

复混肥和功能性肥料

生产新工艺及应用技术丛书

生产工艺技术

徐静安 主编

潘振玉 副主编

化学工业出版社

应用化学与“三农”读物出版中心



复混肥和功能性肥料生产新工艺
及应用技术丛书

生产工艺技术

徐静安 主 编
潘振玉 副主编

化 学 工 业 出 版 社

应用化学与“三农”读物出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

生产工艺技术/徐静安主编. —北京: 化学工业出版社, 2000. 9

复混肥和功能性肥料生产新工艺及应用技术丛书

ISBN 7-5025-2942-X

I. 生… II. 徐… III. 复合肥料: 混合肥料-生产
工艺 IV. TQ444

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 66650 号

复混肥和功能性肥料生产新工艺及应用技术丛书

生产工艺技术

徐静安 主 编

潘振玉 副主编

责任编辑: 肖望国 马 强 田 桦

责任校对: 陶燕华

封面设计: 郑小红

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
应用化学与“三农”读物出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市燕山印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 11 $\frac{1}{4}$ 字数 322 千字

2000 年 9 月第 1 版 2000 年 9 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—5000

ISBN 7-5025-2942-X/TQ · 1281

定 价: 22.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

编写人员

主 编 徐静安
副主编 潘振玉
撰稿人

第一章	第一节	项 铭	朱东明	邱可伸	龚永振
	第二节	项 铭	朱东明	邱可伸	龚永振
第二章	第一节	项 铭	朱东明	邱可伸	龚永振
	第二节	陈靖宇	吴爱国		
	第三节	李惠跃	张 伟		
	第四节	陈靖宇	潘振玉		
	第五节	吴向阳	郝洪波		
	第六节	邹鸿昌	潘振玉		
	第七节	张国信			
	第八节	张立松	李惠跃		
	第九节	查忠楷			
	第十节	查忠楷			
	第十一节	邱可伸			
第三章	第一节	李惠跃			
	第二节	李惠跃			
	第三节	潘振玉	赵继善		
	第四节	陈靖宇			
第四章	第一节	张国信	潘振玉		
	第二节	冯元琦			
	第三节	张国信	潘振玉		
	第四节	何佩华			
	第五节	梁 济			
	第六节	石 称	张国信		

前 言

我国是一个农业大国，也是化肥生产和使用大国。化肥工业是世界上发展速度较快的工业之一，经过四十多年辛勤耕耘，我国化肥产量约占世界总产量的 20%，施用量约占 28%，均位于世界第一。国内施用化肥从 1949 年不足肥料总投入量的 0.1% 到至今高达 85% 以上，所以化肥是我国农业及有关领域发展十分重要的条件和基础。

随着科技进步和相关学科的发展，以及市场需求变化和自然界生态平衡与调控，对化肥工业技术研发和进步也提出了更新更高的要求。纵观我国化肥工业和化肥施用现状，在肥料复合化，深度再加工，复混肥生产规模，化肥当季利用率，氮、磷、钾比例，农化服务，科学施肥等方面与国际先进水平尚有一定差距，迫切要求加快发展化肥二次加工技术和复肥多品种的研究开发及应用。

化肥平均浓度的高低和复肥所占比重可反映出一个国家化肥工业的技术水平。复肥生产过程也是将磷肥生产和氮肥品种加工结合起来，使化肥加工过程大为简化，可比制造同等有效养分的单体肥料节省原料、降低成本、改善环境。同时经过一系列系统肥效试验和实际应用已充分证实其效果远比单组分养分肥要高。

我国复肥生产始于 70 年代，发展迅速。尤其是进入 90 年代，几乎每年以增加 100 万 t (实物量) 的速度递增，而且逐步转向生产高浓度复混肥。但是至今复肥产量仅占化肥总量 10% 左右，而且主要是低浓度产品，与世界发达国家复混肥施用量已占总量 70% 以上相比较差距是很大的。为此发展高浓、多品种复肥已列为国家“十五”及今后发展的重点之一。广大行业管理者、科技人员、生产企业、化肥施用者等都十分需要有一本专业性强、技术先进、全面系统的复混肥科技书籍以资参阅。为此化学工业出版社特委托上海化工研究院、国家磷复(混)肥生产技术与装备研究推广中心和中科院南京土壤研究所共

同编著这套丛书。以丛书形式出版既能系统、全面的介绍国内最新技术和国内外信息知识，又可对不同专业人员选读所需内容提供方便。

本丛书编著作者大多是工作在实验室、工程开发、设计应用、试验基地的有关专家和科技人员及专利发明人，编写内容从理论到实际，从生产到应用，力求新颖、工程化强、突出重点、实用性广等特点。各类生产技术中，不少是自行开发、设计、运行、考核成功的案例。以尿素为基础肥料再加工制复混肥、硫基无氯复肥等项技术更是近期开发成功的新技术，对氮肥企业调整品种结构、提高复混肥技术有其重要作用。复混肥分析测试方法内容由挂靠于上海化工研究院的国家化肥质量监督检验中心（上海）负责编写；复混肥施用技术与农化服务内容由中国科学院南京土壤研究所有关专家撰写编著。本丛书的出版，无疑将对推动我国复混肥工业的发展起到促进作用，也有助于提高行业水平。本丛书编写中始终得到国家石油和化学工业局领导、化学工业出版社领导和各编写单位领导的支持和帮助，原化学工业部总工程师陈冠荣院士、冯元琦教授亲自撰写有关内容，给予大力支持，特此致谢。

由于编写和出版时间较仓促，加上我们水平有限，书中的缺点、错误和不足之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

徐静安

潘振玉

2000年7月

内 容 提 要

本丛书共分三册：《生产工艺技术》、《分析测试方法》及《施用技术和农化服务》。

本书全面系统地介绍了复混肥生产工艺新技术体系的基本原理、生产流程、工艺条件、主要设备、操作要点、有关计算及经济技术评价和安全等知识。

全书所论述的主要技术和内容大多是作者们在长年研究和实践的基础上开发成功的工业化及专利技术，经过工厂实际应用、考核和完善，部分技术已进入国际市场。实用性较强，具有较大参考价值。

书中内容全面系统，密切结合国情，着重联系实际，表述深入浅出、针对性强。全书既有基础理论描述，又紧密结合工程应用，是一本实用价值高、可操作性强的科学应用技术专著。

本书可作为广大从事复肥技术研究开发、工程设计、教育培训、经营管理、农化服务的补充教材，也可作为致力于化肥工业技术进步的生产、科研、教育、管理人士阅读和参考。



C614670

目 录

第一章 复混肥料生产工艺技术概述	1
第一节 复混肥料及其发展简述	1
一、复混肥料的命名和养分标明通则	1
二、复混肥料生产发展简介	1
第二节 复混肥料生产工艺及主要化学反应	2
一、复混肥料的配方体系	2
二、复混肥料的基础肥料	3
(一) 氮肥的主要品种和规格	4
(二) 磷肥的主要品种和规格	6
(三) 钾肥的主要品种和规格	9
(四) 常用微量元素的品种	10
三、复混肥料生产方法类型	12
四、复混肥料生产过程的主要化学反应	13
五、复混肥料的物理性质和配料选择	17
(一) 肥料的吸湿性	17
(二) 肥料的结块性	18
第二章 复混肥料主要生产工艺技术	21
第一节 团粒法	21
一、团粒法工艺的成粒基本原理	21
二、团粒法复混肥料生产典型流程	23
三、圆盘造粒机和转鼓造粒机的造粒过程	25
(一) 圆盘造粒机的造粒过程	25
(二) 转鼓造粒机的造粒过程	26
四、中低浓度复混肥料的生产	27
五、高浓度复混肥料的生产	29
(一) 尿素-磷酸一铵-钾盐体系	29
(二) 氯化铵-磷酸一铵-钾盐体系	32

(三) 硝铵-磷酸-钾盐体系	32
(四) 其他体系	33
六、尿素-钙镁磷肥体系混肥生产工艺	34
七、有机-无机复混肥团粒法生产工艺	34
第二节 料浆法	37
一、料浆技术制造复混肥料	37
(一) 硫酸铵-磷酸铵系复混肥料	37
(二) 硝酸铵-磷酸铵系复混肥料	41
二、尿素-硝酸铵半料浆团粒法制复混肥工艺技术	47
(一) 半料浆法成粒机理	47
(二) 尿素及硝酸铵溶液制复混肥生产工艺	48
(三) 料浆团粒法制复混肥工艺主体设备简述和计算	56
第三节 熔体造粒法	63
一、塔式喷淋造粒工艺	64
(一) 荷兰斯塔米卡本法硝酸磷酸铵钾生产流程	64
(二) 挪威海德鲁法尿素磷酸铵及尿素磷酸铵钾生产流程	67
(三) 尿基氮磷钾复混肥生产技术	68
二、油冷造粒工艺	69
(一) 硝酸钙造粒技术	69
(二) 尿素-硫铵油冷造粒技术	71
(三) 尿素复混肥油冷造粒技术	73
(四) 尿基复混肥油冷造粒技术	75
三、双轴造粒工艺	77
四、配方体系及设计计算	78
(一) 工艺原理	78
(二) 配料设计和计算	78
(三) 生产装备	80
(四) 操作要点	81
(五) 功能效果	82
第四节 掺混法	82
一、掺混肥料技术的来由和发展情况	82
二、应用掺混技术的基础条件	83
(一) 配料粒度分布的技术要求	83

(二) 配料的物理-化学相合性	88
(三) 测土施肥技术的广泛应用	89
三、关于颗粒钾盐的制造技术	90
四、不同规模工厂的设计	92
(一) 分批混合型	92
(二) 连续操作型	94
第五节 挤压法	97
一、挤压造粒技术与装备	97
(一) 挤压造粒原理	97
(二) 挤压机类型	99
(三) 主要装备及流程	102
(四) 挤压造粒工艺的特点	102
二、规模 1.5~3 万 t/a 的碳铵稀土系复混肥生产工艺技术	103
(一) 概述	103
(二) 稀土农用技术	105
(三) 稀土复肥的肥效作用	108
(四) 造粒配方技术原理	109
(五) 生产流程	112
(六) 生产装置的技术特点和主要设备	113
(七) 主要经济技术指标	115
第六节 涂布(层)技术	118
一、包膜涂布(层)技术	118
(一) 概述	118
(二) 包膜涂布肥主要技术及发展方向	126
二、大颗粒尿素生产技术	128
(一) 概述	128
(二) 国外大颗粒尿素生产技术	129
(三) 国内大颗粒尿素生产技术	137
三、转鼓帘幕涂布技术	138
(一) 概述	138
(二) 中间试验	142
(三) 基础设计	146
(四) 帘幕涂布技术优点	150

(五) 转鼓帘幕涂布法尿素设备简述	151
(六) 大颗粒尿素造粒技术经济比较	153
(七) 国内造粒技术与世界造粒技术的技术经济比较	154
(八) 大颗粒尿素与普通尿素肥效性能比较	155
(九) 大颗粒尿素的二次加工应用前景	157
四、涂硫尿素生产技术	158
五、其他产品加工	162
(一) 森林级超大颗粒尿素生产技术	162
(二) 涂硫复合肥料生产技术	162
(三) 大颗粒复混肥料生产技术	163
(四) 缓效肥料生产技术	163
(五) 料浆型肥料造粒涂布技术的应用	164
六、涂布肥料颗粒的物性测定	165
七、涂布制新品种肥料	167
第七节 国外复混肥主要生产技术和装备	169
一、国外复混肥发展趋势	169
二、主要生产工艺技术	175
(一) 复混肥造粒方法	175
(二) 尿素-过磷酸钙流程	181
三、主要生产装备	182
(一) 在造粒器内直接中和	182
(二) 槽式中和器	182
(三) 管式反应器	183
(四) 转鼓造粒器	184
(五) 并流干燥器	184
(六) 对流工艺冷却器(二段干燥器)	184
(七) 筛子	184
(八) 筛上物破碎机	185
(九) 产品冷却器	185
(十) 产品调理器	186
(十一) 制散混肥料用的设备	186
第八节 复混肥填充料和防结块处理技术	189
一、填充料	189

(一) 粘土对成粒的影响	191
(二) 粘土对生产过程中其他工序的影响	193
(三) 粘土对产品强度、外观的影响	194
(四) 粘土对产品肥效的影响	194
二、防结块处理技术	195
(一) 肥料结块的原因及影响因素	195
(二) 防结块处理技术	197
第九节 复混肥着色技术	202
一、着色技术在工艺上的应用	203
二、着色剂的选用及其用量	204
三、着色中应注意的问题	205
第十节 复混肥生产车间化验室建设	206
一、化验室设计要求	207
二、化验室建筑要求	208
三、复混肥化验室常用设备	210
四、化验室的管理	210
第十一节 复混肥的生产安全章程及常见事故处理	212
一、复混肥的生产安全章程	212
(一) 复混肥原料的物理化学性质	212
(二) 复混肥原料的吸湿、粘壁、结块	213
(三) 工艺操作的安全特点	214
二、复混肥设备的安全防护	214
(一) 复混肥设备的安全防护措施	214
(二) 防止机械伤害的原则	215
三、复混肥设备的检修安全章程	215
(一) 复混肥设备检修分类	216
(二) 复混肥设备安全检修的一般要求	216
四、车间、化验室消防设施及操作人员的劳动防护	217
五、化验室安全规程	217
(一) 预防中毒	218
(二) 防止燃烧和爆炸	218
(三) 其他安全注意事项	219
六、复混肥生产常见事故现象、原因及处理方法	219

第三章 几种体系复混肥生产工艺技术	222
第一节 尿素-重过磷酸钙系复混肥生产技术	222
一、物理化学基础及过程分析	222
(一) 尿素与重钙混合化学反应	223
(二) 重钙的预处理	223
(三) 氨化反应的热效应	224
(四) 混合物料的造粒过程	225
二、尿素-重钙系复混肥生产技术	226
(一) FCI 公司的工艺介绍	226
(二) 国内尿素-重钙系复混肥生产技术	229
第二节 其他二元、三元系复混肥生产技术	233
一、尿素-过磷酸钙生产技术	233
(一) 生产原理	233
(二) 尿素-过磷酸钙生产工艺	235
二、尿基氮磷钾复合肥生产技术	239
三、其他复合肥生产技术	240
(一) 硫酸氢铵分解磷矿制氮磷复合肥	240
(二) 硝尿磷肥与硫脲磷肥	241
第三节 硫酸钾及高浓度硫基复肥生产工艺技术	241
一、概况	241
(一) 我国钾肥供需情况	241
(二) 钾肥的重要性	243
(三) 硫肥的重要性	244
(四) 硫酸钾性能	244
二、硫酸钾生产概况	245
三、硫酸钾生产工艺技术	245
(一) 硫酸分解法——曼海姆法	245
(二) 缔置法	246
(三) 溶剂萃取法	246
(四) 制盐苦卤综合利用法	247
(五) 复分解法	247
(六) 氯化钾与硫酸铵转化法	248
(七) 固相法	251

四、高浓度硫基三元复肥	254
(一) 管道反应器生产硫基三元复肥技术	254
(二) 管道反应器的结构	255
(三) 与传统工艺比较	256
(四) 建厂条件	257
(五) 结论	257
(六) 低温转化氯化钾制硫基三元复肥技术	257
第四节 硝酸钾生产工艺技术	260
一、概况	260
二、硝酸钾的生产工艺技术	261
(一) 从天然矿物中提取	261
(二) 细菌法制硝酸钾	261
(三) 转化法制硝酸钾	261
(四) 硝酸分解氯化钾法	265
三、新技术开发	270
(一) OSW 法	270
(二) 法国 Uguine-Kuhlmann 法	271
(三) 氯化钾-硝酸离子交换法	271
(四) 上海化工研究院法	271
四、世界主要硝酸钾生产公司概况	273
(一) 以色列海法化学公司	273
(二) 智利化学矿业公司	274
五、硝酸钾生产的发展前景	274
第四章 功能性肥料	276
第一节 钙、镁及微量营养元素肥料的生产和使用	276
一、养分的来源	277
二、与混合肥料一起施用	281
(一) 在颗粒肥料制造时混入	281
(二) 包裹在颗粒肥料上	282
(三) 与颗粒肥料散装掺混	283
(四) 与液体肥料混合	285
第二节 硅肥及生产技术	286
一、硅素对农作物的作用	287

(一) 需硅作物的发现	287
(二) 一些作物缺硅的特征	288
(三) 土壤的供硅能力	289
二、自然界中的硅素	291
三、硅肥的国内外发展情况	293
(一) 国外硅肥发展情况	293
(二) 国内硅肥发展情况	294
四、硅肥的生产	295
(一) 硅肥的种类和性质	295
(二) 硅肥生产原理和方法	297
(三) 硅肥生产的主要设备	300
五、硅肥的质量及其功效	305
(一) 硅肥的质量	305
(二) 硅肥的功效	308
第三节 缓释肥料	312
一、概述	312
二、养料释放的类型	315
三、涂层肥料	317
(一) 涂层材料	317
(二) 涂硫尿素	318
(三) 聚合物涂层肥料	320
四、无涂层无机肥料	320
五、无涂层有机肥料	321
(一) 尿素-醛类缩合物	321
(二) 三嗪(尿素热解产物)	323
(三) 草酰胺	323
(四) 其他有机化合物	324
第四节 叶面肥料	324
一、液体肥料概述	324
二、叶面肥料	326
(一) 叶面肥料的特性	327
(二) 叶面肥料的作用机理	327
(三) 叶面肥料的配制生产技术	328

(四) 叶面肥料的使用技术	330
(五) 叶面肥料的种类	331
(六) 列举几种研制、生产、销售的叶面肥料	333
三、稀土溶液在农业上的应用	338
(一) 稀土对农作物的生理作用	338
(二) 稀土溶液的施用技术简述	339
第五节 生物肥料	340
一、概述	340
二、生物肥料的种类及性质	342
(一) 根瘤菌	343
(二) 固氮菌	343
(三) 磷细菌	344
(四) 钾细菌	345
(五) 抗生素	346
三、生物肥料的生产工艺	346
(一) 磷细菌肥的生产工艺	347
(二) 钾细菌肥的生产工艺	351
(三) 其他菌肥的制造方法	355
第六节 国内外药肥发展概况	357
一、概述	357
二、除草专用肥	357
(一) 除草专用肥的配方原则	357
(二) 除草专用肥的生产工艺	358
(三) 除草专用肥的作用机理	359
三、发展除草专用肥存在的问题	361

第一章 复混肥料生产工艺技术概述

第一节 复混肥料及其发展简述

一、复混肥料的命名和养分标明通则

氮、磷、钾三种养分中含有任何两种或三种标明含量的肥料称为复混肥料。在复混肥料中亦可以含有一种或几种可标明含量的中量营养元素或（和）微量元素。

复混肥料有许多规格和品级，主要是按氮、磷、钾的次序分别以 N 、 P_2O_5 、 K_2O 的百分含量表示，例如：15-15-15 表示为含 15% N ；15% P_2O_5 ；15% K_2O ，其规格标注为 $N-P_2O_5-K_2O=15-15-15$ ，养分比例则用 $N:P_2O_5:K_2O=1:1:1$ 。如果是二元复混肥料，以“0”表示所缺的一种养分元素，例如：18-46-0，是含 18% N 、46% P_2O_5 的氮磷二元复混肥料，又例如：25-0-10 是含 25% N 、10% K_2O 的氮钾二元复混肥料。复混肥料中含有微量营养元素在 K_2O 后面的位置上表明，例：12-12-12-Zn，是含有锌的三元复混肥料，若标有 Cu、Mo、Fe 等，是含有铜、钼、铁等的三元复混肥料，其含量以微量元素百分率表明。

二、复混肥料生产发展简介

复混肥料是逐步发展的，本世纪初美国把普通过磷酸钙、智利硝石等混合起来施肥，后来又把粉状的过磷酸钙、硫酸铵、氯化钾等混合起来施肥，是一种粉粒状的掺合加工方法，作坊型的加工方式。随着基础化肥工业的发展，五六十年代磷铵、重过磷酸钙、尿素等高浓度的化肥大量生产，这些基础肥料并被用于肥料的二次加工，使复混肥料的养分浓度由 20% 提高至 40% 左右。随着技术的进步，出现了一批成熟的加工工艺，装备也趋向于大型化。在六七十年代，复混肥料的发展速度极快，现在美国、西欧、北欧诸国和日本等国家的化肥消