

201001-2802

目 录

第二篇 非金属材料

第一章 化工产品	1
第一节 无机化工产品.....	1
第二节 有机化工产品.....	11
第三节 有机高分子材料.....	28
第二章 化工危险品	42
第一节 民爆器材.....	42
第二节 化学危险品.....	59
第三章 矿产品及防水耐火材料	73
第一节 非金属矿产品.....	73
第二节 保温防水耐火及建筑陶瓷制品.....	81
第四章 建材产品	94
第一节 水泥分类和硅酸盐水泥.....	94
第二节 掺混合材料的硅酸盐水泥.....	101
第三节 特种水泥和水泥的管理.....	104
第四节 玻璃.....	112
第五节 新型建筑材料.....	120
第五章 木材	128
第一节 木材的种类.....	128
第二节 木材的构成.....	132
第三节 木材的性质.....	135
第四节 木材的检验与保管.....	141
第五节 木材的综合利用.....	150
第六章 燃料	158
第一节 燃料的分类与组成.....	158
第二节 燃料的发热量与标准燃料的计算.....	161
第三节 固体燃料.....	164
第四节 液体燃料.....	172
第五节 燃料油品的管理.....	182
附 件	186

第二篇 非金属材料

第一章 化工产品

化工产品是化工生产企业经过化工单元过程和化工单元操作生产出来的产品。

按自然属性化工产品可以分为无机化工产品、有机化工产品、高分子材料三大类；按贮运管理的危险性则分为化工危险品与化工非危险品两大类。

第一节 无机化工产品

无机化工产品，一般是指组成里不含碳元素的化工产品或化工原料，包括无机酸、无机碱和无机盐。如硫酸、硝酸、盐酸、烧碱、纯碱、硫化碱、硼砂、硝酸钠等。而碳酸盐、金属氰化物等少数物质，虽然含有碳元素，但它们的组成和性质跟无机盐很相近，所以一向把它们作为无机化工产品。

一、硫酸

硫酸，别名硫镪水、磺镪水、绿矾油，分子式 H_2SO_4 。硫酸是化学工业的基本产品，产量最大，用途最广，被誉为“化学工业之母。”

（一）硫酸的品种、规格

硫酸按用途和纯度不同分为三大类：工业硫酸、蓄电池硫酸和试剂硫酸。

工业硫酸，即通常工业生产中所使用的硫酸，按浓度又有含水硫酸与发烟硫酸之分。含水硫酸是指浓硫酸的水溶液，以质量百分比浓度表示时，常用的浓度有三种：98.0%和92.5%的浓硫酸，75.0%的稀硫酸，见表2—1—1。发烟硫酸，则是由三氧化硫气体溶于100%的浓硫酸中所形成的溶液，常用的有20.0%发烟硫酸，即在100千克发烟硫酸中含有20千克的三氧化硫和80千克的100%的硫酸。由于在100千克20%的发烟硫酸中加入4.5千克的水就得到104.5千克100%的硫酸，故管理现场又称20%发烟硫酸为104.5酸，或简称105酸。

蓄电池硫酸，是专供灌装蓄电池用的硫酸，其质量要求较高，否则会影响蓄电池的使用效率和寿命。

试剂硫酸，则用作教学与科研的试剂。

（二）硫酸的性质

1. 硫酸的物理性质

纯净的硫酸是无色、无嗅、透明的粘滞油状液体。工业硫酸因含有杂质，颜色自无色、黄色乃至红棕色。发烟硫酸为无色或棕色油状液体，当打开发烟硫酸包装时，溶解

表2—1—1

硫酸的技术质量指标

指 标 名 称	特种硫酸		浓 硫 酸				发烟硫酸		稀硫酸
	92.5%	98%	一 级		二 级		一级	二级	
硫酸(H_2SO_4)含量% <	92.5	98.0	92.5	98.0	92.5	98.0			75.0
游离硫酸酐(SO_3)含量% <							20.0	20.0	
灼烧残渣含量% <	0.02	0.02	0.03	0.03	0.1	0.1	0.03	0.1	
铁(Fe)含量% <	0.005	0.005	0.01	0.01			0.01	0.03	
砷(As)含量% <	0.0001	0.0001	0.005	0.005			0.0001		
三 氧 化 二 氮 (N_2O_5)含量% <	0.0001	0.0001							0.03
二氧化硫(SO_2)含量% <	0.01	0.01							
氯(Cl)含量% <	0.001	0.001							
透明度 毫米 <	160	150	50	50					
色度 毫米 <	1.0	1.0	2.0	2.0					

于硫酸中的游离三氧化硫就会逸出，与空气中的水分结合形成白色的酸雾，形似冒烟。三氧化硫气体有毒，并有强烈的刺激性。

硫酸的密度，随酸液浓度和温度的改变而变化。温度升高，密度减小；浓度增加，开始密度增大，浓度为98.3%时相对密度最大（1.836，20°/4℃），而后减小。发烟硫酸的密度起初随三氧化硫溶解量的增加而增大，溶解量达62%时密度最大（2.1），然后也减小。

现场工作中，可以很方便地用温度计和密度计测量出硫酸的温度和密度，然后从手册中查知该温度和密度时所对应的硫酸浓度。由于浓硫酸具有强烈的吸水性，通过定期测定硫酸的密度，也可以推断出包装容器密封是否良好。

硫酸的结晶温度，也与其浓度有关（见表2—1—2）。由于浓硫酸的结晶温度较高，故我国东北、华北、西北地区的硫酸厂，冬季一般多生产92.5%的浓硫酸，夏季则生产98%的浓硫酸或发烟硫酸。寒冷地区贮运硫酸时，也应注意采取保温防冻措施，以免浓硫酸在管道及贮罐中冻结。

表2—1—2

硫酸的结晶温度

硫酸浓度%	75	92	93	98	100	20 (游离 SO_3)	65 (游离 SO_3)
结晶温度℃	-41	-25.6	-35.85	+0.1	+10.45	-11	-0.35

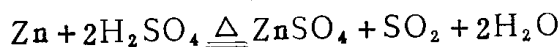
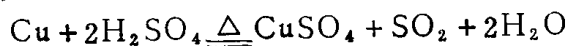
2. 硫酸的化学性质

浓硫酸与稀硫酸的化学性质差异较大。稀硫酸以酸性为主，具有强酸的通性，如有酸味；能使石蕊变红，酚酞变为无色；能与电位序中氢以前的金属反应放出氢气；能同金属氧化物或氢氧化物反应生成盐和水；能同弱酸盐或易挥发酸的盐反应。

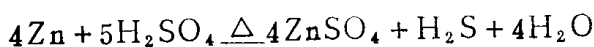
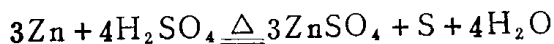
浓硫酸除了酸性外，还具有强烈的氧化性、吸水性、脱水性和磺化作用。

浓硫酸是相当强的氧化剂，在加热的情况下能氧化许多金属，包括一些不与稀硫酸

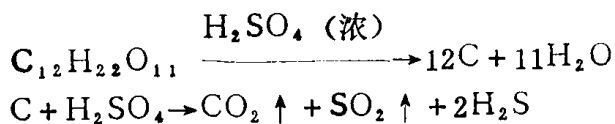
反应的不活泼金属（如铜、银等），一些非金属如碳和硫等，也能被浓硫酸氧化成二氧化碳、二氧化硫，硫酸本身则被还原成二氧化硫。例如：



由于锌的还原性，同时还发生下列反应：

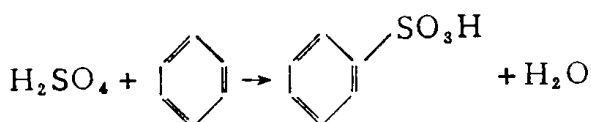


浓硫酸在常温下，对于铁、铝等金属不起反应，因为它使这些易钝化的金属表面生成了一层不溶于浓硫酸的致密氧化膜。故铁罐可以贮运浓硫酸。浓硫酸除了从周围环境中强烈吸收水分外，还能从某些有机化合物中夺取氢原子和氧原子，使有机物碳化。例如：把浓硫酸注入盛有蔗糖（ $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ）的容器中，蔗糖立即碳化，生成水和碳，其中的碳又被浓硫酸氧化成二氧化碳，硫被还原为二氧化硫，同时放出大量的热，反应于是便观察到大量泡沫溢出。其反应式为：



基于同样的道理，浓硫酸对动、植物体也具有脱水作用，会使皮肤严重灼伤。

浓硫酸或发烟硫酸能与苯等有机物发生化学反应，生成苯磺酸



这种在有机化合物分子中引入磺酸基（ $-\text{SO}_3\text{H}$ ）的作用称为磺化。磺化反应是有机合成中的重要反应之一。

（三）硫酸的用途

硫酸是十分重要的基本化工原料，用途非常广泛。

在化肥工业中，我国硫酸年产量一半以上用于生产化肥主要品种有磷酸铵、硫酸铵、过磷酸钙等。

化学工业中：除生产化肥外，硫酸还用于生产各种化工原料，如硫酸铝、苯酚、合成酒精、磺化煤、甲酸、草酸、离子交换树脂、红矾钠、合成洗涤剂、聚四氟乙烯、环氧树脂等。

在医药工业中，用于生产各类磺胺药物、抗生素和常用药阿斯匹林、维生素C、维生素B等。

染料工业中，偶氮染料和苯胺染料的中间体大都需要硫酸。

冶金工业中，以电解法精炼铜、锌、镍、银等有色金属时，均以硫酸作电解液。钢材生产过程中，也用硫酸作酸洗剂，以便除去材料表面的氧化层（锈层）。

有机合成工业中，硫酸用作干燥剂、脱水剂、磺化剂。

石油工业中，用硫酸除去石油产品中的硫化物和不饱和烃，以精炼石油制品。

粘胶纤维工业中，粘胶抽丝时要用硫酸配制凝固浴。

纺织工业中，硫酸用作生产助剂（烷基磺酸钠）、柔软剂的原料。

印染工业中，硫酸用于生产渗透剂，如烷基磺酸钠的原料。

油漆工业中，制作某些有机溶剂时，也需要硫酸。

（四）硫酸的贮运管理

硫酸贮运时，浓硫酸采用钢制贮罐盛装，稀硫酸则采用内衬耐酸塑料或内砌耐酸硅酸盐瓷砖的钢制罐体盛装。少量硫酸可用耐酸陶瓷坛包装，也可采用专用铁桶代替陶瓷坛盛装浓硫酸。

硫酸属于一级无机酸性腐蚀物品，危规编号91007。坛装硫酸严密封口后可放露天场地，用陶钵覆盖，以防雨水侵入。修建于露天的贮罐，平时要加强对管道、阀门的检查和保养。北方严冬，需采取贮罐外部加温或在罐底基础间供暖的方法防止硫酸冻结。

硫酸贮运时，应注意与碱类物质、金属粉末、电石、氰化物、易燃物、放原剂等进行隔离。

硫酸入库前应进行外观质量的检验，看其包装是否严密、有无破损，若发现硫酸呈棕褐色甚至黑色，多数是由于酸中混入了木片、稻草等有机物所致，须另行处理。有条件的地方还可利用温度计和密度计测定酸的浓度，看其与质量证明书中所注明的是否一致。

硫酸装卸时应穿戴防护用品。对于罐装硫酸，装卸前一定要首先检查装卸系统，如管道、阀门、泵等功能是否完好，确认一切完好后方能操作。对于坛装硫酸，不允许一个人肩扛或双手搂抱。若在操作中不慎皮肤触及了硫酸，应立即用大量清水冲洗，再用2%的小苏打或2%硼砂水溶液冲洗，严重时应及时送往医院。

失火时可用干砂、二氧化碳灭火器、雾状水扑救，禁止使用柱状水扑救，以防酸液飞溅伤人。

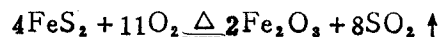
（五）硫酸的生产方法

目前，各国生产硫酸都以接触法为主，硝化法（塔式法）应用较少。所用原料主要是硫铁矿、硫磺及有色金属冶炼烟气，还可用石膏矿、石油气、天然气和其它含硫化氢的工业废气来生产硫酸。

接触法制造硫酸的反应原理是：通过燃烧硫或金属硫化物等原料来制取二氧化硫，使二氧化硫在适当的温度和催化剂的作用下氧化成三氧化硫，再使三氧化硫跟水化合而生成硫酸。以硫铁矿为原料时，其生产过程可以分为下述三个主要阶段：

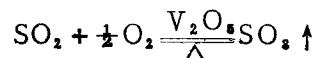
1. 焙烧

硫铁矿中的二硫化铁与空气中的氧气反应生成二氧化硫和铁的氧化物。

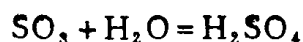


2. 转化

二氧化硫在钒触媒表面和氧气接触生成三氧化硫。



3. 吸收



在实际生产中，因 SO_3 与 H_2O 作用会发生酸雾，而影响吸收，所以在生产中用98.3%的浓硫酸作吸收剂。 SO_3 很容易与浓硫酸中的水作用生成硫酸。生产发烟硫酸时用105酸作吸收剂，用98酸作稀释剂制成所需浓度的成品酸。

二、烧碱

烧碱的学名是氢氧化钠，分子式 NaOH 。烧碱也叫苛性钠、火碱、苛性碱、苛性曹达。

(一) 烧碱的品种与质量规格

烧碱按状态分为固碱和液碱，按生产方法分为隔膜碱、水银碱和苛化碱。每种碱又根据其氢氧化钠含量和杂质含量不同，而分为若干级。

各种碱的质量规格，如表2—1—3和表2—1—4所示，其中一级品的纯度高于二级品。

表2—1—3 固 体 烧 碱

指 标 名 称	指 标 级 别	水 银 法		苛 化 法		隔 膜 法	
		一 级	二 级	一 级	二 级	一 级	二 级
氢氧化钠 (以 NaOH 计), %	>	99.5	99.0	97.0	96.0	96.0	95.0
碳酸钠 (以 Na_2CO_3 计), %	<	0.45	0.90	1.70	2.5	1.4	1.8
氯化钠 (以 NaCl 计), %	<	0.08	0.15	1.2	1.4	2.8	3.3
三氧化二铁 (以 Fe_2O_3 计), %	<	0.004	0.005	0.01	0.01	0.01	0.02

表2—1—4 液 体 烧 碱

指 标 名 称	指 标 级 别	水银法	苛 化 法		隔 膜 法	
			一 级	二 级	一 级	二 级
氢氧化钠 (以 NaOH 计), %	>	45.0	45.0	42.0	42.0	30.0
碳酸钠 (以 Na_2CO_3 计), %	<	0.30	1.1	1.5	30.0	0.80
氯化钠 (以 NaCl 计), %	<	0.04	0.80	1.0	2.0	5.0
三氧化二铁 (以 Fe_2O_3 计), %	<	0.003	0.02	0.03	0.01	0.01

(二) 烧碱的生产方法

烧碱的工业生产方法可分为两大类：电解法和化学法。其中，电解法依据电解槽结构的不同，又可分为隔膜法、水银法和离子交换膜法，所用原料是食盐水。化学法也称苛化法，所用原料主要是纯碱和石灰石。目前我国主要采用隔膜法生产烧碱。

隔膜法制烧碱的主要设备是隔膜电解槽，如图2—1—1所示。这种隔膜电解槽的阳极是由金属钛或石墨制成，阴极是铁丝网制成的，网上吸附着一层石棉绒作为隔膜，这层隔膜把电解槽隔成阳极室和阴极室。隔膜能阻止气体分子穿过，但不能阻止水分子和离子穿过。

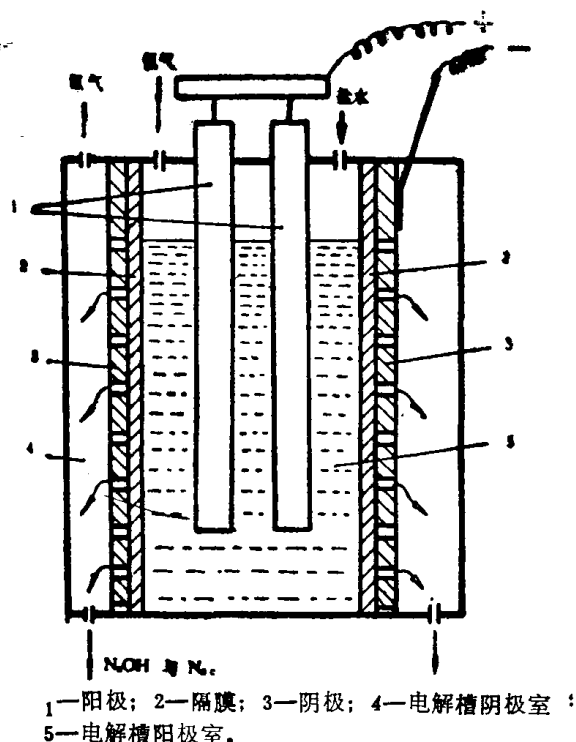
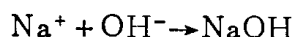


图2—1—1 立式隔膜电解槽示意图

电解过程中，由于氯气和氢气不断地放出，水分子继续电离，结果溶液里 OH^- 的数目相对地增多了，因而阴极附近便生成了氢氧化钠，



形成的氢氧化钠溶液不断地从阴极室底部流出，并带有大量未电解的食盐。

将含有食盐和氢氧化钠的混合溶液蒸发，首先析出的是食盐，剩下的母液中含有氢氧化钠。把母液中氢氧化钠含量提高到30%或42%，便制成液体烧碱。如果将母液再进行蒸发除去水分，即得固体烧碱。

(三) 烧碱的性质

1. 烧碱的物理性质

烧碱纯品是无色透明的晶体，密度 2.130g/cm^3 ，熔点 318.4°C ，沸点 1390°C 。

固体烧碱呈白色，有棒状、片状和块状之分。固碱吸水性很强，露置在空气中，最后会因吸湿而成溶液。固碱易溶于水，同时强烈放热。

纯净的液体烧碱是无色透明的液体。但隔膜法电解出来的液碱带有浅紫色或蓝紫色，这是由于从石墨电极中带来的微量有机物和含铁的复盐所致，在工业上使用一般不受影响。液碱的凝固点和沸点都与其浓度有关，见表2—1—5，并且沸点是随浓度的增大而升高的，因此生产液碱比固碱节约能源，这也是液碱被广泛使用的重要原因。

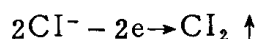
烧碱是一种强碱，腐蚀性很强，而且浓度越高，温度越高，腐蚀性越强。

2. 烧碱的化学性质

烧碱具有碱类物质的通性，如能使无色酚酞变红，紫色石蕊变蓝；能与酸发生中和反应生成盐和水；与非金属氧化物反应生成盐和水。此外，烧碱还具有一些特性。

烧碱能与两性金属（如铝、锌）及两性金属氧化物反应，即能溶解它们：

将经过净制的饱和食盐水溶液（存在着 Na^+ 、 H^+ 、 Cl^- 、 OH^- 四种离子）不断注入阳极室，当接通直流电源后，带负电的 OH^- 和 Cl^- 移向阳极，由于 Cl^- 在阳极比 OH^- 容易失去电子，而被氧化成氯原子，氯原子两两结合成氯分子，于是阳极上便有氯气放出，并从阳极室上部的管子导出，



带正电的 Na^+ 和 H^+ 移向阴极，在阴极 H^+ 比 Na^+ 容易得到电子， H^+ 不断从阴极获得电子被还原为氢原子，氢原子结合成氢分子，从阴极室上部的管子放出，

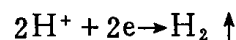
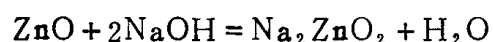
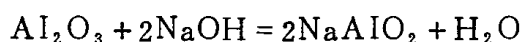
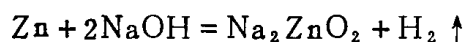
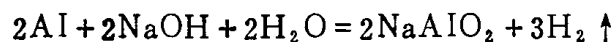


表2—1—5

不同浓度液碱的沸点和凝固点

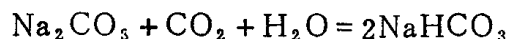
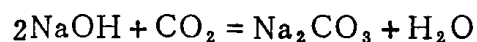
液碱浓度(%)	30	30.38	40	42.28	50	50.80
沸 点(℃)	117		128		143	
凝 固 点(℃)		1.6		14		12.3



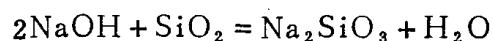
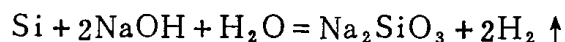
因此,盛装烧碱的容器,不能使用两性金属材料。

烧碱与金属铁在常温下不发生反应,因此固体烧碱可采用铁桶包装,液碱则使用铁罐或槽车装运。为防止钢板被腐蚀,容器内壁常涂有含橡胶基的耐碱涂料。显然,镀锌钢板制作的容器,是不能盛装烧碱的,否则,发生上述化学反应产生氢气,将导致容器爆炸。在高温下(如400℃),烧碱与铁作用颇为剧烈。

烧碱在空气中,能吸收空气中的水分和二氧化碳,生成碳酸钠和碳酸氢钠,致使烧碱的质量降低。反应式如下:

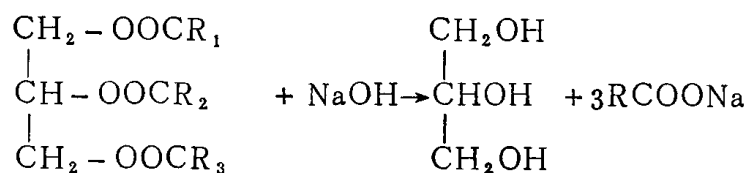


烧碱还能与硅、二氧化硅反应,生成粘度较大的硅酸钠,



因此,盛放液体烧碱不宜选用陶器,盛放液体烧碱的玻璃瓶不要用玻璃瓶塞,而应选用橡胶瓶塞。

烧碱与有机物作用时,反应较为复杂,而且反应的类型也是多种多样的。例如,烧碱与酯进行皂化反应,可制得“钠肥皂”。



(四) 烧碱的用途

烧碱广泛用于轻工、纺织、化工、石油、医药、冶金、军工等工业。

造纸工业是烧碱的最大用户,近年来,国内用于造纸的烧碱量,约占烧碱年产量的三分之一。造纸的原料木材、麦草、稻草、芦苇、棉杆、甘蔗渣等,主要是由纤维素、半纤维素、木素组成。纤维素和半纤维素是造纸的有用成分,木素则属于杂质。利用烧碱处理造纸原料,它能溶解原料中的木素,从而使杂质与纤维素和半纤维素分开。造纸工业所使用的烧碱浓度较低,对烧碱质量要求也不高,因此,常供应液体烧碱。还可以

利用印染厂的下脚液碱制纸浆。

在纺织和印染工业中，烧碱也是重要的化工原料。主要用于处理天然纤维原料，以除去其中水溶性及碱溶性杂质，获得较纯净的纤维素。还用于制备碱纤维素，用于溶解纤维素磺酸酯。也是棉纤维的丝光剂，棉布的退浆剂和煮练剂。烧碱溶液还用于溶解染料而使织物印花和染色。纺织和印染工业用液碱质量要求较高。

在化学工业中，烧碱是生产多种化工原料的母体原料。例如，制造硼砂、苯酚、甲酸、草酸、癸二酸、磷酸三钠、氰化钠、乙二醇、羧甲基纤维素等，都离不开烧碱。

烧碱还是合成洗涤剂、合成脂肪酸、制造肥皂的重要原料。

在石油工业中，烧碱被大量用作油品精制剂及钻井泥浆配合剂。

在农药和医药工业中，生产敌敌畏、敌百虫、乐果、五氯酚钠等农药，生产四环素、土霉素、金霉素等各种抗菌素以及各种磺胺类药物等，都要用烧碱中和其生产过程中产生的酸或为生产提供碱性条件等。

冶金工业中，提取金属钨、获得高纯度的氧化铝等，也都需要烧碱。

（五）烧碱的贮运管理

烧碱属一级无机碱性腐蚀物品，危规编号95001。

固体烧碱一般采用铁桶包装，桶盖必须焊合牢固并密封。近年来，国内一些片状烧碱也有用内外牛皮纸袋、中间夹以聚氯乙烯夹层的包装，这种包装成本低，但不适宜雨天或火车长途运输。液体烧碱多用罐车运输，也有少量铁桶包装。包装上应有明显的“腐蚀性物品”标志。

装卸搬运烧碱时，应穿戴防护用品，避免烧碱触及皮肤。如被烧伤，应立即用大量冷水清洗，然后用2%硼砂水溶液冲洗，严重者应送医院。

液体烧碱的凝固点较高，冬季贮运时要注意防冻。固体烧碱极易因密封不良而引起变质，故应经常检查其包装是否完好。

火灾时可用水、砂土扑救，但消防人员必须注意防止碱液触及皮肤。

三、纯碱

纯碱的学名为碳酸钠，分子式 Na_2CO_3 ，俗称苏打、曹达灰、碱灰、洗粉、面碱等。

（一）纯碱的品种与质量规格

纯碱一般按有无结晶水和密度不同进行分类。

按产品有无结晶水可分为两类：非晶型的无水碳酸钠和结晶型的含结晶水的碳酸钠。含结晶水的又有一水碳酸钠（ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）、七水碳酸钠（ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ）和十水碳酸钠（ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ）之分，常用的为一水和十水两种。需要说明的是，通常物资系统所说的纯碱是指不含结晶水的无水碳酸钠。因此，对于含结晶水的碳酸钠应特别注明，以免与无水碳酸钠混淆。

按密度大小不同纯碱可分为三种：密度在 $0.30 \sim 0.44 \text{ t/m}^3$ 为轻质纯碱（又称轻灰），密度在 $0.45 \sim 0.69 \text{ t/m}^3$ 为中质纯碱，密度为 $0.8 \sim 1.1 \text{ t/m}^3$ 为重质纯碱（又称重灰）。与轻质纯碱比较，重质纯碱具有许多优点。例如，由于重质纯碱的密度比轻质纯碱

大一倍多，质量相同时重质纯碱可节约包装和贮运空间；搬运时，重质纯碱不易产生碱粉到处飞扬，也不易结块；炼钢和玻璃生产中，投料入炉时不易被热气吹出。目前我国正逐步增大重质纯碱生产的比例。

以氨碱法和联碱法制得的纯碱，其质量规格如表2—1—6所示。

表2—1—6

氨碱法和联碱法制纯碱技术质量指标

外观：白色粉状结晶

指 标 名 称	指 标		
	一 级 品	二 级 品	三 级 品
总碱量换算为碳酸钠 (Na_2CO_3) 含量 % >	99.0	98.5	98.0
氯化钠含量 % <	0.80	1.0	1.2
铁含量换算为三氧化二铁 (Fe_2O_3) 含量 % <	0.008	0.01	0.02
水不溶物含量 % <	0.10	0.15	0.20
烧失量 % <	0.5	0.5	0.7

注：（1）烧失量指标仅适用于产品包装时检验用，用户在接到产品时，可在增量后的总量中扣除增加的烧失量以验收质量。

（2）用户有特殊要求，可与生产厂另订合同。

（二）纯碱的生产方法

纯碱的生产方法很多，如氨碱法、联和制碱法、路布兰法、天然碱加工等。我国纯碱生产以氨碱法为主，联和制碱法在七十年代有较大的发展。

1. 氨碱法制纯碱

氨碱法生产纯碱主要以食盐、石灰石、焦炭为原料，也要消耗少量的氨。其主要反应式及物料流向见图2—1—2。

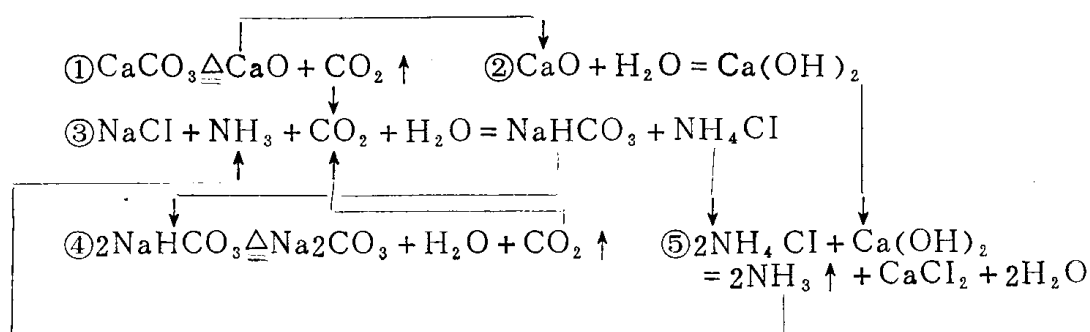


图2—1—2 氨碱法制纯碱物料流向示意图

如图所示，煅烧石灰石制取二氧化碳和生石灰（反应式①）；将生石灰加水消化生成石灰乳（反应式②）；精制的饱和食盐水溶液与氨、二氧化碳反应生成碳酸氢钠和氯化铵，碳酸氢钠的溶解度较小，以沉淀析出（反应式③）；将分离出的碳酸氢钠进行煅

烧，碳酸氢钠分解出纯碱、水和二氧化碳（反应式④），回收二氧化碳并送回反应式③。反应式③所需要的二氧化碳还来自反应式①。氯化铵溶液与石灰乳反应，生成气体氨、氯化钙和水，氨气回收可供反应式③用，氯化钙则视为废液被排放。生产过程中部分氨损失，因此需要不断地补充少量的氨。

2. 联和制碱法

联和制碱法，是把合成氨生产与纯碱生产联和起来，以纯碱和氯化铵为产品的生产方法，简称联碱法。该法是我国化学家侯德榜先生于1942年创立的，至今仍是世界上最完善的制碱方法。

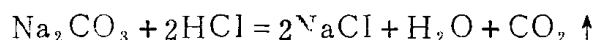
联碱法是将合成氨厂的产品氨和副产品二氧化碳引到碱厂，使其与精制的食盐水反应生成碳酸氢钠和氯化铵，将生成物分离并进一步加工，即可得到纯碱和氯化铵成品。不难看出，联碱法中制纯碱的过程与氨碱法相似，主要反应为图2—1—2中的③式和④式。制氯化铵的过程是利用制纯碱过程中过滤得到的氯化铵母液，经过吸氨、冷却结晶使一部分氯化铵结晶出来，经过滤分离出结晶氯化铵，在滤液中加入精制的食盐，经过盐析又可进一步使氯化铵结晶出来，再经过滤分离，两次结晶所得氯化铵即为成品，过滤分离所得的含氨和食盐的氨盐水则送至制纯碱过程去生产纯碱。制纯碱和制氯化铵这两个过程构成了一个循环。向循环系统中连续加入原料（氨、精制食盐、水和二氧化碳），就能不断地产生纯碱和氯化铵。

与氨碱法比较，联碱法其食盐利用率高，可达90%以上，不存在废弃物氯化钙污染问题，并省去了石灰窑、化灰机、蒸氨塔等笨重设备，产品成本也下降了约一半。但联碱法有不足之处：纯碱产量受化肥氯化铵需求量制约，设备腐蚀也较严重。

（三）纯碱的性质

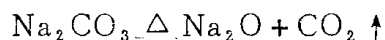
纯碱为白色粉末状或细粒状物质，密度 2.533g/cm^3 ，熔点为 851°C 。纯碱易溶于水，在 35.4°C 时溶解度最大，为33.2%。高于或低于此温度，溶解度减小。

纯碱系由强碱弱酸所组成的盐，很容易水解，室温下的PH值为11~12，能侵蚀皮肤和毛织物。纯碱能与酸进行中和反应。



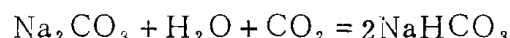
因此，工业上常利用纯碱的碱性来代替烧碱完成与酸的中和反应。

纯碱在高温下可分解成氧化钠和二氧化碳，



利用这个特性，纯碱在高温下可以代替烧碱或作为氧化钠使用。例如，制造玻璃、搪瓷、水玻璃、炼钢时脱硫和造渣等，都离不开纯碱。

纯碱在空气中易吸收水分和二氧化碳，生成碳酸氢钠，并结成硬块，使质量增加而品质变差。



纯碱变质的速度与贮存环境的湿度、温度及包装破损程度有关。空气温度愈高，湿度愈大，环境愈通风，愈易转变为碳酸氢钠。若将结块变质的纯碱加热到 270°C ，碳酸氢钠即分解，重新生成纯碱，亦即上述反应向左进行的情形。

（四）纯碱的用途

纯碱是一种重要的基本化工原料，与烧碱并称为“两碱”，广泛用于轻工、冶金、化工、医药、石油等工业。

在轻工和建材工业中，纯碱被大量用于制造平板玻璃、日用玻璃、保温瓶、灯泡、日用搪瓷、小苏打、三聚磷酸钠、味精、民用碱肥皂、合成洗涤剂、机制纸等。

在冶金工业中，纯碱是浮选剂和助熔剂，用于金属选矿、炼钢、炼铁、炼铝及其它有色金属的冶炼，并用以制铝氧粉、氟化钠等。

在化学工业中，纯碱是制造苛化烧碱、电解烧碱、硝酸钠、亚硝酸钠、红矾钠、硼砂、水玻璃等的重要原料。在合成氨工业中用于脱硫和脱碳精制原料气，制造催化剂等。

在医药工业中，纯碱也广泛用于制造磺胺噻唑、安乃近、四环素、氯霉素、硫酸链霉素。普鲁卡因青霉素等140余种主要药物。

在石油工业中，纯碱用于石油钻探、石油填充剂、原油加工等方面。

（五）纯碱的贮运管理

纯碱属于化工非危险品类物质，贮运过程中对人体和设备的破坏性较小。但由于纯碱仍具有较强的碱性，所以搬运时还要注意防护。

纯碱多用麻袋包装，近年来开始采用内有维尼纶加固的橡胶集装袋包装。纯碱应贮于阴凉、干燥的库房地面应高出室外地面，库房门窗不宜过于通风。不可与酸类、硫酸铵、氯化铵等铵盐和有毒物品共贮混运。贮运时应避免吸潮、水淋。

消防时可用水扑救。

第二节 有机化工产品

有机化工产品，是指组成元素主要为碳，通常还含有氢、氧、氮、硫、卤素、磷等元素的化工产品或化工原料。有机化工产品的种类繁多，本节只介绍几种基本的有机化工原料，如甲醇、甲醛、丙酮、醋酸、苯等。

一、概述

（一）有机物的特性

含碳的化合物，简称有机物。但一氯化碳、二氯化碳、碳酸盐及金属氰化物等含碳的化合物仍属无机物范畴。

有机物与无机物在性质上有较大区别。

绝大多数有机物都可以燃烧，不含金属的有机物燃烧后不留残渣，而无机物一般是不易燃烧的。因此，人们常用引燃的办法判断一物质是有机物还是无机物。有机物对热不稳定，受热后容易分解以至碳化变黑，而多数无机物虽加热至几百度高温也无变化。

多数有机物难溶于水，易溶于汽油、酒精、苯等有机溶剂中。而许多无机物是易溶于水的。

绝大多数有机物是非电解质，不易导电，熔点较低。

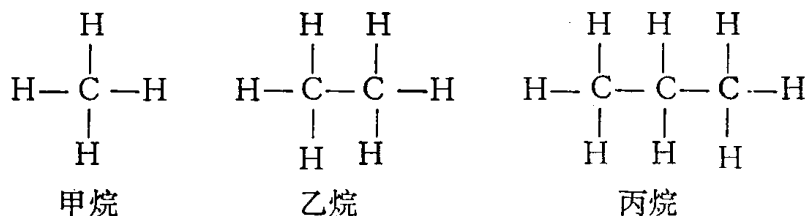
有机物所起的化学反应比较复杂。由于大多数有机物以分子状态存在，分子之间要发生化学反应，必须使分子中的某个键断裂才能进行，所以多数有机反应速度较慢，有的需要几小时甚至几天或更长时间才能完成；并且，由于有机分子大多是由多个原子形成的复杂分子，所以当与某一试剂作用时，分子中易受影响的部位较多，因此在主要反应之外，还常伴有不同的副反应发生。故许多有机化学反应常常需要加热或应用催化剂以促进反应的进行。这跟许多瞬时就可以完成的无机物的反应显然是不同的。

上述有机物与无机物在性质上的差别，是与其结构密切相关的。多数有机物分子里的碳原子跟其它原子经常是以共价键相结合，同时这些分子聚集时，又是分子晶体；而无机物许多是以离子键结合的，并形成离子晶体。

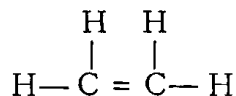
(二) 烃及烃的衍生物

有机物里，有一大类物质是由碳和氢两种元素组成的，这类物质总称为烃，也叫碳氢化合物，包括烷烃、烯烃、炔烃、芳香烃等。其中：

烷烃是饱和链烃，即碳原子与碳原子都是以单键结合成链状，碳原子剩余的价键全部跟氢原子相结合。这样的结合使得每个碳原子的化合价都已充分利用，都达到“饱和”。例如，甲烷(CH_4)、乙烷(C_2H_6)、丙烷(C_3H_8)等，它们的结构式分别为



烯烃，是分子里含有碳碳双键($\text{C}=\text{C}$)的不饱和链烃。例如，乙烯(C_2H_4)的结构式是

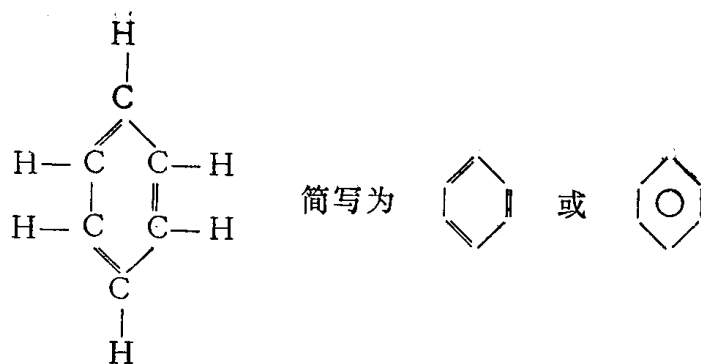


可以看出，乙烯分子里含有 $\text{C}=\text{C}$ 双键，其碳原子所结合的氢原子数少于饱和链烃里的氢原子数。这种呈不饱和状态的碳原子，还可以结合其它的原子或原子团，生成新的有机物。

炔烃，是分子里含有碳碳叁键($\text{C}\equiv\text{C}$)的不饱和链烃。如乙炔(C_2H_2)，其结构式是：



芳香烃，则是分子里含有一个或多个苯环的化合物。所谓苯环，即6个碳原子之间的键长都是 1.40×10^{-10} 米的平面正六角环，6个氢原子也都是在同一平面上相互连接起来的。例如，苯(C_6H_6)的结构式为：



当烃分子里的氢原子被其它原子或原子团取代而生成新的有机化合物时，这些新的有机物则称为烃的衍生物。例如、甲醇(CH_3OH)、甲醛(HCHO)、丙酮($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$)、醋酸(CH_3COOH)都是烃的衍生物。

烃分子失去一个或几个氢原子后所剩余的部分叫做烃基。例如，甲醇的烃基为 $-\text{CH}_3$ ，叫甲基；醋酸的烃基也是 $-\text{CH}_3$ 。烃基一般用“R-”表示。

烃的衍生物具有跟相应的烃不同的化学特性，这是因为取代氢原子的原子或原子团对于烃的衍生物的性质起着很重要的作用。这种决定化合物的化学特性的原子或原子团

叫官能团。例如，甲醇的官能团为羟基 $-\text{OH}$ ；甲醛的官能团为醛基 $-\text{C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{smallmatrix}$ ；丙酮的官能团为羰基 $>\text{C}=\text{O}$ ；醋酸的官能团为羧基 $-\text{C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ // \\ \text{O}-\text{H} \end{smallmatrix}$ ，它是由羰基和羟基组成的。碳碳

双键 $>\text{C}=\text{C}<$ 及叁键 $-\text{C}\equiv\text{C}-$ 也是官能团。

(三) 有机物的反应类型

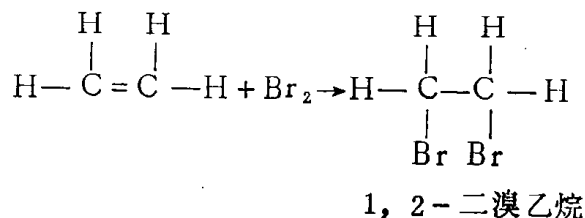
有机物发生化学反应的类型，主要有取代反应、加成反应、聚和反应及氧化反应等。

1. 取代反应

有机物分子里的某些原子或原子团被其它原子或原子团所代替的反应，叫做取代反应。例如，在光亮的地方甲烷与氯气接触时，甲烷分子中的氢原子可以逐渐被氯原子取代而依次生成一氯甲烷(CH_3Cl)、二氯甲烷(CH_2Cl_2)、三氯甲烷(CHCl_3)、四氯甲烷(CCl_4)。

2. 加成反应

含有不饱和键的有机化合物，在反应中打开不饱和键，与其它原子或原子团直接结合成一种新物质的反应，叫做加成反应。例如，乙烯与溴水里的溴起反应，生成无色的1, 2-二溴乙烷($\text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}_2\text{Br}$)液体，

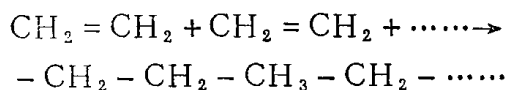


这个反应的实质是，乙烯分子中双键里的一个键易于断裂，两个溴原子分别加在两个价键不饱和的碳原子上，生成了二溴乙烷。

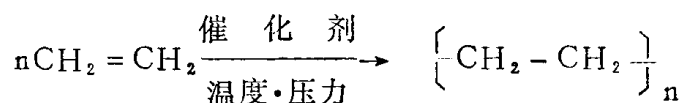
3. 聚合反应

由不饱和的或含有两个或更多个官能团的小分子化合物（简称单体），生成分子量较高的化合物的反应，叫聚合反应。聚合反应又可分为加成聚合反应和缩合聚合反应。其中：

加聚反应，是由不饱和的单体分子相互加成且不析出小分子副产物的反应。例如，在适当的温度、压力和有催化剂存在的条件下，乙烯分子里的双键会断裂其中的一个键，发生加成反应，使乙烯分子里的碳原子能够互相结合成为很长的键，

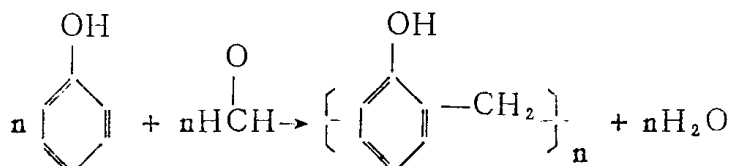


这个反应还可下式表示：



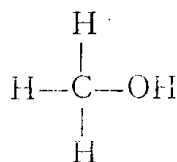
反应的产物是聚乙烯，它是一种分子量很大（几万到几十万）的化合物，其分子式可简写为 $(\text{C}_2\text{H}_4)_n$ 。

缩聚反应，是具有两个或多个官能团的单体，相互缩合并析出小分子副产物（如水、氯化氢、氨等）而成聚合物的反应。例如，至今还用作电木原料的酚醛树脂，通常是用酚苯跟甲醛发生缩聚反应而制得的。



二、甲醇

甲醇又称为木醇、木酒精、木精，分子式是 CH_3OH ，其结构式为：



（一）甲醇的性质

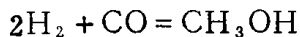
甲醇为无色、透明、易流动、易挥发的液体，纯品有醇香气味，密度为 0.7915g/ml ，凝固点为 -98°C ，沸点为 64.7°C 。甲醇的闪点为 16°C ，易燃烧，燃烧时呈蓝色火焰。甲醇蒸气与空气混合时有爆炸危险，爆炸极限为 $6.0 \sim 36.5\%$ 。甲醇对人体视神经和脉管有强烈的毒害作用，因此空气中的允许浓度不得超过 0.05ml/l 。

甲醇是较好的溶剂，能与水及乙醚、苯、酮等有机溶剂以任意比例混溶，还可以溶解多种无机盐，如氯化钠、氯化铵、硝酸铵、硫酸铜等。但不能与脂肪烃混溶。

甲醇是饱和一元醇系列中最简单的一种，具有醇类的通性，如能跟金属、氢卤酸反应，能发生氧化反应、脱水反应等。

(二) 甲醇的生产方法

甲醇是由一氧化碳和氢气，在一定的压力、温度和催化剂的作用下制得的。



一氧化碳和氢气是利用焦炭和水、空气，经氧化反应制得的。也可以采用以天然气、原油、重油、轻油为原料生产甲醇。

甲醇的生产与合成氨的生产所采用的工艺流程、设备大体相似。因此，有些化工企业将甲醇生产与合成氨生产结合在一起进行，这种方法叫联醇法。也有些工厂单一生产甲醇，称为单醇法。生产中由于采用不同的压力、温度和催化剂，而分为高压法、中压法和低压法。其中以中压法的经济效益最佳。

(三) 甲醇的质量规格

以水煤气为原料，用单醇法和联醇法生产的甲醇精制品，其质量规格见表2—1—7。

表2—1—7

单醇法和联醇法制甲醇技术质量指标

指 标 名 称	优 级 品	一 级 品	二 级 品
外观		无色透明液体	
在水中的溶解度		与水混合保持澄清	
相对密度	0.791—0.792	0.791—0.793	
初馏点 (760mmHg) ℃	64.0	64.0	64.0
蒸馏量 (温度: 64.0—64.5℃ 力压: 760mmHg) % (体积)	99.2	98.8	98.0
游离酸 (以CH ₃ COOH计) 含量, %	0.002	0.003	0.005
醛酮 (以CH ₃ COCH ₃ 计) 含量, %	0.01	0.03	0.05
游离碱 (以NH ₃ 计) 含量, %	0.0005	0.001	0.005
高锰酸钾试验、分钟	60	20	—
水分含量, %	0.05	0.08	—

(四) 甲醇的用途

甲醇是基本的有机原料之一，主要用于制造甲醛、六次甲基四胺，又是醋酸、氯甲烷、甲胺、硫酸二甲酯等多种有机产品的原料。也是农药（杀虫剂、杀螨剂）、医药（磺胺类、合霉素等）的原料或溶剂。

甲醇与对苯二甲酸生成的对苯二甲酸二甲酯，是涤纶纤维的原料，也是制造丙烯酸甲酯和甲基丙烯酸甲酯的原料。甲醇还是重要的溶剂，并可渗入汽油中作为防冻燃料，

以及用于制造烈性炸药。

(五) 甲醇的贮运管理

甲醇属于一级易燃液体，危规编号61069。一般用小口铁桶包装，桶口必须严封，也可用铁槽车装运。包装上应有明显的“易燃物品”及“有毒品”标志。

搬运甲醇时应轻拿轻放，不可在太阳下曝晒，不能接触火种或氧化剂，高温季节，应在早晚阴凉时搬运。工作人员必须穿工作服，戴口罩、风镜，特别要注意保护眼睛。

贮运时要经常检查容器是否完好，桶口垫圈是否密封，如发现渗漏，应在安全地点更换包装和进行修补。甲醇应贮于阴凉、通风、低温的库房内，库温不能高于28℃，不可日光直射。失火时可用干粉、泡沫、二氧化碳灭火机扑救。也可用砂土扑救。

三、甲醛

甲醛也叫蚁醛，分子式为HCHO，结构式是

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$$

(一) 甲醛的性质

纯净的甲醛是无色具有强烈刺激性气味的气体，沸点为-21℃，熔点为-92℃，密度为0.815g/l (-20℃)。

甲醛与空气混合能形成爆炸性混合物。甲醛易溶于水和醇微溶于酮、苯、醚之中。甲醛气体在高压、低温下液化。气态和液态甲醛在常温下极易聚合，因此，物流管理中无法供应不聚合的气态或液态纯甲醛，通常供应的是37~40%的甲醛水溶液，称为福尔马林。

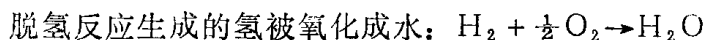
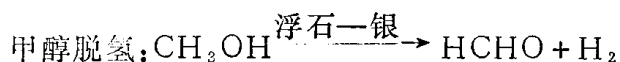
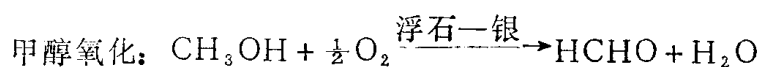
福尔马林是无色澄清液体，具有刺激窒息性气味，PH值约为3，能与乙醇、丙醛混溶。福尔马林也较易聚合，在温度低于15℃时，放置10天以上即产生聚合物沉淀，使溶液变混浊，而且温度愈低愈易聚合。为了防止这种现象发生，一般加入6~15%的甲醇作为防聚稳定剂。

甲醛或福尔马林触及皮肤都会使皮肤硬化，它们的蒸气能刺激眼睛与呼吸道的粘膜，使人中毒。因此，甲醛蒸气在空气中的最大允许浓度为0.005ml/l。

甲醛的化学性质与醛类有机物很相似，如它们都能被还原为醇，被氧化为酸，都能起银镜反应等。其中银镜反应常用来检验醛基的存在，工业上则利用这一反应原理，把银均匀地镀在玻璃上，制成镜子或保温瓶胆。

(二) 甲醛的生产方法

甲醛主要用脱氢氧化法生产。将甲醇蒸气、水蒸气和空气混合，在600~700℃通过浮石——银催化剂，经脱氢反应或氧化反应生成甲醛，用水吸收后即得到福尔马林。其主要反应式为：



此法工艺成熟，生产能力强，产品中含有一定量甲醇，便于短期贮存和运输。