

▶ 现代农药剂型加工技术丛书 ◀

农药制剂工程技术

刘广文 主编

Pesticide Formulations
Engineering Technology



化学工业出版社

现代农药剂型加工技术丛书

农药制剂工程技术

刘广文 主编

Pesticide Formulations
Engineering Technology



化学工业出版社

· 北京 ·

作为《现代农药剂型加工技术丛书》丛书分册之一，本书全面系统地阐述了农药制剂加工所必需的单元设备、包装材料、包装设备、车间设计方法等内容。详细介绍了各种农药制剂加工所需的单元设备，包括粉碎、筛分、均化、混合、造粒、干燥、供热、物料输送及通风与除尘设备的工作原理、适用范围及操作方法，使设备在各生产阶段发挥最大效能。另外，还针对农药包装材料、包装设备、包装技术以及制剂生产中的清洁生产技术也做了详细的介绍。

本书可供农药制剂研发单位、助剂生产企业从事剂型开发及生产的有关技术人员、生产车间技术工人使用，也可作为大专院校相关专业本科生及研究生的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

农药制剂工程技术 / 刘广文主编. —北京：化学工业出版社，2018. 1
（现代农药剂型加工技术丛书）
ISBN 978-7-122-31148-1

I. ①农… II. ①刘… III. ①农药剂型－生产工艺
IV. ① TQ450. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 299539 号

责任编辑：刘 军	文字编辑：向 东
责任校对：王 静	装帧设计：关 飞

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）
印 装：中煤（北京）印务有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 27¹/₄ 彩插 2 字数 667 千字 2018 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899
网 址：http://www.cip.com.cn
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：180.00 元 版权所有 违者必究
京化广临字 2018——2

《现代农药剂型加工技术丛书》

编审委员会

主任：刘广文

副主任：徐妍 张小军

委员：（按姓氏汉语拼音排序）

杜凤沛 中国农业大学

冯建国 扬州大学

冯俊涛 西北农林科技大学

刘广文 沈阳化工研究院有限公司

马超 北京中保绿农业科技集团有限公司

马志卿 西北农林科技大学

齐武 南京众农工业技术有限公司

秦敦忠 江苏擎宇化工科技有限公司

司马铃 江苏金旺包装机械科技有限公司

王险峰 黑龙江省农垦总局植保站

吴学民 中国农业大学

徐妍 北京明德立达农业科技有限公司

张伟汉 海利尔药业集团股份有限公司

张小军 中农立华生物科技股份有限公司

本书编写人员名单

主 编：刘广文

编写人员：（按姓名汉语拼音排序）

曹云华 江阴市卓英干燥工程技术有限公司

刘广文 沈阳化工研究院有限公司

司马铃 江苏金旺包装机械科技有限公司

张伟汉 海利尔药业集团股份有限公司

序

农药是人类防治农林病、虫、草、鼠害，以及仓储病和病媒害虫的重要物质，现在已广泛应用于农业生产的产前至产后的全过程，是必备的农业生产资料，也为人类的生存提供了重要保证。

农药通常是化学合成的产物，合成生产出来的农药的有效成分称为原药。原药为固体的称为原粉，为液体的称为原油。

由于多数农药原药不溶或微溶于水，不进行加工就难以均匀地展布和黏附于农作物、杂草或害虫表面。同时，要把少量药剂均匀地分布到广大的农田上，不进行很好地加工就难以均匀喷洒。各种农作物、害虫、杂草表面都有一层蜡质层，表面张力较低，绝大多数农药又缺乏展着或黏附性能，若直接喷洒原药，不仅不能发挥药效，而且十分容易产生药害，所以通常原药是不能直接使用的，必须通过加工改变原药的物理及物理化学性能，以满足实际使用时的各种要求。

把原药制成可以使用的农药形式的工艺过程称为农药加工。加工后的农药，具有一定的形态、组分、规格，称为农药剂型。一种剂型可以制成不同含量和不同用途的产品，这些产品统称为农药制剂。

制剂的加工主要是应用物理、化学原理，研究各种助剂的作用和性能，采用适当的方法制成不同形式的制剂，以利于在不同情况下充分发挥农药有效成分的作用。农药制剂加工是农药应用的前提，农药的加工与应用技术有着密切关系，高效制剂必须配以优良的加工技术和适当的施药方法，才能充分发挥有效成分的应用效果，减少不良副作用。农药制剂加工可使有效成分充分发挥药效，使高毒农药低毒化，减少环境污染和对生态平衡的破坏，延缓抗药性的发展，使原药达到最高的稳定性，延长有效成分的使用寿命，提高使用农药的效率和扩大农药的应用范围。故而不少人认为，一种农药的成功，一半在于剂型。据统计，我国现有农药生产企业2600余家，近年来，制剂行业出现了一些新变化。首先，我国农业从业人员的结构发生了变化，对农药有了新的要求。其次，我国对环境保护加大了监管力度，迫使制剂生产装备进行升级改造。更加严峻的是行业生产水平和规模参差不齐，大浪淘沙，优胜劣汰，一轮强劲的并购潮已经到来，制剂行业洗牌势在必行，通过市场竞争使制剂品种和产量进行再分配在所难免。在这种出现新变化的背景下，谁掌握着先进技术并不断推进精细化，谁就找到了登上制高点的最佳途径。

化学工业出版社于2013年出版了《现代农药剂型加工技术》一书，该书出版后受到了业内人士的极大关注。在听取各方面意见的基础上，我们又邀请了国内从事农药剂型教学、研发以及工程化技术应用的几十位中青年制剂专家，由他们分工撰写他们所擅长专业的各章，编写了这套《现代农药剂型加工技术丛书》（简称《丛书》），以分册的形式介绍农药制剂加工的原理、加工方法和生产技术。

《丛书》参编人员均由多年从事制剂教学、研发及生产一线的教授和专家组成。他们知识渊博，既有扎实的理论功底，又有丰富的研发、生产经验，同时又有为行业无私奉献的高尚精神，不倦地抚键耕耘，编撰成章，集成本套《丛书》，以飨读者。

《丛书》共分四分册，第一分册《农药助剂》，由张小军博士任第一主编，主要介绍了助剂在农药加工中的理论基础、作用机理、配方的设计方法，及近年来国内外最新开发的助剂品种及性能，可为配方的开发提供参考。第二分册《农药液体制剂》，由徐妍博士任第一主编，主要介绍了液体制剂加工的基础理论、最近几年液体制剂的技术进展、液体制剂生产流程设计及加工方法，对在生产中易出现的问题也都提供了一些解决方法与读者分享。第三分册《农药固体制剂》，由刘广文任主编，主要介绍了常用固体制剂的配方设计方法、设备选型、流程设计及操作方法，对清洁化生产技术进行了重点介绍。第四分册《农药制剂工程技术》，由刘广文任主编，主要介绍了各种常用单元设备、包装设备及包装材料的特点、选用及操作方法，对制剂车间设计、清洁生产工艺也专设章节介绍。

借本书一角，我要感谢所有参编的作者们，他们中有我多年的故交，也有未曾谋面的新友。他们在百忙之余，牺牲了大量的休息时间，无私奉献出自己多年积累的专业知识和宝贵的生产经验。感谢《丛书》的另两位组织者徐妍博士和张小军博士，二位在《丛书》编写过程中做了大量的组织工作，并通阅书稿，字斟句酌，进行技术把关，才使本书得以顺利面世。感谢农药界的前辈与同仁给予的大力支持，《丛书》凝集了全行业从业人员的知识与智慧，他们直接或间接提供资料、分享经验，使本书内容更加丰富。因此，《丛书》的出版有全行业从业人员的功劳。另外，感谢化学工业出版社的鼎力支持，《丛书》责任编辑在本书筹备与编写过程中做了大量卓有成效的策划与协调工作，在此一并致谢。

制剂加工是工艺性、工程性很强的技术门类，同时也是多学科集成的交叉技术。有些制剂的研发与生产还依赖于操作者的经验，一些观点仁者见仁，智者见智。编撰《丛书》是一项浩大工程，参编人员多，时间跨度长，内容广泛。所述内容多是作者本人的理解和体会，不当之处在所难免，恳请读者指正。

谨以此书献给农药界的同仁们！

刘广文
2017年10月

前言

对于农药制剂加工而言，工程技术十分重要。换言之，任何一支制剂的生产都离不开工程技术的运用。单元设备、配方组成、操作技术三者之间有一定的互补性，将诸多因素有机结合是制剂加工的最高境界，其中的一些因素无法通过现有理论预知，需要工程技术人员在实际操作中去感悟。其中流程设计、装备选型及操作对产品结果的影响很大，这已经开始引起业内人士的高度关注。

由于国家加大了环境保护力度，今后几年将是制剂行业进行生产环境调整的高峰期。因为工作关系经常到制剂企业进行技术交流，制剂行业还应该加强以下几个方面的工作：

① 部分生产企业流程比较落后，已经不能适应现在日益严苛的清洁生产要求。

② 几乎所有制剂设备都是从制药、食品、化工等行业移植过来的，选择设备时应与设备制造者形成有效技术交流，提出关键结构的约束尺寸，针对农药制剂加工的特点进行改造，这样才能发挥设备的最大潜能。

③ 对单元设备的结构、适用范围及操作方法还应有深入研究，在设备选型时才能准确，设备才能发挥应有作用。

④ 对操作方法应有统一标准，才能使每班生产的产品不存在性能差异，产品指标无波动。

古人云：“工欲善其事，必先利其器”。设备是完成制剂加工的必要手段，针对制剂行业的生产现状，本书理论与经验并重、深入浅出、通俗易懂，对常用单元设备的结构、性能特点、适用范围、操作方法进行全面系统的介绍。内容丰富、翔实，具有可复制性。

本书共分十一章，全面系统地介绍了农药制剂加工所必需的单元设备、包装材料及包装设备、车间设计方法。第一章至第八章，介绍了各种农药制剂加工所需的单元设备，包括粉碎、筛分、均化、混合、造粒、干燥、供热、物料输送及通风与除尘设备的工作原理、适用范围及操作方法，使设备在各生产阶段发挥最大效能。第九章、第十章，对农药包装材料、包装设备、包装技术进行了详细介绍。在第十一章中，对制剂生产中的清洁生产技术也有详细的介绍。

本书第五、六章由曹云华编写，第九章由张伟汉编写，第十章由司马铃编写，其余章节由刘广文编写，最后由刘广文统稿。由于该书涉及制剂加工技术的内容十分广泛，相关理论仍在研究及认识之中，还有待于完善。有些内容仁者见仁，智者见智。由于作者专业水平、资料来源有限，加之时间仓促，书中不足之处实属难免，万望农药界的前辈同仁不吝赐教。

本书得以顺利出版，首先要感谢本书的所有作者，是他们无私地将自己多年积累的宝贵经验奉献出来与读者共享。还要感谢农药界的前辈与同仁给予的大力支持，他们直接或间接地提供资料，使本书内容更加丰富。

刘广文

2017年12月17日

目录

第一章 干式粉碎及筛分设备 / 1

第一节 概述	1	二、扁平式气流粉碎机	12
一、农药干式粉碎简述	1	三、喷射粉碎机	13
二、粉碎设备和工艺的关系	1	四、立式循环管气流粉碎机	14
三、粉碎操作的循环次数	2	五、对冲式气流粉碎机	16
第二节 机械粉碎设备	3	六、对撞式气流粉碎机	16
一、万能粉碎机	3	七、对喷流化床式气流粉碎机	17
二、涡轮自冷式粉碎机	3	八、闭路循环系统	21
三、冲击式超细粉碎机	4	第五节 筛分设备	21
四、机械式超微粉碎机	5	一、筛分设备的分类	22
五、冲击式磨机	6	二、圆打振动筛	22
六、超微冲击磨	6	三、滚筒式分级机	23
第三节 粉碎 - 干燥机	7	四、振动筛	24
一、销棒型粉碎 - 干燥机	8	五、环保振动筛分机	25
二、粉碎盘式气流干燥机	9	六、卧式气流筛分机	26
三、超微粉碎 - 干燥机	10	七、超声气流筛分机	26
第四节 气流粉碎设备	10	八、直线振动筛分机	27
一、简述	10	参考文献	27

第二章 湿粉碎工艺与设备 / 28

第一节 研磨粉碎设备	28	七、Coball Mill 砂磨机	36
一、研磨粉碎简述	28	八、PM-DCP 型砂磨机	39
二、立式砂磨机	29	九、间隙式砂磨机	40
三、双冷却系统搅拌棒式砂磨机	30	第二节 研磨介质及应用	42
四、卧式砂磨机	32	一、研磨介质简述	42
五、涡轮砂磨机	34	二、化学稳定性	42
六、三室砂磨机	35	三、研磨介质装填量的计算	43

四、研磨介质的使用方法	45	三、砂磨机参数	48
第三节 湿粉碎的影响因素	46	四、研磨介质参数	49
一、农药参数	47	五、过程参数对磨效的影响	51
二、助剂参数	47	参考文献	54

第三章 液体均化设备 / 55

第一节 搅拌设备	55	四、管道乳化机	66
一、搅拌器在农药加工中的用途	55	五、卡迪磨	68
二、搅拌器的类型	56	第三节 均质设备	68
三、搅拌器的选型	57	一、胶体磨	68
第二节 预分散设备	61	二、高压均质机	70
一、齿形圆盘分散机	61	三、密克罗超微细粉碎机	72
二、高速分散机	62	参考文献	73
三、磁力搅拌设备	66		

第四章 固体混合设备 / 74

第一节 概述	74	三、双螺旋锥形混合机	86
一、农药混合工艺简述	74	第五节 多维运动混合机	89
二、典型混合工艺	75	一、二维运动混合机	89
三、混合设备简介	76	二、三维运动式混合机	90
第二节 容器回转型混合设备	76	三、双筒式三维运动混合机	91
一、正立方体型混合机	76	第六节 粉体增湿设备	91
二、V 型混合机	76	一、捏合机	91
三、菱型混合机	77	二、槽形混合机	94
四、双锥混合机	77	三、桨式混合机	94
五、斜轴式滚筒混合机	79	四、无重力混合机	95
六、料筒混合机	80	五、新型卧式双轴搅拌设备	96
第三节 容器固定型混合设备	80	第七节 混合精度控制及设备选型	97
一、犁刀式混合机	80	一、混合精度的控制	97
二、单转子混合机	82	二、自动称重设备	99
三、螺带混合机	83	三、混合机的自动称重系统的安装	100
四、双转子混合机	83	第八节 混合设备的选型	101
第四节 锥形混合机	84	一、根据过程的要求进行选型	101
一、锥形混合机混合机理	84	二、根据混合物的质量要求选型	103
二、螺带锥形混合机	85	参考文献	103

第五章 造粒技术及设备 / 104

第一节 造粒基础	104	一、喷雾流化造粒理论基础	119
一、概述	104	二、影响喷雾流化造粒的因素	119
二、造粒设备的发展趋势	105	三、流化床造粒原理	120
三、造粒基础	106	四、现代复合型流化床造粒技术	121
第二节 螺旋挤出造粒	108	五、料车式间歇喷雾流化造粒机	122
一、侧挤出螺旋造粒机	108	六、关键尺寸及操作参数	122
二、前挤出螺旋造粒机	109	七、配方的组成	123
三、挤出造粒机的应用	110	八、生产实例	124
四、操作实例	111	第六节 压片技术及压片机	125
第三节 旋转造粒	111	一、单冲压片机	125
一、旋转造粒机的结构及工作原理	111	二、多冲压片机	126
二、卧式旋转造粒机	112	三、制片剂常用助剂	127
三、旋转造粒机结构控制及配方的要求	113	四、原料的前处理	128
四、应用实例	114	第七节 圆盘造粒	128
五、常出现的问题及原因	114	一、圆盘造粒机简介	128
第四节 摇摆造粒	115	二、圆盘造粒设备	129
一、摇摆造粒机简介	115	三、圆盘造粒的颗粒生成过程	130
二、摇摆造粒机的结构及工作原理	116	四、特殊形状的圆盘造粒机	131
三、摇摆造粒配方的组成及设备结构控制	117	第八节 对辊挤出造粒	132
四、应用实例	117	一、对辊挤出造粒机	132
五、摇摆造粒常见问题及处理方法	118	二、对齿挤出造粒机	133
第五节 喷雾流化造粒	118	参考文献	133

第六章 农药干燥及供热设备 / 135

第一节 简 述	135	第四节 流化床干燥设备	159
第二节 热传导干燥器	136	一、圆筒式流化床干燥器	159
一、双锥回转干燥机	136	二、卧式流化床干燥器	161
二、斜筒回转干燥器	138	三、振动流化床干燥机简介	163
三、桨叶式干燥机	140	第五节 箱式干燥器	166
四、耙式干燥机	144	一、箱式干燥器简介	166
五、新型热传导型干燥机	145	二、箱式干燥器的基本类型	167
六、盘式干燥机	148	三、箱式干燥器的选用	167
第三节 对流干燥器	151	第六节 喷雾干燥设备	168
一、强化气流干燥机	151	一、喷雾干燥技术简介	168
二、旋转闪蒸干燥机	155	二、离心式喷雾干燥	169

三、压力式喷雾干燥器	171	三、蒸汽换热器	178
第七节 热源的性质及应用	173	四、燃煤热风炉	180
一、热源及其性质	173	五、燃气热风炉	180
二、常用能源简介	174	六、燃油热风炉	183
第八节 供热设备	176	七、导热油炉	183
一、电加热器	176	参考文献	184
二、电热带	177		

第七章 物料的输送 / 185

第一节 气力输送工艺设计	185	三、串联供料装置	199
一、气力输送系统的设计	185	四、螺旋式气力输送泵	200
二、文丘里供料器	189	第四节 机械输送	201
第二节 气力输送零部件	191	一、螺旋供排料装置	201
一、取料装置	191	二、强制加料装置	204
二、喷射泵	194	三、振击器	205
三、三通换向阀	197	四、旋转叶轮式供料器	206
四、双级锁风阀	197	第五节 挠性螺旋输料器	211
五、插板阀	198	一、工作原理	211
六、双重翻板式供排料装置	198	二、主要构件的特性	212
第三节 气力输送装置	198	三、工艺设计步骤	214
一、真空式空气输送装置	198	参考文献	215
二、简易式空气输送装置	199		

第八章 通风与除尘 / 217

第一节 概述	217	第四节 局部通风	239
一、粉尘的来源及分类	217	一、扬尘及吸尘的机理	239
二、粉尘的性质及其危害	217	二、罩外气体流动的动态	240
三、摄入颗粒的临界值	220	三、吸尘罩的设计	241
四、粉尘防护	220	四、吸尘罩的使用	243
第二节 通风方法	221	第五节 除尘设备	244
一、自然通风	221	一、旋风分离器	244
二、机械通风	222	二、布袋除尘器	247
第三节 通风工程设计	224	三、空气过滤器	251
一、通风管道设计	224	四、湿式除尘器	251
二、管道系统的设计计算	231	五、有机溶剂废气净化	255
三、风量的平衡	237	参考文献	257

第一节 农药包装材料的基本知识	259	二、马口铁罐的制作	308
一、农药包装常用塑料材料	259	三、钢桶的结构	310
二、纸及其分类	265	四、钢提桶	311
三、常用农药包装纸、纸板的理化性质和结构	266	第六节 农药的包装纸箱、纸盒及贮运	311
四、胶黏剂及其分类	266	一、瓦楞纸箱	311
五、常用溶剂与包装材料的理化特点	270	二、纸盒	322
第二节 塑料瓶、桶	273	三、托盘	325
一、简述	273	第七节 农药包装的外围配套技术	329
二、聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 瓶	274	一、结构设计	329
三、高密度聚乙烯瓶及多层共挤高阻隔瓶	279	二、包装装潢	331
第三节 复合袋、卷膜	288	三、压敏胶	335
一、塑料薄膜基本知识	288	四、压敏胶黏带	339
二、复合卷膜和袋子的应用技术	294	五、标签、标贴	340
三、编织袋、吨袋	297	六、胶黏剂	343
第四节 玻璃瓶	300	七、捆扎带	347
一、玻璃瓶知识介绍	300	第八节 常规农药制剂包装设计要领与实践	349
二、玻璃瓶的材料性质	301	一、农药制剂包装涉及的国际规范和国内规范	349
三、玻璃的分类	301	二、液体制剂包装设计流程	355
四、玻璃瓶的制作成型	301	三、固体制剂包装设计流程	356
五、农药玻璃瓶的质量技术要求	302	四、常见农药包装质量缺陷及控制	358
第五节 金属容器 (钢桶、铝瓶、马口铁罐)	307	参考文献	370
一、马口铁基本知识	307		

第十章 农药包装设备 / 371

第一节 液体包装设备	371	三、不合格品剔除系统	389
一、理瓶机	371	四、铝膜封口机	389
二、灌装机	373	五、喷码机	390
三、旋盖机	379	六、激光打码机	391
四、贴标机	381	第三节 包装车间清洁化设计	391
五、全自动装箱机	384	一、目前农药包装现状	391
第二节 袋装设备	386	二、农药制剂的发展方向	392
一、水平式卷膜包装机	386	三、清洁化生产目前的发展方向	392
二、在线自动检重设备	388	参考文献	394

第一节 加工车间结构规划	395	六、气力输加料斗.....	408
一、简述.....	395	七、局部除尘室.....	408
二、加工车间总体规划.....	397	八、空气净化过滤器.....	410
三、车间布置设计对设备的要求.....	398	九、往复料车型烘箱.....	410
四、车间平面布置的合理性.....	398	第三节 流程设计及设备布置	411
五、人员与物料通道和设施.....	399	一、多功能流程布局.....	412
六、空气淋浴及风淋室.....	400	二、立体布局.....	412
七、气流组织.....	401	三、平面布局.....	413
八、包装车间设计要点.....	402	四、混合布局.....	414
九、生产界区布局交叉污染的防范.....	403	第四节 “三废”处理技术	417
第二节 清洁生产流程及设备设计	403	一、概述.....	417
一、真空加料机.....	404	二、粉尘（废气）的治理.....	418
二、气流粉碎流程.....	405	三、废水治理.....	420
三、连续造粒流程.....	406	四、废渣的治理.....	423
四、负压加料斗.....	406	五、噪声的治理.....	423
五、包装机上料斗.....	407	参考文献	425

第一章

干式粉碎及筛分设备

第一节 概 述

一、农药干式粉碎简述

所谓干式粉碎（简称干粉碎），就是农药在固体状态下进行粉碎，当将农药粒度粉碎到微米级时，称为超细粉碎。

可以这样说，干式粉碎设备的发展比湿式粉碎设备要早得多，所以设备的种类也多于湿式粉碎。近年来，国内有许多研究和制造粉碎设备的专业厂家或公司，不断推出新机型以供选用，这些设备可以满足不同工艺条件的要求。

在农药行业，人们开始通过增大粒子表面积来充分发挥农药的活性，因此对粉体的微细化要求也越来越高了。

随着农药加工技术的发展，对超细粉碎设备的应用将会越来越普遍。农药原药和可湿性粉剂大都有超细化的要求，气流超细粉碎已经成为提高现代农药生产水平和产品质量的首要选择。农药超细化粉碎的工艺已经成熟，但是在超细化粉碎生产过程中，设备配置的合理性、卫生、安全与环保要求已经成为了超细粉碎加工的关键环节。所有这些都是剂型加工工程中所必须关注的。

二、粉碎设备和工艺的关系

农药加工和施用就是一个将少量原药稀释和分散的过程，以达到最佳的防治效果，因此粉碎是农药加工中关键技术之一。此过程需要消耗大量的能量，尤其是制备超微细粉体更是如此。

对于固体剂型而言，加工农药可湿性粉剂、水分散粒（片）剂、泡腾粒（片）剂、粒剂、粉剂时，影响其生物活性的主要因素是原药的粒径。一般来说，原药粉碎得愈细，

比表面积愈大，愈有利于接触标靶，能充分发挥药效。在胃毒药剂中，药粒愈小愈易为害虫所吞食，食后亦较易被溶解而使害虫中毒。例如，药粒为 $1\mu\text{m}$ 的砷酸铅对蜜蜂所表现的毒性比药粒为 $22\mu\text{m}$ 的要高10倍之多。触杀性杀虫剂的粉粒愈小，每单位质量的药剂与虫体接触面积愈大，触杀效果愈强。药效的提高意味着用药量的减少，这对节约资源、降低生产成本、保护环境都有重要作用，因此非水溶性农药的微细化是今后的发展方向。

为了防止可湿性粉剂、悬浮剂和粉剂的粒子凝聚、分离和不同大小粒子的分层以及为了减少有效成分在不同大小粒子上的浓度变化，要求粒子的粒径分布范围窄，即粒度均匀。过粗或过细的粒子所占比例尽可能少，以避免喷药时造成局部药剂分布不均。在某种意义上讲，粒度的均匀性比粒子的平均粒径大小显得更为重要。粒度分布中，粒径小的粒子所

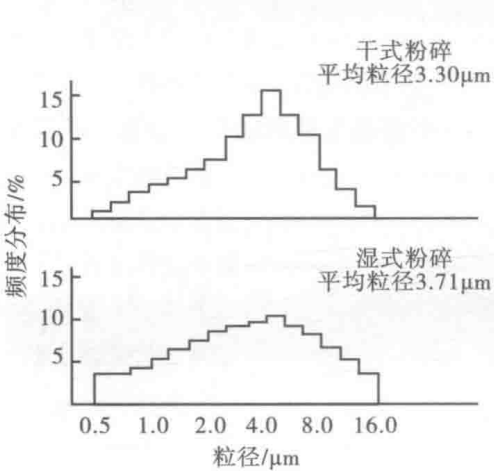


图1-1 百菌清悬浮剂（SC）和可湿性粉剂（WP）的粒度分布图

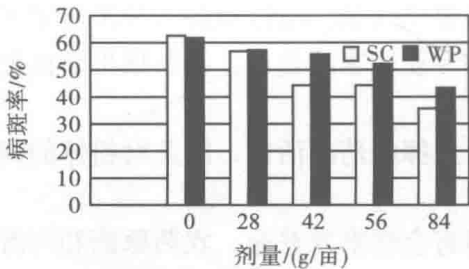


图1-2 百菌清悬浮剂和可湿性粉剂的粒径和生物活性对比
(注：1亩=666.667 m^2)

占比例愈多者，显示出更高的生物活性。例如，对百菌清悬浮剂（湿法粉碎）和可湿性粉剂（干粉粉碎）的细度分布测定结果表明：百菌清悬浮剂的平均粒径（ $3.71\mu\text{m}$ ）虽然略高于百菌清可湿性粉剂的平均粒径（ $3.30\mu\text{m}$ ），但粒子分布图中前者粒径小的粒子所占比例大于后者（见图1-1），所以百菌清悬浮剂（SC）的药效优于可湿性粉剂（WP），见图1-2。因此，为了保证粉碎产品粒度的一致性，筛分设备在农药加工中也必不可少。从要求制剂的药效有适当的持效期，就得考虑农药粒子微细化对持效期的影响，必须充分注意不同原药的理化性能的不同。如果原药稳定、在水中溶解度小，微细化能增加对植株的黏着性和增强耐雨水冲刷性，从而提高生物活性，延长持效期。如果是不稳定的、易光解的和蒸气压高的原药，微细化会使原药的耐光性减弱、光分解加速、挥发性增强和加速在环境中的降解，从而使持效期缩短，药效降低。超高效农药比常规用量的农药粒子要求更细微；触杀性农药相比内吸性农药粒子也要求更细。因此制剂加工者既要考虑到药粒愈细愈能充分发挥药效，又要考虑到不同原药的理化性能和作用机制来确定原药粉碎的适宜细度，选择相应的粉碎设备和加工工艺，以降低能耗。

三、粉碎操作的循环次数

一般要求农药可湿性粉剂、水分散粒剂的悬浮率 $\geq 70\%$ ，可湿性粉剂和造粒前水分散粒剂的原料细度要求通过325目（约 $44\mu\text{m}$ ）试验筛的颗粒数不少于95%，要求大多数粒子的直径小于 $5\mu\text{m}$ 。要求农药粉剂的细度为通过200目（约 $75\mu\text{m}$ ）筛颗粒数不少于98%，对其要求较粗。要将较大的块状或粒状的原料（原药、填料和助剂）一次粉碎得到微米级的产品，这在工业上近乎不可能，在能源消耗上也是极不合理的，必须进行多级粉碎。不同粉碎阶

段选择相应的粉碎设备，粉碎设备确定后，选用相应的输送、混合、加料、分级和微粉捕集等设备与之相配套，组成农药制剂加工生产线。

目前，干式粉碎设备主要为机械式粉碎和气流式粉碎两种设备。根据产品的粒度要求，这两种设备有时独立使用，有时串联在一套流程中。由于机械粉碎产品粒度较大，而且可以处理块状物料，所以两种设备串联使用时机械粉碎设备往往作为第一级粗粉碎设备来使用，第二级为气流粉碎设备，这样可以获得所需要的细度。

第二节 机械粉碎设备

机械粉碎在多年前就已经用于农药的干式粉碎。当气流粉碎设备广泛用于该行业后，机械粉碎产品的粒度就不能满足现代农药加工的需要。但机械粉碎设备仍然有它的用武之地，因为在许多情况下，气流粉碎设备并不能取代机械粉碎设备，它的一些优点是气粉碎设备所不具备的。比如，一些水溶性农药的结晶体需要粉碎，粒度要求并不高，用机械粉碎设备就能满足要求。另外，许多固体原药粒度较大，气流粉碎设备不能直接处理，需要通过机械粉碎进行预处理，这都离不开机械粉碎设备。因此，气流粉碎设备虽然有许多优点，但机械粉碎设备的优点也无法被取代，不可能被淘汰。

一、万能粉碎机

万能粉碎机又称销棒磨。国产FS-35型万能粉碎机的转速为2900~3650r/min，功率为10kW，生产能力为100~150kg/h，粉碎细度为200目。万能粉碎机的磨腔内有相对的盘状定子和转子，转子和定子上设有相互交错的销棒。转子高速旋转时转子和定子对物料产生强大的撞击力使其被粉碎，粉碎后的物料通过筛网后从底部出料，更换筛网细度可以控制产品粒度。可用于生产粉剂，也可用于可湿性粉剂和水分散粒剂原料的预粉碎，见图1-3。

二、涡轮自冷式粉碎机

在粉碎过程中，大部分机械能转换成热能使物料升温，对于热敏性的农药而言应尽量避免。涡轮自冷式粉碎机因具有自冷作用，解决了通常粉碎机的发热问题。涡轮做高速旋转运动，在粉碎室内产生强力气流，见图1-4。物料由进口1在负压下被吸入粉碎室，在叶片2与

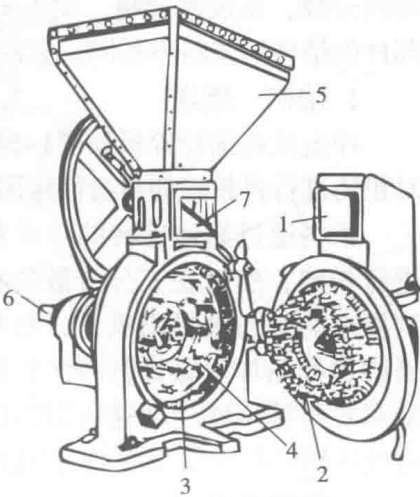


图1-3 万能粉碎机

1—进料口；2—定子；3—筛网；4—转子；
5—料斗；6—主轴；7—进料阀

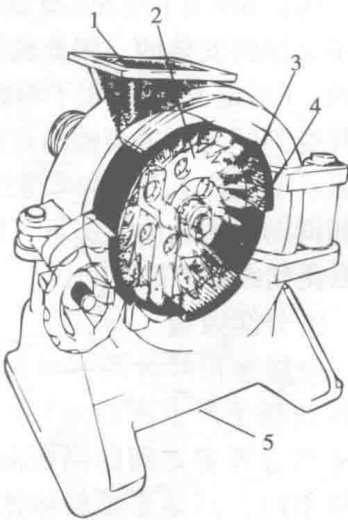


图1-4 涡轮自冷式粉碎机

1—物料进口；2—叶片；3—模块；
4—筛网；5—物料出口