

## 1. 纺织工业“食品” ——纤维

细度很细，直径一般为几微米几十微米，而长度比直径大百倍、千倍以上的细长物质称为纤维，如棉花、叶络、肌肉、毛发等。

可以用来制造纺织品的纤维称为纺织纤维。纺织纤维必须具有一定的物理和化学性质，以满足工艺加工和使用时的各方面要求。例如：纺织纤维必须具有适当的长度和细度，在纺纱设备允许的条件下，长度希望长些，细度希望细些，长度和细度都要均匀些。纺织纤维必须具有一定的强力、变形能力、弹性、耐磨性、刚柔性、抱合力和磨擦力。纺织纤维应具有一定的化学稳定性和良好的染色性能等。对特种工业用纺织纤维还有特殊要求，如轮胎帘子线要耐疲劳；渔网要耐海水；篷布要耐日晒。

纺织纤维种类很多，习惯上按它的来源分为天然纤维和化学纤维两大类。

凡是自然界里原有的，或从经人工培植的植物中、人工饲养的动物中获得的纺织纤维称为天然纤维。根据它的生物属性又可分为植物纤维、动物纤维和矿物纤维。

从植物的种子、茎、叶、果实上获得的纤维是植物纤维。主要组成物质是纤维素，并含有少量木质、半纤维素等。它又称为天然纤维素纤维。根据在植物上的生长部位不同，又可分为种子纤维、韧皮纤维、叶纤维和果实纤维。

从动物取得的纤维为动物纤维。主要组成物质是蛋白质，所以又称为天然蛋白质纤维。它主要分为毛纤维和丝纤维两类。

矿物纤维是指从纤维状结构的矿物岩石获得的纤维。如石棉就是矿物纤维。石棉不燃烧、耐高温、绝热性好。

凡用天然的或合成的高聚物为原料，主要经过化学方法加工制造出来的纺织纤维称为化学纤维。按原料、加工方法和组成成分的不同，又可分为再生纤维、醋酸纤维、合成纤维和无机纤维四类。

再生纤维是以天然高聚物为原料制成的。化学组成与原高聚物基本相同的化学纤维。例如：粘胶纤维、铜氨纤维，来自木材、棉短绒。

以天然纤维素为原料制成的、组成成分为醋酸纤维素酯的纤维称为醋酸纤维。有二醋酸纤维、三醋酸纤维。

合成纤维是以石油、煤、天然气及一些农副产品等低分子物作为原料制成单体后，经过化学聚合或缩聚成高聚物，然后再纺制成的化学纤维。

合成纤维原料来源丰富，性能优良，品种多，具有很大的发展前途。目前生产的大类品种有涤纶、锦纶、腈纶、维纶、丙纶、氯纶和氨纶等。此外，还有很多特种合成纤维，如耐高温的芳纶 1313、耐腐蚀的聚四氟乙烯纤维（氟纶）、耐辐射的聚酰亚胺纤维、抗燃防火的聚酚醛纤维（克纶），以及导光纤维、离子交换纤维等。

主要成份是由无机物构成的纤维。有玻璃纤维、金属纤维和碳纤维等。

## 2. 美化生活的主导者

### ——绵羊毛

羊毛纤维具有许多优良特性，如弹性好、手感丰满、吸湿能力强、保暖性好、不易沾污、光泽柔和、染色性优良、还具有独特的缩绒性等。因此，既可用以织制风格迥异的四季服装用织物，也可用以织制特殊要求的工业呢绒、呢毡、衬垫材料，还可用以织制壁毯、地毯等装饰品。羊毛纤维是一种高档纺织纤维。

绵羊毛是绵羊身上取得的毛。绵羊的品种很多。按羊种品系分，有改良种羊和土种羊。通常则根据羊毛的粗细和长短分为细毛羊、半细毛羊、粗毛羊和长毛羊。

(1) 细毛羊 细毛羊的纤维很细，直径约为  $14.5 \sim 25 \mu\text{m}$ ，纺纱性能优良。美利奴羊是细毛羊的主要品种，育成于西班牙。后输入德国，育成德国萨克森美利奴羊种。输入法国育成兰布里耶羊种。输入澳洲育成世界闻名澳洲美利奴羊种。此外，南非、阿根廷、苏联、乌拉圭、美国以及我国也陆续输入美利奴羊进行选育。由于各地区环境、饲养、管理及育种目的不同，各国美利奴羊的体型、性能也各有差异。我国在新疆用苏联兰布里耶、高加索等细毛种公羊与我国哈萨克母羊杂交育成新疆细毛羊。毛丛长度  $6 \sim 8\text{cm}$ ，羊毛纤维平均直径  $20 \sim 25 \mu\text{m}$ 。另外还有由美国兰布里耶羊与我国东北蒙古羊杂交得到细毛羊，再与苏联美利奴羊、高加索羊进行杂交育成的东北改良细毛羊，以及以蒙古羊为母系，以新疆羊、考力代羊、高加索羊等为父系进行复杂杂交育成的内蒙古改良细毛羊等。

(2) 长毛羊 长毛羊的纤维粗长，毛丛长度在 10 厘米以上，羊毛纤维平均直径为  $25 \sim 29 \mu\text{m}$ ，有明亮的光泽，纺纱性能不优良。但它的肉质特别丰美，适于肉用。品种有林肯羊、考司获特羊、英吉利雷塞司特羊等。

(3) 半细毛羊 半细毛羊的纤维细度及长度介于细毛羊和长毛羊之间，平均直径为  $25 \sim 35 \mu\text{m}$ ，纺纱性能也较好。美国的海母郡、塞克福羊种就是半细毛羊。我国的半细毛羊种主要有寒羊和同羊。寒羊分布于山西、河南、河北、山东等省，毛丛长度为  $4 \sim 6\text{.scm}$ ，羊毛纤维平均直径为  $29 \sim 43 \mu\text{m}$ 。同羊分布于陕西关中地区洛河流域一带，毛丛长度为  $2 \sim 7\text{cm}$ ，羊毛纤维平均直径为  $23 \sim 43 \mu\text{m}$ 。

(4) 粗毛羊 粗毛羊的纤维，平均直径为  $36 \sim 62 \mu\text{m}$ ，纺纱性能较差。英国的苏格兰黑面羊、美国的那凡荷羊以及我国的蒙古羊、藏羊、哈萨克羊等土种羊都属粗毛羊。

细毛羊和半细毛羊的毛被一般仅有一种绒毛纤维，属于同质毛，纤维性质优良。而粗毛羊的毛被通常分作内外两层，内层是绒毛，外层是两型毛、粗毛与死毛混合的粗硬纤维层，所以属异质毛，纤维性质差些。

### 3·百花争艳 ——其他动物毛

毛的种类很多，有从绵羊身上取得的绵羊毛，山羊身上取得的山羊绒、山羊毛，骆驼身上取得的骆驼绒、骆驼毛，羊驼身上取得的羊驼毛，兔子身上取得的兔绒、兔毛，以及从牛、马、牦牛、鹿身上取得的牛毛、马毛、牦牛毛和鹿绒等。纺织用毛类纤维中，数量最多的是绵羊毛。绵羊毛通称羊毛。在上篇已介绍绵羊毛，这篇介绍其他动物毛。

#### (1) 山羊绒

在脱毛季节从山羊身上抓下来的毛，经分梳去掉其中的粗毛后就是山羊绒。其中以开士米山羊所产的绒毛质量最好。这种山羊原生长在我国西藏一带，后来逐渐向四方传播繁殖。现在生产山羊绒的主要国家有中国、伊朗、蒙古和阿富汗。我国山羊绒产量占世界首位，主要产地有内蒙古、宁夏、甘肃、陕西、河北等地，其中以内蒙古产量最高。

山羊绒的平均直径多在 $15\sim 16\mu\text{m}$ ，细度比较接近。平均长度多在 $30\sim 40\text{mm}$ ，其强度、伸度、弹性等一般均优于绵羊毛，具有细、轻、柔软、保暖性好等优良性能。山羊绒一般用于织制羊绒衫和高级服装用毛料。

#### (2) 马海毛

从安哥拉山羊身上剪下来的安哥拉山羊毛称为马海毛。它以长度长和光泽明亮为主要特征。马海毛原产于土耳其的安哥拉省。南非、土耳其和美国为马海毛的三大产地。我国西北地区的中卫山羊也有和马海毛相近的品质特征。马海毛中夹杂有一定数量的有髓毛和死毛（有髓毛和死毛降低纺纱价值），其比例随山羊年龄而增长。幼龄山羊所产的马海毛中有髓毛含量不超过1%，三岁以上山羊所产的马海毛中有髓毛含量可达20%以上。平均纤维直径也随着年龄逐年变化。平均直径为 $10\sim 90\mu\text{m}$ ，平均长度为 $120\sim 150\text{mm}$ 。马海毛卷曲少，具有可贵的丝光，且不易毡缩，其强度、弹性较好。马海毛适宜于织制高级提花毛毯、毛绒和顺毛大衣呢等高档服用织物。利用马海毛的可贵丝光，将白色马海毛少量混入黑色羊毛中织成的大衣呢，银光闪闪，称为银枪大衣呢，很受消费者的欢迎。

#### (3) 骆驼毛、绒

骆驼毛、绒是从骆驼身上自然脱落或用梳子采集而来的。骆驼身上的外层毛粗而坚韧，称为骆驼毛。在外层粗毛之下有细短柔软的绒毛，称为骆驼绒，骆驼毛的平均直径为 $50\sim 209\mu\text{m}$ ，平均长度为 $50\sim 300\text{mm}$ 。绒的平均直径为 $14\sim 23\mu\text{m}$ ，平均长度为 $40\sim 135\mu\text{m}$ 。骆驼毛、绒带有天然的杏黄、棕褐等颜色。可作衣服衬絮，具有优良的保暖性。骆驼绒织制高级服用织物和毛毯。

#### (4) 兔毛

兔毛有普通兔毛和安哥拉兔毛两种，以安哥拉兔毛质量最好。兔毛由绒毛和粗毛两类纤维组成。绒毛直径为 $5\sim 30\mu\text{m}$ 。粗毛直径为 $30\sim 100\mu\text{m}$ 。兔毛纤维的长度最短在 $10\text{mm}$ 以下，最长的可达 $115\text{mm}$ ，大多数为 $25\sim 45\text{mm}$ 。兔毛的绒毛和粗毛都有髓质层。兔毛密度小，纤维细软，蓬松，保暖性好，吸温能力好。但由于兔毛强度较低，抱合力差，所以纯纺有一定困难，一般与羊毛或其他纤维混纺织制针织物或高级大衣呢等。由于兔毛含油率低，所以不需要洗毛就可纺纱。

#### (5) 牦牛毛

牦牛主要产于我国青藏高原，是一种肉、乳、毛、役多用牲畜。它的绒毛光泽柔和，弹性优良，手感滑软，可织制大衣呢等。它的毛外形平直，表面光滑，坚韧而有光泽，可织制衬垫织物、帐篷及毛毡等。

#### (6) 羊驼毛

羊驼属于骆驼科，主要产于秘鲁。羊驼毛为粗、细毛混在一起的毛。羊驼毛比马海毛更柔软而富有光泽，手感特别滑糯，多用于织制夏季服装和衣里料等。

## 4. 植物空调 ——麻及产品

麻纤维具有吸湿性能好、散热散湿快的性质，因此被誉为“植物空调”，是夏季高档衣料的原料，不仅衣着美观而且特别凉爽，越来越受到人们的青睐。麻纤维的其他共性是长度长而细度粗，强力大而伸度很小，刚度大而缺乏自然卷曲。我国麻纺织使用的麻纤维主要是苧麻、亚麻和黄麻三大类。

### (1) 苧麻及产品

苧麻和亚麻具有良好的穿着性能，高级纺织原料。苧麻是我国特产，被誉为“中国草”，盛产于南方各省，资源丰富。苧麻纤维是麻类中品质好的一种，在麻类中，其细度最细，长度最长，强力最大，还具有天然光泽。它的主要缺点是伸度很小，刚度大，纤维粗硬而缺少卷曲。而影响后加工，为此对其进行改性处理，使之具有良好性能。

使用苧麻中的长纤维可纺出高支纱，若利用与水溶性维纶混纺，在纺成纱、织成布之后，在整理过程中溶去维纶，则可得更高支数的纯苧麻纱，例如，用65%的苧麻，35%的可溶性维纶纺成15.2tex的麻维混纺纱，待溶去维纶后，可得到轻薄、晶莹、清爽的细薄纯苧麻高档织物。

中、高支苧麻织物主要用作夏季衣料及装饰用品。我国著名的传统产品——夏布，就是用土法手工织制的苧麻布。苧麻织物挺括、透气、吸汗、散湿散热快、易洗涤、耐洗涤，并且有抗微生物的功效。尤其是经丝光的高支细麻布，更是轻薄而柔软，具有独特光泽，是名副其实的高档织物。苧麻织物经过加工后，可用作台布、茶巾、窗帘等装饰织品。近来不断进行苧麻与棉、毛、绢、绦等混纺交织，如麻棉、麻涤、毛麻混纺等，使织物的性能更加优良，使用范围扩大。

### (2) 亚麻及产品

亚麻纤维的性能与苧麻相类似。但强力和伸度均略次于苧麻。亚麻的单纤维长度短，差异大，无法纺纱。因此，亚麻是利用束纤维来纺纱的。束纤维是由几十根单纤维靠胶质粘合而成的。通常称为工艺纤维。工艺纤维在纺纱过程中会不断分劈，使细度逐渐提高，长度逐渐缩短。

亚麻的纺纱方法比较特殊，除与苧麻相同的纺纱方法之外，还有湿法纺纱，即亚麻粗纱在精纺机上经过一温热的水槽。工艺纤维在一定水温下，使粘合单纤维的果胶略有溶化，使纤维易于分劈，牵伸过程也易于进行，从而提高纺纱支数。并且利用水的凝聚使用和果胶质溶化后的重新粘合作用，使成纱表面比较光洁，也提高了细纱强力。在牵伸过程中，有少部分束纤维未被牵伸或分劈，在细纱上出现竹节状条纹。这种条纹被视为亚麻纱的特征，构成亚麻织物的特有风格。

亚麻织物主要也用作夏季衣料。其性能也与苧麻织物类似，布面细洁，透凉凉爽，硬挺不沾身，易于洗涤。亚麻织物毛羽少，具有卫生性能，广泛用作餐巾、台布、手帕、床单等装饰用品。近年来也不断开发棉麻、麻涤等混纺交织产品，用作春秋服装面料，品种日趋丰富。

苧麻与亚麻织物组织以平纹为主，织物以原色和漂白为多，也有染成浅什色与印花的。近年来，积极发展色织产品。织物组织变化更多。

### (3) 黄麻及产品

黄麻是另一类重要的麻纺织原料，其中还包括红麻、洋麻等性质相近的

麻类。这类麻纤维的细度粗，长度较短，只能纺成低支纱。但是，由于其强力大，吸湿、放湿的性能好，是织制包装用织物的理想材料。所以常常纺成低支纱，织成麻袋、包装用麻布或地毯底布等，也可以纺制成电缆麻纱等产业用绳纱。近年来，也正在开发黄麻混纺产品，用作服装面料。

## 5. 生命的奉献 ——丝及产品

丝织的原料是各类长丝，其中主要是桑蚕丝，即通常所说的“真丝”。

蚕长大成熟后将丝吐出，蚕吐丝时头部不断摆动，由外向内结成蚕茧。蚕茧的外层茧衣和内层蛹衬丝条紊乱、细弱，不能缫成连续的长丝，只能作为绢纺原料纺成绢丝。蚕茧的中层即茧层的主要部分，茧层丝条排列有条不紊，品质优良，经过缫丝，数根合并后，可直接供织造用。缫丝得到带有丝胶的蚕丝称为生丝，脱胶后的蚕丝称为熟丝，又称精练丝。

蚕丝细而柔软，强力较好，富有弹性，吸湿性好，表面光滑，具有珍珠般的光泽，历来是高贵的纺织原料。但它品质娇嫩，加工过程中应注意保护其特有的优良性能。我国是蚕丝的发源地，丝绸在国际上享有盛誉。

柞蚕丝是另一种使用较广的天然丝，经缫制的柞蚕丝呈淡黄色。柞蚕丝的强力接近桑蚕丝，断裂伸长和吸湿性比桑蚕丝大，由于丝胶含量少，纤维间的抱合力较低，耐磨性也较差，容易产生毛丝和裂丝。柞蚕丝的染色性能也较差。丝织生产还广泛使用人造丝。人造丝有粘胶、铜氨和醋酸丝三种。使用最广的是粘胶人造丝。还常用金银丝，它可以进一步美化织物的外观，金银丝的颜色不仅有金色和银色，还有宝蓝、玫瑰红、翠绿等几种。

丝织原料多种多样，产品品种丰富多彩。有经、纬都是桑蚕丝的真丝绸，如真丝电力纺、真丝双绉、真丝被面等；也有真丝与其他原料的交织织物，如真丝与人造丝交织的软缎被面、织锦缎等；也有丝、毛交织品；还有纯人造丝织物，如人造丝软缎等；还有人造与棉交织的羽纱、线绉等；还有纯化纤织物，如尼龙纺、涤纶双绉等。

丝的性质柔软，细而光滑，既可以织成轻盈飘逸的轻薄织物，如乔其纱、双绉等，也可以用几个系统的经纬丝，采用双重或多层组织，织成中厚织物，如织锦缎、绒类织物等。

采用简单的平斜缎组织，绸面上不起花纹的丝织物称为素织物。更能代表丝织物特点的是绸面上起大花纹的提花织物，简称纹织物。

丝织产品还有生货和熟货之分。用生丝来织制，织成绸坯后，经精练、染色而成成品，这样织制的产品叫生货，如电力纺等全真丝素织物。生丝先经精练、染色成为熟丝，然后织制，从织机上取下来就是成品，这样织制的产品叫熟货，如织锦缎等织物。

综上所述，丝织物由于原料性能、产品用途和风格、织物组织及销售地区等的不同，因而其产品品种和规格千变万化，各显风彩地将人间装点。当然丝织品的织造工艺和设备也相当复杂。

## 6. 希望的汇聚

### ——织造工程的准备

络纱是准备工程的第一道工序。络筒（纱）的任务是将管纱（线）接长并卷绕成筒子。结头要小而牢，便于在后工序中通过。检查纱线直径及清除纱疵杂质。卷绕形成良好的筒子。

络筒机的种类很多，我国目前普遍使用的为国产 1332 型槽筒式络筒机，它具有结构简单，维修方便，噪音较小，并有产量、质量较高的特点。用管纱喂入的，称做 1332M 型；用绞纱喂入的，称做 1332P 型；除喂入部分结构不同外，其他工艺过程和主要部件均相同。近几年我国为提高产品质量，引进了许多自动络筒机，以满足用户的要求。

整经是准备工程的第二道工序。整经的目的在于改变纱线的卷绕形式，由单极纱线卷装的筒子变成多根纱的具有织轴初步形式的卷装——经轴。

整经工序的任务是把一定数量的筒子纱，按工艺设计要求的长度和幅宽，以适当均匀的张力平行卷绕在整经轴上，为经纱上浆、并合成织轴作好准备。色织物整经与白织物整经不同，色织物整经的任务是按织物的配色循环，经纱根数、长度和幅度等工艺设计要求，直接卷绕成织轴。

浆纱是织造工程的重要准备工序。浆纱质量的优劣，对织造生产有重大影响。生产实践证明，只要浆纱稍有不妥，就会给织造生产带来困难；反之，浆纱生产良好，质量稍差的经纱也可以得到改善和弥补，织造生产仍可以获得优质高产。也就是说通过上浆工序可以提高纱线的可织性。

未经上浆的经纱（一般指单纱），纱体表面毛病很多，纤维间的抱合力也不够。而经纱在织造过程中，从进入梭口形成区至织成织物止，要经历上千次反复的拉伸、磨擦、弯曲和冲击，经纱结构会逐渐松散，毛羽增多，纤维从纱体离析出来，与邻纱的毛羽互相缠绕，造成开口不清、断头而无法织造。经过上浆后的经纱，纱体周围粘附一层浆液。干燥后形成坚韧的浆膜，使毛羽贴伏，纱线光滑而耐磨；浆液中的小部分浸入到纱线的里层，使纤维间互相粘连，增大纤维间的抱合力，提高了纱线的断裂强度，也是巩固浆膜的基础。

浆纱工序包括调浆和上浆两部分。调浆是将各种浆料调制浆液。上浆就是把一定数量的浆液粘附在经纱上，经干燥后形成浆膜。



## 7. 纺纱新工艺 ——新型纺纱

从棉花到细纱经历了开清棉、梳棉、并条、粗纱、细纱工序的加工，最后在细纱机上得到所需的纱。随着科技进步，细纱机也不断更新换代。从老式的走锭纺纱机改为环锭纺纱机（细纱机）以来，已过了好几十年，近几年来纺纱工艺进一步向高速高效发展，用大卷装、自动化、连续化来简化工序，提高工效，尤其在新型纺织工艺中革除了传统的锭子，使产量进一步提高，这类无锭纺纱工艺，多数是纱支一端脱空自由加捻的所谓“自由端”纺纱。各主要新型纺纱分类简介如下：

（1）气流纺纱 是自由端纺纱的一种。在新型纺纱工艺中最为成熟，国外已大量推广，国内正在逐步扩大。原理是利用气流将单纤维送入高速回转的加捻杯，再不断引拉出杯成纱。单位产量可提高1~1.5倍，劳动生产率可提高一倍。根据具体工艺上的不同情况，气流纺纱还可以分为离心式、搓捻式、涡流纺等。由于自由端纺纱加捻形式与环锭纺纱不同，因此成纱的强度大约低于环锭纱10~20%，但因伸长度比环锭纱大，耐磨性也较好，所以服用性能并不比环锭纱差，况且气流纱条干均匀、表面平整、吸色性强。但目前暂时只能适纺6支到32支，除棉纤维外只能适纺长纤长短于40毫米的棉型化纤。

（2）静电纺纱 也是自由端纺纱工艺之一，在高压静电场作用下，使纤维伸直平行，再加捻纺制成纱，加捻多利用空气的涡流运动。静电纺纱比其他自由端纺纱加捻器的体积小，重量和噪音轻，适纺支数范围广，但纤维要不断给湿，而且自由端受静电场力、空气阻力和纱条惯性阻力的影响，并不太“自由”，因而降低了加捻效率。比较成熟的静电纺纱单位产量可比环锭纺纱提高2~3倍，耗电量比气流纺省，纱支的各方面特点大致跟气流纱相似。

（3）磁力纺纱 这是又一种自由端纺纱，利用磁力代替气流、涡流或静电来平伸纤维，再加捻成纱。原理是把棉纤维放在直径仅为纤维十分之一的纯铁粉悬浮在油酸中而制成的湿润剂中处理，再利用感应磁力作用的弱磁场使纤维自由运动，连续捻纺成纱。

（4）自捻纺纱 这是一种较新的非自由端纺纱形式，在一根纱条的一段长度上施加S捻，相等长度的另一段上施加Z捻，旁边有同样一根纱条也是这样，两纱条相互紧贴，松开捻力后由于相互解捻而两根纱条自行捻合，其原理恰似用手工搓绳子，只是搓捻的捻向是S捻和Z捻相同，其中还有一段没有任何捻度的“无捻区”，实际上这种自捻效果是一种“假捻”。由于自捻纺纱并不要求像其他新老纺纱工艺那种高速回转装置，纺纱量却高达每分钟200米以上，所以经济较为显著。自由捻纺纱必须双根纱条并进，经自捻直接成线，纤维的纤长宜用60~230mm，因此多用羊毛、毛型化纤或中长纤维等来纺。自捻纱有毛型感，适用于针织、色织、制毯、起绒织物等，用有色纤维经自捻纺纱后可直接供针织机编织，国外毛纺针织品几乎全部用自捻纱。自捻纱强度稍低、织物手感粗硬，但有缩水较小、延伸率高优点。目前国产已有自捻纺全涤纶花呢、色织涤/腈花呢、派立司等织物供应市场。

（5）其他新型纺纱 新纺纱工艺仍在发展，除上述四种以外，比较著名的还有：利用聚乙烯醇粘聚粘纤条子、经牵伸而在假捻器中成纱、再经加热

使粘纤被粘合、最后洗除聚乙烯醇的“无捻纺”；利用离心罐、空心锭把纤维条直接拉伸加捻并成股线的“轴向纺”；利用粘合剂把各种短纤集聚粘合的“集聚纺”；用短纤直接包绕长丝的“包芯纺”；以及用液流代替气流的“液流纺”等。

## 8. 变废为宝 ——纺织纤维下脚料的利用

一些原料资源不足的发达国家，纺织纤维下脚料的利用取得很大成就。意大利不仅应用国内的下脚料，还从欧美和一些东欧国家进口下脚料。法、德、比利时等国一些纺织企业已成功地将下脚料回用。捷克已将下脚料的购买和加工等问题纳入生产法规。上述国家根据下脚料的有效利用率和价格、加工费用、需用劳动力和必要设备来确定下脚料的使用价值。

意大利的下脚料加工工艺水平不断提高。有的地区已实现加工专业化，几乎每个企业都加工一种下脚料。按外观和色仔仔细分类、正确使用。采用湿开松工艺和工落毛、精梳纱回丝和合成纤维的针织边角料。加工生产线由回转式切断机、两台开松联合机（机下设有水沟）、离心机、烘干机、沉淀池和过滤装置等组成。产量可达 50~150 公斤/小时。耗水量为 1 米<sup>3</sup>/小时，加工 1 公斤下脚料耗电 2.6KW，需用劳力 3~4 人。经过开松的纤维可用于纺纱，织造衣着用布。

加工下脚料含量高的混合原料采用包括 4~6 台梳理机的半自动化联合机，可加工 100% 下脚的混合原料，每台梳理机产量 30~40 公斤/小时。可纺 80~250 特的纱线，用于衣着用布。

采用低质量废棉制造汽车用隔热消音材料，先对废棉进行开清，再与酚醛树脂混合压制。其中废棉含量 70%，树脂 30%。波兰已将这类材料用在汽车上。生产胶合板在建筑上作隔热板和消音板，不可纺废料均可利用。

法国将下脚料分为三种类型：棉纺下脚；针织、机织和非织造织物的下脚；再生原料。

棉纺下脚可用环锭纺或新型纺纱纺制 50 特以上的细纱，也可加工棉絮。第二种下脚料含有回丝，经开松后，其中一部分也可纺纱。

法国已建立加工下脚料的专业化中心。有的加工外衣料、花毯和毛毯等，大部分用于生产毛毡、补料、隔热制品等工业用织物，有的纤维素纤维下脚料用于造纸。

德国每年购买大量下脚料和再生原料，其中 45% 是生产下脚料，55% 是再生原料。将再生原纺纱织造衣着用布，花毯和毯子，清洁用布，棉絮，非织造织物，制鞋用仿毡制品和粘合织物，隔热用品，包装用缝编织物，针刺地毯，防潮座垫（2500 克/米<sup>2</sup>）。他们还将经编耐纶边角料粉碎后再熔，获得再生原料，用于生产机器零件，产量 150 公斤/小时。

波兰对清梳落棉经过净化后，回用 10%，根据加工后纤维长度利用中等长度的废纤维。加工设备产量 300 公斤/小时。

上述国家合理加工使用下脚料，变废为宝。既清理垃圾，保护环境，又缓解原料紧缺问题。我国也在积极开发使用废料，促进下脚料回收利用工作向高层次发展。

## 9. 高贵的色彩 ——紫红色

五颜六色的服装给人们以美感，科学家一直在追求将新的颜色奉献给人类。日本工业技术院研制成一项新技术：把丝绸染成特别高贵的“紫红色”，已经在生产中使用。

该技术是把金这种贵金属制成微细粒子，并且使其溶化成溶液状态的胶质。这种胶质是贵金属胶质中染色力最强，能染出高贵颜色的胶质。把直径为 30~50 埃的金胶质吸附在丝绸上面进行染色，就会把丝绸染成具有“宝石”一样的光辉、高贵的紫色、金子一般的超高级丝织品。

金子本身具有既高贵又闪光的色彩，一旦把它超微粒子化，就变成了特别鲜艳的红色、紫红色。彩色玻璃和雕化玻璃的紫红色，就是在玻璃中掺入金的超微粒子着色而得到颜色的。一旦把金的超微粒子在水中或溶液中均匀地分散直到溶解，就变成了鲜艳的红宝石一样的颜色。把这种在水或溶液中能使金的超微粒子分散的金胶质叫做金水溶胶。用金水溶胶染色，只要在金的超微粒子溶化的溶液中加入阳离子表面活性剂，就能发现金水溶胶的吸附能力强、着色效果良好。

染色是把丝绸或丝线在金胶质溶液中浸泡一定的时间（从数分钟到数日）后，取出水洗、干燥。浸泡的时间短，丝绸呈淡紫色；浸泡的时间长就由浓紫色变成黑紫色。颜色的变化是因金胶质的浓度引起的。研究证明：金的浓度是 0.5mol，阳离子表面活性剂的浓度在 100ppm 的情况下，浸泡 0.2 小时，就成了淡紫色，金的吸附量是 0.03%，浸泡 4 小时就达到了暗紫色，金的吸附量达到 1.33%。把阳离子表面活性剂的浓度改为 500ppm，浸泡 20 小时，变成了紫红色，金的吸附量是 0.50%。一旦金的吸附量达到 1.33%，就呈现出金黄色的光辉。

阳离子表面活性剂利用丝绸表面带有的负电荷，用静电的引力达到增加吸附力的目的。把这种染色法用于棉可获得同伴着色，而尼龙、聚酯等合成纤维不能全部染色。

为了使所有的合成纤维都能利用金胶质进行染色，对染色技术再进行改良。在进行染色之前，预先用氢氧化钠水溶液进行碱性处理。另外，根据利用金胶质能染色的原理，试用了能染成鲜艳黄色的银胶质，进一步确立了钒等其他金属的染色技术。

丝绸本身具有润滑性、吸湿性、轻柔性等特点，再采用新的染色法，用金子染丝绸，使它成为高贵的紫色，这种超高级丝绸品将越来越受到人们的青睐。

## 10. 战争保护神 ——军用纺织品

纺织品不仅仅用于衣着和装饰，而且在各产业中有着广阔的应用领域。例如医用，汽车、航天、军用都大量应用纺织品。在军事上的应用发展是相当快的，各国为适应现代战争的需要研制了大量军用纺织品，用于士兵的防护装备。简介海湾战争中美军所耗用的纺织品，以及防弹非织造布复合材料 Spectra Shield。

### (1) 美国用于海湾战争的纺织品

1991年初，当美国军队开进举世瞩目的波斯海湾时，美国的纺织品及美国的纺织工业也随之进入海湾战争，它在武装力量的支持与现代化军队建设中起到了非常关键的作用。它在国防上的重要性仅次于钢。1990年，鉴于海湾战争前的局势，美国防卫支持中心为美军预订了1.63亿美元的服装和纺织品。1991年，海湾战争爆发，在年计划服装和纺织品支出费用7.14亿美元基础上，又增加了5.43亿美元。一名常规的地面部队士兵，通常穿戴、背负的衣着和装备重量约85磅，耗资1452美元。除了穿着、背负和枪支外，还需要配备防护服装和防护用具。为了适应现代战争的需要，除必备的穿着、手套、清洁枪用的揩布、头盔等用品之外，还要配备特种纺织品，如防弹服、防伪服、防火、防生物、防化学服装等。

沙漠风暴行动需要巨大纺织品，在90天的海湾战争中，美军消耗了相当于在越南战场上20万美军使用一年的物资。美国为沙漠风暴行动专门订货，有320万条裤子，290万件上装，530万双沙漠专用鞋，400万件茄克衫，376万副防护镜，针织品厂商还赶制了30万只防风枪套。

大宗的军用纺织品是棉和尼龙的混纺织物，尼龙不仅用于防伪服装，而且还用于生产头盔罩、护身盔甲罩和化学防护服，降落伞使用的是40旦尼龙长丝织物。

### (2) 防弹非织造布复合材料——Spectra Shield

防弹背心是现代战争中不可缺少的防护服装，美国研制了一种高性能防弹非织造布复合材料 Spectra Shield，用于装备警察、军队。该复合材料是以 Spectra 纤维作原料生产的，Spectra 是伸长链聚乙烯纤维，与其他纤维比较，它具有更高的模量和强力，强力是钢的10倍，至少比芳族聚酰胺纤维强30%，而重量又轻。

Spectra Shield 是一种很薄，在0~90度内单方向的弹性复合材料。生产方法是将聚乙烯纤维束展开。以准确的角度交叉铺网，并用高柔性 Kraton 热塑树脂涂层，将纤维固定，并将此夹在两层 Spectra 纤维薄膜之间进行热粘合。这样获得复合材料，其结果是具有惊人的轻质、抗冲击性能。当射弹以12300米/秒速度冲击时，纤维的高模量和低密度使其产生很大的变形，复合结构的网状沟槽可使射弹更深地嵌入纤维，极性消除和吸收射弹的冲击能量。而一般机织物，子弹会在弹道运动中将纤维移开，从而对人体造成伤害，士兵穿上用这种材料做成的防弹背心，能经受得住倾斜子弹和多弹的冲击，能够使伤害减至最小，或缓解射弹对人体的伤害。

用上述非织造布复合材料技术生产刚体复合材料，可以制作警察和防护屏，特种武器和战术队的防护罩，飞行器、飞机、雷达的防护拱顶。

随着科学技术的发展和战争的需要，军用纺织品及特护防护服，是一个

很有吸引力的市场，新技术的应用和高性能纤维材料的开发，将使军用纺织品在纺织行业形成一个强大的分支体系。

## 11 · 烈火烧不尽 ——阻燃性 Visil 纤维

Visil 纤维的研究和发展起源于陶瓷工业，生产陶瓷首先需要制胚，然后再灼烧加工成所需的陶瓷制品。在选择制造陶胚的过程中发现纤维素粘胶溶液具有强碱性，有关的制胚物质在碱性条件下无机晶格部分会被溶解，这样可以保证陶瓷成分在粘胶中有良好的分散性，然后再通过控制反应条件使它凝固在纤维内部，以此制成相应的陶胚。作为陶瓷纤维用的 Visil 纤维，其本身的性质更接近于粘胶纤维，这就为其阻燃性的应用拓宽了范围，成为一种新型的阻燃复合纤维。

Visil 纤维中纤维素分子和聚硅酸分子以化学键联接，这样就增加了纤维本身的稳定性，在燃烧条件下聚硅酸分子会吸热分解为水和二氧化硅，抑制了纤维素分子的热裂解，释放出的水变成蒸汽可以隔绝氧气，稀释可燃性气体。分解后生成的二氧化硅熔点很高，热稳定性好，覆盖于燃烧物表面能阻挡热传导和热辐射。这样稀释与吸热、隔热相结合，起到了阻燃消烟的作用。

生产 Visil 纤维需用比重为  $1.36 \sim 1.38\text{kg/m}^3$  的水玻璃。制出 Visil 纤维是一种改性的粘胶纤维，它的主要成分是纤维素和聚硅酸，这种有机—无机的复合纤维可由自然的两相间再生制得。具体方法是在特定的反应条件下将二氧化硅和氧化钠以一定的摩尔比例制成水玻璃，再将它加在预定的纤维素黄酸酯溶液中得到一种较浓的混合液，然后经过脱泡、过滤并使之在适宜温度的酸——盐 ( $\text{H}_2\text{SO}_4\text{—Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Zn-SO}_4$ ) 凝固浴中湿纺成形，随后使初生的纤维在热水浴中张紧定形，此过程能保证纤维基体中的硅酸高聚物分子呈线形排列，增加强度，最后将复合纤维在常规的纺丝设备上切断、整理。

Visil 纤维的性质：该复合纤维表面是多孔的，和一般的粘胶纤维相比具有较高的比表面积，而且该纤维的各组分连续排列并有开端可以相互接合成网状结构。复合纤维阻燃介质和纤维之间以化学方式接合，因此具有良好的稳定性，能耐 3 小时 230 的温度。其极限氧指数值 28 ~ 33，极限氧指数值随着纤维的重量和硅的百分含量而改变。复合纤维在 125 ~ 135 的较低温度下会有水蒸汽在纤维表面出现。在 310 ~ 320 时纤维中的纤维素三羟基单元开始吸热，因为复合纤维的结晶度较低所以造成聚硅酸和纤维素的分子链具有较大的填充密度，比起一般的粘纤吸热会更快。

Visil 纤维具有良好的物理机械性能可以将它加工成各种织物如：纺织品、针织品、非织造布等。用作阻燃织物和过滤介质。同许多别的阻燃织物相比染色性强、手感舒适；作为过滤介质，Visil 纤维具有较强的吸湿性、较快的吸收速率。Visil 纤维的产业性用途会加快它的工业化生产步伐。

## 12. 娇子的嫁衣 ——汽车上的纺织品

从当前国际上汽车工业的发展趋势来看，一辆新型的、现代化的汽车不仅仅局限于车体及机械、电气性能方面改进，车内舒适、美观的装饰纺织品对汽车的销售和使用也有着很大的影响，西欧国家的汽车内装饰纺织品已占据产业用纺织的最大比例（约占35%）。如以平均每辆轿车消耗20米<sup>2</sup>纺织品计算，其市场潜力是相当大的。

汽车装饰纺织品不仅应具有豪华性、舒适性、安全性，还应具有阻燃、抗静电、防污染、耐晒等性能。聚酯纤维由于其优良的光稳定性、热稳定性和改良后的手感柔软性，其使用不断扩大。羊毛和聚酯混纺织物的使用比例趋于增加。目前国外轿车普遍采用外观华贵、手感柔软、色彩丰富的绒类装饰织物，主要品种有：单层机织物、机织提花装饰绒、经编起绒织物、双针床拉舍尔经编织物、圆机纬编织物等。其中机织提花装饰绒尺寸稳定性好、伸长小、质地厚实、立绒性强，占较大比例。拉舒尔经编织物和圆机纬编织物质地厚实，织物结构松软，绒面具有仿真皮风格，价格相对便宜，消耗量也有所上升。大客车和公共汽车的座椅面料国外比较注重耐用性，绒头大都采用羊毛，织物重量在610~850米/米<sup>2</sup>之间。旅行车一般采用比较轻薄的提花装饰织物，纱线原料也选择比较低档的（如聚丙烯）纤维，织物重量一般在400~480克/米<sup>2</sup>之间。

汽车座椅织物：西欧国家以单层机织物为主，美国和日本则以割绒织物（如机织提花装饰绒和经编织物）占较大比重。但单层织物缺乏豪华的外观，为此，在座椅的中心部位改用拉舍尔经编织物，而车侧和座仍采用机织物。这一变化趋势将表明，今后将以拉舍尔经编织物为主。汽车座椅材料的一个明显发展是用纺织材料或非织造材料来取代泡沫塑料。其中，针刺型或缝编型热粘合非织造织物，以及机织物或针织的“空心”叠层结构的织物是最合适的代用品，它可改善座椅的微气候，尤其是采用羊毛和粘胶纤维混纺织物，座椅的微气候形成更佳。

汽车座椅织物要求具有柔软、舒适、美观的外观，还要求有较好的弹性、热稳定性、光稳定性。

汽车地毯：汽车地毯织物以簇绒地毯和针刺地毯两大类产品为主，簇绒地毯具有弹性好、使用舒适的优点，大有取代针刺地毯的趋势。簇绒地毯的绒头大多采用聚酰胺纤维，针刺地毯过去以聚丙烯腈短纤维为主要原料，现在也开发了以聚酯纤维为原料。现开发出一种经收缩的原液染色纤维，它可将聚丙烯针刺毡用同样的聚合体联结在汽车地毯料上，制成一种新颖的整体成型汽车用地毯。

汽车安全带：为了在汽车发生冲撞和突然制动时减低驾驶员的移动量而设计的。安全带具有高强度、一定的延伸性、良好的耐损性和耐气候性。选用聚酰胺和聚酯纤维，采用2/2斜纹织制，可达到外观平整、手感舒适、结构坚牢的使用要求。

汽车工业的发展开辟了汽车装饰纺织品的广阔市场，也推动和促进了汽车用纺织品的新产品开发和新技术应用。如非织造织物用于地毯的背衬、车顶衬底、车门内衬、行李箱地毯、隔离部件或车内空气过滤网。纺织品经过防紫外线处理、凉爽整理，其使用价值更高。



### 13. 病魔却步 ——医用纺织品

纺织品在医疗领域早已得到广泛的应用，据统计每张床位病员和职工平均用布 50 米以上。外科性质的医院用布更多。随着医学科学和纺织科学的发展，高性能医用纺织品不断开发和应用。纺织品具有一定强度和柔韧性及产品的多样化功能而被用于医疗和手术方面，给病人一新的生命。所使用的材料包括短纤维、单丝、复丝和机织物、非织造布及复合材料，可分为以下几类：

- (1) 非移植材料——伤口敷料、绷带、膏药等；
- (2) 人造器官——人工肾、肝及肺；
- (3) 移植材料——缝合线、血管移植植物、人工关节等；
- (4) 卫生保健用品——床上用品、衣物、外科手术服、织物、揩拭物等。

这些产品中，70%是即用即弃的，余下的 30%可重复使用。据估计，使用量将以 11%的年增长速率发展。在这里简介纺织材料在医疗和手术方面的特殊应用，及适用于这些场合的产品和性能。

应用的纤维：应用在医疗和手术方面的纤维可分为天然纤维和合成纤维；可生物降解纤维和不可生物降解纤维。它们必须具有无毒性、无过敏性、无致癌性，在消毒时不引起物理或化学性能的任何变化。

最常用的天然纤维是棉花和蚕丝，但也包括再生纤维素纤维，它们广泛地作为非移植材料和卫生保健品。常使用的化学纤维包括聚酯、聚酰胺、聚四氟乙烯、聚丙烯、碳纤维和玻璃纤维等。可生物降解纤维是指那些在移植 2~3 月内为人体所吸收的纤维，包括棉、粘胶人造丝、聚酰胺、聚氨基甲酸酯、骨胶原和海藻酸盐。如果材料为人体缓慢吸收并超过 6 个月才降解，则被认为是非生物降解的，包括聚酯、聚丙烯、聚四氟乙烯和碳纤维。

特殊纤维：从牛皮中得到的骨胶原，是一种以纤维或水凝胶形式存在的蛋白质。用作手术缝合线，可生物降解，还可加工成柔软的接触镜片。由海藻类植物可制得海藻酸钙纤维，可治愈绝大多数伤口。无毒、止血、可生物降解。取自于蟹和虾壳的甲壳质，是一种多糖物质，利用它制成的纤维和织物具有极好的抗血栓性，并能被身体所吸收，促进愈合。非织造布，粘贴在身体上刺激新皮肤形成愈合加快。

应用领域及相关产品：应用从单丝缝合线到结构复杂的骨组织替代物，从简单的清洁揩拭布到手术室高级屏障织物。

非移植材料：有伤口保护类、绷带类、膏药类、纱布类、软麻布类、衬垫类。采用棉、丝、人造丝、聚乙烯、聚脂等纤维经过针织、机织及非织造法获得的产品。

人造器官：是用于血液净化的机械器官，人工肾用中空粘胶人造丝；中空聚酯纤维制得，去除病人血液中废物。人工肝与人工肾相似。人工肺用中空聚丙烯纤维、中空聚硅酮、聚硅酮膜制得，具有较大的气体渗透性和较小的液体渗透性，从而像天然肺一样。

移植材料：用于人体伤口的修补或替换（血管移植植物，人工韧带等）。采用骨胶原、聚乙交酯、聚硅酮、甲壳质等一些特殊材料。有机织物、针织物和非织造布。这些材料为人体所接受、生物相容。

卫生保健用品：主要用于手术室和病房，对医护人员和病人起到卫生、

安全和保护的作用。用棉、粘胶、聚酯等纤维制出的机织、针织、非织造布。

纺织材料在医疗各个方面都具有重要作用，同时也反映了其多面性。继续开拓医用织物的范围和织物成形的技术将会取得新的进展。

## 14. “骆驼” ——高吸水性材料

高吸水性材料是近 20 余年以来发展起来的一种含有大量亲水基团,并且有一定交联度的功能高分子材料,它不溶于水,也不溶于有机溶剂,能够吸收自重数百倍至上千倍的水,并且具有优异的保水性能。广泛应用于农林、园艺、医药、医疗、生理卫生、石油、化工、建材、食品、美容、化妆、日用品和生化技术等方面。而在纺织工业中的应用、开发新型功能纺织品的研究尚未充分展开。因此,加强高吸水性材料在纺织工业中的应用研究,将二者结合起来,创造更多、更好的新型功能纺织产品。

高吸水性材料最早是由美国开发出来的,接着日本也开发成功。我国起步较晚,于 80 年代初才开始。

高吸水性材料种类繁多,产品形态各异。其主要品种有:淀粉接枝丙烯腈水解物、淀粉接枝丙烯酸盐、淀粉接枝丙烯酰胺、纤维素接枝丙烯腈水解物、纤维素接枝丙烯酸盐等。产品的形态可分为粉末状、纤维状、片状、薄膜状和泡沫状。

以往人们所使用的吸水材料有纸、棉、麻等纤维制品。这些材料的吸水是依靠其毛细作用,吸水能力只有自重的 10~20 倍,且保水性能很差。而高吸水性材料是由高分子电解质组成的离子网络,在结构上有两个必要条件:具有大量的亲水基团和适度交联而不溶于水,它不但吸水能力高,而且吸水后生成的凝胶即使加压,水也不会离析而去。其吸水机理可用高分子电解质的离子网络理论来说明。当高吸水性材料与水接触时,水分子渗入材料内部,高分子链上的阴离子基团如 $\text{—COONa}$ 离解为 $\text{—COO}^-$ 和 $\text{Na}^+$ 离子,由于高分子链上的 $\text{—COO}^-$ 不能向水中扩散,为了维持电中性, $\text{Na}^+$ 也不能自由地渗透到材料外部的水中。显然, $\text{Na}^+$ 离子的浓度在高吸水性材料的内部较外部要高,产生渗透压而使水进一步渗入材料内部。随着水分子的渗入,一部分 $\text{Na}^+$ 脱离高分子链向材料内部的水中扩散,使高分子链上产生净电荷,高分子链由于静电斥力而伸展,高分子材料膨胀,从而为吸水提供了必要的空间条件,使大量水分子封存在高分子网内。而交联点之间的离子链扩展则引起高分子网的弹性收缩力,它力图使高分子网收缩。当这两个方面的作用达到平衡时,便决定了高分子材料的吸收能力。

合成纤维的吸湿性很差,解决方法是将合成纤维与天然纤维混纺,取长补短。目前有人在实验先制取两种交联聚丙烯酸类高吸水性材料,然后添加到腈纶纤维的纺丝液中,经纺丝、拉伸等工序制成纤维,该纤维的回潮率为 16.8%,强力有所降低。目前比较成熟的加工方式是夹带混合法,它是先将高吸水性材料研碎成粉末,然后散布于以织物等为基料的表面,再用基料盖住,辊压成材。诸如尿布、卫生巾、医用垫子等。还可以将高吸水性材料在水解之后,可以比较容易地涂到纤维类基质上,且烘干后不溶。

在纺织工业中应用高吸水性材料,要注重与相应的高新技术相结合,开发出多功能、高性能的纺织品,如与抗菌防臭技术结合,开发吸湿防臭抗菌鞋垫、袜子甚至内衣、内裤,与阻燃技术结合,开发高湿作业工作服、消防服以及消防器材等。

## 15. 白花大世界 ——主要产棉国巡视

棉花是纺织工业重要原料之一。我们一起来巡视主要产棉国，参加联合国组织的国家，现在共 185 个国家，全世界的总人口 1995 年 3 月初达到 50 亿，人人都要穿衣，但生产棉花的国家，大大小小才 55 个。其中，亚洲太平洋 15 个，中东 3 个，非洲 22 个，美洲 12 个，欧洲 3 个。共产棉花 1994 年度估计 1931.2 万吨。从 1984 年起，我国产棉数量始终居首位，美国降为第 2 位，印度或巴基斯坦居第 3 或第 4 位，中亚的乌兹别克共和国居第 5 位，土耳其、巴西列为第 6、7 位；中亚的土库曼共和国、澳大利亚、埃及、希腊、阿根廷、巴拉圭、叙利亚列为第 8 至 14 位。

美国：多年来美棉一直占世界产棉量首位，1984 年退居其次。但美棉出口却始终占有重要地位。例如 1990~1994 年世界棉花出口贸易量中，美棉每年出口总量在 110 万吨到 170 万吨之间，而世界出口棉花总量在 500~610 万吨之间。美国的人口只有我国的五分之一，耕地面积和我国相当，而且处于大西洋太平洋之间，气候适宜，得天独厚；加上现代化作业，还有“农田计划”资助棉花生产，把棉花生产作为“最大的农作物”。他们预计 2000 年世界用棉量一亿包，相当 2180 万吨，美国产棉量仍占五分之一，而用棉量不会超过过去 30 年的水平，因此，具有可控量的出口。1985 年我国棉花出口，使棉价由每磅 70 美分上下滑至近 40 美分。近两年我棉歉收，棉价徒涨。

印度和巴基斯坦：两国互有长短；近五年内，印度棉产量有四年超过巴基斯坦，有一年巴基斯坦高于印度。但出口量则是巴基斯坦历年高于印度，从高 6% 到 25% 不等。印度年出口棉花为 18~30 万吨不等。巴基斯坦自 1947 年 8 月独立来，棉花产量就由 1947~1948 年度的 110 万包（每包 375 磅）到 1991~1992 年度增加到 1280 万包，每英亩单产由 80 公斤提高到 769 公斤，超过了当时世界平均每英亩单产的 601 公斤。1992~1993 年度遭到前所未有的大雨和水灾、虫害，产量跌到 900 万包，因国内纺织厂扩产，棉花出口减少，又作了棉纱最大出口国之一。1993 年度纱布出口收汇 63.2 亿美元，占总出口 63.2%，棉花出口 32.5 吨。

乌兹别克：它是前苏联 5 个中亚共和国之一。占前苏联总产棉量的 60%。与我国新疆最高纬度和产棉区的位置相当。十月革命之后，中亚各国增加了棉花产量，以满足俄罗斯欧洲部分的纺织工业的需要。提供资金、开发灌溉系统，用水供应哥罗狄尼亚干草原，发展了国营农场和集体农场，建起了棉花培育研究所。

年产棉花超过 50 万吨的产棉国主要是：土耳其、巴西。

土耳其：跨亚欧两洲，从土地面积上说，亚洲部分占 96% 以上，欧洲部分仅占 3% 稍多。中东著名的底格里斯河和幼发拉底河就发源于此，由于天然由两河灌溉，再加之水利建设、土地肥沃，棉花产量居世界第六，出口纺织品到欧共体国家居第二，成为有竞争力的纺织基地。

巴西：南美最大的国家。人口到 2000 年估计达 1.72 亿人。由世界上流量最大的亚马逊河横贯东西，流入大西洋，南部圣保罗地区属亚热带，生产棉花，平均年产棉花 60 万吨。圣保罗也是纺织工业集中地。

## 16. 纺织品的生命 ——色彩

纺织产品的功能在于人们生活中实用。色彩的功能在于使人们美丽，获得视觉美感的享受。

色彩是纺织产品美感的关键因素，色彩能够在人们视觉中引起各种感情。像我们听一首优美的歌曲使人陶醉，心旷神怡。当环境和条件变了，感受则是另一番境界。如在盛夏酷暑之际，人们见到一块冰，就会感到凉爽、舒服；当漫天大雪、千里冰封的严冬，见到一堆篝火，感到温暖。反之则效果绝然不同。所以，研究色彩就是人为地使人们视觉舒服、或能引起感情、联想，唤起对美好事物的向往，或者能引起人们的新奇感，满足欲望。色彩是纺织产品美的必要条件需要我们不断地探索色彩的奥秘发挥色彩美感的规律，创造纺织产品的美感，增加产品的生命力。

色彩的效果可以使某个纺织产品身价百倍，也能使其一文不值。也就是色彩感。眼睛和大脑通过比较和对比，而得到明晰的知觉；色彩的知觉是精神生理学的真实，它科学地、真实地区别精神生理学的真实，就是所谓色彩效果。

色彩的冷暖、明度和彩度等，是制造色彩、形成气氛、表现情感和美感的因素。色彩的冷暖、明度、彩度的高低影响人们主观感觉。冷暖色在人们主感觉有差别，在红橙色的环境里血液循环加快，人们容易兴奋、激动、或受到刺激、甚至达到发狂的地步。而在蓝绿色的环境中，人们易于安静休息。一个胖人穿黑色衣服和白色衣服其效果是不一样的，这主要是色彩的彩度高低所造成的效果。我们用色彩装饰纺织产品，要周密地考虑色彩给人们的心理因素：

冷色：透明镇静、稀薄、空气感、遥远、轻的、潮湿的。

暖色：不透明、刺激、浓密、土质感、近旁的、重的、干燥的。

高彩度色彩：使人轻快、优美、华丽，纺织产品多数用于女性、小儿等。

低彩度色彩：以厚重、阴暗、老成、安全的感觉，适用于男性和中年人。

高明度：轻快、明朗、清爽、单薄、轻弱、优美、女性化。

低明度：厚重、阴暗、压抑、硬、迟钝、个性、男性化。

色彩在纺织产品中表现基本两种方法。一是具象色彩表现方法，二是抽象色彩表现方法。所谓具象表现就是具体事物的形象色彩；具象色彩比抽象图案色彩更具有引起美感的普遍性，在纺织产品色彩中、抽象和具象是同时存在的，谁也不能取代谁，具象色彩从题材来源方面可分为自然色彩和人色彩。运用具象、抽象这二种色彩表现方法，增加纺织产品艺术性和美感。

纺织产品的色彩的设计在于研究与人的关系，研究人的美感，并且与纹样、组织有肌理和谐，创造出纺织产品的美感，符合人们的理想。

## 17. 服装三步曲 ——我国三代设计师的风格

自建国到现在服装发生很大的变化，可以将我国的服装设计师分为三代。

以田阿桐为代表的第一代服装设计师，注重的是“手工艺”，对构成服装流行的理解很缺乏理论的根基。严格地讲，应该称他们为工艺师。他们是在具体的工艺操作中，显示出自己才华的。由于历史的原因，形成的求同舍异的服饰观，使人们对服装的理解只停留在做工的精细程度上，对于构成服装的最基本的诸如颜色、款式、饰物的搭配等都全然不知，即使再有才华的设计师，在那种历史条件下也很难有所作为。从事舞台和电影服装设计人员，在第一代中也占很大的比例，由于他们工作所处的从属地位，使他们成为永久的配角。然而也就是他们才是中国服装设计的真正源头。

曾经沉醉在一次次轰动中的第二代设计师，从目前的情况看，很可能已是过眼烟云。进入 80 年代中后期，我国经济有了长足的发展，对外开放的幅度进一步加大，人们对服装的理解也发生了质的飞跃，服装成为美化人们生活、表现身份地位、社交礼仪的一个重要组成部分，人们对服装的审美需要与日俱增。基于这种需求，在 80 年代中晚期，中国服装设计的第二代登上舞台，一句口号，一个想法，一次作品发布会就可以出名，就被誉为名设计师。许多人热衷于一次次的轰动效果，而对本身的不足却缺乏正视。那时走红的设计师，不是从学美术改行过来的，就是自学出来的，本身的知识结构和对服装的理解都不全面。当然，第二代人中也有佼佼者，他们面对市场的变化不断修正着自己的坐标，在今天的改革的浪潮中争得一席之地。

进入 80 年代中晚期，由于服装市场的发展，各地的服装设计专业人才倍受青睐，同时人才的奇缺也促使服装设计专业如雨后春笋，纷纷上马，成立各服装学院、美院的服装专业、纺院的服装专业。从 1992 年起毕业生所设计的实用部分，是在广泛的市场调查的基础上，为服装厂家设计的开发市场的产品。近几届毕业生的作品，投放市场的效果都不错。从今年毕业生作品看，清新自然的颜色恰当地表达了今年的流行主题；轻薄、柔软的面料，简洁大方的款式迎合了当前人们对“休闲”的需要。把市场作为自己最基本的定位，使服装永葆自己的生命的源泉。以马可为代表的第三代设计师来势凶猛，他们的知识结构，比前两代人完善，学术根基深厚，思维定位已跟上了时代潮流，他们已充分认识到以市场为依托的服装设计，无疑是他们的前辈缺乏的素质，他们的崛起，将会给中国的服装设计带来光明灿烂的未来，令人产生一种全新的感受。

## 18. 织物整容 ——树脂整理

人们知道羊毛织物穿着时不易生皱，其原因是羊毛富有弹性。纺织科学家早就着眼研究：怎样能对棉、麻、粘纤等纤维素纤维赋予类似的抗皱能力呢？自 1920 年底开始，就已有防皱整理，当时主要是用酚醛或脲醛作为树脂整理（所谓“树脂”是一类非结晶性无定型态的有机化合物，多数能溶于酒精和醚，当前合成树脂远比天然树脂发展得快）。希望通过整理工艺得到效果好而价格又不太贵的防皱、光滑、易干的成品。

目前树脂整理主要应用在棉布、粘纤、亚麻等纤维素纤维方面，织物先用多种成份的溶液或乳液浸轧、低温烘干、高温焙烘，往往酌加酸性物质作为催化。整理后织物富有弹性，洗涤或折皱后可恢复到焙烘时的外形，另外如果采用热塑性高聚物乳液处理，可使织物表面光滑柔软，增强折皱恢复力，改进手感和强力。最后水洗除去多余的未反应物。

防皱机理：纤维素纤维树脂整理后能提高抗皱力是因为：

- （1）树脂分子与纤维素分子交联。
- （2）部分树脂则在纤维的无定区内自行形成高聚物而使纤维的刚度增加。

上述两个因素使纤维分子长链在受外力变形后不易相互滑动，从而起到防皱效果。

强力变化：棉纤维经树脂整理后，强力会有所降低，大约降低 20 ~ 30%。这是因为：

- （1）纤维分子长链的交联程度增加较多，限制分子的相对滑动性，使纤维变脆，强力和撕破强力都随之降低（适当增加交联，可提高强度，但交联超过一定程度，强力反而会降低，有点像棉纱加捻过度，强力反而下降的情况）。
- （2）纤维分子间的空隙被树脂填塞，折叠时发生磨损作用，强力下降。
- （3）对树脂作焙烘时，使纤维受热而产生一定降解。
- （4）酸性催化剂使纤维产生水解和降解作用。

降低的幅度随树脂用量和种类而异，一般情况是棉织物回弹性角度每提高 10 度，其断裂强度约需下降 7%。麻纤维也有同样情况，但强力下降幅度比棉略小。至于粘胶和铜氨纤维，经过树脂整理后强力反而有所增加，这是因为：粘胶纤维分子结构中无定区较多，分子长链之间的引力较好，树脂分子进入后使引力增加，因而适当增加交联，也对提高强度有利；同时，由于无定区的位置被树脂先填塞，水分子的进入余地减少，从而使粘纤的吸水性降低，湿态强力提高。

总的看来，织物经树脂整理后有许多优点也存在缺点。例如：抗折皱能力和折皱恢复力都有所增加，洗可穿；缩水率少；手感柔软，悬垂性好，染色牢度好，减轻合纤发毛起球等等的优点。缺点是磨损和撕破强力有所降低；棉织物强力降低；久贮或遇湿热有异味；部分树脂有“氯损”现象，织物脆损。

## 19. 新贵族 ——热门衣料

服装材料从质地上分有两类：天然纤维；化学纤维。两者各有特点，可以取长补短，相互配合。主要有：纯毛衣料、真丝衣料、棉制衣料，麻类衣料、化纤衣料、混纺、交织、混合、复合衣料等。有几种当前热门衣料正在发展中，在这里只介绍几种：

### (1) 金属棉

金属棉又称太空棉、宇航棉，由于宇航员首先穿上由它制作的宇航服登上月球，进入太空而得名。从质地上讲，它是继天然羽绒、仿羽绒之后的又一种保暖材料。目前已有用国产金属棉制作的套裙、西服、背心、衬衫和童装等，既具备春秋服装的潇洒，又有优异的保暖功能，且价格便宜。用相当于棉制衣料重的 1/3 或腈纶絮片厚的 1/4 的金属棉，可达同等保暖效果。金属棉是利用它的反射作用将人体向外辐射的热量再反射到人体，且具有很高热阻性能和阻挡对流和传导的功能。因此金属棉具有高保暖率，一件金属棉衬衫相当于两件羊毛衫的保暖效果。

### (2) 防水透湿衣料

众所周知，一般衣料具有较好的透湿性但无防水性能；相反，涂层材料或塑料具有好的防水性能但透湿性极差。如果能使衣料中孔隙尺寸大于汽滴尺寸而小于水滴尺寸，那就能兼备防水透湿双功能。目前利用超细纤维、超密度和超收缩的三超技术已制得防水透湿材料，用它可以制作各类运动服。

### (3) 吸汗散汗快干衣料

当人们的皮肤与衣料间充满汗水后，穿着者会感到不舒服，如潮湿、寒冷、粘身，影响人体自由活动，因此汗的散发是舒适性的重要因素之一。吸汗散汗快干衣料可以达到上述目的。吸汗散汗快于衣料一般由双层结构组成，紧靠人体一层由非亲水性纤维组成汗水的输导层，靠近外覆一层由亲水性纤维组成汗水散发层。

### (4) 桃皮绒

桃皮绒衣料其表面浮有一层细而短、短而密的绒毛，形状如水蜜桃表皮的外观和手感而得名。桃皮绒色彩鲜艳，有真丝绒的柔软感和透湿功能，又有化纤挺括免烫的优点。桃皮绒可做西服套裙、茄克、背心，也是运动服、轻便服的合适材料。桃皮绒时装已逐渐流行。

桃皮绒一般由超细涤纶和棉或绵纶和棉混纺然后经纱磨整理而得。桃皮绒由意大利和美国首创，日本紧跟其后，我国目前也有生产。

### (5) 砂洗真丝绸

砂洗真丝绸具有手感柔软、丰满厚实、防缩防皱和悬垂性好的风格。被广泛应用于男女衬衫、茄克衫、女子套装等，是高档衣料之一。砂洗工艺也应用于化纤纺真丝衣料，从而使砂洗产品价廉物美，前景广阔。

砂洗整理的机理是使丝纤维在砂洗剂和机械力的作用下，引起纤维表面起茸毛，同时给柔软增厚处理。

上述介绍几种市场比较受欢迎的衣料，随着高科技向纺织工业的渗透，将有多功能的衣料如防紫外线、保健性、可吃性等衣料应用。



## 20. 特殊的装潢 ——服装

服装是人类生活中非语言的信息传递媒体，是一种被物化的社会文化载体，所以在衣、食、住、行四大生活支柱中，与人的日常生活有着十分密切的关系。

服装是人类为了生存而创造的物质条件，又是人类社会生存活动中所依赖的一种重要的精神表现因素，这就使得服装具有来自生理方面的物质性和来自心理方面的精神性。服装的物质性是由实用性和科学性来体现的。所谓的实用性，是指服装对于自然环境和社会环境变化的适应性，同时也指服装所特有的保暖、吸湿、透气、散热、保护机体、便于活动等功能性及舒适性；科学性则是表示对服装的物理性能和化学性能的不断研究与开拓，使服装更加适应生理和心理的需要。服装的精神性主要表现为审美的艺术性和象征性，而人们的审美意念和象征意念都是受民族意念和时代、社会意念的制约，所以说，服装是一门横跨自然科学与社会科学的综合学科。服装有成衣与时装之分。

成衣是指近代出现的、按一定的规格、号型标准成批量生产的成品衣服，是相对于在裁缝店里做的衣服和自己家里制作的衣服而出现的一个概念。现在一般百货商场、服装店出售的都是成衣。

在世界时装之都巴黎，高级时装与成衣是两个截然不同之词。高级时装设计师加入的是“时装协会”，距今已有 124 年的历史；而成衣设计者，被称为款式设计师，他们的组织是“高级成衣协会”。法国成衣业初建于 1804 年，真正兴起是 60 年代席卷全球的“青年风暴”之后。当时年青的一代反对高级时装“由上而下”的流行方式，便成为促使 60 年代法国成衣快速增长的主要动力。随着国际经济形势的变化，巴黎的高级时装与高级成衣在 1973 年进行了改组，成立了时装、高级成衣联盟。一些世界级大师：伊夫·圣·洛朗、皮尔·卡丹、克丽丝汀·拉克华等，在做高级时装的同时，也做一些高级成衣，促进了成衣业的发展。

时装是目前在国内使用最广泛、最流行的一个概念，也是最含糊不清的概念。时装，顾名思义，可以理解为时兴的、时髦的、富有时代感的服装。时装的“时”，含有时空背景的界定范围，因此，时装并不是特指现代服装。历史上某一时期的服装，相对于那个阶段来说，都可说是时装。从国际服饰理论界的观点来看，时装至少包含三个不同的概念，即 Mode, Fashion, Style。

Mode，一般是指欧洲那些高级时装店的设计师或专门雇用的设计师设计作品，由专门的裁剪师和缝纫师在设计师的监督指导下制作出来的作品，带有尝试的含义，是一种创作，较多地体现了大师本人对艺术、对未来流行的感受。审美性大于实用性。

Fashion，一般译作“流行”，指时髦的样式。是指大批量投产、销售的成衣及其流行的状态。普及是 Fashion 的一个重要特征。从 Mode 到 Fashion，中间要经过一段过程。一种服装能否流行，关键是消费者的选择。

Style，原指书体、语调及作家的文体、风格等。用于建筑、服装、室内装饰、工艺等文化领域，译为“样式”、“式样”、“造型”等。总之，某种事物具有一定的共性和代表性时，即可称之为 Style。Style 代表某个时代

的样式，具有普遍意义。即 Style 是流行过后固定下来的样式。

服装在流行、变迁，随时空的变化而设计生产出人们所喜好的款式。同时促使纺织业的发展。

## 21. 青春永驻 ——织物的熨烫

日常生活中经常遇到熨烫衣物的事情，刚做出的新衣服需要熨烫或高压定型（西服）；穿久的衣物需要熨烫除皱。对于非热敏性纤维如棉、麻、丝、毛等织物，熨烫的原理主要是利用纤维受热而弹性模量降低，使织物容易平挺，而在一定热度下，纤维或多或少具有一些可塑性，从而保持平挺的形状。对于合纤和醋纤等热敏性纤维来说，熨烫也是一种热定型过程。由于这些材料在加工的过程中使分子间具有一定的内应力。熨烫加热时，由于外加的热量使分子长链开始振动，达到一定程度后氢键开始断裂，便单根长链松弛而达到最低位能，长链有所缩短，此时迅速冷却下来，氢键冻结而张力松弛、完成热定型效果。

所用纤维的材料不同则各织物的熨烫温度和要点有所不同。

棉织物：适当熨烫温度为 180 ~ 200℃，容易熨烫，可保外形，不易伸缩，一般不易生“极光”，喷水后可用高温熨，深色者宜熨反面以免生“极光”（极光是熨烫后产生不悦目的光亮）。白色织物必要时可经漂白上浆再熨。

亚麻织物：喷水后先用高热熨斗熨反面，再熨正面，熨斗推得长，可生光泽；如果不要光泽，可只熨反面。褶裥处不宜重压熨烫，以免致脆。白织物一般不必再漂，必要时用稀漂液漂，再上轻浆后熨平。熨烫温度 140 ~ 200℃。

毛织物：熨烫温度 120 ~ 160℃，宜在半干时从反面衬湿布熨，可免发生“极光”或烫焦，在袋边或缝脚处最易烫出“极光”，台面宜垫羊毛织物，使烫出的衣服外观柔和，最好用蒸汽熨烫，通常不漂不浆。

丝织物：熨烫温度 120 ~ 150℃。织物先拉平到原状，在半干状态时熨反面，如熨正面则需衬布，温度过热会泛黄。要除皱纹可覆盖湿布而用熨斗压平。通常不漂不浆。

粘胶或铜氨纤维织物：熨烫温度 120 ~ 160℃。最好用蒸汽熨烫。没有条件时可喷水或是在半干状态下熨烫。粗厚织物可像棉织物那样烫，但温度稍低；松薄织物需在反面衬复棉布或毛巾后，用稍低温度熨反面，以免烫焦烫黄。领口袖口处务必衬布烫，否则易生“极光”。熨烫时不宜用力拉扯，以防变形。如果织物易皱，可稍上薄浆，必要时才漂白。

锦纶及其混纺物：熨烫温度 120 ~ 150℃。纯锦纶织物一般不必熨烫，必要时趁潮垫以衬布在反面用低温熨烫。

涤纶及其混纺物：熨烫温度在 140 ~ 160℃。一般不必熨烫或仅需稍加轻熨。薄织物尤需轻熨。熨烫时注意保持服装平整，如果烫压成皱较难去除，熨烫时温度过高易引起变色，深色衣料宜熨反面。

腈纶及其混纺物：熨烫温度 130 ~ 150℃。必要熨烫时宜衬湿布，熨烫不宜久，温度不宜高。

维纶及其混纺物：熨烫温度 120 ~ 150℃。熨烫必须待织物凉干，并垫以干布，否则易引起收缩和水渍。

总之在熨烫中注意衣服所用材料，选用适当温度熨烫，时间不宜过久。避免产生收缩、变色、变形、硬化、极光或破损的毛病。

## 22. 物尽其用 ——拔印桑绸织物的工艺

桑绸丝织物是国际上一种久盛不衰的传统服装用面料，由桑绸纤（绢纺落绵纤维）经特殊的工艺纺纱制织，织物具有丝绸感好、染色鲜艳、吸湿性强、舒适、飘逸、粗犷的独特风格，深受国内外消费者的欢迎。

桑绸由纤维系绢纺落绵纤维，其长度在 1.5~65 毫米，性能差异大，超长纤维多，含杂高，强力低且导电性能差，适纺性亦差。采用转杯纺，转杯纺强度较环锭纱低 15~20%，且纱身粗糙，毛羽较多，但已能满足机织、针织织造要求。

纺纱工艺流程为：清花 梳棉（二次梳理）并条（一道）转杯纺打包入库。

工艺特点：清花以多松多梳早落少碎为工艺原则，采用 A006B 或 A036 型机。梳棉应采用紧隔距、强分梳、少返花、早释放、快转移的工艺原则。二次梳理改善纤维平行伸直度。并条宜重加压、低速度，适当收紧隔距，以控制长度差异。用国产转杯纺设备，分梳辊齿不宜过密。工作角度不宜太小，采用高速 7000 /min。相对湿度为 80% 为宜。

根据纱线特点，决定其织造工艺路线采用以小张力、保弹性、重被覆、中上浆、小开口、低后梁和高湿度的工艺原则。

## 23. 食品工业的白色革命 ——豆奶

我国是大豆的故乡，已有五千年的栽培历史。大豆加工是我国宝贵的科学文化遗产的一部分。豆腐和豆浆早已成为我国民间的大众化食品。

我国传统的豆浆带有豆腥味、苦涩味和焦糊味。这一特殊的风味缺陷限制了它的发展。但由于大豆的营养价值很高，各国的营养学家们呼吁人们增加大豆蛋白的摄入量。不论是在发达国家还是发展中国家，发展大豆蛋白食品已成为一条提高食物营养质量的重要途径。近数 10 年来，在食品科学家、营养学家和工程技术专家的共同努力下，已将我国传统的小吃豆浆发展成为工业化的乳制品——豆奶。

在解决风味问题方面，科学家们发现了脂肪氧化酶。它可以催化氧分子氧化脂肪中顺—1,4 戊二烯成氢过氧化物。当大豆破碎后，只需有少量水存在时，这种酶就可以与脂类底物反应，发生氧化降解，产生豆腥味。用现代分析手段，已鉴定出近百种氧化降解产物，其中己醛是豆腥味的主要成分。科学家们发现，脂肪氧化酶的耐热性很低，当温度高于 80℃ 磨碎大豆时，基本上测不出分解产物。这已成为现代豆奶生产中的一个基本工艺条件，即 80℃ 以上的热磨法。

在研究大豆的营养价值时，科学家们又发现，大豆中含有一种胰蛋白酶抑制物，它会降低人体胰脏分泌的胰蛋白酶的活性，从而降低了蛋白质在人体内消化率，降低了蛋白质的营养价值。这种酶很耐热，不易破坏，在 100℃ 加热，需 14~20 分钟；110℃ 加热至少 6 分钟；120℃ 加热至少 3 分钟。所以在豆奶生产过程中，加热条件的确定均以钝化这种物质的活性为依据。因为脂肪氧化酶的耐热性远低于胰蛋白抑制物的耐热性。

在改善豆奶风味和口感方面，工程技术人员发现真空脱臭法是除去豆奶中不良风味的一个有效方法。他们将加热的豆奶在高温下喷入真空罐中，部分水分瞬间蒸发，同时带走挥发性的不良风味。为了使豆奶组织细腻、口感柔和、稳定性好，在生产过程中均采用超微处理，即用胶体磨将豆浆磨至颗粒直径在 1 μm 以下，同时进行二次均质处理，将经微化处理的豆奶在高压下瞬间喷出，使豆奶颗粒碰撞膨化，均质的压力一般在 200kg/cm<sup>2</sup> 以上，温度在 65℃ 以上。日本精研舍株式会社的豆奶生产线包括如下工序：

全豆 脱皮 钝化脂肪氧化酶 磨碎 分离 调制 豆奶 超高温加热 真空脱臭 均质 冷却 包装。

瑞典 a-Laval 公司的豆奶线与日本有所不同，主要包括如下工序：

大豆 浸泡 磨碎 分离 浆体 瞬间加热灭酶 离心分离 调制 超高温灭菌。

由于豆奶不含胆固醇，而含大量的亚油酸和亚麻油酸，对心血管有很好的保护作用。豆奶中的蛋白质含量和氨基酸组成均优于牛奶，其消化率也很高。因此，在全世界豆奶的消费量迅猛增加，被称之为“白色革命”。

## 24. 可饮用的矿藏 ——矿泉水

远在古代，人类就已经利用矿泉水和疗泥进行治疗了。在罗马时代，矿泉水和温泉的利用已很盛行，在当时的论文中，可以找到矿泉水的分类雏形。由于工业污染的日益严重和人们对矿物质营养的深入了解，近几十年来，矿泉水的开发一直以高速度发展。

关于矿泉水，不同的国家有不同的定义。其中广泛接受的是德国的定义：“矿泉水是天然的，从天然或人工开出的泉中得到的水，1kg 这种水中含有不少于 1000mg 溶解的盐类或 250mg 游离的二氧化碳，它是在矿泉所在地用限定容器包装的……”在现代矿泉水的定义中，除了上述条件外，更注重卫生质量。有的国家甚至还规定了 1 升水中不同元素的含量。矿泉水的分类有两大体系，一种是苏联和日本的体系，一种是西欧的体系。按照苏联和日本的分类体系，将矿泉水分为六大类：（1）碳酸氢盐型，在这一类中又分为钠质泉、钙质泉和镁质泉；（2）氯化物型，这一类中又分为钠、钙和镁泉；（3）硫酸盐型，同上述一样也分为三种。（4）成分复杂型，包括氯化物碳酸氢盐泉、硫酸盐碳酸氢盐泉和氯化物硫酸盐泉。（5）含有生物活性离子的泉水，例如 Fe、As、Br、I、Zn、Li 等。（6）含气体的矿泉水，包括碳酸水、硫化氢水和放射水，这一类主要用于洗浴。

矿泉水的开发，要进行地质勘探，开展矿泉形成和贮存条件的研究，矿泉水资源及动态研究，矿泉水物理——化学特征及运动条件的研究，矿泉水资源动态的研究和医疗特性的研究。其中化学评价是必不可缺少的，它包括测定矿泉水的电导度、PH 值、气体及蒸发残渣，如果认为有进一步评价的意义，则进一步的工作是测定水中七种主要成分，即钠、镁、钙、碳酸氢根、硫酸根和氯离子，再结合水温已能基本确定是否有开发价值。作为饮用天然矿泉水，还须具备下列条件：口味良好、风格典型，含有对人体有益的成分，有害成分不得超过标准，在保质期内不发生外观和口味的变化，微生物指标符合饮用水标准。

矿泉水的生产工艺包括：

矿泉水井 自流或引水 贮存 粗滤 灭菌 精滤 灌装 成品。

随着现代科技的发展，不少新技术和新设备广泛应用于矿泉水的生产过程中。例如膜过滤技术的应用，可以分离出直径在 0.001  $\mu\text{m}$  以上的粒子，有些细菌也无法通过；臭氧杀菌技术的应用和无菌灌装设备的引进，使得矿泉水更干净、更安全。

但是，我们不要忘记矿泉水像金矿、铁矿和煤矿一样，也是矿藏，受国家法律保护，不得随意开采。

## 25. 来自感官的科学 ——风味学

在日常生活中，人们经常用自己的感官来判断周围环境和某一物体的好坏。当人们闻到花香会心旷神怡，吃到美味的佳肴会感到食欲大增，饮到美酒会精神振奋，这些表现均是由于物质的风味通过人的味觉器官而对人体的神经产生刺激的结果。它在食品科学领域内有着重要的意义，近年来逐步发展为一门新的学科分支——风味学。

人的味觉器官是舌头，舌上有味蕾，成人的味蕾有 9000 个。人的舌头的不同部位对不同的味道灵敏度不一样。一般来讲，甜味感在舌尖部，酸味感在舌的两侧边缘部位，苦味感在舌的根部，咸味感在舌尖和舌的边缘部。舌的前部对味最敏感，反应最快，但消失也快。

人的嗅觉器官是鼻，位于鼻腔前庭部分密集排列着一种叫做嗅细胞的感觉细胞。人的鼻腔每侧有 2000 万个嗅细胞，每个嗅细胞上又长着几根甚至几十根的嗅纤毛。气味分子首先被嗅纤毛吸附，然后对嗅细胞产生刺激转化为电信号传入中枢神经。

人类的味觉和嗅觉有其自己的特性，包括反应敏锐、容易疲劳、易产生适应和习惯性、个体差异较大等，这些都需要在日常工作中加以克服。

食品中的味是复杂的，难以用语言逐个表达。日本学者河村提出在甜、苦、咸、酸四原味的基础上，增加鲜味作为基本味。实际中，除了上述五种基本味外，有些味（例辣味、麻味、涩味、腻味等）也承担着食品味觉的重要部分。至于气味的种类就更多了。有机化学家们认为，在 200 万种有机物中，五分之一有气味，所以气味也至少有 40 万种左右。对于气味的分类有多种方法，一种是用七个词汇将气味分成樟脑臭、刺激臭、醚臭、花香、薄荷臭、麝香气味和恶臭七大类。另一种将气味分成六种基本味，即药香味、花香味、果实味、树脂味、腐败味和焦臭味。还有的根据气味的保留性分为上面香群、中间香群和基底香群三大类。

风味之间也会发生各种作用。两种风味混合起来会发生中和或抵消或掩盖的现象；同样，有时两种风味混合起来会起到加成或增效的作用；当然有时也会发生变味或产生双重味。无论哪一现象在不同的情况下和不同的食品中，有时是有益的，有时则需要避免。

在食品工业中，随着人们对食品的色、香味的深入研究，一门新的科学——食品品尝科学应运而生。它是以人的感官器官作为分析仪器对食品的外观质量进行全面分析，从而保证所生产的食品质量均一，有很强的吸引力，这是任何精密分析仪器所不能代替的。在全世界范围由于将感官品尝学与多变量解析数学和计算机结合起来，对于研究消费市场变化、食品价值功能、全面质量控制、人类工程学等内容起到了巨大的作用。

## 26. 来自电磁波的热能 ——微波能

火的发现和利用是我们的祖先最重要的科技发现，其意义是使人类从生肉、野果的原始状态进入了熟食烹饪的饮食文明阶段。可以说，食品工业与火结下了不解之缘，其实火只是提供了一种加热手段。随着电的发现，电热、红外加热为食品工业提供了更为先进的加热方式，使食品工业实现自动化成为可能。但是，传统的加热方式基本上是由热源通过传导、对流、辐射的原理对被加热物进行加热，由于这种加热方式是由表及里逐步进入的，因而传热速度慢是很难解决的问题。

在电子技术迅猛发展的时代，电磁波地发现使人们进入了信息社会。同时，作为电磁波的一种——微波技术也为工业加热提供了一种全新的加热方式。在微波炉内，找不到任何利用传导、辐射、对流的热源，那食物是如何被加热的呢？原来微波是利用食物分子的相互磨擦来产生热量的。我们知道，所有的物质都是由分子组成的，在不同的物体其分子排列是不同的。由于食物中分子也有正、负极，当微波处于正半周时，会吸引食物分子的负极，而处在负半周时，就吸引食物分子的正极。由于微波的频率很高，在一秒内达  $300 \sim 3000000 \times 10^6$  次，这样食物内部的极性分子在它的“吸引”下亦以同样的频率运动着，结果彼此之间的磨擦和碰撞便产生了大量的热量。这些热量产生在食物内部，不需要传热时间，所以能在很短的时间内迅速把食物煮熟。据测算，微波加热时间只是传统加热时间的四分之一左右。除了上述时间短的优点外，由于不需传热介质，对空气基本不加热，所以能量损耗少，热效率高，大大节省能量。此外，微波加热还具有加热均匀，无外焦内生，干净卫生不污染食品，操作方便，容易控制等优点。

在食品工业中，应用微波能是60年代开始的。美国几家公司分别研制成功了曲折波导加热器。以后又发展了微波与热空气或饱和蒸汽相结合的设备。目前，微波已开始应用于冷冻食品的“回温”解冻、食品的干燥、食品的杀菌、食品膨化和预烹调等食品工业领域内。“回温”是指将冷冻食品的温度从深度冻结状态上升至 $-5^{\circ}\text{C}$ ，这样既可以进行加工，又保留了水分和营养物质，同时保持了色泽和鲜度，这用传统加热方式是很难办到的，但微波技术却解决了这一难题。块状物体的干燥是干燥领域内的难题，利用传统加热方式由于外部水分蒸发，内部水分向外扩散的方向与热传递方向相反，所以干燥速度非常低，而采用微波加热技术后，使其传热方向与水分扩散方向都是由内向外，所以大大缩短了干燥时间。将微波技术应用于食品杀菌工艺中，可以在较低的温度下，较短的时间内达到灭菌效果，既节约了能耗，又保持了食物中的营养素，是一种非常理想的杀菌模式。关于微波的杀菌机理还有待于进一步研究，目前的观点是除了热力杀菌因素外，还存在所谓的非热效应。此外，微波技术在促进发酵、中止发酵、加速白酒陈化、提高食品保质期方面都会起到很好的作用。



## 27. 古老而现代的实践 ——膜分离技术

早在 1748 年耐克特首次发现将一只装有酒精溶液的猪膀胱放在水中,其外面的水会透过猪膀胱进入内部,这首次揭示了膜分离现象。随后,各国科学家经过了 200 多年坚持不懈的努力,直到本世纪 60 年代中期,以美国为首的科学家首次推出人工膜产品,用于生化制药、食品饮料、海水淡化等行业。近二、三十年来膜分离技术及膜产品得到迅猛发展,各类新型膜品种、膜设备应运而生,得到广泛应用。国际上一些权威科学家曾经指出:“如果说 70 或 80 年代称作电子革命时代,那么 90 年代将是膜分离技术的年代。”

膜分离技术以天然的形式早已在动物、植物身上发挥作用。在自然界,植物通过根系和躯干上的薄膜,从土壤中吸取营养成分、维持生命;动物和人则在各种不同膜的作用下,将吞食的食物进行消化、分离、吸收,排出糟粕。这些膜是动植物赖以生存自行生长的膜,我们统称为天然膜。基于此理,所谓膜分离技术就是对双组分或多组分的溶液中的溶质和溶剂进行分离、分级、提纯、浓缩的一种方法。被分离的溶液常常是在压力作用下,通过膜的物理、化学结构而进行分离的。

膜按其功能可以分为微孔过滤膜、超滤膜、反渗透膜和气体分离膜四大类,其孔径与分离对象各有差异。微孔过滤膜,其分离孔径在  $0.1\ \mu\text{m}$  以上,主要对微小颗粒性物质进行分离;超滤膜,其分离孔径为  $0.001\ \mu\text{m}\sim 0.1\ \mu\text{m}$  之间,对大分子型物质进行分离;反渗透膜,其分离孔径在  $0.001\ \mu\text{m}$  以下,可对离子进行分离;气体分离膜,主要用于氧气的富集和氮、氢气的分离。例如,在含蛋白质的溶液中,选择适宜的分离膜,能将欲提取的蛋白质与杂蛋白和水进行分离,从而获得精制的蛋白质。含有杂质和细菌的水,经过膜的分离作用,可制备出无杂质、无细菌的饮用水。海水和苦咸水,通过膜的作用可以变成可饮用的淡水和纯水。

膜分离装置主要是由膜组件、管道、阀门和压力表连成一体,采用并联形式连接膜组件。

膜分离技术与传统工艺相比较,具有能耗低,占地面积小,处理速度快,分离精度高,安装拆卸方便,操作调试简单等优点。目前已经应用的领域有:海水淡化,无菌水的制备,天然果汁的浓缩,药物的提取,蛋白质的精制和浓缩,奶制品的深加工,化工产品的分离,特殊气体的富集和净化等。其经济效益和社会效益十分显著。

## 28. 干燥技术的革命 ——真空冷冻干燥

真空冷冻干燥又称真空冷冻升华。它是把冷冻、真空、加热干燥等几项技术结合起来的一项综合性的边缘学科，是对热敏物质干燥的一种特殊技术。

真空冷冻干燥技术创始于本世纪 60 年代。在最近 20 年来有了较快的发展。美国自 70 年以来，每年生产冷冻干燥食品 200 吨，产品有 50 余种，除军队外，还用于宇宙飞行、旅游、登山、航海等野外作业。在欧洲 40% 的咖啡是采用冷冻干燥生产的。冷冻干燥食品都有一个共同的特点，即原料价格昂贵，对热加工敏感，这样才可以负担起昂贵的加工费用。

物质在冷冻和真空状下进行干燥，其中的水分由冰结晶直接升华为水蒸汽而排出，不需经过由冰 水 汽的过程。这样，干燥后的物质其物理、化学和生物性状基本不变，物质呈多孔状，其体积与干燥前基本相同。而且干燥物加水复原性很好。随着技术的发展，真空冷冻干燥的优点逐渐被人们认识和接受。

(1) 物质经冷冻后，物料中的水分以冰晶态存在，物料的其他成分被均匀冻结在物料中，当冰升华时，物料中其他组织被保留下来。因而干燥后的制品可保持原来的物质结构和外观，不会发生收缩和龟裂，不会造成表面硬化。

(2) 物料在低温下进行干燥，使制品中不稳定成分在干燥中不会变性，营养成分损失很小。因此可以认为升华干燥是一切生物的、化学的及其他一切热敏物质干燥的最安全的方法。

(3) 真空冷冻干燥的产品呈海绵状，组织疏松，只要用冷水或温水浸泡，很快就能恢复原来的性状。复水率可达 90% 以上，而且容易。

(4) 真空冷冻干燥能排出 95 ~ 98% 以上的水分，有利于制品的贮存和运输。在密闭条件下，至少可以保存二年以上。

(5) 真空冷冻干燥的食品对于调节市场淡旺季，交流各地特产，满足特殊需要（如军队、航天、航海、野外作业）有着重要的意义。

为了简化冷冻干燥设备，缩短干燥时间。科技人员将微波加热装置引入了真空冷冻干燥设备中，使过去的干燥时间长达 20 ~ 30 小时，缩短为 3 小时以内。主要设备有：预冷室、干燥箱、冷阱、真空泵、微波发生器、制冷机组。在预冷室中将食品冷冻至 -25 ~ -40 。在干燥箱中，由微波发生器提供升华所需的能量，使物料内外加热一致，水分升华为水蒸汽，在真空系统的作用下排出箱外。

目前，微波真空冷冻干燥技术已广泛应用于血浆、菌种、骨骼、皮肤、角膜等生物体的保存。一些贵重和热敏药品（如酶、疫苗、激素、抗生素等）也开始应用此技术。在食品工业中，咖啡、海产品、水果、蔬菜、调味品的脱水也是重要的应用领域。此外，在解剖学、病理学、动植物学、生理化学等研究方面，真空冷冻干燥技术正发挥着重要的作用。

## 29. 调酒专家 ——计算机

白酒是中国的国酒，是我国劳动人民勤劳智慧的结晶。调酒（又叫勾兑）技术在白酒生产中起着关键的作用。中国酒界有一句行话：白酒“生香靠发酵、提香靠蒸馏，成型靠勾兑”。可见勾兑调味技术在中国白酒酒色、香味等典型风格形成中所起的重要作用。

无论是我国，还是世界上盛产名酒的国家，调酒技术一直是由具有多年实践经验的勾兑师，凭借敏锐的感官品尝和丰富的勾兑调味经验来完成的。这是一项复杂而精细的脑力劳动，由于感觉的随意性和酒的多样性，掌握此技术的调酒师必须有旺盛的创造力和丰富的想象力。所以有人说，调酒是“三分技术，七分艺术”。由于人的感官随着年龄增长而衰退，经验丰富的老专家因视觉、嗅觉或味觉的衰退而力不从心；感官敏感的年轻人，又往往缺乏实践和经验，这个矛盾对继承和发展传统的调酒技术十分不利。

60年代以来，由于食品分析技术的发展，白酒中许多微量香味成分的作用得到了充分认识。在对白酒中微量香味成分与酒香、味、风格关系逐步有了较清楚的认识的基础上，就开始研究勾兑调味技术。以后就发展为通过数字计算来调整酒中各种香味物质的含量及其量比关系。这就是计算机勾兑调味技术的前身——数字勾兑，它为计算机勾兑调味的成功应用奠定了基础。

要实现计算机调酒的完整与成功，必须解决下面的问题：（1）白酒调味工艺和调酒专家经验的系统总结。（2）通过色谱技术，分析酒中微量香味成分，结合感官品尝，确定各种香型白酒的主要理化指标体系。（3）应用心理物理学和模糊数学方法，结合勾兑师的品酒术语，找出白酒香、味、风格描述和测量方法，并确定各种香型白酒的感官指标体系和测量表。（4）应用复杂系统理论，探索白酒调味过程的规律性。（5）建立数学模型和人工智能专家系统。

计算机勾兑优化系统，首先将准备使用的半成品酒用气相色谱仪进行分析，测出各种微量香味成分的含量比例，将分析结果与勾兑要求输入计算机，计算机给出最优的勾兑方案，把不同的窖池、不同批次、口味各异的半成品酒按一定比例混合起来，得到了质量稳定、口味协调、风格统一的基础酒。与之相比，人工勾兑常常需要几十次勾兑试验，花几天时间；而计算机基本上一次成功，只要几分钟就可完成。同时计算机勾兑还克服了每个人的个体差异和同一个人不同时间和状态的感觉差异，这样更有利于酒质的稳定。计算机成为现代的“调酒大师”，使勾兑与调味这个“宝葫芦”已不存在什么秘密。

### 30. 发酵乳品中的香槟 ——开菲尔

开菲尔(kefir)在土耳其语中是表示祥和幸福之意;在阿拉伯语中有健康、嗜好、醉意之意。而在乳品工业中它却是一种古老而新型的酒精发酵乳饮料的名字。从1900年至今“开菲尔”一直是人们研究乳品的重点。它原产于高加索地区,是以牛奶为主要原料,添加含有乳酸菌和酵母菌的片状发酵剂,经发酵而生成的具有爽快的酸味和起泡性的酒精保健性乳饮料。

许多乳品专家和营养学家对“开菲尔”大加赞扬,称它为“乳中之香槟”、“大自然的惊异”和“奇妙的发酵乳”等,并认为它不仅具有过去饮料中所没有的爽快感和风味,而且在营养上属于低热值、低糖,富含蛋白质、维生素和矿物质的保健饮料。

“开菲尔”除了含有丰富的营养成分外,还具有抑制肠道腐败菌繁殖,改善老年人便秘,促进消化液分泌,提高肝功能,降低血中胆固醇,抑制癌症等功能。直到现在俄罗斯的医院或疗养院里广泛食用“开菲尔”,作为胃肠病、代谢病、糖尿病、高血压、心脏病和过敏症患者的饮食疗法。

在古时候,北高加索地方的山岳民族,将牛乳或山羊乳装入皮的口袋中自然发酵产生“开菲尔”,饮用后其残余物再补加牛乳继续进行发酵。经长时间反复使用,皮袋中形成不规则的白色颗粒状物,此乃“开菲尔粒”的起源。有人分析认为,“开菲尔粒”是一个天然的固定化微生物共存的生命体,不同的微生物彼此之间相互依存,从中分离出的微生物有:中温性同型发酵乳酸球菌、中温性异型发酵乳酸球菌、高温性乳酸杆菌、中温性乳酸杆菌、醋酸菌、酵母菌等。乳酸菌首先分解乳糖,由其生成的乳酸形成酸性环境,从而有利于酵母菌进行酒精发酵,同时生成弯曲状长杆菌的生长促进物质,该菌则利用乳糖分解产物——葡萄糖而产生粘性物质膜,由这种粘质膜将其他微生物粘附形成特异的块状体,醋酸菌又利用酵母菌产生的酒精发酵生成醋酸,同时醋酸菌在发酵时又消耗了环境中的氧气,为酵母菌和乳酸菌的发酵创造了条件。

随着科技进步,“开菲尔”生产工艺已实现了现代化。将脱脂乳经90℃灭菌10~15分钟后冷却至20~25℃,按1:20~50的比例添加“开菲尔粒”,在18~22℃发酵24小时,中间和最后各搅拌一次,然后过筛滤得“开菲尔粒”仍做一代种子,滤出的“开菲尔液”按1~3%的比例添加到经杀菌和冷却的脱脂乳中,在20~23℃下发酵15~16小时,冷藏作为第二代种子。原料牛乳经灭菌和均质后,冷却至25℃左右,添加2~3%的二代种子发酵10~12小时,将凝固好的发酵乳加热至87~90℃搅拌打碎,冷却到14~16℃,放置12小时进行后熟,最后冷却灌装,此为弱型发酵。如果将发酵时间延长,则为中发酵或强发酵,发酵时间愈长,酸度和酒精含量愈高,风味各有差异。

### 31. 从军用到民用 ——软罐头的使命

长期以来，保存食品的方法一直采用盐渍法、脱水干燥法、冷冻保藏法，而罐藏法则是一直普遍使用的方法之一。传统的罐头包装容器主要是金属罐和玻璃瓶。这种包装形式有其一定的优点，但也有携带和开启不方便的缺点。本世纪初，由于塑料工业的发展和金属加工技术的进步，为研制新型罐头包装容器提供了条件。

1959年，美国陆军“纳蒂克发展中心”开始研制可耐高温杀菌的复合膜，成功后为美国大陆制罐公司创制，其包装的食品曾作为“阿波罗11号”宇宙飞船带上月球的食物。日本东洋制罐公司获取此情报后，自1963年开始加速研制，于1968年抢先在世界市场上销售。我国从本世纪70年代开始研制，1986年已投入工业化生产。

软罐头食品是采用多层复合薄膜制成蒸煮袋，对经过加工处理后的农副产品装袋、熔封、杀菌、冷却而制成的新型罐头食品。由于采用软质的包装材料，故称作软罐头。它与传统罐头相比，具有重量轻、体积小、传热快、易携带、易开启、食用方便、包装品种多等优点。

软罐头的关键是蒸煮袋，这种袋必须具有气密性好、防潮、热熔封合、无毒、无臭、无味、耐热、耐油、耐寒、耐腐蚀、防止光透过、适应机械操作、外层印刷性能好等优点。一层薄膜是很难达到上述要求的。就要选择几种薄膜加以复合或涂层，采取扬长避短充分发挥各自的特点。

作为蒸煮袋的材料经常采用的有聚酯(PET)、聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)、尼龙(PA)、铝箔及粘合剂等。

聚酯薄膜具有机械强度大、挺力强、耐冲击、耐热性和耐寒性好，有很好的防潮和耐腐蚀性，印刷性和机械操作性也较好，所以常用作蒸煮袋的外层材料。

聚丙烯和聚乙烯薄膜透明度高、弹性大、耐油、耐酸、防潮、防水、热熔性好，但防止氧气和光透过率一般，所以常用作蒸煮袋的内层。

尼龙具有优良的耐热性、耐寒性，而且抗撕裂和耐针穿性好。因此与其他薄膜复合时能起到增强、加固、耐折裂、阻隔气体的作用，是软罐头食品包装材料不可缺少的基材之一。

铝箔具有优良的气体隔绝性和遮光性，但不耐弯折和针刺，所以最好在其内外用塑料薄膜进行复合，即铝箔作为中层最理想。

蒸煮袋材料的复合一般有三层和四层之分。

三层的有：聚酯/铝箔/聚丙烯等四种。

四层的有：聚酯/铝箔/尼龙/聚丙烯等三种。

制好的蒸煮袋，经检验合格后，即可用于包装食品。制成的软包装食品，既保持了应有的营养价值，又使色、香、味俱全，而且食用时加热冷却均可，开启方便，深受消费者欢迎。

## 32. 肠道清洁工 ——肠内乳酸菌

肠内细菌与人老化有关的论点始自 1900 年。其主要依据是人体的老化是由于肠道中腐败菌类分解食物残渣所生成的毒素使人发生慢性中毒而引起的。当时，常食酸乳的保加利亚人长寿者居多，因而酸乳食品引起了世界的广泛重视。1945 年美国完成了完全无菌动物饲养技术之后，用此无菌动物进行实验，表明肠内细菌对动物的营养、免疫功能和抗突变功能有着重要的作用。无菌动物肠内完全没有细菌，其体内抗原刺激少，与免疫有关的组织发育很弱，抗体产生细胞为一般动物的 1/3。将无菌动物放入自然环境中，几天后则得到正常的抵抗力。这说明肠内细菌与身体抵抗力密切相关。随着乳酸菌发酵乳的研究，对其菌种构成和保健效果也引起了广泛重视。

根据肠内菌丛各生理性质对人体健康的影响，可将其分为有益和有害两大类。有害菌对人体起致病作用；而有益菌对人体是共生关系，可以促进人体消化吸收、抑制肠内腐败、增加疾病抵抗力。有益菌构成肠内菌丛是良好平衡关系的基础。而有益菌中的乳酸球菌和杆菌已为人们所熟悉。乳酸菌的种类有 200 多种，能在人体肠内定居者仅有数种，其他则因胃酸而死亡，因此为了健康，必须选用在人肠内定居性强、繁殖旺盛的菌株。同时还要考虑共生，与其他菌配合使用。为了增加乳酸菌在肠内的定植量，近年来向酸乳中追加双歧乳杆菌和嗜酸乳杆菌已成为重要的手段。

双歧杆菌是 1899 年由法国巴斯德研究院从健康母乳喂养乳儿粪便中分离出来的一种 Y 字型专性厌氧菌。由于具有分枝状态，所以又称双叉杆菌或分枝杆菌。婴儿双歧杆菌是乳儿菌的代表种，短双歧杆菌也是从乳儿粪中分离的代表种。青春双歧杆菌是从成人中分离出来的代表种，在有双歧杆菌的成人中，近 100% 可分离到这种菌。双歧杆菌具有很强的保健作用，归纳起来有（1）抑制肠内腐败菌；（2）防止有害物质的吸收；（3）改善下痢和便秘；（4）促进人体内维生素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>6</sub>、B<sub>12</sub> 的合成；（5）抗癌作用。

近 20 年来各国对这类菌进行了开发应用的研究。但由于这类菌是专性厌氧菌，营养要求较复杂，抗酸性弱等原因，给生产利用带来不少烦恼，产品中的存活量较少，存活期较短。可喜的是，人们通过研究在克服这些不利因素方面取得了很大成绩。60 年代初分离培育出耐氧型菌株，对解决双歧杆菌在体外难以繁殖和存活的问题起到有益的作用。现在耐氧型菌已经在生产中得到应用，为人们提供了新型的活菌保健饮品。

近 20 年来，人们在研究双歧杆菌的同时，对嗜酸乳杆菌也进行了大量的研究。因为许多有益菌能否在肠道中存活是其保健作用的关键，而存活的首要条件是能够抵抗胃酸和脱氧胆酸的能力要强。有人试验嗜酸乳杆菌在胃液培养基中存活率为 59% 和 37%，而其他菌种却只有 0.65 ~ 0.01%。双歧乳杆菌也有类似特性。

嗜酸乳杆菌进入肠道之后，能代谢糖产生乳酸等物质，使得肠道内的 PH 值下降，抑制了有害菌的活性，维护了肠道内有益菌的活性。同时，这种有益的乳酸发酵替代不利的腐败性发酵。对于人体因使用抗生素或射线治疗及劳累过度等情况而造成的肠道菌群失调现象有协调作用，这在临床上很有意义。由于有益代谢能很好地降低粪便细菌酶的形成量，所以可防止致癌前体物质的形成，并能有效地降低人体内的胆固醇含量。嗜酸菌进入肠道中，能

对粪中残存的乳糖进行代谢，对乳糖酶不足的人极为有益，这对亚洲人更有现实意义。科学家们建议人们必须连续每天每人食用 250 毫升含  $1 \times 10^8 \sim 2 \times 10^9$  /毫升活性嗜酸乳的制品。

### 33. 不吸收的营养素

#### ——膳食纤维

人的生命活动所需的营养素有蛋白质、脂肪、糖类、维生素、无机盐和水，称之为人体营养的六大要素。它们是保证人体健康不可缺少的物质基础。但是近几年来，有另一种食物成分引起了营养学家们的广泛重视，它就是不能被人体消化系统的酶分解的、更不能被人体吸收的一类物质，我们称之为膳食纤维。它包括纤维素、半纤维素和不含多糖的木质素。

膳食纤维在过去的营养学上很少提到，不把它列入营养学范畴，认为它无重要的营养价值。随着历史的发展，人们生活水平的提高，一些“现代文明病”引起了人们重视，例如心血管疾病、直肠癌、结肠癌等。据科学研究证实，经常食用含粗纤维丰富的食物的人，上述疾病的发病率显著减少。例如美国人直肠癌的发病率高于日本 10 多倍。就与摄入食物中粗纤维的含量有明显的关系。美国 1981~1986 年 5 年中直肠癌发病率 56/万，而在日本的美国人经常吃一些粗纤维的食物，直肠癌的发病率仅为 0.74/万。食物中如果长期缺乏粗纤维，就会造成习惯性便秘、大便困难、食欲不振、头晕无力、恶心头苦、全身不适等轻度毒血症表现。

粗纤维在人体内起什么作用呢？我们知道人的粪便主要是由一些食物残渣组成，在大肠内细菌会分解这些残渣产生腐败产物，如吲哚、腐胺、酚等有害物质，这些物质如不及时排出而被吸收入血，会导致慢性内源性自身中毒。如能经常进食一些富含粗纤维的食物，就能增加肠蠕动，促进排便，减少粪便中有毒物质对肠壁的刺激。动物性食品摄入过多的人，其体内胆固醇和血脂往往过高，这是心血管疾病的病因之一。摄入一定量的膳食纤维，能吸附食物中部分胆固醇，阻止其吸收，抑制血脂增高，降低血清胆固醇。粗纤维有利于正常人肠道内有益菌的生长繁殖，使胆固醇转化为粪固醇，迅速排出体外。动物性脂肪摄入过多的人，肝脏分泌胆汁增加，由于肠道厌氧菌的作用，高浓度的脂肪酸和胆酸生成致癌物——亚硝胺、仲胺和二胺等，增多了肠癌的发病机会。粗纤维能减少亚硝胺的生成条件，降低致癌因子。

粗纤维是不可忽视的重要营养素之一。它的来源主要是水果、蔬菜、瓜类等含果胶丰富的食物和未经粗制的面粉、豆制品。在发达国家膳食纤维食品已是一种重要的功能性食品。它们有的是利用麸皮、豆腐渣或果胶等制成的“膳食纤维粉”，在用餐时由食用者自己添加；有的则是将粗纤维（如麸皮、豆渣等）添加到原料中，制成各种美味可口的食品，如饼干、面包、果酱等。所以有人称膳食纤维是不能吸收的营养素。



## 34.1 + 1 > 2 ——食品的营养强化

当我们的食物中长期缺乏一种或几种营养素时，我们就会患营养缺乏症。解决这个问题的方法有两种：一是增加富含此种营养素的食物的生产和供应，这往往会受到客观条件的限制；另一种方法是将所缺乏的营养素直接加入一定的食品中，增加其含量，这叫做食物的营养强化。它是提高食物营养价值，改善人民营养状况的一种常用方法。

食品的营养强化出现在 50 年前，近 20 多年来有了迅速的发展。目前，强化食品的种类繁多，从食用角度分，有米、面等主食品和鱼、肉、盐、酱类等副食品，以及饮用水等公共系统的必需食品；从食用对象分，有军粮、儿童食品、成人食品、职业病膳食，以及特殊需要的食品；从添加的强化剂种类来分，有维生素类、蛋白质氨基酸类、矿物质类等；近年来用富含某种营养素的天然食品（如酵母、奶粉、大豆、鱼肝油等）作为营养强化剂，已成为主导方向。食品的营养强化的目的也有扩展，除了补充某种营养素的不足外，常常用于某些特殊食品，使其中某些营养素的含量超出正常水平，食用较少食物时，也可满足需要，例如运动员、飞行员、宇航人员、特殊条件下的劳动者。在某些人造食品中进行营养强化，可以使人造食品不仅在感官上，而且在营养价值方面更接近于天然食品。

食物进行营养强化所用的营养素，我们称之为营养强化剂，一般多限于维生素、矿物质、氨基酸和蛋白质浓缩物，用量很少，但产生的效果却是巨大的。例如白面、玉米和大米的可利用蛋白质分别为 3.2%、3.0% 和 4.5%，但如向白面中加入 0.2% 赖氨酸、向玉米和大米中加入 0.3% 赖氨酸，可利用蛋白质提高到 5.3%、5.1% 和 7.6%。面包中补充 0.3% 赖氨酸后，可利用蛋白质由 7.3% 增加到 10%。我国是以谷物为主食的国家，如果每年食用的粮食的一半进行赖氨酸强化，则相当于增加了约 10 亿公斤的精蛋白供应量。食盐是人们每日的必需品，向食盐中添加 0.01 ~ 0.02% 的碘化钾，以每人每天消费食盐 10 克计算，即可满足生理需要，这对预防地方性甲状腺肿起到重要的作用，已引起全世界的重视，仅此一项每年可节约医疗费用数亿美元。向食品中添加铁和维生素 C，可预防缺铁性贫血；添加强化钙和维生素 D，可预防佝偻病和骨质疏松；向面粉中添加维生素 B<sub>1</sub> 和 B<sub>2</sub>，可提高能量的代谢率，等等，食品的营养强化已引起世界各国的重视。有人将其划为预防医学的范畴，并预言食品营养强化的推广和应用，会导致因食物引起的营养缺乏症的推广和应用，会导致因食物引起的营养缺乏症发病率减少 50% ~ 70%，这无疑是一世界人民的一大福音。

## 35. 啤酒的今天和明天 ——液体面包

啤酒是世界性的低酒精度饮料，据考证大约起源于 9000 年前的亚述，即现在的地中海南岸地区，以后传入欧洲、美洲及东南亚等地。啤酒的主要原料是水和麦芽，最初用炒焦的大豆、香草或生姜进行加香，到 15 世纪后才正式采用啤酒花。19 世纪，由于加热方法和蒸汽机的发明，使啤酒生产实现了工业化。古老的啤酒生产是微生物工业的起源之一，对古典微生物和生物化学做出了很大贡献。1972 年第 9 次世界营养食品会议曾推荐啤酒为营养食品之一，因此它是饮料酒的发展方向。

由大麦制成麦芽是啤酒生产的开始。针对啤酒的特殊要求，用遗传工程改良的大麦品种为啤酒工业提供了质量保证。大麦发芽是一个复杂的生物化学过程，它使大麦生成各种酶，以供制备麦芽汁的催化剂；在各种酶的作用下，麦粒中的淀粉和蛋白质发生分解，生成麦芽糖、糊精、氨基酸等小分子的物质；通过干燥，除去了麦芽中多余的水分和生腥味，产生麦芽特有的色、香、味。

将麦芽粉碎与温水混合，控制温度变化，使淀粉吸水膨胀，利用麦芽中的淀粉酶和糊精酶等，协同作用于原料淀粉，生成麦芽糖和糊精等糖类。控制温度在 45~55℃ 时，利用麦芽中的蛋白酶类，将原料中的蛋白质分解为氨基酸、中分子蛋白质和高分子蛋白质。这一步统称为麦芽汁制备，它关系到啤酒的泡沫、发酵的程度、成品啤酒是否稳定等质量。近年来，随着酶制剂技术的发展，在麦芽汁制备过程中，已通过人工添加酶制剂而使麦芽汁质量非常稳定。

制备好的麦芽汁，接种酵母进行发酵是啤酒生产的最后一步。啤酒酵母有很多种，简单分为两大类：凡是发酵終了，酵母很快凝结成块并沉积在器底，叫下面啤酒酵母；凡是发酵終了，酵母悬浮在液面上，叫上面酵母。随着微生物育种技术和遗传工程在啤酒工业的应用，新型的、特殊用途的酵母菌种正在得以使用。在发酵过程中，酵母菌利用麦芽糖、氨基酸等麦芽汁成分，生成二氧化碳、酒精、有机酸等物质。最终赋予啤酒如下优点：刺激消化液分泌，助消化，富含维生素和无机盐类，加速血液循环，提供足够能量，促进新陈代谢等。

科学技术的发展，导致了啤酒工业的技术革命。计算机技术的应用，使啤酒连续化生产成为可能；优良酵母菌种的出现，导致高浓度发酵成为现实，使生产能力成倍增长；酶制剂的应用，缩短了麦芽汁制备周期，大大提高了啤酒的稳定性；大型露天发酵罐的应用，使啤酒厂投资降低，为计算机控制创造了条件；利用特殊酵母菌种，采用现代膜分离技术，使无醇啤酒走向市场。我们相信，古老的啤酒工业将在新技术的浪潮中焕发出更大的活力。

## 36. 食品保藏的新助手 ——原子能

提起原子能，人们自然地会想到原子弹——可以毁灭人类的战争武器。但在和平环境里，我们更应当知道原子能也是我们生活的新助手。它可以给我们发电，也可以帮我们改良品种，帮我们治病，还可以帮我们保藏食物。

食品辐射保藏就是利用原子能的辐射能量对新鲜肉类及其制品、水产品及其制品、蛋及蛋制品、粮食、水果、蔬菜、调味料、饲料及其他加工产品进行杀菌、杀虫、抑制发芽、延迟后熟等处理，从而最大限度地减少食品的腐败损失，延长食品的保藏期，增加食品的供应量。利用这种新技术，比现有的保藏食品的方法有其优越的一面。和化学药物保藏方法相比较，它无残留的化学物质；和热处理保藏法比较，它能较好地保持食品原有的新鲜状态；与冷冻保藏相比，能节约能源。所以辐射是一种较好的保藏食品的物理方法。

我们知道自然界存在着一些天然的不稳定同位素，使用原子反应堆及粒子加速器也可以人工制造同位素。不稳定的同位素衰变过程中伴有各种射线产生，这些不稳定同位素称为放射性同位素（或称放射性元素）。放射性同位素能发射  $\alpha$ 、 $\beta$  及  $\gamma$  射线。这些射线辐射的结果能使被辐射体产生电离作用故称电离辐射。辐射的能量单位一般用电子伏特（eV）表示，它相当于一个电子在真空中通过电位差为一伏特的电场中被加速所获得的动能。

食品辐射时供电离辐射用的放射性同位素源只有  $^{60}\text{Co}$  和  $^{137}\text{Cs}$  它们都是人工放射性同位素。辐射对食品品质的影响机理至今还有许多未弄清楚。由电离辐射使食品产生各种离子、粒子及质子的基本过程有二：初级辐射，使物质形成离子、激发态分子或分子碎片。次级辐射，使初级辐射的产物相互作用，生成与原始物质不同的化合物。例如氧气经辐射能生成杀菌力很强的臭氧；水经辐射后经由水合分子、羟基（ $\text{OH}\cdot$ ）和氢基（ $\text{H}\cdot$ ）最后形成氢气和过氧化氢。这些中间产物及最终产物很重要，因为它们可以和其他的有机体分子接触进行反应，特别是在稀溶液中或含水的食品中，大多由水和氧的辐射而产生了间接效应进行了氧化还原反应。

食品辐射的生物学效应与生物机体内的化学变化有关。已经证实辐射不会产生特殊毒素。不同的生物机体需要的辐射剂量是不同的，例如昆虫的致死剂量为  $1000 \sim 100000\text{rad}$ ；病毒需要  $3\text{Mrad} \sim 4\text{Mrad}$  的剂量才能抑制活动。水产及肉类经低剂量辐射，只能杀灭其中的腐败微生物，延长保质期；若要长期保藏则必须用高剂量辐射。蛋类一般用低剂量（ $1\text{Mrad}$ ）辐射，以杀死沙门氏菌为目的。水果辐射主要是为了防止微生物的腐败和虫害。蔬菜辐射除了杀灭害虫外，另一个重要目的是抑制发芽，延缓新陈代谢。对谷类辐射应以控制虫害为主。

目前，世界上有近百个国家开展了食品辐射的研究及应用工作。有的产品已进入市场，经安全卫生方面的评定认为其安全性是可靠的，不会对人体构成危害。

## 37. 果蔬加工的大敌

### ——酶促褐变

水果和蔬菜是我们餐桌上的朋友；人类在原始社会时已认识到水果和蔬菜对生命的重要性。水果蔬菜营养丰富，但由于受自然条件的制约，具有明显的季节性和地域性，而且极易腐烂，与一年四季人们对水果蔬菜的消费需求形成矛盾。果蔬的贮藏加工，对于调节市场供应、改善人民生活具有十分重要的意义。但在果蔬加工过程中，常会碰到一个变色问题即酶促褐变，影响产品的外观质量。

什么是酶促褐变呢？我们在日常生活中经常会碰到这样的现象，苹果、土豆和香蕉等当它们的组织被碰伤、切开、削皮或遭受病虫害时，很容易使原来的色泽变暗或变成褐色。我们就称之为发生了酶促褐变。这是因为果蔬的组织暴露在空气中，在多酚氧化酶的催化下使其中的多酚类物质发生氧化、聚合而形成黑色素。多酚氧化酶广泛地存在于各种植物中，至少在大多数人们经常食用的水果和蔬菜中已检出它的活力。由它引起褐变涉及水果和蔬菜贮藏和加工的各个领域。因此，食品科学家非常重视对它的研究。

酶促褐变的机理比较复杂，尤其是最终产物黑色素的分子结构至今还不十分清楚。但果蔬中多酚类物质的含量和多酚氧化酶的活力是必须的条件。果蔬中多酚类物质含量越多，则发生褐变的程度越大，加工时护色的难度越大，像苹果、梨、山楂、香蕉、土豆和莲藕等，在加工过程中，需要专门的设备和工艺来抑制褐变发生，有时还会出现问题。

多酚氧化酶属于氧化还原酶类，当存在分子氧时它能氧化二酚。这种酶大约在一个世纪之前首先被发现在蘑菇之中。它的许多习惯名称都是与它所作用的底物有关，例如酪氨酸酶、甲酚酶、儿茶酚氧化酶等。多酚氧化酶在植物中的含量随品种不同而有很大变化，在众多的水果和蔬菜中，橄榄中的多酚氧化酶活力最高。多酚氧化酶的活力分布还取决于果蔬的成熟度。在绿叶中，很大一部分酶活力集中在叶绿体中，在马铃薯块茎中，几乎集中在亚细胞中；在新采收的苹果中，多酚氧化酶几乎全部存在于叶绿体和线粒体中。果蔬中不同的部位存在于叶绿体和线粒体中。果蔬中不同的部位的多酚氧化酶含量差别很大，例如葡萄皮中的酶活力比果肉中高。

不是水果和蔬菜中所有的酚化合物都能作为多酚氧化酶的底物，而只有儿茶素等几种二元酚可发生褐变，而且不同的酚类所产生的色度也不一样。

为防止食品的酶褐变，必须消除多酚类、多酚氧化酶或氧三者中的任一因素。而除去食品中多酚类物质是非常困难的。比较有效的方法是抑制多酚酶的活力和防止与氧接触。抑制酶活性方法很多，但真正能用于生产只有加热处理、调节 PH 值、驱除氧气和加化学药品（如二氧化硫和亚硫酸钠）等是有效的。

## 38. 蛋白质的工业化生产 ——氨基酸发酵

氨基酸的制造是从 1820 年水解蛋白质开始。1866 年德国的立好生博士利用硫酸水解小麦面筋，分离出一种酸性氨基酸，依据原料的取材，便将此氨基酸命名为谷氨酸。随后，日本有一教授在探讨海带汁液的鲜味时，提取了谷氨酸，并在 1908 年开始制造商品味之素——味精。1910 年日本味之素公司用水解法生产谷氨酸，与食盐配合出售。但是这种方法生产谷氨酸耗粮太多，成本太高。二次世界大战后不久，美国有人提出用发酵法生产谷氨酸的报告。日本也相继开始了研究，1956 年日本协和发酵公司分离出一种新的细菌，它可以利用 100 克葡萄糖转化为 40 克以上的谷氨酸。1957 年发酵法味精正式商业性生产，这标志着氨基酸发酵工业的诞生。

我们知道，氨基酸是构成蛋白质的基本单位，它参与体内代谢和各种生理机能活动，因此说没有蛋白质就没有生命。但要合成人体蛋白质，有八种氨基酸必须由体外提供，人体内不能自己合成，我们称之为必需氨基酸。因此各种不同的氨基酸除了对人体生长不可缺少外，还可用来治疗各种不同的疾病。仅生产复合氨基酸注射液，全世界每年需要纯氨基酸四千多吨。此外，在调味品工业、食品添加剂工业、饲料工业和精细化工工业，对氨基酸的需要日益增多。除了谷氨酸、天冬氨酸和甘氨酸有鲜味外，还有的有甜味和苦味。

氨基酸发酵的关键是菌种的选育和培养。选择好菌种后，要搞清楚这种微生物细胞内各种氨基酸代谢的遗传控制和代谢调节机制。利用分子生物学和遗传工程手段，使微生物的代谢按照人的意图而变化。例如人为地改变微生物的 DNA 组成和顺序，使其缺少或丧失其合成某一种或几种中间产物的能力，从而导致了积累某些氨基酸的能力。搞好菌种选育后，要研究发酵液的营养成分（碳源、氮源、无机盐、生物素等）和发酵条件（氧气、PH 值、温度等）对菌种发酵能力的影响。同一菌株在不同的条件，其合成氨基酸的能力是不同的，有时相差几十倍。最严重的问题是氨基酸生产菌株发生回复突变，丧失或降低积累某种氨基酸的能力，轻则减产，重则导致发酵液报废。为了稳定菌种，经常采用的手段是增加保险系数，即培养双重营养缺陷型菌株和添加药剂改变培养基组成等。

从发酵液中分离氨基酸是另一技术问题。

因为发酵液中氨基酸的浓度很低，必须从中分离、浓缩和精制。好在氨基酸具有一些特殊的性质，为我们的工作创造了条件。（1）两性解离和等电点，在酸性介质中氨基酸以阳离子状态存在，碱性介质中氨基酸以阴离子状态存在，就单一种氨基酸而言，当介质的酸碱度达到某一 PH 值时，氨基酸就呈电中性，这个 PH 值称之为等电点。利用这个性质可以用离子交换法或等电点沉淀法来分离氨基酸。（2）在不同的 PH 值、不同的温度和不同的盐溶液中，氨基酸的溶解度不同，就可通过调整发酵液的温度、PH 和加盐种类及浓度，使氨基酸结晶析出。（3）不同的氨基酸分子大小不一样，利用反渗透、电渗析、分子筛过滤等将其分离。此外利用氨基酸在不同溶液的分配常数不同和对吸附剂的吸附能力不同也可进行分离。

迄今，日本已有 22 种氨基酸能用发酵法生产，其中 18 种系直接发酵，4 种酶法转化。全世界每年的氨基酸产量在 50 万吨以上。今后的发展是选育遗

传稳定性的菌株，提高产率，利用计算机进行控制，完成连续化、自动化生产。相信不久的将来，蛋白质不会仅仅来自农牧渔业，发酵罐也会流出蛋白质。

### 39. 微型营养库 ——花粉的开发

花粉是植物的雄性生殖细胞，含有食物的基本要求，具备机体生存所需要的各种物质。花粉的营养成分高于所有天然食品，每颗小小的花粉粒都像个微型的“营养宝库”，蕴藏着各种有益健康的物质。

一般来讲，花粉含多种糖类，最高达 40%；含蛋白质 10~40%，胜过酪蛋白；含有 14 种维生素，特别是维生素 E、C 和 P，能增强人体免疫力，软化血管，预防动脉粥样硬化和冠心病；花粉中含有 20 余种氨基酸，是牛奶、鸡蛋的 4~6 倍，必需氨基酸特别丰富，有利于儿童生长发育；含有人体所需的数 10 种矿物质及 50 多种天然活性物质，如酶、辅酶、激素和抗生素等，均是生命活动过程中的重要物质；还含有大量的核酸。故花粉具有抗衰老，保青春的作用；被誉为“食品王国的明星”、“青春和健身的源泉”。

我国将花粉用于医疗、美容和食品加工的历史悠久。在 2000 年以前的《神农本草经》中就有香蒲花粉和松花粉的记录。用花粉作食品，在我国古代有更多的记载，白居易和李商隐的许多饮酒诗中都提到花粉酒，如“把酒承花花落频，花香酒味相和春”。此外，用花粉做的花粉糕饼、花粉香丸、花粉汤等历史上均有记载。

70 年代，国际上各种花粉制品风靡各国。用花粉制的药品、食品和美容品纷纷投放市场，掀起了一股花粉开发热。我国对花粉的利用早于国外，但对花粉的营养成分、药理学和生物学方面的研究以及用现代方法加工花粉制品，还是近几年的事情。由于花粉的化学成分极为丰富而复杂，因此对花粉营养成分的性质、分离、提纯及制品的加工涉及生物学、医学、化学、营养学及食品科学多个学科，是一个复杂的研究课题。

花粉的开发包括花粉的采收、干燥、贮存、质量鉴定、脱敏处理、净化处理、花粉破壁和营养成分的提取与纯化。花粉的采收受季节、气温、光照强度的影响，光照强，温度在 18℃ 以上有利采收高质量的花粉。采收的花粉要在八小时内干燥至水分 5% 以下，在低温或充 N<sub>2</sub> 保藏。在开发花粉过程中，花粉过敏症引起了人们的重视，虽然花粉过敏对多数人来讲是不存在的，但作为一种大众化产品来说，必须进行脱敏处理，以保证其安全性。花粉的细胞壁是一层耐化学腐蚀的坚韧的纤维外壳，往往影响人体对其内部营养成分的吸收。在研究过程中，花粉在蜂巢内发酵后其致敏原消失及吸收率提高的现象，提示科学家发明了仿“蜂粮”发酵破壁法，即将花粉与蜂巢中的蜂蜜混合发酵，这样既提高了花粉的吸收率又消除了花粉过敏性。提纯的花粉可用于医药、食品、化妆品等多种行业，为人们的健康和美丽做出贡献。

## 40. 面食品的革命 ——方便面的诞生

面条是一种经济实惠的大众化主食品，它与人民的生活有着密切的关系。面条的生产创始于东汉时期，至今已有 1000 多年的历史。随着社会的发展，人们生活水平的提高及生活节奏的加快，制面技术发生了一场伟大的革命，这就是方便面条的诞生。

近二、三十年来，现代科技渗透到各个领域，它也导致了人们生活的变革。方便面是一种新型食品，它只需要用开水冲泡三至五分钟，加调料即可食用。不仅满足了快节奏生活的需要，而且使面条加工走向专业化、机械化和自动化。近年来我国方便面的产量也迅速扩大。

制作方便面的基本原理是基于淀粉的性质。面粉的主要成分是淀粉，正常的淀粉有两种结构即直链淀粉和支链淀粉。不同来源的淀粉其直链和支链淀粉的比例不同。这些淀粉长链在正常状态下是按照一定的规律形成螺旋结构，而且这种结构很紧密，像结晶一样，我们称之为  $\alpha$  型淀粉。直链淀粉由 350 ~ 1000 个葡萄糖组成，而支链淀粉由几千甚至更高的葡萄糖组成。生淀粉一般都是  $\alpha$  型结构，它不溶于冷水，粘度很小，吃起来有生味。

当生淀粉逐步被加热时，随着温度的升高，淀粉分子开始剧烈地振动，从而使淀粉分子之间的键断开，而同较多的水分子结合，由于水分子的介入，使淀粉链之间分离，由原来的紧密的有序结构（ $\alpha$  型）变成了松散的无序结构，我们称后者为  $\beta$  型结构。由  $\alpha$  型结构经过加热变成了  $\beta$  型结构的过程，我们叫做淀粉的糊化。糊化后的  $\beta$  淀粉高度肿胀，变成蜂窝状粘度增加，无生面味，更有利于吸水和消化。如果加热温度低或时间短，已  $\beta$  化的淀粉在冷却后会又恢复到原来的  $\alpha$  型结构，我们称之为淀粉的“回生”。

方便面的生产工艺有两种，一种是油炸方便面，另一种是热风干燥方便面。前者的特点是干燥快（70 秒）， $\beta$  化程度高（85%以上），复水性好，缺点是含油 20 ~ 22%，成本高。后者是生产成本低，但  $\beta$  化程度低、复水性差。常见的方便面工艺如下：

蒸面时的温度为 96—98℃，时间为 70 ~ 100 秒，油炸温度为 140 ~ 155℃，时间约为 70 秒。经上述工艺生产的方便面水分在 10% 以下， $\beta$  化度在 85% 以上，复水时间在 3 分钟以内，不存在返生问题，满足了人民的生活需要。



## 41. 机器里长大的食品 ——膨化食品

随着人民生活水平的不断提高，人们不仅仅满足于吃饱和吃好，而且在两餐之间、外出旅游或全家坐在一起欣赏电视节目时，要消耗大量的小吃食品。膨化食品，又称挤压食品、休闲食品或轻便食品，就是为满足这一需求而诞生的。

膨化食品对我们并不陌生，中国传统的爆玉米花和大米花就是其雏形。它是利用压差膨化原理制成的。随着对膨化原理的深入研究，人们研制出了更先进、更合理、连续化的挤压机。这种挤压机的设计是根据阿基米德螺旋原理，利用旋转的螺杆和静止的爆齿在高温下对谷物进行挤压，形成很高的压力，突然喷出，从而导致谷物膨化。

谷物进入膨化机后，在机腔内螺杆和螺套的推动下曲折前进，经过剪切、混合、搅拌和摩擦作用，使原料在机腔内全部破裂，同时机腔内温度和压力急剧增加，使淀粉糊化，蛋白质塑性化并变成液态凝胶、分子重组，然后从一定形状的喷嘴瞬时挤出，即由高温高压（115 ~ 175 和 10 公斤/厘米<sup>2</sup>）突然降至常温常压，其中游离水分在此压差下急骤气化蒸发，其体积大约膨胀 2000 倍以上，原料组织亦随此膨胀而脱水，保持了膨胀后的体积与汽泡密度，成为半成品。如再经过加味烘干或油炸，即成为通常的膨化食品。这种膨化食品比原料大 6 ~ 10 倍，有的可达 30 ~ 40 倍。

从以上基本概念的理性来认识膨化技术是比较简单的。但是将膨化技术应用于食品工业生产中，设计者是要费很大功夫的。他必须考虑原料品种的不同，颗粒大小的不同，水分、粘度、膨化时间和温度的关系，进料速度，螺杆和螺套的螺距大小，螺杆与螺套的间隙，螺纹的锥度，螺杆的转速和喷嘴大小等问题。若单纯靠计算公式来判断和设计是无法完成的，只有借助计算机辅助设计才可达到预期的效果。

近年来，食品膨化技术发展很快，生产的膨化食品种类繁多。根据原料和加工过程的不同，膨化食品可分成三类：直接膨化食品、膨化再制食品和膨化植物蛋白。采用膨化法制成的食品有其独特的优势。（1）便于精粮细作，使口味粗糙而营养丰富的粗粮成为人们喜爱的食品。（2）食用快速方便，既可以直接食用，也可以二次加工或沸水冲调。（3）营养素损失少，消化吸收率高，蛋白质的消化率由 65% 可提高到 90%，水溶性维生素的损失减少了 20 ~ 60%。（4）卫生水平高、贮存性能好，膨化过程相当于一次高温高压灭菌，从而提高了食品的卫生水平。

## 42. 一代更比一代强 ——变性淀粉

淀粉是谷物和薯类块茎的主要成分，是我们人体热能的主要来源。在众多的食物成分中淀粉是最廉价的一种。但是，淀粉经不同的物理和化学方法处理后，能改变其若干物理性质，如溶解度、粘度、流动性、色泽、气味等，以适应某些特殊的需要。经过改造的淀粉只是调整了淀粉的内部结构，这样的淀粉称之为变性淀粉，又叫做第二代淀粉。从功能来讲，普通淀粉比起变性淀粉来讲是望尘莫及的。

变性淀粉的种类很多，广泛用于食品、医学、造纸、纺织、化工、冶金、建筑、三废治理以及农林业等方面。其应用范围不断扩大，新工艺、新产品也不断出现。有人预测，变性淀粉将涉及所有的工农业和国防领域。

(1) 预糊化淀粉 先将淀粉加热糊化，然后干燥、磨碎。预糊化淀粉具有增粘、保型、速溶等优点，可用于快餐布丁、糕点、蛋奶酥等食品的生产中。预糊化淀粉在冷水中搅拌，即可得到与加热淀粉悬浮液同样的糊状物，故使用起来非常方便。

(2) 酸变性淀粉用稀酸处理淀粉乳，在低于糊化温度的条件下进行搅拌至要求的程度，然后用水洗至中性，最后进行干燥。酸变性淀粉的粘度比原淀粉低，在热水中糊化时颗粒膨胀较小。酸变性淀粉并没有发生实质性的化学变化，只是链长减小。酸变性淀粉的糊化物冷却时能形成结实的胶体，故可用于口香糖、软糖、淀粉果冻等食品中。在纺织工业中，酸变性淀粉可用作粘胶剂，增强纤维的拉力。粘度较低的酸变性淀粉还可用作造纸工业的胶料，增强纸张表面的印刷能力和耐摩擦能力。

(3) 接枝淀粉 淀粉在催化剂的作用下，与丙烯腈进行接枝共聚反应，形成一种共聚物。这种接枝淀粉具有很大的吸水保水能力，它能吸收数百倍甚至一千多倍本身重量的水，而且在一定压力下也能保持所吸收的大部分水分，因此又称为超吸水剂。接枝淀粉在农业上能起保护水分作用，用于干旱地区播种和插秧。用作农药配方，可以保持水分，延长有效期。可制作农用淀粉塑料薄膜，改变配方可以调整薄膜自然消失时间。在医药上，接枝淀粉可制作治疗疮伤的药物，使用后痊愈快不留疤痕。用作增稠剂、分散剂和固化剂，用于液态灭火剂、纺织印浆、放射性废料的固化处理等。

(4) 氧化淀粉 是一种用氧化剂（次氯酸钠或次氯酸钙）氧化而制造的低粘度淀粉。由于漂白作用，氧化淀粉色泽很白。仍保留原有的颗粒结构，糊化温度低，粘度下降，糊化物较清亮，冷却时不易形成凝胶体。氧化淀粉主要用于造纸工业作胶料或日历的胶料，也可用作胶粘剂的配料。

(5) 交联淀粉用交联剂（如三氯氧磷）作用于淀粉，与三个淀粉分子的羟基起反应生成三淀粉磷酸酯，即交联淀粉。它具有良好的机械性能，耐热、耐酸、耐碱。可用作金属保护剂和制造乳化剂的原料。

### 43. 没有休止的话题 ——梅拉德反应

法国科学家卡米拉·梅拉德于1912年的报告中提到，葡萄糖与甘氨酸共热时，即形成褐色反应，生成类黑精。以后就把这类的反应用他的名字命名——梅拉德反应。其他一些类似的反应，如胺、氨基酸以及蛋白质与糖、醛、酮之间的反应，也都称为梅拉德反应。它是食品加工和贮藏过程中最常见的和最基本的反应之一。

从发现这类反应至今，各国的食品研究人员一直进行着一系列的探索性试验和研究。梅拉德反应在食品化学和食品工艺学中常常成为突出的中心议题，在世界各国的食品专业教科书中和各种学术讨论会上也经常探讨梅拉德反应。化学家们关心梅拉德反应的历程、有效中间产物、低分子产物和聚合产物。营养学家们，则致力于研究梅拉德反应造成的营养损失、梅拉德反应产物的安全性、反应产物的吸收和新陈代谢以及生物体内的梅拉德反应。食品工艺学家们则关心梅拉德反应对食品质量的影响、反应的性质和控制以及如何利用梅拉德反应。

随着分离技术和分析手段的发展，对梅拉德反应的机理已有基本的了解。凡是氨基与羰基共存时，都能引起这类反应。氨基包括游离氨基酸、肽类、蛋白质、胺类等。羰基包括醛、酮、单糖等。几乎所有的食品中都含有以上成分，所以都有可能发生梅拉德反应。

在食品加工贮藏过程中，有些是我们希望也是需要发生反应的。但是也有一些是我们不希望发生的，甚至是非常令人讨厌的。比如焙烤食品（像面包、糕点）在加热过程中由于发生了梅拉德反应而形成特有的食品风味和色泽，这是我们需要。但是梅拉德反应常常给食品加工造成更多不利的影响，除了影响产品的感官质量外，还会降低食品的营养价值，甚至还产生毒性问题并影响人体的新陈代谢。奶粉干燥和贮存过程中有效赖氨酸的损失，马铃薯食品在贮藏过程中的褐变等就是典型例证。近几年来许多研究证明梅拉德反应的低分子产物和某些较大分子量的产物具有较强的抗氧化剂特性。这些研究为采用最适烹调和最适加工工艺来避免油脂氧化从而保证含油食品的货架寿命开辟了良好的途径。有些研究也在探索从反应产物中提取抗氧化剂的可能性。由于能发生梅拉德反应的物质很多，反应条件也不一样，所以反应的中间产物及最终产物很多。最近有的研究者通过控制反应物和反应条件，成功地制取了不同的风味料，例如牛肉风味料、鸡肉风味料等。所以梅拉德反应也许会导致风味料工业的革命。

反应条件对梅拉德反应有着重要的影响，加热温度、持续时间、体系内的PH值、水分含量、糖的种类、金属离子和溶液的缓冲能力等均可改变反应速度和产物。所以梅拉德反应也许是个无休止的话题。

#### 44. 从奴隶到将军 ——人造食品

食物资源的缺乏是全世界面临的一个问题。由于传统食物生产方法的效率不高，结果造成一种极不正常的现象：一方面是蛋白质的严重不足；另一方面则是已有的、相当丰富的食用蛋白质资源得不到充分利用，甚至根本没有利用。这里指的主要是油料作物蛋白、谷物蛋白、微生物蛋白、叶蛋白、低级鱼类蛋白和其他水产蛋白等。影响这些蛋白资源利用的主要原因之一是由于它们的色、香、味和质地对消费者缺乏吸引力。随着科学技术的发展，采用工业手段将这些低质蛋白质加工成诱人的食物已成为事实。这个从“奴隶”到“将军”的过程就是人造食品的诞生。

所谓人造食品，就是利用传统工艺无法加工的食物下脚料，经过原料的重新搭配和物理化学加工而生产的全新食品。它只改变了食物的物理结构和性能，而不是食物成分。这样就使人造食品具有如下特点：（1）缩短了食物链的长度。传统食物经过植物蛋白 动物蛋白 人的食物，人造食品则由植物蛋白 人的食物。（2）人造食品经过合理配料，可使营养价值高于原来原料。（3）人造食品可根据不同人群习惯而设计不同的风味和式样。（4）包装更合理，贮存、运输和食用更方便。（5）可以按标准实现机械化和自动化大规模生产。

人造食品同其他食品一样是多组分体系。它遵循物理化学原理，属于多组分胶体结构。其流变性能、表面性能以及蛋白质的可纺性、泡胀性、脱水收缩性等决定其加工方法。可以说，人造食品可以模仿自然界的大部分食品。

利用油料榨油下脚料经过浸泡、磨浆、均质和调配可以制成“人造奶”。利用植物蛋白质，经挤压加工机进行膨化，制成组织状的植物蛋白，进一步加工可得到“人造肉”。将低级鱼类（例如鳕鱼、南极磷虾等）经过漂洗、脱水、制糜和组织化处理可以制成仿蟹肉制品和虾制品。据统计，在发达国家人造植物蛋白奶的消费量已超过牛奶的消费量。由于人造食品与某些动物性食品相比，不含胆固醇等不利因素，因此深受人们的欢迎。

目前，人造食品所用的原料扩大到整个食品领域。从最初的大豆蛋白、花生蛋白发展到现在的酵母蛋白、藻类蛋白、绿叶蛋白、昆虫蛋白和动物的各个组织。加工技术涉及物理、化学、生物学、营养学、畜牧学和水产学多个学科。相信在不久的将来，随着人造食品的功能化，加工技术的现代化，这一新型食品将大放异彩。

## 45. 来自玉米的甜味剂

### ——果葡糖浆

提起制糖原料，我们一般会马上想到甘蔗和甜菜。但从 1967 年以后，一种新型的、以玉米为原料生产的糖——果葡糖浆正式走向市场，同传统的蔗糖开始了天下之争。

果葡糖浆，又称高果糖浆、异构糖浆，主要用于饮料、蜜饯、罐头及烘烤食品中，部分或全部地代替蔗糖，是近几年来发展最快的一种甜味剂。随着糖化酶无机分子筛分离葡萄糖和果糖，以及固体化酶技术的研究成功，大大地促进了高果糖浆的产量和质量。

不同的糖其甜度是不同的。我们一般把蔗糖的甜度写为 100，这样果糖的甜度就为 150，葡萄糖的甜度为 70，麦芽糖的甜度为 50。1976 年前为第一代果葡糖浆，含果糖 42%，葡萄糖 50%，浓度为 71%，其甜度与蔗糖相当。后来从实践中认识到果葡糖浆中果糖含量越高，它代替蔗糖的范围也越大。因此，1976 年以后就生产了第二代果葡糖浆，含果糖 55%，葡萄糖 42%，浓度为 77%，甜度高于蔗糖。

以玉米淀粉乳为原料生产果葡糖浆，主要经过液化、糖化和异构化三步反应。其工艺流程如下：

淀粉乳 液化 糖化 脱色 离子交换 异构反应 离子交换 脱色  
脱色 蒸发浓缩 果葡糖浆

将精制的玉米淀粉浆，调整温度和 PH 值，加入淀粉酶，进行液化。待葡萄糖值达 15~22 左右，然后加入糖化酶进行糖化，使葡萄糖值升至 98~99 之间。由于糖化液中含有一些不溶性物质（如脂肪和蛋白质），必须通过过滤器除去，再用活性炭吸附，从而进行脱色。在进行异构化反应之前，必须进行离子交换，以除去糖液中的有机和无机杂质。糖化液中的糖分组成主要为葡萄糖，另外还有少量的其他糖分，如麦芽糖等。在异构化反应中，只有葡萄糖可转化为果糖，其他糖分仍留在产品中，所以淀粉糖化液中的葡萄糖含量越高越好。将葡萄糖异构酶固定在反应柱内，葡萄糖液经过反应柱，在葡萄糖异构酶的作用下，将一部分葡萄糖转变为果糖。经异构化的糖浆再进行一次离子交换和活性炭脱色，然后进行蒸发浓缩，使果葡糖浆的浓度从 35% 增加到 70% 以上，即为成品。

随着层析分离技术的发展，对果葡糖浆的生产产生了巨大的推动作用。可根据需要利用离子交换树脂和无机吸附剂的层析分离柱，将果葡糖浆分成两部分，一部分为高果糖含量，另一部分为低果糖含量。

果糖在体内的代谢不需要胰岛素，它是糖尿病患者理想的甜味剂。果糖的甜度高，相当于蔗糖甜度的 1.5 倍。由于引起龋齿的细菌不易利用果糖，故果糖不易造成龋齿，可用于糖果中。随着果葡糖浆质量的提高，在食品工业领域中将大量取代蔗糖的用量。

## 46. 鲜味之王 ——核苷酸

提起鲜味剂，人们自然地会想到味精。但是有一类物质与味精混合能使鲜度提高数倍至数十倍，这类物质统称为助鲜剂。随着人们生活水平的提高和食品工业的飞速发展，助鲜剂的应用量越来越大，对其品种、质量的要求也越来越高。其中呈味核苷酸的开发对改变味精品种单一的状况，丰富助鲜剂的品种，提高助鲜剂的质量起到了积极的作用。

1913年日本小玉新太郎发现鲣鱼干鲜味的主要成分是肌苷酸。此后，相隔44年后，1957年春，国中明又发现核糖核酸分解酶可将酵母的核糖核酸分解，其中分解产物之一的肌苷酸和鸟苷酸有呈味作用，当谷氨酸钠（味精）和这些呈味核苷酸混合时，比单独存在时鲜味大为增强。

由于上述协同作用，使人们对呈味核苷酸产生了极大的兴趣。此后，在对它们的化学结构研究中发现其分子结构必须具备这样一些条件：嘌呤核6位上是OH，核糖5位上要有磷酸。

目前所应用的呈味核苷酸主要是肌苷酸和鸟苷酸。其生产方法大致可归纳如下：

- (1) 应用酶解法由核糖核酸（RNA）水解制备；
- (2) 先由微生物发酵法制取肌苷或鸟苷，然后再经生物法或化学法磷酸化制备；
- (3) 利用微生物变异菌株直接发酵生产；
- (4) 以5—氨基—4—甲酰胺咪唑核苷为原料化学合成。

其中以（1）和（2）两种方法为常用，而（3）种方法为最有发展前途。

目前酶解法在整个呈味核苷酸生产中占有相当地位，其产量为总数的46%，是工业生产的主要方式之一。尤其是近几年来，对酶解副产物在药品应用研究取得进展后，使酶解法生产成本进一步下降，导致这种方法更加受欢迎。酶解制取呈味核苷酸：

目前采用直接发酵法生产呈味核苷酸的企业较少，其主要原因是核苷酸的产率较低。相信随着菌株的不断改良和新菌株的出现，发酵技术的不断完善，其产率会大幅度提高，这种经济、简捷的直接发酵法终有一天会替代其他方法而占统治地位。

由于呈味核苷酸具有强烈的增强风味的作用，因此在食品工业中得到了广泛的应用。日本的家用味精几乎全部添加呈味核苷酸。近年来，呈味核苷酸已跳出单纯与味精混合的小圈子，扩大了应用范围，如与各种氨基酸、有机酸、酶和名目繁多的各种天然调味料混合应用，以达到增强风味、由单一味变成多味的效果。

## 47. 爱憎分明 ——超临界流体萃取

提起萃取，人们马上会想到化学课本里的定义：利用被提取物中各成分在两个互不相溶的溶剂中分配系数的不同而达到分离提纯目的一种方法。随着人们对改善健康和保险条件的要求日益强烈，各国对饮料、食品、香料和奢侈品的产品质量提出严格的要求，进而制定了限制性很强的食品卫生法。在这种情况下，通常所采用的溶剂萃取法和蒸馏离法已经不能满足要求，必须寻找新的分离方法。超临界萃取就是这样首先在食品工业中获得了工业规模的应用。

超临界流体萃取的原理是利用某些极性气体，在一定的压力作用下（超临界压力），释放出热量，被压缩为极性的液态溶剂，再利用压缩的液态溶剂对某些有机物进行萃取，当撤消压力后，溶剂自然气化，被萃取的物质则被回收。最常用的溶剂是  $\text{CO}_2$ ，因为它无毒性，挥发性大，价格便宜。

超临界流体萃取在食品工业已广泛应用。利用  $\text{CO}_2$  作溶剂从咖啡豆中脱除咖啡因的方法已经在德国实现了工业化生产；用超临界乙烯从牛奶中、蛋黄中提取脂肪；用超临界丙烷、乙烷、 $\text{CO}_2$  和  $\text{N}_2\text{O}$  从黄豆、谷物和动物骨中萃取有用油；用超临界  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$  混合物从脂肪中同时脱臭和加氢；用超临界  $\text{CO}_2$  萃取啤酒花、可可豆、茶叶、香料等的有效成分；美国科学家进行了从植物中分离活性物质的研究，认为超临界气体从天然物质中提取药物是一种很有前途的手段。在一定水分含量的条件下，用  $\text{CO}_2$  经过三次萃取后，烟草中的尼古丁含量可降低大约 95%。最令人感兴趣的是超临界萃取在香料工业中的应用，用传统的提取方法提取的香料往往是不完全的，而用  $\text{CO}_2$  超临界萃取，它可以综合蒸馏和萃取两者的优点，而且不会发生成分分解。

与传统的蒸馏和溶剂萃取法相比较，超临界萃取具有明显的优点：

(1) 超临界萃取所采用的气体溶剂大都无毒无味，挥发性大，只需要通过巧妙地调节温度和压力就十分容易地实现与萃取物的完全分离，不存在对产品的污染问题。

(2) 用超临界萃取可在较低的温度下进行，因此可以避免热敏性萃取物的热分解。

(3) 当以  $\text{CO}_2$  为溶剂时，整个过程在  $\text{CO}_2$  惰性气体的笼罩下，可以防止萃取过程中有效成分的氧化。

(4) 超临界萃取所消耗的能量比传统的蒸馏和液体萃取要少。

(5) 萃取物的得率高，成品纯度高。

但是，在发展过程中，我们也必须克服超临界流体萃取的缺点，即能量回收和设备造价等问题。我们相信，随着高压技术的不断发展，超临界萃取的前途是光明的。

## 48. 微生物的新贡献 ——单细胞蛋白

60年代初期，英国成功地进行了以粗柴油为原料，利用其中的正烷烃生产干酵母的试验，在微生物学界轰动一时。学者们把这种由培养单细胞生物得到的蛋白质称为“单细胞蛋白”，并认为是解决世界蛋白质资源缺乏的一个途径。

20年来，包括我国在内，世界上有许多国家开展了对单细胞蛋白的研究。其研究内容包括发酵原料的选择、菌种的选育、工艺的研究、设备的设计和最终产品的安全性评价。

从原料来讲，除正烷烃外，还研究了醇类（甲醇、乙醇、多元醇等），酸类（脂肪酸、二氧化碳等），糖类（糖蜜、纸厂制浆废液、酒精废液、乳清等），淀粉类（谷物、木薯、马铃薯淀粉废液等），纤维（甘蔗渣、谷类茎秆、废纸等），各式各样。

从发酵工艺来说，有液体、固体、半固体发酵法。液体发酵法向着连续化方向发展，但固体和半固体法也适合于小规模生产。在这许多方法之中，以淀粉或纤维原料的工艺简单，尤其是用淀粉工业和制糖、造纸工业的下脚料发酵制得的高蛋白饲料，不作菌体分离就可直接进行喂养。

在菌种选育方面，除了已开发的酵母菌外，还有镰孢霉菌属和白地霉等。

关于安全性和营养性试验，联合国蛋白顾问小组制定了准则。除了传统的急性、亚急性、致癌性和致突变性试验外，已进入分子生物学试验阶段，并证明其食用的安全性。

由于石油价格暴涨，产品价格过高，导致以石油、甲醇为原料的生产困难重重。但以工业废水为原料生产单细胞蛋白的研究却成效显著。用淀粉废水发酵，BOD除去率高达90~95%，用造纸制浆废液发酵，BOD除去率为83%，不仅消除了污染，而且生产单细胞蛋白作饲料可补偿部分处理费用。另外，有的国家生产的酵母进行脱核酸处理，副产品核酸作增鲜剂，从而降低了生产成本。

世界蛋白质资源不足的形势日益严重。世界人口增长的速度大于农产品增产的速度。估计到2000年，世界饲料用蛋白质将短缺2200万吨。单细胞蛋白的生产具有不受耕地和气候条件限制，可以大规模生产的特点，被认为是一个可以寄予希望的、解决蛋白质供应不足的方法。单细胞蛋白中的氨基酸可以与饲料中的大豆和鱼粉的氨基酸互补平衡，从而提高饲料的营养价值。如果选育出更优良的工业生产用菌株，充分利用我国的资源，解决好菌体分离、脱水、干燥等工艺问题，做到饲用和食用并重，单细胞蛋白的发展将为人类做出新贡献。



## 49. 食品中的潜在杀手 ( )

### ——亚硝胺

许多实验动物证实，一次足够的冲击量和长期慢性作用的亚硝胺，都可使各种鼠、鱼、狗、猪及猴等不同组织器官发生肿瘤。通过胎盘致癌，还可引起胎仔畸形及中毒死亡。国内外流行病学调查资料表明，亚硝胺可能与人类的食管癌、鼻咽癌、胃癌、膀胱癌等肿瘤发病有关，努力降低食品中的致癌性亚硝胺，是预防人类肿瘤及保护人体健康的有效途径之一。

属于亚硝基化合物，有很强的致癌作用。低分子量的亚硝胺为黄色中性物质，常温下为油状液体或固体，易溶于有机溶剂，稍溶于水和脂肪。胺类化合物在酸性介质中，经亚硝化作用易生成亚硝胺。在甲醛催化作用下，胺在碱性介质中也能发生亚硝化而生成亚硝胺。

亚硝胺在环境中、食品中、动物和人体内均可由其前体物质亚硝酸盐和胺类作用而合成。一些加工食品中，如腌熏、烘烤、发酵等食品中均有不同的存在量。其中以盐腌鱼、油煎咸肉片、腌菜类含量最高。而天然食品中一般不含或含亚硝胺量甚微。加热是某些食品中产生亚硝胺的重要因素之一。

腌制蔬菜如咸菜、酸泡菜，由于硝酸盐还原菌的作用，可将硝酸盐转变为亚硝酸盐。腌制一周后，亚硝酸盐含量增加，在第 14 天左右达到高峰，在 10 以下可维持到第三周。

鲜生鱼中一般不含亚硝胺或含量很低，但经过盐腌、烘烤、油煎或用传统的木炭烟熏处理后，二甲基亚硝胺和二乙基亚硝胺含量明显增加。干虾、虾油、虾酱、鱼露、干鱿鱼等海产品都含有数量不等的亚硝胺。腐败变质的海产品含有大量可反应的胺类，如果加入粗盐则可形成亚硝胺。

在肉类食品加工过程中，经常添加硝酸盐或亚硝酸盐做防腐剂和发色剂，由于肉中含有丰富的胺类，从而很可能合成一定量的亚硝胺。

为了减少亚硝胺在食品中的含量，人们研究了大量的方法。利用烟熏香料或烟发生器产生的冷烟取代燃烧木材熏制食品；腌肉和鱼制品时，将食盐、胡椒等配料分别包装；肉制品加工中，不用或尽量少用硝酸盐及亚硝酸盐；尽量不用粗盐腌制酸菜。在食品加工过程中加入维生素 C、生育醇等可以抑制或减少亚硝胺的合成。同时，在我们日常的生活中，多吃新鲜水果、蔬菜，少吃腌制食品也是减少亚硝胺危害的有效措施之一。

## 50. 食品中的潜在杀手 ( ) ——黄曲霉毒素

黄曲霉毒素是黄曲霉和寄生霉的代谢产物。它是一类结构类似的化合物。1961 年发现污染了黄曲霉的花生饼能使大鼠诱发肝癌。十余年来,国内外黄曲霉毒素研究工作开展较多,对其毒性、代谢、污染途径和预防措施有了全面的了解。

黄曲霉毒素主要污染粮油及其制品。如花生、花生油、玉米、大米、油料种子等。有些干果类食品和奶制品有时也有污染。

黄曲霉属于剧毒毒物,毒性比氰化钾还高。用鸭雏做试验,半数致死量为 15~23 微克/只。一次性喂鸭雏中毒剂量,24 小时就出现肝实细胞坏死;48~72 小时出现胆管增生;最后肝出血至死亡。

慢性毒性试验证明,黄曲霉毒素造成的慢性中毒可能比急性危害更大。其主要表现为肝功能不全,肝实细胞坏死、肝硬化等。黄曲霉毒素是目前发现的最强的化学致癌物质,比二甲基亚硝胺诱发肝癌能力大 75 倍。除了长期慢性作用可诱发癌瘤以外,还有所谓一次“冲击量”致癌。有人给大白鼠含量为 0.015 微克/公斤的饲料,经 68~82 周,全部动物皆发生肝癌,又有人给大鼠一次剂量 7 毫克/公斤体重,共 15 只雌鼠,26 个月时有 7 只发生肝癌。不仅使动物发生肝癌,其他部位也可发生肿瘤。

黄曲霉毒素引起的人类中毒事例也很多。1974 年印度两个邦中 200 个村庄,因食用了霉变的玉米,数周后即发生人和狗的肝炎,397 人发病,死亡 106 人,发病延续约 2 个月。非洲有一个 15 岁男孩因食用含黄曲霉毒素 1.7 毫克/公斤的木薯饼,发生急性肝坏死而死亡。据肝癌流行病学调查,凡食物中黄曲霉毒素污染严重和人类实际摄入量较高的地区,肝癌发病率也高。

预防黄曲霉毒素危害人类健康的主要措施是防止食品受黄曲霉菌的污染。通过降低粮食和食品中的水分,控制存放温度和隔绝氧气,抑制霉菌的生长是十分必要的。如果已经被黄曲霉污染并产生毒素后,应设法将毒素破坏或去除。由于黄曲霉毒素耐热,一般烹调加工温度不能达到去毒的目的。最常用的去毒方法是碾轧去毒、植物油加碱去毒、微生物去毒和物理吸附去毒。我国食品中黄曲霉毒素允许量标准规定玉米、花生油及花生不超过 20 微克/公斤,大米、豆类、发酵食品不超过 5 微克/公斤。

## 51. 人类知识的载体 ——文化用纸

普通纸从外表看都差不多。有的平滑洁白，有的色彩鲜艳；有的薄一点，有的厚一些。要是仔细研究一下，它们的质量上和规格上的区别可大啦。

我们每天读到的报纸，都是用新闻纸印刷的。一般书籍杂志使用的是凸版印纸。彩色宣传画则是选用胶版纸来印刷的。高级画报和图片等，用的则是铜版纸。它们都属于印刷纸类，在文化方面被广泛使用着，称得上“文化老将”了。

我国目前用的新闻纸，主要是用机械木浆再加入少量的化学木浆混合抄造而成的。机械木浆又叫磨木浆，它是把木头去皮锯成木段，再挤压在一个急速转动的圆形大石磨上，磨石表面有许多槽纹，结果木段的纤维被“刮”下来成为纸浆。化学木浆是把木头切成小片放进蒸煮器内，再加些化学药品，在高温高压的条件下处理使之变成纸浆。新闻纸的重量一般是每平方米为48~52克，它不宜久存，在日光下曝晒容易发黄、变脆。由于新闻纸是专门用来印刷报纸的，因此习惯上又称它为白报纸。

普通印刷方式有三种，即凸版印刷，凹板印刷和平片印刷。凡是铅字、线条和网点等比版面稍高出一点的，叫做凸版；在版面凹下处的叫凹板；与版面一致的叫平板。目前我国应用最广泛的是凸板印刷法，因为它的生产工艺最简易，只要排上铅字、打版、定型后，附上油墨即可印刷。

凸版纸的原料多数是采用漂白的化学木浆或草浆抄造而成的，因而一般颜色较白，使用范围也广。它的重量是每平方米50~60克，也就是比较厚一点。

胶版纸是专供胶板印刷用的一种纸。因为胶板印刷是橡皮与纸面接触，所以胶版纸的结构必须紧密，弹性好，伸缩一致，并具有较高的耐水性。它的主要原料是漂白的化学木浆、竹浆等，还需要加进一些填料等物质，以保证其具有较好的平滑性和伸缩性。

铜板纸的主要用途是印刷高级美术品。这种纸是利用在原纸上涂一层白色涂料，再经过超级压光制成的，是一种加工纸。铜板纸白度较高，纸面平滑、坚挺。但它一旦受潮会发生霉点、粘结、脱落等情况。受到日光照射又会氧化发硬和“脱粉”，比较“娇气”，应注意保管。

钞票和邮票纸都是凹板印刷物。主要原料是棉浆、麻浆和其他化学纸浆，还要加进一些别的东西。

图画纸和水彩纸跟一般文化用纸不大一样。它要求有良好的耐摩擦性，纸面的吸附力大，不易褪色。这两种纸都以漂白化学木浆和少量的漂白破布浆来生产，也有掺有部分漂白草浆的，但是不宜用芦苇浆。

## 52. 机电工业的新成员 ——工业用纸

现代工业生产中，纸是一个不可缺少的“成员”。它的作用几乎涉及所有的工业部门。

电的发现和应用，翻开了人类进步史崭新的一章。没有电就没有现代工业。在制造电机的过程中，纸起到了重要的作用。用绝缘纸或云母纸来包缠铜线或铝线，既起到绝缘的作用，又减少了电机的体积和重量。一台电机需用几公斤的绝缘纸。绝缘纸的质量是一个重要问题，必须保证它的强韧性和绝缘性。

电缆是电力输送的通道。一般电缆的包皮都是塑料和橡胶，但塑料不耐老化，橡胶耐电压性较低。而有一种耐高压电缆纸，其耐电压可高达 10 万伏特以上，并且也不易老化、变脆。电缆纸是用硫酸盐化学木浆为原料制成的。在生产过程中，要求纸中的灰分含量极少，强度和韧性都较高。浸渍绝缘纸是用化学木浆抄成后，再经过树脂、矿物油浸渍加工而成。它把变压器内的金属片和线圈“从头到尾”裹得严严实实的，从而保证了变压器的正常工作。

电子工业中常用的电容器，实际上是个“纸肚子”，它里面装的是电容器纸与铝箔层层迭合。最薄的电容器纸只有四微米厚，相当于一根头发丝的十几分之一。生产这种纸是把化学木浆，经过长时间打浆，使用特别的打浆机，慢慢地打，然后再在慢速抄纸机上抄造出来的。慢功出细活嘛，慢字大有学问。电容器的“个头”虽小，但其强度和韧性很高，能耐几百伏特的电压。

一台发动机的运转离不开汽油（柴油）、润滑油和空气，这三种物质在进入发动机之前，必须将混在其中杂质除去。完成这项工作的设备就是燃油过滤器、润滑油过滤器和空气滤清器。过滤器中放置的过滤材料，以前是金属网、棉纱、毛毡等。但这些材料重量大、成本高、净化效果也不理想。现在改用“三清滤纸”做成的纸质滤芯后，降低了成本，减少了体积，净化效果明显提高，用来过滤油类的纸质滤芯，最长的使用寿命可达 500~1000 小时。三清滤纸是以棉花作原料，抄成纸后再经过酚醛树脂处理而成的。可以根据需要把滤纸加工成圆筒形、环形、片状等再制成滤芯。对滤纸的要求是机械强度高，不瘪塌，挺度好，再者纸面要耐磨，不易破损。同时，还要有一定的防水性和防腐蚀性。

## 53. 产品的外衣 ——包装用纸

现代社会中，商品的包装已经是商品生产过程的延伸，是促进商品出售的一个积极、活跃的因素。一种好的包装应该起到保护、美化、宣传和推销产品的作用。

用于包装的材料很多。可是，纸和纸板一直是基本的包装材料。它以无毒、无异味、无污染、价格低、易回收等特点，被称为“包装之王”。在包装材料林立的今天，国际市场上纸和纸板仍占包装材料中的一半。

牛皮纸是老幼皆知的一种包装纸。它呈黄褐色，质地强韧、紧密得像牛皮一样。牛皮纸有厚有薄，它们多数是用 100% 的硫酸盐化学木浆多加胶料后抄造而成的。也有的掺用了部分废麻浆和草浆，质量稍有下降。牛皮纸的用途很广，它以包装较重的商品和有弹性的物品为好，也可以制成纸袋、封套等。

防油纸又称白脱纸，是一种专供包装各种糖果、饼干等食品用纸。它紧密平滑，略有透明，无孔眼，具有良好的抗油指性。其主要原料是 100% 未漂白亚硫酸盐化学木浆。

玻璃纸又叫纤维透明纸，它像玻璃一样明亮而富有光泽，是一种高级包装纸。玻璃纸具有不透气、不透水、不透油、柔软性好、透明度高等特点。它的主要原料是漂白的化学木浆或漂白棉浆。制造玻璃纸的工艺比较特殊，首先把纸浆经过一系列化学处理，使之变成像浓桔子汁样的稠粘液，叫做粘胶。再把粘胶从一条很小的狭缝中喷出，流到一个装有凝固液的槽子里，最后经过多次洗涤、漂白、干燥就成为玻璃纸了。

在造纸工业上，规定把重量在 200 克/米<sup>2</sup> 以下的纸叫做纸张；200 克/米<sup>2</sup> 以上的纸叫做纸板。箱纸板是制造各种包装纸箱的一种高级纸板。它原先的原料是 40% 的麻浆、棉杆皮浆为主，后来改用草浆来代替麻浆。这种纸板十分坚韧，具有良好的耐压、抗张、耐折叠、抗戳穿等性能。箱纸板分为二种：一种是单层的，全部采用硫酸盐化学木浆；另一种是双层的，面浆用硫酸盐化学木浆，里浆用半化学木浆和废纸浆。不论哪一种箱纸板，均应进行压光处理。有的箱纸板面层和里层都经过施胶，抗水防潮性能很好。

白板是一种比较高级的包装纸板，它具有多层结构。一般分为白底白板和灰底白板。白板是面浆，采用化学木浆、破布浆或草浆制成；白底和灰底是里浆，一般使用废纸浆或草浆。白板主要用于香烟、食品、化妆品、药品等比较精美的包装盒，以及吊牌或图片等。

另外，还有一种是瓦楞原纸，它是用薄纸板经轧制而成。其结构有 V 型、U 型和 VU 结合型，从而增强其弹性和伸张性。

纸箱包装有其特殊优点：（1）便于机械化和自动化操作。（2）使用前可拆开平放，占用堆放面积小。（3）原材料利用率高，1M<sup>3</sup> 的木材可做成 50 个标准木箱，而用加工的木浆抄，成纸后可以产出同容积的纸箱几百个。（4）有较高的防震、抗撞性能。（5）外型整洁，密封性能好。（6）生产效率高，可进行印刷。

## 54. 人类的助手 ——生活用纸

在日常生活中，纸与人们结下了不解之缘。可以说，人们生活的每一部分，都可以找到纸的踪迹。

尿布纸，是用几层皱纹卫生纸（加有湿强剂）做成的。纸质松软，吸水力强。对于几个月的婴儿，特别适用。纸尿布的价格低廉，又省去洗晒尿布的麻烦，因而特别受欢迎。供夜间用的尿布纸，还可以做成娃娃裤的样式，使用起来更为方便。

妇女“卫生巾”，也是生活用纸的一种松软制品。这种纸品，柔软舒适，吸湿性强，干净卫生。它可以附贴在内裤上，用完后丢弃。

清洁纸，是用原纸浸渍了白蜡等之后加工而成的。这种纸可以用来擦汽车、自行车，也可以擦皮鞋。用一般上光蜡擦汽车，先得把灰尘去掉，再打蜡擦拭，一般需要几个小时。然而，使用清洁纸，只需要1小时，而且手和衣服都不会弄脏。

洗涤纸，里面掺了高级去污剂，洗手的时候，只要先把手淋湿，撕下一小块，将手擦几下，再用一般卫生纸把手擦干就行。它特别适合于旅游部门、公共场所以及野外工作等。

储水纸，可以用来装水等液体，携带方便。它是用高强度的纸，折叠多层，再与高分子材料复合而成。这种纸已广泛应用于饮料工业、化妆品生产和调味料的包装。

纸碟和纸盘，在“自助”餐厅和车站机场已广泛使用。它既省去了洗涤的麻烦，又可以避免传染病的传播，而且在价格和方便性上也有优势。

在超级市场上，许多饮料，如啤酒、果汁、牛奶等都是装在纸瓶里出售的。这种纸瓶共分六层：最外层是蜡层或塑料薄膜，第二层是纸，第三层是铝箔，第四、五层又是纸和铝箔，最内一层是塑料薄膜。这几种材料相互补偿，起到隔截空气和光照、防止液体泄漏和一定机械强度的作用。最近，有人又发明了纸锅，因为这种锅的中间是一层厚纸，两面是很薄的铝膜，所以可耐250℃的高温。

纸衣服，在国外的医院、制药厂已不是稀罕的事儿了。这种衣服用完后，就烧掉它，免得消毒不严引起后患。纸衣服的制作分为三层材料：外层是软性纸，中间是又薄又软的塑料，里层是皱纹纸。近几年来，纸衬领、纸领带、纸袖口和纸围嘴等大量上市，从而减少了人们洗衣服的次数，而且经济实惠。

此外，用各种家具纸制造的家具，比如书柜、茶几、桌子等，完全可以与木质家具媲美。它不用铁钉，也不用木工，损坏一个“零件”，只需要更换一个即可，而且可经常变换式样。

## 55. 现代科技的助手 ——技术用纸

技术用纸是指用物理的或者物理化学的方法加工而成的纸张。它具有特殊的功能，应用很广。

就记录纸来说，它是工业生产、军事行动和科研工作中不可缺少的工具。随着科学技术的发展，许多新的记录纸诞生了。按其显示图像的方式，可以分为：力敏型、热敏型、感光型、静电型等四类。

力敏型记录纸是通过笔尖的力的作用而达到记录目的。比如，一种蓝色的记录纸，它是利用强韧的白色纸基为底层，在表面涂以蓝色涂料。当仪器上的针式记录笔接触纸面后，划开涂层，露出白底，结果就呈现出各种白色曲线。在航空飞行、石油勘探、测定声源方位等方面都有应用。

热敏记录纸最常见的是医院里所用的心电图纸。这种纸是在黑色纸基上涂一层白色或淡灰色胶乳，使表面跟普通纸差不多，再印上坐标方格。心电图纸和心动电流描记器（俗称心电图机）配套使用。在检查人的心脏跳动时，所产生的“生物电流”，经过心电图机放大转变成热能，从而使记录触头（即所谓“热笔”）熔化心电图纸的表层，露出黑色，构成波形的特殊图像，供医生诊断时参考。

感光型记录纸是以卤化银乳剂为感光层，通过光源的曝光作用而显示图像。这种记录纸和记录方式灵敏度高，速度快，主要是用在示波器、地震仪记录纸上。

静电型记录纸的品种较多，其中比较重要的是无线电传真纸。它是用黑色的导电纸基，或者是用白色纸基上涂以黑色导电层。然后在纸的一面涂上铝粉，而另一面涂以白色的低压绝缘性涂料。当接收机上把无线电信号“载入”触针时，立即发生了尖端放电现象，把白色涂层击穿，显出黑色基底。于是，就形成了跟发送机上的原稿完全相同的文字或图像。

此外，还有一种技术加工纸，叫做荧光纸，可供印刷荧光地图和夜航图之用。它在黑暗中能清楚地让人看见纸上的文字和图形。这是由于纸面涂有含蓝、黄色的荧光材料，受到紫外线激发后，蓝色和黄色“互补”，呈现白色。借助这种白色才能在黑暗中得到视觉清晰的效果。

大型的电子计算机也需要使用某种技术用纸，叫做电子计算机纸带，又叫做穿孔纸带。纸带上打穿的一些有规则排列的小圆孔称为代码孔。这就是计算机的“语言”或者“程序”。通过纸带将科学工作者编出的“指令”传递到输入设备并进到贮存器里，很快就把结果从输出设备中送出，自动打字机会把计算数据打印在纸上，供研究之用。

在人造卫星上也少不了用纸。为卫星提供电能的微型电池组，要求其体积小、重量轻，其容量却要很大。这种微型电池只有纽扣那么大，若干个组成一个电池组，其体积只有一大块巧克力糖那么大。在这样小的电池中，隔开两个电极的绝缘材料是隔膜纸。这种纸是以合成纤维为原料，抄制得很薄，且强度大，耐碱性好。

## 56. 出于纸而胜于纸 ——加工纸

平时，我们使用的纸，大都是从造纸机上直接取下来的普通纸。但有时为了特殊需要，再把上述未经再加工的纸当做纸基，进行第二次处理，以便得到所谓的加工纸。按照加工方法的不同，可以把加工纸分为五大类：

**涂布加工纸：**就是用某种化学涂料，在纸面上刷抹一层，好像给原纸穿上了一件“新衣”。铜版纸是一种高级印刷纸，它是涂布加工纸中较重要的一个品种。将硫酸钡、奶酪、蜂蜡、甘油等物质，按一定比例混合，调成糊状的涂料。原纸通过涂布机时，使涂布辊与纸面接触，然后利用气刷把涂料均匀地涂在纸面上，再经烘干、超级压光机压平，就制成了铜板纸。涂布纸的另一个“成员”是印相纸，又称感光纸。它是由硫酸钡、溴化银或氯溴化银乳胶和透明的防水胶三层“加固”，使相纸具有很大的抗水性质，在水中冲洗一段时间也不会破损。还有一种涂布加工纸叫做气相防锈纸。它的一面涂有防锈剂，另一面则涂有石蜡或树脂，用其包金属零件，可保证三年不生锈。此外，壁纸和仿革纸在美化人们的生活方面也发挥了很大的作用。

**吸收加工纸：**就是把原纸浸泡到化学溶液中，改变了原来的性质，从而具有新特征。将原纸浸渍蓝色（或红色）染料之后，挤平就得到复写纸。使原纸吸收桐油、亚麻仁油和防腐剂后，就制得温床育苗纸。化学试验用纸品种更多，将几种化学试剂（如酚酞、甲基橙、麝香草酚蓝等）按一定比例溶于酒精中，再用定性滤纸吸收，即得到 PH 试纸。

**复合加工纸：**又名层压纸。它是纸和纸，纸和玻璃纤维，纸和塑料，纸和铝箔等，由两层或多层压制而成。用聚酯/云母纸/玻璃纸组合的复合纸，机械强度高、电性能和耐热性能好，在特大功率的发电机上被广泛应用。铝箔用树脂将原纸粘结并压合，得到的复合铝箔纸，既防潮又美观，是食品和香烟的理想包装材料。将聚乙烯膜、原纸、铝箔复合压制，可以用来制做各种液体包装盒。

**变性加工纸：**是指原纸中的纤维素经过化学或物理化学方法处理，发生某种化学反应而得到的纸张。将原纸浸泡在浓氯化锌溶液里稍加处理，保持溶液的温度在 34 ~ 40℃，使纸表面部分的纤维素变成纤维素糊精，从而提高了纤维间的粘合力，再把纸上多余的氯化锌洗去，在胶化机上层层压合，最后得到了钢纸。这种纸可制做电焊防护罩、安全帽、纺纱棉筒、手提箱等。将原纸表面上的纤维素与浓硫酸作用，发生水解反应，纤维素形成分子型化合物，彼此连结起来，具有紧密、紧韧的特性，这就是硫酸纸，它抗水、不透水、不渗油，是理想的包装用纸。

此外，像静电植绒纸、玻璃纸、防燃纸等都属于特殊加工纸。随着科学技术的日益发展，加工纸的品种和质量都将进一步提高。



## 57. 建材新军 ——建筑用纸

建筑行业使用的传统材料是土、石、木、砖、铁。在近几十年来水泥、玻璃、塑料进入建筑材料大家庭。而纸跨进建筑行业，既可以追溯到 1000 多年以前的唐宋时代，又能够展望到公元 2000 年以后。

古时候，玻璃还没有发明，房子采光避雨的方法是用纸糊窗户。唐宋年间，人们发明了用桑皮纸糊窗很好，既能透光，又能抗风吹雨打。直到今天，声誉不减。在朝鲜和日本等国的民房仍喜欢用各种花纸来装饰门窗。

建筑纸板的种类很多，各具特色。除前面曾经讲到的防燃纸外，还包括防潮纸板、石膏纸板、隔音纸板、地板纸、墙壁纸和夹层纸等。

防潮纸板又叫油毡纸板，俗名油毛毡。它是用纸浆和部分矿渣棉抄成原纸，再将原纸通过熔融的沥青经热辊挤压，使纸结实，具有一定的防潮防水性能。

石膏纸板是采用石膏、纸浆、粘合剂等搅拌均匀倒入已铺好原纸的模具中，上面再压上一层原纸，经一段时间硬化而成。这种纸板一般用作建筑物的内壁、平顶，并能承受钻孔和锯开等机械加工。

隔音纸板又叫软质纤维板，它是用麦草、稻草、锯末、麻头等废纤维混制而成。这种纸板内部有很多空隙，能够起到消音的作用，广泛用于影剧院、会议室、音乐厅等场所。

地板纸是一种特殊的纸板，它由双层纸板合成，“上软下硬”，底层纸坚硬厚实，支持上边软纸；面层纸富有良好的弹性，像铺了一层地毯似的。它可以做成不同规格和形状，拚扣在地上，感觉特舒服。

夹层纸包括波纹夹层纸、蜂窝夹层纸、充气夹层纸等。波纹夹层纸和蜂窝夹层纸是将原纸折曲成波浪形或者模仿成蜂巢的六角形结构，然后再用树脂浸渍，贴上两层原纸。这种纸轻便、价廉、易于装配，可以用来隔堵房间，甚至当作临时性建筑物的外墙。而充气夹层纸具有空心结构，它的强度和韧性都很出色，假如用它来搭成简易房屋，两个人一抬就能搬走，比塑料房屋还要轻巧。

利用轻质高强的各种纸板来建筑房屋的试验很多。1944 年，美国造纸研究院采用石膏和防潮纸板搭盖的工棚，使用了 8 年后才拆除。1968 年美国用波纹夹层纸，外喷涂防火涂层后，建造一个展览厅，防水防火安全可靠。有人用喷灯火焰射烧了 4 分钟，结果其纸壁没有任何被烧的痕迹。1976 年英国利用夹层纸板盖了一幢装配式住房，施工三天完成，主要时间均花在接缝密闭问题上。为节省装配时间，后来改进，使用面积较大的纸板，接缝处采用涂抹快干粘合剂。

纸板与建筑关系日益密切，各种新型建筑纸板不断出现。在建筑行业中，纸是大有作为的。

## 58. 会说话的纸 ——磁性纸

纸能发声、“说话”只是近几年内的事情。这种纸是类似录音磁带的—个特别加工的纸品，叫做磁性纸。磁性录音技术发明于 1899 年，当时是采用钢丝录音，后来录音材料日益扩大。1958 年在比利时首都布鲁塞尔举办的万国博览会上，出现了磁性纸和相应的录放机。从此，磁性纸的研制工作得到了进一步的发展。

磁性纸是怎样加工出来的呢？它是在原纸上涂一层磁性物质，加工成磁性膜那个样子，再用特制纸袋包好。需要录音时，把磁性纸放进录音机里，接通电源即可完成。在纸的另一面也可写上或印上文学或图形等。磁性纸还能采取接触性转写法来复制，只需很短时间就能完成。

把磁性纸制成磁性卡片后，兼有视听两种功能。用于从图书馆索引到银行的户头帐号，查询时一面看字，一面听音，防止出错。因而在教育、科研、医疗、金融、司法等部门皆有很大价值。

国外在邮政通信上使用磁性纸，更有妙处。在巴西首都里约热内卢的邮局曾经试行寄送录音磁带的信件。只要交给邮局一盘录好的磁带，邮局把它放进一只特制的盒内，封上火漆，保证在巴西的收信人第二天就能收到。用笔写信是很花时间的，改为口述就简化了。不过，这种录音磁带盒，要经过收验、上封、开启等手续，使用起来不方便。所以，有人提出改用磁性纸代替录音磁带。用磁性纸“说”信，比提笔展纸写字要省力、省时得多，甚至有笔墨达不到的效果。例如，在产房里用磁性纸录下婴儿堕地后的第一声啼哭，保留下来待孩子长大成人后，听听自己降入人间的第一声，也是饶有趣味的。又如，一个小提琴爱好者，为了得到名师的指点，可以把自己的练习曲录下来，再在磁性纸的背面写上自己的情况和希望，寄到著名的音乐大师那里请求指导，这不是比用笔写更清楚吗？

不久，磁性纸在印刷读物上将大量应用。到那时，各种书刊杂志不仅能给人看，而且还会发出声音。因为这类读物在每一页的背面印制了录音密纹，假如你累了或是看不清楚，只需将它放进微型录音机，闭目养神，耳边就会听到—长串的朗读声。这是一个崭新的领域，前景广阔，很值得开拓。

## 59. 纸家族的叛逆者 ——奇妙纸张

到了下一个世纪，纸的面目不会有大的改变，但在性能和应用方面，一定会超出一般人的常识范围，甚至现在用来描述纸的术语，也会显得太陈旧了。

食品包装保温纸能够将光能转变为热能。用这种纸做成食物盒或包装袋，装进食品后，既能防止被外界污染，又能将阳光的热量又不断吸收，并且保持在一定的温度，食用时松软可口，热气腾腾。

“人造果皮”是一种带有果味的可食用的纸。在工厂生产线上，它与食品制作同时完成。好像蜡封中药丸一样，将食品严密包装。从外观看，像食品的一层皮，能长期保存食物不变质。吃的时候，将外包装去掉，连同“人造果皮”一起吃掉。

电磁性纸从外观上看又白又薄，与普通纸没有什么区别。但受压或受热之后会发生电化学变化。比如说，拿一根尖棒，甚至用指甲在上面划一下，纸面上就会显示带色的字迹。这种纸广泛应用于仪表记录、数字传输、微机自控和新闻领域。通过加压而显示字迹的我们称之为压敏纸；通过加热而显示字迹的我们称之为热敏纸。

新医药纸是在可溶性纸的基础上发展起来的。它是以羧甲基纤维素为原料，在水中溶解很快。通过调整其配方及工艺还可以控制溶解速度。这样将药物包在其中或吸附在其上，进入人体后根据需要定时定量发挥药力。此外，止血纸、测温纸、化验专用纸将省去许多繁杂的劳动。

根据各种害虫的特点，向纸中加入适量的引诱剂、激素和药物，可制成杀虫药纸。当害虫在纸的附近时，就会被吸引到纸上，一旦接触到杀虫纸，就会中毒昏迷，最后死亡。

由于历史的需要，大量的文献资料或珍贵手稿需要长期保存。但是用普通纸是无法满足上述要求的。这给人类留下巨大的遗憾。近年来，由于一些宇航记事簿、深海作业本以及一些特别文件为了长期保存，不得不选用辐射等后处理手段，既增加了费用，又有时效果不佳。这一原因，使人们考虑到批量生产耐久性纸的必要性和可能性。耐久性纸的原料和助剂都要经过特殊的加工处理，使其具有不怕火烧，不怕水泡、不怕酸碱、不怕微生物、牢固结实、表面平滑等性能，在太空、海底都能用笔书写，而且长期不会褪色和变质。耐久纸又分为许多级别，比如一级耐久纸的保存期是100年；二级的为200年；三级的为300年，依此类推。级别越高，保存期就越长。

## 60. “无纺布”生产技术 ——干法造纸

传统的造纸工艺是离不开水的。原料在水溶液中分散成纤维；纤维又借助水的力量交织而成纸张，这叫湿法造纸。与之相反，有一种造纸方法可以完全不用水，整个过程以空气为介质。这种把纤维加工成纸又不用水的方法，我们称之为干法造纸。

干法造纸最早出现在本世纪 30 年代初，由两个苏联人提出来的。不过，因为成本太高，对原料要求苛刻，需要采用长纤维棉花和一套纺织设备，故未能得到普遍推广。由此还得到了一个“无纺布”的名称，意思是不必经过传统纺织那样加工而制成的“布匹”。60 年代，由美国和丹麦合作进行了一系列研究，获得了多方面的干法造纸专利权。这样，就把干法造纸从探索阶段推向到了实用阶段。70 年代，有人研制出了所谓的“机制纤维”，并改用了半湿态的干式造纸机，从而使干法造纸工艺得到进一步的发展。

干法造纸所使用的原料是植物纤维、合成纤维、无机纤维、不符合纺织要求的废旧短纤维等。其产品有电气绝缘纸、耐热纸、仿革纸、云母原纸、过滤嘴纸等。

与湿法造纸相比，干法造纸最突出的优点是，湿法造纸需用大量水，导致能耗过高和废水处理等难题。而干法造纸却是以空气为载体，可节省大量的能源，不存在污水处理问题，而且投资也较少。

干法造纸机械结构小，生产工序较少，操作人员也相应减少。调整产品的灵活性大，可根据市场需要，从技术上选用合适的原料，生产急需的短线产品，周转快，效果自然就好。

干法造纸的原理是利用干纤维在空气中均匀分布，然后沉降到正在运转的网面上形成薄页，同时加入一些粘合剂，再经干燥等处理制成了纸。由于干纤维没有打浆，成纸时依靠粘合剂的联结作用，由此搞不好就可能抄出不合格的产品，对技术上要求严格。纤维在空气流中的运行状况和控制手段，直接影响干法造纸的工艺成型问题。当纤维随着气流作高速运动时，除了摩擦阻力外，还有来自涡流运动的新阻力，这样就形成无规则的紊乱流动现象，我们称之为湍流。干法造纸的生产过程，主要是空气和干纤维在湍流条件下的运动过程。其影响因素很多，如气流速度、干纤维的比重、单位体积空气中的干纤维分布数量等。因此，必须深入研究湍流运动对纤维沉降速度的控制和分散程序的影响。

目前，干法造纸的主要缺点是纸面不能光滑，容易起皱，撕裂强度较差等。通过采用涂布处理技术或向纸纤维中掺入部分热熔性或粘结性纤维，可能会取得较大突破。

## 61. 第二代纸张 ——合成纸

随着纸张的应用日益广泛，对纸张的某些特性，如防水、耐酸、抗光照等性能提出更高的要求。这是采用植物纤维为主要原料制成的纸张难以达到的。为了解决这一问题，人们把目光转向了植物纤维以外的造纸原料上。

本世纪 40 年代，石油化学工业获得了飞跃发展，石油产品得到广泛应用。进入 60 年代后，高分子合成技术取得显著进展，从而使石油炼制的产物有了“变”为纸张的可能性。在广大科技人员的努力下，使石油跨入了造纸行业，出现了被誉为“第二代纸张”的所谓合成纸。

合成纸又叫化工薄膜纸、塑料纸或聚合物纸。严格地讲，这并不是真正的纸，因为它根本不是由纤维交织而成的，而且它的生产方法跟一般的造纸方法也完全不同。合成纸的种类很多，都是由高分子化合物制得，不受一般气候条件的影响，供应是比较方便的。与普遍纸相比，合成纸具有其特殊性能：它不怕水，甚至长时间泡在海水里也不会破；合成纸表面平滑、洁白、尺寸稳定；印刷效果比普通纸还好。根据上述特点，合成纸可用来加工露天广告，全塑洗相纸、辞典、航海图、地图和穿孔卡片等。

有趣的是，合成纸在防止台风方面也有贡献。美国海洋大气局飓风研究所和伊利诺斯工业大学合作，用聚乙烯醇、亚油酸、聚醋酸乙烯等为原料，加工出一种新的合成纸。在台风到来时，把这种纸平铺在海面上，20 分钟之内，随着波涛涌动，这种纸能护展成 4000 平方米的面积；一小时可布满海面 12000 平方米。薄纸遮盖海面，切断了水蒸汽的供应，台风的风力逐渐减弱，危害性也降低。

虽然，合成纸有很多优点，但是成本高是其致命的弱点，再加上废纸回收处理问题，阻碍了合成纸的发展。70 年代以后，出现了纤维型合成纸。它是将聚乙烯加热熔融、挤压、抽丝、切短，便得到一定长度的纤维。用来代替纸浆，或者与植物纤维混合配比，在抄纸机上按一般方法生产纸张。合成纤维纸一问世，就显示出强大的生命力。它在白度和不透明度方面同普通纸一样，但其耐湿性、不变形性、吸附性和过滤性却更好。合成纤维纸更适合于作热封包装用，在封口时不需浆糊或胶水，只要在一定的温度下轻轻地用“热头”压一下纸面即可密封严实。

由于合成纤维造价较低，可以利用现有的湿法造纸设备，并且可以回收利用，因此引起世界各国科学家的重视。人们正在想办法按照针叶木纤维的形状和尺寸仿制，企图得到更接近天然的合成纤维。

## 62. 大自然的孩子

### ——陶瓷

据说，在新石器时代，有个地方的大森林因遭雷击，起了大火。烈火熊熊，烧红了半边天。居住在这片森林的原始人群，拚命外逃。有的跑了出去，有的被活活烧死。过了很长时间，有些逃出去的人又回到了这个地方，他们总想找到一些还可以使用的东西。但寻了很久，什么也没找到，一切都埋葬在火海中，突然有人在灰堆里发现了几个盛水的土器，这些土器不仅没被大火烧毁，相反，经过这场大火的焚烧，变得更坚硬，更结实了。用手拿，用脚踢，都不像过去那样容易破碎了。会思索的原始人群从此认识到，火的煨烧可以改变土器的性能，从而有意识地用火去煨烧一些做好的土器，这样，陶器——我们这位交往了几千年的老朋友，就在这样的一场森林大火中诞生了。

当然，上面只是一个传说。事实上，陶器的发明不可能归功于某一个人的某一次偶然机会，而是许许多多的劳动人民，世世代代积累经验，通过对土和火的不断认识才创造出来的。陶器出现在新石器时代，决不是偶然的。首先，由于人类社会的进步和生活的改善，人们对各种器具的需要日益增多，这必然促使人们动脑筋，想办法，就地取材。人们发现了土的两个重要性质，一个是不怕火，能耐高温；一个是当它潮润的时候具有粘性，可以制成各种形状的东西，可以涂在编制或木制的容器上，而且干了以后不会散开。正因为泥土的这个特性，所以现在我们又把泥土称为粘土。其次，人工取火方法的掌握，也使人类有可能用火去煨烧用泥土制成的土坯，使之变成更坚实的陶器。

陶器的制作，是人类最早的一项手工劳动，人们第一次利用天然原料，按照人们的意志创造出来一种新的东西。这个时候，人们虽然已学会将石头制成各种用具，但是，石头还是石头，只有量的变化，没有质的变化。而陶器的制作就完全不同，人们用泥土制成器皿，用火一烧，变成了陶器。陶器与泥土的性质迥然不同，这里不仅有了量的变化，更重要的是，由量变引起了质的突变。所以，我们说陶器的制作揭开了人类利用自然、改造自然、与自然作斗争的历史新的一页。

随着社会的进步，陶器也在不断发展。由于烧造技术的改进和土质条件的不同，因而出现了硬质陶。这种硬质陶和灰釉料结合，从而出现了釉陶，然后在釉陶的基础上制成了瓷器。

瓷器和陶器的主要区别在于：瓷器的坯体是完全烧结的，气孔率很小，烧成温度较高；而陶器坯体烧结程度较差，气孔率较大，烧成温度也较低。如果把二者打破，瓷器的断面是光洁、致密的，而陶器的断面却显得粗糙、疏松。敲击起来，瓷器声音清脆悦耳，而陶器则暗哑难听。由陶器发展到瓷器是科学与技术发展的必然结果。

## 63. 中华民族的骄傲

### ——瓷器

瓷器，是我国的一大发明，是我国历代劳动人民辛勤劳动的结晶。中国瓷器在世界上享有最高的声誉。英文里面的“China”一词，有一个特别的含义，那就是“瓷器”。由于中国造瓷最早，影响极大，外国人就称中国为“China”。可见中国瓷器影响之深。中国制瓷技术的外传，促进各国瓷业的发展，为世界文化做出了重要的贡献，这是值得我们引以自豪的。

在中国历史上，宋代是瓷器发展的一个高峰时期，名窑迭出，品类繁多，呈现出了一个欣欣向荣的局面。当时最著名的有定、汝、官、哥、钧五大名窑，它们各有特点，争奇斗艳，为祖国的瓷业做出了巨大的贡献。定窑遗址，在今河北省曲阳县内，以其白釉，花纹和口部有芒而留名。汝窑位于今河南临汝县内，其特点是：釉色青而润泽，开创了青瓷印花的特殊风格，通体有极细的纹片，但也有没有裂纹的。官窑建于今河南省开封境内和浙江杭州境内，其产品釉色以月白为上，粉青次之；釉内有冰裂、梅花、蟹爪等细小裂纹。哥窑在今浙江龙泉县境内，其特点是釉面有许多浅白的细小裂纹，称为“百圾碎”，纹路交错，形成许多细眼的称为“鱼子纹”。钧窑遗址在今河南禹县内，其主要特点是：“均州有五色，窑变则时有之。”其中以红、紫最为名贵，釉色丰富。

当中国第一批瓷器运到欧洲的时候，曾引起了极大的轰动。关于中国瓷器之谜，欧洲人产生了极大的兴趣，但长时间以来找不到谜底，甚至产生过“用鸡蛋壳做成”、“用贝壳做成”之类的近似神话的传说。18世纪初叶，法国传教士殷弘绪曾以传教为名，来中国刺探瓷器的秘密，在景德镇生活了很长时间，并于1712年、1722年先后发回两封长信，记述我国清代康熙时期景德镇制造瓷器的情况。

中国瓷器誉满海外，深受欢迎，这方面的记载很多。最典型的例子是：传说萨克森选帝侯曾用四队卫军与邻邦君主交换12个巨大的中国蓝白花瓶。这些花瓶，现在还陈列在德累斯登博物院，名为护卫花瓶。

近百年来，由于帝国主义的侵略，封建王朝的暴政，许多传统的优秀技艺逐渐失传，产量和质量均江河日下。解放后，随着技术革新、技术革命，我国瓷器工业正迅速赶超世界先进水平。

## 64. 瓷器王国的黄金

### ——粘土

过去，我国民间曾经流传过“点石成金”的神话，这当然是不可能的。但我国古代劳动人民把泥土做成了精美的瓷器运到欧洲时，它的价格确实同黄金一样昂贵。这种“砂土变黄金”，不是神话，而是生动的现实。要说清这个问题，首先也就要从一切瓷器制品的老母亲——砂土说起。

生产瓷器制品所用的泥土，并不是一般的泥土，而是一些纯度较高，质量较好的粘土，它加水后能塑成各种形状的器皿。因此，人们把这些粘土称为可塑性原料。高岭土，就是粘土的一种，它在瓷坯中约占45~60%。高岭土，有时称为“瓷土”，一般以化学式 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 表示。高岭土名称的由来是很有趣的，它是一位法国神父在他的一本书中，错误地用景德镇附近一个名叫“高岭”的村庄的名称来称呼中国制瓷的粘土，并转译为“Kaolin”，后来传播开来，成了一个国际的名词。高岭土一般呈白色或淡黄色，也有粉红、青色等。一般来讲，质地愈纯，颜色愈白，但可塑性较差，而含杂质较多的深色的、黑色的高岭土可塑性较好。高岭土的主要矿物组成是高岭石，它是一种六角形鳞片状结晶。从理论上分析，高岭石的化学成分为：二氧化硅46.5%；三氧化二铝39.5%；水14%。根据粘土的实际化学成分与上述的理论组成的对比分析，可以对粘土的一些重要性质作出初步判断。例如： $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量低，而K、Na等碱金属的氧化物含量高，则可以估计它的耐火度低，不适合于制造耐火制品；如 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 及 $\text{TiO}_2$ 等着色氧化物含量高，则可以估计烧出的瓷器可能不够洁白；如碳酸盐、硫酸盐或硫化物多，则烧成时可能会产生起泡等缺陷。

制造瓷器的第二种重要的原料是石英。它对我们并不陌生，沙滩上的砂粒就是石英的一种形式。它的其他形式也很多，例如：水晶、花岗岩、片麻岩、玛瑙和碧玉等。它的化学组成是：硅(Si)46.7%，氧(O)53.3%；它的分子式为 $\text{SiO}_2$ 。石英是酸性氧化物，与它对应的酸称为正硅酸( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ )，硅酸的盐类称为硅酸盐。因此，陶瓷工业被划入硅酸盐工业的范畴。

制造瓷器的另一种原料是长石，它是一种含铝的硅酸盐。

上述三种主要原料各负其责。粘土提供了可塑性、耐火性和坯体的强度；石英防止了坯体的干燥变形，提高了瓷器的机械强度和半透明度；长石则促进石结晶的生成与发展，降低烧成温度，提高制品的强度和电气性能。



## 65. 瓷器的美丽外衣

### ——釉

瓷器制品外表多穿着一件光润、平滑的玻璃外衣，它就是我们所熟知的“釉”。釉是什么呢？我们可以用一句话来概括：釉，是附着于瓷器坯体表面的一种连续的玻璃质层，或是一种玻璃体与晶体的混合层。

一般来说，瓷器制品的外衣都是很单薄的，它的厚度只有坯体厚的1~3%。但也有少数制品釉层较厚。例如，我国宋代著名的效坛窑的制品，就是坯薄釉厚，甚至釉的厚度是坯的一至三倍厚。这种制品的施釉方法也与众不同：先在器物内部施釉，干燥后将外面坯体削薄，然后再喷釉在外表，使之成为几乎能够透明的薄胎瓷器。

瓷器制品这件外衣虽然很薄，但对制品的机械强度、热稳定性、介电强度以及其他许多性质，都有着很大的影响。所以，我们说，研究这件外衣，探寻釉的秘密，是有很大意义的。

釉的种类很多，按使用的原料，制备的方法，烧成以后的特征等进行划分。国内日用瓷生产中所用的釉主要有两大类——长石釉和石灰釉。

长石釉是最常用的釉料，属于难熔釉料，也是透明釉的一种，适合于日用瓷器、炆器和硬质精陶等制品。长石釉含二氧化硅较多，而含碱金属及碱土金属氧化物较少。主要由石英、长石、大理石、高岭土、粘土等组成。长石釉的特征是硬度大，光泽较强，带乳白色，有柔和感。

石灰釉是我国南方几个瓷区的一种传统釉。景德镇历来就是用釉果（类似瓷石）与釉灰（主要成分是氧化钙）配制而成的。石灰釉的成熟温度以釉灰中的石灰与草灰的用量而调节，一般在1200左右。

给陶瓷制品上釉，要做一番研究，使釉料适应于陶瓷坯的要求，这就是釉料的配方。决定一种釉料的配方，主要考虑三方面的因素：（1）研究坯体的物理化学性质，包括化学组成、膨胀性能、成熟温度等。其中，釉与坯的膨胀系数的适当配合是一个关键因素。（2）明确对釉料本身的要求，如白度、透明度、化学稳定性以及机械性能等。（3）必须注意制釉原料的纯度，尤其是铁、钛的化合物对于釉的白度及介电性能等会产生极大影响。

釉料大多数先制成釉浆，然后采用浸泡、喷涂、轮旋、旋荡或汽化等任何一种方法，使釉浆均匀分布在坯体表面。在配制釉料的过程中要掌握一个原则：通过改变釉料的成分和细度来适应坯体，而不能改变坯体成分来适应釉。

## 66. 看不见的战线 ——结晶釉的奥秘

在日常生活中，我们常常可以看到“结晶”现象，例如在严寒的冬天，“万里雪飘”，如果你注意一下雪花，就会知道，它原来是一种结晶体，多为六瓣形状，我国古代就有“六出冰花”的说法，“六出冰花”即指雪花。此外，家里炒菜用的食盐也是一种结晶体。结晶体一般都具有规则的外形，它内部的粒子（原子、离子、分子）在三度空间作有规律的格子状排列。在瓷器艺术釉中，也有一种类似的现象，这就是有名的“结晶釉”。什么是结晶釉呢？我们可以简单地这样说：釉熔融后，进行缓慢冷却，釉中的结晶性物质处于过饱和状态，从而析出呈美丽花纹的结晶，这种釉，我们就称之为结晶釉。

结晶釉是一种别有风味的艺术釉，为瓷器制品的装饰开辟了一条新的途径。但由于工艺条件复杂，产品稳定性不高，结晶的大小与出现的部位往往难以控制。因此，目前还不能普遍应用。但随着生产的发展和技术的进步，人们对结晶釉的制造规律的进一步掌握，这种巧夺天工，瑰丽奇特的艺术釉必将得到广泛的应用。

远在唐代，我国就有了结晶釉的萌芽，当时的名窑磁州窑、吉州窑等出产的兔毫、玳瑁、油滴等就是最早的结晶釉。

结晶釉按其组成可分为四大类，即硅酸锌系统、硅酸钛系统、硅锌钛系统和硅锌铅系统。这四个系统的结晶釉要算硅酸锌系统的结晶发育最大，晶体直径最大的可达12厘米左右，一般的都在6~8厘米左右。

结晶釉可以施在已经釉烧的制品上，也可以施在素烧坯或生坯上一次烧成。

为了使釉中的结晶生成，首先要确定结晶成长速度最大的温度范围，在这个温度范围内保温，则可以得到大片的结晶。保温时间的长短决定着结晶的大小。

促进结晶成长的另一个主要因素是釉的高温粘度。粘度增高，析晶困难。因此，为了促进结晶的发育，必须采用高温粘度低的釉料。氧化铝含量高的釉，高温粘度大，故在制造结晶釉时一般要采用氧化铝含量低的易熔釉料。此外，太薄的釉层对结晶成长不利，一般要使施釉的厚度达到1.5~2毫米。

烧成操作是控制结晶形成和成长的关键。要根据结晶釉的配方、窑炉的特点来具体摸索，制定合理的烧成制度。实践证明，同样的配方，同样的窑炉，烧成制度不同，结晶情况也不同。利用中、小型倒焰窑烧结晶釉，可采用“升、顿、追、降、保、降”六字烧成方法。“升”就是在20到1040~1080的温度范围内以适当速度升温。“顿”就是在1040~1080的温度区间进行一段时间的保温。“追”就是使窑内温度迅速增高到最高点以保证釉料全部适当地超过熔点之上。“降”就是当达到终点温度以后，迅速将温度下降到一个最适当的结晶温度范围内。然后在适宜的温度范围内进行保温，就是所谓的“保”。当保温达到预想的效果后，又必须采取快速降温，即最后一个“降”，以达到快速冷却之目的。

## 67. 瓷器的纹身

### ——裂纹釉

在瓷器装饰釉中，有一种比较特别的釉，叫裂纹釉。釉面布满许多小裂纹，纹路有疏有密，有粗有细，有长有短，有曲有直，像龟裂、像织锦、像水纹。这些形形色色的纹路线条在瓷器表面形成了一种特别风味的装饰。

裂纹釉的产生，是一个偶然机会的发现。在瓷器工业中，釉面龟裂是烧成操作中的一种缺陷，但当某些制品的釉面龟裂的很特别，纹路均匀、清晰、布满器面时，给人一种特殊的美感。于是人们就从中得到启发，从而总结经验，有意识地去造成这种釉面的裂纹，这样就逐渐创造出了裂纹釉。

在我国瓷器史上，裂纹釉最早出现于宋代的哥窑。据说当时浙江龙泉地方，有章氏兄弟二人造窑烧瓷，哥哥造的窑称哥窑，以瓷器表面布满纹路而著名；弟弟造的窑称为弟窑，以紫口铁足、粉青为上，无纹为贵。哥窑的产品特点就在于有纹片，其纹路交错，形成许多细眼者称“鱼子纹”，其纹路繁密、较为细碎者、称为“百圾碎”。

裂纹釉产生的原因，简单地讲，就是釉的膨胀系数大于坯的膨胀系数。所谓膨胀系数就是一种物质随着温度的升高其体积的变化率。在加热过程中，釉面产生较大的胀应力，从而使釉面形成许多裂纹。实践证明，增加釉料中氧化钾（ $K_2O$ ）、氧化钠（ $Na_2O$ ）的含量，即增加长石的含量，或减少釉料中二氧化硅（ $SiO_2$ ）的含量，或以三氧化二硼代替部分二氧化硅，都可以增大釉的膨胀系数。当然，不能无限度的增加，否则使釉的熔点降低，变成易熔的流动釉。

裂纹釉一般可以分为两大类型，一类是填充型的，另一类是覆盖型的。所谓填充型的裂纹釉就是在已烧成的釉的裂纹中充填煤烟、绘图墨汁等物质，使其纹路呈黑色，更加鲜明。也可以在纹路中填充硫酸铜、硫酸铁，硫酸锰、硝酸钴等着色溶液，使相应地呈现棕、绿、青灰、褐色、蓝等色调。或者使纹路浸满糖液，再经煅烧，使糖碳化，从而使纹路染成黑色。覆盖釉类型的是先将制品施上一层底色釉，煅烧后，再在底釉上覆盖一层颜色釉，再经煅烧，覆盖色釉呈现裂纹，从而露出底釉的颜色。

裂纹釉的制作方法较为复杂，釉料的组成、颗粒的细度、釉层的厚度、烧成的条件等等，都会对裂纹的形象产生影响。

随着技术的发展，又出现一种生产裂纹釉的方法。即将普通釉料施在氧化钾、氧化钠含量较低的坯料上，从而使坯体的膨胀系数小于釉的膨胀系数，也能产生裂纹釉。

## 68. 瓷器的动态美 ——流动釉

世界上的一切事物，大至宇宙，小至基本粒子，都在不断运动着，物质在运动过程中，往往呈现出一种“动态美”。例如，天上的白云，河里的流水，在飘浮、流动过程中，表现出千姿百态，给人无限美感。在远古的时候，人们就用“水纹”、“云纹”等来装饰陶器，在静止的物体上饰以动态的纹样，动静对比，相反相成，效果很好。

在给瓷器制品设计美观大方的釉的外衣时，人们也利用了上述原则。有时使釉的熔点降低，在烧成过程中，让它沿着制品的倾斜面自然流动，像河水、山间的泉一样，在流动的过程中，就形成了自然美丽、十分流畅的图样，产生一种特殊的艺术效果，这就是所谓的“流动釉”。

制造流动釉有如下两种方法：

(1) 将普通釉的烧成温度提高，即变成流动釉。但一般不采用这种方法来制得流动釉。因为这样，会将整个生产条件打乱，延长了烧成时间，增加了能源消耗。同时制造出来的流动釉，产品质量也不够好。

(2) 改变釉的组成，使它的熔融温度降低。一般情况下，都是向釉料中添加助熔剂。所谓助熔剂，就是由于它的加入使需要熔融的物质在没有达到它单独存在时的熔点温度时，就可以熔化，这样既降低物质熔融的温度，节约了能耗，又缩短了加热时间，更重要的是有利于工艺操作。例如，降低釉中三氧化二铝、二氧化硅的含量，增加助熔剂的含量（一般来说，釉的流动性随着助熔剂含量的增加而增大）。不同种类的助熔剂的助熔效果是不一样的。按助熔能力的强弱，可将一些助熔氧化物排列如下：氧化铅、氧化钠、氧化钾、氧化钙、氧化镁、氧化钡。上述方法是目前制造流动釉的通用方法。

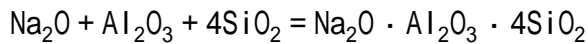
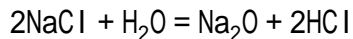
在制造流动釉陶瓷器制品时，可用浇釉法、浸釉法、涂釉法等，将釉直接施在陶瓷器坯体上，也可以先在坯体上施一层普通白釉，然后再施一层流动釉。这样，可以防止流动釉熔融时，过多地从坯体上流下，同时，还可以避免流动釉被多孔质的瓷器坯体吸收。施釉厚度可根据具体情况灵活掌握，在坯体较为平坦的表面上，可以施厚些；倾斜度大的表面，釉可施薄一些，底足处的釉层应比口沿处的薄一些，这样，可以防止釉熔融流动时粘结底足。在烧制过程中，控制温度和时间是技术关键。温度低，则釉不会流动，温度太高，釉则会“跑掉”。因此，烧制温度和时间，必须根据流动釉中的物质含量（特别是助熔剂含量）来确定，不可随意变更，也不能一成不变。

## 69. 古为今用 ——食盐釉

如果有机会去瓷器厂参观，你会发现一个奇怪的现象，在烈火熊熊的窑炉边，工人们正把炉门打开，抡起大铲，一铲一铲把白花花的食盐往火里扔。这是干什么呢？

原来这里面大有学问，工人们正在制造一种奇特的釉——食盐釉。这种造釉方法是比较古老的，我国古代劳动人民就是用这种方法在陶器表面制造釉层。古代文献上称之为“熏釉”。今天许多陶器制品仍然采用这种方法造釉，只是在传统的基础上熔进了现代科技。

为什么食盐扔到火里会变成釉呢？原来食盐在 1200 左右的高温下，会变成气体，随着窑内气流的运动而布满整个窑室，这种食盐气体与陶器坯体接触后产生化学变化，形成薄薄的釉层。食盐釉的形成，可用下面的化学反应方程式简单表示出来：



（食盐釉）

如果不用食盐，用硼砂、硼酸或其他的氯化物，例如氯化钡、氯化钙、氯化铁、氯化镁、氯化锰等，也可造出类似的釉。

食盐釉质量的好坏，决定于如下三个因素：即坯料的化学组成；烧成技术；施釉方法。

坯料化学组成是食盐釉质量好坏的一个重要因素，特别是其中的三氧化二铝和二氧化硅含量的比例以及三氧化二铁的含量。如果三氧化二铝与二氧化硅的比例控制在 1 4.6 ~ 1 12.5 之间，所得的食盐釉的效果较好。同时，坯料中三氧化二铁的含量对食盐釉的呈色影响较大：当坯料中  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含量在 0 ~ 2% 时，食盐釉呈白色或黄褐色；当  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含量在 3.5 ~ 4.75% 时，食盐釉呈褐色，而当  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含量在 4.75 ~ 8.2% 时，食盐釉呈茶褐色。

在烧成技术方面，主要应掌握施釉温度和气氛。投盐时的温度，应以坯体开始烧结的温度为宜，如果投盐过早，大量食盐气体进入坯体内部，而在坯体表层只形成了一个极薄的釉层，这时，想进一步改善釉层就很困难了。因为此时已生成的极薄釉层阻隔了食盐气体与坯体产生化学反应。因此，掌握投盐施釉温度是十分重要的。这个温度因坯料组成等因素而异，一般在 1160 以上。在碱和氧化铁含量较多、熔化温度较低的坯体上，施釉温度可控制在 1040 ~ 1060 。食盐釉的颜色与窑内气氛大有关系。同样的坯体，用还原焰烧时，因低价铁的形成，而使釉面呈灰色；用氧化焰烧时，因高价铁的形成，而使釉面呈棕褐色。食盐釉一般采用氧化焰烧成。

食盐釉的投施方法，必须保证窑内烟清后方可上釉。施釉时，要避免食盐气体随烟气逸出窑外。施釉后，可将闸板降到底，“闷窑”三十分钟，以使食盐气体与坯体充分反应。食盐的用量一般为 1.5 ~ 2.5 公斤/米<sup>3</sup>窑，投盐时，可以用纯盐，也可采用食盐与煤的混合物。经验证明，后者较好。

## 70. 瓷器的画皮 ——会变色的釉

在我国陶瓷装饰艺术的园地里，近年来，又增添加了一个珍贵的新品种——变色釉。这种产品在阳光下呈现紫色或紫红色；在白炽灯下，又奇幻地变成了红色；在日光灯下，它又摇身一变，成了天青色；在高压汞灯下，出现一片深绿色；在高压钠灯下，又泛出橙红色的光泽。这种不可思议的色相变化，给人带来了无限的美享受，同时，也使人产生了一系列的疑问。

这种变色釉是用什么东西做成的呢？为什么能够在不同的光照下变幻出不同的颜色呢？

原来，变色釉瓷器的制作工艺，也没有什么特别神秘的地方，它就是以普通的白瓷为基础制作出来的。它的坯料，就是普通白瓷的坯料；它的基釉，就是普通白瓷的釉料。不同的是在白瓷釉料中，加入了金属氧化物、非金属氧化物以及稀土金属氧化物的混合物，作为着色剂。其中，稀土金属氧化物包括钨、铈、铀、镨、钐、钕、镧、铪、铈、钕等的氧化物，含量约为 15% 左右。变色釉变色的奥秘就在于这些稀土元素的作用。

稀土元素为什么具有变色功能呢？

因为稀土元素是一些性质十分活泼的元素。这些元素的外层电子很容易激发，里面的 4f 电子层也没有被充满，电子由基态跳到激发态时所需的能量很少。与一般元素相比较，它可以产生出更多的电子能级。包含这些稀土元素氧化物的着色剂，接在基釉中，施在坯体表面上，通过 1300℃ 左右的还原火焰烧成，发生一系列的物理化学变化，产生出一种新的固熔体。这种新的固熔体在可见光范围内，对不同波长的光具有强烈的选择性吸收和反射的特性。同时由于不同波长的光，所携带的能量不一样，这样，稀土元素外层电子被激发的程度就不同。因此，变色釉就能够在不同性质的光源照射下，变幻出各种各样的颜色。

变色釉瓷器的研制，首先在我国浙江肖山瓷厂、绍兴瓷厂获得成功。这是瓷器科学领域的一个新突破，为我国瓷器装饰艺术，开辟了一条广阔的新途径，在国内外引起了广泛的注意。我国稀土元素含量丰富，总储量约占世界的 70%，随着对稀土元素和变色釉的更进一步的研究，将会制作出更多、更好、令人眼花缭乱的变色瓷器来。

## 71. 五花八门 ——陶瓷窑炉

窑，简单地讲，就是煨烧陶瓷制品的一种设备。陶瓷器制品在成型、上釉工序完成以后，都要放在窑中进行高温处理。

窑炉种类繁多，五花八门，经历了一个漫长的由低级到高级、由简单到复杂的发展过程。

(1) 倒焰窑 这种窑中的火焰经历了一个由下至上，又自上而下的流动过程。在这种过程中，使火焰对制品加热比较充分和均匀，同时，热量利用率高，能耗减少。但是间歇操作，劳动强度大，不易控制，有逐步被隧道窑所取代的趋势。

(2) 隧道窑 这是一种比较先进的窑炉，它形似隧道，内设铁轨，陶瓷制品坐在一辆辆首尾相连的窑车上，在隧道内行驶，窑两边设有几对燃烧室，供给窑内的热量。窑车载着制品沿隧道旅行时，炽热的空气迎面而来，使制品温度一直升高到一千三、四百度，发生一系列的物理化学变化。这样，一车成品陶瓷从窑尾出来，窑头就有一车半成品进入，周而复始、连续不断地运转。隧道窑的优点很多：产量大，窑炉周转快、生产周期短、产品质量好。省人力、省燃料；但它建造费用高，不适合于多品种、小批量生产。

(3) 辊道窑 这种窑炉也是一种隧道窑，只是装载工具不用窑车，而用一系列在原地转动的辊子代替了窑车。制品放在一块块耐火垫板上，再把这些垫板放在辊子上，由于辊子的转动，使制品从窑头向窑尾移动。这种窑炉的优点是：使窑炉截面减小，窑内升温快、温度分布均匀；避免了窑车携带热量损失，提高了窑炉的热利用率；结构简单，操作方便，有利于机械化和自动化。目前需要解决的问题是如何提高辊子的使用寿命。

(4) 梭式窑 这种窑是在对传统间歇窑进行研究的基础上，发挥其优点，同时增加了一些隧道窑的优点而创造出来的一种现代化的间歇窑炉。它的结构类似倒焰窑，只是陶瓷制品放在大窑车上，推入窑内，烧成后连同车子一道拉出窑外，然后将另一车坯体推入。一进一出，循环往复，像织布的梭子一样，故称之为梭式窑。

(5) 气垫窑 这是国内外近几年设计制造的一种新型隧道式窑炉。这种窑炉稍作倾斜，在窑底开有许多小孔，用高压风机将高温高压气体从这些小孔鼓进窑内，形成所谓“气垫”。制品进窑后，由这个气垫托起，浮离窑底，进行焙烧。气垫窑的优缺点除了类似了隧道窑的以外，最大优点是制品受热面大且均匀，取消了窑具，热效率高；缺点是只能烧制扁平制品。

(6) 多孔隧道窑与电热隧道窑 多孔隧道窑是一种多通道、小截面的隧道窑。通道数目从两孔到四十八孔不等。它的优点是设备简单，造价较低，温度分布均匀，热利用率高，烧成周期短。电热隧道窑利用电能转变为热能，具有占地面积小，热效率高、无污染、产品质量高和容易实现自动化等优点。

## 72. 瓷器的气质 ——薄明白

在瓷质本身的美中，最重要的两个因素，就是白度与透明度。

白度是以硫酸钡为 100% 作为标准的，测定白度的仪器是所谓的“白度仪”。它是利用瓷片试样对白光反射的强弱来进行测定的。

影响瓷器白度的因素很多，主要是瓷坯中的三氧化二铁与二氧化钛等着色氧化物含量的影响。着色氧化物含量增加，瓷器的白度则下降。一般来说，每增加 0.1% 的着色氧化物，白度则下降 2~3 度。

瓷器的白度，包括坯体白度和釉面白度。由于釉用原料比坯用原料少得多，约为坯用原料的十二分之一。因此，制备釉料时，可以尽可能采用较纯的原料，而坯用原料量较大，往往受到资源的限制，故提高白度，多从釉用原料入手。据有关资料介绍，引入 2% 的萤石 ( $\text{CaF}_2$ )、冰晶石 ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) 可提高白度 2~4%，引入 7% 的锆石英 ( $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ )，可提高白度 8%，引入 4% 的氧化锌 ( $\text{ZnO}$ )，可提高白度 2%。此外，由于我国的瓷器多在还原焰中烧成，氧化铁还原成氧化亚铁，从而影响瓷器的色调，形成的淡青色的低铁硅酸盐，使瓷器呈现白里泛青的色调。这种色调较之欧美等国瓷器的白中泛黄更加耐看，耐人寻味，使人悦目怡情。

瓷器的透明度是指透射光的强度与入射光强度之比的百分数。这个百分数越大，瓷器的透明度就越好。设透明度为  $T$ ，入射光强度为  $T_\lambda$ ，透射光强度为  $T_{\text{透}}$ ，则透明度可用下面的式子表示：

$$T = \frac{T_{\text{透}}}{T_\lambda} \times 100\%$$

影响瓷器透明度的因素很多，上面提到的影响瓷器白度的着色氧化物含量也同样会影响瓷器的透明度。此外，透明度与瓷器的厚薄有密切的关系，瓷胎越薄，透明度越好；反之，瓷胎越厚，透明度越差。过去，人们称誉中国瓷器有几句话，叫做“青如天、薄如纸、明如镜、白如玉、声如磬”。这里面的“薄如纸”与“明如镜”就是紧密相连，赞美透明度的。

白度与透明度构成了瓷质本身的美。对于日用陶瓷来讲，这是一个重要的质量指标。如何提高瓷器的白度与透明度，是摆在我们面前的一项艰巨任务。



## 73. 给瓷器化妆

### ——彩绘

用陶瓷染料对陶瓷器皿进行美术加工，在陶瓷工业中，称之为“彩绘”。我国陶瓷历史较长，彩绘经验十分丰富，彩绘方法也多种多样。按所有染料的性能、制作方法、烧成温度等来分析，可以把这五花八门的彩绘方法，归纳为两大类。

釉上彩：简单地讲，就是在釉面上进行彩绘。即在已经烧好釉的瓷器上用各种方法进行美术加工，然后放到“锦窑”中经700~800℃的温度进行煨烧，使颜料与瓷胎熔结在一起。煨烧后的产品即为釉上彩瓷。由于煨烧温度不高，经受得起这种温度的颜料很多，因而釉上彩的色彩丰富。但由于它是在白瓷的釉面上进行彩绘，因而在长久的使用摩擦之后，易于退损变色。好在一般日用瓷具并非永久产品，因此，这种缺陷所带来的影响也并不那么显著。釉上彩主要包括下面几种：（1）古彩，也称之为“硬彩”。它是以铜、铁、锡、锰的金属氧化物为着色剂，以铝粉和石英粉为主熔剂。采用各种粗细不同的简练而刚劲的线条构成，填色时，不分阴阳浓淡，只是在线框内平涂。这种彩绘方法，最初只有黄、绿、紫三色。现在已发展到各种颜色。（2）粉彩，也称为“软彩”。它的特点是改变了古彩的单线平涂，而代之以分别明暗，渲染接色的层次变化，表现力极强。粉彩的制作，一般是在描绘轮廓后，先填一层“玻璃白”，干后，再以所需色料在上面描绘渲染，最后进“锦窑”煨烧而成。（3）新彩，又称为“新花”。这种方法，直接用笔蘸取一种或几种色料在瓷面上作画。其技法和风格接近于水彩画。新彩的色料，用油调者为“油彩”，用水调者为“水彩”。（4）印花，这种制作方法，首先将纹样稿拍印在橡胶皮上，用小钢刀沿纹线刻花，制成皮印。再将色料用排笔涂在皮印上，转印于瓷面上。（5）刷花，操作比较简单。先将摹有纹样的薄纸贴在瓷面上，干后，用小刀将纹线内的纸屑刻掉。再用刷子蘸色，隔一层细丝网，向花纹纸刷涂色，刷完后，取去全部余纸，花纹就显露出来。（6）喷花，这是在刷花基础上改进的一种装饰方法，其主要特点是用喷枪代替了画笔。（7）贴花，这种方法的特点是用机器印刷的一种瓷用纸，贴到瓷面上，再用水冲洗，色料与纸分离，颜色就粘贴在瓷器表面。

釉下彩：就是在坯体上进行彩绘，再罩上一层无色透明釉，经高温烧成。釉对色彩有保护作用，不易磨损。釉下彩包括如下几种：（1）青花，它是用含氧化钴（CoO）的钴矿作彩料，描绘在泥坯上，再罩上一层透明釉。通过加水量的多少，调整色彩的浓淡，给人以清新明快的感觉。（2）釉里红，它是以氧化铜（CuO）为着色剂，在还原气氛的影响下，氧化铜变为氧化亚铜（Cu<sub>2</sub>O）或（Cu），从而呈现悦目的红色。（3）斗彩，就是釉下彩与釉上彩结合在一起进行装饰。（4）釉下五彩，就是在釉下以多种色料进行装饰，色彩丰富，变幻无穷。

## 74. 以薄取胜 ——薄胎瓷

用“薄”字来赞誉瓷器，在我国已经有很长的历史了。而薄胎瓷的最大特点就是“薄”。我国的薄胎瓷常常薄到只有0.5~1毫米，有的甚至还不到0.5毫米。真是巧夺天工，令人拍案称奇，叹为观止。“薄”一方面体现了制瓷工艺的高超水平，另一方面又提供了艺术鉴赏的重要因素。

薄胎瓷，在我国有着悠久的历史。追溯它的历史，可以一直追溯到史前文化。在龙山文化的黑陶中，就有一种“蛋壳陶”，表面打磨光滑，薄如蛋壳，厚度仅1毫米左右。宋代的影青瓷，也是一种薄胎瓷。它是北宋中期景德镇的独创，其特点是色白花青、体薄而润，在当时的影响颇大。

薄胎瓷的制作，主要是围绕着“薄字下功夫，努力做到薄不变形，薄有质感。根据一些瓷厂的经验，薄胎瓷的制作，要特别注意如下几个方面的问题：

(1) 认真抓好造型设计，使器形设计符合力学原理，防止变形。容易受力的部位应稍加厚些，以增强其高温荷重的强度，从而减少变形。

(2) 研究坯釉配方，以适应薄胎瓷制作的需要。一般来讲，应注意合理地控制坯料的 $\text{SiO}_2$ 与 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的比值。在烧制过程中，高岭土分解，熔入玻璃相，引起收缩；而石英的多晶转变所引起的膨胀，可以部分抵消这种收缩。如果 $\text{SiO}_2$ 与 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的比例恰当，就可减少制品的变形，使微观结构更为致密，满足薄胎成瓷的严格要求。对釉料来说，一般要求熔融良好、高温粘度较小且烧成范围较广。此外，适当地提高釉中 $\text{MgO}$ 的含量，可以减弱铁、钛着色，提高釉面的白度与透明度。

(3) 在成型工艺方面，应根据不同的产品和造型，采取不同的成型方法，如拉坯、注浆、旋坯等成型工艺。无论采用何种工艺，精心修坯都是必须的。

(4) 在装饰方面，一般薄胎瓷多彩用青花、釉下五彩，有利于突出“薄”的特点。

(5) 在装烧方面，薄胎瓷一般采用两次烧成。也就是使坯体先经800~900的温度进行素烧，然后以1300左右的温度进行本烧。根据经验，薄胎瓷在电热隧道窑中用还原气氛，无匣钵煅烧为佳。

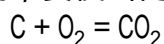
## 75. 反其道而行之 ——泡沫陶瓷

世界上的事物都具有双重性。陶瓷制品也不例外。人们往往以气孔率的大小来判断陶瓷制品的质量，要求其气孔率越小越好。但在某些场合，由于特殊条件的要求，使某些陶瓷制品又必须具有较大的气孔率。例如，砌筑工业炉用的各种轻质砖，某些建筑物的隔热层，就要有意识地使它具有较大的气孔率，这样可以提高它的隔热性能。像这样一些气孔率大，体积密度小的陶瓷制品，我们称之为泡沫陶瓷。

泡沫陶瓷的制造方法，简单地说，就是在粘土等泥料中加入发泡剂和固定剂，经混合、成型、干燥、烧成等工序而成。

按照发泡剂的性质不同，可把泡沫陶瓷的制造方法分为如下三种：

(1) 可燃物加入法：在泥料中加煤粉、木炭粉、锯木屑等可燃物质，加入量通常为 30 ~ 45% (按重量计)。在烧成过程中，这些可燃物燃烧成挥发物排出，从而使制品气孔率增加。烧成时，保证这些可燃物质完全燃烧是非常重要的，它关系到泡沫陶瓷产品的质量优劣。因此，在 500 ~ 1000 的范围内，要使窑内保持强氧化气氛，以利于下列化学反应充分进行：



烧成的最终温度约为 1350 左右。并在这个温度下适当地保留一段时间。

(2) 气体法：这种方法是在泥浆中加入松香皂，皂角甙等发泡剂，使泥浆产生大量气泡，并加入石膏、明矾或锯木屑等固定剂，用以固定含有大量气泡的泥料的结构，再经注浆成型、干燥、烧成等步骤而成。制品烧成温度在 1300 左右。

(3) 化学法：在泥浆中加入一些彼此进行化学反应，并有气体产生的物质，利用化学反应产生的气体来使泥浆发泡，同时加入固定剂。通常加入的物质有白云石、方镁石、石膏石以及硫酸等。

随着科学技术的发展，泡沫陶瓷的用途也愈来愈广。在化学工业和食品工业中，通过控制气孔的大小和气孔率，可以制成各种过滤介质。这种过滤介质稳定性高，可以再生重复利用，而且使用方便。泡沫陶瓷还可以做为载体，使某些化学反应在其中发生。尤其是一些需要催化剂的化学反应。将催化剂搭载在泡沫陶瓷的气孔中，让需要反应的反应物连续通过，这样就可以形成连续的化学反应过程，在化学工业中的效益是相当可观的。

## 76. 烈火金钢 ——氮化硅陶瓷

一般陶瓷制品在制造过程中会出现收缩变形，这样就不能保证成型时的尺寸和型状与成品完全一致。这个问题，是陶瓷长期以来不能像金属那样广泛地用作工程材料的一个重要原因。

针对上述问题，一种新型的不收缩陶瓷——“氮化硅”诞生了。它是陶瓷家族中的后起之秀，在许多性能上都超过了它的老前辈。它一出现，就解决了上述的困难。

氮化硅的制造过程，可以分为两步：先用一般陶瓷的成型方法将硅粉做成素坯，然后放在通氮气的炉子里初步氮化，使硅部分氮化而具有一定的强度。经初步氮化的坯体，可在机床上用加工金属的方法，做成各种形状复杂、尺寸精确的部件，然后放到炉中进行最后的氮化，直到硅最后完全转变成氮化硅为止。这种由硅和氮直接反应生成的氮化硅，叫做反应烧结氮化硅。由于这种氮化硅的烧结，是靠氮气与坯体中的硅粉粒反应而生成的，从而将各个粉粒连结起来，并充填粉粒间的空隙，因此，在整个氮化、烧结过程中，坯体的尺寸几乎不变。

氮化硅陶瓷优点很多，主要有如下几点：

(1) 强度高。在常温下，反应烧结氮化硅的抗弯强度为 2000 公斤/厘米<sup>2</sup>左右，在陶瓷中几乎没有比它更高的了。特别可贵的是，这种高强度在 1200 的高温下依然不变。而在这样的温度下，即使是超级合金，也早已软化变形了。

(2) 耐磨性能好。氮化硅属于最坚硬的物质之一，它的硬度仅次于金刚石等少数几种超硬物质。它的摩擦系数很少，只有 0.1~0.2，与石墨类似，具有自润磨性。

(3) 耐急热急冷性能好。氮化硅的热膨胀系数很小，只有钢的 1/5。这样就保证了它在温度剧变时不易破坏。有人试验，在空气中，从室温到 1000 的范围内，把氮化硅加热后急速冷却，冷却后又急速加热，可连续进行几十到几百次而不致碎裂。

(4) 电绝缘性能好。氮化硅是一种很好的电绝缘材料，室温时的电阻率为  $10^{13}$  欧姆/厘米，温度升到 700 时，其电阻率仍有  $10^8$  欧姆/厘米。

(5) 化学稳定性强。氮化硅有一身耐腐蚀和耐氧化的本领。除了氢氟酸以外，没有一种无机酸能伤害它。在空气中一直使用到 1400 而不被氧化。

为什么氮化硅有如此的性能呢？这主要在于它的物质结构。氮化硅是一种原子型晶体的共价键化合物。在氮化硅晶体中，氮原子与硅原子以共价键相联结，硅原子位于四面体的中心，周围四个氮原子位于四面体的四个顶点上，构成了连续的、坚固的骨架结构。同时，由于它结构中不含有正的或负的离子，也很少有游离的电子。这样就保证了氮化硅的优良性能。

氮化硅的用途非常广泛，如用氮化硅做燃气轮机的叶片、旋转活塞发动机刮片、轴承、机械密封环等。此外，氮化硅可代替合金钢做球形阀门的球芯，也可用作氯气和硫化氢气体的输送泵，还可做为高温液态物质的容器。在原子能、电器、化工和军事工业中有很大用途。

## 77 · 电气王国里的贵宾 ——电用陶瓷

电的诞生改变了我们的生活，加速了人类历史的发展速度。随着电气与电子工业的发展，陶瓷制品就跨进了电气世界。

在现代远程探测用的大功率雷达设备里装有一种巨型电子管，这种电子管必须在高度真空下才能工作。为了保证高真空状态，就必须有一件特别的外衣，把各种零件密封起来，不让一丝半点空气进去。这种外衣就是“高频绝缘瓷”。它是一种氧化铝含量很高的陶瓷，这种陶瓷在高温的情况下，在频率很高的电场中，仍能保持良好的电气绝缘性能。

有一种鱼群探测器，是用一种所谓压电陶瓷做成的。把这种探测器放在水里，它就会向水底发射声波，如有鱼群通过，则会使声波反射回来，通过压电陶瓷接受声波，变成电讯号，人们就可知道鱼群的位置。用同样的方法，也可以探测到海底暗礁。侦察在近海或远洋活动的敌人的潜艇。在工业上，也常用这种压电陶瓷来探测金属内部的缺陷或损伤。在医学上，也可以用这种陶瓷制成的仪器来检查某些用普通听诊器检查不出来的疾病。

压电陶瓷这种神奇的作用是怎样产生的呢？原来压电陶瓷是一类晶体物质，它在受到外来压力，哪怕是这种压力微小的变化像声波振动一样，都会产生压缩或伸长等形状变化。随着这种形状的变化，这种晶体的两面会产生不同的电荷，这样，当声波作用在压电陶瓷上的时候，就会产生电讯号。反之，它在交流电压的作用下，又能一会伸长，一会儿缩短，变成振动，产生声音。

在电子计算机中，也可以找到陶瓷的后裔，它们正在紧张地工作着，每秒钟要进行几十万次的计算，而且结果非常准确，这就是计算机的“大脑”，而这个大脑，正是用一种新型的陶瓷材料做成的。这种新型的陶瓷的材料，我们称之为“磁性瓷”。

这种磁性瓷有一种电学特性，就是我们把它放在一个电压交替变化的电场中的时候，在它表面聚集起来的电荷虽然也同其他的电介质材料一样，会跟着电场中电压的交替变化产生正负的交替变化。但是，这种表面电荷的正负交替变化不能跟着电压同步变化，总要迟滞一下。因此，如果用仪器把电场中每一次电压的交替变化，和它每次相应的表面电荷正负交替变化，同时都在坐标纸上记录下来，常常形成一个近似矩形的回线，这在电子学上称为“电滞回线”。

磁性瓷之所以能够做电子计算机的大脑，就完全靠它的这种“电滞回线”的特性。因为人们可以通过仪器把各种各样的变化变成一次次电场中的电压的交替变化，或者用电子学的术语来说，变成一次次“电脉冲讯号”。既然每一组磁性瓷做的记忆元件，能够把它所接受到的每一次电脉冲讯号用电滞回线记录下来，这就像人的头脑一样，能够把外界的每一个变化都记忆起来。

## 78. 从传说到现实， ——古今玻璃一席谈

我们熟悉玻璃，也会使用玻璃。但是也许要问，玻璃是什么？人类怎样发现了玻璃？

大约在公元 77 年的时候，罗马有一位当时世界闻名的学者名叫普林尼斯。他花了许多年的功夫写了一本反映古代世界人类的各种知识的书《自然界》。其中描述玻璃的发现是这样的：一艘腓尼基商船在航行中遭遇强烈飓风的袭击，不得不驶到一个小港湾避风，饥饿难忍的水手纷纷跑到沙滩上用船上装的苏打块搭起灶来烧东西吃。第二天早晨准备起锚远航时，一个冒失的水手不慎一脚踢翻了炉灶残骸，突然发现炉灰中有些闪闪发亮的小块块。这些小块块就是玻璃，它是由岸边的沙粒和苏打粉在火的作用下化合而成的东西。

这个传说流传很长时间，也没有怀疑它。直到近代，几位好学的学者按照传说中的方法在沙滩烧起火来，火熄灭后，余灰中没找到任何一点细小的玻璃块。他们证明了这种炉火所产生的温度远不能使苏打和沙粒化合成玻璃。1945 年的一天，美国的尼华达州大沙漠爆炸了第一颗原子弹，爆炸中心的沙漠上发现了一块巨大的玻璃。经分析才知道，爆炸产生的瞬间温度达几千度，足可熔化沙粒变成玻璃。

在距今约 2000 万年以前，人类还没有出现在地球上，由于火山的爆发或宇宙中巨大陨石冲击地球表面的砂岩产生的高温导致了天然玻璃的出现。天然玻璃启发了人类的祖先，5000 多年前，人类学会了人工制造玻璃的技术，开创了人类文明的时代。

在 5500 年前，古埃及的陶瓷匠们意外地发现苏打和砂粒在炉中可烧成玻璃。大约在 3500 年前，我们劳动人民已学会了玻璃的生产技术。大约在 2000 年以前，古罗马人发明了用铁管吹制玻璃，开始做出透明玻璃来。到了 19 世纪末期，两位德国物理学家经过 2000 多次试验和改进，终于制得了适用于照像机、望远镜等各类光学仪器上用的几十种光学玻璃。近百年来，各种无色光学玻璃已经发展到 250 多种，它广泛用于各类光学仪器中。到了本世纪 60 年代初期，玻璃更是激光管壁材料和强激光输出的理想工作物质之一。

玻璃构成了一个庞大的家族。特种玻璃是这个大家庭中的新生代。半导体玻璃已成为新材料领域中的新军，它具有光敏、热敏、整流、透红外及电子二次发射等特性，因此广泛应用于电子工业、通讯工业和光电工业中。磁性玻璃是一种含有强磁性物质的玻璃，它主要用于热磁器件、记忆元件、激光调制、空间装置等方面。近 20 年来，在新型玻璃中又出现一代骄子——光导纤维。它是由直径几个微米到几百微米的高折射率的玻璃芯子和外包低折射率的玻璃包层而成的，并引起了通讯技术的一场大的变革。

玻璃正变成耐高温、耐温剧变、抗冲击、高强度和高透明度的结构材料。微晶玻璃比铝还轻，而抗弯强度却比普通玻璃高 5~10 倍，接近不锈钢的强度，广泛用于航空航天和蒸汽机领域中。

玻璃家族中的每一个成员在现代科技领域中都发挥了它们的特殊作用。在未来的世界中，玻璃的地位是不可代替的。

## 79. 玻璃透明的秘密

### ——微晶子

我们知道任何物质在光的作用下都会产生透过、反射和吸收三种作用。对于透明物质来说，它们具有很大的光透过能力，反射和吸收倒是很少的。相反，不透明物质却具有很强的反射和吸收的本领，光透过的能力异常微小，可见光几乎一点不能透过。

根据科学家们计算和测定，一块抛光的无色透明的玻璃的透过可见光能力为 92%，表面反射和内部吸收只占 8% 左右。那又是为什么呢？原来玻璃内部没有结晶体存在，它是一种无定形态物质。根据无规则网络——晶子学说来看，玻璃结构中有近程有序的晶子存在，它的尺寸很小，大约只有 7~20Å。这样十分微小的晶子与可见光波长相比较，更显得微小和微不足道了。可见光的波长为 4000~7800Å 的电磁波，两者相比，晶子的尺寸仅仅是可见光波长的几千分之一。这样小的晶子存在于玻璃中，毫不妨碍这部分光线顺利通过。玻璃中的微小晶子对这部分光线既少散射也甚少吸收。所以，光线由玻璃这边进去，几乎原封不动地又从另一边出来。光的波长也没有大的改变，光的强度基本上也没有大的减弱。这样一来，当光线再射入到人的眼睛时，感觉不出有什么区别；仍像没有经过玻璃一样。同时，玻璃结构中的晶子本身也没有吸收可见光波，这又是什么道理呢？根据固体物理学分析，这些晶子是由硅原子和氧原子结合成硅氧四面体形式的原子团。氧原子上的电子是处于稳定的基态。若要跳过一个能量级变成激发态，就需要供给基态电子一定的能量才行。但是，波长为 4000~7000Å 的可见光，它的光子能量都比电子跳过这个能级来得小。这样，可见光波的光子能量不能使氧原子上外层电子产生跃迁而进入激发态，所以可见光波没有被晶子所吸收。

那么，金属、木头之类东西为什么没有这种透光的本领呢？原来，它们都是结晶体。有的晶体尺寸还比较大，用一般的普通光学显微镜来观察它们的结构已能十分清楚。当光线照射它们时，这类物质的表面和内部的晶体界面、气泡等都会使光线产生反射、散射和吸收；透过的光微弱得几乎没有，就成为不透明了。知道了上述奥秘之后，人们就使本来不透明的陶瓷也变成了透明的。其办法就是减少晶体尺寸和消除内部气泡。

在无色透明玻璃中加进一些微量的金、银和铜及一些还原剂后，就会使原来无色玻璃变成红色的、黄色的有色玻璃。在可见光照射时，某些波长的光被散射或吸收，其余波长的光线就会透过玻璃而使人们看到颜色。

## 80. 光学仪器的心脏 ——光学玻璃

人类在认识世界、改造世界的长期斗争中，眼睛起了无可估量的作用，但依然显示出许多不足之处。如人眼看不清异常遥远的事物，分辨不出太细微的东西，更看不到紫外线、红外线……但今天，人类借助各种各样的光学仪器，却能看到10里甚至几万公里以外的物体，分辨出微观世界里的细胞甚至分子的存在，也能看到紫外线、红外线，甚至X射线了。139

今天，光学仪器已渗透到愈来愈多的工业部门、科学研究、医疗卫生，甚至日常生活也少不了它。人们常说，今天的社会已经不能没有光学仪器了，而光学仪器的心脏就是用光学玻璃制造的各种透镜、反射镜和棱镜。从而光学玻璃的重要性可以从光学仪器的重要性来衡量。

医学家、细菌学家不能没有显微镜。只有在由许多光学玻璃透镜所构成的显微镜下，才能揭露为肉眼所看不见的微生物的生存世界。人类在抵抗和利用微生物的斗争中，显微镜是我们强有力的武器。

无论是在科研部门，还是在现代化的工厂里，常应用光谱分析仪器去测定各种原料、半成品或成品的组成，据此来控制产品的成分与质量。这些光谱分析仪包括可见光、紫外线、红外光、原子吸收等分光光谱仪，主要由一系列光学玻璃元件和电子元件构成，是现代工业和科学家们离不开的研究工具。

在无边无际的宇宙空间，存在着无数的运动着的星体。肉眼仅能看到五六千颗星体。若用一般天文望远镜，则可发现数以百万计的星体；若用直径为五米的大型天文望远镜，则可以发现的星体又可增加数倍。天文望远镜中的关键部件——反射镜与透镜也是用光学玻璃制造的。

光学仪器在军事上的重要性更加引起人们的注意，素有“武器的眼睛”之称。如指挥员用的望远镜、炮兵用的各种测距仪和瞄准镜、坦克和潜水艇中的潜望镜、夜间观察目标瞄准目标用的红外夜视仪和微光夜视仪、侦察飞机上的高空摄影机等等，早就引起各国军事部门的重视。

随着新型光学玻璃的不断涌现，这些光学仪器的作用距离与范围已愈来愈远，愈来愈精确。现代科技发展了一种新的探测技术——遥感技术，它借助于专门的光学仪器、电子设备和电子光学探测器把遥远物体所辐射的电磁波接受记录下来，再经过处理变成人眼可以直接识别的图像，从而揭示了被测物体的性质及其变化规律。在这种新技术中，也使用着多种光学仪器，如全景航空摄影机、多光谱相机、彩色合成仪、摄影测量相机和自动立体测图仪等等，这些光学仪器中的主要部件也是用光学玻璃制造的。

光学仪器早就进入了我们的日常生活之中。眼镜、摄影机、照相机、放大镜等，都要用光学玻璃来制造。



## 81. 来自玻璃的“死光”

### ——激光

传说早在公元前 200 多年，希腊哲学家阿基米德就设想用一个巨大的抛物面镜聚焦太阳光以烧死入侵的罗马舰队。这可算是“光武器”研究的最早设想。事隔 2000 多年以后的今天，国际上一些很著名的科学家却竟为同一的研究课题而绞尽脑汁，想方设法用强光去摧毁敌人来犯的飞机导弹，甚至外层空间敌方的军事卫星。显然，今天的科学家所采用的不再是大自然为我们提供的太阳光，而是比太阳光强亿万倍的激光。激光在空间以光速直线传播，比最快的飞机、最先进的导弹的飞行速度还快上万倍，这是别种反导弹武器所不及的，被人称作为“死光”。

自从科学家制得第一台红宝石激光器后的 20 多年来，已经发现了许多物质都能产生激光，并制成各种各样的晶体激光器、气体激光器、半导体激光器、玻璃激光器、化学激光器等，但目前，能量输出最大、功率最高的激光器主要是玻璃激光器。

玻璃激光器主要由放在腔内的钕玻璃和氙灯组成。钕是一种稀土金属，钕玻璃是由少量氧化钕熔化在玻璃中而制成。钕离子称为“激活离子”，威力无比的激光就靠它产生。钕玻璃棒称激光工作物质，是激光器的心脏。氙灯被称为激励装置，这种腔称为光学谐振腔。

那么钕玻璃激光器是如何工作的呢？

原来氙灯发出的强光被钕玻璃棒中千千万万个钕离子所吸收，并使自己处于较高的能量状态。处于高能态的钕离子是不稳定的，总要回复到一个被称之为“亚稳态”，而且最终处在亚稳态的钕离子数愈来愈多，甚至大大超过处于低能态的钕离子数。亚稳态也是不稳定的，只要在某一辐射的感应下，处于亚稳态的几亿万个钕离子在同一时间一齐跳回到较低能态，从而发射出很强的激光。

今天的钕玻璃激光器已能近距离内击穿不太厚的钢板。虽然由于它的输出功率还低，传播距离尚近，能量消耗太快等原因，不能用来摧毁来犯敌人的飞机和导弹，但用激光制导的武器却已用于实战。用激光束来照射（捕捉）目标，再用激光接受器探测被目标反射回来的激光束，经计算机快速运算，在几秒钟内就确定目标的方位和距离并控制导弹去迎击目标，几乎百发百中。

科学家们更关心激光的和平应用。用于加工手表宝石轴承的激光打孔机，金属加工业的激光切割焊接机，医院用的激光手术刀和激光针，用于工程测量的激光准直仪……都在国民经济各部门做出了贡献。在为数众多的激光器队伍中，钕玻璃激光器可算是一员出色的战将，在许多实用激光器中发挥着重要的作用。

## 82. 玻璃家族的叛逆者

### ——微晶玻璃

在长期的生产和生活过程中，玻璃留给我们印象是清澈透明和洁净无暇。实际上，任何玻璃在适当的条件下都会向相反的方向转化：透明的转化为不透明的，玻璃中也会产生它的叛逆子孙。

有时候，在玻璃的表面层或整体内会星罗棋布地存在着—类讨厌的小粒子，有时甚至玻璃的整体会变成像陶瓷那样不透明的东西。科学家把它叫做玻璃析晶。玻璃析晶是完全背叛了它原来固有的性格。近年来，人们熟悉的微晶玻璃就是玻璃这种叛逆性格的产物。它使玻璃析晶“弊病”进入了“柳暗花明又一村”的新世界的宽广境地。

1953年的一天，美国康宁玻璃公司的研究发展中心里，一个名字叫斯托凯的化学家对一种含有微量银的感光玻璃进行热处理试验。在做完一切必要的准备工作后，他把一块玻璃放进热处理电炉中，调整温度控制仪指示温度为600。然后去开一个会议，当他回来时大吃一惊，温控仪失灵了！温度猛冲到900。他脑中想到，玻璃会烧成像麦芽糖一样粘在炉膛上。他冷静地拿起一把不锈钢钳子，打开炉门，他看到玻璃完好无损，只是不透明了。他惊喜之余用钳子夹取这块玻璃时又不慎跌落在地。他想，这下糟了，必然会四分五裂。但结果相反，只听见它落地时发出像金属一样的声音，玻璃安全无恙。

这一试验就如此结束了。但是细心的斯托凯却对这个偶然的现象抓住不放。经多次试验，终于发现玻璃经过适当的热143处理，其内部会含有大量的微小结晶和一部分玻璃质东西。由于晶体十分微小，人们就称之为微晶玻璃。它改变了玻璃的原有结构和性格，处在1000以上的高温中也无所畏惧；有着比普通玻璃高几倍至10倍以上的强度；它还有十分低的介电损耗和较高的电阻率特性。它是近代玻璃研究和工艺上一项重要的新成就。

近年来，微晶玻璃的研究和应用又有长足的进步。有人估计已有1000多种特种组成的微晶玻璃，这个数字还在增长中，如此庞大的微晶玻璃家族几乎包含了周期表中60多个元素。

微晶玻璃具有很高的强度和硬度，甚至比高碳钢还硬。它的抗压强度比压延玻璃还大8倍，可是，比重却与铝差不多。其耐热性、电绝缘性、抗震性等是上等的。

一块1厘米见方的微晶玻璃薄片上可以均匀地“钻”出13950~36400个小网眼，这些小网眼连人的头发都通不过，这就是光敏微晶玻璃的杰作。它不仅应用于在玻璃上“钻微孔”或“刻花”，而应用于电子工业的印刷电路的底板和基片。导弹头部的锥体防护罩要求耐高温、耐冷热冲击、耐气流冲击和振动，甚至还要耐高速雨点的侵蚀，还要有稳定的介电常数，这非微晶玻璃莫属。此外，微晶玻璃已广泛应用于喷气发动机、火箭和卫星的制造过程中。在天文学领域中，制造大型反射望远镜的材料最好的也是微晶玻璃。近年来，又出现了一种像金属一样，可以任意切、削、钻的微晶玻璃，但其化学、电学，力学和热力学性质却优于金属。

### 83. 小得出奇大得惊人 ——微孔玻璃的妙用

微孔玻璃就是玻璃中包含着无数十分微小的细孔。不过它的孔径远远要比面包、泡沫玻璃中的气孔小得多，而且制造方法也不同。微孔玻璃是通过热处理和酸浸渍来穿孔的。这样一来，原来坚硬透明的玻璃就变得面目全非，真有点脱胎换骨的样子。

一块透明的钠硼硅酸盐玻璃，把它放在一只温度约 550 ~ 700 炉子里“烘烤”一段时间。玻璃内部就产生了液相分离的结构变化。这块热处理过的玻璃再浸渍在一定浓度的稀盐酸溶液里几个昼夜，然后用清水冲洗干净，它便成为一块浑身千穿百孔的微孔玻璃了。这种玻璃中的气孔只有 30 ~ 40A。这样的微小孔洞不要说肉眼看不见，就是用普通显微镜也无济于事。微孔玻璃本身价值并不大，但它繁衍出来的许多新成员，结出了多种玻璃新材料的硕果。无怪人们这样称颂它：微微小孔是个宝，它的用处真不少。

石英玻璃是玻璃中的硬汉子，人们称它为“玻璃王”，但它对原料及工艺条件要求很高。所以，人们一直在寻找性质类似“玻璃王”而在制造工艺上又不需要用高温的新材料。高硅氧玻璃的诞生，标志着向“玻璃王”挑战的开始。高硅氧玻璃是用钠硼硅酸盐玻璃经过热处理分相、酸处理、冲洗和干燥制成高硅氧微孔玻璃。把这种多孔玻璃放在 1000 以上的高温炉中煨烧，靠玻璃的自重和表面张力使气体逐渐排出，微孔消失，变成了无色的高硅氧玻璃了。它从外表看似乎与其他无色玻璃没有什么区别，但它却有其他玻璃无可比拟的性质：1000 ~ 1200 的高硅氧玻璃急速投入水中，它也不会炸裂，反复 2 ~ 3 次仍然完好；这种玻璃可以抵抗大多数无机酸和有机酸的侵蚀；它具有非常好的光学性质，其均匀性、双折射、光吸收、波长吸收限等是非常好的；其电学和力学性能也不差。

将高硅氧微孔玻璃经过掺铁和烧结就制成了掺铁高硅氧滤光玻璃。这种玻璃能够吸收紫外、红外线，从而阻挡紫外线对影中人眼球和皮肤的刺激和红外线对皮肤的烘烤，是无害摄影灯的重要部件。掺铁高硅氧玻璃耐高温，有很低的膨胀系数和稳定的电学性质，除了摄影灯外，电影放映灯、露天路灯、高温观察窗等也是不可缺少防护玻璃。

微孔玻璃和碳的结合，创造出一种新型的精密温度计，它的名字叫渗碳玻璃低温温度计。它比半颗蚕豆还小，厚度只有几毫米，两旁有二根导线，根据电阻值的变化来测量低温温度的。它在 -270 ~ -250 温度范围内使用，灵敏度是相当高的。

酶是生物催化剂，生物学家在酶学研究的基础上开创了固相酶的应用技术。固相酶的载体有不锈钢、有机聚合物和多孔玻璃。由于多孔玻璃结构稳定、成本低、不易被侵蚀等优点，已有 40 多种酶已同多孔玻璃攀上了亲。

玻璃是一种典型的电绝缘材料。可是用多孔玻璃，在几千个大气压作用下，将铅铋合金压进微孔中，在 4.2K 低温下竟测不出电阻来。玻璃超导体最有希望的应用就是用作超导磁体了。

## 84 · 玻璃家族的变色龙 ——见光色变的玻璃

科学家们发现，不管动物、植物或是矿石，当有光照时能着色，没有光照时就会退色，并把这一现象称之为光色互变现象。凡具有光色互变现象的物质叫做光色物质。人们已经发现的光色物质不下几百种。无机玻璃也不例外，近年来，科学家们已发现不少玻璃也有随光变色的特性。这类玻璃称光色玻璃，又叫变色玻璃，它是玻璃中一类“变色龙”。

有一种眼镜鱼，它的眼睛有一种天生的太阳镜。生物学家通过研究，发现在鱼眼的角膜里有一个色素层起着眼镜的作用。它能自动调节太阳光对鱼眼的影响。人的眼睛没有眼镜鱼那样的色素层。要防止强烈阳光或眩光对眼睛的刺激，只有借助于各种各样的护目镜了。近年来，变色玻璃的问世，使人们的护目镜又多了一支新秀——光色玻璃眼镜。这种眼镜随着阳光照射的强弱，会变成不同的颜色，其颜色变化也有深有浅。在强光照射下，其颜色加重，透光率减低；在夕阳西下或室内环境，它又会变成无色透明的玻璃。所以人们把用这种玻璃制成的眼镜叫做自动太阳镜。光色玻璃镜片的奥秘在于玻璃中溶解一定量的“色素”卤化银，在玻璃经受阳光照射后，其内部或表面的卤化银晶体产生光分解，形成胶体银粒子。由于不同波长的光 and 不同强度的光产生光分解形成的胶体银粒子大小不同，几乎在整个可见光领域中各波长的光均有相同程度的吸收。因此，可见光中各种波长光的透过率会均匀地降低。

在建筑行业中，玻璃不仅用在门窗上，而且已成为墙壁材料，使建筑物宏伟壮丽。然而玻璃墙也给人们带来烦恼，阳光照射下的炎热和眩目。自动太阳镜或变色玻璃给建筑师们以新的启示，同时也给玻璃工程师提出了新的课题。经过反复试验，终于跟普通玻璃一样在巨大的池窑中添加少量镍、钴、锰等过渡元素，熔化并拉制出光色平板玻璃。这种玻璃在没有光照时，是无色透明的，可见光透过率为 85~90%；光照时，颜色变暗，透光率为 30% 左右。所以，人们又把这种会变色的墙壁玻璃叫做“光窗帘”。不久前，美国有人将汽车顶上装嵌了大块变色平板玻璃，无论外部光线怎样变化，车内变化很小。因此，变色平板玻璃是汽车、飞机、轮船挡风玻璃的最佳材料。

在一块透明的光色玻璃上覆贴一张照相负片或一幅精细的剪纸图案，放在日光或紫外线下照射片刻，玻璃上便留下一幅黑白分明反差恰当的图像。如果把这块印有图像的玻璃放在暗处或加热到 70~80℃，图像就消失不见了。退色后的玻璃又有重新记录图像和文字的能力了，这样一片变色玻璃反复使用几千上万次也不在话下。因此，光色玻璃还是一种反复可用的特殊“照相纸”。

## 85. 奇妙的导线

### ——光导纤维

光通讯已有几百年的历史了，我国秦汉时期的烽火台便是一例。随着激光技术的发展，为光通讯的发展打开了一条崭新的途径。最引人瞩目的就要算近年来崛起的光导纤维通讯了。

那么，什么是光导纤维通讯呢？所谓光导通讯就是利用特殊光学性能的细丝来传递光束或图像等信息的通讯技术。所用的细丝叫光导纤维，简称光纤。它们包括塑料光纤、光学玻璃光纤和石英光纤等许多种类。在光通讯中，光导纤维的作用与电通讯中的电线相仿，所不同的是电线传送的是电讯号，而光导纤维传送的是光讯号。

大家知道，传导光的纤维是一根透明度极高的细丝，通常是用玻璃制成的，不管是光学玻璃还是石英玻璃做的，它们的直径都很小，粗的丝也不过跟人的头发差不多，直径大约有 150 微米，细的只有几微米或几十微米。这种玻璃纤维叫做纤维芯料，它的折射率要大些。为了防止它传送光的过程中要“泄漏”出去，必须给这个细丝穿上一层“外套”，这叫做皮层，它的折射率要比芯料小。皮层可以是玻璃，也可以用有机塑料来做的。目前用得最多的光导纤维是由玻璃（芯）—玻璃（皮层）来构成的。

科学家们根据光在纤维中传送方式的不同，制成了三种类型的光导纤维。第一类叫做阶跃型多模光导纤维。它的芯体比较粗，直径在几十微米，折射率较高。通讯容量较小，技术上较容易处理。第二类叫做渐变型多模光导纤维，也叫自聚焦光纤。这种纤维是一根由于半径方向化学组成不同，因而形成芯体中心的折射率最大，沿径向折射率逐渐变小的玻璃光导纤维。光线进入纤维后，每传播一段距就会聚焦在纤维的轴心线上，最后在另一端射出。第三类叫做单模光导纤维，它的芯体很细，只有 3~5 微米，但皮层很厚，芯—皮层间折射率相差十分微小，光线只能沿着纤维的轴向传播。它的通讯容量大，技术上要求严。

用来拉制芯体的玻璃必须十分纯净，不得含有任何有害元素、气泡乃至分相和微晶体。最常用的玻璃主要是超纯石英玻璃和纯洁的无色光学玻璃。在这些玻璃中 OH 基要降至 1PPb（十亿分之一）以下；铁、矾、镍、钴、铜、锰、钛要控制在一亿分之一以下；水含量不超过一百万分之一。这样高纯度的原料当然要特殊加工的。它们的纯度要求比半导体工业还要高 100 倍以上。

光导纤维引起了通讯技术的革命。它具有巨大的信息容量和广泛的应用范围。用 960 路微波通讯设备，只能传送 960 路电话或一路电视讯号。然而，一根头发丝那么细的光导纤维就能通上几万路电话或 2000 路电视。此外，光纤传送不会受外界电磁干扰。光导纤维机械适应性也很好，它可以弯曲半径 5~10 毫米。光纤通讯中光损耗低，保密性极好；原料丰富，制造成本低，可节约大量有色金属。

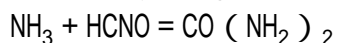
一个真正的光通讯时代已展现在我们面前。随着光纤材料的不断革新，更新的光通讯技术将不断涌现。

## 86. 有机的起源 ——碳元素和碳化学

周期系  $IV_A$  族元素。元素符号 C，原子序数 6，原子量 12.011。它属于非金属元素。碳和氢是有机化合物的基本组成。有机化学已经研究了 70 多万种碳的化合物。显然，碳能比其他元素形成更多的化合物、为什么呢？由于碳能够彼此连结形成长链和环。大多数分子仅有几个原子，但碳原子链可能含有几百个原子，因而通常有机化合物可能含有数百个原子。另外，碳能与大多数其他元素化合形成分子。碳化合物的种类比其他化合物都加在一起还多。木材、纸、尼龙、橡胶、油、乙醇、肥皂和塑料都是碳化合物或碳化合物的混合物。很多化合物，它们被称为碳氢化合物，它们仅由碳和氢组成。它们包括天然气、燃料油、汽油和石蜡。还有些化合物由碳、氢、氧组成叫作碳水化合物。它包括糖、酯肪、醇、脂肪酸等等。为了理解碳原子如何彼此连接或与其他原子相连，有机化学家们进行了多年的研究。

我们研究碳原子连接起来的一种方式。在有机化学发展的早期，曾经发现有大量的碳氢化合物，它们的分子有六个碳原子，彼此联接成环形。当他试图画出碳原子如何形成环时遇到了困难。碳具有四个化学键，其中两个用于连接两边的两个碳原子，第三个用于把一个氢原子联接到环上。如果化学家考虑到每一个碳原子用一个双键与邻近的碳原子联接时，问题就解决了。德国化学家开库勒解决了这个问题，苯的分子式是用开库勒结构式来表示的。

尿素是人类用无机物合成的第一个生命物质。由德国化学家武勒于 1828 年在实验室用氨与氰酸作用而制得，反应式为：



尿素的合成是有机化学发展史上的一个里程碑。科学家们意识到有关生命化学的巨大领域被打开了。随着成千上万个有机物被发现，有机化学领域在不断发展，这些化合物不但含有碳，而且它们的性质也与碳有关系，因此这个领域也被称为碳化学。

## 87. 推动人类文明进步的元素

### ——铁

没有铁就没有现代农业和工业，也就不可能建立现代文明。铁有一定的强度、硬度和弹性，用它制造了远洋巨轮、火车、汽车、打字机、以及大部分机械和工具等等。正是它们给我们以工业文明。

在公元前 1500 年前，人类已经能生产大量铁。中国是世界上最早冶炼和使用铁的国家之一。他们用铁制成剑、矛、头盔和盾。使用这些武器使他们在战争中获得很大的优势。因为敌人使用青铜制成的武器，它比铁软得多。又过了 1500 多年，直到公元前 55 年，在欧洲地中海地区人们才使用铁器。

铁是地壳中第四大丰度的元素。它占地壳重量的 1/20。如果按很多科学家认为的那样，地球核心几乎完全由铁构成。那么，地球上丰度最大的元素不是氧而是铁。

在地壳中，铁是以矿石的形式存在的。这种矿石含有铁和氧的化合物。为了获得铁，我们必须把它和氧分开。这个过程叫作冶炼。通常冶炼过程是加热铁矿石和焦碳的混合物。焦碳是碳元素的一种形式，当铁矿石和炭非常热的时候，氧原子不与铁而与碳原子反应，生成的化合物是气体，被加热进入大气。留下的金属就是我们熟悉的生铁。在炼铁工业中，冶炼在巨大的炉子里进行，这个炉子叫高炉。它是一个 12 层楼高的钢筒，以耐火砖作为衬里。火在高炉的底部点着，铁矿石和焦碳从高炉的顶部倒进。在高炉的底部装有环形管，通过这些管，强有力的鼓风机连续不断把空气送入炉中，使燃烧温度更高。

熔化的铁水很容易流动，积存在高炉底部，当收集到一定量的铁时，在高炉底部的侧面打开一个小孔，火红的铁水流出高炉。铁水流入沙衬的模型。当铁水冷却以后，形成很重的长方形的铁锭。大多数高炉每天生产 400—500 吨铁。有些大的高炉能生产多达 1000—1500 吨。

生铁含碳 1.7% 以上，有较高的强度和硬度。但它很脆，也就是用它制作的成品容易裂开。因此，需要将生铁的韧性提高。由生铁可以生产另外两种品种——熟铁（含碳少于 0.3%）和钢（含碳 0.2%—1.7%）。

生产钢的一个方法是使用转炉。这类炉子是一个梨形容器，4—5 米高、由铁板制成、里面衬着耐火砖。转炉能向一边倾斜，用煤或原油的火焰把耐火砖的衬里烧得白热，然后注入 10—25 吨重的融熔铁水，空气从底部进入转炉，并通过铁水，这样铁水中的杂质被烧掉。这个过程非常壮观，巨大的火焰从炉口喷出，钢花四溅并带着轰鸣声。在 10—20 分钟内火焰熄灭，转炉转向一边，加入一定量的碳、锰等元素铁变成钢。现代转炉每小时生产一百吨钢。钢铁厂中有许多化学家，分析炉中取出的钢或铁样品，使它们有合适的纯度，并且使其他必需的元素含量保持一定。

## 88. 人体健康的守护神 ——微量元素

无机盐又称矿物质，是人体的重要营养素。虽然它在整个人体组织中含量很少，但是在人体中起着重要的作用。153

钙是人体中最多的常量元素，是构成骨骼牙齿的主要材料。它可以帮助血液凝固，维持正常的心肌活动。钙可以镇定神经，人体缺钙往往神经紧张、脾气急躁、烦躁不安。生育孩子多的妇女由于缺钙容易牙齿脱落、骨质疏松。孩子缺钙生长缓慢，牙齿不好，双腿向内弯曲。

含钙丰富的食品有牛奶、豆制品、虾皮、骨粉等。绿叶菜也是钙的重要来源。如：油菜、芥菜、红苋菜、芹菜、萝卜缨、莴笋叶等。水果中山楂、红枣、柑桔含钙也很多。一般讲，动物钙比植物钙易被人体吸收，尤其是奶类食品中的钙最易吸收。

磷是人体除钙外最多的矿物元素，是骨骼牙齿的主要成分之一，也是构成细胞核蛋白的主要成分。磷能帮助葡萄糖、脂肪、蛋白质代谢，并且在氧化分解中释放能量，也是组成各种酶的主要成份，并能维持血液中的酸碱平衡。

含磷丰富的动物性食物有乳类、肝、鱼、蛋黄，鸡肉、猪肉等。植物性食物有谷类，特别是粮食和麸子。

钠主要来源于食盐。盐在人体内既可维持酸碱平衡，也可维持渗透压。食盐中的氯在胃液中以盐酸状态存在，是合成胃液的主要原料。所以吃了咸味食品能促进胃液分泌，增进食欲。但患肾病、高血压病人应少吃盐。

正常健康人一般不缺少氯化钠。在炎热夏天，高温车间，由于大量出汗把钠排出体外，容易缺钠，应适当补充。否则轻者出现疲倦、晕眩、恶心、无力气、无食欲，重者出现中暑。

钾和钠一样可以维持细胞内液的渗透压力，钾是细胞内液中的主要阳离子，是血液的重要组成部分。钾能加强肌肉的兴奋性，维持心跳规律。钾还可以帮助活化身体中的某些酶。

含钾比较多的食品有黄豆、豆制品、黄瓜、胡萝卜、菠菜、大白菜、紫菜等；果品中有山楂、枣、葡萄等；动物中鱼肉等食品含量较高。

镁是一种有机催化剂。主要集中骨骼、肌肉、肝脏中。镁是人体细胞内液中的重要阳离子。它能维持核酸结构的稳定性，还能激活人体各种酶，如：肽镁磷酸脂酶。镁的主要功能是抑制神经兴奋性。人体缺镁会引起肌肉颤抖，精神紧张，手足抽搐，严重者还能引起惊厥及失眠。

含镁丰富的食品有绿色叶菜、大豆、花生、红小豆以及河螺等。

碘在人体中含量极少，但是是一种必须的微量元素。主要存在于肌肉和甲状腺内，甲状腺中的碘是组成二碘酪氨酸和甲状腺的重要成分。甲状腺是一种激素，能维持生长、促进发育、保持健康。假如缺碘，就会产生甲状腺肿大（大脖子）。这种病常发生在内地和山区。母亲怀孕缺碘，生下孩子发育不正常，严重时成痴呆，智力低下。

含碘最丰富的食物是海带、紫菜、发菜、海蜇、蛤蜊和海盐等。

氟是形成牙齿釉质和硬骨的主要成分。如果氟摄入量不足时，则氟转变为牙齿釉质过程就发生障碍，促进龋齿腐蚀。相反，如果长期饮用含氟量过高的水，又能产生氟中毒，牙齿上产生黄色污斑。某些地区土壤中含氟高，



食用这些地区食物易引起“氟骨病”。

含氟较多的食物有西红柿、马铃薯、黑麦面等，蟹肉、鲤鱼、牛肉、蛋中含量也很丰富。

铁在人体内含量极少，但它的营养功能却非常重要。铁是构成血红蛋白、肌红蛋白、细胞色素和其他酶系统的主要成分。血红蛋白能与氧结合带到身体各部去，铁起到帮助氧运输的作用。如果血红蛋白的新生能力降低了就会产生缺铁性贫血。它的主要表现是血色素降低，全身虚弱无力，呼吸困难，面色苍白。由于缺铁还会影响脑部缺氧产生思考能力差、健忘。如果适当补充含铁饮食或铁剂，上述症状可以消失。

铁盐含有色素，所以含铁丰富的食品都有颜色，如绿色蔬菜、胡萝卜、西红柿、红枣、葡萄、山楂等。另外动物肝脏含铁也丰富。维生素C能促进铁的吸收，植酸能影响铁的吸收。

铜对人体新陈代谢很重要。在肝、肾、发、脑内含量较多。铜是红血球中血红素的主要元素，当治疗贫血时在铁剂中加入微量铜，疗效更显著。人体缺铜，皮肤、头发都易变色，白癜风就是其中之一。铜还是某些金属、酶的组成部分，如细胞呼吸色素氧化酶含有血红素和铜离子。

铜在食品中含量很低，但我们每天饮食中能得到足够的铜。含铜丰富的食品有可可粉、干茶叶、和动物肝脏。

锌也是人体中的一种重要的微量元素。主要存在于头发、骨骼、眼睛、肝脏、肌肉等，血液中锌存在于红血球中。儿童缺锌能引起食欲不振、生长迟缓、体格矮小，并有肝脾肿大等症状。母亲缺锌也能引起儿童血中锌偏低。

肉类、蛋类、黄豆、花生及萝卜等食品含锌都比较丰富。

硒也是人体必须的微量元素。主要分布在肝、肾、心、肌肉中。缺乏硒易生克山病。硒对于食饵性肝坏死及龋齿生长都有关系，硒还可以治疗婴儿猝死。硒参与辅酶A的合成。近年来研究证明硒对某些化学致癌物质有预防和保护作用。

我国各地植物中含硒量变化很大。但米谷中含硒量较多。

总之，要保持人体健康，必须考虑各种微量元素在人体中的平衡，并得到不断的补充。

## 89. 地球上丰度最大的元素

### ———氧

周期系 VI<sub>A</sub> 族元素。元素符号 O，原子序数 8，原子量 15.999<sub>4</sub>。1774 年普里斯特利用凸透镜把阳光聚集在氧化汞上，发现一种有强烈助燃作用的气体。拉瓦锡研究了这种气体的性质并命名为氧。氧是地壳中分布最广的元素，在地壳中含量为 49.5%（质量），在所有元素中占第一位。主要形式为二氧化硅、硅酸盐以及其他氧化物和含氧盐。氧有三种稳定同位素即氧 16、氧 17 和氧 18，其中氧 16 占 99.76%。常温常压下氧为无色、无嗅、无味的气体。熔点：218.4 K，沸点：182.96 K，气态密度：1.429 克/升。氧是很活泼的非金属及强氧化剂，能与许多金属和非金属直接作用。

氧不仅是丰度最大的元素，它还是生命过程最重要的元素。火柴燃烧和铁钉生锈是我们常见的氧化现象。当火柴燃烧时，氧很快地与火柴中的成份结合。当铁钉生锈时，氧与铁很慢地结合。在这两种情形中，与氧结合都产生了热。我们很容易理解火柴燃烧放热而难以测量铁钉生锈所放的热，但这是可以做到的。这类氧与其他物质结合的过程叫燃烧。

当我们呼吸时，空气进入肺。一些空气进入血管并通过动脉到达肌肉和组织，它与肌肉和组织中储存的食物中的一些营养成分结合产生热。这个过程为人体运动和保持体温提供能量。氧与食物中的某些营养成分的结合是慢的燃烧过程。恰恰像铁钉生锈的过程。由于心脏需要不停的跳动，它不断需要能量。因此，在人体中的燃烧过程不断的进行。当人离开空气几分钟，由于心脏得不到氧，心脏停止跳动。氧通过血液循环被输送到肌肉、组织和器官。承担载氧功能的是血液中的血红蛋白。血红素是血红蛋白的充氧活性中心。每个血红素可配位一个氧分子。在高浓度可结合氧，在低浓度可释放氧，具有可逆充氧的功能。

在工业上，采取从空气中分离氧的方法来获得大量氧。为了把氧与组成空气的其他 8 种气体分开，使空气进入容器并加压、深冷，空气变成液态。然后逐渐降低压力并升温，组成空气的每一种气体在不同的温度被分馏出来。氧在摄氏零下 183 以上分馏出来，然后以 150 大气压装入钢瓶，储存起来。钢瓶被运送到使用氧的工厂和实验室。

氧气在工业和其他方面还有许多用途。冶金工业用氧熔炼钢铁；化学工业中天然气的氧化，合成氨原料的氧化，氧是重要的氧化剂；氧用于切割和焊接金属；液氧气化后用于呼吸以及医疗；液氧可作为火箭燃料（助燃剂）。为确保安全，贮存氧气的钢瓶应远离热源，并应保持在 30 K 以下。

## 90. 化学反应的终点 ——化学平衡

液体蒸发变为气体时，液体分子为了克服分子间的引力从液面上逃逸出去，需要一定的能量——气化热。相反，气体凝结成液体时，要放出能量。因此，气体与液体比较，具有与气化热相应的多余能量，成为高能状态。

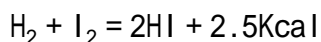
如物体从高处落向低处一样，自然现象是能量从高的状态向低的状态移动，具有稳定化的倾向，气体凝结为液体的现象就可理解为这样的能量稳定化。

然而，在自然界中，也发生着向能量高的状态移动的现象，液体蒸发成气体的现象就是一例。这时能量呈现增加，如果从能量上看，变化是向着不稳定的方向进行。研究一下为什么能产生这种现象呢？

从分子的排列和运动的角度来看，气体与液体比较，分子自由活动的程度增加了，分子之间的作用小了，受到的束缚减少了，换句话说，气体的混乱度比液体大。所以随着液体的蒸发，分子存在状态增大了，即混乱度增大了。

这样向混乱度增大的状态变迁的倾向，和能量向低的状态变迁的倾向，一般都是自然界里发生的常见现象。当这两种倾向达到均势时的状态就是平衡状态。因此，平衡状态是由能量和混乱度 2 个因素决定的。

不只是气化和凝结的状态变化，就是化学变化，其平衡状态也由能量和混乱度来决定。现以碘和氢生成碘化氢的反应为例来说明这个问题。这个反应的热化学方程式为：



由 1mol 氢和 1mol 碘生成 2mol 碘化氢时，放出 2.5Kcal 的反应热。这个事实说明 ( $\text{H}_2 + \text{I}_2$ ) 体系比 2HI 体系能量高，因此从  $\text{H}_2 + \text{I}_2$  生成 HI 的反应可理解为从能量高的状态向低的状态迁移的过程。

另外，将纯碘化氢放在封闭的试管里保持在 448℃，一部分碘化氢分解生成  $\text{H}_2$  和  $\text{I}_2$ 。这时，2mol 的碘化氢吸收了 2.5Kcal 的反应热，反应的结果是移向了能量高的状态。像这样能量变得不稳定的反应能自发进行的原因，在于尽量形成混乱的状态，也就是因为化学变化有采取各种成分混杂的状态的倾向所致。也就是 HI 分子解离成  $\text{H}_2$  和  $\text{I}_2$  两种分子的结果增加了混乱度，因此反应沿着  $2\text{HI} \rightarrow \text{I}_2 + \text{H}_2$  的方向进行。

把碘化氢密封在试管里使其发生热解反应时，反应很快就达到了平衡，从外观上看反应停止了。这是因为放出反应热趋向稳定态的反应床  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{HI}$ ，和向混乱度增加的方向进行的反应  $2\text{HI} \rightarrow \text{H}_2 + \text{I}_2$  达到平衡的缘故。

氯化钠等盐类在水里溶解时也吸收热量，也是因为这些盐的晶体中规则整齐地排列着的离子，在溶解时分散开来致使混乱度增加的缘故。这就是所谓溶解平衡。

总之，化学平衡不是静止状态，而是正、逆反应速度相等的结果。

## 91. 分子排列中出现的异构现象 ——同分异构体

同分异构体,简称异构体,是一种分子式相同但结构不同的化合物。1822年李比希发现异氰酸银( $\text{AgNCO}$ )和雷酸银( $\text{AgONC}$ )具有相同分子式,但性质大不相同。确定分子内原子的排列,是从通过化学反应来确认分子内键的类型或特定基团的存在开始的。对于如何确定分子中的原子的排列,就几个例子进行具体说明。

乙醇和甲醚虽然这2个分子的分子式都是 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ,但这两个化合物的性质却显著不同。为了解释这种不同,首先来看一下它们对金属钠的反应性能。在无水乙醇中加入金属钠时发生激烈反应放出氢气。根据产生的氢气量,分析有几个氢原子和金属钠进行了反应,结果表明乙醇分子中的6个氢原子,只有1个氢原子发生了反应。另一方面,无水甲醚和金属钠不反应。可以看出,乙醇的6个氢原子中,有1个和其余5个氢原子处于完全不同的结合状态,另一方面,在甲醚中,6个氢原子完全都和乙醇的5个氢原子处于相同的结合状态。根据氧是二价的,而且分子中只有1个氧原子这一事实,可以断定每个分子的氢原子大部分是结合在碳原子上。所以,甲醚的6个氢原子和乙醇的5个氢原子都结合在碳原子上,而乙醇中反应性能特别高的氢原子,则是结合在氧原子上。根据这种情况,以及碳原子是四价,氧原子是二价来看,乙醇和甲醚的结构式如下:

我们来看一下分子式为 $\text{C}_4\text{H}_{10}$ 的饱和烃的情况,在以碳原子形成4个共价键为条件的基础上,能写出下述2种可能的结构式。

这两个结构所表示的化合物实际上都是存在的。把4个碳原子形成直链的化合物称为正丁烷,把具有分支链的化合物称为异丁烷。正丁烷的沸点是 $-0.5$ ,异丁烷的沸点是 $-11.7$ 。像这样,由于碳链的排列不同异构体的数目随着碳原子数的增加而增多。

苯的2个氢原子如果被甲基和羟基取代而成为甲酚,由于2个取代基的相对位置本同,存在着3个结构异构体,分别称为邻(O)—,间(M)—,对(P)—甲酚。这3个异构体如表1所示,各有不同的沸点和熔点。

甲烷的结构式很容易写成 $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ ,但是从分子内原子排列的角度来看,还有问题没有解决。甲烷的4个氢原子是在同一平面上呢,还是采取四面体的排列,我们采取制取甲烷的二取代物并考查其种类来鉴别它的结构。如果是平面结构,应当生成二种取代物。另一方面,只有一种时,甲烷的结构应该是四面体结构。实际上,氯与甲烷混合在光照下,生成的二氯甲烷只有一种,是沸点 $40.2$ 的无色液体。因此甲烷的分子结构,正四面体结构是正确的。

我们叙述了四个化合物的同分异构现象,前三个化合物属于结构异构(官能团异构,碳链异构和位置异构)。第四种属于立体异构。

化合物的同分异构现象的研究实际上不仅仅采取化学法,更主要的是采取化学物理法,如X射线衍射和分子光谱法。

## 92. 奇妙的化学工厂 ——光合作用与叶绿素

大多数的植物——绿色植物——在奇妙的化学工厂制造自己的食物。绿色植物用两种原料，土壤中的水和空气中的二氧化碳，为了把这两种原料变成食物，绿色植物需要能量。植物从阳光中得到所需的能量。它把二氧化碳和水合成一种糖叫葡萄糖。

在植物的叶子中合成葡萄糖之后，植物把葡萄糖变成淀粉。淀粉能溶于水，通过植物茎中的细管把它输送到根，淀粉储存在根中。

除了合成淀粉之外，在绿色植物中含有纤维素，它是木材的主要成份。为什么绿色植物能合成葡萄糖，淀粉和纤维素呢？因为只有绿色植物含有一种碳的化合物，它叫叶绿素。实际，叶绿素是绿色的，它使植物呈绿色。在阳光下，绿色植物用水、二氧化碳和叶绿素合成葡萄糖，这个过程叫光合作用。

在光合作用中，叶绿素起到的作用很有趣，在绿色植物中，6个二氧化碳的分子和6个水分子，再加上从阳光中得到的能量，生成一个分子的葡萄糖和6个分子的氧。如果没有叶绿素，阳光就不会使水和二氧化碳结合。但叶绿素并没有成为葡萄糖的一部分。叶绿素帮助水和二氧化碳变成葡萄糖，而它本身没有任何变化。化学家们知道很多化合物以这种方式起作用。这类化合物叫催化剂。

在植物的化学工厂中，合成葡萄糖、淀粉和纤维，这个过程并没有完结，水通过根带着可溶性的化合物——矿物质进入到植物中，在植物中，淀粉和这些矿物质又合成脂肪、油和蛋白，这样你就会了解花生为什么多油；利马豆、腰果，含有较多的蛋白而果核含有脂肪。

在植物细胞中，叶绿素包含于蛋白质中，通常与类胡萝卜素同时存在。叶绿素是叶绿素a ( $C_{55}H_{72}N_4O_5Mg$ ) 与叶绿素b ( $C_{55}H_{70}N_4O_6Mg$ ) 的混合物，应用溶剂或色谱可以分离。叶绿素a为绿蓝色，b是黄色。两者的不同之处仅在于：a中的甲基 ( $-CH_3$ )，在b中代之为醛基 ( $-CHO$ )。两者均呈非晶形，不溶于水，溶于大多数有机溶剂。

自然界的叶绿素的光合作用是太阳能利用的典型例子。绿色植物的光合作用，在植物的叶绿体中分两步进行。第一步由叶绿素a和b吸收光把水分解成H和O，在这个过程中，体内胡萝卜素是单线态氧的淬灭剂，没有胡萝卜素伴生，叶绿素将被单线态氧破坏。第二步是由叶绿素a吸收光能把 $CO_2$ 还原成C，参加碳循环。叶绿素的光化学稳定性较低，但植物中叶绿素的再生却是足够地快。

## 93. 大自然的敌人

### ——大气污染

介入大气中的物质（如烟、尘、气体形态的各种有机物和无机物），能量和生物等超过大气环境的容许量，对人类的生活、生产和身体健康发生不良影响的现象。它是由人类活动所引起的环境质量下降而对人类及其他生物的正常生存和发展造成危害的现象。自人类用煤作燃料，大气污染的现象就出现了。由于工业用燃料不断增长，二氧化硫的污染日益严重。城市汽车排出大量废气，增加了烃和氮氧化物的污染。大气中的碳氢化合物：氮氧化物等积累到一定浓度时，在阳光作用下会形成弥漫烟雾。加剧了大气污染的危害。煤和石油的燃烧是造成大气污染的主要污染源。

大气中常见的一次污染物如  $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{NO}$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{C}_1\text{—C}_8$  化合物、 $\text{HF}$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{Cl}_2$  等。排入大气的一次污染物在物理、化学、生物因素的作用下发生变化或与环境中的其他物质发生反应所形成的新污染物称为二次污染物，如汽车废气中的氧化物、碳氢化合物等在日光照射下发生光化反应生成的臭氧、过氧乙酰硝酸酯、甲醛和酮类等。二次污染物的出现与各种反应物的性质和浓度有关，也和自然条件有关。

二氧化碳污染：据估计，现在每年排入大气中的  $\text{CO}_2$ 。总量为 100—200 亿吨，几乎全部来自矿物燃料的燃烧，发电厂、水泥厂、冶炼厂等是释放  $\text{CO}_2$  的主要工业来源。大气中的  $\text{CO}_2$  浓度不断上升。1960 年为 320PPM，估计到 2000 年将增加到 370PPM。 $\text{CO}_2$  能吸收地面的长波辐射，对地球起着保温作用，这种现象叫温室效应。估计到 2000 年，大气年平均温度会明显上升。两极积冰的融化将使海面升高而引起严重的后果。

多环芳烃污染：环境中的多环芳烃主要来源于煤和石油的燃烧。木材、有机高分子化合物和许多碳氢化合物在不完全燃烧时都能产生多环芳烃。多环芳烃在空气中很快冷凝而附着在尘粒上，因而大气飘尘中含量较多。从煤烟和焦油中提取的多环芳烃中，苯并芘等 10 多种对动物有致癌性，其中苯并芘的致癌性最强。煤烟、沥青、焦油类的物质已被国际癌症研究机构列为对人体有致癌作用的化学物质。

臭氧层和大气污染；臭氧是大气中的天然组成部分。在离地面 15—25 千米处有臭氧层，浓度高达 0.2PPM，它是由太阳光中 240—300um 紫外线辐照氧形成的。臭氧吸收 200—260um 紫外线辐射时不会分解为氧。因此高层大气中存在着臭氧和氧互相转化的动平衡，吸收了太阳辐射中的大量紫外线，使地球上的人类和生物免受强烈紫外线的伤害。但人们的某些活动会破坏臭氧层。例如喷气机在臭氧层飞行放出  $\text{NO}$  和  $\text{NO}_2$  能催化臭氧分解，用作致冷剂的氟利昂在光的作用下分解出氯原子能催化臭氧分解，大气中二氧化碳的增加也会促进臭氧的分解。现在在南极上空已经形成了臭氧减少的空洞。据统计，臭氧在大气中的含量减少 1%，太阳紫外线辐射到地面的量增加 1.5—2.0%，皮肤癌患者可能增加 5—7%。所以人类活动对臭氧层的影响引起人们的关注。

## 94. 对人类生存的威胁 ——水污染

水体中某些物质，生物或能量超过了水环境容量，使水质降低，破坏了生态平衡而对人类产生危害的现象。水体的污染是人类的生产和生活活动造成的。水体中主要污染物可分为物理性污染物（如放射性物质）、化学性污染（其中无机物有铬、汞、铅、镉、砷，氰化物，酸、碱、盐，有机物有酚类化合物、苯类化合物，油类等）及生物污染物（如病原体、霉菌等）。下面举几个例子说明海洋、地表水和地下水的污染情况。

**石油污染：**在石油开采、储运、炼制和使用过程中原油及其制品进入环境而造成的污染。当前主要是石油对海洋的污染。主要污染物是各种烃类化合物。近年来每年排入海洋的石油及其制品达 1000 万吨，其中通过河流排入海洋的废油约 500 万吨。石油比水轻，且不溶于水，形成海面上的“漂油”。含碳原子数少于 15 的烃（沸点低于 250<sup>°C</sup>）入海 10 天内便挥发掉了，含碳 15—25 的烃（沸点 250—400<sup>°C</sup>）蒸发速度较慢，含碳原子数多于 25 的烃，不易蒸发。海域中大部分石油烃会自然降解或被微生物、海藻和海洋动物分解、降解。海面上的油膜在光和微量元素作用下发生光化学氧化反应。石油各种成分对生物有一定的毒性。水体中石油在降解中消耗大量氧，水面上的石油膜阻止大气氧溶解于水中。浮油妨碍植物光合作用，减少氧的产生。石油浓度达 20PPM 时，鱼会大量死亡。

**多氯联苯污染：**多氯联苯是一类人工合成的有机物。多氯联苯是联苯氢原子被氯置换的衍生物的总称，常以 PCB 表示，难溶于水易溶于脂肪和有机溶剂，极难分解，因而能在生物体脂肪中积累起来。PCB 用途很广，可作绝缘油、热载体、润滑油等，还作为树脂等多种产品的添加剂。使用 PCB 的工厂排出废弃物，是 PCB 污染的主要来源。据估计，存在于环境水体、大气和土壤中的 PCB 总量达到 20—30 万吨以上。PCB 污染大气、水、土壤后，通过食物链传递富集于生物体内，例如鱼类可将水中的 PCB 富集 10 万倍，而食鱼鸟类则可将其富集到 100 万倍。一些国家除禁止生产 PCB 外，研究并采用有效处理方法来减少废水中 PCB 的含量。

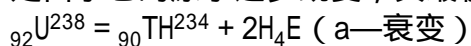
**砷污染：**元素砷的毒性很低，砷化合物有毒性，三价砷化物有极强的毒性。砷在自然界分布很广，一般情况下土壤、水、空气、植物和人体都含有微量砷，对人体不会构成危害。如长期饮用含砷量较高的水，会引起慢性砷中毒。砷的污染，除岩石、风等自然原因外，主要来自工业部门的废水、废渣。如采矿、冶金、化工、制革、颜料、染料、农药等工业部门的废水、废渣。砷化物在水中稳定性很高，水温升高时，沉积于水底的砷化物重新溶解。水生物能富集砷。砷可以在土壤中积累并由此进入农作物的组织中。砷的化合物可通过水、大气和食物等进入人体造成危害。“国家生活饮用水卫生标准”规定的砷含量不得超过 0.04 毫克/升。并规定粮食中含砷量不大于 1PPM，居住区大气中砷化物日平均最高容许浓度为 0.003 毫克/升。

## 95. 看不见的射线 ——放射性

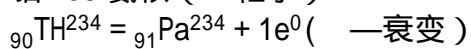
某些元素的不稳定原子核自发地放出射线的性质。是原子核进行蜕变特性。天然存在的放射性同位素的放射性称作天然放射性。例如铀的同位素有天然放射性。由人工制成的同位素的放射性称作人工放射性。例如氚有人工放射性。

放射现象是 1896 年法国科学家贝可勒尔首次从铀化合物中发现。由于偶然的机会，贝可勒尔发现在铀矿石旁的密封的很好的照相底片被感光了。他反复进行实验，发现铀矿石发射出使照相底片曝光的某种不可见的射线。不久居里夫人确定钍的化合物也具有放射性。1898 年居里夫人和皮埃尔·居里在铀矿石中发现了两种新的放射性元素，根据她的建议命名为钋和镭，它们的放射性比铀和钍强得多。居里夫妇和英国物理学家卢瑟福研究发现，射线在磁场作用下分裂为三束，其中一束不改变它原来的方向，另外两束彼此朝相反方向偏转。在磁场中不偏转的射线叫  $\gamma$  射线，是一种电磁辐射，能偏转的射线由荷电粒子组成，是高速飞行的电子流称  $\beta$  射线，有些  $\beta$  射线的速度可达光速。另一种为荷正电粒子，叫  $\alpha$  射线，是氦核。

天然铀的最主要的组分是质量数为 238 的同位素，这种同位素的放射性，是由于它的原子逐步蜕变，其最初 2 步反应如下：



铀 238 氦核 (  $\alpha$  粒子 )



电子 (  $\beta$  粒子 )

原子核在蜕变中的每个步骤叫衰变；依其所发出的是  $\alpha$  粒子或  $\beta$  粒子，分别叫作  $\alpha$  衰变和  $\beta$  衰变。放射性现象产生的原因是原子核的蜕变。

物质的放射性强度有多大，是指它在每秒钟内发生多少次蜕变。放射性元素的任何量只要它在一秒钟内发射  $3.70 \times 10^{10}$  个  $\alpha$  粒子或  $\beta$  粒子，就叫一个居里。放射性同位素原子在单位时间里衰变的数量与该时刻这种同位素所有的原子总数成正比，通常将放射性元素分解原有量一半所需的时间叫作半衰期，它与原子的数目无关。

放射性元素的半衰期为考古学的年龄测定提供了极有用的方法。碳 14 的半衰期是 5730 年，可用来判断有机物的年龄。在活的有机体中，碳 14 与碳 12 的比例是不变的。有机体死后，它生存期间所积累的碳 12 的总量固定不变，而碳 14 连续衰变，经 5730 年后失去一半。因此用计算碳 12 和碳 14 之比的方法，能准确地确定在过去千万年内死去的有机体的年龄。



## 96. 离子物质的分离 ——离子交换树脂

离子交换现象在自然界普遍存在，一百多年以前就有人发现泥土里有离子交换现象存在。1876年有人发现矿石钾沸石( $K_3O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$ )在氯化钠溶液里变成钠沸石( $Na_3O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$ )，再加到氯化钾溶液里又变钾沸石，再次证明了离子的交换以及反应的可逆性。它为研究离子交换提供了依据。1935年人们合成了酚醛离子交换树脂，因性能欠佳，在工业上未能应用。1937年出现了磺化酚醛阳离子交换树脂，其交换容量超过了沸石，这时离子交换树脂才引起了人们的重视。直到1944年合成出了以聚苯乙烯为骨架的阳离子交换树脂，其交换量、稳定性又较为理想时，才促使离子交换树脂的生产应用。1949年又合成出了强碱性阴离子，从此离子交换树脂才全面走上应用阶段。

离子交换树脂是一种交联骨架结构的高分子化合物，分子上带有许多能够分离的基团，它不溶于水，也不溶于电介质溶液，所以它是一种不溶性的电介质。

离子交换树脂分为两大类。阳离子交换树脂和阴离子交换树脂。阳离子交换树脂又分为：强酸性树脂和弱酸性树脂。强酸性树脂分子里含有许多磺酸基( $-SO_3H$ )；弱酸性树脂分子里含有许多羧基( $-COOH$ )或酚羟基( $-OH$ )。在溶液里使用时它们都能放出氢离子( $H^+$ )，取代溶液里的金属正离子。阴离子交换树脂也分为强碱性树脂和弱碱性树脂。强碱性树脂分子里含有铵碱基团( $-N^+(CH_3)_3OH$ )；弱碱性树脂分子

$CH_2-OH$

里含有胺碱基( $-N$ )。在溶液里使用时它们都

$CH_2-OH$

能放出氢氧根负离子取代溶液里的酸根负离子。经交换使用后的阳、阴离子交换树脂，可以分别加入酸或碱进行处理，使树脂恢复原子型态。这个过程称离子交换树脂再生。再生后的树脂可以反复使用。

离子交换树脂在国民经济和国防上有着重要的地位。在水的处理方面，如：硬水软化，无离子水获得，原子能工业用水，海水淡化等。稀有元素和贵金属提取方面，如原子能工业铀的浓缩和提纯；稀有金属锆、铌、钽、钼、铯的分离和提取和废水中重金属的回收。医药工业上用来分离、提纯链霉素、赤霉素和维生素 $V_{B12}$ 等。食品工业上用来精制白糖；酿酒过程中用来除去醛类。总之，近20~30年来，离子交换树脂发展很快，已被列为化工单元操作之一。

## 97. 分子颗粒分离的工具 ——分子筛

一类天然或人工合成的沸石型水合硅铝酸盐。它们是硅氧四面体的晶体化合物，在其中铝原子代替了一些硅原子。具有多孔的骨架结构，在结构中有许多孔径均匀的通道和排列整齐、内表面很大的空穴，一半的体积为小孔和通道所占据。沸石脱水以后不改变其结构并具有吸附性质。分子筛只能让直径比空穴孔径小的分子进入，排斥较大的分子，因而使大小分子得以分离，起到“筛”的作用。天然沸石有色，人工合成沸石为白色，不溶于水。分子筛有不同孔径。人造的4A型分子筛是由硅铝酸钠构成，微孔表观直径4.5Å。5A型分子筛是由硅铝酸钙组成，其微孔表观直径约5.6Å。分子筛有很大的比表面，比表面一般达300~1000米<sup>2</sup>/克。分子筛广泛作为固体吸附剂。经适当处理可使被吸附的物质解吸，此过程称为“再生”，因而分子筛可重复使用。分子筛用于气体和液体的干燥和化合物脱水（脱去结晶水或化合物分子中相近两个原子上的羟基和氢原子以水的形式脱去）。选择适当孔径的分子筛可吸附混合物中特定的物质，以达到分离和纯化目的。

沸石还具有离子交换的性能。例如硅铝酸钠，钠离子结合比较松弛，可与水中的钙、镁进行交换，起到净化水的作用。它作为离子交换剂还可以氯化钠处理再生。

分子筛为催化活性组分是广泛用于石油精炼工业的催化剂。这种催化剂的特征：（1）催化剂的活性取决于表面酸性基团及其脱水生成的酸性中心，其酸度和酸强度与分子筛组成（以硅铝比表示）有很大关系。（2）分子筛的催化作用一般发生在孔隙内。分子筛具有均匀的孔道结构，所以分子筛对反应物分子具有明显的形状选择性，从而使分子筛有择形的催化功能。这时分子与孔道的尺寸相近。（3）分子筛上可以载带铂、钯等金属，使其具有金属催化功能。近年来将其他原子（如镓、锗、铁、硼、磷、铬、钒、钼和砷等）引入分子筛的硅铝骨架中取代（或部分取代）硅或铝，所形成的杂原子分子筛具有特殊的催化性能。1984年以后，又出现了磷酸铝系列分子筛。这说明只要条件合适，其他非硅铝元素也可以形成类似的分子筛的结构。这为新型分子筛催化剂的合成开辟了新的途径。分子筛作为催化剂主要用于裂化反应，还可用于汽油、喷气燃料及柴油等脱蜡。

## 98. 微量物质的分离方法 ——色谱法

20 世纪初在研究植物分离时，将色素溶液流经装有吸附剂的柱子，在柱子的不同高度显示出各种色带，从而使色素混合物得到分离，这种方法叫色层分析，现在统称为色谱法。

色谱法是一种物理分析方法。它的基本原理是利用吸附剂与混合物中各组分吸附能力大小，把各种组分进行分离。这种分离适用于微量物质的处理。近年来这一方法在化学、生物学、医学中得到普遍应用，它解决了天然色素、蛋白质、氨基酸、生物代谢物、激素、稀土元素的分离和分析。

常见的色谱法有四种：柱色谱法、纸色谱法、薄层色谱法和气相色谱法。

### (1) 柱色谱法

柱层析是化合物在液相和固相之间的分配，也就是在柱子里装有“活性”固体，如：氧化铝、硅胶等。液体混合样品从柱顶加入，流经吸附柱时样品组分被吸附在柱的上端。然后慢慢从柱顶加入洗脱溶剂冲洗，由于各组分吸附能力不同，它们以不同速度沿柱下称达到分层。然后再用溶剂逐级洗脱附着着力最弱组分，分别收集达到分离目的。

常用的吸附剂有氧化铝、氧化镁、碳酸钙和活性炭等。要求吸附剂与试样混合物无化学作用。

溶剂的选择应考虑到被分离物各组分的极性和溶解度。非极性化合物使用非极性溶剂，先将样品溶于非极性溶剂中，从柱顶流入柱中，然后采用稍极性的溶剂使谱带形成，再用极性更大的溶剂洗脱被吸附的物质。

### (2) 纸色谱法

纸色谱是以滤纸作载体，让试样溶液在纸上扩散展开达到分离目的。

纸色谱的溶剂是由有机溶剂和水组成。当有机溶剂和水部分互溶时出现二种情况：一种是有机相中溶于水，即水饱和的有机相；另一种是水中溶于有机相，即有机溶剂饱和的水。纸层析用滤纸作载体，因纸中纤维和水有较大的亲和力，对有机溶剂较差。如；含有某些物质的有机相饱和水溶液，在滤纸的某点开始流动，这时在有机相中有较大溶解度的物质随有机溶剂移动速度较快，而在水中溶解度大的物质移动速度较慢，这样就达到了混合物的分离。

### (3) 薄层色谱法

薄层色谱法是快速分离和定性分析少量物质的一种方法。它分为四步；

制板。在玻璃板上均匀铺上一薄层吸附剂，制成薄层片，再经过活化处理待用。

点样。在距薄层长端 8~10cm 处划一起点线，用毛细管将样品溶液点在起点线上，可以点一次，也可点多次，但必须每次都点在同一圆心上，点样后的斑点扩散成直径为 1~2 毫米的圆点。

展开。薄层的展开在密闭的容器中进行。根据极性大小选择展开溶剂并放入色谱器中，然后再将点好样的薄层放入色谱器中展开。点样的位置应在展开剂之上。当展开剂上升到薄层的前沿离顶端 5~10 毫米处或各组分已明显分开时，可以根据展开的大小来计算各组分的值。

显色。如果化合物本身有颜色就可以直接观察斑点。如果本身无色，可以在紫外线下观察有无荧光斑点，也可以用显色剂喷雾显色再计算各组分

的值。

#### (4) 气相色谱法

气相色谱是 50 年代发展起来的一种分离和分析的实验技术,它成功地用于有机溶剂的定量定性分析。

气相色谱的流动相是载气,固定相是固体的称为气固色谱;固定相为液体的称为气液色谱。色谱柱是气相色谱仪的核心,气固色谱柱填充剂一般是吸附剂,如:活性炭、硅酸、氧化铝、分子筛等。它主要用于分析永久性气体及低沸点烃类。气液色谱柱填充剂是一种多孔性固体颗粒,如:硅藻土烧结物、球玻璃等,用于承担固定液,这种固定液要求蒸汽压小,能牢固地粘附在载体上,对不同组分有选择性。

使用时将试样进入色谱柱,并从柱中随空气流流出时,就在仪器上出现一个峰值,我们可以根据峰值大小来计算各组分的含量。

## 99. 可溶固体的分离 ——结晶

当溶液中的溶质达到平衡状态，即既不能再溶解，又没有溶质析出，这种状态称饱和状态，这种溶液称饱和溶液。工业生产中为了精制固体物质，常常通过对饱和溶液的进一步处理，使溶解在液体中的固体物质呈结晶状析出，这种操作过程称为结晶。这是获得纯净固体物质的重要方法之一。

我国古代劳动人民很早就知道利用结晶方法。据古书记载：“黄帝时诸侯夙沙氏始以海水煮乳煎成盐。”可见远在黄帝时代，我国劳动人民已知使用结晶方法自溶液中制备晶体盐。在唐代我国已有糖霜的制造，即今之冰糖，是结晶方法进一步的应用。

晶体是一种固体，并具有一定规则的晶形。当物质在不同情况下进行结晶时，其所形成晶体的形状、大小、颜色等可能不同。如：碘化汞因结晶温度不同，可以是黄色或者红色。又如：氯化钠从纯水中结晶时为立方晶体；若在含有少许的尿素水溶液中，则成八面体结晶。说明同一种物质可有几种不同晶形，但每种晶形只能在一定温度和压力范围内保持稳定。每种晶形都具有独特的蒸汽压和溶解度。

在结晶过程中，利用每种物质所要求的最佳结晶条件，使固体物质从原溶液中以纯洁的结晶析出。实际工业生产中，晶体是纯洁的，但晶体表面常附有母液及其所带的杂质。所以要得到纯洁的结晶产物，还必须经过对晶体进行洗涤、过滤和离心分离等方法。在结晶过程中还会遇到几个颗粒晶体聚集在一起形成“晶簇”，这样也容易将母液和杂质包涵在“晶簇”内部，影响结晶产品的纯度。工业生产中常采用搅拌方法，可以防止晶簇的生成。

水合作用对结晶操作影响很大。由于水合作用，一定形状物质结晶时往往会含有一定数量的溶剂（水分子），这种水称结晶水，这种结晶水的含量既影响晶体形状，又影响晶体性质。如硫酸铜在常温下结晶，则形成含有 5 个分子结晶水的蓝色晶体化合物（ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）；在 240℃ 以上结晶时，则形成白色三棱形针状晶体，不带结晶水（ $\text{CuSO}_4$ ）。

实施结晶的工业方法分为两大类：

一类是以减少溶液中的部分溶剂来实现结晶。在获得饱和溶液后，继续将溶液中的溶剂在低于沸点时气化或在沸点时蒸发，而获得结晶。如：氯化钠（ $\text{NaCl}$ ）、氯化钾（ $\text{KCl}$ ）、碳酸钾（ $\text{K}_2\text{CO}_3$ ）等。

另一类是基本不减少溶剂而通过降温来实现结晶。在获得饱和溶液后，通过冷却使溶质随温度降低而溶解度减少，形成结晶。如：硝酸钾（ $\text{KNO}_3$ ）、硝酸钠（ $\text{NaNO}_3$ ）、硫酸镁（ $\text{MgSO}_4$ ）等。

## 100. 相互竞争强者胜

### ——萃取

一种溶剂对不同物质具有不同的溶解度，这就是萃取的基本出发点。在混合物中加入适当溶剂，使混合物中组分得到完全或部分分离的过程，这一过程称萃取，也叫提取。

如果被处理的物料是固体，则称为固—液萃取或浸取，固—液萃取过程中，首先由固体中的溶质溶解于溶剂中，然后通过界面扩散到整个溶剂中，达到分离提取某种溶质的目的，如花生、大豆以低沸点汽油为溶剂，从中进行油类的萃取。制糖工业中以水为溶剂，进行糖类的萃取，均属这一类。

如果被处理的物料是液体，则称为液—液萃取。在液—液萃取过程中，所选用的溶剂与被处理的溶液应互不相溶或微溶于被萃取的溶液，而对被萃取的溶质却具有显著的溶解能力。因而溶质通过溶剂界面逐步扩散到溶剂中去，达到分离提取的目的。如：在煤焦油中以苯为溶剂进行酚类的萃取。用异丙醚为溶剂对稀醋酸溶液进行醋酸的萃取回收，均属于这一类。

上面所述的固—液萃取和液—液萃取都是通过物理变化达到分离目的的。对于萃取所选用的溶剂应根据不同产品提出不同要求。一般应考虑溶剂的热稳定性、化学稳定性、最小的毒性和腐蚀性等。

还有一种特殊萃取，是通过化学方法来完成的。即溶质选择通过与溶剂化合或络合的萃取，它是通过化学变化达到分离目的。如：在金属矿石中加入某些化学试剂，通过发生化学反应，从金属矿石中分离稀有金属。

用萃取法获得的溶液，为了要分出某种纯溶质，还须进一步处理。为此可借助于化工中的蒸馏、蒸发、结晶和干燥等方法，回收萃取溶剂同时得到产品。回收的溶剂在生产上通常是循环使用的。

萃取的整个生产过程，一般应包括溶剂与物料的混合；溶剂与物料的分离；溶剂的回收再生三个化工过程。

## 101. 互溶液体的分离

### ——蒸馏与精馏

每一种物质均有一定的挥发性，它表明了该种物质在一定温度和压力下气化的难易程度。沸点低的液体物质易挥发，说明这种液体挥发度大；沸点高的难挥发，说明这种液体物质挥发度小。

蒸馏就是利用互相溶解的液体，其各组分挥发性不同，达到分离混合物的目的。运用这一原理，将需要分离的混合液加热至沸腾，低沸点的液体首先达到沸点大量气化，沸点高的液体尚未达到沸点气化量少。这时混合蒸汽比原来液体含有较多的低沸点物。经过蒸馏后，可以使原来混合物的组分得到部分或完全分离。

蒸馏的方法很多，常见的有以下几种：

(1) 简单蒸馏。指液体中溶解有不易挥发的固体物质。如：水中溶解食盐。通过加热使溶液沸腾蒸发，这时产生蒸汽的组分与原溶液的组分完全不同，达到液体与固体的分离。

(2) 恒沸蒸馏。它的基本原理是在混合液中加入第三组分，来提高原来各组分的相对挥发度，从而达到分离的目的。如：在 95% 乙醇中加入少量苯，使苯与乙醇和水形成三元非均相混合物。它的恒沸点为 64.9%，气相组分中苯 53.9%、水 23.3%、乙醇 22.8%，即气相中水的相对挥发度大于醇的相对挥发度，从而使醇中的水与乙醇分开。

(3) 萃取蒸馏。把溶剂（萃取剂）加入被分离系统中，破坏原来混合液的恒沸物或增大某一分离组分的相对挥发度，然后使用精馏方法把组分分开。要求加入溶剂一般是沸点较高，而且不与原混合液中任何一种组分形成恒沸混合物。在萃取蒸馏塔中，从塔顶就能得到一个纯组分，塔底得到另一组分与溶剂混合物。

(4) 水蒸汽蒸馏。水蒸汽蒸馏常用于热敏物料的蒸馏或高沸点物与杂质的分离。要求被蒸馏液与水不互溶，产品与水也不互溶。根据混合液蒸汽总压等于各液体分压之和这一原理。所以在大气压下混合液的沸点将降到 100 以下，达到热敏物质与高沸点物和杂质的分离。

精馏也叫分馏。实质上是把一个个蒸馏釜串联起来进行蒸馏。但是它是在一个设备内同时进行多次的部分气化与部分冷凝，以达到分离液态混合物。精馏分为间歇精馏和连续精馏二种。

(1) 间歇精馏适用于小批物料的分离提纯。它设备简单、操作方便。把一批物料一次加入蒸馏釜内，在塔中进行分离，塔顶馏出产物。

(2) 连续精馏是处理大批量物料的分离提纯，生产操作要求严格，整个生产连续进行，一边进料一边分离出产品。

工业上应用的精馏塔有填料塔、泡罩塔、浮阀塔、筛板塔……等等。

## 102. 物料除去水份的操作 ——去湿与干燥

在工业生产中，有些原料、半成品或成品常含有水份（或其他溶剂）。为了便于加工、运输、贮藏和适应使用的要求，必须将其所含的水份除去。这种从物料中除去水份的操作称作去湿。去湿的方法主要有三点：

（1）机械去湿。对物料含水量较多，或者水份又不要完全除尽时采用此法，即通过压榨、沉降、过滤和离心分离等方法来实施。

（2）化学去湿。主要用于气体中水份的除去，或小规模的液体、固体物料去湿。通常采用吸湿剂石灰、无水氯化钙、硫酸、磷酸酐等来实现。

（3）物理去湿。利用固体物料的吸附作用除去气体中的水份，或冷冻方法使水份结成冰，而后再除去，或者用热空气吹过物料，而除去水份。

我们常见的含湿物料可以是气体、液体也可以是固体。需要除去的水份可能是水也可能是其他液体。工业上遇到的主要问题是从固体物料中除去水份。通常固体物料借助热能，使水份气化，并随气体带走，以除去水份。这一单元操作称固体干燥或干燥。

干燥的本质是除去水份，从固相中转移到气相中，固相为被干燥的物料，气相为干燥介质。常用的干燥介质为空气，加热后的热空气在干燥过程中将部分热能传给被干燥物料，而使其中水份气化，并将水份带走。干燥的介质还有烟道气、惰性气体等。

为了达到干燥目的，需要通过干燥设备来帮助实施，常用的干燥设备有：箱式干燥器，对于小批量，各种形态的物料均适用，所以应用面最广。减压箱式干燥器，当物料不能耐受高温或在高温下易氧化的物料，则必须在减压下进行干燥。隧道式干燥器，适用于大批量块状物料的干燥，如：木材、砖瓦制坯、陶瓷制坯等。多带式干燥器，采用运输带传送物料，使物料在干燥室内反复加热干燥。主要用于小块物料和纤维状物料。回转干燥器，又称转筒式干燥器，主要应用于颗粒物料的干燥。圆筒式干燥器，主要用于干燥很长的带形物料或长幅物料，如纸张和纺织品。气流干燥器，物料随热气流在流动状态下干燥。适用于小颗粒的化工产品、粮食等。喷雾式干燥器，对于有热敏性要求的悬浮液和粘滞液特别适用，如食品、医药、化工等粉状物料产品的干燥。

近年来在干燥设备上又有新的发展。主要有：

（1）升华干燥，又称冷冻干燥。固体物料（如冰）不经融化而直接变成蒸汽的现象称为升华。进行升华干燥时，先将含水物料冷冻至冰点以下，水份即变为固态冰，然后在较高真空下净冰转化为蒸汽而移去，物料遂被干燥。这种状态下干燥的物料，能保持原来的化学组成与物理性质（多孔结构和胶体性质）。因此升华干燥在医药、食品行业得到广泛应用。

（2）高频干燥。将欲干燥物料置于高频电场中，借助高频电场的交变作用，使物料加热以达到干燥的目的。这种设备称高频干燥器。它的特点是加热均匀，不受物料厚度影响。

（3）红外干燥器。利用灯泡、金属或陶瓷辐射器产生红外线的干燥器。红外干燥器传给物料的热量比空气对流传给物料大得多，所以可以迅速干燥。对于表面积大而薄的物料干燥，采用红外线干燥最为适宜。如汽车、电器、木材、表面油漆的干燥。



## 103. 化学反应的维生素 ——催化剂

人们生活中由于缺乏某种维生素，就会患某种疾病，当补充了微量维生素之后疾病就好了。这说明微量物质对人体的生命代谢起着极为重要的作用。

在化学反应中，往往反应速度很慢，需要寻找一种物质，这种物质用量很少，但它可以使反应速度增大几倍、几十倍、甚至几亿倍，而本身并不参加反应，并不消耗，这种物质我们称它为催化剂。

一种经过选择的催化剂，它只能对很多相互竞争的化学反应中的某一反应起剧烈加速的效果，而对其他反应不发生影响，这种催化剂称单一催化剂。某种催化剂不但能控制反应组成，还能控制分子形状，以及对产品物理、化学性能的影响，这种催化剂称立体催化剂。在催化反应过程中，还常常能发现一种能够改变催化剂性能的添加剂，这种添加剂用量极微，但能引起催化剂性能发生激剧的变化，所以称之为助催化剂，也有的称为促进剂。

根据催化剂物理、化学性能，大致可分为 5 大类：

(1) 多相催化。催化反应常常发生在固体表面，即气体与气体、气体与液体、液体与液体它们之间的化学反应在固体表面进行，因此要求固体具有巨大的比表面积。目前能制备出一克固体达到  $1 \sim 500 \text{ 米}^2$  的面积。还要求对某一反应速度具有极高的选择性。如：采用镍、铂催化剂催化不饱和烃的加氢反应；采用细红粉过渡金属作为合成氨的催化剂，均属这一类。

(2) 均相催化。化学反应在气相或液相中进行，在这二相中所采用的催化剂，均能溶解在各自的气相或者液相中，没有界面的分界。

均相催化剂能溶解在液体介质中，并保持其活性。通常采用的均相催化剂都是含金属的络合物，结构上可以进行改动，使之具有定向的高选择活性。工业上最大使用的均相催化生产是将对二甲苯部分氧化转化成为对苯二甲酸。1981 年美国首先使用钴盐和锰盐溶解于醋酸中，在 215℃ 下作成催化系统，生产了 280 万吨对苯二甲酸，这一催化工艺的成功，使美国化学工业不断引入均相催化工艺，仅 1982 年几种化工产品的价值就超过 10 多亿美元。

(3) 电催化。催化反应发生在电极表面与溶液交界处，依靠电流强弱来促进反应。它的优点是控制电流来控制催化速度，并能有选择性地随意投入反应或停止反应。电催化反应是在具有催化活性的电极表面引入一个新的领域。利用电催化法控制电子流动产生单电子迁移反应，还可以利用半导体工业化学蒸汽沉积法与化学合成技术相结合，以改进表面状态。

在氯碱电介槽中使用电催化技术。用二氧化铈作为催化剂沉积在基底金属极上形成薄层。这种电极在氯碱工业中能大大提高能效，减轻电介槽消耗，节电 3%。

(4) 光催化。反应可在界面（包括电极表面）进行或在均相液中进行。它的优点是吸收光能，加以利用。

光催化反应可以用一个或两个半导体材料为电极制成电化学电池。这种电池可以吸收入射光，并在电极—溶液界面起催化氧化—还原反应。如果把半导体材料制成小粒悬浮于溶液中，则小粒—溶液界面上也可发生电化学反应。如：二氧化钛表面上利用这种光分解作用能破坏氰化物等有毒废物。目前科学家设想，依靠太阳能驱动光催化反应，有可能分解水制取大量的氢和

氧，这将解决 21 世纪的能源问题。

(5) 酶催化。酶是一种高分子蛋白质，有天然的和人工合成的二种。它能提供很大的界面，在溶液中起加速某一反应的作用。天然酶能在常温下加速许多化学反应。但一种酶只能在许多组分中选择一种反应分子把它转化成另一种单一产品。由于天然酶不能适应我们需要的大多数反应，在制造聚合物、药物和其他化工产品时，没有什么天然酶可以起催化作用，所以合成纯度高、稳定性好的人工酶、仿生酶是化学催化发展的重要一环。

化学工业是我国国民经济重要组成部分，催化剂的研制和发展，均能为各类化学反应加快反应速度和提高产品质量。

## 104. 有机物的指纹 ——红外光谱

红外光谱是以连续波长的红外线为光源，测定有机物样品的吸收情况，不同的基团，在不同波长处有特征的吸收峰，所以通过红外光谱的测定，可以知道一个化合物中存在哪些官能团，同时每一个化合物都有其独特的红外光谱图，所以，如果两个化合物的红外光谱图完全相同，则两个化合物必定是同一种化合物，它可以像鉴定指纹那样，通过红外光谱图来鉴别化合物。

分子运动的方式除了吸收紫外光产生原子外层电子跃迁之外，还有分子本身的转动，以及分子中原子的振动，这种运动方式也需要吸收一定的辐射能，但这种能量远低于电子跃迁所需的能量，因此吸收的波长较长，落在红外光区，所以红外光谱又称振动光谱。

红外光谱主要是研究分子结构与红外吸收曲线之间的关系，一条红外曲线可由吸收峰的位置（峰位）、吸收峰的形状（峰形）和吸收峰的强度（峰强）来描述。根据红外谱图可以推断化合物中是否存在某些官能团，并进行判断结构。

整个红外光谱可分为二部分：4000—1400 厘米<sup>-1</sup>称为官能团区，一些主要官能团的特征吸收峰都在该区域内。1400—650 厘米<sup>-1</sup>为指纹区，犹如每个人都有特定的指纹一样，这一区域的特征峰反映各种分子的整个结构特征。为了分析红外谱图首先必须熟悉各个特征吸收峰，了解它们在哪些区域出现，从而确定化合物分子中存在着哪些基团，不存在哪些基团。例如羰基峰较强，它对推测结构特别有用。凡在该区域（1690—1760 厘米<sup>-1</sup>）有吸收峰的化合物，必然是醛、酮、羧酸、酯等含有羰基的有机物。

红外光谱在各个领域都有广泛应用。最主要的应用是分子结构的基础研究。对结构比较简单的未知物，可以单独依靠红外光谱所提供的情报，配合所给的分子式，把化合物的结构推测出来。对于复杂的未知化合物的结构测定尚需要配合核磁共振谱、质谱一起分析。在实际工作中，常常要求证明样品是否为已知成分，通常的作法是用已知的标准样品与未知样品在同样条件下测定红外光谱，并进行对照，完全相同肯定为同一化合物。美国一些实验室编辑出版了一套标准红外光谱图，已经收集 4 万多个化合物谱图，对推定物质分子结构有重要指导作用。

在有机反应过程中，总是伴随着一些基团的消失和另一些基团的出现，因此在反应过程中定时取出少量样品测定红外光谱，观察一些关键吸收带的消失和生成，便可推测反应的程度。红外光谱还可以定量的检测样品中痕量杂质，作为工业质量控制的有用方法。

在极高的温度下，物质发出红外辐射。天文学对于这些星体发射光谱的研究得到有用的信息。

## 105. 无机物中有大分子吗 ——无机高分子

以周期表中位于碳下面的硅为主要成员的一系列高分子化合物，广泛地分布于构成地壳的岩石之中，这些岩石的主要成分是硅酸盐。由于作为骨架的硅酸盐的结构不同，岩石的性质也不相同。

将二氧化硅（石英砂等）和氢氧化钠混合熔融后，加水煮沸则得到叫水玻璃的粘稠溶液。水玻璃的主要成分是硅酸钠，是以链状结构为主体的具有电解质性质的高分子，这是最简单的硅酸盐之一。

在硅酸钠水溶液中加入酸时，则沉淀析出硅酸。硅酸钠的一 ONa 基换成—OH 基的结构为主体的高分子物质。把硅酸取出来进行干燥时，则得到在表面上具有亲水性的 Si—OH 基的多孔性物质。

作为岩石的主要成分，广泛分布于自然界的硅酸盐，基本上和硅酸钠具有相同的结构，也就是以硅和氧作为骨架的离子性高分子物质。根据构成岩石的高分子的不同结构，岩石可以大致分为：（1）一维（线型）链状结构的（石棉等）；（2）二维（平面）网状结构的（云母、滑石等）；（3）三维（立体）网状结构的（石英、长石等）三大类。

石棉：一类晶质纤维状的硅酸盐矿物。主要有温石棉和角闪石棉两种。还可细分为多种，差别在于阳离子。如透闪石石棉的化学式为  $\text{Ca}_5\text{Mg}_5(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH})_2$ ，其中阳离子若为钠、铁、锰就称蓝石棉。石棉呈纤维状是硅酸根中硅氧四面体形成双链状结构。石棉具有很高的耐火性、电绝缘性和绝热性，且耐酸碱。

云母：云母是一类层片状硅酸盐。它是地壳中分布最广的造岩矿物之一，占地壳总质量的 3.8%，云母由硅氧四面体组成层状结构，层内结构较层间结构紧密，因此呈片状。云母绝缘性好，耐酸碱、抗压性也好。

长石：一类含钾、钠、钙的铝硅酸盐，是地壳中最常见的矿物。代表物为钾长石、钠长石和钙长石，熔化温度分别为 1200、1100 和 1550。长石的基本结构单元是四面体，它由四个氧原子围绕一个硅原子构成。每个四面体都和另外四个四面体共用顶角的氧原子，形成三维骨架状的阴离子，在骨架的空腔中安置一价的钾（钠）离子或二价的钙离子。长石可以作为生产玻璃、陶瓷、搪瓷的原料。

## 106. 生物体的组成 ——生物高分子

构成生物体的主要物质几乎全是高分子。其中重要的有淀粉、纤维素、蛋白质及核酸，它们是维持生命不可缺少的物质。

淀粉和纤维素：淀粉是由葡萄糖缩聚而成的高分子，植物常以淀粉的形式来贮备能源。纤维素是构成植物细胞膜的高分子，和淀粉一样，也是葡萄糖的缩聚物。

淀粉和纤维素，都是由在植物的叶子中经光合作用所生成的葡萄糖，再按照需要在植物体内制造出来的。淀粉粒因植物的种类不同其形状也不同，支链淀粉在沸水中不溶解，难于消化。直链淀粉能在 60—70℃ 热水中溶解。稍浓的直链淀粉溶液呈浆糊状。它的分子量为数十万至数百万。

不论纤维素还是淀粉，以酸等为催化剂进行水解时得到糊精，糊精是糖稀的主要成分。此外，用淀粉酶作催化剂使淀粉水解时，则得到由 2 分子葡萄糖缩合而成的麦芽糖。

蛋白质：构成动物体组织的高分子主要是蛋白质。由多种氨基酸分子的氨基与另一个氨基酸分子的羧基缩合一分子水连结而成。蛋白质是由存在于自然界的约 20 种氨基酸缩聚而成的链状高分子。构成肽链的氨基酸的排列顺序，对蛋白质在生物体内的机能起着重要作用。肽键的—CO—NH—基以及侧链的各种基之间形成的分子内氢键，对于保持蛋白质分子特有的立体结构起着重要作用。生物体内的各种蛋白质，都各自具有固定的立体结构，立体结构破坏，就失去它的机能。蛋白质的这种特性，就像在周密设计的基础上所制成的精巧机器一样。然而，把这个设计图纳入到分子内，并按照它来合成蛋白质的则是下述的核酸。

核酸：1868 年米歇在研究细胞核物质时，从浓液中得到一种酸性物质，这是最早分离出核酸的例子。在以后的研究中，逐渐明确了生物体几乎所有的细胞中都含有核酸，它对细胞的遗传信息的传递起着重要的作用。生物体的核酸分为脱氧核糖核酸（DNA）和核糖核酸（RNA）。1953 年，瓦特逊根据 DNA 的 X 线衍射图，成功地解释了这个高分子的结构：DNA 分子是以磷酸和糖缩合而成的缩聚体作为骨架，另有 4 种碱基作为糖的侧链用共价键结合在糖上。DNA 分子中的 4 种碱基是腺嘌呤、胸腺嘧啶、鸟嘌呤、胞嘧啶。一般的 DNA 分子由磷酸和糖的缩聚体的 2 根链条形成平行的螺旋状，在 2 根链条之间，用氢键把侧链上的碱基像梯子的横棍那样连续起来，形成双螺旋结构。目前，根据对蛋白质合成的控制，认为是 DNA 支配着生物体内各种分子的活动秩序，起着有如细胞内大脑的作用。也就是说，可以认为生物体内无数分子的复杂结构和活动的设计都是以 DNA 中碱基的排列顺序的形式纳入的。

已经知道，纳入到 DNA 中的碱基的排列的信息，转移给比 DNA 分子量小的 RNA，蛋白质合成等的秩序决定于 RNA。

## 107. 帮助微粒聚集的物质 ——絮凝剂

絮凝剂是能使胶体或悬浮体产生絮凝沉淀的一类高分子化合物。天然絮凝剂有明胶、淀粉及改性多糖等，人工合成的是含有 $-\text{COONa}$ 、 $-\text{CONH}_2$ 、 $-\text{OH}$ 、 $-\text{SO}_2\text{N}$ 基团的，以及聚乙烯醇、聚氧乙烯等非离子型的高分子化合物。

关于高聚物絮凝的机理，一般由两种理论来解释。一种理论归因于颗粒之间的桥连作用，而另一则认为是颗粒表面电荷中和而引起絮凝。高分子量非离子型聚合物以及带有和颗粒相同电荷的聚电解质可通过桥连作用引起絮凝。电荷中和：当把具有相反电荷的高聚物加入到由电排斥稳定的分散体系中时，高聚物通过静电吸引立即吸附到颗粒表面，并中和颗粒表面的电荷，导致电斥力减小，因而分散体系就絮凝，分散体系在某一高聚物浓度下发生絮凝时，其颗粒表面电荷为零。桥连作用：桥连机理引起的絮凝可以两种形式进行，一种是两种或多个颗粒由一个高聚物分子桥连引起的絮凝，另一种是通过被吸附到不同颗粒表面上的高聚物链之间的相互作用进行桥连而引起絮凝，在下述条件下，发生前一种桥连作用。（1）聚合物分子具有两个以上的吸附链段；（2）分子链足够长，可以吸附到两个以上的颗粒上；（3）聚合物吸附的表面覆盖度低，这种桥连絮凝只有在聚合物的浓度很低，即颗粒表面上絮凝剂少于其饱和吸附值的一半时才发生。当聚合物链很长，且吸附聚合物表面覆盖度很高，以致于剩下的可吸附点很少，并且聚合物链在颗粒间伸展的机率也很低时，可发生第二种形式的桥连絮凝。有人研究了石英由聚丙烯酰胺絮凝机理，认为此种絮凝过程可用桥连机理圆满地解释。还有人提出了另一种的絮凝机理。他们假设在颗粒的碰撞过程中，颗粒表面溶剂化层中的溶剂分子可以脱附。他们认为溶剂脱附使聚合物溶液稀释，并引起颗粒间的相互吸引，分散体就絮凝了。在叙述絮凝作用原理时，应补充一点，过量聚合物吸附有利于体系的稳定。另外，高分子絮凝剂的分子量过大也达不到絮凝效果。

絮凝高分子化合物广泛用于污水处理以及钻井泥浆、选矿和化工生产中的沉淀、过滤、洗涤等操作，具有污染轻、用量少、效果好等优点。如含有大量固体悬浮物的污水，加入少量聚丙烯酰胺后，90%以上的固体颗粒沉降下来，为污水进一步处理创造了条件。又如润滑油的再生，用少量絮凝剂代替酸碱处理。降低了成本，减少了环境污染。在絮凝过程中调节PH值，使絮凝剂在一些固体上有选择性地吸附，就有可能在混合悬浮体内进行选择性的絮凝为分离、提纯等提供条件。

## 108. 高分子合成材料 ——树脂与塑料

自然界存在一些来自植物或动物的分泌物，如松香、虫胶等。它们没有显著的熔点，受热后可逐步软化，可溶于有机溶剂（醇、醚）中，不溶于水，具有比较大的分子量。这类物质我们称为天然树脂。很早以前，人们就利用天然树脂制造清漆，改进油漆性能。由于生产的发展远远不能满足人们的需要，因此促使了合成树脂的出现和发展。

简单的有机物（如乙烯等）经过化学合成或者某些天然产物（如纤维素）经过化学反应，可以得到与天然树脂性能相似的产物，这类产物统称为合成树脂。合成树脂是各种树脂状聚合物的统称，它可以是低分子量（几百、几千）或是高分子量（几万、几十万）的聚合物。由于分子量的差异，它可以是粘稠液体、脆性固体或韧性固体。合成树脂可用来制造塑料、合成纤维、涂料、粘合剂和离子交换树脂等。

塑料是一种可塑性材料。它以合成树脂为主要原料，在一定温度、压力下可塑制成一定形状，而在常温下保持形状不变的一种材料。合成树脂可以是高分子量的，也可以是低分子量的，但低分子量树脂在加工或制品过程中，一般由线型结构转变成体型结构的高分子化合物，并显示出塑料的机械强度。

塑料按其组分不同，可分为单组份塑料和多组份塑料。单组份塑料基本上由合成树脂组成，有的仅含少量辅助物料（如：润滑剂、染料），常见的有聚乙烯塑料、聚苯乙烯塑料和有机玻璃等。多组份塑料，除树脂外还含有较多的辅助材料。如填充剂、增塑剂、稳定剂和固化剂……等。常见的有聚氯乙烯塑料、酚醛塑料、不饱和聚酯塑料等。

塑料按其受热后的性质可分为热塑性塑料和热固性塑料。热塑性塑料是以线性高分子材料为主，加工时它随温度的升高而变软，塑制成型，冷却后仍保持一定形状。如再加热又可变软塑制成另一种形状。这个过程可以反复进行多次，如聚乙烯塑料、聚氯乙烯塑料、聚苯乙烯塑料等。热固性塑料是以线型带支的低分子树脂为主，分子中往往带有许多可以继续反应的活性基团，在一定温度下，经过一定时间的加热或加入固化剂后，即可固化形成一定形状。固化后的塑料质地坚硬，不溶于溶剂，也不能再加热而使其软化，只能加工一次。如：酚醛塑料、环氧塑料、不饱和聚酯塑料等。

塑料这种材料只有大约 60 年左右的历史，但是发展非常迅速，应用非常广泛，这些都是与它具有的优异性质所决定的。塑料的品种各有各的特点，各类品种可以通过不同的成型加工方法制得不同性能的塑料制品。如：可制得像钢一样强度的塑料，可以制得软如棉花的塑料，也可制得像玻璃一样透明的塑料，也可制得像石英一样耐热的塑料。

## 109. 改善塑料性能的物质 ——塑料助剂

在塑料生产过程中，助剂是不可缺少的一类重要原材料。它能赋予产品特殊的性能或改进成品质量，扩大产品应用范围；或能节约原材料，改善加工性能，提高加工效率；或能加速反应进程，提高产品得率。因此，助剂在塑料工业生产中发挥着极其重要的作用，塑料中常用的助剂有：

(1) 增塑剂。凡是能和树脂相混溶，使树脂或塑料软化温度，玻璃化温度，脆性降低，并能提高塑料弹性、可塑性、流动性、柔软性、耐寒性的物质，统称为增塑剂，增塑剂大多数是酯类的化合物。增塑剂和树脂相溶，在树脂分子之间起溶剂化作用，从而破坏了树脂原来的结晶，扩大了分子之间距离。使分子之间作用力减弱，所以起到了增加塑性的作用。增塑剂根据产品的要求可分为：常用、耐热、耐寒、耐光、耐燃、耐菌、无毒增塑剂等。

(2) 稳定剂。稳定剂是一种能够防止由于热、光、氧的作用，引起树脂分解、脆化和性能降低的物质。它的加入可以使塑料制品获得正常的加工条件，并能使制品的使用寿命延长。193 如：聚氯乙烯树脂加入稳定剂后，它可以吸收树脂受热分解出的氯化氢，防止了进一步分解；它可以防止氧化使树脂变色；它可以防止紫外线辐射使性能变坏。稳定剂的种类有：金属铅盐、金属皂盐、有机锡化合物、紫外线吸收剂、螯合剂等。使用时经常几种复合使用。

(3) 填充剂。填充剂的加入，既能改进制品性能，又能降低产品成本。如加入玻璃纤维填充剂。可以提高产品抗冲击强度。选用高电阻陶土作填料，使制品电性能得到改善。选用氧化锑作填料，可以提高制品抗燃性能。选用石墨作填料，可以提高制品耐磨性。但是填料的加入要适当。

(4) 发泡剂。发泡剂是一种使高分子材料发孔的物质。或者说，不与高分子材料发生化学反应，并能在特定的条件下产生无害气体的物质。发泡剂主要用来制备泡沫塑料、海绵制品和空心制品。常用的无机发泡剂有：碳酸铵、碳酸钠等。有机发泡剂有：偶氮二甲酰胺 (AC)、偶氮二碳酸二异丙酯 (DIPA) .....等。

(5) 润滑剂。在塑料加工过程中起润滑作用的稳定润滑剂。润滑剂有内润滑和外润滑二种。内润滑剂能和树脂熔融物微溶，它可以降低熔融粘度，增加流动性；外润滑剂能在加工的金属模具和树脂熔融物之间形成界面，避免粘附并减少摩擦作用。常用的润滑剂有石蜡、硬脂酸和硬脂酸盐类，它们二种作用均有。

(6) 阻燃剂。塑料是碳、氢化合物，所以塑料一般均能燃烧，限制了塑料的应用。塑料中加入阻燃剂后，能使塑料制品离开火种由不能自熄变成为自熄。所以凡是具有抑制塑料燃烧作用的物质，均称为燃阻燃剂。一般含有卤素、锑、硼、磷和锆等的化合物均有阻燃作用。塑料中常用阻燃剂有三氧化二锑、四溴乙烷.....等。

(7) 着色剂。为使塑料制品具有美丽的色彩，常常加入颜料。塑料中使用的颜料要求有较高的耐热性，在 160 ~ 220 加工时不发生分解。有较好的化学稳定性，与增塑剂、稳定剂不发生化学反应，还要求有较好的耐光、耐紫外线的性能。

(8) 变定剂。变定剂又称硬化剂或固化剂。主要用于热固性塑料中。在



塑料加工过程中，加入少量变定剂后，它能与低分子量树脂起化学反应，使树脂分子量加大，由线型低分子量逐步变成体型高分子量结构。不同的塑料制品应用不同的变定剂。酚醛塑料、脲醛塑料应用六亚甲基四胺。环氧塑料应用乙二胺，不饱和聚酯塑料中采用过氧化物或偶氮化物。

## 110. 世界上最早的合成材料 ——酚醛塑料

以酚类化合物与醛类化合物聚合而成的树脂统称为酚醛树脂。以酚醛树脂为基础加工的塑料叫酚醛塑料。酚醛塑料的出现为塑料工业的发展开辟了新纪元。

有机化学刚刚兴起时，拜耳首先发现苯酚和甲醛在酸性条件下，可以缩合聚合得到一种无定形树脂状产物。虽然当时这种树脂没有引起注意，但它是人类历史上第一个合成树脂。以后又有人采用过量甲醛与苯酚聚合得到一种多孔结构不溶不熔树脂，但不能应用。直到1905年贝克兰的研究才解决酚醛树脂的理论和生产问题。他指出：酚醛树脂是否是热塑性的，决定于苯酚、甲醛的用量比，以及所用催化剂的类型。在感性条件下，即使醛过量生成可溶热固性树脂，受热后能够转变为不溶不熔状态，即热固性体型结构高聚物。当采用木粉做树脂填料时，可以克服产品脆性的缺点。当加入少量变定剂后，可以加快固化速度。所以贝克兰的研究为酚醛塑料工业化生产起了积极的推动作用。

酚醛塑料于1910年投入工业化生产，至今已有80多年历史。由于它原料丰富，合成工艺简单，价格低廉，产品又具有优良的电器绝缘性和耐酸性，所以至今酚醛产品仍占有一定位置。酚醛树脂不仅可以制造压塑粉（电木粉）、模压塑料、层压塑料、泡沫塑料、蜂窝塑料，还可以用于制造油漆原料、胶合剂、防腐用胶泥等。

酚醛塑料和酚醛绝缘油广泛用于电气工业。它的主要填料又是木粉，所以酚醛塑料又有“电木”之美称。当采用玻璃布为填料的酚醛层压塑料，可用作制造机器零件，如做成齿轮等结构材料，在动转时是无声的。轻质高强度的蜂窝塑料应用于航空和建材工业。由于火箭、导弹技术的发展，要求制得瞬时耐高温材料作整流罩及引擎喷管的衬里，以酚醛树脂为基础的改性塑料在这方面得到了应用和发展。酚醛树脂中加入石棉粉，做成的塑料制品，耐腐蚀性大大提高，可以做成化工设备衬里、管道、阀门和零部件。

## 111. 塑料之王 ——聚四氟乙烯

含氟塑料是 40 年代出现的一种新型塑料。它是由乙烯分子中的氢原子被氟原子取代后的衍生物生成的聚合物。由于分子中存在着氟原子，使聚合物出现一些其他各种聚合物所没有的特殊性能。

聚四氟乙烯是含氟塑料中的一个典型产品。聚四氟乙烯是耐腐蚀性能最好的一种材料。它的化学稳定性超过玻璃、陶瓷、不锈钢及合金，甚至超过金和铂。不论在强酸浓碱里，还是在最强的氧化剂里或“王水”中煮沸几十小时都不发生任何变化。聚四氟乙烯塑料的耐热、耐寒性能也非常好，可以在 -195 ~ 250 之间长期使用。它的介电性能特别高，其介电性能与温度和频率都无关。由于以上这些优异性能是其他塑料所没有的，所以聚四氟乙烯有“塑料王”之美称。商品名“特氟隆”。

聚四氟乙烯为无极性的直链高分子化合物。其分子柔顺性很大，聚合体能够结晶。当材料加热高于熔点 273 时，晶体变成无定形聚合物，由不透明变成透明体。继续升高到 415 时，聚合物也不会变成粘滞流动状态，粘度极大。因此在成型加工时，不能用一般热塑性塑料加工方法，只能采用预先压成毛坯件，然后在 300 以上的高温炉里烧结成型。

聚四氟乙烯广泛应用于无线电、电器工业、航空工业、化学工业、食品工业和医药工业等方面。聚四氟乙烯薄膜作无线电工业中的线圈、电机槽的绝缘层，其重量轻、绝缘性高，可以在极潮湿条件下工作，是其它材料无法比拟的。化学工业中，用作适于温度为 -195 ~ 250 的任何强腐蚀介质中；管子、容器、反应釜涂层、阀门和泵体等。航空工业飞机上需要的既能耐高温又能耐低温的零部件。由于聚四氟乙烯对脂肪、油类、酸碱的绝对惰性及其全无臭性质，所以在食品工业和医药工业也广泛使用。现在市场上流行的不粘锅和不沾油的产品都是涂有聚四氟乙烯的制品。

## 112. 无毒塑料

### ——聚乙烯

乙烯是一种用途非常广泛的气体。它是生产乙醇、环氧乙烷和聚乙烯的基本原料，还是未成熟水果的催熟剂。以乙烯为原料生产产品的产值约占全部石油化工产品产值的一半左右，因此当今衡量一个国家化学工业发展水平，往往看乙烯的生产量（过去看三酸、二碱的产量）。目前乙烯主要用来生产聚乙烯。

石油裂解的主要产品是烯烃。裂解所用的原料比较广，可以用油田气、炼厂气、原油、石脑油、煤油、柴油等，裂解温度较高，一般在 700 ~ 900 °C，裂解后产品以乙烯和丙烯为主，其中乙烯约占 40% 左右。现在衡量一个石油化工厂规模，往往以乙烯产量来定。例如：30 万吨的乙烯工程，即乙烯的产量是 30 万吨，其他化工产品可以用乙烯来推算。

乙烯聚合可以得到聚乙烯。但是从乙烯到聚乙烯走过了几十年艰难曲折的道路，才发展成为聚烯烃中增长速度最快、产量最大的品种。

1933 年有人将乙烯与苯甲醛在高压下加热，以研究高压条件下对化学反应的影响，乙烯的压力为 1400 大气压、受热温度为 170 °C，反应结束后，发现热压釜器壁上有一层蜡状的固体物，这就是世界上第一次出现的固体聚乙烯。后来又专门研究乙烯的聚合，重复研究上述试验，最后以发生爆炸而告终。经分析由于乙烯中含氧量过高，反应剧烈引起爆炸。直到 1939 年改进了乙烯的聚合条件，乙烯在 1500 ~ 2000 大气压、在 100 ~ 150 °C 温度下，用少量氧作催化剂，使乙烯聚合成聚乙烯。由于此法压力高，所以称高压法制造聚乙烯。

高压法生产聚乙烯不仅需要耐 2000 大气压的反应设备，还需具备将乙烯压缩至高压的压缩机和一些耐高压的辅助设备。因此高压聚乙烯设备条件高限制了它的发展。

有人发现在镍—活性炭催化剂和用氧化铝为载体的氧化钼催化剂存在下，乙烯在惰性有机溶剂中于 70 大气压下，即可聚合为固体状聚乙烯。这是最早的中压法聚合聚乙烯。1956 年又有人在此基础上用氧化铬为催化剂，氧化硅—氧化铝为载体，在惰性溶剂中于 30 ~ 50 大气压下，顺利地聚合出固体聚乙烯，这就是目前工业生产中采用的中压聚乙烯法。

虽然中压法压力大大降低，但是还需要耐压设备。因此促使人们进一步研究降低压力。1952 年有人研究用烷基铝为催化剂，四氯化钛为助催化剂组成催化系统，在惰性介质中成功地在常压或几个气压下聚合成高分子量聚乙烯。这就是现在工业生产的低压聚乙烯。

由于乙烯聚合时压力不同，所得聚乙烯密度也不同，其性能也有差异。高压法聚乙烯密度低，性质柔软，机械强度低，适合于制造薄膜和电缆绝缘层。中压和低压法聚乙烯密度高、刚性大、机械强度高，适合于做注塑制品和中空容器。

聚乙烯在加工过程中，一般不加助剂，所以它是最常用的无毒塑料。主要产品有薄膜、电线、电缆的包皮、中空的瓶、桶和日常生活用品等。

### 113. 塑料能区分吗 ——塑料的鉴别

塑料是一种新型材料，它已广泛应用于国民经济各部门。由于塑料品很多，每个品种都有自己独特的性能。在生产中根据不同的用途选用不同性质的材料来加工制品。如同一根管道在工业、农业和食品工业中就有不同的要求，所以所选用的材料也各不相同。当这些制品坏了，需要修补或重新加工制造，首先就应该分清它是哪一种塑料，以便进行修补或回收分类重新加工。

最简易的区分法是燃烧法，即取一小块塑料，放在火焰上燃烧。如果先变软，后熔融，再燃烧，这是热塑性塑料，可以回收加工。如果不变软，而变脆，后烧焦，这是热固性塑料，不能回收加工。根据燃烧状态还可确定塑料的品种：

对于热塑性塑料的硬制品（聚氯乙烯、聚乙烯制品），一般采用相同材料的焊条，用热空气来进行焊接，也可用烙铁进行修补。

对硬、软聚氯乙烯制品可用 15% ~ 20% 过氯乙烯树脂和 80% 的二氯乙烷或四氢呋喃溶液配制成胶状液，进行粘结。

聚苯乙烯制品可用甲苯或二甲苯作溶剂，直接溶解聚苯乙烯进行粘接。

尼龙制品可将苯酚加热成液体，涂抹在尼龙制品表面进行粘结。

有机玻璃可采用三氯甲烷与少量有机玻璃屑调成粘稠液进行粘结。

热固性塑料一般采用环氧树脂加固化剂（8 ~ 9% 乙二胺）调匀后进行粘结。

## 114. 弹性材料

### ——橡胶

橡胶是一种具有高弹态的高聚物。它在外力作用下产生变形，除去外力后又能恢复原来形状，这种材料称橡胶。橡胶是工农业生产、交通运输、国防建设和日常生活不可缺少的一种物质。橡胶根据来源可分为天然橡胶和合成橡胶两大类。

天然橡胶，是一种天然高分子化合物。人们很早就知道从橡树割取白色胶乳——橡浆；从橡胶草直根榨取乳汁，当加入少量醋酸后即凝聚成块，经压片加工成天然橡胶，俗称生橡胶。

生橡胶是柔软无定形的弹性物质，无一定熔点，不溶于水，而溶于有机溶剂。具有耐曲折、绝缘、防水等性质。受热后易软化，低温时又变得脆硬。由于橡胶分子结构中有许多双链，放置空气中易氧化而失去弹性。生橡胶机械强度、耐磨性均较差。为改善其性能，生橡胶必须经过硫化处理，再经加工定型才能制成橡胶制品。所谓硫化，就是把天然橡胶线型高分子链中的双链打开，在二个分子的碳链之间由硫原子交联起来，成为网状体型的大分子，以改善其机械物理性能。生橡胶中加入 5~8% 的硫磺得到软橡皮，加入 25%~30% 硫磺得到硬橡皮。

由于天然橡胶性能不能满足工农业、交通、国防的需要，产量的供应又受自然条件的限制，还不能满足耐油、耐酸、耐高温、耐寒冷、耐磨等特殊性能的要求，这就促使了合成橡胶的发展。

简单的有机物（以 1,3—丁二烯为主），经过化学反应，合成出类似天然橡胶结构和性能的高分子化合物。这类聚合物统称合成橡胶。目前应用最广泛的合成橡胶有四种。

顺丁橡胶。顺丁橡胶是以 1,3—丁二烯为原料，采用三乙基铝和四氯化钛催化剂进行定向催化聚合，得到排列次序规则的高聚物。由于原料是丁二烯，排列又按顺式结构次序，所以叫顺丁橡胶。这种橡胶具有耐磨、耐低温、耐老化、弹性好的特点。

丁苯橡胶。丁苯橡胶是以 1,3—丁二烯和苯乙烯采用过硫酸钾为催化剂进行共聚，所生成的高聚物称丁苯橡胶。这种橡胶具有良好的耐老化、耐热和耐磨等性能。主要用来制造轮胎和工业橡胶制品，是目前世界上合成橡胶中产量最大的一个品种。

丁腈橡胶。是以 1,3—丁二烯和丙烯腈进行共聚所生成的高聚物称丁腈橡胶。这种橡胶耐油性能特别好。适用于油管、油管衬里、密封垫片等。在国际上应用也很广泛。

氯丁橡胶。是由 2—氯—1,3—丁二烯单体采用过氧化物作催化剂进行聚合，生成的高聚物叫氯丁橡胶。氯丁橡胶具有耐化学腐蚀、耐油、耐燃烧、耐挠曲、气密性好等性能。但耐寒性差。用于制造运输带、胶管、印刷胶管、油箱等。

以上的几种合成橡胶都是线型高聚物。在加工生产时必须经过硫化处理，并配入稳定剂、防老剂等，才能满足各种性能要求，成为橡胶制品，

## 115. 织物的原料 ——天然纤维和化学纤维

纤维是一种高分子化合物。它具有一定长度、强度和弹性，并且是柔韧的纤细的丝状物。棉花、麻类、蚕丝、羊毛等都是天然高分子化合物，都是天然纤维。但棉花和麻类的主要成份是纤维素。蚕丝和羊毛的主要成份是蛋白质。人们很早就学会利用它们做成各种织物。

随着工农业生产的发展，人口的不断增长，生活水平的不断提高，对织物的需求量不断上升，天然纤维已远远不能满足人们的需求。只有发展化学纤维才能弥补天然纤维作为织物原料的不足。一个年产 500 吨的小化纤厂，相当于 1 万亩亩产 100 斤棉花的棉田或 68000 只产毛 15 斤绵羊的产量。所以解决织物原料根本的出路是发展化学纤维。

化学纤维根据原料来源不同可分为：人造纤维和合成纤维两大类。

人造纤维是以天然高分子化合物做原料（如作为纤维素的棉杆皮、棉壳绒，作为蛋白质的乳络素蛋白、大豆蛋白等），经过化学反应，再经纺丝制成纤维。常见的有粘胶纤维、醋酸纤维、酪素纤维和大豆蛋白纤维。做成的织物有人造棉、人造丝等。

合成纤维是以简单的有机物，经过化学聚合反应制得高分子化合物，再经纺丝制成纤维。常见的有以下四种：

（1）聚酰胺纤维。1942 年投入工业生产。聚酰胺的商品名美国称尼龙、苏联称卡普隆、日本称阿美纶、德国称贝纶。我国 1960 年在东北锦西化工厂首先试制成功，为纪念这件事，统一改称为锦纶。其原料是二元酸和二元胺，主要产品有锦纶 6、锦纶 66、锦纶 1010 等。聚酰胺纤维的特点是强度大，俗称纤维中的大力士，超过一切纤维的强度。它的耐磨性是棉花的 10 倍。主要产品有轮胎、帘子布、渔网丝、绳束、织物和袜子等。

（2）聚酯纤维。1953 年投入工业生产。聚酯的商品名英国称特丽纶，美国、香港称达克纶。我国 1963 年投入工业生产。以广东语称“达克纶”为“的确凉”，这就是“的确凉”的来源。市场上也有称涤纶。它的原料是对苯二甲酸和乙二醇经聚合得到的一种酯类高聚物，简称聚酯。聚酯纤维的特点是强度大、耐磨、弹性好、耐酸碱、挺括、不折皱。缺点是透气性小、传热小、吸水性小。市场上的商品保留了涤纶的优点，又遮盖了它的缺点，往往把涤纶与棉、麻、丝、毛做成混纺织物或网眼制品。

（3）缩醛纤维。1936 年投入工业生产。缩醛的商品名日本称维尼龙、朝鲜称维纳纶，我国称维纶、也有叫维尼纶。它的原料是聚乙烯醇与甲醛进行缩合而成的缩醛产物。这种纤维特别柔软、吸水性大、近似棉花的性质，所以有人称它为人造棉花。缩醛纤维不怕霉蛀，强度大，比棉花轻胜过棉花，工业上把缩醛纤维代替部分或者全部棉花使用。

（4）聚丙烯腈纤维。1930 年以后投入工业生产。国外商品名称“奥纶”、“开司米”，我国称腈纶。腈纶由丙烯腈聚合而成。它的纤维弹性特别好，类似羊毛，所以又称人造羊毛。腈纶还具有耐光、耐气候性好、不怕霉蛀、耐酸碱等优点。应用很广泛，常常作为羊毛的代用品制作毛毯、毛线和织物。

## 116. 化肥工业的基础 ——合成氨

在自然界中，含氮的矿物资源并不丰富，其中硝石是含量最高的一种，而空气中氮含量占 78%，如何把空气中的氮气变为化肥是 20 世纪化学家最感兴趣的课题之一。1909 年德国找到了在高温高压和催化剂条件下由氮与氢合成氨的方法，这是人类固定大气氮的最有价值的方法。

哈伯采用压力 300—500 大气压的高压，金属镍作催化剂，在 500—600 下，氮与氢反应有 6% 转变为氨。他成功建立了每小时生产 8 克氨的实验装置并取得专利权。

德国巴登纯碱制造公司购买了哈伯专利权，开始试验工业化大规模生产氨。德国化工专家波施解决了工艺上的二个 205 问题。波施进行了 36500 次试验选用了 2500 种配方找到铁催化剂。他还用熟铁作反应器衬里解决了氢气通过钢板渗透的问题。哈伯和波施为发展合成氨生产获得诺贝尔化学奖。

现代合成氨生产原理：以空气、水煤气或石油、天然气等为原料，先制成 1:3 的高纯氮氢混合气体，在 150—300 大气压和 400—500 温度下通过装有催化剂（多用铁催化剂）的合成塔，使部分氮氢直接化合而成氨。再将氨分离后，未反应的氮氢气可循环使用。产品有液氨和氨水，进一步加工可制成硝酸、尿素和铵盐等。

利用水、煤、空气生产氨的过程中，由蒸汽和赤热的焦炭在煤气发生炉中作用产生煤气。或用蒸汽与空气轮流吹入的间歇法。水煤气主要成份是氢和一氧化碳，从其中分离氢用于氨的合成。氮是从液态空气中分离制取的。

中国小型合成氨厂用水煤气制氢。大型合成氨厂用天然氮与水蒸汽在高温和催化剂存在下制氢。70 年代以来，中国陆续引进 17 套以天然气、石油为原料的年产 30 万吨大型合成氨装置。

鉴于氨在国民经济中的重要意义，许多国家着力解决合成氨中有关技术和理论问题如高压、深冷和煤的气化等技术问题以及催化理论。现在合成氨工业有两大发展趋向：（1）大型化。即主要设备大型化，已出现 30—50 万吨装置，使成本显著降低。（2）生产过程综合化。即实现大量的物料回流和热量回流，进行不同产品的联产，以提高物料和热量的利用。

50 多年来，围绕着氨合成催化剂进行了极其大量的基础研究工作，大大促进了催化学科的发展。到了 30 年代已经知道铁催化剂对氮气的化学吸附，随着吸附量的增加，放出热量逐渐减少，而吸附活化能逐渐提高。这表明，这种催化剂的表面是不均一的。起催化作用的主要是表面的一小部分所谓活性点。活性点与反应物分子结合，即化学吸附。反应物被吸附在催化剂表面，分子具有极性，成为活化分子。



## 117. 五彩世界靠什么 ——染料和颜料

人们都喜欢带色彩的东西，这些色彩怎么形成的？首先要从可见光说起。光是一种电磁波。当光的波长为 400 毫微米 ~ 750 毫微米时，这种光是白色的可见光。它是由红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫七色组成。我们看到材料的色彩，是由材料吸收和反射不同可见光形成的色谱。如果光波被材料全部吸收，则呈现黑色；全部被反射，则呈现白色。如果光波被部分吸收部分反射，则就出现不同颜色。某种材料对光波 400 ~ 450 毫微米不吸收，其余光波全部吸收，则呈现紫色；对光波 750 ~ 610 毫微米不吸收，其余光波全部吸收，则呈现红色。有时未被吸收的光波不在物质表面反射，而在物质内部散射，则这种材料就是带色的透明材料。

染料是一种带有色彩的材料。它溶于水或有机溶剂，能使纤维或其他物料着色的有机物。古代人们很早应用染料，把织物染成美丽的色彩。染料根据来源不同可分为天然染料和合成染料。

天然染料主要从植物（根、茎、叶）中获得。如从姜黄中提取姜黄素，从红辣椒中提红辣椒素，从西草中提取茜素。也有从动物中提取，如从胭脂虫干体提取胭脂红。

合成染料是以苯、萘、蒽等作原料，经过化学反应而制成的染料。合成染料种类多，色光齐全，大多数色泽鲜艳、耐洗、耐晒，比天然染料优良，而且可以大批量生产，满足各行各业的要求。现在我们使用的染料绝大部分均是合成染料。

合成染料按化学结构可分为硝基、蒽醌、靛族、芳甲胺、硫化……等类。按应用方法可分为酸性、碱性、直接、媒染、硫化、还原、活性……等类。染料广泛应用于纺织、塑料、橡胶、油漆、毛皮、制革、造纸、食品、化妆品、摄影材料等工业，也有用于生物着色剂和指示剂等。

颜料也是能在物料上产生颜色的一种材料。但颜料是不溶于水、油和其他溶剂的有色或白色粉状物质。它主要用于不透明物料的表面。要求颜料具有一定遮盖力、着色力，有较好的分散性、鲜明的色彩和对光的稳定性。根据颜料的来源不同可分为天然颜料和合成颜料。

天然染料有矿物性的，如：红土（ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）、孔雀石（ $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuSO}_4$ ）等。有植物性的，如：藤黄等。由于天然颜料色彩少、产量低，不能满足需要，促使合成颜料的发展。

合成颜料是以无机原料、有机原料经过化学反应而获得的一种带色的粉状材料。按不同颜色来分有：白色颜料，有钛白料（ $\text{TiO}_2$ ）、锌白（ $\text{ZnO}$ ）等。黄色颜料，无机的有碲黄（ $\text{CdS}$  和  $\text{CdSO}_4$  混合）、铅铬黄（ $\text{PbCrO}_4$ ），有机的有耐晒黄、联苯胺黄等。红色颜料，无机的有银朱（ $\text{HgS}$ ）、镉红（ $\text{CdS}$ ）、铁红（ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ），有机的有甲苯胺红、立索尔宝红等。蓝色颜料，无机的有铁蓝（ $\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）等，有机的有酞青蓝等。绿色颜料，无机的有铬绿，有机的有酞青绿等。黑色颜料，无机的有炭黑（ $\text{C}$ ）、铁黑（ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ），石墨（ $\text{C}$ ），有机的有苯胺黑等。另外金属颜料有铝粉、锌粉等。

颜料主要用于油漆、油墨、塑料、橡胶、搪瓷、铅笔等工业，也有用于织物涂布印染。

涂料是一类涂覆在物体表面能形成牢固附着薄膜以起保护、装饰、标志及其他特殊作用的物料的总称。涂料的组成有成膜物质、颜料、溶剂及各种添加剂。成膜物质是涂料主体，有胶接和成膜的作用；颜料是生产色漆时需调入的；二甲苯、丙酮、乙醇等溶剂可降低涂料的粘度，便于施工。

主要成膜物质是除颜料以外的主要成分。它决定了涂料涂膜性能及特点。涂料产品的分类是以涂料基料中主要成膜物质为基础。若成膜物质为混合树脂，则按在漆膜中起主要作用的一种树脂为基础，成膜物质分为 17 类：（1）油脂、（2）天然树脂、（3）酚醛树脂、（4）沥青、（5）醇酸树脂、（6）氨基树脂、（7）硝基纤维素、（8）纤维酯、（9）过氯乙烯树脂、（10）烯类树脂、（11）丙烯酸树脂、（12）聚酯树脂、（13）环氧树脂、（14）聚氨基甲酸酯、（15）元素有机化合物、（16）橡胶、（17）无机高分子材料。

次要成膜物质是指为了改进涂料涂膜性能而附加的添加剂。有为了改进涂膜物性的增塑剂，帮助颜料分散的分散剂，荧光涂料用的荧光材料，水性涂料用的防腐剂等各种各样的助剂。

颜料通常是指不溶于水和溶剂的有机和无机粉末。有使涂膜着色并且有遮盖底材作用的着色颜料；赋予防锈效果的防锈颜料；仅以增强涂膜为目的而没有着色能力的体质颜料。

辅助成膜物质，是指为了改进施工性能，如流动性好、施工后挥发而不留存在涂膜中的物质。各种溶剂和水就属于这类物质。

除粉末涂料之外，涂料多是液态的。将液态的涂料施工后形成具有预期性能的涂膜过程称为干燥。涂料的干燥，按机理分两大类，即非交联型（物理干燥）和交联型（化学干燥）。

（1）非交联型 高分子量聚合物。施工后只是溶剂挥发就能形成涂膜。

（2）交联型 低分子量聚合物。施工后，总要发生一点化学反应，产生立体交联而形成涂膜。非交联型，必须使用高分子量聚合物，因此，溶液的粘度必然增高。溶剂的用量多，无论是从节省资源方面，还是从防止大气污染方面来看，都有缺点。因此，溶剂用量少的交联型涂料是值得发展的。另外，交联型涂料具有更高的性能。

各种特殊应用的新型涂料分别具有奇特的功能，如隔音涂料能把声音转变为热能，保持环境安静；卫生涂料（在涂料中加入杀菌剂和香料）能对室内消毒，并使室内有宜人的香味，保温涂料涂在内墙上可取代取暖设备等。预计，涂料工业将减少对石油化工原料的依赖而发展无机涂料。

## 119. 去污靠什么 ——表面活性剂

表面活性剂又称界面活性剂。是指一种能够显著降低表面张力的物质，或者说能够降低两相之间（油和水）界面张力的物质。人们熟悉的肥皂就是最常见的表面活性剂。肥皂能够去油污，这是由于肥皂水溶液能使油污发生乳化形成乳状液，原来的油和水的界面不再存在，油成为分散的微小乳化的粒子悬浮于水中，随水流而被除去。

从表面活性剂的分子结构来看，它都具有水溶性的亲水基团和油溶性的亲油基团两部分组成。亲水基团是指与水有较大亲和力的原子团。如：羧酸根 $\text{—COO}^-$ ，磺酸根 $\text{—SO}_3^-$ ，羟基 $\text{—OH}$ 。亲油基团又叫憎水基团，与油有较大亲和力的原子团，不溶于水。如：碳链在 10~17 个的烷基  $\text{C}_{12}\text{H}_{25}- \sim \text{C}_{17}\text{H}_{35}-$  或烷基苯基  $\text{C}_{12}\text{H}_{25}$  等。尽管分子结构类似，但在水

中性质有些不同，一般可分为两大类。当表面活性剂溶于水时，能电离成离子的称离子型表面活性剂；不能电离而只能以分子状态存在的称为非离子表面活性剂。离子型表面活性剂还可按所生成的具有表面活性作用的离子分为阴离子型、阳离子型和两性离子表面活性剂。

（一）阴离子表面活性剂是使用最早，应用最广泛的一类表面活性剂。它在水中起表面活性作用的基团是阴离子，即阴离子连在亲油基团上。常见的有：

（1）羧酸盐型表面活性剂  $\text{R—COO}^-\text{Na}^+$ ，在水中呈碱性，具有良好的发泡、去污和润湿作用，一般用作洗涤剂。在硬水中则生成不溶性的脂肪酸钙和镁的沉淀，丧失洗涤作用；在酸性介质中产生酸碱中和形成脂肪酸，失去表面活性作用。因此不能在硬水和酸性溶液中使用。

（2）磺酸盐型表面活性剂  $\text{R—SO}_3^-\text{Na}^+$ ，它易溶于水，渗透力、去污力好，是洗衣粉的主要成份。因为烷基苯磺酸钙盐和镁盐均溶于水，所以在硬水、软水中均可使用。

（3）磷酸酯盐型表面活性剂  $\text{R—OPO}_2^-\text{Na}^+$ ，具有良好的抗静电性和化学稳定性，所以广泛用作合成纤维的抗静电剂。

（一）阳离子表面活性剂在水中起表面活性作用的基团是阳离子，即阳离子连在亲油基团上。主要有季铵盐型  $\text{R—N—R}_2 \text{X}^-$ ，R 为长链烃基，R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub> 为短链烃基，可以相同也可以不同，X 为卤素。这种活性剂水溶性好，既耐酸、又耐碱，还具有一定的杀菌作用。

（三）两性离子表面活性剂在水中起表面活性作用的既是阴离子又是阳离子。即亲油基团和阴离子、阳离子连在一起。其阳离子部分通常是季铵盐，阴离子部分是羧酸盐和磺酸盐。典型的产品是它可以用作洗涤剂，纤维柔软剂和抗静电剂等。

非离子表面活性剂。它的亲水基团是由羟基和醚键组成。因此在水溶液中不能离解出阳离子和阴离子，以中性的分子状态和胶束状态存在。主要有聚乙二醇醚型和多元醇型。（1）聚乙二醇醚型  $\text{R} \cdot \text{O} [\text{CH}_2\text{—CH}_2\text{O}]_n \text{H}$ ，分子中有许多个羟基和醚键。它易溶于水，耐硬水，主要用作洗涤剂、乳化剂、润湿剂等。

（2）分子中只有三个羟基所以这类表面活性剂一般不溶于水，在水中呈

乳化或分散状态存在，主要用作纤维的柔软剂、乳化剂等。

## 120. 新型洗涤用品 ——液体洗涤剂

液体洗涤剂是以各种表面活性剂和多种助剂复配而成的新型洗涤用品。液体洗涤剂本身就是表面活性剂的水溶液，使用时又是稀释的水溶液。

洗涤剂具有去污作用，用于洗净皮肤、纤维、金属等表面上所附着的油垢。表面活性剂在水溶液中能降低水的表面张力，发生润湿乳化、分散和起泡作用。

洗涤过程可以简单的描述为：借助于某些化合物（洗涤剂）以减弱污垢与固体表面的粘附作用并施以机械力搅拌使污垢与载体分离并悬浮于水中，最后将污垢洗净冲走。影响洗涤效果的一些因素包括：

（1）乳化和起泡作用在洗涤过程是相当重要的。因此，一定要使用高表面活性的表面活性剂，以最大限度地降低界面张力，这样可使乳液更加稳定，油污不会返回表面。

（2）加溶作用：表面活性剂胶团对油污的加溶可能是自固体表面去除少量液体油污的重要机理。去除油污的加溶作用，实际就是油污溶解于洗涤液中，从而使油污不可能再沉积，大大提高了洗涤效果。

（3）吸附作用：表面活性剂在污垢及被洗表面上的吸附性质，对洗涤作用有重要影响。对于液体污垢，它导致界面张力降低，有利于油污的去除。也使形成的洗涤乳液更加稳定，不会产生污垢再沉积。实际上，表面活性剂的洗涤总括了表面活性剂的润湿性、渗透性、乳化性、分散性、增溶性等几乎全部基本特征。

在各种（粉状、块状、液体状、浆状）洗涤用品中，液体洗涤剂发展速度最快。因为液体洗涤剂在洗涤用品中品种最多。洗涤产品向多种、系列化、功能型发展。另外，液体洗涤剂是近年开发成功的节能型产品。液体洗涤剂在生产过程中是直接将液体或固体原料配制成液体产品，用廉价的水作为填料，使用时不用加热即可配制成洗涤液，而粉状洗涤剂先将固体原料配成浆，然后用高塔气流干燥喷粉造粒。发展液体洗涤剂这类换代产品是洗涤用品工业的方向。

## 121. 美容的产品 ——化妆品

凡使用于人体的头、面或其他部位，对皮肤、毛发、指甲等表面起美化、滋润、防护、整洁、留香等作用的产品，总称为化妆品。

目前我们每个人天天均在和化妆品打交道，没有化妆品的生活已经不可想象。如香皂、牙膏已成为一种生活必须化妆品。在化妆品中以香味为主的香水，以及加入色彩的修饰打扮用的美容化妆品，已经成为最受消费者欢迎的大众化妆品。

化妆品种类繁多，按其使用性质可以分为两大类：一是清洁人体表面，调整皮肤水分和油分，防护皮肤健康的基础化妆品，如香皂、雪花膏、冷霜、发乳、头腊等；二是修饰打扮用的，保护毛发指甲用的，保护口腔卫生用的物品均称为美容化妆品，如：胭脂、香粉、唇膏、指甲油、牙膏、香水等。也可按其形状来分，有乳、粉、油、液、锭、块、胶、膏等形态。也有按其用途来分，可分为香霜、香脂、蜜、护发、洗发、烫染发、香水、香粉、美容化妆等九大类。

对于表面皮肤的化妆，一般分为三步：

由于皮肤的表面不断产生污垢，这些污垢由表皮剥离的角质细胞，表皮上分泌的皮脂及酸败物质，汗和蒸发残留物以及外界附着于皮肤的异物等组成，这污垢时间一长就会产生难闻的臭味，并且还阻碍皮肤的呼吸和代谢作用，所以需要借助于洗净用化妆品来清除。一般使用香皂、洗涤香波等。

为了使皮肤保持健美状态，就必须使用基础化妆品。因为当皮肤角质层中的水份保持 10%~20% 时，皮肤呈健美状态。角质层中的水份在 10% 以下时，皮肤干燥而失去光泽，并变粗糙。角质层中的水份是由汗腺分泌和外来水分补充达到皮肤湿润状态。当皮肤分泌量减少，皮肤容易粗糙，尤其在秋冬季节空气干燥寒冷，皮肤生理机能跟不上天气变化，就更易使皮肤变得粗糙。及时补充基础化妆品就显得尤为重要。在我们洗掉皮肤污垢的同时，皮肤上的必要水分和油分也一起被清除，如不及时补充水分和油分，就会使皮肤干裂而变得粗糙。所以我们在洗脸、手后往往需要涂一些雪花膏、香脂之类的基础化妆品就是这个道理。

头发对美容起着重要的作用。毛发是以胱氨酸等 18 种氨基酸构成，是一种天然高分子纤维，它的平均寿命为 2~3 年，但不注意卫生，不注意保养，毛发的寿命会大大缩短，造成头发脱落、变黄，所以合理的使用毛发化妆品，对保护头发有着积极的意义。

头发的保养，靠单纯的洗涤来清除腐败皮脂、尘埃等脏物 215 还是不够的，还必须在洗净后按下列顺序敷用化妆品；护发剂、营养剂、整形剂等，才能达到真正的头发保养目的。

## 122. 醇的同系物 ——甲醇和乙醇

在有机化合物中，醇可以看作烃（碳、氢化合物）分子里氢原子被羟基取代后的生成物，也可以看成水分子里的一个氢原子被羟基取代后的产物（R—OH）。当烃基为甲基时（一个碳原子）产物为甲醇，烃基为乙基时（二个碳原子）产物为乙醇。

甲醇最早由木材干馏而得到，故俗称木精。近代工业上以合成气（一氧化碳和氢）或天然气（甲烷）为原料，在高温、高压、催化剂下合成甲醇。甲醇在工业上用处很大，可作溶剂、甲基化试剂和有机合成的基本原料。

甲醇是无色易燃的液体，沸点 64℃，有毒性。甲醇的蒸汽与眼睛接触，能引起双目失明。饮用少量甲醇，能引起头痛、恶心，这就是甲醇的中毒现象。饮用 10 毫升甲醇，可以使双目失明。误食 20 毫升甲醇能引起死亡。工业酒精中甲醇含量较高，这种酒精称“变性酒精”绝对不能用来配制白酒等酒类，否则要引起上述甲醇中毒事故发生。所以使用甲醇时一定要多加注意！

乙醇俗称酒精。是无色易燃液体，具有酒香味，沸点 78.4℃。在 1930 年以前乙醇由粮食发酵方法制得。近年来随着石油化工的发展，以乙烯为原料合成的乙醇产量逐年增高。但是，发酵法生产的乙醇还占有一定位置。发酵法生产的发酵液中乙醇含量大约为 10%~15%。经过分馏后可得到 95.6% 浓度乙醇，俗称 95% 乙醇。分馏后的残液俗称杂醇油，主要成份是异戊醇和仲戊醇。杂醇油与乙酸反应可生成酯，工业上俗称的“香蕉水”就是乙醇异戊酯。

95% 乙醇中含有约 5% 的水，它不能用普通分馏法除去。工业上获得无水乙醇方法有三类。

（1）化学脱水法。在 95% 乙醇中加入无水氯化钙（ $\text{CaCl}_2$ ）或氧化钙（ $\text{CaO}$ ），使水分子与它们进行化学反应，以达到除去水分。

（2）恒沸蒸馏法。在 95% 乙醇中加入一定量的苯，使苯、乙醇和水形成三元恒沸物进行蒸馏。由于苯和水的相对挥发度大于苯和乙醇的相对挥发度，达到首先分离水的目的。

（3）萃取精馏。利用加入无水乙二醇，来脱除乙醇中的水。因为乙二醇分子和水分子的引力大于乙醇分子和水分子的引力。

当乙醇含量达到 99.5% 以上，即水分含量在 0.5% 以下时，这种乙醇称为无水乙醇，也称绝对乙醇。

乙醇是重要的工业原料和常用的溶剂，用途非常广泛。乙醇是酒类的主要成分，可以用来配制各种风味的露酒。少量饮酒有利舒筋活血，过量饮酒也能引起中毒，损伤中枢神经和肝脏。乙醇也有脱水作用。乙醇与微生物接触时，能夺取微生物蛋白质分子周围的水分子，使蛋白质发生凝固，细胞被破坏，微生物失去活性。因此乙醇具有杀菌作用，通常使用 70% 的乙醇效果最好。消毒用酒精如果浓度过大，则微生物的细胞壁凝固了，变成了保护层，不利于微生物蛋白质的凝固，杀菌效果反而不好。

## 123. 世界上最早的合成染料

### ——苯胺

一种重要的芳香胺化合物。分子式  $C_6H_5NH_2$ 。无色油状有特殊气味的液体，熔点  $-6.3$  ，沸点  $184$  ，相对密度  $1.022$  ( $20/4$  )。易燃，暴露于空气中逐渐氧化成褐色，最后成棕黑色。微溶于水，易溶于醇、醚等有机溶剂。有弱碱性，与硫酸、盐酸等化合成盐。

苯胺是染料工业的重要原料。曾对发展人造染料工业起了重要作用。纺织工业在发展中需要大量染料，从天然植物中提取染料，不但成本高，而且产量、品种不能满足需要。1896 年，珀金是伦敦皇家高等专科学校的学生，在德国著名有机化学家霍夫曼指导下作研究工作，他想用苯胺和重铬酸钾制备奎宁。珀金把两种化合物加到试管中，并没有生成奎宁，得到一种像沥青的黑色物质。珀金想到产物是一种有机物，最好先用有机溶剂把它们溶解，以便冲洗。他顺手拿一瓶酒精，加到试管里，试管里的黑色残渣被溶解了。珀金对溶液进行仔细分析，并重复进行试验，探索溶液中究竟有什么物质。最后，他认为，这种紫色物质可能作为染料叫苯胺紫。它在酒精中呈紫色，这是一种理想染料，耐洗、耐晒而又色彩绚丽。于是世界上，诞生了第一种人工方法合成的染料。珀金获得英国专利，于 1857 年建成了从煤焦油中提取苯胺、生产苯胺紫的工厂，苯胺紫得到广泛的应用。在珀金发明苯胺紫后 50 年，珀金应邀来到美国。在纽约、美国化学会把第一枚珀金奖章赠给珀金本人。从此美国化学会每年把一枚珀金奖章颁发给在应用化学做出贡献的美国化学家。1870 年德国化学家拜耳首先完成靛蓝的工业生产，也是以苯胺为主要原料与一氯醋酸共热，再经碱熔氧化等反应而制得。苯胺还用于氧化染料苯胺黑。其特点是耐洗耐晒。将毛皮、棉织物浸于苯胺盐酸盐中用氯酸钠等氧化剂氧化，织物表面即生成苯胺黑。

苯胺又是磺胺药物的基本原料，由苯胺先经磺化制成对氨基苯磺酸，再由它衍生而制成各类磺胺药物。苯胺还是一些合成树脂的重要原料，还用作橡胶硫化促进剂等。

除了从煤焦油提取苯胺外，由硝基苯用铁等还原可制得。



## 124. 化学传感器 ——离子选择电极

离子选择电极是分析溶液中离子的活度或浓度的一种新的分析工具，是过去 15 年来发展最迅速的分析技术之一。商品电极已有 20 多种，可分析的物质达到 80 种以上，而且还正在不断增长。它在工农业生产和科学技术的许多部门得到广泛的应用。

测量溶液 PH 值的玻璃电极是广泛使用的最早的一种离子选择电极。这种对氢离子活度响应的电极是 1906 年才发现，可是直到 30 年代初期才出现商品玻璃电极及专用的测量仪器——PH 计。其原因是由于玻璃电极具有很高的内阻，只有解决高输入阻抗测量仪器问题之后，用玻璃电极测量 PH 值这一技术才进入应用阶段。1934 年，发现含有  $\text{Al}_2\text{O}_3$  或  $\text{B}_2\text{O}_3$  的玻璃对钠离子具有响应。50 年代，有人研究了玻璃电极的组成与响应性能的关系，从理论上阐明了玻璃电极电势的起源。从此开始出现了可供实际应用的  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{NH}_4^+$  等阳离子玻璃电极。1961 年，制成了以 AgI 为活性材料的石蜡膜碘离子电极，后来又制成了将活性材料分散在硅橡胶中的非均相膜电极。1966 年，采用掺有氟化铯的氟化镧单晶膜制成氟离子选择电极，这是第一次出现的固态单晶膜电极。此后陆续制成了卤素离子以及  $\text{Ag}^+$ 、 $\text{S}^{2-}$ 、 $\text{CN}^-$ 、 $\text{Cd}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  等固态压片膜电极。1967 年，报道了用磷酸酯作为活性材料的液态离子交换膜电极——钙离子电极。1971 年，将液膜电极的活性材料固着在聚氯乙烯膜中，制成使用方便的 PVC 膜电极。

目前除玻璃电极外，发展和应用最广泛的是晶体固体电极。其中性能最稳定的是氟离子选择电极，其基本结构可以描述如下：电极管用聚合物材料或玻璃制成，管内溶液一般为含相同离子的 0.1 摩尔/升强电解质溶液，以  $\text{LaF}_3$  单晶片作成薄膜。内参考电极常用 Ag、AgCl 电极。这种氟电极可表示为：

测量时将选择电极与甘汞电极组成电池，测定该电池的电动势，根据对标准溶液进行测定得到的标准曲线，可以测得未知溶液中待测的  $\text{F}^-$  离子的浓度。

与其他分析方法相比，使用离子选择电极快速、简便、精确、灵敏。广泛用于生产分析、医学分析和科学研究。对水质、工业流程溶液、生理溶液等的分析最为方便。许多离子电极分析法已被采用为标准分析方法，如饮用水的含氟量分析；水、土壤中氨或硝酸盐的分析；工业废水中氰化物的分析；大气中二氧化硫的分析；血液中钠钾钙及氯化物的分析等。在溶液平衡、配合物和反应动力学的研究中，离子电极也是一种不可缺少的分析工具。离子选择电极还应用于色谱检测器、海洋污染遥测传感器和宇宙航行生理分析仪等。

什么是离子选择电极？国际分析化学命名委员会所推荐的定义是离子选择电极是电化学敏感体，它的电势与溶液中给定离子的活度的对数成线性关系，这种装置不同于包含氧化还原反应的体系。

## 125. 能源工业的助手

### ——能源特种材料

能源特种材料是用来生产、转换、传输、分配、存储或开发能源的新材料。按主要功能大致分为高温结构陶瓷材料、超导材料、高密度储能材料和太阳能转换材料等几类。人们在能源材料取得的进展决定了能源开发的成就。

(1) 高温结构陶瓷。一种新型无机非金属材料。耐高温，可以作为有一定机械性能的结构材料使用。一般是用一些纯度很高的化工原料(如碳化硅、氯化硅、氮化硼和某些金属氧化物)在 1700 左右的高温下烧结而成。这种材料克服了传统陶瓷的致命弱点——脆性，具有很高的韧性、可塑性、耐磨性和抗冲击能力，并在高温(1000—1550 )下具有较高强度，能经受温度骤变，主要应用于新技术领域。例如，目前使用高温合金制造的汽车发动机只能在 1000 工作，而燃油在燃烧室里燃烧的最高温度可高达 1200 。为了保护发动机必须使用冷却系统，因而降低了发动机热效率。1982 年日本首次用高温结构陶瓷材料取代金属材料制作汽车发动机并进行试车，效果良好，可提高功率 45%，节油 30%。高温结构陶瓷还在新光源的开发和机械加工等节能技术上得到广泛应用。

(2) 超导材料。一类具有超导电性和理想抗磁性材料。1911 年荷兰开默材—昂内斯在金属低温导电时，发现汞在液氢温度(4.2 开)电阻突然变为零。这一现象称为导体的超导电性，使导体电阻变为零的最高温度称为该导体的临界温度。超导材料的另一特性是磁力线不能穿过体内，即超导体体内磁场恒等于零。常压下有 28 种金属，几千种合金和化合物具有超导电性，但临界温度都很低。金属铌的临界温度最高，为 9.26 开。1986 年，瑞士科学家发现镧钡铜复合氧化物在 35 开显示超导性。1987 年 2 月中国科学院发现多相的钇钡铜复合氧化物体系观察到 110 开临界温度。少数氧化物高温超导材料的结构已经确定，如钇钡铜复合氧化物的结构是  $YBa_2Cu_3O_7$ 。称为 123 结构，而且已知当  $x = 0.1$  时，其超导性最佳。近年临界温度提高 100 多度，但超导材料进入实用阶段还需相当长的时间。

(3) 高密度储能材料。锂用于制锂蓄电池，其阳极是多孔的金属锂，阴极为锂合金或其他金属，用有机溶剂中的锂盐作为电解质。锂的标准电极电位为 3.02 伏。锂电池与普通电池比较有许多优点：电能密度大，为 221—1103 瓦时/公斤，铅蓄电池为 18—25 瓦时/公斤。充电快。成本比银锌电池低。据估计，1987—1991 年用于钾电池的锂达 7000 吨/年，占锂用量的 1/2 以上。近年已研究出一系列储氢合金材料，为广泛利用氢气创造了条件。

(4) 太阳能转换材料。将太阳能辐射直接转换成常用能量(电能、热能)形式的材料。利用光电效应制备太阳能电池。太阳能电池材料包括单晶硅、硫化镉、砷化镓和硫化镉陶瓷等半导体材料。在吸收式光热转换装置中，吸收涂层是基本功能材料。它包括黑镍薄膜、黑铜薄膜、黑铬薄膜。用它们制成的集热器，几乎可全年工作。现在开发利用新能源的工作属于高技术领域，它迫切需要多种多样高性能或具有特殊功能的材料。

## 126. 信息工程的核心 ——信息特种材料

应用于信息技术领域，能够获取、存储、转换、处理、传输或显示信息的新材料。主要包括功能陶瓷材料、半导体材料、高分子材料、光导纤维、铁磁材料、液晶等。

(1) 传感器用敏感材料。一类供制作自动控制和仪器仪表的传感器用的，对电、磁、光、声、力、热等变化十分敏感的材料。如用作光敏材料的有硫化镉、硒化镉等，能感知不同光线的强弱。它们的电阻值随入射光的强度而变化。可用作气敏材料的有氧化锡、氧化锌能感知气氛的变化。

(2) 光导纤维。简称光纤，常指一种比头发丝还细的石英纤维。用于大容量传递信息的新材料。现在常用化学蒸汽沉积法制作光纤，将一块硅化合物在氧气流中燃烧，生成纯二氧化硅的烟尘，再把它沉积在玻璃管内，把玻璃管连同内部的二氧化硅沉积物一起拉丝，拉成的丝便是被玻璃覆盖的二氧化硅纤维（即光纤），直径仅为人发的十分之一。光纤主要用于通信。光纤通信中图像和声音等信息变为带有数字信息的电脉冲后被转换成光的弱信号；由激光器光源发出光波携带需要传输的信息，以光纤作为媒体传送到对方，对方一端通过光电装置将光波上携带的信息转变成电的数字信号，再转变为原来的图像和声音等信息。它的优点在于容量大，传输快，抗干扰以及成本较低。

(3) 激光材料。在一定条件下能产生激光的材料，可以是固体、液体和气体。固体材料最常用。晶体激光材料在基质晶体中掺入适当激活离子形成。选择晶体激光材料的要求：激活离子最好是4能级的。基质材料有良好的机械强度。光学均匀性好，并能长成大晶体。

(4) 高分子液晶。介于晶态和液态之间的中间态高分子。显示信息的液晶高分子材料，如联苯、苯基环己烷等，广泛用于电子表、计算器、液晶电视及各种显示屏。

(5) 信息记录材料。记录和存储信息的材料。是计算机外围设备和信息库的基础。主要分磁记录材料和光记录材料两类。磁带和磁盘最初是在聚酯薄膜、醋酸纤维等塑料材料的薄带和薄盘上，涂敷上一层粉状磁性材料（如针状结晶的氧化铁粉）制成的。现在磁记录材料的涂层正在从氧化物向金属和合金过渡。记录方式也正从水平同垂直记录过渡。磁记录材料的记录信息密度和速度都在大幅度提高。特别是发展了钴—铬和铁—镍双层膜，使记录密度提高了几十倍。现在已有可能在几平方厘米面积上记录并存储几千本书的内容。光记录材料更有前途。它用极细的激光束在一种叫作光盘的介质材料上写入和读出信息。现在所用的光盘介质材料主要是钆钴合金。其中的钆是稀土元素。

## 127. 裂变与聚变

### ——核反应

和通常的化学反应只牵涉核外电子的变化不同，核反应涉及原子核本身的变化。发生核反应的原子，不管它是在单质或化合物中都能同样地发生反应。原子核反应一般导致元素种类的改变或一种同位素变成另一种同位素。核反应通常可以分为4种不同的类型。蜕变反应、裂变反应、聚变反应、高速的基本粒子或原子核射击一种原子核所引起的反应。

(1) 蜕变反应。有几百种原子核是不稳定的，能自发地蜕变为别的核。这种不稳定的同位素叫作放射性同位素。放射性同位素自发地发出  $\alpha$  或  $\beta$  射线，有的并伴随着发出  $\gamma$  射线。天然铀主要的组分是质量数为238的同位素，它的原子经一系列衰变最后得到没有放射性的  $\text{Pb}_{206}$  这样一系列的物质形成一个放射系。岩层的年代可由铀238和铅206的相对含量确定。其中铅206含量高，岩层年代越古老。利用铀—铅放射性岩石测年法，推算出太阳系中行星年龄约为45亿年。

(2) 裂变反应。用中子射击铀235生成不稳定的铀236，随即发生分裂作用。通常分裂成2个大小相差不多的裂块，同时放出2—3个中子。由于中子数增多，反应愈来愈快，即当铀235达到临界质量以后就产生链式反应。在这一类核反应发现之前，由于反应的产率很小，即所消耗的能量大而获得能量小，因而得不偿失。现代原子能利用之所以成为可能，源于铀核裂变的发现。

(3) 聚变反应。也叫热核反应，这是一种很轻的原子核在异常高的温度（例如2000万度）下，合并成较重的原子核的反应，在太阳内部进行着这种反应。下面列出熟知的一个热核反应： ${}_1\text{H}^2 + {}_1\text{H}^3 = 2\text{He}^4 + {}_0\text{n}^1$ 。氘核和氚核合并成氦的热核反应是在氢弹爆炸时发生的反应。使核激发和聚合所需的高温由原子弹爆炸提供。核聚变反应的和平利用将最终解决人类的能源问题。目前大量研究工作集中在用磁场约束等离子体和进行聚变反应的诱发方面。1989年，美国科学家报道了在室温下触发核聚变的实验。但对此科学界还没有一致的看法。

(4) 高速的基本粒子或原子核射击一种原子核所引起的反应：这类反应可以用  $n$ （中子）、 $p$ （质子）、 $d$ （氘核）、 $\alpha$ （ $\text{He}^4$  粒子）、 $\gamma$ （光子）去射击一种原子核，放出另一种粒子，而被射击的原子核变成另一种原子核。这类反应中最重要的是  $(n, \alpha)$  反应。例如，铀238用慢中子去射击，首先发生  $(n, \alpha)$  反应，所得产物经2步  $\alpha$  衰变，第一步得到镭，第二步得到钋，这就是2种超铀元素的制备方法。钋是生产量最大的人工放射性元素。利用这类反应可以制备几百种放射性同位素。又如，氮原子经中子射击后的反应是： ${}_7\text{N}^{14} + {}_0\text{n}^1 = {}_6\text{C}^{14} + {}_1\text{H}^1$ 。这是制备放射性碳的方法。