

物理学和经济建设

编者按：物理学是新技术的先导。物理学的发展历史证明，物理学的基础研究和应用研究会直接或间接地导致新技术在生产上的应用，引起社会生产和生活发生革命性的变化。为了促进物理学研究更好地为经济建设服务，本刊从本期开始设立“物理学和经济建设栏”。该栏主要内容包括：（1）物理学及其分支学科在经济建设中的地位、作用和重要性的综合评述；（2）介绍国内外物理学家搞物理学应用研究工作取得成果的事例；（3）物理学成果在经济建设各部门应用取得显著经济效益的报道；（4）可以推广的物理学研究成果报道。我们衷心希望得到广大物理学工作者尤其是经济建设各部门中与物理学有关的科技人员、管理干部的热情支持，并欢迎大家踊跃投稿。

关于物理学为经济建设服务的问题(I)

曹 昌 祺
(北京大学物理系)

这是一个大题目，需要分几个方面来谈。首先从历史上看看物理学在生产发展中的作用，然后简单介绍目前物理学发展的阶段和技术应用的前景，最后就物理学能在哪些方面对我国经济建设作贡献以及如何更好地发挥它的作用谈一些个人的意见。

一、从历史上看物理学在生产发展中的作用

近代科学的兴起是十七世纪的事，而工业革命则发生在十八世纪后期，因此我们要考察的历史总共也不过三百多年。三百年在人类历史上是一个很短的时期，但在这个短时期内，世界的面貌却发生了根本性的变化。

科学的进步与生产发展之间有着重要的联系，不过要全面地阐述这一联系却不是一件容易的事，因为它们之间不仅有直接的作用，还通过社会其他方面的变革与发展而相互影响。在这里我们只能就物理学对生产的直接作用作一

简单介绍。

物理学的发展和它对生产的作用，大致可分成三个时期。

第一时期是从十七世纪到十八世纪中期。在十七世纪，刚刚兴起的科学受到通商和航海事业大发展的刺激而获得了重大进展。物理学在这一时期取得最大成就的部分是力学。力学的早期发展与造船、弹道研究和建筑有关，但最重要的进展是与天文学上的行星运动的研究联系起来。经过十七世纪的伟大科学家伽利略、开普勒、胡克和牛顿等人的努力，终于在十七世纪后期形成了科学的理论体系，其概括就是牛顿的运动三定律和引力定律以及从这些定律出发来处理力学问题的理论方法。

物理学中的光学部分早期发展同眼镜、放大镜、望远镜和显微镜的发明有关。十七世纪开普勒、斯涅耳、费马和惠更斯等人对光学作了不少贡献，如改进望远镜的设计，建立光的反射、折射定律以及提出光的波动学说。在热学方面，十七世纪的进展有玻意耳和胡克关于气

体压力与密度的关系的定律。在电学方面，十七世纪盖里克（O. Guericke）发明了静电起电机。

十八世纪初到十八世纪中期是科学发展的低潮时期，它处于十六至十七世纪商业大发展和十八世纪后期工业革命之间的间隙。这一时期科学的消沉固然有其内因，然而在很大程度上是由于社会和经济方面的因素：商业衰退了，而刚开始兴起的小制造商还不曾意识到科学的价值。科学得不到推动与资助，主要靠自己的传统维持着。

这一时期的物理学家们虽然对科学的应用有兴趣，也取得了相当成就，如发展了温度计、气压计、望远镜、显微镜、抽气机和钟摆之类，但在蒸汽机和航海计时器这两个当时最重要课题上却未作出实际贡献。胡克和惠更斯虽然设计了带有平衡弹簧装置的计时器，但未造出实用的装置。制造出蒸汽机和航海计时器的主要是那些有丰富经验的工匠。这种情况的造成同科学家不掌握工艺技巧有一定关系。

这一时期工程学和一般工业上的技术革新主要并不依赖当时的科学知识，而是依靠工匠们的经验和技艺。当时的工艺水平是很低的，这就限制了科学作用的发挥。例如炮膛粗糙不平，炮弹与炮膛不配合，炮弹中装的火药的质量与数量每次都不相同等等，在这种情况下，尽管比较精确地考虑了空气阻力效应的弹道在牛顿时代就计算出来了，但却不能发挥它的作用。

尽管如此，科学对技术发展还是有一定的贡献。除了前面已经提到的温度计等器件以外，科学的方法——实验研究对技术进步产生了影响。另外，就是在蒸汽机这一重要发明上，物理学也起了一定作用。第一部把热转变为机械能的实用机器（空气蒸汽机）是十八世纪初期由铁匠纽科门（T. Newcomen）制作出来的。纽科门虽然没有受过系统的科学教育，但在他的设计中利用了气缸中蒸汽冷凝可以造成真空以及大气压力等科学概念。另外，胡克在逝世前不久也曾和他进行接触。也许是因为工匠们掌握了必要的技巧和经验，所以能比物理学家更

好地把一些科学设想付诸实践。

第二时期是从十八世纪中期到十九世纪末。十八世纪中期以后，社会形势发生了变化，农业和工业的发展加快了，在这个世纪的最后二、三十年，工业革命的发源地英国实现了从手工业生产到机器生产的决定性转变。科学活动也随之进入了新的高潮。这样在十九世纪工业和科学都获得了巨大发展。到十九世纪的下半叶出现了批量生产的标准化机器，一些起源于科学的新的工业部门也开始形成。

在这一时期特别是十九世纪，物理学的许多方面都取得重大成就。在电磁学方面，十八世纪后期发现了电作用力和磁作用力的平方反比定律，世纪末发明了电池。十九世纪二十年代发现了电流的磁效应，三十年代发现了电磁感应，六十年代建立了完整的电磁理论，预言了电磁波的存在，并提出光波就是一种波长极短的电磁波，八十年代从实验上证实了电磁波的存在，到此光学已与电磁学统一了起来。在热学方面，热的本质被认识，通过实验建立了能量守恒和转化定律（热力学第一定律），提出了有关热机效率的卡诺定理，并在此基础上建立了热力学第二定律。热力学第二定律解决了由大量原子、分子所组成的宏观体系运动变化的方向问题，并给出宏观体系在固定的外界环境条件下达到平衡的物理判据。这些成就使得热力学也形成了完整的理论体系。此后，它进一步向微观方面深入，发展了统计物理学。热力学和统计物理不仅对物性理论有重大贡献，也为化学反应理论提供了基础。十九世纪可以说是经典物理学集大成的时代。

在这一阶段，科学对工业发展的作用逐步变得重要起来。前期这一作用还并不明显。十八世纪后期的工业革命并不是十七世纪科学兴起的产物，它主要是资本主义经济制度发展的结果。在工业革命的最初几个阶段，技术革新仍同以前一样不怎么依赖科学知识，就是对于十八世纪最后二十年在英国所实现的从手工业生产到机器生产的决定性转变，科学也不是主要因素。当然科学有它的贡献。拿物理学来

说，如瓦特对蒸汽机的重大改进就利用了当时的热学知识。他在改进纽科门的引擎时，曾应用关于物体比热和水转化为蒸汽时的潜热等新的科学概念和知识来计算不同大小引擎的蒸汽消耗量，并采取了把冷凝器和主汽缸分开的关键性措施，使蒸汽机的效率大大增加。但在这一阶段的初期，工艺水平仍然很差，例如一部蒸汽机的28吋汽缸与活塞之间竟可能有半吋的间隙，因而科学发挥作用的可能性仍受到很大限制。直到1774年发明了精密镗床以后，工艺的情况才发生变化。这时大量制造精确的圆筒汽缸成为可能。也正是在此条件下，瓦特制成了使飞轮、节汽阀和节速器联动的按稳定速率旋转动作的引擎，使蒸汽机的使用从煤矿迅速扩展到金属矿，并进一步扩展到当时英国最主要的工业——纺织业。正是由于蒸汽机给纺织工业提供了动力，使重工业和轻工业结合起来，才使工业革命获得了那样大的势头并传播到全世界。这再一次告诉我们，没有相应的工艺，科学成果很难充分发挥它的作用。

十八世纪末，资本主义生产发展和科学革新两股潮流开始汇合起来了，科学的地位也开始转变。在十九世纪里，它逐步成为技术发展的主要手段。物理学来说，十九世纪前期和中期热力学定律的确立，为创造高效率的热机提供了理论基础。到了十九世纪后期，热力学的概念逐渐渗透工程界，导致了蒸汽轮机和内燃机的发明。电磁学成就的实际应用是物理学推动技术和生产发展的突出表现。在十八世纪末发明电池以后，于十九世纪四十年代开始了电镀工业。电流的磁效应导致了电报的发明，开始了近代通讯的新纪元。横跨大西洋的海底电缆于十九世纪中期建成。在三十年代发现的电磁感应效应的基础上，四十到六十年代发展了发电机，开始给工业提供崭新的动力。五十年代的碳弧灯和七十年代末的电灯的发明开始了电力照明，促进了大规模电力网络的建设。电力工业是历史上第一个实例，把纯科学的实验和理论的成果转变为大规模的工业。八十年代关于电磁波理论预言的证实以及九十年代电子

管的发明又导致了二十世纪初另一新型工业——无线电工业的诞生，为通讯和生产的现代化开辟了途径。电磁学的应用不仅把工业生产提高到全新的阶段，而且也极大地改变了二十世纪整个社会的面貌。这一应用的发展，使得一些新的工程学分支，如电机工程学、电力输送、无线电工程等，从物理学中分化出来。第三时期是从十九世纪末到现在。

十九世纪最后几年关于电子、X射线和放射性的发现，揭开了物理学向微观水平大发展的序幕，物理学开始从经典物理学进入到近代物理学的发展阶段。这一时期主要是在二十世纪。二十世纪以来，科学研究的规模比以前有了巨大的发展。在前半个世纪中，科学研究的人数增加了三十倍，科学研究的经费增加了四百倍，而且增长率愈来愈快。在这一时期，科学和生产技术之间的关系已经有了质的改变，大多数重大的生产技术上的发明和革新都来自科学，而且从科学成果到工业应用的时间间隔在不断缩短。科学和工艺的关系也起了变化：科学已向工艺渗透，通过改进工艺以及提出新工艺来为生产服务，有些并发展了相应的学科，建立了科学的工艺理论。

二十世纪前三十年物理学的伟大成就是，认识了原子构造，建立了相对论和量子理论。概括地说，相对论是关于时间与空间的关系以及物理学规律的时空对称性的理论，量子理论是关于组成原子以及原子核的微观粒子的运动规律的理论。这些成就使物理学达到新的深度，从宏观进入了微观。这不仅为阐明原子分子的结构以及它们的物理和化学性质提供了理论基础，把物理学和化学从理论上进一步统一起来，而且还同统计物理结合起来，为各种宏观介质（固体和液体）的物理性质的微观理论提供了基础。物理学已不仅要从微观深度上解释人们观察到的固体和液体中的物理现象，而且还要从理论上预言它们尚未为人知晓的性质，并为发现新的物理现象指出道路。

物理学这种从宏观到微观的深入过程并不是到原子结构就停止，它还进一步深入到原子

核的结构以及核子（指组成原子核的质子和中子）的结构，近年来还开始研究和探索微观粒子的所有相互作用的统一理论。

二十世纪物理学对技术和生产的发展所起的作用有两种类型：一是有某些新技术和工业部门完全是在物理学研究的基础上发展出来的，例如核能的利用就是纯粹物理研究的成果，人们从相对论的理论研究揭示出核能利用的广阔前景，经过核物理的实验和理论研究，现在裂变核能（原子能）已相当广泛地用于能源工业中，并发展成为专门的核工程学。再如半导体器件、微波磁性器件、激光器件等都是物理学研究的产物。今天半导体大规模集成电路器件无论对生产和社会生活都起着十分巨大的作用。二是某些技术或工程学虽然初期发展与物理学没有多少关系，但到一定水平后，进一步的发展就要依赖于物理学的研究，例如人类飞行的实现并不是物理学的成就，但航空工业发展到后来要研制大型高速飞机时，就要依赖流体力学以及材料物理性能的研究，并发展成为空气动力学（或机翼力学）以及航空材料等专门分支。热机的情况也是如此，它的进一步发展要依赖于热力学、流体力学以及燃烧传热等方面的研究。通过这些研究已使热机效率从百分之十几提高到百分之四十左右，并发展了工程热物理这一应用分支。

正是由于物理学的成果愈来愈多地应用于技术和生产，在本世纪前半期，一些大型国外工业企业就建立了实验室，开展物理方面的研究，而某些有远见的企业，在本世纪初期就聘请著名的物理学家来领导实验室的工作。

二十世纪物理学发展的总的图象是：它既向认识的深度挺进，又向应用的广度发展；它既受到生产和技术需求的强烈推动，又对生产和技术的发展产生巨大影响；新的分支学科相继出现，许多老的分支学科在新的情况下又获得新发展。在这里我们看到了从基础科学不断分化出应用科学和工程科学，以及基础科学和应用科学交织，不同基础学科互相渗透融合而形成新的边缘科学等复杂图景。

二、物理学发展的现状和应用的前景

从上面的介绍我们看到，物理学发展的现阶段的特点可用一句话来概括，那就是深入到微观水平。微观阶段包含两重含意：一是研究物质的微观体系的构成和运动规律；一是从微观结构的深度上来研究宏观介质的物理性质以及它们和辐射场（电磁波）的相互作用。

本世纪二十年代末，微观粒子运动所服从的量子规律就已经建立。在这个成就的基础上，人们一方面进一步研究各种原子和分子的具体结构和它们的物理和化学的性质，一方面从向上和向下两个方向大力向外扩展。向上是指从微观的深度来研究宏观介质的物理性质以及它们和电磁波的作用。沿这一方向发展了许多分支，大略地可将它们分为等离子体物理、凝聚态物理和光学。凝聚态物理本身又是一门庞大的分支学科，它又包含许多较小的分支，如半导体物理、电介质物理、磁性体物理、发光体物理、金属物理、超导体和超流体物理（或称低温物理）以及新发展的表面和界面物理、液晶和非晶态物理等等。向下是指研究原子核的性质、结构以及它们之间反应的规律，这就发展成为核物理。在认识到原子核是由质子和中子构成以后，又进一步研究质子和中子的性质，并发现了一大批其它微观粒子，它们可概括地分为超子、介子和轻子。这就形成了粒子物理学。下面我们就对物理学的这些分支学科作一些简单说明，介绍其应用价值和前景。

1. 等离子体物理

等离子体是指电离的或部分电离的气体。它是本世纪发展起来的一门比较年青的物理学分支。在本世纪五十年代以前，它主要研究有关气体放电、大气电离层和天体物理等方面的课题，五十年代以后由于提出了通过等离子体实现可控热核反应的设想，等离子体的研究获得了迅速的发展。

轻核的聚变反应是一个很理想的能源，但要实现这种反应须使轻核具有很高的速度，以

克服它们之间的电排斥作用而互相接近。通过超高温使轻核具有必要的高速度来实现的聚变反应称为热核反应。太阳和氢弹释放能量的过程都是热核反应。对人类来说，热核燃料是一种取之不尽而又污染小的能源。但是要使这种能源能在工业上应用，必须使反应在控制下进行，这就是受控热核反应。实现受控热核反应的一个途径是采用气体状态的轻核燃料。在超高温情况下，这种气体状态的燃料将成为等离子体，这就是受控热核反应同等离子体研究发生关系的道理。能使热核反应持续地自动维持下去的条件称为点火条件。它要求等离子体的温度达到5千万度以上，并维持足够长的时间和有足够的密度。这样高的温度的等离子体不可能用普通的容器来约束它。物理上采用的办法是用磁场来约束。但这引起了新的问题：高温等离子体在磁场作用下的运动十分复杂，往往会发生不稳定的扰动而破坏约束。如何将等离子体加热到这样高的温度并具有足够的密度和约束时间，这是当前等离子体物理学应用研究的最主要课题，它同等离子体的基础研究是密切相联系的。目前有些装置可以达到5千万度甚至1亿度以上的超高温，但约束时间太短；有的装置约束时间较长但温度还不够高。估计八十年代后期可能实现点火条件，到本世纪末有可能建造出实验性的热核反应堆。在二十一世纪它将成为人类最主要的能源。

温度在几千度到几万度的等离子体称为低温等离子体。低温等离子体的一个重要应用是磁流体发电。磁流体发电是将燃料燃烧成3000℃左右的高温气体，并在其中加入少量钾或铯的化合物，以使它获得适当的电导率而成为等离子体，然后使它通过喷管加速，以800—2000米/秒以上的速度进入发电通道，发电通道置于20000高斯以上的强磁场中，磁场即将正负电荷向相反的方向驱动。这样高温气体的动能将直接转换为电能而不必通过转子的转动。这种发电方式的优点是污染小、起动快、效率高。若采用磁流体-蒸汽动力联合循环系统，效率可能提高到60%。为了降低对耐火材料的

要求，可以采用其他方法如电磁场或离子束产生电离，这时温度可以降到2000℃左右。现在已经有一些磁流体发电机建成并投入使用。苏联在动工建造50万千瓦磁流体发电站，计划八十年代中建成，热效率为48.5%。预计九十年代磁流体发电可以开始大规模应用。

低温等离子体技术还有许多其他应用，如用电弧方法产生的等离子体，可以用于切割（特别是水下切割）、焊接和喷涂。它还可用来生产高熔点金属或贵金属（如钛），配合精密铸造熔炼高级合金以及钢的精炼等。用它炼钢时，钢液温度可达3000℃，因而不纯物质可通过蒸发比较容易除掉。等离子体冶炼不仅设备简单，冶炼速度快，成本也不比电炉法高。国外还进行了用等离子体对铁矿进行直接还原的试验。另外适当的等离子体可以含有相当高的游离基。因此化学反应较强，在化工系统方面已有相当广的应用。尤其适宜于高吸热的反应。在有机化学工业中，它的一个重要应用是制造重要的有机原料乙炔。用等离子体法从甲烷制造乙炔，具有投资小、效率高、节省大量焦炭等优点，在国外已投入使用。目前存在的问题是耗电量还较高。另外，大多数聚合物如塑料、人造橡胶和人造纤维等表面不易接受涂料和粘合剂，用等离子体进行表面处理后，可有效地增加其可湿性而对聚合物的性质没有影响，因受处理的表面层厚度不到10微米。等离子体还可用于微型电子器件的制作，进行沉积、刻蚀和剥离，其优点是分辨力高、快速、经济。

2. 凝聚态物理

凝聚态物质是固体和液体的总称。凝聚态物理是从固体物理学扩展出来的。固体物理学由于广泛的应用而获得了很大的发展。在这个基础上，近年来人们已从晶态固体的研究扩展到非晶态玻璃体以及液晶的研究，因此固体物理学已扩展为凝聚态物理学。

凝聚态物理是物理学中应用最广泛的学科，它的发展已经为工业提供了各种性能的半导体材料和元件、发光材料和元件、磁性材料和元件，并有着广泛应用的前景。它的内容又十

分丰富，因此成为物理学中十分活跃的研究领域，并已分出许多专门的分支。目前在此领域还不断地发现新效应，扩展新的方向。例如已经提到的从晶体的研究到非晶体和液晶的研究，从晶体内部的研究到界面或表面的研究，还有从正常条件下的凝聚态物质的研究到非常条件下(高压、高温，……)的凝聚态物质的研究等等。

凝聚态物理由于分支太多，不能一一介绍。下面只就三种类型分别介绍一个分支。这三种典型是：(1)已有大量应用并且目前仍在发展的；(2)尚未大量应用但具有重要应用前景的；(3)新发展出来的。这三个分支分别选为半导体物理、超导体物理、表面和界面物理。

(1) 半导体物理

半导体是一种导电率介于绝缘体和金属之间的材料。当原子结合成固体时，若外层的电子脱离了原子成为在整个固体中运动的自由电子，该固体就成为金属导体；若原子中所有的电子仍然束缚在该原子上，则形成的固体就是绝缘体。半导体按其原本的情况象一个绝缘体。它之所以获得一定的导电率是由于：(a)在某些半导体中，束缚电子容易受到热激发而解脱出来成为自由电子。并在它原来所在的地方留下一个空穴。这时，不仅解放出来的自由电子可以导电，而且留下的空穴也可以导电。(b)在半导体掺杂的情况下，杂质原子有可能贡献出一个自由电子，或者俘获半导体中一个束缚电子而造成一个空穴。主要通过自由电子导电的半导体称为n型(负电载流子型)半导体，而主要通过空穴导电的半导体称为p型(正电载流子型)半导体，空穴处由于少了一个电子而带正电。一种半导体物质通过不同掺杂有可能做成n型和p型两类半导体。p型半导体和n型半导体连接的部分叫做p-n结，它具有特殊的导电性能，可以用来整流。两块n型半导体中夹一薄层p型半导体所形成的组合体可以做成n-p-n型晶体管，具有放大作用。在一块p型半导体两侧各制造一个n型层，可做成结型场效应晶体管。此外还有更复杂的MOS(金属-氧

化物-半导体)场效应晶体管和其他新型半导体元件。

半导体物理的发展主要是在四十年代末期晶体管发明以后，到现在不过三十多年时间，但已使电子工业的面貌发生了巨大变化。这些成就就是和半导体物理的基础研究分不开的。在半导体技术中，物理学发挥着全面的作用，不仅器件的原理是建立在物理研究的基础上，就连材料性能、材料制备、超净和超精细加工也离不开物理学。正是人们对半导体材料的微观结构、量子能级以及载流子的运动进行了研究，才对它们的性能有很好的了解。半导体器件对材料要求很高，如单晶材料不仅要求超纯(杂质浓度小于 10^{-8} — 10^{-9})，而且要求晶格完整，位错密度小，这就需要特殊的拉单晶技术，某些高水平器件还需要发展特殊的薄层晶体生长技术。在加工方面，现已发展到微米和亚微米级的阶段，预计到本世纪末可能进入到原子级加工阶段，即加工厚度只有几个原子的大小，以制造出具有超结构的新材料和更复杂功能的新器件。这些都离不开对半导体微观性质的了解。

目前半导体电路的集成度还在不断提高，新器件新电路结构不断出现，并正向着超大规模集成电路发展。这种发展要求提高信息处理速度和降低能耗，另外一个方向是向大功率器件发展，尤其是微波频段的大功率器件。这些都需要进行物理方面的探索。

(2) 超导体物理

超导现象是1911年才首先在金属汞上发现的。当汞的温度降到绝对温度4度(摄氏零下269度)附近时，它的直流电阻突然消失，成为完全无直流电阻的导体，因而称为超导体。1933年发现了超导体另一重要性质——完全逆磁性，即当一导体转变为超导体时，原来在其内部的磁场将完全被排斥出来。超导现象从微观上是十分难以理解的。经过了几十年的理论和实验方面的研究，到五十年代末期才终于在超导的物理机制上有了突破，建立了超导的微观理论。这是近代物理学的一个重大理论成就。六十年代初期又发现了超导量子隧道效应，为

超导体的应用开辟了新的前景。

超导体的一个重要应用是做成超导磁体。超导磁体不仅能产生常规磁体所达不到的强磁场,而且运转费用低,轻便,易于启动,稳定性高(在有些场合,如空间通讯,磁场的稳定性是非常重要的因素),已经用在一些科学仪器和装置中。超导磁体在工业上应用的可能前景有:

(a) 在发电工业方面: 电机的单机功率增加很快,如1947年最大功率为10万千瓦,七十年代已增到100万千瓦。但一般的电机由于磁饱和和强度的限制,进一步提高功率有困难,其极限值估计为250万千瓦。超导电机比一般电机的输出功率可以提高几十倍,不过目前离实用化还比较远。目前较为成熟的是单极式超导电机,至于交流超导电机则还有不少问题。但交流超导电机可以做到小而轻,在某些特殊方面(如航空和宇宙空间)使用,是有很大优点的。

超导在电力工业中另一可能的重要应用是为磁流体发电机提供强磁场。由于磁流体发电的输出功率与磁场强度的平方成正比。故采用超导体有很大的优越性,不仅可以大大提高功率,或者可以大大减少体积(体积小既可节约耐火材料,又能减少散热损耗),而且还可省去大量的励磁损耗。

(b) 超导储能: 超导体线圈由于可以负载大电流而没有损耗,故可作为储能装置。它的优点是所储能量可以迅速地作为电能释放出来,现已用在仪器装置中。如果能建造储能密度再高1—2个数量级的大容量储能装置,那将为发电站储存电力以适应高峰需要开辟新的途径。

(c) 在受控热核反应中的应用: 在受控热核反应中用来约束极高温等离子体的磁场需要相当高的强度并且分布在相当大的空间内,例如,要在100立方米的空间内产生100千高斯的磁场。若采用常规磁体,那么能量损耗就非常大。因此,各国在发展受控热核反应的同时,都注意超导磁体的研究。苏联已将超导线圈用于新建成的热核反应装置中。

(d) 在输电方面: 大功率火力发电需要消

耗很多燃料,并且需要大量冷却水,这样发电站往往要选在远离用电中心的地方。至于核能发电站和水力发电站一般离用电中心更远。这样,大功率低消耗输电就成为一个重要问题。目前大约有30%的电力在输电中消耗掉。用超导体做成直流电缆由于无焦耳热损耗,对长途输电十分有利。不过目前超导材料需用液氮冷却,要在长距离输电途中使用液氮是困难的。交流输电由于超导体有交流损耗,实现的困难更大些,但交流输电不需要在终端安装大功率的交、直流转换设备,所以也受到一些研究者的重视。

(e) 在交通事业方面: (i) 超导悬浮列车: 理论估计常规列车的极限速度为350公里/小时。进一步提高时速,必须使车厢与地面轨道脱离接触,也就是使车辆悬浮起来。超导悬浮是磁悬浮的一种方案,据报道,日本的超导悬浮实验车,速度已超过了每小时500公里。如果使列车在真空管道中运行,理论估计速度可达到1600公里/小时,大大超过客机的速度。(ii) 超导型电磁推进船舶: 船舶高速航行时水的阻力很大,因此一个发展方向是潜水航行,并采用强力的超导型电磁推进器。这种推进器的原理是用超导线圈在海水中产生强磁场(50—200千高斯),同时通过位于船两侧的电极在海水中产生强大电流。由于电流的磁作用,船体将受到强大推力而前进。这种推进器不产生涡流,可以达到高速度、效率也高。另外,它没有机械转动部件,噪音和振动都大大减轻;又因没有螺旋桨,海水密封问题比较容易解决。目前一些国家正在研制中。

超导磁体还可用到医疗方面,这里就不详细介绍了。下面介绍超导隧道效应和它的应用。

在两块超导体之间夹一层很薄的绝缘体时,就会发生量子隧道效应。1960年观察到正常电子的隧道效应。1962年又发现,当绝缘层极薄时(10—30埃),超导电流也能穿透绝缘层,与此相关的效应称作约瑟夫森效应(后来发现,为得到约瑟夫森效应,中间不一定需要绝缘

层,只要两块超导体之间是弱连接即可),这些隧道效应的发现为超导在电子学中的应用开辟了途径。例如应用约瑟夫森结可以制成灵敏度为微微瓦或更高的从射频到远红外的探测装置,预计将来在毫米和亚毫米波通讯方面可获得实际应用。它还可以用来制作能够测量微小电压(10^{-19} 伏)的电压计和测量磁场微小变化的磁强计(分辨率可达 10^{-11} 高斯以上),以及用来制作电压的基准。约瑟夫森结在电子计算机中的应用也在研究中,用它制成的开关元件具有很多优点,如速度可达到微微秒的量级,比半导体器件要快几十倍,并且能耗很低,非常有利于高密度的集成。目前约瑟夫森结在电子计算机中的应用已取得了相当进展,并制成了小型的样机。在制作超大规模集成电路方面,约瑟夫森结是大有希望的。

超导体具有一定的临界温度和临界磁场。当温度和外磁场超过这些临界值时,超导性就要被破坏。因此,提高这些临界值是超导应用的关键。1957年超导应用研究获得飞跃发展,其原因就是发现了铌三锡和铌-锆合金。用这些材料可以绕制外磁场达到200千高斯的超导线圈,这才开始有了实用的超导材料。同时临界温度也有了很大提高,已经从4K提到了23K。如果能将超导材料的临界温度再提高10K,

使它能在液氮温度下实际使用,那就能使应用的可能性大大增加;而若能提高到液氮温度(80K),那就必定会引起许多技术部门的巨大革新。

(3) 表面和界面物理

这是一门六十年代末期才迅速发展起来的分支学科,它研究的范围是晶体表面或晶粒界面附近几个原子厚的薄层。研究表面和界面对提高金属强度和防腐蚀,对提高催化效率,以及对大规模和超大规模集成电路器件和其他电子器件都有重要意义。如金属的变脆往往是由一些元素在晶粒边界的富集引起的,金属的氧化和腐蚀也与表面的结构有关。据估计,每年因氧化和腐蚀而损失的钢材约占年生产量的五分之一。在多相催化过程中,化学反应是在催化剂表面进行的,所经历的吸附、活化、反应和脱附等过程都与表面结构有密切关系。这就使得表面研究在能源工业(如煤的气化或液化、氢燃料的吸收和贮存、太阳光照分解水)、石油工业和化学工业方面都能发挥它的作用。表面和界面物理的研究对电子器件的发展具有重要意义,它促进了一些新型表面器件如电荷耦合器件(CCD),金属绝缘体氧化物半导体器件(MIOS)等的发展,并将继续为大规模和超大规模集成电路的发展作出贡献。(待续)

物理学——新技术的先导

管 惟 炎

(中国科学院物理研究所)

物理学是研究物质运动的最普遍的形态(力学的、热学的、电磁学的等等)以及它们之间相互转化的一门基础科学。物理学基础研究的目的在于认识物质运动的客观规律和揭示不同层次的物质的内部结构。但历史事实证明,作为基础科学的物理学其研究结果往往能够变成改造世界的强有力的工具,与技术科学(或称应用科学)相区别,它以其特有的方式推动着人类

社会生产的发展。因而,尽管很多物理学家个人只是为探求未知的好奇心所驱使,甚至排斥研究的社会目的性,但社会还是在一定范围内承认物理学家的这种自由研究的权利。

原子结构与原子能时代

物理学家,至少他们中间的一部分,似乎是