

化肥及化肥工业知识浅释

(为大百科全书编写尚未定稿)

—征求意见本—

化工部上海化工研究院编

一九八五年十月

序 言

化肥及化肥工业知识浅释是化工部上海化工研究院为中国大百科全书所撰的化肥工业条目。稿件曾由大百科全书出版社组织过初审，但未经最后审定，预先付印这本小册，是为了更广泛的征求意见。另外把“为加速我国复合肥料的发展提供优质服务”和“磷肥、复合肥料、混合肥料简介”两文汇编在内。

稿件撰写人有：郭熙宁 戴元法 陆克勇 冯秉中
丁鸿林 屈继贤 陈嘉桢 赵学信
陈恒伟 单光渝 陈靖宇 邹光明
丁炳顺 章震源 陈明磊 叶春霖
余秉量 王乃强 王荪权

由郭熙宁和戴元法汇编

目 录

一、化肥及化肥工业知识浅释	(1)
(一) 化肥工业	(1)
(二) 化肥工业发展史	(6)
(三) 氮肥	(11)
(四) 尿素	(14)
(五) 尿素造粒塔	(22)
(六) 硝酸铵	(23)
(七) 硫酸铵	(26)
(八) 碳酸氢铵	(27)
(九) 氰氨化钙	(28)
(十) 硝酸钠	(29)
(十一) 氮肥增效剂	(30)
(十二) 磷肥	(31)
(十三) 磷矿	(34)
(十四) 磷酸	(40)
(十五) 过磷酸钙	(45)
(十六) 重过磷酸钙	(49)
(十七) 磷酸二钙	(50)
(十八) 热法磷肥	(50)
(十九) 复合肥料	(53)
(二十) 磷酸铵类肥料	(55)
(二十一) 硝酸磷肥	(59)
(二十二) 钾肥	(61)
(二十三) 氯化钾	(64)
(二十四) 硫酸钾	(67)
(二十五) 硝酸钾	(68)
(二十六) 混合肥料	(68)

(二十七) 流体肥料	(69)
(二十八) 中量元素肥料	(72)
(二十九) 微量元素肥料	(74)
(三十) 缓释肥料	(77)
(三十一) 腐植质类肥料	(77)

二、为加速我国复合肥料的发展提供优质服务 (79)

三、磷肥、复合肥料、混合肥料简介 (87)

(一) 序言 (87)

(二) 化肥与农业 (87)

(1) 化肥与农业生产 (87)

(2) 向农业提供养分平衡的肥料是提高化肥工业和农业经济效益的重要环节 (88)

1. 养分平衡概念 (88)

2. 养分最少定律和收益递减定律 (89)

3. 氮磷钾配合施用和氮磷钾比例 (91)

(三) 磷肥、复合肥料、混合肥料的发展历史、现状及其特点 (93)

(1) 早期的磷肥、复合肥料和混合肥料工业 (93)

(2) 现代的磷肥、复合肥料和混合肥料工业及其特点 (94)

1. 高浓度、复合、混合、多品种、多规格是现代化肥工业的特点之一 (94)

2. 生产装置大型化、基础肥料集中生产, 复合混合肥料生产格局不同 (98)

3. 磷矿问题 (100)

(四) 磷肥、复合肥料、混合肥料生产典型工艺的简单介绍 (101)

一、化肥及化肥工业知识浅释

Huafei Gongye

(一) 化肥工业 (Chemical fertilizer industry) 生产农业需要的作物营养物质产品的化学工业。多数化肥的组分是无机化合物, 化肥工业属无机化学工业。化肥是提高农业产量的主要手段之一, 许多化肥产品和与化肥生产有密切关系的产品, 在工业方面有着广泛的用途, 所以化肥工业在国民经济中占有很重要的地位。化肥工业的发展还带动化学矿开采工业、硫酸工业、合成氨工业和硝酸工业等的发展, 所以它是一个重要的化学工业部门。

化肥分类和主要品种: 化肥按作物营养元素的种类进行分类。氮肥、磷肥和钾肥向作物提供主要营养元素; 含有钙、镁和硫的肥料称为中量营养元素肥料; 含有硼、锌、铁、铜、锰和钼等的肥料称为微量元素肥料。凡只含有一种可标明含量的作物营养元素的化肥品种称为单元肥料。氮、磷、钾三养分中, 至少有两种养分标明量的肥料称为复合肥料。各类化肥的品种比较多, 主要品种列于表 1。

化肥的品位通常以养分元素或其氧化物的百分含量表示。例如氮肥、磷肥和钾肥的品位分别以 N 、 P_2O_5 、 K_2O 的百分含量表示; 中量营养元素肥料分别以 CaO 、 MgO 、 S 表示; 微量元素肥料分别以它们的元素含量百分率表示。复合肥料则按 $N-P_2O_5-K_2O$ 次序用数字表明百分含量。

表 1

各类化肥的主要品种

类 别	主 要 品 种
氮 肥	硫酸铵、硝酸铵、尿素、氯化铵、碳酸氢铵、液氨、氨水、各种含氮溶液、石灰氮等。
磷 肥	普通过磷酸钙、重过磷酸钙、磷酸二钙、钙镁磷肥、脱氟磷肥、熔融磷肥、钢渣磷肥、偏磷酸钙等。
钾 肥	氯化钾、硫酸钾、窑灰钾肥等。
中量元素肥料 (钙、镁、硫肥)	碳酸钙、白云石、硫酸钙、硫磺、硅酸镁等。
微量元素肥料	铁、锰、铜、锌的硫酸盐、氧化物或与某些螯合剂生成的螯合物, 硼砂, 钼酸铵等。
复 合 肥 料	磷酸铵类肥料、硝酸磷肥、磷酸二氢钾, 偏磷酸钾、硝酸钾, 各种规格的氮磷、磷钾和氮磷钾复合肥料。

发展过程：化肥工业是由于农业生产发展的需要而发展起来的。在农业产量水平不高的长期年代中，农作物生长所需要的养分是由土壤和一些天然有机废物提供的。随着世界人口的增长和人类迫切需要提高衣食水平，促使农业要不断提高产量。在这种情况下，由土壤和天然有机物提供作物养分已经不能满足需要。这就出现了用工业方法来生产提供作物养分物质的化学肥料。

化肥工业的发展史大体上可分为两个阶段：早期的化肥工业和现代的化肥工业。早期的化肥工业是从1842年由英国人拉维斯 (Lawes) 在英国建立第一个化肥厂生产过磷酸钙开始到本世纪中期。在这百余年的发展历史中，化肥工业的生产规模不大、品种单一和产品中养份浓度不高。生产技术方面，虽然现代化肥工业中所采用的一些生产工艺和方法早已诞生，但未达到成熟的程度。本世纪中期以来，化肥工业进入了向现代化工业发展的阶段，这是由于农业生产发展需要更多的化肥；能源工业和磷、硫和钾等化学矿开采工业的发展为化肥工业提供了充分和廉价的原料；材料工业和机械工业的进步，为化肥工业提供了专用材料和设备；化肥工业本身在长期的发展过程中积累了经验，生产技术趋于完善。表2列出1950~1981年世界化肥产量：

表2 世界化肥产量 (百万吨N + P₂O₅ + K₂O)

年 份	产 量			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N + P ₂ O ₅ + K ₂ O
1950/51	4.08	5.86	4.22	14.1
1955/56	6.87	7.79	6.86	21.6
1960/61	10.4	9.96	8.73	29.2
1965/66	17.4	13.9	12.1	43.4
1970/71	30.2	19.3	16.7	66.2
1975/76	42.3	25.7	23.8	91.8
1980/81	62.7	34.4	27.4	124.5

原料：化肥生产的主要原料是一些天然矿物，所以化学肥料又称矿物肥料。磷矿是磷肥生产的主要原料，其有用矿物是氟磷灰石，还含有多种杂质矿物。天然原磷矿一般都按经过不同方法的富集处理后

成为商品磷矿。磷肥的酸法生产消耗大量硫酸，它也是以各种含硫矿物为原料。含钾矿物，特别是可溶性钾盐矿，是钾肥生产的主要原料，少数从盐湖水、盐井水和海水中提制钾肥。氮肥主要是氨加工产品。所以氮肥的主要原料是氨，而氨是以天然气、油田气、油和煤为原料的。

钙、镁、硫中量营养元素肥料的生产原料是石灰石、白云石、硅酸镁矿和硫酸钙的矿物或含这类组分的废渣。这些物料除了提供作物养份外，还有改良土壤的作用，称为土壤调理剂。铜、锰、铁、锌和钼的金属矿物和硼矿是微量元素肥料的原料，冶金工业的废渣和制造硼砂的废渣也可用来制造微量元素肥料。

肥料生产的原料的世界资源相当丰富，不存在资源不足的问题。但是它们的分布不很平衡，具有工业开发价值的磷矿、硫矿和钾矿等，比较集中在为数不多的国家和地区，这是世界化肥生产国家间和地区间不平衡的原因之一。

生产方法：氮肥的生产方法，除无水液氨和氨水可直接农业施用外，有两种类型的氨加工过程：氨与无机酸进行中和反应，经过蒸发、结晶和干燥等制得硫酸和硝酸等的铵盐是一类氨加工氮肥生产方法；氨与二氧化碳在高温高压下合成尿素，是60年代以来迅速发展起来的氨加工氮肥生产方法。

磷肥的生产方法是磷矿的化学加工过程，有两类方法：用无机酸的化学能分解磷矿，并转化成可被作物吸收的磷酸钙盐，是磷肥的酸法生产；在高温下用热能分解磷矿，并转化为作物可以吸收的磷酸盐或玻璃态物质，是磷肥的热法生产。

钾肥的生产方法是天然钾石盐、光卤石和卤水等的开采和精制过程，一般不发生显著的化学反应。只根据有关溶解度相图，进行矿物的溶出，分离、蒸发、结晶和干燥等过程。

磷酸铵类肥料和硝酸磷肥是重要的复合肥料，其生产方法是磷肥生产过程和氮肥氨加工过程的结合。它们的优点不但体现在农业施肥方面，而且在某种程度上节省了化肥生产的原料，简化了生产过程，降低了建厂投资和生产成本。

现代化肥工业的特点和发展趋势：

1. 化肥工业产量大，是大工业；原料和能源的费用占生产成本

的很大份额；化肥产品的分配销售很分散，其包装、运输、贮存和分配费用占农民支付化肥总费用的不小部份。为此，化肥厂倾向于集中建在原料产地，利用便宜的原料，生产高浓度的产品，运输到农业地区，这样有利于降低生产成本和销售成本。

2. 农业施肥已经由带有某些盲目性的习惯施肥制度转向有农化试验为基础的科学施肥方法，这就要求化肥工业向各种不同生产条件的农业提供品种和规格繁多的化肥。而大规模集中的化肥生产，很难满足这种多变的要求。在这种情况下，就出现了化肥生产结构的变化：某些高浓度基础肥料或中间产品（主要是：氨、硝酸铵、尿素、重过磷酸钙、磷酸铵类肥料、磷酸和氯化钾等）在原料产地集中生产，把它们运输到农业地区进行再加工，以满足当地农业的需要。这种化肥工业的两次加工生产结构，已经在不少国家采用。

3. 化肥工业投资密集和技术密集。采用先进的技术，实现生产装置的规模大型化，可以降低单位产品的投资和生产成本、提高劳动生产率和节省能源和原材料的消耗。生产装置的大型化是化肥工业技术进步和经济效益提高的重要标志之一。60年代，氮肥生产装置的规模是与日产200~400吨合成氨配套；磷肥一般日产200~600吨 P_2O_5 。70年代以来，与日产1000吨和1000吨以上合成氨配套的氮肥生产装置和日产1000吨 P_2O_5 的磷肥生产装置已很普遍。

4. 由于农业发展的需要，复合肥料的发展是一个普遍趋势，工农业发达国家它已发展成为现实。美国、西欧和日本等的化肥总产量中氮素的40~50%、磷素的75~85%、钾素的85~90%是以复合肥料的形式生产和消费的。随着土壤化学、植物营养生理学和土壤及作物中微量营养元素检测方法的发展，微量元素肥料的生产和应用正在发展。

5. 今后几十年内，世界人口将继续增长，人类为战胜饥饿和提高衣食水平的斗争将仍然依靠发展农业作为主要的手段；提高农业施肥水平将仍然是提高农业产量的主要措施之一，因此化肥工业将继续发展。据联合国工业发展组织专家们预测：到2000年，世界化肥产量将达到250~260百万吨（ $N + P_2O_5 + K_2O$ ）。发展中国家将努力建设自己的化肥工业，争取早日实现化肥自给。

化肥工业今后技术发展的目标将仍然是改进生产工艺，降低能源

和原材料单耗和提高产品质量等。用生物化学和生物工程的方法为农作物提供养份的科学技术研究工作将十分活跃，但什么时候能实际应用于生产则尚难预测。

中国化肥工业：中国是个农业大国，但人均耕地面积不大，提高施肥水平是中国农业发展的一项必要措施。新中国成立以前，化肥生产十分薄弱，全国仅有南京永利铔厂和大连化工厂生产硫酸铵，最高年产量不足4万吨N，磷肥和钾肥生产基本上是空白。中华人民共和国成立以后，化肥工业的建设作为化学工业的重点，取得了世界化肥工业发展史上少见的发展速度。目前化肥产量仅次于美国和苏联，名列世界第三。1950~1982年，中国化肥产量列于表3。

表3 中国化肥产量 (万吨N + P₂O₅ + K₂O)

年 份	产 量 (万吨有效成份)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N + P ₂ O ₅ + K ₂ O
1950	1.5	—	—	1.5
1955	7.8	0.1	—	7.9
1960	19.6	19.3	1.6	40.5
1965	103.7	68.8	0.1	172.6
1970	152.3	90.7	0.5	243.5
1975	370.9	153.1	0.8	524.8
1980	999.3	230.6	1.9	1231.8
1982	1021.9	253.6	2.5	1278.0

* 化肥工业年鉴(1982—1983)

中国化肥工业的建设，结合了自己的国情。努力克服了国力不足，综合基础工业薄弱与化肥工业建设要求高速度之间的矛盾，具有一些特点：

1. 原料立足于国内。氮肥生产的原料以煤为主，70年代以后才增加了油、气的比例。这是与中国能源生产结构中一直以煤为主是一致的。在开始建设磷肥生产时，就重视了磷矿和硫矿资源的勘探和开采，使得磷肥生产的原料能够基本立足于国内。

2. 中国化肥工业的技术，是自立更生为主，引进国外技术为

辅，选择和开发了能适应中国原料、产品适合中国农业、投资符合中国财力和容易掌握的技术。例如：氮肥方面，开发了碳酸氢铵的生产技术，它具有装置规模小、投资省、生产成本低和建设速度快的优点。虽然它在分配环节中和农业施肥方面存在一些问题，但是经过中国化肥科技工作者的努力，困难已基本得到解决。现在碳酸氢铵的产量占中国氮肥总产量的一半以上。磷肥方面：大量发展了钙镁磷肥生产。生产这种肥料既适应中国的原料，又能满足中国长江以南大片酸性缺磷土壤的需要。其生产方法具有中国的特点。

3. 中国化肥工业优先发展氮肥生产，同时也注意了磷肥工业的建设，这在一段时间里是符合中国农业要求的。但由于中国磷矿和硫矿的生产水平低，使得磷肥工业与氮肥工业比较起来，发展速度不快和水平不高。钾肥生产由于缺乏原料，基本上尚是空白。复合肥料的生产建设比较落后。这些是中国化肥工业当前和今后一段时间里迫切需要重点解决的问题。

化肥工业与环境：化肥是提高农业产量，帮助人类战胜饥饿和提高生活水平；对作物、草地和森林施肥，能够改善它们的生长条件，对环境产生好的影响。但是，化肥工业向大气和水源排放氟化物、二氧化硫、氧化氮、氰酸、硫化物、酚和粉尘等有害物质，对环境产生不良影响。现代化肥工业已经掌握和应用了防止和治理污染的技术，各国政府都颁布了化肥工业排污的限额标准，使这个工业对环境的污染得到基本控制。

Huafei Gongye Fazhan Shi

(二) 化肥工业发展史 (Developmental History of chemical fertilizer industry) 化肥工业已经有140余年历史了，它的诞生和发展与农业的发展密切相关。古代农民曾经历过许多个世纪的尝试向耕地中添加各种有机废物或天然矿物，希望获得农业增产。在200~300年以前，人类就已经知道向土壤中添加骨粉、草木灰、硝石和石膏等有机废物和矿物质，可以提高农业的产量。从此有了农业施肥的概念。

17世纪初期，科学家们开始研究作物生长与土壤之间的关系，其鼻祖是比利时人赫尔蒙特 (Van Helmont)。19世纪初期德国人利比希 (Justus Von Liebig) 用物理和化学的方法研究了作物生长与某

些化学元素之间的关系。他在1840年就论述了作物生长所需的营养物质是从土壤中吸取的，确定了氮、钙、镁、磷和钾等元素对作物生长的意义，并预言作物的营养物质将会在工厂里生产。他的预言不久就被证实，1842年在英国出现了第一个化肥工厂，生产磷肥。因此，利比希被公认为是化肥工业的奠基人。

早期化肥工业中，氮肥、磷肥、钾肥和其他营养元素肥料的生产，几乎不存在任何联系。复合肥料的生产发展以后，化肥工业中的许多生产过程才进一步有了密切的联系。

磷肥：磷肥发展最早。第一个磷肥品种是骨粉，早在19世纪初期，已经在欧洲被广泛应用。但是磷肥工业的起点是在1842年由英国人拉维斯（Lawes）在英国建了第一个过磷酸钙厂。过磷酸钙虽然是一种低浓度磷肥，但由于生产方法简单、投资省和成本低，本世纪70年代初以前，它一直是磷肥工业中最主要的品种。

高浓度磷肥，重过磷酸钙和磷酸铵类肥料的出现和发展是和磷酸的生产联系在一起的。第一个湿法磷酸生产装置虽然早在上世纪70年代已经在德国诞生，生产出的稀磷酸经过蒸发浓缩，用于分解磷矿，制造重过磷酸钙，产品多数用于制糖工业。湿法磷酸生产，由于工艺、设备和材料方面的困难，经历了较长时间的发展过程，一直到本世纪50年代，一种连续操作的湿法磷酸工艺趋于完善，为高浓度磷肥和磷酸铵类复合肥料的发展奠定了基础。

到本世纪50~60年代，重过磷酸钙的生产有了较好的经济效益，发展才较快。1965年，它约占磷肥总产量的15~20%，以后虽仍然继续增长，但占磷肥产量的比例变化不大。

人们虽然早就知道磷酸铵肥是好肥料，并从本世纪30年代初开始在美国和加拿大进行小规模生产。但是一直到60年代里，才大规模发展起来，并成为当今领头的化肥品种之一。

硝酸磷肥生产起源于本世纪30年代的欧洲。经过挪威、荷兰和德国等一些化肥公司对其生产工艺和产品质量的不断改进，现在在欧洲和世界其他地方建立了一些日产1500~3000吨产品的现代化工厂。

在磷肥的酸法生产的同时，人们致力于磷肥的热法生产。钢渣磷肥是含磷生铁炼钢的付产，曾经是欧洲的主要磷肥来源之一，1973年的产量为120万吨 P_2O_5 。以后由于含磷生铁的减少和炼钢方法的改

变，产量日趋下降，1977年为57.2万吨 P_2O_5 。熔融钙镁磷肥的电炉法生产，是在40年代初由美国TVA开发成功的；日本有一些生产厂，年产10~15万吨 P_2O_5 。中国开发了高炉法生产钙镁磷肥，年产量达到约70万吨 P_2O_5 ，成为世界之首。巴西和朝鲜等也有少量生产。本世纪40年代初到50年代中期，美国TVA研究开发利用低品位磷矿，通过熔融制造脱氟磷肥，未实现工业生产。磷矿与其他配料用烧结的方法生产脱氟磷肥，在日本每年有10万吨的生产，产品品位为41~42% P_2O_5 。钙钠磷肥，又称莱纳尼磷肥 (Rhenania phosphate) 因首先在西德莱纳尼工厂生产而得名，产品的有效组份是磷酸钠钙 ($CaNaPO_4$)。美国TVA自40年代开始曾进行以元素磷为起点，开发了几种磷肥生产方法和品种：一种是用黄磷制造热法磷酸，并以它为中间产品生产重过磷酸钙和磷酸铵肥料；另一种是用黄磷的燃烧产物 P_2O_5 气体与磷矿在高温下反应生成偏磷酸钙，这两方面的开发工作都取得了技术上的成功，但主要由于经济原因，未用于普遍的工业生产。

磷矿粉直接施用在美国、苏联、中国和其他国家有一定的规模。近年来的研究工作表明磷矿的反应活性和土壤的酸度是磷矿直接施用的控制因素。

钾肥：钾肥的最早来源是草木灰、废糖蜜和天然硝酸钾矿。1861年首先在德国的斯坦福地区 (Stassfurt) 开采光卤石矿。本世纪初期以来，世界重要的钾盐矿先后被发现，并陆续开始生产钾肥：法国 (1910年)，西班牙 (1925年)，苏联 (1930年)，美国 (1931年)，加拿大 (1960年)。

早期的钾肥是未经很好精制加工的粗钾盐，含19~25% K_2O 。以后发展了用浮选、重液分离和溶解—结晶等钾矿精制工艺，生产高品位的氯化钾，含60~62% K_2O 。

氮肥：在化肥工业中，氮肥的发展是比较晚的。其原因一方面是由于农业耕作长期实行绿肥作物和粮食作物轮作制以及大量施用有机肥料，以致对产量水平不高的农业来说，氮肥的需要不很迫切；另一方面是作为氮肥工业基础的合成氨生产成熟得比较晚。

煤中约含有1%的氮，在煤气生产中约有一半以氨的形式逸出，19世纪末期，它是氮肥的主要来源，多数加工成硫酸铵，少数加工成

稀氨水。

从空气中固定氮的研究经历了长期的努力而获得成功。1903年，用电弧法固定空气中的氮制成硝酸和硝酸钙肥料，在挪威实现了工业化生产。1906年，用石灰和焦炭在电炉内制成碳化钙并与空气中的氮转化成氰氨化钙（碳氮化钙）的生产技术趋于完善，产品可用作肥料或水解后生成氨，这两种固氮方法都因电耗太高和价格太贵而未得到发展。1913年，用氢和氮直接合成氨的哈伯法在德国首先实现了工业化生产，经过几十年的技术进步，它成为氮肥工业的基础。

硫酸铵、硝酸钙、硝酸钠和氰氨化钙（碳氮化钙）等早期氮肥品种都是低浓度的，含15~21%N。本世纪40年代里，硫酸铵（含34%N）成为重要的氮肥，60年代里成为领头的氮肥品种。近20余年来，尿素（含46%N）发展得很快，正在发展成为氮肥的领头产品。

其他营养元素肥料：石膏在很早以前就曾向作物提供硫和钙的重要肥料。后来由于大量施用硫酸铵、过磷酸钙和钢渣磷肥等，施用石膏的重要性就淡薄了。随着高浓度肥料的发展，上述肥料用得少了，近年来，硫肥又显得重要起来。石灰石粉和白云石粉早就广泛用作土壤调理剂，并同时向土壤提供钙和镁元素。其他含镁矿物包括：硅酸镁、煅烧镁砂（ MgO ）、硫酸镁和无水钾镁矾，也早就广泛用于缺镁土壤。

微量元素肥料的实际生产和使用，除铁以外，是最近20~30年内的事。1844年，法国人格列斯（Gris）发现喷亚铁盐溶液，可以纠正作物缺叶绿素的病症。利比希已经确定作物的灰中含有锰，但是他没有确定锰是作物营养元素。一直到1905年，人们才认识到锰对作物生长的意义。铜在本世纪20年代，锌在1930年，钼在1939年分别确定为作物营养元素。

复合肥料：最早从事农化研究的科学家们，如墨莱（Murray）和利比希等，就采用含有多种营养元素的肥料进行肥效试验。美国的化肥工业从初期开始就比较注重复合肥料的生产发展。但是在欧洲却长期以生产单元肥料为主。到本世纪60年代起，不论是美国、欧洲和其他一些化肥工业发达的国家都大力发展复合肥料，成为化肥工业产品结构改变的一个方向。

中国化肥工业发展史：中国农业施用有机肥料的历史悠久，早在商朝殷墟甲骨文中就有“粪田”的记载。1909年进口少量智利硝石；1914年，吉林公主岭农事试验场首先开始进行化肥的田间施用试验；30~40年代，英国卜内门公司在中国推销硫酸铵，农民称它为肥田粉。1935年和1937年在大连和南京先后建成了两个氮肥厂。中华人民共和国成立以后，中国化肥工业加快了发展速度。50年代，在吉林、兰州、太原和四川利用苏联和捷克制造的设备和技术建成了四个氮肥厂。60年代里先后在上海吴泾、浙江衢州和广州等地用国产设备和技术，自力更生建成了20余座中型氮肥厂。1958年，以侯德榜为代表的中国化肥专家，在上海化工研究院开发了合成氨原料气中二氧化碳脱除与碳酸氢铵生产结合的工艺，1962年第一次在江苏丹阳县化肥厂正常生产，从此，一大批小型氮肥厂飞速建立起来，成为中国氮肥工业的重要组成部分。70年代中期开始，又引进美国、日本和法国制造的设备和技术新建了与日产1000吨氨配套的大型尿素生产厂。1980年又在上海吴泾，用国产设备和技术，自力更生新建了与日产500吨氨配套的大型尿素生产装置。1982年中国氮肥产量达到1021.9万吨N。

本世纪40年代初期，曾在云南昆明建立过一个小型的过磷酸钙生产车间，仅生产了几个月就停产了。新中国成立以前，中国大陆上没有磷肥生产。1953年开始利用国产磷矿研制磷肥和在农业上推广使用磷肥。1957年，在南京建成投产了年产40万吨过磷酸钙的工厂，从那以后，中小型的过磷酸钙厂大批建立起来。50年代末，中国开发成功了高炉生产熔融钙镁磷肥的方法，并在60~70年代里建立了一大批生产厂，成为中国第二个主要磷肥品种。中国一直希望利用国产磷矿生产磷酸铵肥和重过磷酸钙等。1967年，在南京建成了一个磷酸铵生产装置，1982年在云南投产了一个重过磷酸钙厂。目前正在继续解决发展磷酸铵肥料、重过磷酸钙、硝酸磷肥和其他复合肥料生产建设中的一些问题，为大规模发展作好准备。中国土壤学家李庆远等从50年代初起开始研究磷矿粉直接施用问题，并在南方酸性土壤上推广使用。但总的看来，反应活性高的中国磷矿为数不多。

(三) 氮 肥 (Nitrogenous fertilizer) 用化学方法制成的含有作物营养元素氮的化肥。氮是营养元素中除炭、氢和氧以外作物需要量最大的元素, 所以氮肥生产是化肥工业中规模最大的部份。氮肥的一些品种还在国民经济的其他方面有广泛的用途 (参见硝酸铵、尿素和硝酸钠等条目)。

氮素在植物体内是氨基酸的组成部份, 是蛋白质的核心, 没有氮素就没有蛋白质, 而蛋白质是生命的基础, 没有蛋白质就没有生命。氮素还是植物叶绿素的组成部份, 它和镁是叶绿素分子中仅有的两种来自土壤的元素。氮素是作物细胞分殖的关键, 如果细胞分殖缓慢或停止, 就意味着作物减产。施用氮肥除提高农业产量外, 还可以提高农产品的质量。例如提高谷物、牧草、花生和小米等作物中的蛋白质含量。但是过量施氮肥, 将在作物体内积累过多的非蛋白性氮, 从而产生毒害, 这种情况在磷钾短缺情况下更易发生。所以氮肥一定要与磷钾肥配合施用。

氮肥有三种形式的氮施入土壤: 铵态氮(NH_4^+)、硝态氮(NO_3^-)和酰胺态氮。后者施入土壤后, 在尿素酶的作用下, 水解为铵态氮。除水稻等少数作物能在土壤灌水条件下吸收利用铵态氮以外, 多数作物吸收利用硝态氮。土壤中铵态氮在硝化细菌作用下, 转化成硝态氮。这种硝化过程在温暖和潮湿的土壤条件下进行得很快。

发展过程: 早期的农业大量施用有机肥料作为氮素的来源; 天然硝石曾在一些地区作为氮肥施用过; 19世纪后期, 欧洲人从焦炉气中回收氨, 其中多数制成硫酸铵, 少数制成稀氨水, 供作氮肥施用。

随着农业的发展, 人们意识到只能用化学固定空气中氮的方法, 才能提供农业大量氮肥。两种固氮方法成功的进行了工业化开发。1903年, 在挪威实现了电弧法生产硝酸和硝酸钙肥料。用电弧产生的高达 3250°C 的高温下, 氮和氧结合成 NO ; 在低温下, NO 与氧反应生成 NO_2 , 后者水化制成硝酸, 它与石灰石作用生产硝酸钙。1906年, 在意大利建成了第一个生产氰氨化钙的工厂, 在电炉里焦炭与石灰在高温下生成碳化钙, 后者与氮气反应生成氰氨化钙, 可直接作氮肥施用, 或经过水解制成氨。这两种生产氮肥的方法, 都因为耗电太高和费用太贵, 前者未实现大规模的工业发展; 氰氨化钙由于工业上需

要，虽有大型工业装置，但在农业上使用不广。

用氮和氢直接合成氨的成功，为氮肥工业的发展奠定了基础。1913年，在德国奥堡（Oppau）建成投产了第一个合成氨装置，经过了几十年的改进和完善，一直到第二次世界大战以后，合成氨生产才较快的发展起来。60年代开始，生产装置的大型化，使得合成氨生产更加经济合理，为氮肥生产提供了大量廉价的原料。

早期的氮肥是硫酸铵、硝酸钙、硝酸钠等低浓度品种（15~21%N），硝酸铵（34%N）在本世纪40年代成为重要的氮肥，60年代变成氮肥的领头品种；近十余年来，尿素（46%N）发展得非常快，现已成为最主要的氮肥品种；液氨（82%N）直接施肥，由于经济上合理，在一些国家中发展很快。

1980/1981年世界氮肥产量为6270万吨N，约为磷肥和钾肥（ $P_2O_5 + K_2O$ ）产量的总和。中国的产量为1021.9万吨N，名列世界第三位。

由于氮肥在土壤中存在淋漓和挥发等损失，其利用率只有50%左右。除了农学家一直在研究改进施肥方法外，化肥工业也发展了一些措施，以减少氮肥的损失。其主要内容有：1. 缓效氮肥：发展难溶性氮肥品种和用包膜或涂层等方法控制氮肥颗粒在土壤中释放养份的速度。2. 氮肥增效剂：发展了一些能克杀土壤中硝化细菌的药剂，以控制铵态氮在土壤中的硝化反应速度。但是这些措施，由于经济和技术上的问题，尚未达到普遍实施的程度。

原料：现代氮肥生产的主要原料是氨。氮肥厂一般配套有合成氨生产装置。但是当合成氨的安全运输问题解决以后，它已直接变成一种商品，可以长途运输和贸易。氮肥厂就不一定要与合成氨生产装置配套。

品种：氮肥除了是复合肥料中氮素来源之外，其主要品种是：无机酸的铵盐、硝酸盐、尿素、液氨和石灰氮等。各种氮肥品种的主要成份和含N量列于表4。

表 4

各种氮肥品种及其含氮量

氮 肥 品 种	主 要 组 份	含氮量 (%)
硫 酸 铵	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	21.2
氯 化 铵	NH_4Cl	26.0
碳 酸 氢 铵	NH_4HCO_3	17.5
硝 酸 铵	NH_4NO_3	35.0
硝 酸 钠	NaNO_3	16.48
硝 酸 钙	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15.5
硝 酸 铵 钙	$x\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot y\text{NH}_4\text{NO}_3$	26~15
尿 素	NH_2CONH_2	46.6
石 灰 氮	CaCN_2	35.0
缓 释 氮 肥	尿素与醛类的缩合物	32~38
液 氨	NH_3	82
各种含氮溶液	$\text{NH}_3, \text{NH}_4\text{NO}_3, \text{NH}_2\text{CONH}_2, \text{H}_2\text{O}$	28~45

生产方法：氮肥生产的过程是氨的加工过程。用无机酸与氨反应制成铵盐；二氧化碳与氨合成尿素；尿素与醛类缩合制成的缓释氮肥；联合制碱联产氯化铵；氨氧化制成硝酸再加工成硝酸盐；液氨、氨溶液和含氮溶液直接施肥等。下面的图解用来表示氨加工生产氮肥的方法。

