

活性炭

生产工艺原理与设计

吴新华 编著

中国林业出版社

活性炭生产工艺原理与设计

吴新华 编著

中国林业出版社

(京)新登字 033 号

图书在版编目(CIP)数据

活性炭生产工艺原理与设计/吴新华编著.

—北京:中国林业出版社,1994.3

ISBN7-5038-1262-1

I. 活…… II. 吴…… III. ①活性炭—工艺设计—理论
②工艺设计—活性炭—理论 IV. TQ351.27

TQ424.1
6002

中国林业出版社出版

(100009 北京西城区德内大街刘海胡同7号)

河北涿州市新华印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1994年3月第1版 1994年3月第1次印刷

开本:850×1168毫米 1/32 印张:10.5

字数:250千字 印数:1~3000册

定价:12.00元

内 容 简 介

本书论述了活性炭厂等普通化工厂的设计原理、通则、方法和程序,详细、具体、系统地介绍了活性炭生产的各种炭化方法及活化方法的工艺原理与工艺设计。

全书内容包括:工厂设计总论,热力学、工艺学基础,炭化工艺及活性炭生产的焖烧法、机械耙动炉法、沸腾炉法、多管炉法、氯化锌法、颗粒炭工艺等各种方法的工艺原理与设计。并介绍了其他几种活化炉和辅助设备。书后附有多种活性炭的规格和质量指标及检验方法。

本书可作为林产化工专业教学参考书,亦可供轻工、化工、医药等其他专业师生及活性炭生产、应用、管理、科研、设计和有关专业人员阅读。

前 言

活性炭是一种具有特殊微晶结构、微细孔发达、比表面巨大、吸附能力强的炭。它作为一种优良吸附剂已广泛应用在制糖、医药、食品、化工、国防、农业以及人们的衣食住行各个方面。近年来，随着工业的发展，活性炭吸附法已成为防治环境污染、净化人类生活环境的强有力手段之一，活性炭用途更加宽广，与人们的联系更加密切。

我国的活性炭工业初创于 50 年代，通过 60~70 年代打基础，在 80 年代得到了蓬勃的发展，目前已具有一定的规模。产量从几十吨发展到 6 万多吨，位居世界前列。品种达 200 个，有多种方法和炉型生产，除个别品种外，基本能满足社会和经济建设的需要。但是，同先进的工业国家比，我国人均活性炭生产量和使用量都只及十分之一左右，工艺、设备比较落后，品种不够齐全，尤其是高技术、新技术的活性炭产品缺乏。随着改革开放的深入发展，国家现代化建设的实现，我国对活性炭的需求量将急剧增加，这孕育着活性炭生产工艺和应用技术的大变革，我国的活性炭事业将会起质的飞跃。

然而，目前国内活性炭的专著甚少，尤其是有关工艺与设备等实用科技书、教材更为缺少！这给活性炭生产新建项目、技术改造项目及学生毕业设计带来许多不便。为了改变这种状况，适应活性炭工业发展的需要，作者据 30 多年积累的教学、科研成果及资料，并参阅一些工厂设计规范、化工工艺设计书籍、教材，写

FA061/11

成了本书。全书共 10 章,前两章介绍工厂设计基本概念、原则、程序和内容及热化学和活性炭化学与工艺学的基础知识和有关参数,作为本书的必备基础知识。以后各章分别介绍炭化和各种活性炭生产工艺原理与设计,内容丰富、翔实。

工厂设计是一门综合性的学科,涉及到多个技术和经济领域,其经济指标的影响因素多,变动快,所以本书内容仅供各方法、各炉型相比较参考用,不作核算依据。

感谢先后在福建林学院活性炭课程组工作过并对有关科研课题出过力的同事们!他们是唐伯芬讲师、林启模副教授、胡淑宜副教授、吴仲尧副教授、陈经文工程师、黄传尧讲师和余玮讲师。

感谢葛冲霄教授的多年帮助!还感谢本书中所引用文献的作者!

感谢福建省建阳县林业科技中心、福建华信活性炭有限公司以及南平地区林委、龙岩地区林委、三明市林产工业公司等的大力支持!

因作者水平有限,本书难免存在缺点错误,望广大读者指正。

吴新华

1993 年 12 月 12 日

主要参考文献

1. 赵国方编. 化工工艺设计概论. 北京: 原子能出版社, 1990
2. 上海医药设计院编. 化工工艺设计手册 (上、下册). 北京: 化学工业出版社, 1986
3. (日) 王置明善等编. 大庆石油化工设计院译. 化工装置工程手册. 北京: 兵器工业出版社, 1991
4. 葛婉华. 化工计算. 北京: 化学工业出版社, 1990
5. 苏健民. 化工技术经济. 北京: 化学工业出版社, 1990
6. 南京林产工业学院. 木材热解工艺学. 北京: 中国林业出版社, 1983
7. 南京林产工业学院. 林产化学工业手册 (上、下册). 北京: 中国林业出版社, 1979

目 录

绪 论	(1)
第一章 工厂设计总论	(6)
第一节 概 述	(6)
第二节 工厂设计程序和内容	(7)
第三节 工厂总平面设计	(12)
第四节 工艺设计	(16)
第五节 工艺设计文件编制与图样	(27)
第六节 技术经济设计与评价	(31)
第二章 热力学、工艺学基础	(37)
第一节 化学热力学基础	(37)
第二节 木材炭化过程和产物	(44)
第三节 木炭、活性炭的结构	(51)
第四节 活性炭孔隙结构与化学性质	(60)
第五节 炭化工艺与设备分类	(68)
第六节 活化工艺与设备分类	(74)
第三章 炭化工艺原理与设计	(82)
第一节 木材(松根)干馏设计	(82)
第二节 木屑沸腾炭化炉设计	(95)
第三节 果壳炭化炉的设计	(109)
第四章 焖烧炉烟道气活化法	(115)
第一节 工艺流程	(115)
第二节 工艺、设备设计	(120)

第三节	车间平面布置	(132)
第四节	技术经济指标分析	(132)
第五节	焖烧炉改进	(136)
第五章	机械耙动炉水蒸汽活化法	(139)
第一节	概 述	(139)
第二节	工艺流程	(140)
第三节	物料衡算	(145)
第四节	热量衡算	(148)
第五节	机械耙动炉设计	(153)
第六节	余热利用系统的设计	(164)
第七节	设备布置	(174)
第八节	技术经济指标分析	(176)
第六章	沸腾炉空气水蒸汽活化法	(181)
第一节	概 述	(181)
第二节	工艺流程、物料衡算	(182)
第三节	沸腾炉设计	(185)
第四节	旋流喷动活化炉工艺	(193)
第五节	旋流喷动活化炉设计	(198)
第七章	多管炉水蒸汽活化法	(207)
第一节	工艺流程、物料衡算	(208)
第二节	热量衡算	(212)
第三节	多管活化炉设计	(215)
第四节	粉碎风选系统设计	(219)
第五节	技术经济指标分析	(221)
第八章	氯化锌法	(225)
第一节	工艺流程	(226)
第二节	物料衡算	(230)
第三节	设备设计、选型	(233)
第四节	车间平面布置	(239)

第五节 技术经济设计	(240)
第六节 连续式回转炉法工艺、设备	(243)
第九章 颗粒活性炭生产工艺原理与设计	(248)
第一节 气体法定型颗粒炭生产工艺流程	(249)
第二节 定型颗粒炭生产工艺原理与设计	(253)
第三节 不定型颗粒炭生产工艺原理与设计	(262)
第四节 氯化锌法生产定型颗粒炭工艺原理与设计	(275)
第十章 其它活化炉和辅助设备	(280)
第一节 概 述	(280)
第二节 木屑气流干燥工艺设计	(281)
第三节 鞍式活化炉	(288)
第四节 其它活化炉型和后处理设备	(292)
第五节 机械振动磨	(293)
附 录	
ZBG 13001—88 醋酸乙烯合成触媒载体活性炭	(307)
ZBG 13002—88 针剂用活性炭	(314)
GB/T 13803—92 木质味精精制用颗粒活性炭	(317)
GB/T 13804—92 木质净水用活性炭	(318)
GB/T 13805—92 糖液脱色用活性炭	(319)
LY 216—79 粉状活性炭	(321)
HG3—1290—80 活性炭	(322)
中华人民共和国药典 药用炭	(322)
主要参考文献	(325)

绪 论

一、活性炭工业历史与现状

活性炭是在木炭用于糖液脱色精制的基础上产生的。人类生产和使用木炭的历史悠久，除做燃料和冶炼用外，在公元前 1550 年埃及就用于医药，公元前 2 世纪印度用于滤水，我们的祖先用木炭重量变化来测量空气的湿度，长沙马王堆出土的汉墓木椁用木炭来吸潮、防腐，明朝李时珍在《本草纲目》中记述果核煅炭可治疗腹泻和肠胃病。到中世纪，开始把木炭用于糖液脱色精制，以后发现骨炭有更大的脱色力，从 19 世纪中叶开始研究“用量少、效果好”的脱色吸附剂，活化炭的研究走上了轨道，于是在本世纪初欧洲诞生了活性炭工业。日本学者柳井弘提出，把活性炭工业的建立和发展分为四个时期：

(1) 工业化前 (1900 年以前)。如上所述，为了寻找用量少效果好的吸附剂，这时期人们进行了许多活化研究。如研究焖烧、过热水蒸汽活化、过热水蒸汽和空气并用等。1856 年已有用麦粉、焦油和 $MgCO_3$ 混合加热制脱色炭的，1868 年开始用纸厂废物拌和磷酸烧制脱色炭。但这些都是实验室里完成的，而工业化设备、材料、工程理论问题没能得到解决。

(2) 工业生产出现 (1900~1925 年)。1900~1901 年奥斯特雷专科 (OSTREJKO) 发明了金属氯化物和植物原料混合和在较高温度下用 CO_2 作用来制造活性炭的两项专利。1909 年以木炭为原料用气体法在欧洲开始生产粉状活性炭，1911 年荷兰 NORET

炭出售(后成为有名的糖用炭),从此开始了气体法和药品法的两大类方法的工业生产。第一次世界大战中活性炭在防毒面具上的应用,活性炭作为军需品得到了急剧的发展。理论研究也随之开始。

(3) 成长期(1925~1950年)。20年代初在欧洲,活性炭的用途已扩大到矿物油、植物油和化学药品的精制,形成垄断企业,竞争激烈。1926年以后,活性炭制法研究集中在荷兰,而理论方面研究集中在德国。1929年以后,在美国开始把粉状活性炭用于水处理(每年2000~3000 t)。这时原料使用相当广泛,扩展到果壳、核、泥煤等。活化方法也多种多样,理论研究进一步深化。

(4) 新发展期(1950~1975年)。第二次世界大战后,活性炭工业的主导权已从欧洲转到美国,为保护环境和节省能源,活性炭用途已扩大到空气净化、废水处理、香烟滤嘴等方面。原料转向煤、石油。多层耙式炉、流动床炉等气体活化法逐步扩大,药品(氯化锌)活化法逐渐减少,再生技术提上日程,进入现代化工业水平。这时在美国活性炭的应用已遍及17个行业,如自来水、工业用水净化,气体净化、分离,溶剂回收,制糖等。

目前,美国是世界上最大的活性炭生产和使用国,年产量约16万t。其次是俄罗斯约8万t。日本随着工业的崛起,活性炭工业发展也很快,粉状炭从1950年的2000 t增长到1970年的2万t,粒状炭从零增长到1.5万t,现达到6万余t。产活性炭的其他国家还有:荷兰(3万t)、德国(2万t)、法国(1.5万t)、意大利、南斯拉夫等。世界年总产量约70万t,贸易量约15万t。当前的趋势是:原料向价廉且能大量供给的如煤、石油沥青、纸浆废液方向发展;设备向大型连续、自动化方向发展,科研开发深入,新技术、新产品不断出现。

二、我国活性炭工业的创立与发展

我国的活性炭工业初创于 50 年代,60~70 年代打基础,前 30 年经过马鞍形、螺旋式曲折发展历程,基本上建成了独立、完整、初具规模的工业体系;近 10 多年来在改革开放的新形势下得到了蓬勃的发展。目前,年产量达 6 万余 t,仅次于美国、俄罗斯、日本居世界第 4 位,比初期增长 3000 余倍,翻了 10 多番;活性炭工业产值在整个林化产品中仅次于纸和松香居第 3 位。

在活性炭工业的发展历程中,有代表性的事件记录如下:

1949 年,沈阳东北制药总厂多管炉投产(木炭原料,粉状药用炭)。

1951 年,青岛东风化工厂焖烧炉投产(木屑原料,粉状药用炭等)。

1957 年,上海新中国化工厂建成氯化锌法土法生产车间(木屑原料,糖用粉状炭);接着在杭州木材厂建成了同样的车间。

1960 年,在太原 908 厂建成斯列普炉,国家重点项目活性炭最大专业厂投产(煤、果壳原料,生产颗粒炭)。

1965 年,青岛东风化工厂建成间歇式沸腾炉生产车间。

1966 年,黑龙江铁力干馏厂建成回转炉法活性炭生产车间(木炭原料,水蒸汽法粉炭)。

1970 年,北京光华木材厂建成了鞍式炉法活性炭车间。用椰壳、杏核等果壳(核)作原料生产维尼纶载体活性炭。

1975 年以前,我国活性炭工业还没有负责协调发展的主管单位,产量一直在 1 万 t 以下波浪起伏。

1976 年,农林部、对外贸易部共同在江西怀玉山召开了全国第一次活性炭座谈会,开始有意主管活性炭产品,对活性炭工业的发展起到了很大的推动作用。

1981年,在重庆召开第一次全国活性炭学术讨论会时,活性炭产量首次过1万t,达到1.2万t。

1983年,在太原召开第二次全国活性炭学术讨论会时产量翻番达3.5万t。

1987年,在北京召开第三次全国活性炭学术讨论会时统计产量达4.5万t。

1991年,在上海召开第四次全国活性炭学术讨论会时统计产量达5.5万t。

1992~1993年分别召开全国活性炭行业协会和全国活性炭学术讨论会时统计产量达6万t,生产能力有10万t。

从近10多年的情况看,我国活性炭工业的发展趋势为:

(1) 活性炭厂从城市向乡村和原料产区转移,以解决污染和原料问题。

(2) 乡镇、个体办的活性炭小厂如雨后春笋,在很多山区成了致富门路之一。

(3) 对外技术合作和贸易有突破性发展。

(4) 科技教育蓬勃发展,多行业、多部门都涉足活性炭领域。

目前,我国有30多个大学、科研院所和设计院进行有关活性炭的科研和技术开发工作,对活性炭工业的发展起到了推动作用。我国的活性炭工业同美、日等国比仍有较大的差距,如小厂多,分散,生产工艺、设备比较落后等。今后随着工业的发展,人民生活水平的提高,活性炭的生产必将飞跃到一个新的水平。

三、编写本书的目的和意义

凡固定资产扩大再生产和提高经济效益的新建、改建、扩建、恢复工程及与之连带的技术经济工作称为基本建设。基本建设,是指国家、基本建设的单位以及项目建设过程中各个环节的技术经

济活动的总和。国家对全社会固定资产扩大再生产和提高经济效益起到规划、实施、组织与管理的作用。

基本建设按投资的用途分为生产性建设和非生产性建设；按项目的性质分为新建、扩建、改建、恢复和迁建；按项目规模大小分为大型、中型和小型项目。按照有关规定的划分法，把活性炭划入其他化学工业类总投资在 2000 万元以上属大型、1000~2000 万元为中型，1000 万元以下为小型，活性炭厂以小型居多数。

基本建设的作用十分重要，它为国家提供大量生产能力和效益，尤其是轻工业、化工业，能为国家积累大量资金。通过基本建设可以调整产业结构，合理配置生产力，用先进技术改造企业。目前，活性炭工业正面临着技术改造、技术进步的艰巨任务，基建（新建、改建）任务十分繁重，也只有通过用先进技术改造，走上现代化轨道，才能完成质的飞跃。

工厂设计是基本建设过程中的一个重要环节，正确的设计思想和相应的设计技术不仅对设计一个新厂十分重要，而且对生产设备的操作、改进和简化生产工艺流程，发现生产中的薄弱环节，挖掘生产潜力，提高生产效率，开发新工艺、新技术、新资源，降低能耗，搞好环境保护等方面，都非常必要。

工艺设备设计，即工艺专业设计，在工厂设计中占主导地位，包括生产方法选择、工艺流程设计、物料和热量衡算、主要设备的计算与选择、车间布置设计和工艺设计文件的编制等。它能够起组织、协调其他非工艺工程设计（土建和公用工程等），为他们提供设计条件，提出切合实际的设计要求。

本书将提供化工厂设计的基本原理、通则、程序和方法，提供炭化工艺和各种活性炭生产工艺的原理和工艺设计。本书将帮助有关专业学生以及技术人员了解、掌握一般活性炭厂（车间）的设计技术。

第一章 工厂设计总论

第一节 概 述

工厂设计是基本建设的重要环节，是为工业生产增加生产能力，增加固定资产的首要工作。

工厂设计集中体现了各门应用科学技术的成果，是一门综合学科。工厂设计的技术水平高低，反映了生产力水平的高低。在本书中，工厂设计主要是指活性炭工厂等普通化工厂的设计原理、通则、方法和程序。

工厂设计是工程技术人员按国家的法规和技术、产业政策，为建设项目提供设计图纸、资料等技术文件的创造性工作。设计必须尽可能有效地运用国家资金和资源，采用最新科技成果，达到既技术先进、又经济合理可行，还要做到保护环境。

人类虽然在八九千年前就发明了制陶术，促进了手工业的建立；我国人民早在公元前 22 世纪（即夏朝以前）已能酿酒，并掌握了蒸馏提纯技术，有古代的三大发明。但这些工艺或技术毕竟是非常原始、低级和粗放的，和现代工业技术无法相比。直到 18 世纪中叶的产业革命，才开始有人类历史上真正意义的设计活动。至今 200 多年间，科学技术经历了两次大的革命，新理论、新发明、新技术和新产品层出不穷，极大地丰富和发展了人类的社会文明。这一切又都与科学的设计工作分不开，又反过来带动了工厂设计这门学科的发展，向着现代化的方向迈进。

第二节 工厂设计程序和内容

一、程 序

工厂设计必须遵循基本建设程序。即从项目决策、设计、施工到验收全过程必须按照各阶段先后次序,依次进行。一般是先进行可行性研究而后确定项目、确定投资,先勘察设计而后施工,先安装试车而后竣工投产,最后验收交付使用。概括有下述四个步骤:

(1) 提出项目建议书,进行可行性研究;编制计划任务书,选定建设地点。

(2) 勘察设计。

(3) 组织工程施工。

(4) 工程建成验收、交付使用。

基本建设程序简图,如图 1—1。

二、可行性研究

可行性研究是运用多种手段对建设项目投资决策前进行技术经济论证,研究建设项目在技术上是否先进、适用、可靠,在经济上是否合理,是否盈利,需要多少人力、物力和资源,需要多长时间,需要多少投资,等等。

可行性研究是在第二次世界大战前后发展起来的,现在已形成一整套系统的科学的研究方法,在国际上被广泛采用。我国在 70 年代,特别是改革开放以来,开始重视并广泛应用可行性研究。

1. 可行性研究的内容

一般工业建设项目的可行性研究包括以下内容:

(1) 概论:项目的概况,研究结果概要,存在问题和建议。