拟的。譬如，一个供电几十瓦的半导体整流器組合，不过有一个手提包的大小，而同样电

力的發電機却有一個小房間那麼大。半導體整流器的構造十分簡單，除去保護和散熱的外殼以外，中心部分不過是一塊銅板上面焊了一片薄薄的鍍半導體，在它的上面則是用熔化的方法覆蓋了一層金屬網。在網上面再焊上一小塊銅板把電流和熱引出去。在使用上也和機器不同，半導體整流器並不存在什麼維護的麻煩問題。

現在完全有可能以半導體整流器來代替直流發電機了，這一點對我國來說有着特殊的意義。如用半導體整流器代替直流發電機，就可以把現在

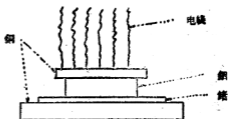


圖 6 鍍整流器內部構造。

在用來製造直流發電機的很大一部分機器製造工業的力量，轉到別的機器生產方面去。在電化學工業和電火車中，都很可能要採用半導體整流器來供應所需要的大量直流電力。

最後再講一下採用半導體來代替真空管的問題。為方便起見，我們姑且把代替真空管的半導體器件叫做半導體電子管。

按目前的情況來講，半導體電子管無疑是半導體最重要的應用。製造半導體電子管的可能性，在科學上一提出來就受到極大的重視，這是由於半導體電子管具有明顯的、多方面的優越性。

半導體電子管的構造也是很簡單的，基本上是用一片很薄的鍍，製造時在它的兩個面上滴上了兩滴熔化了的金屬，上面各引出一條金屬絲作為電接頭；另外再有一個電接頭直接焊到

半导体片上。从半导体内部来看，只不过是一片很純的半导



圖 7 小巧的半导体电子管。

体，其中含有在制造时从兩边金属中滲进来的很少量的金属原子。就是这些金属原子起着杂质的作用，使半导体有了和真空管相似的性質。

应当說明，半导体电子管的構造虽然很簡單，然而制造时却必須保持高度精密的控制。如高度純淨的鍍片厚薄需要精确

到万分之几个厘米，滲到这薄片内的原子也必須严密地控制。最后那制成的器件外表也要保持純淨，不能有一点沾污。

在制造半导体电子管的过程中，冶金家和化学家作出了极为重要的贡献；目前他們进行的工作，正在推动着半导体电子管的工艺繼續改进，使已有的类型有更优良的性能，并且不断地創造出新的方法和新类型的器件。

半导体电子管和一般真空管比較起来，它的体积小，十分輕，構造簡單而且坚固，一个普通的半导体电子管连上外壳还不到一公分高。在受到强烈的振动的条件下，一般真空管都要受到損害，惟有半导体电子管可以不受損害而照旧工作。只要封閉得好，估計半导体电子管的使用期限最少比真空管長几十

倍。

半导体电子管的另外一个重要的优点是消耗电量極小。在一般真空管内，必須花費不少的電把灯絲燒熱，使它不斷放出电子來，才能使真空管工作。這是真空管耗電的主要部分。這一部分可以說完全是多餘的消耗，因為它几乎全部都是作為熱而散失掉。在半导体电子管中就沒有這一部分的消耗。而且半导体电子管还可以在很小的電力之下工作，這樣的一個特點，在應用半导体电子管的收音機中可以看得很明白。圖9用半导体电子管的收音機平常只要三節或四節手電筒用的干電池，而使用的時間可以達到上百以至几百小時。因為它所需要的電力很小，相應地几乎所有的零件都縮小了，并且簡單化了。這樣的一些優點集中起來，使半导体电子管來代替真空管有了十分重大的意義。特別在國防上及自動控制的应用上，它可以大大地縮小了各種儀器的體積、重量，避免了笨重的電源，讓許多過去用电子管不可能解決的問題，都能得到解決，例如：電子儀器控制的複雜機器，採用了真空管儀器就會充滿幾個大房間，需要極大的電力供給，而且几万個真空管中的任何一个都可能突然失效而使整個儀器失去作用，因此不採用半导体电子管，就造成極大的困難。採用了半导体电子管，可以在士兵所戴的鋼盔中，裝上

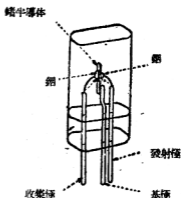


圖8 半导体电子管的構造。

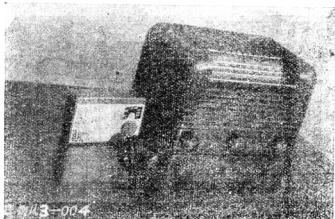


圖9 完全用半导体电子管制造的收音机可以做得非常小，而它的質量和普通收音机一样，只需要几节手电筒用的干电池就可以用上几百个小时。本圖左面是一个性能相同的半导体收音机，它只有一本日記那样大小，圖右面是一个普通的五灯收音机。

半斤重的收發無綫电话机。在电子技术的改革中，特别是像电子计算机这样的复杂的电子仪器方面，应用半导体电子管，已經成为十分重要的因素。至于用半导体电子管的收音机，对于在目前还没有电力供应的农村的建立無綫电广播網是有極大意义的。

### 关于半导体的理論研究

这个报告着重介绍了半导体在各方面的应用。对于半导体物理作为一門理論科学，只能在这里用几句话概括一下。

半导体科学的发展，对于进一步理解物質結構具有很重要的作用。如果說在前一个时期，关于固体結構的認識，主要的

进展是由于金属导体的研究，那么在最近的一个时期，主要的进展应当说是由于半导体的研究了。

半导体科学的发展过程，特别明显地反映出科学发展和生产之间的联系。理论上的每一个重要的发展阶段，都是直接由于生产上的需要而推动，同时理论上的成就，对于生产上的应用起着愈来愈重要的指导作用。

半导体在上述每一种重要的应用，都是首先根据科学研究中的发现提出的。例如今天的半导体电子管基本上是按照1949年所发表的一项完整的理论分析的结果而制造的。十年以前，半导体器件的生产技术，往往是遇经验。然而，目前最先进的半导体器件都是首先经过研究和理论的分析，做出确定的设计，然后才制造了出来。

半导体科学技术在目前虽然已经获得了很重大的实际成就，但是，今天已经看到，有许多具有重要意义的可能性尚有待于进一步研究；同时还要估计到，还有许多在今天尚未发现的可能性有待于探索和发掘。这说明：半导体的理论研究在今后的发展中将占据着很重要的地位。因此，要发展有关半导体的科学技术，我们就必须把很大的力量投入半导体科学的研究工作中去。



# 無線电电子学的应用和新的發展

陈芳九

## 什么是無線电电子学

無線电和电子学本来是兩個名詞，但是它們常常被人合在一起談。讓我們先来解釋這兩個名詞的意义。

1895年5月7日，俄国科学家波波夫發明了無線电，十年之后就有了真空管，就有了研究电子的發射和运动的規律和怎样制造真空管这一門科学，这就是电子学。由于近代無線电設備中几乎都要用到真空管，因此电子学和無線电学也就很难分离。無線电和电子学的發展已經有五六十年的历史。現在無線电广播和收音机都已經很普遍了，大家都很熟悉，所以我們就从广播收音机談起。

### 一、無線电波

我們用收音机收听广播，只要把波長对好，就可以收听到某一个电台發出来的声音。在收音机和广播台之間并没有电綫相通，那么是什么东西把声音从远处傳送过来的呢？是無線电波。可見無線电波有越过空間而且傳播得很远的本領。它非特跑得远而且跑得非常快。它在空中进行的速度是每秒鐘繞地球7周半，也就是每秒鐘走30万公里。它的速度和光波的速度一样，是世界上最快的速度。所以我們收听莫斯科这样远地方的广播，也好像面对面地听苏联朋友談話一样。

就是把收音机工作的波長或是頻率对到和所要收听的广播电台一样。我們要問什么叫做波長和頻率呢？我們可以拿常見的水波来做比方。丢一塊石子到水里，水面上就会泛起水波，水波一环一环地往外擴張（圖1）。我們在水面上某一个固定的地

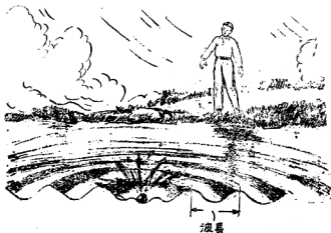


圖1 水波。

方，數一數每單位時間內一共跑過去幾個高起來的波峰，數出來的波峰的數目便叫做頻率。我們再來量一量相鄰的兩個波峰之間的距離，量得的長度便叫做波長。知道了水波的頻率和波長，就很容易得出水波的速度（也就是每單位時間內水波跑過的距離），它就等於每秒鐘跑過水面上這個固定地點的波峰數目，乘上相鄰波長之間的距離，也就是頻率和波長的乘積。水波是水分子的振動，而無線電波是電磁波，是電磁場的变化。我們拿最簡單的無線電波來看，如果把它們的電場和磁場的变化按距離畫出來，所得到的形狀和水波的形狀差不多（圖2），

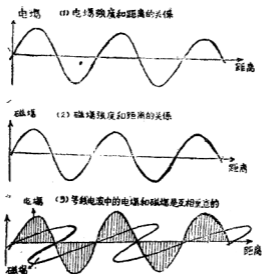


圖 2 正弦波。

这种波形我們叫它做正弦波。無線電波的性質和水波的性質是大不相同的。它的頻率要比水波高很多很多，而且頻率的範圍非常大。一般說來無線電波在室中傳播的速度是一定的。我們可以想到，如果兩個無線電波的速度一樣，那麼頻率低的波長就長，頻率高的波長就短。我們可以按頻率高低（或是波長的長短）把無線電波分成幾個波段。廣播波段（通常叫中波）的頻率是 550—1,200 千赫，也就是每秒振動是 550,000 到 1,200,000 次。這個頻率是很高的，可是因為無線電波的速度快，波長也還不短。以 600 千赫的電波作為例子，它的波長便有 500 米。長距離通訊用的短波的波長要短得多。波長更加短的叫超短波，在超短波的波段里，微波又是最短的，它的頻率

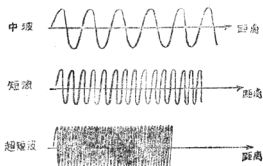


圖 3 中波、短波和超短波。

轉動收音機的旋扭，叫做對波長，也可以叫做對頻率，那可以到30,000兆赫以上，也就是說波長可以到1厘米以下(圖3)。

圖2和圖3中所表示的正弦波都是按距離來畫出某一剎那我們在空間里所看到的電磁場的變化，如果我們按時間畫出它的變化，那麼所得到的形狀也還是正弦波。如果把日常用的交流電的電壓或電流按時間的變化畫出來，也是正弦波的形狀，不過每秒鐘的變化次數(頻率)只有50次，比起無線電波的頻率，不論是微波、短波或中波都要低得很多很多。這便是我們常常把無線電波統叫做高頻率電波的緣故。我們知道廣播電台和收音機都是有天線的，只有高頻率電波才能有效地用天線傳送出去，日常的50赫交流電，就不能用天線傳送出去。無線電的最重要關鍵之一，就是利用高頻率電波，使我們可以通過天線把它送到空中，再通過天線把它接收下來。無線電發展的最初階段就是抓住了這一點，在今天這一作用還在很大地發揮着。

## 二、電子管

大家都知道，收音機里有幾個真空管。真空管是靠電子起

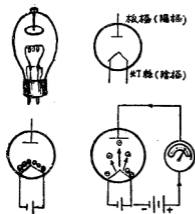


圖 4 兩極管。

作用的，因此也叫电子管。圖 4 中所画的是兩極管，在抽去空气的灯泡里放着两个电极，上面的一个电极叫做板极，下面的叫灯丝。灯丝两端通上电流，就烧得通红，温度变得相当高，里面的电子就运动得很快，有些便会跑到外面来，如果灯丝和板极之间加上一个正电压，（板极的电位比灯丝的电位高），电子就会从灯丝

飞到板极上去，变成电流，通到管外的电路上去。圖 5 所画的是三极管，灯泡里面在灯丝和板极之间，靠近灯丝的地方加上了一个栅极形的电极，叫做栅极。栅极一方面可以让从灯丝出来的电子穿过它的孔隙跑到板极上去；另一方面它上面的电位大小又可以影响通过电子的多少。有了栅极，电子管的作用便大了很多。因为栅极很靠近灯丝，它上面的电位大小对于灯丝旁边的电子的影响，要比离得远得多的板极上的电位的影响大得多。因此，栅极电位很小的变化，就可以使板极上所能收到的电子的数目起很大的变化，而同时也就使板极电路中的电流起很大的变化。这就是三极管有放大电能的作用的原因。有了能够放大电能的真空管，无线电就能发挥更大的作用。譬如无线电波从莫斯科传播到北京，由于路途遥远，愈传得远就愈分散，我们所能接收到的电能也就愈弱。但是接收下来的无线电

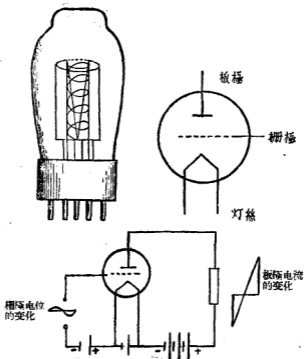


圖 5 三極管。

电波經過放大以后，我們便可以得到足够大的电能，重新把它变成声音，听起来就很响。三極管还有许多别的功用，譬如控制，我們在柵極加上很低的电能，便可以通过板極电流的变化来控制需要大能量的动作。除了兩極管和三極管，还有五極管和其他很多种类的电子管。在最近七、八年以来还出现了半导体管，它不用灯絲，还省电，体积又小，在很多工作上可以代替电子管。

### 三、电子綫路

讓我們再把收音机的底板翻过来看一看，底下有很多电綫和別的东西（电阻、电容器和其他無綫电零件），总起来我們叫它做綫路，或是电子綫路。有了配合电子管的綫路，电子管才能起作用。

上面我們利用無綫电收音机簡單地介紹了無綫电波、电子管和电子綫路。無綫电波的頻率范围很大，不同頻率的無綫电波有各种不同的特性，研究各种無綫电波的性质、作用和用途的学科，叫做無綫电学。电子管的种类也非常多，研究电子管内电子运动和电子管制造的学科叫电子学。有时我們也把研究电子管帶上利用它的綫路合在一起叫做电子学。現在开始有人把这两种学科总起来說，叫做無綫电电子学。無綫电电子学的用处非常大，而且發展得愈来愈快，今天我們來說說它的一些重要用途和新的成就。

## 無綫电广播和通訊

### 一、無綫电波是怎样帶起声波走的？

下面我們講一講怎样利用無綫电波来傳遞說話的声音。声音也是一种波，叫做声波。我們發出声音，使空气的分子發生振动，每秒鐘振动的次数也叫做頻率。我們說話的声音，頻率范围从几十到几千赫，这頻率虽然比常用的交流电高，但仍然比高頻率無綫电波的頻率低得多。声波可以經過話筒（麦克風）变成頻率和它一样的电波，在我們常見的扩音机里就是这样做的。这个电波可以由电子管放大很多倍，然后再通过喇叭把它变成声音，喇叭發出的声音就可以比原来的大很多，使几百人

甚至几千人都能听得到。在喇叭把电波再变成声音之前，电波虽然已经放大了，但它的频率仍然是声音的频率，仍然是低频率，仍然不能通过天线发射出去。必须要用电线从扩音机拉到喇叭那里，这根电线一断，喇叭就没有声音了。因此虽然把声音变成了电波，它还是传不远；就好像是一个会说话的跛子。前面已经说过，高频率无线电波却可以在空中走得远，而且走得快，但是它却好像是哑吧，不会说话。如果能讓高频率无线电波带上声频电波走，就像会跑路的哑吧背上了能说话的跛子，就能又跑得快，又会说话。

把声频电波加到高频率电波上去的办法叫做调制。在广播电台中都有产生高频率电波的设备，叫做高频率振荡器和高频率放大器。如果不經调制便把这种电波从天线发射出去，我們即使收到了，也听不見说话的声音。在电台里还有另一部分设备，就是把声波变成电波并把它放大的设备，从这设备出来的大声频电波便用来调制高频率电波。最简单同时也是最通用的调制方法是讓高频率电波的大小随着声频来变化，这样高频率电波中便带有声频的成分（圖6）。我們必須認清，調制以



圖 6 調制。

后，高频率还是高频率，否則它便不能通过天线傳送出去；但是它的某种因数（現在是它的大小）必須随着声频变化，否則便不能把声音帶出去。



收音机的天綫所收到的便是大小随着声頻变化的無綫电波。在收音机里除了放大以外，还必須要有从这放大的电波中重新取出声頻电波的设备，那就是檢波器。矿石收音机的矿石，就是起檢波的作用，但是它沒有放大的作用，因此用耳机子把它变成声音以后，响声仍然不大。如果收音机中再用电子管放大，通过喇叭，变成的声音就可以很大（圖7）。

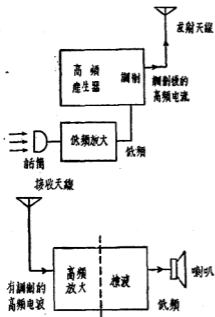


圖7 發送机与收音机。

通訊和广播都是無綫电最老的用途。語音通訊和广播的原理是一样的，但是因为应用的目的不同，在设备和技术上也就各有各的特点。

## 二、無綫电广播和通訊的用途

在国际宣傳上，广播是最主要的工具之一。我們可以通过無綫电波，超越沙漠和重洋，和社会主义陣营中的各个国家交流文化，也可以对资本主义国家和东南亚各国的人民發出社会主义的声音。它傳送得最快，也最方便。在国内，广播也是提高人民文化、帮助进行社会主义教育的好工具。現在我国正在扩大广播系統，建設強力的电台（电

台所發出的無線電波的功率愈強，傳播的距離也愈遠），並且要提高廣播的質量。

無線電通訊能做到許多有線電話所不能做到的事。不用電纜，它便可以與幾千公里以外的地方通消息。陸地和空中、空中和空中、陸地和海上、海上和海上、海上和空中間，除了用無線電，便不可能互相通訊。無線電通訊設備，一般可以做得很輕便，帶到任何地方都可以很快地架設起來，和別的地方通訊，這些特點也同時說明了無線電通訊在國防上的重要性。將來我國的集體農莊會有很多，在大的集體農莊里，拖拉機出去耕地後，也要用無線電來通消息和指揮。

### 通訊技術的新發展——多路通訊

用無線電通訊，就像打電話一樣（所不同的是電話機之間有電纜相連，而無線電發送機和接收機之間沒有電纜相連），只能一個人對一個人說話。如果有兩個人同時對着話筒說話，就會互相干擾，聽不分明。如果在兩地有十對人要同時通話，用無線電就要有十對發送機和接收機，用有線電就要有十條纜路。這樣自然是非常不經濟的。電訊學家很久以來就想很多辦法，使同一對收發訊機或是同一條纜路可以供很多人通話，這就發展了多路通訊的技術。我們在報紙上已經讀到過，蘇聯的多路通訊已經做到3,000路，那便是同時可以有3,000人的說話，由一個無線電發送機發送出去，在目的地由一個接收機收下來分配給3,000位通訊的對象同時收聽。利用微波波導管傳送的萬路以上的多路通訊也在研究之中。現在實際應用的已有960路和1,280路。使用無線電多路通訊，就大大地節省了發

送机和接收机的数量。

### 一、多路通訊的方法

現在我們看一看多路通訊的最簡單的办法。我們說話时所發出的声波頻率中，只要取出低于3,000赫这一段，便能完全被听懂。如果有甲乙二人同时說話，甲說的和乙說的頻率範圍是差不多的，当然就会混在一起。当甲的說話声音变成了电波以后，如果一律加上一个3,000赫的电波，那么原来的250赫便变成3,250赫，原来的1,000赫变成4,000赫，而原来的3,000赫便变成6,000赫，也就是說，現在的从3,000到6,000赫之间的电波代替了原来甲的3,000赫以下的声頻电波。在乙的說話声音变成电波之后，頻率範圍还是在3,000赫以下。現在再把属于甲的（从3,000到6,000赫）和属于乙的（3,000赫以下）声頻电波加在一起，便不会互相混杂而总起来成为从0到6,000赫的整个頻帶（圖8）。我們再用这个总起来的声頻电波加到高頻率电波上調制高頻率电波，發送出去。在收音机里收到以后，同样地通过檢波，重新取出声頻（0—6,000赫，包括甲的和乙的），再想办法把它們分拆开来，便可以同时送給兩個人去收听了。再多几个人講話也可以用同样的办法加上，不会互相干扰。除了这种办法以外，还有其他多种办法，可以做到同时供几十、几百或更多的人通話。不用無綫电而用電話綫或是電纜把多路总加起来的电波通到目的地，再分拆开来，也可以达到很多人同时通話的目的。

### 二、多路通訊的用途

將來，我国的大城市之間就可以用微波多路通訊机或用电纜联接起来，并且和市内電話联合成为一个系統，这样一來就

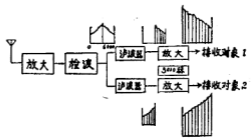
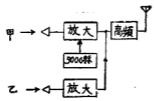
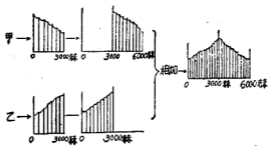


圖 8 多路通訊。

可以使通話的效率提高許多倍，通話的速度也可以大大提高。在國防方面，無線電多路通訊也是很重。譬如說在作戰的時候，一個司令部要同時和很多個單位聯絡，聽他們的彙報，而且要迅速地發出命令，一個電台無論怎樣沒有辦法完成這任務，如果帶很多個電台，那麼就不但要增加行軍的困難，而且必須增加許多使用機器和維護機器的非戰鬥人員。有了無線電多路通訊機，一架電台就行了，不但攜帶方便，還可以加快通訊的速度，增加指揮的靈活性而且還節省人力。

早在第一次世界大戰以後，無線電電子學的应用，便已經遠遠超出了通訊和廣播以外，通訊和廣播只不過是它主要用途中的兩種。下面我們介紹一些無線電電子學的新用途。

## 電 視

上面所說的是怎樣把聲音用無線電傳到遠地方，電視是把形象用無線電傳到遠地方。譬如我們要把現在站在这里講演的情況立刻傳給相隔很遠的一個地方的聽眾，不單是讓他們聽見聲音而且也要讓他們看見形象，那就得用電視。

### 一、電視是怎樣傳送形象的？

我們能夠看見事物是由于光綫刺激眼睛的緣故，人用眼睛來看比較遠的物體就要分不清它的形狀，距離遠了光綫也很容易被阻隔。要把形象傳得很遠，就得靠電，那就必須先把光變成電。光一變成了電，我們便可以用电的方法來處理，放大、發射、接收都有辦法了。

把光變成電的辦法是用光電管或是光電池（圖9）。大家看見過照相用的光度計，它就是用光電池做成的。我們如果站

在一个光电管的前面，脸上和身上的反光便会使它生出电流。电视机是不是就这样把形象变成电流呢？不，事情并不这样简单。如果真是这样做，对方一定什么也看不清楚，因为所有脸上和身上各处的光都照在这个光电管上面，所得出来的电流是各处的光混在一起的总结果，哪里还分得清眼睛和鼻子呢？所以在电

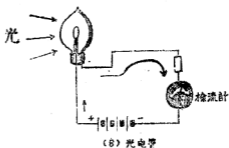
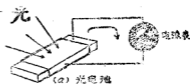


圖 9 光电管和光電池。



圖 10 把人像分成許多小点，逐点送出。

視机里我們不是一下將形象籠統地傳送出去，而是將它分成許多很小的部分，把每一个小部分的亮度按先后次序經過光电轉換变成明暗和它相当的电流，放大以后調制高頻率發射机傳送出去。在圖 10 里，先送 1，次送 2，再送 3……，第一条綫送完以后再送第二条綫的 19、20、21……，整个圖形送完一遍以后，再回到 1 起送第二遍……。

接收方面，收到帶着電視訊号的無線電波以後，經過放大和檢波，將電再變成光，必須仍然按原来的次序把各个光点放在和原来相当的位置上，这样才能得出相似的圖形。

圖 11 是電視發送方面的析像管。人物形象通过攝影镜头 (A) 照在析像管中的光电幕 (B) 上，这个光电幕上塗有光敏物質，隔着一層絕緣物質的背后有一塊金屬板，就好像是几百几千个小光电管。幕上有了人像以後，每一个小光电管就按照它所受到的光的亮度發射出多少不同的电子，这样就使它自己处在和亮度成正比的正电位上。析像管的另一部分 (C) 是一个电子槍，它能射出一支很細小的电子流，在管外可以用特殊的电子繞路使电子流在 B 上按上一节說过的次序扫描。只有当电子流

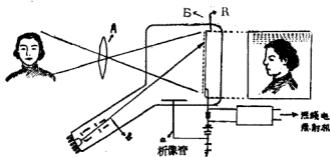


圖 11 電視發送管 (析像管)。

扫到某一点，那一点的小“光电管”才得到电子来补充它曾放出的电子，取消了由光照在上面而产生的正电位。就在电子流扫着的一刹那，这一处的小光电管便輸出一小电流，通过速在 (B) 背后金屬板上的一个电阻 (圖上的 R)，而这个电流的强弱是和照在这一处上的光的强度成比例的。电子流按照上节

所說过的次序扫描，便等于把人像圖形分割成無數个小点，陸續变成电流通过电阻。电流通过电阻所得到的电压也自然和每一小点的光的强度成比例，放大起来便可以用来調制高頻率电波。在这里我們可以看到，有了跑得快的高頻率無線电波，它不但帶起声音跑，而且能帶起形象跑，只要我們能把声音或是形象变成电流，再用調制的方法便可以做到。其他各种各样的訊号，只要能变成电，也都可以由高頻率無線电波帶出去，傳到目的地。

在接收方面收到帶着电视訊号的高頻率無線电波以后，同样地經過放大和檢波，从高頻率电波里重新取出电视訊号。我們必須把这个电訊号变回到强弱不同的光点，并且必須把这些光点仍然按照原来發射的次序放在和原来相当的位置上，这是由电视接收管（或称陰極射綫示波管）来达到目的的（圖 12 的 B）。这个管子前面的玻璃背后塗有螢光物質，称为螢光屏，当它被电子打击时便会發出光来，打上的电子多，發出的光就比較亮；打上的电子少，發出的光就比較弱。这个管子的后面也是一个电子槍，射出电子流。电子流的强弱都由一个柵極

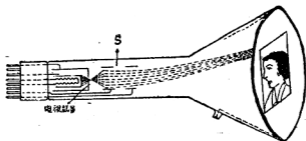


圖 12 电视接收管（陰極射綫示波管）。



(B)上的电位高低来控制。我们把檢波后的电视訊号加在这个栅極上，栅極的电位便按照电视訊号的强弱来变化，这样就控制了电子流，使它的强弱跟着电视訊号的强弱而变化，也就使得螢光幕上光点的亮度跟着电视訊号的强弱来变化。

自然，單是这样还不够。我們还必須使电子流在螢光屏上扫划，扫的前后次序要和电视析像管扫划的次序一模一样，扫完了一行又一行，扫完了一幅又一幅，这样才能把一点一点都对位置，得出整个人像圖形。这也是用电子綫路来达到目的。

电视的道理說来虽然話長，但是在电视机里电子流的扫划却是非常快的，一秒鐘要把整个圖形扫划几十遍，这样就和电影一样，在我們眼睛看来变成了完全連續的圖形。就是有很快的动作，譬如踢足球，都不会看漏掉一点行动。

## 二、彩色电视

上面說的只是黑白电视的道理。黑白电视早在第二次世界大战以前已經实现了。第二次世界大战以后电视得到了更大的發展。現在苏联和美国都在以很大的努力来研究彩色电视而且已經开始了实验性的广播。从黑白到彩色，技术上的困难是有很多的，但这些困难正在很快地被克服。

## 三、电视的用途

电视广播对文化、教育和娱乐等各方面所起的作用將比語音广播大得多。在苏联的帮助下，我国在最近几年之内也將要建立电视台。通过电视广播，我們將可以从电视接收机里听到和看到劳动英雄的報告、运动場中比賽的实况、精采的文艺表演以及天安門五一节和国庆节的大遊行。当然，电视接收机的

構造比較複雜，價格比較昂貴，一時還不容易普及，但是在公共場所是完全有條件可以安裝的。利用特殊的接收管和光學設備還可以把形象放映到幕上，正像放電影一樣，可以給很多人看。

在科學技術工作上電視也可以起很大的作用。譬如一個好大夫給外科病人動手術，便可以通過電視從手術室將當時的實況傳送到另一個房間，讓很多學員學習；又譬如在海底裝上了電視發送機，便可以把海底動物活動的情況傳送到海面上供人觀察，可以免除潛水員深入海底的艱苦勞動。在原子能工業中，由於放射性物質對人體的影響，往往會有一些部門是不能讓人接近的，在那里安裝上電視機便可以把內部的工作情況傳給在外面的管理人員看。在國防上電視也有可能被利用來作為重要的工具，譬如在戰鬥進行中要了解敵後的情況，用望遠鏡看不見，偵察員又難以越過火綫，如果在飛機上裝上電視發送機，便可以飛越火綫把實況傳送回來。除了這裡舉出來的幾個例子以外，電視還會有許多用途。由此我們也可以看到，無線電電子學除應用於一般的通訊、廣播以外，還有多么大的用途。

### 無線電測位和導航

前面我們說到過無線電波有能夠在空中傳播得很遠的特性，現在我們再講一講它的另一個特性，那就是它可以被物體所反射。特別是波長很短的超短波或微波，它的性質很接近光波（光波也是電磁波的一種，不過波長還要短得多），光波遇到光滑的面會被反射是大家都知道的，超短波和微波遇到物體，也會被反射。它們遇到金屬物體（譬如飛機）的時候反射

最强。这个作用在波波夫發明無線電的時候已經覺察到，而且指出過有利用它來測位的可能性。近代的無線電測位術中最主要的一點就是利用無線電波反射這一特性。這種測位僅有時也被叫做雷達。

雷達是怎樣探測目的物的位置呢？利用無線電波反射的測位原理，可以拿回聲來說明。（圖 13①）在山谷里面對着山峰或

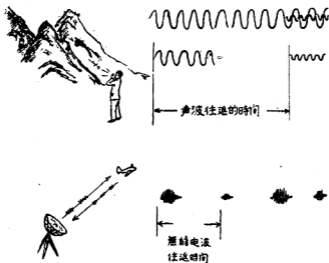


圖 13① 回聲。

是在空曠的地方面對一堵高牆，我們短促地叫喊一聲，看隔多少時間才聽見回聲，就能大概計算出山峰或是高牆離開我們的遠近。我們做這個試驗的時候，可得記住不能把喊聲拖得太長，否則聲音沒有喊完，回聲已經到來，兩個聲音混在一起，就分不清楚了，也就得不出它們相隔的時間。用無線電波來探

測空中目的物的位置，也正利用这个道理，反射波就像是無線電回聲。雷達機發送無線電波，也是一發一停，發的時間比停歇的時間要短促得多，使每一次發出的電波遇到了目的物回到雷達機的時候正好在間歇的時間里（圖 13②）。這種形式的電波，我們把它叫做脈沖電波。



圖 13② 脈沖電波(雷達波)。

我們發出了脈沖電波，也得到了反射波，怎樣才能知道它們之間相隔的時間呢？無線電波走得非常快，相隔 100 公里

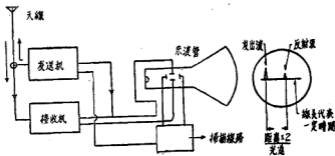


圖 14 雷達示波器中所顯示的發送和反射的脈沖波。

的地方，來回的時間還不到萬分之七秒，對付這樣短的時間，自然不能用耳朵去聽。在雷達里是用和電視里所用的接收管差不多的示波管去看的。雷達的接收部分，一方面有非常靈敏的接收機，可以把收到的微弱的“回聲”放大到很高的倍數，一方面用特殊的電子線路，使發出的脈沖波和放大以後的“回聲”都在示波管上表示出來，就好像圖 14 里所表示的形狀。在示波管

的螢光屏上我們可以很清楚看出脈沖波和放大以後的“回聲”的距離，目的物離得近一些，這兩個脈沖波也離得近一些；目的物離得遠一些，這兩個脈沖波也隔得遠一些。屏上的長度還可以事先畫好標尺，代表實際的遠近，得到了“回聲”一看便知道目的物離得多遠。

用上面的方法，只能知道目的物的距離，要定出它的位置，單知道距離是不夠的，還必須知道它從那個方向來的。雷達的定向作用是依靠它的特殊的天綫來得到的。我們使用收音機的時候，所安裝的天綫只是一根銅綫，四面八方傳送過來的無線電波都可以通過天綫收到，因此是不能辨別出無線電波傳來的方向。雷達機上的定向天綫能夠使超短波或微波限制在一個很狹窄的角度內發出去，同時也在這個角度內接收反射波。這種定向天綫還可以四面轉動，轉到了一定的方向，發現了目的物，看到了反射波，方向和距離就都確定了。從定向天綫所發出電波的角度愈小，也就是它的方向性愈強，所測得目的物的方向也愈準確。

### 一、雷達的用途

第二次世界大戰中，雷達成為預告敵人飛機來襲的有力的防禦武器，利用了它便可以及早發現敵機的來踪去跡，派自己的飛機到那里去攔擊。近代的快速武器，火箭或導彈，也可以用雷達來測位。雷達是利用世界上速度最快的無線電波做成的，沒有比它更快的辦法了。雷達所測得的訊號還可以直接用來控制高射砲和其他武器去攻打敵機或導彈，可以使攻擊的準確度和速度都大大提高。

另外還有一種平面指示的雷達，隨着天綫的轉動，它把從

目的物反射回来的脉冲波变成示波管萤光屏上的亮点，按照目的物的方向和距离显示出来。这样就可以看到雷达机四周的目标，等于画出一个全面的地圖。我們可以从插頁圖 15 ①②中看到几幅这样的雷达圖形。把这种雷达安装在輪船上，即使在大霧里也可以了解四周的情况，在停着許多船只的港口里行駛也不会和它們相撞。要是把它裝在飞机場上，那么管理人員便可以在霧中了解飞机进出的情况，用来指揮它們的降落和升起。

現在的雷达大多是使用几个分米和几个厘米波長的無線电波，如果把波長再行縮短，那就和光波的性質更相近似，就可以做到看清楚目的物的形狀。現在人們正在試驗应用毫米波，我們可以預計，高鑑別率的雷达不久將會創造出来。

## 二、無線电导航

在雷达發展以前，人們早已在航空和航海中利用無線电定向术。在航行中，用無線电定向仅定出目的地电台的方向，可以补充罗盤的不足，增加航行的安全。在雷达使用后不久，人們便知道应用脉冲波还可以替飞机和輪船在空中和海上指出十分正确的位置，因此無線电便进一步成为航空和航海的指导工具。無線电导航技术在第二次世界大战以后得到了更大的發展，各国有多多种多样的方法和系統，利用这些方法和系統，可以做到使飞机和船只在天气恶劣的时候也能照常安全地航行，准确地到达目的地。

我們可以看到無線电测位和导航对于国防和民用都有何等的重要性，特别是对于国防，要是沒有無線电测位便不可能防御快速武器的襲击，要是沒有無線电导航便不可能在天气不好的时候很好地使用空军。从这里我們也可以看到無線电和电子



圖 15 平面指示雷達圖形。①

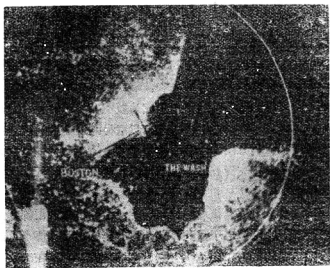


圖 16 平面指示雷達圖形。②

学在我国社会主义建設事業中是多么迫切而重要的一个学科！

## 無線电电子学技术对其他科学技术的 發展所起的作用

上面已經看到無線电电子学技术的一些新發展和新应用，但是它的应用还远远不止这些，它还和許許多多的科学和技术部門發生了密切的联系。在無線电电子学中采用了許多其他科学技术的成果，而它也給它們許多帮助。下面我們举出一些主要的例子：

(1) 远距离控制和工業生产自动化：电波在空中的傳播，电子在真空和导体中的行动都是非常迅速的，电压和电流又可以被电子管放大到几十万倍甚至几百万倍，所以应用無線电电子学技术真正可以做到非常迅速而灵敏的测量和控制。前面已經提到过用雷达可以控制炮火来攻击敌机和導彈。另一方面，無人飞机和導彈也可以用無線电电子学方法来控制它們的航程。在攻击空中目标的導彈的地面控制系统里，还可以附裝电子计算机来把雷达所测得的各种数据加以計算，随时得出修正飞行綫路的指令，送給導彈，使它能准确命中目标。在和平用途中，洲际火箭和星际火箭都將有很大發展，它們在飞行中可以利用天文現象来定位，但是定出位置以后修正和控制航綫还得用电子学的方法。在工業生产的自动化方面，电子控制也將大大地發展。利用無線电电子学的放大和穩定的技术（当然，必須和电工、机械等技术結合起来）往往可以用極小的能量，自如而准确地控制極大的能量。應該指出，正好像通訊中把語音变成电和电视中把光变成电一样，几乎所有生产上所能遇到的物理



量如压力、振动、光、热、化学变数（如酸度或碱度）、湿度等也都可以轉換成电的量。一变成了电的量，便可以用电子学的方法去做到自动檢驗和控制产品的質量。我們都知道，世界上各种工業都在很快地朝着自动化的方向走，在自动化的事業中無綫电电子学技术將占十分重要的地位。

（2）原子能的和平利用：原子能的和平利用和原子核物理学研究几乎完全和無綫电电子学技术不可分离。首先，量测原子射綫必須应用無綫电电子学技术。在世界上技术先进的国家里放射性同位素已被非常广泛地应用着，我国在不久的将来也將在科学研究和各項技术上大量使用放射性同位素，每一个使用同位素的地方都必須要有全套的电子学测量仪器和防护设备。产生放射性同位素和發电站用的原子堆也必須用远距离电子量测和控制设备，在工作人員不能进入的地方，便可以用电视来观察。原子核物理研究中十分重要的工具——粒子加速器也要用高頻率电波和微波来作为加速的能源。苏联在制造中的100亿电子伏特的同步稳相加速器中所用的高頻电源，非特有很大的功率，而且要求它的頻率能够准确地随着磁場的变化而变化7.5倍。美国制成的600百万电子伏特的直綫电子加速器中所用的微波电源的瞬时功率达30万千瓦以上。較小型的电子加速器，在將來还会比較广泛地应用到工業和医学上去。

（3）無綫电天文学：由于微波接收和定向天綫的發展，無綫电电子学又和天文学联系起来，使天文学获得了一个有無限發展前途的方向——無綫电天文学。我們都知道，太陽能够發出大量的光和热，光波和热波都有較短的波長，太陽还發出波長較長的無綫电波。这种無綫电波是太陽上的物質在“燃燒”的

过程中所發出来的。太陽并不是發出某一个固定的波長，而是杂乱地發射出一整片不同波長的無綫电波。用極其灵敏的接收机，配上高定向性天綫，指向太陽，人們發現接收机里的噪声要比天綫指向其他方向的天空时大得多。利用特殊的噪声测量方法，还可以測量出太陽無綫电波的強度，借此計算出太陽表面的溫度。除开太陽，天空中还有許多星体也發出無綫电波。它們离开我們比离开太陽更加遙远，要接收它們的無綫电波就得用更好的定向天綫，那就發展为現在的無綫电望远镜（圖 16）。一般說来，要天綫的定向性愈高，它的体积也就愈大。現在許多国家的天文学家，已經用無綫电望远镜深入到遙远的天空来探測宇宙的秘密。無綫电望远镜和光学望远镜相比較，它的好处是無論白天黑夜或是下雨等坏天气都可以“看見”天象，而且它所使用来观察的無綫电波波長范围比光波的波長范围要大得多。天文学家已經發現了許多个只發射無綫电波的星体称为射电源，在这些射电源中，还有些是不發射光波的，是光学望远镜所看不到的，这些發現对人类了解宇宙的起源有很大的帮助。由此可見無綫电天文学是多么重要的一个方向，它可以补充几千年来只憑光学方法来观察天空的不足。我国在不久的将来也将由苏联的帮助而裝設設備完善的天文台，除了安裝光学望远镜外，也要安裝無綫电望远镜。相信我国的天文学家也会利用它們得到光輝的成就。

（4）計算技术：电子計算机是近代科学中的又一巨大成就，这一方面在報紙和杂志上已經介紹得很多，这里不再詳細敘述。我們仅仅指出这又是一个無綫电电子学技术和其他科学結合的一个显著的例子。电子計算机是电子学和数学的結合，

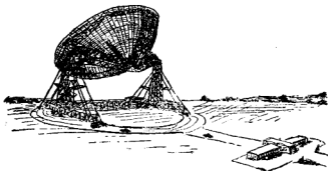


圖 16 無線電望遠鏡。

一部万能电子计算机能够代替成千上万人的劳动。计算技术的发展将在祖国的工业建设中起极大的作用。

上面所举出的只是几个比较新而突出的例子，其实无线电电子学几乎可以和每一种科学技术相结合。在生物学和金相学研究中电子显微镜帮助我们看见普通光学显微镜所看不到的东西；在大地测量中可以应用无线电大地测量仪使测量的效率大为增加；在医学方面可以用电子学的方法来测量心脏电波和脑电波；在语言学中也可以用电子学的办法来分析语言。近年来半导体电子管已经大量地应用在无线电电子学中，这些小巧的器件使无线电电子学的应用范围进一步扩大。无线电电子学技术的用处真是数不胜数，无孔不入！特别可贵的是，掌握它，推广它，将可使祖国科学技术的发展速度大大地提高，将可使我们加速步伐，在 12 年内赶上世界水平！

我們應該來支持無線電電子學的發展

我們已經看到，現代無線電電子學技術好比是使我們裝備

上古人所想像的順風耳和千里眼，它可以使我們的双手更加敏捷而有效，它可以替我們節約腦力劳动，它可以幫助我們克服惡劣的气候条件而保證航空和航海的安全，它还可以讓我們能在很远距离以外來防禦敌人的侵略。这一門科学將对祖國的工業建設、国防事業、文化事業起多么巨大的作用！我們必須作出努力使它能够在我國迅速地發展起來。

因为这一門科学是非常重要的，所以各國都予以極大的注意。蘇聯在第五個五年計劃中，將無綫电电子學的工業發展了四倍，在第六個五年計劃中还指出要“尽量發展無綫电工業和儀器工業”。美國的無綫电电子學工業中工程師以上的便有六萬多人，用于这方面的研究費用占到整个工業研究費用的20%以上（1953—54年統計）。據統計在美國，平均每千人中有五人以上在作無綫电电子學工作，在英國則每千人中有四人。由這些數字我們可以看到他們在这方面的規模也是很大的。

我們可以預計，我國無綫电电子學的發展也必然是波瀾壯闊、万丈光芒。要使它大大地發展就必須要有群眾的基礎和各方面的大力支持。現在我們的政府已經注意發展無綫电电子學的科学研究和有關的工業技術，我們的學校也將要擴大培養这方面干部的計劃，希望有更多的青年加入到這個隊伍里來。

另一方面，無綫电电子學也是一種很好的業餘活動，青少年們可以在閑暇的時間來制作無綫电收音機、擴音機、無綫电控制的模型飛機，將來在我國的電視台裝好以後還可以來做電視接收機。這些活動不但將使我國的無綫电电子學真正建築在廣泛的群眾基礎上，並且可以訓練我們年青一代的手和腦，即使在日後走上其他的科學崗位都會有很大的幫助。所以我們建議應

該逐步扩大無綫电業余活动，并且給青年們以器材和技术上的帮助。

我們相信这一門科学就將在祖國的园地上开花和結果，我們要很好地学习苏联和吸收其他国家的成就并作出自己的創造和發明，爭取在 12 年內达到世界的先进水平！

## 迅速發展中的医学

吳阶平

医学是一門应用科学，对于社会主义建設有重大的作用。“1956年到1967年全国农业發展綱要（草案）”中提出要在一切可能的地方基本上消灭危害人民最严重的疾病；同时党中央也提出要在第三个五年計劃期末使我国最急需的科学部門接近世界先进水平，無疑地医学是我国最急需的科学部門之一。这就指出了医药衛生工作的目标，显然在党的领导下这个目标是可以达到的。这里准备簡略地介紹一下现代医学的成就和目前我国医学科学研究中的主要問題。

医学和其他科学有非常密切的关系，許多科学上的成就都会应用到医学上来。现代科学正在突飞猛进，原子能的利用对于科学的發展开辟了广闊的前途，这些都已經在日新月異迅速發展的医学科学中反映出来。自从巴甫洛夫学說在医学中作为中心指导思想以后，我們对于疾病的發生和治疗都有了更全面的認識，对于今后的医学科学發展也有了更明确的方向。加上应用各种科学上的新成就，許多过去不能解决的問題現在可以解决了，許多过去非常复杂的問題現在变得簡單了。

在医学研究方面，現在可以用电子学仪器研究以前所不能見的病毒和細胞的最微細的結構；可以用示踪原子准确地研究身体里的各种代謝过程和器官的功能。这样对于身体里的正常机能和病理过程都有了更深入的了解。例如应用磷同位素檢查

磷的代謝过程证明了大腦皮層在兴奋和抑制时有很大差别，这样就使得偉大的巴甫洛夫学說有了生物化学方面的证明。新的仪器已能记录在机体内进行得非常快的各种过程，而半导体比电子管更灵敏，更扩大了这种可能性。

在临床检查方面，現在的方法已經比过去的簡單和方便。例如不需要从身体任何部分取得血液就可以測定血紅素的量，利用示踪原子可以很方便地測出血流速度，身体里的血液量等。这些检查方法既不使病人遭受痛苦，对于疾病的了解又有極大帮助。譬如血流速度的測定，对于心臟疾病的严重程度的判断是很有意义的，利用示踪原子可以測出身体任何部分的血流速度。

X 綫造影对于诊断是極重要的，但是 X 綫机是笨重和不方便的，現在应用放射性物質作为射綫的来源，其类似 X 綫机性能的检查机重量不过 50 磅，也無需电源电綫，同时再用感光紙更不需要冲晒的手續就可以得到照片。这种輕便的机器可以携帶到农村工厂或任何發生事故的地点，及时作出正确的诊断，大大提高治愈率。

腦腫瘤是很危險的病，确定腫瘤的部位，在腦子的那一部分是很重要的，除去临床检查，我們已經有气腦造影腦室等方法，現在又可以利用示踪原子来诊断。

在疾病的治疗方面現在已經有了很多新的有效藥物和方法。以外科治疗來說，身体任何部分几乎都可进行手术治疗，而且最复杂手术的危險性也在很快地降低。例如低温麻醉法使得身体的新陳代謝降低，对外界刺激的反应減少，可以防止手术时發生休克，使得心臟手术可以順利进行。在普通情况心臟

的血流停止几分鐘，就会造成不可挽救的損害，而在低温情況下，心臟血流停止二三分鐘，病人仍可安全地恢复，这就有了足够的時間来进行心臟內的手术。

放射治疗对于腫瘤治疗是有一定效力的，以前只能用 X 綫和鐳来进行放射，現在又可用放射性同位素进行治疗。放射性同位素不仅可以外用，并且可以內服或注射，对于某些腫瘤有选择性的作用，因此效果很好。

輸血是大家所熟悉的治疗方法，很多医院有血庫，儲存一定量的血液供病人应用；科学进步証明，不仅血液，其他人的骨、血管、角膜也可移植到病人身上，因此有的医院里也有骨庫、血管庫、角膜庫。

抗生素、血清、疫苗等在防止和治疗疾病上有很好的效果。現在应用米丘林定向变異的原理可以使細菌向一定方向变異，提高抗生素血清疫苗的預防和治疗作用和其产量。

虽然像上面所說医学有了飞快的發展，但是还有許多問題沒有解决，严重地影响着人的健康和寿命。許多病的發生原因还不清楚，还缺少特效的治疗。腫瘤、心臟血管病等使許多人失去了宝贵的生命。說明医学科学中急待研究的問題还是很多的。

目前我国在医学方面的研究主要有以下几方面。第一，我們必須研究医学科学中的一般重要問題，也就是世界各国都未解決的問題，如对人体复杂机能的探討，研究腫瘤和其他現在还不十分了解的各种疾病，寻找治疗各种疾病更有效的新抗生素、葯物和方法。第二，我們必須研究科学發展所引起的新問題，例如广泛利用原子能就必须研究放射綫对人所能造成的損



害和預防方法，各種新興工業的生產過程和生產中所應用或產生的化學物質，對人體可以造成什麼損害，高空高速對人體有什麼影響等。第三，必須根據祖國在醫藥衛生方面的特點開展研究工作，一是發展我們歷史悠久、內容豐富的祖國醫學，二是消滅半封建半殖民地社會給我們遺留下來許多落后的狀況如有些寄生蟲病、傳染病還流行很廣，三是解決我國的資源開發、工業發展中的許多新的醫學問題。以下簡單談一下這些問題：

中醫中藥幾千年來已經積累了很豐富的經驗，有一定的理論體系，對許多疾病中醫治療有着很好的效果，其中有的是西醫尚無治療方法的病，有的是西醫方法治療不如用中醫方法治療好或快。這些都必須作進一步的科學研究，確定它的療效和治愈機制。針灸的治療作用是大家所熟知的，方法簡單經濟，治療範圍大，效果好。現在已有二十多個國家採用這種療法，有些國家並在進行研究。在正確的醫學思想指導下，根據我們的大量臨床經驗，這一方法的研究無疑是會有極大收獲的。中藥在本草綱目中有1,800多種，除植物藥還有動物藥、礦物藥。中藥的研究包括單味藥、復方、方劑學等的研究。在中藥復方中有些藥是含有毒性的，但是在復方中，毒性被解除發生治療效果。這些問題都極有研究價值。從經濟觀點講也有一些問題需要研究。例如牛黃（牛膽石）是否一定要用犀牛角？能不能用水牛角？差別是什麼？虎骨酒是否一定用虎骨？有無代替方法？龍骨（即是化石）每年消耗量很大，甚至影響了考古工作，能否用別的東西代替？中醫對於營養、理療、體育治療都有很多方法和經驗。這些都是寶貴的遺產，通過研究整理，不但能對於保障人民健康有很大作用，同時也將豐富世界

医学。

有些寄生虫病、傳染病虽然在治疗和預防上已經有了相当好的办法，但是由于它們流行的地区广，病人多，受威胁的人更多，一些普通的檢查方法就不見得适用。例如血吸虫病可以用糞便檢查虫卵作診斷，但是对受威胁近一亿人作糞便檢查显然是有一定困难的，如果能改进檢查方法，对实际工作將有很大意义。消灭糞便中虫卵是預防血吸虫病的有效方法，但是能够在广大地区应用簡單有效，而又能保留肥料作用的糞便处理方法，还有待于进一步的研究。

劳动衛生和职业病的研究在我国有極重要的意义。这对保障工人健康和社会主义工業化有着直接的关系。不但目前已有許多問題急需研究，而且随着新兴工業的發展也將有新問題出現。研究劳动条件对人体的影响和制定工業設施的衛生标准，应用条件反射的方法可以获得更精确的結果。車間的温度、光綫、湿度，或有害粉塵的允許濃度究竟应是什么数值，以前除靠主观感觉外，主要是根据在一定环境內人或动物所發生形态上变化而定的。現在采用条件反射的研究方法，可以在形态發生改变之前根据神經系統机能狀況測定。例如白鼠熟悉迷宫后能在很曲折的迷宫里直奔食物所在的位置，如果因周圍环境改变而影响了白鼠的这种能力，則白鼠即使形态上并無病理改变，也表明已經受到不良的影响了。

\*

\*

\*

从上面所提到的一些問題我們可以清楚地看到在医药衛生方面必須大力开展研究工作才能适应祖国社会主义建設的需要并接近世界先进水平。

## 我国的动力問題

錢偉長

什么叫动力？通俗地講，动力就是工作能力的来源。我們通常提到的动力像电力，它只是动力的一种，并且只占全国动力的很小的一部分。交通用的汽車、火車，拖动机器的原动机、拖动水泵的柴油机等，这些动力占常用动力的四分之三。此外用来取暖、燒飯的占剩下的四分之一的一半，所以發電所占的不到八分之一。

动力怎样来的呢？那就需要談一談动力資源問題。談一談我們国家有什么动力資源，那些用了，那些沒有用。

动力資源有那几类？动力資源一般分兩类。一类是靠燒掉燃料得到的动力，如燒煤、汽油、天然气等来給人做工。在这一类里，近年来又加上了原子能發電，这也需要用掉一些能分裂的物質。另一种是不用燃料而获得的动力，如水力發電，是利用水自高处流下时的运动能，靠水輪机把它变成电能。另外，还有一些已用或未用的天然能，如風能、太陽能、潮汐能等。下面分別介紹这几种天然能的特点。

風能。人們很早就知道利用風能了。帆船靠它行走，風車靠它轉动。我們也可利用它来發電。風能的利用在欧洲比較普遍，如荷蘭到处都有風車。世界各国都在研究怎样更好地利用風能。但是要利用風能有个問題，風有时大、有时小，有时有、有时無。因此我們利用風能就要解决如何在風大时将“能”

儲蓄起來的問題，以供經常的利用。如叫它打水，水流下沖動水輪機發電，然後把電儲蓄起來，這是儲蓄能量的一種辦法。我們還在研究如何通過化學作用將能儲蓄起來，在沒有風不發電時，又把能放出來。利用風能的另一個問題，是風車轉動時磨損消耗很大，當風不大時會把全部動力都消耗在內部，因此要帶動機器穩定地轉動，就需要減小風車的轉軸的摩擦力，愈小愈好。此外，風能的利用還要受地區的限制，有的地區風很小，有的地區不常有風；因此要在全國調查，那些地方風多，那些地方風少，那些地方風大，那些地方風小。安徽曾有同志想利用風力發電，經力學研究所研究後，認為不夠供給農村點燈用。但山西大同正處於風口，風經常自西北吹向東南，方向比較穩定，因此利用風能大有希望。

太陽能。我們用的煤是從前儲蓄起來的太陽能。但是現在的太陽能還沒有很好地利用。利用太陽能是我們人類長期想做的事。利用的門路很多。一種辦法就是光電源的辦法，利用金屬板曬太陽後發生電流的光電現象，來利用太陽能發電。這個辦法過去是幻想，今天已做到了，但做得不夠成功，要得幾瓦的電，就需要用一塊很大的金屬板。有了半導體以後，好了一些，但還沒有完全解決問題。另一種辦法是用許多一本書大小的小鏡子排成一個8米或10米圓弧面的大反射鏡，操縱它跟着太陽轉，它可將太陽熱集中於焦點上，然後利用集中起來的太陽熱燒水，燒燻子，發電。這在法國比較有成就，但仍在試驗中。蘇聯的沙漠中的工作隊，利用小一點的太陽反射鏡燒開水，煮雞蛋。南方的地區還可以在房頂上洒一層水或其他吸收熱的東西，白天吸熱，晚上放出，這樣的房子冬天可以不生

火。还可以在房子牆壁上塗磷質，白天依靠它吸收光能，晚上放出，可照亮房子7—8小时之久，但是磷很貴，在工業上能大量生产磷时，才能普遍使用。太陽能还可以用来做其他的事，人們开始計劃利用太陽能促进植物的生長，使二氧化碳和水靠人工的光合作用制成淀粉。

地热能。地下是热的，愈往下愈热。3公尺以下，每下3公尺，温度提高半度。有些地方特别热，造成温泉。有些温泉温度很高，在苏、法、意等国，發現1,000公尺以下温泉的温度达100多度，如果把它引出，就可用来代替鍋爐里的用水，供发电、取热用。問題是如何將它引到城市中而不被冷却，因为城市正好盖在温泉上的机会是不多的。現在只能引100公里远。苏联正在到处进行地質調查，寻找地热能，調查到后即打井，建厂，他們勘探地热能就像我們勘探石油一样。估計我国地热能分布很广、很多，可惜我們还没有普遍地进行地質調查，將來如能普遍应用地热能，可解决一部分的动力来源問題。

潮汐能。全世界潮汐有名的地方有三个，杭州灣是三个中最有名的。漲潮时潮水直冲到富春江，到金华，潮水每天兩次，半月来一次大潮，来了又退了。如果在江口作一个比海面高3米的壩，潮汐来时越壩而过，潮退时就可利用壩的兩岸的水位差来发电。估計錢塘江口可发电300万瓩。

### 我国动力资源的特点

第一特点。我們有很丰富的水力資源及潮汐能，估計可发电3亿6千万瓩。美国全国水力資源只有1亿瓩，苏联比美国多，但还比不上我們。我們的水力資源还有一个特点，就是集

中，集中在每條河的上游。在西南地區集中了大量水力資源，幾乎占全國水力資源的50%。其次是集中在黃河、長江中下游，黃河三門峽可發電100萬瓩，長江三峽還比它多十幾倍，就是1,500萬瓩，而蘇聯建設中的安加拉河的水電站，只有320萬瓩。像中國這樣大而集中的水力資源在世界上是少有的。但到今天為止，水力資源的利用很差，而且常被忽視。像治淮工程就沒有考慮發電問題，因此原來可發電30萬瓩，現在雖然補裝發電設備，也只有1萬瓩，補不到十分之一。黃河、長江的治理工程，已有規劃，考慮的比較全面。

第二特點。煤的資源很豐富，很廣泛，尤其在華北地區。但是華南就較缺乏，而我們的煉焦煤少。目前在使用上浪費很大，大量的煤只用來發電及供熱。北方冬天要燒幾個月爐子，用掉的煤很不少，三分之一的鐵路運輸量是運煤。民主德國一位科學家看到我們滿街都堆着煤，說煤是黑金，燒掉多可惜。現在的發展方向是尽可能地節省煤，因為煤里有很多貴重的東西，可以提煉并合成很多貴重的化學成品。煤有一定的儲藏量，像現在的這樣燒法，在國外估計再燒100—200年就沒有煤了。實際上我們可以充分利用水能、原子能、風能、地熱能、潮汐能、太陽能，而把煤節省下來。

第三特點。我們的石油資源分布很廣，很有信心找到豐富的油藏。但是石油資源一般離人口集中的地方很遠，因此充分利用石油資源還是個問題。如果在華北地區找到石油就好了。華北地區是沖積平原，沖積平原的邊緣上往往可以找到石油。這方面也很有希望。

第四特點。關於原子能發電站的問題。一個5,000瓩的火

力發電站每天要用 100 吨煤，需要附近有火車道或輪船來運煤，還需要消耗水。如果一個地方沒煤，缺水，火力發電廠就不能發電。水力發電站要有水力資源。原子能發電站的優點是不需要很大的運輸量，每天消耗的可分裂物質很少，耗水量也不大。蘇聯的原子能發電站利用一個舊發電廠的設備，效率不高，因此成本較一般發電廠高，實際上可以大大提高效率，將來的發電費用可占火力發電廠的 70%；建設費用也不太大，與火力發電廠差不多；管理人員很少，蘇聯的原子能發電站經常只有 20 多人工作。水電站的管理人員也少，但是基本建設費用大。蘇聯在第六個五年計劃中，利用原子能的發電能力達 250 萬瓩，全年可發電 219 億度，比我們五年計劃規定的 1957 年發電量還大八分之三。英國在 1975 年以後，全國發電量的百分之四十都要利用原子能了。原子能的材料都是稀散元素，但也有和鉛礦在一起的較集中的礦藏，我國鉛礦多，鈾礦也多。

第五特點。中國利用天然氣有 2,000 年的經驗，在漢朝就開始利用。人家用鋼管我們用竹管，成本很低，並積累了不少經驗，我們應該充分重視並利用它。但是四川的天然氣還沒有被充分利用，如果鋪設適當管道，可以解決一些城市的燃料問題。目前城市燃料有困難，南方常用稻草當燃料，其實稻草可以做飼料，燒掉可惜。天然氣中還有稀有氣如氫、氮等，工業上有用。天然氣同煤一樣，可以作化學合成原料。我國不僅四川有天然氣，其他省也有，但探測得不够。

### 合理使用我國的動力資源

我們的動力資源有這許多特點。國家利用這些資源要制定

許多政策。

首先，就要把煤加以分類，規定那些煤應作什麼用。蘇聯對用煤就有規定，發電廠都燒很壞的煤，如列寧格勒發電廠燒的是泥炭，其中只有10%的碳分。他們曾研究過使用離列寧格勒300多公里的劣煤，可以便宜些，但被否定了，這裡是個政策問題。燒煤要盡量用本地的，用外地的煤，雖然發電成本低，但占用了交通工具，從全面來看，對國家還是不利的。我們則不然，上海的煤從淮南運去，撫順發電廠也用很遠的地方的煤，這是否必要，值得研究。對於那個地區適宜用煤用柴油或用水力發電，國家都要做出全面的規定。現在有些鐵路局要挑好煤用，自己替自己運了很多煤，實際上火車不一定要用好煤。現代交通發展了，蘇聯準備盡量發展電氣火車，不用水，不用帶煤，而且爬山的勁頭大，每站停的時間又少，只是基本建設費用大。現在美國、法國大都不用蒸汽火車頭，因為效率只有6%，而用柴油機車、燃氣輪機車，效率可達30%。我們的石油少，因此有人研究用煤粉或壓縮天然氣來代替液體燃料，不僅可用於火車上，而且可用於汽車上，這裡也有很多政策問題。

此外還有火電站和水電站的配合問題。有兩種配合方法，一種是靠火電站供給日常用電，晚上用電多時，再以水力發電配合，這種配合方法是以火力發電為主，水力發電搭配。另外有人提議以水力為主，火力配合，這又是個政策問題。這樣做可以大大節省煤。因此動力問題是很複雜的問題。要研究燃料怎樣利用最合理，在水利資源利用上如何使發電、灌溉、航運得到平衡等。



苏联現在要將歐亞兩洲電力網接起来，建成联合電力網。什么叫電力網？就是从各个發電地方發出的電，統一組織在一个電綫網里；分配到各地使用。一个良好的電力網，要把几个發電厂連起来，这样如果一个發電厂出了毛病，不致影响供电。北京用电即由下花園、天津、唐山、石景山、官厅水庫几个电厂供电，石景山电厂如出毛病，依旧可靠其他几个厂供应，使北京的用电不受影响。如將電力網在全国範圍內連接起来，少数几个厂备用，对經濟用电有利。冬天夏天用电量不一样，每天不同时刻的用电量也不一样，联合電力網包括的地区愈大，供电就愈平穩，苏联要求電力站建得愈大愈好，愈大就可以造得愈便宜、热效率愈高。这种大電力站最好建在动力资源附近，以节省运输。苏联还要把歐亞兩洲電力網連接起来，困难在远距离輸电要消耗电能。从前用交流电可傳 1,000 公里，現在用直流电減少了損耗，可傳 2,000 公里。輸送距离愈远，需要的电压就愈高，因此要解决絕緣材料的問題。我們的高压輸电过去做到 6 万伏，現在做到 11 万伏；苏联規定許多電網在 20—30 万伏間，个别要到 40 万伏以上。要在中国建立統一電網是个很困难的过程。首先要克服很多技術問題，第二是地区太大。將來我們的統一電力網，可以長江三峽水力發電站为中心，把三門峽、刘家峽加上东北全部連在一起規模很大。現在东北有三个電力網，华北有一个，石家庄鄭州的發電站还没有和太原連接起来。上海、無錫兩個電力站也沒有連接起来。將來連起来會發生很多問題，像電綫、鐵塔、絕緣物等都是問題。估計 12 年內还不能建成。12 年后，华北与包头的電力網可連到石門，黃河流域可連成一个電力網；長江三峽可能

与成都、重庆、贵州连成一个电网，上海一带华东地区单独成立一个电网。农村电力网也要事先规划好。同时要考虑什么地方用原子能发电站。

搞动力网有许多问题，如广东的白蚂蚁要吃包在电线外层的纱布会造成漏电。郑州盖了三个热电站，后来决定郑州不作為工业发展基地了，幸而三门峡提前施工，需要大量电，弥补了这个缺陷。淮河原来没考虑发电，因问了几个工业部门，几个工业部门说不需要用电，实际上电力部门可以推动其他国民经济部门用电。如有多余的电量，火车就可朝电气火车方向发展，有色金属的冶炼也可以更快地发展起来，这样可以倒过来推动电力事业的发展。美国的T.V.A.刺激了工业的发展，因此制铝业很发达。我们的炼铝业应大大的发展，其他许多有色金属工业的用电量也是很大的。黄河发电50万千瓦，可能用不了，如在附近发展一部分用电的工业，就可以解决问题。

我们还需要发展大型动力机的制造工业，上海过去做6,000千瓦透平，今年做12,000千瓦，根据捷克的经验，可以做24,000千瓦的，但是离要求还很远。现代国际上效率比较好的汽轮机是20万千瓦，并正在向30—40万千瓦发电。在我国，机器小一点就不成。如黄河发电量为150万千瓦，我们现在的条件是一个水轮机1万千瓦，那就要150个发电机。苏联帮我们做两个15万千瓦的，以后就由我们自己来做，这就要用10个水轮发电机，黄河发电问题算是解决了。但长江三峡需要100个15万千瓦的，这在峡谷中摆不开，所以我们必须制发电能力达50万千瓦的发电机，这样大的发电机现在世界上还没有。同时还有一个特点，人家的水轮机都是低水头的，苏联的水力发电站都建在下流，

他們的水頭是 35 米，低水頭的流速不高。我們是高水頭的，流速高，壓力大，撞到水輪機的葉片，容易產生汽泡而使葉片生鏽，震動。長江的水頭有 200 公尺，急水流撞上了水輪機不知會發生什麼問題。至於在西南地區的水頭就有 600—1,000 公尺。水電站的水頭高，水能利用率就高，基本建設費少，這是突出的優點；但这也對我們提出前人沒有遇到過的問題，我們的目標將遠超過人類現有的經驗。

如何使用燃氣輪機也是動力機械的一個重要問題。蒸汽機利用熱能的效率一般是 15%，最好的固定式的是 35%，用燃氣輪機，熱能利用率可達 50—60%。在我們還要考慮用煤粉代替液體燃料。拖拉機的燃料也是個大問題。要發展農業機械化，10 年內要 50—100 萬部的拖拉機，它們要燒汽油，而我們的汽油少，要研究能不能燒壓縮煤氣，煤氣廠將壓縮煤氣裝在瓶罐內，運到農村供拖拉機使用。也有人建議用電氣拖拉機，但這需要到處拉電綫，也有它的不方便的地方。

原子能發電對我們也是個現實問題。將來可以用它代替煤和石油。但原子堆的體積重量過大，固定在一處地方可以，用在小型交通工具上就有困難，相信將來一定能裝在飛機、汽車上。另外現在除去利用分裂物質產生原子能外，還研究利用重氫核的結合，產生原子能。但是要和平利用重氫核的結合，還有困難。蘇聯和美國都在研究如何控制氫爆炸。如果能夠控制，動力來源問題就根本解決了。因為根據現在的消耗煤的速度，煤還可以燒 200 年，用鈾代煤可能供 1 千多年用，而重氫在海洋內到處有，可說是用之不竭的動力泉源。

# 关于發展我国农業 和畜牧業的問題

戴 松 恩

农業和畜牧業是密切联系着的，农業生产越發展，家畜飼料問題越容易解决；畜牧業生产越發展，畜力和糞肥的供应越有保証。因此，發展农業生产，必須同时發展畜牧業生产。

为此，在1956到1967年全国农業發展綱要草案中着重提出要求，在农業合作化的基础上，迅速地、大量地增加农作物的产量，并發展农、牧業等生产事業。要求在12年内全国粮食总产量增加一倍半以上，棉花产量增加二倍，其他农作物，特别是工業原料和經濟作物，也都要相应地增产。各种家畜在12年内也要增加二倍以上。这些增产任务是艰巨的。全国农業科学工作者必須从农業科学技术上保証完成这些增产任务，并奠定12年以后發展农、牧業生产的基础。

要完成这些艰巨的增产任务，我們不仅要总结提高我国农民几千年来积累的宝贵經驗，并加强試驗研究工作，而且要有計劃地、深入地掌握世界先进科学技术成就。只有这样，才能迅速地解决我国农、牧業生产上存在的关键性科学技术問題，并在12年内赶上或接近世界水平。

我国农、牧業科学技术水平究竟比世界先进水平差多少，世界先进科学技术成就究竟有那些，在我国农、牧業科学技术研究上究竟應該抓住那些关键性問題，这些都是應該弄明白的，現在分述在下面。

## 我国农、牧业科学技术水平与 世界先进水平的比较

如果以科学研究工作或科学成就来比较，就比较困难。我想用水稻、小麦、玉米的單位面积产量，作为例子来比较，可能好比一些。單位面积产量固然受社会制度的影响而有所区别，但是它反映出一定的科学技术水平。我国农作物單位面积产量一般比苏联低，也比资本主义国家低。

1954年我国水稻單位面积产量比世界产量最高的西班牙低52%，比美国低10%。我国小麦比世界产量最高的荷蘭低76%，比美国低29%。我国玉米比世界产量最高的美国低41%。12年以后，我国在水稻和小麦的單位面积产量方面，有很大的可能超过美国，因为美国在过去12年内(1929-1940)單位面积产量平均每年只增长1.2%，而我国在今后12年内平均每年要增长6.1%。但是在12年后，我国的水稻單位面积产量还赶不上西班牙，小麦还赶不上荷蘭，玉米也还赶不上美国。

畜牧方面的情况也是如此，例如我国所产羊毛絕大部分很粗而且不是同質毛，不适合毛紡工业的要求，細毛和半細毛的产量只占总产量的1%弱，比苏联約低50%。其他如肉类、皮革、蛋品、奶品等产量都比苏联和美国等低得很多。

以上这些情况说明了我国农牧业目前的情况是相当落后的，全国农牧业科学工作者需要加倍努力，迎头赶上。

## 世界农、牧業先进科学技术成就

### 一、农業方面

1. 品种：苏联齐津院士在廿多年前，用小麦同一种野草（叫做鵝冠草）交配以后，得到許多新的小麦品种，有1号、2号和186号等新品种，产量非常高，平均每公頃产45到71公担，折合每亩600到947斤，比原来小麦品种产量增加一倍。现在苏联許多科学家在这方面正在繼續努力，使每个小麦穗子至少結100粒种子（如我国现在一般較好的只有30到40粒）。美国在这方面也做了很多工作，沒有得到很大的成功，这充分說明了米丘林学說对生产实践所起的指导作用。小麦和野草杂交是一种所謂远緣杂交，目的是为了增加小麦中不容易找到的优良特性。如特別强的抵抗恶劣环境的能力，每个小穗上有比小麦多一倍以上的种粒，小穗有分枝性等等，这一切都是为了創造特別丰产的优良小麦新品种。齐津院士选择了鵝冠草、濱麦草作为杂交亲本之一，詳細地研究并掌握了它們的特性和特征，从实际工作中采用并肯定了多倍体的方法（即細胞中染色体加倍的方法）是克服远緣杂交不孕性的最重要方法之一，因而获得了惊人的成就。这类研究工作在我国基本上还没有开始。

其次，苏联正开始大量推行玉米双杂交种，美国已推行多年了。这种产生杂种的方法，就是在玉米品种中选择許多植株套上紙口袋，强迫它自花授粉，在后代中就会分离出很多不同类型的自交系，到了第三、四代自交系趋于稳定，就可以选择两个好的进行杂交，产生第一代單杂交种，下一代再把两个單

杂交种杂交，就产生双杂交种。在美国这种双杂交种一般增产百分之六十五，这是很可观的。它的道理很简单，就是玉米本身的遗传性很混杂，自交以后，它里边混杂的遗传性质就发生分离，选择这种自交系进行杂交，不同的遗传特性就结合在一起，产生了矛盾，也就产生了力量。所以，必须选择不同遗传特性的进行杂交，才能增产。这个工作在美国是由种子公司掌握的，种子公司每年高价出卖双杂交种子，大赚其钱。这种杂交种只是第一年增产显著，而苏联正在研究如何连用杂交种子，连用3—4年，不换种子，还能增产。这个问题在美国是不可能发生的，如果这样，种子公司就不能赚钱了。这种研究工作在我国早已开始，但停顿了好几年，今后必须继续，并加强研究。

2. 土壤耕作：苏联马尔采夫耕作法，是新的耕作法，在耕作上起革命作用的新方法，它是在威廉士草田轮作制的基础上创造性地发展了一步。威廉士的草田轮作制包括多年生牧草的种植，一般种三年，而马尔采夫提出了在正确的耕作下，一年生牧草和有些一年生作物也同样能够增加土壤有机质，提高土壤肥力，因而将三年生牧草改为一年，并且在某种情况下不种牧草，完全种作物（庄稼）。同时不是每年把土地深耕，而是每隔四到五年进行深耕一次，但不翻土，耕地深度达40到50公分（我们的双轮双铧犁只耕15或16公分深），在上面耙耙就可以种。这是很有道理的，因为土壤中的有机质是很宝贵的，如果经常翻动，有机质受好气性细菌的影响，就会变化而减少，如果土壤上下不翻动，大部分有机质可以保存下来。此外，还可保蓄土壤水分。但必须指出在苏联一般湿润地区和灌

溉地区多采用威廉士草田輪作制；一般干旱地区正开始采用馬尔采夫新耕作法。我国也有些地区試用，估計在我国华北、西北地区可能有用，当然也不能全搬，要逐步修正。在美国也有一种心土犁，但因为社会制度的关系，不可能产生这种耕作制度。

3. 肥料：混合施肥，就是农家有机肥料和矿物肥料或化学肥料混合在一起施用，这样不但經濟，且能發揮更高的肥效。一般原来需用4,000斤有机肥料，混合施用400斤就够了，原因是主要在于充分利用有机肥料中細菌的作用。主要的作用是将土壤中和肥料中植物不能吸收的养料变成植物能吸收的养分；另一方面，有些細菌能吸收空气中的氮，把它固定在土內，为植物所利用，因此，化学肥料加上細菌的作用，肥料价值就提高了。現在存在着这样的看法：國內已展开混合肥料試驗，不少結果証明，4,000斤有机肥料和400斤有机肥料加上一些磷灰石粉，效果相等，有人就因此認为無效，这种看法是不正确的。实际上少用了3,000多斤肥料，产量虽相等，但是增产效果是显著的，况且有些試驗証明400斤有机肥料加上磷灰石粉，它的增产效果大于4,000斤有机肥料。我認为应该扩大混合肥料的試驗和应用。

研究細菌肥料是科学上的生長点。目前花生与大豆根瘤菌虽然推行的很广，但是对于它們及其他細菌的生長、繁殖的規律，还缺乏系統的、深入的研究。花生和大豆上的根瘤菌都是共生固氮菌，就是这种細菌侵入花生或大豆根以后，根上長出了瘤子，这种細菌能与花生、大豆共同生存。細菌吸收空气中氮，固定在土壤里，供植物利用吸收。苏联早已开始研究自生



固氮細菌，它生長在土里，也能固定空气中的氮，如果土壤中有大量自生固氮細菌，就能增加土壤肥力。研究这种細菌的生長、繁殖規律，对增产有很大意义。苏联还在研究磷細菌和鉀細菌。我国对于細菌肥料的研究工作，正开始予以重視。

4. 方形簇播法：方形簇播是一种行間与株間距离相等的机械化栽培方法，苏联正用于玉米等中耕作物方面，这样作法不但可以增产，而且节省劳动力。用方形簇播法，农业机械可以东西行駛，也可以南北行駛，节省很多劳动力，在苏联已大量推广，一般中耕除草的植物，現在逐渐采用这个方法了。美国采用过这个方法，但是由于社会制度的不同，节省出来的劳动力，反而發生了社会問題，因而放棄了这个方法。

5. 防治病虫害：只談葯剂防治方法。現在有一种內吸杀虫葯剂，用水溶液噴在叶、莖上以后，植物就把它吸收进去，它对植物生長發育沒有害处，并且下雨也不会淋掉，而虫子像蚜虫等吸了植物細胞中汁液以后，就会毒死。民主德国有对人畜毒性較弱而杀虫效率高的“1059”，現在我国已在實驗室試制成功。这种葯剂經濟，且維持杀虫效果長，各方面正大力应用。此外，美国同苏联等已开始利用各种放射綫来防治植物病虫害，取得了很大的成績，我国正計劃开始这方面的研究工作。

6. 刺激素或叫作生長激素：这方面葯品很多，苏联和资本主义国家用的很多。在国内还是新的东西。它的用法只需要將少量激素塗抹或噴射在作物叶子或莖或形成花的部分，可以刺激植物提早开花、結果，提早成熟，減少花、果脫落，并且增加产量。国内采用的有2.4-D，2.4.5-T，在番茄、茄子等蔬菜上收到的效果特別好。这些生長激素还可以用作化学除莠剂，

在苏联、英、美等国家已开始大规模应用；在我国由于药品成本过高，还没有在这方面开始应用。究竟为什么能刺激提早开花、结果和成熟，以及防治杂草，还需要研究。

## 二、畜牧業方面

1. 在我国西南一带，有一种牦牛，这种牦牛与黄牛杂交得犏牛，公的犏牛不能生殖，母的虽能生殖，但是后代退化，不能很好的繁殖下去。在苏联已经成功地采用新的饲养管理方法，增加特殊营养，如维生素等，来提高母犏牛的生殖能力，育成了一种新的品种，它的繁殖能力正常，不但可以在高寒地区生长，还可以产很多的奶，正在推广。

2. 在养猪方面，苏联已找到了新的养猪方法，即每天喂两次，早上一次，晚上一次，每次分两顿喂，两顿时间相隔半小时到一小时，第一次喂少量，刺激胃液分泌，半小时到一小时以后再喂适量饲料，饲料就容易消化，因为消化力增强，所以吸收力也增强。苏联正推广这种饲养方法。

3. 处理小麦秆作饲料，我国目前用石灰水碱化小麦秆，对增加饲料价值帮助不大。苏联用氢氧化钠溶液泡麦秆，再放在稀盐酸中泡一泡，用水洗净后，麦秆的营养价值增加2倍。麦秆含有粗纤维很多，牲畜难消化，处理后，使粗纤维容易消化，很多养料容易被吸收，因而营养价值大大提高。

以上这些畜牧方面的成就，在道理上和方法上都比較簡單，但是在增产上所起的效果很大。

## 在农业方面应当研究的重要科学技术问题

农业方面的重要科学技术问题，一般都是高度综合性的问

題，需要运用許多不同學科的理論和技術，來保證完成任務，特別是在全國農業合作化高潮到來後，各地區都在實行改變耕作栽培制度，進行水利資源的開發，並逐步實現機械化，從而產生了許多新問題。因此解決問題的辦法是多方面的，也是互相密切聯繫着的。現在按我個人的看法，提出以下的重要問題。

1. 水的問題：從全國範圍來看，有三個大問題：（1）灌溉排水問題；（2）保墒問題，即在沒有灌溉條件，特別是干旱的地區，用各種農業技術，來保蓄土中的水分；（3）水土保持問題。

（1）灌溉排水問題：有些地區因為渠道不好，或是供水制度不好，往往進行大水漫澆；也有些地區，灌水不能結合植物的需要，這樣都收不到灌水應有的好處，有時反收到不應有的害處。為此，最近水利部門和農業部門的科學研究機構聯合起來，研究在植物生長發育階段什麼時候需要水，需要多少水，因此，這就牽涉到一個基本問題，就是要通過植物葉子的蒸騰量（如一種小麥在一個生長季節從葉面蒸發多少水）的研究，來測定不同地區每種作物的需水量。這是確定灌水量的基本依據。此外，華北、西北地區的地下水有的含有鹽分，如氯化鈉、氯化鎂、硫酸鎂等；如澆水過多，就會把地下水中的鹽分帶上來，使好土變為鹽鹼土。過去我們也發生過一些痛心的事情，可以引為教訓。如山西中部汾河灌區，因為沒有修好渠道，就實行大水漫灌，水深時可達一公尺多，水積了一個多月才退下去，結果被澆地泛鹼，相當大的面積的好地都變成了嚴重的鹽鹼地，現在正在積極想辦法，降低地下水位，並進行無

排水的洗碱的实验工作。将来黄河三门峡放水灌溉以后，如何避免泛碱是一个特别重要的问题，现在就应该开始注意研究。河南一个老乡临死时嘱咐他的儿子：“我家这块小麦地春天千万不能浇水”。他的道理就是根据他的经验浇水以后就会泛碱。泛碱就是因为土壤和叶面的水分蒸发，通过毛细管作用，把带盐分的地下水带到地面上来，每次水分蒸发后，就把盐碱聚积在表土层内，变成盐碱土。

排水也是影响增产的一个大问题，不仅在南方多雨地区重要，就是在北方雨季时也是非常重要。土壤中水分多了，空气就会减少，有益细菌活动也会减少，有害菌类活动就会增强。这些都是减产的原因。

(2)保墒问题：非灌溉地区的旱地，特别是华北、西北地区，保墒对于增产是有决定性作用的。保墒主要靠耕地和耙地。在这方面，我们也有过教训：北方有些机器拖拉机站用五铧犁为农业生产合作社耕地，由于他们机械地搬用苏联的经验，秋耕后不耙，经过冬天大风把土壤中水分吹跑，到了春天就形成了许多像石头一样硬的土块，就是花了许多人工打碎，也恢复不了原来的结构。苏联冬季多雪，秋耕后所以不耙是为了积雪，增加土壤水分。而我们的冬季少雪而多风。还有一个例子，就是在春季进行深耕，达20厘米（合6寸）深，虽然耕后就耙，但是土壤水分仍然丢失很快，因为北方春季风大、温度也较高，深耕就会失掉水分。因此，机耕后，如何保墒以及如何耕地、耙地的一系列技术措施都需要研究。土壤中水的变化移动规律必须结合着各种耕地、耙地措施研究清楚，这样才能控制土壤中的水分，对增产有很大关系。据一般调查，目前

旱地主要因为保墒工作沒有做好，至少有百分之十的缺苗，假使有10万亩播种面积，就有1万亩沒有收成。

(3)水土保持問題：水土流失是我国山区生产的严重問題，特別在西北部更为严重，它不仅破坏了山区生产，而且也使黄河的水携帶大量泥沙，若不設法制止，將來会使三門峽等水庫縮短寿命。我国农民，过去和現在，都已积累了保持水土的宝贵經驗，如梯田、农林牧混合經營等；如果繼續總結經驗，进行示范推广，同时进行提高一步的試驗研究工作，特别是农林牧結合的水土保持綜合措施的研究，这一难题是可以逐步获得解决的。現在已經有些机构正开展这方面的研究工作。

2. 肥料問題：肥料供应不足是一个很大的問題。許多农业社用墻土、炕土、塘土和道路上的土作肥料，它們都有一定的营养价值，据我們分析，道路上的土有千分之三的氮。但这些肥料的数量有限，今年用过，明年就不能再拆墻拆炕。全国农业發展綱要草案中提到12年内主要靠地方肥料，因此如何开辟肥源，如何保存肥效，如何經濟施肥，都是很重要的問題，各方面都應該研究，如利用草灰、保存已有肥料的肥效、混合施肥等。农村中有些肥料堆在地里，經過日晒雨淋，肥效損失很大。北方老乡几千年来多用土糞，其中摻土70—80%，看起来是很落后的办法，我覺得其中很有道理，可能使揮發性养分都能保存在土內，值得进一步研究提高。

关于化学肥料，1967年要比目前增加二十多倍，因此目前就需要研究制造什么肥料，氮、磷、鉀肥的制造比例如何，在什么土壤、什么作物上，施多少氮、磷、鉀肥。

3. 复种問題：复种問題是我国农业生产上的特点，是达到

国际水平的。这次苏联农业展览会將中国复种情况展出，大家对这方面很感兴趣，苏联作物大都是一年一熟，而我国有一年二熟、兩年三熟、兩年五熟、一年三熟的，甚至广东有一年六熟的，当然过高的复种在经济效益上还值得考虑。全国农业发展纲要中提出扩大复种面积，但必須因地区而有所不同。例如在淮河、長江以南地区，主要是發展双季稻，扩大利用冬闲田；淮河以北，長城以南地区，主要改一年一熟或兩年三熟为一年兩熟；長城以北地区主要是減少休耕地。目前各方面已注意这个問題，像安徽的三改，江西的三变，都是扩大复种面积的問題。这个問題很复杂，如安徽要求小麦品种种得晚，收得早，这样才能赶上种别的庄稼，所以扩大复种面积不是盲目的扩大，應該算总帳，考虑到经济效益，同时复种也不能浪费地力，必須有長远打算，不仅能維持土壤肥力，使無效养料改变为有效养料，而且还要不断增产。此外，各地还迫切需要制訂，特别是以复种为主的輪作制度、耕作制度，以及栽培技术規程。这些制度和規程都是为了不断提高土壤肥力，不断增加产量。这方面的研究是非常重要的。

4. 选育作物新品种：采用作物优良品种是增加产量的最經濟而有效的途徑，但是目前优良品种的种类、数量和質量都还不能滿足各地区的要求。例如增加复种的地区就要求生长期比較短而丰产的新品种；雨水多或灌溉地区就要求抗倒伏而适合机械化作業的谷类作物新品种等等。利用杂种优势产生双杂交种玉米是增产玉米的最先进办法，过去在国内已开始进行这项工作，但因故中止。今后我們应从整理现有品种，并同时創造新品种下手来解决品种問題。

5. 水稻田机械化問題：特別在南方水稻地区，急于要拖拉机下水田，还急需要插秧机。在苏联和美国水稻都是旱植的，我国北方也是如此，所以一年只能种一季。据说意大利和馬来亞有水稻田拖拉机，我們可以吸取他們的經驗，进一步提高。有些研究結果告訴我們，耕地后灌水的效果，不如水中耕地好，因为在旱地上耕，土壤中揮發性养分（如氮）容易跑掉，水中耕地則可以保存养分，仅仅这一点也就說明了机械化插秧是先进的方法。

但使用机械一定要适合我国情况，不能硬搬，如苏联的棉花播种机行距70厘米（合2.1市尺），而我們只需40或50公分（合1.2或1.5市尺）就够了，所以我們要保持农民精耕細作的优良傳統，并在机耕的基础上进一步發揮这种优良傳統。有人認為間作是落后的，其实不然，我国农民几千年来的傳統，如大豆与玉米間作，小麦与豌豆混作，在一定地区内都比單作产量高，这就說明了我們應該研究机械如何适应間作、混作，而不应盲目地廢除間作，而迁就机械化。

6. 植物保护問題：全国农業發展綱要中提出7年内基本上消灭十大病虫害，目前主要任务是提高現有的消灭办法并提出新的办法。像蚜虫用“1605”可以治，用“1059”更好；棉鈴虫用DDT治，对消灭十大病虫害都有一些办法，問題是：倒底十大病虫害的生物学特性和發生和流行的規律怎样，什么时候在土里，什么时候在野草上，怎样越过冬天和夏天，在各个生長發育阶段需要什么温度和湿度等等。对这些問題目前研究得还不够。只有这些規律被掌握以后，才能像气象台一样进行病虫害的預測預报工作，譬如預报今年5月蚜虫是否大發生，

如何准备等等。因此，进行病虫害的规律性的研究是彻底消灭病虫害的最基本的工作。

## 在畜牧业方面应当研究的重要科学技术问题

1. 改良家畜，提高生产性能：我国有好多优良种畜，如秦川牛、南洋牛、河曲马、三河马、荣昌猪、定县猪、新疆羊等；在这些品种内，如果进行选择工作，就可以培育出比现有品种更好的大量家畜；如果引入国外优良品种和它们杂交，又可以把它们大大的提高一步。选择工作在国内已经开始，今后应在这一工作的基础上，开展杂交育种工作。

2. 生产并利用各种饲料：我国目前饲料是不足的，必须研究如何建立饲料和饲草基地，研究如何进一步利用麦秆、薯糠等作为粗饲料，以及玉米茎叶、甘薯蔓、花生茎叶等作为青贮饲料。从发展上看，粮食的不断增长，就使得玉米大有可能改变为饲料作物，它的穗子是很好的精饲料，茎叶是很好的青饲料和青贮饲料，因此我们可以开始研究玉米在复种条件下作为饲料作物的问题。

3. 保护并改良草原：这是牧区的大问题。根据经验，未经管理的草原，每头牛需要60—80亩；经过改良后，只需要6—8亩。改良的方法上还存在着很多问题，同时这一问题密切关系着牧区少数民族的生活，所以今后必须加强这方面的工作。

4. 提高家畜繁殖率：家畜的空怀和流产现象非常严重，必须从加强饲养管理和改进人工授精技术来改变这种情况。生殖生理的研究是提高家畜繁殖率的基础，今后必须加强。

5. 改进饲养管理方法：特别重视集体饲养问题，包括如何



檢查，如何依据营养生理的規律和合作社的条件来确定集体飼养管理的方法，这是农业合作化高潮到来后所發生的新問題，必須迅速的研究解决。

6. 研究家畜严重病疫的消灭方法：药剂治疗家畜疾病在国内已取得了相当好的效果，今后除繼續在这方面研究改进现有的、并提出新的治疗方法外，还須加强研究家畜疾病的發生流行規律和預測預报的方法，为彻底消灭兽疫做好基本工作。

發展我国农业和畜牧业是一个大而复杂的問題，由于我的水平低，上面所談的定有不少不正确的看法，希望大家提出批評。

# 从飞机、导弹說到生产过程的自动化

钱学森

## 飞机的发展过程

飞机的迅速发展只不过 50 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。飞机是在这样很简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简单和流线型化。早年，飞机有兩層翅膀，再早有三層、四層的，支架也很多。现在不同了，飞机只有一个翅膀。这些发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



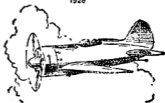
1894



1928



1910



1935



1913



1941



1914-1919



1950

圖 1

飛機形狀的改變——從第一架飛機(莫扎伊斯基設計)到現在的噴氣式飛機。

才有了更进一步的改进，开始制全金属飞机。用的金属是铝合金，在工程学上叫硬铝(圖1)。

所有这些改进的目的都是使飞机能飞得更快，但是一个基本问题仍然没有解决，那就是推进力量的问题。这个问题的的重要性是早就被航空家所注意了。怎样衡量推进的力量呢？那可以从每产生一匹马力的动力需要多少重量的机器来衡量。因为减轻重量和飞行效率的关系很大。輪船上的蒸汽机，發一匹馬力，就要有20多公斤重。对飞机来说，这样就太重了。早年曾有人考虑在飞机上用蒸汽机，但那太重，不行。后来用内燃机，经过很大改进，發一匹馬力还要5公斤重。直到1930年以后，作到發一匹馬力只要半公斤了。到这时旅客机速度达每小时300公里，軍用歼灭机达每小时400公里，而在三十年代世界飞行速度竞赛的冠軍飞机的速度达每小时600公里。到1939年，德国的一架空軍飞机得了錦标，速度每小时700多公里(那些飞机不带客貨，才能达到这速度)。在这个时期里，航空界流傳一句話，飞机速度到了頂点了，超过700多公里再向前發展就难了。因为再要快，就要接近声速了，也就是要达到每小时1,000公里，而愈接近声速，阻力就愈大，要花很大动力去推进飞机。装上内燃机的飞机，用活塞帶螺旋槳，从整个机組重量来说，每發一匹馬力就要1公斤，也就是說在一定重量的限度內，动力不够大，不可能使飞机接近声速，因此那时的航空工程师說，声速好像一堵牆，飞机不能超过这堵声速的牆。那时代可以說是在航空技术的黑暗时代。但就在那个时候，空气动力学家早已算出机翼在超声速下所受的力；他們也已經在試驗室得出这方面的資料。那是把飞机模型放在風洞里(風

洞就是一个大管子，用鼓风机吹風，風的速度就由鼓风机来控制。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。)在模型支架上可以测量出飞机各部分所受的力。可以说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内部机件，而螺旋槳所推后的空气不經過内部。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内部就消耗掉了。但通过渦輪后的空气，温度压力还相当高，就在尾管中膨脹，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

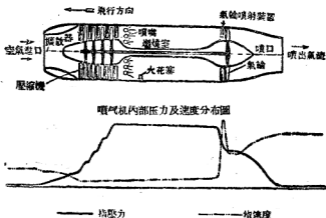
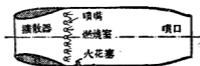


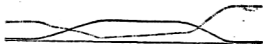
圖 2 軸向壓縮機式渦輪噴氣式發動機簡圖：  
圖下曲綫表示發動機內部燃氣的壓力、速度的變化情形。

种噴气推进机是不需要空气压缩机和渦輪的。我們可以用下面一个比拟来理解它：假如一个船在水里走，水冲激船头，水位迎着船头向上升，船头的压力就增大，这就是說流体的速度的改变，会改变压力，流速小，压力就大。空气流动时也有同样情况。这种噴气推进机的整个机器就是一条开口管子，进口比較小，随后管子就粗了，飞机从机头吸进空气后（圖 3），进入管子比較粗的部分，空气就流的慢，压力就增高，然后噴入油料，燃烧加热，再从出口噴出，噴出去速度比吸入速度大，因此也能推动飞机，这就叫作冲压式噴气推进机。此外也还有不用吸入空气的噴气式推进机，它自己帶了液体氧和燃料，可以在机器中燃烧，得到高温高压的气体，再噴出去，这就是火箭。德国的 V-2 火箭就帶了酒精和液体氧。

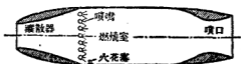
低声速飞行的噴气机的形状



噴气机内部压力及速度分布圖



超声速飞行的噴气机的形状



噴气机内部压力及速度分布圖

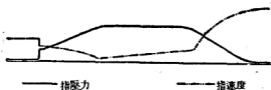


圖 3 冲压式空气噴气式发动机簡圖：  
圖下曲綫所示系发动机内部燃气的压力、速度的变化情形。

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 1 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。二次大战中葉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 1 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声速。

这是 50 多年来飞机的發展的情况。

从另一方面来看，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。原因是凶祥的：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 TY 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10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後一代之了，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，只不过是時間遲早的問題。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量也就比較大，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，它可以根據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；有的是打空中的目標，有的是打地上目標。因此共分四種，就是：從空中到空中；從空中到地面；從地面到空中；從地面到地面。空中到空中的是殲滅機使用的武器，飛機速度高了，槍炮打不準，用殲滅機帶導彈在遠處放，再用自動控制設備讓導彈自動去找目標，就可以補救現在槍炮的缺點。從空中到地面或海面的一類中，有一種比較簡單的可控制的導彈，這種導彈等如一架小飛機，它無人駕駛，但彈頭有電視，可把地面情況傳到另一架飛機或地面上的控制站。控制站根據情況，再發出信號控制導彈的飛行。從地面到空中是防空導彈（見插頁圖4）。因為高射炮只能打到1萬多公尺，而噴氣機可飛達1萬8千公尺以上，以後還可能達到2萬多公尺，因此高射炮就打不着它，要靠防空導彈來打。從地面到地面的導彈（見插頁圖5、6、7、8、9、10），其中遠射程的就是所謂洲際武器，是一個很大的火箭，也就像炮彈一樣無翅膀完全靠速度大來達到距離遠的目標。最近蘇共第二十次代表大會中朱可夫的發言提到它。它實在就是兩或三節接力式的火箭，一個大火箭頂着小火箭，大火箭先放，獲得一定速度以後，扔掉大火箭，點上小火箭，使它得到更快的速度。這樣射程就可以達到6千公里，甚至1萬公里，速度達到聲速的15或20倍。比這類洲際武器小一些的是單節火箭，是和V-2火箭同一類型的，它們的射程小些，約有600到800公里。

這類火箭有什麼好處呢？和轟炸機來比，它比較靈活，不需要飛行場，因為它可以從地面垂直起飛，達到相應速度以後轉向目標，只要用一個卡車帶一塊大鐵板，把鐵板在地上一鋪，就能放，在任何地點都可以放，速度也比轟炸機高，難防禦。

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分的問題，大致都已解決，困難的是自動控制部分。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

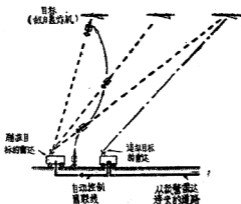


图 11 防空飞弹控制系统示意图。

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（见插页图 12，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（见插页图 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分。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分，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,所以现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稳而不受震动,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。这是一个尚待解决的問題。

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:我国鐵路行車速度一般不过每小时70公里,而噴气式旅客机像TY104就有每小时800公里到1,000公里的速度,約为火車的10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10多倍,比火车的速度快100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(見插頁圖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,用它作为交通运输工具;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（見插頁圖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上再加工，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决定。机器操作的情况，用自动記錄仪反映到計算上（見插頁圖19、20），經過邏輯計算，再去指揮机器。按照这个發展方向，不但体力劳动逐渐可以代替掉，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，管理人少，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，人們借書時，先找到卡片，打書號，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号，把人事記錄放在录音帶上，需用時一按號碼，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來代替了。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、



銑床、拉床、磨床等，來代替人的操作，以後連一般的輔助工序也機械化了。這也就是逐步地加強了機械化。但是無論機械化程度多麼高，我們只做到用機械代替體力勞動，在工廠里還是需要技術工人來看管機械，一個車間也必須要設車間主任，一個廠也必須要生產主任，要工程師。這些管理的人員一般不作體力勞動，那麼他們作些什麼事呢？讓我們來分析一下，可以看出：他們第一是“看”機器，“看”生產情況，也就是收集生產情報；然後他們根據這些生產情報，運用他們的知識和經驗作出調整機器和生產過程的決定；最後他們執行這些決定。所以如果從自動控制體系的角度來看，管理人員的工作基本上是三部分：“看”是測定；作決定是利用記憶系統的內容來運算，包含數據運算和邏輯運算；執行決定是控制。照我們在前面所說的自動控制和電子計算系統，這三部分的工作都不需要人，自動系統都能作。

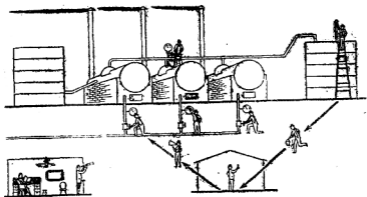


圖 21 ① 舊式的石油精煉工廠。它需要許多人員來看儀表、開開關、量油庫、試樣。

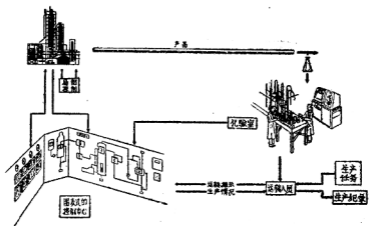


图 21 ② 现在的石油精炼厂。人员是大大地减少了，可是因为生产情况和样品分析还需要人，中间常有时间上的脱节，造成损失。

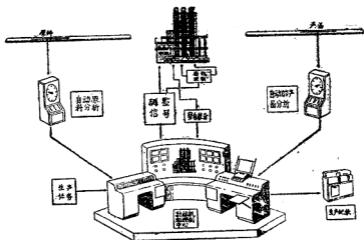


图 22 完全自动了的石油精炼厂。也就是无人工厂。

如果我們真的用了自動系統代替了管理人員的非創造性腦力勞動，這就是生產自動化(圖21①②)。當然，創造性的腦力勞動，機器是做不了的。所以可以說：機械化是用機器代替人的體力勞動，而自動化是用機械系統來替人作非創造性的腦力勞動。我認為如果我們叫機械化為第一次工業革命，那麼自動化就應該是第二次工業革命了。

現在企業的自動化正在開始，無人工廠還沒有出現，所以我們還處在第二次工業革命的前夜，明天才是超高速飛行、星際航行、無人工廠、自動化辦公室和圖書館的時代。這也就是人類生產方式的一個新階段。到那個時候，人們終於擺脫了一切非創造性的勞動，實現了共產主義的生產方法(圖22)。

## 采矿、选矿和冶金方面的一些新成就和問題

李 薰

我今天向大家簡略地介紹关于采矿、选矿和冶金方面的一些情况和問題。我們知道，采矿、选矿、冶金实际上都是为了一个目的，这就是把地下的資源拿出来供人类应用。作为工業原料，最重要的要算金屬和煤了。工業中所需要的金屬种类是很多的，按習慣大致可以分为四类：

(1) 黑色金屬，这方面主要是鋼鉄。据初步估計，1954年全世界的鋼产量約为245,000,000吨，1955年則为293,000,000吨。从这样大的增長速度我們可以看出近代工業的發展在很大的程度上仍然是建筑在鋼鉄生产的基础上的。

(2) 有色重金屬，可以举銅、鎳、鉛、錫等来做代表。这一类的金屬用途很多，譬如鎳是合金鋼中的一个重要組成元素，銅是电机工業中的基本原料，鉛和錫用来做低熔点合金和高速机械軸承等等。这些金屬的用途虽多，但来源有限，产量并不太大，一般的講，它們的总产量通常只及鋼产量的5%左右。

(3) 輕金屬，以鋁和鎂为主。鋁和鎂的資源是很丰富的，按重量計算，地壳中的鋁比鉄还多，而鎂則大約相当于鉄的一半。随着生产技术的改进和电力来源的扩大，鋁鎂的生产成本不断降低，它們的用途早已超出了航空工業的范圍，譬如用鋁

綫代替銅綫做電纜，用鋁鎂合金代替鋼做車輛和輕便橋梁的結構材料等等。由於上述原故，鋁和鎂的產量在目前已與有色重金屬的產量相差無幾了。

(4) 稀有金屬。這一類的金屬總共有幾十種，其中有些元素在地殼內的含量確實很少，但也有若干元素從它在地殼中的含量來看不能稱為稀有。譬如，鈦在地殼中的總量比碳還要多70%，鎳、鎘等比我們所熟知的銀、金等要多十倍、百倍，稀土元素中的鐳族金屬存在於地殼內的總量與銅不相上下。不過這些金屬有的熔點高而且極易被氧化，有的分布很散沒有比較集中的礦床因而長久未被發現，有的彼此性質很相似因而難於分離。由於上述種種原因，過去在很長的一個時期內沒有能夠將這些元素拿來應用，或者沒有進行大規模開採和提取，因而它們得到了稀有的稱號。近幾十年來，這一類金屬的用途隨着新技術的發展而日益廣泛，它們的重要性可以從下面幾個例子來說明。原子能的利用除了依靠鈾、鈾等做燃料以外，還需要許多具有特種性能的金屬譬如鎢和鈹。半導體的製造在目前主要依靠鎢，電子儀器中還使用着鎢、鎘、鈦、鈮、鉭、鎢、鎢、鎢、鎢、鎢、鎢、鎢、鎢等稀有金屬或它們的化合物。超音速飛機的製造需要用鈦來代替一部分鋁鎂。其他方面的例子還多，高強度合金鋼、耐高溫合金和具有特種性能的材料的发展都是與稀有金屬的應用分不開的。在目前，世界上稀有金屬的用量也是以成千上萬噸來計算了。拿鈹來做例子，戰前資本主義國家鈹精廠的年產量約為2,000噸，1943年達5,000噸，美國在1953年進口和自己開採的鈹礦共達9,000噸。美國在1950年生產了900噸稀土金屬，並在1954年建立了一個年產純鎢100噸的工廠。由這些片斷

的資料，也可以看出稀有金屬在工業應用上的發展前途。

現在簡單地講一講煤。大家都知道，煤是冶金、化學工業和動力工業中不可缺少的原料。近年來，雖然水力發電和原子能的利用有了很大的發展，但並沒有降低煤的重要性，蘇聯第六個五年計劃要把煤的產量從391,000,000噸增加到593,000,000噸就是這方面的證明。在地下資源中，固體燃料的埋藏量超過99%，而石油的埋藏量則少於1%。煙煤佔固體燃料的75%以上，它的重要用途之一是用來做冶金焦，同時也是氣體燃料和化學合成原料的重要來源。用來做冶金焦的煤一般要經過洗選，降低其中灰分和硫分，對於煉鐵來說，這是極其重要的。如果焦炭中的灰分降低1%，則煉鐵過程中造渣所需的石灰石消耗量可減少4%，高爐的生產能力可以增加2.2—2.3%，而焦炭的消耗也可降低2.2—2.3%。生鐵中的硫大部分是從焦炭中來的，因此降低焦炭中硫分對於保證生鐵質量起着重要的作用。從煤的用量、用途和特性，可以了解為什麼采煤選煤在整個采礦選礦工業中有它的獨立地位。

地下的礦產資源是有限的。有許多品位高而靠近地面的礦床早已被開採利用了，但工業發展的規模仍然是在不斷地擴大，金屬采煤的產量也相應地在增加，在這種情況下，只有在科學技術方面的不斷進步才能保證原料的供應。科學技術的進步不但可以擴大工業原料的來源和範圍，同時也加速工業建設的速度，下面我想對采礦、選礦和冶金等方面的一些科學技術情況和問題分別地做一個簡短的介紹。

\*

\*

\*

我們对采矿工業的基本要求是：作業安全；劳动生产率高；采矿成本低；有用矿物的損失率小；尽量避免圍岩廢石掺杂到矿物中去，以減少貧化，免除增加选矿中的困难；并不断提高开采深度以扩大矿产資源。在进行采矿工作中，一方面必須针对矿床本身的特点和它的埋藏条件选择最适当的采矿方法，另一方面要依靠机械化和自动化等技术的發展，这两方面要配合得好才能达到上述目的。

开采矿床的方式主要有两大类，露天开采和地下开采。露天开采的优点很多，譬如劳动生产率大，通风和安全的问题少，可以不用坑木支撑，工作空间不受限制因而能够使用任何大小的多种多样的机器设备等等。对于大的矿床如厚煤层、大铁矿等来说，露天开采应该是发展的方向。就采煤而论，苏联的露天煤矿比地下采煤的劳动生产率几乎要高到5倍，而成本要降低71.5%。随着强大的采矿机器设备的发展，露天开采的深度可以不断提高。在苏联，埋藏在500米深处的大矿床(采剥比达14)，已经用露天开采了，美国在这方面也达到了300—400米的深度。露天开采所用的大型电铲，它的铲斗的最大容量在美国达到了46立方公尺。就砂矿而言，世界各国广泛使用着水力开采和采金船两种方法。美国使用的水枪的喷嘴直径为50—200毫米，水头为30—160米，最大的采金船的铲斗容量在1945年已达到500公升，挖掘深度达40米。采金船把采矿选矿连起来做为一个联合流程，效率很高，苏联一只船每年能处理2,500,000立方米的砂矿。

地下开采的情况远比地面复杂，为了安全和迅速，机械化和自动化更是重要。拿煤矿来说，近代的高效率的开采方法是

用康拜因，苏联目前已经有1,240台采矿康拜因在各个矿井中工作着。最新型的采煤康拜因，是用一种“巨型鲍”把煤成大片地抛落下来。采煤康拜因的型号不只一种，有采薄煤层的康拜因，有适用于缓斜与倾斜煤层的康拜因，它们的构造都不相同。苏联还正在创造一种井下采煤的新式联合机，这种机器将使主要的采煤过程包括开采、运输和支架，完全自动化。在水源充足的地方，利用水力采煤，在苏联已经得到了大规模应用。这个方法是用强大的水泵，将水从地面上，沿着钢管，压送到煤井下距采煤工作面不远的水力冲击机中。水从冲击机的喷嘴里喷射出来，冲击煤层，使它破碎。破碎了的煤顺着巷道的斜坡流出来，或者是靠压力把它送出。水力采煤的劳动生产率比高度机械化的矿井还要高3—5倍，采煤成本可降低30—40%。由于这种原因，苏联第六个五年计划明确地指出水力机械化是煤矿工业机械化的主要发展方向之一，可以附带讲一句，25—30个大气压的水力足以使煤层破碎，苏联还正在试验用100—150大气压的水流来破碎岩石，由此可以看出水力在采矿工业中应用的发展前途。对于劣质煤或极薄的煤层，挖井开采很不合算。苏联从1932年起就开始研究煤的地下气化问题，想通过钻孔把空气鼓入地中，使煤层在地下着火燃烧，变成气体再引到地面上来应用。一直到现在，有若干关键还没有得到很好的解决，譬如，如何控制地下的燃烧带，如何控制煤层气化的程度等等都存在着困难，这些问题还在继续研究中。

金属矿的种类多，矿体形状和分布一般都很不规则，而且它比煤层硬，因此地下开采问题也就比较复杂。总的说来，我们目前对于缓倾斜矿床的合理开采方法还没有摸到一定的规



律。譬如，对于某一种矿而言，究竟要隔多远留一根矿柱，矿柱需要多大，才能又安全又节约，都还没有统一的想法。在开采极薄矿脉方面，目前的办法是一边开采一边充填，用这种方法很难做到很高的劳动生产率，但还没有其他更好的方法。可以这样说，近年来金属矿地下开采的进展主要表现在工具和技术的改进方面。利用新型钻机 and 硬质合金钻头，鑽炮眼的深度和速度都大大提高了，苏联、美国、瑞典、加拿大等国都采用深孔鑿岩，穿孔的深度可达30公尺，一次爆破可崩下几千吨甚至几万吨矿石，在矿床条件允许的情况下，利用深孔爆破使矿物大量崩落，可以提高采矿劳动生产率2—3倍。掘进设备的改进和轻便的金属支架或预制构件的应用，使矿井掘进速度大大增加，某些国家已出现平巷月进870公尺的记录，竖井月进速度也达到了250公尺。除了掘井以外，还有鑽井的方法。这个方法好像地質鑽探取样一样，先沿着井的周围鑽下去，然后用吊车起重取出岩心，或用其他方法将岩心破碎，用水力冲出，就形成了一口井。鑽井法在苏联与美国曾试验成功，但尚未广泛应用。苏联仍在这方面做研究改进，鑽井的直径已扩大到6.2公尺。

掌握岩层的物理性质，掌握矿山中的压力分布和开采过程中上部岩层压力的变化情况，才能选择最有效的采矿方法。这就是说，我们知道如何选择最短的路线开井，如何进行最有效的爆破，如何利用最少的支撑而能保证安全等等。因此，矿山压力和岩层破坏理论是采矿学科中最基本的问题，但这个问题在世界各国也没有彻底解决。目前仍在大力进行研究。这方面的知识不仅对于采矿很重要，对地下建筑如开辟地下铁道之类

也有同等的重要性。

\* \* \*

从地下开采出来的矿石，一般都掺杂着各种各样的围岩或脉石，除了极少数情况如富铁矿以外，大都不能直接用来冶炼。并且，在很多情况下，矿石中的有用成分常常不止一种，譬如我国包头铁矿中含稀土金属，大冶铁矿中含铜和钴，中南钨矿中含铜、钼、锡、锆、铍等，锡矿中含铅及稀有金属等等。针对这些情形，选矿就是很必要的了。通过选矿，把围岩或脉石去掉，对冶炼有很大帮助或者使冶炼成为可能。通过选矿，把各种有用成分分开，才能充分地利用资源。有许多稀有金属只存在于复杂矿中，只有在选矿过程中把它分离出来才能得到。由于这些原因，选矿科学技术在近年来得到了很快的发展。

为了达到选矿的目的，需要先把矿石粉碎，有时还要磨得很细。研磨愈细，选矿成本愈高；如果有必要把矿石粉碎到200筛孔以下，研磨的费用往往占选矿费用的70—75%以上。因此，改进研磨设备，寻找新的碎矿磨矿方法，是极其重要的工作。苏联发展了震动球磨机，这就是把球磨机中钢球的运动距离缩短使每分钟内钢球的撞击次数增加，大大地提高了研磨效率降低了成本。此外，科学家还正在研究新的物理原理企图创造出新的方法来破碎矿石，譬如利用超音波震盪和高频电流碎石法。用超音波震盪的方法来破碎石英在实验室内已经成功，这个方法所根据的原理是：在500—600°的温度下石英结晶中原子间的结合力最小，把石英加热到这种温度，再加上超音波的震盪作用，石英自己就粉碎了。这种现象说明有可能不

用机械式的方法使矿石破碎，但在工业中得到应用还有待于进一步的研究。

把矿石粉碎以后，根据不同的物理化学性质来把各种矿物分开。开始应用得最早的选矿方法是根据各种矿物之间有不同的比重，譬如淘金，在水流冲洗的作用下轻的砂石被冲走了，重的矿物就留下来，这个方法最初只适用于较大颗粒的矿石，而颗粒愈大，矿物和岩石的分离程度一般地比较小。近年来，比重选矿方面显著的进步之一是出现了水力旋流器。水力旋流器的构造很简单，上部是一个圆筒，下部是圆锥，圆锥下连接着一根管子以便排出矿物。在圆筒边上沿切线方向另有一根水管。将磨细的矿粉和水混和用2—4个大气压力从水管送入水力旋流器内，由于涡流的作用，矿粒在圆筒内旋转，重的沿着边缘下沉，从下部管子排出，轻的就走向圆筒中部，被水的压力冲向上走，从上部溢出。用这个方法可以处理颗粒小到0.1毫米的矿石。另一利用比重原理的选矿方法叫做重介质或称为重悬浮液选矿方法。所谓重液就是比重大的液体，譬如氯化钙的水溶液比重达1.5—2，二碘甲烷( $\text{CH}_2\text{I}_2$ )比重为3.3，二碘化钡和二碘化汞( $\text{BaI}_2$ 和 $\text{HgI}_2$ )的溶液比重是3.5，蚁酸铊的比重是4.2等等。除了氯化钙一类的东西在国外大量用来选煤以外，其余都是贵重的化学药品，成本太高，目前在选矿工业上没有应用。重介质是将很重的固体细粉如矽铁、方铅矿、磁铁矿等的粉末加入水中，利用机械搅拌造成一种悬浮状态，把它当做重液用来选矿。用方铅矿粉做成的悬浮液其比重可以达到4.3，它的好处是远比重液便宜，因此在工业上得到了比较广泛的应用。适宜于重液或重介质选矿的矿石颗粒一般

在50—2毫米之間，个别情况可以小到0.5毫米，再小就不行了。最近有人开始研究在水力旋流器內应用重介質，这方面的工作可能有發展前途。

磁力选矿也是一种常用的方法，但只适用于具有强磁性的矿物如铁矿、锰矿、黑钨矿等。有些铁矿本来磁性较弱，但可以通过还原焙烧或还原氧化焙烧使它成磁铁矿。譬如赤铁矿( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )在煤气中还原焙烧以后，就能在磁选机中分选，鞍钢的选矿厂就是这样做法。但还原焙烧需要设备和燃料，因此增加了选矿成本。最近，英国科学家研究成功一种“还原氧化焙烧法”，將天然的赤铁矿( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )先經過还原焙烧变成磁铁矿( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )，然后讓它在 $400^\circ\text{C}$ 以下氧化变成有磁性的 $\gamma$ 型赤铁矿( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )。这样做仍然可以满足磁选的要求，而从 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 变成 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 是放热作用，放出的热可以在焙烧过程中得到利用，因此可以大大地节省燃料或不用燃料。这方面的半工业試驗尙在进行中。

近50年来，应用最广、發展最快的是浮游选矿法，簡称为浮选。这个方法是以矿物表面的物理化学性质的不同为基础的。把矿石磨細，做成矿液，加入少許葯剂放在浮选机中，然后鼓入空气或其他气体，我們就会观察到有些矿物顆粒附着在气泡上，随气泡浮出水面，有些則与气泡不發生作用而下沉，这样就可以把不同的矿物分离。在矿液中添加的葯剂統称为“浮选剂”，它可以是一种或好几种葯剂。某些葯剂具有降低液面張力的作用，因此能够帮助起泡，如松油、萜醇等。某些葯剂是用来改变矿物的表面性质，使天然亲水性矿物变成疏水性矿物，并且帮助矿物粘附在气泡上，如黄葯、脂肪酸、胺鹽等。

此外还有一些药剂是用来调节矿液的  $F^H$  值，活化或抑制矿物表面与药剂或气泡间的作用，如石灰、曹达、酸类、硫酸铜、水玻璃、氯化物等等。浮选法早已成功地用来分选硫化矿，到目前几乎所有的单金属或多金属硫化矿都可以用浮选法来得到一种或几种精矿产品。在非硫化矿方面，浮选的应用也日益广泛，譬如苏联和美国早已建立了富集赤铁矿的浮选厂，我国不久也会有同样的浮选工厂投入生产。虽然如此，但某些氧化矿如白铅矿、锡石、孔雀石、赤铜矿等在目前还很难浮选，表现为回收率低，而矽孔雀石、菱锌矿之类则几乎不浮。为了克服上述困难，必须研究各种矿物的表面性质，弄清楚在不同条件下药剂与矿物表面作用的机理，研究不同气体对浮选的影响等等。弄清这些道理，我们就可以想办法对矿物表面进行处理，制造新的药剂，改变条件，使不浮的矿物也能浮起来。在苏联和美国已应用放射性同位素来研究药剂与矿物表面作用的机理，得到了初步结果，这方面的工作尚在发展中。

\*                     \*                     \*

从得到金属做为目的来看，选矿只是冶金的一个重要的准备过程。在选矿过程中分离不开的矿物，或者矿物中 useful 成分是很多，提取这些有用成分就必须在冶金过程中来做。结合这种情况，我想先讲一讲湿法冶金。湿法冶金就是用水溶液的方法来分离提取矿石中的有用成分，我们知道，一般的矿石都能溶解于酸或溶解于碱性的水溶液中，用这种方法可以解决许多选矿所不能解决的问题，譬如氧化铜矿一般就用湿法冶金来处理，有许多成分复杂的金属矿目前也广泛应用这种方法。矿

石中的有用成分溶解于水溶液以后，就可以进一步用电解或者是用沉淀的方法把各种金属分离出来。近年来，在处理复杂矿和低品位矿的问题上湿法冶金得到了很大的发展。首先是在焙烧方面。将硫化矿或硫化矿与氧化矿混合的细粉放在炉床上加热，在加热过程中从炉床下部以适当的压力鼓入氧气或空气，硫化矿粉就会燃烧起来，由于气流的作用，炉床上的矿粉会活跃得像沸腾一样，所以通常叫做沸腾层焙烧。这种焙烧方法效率高而且温度也容易控制，焙烧的主要目的是为了把硫化矿和氧化矿变成能够溶解于水的硫酸化合物，燃烧所得到的二氧化硫还可以用来做硫酸。这样，在进行湿法冶金时不但不另外消耗硫酸，而且还有过剩的硫酸作为副产品。另外一个新发展就是利用高温高压浸出的方法。这个方法是利用了下面的物理化学原理：我们知道，金属在酸或碱的水溶液中的溶解度是随温度压力而变的，假如有两种金属在常温常压下溶解于酸的程度差不多，就很难在这种条件下把它们分开；但是，它们在酸中的溶解度随温度压力变化的情况不会一样，因此改变温度和压力就能够促进两者的分离。高温高压浸出的方法还有许多其他优点，譬如，溶解速度加快，化学反应进行得更彻底等等，对于提高作业效率和金属的回收率都有直接意义。进行高温高压操作的设备叫做高压釜，在高压釜中将氢气通入含铜的水溶液中可以制造出铜粉，而且容易控制粉末的颗粒大小，这种生产方法在美国已大量应用。上述湿法冶金中的高温高压浸出所用的溶剂当然不限于酸碱水溶液，随着物理化学原理的发展和溶剂的出现，这种方法应该有广阔的前途。

火法冶金方面的新发展在钢铁工业中表现得比较突出。爐

子容积的增大和自动化是一种普遍趋势，炼铁高炉有超过2,000立方米的可能，炼钢平炉在苏联已有500吨的炉子而美国则正在建造600吨的炉子。电炉也已经到达了200吨。炉子容积的增大带来了新的科学技术问题，譬如高炉炉身的提高使焦炭承受的载重负荷增加，于是对焦炭强度的要求也就更高了。在高炉操作方面，广泛推广的是在鼓入高炉的空气中加入水蒸汽，苏联采用这个方法使大型高炉的产量提高7—10%。另一新发展是在高炉上使用高压炉顶操作，这就是增加高炉中顶部的瓦斯压力，苏联有许多高炉炉顶压力达0.6大气压。高压操作使炉况稳定，瓦斯灰减少，能提高生铁产量6.3—9.4%，降低焦炭消耗量2.1%。物理化学原理指出，增加炉内气体压力可以使矽开始还原的温度升高，因而使生铁中的含矽量降低，含矽低的生铁用于碱性平炉炼钢是有利的。上述炉顶压力(0.6大气压)并不算高，目前是向更高的压力发展。利用更高的炉顶压力并结合其他措施，不但可以进一步提高生铁产量，而且有可能找到不经过选矿而直接冶炼贫铁矿的方法。我国贫铁矿在铁矿储量占的比例很大，值得在这方面进行研究。应当指出，高炉结构必须加强，鼓风设备必须改进，才能采用高压炉顶操作。

在平炉、电炉炼钢过程中向熔池吹入氧气，在近年得到了迅速的发展。苏联经验证明，平炉用氧可提高钢产量21%，个别小平炉甚至提高70%，燃料消耗一般可以降低约15%。电炉用氧可提高钢产量15—25%，节省电力30%以上，并降低电极的消耗量。氧气炼钢使炉顶温度负荷加大，必须使用优质耐火材料，我国缺铬砖的原料，但可以发展具有热稳定性的铝

鎂磚來代替鎂磚。

最近幾年出現的頂吹式轉爐氣煉鋼給煉鋼工業帶來了一個新的發展前途。這個方法最初是在奧地利試驗成功，很快地就發展到其他国家。它和舊式轉爐不同的地方在於吹煉的方式和純氧的利用，氧氣是從轉爐口用水冷的管子向鋼液表面噴射，而舊式轉爐則是以底部或兩側的開孔把空氣或富氧氣體吹入鋼液。在爐子的構造上這種新式轉爐反而簡單，可以做得很大，目前已有60—70噸的爐子。由於用純氧的結果，用來煉鋼的生鐵成分不像過去一樣受到限制，而且允許摻用廢鋼到15—30%。蘇聯兩個工廠中用9—10噸和13—16噸的頂吹式氧氣轉爐做煉鋼試驗，結果與平爐鋼的質量相近。加拿大也有這種工廠，美國有些鋼廠先用頂吹式氧氣轉爐吹煉再將鋼水倒入電爐中精煉，這就是頂吹式轉爐到電爐的雙聯法。根據報導，這些工廠的投資只及相同產量的平爐廠的一半。

連續澆鑄鋼錠也是一種最先進的生產方法，目前世界各國都在繼續研究這個方法企圖把生產率更向前推進一步。連續鑄錠的優點很多，而下述兩點的經濟意義最為明顯：（1）採用連續澆鑄的鋼錠可以不經過初軋機或管胚機而直接軋成成品，因此可以免除鋼錠加熱用的均熱爐，減少鑄錠車間面積，節省投資；（2）連續鑄錠使切頭尾率從15—25%降低到2—3%，因而大大地減少每噸產品的金屬消耗量，並且，連續鑄錠使操作過程簡化，從而縮短生產周期降低生產費用，據初步估計，就半成品而言，採用連續鑄錠可以減少生產費用10%左右。目前最大的連續鑄錠生產設備是在加拿大，這台設備每小時的生產率大約是70噸。美國還打算在1960年建成每小時生產率為



250 噸的連續鑄錠設備，年產 300 萬噸的鋼廠只需兩台這樣的設備就可以應付裕如。但是，要建成生產率這樣高的連續鑄錠設備還必須解決許多科學問題，譬如在連續澆鑄或快速冷卻條件下的鋼液結晶動力學的問題和若干自動控制問題等等。我國應抓緊進行這方面的工作才能趕上去。

合金鋼的發展和鋼錠鋼材尺寸的增大，以及許多容易被氧化的稀有金屬的熔煉，使真空技術工業中應用的規模日益壯大。近年來科學研究工作證明：鋼中含氣體過多就會影響質量，特別是合金鋼含氬氣過多更容易發生內部裂紋造成廢品，這種現象隨鋼錠鋼材尺寸的增大而更加嚴重。為了去除氣體提高鋼的質量，在國外已經大規模地在澆鑄過程中採用真空處理，譬如德國早就用真空處理過 150 噸重的大鋼錠。我國南部氣候濕熱，而水電的發展將使我國電爐煉鋼產量大大增加，用電爐在濕熱的氣候下煉出來的合金鋼所含氣體的量將更高。為了預防上述情況發生，發展真空處理就不能不及早注意。可以附帶說一句，在濕熱地方金屬材料的腐蝕問題也更嚴重，這方面的研究工作也應該開展起來。某些重要的稀有金屬如鈹、鎳、鈦、鎢、鉬等需要在很高的真空中進行熔煉和鑄造，目前美國市場上已經有了熔鑄金屬達 1 噸重量以上的真空聯合裝置，真空度可以達到  $10^{-3}$ — $10^{-5}$  毫米水銀柱。我國有關的部門應該注意研究並製造這種高真空裝置，才能促進稀有金屬工業的發展。

大家都知道，世界工業技術的發展是走向更高的溫度、更大的速度和更高的壓力，要求有強度更大的，耐磨損、耐高溫、能抵抗氧化和腐蝕的金屬材料和特种材料。合金鋼、高溫

合金、硬質合金以及金屬與陶瓷混合做成的材料的發展就是為了適應這種要求。在合金鋼中，合金結構鋼由於强度高是製造各種動力機械所需要的材料，用量最大，其產量約占鋼的總產量10%。不銹鋼也是很重要的鋼種，能抵抗腐蝕也可以用於 $650^{\circ}$ 以下的高溫，在化學工業設備製造方面用得較多。在高溫合金方面，目前用得最多的是以鈷為主或鎳為主的兩種合金，它們是航空工業必不可少的重要材料。這兩種合金的長期使用溫度還不能超過 $930^{\circ}\text{C}$ ，因而限制了燃氣輪的發展。因為燃氣輪的效率是隨著溫度的增高而增加的，如果要求燃氣輪的熱效率超過內燃機，就必須尋求能耐更高溫度的金屬材料。金屬與陶瓷或其他化合物的混合製品可能有很大的發展前途，但還有待於進一步的研究。

鎳、鉻、鈷等元素是合金鋼和高溫合金中的重要組成部分，鎳與鈷也用於硬質合金和金屬陶瓷製品作為粘結劑，但在我國目前尚未發現足夠的資源。利用我國比較富裕的元素如硼、鈮、鎢、釩等來發展合金鋼來節約鎳、鉻、鈷等是很必要的。我國的稀土金屬的儲量豐富，如能解決大量生產的問題，則除了其他用途以外，對於發展合金鋼和高強度的鋁鎂合金將會有很大幫助。此外，我國產鎳豐富而用途不廣，如何擴大鎳的用途也是目前存在的一個科學問題。

世界各國都在從高熔點的金屬中尋找更新的高溫金屬材料。鈦是其中的一種，但鈦在高溫很容易被氧化而且生產成本很貴，因而限制了它的用途。還應當指出，目前提煉鈦的最好原料是金紅石，我國尚未發現大量的金紅石而不得不從鈦鐵礦中提鈦，如果採取這個途徑鈦的成本一定會更高。鎢與鈮的熔

点比钛还要高得多，也是因为不能抵抗氧化而大大地限制了它们的用途。针对这种情况，科学工作者一方面是从高熔点金属的合金方面想办法，另一方面则是研究这些金属或合金的表面处理方法企图制造出一种抗氧化而能密切粘附在金属表面的保护层。这两方面的问题都还没有得到满意的解决。

以上所讲的许多冶金方面的问题归根到底都牵涉到物理和化学领域中某些基本理论，譬如，我国需要准确地知道原子与原子、分子与分子之间的力的作用，才能掌握物质结构与性能的关系，才能预见或控制冶金反应的详细过程。这是我们的长期努力目标，也是科学研究的最高目的。

\*                     \*                     \*

由于时间的关系，我仅就采矿、选矿、冶金三个方面一些情况和问题做了简略的轮廓性的描述，一定还有许多新的情况和问题应该提出来而遗漏掉了的，请大家原谅。