

# 巴西发展清洁能源的政策与实践

王 磊

(中国科学技术交流中心, 北京 100045)

**摘要:** 巴西在发展清洁能源, 尤其是发展生物能源应对气候变化方面, 有着十分突出的经验。本文主要介绍了巴西清洁能源发展现状、促进清洁能源发展的政策和举措、发展清洁能源的成功实践以及中巴清洁能源合作发展现状, 并提出了两国加强发展清洁能源应对气候变化的合作建议。

**关键词:** 巴西; 清洁能源; 生物能源; 气候变化

**中图分类号:** G311 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2017.10.003

2015 年 12 月巴黎气候变化大会一致通过《巴黎协定》, 支持所有国家共同应对气候变化, 消除贫困和饥饿, 促进可持续发展, 明确将全球升温控制在 2℃ 以内, 并尽力控制在 1.5℃ 内。巴西政府认为《巴黎协定》是一项公平正义、利益平衡、富有雄心和具有里程碑意义的协定, 是全球气候新秩序建立的起点。

作为全球第 9 大经济体和第 7 大温室气体排放国, 巴西温室气体排放主因与其他国家有很大不同。据巴西科技创新和通信部的报告称, 巴西每年排放到大气层的二氧化碳中, 有 75% 源于毁林。巴西政府确定了主要依靠重新造林储存碳、恢复退化牧场、推行低碳农耕方法和终止亚马逊流域的非法森林砍伐这 4 项措施, 实现到 2025 年将二氧化碳排放量减少 37% 的目标。巴西前科技部长马沙多认为, 巴西拥有发展清洁能源应对气候变化的优秀客观条件, 优化完善本国能源结构对应对气候变化非常重要。

## 1 巴西清洁能源发展现状

巴西能源研究公司 2016 年 7 月发布的 2016 年度国家能源平衡综合报告数据显示, 2015 年巴西在能源供应方面, 国内能源供应总量达到 2.992 亿

吨油当量, 比上年同期减少 2.1%; 电力供应同比减少 84 亿千瓦时, 下降 1.3%, 其中水电供应减少 3.2%, 但由于生物质能和风能的增加, 可再生能源占电力供应比例从 74.6% 上升到 75.5%; 风力发电达 216 亿千瓦时, 增长 77.1%, 超过了核电。在能源消耗领域, 2015 年交通部门汽油消耗降低 9.5%, 乙醇消耗增加 18.6%, 可再生能源消耗比例从 2014 年的 18% 上升至 21%。2015 年人为排放二氧化碳当量达到 4.62 亿吨, 比 2014 年的 4.85 亿吨减少 4.7%<sup>[1]</sup>。

巴西矿能部 2017 年 7 月公布的报告称, 2016 年巴西国内能源供应总量为 2.883 亿吨油当量 (占世界能源供应总量的 2.07%), 较 2015 年减少 3.8%, 其中可再生能源占巴西能源供应比重达 43.5%, 比 2015 年的 41.3% 上升 2.2%。可再生能源所占比重是经济合作与发展组织成员平均水平 9.5% 的 4 倍多, 是世界平均水平 14.2% 的 3 倍。2016 年巴西可再生能源的良好表现是由于风力利用和生物质能较上一年增长了 10%, 水利能源供给增长 7%。在可再生能源供给构成中, 乙醇占 40.1%, 位列第一; 水电占 28.9%, 位列第二; 第三是木炭 18.4%; 其余能源占比约 12.6%。2016 年巴西共发电 619.7 太瓦时, 比 2015 年的

作者简介: 王磊 (1983—), 男, 中级工程师, 主要研究方向为国际科技合作政策。

收稿日期: 2017-10-03

615.7 太瓦时增加 0.7%。水电占国内电力供应发电总量的 67.1%（含伊泰普水电站从巴拉圭进口电量），比 2015 年的 64% 增加了 4.8%。风力发电增长 54.9%，太阳能发电增长 44.7%，核电增长 7.7%<sup>[2]</sup>。

## 2 巴西促进清洁能源发展的政策和举措

2007 年巴西发布了《巴西致力于阻止气候变化》白皮书，重点关注完善能源结构和禁伐森林；2008 年发布的《气候变化国家计划》强调，巴西温室气体排放主要来自砍伐和烧荒，联邦政府将加大监管力度，力争将每年砍伐原始森林的面积降到零；2009 年发布了《国家气候变化政策》，涵盖绿色经济的多个领域，鼓励发展可再生能源，鼓励在全国电网系统中增加风电、小水电和生物质发电供给，鼓励替代石化柴油生产生物柴油，鼓励使用太阳能、风能、生物质能和热电联产，鼓励使用独立的小水电系统等<sup>[3]</sup>。

2015 年在联合国可持续发展峰会上，时任巴西总统罗塞夫宣布了《国家自主贡献报告》，列出下阶段减排目标及指标，包括：至 2025 年，巴西温室气体排放量比 2005 年降低 37%，到 2030 年降低 43%；到 2030 年，杜绝非法砍伐亚马逊雨林，恢复 1 200 万公顷热带雨林；恢复 1 500 万公顷被破坏的牧草地；整合 500 万公顷的农牧森林；可再生能源在能源结构中占比达 45%；可持续生物能源在能源结构中占比升至 18%；除水电外的其他可再生能源（风能、太阳能和生物质能）发电量占比升至 23%；提高电力效能近 10%<sup>[4]</sup>。2016 年 5 月，巴西联邦政府出台《适应气候变化国家计划（2016—2020）》，促进各级政府与私营机构在适应气候变化方面的合作。

一直以来，巴西政府对保护环境、阻止环境污染和生态恶化、保护自然可持续发展非常重视。为了贯彻落实一系列延缓和适应气候变化的政策规划，巴西政府实施了多个发展清洁能源的重要举措，取得了一系列成果，最具代表性的有：

### （1）电力节能项目

早在 1985 年 12 月，巴西矿能部就实施电力节能项目，旨在减少发电和用电双方产生的废物排放，提高电力使用效能。巴西电力公司从 1986

年至 2016 年共投入 27 亿雷亚尔，节省了超过 920 亿度电，仅 2015 年一年就节省 116 亿度电，相当于减少二氧化碳当量排放 145.3 万吨<sup>[5]</sup>。

### （2）发电来源能源替代项目

2002 年 4 月，巴西联邦政府制定了发电来源能源替代项目，为可再生能源产生的电能并入国家电力网络提供了支持。为促进巴西能源结构多元化，发展可替代能源，提高巴西电力供应安全，该项目鼓励电力生产商使用可再生能源为国家电网提供电力，特别是使用风能、生物质能和小型水电站。由于巴西在水能、生物质发电方面已有一定规模，该项目在推动风能发电上取得了明显成效<sup>[6]</sup>。

### （3）国家普及电力——全民有光计划

巴西幅员辽阔，在北部和东北部的广袤农村，许多农民以及印第安部落居民都没有用过电。2003 年，巴西推出了“国家普及电力——全民有光计划”，旨在让上述人群享受到国家发展成果，让其生活、医疗和教育都能更加便利，计划将于 2018 年截止。巴西政府鼓励发展多种清洁能源供电，包括水电、生物燃料发电（主要是甘蔗生物质发电）、风电等，至今已投资超过 227 亿雷亚尔，截至 2016 年底已投资超过 227 亿雷亚尔，约 300 多万家庭（约 1 500 万巴西人）受益<sup>[7]</sup>。

除在国内采取行动鼓励发展清洁能源外，巴西还积极参加各种国际机制，比如清洁发展机制和清洁能源部长级会议（CEM）机制。截至 2017 年 3 月 31 日，全球正在实施清洁发展机制项目 7 690 个，巴西以 339 个项目在数量上居世界第 3 位，其中水电项目占 27.7%、沼气项目占 18.6%、风力发电项目占 16.5%、垃圾处理项目占 14.8%、生物质能项目占 12.1%，其他项目占 10.3%。清洁能源部长级会议机制成员国占全球能源消费量的 75%，占全球清洁能源投资的 90%，对世界能源体系转型至关重要。巴西现在还在参与的清洁能源部长级会议倡议有 4 个，包括超高效设备及应用部署、生物能源工作组、21 世纪能源伙伴和多边太阳能风能工作组，以及先进能源灵活供应的挑战<sup>[8]</sup>。

## 3 巴西发展清洁能源的成功实践

从巴西清洁能源发展概况可看出，巴西能源结

构非常特殊,是全球经济大国中可再生能源比例最高的国家之一,如果单从电力能源结构看,可再生能源比例更是高达75%。巴西有发展水能、太阳能和风能的自然资源优势,但其水电已达到一定规模,为避免能源结构过于单一的风险,政府没有继续大举扩张水电的动力。太阳能、风能都在逐步发展,在量上有了一定增长,但与其生物能源、水电相比,还有很大差距。巴西生物能源领域不仅在技术上世界领先,而且在政策保障、产业链发展、金融支持等方面也有其独到之处。巴西是世界上第一个实现生物燃料可持续利用的国家,在生物乙醇和生物柴油发展上,具有突出的实践经验。

### 3.1 全力实施国家乙醇计划

1973年,世界第一次石油危机给正在创造“经济奇迹”的巴西造成了沉重打击。时值国际糖价大跌,而甘蔗大规模生产乙醇的技术可行性已被验证,为满足经济增长的能源需求,巴西于1975年正式颁布国家乙醇计划,促进使用甘蔗制造乙醇来作为化石燃料的替代能源,并加快研发乙醇燃料汽车。

20世纪70年代末,巴西科研人员成功研发出奥图循环内燃引擎,可使用较高比例的乙醇混合汽油。1979年世界第二次石油危机爆发后,巴西政府加速实施国家乙醇计划,将国家投资研发的技术无偿转让给汽车生产公司,并通过提供补贴、设置配额、统购酒精等特殊政策和资金扶持鼓励使用乙醇燃料。2003年,灵活燃料汽车在巴西上市,这种汽车可使用混合任何比例乙醇的汽油(甚至纯乙醇)作为燃料。政府逐步强制提高市售汽油中的乙醇比例,已于2015年3月份提高到了27%。2010年巴西甘蔗乙醇被美国环境保护署认定为先进生物质燃料,符合美国政府所提倡的生物质燃料标准。巴西专家称,如果汽车使用乙醇燃料,可降低尾气中一氧化碳排放量20%~30%,二氧化碳排放量25%,同时还可减少铅化合物、碳氢化合物、氮氧化物等有害物质的排放量。由于甘蔗种植、酒精生产和制糖等都是劳动力密集型行业,该计划还给巴西创造了大量就业机会,有利于增加农民收入。

巴西甘蔗乙醇的年产量从1975年的5.8亿升,跃升至303亿升(2016/2017生产年份)。根据最新经合组织-粮农组织(OECD-FAO)农业展望报告的数据,巴西甘蔗乙醇产量有望于2023年提升

至500亿升,外销总量达到110亿升。

### 3.2 大力实施巴西生物柴油技术开发项目

巴西石油公司和当时的巴西航天部(现为巴西航天局)曾于20世纪80年代推出生物柴油计划,并进行了小型实验性生产,但由于生产成本过高,应用又很少,最终没能扩大生产规模。为减少对进口石油的依赖,降低巴西能源来源过于单一的风险,开发多样化的可替代能源,创造就业和增加农民收入,巴西科技部于2002年提出了巴西生物柴油技术开发项目<sup>[9]</sup>,大力发展生物柴油技术,开发生物燃料市场,建设巴西生物柴油应用网络。

该项目得到了总统府、相关部委、大学和科研机构、汽车生产厂和柴油发动机生产厂等的热烈响应和积极配合,得到了巴西社会发展银行的定向支持。比如南美国际引擎公司在其生产线上对生物柴油应用进行实验,对农业设备、客车、火车机车、发动机和发电机等进行了大量有关消耗和污染的研究,并及时向巴西科技部通报信息;巴西社会发展银行通过加强家庭农业计划对种植生物柴油原料的农户提供1亿雷亚尔(时值约3400万美元)的融资贷款,使约25万农业家庭参与到此项目中。

巴西生产生物柴油的主要原料是大豆、棉籽、蓖麻、棕榈、向日葵和玉米等,但80%是以大豆为原料。2004年,巴西公布了巴西生物柴油生产和使用计划,宣布从2008年1月开始全国统一使用B2柴油(2%生物柴油+98%石化柴油)并逐步提高生物柴油掺混率,2017年3月已强制使用B8柴油,预计将于2018年3月提高到B9,2019年3月提高到B10。

巴西国家商品供应公司(CONAB)2016年12月发布报告称,预计2016/2017年度巴西大豆产量将达到创历史高位的1.0245亿吨。巴西将逐步提高生物柴油掺混率。

### 3.3 大力发展第二代生物燃料技术

第二代生物燃料指的是摆脱利用粮食作物为原料转化为生物燃料的应用模式,减轻生物燃料“争夺粮食”的弊端,以甘蔗渣、麦秆、草和木材等农林废弃物为主要原料,采用生物纤维素转化为生物燃料的模式,发展纤维素乙醇。

2008年11月,在时任巴西总统卢拉的建议下,在圣保罗举办了40多个国家参加的“国际生物燃



料大会”，主题为“生物燃料——可持续发展的驱动器”，巴西政府称将努力推进以纤维素和甘蔗渣为原料的第二代生物燃料生产，推进“在 2020 年到 2030 年从能源的后碳时代到氢时代的转变”<sup>[10]</sup>。

巴西政府在第二代生物乙醇技术攻关、商业化和应用上给予了大量政策扶持和资金支持。巴西国家技术研究院牵头国内一个生物乙醇研究网络，推进研究第二代生物乙醇技术，利用水解酶化技术对生物物质进行加工处理生产乙醇，将生物物质中的纤维通过乙醇发酵酶化（纤维素）的方式转换为糖。巴西生物乙醇科学与技术实验室开发出新型收割机，可有效降低收割甘蔗后土壤的板结程度，降低对植物根茎的损害，增加甘蔗产量。巴西生物燃料公司 GranBio 和 Raízen 在 2014 年 9 月和 11 月相继宣布，实现了以甘蔗纤维素为原料大规模生产第二代乙醇燃料，使巴西成为继美国、意大利之后第三个实现第二代生物乙醇商业化的国家<sup>[11]</sup>。

2016 年底，巴西牵头联合 20 个国家成立了“生物未来平台”，意在利用生物乙醇解决全球交通领域的能源替代问题，实现《巴黎协定》的预定目标。

巴西之所以大力发展生物能源（包括第一代和第二代），除了是因为要降低对石油的依赖外，还包括如下 3 个主要原因。

巴西具备适于大豆、甘蔗、玉米等作物生长的自然条件，原料产量极其丰富。巴西地理统计研究院 2017 年公布的数据显示，预计 2017 年巴西谷物、豆类、油料作物的收成将达到破纪录的 2.42 亿吨，同比增长 30.3%，其中大豆产量将同比增长 19.6%，达到破纪录的 1.15 亿吨，玉米产量将增加 54.7%，达到 9 840 万吨，同样打破历史纪录。甘蔗、大米等的产量同样出现增长。

巴西较早启动了可再生能源发展战略，生物乙醇和生物柴油研究上的技术储备力量雄厚，生产成本较低，形成了较完整的产业链和生态链，形成了良性循环，具有自己独特的优势。

生物能源有助于降低温室气体排放，在全球气候问题上凸显巴西地位，为其实现“大国战略”提供强劲推动力。巴西将生物能源当作外交的重要抓手之一，迫使发达国家降低生物能源进口税，向亚非拉发展中国家推广相关技术，塑造新的国际形象，提升国际影响力，并积极吸收外资，加快本国清洁

能源的发展。

## 4 加强中巴在发展清洁能源应对气候变化领域合作的建议

气候变化及其负面影响是 21 世纪最大的全球挑战之一，需要在可持续发展框架下通过国际合作解决。在发展清洁能源应对气候变化领域，无论是科研还是产业发展，中巴两国均可进一步深化合作，取长补短，共同进步。

### 4.1 中巴发展清洁能源应对气候变化合作的现状

2015 年两国发布了《中华人民共和国政府和巴西联邦共和国政府关于气候变化的联合声明》。双方认为，两国气候变化合作与协调在中巴全面战略伙伴关系中具有重要意义，有利于实现应对气候变化与促进能源安全、环境保护和可持续发展的协同效益。双方同意进一步加强两国关于国内气候政策和多边进程的双边高层对话，加强双边务实合作，特别是在可再生能源、森林碳汇、节能、能效、适应和城镇化低碳发展等领域的合作。

2015 年，李克强总理和时任巴西总统罗塞夫签署发布了《中华人民共和国政府与巴西联邦共和国政府 2015—2021 年共同行动计划》，该计划将生物能源和生物燃料、纳米技术、农业科学、气候变化、新能源技术等作为两国科技和创新领域中优先合作领域，并确定了 3 个有利于双方应对气候变化的科研合作领域，包括生物能源及生物燃料、农业科学和气候变化及新能源创新技术。

在生物能源及生物燃料领域，清华大学和里约联邦大学在合作开发藻类制生物柴油，广西农科院和里约联邦大学在共同研究甘蔗制生物质能的水解效应；在农业科学领域，中国农业科学院和巴西农牧业研究院在开展生物燃料、生物质能、生物技术和基因作物方面的基础与应用联合研究；在气候变化及新能源创新技术领域，清华大学和里约联邦大学联合成立了“中巴气候变化和新能源技术创新中心”，在促进酶法制备生物柴油产业化，发展燃料电池暨新能源汽车、可持续发展城市比较研究和两国科技成果转化活动方面，也已做了大量工作。

三峡巴西目前是巴西第二大私营发电公司，目前在巴西 10 个州已拥有 14 座控股水电站、3 座联合控股水电站和 11 座参股风电场，装机容量达

827 万千瓦。2017 年 4 月，比亚迪宣布将实现电动大巴底盘制造本地化，并宣布其巴西太阳能板厂在巴西坎皮纳斯市投产，总投资 1.5 亿雷亚尔（约 3.31 亿人民币），产能为每年 200 兆瓦。

事实上，就目前而言，对巴西应对气候变化做出最大贡献的双边合作是被誉为“南南高技术合作典范”的中巴地球资源卫星项目。如前所说，巴温室气体排放主要来自砍伐和烧荒，自从巴西利用中巴地球资源卫星对亚马逊地区的砍伐进行实时监控并与相关执行部门合作后，森林年度砍伐率逐年降低。2009 年至 2015 年，森林年平均砍伐面积为 6 080 平方公里，其中 2012 年的砍伐面积为 4 571 平方公里，是近 20 年来的最低值。

#### 4.2 中巴发展清洁能源应对气候变化合作的建议

巴西的“国家乙醇计划”和“巴西生物柴油技术开发项目”以及第二代生物燃料技术商业化背后有其独特的自然条件作为强大支撑，其“第二代生物乙醇技术”非常先进，在政策设计、技术突破、种质培养、产业链构成等方面有可取之处。2017 年 9 月份，包括国家发展改革委、国家能源局、财政部等十五部委联合下发了《关于扩大生物燃料乙醇生产和推广使用车用乙醇汽油的实施方案》。鉴于我国生物燃料原料问题是一个困扰其发展的重要难题，我国可在第二代生物乙醇技术、车用乙醇汽油使用等方面加强与巴西合作，应借助在 2016 年底加入的由巴西牵头成立的“生物未来平台”，大力加强与其在第二代生物乙醇技术领域的交流学习。

清华大学的酶催化法生物柴油技术已完成在巴西的中试示范，成本显著优于市场广泛采用的传统化学催化工艺，可进一步推动深化与里约联邦大学的合作，利用双方的研究成果对巴西已建成营运的近百家生物柴油厂进行技术升级改造，提高生物柴油产出效率。巴西政府计划到 2024 年将其光伏发电装机规模增至 7 吉瓦，使其发电量占总发电量的约 3.3%，到 2050 年提升至 18%。综合考虑我国太阳能产业发展和巴西实际情况，为了使我国优质产能“走出去”，助力巴西工业化和清洁能源发展进程，两国应增进对太阳能板和太阳能电池产业的认识，开展政策、规划、技术标准、检测和认证方面的交流及培训。可以充分利用比亚迪与坎皮纳斯

大学合作成立的“太阳能联合研究中心”作为载体，加速双边太阳能合作。考虑到我国风能产业的发展情况以及巴西丰富的风能资源和地域特征，双方加强风力发电合作势在必行。可借鉴太阳能合作的模式，以投资落地和联合研发齐头并进的方式，提高风电在巴西整个能源结构中的比例。

同时，两国还可在清洁发展机制项目合作上挖掘潜力。比如，我国帮助巴西建设有利于减排或者吸收大气温室气体的项目，同样有助于我国达到减排目标，实现双赢。

中巴两国在应对气候变化发展清洁能源的政策实践合作，对推动双方可持续发展具有巨大意义。我们应当充分借鉴已取得的合作成果和合作模式，进一步探索技术传播和转让的有效机制，创新科技合作模式，发挥国内领先企业的优势和主导作用，推动两国清洁能源产业链互补发展，共同为应对气候变化做出贡献。■

#### 参考文献：

- [1] Empresa de Pesquisa Energética. O Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2016[R]. Brasília, 2016.
- [2] Ministério de Minas e Energias. Oferta Interna de Energia registra 44% de fontes renováveis em 2016[EB/OL]. (2017-07-21) [2017-08-02]. [http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset\\_publisher/32hLrOzMKwWb/content/oferta-interna-de-energia-registra-44-de-fontes-renovaveis-em-2016](http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/oferta-interna-de-energia-registra-44-de-fontes-renovaveis-em-2016).
- [3] Congresso Nacional. Política Nacional sobre Mudança do Clima[R]. Brasília, 2009.
- [4] Ministério do Meio Ambiente. O Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima 2016[R]. Brasília, 2016.
- [5] Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. Resultados procel 2016[EB/OL]. [2017-03-02]. <http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2016/>.
- [6] Ministério de Minas e Energias. O Programa de incentivo às fontes alternativas de energia elétrica[EB/OL]. [2017-03-04]. <http://www.mme.gov.br/programas/proinfra/>.
- [7] Ministério de Minas e Energias. O programa luz para todos[EB/OL]. [2017-09-29]. <https://www.mme.gov.br/luzparatodos/asp/>.
- [8] Energia Limpa Ministerial. Initiatives[EB/OL] (下转第23页)

## Civil UAS Industry Development and Government Promotion Measures in the US

WANG Lian

(China Science and Technology Exchange Center, Beijing 100045)

**Abstract:** The integration of UAS and modern information technologies has demonstrated great potential in multiple specialized areas, both technically and economically, making it an important accelerator for the development of emerging industries around the world. The U.S. is taking the lead in UAS technology development, industrial application as well as rule-making. This paper analyzes the trend of UAS manufacturing in the U.S., scaled industrial utilization and measures adopted by the federal government to promote its development, in a bid to provide references for China.

**Key words:** US; civil UAV; government regulation; UAS integration program

---

(上接第17页)

- OL]. [2017-09-29]. <http://www.cleanenergyministerial.org/>.
- [9] Rodrigo Augusto Rodrigues, José Honório Accarini. Programa Brasileiro de Biodiesel[R]. Brasília, 2007.
- [10] 张新生. 国际生物燃料大会在巴西召开 [N]. 科技日报, 2008-11-19 (2).
- [11] Poca NEGÓCIOS.A maior startup do Brasil[EB/OL].[2017-08-25]. <http://epocanegocios.globo.com/Informacao/Visao/noticia/2015/04/maior-startup-do-brasil.html>.

## Clean Energy Development and Practice in Brazil

WANG Lei

(China Science and Technology Exchange Center, Beijing 100045)

**Abstract:** Brazil has very prominent experience in developing clean energy, especially in developing bio-energy for addressing climate change. This paper mainly introduces the current situation of the clean energy development in Brazil, its promoting policies and measures, the successful practice in developing clean energy and the status of the cooperation in clean energy between China and Brazil. It also puts forward some cooperation proposals between China and Brazil in clean energy field.

**Key words:** Brazil; clean energy; bio-energy; climate change