

干燥技术发展规划建议

中国化工学会化学工程学会干燥学科专业组

1989. 1 .

序

干燥是化工生产中的重要过程之一。它影响到许多产品的性能、质量和能耗。与其他化工单元操作相比，在干燥过程中含固相的物料由湿态最后变成粒状或粉状，因此干燥的研究开发及设计工作带有较多的复杂性。此外，各种类型的干燥方法差异较大，而且其过程开发又必需从基础研究开始最后落实到可靠有效的设备制造，使之系统配套。这一点，学部委员、化工部陈冠荣总工程师早在1983年即已强调指出，多年的实践，证明这是十分重要的。

1986年在上海举行了第二次全国干燥技术交流会，展示了近年来国内的干燥技术有了不少新的进展。但是，不论是在基础研究，还是在干燥设备方面，与国外的先进技术相比，还有不少差距，而国内的科研工作，亦因缺乏协调和通气，而致零散。鉴此，在会上建议委托化学工程学会干燥学科专业组，组织编写一份关于干燥技术发展规划的建议稿，其目的是为了指引发展方向，提出一些待研究的领域和课题，引导科研工作，并提供有关领导部门作为参考。经过多位同志的努力，编写了许多有用的材料，现汇印成本集，供大家参考。希望对干燥这一个化工技术领域，能引起国内更多的注意与重视，大家共同努力，为我国干燥技术的不断发展及赶超世界先进水平，作出新的贡献。

中国化工学会理事

化学工程学会副理事长

萧成基

1989年2月

前 言

干燥学科专业组接受化学工程学会委托编写“干燥技术发展规划的建议”。先由学科组成员执笔撰写有干燥技术之发展及建议,再汇编成规划建议。由于干燥技术涉及之行业、原理、应用极为广泛,当非学科组成员们所能概全。然而今次刊行之各篇所涉及者皆为应用面广,需要改进、发展之干燥技术,可以对这些方面的近期发展提供参考和依据。

干燥设备也和其他化工设备一样,是发展过程工业所需之手段。长期以来这些装备并没有受到像过程工业产品那样的重视。因此过程的发展也受到装备的制约。诸如,装备不更新换代使过程工业之规模不能放大、投资费用大、能耗降低少、若干产品质量上不去等。这些装备的制造业也难于形成专业、系列生产,工装素质亦有待提高;即使有好的设计也较难造好;而且即使购买国外软件消化吸收也有影响。装备制造体系不强对软件引进之同时多数件带硬件以及硬件之重复引进均有关系。这种状态也使若干化学工程学的基础研究成果不能畅通进入商业规模之推广应用。

干燥作为一种应用较为广泛的单元设备其开发制造与其他单元设备相比在近十年内有较快之发展,干燥学科专业组根据化学工程学会指示组织了干燥行业协作组以及于1987年4月在无锡组织了全国干燥设备大型展销会。对于干燥技术与干燥器制造均有所推动。这些干燥设备制造厂商一般均为开放、改革以来转产或新建者,其年产值大者不过以千万计小者或百万以下,产品之性能、质量虽已有填补国内空白或改进,然就其整体而言,至能与国际先进厂商抗衡则尚需继续努力。

国家科学技术委员会发表的《中国科学技术政策指南》中指出“现在的任务是要把科学技术的作用更好地发挥出来,使它真正成为强大的生产力,真正成为促进经济发展的巨大力量。为了充分发挥科学技术在国民经济中的作用,要特别重视科技成果的推广应用,抓好科学技术的四个转移。”其中第一个转移就是科学技术由实验室向生产转移。而化学工程学领域的研究成果,很多需要形成装备,或通过装备来对化工产品或中间体发挥作用的。因此推动和提高化工装备之水平,乃发展化学工业的重要基础之一。干燥也是如此。因此,干燥技术之学科规划,应考虑干燥器的发展。这样可以推动干燥器生产的发展,同时对于干燥科技研究也扩展了范围和有所依托。

化学工程学会干燥学科专业组组长 李 楠

1988.10于上海医药工业研究院

目 录

序	肖成基
前言	李 楨
对于干燥技术发展规划的建议	中国化工学会化学工程 学会干燥学科专业组
干燥技术的新进展	王喜忠
染料的喷雾造粒与喷雾沸腾造粒	王喜忠
气流干燥技术	顾芳珍
流化干燥技术进展	翁頤庆
红外干燥	褚治德
转筒干燥机的各种类型	岳铭五
关于生物技术下游工程中的干燥	李 楨
喷雾干燥的闭路循环系统	金裕生

对于干燥技术发展规划的建议

中国化工学会化学工程学会干燥学科专业组

干燥技术由于被处理物料之初始状态、过程中相的变化、热敏及吸湿或亲水程度、产品质量、外观等均有不同；而且所用能源、挥发物之去除、物料传送等也有若干种类型。较之其他单元操作，干燥常有“艺术多于科学”之说。但因近年干燥领域的大量研究、开发，使这项与很多产业有关，且其能耗占到国民经济中全部能耗10%的作业有了很大进展。作为各国都很关心的技术，已六次举行了世界性研讨会。第六次国际干燥会议(IDS'88)执行主席Roques教授认为^[1]，干燥被看作“艺术多于科学”的说法已经不再听到，这反映了这门技术尽管过程的及状态比较复杂多变，也已作出了相当程度的揭示和表述。同时，发达国家干燥装置的开发、生产、供应以及应用服务已经能够适应他们对产品干燥的需要。而且各大干燥器制造厂商如Niro, Glatt, APV Anhydro, Babcock等等均各有特色产品占领世界市场。

我国从事干燥科技的大专院校，研究、设计单位不少。发表过相当数量的论文和专著。近几次国际干燥会议也有我国学者的论文被选入文集。从事干燥装置的工厂参加干燥行业组的有廿余家，各家产值在数百万至二、三千万之间。其他兼造干燥装置的工厂或不经常生产干燥器的工厂估计达一百家以上。所生产的干燥装置从性能、制作水平等方面来看，虽然不少比在役干燥器有所改进，但能赶上80年代国外先进水平者不多。目前化工、医药等行业所使用之干燥装置中，低效的箱式烘箱仍占相当数量，热效率较低之气流干燥也有若干在运转。根据中国医药设备管理协会的调查^[2]，医药行业中经调查的2910台药用干燥设备、真空干燥设备、喷雾干燥设备的技术水平，大多数为国内一般水平及国内落后水平，说明对新的干燥技术、干燥装备的需求是存在的。

鉴于干燥技术这类实用性较强的学科分支贯彻科学技术要讲求“实效”以及“长入经济”、“向外向型发展”等方针更有条件。因为过程工业需要节能、高效的干燥器，上述制造干燥装置的工厂需要不断研究开发出新理论、新的机型来更新其产品。因此，适合需要或能推动干燥技术前进的新干燥技术与装备的研究开发成果，不仅可以直接为过程工业服务，也可通过干燥器制造业形成新一代的干燥装置来武装过程工业。

作为过程工业对干燥装置的需要，除了干燥过程的有关理论、运行原理以外，也还有适应对被干燥物之物化性能之要，以及与干燥装置配套的部件如进

出料、收尘、系统控制等。初步开列的课题有：

1、大处理量、大粒径的喷雾干燥装置；大液滴在干燥塔中热空气与之有效传热及传质的过程的研究；及其雾化装置的研制。

2、适应不同滤饼状物料的新型热空气干燥装置的研究开发。

3、热泵干燥，特别是对低温低湿条件下的工况研究，可作为若干生物活性物质如酶等的干燥手段。

4、机械运动辅助的流化干燥，如振动流化、搅拌流化、搅拌气流式等，还有在这些装置中的造粒干燥。

5、农产品及其他植物如茶叶、中药材等的干燥，包括对块状物料中水份扩散、蒸发速率与热空气状态的关系及装置的开发。

6、冷冻干燥降低能耗的研究。

7、以油或气体燃料的热风系统自控控制的开发。

8、几种常用干燥机型的计算机控制及专用执行机构之研制。

9、太阳能用于农作物或干果类干燥的开发。

10、结合产品特殊需要的干燥研究，如微囊包衣、速溶性物料、伴溶媒回收、须严格隔离、要求极低水份等等。

参 考 文 献

- (1) M.A. Roques 《Sixth International Drying Symposium IDS'88》 Vol I p. III (1988.9)
- (2) 医药设备管理协会《医药工业设备管理：历史、现状与对策》 p.88~89 (1987.4).

干燥技术的新进展

王 喜 忠

(大连工学院)

干燥技术已经涉及到国民经济的各个部门,如化工、石油、食品、医药、橡胶、塑料、粉末冶金、陶瓷、电子、渔业、林产化工、生物化工、酿造等工业都离不开干燥技术。因此,干燥技术的重要性日益被人们所认识。

自世界能源危机以来,在世界范围内,对于干燥技术的研究和开发有了很大的进展。从1978年开始,每两年一次的国际干燥会议,对于干燥技术与知识的传播起了很大的作用。第四届国际干燥会议于1984年7月9日至12日在日本京都举行,共提出119篇论文,我国共报告论文6篇^[1]。

英国也加强了对干燥技术的关注。1980年8月由化学工程师学会赞助成立的固体干燥研究小组,更使这种关注大大增强^[2]。该小组旨在组织商业、研究和生产制造部门举行多学科讨论会,交流信息、情报和设想,任何对于干燥作业感兴趣的人均可成为该小组的成员。该小组每年举行四次会议,就特定的专题进行讨论,积教促进干燥技术的进一步研究。

我国化工部化工司自1979年开始至1983年,曾主持召开过多次染料工业后处理设备与技术经验交流会,制订短期发展规划。其中特别是干燥设备的进步最为明显,使染料厂的干燥设备有明显的改观。

目前,解决大多数干燥问题的一个有效方法就是干燥理论与实验这两者的合理结合,而这个科学方法的基本要点就是测定物料的干燥特性和干燥设备的操作特性。因此,在干燥器的开发、选型及设计中,干燥试验室是非常重要的。

现在,对于干燥技术的要求日益提高,干燥设备的设计人员除了设计干燥设备本身的结构之外,还要考虑到余热回收、粉尘回收、溶剂回收及污染控制等在内的整个系统的设计。因此,对设计人员有了更高的要求。

计算机已被应用于干燥器设计上,而微型计算机将来可能作为干燥加工过程的监测器和控制器,使干燥过程接近最佳操作状态。

下面介绍干燥技术发展趋势和主要干燥设备进展情况。

一、干燥技术发展趋势

干燥技术发展趋势,可概括为如下几点^[3-5]:

1、装置大型化

国外的干燥装置在向大型化发展，如气流干燥器，其产量可达200吨/小时；流化床干燥煤粉（水分由14%降到9%），其产量为375吨/小时；喷雾干燥的喷雾能力达200吨/小时。为保证产品质量，大型化要求自动化，如自动调节、自动分析、自动报警等。

2、选用热效率高的干燥设备并进行余热回收

在选用或设计一个干燥器时，在满足干燥工艺的前提下，尽量选用热效率高的干燥设备。干燥器热效率由下式定义：

$$\eta_D = \frac{Q}{Q_1} \times 100\%$$

式中： η_D ——干燥器热效率；

Q ——干燥物料必需的热量，即水份蒸发及物料升温所需热量；

Q_1 ——实际供给的热量。

干燥器热效率与干燥方式有关，大致范围如下 [6.7]：

干燥方式与干燥器热效率范围

干 燥 方 式	干燥器热效率范围
我国传统的箱式干燥器(烘箱、烘房)	10% 左右
热 风 干 燥	30 ~ 70%
排气循环高温干燥	50 ~ 75%
过热蒸汽干燥	70 ~ 80%
传导加热干燥	70 ~ 80%
辐射加热干燥	30%

干燥器选型的依据是已有工厂的生产实践或是干燥实验室中的实验。

对于一个产品，有几种干燥器都适用时，要进行设计对比，选用最经济的型式。在热风入口温度和风量一定条件下，有一个最佳的排气温度。排气温度和费用的关系如图1所示。

国外对于干燥器余热回收很重视。因为干燥过程所需热量支配着操作费用，而动力消耗则占次要地位。新设计的干燥器都配备热能回收装备，并逐渐成为

标准化产品。通常采用下述方法回收余热^[18、21]：(1)部分废气循环；(2)回收废气的显热与潜热；(3)回收干产品的显热等。

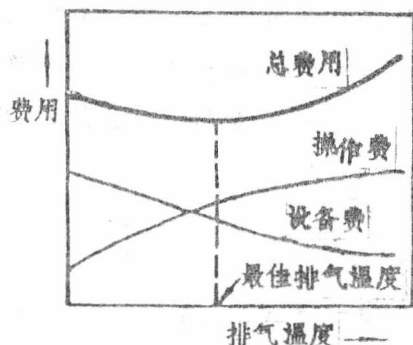


图1 排气温度和费用的关系

3、为适应特定物料的干燥，确保产品质量，绝大多数是改进干燥器结构

到目前为止，各种所谓新型干燥器都没有超出通常所知的干燥器基本类型，基本上都是某种型式的改进，没有更新的干燥器类型的突破。如耙式干燥器改为空心轴和空心耙齿，流化床内加机械搅拌或内藏换热器等，这些都将提高干燥效果。

4、各种干燥器组合使用

当用一个干燥器不能完成产品干燥任务时，采用两个不同类型的干燥器组合起来进行操作，可以达到最佳效果。如气流干燥+沸腾干燥，喷雾干燥（或喷雾造粒）+沸腾干燥等。采用二级干燥的组合原则是第一级干燥主要除掉表面水分，第二级干燥除掉物料内部水分。在第一级干燥器中，空气出口温度较低，产品含水量较高（高于规定水分含量），然后进入第二级干燥器，干燥到规定的水分。二级干燥的主要好处是提高热利用率和产品质量，特别是热敏性物料的干燥或者是需要干燥时间特长的物料尤为适宜。

5、防止污染环境及消除噪音

物料的干燥系统，由于存在着粉尘的污染、排放气体的污染，必须设法消除。干燥系统采用的风机、压缩机、振动器、雾化器等产生的噪音，也要采取措施降到国家规定的标准。

下面重点介绍防止环境污染的措施。

(1) 对于干燥系统的粉尘，要进行有效的回收。如改进除尘器结构，提高

收尘效率。或者采用二级除尘法，如第一级为旋风除尘器，第二级为布袋除尘器或湿法除尘等。

- (2) 采用喷雾造粒和喷雾沸腾造粒技术，减少细粉尘量。
- (3) 采用闭路循环系统。闭路循环干燥系统(Closed Loop drying system)的概念是为解决环境污染和回收溶剂而提出来的 [10-12]。闭路循环干燥系统是相对我们通常采用的干燥系统——开式干燥系统而言的(如图 2 所示)。开式

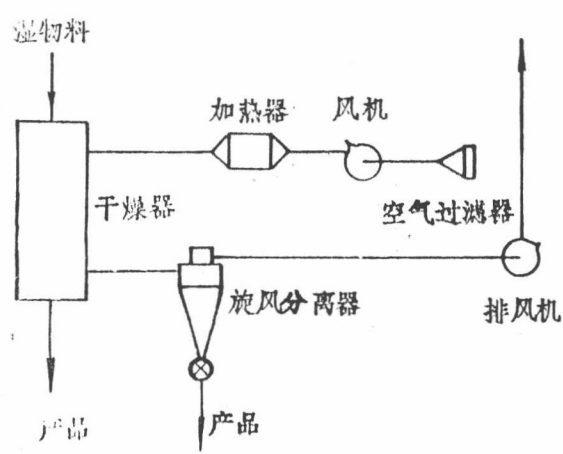


图 2 开式干燥系统流程示意图

的主要特点是干燥介质为空气，用完后直接排放到大气中。排放的气对环境不应产生污染。

典型的闭路循环干燥系统如图 3 所示。

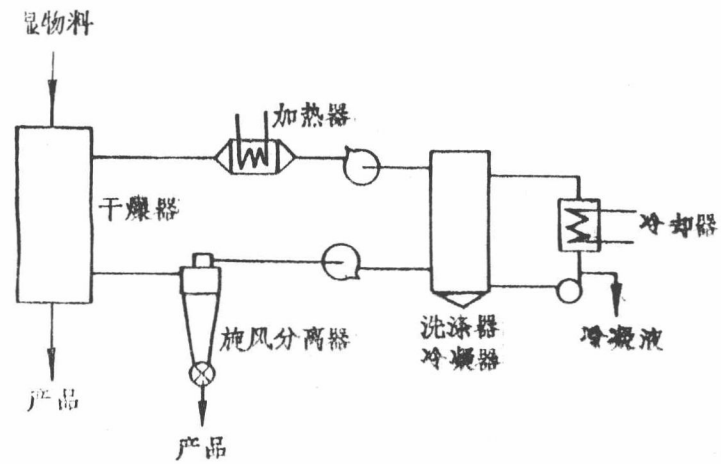


图 3 典型闭路循环干燥系统流程示意图

有下列情况之一者采用闭路循环干燥系统：

- (1) 固体中湿分为有机溶剂，降低成本而要回收；
- (2) 固体中含有机溶剂，与空气接触时可能产生燃烧或爆炸的危险；
- (3) 干燥毒性产品；
- (4) 由于气体臭味，排放到大气中造成污染；
- (5) 粉尘在空气中能够形成爆炸混合物；
- (6) 粉尘不能和氧接触，否则要发生氧化作用。

闭路循环干燥系统具有下述主要特点：

- (1) 用惰性气体（通常用氮气）作干燥介质；
- (2) 设置一个洗涤冷凝器，其作用有两个：一个冷凝从物料中出来的进入惰性气体中的蒸汽，冷凝到规定的惰性气体湿度（冷凝液为回收的溶剂）再进入加热器，惰性气体循环使用；二是洗涤气体，除掉粉尘，以防止堵塞加热器；
- (3) 整个系统在正压下操作，并按不泄漏的原则进行设计。

除上述典型的闭路循环干燥系统之外，还有半闭路循环和自惰化喷雾干燥系统，下面分别作一简单介绍。

半闭路循环喷雾干燥系统，如图4所示。加热器为燃料燃烧的间接加热器。干燥介质为周围的空气。排放的气体经过燃烧氧化后排入大气。大部分气体在

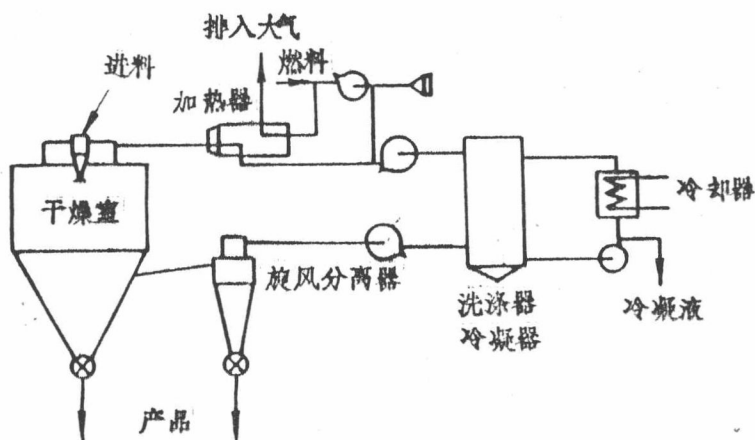


图4 半闭路循环喷雾干燥系统

循环。该系统主要用于处理活性物质和有气味的气体。本系统在微真空下操作。

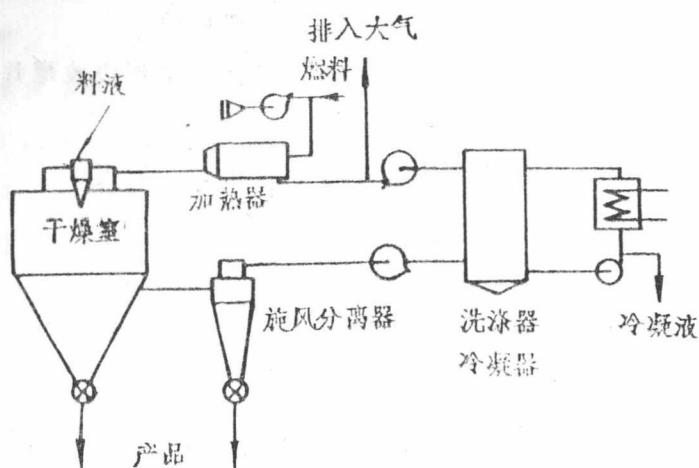


图 5 自惰化喷雾干燥系统

所谓自惰化喷雾干燥系统 (Self-inertizing spray drying system) 如图 5 所示, 是有一个直接燃烧的加热器, 干燥介质是周围的空气, 加热器的作用是加热再循环气体达到干燥入口温度, 并由于燃烧而构成低氧含量的干燥介质(这就是自惰化的含意)。冷凝系统作用同前。本系统是为处理粉尘具有爆炸或燃烧危险而设计的。排出的气体量为总气体量的 10~15%。

如果排放的气体有臭味, 还可以将此部分气体通入加热器进行燃烧, 并回收这部分热量(如图 6 所示)。

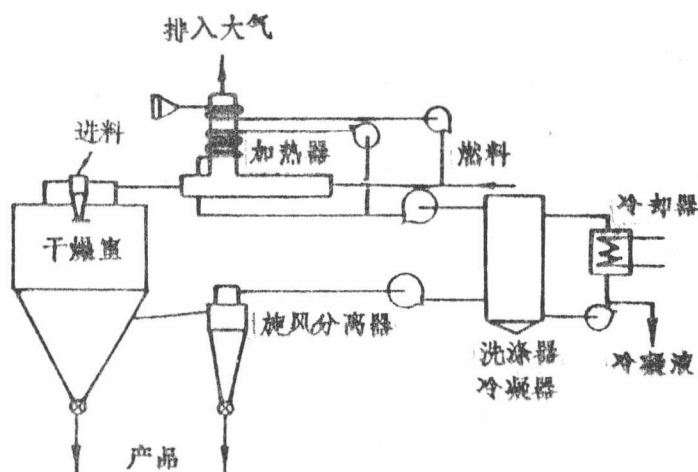


图 6 带有燃烧和预热的自惰化喷雾干燥系统

二、主要干燥设备进展

由于被干燥物料是多种多样的，与此相应的干燥器类型也是很多的。这里介绍几种主要干燥器之进展。

1、喷雾干燥

就干燥装置而方，国内外进展最快的就是喷雾干燥。该型装置发展迅速的主要原因是各行各业(如催化剂、食品、医药、染料、陶瓷等)对粉粒体物料需要量的增加。喷雾干燥技术的进展，主要体现在下述几方面：

(1) 高粘性物料和滤饼的直接喷雾干燥。现在，高粘性物料和滤饼不必加水稀释，可直接喷雾干燥，以节省能量。

(2) 能够获得粒度比较均匀的产品。为了达到此目的，采用许多方法，如改进雾化器结构，旋风分离器内的细粉返回塔内与雾滴进行粘结等。

(3) 在结构上采取措施减轻粘壁及设立空气或机械清扫装置。在设计上要保证喷嘴的喷雾角大小与塔径相适应，这可防止半湿物料粘壁。有许多干燥器加入两股风，一般为主流风，另一股为顺壁风(沿壁下吹)，防止湿物料粘壁。有时在易粘壁部位加设空气吹扫装置或机械清除装置，把粘壁物料及时吹掉或刮掉，尤其是热敏性物料，以防变质。

(4) 控制塔内的热风运动状态和温度分布。在喷雾干燥塔内，强制地控制其运动状态，以达到最佳干燥效果。塔内的温度分布也直接影响到干燥速度和产品质量。有的采用高温区内壁面处适当吹入冷风，防止此处粘附物料烧焦。也有采用两种温度进风——高温风和低温风，在不同位置引入塔内，在高温区，湿物料处于高温高流速气流中，达到快速干燥之目的，然后半干物料进入高温风和低温风混合后的低温区，逐渐干燥到规定的含水量，这种干燥操作可能是最合理的。

2、流化床干燥器

流化床干燥器的进展情况仅次于喷雾干燥，居第二位。流化床干燥器单台处理能力居于各种干燥器之首。

流化床干燥器适用于干燥粉粒状物料。干燥时间可以自由调节。卧式多室沸腾干燥器应用最广。

流化床干燥器的进展表现以下几方面：

(1) 干燥和冷却在一个床内进行，冷却后包装，这对热敏性物料、热结物料尤为适宜。

(2) 在流化床内设置内加热器，提高干燥器生产能力。如处理PVC粉末

的能力可比普通流化床提高 5 倍。

(3) 流化床内加搅拌(卧式多室加在第一室内可处理粘性物料, 保证正常流态化)。

(4) 振动流化床的应用。振动流化床就是普通流化床加上振动, 国内也发表一些关于此技术的介绍文章和设计资料 [13-15]。

振动流化床具有下述特点: ①利用振动可准确控制停留时间分布; ②由于振动可减少固体流态化用的气体流量, 这样, 既可减少夹带, 又节省热能; ③对易凝聚或粘性颗粒, 机械振动使块状破碎; ④有利于连续操作。

振动流化床主要用于两级干燥中第二级干燥。

振动流化床用于真空冷冻干燥时, 可使平均干燥速度由 $0.5 \sim 1.0 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{M}^2 \cdot \text{h}$ 提高到 $6 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{M}^2 \cdot \text{h}$ [16]。

流化床干燥器应用范围逐渐扩大, 除了一般的干燥之外, 还用于喷涂、造粒、冷却、输送等。

3、流化床喷雾造粒 [17-20]

流化床喷雾造粒 (Fluidized-Bed Spray Granulation, 简称 FBSG) 又称喷雾沸腾造粒。它是流态化技术与液体雾化技术有机的结合。形成一个新的应用技术领域。FBSG 技术广泛应用于制药工业、食品工业、化学工业等造粒操作中。

所谓流化床喷雾造粒就是将液体雾化后, 均匀地喷到流化的 (即沸腾着的) 床层上, 使床层上的晶种逐渐长大到需要的粒度, 干燥到规定的湿含量, 然后排出流化床即为产品。其生产流程示意图如图 6 所示。

一般采用锥形床型。可采用间歇或连续操作, 由产量决定。

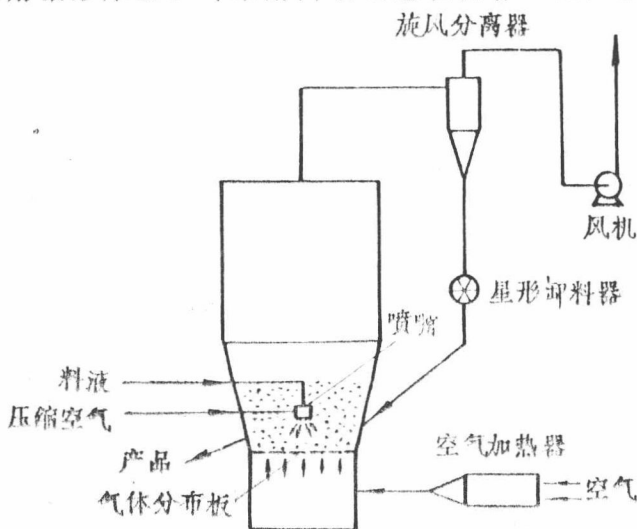


图 7 流化床喷雾造粒流程示意图

流化床喷雾造粒有下述特点：

(1) 和传统造粒法(即混合、加水、搅拌捏和造粒、干燥、粉碎、筛分等)比较，在流化床一个设备中完成，简化工艺流程；

(2) 粒子大(0.5~5mm直径)，且能得到无粉尘颗粒产品；

(3) 能将多种成分混合在一起，一次造粒，这对制药和食品工业(如制作冲剂)非常方便；

(4) 设备生产能力大，结构尺寸小，占地面积小；

(5) 对操作要求严格，若操作不当可造成死床。

4、气流干燥器

气流干燥器已比较成熟，适用于粉粒体的干燥，应用也比较普遍。

现已研究明白，气流干燥器从加料口处算起至1.5~2米处，传热效果最好，其体积传热系数最高可达 $30000\text{kcal}/\text{M}^3 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ 以上，而全管平均值约为 $2000 \sim 6000\text{kcal}/\text{M}^3 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ ，其主要原因是：①气——固相对速度大；②颗粒密度大；③颗粒和气体之间的温差大。根据这个规律，出现许多气流干燥器的变形，如短管(长6米)气流干燥器、带扩大管(有的称脉冲管)的气流干燥器、旋风干燥器等。

在气流干燥器的设计中，仍然是半经验半理论的方法。在《化学装置》(日文)杂志上，连载四期题为“关于气流干燥装置的新理论和设计计算方法”可以参考[21]。

5、热传导干燥器的改进和开发

热传导干燥器系指热量以热传导的方式，通过金属壁传给湿物料，湿物料获得热量而使水分蒸发，水蒸汽不断地被移走(抽真空)，最后物料干燥到规定的水分含量。热源一般用水蒸汽。

热传导干燥器的改进和开发是一个值得注意的问题。由于能源紧张，热效率高(70~90%)的热传导干燥器(如耙式干燥器、滚筒干燥器、真空干燥器、间接加热的回转圆筒干燥器等)已被重视起来。

日本开发的回转干燥器，直径2~3米，长10米。为了增加传热面积，在相邻两耙齿之间设置一空心圆盘，与空心轴相联接，水蒸汽进入圆盘中，其传热面积可达 $400 \sim 500\text{M}^2$ ，蒸发水分3~6吨/小时，该装置连续操作。

滚筒干燥器改为封闭式，以加强劳动保护。为了提高产量，改为双滚筒结构。

6、其它型式干燥器

箱式干燥器是我国各化工厂应用最普遍的一种型式。但是传统的烘箱或烘房，其热效率为10%左右，绝大部分都没有改造，浪费热能很大。应当采用强制通风并用热交换器加热空气。还要采用部分废气循环。

微波干燥器应扩大应用范围，要注意防护。远红外线干燥器亦应扩大应用范围。

主要参考文献

- (1) 化工进展, (1), 48-56(1985)
- (2) 化工装备技术, (4), 65-73(1984)
- (3) ケミカル・エンジニアリング(4), 13-23(1983)
- (4) 粉体と工业, 17, (9), 27-52(1985)
- (5) 医药工程设计, (4), 8-10(1985)
- (6) RYOZO TOEI(桐荣良三)Drying7-2(1982)
- (7) 别册化学工业, 工場操作, シリーズ (2) 326(1984)
- (8) 大连化工, (1), 34-42(1984)
- (9) 染料工业, (1), 42-45(1984)
- (10) C.E.P., (1), 83-86(1978)
- (11) 黄照柏等译, 喷雾干燥手册, 34-40(1983)
- (12) 武汉化工, (1), 54-60(1983)
- (13) 医药设计, (4), 1-4(1984)
- (14) 医药工程设计, (3), 1-5(1985)
- (15) 化学世界, (1), 16-18(1985)
- (16) ケミカル・エンジニアリング(4), 24-27(1983)
- (17) 染料工业, (3), 48-52(1983)
- (18) 童景山、张克, 流态化干燥技术, 中国建筑工业出版社(1985)
- (19) C.E.P., (4), 37-42(1983)
- (20) 化学世界, (3), 119-123(1986)
- (21) 化学装置(日文), (3)、(4) (1980) (3)、(4) (1981)

染料的喷雾造粒与喷雾沸腾造粒

王 嘉 忠

提 要

总结喷雾造粒和喷雾沸腾造粒的经验；提出改进的意见。

一、概述

我国目前染料的剂型有膏状、粉状和粒状三种(缺液体染料)。膏状染料一般是过滤后的滤饼，不用干燥而直接装桶出厂。这种剂型就地使用还是很好的。由于滤饼含水量较多(50~60%湿基)，不宜长途运输和长期保存。为此，现在染料的剂型多数是粉状和粒状。

粉状染料具有商品规定的粒度分布和水分含量，便于长途运输和储存。此种染料由于粉尘飞扬，给干燥、粉碎、混合、包装及印染等操作带来不便。为了防止粉尘污染，上海、天津、大连等厂家，在粉体染料中加入少量防尘剂，起到一定的效果。为了进一步解决粉尘飞扬和速溶的问题，我国已经生产出许多种粒状染料。

粒状染料又分两种形式。即空心颗粒与实心颗粒。空心颗粒是由喷雾造粒干燥法制取的，实心颗粒是由喷雾沸腾造粒干燥法制取的。

本文总结喷雾造粒和喷雾沸腾造粒方面的经验，提出改进的意见，供从事这方面工作的同志参考。

二、喷雾造粒

我国的空心颗粒染料是采用压力式喷嘴喷雾造粒法制取的，喷雾压力为20—40kg/cm²，其粒度大小决定料液性质，喷嘴结构、喷雾压力及操作温度等。液滴形成空心颗粒的机理^[1]可描述如下：

(a) 在液滴表面处形成一层对气流为半透性的表面层，随着液滴温度的升高，液滴就膨胀起来，并喷出其内部生成的蒸汽。

(b) 水分蒸发的速率比固体扩散返回到液滴内部的速率要快一些，在蒸发完成时，就存在着许多气孔，特别是结晶产品的情况更是如此。

(c) 在干燥时，由于毛细管的作用，其中的液体通过固体微粒间的微细孔隙移动至液滴表面，液体离开液滴中心而形成空隙，这个机理适用于粘土糊。

(d) 带入料液中的空气，有助于在液滴内部形成空气空间。

从显微镜上观察到的颗粒状态，多数是前两种。图1是国内空心颗粒染料