

植物油作內燃机燃料译文集

钱达仁 陈营辉 組編



贵州省农业机械学会

前 言

植物油作内燃机燃料的研究可分为三个阶段。

最早对植物油感兴趣的是柴油机的发明人鲁道夫·狄塞尔。他不但认为柴油机能用植物油工作，而且认为这对于国家农业的发展会起很大的作用。早在1911年，他就满怀信心地预言：“将来，狄塞尔发动机用植物油作燃料会变得非常重要。”狄塞尔试用了多种植物油作燃料，凡是能喷入气缸并在压缩产生的高温中着火的油类几乎都使用过。在他的带动下，很多柴油机制造厂也进行了花样翻新的试验，以在广告中炫耀自己的产品，招徕顾客。二十世纪头十年可以说是植物油作内燃机燃料研究的第一阶段。这个阶段试验的目的是确定柴油机燃用多种燃料的可能性。

随着石油开采技术的提高，世界石油产量增加很快，加之有些国家采取鼓励工业化和农业机械化的廉价石油政策，植物油作内燃机燃料在当时没有实用意义。

第二阶段是第二次世界大战前后。石油已经成为现代化战争极其重要的战略物资。战争需要大量石油，而战争又破坏了石油的生产和供应能力。特别是对于本国缺乏石油资源的国家，石油供应更为紧张。于是，在中国、日本、印度等作战双方相继加强植物油作代用燃料的研究。日本军国主义早就垂涎中国东北的大豆，早在侵华战争初期就开展了用大豆油作代用燃料的试验。日本还研究了松根油（从松树的枝叶和根中提炼的一种油）和柴油的混合油作柴油机的燃料。这项研究一直持续到战后。在战争年代，我国采用裂化桐油的方法制取“植物——汽油”来弥补汽油供应的严重不足，并在汽车上作了大量的试验。1942年印度科学和工业研究部报道了在一台8马力柴油机上用花生油、棉籽油和菜籽油进行试验的消息，发动机运转了450个小时。这个阶段试验的目的是为了寻找石油制品的代用品，以适应战争的需要。随着战争的结束，试验也就逐渐中断了。

最近十年，特别是近几年来，植物油作内燃机燃料的研究进入了第三个阶段。从表面看，由于石油价格猛涨，迫使工业先进的国家从多方面开展代用燃料的研究；从实质上看，其意义深远得多。由于人们逐渐意识到石油和其他矿物能源（包括原子能工业的原料铀）终将枯竭，能源问题已成为近代世界各国科学和工业部门急待解决的课题。因此，第三阶段的试验研究工作，无论从广度或深度以及发展速度来说都远不是前两阶段

能比拟的。现在从事研究的国家和地区已遍及六大洲，涉及的植物油多达几十种，不但直接使用植物油，研究植物油与柴（汽）油的混合比例，而且进一步研究植物油的精炼（去胶、脱脂）、存储、脂化作用、添加剂及预热、滤清、喷油装置，以至农场小型榨油机械等。从建立农场能量自给体系出发，已经不仅将植物油作为应急燃料，而且正在探索作为能源体系中一个组成部份的可能性。

新中国成立以来，在植物油作内燃机燃料的研究方面没有新的进展，国外有关试验研究情况的报道也很少，特别是有价值的参考资料更少。为了使广大从事内燃机、农机科研、教学和实际工作的同志及对能源问题感兴趣的单位和个人了解世界各国在这一领域内的研究动向，本译文集选编了有关的专题报道、国际学术会议论文及试验报告等十七篇文章，共十七万字，图表 113 余幅。

译文集的编辑出版工作是在贵州省农机局、贵州省农机学会的领导和支持下进行的。组编工作得到北京图书馆、中国科技情报所、上海内燃机研究所资料室以及贵州省图书馆、贵州省科技情报所的大力支持，并由沈潜、秦冀生、张德安担任译文的校对，在出版过程中得到《贵州农机》编辑室的协助，谨此致谢。

译文的组编、翻译中可能有错误和不足之处，欢迎批评指正。

钱达仁 陈营辉

1982年12月

目 录

综合报道

- 农场自给的能量……………〔英〕 Frank Buckingham(1)
柴油机燃用植物油的研究……………〔英〕 David Hall(5)

国际会议论文

- 植物油作柴油机燃料……………〔奥〕 G. Stecher(9)
农用发动机代用燃料的研究……………〔日〕 竹田策三(20)

论文介绍

- 用植物油作燃料的
 农用小型柴油机的运转性能……………〔日〕 饭本光雄(29)

菜籽油

- 用菜籽油运转柴油机……………〔日〕 饭本光雄(30)
用菜籽油作燃料的柴油机的

- 燃烧室温度和热发生率……………〔日〕 饭本光雄 松尾昌树(36)
用菜籽油作燃料的农用小型柴油机的运转……………〔日〕 饭本光雄
 第一篇 关于负荷特性试验……………(47)
 第二篇 连续运转及润滑油分析……………(53)
 第三篇 燃油喷射时间和喷射压力……………(59)
 第四篇 燃烧压力的测定……………(67)
澳大利亚燃用菜籽油的 2000 型拖拉机(照片)……………(113)

向日葵油

- 向日葵油——一种应急的农用燃料
 ……………〔美〕 Benjamin G. Goodier(75)
加速向日葵油作柴油机燃料的研究……………〔南非〕(77)

花生油

- 非增压柴油机使用植物油作燃料时的
 工作特性与排放特性……………〔美〕 N.J. Barsic A.L. Humke(82)

大豆油

- 用大豆油作燃料的柴油机性能……………〔日〕 滨部源次郎 长尾不二夫(104)

松根油

- 柴油机燃料——松根油……………〔日〕 长尾不二夫等(107)

石油植物

- 柴油树和石油植物……………(112)

农场自给的能量

〔英〕Frank Buckingham*

虽然当前燃料价格是 1970 年的 5~7 倍，有些美国农民仍然认为燃料成本只占他们全部生产费用中的小部份，因而对资源保护漠不关心；而另外有一些人，愈来愈担心燃料价格的上涨对他们的生产存在着的潜在危险，因为在紧张的种植和收获季节，不论燃料价格有多高都是不得不用。

为此，工程师们和其他有关的科学工作者正致力于发展能量转换技术。他们正在研究收获农作物残留物和通过直接燃烧、蒸馏成酒精、菌解成沼气和用其他技术将农作物的残留物转变为能量。另一些研究人员则关心更有效地利用风能和太阳能，以及用谷物更经济地生产酒精，从动物粪便中回收能量和改进设备及操作方法以降低农作物生产所需要的能量。

由美国农业工程师协会主办的全美能源专题讨论会，在密苏里州堪萨斯市召开，500 多位工程师、科学家和有关人员参加了会议。来自美国 42 个州以及加拿大、巴西、印度和南非的与会者发表了约 180 篇论文，论文中最重要的部份表明：为了美国农场乃至全世界的农民的利益，在发展能量转换技术方面已经做了一些努力。

概 貌

西屋电气公司的 L. G. 豪瑟调查分析了本世纪世界能量平衡的长期趋势。他首先论述了世界三个部份的人口——发达国家、发展中国家和实行计划经济的国家；其次，他调查了这些国家预期的经济增长；最后，他论述了能量和增长间的关系。

豪瑟说：世界人口的一半居住在发展中国家，这些国家的能耗约为世界年能量需要量的十分之一，而实行计划经济的国家约有世界人口的 32%，使用世界近 30% 的能量。但是发达国家只有 17% 的人口，却消耗能量的 60%。因为计划经济使人口和耗能量成比例，豪瑟就未做进一步的分析（然而必须指出，发达国家消耗的能量中的大部份用于生产食品和其他商品出口到发展中国家去）。

豪瑟认为，如果单位资本使用的能量在两个地区保持现有水平的话，到 2000 年，发展中国家将需要两地区总能量的 60%，而发达国家只占 40%。不幸的是，对 2000 年能提供的有用能源的预测表明，潜在的短缺约为现在美国需要量的 70%。豪瑟建议的可能解决办法包括增加国内的能量生产，继续发展新能源技术和鼓励向发展中国家出口能源技术。

*作者参加了美国农业工程师协会召开的全美能源专题讨论会，本文系 180 多位与会代表发表的论文的综述。

许多美国农民投资于乙醇蒸馏器和沼气发生器以期减少他们对矿物燃料的依赖。一些大学在发展一体化能量和能量自给示范农场上前进了一大步。新墨西哥州立大学提议建立有 200 头奶牛、500 头羊、250 头猪和 52050 头菜牛的农场。肉、乳和毛将出售，动物的粪便转变成沼气用来发电或用以繁殖水藻或其他高蛋白饲料。发电机的余热用来加热水。

沼气发生器中的残渣脱水后用来喂养菜牛或用作肥料，用于蚯蚓生产，或送到水藻生长池。收获的水藻做牛的饲料，而被藻类净化后的水将再循环去冲洗畜舍的粪便。

多余的电能用电弧法固定大气中的氮以生产化肥。用电量超过农场发电量的部份从当地公用事业公司的电网获得。

密苏里州立大学建议类似农场的拖拉机和内燃机可以燃烧大豆油或向日葵油。大豆和向日葵由农场种植和加工，含高蛋白质的油籽饼可用作牲畜饲料。

农作物残留物作燃料

美国有些大学正在研究收获和利用农作物残留物去干燥谷物和饲料，给农场建筑物供热。许多制造厂也在出售农作物残留物燃烧器。它燃烧大捆圆形的或小捆矩形的玉米秸秆，麦秆或其他燃料。虽然在能源专题讨论会上这方面的研究报告大多数讲的是玉米芯或玉米秸秆，但是，正在发展的许多技术也能用于其他形式的残留物。

印地安那州普渡大学的农业工程师们已设计和试验了一种联合收获机附件，它能把玉米芯直接送到牵引的拖车内。在依阿华州立大学工作的美国农业部的工程师们也试验了一些玉米芯收获系统。可以相信，这些装置能获得商业性发展和经济地收获玉米芯，这些玉米芯可用作燃料或其他用途。

作为农作物残留物可用性及其潜力的研究的一部份，密执安州立大学的农业工程师们认为：限制残留物利用的因素是水和风的侵蚀、营养的转移和土壤的物理性质。他们还认为：生产、收获、装卸和运输残留物的成本将成为最大的限制因素，因为运输残留物的耗费往往会超过得到的能量。

在弗吉尼亚工学院和州立大学进行的燃烧试验指出：玉米芯和茎秆含有几乎相等的能量。其他的研究表明：一英亩土地收获的玉米芯含有足够干燥两英亩谷物的能量。所以，如将所有的玉米芯收获起来，一半用于干燥，其余的可用于畜舍垫草、饲料、加热农场建筑物或卖给工业部门使用。

北达科他州立大学的农业工程师们报道说：虽然向日葵秆叶是低质量饲料，会影响后续的耕作并隐藏病虫害越冬，但干燥的向日葵秆叶含有的能量，略大于小粒谷物的秆叶、褐煤和大多数木材。所以，他们正在致力于向日葵残留物的收获和打捆，以作为方便的能源。

在联合收获机作业期间收集残留物被认为是不现实的，因为只要收集 25~35% 可用的残留物，就会使收获速度降低 50%。其他的收获方法正在研究中。收获的残留物被制成高密度渣球与用褐煤制作的相似，渣球便于搬运，易于喂入燃烧器或炉中。然而，尚未提供有关这一过程经济可行性的说明。

用农作物残留物和动物粪便生产煤气

四十年以前，许多地区生产的煤气发生炉将低热值的农作物残留物转变为发动机燃料或供直接加热。在发生器里，燃料在有限的空气中不能完全燃烧，大部份转变成煤气。设计师们说：在炉子中直接燃烧与操作温度低的发生器相比，不仅减少了重渣的生成，还可使燃料更完全地转化为可用的能量。

在加利福尼亚，建立了一个气化胡桃壳并掺杂其他燃料的发生器系统以驱动一台发电机，同时利用发动机和发生器可用的余热加热一台锅炉，或者直接燃烧煤气烘干胡桃。

堪萨斯州立大学的研究人员发展了一种流化床发生器，得克萨斯 A&M 大学的工程师用流化床对发生器和燃烧炉进行了单独的试验。流化床由砂一样的微粒腔组成，高速空气由下向上通过微粒，使微粒悬浮，样子像一种沸腾的液体。用气炬加热后的微粒把热传给喂入腔内的任何燃料。由于空气有限，导致气化。若用过量的空气，系统就变成了一个使燃料完全燃烧的炉子。

在德克萨斯州对燃烧或气化轧（棉）花废料进行了多次试验，而堪萨斯州的研究人员则气化玉米秆叶，并打算在提灌用内燃机中燃用这种煤气。若此法证明可用，那么在谷物收获后，残留物将被集中和储存在灌井附近以备下个耕作季节使用。在最初的试验期间，堪萨斯州的这台发生器产生了足够驱动 25 马力内燃机的煤气。发生炉煤气的热值低于同体积天然气。不过，通过增压使发动机产生了与燃烧天然气几乎相等的功率。

在气化过程中生成的焦油必须从煤气中滤掉，以防气门、管路和其他另件的粘附和阻塞。不过，若煤气立即在邻近的次级燃烧室中燃烧，用以烘干农作物或加热建筑物，则焦油通常在集结和形成问题之前烧掉，这样，在气化过程中消耗的热能也得到了弥补。

沼 气 生 产

路易斯安那州立大学的一些化学工程师建议：“当前，有机物发酵的重点应由生产酒精改为通过堆积和厌氧细菌的发酵生产沼气。”他们强调：用“无疑为有利的净能量平衡”转变有机物为沼气的过程是有益的。

他们介绍的菌致分解法包括四个阶段。首先是有机物的预处理，在高温下用稀苛性碱处理，使其易受细菌的侵袭；在第二阶段——堆积阶段，物料间歇地充氧，并在成为泥浆前用处理过的水冲洗；第三阶段：将物料装入发酵池，最后，将发生器产生的气体净化。残渣用作肥料或重新喂入气化器作他用。

沼气可以通过现有的天然气管路输送，在现有设备（不用改动）中燃烧。路易斯安那州的工程师们还主张用它作汽车、货车等的干净的燃料。但是，作为一种发动机燃料，沼气须经压缩，储存在一个坚实的罐内。其尺寸应小于长距离行驶的大油箱，大于经常添加的小油箱，以使车辆重量减到最小。

目前，从动物粪便中生产沼气已受到比前述过程更大的重视。宾夕法尼亚州立大学的工程师们介绍了一台沼气发生器使用四年的经验：4.8 米高，内壁隔热的混凝土制作

的筒仓有 2/3 埋在地下。其直径为 6 米，用普通的钢制谷仓顶盖盖住，它用聚氨基甲酸酯泡沫材料隔热，在内壁贴一层海帕伦片（0.03 英吋、尼龙加固），使之气密。这个系统是为一个圈养 50 头牛的奶牛场设计的，不过也能处理更多的牲畜的粪便。

经验表明：无涂层的、未电镀或上瓷漆的钢材直接与生物煤气（*biogas*）或泥浆接触不能令人满意。仔细地使用环氧涂料似乎可以长久地保护涂层下的钢制另件。水泥、不锈钢、塑料和经处理的木材也是适合的结构材料。

为了有效地生产沼气，发生器内的物料必须不断地搅动，宾夕法尼亚州那台发生器产生的部份沼气通过发生器底部的喷雾器重复循环地搅拌物料。部份沼气用以保持发生器要求的温度 32~36℃，另一部份沼气在发动机内燃烧。试验表明，火花塞发动机完全可以用生物煤气运转，且与用液体燃料时能耗相近。不过，柴油机用生物煤气效率低，单独用生物煤气还会损伤发动机。

长期储存生物煤气（一般约含 60% 甲烷）在大多数情况下不经济。因此，通常沼气用于固定的发电机或小型的全年使用的机器。当然，多一台内燃发电机组增加了初投资，并需要更多的管理。

作为一个附带的好处，发生器残渣的肥效与原来的肥料相近，并且没有撒播新鲜畜粪时的气味问题。

植 物 油 燃 料

继开始时的浓厚兴趣和购买或建造许多农场酒精蒸馏器之后，美国许多农民由生产乙醇转而寻求其他农场生产的燃料。只有 100% 纯度的乙醇才能和汽油有效地混合，作为汽醇（*gasohol*）用在火花塞发动机内，而农场的蒸馏器很少能生产 100% 纯度的乙醇。由于较高的谷物价格、每蒲式耳谷物乙醇产量低于预期值和能量的逆转换，用饲料或食用谷物变为燃料受到的批评，以及蒸馏器顺利工作所需的管理费用超过预想的水平等原因，使得许多早期蒸馏器拥有者放弃或拆除他们的设备。一些投机商还出售未经试验的和未经鉴定的蒸馏器给完全无准备的用户，甚至一些十分昂贵的装置也没有达到设计师提出的生产指标。

怎么办？许多科学家和农民正致力于寻找代替柴油的植物油。如向日葵油、大豆油、玉米油等都能在柴油机中燃烧。植物油作为燃料，比混合乙醇和柴油（柴醇）或在柴油机进气管喷射乙醇更有前途。

在燃烧植物油时，输出功率和车辆性能非常接近于燃烧柴油。但也存在一些问题，诸如植物油的不完全燃烧会导致发动机润滑油变稠、发动机内的积炭在用植物油时可能更严重，但是正在研究改进的方法以防止这些弊病的产生。

植物油很容易与柴油混合，所以将来农场种植和加工的油可以单独或与柴油混合燃烧。尽管建立一个用榨油机生产植物油燃料的农场的计划尚未成熟，但是世界各地的许多研究者相信：在不久的将来，这个方法在技术上和经济上都将是可行的。

太 阳 能 和 风 能

太阳能已用于干燥谷物和饲料、加热水、住宅、农场建筑物和温室。在美国，由于

联邦和州政府在纳税方面的优惠条件，正鼓励在许多方面应用太阳能装置。

但是，这里也有局限性。太阳能装置要求晴天比例高，当天空多云时，只能接受部份太阳能。在岩石或液体中贮存热量可在一天中无阳光的 2/3 时间内利用。但是，为了能经常地在较长时间内工作，体积蓄能一般认为是不经济的。

风能的利用还没有像太阳能应用那样被人们重视，现在有许多科学家正在进行研究。风速的变化很大，从完全平静到具有毁坏力的大风，对设计者提出了在大多数其他能量系统中不会遇到的要求。风能与风速的立方成正比，还没有什么实用途径能利用（更谈不上贮存）变化范围如此宽广的能量。

目前，风能研究主要在于确定这种能量的可用性，评价现时的风力装置并将其结论公布。在大多数地方，夏季风较弱，因而产生的能量比冬季少。这就必须努力使负荷与这种变化的能量相匹配。用户被忠告要预测风力，并为风力不足以驱动风能装置时，停机进行维修作好准备。

美国农业部的科学家们说，风能的获得受到装置安装处地形、风向或附近树木、建筑物、其他障碍造成的气流扰动和塔的高度的影响。有些时候，附近的居民可能因为美学观点或担心在大风或暴风雨时导致装置的崩塌而反对风力装置的建设。

展 望

许多研究人员，虽进行了以上各方面的工作，但他们坦率地承认，他们的研究还不能变成技术或经济上可实行的方案。这些技术的发展，虽然现在不经济，但当现有的能源被耗尽时，将被证明是无法估价的。此外，某些工程师觉得，拥有能量转换技术有助于创造一种独立于被现有矿物燃料供应者任意强加的无限制涨价或限量供应的姿态。在生存斗争中，通常经济放在次要的地位。

钱 达 仁 译 沈 潜 校

（原文载英刊 "*Agricultural Machinery Journal*" 1981 年 3 月）

柴油机燃用植物油的研究

〔英〕David Hall*

在超级市场的货架上，你能找到许多从植物——花生、向日葵、大豆和橄榄榨出的油，这些植物是普通的植物油源。由于植物油对健康有益和食用方便，故植物油的消费量在增加。预计不久的将来，这些油还可能被用来作为运输的燃料。世界上有些地方，植物油作燃料的前景很佳。当前，用植物油作燃料价格太贵。在巴西、南非、津巴布韦、

*伦敦大学皇家学院植物系生物学教授

美国、澳大利亚、奥地利、日本和其他一些国家进行的试验表明：植物油确实能够作为燃料来运转发动机。它们可以单独使用，也可以和其他燃料，譬如普通柴油或酒精混合使用。

因而，植物油是一种有前途的代用燃料。人们可以在它和酒精之间进行选择，酒精也是从植物和有机质转变来的燃料。植物油作燃料的优点是它易于榨取。因此，近来在研究和发项目展中，把植物油看作“可再生”的燃料来研究的呼声愈来愈高。

柴油机发明人鲁道夫·狄塞尔对柴油机用代用燃料有极大的兴趣。1911年他写道：“柴油机能使用植物油，并将对国家的农业发展有很大的帮助。这看起来好像是梦想，但我满怀信心地预言，将来，柴油机用植物油作燃料可能是非常重要的”。狄塞尔试用了各种燃料，包括凡是能喷入气缸并在压缩产生的高温中着火的油类。由于他的工作，柴油机制造厂常在广告中宣扬能用某些奇特的燃料来运转它们制造的发动机。

举例来说，向日葵油和花生油释放的能量为普通柴油的90%，但是，这些油的燃料效率仅比柴油低约4%，若将粗制植物油精炼，其性能不仅能超过柴油，而且还可进一步提高。

在第二次世界大战中，中国应用了一种使植物油分裂的工业方法：主要是将桐油裂化成更小、更易挥发的微小颗粒，并将其作为发动机的燃料。中国人也用菜籽油和花生油。他们早就发现柴油机能用植物油作燃料。但这种油比普通柴油的粘度高，必须用较高的压力喷入柴油机，另一个不利的情况是植物油燃烧时产生更多的炭，特别是桐油，还会结成大的颗粒，致使发动机发生故障。因而，中国人选择了植物——汽油的方案。在这个方案里，将植物油加工成为发动机燃料，而发动机无须改动。

植物油能从很多植物的种子中榨出，除了向日葵、棕榈、油橄榄和众所周知的油料植物外，还有更奇特的种类，如希蒙得木和银胶菊（两种都是沙漠植物）、蓖麻籽、菜籽、马利筋、桉树、古巴香胶、*Squashes*、*malmoleiro*、*babassu nut* 等。用植物油作燃料正在许多国家进行研究。但在确信这些油能作燃料之前，必须知道它们的价格和在种植、加工过程中所需的能量，倘若生产一公升植物油要消耗两公升昂贵的燃料，那末用种植的方法来生产植物油就没有意义了。关键的问题是生产率（即农民在一公顷土地上能生产多少油）、价格和生产的难易程度。南非和美国中西部用向日葵籽和大豆的试验表明：用简单的方法榨油，每公顷油产量可达1吨（有的种籽含油率为40~50%），并且产量高达每公顷2吨也是平常的事。目前已经提出了每公顷5吨的目标。用这种方法生产的油，价格约为每加仑2美元（每公斤20便士），生产出来的能量和在种植、加工中消耗的能量之比在3~10比1之间。

在论及生物能时，能量比经常引起争论。当作物长成并发酵成为酒精时，好处还不明显——其能量比低于植物油，但是酒精作燃料的适应性比植物油广泛。据估计，生产植物油的成效是：一个种植玉米的农民用10%左右的土地种植向日葵，他所需的燃料将可实现自给。

油料植物的品种很多，种植范围很广，可以根据不同地区的自然条件选择最易生长的品种。向日葵适于在世界许多地方种植，从南非到苏联和美国中西部，而其他油料植物可能更适合于别的国家。只有扩大研究和试验，才能选择出适应一个地区的理想品种。

巴西的经验，例如，从农作物中提取乙醇，是政府对生物能感兴趣的方案之一。1980年巴西开始执行一项代用生物能方案，研究能生产燃料的各种各样的生物能原料，如巴豆、*cupatifer*、*pinhao*、*tolouma*。他们在试验这些油与柴油按不同比例混合的

燃料的同时,也试验直接燃用植物油。许多大规模的试验正在进行中,其中包括首都巴西利亚的公共汽车的改装。设在 *Rio de Janeiro* 的国立技术学院, 1981 年元月份完成了一系列试验: 用柴油和植物油的混合油驱动当地的公共汽车。其中一项试验用的燃料是 80% 柴油和 20% 花生油的混合油; 另一项试验用的燃料是 73% 柴油、20% 棕榈油和 7% 乙醇的混合物。在后一项试验中公共汽车行驶了 500 小时, 10,000 公里(在试验前已用柴油行驶了 60,000 公里)。试验之后, 公共汽车又恢复用柴油正常行驶。试验表明: 用混合油的燃料消耗率比单独用柴油时少 3.4%。1981 年, 计划用植物油代替全巴西柴油需要量的 6%, 到 1985 年将增加到 16%。

在各种植物油中, 巴西人特别注意棕榈油作代用品的经济性; 或者作为“掺入物”加到柴油中, 以减少石油燃料的消耗。许多热带国家建立了用非洲油橄榄作植物油源的工业。要求每公顷土地年产 4 吨油, 超过用甘蔗和木薯生产酒精的产量。后者的产量为每年每公顷 2 至 3 吨之间。

能生产油的植物种类很多, 不同的种类适合于世界不同的地区。例如, 在太平洋岛国菲律宾、斐济、萨摩亚群岛和巴布亚—新几内亚, 由澳大利亚引进并制订的合作研究与发展计划, 正在研究用椰子油作燃料的可能性。澳大利亚对花生油、豆油、向日葵油和菜籽油的兴趣正在增加。

石油和煤几乎提供了南非所需的全部能量, 南非对石油代用品和本地煤的研究已促使它注意采用植物油。在首都比勒陀里亚, 农业工程局已用向日葵油作拖拉机燃料。在邻近的津巴布韦, 一个农业工程组研究了向日葵油单独或与柴油混合作柴油机燃料。南非的研究人员比较了不同等级(榨后未再加工的油和除去某些杂质的“脱胶油”以及精炼的油)向日葵油的特性: 热值、燃烧效率、十六烷值等。并用九台拖拉机进行了试验, 发动机用掺入 20% 向日葵油的混合油连续工作了 58 天。这些发动机运转正常, 只在燃烧室、气缸、活塞环槽有少量积炭。燃用 100% 向日葵油时启动相当容易, 用最大功率运转 100 小时后没有发现任何有害的影响。其中一台拖拉机接着完成了 1000 多小时无故障田间作业。

比勒陀里亚的工程师们发现, 当用高百分比向日葵油作发动机燃料时, 喷油咀有阻滞现象, 当发动机不在满负荷工作时, 这种情况尤为严重。他们用增加特制的滤清器进行过滤和调整发动机的方法克服了这个困难。他们发现, 润滑油中的沾染物大多数是不完全燃烧的燃料, 并找出了沾染物进入润滑油的途径。不过沾染物仅在发动机每工作 200 小时后又不更换机油时才出现。

南非研究组已决定对向日葵油进行处理, 以改善上述问题。想法是用乙醇或甲醇将油酯化为乙基或甲基酯(此项试验已进行, 用除去水分子的方法使酸和酒精化合成一种酯)。这种方法很简单, 只要往油中加酸, 然后加热几小时(温度 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{C}$)即可。用这种方法生产的混合燃料包括脂肪酸乙酯、一些不起反应的油和乙醇, 其蒸馏和粘度特性与普通柴油非常相近。与柴油相比, 这种混合油不仅积炭和排烟少, 而且还具有较高的热效率。换句话说, 向日葵油/酯混合物确实能改善性能。

巴西的研究人员也用处理植物油的方法实现同一目标。他们发现用甲醇酯化较好。因为沉淀后甲基酯易于分离, 而乙基酯必须经过蒸馏才能得到产品。

在南非, 用向日葵油作柴油的掺入物的研究还在继续进行。研究人员打算从事下列几方面的工作: 燃油喷射装置、燃油和润滑油添加物的应用、农场和合作社用的榨油机

的设计、油的存储和精炼等。南非农民是幸运的，在他们的国土上有五十万公顷向日葵，为十年前的三倍，加上广泛的试验和品种精选等，已使产量比1970年增加了2½倍。到1977年，平均每公顷产量已达1.2吨。实际上，有些农民用新的杂交品种，产量已高达每公顷4吨，而向日葵籽的出油率高达45~50%。

十分自然，这种前途广阔的新能源，在美国也引起了人们愈来愈多的重视。农业部、北达科他州附设服务机构和美国大豆协会等，都是研究植物油作燃料的团体。研究人员已经试验了不同比例的植物油和柴油的混合物。一系列试验表明，含75%向日葵油的混合油具有与纯柴油非常相近的热效率。他们也在研究植物油最适宜的工作条件、添加剂的使用、酯化作用、过滤、脱胶等。同时，他们在榨油和加工方面也做了许多工作，以降低成本和简化工序。

对美国农民来说，实现燃料的自给显然有吸引力。首先，从植物榨油比用发酵淀粉和糖类作物制造甲醇容易一些。当然，植物油的价格是大家关心的。不幸，日前进行合理的价格对比相当困难。因为，对美国农民来说，每加仑柴油免税12美分，他们购买一加仑(美)柴油只付1.37美元左右(36美分一公升)。而植物油就没有这样的免税优惠。但是，计算表明，产生相同的燃烧热量，植物油价格每磅(美)25美分就相当于柴油每加仑2.09美元，换句话说，柴油每加仑1.13美元，与大豆油价格每磅14美分相当。

美国农民已使向日葵籽产量达到500~3000磅/英亩(0.6~3.5吨/公顷)，向日葵生长期为三个月。向日葵在整个北美农业区都能进行商品化生产，常常种在贫瘠的土地上，且只需少量的水。平均每英亩产向日葵籽2000磅(2.3吨/公顷)，油产量为0.3~1.6吨/公顷，即每英亩100加仑或800磅，相当于每英亩0.7~4.4桶。在南部诸州，少数地区一年能种两、三季向日葵。显然，美国必须在向日葵油成为可接受的燃料之前开展研究工作，但看来美国人还未从人造燃料的研究和发展计划中苏醒过来。

在奥地利维塞堡(Wieselburg)进行的工作，使欧洲对菜籽油的兴趣迅速增长。他们用菜籽油、向日葵油和豆油作拖拉机的燃料进行了1000小时的运转，工作仍在继续进行。欧洲其他国家的研究人员，也正与发动机制造厂合作进行植物油的试验。

另外两种植物油也被当作燃料。在地中海沿岸，橄榄油生产过剩，它可能成为柴油的理想代用品。第二种可能成为燃料的是桉树油，它从桉树叶中压榨得到，其中有些成分，制药工业已经生产了许多年，如将桉树脑用于牙膏和特许专卖药。到目前为止，桉树叶的出油率还很低，约为1%，但现在已要求通过改良品种使它增加到25%。日本的研究表明：桉树油能直接应用，也可以在汽油中掺入70%，据说输出功率较好，一氧化碳污染小于汽油。但发动机冷车起动问题还有待进一步研究。

总之，笔者着眼于种植植物生产油的积极方面。与其他生物燃料方案一样，必须清楚地认识到存在的问题。没有一种燃料体系是完善的，包括植物油在内。生产燃料油的植物需要土地，需要农业中必须的其他资源，这些都会与粮食的生产发生竞争。当粮食与燃料之间有矛盾时，每个国家必须在发展的重点上作出自己的决定。但是，石油是昂贵的，并且价格看来不会下跌。而植物油可以在各地生产，并且可以“再生”。如果石油价格继续上涨，而我们又能够生产数量充足、价格适当的植物油，那末，气味芳香的柴油机公共汽车和卡车的出现就不会是遥远的事了。

钱达仁 译 沈潜 校

(原文载《New scientist》81, 2, 26)

植物油作柴油机燃料

〔奥〕D. Stecher

要 点

本文论述了植物油和乙醇在奥地利代替柴油和汽油的潜力；回顾了从战前到现在有关植物油作柴油机燃料的文献资料；简略地评价了奥地利近期进行的一些研究工作；讨论了作者在福特斯克雷 (Footscray) 工学院的研究，给出了试验曲线图；介绍了在试验中出现的一些与植物油有关的问题，并提出了许多可能的解决方案

简 介

奥地利的石油约有 70% 自给。通过对消费方式、代用燃料和新发明的粗略预测，有理由期望到本世纪末保持这个自给水平。因此，与其他石油消费水平高的国家相比，奥地利处于相对稳固的地位。但是，我国经济的某些小而重要的部门，对能否得到石油和供应是否及时非常敏感。农业部门更是如此，大多数用户离炼油厂甚远，致使石油公司无利可图。其结果是：在过去几年中，当城市里的石油消费者稍感不便时，农业部门的石油就已发生了严重的中断。由于石油公司不优先供应农用燃料，而农业部门又有燃料自给的潜力，使植物油燃料的研究在全奥地利盛行起来。

要估计植物油作燃料可能带来的潜在影响，必须分析需求方式。根据资料介绍，在 1975~1976 年期间；奥地利石油消费的总量为 357 亿公升。这些石油用在四个方面。其中，最多的一部份是发动机燃料（汽油），主要用于城市中的私人汽车，总数为 133 亿公升（37%）；54 亿公升（15%）是柴油，主要用于道路运输和农业机械燃料；72 亿公升（20%）用于油炉和加热用油，从平衡来看，用于炼油厂的燃料为 26 亿公升（7.3%）是最有效的。上述农业部门的燃料消耗，估计有 8~16 亿公升（2%~4%），大部份是柴油。

人们可能有许多长远的或近期的观点，但就液态燃料而言，最重要的是经济性和供应可靠性。很多专家，如 Vincent, Stoeckel, Croke，在供应可靠的假设下，研究了石油价格变动给奥地利整个经济和个别地区经济带来的影响。他们的论文清楚的说明，由于劳动价格高，资本集约经济，燃料价格在全部生产成本中只占一个小的比例。因而，生产成本对燃料价格的波动相对来说不敏感。农业部门是个很好的例子，假设用于农业的石油为 12 亿公升，其另售价格相当于 4.5 亿美元。使用这些燃料，农业部门以低廉的农产品供养了 1450 万人口，为许多地方工业提供原材料和生产 59 亿美元的出口商品。

从出口收入的分析,可明显地看出农业燃料供应可靠性的重大意义,农产品占 41.5%,矿产品占 28.9%,加工成品占 21.9%,转口和其他占 7.7%。

在把植物燃料当作解决石油供应短缺的措施之前,必须对生产潜力作一预测。为了生产植物燃料,必须消耗相当多的常规燃料。虽然植物燃料会减轻铅和 CO_2 污染问题,但却带来了大量的付产物和排出物的处理问题,特别是在生产酒精的时候。

表 1 为假定用植物油或酒精代替 100 亿公升左右进口石油得到的一些主要参数。数据用高位热值计算,未考虑植物油在压燃式发动机和乙醇在点火式发动机中热效率的差异,并忽略了生产它们所消耗的燃料。后者应当给予考虑。由于酒精的能量比很低,故其前景不妙。

表 1 等效于 100 亿公升石油的各种代用燃料

	向日葵油	菜油	酒精(小麦)	酒精(糖蔗)
要求的燃料数量	100亿公升	100亿公升	170亿公升	170亿公升
消耗的谷物或甘蔗	21.5×10^6 吨	24.3×10^6 吨	57×10^6 吨	229×10^6 吨
现有产量	0.1×10^6 吨	0.015×10^6 吨	$10 \sim 16 \times 10^6$ 吨	$22 \sim 24 \times 10^6$ 吨
产量需增加	214倍	1614倍	6倍	10倍
原料费用	50亿美元	50亿美元	110亿美元	27亿美元
茎秆蔗渣等	57×10^6 吨	86×10^6 吨	170×10^6 吨	
需处理的排出物			210×10^6 吨	285×10^6 吨
燃料消耗 (情况好时)(等效于原油)	10亿公升	10亿公升	77亿公升	77亿公升

从表 1 可明显地看出,如果不重新分配石油以优先供应农业,靠植物油或酒精作为石油的代用品是不可能的。但是,因为植物油可以作柴油机代用燃料,所以对易受损害的农业团体是有吸引力的。为了适应石油供应变幻莫测的情况,它们可以用植物油作为补充或调剂。这些农业团体多数能种植适应当地的油料作物和兴建简单的榨油厂。出于对这些用户的关心,开展了多种植物油作柴油机燃料的研究。

文 献 评 述

在第二次世界大战前后,作为石油馏出物的代用品,曾对各种植物油做了重要的研究。1938 年, *Walton* 报导了在一台“常规”设计的、未命名的六缸柴油机上用各种植物油作燃料的台架试验和道路试验的结果。他报道说,燃油消耗率比柴油高 7.5~10%,最大功率降低约 10%。这台发动机用棕榈油进行了 4800 公里带负荷的道路试验,发动机无特殊的损伤。在他的全部试验中,排气是清洁的,无柴油机敲缸声。发动机和喷油器内没有发现积炭。他还报道说,有一些燃料泵因油过滤不当造成损坏。燃料和燃烧生成物使润滑油发生严重的污染。值得注意的是在 *Walton* 的试验中,发动机总是先用

柴油起动。这在保持燃烧空间清洁方面可能有作用。

1942年,印度科学和工业研究部报道了用植物油进行的一系列试验。其中花生油、棉籽油和菜籽油使奥地利人感兴趣。试验发动机是一台单缸、4冲程、8马力的斯特发动机,有两级辅助燃烧室。报告中最有价值的部分是:植物油能稳定地达到与柴油一样高的热效率和在用各种植物油运转的450小时中,没有出现严重的磨损和积炭。值得注意的是斯特燃烧室的设计:喷油咀位于气流速度最高的区域,因而能受到燃烧气流的冲刷。

Seddon 1942年报导了用花生油、棕榈油和棉籽油作道路试验的结果。试验用装有泼金斯 P6 柴油机的6吨 Seddon 货运卡车进行。卡车用植物油行驶总里程为480公里,没有出现问题。燃油消耗增加了13%,泼金斯发动机有一个与里卡多“Comet”涡流燃烧室非常相似的辅助燃烧室,其喷油咀在气流速度最大的位置。1947年, Baker 和 Sweiger 报导了在一台单缸 Fairbanks-Morse 型,10马力,有辅助燃烧室的柴油机上用花生油、豆油和棉籽油进行的试验。用这些植物油燃料,在12至33小时之间,在喷油器上形成厚的积炭。积炭与不稳定的运转同时发生。不定期地降低负荷,松落积炭,发动机又能再次加载。关于燃烧室的形状和喷油咀位置,没有说明。

1947年, Amrute 报导了1942年用花生油作燃料进行110小时的试验情况。试验用柴油发电机组,装一台165马力,500转/分的四冲程道依茨柴油机。大部份试验是在全负荷的65%进行的,这时燃料消耗率是0.3千克/千瓦小时,而用柴油时为0.314千克/千瓦小时。在全负荷时,柴油消耗率稍低于花生油。没有谈不足之处。

1947年, Chang 和 Wan 报导了裂化一系列植物油,从而生成“植物汽油”(Veg petrol)和“植物柴油”(Veg diesel)的消息。随后的发动机试验表明:这些燃料接近于矿物汽油和柴油,其热值稍低。生产这些产品需在榨油厂增设大规模的炼油车间。石油馏份的总产量为70%。

Engleman 1978年报导了用不同比例的再制豆油和柴油的混合物做的一系列试验。发现混合油的热效率稍有增加,短期试验没有严重的问题。在静止空气中拍摄的喷油照片表明,随着混合油粘度的增加,汽化降低。此因素与混合油的热效率增加无关。论文未涉及发动机制造厂和燃烧室型式。

奥地利近期的工作

Andrews 和 Woodmore 最近报道了用菜籽油在一台未经改装的三缸、四冲程、直接喷射的福特 3000 型拖拉机发动机上进行的短期试验的结果。同时用柴油作对比燃料。调速器在五个位置进行试验。测定与发动机转速相对应的扭矩和燃料消耗率。可惜,除燃油消耗率曲线外,其他特性只给出了调速器最大位置的数据。调速器最大位置的曲线揭示了一些重要的趋向:本文功率—速度曲线(图3)表明,用菜籽油时最大功率比柴油高7%,对于两种燃料,最大功率都发生在调速范围的最大端。如在调速范围内提高速度,那末,在2150转/分时,菜籽油的功率也一样优于柴油,高达35%。图4给出向最大调速位置扭矩——转速特性曲线再次表明了菜籽油的优越性:与柴油最大功率对应的转速(1900转/分)处有较高的扭矩,而对应于菜籽油最大功率的转速(2000转/分)处的扭矩,与前者比较,增加了12%。对两种燃料的制动热效率进行了比较,意外地得

到了图 6 的结果：在调速范围内，用菜籽油的效率相当高，在最大调速位置，2100 转/分，是 31.2%，而柴油是 28.4%。这种情况表明，在喷油系统能输送燃料获得所需功率的调节范围内，菜籽油燃烧效率比柴油约高 10%。Andrews 和 Woodmore 还发现，由于粘度大，油泵容积效率较高，喷油器漏泄较低，在全部供油范围内，喷油系统输送了更大体积的菜籽油。对于热效率产生的引人注目的影响，可能是由于燃料超过了化学计算的需要量。

Galloway 在不久前的一次联邦科学与工业研究组织讨论会上，报告了许多重要的发现。试验是在一台里斯特 SR2 直接喷射式柴油机上进行的，使用没有脱胶的粗制花生油。在未改装的发动机中出现喷油器积炭等问题。未改装的喷油器旁路油量小到可以忽略。重新修整喷油器针伐以获得柴油要求的旁路油量，随后的试验，喷油器不再积炭。Galloway 还报导，微量元素和脂肪酸均使润滑油污染，导致大端轴承的过早损坏。

在福特斯克雷工学院，Martin 测得在 20℃ 和 110℃ 之间的柴油、向日葵油和菜籽油的运动粘度。本文作者在计算机上用许多数学模型去拟合这些数据，求得一个四次多项式满足了要求。即：

$$\begin{aligned} \text{柴油} \quad \nu &= 8.75 - 0.24 t + 0.0036 t^2 - 2.7 \times 10^{-5} t^3 + 8.4 \times 10^{-8} t^4 \text{厘沓} \\ \text{向日葵油} \quad \nu &= 168 - 6.5 t + 0.1 t^2 - 8.6 \times 10^{-4} t^3 + 2.6 \times 10^{-6} t^4 \text{厘沓} \\ \text{菜籽油} \quad \nu &= 133 - 4.7 t + 0.074 t^2 - 5.6 \times 10^{-4} t^3 + 1.6 \times 10^{-6} t^4 \text{厘沓} \\ \text{式中} \quad \nu &: \text{运动粘度 (厘沓)} \\ t &: \text{温度 (}^\circ\text{C)} \end{aligned}$$

Martin 在农业工程中心工作，在一台万国 284 拖拉机上完成了一系列对比试验。拖拉机动力为 SD1 Nissan 柴油机，三缸、排量 1.6 升、间接喷射。图 2 给出了调速器行程处于最大位置时，用向日葵油和柴油试验的结果。力矩在动力输出轴测量，并计入正常的传动效率 90%。

维多利亚煤气和燃料公司最近的使用经验突出一个累积问题，喷油器上硬的积炭最终导致喷油器不能工作。试验是在一台 4.4 升、四缸、直接喷射式、环形燃烧室福特柴油机上用向日葵油进行的，这台柴油机装在一台空气压缩机上。

这台发动机工作 85 小时后，敲击声变得非常严重。人们认为，这将使得轴承损坏。然而拆卸时，发现轴承仍处于完好状态。除了喷油器上的积炭，压缩环局部覆盖了一层硬的炭质假漆层外，仅在缸套上部 20 毫米处划了一条痕线。这种敲击声统称为“柴油机敲缸”，它是由穿过喷油咀上的炭层滴下的油滴造成的着火延迟引起的。上述试验中的一个有趣的事是：柴油机冷车起动的困难可以用增大喷油提前角 (3°) 的方法解决。

受南非用向日葵油作柴油的代用品的消息的启示，福特斯克雷工学院 1979 年冬用向日葵油作了一系列试验。试验结果已在其他地方报道，图 2 仅是试验结果的概况。试验表明：在短期内，向日葵油和柴油可以完全互换。按体积计算的燃油消耗率稍有增加，与热值的差异相当。试验是在一台六缸、四冲程、排量 5.4 升的福特 590E 透平增压工业柴油机上进行的。燃油直接喷入活塞顶部的环形燃烧室。喷油器位于缸头的中心，那里的气体处于基本静止的状态。油束穿透燃烧室进入涡流区，形成燃料空气的混合气。用向日葵油试验了约 20 小时后，取出喷油器，可以看到明显的坚硬的积炭。无论是靠听觉或用仪器测量，都没有发觉它对发动机的性能有影响。

最近, 福特斯克雷工学院在一台 *SPF* 系列 *McDonald* 固定式发动机上用亚麻仁油进行了一系列试验, 以审查其是否合用。发动机单缸、4 马力, 直接喷油, 活塞顶部有一开式、对称的燃烧室。喷油咀位于平缸盖的中央。试验在最大功率和最大扭矩下进行了许多小时, 以确定各种燃料间有的问题是否相同。在福特 590E 台架上做全部试验之前, 采取了防护措施。发现用亚麻仁油在接近全负荷下运行 3.5 小时后, 出现负荷下降。取出喷油器, 可以看到它已被厚的炭层所包裹。除去喷油器上的炭层, 并将它重新装上, 发动机即恢复正常性能。重复上述试验, 经过大约相同的时间, 喷油咀又发生故障。在进行上述试验时, 还附带地测定了车用柴油和亚麻仁油的最大功率和最大扭矩, 比较于表 2。

表 2

	最大扭矩 Mm	相应转速 RPM	最大功率 KW	相应转速 RPM
柴 油	20.9	564	3.38	792
亚麻仁油	21.3	560	3.65	790

在对燃料消耗量进行比较之前, 上述结果似乎是反常的。燃料消耗量用 *PLU* 流量计测量。由于对流量计刻度有怀疑, 测量数据未被引用。然而, 测量的重复性好, 读数稳定, 它表明在对应的发动机转速下, 亚麻仁油输送量比柴油多 10%。因为在上述所有试验中, 喷油泵齿条在全开位置, 因磨损而降低的泵的容积效率可能部份地被亚麻仁油的高的粘度所补偿。在相应的试验中, 两种燃料的相对热效率几乎相同。

作为正在进行的用植物油作柴油机燃料的试验计划的一部份, 福特斯克雷工学院决定使测量发动机数据自动化。自动化系统的基本部件是一个 *Hewlett-packed 9845B* 控制器, 它有一个 58000 位组的初级储存器和两个磁带驱动装置。交直流转换用一台 *HP* 多量程精密数字式电压表完成, 它提供 20 路数据选择器。平均但未修整的数据用表格形式输出, 并在一台 *HP7225X-Y* 绘图机上作图。

发展了必需的软件之后, 在前面提到的福特 590E 透平增压发动机上, 用柴油、向日葵油和菜籽油做了大量的短期试验。试验在固定转速和固定调速器位置下进行。

测功器是一台涡流型 *Heenan* 和 *Froude* 测功器。带有一只交流转速传感器和弹簧平衡型力矩指示器。为了用数字电压表的交流挡的均方根真值直接进行交直流转换, 转速传感器经过校准, 速度传感系统完全不受干扰。力矩指示器起初用一只市售测力传感器代替, 但是, 测力传感器太“硬”, 引起强烈的振动, 发出电气噪声。装上机械型低通滤波器后噪声大大减少。最后淘汰了测力传感器, 设计和制造了“软”的测力传感器, 它与内减震器一起, 自然频率接近 3 赫芝, 阻尼比恰好低于 1。用一个全部桥臂受感的应变桥, 带稳压直流电源, 可以直接得到读数清楚的讯号。燃料流量用一台 *PLU* 伺服马达型流量计测量。流量计的输出信号, 来自测量流量计伺服马达转速的直流转速发电机的整流器。信号也受到噪声的严重干扰。用一无源梯形网络和重新校准仪表的方法使其影响减少。发动机温度用置于发动机冷却水出口处的铜-康铜 (铜镍合金) 热电偶监视。热电偶输出用一个在控制器内的简单的校正方程进行调节。讯号是清楚的。为监视发动机的振动, 一只压电加速度表被附着在缸头上, 其轴线既垂直于曲轴, 又垂直于活塞轴线。加速度表的输出 (0.98 毫伏/米/秒²), 用数字电压表的交流挡, 均方根真值