燃生物质颗粒工业锅炉系统的生命周期评价

董进宁。李茂东，张振顶，尤智东，钟志强，王鹏

(广州市特种承压设备检测研究院，广东广州510100)

摘要：为了研究生物质工业锅炉系统对环境影响和能源消耗情况，本文采用了生命周期(LCA)的研究方法，从该系统的原料生产制作，到系统建立运行进行全面分析。结果表明：处理每1t生物质颗粒，对环境的总影响负荷为16434.47毫人当量，资源耗竭系数为2.547毫人当量，燃生物质工业锅炉系统对环境影响主要为全球变暖为95.36%，各个过程中锅炉系统运行影响为98.55%，秸秆种植从环境中吸收C
O_2
2136.24kg，因此，燃生物质工业锅炉系统在减少温室气体排放上能起积极作用，与燃煤锅炉相比生物质锅炉是一种环境友好并且减少化石燃料消耗的项目。

0引言

目前，化石资源逐渐枯竭，而作为高耗能设备的工业锅炉对能源及环境有着重要的影响，我国是一个以煤为主要能源的国家，燃煤工业锅炉占工业锅炉总量的80%以上，工业锅炉量大面广，平均容量小，能耗大，污染严重，寻找新的环境友好的替代能源以解决高耗能燃煤工业锅炉的污染及能耗成为我国现在面临的迫切问题。我国有着丰富的秸秆资源，因此充分利用生物质秸秆资源，发展生物质锅炉成为解决我国秸秆资源浪费及工业锅炉高耗能、高污染问题的一种良好途径，并为生物质成型燃料的大规模生产提供了必要条件。前人对生物质颗粒加工制造及生物质锅炉的制作工艺研究较多，现在已经有了比较成熟的生物质锅炉产品应用生产，而对其系统的全生命周期分析研究较少。为了掌握燃生物质成型颗粒工业锅炉系统的资源消耗和环境影响全面的数据，本文就燃生物质成型颗粒工业锅炉系统进行生命周期评价。

1燃生物质成型颗粒工业锅炉系统的生命周期清单分析

1.1研究目标与研究范围

本文以型号为DZIA-1.25-BMF的生物质成型颗粒工业锅炉系统为研究对象，该系统锅炉设计效率为81%，额定蒸发量为4t／h，燃料消耗量为701kg／h。本文以系统每燃烧1t生物质成型颗粒对环境造成的影响进行分析和计算，即环境影响评价的功能单位为1t生物质颗粒。

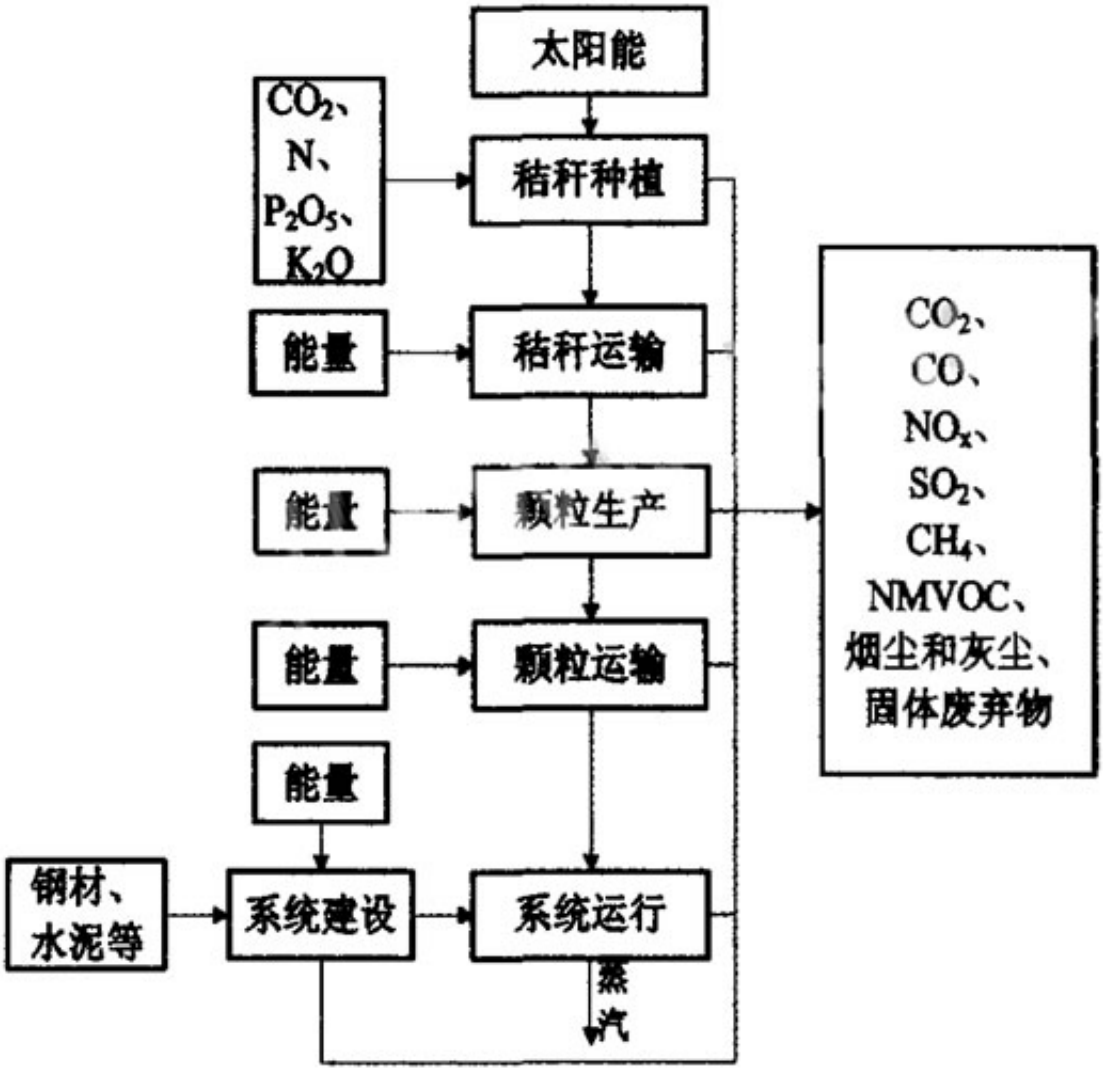

图 1　生物质成型颗粒工业锅炉系统的生命周期系统边界

Fig. 1　The framework of the industrial boiler system burned on biomass pellet

由于生物质成型颗粒工业锅炉系统相当复杂，因此在进行生命周期分析时忽略次要因素，考虑主要因素。在系统运行过程中忽略秸秆收割堆积，以及工业生产对蒸汽品质波动要求的影响产生蒸汽均为额定状态下蒸汽，由于该系统使用年限很长，因此假设该系统使用运行年限为20年，忽略其他因素影响假定该系统建设所需要的原料制作以及报废所造成的影响均匀分布于系统运行时间内，主要过程有秸秆种植、运输阶段、生物颗粒生产、系统建设及系统运行等5个子过程。对这5个子过程进行分析时，主要从环境影响和能源消耗两个方面进行分析。

其中，秸秆种植过程中需要的CO_2是从生命周期系统中吸收补充，生物质成型颗粒工业锅炉系统的生命周期系统边界分析如图1。

1.2系统物料计算

表 1　生物质颗粒元素分析

Table. 1　The elementary analysis of biomass pellet

C_{ar}%	H_{ar}%	O_{ar}%	N_{ar}%	S_{ar}%	A_{ar}%	M_{ar}%	Q_{net}/kJ·kg^{-1}
44.80	5.74	38.24	0.78	0.09	0.79	9.52	16 710

表 2　系统处理 1 t 生物质颗粒的物料量

Table. 2　The inventory of the materials by 1 t biomass pellet treated

生物质颗粒量/kg	秸秆量/kg	吸收 CO_2 量/kg	氨水/kg	普钙/kg	硫酸钾/kg	钢材/kg	水泥/kg	蒸汽/kg
1 000	1 418.64	2 136.24	50.24	52.66	122.55	1.41	0.47	5 706

本文以玉米秸秆制取生物质颗粒为系统原料进行分析，生物质颗粒的元素分析如表1所示。秸秆是一年生的作物，玉米产量为5154kg／hm^2
·a，玉米秸秆的产量系数为1：1.2，玉米C的吸收
量是5.08t／(hm^2
·a)J。假设农作物吸收的C是被谷物籽实和其秸秆均匀吸收，秸秆制作生物质颗粒的烘干过程中所需燃料为生物质颗粒J，设秸秆生长需要的肥料量与土壤中养分相当，肥料为氨水、普钙、硫酸钾，根据生物质锅炉设计资料知所需钢材为28.1t，假设系统建设所需建材，钢材与水泥的比为3：1，系统建设运行20年，每年消耗生物质颗粒量为1000t。通过分析计算可以得出每消耗1t生物质颗粒所需要的及产生的各种物质的量如表2所示。

1.3清单分析

玉米秸秆种植过程对环境的影响和消
耗的主要过程是秸秆光合作用吸收CO_2
的过程及化肥氮磷钾的生产的过程。运输过程假设秸秆的产生地与生物质颗粒生产厂的距离及生物质颗粒与生物质锅炉系统的运输半径均为100km，采用25t运输卡车，则该系统运输阶段对环境影响主要为柴油的生产及消耗排放。生物质颗粒制取阶段为秸秆粉碎，秸秆制粒，颗粒烘干等过程的排放。系统建设阶段主要为钢材，水泥等建材消耗。系统运行阶段包括本体燃烧及辅机运行的消耗。

在研究该系统的资源消耗与环境影响中
，假设秸秆种植阶段所吸收的CO_2
是由整个生命周期过程中提供，故系统消耗1t生物质颗粒的生命周期排放清单如表3。

表 3　消耗 1 t 生物质颗粒的生命周期排放清单

Table. 3　The inventory of the emission to environment by 1 t biomass pellet consumed

项目	秸秆种植	运输阶段	颗粒生产	系统建设	系统运行	合计
CO_2/kg	-1 899.4	0.46	211.3	11.8	164 320.8	162 645.0
CO/kg	-	0.0001	0.00	0.15	-	0.15
NOx/kg	0.22	0.002	0.70	0.023	4.08	5.02
SO_2/kg)	1.91	0.001	5.73	0.072	1.49	9.19
CH_4/kg	0.20	-	0.63	0.026	0.16	1.02
NMVOC/kg	-	0.025	-	0.0005	-	0.025
烟尘/kg	0.17	-	0.30	0.41	5.63	6.52
固体废弃物/kg	11.40	-	36.47	5.59	20.61	74.08
煤/kg 标煤	116.60	0.26	77.52	2.62	19.85	216.85
油/kg	1.00	3.10	3.19	0.16	0.82	8.26

2生命周期的影响评价

2.1环境影响评价

环境影响评价包括定量和定性评价。按照国际标准化组织的ISO14040的框架，影响评价包括三个步骤：分类、特征化和加权评估。上述清单分析结果，只表达了各种输入和输出的相对值大小，因各种排放因子对生态系统和环境变化的贡献不同，所以需要进行生命周期影响评价，将清单分析的结果转化为既容易理解，又能反映环境影响潜值的指标。

根据1.3节清单分析的结果，生物质锅炉系统可能造成的资源耗竭和潜在环境影响，见表4。

表 4　生物质锅炉系统的生命周期影响类型

Table. 4　The type of the life cycle's impact of the industrial boiler system burned on biomass pellet

资源耗竭	能源耗竭	全球性
环境影响潜值	全球变暖(GW)	全球性
	光化学臭氧(PO)	地区性
	酸化(AC)	地区性
	富营养化(NE)	地区性
	烟尘和灰尘(SA)	局地性
	固体废弃物(SW)	局地性

2.2资源耗竭系数

资源耗竭系数通过一次能源消耗来表征，在此将能源作为资源进行评价，由于表3中的消耗量只表达了资源的绝对消耗量，并没有反映其相对大小，因此采用资源消耗基准¨进行标准化。得出煤、油等资源消耗潜值，见表5。其单位为毫人当量，反映了生物质工业锅炉系统所耗资源占人均资源消耗量的比重(以1990年为基准)。标准化后的资源消耗仅仅反映各种资源消耗的相对大小，并没有反映该资源的稀缺性。经标准化于加权分析之后的资源消耗各值如表5

所示。

表 5　标准化后 1t 生物质颗粒的资源消耗

Table. 5　The normalized resource consumption of 1t biomass pellet consumed

资源	标准化后的资源消耗/mPE_{W90}	可供应期[14]/a	加权后的资源消耗/mPR_{90}
油	13.98	43	0.33
煤	377.79	170	2.22

标准化后煤炭的消耗依然是主要部分，占96.43%，油的消耗为3.57%，考虑了资源的稀缺性，标准化加权后，煤的消耗比重降为87.24%，而油则升为12.76%。我国能源结构中煤的消耗占据主要地位，经过该系统处理污泥并对其进行资源化利用
后，有效的遏制了煤炭资源
的消耗。该系统处理1t生物质颗粒的资源消耗系数为2.5
47×10^{-3}人当量。该系统每处理1t生物质颗粒的资源消耗系数见图2。

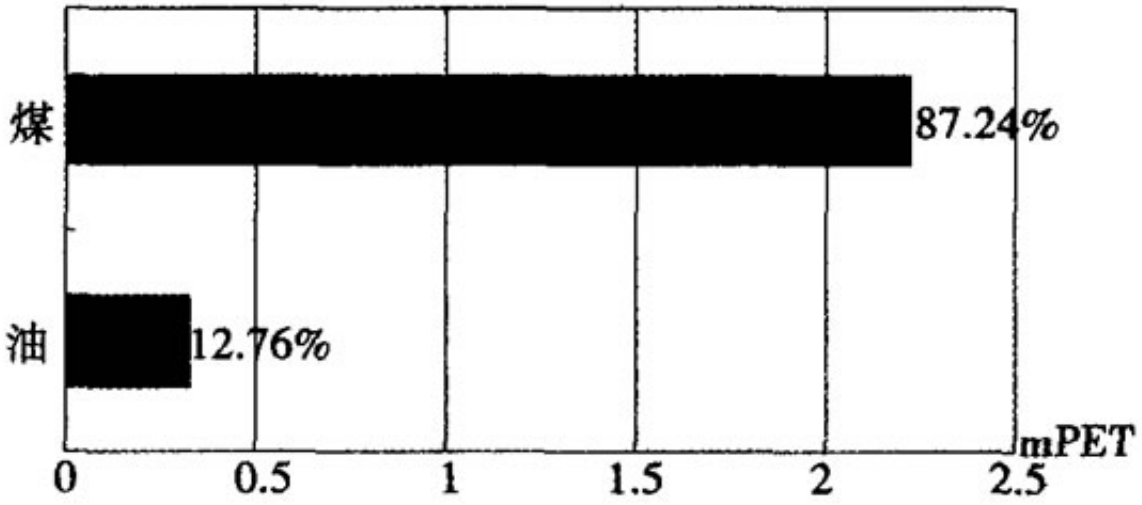

图 2　加权后 1 t 生物质颗粒的资源消耗

Fig. 2　The valued resource consumption of 1t biomass pellet consumed in the system

2.3环境影响负荷评价

2.3.1环境影响潜值计算

为了方便直观的表示出各种环境影响类型的影响潜值，全球变暖以CO_2为参考物，同理酸化，富营养化，光化学臭氧分别以SO_2，NO_3^-，C_2H_4为参考物。根据各种排放物的效应当量因子可以计算出各种物质在各个过程中的环境影响潜值，如表6所示。

表6 各种排放物的环境影响潜值

Table. 6 The valued environmental potential of the emissions

环境影响类型	全球变暖/gCO_2eq	酸化/gSO_2eq	富营养化/gNO_3^- eq	光化学臭氧/gC_2H_4eq	烟尘和灰尘/g	固体废弃物/g
秸秆种植	-1 824 792.74	2 063.58	293.76	1.39	172.02	11 400.97
运输阶段	1 133.26	2.31	2.82	14.70	0.00	0.00
颗粒生产	449 930.76	6 220.98	939.90	4.44	298.65	36 473.48
系统建设	20 200.56	88.22	31.22	5.13	414.86	5 591.90
系统运行	165 629 898.0	4 323.25	5 505.72	1.14	5 632.09	20 611.94
合计	164 276 370.0	12 698.35	6 773.42	26.80	6 517.61	74 078.29

2.3.2环境影响潜值的标准化

对以上所计算的各类环境影响潜值(全球、地区和局地)采用其相应的标准化基准进行标准化，比较其相对大小。因标准化是以1990年为基准，因此利用权重因子加权将标准化值转换为2000年为基准。各种环境影响类型的标准化值和权重因子见表7。

表7 各种环境影响类型的标准化值和权重因子

Table. 7 The standardization and weighted environmental potential factors of the category of environmental impact.

环境影响类型	标准化基准[14]	权重因子[14]
全球变暖(GW)	8700 kg CO_2 -eq/(人·a)	0.83
光化学臭氧(PO)	36 kg SO_2 -eq/(人·a)	0.73
酸化(AC)	62 kg NO_3^- -eq/(人·a)	0.73
富营养化(NE)	0.65 kg C_2H_4 -eq/(人·a)	0.51
烟尘和灰尘(SA)	18 kg/(人·a)	0.61
固体废弃物(SW)	251 kg/(人·a)	0.62

故各种环境影响潜值标准化并加权的值如表8所示。

表8 1 t 生物质颗粒环境影响潜值标准化并加权(mPET$_{2000}$)

Table. 8 The standardization and valued EP of 1t biomass pellet consumed by the system

环境影响类型	秸秆种植	运输阶段	颗粒生产	系统建设	系统运行	合计
全球变暖(GW)	-174.09	0.11	42.92	1.93	15 801.47	15 672.34
酸化(AC)	41.84	0.05	126.15	1.79	87.67	257.49
富营养化(NE)	3.46	0.03	11.07	0.37	64.83	79.75
光化学臭氧(PO)	1.09	11.53	3.49	4.02	0.89	21.03
烟尘和灰尘(SA)	5.83	0.00	10.12	14.06	190.87	220.87
固体废弃物(SW)	28.16	0.00	90.09	13.81	50.91	182.98
合计	-93.70	11.72	283.84	35.98	16 196.64	16 434.47

2.3.3加权评估及环境影响负荷

对上述标准化后的影响潜值进行加权，并计算其总环境影响负荷每处理1t生物质颗粒为16434.47毫人当量。系统各个过程中的相对贡献如图3所示。结果表明生物质锅炉系统过程对环境影响的贡献最大为98.55%，秸秆种植过程为-0.57%，表明该过程可以优化改良环境影响。由各种环境影响类型的相对贡献可知，生物质锅炉系统在整个生命周期中对环境的主要影响为全球变暖(95.36%)。

即说明，燃生物质锅炉系统中，全球性影响占据首位，其次是局地性影响，而地区性影响则最小。

3结论

本文用生命周期的方法对燃生物质颗粒工业锅炉系统进行了环境影响和资源消耗的全面分析，通过分析可知以下结果：

(1)以玉米秸秆制取1t生
物质颗粒为例的燃生物质工业锅炉系统的资源消耗
系数为2.547×10^{-3}
人当量，折算后加权资源消耗煤占87.24%，油为12.76%，可知我国能源结构中煤的消耗占据主要地位；

(2)生物质锅炉系统运行过程对整个生命周期环境影响的贡献最大，为98.55%，各种环境类型的影响中全球变暖对环境影响贡献最大为95.36%。

(3)虽然燃生物质工业锅炉系统的全球性影响大于局地性影响，地区性影响最小，但是其影响小于燃煤工业锅炉系统环境的影响，并且该系统从环境中吸收CO_2
2136.24kg，有效的抑制全球变暖的加剧，因此该系统环境性完善，是一种环境友好的系统项目。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/121272.html