

古巴电力现状与新能源发电展望

徐向阳 赵科源 雷 蕾
中工国际工程股份有限公司 北京 100080

摘要：古巴能源结构不均衡，化石燃料占电力生产的95%，自2021年以来，古巴的国家电力能源系统一直处于复杂状态。大多数传统化石燃料发电厂技术陈旧，燃料短缺和缺乏资金购买维修所需的备件和材料，时常导致发电设备发生故障和停运，给人民生活带来不便，也给经济造成巨大损失。为实现国家能源安全，改变目前古巴能源高度依赖进口的现状，近年来古巴政府十分重视可再生能源的发展，力求借助新能源的发展，逐步减小进口能源比重，实现能源自给。并将太阳能、风能、生物质能、沼气等的开发利用确定为优先发展产业，鼓励外资投资可再生能源项目，虽然起步较晚，并受制于科技发展水平等因素，古巴可再生能源基础薄弱，但发展潜力巨大。

关键词：古巴电力现状；可再生能源；新能源发电展望

1 古巴电力供应现状

古巴共和国是加勒比地区最大的国家，也是美洲唯一的社会主义国家。1890年5月，古巴正式采用电力公共照明（在首都哈瓦那地区）。1960年古巴将26家在古美国电力企业收归国有。2018年12月14日，随着古巴偏远地区最后1.7万余户家庭通电，古巴已实现全国电力服务全覆盖。

根据古巴能源和矿业部MINEM的数据，全国发电装机容量约6499兆瓦。其中，近2600兆瓦依靠火电厂发电。古巴石油开采难度大，自采石油仅占每年石油消耗量的45%左右，其余部分仍需要进口，传统能源无法摆脱进口依赖。目前传统能源领域，40.6%的发电量来自火电厂，21.7%的发电量来自重油发电机组，21.9%的发电量来自柴油发电机组，后两种技术用于全国各省的分布式发电站。另外，近8%的电力来自石油生产过程中产生的天然气，5%来自可再生能源（水能、太阳能和风能），其

余3%来自位于马里埃尔港口地区的发电船。为了能够满足任何不可预见的应急或大功率发电机组的维护需求，古巴国家电力公司要求储备大于等于500兆瓦的电力。

新能源领域，古巴储量丰富，潜力巨大，发展前景广阔。古巴地处亚热带，日照强度高、时间长，太阳能资源极其丰富，平均每平方米单日日照辐射发电量为5千瓦时。由于糖工业的发展，也为其发展生物质发电提供了丰富的原料^[1]。另外，根据古巴政府已经探明的风能总量为633兆瓦，水电总储量为114兆瓦。但因起步较晚，并受制于科技发展水平等因素，古巴可再生能源基础设施建设比较薄弱。

古巴电力系统在2023年发电量超过19000吉瓦时，与2022年相比增加10.1%；电能消耗总量为14703吉瓦时，其中居民部门用电和非居民部门用电分别增长12.5%和8.8%。

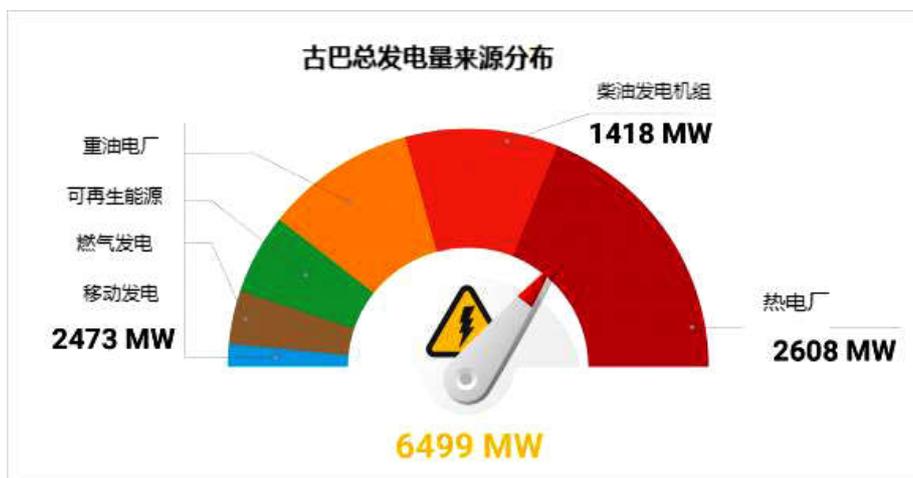


图1 古巴国内电力主要发电形式

2 传统化石能源电厂现状

2.1 火电厂

古巴主要火电厂

电厂名称	建成年代及技术来源	基本情况	装机容量MW
La CTE Máximo Gómez	上世纪70, 80年代苏联	3x90+1x100MW	370
La CTE Otto Parellada	上世纪70年代捷克斯洛伐克	1x68MW	68
La CTE Ernesto Guevara	上世纪70, 80年代苏联	2x100+1x95MW	295
La CTE Antonio Guiteras	上世纪70年代法国阿尔斯通	1x320MW	320
La CTE Carlos Manuel de Céspedes	上世纪70年代日本日立	2x160 MW	320
La CTE Diez de Octubre	上世纪70, 80年代捷克斯洛伐克	3x125 MW	375
La CTE Lidio Ramón Pérez	上世纪80, 90年代捷克斯洛伐克	1x250+1x230 MW	480
La CTE Antonio Maceo	上世纪70, 80年代苏联	4x95 MW	380
		总计	2608

古巴全国有8家火电厂, 共有20个运行机组, 是古巴电力系统基础发电的最重要部分, 装机容量为2608兆瓦。火电厂的使用寿命为30至35年。然而, 古巴火电厂老化严重, 除了两个机组的运行时间分别为25年和21年外, 其他机组的运行时间都超过了30年, 其中7个机组的运行时间超过了40年。古巴电厂自从使用含硫量在7%至8%之间的国产原油作为燃料以来, 机组停机更加频繁, 维护周期不得不缩短, 每个发电机组每年停机50至70天。能源不足导致的古巴电力问题只是表象, 发电设施老化, 才是古巴电力的根本问题^[2]。

2.2 重油和柴油发电机组发电厂



图2 中国企业中工国际建设的189MW柴油发电机组电厂

在古巴前领导人菲德尔·卡斯特罗于2005年至2009年推动的发电系统的能源革命, 古巴先后进口了70000多台不同功率的发电机组。这些机组主要用于减轻国家电力系统火电厂的负荷。根据古巴国家统计局和信息办公室(ONEI)的数据, 截至2020年, 古巴有550台发电机组使用重油作为燃料发电, 发电能力为950兆瓦。这些发电机组中的重要部分(最大的发电组容量为18.4兆瓦)位于火力发电厂附近, 其余的则分布在全国各省的发电厂内。

另一部分是分布在全国各地的977台容量超过1418兆瓦的柴油发电机组。近年来, 中资企业也参与了机组更新换代项目, 比如由中工国际工程股份有限公司实施的中国产90台柴油发电机组189MW电厂成套供货项目, 分布在古巴不同地区5个发电厂。其中西恩富戈斯炼油厂附近的柴油发电厂, 它的装机容量达84兆瓦, 是古巴最大的柴油发电厂, 也极大缓解了古巴中西部地区的电力供应紧张局面。

2.3 发电船

根据2019年以来的古巴与土耳其的协议, 古巴与土耳其签订合同的5座发电船已在不同时间接入古巴国家电网, 这些发电站的总发电量约为345兆瓦时, 以重油为燃料, 用于缓解古巴严重的电力紧张局面。3座发电船位于马里埃尔港, 总装机容量为200兆瓦。另外2座位于哈瓦那港, 总装机容量为145兆瓦。

2.4 燃气电厂

ENERGAS燃气发电公司, 是加大拿SHERRIT和古巴电力公司UNE及古巴石油公司CUPET组建的合资企业, 利用油井伴生气发电。它有三个燃气发电厂:

(1) ENERGAS Boca de Jaruco, 位于哈瓦那的Mayabeque, 它有4台燃气轮机, 每台35兆瓦。

(2) ENERGAS Puerto Escondido位于哈瓦那的北圣克鲁斯, 它有一个20兆瓦的机组。

(3) ENERGAS Varadero, 位于马坦萨斯省的圣玛尔塔-卡德纳斯(Santa Marta Cárdenas)。它有5个机组, 每个机组都配有35兆瓦的燃气轮机。

还有两台20兆瓦的燃气轮机是日本日立公司制造的, 购于70年代, 其中一台位于Rincon地区东南部, 另一台位于San Jose东南部, 目前已停止使用^[4]。

3 可再生能源发电

3.1 光伏电站

古巴全国太阳能辐射总量达1800千瓦·时/(平方米·年)，发展光伏产业潜力巨大。古巴目前安装了约260兆瓦的光伏发电园，占古巴年总发电量的2%，位于西恩富戈斯省的坎塔拉纳光伏发电园是古巴第一个规模发电的光伏发电园，2012年10月开始建设，2013年4投入使用，满负荷发电（设计装机容量2.6兆瓦）。目前中国企业也通过商业合作的方式在古巴建设了多个太阳能光伏园，其中，中英古三国共同投资建设的马里埃尔发展特区光伏园成功并网，总容量达61.9兆瓦，也成为三方合作共建的成功案例。

此外，古巴迄今已安装了1188个太阳能泵站，主要用于畜牧业用水，也用于灌溉和居民用水，古巴政府远期计划安装总数达到约7000个。可再生能源的总发电量约占到全国总发电量的5%。

据古巴能源矿业部（MINEM）可再生能源部门主任称，未来古巴计划需要超过10000兆瓦的光伏太阳能、约1800兆瓦的风能以及安装612兆瓦的蔗渣和生物质能发电厂。沿着这条道路，古巴政府设定了到2030年清洁能源发电占比达到37%的目标。

古巴2012-2021年 光伏总装机容量MW

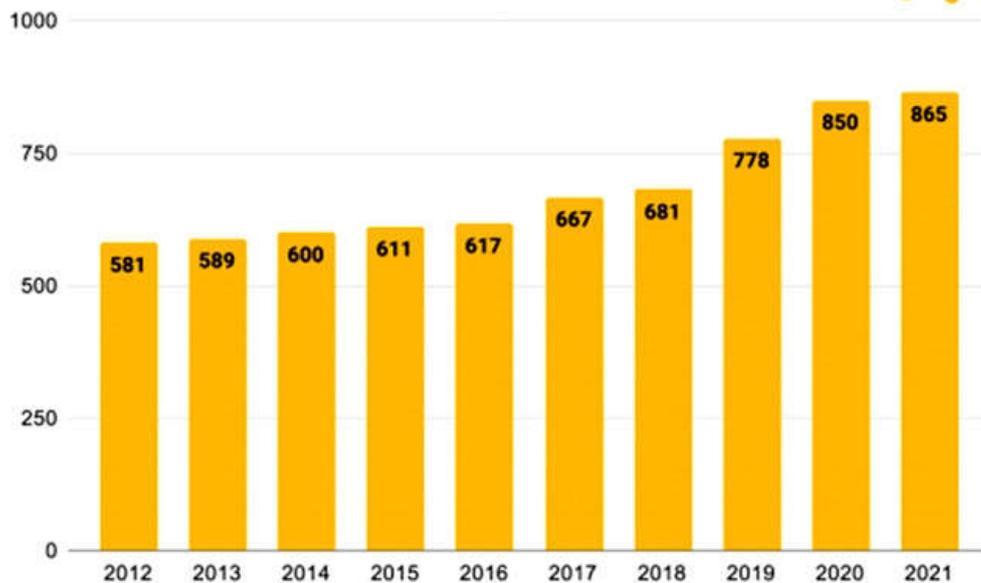


图3

3.2 水力发电

古巴没有富裕的河流和水库，水电潜力不是很大，大多为小水电或迷你水电。全国共有162家水电站和小型水电站，总装机容量为71.9兆瓦。功率最大的水电站是Villa Clara省的哈纳巴尼拉水电站，总装机容量为43兆瓦（2个机组14兆瓦，1个机组15兆瓦）。已确定现有技术可以利用的水利发电装机潜力为135MW，其中13.7MW是在各大水库^[5]。

3.3 生物质发电厂

生物质的使用将占可再生资源发电总量的14%，古巴政府计划在相同数量的糖厂附近建造的19个生物发电厂。计划用生物质作为燃料，取代糖产量最高的糖厂的发电系统，以便从生物电场发电。生物发电可以产生糖厂所需的电力和蒸汽，同时接收糖厂运行所需的燃料（甘蔗渣）和冷凝水。发出的剩余电力可以卖给国有电力公司的Union Eléctrica（UNE），从而收回投资，并促进林木生物质的种植，以延长淡季的发电时间。为了使生物发电有效，将在全国各地增加甘蔗生物质的种植。



图4 中国企业上海电气建设的西罗·雷冬多生物质电厂

古巴建立的第一个生物质发电厂位于谢戈德阿维拉省的西罗·雷冬多糖厂地区，其装机容量为60兆瓦，投资约为1.8亿美元，由中国企业上海电气建设，2020年3月并网发电。该厂向糖厂输送蒸汽和电力用于制糖，而糖厂则将蔗渣和冷凝水输送到制糖厂用于生产。生物发电厂生产的剩余电力输入国家电网系统，这将为古巴每年节省约10万桶石油，每年可减少约300吨二氧化碳的排放。但到目前为止，该厂还无法按照锅炉最初设计的设想只处理蔗渣（主要是蔗渣供给不足）。在满负荷运转的情况下，在每年12月至5月甘蔗榨季24小时内可消耗约2100吨蔗渣，在6月至11月工厂停工期间可消耗1200至1500吨Marabu麻风树（一种被视为极佳燃料的植物，已入侵古巴数百万公顷土地），每年平均可运行300天。根据2023年4月的信息，生物发电厂的发电量已达到约为30兆瓦/小时。

另外，古巴政府还规划了两个20兆瓦的生物发电站正在建设中。第一座在Matanzas省Jesus Rabi糖厂附近，第二座在Villa Clara省Hector Rodriguez糖厂附近。

古巴的经济发展水平较低，资金和技术力量薄弱，可再生资源的利用状况较差；而生物质能源开发利用的技术要求较低，受天气状况影响较小，能够稳定供应能源，实现电力供应的稳定。古巴已建成的蔗渣发电厂有许多优点，它可以提高糖厂效率、确保蔗糖生产、降低成本、提高可再生能源在国家能源结构中的比例、替代进口化石燃料、改善环境和引进新技术^[9]。它将使用Marabu麻风树作为非收获期的生物质，从而腾出土地种植其他作物，而且农民无需支付任何费用。它将对环境产生积极影响，因为它提供的能源来自可再生能源，不会增加大气中的温室气体含量。它将对社区产生巨大影响，因为它将消除制糖厂产生的废物，并大大减少大气中的二氧化碳排放量。

3.4 风力发电

目前古巴安装了四个试验性风电场，总功率为11.8兆瓦。Gibara1位于奥尔金省，功率为5.1兆瓦。Gibara2位于奥尔金省，功率为450万千瓦。Turiguanó，位于谢戈德阿维拉省，发电量为0.5兆瓦。Canarreos，位于古巴青年岛，发电量为1.65兆瓦。安装在奥尔金北部的发电站（9.6兆瓦）年发电量超过27%。由于风电投入较大，根据国家电力公司UNE提供的信息，正在与外国投资者就在梅西（Maisi）建立风力发电厂进行谈判。

4 古巴新能源发电展望

古巴是加勒比海地区最大的国家，太阳能、风能、生物等自然资源丰富，但受制于较低的经济、科技发展水平，其传统能源开采和新型能源开发利用都比较缓慢，目前只能通过大量进口石油才能满足其能源需求。古巴目前的发电市场能源结构不均衡，化石燃料占电力生产的95%，发电所需的燃油严重依赖进口，造成巨大的贸易逆差，消耗大量外汇。当国家面临化石燃料短缺时，就会造成电厂停机，引发全国性缺电，严重影响经济发展和社会民生。鉴于此情况，古巴政府一直一年都在积极推动提升新能源在全国发电中的比例，作为古巴2030年国家经济和社会发展计划的一部分，古巴希望将可再生能源在其电网中的比例提高到24%^[1]。

古巴是个旅游国家，火电厂环境污染问题较为严重。近年来古巴政府十分重视可再生能源的发展，力求借助新能源的发展，逐步减小进口能源比重，实现能源自给，为经济发展提供保障。古巴政府将太阳能、风能、生物质能、沼气等的开发利用确定为优先发展产业，鼓励外资投资可再生能源项目。古巴基础设施的不完善很大程度上限制了古巴的经济发展。因此引进外资，加强基础设施建设尤其是保障电力稳定供应也是推动古巴旅游业等支柱行业发展的关键环节。由于缺少资金，缺乏技术和设备，古政府一直积极寻求开展国际合作，利用多种形式发展可再生能源。目前，主要采取贸易采购、技术合作或外国投资的方式来实施有关可再生能源项目。

中国是古巴第二大贸易伙伴，早在十六、十七世纪时，古巴就是海上丝绸之路的一员。古巴与中国通过这条海上丝绸之路已经建立了三个多世纪的联系。古巴是倡议和全球发展倡议的积极践行者。中国和古巴同为社会主义国家，两国拥有共同的理想信念和奋斗目标。中古两国将继续坚持可持续发展、低碳发展，加强在新能源、清洁能源和应对气候变化领域合作，大力推广绿色生产生活方式。2014年两国签署合作谅解备忘录，进一

步加强双方在可再生能源和能源节约领域的合作中古两国能源企业友好合作也已持续多年,中国企业对古巴的投资意愿非常强烈,早在上世纪九十年代就开始参与古巴电力基础设施的改造项目,到目前又陆续参与了在古投资建设光伏电站、生物质电厂等项目,对古巴维护能源主权、改善能源结构、发展循环经济、实现可持续发展等具有重要意义。

中国发电装机规模已经超过了G7国家的总和,拥有全球规模最大的电力系统。在电力设备更新换代上,中国可以为古巴提供极大助力。中国是全球光伏发电产业的领导者,也是全球最大的风电整机装备生产国,在这两个细分的电力领域,我国无疑会是古巴最佳的合作伙伴。

同时我们也看到古巴实行高度集中的政府主导型计划经济,现行法律和政策对外资尤其是工程承包企业有诸多限制,且政策多变,支付能力和偿还能力较弱,外资企业需承担较大的风险。中资企业应抓住古巴新能源发展的契机,与国内相关部门统筹协调,政府加大融资

扶持力度,在古巴市场有序竞争,与古巴共建能源绿色丝路,更好造福两国和两国人民。

参考文献

[1]古巴《Cubadebate报》古巴计划在今年年底前收回400多兆瓦的电力,并纳入另外500兆瓦的新投资。

[2]《古巴的火电厂和发电杂志》火电厂和分布式发电(发电机组)的容量和位置。可再生能源:太阳能、风能、水能和生物能发电厂。

[3]古巴党报《格拉玛报》,2021年11月23日。新型浮动电站发电船:国家电力系统快速稳定的替代方案。

[4]中华人民共和国驻古巴共和国大使馆经济商务处网站市场调研。

[5]中华人民共和国驻古巴共和国大使馆经济商务处《古巴能源情况简析》。

[6]Amaury Pérez Sánchez, The University of Camagüey Cuba 古巴卡马圭大学2020年12月1日发表于美国《POWER magazine》杂志信息。