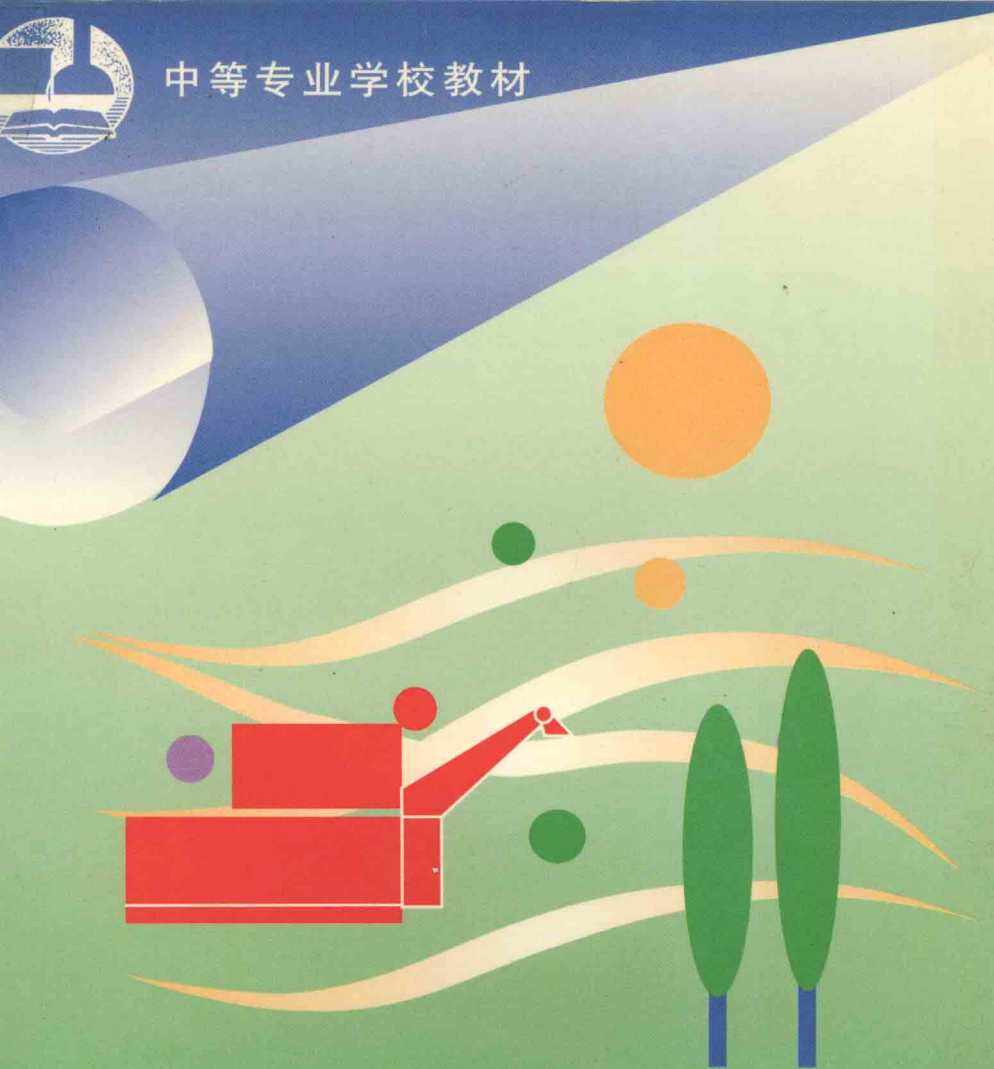




中等专业学校教材



化学肥料

四川省泸州化工学校 张世明 主编

化学工业出版社

中等专业学校教材

化 学 肥 料

四川省泸州化工学校 张世明 主编

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

化学肥料/张世明主编. —北京: 化学工业出版社, 1998
中等专业学校教材
ISBN 7-5025-2017-1

I. 化… II. 张… III. 化学肥料

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 05539 号

中等专业学校教材

化 学 肥 料

四川省泸州化工学校 张世明 主编

责任编辑: 杨 菁 何 丽

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 季玉芳

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 11½ 字数 324 千字

1998 年 5 月第 1 版 1998 年 5 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—5000

ISBN 7-5025-2017-1/G · 579

定 价: 15.50 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

前 言

《化学肥料》是全国化工中专无机化学工艺专业的规划教材。

本书是根据化工部人教司颁布的《化学工业部中等专业学校教材编审出版任务书》（〈1996〉化教材任字第13号）和全国化工中专教学指导委员会颁发的《化学肥料教学大纲》（1996.5），由全国化工中专教学指导委员会组织编写的。

本书主要阐述氮肥、磷肥、钾肥、复合、混合肥料及微量元素肥料生产的方法、基本原理、工艺条件的确定、生产工艺流程、主要设备的构造和工作原理、工艺计算及主要产品重点岗位操作控制要点。并对有关新工艺、新技术、新设备及发展动态作了介绍。

本书由泸州化工学校张世明编写绪论、第一章、第二章、第五章、第六章，姜德村编写第三章、第四章、第七章。由泸州化工学校张世明主编，河北化工学校王玉兰主审，湖北化工学校余经海、吉林化工学校郑广俭参加了审稿。

由于编者水平所限，缺点和错误在所难免，恳请各位专家和使用本书的师生及读者批评指正。

编者

一九九七年七月

目 录

绪论	1
一、化学肥料在国民经济中的作用	1
二、化学肥料的分类与品种	2
三、化学肥料的生产原料及加工方法	4
四、化学肥料工业的发展概况	6
第一章 水盐体系相图	8
第一节 概述	8
一、水盐体系相律	8
二、溶液组成的表示方法	11
第二节 简单三元体系相图	12
一、三元体系相图的表示方法	12
二、简单三元体系相图	18
第三节 复杂的三元体系相图	36
一、生成一种水合物的三元体系相图	36
二、生成一种复盐的三元体系相图	40
三、生成多种水合物及复盐的三元体系相图	49
复习与练习	61
第二章 钾肥	63
第一节 概述	63
第二节 氯化钾	64
一、由钾石盐生产氯化钾	64
二、由光卤石生产氯化钾	73
第三节 硫酸钾	80
一、由明矾石生产硫酸钾	80
二、由钾石盐生产硫酸钾	83
复习与练习	90
第三章 磷酸与磷肥	91
第一节 概述	91
一、磷肥的作用	91
二、磷肥的分类与品种	91

三、磷肥生产的原料	92
第二节 湿法磷酸	94
一、磷酸的物理化学性质	94
二、湿法磷酸生产的基本原理	96
三、湿法磷酸生产的工艺条件	113
四、湿法磷酸生产的工艺流程及主要设备	116
五、稀磷酸的浓缩	120
六、湿法磷酸生产的新进展	122
第三节 普通过磷酸钙	127
一、普通过磷酸钙生产的基本原理	128
二、普通过磷酸钙生产的反应速度	147
三、普通过磷酸钙生产的工艺流程及主要设备	148
第四节 重过磷酸钙	152
一、重过磷酸钙生产的工艺条件	152
二、重过磷酸钙生产的工艺流程及主要设备	154
第五节 沉淀过磷酸钙	158
一、沉淀过磷酸钙生产的基本原理	158
二、沉淀过磷酸钙生产的工艺条件	160
三、沉淀过磷酸钙生产的工艺流程	162
第六节 热法磷酸与热法磷肥	163
一、热法磷酸	163
二、热法磷肥	167
复习与练习	171
第四章 碳酸氢铵与硝酸铵	173
第一节 概述	173
一、碳酸氢铵的性质和用途	173
二、硝酸铵的性质和用途	175
第二节 碳酸氢铵	179
一、碳酸氢铵生产的基本原理	179
二、碳酸氢铵生产的工艺条件	190
三、碳酸氢铵生产的工艺流程及主要设备	192
四、碳酸氢铵生产的有关工艺计算	195
第三节 硝酸铵	200

一、中和法生产硝酸铵的基本原理及工艺条件	200
二、硝酸铵生产的工艺流程及主要设备	206
三、转化法制取硝酸铵	213
复习与练习	216
第五章 尿素	218
第一节 概述	218
一、尿素的性质	218
二、尿素的用途与规格	220
三、尿素的生产方法	221
四、尿素生产对原料的要求	224
第二节 氨与二氧化碳合成尿素	225
一、甲铵的性质	225
二、尿素合成的基本原理	228
三、尿素合成的工艺条件	238
四、尿素合成的工艺流程及主要设备	242
五、尿素合成的工艺计算	243
六、尿素合成塔状态分析及操作控制要点	246
第三节 未反应物的分离与回收	248
一、减压加热法	249
二、二氧化碳气提法	262
三、氨气提法与联尿法简介	277
第四节 尿素溶液的加工	280
一、尿素溶液的蒸发	280
二、尿素的结晶与造粒	286
三、尿素溶液加工的工艺流程及主要设备	288
第五节 尿素生产综述	292
一、尿素生产方法的评价	292
二、尿素生产中的腐蚀与防腐	298
三、尿素生产中的爆炸与防爆	300
四、尿素生产的技术改进及发展	301
复习与练习	306
第六章 复合、混合与微量元素肥料	308
第一节 概述	308

一、复合肥料与混合肥料	308
二、微量元素肥料	309
第二节 磷酸铵	309
一、磷酸铵的物理化学性质及用途	309
二、磷酸铵生产的基本原理	312
三、磷酸铵生产的工艺流程及主要设备	320
四、氨与磷酸中和过程的操作控制要点	324
第三节 硝酸磷肥	325
一、硝酸磷肥生产的基本原理	325
二、硝酸磷肥生产的工艺条件	326
三、硝酸磷肥的生产方法	328
四、间接冷冻法生产硝酸磷肥的工艺流程	330
第四节 混合、复混与液体肥料	332
一、一般知识	332
二、混合与复混肥料生产的工艺流程	334
三、液体肥料	336
第五节 微量元素肥料	337
一、微量元素肥料的作用	337
二、无机微量元素肥料	338
三、有机微量元素肥料	345
复习与练习	347
第七章 化学肥料的贮运与使用	348
第一节 化学肥料的贮运	348
一、贮运对化学肥料性质的影响	348
二、贮存通则	350
第二节 化学肥料的使用	351
一、化学肥料品种和施用技术要点	351
二、化学肥料的使用	353
主要参考文献	358

绪 论

一、化学肥料在国民经济中的作用

植物在生长过程中要不断地从外界摄取营养，它们所需要的营养元素约有 60 多种，其中有 10 多种被认为是不可缺少的，即碳、氢、氧、氮、磷、钾、硫、钙、镁、铁、硼、锰、铜、锌、钼、钴、氯等。其中碳、氢、氧三种元素约占植物干重的 90%~95%，植物可以从空气中的二氧化碳和土壤里的水分中获得这三种元素。其他营养元素，由于土壤中含量不足，或因植物对其需要量较大，必须依靠人工施肥加以补充，通常只把植物需要补充最多的氮、磷、钾称为常量肥料，习惯上称之为肥料的三要素。而需要补充量较少的硫、钙、镁等称为中量元素肥料，而需要补充量极少的硼、锌、锰、铜、钼等称为微量元素肥料。

各种营养元素在植物的生长代谢过程中起着不同的效用，彼此不能互相替代。

氮是组成蛋白质、叶绿素、酶（生物催化剂）、核酸和维生素的主要成分，施氮肥能使植物长得枝壮叶茂，缺氮则植物生长受到抑制、叶绿素形成受阻、谷物等蛋白质含量降低。

磷是组成原生质、核细胞的重要元素，它能促进植物生长发育，开花结果，籽实早熟及籽实丰满，提高粒实的产量和改进产品质量。

钾能促进碳水化合物和蛋白质的合成以及 60 多种酶的反应，还能促进糖的运输，钾肥能使植物茎秆坚硬，增强植物抗病和抗倒伏能力，提高植物的产量和质量。

碳、氢、氧等大量元素组成植物的单体。而微量元素锰、锌、硼、铜等构成植物体内的酶或一些维生素的组成部分，硼和铜还能提高植物抗寒、抗旱、抗病虫害的能力。

植物在生长过程中需要氮、磷、钾三种元素量最多，随着土壤的

使用，三元素逐渐减少，如不及时补充，势必影响植物的生长，造成植物的产量减少、质量降低。因而化学肥料工业的主要任务是生产含氮、磷、钾三元素为主体的无机盐，以满足农业生产的需要，化学肥料在国民经济中占有极其重要的地位。

化学肥料与农家肥料相比，具有养分高、肥效快、贮存、运输和施用方便等优点，还可以有目的地利用化学肥料调节土壤中养分含量的比例，促进农业的稳产和高产。例如施用 1kg 尿素可增产：稻谷 10~15kg、小麦 5~8kg、玉米 8~15kg、棉花 3~5kg、蔬菜 190~200kg。但是，化学肥料对改良土壤结构和促进土壤团粒化的作用远不及农家肥料。因此，化学肥料与农家肥料必须配合施用，互相取长补短，更好地发挥它们对植物的增产效果。

二、化学肥料的分类与品种

用化工方法生产的化学肥料可分为只含氮、磷、钾三要素中一种元素的单一肥料和含有两种或两种以上养分的多效肥料。多效肥料又可分为几种养分物理性混合在一起的混合肥料和几种养分以化合物形态结合在一起的复合肥料。复合肥料的颗粒产品就化学成分是均匀的，元素间彼此不会分离，故为高养分的化学肥料。

化学肥料品种主要有 5 种。

(1) 氮肥 尿素、硝酸铵、硫酸铵、氯化铵、碳酸氢铵、石灰氮、液氨、氨水及各种含氮溶液等。

(2) 磷肥 普通过磷酸钙、重过磷酸钙、富过磷酸钙、磷酸氢钙、钙镁磷肥、脱氟磷肥、钢渣磷肥等。

(3) 钾肥 氯化钾、硫酸钾、窑灰钾肥等。

(4) 复合与混合肥料 磷酸铵、硝酸磷肥、硫磷酸铵、磷酸二氢钾、偏磷酸钾、偏磷酸铵、硝酸钾、尿素磷铵、各种氮磷、磷钾和氮磷钾的混合肥料。

(5) 微量元素肥料 硼、铜、锰、锌、钼、铁等化合物。

腐质酸类肥料，如腐质酸铵、腐质酸类磷钾肥、有机微量元素肥料等，都属于有机肥料。

若按化学肥料的形态分类，则可分为固体肥料、液体肥料及固液

悬浮肥料。固体肥料品种较多而液体肥料及固液悬浮肥料品种较少。

若按肥效快慢分类，则可分为速效肥料和缓效肥料（长效肥料）。大多数肥料都是速效肥料，缓效肥料是用某些聚合物或特别材料作为水溶性肥料的保护层，从而使肥效缓慢地施放，以减少养分的流失，提高肥效和肥料的使用时间。如尿醛肥料，涂硫尿素，用钙镁磷肥或腐植酸包裹的碳酸氢铵都属于缓效肥料。氮肥增效剂如 2-氯-6-（三氯甲基）吡啶（简称 CP）、硫脲、双氰铵等，可提高氮肥的利用率。硝化抑制剂（如氰基胍）对包括硝化作用在内的土壤微生物有暂时降低其活性的作用，它与缓效肥料的作用类似，施用前加入氮肥里，缓效肥料系今后化学肥料品种和剂型上改进的方向。

化学肥料的质量决定于其中可被植物吸收（有效）营养物质的百分含量（%），即化学肥料的品位以养分元素或其氧化物的百分含量表示。氮肥、磷肥、钾肥分别以 N 、 P_2O_5 、 K_2O 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表示，复合肥料则按 N 、 P_2O_5 、 K_2O 的次序，用数字表明百分含量，例如 27—13.5—13.5 表示含有 27% N 、13.5% P_2O_5 、13.5% K_2O 。

化学肥料的有效养分含量越高，其质量越高。各种化学肥料均有其质量标准，而养分高的化学肥料显然有它的优越性，因为不仅肥效高，而且包装、运输、施肥和贮存的费用也相对减少。

在统计化学肥料的产量时，常用的计算法为折纯法，即把化学肥料的实物量按有效成分 N 、 P_2O_5 、 K_2O 的 100% 折算，工厂生产统计常用折算法，即把氮肥，磷肥，钾肥分别按含 N 21%、 P_2O_5 18%、 K_2O 25% 的所谓标准化学肥料计算。若按植物的营养元素，计算基准分别为 N 、 P 、 K 的 100%，换算公式为 $P = P_2O_5 \times 0.4364$ ， $K = K_2O \times 0.8302$ 。

化学肥料的化学性质和物理性质对其质量的影响是很重要的，化学性质方面：主要是要求它的化学稳定性好，不会在贮运和施用过程中发生分解或其他的化学变化，以致使有效养分损失；不含对人畜或植物，土壤有害的成分；以及不易引起燃烧爆炸等。物理性质方面：主要是要求它不吸水或吸湿性小，不结块；尽可能制成粒度均匀的粒状产品；因为细粉状的化学肥料在运输和施用易损失，而且飞扬的粉

尘对人体有害。化学肥料具有一定的溶解性能，以便植物吸收。

三、化学肥料的生产原料及加工方法

1. 化学肥料的生产原料

化学肥料的生产原料大致可分为四类。

(1) 天然矿物原料 磷矿、钾石盐矿、光卤石矿、硝石、硫铁矿、硼矿等。除合成氨采用煤、油、天然气和空气为原料制取外，其他化学肥料绝大多数是以天然矿物为原料进行生产的，因而化学肥料又称为矿物肥料。

(2) 天然液体原料 盐湖卤水、井盐卤水、海水等因含多种无机盐的阴阳离子，可用作生产化学肥料的原料。

(3) 工农业废料 工农业生产废料，特别是工业生产排出的废气、废液、废渣，可用作化学肥料的生产原料。采用此原料既综合利用资源，又可消除工业“三废”，减少污染，保护环境。

(4) 化工原料 很多化学肥料是用酸、碱、盐或其他化工产品生产的。例如用硝酸和氨中和反应生产硝酸铵，硝酸钠和氯化钾复分解反应生产硝酸钾，氨和二氧化碳合成尿素等。以化工产品为原料生产的化学肥料的称为合成无机肥料。

2. 化学肥料生产的基本方法

化学肥料生产中，由于原料和产品种类不同，加工方法也不相同，使用同一种原料生产同一种产品，可以有多种方法。用非水溶性的矿石加工为化学肥料的操作单元最多，生产流程最长，它的加工过程具有代表性。而某种具体化学肥料的生产过程一般是非水溶性矿石加工过程的一部分或者再增加几个特殊的化工单元操作。

非水溶性矿石生产化学肥料的基本过程包括六步。

(1) 矿石的破碎与粉碎 将大块矿石碎成小块矿石的加工过程称为破碎，由小块矿石磨细成为粉末的加工过程称为粉碎。破碎与粉碎的目的是将矿石加工为一定大小粒度或细度，以满足生产的工艺要求，矿石的破碎与粉碎通常是用破碎机和粉碎机来完成。

(2) 筛分与分级 筛分是大小不等的固体颗粒物料通过带有不同孔眼的筛子，较大颗粒物料留在筛网上，较小颗粒物料通过筛眼落下

的分选方法。筛分的目的是控制加工矿石的粒度或细度，使其大小均匀，以满足工艺要求。分级是固体物料在流体中，依其沉降速度不同而按粒度大小分类的方法。分级的目的同样是控制矿料的粒度或细度大小均匀，以利于矿料加工。筛分通常采用泰勒标准筛，分级有水力分级和空气分级两种，水力分级适用于直径 $1\sim 3\text{mm}$ 的颗粒，空气分级则适用于直径 $<0.5\text{mm}$ 的颗粒。

(3) 矿石的富集 在矿石中，除有用矿物以外，还含有一部分迄今无法利用的矿物，统称为脉石。矿石富集的目的是将有用矿石和无用脉石分开，以提高矿石的品位，减少加工过程中其他原料、材料及能量的消耗，保证技术、经济的合理性和综合利用矿物资源。矿石富集的方法有：手选、磁选、浮选、摩擦选、放射选、光电选、重力选、电力选等，工业上最广泛应用的是重力选、磁选和浮选。

(4) 矿石的热化学加工 为了提高矿石的化学反应能力，改变矿石的物理、化学性质，常将矿石进行热化学加工，即进行热处理。有的矿石经热化学加工后即为最终成品，有的还待进一步加工。根据化学反应和得到产物的物理化学状态不同，热化学加工的方法可分为焙烧、烧结和熔融。

(5) 矿石的湿法加工 矿石的湿法加工系利用溶剂，将有用组分和杂质进行分离，一般是有用组分进入溶液，然后再将溶液进一步加工而得到产品。如果有用组分是非水溶性的，就需要用酸碱溶液作为溶剂，而在化学肥料生产中，较为普遍的是用各种无机酸来处理水不溶性矿物。

如果矿石中不溶性组分不多，用溶剂处理后的残渣很少，则此种过程称为溶解；如果矿石中不溶性组分很多，用溶剂处理后的残渣很多，可溶组分要从其中提取，则这种过程称为浸取。溶解可分为物理溶解和化学溶解。浸取是用溶剂提取混合矿中可溶性组分的过程，它与固相溶质全部进入溶液的溶解过程有所不同，它同样可分为物理浸取和化学浸取。

(6) 盐类的结晶 化学肥料产品一般都要制成固体，并要求粒度均匀、流动性良好，具有容易包装和贮存的良好性能，晶体可以从熔

融体、溶液或气相中析出。在化学肥料生产中，常把从水溶液析出晶体的过程叫做结晶。盐类结晶的目的是在于使产品晶体与溶液分离，再经过沉降、过滤、洗涤、干燥等加工过程而获得纯度较高、性能良好的化学肥料产品。盐类的结晶可通过蒸发或冷却把不饱和溶液变成过饱和溶液，从而实现盐类的结晶。

在化学肥料生产过程中，除上述基本单元操作外，根据化学肥料产品不同性质和要求，以及工业生产的特点，还应配合一些化工单元操作，如配料、化学反应转化、冷却、蒸发、沉降、过滤、洗涤、干燥、造粒、产品表面处理、成品计量包装等，最终才能得到化学肥料产品。

四、化学肥料工业的发展概况

磷、钾肥工业始于 19 世纪中叶，氮肥工业从 1913 年氨合成法研究成功之后，才有条件发展，近几十年来，氮肥工业发展速度很快。

1987 年世界各国化学肥料产量已达 1.41 亿 t ($N+P_2O_5+K_2O$)，据联合国工业发展组织预测，到 2000 年世界各国化学肥料产量将达到 2.5~2.6 亿 t ($N+P_2O_5+K_2O$)。

国外化学肥料生产的发展趋势是营养元素含量高的比含量低的发展快；复合（混合）肥料比单一肥料发展快；液体肥料比固体肥料发展快。

氮肥中，尿素含氮量高，它的发展尤其迅速，生产装置日趋大型化，目前单系列大型尿素装置已达年产 80 万 t，硝酸铵的发展也很快，现已有年产硝酸铵 45 万 t 的生产装置。

复合肥料是向植物提供养分平衡的肥料，高效复合肥料是目前发展的方向。从化学肥料的使用效果和工业生产的合理性来看，复合（混合）肥料均较单一肥料为佳。氮与磷适当配比，不仅可以发挥磷肥的肥效，同时也能提高氮肥的肥效。因此世界各国均很重视发展复合（混合）肥料。美国、德国、日本等国的化学肥料总销量中 N 的 40%， P_2O_5 的 80%~85%， K_2O 的 85%~95% 是以复合（混合）肥料的形式提供的，磷酸铵、硝酸磷肥等高效复合肥料发展很快。

近年来在化学肥料的有效成分提高方面已取得较大的进展。如美国化学肥料产品中平均有效成分已提高到 42.9%，还发展了一些含有

效成分高达 50%~80% 的高效肥料，如尿素磷酸铵、多磷酸铵、磷酸钾等。各国生产和使用高效复合（混合）肥料的比重也在迅速增加，有的国家复合（混合）肥料施用量已占总量的 60% 以上。

液体肥料向多元素混合物的方向发展。因为生产液体肥料比固体肥料简单、成本低，又便于机械化施肥。同时，还便于掺进微量元素、农药、除草剂等物质使其具有多种功能。

中国的化学肥料工业现在已发展成为具有多种类型，比较完整的化学肥料工业体系。大、中、小型化学肥料装置都能自行设计，制造和安装。全国化学肥料产量 1949 年为 6kt (N)，到 1990 年产量已达到 1840 万 t ($N+P_2O_5+K_2O$)，仅次于美国，居世界第二位。建国以来，化学肥料工业虽然发展很快，但仍然不能满足迅速发展的农业要求，一是数量不足；二是化学肥料产品比例失调，多氮少磷缺钾；三是化学肥料品种单一，低浓度的产品量多，高浓度的产品量少；四是化学肥料产品能耗高；五是国产化大型装备较差。

今后，中国化学肥料工业的任务是：适当增加新的大型化学肥料生产装置外，要对现有化学肥料生产装置进行技术改造和扩建，提高生产能力，降低能耗；重点发展高浓度的尿素、磷酸铵复合肥料等品种；改进现有小化肥厂的生产品种，将部分生产碳酸氢铵、普通过磷酸钙等低浓度的单一肥料，改为生产高浓度的多效肥料；研制加磷或加钾改性碳酸氢铵系列复合肥料，使碳酸氢铵的稳定性提高。在搞好多、中型氮肥生产的同时，加强磷矿和钾资源的开发，促进磷、钾肥的发展，以调整氮、磷、钾的比例。按照“节肥增效”的途径，开展微量元素肥料、长效肥料和化学肥料增效剂的研究和生产，以提高化学肥料的增产效果；适当发展农药肥料，施肥与除虫一次完成，扩大用途，减少农业生产的管理环节。充分利用泥土和劣质煤生产腐植酸类肥料，以扩大肥源，改良土壤和增加植物的养料；在施肥技术上，要努力推广“科学施肥，合理施肥”，充分利用化学肥料的养分，减少浪费，夺取农业的高产和稳产。要实现农业的现代化，今后必将大力发展化学肥料工业。

第一章 水盐体系相图

水盐体系是指盐在水中呈平衡的体系，它是化学肥料与无机盐生产中常见的反应体系。在化学肥料的许多品种如尿素、过磷酸钙、磷酸铵、硝酸磷肥、钾肥及无机盐的生产中都涉及到水盐体系。

在化学肥料生产过程中，常常经过溶解、蒸发、冷却、结晶等相变化过程，从水盐体系中分离和提纯产品。因而掌握反应物和生成物的质量和数量之间的关系十分重要。对于简单的体系如单组分体系，可用数学处理来解决。但是工业生产上的水盐体系往往是比较复杂的，很难找到准确的数学公式来表达这些相变化的规律。因此，经过人们长期的研究，可以根据有关盐类在水中的溶解度的实验数据描绘出各种几何图形，以此来表示相变化规律，从这些几何图形上可以形象地看出水盐体系中各聚集状态和它们所处温度、压力、组成等条件的关系，这样的几何图形就称为水盐体系相图。

水盐体系相图是根据各种盐类在水中的溶解度而绘制出来的，它是研究水盐体系生产中不可缺少的工具。应用水盐体系相图，不仅要熟悉图中点、线、面、体的含意，而且特别重要的是利用相图所揭示的规律来制订合理的工艺流程，确定优惠的生产条件，分析解决实际生产中的问题。

第一节 概 述

一、水盐体系相律

1. 相律

相律是研究体系处于平衡状态下的相变化规律，其数学表达式如下：

$$F = C - P + N \quad (1-1)$$

式中 F ——自由度的数目；

C ——组分的数目；

P ——相的数目；

N ——影响体系平衡状态的外界因素的数目(如温度、压力、重力、磁力、光照等)。

水盐体系同其他的平衡体系一样，也都服从相律。

在通常情况下，外界因素的重力、磁力、光照对体系的平衡影响不大，故相律表达式可写为：

$$F = C - P + 2 \quad (1-2)$$

由于水盐体系的相变化过程主要涉及到盐类在水中的溶解度问题，而气相的压力几乎不影响盐类的溶解度，因此在分析水盐体系时，往往不考虑气相，忽略压力对体系的影响，故对水盐体系相律的数学表达式为：

$$F = C - P + 1 \quad (1-3)$$

根据相律表达式，就可以分析体系的平衡状态，掌握相变化引起盐结晶的生成与消失的规律。

2. 相数

相数是指相的数目。相是体系中具有相同的物理性质和化学性质的任何均匀部分。相与相之间有明显的分界面，可以用物理的方法把不同的相分开。

任何气体均能无限混合，不管有多少种气体，都只能有一个气相。

对于液体，由于液体的互溶度不同，可以是一相、两相、一般不超过三相。

对包含在体系中的固体，不管分得多么细小，只要是同一种物质，就是一个固相，但是固态的熔融体只能是一个相。

3. 组分数

足以形成平衡体系中的所有各个相所需要的最少数目的独立物质称为组分数，组分数是构成一个体系所需要的最基本的，也是不能再少的物质数。组分数等于体系原始物质的种类数减去这些物质间的独立反应数和浓度限制条件数，可用式(1-4)表示：