

生物质颗粒成型设备发展现状与展望

庞利沙^{1,2}, 田宜水², 侯书林¹, 赵立欣², 孟海波²

(1. 中国农业大学工学院, 北京100083; 2. 农业部规划设计研究院, 北京100125)

摘要: 介绍了生物质颗粒燃料及其特性, 综述了国内外生物质颗粒燃料成型机发展现状, 对环模颗粒成型机和平模颗粒成型机的性能和应用进行了比较, 并针对目前国内外生物质颗粒燃料成型技术及设备存在的问题, 提出了我国生物质颗粒燃料设备及产业化发展方向。

0引言

近年来, 人类社会经济发展日益迅猛, 但这是以大量消耗化石能源并污染环境为代价的。化石能源日益减少, 环境污染日益严重, 寻找一种可再生的替代能源已迫在眉睫。生物质能是一种可再生能源, 具有可再生性和环境友好性的双重属性, 近年来越来越受到人们重视, 其消耗量已跃居第4位, 仅次于石油、煤炭和天然气^[1]。我国的生物质能资源十分丰富^[2], 每年仅农业废弃物产量就有约7.15亿t, 其中农作物秸秆产量约为4.33亿t, 约占60%^[3]。

我国大多数农民利用秸秆、薪柴的方式还停留在最原始的直接燃烧的状态, 这样不仅农作物秸秆不能充分燃烧, 浪费资源, 而且对环境造成严重污染, 危害人们身心健康^[4]。生物质成型燃料的能量密度相当于中质烟煤, 但成型燃料燃烧排放的CO₂来自于秸秆光合作用吸收的CO₂, 吸收和排放达到平衡, 基本实现零排放, 其它有毒有害气体排放量也远小于煤。生物质成型燃料本身体积较小, 接触到的空气充足, 可以充分燃烧, 相对于煤来说, 燃烧特性明显改善, 利用效率显著提高^[5]。生物质秸秆固体成型燃料包括颗粒燃料、块状燃料和棒状燃料, 其中颗粒燃料因其自身特性, 具有流动性强、燃烧效率高等优点, 从而得到广泛应用。

本文拟通过介绍生物质颗粒燃料及其特性, 综述国内外生物质颗粒燃料成型机发展现状, 对比分析国内环模颗粒成型机和平模颗粒成型机的性能和应用, 探讨国内外生物质颗粒燃料成型技术及设备存在的问题, 并提出我国生物质颗粒燃料设备及产业化发展方向。

1生物质颗粒燃料特性

秸秆等生物质原料在施加一定的外部压力的作用下, 由于物料间以及物料和模辊间的相互摩擦, 物料达到一定温度, 再加上木质素的黏结作用, 使植物体变得致密均匀, 当取消外部压力后, 由于纤维分子之间的相互缠绕, 一般不能恢复原来的结构和形状, 冷却以后强度增加, 成为成型燃料^[6]。

生物质颗粒燃料通常是指由经过粉碎的固体生物质原料通过成型机的压缩成为圆柱形的生物质固体成型燃料, 直径 $\leq 25\text{mm}$, 长径比 ≤ 4 , 常见直径尺寸有6, 8, 10mm。成型颗粒燃料密度明显增大, 体积明显缩小, 便于运输和贮存; 同时, 体积小, 与空气接触面积大, 利于燃烧; 规格一致, 便于实现自动化输送和燃烧; 可作为工业锅炉、住宅区供暖及户用炊事、取暖的燃料^[7]。

燃料的挥发分含量越高, 则点火越容易, 燃烧性能越好, 而生物质颗粒燃料的挥发分含量高达60%~70%^[8], 远高于煤, 故其点火性能和燃烧性能均优于煤; 碳含量为35%~42%, 远低于煤。这使得其热值低于煤^[9]; N含量为0.5%~3%, S含量仅为0.1%~0.5%^[10], 燃烧时NO_x和SO₂的排放量远低于煤, 排放的CO₂和秸秆光合作用吸收的CO₂达到平衡, 基本实现零排放^[11]; 与原始状态的生物质资源相比, 颗粒燃料燃烧时间更持久。由此可见, 生物质颗粒燃料是一种“优质、清洁、高效

”的燃料^[12]。

生物质颗粒燃料的加工工艺主要包括原料接收、粉碎、混合、除尘、成型、冷却、筛选回收和计量包装等工序，具体工艺流程图如图1所示。

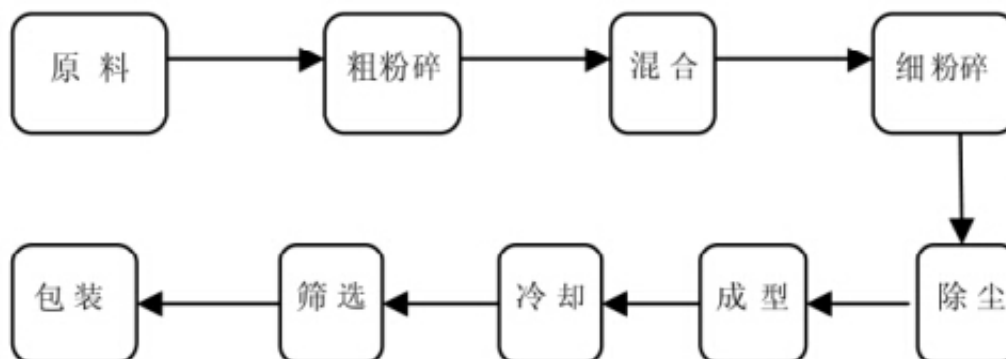


图1 生物质颗粒燃料加工工艺流程

Fig. 1 Biomass pellet fuel processing flow

近年来，随着新能源产业的不断发展，秸秆能源化利用得到了高度重视，国家相继出台了一系列鼓励和支持相关产业发展的政策法规。在这些政策法规的鼓励和支持下，国内生物质固体成型燃料产业蓬勃发展，截至2009年底，全国已有生产厂家260余处，生产能力每年约76.6万t^[13]。

国内生物质固体成型燃料主要用作农村居民户用炊事、取暖、住宅区取暖、工业锅炉以及发电厂等的燃料，可减少一次能源的损耗，增加生态效益；减少温室气体排放，增加环境效益；为农民增收，增加社会效益^[14]。

2国内外生物质颗粒燃料成型机发展现状

2.1国内生物质颗粒燃料成型机的研究现状

经过多年的研究与试验，国内部分成型设备及其配套产品发展成熟。如农业部规划设计研究院的生物质制粒设备，整机传动部分选用瑞士、日本高品质轴承，确保传动高效、稳定、噪声低，采用国际先进的真空护热处理制造工艺加工而成的合金钢环模，使用寿命长，且适用范围广，可将玉米秸秆、棉花秸秆、花生壳以及木屑等多种燃料制粒成型；江苏牧羊集团生产的MUZL系列制粒机，采用双马达同步齿形带分步骤传动系统及独特三压辊经典设计，布料均匀，产量高，噪音低，环模技术可加工最小颗粒孔径1.2mm；江苏正昌集团生产的MZLH508JG高效率制粒机，采用国际先进的设备和工艺加工制造的合金钢环模，使用寿命长，特制喂料机构，进料均匀可靠，专为压制各种秸秆颗粒燃料而设计。3个生产厂家的主要产品技术参数及性能指标如表1所示。

表1 国内部分厂家颗粒成型机主要性能指标

Tab. 1 Main specifications of particles forming machines at home

成型机型号	主机功率 /kW	生产率 /t · h ⁻¹	研发单位
生物质制粒设备	90~110	1.0~1.5	农业部规划设计研究院
MUZL600X	55×2	1.5~3.5	江苏牧羊集团
MZLH508JG	132	2.0~2.5	江苏正昌集团

2.2国外生物质颗粒燃料成型机的研究现状

目前，国外的很多企业生产的颗粒成型设备技术已经日趋成熟，像德国SALMATEC公司的MAXIMA模块化设计的制粒机，可以适应多种原料，生产率高达30000kg/h；奥地利ANDRITZ公司生产的Feed & Bio-fuel系列颗粒机，轧辊可以快速、简单、准确的滚动调整，模孔尺寸通常的范围从1.5 ~ 9.5mm，颗粒模具可达到约90mm厚。此外，ANDRITZ公司针对每道工序或完整的工艺生产线采用全自动控制系统，确保成型颗粒质量的同时，符合成本效益。模块化设计的控制系统，范围从业务职能的基本控制到整个工艺生产线，包括先进的电脑控制、秤、粉碎机、搅拌机、挤压机、烘干机、制粒机、冷却器和涂层机等。

国外生物质颗粒设备制造已经比较规范，但成本较高，同等生产能力的设备是国内的5 ~ 10倍。

3 生物质颗粒燃料成型机

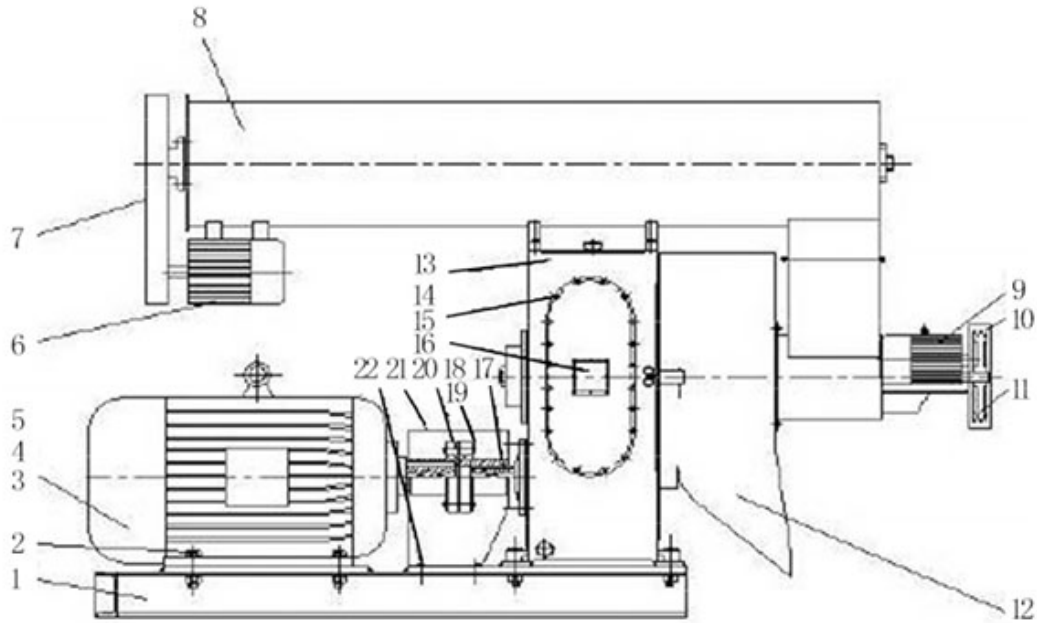
生物质固体成型主要分为模辊挤压、螺旋挤压和活塞冲压等方式^[15]

。其中，螺旋挤压、活塞冲压主要用于生产块状及棒状燃料，模辊挤压主要用于生产颗粒燃料，且具有生产率高、成型率高、成型颗粒质量好、可连续生产等优点，与螺旋挤压、活塞冲压相比，工作状态更稳定，对物料的适应性更好，且其生产的颗粒燃料满足燃煤电厂对生物质成型燃料均匀度要求，可实现工业的自动化上料，是目前发展的重点。

模辊式成型机分为环模成型机和平模成型机，主要工作部件是压模与压辊，在成型室中，压模与压辊通过将原料挤压进模孔而成型^[16]。

3.1 环模颗粒成型机

环模颗粒成型机机型采用环形压模和压辊为主要工作部件，主要由上料系统、搅拌调质系统、传动系统及成型系统组成^[17]。环模颗粒成型机结构及设备如图2和图3所示。



1. 托架 2. 螺栓 3. 螺母 4. 垫圈 5. 主电机 6. 搅龙电机
7. 传动罩 8. 喂料搅龙 9. 喂料电机 10. 传动罩 11. 喂料皮带轮
12. 成型室 13. 减速机 14. 螺栓 15. 弹簧垫圈 16. 观察窗
17. 键 18. 螺栓 19. 垫圈 20. 联轴器 21. 联轴器罩 22. 螺栓

图2 生物质环模颗粒成型机结构示意图

Fig.2 Boimass circular mould pellet machine structural diagram



图3 生物质环模颗粒成型机^[2]

Fig.3 Boimass circular mould pellet machine

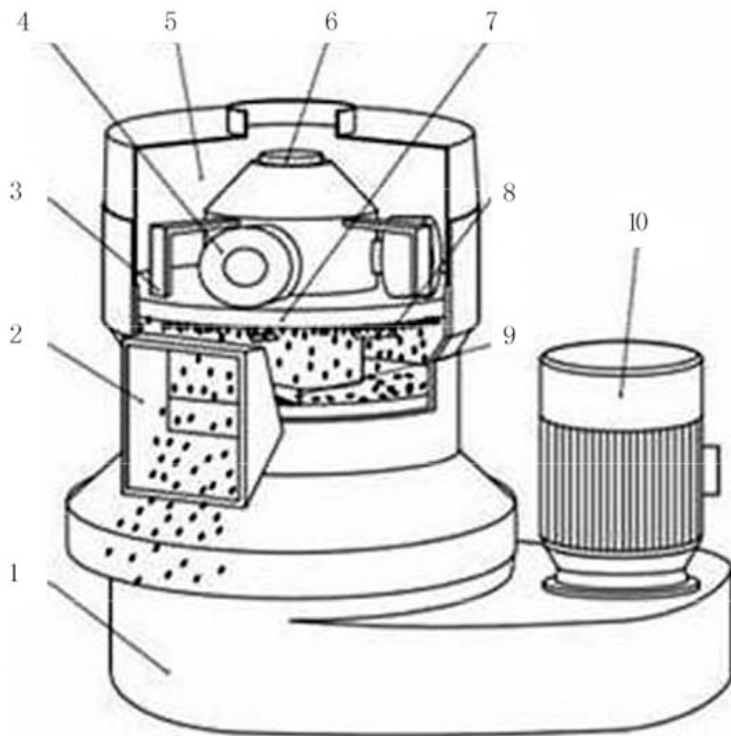
成型机工作原理：电动机带动环模转动，由于摩擦力的作用，环模上的物料带动压辊转动。物料被强制喂料器送入压制室内之后，随环模和压辊转动，二者相互挤压，夹在其间的物料就被不断压缩，随着物料内部压力和密度不断增大，达到一定密度的物料就被压入环模模孔当中，经过一段时间保压定型，具有一定密度的生物质颗粒燃料即成型[18]。

由于颗粒燃料直径较小，环模压缩比较大，对原料的含水率要求较高，一般含水率在12%~15%之间、原料粒径在1~5mm之间时适合成型^[19-21]。

3.2 平模颗粒成型机

平模颗粒机采用平模和与其相配合的圆柱形压辊为主要工作部件，按工作部件的运动状态分，平模制粒机有动辊式、动模式、模辊双动式3种，动模式和模辊双动式常见于小型平模制粒机，动辊式则一般用于较大机型。按压辊的形状分，又可以分为锥辊式和直辊式两种。

直辊动辊式平模制粒机工作原理如图4所示。电动机经过减速箱减速后驱动主轴转动，主轴带动压辊公转。同时，压辊绕压辊轴自转，原料被送入喂料室后，由分料器和刮板将其均匀地铺在平模上；压辊不断自转和公转，将平模上的物料不断挤压进模孔内；物料在模孔内密度和温度不断升高，经过一定时间保压定型后，被挤出平模；旋转切刀将物料切断，形成颗粒燃料；最后，由扫料板将成型颗粒送出。平模颗粒成型机设备如图5^[23]所示。



1. 传动箱 2. 出料口 3. 均料板 4. 压辊 5. 喂料室
6. 主轴 7. 平模 8. 切刀 9. 扫料板 10. 电动机

图4 生物质平模颗粒成型机结构示意图^[23]

Fig.4 Boimass straight die pellet machine structural diagram



图5 生物质平模颗粒成型机^[23]

Fig.5 Boimass straight die pellet machine

平模成型机对原料水分适应性强,含水率一般在15%~25%之间,结构简单,成本较低,适于农村小规模使用,但产量普遍偏低,一般不超过0.5t/h^[24]。

3.3环模颗粒机和平模颗粒机的对比

环模颗粒机特点在于产量大,成型颗粒规格一致,密度高,可达1.0~1.3kg/m³,不加任何添加剂也能做出颗粒来;压辊和环模磨损均衡,能够降低易损耗品的消耗;拆装容易,维护简单。其缺点是电耗普遍偏高。

而平模机器的优点在于耗能小,机动性大,适合农村居民小规模应用,不适合工厂企业的大规模运作。其缺点在产量低,压力小,成型质量差。其工作面如加宽后,压辊和平模的磨损又不均衡,达不到更大的产量,配件拆装繁琐、维护麻烦。平模机和环模机性能特点^[26-32]的对比分析如表2所示。

表2 平模机和环模机的对比分析

Tab.2 Comparative analysis of the flat molding machine and the ring mold machine

	环模颗粒机	平模颗粒机
功耗 /kW·h·t ⁻¹	功耗高,60~110	功耗较低,30~100
产量 /t·h ⁻¹	产量相对较高, 可达1.0~2.0	产量普遍偏低, 一般不超过0.5
颗粒密度 /kg·m ⁻³	生产颗粒密度高, 达1.0~1.3	生产颗粒密度低, 达0.8~1.0
磨损	压辊和环模磨损均衡	压辊和平膜的磨损不均衡
维护	拆装容易,维护简单	配件拆装繁琐,维护麻烦
适用情况	适于规模化生产	适于农村小规模使用

4存在问题

1)易损件磨损快。对于模辊式颗粒成型机,原料中的硅酸盐成分、杂质、喂料的不均匀以及原料中水分等因素都会加剧压辊表面的磨损,致使压辊快速磨损失效。环模不但是易损件,而且制造成本较高^[33],减少和改善环模与压辊的磨损,不仅有利于明显降低颗粒加工成本,提高经济效益,而且可提高产品生产率及成型产品质量。

2)模孔堵塞严重。发生模孔堵塞,与物料本身特性、调质质量、输送速度和模辊间隙等有关。模孔堵塞不但影响正常生产,降低生产率,还会影响成型颗粒质量,降低环模寿命。但是,目前如何很好地预防和及时处理模孔堵塞的问题还未得到解决。

3)成型机专业化水平低。目前,国外的颗粒燃料成型技术虽然已经比较成熟,但其颗粒成型机针对的原料多为木屑,少有针对秸秆的成型设备。国内现有的针对秸秆原料的颗粒成型机,也是仅针对像玉米秸秆、小麦秸秆、花生壳等几种常见原料,对其它原料,则会出现设备运行不平稳甚至无法正常运行的现象,即对原料要求较高,适应性差,还

未达到专业化水平。

4)无相关配套设备标准。和成型机配套的相关辅助设备没有统一标准,如粉碎设备的粉碎粒度规格不统一,造成成型机成型的难易程度不同,从而导致成型燃料质量及成型率不同,影响生产率,且易造成设备运行不稳定、生产线故障率高。

5结论

生物质颗粒燃料有诸多优点,随着一次能源的减少,其使用必将更加广泛。国外针对生物质固体成型燃料设备的研究已经比较成熟,而且多数是大规模产业化生产,有的已经实现模块化的全自动控制生产线,生产率高,产品质量好,已达到规模化和商品化。

国内制粒机近年来已取得很大进展,但与国外相比,最为突出的还是能耗问题,目前,能源问题日益突出,降低制粒机能耗,应是今后重点研究方向。其中,环模制粒机环模的磨损以及模孔堵塞,也是亟待解决的问题。从根本上提高制粒机的产量和成型颗粒质量、降低能耗,还需要通过改变模辊间隙、模孔形状等细节问题上来提高,可以降低生产线故障率,提高稳定性。此外,制定生物质颗粒燃料成型设备的行业标准,有利于促进其产业化和商品化进程。

参考文献:

[1]陈彦宏,武佩,田雪艳,等.生物质致密成型燃料制造技术研究现状[J].农机化研究,2010,32(1):206-211.

[2]姚向君,田宜水.生物质能资源清洁转化利用技术[M].北京:化学工业出版社,2005.

[3]崔明,赵立欣,田宜水,等.中国主要农作物秸秆资源能源化利用分析评价[J].农业工程学报,2008,24(12):291-296.

[4]PALLAV PUROHIT, ARUN KUMAR THIPATHI, TARA CHANDRA KANDPA.Energetics of coal substitution by briquettes of agricultural residues[J].Energy, 2006, 31: 1321-1331.

[5]MARGARET K MANN, PAMELA L SPATH.Life cycle assessment of a biomass gasification combined cycle power system[M].北京:中国环境科学出版社.2000.

[6]赵立欣,田宜水.农村绿色能源技术[M].北京:中国农业科技出版社,2007:113-118.

[7]姚宗路,赵立欣, Ronnback

M,等.生物质颗粒燃料特性及其对燃烧的影响分析[J].农业机械学报,2010,41(10):97-102.

[8]赵迎芳,梁晓辉,徐桂转,等.生物质成型燃料热水锅炉的设计与试验研究[J].河南农业大学学报,2008,42(1):108-111.

[9]J L M TABAR S, L ORTIZ, E GRANADA.Feasibility study of energy use for densified lignocellulosic material(briquettes)[J].Fuel, 2000, 79(1):1229-1237.

[10]马文超,陈冠益,颜蓓蓓,等.生物质燃烧技术综述[J].生物质化学工程,2007,41(1):43-48.

[11]刘圣勇,陈开璇,张百良.国内外生物质成型燃料及燃烧设备研究与开发现状[J].可再生能源,2008(4):14-15.

[12]肖军,段菁春,王华,等.生物质利用现状[J].安全与环境工程,2003,10(1):11-14.

[13]农业部科技教育司,农业部能源环保技术开发中心.2009

年全国农村可再生能源统计汇总表[EB/OL].2011-12-31.wenku.baidu.com/view/e778e81810a6t524ccbf8596.html.2010.

[14]赵立欣,孟海波,姚宗路,等.中国生物质固体成型燃料技术和产业[J].中国工程科学,2011,13(2):79.

[15]姚宗路,田宜水,孟海波,等.生物质固体成型燃料加工生产线及配套设备[J].农业工程学报,2010,26(9):280

- 285.

- [16]肖宏儒,陈永生,宋卫东.秸秆成型燃料加工技术发展趋势[J].农业装备技术,2006,32(4):11-13.
- [17]欧阳双平,侯书林,赵立欣,等.生物质固体成型燃料环模成型技术研究进展[J].可再生能源,2011,29(1):14-22.
- [18]姜洋,郭军,王忠诚,等.生物质致密成型设备生产颗粒燃料技术及经济分析[J].可再生能源,2006,128:82.
- [19]张百良.HPB-1型生物质成型机的应用研究[J].太阳能学报,1999(3):234-238.
- [20]周佩成.生物质可燃废弃物往复成型机的试验研究[J].试验技术与试验机,1995(2):31-33.
- [21]郭康权.玉米秸秆颗粒燃料成型的试验研究[J].西北农业大学学报,1995(2):106-108.
- [22]山东吉美电子科技有限公司.颗粒成型设备[EB/OL].2012-01-01.http://www.sdjmdz.com/shengwuzhineng/products/shengwuzhiranliao/show_54.html.
- [23]徐德民,陆辛,刘泰岳,等.生物质颗粒燃料致密化成形典型设备的比较[J].塑性工程学报,2011,18(1):119-121.
- [24]霍丽丽,赵立欣,侯书林,等.生物质固体成型燃料技术及设备研究进展[J].安全与环境学报,2009,9(6):27-30.
- [25]华祥秸秆燃料成型机 XKJ420[EB/OL].2012-01-01.http://cn.lbgoo.com/product_info/products_id-32832.htm.
- [26]刘石彩,蒋剑春.生物质能源转化技术与应用() [J].生物质化学工程,2007,41(4):59-63.
- [27]李保谦.秸秆成型燃料技术的研究现状与发展趋势[J].农机推广与安全,2006(9):10-12.
- [28]马守祥,黄志杰,睦力.CYJ-35型生物质冲压颗粒成型机的试验研究[J].新能源,1995,17(4):33-36.
- [29]中国可再生能源规模化发展项目管理办公室.生物质有关技术装备及产业化应用调查报告[G].北京:2008.
- [30]严永林.生物质固化成型设备的研究[J].林业机械与木工设备,2003(12):19-21.
- [31]周佩成,安立人,高柱天,等.生物可燃废弃物间歇成型过程的研究[J].试验技术与试验机,1995,35:31-37.
- [32]何元斌.生物质压缩成型燃料及成型技术(一)[J].农村能源,1999(5):12-14.
- [33]阳向军.卧式环模制粒机环模失效原因浅析[J].饲料工业,2003,24(9):9-10.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/100544.html>