

拉美经济

巴西生物能源发展的 成就与问题

王卓宇

内容提要：在 20 世纪 70 年代石油危机的外在冲击和本国资源条件的内在激励之下，巴西先后启动了国家乙醇计划和国家柴油计划，开始大规模生产生物能源。生物能源降低了巴西对进口石油的依赖，确保了能源安全，优化了能源结构并减少了温室气体排放；生产生物能源还创造了就业，推动了相关产业的发展，带动了巴西经济的增长；得益于在全球乙醇生产格局中的重要性，巴西开展乙醇外交从而一定程度上提高了自身的国际影响力。然而，巴西生物能源发展还存在如下问题：生物能源的生产对环境造成了破坏，乙醇产业饱受诟病，从业工人劳作环境差，焚烧甘蔗茎叶对大气造成污染；此外，生物乙醇发展的可持续性也是个问题。目前巴西生物能源生产属于第一代，以甘蔗或油料作物等为原料，而更具前景的以纤维素等为原料的能源生产尚在研发阶段。巴西生物能源的未来取决于技术进步的程度。

关键词：巴西生物能源 能源独立 乙醇产业 乙醇外交
可持续性 环境污染

作者简介：王卓宇，法学博士，北京交通大学中国产业安全研究中心讲师。

中图分类号：F416.2 **文献标识码：**A

文章编号：1002-6649 (2016) 01-0053-16

在化石能源消费带来的负外部性不断凸显的背景下，生物能源因其可再生和消费时的清洁绿色而备受关注，并被寄予厚望。从全球来看，尽管各国普遍重视发展生物能源，但由于受技术、资金或者自然条件的约束，在大多数国家的能源消费结构中，生物能源所占比重很低，难以在减排等方面发挥更大的作用。引领生物能源发展的国家除了欧盟、美国等发达国家之外，巴西是因地制宜发展和利用生物能源最为成功的国家之一。巴西的生物能源主要是以甘蔗为原料的甘蔗乙醇，此外还包括以大豆等为原料生产的生物柴油。相较于美国以玉米为原料生产的乙醇燃料，巴西以甘蔗为原料的能源生产更具价格优势。巴西是世界第二大生物燃料生产国和消费国^①，也是乙醇燃料出口大国，2013 年巴西生物能源产量占全球的 1/4。巴西堪称发展生物能源的典范，激励着更多国家发展本国的生物能源，因此，全面评估巴西生物能源的成就与问题，显得尤为重要。本文将探讨巴西生物能源发展的背景、举措、成就与问题等。

一 巴西生物能源发展的背景

巴西可再生能源的大规模生产始于 20 世纪 70 年代，当时巴西国内正值工业化大发展阶段，需要大量进口石油满足国内能源所需。在经历了石油危机的冲击之后，巴西开始了能源结构的调整和转型，为可再生能源的发展提供了契机。

首先，石油危机凸显了巴西能源依赖进口的脆弱性，为此后生物能源的发展提供了外在的压力。历史上，巴西探明的可开采化石能源的储量和产量都比较有限，导致工业化进程中能源进口所占的比重居高不下。一方面是本国能源产量低下，另一方面是旺盛的能源需求，其结果只能是对外能源依存度不断飙升。特别是当巴西工业化发展进程中确立了“进口替代”战略之后，巴西开始了大规模的工业化，对能源的需求不断增多，能源缺口只能借助进口石油来满足，对海外石油的消费一度高达 90%。1973 年石油危机发生时，巴西国内进口的石油占石油总消费量的 80%，约占所有商品进口的 50%。而油价在第一次石油危机之后翻了两番，在第二次石油危机之后又翻了一番，这对巴西的打击是全方位的。两次石油危机的重创致使“巴西经济奇迹”戛

^① OECD, *Taxing Energy Use 2015: OECD and Selected Partner Economics Brazil*, June 2015.

然而止。不仅如此，石油危机恶化了巴西的贸易环境，进一步引发了债务危机、经济危机。经济危机对于军人执掌下的威权政府而言无异于雪上加霜。石油危机打开了维系国家稳定的巨链上的第一个环节，并将可能诱发巴西经济、社会和政治危机，危及整个国家的稳定。石油危机使得军政府认识到，进口石油提高了巴西制造和工业产品的成本，降低了国家的竞争力和独立性，因此巴西在石油领域引入一种保守的能源替代战略，以本国能源替代对进口石油的依赖。^① 作为替代进口石油的首选，巴西选择了甘蔗乙醇为主的生物能源。

其次，巴西独特的自然地理优势为生物能源的发展提供了内在动力。由于地利优势，巴西甘蔗年产量和出口量均居世界首位。早在 20 世纪初，巴西就开始了将甘蔗乙醇作为燃料的研究，该项研究是由国家技术研究所（INT）主导并产生了深远的影响；1933 年，巴西成立了糖和乙醇研究所（IAA）；1938 年，第 737 号法律（Law No. 737）通过，强制性要求所有石油中都要添加甘蔗乙醇。这部法律即使在今天依然在发挥作用，只不过随着时间和经济形势的变化，对石油中添加乙醇比例的要求有所不同而已。^② 20 世纪二三十年代的甘蔗乙醇的研究和生产早期并未在国家能源结构中发挥实质性的作用，到 70 年代石油危机发生之后，巴西启动了全国乙醇计划，此举一方面是为了化解能源危机，提高本国能源产量；另一方面也是在当时国际糖价低迷的情况下为本国甘蔗产业寻找新的发展动力。

二 巴西生物能源战略与发展情况

巴西主要发展以甘蔗为原料的乙醇燃料生产，政府通过政策法规、金融税收支持、加大研发投入、完善配套设施和采取灵活的联产方式等推动乙醇产业发展。此外，发展生物柴油也是近年来巴西生物燃料战略部署中的重要组成部分。巴西生物能源发展战略取得了瞩目的成就。

^① Arpad von Lazar and Michele McNabb, “The Politics of Inter-American Energy Relations: Prospects and Pitfalls”, in *Journal of Interamerican Studies and World Affairs*, Vol. 27, No. 1, 1985, p. 127.

^② L. A. B. Cortez, et al. “An Assessment of Brazilian Government Initiatives and Policies for Promotion of Biofuels Through Research, Commercialization, and Private Investment Support”, in S. S. da Silva and A. K. Chandel (eds.), *Biofuels in Brazil*, New York: Springer, 2014, pp. 31 – 60.

（一）巴西甘蔗乙醇战略

1973 年巴西政府决定给予补贴以增加乙醇燃料的使用量，1975 年真正开始发展乙醇能源。为了激励甘蔗乙醇生产，巴西政府在 1975 年 11 月 14 日颁布了第 76.593 号法令，启动了“国家乙醇计划”，加大投资力度，鼓励甘蔗乙醇相关技术的发展，要求加油站出售混合燃料，即在汽油中添加一定比例的甘蔗乙醇等。^① 国家乙醇计划的第一个阶段为 1975—1979 年，主要是通过激励制糖厂提高蒸馏乙醇的产能，政府对乙醇生产予以补贴，并强制无水酒精与汽油混合使用，其目标是到 1980 年混合燃料中酒精的比重提高到 20%。国家乙醇计划的第二个阶段为 1979—1985 年，目标是激励建设独立的蒸馏厂生产纯含水乙醇作为汽车燃料，政府通过财政刺激手段鼓励乙醇生产，并对 E-100 燃料汽车免税，同时规定全国所有的天然气站必须强制销售乙醇。为了鼓励全国乙醇生产，政府对建设酒精蒸馏室提供低息贷款，对乙醇生产者承诺国有石油公司将会以确保其获利的价格收购其生产的乙醇。^②

为了扩大对甘蔗乙醇的消费力度，巴西推出了双燃料汽车和“灵活燃料”汽车（FFV），此外还推广纯酒精汽车。1980 年全国生产了 25 万辆完全以生物乙醇为动力的汽车，此后几年这种汽车的产量还有所增加。另外，巴西政府还免费为居民提供汽车改装服务，便于酒精燃料的使用。据民调显示，改装后以及以双燃料为能源的汽车的性能并未因燃料的改变而有明显变化，而价格则更为便宜。^③ 在 20 世纪 80 年代，购买纯乙醇汽车能获得税收优惠。在 1985—1990 年间，巴西出售的车辆中以乙醇为燃料的占 90% 以上。^④ 此外，巴西也在不断拓展乙醇燃料适用的领域，在 2004 年 10 月，巴西成功试飞世界首架酒精燃料飞机，2010 年巴西建成世界上首座乙醇发电站。无疑，通过拓展乙醇燃料的应用领域，巴西政府希望生物能源能发挥更大的作用。

不过，巴西乙醇燃料的发展之路并非一帆风顺。自石油危机后开始推行的乙醇生产计划，到 20 世纪 80 年代时，乙醇产量和销量都快速提升到了一

① A. L. S. Chagas, “Social-Economic and Ambient Impacts of Sugarcane Expansion in Brazil: Effects of the Second Generation Ethanol Production”, in S. S. da Silva and A. K. Chandel (eds.), *Biofuels in Brazil*, New York: Springer, 2014, pp. 69–83.

② Alexandre Salem Szklo, et al., “Brazilian Energy Policies Side-effects on CO₂ Emissions Reduction”, in *Energy Policy*, No. 33, 2005, pp. 349–364.

③ 涂光炽：《巴西的能源政策及其措施》，载《拉丁美洲研究》，1981 年第 4 期，第 2 页。

④ Alexandre Salem Szklo, et al., “Brazilian Energy Policies Side-effects on CO₂ Emissions Reduction”, in *Energy Policy*, No. 33, 2005, p. 351.

个新的规模；到 90 年代，随着油价的下跌以及糖价的节节攀升，乙醇生产的利润空间变小，严重挫伤了用甘蔗生产生物燃料的企业的积极性，甚至有一部分乙醇生产企业转向了生产蔗糖。这又导致乙醇供应不足，乙醇燃料汽车销量锐减，90 年代末乙醇燃料汽车的销量跌至汽车总销量的 0.5% 以下。^① 直到进入新世纪，随着油价的再度攀高，乙醇生产企业的积极性才得以恢复。

巴西甘蔗乙醇战略的成功主要归功于下述原因。其一是法律、法规和政策导向作用。巴西政府以法律手段强制要求汽油中添加一定比例的乙醇，添加比例由最初的 7.5% 增加到了 25% 左右；还要求联邦一级的单位购买公车必须是乙醇燃料汽车。其二是金融税收政策的支持。政府对种植甘蔗和生产乙醇的个人和单位提供低息贷款以调动农民和乙醇生产商的积极性，对生物燃料实行低税率政策。从 1982 年开始，巴西对乙醇燃料汽车减征 5% 的工业产品税，部分州政府对乙醇燃料汽车减征 1% 的增值税，在乙醇燃料汽车销售不景气时曾全免增值税。^② 其三是技术研发的投入，巴西非常重视乙醇应用技术研发。从 20 世纪 70 年代起，巴西政府就开始组织科研机构、高等院校和企业开展生物燃料汽车的研发工作。面对 20 世纪 90 年代乙醇产量下降的现实，巴西政府一直没有减少对甘蔗乙醇的研发投入，相反，还加大了这方面的科学研究。^③ 其四是配套设施的完善。推出灵活燃料汽车并在加油站安装乙醇加油泵，便利了民众对乙醇燃料的消费。其五是根据市场形势灵活配置蔗糖—乙醇—热电联产的生产方式。巴西国家政策规定，每家糖厂不能只生产糖或酒精，而是根据市场情况决定其产品，当食糖价格上涨时，就多生产食糖；当石油涨价时，就多生产燃料酒精。这种生产方式不仅满足了企业自身的能源需求，而且降低了乙醇的成本。巴西以甘蔗为原料，蔗汁用来生产蔗糖和乙醇，蔗渣用来发电供糖厂生产蔗糖，多余电力上网供给当地居民或企业。这种热电联产的综合利用方式降低了乙醇的生产成本，使得巴西乙醇燃料无论是相较于美国还是欧盟的生物燃料都具有价格优势。^④

① Alexandre Salem Szklo et al. , “Brazilian Energy Policies Side-effects on CO₂ Emissions Reduction”, in *Energy Policy*, No. 33, 2005, p. 351.

②③ 夏芸等：《巴西生物燃料政策及对我国的启示》，载《生命科学》，2007 年第 5 期，第 482 - 483 页。

④ 廖维政：《巴西糖业考察报告》，载《广西农业科学》，2006 年第 2 期，第 136 - 137 页；韩春花、李明权：《巴西发展生物质能源的历程、政策措施及展望》，载《世界农业》，2010 年第 6 期，第 39 - 40 页。

（二）生物柴油计划

除了甘蔗乙醇之外，发展生物柴油也是近年来巴西生物燃料战略部署中的重要组成部分，为此，巴西在 2003 年启动了“生物柴油计划”。生物柴油是巴西除乙醇外应用最广泛的另一种生物燃料，生产生物柴油的主要原料是大豆、蓖麻、棕榈油、棉籽、向日葵和玉米等。巴西曾于 20 世纪 80 年代推出“生物柴油计划”并进行过小型试验性生产，但因生产成本过高而没有扩大生产规模。为了进一步开发可再生能源，减少对进口石油的依赖，巴西政府在 2003 年颁布法令重新发起“生物柴油计划”。政府通过颁布国家生物柴油生产和使用计划，规范和促进生物柴油的生产和推广。巴西政府每年在生物柴油的研发上投入一定的资金和科研人员，以便于改善和降低生物柴油生产成本，提高产量。^①

2003 年，巴西生物柴油公司在政府的支持下宣布成立，到 2006 年这家公司已成为全国最大的生物柴油生产企业，在全国各地共有 6 家工厂，年产生生物柴油量约为 8.4 亿升。自 2005 年以来，巴西各地因地制宜地利用本地油料作物开始生产生物柴油，在东北部使用蓖麻生产柴油，在中西部和南部地区使用大豆和向日葵生产柴油。^② 巴西“生物柴油计划”为植物油用于汽车能源做出了重要贡献，探索出了一条可行的能源替代之路。

为了促进生物柴油消费，巴西政府 2005 年 1 月 13 日颁布了第 11097 号法令，强调燃油中要注入一定的生物柴油，以带动生物柴油的发展和提高其在消费中的比重。该法令规定，在法律颁布实施的头三年，生物柴油添加量为 2%，到 2010 年上升到 5%。^③ 这一举措使生物柴油在巴西的销售大为提高，很多大型火电厂、铁路、渡船、大客车和卡车企业都开始使用生物柴油。

（三）巴西生物能源发展的世界地位

从世界范围来看，生产生物乙醇始于 19 世纪末期，当时用玉米生产生物乙醇，用花生油生产生物柴油。直到 20 世纪 40 年代，生物燃料都被视为一种可行的运输燃料，不过随后化石燃料价格的暴跌阻止了其进一步的发展。

① 王威：《再生能源战略的成功典范之巴西乙醇发展战略》，载《国土资源情报》，2007 年第 7 期，第 36 页。

② 夏芸等：《巴西生物燃料政策及对我国的启示》，载《生命科学》，2007 年第 5 期，第 482 - 483 页。

③ 胡少雄：《巴西为生物柴油设立专项贷款 额度高达 90%》。http://cn.chinagate.cn/news/2014-08/13/content_33224925.htm [2016-01-22]

到了 20 世纪 70 年代中期,商业化生产生物燃料的热情再次高涨,巴西自 70 年代开始用甘蔗生产乙醇,而美国则在 80 年代用玉米生产乙醇。到了 90 年代,北美和欧洲实施对生物能源的支持政策,生物燃料生产增长迅速。^① 在世界生物能源领域,美国、巴西和欧盟占有重要地位,美国和巴西两国生产、消费和出口的生物能源是世界生物能源市场上最主要的部分。2014 年,美国、巴西、欧洲生产的乙醇燃料总量占世界总产量的 89%。其中,美国乙醇产量为 143 亿加仑,占世界总产量的 58%;巴西产量为 61.9 亿加仑,占世界总产量的 25%;欧洲产量为 14.45 亿加仑,占世界总产量的 6%。^② 欧盟各国乙醇燃料生产原料主要为小麦和薯类。关于生物柴油的生产情况,2013 年,美国生物柴油产量达到 57.6 亿升,排在世界第一位;巴西位居第三,为 34.81 亿升。^③

与美国以玉米为原料的乙醇生产相比,巴西的甘蔗乙醇显然更具优势。巴西甘蔗生产尚未实现全面机械化,制造过程中亦多使用蔗渣为燃料动力。美国玉米为机械化栽培,种植期间消耗的汽油动力相当可观;在将玉米淀粉转化酒精时,程序更为复杂,整个生产过程也会排放大量二氧化碳。^④

然而,无论是美国还是巴西的生物乙醇生产都属于第一代乙醇生产,未来更具发展前景的以各种稻草、蔗渣等农业废弃物为原料的纤维素乙醇是主要乙醇生产国攻克的方向。可再生能源协会在其《2015 年乙醇产业展望》中指出,美国乙醇产业在 2014 年的一大进展是开始了纤维素乙醇的商业化生产。^⑤ 生物柴油行业也在积极研发更具效益的生产方式,如利用工程微藻法生产生物柴油,为柴油生产开辟了一条新的技术途径。微藻不同于玉米和大豆等其他作物,能在海水、废水、苦咸水等各种水源或者裸露的土地上密集生产,其生产能力比陆生植物单产油脂高出几十倍,而且所生产的生物柴油不会对环境造成污染。^⑥

① Amela Ajanovic and Reinhard Haas, "On the Future Prospects and Limits of Biofuels in Brazil, the US and EU", in *Applied Energy*, No. 135, 2014, pp. 730 - 737.

② Renewable Fuels Association, "Ethanol Industry Outlook 2015". <http://www.ethanolrfa.org/wp-content/uploads/2015/09/Ethanol-Industry-Outlook-2015.pdf>. [2016-01-22]

③ 刘洪霞、冯益明:《世界生物质能源发展现状及未来发展趋势》,载《世界农业》,2015 年第 5 期,第 119 页。

④ 廖春梅:《生质酒精之经济效益分析》,载《台湾银行季刊》,第 61 卷,第 2 期,第 163 - 170 页。

⑤ Renewable Fuels Association, "Ethanol Industry Outlook 2015". <http://www.ethanolrfa.org/wp-content/uploads/2015/09/Ethanol-Industry-Outlook-2015.pdf>. [2016-01-22]

⑥ 刘洪霞、冯益明:《世界生物质能源发展现状及未来发展趋势》,载《世界农业》,2015 年第 5 期,第 119 页。

三 巴西生物能源发展的成就

巴西生物能源发展的成就主要表现在减少了对进口石油的依赖提高了本国的能源独立性,优化了能源结构并提高了巴西在全球气候谈判中的地位;此外,生物能源发展为巴西创造了大量的就业机会。

(一) 对巴西能源独立及国际地位的积极影响

巴西生物能源发展的成就主要体现在能源领域,借助于甘蔗乙醇生产及其对石油消费的替代,巴西减少了对进口石油的依赖,提高了能源独立性,优化了本国的能源结构。2013 年巴西一次能源构成中化石燃料占 58.7%,远低于世界一次能源构成中化石燃料高达 81.4% 的比重。同年巴西生物燃料(包括垃圾能)在其能源消费结构中占 28%,而同期世界生物燃料在其能源消费结构中仅占 10.2%。^①

与此同时,借助甘蔗乙醇生产和出口,巴西积极开展乙醇外交,提高了自身在可再生能源合作、世界乙醇市场和气候变化谈判中的影响力。巴西是仅次于美国的生物乙醇生产大国,巴西的乙醇燃料生产是世界乙醇燃料生产的重要部分(见图 1)。乙醇出口有助于减少全球范围内温室气体的排放。巴西通过乙醇出口而减少的温室气体排放在 2030 年将会达到每年 73 亿吨二氧化碳当量,在 2010—2030 年期间减少的温室气体排放量共计将达 667 亿吨二氧化碳当量,也就是全部能源消费引起的温室气体排放量的 1/3。^② 在各国谋求低碳化发展的背景下,巴西积极利用甘蔗乙醇开展乙醇外交,提升了其在国际事务中的影响力。首先,巴西与美国等生物乙醇生产大国开展合作,并试图通过打造“乙醇欧佩克”组织来促进未来的生物乙醇贸易;其次,巴西利用自己在发展生物乙醇方面的经验和技术与其他国家开展合作;最后,由于巴西在全球减排格局中的独特地位,巴西在全球气候变化谈判中占有重要的一席。巴西能源结构中生物能源及水电占有较大比重,因而其能源消费部分释放的温室气体少于大多数发展中国家,这使其在气候谈判中表现积极。

① IEA, “Energy Statistics”. <http://www.iea.org/stats/WebGraphs/WORLD4.pdf>. [2016 - 01 - 25]

② Christophe de Gouvello, “Brazil Low - Carbon Country Case Study”, 2010. <http://www.greengrow-thknowledge.org/sites/default/files/downloads/resource>. [2016 - 01 - 25]

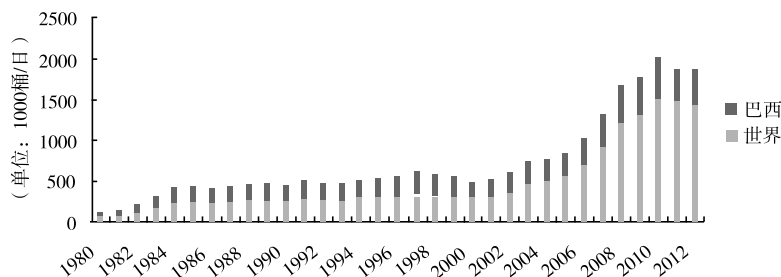


图1 世界与巴西乙醇燃料产量

资料来源: EIA, “International Energy Statistics”. <http://www.eia.gov/beta/international/data/browser>. [2016-01-25]

(二) 对就业和经济发展的促进作用

巴西生物能源发展还直接创造了就业，促进了经济发展。巴西生物燃料的推广不仅解决了能源问题，减轻了能源消费带来的污染，而且也为民众创造了就业机会：生产生物乙醇和生物燃料需要大量的劳动力，在甘蔗种植、病虫害防治，特别是甘蔗收割时都需要大量的工人。根据巴西地理统计局公布的年度社会信息报告，2005年有近100万工人直接参与了甘蔗乙醇的生产（见表1）。1997年基于巴西经济投入产出矩阵的研究表明，该行业中每一个正式雇员意味着1.43个间接岗位和2.75个衍生岗位。这就意味着如果考虑间接和衍生岗位的话，2005年巴西甘蔗乙醇工业提供了大约4100万个岗位；当然，大多数的工作都是低附加值的。^①

巴西甘蔗行业的劳工福利也有所改善。2007年的一项研究表明，近年来巴西甘蔗工人的社会经济指标都有显著提高。其一，增加了可以享受一定福利的正式工，更多工人有了工作证，使得他们可以获得退休福利和其他权利，如有偿加班和医疗服务等，在巴西农村这是福利最好的工作。其二，1992—2005年间收入有所提高，城市居民中34.5%的正式雇员、农村居民中17.6%的正式雇员以及47.6%的临时工的收入都有所提高。其三，增加了福利类别，如向所有类别工人提供交通、膳食补助，对农村居民提供住房福利，对城市正式雇员提供医疗福利等。此外，童工数量显著减少，如1993年伯南布哥州有25%的甘蔗砍伐工年龄在7~17岁之间，到2004年这一比重下降至0.9%。^②

^{①②} BNDES and CGEE (Coordinate), *Sugarcane-based Bioethanol: Energy for Sustainable Development*, Rio de Janeiro, BNDES, 2008, p. 200, pp. 203-204.

表 1 巴西甘蔗乙醇部门在不同地区和生产环节中提供的正式岗位

生产活动	地区	年份			
		2000	2002	2004	2005
甘蔗生产	东北部	81191	86329	104820	100494
	中南部	275795	281291	283820	314174
	巴西全国	356986	367620	388640 *	414668
蔗糖生产	东北部	143303	174934	211864	232120
	中南部	74421	126939	193626	207453
	巴西全国	217724	301873	405490	439573
生物乙醇生产	东北部	25730	28244	26342	31829
	中南部	42408	66856	80815	96534
	巴西全国	68138	95100	107157	128363
总计	巴西全国	642848	764593	900768	982604

* 原数据中此处为 388121，但根据同年其他数据推算，应该是 388640。

资料来源：BNDES and CGEE (Coordinate), *Sugarcane-based Bioethanol: Energy for Sustainable Development*, Rio de Janeiro, BNDES, 2008, p. 201.

巴西甘蔗乙醇生产还带动了上下游产业的发展。巴西生物乙醇农用工业与其他经济部门以及甘蔗生产加工的上下游产业之间有着广泛的联系。除了甘蔗和乙醇生产之外，生物乙醇产业对农事活动、化学部门（包括化肥）以及炼油厂、商业、物流、不动产租金等均有较大影响。巴西科技部战略研究中心（Centro de Gestão Estudos Estratégicos，简称 CGEE）2005 年的一份研究表明，在巴西中南部，生产乙醇时每加工 100 万吨甘蔗相当于在经济生产部门创收 1.71 亿雷亚尔，提供了 5683 个工作岗位（见表 2）。^①

① BNDES and CGEE (Coordinate), *Sugarcane-based Bioethanol: Energy for Sustainable Development*, Rio de Janeiro, BNDES, 2008, p. 207.

表 2 巴西中南部每加工 100 万吨甘蔗生产乙醇带来的影响 (2008 年)

部门	生产价值 (百万雷亚尔)	附加价值 (百万雷亚尔)	雇员
甘蔗	44.5	20.8	1467
农业：其他	14.3	8.1	697
蔗糖	8	2.7	31
乙醇	97.8	38.9	211
电力	6.8	7.3	37
采矿	0.3	0.2	4
炼钢，矿业，冶金	7.1	2.1	48
机械，车辆及零部件	9.3	4.2	51
石油和天然气	29.5	12.1	12
化工部门	13.9	4.7	41
食品	15.4	3.1	93
土木建筑	1.3	0.8	23
转换：其他	16.8	5.7	287
贸易和服务	81.3	53	2679
家庭	—	7.3	—
总计	346.3	171	5681 *

* 此处原数据为 5683，但根据其他数据计算应该是 5681。

资料来源：BNDES and CGEE (Coordinate), *Sugarcane – based Bioethanol: Energy for Sustainable Development*, Rio de Janeiro, BNDES, 2008, p. 206.

四 巴西生物能源发展的问题

巴西生物能源发展面临的问题主要包括甘蔗乙醇生产对环境的消极影响、乙醇产业的劳工问题及可持续发展的挑战。

(一) 甘蔗乙醇生产对环境的消极影响

与其他国家不同的是，巴西温室气体排放的主体是生产能源而非消费能源时产生的大量温室气体。在巴西，温室气体排放中超过 3/4 的部分来自于

森林采伐、农业、土地耕作，而非传统意义上的能源消费。^① 巴西温室气体排放及环境退化与能源消费关系不大，但却与能源生产具有直接和间接的关联。

首先，生物乙醇原料种植引发的环境问题。与甘蔗种植有关的环境问题主要包括水土流失、焚烧污染、土壤板结等。在甘蔗种植和收割期间频繁使用重型农业生产工具，再加上收割过后土壤裸露时间较长，会导致土壤板结，加剧水土流失。此外种植甘蔗时使用的化肥造成氮气等对土壤的污染。甘蔗种植和乙醇生产过程中对水系也有影响：无论是加工甘蔗过程中将甘蔗送入工厂之前洗甘蔗的环节，还是生产蒸馏过程中产生的酒糟排放环节，都会造成水污染。在 20 世纪 80 年代初巴西乙醇产业繁荣时期，政府立法禁止直接将酒糟倒入地表水，然而，小型工厂普遍缺乏必要的酒糟处理资金和设备。此外，为生产乙醇而种植的甘蔗，在人工收割甘蔗时需焚烧不需要的茎叶，这直接导致污染气体的排放。在人工收割甘蔗的地方，焚烧茎叶是惯常的做法，焚烧一般在 4—12 月的夜间进行。2006 年在圣保罗州，大约 250 万公顷甘蔗种植区有焚烧环节，约占甘蔗种植面积的 70%。如果按同样的焚烧比重来算的话，那么巴西种植甘蔗带来的焚烧面积大约为 490 万公顷。甘蔗茎叶焚烧加速了土壤水分流失，再加上收割甘蔗时对土地的踩踏，极易造成土壤板结。^②

其次，甘蔗种植导致的土地利用变更也是巴西温室气体排放的一大来源。根据巴西土地使用数据，2005 年巴西的农业用地为 26 亿公顷，其中仅有 2.5% 用于种植甘蔗；与种植大豆的 2.3 亿公顷相比，甘蔗种植所占面积相对很少，而且 64% 都集中在东南部，19% 分布在沿海岸线东北部。自 20 世纪 90 年代中期以来，圣保罗州西部地区甘蔗种植面积增长导致牧场减少。自 1990 年开始，圣保罗州甘蔗种植面积的扩张速度为平均每年 8.5 万公顷。在甘蔗乙醇需求的驱动下，巴西甘蔗种植主要向中西部扩张。^③ 巴西国内有一半的大豆种植于中西部，该地区具有种植大豆的理想气候和所需土壤；而在土地和市场价格的驱动下，中西部的大豆种植被甘蔗种植所取代，从而驱使大豆种植户向北部亚马孙方向拓展。这意味着由于甘蔗种植扩张，间接导致了土地

① Yale Center for Environmental Law & Policy, "Climate Policy & Emissions Data Sheet: Brazil". http://archive.envirocenter.yale.edu/uploads/pdf/Brazil_Climate_Policy_Data_Sheet.pdf. [2016-01-25]

②③ Luiz A. Martinelli and Solange Filoso, "Expansion of Sugarcane Ethanol Production in Brazil: Environmental and Social Challenges", in *Ecological Applications*, Vol. 18, No. 4, June 2008, p. 895, pp. 886-887.

利用变更，加剧了森林砍伐。土地利用变更和森林砍伐正是巴西温室气体排放的主要根源。

随着巴西乙醇生产目标的不断提高，在生产率没有大的变动的情况下，未来甘蔗种植面积势必会增加。过去在中西部地区种植大豆的面积（1000 万公顷）是甘蔗种植面积的 20 倍，然而，这种情景有可能改观。1960—2007 年间，巴西种植甘蔗面积从 140 万公顷增加到 700 万公顷。^① 在巴西政府雄心勃勃的乙醇生产计划之下，将来甘蔗种植面积势必会继续扩张，由此引起的土地利用变更和森林砍伐还有可能加剧。正因为生物燃料生产过程会造成上述对环境的破坏，因此学术界对于生物燃料是否真正有利于减排的质疑一直不断。目前巴西等国的生物燃料主要是第一代生物燃料，有研究认为，第一代生物燃料消费在 2020 年之前都无法消除其生产所释放的温室气体，无论生产该燃料的原料是来自牧场还是森林。^②

（二）甘蔗乙醇产业的劳工问题

巴西生物能源发展面临的第二个问题是甘蔗乙醇产业广受诟病。巴西的甘蔗产业在几个世纪以来得到了政客们和游说者的保护和支持，但该产业的发展却很少顾及环境和社会方面的影响，未能给社会带来更大的进步，因此巴西的甘蔗乙醇产业长期以来饱受诟病。

首先是甘蔗收割期间高强度的劳动和恶劣的劳动环境。巴西的甘蔗砍伐工人一般都是从贫穷的东北部到东南部来工作 6—8 个月的。在甘蔗收割期间，甘蔗砍伐工人每天要工作 8~12 个小时，不仅如此，他们还不得不吸入焚烧甘蔗残留物所释放的烟雾，此外，甘蔗种植地一般也没有干净的水、厕所以及食物储藏设施等。巴西权威人士以及国际社会的压力使得人们意识到，工人们依然在极端恶劣的工作环境下工作，收入很低，而且在甘蔗收割期间还可能因过劳而意外死亡，可见乙醇燃料并不像乙醇生产行业所宣称的那样，是干净而可持续的燃料。

随着甘蔗砍伐机械化程度的提高，未来巴西所需甘蔗工人的数量也许不

^① Luiz A. Martinelli and Solange Filoso, “Expansion of Sugarcane Ethanol Production in Brazil: Environmental and Social Challenges”, in *Ecological Applications*, Vol. 18, No. 4, June 2008, pp. 886 – 887.

^② Govinda R. Timilsina and Simon Mevel, *Biofuels and Climate Change Mitigation*, in Govinda R. Timilsina and David Zilberman (eds.), *The Impacts of Biofuels on the Economy, Environment, and Poverty*, New York: Springer, 2014, pp. 111 – 122.

会持续增长。据估计在 2006—2007 年收获季,在甘蔗产量占全国产量 88.8% 的巴西中南部地区,机械化收割比重占 40%,每年售出的收割机超过 400 台,每一台机器能完成相当于 80~100 名工人的工作量。随着机械化程度的提高,收割期间所需工人将有所下降,在 2000—2005 年间甘蔗生产增加了 28.8%,但工作岗位仅增长了 18%。^①在 2008—2009 年收获季,中南部地区甘蔗机械化收割比重上升到 57.2%,人工收割比重降至 42.8%。同一时期巴西全国甘蔗收割机械化程度达 62.9%,人工收割占 37.1%。^②考虑到未来甘蔗种植面积扩张及在一些地区未必适宜机械化作业,人工收割仍将不可避免,如何改善劳工条件、提高劳工福利成为巴西乙醇产业面临的一大挑战。

其次,甘蔗焚烧引发的劳工健康问题。由于人工收割甘蔗时需要将甘蔗残留的叶片等焚烧,因而在收割季节焚烧会严重破坏巴西的环境。虽然甘蔗种植区周边往往没有人居,然而甘蔗砍伐工人在整个砍伐季都是直接暴露在受污染的环境中,因而甘蔗焚烧直接危及甘蔗工人的身体健康,如引起肺结核等疾病。由于意识到焚烧环节对环境的消极影响,甘蔗生产第一大州圣保罗州于 2002 年立法决定将逐年减少焚烧比例,到 2021 年该州任何收割区都将禁止焚烧(圣保罗州法第 11241 号)。不过从目前情况来看,届时该地区仍将有 30% 的甘蔗收割区无法用机械化收割。机械化收割只能在东北部一半的区域适用,因为现有的技术无法在坡度大于 12 度的山区适用机械化操作。随着甘蔗种植规模的扩大,无法适用机械化收割的区域也在扩大,而在人工收割甘蔗的地区,长期以来焚烧都是一个必要的收割环节,这对防治焚烧污染的目标是一个挑战。^③

最后,甘蔗产业对社会反哺不足。虽然甘蔗乙醇产业为巴西社会提供了就业岗位,为经济的增长做出了贡献,但其未能对社会予以回报而受到批判,

① BNDES and CGEE (Coordinated), *Sugarcane-based Bioethanol: Energy for Sustainable Development*, Rio de Janeiro, BNDES, 2008, p. 203.

② National Supply Company, "Profile of the Sugar and Alcohol Sector in Brazil", CONAB, Brasília, 2010. 转引自 PN De Carvalho, "From Manual to Mechanical Harvesting: Reducing Environmental Impacts and Increasing Cogeneration Potential". http://r4d.dfid.gov.uk/PDF/Outputs/ELLA/120907_ENV_BraEthPro_BRIEF1.pdf. [2016-01-24]

③ PN De Carvalho, "From Manual to Mechanical Harvesting: Reducing Environmental Impacts and Increasing Cogeneration Potential". http://r4d.dfid.gov.uk/PDF/Outputs/ELLA/120907_ENV_BraEthPro_BRIEF1.pdf. [2016-01-24]

比如未能在教育、健康、基础设施以及公共事业和社会进步等方面做出贡献。^①

（三）可持续发展问题

巴西生物能源发展还面临着可持续性的挑战，因为甘蔗乙醇很容易受国际糖价和油价的影响。早在 1975 年巴西启动全国乙醇计划的时候，就得益于当时国际上的低糖价为甘蔗乙醇生产提供了市场动力；而到了 80 年代，在国际油价下跌、国际糖价上涨的情况下，再加上政府扶持力度的削减，甘蔗乙醇厂纷纷转而生产蔗糖，使得巴西乙醇产量下跌，乙醇燃料汽车的销量锐减。对于享有“酒精的沙特阿拉伯”地位的巴西而言，在油价下跌而乙醇生产成本难以降低的情况下，其乙醇生产将会面临困难。不仅如此，巴西生物乙醇主要原料甘蔗的生产也具有自身的脆弱性，其中最为突出的是容易受气候的影响，在气候突变的情况下很难保证巴西的甘蔗产量。因此，巴西甘蔗乙醇生产的前景始终面临着较大的不确定性挑战，特别是当政府扩张甘蔗乙醇生产计划时，甘蔗种植能否满足乙醇生产需求，还是一个未知数。

五 结语

长期以来，生物能源的发展备受赞誉，笼罩其上的三道光环是“缓解能源压力、改善环境、促进农民增收”^②，然而，巴西生物能源发展既有积极成就，也面临不少问题和质疑，其发展的可持续性也面临挑战。

巴西生物能源发展的积极成就体现在不同的层面。对于劳动力市场而言，在生产甘蔗乙醇时，直接创造了大量正式和非正式的就业岗位，为民众创造了就业机会，提高了居民收入；生物能源原料的种植及加工推动了相关产业的发展。对于国家而言，借助乙醇燃料的推广和使用，提高了能源自足率，确保了国家能源安全；与此同时，生物能源的消费优化了巴西的能源结构，减少了能源消费部分释放的温室气体排放。在国际层面，巴西借助甘蔗乙醇出口及乙醇外交，不断增强其在地区能源合作、国际天然气市场发展以及气候变化等领域的话语权，在一定程度上有利于巴西国际地位的提高。

^① Luiz A. Martinelli and Solange Filoso, “Expansion of Sugarcane Ethanol Production in Brazil: Environmental and Social Challenges”, in *Ecological Applications*, Vol. 18, No. 4, June, 2008, p. 886.

^② 廖春梅：《生质酒精之经济效益分析》，载《台湾银行季刊》，第 61 卷，2010 年第 2 期，第 163 - 170 页。

然而，巴西生物能源发展的背后，各种质疑与批判之声一直存在。甘蔗乙醇行业在巴西是一个饱受诟病的行业，作为一个整体，甘蔗乙醇行业对社会的医疗、教育等公共服务领域的反哺很少。在国际上，对于甘蔗乙醇等生物能源的批判包括种植和生产原料的过程中会直接或间接导致温室气体排放，因而对于生物能源是否比化石燃料更有利于减排的疑虑始终存在。此外，生物燃料的生产还直接或间接地导致了粮食价格上涨，容易引发粮食危机等。

不过，任何目标的实现都是需要付出代价的，为了特定的战略目标愿意使用何种方式，调度何种资源，付出何种代价，在这些问题上确保思路清晰是实现战略目标的关键，这一点对于巴西生物能源发展而言同样适用。巴西生物能源发展的未来取决于其是否具有可持续性。从甘蔗乙醇来看，如果未来要继续扩大生产规模，提高其在能源结构中的比重，将极有可能会直接或间接导致农地利用变更并增加温室气体排放，因土地利用变更导致的温室气体排放是巴西温室气体排放的主要来源之一。^① 如果延续粗放式的依靠开垦新的甘蔗种植地来生产更多生物能源的话，显然无法确保巴西生物能源生产的优势。从世界能源结构转型的角度来看，技术进步将会在未来能源转型过程中发挥重要作用。在现有的生物能源激励政策之下，如果巴西在开发新一代的生物乙醇、生物柴油方面能取得重大技术突破并保持技术优势的话，其生物能源发展才会更具前景。

《BP2035 世界能源展望》在其中国专题中指出，预计中国到 2035 年将超过欧洲成为世界上最大的能源进口国，而其进口依存度将会从 15% 升至 23%。^② 在世界能源消费结构逐渐从化石能源转向可再生能源的背景下，在中国能源需求逐年增长、对外能源依存度逐年递增且减排压力不断增大的现实面前，巴西生物能源的发展值得我们进一步探讨。

（责任编辑 高涵）

① André F. P. Lucena, et al., "Climate Policy Scenarios in Brazil: A Multi-model Comparison for Energy", in *Energy Economics*, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2015.02.005>. [2015 -01 -25]

② 《BP 2035 世界能源展望》中国专题，2015。 http://www.bp.com/zh_cn/china/reports-and-publications/bp_20351.html. [2015 -01 -25]