

西藏自治区清洁能源产业发展研究

工商部-马屹峰

摘要：西藏自治区是国家重要安全屏障、生态安全屏障、战略资源储备基地、清洁能源基地、高原特色农产品基地、世界旅游目的地和面向南亚开放的重要通道。西藏自治区发展清洁能源具备国家和自治区政府层面的多项政策支持优势，整体上看，西藏自治区清洁能源资源禀赋突出，但开发仍处于初级阶段，未来开发潜力十分巨大；要推动西藏自治区清洁能源长效发展，政策与技术将成为突破关键。

一、引言

（一）国家“双碳”目标、能源结构转型战略下西藏清洁能源产业的战略地位

在推动实现国家“双碳”目标的宏伟目标背景下，加快构建以可再生能源为主体的新型能源体系已成为实现经济社会高质量发展与生态环境高水平保护的必然要求。作为国家重要的生态安全屏障，西藏高原的独特生态系统对于维系国家乃至全球生态平衡具有不可替代的核心价值。依据《西藏自治区国土空间规划（2021—2035年）》的战略定位，西藏被赋予了“国家重要安全屏障、生态安全屏障、战略资源储备基地、清洁能源基地、高原特色农产品基地、世界旅游目的地和面向南亚开放的重要通道”的多重关键角色。深刻凸显了西藏在国家战略全局中，肩负着保障生态安全与提供绿色清洁能源的双重历史使命。

西藏自然资源得天独厚，水能、太阳能、风能等可再生资源异常富集，禀赋条件极为优越，具备规模化、集约化开发的巨大潜力和不可比拟的自然优势。西藏资源优势与国家“双碳”目标导向及能源体系转型的战略需求高度契合，使得西藏在国家能源版图中占据了至关重要的战略高点。推动西藏清洁能源产业发展，不仅是对国家能源安全的坚实保障，更是探索“绿水青山就是金山银山”绿色发展路径、在“世界屋脊”构筑现代生态文明的关键实践，对服务国家能源革命全局、维护青藏高原生态系统的原真性和完整性具有深远意义。

（二）发展清洁能源对西藏经济社会发展、生态保护、乡村振兴的现实意义

清洁能源产业在西藏的战略崛起，已日益成为撬动区域经济社会实现可持续、高质量发展的强力引擎。立足西藏禀赋优势，科学规划并有序推进水、光、风等清洁能源资源的合理开发利用，能够优化西藏产业结构，培育经济增长新动能，增强地方财政自主造血能力，为西藏发展注入蓬勃活力和坚实财力支撑。这为改善民生、完善基础设施、提高基本公共服务均等化水平奠定了重要的经济基础，直接惠及各族群众福祉。

在生态环境保护维度方面，相较于传统化石能源，清洁能源在开发利用过程中产生的污染排放极少，环境负面影响显著降低。大规模发展清洁能源，可以从源头减少温室气体和大气污染物的产生，切实助力“双碳”目标推进，保护高原生态环境，筑牢国家生态安全屏障。

在当前应对全球气候变化的紧迫背景下，推动西藏清洁能源产业的发展更是我国主动履行生态责任、守护好“地球第三极”的关键担当。

二、西藏自治区清洁能源产业支持政策体系

（一）国家层面支持政策

2022 年，国家能源局印发《关于促进西藏能源高质量发展的指导意见》（以下简称“《意见》”），《意见》从资源供应体系建设、清洁能源基地建设、能源基础设施完善、服务保障能力提升等方面提出了 2025 年和 2035 年的发展目标，部署了促进西藏清洁能源发展的六个方面的重点任务，《意见》为西藏清洁能源的高质量发展指明了方向，并提供了强有力的政策支持，彰显了国家对西藏清洁能源产业发展的高度重视。

2022 年，国家发展改革委和国家能源局印发《“十四五”现代能源体系规划》（以下简称“《规划》”），明确指出，要在西藏、川西、青海等高温地热资源丰富地区建设一批地热能发电示范项目；要以长江经济带上游四川、云南和西藏等地区为重点，坚持生态优先，优化大型水电开发布局，推进西电东送接续水电项目建设。《规划》为西藏自治区清洁能源的开发利用获得了明确的政策指引和支持。

2023 年，全国人大常委会表决通过《中华人民共和国青藏高原生态保护法》（以下简称“《青藏高原生态保护法》”），并于同年 9 月正式施行。《青藏高原生态保护法》第四十五条规定，国家支持在青藏高原因地制宜建设以风电、光伏发电、水电、水风光互补发电、光热、地热等清洁能源为主体的能源体系，加强清洁能源输送通道建设，推进能源绿色低碳转型。《青藏高原生态保护法》为西藏自治区清洁能源的开发利用提供了更为全面和具体的法律保障，明确了清洁能源建设的重要性，以及在保护青藏高原生态环境的前提下，科学、合理地开发利用清洁能源资源。这一法律的出台，不仅彰显了国家对青藏高原生态保护的高度重视，也为西藏自治区清洁能源产业的持续健康发展奠定了坚实的基础。

2024 年国务院批复的《西藏自治区国土空间规划（2021—2035 年）》中，明确指出，西藏自治区是国家重要安全屏障、生态安全屏障、战略资源储备基地、清洁能源基地、高原特色农产品基地、世界旅游目的地和面向南亚开放的重要通道。这一定位，凸显了西藏在国家能源战略布局里的独特优势与关键价值，也为西藏清洁能源产业迈向大规模、高水准开发利用提供了坚实的战略支撑。从国家层面统筹资源调配、技术投入与市场拓展，极大地增强了西藏清洁能源产业的战略地位，吸引更多优质要素向西藏清洁能源领域汇聚。

（二）自治区层面支持政策

为促进西藏自治区的清洁能源开发，近年来，西藏自治区印发了《关于促进西藏自治区光伏产业高质量发展的意见》，研究制定了《西藏自治区促进清洁能源产业高质量发展条例》，印发了《西藏自治区“十四五”及中长期综合能源发展规划》，并编制完成《西藏建设国家清洁能源基地规划（2022—2035 年）》。西藏自治区政府的一系列政策紧密结合西藏本地

实际情况，为西藏清洁能源产业发展绘制了详尽的路线图。明确了不同阶段水电、风电、太阳能等清洁能源的发展目标、重点任务与空间布局，为产业发展提供了清晰的行动指南。

此外，自治区政府还积极推动清洁能源项目的落地实施，通过财政补贴、税收减免、土地优惠等一系列激励措施，降低了企业的投资成本，提高了项目的经济效益。同时，加强与国内外清洁能源企业的合作，引进先进技术和管理经验，促进了产业升级和创新发展。这些政策的实施，不仅为西藏清洁能源产业注入了新的活力，也为实现国家“双碳”目标和能源结构转型战略作出了积极贡献。

三、西藏自治区清洁能源自然环境与资源禀赋

（一）自然地理环境概况

西藏自治区地处我国西南边陲，总面积达 120.28 万平方公里。其平均海拔在 4000 米以上，是青藏高原的主体部分，地势呈现西北高、东南低的态势，自然划分出藏北高原、藏南谷地、藏东高山峡谷以及喜马拉雅山地这四个各具特色的地形区域。藏北高原广袤无垠，地势相对平坦，海拔多在 4,500-5,000 米，为各类清洁能源开发提供了广阔空间；藏南谷地受河流冲积作用，地势较为平缓，雅鲁藏布江蜿蜒其中，孕育了丰富的水电资源；藏东高山峡谷地带，山高谷深，地形起伏大，怒江、澜沧江等河流奔腾而过，水电开发潜力巨大；喜马拉雅山地则以其高耸的山脉和复杂的地形地貌，在太阳能、风能资源分布上独具特点。

西藏气候复杂多样，有着鲜明的特征。太阳辐射强、日照时间长，大部分地区年日照时数在 3,000 小时左右，为太阳能资源的形成奠定了坚实基础。西藏气温较低且温差大，年较差小但日较差大，较大的日温差使得在风力资源方面，白天地面受热不均，空气流动加剧，利于风力发电。西藏素有“亚洲水塔”之称，平均年水资源总量为 4,394 亿立方米，水资源排名位居全国第一，同时，西藏雅鲁藏布江中下游落差大，水电潜力巨大。但同时，西藏空气稀薄、气压低、氧气含量较少，气候条件对清洁能源开发设备的适应性提出了特殊要求。

（二）水电资源禀赋与开发现状

1、资源禀赋

西藏水电资源蕴藏量极为可观，据西藏自治区自然资源厅估算，西藏水能资源理论蕴藏量超过 2 亿千瓦，约占全国水能理论蕴藏量的 29%。其中，雅鲁藏布江流域水电蕴藏量约占全区总量的 60%，其大拐弯处的水能蕴藏量尤为突出，具备建设巨型水电站的优越条件。澜沧江、怒江等流域同样拥有丰富的水电资源，技术可开发量巨大。雅鲁藏布江中游段，河流落差集中，水流湍急，具备良好的水电开发地质条件；澜沧江在西藏境内的河段，水能资源分布较为连续，适合进行梯级开发；怒江流域地势落差大，水量充沛，水电开发潜力有待进一步挖掘。

西藏水资源季节分布不均，每年 5-9 月的雨季为丰水期，期间降水量占全年的 90%左右，河流水位迅速上涨，流量大幅增加，水电发电量显著提升。然而，10 月至次年 4 月的枯水

期，降水稀少，河流水量锐减，部分小型水电站甚至因水量不足而无法满负荷运转，对水电开发的稳定性与持续性造成一定挑战。

2、开发现状

截至目前，西藏已开发水电装机容量在一定程度上满足了本地及部分外送需求。2024年末，西藏水电装机容量达到300万千瓦，年发电量为128亿千瓦时。尽管西藏水电开发已取得一定成果，但开发程度仍相对较低，已开发量占技术可开发量的比例极低。待开发重点区域主要集中在雅鲁藏布江中下游、澜沧江上游等流域。这些区域水电资源丰富，但由于地形复杂、交通不便、生态环境敏感等因素制约，开发难度较大。不过，随着技术进步与开发理念的不断优化，这些区域将成为西藏水电开发的重点方向，进一步提升西藏在全国水电能源供应格局中的地位。2025年7月19日，中国雅江集团有限公司在京成立；同日，雅鲁藏布江下游水电工程开工仪式在西藏自治区林芝市举行，中共中央政治局常委、国务院总理李强出席开工仪式，并宣布工程正式开工。雅鲁藏布江下游水电工程位于西藏自治区林芝市。雅江水电工程主要采取截弯取直、隧洞引水的开发方式，建设5座梯级电站，总投资约1.2万亿元。工程电力以外送消纳为主，兼顾西藏本地自用需求。雅江水电工程的正式落地，标志着西藏水电开发迈入了一个新的历史阶段，雅江水电工程将极大地提升西藏的水电装机容量和年发电量，为西藏乃至全国的能源供应提供了更加强有力的支撑。

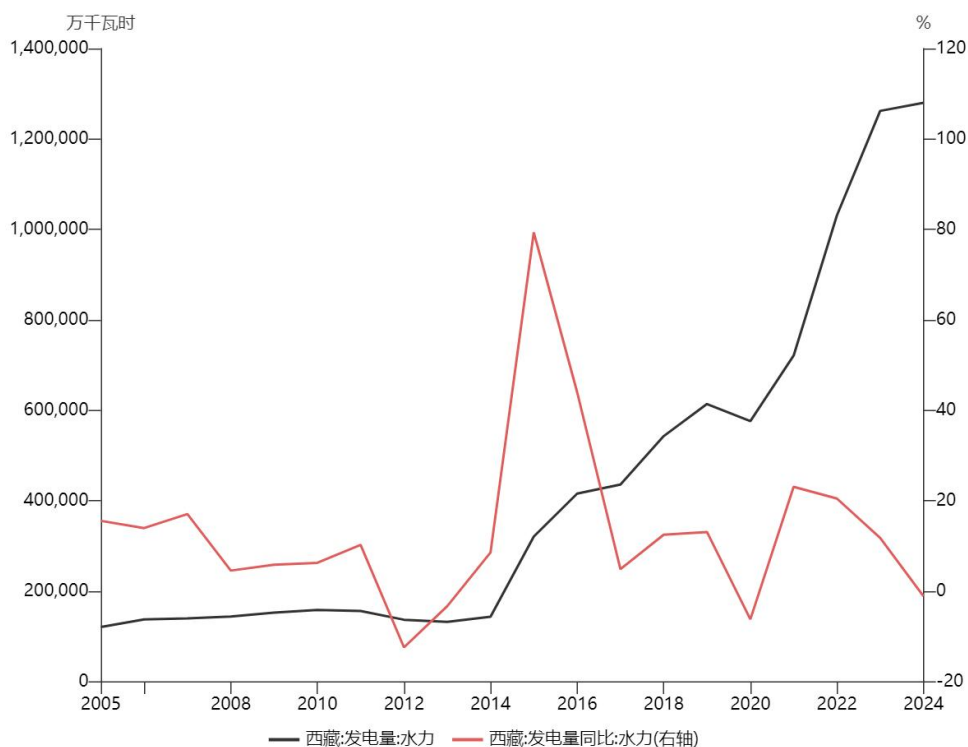


图 1：西藏自治区水力发电情况

数据来源：wind，大公国际整理

（三）风电资源禀赋与开发现状

1、资源禀赋

西藏风能资源储量丰富，技术可开发量约为 1.8 亿千瓦。藏北高原、喜马拉雅山脉沿线等区域是风资源富集区。藏北高原地势开阔，地形平坦，受高空西风急流影响，常年风速较大，风功率密度高，具备建设大型风电场的良好条件。喜马拉雅山脉沿线，由于地形的狭管效应，风速显著增强，部分区域年平均风速可达 7-8 米/秒，为风电开发提供了得天独厚的自然条件。

2、开发现状

2022 年以来，西藏已开发风电装机容量迅速提升，截至 2024 年末，西藏风电累计装机容量达 61 万千瓦。然而，西藏风电开发面临诸多瓶颈。西藏缺少重型工业企业，电力消纳能力弱，生活用电需求不高，风电利用率很低。

（四）太阳能资源禀赋与开发现状

1、资源禀赋

西藏是全国太阳能资源最为丰富的地区之一，年太阳能总辐射量在 5,000-8,000 兆焦/平方米之间，年日照时数普遍超过 3,000 小时。阿里地区年太阳能总辐射量可达 7,000-8,000 兆焦/平方米，日喀则地区也在 6,000-7,000 兆焦/平方米左右，远超全国平均水平。高海拔、空气稀薄、晴天多等因素，使得太阳辐射在传输过程中损耗小，为太阳能资源的高效利用创造了有利条件。

不同地区太阳能资源存在显著地域差异。阿里地区因海拔高、气候干燥、云量少，太阳能资源最为丰富，是建设大型集中式光伏电站的理想区域。日喀则地区地形多样，在部分开阔平坦、光照充足的区域，太阳能开发潜力巨大。而藏东南部分地区，虽然降水相对较多，但在一些高海拔、地势开阔的地方，仍具备较好的太阳能开发条件。

2、开发现状

西藏光伏电站装机容量持续增长，其中集中式光伏电站装机并网容量达 398.4 万千瓦，分布式光伏装机并网容量为 5.5 万千瓦，年发电量总计约 11.1 亿千瓦时。

四、西藏自治区清洁能源产业发展面临的挑战

（一）生态环境保护压力突出

西藏作为国家重要生态安全屏障，生态红线划定区域广泛，三江源地区部分区域与西藏接壤，羌塘保护区更是面积辽阔。清洁能源项目开发选址时，常面临与生态红线冲突问题。许多风电场、光伏电站规划区域可能涉及生态红线范围内的草原、湿地等生态敏感地带，严格的生态保护政策限制了项目落地，导致可开发空间受限。

施工期对局部生态系统扰动显著。由于西藏植被生长缓慢、生态系统自我修复能力弱，工程建设中的土地平整、基础开挖等活动易引发水土流失。在山区进行风电设备安装，大量

土石方工程破坏原有植被，雨季时土壤缺乏植被固持，易随水流流失，淤积周边河道、影响水质。光伏电站建设过程中，大面积铺设光伏板，改变地表覆盖，减少天然植被覆盖度，破坏野生动物觅食与栖息环境，对局部生态系统的物种多样性与生态平衡造成威胁。

（二）基础设施制约

西藏本地电力需求相对有限，而清洁能源发电装机增长迅速，导致本地消纳能力不足。同时，外送通道建设滞后严重制约清洁能源产业发展。西藏电网与内地主网连接薄弱，仅有少数输电线路，输电容量难以满足大规模电力外送需求。水电丰水期大量电能难以高效送出，被迫弃水，造成能源浪费。特高压输电线路建设面临地理环境复杂、投资巨大等难题，建设进度缓慢，无法与清洁能源开发速度匹配，限制了西藏清洁能源在全国能源市场的竞争力与资源优化配置能力。

西藏地域辽阔，地形复杂，多高山峡谷、冻土区，交通基础设施建设难度大、成本高。公路等级低、铁路覆盖范围有限，使得清洁能源开发设备运输极为不便。风电设备的大型风机叶片、塔筒，光伏电站的大量组件等运输，需开辟专门运输路线，甚至要对现有道路进行改造拓宽。运输途中要穿越高海拔、恶劣气候区域，增加运输时间与成本，导致项目建设周期延长。偏远地区交通不便，设备维修保养的零部件运输困难，影响设备正常运行时间，增加运维成本。

（三）技术与人才瓶颈

西藏高寒高海拔环境特殊，现有清洁能源设备适应性技术不足。光伏板在低温环境下，电池材料性能改变，光电转换效率降低，影响发电出力。冬季阿里地区，低温使得光伏板效率较常温地区低。风电设备在高海拔低气压、强风、高紫外线环境中，面临电气绝缘性能下降、机械部件磨损加剧、叶片覆冰影响气动性能等问题。高海拔地区空气密度低，风机出力特性改变，现有风机设计难以满足高效稳定发电需求，设备故障率升高，运维难度与成本大幅增加。

本地专业技术人才匮乏，难以支撑清洁能源产业快速发展。在运维方面，缺乏熟悉高寒高海拔环境下设备运维技术的专业人员，设备出现故障时维修不及时，影响发电效率与设备寿命。管理层面，精通清洁能源项目开发、运营管理的人才短缺，导致项目规划、建设、运营过程中管理水平不高，难以有效协调各方资源、应对复杂问题。人才引进困难，因西藏自然环境艰苦、薪酬待遇相对缺乏竞争力，难以吸引内地优秀专业人才长期扎根。

（四）经济性与融资难题

西藏清洁能源项目投资成本远超内地。建设方面，因交通不便导致设备、材料运输成本增加，特殊地质条件下基础建设难度加大，增加工程建设成本。运维阶段，高寒高海拔环境导致设备故障率高、维护周期短，配备专业运维团队与特殊维护设备的需求较高。

西藏清洁能源项目融资渠道单一，主要依赖政府投资。社会资本参与度低，项目投资风险高、回报周期长，且受基础设施薄弱、市场机制不完善等因素影响，社会资本对投资西藏清洁能源项目持谨慎态度。银行贷款方面，由于项目不确定性，金融机构放贷条件严格，融资难度大。缺乏多元化融资渠道，限制项目开发资金规模，制约产业扩张与技术创新投入。

（五）市场化机制不完善

风电、太阳能发电具有间歇性与波动性特点，储能技术不成熟将加剧弃电风险，事实上，西藏风光发电弃电率水平远高于全国平均水平。由于储能电池成本高、寿命短、能量密度低，大规模储能系统建设投资巨大，多数清洁能源项目难以承受。在光伏、风电大发时段，因储能不足，多余电量无法储存，只能弃电。

五、西藏自治区清洁能源产业未来发展展望

（一）发展思路与目标

1、坚持“生态优先、绿色发展”是西藏清洁能源产业发展的核心准则。

在开发过程中，需将生态保护置于首位，严格遵循生态红线划定要求，确保每一个清洁能源项目都经过科学的生态评估，在不破坏生态系统完整性的前提下推进开发。通过合理规划项目布局，避开生态敏感区域，将开发强度控制在生态环境可承载范围内，实现能源开发与生态保护的动态平衡，让清洁能源产业成为推动生态保护的助力而非阻力。

2、强化“源网荷储”协同是提升清洁能源消纳能力的关键路径。

“源”即各类清洁能源发电项目，需根据资源禀赋和市场需求合理规划装机规模与发电节奏；“网”指电力输送网络，要实现各级电网的高效衔接与稳定运行；“荷”代表电力负荷，需通过引导用户优化用电习惯、发展多元化用电产业来提升本地消纳水平；“储”则是储能系统，用于平抑清洁能源发电的波动性。通过四者的协同联动，构建灵活、稳定、高效的电力系统，提高清洁能源的利用效率，降低弃电率，让更多清洁电力能够安全、稳定地输送到用户端。

（二）保障措施

1、政策支持

积极争取国家层面的差异化政策是西藏清洁能源产业发展的重要保障。在生态补偿方面，鉴于西藏生态保护的重要性和清洁能源开发对生态保护的贡献，争取国家设立专项生态补偿基金，对因限制开发而造成的经济损失给予补偿，对生态保护成效显著的清洁能源项目给予奖励。在电价补贴方面，针对西藏清洁能源开发成本高的特点，争取国家延续并优化电价补贴政策，适当提高补贴标准，保障发电企业的合理收益，激发企业的开发积极性。

完善自治区地方性法规是规范清洁能源开发的基础。制定并细化清洁能源开发生态准入标准，明确不同类型项目的生态保护要求和审批流程，从源头上控制生态风险。

2、生态保护

建立开发项目生态影响评估与修复机制是实现生态保护的关键环节。在项目前期，组织专业团队进行全面的生态影响评估，科学预测项目可能对周边生态系统造成的影响，并制定相应的预防措施。项目建设过程中，严格监督生态保护措施的落实情况，及时发现并整改问题。项目建成后，开展生态修复工作，通过种植适宜本地生长的植被、修建野生动物通道等方式，恢复受影响区域的生态功能，确保生态系统的可持续发展。

推广低影响开发技术是减少生态扰动的有效手段。在水电项目中，建设鱼道等过鱼设施，保障鱼类的洄游通道，维护水生生物的多样性；在风电项目中，采用地形优化技术，根据山地地形特点合理布置风机，减少场地平整和植被破坏面积；在光伏项目中，推广柔性支架等技术，降低对地表的覆盖和压迫，为植被生长留出生存空间，让清洁能源开发对生态环境的影响降到最低。

3、基础设施升级

加快川藏、藏中电力联网工程等外送通道建设是解决西藏清洁能源外送瓶颈的重要举措。通过推进特高压输电线路建设，提高西藏电网与内地主网的互联强度，提升电力外送能力。川藏电力联网工程将进一步加强西藏与四川电网的联系，藏中电力联网工程则能优化西藏内部电网结构，为清洁能源外送提供更稳定的通道，让西藏的清洁电力能够更便捷地融入全国电力市场，参与资源优化配置。

完善本地电网与储能设施是提升清洁能源消纳能力的重要支撑。对本地电网进行升级改造，提高电网的灵活性和可靠性，适应清洁能源发电的波动性。同时，大力发展抽水蓄能、电化学储能等多种储能形式，在藏东南等水资源丰富地区规划建设抽水蓄能电站，在光伏、风电基地配套建设大型电化学储能项目，通过储能系统储存多余电力，在用电高峰时段释放，平抑发电波动，保障电力系统的稳定运行。

4、技术与人才

引进与研发高寒高海拔适应性技术是突破西藏清洁能源开发技术瓶颈的核心任务。针对低温环境对光伏组件的影响，引进并研发耐低温光伏组件，提高其在低温条件下的光电转换效率；对于沙尘问题，开发抗风沙光伏板和自动清洗技术，减少沙尘对发电效率的影响。在风电领域，研制抗风沙、耐低气压的风机设备，优化风机叶片设计，提高在高海拔环境下的发电性能。通过技术创新，提升清洁能源设备的适应性和可靠性，降低运维成本。

建立本地人才培养与引进机制是解决人才短缺问题的关键。加强与高校的合作，在西藏本地高校设立清洁能源相关专业，培养一批熟悉本地环境和技术需求的专业人才；与清洁能源企业合作，开展订单式培养和在职培训，提升从业人员的技能水平。同时，制定优惠的人才引进政策，吸引内地优秀的技术和管理人才来藏工作，通过改善工作和生活条件、提供有竞争力的薪酬待遇等方式，让人才能够安心扎根西藏，为清洁能源产业发展提供智力支持。

5、市场化与合作

深化与中东部省份的电力合作是拓展西藏清洁能源市场的重要途径。积极参与西电东送交易，与用电需求大的中东部省份建立长期稳定的电力合作关系，签订购电协议，保障西藏清洁能源的外送渠道。通过参与跨省跨区电力市场交易，优化电力资源配置，提高西藏清洁能源的市场竞争力和经济效益，同时为中东部省份提供清洁、稳定的电力供应，实现互利共赢。

吸引社会资本参与是解决西藏清洁能源项目融资难题的有效方式。推广 PPP 模式，鼓励社会资本与政府合作参与清洁能源项目的建设和运营，通过风险共担、利益共享的机制，提高项目的投资效率和管理水平。发行绿色债券，为清洁能源项目筹集资金，拓宽融资渠道。同时，建立健全社会资本参与的配套政策，保障投资者的合法权益，营造良好的投资环境，让更多社会资本愿意投入到西藏清洁能源产业发展中来。

六、结论

（一）西藏清洁能源资源禀赋突出，但开发仍处于初级阶段，未来开发潜力十分巨大。

西藏作为全国清洁能源资源最富集的地区之一，水电、风电、太阳能资源在储量与分布上具有显著优势。雅鲁藏布江、澜沧江等流域蕴藏巨量水电潜能，藏北高原、喜马拉雅山脉沿线风能资源集中，阿里、日喀则等地太阳能辐射量居全国前列。然而，受生态保护限制、基础设施薄弱、技术适应性不足等因素影响，目前已开发量占技术可开发量的比例较低，大型基地化开发项目较少，多数项目规模有限，资源优势尚未充分转化为产业优势和经济优势，整体开发仍处于起步探索的初级阶段，未来开发潜力十分巨大。

（二）生态保护与基础设施是核心制约，政策与技术将成为突破关键。

西藏作为生态脆弱区，生态红线与开发需求的矛盾突出，项目建设对生态系统的扰动风险大，严格的保护政策压缩了开发空间。同时，电网外送通道不足、本地消纳有限、交通物流滞后等基础设施问题，直接制约清洁能源的高效利用。破解上述瓶颈，需依赖政策与技术双轮驱动：国家层面的差异化生态补偿、电价补贴政策 and 自治区完善的法规体系可提供制度保障；而高寒高海拔适应性技术的突破，将有效降低开发难度与成本，为产业升级扫清障碍。