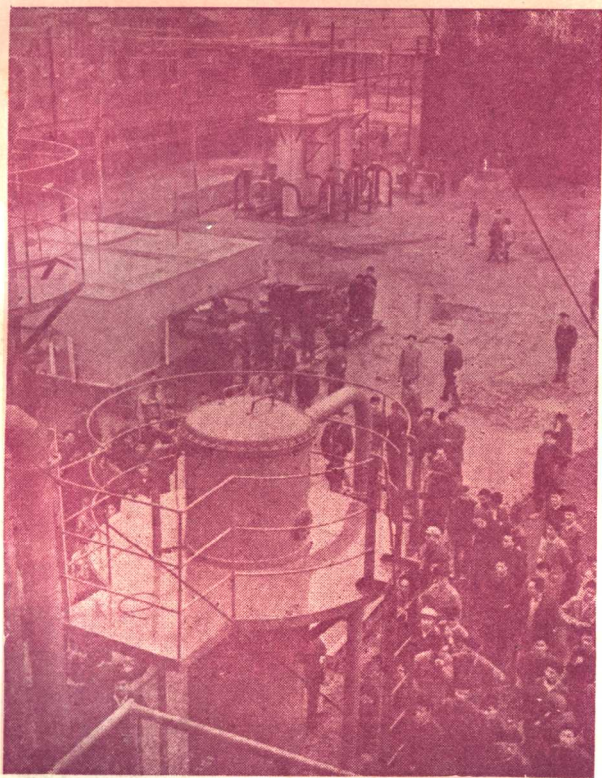


氮肥的生产

大連化工厂編



辽宁人民出版社

氮肥的生产

大连化工厂编



遼寧人民出版社出版(沈陽市沈陽路二段宮前里2号)

沈陽市書刊出版業營業許可証文出字第1号

沈陽市第一印刷廠印刷 遼寧省新华書店發行

850×1168 32开 88,000字·印数:1—15,000 1958年12月第1版
1958年12月第1次印刷 統一書号:15090·70 定价(5)0.24元

序 言

我国是一个人口多、耕地少、幅员广大的国家，目前的农村经济情况还比较落后，要妥善安排六亿人民的吃饭、穿衣问题，要使农业生产迅速发展，必须贯彻党中央在优先发展重工业的基础上，实行工农业同时并举的方针。化学工业对促进农业的发展，负有重要的任务。它一方面大量供应农业增产所需要的化学肥料和农药，以增加粮食、棉花和其他经济作物的产量，另一方面又可以某些化工产品来补充某些农产品的不足（如以合成纤维补充棉花，用合成酒精代替粮食、酒精等）。从我国的具体情况出发，发展农业生产，提高粮食和棉花等经济作物的产量，主要的途径是提高单位面积产量，而提高单位面积产量最有效的方法之一是多施肥料，增加单位面积的施肥量，所以我们要大力发展化学肥料工业。

化学肥料的品种很多，其中主要的是氮肥、磷肥、钾肥三种，一般称为农作物营养三要素。

氮是构成蛋白质的主要部分，蛋白质里含有16~18%的氮素。蛋白质是植物生命过程的物质基础，没有氮就不会有植物的生命。同时氮也存在于叶绿素中，氮肥供应充足时，农作物生长茂盛，叶色浓绿，可以使植物增加分蘖，促进大量穗的形成。缺乏氮，叶绿素就形成的缓慢，叶色发黄，植物体内部养料的制造就会减少，植株矮小，枝叶不茂盛，分蘖少，产量低。通常在田间施用氮素追肥，可以增加收获量。多年经验证明，在我国广大的土地上施用氮肥，都可提高农作物的收获量。

氮肥的肥效是非常显著的，一市斤的氮素（相当4~5市斤硫酸铵）能够使每亩水稻作物增产15~20市斤，最高能达到25市斤；麦类作物增产15~20市斤；棉花增产2.5~3.5市斤；小米及玉米等杂粮增产25~32市斤；在蔬菜中可使白菜增产200~270市斤；菠菜增产150市斤左右。从这些数字可以看出氮肥生产的意义是多么重大。

本书介绍了氮肥的一些基本生产知识，供地方办化肥厂的干部和技术人员参考。

目 录

序 言

第一章 建厂条件	1
(一)厂址选择	1
(二)建厂条件分析	1
(三)各品种各规模氮肥厂参考指标	5
(四)主要原材料规格	6
第二章 氮素肥料的品种及原料	7
(一)氮素肥料的品种	7
(二)氮素肥料的原料	9
第三章 合成氨生产及氨水制造	12
(一)用固体原料制取氨氢混合气	12
一、煤气的制造与变换	13
1. 煤气的制造	13
(1) 生产过程	13
(2) 主要设备的构造	14
2. 煤气的脱硫	17
(1) 生产过程	17
(2) 主要设备的构造	19
3. 煤气的变换	21
(1) 生产过程	21
(2) 主要设备的构造	23
二、气体的压缩与净化	24
1. 气体中二氧化碳的清除	25
(1) 生产过程	25
(2) 主要设备的构造	27
2. 气体中一氧化碳的清除	28
(1) 生产过程	28

(2) 主要设备的构造	30
3. 铜氨溶液的再生	31
(1) 再生过程	31
(2) 主要设备的构造	32
(二) 用气体原料制取氮氢混合气	34
一、用甲烷转化法制取氢气	34
二、用深度冷冻法分离焦炉气以制取氢气	36
三、从空气中制取氮	40
(三) 氨的合成	43
(1) 生产过程	43
(2) 主要设备的构造	47
(四) 各种原料生产合成氨的消耗定额	50
(五) 氨水的制造	51
第四章 碳酸氢铵生产	52
(一) 生产过程	52
(二) 主要设备的构造	54
(三) 消耗定额	57
第五章 氯化铵生产	58
(一) 生产过程	58
(二) 主要设备的构造	61
(三) 消耗定额	61
第六章 硫酸铵生产	63
(一) 稀硫酸的生产	63
(二) 硫酸铵的生产过程	66
一、用稀硫酸与氨气中和法的硫酸铵生产	67
1. 生产过程	67
2. 主要设备的构造	68
3. 消耗定额	69
二、石膏法硫酸铵生产	70
1. 生产过程	70
2. 消耗定额	72
三、芒硝制硫酸	73
第七章 硝酸铵生产	75

(一)稀硝酸的生产	75
(二)硝酸铵的生产	77
(三)主要设备的构造	79
(四)消耗定额	83
第八章 尿素生产	84
(一)生产过程	84
(二)主要设备的构造	89
(三)消耗定额	91
第九章 石灰氮生产	92
(一)生产过程	92
(二)主要设备的构造	96
(三)消耗定额	99
第十章 安全技术	100
(一)保证生产的高度连续性的安全技术	101
(二)高温、高压的设备及管线的安全技术	101
(三)电气和机械转动设备的安全技术	102
(四)防中毒及防腐蚀的安全技术	103
(五)防燃烧及防爆炸的安全技术	105
附表 1. 年产二千万吨合成氨以制固体碳酸氢铵的全厂定员表	108
附表 2. 年产二千万吨合成氨以制固体碳酸氢铵的各车间操作 岗位人员表	109

第一章 建厂条件

一 厂址选择

建設一个肥料厂应该适当地对厂址进行选择，因为厂址选择对氮肥厂建設投資、建設速度和今后生产管理上的經濟合理性有重大影响，并对开发地区資源和发展地区經濟文化和合理的工业布点有很大关系。

厂址选择应由各建厂单位組織有关人員組成一个选厂組（其成員內应尽量包括工艺、总图、供排水、供电、地質等专业人員在內）进行初选，并由上級领导机关加以复查鉴定。

选厂时一般可以选择2~3个厂址根据下列几方面建厂条件进行全面分析，做出技术經濟比較，确定推荐厂址。

二 建厂条件分析

1. 地区資源

厂址应当靠近該厂所需要的主要原料的产地，最好是就建在原料产地，这对开发矿藏及减少投資和运输費用起很大作用。选择厂址时应特別注意。

氮肥厂所需要的主要原料为焦炭或无烟煤（专区級氮肥厂16,000吨/年，县級氮肥厂3,200吨/年）、焦爐气、石灰石、食盐、硫鉄矿、石膏和动力煤（詳見各品种各規模氮肥厂参考指标）。

2. 地区經濟文化

选择厂址时应尽量考虑到与地区工业布点及經濟文化发展相結

合,同时氮肥厂应当产品主要销售区内(即肥料使用区)。

选厂时对厂址附近地区农田使用肥料品种和肥效情况需做调查。由于各种不同土壤农作物施用肥料的适宜性不同,对于某些土壤农作物施用某种肥料时肥效可能不良。由于大规模发展肥料的方针是当地生产,当地使用,因此,进行地区农田作物的肥效调查,对氮肥厂生产产品的选择起着决定作用。否则会引起建厂需要条件的更改(如原料……),对合理地选择厂址起极大影响。

3. 地形与地势

所选择的厂址要求比较平坦规整,坡度宜在4%左右,坡向由中心向四周或单面坡,中间低洼者不适宜。建厂面积,在县级为1.5~2公顷(长宽各约95公尺和120公尺),专区级为3~4公顷(长宽各约180公尺和200公尺)。地区地势应较高爽,不应被山洪及洪水淹没,亦不致窝风。因此,建厂场地不宜紧靠山脚及经常泛滥的河流或为丘陵包围,并且附近地区有供工厂发展用地及工厂职工住宅用地,如附近有低洼地可供堆置矿渣用。

选用场地时应尽量不占用高产农田或其他经济作物田地,也不宜建于人口稠密地点,同时厂址应在市镇人口住宅区的下风或下游。

4. 地质条件

粘土地或砂土地均可,地下3~5公尺内土质坚实而干燥者最好。凡地下5公尺内发现有泥炭(淤泥)较厚或3公尺内发现涌水很多的地区不宜建厂,如确需在这些地区建厂,则需将此土层挖去做人工地基,但这样会增加建设费用。粉砂、细砂仍属不利建厂地区。

地面3~5公尺以下有均匀卵石层或平稳岩石的地区是最好的建厂地区,但如岩石出露很多的地区一般不宜建厂,否则增加平整场地费用。

如拟定建厂地区临近已经发现矿藏或即将开采的矿区不应建厂,或至少须经地质部门或采矿部门调查,证明厂址地下确无采矿的可能

才能建厂。

厂址内地下水位应在距表面 4~5 公尺以下, 否则会增加施工排水和防水措施, 增加了投资, 又造成施工困难和建设进度迟慢。

对地下有穴洞或有很多深达 4~5 公尺的地窖的地面上不宜建厂, 对于岩石正处于风化或水流侵蚀形成溶洞的地表上亦不宜建厂, 至于黄土质经雨水冲洗容易塌倒或下沉严重的土地上更不宜建厂。

对于地震应考虑在七级以内为宜。

5. 交通运输条件

在干旱地区或丘陵地区, 建厂地点要靠近公路, 并尽可能靠近通航的河流, 以便于原料运进及产品运出。如附近有铁路线, 应尽量考虑接近铁路, 以便接轨。

6. 供排水条件

厂址应该靠近水源, 水源的流量以能常年保证取出工厂发展后所需水量的最低要求, 水源应不受城市及其他工厂的污染。

有低温及水质好的地下水(井水)或自流的溶洞水的地方, 应该优先考虑采用, 这是因为水温低对氮肥厂夏季生产有利, 但是河水的水质一般都较差, 特别是洪水时期, 工厂使用时需事先加以处理才可。

也可与自来水公司协作, 但水价不宜过高, 以免影响肥料价格过高。

工厂排水的河流如果经过城市或很多村庄, 而且为居民所取用时, 则河流的流量应该较大, 最好在 2 公方/秒以上, 以保证足够将工厂排出的污水稀释到无害卫生。

7. 工人住宅区选择

氮肥厂距住宅区在一公里以外即可, 不应过远。并应尽量利用城镇内可用的住宅。

8. 供电条件

工厂必須設在有电源的地区,电源不能过远,若新建地区有小电站时,最好就建厂于电站旁边。

9. 协作条件

厂址應該尽量靠近城鎮,以节省职工住宅和福利設施的投資,并应爭取与其余工业企业的合作,如机械设备的修理应与当地有可能协作的机械厂协作,以降低基建投資和生产成本。

10. 施工条件

建厂的施工力量,建筑材料来源和土建、机电、安装工人的来源,应尽量考虑就地取材,就地調配施工力量。

总的說来,一般情况下建厂地点不一定各方面条件都合乎理想要求,因此可根据选择的几个厂址进行全面分析研究和技术經濟比較,以貫徹因地制宜,因陋就簡的精神,选出优点較多的厂址作为厂址。

厂址选定后由建厂单位編写厂址选择报告,复查鉴定单位提出結論性意見,报請上級领导机关批准。

在年产氮肥2,000吨以下的氮肥厂,因占地很小,运输量不大可不必按照上項要求选择厂址。

三 各品种规模氮肥厂参考指标

序 号	原 料 名 称	产 量 (吨/年)	投 资 (万元)	主 要 指 标					地 积 占 面 积 (公顷)	人 员 总 计	其中技 术 人 员	
				合成氨 原 料 (吨/年)	动力煤 (吨/年)	食 盐 (吨/年)	水 (吨/时)	蒸 气 (吨/时)				
1	焦炭(或无烟煤)	40,000	954	16,000 (19,000)	—	—	516	14	3,500	2.54	327	32
2	焦炭(或无烟煤)	8,000	237	3,350 (4,400)	3,800	—	50	2.2	650	1	220	21
3	焦炭(或无烟煤)	1,600	20	1,000 (1,300)	800	—	10~35	0.5	120~140	0.1	40	—
4	焦炭(或无烟煤)	30,000	~1,300	15,000 (19,000)	8,000	40,000	600	16~20	4,500	2.5	400	40
5	焦炭(或无烟煤)	6,000	~300	3,350 (4,400) 湿焦炭	1,600 石灰石	8,000 氮气(M ³ /时)	110	4.0	1,000	1	230	30
6	石 灰	60,000 15,000	1,300	51,600	125,000	4,450	350	—	27,770	7	634	—
7	石 灰 氮 商品电石	30,000 7,500	759	25,800	62,500	2,250	200	—	13,830	4.7	420	—
8	石 灰 氮 商品电石	20,000 6,500	583	14,800	44,600	1,500	150	—	9,730	3.1	357	—
9	石 灰 氮 商品电石	10,000 500	401	7,000	16,800	750	150	—	5,810	2.4	300	—

四 主要原材料規格

1. 焦炭和无烟煤

制合成氨所用的焦炭或无烟煤含碳量最好在80%以上,稍低一些亦可以,其灰融点必須高于 $1,250^{\circ}\text{C}$,且在高温下热裂不严重,否則会使发生爐操作恶化,工艺正常条件受到破坏。

2. 食 盐

联合制氨所用的洗滌盐最好含氯化鈉在92%以上,所含杂质应尽量少,尤其是鈣、鎂含量应很少。

通常由盐場所产的原盐,亦可考虑直接用于生产,不必經過洗滌。

3. 石 灰 石

石灰氮所用的石灰石最好含碳酸鈣在97%以上,其詳細規格如下:

碳酸鈣	二氧化矽	三价氧化物	氯化鎂	磷	硫
%	%	%	%	%	%
>97	<1	<1	<1	<0.06	<0.1

4. 氮 气

石灰氮所用的氮气純度要求含氮在99.95%以上。

第二章 氮素肥料的品种及原料

一 氮素肥料的品种

氮肥的品种很多,各国目前生产的主要品种有硫酸铵、硝酸铵、氯化铵、石灰氮(氰氨化钙)、尿素、液体肥料(液氨、氨水及其他复合液体肥料)、硝酸钠、硝酸钙、硫硝酸铵、石灰硝酸铵(硝酸钙)、碳酸氢铵等;此外尚有含氮的各种混合肥料,如氮磷混肥、氮钾混肥、氮磷钾混肥等。

根据我国具体情况,现将最常用的和我们今后准备大量生产的几个品种简单的介绍如下。

1. 硫酸铵 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ——简称硫铵,农民习惯上称为肥田粉。它是一种白色粉末或结晶体,含氮量为20~21%,也就是说100斤硫铵中含有20~21斤纯氮。

硫酸铵的物理性能较好,不易吸湿、结块、易溶于水,对一般土壤及农作物都能使用。我国大部分农民已有使用硫酸铵的习惯。它是一种酸性肥料,单独长期使用后会使土壤酸性增加。在硷性不大或酸性的土壤中使用时间久了,会削弱肥料的功效,甚至降低农作物的收获量。通常在施用一定时期后,需在土壤中施加石灰以中和其酸性。但硫酸铵不能与石灰、草木灰、石灰氮等硷性肥料混合施用,以免引起化学变化而使氮素损失。相隔一段时间施用还是可以的。

2. 硝酸铵 NH_4NO_3 ——简称硝铵。是一种含氮量比较高的氮素肥料,成白色或浅黄色的粉末或粒状。含氮量为34~35%。按含氮量计算,1斤硝酸铵可顶1.75斤硫酸铵使用。

硝酸铵是一种中性肥料,施在地里,其中氮经转化后都能为植物吸收,因此它没有酸化土壤的不良影响,对各种作物及土壤都能适应。缺

点是硝酸铵中的硝酸态氮素部分，施于土壤后不易被土壤吸收而易流失，所以硝酸铵用于水中，效果不如硫酸铵。

硝酸铵的特性是吸湿性很强，受潮以后会结块，不适宜在气候潮湿的地区使用。储存时亦须注意防潮。如将其制成粒状、磷片状，或掺加防结块填料，可减少结块现象。

硝酸铵的另一特性是有燃烧和爆炸性。但不是随便就会发生的，需有一定的外来条件。只要严加注意，不使其与易燃物质混合，不剧烈摩擦震动和骤然升高温度，爆炸是完全可以避免的。

3. 氯化铵 NH_4Cl ——一般为白色粉末或结晶体，亦可制成粒状，含氮量为25~26%。其物理性质与施用方法大致与硫酸铵相同，也是一种酸性氮素肥料，适用于一般土壤，尤其适用于中性和硷性土壤。氯化铵用作肥料在我国还是一种新品种，使用的还不普遍。但根据几年来的田间试验来看，氯化铵对一般农作物的肥效与硫酸铵相似，但不适用于糖类作物（如甘蔗、甜菜等）、淀粉作物（如马铃薯等）以及烟草等。因为它具有能使糖分或淀粉含量降低和使烟草的可燃性减弱的缺点。但其他作物和蔬菜都可以施用，特别适用于麻类。

4. 尿素 $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ——是目前含氮量最高的固体氮素肥料，是白色或带微黄色的结晶体，易吸湿、结块，通常都制成粒状以降低吸湿性。尿素含氮量为44~46%。按含氮量计算，1斤尿素的肥效可抵硫酸铵2.25斤。

尿素是一种中性肥料，施入土壤经植物吸收后，没有任何残余物遗留土中，因此对各种土壤和农作物都很适合。它是一种高浓度的肥料，如果用量过多或分布不均时，会使植物受到灼伤。它还有抑制种子发芽的特性，故不能拌种使用。尿素除作肥料外，在工业上的用途也很广，还可用作牛、马、羊等反刍动物的饲料。

5. 碳酸氢铵 NH_4HCO_3 ——又名重碳酸铵，是一种白色结晶体，它的理论含氮量是17.85%，工业产品的含氮量一般为17.5%，其肥效按同样含氮量计，与硫酸铵大致相等或超过硫酸铵。碳酸氢铵因不含硫酸根，所以对土壤没有破坏作用，不必在用久以后加石灰来中和酸性，相

反地因碳酸氫銨中含有碳酸根，能從根部供給植物所需要的二氧化碳。

碳酸氫銨的工業製造過程簡單，成本低廉，所需要的原材料也很簡單，因此是較有發展前途的氮肥品種。但它在水分大和溫度高時，容易分解而遭受損失。但如果生產時能很好地乾燥，用密閉容器包裝，可以減少損失。按初步試驗結果，乾燥後的碳酸氫銨如果用聚氯乙烯薄膜袋包裝，在溫度 20°C 以下，放置二個月後的損失僅在 $0.3\sim 0.4\%$ 。因此在地方小型廠生產，就地供應農村施肥，貯存時間不長的情況下，是很適宜的。

6. 液氨和氨水——液氨可直接用來施肥或將氣氨溶於水中，作成 25% 濃度的氨水來施肥，這樣就可省去加工的费用，因此它是目前最經濟的氮素肥料。

液氨和氨水的肥效與其他氮肥相似，施於土壤後很快就為土壤所吸收，損失很小。但液氨和氨水的鹼度很高，能使土壤暫時鹼化，施用不當有時會灼傷植物的莖葉，使用時要特別注意。

液氨和氨水在運輸上比較麻煩，需採用密閉的容器。適於小量生產，就地使用。

7. 石灰氮 CaCN_2 ——即氰氨化鈣。它是一種鹼性肥料，理論含氮量為 35% ，因含雜質較多，實際含氮量只有 $20\sim 22\%$ 。吸濕性很強，潮濕後容易結成硬塊，它適用於中性和酸性土壤，不適用於鹼性及極干旱的砂土、土壤微生物發育不旺盛的爛水田以及缺少砂土細粒的泥炭土。

石灰氮有劇毒，使用時必須注意勞動保護。正因為它有毒，可用作農業殺蟲劑和除草劑，並能殺死水稻田中的血吸蟲、蔬菜田中的人體寄生蟲卵等。

合理施用石灰氮，其肥效是很高的。目前我國尚未廣泛使用石灰氮。根據試驗比較，其肥效並不差於等量的硫酸銨。

二 氮素肥料的原料

前一節中所介紹的各種氮肥，都是由合成氨與其他成分化合而成

的,所以合成氨是制造氮肥的主要原料。同时,合成氨也可以制成氨水作为液体肥料直接施肥。合成氨也不是天然原料,而是由天然原料加工生产出来的工业产品,现将制造合成氨及各种肥料的原料分述如下:

1. 合成氨 制造合成氨的主要原料是氮和氢,氮可由空气中得到,制取氢气的原料很多,如煤、褐煤、无烟煤、焦炭、天然气、沼气、焦炉气、石油富气、炼油废气、重油、水及其他工业的副产氢和碳氢化合物的气体都可以作合成氨的原料。其中最经济的原料是天然气和焦炉气,其次是无烟煤、褐煤和焦炭等。烧碱厂电解食盐时放出的氢气,也是很经济的原料,但数量不多,制一吨合成氨需要制十吨烧碱的副产氢。只有在个别有条件的地区才能采用。其他如用褐煤、电解水制氢虽也可作原料,但一般投资和成本比较高,只有在特殊情况下才采用。

2. 硫酸铵 制硫酸铵的主要原料是合成氨及硫酸。制造合成氨的原料,上面已经讲过了。制硫酸的原料有硫铁矿(即黄铁矿)或硫黄,此外,如有色金属的含硫尾砂及有色金属冶炼厂的含硫废气,都可以作为制造硫酸的原料。如有以上原料的地方,可以采用中和法(用合成氨与硫酸中和)生产硫酸铵。

此外,天然石膏或用湿法生产重过磷酸钙时排出的废渣石膏,也都可以用来生产硫酸铵。采用此法时石膏消耗量很大,硫酸生产成本较高。

3. 氯化铵 生产氯化铵的主要原料为合成氨、二氧化碳与食盐。氨的原料同上,氯主要来自食盐,所需二氧化碳是制造合成氨时的副产。氯化铵肥料厂以设在产盐地区为宜,用联合制碱法同时生产氯化铵和纯碱是很经济的。

4. 硝酸铵 是氨与硝酸的化合物。氨的原料同上,硝酸的原料是合成氨,氨经氧化后用水吸收即成硝酸,再将硝酸与氨作用即成硝酸铵。因此生产硝酸铵除氨的原料外不需要其他原料,只要有合成氨原料的地方都可以生产硝酸铵。但生产硝酸铵需要不锈钢和白金网,必须向国外进口,若在硝酸铵生产过程中不用或少用非常缺少的不锈钢,就可广泛的发展。

5. 尿素 生产尿素的主要原料是合成氨和二氧化碳。它的原料比较容易得到,二氧化碳来自生产合成氨的副产物,如用焦炭、无烟煤为原料生产合成氨时,本身排出的二氧化碳就可够生产尿素之用。有的可从其他工业得到或建石灰窑来得到。尿素的生产过程较为复杂,并需耐腐蚀的特殊设备和材料,尚不能大量发展。

6. 碳酸氢铵 生产碳酸氢铵的主要原料为合成氨、二氧化碳及水。能作尿素的原料同样可作碳酸氢铵,并且碳酸氢铵生产方法简单,生产成本比尿素低,其他效果也不比尿素差,因此它比尿素更有发展前途,适宜于小型厂广泛采用。

7. 液氨和氨水 它的原料与合成氨完全相同,液氨就是液体状态的氨,氨水是用水来吸收气体氨所得25%浓度的水溶液。