



# 区域能源转型展望 **南美洲**

执行摘要

© IRENA 2025

除非另有说明，否则本出版物中的资料可自由使用、共享、复制、再版、印刷和/或存储，但须注明IRENA为资料来源和版权所有者。本出版物中归第三方所有的资料可能受单独的使用条款和限制约束，并在使用此类资料之前可能需要获得这些第三方的适当许可。

ISBN: 978-92-9260-658-9

引用：IRENA ( 2025 ) , 区域能源转型展望：南美洲 , 国际可再生能源机构,阿布扎比。

---

## 关于IRENA

国际可再生能源机构 ( IRENA ) 是一个政府间组织，支持各国向可持续能源未来过渡，并作为国际合作的主要平台、卓越中心以及可再生能源政策、技术、资源和金融知识的宝库。IRENA促进各种可再生能源（包括生物能源、地热能、水电、海洋能、太阳能和风能）的广泛采用和可持续利用，以追求可持续发展、能源获取、能源安全以及低碳经济增长和繁荣。 [www.irena.org](http://www.irena.org)

---

## 致谢

该报告由Ricardo Gorini领衔，在Norela Constantinescu和Ute Collier的指导下进行。

主要作者是：Krisly Guerra、Seán Collins、Hannah Sofia Guinto、Diala Hawila、Bishal Parajuli和Gondia Sokhna Seck（国际可再生能源署）；Juliana Marreco、Pablo Rimancus和Sabina Tribenti（咨询顾问）。

提供了实质性的贡献和分析的有：阿西娅·哈斯尼、罗德里戈·利梅、米伦科·马托西奇·苏亚雷斯和袁 Sun ( IRENA ) ；梅尔达·贾布尔、Stuti Piya和玛丽亚·维森特·加西亚（顾问）。

作者感谢泛美开发银行 ( IDB ) 对其在PLEXOS中促进该地区电力部门建模的支持，感谢胡安·罗伯托·帕雷德斯 ( IDB ) 在参与活动和报告审查方面的协助，以及感谢弗兰克·莱内斯（顾问）对南美国家的分析。

内部审查，输入和贡献由：Francisco Gafaro、Paul Komor、Larissa Pupo Nogueira、Erick Ruiz Araya、Danial Saleem 和 James Walker (IRENA)；Chun Sheng Goh (前IRENA) 提供；参与支持、输入和报告审查由 José Torón 和 Camilo Ramírez Isaza (CEP) 提供。

对于RETO南美洲而言，与该地区国家、其国家代表以及机构协会的技术人员的深度参与至关重要，他们在项目的不同阶段提供了反馈和外部审查。

国际可再生能源署还感谢地区机构OLADE和ECLAC、地区组织SIESUR和SINEA在研讨会中的贡献、支持和参与。

联合编辑和制作由弗朗西斯·菲尔德和斯蒂芬妮·克拉克提供。行政支持由凌凌·费德亨提供。报告由乔纳森·戈维特和斯特凡妮·达宾编辑，设计由纳乔·桑兹完成。

国际可再生能源机构对欧洲委员会为本报告提供的资金支持表示感谢。

若需更多信息或提供反馈：[irena.org@publications](mailto:irena.org@publications)

本报告可下载：[www.irena.org/publications](http://www.irena.org/publications)

---

## 免责声明

本出版物及其包含的内容按原样提供。“国际可再生能源机构”( IRENA ) 已采取一切合理预防措施，以核实本出版物中内容的可靠性。然而，无论明示或暗示，“国际可再生能源机构”及其官员、代理人、数据或其他第三方内容提供者均不提供任何形式的保证，并且对使用本出版物或其包含的内容导致的任何后果概不负责。

此处包含的信息不一定代表IRENA全体成员的观点。提及特定公司或某些项目或产品，并不意味着IRENA优先认可或推荐它们，而不是未提及的其他类似性质的公司或项目或产品。此处采用的名称和材料展示方式，并不表明IRENA对任何地区、国家、领土、城市或地区的法律地位，或其当局，或对边界或边界的划定有任何意见的表达。

# 执行摘要

在南美洲，能源转型有五个主要驱动力：经济机遇、创新和竞争力、地缘政治动态、气候变化缓解以及追求社会和能源安全。

南美洲的能源转型强劲且持续，为企业和社会，尤其是新兴市场和经济发展中国家，提供了巨大的机遇。

若要在未来 25 年内实现《巴黎协定》的  $1.5^{\circ}\text{C}$  目标，全球需要在美国美元（USD）方面投资 150 万亿美元用于能源转型。仅南美洲在该时期内每年就需要大约 5000 亿美元用于项目和商品支出，以实现该目标。然而，尽管成本很高，旨在本世纪末将温度保持在远低于  $2^{\circ}\text{C}$  的目标路线图——例如国际可再生能源机构（IRENA）的能源脱碳情景（DES）——表明，该地区为实现该目标所带来的净经济和社会效益远远超过了前期成本。

在 DES 下，到 2050 年，能源转型预计将在南美洲能源部门创造 1200 万个以上的工作岗位。此外，与规划能源情景（PES）——国际可再生能源机构的基准情景相比，该地区预计在 2023 年至 2050 年期间，其国内生产总值（GDP）平均每年将额外增长 1.1%。在人类福祉方面也会有积极的改善。在 DES 下，投资将是 DES 和 PES 之间 GDP 差异的主要驱动因素。家庭消费的作用也很重要，但自 2030 年过后将进一步增长。

能源转型也为加强和多元化南美洲的本地供应链提供了机遇。这将使地区国家能够从国内制造业和本地服务业中获得更多附加值。这些服务将涉及可再生能源技术、电网、储能解决方案和效率提升等领域。这对国家工业竞争力和韧性都将是一项重要利益。

随着石油和天然气开采就业岗位的减少，可再生能源、能效提升、电网和电网灵活性等相关转型领域的新增工作岗位将超过这些损失。该转型还减少了对外部化石燃料的依赖，并改善了能源安全，以及南美洲的贸易和财政平衡。

在近几十年里，可再生能源技术的成本降低和创新的增加使能源转型和经济竞争力受益。

这些好处可以在许多领域看到，包括：1) 能效解决方案；2) 可以替代化石燃料的技术；3) 处理可再生能源和燃料发电大规模扩容所需的供应链发展；以及4) 基础设施（例如电网）的持续改进。<sup>1</sup>

作为示例，在2010年至2024年间，太阳能光伏（PV）板产生的平准化电力成本（LCOE）从每千瓦时（kWh）0.417美元下降

降至0.043美元/千瓦时，而陆上风电的平准化度电成本从0.113美元/千瓦时降至0.034美元/千瓦时（IRENA，2025a）。如今，在大多数地区，使用可再生能源发电比使用化石燃料更便宜。南美洲现在是全球最具竞争力的可再生能源发电地区之一，2024年记录了太阳能光伏平均平准化度电成本为0.054美元/千瓦时，陆上风电为0.036美元/千瓦时（IRENA，2025a）。

能源转型有利于拥有丰富本地可再生能源供应的国家，以及那些拥有丰富能源转型关键矿物的国家。当前的地缘政治动态正在重塑政策制定者的优先事项，能源的战略重要性日益凸显。

全球地缘政治格局日益不稳定，贸易和治理方面的冲突不断加剧。这导致了全球供应链中断、金融制裁、非金融壁垒甚至军事冲突。这个更加碎片化的全球经济正在导致资源分配转向安全，包括能源安全和韧性。

在这种背景下，凭借其丰富、多样且具有成本竞争力的可再生资源潜力和丰富的关键矿产资源，南美洲作为绿色投资的避风港地位稳固，同时也是可持续能源的可靠来源。丰富的可再生资源还允许可再生能源部署的多样化，减少对少数来源的依赖。例如，这在南美洲的电力部门和水电领域就是真实的。鉴于生物燃料的可用性，电气化也仅仅是该地区可供选择的几种解决方案之一。

能源转型需求比以往任何时候都更加紧迫。全球二氧化碳（CO<sub>2</sub>）排放

<sup>2</sup>仍然危险地高，在2023年登记约为38吉吨（Gt）（全球碳预算，2025年）。这使世界远未实现其净零目标，而气候变化正在加剧。

根据美国国家经济研究局的数据，全球温度上升1°C可能导致全球GDP下降超过10%（世界经济论坛，2024年）。事实上，世界各地的社会和个人已经承受着气候变化的影响。南美洲——2023年约占全球能源相关排放的3%——目前正经历日益极端的气候事件，影响人们的生计。推迟采取气候变化行动意味着会增加所有相关方减缓和适应的成本。南美洲的能源转型也可以是一种应对和适应气候变化的战略。

<sup>1</sup>本报告中所有以美元标明的金额均为2024年美元，除非另有说明。

当前趋势显示经济政策正在调整以促进国家安全，并应对全球经济不确定性和气候变化关切。

这些旨在保障国家机构和经济体的政策，优先考虑或加强与能源转型相关的本地价值链和国内生产。它们通过利用本地能源资源、增强能源安全、嵌入韧性和气候适应能力，以及推动研发（R&D）来实现这一目标。它们还通过建立机制来保证获取对能源转型至关重要的原材料和其他关键商品——尤其是在本地供应有限的情况下——来实现这一目标。欧盟（EU）、印度、中国和美国是实施此类政策的典型案例，但所有国家和地区都直接或间接地受到了这些外部政策变化的影响。南美洲也不例外；实施区域能源转型路线图可以通过战略性地增强其经济韧性和竞争优势来支持该地区。在这种情况下，管理和规划全球石油和天然气消费与生产的下降对地区的化石燃料生产国也至关重要。



## 脱碳路径

为了探究能源转型可能给南美洲带来的影响，本报告制定了一项通往低碳能源未来的路线图。

该报告呈现了能源转型方面的关键绩效指标（KPI）仪表板。这使用了IRENA为2030年、2040年和2050年建议的里程碑，南美国家应努力实现并利用这些里程碑来制定区域目标（表S1）。这些里程碑与在COP28阿联酋共识下获得认可的全球目标相一致，即到2030年可再生能源翻三番，能源改善率翻一番，也与《巴黎协定》限制全球变暖至工业化前水平 $1.5^{\circ}\text{C}$ 的目标以及可持续发展目标（SDGs）相一致。随后是一个建议路线图，其中包含了一份在2030年、2040年和2050年要实施的选择性行动、政策机制清单。

存在可再生能源、可再生能源直接利用（包括生物燃料）、能源效率、电气化、清洁氢气、碳捕获与封存（CCS）和碳捕获与封存生物能源（BECCS）等方面的关键绩效指标（KPI），等等。社会经济KPI包括整体能源部门投资累计和年度部署以及其主要组成部分的成本。

表S1 2030年、2040年和2050年南美洲PES和DES的KPI

	历史		计划能源场景			能源脱碳化场景		
	2023	2030	2040	2050	2030	2040	2050	
<b>KPI.01 可再生能源 ( 电力 )</b>								
可再生能源发电 (TWh/yr)	982	1 318	1 854	2 464	1 524	3 057	4 967	
电力中可再生能源占比 生成率 (%)	79%	89%	92%	93%	91%	97%	98%	
可再生能源装机容量 ( 吉瓦 )	290	382	563	822	428	907	1 687	
太阳能光伏装机容量 ( 吉瓦 )	50	112	230	410	133	397	927	
风能装机容量 ( 吉瓦 ) <sup>[2]</sup>	40	59	111	186	77	247	427	
水力发电能力 ( 吉瓦 ) <sup>[3]</sup>	180	189	200	203	191	210	246	
可再生能源占比在 装机容量 (%)	71%	76%	76%	78%	77%	80%	86%	
<b>KPI.02 可再生能源</b>								
总一次能源供应 ( EJ )	24 28 33 39 28 32 37							
终端能源消费中可再生能源占比 (%)	36% 43% 46% 48% 52% 66% 85%							
总最终能源消耗 ( EJ ) <sup>[4]</sup>	19	22	27	32	21	23	24	
TFEC中可再生能源占比 (%) - 直接 + 间接	32%	38%	42%	45%	40%	59%	81%	
可再生能源占比TFEC(%) - 直接仅	20%	22%	22%	22%	23%	28%	34%	
现代生物能源 ( EJ )	3.7 4.5 6.0 7.3 4.9 7.2 9.2							
生物燃料生产量 (十亿升) <sup>[5]</sup>	40	61	88	111	63	87	97	
<b>KPI.03 能源强度</b>								
能源强度改善率 (%) <sup>[6]</sup>	0.8%	0.7%	0.2%	0.5%	0.7%	0.6%	1.0%	
<b>KPI.04 最终用途部门电气化 ( 直接 )</b>								
TFEC中电气化率 (%)	20% 21% 23% 25% 22% 33% 48%							
电力消耗 ( 太瓦时 )	1 049	1 252	1 704	2 229	1 274	2 077	3 105	

## KPI.05 干净氢和衍生物

清洁氢气的生产 (MtH <sub>2</sub> eq) <sup>[7]</sup>	0 <sup>[8]</sup>	0.002	0.2	0.9	2.8	11	22
---	------------------	-------	-----	-----	-----	----	----

## KPI.06 CCS , BECCS 和其他

能量和工艺CO <sub>2</sub> 从 ccs , beccs和其他移除措施 (MtCO <sub>2</sub> )	0	0	1.3	5.0	0	65	127
--	---	---	-----	-----	---	----	-----

## 社会经济学

能源行业就业岗位 ( 百万 )	5.8	6.1	7.2	7.7	6.8	9.8	12.4
可再生能源就业岗位 ( 百万 )	1.7	1.9	2.0	2.1	2.0	2.6	3.1
其他转型相关工作 ( 单位 : 百万 )	0.9	1.5	2.4	2.9	2.5	5.9	8.4
化石工作 ( 百万 )	3.1	2.7	2.9	2.7	2.4	1.3	0.9
清洁烹饪技术的占比 进入住宅存量 (%) <sup>[9]</sup>	7%	5.6%	9%	12%	6.3%	47%	87%

## 总系统成本

累积-投资 (万亿美元 - 2024基准)	-	0.5	1.2	1.7	0.8	2.5	4.2
累计-支出 (万亿美元 - 2024基准)	-	0.7	1.5	1.9	0.7	1.9	2.8
累计 - 燃料成本 (万亿美元 - 2024基准)	-	2.8	5.7	6.9	2.8	4.5	3.4

注意 :

<sup>1</sup> 太阳能光伏装机容量包括集中式和分布式资源。

<sup>2</sup> 风能容量考虑陆上和海上安装。

<sup>3</sup> 水容量考虑大型和小型/微型装置。

<sup>4</sup> TFEC值包括“非能源”用途。

<sup>5</sup> 生物燃料是指生物柴油和生物乙醇。数值包括出口。

<sup>6</sup> 与10年移动窗口比较能源强度值。2023年的数值根据IEA统计，比较了2020年与2010年。列“2030”的数值基于2023年的10年移动窗口（即2033年与2023年）

<sup>7</sup> 清洁氢是指蓝氢和绿氢

<sup>8</sup> 2023年的值为零，因为目前的产量大多是灰氢。

<sup>9</sup> 清洁烹饪是指使用电力、可持续生物质、生物乙醇（不包括传统生物质基燃料）的技术。

<sup>10</sup> 总系统成本包括对基础设施的投资（例如电厂和电网、制造工厂、充电站）、支出（终端用部门的技术购置成本）以及燃料成本（与终端用部门的能源载体相关）。每列的累积值定义如下：2030年列包括2025-2030年期间，2040年列涵盖2031-2040年期间，2050年列包括2041-2050年期间。

根据ESMAP的SDG7追踪网站，南美洲地区的电力普及率在几乎所有国家都达到约99%。能源模型考虑了到2030年实现100%普及。BECCS=生物能源碳捕获与封存；CCS=碳捕获与封存；CO<sub>2</sub>=二氧化碳；EJ=艾焦；GW=吉瓦；H<sub>2</sub>=氢；L=升；Mt=百万吨；TFEC=总

<sup>2</sup> 终端能源消费；TPES=一次能源总供应量；TWh/yr=太瓦每小时/年。

## 终端用行业和能源效率

南美洲的能源转型将受益于混合脱碳策略。这将涉及在终端使用部门（如道路交通、工业流程和建筑供暖服务）中结合电气化和生物燃料利用。

未来，清洁氢能预计将在总消费中做出适度贡献，主要应用于区域钢铁和化肥行业的脱碳。同时，太阳能热能（包括太阳能光伏和聚光太阳能发电[CSP]）的低温工艺进一步部署也将促进需求侧应用的脱碳。在DES情景下，这些部署将使可再生能源（包括直接和间接利用）的占比从今天总最终能源消费近三分之一提高到2030年的40%和2050年超过80%。这将导致能源强度每年下降近1%，到2050年，每美元GDP的初级能源供应将达到3.7兆焦耳（MJ）。

表S2 端用部门能源转型关键里程碑 (DES)

去碳化能源情景			
	2030	2040	2050
运输	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.53亿辆汽车 ( vs. 2023年1.28亿台 )</li> <li>5%的市场份额为总数的电动汽车 ( vs. 2023年0.2% )</li> <li>28%份额灵活燃料汽车 总船队中</li> <li>120万充电桩 ( vs. 2023年100万点 )</li> <li>电力占比：该行业1% TFEC ( vs. 2023年0.2% )</li> <li>生物燃料份额：占该领域的18% TFEC ( vs. 2023年13% )</li> </ul> <p>✓ 清洁氢气的介绍 进入货物运输</p> <p>✓ 混合比例（体积） 在生物柴油的范围内 10% - 20% 和生物乙醇 范围 10% - 30%</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;2亿辆车</li> <li>超过40%的份额是电动汽车的总车队</li> <li>23%份额灵活燃料汽车 总船队中</li> <li>2200万个充电桩</li> <li>电力占比： 15%在行业的TFEC</li> <li>生物燃料占比： &gt;25%在部门TFEC</li> <li>清洁氢气份额： &lt;1% 在该行业的TFEC</li> </ul> <p>✓ 混合比例（体积） 在生物柴油的范围内 15% - 25% , 生物乙醇范围 15% - 30% 和 SAF高达40%</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.54亿辆汽车</li> <li>&gt;75%的份额为总车队中的电动汽车</li> <li>19%份额的灵活燃料汽车 总船队中</li> <li>5500万充电桩</li> <li>电力占比： 45%在行业的TFEC中</li> <li>生物燃料占比： 35%在行业TFEC中</li> <li>清洁氢气份额： &lt;1% 在该行业的TFEC</li> </ul> <p>✓ 生物柴油的混合比例（体积） 在20% - 25%范围内，绿色柴油 最高10%，生物乙醇范围25% - 30% 和SAF高达80%</p>
行业	<ul style="list-style-type: none"> <li>行业能源强度 15 MJ/USD ( vs. ~16兆焦耳/美元于2023年 )</li> <li>电力占比：该行业24% TFEC ( vs. 2023年19% )</li> <li>生物质能份额：该行业的 32% TFEC ( vs. 28% 在 2023 年 )</li> </ul> <p>✓ 继续当前能源 效率措施 ( 标准，标签 )</p> <p>✓ 清洁氢气的介绍 在特定子部门</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>部门能源强度 15兆焦耳/美元</li> <li>电力占比： 该部门TFEC的27%</li> <li>生物能源占比： ~40%在行业的TFEC</li> <li>清洁氢气份额： 1%在行业的TFEC ( 直接用于钢铁 ) 和化学品生产 )</li> </ul> <p>✓ CCS/BECCS 简介 在难以减排的领域 ( 例如水泥、钢铁 ) 十年末</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>部门能源强度 14.6兆焦耳/美元</li> <li>电力占比：该行业TFEC中的30%</li> <li>生物能源占比：在该部门TFEC的46%</li> <li>清洁氢气份额：该行业的2% TFEC</li> <li>800Mt的累计捕获CO<sub>2</sub> 通过CCS/BECCS的排放 2040-2050年期间</li> </ul> <p>✓ 次级生产增加 在主要工业流程 ( 钢， 铝，纸张 )，高达总量的50% 吨位</p> <p>✓ 进一步替代煤炭和 工业过程中使用的 产品 可持续生物能源，最高达50%</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 77万(平方米)的建筑面积<sup>2)</sup> (vs. 2023年6900万平方米)</li> <li>• 电力占比：该行业57% TFEC ( vs. 2023年51%)</li> <li>• 生物能源占比：该部门13% tfec，主要是指传统生物质 ( vs. 2023年的18%)</li> <li>• 太阳能热部署 能量(TFEC中的1%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 88万平方米</li> <li>• 电力占比： ~75%在行业的TFEC</li> <li>• 生物能源占比： &lt;10%在行业的TFEC (&gt;5% - 传统能源)</li> <li>• 太阳能占比： 1%在行业的TFEC</li> </ul>	<p>2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 面积大于980万平方米</li> <li>• 电力占比： &gt;90%在该行业的TFEC</li> <li>• 生物能源占比： &lt;5%在部门的总外部融资成本 (1% - 传统能源)</li> <li>• 太阳能占比： 2%在行业的TFEC</li> </ul>
--	--	--

注释：灵活燃料汽车随着时间的推移而增加（以绝对值计算），尽管其占车队总数的比例似乎在下降。BECCS = 生物能源与碳捕获和封存；BEV = 电动汽车；CCS = 碳捕获和封存；CO<sub>2</sub> = 二氧化碳；m<sup>2</sup> = 平方米；MJ = 兆焦；SAF = 可持续航空燃料；TFEC = 总最终能源

<sup>2</sup> 消耗；美元 = 美元。

## 电力部门和基础设施

南美洲的电力部门已经正在向可再生能源进行决定性的转变。根据可再生能源配额制(PES)，到2050年，这些可再生能源将占该地区电力发电量的90%以上，而根据深度可再生能源配额制(DES)，这一比例甚至更高，达到98%。这基于一个事实，即南美洲是世界上在多元化、竞争力和丰富的可再生能源资源（如水力发电、太阳能和风能）方面最丰富的地区之一。事实上，虽然南美洲长期以来一直依赖水力发电，但近年来发电结构已经出现了明显的多元化，太阳能和风能正在逐步取代化石燃料，并满足电力需求的增长。

在DES下，2025-2050年间需要新增约1400吉瓦的可再生能源装机容量，或每年约550吉瓦。这几乎是PES预计可再生能源推广规模的2.7倍，后者平均每年为200吉瓦。在两种情景下，太阳能和风能均引领扩张。

未来，随着南美洲的发展和人口增长，其电力消耗预计将增长。为了满足这一不断增长的需求，该地区向几乎完全脱碳的电力部门的转型不仅仅由可再生能源发电的扩张所塑造。它还得到了能源部门以外终端使用服务和部门中化石燃料的移除的支撑。这进一步推动了电气化或绿色氢气的利用。这些驱动因素共同作用，可能会提高该地区的电力需求，大致上，2030年至2050年间电力需求增长的约三分之二也将由进一步的电气化和氢气吸收所驱动。

虽然这种增长促进了交通、工业和燃料的深度脱碳，但也增加了近中期电力系统的投资需求。这主要是因为需要投资于新产能、灵活性和基础设施。这些压力在从今天发电量中约80%的可再生能源水平过渡到2050年近100%所需的“最后一公里”新增容量上尤为突出。重要的是，对此的任何分析都必须考虑化石燃料更高的运营成本，这意味着可再生能源的整体成本效益仍然存在。考虑到南美洲电力定价的敏感性，这一要求确实需要仔细地向政策制定者传达。

南美洲的能源转型需要在储能、备用容量和新的电网基础设施方面进行大量投资，以管理波动性并保持可靠性。水力发电传统上提供了平衡系统所需的灵活性，但水资源长期不确定性以及气候变化导致干旱风险增加，意味着备用电源将至关重要。在这种情况下，可调度的系统灵活性来源可以在可靠性方面发挥重要作用，提供安全性和能够支持可变可再生能源，同时最大限度地降低供应短缺的风险。此类来源包括短时和长时储能、需求响应以及来自天然气和可再生能源的发电。

关键在于，协调规划跨境互联以及区域辅助服务市场的投资也能在减少这些投资相关压力方面发挥重要作用。它们可以通过允许可再生能源跨境共享、减少冗余和降低总系统成本来实现这一点。相反，分散化或国家隔离的策略会增加成本、削弱效率，并可能延长化石燃料的使用。关键的经验是，随着需求增长四倍，只有促进电网扩展和现代化的综合基础设施规划——辅以区域合作——才能将更高的电力需求转化为南美洲弹性的、低成本和可持续发展的基础。

表S3 电力部门能源转型关键里程碑 (DES)

去碳化能源情景		
2030	2040	2050
<ul style="list-style-type: none"> <li>+65吉瓦光伏，+32吉瓦风电，+13吉瓦水电（与总装机容量相比） 68吉瓦，45吉瓦和178吉瓦，分别（2024年）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3×光伏发电，3.2×陆上风电 +10% 水分（vs. 2030）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.3×光伏发电，1.7×陆上风电 +17% 水分（与 2040 年相比）</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>到2030年发电量达91%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>到2040年实现97%的发电量可再生能源</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>到 2050 年实现 98% 的可再生能源发电</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>58吉瓦分布式发电 到2030年（与总装机容量） 2024年35吉瓦）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>108.5吉瓦分布式发电 到2040年</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>237吉瓦分布式发电 到2050年</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>区域间联系更加紧密 用于RE和水电平衡</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>网格现代化 高级数字化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>完全可再生，富有弹性的电网 通过区域合作</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>3450亿美元研发投资 到2030年（与估计相比） 每年300亿美元 年) (IADB, 2024)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10.39亿美元研发投资 2031年至2040年</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>18.47万亿美元研发投资 2041年至2050年</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>储能至11吉瓦（相比） 约1吉瓦总装机容量 2024年产能)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>储能至76吉瓦容量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>储能达229吉瓦容量</li> </ul>

注释：GW = 吉瓦；PV = 光伏；RE = 可再生能源；T&D = 传输和配电。

## 生物能源和燃料部门影响

南美洲的脱碳高度依赖于可持续生物能源。DES反映了向这些资源的重大转变，该转变基于该地区有利的气候、土地和水资源以及广泛的农业基础。如果没有这种资源潜力和现有的市场发展，对该地区进行脱碳将需要更昂贵的措施。特别是，这将需要增加对终端用途的额外电力和氢能基础设施的投资，而这些基础设施必须依赖这些替代类型的能源。

在DES路径下，现代生物能源的所有形式都将实现大幅增长。液体生物燃料产量预计将增加一倍以上，而到2050年，传统生物质的利用将减少超过95%。这一增长包括采取密集生物燃料混合（生物乙醇和生物柴油）以及道路运输中推广灵活燃料汽车的措施。DES还预计将引入基于生物燃料的可持续航空燃料（SAF），并使用可持续生物质替代水泥和钢铁等高耗能行业中的煤炭和焦炭。在建筑物的烹饪和供暖方面，DES还预计将用现代生物质和生物甲烷替代传统生物质，并将两者整合到天然气网络中。

此外，生物乙醇和国际燃油调运的供应被视为加强了该地区的出口作用。事实上，正如DES模型所示，这种生物能源的扩大规模，涉及到生物燃料类型的多样性以及相应基础设施的发展，对该地区产生了积极影响。这种影响不仅体现在能源和环境方面，也体现在社会经济发展方面。预计到2050年，现代生物能源将占TFEC的超过三分之一，同时也会创造大量的就业机会。

表S4 生物能源能源转型关键里程碑 (DES)

去碳化能源情景		
2030	2040	2050
• 430亿升生物乙醇 (与2023年的~300亿升相比)	• 66亿升生物乙醇	• 825亿升生物乙醇
• 200亿升生物柴油 (与2023年的95亿升相比)	• 21亿升生物柴油	• 140亿升生物柴油
• 30亿m <sup>3</sup> 沼气/生物天然气	• 160亿m <sup>3</sup> 沼气/生物天然气	• 30亿m <sup>3</sup> 沼气/生物天然气
• 6.3 生物能源供应EJ ( vs. 2023年4.6 EJ )	• 10 EJ生物能源供应	• 13 生物能源供应 EJ
• TFEC中20%的份额 (与2023年的16%相比)	• 在TFEC中占比>25%	• TFEC中33%的份额
• 发电量的4%份额 ( vs. 2023年5% )	• 发电量占比约3%	• 发电量占2%
		• 42亿吨累积捕获的CO <sub>2</sub> 2040-2050年期间的排放 <sup>2</sup>

注释：在研究期间，用于发电的生物能源使用量在装机容量和发电量上均以绝对值增加，尽管其份额似乎有所减少。CO = 二氧化碳；EJ = 艾焦耳；L = 升；m<sup>3</sup> = 立方米；Mt = 百万

<sup>2</sup> 吨；TFEC=总最终能源消耗。

## 氢和衍生物

南美洲在全球清洁氢气生产中可以发挥重要作用，得益于丰富的可再生能源资源、主要针对氢气出口的国家战略以及正在进行的区域认证计划。事实上，根据IRENA的估计，区域清洁氢气及其衍生物（尤其是氨）的生产量可能达到2200万吨，约占全球估计的清洁氢气总产量约4%。全球能源转型展望2024 分析 (IRENA, 2024a)。这些产品主要将用于海上运输和燃料加注。结合国内用途，氢及其衍生物预计还将支持钢铁和化工等行业（主要是化肥）的脱碳化，但只有少量会掺入天然气管道。然而，这条路径会带来显著的额外电力需求。到2050年，这将使终端用电部门对电力的需求增加约1300 TWh。

最后，现有的石油和天然气基础设施也可能在支持绿色氢气生产中发挥作用。这要么是为了满足内部需求——有助于企业实现脱碳目标——要么是通过重新分配土地、基础设施和劳动力的用途，用于现场生产。

表S5 氢能及衍生品能源转型 ( DES ) 的关键里程碑

去碳化能源情景		
2030	2040	2050
<ul style="list-style-type: none"> <li>生产 0.33 EJ 在干净氢气 (<math>\sim 3 \text{ MtH}_2\text{eq}</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>清洁生产 1.3 EJ 氢气 (<math>\sim 11 \text{ MtH}_2\text{eq}</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>在清洁氢气中生产 2.7 EJ (<math>\sim 22 \text{ MtH}_2\text{eq}</math>)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>电解槽容量为 32 吉瓦</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>130 吉瓦的电解槽容量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>260 兆瓦电解槽产能</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>氢气需求 : 0.7 EJ (<math>\sim 6 \text{ MtH}_2\text{eq}</math>) , 出口量为 3 百万吨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>氢需求 : 1.8 EJ (<math>\sim 15 \text{ MtH}_2\text{eq}</math>) , 出口量为 9 百万吨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>氢气需求 : 2.9 EJ (<math>24 \text{ MtH}_2\text{eq}</math>) , 出口量为 17 百万吨</li> </ul>

注意：清洁氢气是指蓝氢和绿氢。2023 年氢气的生产相当于 0.25 EJ ( $\sim 2 \text{ MtH}$  当量)。

<sup>2</sup> 主要基于化石燃料。EJ = 太焦耳 ; H eq = 氢气当量 ; GW = 吉瓦 ; Mt = 百万吨 ; PJ = 太焦耳。

## 实施途径

在南美洲，实施能源转型路线图并充分 harness 其效益需要加强六个关键因素：区域战略、治理、技能、金融、基础设施和能源规划。

● **区域战略：**这涉及多个领域，能源转型计划正日益成为涉及经济所有领域的更广泛的可持续发展计划的一部分。事实上，不仅是能源部门正在经历转型，工业部门也必须改变其生产商品和服务的方式、模式和技术。战略必须包含重新思考交通服务以及城市、港口、机场、道路和教育。采取整体方法是至关重要的，以使区域和国内基础设施的需求与长期可持续发展要求保持一致。

● **治理：**需要对体制和国内政策进行调整，以促进能源转型，并释放区域可持续发展潜力。不同国家和地区之间的有效协调需要协调一致的政策制定，以及对机制和冲突解决框架的执行。

作为一个例子，南美洲将从关键矿产和稀土开采的联合战略中受益。它也将从可再生能源供应链发展和可持续燃料的共同认证系统的联合战略中受益。这些措施可以增强区域竞争力，提升南美洲在全球贸易中的谈判能力。此外，财政和税收政策——例如从化石燃料补贴中重新分配财政和公平定价机制——可以在塑造能源转型速度方面发挥决定性作用。推动能源转型的是让消费者选择基于可再生能源的高效商品的决定，而不是燃料的选择。

● **技能：**新要求的能力组合以及能源转型及其跨部门乘数效应所创造的就业岗位可以帮助减少南美洲的失业率并提升其繁荣程度。需要制定能力建设政策，以促进创新、可再生能源制造业的扩张、可持续燃料、矿产和关键材料的发展，以及政策制定、规划和监管的加强。这些政策应寻求培养人力资本所要求的新技能和能力组合，以支撑公平且包容的能源转型，并与多部门转型保持一致。

**• 金融**：应对气候变化的共同全球责任需要全球金融承诺，以及公平的风险分担机制。资本成本更高仍然是基础设施项目发展的障碍，包括能源和电网项目。区域创新性金融框架可以帮助南美洲国家获得低成本资金，借鉴成功的本地案例，并利用国际社会的支持。联合金融战略也可能受益于在管理和规划石油和天然气生产和消费下降方面的最佳实践交流，包括管理其对财政预算和税收调整的影响。

**• 基础设施** 对交通和能源电网项目的战略投资可以提升该地区的竞争力并降低能源成本。可再生能源潜力、关键材料和制造能力在南美洲分布不均。有效整合可变可再生能源（VRE）需要投资于储能解决方案、电网现代化和创新规划。更高效的区域物流系统可以降低能源转型商品的成本。此外，现有基础设施——包括港口、机场和铁路——应进行升级，以促进关键能源转型商品进出口。

**• 能源规划** 创新的能源规划方法对于确保能源安全、可负担性、韧性和社区赋权至关重要。规划过程必须应对气候变化的不确定性、能源转型的地缘政治维度以及新数字和人工智能（AI）功能的整合。它们还需要妥善应对新兴的能源需求，例如电动汽车（EV）、氢生产和数据中心。同时，在管理太阳能和风能的可变可再生能源（VRE）特性以及储能、部门耦合和数字化等灵活性解决方案也必须这样做。在电力系统中，系统运营商和能源转型计划之间的协调将需要加强。同样重要的是，将人置于规划过程的核心意味着要 engaging communities and incorporating their knowledge and aspirations in order to yield inclusive and equitable outcomes。

## 实施区域行动计划

为了帮助加强上述的关键成功因素，国际可再生能源机构（IRENA）提出了七项以能源为重点的区域行动，以推进《可再生能源发展路线图》（DES）的实施。这些行动旨在实现该目标，同时增加对南美洲的投资，并利用南美洲的相对优势。这七项行动是：

### 1

#### 建立区域框架和机制，以降低资本成本并降低可持续基础设施投资的风险。

在DES期间，2025-2050年期间为该地区的能源转型融资需要1300亿美元。根据IRENA的《可再生能源发电成本2024》报告显示，随着加权平均资本成本（WACC）的提高，融资在平准化度电成本（LCOE）中的份额增加（IRENA, 2025a）。例如，2024年南美洲某些国家的WACC值在8%到15%以上之间，而融资在LCOE中的份额从约50%到70%不等。

## 2

**推进一体化区域电力市场的实施，由协调的电网规划和统一的拍卖机制支持。**

南美洲的电力需求在未来几十年内预计将增长四倍，而安装容量需要进一步扩大以满足这种不断增长的需求。如果没有容量储备的协调，该地区到2050年的平均效率损失可能达到每年10亿美元。除了容量储备之外，一个单一的区域市场将通过共享拍卖机制和联合电网规划带来更大的节省。南锥体国家能源一体化系统( 南方锥形国家综合能源系统—— SIESUR)和安第斯电力一体化系统( 安第斯电力互联系统 ——SINE A等，例如，已经正在促进进一步一体化，并朝着区域市场的方向发展。区域一体化和项目也能从环境和可持续治理的共同原则中获益。

## 3

**建立区域太阳能和风能供应链计划。**

到2050年，南美洲预计需要大约1240吉瓦的额外太阳能和风能发电能力——相当于每年新增48吉瓦。这种规模的部署创造了围绕清洁能源技术扩展和/或建设工业枢纽的机会。为转型相关设备（如涡轮机、面板和关键部件）发展区域制造业将降低成本，减少对技术进口的依赖，并加快转型实施。这也意味着新技能和新工作岗位将在该地区普及。通过合理的规划，南美洲不仅可以成为可再生能源部署的领导者，还可以成为全球清洁能源经济的关键供应商。

## 4

**协同绿色氢气生产。**

到2050年，区域氢气生产预计将达到大约22百万吨H<sub>2</sub>当量。

<sup>2</sup> 据国际可再生能源机构IRENA的数据，这将是全球估计清洁氢气总产量的大约4%。

全球能源转型展望2024 分析（国际 renewable 能源署，2024a）。氢气将用于出口，通过氨等衍生物，以及用于难以减排部门的本地消费。重要的是要认识到，此类预测在很大程度上取决于全球需求和不断发展的技术中的不确定性。南美洲国家目前在竞相发布氢气生产计划和框架，旨在成为区域领导者或枢纽。各国之间更协调的方法可以开发最好的自然资源，促进获得更便宜的融资，支持本地供应链的发展，并帮助制定将生产推向市场的必要基础设施规划。



## 5

**发展和实施区域绿色工业化战略，包括关键矿产、可持续金属和有弹性的物流走廊。**

能源转型的影响超出了能源领域。它将要求增加与转型相关的产品的生产。这包括电动汽车、更高效的设备、可持续燃料（包括生物燃料、氢及其衍生物）、低碳产品、绿色钢铁、绿色肥料、关键矿产和材料。绿色工业化为南美国家提供了合理化并分割该地区供应链的机会。同时，各国可以发展战略物流走廊，将生产者与消费中心或出口枢纽连接起来。

## 6

**制定一项可持续、协调的区域生物燃料战略，以优化现有化石燃料资产的改造，并加强燃料供应安全。**

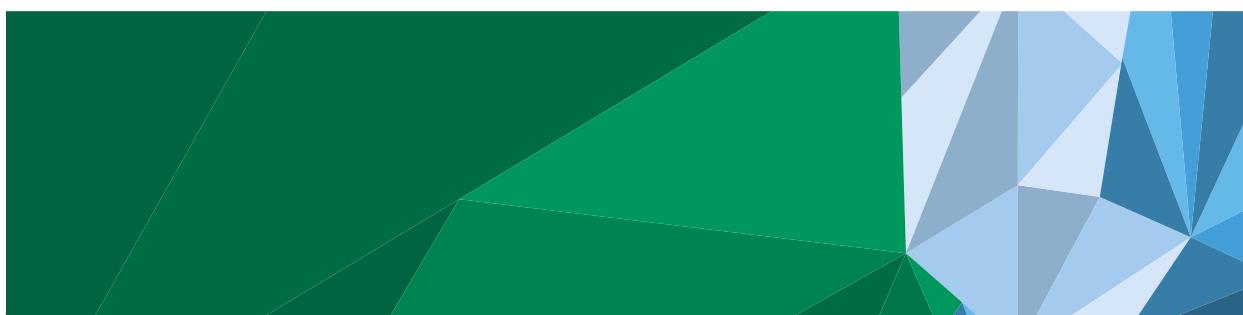
当生物柴油和生物乙醇都被考虑在内时，生物燃料的规模化发展预计到2050年产量将达到约970亿升(L)。这将比当前水平增长近2.5倍。这种增长将是由道路运输、航空和航运的消费增长，以及萨弗(SAF)的使用和bunkering出口共同驱动的。与此同时，在DES路径下，石油和天然气的输送和分销管道，以及炼油厂将面临化石燃料消费量下降。与当前水平相比，到2040年化石燃料消耗将减少约30%，到2050年将减少超过70%。扩大或改造用于可再生燃料利用的资产可能具有经济性，而协调的可再生燃料供应过程将确保安全和可负担性。各国在协调区域可再生燃料安全方面的合作将非常有益。

## 7

**创建一个能源效率和材料效率的地区性中心。**

在DES下，促进能源和材料的更好利用并减少废物生产的跨部门政策，与2023年基准年相比，到2050年可将CO<sub>2</sub>排放减少75%

<sup>2</sup>（与PES-2050水平相比减少了约80%）。区域能源成本和温室气体（GHG）排放的很大一部分源于低效，例如过时的电器、低效的技术、不充分的建筑外壳和老化的车队。这些问题与制造业、食品和水生产中高度密集的资源利用所导致的材料低效，以及材料和塑料回收不足并存。建立一个区域中心将使各国能够协调良好实践，利用创新并跨所有部门扩大效率措施。





© 国际可再生能源署  
2025 [www.irena.org](http://www.irena.org)