

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

跨世纪知识城——

激光技术

 **eBOOK**
内容资料 非同寻常

激光技术

激光和激光器

激光技术的先驱者——汤斯

汤斯，1915年生于美国北卡罗来纳州格林威尔。16岁就进大学攻读物理学和语言学，24岁那年获得物理学博士学位。汤斯几乎对每样事件都感兴趣，他是一个达·芬奇式的人物——一位多才多艺的科学家。他除了以物理学家和教授闻名外，也是一位潜泳运动员、旅行家、兰花栽培家和语言学硕士，他还是教学唱诗班的歌手，曾当过哥伦比亚大学附近一所教堂的执事。汤斯一踏上社会，就碰上第二次世界大战。那时，整个国家都忙于为战争服务。年轻的汤斯一心想从事理论物理学的研究，却找不到相应的工作。最后他只得进一家电气公司，当一名雷达工程师。雷达工程师的职责范围是研究雷达整体结构和工艺的设计，而不是搞纯理论的研究。但是，汤斯的才能并没有因此而被埋没；战争需要雷达，而制造先进的雷达需要扎实的微波电子学知识。于是汤斯开始悉心钻研微波电子学。不久他就成了一位精通微波电子学的专家，发明了第一台微波激光器。

成功是从一次失败的实验开始的。

第一次世界大战时，飞机速度慢，发动机的声音响。防空部队靠耳朵听飞机响声来判断有无敌机入侵。开始时，请听觉特别灵敏的盲人监听。后来改用装有大喇叭的听音器来侦察敌机的来去。第二次世界大战期间，飞机的飞行速度大大提高了，差不多可以达到声音速度的一半。用听声音的方法来侦察敌机实在太慢，往往听到飞机马达轰鸣声时，敌机就快到头顶上空了。因此，各国都集中科学家加紧研究制造当时刚诞生的电子防空设备——雷达。雷达的核心部分是微波振荡器，它产生频率极高的电磁波，通过雷达天线发射出去，射向目标；目标把射到它表面上的一部分电磁波反射回来，被雷达接收器接收后，在荧光屏上显示出目标的方位和距离。电磁波的传播速度为每秒30万公里，比当时飞机每小时几百公里的速度不知快多少倍，这就满足了尽早发现飞机的要求；另外靠听音确定飞机的方位是很不准确的，只能知道飞机在某方位几十度的一个大概范围。雷达却能以误差只有几度的精确度测定飞机的具体位置。

交战国家都想使自己的雷达性能超过对方的雷达，以便能更有效地对付入侵的飞机，所以千方百计研制新型雷达。改进的途径之一是把雷达的工作频率不断提高。因为当时已出现了能干扰对方雷达的反雷达设备。比如一群飞机飞来，其中一架飞机离开机群很远，上面装着能向对方雷达站发射强电磁波的设备。这种强电磁波信号在对方雷达屏幕上把机群反射的弱电磁波信号掩盖住了，使雷达变成“盲人”，机群就能悄悄地溜进对方上空，这是一种现代电子障眼法。为了对付这种干扰，就要设法让自己的雷达发出的电磁波频率和对方干扰电磁波频率不一样，而雷达接收器对本身发出的电磁波有很高的灵敏度，这样，对方的干扰就不起作用了。因此，需要研究具有新的频率的电磁波。

那时，新设计的雷达，工作频率都做得很高，达到1万兆赫兹，波长3厘米。理论证明：波长越短，发射出去的波束就越细，发现目标确定它的位置的精度就能提高。再有，工作频率越高，发射天线可以造得越小，战地使用，把它安装在车辆上，机动性和灵活性提高不少。

为了进一步提高雷达的工作频率，美国空军要汤斯研究波长为 1.25 厘米的雷达，开拓雷达技术的新领域，利用这种新雷达制造精确的轰炸瞄准设备。汤斯预测波长这么短的电磁波要被空气中的水汽吸收掉，不能用于雷达。试验的结果证明他的预见是对的。

但是，汤斯并没有就此止步，而是转过来研究水汽吸收电波的问题。在研究中，他发现氨具有吸收电磁波等一系列现象，从而创立了一门全新的物理学科——微波波谱学，这是一把揭开微观世界秘密的钥匙。不久哥伦比亚大学聘请他为物理学教授。

当了教授后，他并没有停止自己的研究，而是把目标集中到如何产生毫米波、亚毫米波的问题上。这是当时科学技术上一大难题，还没有人能解决，强烈的求知欲促使他向这一科学技术新领域进军。

那时，产生频率高、波长短的电磁波，譬如厘米波，都使用相应的金属作为振荡器的谐振腔；产生波长比厘米波更短的毫米波或亚毫米波，须用比火柴梗还要细的金属盒。最难的是盒子的内壁必须打磨得十分光洁，而这却是当时的工艺水平所办不到的。

汤斯遇到难题了。然而，难题的挑战更激起他的兴趣；科学研究从来没有康庄大道，关键是要找到一把克服困难、解决难题的钥匙。

他首先从电磁波的波长必然还要向更短的方向发展这个角度考虑：即使能将产生毫米波的金屬盒子奇迹般地加工出来，那么以后要产生微米波用的更细更小的盒子又怎么办呢？因此必须从根本上找到一种产生高频电磁波的新方法。

一个另辟蹊径的念头在汤斯的头脑里闪过：利用微小的原子结构所固有的频率来产生毫米波。这真是创造性的大胆设想。接下去要做的不仅是要从理论上推导这种设想的可行性，还要用实验来证明技术上也完全是能够办得到的。

没有任何现成的实验设备，汤斯便利用原来做微波实验的设备，从研究分子运动产生厘米波着手，鉴定自己所依据的原理和实验方法是否对头，为进一步产生毫米波做准备。

1950 年初，美国海军研究署建立了一个由科学家和工程师组成的委员会，研究产生毫米波和亚毫米波的方法。

1951 年春，汤斯到华盛顿参加委员会召集的第二次会议。他人虽然坐在会议桌旁。脑子里却不断映现出他思考着的各种计算公式和实验方案。一天清晨，曙光熹微，大地还蒙在一层薄纱之中。他醒来就想起了隔天推导的计算公式还不够完善，正好利用清晨头脑清楚的好时光，重新研究修改。他轻手轻脚地穿好衣服，走出了旅馆，来到附近的富兰克林公园。春天的公园是迷人的，树梢嫩叶初长，花圃盛开着一丛丛火红的杜鹃花，一阵阵鸟鸣声使人觉得早晨格外宁静。汤斯在一只长椅上坐下来，眼睛望着艳丽的花朵出神，脑子却不断想着产生波长极短的电磁波的计算公式。一串串数字、一组组方程在汤斯的头脑中像泉水一样涌现出来。突然，他想到一种新的计算方法，连忙从口袋里摸出笔来，只是没有纸，翻遍口袋，只找到一只用过的信封，就把信封撕开，在信封的背面列出几道算式算了起来。

他奋笔疾书，只几分钟，就算出了需要激发多少分子才能得到分子振荡，以及振荡器的允许损耗值。当时，汤斯是把氨作为计算对象。他不仅从理论上推断氨分子被激发后可以产生波长为 1.25 厘米的电磁波，还设想了能产生

这种振荡的具体方法。

汤斯没有立即宣布自己的新发现，而是回到实验室，根据自己的新想法，开始着手试制微波激射器。他和同事们，还有研究生，整整工作了两年；这两年中，他们一起设计、制造、试验、拆毁、再造，翻来覆去，但一直都没有成功。有两个朋友劝他放弃这种劳而无功、浪费钱财的试验，但他毫不动摇，继续试验。

1953年年底，汤斯应邀到一个波谱讲习班去作短期讲学。一天，他的学生飞也似地跑来，报告他一个激动人心的消息：微波激射器成功了！

师生一起来到一家地下餐厅举杯庆贺来之不易的成功。席间，他们想到应该为这一新发明起一个简明、响亮的拉丁或希腊名字。然而胜利的激情使他们无法平静下来，他们争了一夜也没有找到一个合适的名字。直到第二天晚上，他们才满意地创造了一个缩写词“Maser”——“曼塞”——作为那个新发明的装置的命名。它的意思就是“微波激射器”。以后在Maser的基础上又发明了激光器，人们也照汤斯的样子创造了“Laser”这一缩写来为它命名。两者只有一字之差。其中“aser”是受激辐射一词的英文缩写，而M和L分别代表微波和光。这也表示它们产生的原理是相同的，只是振荡频率或者说波长不一样。

发现“曼塞”以后，汤斯谦虚地说这是他学生的胜利和光荣；因为他的学生是冒着当不成博士的风险来从事这项研究工作的。

不久，汤斯发现“曼塞”有一个怪脾气，它产生的频率很高的电磁波，始终固定在一个频率上振荡，用什么办法都无法改变它。当时，汤斯也说不出这样一种激射器有什么实用价值。

后来才明白，“曼塞”产生的微波能精确地稳定在一个频率上振荡，正是“曼塞”的优点而不是缺点：既然它每秒钟振荡的次数始终不变，那么，只要测量出振荡的次数，就可以知道准确的时间间隔。于是有人把这种激射器作为时钟的计时标准，造出了当时世界上最准确的钟，“走”1万年误差只有1秒。

微波激射器只能产生厘米波。汤斯需要的是毫米波和亚毫米波。然而，产生毫米波的激射器却迟迟造不出来，也没有发现能辐射毫米波、亚毫米波的物质。

汤斯当机立断，决定绕道前进，直接研究用激射器产生可见光振荡的可能性。

1958年，汤斯和他的合作者肖洛，经过了长期的思考、研究、计算以后，首次提出光振荡条件的理论计算和光激射器的设计原理，并且还对这种新型激射器的用途作了一番预测。这篇文章立意新颖、论证翔实、假设大胆、计算精确，再加上技术措施切实可行，因此，立刻博得了电子物理学界的广泛注意。欧美很多有条件的实验室，按照论文的提示，纷纷试验制造。

非同凡响

叙述过激光的身世以后，接下去就要谈谈激光的“性格”和“特征”了。由于激光也是光，只不过是一种比较特殊的光，所以我们还要从光说起。

人们对光和光学现象的观察和研究有几千年历史了，在我国春秋战国时的思想家墨子的科学著作《经说》中，就有关于光现象的描述。光和人类生活有密切的关系，人们天天都生活在光的世界里。但是直到本世纪初，人们才对它的本质有了较深入的了解。

向平静的湖里扔一块石子，水面上会产生一圈圈的波纹，这是最直观的波——水波。拨动一根琴弦，会在空气中产生听得见的声音，人们称之为声波。广播电台、电视台的天线发射出我们看不见、听不见的一种波，它们就是电和磁交替变化的电磁波。光是我们能感觉到的，然而没有人觉得它是一种波动。现代科学理论证明，光也是一种电磁波，具有波的特性；只是可见光的波长极短，不到1微米，频率极高，每秒钟振荡 $10^3 \sim 10^{15}$ 次，所以人们无法感觉到它的波动。

光是原子、分子的运动产生的。改变分子和原子的能量状态，会产生光振荡。

那么，这种能量状态是怎么改变的呢？

本世纪初，科学家已为我们画出了原子世界的图像。它真像我们的太阳系：太阳的位置上是原子核，一颗颗电子像行星一样，在各自的轨道上绕原子核运转。

氢原子是最简单的原子，它只有一个电子围绕原子核转。电子在靠近原子核的轨道上运转时，能量较小；在离原子核较远的轨道上运转时，能量较大。如果把氢原子的一个电子激发到能量大的较远的轨道上，再把它退激回到原来轨道上，它便释放出一个光子，这就是发光。要使氢原子发光，可以用电离的办法：把稀薄的氢气注入一只放电管内。通电后，电子从阴极出发，在电场中加速，飞向阳极，电能转化为电子动能。高速的电子和氢原子碰撞，把氢原子的电子撞出来。也有的电子只是把能量传给了氢原子的电子，使它们从能量较小的轨道“激发”到能量较大的轨道上去，能量便得到了提高。原子中的电子能量得到提高后，原子就处于激发状态，很不稳定，好比放在一个圆锥体尖顶上的小球，随时都会掉下来。当处于激发状态的高能量的原子回到低能量状态时，就以光的形式把能量释放出来。从目前人类已掌握的知识来看，光就是这样产生的。

原子发光的先决条件是必须受到外界的能量激发。几乎各种能量都可以成为这种激发条件而转化成光能。

激光固然具有光的性质，但并不等于所有的光全都是激光。譬如太阳光、灯光和烛光等，这些光产生时原子内部的能量变化是杂乱无章的，光的颜色也各不相同。这些光射向四面八方，“各行其事”，一点也不守“纪律”。这种“自发辐射”的光好比广场上的人群，各走各的，互不相关。激光是原子、分子在一定的激发之下产生的受激辐射。犹如一队士兵听到命令，马上列成整齐的队伍，每个人都按一定的次序、间距和步伐，有组织地排成一条狭长笔直的人龙开步向前走。在这里指挥员的命令就好比是激发因素，一个个士兵就是受激发的原子、分子。梅曼实验室中世界第一台激光器射出的深红色光束，就是发自红宝石中的受激发原子。科学家从这种不寻常的红

光中看到了一个崭新的物理奇迹。

激光的机制

激光是一种特殊的电磁波。激光的产生是 100 多年来科学家深入研究电现象、磁现象和光现象的结晶。激光的直接创始人，可以追溯到当代伟大的科学家爱因斯坦。爱因斯坦得过一次诺贝尔奖金。有趣的是，他得奖并不是由于举世闻名的相对论，而是因为他在 1905 年提出的光量子假说。根据这个假说：光是由许许多多光子组成的，不同颜色的光由不同能量的光子组成。爱因斯坦用这种假说解释光电效应获得了惊人的成功。1916 年，爱因斯坦在《关于辐射的量子论》论文中提出原子中的电子可以受“激”而放出光子。这种受激辐射的过程就是产生激光的基本物理原理。

激光这个名词是从英文单词“Laser”翻译过来的。最初，根据它的英文发音，译成“莱塞”、“镭射”等，不明其理的人看了简直莫名其妙。后来，有人根据它的意思，翻译成“受激辐射光”。显然，这个译名的含义清楚，而且把它跟普通光的区别明确地表示了出来，但字数太多，读起来不方便。1965 年，我国一些著名科学家建议，把“受激辐射光”缩写成“激光”两字，这样就比较简明顺口了。

发光有两种形式。自发辐射是发光的一种形式。除此之外，还有另一种发光形式，那就是受激辐射。什么是受激辐射呢？这就是说，原来处在高能级的原子，还可以在其他光子的刺激或感应下，跃迁到低能级，同时发射出一个同样能量的光子。由于这一过程是在外来光子的刺激下产生的，所以叫做受激辐射。有趣的是，新产生的光子与外来光子具有完全相同的状态，即频率一样、波长一样、方向一样。

只要产生一次受激辐射，就能使一个光子变成两个光子，这两个光子又会引起其他原子发生受激辐射，于是，在极短的瞬间内激发出无以数计的光子，实际上就将光放大了。在这种情况下，只要辅以必要的设备，就可以形成具有完全相同频率和相同方向的光子流，这就是激光。而放大光的设备，就是激光器。

在 1953 年，根据爱因斯坦的受激辐射原理，美国物理学家汤斯研制成功了微波放大器。

1960 年 9 月，激光终于在美国年轻的物理学家梅曼手中诞生。

梅曼的激光器中使用了一根人造红宝石作为发光物质，以强光作为激光源。红宝石是一种人工制造的晶体。当梅曼用氙灯的闪光照射红宝石时，实验室里突然发射出一束深红色的光，其亮度达到太阳表面亮度的四倍。这束振奋人心的耀眼光束就是激光。

大约半年后，我国也研制出一台红宝石激光器。

激光器由发光物质（介质）、管状谐振腔和激光源三部分组成。许多物质都可以产生激光，但不同的物质产生的激光在物理性能上有所不同。

激光器的工作方式以发射出的激光持续时间长短分为连续、脉冲、巨脉冲和超短脉冲四种。

激光的特点

第一个特点是——比太阳还要亮百亿倍

太阳光又强、又热，谁也不敢正视耀眼的太阳，可是与激光相比，太阳光就仿佛是小巫见大巫了。梅曼制成的那台红宝石激光器，它发射出的深红色激光是太阳亮度的四倍。而近年来研制出的最新激光，要比太阳表面亮度高出一百亿倍以上！

因为激光器发出的激光是集中在沿轴线方向的一个极小发射角内（仅十分之一度左右），激光的亮度就会比同功率的普通光源高出几亿倍。再加上激光器能利用特殊技术，在极短的时间内（比如一万亿分之一秒）辐射出巨大的能量，当它会聚在一点时，可产生几百万度，甚至几千万度的高温。

第二个特点是——颜色最纯

太阳光分解成红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七色光。不同颜色的光波长是各不相同的。在自然界中几乎找不到波长纯而又纯的光，各种波长的光总是混杂在一起的。

科学家们长期以来一直努力寻找一种波长一致的单色光源。

激光就是这种理想的单色光源。拿氦氖气体激光器来说，它射出的波长宽度不到一亿分之一微米，完全可以视为单一而没有偏差的波长，是极纯的单色光。

第三个特点是——方向最集中

当我们按亮手电筒或打开探照灯时，看上去它们射出的光束在方向上是笔直的，似乎也很集中，但实际上，当光束射到一定距离后，就散得四分五裂了。唯有激光才是方向最一致、最集中的光。如果将激光束射向月球，它不仅只须花 1 秒钟左右便能到达月球表面，而且仅在那里留下一个半径为两千米的光斑区。

第四个特点是——相干性极好

当用手将池中的水激起水波，并使这些水波的波峰与波峰相叠时，水波的起伏就会加剧，这种现象就叫干涉，能产生干涉现象的波叫干涉波。激光是一种相干光波，它的波长、方向等都一致。

物理学家通常用相干长度来表示光的相干性，光源的相干长度越长，光的相干性越好。而激光的相干长度可达几十千米。因此，如果将激光用于精密测量，它的最大可测长度要比普通单色光大 10 万倍以上。

激光的四大特点是互有联系，相辅相成的。

略施小技

科学家掌握激光的特性以后，使激光登上显示现代科学技术的大舞台，让它干了三件不可思议的奇事。

第一件奇事是刺破青天，去叩响月球“广寒宫”的大门。1969年，美国的宇航员乘坐宇宙飞船首次登上月球。其实激光早在1962年就已经捷足先“登”上了月球。那次，科学家使用的是红宝石激光束。激光从地球射到月球上，再从月球返回地球，越过万里长空，来去只花了2.6秒。科学家拍摄了这一珍贵的镜头，摄下了激光在月球上的足迹——一个明亮的红点。

第二件奇事是让激光束钻到人的眼睛里治眼病。眼睛很像照相机，瞳孔和瞳孔后的晶状体是一个光线可以进入的“窗口”。细得像一条线的激光束，正好从这里射入眼内。晶体像透镜一样，它把激光聚焦在眼底上。焦点非常小，只有几十微米，和头发丝直径差不多；因此能量高度集中，温度可达1000多度，用它来做精确度很高的眼科手术非常理想。比如，把眼底视网膜上的裂孔封闭起来。这类手术通常需要把眼球从眼眶中摘出来做，病人很痛苦；现在用激光去“焊接”，对准患处之后，医生一按开关，只要千分之一秒就可以把裂孔封闭好。速度之快使病人还不知道手术已经结束。

第三件奇事是在离开激光器一两米远的地方放一块3毫米厚的钢板，激光束一下子就能在钢板上打出一个洞来。它打洞释放的总能量还不及一只15瓦的电灯泡1秒钟内发出的能量呢。

激光器的种类

气体激光器

在气体激光器中，最常见的是氦氖激光器。世界上第一台氦氖激光器是继第一台红宝石激光器之后不久，于 1960 年在美国贝尔实验室里由伊朗物理学家贾万制成的。由于氦氖激光器发出的光束方向性和单色性好，可以连续工作，所以这种激光器是当今使用最多的激光器，主要用在全息照相的精密测量、准直定位上。

气体激光器中另一种典型代表是氩离子激光器。它可以发出鲜艳的蓝绿色光，可连续工作，输出功率达 100 多瓦。这种激光器是在可见光区域内输出功率最高的一种激光器。由于它发出的激光是蓝绿色的，所以在眼科上用得最多，因为人眼对蓝绿色的反应很灵敏，眼底视网膜上的血红素、叶黄素能吸收绿光。因此，用氩离子激光器进行眼科手术时，能迅速形成局部加热，将视网膜上蛋白质变成凝胶状态，它是焊接视网膜的理想光源。氩离子激光器发出的蓝绿色激光还能深入海水层，而不被海水吸收，因而可广泛用于水下勘测作业。

液体、化学和半导体激光器

液体激光器也称染料激光器，因为这类激光器的激活物质是某些有机染料溶解在乙醇、甲醇或水等液体中形成的溶液。为了激发它们发射出激光，一般采用高速闪光灯作激光源，或者由其他激光器发出很短的光脉冲。液体激光器发出的激光对于光谱分析、激光化学和其他科学研究，具有重要的意义。

化学激光器是用化学反应来产生激光的。如氟原子和氢原子发生化学反应时，能生成处于激发状态的氟化氢分子。这样，当两种气体迅速混合后，便能产生激光，因此不需要别的能量，就能直接从化学反应中获得很强大的光能。这类激光器比较适合于野外工作，或用于军事目的，令人畏惧的死光武器就是应用化学激光器的一项成果。

在当今的激光器中，还有一些是用半导体制成的。它们叫砷化镓半导体激光器，体积只有火柴盒大小，这是一种微型激光器，输出波长为人眼看不见的红外线，在 0.8~0.9 微米之间。由于这种激光器体积小，结构简单，只要通以适当强度的电流就有激光射出，再加上输出波长在红外线光范围内，所以保密性特别强，很适合用在飞机、军舰和坦克上。

固体激光器

前面所提到的红宝石激光器就是固体激光器的一种。早期的红宝石激光器是采用普通光源作为激发源。现在生产的红宝石激光器已经开发出许多新产品，种类也增多。此外，激励的方式也分为好几种，除了光激励外，还有放电激励、热激励和化学激励等。

固体激光器中常用的还有钕铝石榴石激光器，它的工作物质是氧化铝和氧化钕合成的晶体，并掺有氧化钕。激光是由晶体中的钕离子放出，是人眼看不见的红外光，可以连续工作，也可以脉冲方式工作。由于这种激光器输出功率比较大，不仅在军事上有用，也可广泛用于工业上。此外，钕铝石榴石激光器或液体激光器中的染料激光器，对治疗白内障和青光眼十分有效。

“隐身”和“变色”激光器

另外还有两种较为特殊的激光器。一种是二氧化碳激光器，可称“隐身

人”，因为它发出的激光波长为 10.6 微米，“身”处红外区，肉眼不能觉察，它的工作方式有连续、脉冲两种。连续方式产生的激光功率可达 20 千瓦以上。脉冲方式产生波长 10.6 微米的激光也是最强大的一种激光。人们已用它来“打”出原子核中的中子。二氧化碳激光器的出现是激光发展中的重大进展，也是光武器和核聚变研究中的重大成果。最普通的二氧化碳激光器是一支长 1 米左右的放电管。它的一端贴上镀金反射镜片，另一端贴一块能让 10.6 微米红外光通过的锗平面镜片作为红外激光输出镜。一般的玻璃镜片不让这种红外光通过，所以不能做输出镜。放电管放电时发出粉红色的自发辐射光，它产生的激光是看不见的，在砖上足以把砖头烧到发出耀眼的白光。做实验时，一不小心就会把自己的衣服烧坏，裸露的皮肤碰到了也要烧伤，所以这种激光器上都贴着“危险”的标记，操作时要特别留神。

二氧化碳激光器形式很多。放电管最长的达 200 多米，要占据很大的场地。科学家想出办法，将笔直的放电管弯成来回转折的形状，或是把放电管叠起来安装，将它们的实际长度压缩到 20 米左右；为了使激光器的光路不受振动的影响，整个器件安放在地下室粗大的管道内。后来发明的一种称为横向流动的二氧化碳激光器，长度缩到只有一张大办公桌那样长短，能射出几千瓦功率的激光。这样的激光器已被许多汽车拖拉机厂用来加工大型零件。输出功率更大的一种二氧化碳激光器结构像大型喷气发动机，开动起来声音响得吓人，它能产生上百万瓦的连续激光，是连续方式发射激光中的最强者。最初的激光打坦克靶实验，用的就是这种激光器。它是科学家把空气动力学和激光科学相结合而制造出来的。

以脉冲方式发射的二氧化碳激光器也有很多种，在科研和工业中用途极广。如果按每一脉冲发出的能量大小作比较，那么，脉冲二氧化碳激光器又是脉冲激光器中的最强者。

这里，我们要回到激光先驱者汤斯曾经研究过的问题上来，谈一谈毫米波的产生。随着激光技术的发展，许多科学家对这一难题又发起了进攻：采用放电或利用强大的二氧化碳激光作为激励源去激发氟甲烷、氨等气体分子，一步步地把发射出来的激光波长延长，扩展。开始达几十微米，后来达几百微米，也就是亚毫米波了。本世纪 60 年代中期到 70 年代中期，随着微波技术的发展，科学家根据激光产生的原理和方法产生了毫米波。这样，从光波到微波之间的空白地带便被不断发现的新红外激光填补了。

从研究中，科学家发现毫米波很有实用价值：大气对它的吸收率很小、阻碍它传播的影响也小，可以用它来作为新的大气通讯工具。

另一种比较特殊、新颖的激光器，可以形象地称它为“变色龙”。它不是龙，但确实能变色；只要转动一个激光器上的旋钮，就可以获得红、橙、黄、绿、青、蓝、紫各种颜色的激光。

难道染料跟激光器也有关系吗？一点也不错。这种激光器的工作物质确实就是染料，如碳花青、若丹明和香豆素等等。科学家至今还没有弄清楚这些染料的分子能级和原子结构，只知道它们与气体工作物质的气体原子、离子结构不一样；气体产生的激光有明确的波长，而染料产生的激光，波长范围较广，或者说有多种色彩。染料激光器的光学谐振腔中装有一个称为光栅的光学元件。通过它可以根据需要选择激光的色彩，就像从收音机里选听不同频率的无线电台广播一样。

染料激光器的激励源是光泵，可以用脉冲氙灯，也可以用氮分子激光器

发出的激光。用一种颜色的激光作光泵，结果能产生其他颜色的激光可以说是染料激光器的特点之一。

这种根据需要可以随时改变所产生激光波长的激光器，主要用于光谱学研究；许多物质会有选择地吸收某些波长的光，产生共振现象。科学家用这些现象分析物质，了解材料结构；还用这些激光器来产生新的激光，研究一些奇异的光学和光谱学现象。

少年激光科学家

激光器虽然是崭新的现代发明，激光技术也成为一项尖端技术，但它也决不是高不可攀的。

在第一台红宝石激光器出现后一年，美国德克萨斯州就有一位 15 岁的少年自制了一台红宝石激光器，在中学生科学展览会上获得了第一名。

他是一个优等生，喜欢篮球、足球、在掌握了一部分激光的基础知识后，便想做一台激光器试试。开始，这计划看起来是无法实现的。有人告诉他自制激光器的想法不切实际：就拿激光器的核心部分——红宝石晶体来说，价值之高决不是一个中学生负担得起的。但是他并不气馁，而是鼓起勇气，给几家制造红宝石晶体的公司写信，请求帮助。最后，终于有一家公司满足了他的愿望，一支精心包装的红宝石棒寄到了他的手里。作为宇航工程师的父亲，不仅在精神上鼓励他工作，并且请了一位搞电子技术的同事给他指导和帮助。这位少年每天做完学校布置的课外作业后，把余下的时间都用于制作激光器。他花了 3 个月时间先装好 4000 伏高压电源，接着安装激光器主体部分，竟然一次成功。激光器闪出一道红色的激光束，能在刀片上打出一个小孔。

少年读者也可以利用课余时间制作一台前面提到的氮分子激光器。制作这样的激光器，只要由学校提供一部分材料，有成年人的指导，少年读者是有可能胜任的。制作一台氮分子激光器比那位美国少年制作红宝石激光器容易得多。

少年读者能看到自制的激光器发出激光，那是多么令人喜悦的事情啊！虽然激光器的制作比较复杂，也远不如半导体收音机有实用价值，能制作激光器的少年科学家还不多。但是，我们可以从他们身上看到科学事业的光明前途，看到大有希望的未来。

激光的强大作用

威力超群的激光武器——“死光”

激光出现以后，用光作武器的幻想有希望变为现实了。由于激光的强度比太阳强度大得多，有人就想到利用激光来制造武器；而且给激光武器起了一个夸张的、可怕的绰号——“死光”。从此，“死光”这一名称深深地印在人们的脑海中，以至于一谈到激光就想起“死光”。

真有“死光”吗？可以明确地说，现在还没有能把人一照就死的“死光”。通常所说的激光武器还只是利用激光的巨大瞬时能量，在攻击目标上产生高温、高压，从而摧毁目标的一种光武器，和真正的“死光”不一样。目前，人们预料，真正的“死光”将是射线激光。射线中的光子比可见光的光子能量高百万倍，它对人体的穿透力比X光强得多。一旦制成一射线激光器，它射出一束无形的强大射线光束，照到人体上，就穿透人体的皮肤、肌肉，直达内脏，破坏肌体，致人死命，而不落痕迹。把射线激光称为“死光”才算名副其实。然而，射线激光的研究才刚刚开始，发展情况怎样，还要等着瞧呢！

激光枪和激光炮

最早的激光武器是激光枪，用的是红宝石激光器。小巧的激光枪外形和步枪差不多，重量约12千克。激光枪射出的激光“子弹”能烧伤敌人的眼睛，使敌人的衣服起火，引起恐慌。但是，只要罩一层白布在身上，就可以使激光反射消散，激光枪也就失效了，可见它并不实用，现在已很少有人提起。

接着出现的是激光炮。那是一种庞大的功率激光器，它射出强大的激光束能准确地击中目标。国外，有人用功率达1.5万千瓦的二氧化碳激光器产生的激光击落了一架长4.5米，时速近500公里的遥控靶机；用氟化氙激光摧毁了一枚正在高速飞行的71A型反坦克导弹。此外，还有用激光在坦克上打出拳头大一个洞的消息报道。

那么，激光炮是不是可以用来作武器呢？至少目前还不行；上面所说的仅仅是一些光武器试验而已；这些实验无疑是成功的，但还有是否实用的问题。目前的激光炮，其设备的效率较低，代价高，装置十分庞大，机动性差，在实战中不会比常规武器更有效。一台工业用的激光输出功率为5000瓦的二氧化碳激光器加上电源等设备大约重8吨，即使堆在一起也要占8~9个平方米面积。你可以想象一下功率达一两万千瓦的激光器该有多重、多大。用作激光炮的二氧化碳气体激光器更庞大，只能堆置在山洞里用。怪不得一些对发展光武器持悲观想法的人讥笑这些家伙说：“其实不需要激光，只要把这笨重、庞大的装置砸在坦克上，也足够把它压垮了。”

尽管如此，由于现代战争的需要，激光炮的研究还在进行。比较有希望的是不需要电源，利用化学激励的氟化氙激光器，它可以制造成体积小、效率高的激光炮。美国已经把这样的激光炮安装在试验飞机上，做截击空空导弹的试验。

激光导弹

在海湾战争中，以美国为首的多国部队向伊拉克境内发动大规模空袭，摧毁了伊拉克的许多重要军事目标。最后，这场战争以伊拉克的失败而告终。

美国的飞机上装有激光瞄准器，它能发射出红外激光。当一架担任侦察

任务的飞机在空中发现地面目标时，就边在空中盘旋，边用激光瞄准器不断的向目标发射激光束。这种激光束实际上起着向导的作用。这时，担任攻击任务的另一些飞机就随后飞来，向目标扔下激光制导导弹。这些激光制导导弹上装有自动跟踪系统。这种自动跟踪系统等于导弹的眼睛，当导弹扑向目标时，它能根据从目标上反射回来的激光，不断地修正飞行中的航向，从而准确无误地击中目标。

其实，这类激光制导导弹，早在 70 年代，美国在越南战场上就使用过。现在不仅有空对地导弹，而且有地对地、空对空、地对空等多种激光导弹。

人们感兴趣的激光器是反洲际导弹激光武器。

洲际导弹大都带有核弹头，飞行速度每秒 5 公里以上。它的爆炸力强，破坏范围大，不能让它在自己国土上起爆，要在离国土尽可能远的地方拦截它。当敌方导弹发射以后，先要发现它、监视它，并用计算机算出它的轨迹，确定拦截方案，最后才发射反洲际导弹对付它。整个过程需要相当长的时间，其中的关键是发射反弹道导弹，速度要快，否则，敌方导弹已飞到自己的国土上空，再截击它就为时过晚了。光速每秒达 30 万公里，比导弹快得多，如能用激光作拦截武器，可以赢得时间，从这一点来说，光武器可能是一种理想的反导弹武器。

但是，随着对激光武器的研究逐步深入，科学家认识到要发展这种武器还有不少困难。除了激光设备庞大、笨重以外，主要问题是大气对激光的影响。温度、气压的起落变化会影响光束质量，使光束无法集中；大气对激光的吸收会随激光强度的提高而急剧上升，强光束难以在大气中传播；雨、雪、雾还会挡住激光，使激光射不到远处。因此，这种武器在实战中应用的可能性极小。

于是，科学家设想把激光武器搬到大气层外的太空中去，装在卫星上。避开了大气层的影响，激光有希望成为空间战的武器，在太空中进行反卫星、反导弹的战斗。特别是军事卫星，它要侦察地面的军事活动，必定有光学观察窗，和许多精密的仪器设备，这正好是激光武器可以攻击的弱点。

1975 年 10 月和 11 月间，位于印度洋上空监视前苏联洲际导弹地下发射井的美国预警卫星，受到前苏联西部地区一种神秘的强光照射，卫星上的红外探测器短时间失灵，变成了“盲人”。事情发生之后，不少美国人认为前苏联动用了地对空激光武器。美国官方调查后宣称，造成这一事件的原因是前苏联西部地区某一天然气田失火，烈焰腾空，光照霄汉，亮得使美国卫星上的红外线“眼睛”也看不见了。

这件事情使激光武器专家受到启发：既然天然气失火可以使卫星暂时致“盲”，那末比天然气失火的光强得多的激光当然也可以通过卫星探测窗进入卫星，把它的探测器打毁，使它成为永久性的“瞎子”。看来，在未来的空间战中，激光将是一种有效的武器。因此，一些军事大国都在进行空间激光武器的试验。他们计划把激光武器装在航天飞船上送到太空中，或以卫星为激光武器基地，在太空中巡游。这种激光武器能攻击它能找到的所有航天器，也能迅速地探测到敌方洲际导弹的活动，并在导弹刚刚飞出大气层外，就把它摧毁。

激光武器还在研究中，不能实用，但是，能提高作战武器性能的一些专用装置已开始用于实战。

其中，最重要的是激光制导武器。比如，用激光制导的炸弹，可以命中

2 米宽的小桥。用普通炸弹平均 100 枚才能炸中一次，用激光制导的炸弹一发就中。1976 年在中东发生的战争中，战场上出现过激光制导反坦克导弹。只见火光一闪，一辆坦克就粉身碎骨。有人猜测这恐怕就是“死光”武器；其实，它是激光反坦克导弹在战场上发挥威力。

生命之光

治疗眼睛

激光为人类做的第一件好事，就是进入人的眼底去治疗各种眼病。全世界接受激光治疗，治愈了眼病的人已有成千上万。激光可以医治多种难治的眼病，而最拿手的是我们已提到过的视网膜凝结术，还有虹膜穿孔术。所以，激光眼科治疗机，也称激光视网膜凝结器。

人眼的视网膜，是感受外来光线的视经组织，它紧贴在眼底上。视网膜发生病变，出现裂孔，眼球内的玻璃体会通过这个孔进入视网膜下，使视网膜渐渐剥离下来，病人的视力渐渐减退，直到丧失视力。发病的早期把裂孔封闭，就有可能使视网膜的损伤得到治疗，恢复正常。没有激光，这种手术是很难做的。

早期的视网膜凝结器采用能焊接金属的红宝石激光器。当然要控制激光脉冲的能量，太大反而损伤视网膜，太小又起不了作用。激光能量适中，光束射入眼内，聚焦在裂孔上，使裂孔周围的蛋白质变成凝胶状态，就能把裂孔封闭起来，达到治疗的目的。

虹膜穿孔术，就是用激光在虹膜上穿一个孔，可以减低眼压，治疗闭角型青光眼。青光眼也是一种可能造成病人失明的眼病。用红宝石激光做虹膜穿孔术时，会引起虹膜出血。后来改用氩离子激光器发射的蓝绿光来做穿孔术；因为微细血管吸收强的蓝绿光后也会凝结，所以，用蓝绿光做穿孔术，可以防止虹膜出血。现在氩离子激光眼科治疗机已成批生产，成为一种常用的眼科医疗设备。

医治牙齿

在牙科，激光可以代替牙钻。根据世界卫生组织统计，儿童的龋齿发病率是相当高的，大约达到 75%。对龋齿的传统治疗方法是使用牙钻，它钻得牙齿又酸又疼，然后是清洗、上药、补洞。

用激光治牙，病人几乎没有不舒服的感觉，而且只要不发炎，一次治疗就能解决问题。牙科激光器是激光器中最小的弟弟，它的功率很小，只有 3 瓦，相当于一支节能灯，几乎不产生热量。它的发射端实际上是像头发丝那样细的光导纤维。

治疗时，只须将光纤发射端接近龋齿灶，发出激光束，龋处组织就会分解，然后用清水冲洗掉。如果龋齿仅是浅度的牙珐琅质受损，激光束会将受损处的细微孔隙——封死，这样便可以防止乳酸腐蚀牙本质。如果已出现了龋孔，用激光束钻孔、清洗后，即可将人造珐琅质材料填入空洞中，再用激光加热接合处，使人造珐琅质材料与牙珐琅质融为一体。

激光治牙不仅无痛、迅速，而且治疗后的效果也好。

激光手术刀

利用激光能量高度集中的特点，把它作为外科手术上用的手术“刀”，有它的独到之处。常用的二氧化碳激光“刀”，刀刃就是激光束聚集起来的焦点，焦点可以小到 0.1 毫米，焦点上的功率密度达到每平方厘米 10 万千瓦。这样的光“刀”所到之处，不管是皮肤、肌肉，还是骨头，都会迎刃而解。

激光“刀”的突出优点之一是十分轻快。用它来动手术时没有丝毫的机械撞击；用功率为 50 瓦的激光“刀”后，切开皮肤的速度为每秒钟 10 厘米左右，切缝深度约 1 毫米，和普通手术刀差不多。用激光“刀”来切开骨头，

几乎和切皮肤一样“快”，这就比普通手术刀优越多了。一般来说，切骨手术要使用锯子和凿子，比如打开一小块头骨就要用一个小时，医生费力，病人受苦。使用激光“刀”，就可以大大减轻医生的劳动强度，并减轻病人的痛苦。

激光“刀”的另一个突出优点是激光对生物组织有热凝固效应，因此它可以封闭切开的小血管，减少出血。医生在激光“刀”的帮助下，向手术禁区发动了进攻，攻克了一个个顽固堡垒。比如血管瘤，一动刀就会出血，往往危及生命，是碰不得的地方；医术再高明的医生也爱莫能助。自从有了防止出血的激光手术“刀”，医生就大胆地闯入了这块禁地了。用激光“刀”为病人治疗口腔血管瘤，手术成功率高达 98%。医务工作者还用激光“刀”成功地对血管十分丰富的肝脏禁区进行了手术。

科学家发现激光封闭血管作用的大小与激光的波长有关。钕铝石榴石激光器输出激光波长为 1.06 微米，凝血效果好；而用输出激光波长为 10.6 微米的二氧化碳激光器，效果就不太理想。氩离子激光器发射的蓝绿激光，凝血效果比 1.06 微米的激光还要好。但是，氩离子激光的功率不如钕铝石榴石激光；所以，深入出血禁区的手术，一般都用波长 1.06 微米的激光。

那么，激光“刀”是什么样的呢？尽管它的“刀刃”只是直径为 0.1 毫米的一个小圆点，这把“刀”的刀体却相当大。二氧化碳激光“刀”一般来说，高近 2 米，长近 2 米，宽不到 1 米。钕铝石榴石激光“刀”要小一点，但也没有一点刀的样子。其实，它的主体是一台激光器，包括电源和控制台。激光器是固定的，要使激光束能按医生的意图传到病人身上做手术的部位，还须配置一套叫光转弯的导光系统。

导光系统是激光“刀”的重要部分，它必须轻巧、灵活，让医生得心应手。二氧化碳激光“刀”，一般使用导光关节臂。它由好几节金属管子组成，节与节之间成直角，可以转动，有一点像关节，光学反射镜就装在关节的地方，激光束通过反射镜转弯。钕铝石榴石激光“刀”和氩离子激光“刀”除了用导光关节以外，外面包上塑料套，再包上金属软管，比较柔软，可以自由弯曲。光在光导纤维中传导和电在电线里传导相似。用光导纤维就比导光关节臂灵活、轻巧得多了。

现在，凡是用手术刀做的手术，都能用激光“刀”来做。医生可以根据手术的要求选择一种更合适的方法。相反，激光“刀”可以做一般手术刀无法做的手术。有了光导纤维以后，激光就可以钻到人的肚子里为人治病，这是手术刀甘拜下风的地方。医生把它和胃镜配合起来，送到病人胃里，如发现胃溃疡出血，只要一开激光，立即能使出血点凝固止血，不用开膛破肚，就可以治好病。除了治疗胃溃疡外，激光还可以进入食道、气管、腹腔，做多种手术。1982 年，美国加州大学的一位科学家宣布了使用激光的一种新技术：用激光来清除堵塞动脉的胆固醇脂肪沉淀物。激光就是通过极细的光学纤维，进入血管的。

医学上的其他激光术

激光还和中国古老的针灸治疗结合起来，产生了激光针。这种激光针当然不能用激光“刀”那样强的激光，否则就不是“扎针”，而是打洞了。光针用的是小功率的氦氖激光器。它发出的红光通过一根细长的光纤照到病人的穴位上，通过皮肤，透入穴位，没有一点针刺的痛感，所以，怕打针的小朋友特别欢迎。光针治疗无痛、无菌，也无晕针现象。对某些疾病来说，它

跟银针具有相同的治疗作用。激光针对软组织炎症、失眠、小孩遗尿等疾病疗效相当高，还可治疗原发性高血压、支气管炎、哮喘等疾病。

激光在医学上的应用崭露头角，创造了不少奇迹，显示了它强大的生命力。但是，人们对激光医学寄予最大希望的是用激光这种新式“武器”来对付人类的大敌——癌症。

用激光“刀”做恶性肿瘤的切除手术，不仅可以做到迫切开、边止血、边消毒；而且可以使癌细胞受到激光的高强度照射后立即凝固、坏死，并化为青烟，即所谓肿瘤汽化。这样，可以大大地减少癌细胞扩散转移的机会。用激光“刀”治癌的研究正在积极开展，也取得一些临床试验结果，但是，激光“刀”防止癌细胞扩散的效果还不够理想，对治癌的疗效还需要长期观察。

近年来，科学家和医生通力运用，又发展了一种治疗癌症的新技术，称为光敏技术。所谓光敏，就是给人体某一部分发生病变的机体注射一些特殊的化学物质，使病变部分对光照敏感。经过光敏处理以后，再用光照使病变部分产生水肿、坏死，达到治疗的目的。

这种特别的治病方法是偶然发现的：1903年，有两位外国医生给一位患皮肤癌的病人治疗。由于确定没有什么对症的药，而又为了从精神上安慰病人，便在患处涂了一些叫伊红的染料，帮助消炎。几天以后，病人又来看病，医生意外地发现癌肿有所缩小。经了解，病人没有用过其他药物，生活上也是一切正常，只是每天晒晒太阳。医生研究了这些情况后，认为是伊红染料和阳光的作用，于是再进一步试验，发现了光敏现象。但是，用光敏技术治癌的进展不大。原因是当时选用的光敏物质不能令人满意，也没有理想的光源。

1960年，美国的利普逊研究成功一种称为HPD的光敏物质，光敏技术才发展起来。这种物质和癌细胞格外亲近，碰到一起就抱成一团。把它注射到人体内，两三天后，正常组织中的HPD排泄出去了，而癌肿组织内还大量存在，用短波长的光一照，能发出荧光。这就为医生检查病人是否患癌症提供了有力的诊断工具。更进一步，用橘红色光照射含有HPD的癌肿组织，HPD发生化学反应，产生单原子氧，能使癌细胞组织坏死；而人体其他部分正常的细胞组织中HPD已排出，不会受到破坏。

其他治疗方法，像放射线治疗、化学药物治疗，都会把正常细胞和癌细胞一起杀死，敌我不分；而光敏技术却是有选择性地杀死癌细胞，这正是治癌的主攻方向之一。

从1976年开始，光敏技术治癌采用激光光源。因为激光的波长单纯、功率大，疗效大大提高。蓝紫色激光能使HPD产生荧光，用来诊断癌；橘红色的激光以使HPD产生化学反应，用它来照射病变部位，可以达到治癌的目的。科学家还想利用可以分别调出蓝紫色激光和橘红色激光的可调染料激光器，把诊断和治疗结合在一起。

激光电脑的巨大潜力

电子计算机，是于本世纪 40 年代出生的。此后不久，科学家们便开始研制光计算机。电子计算机是以电子输送信息，而光计算机是以光子输送信息。

激光器问世后，科学家们自然而然地想到使用光元素器件来制造光计算机。可是，设计和进展缓慢，一直没有结果。于是，当时世界上的光学权威，美国斯坦福大学的卓泽夫·古德曼教授认为，以最乐观的估计，光计算机的诞生也要迟至 21 世纪，

1986 年，美国有名的贝尔实验室发明了用砷化镓制成的光学开关。当然，这种开关不是我们日常使用的机械式扳动开关或按钮式开关，这种开关实质上是用光脉冲来控制仪器工作或休息的装置。

1990 年 1 月底，贝尔实验室向大家展示了一台用光脉冲来计算的实验装置。尽管这台装置跟普通电子计算机中的简单程序处理器一样，但它的问世毕竟说明光计算机的研究，已向前迈进了一大步。

电子计算机自诞生后，发展速度是非常快的。由于结构日趋复杂化和高度集成化，于是出现了一系列难以克服的问题。

第一个问题是，尽管在电子元器件中传输的是很弱的电流，但随着元器件的高度密集，不仅工作时产生的热量会急剧增加，而且相邻的元件也会彼此干扰。

第二个问题是，电子计算机的元器件中，电子的运动速度约为每秒 60 千米。即便是在砷化镓器件中，电子的运动速度也不会超过每秒 500 千米。也就是说，电子在导体中最快的运动速度也不及光子流运动速度的 10%，这就大大限制了运算速度的提高。而且，当电子计算机的工作频率超过 100 兆赫，或每秒转换（运算）1 亿次时，还会出现一些不正常的情况。

第三个问题是，由于计算机的结构和功能日趋复杂化，组成运算电路的电子元件也日益增多。为了在有限的面积上容纳下更多的元件，人们早就将许许多多元件密集起来，做成一个个小方块。这类方块就叫集成块，或叫集成电路。每个集成块是通过身上的插脚，固定在位置上，并与整个电路相连的。超大规模集成块的插脚数目是很多的，而且越来越多，目前最多的已有 300 只插脚。若干年后，也许会出现有上千个插脚的集成块，它们会占据很大的地盘，以致腾不出足够的宅基来安排它们。

随着巨型计算机的出现，这些问题会日益严重。而要解决这些问题，只有将综合功能性的计算机装置逐一分解成许多功能单一的装置，然后再用专门的联接装置将它们一个个地连接起来，但这样一来，计算装置就会变得更加复杂化。

如果用激光计算机，就不存在这些棘手的问题了。在光脑中，输送信息的是光子，运动速度相当于光速度（每秒 30 万千米），要比电子运动速度快得多。而且，光子携带和传递信息的能力也远远强于电子。

目前，美国、日本的不少公司都在不惜巨资研制激光计算机。预计在最近 10 年内，将开发出超级光计算机，运算速度至少比现有的光计算机快 1000 倍。

以激光为基础的计算机能广泛地用来执行一些新任务，例如预测天气、气候等一些复杂而多变的过程。再如，还可以应用在电话的传输上。因为电话信号正在逐步由光导纤维中的激光束来传送，如果用光计算机来处理这些

信号，就不必再像现在这样，需要在电话局内将携带声音的光脉冲转变成电脉冲，经电子计算机处理后再转换成光脉冲发送出去。即可以省掉光—电—光的转换过程，直接将携带声音信号的光脉冲加以处理后发送出去，这样，便大大提高了传送效率。

由于光计算机善于进行大量的运算，所以能高效地直接处理视觉形式、声波形式，以及其他任何自然形式的信息。此外，它还是识别和合成语言、图画和手势的理想工具。这样，光计算机就能以最自然的形式进行人机对话和人机交流。

激光与印刷术

说到印刷术，自然就会联想到我国的毕升。早在距今 950 多年前的宋朝，毕升就发明了活字版印刷术，与火药、指南计、造纸术并列成为中国古代四大发明。

毕升先在胶泥片上刻字，一个字就像一方印章，然后用火烧硬，便成了一个活动的泥字。你们玩过拼七巧游戏吧？对照蓝图，可以用七巧板拼出各种平面图案。当时毕升也有这道工序，叫做排版。就是根据书稿检出一个个相应的活字，将它们字面朝上排在铁板上。铁板是带框的，以便固定活字。然后对铁板略微加热，使敷在活字表面的蜡层融化，同时再用平板压平一个个活字的字面。这样，当蜡层冷凝后，便将一个个活字的底部粘在了铁板上，形成了一颗硕大的“印章”。这颗大印章的字样便是由许多活字字面组成的。只要在字面上蘸上墨，就可以在纸上印出书来。

今天的印刷基本上沿袭了毕升的老办法。当然，在工艺上有了较大的改进。首先是用铅字代替了泥字。另外，又多了几道工序。就是用铅字组成大印章后，通常并不直接去印书，而是用大印章先在硬纸上刻出字样，形成纸型。然后将熔化的铅水浇在纸型上，待冷却后便成了上面带有字样的铅版，再将铅版粘在印刷机上，蘸上印墨印书。

显然，从刻活字、排字、做纸型、浇铅板，到最后上机器印刷，工序十分繁琐。因此，这种费时又费力的印刷业是亟待改进的。于是照相排版应运而生。

照相排版实际上是引入了光学摄影原理。用活字排版，必须根据书稿，依样画葫芦地检出各种大小、字体不同的铅字和符号进行排版。而照相排版要简便得多，它是通过排字机上的透镜，来改变字样的大小和形状的。至于用透镜为什么就能改变字样的大小和形状，这实际上就等于我们照“哈哈镜”。上海著名的游乐场——“大世界”——的一组镜面凹凸不平的镜子，就是哈哈镜，人一站到镜子前面就会出现各种被扭曲的滑稽相，于是忍俊不住，哈哈大笑。

用照相排版时，只需将光源通过透镜把需要的文字和符号，在感光相纸上成象，再经过显影和定影就形成了照相底片。然后，只要像印照片那样印刷就行。

照相排版可使用两种光源，刚才讲的实际上是用普通光源。

由于激光的亮度高，颜色纯，可以大大改善图像的清晰度，印出来的书质量当然就高。

另外，激光照相排版比起普通照相排版要迅速、简便得多。

激光照相排版首先是通过计算机把文字变成一个个点，然后用点来控制激光扫描感光底片。即用激光‘撞’击底片上的感光涂料，留下无数个对应的点，这些点经显影、定影后就重新变成文字或图像。这里，激光束相当于电子束，感光底片相当于电视机荧屏。接下来，用载着文字和图像的底片就可以去印书报杂志了。

彩色电视机之所以能显示红、绿、蓝三色，是由于荧屏上涂有三色荧光粉，它们在电子撞击下会显出三种颜色。而激光排版也可以采用类似的原理，印刷出优美的彩色画面来。

从激光电视唱片到光盘

1877年，留声机出现了，这是伟大的发明家爱迪生的一项杰作。爱迪生发明的机器，经过不断的改进才成为电唱机。

电唱机的主要部分是由马达带动作匀速旋转的唱片和拾音、放音器。放音的时候，要用拾音器把存在唱片中的声音取出来。唱片上的纹道很粗，肉眼也能看清楚，一张唱片上记录的信息比较少。

人们对文化生活的要求是越来越高的，有了收音机还不满足，想把自己喜爱的节目保留下来，随时可以听，所以使电唱机、录音机得到了发展。同样，人们有了电视机也不满足，还想把自己喜爱的节目，或者某些“镜头”保留下来，随时可以观看，这就使录像技术得到了发展。

随着激光技术的发展，科学家研究出一种特殊的录像技术，把图像和声音记录在一种特殊的唱片里。把唱片放在专用的放像机里，就可以在配套的电视机屏幕上看到彩色的画面，同时伴有立体声的音响。声音之悦耳、图像之清晰、色彩之逼真，胜过一般彩色电视机播放的节目。用这种放像机最大的好处是可以随自己的爱好，选择不同内容的唱片，看得高兴，可以一遍又一遍地反复看，不像收看电视台播放的节目那样，受时间、地点的限制。

这种特殊的唱片叫电视唱片。由于录放都要靠激光来帮忙，又叫激光电视唱片。它是本世纪70年代的新发明。

激光能量密度高，方向集中，可以在很硬的材料下打出小孔，这种孔只有人体内红血球的几分之一那么大，肉眼看都看不到，电视唱片的录制技术就利用了激光这种特性。

那么打孔和记录图像有什么关系？

仔细看看报纸上印的新闻照片，可以发现它们是由无数个深浅不同的黑色小点组成的。点子越小，图像就越清晰，电视图像也是由无数小点组成的，一幅图像约含几十万个像点。为了使图像动起来，每秒钟要变20几幅，再加色彩、声音，需要记录千千万万个信号。所以，唱片上的纹道只有0.4微米宽，纹道之间的间隔只有1.7微米，大约是头发丝的四分之一。每一纹道上还要打成许多长短不等的凹痕，要观察它还必须借助显微镜。这样细致的刻痕，只有靠激光来帮忙才行。

录制电视唱片，要用功率大的蓝绿激光，把光束聚集成不到1微米的小点，唱针是无法做到这样细微的。刻制的过程和录制声唱片相似，在唱盘母版上，按各种声音、图像信号的要求，打出一圈一圈刻痕，每段刻痕长短不一，大致在1微米左右。唱盘母版是一张玻璃圆板，上面镀了一层金属熔化的材料，一般是碲。因为刻痕太细微，玻璃圆板要做得十分光洁，上面的膜层要十分均匀，制作母版是件很细致的工作。

母版录制好以后，就可以像做声唱片一样，用压制的方法大量复制。这种复制也要使用非常精细的工艺、技术。先翻印出一块有一定硬度的金属版来，这是一块刻痕凸出的凸板。再用流动性及致密性好的塑料，加热后压在这块凸板上，制成与母版一样的电视唱片。母版和唱片的制作必须在超净化、无尘埃的工作室中进行，因为即使有一粒灰尘掉到唱片上也会影响唱片的质量。实际制作要比这里描述的更复杂得多，要用自动化的设备来进行。制成的电视唱片，肉眼根本看不到什么纹道和刻痕，透过它表面涂敷的薄薄一层塑料保护膜，看到的是宝石般的光芒，绚丽异常。

声唱片放送时，靠唱针沿着纹道“读”出来，“读”出的信号送入放大器变为声音。电视唱片上的纹道和刻痕又细又小，像唱针尖这样的面积上就有千百个刻痕；显然，唱针是无法“读”出的，必须用激光来帮忙。激光能聚集成一个小于1微米的小点，把它聚在电视唱片的表面上，焦点处在完好的金属膜上或处在刻痕上，反射光大不一样。随着唱片的转动，反射光逐点变化，这种光强的变化经过一个光电二极管，就变为电信号，再送到彩色电视机里，形成彩色图像在屏幕上映现出来。

在唱片录制和放送时，有一个重要的技术问题：唱片要转得十分平稳，光点不能串行，要始终聚集在唱片面上。由于唱片上点与点之间的距离，道与道之间的距离都是微米级的，激光焦点又不能差分毫，上述要求几乎像骆驼穿针眼一样难。比如唱盘的转动，每秒钟25转~30转，每一转之间的误差应小于百万分之一秒，跟踪纹道的精度要达到0.15微米。这样的要求，只有借助于一套光电跟踪自动控制系统才能达到。

小小一张电视唱片集中了许多现代技术的新成就。人们花了许多力气去研究它、发展它，使它具有很多特点。

一张直径30厘米的电视唱片，可以播放一小时的电视节目，而且可以做出许多特技镜头：看！一只毛茸茸的小鸡，慢慢地从蛋壳中钻了出来；可是，只要按一下按钮，就能使这个镜头倒过来——小鸡慢慢地退到蛋壳里，蛋壳复原成完整的鸡蛋。一只乌龟在缓缓地爬，看得人都觉得累，按一下另一个按钮，它就奔起来了，速度比兔子还快。一枚火箭从发射架飞快地冲向蓝天，快得你来不及眨眼，再按一下按钮，它就能慢慢地飞行，让你看清每一个动作……

激光电视唱片已经以录像片、卡拉OK等方式进入娱乐圈，它还有一些港台式的新名字，称为“镭射唱碟”，“镭射影碟”，“镭射影碟卡拉OK”等等。其实，这就是我们所说的激光电视唱片和激光放像机之类。

其中，“镭射唱碟”已进入寻常家庭，成为现代音响不可缺少的部分。荷兰飞利浦公司和日本索尼公司可以说是最著名的激光唱机、激光唱片生产厂商。由于采用了数字编码技术，录制密度非常高。所以激光唱片具有优异的电声指标——动态范围大，噪声小、频响宽、高保真等，这是普通唱片和录音磁带所不可比拟的。一张直径12厘米的唱片，厚度为1.2毫米，重只有15克左右，可以放送1小时优美的立体声音乐，供你尽情欣赏。

这样看来，电视唱片只是供人玩玩的娱乐品了。但不完全是这样。现在高密度信息存贮已成为一门非常重要的技术，电视唱片的用武之地大得很哩！

电视唱片既然可以录进电视图像，自然也可以录进图片和文字资料，而且是大量的资料。一张电视唱片中可以存进5万页资料，相当于1200册《儿童时代》，它能贮存多少知识内容可想而知；因此，激光电视唱片真可称之为知识银行了。你要到这“知识银行”取知识比到银行取钱还方便。放像机上装上编号、倒转、快转、慢转等控制系统，放进一张存有大量图书资料内容的电视唱片（这些图书堆起来有2~3米高），你要找出其中某一页、某一行，只要按动一两个按钮，录像机就能在1分钟之内把它“找”出来，显示在电视机屏幕上。这样的技术发展起来是很有用的。比如用电视唱片贮存汉字，配上电子计算机，它可以成为一部活字典；也可以用这样的装置控制排字机，代替排字工人，使排字自动化。还有，在非常小的唱片上贮存绝密文

件、珍贵资料和市场信息等等，不论储藏保管还是传递交换都极为方便。

激光电视唱片记录密度高，放送时无磨损问题，寿命长，而且变化自如。但是，激光电视唱片也还有一些弱点，影响了它的广泛应用，需加以改进。

从娱乐角度讲，电视唱片和声唱片一样，家庭无法录制，电唱机难以和录音机竞争，激光电视唱片暂时也还竞争不过能录能放的磁带录像机。

技术角度讲，激光电视唱片记录图像和声音是永久性的，不能像录像磁带那样把已记录下来内容毁掉重录，从而限制了它的应用范围。要弥补这个不足，关键是找一种可录可擦的唱片材料。

八十年代后期，科学家经过努力找到了几种材料。其中，磁光式光盘是目前用得最多、已成形的商品，也是最先进的一种。它把现有的磁记录技术和激光技术结合起来用于读、写、擦除和重写数据或其他信息。

普通磁记录用外加磁场来逐点记录、消除磁盘片上的磁性。磁光式光盘用激光束逐点加热改变磁性来记录、也用激光束加热来消除记录。普通磁记录用探头测磁性来读出，磁光式光盘用激光束来读，不同磁性对光产生不同影响，检测反射光就可以读出信号。

这种磁光式光盘可擦可写，容量大、体积小，保存期长、性能可靠，已经制成计算机硬盘在市场上销售。它存储信息的容量比普通磁盘约高 100 倍。可以用作庞大的数据库。

这类光盘出现不久，还有待进一步提高性能。比如，和现有的硬盘相比，光盘的读、写速度还比较慢，因此还不能完全取代硬盘产品。

至于娱乐用的电视唱片，由于它的刻录技术相当复杂即使有可以重新录制的光盘材料，也无法在家里重录。

工农业的新朋友

谈到这里，我们还没有涉及激光与国民经济的关系。在这一小标题下，要谈一点激光在农业生产与工业生产上的应用——生产中初露头角。

激光能为农业做什么？

“万物生长靠太阳”。地球上的生物离不开太阳的光和热，如果没有太阳，地球将是一个死气沉沉的大冰球，连一个细胞都无法生存。

太阳光照对植物的生长、发育、开花、结果都有影响。比如，秋菊开放之前，增加光照，可以提前开花；把它放进暗室，花期可以推迟到冬季。早在古代，就有人用光来控制植物生长，但在激光出现之前，收效甚微。激光问世之后，进行了许多有成效的科学实验。

最初，人们试验用红宝石激光来照蔬菜种子；用氩氖激光照水稻、小麦种子等。这些实验都观察到了效果。比如用氩激光器发出的蓝绿光照水稻种子，可以获得早发芽、快长苗的效果。照后15天，比没照过的种子长的苗要高一倍，并开始分蘖。又如用氩氖激光器发出的红光照射马铃薯种1分钟，可使之提早一周出苗。用激光照青瓜秧，反复几次照射后，青瓜藤的雌花增加一倍半，结出来的瓜含糖量提高；照其他植物，效果也都很好，或者提高出苗率，或者促进多开花、结硕果。既然光照对农用物的茁壮发育大有好处，科学家就设想把激光用到大田里去。只是，在广阔的田野上，如果让所有的作物都受到激光的照射，这需要多少台激光器啊！就算能够配备足够的激光器，那么1亩地的耕作成本也太高，这是不合算的。然而，对光合作用的研究，为人们提供了一线光明。科学家发现：植物生长中至关重要的光合作用是一种快速的多次化学反应过程；反应分三个阶段，需要光照的只是一个十分短促的阶段，因此，激光只要在光反应时间内一扫而过就行了。已经设计出各种大田扫描用激光器；一台激光器可以照射几十亩乃至几百亩地。

更省事、更有效的方法还是用激光来培育新品种。利用遗传特性，把激光照射产生的优良变异继承下去。我国的一些农业科研单位已用激光培育了一批早熟、抗病、高产的良种。这些种子的优点是否能代代相传，还要通过多年反复实验，才能下结论。

苗壮还要防虫咬。激光在防治农业病虫害方面也已露了一手。激光照射能提高作物的抗病力是一方面；更积极的方面是用激光杀虫。研究表明激光可以直接杀死十多种害虫，如皮蠹、桃蚜之类。这种杀虫方法不但没有化学毒剂污染的问题，还可以杀灭一些杂草，一箭双雕。

激光在工业上的应用，现在最主要是激光加工。

劳动生产的加工手段从新石器时代的石刀、石斧开始到近代的机械加工，经历了多次变革；不论怎样改变加工工具和工艺。加工时，工具总是跟被加工物直接接触的，因此不可避免地存在着刀具磨损和工件变形等问题。电加工技术出现后人们逐渐采用电火花、电子束等等离子体和激光加工技术。加工时，工具不是坚硬的刀具，而是电子流、离子流和光子流，可以“以柔克刚”。其中最最有前途的可算激光加工。

激光加工的原理并不复杂，和太阳光经透镜聚焦燃烧纸有相似之处，加工中有的靠工件吸收激光变热的热效应，热集中在工件表面极小一点上；在高温下这一点范围里的金属表面即刻熔化，化为一缕青烟。整个过程连续不断的快速进行，就将工件的表面或小孔加工出来了。也有的除了热效应外，

还加上激光本身能量强大的光的冲力，形成冲击波，冲打工件完成加工。根据加工的不同要求，供切割、打孔用的激光器必须有输出功率足够强的激光束，使工件局部气化；如果是焊接，激光的强度就要比较适中，即使材料充分熔化又不能把材料打穿。

激光加工有一些共同的长处。各种材料，无论多硬、多脆、多韧，都可以用激光来加工。像钟表里用的宝石，比合金钢还硬。要在宝石上面打一个针尖大小的孔，以前只能用极细的钨丝沾上金刚砂粉来钻孔、研磨；钻一个孔要经过七道工序，费时费力。现在用激光打孔，在不到千分之一秒时间内，就可以打出只有头发丝直径十分之一的微孔。上海一家工厂技术人员经过多年研究和改进，发展了一种达到国际先进水平的激光加工技术。用激光加工，20个工人一年可以生产2亿粒宝石轴承，速度比老方法快50倍，用电量只有老方法的二百分之一，场地也大大减少。又如，要在直径仅10厘米的化纤喷丝头上打出1千个直径为60微米的小孔，用机械方法相当费时费力，用激光打孔方便、迅速，大大提高了功效。由此可见激光加工在工业上应用的巨大潜力。

激光光点可以聚集到直径只有1微米那么大小的一个点，加工量极微，一次加工量可以控制在1微克左右，加工精度很高。同时由于加工时间很快，工件跟激光束接触的地方，甚至在热量还没有传到邻近区域去以前，加工程序已经完成了，所以工作不会因为受高温作用发生热形变。科学家曾经做过这样一次表演：在冰块上放一小粒金属屑，在强大的激光脉冲照射下，金属屑顷刻化为气体蒸发掉了，而金属屑下的冰块仍旧保持原样，一点都没有融化。所以激光特别适用于精密、微量加工；它已经成为精密机械加工工业上的一种重要加工设备。比如激光微形焊接，激光在微电阻上刻划以便调整阻值，在微电子工业中就是必不可少的。微电子工业上，要在1平方厘米面积的硅片上，制作几十个集成电路，每小块集成电路上还有几十个二极管、三极管和电阻。集成电路上每一个电阻，每一条引线宽只有100微米左右。要焊接引线，要调整电阻而又不损伤硅基片，只能求助于激光微焊机，激光电阻修整机。

奇特的是，激光可以通过透明的玻璃，或者透过红外激光的窗口，对窗口内部的部件进行加工。灯泡里的钨丝断了，用激光透过泡壳就可以把里面的钨丝焊接起来，使它重新发光。电子管里的零件坏了，也可以用激光来修理。其原理就是像玻璃之类的透明体不吸收激光，激光通过它们直接传到里面的加工件上。眼科医院里，医生用激光通过人眼的小晶体去治疗眼底的疾病，也是同样的道理。

激光在工业上另一个重要的用途是用来作为测量工具。

测量和计量，被称为“工业的眼睛”。可见它们对于工业生产是很重要的。现在，有了激光，这对“眼睛”就更明亮了。我们已谈过“光尺”，能用来作精密测长。工业上已经用“光尺”来校验精密螺纹，校验钟表宝石上微孔直径和圆度，给坐标镗床作精密定位等等。

我们知道，利用激光束的直线性来测距、瞄准、导向等，要比雷达准确得多。激光制导武器、激光瞄准测距仪都已在战场上使用。在土木工程施工中，激光的这种特性也很有用。比如挖掘隧道、铺设地下管线等，让掘进机沿着激光束指引的方向前进，可以使隧道打得又准又直；用激光束作为准绳，对建造高层建筑，装配大型机器，监视水坝、桥梁的变形等等有很大的帮助。

北京市在建造 100 米高的京西电站烟囱和 380 米高的大气气象塔工程中，都成功地应用激光束来准直，误差不到 10 公分。又如安装 30 万千瓦汽轮发电机组，要求误差小于 0.1 毫米，这是一项既费工、劳动强度又大的工作。采用激光准直方法，大大加快速度，节省了 270 个工作日，施工期缩短 40 天，这就意味着多发电 2 亿多度。

激光还可以用来测距离，测液体、气体的流速，测转速，测间隙，测细丝直径，测钢板厚度，测高电压、大电流，测微粒大小，测材料表面质量，测材料的化学成分等等，真是不胜枚举。

