

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

世界科技全景百卷书 (30)

技术



技 术

编写 赵赛红

原始时代

金丹术

把水银和硫磺等物品放在炉子中烧，然后和露水和成丸子后吃下去可以长生不老；将铜铁等金属放在炉子中炼上几十天，就能变成贵重的金子银子；一些特殊药物经过处理后可炼成“点金石”，能把其他物质点化成金银。

看了上面这一段，你准保会说：“简直是胡说八道。”可在一两千年前，还真有人相信这些胡说八道，而且信心百倍地投入这项工作中去。这就是炼丹家从事的金丹术，有时人们也称为炼丹术、炼金术、点金术等。

在秦始皇时代，因为始皇帝相信神怪，故金丹术已有了些萌芽。到了汉武帝刘彻在位时代，就是公元前 2 世纪，由于刘彻比秦始皇更热心于神仙、长生之术，所以金丹术广为发展起来。汉末的曹操父子虽然都是胆略过人的豪杰，可也相信这种荒诞的金丹术。这也不奇怪，因为当时的科学不发达，人的认识水平很有限。

到了晋朝，金丹术有了很大的发展。唐朝时，金丹术达到了顶峰。唐朝帝王因为自己姓李，便托附道教的祖师爷李聃为始祖，把他封为玄元皇帝，并把道教奉为国教。不少炼丹的道士出入宫廷，成为帝王的座上客。

唐朝以后，金丹术逐渐走向没落，因为人们看到，方士们并未炼出什么长生不老的仙丹和点石成金的点金石。相反，倒是有不少人吃了这种“仙丹”而致死。仅仅在唐朝，就有太宗、宪宗、穆宗、敬宗、武宗、宣宗 6 个皇帝是因服仙丹而被毒死的。这些悲惨的教训，使皇帝们放弃了寻求仙丹的努力，金丹术也逐渐消沉下去，到了清朝也就无声无息了。

金丹术的目的是荒诞的。不过，历代炼丹家在炼丹的过程中，亲自采集矿物、药物，做了许多实验，积累了许多关于物质的性质和相互作用的宝贵知识，完成了不少化学转变，也发现了一些化学现象。因此，可以这样说，金丹术就是原始的化学，现代化学就是在这种原始基础上一步一步地发展起来的。现代的英国科学史家李约瑟对中国金丹术在化学史上的地位作了充分肯定，他说：“整个化学最重要的根源之一，是地地道道从中国传出去的。”

让我们在这里以葛洪为例，看看炼丹家是怎样自觉或不自觉地进行化学研究工作的。

葛洪是东晋著名的炼丹家，公元 284 年生于江苏的句容，死于公元 364 年，终年 80 岁。葛洪从小就对当时流行的金丹术感兴趣，后来南下广东，在那里的罗浮山中炼丹。

有一天，葛洪像往常一样开始炼丹了。只见他将一种叫赤丹的红色小石

头，小心翼翼地放进青铜铸成的三足炼丹炉里，然后点燃炉底下的煤火。约过了两个时辰，炉火快要熄灭了，葛洪向炉中伸头一看，红色的小石头都已变成亮晶晶的水银。

他往炉里丢进去几块雄黄，用一根棍子搅拌了一阵，亮晶晶的水银变成了黑色的液体。他盖上炉盖，用细泥将缝隙密封，又升起了炉火。两个时辰后剥掉封泥，打开炉盖。这一次他发现，炼丹炉中的黑色液体又变成了原先那种红色的赤丹。葛洪对这种物质可以变来变去的现象很感兴趣，重复烧炼了十几次，结果都完全一样。后来，葛洪把这种现象写进了他的著作《抱朴子》中，他指出，对丹砂加热，可以炼出水银，而水银和硫磺化合，又能变成丹砂。葛洪发现的这个赤丹变化规律，实际上就是化学的一种可逆反应。

在葛洪之前，炼丹家所用的材料不过 10 来种，葛洪扩大到了 20 来种，不论是金、银、锡、铅、汞，还是硫磺、云母、雄黄、盐、矾石、硝石、石胆、石膏等，都成了他的炼丹材料。炼丹材料的增多，使葛洪在炼丹炉里看到了更多的扑朔迷离的物质变化现象，认识和掌握了不少化学规律。

有一次，葛洪的朋友要求他表演点铁成金的把戏。葛洪找来一个生铁铸成的香炉，用砂子磨擦了一番，然后用刷子蘸上曾青，快速地涂抹着香炉外面。一眨眼工夫，香炉就放出金灿灿的光芒，宛如金子制成的。

葛洪表演的这个把戏其实是一种铁铜置换的化学变化。曾青就是胆矾，主要成分是硫酸铜，可溶于水，把曾青涂在铁块表面，铜被铁置换，就附着在铁的表面，使香炉变成了金黄色。类似这样的把戏，葛洪还能表演许多。这些在《抱朴子》中也都能见到。

这里还要说明的是，我国炼丹家差不多都对医药有研究。《抱朴子》中的《仙药》篇有雄黄治毒蛇咬伤的药方，有茯苓、地黄、麦门冬、枸杞、天门冬、百部草等药物的名称、特征，生长环境和使用方法。葛洪还在《抱朴子》中提到气功的作用，对后来的气功疗法产生过影响。明代的大药学家李时珍就深入研究过《抱朴子》，从中吸取了不少有益的东西。

大约在公元 8 世纪（唐朝）时，中国的金丹术传到阿拉伯地区。此后，阿拉伯人征服了埃及和西班牙，又将金丹术传入西欧。只是欧洲的金丹术后来转变为药化学。研究方法也走上正轨，终于形成了现代的、科学的化学。所以，有人认为：鸦片战争后，现代化学从西方传入中国，可认为是中国的金丹术经过 1000 多年的西游后，改变了面貌，又回到老家来了。

隐形技术

我国神话故事中的神灵鬼怪，一般都具有“隐身法”，他们来无影去无踪，使人感到神秘莫测。读过《隐身人》这篇科幻小说的读者，想必不会对“隐身”感到完全陌生。世界上到底有没有“隐身人”？是这篇小说的读者们经常谈论的一个热门话题。

科学上的许多发明发现，往往都是先从人们的幻想开始的。隐形技术的发明也是如此。

早在 1943 年，美国海军就曾经在著名天文学家杰塞普博士的指导下，在一艘驱逐舰上安装了一种“磁力发生机”，进行了一次异乎寻常的试验。试验开始后，这艘军舰上立即出现一种冉冉上升的绿色烟雾。不一会儿，军舰上的人开始变得模糊起来，很快就完全看不清了；再过一会儿，整个军舰都被这奇异的绿色烟雾吞没了……这种绿色烟雾，是由磁力发生机形成的交变磁场产生的。交变磁场越强，绿色烟雾就越浓。这就是最早出现的“隐形效应”，也是“隐形技术”发明的前奏。据当时在场进行过测试的科学家称：这种“隐形效应”的外围直径 100 米左右。在这种烟雾弥漫的条件下，用肉眼根本看不见目标，只有通过特殊的电子仪器才能测得军舰的位置和形状。

不过，据后来的消息透露，这次试验并没有取得预期的效果，而是产生了相当悲惨的后果。参加试验的人事后有的住进了医院，有的发疯了，有的死了……幸存者身上残存的“隐形效应”也延续了相当长一段时间。而那位主持这次试验的杰塞普博士本人怎么样了？他也未能躲过厄运，在 1959 年 4 月 29 日悄然死去，死在迈阿密的达德公园内他自己的汽车里。他的死因至今还是个谜。

打这以后，人们就再也不去搞（或者说不敢搞）那种“肉眼看不见”的隐形试验了，而是另辟蹊径，转而进行“仪器”（雷达等）看不见的隐形试验。近 20 多年来，一些发达国家，其中特别是美国，在这方面取得了长足的进展。应当说，真正的“隐形技术”的发明是从这里开始的。

使飞机及导弹具有“隐形效应”的秘诀何在呢？一般说不外乎采取以下四种措施：

一是在机身（或弹体等）上涂抹一层能够吸收电磁波的材料。美、日等国是利用“铁氧体粉”和“氯丁橡胶”等高分子材料，配制成一种“隐身油漆”，把它涂抹在飞机（或导弹等）的外表上。这样，从雷达发射过来的电磁波，一旦遇到这种“油漆”，就会被吸收掉。雷达收不到从“目标”反射回来的电磁波，自然也就无法发现“目标”了。

二是用一种能吸收雷达波的复合材料来做机身（或弹体等）的材料。在雷达波的一大部分被吸收掉以后，从“目标”反射回来的电磁波就很弱，于是出现在雷达荧光屏上的图像就很模糊。

三是改变飞机（或导弹等）的外形，使机身（或弹体等）在外形上尽可能平滑一些，避免出现直角，使雷达发射过来的电磁波不能按入射波要求的方向反射，从而也就不易被雷达发现。

四是尽量减少飞机（或导弹等）本身发出的电磁辐射及热辐射，使对方的雷达不易发现。

1988 年 11 月，美国的新型隐形飞机 B—2 战略轰炸机公开露面了，一时在世界引起了很大反响。1991 年春天，美国的 F—117A 型隐形战斗机有 20

多架投入了震惊世界的海湾战争，充分显示了其作战潜力。

除美国外，目前其他各军事强国都在积极开展隐形技术的研究。据专家们预测，除隐形飞机外，隐形导弹、隐形舰艇、隐形坦克、隐形战车以至隐形火炮等各式各样的隐形兵器，都将出现在 21 世纪的战场上。这对未来的军事战略战术思想必将产生广泛而深远的影响。

不过，据外电透露，俄罗斯等国正在积极研究一种“反隐形”新技术，使用这种新技术所制造出来的装备，能够发现几十千米以外的各种非金属飞行物。

“道高一尺，魔高一丈。”有矛必有盾，一物降一物。可以预言，在未来战场上“隐形”与“反隐形”的斗争将是长期的，非常激烈的。

伪装术

《三国演义》中“草船借箭”的故事，大家一定很熟悉吧？诸葛亮正是利用漫天大雾，隐蔽了自己的真实目标和意图，而以扎制的草人和擂鼓呐喊，显示了他的假目标和假意图，使曹操受骗上当。这就是伪装术。从军事学角度讲，伪装的意思就是：隐蔽自己的真实目标和意图，故意显示假的目标和意图。

当然，随着科学技术的发展，侦察的手段也越来越高明，诸葛亮的草人不一定能瞒过当代的曹操，但是不要忘记，魔高一尺，道高一丈，伪装手段也可以利用现代科学技术的成果。现代伪装技术是现代侦察手段的对立面，它们都在实战中不断地取得更大进展。

在现代战争中，军用车辆、坦克、火炮都涂上绿色涂料，目的就是让它们在绿色的植物背景中不易被发现，这在军事上叫作“保护色迷彩”。过去保护色迷彩用的是普通绿漆，现在使用的已是特殊涂料。这种涂料一是没有光泽，不会在阳光的照射下产生耀眼的反光；二是它具有良好的近红外反射特征，对方更难发现这种目标。

单一色彩的保护迷彩所适合的场所还是有限的，所以专家们又研制出隐蔽能力和适应性更强的多色变形迷彩。比如坦克就用三种或四种颜色涂成不定形的斑点，成为图案奇特的花坦克。这些花坦克的一部分颜色和背景融合，另一些颜色却和背景形成明显对比，结果就歪曲了坦克的轮廓，敌方很难发现和识别。这种新的多色迷彩在军队装备中被广泛运用，“迷彩服”、“迷彩帐篷”等等都是这一类伪装术。

如果经常要根据地域、季节的变换来改变迷彩图案的颜色，终究还是一件麻烦的事。于是专家们又在研制“光变色涂料”——能随着背景色调的变化而自动变换颜色的新型涂料，这是高科技的产物，有人把它叫做“变色龙涂料”。例如一种用来伪装海上舰船的变色涂料，在晴天呈浅灰色，阴天呈绿色，夜间或在红外线照射下呈黑色。这项技术目前还在继续研制和完善之

中。

此外，人们还在研究吸收雷达波和吸收热红外的涂料，这些新颖的涂料本领就更大了。

伪装技术还表现在“以假乱真”方面。早在第二次世界大战中，盟军就多次用假设的高炮阵地和坦克集群吸引过德国的轰炸机群。这种方法在两伊战争和海湾战争中又被再次使用，只不过假坦克、假飞机、假高炮的材料由木材、铁皮变成了充气薄膜、泡沫塑料等。其外型和色彩、光泽几乎可以乱真，据说伊拉克的假“飞毛腿”导弹就使美国飞行员多扔了不少吨炸弹呢！

在这种伪装术中同样要考虑对方的雷达、红外和其他侦察手段，所以热辐射，金属反射罩等也都是常用的手段，此外，烟幕伪装本领也是花样百出、手段高明的。

总之，现代的伪装技术正向着宽频段、多用途、高科技的方向发展，现代的“草船借箭”故事仍会在战争中以新的形式出现并取得胜利。

望、闻、问、切

有一次扁鹊经过晋国，得知晋国卿相赵简子重病不起，已经五天昏迷不省人事。扁鹊给赵简子切脉，诊断赵简子未死，经过治疗，赵简子不出七日就苏醒过来了。赵简子后来因战功显赫，扩大了封地，奠定了建立赵国的基础。于是，扁鹊在赵国的声名大振。“扁鹊”这一称号就是赵国人送给他的，扁鹊原是传说中黄帝时代的名医，当时人民赞扬秦越人像古代名医扁鹊一样，能使人起死回生。后来无论他到哪里行医，人们都称他为“扁鹊”，而不再称他的真名秦越人了。

扁鹊总结了一套比较完整的科学的诊断方法。他每次给人看病，很注意观察病人形色，闻听病人发出的各种声音，详细询问病人的感受，同时进行切脉，尽可能全面了解病情，然后作出准确诊断。扁鹊在 2000 多年前，就全面运用了望、闻、问、切四大诊断方法，并且加以初步的系统化，这种诊断疾病的方法，在中医学上一直沿用至今。

在望、闻、问、切四大诊断方法中，扁鹊尤其擅长望诊和切诊。在战国时韩国贵族韩非子、一位著名的思想家、政治家的著作《韩非子·喻老篇》中，讲了这样一个故事：有一次，扁鹊到齐国行医，见到了齐桓侯（又称作蔡桓公）。他站了一会儿，观察了桓侯的气色后说：“看您的样子，像是已经有点小病了，不过现在只是在皮肤部位，还不算重，要及早治疗才好，否则病会加重的。”桓侯却不以为然地说：“我感觉很好，一点儿病也没有。”扁鹊走后，桓侯说：“医生总是这样喜欢给没病的人治病，以此作为自己的功劳！”过了 10 天，扁鹊又见到了桓侯，对他说：“您的病已侵入肌肉里，如果不医治的话，恐怕要恶化。”桓侯仍不在意，不肯医治。扁鹊走后，桓侯又一次不高兴。又过了 10 天，扁鹊再次见到桓侯，对他说：“您的病已经

深入到肠胃间，如果再不治疗，病情还会继续加重。”桓侯认为扁鹊故意找他的麻烦，很不高兴，干脆不理扁鹊了。10 天之后，扁鹊远远地望见桓侯，一言不发，转身退走。桓侯感到奇怪，特地派人去问扁鹊。扁鹊说：“桓侯的病开始在皮肤，用热水焐或者用药物热敷能够治愈；后来病在肌肉血脉，也可以用针灸治疗；再后病入肠胃，还可以用药酒、汤剂来治疗；现在桓侯的病已侵入骨髓，那是司命的事了，医生是没有办法的。他已经不可救药了，所以我也就不再劝他医治了。”5 天之后，齐桓侯的病果然严重了，浑身疼痛，他派人去请扁鹊，这时扁鹊已离开齐国，逃到秦国去了。齐桓侯讳疾忌医，一再贻误病情，终于被病魔夺去了生命。史学家司马迁在《史记》中也写了这个故事。

这个故事表明，扁鹊对望诊有高深的造诣。2000 多年前，在不可能进行科学检验的情况下，扁鹊根据病人的气色，结合其他诊法（如听病人的声音），就能够准确预测到疾病的发展和后果，这是极其可贵的。从这个故事中，我们还可以看出，扁鹊对疾病的认识已经具有由表及里、由浅入深、不断发展的病理观念，并且注意到早期发现和早期治疗的意义，这在当时来说，也是很突出的。

扁鹊的切诊本领也是很高明的。有一次，他带领弟子到虢国行医，正遇上虢国为太子筹办丧事。扁鹊到宫门前向中庶子（太子的侍官）打听太子患病和死亡的情况。中庶子回答说：“太子是得了急病暴死的，已经有半天光景，还没有入殓。”扁鹊又详细询问了太子的症状和死后的情况，认为太子不一定是真的死去，就要求入宫救治。虢国的君王同意了。扁鹊入宫后给太子仔细地切了脉，发现太子还有非常微弱的脉搏跳动和很缓慢的呼吸，大腿根还略有温感，判定太子得的是一种“尸蹶”病（类似现代的休克），并不是真的死亡。于是，他就叫徒弟在太子头部“百会”穴上扎了一针，不一会儿，太子果然渐渐苏醒过来。接着扁鹊又让徒弟用熨贴法交替在太子的两腋下做热敷，太子慢慢地可以坐起来了。以后又用汤剂调理了 20 多天，太子就完全恢复了健康。

扁鹊救活虢国太子的消息很快就传开了。虢国君王感激地说：“有先生则活，无先生则弃捐填沟壑，长终而不得返。”人们纷纷传颂扁鹊能把死人救活。可是扁鹊却解释说：“并不是我能使死人复活，我只不过把生命垂危的人挽救过来罢了。”这也表现了扁鹊实事求是的医德和谦虚朴实的高尚品德。

华佗麻醉术

史书上记载着这样一个故事，说华佗有一次在路上遇到一个病人，很难受地哼哼着正要去求医，华佗问他，他说嗓子堵住了，咽不下东西。华佗看了病人症状后，对他的家属说：“我刚来的路上有一家卖饼的，可以到那里

买三两蒜泥和半碗醋来，吃下去病就会好的。”患者家属照着他说的做了，病人吃下去没多久，吐出了一条大虫，病就好了。患者把虫悬挂在车旁到华佗家致谢，见他家里墙壁上挂着很多类似的虫子。原来华佗治过不少这类患者。那些虫子都是病人痊愈后送来表示道谢的。

华佗特别擅长外科手术。他是我国历史上明确记载的第一个施行开腹手术的外科医生。从《后汉书》所记载的病例来看，当时他已经能够成功地进行诸如腹腔肿物摘除、胃肠吻合等大手术。《襄阳府志》记载“关羽镇襄阳与曹仁相拒，中流矢。矢镞入骨，（华）佗为之刮骨去毒”。小说《三国演义》中有“关云长刮骨疗毒”的故事，说关公镇守襄阳时，跟曹仁作战，不幸胳膊中了毒箭。如果不及时抢救，他的性命就难保。于是请来名医华佗。关公专心下象棋，华佗为他刮骨，做了外科手术，清除了箭毒。

为了减轻和消除病人的剧烈疼痛，使手术能够顺利进行并且取得比较好的效果，华佗仔细研究了一些有麻醉作用的药物。他从人喝多了酒会醉这一现象得到启发，发明了一种全身麻醉剂——麻沸散。据记载，华佗对于那种扎针、吃药治不好的疾病，有时候就用手术治疗。在动手术前，他先让病人用酒冲服麻沸散，等到病人全身麻醉，失去知觉后，就用刀剖开腹、背。如果是“积聚”（类似肿瘤），就割除掉；如果疾病发生在肠、胃，就把肠、胃切开，除去疾秽，洗涤干净，然后仔细缝合，再在切口处敷上药膏。四五天以后伤口就能愈合，一个月左右就可以平复如故，行动正常了。

华佗利用全身麻醉进行手术的方法，救治了不少用其他方法不能治愈的垂危病人。例如，有一个推车的脚夫肚子突然疼得很厉害，来请华佗医治。华佗见他两腿屈曲，声音细弱，病情严重。经过全面诊察，断定他患的是肠痈（就是阑尾炎），需要立即动手术。于是华佗让他喝了麻沸散，很快为他施行了剖腹术，割掉了溃烂的阑尾。不久这个脚夫就恢复了健康。

华佗创造麻沸散并能熟练地进行手术，表明他在人体解剖和药物知识方面也有很深的造诣。我们知道，要进行外科手术，必须有丰富的人体解剖知识，对人体各部分的生理功能也要有深切的了解。在华佗以前，我国在这方面已经积累了不少可贵的经验，例如在《内经》中就记载了人体骨骼、血脉、内脏器官的大小、位置、容量等解剖知识。

最早的整形手术

《晋书·列传》里写了这样一个故事：有一个名叫魏咏之的人，生下来就是先天性唇裂，小时候不懂事，并不为这生理缺陷苦恼，稍大一些，伙伴们常拿他取笑，说他是兔子唇三瓣嘴，弄得他十分苦恼。18岁那年，听说荆州刺史殷仲堪幕下有个名医能治疗，便到那里求医。医生说，唇裂可以修补，但手术后百日之内只能吃些稀粥，不得说笑。魏咏之治病心切，说就是半辈子不说话也要补。于是，医生给他动了手术，百日之后，嘴唇完好如同常人。

许多整形外科专著，都认为西方整形手术早于我国。而《晋书·列传》中记载的这则史实，雄辩地证明我国的整形手术不但先于西方，而且要早 1000 余年。如果再往前溯源，作唇裂修补手术，我国从秦代就已有了。

说到鼻整形术，西方最早的病例记载，是在 1000 余年前由意大利人始创。而我国西藏的民族医师，应用外科手术修复鼻缺损畸形，其成功的例证，3000 年前就有了。

在清代早期，还有外国人到中国学整形手术的。清康熙二十七年（公元 1688 年），琉球国的魏士哲西渡中国福州，向当时治疗唇裂手术的著名医生黄金发学习中国式的手术方法。学成回国后，给琉球国王之孙及其他 6 名患者，在麻沸汤的麻醉下作了唇裂修补手术。手术后效果良好，痊愈后不留疤痕。

肝脏移植与“鸡尾酒”

在美国匹兹堡大学医学中心，有一个移植研究所，斯塔茨尔博士和他的同事们在这个鲜为人知的地方，完成了占全世界一半以上的肝脏移植手术；并在研制和发明用于异体脏器移植术所需的抗免疫排异药剂上取得了显著成效。

早年，斯塔茨尔在研究动物肝脏的试验中发现，另一种动物肝脏可以通过移植取代其他动物病变的肝脏。他随即将注意力转入人体肝脏移植的研究上来。然而，他遇到了一个令人头痛的问题：病人的免疫系统对异体脏器和抗原的排斥现象。这个问题不解决，接受手术的病人最终还将难逃噩运。斯塔茨尔并不灰心，转而进行寻找可靠和安全有效的抗免疫排斥剂研究工作上来。他同时意识到，肾脏研究是攻克肝脏移植难关的突破口。为此，他花了整整两年时间，反复进行肾脏移植试验。从屡次失败中总结经验教训，坚持不懈地努力，终于在肾脏移植手术上获得成功。术后 10 年还健在的病人达 2 / 3。

然而，斯塔茨尔的最终目的是向肝脏移植进军。他发明了一种俗称“鸡尾酒”的术后抗排异反应特种药物混合剂，这种药剂在肾脏移植病人身上使用后获得成功。于是，他决定尝试一下肝脏移植。1963 年，他成功地进行了世界上首例人体肝脏移植。术后病人存活了 29 天。随后，斯塔茨尔再次隐身实验室研制更有效的抗免疫排斥剂。学习更好的器官保存方法。1964 年，他受到别人关于将人体细胞注射到动物体内，增强抗体，有效杀死人体淋巴细胞建议的启发，制造出一种全新的抗免疫排斥剂。并马上将它用于肝脏移植临床手术。1967 年，7 名接受肝脏移植手术的儿童，在这种新抗免疫排斥剂的作用下，全部顺利地通过了移植手术并安全地渡过了致命的排异反应第一关。4 人在术后 2 至 6 个月内相继死去，其余 3 人活了一年多。这实在是一个了不起的突破。

斯塔茨尔先后成功地做过 170 例肝脏移植手术，尽管这些病人存活一年的只有 35%，但这已使人们意识到移植外科是一门大有希望的医疗学科。1978 年，斯塔茨尔又发明了一种新的“鸡尾酒”，命名为 FK—506，经过临床应用，它能使肝脏移植病人术后的存活期延长 $1/4$ 。目前，他正在研究一种“嵌合体”，以此来完全控制移植手术后的免疫系统排异反应。一旦此种研究成功，人如果哪个器官出了毛病，从猪身上取一个同功能器官换上，就万事大吉了。

发展时期

针刺疗法

前面我们介绍了扁鹊救活虢国太子的故事就是例证。下面再讲一讲华佗为曹操治病的故事。

华佗是后汉末期的医学家，又名元化，沛国谯（今安徽亳县）人。他精通内、外、妇、儿、针灸各科，因采用“麻沸散”让人麻醉后，施行外科手术，以及创造“五禽戏”进行体育锻炼而蜚声古今中外医坛。

传说，当时的丞相曹操患有头风病，发作时十分难受，不吃不喝，也不能做事，找了许多名医都没有看好。他听说华佗医术高明就派人找华佗来治。华佗来到丞相府中，仔细询问了病情并作了检查。然后用几根银针在曹操的头、手等部位上扎下，不料刚扎下两针，曹操的头风病就消失了。曹操大喜道：

“阁下果然名不虚传，你就留在我这里当一名侍医官如何？”

“蒙丞相器重，但因小人家中不便，内人有病无法从命。”华佗不喜欢功名利禄，也不愿专门侍候曹操，故借妻子有病，告假推辞。

华佗回去后，依然是热中于为贫民百姓看病。曹操三番五次派人催促华佗到任，并吩咐道：

“如果华佗妻子果真有病，就再宽限假期，若没有病就立即赴任。”

使者到华佗家乡一看，查出真相，华佗被捕入狱。在狱中曹操派人劝说仍无济于事，结果就将华佗杀害了。后来曹操病重，他也省悟到杀害华佗是极大的错误，但悔之已晚，不久他自己也死去。从此华佗与曹操的故事一直流传至今天。

牛痘免疫法

“天花”，这个曾经不可一世，不是夺去人的生命，便是让人留下丑陋癍疤的恶魔，在地球上整整为非作歹了几千年后，终于寿终正寝，伏法归天了。

1979年10月26日，世界卫生组织宣布，地球上最终消灭了天花。1980年，联合国又在内罗毕庄严宣告：“天花已经在世界上绝迹。”有趣的是，世界卫生组织还别出心裁地设立1000美元的悬赏，凡是首先辨别出一例天花患者的人，就可获得这笔奖金。至今无人领取，天花真的绝迹了。

那么，人类是怎样将这个瘟神送上西天的呢？彻底消灭它的有力武器又是什么呢？现在谁都能回答：牛痘预防接种。人类为了消灭这个凶恶的瘟神，煞费苦心地不懈努力，在牛痘接种发明之前，已经开始了这场艰苦而漫长的消灭天花之战。

我们的祖先走在预防与消灭天花的最前列。早在 1000 多年前，民间就流传着一种预防天花的方法，当时世界其他国家，对天花肆虐可谓是一筹莫展，中国人却有一种绝招。不妨先来阅读一下古医书的记载，据清朝初期（1713 年）朱纯嘏所著《痘疹定论》一书所述：宋真宗时（公元 11 世纪），有峨嵋山人作为丞相王旦之子王素接种人痘。又据清初（1727 年）俞茂鲲所写《痘科金镜赋集解》一书记载：“闻种痘法起于明朝隆庆年间（1567～1572 年），宁国府太平县姓氏失考，得之异人丹传之宗，由此蔓延至下……”不管此法究竟起源于何年何月，无容置疑的是，世界医学史上采用人痘接种预防天花的秘法，最早出于中国。

人痘究竟是怎么回事呢？所谓人痘，就是采用天花病人身上痘疹的痂皮、痘浆，或者是病人穿着的沾染有天花痘疹与痘浆的内衣，有意识地去沾染健康人。例如将天花病人的痂皮、痘浆放到健康人身上，或者把天花病人的内衣拿来给健康人穿，人为地使健康人感染轻度的天花，于是人体会对这种轻型天花发生一系列防御与抵抗性反应，最终获得对付天花的抵抗力，医学上称其为获得了抵抗天花的免疫力，就有可能预防重症天花的发生。由此可见，人痘实际上是一种“以毒防毒”的方法，也就是用天花来预防天花，所以存在着一定的危险性，难免也会造成有些人发生重症天花而危及生命。

据说，我国发明的人痘方法，于 17 世纪传到土耳其。那里的人也开始小心翼翼仿照中国人的做法，设法让自己染上轻度的天花，希望借此使自己不再受到重症天花的袭击。

1718 年，英国有一位以漂亮闻名的蒙塔古夫人，曾跟随她的出任英国驻土耳其大使的丈夫到土耳其，在那里学会了这种人痘预防方法。她为了让自己几个漂亮子女免受天花的侵袭，就自己动手为他们接种天花人痘。果然所有的孩子都没有发病。这件事在英国引起轰动。开始人们还认为这可能是性情怪癖的蒙塔古夫人的异端邪说，并不引起重视。可是天花流行接踵而至，当时伦敦街上，几乎每 5 个人中就有 3 个人麻脸，所以民间流传着一句谚语：“情网和天花只有少数人能逃过。”人们在无可奈何的情况下，也纷纷摹仿蒙塔古夫人的做法。从此不但她名声四扬，而且这项中国人的绝招也传到欧洲，走向全世界。

蒙塔古夫人的贡献不仅是将人痘方法广为传播，使不少人逃脱天花瘟神的肆虐，更重要的是将中国人这种“以毒防毒”的蒙胧的免疫学上的概念介绍给欧洲与世界各国的医学家。古代，人们并不知道什么叫免疫，不知道人体对某些病原体的侵犯会产生专门对付该病原体的免疫力。蒙塔古夫人将中国人这种聪明的做法介绍到欧洲，他们循着中国人走过的足迹，在消灭天花瘟神的道路上，跨出了有力的一步。

18 世纪，天花又一次在欧洲大地上流行。1 亿 5 千万人被夺去了宝贵的生命。人们都在为如何征服这个恶魔而忧心忡忡。

英国的格罗斯特，有位名叫爱德华·琴纳的民间医生，正是一位对攻克

天花有着极大兴趣的学者。有一天，一位农妇来看病，诉说身体很不舒服。此时琴纳的老师留德洛夫医生为她检查，在分析病情时说道：“你得了天花！”琴纳在一旁听后，以一种十分惋惜与同情的眼光看着这位农妇，因为她即使不死，也会变成一个麻脸，多么可惜。谁知，这位农妇笑着说道：“医生，您看错了，我出过牛痘，我不会得天花。”事实证明，这个农妇果真得的不是天花，很快恢复了健康。琴纳感到万分的诧异，农妇讲的这句话究竟是怎么回事呀！

琴纳带着这个不解之谜苦思冥想。一天，他正在苦思时，看着墙上一幅花枝招展的招贴画出神，上面画的是一位漂亮的挤牛奶女工，她笑容可掬，引起琴纳一番深思。为什么在那时所有画漂亮女郎的图画，几乎全是挤牛奶女工？琴纳终于省悟到，在当时天花蔓延，麻脸比比皆是的社会上，独有挤牛奶女工皮肤上没有天花的瘢痕，确实算得上是漂亮了。他又猛然想到，那位患病的农妇不正好是挤牛奶女工吗？因为当时农村里几乎家家户户都养有奶牛，两者为什么不谋而合呢？于是琴纳开始有心地观察这些挤牛奶女工的工作与生活，发现他们弄破的手指很容易沾染牛患的一种叫做牛痘的疾病。是不是牛痘也像人痘那样有着预防天花的本领呢？是不是由于牛痘与天花太相像了，所以身体中产生的对抗牛痘的能力也能对抗天花呢？

琴纳通过仔细观察发现，天花不仅危害人类，也同样侵袭牛群，几乎所有的奶牛都出过天花。但是天花侵犯人类造成的危害竟如此之大，而发生在牛的身上却是风平浪静，并不那么可怕。当挤牛奶女工接触到出天花奶牛身上牛痘的痘浆后就感染到牛痘，手指尖发出一个小脓疮，以后很快就好了，从此人体内就产生了抵抗天花的防御能力。这个耐人寻味的问题强烈地吸引着琴纳，于是在心中蕴酿着一个大胆的尝试。

琴纳开始了大胆的实验。起先他在自己家庭成员的身上用牛痘的痘浆作了试验，果然这些成员没有一个染上天花。1796年5月的一天，琴纳让一个名叫菲普斯的8岁男孩坐在椅子上，哄着他吃糖果，然后他又从一位名叫尼姆斯的挤牛奶女工感染牛痘的手指脓疮上取下一些脓浆。琴纳用一把小刀在男孩右臂的皮肤上轻轻划了一条小痕，将这些脓浆涂抹在这条刀痕上。事后，琴纳开始了对男孩的仔细观察，孩子仅有两天轻微的不舒服，很快就好了，照样活泼地玩耍。第一步成功了。牛痘完全可以给人类接种。

那么，接种牛痘后是否真能预防天花发病呢？琴纳从一位濒临死亡的重症天花病人身上取来了一点痘痂上的脓浆，接种到菲普斯的身上。在往常，这样的天花直接接种，必然会传上重症天花，生命可危。但是奇迹出现了，这个小孩竟安然无恙。一星期过去了，一个月过去了，男孩却依然健壮，压根儿就没有染上天花。事实证明，菲普斯接种牛痘后，身体里已产生了对抗天花的防御能力。

琴纳获得了空前的成功，用他这种接种牛痘的方法，预防天花，拯救了千万人的生命。但是，由于琴纳的发明触犯了当时的旧礼教，他的成功反而

一度遭到谴责，连他被选为伦敦皇家医学会会员的资格也被取消。但牛痘接种预防天花既安全又可靠，这个无可非议的事实是不能抹杀的。这方法很快传遍欧洲，传遍全世界。接种牛痘预防天花，终于成了医学宝库中征服病魔的又一奇葩。

琴纳的成功不仅仅是征服了天花，更重要的是开创了医学免疫学的新纪元。从此人类懂得了采用预防接种的方法可以防病治病，古代中国人朦胧的医学实践得到了证实，将医学科学向前推进了一步。

今天，天花已经消灭，也结束了牛痘接种工作。目前仅在日内瓦和新德里还贮藏有两亿份牛痘疫苗供紧急备用。

断肢再植

1963年1月2日，新年的第一个工作日。清晨，上海市北京西路上行人寥寥，突然，一辆三轮车由东向西飞驰而来，车上一位老师傅扶着一个右手被紧紧包扎着的青年工人，只见他脸色苍白，神情紧张，尽管是凛冽寒冬，额上仍布满豆大的汗珠。

这个青年工人名叫王存柏，是上海机床钢模厂冲床车间的工人。这天清早，由于一时疏忽，违反了安全操作规程。霎那间，“咯嚓”一声，40吨冲床的冲刀以万钧之力咬住了小王的右手，整只手在手腕上约3厘米处被切了下来。旁边的几位老师傅立刻扶着他坐上三轮车送往邻近的市第六人民医院急救。有位老师傅看到冲床落料盘里那只断手，赶紧拾起来追着送到三轮车上。冒着扑面的寒风，三轮车工人一路紧踏猛蹬，不一会就到了市第六人民医院。

急诊室里，灯火通明。“松开手，让我看看伤口。”护士长忙着察看伤势。这时，三轮车工人递过来一只沾满油污的沉甸甸的劳动手套，她接到手上，心头猛地一沉，啊！是一只手。

“医生，请想想办法，把这只手接上去吧！”站在一旁的老师傅恳切地请求着。

是的，一个年轻的工人，失去一只赖以劳动的右手，那该多么痛苦呀！面对着工人师傅殷切的目光，青年值班医生心里涌起了热浪。“好！一定尽量设法。”说着，捧起那只断手急步奔向六楼骨科医生办公室，去找主治医生陈中伟。

陈中伟接过断手，仔细一看，骨头的横断面比较整齐，手的皮肤虽已呈灰白色，不过断面的肌肉还比较红润。但是能不能接上去呢？这可是个大难题。完全性断肢再植，当时还处在动物试验阶段，国内外临床中还没有成功的先例。

现在，这一只工人兄弟劳动的手，激起了年轻的主治医生陈中伟心头强烈的责任感和攀高峰的愿望。尽管没有成功的经验可以借鉴，困难一定很多，

但世上的路是人走出来的，只要群策群力，天大的困难也定能闯过去！陈医生的愿望得到一致赞同，医院领导也亲临现场，全力支持。

手术最主要之点，是必须尽快把断手的4根主要血管接通，把骨头、3根神经和18条肌腱一一对接，否则断手组织就会缺血坏死，或者不能恢复原有的功能。时间，现在有着特殊的意义。

一场争分夺秒的战斗开始了！

无影灯下，陈中伟在模糊的血肉中熟练地整理出切断的肌腱，找到两侧骨头的断端，用不锈钢板和螺钉把切断的桡骨牢牢地固定起来。接着，进入手术的关键一步——吻合血管。这是使断肢重获生命的关键。陈中伟请来了富有吻接血管经验的钱允庆大夫。血管吻合有缝合和套接两种。缝合只适用于较大的血管，而现在要接的都是直径只有2~3毫米的小血管，只能用套接的方法；但是这种方法以前谁也没试过，而且手头也没有特制的带齿的不锈钢血管套，真是急死人！

时间一秒一秒地流逝。医生们的额头都沁出了汗珠。是否用塑料套管试试？医生们在断肢截面中，找到一根火柴梗粗细的血管，先用最细的缝针在血管断端穿上牵引线，再用一小段塑料套管套住血管，让断端露在外面，然后把露出一端翻过来覆在塑料管上。细小的血管又滑又软，塑料管两头又没齿痕，好不容易将血管翻过来，又缩回去；缩回去，再翻过来……整整40分钟过去了，细小而倔强的血管始终不肯就范。主刀的陈、钱两位医生互相望了一眼，彼此眼神里都闪着百折不挠的决心。再努力一次，血管终于被驯服了，它被翻过来用线缚住；接着把另一端血管套上，再用丝线紧紧缚住。血管钳一放，鲜红的血液直泻断手。“啊！接通了！”手术室里响起了一阵轻轻的欢呼声。

经过3小时的不懈努力，4根主要血管全部接通吻合。当松开右臂上端动脉的血管钳时，完全断离已近4小时的苍白断手，重又呈现生命的红润。

接着，又吻合肌腱，缝合神经；最后缝合肌肉和皮肤，顺利地完成了整个手术。此时，窗外已是暮色朦胧、万家灯火了。陈中伟和他的伙伴们奋战了7个多小时，直到现在才深深地舒了一口气。

晚上，劳累了一天的陈中伟在床上辗转反侧，怎么也睡不着，他想着白天的手术，思考着可能出现的问题，不知过了多久才迷迷糊糊地睡着。第二天清晨，天还没亮陈中伟就惊醒了，他急匆匆赶到医院，站到王存柏的病床边，轻轻地扶住那只手。手是温暖的，一掀，皮肤泛红了，他那颗悬着的心才平静下来。

然而，担心的事情终于发生了。中午，接上还不到一昼夜的手开始出现严重肿胀，这是因为一些毛细血管和淋巴管无法接通，血液和淋巴液回流不畅通而发生的现象。陈中伟和他的同事们翻阅国内外各种资料，采取各种措施，但肿胀仍有增无减。如果不能及时控制，压扁了主要血管，就前功尽弃了。

情况紧急，院长决定邀请全市专家进行会诊。陈中伟细心听取了专家们的意见，大胆地在病人肿胀的手背上切开 4 个口子，淤积的血和淋巴液被引出后，肿胀终于逐渐消退了。

经过精心的护理，断手的创口愈合了，断手的手指重新有了感觉。再植的断手恢复了良好的功能，有冷、热、痛的感觉，可以提 6 千克重的东西，可以举杯喝水，握笔写字了。一只普通工人劳动的手，在中国医务人员的努力下，奇迹般地获得了第二次生命！

这年 8 月，创造了奇迹的陈中伟医生受到周恩来总理的亲切接见，断肢再植的先进技术也被迅速推广到全国。在全国医务工作者的努力下，我国的创伤外科跃居世界领先地位，如今不仅能完成各种复杂的断肢再植手术，而且系统发展了显微外科技术，医生们在放大镜、显微镜的帮助下，采用中国自行设计制造的极其细巧的针线，可以精细地吻合像头发丝一样的微小血管。在上海第六人民医院，一位被切断 4 个手指的女工，经过断指再植手术，手指不仅全部接活，而且还能灵巧地拉手风琴。心灵手巧的外科医生们正用他们的心血和智慧，创造着一个又一个人间奇迹。

冷冻治病

我们知道，冷冻可以使食品延长贮藏的寿命，目前市场上流行的许多冷冻小包装食品就深受人们的欢迎。冷冻技术还可使人们在寒冷的冬天吃上新鲜的蚕豆、瓜果等等，这是冷冻技术在食品工业上的运用。那么，在医疗方面，能否利用冷冻来治病呢？答案是肯定的。

虽然寒冷给人体带来许多麻烦，甚至损害健康、诱发疾病，但医学家们有时却利用寒冷来防治某些疾病。比如我国古代医学家早已提出，脑出血时可以用冰块敷头，冷敷还能治疗皮肤青紫斑，在胸部和腹部放上冰袋可以治疗肺出血及胃出血，高热时睡冰枕，鼻出血时额部敷冷毛巾等都是很有效的。

近几十年来由于医疗仪器的不断革新和进步，特别是自 60 年代初采用液体氮作为冷源以后，冷冻疗法作为一门新兴的医疗技术得到惊人的和可喜的发展。冷冻可以降低细胞的新陈代谢，保存活细胞和活组织，如精子、角膜、骨骼和内脏器官，给免疫及器官移植的深入研究创造了良好条件。

低温麻醉时，冷冻后的创面组织局部麻木，冷冻区域内神经变性，从而降低对疼痛的敏感性，或使疼痛消失，可减轻病人的手术痛苦。同时由于冷冻区局部毛细血管和小动脉栓塞，使血液循环停止，这样可减少因大量出血而引起的手术危险。在施行肿瘤切除手术时，如能在肿瘤周围先行制造一个冷冻区，可以减少出血和防止肿瘤细胞的扩散。皮肤海绵状血管瘤常采用冷冻治疗，此法不但有良好的疗效，而且皮肤经冷冻处理后再生力强，很少留有明显疤痕，因而冷冻疗法治疗头面部皮肤肿瘤较为理想。此外，冷冻还可杀死一部分细菌，能减少术后感染。目前冷冻疗法已广泛应用于外科、五官、

口腔、皮肤及妇科等疾病的治疗。

低温生物学的研究还表明，恶性肿瘤病人进入 40 天的低温休眠状态（体温下降到摄氏 27～28 度）时，肿瘤不仅停止生长，而且还会大范围地缩小。寒冷还可用来降低某些抗癌药的副作用。

现今常用的冷冻器械很多，用液氮制成的低温治疗机，最低温度可达摄氏零下 196 度，常用于治疗表浅的良性或恶性肿瘤、炎症及某些赘生物，如皮肤癌、血管瘤、淋巴管炎、慢性鼻炎、宫颈炎、痔核、寻常疣、扁桃体摘除及白内障手术等。节流型冷冻手术器被人们称做“冷刀”，其结构简单，只需 1～2 分钟，即可从室温降至摄氏零下 60 度至零下 90 度。还有一种半导体“冰帽”，戴在病人的头上，可造成帽内底温度环境使头脑温度降低，脑组织的代谢率下降，脑细胞对缺氧的耐受性提高，从而减慢或抑制脑细胞的损害，常用于脑外伤、脑水肿、脑缺氧及颅脑手术前后高热病人的头部降温等。

火焰鉴别法

某些金属化合物在无色火焰中灼烧，会出现特征颜色，人们将这类反应称作“焰色反应”。利用金属化合物的这一特性鉴别物质的方法叫“火焰鉴别法”，它是近代化学分析实验中常用的一种方法。

现已知道的一些金属化合物在火焰中的特征颜色为：

钠（Na）：呈黄色；	钾（K）：呈紫红色；
锶（Sr）：呈猩红色；	钡（Ba）：呈黄绿色；
钙（Ca）：呈砖红色；	铜（Cu）：呈绿色；
镁（Mg）：明亮眩目光焰；	硼（B）：呈（蓝）绿色；

等等。

火焰鉴别法在中国古代早已有所应用，出现于春秋末期的《考工记》一书，就有这样的记载：“凡铸金之状，金与锡黑浊之气竭，黄白次之；黄白之气竭，青白次之；青白之气竭，青气次之，然后可铸也。”当时的人们以火焰的颜色来判断炼铜的进程，至“青气”出现，所炼之铜的纯度即已达到铸造的要求。中国南朝齐梁时期的著名医药学家和炼丹家陶弘景，于其《本草经集注》中记述：“先时有人得一种物，其色理与朴硝大同小异，皤皤如握盐雪不冰。强烧之，紫青烟起，仍成灰，不停沸，如朴硝，云是真消石也。”文中“朴硝”，是指消石（ KNO_3 ）的天然产物，尚未经过加工；皤皤：尘埃高积的样子，此处形容朴硝之粉尘状。陶弘景利用钾盐的特征焰色——紫红色，鉴别出消石，开创了火焰鉴别钾盐的先河。

此外，中国古代人们还利用火焰鉴别贵金属的真伪，这种方法类似于近代化学中的“火试金法”。东汉炼丹家魏伯阳在其《周易参同契》一书中记有“金入于猛火，色不夺精光”的方法，他是用火焰鉴别真金和伪金。古时

常有江湖骗子以铜的合金或化合物冒充黄金以欺人骗市，经常有人上当受骗。对此，明代人谷应泰又提供了一种鉴别伪金的方法：“凡疑金物非真，要见原质者，用食（醋）调山黄泥涂金器，入炽炭中猛煨，若有假伪，其器即黑。”谷应泰是利用伪金（铜）器在火焰中灼烧，生成黑色氧化铜的特性识出伪金的。

中国古代人们所发明的一系列“火焰鉴别法”，准确性较高，又简便易行，是古代化学的重要成就。

嫁接技术

人们常用唐代诗人白居易《长恨歌》中的诗句：“在天愿作比翼鸟，在地愿为连理枝”来比喻忠贞不渝的爱情。连理枝，又称为木连理，是树木在自然环境下，枝干彼此磨擦损伤后，两个枝干发生自然愈合连结生长在一起的现象。这种现象很早就为人们所注意，汉代的时候就有记载，并认为是吉祥的象征。正是从这种自然现象中，人们受到启发，发明了嫁接技术。

根据汉代农书《汜胜之书》的记载，汉代时期，人们已经将嫁接技术运用于蔬菜生产上面。当时为了长出大葫芦，采用了靠接的方法，将10颗子长出的10根茎，用布捆绑在一起，再用泥封住，几天之后，这10根茎便在捆绑处合在一起了，再通过整枝，把弱枝和不结子的枝条一并去掉，只留下最强壮的一枝结子，这样结出来的葫芦比普通的葫芦要大10倍。现在看来这种方法非常朴实，效果也不一定很理想。但这是有关嫁接的最早记载。也许在汉代人的心目中，葫芦嫁接并不是嫁接，因为当时把嫁接称为“接”，而接据《说文》的解释，是指“续木”，即木本植物的嫁接。事实也是如此，中国古代运用嫁接技术最多的是果树，果树中又以梨的运用最早也最为普遍。

北魏时期，农学家贾思勰著的《齐民要术》一书中，有“插梨”一篇，专门介绍接梨的具体方法。嫁接需要有砧木和接穗。砧木和接穗的好坏，对于嫁接的成活率，结果的早晚、多少和品质都有影响。书中提出接梨的砧木有5种，这5种砧木是棠、杜、桑、枣、石榴。5种之中棠接梨最好，结出的梨果大肉质细嫩，杜差一些，而桑最差，接枣和石榴能结出好梨，但成活率低，10株之中，只能成活一两株。书中提出适宜作接穗的只有优良梨树向阳的枝条，其他如阴中枝、鸠脚老枝（多年生果台枝）、根蒂小枝等都不宜，否则结果少、迟，而且树形也不好看。嫁接的时间也有讲究，书中提出：“梨叶微动为上时，将欲开葇为下时。”也就是说，以梨树叶芽刚刚冒出的时候为最好。书中详细地介绍了插梨的方法，从做砧木和接穗，插入之后的封泥、浇水、覆土等都做了反复缜密的交代，并有具体的要求，如“木边向木，皮还近皮”，一语道出了嫁接成功的关键。

从插梨可以看到，中国的嫁接技术到魏晋南北朝时期已经达到了相当精湛的地步，这为以后嫁接技术的广泛运用奠定了基础。隋唐宋元以后，嫁接

技术被广泛地用来改造花木和果品的形状、颜色和品质。如樱桃接砧梗，则成垂丝；梨树接砧梗，则成西府；柿接桃则为金桃，梅接桃则脆；桑上接杨梅则不酸；李接桃则为李桃；桃树接杏则大；还有海棠色红，以木瓜头接之则色白。对此，清代有人做了很好的总结，说接换树木“花小者可大，瓣单者可重，色红者可紫，实小者可巨，酸苦者可甜，臭恶者可馥。是人力可以回天，惟在接换之得其传耳。”

随着嫁接技术的广泛运用，嫁接技术本身也得到了很大的发展。唐代已认识到种子形态相似的，嫁接时容易成活，元代嫁接方法已增加到了6种，有身接、根接、皮接、枝接、靥接和搭接。明代则总结出“接树三诀”：第一，树青；第二，就节；第三，对缝。这标志着中国的嫁接技术在明清时代又有了很大的提高。

杂交优势

我们的祖先很早就将杂交优势用于动物生产。我国北方少数民族地区的游牧民族利用马驴杂交产生杂种后代骡和馱，并开始输入内地。秦汉统一以后，随着内地与西北边疆少数民族地区联系的日益加强，原产于西北地区的驴骡大量引进到中原地区，促进了内地驴骡业的发展和对驴马杂交优势认识的提高。

北魏贾思勰《齐民要术》将骡称为“羸”，而将馱称为骡。对于驴马的杂交有如下的叙述：馱，驴覆马生馱，则准常。以马覆驴，所生骡者，形容壮大，弥复胜马。然必选七八岁草驴，骨目正大者，母长则受驹，父大则子壮，草骡不产，产无不死。”也就是说，公驴配母马所生的馱，杂种优势不太明显，而公马配母驴所生的骡子则优势明显，而要做到这一点，则必须对母驴有所选择，要求齿龄七八岁，而且骨盆大的，然后所生骡子才具有优势。说明当时不仅认识到马驴杂交具有优势，而且注意到杂交优势与母体间的关系。

古代杂交不仅运用于马驴之间，还用于其他动物身上。如牦牛和黄牛的杂交，家鸡和野鸡的杂交，番鸭和麻鸭的杂交，以及家蚕雌雄之间的杂交等等。

明代叶盛在《水东日记》中提到：“牦牛与黄牛合，则生犏牛。”牦牛原是一种凶猛的野牛，在青藏高原被驯化后，成为藏族人民最重要的家畜。在藏族和周围各族的交往中，他们引进了黄牛品种，然后与当地的牦牛杂交，产生了犏牛。犏牛保留了牦牛的优点，但其性情之温顺，肉味之鲜美，产乳量之高，驮运挽犁能力之强，以及对于气候变化的适应性等方面，均远胜于牦牛，赢得了藏族人民的喜爱。

和驴马的杂交一样，犏牛因其杂交父母的不同而其杂交结果也不同。以黄牛为父本的杂交一代犏牛，叫真犏牛，而以牦牛为父本的杂交一代犏牛，

称为变犏牛。真犏母牛再与雄性黄牛或牦牛进行回交，能产生第二代杂种后代，称阿果牛。阿果牛的父本如果是黄牛，则毛短不能御寒；如果是牦牛，则毛长耐寒性较强。第二代杂交的阿果牛不及犏牛优秀，但是仍比黄牛和牦牛的使役、肉用，以及抗病性能要强，经过五代回交，则与原始父母代的性能相似，无杂交优势可言。

古代还将杂交优势运用于蚕种生产。明代科学家宋应星在《天工开物》中提到：“今寒家有将早雄配晚雌者，幻出嘉种，一异也。”所谓早雄配晚雌就是指用一化性的雄蛾与二化性的雌蛾杂交，通过人工选择培育出新的良种。该书中还记载：“若将白雄配黄雌，则其嗣变成褐茧。”

当然古人在杂交优势的利用方面也有一些不成功的例子。如，古人将家鸡与野鸡杂交繁殖出摆夷鸡，摆夷鸡并没有改变野鸡原有的野性，也就没有得到推广。同样，用番鸭和麻鸭杂交，出生杂交后代“半番”，“半番小于番鸭”，说明杂交后代的体格未见杂交优势。

无论是成功，还是失败，都表明中国古代人民在杂交优势利用方面积累了丰富的经验，不断开辟着杂交优势利用的途径。

去势术

“双手劈开生死路，一刀割断是非根”，据说这是明代开国皇帝朱元璋为从事禽兽阉割的兽医所写的一幅对联，短短的 14 个字将阉割术表达得淋漓尽致。然而您知道阉割术的历史吗？您知道它在世界上的影响吗？

在丹麦王国哥本哈根农牧学院所筹建的一所兽医博物馆里，陈设有 4000 多件兽医器械，其中一件是用于出生后 3 周龄小猪阉割的工具，它是 18 世纪末由瑞士商人从中国带去的。后来瑞士的一位兽医赠给了丹麦农牧学院的埃瑞克费鲍科教授。1807 年，该教授撰文介绍了这把中国的阉猪器械。哥本哈根农牧学院兽医系主任弗雷德里克·埃尔文哥教授就此指出，中国人民高度发展的文明，在很多方面领先，走在欧洲文化之前。中国和欧洲之间很早就有接触。中国兽医器件的发现，说明中国器械的制造对欧洲同类器械的制造有影响。

阉割术称为“去势”，但严格说来，阉割只是去势的一种，因为有些去势并不需要刀阉割，如无血去势术。最早接受去势的大概是马，《周礼》中有关于“攻驹”和“攻特”的记载，即是指给马做去势手术，但当时是如何给马做去势术的呢？有人根据对商代甲骨文字的考证，认为是用绳索或皮条为套，将马势去掉。果真如此的话，商周时期的攻特、攻驹和北魏时期的剩（骗）羊法则有相似之处。据贾思勰《齐民要术》的记载，剩羊法是在小羊生下 10 余天时，用布裹着辜丸掐断精索。这就是所谓的“无血去势术”。但从后世的经验来看，给马去势的方法主要有 2 种，明代兽医大师喻本元、喻本亨在其所著的《元亨疗马集》中，分别称之为火骗法和水骗法。这两种方

法都是在阉割的基础上进行的。火骗是采用烙铁，一次烙掉两根精索，再使用烙铁，烧烙精索的断端以止血。水骗法则是按压精索，前后反复捻搓，一方面压迫止血，一方面使精索从最细处自行断裂。据说火骗法始于黄帝时的董仲元，到了楚汉纷争时，大将韩信，因营中军马多患热症，便将火骗法改为水骗法，使去势技术又向前迈进了一步。

阉割术除用于马之外，也用于其他的家畜家禽。前面所说的剩羊就是一例。晋朝的葛洪在其所著的《肘后救卒方》中除骗马、羯羊之外，还有宦牛、阉猪、缴鸡、净猫等记载。到了明代李时珍的《本草纲目》中，各种经过去势处理的家畜都有了专门的名称，如牛称为犏、狗称为猗等。一般说来，去势主要是针对雄性家畜而言，而目前在我国民间流行的阉猪，还包括小母猪卵巢（俗称为“桃花”）摘除。这种阉割术，手术简便，安全可靠，久已闻名于世，而据有关专家的研究，这种技术最早也是见于商代甲骨文中，至今已有 3000 多年的历史。

温室栽培

话说 2000 多年前，还是在秦始皇统治时期，有一年冬天，秦始皇密令在骊山（今西安）种瓜，说来也神，还真结果了。这件事传出之后，大家都不敢相信，尤其是那些食古不化的儒生，他们总认为自己读的书多，从来也没有听说过冬天种瓜能结果的事。说实在的，冬天气候寒冷，在自然条件下，要想种植蔬菜是很困难的。只是到了现代，由于采用了地膜覆盖、温室栽培，冬天种瓜才有可能。这也难怪有些儒生将信将疑。于是秦始皇就命令这些儒生博士到实地看一看，眼见为实，耳听为虚。谁曾料想，这些博士儒生的好奇心却给他们带来了杀身之祸。原来秦始皇在消灭六国以后，采取了专制独裁的统治，引起了人们的怨恨，因此，经常有人在背后对他说三道四，这其中尤以儒生们的议论最多。为了消灭这帮儒生，秦始皇采纳了李斯等人提出的焚书坑儒的建议，于是导演了这出惨剧。秦始皇令秦军在骊山附近设下埋伏，当这些儒生满怀着好奇心来看瓜时，遭到了早已等候在那里的秦军的重重包围，结果 700 多人被乱箭射死。这是继 400 多儒生被活埋之后，又一次惨绝人寰的大屠杀，而这次大屠杀的杀机竟藏在冬天种瓜的奇迹之中。

那么，冬天种瓜在秦朝是否是可能的呢？首先，我们知道，秦始皇冬天种瓜的地点是骊山，骊山附近有着丰富的地热资源，著名的游览胜地华清池就是其中的一处温泉。利用温泉形成的小气候进行冬季蔬菜的促成栽培是很有可能，至少这种可能在唐代已成为现实。有唐人王建的诗为证，“酒幔高楼一百家，宫前杨柳寺前花。内园分得温汤水，二月中旬已进瓜。”当时政府还设有专门的机构“温汤监”来负责该项业务。因此，从地理位置和后来的历史来看，秦时冬天种瓜的可能性很大。

但是仅仅利用温泉种瓜似乎还是不够的，还必须有一定的遮盖才能成为

现实。因为西安冬季气温一般都在摄氏零下 10 多度，如果地面无任何覆盖的话，地温再高，种的瓜类虽能长出地面，而植株裸露在摄氏零下十几度的环境中，也是无法成活的，根本谈不上开花结果。这种遮盖就是最早的温室。据此推测，我国的温室最早出现于秦朝。

然而，有关温室最早的确切记载则是在汉代。汉元帝时，曾在长安城里的大官园中，种葱、韭、菜茹。为了使这些蔬菜在冬天也能正常生长，当时采取了一种方法，即盖一座屋庑，在里面昼夜燃火，以提高室内的温度。当温度上升到一定程度以后，各种蔬菜就正常生长起来了。据文献记载，汉代时利用温室栽培蔬菜已相当普遍。不过当时人们对此还是有些疑虑，认为通过温室栽培出来的蔬菜之类，是“不时之物”，而食用这种不时之物，可能对有害，于是朝廷一度下令禁止食用温室栽培出来的作物。

但是青山遮不住，毕竟东流去。温室栽培在汉代以后，继续得到发展。除用于蔬菜栽培以外，温室还广泛地运用于花果栽培。最有名的当属堂花术。这种花卉栽培技术在宋代即已出现，一直沿用至今，今天在北京中山公园的唐花坞就是从堂花发展过来的。堂，起初是一个用纸做成的房子，里面开有沟，沟中倒上热水，以增加室内的温度和湿度，还洒上牛溲和马尿，以及硫磺，增加土壤肥力，同时提高室温，通过这种办法来促使堂中栽培的花卉提前开放。这种栽培方法，在当时被看做是一种“足以侔造化，通仙灵”的奇迹。温室栽培的结果，更使得“元旦（即春节）有牡丹、有新瓜……其他花果无时无之”，大大丰富了人民的生活。

相比之下，温室在欧美的出现要晚得多。西欧的温室栽培出现在 18 世纪初叶，称为“绿色的房子”，美国则是在 1880 年才开始有了温室栽培。中国的近邻日本也是在 1830~1840 年才开始有了温室。有趣的是日本的温室称为“纸屋”，说不定还是受到堂花术的影响呢。

动物人工单性繁殖

大千世界，芸芸众生，代代相传，生生不息。大家都知道，毛茸茸的小鸡要不了多久，就会变成“喔喔”啼叫的大公鸡或“咯咯”叫的老母鸡；摇头摆尾的小蝌蚪转眼会长大，变成可爱的小青蛙。但是：鸡蛋是怎么变成小鸡的？小蝌蚪又是从哪里来的呢？一下子就不容易回答了。要知道，这可是一门专深的学问，名叫胚胎学，也叫发育生物学。它主要研究生物个体的发育规律。新中国成立后，有一位出色的生物学家在这一科学领域里，作出了创造性的贡献，他就是原中国科学院实验生物研究所所长朱洗。

朱洗是浙江省一个农民的儿子，上小学时，他听到进步的老师介绍刚从欧洲传来的、达尔文的进化论，什么“物竞天择”、“适者生存”之类的新鲜思想，在他幼小的心灵中激起了无限的遐想，他也向往着去探索生命的奥秘。1920 年，朱洗飘洋过海去法国勤工俭学，当了五年半学徒，才考进大学，

跟著名的实验胚胎学家巴德荣教授学习。1931 年以优异的成绩获得博士学位，为了报效祖国，第二年冬天就踏上了回国的路程。

可是，当时的中国，军阀混战，满目疮痍，哪里有条件给朱洗做科学实验呀！好不容易在上海创办了一个生物研究所，小小的几间房，寥寥几个工作人员，连必不可少的显微镜和实验用的仪器也是赊来的。尽管这样，朱洗还是兴致勃勃，他急切地要把在巴黎就已开始了的人工单性繁殖实验继续下去。

什么叫“人工单性繁殖”呢？我们知道，世界上大部分生物，特别是高等生物，都是有“父母亲”的，也就是说，必须由一雌一雄交配后，才能繁殖下一代。而科学家们想要通过某种人工的手段，不经过交配，就使卵细胞发育成下一代的生物体。如果这项试验成功了，就可能产生新的生命领域，为生物学的发展开创美好的前景。

朱洗聚精会神地坐在简陋的实验台前，细心地把蟾蜍（即癞蛤蟆）的卵球一个个分开，然后在卵球表面薄薄涂上一层癞蛤蟆的血。只见他手持细针利索地一刺，让血细胞进入卵中，接着加入清水，放到显微镜下仔细观察。他全神贯注，一动不动地伏在目镜上，好像把世上一切都忘了。也不知过了多久，朱洗才慢慢地抬起头来，轻轻地叹道：“又没有成功。”

焦急地站立在一旁的助手，这时也深深地叹了一口气，在记录本上无奈地写下了又一个失败的数字：“10000”。第 10000 颗，这个平凡的数字后面包含了多少心血和渴望，包含着多少个辛劳的日日夜夜啊！

一次又一次的失败，并没有使朱洗退却。他每天从清晨到黑夜，仍是手持细针，向着一颗颗卵球刺去。他的神情是那样的专注，动作是那样的细致，在旁边担任实验记录的助手也不禁为老师的这种韧劲和毅力而暗暗赞叹。

当实验记录本上的数字写到第 36800 颗的时候，奇迹终于出现了：显微镜下的卵子有活动了，细胞开始分裂了。几天以后，一条小蝌蚪竟从这个被针刺过的卵球里钻了出来。它扭动着身子，在玻璃瓶的水中快乐地嬉游。

成功了！这是第一条没有“爸爸”的小蝌蚪。朱洗兴奋地将这一喜讯立即报告了远在法兰西的老师。

正当朱洗打算进一步大展宏图的时候，日本帝国主义的铁蹄粉碎了他的科学梦。为了防备日伪的迫害，他被迫中断实验，回家乡避难。

直到五星红旗升起的时候，朱洗才真正迎来了科学的春天。在他的脑海里，始终没有忘记多年前半途而废的人工单性繁殖实验。他想，用人工培养出来的没有“爸爸”的癞蛤蟆，是不是也能生育下一代呢？他决心继续深入探索。

1958 年，在上海中科院实验生物研究所一间敞亮的实验室里，朱洗又开始了他的“长征”。他从冷藏箱里取出一只经过冬眠的雌性癞蛤蟆，剖开肚子，小心翼翼地将整块卵巢剥出来。然后用细针把卵巢分成许多小块，放到盛有生理盐水和激素的玻璃瓶里。过了一会，一颗颗棕黑色的卵球排出来了，

朱洗赶紧把排出来的卵吸附到玻璃片上，用吸水纸轻轻吸去表面的水分，再涂上癞蛤蟆的鲜血。接着，他拿起像头发丝般细的白金针向卵球刺去，使涂在外面的血细胞随着针尖进入卵内。然后把卵球外面的血污洗干净，浸入清水，放到恒温箱孵育。

3个多月过去了，朱洗和他的助手们共刺了17000多颗卵，仍然没得到一条出膜的蝌蚪。年轻的助手们有点沉不住气了，可是朱洗一面拿起白金针，一面鼓励他们说：“科学研究是一项创造性的工作，在困难和失败的时刻，更需要百倍的勇气和必胜的信念。”

为什么失败呢？是针刺部位不当，还是针太粗了？朱洗决定改进方法。他选择了一种只有头发丝的 $1/10$ 细的玻璃丝针，在10天里连续刺了3000颗卵球。难关终于突破了，5条活泼的小蝌蚪破膜而出。可惜没等发育成癞蛤蟆，就先后死了。

朱洗更加努力了，在进一步掌握卵球成熟程度和改进针刺技术的基础上，从1958年底到1959年3月，他们总共针刺了40140颗卵球，分别培养7天后，得到167条小蝌蚪，其中有25条后来长成了小癞蛤蟆。

但是，这些没有“父亲”的宝贝，大多数经不住病害的考验，相继死去了，最后只剩下一只雌的癞蛤蟆健康地活着。这好比一场马拉松赛跑，有4万多名“运动员”出发，如今只剩下一名在跑道上了。这个没有父亲的癞蛤蟆姑娘，能生育后代吗？它能坚持跑到终点吗？朱洗和他的同事们都热切地期待着。

这只宝贵的母癞蛤蟆长到1960年，经过冬眠，于1961年3月，与一只雄癞蛤蟆“成亲”，几天以后，顺利地产出了3000多颗卵。这些卵受精后慢慢地孵出了小蝌蚪，接着又发育成小癞蛤蟆。

试验终于圆满地成功了！朱洗培育出来的这批癞蛤蟆是自然界里从未有过的“珍品”，它们的母亲没有父亲，当然，它们就是没有外祖父的癞蛤蟆了。

这项研究成果表明：用人工的方法可以使癞蛤蟆单性生殖。这为生物学的研究开辟了一条新的道路，引起了全世界的瞩目。

联合制碱法

在化学工业中，纯碱是一种重要的化工原料，它的化学名称又叫“碳酸钠”，是一种白色的粉末。别小看它，它的用途可大呢！制造肥皂、玻璃、纸张时要用它；纺纱织布时要用它；炼铁、炼钢过程中也少不了它。用它还可以制造出好多好多的化工产品哩！它诞生在化工厂里，是用联合制碱法生产出来的。这个方法由中国化学工业的先驱侯德榜首创，所以也叫“侯氏制碱法”。那么，侯德榜是在怎样的情况下研究制碱法，又是怎样创立侯氏制碱法的呢？

事情得从 17 世纪说起。当时人们在生产玻璃、纸张、肥皂等时已经知道要用纯碱，但那时的碱是从草木灰和盐湖水中提取的，人们还不知道可以从工厂中生产出来。后来法国一位医师路布兰用了 4 年时间，在 1791 年首创了一种纯碱制造法，从此纯碱能源源不断地从工厂中生产出来，满足了当时工业生产的需要。可借这一方法并不完善，还存在着许多缺点，如生产过程中温度很高、工人劳动强度很大、煤用得很多、产品质量也不高等，因此很多人都想改进它。

1862 年，比利时有一位化学家叫苏尔维，他提出了一种以食盐、石灰石、氨为主要原料的制碱方法，这方法叫“氨碱法”或“苏尔维制碱法”。由于这个方法产量高、质量优、成本低、能连续生产，所以很快就替代了路布兰的方法。但这个方法却被制造商严格控制住，一点也不让它泄露出来，被他人知道。

20 世纪初，当时的中国工业生产也需要纯碱，但自己不会生产，只能依靠进口。第一次世界大战时，纯碱产量大大减少，加上交通受阻，英国一家制造纯碱的公司乘机抬高碱价，甚至不供货给中国，致使中国以碱为原料的工厂只得倒闭、关门。

当时有一位在美国留学的中国学生侯德榜，他学习很刻苦，成绩优异，在美国学习化学工程已有 8 年，1921 年取得了博士学位，当他听说外国资本家如此卡中国人的脖子时，连肺都要气炸了，他发誓学成回国，以自己学到的知识报效祖国，振兴中国的民族工业。

1921 年 10 月侯德榜回国了，他任永利碱业公司总工程师，任务是要创建中国第一家制碱工厂。当时要生产出碱，只能按苏尔维制碱法生产。原理说说很简单，可真正要制造出来可就难了。由于技术封锁，侯德榜只能靠自己不断研究、试验、摸索。经过好长时间的努力，终于设计好了流程，安装好了设备，接着就开始试生产。谁知一开始就碰到困难。一天，刚试车不久，高高的蒸氨塔突然晃动得很厉害，并且发出巨响。大家害怕极了，侯德榜见了马上喊停车。一检查，原来所有的管道都被白色的沉淀物堵住了。怎么办？开始他拿大铁钎捅，累得满头大汗，但也无济于事。后来，他想出加干碱的办法，才使沉淀物慢慢掉了下来，终于转危为安。类似这样的故障还有很多很多，每次都被他一一排除掉了。

经过几年的努力，1924 年 8 月 13 日，中国第一家制碱厂正式投产了。那天工人们早早地来到车间，都想亲眼目睹中国第一批纯碱的诞生。几小时后。不知谁喊了一声：“出来了！”大家眼睛一齐朝出碱口望去。咦？怎么出来的是红白相间的碱？按理应该是雪白的呀！大家的心头一凉。这时候侯德榜仔细地检查了设备，原来纯碱出来时遇到了铁锈，才使产品变红了。原因查出来了，大家都松了一口气，以后改进了设备，终于制得了纯白色的产品。望着白花花的纯碱，侯德榜笑了，他笑得那么舒心，几年的辛苦没有白费，他终于摸索出苏尔维制碱法的奥秘，实现了自己报效祖国的誓言。

1937 年日本帝国主义发动了侵华战争，他们看中了南京的硫酸铵厂，为此想收买侯德榜，但是遭到侯德榜的严正拒绝。为了不使工厂遭受破坏，他决定把工厂迁到四川，新建一个永利川西化工厂。

制碱的主要原料是食盐，也就是氯化钠，而四川的盐都是井盐，要用竹筒从很深很深的井底一桶桶吊出来。由于浓度稀，还要经过浓缩才能成为原料，这样食盐成本就高了。另外，苏尔维制碱法的致命缺点是食盐利用率不高，也就是说有 30% 的食盐要白白地浪费掉，这样成本就更高了，所以侯德榜决定不用苏尔维制碱法，而另辟新路。

他首先分析了苏尔维制碱法的缺点，发现主要在于原料中各有一半的成分没有利用上，只用了食盐中的钠和石灰中的碳酸根，二者结合才生成了纯碱。食盐中另一半的氯和石灰中的钙结合生成了氯化钙，这个产物却没有利用上。那么怎样才能使另一半成分变废为宝呢？他想呀想，设计了好多方案，但是——都被推翻了。后来他终于想到，能否把苏尔维制碱法和合成氨法结合起来，也就是说，制碱用的氨和二氧化碳直接由氨厂提供，滤液中的氯化铵加入食盐水，让它沉淀出来。这氯化铵既可作为化工原料，又可以作为化肥，这样可以大大地提高食盐的利用率，还可以省去许多设备，例如石灰窑、化灰桶、蒸氨塔等。设想有了，能否成功还要靠实践。于是他又带领技术人员，做起了实验。1 次、2 次、10 次、100 次、……一直进行了 500 多次试验，还分析了 2000 多个样品，才把试验搞成功，使设想成为了现实。

这个制碱新方法被命名为“联合制碱法”，它使盐的利用率从原来的 70% 一下子提高到 96%。此外，污染环境的废物氯化钙成为对农作物有用的化肥氯化铵，还可以减少 $1/3$ 设备，所以它的优越性大大超过了苏尔维制碱法，从而开创了世界制碱工业的新纪元。

冶炼技术

古代的铜矿开采术

先秦时期青铜冶铸的高度发达，也从一个侧面反映了铜矿开采技术的先进。湖北省大冶铜绿山的古铜矿遗址，向人们展现了从商周至汉代铜矿开采状况和采矿技术的发展过程。这是迄今发现的中国最早的古矿遗址，在世界矿业史上也是不可多得的珍贵遗存。

清代所修《大冶县志》记载，铜绿山“山顶高平，巨石对峙，每骤雨过时，有铜绿如雪花小豆点缀土石之上，故名。”这里，铜矿富集，矿体规模大，而且矿石含铜品位高，成为中国古代一个重要的采铜中心。至今，地上堆积着 40 万吨以上的古代炼渣，地下古矿井分布密集，还有多种形式的炼铜竖炉，记录着古代矿冶生产的宏大规模和卓越技术。

商代遗址采用的是群井开采方法。井筒打在矿体内，下掘井筒就是开采矿石，掘进终了即开采完毕。继续开采又另打新井。群井开采简单易行，井深一般为 20~30 米，开挖在软岩或围岩蚀变带内，用打水井的工具即可掘进。提升矿石和废石，采用大轮导向往返拉动。

西周的遗址仍用群井开采。井为方形，井深与商代相同。井中有支护遗址，支护形式为间隔支护，距离 40~60 厘米。井框木为带榫的套接方式，榫口一律凿成方形。井框外，四壁先背一层竹席，竹席内间格敷有直径 4~5 厘米的木枝条。这时期已出现有巷道、平巷，但处于初始阶段。

春秋战国时期已采用竖井、斜井、平巷的联合挖掘，初步形成了地下开采系统。其中，斜井的掘进施工和支护技术都有较大的难度，它的出现，是坑采技术的一大进步。斜井的倾度因地制宜，由 25 度至 70 度不等。斜井的作用不仅可以沿矿体倾斜延伸，节省人力和费用，而且还有探矿的作用。平巷和竖井也较西周时期有明显的进步，最大井深达 64 米，延伸至潜水面下 8~10 米。春秋时期主要的开挖工具为铜制，战国时期则主要应用铁制工具。同时，这时期已比较成功地解决了有关掘进、通风、排水、照明、运输、支护等一系列问题。这些技术，在当时世界上都是无与伦比的。

铜绿山遗址现在已被作为重要的文化史迹，受到国家的保护。

青铜冶铸术

从世界范围看，古代美索不达米亚人大约于 9000 年前开始利用自然铜，6000 年前有了铜的冶炼，5500 年前有了炼青铜；古埃及大约于 7000 年前开始炼铜，5000 年前有了青铜。相比之下，中国对于铜的加工和利用要晚得多，大约在四五千年前方有自然铜的利用和青铜的冶炼。但是中国不像其他古文明地区那样，曾经经历过较长时间的炼制红铜阶段，而是在红铜加工出现不

久就开始冶青铜，并利用青铜熔点低、易于浇铸的特点，使青铜冶铸技术迅速发展起来，一跃而跨入世界先进行列，并居领先地位，创造了举世瞩目的青铜文明。

迄今出土或传世的大量先秦青铜器，向人们展示着中国青铜文化的盛况。其中，河南殷墟出土的重达 875 公斤的司母戊鼎；湖北随县曾侯乙墓出土的大型编钟，总重量达 10 吨以上，以及精巧绝伦的铜尊盘；在地下埋藏 2500 多年，表现依然花纹清晰、光彩照人的越王勾践剑和吴王夫差剑；等等，都堪称世界之最。这些青铜器物，反映了当时青铜铸造技术的高度发展水平，包括浑铸、分铸、失蜡法、焊接、镶嵌、表面处理等工艺的高超程度。

高超的青铜铸造加工的技术工艺，是以高超的青铜冶炼技术为基础的。没有优质的青铜材料，就不可能产生优秀的青铜器物。当时的人们已经熟练地掌握了青铜的冶炼技术，而且已掌握了鉴定青铜质地是否精纯的方法。这就是在《考工记》一书中记载的火焰颜色判定法。

《考工记》中说，在冶炼青铜时，铜料与锡料中会先冒出黑浊的气体，“黑浊之气竭，黄白次之；黄白之气竭，青白次之；青白之气竭，青气次之，然后可铸也”。近代科学证明，金属加热时由于蒸发、分解、化合等作用，会产生不同的颜色。冶炼青铜时，原料中所附着的碳氢化合物会燃烧，产生黑浊的气体；随着炉温的升高，原料中所含的氧化物、硫化物等杂质会产生黄白、青白的气体；到只冒青气时，说明杂质已基本去除，青铜已经炼成，可以浇铸了。这是冶金史上关于火焰颜色鉴别法的最早记载。

顺便应该指出的是，“炉火纯青”是我们常用的一句成语，用来比喻功夫达到纯熟完美的程度。其来源，现在通用的一般辞典中都说是来自道家炼丹成功时火焰发青，有的还加注“迷信”二字。这种说法恐有误。它的最早出现应是上引的《考工记》记载。

湿法炼铜

湿法炼铜，也叫胆铜法，这是中国历史上在炼铜技术上的一项重大发明。

今天，铁元素比铜元素活跃，它能在铜盐溶液中，经过置换反应，置换出铜来，这已是最基本的化学知识。而这种置换反应，却是由中国首先发现，并加以实际利用的。

铁铜置换反应的发现，是炼丹家在化学方面的一大贡献。他们在炼丹实践中，观察到这一置换现象，并不断加以记录和总结。现知这一置换现象的最早文字记录，是 2000 多年前在西汉时成书的《淮南万毕术》一书中所记载的，“曾青得铁则化为铜”。曾青，又叫空青、石胆、胆矾，为天然的硫酸铜。硫酸铜一般是蓝色结晶体，因在空气中会部分风化失去水分，而呈白色，故又有白青之称。曾青是炼丹家在炼丹活动中的常用药物，被认为“久服身轻不老”。它亦被引入医学，作为治疗疮疖等疾患的用药，故中药本草著作

中也有记载。汉代成书的《神农本草经》中，即记有石胆“能化铁为铜”。不单是硫酸铜会与铁起置换反应，其他可溶性铜盐也会与铁起置换反应。对此，古代的炼丹家和药物学家也有所发现。南北朝时著名的炼丹家和药物学家陶宏景就说：“鸡屎矾……投苦酒中，涂铁皆作铜色”。苦酒即醋酸，鸡屎矾可能是碱性硫酸铜或碱性碳酸铜，因难溶于水，要加醋酸方能溶解。

所谓胆铜法，就是把铁放在胆矾溶液（胆水）中，使铁离子置换出胆水中的铜离子，从而析出单质铜的冶铜方法。胆铜法，是一种先进的炼铜方法，为中国所首创。与火法炼铜相比较，它有着多方面的优越性。它可以就地取材，在胆水多的地方设置铜场，设备简单，技术操作容易，成本低；只要把蒲铁片或碎铁块投入胆水槽中浸渍，就可获取铜，而且铜质精纯。它的冶炼过程是在常温下进行的，可以节省大量燃料，免除鼓风、熔炼等设备，也减轻了炼铜工人的劳动强度，并减少了环境污染。而且，胆铜法不管是贫矿还是富矿，都可使用。

胆铜法何时由炼丹家的炼丹实验转成工业生产，现在尚不清楚。有人推测在唐末或五代已经开始湿法炼铜，而在北宋时已经实际应用并得到推广，却是确定无疑的。在 11 世纪末叶，北宋哲宗时的张潜已著有湿法炼铜专著《浸胆要略》，尽管此书已经佚亡，但却反映了当时已有一整套湿法炼铜的工艺，并已有人进行了总结。据《宋会要辑稿》记载，北宋时用湿法炼铜的地区有 11 处，分布在广东、湖南、江西、福建、浙江等地。其中，信州铅山（今江西省铅山县）的冶铜工场有浸铜沟漕 77 处，绍圣三年（1096 年）产铜 38 万斤；而广东韶关岑水的工场，在政和六年（1116 年）产铜达 100 万斤之多。据统计，在 1107～1110 年间，北宋政府每年收铜 660 万斤，其中胆铜有 100 多万斤，占 15%～20%。到南宋时，政府收取的铜中，胆铜所占的比例达到 85% 之多。湿法炼铜的方法，在明、清两代仍继续采用，至今仍有些地区用此方法炼铜。

生铁冶铸和柔化术

与炼铜一样，中国冶铁技术的发明亦晚于其他一些古文明发达的国家和地区。埃及大约在公元前 1000 年左右开始进入铁器时代，美索不达米亚地区大约在公元前 1200 年左右开始进入铁器时代，爱琴海地区大约在公元前 1000 年左右开始进入铁器时代，印度大约在公元前 800 年左右开始进入铁器时代，而中国则是在公元前 600～500 年左右开始炼铁的。但是，中国不似其他国家和地区，经历了一个漫长的块炼法治铁时期，而是很快发明了生铁冶铸技术和生铁柔化技术，因此后来居上，很快跃居世界冶铁事业的前列，并长期居于世界领先的地位。历史上中国的钢铁除输往邻近国家外，还曾远销古罗马和东南亚。

在历史上，炼铁方法主要有两种，一是块炼法，一是生铁冶炼。块炼法

是在比较低的温度下进行的，它用烧红的木炭使铁矿石直接由固态还原成铁。用块炼法炼得的铁质地疏松，故有海绵铁之称。海绵铁含夹杂物较多，要把它制成铁器，必须经过反复加热锻打。生铁是在 1100~1200 的炉温下，由还原出的固态铁吸收碳而炼成。由于其熔点低，冶炼时呈熔融状态，可直接用范浇铸成器，从而免除了块炼铁加工费工费时的缺陷，提高了生产效率，降低了成本，使铁器的大规模、高效率生产成为可能。中国在公元前 6 世纪即已发明了生铁冶铸技术，这项技术在世界领先约 2000 年。罗马人虽在公元前后也偶尔炼出过生铁，但却被当作废品而抛弃，直至 14 世纪时，欧洲人才认识到生铁的意义，开始生产生铁。

生铁的最大特点是其可铸性，故又称铸铁。但生铁含碳量高，一般都在 2% 以上，往往又含有硫、磷等杂质，因而性脆，韧度低，直接铸造出来的农具、工具和兵器，使用时容易断裂。为了弥补这一缺陷，我们的祖先在战国时期又发明了铸铁柔化术。

中国早期的铸铁柔化术可分为两类：一类是在氧化气氛下对生铁进行脱碳热处理，使成白心韧性铸铁；一类是在中性或弱氧化气氛下，对生铁进行石墨化热处理，使成黑心韧性铸铁。在西方，白心韧性铸铁的生产技术是 1722 年由法国人发明的，黑心韧性铸铁是 1831 年在美国问世的。到汉代时，铸铁柔化术又有新的突破，形成了铸铁脱碳钢的生产工艺，可以由生铁经热处理直接生产低、中、高碳的各种钢材。

铸铁柔化术的发明，在冶金史上是一项具有划时代意义的成就。它大大加快了铁器取代铜器的历史进程，有力地促进了社会生产力的发展，使中国社会迈入一个新的发展时期。

值得一提的是，大约在明代时，出现了从生铁到熟铁连续生产工艺。据《天工开物》记载，这项技术是把炼铁炉与炒铁炉串联在一起，让由炼铁炉炼出的生铁液流入炒铁炉，用柳木棍急搅，使生铁液中的碳份氧化，而成熟铁。这种连续生产的工艺，已初具组合化生产的系统思想，既提高了生产效率，又减少了能耗，是冶铁技术的又一重大突破。

灌钢技术

灌钢技术是中国历史上在炼钢技术方面的一项重大发明。其工艺过程大致为，将生铁与熟铁合炼，因生铁熔点低，熔化后的生铁水就会向熟铁中渗透，使熟铁增加碳份而成钢。因生铁水像灌进熟铁一样，故称灌钢。这种炼钢方法无需加热锻打，碳份分布均匀，且可去除部分杂质，得到的即是优质钢材，可用以制造刀锋的锋刃。在 1740 年西方坩锅炼钢法发明之前，是最先进的炼钢方法。

灌钢法大约创始于 5 世纪后半叶的南北朝时期。陶弘景说：“钢铁是杂炼生柔作刀镰者。”“生”指生铁，柔指柔铁，即熟铁。北齐的冶金专家綦

母怀文也说：“造宿铁刀，其法烧生铁精以重柔挺，数宿则成钢。”他用灌钢造出的宿铁刀，是当时的名刀，非常锋利，可“斩甲过三十札”。也有人认为，东汉末年王粲《刀铭》中的“灌辟以数”，西晋张协《七命》中的“乃炼乃炼，万辟千灌”，其中之“灌”即指灌钢。如是，则灌钢的创始年代可提前到3世纪时。

在灌钢技术应用的初期阶段，需经多次灌炼，方能成钢。宋以后灌钢技术不断得到改进。据史籍记载，其加工工艺大致可分为3种，其发展趋势是减少灌炼次数，以至一次炼成。

第一种加工工艺，是北宋沈括在《梦溪笔谈》卷三所记载的，“世间锻铁所谓钢铁者，用柔铁屈盘之，乃以生铁陷其间，泥封炼之，锻令相入，谓之团钢，亦谓之灌钢。”其中，把柔铁屈盘起来，是为了增加生熟铁的接触面，提高灌钢的效率，并使碳份分布更加均匀；封泥则可以促进造渣，去除杂质，并起保护作用。《梦溪笔谈》中还说“二三炼则生铁自熟，仍是柔铁”，反映了加工时灌炼次数的减少。

第二种加工工艺，记载于宋应星的《天工开物》卷十四之中。它把柔铁屈盘改为薄熟铁片，进一步增加了生熟铁的接触面，加速了“生熟相和，炼成则钢”的进程，泥封亦改为草泥混封，反映了明代灌钢技术的改进。

第三种加工工艺，是自清代至近代盛行于江苏、安徽、湖北、湖南、四川、福建等地的“抹钢”或“苏钢”。其特点是，先将料铁加热，再把生铁板的一端伸入炉中，待生铁熔化时，用钳夹住生铁板的一端，并不断移动，同时不断转动料铁，让生铁水均匀地滴在料铁上，再经锻打，去除杂质。这种方法有利于去除夹杂，提高金属的收得率。

坩埚技术

中国冶金史上的一个突出特点，是铸造技术占有很重要的地位，以至于铸造既作为成形工艺而存在，又成为冶炼工序中的一个组成部分，达到了“冶”与“铸”密不可分的地步。因此，在古代文献中往往是冶铸并称，而且对中国文化产生了深刻的影响。如常用词汇“模范”、“范围”、“陶冶”、“熔铸”、“就范”等，都是由冶铸技术演生而来的。这种冶与铸密不可分的冶金传统，是古代世界上其他国家和地区所无法比拟的。

中国铸造技术可以说是伴随青铜冶炼而产生与发展，其后又随着生铁冶炼而持续发展着。历史上，在铸造技术方面有很多重要的发明，并取得过很多重要的成就。例如，被认为是中国古代文明象征的商周到战国的青铜器，在某种意义上可以说是铸造技术所造就的。从重875公斤的司母戊方鼎、精美的曾侯乙尊盘和大型的随县编钟群，以至大量的礼器、日用器、车马器、兵器、生产工具等，可以看到当时中国已经非常熟练地掌握了综合利用浑铸、分铸、失蜡法、锡焊、铜焊的铸造技术，在冶铸工艺技术上已处于世界领先

的地位。而叠铸技术则是在铸造方面的又一重大发明。

所谓叠铸，是把许多个范块或成对范片叠装在一起，由一个共用的浇口和浇道进行浇注，一次可以得到几十件，以至上百件铸件。它可以批量生产，生产效率高，成本比较低，又能够节省造型、浇注的用地，是一种比较先进的铸造方法。这种方法在西方是随着大机器生产才出现和发展起来的，至今仍被广泛采用。而在中国，这种方法在 2000 多年前的战国时期已经开始应用。

现在发现的最早叠铸件，是战国时齐国的刀币。它是用铜质范盒翻制出具有对称性和互换性的范片，每两片合成一层，再多层叠合浇注而成。

在汉代，叠铸技术得到了很大的发展。本世纪 70 年代，在陕西咸阳、西安，河南南阳、温县，山东临淄等地，都曾多次出土有汉代的叠铸泥范。其中，以温县烘范窑中出土的叠铸范数量最大，保存最为完好，计出土有 16 类、36 种规格的叠铸范 500 多套。每套铸范由 5 至 14 层叠成，最少的一次可浇铸 5 件，最多的达 84 件。这些铸范的设计和制作都很精细。据分析，用这些铸范浇出的铸件，表面光洁度可达五级（计分 14 级），金属收得率可达 90%，工艺水平已相当先进。而且，从中还可以看到当时已具备了制范、烘范、叠装、浇铸、成器等一整套成熟的生产工艺。

电信技术

走向明天的电话

自从电话发明以来，它作为传递信息的一种基本手段，正在得到日益普及和更新。今天，世界各国的电话分为市内电话和长途电话两种，长途电话从发端到收端一般要经过当地市内电话网，再进入长途线路。同时，电话又有人工接转和自动接转之分，人工接转是指电话交换过程中，接、拆线都由话务员手工操作完成，自动电话的交换全由交换机自动进行。

据统计，美国现有电话机 1.8 亿多部，普及率为 80%，世界平均普及率为 12%。中国大陆最早的电话业务是 1881 年上海英商瑞记洋行华洋德律风公司开办的，随后，丹麦大北电报公司于 1882 年 2 月 21 日在上海外滩设立了电话交换所，当时只有用户 30 家。

今天，老式陈旧的拨盘式电话机正被淘汰，取而代之的是按键式多功能电话机。美国推出的一种声控电话，可免去按键电话的麻烦，用声音直接呼叫对方的名称和号码，就可接通对方了；无线电话机的发展也十分迅速，它可以在一个移动点到固定点之间，实现简单的通信；电话接入由计算机控制的智能网时，其功能会大增，如相隔数千里的用户可利用电话相互发送文件、交换计算机数据或召开可视电话会议；在研制重量最轻电话机的竞赛中，美国摩托罗拉公司的蜂窝式电话机只有 30 克重，它使用了一块砷化镓芯片，消耗能量仅为普通半导体收音机的一半，一节电池可供谈话 45 分钟，还有一个自动应答装置，并能储存 99 个电话号码；公用电话机目前主要采用投币式和卡式，卡式由于使用方便，在欧美较为流行。

根据专家们的预测，电话在今后若干年的发展趋势，主要是实现如下“十化”：

一、增音化：话筒里的音质更为清晰，以避免在噪声环境中通话时声音不清；

二、微型化：这种可以塞在耳朵里的电话，是通过使用者口腔和耳朵间的骨头和软组织来拾取声波，因此不会产生反馈啸声；

三、声控化：使用者在数米远的地方，用声音控制接通电话，无需拨号，唯声是从；

四、录音化：主人外出时，它会自动接电话，把对方的话记录下来并自动关机；

五、复印化：除了通话外，还可根据需要，把文件和图表存入电话中，三分钟内，对方电话机便可接收到复印的文件和图片，这种电话在商业、科研、新闻出版界大受欢迎，聋哑人打电话也将如愿以偿；

六、智能化：这种电话会以柔和的声音向你报告，有人给你打电话，如果你不愿意接电话，只要拨动某个键，电话即会婉言回绝；

七、翻译化：不同语言的人也可以互相直接通话，该电话通过输入不同语言的单词、短语等，通话时可自动翻译；

八、娱乐化：这种电话与幽默电台相通，当你需要自我娱乐时，只需拨一个专用电话号码，便可从电话中听到令人捧腹的笑话；

九、电视化：这是电话与电视相结合的产物，使用这种电话，双方可以通过荧光幕见面，以满足通话者的需要；

十、多用化：电话除了通话以外，还带有报时、显示天气情况等功能。

电信之“线”

说起有线电通信之“线”，一般有三种：架空明线、电缆和光纤。

架空明线是指架设在电线杆上的用于通信的金属导线。金属导线有：铝线、铁线、钢线等多种。明线架设起来省事、同时方便、传输质量也较好，缺点是线对数量少，通信容量小，因为这种导线是架设在野外高空，所以容易受损，特别是在发生自然灾害或战争的时候。

电缆由包裹在同一外皮中的若干根导线构成，这些导线互相绝缘。外皮分纱包、铝包、塑料包几种，其中以电缆较为坚固，应用最广。电缆的优点是线对数量多，不易受损。如果敷设在地下，还有很强的保密性。但是，电缆里面的导线直径小，线距窄，因而衰耗大，投资也多。

电缆按敷设方式分为三种：架空电缆、地下电缆和海底电缆。架空电缆是把电缆架在电线杆上；地下电缆在地下 2~3 米处；海底电缆敷设在海底或海中一定深度，根据通信距离分为短距离、中距离和远距离，并根据海洋深度分为浅海和深海等类型。在敷设海底电缆方面，英国物理学家威廉·汤姆森曾作出过举世瞩目的贡献，他坚持不懈地从理论上和工程上积极参与了大西洋海底电缆的建设。

在无线电还没有发明以前，莫尔斯电报只能进行有线传送，而且只能在陆地上使用，被称为“陆地电报”。随着经济和国际贸易的发展，制造和敷设大西洋电缆成了一种迫切的需要。1856 年，大西洋海底电缆公司正式组成，资本总额为 35 万英镑。苏格兰的股东选聘汤姆森为董事，他高兴地接受了这一职务。在从 1856 年到 1866 年的 10 年时间里，他不但解决了许多海底电缆通信的理论问题，而且面对挫折、打击，始终宽容大度、意志坚定。1866 年 6 月，当两条完善的连接加拿大纽芬兰岛和英属爱尔兰岛的大西洋海底电缆敷设成功时，人类首次实现了全球性的远距离通信，它和电报的发明一样，是人类通信史上的一座新的里程碑。

今天，海底电缆仍是国际通信的一种重要手段。据统计，英美两国之间每年的通话量达二千多万次，其中有一半以上是通过海底电缆传送的。

光纤有石英光纤和塑料光纤之分，通信用的光纤对传输特性、环境等都有严格要求，要确保光纤在制缆、安装、接头以及一般的热循环下不受损坏，

它本身要用塑料等保护起来。

用光纤制成的光缆，分为通信用光缆、非金属光缆、光海缆等种类。通信用光缆有两种，一种是高密度多光纤光缆，适用于公共通信系统，另一种是低密度光缆，适用于一般通信系统。

今天，光纤光缆正呈爆炸式的势态发展，它正在逐步取代铜导体电子线缆。通过光纤线路进行数字传输，现在已是平常事情。采用光纤线路，以任意调制方式传输模拟信号，将是今后光纤技术应用的新领域。

光纤通信

由于科学技术的突飞猛进，尤其是电子计算机技术的迅速发展和广泛应用，人们对通信的要求也越来越高。电报、电话等传统的通信手段，虽然在不断得到改进，但仍不能完全满足社会的要求。

20 世纪中叶，同轴电缆问世以后，由于各国大力进行科研开发，它的传输容量有了惊人的发展。以话路来计算，起初只有 300 路，后来相继增加到 960 路、2700 路，最后达到 13200 路。随着同轴电缆线路的广泛采用，它开始在有线传输领域形成干线网路，并逐步蚕食了明线和风靡一时的对称电缆线路。

20 世纪 60 年代末、70 年代初，万路同轴电缆载波系统研制成功。尽管这一系统的中继距离只有 1500 米，但一些科技发达国家仍对它抱有很大希望，努力提高它的性能，加大电缆的尺寸，研制新的元器件、放大器和均衡器等，进一步挖掘这一系统的潜力。

但是，70 年代中期以后，实用光纤的研制成功，给通信传输带来了意义深远的突破。发达国家纷纷放弃了对同轴电缆的进一步研究，而投入大量的人力、物力和财力，加紧开发光缆。于是，光纤通信以令人眼花缭乱的速度向前发展。

所谓“光纤通信”，就是利用半导体激光或者发光二极管，把电信号转变为光信号，通过光导纤维传输，再用探测器把光信号还原为电信号，从而实现通信。它被称为“现代社会的高速公路”。

第一代光纤通信系统 1978 年开始使用，80 年代初进入推广阶段，该系统大多用于低速率的信息传输，如用在市话网上；第二代自 1982 年后投入使用，一般用于短距离通信和市内通话局间的无中继通信；第三代自 1983 年起投入使用，1985 年后推广应用，大多用于长途干线和海底光缆通信系统；第四代即今天正在开发的光纤通信，它是与微电子技术、电子计算机、程控电话、卫星通信、数字通信等新技术一起发展起来的，它将使用多成分氟化物、玻璃纤维和波长为 3.5 微米的硫化铅类半导体激光管，每公里强度只衰减 0.02%。一旦实现这样小的衰减，无中继距离可增加到 1 万公里，这样就可以实现横跨太平洋的无中继通信。

光纤通信具有许多优点：一是频带宽、容量大，一对光纤可同时传送几千万路至上亿路电话，或几千套彩色电视节目；二是保密性能好，抗干扰性强；三是通信质量好，无串音现象；四是尺寸小，重量轻，光纤芯径一般只有 50~80 微米，即使加上各种防护材料，也比普通电缆轻得多。

从有线到无线

利用无线电波在空间传送声音、文字、图像的通信方式，总称为“无线电通信”。无线电通信是航空、航天、航海中的主要通信方式，其优点是不受线路限制，也节省了线路投资；其缺点是保密性差，容易受外界干扰的影响。

早在 19 世纪 60 年代，苏格兰物理学家麦克斯韦就已预言，有可能产生以光速传播的电磁波。但是直到 20 年后德国物理学家赫兹才证明，这种电磁波是一种辐射，“无线电”这个词就是从“辐射”一词派生出来的。赫兹用高压交变电流在两个金属球之间击出火花，并且发现，这种火花会产生一种电磁辐射。只要用一个带小缺口的环，就能测到这种辐射。

然而，真正使无线电派上用场的，却是一个半英国血统、半意大利血统的人，名叫马可尼。他的母亲是英国人，父亲是意大利人。马可尼一家住在意大利波伦亚郊外的维拉格里丰别墅里。从 16 岁起，马可尼就爱上了科学实验。1895 年，在他 21 岁时，他在顶楼的两间屋子里，搞了一个无线电实验室，这两间屋子原先是用来放养蚕的簸箕的。

马可尼先将信息送过养蚕房，接着发现，如果在发射机和接收机上安上天线和地线，就可以加大传送的距离。于是，他让弟弟拿着接收机跑离房屋，越跑越远……1895 年 9 月，他们在两座山之间，在相互看不见的情况下传送信息，结果成功了——他的弟弟按预先的约定鸣响了象征胜利的枪声。

马可尼发明的无线电通信，现在已发展成多种通信手段。

短波通信是利用频率为 3 至 30 兆赫，波长为 10 至 100 米的无线电波进行通信的。这种通信靠的是地波和天波，而天波靠的是电离层的反射。短波通信设备简单，灵活性大，但因受电离层昼夜、季节变化的影响，可靠性和稳定性都较差。在发生太阳磁暴、极光、核爆炸时，电离层发生骚动，通信极不稳定，严重时完全中断。

微波中继通信利用的是频率在 1000 兆赫以上，波长在 30 厘米以下的电磁波。它一般沿着直线传播信号，绕射能力很弱。由于地球表面是个球体，两地距离稍远便无法“直视”，因而就不能直接通信。为了克服这种缺陷，在作长途通信时，要采用接力方式，通常每隔 50 公里设一个增音中继站。微波中继通信的优点是频带范围宽，通信容量大，传播质量稳定，因此目前使用范围很广，但它的保密性能不如有线通信。

卫星通信是把人造地球卫星作为空中中继站，转发或反射无线电信号。

通信两端的的地面站，通过卫星上的转发器，接收和发送信息。

今天，国际性的卫星组织主要有“国际电信卫星组织”、“国际海事卫星组织”、“国际人造卫星组织”和“阿拉伯卫星组织”，其中“国际电信卫星组织”是政府间的商用通信机构，它成立于1964年11月，当时有11个国家参加。1965年，该组织向地球静止轨道发射了第一颗卫星，称为“晨鸟”。这种同步卫星离地面约3.6万公里，一颗卫星可供地球上1/3的地区使用，覆盖面相当于经度120度，因此用3颗卫星即可实现全球通信。

1991年8月15日，欧洲阿丽亚娜航天公司从法属圭亚那的库鲁太空中心发射一枚阿丽亚娜44L型火箭，把国际通信组织的一颗安泰尔萨特V1—FS型通信卫星送上了天空，该卫星是至今被送上天的最大民间通信卫星，其直径为3.6米，高11.8米，重量达4.296吨。它被置于地球西经14°30′的赤道上空，其覆盖面可达北美、南美、欧洲和非洲。它有12万条电话线路可供用户同时通话，另外还可转播电视和数据等。

卫星通信系统中的地面站是指设置在地球上，同卫星联系的地面设施。地面站一般由跟踪系统、天线设备、发射和接收设备、控制设备、电源设备等组成。收发两用户之间的通信联络是通过地面站设备对收到的和发出的信号进行处理而完成的。

移动通信

移动通信是利用无线电通信手段，使处于运动状态中的通信者实现通信的一种方式。现在，由于科学技术的发展，许多国家的陆地移动通信技术进入了一个崭新的阶段，汽车电话、火车电话、无线电话、无线呼叫等层出不穷。

在各种移动通信系统中，“蜂窝”系统最为普及、充满活力。这一系统之所以得此名称，是由于无线电区域组成的网络，形式恰似蜂窝。在蜂窝式的网络中，每一个地理范围（通常是一座大中城市及其郊区）都有多个基台，并受一个移动电话交换机控制。在这个区域内任何地点的移动台——车载、便携、手持台，都可经由无线信道和交换机联通公司电话网，真正做到随时随地都可以同世界上任何地方进行通信。同时，在两个或多个移动交换局之间，只要制式相同，还可以进行自动或半自动转接，从而扩大移动台的活动范围。因此，从理论上讲，“蜂窝”系统可容纳无限多的用户。

自从1979年第一个蜂窝通信网建成至今，世界上已有40多个国家建立了向公众开放的各型实用网，如今，全世界蜂窝式移动电话用户已达500万户以上。例如，1984年蜂窝式电话首次在美国使用时，只有9100个用户，然而到1989年底，已达到340万户，约占总人口1.4%。生产蜂窝式电话的厂商认为，80年代初期，蜂窝式电话只是一种流行而已，好比中层家庭孩子的玩具一般，市场非常有限；今天它不再是时髦物品，而是人们生活中的一

部分了，其价格也从 1984 年的 3000 美元降到现在的 350 美元。专家们预计，至 2000 年，美国蜂窝式电话的用户可达 3850 万，普及率为 14.3%。

移动电话的另一个具有发展前景的系统是卫星系统，在这方面，美国摩托罗拉公司名列前茅。1990 年，摩托罗拉公司宣布，将建造一个由人造卫星“星群”与用户便携式电话机组成的全球性个人通信系统，这个系统的核心是 77 个运行在低位轨道上的小型人造卫星。由于化学元素“铯”的原子核外正好有 77 个电子运转，因此，该公司把这一系统命名为“铯系统”。按照计划，担任“铯系统”主角的 77 个人造卫星将被平均部署在 7 条环形轨道上，从而使地球表面的任何一点都有连续的覆盖，构成“天‘铯’无缝”的空间通信交换网络。它能使人们在海、陆、空的任何地方，使用便携式移动电话，经同步卫星系统联网，相互进行联络。这样，呼叫人无需知道对方在什么地方，而只需拨一个对方的号码，电话便可立即接通。

“铯系统”信息传输的过程是将电话信号首先传递给最近的人造卫星，在确认为合法用户之后，电话信号便在“星群”之间传递，最终被发回地球，传给另一个用户。“铯系统”的卫星距地球表面只有 765 公里，无线电信号在往返传输时损耗较小，卫星直径仅 1 米，高仅 2 米，重量也只有 315 公斤，因此，它发射容易，经济可靠。这一系统将于 2000 年之前全面运营。

未来通信

随着高新技术的发展，通信手段越来越新颖多样，如今，许多国家都竞相投入人力、物力，财力、研究和开发中微子通信、引力波通信、蓝绿通信和流星通信。一旦这些别开生面的通信技术成为现实，我们这个星球上的居民将更加有“天涯若比邻”的感觉了。

中微子通信：中微子是基本粒子大家族中的一种中性粒子，它能够毫不费力地穿透地球，速度快，抗干扰性强，而且对人体无害，这是电磁波所无法比拟的。中微子通信与微波通信相似，都需要发射装置和接收装置。在通信时，发射端首先用高能质子加速器把质子加速到几千亿电子伏特的能量，然后去轰击一块金属靶子；这时，靶子的背面会产生许多“短命”的介子，这些介子一边运动，一边发生质变分裂，从而产生中微子和其他粒子；再让它们穿过钢板，剩下的就只有纯净的中微子束；此时，如用信号对它进行调制，它就会“走”向人们确定的目标；接收端是一个贮有近千亿吨水的大水箱，当中微子在水中传过时，星罗棋布的光探测器等，就可把它们携带的信息解调出来。1978 年 12 月，美国科学家在地下和海中首次进行了中微子通信试验，获得了成功。

引力波通信：引力波是物质振动时产生的一种横波，它以光速传播。利用引力波可以进行极长距离的通信，这是因为引力波穿透力强，不易衰减，例如，它在铁中传播时，强度衰减一半的距离是 10^{30} 公里，在水中传播时，

这一距离为 10^{29} 公里。1983 年，日本科学家进行了首次引力波通信试验，他们把两根半径为 29.1 米、长度为 1.52 米的铝棒放置在相距 1.72 米的位置上，然后用电磁振动的办法使一根铝棒振动，以产生引力波，并用另一根铝棒来接收引力波，结果，这根铝棒发生了 $1/10^{12}$ 的畸变，附着在棒上的传感器产生了 1 微伏的电压。这一试验证明，引力波通信是可行的。

蓝绿通信：蓝绿通信是激光通信的一种，它采用的光波波长为 480 至 560 毫米，介于蓝光和绿光之间，同海水颜色毫无差异。蓝绿激光通过海水时，穿透力强，方向性好，因而能打开海洋深处通信的“禁区”，为实现深海通信的现代比展示了前景。1981 年 5 月，美国科学家在加利福尼亚圣迭戈附近的海面上，成功地进行了蓝绿通信试验。

流星通信：流星分布在太阳系的空间，又小又暗，小的如同米粒，大的好似高山，它们平均以每秒几十公里的速度绕着太阳旋转、一旦同地球相通，就会以每秒 16 至 18 公里的速度在大气层中运动，并多次与空气分子发生猛烈撞击，使空气急剧电离，在它后面形成尾状离子云——流星余迹，直到它烧成气体和极微细的尘末为止。每昼夜闯入大气层的流星，多达 100 亿个。

科学家们设想，无线电通信，是经过地面的无线设备把语言和数据转化成信号电波发送的，传输中的电波在与流星余迹相遇时，迅即被它反射到几百公里外的地面上，像手电筒光束那样展开，覆盖一大片区域；设在那里的地面站收到信号后，可以立即发射出回答信号，通过同一流星余迹转到原来发出信号的地面站。

早在 20 世纪 50 年代初，加拿大国防科委无线电物理所的科学家就开始着手这方面实验，直到 1954 年，流星余迹才正式用于通信事业。利用流星余迹通信有许多独特之处：流星是“上帝”的馈赠，不必付出巨大的研制、发射和维护费用；流星通信以低频工作，信号损耗小，简化了地面的收发设备，降低了通信的成本；由于流星反射电波的方向性强，地面的接收范围很小，加之通信流星的不断更替，从而加强了通信保密的可靠性；此外，流星不会被敌人摧毁，爆炸后的刹那间便可恢复通信，其他电子干扰也难以达到破坏的目的。正基于此，专家们预言，流星通信技术有着广阔的发展前途。

微电子技术

什么叫“微电子技术”

顾名思义，“微电子技术”就是指微化的电子技术。

现代物理学对人类历史的影响，主要表现在两个方面：一方面，核物理的巨大进展，形成了核反应堆等新的技术；另一方面，科学家通过研究原子、分子以及固体电子运动规律和电磁辐射，带动了电子学和电子技术的惊人发展，从而出现了半导体工业、计算机工业、工业自动化与遥控、遥感技术等。

早在英国物理学家汤姆森发现电子以前的 1880 年，“发明大王”爱迪生在试制成功人类第一盏具有实用价值的电灯以后，继续寻找更有效的灯丝材料。在这个过程中，他通过观察发现，电灯中的碳丝会很快蒸发到灯泡壁上。1883 年，爱迪生把一根钢丝电极封入灯泡，靠近灯丝，发现碳丝加热后，铜丝上有微弱的电流通过，这就是所谓的“爱迪生效应”。

电子的发现，证实“爱迪生效应”是热电子发射效应。英国另一位科学家弗莱明首先看到了它的实用价值，1904 年，他进一步发现，有热电极和冷电极两个电极的真空管，对于从空气中传来的交变无线电波具有“检波器”的作用，他把这种管子称为“热离子管”，并在英国取得了专利。这就是“二极真空电子管”。

两年以后，冯·利本在弗莱明的热离子管的基础上，继续进行试验，他把第三个电极——将一个有孔的栅极置于阴极和阳极之间。栅极从电话送话器输入声脉冲，像一个看不见的阀一样，起着调制电子流的作用。用这种方法，能将弱脉冲准确地放大到人们需要的程度。这种具有三个极的新热离子管称为“三极管”。后来，美国物理学家李·德·福雷斯特进一步改进了热离子管，制成“三极检波管”。

在 1950 年晶体管出现以前，三极管等几千种电子管，在无线电发送和接收方面，一直发挥着巨大作用。这些电子管有玻璃壳的，有金属壳的，还有不要外壳的；有的只有花生米大，有的却像胳膊一样粗。由于电子管体积大，耗电多，预热慢，这就大大增加了用它们组装起来的装置的体积。于是，美国贝尔电话实验室的萧克利、巴丁、布拉坦等人，把半导体材料晶体作为突破口，试制新的元件。

1947 年 12 月，这个研究组用两根银针压在一小片锗片上，制成了第一个晶体管放大装置，并且清晰地把音频信号放大了上百倍。后来，萧克利对晶体管的工作机理作了分析，又提出了一种新的晶体管理论，并于 1950 年制成了能取代电子管的结型晶体管。

电子技术的发展趋势是使仪器微型化。一般来说，有三种办法缩小元件的体积——固体电路技术、微型组件技术和微型电路技术。固体电路是把晶体管的半导体晶体、电阻器和电容器结合在一个基片上；微型组件和微型电

路和技术都是把各种组件，用机械的方法固定在薄膜上，并使之全部互连。后来发明的印刷电路，克服了组装时的困难，从而推动了批量生产。

印刷电路是先用抗酸墨水，在一块铜片上画出整个电路，然后用酸液浸洗铜片。未受抗酸墨水保护的部分被腐蚀后，线路就突现出来了。这样的电路没有焊接点变松和导线断开的缺陷，因而得到了广泛使用。

1971年，美国英特尔公司的青年电子工程师霍夫等人，研制成功了世界上第一块单片式微处理机，此后，微电子技术的发展日新月异，应用范围也越来越广。于是，各国学者围绕它对社会的影响，展开了热烈的讨论。1982年，罗马俱乐部发表了由德国冶金工会研究人员金特·弗里德里希斯和波兰哲学家亚当·沙夫合编的一份报告，题目是《微电子学与社会》，这份报告透彻地分析了微电子技术对社会的影响——

“自蒸汽机出现以来，还没有一项发现或发明会对一切经济部门产生广泛影响。甚至电子技术的应用也仅仅对由蒸汽动力开始的机械化过程提供了进一步的强有力的推动。其他所有伟大的革新在创造新产品和新工艺的重要性方面，几乎都是局部的和纵向的。但是，微电子学不仅一定会改造农业、工业和服务部门的许多传统活动，而且，由于它把脑力和记忆力以及体力结合进新的机器及系统，新会改变发展的性质和方向。第一次工业革命大大增强了生产活动中人力和畜力的弱小的体力；第二次工业革命会把人的智力扩大到我们现在简直不能想象的程度。”

确实，微电子学通过微型化、自动化、计算机化和机器人化，正从根本上改变我们的生活，并冲击着生活的许多方面：劳动、家庭、政治、科学、战争与和平。难怪有人预言，未来的社会是“用导线连接起来的社会”。

集成电路

微电子技术的发展是以集成电路技术的不断完善作为先导的。集成电路既是电子计算机、通信设备和电子消费品等现代电子装置的基本部件，也是武器自动化系统的关键部分，然而，它在技术上的突破又有赖于材料和工艺上的一系列革新。

1833年，英国科学家法拉第在实验过程中发现：电通过铜、银一类物质时，温度越高，电阻越大；相反，如硫化铁这样一种导电性不好的材料，温度越高，导电能力却越强。纯铜、纯银和其他许多金属都是电的良导体，而硫化铁的导电能力却很低，这究竟是怎么回事呢？

大约一个世纪以后，人类才有能力来回答这一问题：原来，许多材料都具有半导体的性能，“半导体”一词开始进入了科学领域。科学家花在半导体材料上工夫最多的要数硅了，尤其是最近几十年内，大部分技术都集中在制造掺有少量其他元素的高纯度硅上面。

硅的原料是石英，也是沙子。尽管从表面上看，制造一块硅片所需的劳

动微乎其微，所需的资金也微乎其微，但是，在它上面投入的信息、知识量却大得惊人，可以说，一块硅片便是一部积累了人类几千年知识的史书。正是这种知识的积累，才使一块重量不到一克的硅片成为强大的电子计算机的“大脑”，具有创造无数价值的潜力。

半导体收音机是最先大规模使用硅材料晶体管的产品之一。它的制造方法也和过去制造电子管收音机一样，先取一块金属底座，在底座上安装各种电子元件——电阻、电容器、变压器、晶体管等，然后用电线把它们全部接通，这个过程非常缓慢，犹如用纸和笔计算一长串数字一样，有没有更好的办法呢？有！这就是印刷线路板。

大约在 1960 年，这种办法开始发展成为将导体材料“放”在硅圆片上，这个硅圆片就是“芯片”。芯片的制作过程是从形成大块高纯度的晶体硅开始的，然后将圆柱体的纯硅像锯圆木那样锯成刀片一样薄、手掌那样大的圆片；接着，对圆片进行一系列加工，使之表面和内部具有必要的电子特性，再将各种不同的图案光刻到各个圆片上。实际上，每个硅圆片上的几百个图案全都是一样的，即都是一个个很小的方形单元，每个单元边长只有一两毫米，但是，它们却都包含着几万个微小的电子“通—断”开关，这就是所谓的“微处理机”。最新技术是使用原子束、电子束和 X 光束，把上百万个电子元件“安装”到一块芯片上去。

这也就是集成电路的“集成”方法。

1959 年，美国科学家申请了第一个集成电路的专利权，从而带动了“电脑芯片”的发展。集成电路的种类很多，按结构和工艺划分，大致可分为半导体集成电路、薄膜电路、厚膜电路和混合集成电路 4 种；从外壳材料上分，有金属、塑料、陶瓷 3 种；还有一种线性集成电路，它是按集成块里的电路划分的，分为直流运算放大、音频放大、中频放大、宽带放大等多种，应用领域十分广泛，计算机、通信设备、电源、控制装置中都少不了它。

集成电路从它诞生之日起，就以硅晶体为主要材料，科学家们预测，到 20 世纪末，硅的这种基础地位仍不会发生根本性的改变。但是，随着对速度和集成度要求的提高，硅材料的局限性也逐步暴露出来，于是，人们又开始广泛探索以新半导体材料取代硅晶体的可行途径。1978 年，美国贝尔电话研究所发现，砷化镓化合物半导体晶体的电子迁移速度比硅半导体快五六倍，这一发现引起了许多国家半导体技术界的极大反响。美国、日本和西欧等相继展开了对砷化镓等化合物半导体及其电路技术的研究。如今，只有一些中小规模的砷化镓集成电路达到实用化水平，一些国家已开始在卫星通信、移动通信和光通信或计算机上使用，而大规模和超大规模砷化镓集成电路尚处于研制阶段。

至今为止，所有实用硅集成电路都是二维平面的结构，在这方面，线宽已进入亚微米，预计到 20 世纪末可达到 0.1~0.2 微米数量级。目前，科学家已研制成功 6000 兆位贮存器芯片，以及 32 位微处理器，这种微处理器上

有 60 万个晶体管，每秒钟能执行 6600 万个指令。但是，这些技术发展的潜力不会是有限的，如果再进一步紧缩元件之间的距离，只在平面上提高集成密度，将会出现热电子产生源、漏穿孔、发热等一系列技术障碍。为了探索新的出路，专家们提出了多层立体化结构的设想，也就是所谓的“三维集成电路”。

今天，科学家正在研制的三维集成电路大体分为两类：一类是多层高密度集成电路，另一类是多层多功能集成电路。

1991 年 10 月，日本的《日刊工业新闻》报道，日本三洋电机公司超大规模集成电路研究所已制成五层构造的三维线路器件，这种器件的目的是将平面型半导体积层，以提高芯片的器件密度。三洋电机公司的方法是加热到摄氏 600 度，使单晶的种晶在绝缘膜上以横向蔓延成长，最终在衬底全面形成单晶。同样的工序重复 5 次，即可制成五层构造的三维线路器件。

同传统的利用电信号传递信息的集成电路相比，光集成电路具有更高的信息处理能力，因而成为全世界科学家的另一个研究方向，在这方面，日本德岛大学的一个科研组已研制成功光集成电路，在世界上名列前茅。这个科研组首次将砷化镓稳定地覆盖在硅片表面，成功地解决了因热膨胀系数不同致命名使发光元件变形受损的难题。他们在厚 5 微米、0.5 毫米见方的发光元件与硅片之间分区留出 0.5 微米的间隙，这就减小了砷化镓与硅的接触面，有效地阻止了砷化镓的变形，并可使发光元件连续 2000 小时发出红外光。这一成果为光子计算机的问世，奠定了物质基础。

纳米技术

20 世纪是科学奇迹迭出的时代，一个世纪前的人，纵然再富于幻想，也想象不出今日以微电子技术为核心的信息社会会呈现如此之奇观。当我们放眼展望 21 世纪，又有什么新的奇迹会再次像微电子技术一样改变整个世界呢？科学家们认为，未来的科学奇迹已初露端倪，其中之一就是“纳米技术”，又称“毫微技术”。这是一门诞生于 1990 年的新学科。

众所周知，1 微米等 $1 / 10^6$ 米；1 毫微米，即 1 纳米，等于 $1 / 10^{10}$ 米。纳米技术是以分子和原子为加工对象，制造出微型机器。

1959 年，一位后来获得诺贝尔物理奖的美国物理学家理查德·费曼突发奇想：“如果有一天可以按人的意志安排一个个原子，将会产生怎么样的奇迹呢？”他的这一想象不是没有科学根据的，到了 20 世纪 80 年代末，随着扫描隧道显微镜的出现，它终于由梦想变成了现实。

扫描隧道显微镜不同于一般的显微镜，它的“眼睛”是一根极细的针尖，而且离物体只有零点几个毫微米，正因如此，它的分辨率高得惊人，能直接看到物质表面的原子结构，比电子显微镜还要高十倍以上，从而实现了人类直接看到原子、分子真面目的长久愿望。扫描隧道显微镜不仅能看清原子，

还能通过它与物体表面的相互作用，以“眼力”移动原子，于是，早在 1959 年理查德·费曼提出的浪漫想象，一下变成了现实。

1989 年下半年，美国 IBM 公司的科学家用扫描隧道显微镜在镍晶体表面移动原子，写成由 35 个原子排列成的“IBM”三个字母，这张放大的照片登在《时代》周刊上，被称为当年最了不起的公司广告。

然而，IBM 公司的这一技术，需要在摄氏零下 263 度的液氮温度下进行，具有较大的局限性。1991 年，日本日立制作所“中心研究实验室”的科学家，在室温下写出了一行原子文字；“PEACE '91”，意为“和平 '91”，其每个字母的尺寸均小于 1.5 纳米。

之后，这种高技术的“微雕术”在不断地创造出新的奇迹：德国科学家在 2~3 个原子尺度上，进行常温常压下的刻蚀，已获得成功；美国斯坦福的研究人员在百万分之一的头发丝上，描绘出“葛底斯堡”地址的字样；接着，又在 100 纳米的尺度内，绘制成一幅斯坦福大学的校徽；他们还在纳米尺度上，刻蚀出林肯宣言，每个字母的线条粗细只有 1 纳米。

这一纳米级的细线加工技术，对微电子技术将带来革命性的影响。目前微电子技术中最细的刻线为几分之一微米，一旦纳米级的加工技术实现，电路的刻线可小到千分之一微米，则大规模集成电路的集成度，在似乎已达极限的情况下，还可提高一大步。此外，用纳米技术排布原子的能力，还可以构成高密度的数据储存器件，其储存密度要比目前的磁盘高出 1 亿倍！人们还可以利用纳米技术直接用原子和分子制造出新的信息处理材料，制成目前科学家所期望的光芯片和生物芯片，为真正的智能计算机的问世提供必要条件。由此可见，信息技术是纳米技术的最先受益者。

IBM 公司的一位首席科学家这样预言：“正像 20 世纪 70 年代微电子技术产生了信息革命一样，纳米技术将成为下一个信息时代的核心。”

技术革新

造纸术

纸是很普通的东西，也是非常重要的东西。我们读书、看报、写信、绘画、记笔记、写文章，哪一件也离不开纸。

有了纸，人类的各种知识才能保存下来，才能传播开去。有了纸，人类的文化科学事业才能迅速地向前发展。可以这样说，纸是人类文明的标志。

为了满足人民的需要，我国在解放后开办了很多造纸厂，用机器大量制造各种各样的纸张，供我们使用。在许多少年朋友看来，纸好像没有什么稀奇。

可是你知道吗，人类的文化史，有漫长的一个时期不是写在纸上，因为那时候人们不会造纸。造纸的方法是我们祖先经过长期的努力，花了无数的心血才发明出来的。

纸的发明，表现了我国古代劳动人民的聪明才智，是中华民族对人类文化的重大贡献。

在纸产生以前，人类早就会写字了。据历史学家的研究，我国的文字起源于 6000 年前。

在现在的陕西省西安市东郊，有个半坡村。6000 年前，有一个原始氏族公社在这里生活。1954 年，我国考古工作者发掘半坡村氏族公社的遗址，挖出了大量的石器、骨器和陶器。那些陶器上，除了刻有花纹，还刻着简单的符号。历史学家们认为，这些符号具有文字的性质，可以说是已经发现的我国最早的文字。

可见在纸发明之前，我国的文字已经有了很长的历史。到了青铜时代，我们的祖先还把文字铸在或者刻在青铜器上。有些商代和周代的青铜器一直保存到现在，上面的文字记载了当时的一些历史事件和社会状况。

除了青铜器，我们的祖先还把文字写在什么上面呢？这里，我们先讲一个“龙骨”的故事。

清朝光绪二十五年（公元 1899 年），有一个人叫王懿荣，喜欢收集和研究古代的文物。有一天，他生了病，医生给他开了一张药方，药方上有一味药，叫“龙骨”。所谓龙骨，实际上是古代动物的骨骼或者骨骼化石。

药买了回来，王懿荣打开一看，发现有的“龙骨”上刻着很多古代的文字。他感到非常奇怪，就花工夫搜集这种刻有古代文字的“龙骨”。后来又有一些学者对这种“龙骨”发生了兴趣，他们经过搜集研究，方才知这些刻有古代文字的“龙骨”，是一种珍贵的古代文物——殷商时代留下来的甲骨，离开现在已经有 3000 多年了。

甲骨是什么东西呢？

甲就是乌龟的腹甲；骨就是兽骨，主要是牛的胛骨。甲骨上刻的是当时

的文字。因为这种文字刻在甲骨上面，所以称做甲骨文。

这些带字的甲骨，最初是在河南安阳发现的。安阳是殷商后期的京城。当地的农民在地里挖到了这些东西，就当做“龙骨”，卖给了药店。

这就是“龙骨”的来历。

最初出土的甲骨并不很多，后来考古学家确定它是研究殷商历史的珍贵资料，就在安阳等地大规模发掘。几十年来，刻有文字的甲骨，已经发现约10余万片。

那么，当时的人为什么要把文字刻在甲骨上呢？

原来殷商王朝很迷信，出征啦，打猎啦，放牧啦，甚至有什么疾病灾害啦，都要“占卜”一下，预测自己的运气好不好。甲骨就是他们占卜的用具。占卜的时候，他们先用铜钻在甲骨的一面钻一个孔，再用火烧灼钻孔的地方。甲骨经火一烧灼，另外一面就出现了纵横的裂纹，他们根据裂纹来判断吉凶。占卜以后，他们常常就把结果刻在这块甲骨上。

当时，占卜的事情实在太多了，因此，甲骨文字记录的范围非常广泛，反映了殷王的活动和殷商社会生活的许多方面。

不但殷代有甲骨文，殷以后的西周也有甲骨文。1977年，考古工作者在陕西省周原地区，又挖出了15000多片西周早期占卜用的甲骨。

殷商时代和西周甲骨的出土，使我们获得了研究古代政治经济和文化的的历史资料。这种甲骨就是我们祖先最早用来“写”字的一种“纸”。

我们祖先“写”字的材料，除了甲骨以外，还有竹片和木板。

树木到处都是，竹子在南方也很普遍，因此，人们就把它们削成一条条狭长而又平整的小片片，在上面写字。竹子做的叫竹简；木头做的叫木简，又叫版牍。

简的长度不一样，长的有三尺，短的只有五寸。人们写信的时候，往往用一尺长的简，所以后来把信称为“尺牍”。还有一种简，三面起棱，可以竖起来，便利儿童阅读，这就是当时的儿童识字课本哩！

每根简上写的字多少不一，大多是20来个字，少的只有一两个字，多的也有三四十个字的。

人们在简上写字的时候，还准备好一把刀，万一把字写坏了，就削掉重写。直到今天，我们还把修改文章称为删削。

我们祖先在简上写了字，就用绳子、丝线或皮带，把一根根简编在一起。这样，就成为一册一册的最原始的书了。“册”是一个象形字，就像一根一根简用绳子串起来的样子。

什么时候我们祖先开始用竹片和木板写字的呢？

这个问题现在很难断定，很可能在殷商时代，人们就已经这么做了。因为我国的古书——《尚书》上说，殷朝已经“有典有册”了。在甲骨文里，也有这样一个字：“冊”，这就是古写的“册”字。

竹简和木简上的字，都是用毛笔写的。我国的毛笔，可能在殷代就发明

了。在一些甲骨、玉片和陶器上，都可以看到殷代人们用毛笔书写的朱墨字迹。

在竹简和木简上写字，要比在甲骨上刻字容易，而且也便于编连。这样就使古人有了编书的条件。我国最古的正式书籍就是用竹简和木简编成的。这样的书，是曾经一再发现的出土文物。

据古书的记载，西汉时候，人们曾经在孔丘旧宅的墙壁中发现了许多竹简和木简，上面写着《尚书》、《礼记》、《论语》、《孝经》等几十篇儒家所谓的“经典”。据《晋书》上记载，在晋武帝时代，有人发掘了战国时期的魏襄王的墓（一说是魏安厘王的墓），得到竹简几十车。

解放以来，我国各地发现的竹简和木简，已有 20 多起。其中出土数量最多的，要数前几年出土的居延汉简。

我国甘肃省北部额济纳河流域，古代称为居延。西汉武帝的时候，曾经派军队在这里开荒和守卫，还修筑了大量的军事设施。解放前，这里曾出土过汉简 1 万多根。1972 年 1976 年，我国考古工作者又在这一带进行考古发掘，发现汉简约两万根，不但比解放前增加一倍，而且也是我国历来发现古代简牍最多的一次。

这两万多根汉简，绝大多数是木简，只有极少数是竹简。现在，考古工作者已初步整理出 70 多个完整的或比较完整的簿册。它们是研究汉代历史的重要资料。

这次发掘，还出土了两幅木板画。这说明当时不但用竹简和木简写书，还用木板来画图。

用竹简和木简写字，虽然比甲骨上刻字容易，可是这样的书仍旧有个很大的缺点，就是笨重，翻阅起来十分麻烦，携带尤其不便。

据古书上说，战国时代，有个思想家叫惠施，他旅行的时候，要用五辆车子装他所带的书。他的书，其实就是一捆一捆的木简和竹简。

秦始皇统一中国以后，许多事情他都要亲自处理。当时的公文都写在竹简和木简上，他每天看的公文竟有 100 多斤重。

西汉时候，有个人叫东方朔，是个文学家。有一次，他为了给汉武帝提建议，竟用了 3000 根竹简写了一篇奏章，由两个人吃力地抬进宫去。

大约在春秋战国之际，人们在使用竹木简的同时，又发明了另外一种办法，用丝织品来写字、画图。

我国是世界上最早饲养家蚕和织造丝绸的国家。养蚕从什么时候开始的，现在还不能确定。据古书记载，在殷商时代，我国蚕丝业已经相当发达，在甲骨文中，已经有“丝”、“帛”和“桑”等字；另外，还有祭祀蚕神的记载。当时，人们不但有丝绸可以做衣服，甚至连用的东西也用绢帛包起来了。考古工作者曾经发现一些粘附在殷代铜器上面的丝绸残片，有的织成了菱形花纹，有的还有刺绣的图案。

随着社会经济的发展，丝织品的生产也更加普遍。大约在西周时候，人

们就开始用帛写字。到了春秋战国时候，用帛写字的人就越来越多了。古人写的书里，“竹帛”两个字相当于我们今天的“稿纸”。战国初年有个思想家墨子，曾在他的书里不止一次地说到“著于竹帛”，就是写在竹简和帛上的意思。这说明帛和竹简木简一样，当时都用来做书写的材料。

那时候，人们不但用帛写字，还用帛画图。

从 1971 年底到 1974 年春天，我国考古工作者发掘了湖南长沙马王堆的三座汉墓，除了发现一具 2000 多年没有腐烂的女尸，还获得了大量珍贵的文物。在这些文物中，尤其重要和罕见的是两幅彩绘帛画、两幅画在帛上的地图以及一大批帛书，同时出土的，还有 600 多根竹简。这说明当时竹木简和帛是并用的。

帛很轻便，便于携带和书写，看起来也很清楚。可是，帛的生产毕竟不是那么容易，价钱也太贵了，一般人用不起。所以在我国古代，帛书不及竹简和木简那样普遍。竹简木简太笨重，帛又太贵，用这些东西写字，都有缺点，还得想出更好的方法来。

于是，随着生产和科学技术的发展，纸终于被发明了。

在讲纸的发明以前，这里先讲一个关于“赫蹄”的小故事。

西汉末年，赵飞燕姐妹二人都被召入宫，得到了汉成帝的宠幸，一个当了皇后，一个当了昭仪。宫中有个女官叫曹伟能，生了一个孩子，按说应该是皇子。赵昭仪知道后，就派人抛弃了孩子，把伟能监禁起来，给她一个绿色的小匣子，里面是用“赫蹄”包着的两颗毒药，“赫蹄”上还写看：“告伟能，努力饮此药……”就这样，伟能被逼着服毒死了。

这张包着药还写上字的“赫蹄”，究竟是什么东西呢？

二世纪末叶，我国有个学者应劭解释说，它是一种用丝绵做成的薄纸。

原来在西汉时代，我国已经能制作丝绵了。制作丝绵的方法是把蚕茧煮过以后，放在竹席子上，再把竹席子浸在河水里，将丝绵冲洗打烂。丝绵做成以后，从席子上拿下来，席子上常常还残留着一层丝绵。等席子晒干了，这层丝绵就变成一张张薄薄的丝绵片，剥下来就可以在上面写字。

这种薄片就是“赫蹄”，也就是丝绵纸。

在东汉永元十二年（公元 100 年），我国有名的学者许慎，写成了中国第一部字典——《说文解字》。这部字典里已经收有“纸”字。他解释“纸”字的意思，就跟在水中打制丝绵有关。因为最早的纸是用蚕丝做成的，和做丝绵又有密切的关系，所以“纸”字就用“糸”做偏旁。

这种丝绵纸的发明，是当时劳动人民努力实践的成果。伟能死的时候是公元前 12 年，毫无疑问，“赫蹄”的发明年代应该在这以前了。

用丝绵纸写字，既光滑，又轻便，一定受大家的欢迎。不过，它还得用蚕丝做原料，不可能大量生产。

丝绵纸虽然不能大量生产，它的制造方法却给人们很大的启发。既然可以利用蚕丝的纤维来造纸，那么，可不可以利用富于纤维质的植物来造纸呢？

人们从长期的生产实践中，终于逐步摸索到造纸的方法。

1957年5月，在陕西省西安市郊灞桥砖瓦厂工地上，发现了一座古代墓葬。我国考古工作者立即对这座墓进行了清理，在墓中发掘到铜剑、铜镜、半两钱、石虎、陶器等文物。其中值得注意的是，在包着麻布的铜镜下面，放有一些米黄色的古纸，最大的差不多有十厘米见方，还有一些较小的纸片。纸上面有明显的被麻布压成的布纹。由于长期和铜镜放在一起，纸和麻布的表面都呈现出绿色铜锈老斑。这些情况说明，它是和其他文物同时随葬入墓的。

考古工作者对这座古墓和出土文物进行研究，断定它们的年代不会晚于西汉武帝，离开现在已经有2100多年了。

这些古纸因为是在灞桥这个地方发掘出来的，所以称为灞桥纸。

灞桥纸究竟是用什么原料制造的呢？

1965年，我国有关单位对灞桥纸进行了反复的检验，确定它主要是由大麻纤维所造的，但是也混有少量的苎麻。

大麻是我国种植的最古老的麻类。春秋时代编成的我国最早的一部诗歌总集《诗经》，其中就提到“麻”和“纴”。“麻”，指大麻；“纴”，指苎麻。汉朝时候，它们都是麻纺业中的主要原料。因此，人们也就把它们用来作为造纸的原料了。

用麻来造纸，采用的也是丝绵纸——“赫蹄”的制造方法。我国古代的劳动人民穿不起丝绸、丝绵，只好穿麻制品。古书上是把“布”（指麻布）和“帛”并提的，把“麻缕”和“丝絮”（指丝绵）并提的。当时制造麻缕，跟制造丝绵的方法一样，也是在水中进行的。《诗经》中就讲到：“东门之池，可以沤麻”，“东门之池，可以沤纴”，“沤”就是把麻长时间地浸渍在水中。在水中制造丝绵的时候，竹席子上总有残留着的丝绵；同样，在沤麻的时候，也总有细碎的麻筋落下来。竹席子上残留的丝绵可以做成丝绵纸，劳动人民在积累了做丝绵纸的经验以后，就很自然地采用这种方法，用细碎的麻筋制造植物纤维纸了。

灞桥纸是世界上现存的最早的植物纤维纸。它的发现，在科学技术史上具有重大的意义。过去，历史书都说纸是东汉蔡伦发明的，灞桥纸的发现，说明早在西汉时代，我国劳动人民已经发明用植物纤维造纸了。

除了灞桥纸以外，1933年，在我国新疆罗布淖尔地方，也发掘到一张西汉古纸，不过它的时代比灞桥纸晚一点。这张西汉古纸，也是用麻类纤维制造的。

我国虽然在西汉时代就有了植物纤维纸，但是，那时候麻缕也跟丝绵一样，是用来做衣服的，不可能大量用在造纸上。同时，麻缕制的纸又厚又糙，不很适宜写字。它还需要进一步改进和提高，才能代替竹简、木简和丝绵。

我们在前面讲过，造纸法不是蔡伦最早发明的。那么，蔡伦是个什么人？他跟造纸法究竟有什么关系呢？

这里，我们就来讲讲蔡伦的故事。

蔡伦生活在东汉和帝时候，他是桂阳人，桂阳就是现在的湖南莱阳一带。在蔡伦出生的几十年前，我国发生了一次大规模的农民起义。这次起义在一定程度上打击了封建统治，推动了社会生产力的发展。从东汉初年到汉和帝时期，农业和手工业都不断进步。社会经济的发展，对纸张的生产提出了更高的要求。

蔡伦从小就到皇宫里去当太监，担任职位较低的职务——小黄门，后来得到汉和帝信任，被提升为中常侍，参与国家的机密大事。他还做过管理宫廷用品的官——尚方令，监督工匠为皇室制造宝剑和其他各种器械，因而经常和工匠们接触。劳动人民的精湛技术和创造精神，给了他很大的影响。

当时，蔡伦看到大家写字很不方便，竹简和木简太笨重，丝帛太贵，丝绵纸不可能大量生产，都有缺点。于是，他就研究改进造纸的方法。

蔡伦总结了前人造纸的经验，带领工匠们用树皮、麻头、破布和破鱼网等原料来造纸。他们先把树皮、麻头、破布和破鱼网等东西剪碎或切断，放在水里浸渍相当时间，再捣烂成浆状物，还可能经过蒸煮，然后在席子上摊成薄片，放在太阳底下晒干，这样就变成纸了。

用这种方法造出来的纸，体轻质薄，很适合写字，受到了人们的欢迎。东汉元兴元年（公元 105 年），蔡伦把这个重大的成就报告了汉和帝，汉和帝赞扬了他一番。从此，全国各地都开始用这样的方法造纸。

造纸技术很复杂，不可能是某一个人凭空想出来的；事实上，在蔡伦之前，劳动人民已经用植物纤维来造纸了。所以我们不能说纸是蔡伦发明的，但是也应该肯定蔡伦对改进造纸技术是有很大贡献的。

蔡伦带领工匠改进造纸方法，造出了质量较高的纸。他提出用树皮、麻头、破布、破鱼网来做原料，也是造纸技术的一大进步。这些原料来源广泛，价钱便宜，有的还是废物利用，因此可以大量生产。至于用树皮做原料，更是一个新的发现。后代人用木浆造纸，就是受到蔡伦用树皮造纸的启发。

蔡伦改进造纸方法成功，这是人类文化史上一件大事。从此，纸才有可能大量生产，给以后书籍的印刷创造了物质条件。

在蔡伦以后，别人又不断把他的方法加以改进。蔡伦死后大约 80 年（东汉末年），又出了一位造纸能手，名叫左伯。他造出来的纸厚薄均匀，质地细密，色泽鲜明。当时人们称这种纸为“左伯纸”。可惜历史上没有把左伯所用的原料和制造方法记载下来。

自从蔡伦改进造纸技术以后，造纸业就迅速发展起来。到了晋朝时候，纸就为人们普遍使用，代替了帛的地位。

两晋、南北朝时候，造纸的原料已经不限于树皮、麻头、破布和破鱼网等东西，它的范围逐渐扩大了。

西晋的文学家张华在他写的《博物志》中说：剡溪（现在的浙江嵊县地带）出产古藤，可以造纸，所以就把纸称为剡藤。

隋朝的虞世南辑了一部《北堂书钞》，书里引用东晋人范宁的一句话说，土纸不可作文书，文书都是藤角纸。

宋朝的赵希鹄写了一部《洞天清录集》，书中说晋朝大书法家王羲之和他的儿子王献之，有不少字是写在会稽出产的竖纹竹纸上的。

从上面这些记载中，我们知道，晋朝时候人们已经用藤和竹做造纸的原料了。

那么，范宁说的“土纸”，又是什么原料制造的呢？

有人认为这种“土纸”，就是麦秆、稻秆等粗纤维造的草纸。

在南北朝时代，北方人还用楮树皮造纸。那时候，有个杰出的农业科学家贾思勰，写了一部著名的农业科学著作《齐民要术》。这部书在讲到北方农民种植楮树的时候说：他们煮剥树皮，虽然很辛苦，但是获利很大；如果自己能造纸，得利就更大了。这段记载告诉我们，北方农民种楮树的目的，就是为了造纸；而且煮剥树皮是造纸的一道重要工序。

造纸原料范围的扩大，对于造纸业的发展和进步有重要意义，各地就可以利用当地出产的材料来造纸了。

由于原料范围的扩大，纸的种类也越来越多，纸的质量也越来越好，生产的数量也大大增加了。

纸张多了，抄写书籍的风气就流行起来。于是，又出现了一种保护书卷纸张的新方法。人们在制造的时候，再加进一种味道非常苦涩的叫做黄蘗的草药。这样的纸可以避免虫咬，长期保存。这种新方法称为“入潢”，在唐代就非常流行了。

在隋唐时候，我国造纸业更加发达起来。这跟当时的政治经济是分不开的。自东晋以来，原来经济落后的江南地区，经过劳动人民的长期努力，经济也已经上升到黄河流域的水平。隋朝结束了南北朝的长期分裂局面，到了唐朝时候，农业、手工业和商业都有了很大的发展，封建经济非常繁荣。辉煌灿烂的唐代文化，是中国封建文化的高峰。这种经济繁荣、文化昌盛的局面，必然要求发展造纸业，造出更多更好的纸张，满足各方面的需要。

唐代造纸业发达的地区是相当广泛的，南方北方很多地方生产纸，好多古书上都有这方面的记载。

这时候也出现了不少大规模的造纸作坊。唐代皇甫枚的《三水小牍》里，写了这样一件事：巨鹿郡南和县街北，有个造纸作坊，墙壁上常常贴满了纸，让太阳把它晒干。一天，突然之间刮来一阵旋风，把墙壁上的纸几乎都卷了下来，这些雪白的纸漫天飞舞，远远看去，简直像雪花一样。我们从这个记载可以想见，这个纸坊的规模是相当大的。

唐代的纸张品种很多，所用的原料主要是麻、藤、楮三种。当时的益州（现在的四川）和扬州等地，都是麻纸的著名产地。藤纸的生产，也从原来的产地剡溪，逐渐推广到浙江、江西两省许多产藤的州县。

用楮树皮造的楮纸，在唐代更加流行。唐朝文学家韩愈曾把纸称为“楮

先生”，就是指楮树皮造的纸。

除了上面讲的几种主要原料以外，唐朝又开始用海草、檀树皮等造纸。

大家都知道，我国的宣纸是很有名的，讲究写字绘画的人，都喜欢使用宣纸。这种纸直到现在还是手工纸里的精品。宣纸用檀树皮和稻草造成。它洁白细密，均匀柔软，质地坚韧，经久不变色，还有吸水力强的特点。早在唐朝时候，宣纸就已经是宣州的著名产品了。

从宋朝开始，竹纸的产量越来越大。我国长江以南，气候温暖，竹子到处都是，生长起来也很快。所以，采用竹子做造纸原料以后，造纸业的发展就更快了。

明朝时候有个科学家叫宋应星，他写了一部《天工开物》，里面就讲到造竹纸的方法：先把竹子截断，剖成竹片，拌了石灰浸在水塘里，再取出来煮烂，制成纸浆，然后用绷在木架上的竹帘子从纸浆面上荡过去。这样，竹帘上就留下一层纤维，把这层纤维揭下来烘干，纸就制成了。

当时用石灰等蒸煮纸浆，实际上就是化学处理法。这已经是一套相当完整的造纸方法了。

我国是第一个发明造纸法的国家。后来，纸传到了别的国家，接着造纸方法也传到了别的国家。

我国的纸和造纸方法，最先传到越南和朝鲜，又从朝鲜传到日本。西晋太康六年（公元 285 年），朝鲜半岛的百济国，有个学者叫王仁博士，带了《论语》等书到日本去，这些书都是写在纸上的手抄本。

隋炀帝大业六年（公元 610 年），有一个朝鲜和尚昙征到日本去，他把从中国学到的造纸方法和造墨方法传给了日本人。不久，日本也能大量造纸了。

公元 751 年，我国的造纸方法，又向西传到了阿拉伯。

那时候，阿拉伯有一个强大的国家，在我国的历史上叫大食。大食的疆域一度扩展到中亚细亚。唐玄宗天宝十年（公元 751 年），唐朝的安西节度使高仙芝带领军队，和大食的齐牙德·衣布·噶利带领的军队打了一仗。结果，高仙芝被打败，好多唐朝的士兵被俘虏去了。这些士兵中有不少造纸工人，因此，我国的造纸方法也就传到了大食国。大食国人就在撒马尔罕和其他一些城市里开办造纸厂，大量生产纸，并且把纸出口到欧洲各国去。当时欧洲各国所用的纸，都是阿拉伯人制造供应的。

纸传到欧洲以前，在很长一个时期内，欧洲人把字写在石头、蜡板、纸草、羊皮上。纸草一经折叠就会断裂，不容易保存。羊皮价钱很贵，抄写一部《圣经》，就要用 300 多只羊的皮。这种用羊皮抄成的书，一般人谁买得起呀，太贵了！

阿拉伯人把纸输送到欧洲各国，欧洲人也就得到了便宜的书写材料。他们普遍用起纸来，不再使用纸草和羊皮写字了。

公元 1150 年，阿拉伯人在欧洲的西班牙设立了造纸厂。这样，中国的造

纸方法就传到了西班牙。

这时候，离开蔡伦改进造纸法已经有 1000 年了！以后，纸又从那里陆续传到了欧洲其他国家；到 17 世纪末，才传到了美洲大陆。

我国的纸和造纸方法，最后终于传遍了全世界。各国人民都用起纸来，许多国家也都能自己造纸。这样，就大大促进了各国经济和文化的发展。

活字印刷术

印刷术是我国古代著名的四大发明之一，它不仅对我国经济文化的发展起到了促进作用，也对世界文明的传播作出了重要贡献。特别是活字印刷术的发明，为现代印刷术奠定了基础，它比德国人谷腾堡使用的活字印刷早了 400 多年。

11 世纪中叶，正是我国北宋时代，那时雕刻印刷已发展到鼎盛阶段，所刻印的图书不仅字体优美、纸墨精良，而且装帧考究，谬误较少，成为举世闻名的珍本。与此相应的是，刻字印书的书坊像雨后春笋一样出现了。这些书坊的主人，雇佣了写工、刻工、印工，以及很多的学徒，大量刻印图书。

当时，杭州是全国有名刻印书中心。杭州一家私人书坊里，有一个刻印工匠，名叫毕昇。他从十几岁就在这家书坊里当学徒，经过几年的努力，已成为一名技艺娴熟的印刷工匠。书坊里的雕版印刷活是比较复杂的，先要选好易于雕刻的木材作为版材，然后用刀凿等工具顺着木版上写的文字反文笔划雕刻凿削，把一笔一划都凸出来。木版雕好后，在上面刷上墨，再把纸铺在木板上，用软刷在纸背上均匀地刷。这样，字就能印到纸上。将纸揭下来后，就能看到白底黑字的清晰的正文。实际上，它和我们今天刻的阳文印章的原理是一样的。

毕昇从学徒升为印刷工匠后，很快在书坊里成为一名骨干力量。他负责雕刻印书的每道工序，都十分认真仔细，印出的书精致美观。然而，他渐渐感到雕版印刷有很多不足之处，需要改进。就以雕刻工来说，他们的工作量太大。印一部书，先要由写工费好多时间将书的内容用规格一致的纸，工工整整地抄写一遍，而刻工们雕刻书版所花的时间就更长了。毕昇的书坊里有时要雕刻印刷一些部头很大的书。刻版的工匠，一干就是 10 年、8 年的。当时，刻书为了整齐美观，一般一部书是由一个写工从头至尾地抄写，再由一个刻工从头至尾地雕刻出来。这样，印出来的书前前后后的字体都是一致的。

雕刻书版的整个过程，还要非常细心。好几次，毕昇辛辛苦苦地花了很长时间刻好的一整块书版上发现有错字，就只好报废，重新从头再刻。刻工们常常没日没夜地工作，累得腰都直不起来。可是，印成一本书之后，毕昇他们花费很多劳动雕刻出来的书版就没有用了。要印制新书，又得重新雕版。在这种情况下，书坊里废弃不用的书版多得无处堆放。毕昇看到这些越堆越多的书版，心想：“这些不仅是我们的辛勤劳动，而且浪费了多少木材

啊！”

雕版印书的另一个不足之处是，每印一本书由于花费大量的人力物力，印出来的书成本就较高，书价自然也就很昂贵。当时，许多在一些方面取得成就的人，希望把这些成就雕印成书的方式，在社会上广为传播，并留传给后世。然而，由于书坊印书要花费很多劳动和很长时间，不少文人、学者出版书籍的要求常常得不到满足。毕昇亲眼看到社会上不少好书就因为雕版印书跟不上要求而得不到出版，觉得非常可惜。因此，毕昇在苦苦琢磨着如何缩短印书时间，减少刻工们劳动强度的办法。这也是当时人们极为关心的一大问题。

有一天，毕昇在书坊里工作了整整一天，眼看一整块书版就要刻成了，可一不留心，刻坏了一个字。他叹了一口气，心想：今天一天的工夫算是白费了。可是，他实在舍不得扔掉这块书版再重新雕刻。面对着刻坏字的书版，他在苦苦思索着补救的办法。他想，能不能刻一个字补上去呢？于是，就抱着试一试的心理，先把刻坏的字用刀削去，并在这块地方挖一个浅浅的小方孔，再做成一个与小方孔大小吻合的小木片，上面刻好需要的那个字，然后用胶粘在小方孔里。由于他的技术娴熟，所以补上去的字很难看出来。

这件事对毕昇的启发很大，使他联想到早已流行使用的一个个活动的印章，再看看面前雕刻的书版，他茅塞顿开，心想：如果把书版上那些不能活动的字分割开来，让它们变成一个个可以活动的单个的字，就像一个个的小印章一样，每个小印章上刻一个字，印一本书，需要什么字，就选什么字。印刷书籍时，再把这些单个字排成像雕版印刷的书版一样的一块整版。书印完后，活动的单个字可以拆下来，印下一本书时再用。这样，既节省了大量木材，减轻了刻字工匠们繁重的劳动操作，又缩短了印书时间，岂不是一举多得了吗？想到这里，他心中豁然开朗，认定自己想法是对头的。

公元 1041 年，毕昇开始着手制造单个的活字。由于没有现成的办法可以借鉴或参考，一开头就困难重重。他首先想到把雕刻的书版上的字分割开来，做成单个字。接着，又想用刻印章的办法，刻成一个个单个字。于是，他很快找来一些木材，先把它们做成一个个整齐的小方块，然后在上面积刻上文字的反形字。但由于这些木头纹理不一，刻起字来非常费事，稍不留心，小木块就刻坏不能用了。毕昇费了很大劲，总算刻好一些单个的木活字。他把这些单个木活字拼在一块铁板上，再用一个铁框把它们都圈在里面，从而形成像雕刻版一样的整版，以使用它印书。然而，这些木活字在铁板上稍稍一动，就东倒西歪的，无法上墨印刷。毕昇用松脂和蜡经加热融化后将这些小木活字粘在铁板上，使它们在上墨时不能扭来扭去了。但是，这些小木块的纹理疏密不匀，伸缩性很大，一上墨后就膨胀变形了，使版面上的字变得高高低低的，一点儿都不平整。结果，印出来的字，墨色深浅不一，字划也不清楚。更使毕昇失望的是，那些小木块活字沾上松脂和蜡以后，不容易从铁板上取下来，而且木活字上沾的东西也没法弄干净，实际上不能再次使用了。

这次失败，使毕昇认识到必须采用好的活字制作材料。他又试验了好几种材料，可都不适合用来做活字。毕昇又苦苦思索起来，希望找到一种既容易雕刻、又不吸水变形的理想活字材料。

有一天，毕昇家里盛水的陶罐上边的一些花纹引起他的注意。他拿起陶罐看着看着，忽然想到，这陶罐不就是一种既能刻字又不吸水的东西吗？如果仿照制陶罐的方法，在软泥坯上刻好字，然后用火把它烧硬，不就能制出一种不吸水的活字了吗？毕昇高兴极了，决定先到一家烧制陶瓷的窑场参观一下，了解烧制陶器的方法。

毕昇来到杭州城外的一家窑场，虚心向窑工们请教。他很快了解到，制作陶器需要以黏土为主要成分的混合物作原料。毕昇回去以后，经过反复比较，选定了一种黏性很大又非常细软的胶泥，并用这种胶泥做成了一些泥活字。但是，烧出来的泥字有的裂缝，有的还有小孔，不能用来印书。毕昇再次拜访了那家窑场。他仔细了解制作陶器的每个工序，包括和泥、制坯成形、泥坯干燥和送窑里烧制等。毕昇学到了这套制陶技术后，回去后再次开始了制造泥活字的尝试。

他先将胶泥拌均匀，制成大小一致的小方块型泥坯，然后在每个泥坯上刻好文字。刻好后的泥坯稍稍阴干一下，再放到火中去烧硬。这一次毕昇终于成功地制作了字划清楚、不吸水又坚如牛角的泥活字。此后，他又花费了七八年时间，造了上万个泥活字。在制做泥活字的过程中，为了方便印书，他将每个字都刻制了几个泥活字，而对于当时书中常用的“之”、“乎”、“也”一类的字，则分别制成20多个泥活字，从而形成了一套印书的泥字。

有了这套泥活字，还不能马上印书。要印书，先得把活字制成版。这是毕昇发明活字印刷术的重要组成部分。

用活字拼版时，得先将活字固定在一起，形成一整块书版，不然就无法上墨印刷。幸好，这个问题在用木活字试验时就已解决，现在就直接用在泥活字拼版上。毕昇先将一块铁板摆好，在上面均匀地撒上一层松脂、蜡等，在铁板上面再放一个铁框，然后按照要印的书稿，拣出需要的泥活字，依顺序一个个地排在铁框里面。排满一铁框，就成一版。把排好的版拿到火上加热，铁框里的松脂、蜡等遇热即熔化。这时，用一块平整的木板把活字按平。当铁框内的松脂、蜡等冷却凝固后，框里的泥活字就牢牢地粘成一体，而且版面十分平整。最后上墨印刷，就可以印出质量很好的书了。据说，毕昇用泥活字版印出来的书，“墨若漆光”，非常漂亮。

为了提高印刷速度，毕昇在排版时置备了两块铁板，交替使用。另外，他还制作了有许多格子的木架，专门用来存放不同的泥活字，并按字的韵母分成了若干类。这样，拣字时就能像查字典一样，很快就能找到所需要的泥活字了。

毕昇是世界上发明活字印刷术的第一人，为中华民族赢得了荣誉。现在看来，他的方法显得原始、简单，但是活字印刷的三个主要的步骤——制作

活字、排版、印刷，在他的活字印刷术中都已齐备，其基本原理与现代的活字印刷是完全相同的。而欧洲人在毕昇泥活字的基础上发明的金属活字印刷，要比毕昇晚近半个世纪。活字印刷术的发明，是中华民族的一大骄傲。

静电印刷术

在静电印刷术中，在置于黑暗中的绝缘光电导表面上引起一个静电荷，然后将静电印刷表面置于从原版反射过来的光下曝光（就照相于版而言）。在形成的电荷分布图上撒上一种带色的粉末，粉末要适当地充电，使之既能为电荷分布图所吸引，又能为背景所排斥。粉末图样（原物的图像）用进一步使用静电的办法搬到普通的纸上，然后用加热成化学方法固定下来。最后，将这个静电印刷表面擦净，准备再用。

在静电印刷术发明之前，复制一直是主要依靠照相术或摄影装置——两者都涉及由热或光在特制的纸上引起的化学变化。然而这些方法却受到许多限制：要使用湿的化学剂、能够使用的原版的种类有限，还需要相当熟练的操作者。正是这些限制和对简单而灵活的复制方法的日益增长的需求，使在纽约的一个专利公司工作的物理学家卡尔森得出这样的结论：真正的解决办法是把静电学和光电导性结合起来。1937年，他在这种意义上提出申请一项临时的专利。

在纽约阿斯托里亚的一间又小又僻静的屋子里工作的卡尔森，发现他的实验困难重重。除了手头十分拮据之外，他用来试制光电导于版用的材料（硫磺和葱）所冒的烟还可能引起火灾。邻居们怨声载道，这也是个不小的问题。

但是他坚持下来了，并于1938年10月22日用静电印刷术复制了“10—22—38Astoria”的字样。这是具有历史意义的一次复制。他于1939年4月4日提出第一项专利的申请，于1940年11月16日获得关于自动复制机的另一项专利。

卡尔森极力使工业界对这种印刷术感兴趣，但毫无结果。然而在1947年，一个小的家庭公司，纽约罗彻斯特的哈洛伊德公司（后来改为静电印刷术复制公司），获得了卡尔森的专利权，并在1948年10月22日（首次进行静电印刷复制后的10年）举行的美国光学会的年会上，对静电印刷术进行了首次公开的演示。

现在，静电印刷术已经广为普及，并成为印刷业的主角，活字印刷术正在成为历史。

合成材料

塑料、合成纤维和合成橡胶号称20世纪三大有机合成技术。它的登台大大地提高了国民生活水平，对国计民生的重要性是不言而喻的。

最早发现到塑料存在的是 19 世纪末叶的德国化学家拜耳，他曾将苯酚跟甲醛化合，得到一种树脂般的物质。可惜，他不知道它能派什么用场。

1907 年，美国工业化学家贝克兰再次研究苯酚与甲醛反应，并加入适量的填充剂，结果发现产品有韧性而且绝缘性能良好。于是，在 1910 年建成了年产 1000 吨的历史上第一家塑料制品厂。到 1939 年，产品发展到 20 多万吨。虽然氯乙烯是 1912 年发现的，但使它成为塑料却是在 1932 年，是由英国卜内门公司生产的。1947 年，美国化学家杰勒留和孔宁合成了聚苯乙烯。到本世纪 50 年代，德国化学家齐格勒和意大利化学家纳培发明了新的催化聚合剂，才把塑料制造业推向高峰。此后高性能的塑料品种如雨后春笋般出现，常见的有聚丙烯、ABS、聚砷、聚碳……不下数百种之多。全世界年产量已超过 6000 万吨，等于木材和水泥的总产量。

至于合成纤维，最早是在改造天然纤维的基础上发展起来的。

1855 年，德国化学家安地玛首先用浓硝酸处理桑树枝得到一种纤维，可惜它易爆燃，未能应用。1884 年，英国化学家斯温曾用硝酸与纤维合成得到“安全人造丝”，并于 1889 年在巴黎博览会展出，曾轰动一时。

1935 年，美国化学家卡罗泽斯以乙二醇和己二酸首先合成尼龙—66，推出世界上第一个人工合成的纤维。1937 年，德国有机研究所又合成尼龙—6。1939 年，日本化学家楼田一郎合成了能耐水耐热的尼龙纤维。1940 年，英国化学家狄克逊合成涤纶纤维，当年即投产，产量达 5 万吨。如今，合成纤维产量日增，全世界年产量已达 1500 万吨，超过天然纤维的产量。

合成橡胶也是从模仿和改造天然橡胶开始的。1838 年，美国工人古德意用松节油、硫磺、碳酸钙在高温下与生橡胶加热，获得性能优良的橡胶。从此，橡胶名声大噪，广泛地用作车胎、绝缘线等。由于汽车、飞机工业的迅猛发展，天然橡胶的产量有限，不能满足日益增长的需求。特别是第一次世界大战期间，德国受英国海军封锁，得不到东南亚、南美洲的橡胶，急需以代用品来解燃眉之急，因而，合成橡胶就应运而生了。当时，德国化学家首先用乙炔和丙酮合成 2，3—二甲基丁二烯橡胶 2350 吨以解战争的急需。战后 30 年代，科学家们又合成了丁苯橡胶和西腈橡胶，虽成本高于天然橡胶，但质量已基本接近天然橡胶。1932 年，美国化学家纽兰德先用乙炔氯化、聚合得到 α -氯-1，3 丁二烯单体，再聚合成氯丁橡胶。它有耐氧、抗震、抗热等优点，性能已超过天然橡胶了。50 年代以来，合成橡胶产量已超过天然橡胶 2 倍，年产量达到 600 万吨。

摄影新技术

1872 年，美国大资本家史丹福以 2 万美元的高价，请英国摄影大师迈布里奇设计一种特殊拍照装置，使照相机快门每秒可关闭 2000 次，以捕捉快马飞驰的镜头。这在当时被认为是一大奇迹而轰动一时。然而，科学家如果要

给化学变化拍照，它的快门关闭速度必须比迈布里奇的快门关闭速度还要快 100 亿倍。

大家知道，化学变化开始于分子间的碰撞，先形成一个过渡态的分子，然后再变成为产物的分子。按现代科学技术测定，过渡态的寿命仅 10^{-12} 秒，如果要将它的状况拍下照片，那么快门的关闭应不少于 10^{-15} 秒，这与 1 秒钟相比，犹如 1 秒对于 3200 年一样。光速每秒可行 30 万公里，约等于地球到月球的距离，光速在 10^{-15} 秒的时间里所行距离只有十万分之三厘米，仅相当于一个细菌的直径。可见， 10^{-15} 秒是何其短暂！在这么短暂的时间把分子变化拍成照片可能吗？

美籍华人李远哲博士发明的分子束超高速分子摄影法，就能给化学变化拍照。李远哲是我国台湾省新竹县人，在台湾大学获硕士学位后，到美国加州大学攻读博士，在导师赫米巴哈的指导下建立第一台转动分子束实验装置，它的工作程序可分为三个部分，一是产生分子束的发散源，快速定向地进入碰撞室；二是在碰撞室分子碰撞时，有的可以起反应，有的则不能；三是用高速检测器把碰撞状况用电离仪或质谱仪记录下来，成为照片。分子束实验对化学变化过程的每一个细节，包括过渡态、中间产生物等情况可通过光子吸收、放射情况用探测器记录下来，好像制作卡通电影片那样一一拍录，使人一目了然。当然，拍摄下来的并非分子实体而是光谱的各种信号，但用这些信号可以“翻译”分子发生化学变化的情况。

李远哲发明的分子束摄影术，已经能够观察到 3×10^{-12} 秒的化学分子变化情况。最近，这项技术又有新发展，其功能提高到对 10^{-15} 秒的过渡态的细微观察。因而，李远哲荣获 1986 年度诺贝尔化学奖。

李远哲的分子摄影术同迈布里奇在跑道上拍摄奔马，有异曲同工之妙，不同的是李远哲用的是激光快速“摄影”。

激光技术

本世纪 60 年代初，日本科学家冈田善雄首创了细胞融合术。他把仙台病毒和人的细胞融合在一起，打响了细胞融合的第一炮。冈田善雄预言，用他的新方法可以按人类意愿，创造出许多新的生物品种。

此后，捷报频传。1976 年德国生物化学家梅尔希亚用马铃薯细胞和番茄细胞融合，结果长出有蕃茄味道的马铃薯来；80 年代，日本科学家用细胞融合术培养出抗倒伏、耐寒、高产的水稻品种。梅尔希亚又把绵羊和山羊的胚胎细胞融合在一起，放入绵羊子宫中，成为既有绵羊别特性又有山羊特征的新品种。

不同生物的细胞为什么可以融合在一起，成为一个具有两种细胞特征的新品种呢？这就是细胞融合。

著名生理学家托马斯认为，当两个不同种的细胞接触时，接触部位的细

胞膜组织会自行溶解。这样，细胞内的物质便可以相互沟通，最后两个细胞核便融合在一起，成为一个具有两种细胞特征的新品种。这就是细胞融合技术的原理。

另外，号称植物激光技术的是组织培养术。它是将某一植物的单细胞，通过人工培养，使它成为一棵植株。

最早发明这种技术的是生理学家罗宾斯。他在 1922 年用棉花、豌豆和玉米等茎尖培养出植株。1937 年，生理学家怀特用一个胡萝卜细胞，在试管中培养出胡萝卜植株。本世纪 80 年代后，生理学家弗雷迪又把传统组织培养技术改进为“微繁殖法”，方法简单而效果惊人。他把植物细胞的细胞芽尖放在含有植物生长素的培养基中培养，经过几星期，芽尖就发育成植株，便可以移到大田中去种植。

组织培养术的发展无论是在经济上或科学研究上都有重大意义。拿经济价值来说，这种技术已给人们带来数以亿计的收益。例如，新加坡有一家专门组织培养术培养兰花的公司，已培养出 150 种兰花新品种，每年纯利润就达数百万美元。从科学研究上看，组织培养术给农业生产的工业化提供了条件。它可以使植株大量在试管中繁殖，在 3~4 个月内可保证培养出数百万株优质种苗，供人移栽到大田。这完全摆脱了以往那种繁琐的育苗法。难怪人们将组织培养术誉称为植物学里的激光技术。

组织培养术还有一个重大作用是用来挽救将要灭绝的植物品种，使一些濒临绝境的植物品种在短短几个月内“子孙满堂”——繁殖出几万以至几百万株种苗来。

细胞融合术、组织培养术、DNA 重组术号称 20 世纪以来三大生物技术，这些技术的应用使按照人们的意愿“制造”或“改造”生物及其品种成为可能，在不久的将来将极大地改变人们的生活方式。

细胞钻孔术

在通常的情况下，细胞要借助显微镜才能看见，要在细胞上钻孔，真可谓是现代科技的创举。

1980 年，德国一批生物学家发明了细胞钻孔术，即在不伤害细胞的情况下，成功地给细胞钻孔，并且首先应用到抗癌领域中去。

细胞钻孔所用的“钻”是电子，它的直径只有 10^{-17} 厘米。人们先将需要钻孔的细胞放在特制的溶液中，冷却至摄氏零度以下，然后对溶液实施高压瞬时放电，这样细胞膜就被“电子钻”钻成直径大小不一的微孔，孔穴大小可通过控制电压来达到。一般说，电压越大，所钻的孔直径越大，反之则小。

钻孔后，科学家必须把孔封起来，所用方法十分巧妙，只要把细胞温度回升到 30℃ 以上，细胞膜就膨胀，自动地把孔封闭起来。

细胞钻孔术发明不久，德国生物化学家吉莫尔就将它应用到医学上，生

产出第一批“药物导弹”在挽救肝癌病人工作上作出独特的贡献。他从患肝癌的人身上，抽出红细胞，放在溶液中，在摄氏零度下，用 100000 伏的电压对它进行瞬时放电，待孔钻好后，就把抗癌药物放到溶液中，靠浓差效应，药物随孔渗入红细胞的内部，最后，再升高温度到 32℃，红细胞封了口，就成为抗肝癌的“药物导弹”。然后，将它注入肝癌病人身中。这种“药物导弹”，可随血液流动，直到红细胞老死后送到肝内分解，此刻便发挥抗癌药物的威力，从而制伏肝癌。一般药物虽有杀死癌细胞的功能，但是，当它通过人体各个器官，到达癌组织时，已成强弩之末，效力极微，而“药物导弹”可以有效地对准癌组织，一举命中，达到抗癌的高效力。

细胞钻孔术还可应用来治疗遗传性疾病。这种疾病是由于父母留给后代细胞中 DNA 片断出毛病而引起的。以前，医生对它束手无策，更谈不上彻底治愈。现在有了细胞钻孔术，医生们正在探索用它来治疗遗传疾病。其方法是，将有毛病的细胞取出来，钻好孔，再把缺少的 DNA 片断补上，或者把多余的 DNA 片断“剪去”、封好，再放回细胞内，从而治愈遗传疾病。目前，这项工作正在努力中。

现代的生物学和化学技术揭示，危害人类生命的癌症是由于正常细胞的遗传密码出了差错，致使它猖狂生长而造成的。因此，有朝一日，科学家能纠正癌细胞的遗传密码，抗癌斗争就彻底胜利了。目前医学家正设法利用细胞钻孔术，取出癌细胞并改正它的错误的遗传密码，使之重新成为正常细胞。

细胞钻孔术的前程无量！

原子反应堆

原子能的和平利用标志着人类改造自然进入了一个新阶段。原子能是原子核发生变化时释放出来的能量，对同等质量的燃料来说，原子能要比化学能大几百万倍。

早在 1929 年，科克罗夫特就利用质子成功地实现了原子核的变换。但是，用质子引起核反应需要消耗非常多的能量，使质子和目标的原子核碰撞命中的机会也非常之少。

1938 年，德国人奥托·哈恩和休特洛斯二人成功地使中子和铀原子发生了碰撞。这项实验有着非常重大的意义，它不仅使铀原子简单地发生了分裂，而且裂变后总的质量减少，同时放出能量。尤其重要的是铀原子裂变时，除裂变碎片之外还射出 2 至 3 个中子，这个中子又可以引起下一个铀原子的裂变，从而发生连锁反应。

1939 年 1 月，用中子引起铀原子核裂变的消息传到费米的耳朵里，当时他已逃亡到美国哥伦比亚大学，费米不愧是个天才科学家，他一听到这个消息，马上就直观地设想了原子反应堆的可能性，开始为它的实现而努力。

费米组织了一支研究队伍，对建立原子反应堆问题进行彻底的研究。费

米与助手们一起，经常通宵不眠地进行理论计算，思考反应堆的形状设计，有时还要亲自去解决石墨材料的采购问题。

1942年12月2日，费米的研究组人员全体集合在美国芝加哥大学足球场的一个巨大石墨型反应堆前面。这时由费米发出信号，紧接着从那座埋在石墨之间的7吨铀燃料构成的巨大反应堆里，控制棒缓慢地被拔了出来，随着计数器发出了咔嚓咔嚓的响声，到控制棒上升到一定程度，计数器的声音响成了一片，这说明连锁反应开始了。这是人类第一次释放并控制了原子能的时刻。

1954年前苏联建成世界上第一座原子能发电站利用浓缩铀作燃料，采用石墨水冷堆，电输出功率为5000千瓦。1956年，英国也建成了原子能电站。

原子能电站的发展并非一帆风顺，不少人对核电站的放射性污染问题感到忧虑和恐惧，因此出现了反核电运动。其实，在严格的科学管理之下，原子能是安全的能源。原子能发电站周围的放射性水平，同天然本底的放射性水平实际并没有多大差别。

1979年3月，美国三里岛原子能发电站由于操作错误和设备失灵，造成了原子能开发史上空前未有的严重事故。然而，由于反应堆的停堆系统、应急冷却系统和安全壳等安全措施发挥了作用，结果放射性外逸量微乎其微，人和环境没有受到什么影响，充分说明现代科技的发展已能保证原子能的安全利用。

遥感技术

当今的遥感技术比孙悟空的火眼金睛还要高明。

1972年7月23日，美国发射地球资源卫星，4天后，安装在卫星上的遥感装置就向美国森林管理局发回报告：阿拉斯加中部森林发生大火，火灾面积约29平方公里。美国政府闻讯立即组织抢救，结果避免了重大的损失。

我国发射的气象卫星也装有遥感装置，它可准确地报告台风的生成和移动，及时发出警报，使人们有所准备，避免了台风的重大破坏。

令人惊奇的是，地球资源卫星利用遥感技术还可以侦察地下及海底世界，准确地告诉人们，哪里有矿产和鱼群，甚至连矿产的品种、矿藏的深浅、开采的价值以及鱼群游弋的位置等都了如指掌。

那么，什么是遥感技术呢？

顾名思义，遥感就是从遥远的地方对考察对象进行探测。现在一般把遥感设备装置在卫星、火箭和气球上，在几千以至几万公里的距离外，可以侦察到对象的情况。

遥感技术的原理是什么呢？

原来，任何物体都具有光谱特性，具体地说，它们都具有不同的吸收、反射、辐射光谱的性能。在同一光谱区各种物体反映的情况不同，同一物体

对不同光谱的反映也有明显差别。即使是同一物体，在不同的时间和地点，由于太阳光照射角度不同，它们反射和吸收的光谱也各不相同。遥感技术就是根据这些原理，对物体作出判断。

遥感技术通常是使用绿光、红光和红外光三种光谱波段进行探测。绿光段一般用来探测地下水、岩石和土壤的特性；红光段探测植物生长、变化及水污染等；红外段探测土地、矿产及资源。此外，还有微波段，用来探测气象云层及海底鱼群的游弋。

遥感技术发明的意义是十分重大的。农业上，可以用来预报虫灾、火灾及水旱灾；工业上，可探明矿产、石油等资源。遥感技术带来的经济效益十分显著。据统计，美国使用遥感技术每年投资为 14 亿美元，而获益却达 40 亿美元。

近年来，遥感技术在军事上也被广泛应用。名噪一时的响尾蛇导弹，就是利用红外遥感技术来命中喷气式飞机的。在海湾战争中，能准确拦截飞毛腿导弹的“爱国者导弹”，靠的也是遥感技术。

淡化海水术

我们都知道，地球上水的面积远远超过陆地面积；我们又知道，现在世界上有不少国家和地区在闹“水荒”。这是否有矛盾呢？并不矛盾。这里的关键是，占地球 $2/3$ 面积的海洋中的水和我们人类所需要的水具有不同的性质，两者之间不能划上一个等号。

俗话说，人不能一日无水。现代医学也告诉我们，断水和断粮对于人的生命来说，前者的威胁更重，导致死亡的时间也更短。可见，水对于人生命的意义是非常重要的。尤其是进入 20 世纪后半叶以后，由于人口的膨胀，工业的发展，特别是化工业的发展及化肥、农药的大量使用，人类越来越面临一个严峻的课题，即饮用水的来源和饮用水的质量问题。为此，联合国曾组织了专家进行广泛的调查，结论是：目前世界上有十几亿人不能得到清洁的、无污染的饮用水。

于是，有些科学家将眼光转向了大海，这是很自然的。既然陆地上有限的淡水在数量上将不能满足日益增长的人口需要，而且这些淡水中的大部分还正在或将要受到污染，我们为什么不去设法利用数量不知大于淡水资源量多少倍的海水呢？

问题是海水无法直接饮用，因为它又咸、又苦、又涩，其中的有些成分既不能供人们饮用，甚至也不能作灌溉和工业用途。为了能从海水中提取淡而清洁的饮用水。我国国家科委最近召开了“全国淡化水会战”会议，倡导推广我国的反渗透膜法水处理技术。建立在我国西沙群岛的海水淡化站，是目前我国最大、也是世界上名列前茅的电渗析海水淡化站，每天可产淡水 200 吨。

将咸、苦、涩的海水变成甘泉的反渗透膜，是目前世界上一项公认的高新技术。也称液体分离膜技术，这是一个多学科交叉的课题。长期以来，美国和日本几乎垄断了这项技术。为了突破西方的技术垄断，国家海洋局杭州水处理技术开发中心挑起了此项重任。科学家们根据海鱼体内“反渗透膜”的结构原理，经过 5 年的反复研究实验，终于研制出一套完全国产化的超纯水系统，其脱盐率和水质纯度都已达到美国 ASTM 电子一级纯水的标准。这项科技发明荣获 1992 年度国家科学技术进步一等奖。两年来，国产反渗透膜水处理装置已批量进入市场，总造水能力每天在 40000 立方米以上，为电子、电力、化工、食品，制药等行业提供了大量的洁净水。

最近，我国的反渗透膜法水处理技术已进入了国际市场。1992 年我国援建的马尔代夫海水淡化成套工程得到了外国人士的连声赞赏。后来新加坡、马来西亚和秘鲁等国纷纷来与我国有关部门签订合同，连在这方面称雄一时的美国，在中小国家的市场也不得不考虑与中国进行合作。

科学家们充满信心地说，海水淡化技术在下一世纪将有广泛的用武之地，浩瀚的海洋将为人类的发展作出更多的贡献。

净水技术

水是生命之源。但随着现代工业的迅速发展，水资源的污染问题已成了一个全球性的公害，引起了人们越多越大的关注。尤其在一些大城市中，如何净化水质，已成为人们的热门话题。目前，许多工厂、机关、宾馆，乃至千家万户采用了各种净水装置或措施，但仍没有找到一种最保险、最彻底地清除污染的净水途径。

前几年风行一时的“活性炭过滤器”曾经号称能过滤掉自来水中的绝大多数有害物质，甚至有人说滤过的水可生吃。但很快有人就发现此“器”并不安全，活性炭只能滤掉水中直径较大的杂质，对生水中的病菌和微量元素则毫无办法。于是，马上就出现了一种新技术高分子纤维膜，取代了活性炭，这种膜也仅热闹了一二年便偃旗息鼓。原因是，滤膜孔难以做到均匀，杂质容易漏网。

在过滤器成为“昨日黄花”之际，借助人们回归自然的心态，矿泉水、太空水、蒸馏水等又一哄而上。但是，一则成本较高，无法普及，二则鱼龙混杂，声誉不佳，并不能成为饮用水的主力部队，况且净水的对象还不仅仅是饮用水。

近来，一种高效磁化除垢器获国家绿色专利技术，是集防腐、除垢、灭菌、节能于一体的高科技产品。使用安装方便，只需接在水管进口处，当水经过它的特定磁场，由于磁力线作用于水的物化性能变化，促使水的活性和通透性增强，即“死水”变为“活水”，使垢不能生成，从而达到消除杂质、磁化和净化水质的效果。用这种水生产的饮料、酒类和酱油、米醋等，不仅

符合卫生指标，而且口感纯正、醇厚，还不易变质呢！

上海的科研人员则总结了原来几种过滤器的不足，采用了活性炭纤维、高精度膜等多层过滤，研制成一种新型的无菌纯水过滤器。据权威机构测定，净化后的水可直接饮用，各项生化、物理指标均符合国际卫生组织的有关规定。而且，其过滤器内胆一旦失效，会自动停止出水。”

净洁的水质直接关系到工农业产品的质量和千百万人的身体健康。可以相信，随着科学技术的发展，人们一定能找到一条净化水质的最保险、最彻底的途径。

其他高新技术

从邻居家震耳欲聋的音响到低空飞行的轰鸣的飞机，噪声无处不在。从某种意义上说，现代科技是这些噪声的真正元凶，因此人们准备以其人之道还治其人之身，利用高新技术来消除噪声。

如何来对付噪声呢？一是采用一种被动的方法，即寻求更好的声音隔离。但这是治标不治本。人们更感兴趣的是一种防患于未然的方案，一种抗噪音智能材料应运而生。英国南安普顿大学声学与振动研究所信号处理与控制小组负责人近年来一直在研究一种所谓有源噪声控制的方法。这种方法利用麦克风探测到噪声源，并产生与之对应的反相波。由于大多数噪声并非来自点源的单一不变的频率，而是不断变化的复合频率波，因此为了产生抵消信号，就必须实时地分析噪声并预测其未来行为。80年代末期，艾略特和他的小组研究出这种复杂的电子控制机械，并将其试用于 BA748 飞机中，结果对低频噪声的衰减较为明显。目前已有多家航空公司计划采用上述降噪装置。

针对综合噪声，已有几家公司推出了所谓的“有源”耳机，供商业及军用飞机驾驶员使用。它还可以减少背景噪声，提高音乐清晰度。

另一种降噪方法是阻止噪声源的振动。这一方法已用于汽车悬架及轮船发动机房中。艾略特小组试图减小喷气式飞机内部的隆隆声，他们注意到，噪声起源于机身外与之作用的空气，并经内部翼板放大。艾略特计划用传感器探测出振动，并将测量结果传到机翼的压电陶瓷致动器中产生反振动以消除噪声。目前这一计划正在组织实施中，若能成功，将对整个航空运输业带来极大影响。

对于大型喷气式飞机而言，噪声有两个来源，一是起飞时燃烧产生的轰鸣，另一是风扇推动空气发出的啸鸣声。为此，美国弗吉尼亚理工学院的专家研制出一排 12 个有源翼板置于发动机两侧，由压电陶瓷致动器驱动，发出消声波。虽然此技术还未用于大型客机，但已走出了实验室，在一些商用飞机上试用，可使发动机噪声衰减 10 倍。

专家还设想今后可能将这种致动器以及传感器缩制到单层薄膜上，既可

以用这种材料制造机翼，还可将之作为“声学墙布”安装在建筑物中，以阻挡来自外界的噪声。这种智能建筑，其外部就如人的皮肤，可通过传感器感知外来的噪声，并通过自身主动的振动来消除之。这一设想一旦付诸实现，将对整个建筑界带来巨大影响。

