

生物柴油对能源和环境影响分析

孙平, 江清阳, 袁银南

(江苏大学)

摘要:生物柴油是从植物或动物脂肪酸通过酯化反应而得到,由于生物柴油无毒,可生物降解和可以再生,因此受到越来越多人的关注。生物柴油的性质和普通柴油非常相似,它能直接被用到发动机上而不需要改动发动机的结构。该文基于美国能源部对生物柴油的统计数据,利用生命循环分析法,对生物柴油从生产到消耗的生命循环中的能量消耗和产出、循环中的排放以及生物柴油汽车尾气排放等方面进行了分析。生命循环开始于普通柴油或生物柴油生产的原料提取,结束于成品油在发动机上的使用。只有分析生命循环中的所有过程,才能确定它对自然环境总量的影响。例如研究温室效应就要对整个生命循环中 CO_2 的排放进行分析。该文利用生命循环分析法分析了在生产生物柴油或柴油生命循环过程中的能量平衡、温室气体排放及对气体和固体污染物排放,提供了生物柴油生产过程和在发动机上使用的详细数据。分析结果表明:生物柴油循环的石化能效比大大提高,大约是柴油的4倍;生物柴油循环中 CO_2 排放大大降低,大约降低了78.4%;发动机排气管有害物质的排放中,除 NO_x 排放增加8.89%外, CO 、 HC 、 PM 等有害物质的排放大大降低(分别降低了46%、37%和68%)。

关键词:生物柴油;排放;能源

中图分类号:TK16;X382

文献标识码:A

文章编号:1002-6819(2003)01-0187-05

1 引言

生物柴油是一种可再生的能源,它是由任何天然的油(或脂)和甲醇(或乙醇)经过化学方法加工而成^[1]。它可以直接在柴油机上使用(B100)或与柴油以任意比例混合使用(如B20)^[2]。使用生物柴油能减少温室气体排放,降低空气污染^[3]。另外生产和使用生物柴油对发展国内经济,减少对石油供给的需求、实现可持续发展等方面都有积极作用^[4]。本文对柴油循环和生物柴油循环进行对比分析,从能量消耗和排放等方面分析了使用生物柴油对环境的影响。

2 研究方法——生命循环分析法

生命循环分析法(以下简称循环)是基于燃料从生产到消耗的全过程,分析整个过程中的能量流和排放,以评价某种燃料的使用对能源和环境的影响。柴油的循环是从石油的开采、提炼开始,直到燃油消耗为止。而生物柴油的循环是从油料作物的农业生产、加工开始,直到生物柴油被消耗。图1以大豆油为例,表示了产生单位功(1 kW·h)时,循环中各个阶段的生物质碳流程及循环生物质碳平衡。

2.1 相关概念及定义

1) 初始能:循环中所有从环境获取能量的总和,包括制造燃油的原料所包含的能量。

2) 进料能:是初始能的一个子集,能直接转化为燃油产品的原料(如石油、植物油等)所包含的那部分能量。

3) 过程能:循环初始能中除去进料能以外的那一

部分能量。

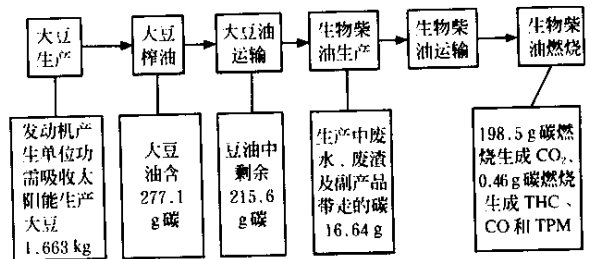


图1 生物柴油循环中各个阶段的生物质碳流程

Fig.1 Biomass carbon balance for biodiesel life cycle

4) 石化能:循环中所有来自石化燃料的能量。将能源分为石化能和非石化能。

5) 燃油产品能:在最终燃油产品中包含的能量。

6) 循环效率:燃油产品能和初始能的比值。即:燃油产品能/初始能。

7) 石化能效比:单位石化能产生的燃油产品能。即:燃油产品能/石化能。

2.2 主要假设

由于循环分析十分复杂,必须做许多假设才能量化描述非常复杂和多样化的能源生产系统和状况。因此作如下主要假设:1) 循环中生产柴油的石油一半来自国内,一半来自国外;2) 石油精炼的工艺水平取现今的平均水平;3) 油料产品(大豆)的产量取平均值;4) 柴油机使用生物柴油时的热效率和使用柴油时相同;5) 柴油机的排放控制水平取1994年EPA排放法规中的限值水平;6) 来源于生物质燃烧产生的 CO_2 循环中是可以被吸收的;7) 农产品转化成生物柴油的工艺水平取现今的平均水平。

2.3 分析目标

以生物柴油(B100)与普通柴油作循环对比分析,主要分析以下几个方面的差异。

收稿日期:2002-04-10

作者简介:孙平(1963-),男,江苏如皋人,教授,主要从事发动机排放和生物柴油研究。江苏镇江 江苏大学汽车学院 212013

- 1) 初始能、过程能和石化能的需求。
- 2) CO₂ 排放。
- 3) 空气污染物排放。包括 CO, NO_x, PM₁₀(指 10 μm 以下的颗粒), THC(总的碳氢化合物), 以及甲烷(CH₄)和总颗粒(TPM)等。

3 生物柴油对能源的影响

3.1 柴油循环能量消耗

1) 柴油循环初始能消耗

表 1 列出了生产 1 MJ 能量柴油的循环各阶段初始能及总的初始能消耗。由表可知,生产 1 MJ 能量的柴油需要 1.200 7MJ 的初始能,循环效率为 83.28%。

表 1 柴油循环初始能需求^[3 5-7]

Table 1 Primary energy requirements for the petroleum diesel life cycle^[3 5-7]

步 骤	1 MJ 柴油所消耗的初始能/MJ	百分比/%
国内粗油生产	0.5731	47.73
国外粗油生产	0.54	44.97
国内粗油运输	0.0033	0.28
国外粗油运输	0.0131	1.09
油精炼	0.065	5.41
柴油运输	0.0063	0.52
合 计	1.2007	100

2) 柴油循环石化能需求

表 2 列出了生产 1 MJ 能量柴油的循环各阶段石化能及总的石化能消耗。由表可以看出生产 1 MJ 的柴油需要 1.1995 MJ 的石化能,其石化能效比为 0.8337。由于进料能是石化能,所以石化能效比几乎和循环效率相同。相差部分是由于循环中消耗了少量非石化能。

表 2 柴油循环石化能需求^[3 5-7]

Table 2 Fossil energy requirements for the petroleum diesel life cycle^[3 5-7]

步 骤	1 MJ 柴油所消耗的石化能/MJ	百分比/%
国内粗油生产	0.572809	47.75
国外粗油生产	0.539784	45.00
国内粗油运输	0.003235	0.27
国外粗油运输	0.013021	1.09
粗油精炼	0.064499	5.38
柴油运输	0.006174	0.51
合 计	1.199522	100

3.2 生物柴油循环能量消耗

1) 生物柴油循环的初始能消耗

表 3 生物柴油循环初始能需求^[3 5-7]

Table 3 Primary energy requirements for biodiesel life cycle^[3 5-7]

步 骤	1 MJ 柴油所消耗的初始能/MJ	百分比/%
大豆农业生产	0.066	5.32
大豆运输	0.0034	0.27
大豆压榨	0.0803	6.47
豆油运输	0.0072	0.58
豆油转化	1.0801	87.10
生物柴油运输	0.0044	0.35
合 计	1.2414	100

表 3 为 1 MJ 生物柴油循环初始能消耗。由表可知,生产 1 MJ 的生物柴油需要 1.2414 MJ 的初始能,其循环效率为 80.55%,与柴油的循环效率相当。主要的初始能消耗在大豆油转化成生物柴油的阶段(占 87%)。

2) 生物柴油循环石化能需求

表 4 为 1 MJ 生物柴油循环的石化能消耗。由表 4 可知消耗 0.311 MJ 的石化能即能生产出含 1 MJ 的生物柴油,其石化能效比为 3.215。大豆油转化是消耗石化能最多的地方,这主要是由于生产生物柴油需要用乙醇等作为原料,而我们假设乙醇的生产是要消耗天然气等石化能的。这同样表明我们有机会使用可再生资源来生产乙醇以提高石化能效比。

表 4 生物柴油循环石化能需求^[3 5-7]

Table 4 Fossil energy requirements for the biodiesel life cycle(MJ)^[3 5-7]

步 骤	1 MJ 生物柴油所消耗的石化能/MJ	百分比/%
大豆农业生产	0.0656	21.08
大豆运输	0.0034	1.09
大豆压榨	0.0796	25.61
豆油运输	0.0072	2.31
豆油转化	0.1508	48.49
生物柴油运输	0.0044	1.41
合 计	0.311	100

3) 柴油循环和生物柴油循环的比较

从以上的数据知道,循环中生物柴油和柴油的初始能输入是相当的,循环效率分别为 80.55% 和 83.28%。但生物柴油的石化能效比为 3.215,柴油的石化能效比为 0.8337,即生产 1 MJ 的燃油产品时,柴油的石化能消耗大约是生物柴油的 4 倍。生物柴油循环大大提高了石化能这种有限能源的使用寿命。

4 生物柴油对 CO₂ 排放的影响

生物燃料通过 2 个方面减少大气中 CO₂ 的含量。一方面生物燃料参与相对较快的生物碳循环,即从燃烧生物柴油的发动机排气管释放 CO₂,植物生长过程中通过光合作用吸收 CO₂,生产出生物柴油的原料。另一方面它替代了石化燃料,而石化燃料燃烧所释放的 CO₂ 需要几百万年才能再转变为石化能^[3 8-10]。图 2 为循环中柴油和生物柴油的 CO₂ 排放对比,图中显示 B20(生物柴油和普通柴油按 1:4 混合)和 B100 对生命循环 CO₂ 排放的影响,其中 B100 大约降低了 78.4%,B20 降低了 15.6%。

5 生物柴油对空气污染物排放的影响

空气污染物包括发动机排气管排放和生产燃料时的排放。主要有:一氧化碳(CO),氮氧化物(NO_x),颗粒(PM),硫化物(SO_x),甲烷(CH₄),氨(NH₃),甲醛,盐酸(HCl),氟化氢(HF),苯等。

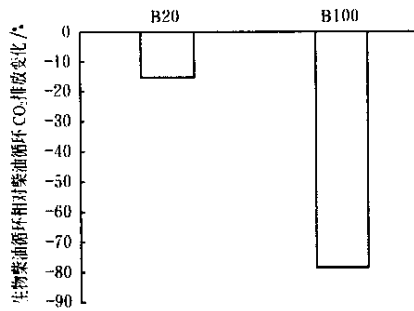


图2 循环中柴油和生物柴油的 CO₂ 排放对比

Fig.2 Emissions of CO₂ in total life cycle for petroleum diesel and biodiesel

另外,用 THC 代表总的碳氢化合物(包括 HC、CH₄、甲醛和其它碳氢化合物),TPM 代表总的颗粒(包括小于 10 微米的颗粒 PM₁₀和其它的颗粒)。

5.1 生物柴油和柴油的循环空气污染物排放对比

图3为生物柴油循环相对于石化柴油循环的各种空气污染物排放的对比,图中显示的是生物柴油循环各种污染物排放相对于石化柴油循环的变化百分比。

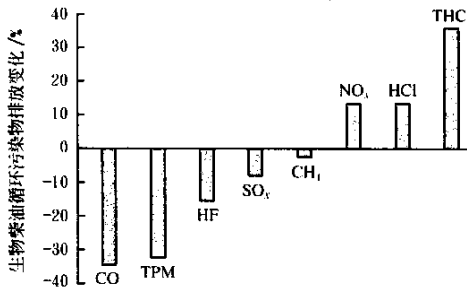


图3 循环中生物柴油相对于柴油的空气污染物排放变化

Fig.3 Life cycle air emissions for biodiesel compared to petroleum diesel

由图3可知,使用生物柴油循环能降低空气污染物的排放,但 NO_x, HCl, THC 例外。最明显的是 CO 降低了 34%, TPM 降低了 32.41%。特别是 PM₁₀降低了 68%。颗粒排放,尤其是 PM₁₀是导致人类呼吸系统疾病的根源,所以使用生物燃料代替石化燃料是控制 TPM 和 PM₁₀排放一种很好的选择^[11~13]。

生物柴油循环产生的 THC 比石化柴油循环高 35%,但多数排放来自农业生产^[3]。发动机排气管排放的 THC 比柴油循环降低了 37%(见表5)。因此,考虑污染的区域性,生物柴油对改善城市空气质量有益^[14~16]。

表5 生物柴油和石化柴油排气管排放的对比

Fig.5 Effect of biodiesel in tailpipe emissions compared to petroleum diesel g/(kW·h)⁻¹

	排放物					
	石化质 CO ₂	生物质 CO ₂	CO	THC	PM ₁₀	SO ₂ NO _x
柴油	849.2	0	1.61	0.13	0.11	0.21 6.34
B100	182.9	716.6	0.87	0.081	0.034	0 7.01

万方数据

生物柴油循环产生的 CH₄比石化柴油降低了 2.57%,从温室效应来说,它是很有意义的。CH₄也是一种温室气体^[3,17]。

SO_x 排在生物柴油循环中降低了 8.33%,由于生物柴油不含硫,所以通过发动机排气管排放的 SO_x 为零^[18],生物柴油循环中 SO_x 的排放是在生产过程中产生的^[3]。值得注意的是 EPA 法规对汽车燃油中的含硫量限制越来越严^[3],这使得柴油的制造成本增加,进一步显示出生物柴油的优势。

生物柴油循环 NO_x 排放比柴油循环增加了 13.3%。由于 NO_x 排放一般和 TPM 排放成反比,所以使用生物柴油时,必须采用其它技术措施控制 NO_x 排放。在燃料技术和柴油机技术领域,已经有多种技术措施能够不牺牲生物柴油的优点,减少 NO_x 排放^[19~21]。

此外, HF 和 HCl 在柴油和生物柴油循环中的排放量很少,主要是在燃油生产过程中产生,在此不详述。

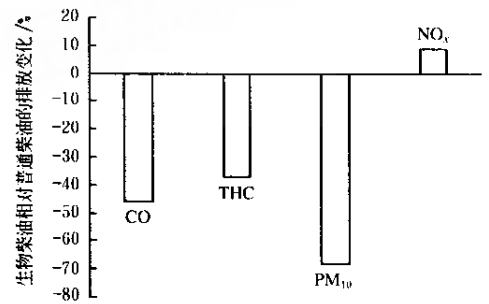


图4 生物柴油和石化柴油排气管排放的对比
Fig.4 Emissions comparison in tailpipe of biodiesel to that of petroleum diesel

5.2 使用生物柴油和柴油时柴油机排气管的排放对比

生物柴油的热值和普通柴油相差不多,物理性质和普通柴油相近^[22~24]。其主要优点是能直接降低发动机排气管的排放,表5显示了使用生物柴油和柴油时柴油机排气管排气污染物的对比。由表可知,使用生物柴油的柴油机排气管排出的 CO, THC, PM₁₀都比使用柴油时明显降低,CO 下降了 46%, THC 下降了 37%, PM₁₀下降了 68%, SO_x 的排放为零,但 NO_x 比使用柴油时上升了 8.89%^[25~28]。PM 由碳烟和可溶性有机物组成,碳烟是在燃烧过程中热力分解产生的碳粒,研究表明它和生物柴油中的含氧量有关,生物柴油和普通柴油相比能大大降低烟度^[29~31]。研究有害污染物排放对人的影响时,考虑其区域性是十分重要的,因此,为了控制城市空气污染,使用生物柴油具有明显的优势。

6 结论

1) 生物柴油循环和柴油循环的能量效率相近,分别是 80.55%和 83.28%。

2) 生物柴油循环的石化能效比大大提高,大约是柴油的 4 倍。这说明了生物柴油的可再生本质。

3) 生物柴油循环中石化质 CO₂ 排放降低了 78.45%,使用生物柴油有利于减少温室效应。

4) 使用生物柴油,柴油机排气管有害物质的排放

大大降低,CO下降了46%,THC下降了37%,PM₁₀下降了68%,但NO_x比使用柴油时上升了8.89%。

[参 考 文 献]

- [1] Culshaw F A. The potential of 'Biodiesel' from oilseed rap[J]. J Mech E, Part A : Journal of Power and Energy , 1993 .
- [2] Desantes J M , Arrègle J , Ruiz S , et al. Characterization of the injection-combustion process in a D.I. diesel engine running with rape oil methyl este[A]. SAE paper No. 1999-01-1497 .
- [3] John Sheehan , Vince Camobreco , et al. An overview of biodiesel and petroleum diesel life cycles[A]. National Renewable Energy Laboratory , May 1998 .
- [4] 张包钊等.低污染可再生生物柴油的商业化进展[J].能源工程 2002(1) .
- [5] Wang M. Transportation fuel-cycle analysis[A]. U.S. Environmental Protection Agency Fuel-Cycle Modeling Workshop Louisville , KY May 26 , 1999 .
- [6] Bona S , Mosca G , Vamerali T. Energy and CO₂ balance in biodiesel fuel production[J]. Renewable Energy , 1999 , 16 , 1053 ~ 1056 .
- [7] Azapagic A. Life cycle assessment and its application to process selection , design and optimization[J]. Chemical Engineering Journal , 1999 , 73 : 1 ~ 21 .
- [8] Wang M. GREET 1.0-transportation fuel cycles model : methodology and use[R]. Final Report ANL/ESD-33 , Argonne National Laboratory , U.S.A , 1996 .
- [9] Wang M. GREET 1.5-transportation fuel cycle mode[R]. Final Report ANL/ESD-39 , Argonne National Laboratory , U.S.A. , 1999 .
- [10] Wang M. Development of GREET 1.6 fuel cycle model for transportation fuels and vehicle technologies[R]. Final Report ANL/ESD/TM-163 , Argonne National Laboratory , U.S.A. , 2001 .
- [11] Howes P , Rideout G. Evaluation of biodiesel in an urban transit bus powered by a 1988 DDECII6V92 TA Engine[R]. National Biodiesel Board , MSED Report # 96-26743-1 .
- [12] Thomas D Durbin. Evaluation of the effects of biodiesel and biodiesel blends on exhaust emission rates and reactivity-2[A]. August 2001 .
- [13] Schroder O , Krahl J , Munack A , et al. Environmental and health effects caused by the use of biodiese[A]. SAE paper No. 1999-01-3561 .
- [14] Krahl J , Munack A , Bahadir M , et al. International fall fuels and lubricant meeting[A]. San Antonio , TX. SAE Paper No. 962096 .
- [15] Krahl J , Munack A , Bahadir M , et al. Survey about biodiesel exhaust emissions and their environmental effects[A]. Proceedings of the Third Liquid Fuel Conference[C]. Nashville , TN , 1996 .
- [16] Adelman A J. Emission evaluation test report for a comparative analysis of emissions among petroleum diesel and biodiesel blends fired in a large diesel engine[A]. AirNova , Inc. , January 1998 .
- [17] Callahan T J , Sharp C A. Evaluation of methyl soyate/diesel fuel blends as a fuel for diesel engine[R]. Southwest Research Institute Final Report to the American Biofuels Association , December 1993 .
- [18] Uchida M , Akasaka Y. A comparison of emissions from clean diesel fuels[A]. SAE paper No.1999-01-1121 .
- [19] Bagley S T , Gratz L D , Johnson J H , et al. Effects of an oxidation catalytic converter and a biodiesel fuel on the chemical , biological , and particulate size characteristics of emissions from an IDI diesel engine[A]. Michigan Technological University , 1999 .
- [20] Senatore A , Cardone M , Rocco V , et al. A comparative analysis of combustion process in D.I. diesel engine fueled with biodiesel and diesel fue[A]. SAE paper No.2000-01-0691 .
- [21] Choi C Y , Bower G R , Reitz R D. Effects of biodiesel blended fuels and multiple injections on D.I. diesel engines[A]. SAE paper No.970218 .
- [22] Needham J R , Doyle D M. The combustion and ignition quality of alternative fuels in lightDuty diesels[A]. SAE paper No. 852101 .
- [23] Hemmerlain N , Korte V , Richter H , et al. Performance , exhaust emissions and durability of modern diesel engines running on rapeseed oi[A]. SAE paper No.910848 .
- [24] Reece D L , Peterson C L. Biodiesel testing in two on-road pickups[A]. SAE paper No. 952757 .
- [25] Watts W F , Spears M , Johnson J. Evaluation of biodiesel fuel and oxidation catalyst in an underground metal mine[A]. University of Minnesota , September 24 , 1998 .
- [26] Sharp C A , Howell S A , Jobe J. The effect of biodiesel fuels on transient emissions from modern diesel engines , Part II : unregulated emissions and chemical characterization[A]. SAE paper No.2000-01-1968 .
- [27] Schmidt K , Van Gerpen J. The effect of biodiesel fuel composition on diesel combustion and emissions[A]. SAE paper No. 961086 .
- [28] Chang D Y , Van Gerpen J H. Determination of particulate and unburned hydrocarbon emissions from diesel engines fueled with biodiese[A]. SAE paper No.982527 .
- [29] Sharp C A. Transient emissions testing of biodiesel in a DDC 6V-92TA DDEC engine[R]. Southwest Research Institute , Final Report to the National Biodiesel Board , October 1994 .
- [30] Sharp C A. Transient emissions testing of biodiesel and other additives in a DDC series 60 engin[R]. Southwest Research Institute , Final Report to the National Biodiesel Board , December 1994 .
- [31] Sharp C A. Emissions and lubricity evaluation of rapeseed derived biodiesel fuels[R]. Southwest Research Institute , Final Report for Montana Department of Environmental Quality , November 1996 .

Effect of biodiesel on the environment and energy

Sun Ping , Jiang Qingyang , Yuan Yinnan

(*School of Automobile and Traffic Engineering , Jiangsu University , Zhenjiang , 212013 , China*)

Abstract : Biodiesel is a fuel , which can be produced by the chemical process of reacting vegetable oils or animal fats (transesterification). Biodiesel is receiving increasing attention as an alternative , non-toxic , biodegradable and renewable diesel fuel . Many studies have shown that the properties of biodiesel are very close to that of diesel fuel . Therefore , biodiesel can be used in diesel engine with little or no engine modification . Based on the statistical data of DOE (the U . S . Department of Energy) , the whole picture of biodiesel , which includes energy consumption and yield , emissions and tailpipe emissions were analyzed by the method called " life cycle analysis " . The life cycles begin with the extraction of all raw materials to make petroleum diesel and biodiesel , and end with using the fuels in an engine . Examining global issues , such as CO₂ emissions , requires a comprehensive life cycle analysis . The biodiesel energy balance , its effect on greenhouse gas emissions , and on the regulated gas emissions and solid waste pollutants were investigated in each step needed to make biodiesel and diesel fuel . This paper provides an overview of biodiesel production and biodiesel consumption in the engine . It includes data on energy and emissions for petroleum diesel and biodiesel . It concludes that fossil energy ratio of biodiesel is four times that of petroleum diesel ; biodiesel reduces net CO₂ emissions by 78.45% compared to petroleum diesel in the life cycle . On the other hand , the tailpipe emissions of biodiesel such as CO , HC and PM are 46% , 37% and 68% lower than that of petroleum diesel , respectively , except the NO_x , which is 8.89% higher than petroleum diesel .

Key words : biodiesel ; energy ; emissions

作者: 孙平, 江清阳, 袁银南
作者单位: 江苏大学
刊名: 农业工程学报 ISTIC EI PKU
英文刊名: TRANSACTIONS OF THE CHINESE SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING
年, 卷(期): 2003, 19(1)
被引用次数: 32次

参考文献(31条)

1. [Sharp C A Emissions and lubricity evaluation of rapeseed derived biodiesel fuels](#) 1996
2. [Sharp C A Transient emissions testing of biodiesel and other additives in a DDC series 60 engine](#) 1994
3. [Sharp C A Transient emissions testing of biodiesel in a DDC 6V-92TA DDEC engine](#) 1994
4. [CHANG D Y;Van Gerpen J H Determination of particulate and unburned hydrocarbon emissions from diesel engines fueled with biodiesel](#)
5. [Schmidt K;Van Gerpen J The effect of biodiesel fuel composition on diesel combustion and emissions](#)
6. [Wang M GREET 1.5-transportation fuel cycle model](#) 1999
7. [Wang M GREET 1.0-transportation fuel cycles model: methodology and use](#) 1996
8. [Azapagic A Life cycle assessment and its application to process selection, design and optimization](#) 1999
9. [Bona S;Mosca G;Vamerali T Energy and CO2 balance in biodiesel fuel production](#) 1999
10. [Wang M Transportation fuel-cycle analysis](#) 1999
11. 张包钊 低污染可再生生物柴油的商业化进展[期刊论文]-能源工程 2002(01)
12. [John Sheehan;Vince Camobreco An overview of biodiesel and petroleum diesel life cycles](#) 1998
13. [Desantes J M;Arrègle J;Ruiz S Characterization of the injection-combustion process in a D. I. diesel engine running with rape oil methyl ester](#) 1999
14. [Sharp C A;Howell S A;Jobe J The effect of biodiesel fuels on transient emissions from modern diesel engines, Part II: unregulated emissions and chemical characterization](#) 2000
15. [Watts W F;Spears M;Johnson J Evaluation of biodiesel fuel and oxidation catalyst in an underground metal mine](#) 1998
16. [Reece D L;Peterson C L Biodiesel testing in two on-road pickups](#)
17. [Hemmerlain N;Korte V;Richter H Performance, exhaust emissions and durability of modern diesel engines running on rapeseed oil](#)
18. [Needham J R;Doyle D M The combustion and ignition quality of alternative fuels in lightDuty diesels](#)
19. [Choi C Y;Bower G R;Reitz R D Effects of biodiesel blended fuels and multiple injections on D. I. diesel engines](#)
20. [Senatore A;Cardone M;Rocco V A comparative analysis of combustion process in D. I. diesel engine fueled with biodiesel and diesel fuel](#) 2000
21. [Bagley S T;Gratz L D;Johnson J H Effects of an oxidation catalytic converter and a biodiesel fuel on the chemical, biological, and particulate size characteristics of emissions from an IDI diesel engine](#) 1999
22. [UCHIDA M;Akasaka Y A comparison of emissions from clean diesel fuels](#) 1999
23. [Callahan T J;Sharp C A Evaluation of methyl soyate/diesel fuel blends as a fuel for diesel engines](#) 1993
24. [Adelman A J Emission evaluation test report for a comparative analysis of emissions among petroleum diesel and biodiesel blends fired in a large diesel engine](#) 1998
25. [Krahl J;Munack A;Bahadir M Survey about biodiesel exhaust emissions and their environmental effects](#) 1996
26. [Krahl J;Munack A;Bahadir M International fall fuels and lubricant meeting](#)
27. [Schroder O;Krahl J;Munack A Environmental and health effects caused by the use of biodiesel](#) 1999

28. [Thomas D Durbin](#) [查看详情](#) 2001
29. [Howes P;Rideout G](#) [Evaluation of biodiesel in an urban transit bus powered by a 1988 DDECII6V92 TA Engine](#)
30. [Wang M](#) [Development of GREET 1.6 fuel cycle model for transportation fuels and vehicle technologies](#) 2001
31. [Culshaw F A;J Mech E;Part A](#): [The potential of 'Biodiesel' from oilseed rape](#) 1993

引证文献(32条)

1. [杨艳红](#), [吴克](#), [王华林](#), [刘斌](#), [俞志敏](#), [金杰](#) [硅藻土固定中性脂肪酶的制备及其性质](#)[期刊论文]-[生物学杂志](#) 2011(1)
2. [潘军如](#), [施祥](#) [电控共轨柴油机燃用生物柴油的试验研究](#)[期刊论文]-[农业装备与车辆工程](#) 2011(2)
3. [邢爱华](#), [马捷](#), [张英皓](#), [王垚](#), [金涌](#) [生物柴油全生命周期资源和能源消耗分析](#)[期刊论文]-[过程工程学报](#) 2010(2)
4. [康莉](#), [宗华](#) [生物柴油的应用及发展前景简析](#)[期刊论文]-[广西轻工业](#) 2010(5)
5. [叶丽华](#), [施爱平](#), [袁银南](#), [孙平](#), [张春丰](#) [基于多普勒粒子分析仪的生物柴油喷雾特性试验](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2009(12)
6. [冯维群](#), [常兰](#), [曾霞](#) [餐饮废油酯交换法制备生物柴油的优化研究](#)[期刊论文]-[科技信息](#) 2009(24)
7. [刘伟伟](#), [马欢](#), [张无敌](#), [刘士清](#), [夏萍](#), [朱德泉](#), [王继先](#) [Ba\(OH\)2催化酯交换反应制备生物柴油](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2008(8)
8. [YUAN Yin-nan](#), [陈汉玉](#), [ZHANG Chun-feng](#) [生物柴油和石化柴油喷雾特性的对比研究](#)[期刊论文]-[内燃机工程](#) 2008(4)
9. [张春化](#), [宋建桐](#), [杨烜](#) [燃用生物柴油增压柴油机的性能和排放](#)[期刊论文]-[交通运输工程学报](#) 2008(2)
10. [张振乾](#), [官春云](#) [菜籽油生物柴油的生产方法研究进展](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2008(2)
11. [龚旌](#), [丁以钿](#), [刘琨](#), [刘玉连](#) [废动植物油工业化生产生物柴油的研究](#)[期刊论文]-[粮油食品科技](#) 2008(1)
12. [刘志强](#), [李堂](#), [黄朋](#), [周建红](#), [张大为](#), [向育君](#) [脂肪酶催化菜籽油制备生物柴油工艺优化](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2007(12)
13. [Liu Zhiqiang](#), [李堂](#), [黄朋](#), [Zhou Jianhong](#) [叔丁醇体系脂肪酶催化菜籽油制备生物柴油](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2007(7)
14. [王英](#), [周剑忠](#), [黄开红](#), [单成俊](#), [张丽霞](#), [李莹](#), [黄白苏](#) [固定化脂肪酶催化活性影响因素的改变对生物柴油转化率的影响](#)[期刊论文]-[粮油加工](#) 2007(9)
15. [王英](#), [周剑忠](#), [黄开红](#), [李莹](#), [单成俊](#), [张丽霞](#), [黄白苏](#) [固定化脂肪酶催化大豆油合成生物柴油生产工艺的研究](#)[期刊论文]-[江苏农业科学](#) 2007(5)
16. [孟博](#), [龙春林](#), [程治英](#), [刘媛](#) [生物柴油原料植物油瓜的开发利用](#)[期刊论文]-[北方园艺](#) 2007(10)
17. [徐桂转](#), [刘会丽](#), [张百良](#) [响应面法优化酶催化酯交换反应研究](#)[期刊论文]-[化学工程](#) 2007(3)
18. [胡志远](#), [谭丕强](#), [楼狄明](#), [董尧清](#) [不同原料制备生物柴油生命周期能耗和排放评价](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2006(11)
19. [徐桂转](#), [刘会丽](#), [张百良](#), [苏惠](#) [利用菜籽油酶法生产生物柴油的初步研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2006(8)
20. [江元汝](#), [黄建辉](#), [秦竹丽](#) [生物柴油应用研究进展](#)[期刊论文]-[辽宁化工](#) 2006(11)
21. [张纪红](#), [杨红健](#), [侯凯湖](#) [生物柴油研究进展](#)[期刊论文]-[天津化工](#) 2006(6)
22. [刘剑](#), [王学政](#) [生物柴油应用技术进展](#)[期刊论文]-[柴油机设计与制造](#) 2006(1)
23. [徐剑琦](#) [林木生物质能资源量及资源收集半径的计量研究](#)[学位论文]硕士 2006
24. [胡志远](#) [车用生物柴油生命周期评价及多目标优化](#)[学位论文]博士后 2006
25. [徐桂转](#), [张百良](#) [生物柴油的研究与进展](#)[期刊论文]-[华中农业大学学报\(自然科学版\)](#) 2005(6)
26. [梅德清](#), [袁银南](#), [孙平](#), [张文利](#) [植物油作为发动机燃料及生物柴油制备的研究](#)[期刊论文]-[小型内燃机与摩托车](#) 2005(3)
27. [王月霞](#) [从植物油中生产清洁柴油](#)[期刊论文]-[天然气与石油](#) 2005(1)
28. [董君英](#) [高酸价工业废油甲酯化制取生物柴油的实验研究](#)[学位论文]硕士 2005
29. [卢强](#) [直喷式柴油机燃用生物柴油的燃烧及排放研究](#)[学位论文]硕士 2005
30. [梅德清](#), [苏仕清](#), [张文利](#), [王忠](#), [孙平](#) [生物柴油制备工艺及其影响因素浅析](#)[期刊论文]-[拖拉机与农用运输车](#) 2004(6)
31. [高荫榆](#), [陈文伟](#), [阮榕生](#), [林向阳](#), [陈才水](#) [生物柴油研究进展](#)[期刊论文]-[可再生能源](#) 2004(3)

32. [王永红](#) [餐饮废油制取生物柴油的研究](#)[学位论文]硕士 2004

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_nygcxb200301048.aspx