

• 专论与综述 •

瑞典和芬兰生物质精炼的最新研究成果(II)

◎ 陈庆蔚

The latest research results of biomass refining in Sweden and Finland (II)

◎ CHEN Qing-wei



陈庆蔚先生,教授级高级工程师,福建省造纸学会顾问,多年来致力于废纸处理技术研究,著有《当代废纸处理技术》、《当代废纸制浆技术》等书。曾任原南平造纸厂、原福州造纸厂等企业主任工艺工程师、副厂长、厂长,福建省造纸公司首任经理,福建省科学技术协会副主席等职。

3 气化

3.1 瑞典现有的气化设施

现有一定数量供生物质燃料用的气化装置,其中一台用于硫酸盐浆厂供气化黑液,其它都是用于气化固体生物质的。唯一一台商业化用于树皮气化的32MWth(Mw thermal)气化器于20世纪80年代安装于Varo的Sodra浆厂,以替换石灰炉的燃油。其它气化厂均是生产能力在0.15~18MWth的中间工厂或示范工厂。

3.1.1 Chemrec黑液气化器(DPI)和二甲醚合成中间工厂

黑液气化是在一个加压(3MPa)、额定能力为3MWth(20tDS黑液/d)、氧气吹夹带流气化器内进行。中间工厂设在Pitea的Smurfit Kappa牛皮箱纸板工厂和ETC研究中心,气化器旁边还建有一座4t/d的DME合成车间,并配有DME汽车燃料试验用的10台Volvo汽车,至2012年已完

成行驶里程40万km。

详情请参看《中华纸业》2011年第11期P80和2012年第10期P39。

3.1.2 Meva wood powder gasification plant

VIPP-CHP是Meva Innovation AB公司于2011年6月启动并建成的一个以木片或木质颗粒材料磨碎成木粉为原料用涡旋气化器气化、净化、500kW供热供电完整的而又全封闭的系统,见图6。

旋风式气化器使用的是没有加压的空气,每吨含水分15%的生物质能生产约2500Nm³/h的合成气(5~6MJ/Nm³)。

现将VIPP-CHP系统中的涡旋气化净化部分(VIPP)的工艺流程按序介绍如下:

生物质预处理

MEVA用于本系统的是森林工业加工的木质残留物,如气化用木质颗粒、木屑、木粉以及木片等。处理时对要加工的木质材料利用本系统残留的热能进行预热,以保证湿度能达到10%以下,并送粉碎机以使木质材料能破碎到直径1mm的微粒,以保证空气/燃料微粒的良好混合,而后通过强有力的风机送气化器,并保证发电机组所需的压力。

气化

气化器通常在850~870 温度下运行,燃气从器顶排出,燃后的灰烬残留物则通过器底的水封被收集。燃气在



中图分类号:TS7
文献标志码:B
文章编号:1007-9211(2015)16-0006-09

热油冷却器(Hot oil cooler)中被冷却后,再经过第二道涡旋器将飞灰从器中除去。飞灰与前面的灰烬及水封水一同送灰分过滤器进行分离,灰分送容器存放。

生物质洗涤器在隔热的情况下将燃气中的水气和焦油溶于生物质油中。

静电除尘器,更进一步的净化以防止微量焦油被带进发电机组。

MEVA集团公司(MEVA Group)于2015年1月网站首页中公布,该公司下属MEVA Innovation AB公司可以供应并出售以生物质为燃料,以涡旋气化器技术为核心的小型热电站的全套装备,并参加此类项目的研究、发展工作。

3.1.3 IVAB

设在Pitea的加压气流床木粉气化工厂(PEBG),其气化器的能量为1MW、压力为1.5MPa,技术由IVAB商业化提供。

3.1.4 Mid Sweden大学的间接加热气化器

Mid Sweden大学的间接加热气化装置用的是循环流化床气化器,这一正在运行仅150kW的小型合成装置是为了提供汽车燃料而制造。

3.1.5 R&D大学/瑞典皇家理工学院KTH(Royal Institute of Technology)

从1970年开始就进行了有关气化工艺和装备等方

面的研究,在大学内配置有各种小型的气化试验装备(KTH),并进行了有关气化方面的技术研究(R&D)。

瑞典皇家理工学院KTH:75kW加压(3MPa)的空气、蒸汽/氧FB气化器,相应配有二次反应器以及50kW、5kW的空气、蒸汽/氧FB气化器。

R&D大学的化学技术活动内容,包括生物质和废料的气化、焦油裂解、蒸汽转化和升级为车辆生物质燃料,见图7。

R&D活动内容:黑液气化;生物质的气化——CHP和合成气的生成。

R&D的技术: DPI夹流气化器:3MW热能(20t黑液/d),3MPa,1000; 固定流化床气化器; 1MW气吹式旋风气化器; 合成气合成高级醇所用催化剂(诸如碳化钨催化剂在特定条件下的选择性较好)效能好坏的测



图6 Meva AB VIPP-CHP涡旋气化、气体净化、供热发电系统

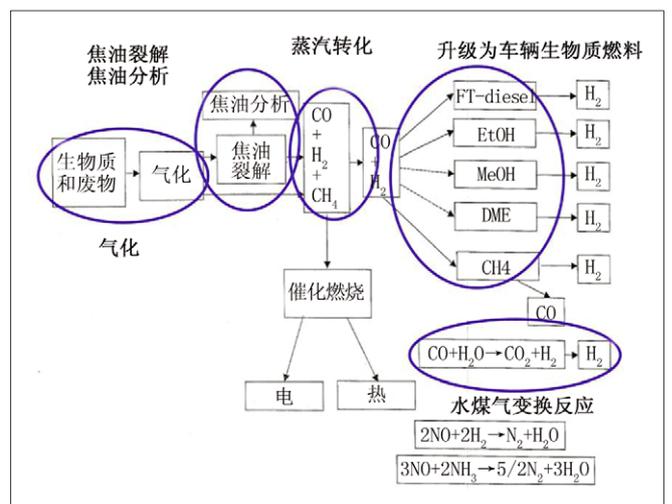


图7 R&D化学技术活动内容

试和评价的研究。

3.1.6 Chalmers CFB-耦合间接气化器(Chalmers CFB-coupled indirect gasifier)

为了充分了解使用不同生物质燃料气化时,生成的合成气中颗粒状物质在反应器系统以及净化装置中所产生的沉降物、磨蚀和腐蚀,因所用生物质的不同所产生的颗粒多少、颗粒大小、特性的不同,以及所用气化装备所用内壁材料的不同和气化条件变化对整个气化系统带来的不同结果和影响,Chalmer CFB公司为此专门建造了一座2~4M W th间接加热的气化器,耦合有一台12M W th锅炉以供试验检测之用。

3.1.7 Växjö Värnamo Biomass Gasification Center

VVBGC是瑞典Växjö Värnamo生物质气化中心的英文简写,这个中心拥有一座生物质气化和联合循环发电的示范工厂。该工厂设置了一台加压的(1.8MPa)CFB(循环流化床)气化器,进料量为4t/h绝干生物质,发热9MW,发电6MW。

图8是示范工厂全貌,图9是这一座生物质气化和联合循环发电示范工厂的生产工艺流程。据J. Joelsson 2012年10月的报告称:该厂于2000年关闭装备,检修好存置备用之前,生产和设备的运行还是成功的。

3.1.8 与VVBGC有关的Chrisgas项目(Chrisgas Project)

Chrisgas项目是在瑞典能源局领导下,在欧盟第6

次框架计划下拨款建立起来的。其目的是为了利用瑞典Växjö已建立起来的生物质气化和联合循环发电示范工厂(VVBGC),因该厂已装备有气化的双循环系统和CHP联合发电的功能。

Chrisgas立项的目的是为了向世人展示,他们能在5年的时间内从生物质生产出洁净的、富含氢气的合成气。为此必须将生物质进行吹蒸汽/氧的气化处理,而后将气化后的热气进行净化以除去热气中的杂物和颗粒,并将焦油和轻碳氢化合物经蒸汽处理重整,以进一步提高氢的得率。

为使项目顺利进行,还推荐了来自7个欧盟国家20名工业和研究部门的人员成立了一个协调机构,机构设在成员之一的Linnaeas大学内。

需要说明的是,于2008~2013年期间,VVBGC曾试图恢复生产而告失败。

3.1.9 Värö lime kiln gasifier

20世纪80年代,在瑞典的Värö的Södra浆厂就安装了32M W th树皮气化器以替代石灰炉过去所用的石化燃料油,气化车间采用的是循环流化床气化技术。

3.2 芬兰现有的气化设施

3.2.1 NSE Biofuels Oy

NSE是Neste Oil和Stora Enso两家公司在生物质燃料(biofuels)方面的合资公司的英文缩写。2009年6月,NSE biofuels合资公司在Stora Enso的Varkaus厂中建造了一个示范车间,车间内配置了一台12M W气化器。目前,NSE Biofuels利用Varkaus厂林木加工出来的剩余物气化成合成气,供石灰炉焙烧之用。NSE Biofuel今后的主要目的是使这个车间成为第一家从生物质原料至液体的BTL生物质燃料(可再生柴油)的车间。

3.2.2 Lahti Energia公司的 Kymijärvi II电厂

Kymijärvi II电厂的建成动摇了传统的如何利用固体废料的观念。Kymijärvi II是世界上第一家从城市回收并经初步分检的固体废料(SRF)的气化工厂,于2012年春季正式生产。在这个160M W th工厂中,回收的固体废物被气化、净化送锅炉进行燃烧,供电和供热的能量分别为50M W th和90M W th。

这个由著名的制浆造纸机械制造商维美德(Valmet)承担的气化、供电、供热工程,其特点大致可归纳为以下几点:

城市回收的固体物的归类和分拣

从芬兰南部供应的SRF,年需量为25万t。SRF主要来自工厂、零售贸易、建筑工地、家庭住所等适宜回收利用的诸如塑料、碎木料、纸制品等。



图8 Växjö Värnamo示范工厂全貌

对发电、供热和排气系统有腐蚀性及有害的如含有铝、铅、铜、铬、锌、镍、钠和氯的碱,必须经过供应商第一关以及备料分拣第二关除去。

气化

气化器用的是类似芬兰的流化床技术,气化器底放有被加热至900 的热SRF,砂在进SRF时被从底部向上吹的空气而流化,SRF以360m³/h速度与砂混合并迅速将固形物加热,因器底进入的空气量不足,燃料不会燃烧,而是在高温下气化。随后,温度达900 的SRF被冷却至400 左右,SRF中含有的杂质则在冷却过程中变成灰烬。

高温气体净化

Kymijärvi II热电厂采用全球独一无二的高温气体过滤技术。因气化后的高温气体中仍含有各种各样不需要的杂质要除去,故本设计在净化系统中设置有过滤管,能通过燃气,但不需要的废杂质则可完全阻挡于管外,间歇式的吹送氮气可完全将管外的这些废杂质除干净。此时,燃气已被净化成清洁、高温气体,可供锅炉发电、发热、燃烧之用。

效率

一个用传统废料燃烧的发电厂,所供电力通常为废料能量含量的20%~25%,而用维美德的气化技术,其发电效率可提高到30%。换句话说,同样数量的废料可提供30%~50%更多的电力,这大大提高了维美德公司气化技术在国际上的竞争力。

3.2.3 Valmet

维美德与Lahti Energia公司在Kymijärvi II热电厂商用方案运行期间进行的气化、高温气体过滤、燃烧、供电、供热实验的各种运行参数,均符合计划要求,特别是高温腐蚀现象没有出现,核心设计目标的巨大成功,推动了双方对Kymijärvi II热电厂扩大生产并进一步商业化的愿望。

在此基础上,维美德开展了提供生物质气化设备业务,2013年3月,一套由维美德提供的大型生物质气化系统在芬兰Vaskiluodon Voima公司位于瓦萨的热电厂投入运行。另外,2014年初维美德与印尼OK i制浆造纸公司签订了一大型生物质气化的供货合同。

3.2.4 Vaskiluodon Voima Oy

Vaskiluodon Voima Oy是一家位于芬兰Vassa用煤发电的工厂,于2012年建成一座由Metsa公司提供的世界上最大的输出量达140MW的生物质气化车间,该车间与工厂原有的烧煤锅炉车间建造在一起。气化的生物质主要用林木加工后的树皮、木屑和木质残留物,使用的是循环流化

床气化器,气化器生成的燃气直接送烧煤的锅炉与煤混合燃烧发电,这样做可使所用的差不多一半的煤被可再生的能源所替代,同时减少了23万t/a的温室气体排放量,大大减轻了企业对周边环境的影响。

3.2.5 Metsa Fibre Oy

Metsa Fibre Oy公司于2012年在Joutseno所属的一家浆厂中建造了一个48MW的气化车间,使用树皮为燃料。

在芬兰,还有许多公司在发展和制造适宜用于较小规模电热厂的气化器。

3.2.6 CCM-Power Oy

CCM-Power Oy是位于Oulunsalo的一家公司,提供干燥器系统和木材气化技术。

3.2.7 Gasek Oy

Gasek Oy是一家位于芬兰Reisjarvi的公司,研发和生产用气化技术发热、发电的CHP工程。例如,在Sievi的Centria应用科学大学(Centria University of Applied Sciences)就是用Gasek Oy制造的150kW (50kW+100kW)引导气流向下的气化器,供研究使用。

3.2.8 Entimos Oy

在Tervola的Entimos Oy,生产并供应1~7MW的以气化为基础的热电站装备。

3.3 瑞典计划增加或扩大已有气化规模的企业和工厂

3.3.1 Vallvik Biofuels

Rottneros浆纸公司在Vallvik的硫酸盐浆厂中计划建造一个黑液气化车间,并已向NER300计划申请了一笔拨款,原料来自黑液和/或热解、焙烧的木质纤维素,从生物质气化至生物质燃料,年产量可达4000万L(立升)甲醇。因项目尚未获得NER的优先批准,故尚在观察等待之中。

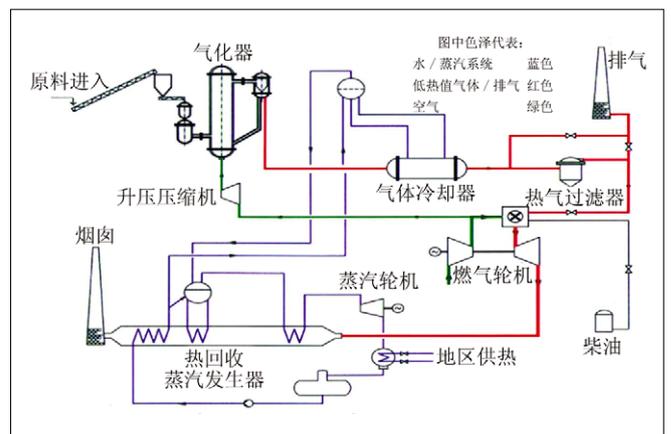


图9 生物质气化和联合循环发电示范工厂流程

3.3.2 Rotteros Biorefinery

Rotteros生物质精炼公司寻求在Rotteros的一家机械木浆厂中建造一座森林生物质气化车间,利用木质纤维素、生物质燃料、生物质液体和/或来自气化能量的直接加热,最终生产出1500万L(立升)甲醇的产成品或100GWh供电量/y。此项目已申请NER300拨款,但尚无消息。

3.3.3 Cortus AB and WoodRoll Process

Cortus AB清洁技术公司首先发明在500kW产能的气化中,用生物质气化生产出不含碳氢化合物(痕量)的清洁合成气。该项目已经瑞典能源署认可拨款,第一期5MW正在实现中,第二期商业化的25MW气化车间示范项目也在筹划之中。

不含痕量碳氢化合物的清洁合成气的成功完全是Cortus AB公司及其创新发明的专利WoodRoll方法所致。WoodRoll方法处理共分三个步骤:生物质的干燥、热解和气化,其中独家采用了用间接加热的反应器将流程中生成的炭和蒸汽在没有排气和空气中的氮存在的条件下进行反应,生成纯净的合成气。过去业者曾普遍认为,要获得完全纯净不含碳水化合物的纯净合成气,是完全不可能的。

瑞典斯德哥尔摩的皇家理工学院教授K.Engvall认为:来自生物质气化后的不含碳氢化合物的合成气,给生产生物质化学品和燃料提供了新的机遇,可使用更简单、更便宜的气体净化系统了。而对于能源密集型需要高温燃烧而又洁净燃料的产业,如玻璃、浆与纸、水泥、矿物质、石灰等,洁净的合成气是十分适用的。

3.3.4 Värmlands Metanol

瑞典Värmlands Metanol公司于2010年7月宣布,

选择伍德公司的PRENFLO气化技术用于在瑞典Hagfors建设商业化生物质制甲醇装置,该装置将使用林业残余物生物质生产10万t/a生物质燃料甲醇。投资30亿瑞典克郎(4.16亿美元)。Värmlands Metanol公司甲醇装置将是第一套

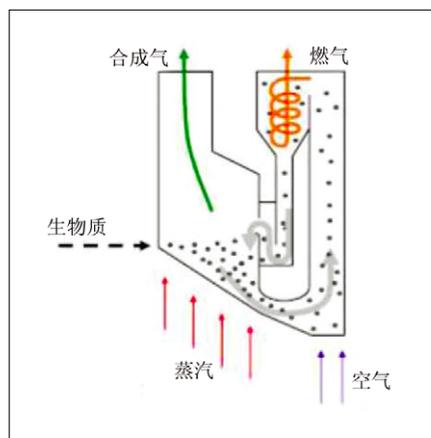


图10 快速内循环流化床气化器示意图
资料来源: Hannula, Hydrogen production via thermal gasification of biomass in near-to medium term, VTT, 2009.

商业化规模生物质制甲醇装置,该装置将对1000t/d木质生物质进行气化,再将得到的合成气通过催化过程,转化生产37.5万L/d甲醇。除了甲醇之外,该装置还向区内供应热负荷为15MW的热水。

3.3.5 Valmet公司及其在GoBiGas Göteborg的“间接加热气化”项目

Valmet公司提供的这座位于Göteborg的气化工厂(Göteborg生物质气化项目)于2014年3月正式举行了开工仪式,工厂用林业残留物和木质燃料颗粒进行气化,所生成的气体与天然气类似,可利用来替代汽车运输行业所用的石化燃料,从而达到减少温室气体排放的目的。

奥地利维也纳理工大学与奥地利的能源公司(Austrian Energi)为此开发出一种名叫“快速内循环流化床”的关键性气化新技术,英文全称为Fast Internally Circulating Fluidized Bed,英文缩写为FICFB法,气化器的示意图见图10。

从图10可以看到,蒸汽进入处生物质在温度高达850~900 来自燃烧区被加热呈沸腾状的流化床上所气化,并进行热化学分解生成不含氮、富含氢的合成气。而生物质气化后残留的碳,则与流化床上起着循环固体热载体作用的因经过热交换热度已下降的床料一同滑动到燃烧区,在此处被液化化并与空气接触燃烧再次提高床料和残留物的固体热载体温度,再度循环返回气化区,如图中箭头所指方向再次生成供气化用的热,而燃烧后形成的颗粒状物质,则随同燃气排出时进入旋风分离器,被分离出来送回气化器再次供气化、燃烧之用,而气化和燃烧两个区域的连接处则被再循环的流化床料和残留物的固体热载体阻隔,以防两区域之间的相互泄漏。

据报告,2011年奥地利建的8MW FICFB运行结果表明:橄榄石70wt%和镍橄榄石催化剂30wt%作为床料,FICFB的热效率可达56.3%,系统效率达81.3%,产气热值大于12MJ/Nm³,产气中氢含量为35%~45%(容积),焦油含量控制在0.6~1.5g/Nm³。因此几年来运行的结果表明,技术和经济上是可行的。FICFB气化制氢工艺实现了催化剂(固体热载体)的循环,解决了催化剂的活性问题。在循环体系中,生物质没有燃烧,使生物质在很大程度上产生氢气成为可能,同时产成气中含氮少。

奥地利能源公司拥有FICFB专利,但在生物质气化领域中没有什么进展,故将专利转让给了Repotec和Orter,Valmet就是从Repotec获得的专利授权。此后,本专利应用于GoBiGas Göteborg,20MW间接加热气化技术工厂,

工艺流程的确定和装备的配置和制造,由Valmet公司承担,生产获得成功。

3.3.6 GoBiGas Göteborg二期

项目建造单位为Göteborg Energi AB公司,地点仍在前期的Göteborg。项目特点与前期一样,仍采用间接加热气化技术,气化能力达4000万Nm³/a或100GWh/a的发电量。气化在常压空气条件下进行,将劣质木材材料以及为浆厂供应来自Göteborg、Vanerm湖、波罗的海区域的50万t/a的木材原料合成为SNG 800GWh/a的项目,生产能力为100MW_{th}。除气化外,还包括有SNG的净化、甲烷的生成(镍为催化剂)、加压并将产成品注入地区供气网。

本项目投产日期将为2016年12月,因一期示范工厂的间接加热气化技术已试验成功,故获得NER300的批准拨款5800万欧元。

3.3.7 EON Bio2G Malmö/Landskrona

EON计划于瑞典Landskrona或Malmö建造一座生产能力达到200MW的SNG的气化工厂,2015年投产。以木质纤维素生成SNG或合成气或能量,气化能力达4000万Nm³/a或100GWh/a的发电量,特定的最终产成品是供热和汽车燃料用的SNG,项目已向NER300申请拨款,列入储备名单之中。

3.4 芬兰计划增加或扩大已有气化规模的企业和工厂

3.4.1 UPM

UPM公司早在2008年就公开宣布:UPM将与气化技术提供者Carola/Andritz和芬兰气体技术研究所(Gas Technology Institute,简称GTI)在气化技术方面进行合作,为开发第二代BtL(Biomass to Liquids,生物质原料至生物质燃料)的理念而努力。随后,UPM即在Des Plaines的GTI设施中完成了BtL中间工厂试验,随后即向BtL项目的工业化、商业化而努力。这是该大型浆纸综合企业在适应时代 and 环境保护要求的情况下,向企业转型、业务结构调整、创新、升级的道路上迈出的第一步。

2013年,UPM完成业务结构调整,建立了能源、纸浆(当今的浆厂已成为浆纸厂扩展生物质精炼的重要基础)的商业化平台,并将生物质精炼和能源业务列为业务结构调整的重要内容。

至2014年,UPM已成为实现BtL项目和工程的大户。在这方面的成就和进展分列如下:

UPM用粗塔尔油生产生物质柴油,Lappeenranta UPM于2012年2月以“UPM创建全世界首个生物质精

炼项目——基于木材的生物质柴油”的信息,宣布在芬兰Lappeenranta地区的下属Kaukas工厂内正式建设这一工程。至2014年9月工程已竣工,目前正在调试之中,即将投入生产。

塔尔油是用针叶树制造硫酸盐法纸浆时的副产品,UPM是世界著名的制浆造纸集团公司,其塔尔油就是来自芬兰该公司下属的浆纸厂。在生物质柴油加工中对粗塔尔油进行了加氢处理,将塔尔油转变为全烃的柴油燃料。

生物质柴油年生产量为10万t,总投资约1.5亿欧元。UPM开发出来的第二代生物质柴油命名为UPM BioVermo,用于交通运输车辆时,与用石化燃料燃烧时相比,可减少80%温室气体的排放,真是绿色亲环境、可再生的、可持续发展的生物质燃料。

BioVermo品牌的生物质柴油因其亲环境、绿色、优越的燃料品性而获得欧盟2014可持续能源奖。

UPM计划用木材为原料来生产优质生物质柴油,并与Carola/Andritz共同开发出新的气化技术。地点选在UPM下属浆纸厂内或附近,这样可充分利用浆纸厂木材加工的下脚料,降低所需要的投资费用,能源的组合利用也有很多好处。目前UPM公司已选择芬兰的Rauma和法国的Strasbourg两处作为其今后发展生物质精炼业务(生产FT-柴油)的所在地。选用Rauma,主要由于此处与Strasbourg相比,能源效率高、投资费用低,但公司最终尚未作出决定。气化主要用伐木后的剩余物、树桩、树皮和能源用木料。Rauma的环境影响评估已完成,Strasbourg还没有。本项目已申请NER300的财政支持。

图11是UPM选用的与浆纸厂结合在一起的生物质柴油的工艺流程。

3.4.2 Ajos

在芬兰的Kemi Ajos将建造一座气化能力达320MW,使用近45万t/y和3.1万t塔尔油,年产11.5万t生

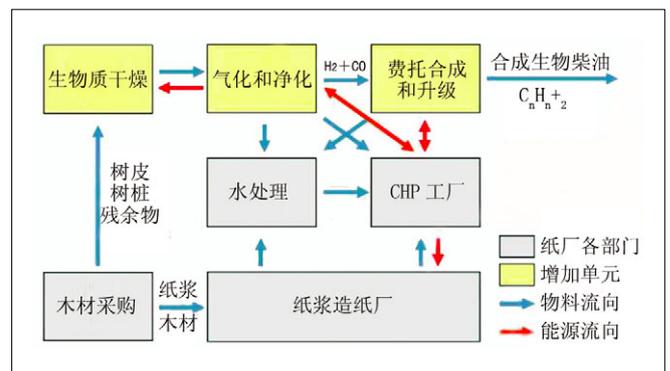


图11 UPM在浆纸厂内生产生物质柴油的流程

物质燃料的工厂。该工业化生产的工厂将包括生物质预处理、两条160M W的气化生产线、气体净化和压缩、费托气-液转换及加工、精炼和贮存。最终产品生物质柴油和生物质矿物油送波罗的海区域销售。本项目已获NER300的8800万欧元拨款支持。

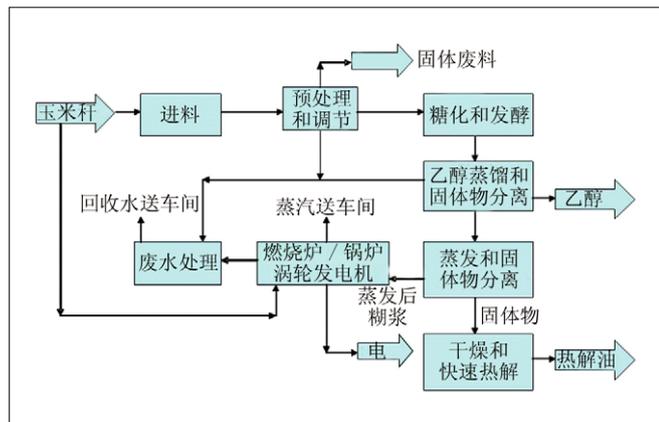


图12 乙醇蒸馏、脱水单元中残留固形物的干燥和热解

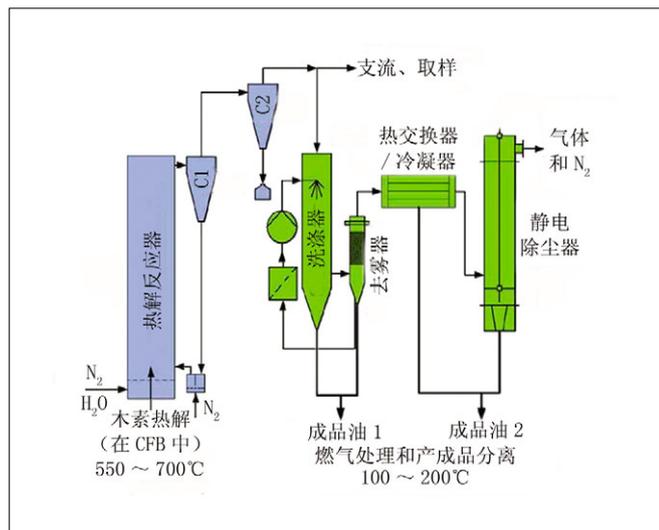


图13 木素的快速热解生成生物质油

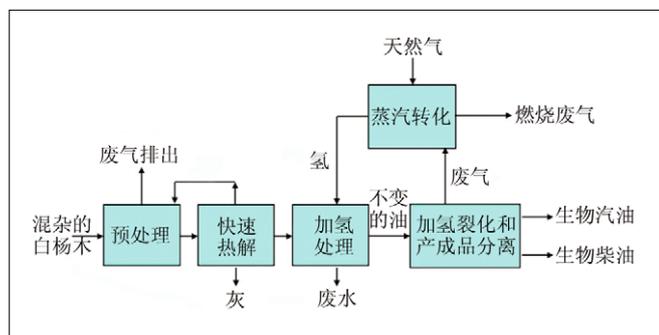


图14 林业加工残留物(生物质)制备高质量的生物质油

3.4.3 Vapo Oy - Forest BtL

Vapo Oy公司计划建造一座通过气化和费托合成法生成合成的液态生物质燃料的工厂,并在寻找合作伙伴。本项目计划生产每年10万t的液体燃料,原料则是每年120万t的木质生物质和木质纤维素生物质液。产成品则是生物质柴油或生物质矿物油,与此同时供应热电。

Forest BtL项目已向NER300提出申请。据悉,已作为优先项目列于拨款计划之中。

3.4.4 Metsä Fibre

Metsä Fibre公司和Gasum and Helsingin Energia两家公司设想在Metsä Fibre公司下属的Joutseno浆厂建造一座气化车间,以生产SNG,使用诸如木片这样的木质生物质。该项目正在研讨其可行性。

4 热解和烘焙

过去热解大多是作为气化单元操作的一部分进行研究和开发。这些年来,由于快速热解生物质油(Fast Pyrolysis Bio-oil,简称FPBO)创新技术的发展,引起了业者的极大关注和兴趣。诸如在生产乙醇工厂的预处理中,将乙醇蒸馏、脱水单元中残留的固形物干燥后进行热解生成热解油(图12)、木素的快速热解生成生物质油(图13)以及用林业加工残留物(生物质)制成高质量的生物质燃油,如生物质柴油和生物质汽油等(图14)。

4.1 瑞典热解

4.1.1 Billerud的Pyrogrot项目

Billerud AB公司于2012年12月用Pyrogrot项目以创新的低碳技术名义向NER300申请31.4百万欧元拨款,并已列入优先的计划之中。该项目计划在Skarblacka建造一座生物质精炼示范工厂,年消耗27万t干的林业加工残留物,每年生产16万t热解油,并提供750GWh的动力。

2013年12月,又以BillerudKornos公司名义宣布将停止Pyrogrot项目的进行。该公司新闻发布称,掌握热解油生产技术没有问题,但当今的商务环境以及近、中期看来尚不成熟。

4.1.2 Sveaskog

瑞典最大的林业公司Sveaskog于2010年宣称在靠近林地资源的地方,建一些小型热解加工厂,以对森林加工剩余物进行初步精炼,目的是提高林产品的附加产值。

另外,在Pitea的能源技术中心(Energy Technology Center)以及皇家技术研究所(Royal Institute of Technology)已有一些热解的工程、研究项

目在进行之中。

4.2 芬兰热解

主要介绍前有Metso、VTT、Fortum开发,后有Fortum、UPM、Valmet接手的用快速催化热解技术生产优质生物质油的工程项目,因对降低温室气体排放量有重大意义,故对项目内容作了较详细的介绍。

4.2.1 Fortum的生物质油工厂,Joensuu

2012年3月,瑞典著名的供电供热能源公司Fortum宣布,投资2000万欧元在芬兰的Joensuu的CHP热电厂中建造一个完全商业化的生物质油车间。这个与CHP组合在一起的车间,采用了最新的快速热解生物质油的技术,可以说是世界上第一家采用这种技术的工业化规模的生物质油工程。

与CHP组合的这个车间,使CHP热电厂除了发电和向地区供热的任务外,将来还将产出年5万t的生物质油,所用原料是森林工业加工后的剩余物和基于木材的生物质。

Metso公司提供的在芬兰Joensuu CHP热电厂中建造的生物质油车间生产流程如图15。

为了使业者能对流程简图有更好地理解,现将图中有关部位的注解按编号次序分列如下: 湿度为10%的森林加工残留物经干燥破碎后进热解反应器; 锅炉流化床上作为载热体的细砂经燃烧加热至800 并流化; 空气从锅炉流化床下端送入炉内助燃; 温度达800 的热砂从流化床锅炉送热解反应器下端的进料口; 在500 的热解反应器内,木质生物质在短短几秒中内被热解; 热解器下端不断有不含氧、不冷凝的循环气体用压缩机加压并被不断送入热解反应器,将热砂、粉碎的木质生物质不断向上推动; 在500 以上的热解反应下,在木质生物质热解反应器上端生成热解气体和焦炭; 在旋风分离器中,热解气和焦炭、砂进行分离,热解气送冷凝器; 砂和焦炭返回流化床锅炉,加热燃烧循环使用; 热解气在冷凝器中被冷却生成生物质油,泵送生物质油到贮槽贮存。

为什么要将生物质油生产项目与CHP热电厂组合在一起而不是放在别的地方, Fortum公司给出的答复是:

提升了CHP热电厂的规模和产值,增加了业务往来和经济收入。

单独建费用高,组合在一起节约了投资还节省了生产运行管理费用。如企业的监控和人员配置费用因组合的共性高而节省;原料供应协调性高,生产生物质油的电、热无需增加设备,即可内部供应解决;生产生物质油的木质生物质干燥加工给热电厂,增加了供热需求,特别是夏天,增加供热、供电增加了企业收入。

生物质油项目的加入,将使电热厂这一组合体成为无碳的发电供热企业。

4.2.2 Fortum、UPM和Valmet及LignoCat快速热解项目

Fortum、UPM和Valmet三家公司宣布决定在Fortum原Joensuu的CHP热电厂中共同推动世界上第一家采用快速热解技术完全工业化、商业化的生物质油车间项目,并命名为LignoCat项目(Lignocellulosic Catalytic Pyrolysis的简称)。

在Fortum供热业务部的R&D领导Jukka Heiskanen称,在原有的R&D单位成功合作的基础上,我们很愿意继续开展优质生物质油的开发工作,这将是原先在Joensuu CHP热电厂和生物质油组合投资项目的结合和延续。项目的范畴给我们开拓了新商机的机会,并在优质生产油生产链中确定我们的角色和地位。

4.2.3 Metso

Metso在芬兰的Tampere拥有一座2MW的热解中间

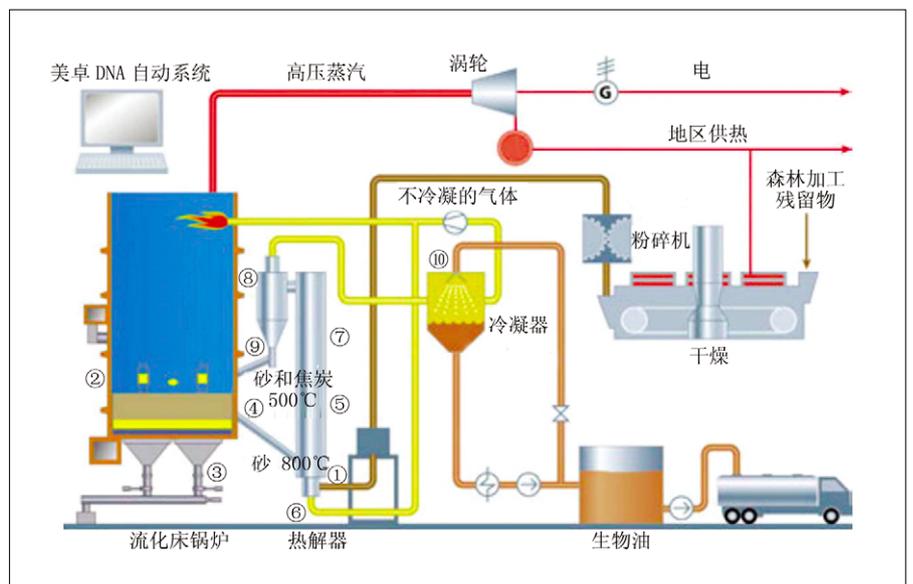


图15 芬兰Joensuu CHP热电厂中建造的生物质油车间生产流程

资料来源: Jukka Heiskanen, From concept to demonstration, developing an advanced bio-fuel project, 2013.

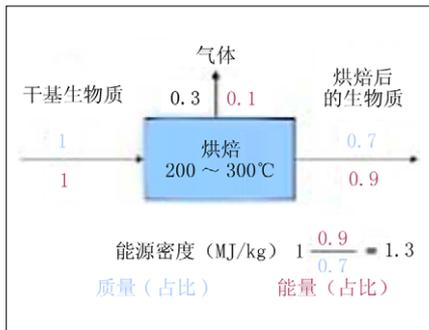


图16 采用焙烧工艺使生物质原料“提质”



图17 BioEndev生产的生物质椭圆形颗粒燃料

从图16看到，烘焙前质量和能源密度同为1的生物质在烘焙除去水分和挥发性物质后，质量减少的比值相应为0.3和0.1，这表明烘焙后的生物质质量虽减少了30%，但能源密度仅减少了10%，这就是生物质烘焙后的“提质”。这样的生物质应用于气化、燃烧、热解时热效率高，生产成本较前者为低，这就是用焙烧后的生物质制成气化或燃烧用的颗粒，在市场出售可供生产厂家接受的原因。

图18是当今世界使用最多的(包括瑞典的BioEndev)转鼓式烘焙炉。运行工艺参数：操作温度：200~300；停留时间：10~30min；颗粒大小：<4cm；无氧气；操作压力：接近常压。

4.3.2 Torkapparater AB

Torkapparater AB创办于1937年，该公司主要从事固形物的干燥、冷却、热解及其它热处理并提供有关的配套工程。至今已给1000多家工厂提供了100多种物料的处理方法和装备。据J.Joelsson报告，该公司在瑞典的Klintehamn和Gotland两地建造并生产了烘焙示范工厂。

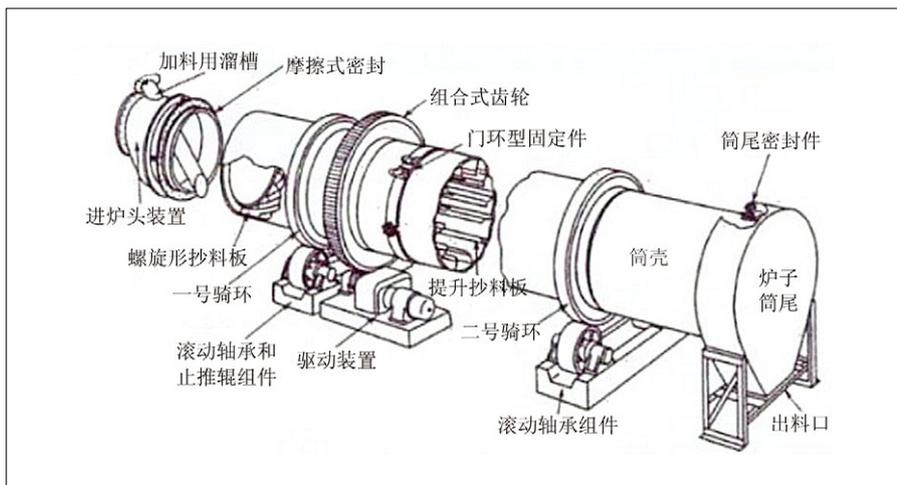


图18 转鼓式烘焙炉

工厂(7t/d生物质油)供研究与发展之用。

4.2.4 Green Fuel Nordic Oy

Green Fuel Nordic Oy是一家专门将林业加工残留生物质转化为第二代生物质油的公司。2011年，这家公司投资1.5亿欧元建造了3个工厂，年耗100万m³原料生产27万t的生物质油，并与Envergent能源公司签约采用该公司的RTP热解技术专利。

4.3 瑞典烘焙

4.3.1 BioEndev Industrial Demonstration Unit for biomass

在瑞典Holmsund由BioEndev公司建造的全套工业化规模的生物质烘焙和加工生产颗粒燃料的装置，即将完工并于2015年初试车投入生产。Umeå大学的Anders Nordin称，投产前两年全部将木质的锯木屑加工成十分紧密的、能源密度高(图16)、疏水性的颗粒燃料。图17是BioEndev公司所属生物质烘焙工厂的生物质颗粒产成品。

4.3.3 Vattenfall

瑞典大瀑布电力公司(Vattenfall)是瑞典国家全资拥有的公司，又是欧洲第五大能源公司。Vattenfall生产电力和热量，向包括约130万斯堪的纳维亚地区用户在内的北欧约600万客户提供能源。公司经营主要集中在芬兰、德国、波兰和瑞典。

Vattenfall公司已明确表示要尽一切努力来执行瑞典政府提出的绿色能源计划，遵守可再生、可持续发展的绿色能源的发展方向，为了降低温室气体的排放，特别注意到在所属的热电厂中用烘焙过的生物质燃料来直接替代所用的煤炭。

编者注：待续部分“5 以制浆厂作为基础，大力发展生物质精炼技术和工程”与“6 瑞典和芬兰生物质精炼化的现状及成果展示”将于9月第18期刊出。