

秸秆清洁 供暖技术

赵立欣 姚宗路 主编



首批全国优秀出版社



中国农业出版社
农村读物出版社



目 录

一 秸秆篇·····	1
二 成型燃料技术篇·····	12
三 捆烧技术篇·····	32
四 热解炭气联产技术篇·····	43
五 沼气技术篇·····	65

角色介绍



秸秆人



成型燃料人



捆烧人



热解炭气人



沼气人



农民



基层推广人员

秸秆篇



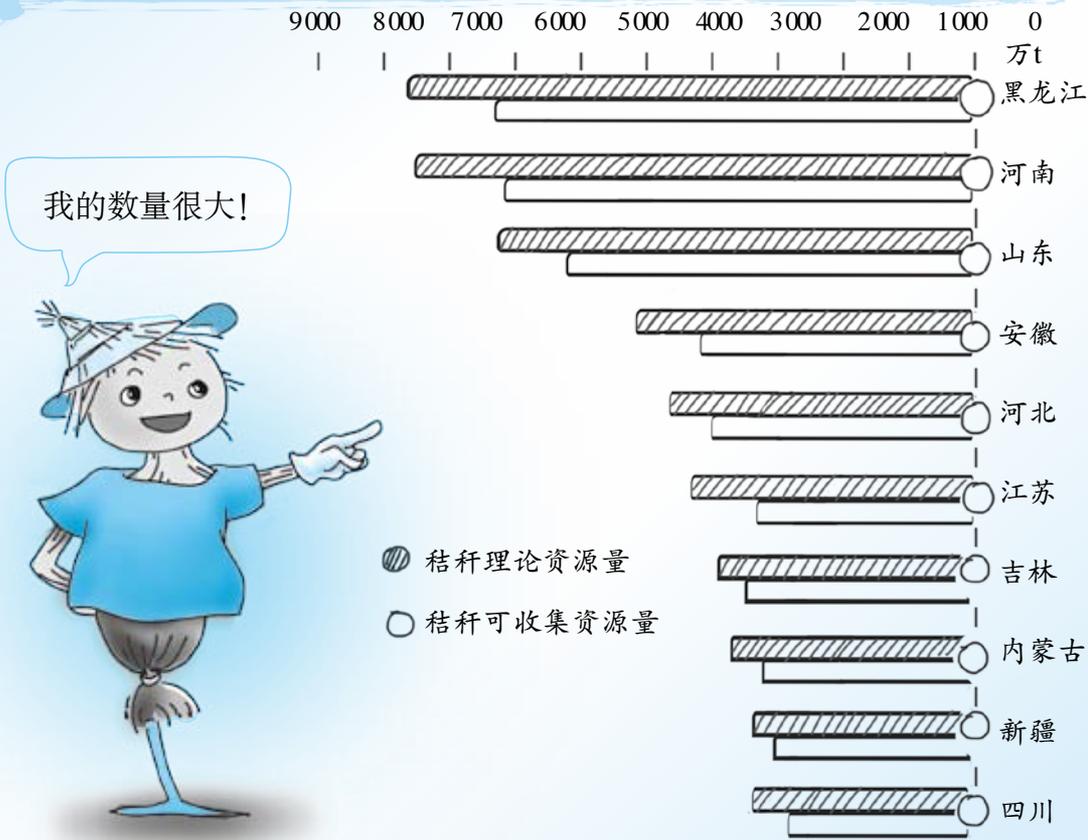
你从哪儿来的呀？



我来介绍一下自己！

我来自农田，你们都知道玉米、小麦、水稻、棉花等农作物吧，我是农作物收获后的剩余物——秸秆，人们都说我是农业的另一半。

大家都知道，我国是农业大国，2017年秸秆资源总量达到8.05亿t，能够收集的大约6.74亿t。黑龙江、河南、山东、安徽、河北、江苏、吉林、内蒙古、新疆、四川等地产量位居前列。



我的数量很大!



我们兄弟姐妹可多呢，还有油菜秆、花生秆、豆秸等兄弟姐妹。

我是玉米秸秆



我是水稻秸秆



我是小麦秸秆



我是棉花秸秆



我是老三，
有1.37亿t。



小麦秸秆

我是老大，我最多
啦，有2.55亿t。



玉米秸秆

我是老二，
有1.65亿t。



水稻秸秆

我是老四，
有0.25亿t。



棉花秸秆

这么多呀，那你们能做什么用呢？



我们的用途可多了。
告诉你个小口诀吧：

回到田里做肥料
喂给牛羊做饲料
做饭取暖做燃料
种植蘑菇做基料
还有造纸做原料





哪种利用方式
用量多呀？

我们以农为主，
综合利用。



作为肥料还田3.89亿t，生产饲料1.14亿t，
生产燃料0.63亿t，生产基料0.05亿t，作为原料
0.09亿t。2018年，综合利用率是85%，还有0.89
亿t没有利用。

那没有利用、剩余的
秸秆是不是就烧了？



大家可要记住，千万不要露天焚烧，最好都收集起来，全部利用。就地焚烧不仅浪费资源，还污染环境，用之为宝，弃之为害。



剩余的秸秆可以为大家提供做饭、取暖的能源。

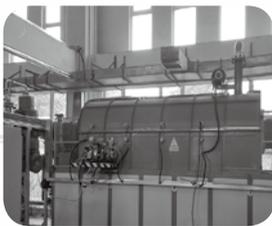
大家都知道，人们用散煤烧火做饭、取暖，会有许多 CO_2 、 SO_2 、颗粒物排放到大气中；用天然气或者电呢，价格高，农民舍不得。因此用我们非常好。



秸秆怎么作为能源使用呢？



我们作为能源使用方式很多，可以把秸秆转化为成型燃料、沼气、热解气等。不同地方利用方式有所不同，要因地制宜。



热解气



成型燃料

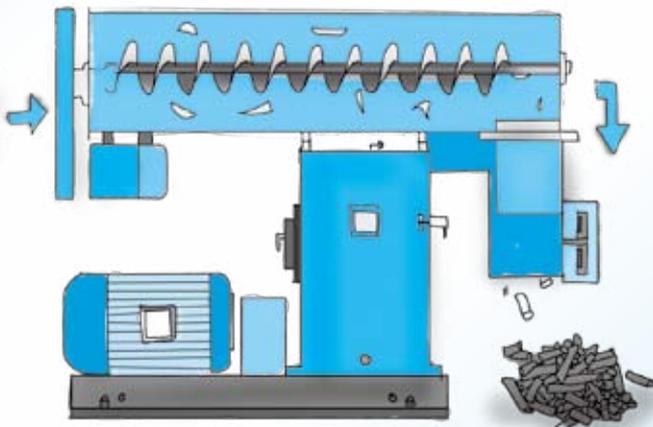


沼气





成型燃料技术篇



成型机

大家好，我是成型燃料，给大家说说我们是怎么来的吧。



首先，被打成捆的秸秆先粉碎，再进入一个叫成型机的设备，将松散的秸秆挤压成不同形状的成型燃料。

你们有什么特点呢？



我们与松散的秸秆相比，体积小，密度大，体积只有原来的 $1/8 \sim 1/6$ ，便于运输和贮存。



我们燃烧效率高，又干净， CO_2 、 SO_2 和 NO_x 排放极低，房子内的空气质量明显改善。我们的能量密度相当于中质烟煤，使用时火力持久，可以直接替代煤炭，是一种清洁环保的能源。

你们兄弟几个做一下自我介绍吧。

粒儿



我们是秸秆成型燃料家族，有兄弟3个。
我是老大，身材苗条，像个小粉笔，直径可以是6、8、10、12 mm，长度大约40 mm，我的密度在 $1.0 \sim 1.2\text{g/cm}^3$ ，叫颗粒燃料，俗称粒儿。



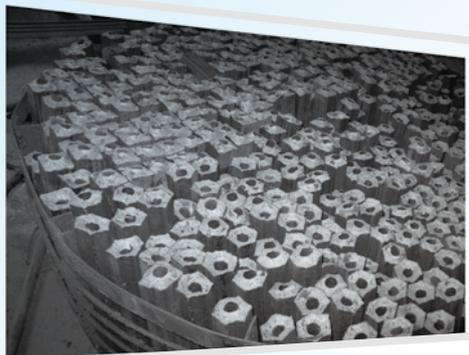


块儿



我是老二，比大哥胖3圈，方方正正，尺寸是 $32\text{ mm} \times 32\text{ mm}$ ，我的密度在 0.8 g/cm^3 左右，不如大哥紧实，叫块状燃料，俗称块儿。





我是老三，最高最胖，块头最大，像一个柱子，我的腰围约30 mm，身高300 mm，我的密度和二哥一样，在 $0.8\text{g}/\text{cm}^3$ 以上，叫棒状燃料，俗称棒儿。



棒儿



要生产出来我们，
离不开一种叫作“成型
机”的设备。

目前，使用最多的是环模成型机，主要生产颗粒或压块成型燃料。该机生产率高、成型好。农业农村部规划设计研究院开发出系列成型设备，其关键部件环模寿命可达1 000 h以上，压辊单次使用寿命可达400 h以上。





你们有质量要求吗？

成型燃料质量要求：

- 水分 $\leq 16\%$
- 灰分 $\leq 12\%$ （颗粒）或 $\leq 15\%$ （压、棒）
- 低位发热量 ≥ 12.6 MJ/kg
- 堆积密度 ≥ 500 kg/m³（颗粒）

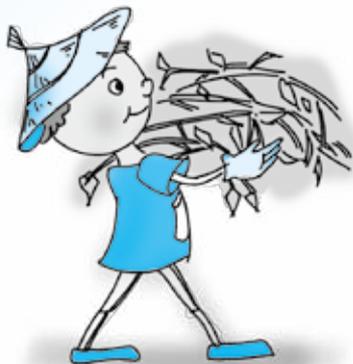


我们有严格的质量要求。相关部门制定了一系列标准，涵盖原料收贮运、成型加工、产品质量、产品贮运、燃烧应用等全产业链。目前已发布国家标准11项，行业标准38项。



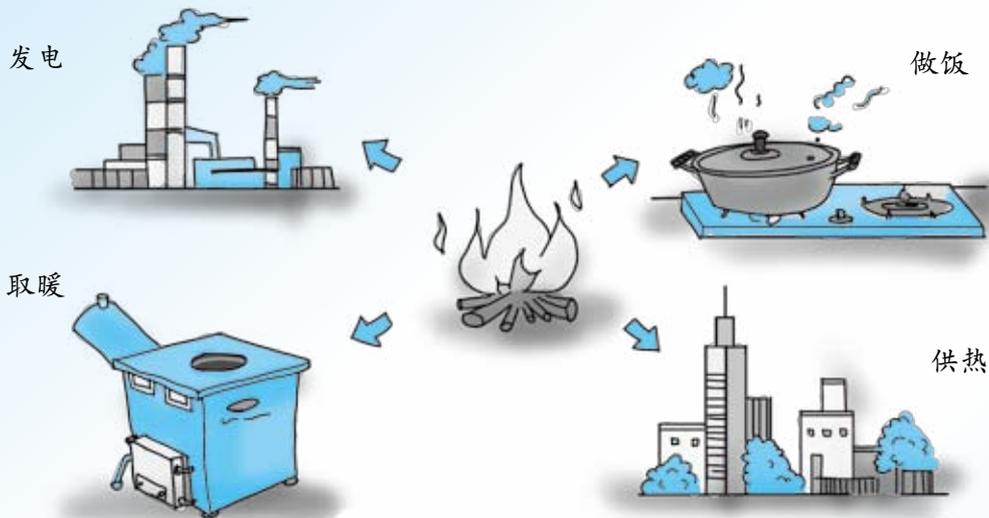


那生产成本是多少呢？



生产成本主要包括秸秆供应、燃料动力、人工、维修与折旧、销售管理等费用。

按一个年产1万t颗粒燃料厂计算，秸秆原料成本约230元/t，生产环节大约是225元/t，那么总成本在455元/t左右。



你们的用途
有哪些？

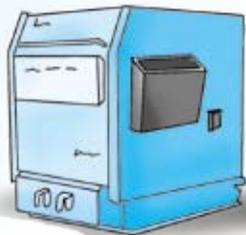


我们的服务

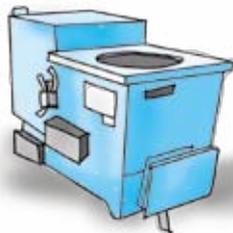
- 农户做饭、取暖
- 农业园区、温室大棚采暖
- 学校、医院、社区等分布供暖
- 城市、乡镇、居民供暖
- 工农业供热、供气、发电



成型燃料锅炉和炉具都有哪些类型呢？



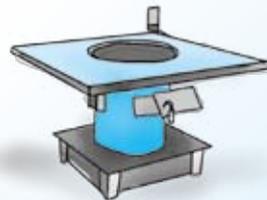
热水锅炉



炉炕灶



大灶



炊事、烤火炉



成型燃料锅炉有蒸汽锅炉、热水锅炉、热风炉等，成型燃料炉具有炊事炉、采暖炉、炊事采暖炉、烤火炉、大灶、炉炕灶等。

你们燃烧会不会
污染环境？



我们是清洁可再生
能源，颗粒物、SO₂、CO
排放比煤低。



按照国家环保要求，生
物质锅炉一般配套除尘系统。
污染物排放要求，颗粒物、
SO₂、NO_x排放量分别不高于
20、50、200 mg/m³。

三

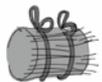
捆烧技术篇



你们又是谁？怎么都被捆绑着塞进锅炉啊？



我们是秸秆捆！



农民朋友在粮食收获后，将田里松散的秸秆打成捆，再作为燃料燃烧，称作秸秆捆烧。捆烧产生的热量可以通过高效换热技术实现清洁供暖。我们与前面的成型燃料不同，我们的块头比他们大百倍。

不仅方便贮存、运输，也方便后期利用。



你们这样捆烧的优势是什么？



秸秆打捆后，利用先进的燃烧技术和专用锅炉，不但能提高燃烧效率，还能保证烟气清洁，产生的烟气中颗粒物、SO₂等均低于煤炭。我们供暖的成本很低，远低于煤炭、天然气。



你们的个头和形状
怎么不一样啊？

我的个头比较大，
叫大方捆。我的质量为
820 ~ 910 kg，密度为
240 kg/m³。



小方捆



我是从方捆打
捆机里出来的，个
头比较小，叫小方
捆，我的质量为
14 ~ 68 kg，密度为
160 ~ 300 kg/m³。



大方捆

我是从圆捆机里出来的，个头比较小，我叫小圆捆，我的质量为18 ~ 20 kg，密度为115 kg/m³。



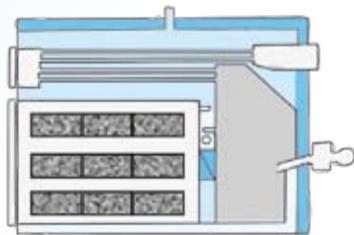
我个头比较大，叫大圆捆。我的质量为600 ~ 850 kg，密度为110 ~ 250 kg/m³。

小圆捆



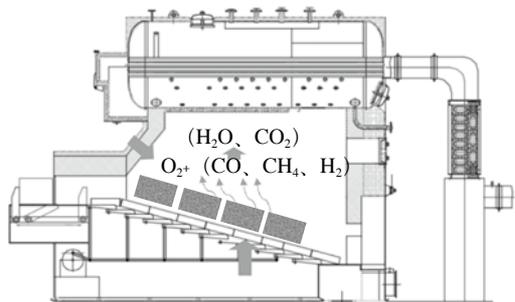
大圆捆

那你们需要在专门的捆烧设备中燃烧吗？



间歇式进料捆烧锅炉

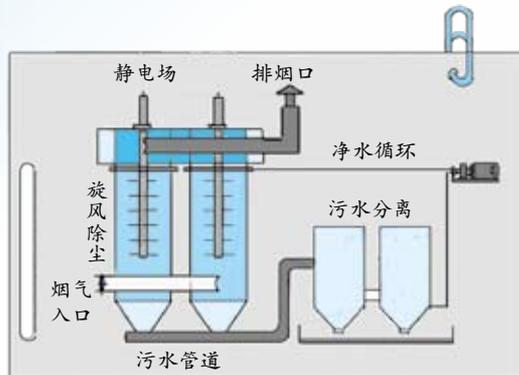
是呀，我们需要专门的捆烧设备，目前主要有两种类型。



连续式进料捆烧锅炉



那你们捆烧的排放怎么样？对环境有污染吗？



烟气净化除尘装备



您问的这个问题很关键，国家对环保要求很高，因此供暖系统设计中，也配套了后端烟气净化除尘装备，保证捆烧烟气达到排放标准。

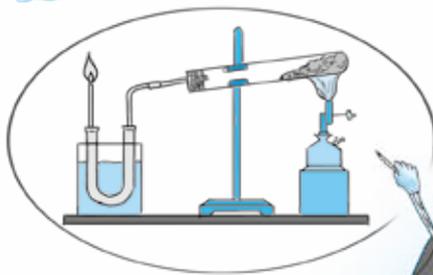




热解炭气联产技术篇

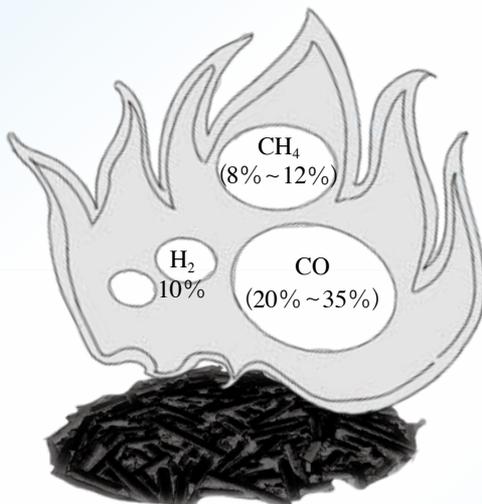


什么是秸秆热解炭气联产技术？



作为热化学转化技术的一种，秸秆热解炭气联产技术，是秸秆在绝氧或低氧环境下被加热升温（500 ~ 600℃），引起分子内部分解产生生物炭和热解气。

这么神奇！小小的秸秆还能转化成气、炭！快说说，你们有什么特点呢？



热解气是一种可燃性的气体，主要由 CO 、 CH_4 、 H_2 等气体组成， CO 含量20%~35%， CH_4 含量8%~12%， H_2 含量10%左右，热值可达到12~20 MJ/m^3 ，焦油与灰尘含量低于10 mg/m^3 。

热解气有什么用途呢？

热解气可以直接燃烧，用作炊事和取暖。



这么好的东西，那快说说，怎么用？



热解气通过专用燃气灶燃烧直接用于炊事。安装时要保证气密性，调节风门到火焰最佳状态，确保燃烧稳定性。



集中式供暖

采用热解气锅炉生产热水
集中供暖。

分户式供暖

采用热解气壁挂炉
供暖，和城市用的天然
气自取采一样。



热解气还可以供暖，
有集中式供暖和分
户式供暖。

! 热解气分户供暖时，要严
防CO等气体的泄露，必须安
装报警装置，并进行定期检修，
同时要加强安全防范意识。

生物炭是什么，看起来黑呼呼的？



我是热解后产生的含碳量高、稳定性好的固态产物。别看我长的黑，我的用处可大了。

我的比表面积大，固定碳含量为30%~80%，灰分含量为20%~35%，pH为5~12，阳离子交换量（CEC）可高达500 cmol/kg。



这太好了，以后我种地就用你了，那你还有其他用途吗？



当然了，你吃过烧烤吧？我们还可以做成机制炭用于烧烤，也可用于取暖。



是吗？还能供暖，我们这边天气可冷了，怎么供暖？快说说。



为了便于运输和贮存，一般做成能量密度高的型炭，成型过程有2种工艺：一种是秸秆先挤压成型，再经炭化炉炭化；另一种是秸秆先经炭化炉炭化，再添加黏结剂后挤压成型。



别说这些了，快告诉我怎么用吧。



作为炊事或者供暖用能时，要用型炭专用炉具，这种炉具效率高。NO_x、颗粒物、SO₂排放都能达到相关标准要求。



听说在秸秆热解过程还有焦油产生，会不会造成污染？

会有焦油产生，但现在技术进步了，焦油也能够处理，不会造成污染。



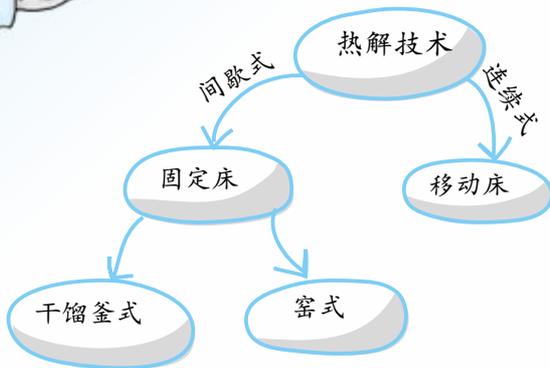
可以把焦油蒸馏、酸化等，将杂质分离后，制取化工原料，如轻油。也可以将焦油燃烧回用，用于热解加热热源。



这样太好了，既能将焦油再利用，提高利用率，又避免了二次污染。科研人员真厉害！

这种热解技术能连续生产吗？

可以连续，也可以间歇式生产。

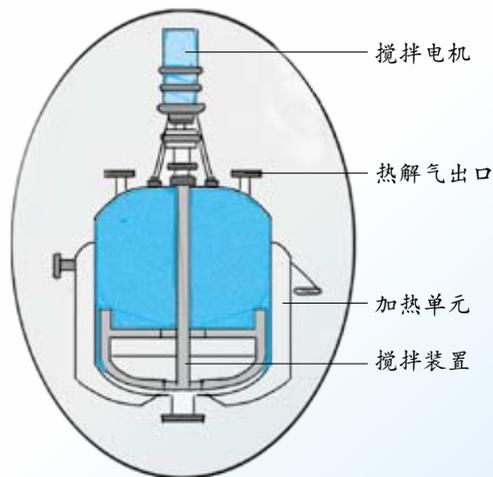


窑式热解技术采用自燃式热源，一般生产生物炭单一产品，设备结构简单、生产成本低，在木炭生产中应用广泛。

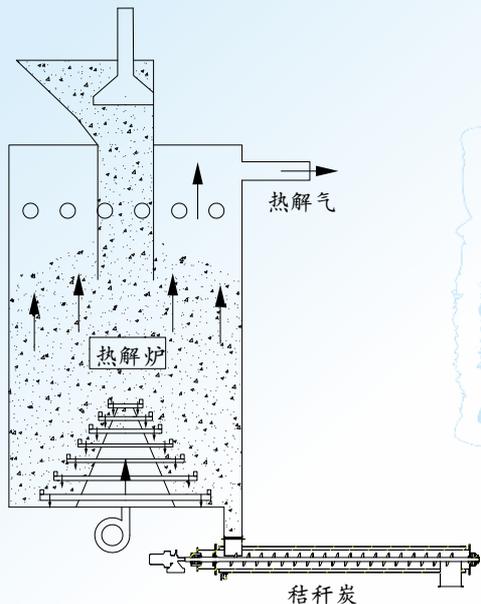
你听说过白居易的《卖炭翁》吧，就是这样烧制的。

卖炭翁，伐薪烧炭南山中。
满面尘灰烟火色，
两鬓苍苍十指黑。

干馏釜式热解技术，主要在反应器外部对物料加热，通过干馏使物料受热分解，炭化为高品质生物炭，与窑式炭化技术相比，因为没有空气进入，热解气品质大幅提高。

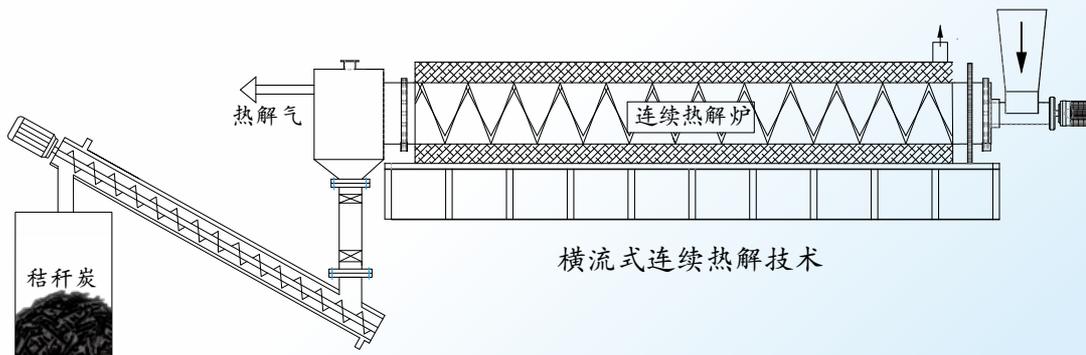


干馏釜反应器



立式连续热解技术

移动床热解技术可以连续生产，包括立式和横流式两类。与固定床技术相比，连续性好、生产率高、过程控制方便，产品品质也相对稳定。



横流式连续热解技术



横流式秸秆炭气联产设备

采用外部热源为连续热解系统加热，物料在热解系统中有序翻转流动，实现秸秆逐步受热脱水炭化，生成热解气和生物炭。

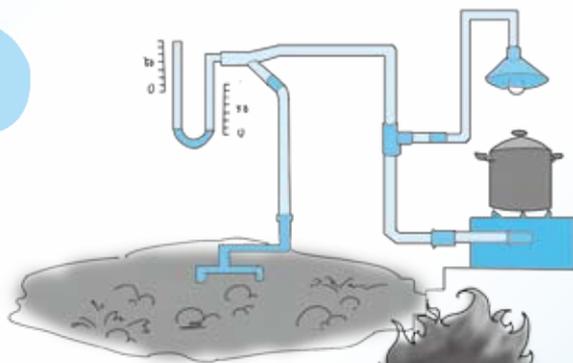
- 生物炭得率：28.2%
- 热解气产率：0.35 m³/kg
- 热解气热值：18.8 MJ/m³
- 热解气焦油灰尘含量：2.4 mg/m³
(国家标准 10 mg/m³)

五

沼气技术篇



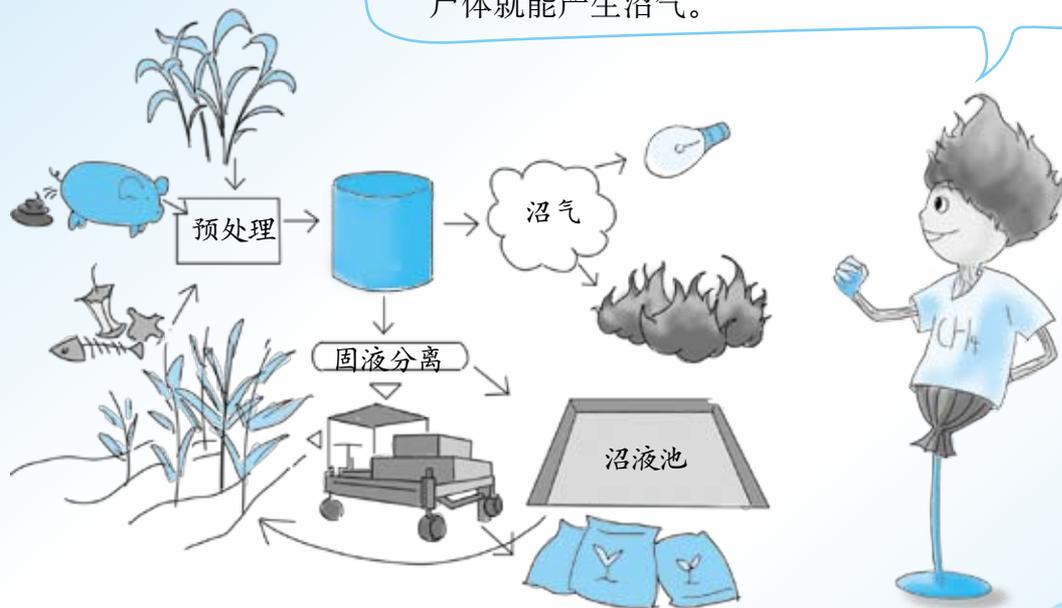
你们都是些什么气体呀?



我们是沼气，是秸秆等有机物通过微生物厌氧发酵产生的。我们的主要成分是甲烷（ CH_4 ），几千年前就被人类发现了。那时，人们经常看到沼泽或池塘里有气泡冒出来，还可以用火点燃，所以就称我们为沼气。



自然界里的沼泽、池塘、河流底部这些区域缺少氧气，厌氧微生物通过分解动植物尸体就能产生沼气。



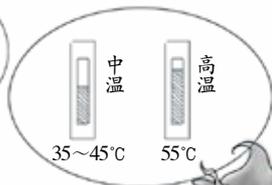
为了实现沼气利用，人们开发了厌氧反应器，以秸秆、粪便等有机废弃物等为原料，提供适宜的温度，通过微生物分解有机废弃物就可以生产大量沼气。分解不了的固体和液体，还可以作为有机肥料用于农田，一举两得。

生产沼气需要什么条件呢？

①微生物



③温度



②废弃物



聪明的你一定可以发现，生产沼气有四个条件：

一是要有厌氧微生物。水解细菌、产乙酸细菌、产氢细菌、产甲烷细菌等构成微生物菌群。

二是要给微生物提供“食物”。有秸秆、粪便、餐厨垃圾等有机废弃物。

三是要保持一定的温度。厌氧微生物更喜欢两个温度范围：中温在 35 ~ 45 °C，高温在 55 °C 左右。





四是要给微生物消化的时间。不同有机物所需平均发酵时间不同。原料越容易腐烂停留时间越短，秸秆等纤维类原料停留时间要长一些。

秸秆

我需要 40 d 以上

我需要 30 d 左右



粪便



我需要 20 d 左右



果蔬废弃物

不同原料能产多少沼气呢？



300 ~ 380 m³/kg



能源作物

280 ~ 350 m³/kg



秸秆

干物质产气潜力

可以用产气潜力来表示原料产沼气能力大小，这代表着单位质量干物质能够产生沼气的极限值。

200 ~ 300 m³/kg



污泥

550 ~ 700 m³/kg



果蔬废弃物

200 ~ 350 m³/kg



粪便

生产沼气的反应器
都有哪些类型呢？

常见的反应器有两大类：
干发酵反应器和湿发酵反应器。





序批式干发酵装备

一次性给足微生物一段时间食物。一般会有多个反应器（8～12个），依次启动保证沼气产气稳定，用秸秆和畜禽粪污混合处理，容积产气率 $2\text{ m}^3/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 以上。



连续式干发酵装备

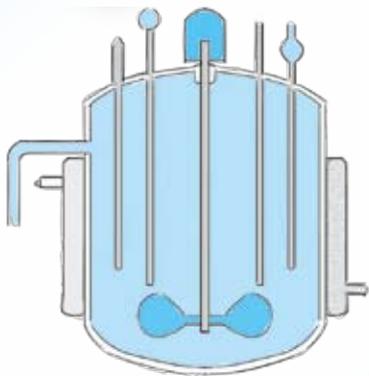
每天喂料，同时排出剩余物。用牛粪和秸秆混合处理，容积产气率 $2.3\text{ m}^3/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 以上；处理餐厨垃圾，容积产气率 $4.0\text{ m}^3/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 以上。



这是湿发酵技术，常用全混式反应器。



湿发酵装备

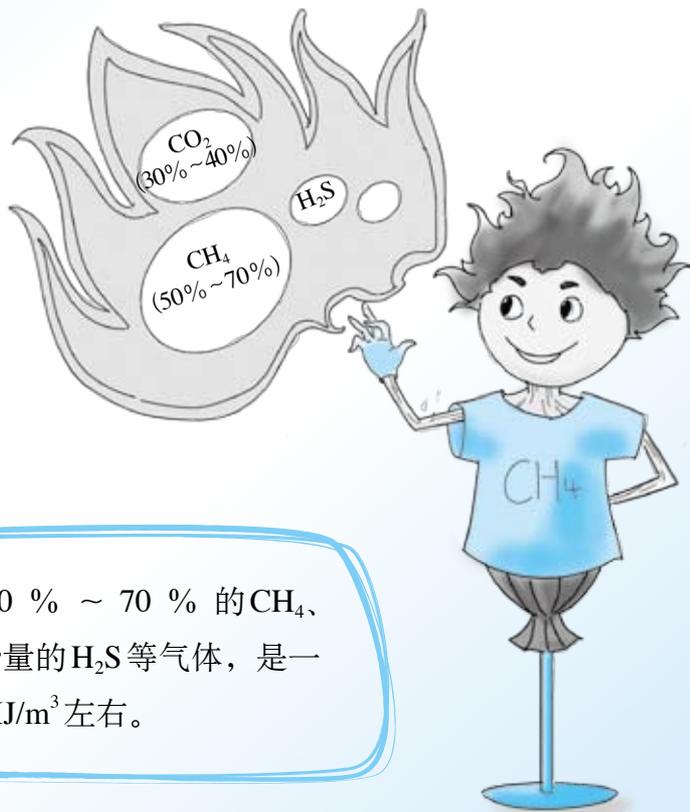


全混式反应器

全混式反应器可以用于各种单一原料和混合原料，应用范围最广。单体反应器规模可以做到 $10\,000\text{ m}^3$ 。



那你们的主要成分是什么呀？

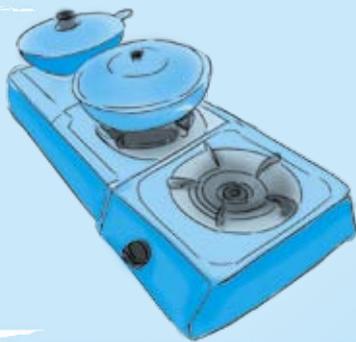


我们通常包含50%~70%的 CH_4 、30%~40%的 CO_2 以及少量的 H_2S 等气体，是一种可燃气体，热值在 21 MJ/m^3 左右。

说说你们的用途吧。



我们的用途可大了，直接燃烧可以用作炊事和取暖，还可以用于发电和产生生物天然气。



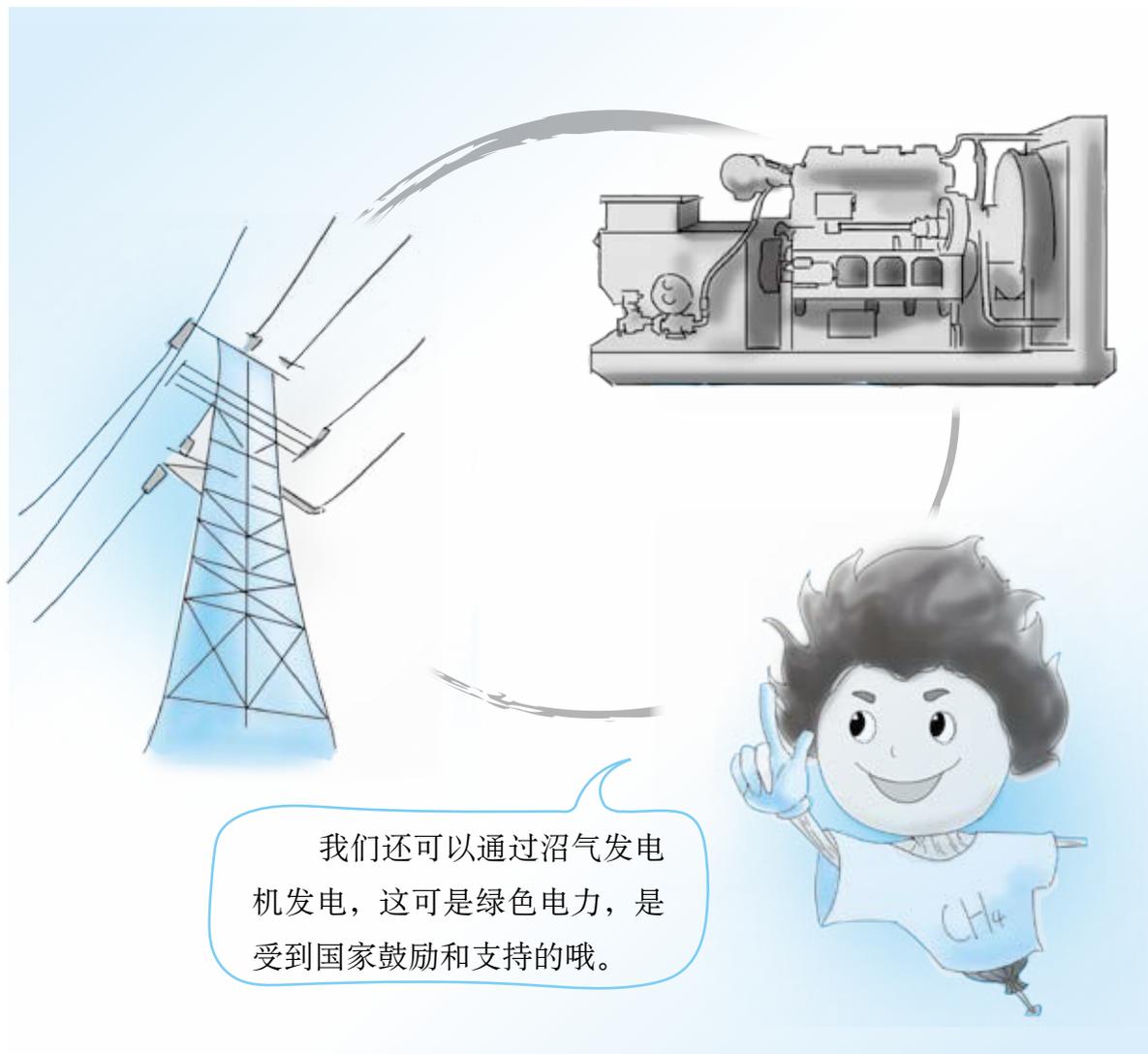
这是可以燃烧沼气的户用炊事沼气灶。在使用沼气灶时，要注意控制炉具的使用压力，正常工作时，一次空气要开足，并注意用气安全。



我们也可以
用于供暖。



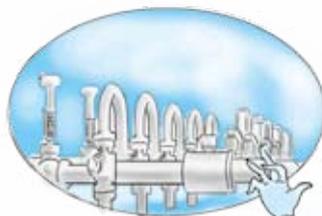
可以通过沼气热水锅炉生产热水进行集中供暖，还可以通过壁挂炉分散供暖，和天然气的使用方式是一样的。





车用燃气

我们还可以被提
纯为生物天然气。



天然气管网



如果经过提纯，将我们体内的甲烷含量提高到90%以上，就符合国家天然气的标准了，我们可以华丽变身，成为生物天然气，可以进入天然气管网，用于居民供气或者车用燃气，我们的身价就更高啦。

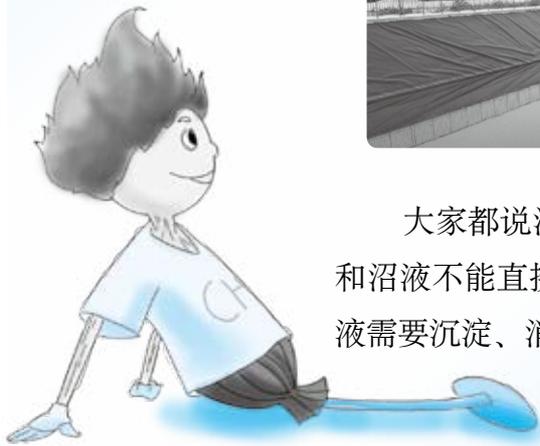


在生产过程中，会有其他废弃物产生吗？

有机物经过厌氧微生物处理后，还会剩下一些难以消化的部分，经过固液分离，固体部分就是沼渣，液体部分就是沼液。



大家都说沼渣和沼液是很好的肥料。当然啦，沼渣和沼液不能直接施用到农田里，沼渣需要充分腐熟，沼液需要沉淀、消毒、贮存、配水等处理。



各种燃料取暖费用

参数	单位	燃煤	秸秆压块	秸秆捆	天然气	沼气	热解气
锅炉功率	kW	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400
锅炉效率	%	80	80	80	95	95	92
锅炉投资	万元	50	50	55	12	12	20
管网投资	万元	60	60	60	60	60	60
燃料热值	MJ/kg或MJ/m ³	20.9	15.9	12.5	36	21	18
燃料用量	kg/d或m ³ /d	3 014	3 962	5 040	1 474	2 526	3 044
燃料价格	元/t或元/m ³	900	650	260	2.63	1.5	1.2
燃料费用	万元/取暖季	32.6	30.9	15.7	46.5	45.5	43.8
运行费用	万元/取暖季	7.4	8.2	12.4	9	9	9
取暖费用	元/m ²	25.5	25.1	19.8	31.4	30.8	30.4

注：以供暖面积2万m²，200户为例。



这么多清洁取暖技术啊，我们选哪种好呢？

介绍的太好了，谢谢您。



每种技术都有它的适应条件，取暖费用也不同哟。