学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

现代科技与人文大观

话说新科技革命中的工业（上）

BOOK

内部资料 非卖品

话说新科技革命中的工业

采　矿

1.向现代化和机械化迈进
——谈我国有色金属采矿科技进步

近年来，随着科学技术的发展，通过大量的科研和科技攻关工作，我国有色金属采矿科技水平有了很大提高，取得了许多具有世界先进水平的科技成果和工程速度与效率纪录。

在露天开采方面，新的开采工艺，已在许多矿山获得推广应用。国产钻机，如牙轮钻、潜孔钻等，已初步实现系列化，大区多排孔微差爆破以及控制爆破技术已日趋成熟，新爆破器材已在矿山生产中获得应用。大型采装运和辅助设备已研制成功，可以为年产 1000 万吨的大型矿山进行装备配套。对露天矿边坡稳定性已能够进行科学测试和分析，达到优化设计的目标，并能对边坡实行有效的监测和加固。

目前我国有色金属矿山以地下开采为主，约占总采出矿山量的 70%。多年来通过对地下采矿方法大规模实验研究，使传统的采矿方法开始向高效率、高回采率和安全经济的方面发展。目前采用的采矿方法主要有：留矿法、空场法、充填法和崩落法。

井巷掘进方面已逐步实现了机械化作业，如竖井掘进目前已能够实行机械化配套作业，创造了月成井 100 米的好成绩，平巷掘进在重点矿山也已基本上实现了机械化作业。

虽然近年来我国采矿科技水平有了很大提高，但与世界先进水平以及国民经济发展要求相比，还存在一定的差距。如何充分利用现代化科技成果，实现采矿工艺现代化和全盘机械化，研究出高效率的采矿方法，进一步完善各类井巷掘进的机械化作业线已成为我国有色金属采矿急待解决的问题。

2.薄窄矿脉怎样开采
——谈薄窄矿脉矿山采掘机械化

近10年来，由于国际市场上金属供过于求，价格下跌，市场萧条，并且世界上的大厚矿体日趋减少，许多采矿公司将注意力转向薄窄矿床，都以提高劳动生产率，降低生产成本为核心制定生产经营计划，寻求新的工艺技术与装备，强化开采，以适应新的市场形势需要，许多设备公司近年来研制了一系列微型采掘设备，使薄窄矿脉矿山采掘机械化达到了一个新的高度。

采掘设备微型化、液压化、高效化、无轨化、动力电气化是近年来西方国家薄窄矿脉矿山采掘机械化发展的总趋势，凿岩基本上使用微型液压凿岩台车，出矿采用微型铲运机，劳动生产率得到了极大提高。

为适应薄窄矿脉机械化开采的要求，国外一些矿山、设备公司相继开发研制、使用了微型液压凿岩台车，满足了生产的需要。例如：南非President，Steyn金矿使用的两台有轨液压凿岩台车，重量只有450公斤，最小高度仅850毫米，装有支臂、推进器各两个，台车可在两个方向打与工作面成70°的炮孔。该台车在南非金矿使用的4年期间，其月进尺始终超过了其他型号的台车。

凿岩设备除上述微型化外，另一个发展趋势是把双臂液压台车改为单臂，使凿岩成本大幅度降低。

最近，瑞典、加拿大及新西兰的一些矿山正在试验单机铰接式液压凿岩台车，该台车可在3.5米×4.7米（宽×高）的范围内凿岩，车宽仅1.22米，整车重7吨，但可拆卸成3大部件（支臂加推进器、前桥、后桥），便于在不同的工段间搬运。

微型液压凿岩台车在国外薄窄矿脉矿山已得到广泛应用，成为这类矿山凿岩的主体设备。

国外薄窄矿脉矿山装运设备基本上实现了无轨化，使用微型铲运机出矿。这些微型铲运机宽度仅950毫米，高度1.85米（操作者头部高度），长约4米，斗容0.4立方米，装载800公斤，能在约1.1米宽的工作面内工作。据秘鲁和加拿大薄窄矿脉矿山使用情况证明：微型铲运机具有机动性好、生产效率高、成本低的特点。此外，芬兰、美国、英国的一些矿山已使用了小型井下自卸汽车，用于小断面巷道的运输。

装运设备微型化、无轨化、动力电气化是薄窄矿脉矿山装运设备发展总的趋势。

我国大部分已开采的金、锡、铅、锌、钨等有色金属矿山均属薄窄矿脉矿山，这类矿山数量占有色矿山数量的80%。其开采难度逐年增大。而我国这类矿山采掘机械化水平与国外相比，还有很大的差距，例如：微型液压凿岩台车在我国至今还是一个空白。因此，进一步提高我国薄窄矿脉矿山机械化装备水平，实现采掘机械化，强化开采，提高生产率，是发展我国薄窄矿脉矿山的一条有效途径。

3.油藏管理
——一门先进的石油开采技术

21 世纪正向我们走来，石油工业的前景如何，是人们关心的话题，有人预言，按目前速度，地球上的石油只够开采 20～30 年。为了缓解石油的需求和短缺构成的矛盾，各种最先进的科学技术必定用于石油勘探和开发中。由于新发现的石油资源远远弥补不了老油田资源的迅速递减，并且发现大的新油田的可能性也越来越小，导致人们更加重视老油田的石油开采——由此便产生了油藏管理的概念。

从本世纪 30 年代以来，油藏管理经历了不同的发展阶段。进入 90 年代，人们对油藏管理进行了更加广泛的讨论。世界上许多学者都进行过论述，众说纷纭，各有侧重，目前还没有形成一个统一的概念。

具体地说，油藏管理的概念含义是广泛的，可以从以下几个方面来理解：

（1）油藏管理的主要内容涉及油藏的勘探开发全过程，不仅受到油藏自身特点的影响，而且受到社会政治和经济环境的制约，受到当时的技术实际水平和应用程度的限制。

（2）油藏管理主张把油藏的勘探开发作业看成是一项系统工程，要使油藏得以有效地开发，必须有系统论的观点，即必须统揽全局，既要考虑到油藏的类型、特性，又要考虑到油藏的整个勘探开发过程中的变化情况和社会经济条件及现有的技术水平等。

（3）一个油田往往包括许多个油藏，油藏管理主张以每个油藏为一个独立的开发单元。

（4）油藏管理要求从油藏发现开始直至最后开采结束，通过一系列的决策和一系列的作业来认识、测试、开采、监测和评价油藏；要求在一定的管理环境下，将地质研究、计算机技术、工艺技术、地球物理技术应用于油藏系统。

（5）社会政治和经济环境、技术因素和油藏信息是油藏管理的基础。

综上所述，我们可以认为：所谓油藏管理，就是在国家政治、经济允许范围内，充分应用先进的科学技术，以最小的人力投入、最小的资本投资和最低的作业成本，最大限度地提高油藏开发的经济效益。但是，我们怎样来实现油藏管理呢？

目前，人们普遍认为协同工作法是实现油藏管理的最佳方法，该方法强调拥有一支由油藏地质和油藏工程相关的多学科专家组成的专家队伍，并且这支队伍从油田发现直到废弃之日，自始至终在工作上密切进行合作。强调各职能部门之间的相互协作，必须打破各部门间的界限，充分发挥统一指挥、协同作战的优势。强调开展多学科综合研究，充分利用最新技术，切实保证油田在开采期间实现最经济开采，不断延长油田开采期限。强调在进行油藏管理的决策时，必须综合社会政治和经济环境、技术因素和油藏信息三者的相互作用、相互联系。强调所有的油田开发和作业决策都应由熟悉整个生产系统、油藏特性和动态关系的多学科专家队伍决策。强调油藏管理的多学科专家队伍的每一个成员都要培养对整个生产系统负责的意识，不断具备油藏工程、钻井工程、采油工程等多方面的基础知识，了解有关整个生产系统各个环节的技术措施。强调在具体实施油藏管理总体方案时，建立一支由各学科人员组成的专职联合小组，逐个地对老油田进行分析，确定进一步开发方

案。

总之，油藏管理的协同工作法最突出的特点是强调协同作战产生的整体效益远远高于各部门之间努力工作所产生效益的总和，这也是协同工作法成功的奥妙之所在。

油藏管理是优化提高石油采收率的基础，目前，已被誉为最先进的石油开采技术。可以预言，在不久的将来油藏管理技术将成为开采石油资源最合理的途径。

4.矿床地下开采顺序的新动向
——谈上行阶段开采顺序

到目前为止，国内外矿床地下开采的矿山均采用自上而下即下行阶段开采顺序。这种阶段开采顺序有很多优点：矿山建设初期开拓工程量小，初期基建投资少，投产早等。但长期的生产实践表明，下行阶段开采顺序存在一些严重问题：矿山投产后就立刻准备和进行扩建，扩建工程与生产往往发生矛盾。在开采影响范围内，岩体易发生移动，地表出现裂隙、塌陷，破坏了地形地貌和自然环境；重要的井巷工程和地表构筑物，均要布置在岩石崩落带和安全带外，增加了基建工程量。

为了解决目前地下矿山普遍采用的下行开采顺序所存在的上述问题，有关专家提出研究和应用上行阶段开采顺序，上行阶段开采顺序已成为矿床地下开采顺序的新方向。

上行阶段开采顺序的原则是，根据矿体的具体特征，一次开拓到经济上最优和技术可能的最大深度，在已开拓的最深水平进行采准和回采，同时，在其上的 1～2 个水平开拓和采准。上部阶段在围岩中掘进开拓和采准巷道产出的废石，通过废石溜井下放到下阶段已回采结束的采空区，进行块石充填，实现块石不出坑的构思。

由于从很大深度上开始回采，回采后的采空区又及时进行充填，完全可以避免岩体发生大规模的移动和整体破坏，地表的破坏和塌陷可能性也极小，某些井巷工程可以靠近矿体布置，从而显著地节省基建工程量和采准工程量。

采用上行阶段开采顺序，不仅能节省基建和废石运输费用，还有利于实现高强度化开采和集中作业，充分发挥大型设备高效率的威力，从而提高矿石生产能力，改善矿石回收指标和降低采矿成本。

目前，上行阶段开采顺序已引起了世界矿业专家的普遍关注，如原苏联加伊铜矿业在进行上行阶段开采顺序的工业试验；乌克兰金属矿山科学院也正在积极研究上行开采顺序。我国华铜铜矿应用上行阶段开采顺序，已初见成效。

5.选矿厂的未来
——谈在地下设置选矿厂的新工艺系统

随着科学技术的迅速发展，矿山生产和建设的决策也相应地发生了重大变化。目前，矿山环境保护工作已提到需急迫解决的问题，而矿床地下开采环保的重点，是减少或取消尾矿库和废石场的危害。于地下设置选矿厂，实现利用部分旧硐室或采空区，就地加工，将精矿粉用管道输送至地表，产出的尾矿充填于井下采空区，这样，就可以取消地面的尾矿库和选矿厂的建设和经营，同时，还可以使矿山基建的井巷工程量大为降低，明显简化生产环节，并彻底取消地表尾矿库和废石场两大污染源，从根本上改变矿山环境，保持矿山自然环境的生态平衡。

目前，国内、外地下矿山大都采用地表选矿场加工矿石的传统工艺流程。矿山于井下开采的矿石，要运输、提升到地表，再运输送到选矿厂。随着开采深度的增加，矿石品位逐渐降低，矿石产量又不断扩大，井下运输和提升矿石量越来越大，生产条件也益发困难。开采出的矿石中有用成分很少（铁矿石只有 30～50%，而黄金矿石则只有百万分之 3～10），矿石大部分或绝大部分是脉石。显然，这种传统的工艺流程存在下列一些问题：井下运输、提升、地表运输矿石费用大，使采矿成本提高，选矿厂加工成本提高；尾矿库的扩建和维护费用增大，造成矿山环境的两大污染源；当井下采空区需充填处理时，还要重建尾矿管道充填系统，费用也相当可观。

由于地面选矿厂存在的上述问题，为了形成生态净化的采矿生产环境，从未来扩大生产发展以及整个系统经济分析，在地下设置选矿厂的新工艺系统，已成为世界各国采矿业迫切研究的重大课题。有关专家经过研究证明，地面和地下选矿厂的精矿成本基本相等，而地下选矿厂在地面不设选矿厂和尾矿库，经济效益是显著的。

目前，世界上一些国家如秘鲁、意大利和加拿大的不列颠哥伦比亚省等，在地下建立了选矿厂的全部系统；瑞典、加拿大、美国等在井下对矿石进行初加工。这些国家成功的实践表明，在地下设置选矿厂的新工艺流程在技术上是可行的、可靠的，经济上是合理的。

在地下设置选矿厂，形成地下矿山整套新的工艺系统，实现废石不出坑，废石和尾矿就地充填采空区，可以有效地控制岩体移动和地表塌陷，取消地面尾矿库和废石场这两大矿山污染源，根本地改变矿山环境，保持自然环境的生态平衡，简化矿山生产环节，改变矿山开拓系统，减少井巷工程量，最终降低采矿和加工成本，使矿山获得良好的经济效益。

6.遥控采矿成为现实
——谈遥控地下采矿技术的发展

随着科学的发展，各种高新技术的不断涌现，地下采矿设备实现遥控这一构想，已经发展到了不再是空谈的地步。过去人们只是谈论地下采矿设备的遥控问题，但是，近年来，关于地下采矿设备遥控问题的有些事情已在付诸实施了。

近年来，计算机技术、信息和通讯技术、控制技术等的迅速发展及应用极大地推动了采矿工业的进步。在这些技术进步的推动下，为了减轻成本增高的压力以及出于对安全的关注，有许多公司正在研究或者正在将遥控技术用于矿山生产。虽然这种新事物目前产生的影响并不太明显，但其潜力是巨大的。现有的遥控采矿设备和技术研究项目包括：从日常采矿作业诸如凿岩、炮孔装药及爆破作业的机械化与自动化到通过数据通信从世界的另一端对复杂的地下采矿设备进行遥控与故障处理。

开发遥控采矿技术的最终目的是：对每一座高度自动化的地下矿或露天矿实现实时控制。这是目前正在进行的多项研究工作的一个共同主题。其中最具雄心的一个项目是“智能采矿技术计划”(Intelligent Mine Technology Program）。这是芬兰各矿山设备制造厂家、赫尔辛基工业大学岩石工程试验研究所与芬兰技术开发中心（TEKES）共同参与的一项合作研究开发计划，耗资 1200 万美元，包括 28 个研究开发项目，旨在研究开发新设备与新系统，提高自动化水平，以促进采矿生产效率的增长。

对一座自动化矿山的各项机械化作业实现过程控制的关键包含以下三大方面的内容：

（1）矿石储量与产量的实时管理，需要有完善的数据采集、传递、处理与使用系统。除了实时控制所需的大容量计算机外，智能型矿山还需要有可靠的机动设备和人员调配系统、矿井内部通信和矿井与地面通信系统以及高速双向数据传输系统。

（2）采矿设备操作与导向自动化以及相关系统。

（3）采矿工艺过程各工序的自动化：从一座全自动化矿井的方案设计到全机械化与自动化巷道掘进、生产凿岩、装载、提升和破碎以及地压控制设备。

目前，要把这些项目全部结合在一起还是一个有待解决的大难题，但是，其中有些单项如自动化凿岩台车、遥控天井钻机、遥控装药机、计算机辅助矿井通风自动控制系统等正在以不断加快的速度投入使用。这些新技术的应用极大地提高了采矿自动化水平，显著的促进了采矿生产效率的增长。

7.凿岩技术新成员
——自动化凿岩台车等采矿自动化设备漫谈

80 年代以来，随着全球高、新技术研究热的兴起，机械工业取得了重大进展，为采矿工业向机械化和自动化方向发展提供了新的机遇。如何降低矿山生产成本，提高生产效率被世界各国采矿工业普遍视为是关系采矿工业发展的一个首要问题。随着科技的进步，采矿设备实现自动化被一致认为是降低矿山生产成本、提高生产效率的关键环节。因而，采矿设备自动化已成为世界各国采矿业竞相研究开发的一个重要课题。

近年来，采矿设备自动化已取得了重要进展，例如：自动化凿岩台车、遥控装药机、遥控铲运车等都已投入应用，并取得了良好的效益。如芬兰坦罗克公司研制的 Data Solo 型自动化凿岩台车在使用时，司机对好孔位开钻后便可以走开，凿岩台车能自动钻到预先规定的深度，然后能自动退出整组钻杆、卸下每节钻杆并放回钻杆架上，使用 Data Solo 型无人凿岩台车时，在司机进餐时间内至少可自动钻出一个炮孔，而在司机换班时又能钻出一个炮孔，这使每班总钻进米数增加了约三分之一。实现自动化不仅减少了操作时的人工劳动，提高了安全性，而且减少了因司机换班间休和进餐所造成的总停机时间，提高了生产效率。

分段崩落法、分段采矿法等各种大规模采矿方法的推广应用，进一步促进了凿岩设备机械化、自动化水平的提高。由于采用深孔爆破，于是炮孔越来越深、钻杆和钻管越来越重，还需要机械辅助接长和拆卸钻杆。因此，凿岩台车人工定位、炮孔开眼、更换钻杆以及保持一组钻杆拧紧所需的扭力等这一连串耗费体力的操作工序，对于自动化系统来说，都已成为颇具吸引力的研究对象。例如阿特拉斯·科普柯（AtlasCopco）公司的 RHS 系统把机械化接杆器和遥控操作盘二者结合起来可使司机离开工作面，免受炮孔冲洗水与钻屑的喷溅。将 RHS 系统同 BAR—17 型凿岩自动控制装置组装在 Simba 型深孔凿岩台车上实现了无人看管的自动化凿岩，采用无人凿岩方式，大大提高了实际凿岩时间的比例，遥控操作把司机从繁重的体力劳动中解脱出来，提高了凿岩效率。

凿岩台车自动控制能保证炮孔位置更加准确，从而可最大限度地提高爆破效率。此外，应用计算机控制的激光导向系统可以使凿岩台车不需要在工作面上做导向标志，可以缩短凿岩机定位与凿岩作业循环时间。从而可以大大提高生产效率。

除自动化凿岩台车外，其他采矿设备也在向自动化方向飞速发展，例如尼特罗·诺贝尔（Nitro Nobel）公司已研制成功的 Rocmec 2000 型遥控装药机，该机结构十分完善，司机坐在司机室内便可完成炮孔装药作业，减少了司机受到伤害的危险，消除了人工装药这类费力的体力劳动，通常需两名工人搬运的沉重的装药软管，使用该机后可省去一人，而且还能大大减少一组炮孔所需的装药时间。

我国采矿自动化技术近年来也取得了令人瞩目的成果，如山东省袞州矿务局研制的自动气控挡车器，达到国内外先进水平，是目前国内外先进的斜巷防跑车装置。近年来，该局在工况监测、轨道运输、胶带运输、通讯、大型设备、提升系统等各方面研究和推广了许多先进的科技成果，使袞州矿区的煤矿自动化水平提高到了一个新的水平，促进了生产，保障了安全，加快

了现代化建设的步伐。

8.“运筹帷幄、决胜千里”的新装置
——谈设备远程控制

随着计算机技术、控制技术、通信技术等高新技术向采矿工业的不断渗透，由凿岩、爆破等机械化和自动化的采矿作业向通过数据通信从地面对地下采矿设备的机械化作业进行遥控和故障处理已成为采矿工业的重要发展趋势。

目前，采矿设备远程控制技术已在世界上一些矿山公司取得了重要进展。例如，1991 年 5 月，罗宾斯（Robbins）公司与芒特艾萨（Mt·Isa）矿山公司共同进行了一次测定遥控天井钻进是否受地理位置限制的试验。试验时，罗宾斯公司西雅图办事处的工程师们通过计算机同位于北澳大利亚的芒特艾萨公司希尔顿（Hilton）矿井下的罗宾斯天井钻机联通。虽因两地之间电话线路质量不佳而使数据传输受到限制，但是罗宾斯公司的试验小组仍能控制安装在井下 1000 米深度处工作的 63RM-H-1330 型天井钻机上的 Robbomatic2000 型可编程控制器（PLC），西雅图办事处的工程师仍可通过计算机通信停止和启动该可编程控制器并能输入一个新的 PLC 程序。试验结果证明，这项技术是可行的，并且可以为安装在世界任何地点的罗宾斯天井钻机上的可编程控制器进行远程编程和调制。

芒特艾萨矿山公司还一直积极研究开发利用遥控装运设备，目前，该公司的每个矿都使用了遥控铲运机,而且正在研究最终在艾萨矿的全部 50 吨级的电动汽车上加装遥控装置的可能性。据该公司声称，其下一步的目标是实现完全自动化行驶和装卸。

世界上其他一些地方的矿山公司也正在积极开发和利用远程控制技术，如在美国的联合矿冶公司、霍姆斯特克矿山公司等已普遍使用遥控式柴油铲运机；在霍姆斯特克矿以及美国锌公司的巴尔马特矿已成功地安装了列车装载遥控系统。遥控装载设备的应用大大降低了人工成本，保障了作业安全。

信号传输与接收的准确性和安全性是保证遥控作业正常进行的先决条件，因此，信号安全系统是远程控制技术研究的一个重要课题。最近，穆格（Moog）公司研制出一种采用了学习方式的信号安全系统，这种系统的传输模块和接收模块可以互相学习彼此的 ID（标识符）编码，而且拒绝响应含有任何其他标识符编码的信号。开始使用时，这种成对的装置先用电缆接通，互相交换标识字符。完成此过程后，连接电缆便可取掉，设备就能按正常遥控方式进行操作。该系统采用非易失性存储器存储数据，即使从该遥控装置上取出电源，学习过程也是不能重复的。另外增加的一道安全级可禁止任何人非故意地强使两种非同类设备学习彼此的标识符编码。采用循环冗余校验，可以在传递出控制信息之前验证信息的发送地址与信息内容是否准确无误，大大减小了传输错误的概率，提高了信号的安全性。

9.激光向导

——Opti—Trak 井下车辆激光导向系统漫谈

激光是二十世纪以来包括原子能、计算机、半导体等在内的几项重大发明之一，激光的出现对光学技术发展的影响是极其深刻的。许多以往光学技术办不到的事情，现在能办到了；过去能办到的，引用激光之后，效果和精度得到成倍甚至几十倍、几百倍的提高。譬如：以往高空投弹的命中半径大约百米左右，装有寻找目标装置的激光炸弹命中半径可提高到几米，实际上是百发百中；坦克大炮配上激光测距仪，测距精度达 1 米，而且测得快（千分之一秒），容易控制；用作导向的激光陀螺，原理上完全不同于机械转动陀螺，没有转动部件，精度高，寿命长。总之，激光的出现对光学及许多其他科学技术领域都产生了富有深远意义的巨大影响。

目前，在采矿工业中，激光已成功地应用于井下车辆导向系统，如加拿大安大略省北湾市的明特罗尼克斯系统公司（Mintronics Systems Corp of North Bay）研制的 Opti—Trak 激光导向系统已在几座矿井中实现了汽车和铲运机的自动化操纵。该系统可使车辆借助配置在车头和车尾的激光器扫描装在巷道顶板上的基准导向板来导向运行。例如，车辆循着这条基准导向板根据装在导向板附近的反射条形码便可完成各项作业，如卸载、变速或检查制动器。加拿大国际镍公司（Ineo）一台 Wagner Si—8 Scooptram 型铲运机上安装的一套 Opti—Trak 系统采用了电视摄像机,可使司机遥控车辆装载并且将车辆调度到靠近基准导向板，然后使车辆开始自动运行。

Opti—Trak 激光导向系统正如该公司指出的那样，其功能已经超过了遥控，当车辆在装载和调度时，除非出了机械故障，一切操作均无须人工插手。

Opti—Trak 系统还具有三级安全保护用于保护设备和工人。第一级安全保护是出入自动化运输作业区由标志信号和声响信号进行控制。第二级安全保护是便携式红外线信号器，工人进入自动化运输作业区时要随身携带。当一辆运行的车辆进入距工人约 45m 的范围内时，红外线信号器便发出信号令该车辆停驶。第三级安全保护是装在全自动化车辆上和带在矿工头盔上的收发机。这种装置自动操作，当任何一辆装有收发机的车辆进入距另一部收发机约 15m 的范围时，它便能够检测出来并立即使该车辆停驶，防止工人与车辆发生碰撞事故。

采用自动化系统来提高运输效率的潜力是巨大的，而激光导向系统在井下车辆上的应用，对自动化运输系统来说，可谓是如虎添翼。井下车辆激光导向系统的开发在世界各国采矿业都有着广阔的发展前景和巨大的市场，它的应用对于提高矿山自动化水平和采矿生产效率必将产生巨大的促进作用。

10.机器大夫，妙手回春
——谈采矿机械的工况监测和故障诊断的“油磨屑”综合分析监测技术

井下采煤机械的可靠性对煤炭的产量、生产效率有举足轻重的影响，加强对矿山设备特别是长臂采煤机械的工况监测和故障诊断是保证煤炭生产持续、稳定发展的关键。由于井下生产条件异常恶劣，在潮湿、阴暗的地下作业，除有大量的粉尘和煤尘污染外，还伴随着强烈的撞击和振动，因而对井下低速、重载的行走设备安装在线仪器或传感器很困难，同时还要求这些仪器是防爆型的或本安型的，所以一般机械常用的振动监测仪器在这种工况下，使用效果很不理想。从国内外的发展来看，目前对采煤设备的工况监测和失效预报，以“油—磨屑”的综合分析监测为主。

我国对采煤机械的工况监测和故障诊断工作已开展了几年，已逐步提高了对“状态维修”的认识。目前，大同、开滦、潞安、袁州、汾西等近三十个局矿已配备了“油—磨屑”分析仪器。

油—磨屑分析方法主要是指对机械设备润滑油和液压油的粘度、水分等理化性能指标及对油中所含磨屑的监测分析方法，后者也称铁谱分析方法。铁谱分析的核心是利用铁谱仪，将油内的铁磁性磨损颗粒与油液及杂质分离开来，并按一定规则沉积在玻璃基片上（制成谱片），然后，对磨屑进行定性和定量的铁谱分析。

定性铁谱分析主要是从磨损颗粒的形状、大小、颜色来判断磨损的形式、严重程度和磨屑的材质。大小磨屑数量的比值是反映机械设备零部件磨损状况的重要指标，对这些值的测量就是铁谱分析的主要内容，所依靠的主要仪器有光密度计和颗粒定量仪。

光密度计是通过测量谱片上颗粒的遮光量来间接地反映谱片上颗粒的数量，由于铁磁性颗粒按尺寸在谱片上有各自的重点沉积区域，所以测量这些特定的区域，就可得到谱片上相应尺寸范围的颗粒数量，由这些值可以计算出磨损度烈度指数“Is”，它的大小反映了机械设备零部件的磨损剧烈程度。颗粒定量仪是采用电磁法来测量试样的铁磁物质含量，来判断设备零部件的磨损剧烈程度。

统计数字表明，采煤机相当一部分机械故障是由于润滑不良造成的，所以，进行“油—磨屑”的综合分析监测，是保证机械设备处于良好润滑状态必不可少的手段。

此外，“油—磨屑”分析方法对于实现油脂的科学化管理和完善机械系统的设计也有着重要意义。

在煤炭生产中，对采煤生产设备实行“油—磨屑”分析的多种测试手段的综合诊断，对于确保采煤机械健康诊断的确诊率，实行工况监测和预测维修是行之有效的重要手段，具有显著的经济效益。目前，我国在“油—磨屑”综合分析监测技术方面已取得了重要成果，例如中国矿业大学研制的包括KTP型旋转式铁谱仪、光密度测定仪、KLD—1型颗粒定量仪等的“油—磨屑”分析系列仪器，已在生产实践中发挥了重大作用，取得了显著的经济效益。

11.向岩巷进军
——谈煤巷掘进设备的发展

纵观国际上煤巷掘进机的发展历程，机型可分为 4 代：40 年代末至 60 年代中期为第一代，从无到有逐步形成了切割、装运、行走为一体的结构雏形机，用于软煤掘进，机重 15 吨。60 年代中期到 70 年代末为第二代机型的发展期，机型趋于成熟，适应范围扩大，部分大断面机型能过断层，有切割夹矸的能力，能切割抗压强度 60MPa 以下的岩层，机重 20～40 吨。80 年代始末为第三代机型的发展期，半煤岩掘进机开始成熟，煤巷掘进机功能齐全，可靠性大幅度提高，重机型大量涌现，机重达 50 吨左右，能切割抗压强度 80～100MPa 的岩石。80 年代末到 90 年代初期，第四代机型向岩巷进军，重机型增加，机重 70 吨以上，能切割抗压强度 100MPa 以上的岩石，且具有故障诊断、工况监测和自动控制功能，德国生产的 E250 WAV300 型，奥地利生产的 AM85、AM105 型等掘进机为代表机型。出现了切割、装运和支护平行作业的采掘锚综合机组，掘进速度大幅度提高，奥地利的 ABM20、英国的 KBⅡ等为代表机型。

目前,国外煤巷掘进机已广泛用于煤矿的抗压强度 100MPa 以下的煤巷掘进，并扩大到岩巷，使综掘机械化程度不断提高。据 1990 年统计表明，前苏联已使用 2300 余台，综掘程度达 40%；英国使用 600 余台，综掘程度达 77%；德国使用 160 余台，综掘程度达 37%。这些国家掘进机开机率达 30%～50%。

煤巷掘进机分为两大类：一类为悬臂式掘进机，量大面广，适应范围大，切割硬度高，但掘进、支护不能平行作业。这类掘进机在各国已形成系列化。另一类是在连续采煤机的基础上发展起来的采掘锚综合机组，用于煤巷快速掘进，较好地解决了掘进和锚杆支护平行作业问题。采掘锚综合机组问世仅 5 年，已引起了人们的高度重视，目前，投入商业运行的有美国久益公司的 12CM20 型、奥地利阿尔卑尼公司的 ABM20 型、德国保拉特公司的 E230 型、英国安德森公司的 KBⅡ型、RH45 型等 5 种机型。

随着煤炭工业的发展，新的技术、新的理论的应用，煤巷掘进设备正以不断加快的速度向前发展。

其发展趋势可以概括如下；（1）适应范围扩大。专家预测，到本世纪末，悬臂式掘进机可完成巷道总量的 80%以上。（2）可靠性不断提高，使机器能在井下连续正常工作 3～4 年不大修。（3）增加截割力和机重，提高工作稳定性。（4）实现机电一体化，包括操作自动控制和掘进机的工况监测及故障诊断。（5）高压水射流技术的应用。（6）发展采掘锚综合机组，解决掘进和支护平行作业问题。（7）加强综合配套能力。（8）研制试验手段更趋完善。

我国煤巷掘进设备的开发虽然与世界先进水平相比还存在一定的差距，但近几年来，也取得了重大进展，例如煤炭科学研究总院太原分院、上海分院和唐山分院已先后研制出 8 种机型，装备了检测装置，已开始制定煤巷掘进机标准，对截齿、切割参数和高压水射流进行研究。目前正在研制功率 160KW，机重 50 吨，能切割煤岩抗压强度 80MPa 的掘进机。

12.采矿工业的福音
——谈无人采煤技术

无人工作面采煤简称无人采煤，即工人不在工作面工作，而是在巷道和安全地点操纵和控制工作面的机械设备，完成采煤、运煤、顶板管理和采空区处理等工序。无人采煤技术的应用给采矿工业带来了福音，这种方法需要人员少，劳动效率高，可以达到安全、高产、低耗、高效的多目标效果。

无人采煤是当今世界上公认的煤炭生产先进方法之一，世界各主要产煤国都相当重视，并且投入了大批的人力和财力从事这项科学研究工作。原苏联、美、英、德等国都相继无人开采样机的研究和井下实验，对各种条件下，人开采方法进行了研究，并实施了回采工艺实验，已有了许多成熟的经验。

无人采煤方法种类很多，通常把开采过程中改变煤的聚集状态的开采方法，如煤的地下气化、地下液化、页岩的地下分馏等称之为化学方法开采；不改变煤的聚集状态的开采称为机械方法开采。

机械化无人采煤方法有很多种类，例如：螺旋钻机无人采煤、刮刨机无人采煤、刮刨机——螺旋钻机联合无人采煤、长壁综采无人采煤等。螺旋钻机无人采煤是比较成熟的方法之一，它广泛地用于开采缓倾斜薄和极薄的煤层。

无人采煤为那些用综合机械化很难或根本无法开采的薄和极薄煤层找到了一个很好的开采途径，提高了人类开发地下资源的能力，它所带来的技术经济效益和综合社会效益是其它采煤方法所不能比拟的。特别是在开采矿山压力大、有冲击地压及有煤和瓦斯突出的煤层时，其优越性更为突出。

我国是世界产煤大国之一，其中薄煤层的储量占总储量的 17.86%，而产量只占总产量的 10.4%，长期以来，由于薄煤层的开采困难、效率低、工作环境差，所以薄煤层的开采、配采问题已成为一个全局性的迫在眉睫的现实问题。研究薄和极薄煤层的开采新工艺、新方法和新设备，最大限度地开发地下有限的宝贵资源已成为一个带有战略性的新课题。

无人工作面采煤是解决薄和极薄煤层开采的一个很好途径。目前，机械化无人采煤在我国还是一个空白，但我们相信，随着我国科技水平的进步，在广大科技工作者的努力下，我国的无人采煤技术必将会有一个零的突破，有一个大的发展。

13.生物给我们的启示
——谈地下采矿方法合理识别的人工神经网络系统

地下采矿方法的合理选择，历来是矿山设计和生产中的一个重要课题。由于地质特征和矿床赋存条件极其复杂多变，很难建立完全等效的数学方程来描述各种地质因素与采矿方法之间的关系。所以至今采矿方法选择仍主要依赖于设计人员的经验和大脑思维。不完善的知识和矿床地质特征信息的缺乏，使采矿工程师很难获得优化的结果。近年来，不少专家从不同角度探讨了多目标决策、价值工程、模糊数学、专家系统等应用于采矿方法选择的可行性。东北大学将人工神经元网络引入采矿领域，开发了地下采矿方法合理识别的人工神经元网络系统，为采矿科学的决策提供了一条新的、更有效的途径。

人工神经元网络是 80 年代末迅速发展起来的一个国际前沿科研领域。人工神经元网络是试图模仿生物神经系统的工作而建立的一种信息处理系统，由大量简单元件广泛相互连接而成的复杂网络。具有高度非线性、自学习、动态处理、联想记忆、容错性等特征。人工神经元网络在输入数据含有噪声的情况下也能较好地工作。人工神经元网络的这些特征正是其他方法所不具备的，因而它特别适合于采矿方法选择这样复杂的问题。

用人工神经元网络合理识别地下采矿方法，即建立一个基于神经网络的自适应模式识别系统，在这个识别系统中，识别工作分三步进行：

（1）从积累的大量采矿工程实例中选择代表性强的作为网络学习样本，通过网络自学习建立各种矿床地质特征——采矿方法模式对。

（2）待识别的矿床地质特征数据经预处理，作为训练的网络的输入数据，利用学得的知识和训练的网络结构进行模式匹配，识别出合理的采矿方法及该采矿方法的主要技术经济指标和材料消耗。

（3）模式求精，即随着采矿工程实践的不断深入，将新的工程实例加入到网络的学习样本库中，让网络连续学习，使模式得到求精和增广。

用人工神经元网络实现采矿方法的合理识别，可以对采矿工程师的模式识别活动进行有效的模拟，可快速地实现递归过程。还可以激励我们创造性地发现新方法。该方法可以尽可能多的把各种定性定量的矿床地质特征因素作为变量加以输入，输入数据可以是含有噪声的、残缺不全的，因而其识别结果精度高，适应性强。从工程实例中学习采矿方法选择的知识，不仅使采矿工程师的长期的工程实践经验得以应用和发展，而且解决了建立采矿方法专家系统时的知识获取“瓶颈”的问题。

应用人工神经元网络识别合理的地下采矿方法是地下采矿方法合理选择的一种崭新的方法，它的推广和应用必将给采矿工业带来巨大的技术经济效益。

14.采矿工业的新专家
——露天采矿专家系统漫话

人工智能是本世纪三大科技成就之一，被誉为下一世纪的带头学科，作为人工智能三大研究方向之一的专家系统技术，近年来从人工智能领域脱颖而出，形成了一条独特的体系，正在对包括采矿领域在内的各个领域产生巨大的经济效益和社会效益。

专家系统是以人工智能技术为基础，结合专家特定领域知识，采用计算机模拟专家思维过程，并运用系统工程的方法解决实际问题的一门新兴技术。70 年代以来，几个实用的专家系统已在医疗诊断、地质勘探、化学分析等领域取得了引人注目的成果。近几年来，在露天采矿领域也开始重视并研究专家系统技术的应用，并有不少研究成果问世。

英国诺丁汉大学采矿系研制出用于露天矿设备选择、开采方法确定的 MINDER 专家系统。它主要用于吊斗铲倒堆工艺和液压铲开采工艺的设备及开采方法选择。

西安冶金建筑学院研制出用于露天矿开拓运输决策的模糊专家系统，简称 DH（Deve lopment and Haulage）系统，该系统综合运用了专家系统原理、模糊数学和 CAD 技术。主要用于完成露天采矿开拓方案的初选、开拓沟道定位、最佳方案的确定以及工程图纸的绘制。

法国巴黎高等矿院研制出用于露天矿爆破设计的专家系统。该系统主要依据露天矿爆破设计的经验数据、曲线等设计知识库，确定炮眼布置图，确定装药量和引爆方式。该系统容量丰富，可以演变，从而可以与各种已有的数学模型统一起来，完成最佳爆破设计。

美国加州大学 Berkely 分校的中国留学生吴裕祥在 1990 年完成的有关吊斗铲开采模拟的博士论文中，综合地运用了专家系统技术和三维模拟方法。专家系统由地质数据库、设备库、开采规程库、开采方法库组成，使用产生式规则的知识表示形式，用 Turbo—PROLOG 和 Turbo—C 语言编程，在微型机上运行。此专家系统用于吊斗铲选型，以及开采方式的选择，从而产生控制三维模拟的有关参数。将吊斗铲工艺的专家经验与电算模拟有机地统一起来，实现优化开采工艺的目的。该系统已用于新墨西哥州的 San Tuan 和 NaVajo 煤矿，实践证明，具有良好的效果。

此外，还有一些用于露天矿的专家系统，在此我们就不一一介绍了。

露天采矿专家系统就是把专家系统技术与各种数学模型相结合，实现专家经验与优化技术的有机统一，以进行露天采矿问题的优化决策。目前，露天采矿专家系统的研究尚属起步阶段，其研究成果仍远离实用阶段，但这是露天采矿领域的一个重要发展方向。相信经过广大科技人员的不懈努力，专家系统的研究会更加深入，并投入实际使用，发挥其巨大的经济效益和社会效益。

15.我国露天采矿优化决策的新途径
——谈露天采矿工艺优化决策的智能系统

我国露天采矿近年来在理论研究、生产管理诸方面都有了许多可喜的进步。例如，应用系统工程理论研究复杂的采矿问题；在设计中大胆使用新工艺、新设备；在生产矿山，采用现代化的生产管理和技术手段，提高生产效益。然而，露天采矿的对象是复杂的大系统问题，涉及面广，因素众多，而且有许多随机性、模糊性因素存在，致使常规的定量化方法难以实现采矿综合优化之目的。我国适合大规模露天开采的煤田，地质条件都比较复杂，覆盖层较厚，为多煤层赋存，厚度比较薄，剥采比大，物料硬度相差较大，且多位于较寒冷区。因此，单一的工艺往往难以适应具体矿区全部物料的开采条件，而生产工艺系统的选择历来都是露天矿开发决策的中心环节。针对矿床的具体特点，选择综合式的开采工艺是我国露天矿发展的重要出路。因而，运用专家系统技术和其他常规优化方法，把人类专家经验知识与定量优化模型有机地统一起来，开发适合于我国露天采矿特点的工艺优化决策智能系统，对我国露天采矿的发展具有至关重要的意义。

中国矿业大学采矿系在总结国内外矿业专家系统研究成果的基础上研制了露天采矿工艺优化决策的智能系统，该系统把一般的数学模型如地质模型、采矿模型、综合评价模型与专家系统的数据库、知识库和智能推理结合起来，通过灵活的人机界面、模型接口，实现定性、定量优化决策露天采矿工艺。

该系统通过矿山勘探资料建立矿床地质模型，直接采用现有的高级语言FORTRAN 软件建模，形成适宜的二维地质网络模型，供地质知识库调用，提供必要的煤层厚度、岩性、剥采比、煤质和储量等数据。采矿模型包括工艺选样中必要的模拟开采部分，完成主要技术结果的运算，在采矿知识库、专家系统提供的参数下进行模拟开采。综合评价模型通过综合经济技术指标的评价来综合评价系统的经济效益。

该系统数据库采用数据库管理系统（Dbase IV）建立，包括：物料数据库、设备数据库、技术经济指标数据库及开采规程数据库等。

露天采矿工艺优化决策智能系统将通过综合运用知识库、数据库、模糊评判等常规优化方法来实现优化决策开采工艺的目的。它的研制为我国露天矿开采展示了美好的发展前景。

16.运筹学在采矿工业大放异彩
——谈采矿系统工程

采矿系统工程是依据采矿工程内在规律，利用系统工程的观点和方法，研究和解决采矿系统的规划、设计、施工和生产中的问题，使其在系统总体上达到优化的科学技术，它是采矿工程学和系统工程学相结合所形成的一个新的学科分支。

本世纪 50 年代，运筹学就开始应用于采矿业的研究。随着计算机技术的迅速发展，60 年代矿业系统工程得以蓬勃发展，其势头至今不衰，以采矿为核心的矿业系统工程已成为系统工程在各行各业中开展较为充分的一大分支。国际计算机及运筹学在矿业中应用学术会议（APCOM）是国际上矿业系统工程发展的一个缩影，其首届会议于 1961 年在亚利桑那大学举行，目前，已发展成为世界性的学术会议组织。

系统工程的主要理论基础是运筹学，和它所依托的线性代数、概率论与数理统计，以及在它的基础上发展起来的系统论、信息论与控制论。系统工程的一些方法在采矿系统工程的许多领域已有广泛应用，采矿工程中较多采用的系统工程基础理论学科，可归纳为：运筹学诸学科分支、随机理论有关学科分支、与计算机技术密切结合的交叉学科分支三个方面。

采矿系统工程的研究领域已相当广泛，从矿床估值和评价、矿山优化设计及规划、矿山建设到采矿主要生产过程及辅助生产过程的优化管理与控制，都有相应的研究成果。在优化方法上形成了多样化的格局，数学规划、网络分析、概率统计等方法以其数学上的严格性赢得了不少应用领域；系统模拟、交互式技术等方法则以灵活实用见长，亦大有施展能力的场所。尤其是不同学科分支及计算机技术的综合应用已形成一种发展趋势。

系统工程随着社会政治、经济、科学技术等因素的作用，其研究对象正不断扩展。采矿工程的研究也将向更大的深度和广度扩展，向多方面综合优化的方向发展，从而形成一般系统——大系统——巨系统的多层次优化结构。

目前，随着计算机技术的迅速发展，一些新兴研究领域十分活跃，如管理信息系统（MIS）、计算机辅助设计（CAD）、人工智能及专家系统（AI＆ES）等。这些新兴技术的迅速发展，以及向采矿系统工程的不断渗透和溶合，必将会推动采矿系统工程向新的水平发展。

17.辐射的威力
——石油钻井领域新技术漫谈

近年来，随着石油工业的巨大发展，钻井技术也在日新月异的向前发展，世界各国竞相推出各种新型的钻井设备和钻井新工艺。最近，美国（Garcles）定向钻井公司开发了一种先进的水平钻井新技术——辐向钻井技术。

辐向钻井技术就是先打一口常规的水平井，然后在这个主水平井段（或大斜度井段）的不同位置、朝不同方向辐射状地打若干个小直径的分支井眼，使主井眼与分支井眼相互连通，增加与油藏的接触面，以此提高石油采收率。辐向钻井技术可在井深几百英尺至 8000 英尺（2438 米）应用，经济效益很高。打一口这样的水平井可代替若干口加密直井。

辐向钻井技术是一项集定向钻井、水平钻井和石油采矿为一体的综合性技术，特别适用于开发压力衰竭的浅油层、重质油油藏、裂缝性油藏和层状产油层等。这项技术具有独特的优点：一是由于一个辐向系统可代替多口直井，减少了井场占地和油田内部管线，更符合环境保护的要求；二是整个辐向系统只用一台采油泵采油，与多口直井相比，大大降低了开采过程中的操作和维护费用；三是由于井眼与油藏的接触面大，加上重力辅助泄油，特别适用于提高采收率和重油开采；四是同常规的加密钻井相比，钻辐向系统的分支井眼从经济上讲是很合算的；五是辐向系统如果与注蒸汽、注微生物等提高采收率技术结合应用，效果更佳。

在钻井设备方面，也取得了许多引人瞩目的成果，不断有新型的石油钻机推出。例如，英国 Notting ham（诺丁汉）大学最近研究了智能石油钻机，应用智能系统实现钻井的计算机控制。智能系统使用数据库的数据，产生一系列自动改进预测矩阵，以确定最优钻井性能。智能石油钻机有两种控制方式，一种是最低钻井成本，另一种是最大机械转速。最低钻井成本控制以成本方程式为主要依据，方程式中各项参数可采用实时性测量数据，计算机通过对钻井条件以及上述预测矩阵和成本方程式的分析与计算后，产生成本矩阵，并推出最经济的钻井参数，指导钻井。美国研制了 AT2000 型飞行石油钻机，飞行石油钻机也称为直升飞机吊运的石油钻机，该种钻机将用于缅甸森林地带钻井。由于森林地势险要，无法修筑公路，钻机无法用汽车搬运，钻机搬家只好采用直升飞机吊运。该种钻机的特点除全钻机可折成若干质量不大于直升飞机吊运能力的组件并由直升飞机吊运之外，还有一个适应性很强的动力机组。因此，该种钻机具有较好的动力特征，钻井性能好、机械钻速高。

美国《石油工程师》杂志预测了世界未来 10 年石油勘探开发技术发展趋势，其中，在钻井技术方面有：（1）更加广泛地推广水平井钻井技术；（2）提高钻井性能，继续改进和发展现有井下动力钻井系统；发展计算机辅助钻井系统；（3）为了保护环境，在近海将会重新使用水基钻井液等方面。可以预言，随着各种高、新技术在石油钻井中的应用，石油钻井技术在未来 10 年内将达到一个新的水平。

18.大理石开采新方法
——静态爆破法

随着人类物质和文化生活水平的提高，大理石作为一种重要的非金属矿产资源已越来越引起人们的重视，大理石已日益广泛地应用在工业、建筑业和人类日常生活的各个方面，例如：用作建筑材料，制作建筑装饰面材料、地板、窗台及柱面等；制作电气绝缘材料，加工后的板材可制作变电站及变电室的配电盘、电机开关板等；雕刻制作工艺美术品等。

大理石的开采具有和一般矿石开采不同的要求和特点。从岩体中分离出的块石要求有一定的规格，无裂隙，即尽量保证采下的块石无内伤和完整，这和一般矿石开采正好相反，也是大理石开采的根本着眼点。所以在选择回采工艺方法上，不能用一般的凿岩爆破法。在确定开采方向时还应考虑荒料大面的花纹走向及色泽情况等，以适应将来加工和使用的需要。对接近矿体的剥离，不宜用一般的穿孔爆破法，而要使用不影响或少影响下部矿体完整性的方法，以防矿体产生新的裂纹或破坏矿石。

随着大理石开采业的迅速发展，传统的开采方法显露出一系列的缺点和不足，研究和应用新的开采方法已成为大理石开采业的当务之急，静态爆破法和半静态爆破法就是在这种条件下诞生的。半静态爆破法即燃烧剂爆破法，是以金属氧化剂和还原剂组成的燃烧剂为爆破材料的一种爆破法。它是将配制好的燃烧剂装入炮孔中，用快凝砂浆或其他适合的材料封堵孔口，用电直接起爆。起爆时燃烧剂产生化学反应，同时产生高温气体而使岩石胀裂，无冲击波，基本上属“静力”破坏岩石，所以有人称之为半静态爆破。

静态爆破法是一种较新应用的方法，近年来在我国已取得一定成果。如武汉建材学院研制成功的 JC—I 系列静态爆破剂，经初步实践，效果很好。它是以氧化钙为主要膨胀源，由钙硅、铝和铁等氧化物及特殊填加剂配制而成的一种灰白色粉末。使用时，将其和适量水拌成浆体，装入孔中，填塞孔口。利用其水化作用产生的晶体变形使爆破剂膨胀，缓慢地将膨胀力传给孔壁，经过一段时间（几十分钟至几小时）将岩石裂开。不需起爆装置，无冲击波，对孔壁无压碎性破坏现象，也不会使荒料中的裂纹扩展。

静态爆破法是目前最适宜大理石开采的一种新方法，技术上、经济上都具有很强烈的生命力，它的应用必将为大理石的开采技术写下光辉的一页。

冶　金

19.冶金中的“四两拨千斤”
——漫谈“顺势”疗法

“顺势”疗法原为医学治疗用语，意思是用极微量的药物进行治疗。冶金的“顺势”疗法用来比喻用极微量稀土金属添加在金属中，可获得给定的合金性能。

金属为什么要有纯度的要求呢？

最先需要用超纯金属的是核工业，它所需要的铀、钍、铍、石墨中只要有百万分之几甚至是亿分之几的杂质就不能用了。

其次为了制取特殊热强合金和特殊热稳合金也需要用超纯材料。至于半导体，则要求有更高的纯度。例如，在许多半导体材料中，杂质含量不允许超过千亿分之几。

纯度要求这样高的金属，必须在特殊的环境条件下制造。工厂建在地下，车间内充有人造大气——惰性气体，人们穿着宇航服在工作。这并非幻想中的未来月球城市的情景，这样的工厂在我们地球上已经有了。只有在这样的环境里才能制造出超纯的金属和半导体。而这些超纯金属和半导体，对于核工业，对于制造电真空仪器、激光器、超导合金以及许多其它东西都是必不可少的。

然而，有些时候却恰恰相反，金属冶金过程中添加微量的特定杂质是获得特定性能的必要手段。例如，在钢中添加钨使其变成高强钢，添加铬使其变成不锈钢，添加锰使其变成耐磨钢，添加钒使其变成耐疲劳钢。而这种通过微量添加剂改变材料性能的方法，在半导体材料中也得到广泛应用，这就是冶金的“顺势”疗法。

20.怎样制取超纯金属
——超纯金属制取法

制取超纯金属有许多种方法，其中常用的一种方法就是所谓的区域熔炼法。这种方法依据的原理是：任何一种物质从熔体中结晶出来时，溶解在其中的杂质，则仍保留在熔体中。因此，由咸海水结出的冰几乎是淡的。

取一根长金属棒，用高频电流或电子束，使棒的局部狭小区域先熔化，并使此熔化区沿着金属棒徐徐移动，则所有溶解在金属中的杂质都汇集在熔体之中。当此熔化区走到棒的一端时，杂质也就留在那里。将这样的操作重复几次，我们就可以得到愈来愈纯的金属（也可以让几个熔化区同时沿着金属棒移动。）。将有杂质的棒端切下，剩下的就是特殊的金属棒了。

如果相信猎人所讲的故事，那么狐狸就是用类似的方法来摆脱跳蚤的。情况是这样的：狐狸咬住一块羊皮，慢慢向后退进水里。跳蚤很怕水，为了避免水淹，它们一步一步向前跳，愈来愈接近狐狸的头部。这时狐狸全身都浸没在水下面，仅仅露出鼻尖和那块羊皮——唯一干燥的小岛。就在这时，狐狸松开那块羊皮，跳上岸去，抖掉身上的水，“操作”结束了，你瞧，多么巧妙的办法。属陶瓷，这种材料既不怕特别高的压力负荷，也不怕巨大的弯曲力，也许利用这种材料能建立起更高的高层建筑物。

22.征服天空的“先驱”
——铝合金的诞生

飞机、直升飞机以及任何重于空气的飞行器的设计师们，为了减轻每公斤多余的重量，正在进行着顽强的斗争。对用于飞行器的材料来说，重要的不仅仅是强度，而是单位强度，即它们每公斤重量所具有的强度。“上天的”金属应当是轻的，而且是在具有很大的绝对强度情况下很轻。要知道，在超音速飞行时，甚至雨水对飞行器表面都会造成巨大的损伤。

最先上天的金属是铝，铝制零件起先取代了初期飞机的木质骨架，然后又取代了它们的布质蒙皮。目前，每架飞机净重的 2/3 到 3/4 是铝。

铝这种元素具有很强的化学活性，因而使得它在室外加热时甚至在室温下就会突然燃烧起来。铝制品之所以不会燃烧起来，只是因为铝的表面履盖了一层极薄（约 0.001 毫米）的氧化膜，这层膜牢固地保护着铝的基体。

铝是热和电的良导体。它们的导电性仅次于银、铜和金。如果比较单位重量导电率，则铝看来是居第一位，因为它比这些金属轻得多。纯铝的强度很小，但某些铝合金的单位强度是钢的一倍半。

铝具有许多令人喜欢的性质，铝是自然界分布量最丰富的一种金属，在地壳中的蕴藏量是取之不尽的。

为了使铝成为结构材料，必须研制具有足够强度的铝合金，这一问题首先是由德国科学家阿尔费列德·威廉解决的。他通过大量试验发现：铝中添加一定比例的铜和镁，可以把铝的强度提高 3～5 倍，然后他又进行了各种处理试验，例如先淬化，然后时效，威廉的合金获得一种非常细致的块形组织，固而强度提高了；威廉又进行了几百次的试验，找到了它的合金的最佳成分和最佳热处理方法。

许多铝合金，就强度而言，并不亚于中合金钢，而特别可贵的是：某些铝合金不仅在北极地带的严寒中，而且在液氮的低温下也能保持其强度。

铝理所当然成为第一批宇宙金属之一，也就是说：铝是征服天空的“先驱”。前苏联第一颗人造地球卫星的壳体，就是用铝合金制成的。铝合金也用来制造“空对空”和“空对地”火箭的壳体以及气象火箭的壳体。

最先“上天”的金属——铝，现在仍然是航空制造业中的主要金属。制造伊尔—18、伊尔—62 等飞机的材料中，大约有 3/4 是铝合金。

23.微机与冶金
——冶金自动化

大规模集成电路的发展，可以把计算机的主要部分——如微处理器、存贮器、连接各种外围设备（打字机、屏幕显示器、键盘、录音机）的接口，分别做成大规模集成芯片，便构成一台微处理机，目前已进一步将那些接口做到一块硅片上，这样，一片大规模集成电路就是一台单板微型计算机。

微型机体积小、价格便宜、功耗低、性能好、使用灵活。1960 年前后，钢铁企业开始采用计算机；到 70 年代中期，对生产管理、过程控制及设备自动化已形成了集中控制系统，但集中控制有许多缺点：如可靠性低，一旦控制部位出了故障，便会全局瘫痪；信息处理速度较慢；管理费用及设备费用较高。微型机的出现，使控制、管理、执行功能可以分散进行，它可以把一个集中系统变为分散的但又是有关联的系统，这种系统称为：“分散型综合控制系统”。这样，既提高了系统的可靠性，又提高了工作效率。

70 年代中期以来，微型机在冶金工业中的应用迅速普及。它的推广应用对提高产品质量、节省资源、节约能源及节省劳动力等方面，都做出了很大贡献。

在现代化的大型钢铁企业中，多采用大中型电子计算机进行生产计划和经营管理，与各车间的过程控制机以及设备驱动器（微处理机）连接成多级管理与控制系统。

在钢铁企业里，微型机主要用于设备自动控制、检测、设备诊断、数据通讯和管理等方面。

（1）由于设备自动化、省力化及产品质量上的要求，带微处理机的高功能自动化控制装置迅速增加。例如：吊车自动化系统，吊车的行走、横行、卷物等一个周期的动作，只用一台微型处理机便可进行自动控制。

在热处理工艺过程控制方面，现在的发展趋势是实现用微处理机控制全部热处理工艺和装备。

（2）用于检测装置。

微处理机在各种仪器仪表中的应用，加速了仪表中的应用，加速了仪表向数字化、智能化、多功能、易于通讯的方向发展，使仪表结构简单、操作方便、精度提高、功能也大大加强。

（3）用于设备诊断装置。

带微型机的设备诊断系统已得到普及，例如：高炉炉体温度检测系统、冷却器漏监测系统及回转轴轴承监视系统等。

（4）用于管理。

用微型机进行企业管理、生产管理，提高了管理效率、管理水平和经济效益。

总之，计算机在冶金工业中应用的重要性，就像美国一家刊物所说的：“对于个人来说，用不用电脑只不过是兴趣爱好问题；而对于一个企业来说，则是成败的关键；对于一个国家来说，则关系到国家的兴衰！”

24.石墨是怎样变成金刚石的
——高压高温在冶金工业中的应用

充分利用提炼和加工金属及合金的极端条件，所指的是高温和超低温、超高压和宇宙真空、各种辐射和高能粒子、强大的电场、磁场、超声波场和失重等等条件。在这些条件下，可以发现一些新的现象和一些通常条件下在观察中被忽略或根本不存在的材料性质。例如，超导现象就是在接近绝对零度的温度下发现的；石墨就是在超高压和超高温下变成金刚石的。情况是这样的，因为物质和材料对外界作用的影响极为敏感，在外界条件的影响下，它们有可能改变其内部结构——电子、离子结构，从而改变其化学性质和物理性质。

在通常条件下，金属在很大程度上是由“空洞”构成（空洞指的是电子和离子之间的较大的间隙）。因此，用挤压的方法在四面八方的超高压作用下，将物质和材料压实到电子层“破裂”，而且各原子核之间靠近到一定程度为止。在宇宙中就存在着超密度的物质。例如，在白矮星、中子星中的所谓黑洞。

高压使物质金属化，高压促使绝缘体转化成半导体。而在更高的压力下使它转化成金属甚至超导体。下面我们举例说明高压对物质性质的影响。在通常的大气压下，冰在 0℃时融化，而有一种在高压下形成的所谓 7 号冰，只有在 442℃时才会融化。

在高压高温下用石墨制得的人造金刚石，一旦撤除高压，它会不会马上自我恢复变成石墨？实践证明是不会的。在实验室内已经取得这样的高压，它使电子层重新排列，使“原子被压缩”而不会复原，物理学家和设计师们正在不断提高作用在材料上的压力，既有静压力，也有瞬间压力。

利用高压高温这一方法制得的材料，它们比许多现有材料优越的多，就像人造金刚石的硬度超过石墨很多倍一样。

超高压可以显著提高金属材料的质量。用传统方法制得的金属内部往往带有各种缺陷。例如，细微裂缝和微孔等。在超高压作用下，这些缺陷会消失，同时金属的质量可以显著提高。

高压不仅能“医治好”金属内的裂缝和微孔，而且能促使金属形成细密的组织，从而使材料具有新的性质。

综上所述，可以看出高温高压在冶金工业和金属制造中的作用是十分重大的。

25.宇宙中的冶金家
——宇宙冶金简介

从金属学的观点来看，宇宙空间是自然界所创造的一个具有各种极端条件的巨大实验室。与地球条件相比，在宇宙空间存在着强度极大的磁场，其强度达到几千亿和几万亿奥斯特。在这样强的磁场中，物质的原子顺着磁场的方向被拉伸成很细的针状物，从而使物质受到极大的压缩。由此所形成的晶体具有非常大的结合能和高达百万度的熔点。

在宇宙空间，有自然的宇宙真空（可以保证金属脱气），有免费的太阳能（太阳炉），有接近于绝对零度的宇宙超低温（适应于超导装置），还有失重条件（适应于控制晶体的结晶和生长过程）。失重能使在地球上分层的各种熔融金属很好的混合在一起，在失重条件下，可以制造出质轻、强度大的泡沫钢等等。

也许，在不久的将来，将在宇宙中熔炼地加工一些价值非常昂贵、化学性十分活泼的稀有金属和半导体。如果说在地球以外找不到冶炼这些金属的原料，那么，甚至将这些金属原料运到地球以外的轨道站上或月球上进行熔炼和加工，在技术上和经济上可能都是有利的。

未来的化学家、冶金学家应当准备处理月球、一些小行星以及其它行星上的矿物原料。对月球上采得的岩石样品进行分析证明，月球上的钍、钛、锆、钇的相对含量比地球表现要多得多。

在宇宙中冶金已经绝对不是幻想，而是最近将来要实现的科学任务和技术经济任务。

26.冶金一定带来环境污染吗
——谈冶金与环境污染

在地壳中，各种金属在大多数情况下都是与其它元素相伴随存在着。人类开采和提炼金属，而后在使用金属制品的过程中，将金属散布在周围环境中，因此，金属总会渗入人的机体。打个比方说，如果说原始人的骨骼中含有大约 2 毫克的铅，那么现代城市居民的骨骼中含铅量则是他们的 100 倍，这是由于把四乙铅作为抗爆剂添加在汽车用的汽油中造成的（汽油中添加四乙铅可以提高发动机的功率和效率）。

许多科学家认为，扩散性硬化这种病的发病率高就是由于铅的含量过高而引起的，某些历史学家解释罗马帝国的衰落的原因是由于它的上层社会受到铅的毒害。在所有的贵族和富有的罗马人的家里都装设了铅制的自来水管，它使得上层社会好几代人在一生中长期遭受铅的毒害，健康状况恶化、精力不济，工作能力、进取心和耐力减退，如果说这本身不会使罗马帝国覆灭，那么无疑，它也不会不加速它的覆灭。因此，这种罗马帝国时期的铅制水管，应该作为我们的前车之鉴。须知，现在每一升汽车用汽油，要向大气中排放 200～400 毫克铅。目前全世界约有 2.5 亿多辆汽车，每年要向大气中排放 25 万吨铅。

大量的资料证明，金属中不仅铅对环境造成危害，汞对环境的危害程度不亚于铅。例如，1953 年在日本的一个城市（水俣）开始流行一种可怕不知名的流行病，人们的视觉和听觉变坏，动作不协调，抽搐和疾厥引起肌肉痉挛、语无伦次、精神失常。在许多情况下发生双目失明、麻痹、丧失理智，以致最终死亡，经过研究表明，这种疾病就是由于中了汞毒而引起的。

现在全世界每年生产 8000～9000 吨金属汞。每年至少有此数量的一半损失和散布到周围的环境中，同时大约还有这么多在烧煤时、在冶炼金属时、以及在生产水泥时进入大气中。但是，人类把金属散布到周围环境中的主要渠道决不是冶金生产，而是燃料的燃烧，在煤、石油和页岩的灰烬中含有许多金属，而且量相当大。冶金生产也会对环境造成一定的污染。高炉煤气和烟尘中含有铁、铅、钙、镁、锰、汞、铜和砷。

遗憾的是到目前为止，黑色冶金和有色冶金都对环境造成严重污染。所有的烧结场、高炉、平炉和转炉，都大量排放二氧化硫气体以及其它污染自然环境的物质。

情况是严重的，至今几百万年内所形成的整个地球的生态平衡被破坏了，而且是在最近百年内被破坏的。许多科学家都谈到，金属对生物界的压力越来越大，水的污染速度也日益加快。

有没有摆脱这场已经开始的生态危机的办法呢？

未来的科学家认为，在将来所有的工业部门中，也包括在冶金工业中，将采用无废物工艺，到那时，废物根本不被排入周围环境，而是将成为愈来愈新型的生产所需要的原料。

无废物工艺已经使我们从灰烬中获得一些稀缺的金属，灰烬是一种绝妙的原料，因为它不需要像矿石那样开采、破碎和长途运输。

由此可以看出，关心环境保护会同时带来巨大的经济效益。

27.微生物走入冶金领域
——谈微生物在冶金工业中的作用

矿物资源的日益枯竭使人们对贫矿的处理越来越关注，这就迫使人们去研究和开发新的矿石处理工艺。采用微生物浸出矿石是开发利用金属资源有发展前途的方法之一。这种生物工艺的特点是：消耗低、能从贫矿和复合矿中经济地回收有用成分，而且不会产生污染环境的废料。

人们很久以前就已经知道，在有机体中能够聚集金属。例如，落叶松能聚集铌；玉米和木贼能聚金；甜菜和烟草能聚集锂；白毒菌能聚集硒；软体动物体内能聚集铜；水母体能聚集铅、锌、锡；龙虾可以聚集钴。还有一些生物可以聚集钒、锶、镍、铀、钼以及其它金属。

根据矿床的类型不同，采用不同的细菌—比如，用来浸出各类硫化矿的是铁和硫的氧化菌，这类细菌可用来处理大量的表外矿，选矿厂的废矿石，成分复杂的硫化矿、精矿和深部矿床。

美国现在用这种方法制得的铜大约占其全部铜产量的 10%。日本已开始专门培殖能从海水中提取钒的海鞘。把这种活“矿石”收集起来加以焚烧，由它的灰烬里提取钒。

今后改善微生物浸出工艺的主要途径是从生物的结构或技术方面着手。从微生物方面看，主要是采用具有更高繁殖能力的微生物新品种和确定培养、繁殖和还原的最佳条件；从技术角度看，主要是研究和计算对确定微生物浸出流程中颗粒的分解程度、流程的技术和结构形式等。

在最近的 5～10 年内，采用微生物浸出工艺回收金属，可创造数以百万美元的价值。目前用微生物浸出工艺生产的铜占铜总产量的 19～20%，而赞比亚、秘鲁、加拿大和扎伊尔占 5～8%。原西德铜的生产主要用进口原料，将来将采用生物浸出法处理其国产贫铜矿的提取铜。

微生物浸出工艺在金矿开采业中也是很有前途的方法，因为世界黄金储量中有 30%是硫化矿。英国一些科学家研究出一种新的细菌混合技术，在设定的温度下作业，可从含砷金矿中浸出金，金的回收率达 85%。

微生物愈来愈广泛地用于提取铜、金以及其它金属。微生物“冶金家”能够从很久以前就已废弃的采矿场中提取铜。在这种采矿场中从前遗留下来的矿石达 20%，微生物还能帮助我们从许多地方成堆成山的废矿石堆中提取金属。

综上所述，可见生物工艺意义重大。人类是不会受到“金属危机”威胁的！

28.古老而又新兴的材料
——金属基复合材料

复合材料是由两种或两种以上的材料在宏观的范围按照一定的结构形式结合在一起，形成具有某些特殊性能的另一种材料。复合材料的优点通常是能显示出它们组元的最好性能，这些性能通常不是任何一个组元单独所具有的，通过形成复合材料可以改善的性能包括：强度、韧性、疲劳寿命、耐磨性、耐腐蚀性、绝热性、导热性、声绝缘、对温度的依赖性。当然，并不是所有这些性能都同时得到改善。

复合材料已经存在几千年。考古学家发现了溯源至大约公元前 2800 年第三埃及王朝的层压板的化石，地中海沿岸早期文明曾应用层状材料制造抗弯强度非常好的弓。几千年前的中国人和日本人为了抵挡子弹，用金属和经过处理的皮革相结合制造防护盔甲。现代复合材料大约起始于第二次世界大战。

可见复合材料通常是由称之基体和某种形式的填充料（例如纤维、晶须或颗粒）而组成的。复合材料按照其基体的不同分成三大类：塑料、金属和陶瓷，属于冶金领域的金属基复合材料已经发展了二十多年，其发展首先应用于宇航工业，随后应用于其它工业。

纤维增强金属是一种特殊的高级的复合材料，它不同于大多数金属和合金，是各向异性的，各向异性的程度主要是取决于纤维取向的程度。纤维的主要作用是承受载荷，而金属基体的作用是把载荷传递和分配给纤维，从基体到纤维，载荷传递的效率取决于两者之间的结合界面，假定界面传递载荷的效率高，复合材料的机械性能主要取决于纤维的性能，其次取决于基体的性能。

金属基复合材料有几个优点对于用作结构材料是非常重要的。这些优点包括以下的综合性能：（1）高强度；（2）高弹性模量；（3）良好的韧性和冲击性能；（4）对温度的变化或急冷急热不敏感；（5）表面的寿命长，对表面裂纹不敏感；（6）导电和导热性能好。

金属基复合材料使用的主要增强纤维是硼、硅、碳化物、氧化铝、难熔金属丝和石墨，其中硼和石墨居于首位。

金属基复合材料包括：（1）蓝宝石细丝增强镍基合金；（2）金属丝增强高温合金；（3）纤维增强钛合金；（4）石墨纤维增强金属；（5）硼增强铝。

目前，宇航和工业应用的最重要的零部件是硼和石墨增强铝。

为了生产纤维增强金属基复合材料，已经采用了各种各样的冶金方法。这些方法不同于通常的粉末冶金和滑动浇铸的方法。采用较新的冶金方法主要有扩散焊接和等离子喷涂焊接以及专门适用的热辊压焊接、液态金属渗透等方法。

虽然，各种各样的方法，可用于把纤维和金属基体结合在一起，但对这些方法必须注意以下几点：

（1）在生产过程的各个阶段内保持纤维的强度。

（2）使纤维的断裂减到最小。

（3）促使基体和纤维之间的浸润和粘接。

（4）使纤维在基体内有适当的填充间隔和取向。

选择生产复合材料的方法将主要取决于纤维和基体的机械性能和化学性能、纤维的长度和大小、纤维的填充和纤维的形状。同时，选择一种方法也需要知道基体和纤维之间的热力学关系以及生产使用的温度。

总之，用金属丝、陶瓷纤维或碳纤维增强体以铝、镁、钛、铜等合金做基体所构成的金属基复合材料，是当前正在发展的一种材料，它们比重小、耐高温、导热性好、刚度高，但是这些材料的制造工艺复杂、难度大、价格高，只能在某些要求高的地方应用。随着材料科学的发展及生产工艺的改进，金属基复合材料将会得到广泛的应用。

29.激光与冶金
——激光在冶金工业中的应用

激光是 20 世纪 60 年代出现的最重大科学技术成就之一。这门尖端科学的问世，大大开阔了光为人类服务的天地。进入 80 年代以来，国外已有 40 多个国家、1500 多个单位进行激光研究。

冶金工业是激光应用的新领域。激光束具有普通光源不可比拟的优异性能，它具有高亮度性（比太阳的亮度高几十亿倍）、高单色性、高方向性，能量和功率密度大，而且空间相干性好。因此利用激光束可进一步完善和发展金属和合金的处理方法。

激光表面处理的特点：可大大提高劳动生产率；可对被处理材料进行局部加热；切割时，切口宽度很小；可对处于真空装置或保护气体内的材料进行处理，其中包括处于高压下的材料；由于传递过程中能量损失很小，因而可有效的利用光源。

激光辐射对材料的主要作用是热作用，利用激光改善金属材料的表面性能，可使金属获得快速凝固的表面组织，也可实现表面合金化。

冶金中应用激光辐射最有发展前景的领域是金属和合金的表面硬化。例如，表面淬硬，表面合金化和表面冲击波硬化，以及通过表面金属形成非晶态组织的方法来提高耐腐蚀性。

结论：苏联和其他国家所得到的科研成果表明，可以有效利用激光辐射处理金属和合金，以提高其强度性能和耐蚀性能。用激光进行表面淬火，可得到 0.5 毫米的硬化层，表面硬度提高 0.5 倍；利用激光辐射使金属表面合金化，合金属深度达 1.5 毫米；激光处理可使某些金属和合金的表面获得厚 0.1 毫米的非晶态组织层。

在冶金工业中利用激光辐射进行金属的合金表面淬硬，表面合金化和冲击波硬化，以及通过在其表面生成非晶态组织的表面层来提高金属和合金的耐蚀性能，均大有发展前途。

30.等离子在冶金工业中的应用

近年来，等离子技术在冶金工业中的应用范围日益扩大，目前已经用于铁合金生产直接还原、强化高炉炼铁、从钢铁厂粉尘中回收金属、预热废钢等。

下面介绍国外冶金工业试验应用等离子技术的一些实例：

（1）用于生产铁合金。

为了适应市场和原料供应条件的变化、降低消耗和提高产品质量，铁合金厂家都在密切注视着正在开发利用新兴技术进行生产的一些新工艺。

英国 Tetronics 研究开发公司，研究成功 Tetronics 等离子设备，这种装置类似开式电弧炉，其重要组成部分是等离子焰炬，它是由氩气保护的水冷非自耗钨极构成的，生成物为阳极，焰炬向炉内均匀地传递等离子弧。焰炬长度可以调节，以便使电压、装料量、产品成分、温度等达到最佳。

Tetronics 研究开发公司已经在 1～4 兆瓦的炉子上进行多次试验，结果表明金属收得率提高了。

（2）用于强化高炉生产。

比利时的冶金研究中心，试验将离子技术用于高炉生产。试验是在科克里尔—松尔公司的一座高炉上进行的，该厂在这座高炉的一个风口上安装了功率为 3.5 兆瓦的等离子焰炬，对高炉进行过热鼓风，以探讨用便宜的煤粉代替昂贵焦炭的可行性问题。

目前，比利时冶金研究中心已经取得了专利权，这项技术的英文名字叫做 Pirogas 法。

据西屋电气公司称，在巴西、加拿大、法国等电费便宜的国家，采用这项技术是有利的。在现有高炉上使用投资低，由于焦比降低和产量提高，生产费用也会下降，但在电费高的地区，这项技术没有生命力。

（3）等离子炼铁法是瑞典轴承钢公司研究成功的炼铁装置，是由两级串联的流态化床和竖炉组成。工艺流程是由液态化床对矿粉进行预还原，然后将粉状预还原矿料、熔剂、煤粉和用等离子喷管加热过的炉顶还原气一起从风口吹入竖炉内。坚炉内充满了焦炭，预还原料矿在高温焦炭层内进行熔化和终还原。大量使用等离子电力，可大大节省燃料，与高炉法相比，能耗约低 25%，生产费用低 20%，吨铁设备投资可节约一半。

（4）等离子废钢预热法。

等离子废钢预热法，就是用等离子发电机和便宜的燃料（如煤粉）预热废钢，以便在竖炉中熔化废钢。据瑞典轴承钢公司称，这种方法比一般的化铁炉法或电炉废钢预热法便宜得多。

（5）等离子炼钢。

等离子炼钢法是用于冶炼高级金属材料的一种新工艺。它包括等离子电弧熔炼法（PAM）、等离子感应熔炼法（PZM）、等离子重熔法（PAR）三种。

等离子电弧炉是用等离子焰炬代替普通电炉的石墨电极。等离子焰炬把产生的电弧喷到金属表面，使金属熔化。

今后随着等离子技术的进一步发展，生产成本会逐步降低，这种炼钢方法就有可能从现在生产小批量优质钢种，扩大到生产大批量的普通钢种。

（6）用加工铸铁轧辊。

苏联黑色金属矿冶科学研究院，研制出在 PT—50 型轧辊车床上，用等离

子加工铸铁轧辊。

等离子机械加工方法就是用等离子加热来弱化切削区域，然后用刀具进行加工。可使刀具负荷下降 33～56%，寿命提高 200～400%。采用等离子进行粗加工，可提高难加工材料的机械加工效率 200～300%。

31.现代信息传递技术
——光纤通讯技术在冶金工业中的应用

光纤维是用超纯石英玻璃制成的，其直径比头发丝还要细，可将它做成光缆，用于通讯；还可做成人工“感官”用来传感各种信息，如光温度计、光纤电流计等。

光纤通讯技术是七十年代初发展起来的一项新兴技术，它利用激光和导光的纤维传递信息。这项技术的发展使传统的通讯方式发生了根本的变化。

光纤通讯的原理是：先将信息变成电脉冲，再把电脉冲加到光源发出的光波上，由光波携带信息，通过光纤维传送到对方，然后由对端把光波上携带的信息接受下来，并将它变成电信息，最后再转变为原来的信息。

光纤维通讯的特点是：可传输大容量、宽频带信息；传输速度快；保密性和抗电磁干扰的能力很强；功耗低；体积小；重量轻；能与原来的电缆同孔敷设，可节省管道建设费用，经济效益显著。

近年来，国外先进钢铁企业也在积极推广应用光纤通讯技术，主要是用于通讯和检测控制方面。

（1）用于通讯

随着钢铁生产技术的不断发展，企业的生产管理和过程控制更加复杂细致，信息处理量迅速增加。以带钢热轧机的计算机控制系统为例。

1968 年投产的带钢热轧机，只用一台电子计算机控制，而 1982 年新建的带钢热轧机使用 9 台电子计算机控制，因管理范围大大增加，输入数据量增加到原来的 40 倍，程序为原来的 18 倍，这就需要有能够迅速处理信息的系统。国外现代化钢铁企业，已经实现利用同心光缆系统传递大量数据，人们把这种系统叫作“数据高速通道”。

在钢铁企业里，重型机电设备很多，消耗电力很大。因此，很难排除由于电力引起的电磁感应对过程控制计算机的干扰，采用光纤通讯方式，便可解决这个问题。

（2）用于检测控制

光纤通讯技术可用于检测控制。在一些难以直接安装光学装置的地方，如移动着的钢板表面、马达内部的电刷表面等，可用光纤维传送信息，进行远距离观测。采用“光纤遥测系统”就有可能对钢铁产品进行各种形式的在线检测，以确保钢铁产品的质量。

轧钢车间一般都设有许多热金属检测装置，用来检测坯或轧钢所在位置和移动状况。这些装置都处在冷却水、辐射热甚至更恶劣环境中，使仪器的检测精度受到一定影响。

最近，国外有些钢铁企业在这些恶劣环境中采用光纤通讯技术，把传感元件安装在环境条件较好的地方，这样，便提高了检测装置的精度和可靠性。

我国首都钢铁公司，在 2 号高炉上采用了光纤彩色工业电视信息传输系统，该系统可以准确、可靠、稳定地对高炉设备运行状况、生产流程等进行监视，从而达到提高生产指挥和管理水平的目的。

在冶金工业中，光纤通讯技术目前已处于应用阶段，应用范围正在逐步扩大，它为钢铁企业的信息传递技术开创了新局面。

32.湿法冶金新技术
——微波加热

微波加热具有内部加热、高频振动、无附加搅拌装置等特性，它在湿法冶金领域中已颇具应用前景。

微波加热与传统加热方式反应速率的比较。

有机物和有机金属化合物的合成反应中，微波加热与传统加热方法相比较，反应速率可提高 1240 倍。有人曾研究过微波场中三氯化铁溶液常压浸出方铅矿、闪锌矿动力学，结果表明，在相同温度、压力、浓度和粒度条件下，微波加热下三氯化铁溶液浸出方铅矿、闪锌矿的浸出速率分别为传统加热下的 2.5 倍和 2.1 倍。用盐酸—硝酸分解 8 克铂铑轴承矿样时，在用电热板加热之前还需预先进行熔融处理，但用微波炉加热直接分解仅用 12 分钟。

在湿法冶金中，微波加热下的反应速率较传统加热下的快，微波加热能够节省大量能量，具有较大的优越性。

微波加热虽然能够加快反应速率，但并没有观察到显著改变化学反应组成的现象。微波对物质具有选择性加热的特性，极性强的物质如水、醇和酮等能够在微波加热下迅速升温，极性弱的化合物如醚、胺和卤代烃等则升温缓慢，而非极性分子如四氯化碳等几乎不被加热。

通常，介电常数大的液体物质在微波加热下化学反应速率增加愈大。与传统方法相比较，微波加热下的反应速率较高沸点的增加较快，另外，微波加热下的化学反应还受反应物体积、反应器容量的大小、微波功率和溶液中离子等因素的影响。

与传统加热相比较，微波加热加快化学反应速度的原因之一是由于溶液吸收微波能而产生了较高的温度和压力。但是，在相同温度和压力等条件下微波加热加快反应速度的原因可能是下列因素所引起的：

（1）微波加热促使固体微粒易破裂，暴露出新鲜表面，有利于液相—固相反应的进行。

（2）微波加热为内部加热，可避免传统加热方式中固相的“冷中心”现象。

（3）在外加电场作用下，极性分子迅速改变方向进行高速振动，不仅产生了热量，促使溶液温度升高，而且增加了物质间的相互碰撞，强化了反应的进行。

在湿法冶金中，传统加热面临的难题之一是浸出过程中产生的固体产物层包裹住未反应核，使浸出速率受阻变慢，扩散成为反应控制步骤。而微波加热可能是解决这一难题的途径之一。

目前，微波加热作为一种节能新技术，已广泛应用于食品加工、纺织印染、皮革加工、橡胶工业、医药工业、林产工业、农业、彩色印刷、电子工业和家庭中。我们相信，借助于其它领域中的经验，通过不断的研究，微波加热将在湿法冶金领域中做出贡献。

33.硬币知多少
——谈我国的硬币材料

从 50 年代后期至今，我国多次发行硬币，其中包括一些纪念硬币，这些硬币都是用什么材料制成的呢？在此向大家做一简单介绍。

硬币对材料的要求。

硬币是一种在各种气候条件下流通的货币，要与人们的手以及其他物体接触，会产生磨损与碰撞，而纪念币是在特定条件下为某种特殊需要发行的。因此，在选择硬币材料时，既要考虑到有利于流通，金属色泽美观稳定，耐磨性强，抗蚀性高，手感性好，冲压性好，易于大批量生产；又要考虑到在硬币本身的价值在可预见的长时间内低于其所标的面值；第三，要考虑我国金属资源的可供情况，对于纪念币，其材质要符合特殊要求；此外，还要具有相当强的防伪性能。

我国硬币材料的选择。

铝合金：纯铝的硬度低，质地较软，不适于作为造币材料，但是向铝中添加镁、锰、铜、锌等合金元素，则可显著提高其硬度，增加耐磨性。加上铝合金有很好的抗蚀性。还具有资源丰富、成本低廉、冲压性能好等优点。

黄铜：铜自古以来就用于造币。铜中添加若干种起特殊作用的微量元素，以增加其耐磨性、抗变色性和耐腐蚀能力。该合金还具有加工造币性能优良、防假性强、原材料丰富、成本较低的特点。

低碳钢：普通钢的抗蚀性不高，易锈蚀，且不耐磨，而不锈钢，则成本又较高。因此常以低碳钢为主材两面借助电镀或轧制技术覆以镍，制造镍包钢的技术。

金与银：它们历来就是造币的材料，可是，由于其本身的价值高，当今已不用其制造流通货币，大都用它们制造纪念币或高面值硬币。

34.小小原子发神威
——原子能炼铁技术

目前世界各国沿用的传统钢铁冶炼方法是高炉—转炉方法。近十年来，高炉—转炉炼钢技术有了很大发展，作为现代化的钢铁生产方法已经达到了近于完善的地步。也就是说，用这种方法生产钢铁，技术上不会有更大突破。

1963 年，联邦德国阿享大学的 Schenck 教授等提出了利用原子能炼铁的设想。从此，一些主要产钢国家就开始了原子能炼铁的研究。

（1）什么叫原子能炼铁

所谓原子能炼铁，并不是在原子反应堆中把铁矿石熔化和还原成生铁，而是利用原子反应堆产生的热量，制造和加热还原气；再把还原气吹入直接还原炉内，把铁矿石（预先制成十几毫米的球团）还原成“还原铁”；然后再在电炉内把“还原铁”冶炼成钢。

原子能炼铁，既不使用昂贵的焦炭和石油，同时又因还原炉的排气系统是密闭的循环系统，从而消除了氮氧化物对环境的污染。

（2）原子能炼铁工艺流程概要

原子能炼铁系统是由原子反应堆、还原气制造装置及还原炉三部分组成。

①原子反应堆

日本的设计方案是把来自反应堆中心的 1000℃、40 大气压的氦（一次氦），送到反应堆外面的热交换器，加热二次氦（使用系统）。从中间热交换器出来的氦为 925℃、45 大气压，用于生产还原气。

②还原气制造

原子能炼铁的还原气，先可用多种方法制得。日本是利用石油副产品—残渣油或甲烷为原料制取的，残渣油先在水蒸气分解器中被分解石脑油、沥青及燃料油等；然后，石脑油在水蒸气裂解器内被二次氦加热裂解成还原气（以 H_2 和 CO 为主），沥青在沥青气化器中也被转化为还原气。还原气经净化后，还原气加热器内被加热到 850℃，然后被送到直接还原炉内。

③直接还原炉

在直接还原炉内，高温还原气夺取铁矿砷 90%以上的氧而制成还原铁。然后，再在电炉内精炼成钢。

原子能炼铁系统中包括许多新技术领域，是一项庞大的综合研究项目，需要很多的科学技术部门的协作才能完成。原子能炼铁是原子能综合利用的一个前途广阔的科技领域。

35.新式炼铁法
——谈熔态还原炼铁法

传统的高炉炼铁方法经过约 300 年的发展，在技术上已经相当完善，确实具有许多优点。但是，它还存在着一些问题，如基建投资大、能耗高、灵活性差、矿石需要进行预处理（烧结工序，所耗能量占钢铁企业总能耗的 10%）、需用优质焦炭（炼焦工序所耗能量约占钢铁企业总能耗的 17%）以及严重地污染环境等。

近年来，联邦德国、奥地利、瑞典、美国、日本、苏联等国正在积极研究的“熔态还原炼铁法”，是以煤作为还原剂和能源直接冶炼铁水的方法，就是在熔融状态下将铁矿石进行还原的方法。这种方法可以直接用粉状原料和劣质煤炼铁，能耗低，设备投资少，产品可供转炉炼钢。

（1）熔态还原法的分类及原理

熔态还原的方法繁多，难以简单地划分类型，以下就各种方法的某些特点进行分类：

①按预还原炉的型式，可分为铁浴炉型（预底吹转炉式，如 CIG 法和联邦德国的 COIN 法）、竖炉型（高炉式，如瑞典开发的等离子法，联邦德国开发的 KR 法）、电炉型（如瑞典开发的强化还原法和电还原法）。

②按熔融还原炉的型式，可分为回转炉型（低速型或高速型）、铁浴型、焦炭填充层型、流态化床型。

③按还原阶段分，可分为一般还原型（只有熔融还原炉）、二段还原型（预热炉或预还炉、熔融还原炉）。

④按供热方式分，可分为电力方式（电炉或等离子炉）、矿物燃料燃烧方式（使用纯氧或加热空气）。

⑤按原料分，可分为块状原料方式（包括块矿和球团矿）、粉矿方式。

熔态还原炼铁法的工艺过程分为两步：第一步是预还原，还原度一般为 60～70%；第二步是终还原、熔化和渗碳，其还原反应是由高碳、高温铁水中的碳将预还原料进行直接还原，铁水中的碳源是由喷入的煤粉或由煤粉燃烧产生的焦屑提供的。

熔态还原炼铁法的特点是：预还原、终还原、溶化和煤的气化过程都是在同一装置内完成，因此，可以实现生产过程连续化、自动化和省力化。

国外正在研究的几种有代表性的熔态还原炼铁法：粉矿熔融还原法、粉煤氧气炼铁法、KR 法、等离子炼铁法强化还原法、电还原法、铁浴式熔融还原炼铁法。

从世界范围来看，目前还没有出现以熔态还原炼铁法代替高炉炼铁法的趋势。但是，某些盛产煤的国家和地区，是有这种潜在可能性的。

（2）从国外的情况和我国资源、能源条件来看，熔态还原法在我国是有发展前途的。

①国外试验研究已证明这项技术很有活力，对原料、燃料要求不高。我国有丰富煤炭资源，对有矿但缺少焦煤的地区，因地制宜地采用非高炉炼铁方法发展地方钢铁工业，是可行的。

②采用熔态还原法处理共生矿，综合利用我国资源，十分必要。

③新炼铁法还可用来直接处理钢铁厂的粉尘（无需造块），既可综合利用资源，又有利于环境保护。

④钢铁联合企业采用熔态还原炼铁法，还可解决煤气不足的问题。

⑤今后随着成材率连铸比及炼钢废钢比的提高，将会出现废钢不足的形势，采用新炼铁法，可弥补废钢不足。

36.牛顿死亡之谜
——谈金属中毒

牛顿（lsaac Newton）以建立经典力学体系而雄居近代科学金字塔之顶。像同时代的其它科学家一样，牛顿也醉心于研究物质之间的千变万化。牛顿曾花费很大精力来研究炼金术（即近代化学的前身），并留下了 120 多篇这方面的研究论文。

1692 年，牛顿患上了严重的失眠症、消化不良、遗忘症、忧郁症，同时并发有被迫害妄想，曾经连续 5 个晚上彻底不眠。直到去世，上述疾病一直困绕着牛顿，他再也没有对科学做出什么重要的贡献。关于牛顿的疾病死因曾有多种说法。近年来，科学家依据科学分析提出了比较可靠的推论：牛顿死于金属中毒。

牛顿在身体变坏的那几年，用多种金属做了大量的炼金术实验，这些金属中包括有铅、汞、砷、锑等有毒金属。实验大都是用敞口的容器在炉子上和蜡烛上对金属进行加热。毫无疑问，牛顿长时间地遭受有毒金属蒸气的侵袭。

科学家们还发现，牛顿也像早期化学家们一样，嗜好品尝自己的实验产物。牛顿的笔记上记录着这些实验产物具有“无味的”、“带甜味的”、“碱味的”、“强烈刺激性辛辣味的”等多种多样味道。在品尝实验产物时，有毒金属即被牛顿摄入体内。牛顿的诸多病症，也正是现代医学所指出的金属中毒症状。

进入牛顿体内的有毒金属，另一个来源可能是那种以朱砂（HgS）为主要颜料的深红色油漆，大约在牛顿开始生病的时候，他在伦敦的住所内的墙壁上新刷了这种油漆。

为了证实牛顿患有金属中毒，科学家们用超灵敏的现代中子活化分析技术和原子吸收分光光度技术分析了牛顿的四根头发。头发主要是由纤维性角蛋白组成的，人体中的许多金属元素，通过血液在毛囊中与角蛋白结合，使头发中的微量元素浓度要比积聚于血液中和尿中的微量元素的含量也比较高。因此有人称头发是人体金属元素代谢变化的“录音带”。牛顿头发的分析表明其中浓度异常高的为铅、汞、锑，因而科学家们断定：牛顿患有的各种疾病确为金属中毒所致。

1727 年 3 月 20 日，饱受金属中毒之害达 30 年的牛顿逝世，他成为人类历史上第一个获得国葬殊荣的自然科学家。

37.世界冶金大事记

17 世纪初，纽斯鲍姆（J.Nussbaum）在巴伐利亚首次尝试坩埚制钢的工艺，他把熟铁条放入坩埚，其上覆盖木炭，然后放入反射炉加热数天。但由于没有达到使钢熔化的高温，这样生产出的钢仍是渗碳钢，而不是坩埚钢。

1602 年，中国在云南昆明铸成高 6.7 米、宽 6.2 米、深 6.2 米的铜殿，迁至鸡足山金顶寺，是至今尚存的著名的大型铜铸建筑物。

1614 年，英国达德利（W.Euyot）和梅塞特（M.Meyse）获得一项渗碳制钢工艺的专利，意在增加钢的产量。

1622 年，中国明朝政府在澳门铸炮厂铸造枪炮，是引进西方军事技术的早期尝试。

1627 年，法国人焦塞（Jousse）出版了一本有关制锁工艺的书，其中记述了他对金属性能所进行的广泛观察和讨论，包括轧机、淬火和回火的应用等。他指出熟铁的热脆性与硫有关。

1637 年，中国明代宋应星所著《天工开物》刊行，该书是有关中国古代科学技术的百科全书，其中详细记载了金、银、铁、锡、铅、锌等七种金属矿的开采、洗选、冶炼和加工方法，并记录了生铁熔炼和炒炼的过程，以及活塞式木风箱、焦炭冶炼、铸锅、铸千钧钟、锻千钧锚等重要的技术创造。有关炼锌工艺的记述是最珍贵的史料，表明中国是世界较早炼出锌的国家。

1660 年，欧洲已采用湿砂范铸造金属器件，这是造型材料的重要发展。

1664 年，英国人鲍尔（H.Power）最早用显微镜观察金属表面，指出金属的抛光面充满裂纹、小坑和凸起。

1671 年，中国清朝康熙九年，吴三桂在云南昆明命工匠仿武当山金殿铸成高 6.7 米，宽和深 6.2 米的铜殿，总重约 200 吨。该殿现存昆明东北郊的鸣风山，称作铜瓦寺，是著名的古代铜铸建筑物。

17 世纪末，英国赖特（D.Wright）采用反射炉炼铜；同一时期，中国的活塞式木风箱传入欧洲。

18 世纪初，俄国彼得大帝下令在乌拉尔建炼铁厂，使乌拉尔的铁矿资源得到大规模开发。在卡明河和涅瓦河畔建起了两座炼铁厂，炼出了俄国历史上的第一批生铁。

1708 年，英国达比（A.Darby）发明砂型铸造技术，以较便宜的铁代替黄铜来铸造容器。

1709 年，达比采用焦炭取代木炭炼铁获得成功，并取得技术专利。这项技术是炼铁史上的一项重大变革，为高炉炼铁向大型化发展铺平了道路。

1720 年，英国发明薄板叠轧技术，是金属加工技术的重要进步。

1722 年，列奥米尔创造出白心可锻铸铁。方法是用氧化铁粉包裹铸铁块，入坩埚加热数天，铸铁即脱碳成为可锻铸铁。这是欧洲炼铁史上的重大发明，而中国早在公元前 5 世纪已掌握这一技术。

列奥米尔还同时创制了熔铁用的冲天炉。

1723～1735 年，中国清朝雍正时期，在山西省五台山铸成大型铜殿。现存五台山显通寺。

1735 年，瑞典化学家布朗特（G.Brandt）发现金属钴。钴的名称来自一种称作“Gobold”（意为魔鬼精）的矿物。这种矿物和银矿极为相似，但人们从中却是提不出银来，故名之为魔鬼精。

同年，俄国铸成重达 197 吨的大铜钟，是世界最重的铜钟，号称“莫斯科钟王”。可惜大钟铸成后不久即破裂，掉下的小块也重达 11 吨，这只大钟因此为历史上最著名的“哑”钟。

1740 年，英国亨茨曼（B.Huntsman）发明坩埚炼钢法，在欧洲历史上第一次炼得了液态钢水，这一发明的关键是制造出一种可耐 1600℃高温的耐火材料，以制作坩埚。从此，各种优质钢如工具钢均采用坩埚法冶炼。

18 世纪中叶，英国发明炼制焦炭的新方法，使焦炭炼铁技术得到迅速推广。

1751 年，瑞典矿物学家克隆斯塔特（A.Cronstedt）从钴矿中分离出金属镍。镍的名称源于德语“Kupfer—nickel”，意为“魔鬼铜”，因为矿物学家把镍矿误作铜矿，但人们想尽办法也无法从中提炼出铜来，只好归罪于矿山魔鬼尼克（Nick）。倒是中国的工匠早在公元 4 世纪就利用镍矿炼出了铜和镍的合金—白铜。这种似银的铜合金 17 世纪已输入欧洲，被欧洲人名为“中国银”。

1755 年，中国在北京颐和园铸高 7.55 米的铜亭，采用了砂型、泥型和失蜡法等多种铸造工艺。铜亭重达 200 余吨。

1761 年，英国伍德取得一项生铁搅炼的专利。方法是先在烧煤的普通精炼炉中将生铁精炼到接近可锻铁，此时铁中含硫，很脆；进一步将铁块砸碎，混入熔剂，装进坩埚，入反射炉加热熔炼，使之氧化成为锻铁或钢。

1766 年，英国珀内尔（J.Purnell）在手遥式轧机基础上设计成带孔型的双辊轧机，用于轧制线材，以生产熟铁螺栓。这一发明扩大了熟铁的需求，从而推动了熟铁搅炼工艺的发展。

1774 年，瑞典伟大的化学家谢勒（C.W.Scheele）向斯德哥尔摩科学院提交一篇论文《论锰及其性质》，宣布发现了两种新金属即锰和钡。谢勒一生共发现了 7 个化学元素，其中有 4 个为金属，是世界上发现化学元素最多的科学家。

同年，谢勒的朋友和同胞甘恩（J.G.Gahn），首次用碳还原法从提纯过的软锰矿中制得金属锰。在此之前，奥地利人凯姆（I.G.Kaim），于 1770 年也曾用还原法从软锰矿中制取出少量的不纯的锰，但他没有完成这一研究，从而错过了发现元素锰的荣誉。另一位瑞典科学家伯格曼（T.Bergman）也认识到软锰矿中含有一种新金属，但没能从中分离出锰。锰的拉丁文名 manganesium 是从软锰矿的名称 mangansis 衍生出来的。1808 年，镁（magnesium）被发现后，为避免混淆，锰的名称改为 man—ganum。

同年，谢勒在研究软锰矿过程中发现一种新的化合物，因其比重大，命名为“重土”（Baryta），并断定是一新元素 这就是钡，其名称源于希腊文 baras，意为“重的”。直到 1808 年，英国戴维（H.Davy）才成功地用电解法从重晶石中制得金属钡。

1775 年，英国威尔金森（J.Wilkinson）发明了新型镗床，并取得了“铁枪炮铸造和钻孔新方法”的专利。用这一新技术制出了高精度的蒸汽机为推广应用铺平道路。

同年，法国格瑞龙（Grignon）的冶金论文集出版。他在书中最早描述了鼓风炉炉料在下降过程中的各种变化，浇注过程中气体的析出和燃烧，以及气体引起的铸件疏松等现象，还论述了铸铁表面析出石墨的成因。该书对冶金学的发展有一定的贡献。

1780 年，威尔金森主持建造了英国历史上的第一座铸铁桥。该桥呈半圆形状，单孔跨度 30 余米，至今仍完好地横跨在塞文河上。现为英国铁桥博物馆保护。

1781 年，瑞典化学家伯格曼出版了关于铁的化学分析的文化论著，首次阐明了铁与钢的区别所在，指出“钢是铁与碳交互作用的产物”，这一发现是冶金学发展史上的第一个重大突破，为阐明钢铁热处理的原理和炼钢工艺的原理奠定了基础。

同年，谢勒从当时称作“重石”的矿物（现称白钨矿）中发现一种新元素的酸，并以瑞典文 tung（重）和 seten（石头）的复合词 tungseten 命名这种新元素，即匈，此名为英、美等国使用。德国等一些欧洲国家称钨为 wolfrahm，意为狼的泡沫。这一叫法源于中世纪，因为那时冶炼含钨的锡矿时，由于钨进入炉渣，好像总有一部分“锡”被狼吞食了一样。两年后，西班牙人德卢亚尔兄弟（J.J.and F.de ELhuyar）从黑钨矿中提炼出钨粉。

1782 年，英国的炼铁高炉采用蒸汽鼓风机鼓风，从而使高炉摆脱了对水力的依赖。

同年，瑞典耶尔姆采用碳原法从钼的氧化物中，首次制得较纯的金属钼（含有碳化钼）。后来，另一位瑞典科学家贝齐里乌斯（J.J Berzelius）用氢原钼氧化物方法制出纯钼。

同年，英国发明了高温计，用于测量冶金熔体的温度。

1783 年，英国威尔金森将蒸汽机用做锤锻加工动力的试验获得成功，从而在历史上第一次实现了用蒸汽动力锻造金属。

同年，英国奥尼恩斯（Onions）用反射炉直接熔炼生铁水，靠强鼓风使之脱碳。这是用搅炼法炼制熟铁的先声。

同年，西班牙德卢亚尔兄弟从钨矿中分离出氧化钨，然后用碳还原得钨粉。

1784 年，英国科特（H.Cort）取得了在烧煤的反射炉中直接熔炼熟铁的技术专利。这一工艺是通过搅拌生铁水，使之氧化脱碳成钢或熟铁，是转炉炼钢法发明之前最重要的炼钢技术之一。

1788 年，英国威尔金森主持建造世界上的第一艘铁船。

1789 年，德国化学家克拉普罗特（M.H.Klaproth）从沥青铀矿中分离出一种具有金属光泽的黑色粉末，并断定是一种金属，命名为铀（Uranium）。其理由是“在古代只知道有七颗行星，设想有七种金属和它们对应，按照惯例，这种新金属当然以最近发明的行星命名。”这颗行星就是 1781 年由英国天文学家赫舍尔（Her—sched）发现的天王星（Uranus）。由此开了以天体命名新元素的风气。但克氏所得到的黑色粉末并非纯铀，只是铀的氧化物和少量铀的混合物。直到 1896 年科学家才制得纯铀。

同年，克拉普罗特把锆英石粉末和碱放在银坩埚中加热，所得熔块放入硫酸中溶解，从熔液中分离出一种新元素的氧化物，命名为 Zirconia，锆的名称即由此而来。金属锆的制备直到 1824 年方才成功。

同年，法国化学家拉瓦锡（A.L.Lavoisier）的名著《化学纲要》出版，为近代化学奠定了基础。该书首次明确规定了元素的概念，当时已发现的元素有 33 个，分为四类，即气体单质、非金属单质、金属单质及土类单质，金属元素包括：锑、银、砷、铋、钴、铜、锡、铁、锰、汞、钼、镍、金、铂、铅、钨和锌共 17 个。

1790 年，英国科克肖特（J.Cockshutt）等人设计建造了四辊轧机，其上、下辊分别由单独的水轮驱动。

同年，苏格兰医生克劳福德（A.Crawford）研究了在斯特朗丁（Strontain）村发现的一种称作菱锶矿（Strontianite）的新矿物，并断定其中含有一种前所未知的土（氧化物）。

1792 年，中国清朝政府设宝藏局，特准西藏铸造银币，以西藏旧有的银钱改铸银币，称作“藏钱”，正面铸汉字“乾隆宝藏”，背面为唐古忒字，仅限于西藏一带流通使用。在此之前，中国仅在汉代铸银币。

同年，富拉（Fuller）在英国获得用磁铁选别铁矿石的专利。但该工艺没有得到实际应用。

1797 年，法国化学家沃克林（L.N.Vauquelin）经仔细研究断定，出自西伯利亚的红铅矿（铬铅矿）中含有一新金属，其性质和已知的其他金属完全不同。由于它的化合物具有多种鲜明的颜色，沃克林即据希腊文 Chroma（颜色）将新金属命名为铬（Chromium）。次年，沃克林用碳原法试图从铬氧化物中分离出纯铬，但未获成功，仅得到碳化铬。

同年，英国莫兹利（H.Maudsley）发明车床，是金属加工技术的重大进步。

1799 年，意大利伏打在实验中发现，把不同的金属片放在硫酸中，用导线连起来就可以产生持续一段时间的电流，从而制成伏打电池，进而发明了最早的电池。

能　源

38.人类生存之本
——能源及其分类

在自然界中存在着多种具有某种能量的自然资源。它们在一定条件下可以释放出某种形式的能量。例如，人类在生活和生产中经常利用的热能、机械能、电能等，都是目前人类生活和生产活动中普遍使用的主要能量形式。凡是能直接或间接地为人类提供热能、机械能、电能的物质资源均可称为能源。

在自然界中，能量总是以某种形式蕴藏在某种物质中。比如，绿色植物通过光合作用把太阳能吸收并以化学能的形式固定在自己的机体内，当它们燃烧时，蕴藏在其中的化学能，就会以热能的形式释放出来。所以，像树木、秸杆等等绿色植物都可以叫做能源。这种能源是植物能源，是早期人类社会开发利用并赖以生存的主要能源。地下的煤炭、石油、天然气，当人类把它们从地壳深处开采出来，作为燃料燃烧时，蕴藏在它们内部的能量就会以热能的形式释放出来。所以，煤炭、石油、天然气也是能源，它们是矿物能源，是目前人类社会开发、利用并赖以生存的主要能源。至于蕴藏在原子核内部的巨大核能，只是到了近代，才被人类认识利用。

目前，已经被人类认识、开发和利用的能源非常多。从 不同的观点出发，有不同的分类方法，下面简单介绍一下能源的各种分类。

按照能源在自然界形成的方式，可分为一次能源和二次能源。所谓一次能源，就是在自然界中形成和存在的现成的能源；所谓二次能源，是指一次能源经过人为的加工，直接或间接转换成更便于人类使用的各种人工能源。

按照人类对各种能源的开发利用程度可分为常规能源和新能源。所谓常规能源，是指那些已经大规模开发并被广泛使用的能源；所谓新能源，是指那些很有开发利用价值，但目前由于经济、技术等方面的原因，尚未被大规模开发或广泛利用的能源。

按照人类对各种能源的开发利用的情况分为再生能源和非再生能源。再生能源，又称非耗竭能源，是指那些随着人类的大规模开发和长期使用，总的数量不会逐渐减少趋于枯竭，而是可以不断得以补充，不断“再生”的能量资源；非再生能源，又称耗竭能源，是指那些随着人类的大规模开发和长期使用，总的数量逐渐减少或趋于枯竭的一次能源。

按照各种能源在人类开发利用中对环境污染和生态平衡破坏的程度可分为洁净能源和非洁净能源。所谓洁净能源，是指那些在开发利用中对环境无污染或污染程度甚小，对生态平衡无破坏或破坏程度甚微的能源；所谓非洁净能源，是指那些在开发利用中对环境污染严重，对生态平衡影响和破坏作用较大的能源。

如果按照各种能源的不同来源分类的话，我们还可以把一次能源分为两大类，一类为原子核能，另一类是潮汐能。

此外，还有的把能源分为矿物能源和自然能源两大类。

39.世界上确有能源危机吗
——能源枯竭与开发

近年来，国际舆论经常谈起世界“能源危机”问题。预计本世纪末，世界石油资源将要枯竭，能源危机将是不可避免的，但一些专家认为，从世界能源资源全面情况看，“能源危机”是不存在的，但必须做出重大努力去开发和利用各种能源资源；从狭义上讲，人类在20年内将面临能源短缺的严重问题。

如果按目前技术，经合理的价值观衡量，“能源危机”论包含着某种合理成分。其一，非再生的矿物能源资源的枯竭问题始终是存在的，尤其是经济方便的石油资源，普遍认为将在几十年内枯竭。其二，在目前和近期，除了煤炭之外，能够代替石油而大规模利用的能源资源还很少。并且煤炭资源虽比石油多，但也不是取之不尽的。太阳能虽然用之不尽，取之不竭，但代价太高，在短时间内不可能迅速发展和广泛应用。其三，人类对满足自己的能源需要，应当有预见性，掌握主动权。为此，必须预测到非再生矿物能源资源枯竭可能带来的危机，从投资、科技等方面，将注意力转移到新的能源结构上，尽早探索、研究开发利用新能源资源。

尽管“能源危机”可能威胁着人类，但须有一定的条件，如果就世界能源资源的潜力衡量，又可以说“能源危机”是不存在的。从历史上看，人类对能源资源的认识、开发和利用是不断发展、深化的。某种能源可能存在量的限制，但就开发程度而言是越来越高的，所谓“能源危机”在一定程度上是人为造成的能源短缺。就世界主要能源之一石油来讲，中国三千多年前就发现了石油，但是，直到目前为止，还不能说，世界上的石油资源已经枯竭，面临“危机”了。

从开发与消费看，目前，世界能源资源的开发和消费是极不平衡的。按人口平均的石油消费，美国比发展中国家高16倍。仅根据发展中国家的能源消费量到本世纪末可能增长两倍，得出世界能源危机必然到来的结论，至少是不全面的。其实，发展中国家在政治上获得独立后，能源资源开发利用的潜力是不可能低估的。现在不少发展中国家已从能源进口国成为能源出口国。至今，非洲地区产油国的增加，使非洲成了世界重要产油区之一。可以断定，世界上必然会有更多的能源资源被发现和开发出来。

从科学技术看，随着现代科学技术的不断发展，许多至今没有得到充分重视的能源和一些新能源，将被开发利用。1981年联合国召开的新能源和可再生能源会议，动员世界各国共同努力，使世界主要能源由石油这个单一能源过渡到包括薪柴、木炭、泥炭、油母页岩、焦油沙、地热能、海洋能、生物能、太阳能、水力、波浪能和潮汐能在内的十四种新能源和可再生能源的复合能源。

有些外国专家根据近年来的研究和对现有资料所做出的分析，认为世界并不存在能源资源的危机。

40.永恒的能量
——太阳能

太阳作为浩瀚宇宙中的一颗恒星，不停地向宇宙空间以光和热的形式辐射着巨大的能量，这个能量来源于太阳内部不断进行的氢聚变反应。

太阳是个巨大炽热的气体球，直径 139 万公里，体积有 130 万个地球那么大。它的表面温度约 6000 度，内部温度高达 2000 万度以上。太阳总质量约为 2.2×10^{27} 吨，主要由氢组成，约占 70%，其次是氦。氢和氦加起来约占 96%。在球心区每秒钟约有 657×10^{6} 吨氢经过核反应聚变为 653×10^{6} 吨氦，即在太阳内部每秒钟氢的质量亏损 400 万吨，按照质能定律：$\triangle E=\triangle m\cdot c^{2}$（其中光速 $C=3\times10^{8}$ 米/秒），可知，亏损的质量就转变成能量被释放出来，就是说每秒钟太阳向宇宙辐射的能量为 3.8×10^{23} 千焦，相当于 1.28×10^{16} 吨标准煤完全燃烧时所释放的能量。据推测，太阳如此不停地进行核聚变反应连续稳定的巨大能量，可维持约 60 亿年以上，这对人类历史来讲太阳能是取之不尽，用之不竭的永久性能源。

这里所谈的太阳能量指地球上可以直接接收并利用的太阳辐射能，而太阳辐射能中到达地球的太阳能约有二十亿分之一，即地球接收的太阳辐射能每年约含 2×10^{14} 吨标准煤，相当于目前每年世界能源消耗总量的 2000 倍以上，并且在一年之内，地球表面太阳能到达量的变化为±35%，因此，太阳能是一种相当稳定的能量，为开发利用提供了方便。

我国的疆界，南从北纬 4°附近西沙群岛的曾母暗沙以南起，北到北纬 52°32′黑龙江省漠河以北的黑龙江心，西自东经 73°附近的帕米尔高原起，东到东经 135°10′的黑龙江和乌苏里江的会流处。在我国广阔富饶的土地上，有着十分丰富的太阳能资源。据估算，我国陆地每年接受的太阳辐射能约为 50×10^{18} 千焦。全国各地太阳能年总量达 335～837 千焦，平均值（中值）为 586 千焦。

太阳能分布特点：太阳能的高值中心和低值中心都处在 22°～35°这一带，青藏高原是高值中心；四川盆地是低值中心；太阳辐射总量，西部地区高于东部地区，而且除西藏和新疆两个自治区外，基本上是南部低于北部；由于南方多数地区云雾雨多，在北纬 30°～40°地区，太阳能的分布情况与一般太阳能随纬度而变化的规律相反，太阳能随纬度的增加而增大。

我国具有丰富的太阳辐射能资源，尤其我国西部高原区，北纬 25°～30°之间，主要包括西藏、青海、四川西部、云贵地区，晴天总辐射量在 840～1050 千焦/厘米^{2}·年，是我国辐射资源最丰富的地区。我国西北各地年总量也在 760～880 千焦/厘米^{2}·年。

从我国太阳能年总量的分布来看，西藏、青海、新疆、内蒙古南部、山西、陕西北部、河北、山东、辽宁、吉林西部、云南中部和西南部、广东东南部、福建东南部、海南岛东部和西部以及台湾省的西南部等广大地区的太阳能很大。

41.新型建筑
——太阳房

人类利用太阳能进行房屋采暖的历史悠久，据记载，大约开始于希腊时代。但有目的地积极研究太阳房还是从本世纪三十年代开始的。1939 年，美国麻省理工学院建成了用太阳能采暖的太阳房，继之又在世界其它地方陆续建造了一些不同类型的太阳房，用来进行研究和试验。

所谓太阳房，是指利用太阳的辐射能量代替部分常规能源，使建筑物达到一定环境温度的一种建筑。太阳房除本身结构外，主要由集热器、传热流体、蓄热器、运行控制系统和辅助热源等部分组成。辅助热源作用是补充太阳能不足。

太阳房是把太阳能转换成低温热能加以利用的一种建筑，起到冬季取暖、夏季空调制冷的作用。其能量转换效率很高，同时它还具有清洁、不污染环境等优点。太阳房一般分为主动式和被动式两大类。所谓主动式，就是一种能够控制的采暖方式，热能以传热流体为介质被人为的方式来传递，即用泵或风机输送传热流体的方式传送由集热器所收集的热量。因此，一般结构较复杂造价较高，技术要求也比较严格，并且须消耗动力，维护管理亦较复杂，但其主要优点是室内温度可以得到较好的控制。我国于 1978 年在甘肃省民勤县重兴乡建成第一座主动式太阳房，建筑面积为 45㎡，室温设立为 15℃，由自动控温仪监控。

被动式太阳房不需主动式太阳房所必须的太阳能集热器、热交换器、管道、水泵和风机等部件，仅仅依靠建筑方位的合理布置和通过窗、墙、屋顶等建筑物本身构造，以自然热交换方式如辐射、对流、传导等来利用太阳能。如果所获得的太阳能达到建筑采暖、空调所需能量一半以上，则称此建筑物为被动式太阳房。换言之，被动式太阳房是根据当地气象条件，在基本不增加设备的情况下，使房屋建筑具有在冬季可以有效地吸收和贮存太阳能，而在夏季又能少吸收太阳能并尽可能多地向外散热，自动达到冬暖夏凉效果的一种特殊房屋。被动式太阳房构造简单，不消耗动力，造价低，但室内温度往往波动较大。

目前，被动式太阳房应用较广，其类型很多，从利用太阳能的方式来区分主要分为以下几种：（1）直接收益式。这是最简单的一种被动式太阳房，房屋本身就是集热蓄热器，房屋阳立面一般采用双层玻璃或加大玻璃窗，外围结构要隔热良好，室内还要有足够的重质材料，并具有较好的蓄热性能，以便在晚上或阴天时逐渐释放出来，使室内保持一定温度。（2）蓄热墙式。利用阳向垂直蓄热墙吸收穿过玻璃的阳光，并进行集热和蓄热，并通过传导把热量传递到墙内，然后通过辐射或对流扩散到室内。蓄热墙一般由蓄热性能良好的混凝土、砖、土坯或贮水装置构成。（3）屋顶水池式。在这种太阳房的屋顶置有装满水的塑料袋或设置蓄水浅池。白天，太阳光将水加热，受热的天花板以辐射的方式将热量传给房间；夜间，在屋顶的“水池”上盖上隔热板，减少屋顶向外界散热，温度较高的水和天花板继续向室内散发热量，便可保持室内的温度。在夏季只需白天盖上盖板，晚上打开，就可降低室内温度。另外，还有循环对流式、混合式等。

我国于 1977 年建造了第一座被动式太阳房，到 1985 年底，据不完全统计，已建造各种不同形式的太阳房约 200 多座，计 8 万㎡，分布于全国十几

个省、市、自治区。

42.节能又方便的益民技术
——太阳灶和太阳能热水器

我国是世界上利用太阳能最早的国家，远在公元前 11 世纪的西周时代就发明了一种形似凹面镜的金属圆盘，用于会聚阳光，点燃艾绒等物，这就是我国古籍上所记载的“阳燧取火”。当然历史上世界各国也有成功地利用太阳能的经验。公元前 1 世纪，古埃及人设计了一种太阳能水泵，通过加热的空气发生膨胀把尼罗河的水提到高处灌溉农田。最早的太阳能热水器是 1891 年美国肯普设计制造的“顶峰”太阳能热水器，到 1897 年加利福尼亚州的帕萨迪纳有 30%的家庭都用上了热水器。

第二次能源危机之后，太阳能光热利用才在世界范围内大规模的迅速发展起来。利用太阳的方面较多，这里仅介绍太阳灶和太阳能热水器。

太阳灶是指收集太阳能并将其直接转换为热能供人们进行食物烹调的光热利用设备。一般可分为箱式、聚光式和平板式太阳灶等三类。按结构和类型不同采光面积的 1～3㎡，焦斑直径 10～20 厘米，焦斑温度约 200～600℃，有效功率 0.5～1.5 千瓦。

太阳灶在日照条件好，能源严重缺乏的第三世界颇受欢迎。1980 年孟加拉国政府决定将使 1200 万户居民都用上太阳灶。我国大部分地区太阳灶可利用天数一般可达 150～200 天，这样一台太阳灶一年可节柴 500～1000 千克。一台 2 平方米的聚光灶，有效功率可达 800～1000 瓦、焦斑温度为 600～1000℃。截至 1985 年底，我国已有太阳灶约达 10 万台之多，是世界上使用太阳灶最多的国家。

太阳能热水器是指收集太阳能而提供 100℃以下生活热水的光热利用装置，一般由集热器、蓄水箱和连接管道组成。不同类型的热水器 1 平方米收集面积可日产 40℃～90℃热水 100 公斤左右。太阳能热水器可分为密闭型和流动型两大类。流动型热水器，按流动方式又可分为直流式、循环式和整体式 3 种。

太阳能热水器的核心部分是太阳能集热器。箱式单板集热器是利用温室效应接受和积累太阳能并转换为热能的。平板型集热器可以加热水或空气，用它可以解决生活用热水和部分工业用热水，也可给游泳地、养鱼池，温室供热等。

目前，太阳能热水器是技术最成熟的光热利用系统，其生产和使用在许多国家都十分普遍。到目前为止，日本约有 1/3 家庭使用太阳能热水器。在法国，截至 1990 年约有 200 万栋住宅安装使用太阳能热水器。美国年产太阳能热水器 4.5 万 ㎡。1958 年天津大学建立起我国第一座太阳能淋浴室，一直使用至今。据统计，现在正在使用太阳能热水器约有 60×10^4㎡。

我国北方地区，太阳能热水器一般可从 5 月初使用到 10 月底，在南方，则可从 3 月使用到 11 月。它的平均循环效率一般为 30～40%。一平方米集热面积一年大约可节煤 200～300 公斤。

我国太阳能热水器应用方面有服务业、工业、农业、体育以及家庭等。

43.大有可为的干燥技术
——太阳能干燥

大家都知道，太阳具有巨大的能量，以光的形式向四面八方辐射，从而保证地球上的一切生物的生存。为了高效率地利用太阳能，可把太阳光转换成其它形式的能量，这里讲的太阳能干燥就是太阳光能转换为热能的一种形式。

太阳能干燥系统是收集太阳热能对物品进行脱水干燥或蒸发浓缩的光热利用系统。

太阳能干燥器一般都以空气为工质。空气在太阳能集热器中被加热，在干燥器内与被干燥的湿物料接触，热空气把热量传递给湿物料，使其中的水分气化，并把水蒸汽带走，从而使物料干燥。这就是太阳能干燥的一般原理。太阳能干燥器可分为高温聚集型和低温热利用型两大类。但前者造价较高，设备较复杂，而后者造价较低，设备也较为简单。

目前我国农产品的干燥，基本上仍然沿用传统的自然曝晒法。这种方法，虽然具有不消耗常规能源，不需购置特殊设备的优点，但是它的缺点也是十分突出的：①干燥温度低，干燥时间长，占地面积大；②物料损耗大；易受泥沙、灰尘、昆虫和各种微生物的污染；③常遭雨水淋湿，产品变质霉烂严重；④费工费时；⑤产品质量差。据不完全统计，我国农产品因来不及干燥而霉烂变质损失，仅谷物一项，每年就超过 300×10^4 吨之巨。例如盛产红枣的山西省，过去每年的烂枣率竟达 20%左右。

利用太阳能干燥设备进行干燥却具有很多突出的优越性：①节省燃料，节省人工，降低成本；②提高干燥速度，缩短干燥时间；③干净卫生，杀虫灭菌，减少污染；④提高产品质量，减少损失。例如利用太阳能干燥装置干燥食品、饲料和肉类等，营养成分和维生素基本上可以得到保持；而采用自然摊晒则可能损失 60～80%，特别是油脂类食品，长时在阳光下曝晒，紫外线会加速油脂氧化，容易产生致癌物质，影响人体健康。

我国太阳能资源丰富，推广应用太阳能干燥技术，是解决许多工农业产品，尤其是农副产品干燥加工所需能源的主要途径。通常每干燥 100 亿斤粮食，要消耗标准煤 8～10 万吨，用太阳能干燥系统进行干燥，就可将这部分能源节约下来。

自 1975 年以来，我国逐步地开展了太阳能干燥技术的研究试验，截至 1985 年底，全国已建成 60 余座太阳能干燥装置，采光面积在 4000 米^{2}以上。这些干燥器多属低温热利用型，干燥温度一般都在 70℃以下，靠空气对流进行干燥。可把它们分为温室型干燥器、集热器和温室相结合的干燥器、整体式干燥器等形式。应用于谷物、鱼肉、烟叶、挂面、腐竹、水果、木材、皮革、药材、橡胶、蚕丝等物品的干燥，收到了显著的技术经济效益，正在由试验示范逐步走向推广应用。

目前，无论发达国家还是发展中国家，都十分重视太阳能干燥系统的开发和利用。

44.作为燃料的太阳能
——生物质能

生物质能就是直接或间接地通过绿色植物的光合作用，把太阳能转换为化学能的形式，固定和贮藏在生物体内的能量。众所周知，绿色植物的光合作用，是地球上最重要的、最大规模的太阳能利用和转换过程。我们所依赖的碳藏，无论是作为燃料或化工原料，都是历史上光合作用的产物。

绿色植物的光合作用可用下式描述：

$$H_2O+CO_2 \xrightarrow[\text{叶绿素}]{\text{太阳光能}} \text{有机物}+O_2$$

它包含两个主要过程：其一是物质转化过程，即绿色植物吸收地下的水、无机盐和空气中的 CO_2，通过叶绿素把这些简单的无机物转化为复杂的有机物；其二是能量转化过程，即在物质转化过程的同时，把太阳能转化为化学能，贮存在有机物中。正是这些有机物及其化学能维持了人类的生存。

据估计，每年地球陆地表面植物（森林、农作物、野生草类等）和水生植物（水草、藻类等）经光合作用生成的生物质产量为 1440～1800 亿吨（干重），1 吨干的生物质量可以转换成 1.25 桶原油或 0.26 吨标准燃料，即每年生物质含有总能量约计 3×10^{21} 焦耳，这个数量大约是世界能耗总量的 10 倍。

作为一种新能源，生物质能除了蕴藏量巨大外，还具有以下特点：生物质能是一种理想的可再生能源。只要太阳辐射能存在，绿色植物光合作用就永不会停止，生物质能就永不枯竭；目前人力和材料资源完全可以满足开发的需要；采用现在的成熟技术，价格适中，投资较小；并且不影响生态平衡，无污染。从长远观点看，生物质具有显著的优点，不仅过去，而且现在和将来都是人类开发利用的重要能源之一。生物质能主要分为三大类。

薪炭林：是指那些生长快，光合作用和再生能力强的，以生产薪林和木炭为主要目的的林种。大力提倡植树，营造薪炭林，不仅可以绿化大地，美化环境，净化空气，保持水土，调节气候，增加森林覆盖率，而且可作为第三世界人民的主要生活燃料之一，被誉为“穷人的石油”。

能源植物：是指那些通过光合作用把二氧化碳和水直接转化成不含氧的碳氢化合物的一类植物，这类植物的分泌乳汁或提取液的化学成分与石油的化学成分相似，故又称“石油植物”或“石油树”。目前美国已有三个州栽培石油植物，可连续收获 20～30 年，每年每亩可产“绿色石油” 10 桶。

生物质及其各种废弃物的转化，也就是说通过微生物厌氧发酵或热化学转化等方法，使各种生物质及其废弃物，转化成甲醇、乙醇或沼气等液态或气态的二次能源。在生物质的各种转化中，最有前途、最应该大力提倡和普遍发展的是通过微生物厌氧发酵由生物质向可燃烧沼气转换。我国人口众多，分布广，城市垃圾、污水、粪便的数量也很大，发展沼气大有作为。截至 1980 年全国农村已建立了小型沼气池 700 多万个，其中四川省就占了一半。为数百万农户解决了生活燃料问题。英国 5000 个污水处理厂，三分之一是用发酵生产的沼气开动机器的。

45.永不枯竭的地下宝藏
——地热资源

在 50 亿年以前，人类现在居住的地球，和太阳一样，是一个灼热的火球，后经极其漫长的演变，逐渐形成了现在的样子，成为一个巨大的实心椭球体。

地球内部的构造相当复杂，由地表到地心大致可分为三层，即地壳、地幔和地核。地壳是地球圈层的最外层，主要由土层和坚硬的岩石组成。它的厚度不一，平均厚度只有 17 公里，大陆地壳平均厚度约 35 公里，海洋深处地壳平均厚度只有 6 公里；地壳下面与地核之间的部分为地幔，又称“中间层”，厚约 2900 公里，由硅镁物质组成，温度在 650℃～1200℃左右；地核是地幔下面直到地球中心的圈层，半径为 3400 公里以上，是地球内部温度最高、压力最大、物质密度最大的地区，温度在 2000℃～5000℃之间，压力约为 350 万个大气压。

由上可知，地球的内部是一个高温高压的世界，是一个巨大的热库，蕴藏着巨大的热能。地热能就是可以被人类加以利用的地球内部的热能资源。据估计，全球可开发利用地热能总资源约为 5×10^{15} 吨标准燃料，约相当于目前全世界一年之内能源总耗量的 45 万倍。目前，地热能主要有 4 种方式。

地下热水或热蒸汽系统：是指聚集或贮存在高热裂隙或孔隙性岩层中的地下热水和地热蒸汽，温度从几十度到 300～350℃，这部分资源约占地热总资源的 10%。

地压系统：是指贮存在高压下 2～3 公里的深部沉积盆地中，并被不透水的页岩所封闭的一种卤水和甲烷的高压地热流。温度约为 150～200℃，该部分地热资源约占地热总资源的 20%，是一种有综合利用经济价值的地热能资源，但开发难度相当大。

干热岩系统：是指在便于开采或可开采的深度内，在地表深处不含水的异常热的岩石层中所贮存的能源。温度约为 150～650℃，约占总地热资源的 30%。

岩浆系统：是指蕴藏在温度高达 650～1200℃岩浆中贮存的巨大热能资源，约占地热总资源的 40%。

上述几种地热资源，目前能为人类开发利用的，主要是地热水和蒸汽系统。

我国地热资源十分丰富，其余则处在试验或研究阶段。据初步勘查和不完全统计，我国共发现 3000 处地热点，露头地热水资源就有 250 多处。120℃以上的高温地热资源，其中分布在西藏、云南和台湾省。如云南冲腾地热田、浅孔测温，10 米深为 135℃，12 米深处为 145℃；西藏洋八井开发的两口浅井，为 137℃的高温地热水和湿蒸汽。120℃以下的地热资源，分布较广，主要在东南沿海的广东、福建、山东等省和华北平原等地。例如在天津市郊就发现了三个地热异常区域，在 500 米深井中获得 94℃的地热水。目前我国探明的最高温度为 294℃高温湿蒸汽，位于台湾省大屯复式火山区。

46.未来能源巨头
——地热能利用

地热与煤炭、石油、天然气、铀等均属于地壳能源，但地热能分布最广，能量最丰富，而且可以在人类发展的历史长河中不断得到补充。地球内部蕴藏的巨大热能，通过大地的热传导、火山喷发、地震、深层水循环，温泉等途径不断地向地表散发，平均年流失的流量约达 10×10^{20} 千焦。但是，由于经济上可行的钻探深度仅在 3000 米之内，再加上热储空间地质条件的限制，因此可供开发利用的有价值的是位于浅层富集的地热田。

我国是研究和开发利用地热能源最早的国家之一。公元 500 年左右，南北朝时的郦道元，在其所著《水经注》一书中介绍了温泉治病，“大隔山石出温汤，疗治百病”；明代地理学家徐霞客，在其所写的《徐霞客游记》中对温泉做了绘声绘色的描述：“从下沸腾，作滚涌之状”，“喷若发机，声如虎吼”，“犹热若汤”，“不敢以身试也”。自五十年代至今，我国将地热能应用于各方面，取得了显著的社会和经济效益。

大规模利用地热能的主要途径，就是地热发电，地热发电和火力发电的原理一样，都是通过汽轮机把蒸汽热能转变为机械能，然后通过发电机再把机械能转变为电能。目前世界上比较大型地热电站有美国加利福尼亚州盖瑟斯地热电站，装机容量为 90 万千瓦；意大利的拉德瑞罗地热电站装机 32 万千瓦；新西兰的怀拉开地热电站装机 19 万千瓦；墨西哥的塞罗普里托地热电站装机 15 万千瓦。

截止 1985 年，我国分别在广东省邓屋、河北省怀来、江西省温汤、辽宁省熊岳、湖南省灰汤、山东省招远、西藏羊八井建造了 7 座地热电站，其中低沸点工质法地热发电系统 6 台、扩容法地热发电系统 8 台，总装机容量为 11586 千瓦。在利用地热发电方面，取得许多宝贵的数据，获得了经济效益。

在我国地热能的利用中直接利用占有重要地位，发展迅速，效益显著，据不完全统计，全国地热直接利用的总量相当于 74.3×10^4 千瓦，其中：工业利用 15.8×10^4 千瓦，农业利用 17.2×10^4 千瓦，生活利用 41.3×10^4 千瓦。在天津地区 147 眼热水井资源中，已有 50 眼井分别用于纺织、服务、食品等行业。除用于工业锅炉外，纺织业中还直接使用地热水，据调查仅锅炉利用地下热水，每年就可节约软化用水处理费约计 33.17 万元，节省煤炭 15092 吨，并且用于纺织印染可提高产品质量，降低成本，增加效益，减少污染。

在农业直接利用近年来也得到飞速发展，效益显著，方兴未艾，前景广阔。据 1982 年不完全统计，全国建造地热温室约 80000 平方米，利用地热能总量约相当于 17.2×10^4 千瓦。由于地热温室的温度稳定，可控性好，能源除区域与气候因素对农作物的影响，在时间与空间领域里扩大了农业生产和试验的范围，取得了在自然条件下难以得到的效果，另外，由于地下热水中含有很多有利于农作物生长的化学元素，所以用于灌溉和加温土壤，可以防治病虫害，增加肥效，缩短作物生长期，提高产量。

47.独一无二的热库
——海洋热能

海洋是世界上独一无二的大热库，既不需要盖子，又能保温。浩瀚的海洋中，蕴藏着极其巨大的能量。海洋能主要来源于太阳能。海洋，既是面积极其巨大的太阳能集热器，又是热容量极其巨大的热能储存仓库。

太阳不停地给地球输送着巨大的热能，除去大气层的反射和吸收之外，到达地球表面的太阳辐射能约有 80 万亿千瓦。占整个地球表面积 71%的海洋接收的太阳能可达 64 万亿千瓦左右，除去海洋的辐射、海水的蒸发等原因而消耗、散失掉的一部分能量之外，还有相当巨大的太阳能以不同的转化形式被海洋吸收并贮存起来，构成资源巨大的海洋能源。

在太阳辐射下，海水表面层（深 130 米左右）的海水，吸收太阳热能并蓄集储存起来，使水温升高，在南纬 20 ° 到北纬 20 ° 赤道附近的范围内，海洋表面层的温度通常是 25℃～29℃，在红海可高达 35℃。在海洋深达 400～500 米处，水温几乎不受太阳辐射的影响，所以海水温度比较低，只有 5～7℃。总之，由于太阳辐射，使得地球上海洋表面海水温度在纬度低和纬度高的不同点有明显的温度差，而同一地点表层海水和深层海水之间也有明显的温度差，这就形成了海洋中的热梯度分布。

海洋能是极其巨大的。海洋热梯度能总资源约为 40 万亿千瓦。据科学家估算，如果从南纬 20 度到北纬 20 度之间的海洋表面，有一半用来发电，海水平均温度只要下降 1℃，就可获得 600 亿千瓦的电能，这大约相当于当前全世界生产的全部电能。

大规模开发利用海洋能的主要途径就是发电，海洋能转化为电能，建立海洋温差发电。海水温差发电不使用任何燃料，其原理是利用海洋表面水和深层水的温度差，通过不断“ 先热后冷 ”加工发出电来。

目前，研究海洋温差发电的主要国家是美国、法国和日本。在美国，关于海洋温差发电的实验室内基础技术实验研究已经结束，目前正在实际海域进行热交换器和冷海水取水管道的各项实验。其中，洛克希德导弹与航天公司的 50 千瓦“ 小型海洋热能转换装置 ”，已于 1978 年在夏威夷西海岸试验发电成功，是以氨为工质的闭路循环温差发电系统，冷海水从 600 米深海中提取。该公司还设计制成了 24 千瓦浮动式海洋温差发电站装置。日本东京电力公司和东电设计所共同设计的 100 千瓦陆上型海洋温差发电现场试验电站，1982 年 9 月在太平洋中部瑙鲁共和国海岸边建成并运转发电，冷水管是长 932 米，直径 75 厘米，壁厚 30～35 毫米的聚乙烯管。

初步的试验结果还表明：海洋温差发电成本较低，比火力发电成本还低，但一次性投资高。

海洋热能的开发是所有海洋能利用系统的主要中心，它的发展有着无限广阔的前景。

48.天造地设的新能源
——潮汐能

海洋潮汐是一种自然现象。它是在月亮和太阳引潮力作用下所发生的海水周期性涨落运动。一般情况下，每昼夜有两次涨落，一次在白天，一次在晚上，人们把白天的海水涨落称潮，晚上的海水涨落称汐，合起来称为潮汐。

在引潮力的作用下，海水有规律的周而复始的涨落，在涨落过程中，能量也在发生着转化。涨潮时，海水水位由低到高，海水的动能也就转化为势能；落潮时，高水位所具有的势能，在水位下降的过程中，又转化为动能。人们把在潮汐过程中产生的动能和势能称为“潮汐能”。

潮汐能是一种水力资源，是一种稳定可靠的、永不枯竭的可再生能源，并且是不会产生环境污染的清洁能源。

据初步勘测，世界潮汐能资源的总量约为 30 亿千瓦，其中约有三分之一是散布在大陆架上比较浅的海湾地区，是可以被开发利用的资源，有 10 亿多千瓦。我国海洋辽阔，海岸线长达 14000 公里，蕴藏着丰富的潮汐能资源。据统计，中国潮汐资源的总蕴藏量达 1.9 亿千瓦，年电量 2750 亿度。

大规模开发利用潮汐能资源的主要途径就是潮汐发电。所谓潮汐发电，就是在海湾或潮汐河口建筑闸坝，使被隔开的海湾或河口形成水库，并在闸坝内或其旁侧的发电站厂房内安装水轮发电机组。涨潮时，海水由海洋流入水库，水位升高；落潮时，由于水库水位比海洋水位高，从而形成库内外潮位差。利用潮汐涨落潮差的能量，推动水轮发电机组发电。根据水库工程和发电机组结构的复杂程度，潮汐发电站基本上有 3 种类型：单库单向潮汐电站、单库双向潮汐电站、双库双向潮汐电站。除上述三种潮汐电站的基本形式外，各地因具体条件不同还可能有多种不同的形式或差异。

世界上第一座大型潮汐电站工程，是法国的朗斯潮汐电站。该电站位于法国西北部，英吉利海峡沿岸，最大潮差 13.5 米，最低潮差 5 米，平均 10.9 米，是世界上著名的大潮差地点之一。我国是世界上最早开始利用潮汐能资源的国家之一，古代劳动人民早就利用潮汐能来推动石锤、水磨等，加工粮食、压榨甘蔗。利用潮汐能发电则开始于本世纪 50 年代。仅在沿海各省市 1958 年便建成各种形式的微小型潮汐电站 40 多座，我国正在建设的最大潮汐电站是浙江省温岭县的江厦潮汐电站，采用单库双向贯流式灯泡机组，最大潮差为 8.39 米，设计安装 6 台单机容量为 500 千瓦的水轮机组。据勘测，钱塘江口的潮汐资源蕴藏量达 590 亿度，约占全国的 1/4，居我国可开发的三个大型潮汐电站之首。

目前国外潮汐发电成本已低于火电和核电，达到水力发电的水平。但是，潮汐发电的建站和附加工程初始投资很大，电站运行中的泥沙淤积问题、电站工程结构的防腐蚀和防止海生生物（牡蛎等）的附着问题，都有待于进一步研究、解决。

49.海洋喧嚣的威力
——波浪能

“无风不起浪”，风平而浪静，风兴而浪作，这句话相当精确地表达了风与浪的关系。风从太阳辐射获得能量，又把能量传递给波浪。

近 20 年来，海洋科学家用先进技术，把全世界海域分成若干区，算出了全世界海洋波浪蓄积的总能量为 800×10^{15} 焦耳，相当于一个周期内的波功率为 45×10^{12} 千瓦。

我国专家估计我国海洋的波浪能储量：以南海海域的数据计算，沿岸年平均波功率大于 5 千瓦每米，360 万平方公里海域总共有 5×10^{15} 焦耳的能量。

海浪的高度并不算很高，到目前为止，根据科学仪器记录到的海浪高度还不超过 20 米，可它的威力却大得惊人。例如，1952 年 12 月 16 日，一艘美国轮船在意大利西大海面上遭到了巨浪的袭击，船体被拦腰分成了前后两截；1931 年 1 月 19 日，在黑浪沿岸附近，一个大浪袭来，把一块名为“和尚”的千年巨石一下子打碎成三块。

那么，能否把力气如此巨大的海浪变成有用的力量呢？

科学家们研究发现，海浪能量的大小，与波浪的周期成正比，与波高的平方成正比，可见波浪的高度对海浪能量的影响最大。以下为单位宽度上的波浪能量公式：

$P\approx H^2T$（千瓦/米）

H—波浪高度；T—波浪周期。

我国浙江的新安江水电站，安装着 66 万千瓦的发电机组，利用水的能量，每年平均发出 18 亿多度的电力，供给华东地区广大城乡使用，相当于每年为人类节省了 90 万吨煤炭。1964 年，日本制成了世界上第一座用波力发电的航标灯。这盏灯的发电装置不仅为船只指明了航向，也为人们进一步研究利用波浪指明了方向。

波力发电装置不消耗任何燃料和资源，没有任何污染，和水力发电、潮汐发电一样，也是一种干净的发电技术。海上的波浪发电装置，利用的是自行车打气筒的原理，它好似一个倒置着的打气筒漂浮在水面上，活塞连接着浮标。随着波浪的上下起伏，浮标就带着活塞上下运动，于是波浪的动力就转换成了压缩空气的动力，再让这种力气很大的压缩空气从一个喷嘴发出来，冲动空气涡轮机，使它带着发电机一起转动。这样，波浪的能量就变成电能了。

经过了 14 年的努力，1978 年 6 月 25 日，世界上最大的一座波力发电装置在日本的海上建成了。这座波力发电装置就像一艘停泊在海上的油轮，起名为“海明”号。它上面将有 11 台发电机为人类贡献电力，每台机组的功率为 125 千瓦，波高 3 米时总发电能力为 2000 千瓦。

目前，科学工作者正在着手各种波力发电的新尝试。直接波力发电和环焦式海浪发电站就是其中的两种。

从 60 年代起，我国就已开始了海浪发电的研究，并已获得了海上试验的成功。目前，我国的波浪发电装置，在风力三级，波高 0.2 米的情况下就能发电、一天的发电量就可供航标灯使用三天的。虽然这种波浪发电装置功率很小，只有 60 瓦，但却为我国波力资源的开发展示了美好的前景。

50.能从风中来
——风能

风能是一种可再生的能源，是太阳能的一种表现方式，风的产生是由于太阳照射在大气层内产生温度差，并由此而形成大气层内的压差而引起的。风的形成机理是把积累在那些压差中的势能转化为动能。

风能也是自然界中存在的一种永不枯竭的巨大能源，到达地球表面的太阳辐射能，约有 2%被转化成风能。据测算，地球陆地部分可开发利用的风能，如果全部用来发电，每年大约可发电 2×10^{15} 千焦/小时，相当于目前全世界年总发电量的 200 倍；即使能够利用 1%，其数量也是相当可观的，可以大大缓解当前全世界范围的能源短缺的严重状况。

风力发动机就是一种把无规则的自然风能转变成机械能的能量转换装置，它可以作为多种工作机械的原动机。大规模利用风能的主要途径就是风力发电，就是把风能这种不规则的自然能源变成机械能之后，进一步变成人类现代化生活与生产中主要的二次能源——电能。

风力发电系统通常由两大部分构成：机械部分和电气部分，机械部分是把风能可靠地转变为机械能的装置，包括风力发动机及其附件；电气部分是把机械能转变为电能并把电能供给用户的装置，包括发电机和配电仪表、蓄电池等电气元件。按输出电功率不同，风力发电通常可分为小型风力发电机和风力发电站两大类：

小型风力发电机：功率从数瓦到数千瓦不等，但均在 100 千瓦以下，多采用直流发电机，向用户提供 6 伏、12 伏或电压更高的直流电；必须配备储能蓄电池，保证在无风时能不断地、稳定地供电；结构简单，搬运方便，形式多种多样。

风力发电站：是容量在 100 千瓦以上的风力发电系统，可由一台机组单独供电，或由数台机组联合供电。

目前，国外小型风力发电装置的造价为 3000～5000 元/千瓦，大型风力发电装置的造价为 2400～3000 元/千瓦。越是大型风力发电，成本越低。风力发电的迅速发展，使其在能源中的地位发生了很大变化，有关专家预计，到本世纪末，风力发电在世界总发电量中所占的比重将达到 12～14%。

我国地域辽阔，横跨热、温、寒 3 个地带，大陆海岸线长达 18000 公里，拥有大小岛屿 6500 多个，风能资源较为丰富，具有开发利用风能的良好自然条件。根据气象部门的资料，风能资源最丰富的地区是东南、华北、华东沿海及沿海岛屿。风能是人类历史上开发利用的最古老的能源之一。而我国是世界上利用风能最早的国家之一。我国利用风力驱动帆船的历史，距今已有 3000 多年。我国风能的利用，主要有风力发电、风力提水和风帆助航等 3 种形式。利用风力发电在世界上仅有 80 多年的历史，但目前已成为各国利用风能的主要形式，发展迅速，应用广泛。截至 1985 年 6 月，全国共安装风力发电机 10300 多台，总容量为 1480 千瓦。

根据我国的国情和当前风能开发利用的实际情况，国家有关部委提出了我国风能开发利用事业的近期技术政策，即小型为主、民办为主、先解决生活用电为主，实行自建、自管、自用，在风能设备的研制和生产上，要坚持简易、耐用、经济、可靠的原则。在风能利用设备的经济上，当前，微、小型风力发电机的经济指标，以投资成本 2000～3000 元/千瓦，能量成本

0.20～0.30 元/千瓦为宜。

51.通向未来能源的桥梁
——煤炭及其成因

煤对于我们来说并不陌生，在我们日常生活中，几乎每天都离不开煤。煤的主要成分是碳、氢及少量的硫、氧和氮。煤是一种褐黑色至褐色的燃烧的固体矿物质。

人类尽管很早以前就发现了煤，并大量使用煤，但并不知道煤是怎样变来的。18 世纪以后，人们才知道煤是由古代地球上繁茂生长的植物变来的。

远在几千万年至几亿年以前，地球上的陆生植物在地面死亡，遇到空气中的好氧细菌进行分解，变成二氧化碳、水等，然后腐败，除了生物化学性质稳定的部分（如树脂）被保留下来外，植物的其它部分都被分解掉了。有些植物被埋在积水的沼泽里，隔绝空气，虽然受到厌氧细菌的作用，但作用很缓慢，这些植物没有腐烂，却在长时期内被泥炭化了。由于受地壳升降和地质构造等的影响，在长期的地温、地压作用下逐渐变成煤。

将植物变成煤的作用过程分成两个阶段：第一个阶段是泥炭化以前的腐植化过程，这一阶段主要是生物化学作用；第二个阶段是指泥炭被埋在地层深处，经过地热、地压干馏的煤化过程，在这一过程中，地球化学起主要作用。广义上的煤化作用包括这两个阶段，狭义上都是指后一阶段。

从时间过程看，干馏在工业上 500～1200℃的温度条件下需要 30 小时左右，而地质上的煤化作用是在 200～400℃地热条件下经过几千万年至两亿年的漫长时间。可以想象到，在这漫长的地质年代里产生了多少种复杂的反应。这一时间因素对“广义”煤的性质起主导作用。即时间越长，煤的变质程度越高，表现在煤中的碳多了，而氢、氧减少了。

形成煤的原始植物，由于生长的地质年代和地区不同（陆生的还是海生的），成分差异很大。即煤的性质不仅取决于煤化程度，同时也取决于成煤植物的性质。例如由藻类生成的煤为腐泥煤，由高等植物形成的为腐植煤。此外，即使同一种成煤植物，由于成煤的条件不同（例如受火成岩的影响），也会变成性质不同的另一种煤。

人类用煤的历史可以追溯到人类开始用火以后的远古时代。

以煤做原料，将其琢磨、雕刻成各种工艺品和生活用品的煤雕，在我国有着悠久的历史。由考古证实，目前可上溯到六、七千年前的新石器时代。1973 年，考古工作者在沈阳北陵附近的新乐遗址下层，就发现了用煤精磨的制品多件。有文字记载的可见于两千五、六百年前的春秋战国时期的我国地理名著《山海·西山经》中写道：“女床之山，其阳多赤铜，其阴多石涅。”《山经·中山经》中有“女几之山，其上有石涅”和“风雨之山，其上有白金，其下多石涅”的记述。当时称煤为石涅。至迟到西周，我国已经能够采煤和用煤做燃料。河南巩县铁生沟汉代冶铁遗址不仅发现煤块，而且还发现煤饼。西汉时期已是我国用煤史上的第一个繁荣时期。到了唐、宋代，用煤更加普遍，已是“汴京数百万家，尺仰碳，无一家燃薪者。”

在欧洲地区，在公元前 3 世纪前后的希腊文献中可以查到有关煤的文字记载。公元 10 世纪后，煤在北欧和欧洲中部成为人类的有用物质。英国从 13 世纪开始了有组织的采煤。

52.造福人类的“黑色金子”
——煤资源与开发

煤炭一般形成在地质成煤时期的沉积盆地的边缘，是由许多复杂的地质因素综合作用的结果，即必须具备一定的外部条件，如温湿气候，大量植物繁茂、适宜地形和地壳运动等。当大量植物遗体沉积在低洼地带，同时地壳有节奏地缓慢下沉时，最后才有可能形成大面积的含煤地带，称为煤田。

目前世界上的煤炭资源主要集中在美国、中国、原苏联和澳大利亚等。世界上约有 80 个发展中国家有煤炭资源，其中产煤的国家约有 30 个。尽管如此，但其中有 10 个国家的煤炭资源就占世界煤炭总储量的 98%，占可采储量的 90%，而其中美国、中国、原苏联和澳大利亚四个国家的煤炭总储量就占世界煤炭总储量的 90%，可采储量的 80%。据 1982 年不完全统计世界煤炭资源总储量约 107502 亿吨，已探明可开采的储量为 6629 亿吨。其中位于前四名的四个国家的资源为：原苏联地质储量 48600 亿吨，探明可开采储量 1099 亿吨；美国为 4750 亿吨和 1670 亿吨；中国为 7000 亿吨和 989 亿吨；澳大利亚为 6000 亿吨和 328 亿吨。

通常，把地球上的煤炭资源大致分为以下四类：泥煤、褐煤、烟煤和无烟煤。泥煤一般只用做民用生活燃料，褐煤、烟煤和无烟煤是工业用煤。泥煤是煤化程度最浅的煤，又称泥炭，是由大量的沼泽植物残骸在空气不足和大量水分存在的条件下，经过不完全分解而成的。褐煤是一种煤化程度仅次于泥煤的年轻煤。是成煤的中间阶段，呈褐色、褐黑色或黑色，热值为 25958～30564 千焦/公斤。煤炭是一种煤化程度较深的煤，呈灰黑色或黑色，这种煤光泽较强，并具有明显的条带状、凸镜状构造，热值约为 27214～37263 千焦/公斤。无烟煤，俗称“白煤”，是一种煤化程度最深的煤，色黑、质硬、具有金属光泽，热值高达 33494～35588 千焦/公斤。

煤同其它沉积岩一样，在地下呈层状。但由于地壳运动和其它因素的影响，在不同地层，煤层的形状、构造和厚度等变化很大。这也就决定了煤的开采方法，主要有露天开采和井工开采。

在煤层埋藏很深，或不适于露天开采的煤田要用井工开采，即用凿井、掘巷道的方法把地下煤采出来。而煤层距地表浅、表土层不厚，或因发火、瓦斯突出、地下水灾等危险，不宜采用井工开采的煤层均可用露天开采。露天开采成本低、生产灵活、煤炭资源回收率高、安全等。早期煤炭开采主要靠手工，劳动强度大，生产效率低，随着科学技术的发展，开采的机械化、电气化程度越来越高，既改变了工人的劳动条件，提高生产率，又保证了安全。1980 年世界煤炭总产量达到 42.8 亿吨。中国在 1986 年煤炭产量为 8.94 亿吨，跃居世界首位。

53.煤的高温裂解
——煤炭焦化

煤炭能最原始、最直接的利用是燃烧获取热能。但由于直接燃料不仅热值低，难以满足工业等方面如炼铁的要求，并且利用效率低，不能从中制取有用的化工产品。煤的焦化在一定程度上解决了这一问题。

煤的焦化，就是把煤装在合适的容器里隔绝空气加热的过程，即把煤进行干馏。根据煤的干馏温度不同分为低温干馏和高温干馏。一般把在 600℃左右温度下的干馏称为低温干馏，其主要生成物称为半焦，还有焦油和煤气；高温干馏是指在 1000℃以上温度下的干馏，其主要生成物称为焦炭，还有其它化学产品和煤气。

目前，各国普遍采用室式焦炉炼焦，这种焦炉是由几十个孔的炭化室和其左右两侧的燃烧室组成。每个炭化室左右两侧的燃烧室燃烧着来自焦炉本身或其它来源的煤气。燃烧室产生的热量不断地通过炉壁向炭化室传递，使炭化室中的煤逐渐软化、熔融，经过十几个小时后，当焦炉的中心温度达到1000℃左右时，打开炉门，用推焦机将炽热的高温焦炭推出炉门，经过干法（用氮气）或湿法（水）熄焦以后，就变成我们常见到的焦炭。

煤的焦化即炼焦用煤需满足一定的要求，并非世界上的煤均可用来炼焦。粘结性，是炼焦用煤必不可少的一种特性。只有粘结性好的煤才能炼出合格的焦炭；而无粘结性或粘结性很差的煤，即使经过同样的焦化条件，仍然是松散的残渣。

世界煤炭资源虽较丰富，但炼焦煤储量仅占煤炭总储量的 10%，我国炼焦煤占总储量的 1/3 之多。为了解决优质炼焦煤资源短缺和供需间的矛盾，一般有两条途径：一是合理利用现有炼焦煤资源；二是不断扩大炼焦煤资源，即通过一定技术工艺使用非炼焦煤，炼出符合要求的合格焦炭。

用室式焦炉炼焦时，可以采用选择性破碎、捣固压实、炉外预热、配加型煤和添加粘结剂等新工艺，以及正在开发的型煤工艺。型煤炼焦，是先将炉煤成型，然后装到炉里炼焦。这种工艺可使用粘结性弱的煤用来炼焦，提高焦炉的生产能力。

焦炭按用途可分为三大类：冶金焦、铸造焦和化工用焦。冶金焦用来熔化矿石，并且提供还原剂，支撑炉料，保证高炉具有良好的透气性。铸造焦用于冲天炉化铁，即把生铁炉料重新化成铁水。化工用焦用来生产电石，气化后生产合成氨或甲醇等化工产品。

煤的焦化可炼出合格的多用途的焦炭，同时，煤在高温作用下发生分解，还能生成气体和液态产物，在炼焦过程中，以气体形式从焦炉炭化室顶部逸出。经过冷凝和净化处理后，可分离出煤焦油、硫氨、硫磺等焦化产品，及净煤气即焦炉煤气。焦炉煤气除做焦炉自身燃烧和钢铁厂的燃料气，还可做城市煤气。现在许多城市煤气均为焦炉煤气。

54.黑石头变“石油”
——煤炭液化

七十年代发生的两次石油危机，使人们更加深刻地认识到石油资源有限，并逐步地把注意力集中到煤的液化上来。实际上，煤炭液化技术已有几十年。早在 1913 年，德国的贝吉乌斯博士用实验方法把煤转换成类似石油的液体燃烧。第二次世界大战期间，德国为解决液体燃料的不足，希特勒亲自下令建设煤液化工厂。1943～1944 年间，德国有 12 座煤加氢液化工厂投产，由褐煤直接液化，制取液体燃料油最高日产量为 10 万桶，汽油年产量达到 400 万吨以上，相当于当时汽车用汽油、柴油量的 50%，航空汽油的 90%。1936 年，日本从德国鲁尔化学公司引进合成液化技术，除了在国内建厂外，还在朝鲜的阿吾地、中国的抚顺和锦州地区建设液化厂。此外，美国在 1949 年也建造了一座规模较大的试验工厂，每天处理煤约 50～60 吨，可出油 200～300 桶。

二战前，人们把煤的液化称为“人造石油”。概括地讲，煤的液化就是在一定的操作条件下，通过复杂的化学反应，使固态的煤转变为干净的液体燃料。为什么固体的煤能液化成类似石油的液体产品呢？这要从煤和石油的生成过程说起。煤和石油虽同属化石燃料，但前者是固体，后者为液体。煤是由几千万年乃至几亿年前地球上繁茂生长的树木埋藏在地层中，在漫长的时间里，受地温、地压等作用逐渐变成的。而石油则是由低等动物经过与煤相似的地球化学作用变来的。

煤和石油都是由碳、氢、氧等元素组成的有机物质。但石油主要成分是碳和氢，而煤主要是由高分子有机物质组成，氢含量比石油低一倍之多，其分子量大约是石油的 10 倍或更高。两者区别在于，煤中氢和碳比值小，大约是石油的一半，含氮、氧量也较石油高。由此可知，煤和石油虽然有所不同，但其主要组成成分均为碳和氢。因此，通过一定的技术措施，增加煤中氢的含量，使煤中氢与碳的比值与石油基本相同时，固体的煤也就变成了类似石油的液体燃料了，这也就是煤液化的基本思想，而液化的关键就是如何将氢加进煤中去。

煤的液化过程是一系列十分复杂的，包括气相、液相和固相的化学反应。一般认为，煤被分解以后，先变成一种叫“沥青烯”的中间产物，与氢原子反应之后就能变成油类物质，由于含有煤中没有反应的惰性物和灰分而使液化装置内的物质变得十分粘稠，经固液分离后，液体即是煤的液化生成油，它是一种较粘稠的暗褐色液体，重质部分较多，再经过蒸馏加工等工艺即可得到轻油、汽油、煤油、柴油和重油等一系列煤液化油制品。

煤炭的液化技术，目前发展的有 3 种基本方法，即直接液化、间接液化和高温分解。直接液化是先把煤炭制成煤浆，然后在高温、中压状态下与氢作用，生成液态碳氢化合物即合成石油；直接液化的效率约为 65～75%，每吨煤可生成约 0.34～0.4 吨合成液体燃料。间接液化是把煤炭预先气化，产生合成煤气，然后通过催化反应形成性能优良的液态碳氢化合物甲醇。间接液化效率较低。高温分解法就是通常的炼焦技术，煤炭在高温下分馏，分别产生气态煤气、液态焦油和固态焦炭等生成物，生成的液态焦油，目前主要用做化工原料，而不做动力燃料。

煤炭液化后获得的各种产品可做化工原料，也可做内燃机车和锅炉等的

燃料。

55.从煤中获得清洁的“代替能源”
——煤炭气化

煤炭是我国的主要能源之一，在国民经济中起着不可估价的地位。但煤炭直接燃烧，不但热值较小，而且还会增加污染。研究利用煤炭利用新技术是必需的。所谓煤的气化，就是通过一定的工艺条件用煤造气的技术。

煤的气化可以追溯到 150 多年以前。1883 年，英国建造大型伍德气化炉，其工艺是向炉内吹入高温空气和水蒸汽与煤反应，回收氨和煤气。30 年代，德国发明了温克勒沸腾床气化炉和鲁奇加压气化炉，以生产合成煤气和城市煤气。70 年代的两次“石油危机”使煤的气化技术不论在规模上，还是在发展速度上都进入了一个新的时期，为开发二次能源开辟了道路。

煤的气化，一般使用固体的煤或干馏后生成的半焦或焦炭做气化原料，与水蒸汽和空气或氧气等气化剂反应，生成以氢、一氧化碳或甲烷等为主要成分的混合煤气。煤的气化反应是一个十分复杂的过程，但实质上是一种对煤的半氧化、半还原过程。

在以制取燃料气为目的时，煤气化的主要反应是如何使原料中的碳与气化剂（一般用空气）中的氧反应，生成一氧化碳，即以碳与氧的反应为主。

如果要制取合成原料气，即要获得氢源，主要反应是碳与水蒸汽的反应。如果制取燃料气时，反应过程较复杂，此时，气化反应得到的一氧化碳还要经过上述反应过程经过变换、转换，并改变部分气体的成分及其比例，得到二氧化碳和氢气，最后再使煤中的碳与制取的氢气进行甲烷化反应。

大家都知道，煤中除了含有上述物质外，还含有氮、硫等元素及矿物质。在气化过程中，这些元素及物质均参加反应，因此，为减少环境污染，提高煤气质量，还须有煤气的冷却降温和洗澡净化等工艺。

煤气化以后制得的煤气，大致可分为以下几种：发生炉煤气、水煤气、混合煤气和干馏气。

发生炉煤气是将煤、焦炭和木炭等含碳固体物经不完全燃烧后制取的可燃性气体。其主要成分是一氧化碳和氮，热值为 3700～6700 千焦/标米 ^{3}。主要用做冶金工业和化学工业的燃料，以及用来调节城市煤气的热值。

水煤气是用炽热的煤或焦炭、半焦与水蒸汽反应后得到的可燃烧气体。主要成分是近于等体积的氢和一氧化碳，其热值较低，为 6300～11800 千焦/标米 ^{3}，主要用做化学合成原料气，如合成氨，还可制取合成原油。水煤气一般不宜直接做城市煤气。

混合煤气。煤炭在气化炉的上部经过低温干馏作用得到半焦，在气化炉下部进行水煤气化反应，这种低温干馏煤气与水煤气混合后气体称为混合煤气。其热值一般为 12600～21000 千焦/标米 ^{3}，可用做城市煤气或合成原料气。

干馏煤气可分为高温干馏和低温干馏煤气。高温干馏煤气又称焦炉煤气，热值约为 17600 千焦/标米 ^{3}，用途较广，如用做城市煤气、合成原料气制合成氨，并且可进一步处理制甲烷和乙烯等。

煤气化方法可分为工业气化和地下气化，由于地下气化难度较大，故应用不广，主要采用工业生产气化。

56.电力来源的中流砥柱
——煤炭发电与利用

我国是世界上开发利用煤炭最早的国家，早在两千多年以前的汉朝，煤炭就被我国古代劳动人民用做生活燃料或用于炼铁。《山海·西山经》上把煤炭称之为“石涅”，《后汉书》的《地理志》中记述道：“豫章出石，可燃为薪。”这是世界上关于煤炭的最早的文字记载。意大利人马可波罗在《东方见闻录》中写道：“中国全境之中，采石自山中，如同脉络，燃烧如薪无异，其火候且较薪为优，盖若夜间燃火，次晨不熄，其质优良，致使全境不燃它物。”到公元 10 世纪末，采煤且已经逐渐成为中国的重要行业，手工业所需的大部分热能，几乎全靠煤炭来供应。

煤炭曾经是世界上最主要的商品燃料。1950 年，煤炭占世界能源消费的一半。在过去除少数炼焦外，绝大多数原煤利用方式就是不加区分地直接燃烧，利用效率低，污染严重。煤矸石和矿井瓦斯被视为残渣、废气，弃而不用。随着科学技术的发展，煤炭利用技术也不断进步，主要有以下几方面：发展煤炭洗选加工，开展综合利用；应用先进的煤炭燃烧技术；合成燃料技术；煤炭转化技术；煤矸石和矿井瓦斯利用技术等。

除了上述煤炭开发的各方面外，另一重要方面就是煤炭发电。目前全世界煤产量中约有一半用于发电，发电量约占世界总电能的 70%以上。

煤炭发电是火力发电的一种，主要过程是：煤经过磨煤机粉碎后变成煤粉，由风机送入高温锅炉中，与送风机送入的在烟道中预热的空气混合燃烧，其温度可达 1000℃左右。锅炉四周是由紧靠炉墙内壁垂直排列的许多钢管组成的水冷壁，作用是产生蒸汽和保护墙不致被烧毁。当煤粉在炉膛内燃烧时，水冷壁内水的温度也逐渐升高，当达到一定温度，水就开始沸腾产生过热蒸汽，并通过输汽管进入汽轮机的汽缸中膨胀作功，带动发电机发电。

近 20 余年来，世界发电主要是火力发电。为了提高运行效率、节约基建投资和提高劳动生产率，国外采用高参数大机组，建设大电厂。目前，国外已建成 200 万千瓦以上的火电厂 75 个、其中美国 22 个，原苏联 21 个、英国 11 个、日本 8 个、联邦德国 5 个。其中最大的火电厂是日本的鹿岛电厂，有 440 万千瓦，拥有 60 万和 100 万千瓦机组各 4 台和 2 台。

美国的煤绝大部分用于发电，近年约占 3/4 以上，1985 年占全国煤产量的 78.3%。煤电占总电量的 56.7%。

煤是中国的主要能源。中国煤炭用于发电的约占 1/5，由于今后几年内中国的石油和天然气的产量只能大体保持目前的生产水平，水电一时也不可能大幅度增长，能源产量的增长主要依靠煤炭。预计到本世纪末，中国能源消费结构中煤炭仍将占 70%以上。煤炭在今后一个相当长的时期内仍将是中国的主要发电能源。

目前，正在建设和即将开工建设 25 座大、中型港口电站，总装机容量近 1800 千瓦。这些电厂将在 1995 年前投产发电，年发电量 1200 亿度，是中国目前年发电量的 1/4。这些电站建成后，年耗煤 6000 多万吨。并且由于港口电站所需煤炭通过海轮直接运送到电站，可减轻铁路运输的压力。

57.理想的可再生能源
——水力资源

在地球的陆地上，遍布着成千上万条的大大小小的河流。河道的流量和落差是构成水力的两个基本条件。就流量而论，河口年平均流量在 1000 米^3/秒以上的江河，全世界共有 50 条，其中亚洲 19 条，欧洲 10 条，北美洲 10 条，南美洲 7 条，非洲 4 条。10000 米^3/秒以上的江河 17 条，这些河流大都蕴藏着丰富的水力资源。

评价一个地区水力资源的状况，一般有两个指标。一个是水力资源的绝对拥有量，它是衡量一个地区或国家经济发展潜力的基本标志。水力资源的绝对拥有量大，这就意味着一个很大的经济潜力和雄厚的物质基础。另一个是按单位面积或按每个人平均的水力资源占有量，这是仅有参考价值的相对指标。

根据 1980 年第十一届世界能源会议的调查统计报告，全球水力资源的理论蕴藏量为 482260 亿度，其中技术上可开发的水力资源蕴藏量为 193060 亿度。下面简要介绍水力资源在世界各大洲的分布情况。

（1）亚洲。亚洲水力资源的蕴藏量居世界各大洲之首，主要分布在东亚的中国、北亚的中西伯利亚高原、中亚的帕米尔高原、南亚的印度以及东南亚的缅甸等国和地区。概括说来，亚洲的水力资源主要集中在中部的山区和高原地带。这一分布特点的形成，主要同该地区的地形和降水情况有关。

我国幅员辽阔，地区高差大，年降水量约 60000 亿立方米（全年平均降水量 630 毫米），相当于全球陆地降水量的 5%。据统计，全国水力资源蕴藏量在 1 万千瓦以上的河流有 3000 多条，水力资源理论蕴藏量为 6.91 亿千瓦，年发电量可达 6.05 万亿度，居世界之首。由于技术经济条件的限制，可能利用的装机总容量为 3.82 亿千瓦，年发电量可达 1.93 万亿度。长江是亚洲水力资源最丰富的江流，它全长 6300 多公里，流域面积 180 万平方公里，河口流量 29300 米^3/秒，其长度和流量均居世界第三位。长江可能开发利用的水力资源为 19600 多万千瓦，年平均发电量 10200 多亿度，占全国可能开发水力资源的 54%。黄河全长 5464 公里，它穿越山地高原，总落差高达 4400 米，其水力资源的理论蕴藏量 3552 亿度。

（2）欧洲。欧洲水力资源的理论蕴藏量为 50520 亿度，其中技术上可开发的为 17430 亿度，分别占世界的 10.5%和 9%，在各大洲中，排行倒数第二。但按单位面积上拥有的水力资源计算，欧洲却是世界上水力资源密度较高的大洲。

在地形和降水等因素的影响下，欧洲水力资源主要分布在南、北部分山区国家。

（3）北美洲。北美洲水力资源主要集中分布在东、西部山区和高原地带。北美洲是世界上大河较多的一洲，仅河口年平均流量超过 1000 米^3/秒的就有 10 条，其中 10000 米^3/秒以上的有两条。

（4）非洲。非洲位于东半球的西南部，全洲蕴藏的理论水力资源 101180 亿度，其中技术上可开发的为 31400 亿度，分别占全世界的 21%和 16.3%。

（5）拉丁美洲。该洲水力资源的理论蕴藏量为 56700 亿度，其中技术上可以开发的为 37800 亿度，分别占世界的 11.8%和 19.6%，拉丁美洲的水力资源，也和非洲一样，主要分布在热带多雨地区。

（6）大洋洲。大洋洲的水力资源较少，其中约 3/5 分布在巴布亚——新几内亚。其次是新西兰，约占大洋洲水力资源的 1/4 以上。不论按水力资源的绝对拥有量，还是按单位面积上的平均占有量，在各大洲中，大洋洲均居最后一位。

58.飞流直下三千尺，化作电力落人间
——水力发电

除了人力、畜力和直接利用太阳能以外，人类最早广泛利用的能源是从流水中取得的。全世界可能开发的水力资源约有 9.8 万亿度/年。七十年代初，已开发利用 13.3%。美国可能开发的水力资源为 7015 亿度/年，1977 年，利用程度为 48%，水力装机容量为 6894 万千瓦，占总装机的比重是 12%。在工业国家中，水利资源利用程度平均为 30.5%，最高的是瑞士 98%；其次是法国 95%，意大利 84%。水电比重较大的国家有：挪威 99%；瑞士 87%；巴西 84%；加拿大 58%。发展中国家拥有的可能开发的水能资源占世界的 65%，而开发利用的程度仅 4%。世界上水力资源的潜力相当大，尤其发展中国家潜力更大。

水力发电一般是在河流中拦河筑坝，利用河流的水力资源进行发电。它是利用具有落差的水冲动水轮机旋转，将水能转化为机械能；水轮机带动发电机，将机械能变成电能。然后经升压变压器和输电线，将电能送至消费地区。

构成水能的两个基本条件是流量和落差。在平静的河流中，即使水量大，但落差很小时，水能也很小。细小的瀑布落差很大，但流量小，水能也很小。只有高落差、大流量才具有巨大的水能蕴藏量。

由于世界性石油资源短缺，价格飞涨与矿物燃料对环境造成的污染问题日益严重，以及由于水能是技术经济条件最优越的可再生能源，用于发电成本最低，并且不会污染环境，还可以用水能储蓄电能，进行综合利用与梯级开发；水轮发电机组运行灵活，水电机组从静止状态启动到满负荷运行，正常情况下只要 4～5 分钟，事故时紧急启动还可缩短到 1 分钟左右。预计从现在起至本世纪末，水电会以中等发展速度增长。

中国水力资源的总蕴藏量达 6.76 亿千瓦，其中可开发利用的为 3.78 亿千瓦（能供短期内开发的有 1.36 亿千瓦），年发电量可达 19230 亿度，均居世界首位。1987 年，中国水电装机容量 3035 多万千瓦，占可能开发装机容量的 8%（在全世界水电总装机容量中，中国居第六位），在电力总装机容量中的比重为 29.5%。当年的水力发电量为 995 亿度（在全世界居第五位），占总发电量的 20%，占可开发水电量的 5.2%。

由于中国的水电资源集中在西部，而电力消费中心在东部，因此“西电东送”是不可避免的。这和挪威、瑞典等国家的“北电南送”一样，将有助于电力系统的开发和提高水电的效益。

据统计，中国可开发的中型水电站共 900 多座，规划总装机容量 6700 万千瓦。但到 1987 年底只开发 100 多座，约 640 万千瓦。中型水电站不仅规模适中，而且具有投资省、工期短、受益快等优点。中型水电站单位千瓦投资效益比大型水电站约高 20%，投产受益工期约短 50%，是较容易开发的水能资源。

中国在开发小水电方面是个光辉的范例。截至 1986 年中国拥有水电站 67734 座，年发电量 244.51 亿千瓦小时。1986 年，全国约有 92%的乡，80%的村庄和 67%的农户用上了电。全国 2300 多个县中，已有 770 多个主要靠小水电供电。小水电在中国已成为一支不可忽视的力量。

59.“工业的血液”
——石油

石油是一种贮藏在地球表层之内的高质量液态矿物能源，属于地壳能源，从外观上看石油是一种粘稠而颜色为褐黑色或黑色的油状液体，有特殊的气味，比水稍轻，不溶于水，平均含碳量是 84～87%，含氢量大约是 11～14%，密度为 0.75～1 克/厘米^3，易燃烧，热值为 41868～46055 千焦/公斤。

石油是由有机物生成的。多数人比较一致的看法是这样的：在若干万年以前，地球上气候温暖、雨量充沛、沼泽湖泊遍地，到处生长着繁茂的森林和葱郁的植物；陆地上各种爬行动物、哺乳动物竞相繁衍；沼泽湖泊之中生活着各类水生动物。这些动物和植物不断地繁殖和死亡。随着自然环境的变化和地壳的变迁，这些生物的尸体便同泥等物质一起沉积在深深的地层之下。在与空气隔绝，缺乏氧气的沉积环境中，在地层温度、压力以及放射、催化等复杂物理、化学作用下，逐步转化为石油。所以石油是古代生物变成的液体矿物能源。它实质上也是转化和积存下来的古代的太阳能。

石油形成之后，生成石油的地层叫生油层。石油开始是零星和分散的，由于是液体，具有流动性，所以会慢慢地渗透流聚到可以储油的地层里。再加上生油层上的沉积层越来越厚，重量和压力越来越大，使生油层不断受到压缩，以及由于地壳运动等各种因素，也使油流向生油层上、下邻近具有良好孔隙或裂缝的地层中。由于石油是储存在地表以下各种多孔性岩石层中，因此称之为“石”油，而储存油的岩层叫储油层。石油的蕴藏深度从几十米到几千米不等，一般埋藏较深。而接近地表的石油资源，往往因渗透到附近的河流里或从岩石缝隙中逐渐挥发而散失掉，并且储油层上又须有不渗透的岩层作为盖层才能使石油保存下来，这也是石油资源比煤炭资源埋藏得深的原因。

石油一般形成在地质成油时期的湖盆中部和大陆架上，并在一定的储油构造中才能富集保存下来。它和煤炭一样，石油的形成与地质年代的地壳运动、海水进退、气候变化、生物兴衰等因素都息息相关。由于形成的环境与条件在时间、空间、地域、地层构造等方面的差异性，造成今天石油资源在地球上分布的不平衡。

中东地区是世界石油资源储藏量最富有的地区，已探明的石油储量约 500 亿吨，占全世界已探明的石油总储藏量的 54%以上。其中沙特阿拉伯，截止 1982 年初，已探明的石油储量为 229.9 亿吨，占世界已探明的石油剩余可采储量的四分之一。中东石油产量约占全世界石油总产量的 1/3，其中 90%以上出口，主要输出到西欧、美国和日本。

除中东外，已探明的世界石油可采储量中，拉丁美洲占 13%，非洲占 8%，原苏联占 9%，美国占 4%，西欧占 3%，其余地区，包括加拿大、东南亚和中国，共占 9%。

据科学家估计，地球上石油资源的远景储量为 8200 亿吨，其中海洋石油资源的远景储量为 2500 亿吨，占 30%左右。世界石油资源最终可采储量约 3000 亿吨，其中海洋储量约为 1350 亿吨，包括浅海和深海海底的石油资源。

60.在发电能源中会被取代吗
——石油发电与利用

我国是世界上发现和利用石油资源最早的国家。早在 2000 多年以前的汉朝，我国西北地区的人们称石油为“脂水”，并用来点灯、做饭。1800 年前，历史学家班固在《汉书》中就有关于石油的记载。北宋科学家沈括在《梦溪笔谈》中写道：“鄜、延境内有石油。”但是在世界范围内，对石油的开采利用是从近代才开始的。1861 年原苏联化学家布特列洛夫，提出了有机化合物结构学说之后，世界石油化学工业才开始大规模发展起来。特别是从本世纪 50 年代起，随着中东油田的开发，石油从勘探、开采、运输、加工、利用等方面，都取得了不断进步。

从地下开采出来的石油叫做原油。原油可以直接做燃料，如燃油发电厂的燃料。但原油的直接燃烧不但会严重污染环境，并且浪费了石油中许多宝贵的成分，所以工业上要对原油进行分馏和裂化等加工和提炼，以便充分利用。分馏是根据石油中所含各种烃的沸点、凝固点不同，将原油不断地汽化，并在精馏塔内，从高温到低温将各种烃部分凝缩，大致分离；裂化是通过加热或催化的方法，使石油中分子量大、碳链长、沸点高的烃变为分子量小、碳链短、沸点低的烃，从而可使原油中汽油的提取率从原来的 15～20%，提高到 50%左右。不论分馏或裂化，经过提炼加工之后，从原油中可以得到汽油、煤油、柴油、溶剂油和石油气，最后剩下重油。

汽油、柴油、煤油均为二次能源，是现代化交通工具如飞机、汽车、柴油机等的主要燃料，并且煤油可用来点灯。溶剂油是油脂和橡胶等物质的溶剂。石油开采或加工中收集到的“石油气”和石油提炼加工中的副产品轻油，是有机化学工业最理想的原料。在石油化学工业中，以石油气和轻油为原料，可以生产合成纤维、合成橡胶、塑料、合成洗涤剂、香精、农药、医药等生活用品。经过提炼加工后剩下的重油，还可经减压分馏从中提出润滑油和凡士林。而剩余的残渣即为沥青。总之，石油浑身都是宝。

从 50 年代以来，美国、日本等资本主义国家，为了追求高额利润，大力发展重油喷吹炼钢技术、重油发电技术，使油电在各国迅速发展。美国历史上油电最高比例是 1978 年，占当年全国发电量的 16.9%；日本，1973 年，占 71.1%。中国曾在 60 年代后，发展了一批烧油电厂、甚至把一些烧煤电厂改为烧油电厂。油电的比例从 1960 年 0.3%发展到 1978 年的 19.9%。

由于 70 年代的两次“石油危机”，各国更深刻地了解了石油，除大力发展化工业外，油电的比例也在逐渐下降，美国，1984 年，约 5%；日本，1985 年 25%；中国则又提出“以煤代油”的方针，并将原改为烧油的电厂改回烧煤，烧油机组要停用，转入备用。直到 1985 年，全国仍有烧油机组 800 万千瓦，其中必须烧油的占 5.7%。据预测，只要油价合适，以及炼油厂的剩余产品——渣油或重油没有其它更合理的利用，则油电仍有立足之地，不会全部被取代。

61.“熬”出油来的石头
——油页岩

油页岩，也叫油母页岩，是一种外形为灰褐色的、可燃的石头，含有机物 5～6.5%，它能像煤炭一样燃烧，但热值很低，一般只有煤炭的 10～50%。油页岩在隔绝空气条件下加热干馏可以炼出油，称为页岩油，但产量很低，大约只有 3～25%。页岩油的成分和天然石油一样，从页岩油中可以提炼出汽油、煤油、柴油、润滑油脂和石蜡、油焦等，也能作为化工原料加工塑料、合成纤维、合成橡胶和医药等各种化工产品。

油页岩作为一种能源，具有相当大的潜力。全世界油页岩资源估计可折合为五万亿桶石油，即相当于全世界的石油储量，其中美国资源最大，约占 2 万亿桶。我国的油页岩资源也比较丰富，现已探明储量 315.67 亿吨，分布于吉林、广东、辽宁、陕西、山东、甘肃、新疆、内蒙等地，尤以前三省为主，约占总储量的 90%以上。我国油页岩含油率一般为 5%。

在世界能源历史中，从油页岩中提炼页岩油，要比天然石油的开采还要早。1851 年英国在苏格兰就建立了世界上第一座生产页岩油的干馏炉，8 年之后，美国才在宾夕法尼亚州钻成世界上第一口天然石油井。1870 年前后，欧洲一些国家先后建立了几十座页岩油加工厂。

目前，油页岩的开发仍处于经济上的临界状态。从油页岩中提取石油有两种方法：采矿法和就地开采法。对于 30 米厚的矿层可用坑房柱地下采矿法，但约有一半的页岩留做矿柱而不能采出。开采出来的页岩被破碎后装入干馏釜中加热蒸馏。就地开采法是在地下挖掘洞穴，然后在适当位置燃烧气体将页岩加热，使部分页岩油裂解成气，可供就地燃烧提供电力或通过管道输送出来。后法目前仍不成熟，如能在大范围内实行，会有很显著的优点；前法已经过广泛的试验，在商业上则有一定的价值。

1985 年，美国生产页岩油的实际成本为 37 美元/桶，政府以 42.5 美元/桶的价格全部收购。1978 年，原苏联油页岩的产量已达 3600 万吨，75%用于发电，25%用于炼油。现有 14 个矿在开采，其中爱沙尼亚共和国有两座直接以油页岩（含油量 10%以上）做燃烧的发电厂，发电容量分别为 100 及 160 万千瓦，但运行中锅炉磨损十分严重。联邦德国年产油页岩 250 万吨，炼油、发电兼用，含油率大于 6%的用来炼油，其余用来发电。

不少专家认为：将油页岩干馏出重油再烧或提炼其它化工产品经济效果较好。

中国油页岩开发始于 50 年代。抚顺油页岩储量为 36 亿吨，占用 14 亿吨，年采 900 万吨；茂名储量 54 亿吨，只占用 3.1 亿吨，年采 350 万吨。两者均在 50 年代就开始提炼石油，尤其是大庆油田开发之前，这种“人造石油”曾对 50 年代初期的经济发展起了很好的作用。

目前，世界上只有原苏联和我国抚顺、广东茂名仍然保留着从油页岩中提炼页岩油的工厂。

62.来自地球内部的气体
——天然气

天然气是一种蕴藏在地层内，含有碳氢化合物的可燃气体，热值约为21000～39000千焦/米^3，它是供炊事和取暖用的干净而方便的燃料。也是大规模发展中的石油化学工业的宝贵原料，也可用做发电能源。

不同产地、不同类型的天然气，组成成分也不相同，但都以甲烷为主要成分，其次是乙烷、丙烷、丁烷及其他重质气态烃类。天然气内还往往含有氮气、氢气、二氧化碳气、硫化氢气体等，有时含有氦气、氩气等惰性气体。按照不同的生成条件与存在方式，地下天然气通常可以分成以下四大类：

（1）生物成因气（即天然沼气）。生物成因气的主要成分是甲烷，通常乙烷及其以上的烃类气体的含量均小于 5%。生物成因气是在比较年轻的地质年代中，被埋藏在地表浅层的有机物在 70℃的低温和隔绝空气的条件下，被厌氧菌分解而形成的。因此，生物成因气一般分布在三角洲、浅海及湖滨地区的砂性岩层中，埋藏较浅。产气层的地质年代较轻。我国的青海柴达木盆地盐湖气田和长江三角洲气田，均是这种典型的生物成因气气田。

（2）石油伴生气。其主要成分除甲烷以外，还含有一定数量的重烃，通常乙烷及其以上的烃类气体的含量在 5%以上。石油伴生气是在古老的地质年代埋藏在地层深处富集的有机质，在热力催化下逐渐演变成和石油同时伴生的天然气。凡是有石油矿藏的地方或其附近，必定有某种形式的石油伴生气同时存在。石油伴生气可分为溶解气、浮游气和游离气三种。在地下天然气的总资源中，石油伴生气约占40%。

（3）非伴生气。非伴生气的主要成分甲烷的含量在 55%以上，乙烷及乙烷以上的烃类气体的含量为1～5%，没有石油伴生气多，但比生物成因气要多。非伴生气是古代被埋藏到地层深处的有机质或由有机质生成的石油，在比较高的古地温（200℃以上）作用下，热裂解而生成的气态矿藏。我国四川省的泸州气田就是这种类型的天然气田。

（4）煤成气。煤成气也叫煤田瓦斯，主要成分也是甲烷，乙烷以上的烃类气体的含量与生物成因气相似，也在 5%以下。煤成气是在地质成煤时代由煤及煤气地层中古植物的腐植质分解而生成的气体燃料，存在于煤层或其附近的储气构造中，一般在煤田开发中逸出。据专家估计，全世界煤层中煤成气储量可达100万立方米，可见数量之大。

地球上天然气的分布要比石油分布广泛得多。据 1980年估计，世界天然气总的潜在储量约为 298 万亿立方米。已探明的可采储量约为 75 万亿立方米。目前世界上已开发的25个巨大的油气区，中东的阿拉伯、伊朗地带和原苏联的西西伯利亚地带是世界天然气储量最丰富的地区，两个地区拥有的天然气资源占世界总资源的40%以上。

63.用作发电能源合理吗
——天然气利用

天然气是一种埋藏在地下，含有碳氢物质的流动性矿藏，它是供炊事和取暖用的干净而方便的燃料，也是大规模发展中的石油化学工业的宝贵原料。天然气可以从与石油伴生的气田或与石油无关的非伴生气田所得。在大多数情况下，由于无法利用而被白白烧掉。1979 年，发展中的 46 个国家和地区的 1250 亿立方米的伴生气中，大约有 60%被烧掉，价值 180～200 亿美元。特别是在中东油田，估计每天有 2800 万立方米的天然气被烧掉。

世界天然气资源丰富，目前已探明的天然气储量为 96 亿立方米，按能量当量计算已与探明的石油储量大体相当。对全球天然气总储量的最大估计数，在 250 万亿到 350 万亿立方米之间。按目前消费量计算，可以开采 200 年。

目前，世界天然气的主要产地与主要消费市场相隔很远。天然气历来都是通过管道从产地直接输送到消费地区。建造管道的费用相当昂贵，只有在大量的天然气资源和有保证的用户情况下才是合适的。因此，天然气做为一种能源，将不是由资源的储量来决定，而是由气田到用户的运输和分配的角度来考虑。能否开采往往由能否把天然气输送出去而决定。

输送天然气的另一方法就是液化天然气输送，这种方法可代替管道运输，因为液化后其体积只有原来体积的 1/600，对跨越海洋的远距离运输或像日本这样的岛国是较为理想的。大量的液化天然气在装载运输过程中存在一个突出的安全问题。另一种代替方法是把天然气转变成液态甲醇（乙醇）。

当人们在勘探和开发天然气资源的同时，更为重要的是天然气的合理使用和节约。天然气除了作为化工原料外，其余大都作为燃料使用。为了提高天然气的利用效率，降低发电成本，近些年来，许多国家，尤其太平洋的新兴国家兴建了一些燃烧天然气（或轻油）的联合循环发电厂。所谓联合循环发电即指采用燃气——蒸汽轮机发电机组的发电方式。

中国是世界上最早开采、利用天然气的国家之一。早在 2000 多年前的东汉时代，在四川邛峡就钻成了世界上第一口天然气井，利用经过处理的竹筒输气熬盐。目前全国已探明的天然气储量占世界第 15 位，产量占世界第 16 位。截至 1986 年底，中国已累计采出天然气近 1600 亿立方米。现在中国已经找到 16 个储量在 50 亿立方米以上的天然气田。据专家预测，中国天然气总资源约有 10 几万亿到 20 几万亿立方米。1984 年，在海南岛附近的莺歌海海域中发现了目前全国最大的天然气田，储量约 1000 亿立方米。

中国天然气绝大部分用于工业方面，作为化工原料或燃料，用于民用能源不足 10%，用于发电能源极少。几十年以来，中国开始利用燃气轮机发电。根据 1986 年底的统计，全国有大、小燃气机近百台，容量约 50 万千瓦，大多用于石油工业部门。1986 年，中国的年发电量中以天然气做能源的不足 1%。在中国将天然气用于城市燃料或用做化工原料的经济效益更好。因此，在近些年，中国不可能把天然气作为重要的发电能源。

64.原子分裂释放出的能量
——核裂变与核电

原子能也叫核能，是原子核发生“裂变反应”和“聚变反应”过程中释放出来的能量。裂变反应是重元素铀、钍的原子核被慢速飞行的中子轰击而分裂成较轻原子核的反应。由于原子核内的中子、质子相互结合非常紧密，所以核反应放出的能量十分巨大，一般要比化学反应释放出的能量大几百万倍。现在，地球上已探明的铀、钍所包含的能量，是地球上的“化石燃料”总能量的几十倍，海水中所有氘的核能如果都释放出来，就可以使地球上的人类使用 10 亿年之久。

核能已经广泛地用于大型商业核电站以生产电力。目前已经有 200 多座工业规模的核反应堆投入运行，总装机容量达 1.20×10^8 千瓦。其中约 1/3 的核反应堆在美国，占其总发电量的 12%。在其他国家，如日本、原苏联、法国、英国、联邦德国、加拿大和瑞典，都有十座以上的核反应堆在运行。少数几个发展中国家和地区如印度、南朝鲜和巴基斯坦等，也都建有核电站。目前核电大约已占全世界发电总量的 6%。

世界上绝大多数投入运行和正在建设的核电站都是使用热中子反应堆。目前核电站的发电效率比现在矿物燃料发电厂的效率低。压水反应堆核电站的总效率约为 33%，重水反应堆电站的总效率更低，约为 29%。并且由于核资源的利用率仅为 1%，因此到本世纪末，天然铀的累计需求量至少相当于具有可接受的经济开采的天然铀资源量，因此，如果在下个世纪内，核能要作为能源的主要组成部分，则必须大大提高天然铀的利用率。

核增殖反应堆有可能使燃料利用率高达 60～70%。所谓核增殖反应堆，即能够从资源丰富的铀 238 和钍中“繁殖”出比其消耗量更多的裂变原料。

但是，第一座裂变反应堆成功运转之后，最先使人类亲身感受到的并不是可以造福于人类的源源不断释放的巨大能源，而是威力巨大的、杀伤和毁灭人类的可怕武器——原子弹的爆炸。

大规模利用核能的主要途径就是以反应堆为核心建立核电站，利用核能发电。从 1954 年到现在，利用重核裂变现象已经发展了两代核电站，第一代核电站是热中子裂变堆核电站。第二代核电站是快中子增殖堆核电站。发展快中子增殖堆核电站的主要目的是为了扩大核燃料的利用率，从而大大增加核燃料的来源。

在世界能源发展中，核能是发展最快的一种能源。自 1954 年第一座核电站建成以来，世界核电站的发展速度已远远超过其他能源的发展速度。随着核裂变能的大发展，在世界范围内，必然同时兴起一个核原料铀、钍资源的勘探、开采、加工高潮。

目前，我国自行设计、建造的第一座裂变堆核电站，正在浙江秦山积极建设中。这座功率为 30 万千瓦的压水堆型核电站，已于 1983 年破土动工。同时，我国还在广东深圳大亚湾建设一个装有两台 90 万千瓦的进口机组，规模为 180 万千瓦的核电站也于 1984 年 4 月动工。还计划在华东和东北建设两座规模各为 180 万千瓦核电站，勘测设计工作也已开始进行。我国计划在本世纪末以前，建成大型核电站 500～1000 万千瓦，使我国跨入大规模发展核能的世界先进行列。

65.颇具前景的能源
——核聚变

聚变反应是轻元素氢的同位素氘、氚的原子核结合成较重原子核的反应。使大量轻原子核发生反应的途径之一，就是把反应物质加热到极高温度，使这些物质的轻原子核具有极大的热运动能量，彼此碰撞，而发生核反应。因此而产生的轻原子核聚变反应叫做热核反应。与重原子核裂变反应相比较，轻原子核聚变反应有两个显著特点。首先，最轻的一些原子核中，平均结合能变化特别大。1 公斤的氘、氚混合物聚变反应释放的能量为 3400 亿千焦，比铀核裂变要大 5 倍左右，大约相当于 1 万多吨标准煤燃烧时释放出的能量。其次，由于轻原子核只带有很少的电核，因此，彼此之间的静电库仑斥力比较小，不需要太大的能量就有可能使核子之间充分接近到核力起作用的范围而发生聚变核反应。

大规模利用轻核聚变能的必要性取决于核燃料资源的丰富性。最有前途的核聚变燃料就是氢的同位素氘（$_1H^2$）和氚（$_1H^3$）。它们广泛存在于地球表面的海水中，地球上海水的总贮藏量约为 1.37×10^{18} 吨，每吨海水中约含重水 150 克，在重水中，氘约占 1/5，故地球上氘资源总量约 4×10^{16} 公斤。若按每公斤氘在聚变中释放出的能量相当于一万吨标准燃料计算的话，则地球上的氘资源相当于总量约为 4×10^{12} 亿吨标准燃料，足够人类使用几十亿年，是一项无穷无尽的持久能源。除氘外，氚和锂的同位素锂 6（$_3Li^6$）和锂 7（$_3Li^7$）也是非常重要的聚变核原料，氚在自然界中存量极微，而锂 6 在地球上储量非常丰富。

但是，在轻原子核聚变反应能量的开发中，与重核裂变反应相同的是，首先开发成功的也并不是造福人类的巨大能量资源，而是毁灭人类的核武器——氢弹。

大规模利用轻核聚变能源的主要途径，就是建立第三代核电站——聚变堆型核电站。理论和实践指出，使氘—氚反应堆运转的温度要不低于 1 亿度。任何容器都无法承受 1 亿度等离子体的高温，因此，科学家曾经设想了各种各样的办法来“盛装”或“约束”这些等离子体。约束的方法之一是“磁约束”，另一种约束方法是“惯性约束”。

我国有丰富的煤炭和水力资源，但分布很不平衡。而核电站燃料运输量小，地区适应性强，又可大量节省宝贵的化石燃料，因此，近期在华东、华南、东北等地区，大力发展核能，建设一大批核电站，是解决这些地区能源供应紧张状况的最好途径。

到 1981 年底，世界发展核电的国家和地区有 23 个。1982 年，新投入运转的核电站有 18 座，总装机容量为 1546.7 万千瓦。至此，世界上的核电站总数增加到了 284 座，装机容量达 1.81397 亿千瓦。如果加上在建的 229 座（2.2 亿千瓦），已决定兴建的 16 座（1324 万千瓦）和计划中的 131 座（1.37 亿千瓦），预计世界上的核电站总数将达到 660 座，装机容量 5.5 亿多千瓦。

66.鼓舞人心的新能源技术
——氢能利用

氢能是一种不依赖化石燃料的，储量丰富的新的含能体能源。它的优点是其它能源所望尘莫及的。它的热值高达 121000 千焦/公斤，约为汽油的三倍。

用氢做燃料不会污染环境。氢本身无味、无臭、无毒，燃烧后与氧结合生成水，不会像燃烧矿物燃料那样产生一氧化碳、二氧化碳、二氧化硫、氮氧化合物、碳氢化合物、颗粒粉尘等污染物质。即使生成一点点氧化氮，那也不难采取适当的控制措施来消除，既不影响大自然中非生命界的物质循环，也不会打乱有生命的生息繁衍。这就是说，氢称得上是一种特别干净的能源。

氢燃料还有便于贮存运输的优点。氢气体积太大，在高压下可以缩小体积，进一步还可以变成液态氢甚至固态氢来贮存。氢的运输可以用槽车和槽船，也可以像石油天然气那样用管道来输送，而且损耗较少。

在一定温度和压力下，金属能吸收“氢气”生成金属氢化物，同时会放出一定的热量，以后又将金属加热，贮存进去的氢气又会在较小的压力下释放出来。从理论上讲，相当于高压氢气瓶重量 1/3 的某些金属，就能“吸收”与氢气瓶贮氢容量相等的氢气，而它的体积却不到氢气瓶体积的十分之一。

氢具有无比的优点，预计氢能将在生活、生产的各个领域中发挥越来越大的作用。

氢的热值高，容易点燃，并且不会产生有害气体等，使用方便，清洁卫生，是理想的家庭燃料。

氢能可做交通工具等发动机的燃料，只要将目前的发动机做少许改动，就能制成以氢为燃料的发动机。早在 1965 年，国外就制成了第一辆氢能汽车。

我国 1981 年也研制成了第一辆氢能汽车，使用金属氢化物供应氢气。西德制造了氢能公共汽车，装用 200 公斤金属氢化物，贮氢容量达到 65 公斤。日本用液态氢做燃料的氢能汽车，时速 135 公里，85 公斤液态氢可以驱动汽车奔跑 400 公里。航空需要重量轻、能量大的燃料，而氢具有该优点。单位质量液态氢所含的能量是普通喷气发动机燃料的 2.5 倍，这样就能大大增加飞机的载荷和航程。国外现在正在设计研制 6～8 倍音速的氢燃料飞机。

氢，也可以用来发电，特别是当它跟燃气——蒸汽联合循环发电时，能量转换效率可达 70～80%，几乎比火力发电的热效率高 1 倍。

氢作为一种新能源，主要以化合态存在于水中，只要将水“一分为二”就可得到氢。地球上水，尤其是海水是大量存在的，如果能从海水中制氢作为能源，那将是无穷无尽的。

67.通向持久未来之路
——世界能源开发和利用

能源是任何一个社会存在和发展的物质基础。国家的安全、经济的稳定，乃至人民生活标准的高低都和能源的消费数量和方式息息相关，甚至还影响国际政治形势的变化。在现阶段，任何一个国家，要加快经济的发展速度，就必须使能源先行，不然，就会在很大程度上直接和间接地严重影响国民经济的发展，造成巨大损失。

70 年代的两次“石油危机”，“人们已经对能源问题有了更深刻地了解，并已经开始采取能够更好地使用目前可得到的有限资源的办法。世界各国均制定出相应的能源政策，如通过合理价格，获得足够的能源以利于本国的经济发展和人民享受较高的生活水准，节约能源，减少能源浪费等。我国能源的战略方针是：“开发与节能并重。”近期，要把节能放在优先地位。当然，世界各国制定能源政策的依据是各国的国情，其中主要的是经济与科学技术的发展。

对绝大多数生活在工业化国家的人们来说，能源和石油是同一个问题。根据目前世界石油资源及开发速度来看，在 2018 年用尽最后一滴石油之前，还有 40 年的时间。因此，在整个世界范围内，除制定合理可行的能源开发政策外，一要节约能源，二要改变目前能源结构，开发利用新的持久性能源。

前面，我们已经讨论了可能作为持久性能源系统基础的核裂变、核聚变和太阳能等。但前提条件是没有考虑实际需要的能源形式。正如所想象的那样，它所产生的热可以直接利用，或在更多的情况下转换成电能，然而，热能和电能都很难贮存和输送。因此，我们曾依赖那些易于贮存和输送的主要以矿物燃料形式出现的化学能载体。但恰恰是这些矿物燃料正在变得越来越少。所以，发展一种化学的而不是电的能源载体是应当也是必需的。

氢是一种较理想的选择，它具有许多优点，一是通过水解，把电能转变成氢的技术已经完全成熟；第二，利用核能或太阳能不经过中间环节——电能，而直接制氢的技术获得成功的希望很大；第三，氢比电更容易贮存，特别适合于大量贮存于废弃的天然气矿藏中；第四，与大规模使用天然气相联系的管网和基础设施，特别适用于氢气；第五，氢燃烧时，只生成水蒸汽，有利于环境保护。

在利用规模上，不可能一下子就大规模地使用氢能，甚至与使用的电能相比较。但可以肯定，氢的使用从一开始，就可解决迫在眉睫的液体燃料短缺问题。正如前述氢的生产工艺有多种，太阳能制氢是最有前途的一种。只要氢的生产问题得到解决，就可促进矿物燃料资源——煤炭更有效地充分利用，特别是它将前面谈到的煤的进一步加工——煤的液化工艺成为可行。这样，通过太阳能制氢和它同时产生的热，可将用来生产液体燃料的那部分煤炭资源扩大 3～4 倍。

总之，随着科学技术和经济的发展，能源开发和利用技术也将日新月异，创造出新的奇迹。

68.国民经济发展的主要支柱
——机械工业漫谈

随着高、新技术的不断涌现，80 年代开始兴起了全球性高技术研究热，随之而来的是高技术产业的崛起。如果说：第一次产业革命的特征是机械化，第二次产业革命是电气化，第三次产业革命是电子化、信息化。那么现在，机械工业还是不是一个重要部门呢？通过对世界机械工业发展状况的分析，答案是肯定的。并且可以说，无论是工业化国家，还是新兴工业化地区或发展中国家，机械工业都日益显示了对各国经济发展的更加重要的作用。机械工业仍然是国民经济发展的主要支柱，是科技进步的桥梁和媒介，是主要的社会生产力。

机械工业是国民经济的主导产业，是最大的工业部门。近几年的统计表明：在世界范围内，机械工业的产值占世界制造业的 40%左右。机械工业产品日益成为各国出口的主要商品,如日本 1987 年制成品出口额占出口总额的 90%，其中机械与设备的出口占 64%。

机械工业是国民经济的装备部门，因此对其他产业部门起着牵引力的作用，对一些产业所产生的波及效果依然起着超前和先导作用。机械工业是社会经济进步的源泉，它承担着技术革新手的重要作用，每一项重大的科技成就几乎无一不与机械工业有关。科学技术是第一生产力，机械工业做为生产力要素之一，具有极其重要的地位。美国国家经济研究局利用 61 个国家搜集的数据证明：机械的积累是国家生产力增长率的主要决定因素。

近年来，机械工业发生了一些引人注目的变化和发展趋向，包括：产业高技术化、产品高附加价值化和智能化、生产技术柔性化、系统集成化等方面。

随着技术革新竞争加剧和技术转让过程的加速，以及劳动成本比重的不断降低，为了取得高附加值，工业化国家都竞相采用高、新技术。新技术革命的核心是信息技术，因此高技术的渗入首先表现在机械工业的信息化和软件化，例如在计算机数控机床、工业机器人等诸多方面机械工业所取得的重大进展无一不与信息技术密切相关。高技术渗入机械工业的另一表现是技术的融合化，这也是当今和未来技术和产业的重大特征，光学技术、机械技术和电子技术相融合的光机电一体化技术是 90 年代技术融合的主要发展方向，这些技术的融合在机械工业各个行业中都有着广泛的应用前景。

技术是产生附加价值的主要动力和决定性因素，机械工业的高技术化必然进一步推动产品结构的变化向高附加价值化的方向发展。计算机技术、人工智能技术和控制技术的进步推动着机械工业产品向智能化方向发展，今后将出现具有较高“智商”的智能机械，如美国宇航局正在研制的宇宙机器人，将能在宇宙间自律地进行作业。

此外，为适应市场的变化所要求的多品种、小批量和产品更新快、周期短的特点，机械工业的生产方式和生产技术重点，从通过大批量和标准化提高生产率的措施转移到以柔性自动化实现的“柔性生产率”方面，同时要求更新设计思想和方法。

当前，世界上许多有远见的企业家都把计算机集成制造系统（CIMS）作

为朝未来工厂自动化发展的新的概念模式和决定企业和产业未来前途的长远战略目标，纷纷制定和实施本国或本企业的 CIMS 战略。CIMS 是制造工业发展的必然趋势，它将不可逆转地成为 21 世纪占主导地位的新型生产方式。

总之，随着新技术革命的不断深入，机械工业的地位和作用将日益显著和重要，机械工业的发展为人类社会展现了美好的未来。

69.振兴我国机械工业的必由之路
——谈机电一体化技术

在新技术革命的浪潮中，微电子技术的飞速发展和向机械工业的渗透，形成了机械微电子复合技术——机电一体化技术，涌现出了一代新产品——机电一体化产品，使机械工业的技术结构、产品结构、功能和构成、生产方式和管理体系发生了巨大的变化，也使工业生产从“机械电气化”跨入了以机电一体化为标志的发展阶段。

机电一体化技术是一项将机械、电子计算机和信息处理等技术综合运用的复合技术，是将机械技术与微电子技术高度结合，从而使机械与电子融为一体，使物流、能流、信息流融为一体的现代工程技术。机电一体化不是机械与电子的简单叠加，而是有机的结合，或者说是融合。一般来说，初级形式的机电一体化产品是指采用微电子技术产品代替和完善机械产品中的部分装置，从而提高产品性能，提高社会经济效益。而高级形式的机电一体化产品，是综合利用先进的机电一体化技术使产品实现自动化、数字化和智能化，实现产品更新换代，在性能和功能方面达到质的飞跃。例如电子式照相机就是一种典型的机电一体化产品，它从测光、曝光、调焦、卷片倒片、闪光，乃至附件的控制都实现了自动化，性能可靠，使用方便。

目前，国外机电一体化技术应用十分广泛，例如其典型产品有数控机床、电子化汽车和拖拉机、机器人、电子化印刷机械、微机控制的食品加工机械、自动化包装机械、办公自动化设备等，并已大量进入人们的日常生活领域，如各种带电脑的家用电器：电冰箱、自动洗衣机、录像机等。在军工方面，也出现了许多机电一体化产品，如战略导弹实时测控装置、微机舰炮指挥仪等。我国近几年来也十分重视机电一体化技术的推广应用，在利用机电一体化技术改造旧设备和开发新产品方面做了很多工作，在数控机床、工业机器人、汽车电子化、工业窑炉控制设备、电力电子技术和计算机集成制造系统的开发应用方面都取得了重要进展。

机电一体化技术给传统工业带来了革命性的变化和惊人的效益，在国内外已显示出强大的生命力。机电一体化技术对机械产品的主要影响有：性能提高，功能增强；产品结构简单化，易于维修；可靠性大大提高；节约能源和材料；操作性能改善等方面。

机械电子工业的科技水平和规模是衡量国家科技水平和经济实力的重要标志。目前，我国机电工业产品缺项较多、配套不全，特别是国民经济各部门的成套装备中的高技术产品仍然主要依靠国外进口，因而发展机电一体化技术不仅是当今世界机械工业技术和产品的主要发展趋势，也是振兴我国机械工业的必由之路。

70.数控机床
——机床工业的发展方向

数控机床是采用计算机利用数字进行控制机床动作的一种高效能自动化机床，是一种典型的机电一体化产品。当代数控机床综合应用了计算机、自动控制、精密测量、机械设计与工艺以及配套等技术领域中的最新成就，融合了“高效、精密、柔性、集成”四大特点，成为机床先进技术的具体体现。

数控机床主要由信息载体、数控装置、伺服系统和机床本体等4部分组成。

（1）信息载体 信息载体又称控制介质，它用于记载各种加工信息（如零件加工的工艺过程、工艺参数和位移数据等），以控制机床的运动，实现零件的机械加工。常用的信息载体有穿孔纸带、磁带和磁盘等。

（2）数控装置数控装置一般是指控制机床运动的计算机，它是控制机床运动的中枢系统。它的功能是接受输入装置输入的加工信息，经处理与计算，发出相应的脉冲信号送给伺服系统，通过伺服系统使机床按预定的轨迹运动。

（3）伺服系统 伺服系统是数控系统的执行部分，它由速度控制环、位移控制环、驱动伺服电机和相应的机械传动装置组成。当数控装置输出指令电脉冲信号给伺服系统时，伺服系统就使机床上的移动部件做相应移动，并对定位的精度和速度加以控制。

（4）机床 数控机床加工时，零件的粗加工和精加工是在同一台机床上，一次装卡自动完成整个切削加工过程的，进给量的变换靠伺服电机本身变速来实现。因此数控机床的机床本体要具有刚性好、热变形小、精度高和机械传动系统比较简单等特点。

在数控机床上加工零件时，要预先根据零件加工图样的要求确定零件加工的工艺过程、工艺参数和位移数据，再按编程手册的有关规定编写零件加工程序单。然后利用穿孔机制作记载有加工信息的穿孔纸带，通过光电输入机将纸带上记载的加工信息送到数控装置。当加工程序输入到数控装置后，在事先存入数控装置内部的控制软件支持下，经处理与计算发出相应的电脉冲信号，通过伺服系统使机床按预定的轨迹运动，以进行零件的切削加工。

数控机床具有加工精度高、加工质量稳定可靠、生产效率高、减轻工人劳动强度、改善工作条件、对零件加工的适应性强和灵活性好等显著特点，所以在机械加工中得到了日益广泛的应用，成为今后机床工业的主要发展方向。

71.新一代的数控系统
——谈现代数控系统的发展趋势

从 70 年代中期开始，随着微电子技术的发展，机床数控系统由硬件式数控进入了软件式数控的新阶段。

软件式数控是采用微处理器及大规模或超大规模集成电路组成的数控系统。它具有很强的程序存贮能力和控制功能，通用性很强，几乎只需改变软件，就可以适应不同类型机床的控制要求，具有很大的柔性。我们称这种数控系统为现代数控系统，也称作计算机数控（CNC）。

现代数控系统是新一代生产技术——柔性制造系统（FMS）、计算机集成制造系统（CIMS）等的技术基础。世界上各工业发达国家都把发展数控技术作为机械工业发展的战略重点，将数控机床向深度和广度的发展列入工业发展的重要内容。因此，把握现代数控系统的发展趋向具有重要的意义。

概括起来，现代数控系统的主要发展趋向有如下几个方面：

（1）向高速化发展 微处理器是现代数控系统的核心部件，它既是运算单元，又是控制单元。现代数控系统采用了高速 32 位微处理器，使得数控系统的输入、译码、计算、输出等环节都在高速下完成，并可提高数控系统的分辨率及实现连续小程序段的高速、高精度加工。多轴控制水平大大提高，现代数控系统一般可控制轴数 3～15 轴，同时控制轴数（联动）为 3～6 轴。此外，现代数控系统还配置了高速、强功能内装可编程机床控制器（PMC），大大提高了数控机床的加工速度。

（2）向多功能化发展现代数控系统具有多种监控、检测及补偿功能，彩色 CRT 图形显示功能，人机对话功能，自诊断功能以及很强的通信功能等多种功能。

（3）向智能化发展目前主要体现在：工件自动检测、自动定心；刀具折损检测及自动更换备用刀具；刀具寿命及刀具收存情况管理；负载监控；数据管理；维修管理；利用前馈控制实时补偿失动量的功能；根据加工时的热变化，对滚珠丝杠等的伸缩进行实时补偿功能等方面。另外，国外正在研究根据人的语言声音来控制机床的技术；由机器自己辨识图样并进行自动加工的技术等，向着使机器具有更高人工智能的方向努力。

（4）向高精度化发展 采用更精密的脉冲当量，从提高控制精度入手，来提高定位精度和重复定位精度；采用交流数字伺服系统，使伺服电机的位置、速度及电流环路等参数都实现了数字化，因此实现了几乎不受机械负载变化影响的高速响应的伺服系统，提高了加工精度。目前，精密级加工中心的定位精度已达到±0.15～3μm/全行程，重复定位精度达±1μm。

（5）向高可靠性发展从数控系统的可靠性设计入手，选用高质量的印刷电路板和元器件，建立从元器件筛选、稳定产品的制造工艺，以及性能测试等一套完整的质量保证体系。现代数控系统性能越来越完善，功能越来越多样，也促使系统的硬、软件结构实现了模块化、标准化、通用化。三化的实现，不但便于组织开发、生产、应用，而且提高了制作和运行的可靠性，并便于用户的维修和保养。目前现代数控系统的平均无故障运行时间，已经达到 5 个月。

72.数控系统也有学习能力吗
——自适应控制漫谈

自适应控制在 60 年代就已用于机床，国外自 1968 年开始有正式产品。自适应数控机床能随着加工过程所发生的变化（如工件毛坯余量不均匀、刀具磨损变钝、工件变形等），自动调整到最佳切削用量，从而取得较好的经济效果、较高的加工精度和低的粗糙度，而且可以选择最佳的切削用量，大大地提高了切削的生产率和刀具的寿命。

自适应控制是通过装在机床上的检测装置和敏感元件，将加工条件的各种变化量测量出来，由机床上的自适应装置（一台专用计算机）与预先存入的有关刀具、机床、切削工艺等数据进行比较和分析，通过数控系统对机床本身进行自动调整，以适应每一个零件加工时的具体情况，使机床始终在一个最佳的状态下进行工作。

按在自适应控制过程中自动处理问题能力的高低，机床自适应控制系统可分为三种类型：

（1）学习型自适应控制这是一种具有学习能力的自动控制系统，它能根据实际加工的结果，分析造成偏离最佳目标的原因，并自动修改已定的程序，以便适应于加工现场的实际状况，以保证达到预期的最佳化目标。

（2）最佳型适应控制这是一种以最低成本为评价指标的自动控制系统，较学习型适应控制略为简单。这种系统的数控机床，在加工过程中不断测量刀具磨损、切削温度等物理参数，并通过反映加工成本的相应程序对这类参数进行计算，以便随时判断出偏离最佳目标的程度，及时采取措施自动修正操作。

（3）约束型适应控制这种控制比上述两种都简单，是一种比较适用的自动控制系统。它的测量参数少，甚至没有有关程序，而是通过大量的工艺试验来确定约束条件。这种系统是采用一种摸拟量的比较关系，因此容易实现自动控制。

此外，为提高加工精度的“几何适应控制”和为自动补偿机床热变形的适应控制系统也将成为一个重要的发展方向。最近国外还研究成功了由操作人员代替闭环回路中的检测元件作用，同时采用微处理器代替自适应控制计算机的“手动适应控制”。

目前，国外的自适应控制系统还采用计算机进行作业工艺准备的最佳计划系统。在这种情况下，人们预先向计算机输入有关零件加工程序、车间现有机床、刀具、夹具和工件材料的技术档案资料。有时由于应输入的数据量很大，为便于计算机的检索使用，还系统地建立不同内容的“数据库”，甚至建立全国性的切削数据中心。于是，只要提出决定加工任务的最佳化指标，向计算机输入有限的数据，计算机就能根据历史资料所确定的程序，自动求出应采用的最佳加工程序、机床和切削用量等。从而实现了生产准备的最佳化，减少了人为判断的工作量。

目前，自适应控制多用于宇航等工业部门，对特种材料进行切削加工。

73.计算机能自动编程序吗
——谈数控机床的自动编程

进入 80 年代以来,国际上一些计算机数控系统普遍增加了图形功能和自动编程功能。应用计算机自动编程是数控技术的重要环节之一，是提高数控机床生产率的一项重要措施。

手工编程对于编制外形不太复杂或计算量不大的零件程序，简便、易行。但是，对于许多复杂的冲模、凸轮、非圆齿轮或多维空间曲面等，则编程周期长，精度差，容易出错。据统计，一般手工编程所需时间与机床加工时间之比，约为 30：1。因此，快速、准确地编制程序就成为数控机床发展和应用中的一个重要环节。计算机自动编程正是针对这个问题而产生和发展起来的。

自动编程是利用通用电子计算机配以专门的编译系统和某些外围设备，实现以零件的源程序自动编制加工程序。首先，编程人员根据零件图和工艺要求，运用数控语言，编写零件加工的源程序。然后将该程序输入通用计算机，在编译程序支持下，进行译码、计算和后置处理后，自动制作出数控加工所需的加工程序和穿孔带。

要实现自动编程，数控语言、编译程序、通用计算机三者缺一不可。数控语言是一套规定好的基本符号和由基本符号描述零件加工程序的规则，又称为“工艺语言”，它接近于工厂车间里使用的工艺用语和工艺规程。这样，用户在编写、阅读、修改零件程序时，变得直观、简便、容易掌握。编译程序是把输入计算机的源程序翻译成等价的计算机可以识别和直接执行的程序的程序。在编译程序的支持下，计算机就能对零件源程序进行翻译、计算、处理，最后获得某特定数控机床所需的一套加工指令代码，并能自动将其制备到穿孔带上，或打印出程序单。

用数控语言编写的零件源程序，要经过三个阶段，才变为可供数控机床使用的加工程序和穿孔带。

（1）翻译阶段识别语言，并理解其含义。

（2）运行阶段 执行各种语句，进行复杂的数值计算和逻辑运算。

（3）后置处理阶段 把前面过程所得的数据等按该机床数控系统的要求，转换成加工指令码程序。

目前，世界上各主要工业国家对自动编程都给予了很大的重视，都大力发展自动编程技术，大多都有自己的自动编程系统和数控语言。例如美国的 APT、西德的 EXAPT、日本的 FAPT 等，其中以美国的 APT 最为完善。我国研制的 ZCK、SKC 等系统均源于 APT。

74.以柔克刚
——浅谈柔性制造系统（FMS）

在机器制造业，为了提高生产率，针对不同的加工批量，采用过许多行之有效的办法。在大量加工方式中，过去采用专用机床、组合机床、自动线；在单件、中小批量加工方式中，采用数控机床，提高了生产率。但是，在中小批量的加工制造的全部过程中，机械加工的时间一般只占 5%，而真正用于切削过程的，只占 1.5%，95%的时间用于运输和存放的等待时间，这是极大的浪费。最近发展的柔性制造系统提出了新概念，突破了传统工艺，解决了这一问题。

柔性制造系统（FMS）是由多种基础技术组成的一种综合技术。它是一个通过共同的控制和传送系统把若干台加工设备（包括机床与工件、刀具、夹具及切削传送线）联接起来的自动化加工系统，即计算机群控自动线。国外称为柔性制造系统。它能同时对一组零件中的几种零件按任意顺序进行加工，所以柔性较大，有利于提高全部设备的利用率。

柔性制造系统带来了很好的经济效益，大大提高了生产率，缩短了生产周期，减少设备数量，节省车间面积，从而大幅度降低成本。例如德国马豪（Maho）公司有一空调车间，工作人员 80 人左右，一年 365 天中有 360 天开工，而且一天 24 小时运转。

除带来良好的经济效益外，柔性制造系统便于更换被加工产品，有利于产品更新换代。在当前技术不断进步，产品日新月异的情况下是一种适合多品种，中、小批量生产的很有生命力的加工系统。

据不完全统计，目前全世界已拥有近 400 条柔性制造系统。

关于“柔性”这个概念，是相对于刚性生产自动线的“刚性”而言的，目前还没有一个统一的定义。比较流行的观点是：制造系统的柔性是指可同时加工零件的形状和种类的多样性或指系统在时间和空间方面的灵活性，即适应外部生产条件变化的能力。

当前工业发达国家已把一个企业是否具有“柔性”看作是在国际竞争中能否生存的关键问题。日本、法国等国家的政府曾明确在税收、贷款、财政资助等方面给采用数控机床的企业以优惠政策，支持企业提高生产的“柔性”。柔性制造技术的目的在于解决多品种，中小批量生产中的高效率问题，为满足市场商品多样化及适应市场竞争的需要，柔性制造技术已成为一种不可抗拒的发展趋势。

柔性制造系统是一种比较理想的高效率、高柔性、高精度的加工系统，它解决了长期以来难以解决的机械加工高度自动化与高度柔性间的矛盾，是今后机械制造技术的重要发展方向。

75.一种全新的生产方式诞生
——谈计算机集成制造系统（CIMS）

80 年代中期以来，计算机集成制造技术（CIM）和计算机集成制造系统（CIMS）日渐成为制造业的热点，世界上很多国家和企业都纷纷制定和实施本国或本企业的 CIM、CIMS 战略。究其原因，在于社会经济和技术的发展，以满足激烈的市场竞争的需要。CIMS 是制造业发展的必然趋势，它将不可逆转地成为 21 世纪占主导地位的新型的生产方式。

CIMS 是在计算机技术广泛和深入应用的基础上逐步形成的。电子计算机问世后，随着计算机在企业的产品制造、产品设计、经营管理等领域中深入广泛的应用及其相互联系，在制造业生产方式中诞生了一个新的概念。1974 年美国约瑟夫·哈林顿博士首先提出了计算机集成制造（CIM）的概念。其基本观点为：

（1）企业生产的各个环节是一个不可分割的整体，要紧密联接，统一考虑。

（2）整个生产过程实际上是一个数据的采集、传递和加工处理的过程。最终形成的产品可以看作是数据的物质表现。

由此可以看出 CIM 是组织管理生产的一种哲理、思想和方法，而 CIMS 则就是这种思想的具体实现。在功能上，CIMS 包含了一个工厂的全部生产经营活动，即从市场预测、产品设计、加工制造、管理及售后服务的全部活动。CIMS 比传统的工厂自动化的范围大得多，是一个复杂的大系统，CIMS 涉及的自动化不是工厂各个环节的自动化或计算机化的简单相加，而是有机的集成。

CIM 是在计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）、计算机辅助工艺过程设计（CAPP）、计算机数控（CNC）、柔性制造系统（FMS）等单元技术长期发展的推动下，以及动态多变的市场牵引下提出的。CIMS 是系统科学、计算机科学和制造技术相互渗透的结果在制造环境下的应用。反过来，CIM 的思想和实践也必将对各单元技术的发展产生深刻的影响。

CIMS 的应用可以使各种生产要素的潜力得到更大的发挥，获得更好的整体效益，有可能在制造业的生产中实现下列理想目标：以销定产，批量为一件，无等待加工时间，无等待加工工件，无废品，无库存等。因此，可以说 CIMS 是制造业中技术与经济高度结合的新一代的生产方式。

目前，世界上一些企业引进或建立的 CIMS 大多在汽车、机电产品、飞机等制造业中应用，属第一代 CIM。例如日本松下电器所属的自行车工业公司，它借助机器人和计算机生产的松下（PANASONIC）牌自行车，可以按用户个人需求提供 9 万余种规格的产品，开创了为顾客定做单件产品的制造业新时代。预计在下一世纪将会实现完备的第二代 CIM。未来的 CIMS 将实现研究开发、生产、销售等各职能的高度集中和统一，实现信息一元化和网络化，使企业达到最优的生产率效益。

CIMS 的推广和发展必将使机械工业的生产组织和产业结构发生深刻的变革，极大地推动生产力的发展，推动人类社会的进步。

76.CAD 能代替设计师吗
——计算机辅助设计（CAD）浅淡

计算机应用于机械设计和制造，使机械工程领域发生了重大变化，从产品的构思到投放市场的整个过程中，包括资料检索、设计计算、绘图和数据处理等都用计算机辅助完成，并通过人机对话，使人的创造性和计算机的优越性都得到充分的发挥，这种新的设计方法称为计算机辅助设计（ComputerAided Design 简称 CAD）。

机械设计中 60%左右的劳动是绘图工作，应用 CAD 系统，用计算机完成绘图工作具有明显的优越性。人工绘图的速度低，容易出错，要做许多繁琐、重复性的工作，如画断面线；计算机绘图则可通过专门的指令自动完成画断面线、求交线及其他绘图工作，图形可以直接画在硫酸纸上并可多次重复画图。在进行系列设计、设备改型或某一部分零件有变化时，靠人工进行图纸的修改、复制工作是费时、费力的，劳动量很大；而用计算机完成系列设计或是图形修改工作，是既容易又迅速的事。计算机绘图的最大优点是形成相似图形的能力强，便于完成系列设计或对设备不断改进。当软件库中储存了各种通用零件的图形后，则很容易在新的设计中完成类似零件的图形设计。可以说应用 CAD 后，计算机履行了很大一部分制图员与设计师的职能。

一个较完善的 CAD 系统是由一定的硬件和软件组成，称为 CAD 工作站。硬件和软件都大致分三部分，硬件有：输入装置、主机、输出装置；软件分为面向用户的，面向管理人员的，面向计算机本身的系统软件。其中，主机包括中央处理机 CPU 和主存贮器，按主机的类型可分为大型计算机、小型计算机和微型机支持的 CAD 工作站。例如：中科院沈阳计算机技术研究所开发的 KSJ—2413CAD 工作站，属小型计算机支持的 CAD 工作站。

机械 CAD 使机械设计发生了重大变化，不仅使设计中的分析计算由传统的设计方法进入了程序化设计，能完成有限元分析，可靠性分析，便于采用最优化设计等先进设计方法；而且可以使机械设计中由平面图形开始设计，变为从空间实体轴侧图开始设计，并且通过人机对话可以随时进行修改。工具反映了生产力发展的水平，先进的工具在创造着更高的生产力，带来完善的社会经济效益，所以 CAD 引起了人们的普遍重视。

CAD 的采用大大节省了设计时间，而且提高了设计水平和质量。采用 CAD 一般是人工设计速度的 1～5 倍，同时，使用 CAD 能使企业能够迅速推出高性能、高质量的新产品。现在，在国际贸易中已出现有些用户不愿购买不经过 CAD 设计的产品。可见，经过 CAD 设计的产品具有更强的竞争力。

77.制造过程向自动化方向发展
——谈计算机辅助制造（CAM）

随着科学技术的发展和生产力水平的提高，工业产品日益趋向复杂、精密，以及向高可靠性、高安全性、高自动控制等方向发展；工业生产日益向高速度、高精度、高质量加工方向发展；生产条件也越来越严格和严峻，要求在高真空、高清洁度、高温、深冷、高压，甚至高危险性的条件下进行作业，因此必须实现高度自动化否则不可能进行生产。例如：加工精度为微米级甚至亚微米级的产品，若不采用在线测量、闭环控制的自动化加工是生产不出来的。这就要求产品功能自动化和功能自动化。从产品制造方面来说，制造业已经历了手工劳动、机械化和刚性自动化生产三个阶段，现在由于计算机技术的应用，正开始走向柔性自动化。

计算机辅助制造（Computer Aided Manufacturing 简称 CAM），就是利用计算机对生产设备进行管理、控制和操作的一种新技术。根据国际计算机辅助制造组织（CAM—I）的定义，CAM 被认为是“通过计算机与企业生产资源直接或间接的接口，使用计算机系统对制造工厂的运营进行计划、管理和控制”。根据这个定义，CAM 几乎覆盖了制造工厂生产活动的各个环节以及产品生产过程的各个阶段。我们可以把工厂中一切使用计算机技术的生产活动均视为 CAM 的范畴。

传统的自动化装置和设备均由硬件构成，因而是刚性的。随着计算机技术的发展，以计算机为核心的系统构成了实现自动化的重要手段，使自动化技术产生了一个飞跃，计算机参与的自动化，其装置由单纯的硬件形式转变为以硬件为主体、以软件为支持的形式，这种形式的自动化柔性大大加强，因而适应范围得到扩展，既适用于大批量生产，也适用于中小批量生产。可以说，CAM 是提高机械制造工厂生产率的最为有效的途径。

CAM 的出现和发展使机械制造工业实现了又一次飞跃，即实现了由设备密集型向信息密集型转化。

计算机集成制造系统（CIMS）是目前所能预见的机械工业发展的最高形式，CAM 是 CIMS 的核心单元技术。CAM 已有长足的发展，但它还是随 CIMS 的发展而迅速发展，这不仅表现在 CAM 本身，而且更重要的还在于 CAM 与计算机辅助设计（CAD）及其它单元技术的相互渗透和扩展，也就是不同制造领域的局部集成。

随着 CAM 和 CIMS 的发展，可以预见，制造工厂实现自动化和无人化生产在不久的将来一定能够变为现实。

78.设计、制造向一体化发展

——CAD/CAM 漫淡

现代化工厂以多品种小批量生产为背景，物流和信息流成对地在工厂内高速度运行着，其发展趋势是：从生产现场自动化开始的 FA（工厂自动化）发展到设计与制造的结合 CAD/CAM（计算机辅助设计/计算机辅助制造），进一步进化到将产品制造全过程用计算机网路联结起来的 CIMS（计算机集成制造系统）。

计算机在产品设计中的应用，即计算机辅助设计（CAD）是在 50 年代中期开始研究的，采用 CAD 可以把设计人员的经验、智慧和创造力同计算机的高速运算能力、快速显示和准确绘图功能有效的相结合，缩短了设计的时间，提高了设计的质量；但是，CAD 的成果如果不与 CAM 连接起来，真正意义的制造准备时间的缩短是不可能的。因此，就必须着手解决 CAD/CAM 的结合问题，实现 CAD/CAM 一体化。

随着 CAD、CAM 技术的迅速发展，人们开始研究二者的集成，即由计算机将所设计的零件信息直接转化为加工信息传递给机床，使一项产品从设计到制造在一个系统中完成，不再使用图纸等书面的技术文件。明确地把 CAD 与 CAM 集成为一个系统的工作是在 70 年代中期开始的，现在这种系统已进入实用阶段。如图所示为 CAD/CAM 的一个全过程，CAD 的输出结果作为 CAM 的输入信息。CAD/CAM 的集成对于提高产品质量，降低生产成本，缩短生产周期以及改善制造人员的工作条件都起到了积极的作用。

CAD/CAM 不是 CAD 与 CAM 简单的相加，而是有机地结合，是产品设计和制造过程的完整系统。这个系统具有计算机控制的自动化信息流与物料流，对产品的构思、设计直至最终的装配、试验这一全过程进行控制。

近年来，计算机集成制造系统（CIMS）的研究风靡世界，设计与制造是 CIMS 的核心，CAD、CAM 等单元技术的发展是产生 CIMS 的重要条件之一，现在 CIMS 的发展反过来又促进了 CAD、CAM 等单元技术迅速而深入地发展并相互渗透。CAD/CAM 与 CAE（计算机辅助工程）的集成及与 CAPP（计算机辅助工艺过程设计）的集成是设计与制造集成的新发展。

79.CAD/CAM 集成的桥梁
——谈计算机辅助工艺过程设计（CAPP）

计算机辅助工艺过程设计（Computer Aided ProcessPlanning 简称 CAPP）是 60 年代中期出现并开始发展的一门新技术，目前，CAPP 已成为世界范围内机械制造研究领域的热点。

“工艺过程设计”是在一个制造设施中规定要采用哪些加工方法和加工参数来加工一个零件，使之从原始形状加工成工程图上预先规定的最终形状，也就是说“工艺过程设计”是为生产一个零件而准备详细指令的工作。工艺设计是一门经验性强、技巧性高、涉及面广的综合学科，长期以来，都采用传统的手工编制方式，存在着设计效率低，一致性差，繁琐重复，难以科学管理，阻碍产品发展等缺点。手工编制工艺已不能适应现代生产品种多变的要求，也不能与先进的生产手段、管理机制相匹配。CAPP 的应用为工艺设计带来了新的生命，随着 CAPP 的发展，其目标已集中到从工艺过程设计的全部功能上取消工艺过程设计员。CAPP 可以全部取消工艺过程设计上所需要的某些人工决策，有下列优点：降低对工艺过程设计员技能的要求，减少工艺过程设计时间，减少工艺过程设计和制造的费用，可以编出一致性更好、更精确的工艺规程，提高生产率等。

CAPP 系统的好处已在工业部门中得到证实，这种系统能把工艺过程设计时间从几个小时减少到几分钟。

CAPP 是设计和制造之间的关键性桥梁，设计信息只能通过工艺过程设计而翻译成制造语言。当前，自动设计（CAD）及自动制造（CAM）这两方面都已实现，而这些功能的集成则需要自动化的工艺过程设计。

CAD/CAPP/CAM 做为计算机集成制造系统（CIMS）的关键性环节，CAPP 的意义已不仅在于从工艺过程设计的全部功能上取消工艺过程设计员，而是更广意义上的 CAPP 系统，即 CIMS 环境下的 CAPP 系统。在 CIMS 环境下，CAPP 是将 CAD 数据转化为各种加工、管理信息中关键的一环。下图表示了 CAPP 在 CIMS 中的地位和作用。

CIMS 环境下的 CAPP 系统应是创成式的、集成化的闭环系统。此外，CIMS 环境下的 CAPP 系统还应是具有开放性的分布式系统，使 CIMS 不仅能集成起目前技术水平下的自动化或半自动化系统，也能集成起更先进的系统。

80.构筑未来工厂的基石
——成组技术（GT）漫谈

成组技术（Group Technology——GT）是一门生产技术科学，研究如何识别和发掘生产活动中有关事物的相似性，并充分利用它，即把相似的问题归类成组，寻求解决这一组问题相对统一的最优方案，以取得所期望的经济效益。

成组技术应用于机械加工方面，是将品种众多的零件按其相似性分类以形成不是很多的零件族；把同一零件族中诸零件分散的小生产量汇集成较大的成组生产量。这样，成组技术就巧妙地把品种多转化为“少”，把生产量小转化为“大”，为提高多品种、小批量生产的经济效益开辟了广阔的道路。

自从 50 年代苏联学者米特洛法诺夫提出成组技术的科学理论以来,成组技术已得到了迅猛的发展，内容日益更新和完整，成为制造业普遍采用的一项技术，已是制造业实现现代化生产不可或缺的技术基础。目前，随着电子计算机技术的普遍应用和发展，许多企业正在加紧引入现代化的制造系统，如柔性制造系统（FMS）等，并向计算机集成制造系统（CIMS）迈进，这些工作促使成组技术不断有新的发展，并成为构筑未来工厂的基石。

成组技术的实质是“相似性”，即利用事物的相似性把它们归并成组，然后做成组的处理。许多工厂在开展成组技术后，开发成组夹具和成组专用设备，大大提高了生产率。在引入 FMS 或向 CIMS 发展时，都要先以成组技术的分析为基础，因为“柔性”不是绝对的，只能在一定的零件族范围内具有柔性，所以成组技术是机械制造业采用高新技术的基础。

目前，成组技术的研究内容早已超出了成组加工，成为包括设计、制造、装配、管理各方面，涉及设计、工艺、人事、财务、销售、供应等各部门的完整知识体系。

1985 年 5 月在我国第一届 GT—CAPP 会议上，美国著名的成组技术专家哈蒙（Ham）教授提出“现代 GT 的发展重点是 CAPP+公共数据库”。CAPP 是制造系统中连接 CAD、CAM 等部分的桥梁，也是最困难的部分，目前各工业发达国家都把 CAPP 作为 CIM 的一个重点来研究。建立公共数据库也是实现 CIM 的一个大课题，建立公共数据库不仅能减少重复输入的工作量，保证数据共享和数据的分级统一修改，还能做到及时获得信息做出优化决策，达到集成的根本目的。但是，由于制造业中各企业的情况千差万别，要建立一个万能的公共数据库，或开发一个通用的 CAPP 系统，工作十分复杂且工作量太大，目前尚不能实现。然而，在成组技术基础上，按相似性原理针对特定企业，分类分族研究 CAPP 和公共数据库却是可行的。因此，现代 GT 是 CIM 不可或缺的基石，特别是在 CAPP 和公共数据库上得到应用。

随着科学技术的迅速发展及人们需求的日益多样化，今后趋势必然是多品种、中小批量的生产在制造业中的比例越来越大，因而成组技术的应用范围也必将日益广阔。

81.独立制造岛
——90 年代机械制造的生产模式

为探索我国机械工业技术改造的新途径，同济大学和西德波鸿鲁尔大学于 1984 年开始合作进行“独立制造岛在中国工业企业中的应用”的研究项目，提出了“独立制造岛”的新概念。

独立制造岛是一种以数控机床为核心的多台机床组成的制造系统。由于它具有一定的自主性和封闭性，所以称为“独立岛”（图 1）。独立制造岛是一项系统工程，它利用计算机的潜力把工艺设计、生产计划调度和制造过程三者有机地联成一体，打破原有的部门界限，实现生产技术准备和生产组织管理的计算机集成化和制造过程的高效率、高质量和高柔性。因此，系统的观点是独立制造岛的核心，提高总体效益和资源的利用以及充分调动人的积极性是它的目标。

独立制造岛又称柔性制造岛。一般地说，它并不苛求生产设备的高度自动化，重点在于利用先进的计算机技术，研究合理的生产组织形式，因此，独立制造岛是一个组织概念，一种组织高效率的生产方式。

独立制造岛是由多台机床组成的带有一定柔性的制造方案，要求这些机床设备具有不同的加工方法，可以完成一个或几个零件族的加工，机床之间可用机械手、机器人或工人搬运零件，实现相互连接的封闭性。它可以是由高度自动化设备组成的制造系统，也可以是普遍机床组成的制造系统，形成一个相对独立的生产组织。从毛坯材料开始，加工制造直到质量控制，全部在岛内完成。管理人员和操作人员借助微机控制和协调岛内加工过程，在一定范围内对生产计划、决策和分配做出灵活调整。岛内有不同加工方法的设备，仅在组织形式上加以连接，各零件通过系统的生产流程不受限制，甚至工人也并不固定在一台机床上工作，根据需要可以去完成别的加工任务。

在软件方面，岛内利用计算机进行工艺规程设计、生产作业计划和调度，可以完成数控机床的编程以及进行工夹量具的管理，提高技术准备工作的效率和保证物料流与信息流的连续性，因而加工新零件时，具有较高的制造柔性。

独立制造岛是整个生产系统中的一个局部闭环回路，是工厂中的小工厂。它为高效率、高质量的实现中小批量生产提供了一条可行的道路。实践证明，独立制造岛是很有经济效益和深远意义的，它的推广应用将会促进生产成本的降低和产品质量的提高。随着资源的利用更加合理，人的智慧和技能得到充分的发挥,独立制造岛将成为机械制造 90 年代的先进的生产组织模式。

82.计算机能代替专家吗
——专家系统简介

专家系统（Expert System 简称 ES）产生于 60 年代，是人工智能（Artifical Inteligence 简称 AI）研究中最活跃的分支，也是 AI 技术成熟应用的主要领域。最初的人工智能研究者认为“人或计算机的智力行为是普遍思维规律的结果”，然而在长期的研究过程中，人们始终未能发现和掌握这些普遍规律。于是，研究方向转向研制这样一些程序系统，它可能不具备普遍意义下的智力行为，却能在某一专门领域为人们提供专家水平的咨询、决策等方面的服务。因此，二十多年前人工智能的研究从探索广泛普遍的思维规律转向了具体智力行为的研究，即研究专门领域的知识及其利用，形成具有该领域专家水平的知识，并能像专家一样工作的程序系统，即专家系统。

一个实用的专家系统一般由知识库、推理机、知识获取机制、用户接口等部分组成。知识库中存储着以某种模式表示的应用领域的知识，包括书本知识和专家独有的经验性知识，它是专家系统的核心；推理机主要解决知识的选择和应用问题；知识获取机制也称为学习功能，它负责修改、增加或删除知识库中的知识；用户接口负责向用户询问计算机解决问题所必须了解的事实，并报告建议和决策，解释用户提出的各种问题。

专家系统具有两方面的特点：一是具有大量的专门知识，组成系统的知识库。知识库储存有丰富的知识，包括书本知识和实践经验。知识库的容量和质量决定了专家系统解决问题的能力，好的专家系统在一定范围内可以赶上或超过实际专家的水平。二是能够根据已有知识进行推理，即模仿专家决策的过程来分析问题和解决问题。专家系统在解决问题时亦具有自己独特的优点，它的判断不带任何偏见，不会忽略每一个细节，能系统地、无一遗漏地考虑每一可能的假设。而且有的系统往往带有来自不同专家的大量启发规则，能比单个专家更好地解决专业问题。

自 1968 年世界上第一个专家系统在美国斯坦福大学诞生以来，专家系统已经广泛地应用到天文、地质、医疗、教育、军事、经济及机械工业等各行各业中，在解决领域问题方面，某些专家系统在性能已达到或超过了同领域专家的水平。

专家系统机械工业中已得到了广泛的应用，并发挥了巨大的作用。例如在机械设计领域中，应用专家系统技术，可以形成更强有力的智能 CAD（计算机辅助设计）系统，将大大提高设计质量和设计效率。随着专家系统理论与实践的不断发展，及其在机械制造领域日益广泛的应用，专家系统必能在机械工业中发挥更为巨大的作用，成为机械工业领域超人的新专家。

83.推动企业进步的有力工具
——谈计算机辅助工程技术（CAE）

现代科学技术的飞速发展，使得各种工业产品的设计正面临新的挑战，现代设计要求产品的技术规范直接作为设计参数，当我们在纸面上完成了设计，就应当已经知道了它的动态性能和它的响应。近年来，国际市场上的竞争日益激烈，这也迫使人们必须注重自己产品的性能、寿命等关键性技术指标的提高，要在给定的时间内具有绝对的可靠性和工作精度，不但要求考虑静特性，还要考虑动特性。在以往的传统设计中，绝大多数机械设备都是靠搬用各种设计手册和使用安全系数、静力校核等方法完成。现在人们已经越来越认识到这种传统的设计方法，不但周期长，而且更重要的在于产品的各项技术指标迟迟得不到应有的提高，因而产品缺乏创新性和竞争能力。到 80 年代初，包括 CAE 技术在内的新的高技术的涌现和发展，使得这种持续近一个世纪之久的设计方法以及现行的生产、管理模式受到激烈的冲击。CAE 作为提高生产力，获取经济效益的热门技术已全面进入国际市场。

计算机辅助工程（Computer Aided Engineering 简称 CAE）包括 CAD（计算机辅助设计）、CAM（计算机辅助制造）和 CAT（计算机辅助测试）。CAE 除主要涉及电子计算机技术外，还涉及基本的机械原理与设计、加工方法，以及信息采集和信号处理等技术知识领域，是一门综合性、交叉性的技术。近年来 CAE 正在不断地发展和完善，并作为一种崭新的、高效率、高质量的设计、制造与测试手段，迅速地深入到机械工业的各个领域中，成为现代设计和推动企业技术进步的强有力的工具。

经过 CAD/CAM，我们可以得到一台样机，但是其性能能否满足工程实际的要求呢？这就必须藉助 CAT 手段从另一个方面去完成结构动力学分析的逆问题，即利用系统的输入与输出的测试数据去建立结构的数学模型，再反过来指导 CAD/CAM，完成一个最终的设计，即 CAT 是 CAD 的自然延续和必要的补充，两者相辅相成，缺一不可。CAT 工作是得到实际的精确解的过程——作为结构状态检测和性能改进的依据。所以，CAT 对于提高产品设计质量和缩短研制与定型周期是非常关键而具有实际意义的。

目前，CAE 技术已从航天、航空等尖端领域扩展到了各种工业产品的设计中，国际上已有越来越多的部门对 CAE 技术给予了极大的重视，能否用好 CAE 技术可以说主宰着企业的命运。

84.工业迅速发展的灵丹妙药
——并行工程（CE）

并行工程（Concurrent Engineering—CE）是西方工业发达国家近年来在产品开发和设计活动中形成的一个新概念，是一种将极大地改变当今设计技术的产品设计方法。它的出现和发展对这些国家众多企业的产品和质量，乃至企业的竞争能力都产生了深刻影响。

所谓并行工程就是在产品寿命期间内，将各个阶段有机地接合在一起，并行地进行各项设计工作的一种产品开发方法。或者说，并行工程是研究产品及其有关过程如何进行综合的、并行设计的系统方法。这种方法要求产品开发者从一开始就考虑产品寿命周期的各个方面，使得所设计的产品达到最优。

大量统计表明，设计过程所做的决定几乎决定了一个产品全部成本的 70%，特别是在产品设计阶段的最初的 5%所做的决定，对产品的成本、制造和质量的影响更为重要。因此，效益和竞争能力问题在产品设计阶段比在生产阶段解决更为有效。

并行工程正是要求有关人员在产品开发的早期，即在新产品的概念设计阶段就要介入，而且参与每一个有关环节。产品设计师、工艺工程师、造型设计师、财务分析人员、生产计划工作者以及采购供应、市场行销人员在开始时就集合在一起，把过去的“传递下去”，变成各部门之间的“同室协调”，通过研究协商，加强配合，使得设计能更好地满足用户要求，并可大大地减少设计中的返工工作，因而缩短了产品开发周期，减少了浪费。

要达到真正的并行设计，除了各个部门专业人员的密切配合外，还必须使用专家系统以及各种预估、预测及仿真手段，在企业内建立一个由计算机支持的设计环境是实施并行工程的关键。

并行工程是一种强大的、可靠的、能够不断修改和完善的产品开发方法，这种方法能大大降低产品的成本和开发时间而不降低产品的任何性能指标，同时它还便于理解，易于实施适于产品开发活动的各种不同要求。并行工程是日本人发明，并成为日本工业界一种规范化的产品设计技术。正是并行工程使日本一直稳固地在世界工业上处于主导地位。许多外国学者认为，并行工程是解决所有工业问题，促进工业迅速发展的灵丹妙药。

85.现代工厂的监工
——机械加工中的自动检测技术浅谈

机械零件加工质量的保证与提高很大程度上取决于质量检测控制方法与手段。传统的质量检测控制手段是人工检测和统计采样处理，它在进行测量分析能力估算、数据处理等工作时受统计学掌握困难、运算费时繁琐等影响，加上经常要将零件从生产线加工机床上转移至单独的检验工区，常常延误作业计划，成为生产中的瓶颈工序。质量检验控制的实施受到影响。随着机械加工自动化的发展，对机械加工质量的自动检测、对加工状态的自动监视和自动控制技术的研究和应用已显得愈来愈重要，检测技术已成为机电一体化发展的共性关键技术之一。

近年来，各种检测技术应运而生，发展以计算机支持的在线检测系统成为其中的主流。

计算机在线辅助检测要求：检测工作在 100%的基础上进行，而不是抽样；在线检测应是生产线上的一个工序。它不仅要求准确地确定每个零件的实际大小，而且还应将修正量和修正方法及时传递到加工机床上去；具有必要的检测速度，以符合生产线节拍的要求。

在机械加工的过程中除对产品质量的检测外，刀具磨损与破损的检测也是需要检测的另一个重要方面。在金属切削加工中，刀具的磨损与破损的在线监测对提高制造系统的可靠性和自动化程度有着重要的作用，随着数控机床、加工中心、FMS 等自动化技术的发展，常因不能适时监测刀具磨损与破损而带来切削过程的故障，引起工件的报费，造成很大的经济损失，因而，刀具破损的在线监测已成为机械制造中急需解决的重大问题。70 年代后期，日本提出了一种用声发射来研究刀具破损监测的新方法。所谓声发射（Acoustic E －mission）是指材料结构在外力或内力作用下产生变形和断裂时，其应变能会以弹性波的形式释放出来的现象。由于 AE 监测是一种动态无损监测技术，并且具有可排除环境振动等随机干扰的影响等特点，从而引起了人们的高度重视，被公认为迄今为止最理想的刀具破损在线监测方法之一。

目前，随着计算机技术和光传感、音响传感、温度传感及力传感等传感技术的发展和应用，机械加工中的检测技术正向着自动化和智能化发展。

86.人类能干的助手
——工业机器人漫谈

工业机器人在改善劳动条件、保证生产安全、提高产品质量、提高劳动生产率、有节奏地组织柔性化生产以及开拓新兴技术领域等方面都有明显的技术和经济效益；它还可以应用到人类无法涉足的领域，是多学科，多产业紧密结合，系统性很强的综合应用技术。

20 年以来，工业机器人已从原来概念的“钢领工人”或“通用自动机”逐渐演变为从事专门任务的柔性机械。根据任务和应用，可将机器人分为 3 种基本类型，这些类型的划分也近似地反映了按年代的机器人发展顺序：

（1）搬运机器人用机器人来搬运工件，例如给机器上下料或注射塑模。

（2）工艺过程用机器人用机器人进行焊接或喷涂等作业。

（3）装配机器人用机器人将零件组装成部件或完整产品。

机器人作为一种综合性的高技术产品，不仅对提高生产率、减轻或替代工人劳动（尤其是单调、繁重的体力劳动和有危险的工种）、提高设备利用率、提高产品质量和减少废品等方面起了不可替代的作用，并且随着机器人的智能化，其应用领域也日益扩大。可以说，今后凡是人所从事的体力劳动都可由机器人来完成。同时，由于开发一种先进的、带智能的机器人需要现时代我们所掌握的很多最先进的技术（诸如计算机、伺服控制、人工智能、信息处理、数字技术、超大规模集成电路、微电子学、新材料等），开发、应用机器人的规模也代表了一个国家的科技水平，因此，世界各国都很重视机器人的开发和推广工作。表 1 为 1984～1987 年世界各国拥有的工业机器人台数。表 2 为按工作类别的各种机器人的世界市场规模。

世界上第一台机器人是美国在 50 年代末研制出来的，但此后美国在应用开发方面进展不快，被后来居上的日本很快超过。日本工业机器人的实用化开发是从 1968 年开始的，

1980 年是日本机器人发展最迅速的一年（比上年增长 85%），日本产业界称此年为“Robot 元年”。目前，日本在机器人的生产和应用方面已成为世界第一的“机器人王国”。美国是仅次于日本的第二大机器人大国。此外，西欧各国在发展机器人工业中也都各有特色，在世界上处于重要地位，其中以瑞典和德国的机器人行业更为发达。

87.机器人的视觉和触觉
——谈机器人传感器的开发动向

在机器人的开发中，除采用新材料、新设计，开拓新的应用领域外，作为感知内外环境的传感器，控制操作机构运动的伺服控制系统以及驱动机构都是各类机器人开发中带有基础性的实用技术。

机器人上的传感器，属于机器人的感觉系统。目前应用于机器人上的传感器，75%是为了保持零件顺序和控制工作进程；15%是用来识别特定的工作标志和测量；8%是为了检测和控制加工过程中与额定状态的偏差；仅有 2%是视觉系统及触觉传感器。机器人视觉系统是为了识别不规则放置的零件，或是为了确定零件在空间的位置。触觉传感器是为了识别近处物件的物理特征（如光泽、柔软性等）。为了快速、准确、及时地获得外界信息，在机器人上配置视觉和触觉传感器是很有必要的，这二类传感器也是智能机器人所不可缺少的关键器件。

近年来，触觉传感器在机器人上的应用研究显得十分活跃，这是因为目前的视觉系统还不能完全满足使用要求，对它的期望也太高，视觉系统的困难之处主要是视觉处理及其有关的数据处理非常复杂。与此相反，触觉传感器在许多方面就简单多了，所需处理数据少，因而处理时间少（毫秒数量级），所采集的数据不受外界因素（如背景照明、视角等）影响，而且所测数据很接近被测物质。触觉传感器目前所达到的感度为 2g，分辨率约为 2 毫米，捡出点数 80×80，分解能力 28bit。但要达到像人指那样的感知程度，触觉元件的空间分辨率至少应达到约 1 毫米。最近几年，随着光导纤维研制工作的不断进展，带有柔性反射表面的光导纤维触觉传感器发展很快，目前已达到的分辨为 6200 触觉元/2.5 厘米×2.5 厘米。此外，它的另一个优越之处是不受周围电磁场的影响。

目前尚未出现专供机器人用、适用机器人工作环境的视觉系统，实际采用的是经过改装的电视摄像机和半导体摄像机。新的视觉系统将充分利用人工智能原理，以便更加接近人的视觉。在人的视觉中，包含了推理、判断过程，因而基于人工智能原理的视觉系统将是机器人视觉的发展方向，包括机器人应用在内的智能视觉系统应包括复杂的时变情景的实时分析。目前这类视觉系统还处于初期探索阶段，其今后成功的应用取决于人工智能理论与超大规模集成电路技术的进一步进展。

88.机器人是如何行动的
——谈机器人驱动机构的开发

随着科学技术的发展，机器人已经应用到人类研究的许多领域，并且随着机器人的智能化，其应用领域也日益扩大。尤其是在一些高压、高寒、高温、高真空、微重力等超过人类正常体力所能承受的极限条件下更需要机器人代替人类来进行作业。

那么，人类是如何利用所掌握的各种先进技术驱动机器人进行工作的呢？

目前，机器人的驱动方式可分为气动、液动和电动三种。

气动操作机构，适用于高速、轻负荷，它是从廉价型自动化装置发展而成，一般用于较简单的装置，其特点是所需动力源简单，价廉，但控制精度低。

液压操作机构，通常需要一套与机械手装在一起的液压动力源（作为机械手的一个组成部分），或单独的一套动力源。液压系统由于能传递较大的力和工作可靠、响应性能优越而广泛使用。然而，液压驱动体体积较大，液压马达需用二根高压软管，使用时会引起一些麻烦（如不易变曲）。此外，液压系统容易出现漏油、液压缸滑移等问题。

电力驱动。电力驱动代表了机器人驱动方式的发展主流，近年来出现的直接驱动又是电力驱动中的一个值得注意的发展动向。

随着机器人应用范围的不断扩大，近年来对其操作速度和工作精度的要求也越来越高，通常的直流或交流伺服电机的输出特性与负荷侧的力矩、速度相比相差很大，因此必须用减速器进行调节。但采用减速器后，齿隙、迟滞、摩擦、传动力矩波动等因素会使控制精度降低，调整困难，同时，也影响了力控制性能。由于机器人本身的结构（手臂是悬臂梁结构），其刚性要比一般的机械低，装上减速器后会使机器人的动态柔度增加，易产生振动，对高速作业不利。此外，机器人回转关节的每一微小误差都会引起抓手端部的较大误差，同时，由于机器人手臂有多个自由度，误差还会不断积累增大，严重影响工作精度。因此，如何克服减速器所产生的弊端是提高机器人工作性能的一个关键问题。

近年来，随着功率半导体器件及高力矩伺服电机制造技术的发展，国外一些研究单位和制造商相继开发了不少能适应各种负荷条件的电机及其所需电源，其主要目标是省去各种机械式减速机构，用电机直接驱动负荷，即所谓“直接驱动”，这种采用电子线路的直接驱动方式已日益引起机器人制造商的兴趣。

可以预料，随着机器人驱动技术的发展，机器人的活动将像人一样的自由灵活，而且其工作能力大大超过人的工作能力，能更好的代替人类在各种环境条件下进行作业。

89.机器人的运动是如何控制的
——谈机器人伺服控制技术的发展

机器人技术的发展与控制技术的进展有着十分密切的关系,在 60 年代出现的工业机器人是固定顺序型的,自从 1971 年 Intel 公司推出 4 位微处理器以后和随后的 8 位微处理器以来，微机控制技术取得了显著进步，使固定顺序型机器人向可变顺序、示教再演型方向发展，进入了较高的发展阶段。现在 16 位微处理机已逐步代替了 8 位微处理机。由于 VISI 技术的发展，使机器人在高机能化柔性化方面取得了很大进展，但是，按照现在的示教方式，在机器人控制性能方面并未发生根本性的变化，还看不到根本性的进步。

总之，机器人技术的发展，到目前为止，无论在哪方面而言，都是由于微处理技术以及外围设备技术的进步所导致的。例如，由于软件开发方面的进展，使 PTP（点到点）控制的示数点数增加，子程序功能的开发，有可能调用坐标变换程序，使示数点间的插补平滑。此外，由于适用于各种作业的指示形式语言的开发，使程序简单易编，也促进了机器人的应用。

从控制观点来看，机器人操作系统代表一种冗余的、多变量和本质上是非线性的控制系统，同时又是耦合动态系统。每个控制任务本身就是一个动力学任务，很难对机器人进行快速、连续轨迹的精确控制。以模型角度看，可把机器人控制分为基于几何模型的控制和基于运动模型的控制。前者主要研究位置控制和速度控制；后者则主要讨论微分控制和动态控制。

近年来，在伺服控制实施上的一个新动向是在伺服系统中采用数字技术，以达到高的控制精度和优良的加、减速过程控制。数控伺服系统与相应的软件相配合，在变化的应用条件下可获得最佳的控制性能。可以说，自从液压驱动转向电力驱动以来，机器人技术在控制方面的发展最为明显。

90.机器人能具有像人一样的智力吗
——谈智能机器人的发展

第三代机器人又称智能机器人，其研究开发工作是从 70 年代初开始的。智能机器人的研究与现实世界的关系很大，也就是说，不仅与智能的信息处理有关，而且也与用传感器收集现实世界的信息，据此做出机器人的动作有关。此时，信息的输入、处理、判断、规划必须互相协调，以使机器人选择合适的动作。

在衡量智能机器人的智能水平时，可将其作业环境分为三类：设定环境、既知环境和未知环境。按机器人学习能力也可分为三类：无学习能力、内部限定的学习能力、自学能力。将这些类别分别组合，就可得出了 3×3 矩阵状的智能机器人分类。目前研究的最多的是在既知环境中工作的机器人，从长远观点来看，在未知环境中学习，是智能机器人的一个重要研究课题。

智能机器人的智能水平首先取决于它所掌握的知识的多少。从智能机器人所应具有的知识着眼，最主要的知识是构成周围环境的物体的各种几何模型，从几何模型的不同性质分类，定出其界限值，搜索时逐次逼近，以求得最为接近的模型。这种以模式为基础的视觉机器人学是今后智能机器人研究的一个重要内容。如何将几何模型所忽略的一些物理特征（如材质、色泽、反光性等）予以充分利用，是提高智能机器人认识周围环境水平的一个重要研究内容。

机器人是根据人的指令进行工作的，那么下面三点对机器人的操作是至关重要的：（1）、正确地理解人的指令，并将其自身的情况传达给人，同时从人那儿获得新的知识、指令和教益（人——机关系）。（2）、了解外部条件，特别是工作对象的条件，识别外部世界。（3）、理解自身的内部条件，认识内部世界。上述第三项是相当容易的，它是伺服系统的基础，在第一代机器人中已经实现。对于具有感觉的第二代机器人，有待解决的主要技术问题是对外界环境的感觉，根据得到的外界信息适当改变其动作。目前，第二代机器人正接近实用化阶段，这与近几年来传感器和微处理器技术的发展有着直接的关系。第三代机器人即智能机器人目前尚没有统一的定义，也就是说，在软件方面，究竟什么是机器人的智能，它的智力范围有多大？目前尚无定论；硬件方面，采用哪一类传感器，采用何种结构形式和材料的手臂、手抓、躯干等的机器人才是智能机器人应有的外表，至少在目前尚无人涉及。但是，将上述第二项功能扩大到三维自然环境，并建立第一项中提到的通信联络功能将是智能机器人研究的一个重要课题。第一、第二代机器人与人的联系基本上是单向的，第三代机器人与人的关系将如同人类社会中的上下级，机器人是下级，它听从上级的指令，当它不理解指令的意义时，就向上级询问，直到完全明白为止（问答系统）。当数台机器人联合操作时，每台机器人之间的分工合作以及彼此间的联系也很重要。由于机器人对天然环境的知识贫乏，因此，最有效的方法是建立人——机系统，以完成不能由单独的人或单独的机器人所能胜任的工作。

目前，智能机器人的发展可以认为正在追随着计算机技术和人工智能技术的发展而迅速发展，高智商的智能机器人已成为机器人行业的一个重要发展趋向。

91.精益求精显威风
——谈精密加工和超精密加工技术

随着科学技术的不断发展，对机械产品精度的要求也越来越高，精密加工和超精密加工技术在机械加工中日益显示出其更为重要的作用。

通常，经济加工精度在 5～6 级（即 H_6、h_5～H_7、h_6 级）以上，加工表面光洁度在 7—8 以上的各种加工工艺方法，都称为精密加工工艺。精密加工工艺主要有精密切削加工和精密磨削加工两大类。

精密切削加工是指通过很小的切削深度和走刀量（即切削量很小），从半精加工后的工件上切去很薄一层尚有一定误差的表面层，而取得较高的加工精度和表面质量。按照可能达到的加工精度和表面质量的高低，这种方法又可分为一般精密切削加工和超精密切削加工。一般精密切削加工在外圆、内孔等的精加工中应用极为普遍，也是早已为人们所熟知的。超精密切削加工是 70 年代开始发展的。由于科学技术的进步，很多仪器设备零部件所要求的精度和表面质量大为提高，例如计算机用的磁盘、导航仪上球面轴承及激光器中的激励腔等，其尺寸精度和形状精度的要求常高达 0.1 微米，表面微观不平度要求达 0.05 微米的程度。而很多这类精密零部件是由有色金属制成，很难运用精密磨削加工，在这种情况下，发展起了使用单晶金刚石刀具的超精密切削加工。

精密磨削加工也可达到 0.1 微米级的精度和 14 级表面光洁度,而加工效率在一般情况下比切削加工高，也是一类很重要的精密加工工艺方法。

一个高精度工件的产生，与加工技术、测量技术、工人技术水平、工件材料性能四大条件密切相关，缺少其中一项都不能产生高精度的工件。例如：精密加工过程离不开精密测量，测量工具和仪器是加工者的“眼睛”，如果没有与加工精度相适应的测量技术，就无法判断工件是否达到所要求的精度指标。当然，在诸条件中，加工技术占据着最主要的地位。

精密加工和超精密加工技术随着科学的发展，在机械工业及其他行业中所处的地位显得越来越重要，成为世界各工业发达国家竞相开发的一个高科技领域，英、德、日、美等国在该领域具世界领先地位，例如德国弗朗霍夫制造工艺研究所研制的超精密数控机床，采用先进的数控系统和空气轴承，采用激光干涉仪做定位传感器，零部件表面的加工精度高于 0.1μm/100 毫米，表面粗糙度 Ra＜2μm。该研究所下一步的研究目标是要求达到 0.01 毫米/100 毫米的超高精度加工技术的研究。

92.纳米技术独领风骚
——谈纳米技术及其进展

纳米技术，目前世界上尚无一致的定义。在英国，纳米技术被定义为几何尺寸或公差要求在 0.1～100 毫米范围内的制造技术。因为它在广至机械工程、光学和电子领域都得到应用，所以它既是一项能动技术，为其它技术发展提供基础，又是一门交叉学科。

纳米技术是当代前沿技术，它是英、日、德、美等国家全力开发，竞争激烈的领域。80 年代中期，英国一些著名的专家、学者，经过深入研讨，提出了发展纳米技术的构想，并得到政府的承认和支持。从 1989 年开始执行一个以发展纳米技术为核心的纳米技术计划。

一般而言，纳米技术包括三个方面：纳米级加工技术，超精密测量技术及相应的材料处理技术。

进行纳米技术研究通常采用的方法包括：探索加工与测量新原理或物理原理的新应用；在现有技术基础上进一步研究和开发，利用修正、补偿技术改造现有精密量仪和机床，特别是发挥计算机软件修正能力。

英国政府设立纳米技术计划，目的是促进对那些可能导致改善制造技术或者发展出新的商业产品和工艺的课题进行创新和开发，因此列出了包括机械工程、光学工程、电子工程等涉及纳米技术的不同领域，为优先研究的课题。

自纳米技术计划设立以来，英国在纳米技术方面取得了较大进展。在与纳米技术相关的关键零部件方面，伯明翰大学机械系设计制造了空气静压轴承和气浮导轨；塞位大学在微位移弹性动力学方面开发了基于压电晶体的超微位移机构等。

纳米加工技术是纳米技术的核心。利物浦大学在纳米光刻和纳米加工技术方面取得重大突破。该大学的电子束纳米蚀刻法可在纳米级规模上刻划栅线、钻孔、切削和构造表面形貌。据介绍利用电子束蚀刻技术可将大英百科全书的所有目录写在一个大头针针尖般大的物体上；克兰菲尔德精密工程研究所研制了一台超精密金刚石车床，此车床加工出的铝零件的表面粗糙度 Ry 小至 3 毫米。在脆性材料（如玻璃、工业陶瓷等）转化成韧性加工方面，该所研制了一台高刚度超精密 CNC7 坐标金刚石磨床，用于脆性材料的纳米磨削。

超精密测量技术与纳米加工技术是密切相关、互相促进的。在超精密测量方面，英国在很多方面的进展是令人瞩目的。例如英国国家物理实验室研制了一种用于超光滑表面粗糙度测量的干涉偏振系统。其垂直灵敏度为 0.1 毫米，横向分辨率为 1 毫米，垂直方向的重复性为 0.1 毫米。剑桥大学研制的扫描通道式显微镜（STM）和原子力显微镜（AFM）都是在原子级分辨水平上定量研究表面结构的技术。

93.加工领域的特种兵
——谈特种加工技术

第二次世界大战后，特别是进入 50 年代以来，随着生产发展和科学实验的发展，很多工业部门，尤其是国防工业部门要求尖端科学技术产品向高精度、高速度、高温、高压、大功率、小型化等方向发展，它们所使用的材料愈来愈难加工，零件形状愈来愈复杂，表面精度、粗糙度和某些特殊要求也愈来愈高，仅仅依靠传统的切削加工方法就很难解决这些问题，甚至根本无法解决。特种加工就是在这种前提条件下产生和发展起来的。

传统的切削加工一是靠刀具材料比工件更硬，二是靠机械能把工件上多余的材料切除。一般情况下这是行之有效的方法，但是，当工件材料愈来愈硬，加工表面愈来愈复杂的情况下，原来行之有效的方法则转化为限制生产率和影响加工质量的不利因素了。于是人们开始探索用软的工具加工硬的材料，不仅用机械能而且还采用电、化学、光、声等能量来进行加工。到目前为止，已经找到了多种这一类的加工方法，为区别现有的金属切削加工，统称为特种加工。特种加工具有传统的切削加工所不具有的本质和特点，它不是主要依靠机械能，而是主要用其它能量（如电、化学、光、声、热等）去除金属材料；工具硬度可以低于被加工材料的硬度；加工过程中工具和工件之间不存在显著的机械切削力。可以说，特种加工的应用获得了“以柔克刚”的效果。

目前，特种加工已发展有很多种类，按其能量来源和作用原理可分为：电、热——电火花加工，电子束加工，等离子束加工；电、机械——离子束加工；电、化学——电解加工；声、机械——超声加工；光、热——激光加工；化学——化学加工等多种方法。

特种加工工艺的特点以及其逐渐广泛地应用，引起了机械制造工艺技术领域内的许多变革，例如对工艺路线的安排、新产品的试制过程、产品零件设计的结构、零件结构工艺性好坏的衡量标准等都产生了一系列的影响，而且从常用金属材料加工扩展到超硬材料及其他特殊材料加工；从一般尺寸的加工，扩展到了细微加工。

目前，电火花加工多用于加工模具和异形孔等；电解加工多用于加工特形表面和异形孔，但可获得更高的表面质量；超声加工可加工许多非金属硬脆材料，尤其是加工异形孔、切割等；激光加工主要用于各种金属、非金属材料的打孔与切割；电子束加工主要用于打微孔和切缝；离子束加工可对零件表面进行超精密、超微量加工。这些特种加工方法在机械加工中的应用极大地推动了现代机械工业产品向高精度、高质量、高效率等方面的发展，尤其是在难加工材料的加工中发挥了巨大的作用，而且有着广阔的发展前景。

94.向传统挑战的电火花
——谈电火花线切割工艺的进展

电火花线切割工艺是电加工技术中发展最为迅速的一种加工工艺，它的诞生是和数控技术密切联系在一起的，可以说是机电一体化技术的典型产品之一，近年来，电火花线切割技术迅速地朝着高效率、高精度和高功能的方向推进，也使其应用范围日益扩大。

电火花线切割工艺刚一出现就与模具制造紧密联系在一起，现已成为模具制造中不可缺少的一种工艺技术，且已发展到直接用于制造零件，使电火花线切割工艺更加引人注目。尤其是在研制部门，电火花线切割工艺已成为缩短研制周期的重要工艺手段。

进入 80 年代之后，由于计算机数控技术的迅速发展，线切割电源技术的创新，线电极材料和工作液的不断改进更新，以及机床结构的日趋完善和控制精度的日益提高，使电火花线切割工艺有了明显的提高，取得了突破性的进展，最高加工速度达到了 300 平方毫米/分以上，尺寸加工精度达到了 3 毫米，且其发展势头仍然不衰。

电火花线切割技术进步的体现主要在电源、线电极、工作液、工艺方法、机床、计算机数控等各个方面。新型电源的开发，是现代电火花线切割技术发展的关键所在。实验证明，采用高频分组脉冲波形能较好地解决在提高加工速度的同时，保证加工表面粗糙度不会变坏，而大电流窄放脉冲波形可使电极丝在允许的稳定地放电工作的情况下，获得最高的加工速度。而新型的电源电路设计，可根据不同的加工条件设定不同的程序，实现脉冲电源电参数的“设定控制”或“自适应控制”。如瑞士 Agie 公司研制的电源 AGIEPUL-S60MMD 设计有多种形式，分别用于精密切割、周边切割、高速切割、特种材料切割、微细切割等。线电极是电火花线切割的工具，近年来其种类不断增多，性能也在不断提高。电火花线切割工作液，国外普遍使用的是去离子水，国内多用乳化液。随工作条件不同，在工作液中加入添加剂，可以提高加工精度和加工速度。随工作液种类的不断增多，添加剂的种类近年来也层出不穷。

线切割机床现已成为高技术密集型产品，为适应高速度、高精度、自动化加工和各种工艺方法的改进，机床的结构和性能也都有了很大的改进和提高。例如采用了金刚石拉线模校正走丝直径和对走丝进行精确定位导向；实现了斜度切割和三维切割；自适应控制技术已成功的应用于线切割加工机床上；多次切割工艺已逐步应用等。另外，随着数控技术、自动编程和图像显示技术的发展和中央处理机的应用，电火花线切割加工正向高精度、超高精度加工方向发展，向实现无人化、自动化加工方向进展。

电火花线切割技术利用了当前世界的技术进步，正向高精度、高效率、高功能化的方向发展，对传统的机械加工进行着挑战。可以预言，在未来的岁月中，电火花线切割技术将会更广泛地综合利用各种先进技术成果而进入柔性更大的制造技术领域。

95.光氏成员在机械加工领域
——谈激光加工技术

激光的发展极为迅速，在出现不到三十年的时间内不仅在光通信、光记录等方面取得巨大成就，而且在加工领域也有许多令人瞩目的成果。

在加工领域中使用的激光，目前主要有 CO_2 激光、YAG（钇铝柘榴石）激光和激元（excimer）激光三大类。

CO_2。激光为波长 10.6 微米的红外线，容易被水、树脂、陶瓷等所吸收。在输出功率不大的激光发展初期，只限于用做激光测量、医疗和纸、木材、塑料等的加工。近期，由于开发出大功率 CO_2 激光，故已用于切割、焊接、热处理等金属加工领域。

CO_2 激光焊接实用化的最大功率已达 10 千瓦，对不锈钢（SUS_3O_4）用 1 米/分的焊接速度可获 14～15 毫米的熔深。在汽车零部件焊接方面有取代电子束焊接的趋势，并且，最近开发了不用进行任何预处理的焊铝方法。通过在保护气体中加 O_2、N_2 等活性气体，使熔池表面形成连续的金属氧化物或氮化物，提高了对 CO_2 激光的吸收率，因而使铝得以用激光焊接。

在 CO_2 激光切割方面，通过提高光束输出的脉冲化程度，改善了加工精度。对不锈钢薄板切割，切割沟宽只有 90 微米，切割残余量宽也只有 90 微米。并且最近激光切割已开始用于切割立体形状的工件以去除冲压件的毛边。现已有实用化的三维激光加工机。

CO_2 激光现在又有一种令人瞩目的用途——表面调质加工，已经达到实用水平。

YAG 激光是波长为 1.06 微米的红外线，其特点为容易被金属吸收和容易聚焦成细束。早就被用于厚膜电阻修整等的电子元器件加工中。近来，随着 300 瓦级的 YAG 激光的开发，在焊接、打通微细孔等金属加工中，也用得很多。现今正进一步提高功率，以便在金属加工之外作为 X 射线源使用。

激元激光系以 Ar、Kr、Ze 等惰性气体和 F、CL 等卤族气体的混合物作为激光媒质，所以其波长随媒质成分不同而不同，但都在 193～351 纳米的紫外线区。有可能用做半导体光刻光源、混合 IC 形成配线走线图案用的低混化学汽相淀积（CVD）。但离真正实用水平还有一段距离，由于在紫外线区的激光具有光化学作用以及具有为特定物质选择性吸收的输出特性，所以输出功率一旦增大，就可开拓光化学合成等精密化工新领域。

激元激光同 CO_2 激光和 YAG 激光不同，因它不是利用热加工，而是利用紫外线的光化学反应用来加工。激元激光也可用于高精度打孔。由于系利用光化学作用原理进行加工，故不会有热影响区。激元激光加工有许多特点，所以在日本“超尖端加工系统”计划中，对它寄以很大希望。

96.激光使材料改头换面
——谈激光表面改质技术

激光表面改质技术可分为通过表面处理进行改质和通过涂覆表面进行改质两类方法。

激光表面处理改质技术是通过激光表面处理进行材料表面改质。其中激光淬火法使材料表面硬化已经实用，这是激光表面改质技术中最早使用的方法，运用激光将金属材料表面加热到相变点以上，随着材料自身冷却，奥氏体转变成马氏体，因而使材料表面得到硬化。因激光加热能把加热限制在最必要部分，所以激光淬火的变形极小，能获得极薄、硬化均匀的硬化层。

在激光淬火时，为了提高材料表面的激光吸收率，可在表面涂漆、石墨以及涂锰、锌、铁等的磷酸盐。激光淬火常用在齿轮箱壳、汽缸套内表面、活塞环槽、阀座等零件的表面硬化处理上。

激光表面处理技术中的另一种方法——激光熔化凝固处理法，同激光淬火相比，激光熔化凝固处理的能量密度更高，可使材料表面快速加热熔化，然后快速凝固。这能使材料组织细化，生成亚稳态相，非晶态相。

对 Al_2O_3、ZrO_2、 NiCO Cr Al Te，Y_2O_2，Cr—Ni 等喷涂层进行激光熔化凝固处理，可减少喷涂层的气孔、提高与基本的密接性。此外，这种方法还被用来提高铸铁、高碳钢的耐磨性，改善不锈钢的耐蚀性。

除上述两种方法外，激光表面处理改质还有冲击硬化处理、固溶处理及激光退火等其他一些方法。

通过涂覆表面进行改质的激光技术有以下几种方法：

（1）激光 CVD 法。激光 CVD 法装置由使激光进入的窗口、反应室、反应气体供给系统和排气系统四部分组成。其特点有：①生成低温膜。②可在微小区域生成膜。③高纯度膜的生成。④可合成微粉末。⑤反应具有选择性。

（2）合金化法。它是通过蒸淀、镀层、涂布等方法，把其他元素添加到材料表面去，使添加元素同母材一齐熔化，只对必要的部分进行改质的方法。

（3）激光 PVD 法。是利用激光照射，使被蒸淀材料瞬间蒸发，并淀积在母材上。

（4）堆焊法。激光堆焊包括涂覆法和喷镀法。涂覆法系向表面供给金属、化合物等粉末，用激光使其熔化，而母材只略为熔化。涂覆层可由水玻璃之类的粘合剂调和后涂上，也可使粉末同气体一起从喷嘴中喷出在表面上。如不锈钢阀门就可用激光堆焊上一层硬质合金。

激光喷镀同等离子喷镀从设备到方法都很相似，但激光喷镀时的粉末材料被激光束所熔化，从喷嘴中喷出时受高压气作用成为粒子状附在母材上，所以对喷镀粉末粒径的限制少，周围气氛容易控制，并可控制喷镀被覆膜的性质。常用的是 CO_2 激光，反应室可以是真空，也可通入反应气体同喷镀粉末反应，生成 MO，Ti 等喷镀被覆膜。

材料表面改质处理，在现代工业产品中的主要性日益明显。由于激光表面改质技术能够进行局部快速加热和通过选择波长使其产生特定的化学反应，所以对材料表面改质更能起到巨大作用。

97.铣削工艺的新演变
——从铣削到高速铣削工艺

看到这个题目，我们首先会问：什么是铣削工艺？

一般说来，机械零件常见的机械加工分为车削、铣削、磨削、刨削和钻削及齿轮加工。如下图所示，车削是零件旋转而刀具移动进行切削；铣削是刀具旋转而零件移动的切削；磨削是用砂轮做刀具；刨削是刀具和零件相对直线运动；钻削的刀具是钻头；齿轮加工有专用齿轮加工机床。

铣削是最常用的切削加工方法，可以加工各种表面如：平面、台阶、沟槽、成形表面、齿轮、切断和刻度等，如下图是常见的铣削方式。

铣削速度以铣刀最大直径处的线速度 V（m/s）表示，进给量 S 通常以工作台每秒钟移动的距离（mm）表示，切削深度 t（mm）为每次切去金属层的厚度。

那么铣削工艺与其他加工方法相比有什么特点呢？加工平面时，与刨削相比，由于刀齿间断切削，冷却条件好，同时生产率较高。但铣削时每个刀齿不均匀，不连续切削，会引起振动与冲击，影响加工质量，同时也使速度的进一步提高受到限制。

在工业生产中，人们总是追求高速度和高质量、低成本的，如何使铣削速度提高同时又能提高加工质量呢？自本世纪 80 年代出现了一种高新技术——超高速铣削技术。

关于超高速切削技术的研究，是从本世纪 20 年代开始的。德国的 Carl Salomem 是最早进行这项研究工作的专家，他在试验中得出了下列结论：对于某种材料而言，当切削速度达到一定值后，切削温度不再上升反而下降。虽然这个结论至今并未完全验证，但有一点是十分正确的，即切削温度不会无限制上升，各种零件材料的切削温度都有一最大值。

一般说来，对刀具、机床做一定的变化和调整后，可将铣削速度提高到目前传统速度的五至十倍。从而实现超高速铣削。

超高速铣削加工有如下的优点：

（1）由于切削时间的减少，切削效率大大提高，其单位时间内的材料切除量可提高三到五倍。

（2）切削力随切削速度的提高而下降，加工钢铁材料时切削力可降低 30%左右。

（3）由于切削时产生的热量绝大部分被切屑带走，零件温升很少，切削力小、温升低有利于薄壁零件的加工。

（4）由于机床结构的改善和超高速切削激振频率的提高，使激振频率远离机床的固有频率，切削时往往出现“无振动”切削状态，有利于加工表面光洁度的提高，特别是为复杂零件的加工带来稳定性，进而克服传统切削过程中由于振动而引起的刀具磨损、破损。

（5）降低加工成本，成本降低的主要原因是：①零件的加工时间缩短；②一台机床上可同时完成所有的粗精铣削加工，无需后继加工设备。

由于以上的原因，超高速铣削受到广泛的重视和应用，也获得了较大的效益。如德国大众汽车公司应用超高速铣削来加工铝合金法兰，采用金刚石刀具，切削速度达 3770m/min，加工表面粗糙度小于 2.5 微米，刀具寿命比普通工艺提高 20 倍。

98.锻压加工中的新工艺
——谈轨迹模锻工艺及其应用

我们见到的许多工具都是经过锻压才加工出来的，如：锤子、菜刀、斧头等等。什么叫锻压加工，锻压加工主要用于加工哪些零件呢？

锻压（又叫压力加工）是利用外力使金属材料产生永久变形，以制成所需形状和尺寸的毛坯或零件的加工方法，锻压生产包括锻压和冲压二大工种，前面提到的锤子是锻压出来的，而汽车外壳多为冲压而成。

用于锻压的金属必须具有良好的塑性，以便锻压时容易产生永久变形而不破坏。钢、铜和铝等均具有良好的塑性，故可用来进行锻压；铸铁的塑性很差，在外力的作用下易裂碎，因此不能用于锻压。碳素钢是锻压最常用的金属材料。碳素钢按其含碳量不同分为低碳钢、中碳钢和高碳钢三种，这些钢通常轧成各种形状和规格的型材和板材。如：圆钢、方钢、工字钢、槽钢、角钢等等供用户选用，锻造中小型锻件时常用圆钢和方钢做原料，冲压则以低碳钢轧成的薄板为原材料。

在农村或在电影中，我们见到的“打铁的”或称为铁匠的人干的活就属于锻造，只不过我们工厂中的锻造要比铁匠无论生产条件还是生产质量要高要好的多。

锻压前，将金属原材料按需要的大小切成坯料，这个过程称为下料，锻造时金属材料需要加热，而薄板冲压时则不需要加热。

如果你能参观一个锻压车间，你就会发现那里的噪音、振动特别大，尤其是大吨位的空气锤更是如此。最近出现了一种噪音、振动较小的模锻新工艺——轨迹模锻工艺。

此图为轨迹模锻基本原理示意图。

它是将工件放在专门设计的压力机模具之间成形。当上模沿轨迹运动时，只在锻件的一小部分面积上施加载荷，受压区域随着紧固在模座上的上模轴线的运动而不断的变化，并且循环地遍及整个工件表面，如同农村用石碾压面一样，只不过轨迹模锻上模的回转轴在运动时与轴线形成一轨迹运动角γ。

轨迹模锻属于一种冷挤压工艺，即金属材料在模锻前不必加热。冷挤压需压力大，但加工出的工件表面光洁度好，而且提高了制品的强度。另外轨迹模锻制成的零件精确度很高，在通常情况下，下模成形的工件误差小于0.015～0.051㎜，表面粗糙度可达Ra1.25～0.32μm。

由于其压力小且噪音、振动都很小及以上各种优点，轨迹模锻开始应用于各种冷挤压的场合。

99.铸造的新天地
——浅谈铸造与计算机技术

在机械制造方法中，铸造占有极其重要的地位。机器设备中铸件所占比重可达 70%～90%，如机床、内燃机中铸件占 70%～90%，压力机中占 60%～80%，拖拉机中占 50%～70%，农业机械中占 40%～70%，所以我们不能不了解铸造技术。

所谓铸造是将金属液体浇注到具有与零件形状相适应的铸型空腔中，待其冷却凝固后，以获得零件或毛坯的方法。

在铸造生产中，常见的铸造方法有：砂型铸造、熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、离心铸造、低压铸造、壳型铸造等等。

一般说来，铸造生产与锻压、焊接相比有这样一些优点：

（1）铸造方法可制成形状复杂、特别是具有复杂内腔的毛坯，如机器箱体等。

（2）铸造适应性广，工业中常用的金属材料如碳素钢、合金钢、铸铁、青铜、黄铜、铝合金等都可用于铸造生产，另外铸件轻可几克，重可数百吨，壁厚可由 1 毫米到 1 米左右。

（3）铸件成本低廉，可直接利用报废的机件、废钢和切屑，同时，铸造设备所用的投资较少。

（4）铸件的形状和尺寸与零件相似，节约金属，减少了切屑加工的工作量。

近年来由于精密铸造的迅速发展，铸件的质量有了很大提高，成为无屑加工的重要方法之一。

但传统的铸造生产还存在一些问题，如同样金属材料制成的铸件，其机械性能不如锻件高，从而使得铸件笨重，这主要是由于铸造组织粗大，内部常有缩孔、缩松、气孔、砂眼等缺陷，且铸造工序多，一些工艺过程还难以精确地控制使铸件质量不稳定，废品率较高。

进入 80 年代以来，在科研人员和企业工程技术人员的共同努力下，将计算机技术引入到铸造领域，在很多方面实施了计算机管理和控制，如铸造工艺 CAD 设计，可以使铸造工艺设计快速、标准、优质。

铸造用模具设计，由于计算机的帮助不但大大缩短了设计时间，而且提高了设计计算的精度。

炉前热分析，利用计算机对待测铁水自动检测快速方便，使铸造生产的测试技术有了质的飞跃。

铸件凝固过程的数质模拟，可以利用计算机模拟铸件填充过程，铸件凝固补缩过程、铸件结晶过程、铸件热裂过程，从而代替实物试验节省人力、物力、财力，同时为合理、正确地编制铸件的铸造工艺和采取相应的工艺措施提供了原始数据的技术保证。

在炉后综合管理、型砂质量、铸件质量缺陷分析等方面计算机也大有作为，同时微电子技术改造铸造设备、实现自动检测等功能。这一切将使铸件生产过程控制实现质的突破。带来铸造生产的新天地。

100.以小拼大显神通
——谈焊接及自动化技术

焊接是现代工业生产中应用很广泛的一种连接金属的工艺方法。以前主要用来制造各种钢、铁结构和机器零部件，现在许多非铁金属及非金属材料也可以焊接了。

焊接过程的实质是用加热或加压力等手段，借助于金属原子的结合与扩散作用，使分离的金属材料牢固地连接起来。焊接方法的种类很多，按焊接过程的特点可以分为三大类：

（1）熔化焊：利用局部加热的方法，将工件的结合处加热到熔化状态并形成共同的熔池，一般还另加填充金属，冷却结晶以后形成牢固的接头，将二工件焊接为整体。如气焊、电弧焊、电渣焊、等离子弧焊、电子束焊、激光焊、铸焊等等。

（2）压力焊：利用加压力（或同时加热）的方法，使二工件接合面紧密接触在一起，并产生一定的塑性变形，使它们的原子组成新的结晶，将二工件焊接起来。如电阻焊、摩擦焊、压力气焊、冷压焊、超声波焊、高频焊、爆炸焊等等。

（3）钎焊：对工件和作为填充金属的焊料进行适当的加热，工件金属不熔化，但熔点低的焊料被熔化后填充到工件之间，与固态的被焊金属相互溶解和扩散，焊料凝固后，将两工件焊接在一起。如软钎焊、硬钎焊。

焊接有很多优点，在国民经济各个部门都得到了广泛的应用。例如大型高炉平炉的炉壳、建筑厂房的金属桁架、大型舰船的船体和多厚壁高压容器都是用焊接方法制造的。起重机、动力锅炉、大型发电机与汽轮机等产品中的一些重要部件或零件也都是用焊接方法制造的。在制造大型轧钢机和水压机当中，还广泛地采用了铸——焊与锻——焊复合工艺。

随着生产的发展，焊接生产也从主要由手工操作向自动化迈进。主要表现在高效的焊接方法、先进的焊接设备和焊接材料，具体来说从国际上看有三个方面：电子类电源、电焊机和电子计算机及机器人。

70 年代以来，可控硅电源及逆变电源的应用使焊接电源一改过去的面貌。1989 年联邦德国（原西德）埃森展览会上展出了瑞士 ESAB 公司的 500A 场效应管逆变电源。它由微机控制，焊工只需输入焊接方法、焊接材料及直径、保护气体种类，焊机的数据库就会自动优化焊接参数。

电焊机已经从机械控制、电磁控制开始进入电子控制时代。一些具有焊接参数的自动检测、操作和调整以及焊后检测等功能的焊机已逐步进入工业实用阶段。多功能机电一体化焊机也相继问世。如 BODE 公司生产的有 4 个可自由编程的轴（X、Y、Z 轴移动和绕 Z 轴旋转）的埋弧专用设备，适合于圆筒形容器的纵缝及环缝的焊接。工件直径最大达 600 毫米，长达 3 米而且可以预置参数（如电流 I、电压 V 等）。

焊接自动化另一个突出特点是：电子计算机应用和焊接机器人。特别是廉价的电片机和单板机在焊接设备中大大提高了自动化程度，焊接机器人已进入工业实用性阶段，在汽车和金属制品工业中应用很普遍。国际上开始将多台机器人组成焊接工作站。奥地利 igm 公司的焊接工作站，每个焊接头具有 8～11 个自由度。1989 年日本大阪压器公司（OTC）开发一种新的 Vol 型平行四边形机器人。它的下臂活动范围从过去的 80°～90°扩大到 240°，

上臂的活动范围由 60°～80°增加到 270°。

目前，全世界年产钢的 45%左右和大量的非铁金属（如铜、铝、钛）以及部分非金属（如塑料）都是通过焊接加工成构件而付诸使用的。发达国家的电焊机发展速度超过了其它金属加工设备的发展速度。我国的焊接技术也将迎头赶上世界先进水平。

建　筑

101.为什么说建筑学是一门古老而又年轻的学科
——建筑学释义

“建筑”一词是从日语引入汉语的。中国古代把建造房屋以及从事其他土木工程活动统称为“营建”、“营造”。汉语“建筑”是一个多义词。它既表示营造活动，又表示这种活动的成果——建筑物，也是某个时期、某种风格建筑物及其所体现的技术和艺术的总称。如隋唐建筑、文艺复兴建筑、哥特式建筑等。

建筑学开始出现于久远的古代。原始人类最早栖身于洞穴，如北京周口店的“猿人洞”。中国古代文献中还有巢居的记载。随着农业的发展人类开始定居，用土石草木等天然材料建造简易房屋。这种建筑活动把自然环境改造成为适合于居住的人工环境，促进了人类社会的发展。

人类在有意识地创造并美化居住环境的活动中积累知识，总结经验，不断创新，逐渐形成建筑学。因此，研究建筑的技术知识和艺术知识离不开建筑发展的历史。用砖石、木材构成的建筑物本身和用文字记述流传下来的建筑学著作，都反映、蕴含着当时建筑技术和艺术的成就。世界各地区、各民族的建筑形式各具特色。这些多姿多彩的建筑文化是人类共同的财富。

大规模的建筑活动是从拥有大量奴隶劳动力的奴隶社会开始的。当时国外建筑文化发达地区是埃及、西亚、波斯、希腊和罗马。其中，希腊和罗马的建筑文化，两千多年来一直被继承下来，成为欧洲建筑学的渊源。

建筑学在中国的发展经历了不同于西方的过程，这是不同的自然条件、社会条件和历史条件造成的。早在殷商时代中国就建造了大规模的宫室和陵墓。在以后的三千多年的历史中，中国建筑取得了很高的成就，形成了以木结构为主体的风格独具的建筑体系。

第二次世界大战结束以来，建筑同其他各种有关科学技术的关系更加密切，建筑技术的进展日新月异。新的结构理论，新材料和新设备的运用，高层建筑和大跨度建筑的发展体现了新技术的威力。建筑工业体系的运用，加速了大量性建筑的发展，电子计算机技术进入建筑设计领域所引起的设计方法论的研究势必深刻地影响建筑学的发展。社会的发展、人口的密集等等社会现实为建筑学开拓出一个前所未有的广阔天地。社会学、环境工程学、城市科学、行为心理学、生态学、生理学、人体工程学、系统工程学等正在并将继续对建筑学产生影响。传统的建筑学正在发生变化，建筑学必将充分利用现代科学技术条件和多学科的协作，为人类提供适合于现代生活要求的更美好的建筑环境。

102.建筑是技术和艺术的结晶
——谈建筑学的特点

建筑学是技术和艺术相结合的综合性学科。建筑的技术和艺术密切相关，相互促进。技术在建筑学发展历史上通常是主导的一方面，在一定条件下，艺术又促进技术的研究和发展。

就工程技术性质而言，建筑师总是在建筑技术所提供的可行性条件下进行艺术创作的，因为建筑艺术创作不能超越当时技术上的可能性和技术经济的合理性。比如说，埃及金字塔如果没有几何知识、测量知识和运输原石的技术手段是无法建成的。人们总是可能使用当时可资利用的科学技术来创造建筑文化。现代科学的发展，建筑材料、施工机械、结构技术以及空气调节、人工照明、防火、防水技术的进步，使建筑的伸展范围增大，不仅可以向高空、地下，海洋发展，而且为建筑艺术创作开辟了广阔的天地。建筑学在研究人类改造自然的技术方面和其他工程技术学科相似，但是建筑物又是反映一定时代人们的审美观念和社会艺术思潮的艺术品，建筑学有很强的艺术性质，在这一点上和其他工程技术学科又不相同。

就艺术性质而言，建筑学必须研究建筑的形式美的规律，建筑美学理论，建筑空间和实体所构成的艺术形象，包括建筑的构图、比例、尺度、色彩、质感和空间感，以及建筑的装饰、绘画、花纹和雕刻，以至于建筑内外庭园、室内外家具陈设等等。建筑艺术主要通过视觉给人以美的感受，这是和其他视觉艺术相似之处，建筑可以像音乐那样唤起人们某种情感，例如创造出庄严、雄伟、幽暗、明朗的气氛，使人产生崇敬、自豪、压抑、欢快等等情绪。汉代初年萧何在主持建造未央宫时说过“天子以四海为家，非壮丽无以重威”，可以说明这样的问题。德国文学家歌德把建筑比喻为“凝固的音乐”，也就是这个意思。但是建筑又不同于其他艺术门类。它不能像音乐家的演奏那样能够纵情发挥，又不能像画家的画笔那样挥洒自如。它需要大量的财富和技术条件，大量的劳动力和集体智慧才能实现。它的物质表现手段规模之大为任何其他门类所难以比拟。宏伟的建筑建成不易，保留时间也较长。这些条件导致建筑美学的变革相对迟缓。建筑艺术还常常需要应用绘画、雕刻、工艺美术、园林艺术等艺术形式，创造建筑的室内外空间艺术环境。因此说，建筑艺术是一门综合性很强的艺术。

就一个成功的建筑单体或群体而言，建筑无疑是技术和艺术的结晶。

103.本世纪最有影响的建筑理论
——现代主义建筑

一般来讲，现代主义建筑与现代建筑是两个不同的概念。现代建筑一词有广义和狭义之分。广义的现代建筑包括 20 世纪出现的各种各样风格的建筑流派的作品；狭义的现代建筑常常专指 20 世纪 20 年代形成的现代主义建筑。

现代主义建筑在本世纪中叶一直占据西方建筑界主导地位。现代主义建筑思潮发轫于 19 世纪后期，成熟于 20 世纪 20 年代，在 50～60 年代风行全世界。起初，一批思想敏锐的青年建筑师，在前人革新实践的基础上，提出比较系统而彻底的建筑改革主张。德国建筑师 W·格罗皮乌斯、L·密斯·范·德·罗、法国建筑师勒·柯布西耶和美国建筑师 F·L·赖特是近代建筑思潮的杰出代表。他们的主张和建筑作品对现代建筑的发展产生巨大影响。

从上述这些大师的言论和实际作品中，可以看出他们提倡的“现代主义建筑”的一些基本观点。

（1）强调建筑要随时代而发展，现代建筑应同工业化社会相适应。格罗皮乌斯说：“我们正处在全部生活发生大变革的时代，……我们的工作最要紧的是跟上不断发展的潮流。”

（2）强调建筑师要研究和解决建筑的实用功能和经济问题。针对学院派建筑师轻视实用和经济问题，密斯·范·德·罗说：“必须满足我们时代的现实主义和功能主义的需要。”又说：“我们的实用性房屋值得称之为建筑，只要它们能以完善的功能真正反映所处的时代。”勒·柯布西耶则号召建筑师要从轮船、汽车和飞机的设计中得到启示：“一切都建立在合理地分析问题和解决问题的基础上。”

（3）主张积极采用新材料、新结构，在建筑设计中发挥新材料、新结构的特性。格罗皮乌斯在 1910 年即建议用工业化方法建筑住宅。密斯·范·德·罗认为：“建造方法的工业化是当前建筑师和营造者的关键课题。”他一生不倦地探求钢和玻璃两种材料的建筑特性。勒·柯布西耶则努力发挥钢筋混凝土材料的性能。他们在使用这些建筑材料方面，树立了许多范例。

（4）主张坚决摆脱过时的建筑样式的束缚，放手创造新的建筑风格。密斯·范·德·罗说：“在我们的建筑中使用已往时代的形式是没有出路的。即使有最高的艺术才能，这样去做也要失败。”

（5）主张发展新的建筑美学，创造建筑新风格。现代主义建筑大师们提倡新的建筑美学原则。其中包括表现手法和建造手段的统一；建筑形体和内部功能的配合；建筑形象的逻辑性；灵活均衡的非对称构图；简洁的处理手法和纯净的体型；在建筑艺术中吸取视觉艺术的新成果。

以上现代建筑基本理论的建立，标志着建筑学完成了又一次重大飞跃。

104.是反叛，还是超越，你知道所谓“后现代主义建筑”吗
——后现代主义建筑思潮简介

虽然现代主义建筑在本世纪初期至中叶在建筑界占据主导地位，但从50年代开始，人们对于现代主义建筑中出现的某些忽视精神生活的需求，忽视民族和地区文化差异的倾向，特别是某些建筑师的设计手法公式化的倾向，产生了怀疑，重新探讨继承传统和发展创新等问题，在建筑风格上出现了多元化倾向。60年代以来世界上产生了众多的建筑流派，其中以后现代主义建筑思潮较为活跃。

1966年，美国建筑师R·文丘里在《建筑的复杂性和矛盾性》一书中提出了一套与现代主义建筑针锋相对的建筑理论和主张，在建筑界特别是年轻的建筑师和建筑系学生中，引起了震动和响应。到70年代，建筑界中反对和背离现代主义的倾向更加抬头。对于这种倾向，曾经有过不同的称呼，如“反现代主义”、“现代主义之后”和“后现代主义”，而以后者用得较广。

对于什么是后现代主义建筑，人们并无一致的理解。美国建筑师R·A·M·斯特恩提出后现代主义建筑有三个特征：①采用装饰；②具有象征性或隐喻性；③与现有环境融合。英国建筑评论家C·詹克斯认为：“后现代主义建筑就是至少在两个层次上说话的建筑：一方面，它面对其他的建筑师和留心特定建筑含义的少数人士；另一方面，它又面向广大公众或当地居民，这些人注意的是舒适问题、房屋的传统和生活方式等。”但是，一般认为真正给后现代主义提出比较完整的指导思想的还是R·文丘里，虽然他本人不愿被人看作后现代主义者。他的言论在启发和推动后现代主义运动方面，有极重要的作用。他在《建筑的复杂性和矛盾性》中说：“建筑师再也不能被正统现代主义的清教徒式的道德说教所吓服了。我喜欢建筑要素的混杂，而不要‘纯净’；宁愿一锅烩，而不要清清爽爽；宁愿要歪扭变形的，而不要‘直截了当’的；宁愿要暧昧模糊，而不要条理分明、刚愎、无人性、枯燥和所谓的‘趣味’；我宁愿要世代相传的东西，不要‘经过设计’的；宁愿要随和包容，不要排他性，宁可丰盛过度，不要简单化、发育不全和维新派头；宁愿要自相矛盾、模棱两可，不要直率和一目了然；我赞赏凌乱而有生气甚于明确统一。我容许违反前提的推理，我宣布赞成二元论。”

文丘里提出的保持传统的做法是“利用传统部件和适当引进新的部件组成独特的整体”，“通过非传统的方法组合传统部件”。他还概括地说：“对艺术家来说，创新可能就意味着从旧的现存的东西中挑挑拣拣。”实际上，这就是后现代主义建筑师的基本创作手法。后来，文丘里提出自己的建筑定义，作为他的建筑理论的基石，写道：“建筑是带有象征标志的遮蔽物。或者说，建筑是带上装饰的遮蔽物。”

105.一个建筑的诞生最关键的一步在哪里
——谈建筑设计

在古代，建筑技术和社会分工比较单纯，建筑设计和建筑施工并没有很明确的界限，施工的组织者和指挥者往往也就是设计者。在欧洲，由于以石料作为建筑物的主要材料，这两种工作通常由石匠的首脑承担；在中国，由于建筑以木结构为主，这两种工作通常由木匠的首脑承担。他们根据建筑物的主人（或其代理人）的要求，按照师徒相传的成规，加上自己一定的创造性，营造建筑并积累了建筑文化。

在近代，建筑设计和建筑施工分离出来，各自成为专门学科。这在西方是从文艺复兴时期开始萌芽，到产业革命时期才逐渐成熟；在中国则是清代后期在外来的影响下逐步形成的。随着社会的发展和科学技术的进步，建筑所包含的内容，所要解决的问题越来越复杂，涉及的相关学科越来越多，材料上、技术上的变化越来越迅速，单纯依靠师徒相传，经验积累的方式，已不能适应这种客观现实；加上建筑物往往要在很短时期内竣工使用，难以由匠师一身二任，客观上需要更为细致的社会分工，这就促使建筑设计逐渐形成专业，成为一门独立的分支学科。

建筑设计就其工作范围而言，在中国有两种不同的概念。广义的建筑设计是指设计一个建筑物（或建筑群）所要做的全部工作。由于科技的发展，在建筑上利用各种科技成果越来越广泛深入，设计工作常涉及建筑学、结构学、以及给水、排水、供暖、空气调节、电气、煤气、消防、自动化控制管理、建筑声学、建筑光学、建筑热工学、工程估算、园林绿化等方面的知识，需要各种科学技术人员的密切协作。但通常所说的建筑设计，是指“建筑学”范围内的工作。它所要解决的问题，包括建筑物内部各种使用功能和使用空间的合理安排，建筑物与周围环境、与各种外部条件的协调配合，内部和外表的艺术效果，各个细部的构造方式，建筑与结构、建筑与各种设备等相关技术的综合协调，以及如何以更少的材料、更少的劳动力、更少的投资、更少的时间来实现上述各种要求。其最终目的是使建筑物做到适用、经济、坚固、美观。

一般建筑设计主要包括以下几个阶段：收集资料、初步方案、初步设计、技术设计、施工图和详图设计等。

如何做好建筑设计，必须把握几个关键：第一，从实际出发；第二，有整体观念，或者说全局观点；第三，善于发现问题、纠正错误。

值得注意的是，电子计算机辅助建筑设计（CAAD）正在促使建筑设计这门科学技术开始向新的领域发展，目前，基本上原先建筑设计的案头工作都可由计算机辅助进行，工作效率大为提高，利用计算机帮助设计者省时省力地正确解决极为复杂的问题，并替代人力完成设计工作中繁重的计算工作和绘图工作已开始成为一项普及性工作，前景十分美好。

106.怎样才能产生令人满意的建筑设计作品
——浅谈建筑设计的一般规律

建筑设计既是为营造建筑实体提供依据，也是一种艺术创作过程；既要考虑人们的物质生活需要，又要顾虑人们的精神生活要求。在设计过程中，必须综合考虑各种需要，统一解决各种矛盾。实践证明，各种建筑设计都要处理好总体布局、环境构思、建筑功能、建筑技术、建筑艺术处理等问题，只有这样才能产生出令人满意的建筑设计作品。

总体布局要求从全局观点出发综合考虑预想中建筑物室内外空间的各种因素，做出总体安排，使建筑物内在功能要求与外界条件彼此协调，有机结合。在总体设计构思中，既要考虑使用功能、结构、经济和美观等内在因素，也要考虑当地的历史、文化背景、城市规划要求、周围环境、基地条件等外界因素。

环境构思方面要求建筑的体型、体量、形象、材料、色彩等都应同周围环境协调。建筑设计构思要把客观存在的“境”与主观构思的“意”融合起来。一方面要分析环境对建筑可能产生的影响，另一方面要分析设想中的建筑在自然环境中的地位。因地制宜，结合地形的高低起伏，利用水面的宽窄曲折，把自然景色组织到建筑物的视野中。

建筑功能是随着人类社会的发展和生活方式的变化而发展变化的。各种建筑的基本出发点应是使建筑物表现出对使用者的最大关怀。60 年代起，行为科学和心理学开始被引入建筑学，使建筑功能的研究更细致，更深入本质。随着新技术革命的发展，还向建筑提出信息功能和工作功能的要求。

建筑技术也是建筑设计的重要方面。建筑技术包括结构、设备、材料和施工等。

建筑是技术和艺术的结晶。建筑艺术处理的成败决定了建筑本身艺术价值的大小。建筑具有实用和美观的双重作用。但这种双重性的表现是不平衡的。为生产服务的工业建筑，它的使用功能和生产效率是首要的，艺术处理处于次要地位；为政治、经济、文化等活动服务的建筑，它们的艺术处理就居于较重要的地位；至于纪念性建筑，其艺术要求则是主要的。

建筑艺术不仅仅是建筑的美观问题，而有着更深刻的内涵。它可以反映建筑所处时代的精神面貌，也能表现一定历史时期经济和技术发展水平；又能作为各民族文化传统的组成部分。

建筑形式的基本要素是空间和实体。建筑的内部空间和外部体型互为依存，不可分隔。完美的建筑艺术形象是内部空间合乎逻辑的反映，而内部空间又是借助于物质实体来围合的。因此，建筑形式除了遵循建筑形式美法则外还要追求空间和技术的表现，反复推敲诸如造型、性格、时代感、民族风格和地方风格等方面的问题，从而创造出完美的建筑作品。

107.怎样创造良好的声学环境
——谈建筑声学

建筑声学是研究建筑环境中声音的传播，声音的评价和控制的学科。那么我们为什么要研究建筑声学呢？因为建筑声学的基本任务是研究室内声波传输的物理条件和声学处理方法，以保证室内具有良好的听闻条件；另外还要研究控制建筑物内部和外部一定空间内的噪声干扰和危害。因此，现代建筑声学可分为室内声学和建筑环境噪声控制两个研究领域。

就室内声学而言，它的研究方法一般有几何声学方法、统计声学方法和波动声学方法。室内声学设计内容包括体型和容积的选择，最佳混响时间及其频率特性的选择和确定，吸声材料的组合布置和设计适当的反射面以合理地组织近次反射声等。声学设计要考虑到两个方面：一方面要加强声音传播途径中有效的声反射，使声能在建筑空间内均匀分布和扩散；另一方面要采用各种吸声材料和吸声结构，以控制混响时间和规定的频率特性，防止回声和声能集中等现象。从目前情况来看，室内音质问题不论是主观方面还是客观方面都还没有完全解决。混响过程在室内声学各方面都起着重要作用，它又是判断各类房间音质时争论最少的评价标准。但经典的混响时间公式有局限性，因此混响过程的研究工作仍在进行。由于室内声学同建筑空间的体积、形状和室内表面处理都有密切关系，因此室内声学设计必须从建筑的观点确定方案。

即使有良好的室内音质设计，如果受到噪声的严重干扰，也将难以获得良好的室内听闻条件。控制建筑环境噪声，保证建筑物内部达到一定的安静标准，是建筑声学的另一个重要方面。

噪声干扰，除与噪声强度有关外，还与噪声的频谱、持续时间、重复出现次数以及人的听觉特性、心理、生理等因素有关。控制噪声就是按照实际需要和可能，将噪声控制在某一适当范围内。在噪声控制中，首先要降低噪声源的声辐射强度，其次是控制噪声的传播，再次是采取个人防护措施。一般按照各类建筑物对安静程度的要求，在城市规划和建筑布局上做合理的安排。噪声传播途径可分为两种：一是由空气传播的噪声，即空气声；一是由建筑结构传播的机械振动所辐射的噪声，即固体声。空气声因传播过程的衰减和设置隔墙而大大减弱；固体声由于建筑材料对声能的衰减作用很小，可传播得较远，通常采用分离式构件或弹性联接等技术措施来减弱其传播。

取得良好的声学功能和建筑艺术的高度统一的效果，这是科学家和建筑师进行合作的共同目标。改善建筑物的声环境，虽然重点放在声源上，但是改变声源往往较为困难甚至不可能，因此要更多地注意传播途径和接收条件。各种控制技术都涉及经济问题，因此必须同有关的各种专业合作进行综合研究，以获得最佳的技术效果和经济效益。

108.怎样创造良好的建筑光环境
——谈建筑光学

在一个相当长的历史阶段，人类利用天然光和火光照明，曾在建筑中创造了不少有效的采光和照明方法，例如中国传统建筑中的南窗北墙的采光方法，古埃及太阳神庙中的高侧窗采光方法等。但天然采光受季节、昼夜、地理位置和气候变化的影响很大。火光照明效果差、烟尘大、且容易引起火灾。自大量生产玻璃，特别是19世纪发明白炽灯以后，才使建筑采光和照明技术的理论和实践进入一个新阶段，并逐步形成建筑光学。现代建筑光学理论日趋完善，天然光的变化规律逐步为人们所掌握，各类建筑的采光方法和控光设备相继研究成功，各种新型电光源和灯具也在建筑中得到广泛的应用。

所谓建筑光学就是研究天然光和人工光在建筑中的合理利用，创造良好的光环境，满足人们工作、生活、审美和保护视力等要求的应用学科。建筑光学的研究内容主要有：与建筑有关的光的性质和光的视觉性质、天然采光和人工照明。

天然采光简称采光。在研究光气候的基础上，制订建筑物的采光标准，确定采光方式，进行采光计算。包括：眩光特性和限制眩光的方法；采光和照明的结合；建筑物室内获得稳定光照条件及天然光的利用方法和装置；建筑物外部和建筑群的阳光造型技术等。天然光的光谱是连续的，人们长期在天然光条件下工作和生活，喜爱天然光照明，而且天然光是一种丰富的光能资源；因此，研究建筑物的天然采光，在技术上、卫生上和经济上都有重要意义。

人工照明简称照明。人工照明的主要内容有照明用的人工光源和控光器具；各类建筑的照明标准；照明设计和计算方法；照明眩光特性和限制眩光的方法；照明均匀度和室内表面亮度分布比例的确定；在各种照明条件下人的视功能特性；照明效果的评价方法和指标；颜色在照明中的应用；照明效果的测试技术；照明的节能措施以及从建筑艺术等因素综合研究室内外光环境等。

在我国，建筑科学的研究、教学、设计等部门都有规模不同的建筑光学研究机构和试验设备。建筑光学在研究剧场建筑、展览馆建筑、体育建筑、精密仪表厂生产车间和地下工程的采光照明问题以及编制中国工业企业采光照明标准、探讨光气候规律、提高建筑光学测试技术等方面都取得较显著的成效。今后，建筑光学的主要研究方向是：综合研究建筑物室内外光环境的理论和综合评价建筑采光、照明的设计方法；天然光的利用技术；研制和使用功率小、光效高、寿命长和显色性能好的气体放电灯；发展电子计算机技术在采光照明计算、设计和设备控制上的应用；研究采光照明测试仪表和测试方法等方面。

109.现代机电设备是如何与建筑联姻的
——介绍建筑设备

一般而言，建筑物不会是一个孤零零的空间，它要为人们的生产和生活服务，要具有许多辅助设备，就好像一个有机体，除了有骨有肉之外，还要必备诸如神经系统、消化系统等等。随着社会的发展、科技的进步、人类生活质量的提高，现代机电设备已成为现代建筑必不可少的重要组成部分，彼此有机结合，共同实现各类建筑的使用功能。

建筑设备基本上包括室内给水排水系统、室内消防系统、建筑电气系统（包括电气照明系统、建筑电气信号系统、电梯、建筑防雷装置）、空气调节系统、供暖设备、通风设备等。

室内给水排水系统是指居住建筑和工业厂房内部生活、生产用的冷、热水供应和污水排放的工程设施。室内给水系统自室外给水管网取水，靠水压作用，经配水管网，以各种方式将水分配给室内各个用水点。要确定水质、水压和用水量。室内排水则是将室内各种设备排出的污水分别汇集起来，直接或经过局部处理后，排入室外污水管道。为排除屋面的雨、雪水，有时要设置室内雨水道，把雨水排入室外雨水道或合流制的下水道。

室内消防系统是指安装在室内，用以扑灭发生在建筑物内初起的火灾的设施。根据火灾统计资料证明，安装室内消防系统主要有室内消火栓系统、自动喷水消防系统、水雾灭火系统、泡沫灭火系统、二氧化碳灭火系统、卤代烷灭火系统、干粉灭火系统等。

建筑电气系统是现代建筑必不可少的组成部分。指在建筑物中，为满足生活和工作用电而安装的与建筑物本体结合在一起的各类电气设备。主要有五个部分：变电和配电系统、动力设备系统（建筑物内有很多动力设备，如水泵、锅炉、空气调节设备、送风和排风机、电梯、试验装置等。这些设备及其供电线路、控制电器、保护继电器等组成动力设备系统）、照明系统（包括电光源、灯具和照明线路。）、防雷和接地装置、弱电系统（如电话系统、有线广播系统、消防监测系统、闭路监视系统、共用电视天线系统、对建筑物中各种设备进行统一管理和控制的计算机管理系统等）。

空气调节系统设置的目的是调节室内空气的温度、湿度、流通速度和洁净度，以满足居住者生活需要以及满足生产和科学实验需要。该系统的功能包括为室内供暖、通风、降温和调节湿度等。因此完整的空气调节系统要有热源，还要有冷源。

110.创造美好的建筑形象是否有规律可循
——谈建筑形式美法则

一个建筑给人们以美或不美的感受，在人们心理上、情绪上产生某种反应，存在着某种规律。建筑形式美法则就表述了这种规律。建筑物是由各种构成要素如墙、门、窗、台基和屋顶等组成的。这些构成要素具有一定的形状、大小、色彩和质感，而形状（及其大小）又可抽象为点、线、面、体（及其度量），建筑形式美法则就表述了这些点、线、面、体以及色彩和质感的普遍组合规律。一般可以概括为以下几方面。

建筑体形的几何关系。古代一些美学家认为圆、正方形、正三角形这样一些简单、肯定的几何形状具有抽象的一致性，是统一和完整的象征，因而可以引起人们的美感。现代建筑大师勒·柯布西耶也称赞这些简单的几何形状是美的体形，因为它们可以清晰地辨认。

主和从。植物的干和枝，花和叶，动物的躯干和四肢等都呈现出一种主和从的差异。这就启示人们：在一个有机统一的整体中，各个组成部分是不能不加以区别的，它们存在着主和从、重点和一般、核心到外围的差异。建筑构图为了达到统一，从平面组合到立面处理，从内部空间到外部体形，从细部处理到群体组合，都必须处理好主和从、重点和一般的关系。

对比和微差。建筑要素之间存在着差异，对比是显著的差异，微差则是细微的差异。就形式美而言，两者都不可少。对比可以借相互烘托陪衬求得变化，微差则借彼此之间的协调和连续性以求得调和。

均衡和稳定。处于地球重力场内的一切物体只有在重心最低和左右均衡的时候，才有稳定的感觉。如下大上小的山，左右对称的人等。人眼习惯于均衡的组合。通过建筑的实践使人们认识到，均衡而稳定的建筑不仅实际上是安全的，而且在感觉上也是舒服的。

韵律和节奏。自然界中的许多事物或现象，往往由于有秩序地变化或有规律的重复出现而激起人们的美感，这就叫韵律美。投石入水，激起一圈圈波纹，蜘蛛结网等都富有韵律。古今中外建筑几乎处处都有应用韵律美造成节奏感的，难怪有人把建筑比喻成“凝固的音乐”。

重复和再现。在音乐中某一主旋律的重复或再出现，通常有助于整个乐曲的和谐统一。在建筑中，往往也可以借某一母题的重复或再现来增强整体的统一性。随着建筑工业化和标准化水平的提高，这种手法得到很广泛的应用。

空间序列。建筑是三度空间的实体，不能一眼就看到它的全部，只有在连续行进的过程中，从一个空间到另一个空间，才能逐次看到它的各个部分，最后形成整体印象。组织空间序列就是把空间的排列和时间的先后两种因素考虑进去，使人们不单在静止的情况下，而且在行进中都能获得良好的观赏效果，特别是沿着一定的路线行进，能感受到既和谐一致，又富于变化。

除了传统的法则外，人们已开始更多地从人的生理机制、行为、心理、美学、语言、符号学等方面来研究建筑创作应遵循的准则。

111.怎样创造良好的建筑室内小气候
——谈建筑热工学

研究建筑物室内外热湿作用对建筑围护结构和室内热环境的影响的学科即建筑热工学。

建筑物常年经受室内外各种气候因素的作用。属于室外的气候因素有太阳辐射、室外空气的温湿度、风雨、雪和地下建筑物周围的土壤或岩体的温度和裂隙水等。这些因素所起的作用，统称为室外热湿作用。由于室外热湿作用经常变化，建筑物围护结构本身及由其围成的内部空间的室内热环境也随之产生相应的变化。属于室内的气候因素有进入室内的阳光、空气温湿度、生产和生活散发的热量和水分等。这些因素所起的作用，统称为室内热湿作用。室内外热湿作用的各种参数是建筑设计的重要依据，它不仅直接影响室内热环境，而且在一定程度上影响建筑物的耐久性。

建筑热工学的主要任务是研究如何创造适宜的室内热环境，以满足人们工作和生活的需要。建筑物既要抗御严寒、酷暑，又要把室内多余的热量和湿气散发出去。对于特殊建筑，如空调房间、冷藏库等不仅要考虑热工性能，而且还要考虑投资和节能等问题。

建筑热工学的研究范围包括：室外热湿参数（主要包括太阳辐射强度、室外空气温度、室外空气湿度、风速、风向、降水量、地温等参数）及其对室内热环境的影响，建筑材料热物理性能（通常用导热系数、导温系数、比热来表示建筑材料的热物理性能），房屋热稳定性（在热波作用下，房屋抵抗温度变化的性能），建筑热工测试（测量室外热湿参数、室内热环境的参数和建筑材料热物理性能，检验建筑热工设计效果的技术），以及特殊建筑热工（如空调房间热工设计、地下建筑传热等）。

现代人对居住、劳动生产场所的热环境要求不断提高，建筑技术和设备不断改进，建筑热工学的研究内容也不断深化。早期的建筑热工设计一般都采用简化的稳定或非稳定传热理论计算，现代逐步被更精确的动态模拟计算所替代。建筑热工学领域应用电子计算机技术后，又使过去若干难以计算的热工课题，如墙和屋顶等转角处三维温度场的计算、房间内部热环境变化（室温波动）等，都可以用电子计算机获得迅速和精确的计算结果。此外，随着城市、乡镇建设的发展，以及城市热环境的改变，建筑热工学研究领域逐步扩大到建筑群体的热环境的改善和利用。

112.怎样使城市的夜晚变得光辉灿烂
——谈建筑夜景照明

大凡到过一些世界著名城市的人都会对那里的夜景留下深刻印象，这当然是得益于建筑夜景照明技术。建筑夜景照明是表现建筑夜间景观的室外照明技术，多用于大型公共建筑、纪念性建筑、公园、雕塑和喷水池等处。它是建筑艺术和环境综合处理的一种手法，具有装饰和美化环境的作用。

建筑夜景照明始于商业、文娱和节日活动。自从 19 世纪发明白炽灯以来，通常用串灯布置在大型公共建筑的边棱上，形成轮廓照明。对于重要的纪念性建筑，一般采用泛光照明（为了提高环境的照度，使用布景投光器或目标投光器照明）。现代高层建筑多设大面积玻璃窗，室内照明夜晚透射到室外，也可形成室外夜景。第二次世界大战以后，随着城市建设的发展和新光源、新灯具的应用，许多大城市利用夜景照明形成光的构图，呈现出绚丽多姿的城市夜景。

建筑夜景照明可以采用多种照明光源，视所要求的照明效果而定。白炽灯、高压钠灯由于金黄色多，可用于需要暖色效果的受照面上。汞灯的寿命长，光效好，显示出带蓝绿的白色。金属卤化物灯的光色发白，可用于需要冷色效果的受照面上。光源的照度值应根据受照面的材料、反射系数和地点等条件而定。建筑夜景照明大部分采用泛光灯具。

作为一种艺术和技术手段，建筑夜景照明有几点设计原则：①利用不同照明方式设计出光的构图，以显示建筑、雕塑等的轮廓、体量尺度和形象等。②利用照明的位置能够在近处看清楚建筑、雕塑的材料、质地和细部，在远处看清楚它们的形象。③利用照明手法，使建筑、雕塑等产生立体感，并与周围环境配合或形成对比。④利用光源的显色使光与环境绿化融合，以显示出树木、草坪、花坛等的翠绿、鲜艳、清新等感觉。⑤对于喷水池要保证足够的亮度，以便突出水花的动态，并可利用色光照明使飞溅的水花绚丽多彩，对于水面则要反映灯光的倒影和水的动态。

夜景照明手法也是多样的。手法的运用取决于受照对象的质地、形象、体量、尺度、色彩和所要求的照明效果、观看地点以及与周围环境的关系等因素。照明手法一般包括光的隐现、抑扬、明暗、韵律、融合、流动、与色彩的配合等。在各种照明手法中，泛光灯具的数量、位置和投射角是关键问题。

总之，建筑夜景照明为人们的生活增添了色彩，在我国已越来越受到重视，相信我们更多的城市会变得更加迷人。

113.建筑物是靠什么拔地而起的
——建筑构造浅谈

在现实生活中，我们可以发现许多造型各异的各类建筑，那么这些建筑是怎样构造的，是什么原因使它们稳定地站立的呢？当我们了解了有关建筑构造的一般常识，上述问题便可迎刃而解了。

建筑构造是研究建筑物的构成、各组成部分的组合原理和构造方法的学科。主要任务是提供合理的构造方案，作为建筑设计的依据。

在建筑设计时，不但要解决空间的划分和组合、外观造型等问题，而且还必须考虑建筑构造上的可能性。为此，就要研究能否满足建筑物各组成部分的使用功能；在构造设计中综合考虑结构造型、材料的选用、施工的方法、构配件的制造工艺，以及技术经济、艺术处理等问题。

一般来讲，建筑构造的研究内容包括几个方面：

（1）建筑结构体系。建筑结构是构成建筑物并为使用功能提供空间环境的支承体，承担着建筑物的重力、风力、撞击、振动等作用下所产生的各种荷载；同时又影响建筑构造、建筑经济和建筑整体造型的基本因素。为此，就要研究：建筑物的结构体系和构造形式的选择；影响建筑刚度、强度、稳定性和耐久性的因素；结构与各组成部分的构造关系等。

（2）建筑部件。对于建筑物来说，屋顶、墙和楼板层等都是构成建筑使用空间的主要组成部件，它们既是建筑物的承重构件，又都是建筑物的围护构件。它们的功能是用来抵御和防止风、雨、雪、冻、地下水、太阳辐射、气温变化、噪声以及内部空间相互干扰等影响，为提供良好的空间环境创造条件。

（3）建筑配件。按照建筑功能需要而设置的构件和设施，包括楼梯、台阶、阳台、雨篷、栏杆、隔断、门、窗、天窗、火墙、火坑和房屋管道配件等。建筑配件除满足使用功能要求外，均有艺术造型方面的要求。

（4）建筑防护。为了防止建筑物在使用过程中受到各种人为因素和自然因素的影响或破坏，必须研究下述问题，并采取安全措施。

随着建筑业的发展，多层建筑、高层建筑、大跨度建筑以及各种特殊建筑都在构造上不断提出新的研究项目。例如建筑工业化的发展，对构配件提出既要标准化，又要高度灵活性的要求；为节约能源而出现的太阳能建筑、生土建筑、地下建筑等，提出太阳能利用和深层防水、导光、通风等技术和构造上的问题；核电站建筑提出有关防止核扩散和核污染的建筑技术和构造的问题；为了在室内创造自然环境而出现的“四季厅”、在遮盖的运动场，提出大面积顶部覆盖的技术和构造的有关问题等，都有待于深入研究。

114.建筑结构花样有多少
——谈建筑结构的种类

我们知道建筑结构如同建筑物的骨架，是构成建筑物并为使用功能提供空间环境的支承体，承担着建筑物的重力、风力、撞击、振动等作用下所产生的各种荷载；同时又是影响建筑构造、建筑经济和建筑整体造型的基本因素。建筑结构种类较多，基本可分为木结构建筑、砖混结构建筑和骨架结构建筑（以上为传统建筑结构体系建筑）、装配式建筑和工具式模板建筑（以上为现代工业化施工的结构体系建筑）、筒体结构建筑、悬挂结构建筑、薄膜建筑和大跨度结构建筑（以上为特种结构体系建筑）等。

木结构建筑指以木材组成承重构件的建筑物。中国的木结构建筑以抬梁式构架、穿斗式构架为主。欧美各国则以框架式结构为主。随着现代科技的发展，木材性能通过技术处理得到改善，木结构的结合和胶合技术等也有改进。木构架除了传统的梁、桁架等结构形式外，还出现了大跨度建筑所用的框架、拱、网架、壳体等结构形式。

砖混结构建筑主要指以砖墙和钢筋混凝土梁、楼板（屋面板）做承重构件的建筑，也泛指以砖、石、混凝土块材做承重墙，其他材料做梁、楼板形成承重构件的建筑，还包括砖、石或混凝土块材砌筑的和钢筋混凝土框架共同承重的建筑。

骨架结构建筑则是利用由杆件组成的结构体系来承受屋面、楼面传来的荷载的建筑。骨架结构的部件分工明确，可根据需要选用材料，如受力的骨架可选用具有良好力学性能的钢或钢筋混凝土，不承重的墙则选用隔声、隔热好的轻质材料。

装配式建筑是工业化生产的产物。它是用预制的构件在工地装配而成的建筑。这种建筑的优点是建造速度快，受气候条件制约小，节约劳动力并可提高建筑质量。装配式建筑有五种：砌块建筑、板材建筑、盒式建筑、骨架板材建筑、升板和升层建筑。

工具式模板建筑指施工时用活动式大尺寸模板作为拼装的工具进行机械化浇注混凝土墙体或楼板的建筑。这种模板多用于建造多层和高层建筑。

筒体结构建筑指由一个或几个筒体组成承重结构的高层建筑。整个建筑如一个固定于基础的封闭空心悬臂梁，具有良好的刚度和防震能力。

悬挂结构建筑则指屋顶或各楼层、悬挂在立柱（井筒、塔架）上的建筑。其特点是用分散的钢索和吊杆承担屋顶和楼板重量，充分发挥钢材的力学性能，因而可以增大结构跨度和减少材料用量，并可使建筑的形式富于变化。

用薄膜材料做围护结构的建筑称薄膜建筑。薄膜多为纤维织物，表面敷加聚酯薄膜、金属薄膜等涂层。按空间承托手段的不同，可分为篷帐薄膜建筑和充气薄膜建筑两类。

大跨度结构建筑指横向跨越 30 米以上空间的各类结构形式的建筑。其结构类型有折板结构、壳体结构、网架结构、悬索结构、充分结构、篷帐张力结构等。大跨度结构多用于民用建筑中的影剧院、体育馆、展览馆、大会堂、航空港候机大厅及其他大型公共建筑，工业建筑中的大跨度厂房、飞机装配车间和大型仓库等。

115.空间利用何为极限
——谈高层建筑

高层建筑无疑是现代科技的产物。世界各国对高层建筑的高度和层数界限的规定并不一致。中国规定超过 10 层的住宅建筑或超过 24 米高的其他民用建筑为高层建筑。美国的高层建筑是指 30～40 层以及更高的建筑。日本规定住宅超过 20 层，旅馆、办公楼超过 30 层者为超高层建筑。1972 年国际高层建筑会议将高层建筑分为 4 类：第 1 类为 9～16 层（最高 50 米），第 2 类为 17～25 层（最高 75 米），第 3 类为 26～40 层（最高 100 米），第 4 类为 40 层以上（高于 100 米）。

世界各城市的生产和消费的发展达到一定程度后，莫不积极致力于提高城市建筑的层数。实践证明，高层建筑可以带来明显的社会经济效益：首先，使人口集中，可利用建筑内部的竖向和横向交通缩短部门之间的联系距离，从而提高效率；其次能使大面积建筑用地大幅度减小，有可能在城市中心地段选址；第三，可以减少市政建筑投资和缩短建筑工期。

虽然高层建筑有许多优点，但是从设计角度而言，当高层建筑的层数和高层增加到一定程度时，它的功能适用性、技术合理性和经济可行性都将发生质的变化。与多层建筑相比，在设计上、技术上都有许多新的问题需要加以考虑和解决。

除了建筑方面、结构方面、设备和电气方面的特殊问题外，主要还有：

（1）关于城市经济效益和环境效益问题，应遵照城市规划部门指定的地段和控制高度建设。

（2）高层建筑造价高于多层建筑，因此需要各专业设计人员密切合作使平面布局合理，做到结构简捷，便于安装。

（3）高层建筑最突出的是防火安全设计，各专业设计人员应严格遵守高层建筑设计防火规范的规定。

高层建筑存在许多优点已逐步得到公认，但也存在不少问题。各国的大城市建设部门，都在不断地对已经出现的各种问题进行全面研究，采取改进措施。这些措施是：

（1）提前在城市发展规划中预做统筹安排，协调单个高层建筑、高层建筑群布点同周围环境、已有建筑、名胜古迹、城市风貌、市政公用设施等之间的矛盾。

（2）克服高层建筑使大量人口远离绿化地带、生活环境不如低层和多层建筑等缺点，设法增加每层绿化阳台、敞开式的公共休息层、屋顶花园等。

（3）大力开发高层建筑结构、构造、防火安全、竖向交通所必需的高级材料、设备和设计施工技术等基本条件，严格控制质量，力争降低工程造价和管理费用。

（4）在建筑设计方面，对高层建筑带来的日照阴影和电磁波干扰的影响，对体量高大突出的建筑造型风貌和城市空间天际线的艺术效果，以及高层建筑群大量集中的人口对城市供应和交通的影响等多种问题，采取新的科学分析和研究步骤，以求得最佳设计方案。

116.既可上天，何妨入地
——谈地下建筑

地下建筑，顾名思义，是建造在地下岩层或土层中的建筑。人类合理开发和综合利用天然形成的、人工挖掘的地下空间，不仅有助于缓和现代城市发展中的各种矛盾，改善生活环境，还为人类开拓了新的生活领域。由于地下建筑的大规模发展，地下建筑学正在形成，它的研究内容包括地下建筑的发展历史和发展方向，地下空间的开发和利用，城市地下空间的综合规划，各类地下建筑的规划设计，以及与地下建筑有关的环境、生理、心理和技术问题。

地下建筑具有良好的防护性能，较好的热稳定性和密闭性，以及综合的经济、社会和环境效益。地下建筑处在一定厚度的岩层或土层中，可免遭或减少核武器、常规武器、化学武器和生物武器的破坏，同时也能较有效地抵御地震、飓风等自然灾害。地下建筑的密闭环境和周围存在着的比较稳定的温度场，对于创造恒温和超净的生产环境和在低温或高温状态下贮存物资，防止污染，特别是对于节约能源，都是有利的。在城市中有计划地建造地下建筑，对节约城市用地，降低建筑密度，改善城市交通，扩大绿地面积，减轻城市污染，提高城市生活质量等方面，都可以起到重要的作用。地下建筑当然也有一些缺点，如建筑成本高，施工复杂等。

地下建筑按功能分类，有军用建筑、民用建筑（包括居住建筑、公共建筑）、各种民用防空工程、工业建筑、交通和通信建筑、仓库建筑、以及各种地下公用设施（如地下自来水厂、固体或液体废物处理厂、管线廊道等）。此外兼具几种功能的大型地下建筑称为地下综合体。

地下建筑具有悠久的历史，随着科技的进步，发展前景广阔。目前有几种发展趋向：

（1）类型不断增多和规模不断扩大。如在深部地层（几百米到千米以上）建造地下核废料库；以节能为主要目的的地下建筑发展很快；大规模的地下污水处理厂已在少数发达国家中兴建。

（2）设计和建造技术不断提高。如为了减低工程造价，就要采用新型结构、高效设备和高强材料等。

（3）开展多学科的研究工作。地下建筑的迅速发展，使越来越多的人以不同方式生活在地下建筑中，从医学、生理学、心理学等学科的不同角度多方面研究改善地下环境的途径和措施，包括一些比较复杂的问题已开始进行研究。

（4）从个体向群体、从单一向综合发展。城市建筑发展到一定阶段，个体的，分散的地下建筑已不能适应城市生活多方面的需要，必然逐步向群体和综合的方向发展。例如，地下铁路的增加形成地下高速交通网，在不同线路的换乘点上就比较容易形成一个包括换乘车站、停车场和商店等的地下综合体。又如，为了充分利用城市地下空间，应改变城市公用设施的自成系统和管线直埋的状况，使之向综合布置和采用多功能管线廊道的方向发展。为此，要在统一的城市总体规划指导下，制订城市地下空间的综合开发利用规划，并同地上的城市发展规划统一起来。

117.综合体建筑为何物
——介绍日益增多的综合体建筑

我们把由多个使用功能不同的空间组合而成的建筑，称综合体建筑，又称建筑综合体。一般有两种类型：单体式，即只有一幢建筑；组群式，即有多幢建筑。

单体式综合体建筑可以是各层之间使用功能不同，也可以是一层内各个房间之间使用功能不同。一般由既有分工又有联系的各个部分组成，有时也由彼此并无联系的各部分组合在一起。

国外许多超高层建筑中，常将多种不同使用性质的房间纳入一幢大楼内。美国芝加哥 1970 年建成的约翰·汉考克大厦是一幢 99 层（高 335 米，另有一层地下室）大楼，建筑面积 26 万平方米。底层是主门厅和商业空间，地下室是商业空间和服务空间，2 层是办公专用的门厅和商业空间，3～5 层是商业空间，6～12 层是停车场（可停 1200 辆），13～41 层是出租的办公用空间，42～43 层是大楼的设备层，44～45 层是空中休息厅（有游泳池、餐馆和商店），46～92 层是大小不等的 700 个单元的公寓，93 层是电视用房，94 层是瞭望层（供俯瞰全市之用），95～96 层是餐馆，97 层是电视用房，98～99 层是大楼的各一设备层。

这种综合体建筑的合理性在于节约用地，缩短交通距离，提高工作效率和发挥投资效益等。

组群式综合体建筑在总体设计上、功能上、建筑艺术上都是完整的建筑群，各个建筑物之间，互相协调，互为补充，成为功能统一的综合体。例如北京 1956 年建成的友谊宾馆用地 20 公顷，总建筑面积 18 万余平方米，中心区有主楼、南北配楼、礼堂等，是一组包括接待室、客房、餐厅、舞厅、会议厅、礼堂等主体建筑群。四周还有几组配楼，配楼群中包括公寓、餐厅、游泳池、健身房、会议楼、总机房等。

还有一种组群式建筑综合体，是多种性质、多种功能的复合中心。例如设有旅馆、出租公寓、住宅、办公楼、展览厅堂、会议厅楼、商店、餐厅以及文化活动建筑、附属建筑等组成的贸易中心类的组群式建筑综合体。美国纽约 1940 年建成的洛克菲勒中心建在一个完整的街区内，由几幢高层建筑组成，设有办公用房、饭店、戏院及其他娱乐场所、商店、展览厅、电台、博览厅等。1978 年建成的美国纽约花旗中心设有银行、教堂和商场等。旧金山 80 年代建成的恩巴卡德罗中心由四幢 50 层左右构造相似的办公楼组成。它的地下室作为车库及其他服务空间，1～2 层是商业空间，其他都是办公空间，各楼 2～3 层之间有跨街天桥连接。

118.通过建筑可以利用太阳能吗
——介绍太阳能建筑

我们知道太阳拥有取之不尽的巨大能量。在建筑中应用太阳能供暖、制冷，可节省大量电力、煤炭等能源，而且不污染环境，在年日照时间长、空气洁净度高、阳光充足而缺乏其他能源的地区，采用太阳能供暖、制冷，尤为有利。当然，目前太阳能建筑还存在投资大，回收年限长等问题有待进一步解决。

在建筑中利用太阳能供暖和制冷的方式，基本上可分为主动式和被动式两种系统。但是这两种太阳能系统，都必须采用辅助热源，以便在一年中最不利的情况下保证提供所需的全部热能。

主动式太阳能系统是靠常能（泵、鼓风机）运行的系统，由集热器、蓄热器、收集回路、分配回路组成，通过平板集热器，以水为介质收集太阳热。吸热升温的水，贮存于地下水柜内，柜外围以石块，通过石块将空气加热后送至室内，用以供暖。如将蓄热器埋于地层深处，把夏季过剩的热能贮存起来，可供其他季节使用。主动式太阳能系统按传热介质又可分为空气循环系统、水循环系统和水、气混合系统。

被动式太阳能系统则是用建筑物的一部分实体作为集热器和贮热器，利用传热介质对流分配热能的系统。被动式太阳能系统利用建筑材料的吸热性、蓄热性和传热介质的对流收集热能、贮存热能、分配热能。被动式太阳能系统在冬季吸收热能作为供暖的热源，在夏季把建筑物内的热量散发出去，作为调节室内温度的冷源。被动式太阳能系统的能量利用比较充分，效率较高，经济实惠，且简而易行，发展前途比较广阔。在我国新疆、内蒙、天津、甘肃等地区已有多处采用。目前被动式系统有以下五种：

（1）直接收益式。在房屋的朝阳面设置大面积双层玻璃窗，利用室内的地面和墙体作为蓄热体吸收太阳能。

（2）水墙式。将朝阳墙面做成装水的墙体，墙外设玻璃幕墙，两者之间留出空气隔层。在冬季的白天，阳光把水墙加热后向室内散热；夜晚关闭活动的隔热保温板，使已蓄热的水墙能保证室内热量不致散失。夏季还可利用水墙作为隔热墙之用，防止辐射热入室。

（3）蓄热墙式。将朝阳墙面做成厚重实墙，外涂黑色，外层设玻璃幕墙，两者之间留出空气隔层。实墙上留出适当的采光面积，上、下留洞口。

（4）太阳温室式。在房屋外部建一玻璃温室，与室内有洞口相通。白天太阳将温室加热后，实墙已蓄热，热量即散入室内。实墙也可设计成隔热用的水墙。

（5）屋顶水池式。在屋顶上用透明材料做成水袋或水池，上盖活动式隔热保温板。在冬季的白天，将保温板拉开，太阳将水加热，夜间关闭保温板。水有较大的热容，可持续向室内散热。

总之，太阳能建筑是一种很有发展前途的建筑类型。

119.一个完整的建筑物一般由哪几部分构成
——谈建筑部件

如果我们将一个建筑物进行解剖分析，它应有几个必不可少的部件，即屋顶、墙、基础、门和窗、楼梯、管道等。另外根据建筑物的性质、规模等的不同，还或多或少地具备如下部件，如楼板层、阳台、栏杆、固定家具和设施、坡道、台阶、顶棚等等细部构件。

一般来讲，建筑的外墙、屋顶、侧窗、外门等构成建筑的外围护结构，用以抵御风雨、温度变化、太阳辐射等，应具有保温、隔热、隔声、防水、防潮、耐火、耐久等性能。而建筑内部的隔墙、楼板和内门窗等，起分隔室内空间作用，称内围护结构，应具有隔声、隔视线以及某些特殊要求的性能。

下面我们具体来看一下上述几个主要的建筑部件。

屋顶是指房屋最上层起覆盖作用的围护结构，又称屋盖。屋顶由屋面和支承结构等组成，有些屋顶还有保温或隔热层。屋面是屋顶的上覆盖层，包括面层和基层。面层的主要作用是防水和排水；基层具有承托面层、起坡、传递荷载等作用。屋顶的支承结构可采用屋架、刚架、梁板等平面结构系统，也可采用薄壳、网架、悬索等空间结构系统。根据屋顶排水坡度的不同，常见的有平屋顶、坡屋顶两大类。

墙是建筑物竖直方向的主要构件，起分隔、围护和承重等作用，还有隔热、保温、隔声等功能。中国古代主要以土和砖筑墙，欧洲古代则多用石料筑墙。19 世纪以来，出现了混凝土和钢筋混凝土墙，各种轻金属、玻璃、塑料等材料制成的非承重悬挂墙板等。地方材料墙仍在广泛使用。砖墙在建筑中仍占相当比重。砌筑砖墙用的粘土砖正在向轻质和高强度发展，其中法国和德国的空心砖，空心率为 40%，强度却为每平方厘米 500～800 千克力；美国的一种五孔 E 字形空心砖强度为每平方厘米 1170 千克力。有的粘土砖因为掺入其他材料，而具有各种颜色，增添墙体饰面效果。

建筑物底部与地基接触并把上部荷载传递给地基的构件叫作基础。由室外地面到基础底面的距离，称为基础埋置深度。这一深度的选择，是以满足地基稳定和变形要求为前提，力求浅埋，以降低造价和简化施工。基础埋置深度超过 5 米的为深基础，不足的为浅基础。浅基础一般有条形基础、独立基础、联合基础、片筏基础、箱形基础、壳体基础等几类。深基础则包括桩基础、沉井基础和地下连续墙等几种。

楼板层则是建筑物中水平方向分隔空间的构件，又称楼层、楼盖。楼板层应有足够的强度、刚度来承载它上面的家具、设备和人等荷载，并把这些荷载传递给承重构件，对整座建筑起水平支撑作用，并能根据需要满足防水、防潮、防火、隔声、保温、隔热、耐化学侵蚀等功能要求。

120.你知道建筑装修和建筑装饰指的是什么吗

建筑装修和建筑装饰是两个不同的概念。建筑装修是在建筑物的主体结构工程以外为了满足使用功能的需要所进行的装设和修饰，如门、窗、栏杆、楼梯、隔断等配件的装设，墙面、柱、梁、顶棚、地面、楼层等表面的修饰；建筑装饰主要是为了满足视觉要求对建筑所进行的艺术加工，如在建筑物内外加设的绘画、雕塑等。装修和装饰也指这两项工作所完成的实体。

值得注意的是建筑的装修和装饰是受社会背景、自然地理环境、经济条件、民族习俗和科学技术水平等因素的影响。中国古代的木结构建筑常在门窗、隔扇、罩、天花等建筑构件雕出各种图案纹样，在梁、枋、柱、斗拱等结构构件上施以油漆彩画，使装修装饰和结构有机地结合在一起。而古代的埃及则以石为主要建筑材料，喜用尼罗河两岸生长的动植物形象做装饰。还用皇帝的生活场景，或战争场面、宗教经文作为石刻装饰的内容。古希腊喜用男女雕像的石柱来装饰建筑。古罗马的拱券结构建筑用券柱和叠柱的构图来修饰墙面。拜占廷天主教堂多用白、绿、蓝、黑、红等色大理石或玻璃马赛克做墙、柱、拱顶的贴面，并镶嵌成天使、使徒、圣者等图像做装饰。欧洲中世纪的哥特式教堂，室外用镂雕纤细的石栏杆、石窗棂，室内用工字形铅条，镶嵌着以圣经故事为内容的彩色玻璃做装饰。

从产业革命至今，随着科学技术的进步，建筑装修和装饰不断完善，出现了各种不同观点和流派。①有的建筑师认为装饰是建筑不可缺少的部分，至于装饰的内容和形式则因时而异。20 世纪初，建筑上常用钢铁模仿植物图案来装饰门窗、栏杆和柱头。30 年代则多用几何化的传统花纹作为建筑装饰。60 年代受多种艺术流派影响流行超级图案式的装饰。70 年代后现代派提出“少就是枯燥”，主张不拘一格，采用各时期、各地区的传统图形和手法来装饰建筑。②在两次世界大战之间和之后一段时间，由于战争带来的贫困和房荒，有人提出取消建筑上没有功能意义的装饰。这种观点在现代主义建筑中得到了充分的体现。③有的建筑师主张结合利用建筑材料、设备和结构构件、或结构形式等作为装修装饰手段，被称为有机装饰。早在 19 世纪英国的“手工艺运动”已开始倡导运用传统的红砖、红瓦、印花壁纸和彩色玻璃本身来修饰建筑。50 年代以来，各种新型建筑材料如塑料面材、人造纤维地毯、不锈钢、铝合金、镀铬玻璃等，不断丰富和更新建筑面貌。随着建筑设备的日益增多，有的建筑师将各种管道、音响设施、电梯、或设备上的零件、结构构件等加以精心设计、充分暴露，兼做建筑上的装饰物。还有的建筑干脆利用整个结构造型作为装饰手段。

121.怎样创造安静宜人的生活环境
——谈建筑环境噪声控制

我们大家都愿意生活在安静轻松的环境中，那些各种各样的噪声刺激显然是不利于人们身体健康的。为了创造安静的环境，对建筑室内外噪声所采取的综合治理措施就是我们所要谈的建筑环境噪声控制。在建筑设计中，主要从限制声源噪声和降低传播中的噪声两个方面来考虑。前者包括选用低噪声的设备，对噪声源加装隔声罩、消声器和采取隔振措施；后者包括采取合理的平面布置、改变声传播距离、设置声屏障和进行室内吸声处理等。

下面我们看一下什么是噪声源。建筑环境噪声在室内，有来自人的活动和卫生设备、通风系统、电梯等产生的噪声。在室外，主要是交通（包括机动车辆、轮船和飞机等）噪声、工业（包括固定的工矿企业和流动的施工机械等）噪声和人群喧闹声，影响所及往往是一群建筑物或一个小区。根据噪声源的不同，环境噪声控制可分为室外噪声控制和建筑噪声控制。

室外建筑噪声控制，在建筑设计上，主要通过以下四个方面的措施来控制：

（1）制定合理的城市规划是控制室外噪声的一个重要措施。其原则是根据噪声特点和要求的安静程度，按功能进行建筑分区，或在建筑平面上进行合理布置，避免交通干线穿越住宅区或安静程度要求较高的地区。

（2）在声源和建筑物之间用实心物体遮挡直达声，即设置隔声屏障。人造的或天然的物体，例如实心围篱、围墙、土堤、山丘或其他建筑都可应用，也可利用地形起伏和深入地面的路堑来达到屏障的目的。这种隔声方法对高频声最为有效，一般可降低噪声中的高频部分 15～25 分贝。

（3）绿化屏障可兼收降噪的效果。其降噪效果取决于树木高度、栽植密度和种植面积的宽度，以及树丛的枝叶层是否延伸到地面。由于实际情况的复杂多变，加上测量条件的差异，绿化带噪声衰减值的实测数据有较大出入。此外，绿化可以点缀环境，创造宁静的气氛，对人产生良好的心理效果。

（4）外墙构件降噪是另一种有效方法。外墙隔声主要取决于窗的结构。大多数建筑物是单层窗，隔声性能差。目前国外普遍采用夹层窗对降噪起到很好效果。利用阳台或花台栏板对声波的遮挡作用，加上室内平顶或上层阳台底面的吸声处理，可减少这部分表面对交通噪声的反射声能。

除了上述建筑室外噪声控制外，建筑本身噪声控制主要是控制建筑设备的噪声，包括建筑设备隔振、空气声隔声、固体声隔声、吸声降噪等措施。

122.建筑也需保健
——谈建筑防护

一个建筑物一旦建成使用，也就意味着它将不断地变化，为了减缓其老化的速度和程度，人们在使用建筑的过程中，就要对建筑进行适当的防护。建筑保护一般包括建筑防火、建筑防震、建筑防爆、建筑电磁屏蔽、建筑辐射防护、建筑防尘、建筑防腐蚀等方面。下面简要介绍一下。

建筑防火指在建筑设计中应采取防火措施，以防火灾发生和减少火灾对生命财产的危害。它包括火灾前的预防和火灾时的措施两个方面。建筑防震则指为避免或减轻地震对建筑物的危害所采取的措施。建筑防爆是对于有发生爆炸可能性的建筑物所做的防爆设计和采取防爆、泄爆的构造措施。建筑电磁屏蔽是对需要隔离电磁波干扰和防止电磁波外泄的建筑物（更多的是这种建筑物中的部分空间）所采取的建筑技术措施。建筑辐射防护指从建筑设计方面对有辐射源的建筑物所做的减免辐射伤人的防护屏蔽措施，包括建筑选址、建筑布局、屏蔽材料选择、屏蔽构件设计，以及防止射线散射、泄漏等措施。

所谓建筑防尘，许多建筑都有防尘要求，某些建筑或者建筑中的某些房间在防止尘粒污染方面有很高的要求，例如航天工业、原子能工业、电子工业等部门的洁净车间，医疗部门的无菌手术室和医药部门的生物洁净室，都要在建筑上采取严格的防尘措施。建筑防尘的设计原则是力求杜绝来自室外和室内的尘粒。建筑防腐蚀也应值得注意。工业生产过程中应用和产生的酸、碱、盐以及侵蚀性溶剂，大气、地下水、地面水、土壤中所含侵蚀性介质，都会使建筑物受到腐蚀。

此外，设置变形缝也是建筑防护中经常采用的方法。因为建筑物在外界因素作用下常会产生变形、导致开裂甚至破坏，变形缝就是针对这种情况而预留的构造缝。

123.建筑种类知多少

随着社会的不断发展，建筑的种类也不断地增多，每一种建筑类型都因其特有的性质和功能而要求设计师做不相同的建筑处理，那么到底都有哪些种类的建筑，大体来讲，有居住建筑、行政办公建筑、文教卫生建筑、商业建筑、交通通信建筑和工业建筑、农业生产建筑等几大类。下面我们就分别简要地介绍一下。

先谈谈居住建筑。随着农村人口向城市集中，城市住宅发生了很大变化。城市用地的日益紧张，促成了并联式、连排式、公寓式住宅和高层住宅的迅速发展。现代居住建筑类型多样，“户”或“套”是组成各类住宅的基本单位。住宅建筑按组合方式可分为独户住宅和多户住宅。按层数可分为低层、多层、高层住宅。按居住者的类别可分为一般住宅、高级住宅、青年公寓、老年人住宅、集体宿舍、伤残人住宅等。根据不同结构、材料、施工方法，也有按主体结构的不同类型将住宅分为砖混住宅、砌块住宅、大板住宅等多种类型。

行政办公建筑一般分为办公楼、市政厅、会堂、法院建筑、监狱建筑和消防站等。

文教卫生建筑一般包括学校建筑、托幼建筑、实验室建筑、天文馆建筑、图书馆建筑、博物馆建筑（美术馆建筑）、展览馆（国际博览会建筑）、文化宫、少年宫、剧场、音乐厅、电影院、杂技场建筑、体育建筑（游泳馆等）、医院建筑和纪念性建筑。

交通通信建筑包括铁路客运站、长途汽车站、水路客运站、航空港、邮局建筑、电信楼、广播电视建筑、国际卫星通信地面站等。

工业建筑在 18 世纪后期最早出现于英国，后来在美国以及欧洲一些国家也兴建了各种工业建筑。中国是在 50 年代才开始大量建造各种类型的工业建筑。工业建筑种类繁多，包括钢铁厂建筑、机械制造厂建筑、精密仪表厂建筑、航空工业建筑、造船厂建筑、水泥厂建筑、化工厂建筑、纺织厂建筑、火力发电厂建筑、水电站建筑和核电站建筑等。

农业生产建筑，顾名思义，它是供农业畜牧业生产和加工用的建筑物和构筑物。农业生产建筑早期多附建于农民的住房，功能简单。随着社会的发展和技术的进步，农业生产建筑类型不断增多，逐渐走向专门化，建筑设备的温度湿度控制等技术也日趋复杂。

124.建筑材料何其多
——谈建筑材料的发展

建筑是时代的象征，是凝固的乐章。那么，作为构成建筑物主体部分的建筑材料，可以说是谱写这首乐章的音符。

建筑材料的发展是随着人们生活水平的不断提高，审美心理的改变以及现代工业技术的发展而发展的。新型建筑材料如雨后春笋般不断涌现。所谓新型建筑材料是相对于传统建筑材料而言的。建筑传统材料，我们知道一般是指水泥、玻璃、木材、砂石和不经改性使用的石油沥青、焦油沥青、石灰等建房用的材料。在科学技术发达的今天，传统的建筑材料已越来越不能满足建筑工业的要求。

新型建筑材料按功能及使用部位分类，有以下几种：新型建筑地面装饰材料、新型墙体材料、新型建筑墙面装饰材料。混凝土外加剂、新型建筑功能性材料、新型建筑防水材料、其他新型建筑材料。

按其主要原材料分类，又可分为：

（1）新型无机建筑材料。如玻璃马赛克、陶瓷质装饰材料、水泥花阶砖、中空玻璃、茶色玻璃、加气混凝土、轻骨料混凝土。

（2）新型有机建筑材料。主要有建筑涂料、建筑胶粘剂、塑料地板、地毯、墙纸、塑料门窗、浴缸等；

（3）新型金属建筑材料。如铝合金门窗、墙板、钢门窗、钢结构材料、建筑五金等。

新型建筑材料是综合了化学、物理、建筑、机械、冶金等学科的新技术而发展起来的。一般具有以下特点：①轻质。主要以多孔、容重小的原料制成。②高强。一般常见的高强材料有金属铸件、聚合物浸渍混凝土、纤维增强混凝土等。③多功能。一般指材料具有保温隔热、吸声、防火、防水、防潮等性能，以使建筑物具有良好的密封性能及自防性能。④应用新材料及工业废料。原料选用化工、冶金、纺织、陶瓷等工业新材料或排放的工业废液、废渣。⑤复合型。运用两种材料的性能进行互补复合，以达到良好的材料性能和经济效益。⑥工业化生产。采用工业化生产方式，产品规范化、系列化。

建筑材料科学是一门综合性的材料科学，它几乎涉及各行各业。因此，对它的研究、生产以及管理必须掌握有机化学、无机化学、表面物理化学、金属材料学等有关学科的知识，并融会贯通，才能不断地开拓新型建筑材料的新品种。对于新型建筑材料的施工及使用，必须充分了解它的性能特点、施工规范、保养等知识，严格按科学方法施工，以使其特点得以充分发挥，保证建筑工程的质量。

125.实现建筑蓝图的手段是什么
——略谈建筑施工

一个十分美好的建筑设计，若没有建筑施工将其变为现实，它也只能是一幅供人欣赏的图画。那么建筑施工都包括哪些内容，建筑施工大致有哪些工艺和技术呢？

建筑施工一般包括土方工程、基础工程、钢筋混凝土工程、砖砌体工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、防水工程和装饰工程。

（1）工业与民用建筑的施工，首先要进行土方工程，它包括场地平整、修筑道路、基坑或管沟的开挖及其施工后的回填，古墓、枯井及杂填土地基的处理等。所以土方工程施工过程中的主要工作有：开挖、运输、填筑与夯实，以及失稳土壁的加固和基坑排水等辅助性的工作等。

（2）在城市建设中，高层建筑及各种大型建筑物日益增多，规模愈来愈大。对基础工程的要求是承载力大、抗震性能好、沉降量小。基础工程包括的内容较多，如基槽（坑）土方、地基加固、各类基础以及与之有关的一些技术处理等问题。其施工新工艺和新技术主要有振冲地基、旋喷地基、桩基础及地下连续墙等。

（3）钢筋混凝土这一复合性材料，以其性能优异、材料易得、施工方便，具有很强的生命力。钢筋混凝土工程，从施工工艺上看，可分为现浇钢筋混凝土工程和预制钢筋混凝土结构安装工程两部分。钢筋混凝土工程，由模板工程、钢筋工程和混凝土工程三部分组成。

（4）砌砖工程，在我国有着悠久的历史。它具有就地取材、坚固耐久，技术易掌握，造价低廉等特点。但它也存在技术性和使用功能差、工期长、劳动强度大、工效及机械化程度低等缺点。砖砌体是砖块与砂浆组砌而成，其质量的好坏，主要反映在砌体的强度和整体性是否符合设计要求，外观是否平顺、整齐、美观。而砌体的强度、整体性和外观取决于砌体所使用的材料质量和砌筑技术的优劣。砌砖工程施工是一个综合施工过程，其中材料运输与脚手架的搭设，对砖砌体的施工起着关键性的作用。

（5）结构安装工程是装配式建筑物施工的主导工程，在完成装配式结构安装时，除应保证符合设计要求和安全生产外，还需要有较好的经济效益。各类装配式结构构件的受力和构造各异，构件的形状和重量不一，建筑面积有大有小，其安装高度也各不相同。组织结构安装工程需要解决的问题有以下几个方面：合理选择起重机械、吊具和索具，拟定结构吊装方案、构件吊装工艺和安全措施，确定起重机开行路线和构件平面布置等。

（6）防水工程可分为屋面防水和地下防水（防潮）两部分，其施工质量的好坏和所用防水材料的优劣，不仅直接影响建筑物的使用功能，还关系到建筑的使用寿命。防水工程分为三种：卷材防水、涂膜防水、防水砂浆及结构防水。

（7）装饰工程是建筑施工的最后工序。它是使用各种手段修饰建筑物，达到美观、整洁、防护等作用。装饰工程主要是对建筑物内外表面的修饰。其工期一般占总工期的30～40%，甚至可达50%以上。一般包括抹灰工程、饰面板安装、建筑涂料、墙纸裱糊、油漆等内容和工艺。

126.电脑是如何开辟建筑新天地的
——浅谈　CAAD

计算机辅助建筑设计，简称 CAAD（Computer Aided Ar－chitectural Design），是新兴的电子计算机技术科学与古老的建筑科学“联姻”的产物。电子计算机的应用有力地推动了其它科学技术的发展，同样，CAAD 也为古老的建筑学专业带来勃勃生机。它使建筑师的创造性与计算机的快速的信息处理能力、大容量的信息存贮能力以及严谨的逻辑判断能力结合起来，得以更充分的施展发挥。同时，“计算机辅助建筑设计”一语中的“辅助”二字，也明确地表明计算机只能被视为一种工具，并不是可以替代建筑师干任何事情的神奇东西。

从广义上讲，CAAD 可以包括从建筑项目的可行性研究、规划、方案设计、施工图、说明文件、施工及管理、维护、更新、改造以至拆迁等全部过程中的任何计算机应用在内。从狭义上讲，CAAD 主要包括如下内容：

（1）建筑信息的存储与检索。如设计任务指示书、用户意见、技术标准、设计规范、材料来源、构件类型、标准作法、成本投资、经济效益、社会效益以及已有的同类建筑的设计范例等信息资料。

（2）建筑设计的表现。利用计算机的图象显示技术，建筑师可以使自己的空间构思形象化。他们可以坐在屏幕前，与业主一起任意从各个角度对设计对象进行观察，并随时通过键盘和光笔改进方案，进行分解、增减、缩放、移动、旋转等变化，直到满足要求为止。根据材料质感、色调及周围环境，计算机还可以显示出有层次的表现图。此外，“计算机生成动画片”的研制成功，为建筑和城市设计提供了新的手段。它可以提供较真实的景观信息；提供清楚地表明城市的构思模型、形象模型及总体规划等信息；因其效果形象、直观、逼真、易懂，便于理解和操作；显示三维图形。

（3）方案性能的评价与优化。传统的建筑设计方法，较多地依赖于建筑师个人的直觉经验和知识积累。一般而言，对方案的平面性能、空间性能、环境性能、经济效益、社会效益等因素的评价比较粗略，因此在择优过程中，模糊与失误较大。而计算机与近年来新兴的各种学科，如系统论、信息论、优化论、智能论、模糊论、寿命论等的结合，使得建筑方案的性能评价在科学化的道路上前进了一大步。

（4）施工图的绘制。长期以来，建筑师一直使用简单的工具，如三角板、丁字尺、比例尺、圆规等，手工绘制施工图，不仅工序繁杂、精度有限、改图费事，周期长，而且严重束缚了建筑师的创造才华。计算机绘图为从根本上改变这种局面提供了可能性。

总之，CAAD 的应用必将对提高设计质量、缩短设计周期、促进设计管理和设计教学的改革产生深远的影响，同时也有助于建筑师从繁重的、重复性的手工劳动中解脱出来，把更多的精力投入到设计构思、方案优化等更具创造性的工作中去。其前景十分广阔！