

煤炭转化

中国煤基活性炭生产设备现状及发展趋势

熊银伍^{1 2 3}

(1. 煤炭科学研究总院 北京煤化工研究分院 北京 100013; 2. 煤基节能环保炭材料北京市重点实验室 北京 100013;
3. 国家能源煤炭高效利用与节能减排技术装备重点实验室 北京 100013)

摘要: 阐述了原煤直接破碎活性炭、柱状成型活性炭与压块破碎活性炭 3 种煤基活性炭的生产工艺,说明压块破碎活性炭是未来发展的主流产品。重点介绍了活性炭生产过程中主要生产设备的应用现状,包括捏合设备、柱状成型设备、压块成型设备、炭化设备以及活化设备等,并从易用性、处理能力、环保、造价、自动化水平、设备成熟度等方面对比分析了不同生产设备的特点。最后对中国活性炭生产设备发展趋势进行了展望,提出活性炭设备正朝着设备大型化、节能减排化、专业设备制造标准化以及生产设备自动化等方向发展。

关键词: 煤基活性炭; 生产设备; 成型; 炭化; 活化

中图分类号: TD849; T0424 文献标志码: A 文章编号: 1006-6772(2014)03-0039-04

Current status and development trend of coal-based activated carbon production equipment in China

XIONG Yinwu^{1 2 3}

(1. Beijing Research Institute of Coal Chemistry, China Coal Research Institute Beijing 100013, China;

2. Beijing Key Laboratory of Coal Based Carbon Materials, Beijing 100013, China;

3. State Key Laboratory of High Efficient Mining and Clean Utilization of Coal Resources China Coal Research Institute Beijing 100013, China)

Abstract: Introduce the production process of coal based activated carbon, such as raw coal broken granular activated carbon, columnar activated carbon and press block unshaped breaking active carbon, which is the mainstream product. Mainly discuss the application of production equipment for activated carbon preparation, including kneading, molding, carbonization and activation. Analyze the characteristics of different production equipments from the aspects of application level, processing capacity, environmental protection, cost, automation and maturity. Then discuss the development trend of activated carbon production equipments. The development of activated carbon equipment is featuring energy saving and emission reduction, large size, specialization, standardization and automation.

Key words: coal-based activated carbon; production equipment; molding; carbonization; activation

0 引 言

中国是世界上最大的活性炭生产国和出口国。20 世纪 80 年代,活性炭产业逐渐形成规模,中国活性炭生产企业已由 20 世纪 80 年代初的几十家增至目前的 300 余家,总产能达 50 万 t/a,其中煤基活性炭生产企业 200 多家^[1]。2013 年中国活性炭年总产量约 35 万 t,其中煤基活性炭产量约 25 万 t。中

国活性炭主要分为两大类,一类是以木屑、椰壳、果壳或其他木质材料为原料的木质活性炭^[2],另一类是以煤炭为原料的煤基活性炭。其中木质活性炭产能主要集中在江西、福建和浙江等地,煤基活性炭产能主要分布在煤炭主产区,如山西、宁夏等地。从中国活性炭产业结构来看,煤基活性炭产量占中国活性炭产量的 70% 以上,近几年新建的万吨级活性炭厂主要以煤基活性炭为主。随着国内对环保重视程

收稿日期: 2013-11-02; 责任编辑: 白娅娜 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2014.03.011

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划) 资助项目(2011AA060803)

作者简介: 熊银伍(1982—),男,湖南常德人,助理研究员,从事活性炭生产及应用研究。E-mail: wanlianqing2000@126.com

引用格式: 熊银伍. 中国煤基活性炭生产设备现状及发展趋势[J]. 洁净煤技术, 2014, 20(3): 39-42, 48.

XIONG Yinwu. Current status and development trend of coal-based activated carbon production equipment in China[J]. Clean Coal Technology, 2014, 20(3): 39-42, 48.

度的增加,活性炭应用市场将不断扩大,市场容量逐渐增加,中国煤基活性炭产业将迎来一个新的发展时期。近年来国内煤基活性炭设备不断创新,促进了中国煤基活性炭产业的跨越式发展。

1 煤基活性炭生产工艺

煤基活性炭主要分为原煤直接破碎活性炭、柱状成型活性炭与压块破碎活性炭3种^[3],粉状活性炭是这3种产品生产过程中的副产品。

1.1 原煤直接破碎活性炭

原煤直接破碎活性炭生产工艺如图1所示。



图1 原煤直接破碎活性炭生产工艺

原煤直接破碎活性炭生产工艺对原料煤有一定要求,采用此工艺的生产厂家集中在山西大同地区。大同特有的优质侏罗纪弱黏结烟煤(4号、8号层煤)灰分低、化学活性好,生产的活性炭孔隙发达,是不可多得的活性炭生产原料之一。随着煤炭资源开采程度的增加,该煤种逐渐减少,许多厂家面临无原料可生产的尴尬局面,严重影响大同地区活性炭产业的发展。

1.2 柱状成型活性炭

柱状成型活性炭原料适应性强,可根据原料、工艺进行产品质量调节,生产高、中、低档产品。柱状成型活性炭既可用于气相,也可用于液相。如用于气相的烟气脱硫、脱硝用活性炭采用的是大颗粒柱状活性炭(又称活性焦),具有机械强度高(耐磨、耐压)、可再生,在净化装置中床层压降小等优点^[4-6],已得到广泛应用(图2)。

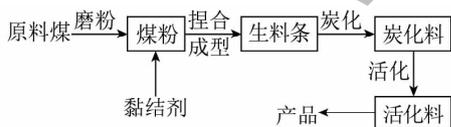


图2 柱状成型活性炭生产工艺

为调节活性炭产品指标,也可采用配煤生产活性炭。一般来说,无烟煤生产的活性炭主要以微孔为主(孔径 ≤ 2 nm),而烟煤生产的活性炭中孔发达(2 nm \leq 孔径 ≤ 50 nm)^[7-8],因此可采用一种主原料煤(烟煤或无烟煤),适当配以另一种或多种其他煤种(添加10%~50%无烟煤或烟煤)来调节活性炭的产品指标^[9]。部分企业为降低生产成本,在产品指标合格的条件下也会配入部分低廉煤种来降低原料成本。

1.3 压块破碎活性炭

压块破碎活性炭生产工艺如图3所示。



图3 压块破碎活性炭生产工艺

与原煤直接破碎活性炭相比,压块破碎活性炭采用高压成型工艺,产品机械强度高,产品附加值高,中孔发达,可作为优良吸附剂用于饮用水净化,是未来发展的主流产品。但压块破碎活性炭对原料、生产设备及生产工艺要求较高,如要求原料煤具有一定的黏结性,且活性要好,对于黏结性较差或没有黏结性的煤种,需配入黏结性较好煤种或配入少量添加剂方便成型。因此生产企业较少,产能较低。

2 主要生产设现状

从活性炭生产工艺来看,活性炭主要工艺过程包括捏合成型、炭化、活化等。

2.1 捏合成型设备

1) 捏合设备。捏合的目的是使煤粉、黏结剂和水充分混合均匀,使原料易于成型,是活性炭成型过程不可或缺的步骤。多数厂家采用间歇式捏合机,一般采用常压蒸汽加热或油加热翻缸出料的形式。这种捏合方式物料混合充分,捏合效果可自由控制,但缺点也较多。由于是间歇操作,处理能力低;且设备不密封或密封效果差,捏合过程中煤粉大量溢出;采用的黏结剂焦油在加热过程中会散发大量刺激性气体,工作环境差;需要人工将捏合好的物料送入成型机,劳动强度大^[10]。

部分厂家改进生产设备,采用新型连续式捏合机。两种捏合机特点见表1。

连续式捏合机的物料从一端进入,在搅拌桨的作用下,物料向前运动,经过一段时间后,物料捏合完毕,从另一端下料口排出。整个进料、搅拌、出料连续进行,且设备密封性好,是目前活性炭行业较为先进的捏合设备。为保证物料有足够的捏合时间,该设备长度较长,在3 m左右。目前新建活性炭厂大都采用连续式捏合设备,部分厂家为获得更好的捏合效果,采用2~3台设备串联捏合。

2) 柱状成型设备。四柱液压机是目前常用的成型设备,主要包括主机、进料装置以及压缸压头等辅助设施。物料送入压缸后,主机带动压头自上而下移动,物料在压头的挤压下,从压缸底部的模具挤出成型,压头回到原位,准备下一次挤压。多数厂家采用人工上料方式进料,部分企业改进了进料方式,

采用自动推料机实现自动进料,大大降低劳动强度。

表 1 捏合机特点

项目	间歇式捏合机	连续式捏合机
优点	间歇操作,混合均匀,可自由控制捏合程度与时间;设备易于维修	连续操作,可实现自动连续进料和出料;密封,无泄漏,粉尘少,符合车间卫生标准;处理能力大
缺点	处理能力小;存在泄漏,工作环境较差;劳动强度较大	设备较长;不能自由控制捏合程度,捏合效果稍差

国内外还有一种较先进的成型造粒设备—平模碾压造粒机。其工作原理为:加入设备的物料经辊轮挤压,强制从钢制开孔平模挤出,挤出的圆柱状物料在模板下被刮刀切断,从而得到圆柱状颗粒。该

设备为连续式成型机,生产设备能力大,单台最大产能 3.5 t/h 左右,适合规模化生产,整个过程在密封环境下完成,具有生产环境好,劳动强度低等优点。柱状成型设备特点见表 2。

表 2 柱状成型设备特点

项目	四柱液压机	平模碾压造粒机
优点	压力大,产品质量稳定;设备故障少;模具可更换,适应生产不同尺寸活性炭	连续操作,可实现自动连续进料和出料;密封,无泄漏,生产环境良好;处理能力大,适合规模化生产
缺点	间歇操作,处理能力小(1.5 t/h);不密封,有刺激性气体溢出,工作环境较差	设备维修时间长;造价偏高

3) 压块成型设备。常用压块成型设备为干法辊压造粒机,其原理为:物料在外力作用下强制通过两个反向旋转的辊轮间隙(辊轮有开槽),辊压成型。国内对该类设备研究较少,起步较晚,但随着大型压块破碎活性炭生产线的上马,部分厂商逐渐重视该设备的研发,目前已开发出具有自主知识产权的成

套设备,处理能力可达 7 t/h。

2.2 炭化设备

炭化设备采用回转炉形式,包括内热式和外热式两种炉型,现已建成的企业基本采用内热式炭化炉。内热式与外热式最大区别在于物料与加热源的接触方式不同。两种炭化设备特点见表 3。

表 3 炭化设备特点

项目	内热式炭化炉	外热式炭化炉
优点	技术成熟;结构简单,易于操作;价格便宜	处理能力大;不需外供燃料,副产大量蒸汽,能耗低;无烧蚀,物料得率高(平均比内热式高 2%~5%),产品质量好
缺点	单台处理能力较低;物料存在烧蚀现象;能耗较高	设备投资偏高,但同等规模下与内热式炭化炉相当(含焚烧和余热回收),不适合小规模企业;设备成熟度稍低

由于内热式炭化炉物料直接与加热源接触,在炭化过程中会损失一部分原料;而外热式炭化炉物料与热源间接换热,无物料烧蚀,炭化得率较高,就单台设备而言,每年可节约原料 500~1000 t,降低了生产成本。外热式炭化炉采用多仓式,物料均匀分布在各仓内,使其处理能力更大,最大产能可达 15000 t/a,而内热式炭化炉产能只有 3000~4000 t/a。外热式炭化炉热源来自原料加热产生的挥发分,不需外供燃料,且副产大量低压蒸汽,节能效果更好;设备采用耐高温钢材,造价偏高,但同等规模下与内热式炭化炉造价相当。由于外热式炭化炉发

展较为缓慢,已建成运行的企业只有一家,存在焚烧炉与炭化炉主体设备不匹配的问题。随着近几年的发展,该设备已大量改进,技术成熟度逐渐升高,新建的大型活性炭厂基本采用外热式炭化炉。

2.3 活化设备

活化是指水蒸气或 O_2 与碳反应的过程,是活性炭造孔的重要过程之一。活化具有多种炉型,中国采用的炉型主要为斯列普炉^[11],还有少量斯特克炉,以及最新引进的多膛炉等。斯列普炉是 20 世纪 50 年代由苏联引进,根据产品道数量不同可分为多个系列,单台设备产量为 500~3000 t。该设备能自

热平衡,不需外供燃料,进出料均已实现自动化。

多膛炉的炉中心垂直装有一根耐高温、抗腐蚀的空心转动主轴,每层炉床上都有 2 个或 4 个带有耙齿的伞状耙臂安装于空心转轴上并随其转动,耙

齿不断翻动炉床上物料,使其从上层不断向下层移动直至排出。国外活性炭企业多采用多膛炉,但在中国该炉型还处于起步阶段^[12]。多膛炉与斯列普炉的特点见表 4。

表 4 炭化设备特点

项目	斯列普炉	多膛炉
优点	技术成熟;结构简单,易于操作;价格便宜;可同时生产多品种活性炭;自热平衡,不需外供燃料	处理能力大,单台最大达 10000 t/a; 停车时间短;自动化程度高;产品质量均匀
缺点	单台处理能力较低;自动化程度较低;停车耗时长	设备投资高;主轴等部件对材料的耐热性能要求高;需外供热源

3 生产设备发展趋势

1) 大型化。由于中国活性炭产业准入门槛低,企业众多,技术层次不齐;而国外活性炭企业集中,均为超大型跨国企业,如 Norit、Calgon 等。从长远发展来看,应逐步淘汰规模小,设备落后的企业,增加万吨级活性炭企业(目前国内规模 10 万 t/a 超大型活性炭企业一家)。活性炭生产规模的扩大将导致现有设备处理能力的不匹配,因此需加大大型活性炭设备的研发力度,以满足国内活性炭企业的需求,如现已成功研发 1.5 万 t 级大型炭化炉。为推广大型活化设备多膛炉在中国的应用,煤炭科学研究总院已建成一套 50 kg/h 的小型多膛试验炉,可为不同种类活性炭的试制提供技术服务。

2) 节能化。活性炭的规模化会带来全厂的能量优化,需上马大量节能设备,余热利用需配备余热锅炉,未燃尽尾气需配备焚烧炉(后燃室)充分燃烧回收热能。内热式炭化炉一般只配套余热锅炉,而没有增加焚烧装置,将导致炭化烟气不达标排放,浪费能源,因此已有企业在炭化炉尾气出口增加焚烧和余热回收装置进行热量回收,单台年产 4000 t/a 的炭化炉配套余热锅炉约 2 t/h,同样活化设备斯列普炉尾气出口也增加焚烧和余热回收装置^[13-14]。通过增加这些设备,大大提高了全厂的热效率,降低单位产品能耗 10%~20%。

3) 减排化。2012-11-26,宁夏颁布实施了中国第一个活性炭生产企业的地方排放标准,国家排放标准也即将发布,说明中国对活性炭产业环保标准的重视程度有所增加,将有利于提高产业的准入门槛,淘汰落后产能。宁夏地方标准要求新建活性炭厂 SO₂ 排放限值为 350 mg/m³(已建厂 400 mg/m³)、粉尘为 50 mg/m³(已建厂 80 mg/m³)^[15]。这

就要求不达标企业必须新增减排设施,如车间需增加除尘设施,不密封设备需更换成密封良好设备等;烟气中 SO₂、烟尘需增加喷淋装置和脱硫设备,目前新建的大型活性炭厂均要求建有脱硫除尘设施。

4) 规范化。活性炭生产设备除机泵设备外,在成型、炭化和活化等主要设备生产上没有行业或国家标准,一般借鉴其他行业的相关标准。随着部分生产设备的成熟和企业重视程度的提高,为保证生产设备质量,保护活性炭生产企业利益,出台活性炭行业专业设备制造标准已是大势所趋,这对提高行业生产设备水平具有极大的促进作用。

5) 自动化。传统活性炭行业自动化水平低,大多需要人工操作,主要体现在物料进料、出料以及物料运输等方面,劳动强度极大,不符合现代化企业标准。因此,采用输送机(对于产生粉尘的采用密封式输送机)运输物料,采用气动或电动阀门控制进料、出料,并通过引进 PLC 控制系统实现设备自动控制。目前部分企业基本实现全厂自动化操作。

4 结 语

活性炭是重要的环保用材料,广泛应用于废水、废气和大气污染物净化及有机溶剂回收、食品和医药等行业,用途十分广泛。从中国活性炭产业政策来看,国内活性炭需求量将持续增长,中国活性炭快速发展格局即将到来,特别是随着近几年环保力度的加大,国内活性炭需求量不断增长,活性炭行业发展势头迅猛,活性炭生产设备持续改进创新,中国在世界活性炭产业发展的中心地位短时间不会改变。但中国活性炭企业真正走向现代化、规模化还有一定距离,需大型活性炭企业起到引领、示范作用,带动中国活性炭产业的持续、健康发展。

(下转第 48 页)

- [3] 单江锋,刘继华,李扬,等.一种煤焦油加氢生产柴油的方法:中国 00123146.4[P].2000-10-26.
- [4] 屈明达,鄂忠明.煤焦油的加氢处理[J].化工技术与经济.2005 23(6):49-51.
- [5] 李增文.煤焦油加氢工艺技术[J].化学工程师.2009(10):57-59.
- [6] 黄新龙,孙殿成,王洪彬,等.高温煤焦油馏分油加氢改质生产清洁燃料研究[J].煤炭转化.2013 36(1):79-82.
- [7] 姜殿臣,秦利彬,沈和平,等.一种中低温煤焦油深加工方法:中国 200910166828.3[P].2009-08-31.
- [8] 张毓莹,蒋东红,胡志海,等.一种单段法的煤焦油加氢改质方法:中国 200710099300.X[P].2007-05-16.
- [9] 沈和平,杜卡田,刘平泽.煤焦油加氢裂化方法:中国,200610028263.9[P].2006-6-28.
- [10] 张毓莹,蒋东红,胡志海,等.一种两段法的煤焦油加氢改质方法:中国 200710099301.4[P].2007-05-16.
- [11] 杨国祥,李毓良,陈士山,等.10万吨/年高温煤焦油加氢装置的技术标定[J].煤化工.2011(2):39-42.
- [12] 周军,高明彦,孙建军.高温煤焦油加氢技术与发展[J].山东化工.2012 41(6):38-40.
- [13] 关明华,许杰,刘平,等.一种煤焦油重馏分油加氢生产燃料油的方法:中国 200710010381.1[P].2007-02-09.
- [14] 关明华,许杰,刘平,等.一种煤焦油重馏分加氢生产优质柴油的方法:中国 200710010382.6[P].2007-02-09.
- [15] 燕京,吕才山,刘爱华,等.高温煤焦油加氢制取汽油和柴油[J].石油化工.2006 35(1):33-35.
- [16] 朱方明,余喜春,郭朝晖,等.鲁奇炉宽馏分煤焦油加氢改质工艺研究[J].煤炭转化.2010 33(4):43-46.
- [17] 田小藏.煤焦油加氢制燃料油的试验研究[J].工业安全与环保.2007 33(7):56-57.
- [18] 李冬,李稳宏,高新,等.中低温煤焦油加氢改质工艺研究[J].煤炭转化.2009 32(4):81-84.
- [19] 贾丽,杨涛,葛海龙,等.一种煤焦油多段加氢处理工艺:中国 200710010397.2[P].2007-02-09.
- [20] 王守峰,吕子胜.中高温煤焦油加氢裂化工艺:中国,200410043708.1[P].2004-07-14.
- [21] 王洪彬,黄新龙,李节,等.煤焦油沥青延迟焦化工艺试验研究[J].炼油技术与工程.2012 42(9):26-28.
- [22] 张学萍.煤焦油延迟焦化可行性探索试验研究[J].抚顺炼加工技术.2004(2):25-32.
- [23] 王守峰,吕子胜.一种煤焦油延迟焦化加氢组合工艺方法:中国 200810209558.5[P].2008-11-28.
- [24] 黄澎.高温煤焦油悬浮床加氢裂化研究[J].洁净煤技术.2011 17(3):61-63.
- [25] 张晓静,李文博.一种非均相催化剂的煤焦油悬浮床加氢方法:中国 201010217358.1[P].2010-06-23.
- [26] 张晓静,李文博.一种复合型煤焦油加氢催化剂及制备方法:中国 201010217361.3[P].2010-06-23.
- [27] 张晓静.中低温煤焦油加氢技术[J].煤炭学报.2011 36(5):840-844.
- [28] 姚春雷,全辉,张忠清.中低温煤焦油加氢生产清洁燃料油技术[J].化工进展.2013 32(3):501-507.
- [29] 贾丽,蒋立敬,王军,等.一种煤焦油全馏分加氢处理工艺:中国 200410050747.4[P].2004-10-29.
- [30] 贾永忠,贾丽.煤焦油中酚的提取利用[J].当代化工.2008 37(2):194-196.
- [31] 任洪凯,邓文安,李传,等.中低温煤焦油酚类化合物的组成研究[J].煤炭转化.2013 36(2):67-70.
- [32] 张颀,孙会青,白效言,等.低温煤焦油的基本特性及综合利用[J].洁净煤技术.2009 15(6):57-60.
- [33] 祝剑剑,朱承飞,魏无际,等.煤焦油馏分塔的腐蚀原因分析及评价[J].材料保护.2007 40(8):71-73.
- [34] 张洪钧,金洪阶,刘义文,等.一种煤焦油制燃料油的生产工艺:中国 200610018476.3[P].2006-03-04.
- [35] 刘建春,王龙祥.煤焦油预处理工艺及成套设备:中国,200910224893.7[P].2009-11-26.

(上接第42页)

参考文献:

- [1] 李艳芳,孙仲超.国内外活性炭产业现状及我国活性炭产业的发展趋势[J].新材料产业.2012(11):4-9.
- [2] 魏娜,赵乃勤,贾威.活性炭的制备及应用新进展[J].材料科学与工程学报.2003 21(5):777-780.
- [3] 孙仲超.我国煤基活性炭生产现状与发展趋势[J].煤质技术.2010(4):49-52.
- [4] 李雪飞.活性炭焦脱除NO性能研究[J].洁净煤技术.2013 19(3):98-101.
- [5] 步学朋,徐振刚,李文华,等.中国活性焦烟气净化研究分析[J].洁净煤技术.2010 16(2):67-70.
- [6] 立本英机,安部郁夫.活性炭的应用技术[M].高尚愚,译.南京:东南大学出版社.2002:256-261.
- [7] 李怀珠,田熙良,程清俊,等.煤质活性炭的原料、预处理及成型技术综述[J].煤化工.2007 35(5):38-41.
- [8] 赵丽媛,吕剑明,李庆利,等.活性炭制备及应用研究进展[J].科学技术与工程.2008 8(11):2914-2919.
- [9] 邵景景,高丹,薛红艳,等.黑龙江配煤制备活性炭的工艺研究[J].洁净煤技术.2009 15(4):83-86.
- [10] 梁大明.中国煤质活性炭[M].北京:化学工业出版社.2008:164-175.
- [11] 肖宏生,张文辉.煤基活性炭生产用斯列普活化炉生产工艺探讨[J].洁净煤技术.2001 7(1):57-60.
- [12] 傅翔.多膛炉在活性炭工业上的应用[J].洁净煤技术.2012 18(4):57-60.
- [13] 张俊龙.斯列普活化炉尾气的回收利用[J].山西化工.2013 33(4):47-48.
- [14] 张玉龙,炳宏,孟江红,等.煤质活性炭活化炉尾气余热利用与节能减排研究[J].宁夏工程技术.2012 11(3):228-230.
- [15] DB 64/819-2012,煤基活性炭工业大气污染物排放标准[S].