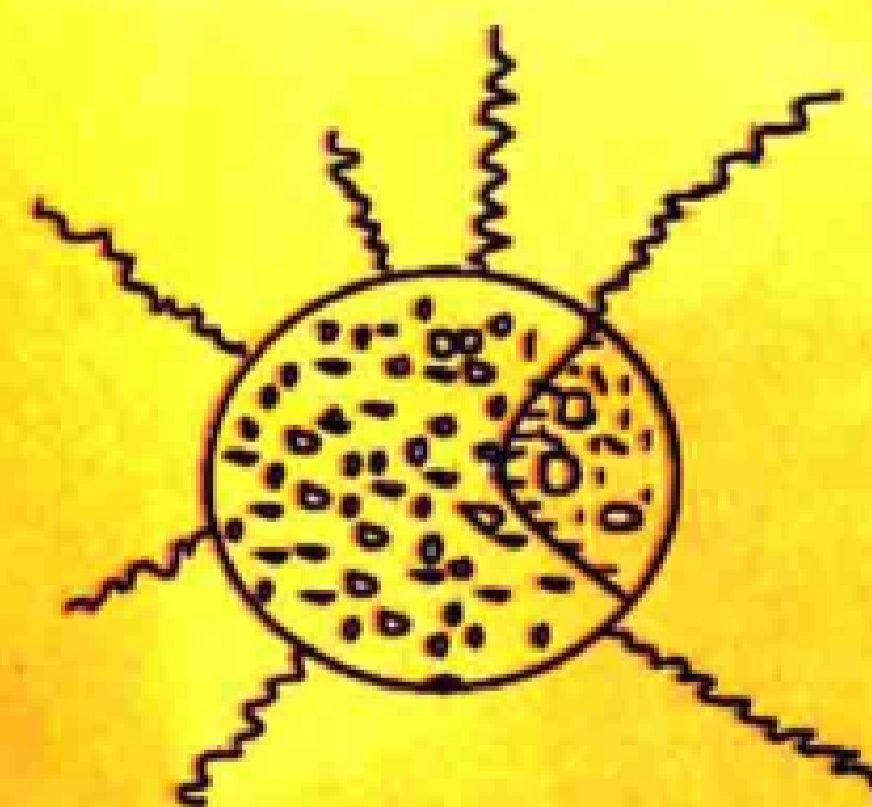
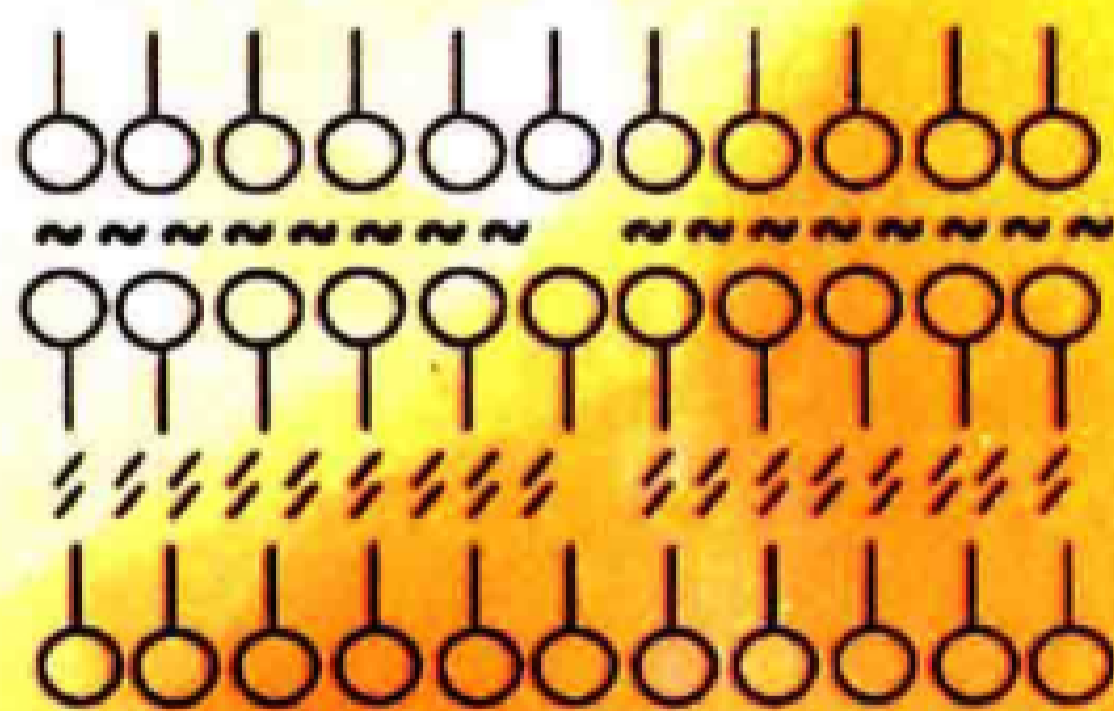
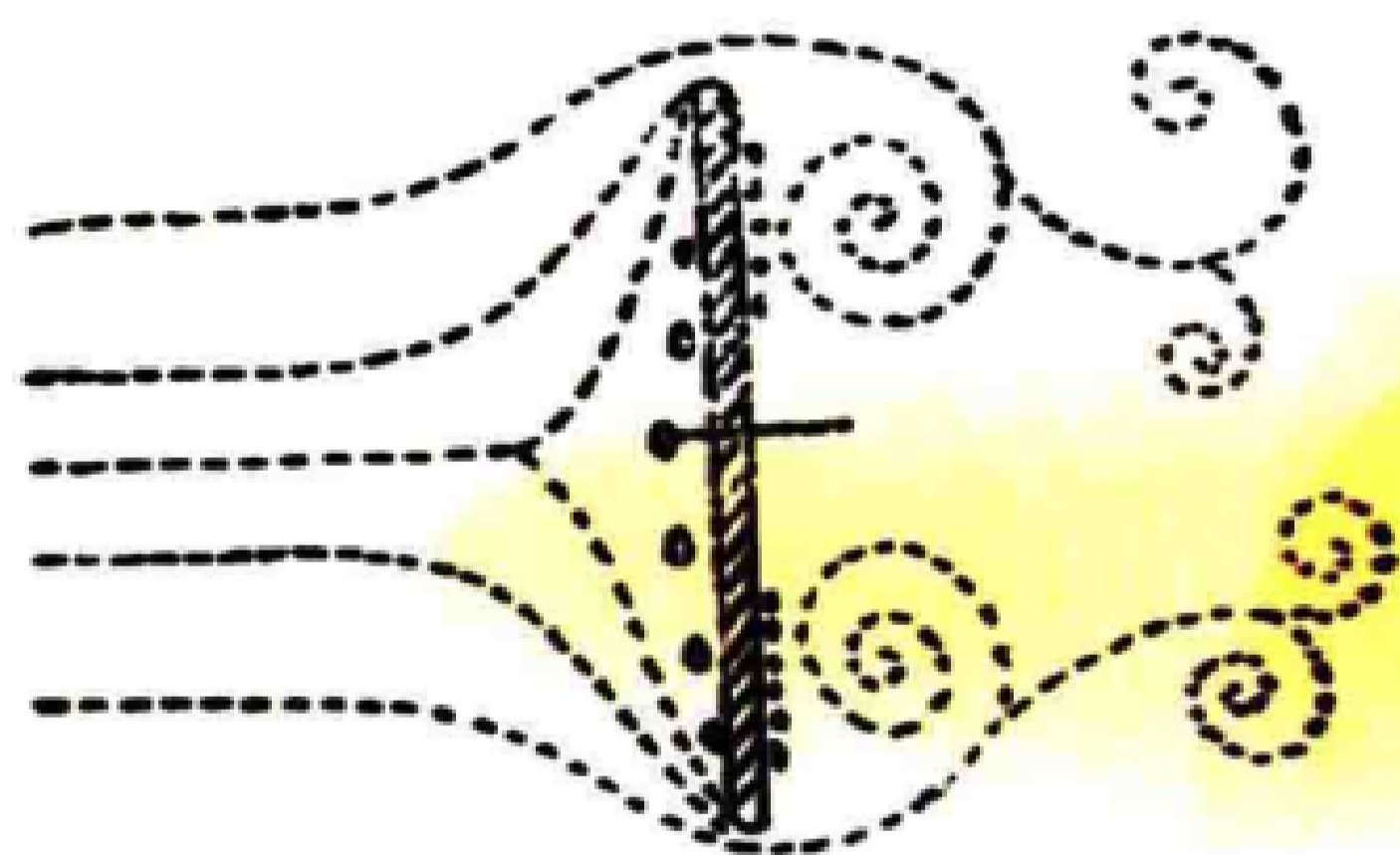




全国高等农林院校“十一五”规划教材

农药制剂学

王开运 主编

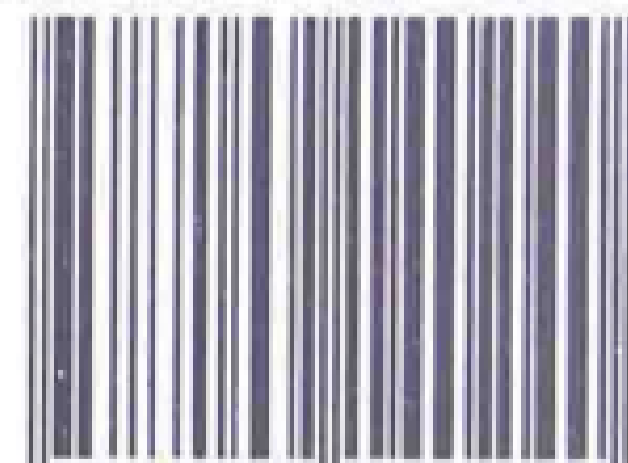


 中国农业出版社

欢迎登录：全国农业教育教材网
<http://www.nongyejiaocai.com>

封面设计 陈 媛

ISBN 978-7-109-14024-0



9 787109 140240 >

定价：29.50 元

本书采用出版物数码防伪系统
刮开涂层将 16 位防伪密码发短信至 106695881280
免费查询 辨别真伪
详情请查询中国扫黄打非网
<http://www.shdf.gov.cn>
防伪、网络增值服务说明见书内“郑重声明”页

明码 8115 5638 1351 1411

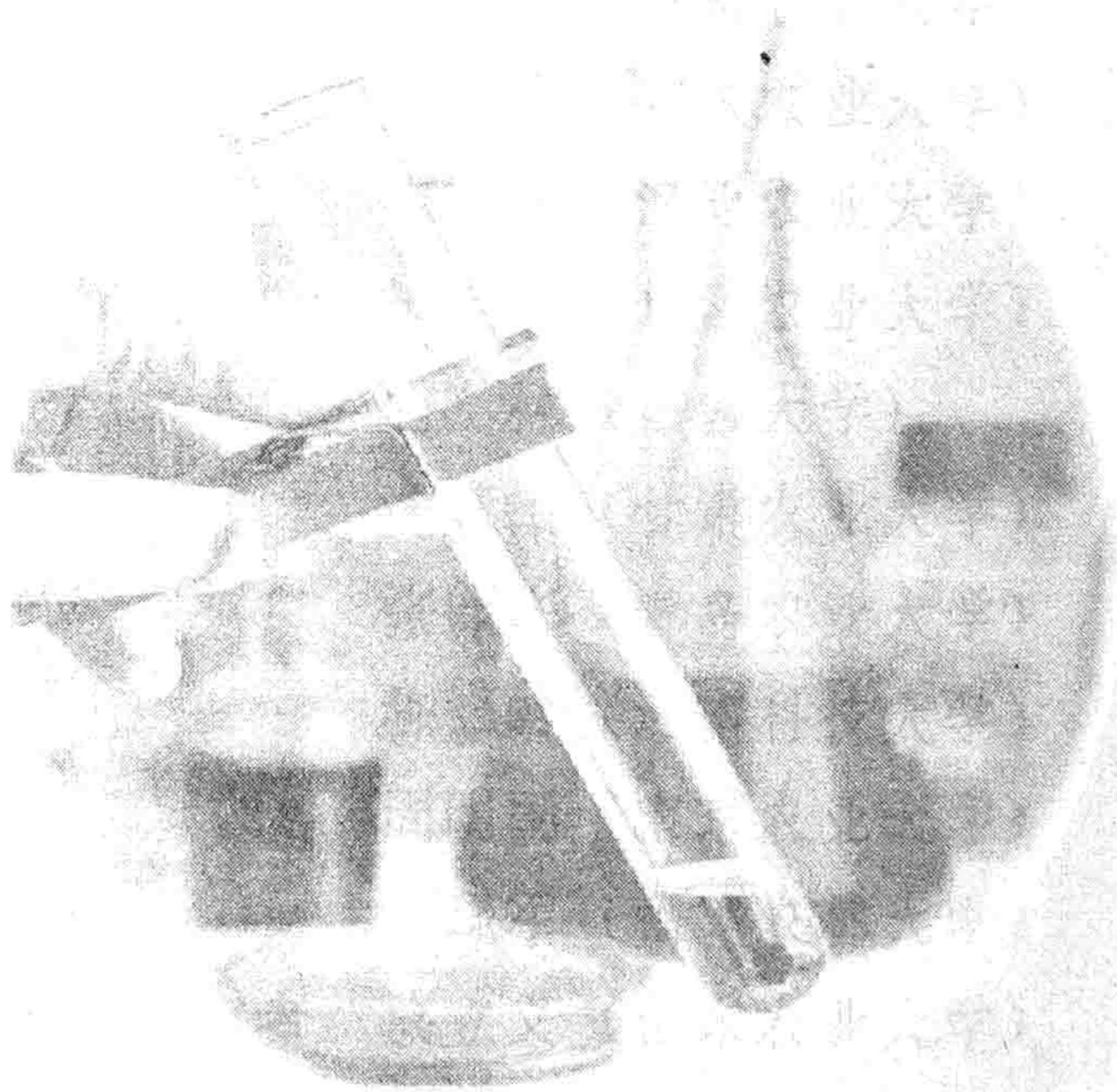
密码

全国高等农林院校“十一五”规划教材

农药制剂学

.....

王开运◎主编



中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农药制剂学/王开运主编. —北京: 中国农业出版社,
2009. 8

全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-14024-0

I. 农… II. 王… III. 农药—制剂学—高等学校—教材
IV. TQ450.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 114551 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 李国忠

北京智力达印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 820mm×1080mm 1/16 印张: 19.25

字数: 460 千字

定价: 29.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 王开运 (山东农业大学)

副主编 周明国 (南京农业大学)

王 岩 (吉林农业大学)

沈慧敏 (甘肃农业大学)

编 者 (按姓氏笔画排序)

王 岩 (吉林农业大学)

王 智 (青岛农业大学)

王开运 (山东农业大学)

刘 峰 (山东农业大学)

汤 锋 (安徽农业大学)

赤国彤 (河北农业大学)

杨宝生 (甘肃农业大学)

何 林 (西南大学)

沈慧敏 (甘肃农业大学)

张保华 (青岛农业大学)

陈锡岭 (河南科技大学)

周明国 (南京农业大学)

顾晓军 (福建农林大学)

审定者 慕立义 (山东农业大学)

前 言

《农药制剂学》是为制药工程专业农药制药方向设立的一门专业课，本课程的主要任务是使学生学习和掌握农药制剂制造的基本原理、助剂的类型和作用、制造工艺、质量要求、混合剂的研发和成品包装等。

现代农业的发展目标是既要生产更加安全的农产品，又要建立优良的农业生态环境。因此，21世纪的农业生产对农药的品种、剂型和使用的要求更加严格。长期以来，在我国农药剂型中占较大比例且严重污染环境的粉剂已基本停产，可湿性粉剂和乳油等易对环境污染的剂型正不断被改进，或被水基化和环保型剂型所取代。发展农药新剂型和新助剂，逐步改善我国的农药剂型结构，不断满足现代农业生产的需要，是目前农药制剂学研究的主要任务。农药混合剂是我国目前农药发展中的一大支柱，由于我国农药创新能力还相对薄弱，世界上新农药开发也越来越困难，发展混合剂是延长农药使用寿命、改善应用特点和弥补农药需求与开发之间矛盾的有效途径。同时，混合剂的研发也极大拓展了农药制剂学的研究领域。发达国家也十分重视农药混合剂的研发和使用，日本、美国和欧盟的国家，农药混用或混合剂的应用十分普遍。农药商品包装也已成为农药制剂学的重要组成部分，适度包装、包装材料与农药剂型特点相配套，更加有利于农药的安全储运、成本降低和污染减少；个性化的包装有利于指导农药的使用和扩大品牌的影响力。因此，其内容也应是农药制剂学所涵盖的。为方便教学，各章内容后面配有相对应的思考题，书末列有相关附录。

《农药制剂学》是参考了《农药剂型加工技术》、《农药剂型加工》、《农药加工与管理》、《农药新剂型》等教材，查阅了国内外农药制剂加工的最新资料，并结合各位编者多年来在科研中积累的实践经验而编写。本教材为全国高等农林院校“十一五”规划教材，由全国10所高等农业院校12位从事该课程教学或科研的教授编写。

山东农业大学慕立义教授负责本教材的审阅和修改。在编写过程中，得到了编者所在单位和中国农业出版社的大力支持，在此表示衷心感谢。

由于《农药制剂学》所涉及的领域广泛，专业理论和经验性都较强，加之编者掌握的资料有限或实践经验不足，编写时间较紧，教材中肯定存在错漏或不当之处，敬请批评指正。

编者

2009年6月

目 录

前言	
第一章 农药剂型加工的基本原理	1
第一节 农药加工的意义	1
一、农药剂型加工的意义	1
二、选择农药剂型的主要因素	2
第二节 农药加工的基本原理	3
一、农药分散度	3
二、农药分散度对农药性能的影响	3
三、农药加工中的润湿原理	4
四、农药加工中的分散原理	5
五、农药加工中的乳化原理	7
第三节 农药加工的发展趋势	8
复习思考题	9
第二章 农药助剂	10
第一节 农药助剂的作用	10
第二节 农药表面活性剂的应用基础	11
一、表面活性与表面活性剂	11
二、表面活性剂应具备的条件	11
三、表面活性剂的基本特征	12
四、表面活性剂的分类	13
第三节 表面活性剂的基本性能	22
一、农药表面活性剂的结构和性能	22
二、润湿作用	28
三、分散作用	34
四、乳化作用	38
五、增溶作用	40
六、起泡和消泡作用	42
第四节 农药助剂的种类	47
一、乳化剂	47
二、润湿剂和渗透剂	66

三、分散剂	73
四、溶剂和助溶剂	80
五、载体	90
六、稳定剂	101
七、其他	107
复习思考题	115
第三章 农药制剂技术	116
第一节 乳油	116
一、概述	116
二、乳油的基本特性	116
三、乳油的基本组成	119
四、乳油的加工	121
五、农药乳油的质量标准及检测方法	128
第二节 可溶性液剂及水剂	129
一、概述	129
二、可溶性液剂及水剂的特性	129
三、可溶性液剂和水剂的组成	130
四、可溶性液剂和水剂的加工工艺	131
五、可溶性液剂及水剂的质量控制指标及检验方法	132
六、可溶性液剂的配方实例	132
第三节 微乳剂及水乳剂	133
一、微乳剂	133
二、水乳剂	141
第四节 农药粉剂和可湿性粉剂	146
一、粉剂	146
二、可湿性粉剂	151
第五节 悬浮剂及悬乳剂	157
一、悬浮剂	157
二、悬浮剂的性能要求	157
三、悬浮剂的基本组成	160
四、悬浮剂的加工	162
五、农药悬浮剂的质量标准及检测方法	164
六、农药油悬浮剂	165
七、农药悬乳剂	166
第六节 粒剂	166
一、粒剂的基本特性	166
二、粒剂的基本组成	167
三、粒剂的配制和加工工艺	168
四、颗粒剂的质量控制及检测方法	170

五、粒剂的配方实例	172
第七节 可溶性粉剂	173
一、概述	173
二、可溶性粉剂的特性	173
三、可溶性粉剂的基本组成	174
四、可溶性粉剂的加工工艺	175
五、可溶性粉剂的质量控制及检测方法	177
六、可溶性粉剂的配方实例	178
第八节 水分散粒剂	178
一、概述	178
二、水分散粒剂的基本特性	179
三、水分散粒剂的基本组成	180
四、水分散粒剂的加工工艺	181
五、水分散粒剂的质量控制及检测方法	183
六、水分散粒剂的配方实例	184
第九节 种子处理剂（种衣剂）	185
一、概述	185
二、种衣剂的基本特性	186
三、种衣剂的基本组成	187
四、种衣剂的质量控制及检测方法	189
五、种衣剂的配方实例	190
第十节 烟剂、气雾剂和热雾剂	191
一、烟剂	191
二、气雾剂	197
三、热雾剂	200
第十一节 缓释剂	202
一、概述	202
二、缓释剂的组成及分类	202
三、缓释剂的基本特性	203
四、几种重要的缓释剂	204
五、缓释剂的质量控制和检测方法	208
六、缓释剂的配制方法实例	209
第十二节 其他农药剂型	209
一、泡腾片剂	209
二、超低容量喷雾剂	210
复习思考题	212
第四章 农药混合剂	213
第一节 农药混合剂的研究基础	213
一、有效成分混合的目的及命名	213

二、有效成分混合的原则	216
三、农药增效剂及渗透剂的应用	218
第二节 有效成分混合的联合毒力测定	220
一、农药混用对生物的联合作用	220
二、农药混用联合毒力的测定与计算方法	221
三、图解法在农药混配优选中的应用	228
第三节 农药混合剂的加工技术	233
一、加工剂型设计	233
二、农药混合剂登记的资料要求	234
三、农药混合剂的研究方法	236
第四节 农药混合剂存在的问题与对策	242
一、农药混合剂存在的问题	242
二、农药混合剂的发展策略	243
三、农药混合剂研究的科学管理	244
复习思考题	245
第五章 农药商品的包装	246
第一节 农药商品包装的作用和设计原则	246
一、农药商品包装的作用	246
二、农药商品包装的设计原则	247
第二节 农药商品包装类型	252
一、农药商品包装分类的意义	252
二、农药商品包装分类方法和类型	252
第三节 农药商品包装材料	255
一、概述	255
二、农药商品包装材料的要求	256
三、农药包装容器的合理选择	256
四、农药包装容器的规格	259
五、农药包装容器的测试	259
第四节 农药商品标签	259
一、农药商品标签的原则	260
二、农药商品标签的基本内容	260
三、农药商品标签的其他要求	263
四、农药商品标签的使用规范	264
第五节 农药包装机械	264
一、液体农药包装机	264
二、固体农药包装机	270
三、封口机	273
四、其他包装机械设备	275
第六节 农药包装法规	276

中华人民共和国国家标准 农药包装通则（节选）（GB 3796—2006）	276
农药产品标签通则（GB 20813—2006）	279
农药标签和说明书管理办法 农业部第 008 号令	280
复习思考题	284
附录 1 常用农药剂型名称的代号或英文缩写	285
附录 2 国产农药分散剂、润湿剂及渗透剂	287
附录 3 国产农药乳化剂主要品种	289
附录 4 国产农药乳剂型号及主要应用农药品种	290
主要参考文献	294

第一章 农药剂型加工的基本原理

第一节 农药加工的意义

一、农药剂型加工的意义

由农药和化工企业经过化学合成生产的农药称为原药。原药为固体的称为原粉，为液体的称为原油。原药中一般含有高含量的农药有效成分和少量的杂质。通常原药是不能直接使用的，必须进行加工制成各种制剂，以满足实际使用的各种要求。

在农药原药中加入适当的辅助剂，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，也称为农药的制剂化。

农药加工主要是应用物理化学原理，根据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有效成分的作用。加工后的农药，具有一定的形态、组分、规格，称为农药剂型 (pesticide formulation)。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 (pesticide preparation)。农药制剂的命名由百分含量、药剂名称和剂型 3 部分组成，如 40% 毒死蜱乳油、50% 多菌灵可湿性粉剂等。为适应使用的不同需求，可将农药加工成各种形态。

农药加工的目的在于方便应用，农药的加工与应用技术有密切关系，高效药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，减少副作用。

农药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，延缓有害生物抗药性的发展，使原药达到最高的稳定性，提高货架寿命，延长有效成分的使用寿命，提高使用农药的效率和扩大应用范围。

1. 赋形 通过加工，能赋予农药原药以特定的稳定形态，便于流通和使用，以适应各种应用技术对农药分散体系的要求。如通过加入溶剂和乳化剂等辅助剂，可以使固态的原药变成液态而对水喷雾；也可以通过载体吸附等方式将原油加工成固态剂型使用，如颗粒剂。

2. 稀释作用 有机合成农药的出现，极大地提高了药剂的防治效果，减少了单位面积农药的使用量。在大田应用中，单位面积农药有效成分的用量很少，通常在每公顷十几克至几百克，一些超高效农药甚至在 $1\text{g}/\text{hm}^2$ 的用量下即足以杀死靶标有害生物。如此低的用量，直接使用原药显然难以获得理想的分散和防治效果，同时，施用不均匀也可能引起作物的药害。在剂型加工过程中，通过加入溶剂、填充剂及载体等成分，使高浓度原药经溶解、混合或吸附等而达到稀释作用，从而使得少量高浓度原药在应用中能达到理想的分散和防治效果，并对作物、动物及环境安全。

3. 优化生物活性 在加工过程中，加入乳化剂、润湿展布剂及其他添加剂，并通过相应的工艺使农药获得特定的物理性能和质量规格，如粉剂的粒度、可湿性粉剂的悬浮率、液剂的润湿展着性等指标，使之喷洒到作物和靶标上，能够均匀分布、黏着、沉积和渗透，从而改善药剂与

靶标有害生物的接触，促进药剂进入靶标生物体内，表现出良好的防治效果。

4. 改善原药的稳定性 有些农药本身化学稳定性差，易分解失效。有些农药加工成特定剂型后，其稳定性也会受到影响。通过加工成合适的剂型，或者在加工过程中加入稳定剂，可以显著改善原药的稳定性，使原药达到最高的稳定性，以获得良好的货架寿命。如有机磷农药粉剂，通常稳定性较差，在其中加入防分解的稳定剂可以提高制剂的稳定性。

5. 扩大使用方式和用途 一种原药可加工成不同剂型和制剂，以扩大使用方式和防治对象。如溴氰菊酯可加工成乳油，供大田喷雾防治农业害虫；也可加工成可湿性粉剂对水做滞留喷洒，或涂刷处理卫生害虫活动和栖息场所的表面，或加工成气雾剂，用于防治卫生害虫；还可加工成液剂，对水药浴，用于防治牛羊等牲畜体外寄生虫。

6. 高毒农药低毒化 通过加工，能将高毒农药加工成低毒剂型，以提高其对施药者的安全性。对于高毒农药，为了防止在施药过程中引起施药者中毒，一般严禁喷雾使用。对于这些农药，通常加工成颗粒剂等安全剂型，采用施粒等方式施药，以保证应用操作者的安全。

7. 混合制剂具有兼治、延缓抗药性发展作用 将两种或两种以上的农药，通过科学、合理的配比方法，加工制成混剂使用，具有增效、扩大防治谱、延缓抗药性、降低毒性、节省劳力和降低防治成本等多种作用。

二、选择农药剂型的主要因素

对于每种农药来说，剂型选择得恰当与否，对于它的推广应用、经济效益和社会效益，有着直接的关系。选择剂型的因素主要从以下几方面考虑。

1. 原药的理化性状 原药的物理特性（如形态、熔点、溶解度、挥发性等）和化学特性（如水解稳定性、热稳定性等），直接影响其加工剂型的选择。如果原药易溶于水，则可加工成水剂、可溶性粉剂。但如果原药在水中不稳定，则不适于加工成水剂，应加工成可溶性粉剂。如果原药易溶于有机溶剂，则以加工成乳油、油剂为宜。但如果原药在水中和有机溶剂中溶解度都很低，则适合加工成可湿性粉剂、悬浮剂和水分散粒剂。

2. 防治对象的生物特性 每种有害生物都有其特性，虽然某种原药可有多种剂型防治某一特定有害生物，但其中某种剂型对这种特定的生物防效最好。例如使用辛硫磷防治土壤害虫，以颗粒剂防治效果最好，且使用方便。再如防治柑橘介壳虫，由于介壳虫表皮蜡质层厚，以渗透性强的油剂或者乳油效果最好。

3. 使用技术的要求 使用方式，是茎叶喷雾还是土壤处理，是喷粉还是喷雾还是烟熏；使用的目的，是速效还是要求持效期长；使用技术要求不同，选择的剂型也不同。一般常量喷雾应选择乳油、可湿性粉剂和悬浮剂等剂型，超低容量喷雾应选择油剂，有时也可选择高浓度乳油。

4. 气候环境条件 使用时的气候环境条件，也是影响剂型选择的重要因素。例如 2,4-D 丁酯乳油容易飘移至附近的敏感作物上造成药害，但加工成水乳剂则可减少飘移。在森林和保护地防治病虫害，使用烟剂就比较方便。

5. 加工成本及市场竞争力 农药是一种商品，因此，选择加工剂型时必须考虑加工成本及市场竞争力，否则，即使是优良的剂型，推广也会遇到许多困难。例如，缓释剂是一种很好的剂型，持效期长、安全、对环境污染小，但由于其加工成本高，市场竞争力差，因此发展缓慢。

第二节 农药加工的基本原理

一、农药分散度

农药被分散的程度称为农药分散度。在农药加工和使用过程中，分散度是衡量制剂质量或喷洒质量的主要指标之一。

若把边长为 1 cm 的立方体分割成边长为 $10\ \mu\text{m}$ 的立方体，再分割成边长为 $1\ \mu\text{m}$ 的立方体，其总体积不会发生变化，但其总表面积、颗粒个数和覆盖面积均随分割次数的增加而大幅度增加（表 1-1）。这正是制剂加工和农药使用时所需要的。

农药的分散度通常用其分散颗粒直径的大小来表示，分散度越大，粒子越小。也可用颗粒的总体积与总表面积之比表示，称为比面。比面越大，粒子越小，个数越多，分散度越大。

农药加工过程中，正是通过加工手段来增加药剂的分散度。如将固体药剂粉碎，粉碎得越细，分散度越大。乳剂本身也是一种良好的液体分散体系。

表 1-1 边长 1 cm 的立方体分割后的变化

项 目	分割前	第一次分割	第二次分割
边长 (cm)	1	10^{-2}	10^{-3}
颗粒数 (个)	1	10^6	10^9
总表面积 S (cm^2)	6	6×10^2	6×10^3
总覆盖面积 S (cm^2)	1	10^2	10^3
总体积 V (cm^3)	1	1	1
S/V	6	6×10^2	6×10^3

二、农药分散度对农药性能的影响

农药分散度的大小对农药性能及应用效果会产生一系列重要影响。

1. 影响覆盖面积 农药的分散度越大，其覆盖面积越大。这对保护性杀菌剂和触杀型除草剂防效的发挥特别重要。因为只有保护性杀菌剂全面覆盖植株，才能有效地防止气传病原菌的侵入，使药剂得以发挥效果；如果分散度不够，不能全面覆盖植株，病原菌就可以在有着药的地方侵入，使作物感病。触杀型除草剂只有全面覆盖已长出的杂草或全面封闭土层，才能有效地防除杂草，否则效果就不好，所以要求有很大的分散度。用触杀性杀虫剂防治体小或活动性不大的蚜虫、螨类及蚧类等，亦要求药剂有很好的分散度和覆盖密度才能奏效。胃毒杀虫剂更需要有大的分散度和良好的覆盖面，否则害虫无法吃到足够的药剂而影响药效的发挥。

2. 影响药剂的附着性 药剂颗粒在处理表面上的附着性受多种因素影响，其中颗粒大小和重量是主要因素。颗粒越大，重量越大，则越容易从处理表面上滚落。适当提高分散度，有利于增加药剂在处理表面上的沉积量，从而使药效得以充分发挥。

3. 影响药剂颗粒的运动性能 不管是粉剂还是液体药剂，被喷洒出去以后，由于其分散度不同，药剂形成的颗粒的运动轨迹也不同（图 1-1）。粗颗粒，由于重力大，很快向垂直方向沉落，在空间运行距离很短，不能到达保护作物表面或接触到作物表面，不能附着而坠落。比较细

的颗粒，由于重力小，可以在空间做水平方向运动，接触到作物表面不坠落且分布均匀。更细的颗粒，当直径在 $2\mu\text{m}$ 以下时，则在空气中形成烟雾，可以长时间悬浮在空中。据 Gloscolw 在空气不流动的静态下测定，直径 $1\mu\text{m}$ 的雾滴沉降速度为 0.003 cm/s ，这样药剂雾滴可向作物枝叶茂密的深处扩散，不但可以沉积到作物枝叶的正面，也可以附着到作物枝叶的背面，有利于提高防治效果。但是，药剂的分散度太大时，又易受气流的影响，特别是上升气流对其影响更大，在未沉积前，常常被气流带走，使沉积量减少，从而影响药效。因此，药剂的分散度要以作物、防治对象和药剂本身的性质而定，又要在合适的条件下应用，才能发挥最好的药效。

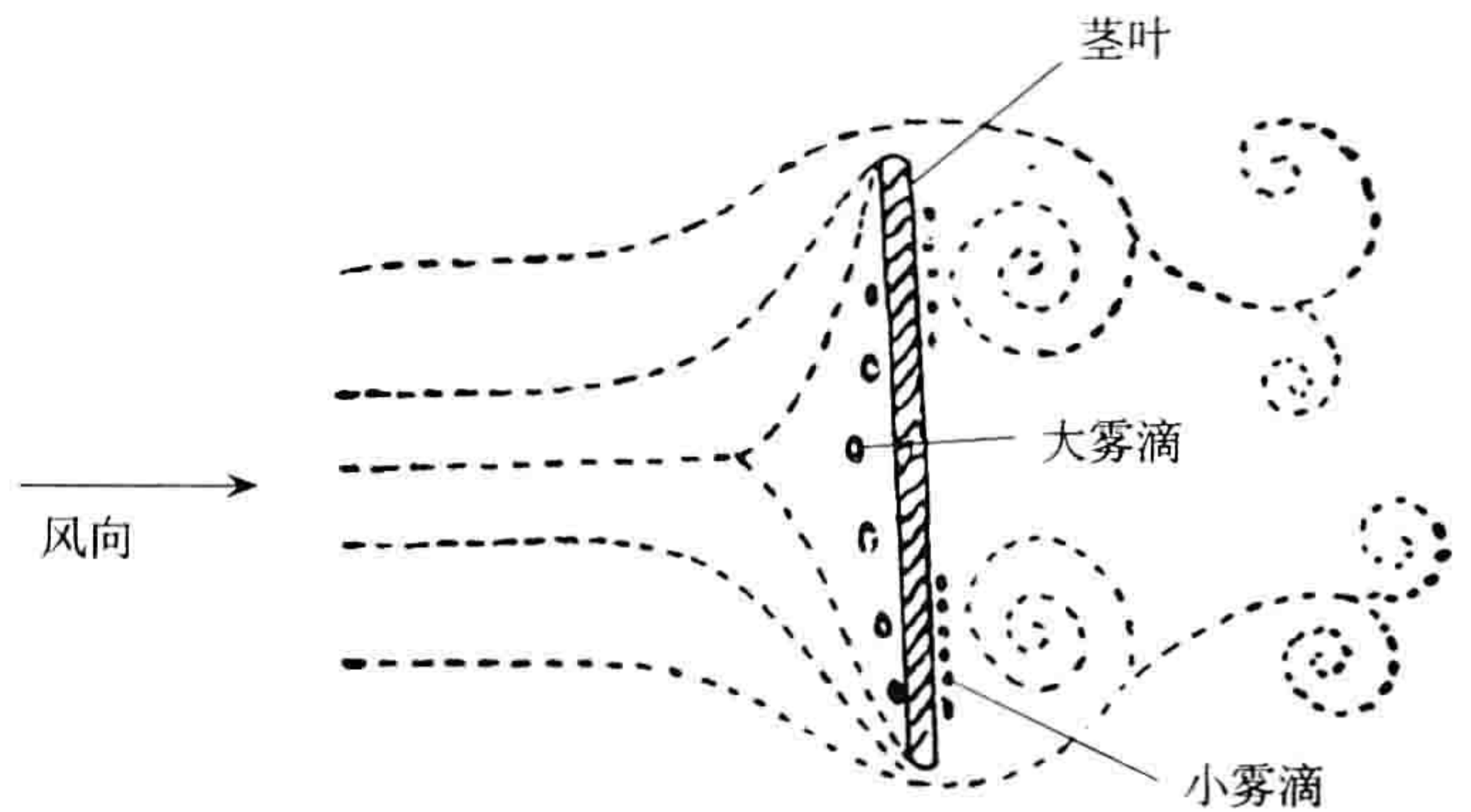


图 1-1 不同分散度的粉粒（雾滴）被气流送向固体表面时的沉积情况示意图

4. 影响药剂颗粒的表面能 药剂的表面能包括溶解能力、气化能力、化学反应能力及吸合能力。溶解能力、气化能力和化学反应能力的提高有利于药剂进入防治对象体内，有利于速效性的提高，但使持效时间变短，对药剂的储藏，尤其是对低浓度粉剂的储藏稳定性不利。所谓吸合能力，是指颗粒之间吸引合并的能力，以及颗粒在受药体表面上的附着能力。药剂的表面能与分散度成正相关。

5. 影响悬浮液的悬浮率及乳状液的稳定性 可湿性粉剂对水成悬浮液使用，要求有较高的悬浮率；胶悬剂和各种悬浮制剂本身要求有很好的悬浮性，对水使用时才能有很高的悬浮率。乳油和乳剂对水使用时形成乳状液以及乳剂本身都要求有较好的稳定性，以利于储存和使用。分散度提高，药剂的粒度变小，有利于提高悬浮液的悬浮率和提高乳状液的稳定性，也有利于药效发挥。

三、农药加工中的润湿原理

固体表面原来的气体被液体所取代、覆盖的过程称为润湿。在农药加工、固体农药制剂对水和农药稀释液喷洒到靶标生物的过程中，表面活性剂的润湿作用是一种极为重要和普遍的物理化学现象。如悬浮剂在加工过程中加入润湿剂，使水溶性很小的固体原药先润湿，以便在水相中研磨，并形成微细粒径的固体原药均匀分散和悬浮于液体的悬浮剂。可湿性粉剂在对水喷雾的使用过程中也涉及润湿现象，一是可湿性粉剂固体微粒表面被水润湿，形成稳定的悬浮液，二是悬浮液对昆虫或植物等靶标生物表面的润湿。

从物理化学的角度来看，液体能否在固体表面润湿，通常取决于 3 种力的作用，如图 1-2 所示。 r_2

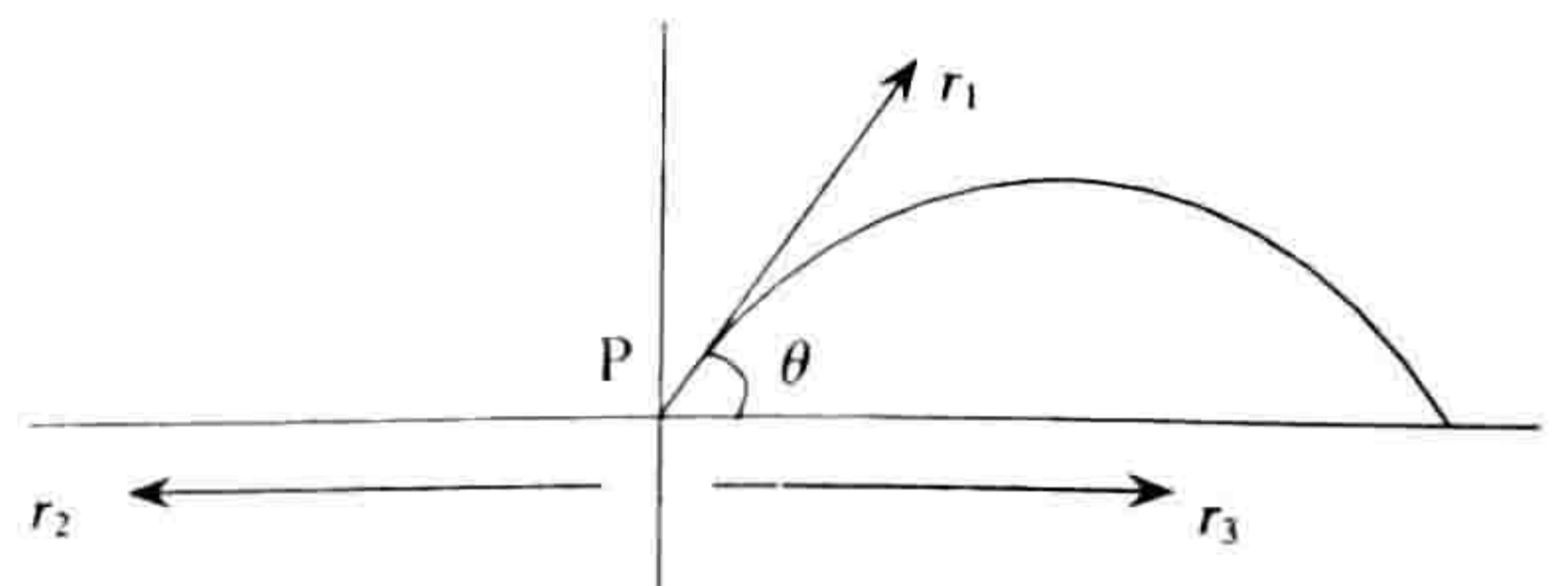


图 1-2 液滴在固体表面受力的状态

为固-气界面张力，它的作用是力图缩小固体表面积，即增加固-液界面面积，使液体在固体表面润湿； r_1 为液体的表面张力（即液-气的界面张力）， r_1 在固体表面方向上存在一个分力 $r_1 \cdot \cos \theta$ ，它的作用是力图使液体表面积尽量缩小； r_3 为固-液界面张力，它的作用与 r_2 相反，力图使固-液界面面积缩小。当液滴稳定下来时，上述 3 种力达到平衡。得到润湿方程式（T. Young. 1805）。

$$r_2 = r_1 \cdot \cos \theta + r_3$$

$$\cos \theta = (r_2 - r_3) / r_1$$

式中， θ 为液体在固体表面上的接触角。对于给定的固体和液体来说， r_2 和 r_3 是相对不变的。因此，液体表面张力 r_1 愈小，接触角 θ 也愈小，表示该固体表面愈易被液滴所润湿。

含有农用表面活性剂的药液在防治靶标（如昆虫或植物）表面上的润湿作用大体可以分为完全润湿、部分润湿及不润湿 3 种情况（图 1-3）。

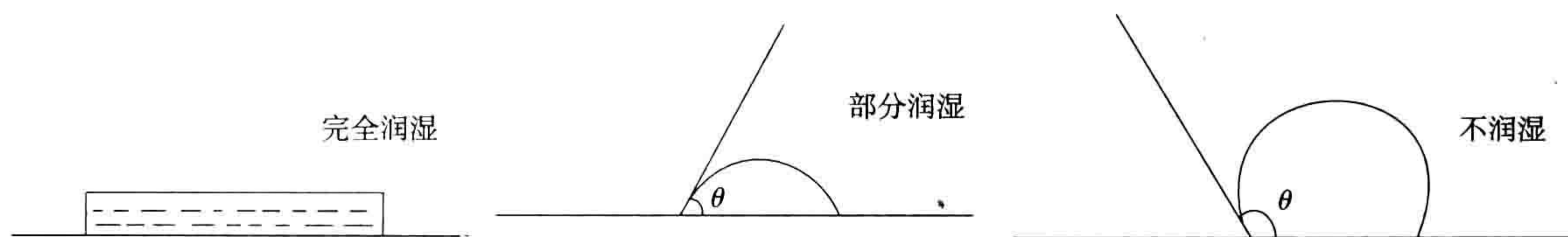


图 1-3 液体在固体表面上的润湿情况

多数农药制剂中都含有表面活性剂，因此农药对水后，其表面活性剂分子在水表面层形成单分子定向排列，即亲水基团插入水一侧，而亲油基团插入空气一侧，可降低水的表面张力和水的表面能。同时，其表面活性剂分子在水与固体农药微粒的界面上形成定向排列的吸附层，即亲油基团吸附在农药微粒一侧，而亲水基团插入水一侧，可降低固-液界面张力和界面自由能，从而起到对农药微粒的润湿作用，使其形成均匀的悬浊液。含有表面活性剂的药液在固体表面上不润湿（ $90^\circ < \theta < 180^\circ$ ）和完全润湿（ $\theta = 0^\circ$ ）两种情况都无实际应用意义。因为在不润湿情况下，当药液喷到昆虫或植物表面上时，易引起滚落而明显降低药效；在完全润湿的情况下，当药液喷到固体表面时，很容易流失，附着在固体表面的药液量极少，也会明显降低药效。因此，只有当含有表面活性剂的药液在固体表面上为部分润湿（ $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ ）时，对农药加工和使用才有实际应用价值。

四、农药加工中的分散原理

把一种或几种固体或液体微粒均匀地分散在一种液体中就组成了固-液或液-液分散体系。被分散成许多微粒的物质叫做分散相，而微粒周围的液体叫做连续相或分散介质。某些农药制剂加工过程中或农药制剂对水后常会形成含有农药有效成分的分散体系。制备这些分散体系都必须用分散剂。分散剂是能降低分散体系中固体或液体微粒聚集的物质。农药表面活性剂类分散剂是最常用和最重要的农药助剂。悬浮液和乳状液是农药加工和应用中最常遇到的两类分散体系。

1. 表面活性剂类分散剂的分散过程 根据分散体系的表面化学观点，其分散过程主要包括