

铁 路 基 础 施 工 技 术 丛 书

非金属材料

铁道部第二工程局

“七·二一”大学第二材料厂分校编

TIE LU JI JIAN SHI GONG JI SHU CONG SHU

人 民 铁 道 出 版 社

目 录

第一章 铁路工程常用化工原料	1
第一节 化工产品的一般常识	1
第二节 硫酸、硝酸和盐酸	6
第三节 碱	13
第四节 盐类	14
第五节 气体材料和压缩气体钢瓶	15
第六节 电石	26
第二章 燃料	29
第一节 固体燃料	29
第二节 液体燃料	39
第三节 油料质量的维护与安全常识	50
第三章 润滑油脂	65
第一节 润滑油脂的分类和质量指标	65
第二节 润滑油的种类和主要用途	74
第三节 润滑脂的种类和主要用途	84
第四章 爆破材料	108
第一节 爆炸与燃烧	108
第二节 炸药的性质	109
第三节 工业炸药	111
第四节 起爆及点火器材	118
第五节 爆破材料的储藏、运输和销毁	124
第五章 涂料	131
第一节 油漆的组成和分类	131

第二节	正确选用涂料品种及合理配套	142
第三节	油漆产品的验收、贮存和运输	154
第六章	塑料和合成纤维	158
第一节	塑料的组成和特性	158
第二节	几种常用塑料	162
第三节	塑料型材	169
第四节	塑料及其制品的保管	172
第五节	合成纤维	173
第七章	橡胶及其制品	180
第一节	橡胶	180
第二节	橡胶制品	189
第三节	轮胎	205
第八章	水泥和石灰	222
第一节	普通硅酸盐水泥	223
第二节	掺混合材料的硅酸盐水泥	233
第三节	特种水泥	240
第四节	水泥的保管	242
第五节	石灰	248
第九章	混凝土	252
第一节	混凝土的组成材料	252
第二节	混凝土的主要性质	268
第三节	干硬性混凝土和喷混凝土	273
第十章	沥青及油毡	278
第一节	沥青	278
第二节	油毡	287
第十一章	木材	291
第一节	概述	291
第二节	树木的分类、构造和性质	292

第三节	木材缺陷	297
第四节	常用木材的主要树种	304
第五节	木材产品的分类及检量计算	308
第六节	木材的干燥和防腐	311
第七节	料源的组织	315
第八节	木材的保管	316
第十二章	石棉制品	319
第一节	石棉绳	320
第二节	石棉盘根	321
第三节	石棉布和石棉带	321
第四节	石棉泥	323
第五节	石棉纸板	323
第六节	石棉水泥制品	325

第一章 铁路工程常用化工原料

铁路工程需用各种化学工业产品作为辅助材料，这些材料各有自己特殊的性能和用途，往往会因为保管不良使材料变质失去使用价值，或者在某些情况下发生爆炸和燃烧事故，或者发生有毒气体危害人身健康，因此要求材料管理人员必须具备高度的责任心和有关材料的化学知识。

铁路工程常用化工原料和产品，一部分已按其用途分别列入“塑料”、“涂料”、“橡胶”、“燃料”、“润滑油脂”等类，其余通用性化学原料，由于品种复杂，有些品种铁路工程使用不多，因此除本章所列几种为工程所必需的重要化工原料外，其余各种化工原料和试剂只介绍一般的常识，对于我们在保管和使用中遇到的各种化工原料和试剂应当参考有关化工书籍和资料，制定相应的安全措施。

第一节 化工产品的一般常识

一、化工产品的分类和级别

化工原料依其构造和性质划分为有机物和无机物。习惯上把含碳的化合物（碳的氧化物如一氧化碳、二氧化碳，金属的碳化物如碳化钙、碳化钨，非金属的碳化物如碳化硅、二硫化碳，碳酸及其盐类除外）列为有机物，其余都列为无机物。

按铁路材料目录的规定，无机化工原料分为1.酸，2.碱，3.盐、氧化物及其他，4.元素物质，5.矿石。有机化工原料分为有机酸和其他有机化合物。

化学工业部和有关部门已逐步对各种化工原料制定了标准

或暂行标准，将同一名称的产品分别按其纯度、杂质含量、主要性状及制造方法等划分为若干品种和等级。不同等级的产品不仅用途不同，而且在价格上也有显著差别，因此在选用时必须按照使用的实际要求，从实际出发，尽量避免采用高级品代替低级品，防止造成浪费。

我们平常所讲的化工原料，是指工业品和化学试剂。工业品就是纯度较低，大量生产的工业原料，而试剂是纯度较高，用作化学试验和分析用的产品。

试剂又可分为三级：

优级纯（一级品），纯度高，适用于精密分析和科研工作。

分析纯（二级品），纯度比一级品略差，适用于重要分析和一般科研。

化学纯（三级品），纯度比二级品差，适用于一般分析和学校教学实验用。

铁路工程使用的化工产品，主要是工业品和三级试剂。

二、危险品和非危险品

原物资管理部制定的《物资技术保管规程》将化工、轻工产品分为危险品和非危险品两大部分。危险品根据不同特性分为十大类，非危险品根据不同的特性和供应对象分为七大类，为便利在运输、保管和使用时参考，摘录如下：

（一）危险品物资

1. 爆炸品——各种炸药、雷管、传爆线、导火线等。
2. 氧化剂——硝酸钾、红矾钾、红矾钠、硝酸铵、亚硝酸钠、过锰酸钾、铬酸酐等。
3. 压缩气体及液化气体——氧气、液氨等。
4. 自然物品——黄磷等。
5. 遇水燃烧物品——电石等。

6. 易燃液体——甲醇、乙醇、丙酮、纯苯、二甲苯、松节油等。

7. 易燃固体——硫磺、樟脑等。

8. 毒害品——红丹、黄丹、铬黄、煤焦油、氯化钡、氰化钠、四氯化碳、氰化钠等。

9. 腐蚀性物品——硫酸、盐酸、硝酸、烧碱、硫化碱、漂白粉、蚁酸、氢氧化钾、氨水、甲醛等。

10. 放射性物品——夜光粉等。

(二) 非危险品物资

1. 无机类——立德粉、氯化钙、氯化锌、氯化铵、氯化钾、明矾、亚硫酸钠、硼砂、纯碱、锰粉、黄血盐钾、碳酸钾、硼酸、磷酸三钠、二氧化钛、硫酸铜、硫酸镍、硫酸铵、六偏磷酸钠。

2. 有机类——骨胶、栲胶、硬脂酸、甘油、活性炭等。

3. 医药中间体——苯甲酸钠等。

4. 染料中间体——硝基苯磺酸钠等。

5. 橡胶类——轮胎、传动带、胶管、促进剂H、碳黑、氧化锌等。

6. 医药类——氨基磺酸粉等。

7. 纸张类——各种纸等。

三、化工原料的保管、运输和包装

化工原料品种复杂，性质各异，容易变质减量，造成损失，甚至相互影响，发生意外危险。需要在保管和运输中特别加以注意的化工原料，大致可以归纳为以下几类：

1. 在空气中易起变化的物质：许多物质在常温的空气中慢慢受周围环境的影响而发生变化，如易于潮解的氯化钙、红矾钠等，在潮湿的空气中吸收水分而成为饱和溶液；含有结晶

水的硫酸铜等在干燥的空气中失去水分而崩解为粉末；液体物质如不贮藏在密闭的容器中，就可能不断挥发，逐渐化为气体而逸散；少数固体物质如萘、樟脑、碘等直接升华为气体；一般还原剂如亚硫酸钠、二氯化锡等则逐渐氧化变质。

2. 受热易起变化的物质：指某些固体物质受热熔解为液体或升华为气体；有些液体变为气体；易燃物质在一定温度下火焰移近时发生闭光，继续加热则开始燃烧；某些物品如油布和油污的金属屑末、棉毛线头等在空气中慢慢氧化，逐渐发热到一定温度时则自行燃烧；有些气体，如乙炔，以一定比例与空气混合，在一定温度下会发生爆炸，尤其是受到冲击或摩擦，更易发生爆炸。

3. 受冷易起变化的物质：指某些液体物质受冷而冻结或发生其他变化的物质，如冰醋酸在冬季极易凝结为固体，84.5%的硫酸在 8.1°C 时开始结晶，因而体积膨胀，胀破容器。甲醛及其他醛类在常温下逐渐发生聚合作用，如温度下降，则聚合加剧，轻则变为浑浊，重则形成薄浆，影响使用。

4. 易与其他物质化合而成爆炸品的物质：这类物质具有强烈氧化性与酸或其他易燃物接触或受热时，能分解出大量的氧而促使其他物质燃烧和爆炸。如氯酸钾与硫酸接触立即分解出极危险的爆炸物——过氧化氯；与硫磺混合，经摩擦或冲击即能引起爆炸。有些物质与其他物质化合而形成爆炸物，如苦味酸与铅化合为爆炸性的铅盐，乙炔与铜化合而生成爆炸性的乙炔铜。

5. 遇水易起变化的物质：指某些物质遇水溶解造成损失。更有一些物质遇水发生化学变化，如电石遇水生成乙炔，橡胶内层蓄积水分日久发生霉烂，除少数物品如苦味酸用水湿润，黄磷浸在水中保管外，一般化工原料，都切忌受潮。

6. 曝光易起变化的物质：某些物质受光线影响而变色或

变质。如无色透明的硝酸银结晶在有光处与有机物相遇，即变成灰色或黑色。微含杂质的石碳酸结晶体见光后变为淡红色或红色。

7. 毒害性物质：毒害性物质如有少数侵入人体，即能破坏正常生活机能，轻则中毒，重则致死。如亚砷酸、草酸侵入肠胃则发生恶心、呕吐和腹泻，氰化钾破坏血管舒缩中枢，乙醚等麻醉性毒物使大脑中毒，硝酸钾、硝酸钠损害呼吸器官，甲醇误入眼睛会致失明，苯、丙酮使皮肤麻木或发生过敏症等。

8. 腐蚀性物质：腐蚀性物质如强酸、强碱等对其他物质如钢铁及其他金属、动植物纤维、皮肤等发生腐蚀作用而致毁坏。

以上各种化工原料，必须根据其不同特性采取不同的贮运方法，一般地说，各种化工原料都要放置在通风良好、湿度较低、地势较高的场所，运输途中避免日晒雨淋、震动和抛掷。袋装商品，不许用铁钩钩取。如发现包装容器损坏，应立即修补或更换，如铁桶内装有危险品（爆炸物和易燃物），则严禁焊接，并不得接近火源。如有渗漏或洒落在地面上的化工原料，应立即打扫干净，以免与其他物质接触而发生意外。

危险品包括爆炸性物品，压缩及液化气体，自燃及遇水燃烧物品，易燃固体和液体，毒害和腐蚀性物品，在贮运中更应特别谨慎。性质不同，特别是互相影响的物质应分别隔离，绝不能认为都是危险品而放在一起，以防发生更大危险。在运输中要严格遵守有关运输部门的规定。

化工原料的包装，决定于其本身性状和贮运及使用条件。气体及液化气体都盛入耐压钢瓶。无腐蚀性或低腐蚀性液体如酒精、四氯化碳等大都用铁桶盛装。液体酸类如硫酸、盐酸等用玻璃瓶或耐酸坛盛装，浓硝酸可用铅桶盛装。浓硫酸可装入铁桶，但最好挂铅。氢氟酸用蜡瓶、铅瓶或塑料瓶盛装。一般

无腐蚀性或低腐蚀性、不易受潮变质的固体如氧化锌、纯碱等用布袋、麻袋、纸袋或木桶盛装。麻袋有一层和二层的、纸袋有多至五、六层的。不能与空气接触和易受潮的物品如硼酸钠、红矾钠、氯化锌以及有挥发性的萘、樟脑等须盛入密闭的容器，有时用塑料袋盛装。烧碱用铁桶盛装。能与金属化合而生成爆炸物的物质如苦味酸等不能用金属容器而应盛入衬腊的木桶并加水润湿。极易自燃的固体如黄磷，则应浸入水中保管。曝光易起变化的物质应盛入不透光的容器，并加密封。

化工原料的包装也和它们本身的价值有关。一般价值比较低而且用量大，周转快的物品，包装可以简陋些，反之则要用牢固和较高级的包装。

危险品的包装上应贴专用标签，标签的形式有统一规定，具体参看铁路危险品运输的有关书籍。

第二节 硫酸、硝酸和盐酸

酸是分子中含有可被金属置换的氢原子的化合物。在水溶液中，酸离解为氢离子和酸根离子，可使兰色的石蕊试纸变成红色。根据酸在水溶液中离解的程度即酸性的强弱，可以分为强酸（硝酸、盐酸、硫酸等），中等酸（磷酸、氢氟酸等），及弱酸（醋酸、硼酸等）。又按分子中是否含有氧原子分为含氧酸和无氧酸。如果按有机物和无机物分类则又可分为有机酸和无机酸，无机酸在生产和使用上都很常见，主要的是工业上的三大强酸即硝酸、盐酸、硫酸。

酸能作用于人和动物的组织，因酸的性质及其浓度的不同，能引起身体组织的刺激、发炎或完全破坏。各种酸都能在不同程度上使金属表面腐蚀，对植物性纤维的破坏比对动物性纤维的破坏更迅速。

铁路工程广泛使用硫酸作为配制蓄电池电解液的原料，对于硝酸和盐酸使用不多，所以本节的内容以硫酸为主。

一、硫 酸

硫酸是化学工业中产量大、用途广的重要产品之一。它不仅是化学工业部门许多产品的原料（大致有上千种化工产品需要硫酸为原料），而且还广泛地应用于国民经济其它部门。随着国民经济的发展，它的应用范围日益扩大，需要数量也日益增加。

（一）硫酸的组成和性质

1. 硫酸的组成

硫酸是三氧化硫和水的化合物，纯硫酸可用化学式 H_2SO_4 或 $\text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 来表示，即一个分子的三氧化硫和一个分子的水组成。其分子量为98.08。

硫酸有无水硫酸、含水硫酸、发烟硫酸之分。无水硫酸就是指其组成中三氧化硫对水的分子比率等于1的化合物（ $\text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ），其浓度即为100%。三氧化硫对水的分子比率小于1时，即为含水硫酸，其浓度 $<100\%$ 。当三氧化硫对水的分子比率大于1时，就是三氧化硫在无水硫酸中的溶液，这种硫酸能放出三氧化硫蒸气，并与空气中的水分结合而形成白色的酸雾，故称为发烟硫酸。

硫酸的成分通常是以其中所含 H_2SO_4 的重量百分数来表示。发烟硫酸的成分通常是以其中所含游离 SO_3 （即超过100% H_2SO_4 以外的 SO_3 ）的重量对全部发烟硫酸重量的比率以百分数表示。

硫酸的组成

表1—1

名 称	$H_2SO_4\%$	$\frac{SO_3}{H_2O}$ 分子比	组 成	
			$SO_3\%$	$H_2O\%$
92%硫酸	92.0	0.820	75.10	24.90
98%硫酸	98.0	0.903	80.00	20.00
无水硫酸	100.0	1	81.63	18.37
20%发烟硫酸	104.5	1.30	85.30	14.70
65%发烟硫酸	114.62	3.29	93.57	6.43

2. 硫酸的性质

纯硫酸也就是浓硫酸是一种无色透明的油状液体，它在室温时比重为1.8305，几乎比水重一倍。硫酸与水可以按任何不同比例相混合，并放出大量的热。因此，在稀释浓硫酸时，必须将酸慢慢注入水中，同时不断搅动溶液，在任何情况下都不允许将水注入酸中，以免热量高度集中引起爆炸，硫酸溅出伤人。

浓硫酸有很强的吸水能力，故可以用来做气体的干燥剂。浓硫酸还能使木、布、纸等有机物脱水碳化。例如，木材、棉布及蔗糖等有机物，都是由碳、氢、氧三种元素组成的。浓硫酸能将物质中的氢、氧元素按水的组成比脱去，只留下碳元素，因而使有机物焦化。故在运输、保管和使用时必须严格遵守有关安全规定，防止浓硫酸落在皮肤上造成严重的灼伤。

硫酸的比重和浓度

硫酸水溶液的比重是随着温度的降低及硫酸含量的增加而增加的，当浓度达到98%时比重最大。当继续提高浓度至

100%时，其比重反而下降，见图1—1。

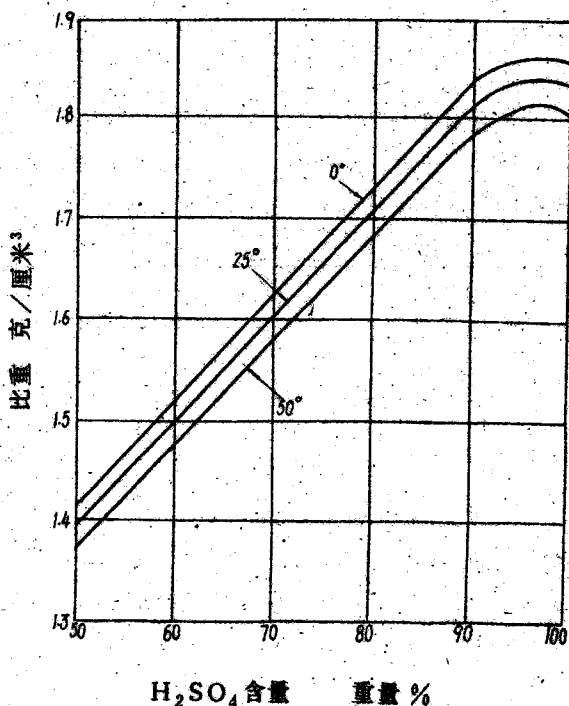


图1—1 硫酸水溶液的比重

在生产中，使用温度计和比重表很容易测出硫酸的温度及比重，利用测定结果再根据有关图表或表格，就可以定出硫酸的浓度。但当其浓度大于93%时，因硫酸的比重随浓度升高而发生的变化并不明显，因此98%左右的酸通常采用双倍稀释法来测定。

硫酸的结晶温度：

当储存和运输硫酸时，了解它的结晶温度有着很大意义，

在冬季，某些浓度的硫酸会在储存中冻结，因而引起很大的麻烦。

浓硫酸中的结晶温度最低的是93.3%酸，结晶温度为 -38°C 。高于或低于这个浓度的结晶温度都要提高。特别应当注意，98%酸结晶温度是 $+0.1^{\circ}\text{C}$ ，99%硫酸结晶温度是 $+5.7^{\circ}\text{C}$ 。所以，冬季要注意保温防冻，必要时调节硫酸浓度以防冻结。浓硫酸的结晶温度见表1—2。

浓硫酸的结晶温度

表1—2

硫酸浓度 % H_2SO_4	90	91	92	93	93.3	94
结晶温度 $^{\circ}\text{C}$	-10.2	-17.3	-25.6	-35.05	-37.85	-30.8
硫酸浓度 % H_2SO_4	95	96	97	98	99	100
结晶温度 $^{\circ}\text{C}$	-21.8	-13.6	-6.3	+0.1	+5.7	+10.45

(二) 硫酸的品种和规格

硫酸的品种以所含100% H_2SO_4 或 SO_3 和杂质的多少来区别。其规格见表1—3。

各种硫酸的规格

表1—3

硫酸的品种		含 量 (%)					
		100% H_2SO_4	游离 SO_3	氧 化 氮	灼烧 残渣	铁	砷
稀硫酸	铅室酸	65.0	—	$\text{N}_2\text{O}_3 < 0.01$	—	—	—
	塔式酸	75.0	—	$\text{N}_2\text{O}_3 < 0.03$	—	—	—
浓硫酸	浓缩1号	92.0	—	—	0.1	—	—
	接触1号	98.0	—	—	0.1	—	—
发烟酸	20%发烟酸	104.5	200	—	0.1	0.03	≤ 0.03
	65%发烟酸	114.62	65.0	—	0.15	0.04	≤ 0.03

此外还有蓄电池硫酸，它的浓度为92~94%，此种产品适用于配制蓄电池电解液，酸中杂质含量要求很严，因此不会对蓄电池极板产生有害作用，其外观应为无色透明。其规格见表1—4。

蓄电池硫酸规格

表1—4

指 标 名 称	蓄 电 池 硫 酸	
	一 级	二 级
硫酸 (H_2SO_4) 含量 (%) $\geq$	92	92
不挥发物 $\leq$	0.03	0.05
锰 (Mn) 含量 (%) $\leq$	0.00005	0.0001
铁 (Fe) 含量 (%) $\leq$	0.005	0.012
砷 (As) 含量 (%) $\leq$	0.00005	0.0001
氯 (Cl) 含量 (%) $\leq$	0.0005	0.001
氮的氧化物 (N_2O_3) 含量 (%) $\leq$	0.00005	0.0001

(三) 硫酸的运输和包装

硫酸是一种腐蚀性很强的液体，它不象固体化工产品那样容易储存和运输。

硫酸是一种生产价格低廉，但运价较高的工业产品，因此硫酸很少作为一个国家的出口商品，就国内来讲远距离运输硫酸也是不经济的，因此采购铁路工程用的硫酸应尽量就地购买，缩短运距。

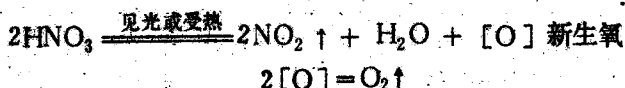
铁路工程使用硫酸数量不是很大的，而且使用地点分散，一般采用小型容器包装如耐酸陶制酸罐和耐酸塑料桶。用塑料桶装运比较安全，而且塑料桶可以周转倒用，值得提倡和推广。

二、硝 酸

硝酸(HNO_3)：纯净的硝酸是有刺激性气味的无色液体，沸点86℃。市售的浓硝酸比重为1.40，约含硝酸为65%，浓度

达到96~98%的硝酸，叫做发烟硝酸，在空气中极易挥发，有冒烟现象。

硝酸很不稳定，容易分解成二氧化氮、水和氧气。纯净的硝酸或浓硝酸在常温下见光就会分解，受热时分解的更快，化学反应方程式为：



分解时所生成的二氧化氮为红棕色的气体，有毒，比空气重，易沉到仓库下部，使工作人员中毒。硝酸溶液越浓，越易分解，分解时一部分二氧化氮溶解在溶液里，所以硝酸溶液显黄色。为了防止硝酸分解，在保管中必须把硝酸放在黑暗而且温度较低的地方。

很多有机物，例如稻草、刨花、锯末等可燃物质洒上硝酸会燃烧起来，洒在衣服上，衣服也会受氧化而被破坏。与酒精接触，就能引起爆炸。如果浓硝酸滴在皮肤上，皮肤就会受到严重烧伤。所以我们在搬运浓硝酸时应特别小心。

硝酸并能与铜、汞、银等许多金属发生作用。

三、盐 酸

盐酸（HCl）：纯盐酸为无色液体，有刺激性的臭味，常用的浓盐酸比重约1.19，约含氯化氢37%。浓盐酸极易挥发，散入空气中与水蒸汽结合变成酸滴，形成烟雾，故也称为“发烟盐酸”。工业用的盐酸（粗盐酸），因含有杂质而带有黄色。盐酸能腐蚀金属，并能破坏纤维制品。

浓盐酸不可靠近热源，不能受日光照射，如容器封口不严，一遇热挥发更快，如封口严密，蒸气能使容器爆炸。

盐酸气体能引起眼睛、呼吸道及粘膜的发炎。

四、酸类的保管

根据各种酸类的特性，其保管条件和方法如下：

酸类的保管场所应设通风装置（最好有人工通风装置），室内保持干燥，墙壁用耐火的材料建筑，并与其他仓库隔离。窗户宜用暗色玻璃，保持室内光线较弱。屋顶不得用金属材料铺盖，地面应用耐酸材料铺筑或铺以砂子。仓库内温度最高不可超过 30°C 。

各种酸类应用耐酸的陶瓷或玻璃容器盛装，并用同样质料的塞子堵盖和石蜡或石膏护封。容器装盛量不可超过容量的90%，以免发生爆炸。保管中堆放以一层为限。填充包装酸类的箱筐应用砂子或炉灰，不可用有机物质。目前现场常用稻草为填充物，不合防火安全要求，应加纠正。

存放酸类的场所，应注意防火，严禁吸烟，并防止日光直射和温度过高过低的现象。装卸搬运作业中应轻取轻放，避免碰撞。工作人员必须穿戴防护用具和服装。如发生酸液溢流时，应用砂子掩埋，或用碱类使其中和，切不可用水冲浇。进行中和时，工作人员应戴面具，仓库要进行通风。

第三节 碱

由金属离子（或铵离子）与氢氧根离子组成的化合物叫做碱，碱的水溶液里含有氢氧根离子，铁路上常用的碱类主要是烧碱和纯碱，纯碱从化学组成上看是一种盐类物质，但是它的水溶液呈碱性，在使用和保管中常常把它作为碱性物质看待。

一、烧碱（ NaOH ）

烧碱又名氢氧化钠或火碱，是一种白色固体，极易溶于水，