

最新干燥技术工艺与 干燥设备选型及标准规范

实施手册

主编：徐帮学

安徽文化音像出版社

封面设计：翟奕

ISBN 7-88413-228-4



9 787884 132284 >

ISBN 7-88413-228-4

定价：798.00元 (1CD+手册三卷)

最新干燥技术工艺与干燥设备 选型及标准规范实施手册

主编：徐帮学

(上)

安徽文化音像出版社

书 名：最新干燥技术工艺与干燥设备选型及标准规范实施手册

出 版：安徽文化音像出版社

书 号：ISBN 7-88413-228-4

定 价：798.(1CD+手册三卷)

最新干燥技术工艺与干燥设 备选型及标准规范实施手册

编委名单

主 编：徐帮学

副主编：商祺

编委会：孙晓田 孟亮 刘艳红 王燕
徐帮学 杜波 姚向萌 刘利
周晓林 韩健 宋明明 江涛

前 言

干燥是将物料去除水分或其他挥发成分的操作,涉及面很广。随着生产的发展,对干燥技术、干燥装备的需求有了更高的要求。由于原有工业基础较薄弱,产量小,大多数用电烘箱、蒸汽烘箱等干燥物料。为适应工农业生产的需要,开展了对喷雾、气流、流化等干燥装置的开发以及对农产品、食品、药品、生物制品等的干燥过程及装置的研究开发工作。

干燥是许多工业生产中的重要工艺过程之一,它直接影响到产品的性能、形态、质量以及过程的能耗等。干燥技术的覆盖面较广,既涉及复杂的热、质传递机理,又与物系的特性、处理规模等密切相关,最后体现在各种不同的设备结构及工艺上。

干燥技术随着有关产业的发展有着比较大的进展,因为干燥涉及不同品类产品的品质、性状、干燥前后的不同物态。而干燥的能耗在工业发达国家要超过能耗总量的10%,因此干燥过程的节能是涉及面广的长远课题。同时大量的干燥需求也必然促使干燥装置制造业的发展。其中机电一体化、加工制造标准化、调控水平等也都是体现干燥装置水平的内涵。由此认为我国目前干燥技术的发展方兴未艾。

随着干燥有关产品的发展,对其品质的提高、能量单耗的降低、操作的可靠程度,都会对干燥技术及装置提出更高的要求。对于干燥装置制造业来说,满足上述要求,乃至逐步形成具有当代世界水平或领先水平的产品及企业也是必要的。若干干燥工作开展不多的产品,如造纸、食品、矿冶等方面的加强以及干燥基础理论研究,已有机种及新机种的开发,机电一体化程度的提高、制造标准的接轨等都将是今后的工作内容。

由于编者水平有限,书中难免有不妥或疏误之外,敬请读者批评指正。

本书编委会

2003.7.20

目 录

第一篇 干燥技术总论	(1)
第一章 干燥技术总论	(2)
第一节 干燥技术的概况	(2)
第二节 被干燥物料的特性	(4)
第三节 各种干燥装置的特性	(5)
第四节 干燥技术的进展	(20)
第五节 各种干燥器在工业上的应用	(23)
第二章 干燥过程中湿物料与空气的相互作用	(26)
第一节 固体物料在干燥中的平衡关系	(26)
一、吸附与解吸等温曲线	(26)
二、平衡湿度	(28)
三、吸温湿度	(30)
第二节 干燥过程中物料水分状态的变化分类	(31)
第三节 干燥过程的实验规律	(35)
一、干燥实验	(35)
二、干燥曲线	(36)
三、干燥速度(速率)曲线	(37)
四、温度曲线	(41)
五、干燥过程的分析	(41)

(一)恒速干燥阶段	(41)
(二)降速干燥阶段	(42)
(三)临界含水量(临界湿度)	(44)
(四)干燥操作对物料性状的影响	(45)
第四节 干燥过程的计算	(45)
一、干燥过程的物料衡算和热量衡算	(45)
(一)湿物料中含水量的表示方法	(45)
(二)物量衡算	(46)
(三)热量衡算	(47)
(四)干燥器的热效率	(49)
二、间歇干燥过程——恒定干燥条件下干燥时间的计算	(50)
(一)恒速干燥阶段	(51)
(二)降速干燥阶段	(51)
三、连续干燥过程——干燥条件变动情况下干燥时间的计算	(52)
(一)连续干燥过程的一般特性	(53)
(二)连续干燥条件下干燥时间的计算	(54)
第三章 干燥过程基础	(60)
第一节 湿空气的性质	(60)
一、空气中水蒸气含量的表示方法	(60)
(一)水蒸气分压	(61)
(二)空气的湿度	(61)
(三)空气的相对湿度	(65)
二、湿空气的焓和湿比热	(65)
三、湿空气的比体积	(66)
四、绝热饱和温度	(67)
(一)露点	(68)
(二)干、湿球温度	(69)
五、空气的状态图	(73)

目 录

(一)空气的 $I-H$ 图	(73)
(二)湿空气的湿度图($t-H$)图	(75)
第二节 物料中所含水分的性质	(78)
一、水在物料中的存在形式	(78)
(一)按物料与水分的结合方式分类	(78)
(二)按物料与水的结合力分	(79)
(三)按水分能否用干燥方法除去分	(80)
二、干燥过程动力学	(81)
(一)干燥曲线	(81)
(二)影响干燥速率的因素	(86)
第三节 粒粒体物料基础知识	(88)
一、粉体的粒径	(88)
(一)颗粒的单一粒径	(88)
(二)粒群的平均粒径	(89)
(三)粒度分布	(89)
二、粉体的空间性质	(92)
(一)空隙率	(92)
(二)堆密度	(93)
(三)密度	(94)
(四)压缩性	(94)
三、粉体的静力学性质	(95)
(一)休止角	(95)
(二)内摩擦角	(95)
(三)滑动角	(96)
四、粉体的动力学性质	(96)
第四节 物料衡算及热量衡算	(97)
一、物料衡算	(97)
(一)水分蒸发量的计算	(98)

(二)空气用量的计算	(99)
二、热量衡算	(100)
第四章 干燥过程的热交换与质交换	(103)
第一节 水分由物料表面向介质转移过程中的传热与传质	(103)
第二节 在湿物料中的传热与传质	(108)
第三节 干燥过程中热量传递与水分传递之间的关系	(117)
第五章 干燥静力学分析	(120)
第一节 湿空气的性质	(122)
一、湿空气	(122)
二、湿空气的状态参数	(123)
第二节 湿空气湿焐图及其应用	(128)
一、湿空气的湿焐图($H-I$ 图)	(128)
二、湿空气状态的确定和过程的计算	(130)
三、应用举例	(132)
第六章 干燥动力学分析	(135)
第一节 物料所含水分的性质	(135)
一、水与物料的结合方式	(136)
二、毛细管对水分的束缚力	(137)
三、平衡水分和自由水分	(139)
四、木材的纤维饱和点及平衡含水率	(140)
第二节 恒温条件下干燥过程的实验规律	(144)
一、干燥实验装置及测试系统	(144)
二、干燥曲线与干燥温度曲线	(146)
三、干燥速率曲线	(147)
四、恒温条件下高温辐射对木材的作用	(148)
五、恒温条件下中温辐射对木材的作用	(150)
六、亮辐射与暗辐射干燥木材的传热对比实验	(151)
第三节 影响干燥速率的外在因素	(153)

一、非稳态干燥动力学方程	(153)
二、对流传热传质系数的分析	(155)
三、影响干燥速率的外在因素的分析	(157)
第四节 影响物料内部传热传质的主要因素	(158)
一、典型毛细管多孔胶体的结构特点	(158)
二、毛细管多孔胶体内部水分的迁移	(161)
三、水同物料的结合能与单位脱水量的能耗	(165)
四、毛细管多孔胶体材料的吸收光谱	(168)
五、红外辐射的穿透性	(170)
第七章 干燥过程的测试与控制	(175)
第一节 温度测量	(175)
一、概述	(175)
(一)温度与温标	(175)
(二)测温仪表	(177)
二、膨胀式温度计	(179)
(一)液体膨胀式温度计(玻璃液体温度计)	(179)
(二)固体膨胀式温度计	(181)
三、热电阻温度计	(182)
(一)热电阻	(183)
(二)热敏电阻	(186)
(三)热电阻温度计及其线路	(187)
四、热电偶温度计	(190)
(一)热电偶测温原理	(190)
(二)热电偶基本定律	(191)
(三)标准化热电偶	(192)
(四)热电偶的测量误差	(192)
五、半导体温度计	(193)
(一)温敏二极管	(194)

(二)温敏晶体管	(195)
六、表面温度测量	(198)
(一)热电偶法	(198)
(二)热电阻法	(199)
(三)热谱法	(200)
第二节 湿度测量	(200)
一、测湿方法	(200)
二、干湿球温度计	(201)
(一)基本原理和方法	(201)
(二)误差来源	(201)
(三)阿斯曼(Assmann)湿度计	(202)
(四)干湿球湿度计	(202)
三、光湿度计	(203)
(一)露点湿度计	(203)
(二)红外湿度计	(204)
四、电湿度计	(204)
(一)电湿度计概述	(204)
(二)电湿度传感器的特性参数	(204)
(三)电阻式湿度计	(205)
(四)电容式湿度计	(206)
(五)氯化锂露点湿度计	(206)
第三节 含水量和水分活度的测量	(208)
一、含水量测量	(208)
(一)经典质量法	(208)
(二)费休滴定法	(208)
二、水分活度测量	(210)
(一)平衡相对湿度法	(210)
(二)直接测量法—压力计测量法	(212)

目 录

(三)间接测量法	(212)
第四节 压力、流速和流量测量	(214)
一、压力测量	(214)
(一)液柱式压力计	(215)
(二)弹性式压力计	(216)
(三)压力传感器	(217)
二、流速测量	(218)
(一)利用能量方程式测量	(218)
(二)利用传热原理测量	(221)
三、流量测量	(221)
(一)流量的概念和流量计的类型	(221)
(二)差压式流量计	(222)
(三)转子流量计	(223)
(四)涡轮流量计	(224)
(五)质量流量计	(224)
第五节 常压热风干燥设备测试	(225)
一、技术性能测试	(225)
(一)冷态空载测试	(225)
(二)热态空载测试	(226)
(三)热态满载测试	(226)
二、工艺试验	(227)
(一)试验目的	(227)
(二)试验前的准备工作	(228)
(三)试验中的注意事项	(228)
(四)试验报告	(228)
第二篇 几种常用的干燥新技术工艺	(229)
第一章 气流干燥工艺	(230)
第一节 概 述	(230)

第二节 气流干燥器的类型及干燥流程	(232)
一、直管气流干燥器	(232)
(一)一级直管气流干燥器	(232)
(二)二级及多级气流干燥器	(234)
二、旋风气流干燥器	(236)
三、脉冲气流干燥器	(238)
四、文丘里管型气流干燥器	(242)
五、套管式气流干燥器	(244)
六、涡旋流气流干燥器	(245)
七、喷气式气流干燥器	(257)
八、环形气流干燥器	(259)
九、闭路循环气流干燥器	(262)
十、搅动瞬间干燥器	(264)
第三节 气流干燥的基本理论	(265)
一、颗粒在气流干燥管中的运动轨迹	(265)
(一)颗粒在等速阶段的基本方程	(266)
(二)颗粒在加速阶段之基本方程式	(270)
(三)颗粒群在干燥管内的运动	(270)
二、颗粒在气流干燥管内的传热	(271)
(一)单一球形颗粒与气流之间的传热	(271)
(二)颗粒群与气体之间的给热系数	(273)
三、气体与颗粒之间的传热	(276)
(一)传热量	(276)
(二)物料平衡	(276)
第四节 气流干燥器的设计	(277)
一、设计参数	(277)
(一)入口气体的温度	(277)
(二)排出气体温度	(277)

目 录

(三)产品温度	(278)
(四)必需的气体量和物料气体量之比	(278)
(五)管径	(278)
(六)管长 H 的计算	(279)
(七)压力损失	(283)
(八)旋风气流干燥器的设计	(283)
二、设计实例	(286)
第二章 气流脉动流化床干燥试验	(296)
第一节 气流脉动流化床干燥试验的目的	(296)
第二节 气流脉动流化床干燥试验装置的研制	(297)
第三节 试验材料与试验方法	(300)
一、试验材料	(300)
二、试验方法	(300)
(一)试验步骤	(300)
(二)试验指标	(300)
第四节 气流脉动流化干燥的试验结果及分析	(301)
一、小麦干燥的正交试验结果及分析	(301)
(一)风温、风速对干燥过程的影响	(302)
(二)物料层厚度对干燥性能的影响	(303)
(三)气流脉动频率对小麦干燥过程的影响	(304)
(四)气体分布板开孔率对干燥性能的影响	(304)
(五)正交试验中因素的主次顺序和较优水平	(304)
二、蔬菜脱水干燥的正交试验结果与分析	(305)
(一)四因素对干燥过程的影响	(305)
(二)变风量干燥工艺的可行性	(306)
三、气流脉动频率单因素试验结果的分析	(306)
第五节 气流脉动流化床干燥与普通流化床干燥的对比试验和结果分析	(310)

第六节 气流脉动流化床的干燥特性	(312)
第三章 脉冲式气流干燥器的理论计算与试验	(314)
第一节 概述	(314)
第二节 颗粒加速和减速运动的受力分析及其计算的统一方程式	(317)
一、单一颗粒在加速运动段的受力分析	(317)
二、单一颗粒在减速运动段的基本方程式	(318)
三、统一基本方程的归纳	(319)
第三节 统一基本方程的求解及脉冲干燥管管高的计算	(320)
一、统一基本方程的求解	(320)
二、脉冲干燥管管高的统一计算式即加速和减速运动段的高度	(321)
第四节 加速运动段和减速运动段中气固两相间的传热量	(323)
第五节 脉冲式气流干燥器的计算	(324)
第六节 脉冲式气流干燥器的试验	(326)
一、脉冲管管径的选择	(326)
二、脉冲式气流干燥器的干燥试验	(327)
三、脉冲式气流干燥器与直管气流干燥器性能比较	(329)
第四章 真空冷冻干燥	(332)
第一节 真空冷冻干燥的主要特点和用途	(333)
一、真空冷冻干燥的特点	(333)
二、真空冷冻干燥的主要用途	(334)
(一)冻干技术在医药方面的应用	(334)
(二)冻干技术在医疗事业上的应用	(334)
(三)冻干技术在食品工业中的应用	(335)
(四)冻干技术在其他方面的应用	(336)
第二节 真空冷冻干燥原理	(339)
一、纯水的相图与物料中的水分	(339)
(一)物料中水的结合形态	(341)

(二)物料中水的去除	(342)
二、冻干过程的三个阶段	(342)
(一)预冻阶段	(342)
(二)升华干燥阶段	(343)
(三)解析干燥	(349)
(四)典型冻干曲线	(350)
三、升华干燥过程的传热传质计算	(351)
(一)基本假设	(351)
(二)直角坐标系下的计算	(352)
(三)圆柱坐标系下的计算 ^[7]	(354)
(四)球坐标系下的计算	(356)
(五)物料的热导率	(358)
第五章 红外辐射加热干燥的工程应用	(360)
第一节 油漆烘干原理与桥式烘道	(363)
一、油漆烘干原理	(363)
二、桥式烘道	(364)
(一)经验法	(365)
(二)设计计算法	(366)
(三)试验法	(366)
三、烘道测试	(367)
第二节 高中温定向辐射加热胶合板单板干燥机	(369)
一、单板的吸收特性及红外辐射器的选择	(370)
二、模拟实验与设计	(370)
(一)辐射器不同布置方案对传热传质的影响	(371)
(二)单板变温干燥动力学实验	(372)
三、现场测试分析	(373)
四、红外单板干燥机与其他单板干燥机性能对比	(375)
(一)干燥周期	(375)