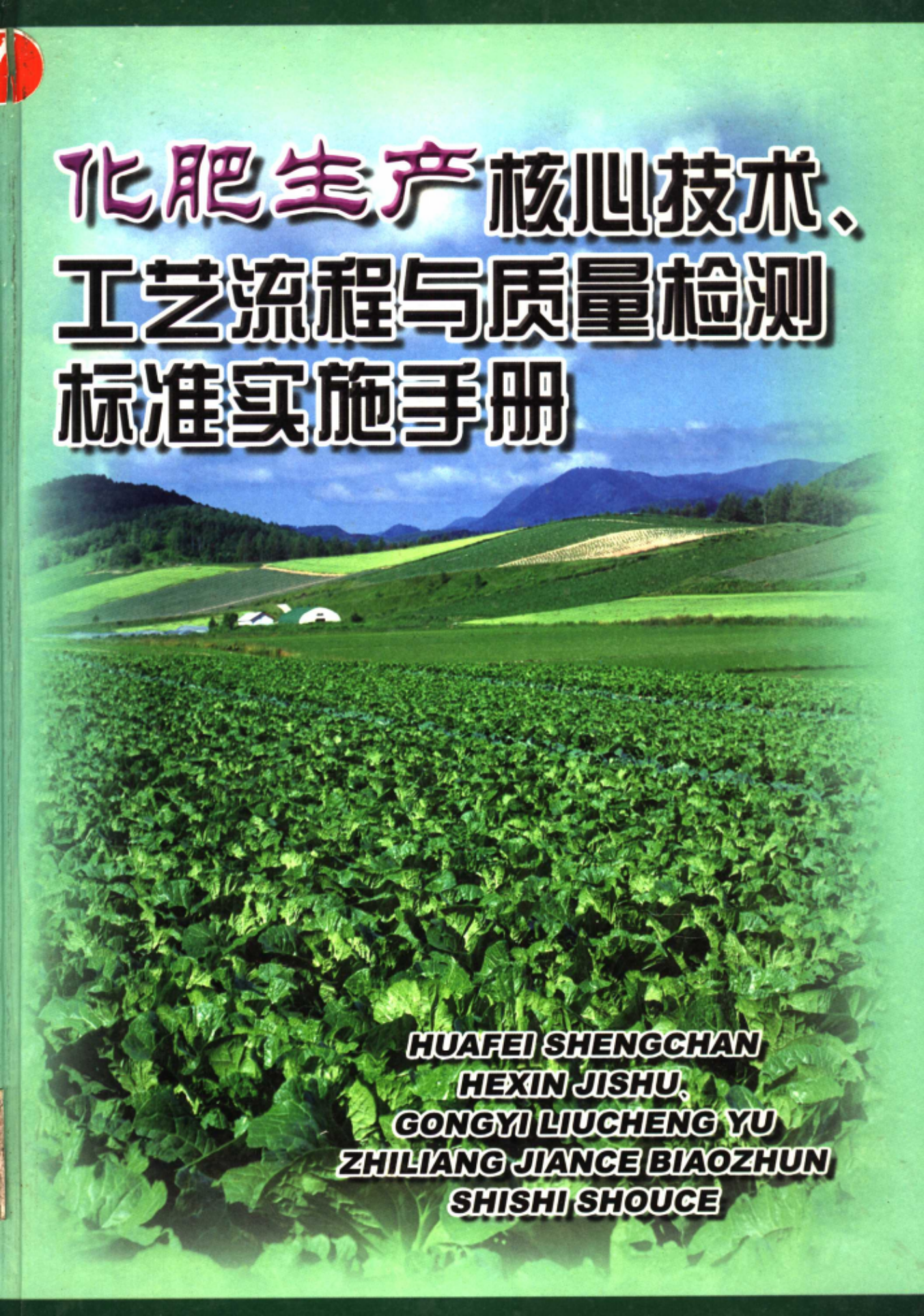




化肥生产核心技术、 工艺流程与质量检测 标准实施手册

**HUAFEI SHENGCHAN
HEXIN JISHU,
GONGYI LIUCHENG YU
ZHILIANG JIANCE BIAOZHUN
SHISHI SHOUC**



**HUAFEI, SHENGCHAN,
HEXIN, JISHU,
GONGYI, LIUCHENG YU,
ZHILIANG, JIANCE, BIAOZHUN,
SHISHI, SHOUCHE**

R
T0 42 62
4/2

化肥生产核心技术、工艺 流程与质量检测标准 实施手册

主编 吴 密

(第二册)

电子工业出版社



数据加载失败，请稍后重试！

目 录

第一篇 总论	(1)
第一章 化肥工业的历史回顾	(3)
第二章 化肥是促进粮食增产的基本要素	(16)
第三章 化肥生产的特殊性	(25)
第四章 新型肥料的生产及应用	(31)
第五章 化肥二次加工新技术	(37)
第六章 化肥标准实施与实施中存在的问题	(54)
第七章 国内外肥料市场态势	(59)
第八章 我国肥料工业未来发展的展望	(75)
第二篇 氮肥生产核心技术与工艺流程	(79)
第一章 概述	(81)
第一节 自然界中的氮	(81)
第二节 化学工业中的固氮方法	(84)
第二章 合成氨的生产核心技术与工艺流程	(96)
第一节 概述	(96)
第二节 合成氨原料气的制备技术与工艺流程	(138)
第三节 合成氨原料气的净化技术与工艺流程	(220)
第四节 合成氨生产过程中的气体压缩技术与工艺流程	(290)
第五节 氨的合成技术与工艺流程	(323)
第六节 合成氨生产工艺总流程	(437)
第七节 合成氨生产过程中的能量利用技术	(446)
第八节 合成氨生产过程中的自动控制技术	(482)
第九节 氨生产中的安全操作技术	(511)
第十节 液氨的贮存、运输和装卸技术	(529)
第三章 尿素的生产核心技术与工艺流程	(558)

第一节	概述	(558)
第二节	尿素的合成技术及主要影响因素	(571)
第三节	尿素生产中未反应物的分离技术与工艺流程	(600)
第四节	尿素生产中未反应物的回收技术	(615)
第五节	尿素溶液的蒸发和结晶技术与工艺流程	(633)
第六节	尿素造粒的生产核心技术与工艺流程	(663)
第七节	尿素生产中的各种副反应	(666)
第八节	造制尿素的各工工艺生产技术	(668)
第九节	尿素生产的工艺流程	(681)
第十节	尿素装置主要设备	(701)
第十一节	尿素生产中的腐蚀与防腐技术	(705)
第十二节	尿素工厂的试车技术	(710)
第十三节	尿素生产中各段的控制技术	(714)
第十四节	充分利用尿素生产中的能量	(720)
第十五节	尿素生产系统的产品能平衡	(723)
第十六节	尿素生产工艺的安全操作技术	(734)
第十七节	尿素生产的技术改进及发展	(736)
第四章	碳铵与联碱的生产核心技术与工艺流程	(741)
第一节	碳铵的生产核心技术与工艺流程	(741)
第二节	联碱的生产核心技术与工艺流程	(792)
第五章	硝酸和硝酸铵的生产核心技术与工艺流程	(808)
第一节	硝酸的生产核心技术与工艺流程	(808)
第二节	硝酸铵的生产核心技术与工艺流程	(873)
第六章	氮肥生产设备的检修、维护与保养技术	(897)
第一节	氮肥厂检修的目的及特点	(897)
第二节	氮肥设备检修的特点	(898)
第三节	氮肥检修安全技术要点	(899)
第七章	氮肥生产电气安全保障技术	(907)
第一节	电气防爆	(907)
第二节	防雷与防静电	(910)
第八章	氮肥生产过程中杀毒噪声的危害及防治技术	(917)
第一节	尘毒危害的特点与防治	(917)
第二节	噪声的危害与防治	(924)
第九章	氮肥的安全储运技术	(928)
第一节	运输通则	(928)

第二节 储存通则	(930)
第三节 氮肥生产过程中的主要化学危险物品的储存、运输安全管理技术	(931)
第十章 氮肥生产中的环保技术	(940)
第一节 氮肥生产与生态环境污染	(940)
第二节 氮肥工业废水处理技术	(943)
第三节 氮肥工业废气处理技术	(970)
第四节 氮肥工业废渣处理技术	(981)
第十一章 氮肥国家标准	(991)
 第三篇 磷肥生产核心技术与工艺流程	 (1175)
第一章 概述	(1177)
第一节 磷肥的作用	(1177)
第二节 磷肥的品种	(1177)
第三节 磷肥的生产方法	(1180)
第四节 我国磷肥工业的现状	(1181)
第二章 磷矿的开采、选矿及前处理技术	(1183)
第一节 磷矿及我国的磷矿资源	(1183)
第二节 磷矿开采技术	(1185)
第三节 磷矿选矿技术	(1188)
第四节 磷矿的前处理技术	(1200)
第三章 湿法和热法磷酸的生产核心技术与工艺流程	(1202)
第一节 磷酸的性质	(1202)
第二节 湿法磷酸的生产核心技术与工艺流程	(1204)
第三节 元素磷和热法磷酸	(1295)
第四章 各种磷肥产品的生产核心技术	(1314)
第一节 酸法磷肥的生产核心技术	(1314)
第二节 热法磷肥的生产核心技术	(1339)
第五章 磷酸铵、硝酸钾和磷酸钾三类复合肥料的生产核心技术与工艺流程	(1348)
第一节 概述	(1348)
第二节 磷酸铵类复合肥的生产核心技术与工艺流程	(1351)
第三节 硝酸磷肥的生产核心技术与工艺流程	(1359)
第四节 磷的钾复合肥的生产核心技术术与工艺流程	(1385)
第六章 磷肥生产的综合利用与环保技术	(1393)

第一节 磷肥生产与生态环境污染	(1393)
第二节 现行标准主要内容摘录	(1396)
第三节 磷石膏的处理与综合利用技术	(1398)
第四节 氟硅酸溶液综合利用技术	(1404)
第七章 磷肥生产中的分析测定与注意事项	(1410)
第一节 磷肥生产中的安全动火分析测定与注意事项	(1410)
第二节 磷肥生产中的油品的分析测定与注意事项	(1413)
第三节 磷肥生产中的酚醛树脂的分析测定	(1419)
第四节 磷肥生产中环氧树脂的分析	(1422)
第八章 磷肥生产中的安全操作技术	(1431)
第一节 磷肥生产中的危险因素	(1431)
第二节 磷肥生产中的安全操作技术	(1431)
第九章 磷肥国家标准	(1435)
第十章 磷矿石国家标准	(1496)
第十一章 复合肥料国家标准	(1615)
 第四篇 钾肥的生产核心技术与工艺流程	 (1679)
第一章 概述	(1681)
第一节 钾肥生产的发展	(1681)
第二节 常用钾肥的成分和性质	(1682)
第三节 钾单位用量换算成钾肥和复合肥料单位用量	(1682)
第二章 钾矿及其开采技术	(1683)
第一节 钾肥工业生产的主要原料资源	(1683)
第二节 钾矿的开采技术	(1684)
第三章 钾肥的生产核心技术与工艺流程	(1685)
第一节 硫酸钾的生产核心技术与工艺流程	(1685)
第二节 氯化钾的生产核心技术与工艺流程	(1690)
第三节 其他原料钾肥的生产核心技术	(1703)
第四章 钾肥国家标准	(1705)
 第五篇 复混肥的生产核心技术与工艺流程	 (1729)
第一章 概述	(1731)
第一节 复混肥的发展历史	(1731)
第二节 复混肥的主要类型及品种	(1732)
第三节 复混肥料的理化特性与适用性	(1734)

第四节 复混肥在我国的发展和特点	(1742)
第二章 复混肥生产方法类型和基本生产原理	(1744)
第一节 复混肥的生产方法类型	(1744)
第二节 复混肥料的基本生产原理	(1745)
第三章 复混肥生产前的配方与选料技术	(1748)
第一节 复混肥料生产的配方设计	(1748)
第二节 复混肥料生产的选料技术	(1751)
第三节 复混肥生产的配料计算方法	(1756)
第四章 复混肥主要生产工艺技术	(1761)
第一节 掺混法生产工艺技术	(1761)
第二节 物理团粒法生产工艺技术	(1763)
第三节 料浆法生产工艺技术	(1766)
第四节 熔体造粒法生产工艺技术	(1769)
第五节 挤压法生产工艺技术	(1781)
第五章 复混肥料生产设备的规格及技术参数	(1786)
第一节 破碎设备的规格及技术参数	(1786)
第二节 混合设备的规格及技术参数	(1792)
第三节 造粒设备的规格及技术参数	(1796)
第四节 干燥设备的规格及技术参数	(1802)
第五节 冷却设备的规格及技术参数	(1804)
第六节 筛分设备的规格及技术参数	(1806)
第七节 包涂设备的规格及技术参数	(1809)
第八节 计量包装设备的规格及技术参数	(1811)
第六章 几种体系的复混肥生产工艺技术	(1813)
第一节 尿素-重过磷酸钙系复混肥的生产工艺技术	(1813)
第二节 其他二元、三元系复混肥的生产工艺技术	(1822)
第三节 高浓度硫基复肥的生产工艺技术	(1829)
第四节 硝酸钾的生产工艺技术	(1834)
第七章 功能性肥料的配制及生产核心技术	(1838)
第一节 微量元素肥料的配制及生产核心技术	(1838)
第二节 叶面肥料的配制及生产核心技术	(1851)
第三节 液体肥料的配制及生产核心技术	(1856)
第四节 缓释肥料的配制及生产核心技术	(1885)
第五节 有机-无机复混肥的配制及生产核心技术	(1891)
第八章 复混肥生产中的着色技术	(1920)

第一节 复混肥着色技术在工艺上的应用	(1920)
第二节 复混肥生产中着色剂的选用及其用量	(1922)
第三节 复混肥着色技术中应注意的问题	(1923)
第九章 复混肥的生产安全章程及设备安全防护技术	(1924)
第一节 复混肥的生产安全章程	(1924)
第二节 复混肥设备的安全防护技术	(1926)
第三节 复混肥设备的检修安全章程	(1927)
第四节 车间、化验室消防设施及操作人员的劳动防护技术	(1928)
第十章 复混肥料国家标准	(1930)
第六篇 硫酸生产核心技术与工艺流程	(2073)
第一章 概述	(2075)
第一节 硫酸工业简史	(2075)
第二节 我国硫酸工业生产技术的进展	(2077)
第三节 硫酸的性质和用途	(2080)
第四节 制造硫酸的原料	(2081)
第二章 硫铁矿的焙烧技术与工艺流程	(2086)
第一节 硫铁矿的焙烧原理	(2086)
第二节 沸腾焙烧的主要设备及工艺流程	(2090)
第三节 几种重要焙烧技术	(2101)
第三章 炉气净化与干燥的生产技术与工艺流程	(2108)
第一节 炉气净化的生产技术与工艺流程	(2108)
第二节 炉气干燥的生产技术与工艺流程	(2118)
第四章 二氧化硫转化的生产核心技术与工艺流程	(2122)
第一节 二氧化硫催化氧化的基本原理	(2122)
第二节 二氧化硫催化氧化用的钒催化剂及使用技术	(2126)
第三节 二氧化硫的转化工艺流程及主要转化设备	(2140)
第四节 二氧化硫转化的操作技术指标和正常操作调节	(2150)
第五节 二氧化硫转化过程中不正常情况的原因分析和处理	(2156)
第五章 三氧化硫吸收的生产核心技术与工艺流程	(2171)
第一节 三氧化硫吸收的基本原理	(2171)
第二节 三氧化硫吸收的工艺流程与主要生产设备	(2179)
第三节 100% SO ₃ 及高浓度发烟硫酸的制造技术与工艺流程	(2181)
第六章 其他含硫原料制取硫酸的生产核心技术与工艺流程	(2183)
第一节 硫磺制取硫酸的生产核心技术与工艺流程	(2183)

第二节 冶炼烟气制取硫酸的生产核心技术与工艺流程	(2186)
第三节 用石膏制硫酸的生产核心技术与工艺流程	(2187)
第七章 硫酸生产中的电化学保护应用技术	(2190)
第一节 电化学保护技术基本原理	(2190)
第二节 硫酸生产中的阳极保护应用技术	(2191)
第三节 硫酸生产中的阴极保护应用技术	(2191)
第八章 硫酸生产中的环境保护与综合利用技术	(2195)
第一节 硫酸工业污染物排放标准	(2195)
第二节 环境质量标准	(2198)
第三节 硫酸生产中的废气回收技术	(2199)
第四节 硫酸生产中的废水处理和稀酸利用技术	(2210)
第五节 硫酸生产中烧渣的综合利用技术	(2227)
第九章 硫酸生产中的安全操作技术	(2233)
第一节 原料工序中的安全操作技术	(2233)
第二节 焙烧工序中的安全操作技术	(2234)
第三节 净化工序中的安全操作技术	(2235)
第四节 转化工序中的安全操作技术	(2235)
第五节 干吸工序中的安全操作技术	(2235)
第六节 氨法尾气回收工序中的安全操作技术	(2237)
第七节 硫酸贮运的安全措施	(2238)
第八节 高浓度发烟硫酸和液体三氧化硫作业中的安全操作技术	(2239)
 第七篇 化学肥料相关国家标准	 (2243)
第一章 我国肥料标准化工作现状	(2245)
第二章 化肥基础标准与其他相关国家标准	(2248)
第一节 化肥基础标准与通用试验方法	(2248)
第二节 与化肥相关的国家标准	(2358)
第三节 进出口检验方法	(2414)

第五节 尿素溶液的蒸发和结晶技术与工艺流程

众所周知,无论采用哪种尿素生产流程,出合成塔(或高压圈)的溶液在经过二次或三次减压加热,分离出未反应物之后,得到温度约 90℃ ~ 105℃、浓度约 68% ~ 75% (质量)的尿素水溶液。

上述尿素水溶液在一些国家直接用于制备氮肥溶液。例如生产尿素—硝酸铵 (UAN) 无压氮肥溶液。它是分别将 75% ~ 85% 的硝酸铵溶液和 70% ~ 75% 的尿素水溶液及防腐剂经过计量,然后混合、冷却而得。另外,还可用于生产氨—硝酸铵—尿素或氨—尿素有压溶液。表 2-2-174 和表 2-2-175 列出一些无压、有压含尿素氮肥溶液的化学和物理特性。

表 2-2-174 美国常用的三种尿素—硝酸铵无压氮肥
溶液的物理和化学特性

品级, % N	28	30	32
质量组成			
尿素, %	30.0	32.7	35.4
硝酸铵, %	40.1	42.2	43.3
水, %	29.9	25.1	21.3
密度, 15.6℃, t/m ³	1.283	1.303	1.32
盐析温度, °C	- 18	- 10	- 2

无压氮肥溶液的防腐剂最常用的是液氨,加入量约 0.5% (质量),作为游离氨将溶液的 pH 值控制到 7.0 ~ 7.5。另一种有效防腐剂是磷酸铵。

生产氮肥溶液比生产固体氮肥能耗低。同时无压液肥的产生、经营管理、贮存和施肥比较简便;尤其利用灌溉水施肥特别方便,使土壤能够均匀地得到养分;氮肥溶液也是杀虫剂和微量元素的极好载体;易于通过管线、平底船和槽车运输,设备费用比液氨少;由于添加了防腐剂,可降低低碳钢贮槽的腐蚀,亦可用费用低的贮存设施,例如用厚度 0.76mm 的聚氯乙烯或 0.15mm 的聚乙烯薄膜做成的土池来贮存。因而无压液肥的生产增长率很高。不过,由于复合粒肥的发展,使得无压和有压氮肥溶液的推广价值已日趋下降。

表 2-2-175 欧洲和美国常用的氨—硝酸铵—尿素和氨—尿素有压
氮肥溶液的物理和化学特性

溶液编号 ^①	质量, %					密度(16℃)	40℃时分压	盐析温度
	总 N	游离氨	NH ₄ NO ₃	尿素	水	t/m ³	(kPa 表压)	℃
440(28—40—15)	44.0	28.0	40.0	15.0	17.0	1.052	193.19	-17
444(25—55—10)	44.5	25.0	55.0	10.0	10.0	1.108	152.00	-31
450(27—50—12)	45.2	26.7	50.0	12.0	11.3	1.085	206.92	-22
490(33—43—13)	49.1	33.5	44.0	13.0	9.5	1.020	372.65	-32
495(37—40—11)	49.5	37.0	40.0	11.0	12.0	1.039	413.84	-46
515(40—40—10)	51.6	40.0	40.0	10.0	10.0	0.983	537.40	-19
370(25—0—35)	37.1	25.0	—	35.3	39.7	1.090	165.73	1
450(37—0—32)	45.0	36.6	—	32	31.4	0.929	372.65	-8

① 溶液编号中首列数字是总 N 百分数乘 10(整数计),括号内的数字分别是游离氨、硝酸铵、尿素的百分数。

随着农业对粒状复合肥料的需求量的增长和尿素加工业的发展,市场对固体尿素的需要仍然是主要的。为此需要将尿素水溶液进一步浓缩并最后加工为固体尿素。

一、尿素溶液的蒸发

尿素溶液吸收热量使溶液中水汽化逸出,得到较浓尿素溶液的过程叫做尿素溶液的蒸发。

蒸发工艺条件的选择,副反应速率的控制和单元设备结构型式对蒸发过程的影响是十分重要的。

(一)工艺条件的选择

不同的造粒或成粒方法对尿素溶液蒸发的最终浓度要求是不同的。例如进塔式造粒喷头的熔融尿素浓度为 99.7%~99.8%;喷流床成粒法中进入流化喷嘴的尿素溶液浓度约 96%~97%;在盘式成粒法中,进入喷嘴的熔融尿素为 98.5%~99.5%。在蒸发过程中为了减少副反应的产生,要求蒸发温度尽可能地低,蒸发时间尽可能地短。通常采用真空蒸发工艺或采用惰性气体汽提蒸发工艺以满足这些要求。

1. 蒸发工艺流程说明

(1)真空蒸发工艺

①两段蒸发工艺流程 图 2-2-299 是典型的两段真空蒸发工艺流程。低压分解系统所得尿素溶液送入尿素溶液贮槽,浓度约 70%~75%(质量),用泵打入一段蒸发加热器 1,其壳侧用蒸汽加热,管侧出液温度控制在 128℃~130℃,压力控制在 0.033MPa(绝)。一段蒸发分离器 2 出口尿素溶液浓度约 95%~96%,在重力和压差作用下自流进入二段蒸发加热器 3,其壳侧用蒸汽加热,管侧出液温度控制在 136℃~140℃,压力约为 0.0033MPa(绝),最终被浓缩到 98%~99.8%。流程中用两个真空系统

分别维持蒸发操作过程所需要的真空度。

②三段蒸发工艺流程 某些生产工艺采用所谓预浓缩器,如氨汽提法的预浓缩流程中的预浓缩器是用中压分解气做热源,在真空下将尿素溶液由 70% 浓缩到 85% (质量)。因此,带有预浓缩的蒸发流程实际上是三段真空蒸发流程。在经过预浓缩器后的尿素溶液再送入两段蒸发加热器最终得到尿素熔融物。图 2-2-300 是典型的三段蒸发工艺流程。这种方式减少了蒸汽耗量。

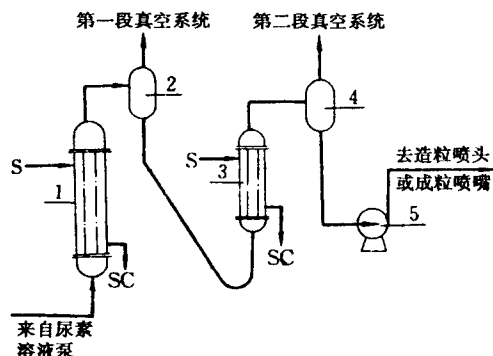


图 2-2-299 两段蒸发工艺流程

1—一段蒸发加热器;2—一段蒸发分离器;3—二段蒸发加热器;4—二段蒸发分离器;
5—熔融尿素泵;S—蒸汽;SC—蒸汽冷凝液

(2) 汽提蒸发工艺

图 2-2-301 是 50 年代出现的惰性气汽提蒸发工艺,其特点是采用降膜蒸发器和用惰性气体汽提,从而达到降低操作温度,缩短停留时间的目的。

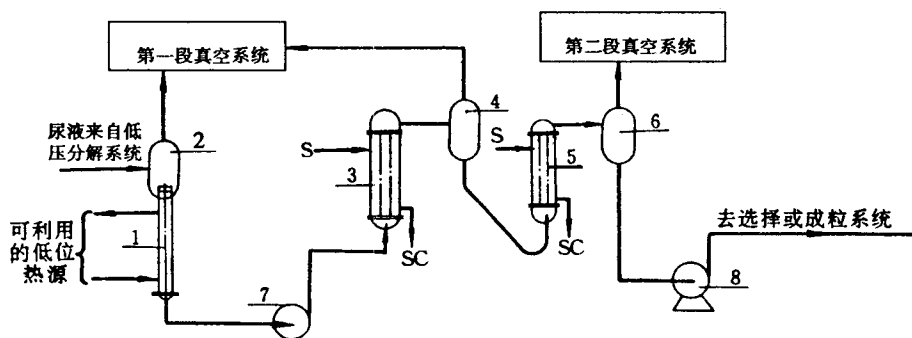


图 2-2-300 三段蒸发工艺流程

1—预浓缩蒸发器;2—预浓缩分离器;3—一段蒸发加热器;4—一段蒸发分离器;
5—二段蒸发加热器;6—二段蒸发分离器;7—尿素溶液泵;8—熔融尿素泵;
S—蒸汽;SC—蒸汽冷凝液

图中左侧是蒸发器示意结构和原理图。蒸发器器壁由截顶圆锥体构成。尿素溶液自顶部进入蒸发器,沿器壁往下流,移至中央,滴在自转盘上,再重新分布到器壁上,壁外用蒸汽加热,提供蒸发所需热量。同时,惰性气体向上通过液体;由于惰性气体是自下而上流动过程,水蒸汽分压从零增加到大,但始终比与之相接触的熔融尿素的平衡蒸汽压要小得多,从而携带出水分,从蒸发器底部得到 99.7% 的熔融尿素。由于采用惰性气汽提,在常压下亦可在较低温度下达到蒸发的目的。

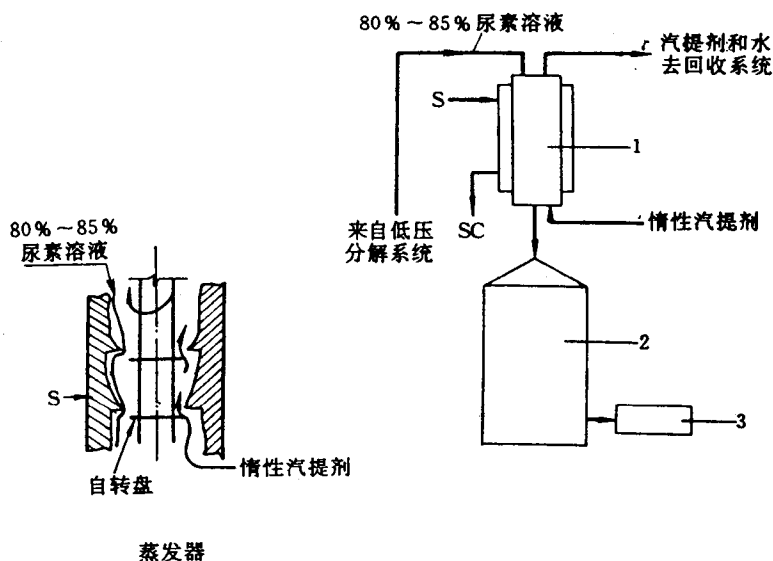


图 2-2-301 惰气汽提蒸发工艺流程图

S—蒸汽;SC—蒸汽冷凝液

1—降膜式蒸发器;2—造粒塔;3—成品处理装置

在尿素工厂生产能力较小(小于 200t/d)情况下,将蒸发器布置在造粒塔顶上,可省去熔融尿素泵及输送管道,这样缩二脲生成量要少一些。

图 2-2-302 是用于大型尿素装置的空气汽提蒸发工艺流程。在真空蒸发段使尿素溶液浓缩到 80% 左右。所需热量可由蒸汽或可利用的低位热源提供。尿素溶液用泵至降膜式蒸发器 4 上部,经液体分布器,溶液沿蒸发列管内壁呈降膜向下流动。空气经鼓风机和空气加热器 7 加热到 180℃ 左右送入蒸发器底部分布器,空气在各蒸发列管内向上流动,由于空气和溶液两相中存在水蒸汽压差,从而使空气能够连续地把水分带走,在蒸发器顶部设有除沫段。出顶部的空气含有水分和少量固体尿素。经洗涤回收后直接放空。这一蒸发过程也是在常压状态下进行的。

本蒸发流程的特点是缩二脲生成量低,蒸发蒸汽经洗涤后几乎不含尿素,可以直接排入大气,而对环境无污染。

本章主要介绍最常见的常规真空蒸发工艺。

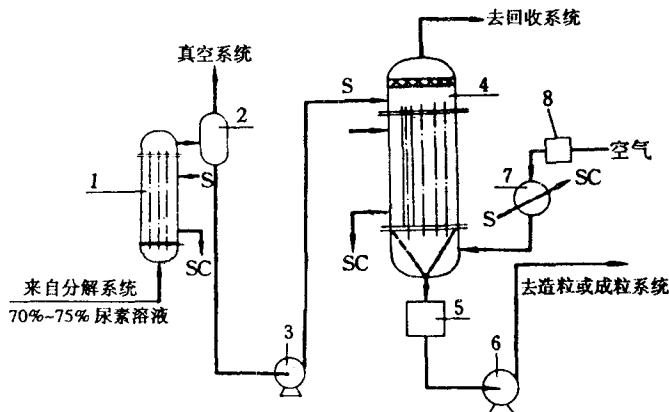


图 2-2-302 空气汽提蒸发工艺流程图

1—溶液蒸发器;2—分离器;3—尿素溶液泵;4—降膜式列管蒸发器;
5—缓冲贮槽;6—熔融尿素泵;7—空气加热器;8—空气除湿器;
S—蒸汽;SC—蒸汽冷凝液

2. 工艺条件分析和选择

不论采用何种蒸发方法,其工艺条件分析和选择均可利用尿素-水平衡相图进行。

尿素水溶液具有双沸点的特性。表 2-2-176 列出了几组尿素水溶液的第一沸点和第二沸点温度与压力关系的数据。随着压力的升高,第一沸点和第二沸点温度互相接近。在 P-T 坐标系上作图,即得到如图 2-2-303 所示的倒 U 形状的饱和曲线,这是尿素-水平衡相图的另一种图形,用于蒸发工艺条件分析和选择是十分清楚和方便的。由于文献来源不一。故图 2-2-303 与表 2-2-174 数据略有出入。

图中 2-2-303 呈 $\cap$ 形曲线是尿素饱和溶液线; 曲线下面区域是过饱和区, 含有汽、液、固三相; 曲线上方是不饱和区, 含有汽、液两相; 斜直线是尿素等浓度线。

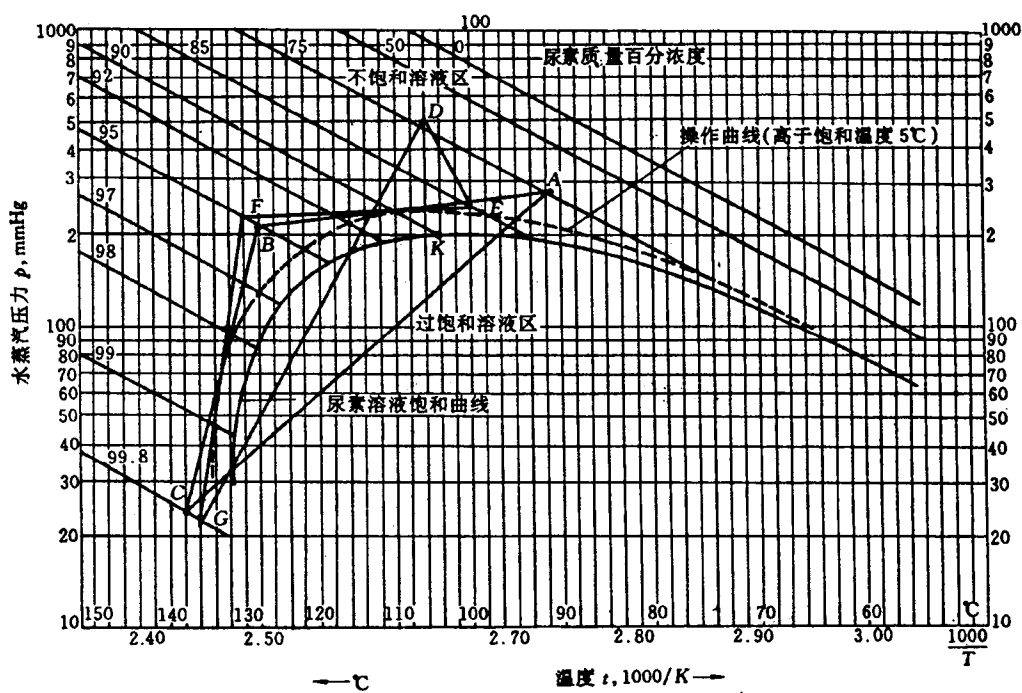
从图中看到,小于 26.66kPa(绝)的等压线与饱和曲线相交于两点,右边的交点叫作第一沸点 K_1 ,左边的交点称做第二沸点 K_2 。在 K_1 和 K_2 之间的弓形区是三相区,在此区域内的尿素溶液一定有固体尿素析出,它将堵塞设备和管道,并产生严重的磨蚀,使蒸发过程无法正常进行。

当等压线与尿素饱和溶液曲线相切于一点 K , 即 K_1 和 K_2 两点相重合, 该状态为压力 26.66kPa(绝), 温度 105℃, 不饱和溶液区尿液浓度 90.3%(质量)。通过 K 点的浓度线(90.3%)把图分为两部分, 在该线的右方是低浓度区, 饱和溶液沸点是随着压力的升高而上升, 故在此区域内进行蒸发操作时, 蒸发压力应控制在大于 26.66kPa(绝), 以免经过第一沸点 K_1 进入过饱和区而析出固体尿素; K 点浓度线的左方是高浓度区, 饱和溶液沸点随着压力的减少而下降, 故在此区域内进行蒸发操作时, 应把压力控制在低于 26.66kPa(绝)条件下, 在适当温度时就能够获得高浓度的尿素熔融物。

表 2-2-176 尿素溶液沸点和压力关系

压 力 (mmHg) kPa	第一沸点 K_1		第二沸点 K_2	
	温度, $^{\circ}\text{C}$	相应尿素 浓度, 质量%	温度, $^{\circ}\text{C}$	相应尿素浓度, 质量%
(20) 2.66	26.5	55.6	131.5	99.5
(40) 5.33	41.0	63.0	130.0	99.1
(50) 6.66	46.4	65.3	129.5	98.8
(80) 10.66	59.0	70.9	127.6	98.1
(100) 13.33	66.0	74.0	125.7	97.6
(150) 19.99	80.0	80.2	119.9	95.5
(170) 22.66	86.0	82.6	116.3	94.0
(200) 26.66	105	90.3	105	90.3

1mmHg = 133.32Pa

图 2-2-303 $\text{Ur}-\text{H}_2\text{O}$ 平衡相图(压力—温度—浓度关系)^[3]

(1mmHg = 133.32Pa)